R&D / 10 교통 체계-미래03

도로교통 안전점검을 위한 차세대 장비 개발 2차년도 최종보고서

2012

한국건설교통기술평가원

국토해양부

Construction & Transportation R&D Report

교통체계효율화사업 제2차년도 최종보고서

R&D/10교통체계 미래03

# 도로교통 안전점검을 위한 차세대 장비 개발

2012. 12. 29.

주관연구기관 / 한국건설기술연구원
공동연구기관 / 서울시립대학교 / 교통안전공단
한국인프라 / 로드코리아 /
언맨드솔루션

국 토 해 양 부
한국건설교통기술평가원

# 제 출 문

국토해양부장관(한국건설교통기술평가원장) 귀하

본 보고서를 “도로교통 안전점검을 위한 차세대 장비 개발”의 2차년도 최종보고서로 제출합니다.

2012. 12. 29.

주관연구기관 : 한국건설기술연구원
원 장 : 우 효 섭

---


■ 주관연구기관 책 임 자 / 한국건설기술연구원 수석연구원 윤 덕 근 연구 책임

■ 공동연구기관 책 임 자 / 서울시립대학교 교 수 이 수 범 연구 책임
/ 교통안전공단 연 구 위 원 이 환 승 연구 책임
/ (주)한국인프라 이 사 김 현 호 연구 책임
/ (주)로드코리아 부 사 장 정 철 기 연구 책임
/ (주)언맨드솔루션 사 장 문 희 창 연구 책임


---

보고서 요약서

<table>
<tr><td>과제고유번호</td><td>10-교통체계<br>-미래03</td><td>해 당 단 계<br>연 구 기 간</td><td>2011.09.30~<br>2012.12.29</td><td>단 계 구 분</td><td>(2단계)/<br>(2단계)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 사 업 명</td><td>중 사 업 명</td><td colspan="4">교통체계효율화사업</td></tr>
<tr><td>세부사업명</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 과 제 명</td><td>대 과 제 명</td><td colspan="4">도로교통 안전점검을 위한 차세대 장비 개발</td></tr>
<tr><td>세부과제명</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 책 임 자</td><td rowspan="2">윤 덕 근</td><td>해당단계<br>참 여<br>연구원수</td><td>총 : 64명<br>내부 : 명<br>외부 : 명</td><td>해당단계<br>연 구 비</td><td>정부: 2,050,000천원<br>기업: 687,000천원<br>계: 2,737,000천원</td></tr>
<tr><td>총연구기간<br>참 여<br>연구원수</td><td>총 : 64명<br>내부 : 명<br>외부 : 명</td><td>총연구비</td><td>정부: 3,480,000천원<br>기업: 1,167,000천원<br>계: 4,647,000천원</td></tr>
<tr><td>연구기관명 및<br>소 속 부 서 명</td><td colspan="2">한국건설기술연구원<br>도로연구실</td><td>참여기업명</td><td colspan="2">한국인프라, 로드코리아,<br>언맨드솔루션</td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="2">상대국명 :</td><td colspan="3">상대국연구기관명 :</td></tr>
<tr><td>위 탁 연 구</td><td colspan="2">연구기관명 :</td><td colspan="3">연구책임자 :</td></tr>
<tr><td colspan="4">요약(연구결과를 중심으로 개조식 500자 이내)</td><td>보고서면<br>수</td><td>684</td></tr>
<tr><td colspan="6">- 본 연구에서는 도로안전점검을 위하여 도로교통안전점검 기반 정보 수집 장비 구성, 도로교통안전점검을 위한 분석 방법 개발, 도로교통 안전성 분석을 위한 분석 tool을 개발하고, 현장 시험 운영 및 검증을 실시함</td></tr>
<tr><td rowspan="2">색 인 어<br>(각 5개 이상)</td><td>한 글</td><td colspan="4">도로안전, 조사차량, 교통환경, 운전자 행태, 도로 위험도 프로파일</td></tr>
<tr><td>영 어</td><td colspan="4">Road Safety, Survey Vehicle, Traffic Environment, Driver Behavior, Road Hazard Profile</td></tr>
</table>

# 요 약 문

## Ⅰ. 제목

도로교통 안전점검을 위한 차세대 장비개발(2차년도)

## Ⅱ. 연구개발의 목적 및 필요성

도로에서 발생될 수 있는 위험을 방지하기 위해 세계 각국에서는 예방적 조치법을 도입하였고, 그 중 하나의 형태가 도로안전진단으로 이는 1990년대 영국으로부터 시행되었으며, 우리나라에서는 2008년 교통안전법이 개정됨에 따라 도로교통안전진단이 시행되고 있다. 이와 더불어 국토해양부에서는 전국 도로에 대해 도로안전점검을 수행하여, 문제점을 도출하고 문제 구간에 대해 개선방안을 도출 하고 있다.

그러나 이러한 제도의 경우 현장에서 인력에 의해 수행되고 있어 많은 시간이 소요될 뿐 아니라 객관성이 결여될 수 있는 문제점이 존재한다. 또한, 도로의 기하구조 정보는 안전점검을 수행하기 위한 기초 자료이나 모든 도로에 도면에 존재하는 것이 아니라 도면이 존재하더라도 실제 도로와 다른 구간이 존재한다. 이에 기존 도로의 도면 정보를 취득할 뿐 아니라 기존 인력중심의 도로교통 안전점검에서 신속하고 객관적으로 도로의 안전성을 점검 할 수 있는 도로교통 안전점검 시스템을 개발이 요구되고 있다.

본 연구의 최종 목표는 신속하고 객관적으로 도로의 안전점검을 수행할 수 있는 도로교통 안전점검 시스템을 개발하는 것이며, 세부 목표는 다음과 같다.

○ 도로교통 안전점검 기반 정보 수집 장비 구성
  - 차량에 각종 센서를 장착하여 도면화를 위한 기본정보인 도로선형정보, 시설물 정보 등을 취득, 자동화에 가깝게 분석
○ 도로교통 위험도 판단 기법 개발
  - 취득된 도로환경 정보를 이용하여 도로의 위험한 구간 및 운전자 주행특성을 고려하여 위험도를 판단하는 기법 개발
○ 도로환경을 고려한 안전성 분석 기법 개발

- 취득된 도로환경요소를 이용한 도면화 S/W 개발

- 도로교통 위험도 판단기법을 이용한 통합안전성 분석 S/W 개발

## Ⅲ. 연구개발의 내용 및 범위

본 연구의 1차년도 및 2차년도의 연구내용은 다음과 같다.

| 연 차 | 연구목표 | 주요 연구내용 |
|---|---|---|
| 1차년도 | ▪도로교통 안전점검 기반정보 수집 장비 개발 | ▪ 도로교통 안전점검 기반정보 수집 장비 설계<br>- 센서 선정 및 장비 설계<br>- 센서 통합 방안 마련<br>▪ 도로교통 안전점검 기반정보 수집 장비 구성<br>- 기하구조 정보를 수집할 수 있는 장비 구성<br>▪ 도로 기하구조 분석 알고리즘 개발 |
| | ▪도로환경을 고려한 안전성 분석 기법 개발 | ▪ 도면화 시스템을 위한 데이터 취득 방법 정의<br>▪ 도면화 S/W 설계서 작성<br>▪ 도면화 S/W 특성 분석<br>▪ 도로 및 교통환경 도면화 시스템 프로토타입 개발<br>▪ 주행속도 및 가/감속도 분석 기반 안전성 평가 방법론 연구<br>▪ 도로노면상태 분석 기반 안전성 평가 방법론 연구<br>▪ 노면특성을 고려한 안전성 분석 방법론 개발 및 시스템 구성<br>- 노면물고임 관련 측정방법 개발 및 장비 제작<br>▪ 교통안전 기반 평가 항목 문헌 고찰<br>▪ 안전성 평가 항목 설정<br>▪ 안전성 평가 항목 조사/실험 방안 수립<br>▪ 도로정보/교통정보/운전자정보 평가 항목 데이터 수집 방안 설계<br>▪ 예비조사 실험 계획 수립<br>▪ 데이터 수집 예비 조사 수행 |
| | ▪도로 위험도 판단 기법 개발 | ▪ 도로와 교통환경을 고려한 위험요소 정의<br>- 국내외 관련 문헌 조사<br>- 도로환경(기하구조, 안전시설)을 고려한 위험요소 정의<br>- 개발시스템에 적용 가능한 위험요소 선정 |

| 연 차 | 연구목표 | 주요 연구내용 |
|---|---|---|
| 2차년도 | ▪도로교통 안전점검 기반정보 수집 장비 구성 | ▪ 도로교통 안전점검 기반정보 수집 장비 구성<br>- 도로시설물 정보 취득 장비 구성<br>- 상용화를 위한 플랫폼형태의 장비개발<br><br>▪ 도로정보 수집을 위한 통합센서 모듈 개발<br>- 개별 시스템 통합을 위한 동기화 개선<br>- 각종 장비 제어 및 데이터 취득 통합 S/W 개발<br><br>▪ 노면특성을 고려한 장비 개발<br>- 노면 마찰력 측정 및 분석 시스템 설계<br>- 노면 물고임 측정 알고리즘 보완<br>- 노면 안전성 시스템 현장적용 보완<br><br>▪ 도로 기하구조 및 시설물 정보수집 장비 보완 및 장비 안정화<br>▪ 장비 사용자 매뉴얼 제작<br>▪ 도로안전시설 정보 취득 및 분석알고리즘 개발<br>▪ 도로 기하구조 알고리즘 보완 |
| | ▪도로교통 위험도 판단기법 개발 | ▪ 주행안전성 평가방법론 정립<br>- 위험주행, 안전주행 기준값 도출<br>▪ 도로주행 안전성 측정 장비의 통합구성<br>- 차간거리계와 지능형주행기록계의 동기화<br>- 장비에 추출된 DATA(지능형주행기록계, 차간거리계, 도면정보)의 자동매칭화<br>▪ 안전주행 profile DB작성<br>- 기하구조와 환경조건을 고려한 안전주행 profile을 DB로 작성함<br>- 운전자 시각측면의 안전주행 profile작성<br>▪ 도로주행 안전성 평가 방법론 개발<br>▪ Positive Guidance 기법을 활용한 도로 위험요소 표시방법 마련<br>▪ 도로교통사고 D/B 자료 제공방안 마련<br>- D/B 사고자료를 위험도 프로파일에 적용하는 방안 검토 |
| | ▪도로교통 환경을 고려한 안전성 분석 기법 개발 | ▪ 도로교통 환경을 고려한 도면화 S/W 개발<br>▪ 도로교통 환경을 고려한 통합 안전성 분석 S/W 개발<br>▪ 현장점검을 통한 안전성 분석 S/W 보완 |
| | ▪현장 시험운영 및 검증 | ▪ 개발 시스템의 도로 시범운영<br>▪ 도로 기하구조 등에 대하여 개발 시스템 및 측량결과와의 비교 검증<br>▪ 장비 운용매뉴얼 개발 |

## Ⅳ. 연구개발결과

본 연구에서는 도로교통 안전점검 기반정보 수집 장비 개발, 도로교통 위험도 판단 기법 개발, 도로교통환경을 고려한 안전성 분석 기법 개발을 핵심 성과물로 설정하고, 도로교통안전점검에 수행되는 장비, 안전성 분석 S/W, 도면화 S/W, 분석 알고리즘을 개발하였다.

## Ⅴ. 연구개발 결과의 활용계획

본 연구의 연구개발 활용계획은 다음과 같다.

- 도로교통안전진단 및 안전점검에 활용
- 연구를 통해 개발된 표지판, 노면표지 자동 인식 모듈은 도로 시설물 유지관리를 위한 DB 생성에 유용하게 활용
- 도면화를 통해 도로 유지관리에 활용
- 포인트 클라우드와 영상과의 합성 기술은 도로의 3차원 GIS Data생성에 활용될 수 있으며 관련 장비의 국산화를 할 수 있음
- 연구를 통해 개발된 주행안전성 평가기준은 측정된 주행 자료를 통해서 도로의 어느 지점에서 운전자들이 위험한 운전을 하는지 판단할 수 있으며, 도로관리자는 주행안전성 자료를 가지고 도로개선, 안전시설 개선 등에 활용 가능
- 주행안전성 측정 장비는 도로관리자 누구나 쉽게 활용하여 도로의 주행안전성을 진단해볼 수 있으며, 문제가 되는 구간과 항목을 파악할 수 있음
- 위험운전에 대한 운전자들의 특성들이 쌓이고 쌓이면 신설도로에 위험 주행특성을 피할 수 있는 설계나 시설물 설치의 가이드라인 제시가 가능할 것으로 판단됨
- 도로자체의 특성 등에 국한된 안전진단 및 안전성 평가가 아닌 운전자의 주행특성에 기반한 주행안전성 평가를 통해 균형 잡히고 현실적인 도로의 안전성 평가로 활용 가능
- 공공/민간 시장에서 활용할 성과품은 개발 시제품에 대한 상용화 노력을 병행하고 신기술/신제품 인증 등을 추진하여 상업화 추진이 가능하며, 연구 과제를 통해 습득한 기술과 노하우를 통해 관련 사업 참여 시 활용 가능

# Summary

## Ⅰ. Title

Development of next generation equipment for road safety inspection(2nd)

## Ⅱ. Objective

Many countries adopted the prevention methods to prevent hazard which can occur on the roads. Road safety audit(RSA), one of these methods, implemented in Greate British, 1990s and the RSA adopted in Korea 2008 after amending the Road Traffic ACT. In addition the Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs(MLTM) also implemented the road safety Inspection to identify and improve the black spots of road and to prevent traffic accidents.

However, traditional road safety inspection process is a time-consuming method mainly depending on the inspector's experience. The road safety inspectors' experiences are not identical, and therefore it may lead to different results for road safety inspection and safety audit. Especially, if no road drawing is available, it is difficult to check the main deficiencies of highway geometry by eye. Road drawings are not always available in some road maintenance offices. Therefore a new technology or system which can collect highway geometric and facilities information and analyze the highway safety is required. The main objective is to develop the system to check road safety rapidly and objectively. The sub items are listed as follows;

○ Composition of road information survey equipment for road safety inspection
○ Development of road hazard identification method
○ Development of road safety analysis method with considering road environment
  - Drawing software

- Integrated road safety analysis software

## Ⅲ. Contents

The contents of this research are shown in the table below.

| Phase | Item | Contents |
|---|---|---|
| Phase 1 | ▪ Composition of road information survey equipment for road safety inspection | ▪ Design of road survey van<br>–Selection adequate sensors and design road survey van<br>–Preparation sensor integration and synchronization<br>▪ Composition road safety survey equipment<br>▪ Developement Highway geometric analysis algorithm |
| | ▪ Development of road hazard identification method | ▪ Definition of data acquisition for drawing system<br>▪ Making specification for highway drawing software and analysis of drawing software<br>▪ Development of highway drawing prototype software<br>▪ Development of road safety analysis and evaluation method<br>– Based on travel speed and acceleration and deceleration<br>– Based on road surface condition such as puddle area, texture and temperature<br>– Base on road, traffic and driver information<br>▪ Planning and conducting pilot survey to acquire data for road safety evaluation |
| | ▪ Development of road safety analysis method with considering road environment | ▪ Definition of road hazard factor considering road and traffic environments |

| 연 차 | 연구목표 | 주요 연구내용 |
|---|---|---|
| Phase 2 | ▪ Composition of road information survey equipment for road safety inspection | ▪ Composition road safety survey equipment<br>– Composition road survey van<br>– Development of platform type equipment for commercialization<br><br>▪ Development of sensor integration module for road survey van<br>– Improvement of synchronization for sensor integration<br>– Development of sensor control unit and software<br><br>▪ Development road survey system<br>– Road texture<br>– Road surface condition such as puddle area, texture and temperature<br>– Improvement of road surface system<br><br>▪ Improvement and stabilization the road survey van<br><br>▪ Making user manual for developed equipment<br><br>▪ Development of road facilities acquisition and analysis algorithm<br><br>▪ Improvement of road geometric analysis algorithm |
| | ▪ Development of road hazard identification method | ▪ Definition of travel safety evaluation<br><br>▪ Composition of road travel safety measurement equipment<br><br>▪ Building of road travel safety profile DB<br>– Considering road geometric and environments<br>– Considering driver's sight<br>▪ Development of road travel safety evaluation algorithm<br>▪ Development of display for road hazard factor using positive guidance method<br><br>▪ Providing traffic accidents DB to the developed system |

| | | |
|---|---|---|
| | ▪ Development of road safety analysis method with considering road environment | ▪ Development highway drawing software<br>▪ Development of integrated road safety analysis software<br>▪ Improvement the software through field survey |
| | ▪ Field application and system validation | ▪ Field application<br>▪ Comparison of system result and survey result<br>▪ Making user manual for developed equipment |

## Ⅳ. Outcomes

The road safety survey and analysis van, the technique for road hazard identification method and road analysis method considering road traffic environments were developed in this research. Also the highway drawing generation software and integrated road safety analysis software using collected data from survey van were developed

## Ⅴ. Application Plan

The application plan for this research result as follows;

- Road safety audit and Road safety inspection
- Asset management for road maintenance
- Generation rough highway drawing for highway management
- Fusion technique of photogrammetric imagery and laser scanner point clouds can be used generating 3-dimensional road GIS data
- Safety analysis result can be identified potential hazardous location and the result can be used road improvement project.

# 목 차


## 제1장 연구개발 과제 개요 ····· 1

제1절 연구개발 목적 ····· 1
제2절 연구개발 필요성 ····· 2
제3절 연구의 내용 및 범위 ····· 5

## 제2장 국내·외 기술 개발 현황 ····· 9

제1절 국내 기술 개발현황 ····· 9
제2절 국외 기술 개발현황 ····· 29

## 제3장 연구개발 수행 내용 및 결과 ····· 71

제1-1절 도로교통 안전점검 기반정보 수집 장비구성 ····· 71
제1-2절 선형분석 알고리즘 ····· 111
제1-3절 시설물 분석 시스템 ····· 158
제1-4절 장비 및 시스템 운영 매뉴얼 ····· 177
제1-5절 플랫폼 형태의 장비개발 ····· 188

제2-1절 연구 내용 및 방법 ····· 195
제2-2절 노면 물고임 및 노면거칠기(텍스쳐) 장비 개발 ····· 210
제2-3절 장비 분석 결과 ····· 227

제3-1절 도로교통 안전점검 기반정보 수집 장비개발 ····· 233

제4-1절 통계적 기법 기본이론 ····· 275
제4-2절 안전속도 모형의 분석구간 정의 ····· 281
제4-3절 구간에 따른 안전속도 모형개발 방법론 정립 ····· 283
제4-4절 안전속도 모형개발 및 검증 ····· 293

제4-5절 도로 종합안전성 평가 ····· 366

제5-1절 연구 내용 및 방법 ····· 376
제5-2절 위험요소 개념 및 유형 ····· 378
제5-3절 위험요소 선정 및 정의 ····· 380
제5-4절 위험요소 표시방법 마련 ····· 463
제5-5절 도로 및 시설 안전성평가 ····· 492
제5-6절 사고DB연계방법 마련 ····· 504
제5-7절 현장 시범운영 및 검증 ····· 522

제6-1절 시스템 요구정의 단계 ····· 554
제6-2절 요구분석 단계 ····· 565
제6-3절 설계 단계 ····· 613
제6-4절 구현 단계 ····· 638

**제4장 목표 달성도 및 관련분야에서의 기여도 ····· 661**

제1절 연도별 연구목표 및 평가의 착안점에 입각한 연구개발목표의 달성도 661
제2절 관련분야의 기술발전에의 기여도 ····· 668

**제5장 연구개발결과의 활용계획 ····· 673**

제1절 연구결과 활용방안 ····· 673

**참고문헌 ····· 677**

# 표 목 차

<표 1-1> 연구목표 및 주요 연구내용(1차년도) ····· 6
<표 1-2> 연구목표 및 주요 연구내용(2차년도) ····· 7

<표 2-1> 개별차량 속도차이를 이용한 안전성 평가기준 ····· 19
<표 2-2> 감속도를 이용한 안전성 평가기준 ····· 19
<표 2-3> 개별차량의 /거리를 이용한 안전성 평가기준 ····· 20
<표 2-4> 곡선부 자체의 안전성 평가기준 ····· 21
<표 2-5> 연속 구간(직선부+곡선부)의 안전성 평가기준 ····· 21
<표 2-6> 곡선부 종단경사별 주행속도 예측모형 ····· 22
<표 2-7> 속도편차 예측모형 ····· 22
<표 2-8> 차간거리 예측모형 ····· 23
<표 2-9> 도로선형 설계일관성 평가기준 ····· 23
<표 2-10> 가·감속도를 이용한 안전성 평가기준 ····· 24
<표 2-11> 평균점수를 이용한 도로의 안전성 평가기준 ····· 25
<표 2-12> 교통사고건수 예측 모형식 ····· 25
<표 2-13> 교통사고율 예측 모형식 ····· 26
<표 2-14> 국내·외 MMS 시스템의 기능 비교 ····· 34
<표 2-15> 시판중인 GPS 수신기 현황(2011년 기준) ····· 39
<표 2-16> 선형조건에 따른 속도예측 모형식 ····· 56
<표 2-17> 선형조건에 따른 속도예측 모형식 ····· 57
<표 2-18> 곡선 구간의 주행속도 모형식 ····· 57
<표 2-19> 설계일관성 확보에 따른 안전성 평가기준 ····· 60
<표 2-20> 주행속도일관성 확보에 따른 안전성 평가기준 ····· 61
<표 2-21> 운전동역학상의 일관성 확보에 따른 안전성 평가기준 ····· 63
<표 2-22> 설계일관성에 따른 도로 설계 안전성 평가기준 ····· 63
<표 2-23> 설계일관성에 따른 감속도, 가속도기준 ····· 64
<표 2-24> 안전수준에 따른 곡선구간에서의 사고율 ····· 65

<표 3-1-1> 자동으로 추출할 수 있는 23개 안전진단 항목 ····· 72
<표 3-1-2> 반자동으로 추출할 수 있는 21개 안전진단 항목 ····· 73
<표 3-1-3> 본 연구에서 비교된 GPS-IMU 장비 ····· 77

<표 3-1-4> IMU 장비의 비교 테스트를 위한 실험 구분, 목적 및 장소 ···· 77
<표 3-1-5> MEMS방식과 FOG 방식의 GPS-IMU 정확도 비교 실험정리 ··· 89
<표 3-1-6> FSAS IMU성능 ····· 94
<표 3-1-7> SPAN-CPT IMU성능 ····· 96
<표 3-1-8> 선정된 카메라와 렌즈의 사양 ····· 99
<표 3-1-9> 선정된 회전식 레이저 사양 ····· 102
<표 3-1-10> 선정된 시설물 레이저 사양 ····· 103
<표 3-1-11> 선정된 노면온도센서 사양 ····· 104
<표 3-1-12> 국도 37호선 테스트 지역의 데이터 취득율 ····· 108
<표 3-1-13> GPS 후처리 방식에 따른 37호선의 도면과의 오차율 비교 110
<표 3-1-14> Parameter 설명 ····· 118
<표 3-1-15> 대상구간의 도면상 곡선반경(R) ····· 122
<표 3-1-16> Parameter 설명 ····· 124
<표 3-1-17> Span에 따른 임계 값 및 분류정확도 도출 ····· 126
<표 3-1-18>곡선부의 Heading 변화량 ····· 128
<표 3-1-19> 분석기본단위 ····· 129
<표 3-1-20> 영동고속도로 곡선반경 분석결과의 도면 비교 ····· 132
<표 3-1-21> 37호선(가평/현리) 원곡선반경 분석결과의 도면 비교 ····· 134
<표 3-1-22> 지방도 367호선 원곡선반경 분석결과의 도면 비교 ····· 135
<표 3-1-23> 반자동화추정 전·후 결과비교 ····· 136
<표 3-1-24> 종단경사 알고리즘 Parameter ····· 139
<표 3-1-25> 국도 37호선 분석기본단위 산출 사례 ····· 141
<표 3-1-26> 영동고속도로 종단경사 분석 결과 ····· 143
<표 3-1-27> 국도 37호선 종단경사 분석 결과 ····· 145
<표 3-1-28> 지방도 367호선 분석결과 ····· 146
<표 3-1-29> 반자동화 추정 전·후 결과 비교 ····· 146
<표 3-1-30> 대상구간의 횡단경사 ····· 150
<표 3-1-31> Parameter 설명 ····· 151
<표 3-1-32> 레이저와 Span에 따른 횡단경사 비교 ····· 152
<표 3-1-33> T-test 결과 ····· 156
<표 3-1-35> 교통표지판의 색상정보 ····· 159
<표 3-1-36> 교통표지 형태학적 특성 비교표 ····· 161
<표 3-1-37> 테스트 영상의 종류 ····· 164
<표 3-1-38> 폴더별 인식률 테스트 결과 ····· 165

<표 3-1-39> 모든 영상에 대한 인식률 테스트 결과 ····· 165
<표 3-1-40> 주의표지 DB코드 표 ····· 167
<표 3-1-41> 주의표지 DB코드 표 ····· 168
<표 3-1-42> 지시표지 DB코드 표 ····· 169
<표 3-1-43> 시선유도표지 DB코드 표 ····· 169
<표 3-1-44> 영상인식지점과 실제 표지판과의 거리 비교 ····· 173
<표 3-1-45> 영상인식지점과 실제 표지판과의 거리 비교 ····· 176
<표 3-1-46> 각 차로수별 조사방법 ····· 179
<표 3-1-47> ARASEO 차량의 GPS를 기준으로 한 센서의 상대적 위치 185
<표 3-1-48> 부착된 플랫폼 장비 센서와 용도 ····· 189

<표 3-2-1> 노면 물고임 발생위치를 판단하기 위한 기하구조별 경우의 수 198
<표 3-2-2> 최소 종단경사 기준 ····· 201
<표 3-2-3> 최대 종단경사 기준(예) ····· 202
<표 3-2-4> 평면곡선반경에 따른 편경사 적용 기준(예) ····· 202
<표 3-2-5> 최소 미끄럼 지수 기준 ····· 207
<표 3-2-6> 미국의 DOT별 SN65 적용시 기준치 ····· 208
<표 3-2-7> 고속도로 미끄럼 마찰값 유지·관리 기준 ····· 209
<표 3-2-8> 물고임 조사 모듈 성능 ····· 216
<표 3-2-9> 조사모듈 성능등급 ····· 228
<표 3-2-10> 조사모듈 성능등급 ····· 228
<표 3-2-11> 종단평타성(IRI) 반복성 ····· 230
<표 3-2-12> 종단프로파일 교차상관성 ····· 231
<표 3-2-13> 국도37호선(가평-현리) 결과값 ····· 231
<표 3-2-14> 국도367호선(파주-법원리) 결과 값 ····· 232

<표 3-3-1> 장비 리스트 ····· 234
<표 3-3-2> 데이터 서버 사양 ····· 235
<표 3-3-3> 카메라 사양 ····· 238
<표 3-3-4> 비전 PC 사양 ····· 239
<표 3-3-5> GPS 사양 ····· 242
<표 3-3-6> 레이저 스캐너 사양 ····· 244
<표 3-3-7> DMI 모듈 ····· 248
<표 3-3-8> 노면온도, 대기온도 측정 모듈 사양 ····· 252

<표 3-3-9> 캘리브레이션 결과 ····· 256
<표 3-3-10> FOV 변수 ····· 262
<표 3-3-11> IPM 변수 ····· 263
<표 3-3-12> 차량 실측 거리 ····· 263
<표 3-3-13> 차선폭 탐지 실측도 ····· 264
<표 3-3-14> 차로 폭 캘리브레이션 결과 ····· 267

<표 3-4-1> 상관계수의 4가지 성질 ····· 277
<표 3-4-2> 일원분산분석표 ····· 280
<표 3-4-3> 설계속도와 횡방향 미끄럼 마찰계수·편경사에 따른 최소 곡선반경 ··· 286
<표 3-4-4> 직선구간 안전속도 모형 도출 위한 독립변수 ····· 290
<표 3-4-5> 지능형 주행 기록장치의 측정 항목 ····· 293
<표 3-4-6> 지능형 주행 기록장치 부분별 명칭 ····· 294
<표 3-4-7> 지능형 주행기록장치 하드웨어 사양 ····· 295
<표 3-4-8> 주행 기록 실시간 측정 프로그램 부분별 명칭소개 ····· 297
<표 3-4-9> 실험 대상구간 특성 ····· 301
<표 3-4-10> 실험 일자와 기상상태 ····· 302
<표 3-4-11> 노선별 피 실험자 성별, 인원 및 사고경험 ····· 305
<표 3-4-12> 1회차 실험조사 양식 ····· 307
<표 3-4-13> 2회차 실험조사 양식 ····· 308
<표 3-4-14> 3회차 실험조사 양식 ····· 308
<표 3-4-15> 10회차 실험조사 양식 ····· 309
<표 3-4-16> 실험을 통해 취득할 수 있는 자료 형태 (예시) ····· 312
<표 3-4-17> 도로기하구조 정보와 주행속도가 매칭 된 자료 ····· 314
<표 3-4-18> 피 실험자의 구간별 평균 주행속도 ····· 316
<표 3-4-19> 실제 주행차량의 구간별 평균주행속도 ····· 317
<표 3-4-20> 독립표본 t-test 결과 ····· 318
<표 3-4-21> 왕복 4차로 곡선반경에 따른 주행속도자료 구축형태 ····· 319
<표 3-4-22> 왕복 2차로 곡선반경에 따른 주행속도자료 구축형태 ····· 320
<표 3-4-23> 왕복 4차로에서 기상·노면상태에 따른 주행속도자료 구축 형태 ·· 322
<표 3-5-24> 왕복 2차로에서 기상·노면상태에 따른 주행속도자료 구축 형태 323
<표 3-4-25> 직선구간의 주행속도자료 구축형태 ····· 324
<표 3-4-26> 선 진출·입 구간에서 곡선과 곡선 사이 거리에 따른 주행속도자료 구축형태 ··· 325
<표 3-4-27> 곡선구간 주행속도에 대한 정규성 검정(K-S) 결과 ····· 329

<표 3-4-28> 왕복 4차로의 곡선반경별 안전주행행태 계수 산출 ····· 331
<표 3-5-29> 왕복 2차로의 곡선반경별 안전주행행태 계수 산출 ····· 332
<표 3-4-30> 곡선반경에 따른 안전주행행태 계수 산출결과 ····· 333
<표 3-4-31> 왕복 4차로의 기상·노면상태별 쾌적하고 안전함을 느낀 주행속도 335
<표 3-4-32> 왕복 2차로의 기상·노면상태별 쾌적하고 안전함을 느낀 주행속도 336
<표 3-4-33> 왕복 4차로의 기상·노면상태에 따른 안전 주행속도 One-way ANOVA분석 결과 · 337
<표 3-4-34> 왕복 2차로의 기상·노면상태에 따른 안전 주행속도 One-way ANOVA분석 결과· 338
<표 3-4-35> 기상·노면상태에 따른 안전주행행태 계수 산출 결과 ····· 338
<표 3-4-36> 직선구간에서 주행속도 정규성(K-S) 검정 결과 ····· 341
<표 3-4-37> 종속변수와 독립변수 간 상관분석 결과 ····· 344
<표 3-4-38> 왕복 4차로와 왕복 2차로에서의 기상·노면상태에 따른 … 347
<표 3-4-39> 안전 가속도, 감속도 산출 결과 ····· 350
<표 3-4-40> 주행속도별 감속도 및 감속시작지점 ····· 352
<표 3-4-41> 주행속도 범주에 따른 감속거리 One-Way ANOVA 분석결과 · 353
<표 3-4-42> 주행속도에 따른 감속도 및 감속시작지점 산출 결과 ····· 354
<표 3-4-43> 모형 검증 대상구간의 특성 ····· 359
<표 3-4-44> 모형 검증 대상구간의 선형정보 ····· 360
<표 3-4-45> 주행속도 차이에 따른 안전성 평가 ····· 361
<표 3-4-46> 모형 검증 대상구간의 주행속도 예측 및 안정성 평가 결과 362
<표 3-4-47> 안정성 평가와 실제 사고건수 비교 ····· 365
<표 3-4-48> 주행안전성 측면 평가기준 ····· 370
<표 3-4-49> 시설안전성 측면 평가기준 ····· 371
<표 3-4-50> 도로의 종합안전성 평가등급 ····· 373
<표 3-4-51> 율길초등학교~연하교차로(약 7.1km) 구간 종합안전성 평가 결과 … 375

<표 3-5-1> 교통사고 유발요인의 구성비 ····· 378
<표 3-5-2> 도로환경적요인 범주에 속하는 위험요소 ····· 380
<표 3-5-3> AHP 설문조사 개요 ····· 383
<표 3-5-4> 전문가 계층적분석기법(AHP) 분석결과 ····· 386
<표 3-5-5> 차량개발 분야 전문가 설문조사 개요 ····· 390
<표 3-5-6> 자동화 기능에 적합한 위험요소 ····· 392
<표 3-5-7> 반자동화 기능에 적합한 위험요소 ····· 394
<표 3-5-8> 자동화 위험요소 ····· 396
<표 3-5-9> 도로의 구분, 설계속도 및 지역에 따른 최소 폭 ····· 403

<표 3-5-10> 중앙분리대 설치비율의 증가에 따른 사고율의 변화 ····· 405
<표 3-5-11> 중앙분리대 설치에 따른 최소 폭 ····· 405
<표 3-5-12> 연결로의 설계속도에 따른 '도로의 선형' 기준 ····· 409
<표 3-5-13> 설계속도에 따른 완화곡선의 최소 길이 ····· 410
<표 3-5-14> 도로 구분별 편경사 기준 ····· 412
<표 3-5-15> 설계기준자동차에 따른 확폭 ····· 413
<표 3-5-16> 런던 버밍햄 자동차전용도로 55마일구간 교통사고 분석결과 ·· 414
<표 3-5-17> 차도의 최대 종단경사 ····· 415
<표 3-5-18> 종단경사에 따른 사고율(독일의 2차로 고속도로) ····· 416
<표 3-5-19> 런던 버밍햄 자동차전용도로 55마일구간 교통사고 분석결과 ·· 416
<표 3-5-20> 도로의 구분, 설계속도 및 지역에 따른 최대종단경사 ····· 417
<표 3-5-21> 텍사스 주 54마일 고속도로의 약 10,000건의 교통사고 분석결과 418
<표 3-5-22> 설계속도 및 종단곡선 형태에 따른 종단곡선 최소 변화비율 ··· 418
<표 3-5-23> 설계속도에 따른 종단곡선 최소 길이 ····· 419
<표 3-5-24> 설계속도별 최소정지시거 ····· 422
<표 3-5-25> 설계속도에 따른 최소정지시거 ····· 424
<표 3-5-26> 안전 및 쾌적성에 영향을 미치는 파장 범위 ····· 425
<표 3-5-27> MPD 해외 관리기준(예) ····· 428
<표 3-5-28> 고속도로 기준 ····· 429
<표 3-5-29> 신설구간 기준 ····· 430
<표 3-5-30> 국도 기준 ····· 433
<표 3-5-31> 고속도로 기준 ····· 433
<표 3-5-32> 최소 종단경사 기준 ····· 435
<표 3-5-33> 최대 종단경사 기준(예) ····· 436
<표 3-5-34> 평면곡선반경에 따른 편경사 적용 기준의 예 ····· 436
<표 3-5-35> 안전표지의 설치 ····· 440
<표 3-5-36> 설계속도와 최소곡선반경에 따른 갈매기표지 적용 곡선반경 · 443
<표 3-5-37> 곡선반경에 따른 갈매기표지 설치 간격 ····· 443
<표 3-5-38> 반자동화 위험요소 ····· 445
<표 3-5-39> 접근속도에 따른 신호등 최소가시거리 ····· 450
<표 3-5-40> 교량 전방시야 부적정 분석기준 ····· 457
<표 3-5-41> 정보처리 구간의 구분 ····· 470
<표 3-5-42> 위험요소 표시방법 작성원칙 검토 ····· 472
<표 3-5-43> 국내 Positive Guidance 적용사례 ····· 473

<표 3-5-44> 국외 Positive Guidance의 개발과 적용사례 ····· 474
<표 3-5-45> 위험요소 선정(44항목) ····· 477
<표 3-5-46> 설문지 배포수 및 회수율 ····· 478
<표 3-5-47> 평가기준에 대한 중요도와 가중치의 계산과정 ····· 481
<표 3-5-48> CI값의 계산과정 ····· 481
<표 3-5-49> Matrix크기에 따른 Random Consistency값 ····· 481
<표 3-5-50> 대분류 및 중분류에 따른 위험요소 항목 구분 ····· 482
<표 3-5-51> 위험요소 항목 중요도 분석 결과 ····· 484
<표 3-5-52> 구간시설 및 현황 ····· 486
<표 3-5-53> 새로운 Hazard Profile 범례 ····· 489
<표 3-5-54> 안전성평가 자료수집 대상구간 개요 ····· 493
<표 3-5-55> 조사 대상 4개 노선 ····· 493
<표 3-5-56> 안전성 평가기준 산술평균 ····· 499
<표 3-5-57> 일반국도 2차로구간 안전성 평가기준 ····· 501
<표 3-5-58> 일반국도 4차로구간 안전성 평가기준 ····· 501
<표 3-5-59> TMACS 기반 데이터 ····· 510
<표 3-5-60> 도로시설 안전성 평가기준 ····· 518
<표 3-5-61> Hazard Profile 범례 ····· 520
<표 3-5-62> Hazard Profile 범례-위험요소 항목 중요도 분석 결과 ····· 520
<표 3-5-63> 차세대장비 성능검증 자료수집 대상구간 개요 ····· 522
<표 3-5-64> 대상구간의 측량 기준점 현황 ····· 523
<표 3-5-65> 국가기준점 현황조사 ····· 523
<표 3-5-66> 대상구간 GPS 측량지점 현황 ····· 524
<표 3-5-67> 대상구간 수준측량 현황조사 ····· 525
<표 3-5-68> 대상구간 점의조서 측량현황 ····· 526
<표 3-5-69> 평면선형 측량현황분석 ····· 527
<표 3-5-70> 종단선형 측량현황분석 ····· 528
<표 3-5-71> 평면선형 측량현황분석 ····· 529
<표 3-5-72> 종단면도 측량현황분석 ····· 529
<표 3-5-73> 편구배 측량현황분석 ····· 530
<표 3-5-74> 표지판 설치현황 ····· 530
<표 3-5-75> 지방도 367호선 원곡선반경 분석결과의 도면 비교 ····· 534
<표 3-5-76> 수동선형추정 전·후 결과비교 ····· 535
<표 3-5-77> 지방도 367호선 종단경사 분석결과의 도면 비교 ····· 536

<표 3-5-78> 구간 및 권역별 점검 계획 ····· 538
<표 3-5-79> 도로안전시설 점검의 범위 ····· 540
<표 3-5-80> 도로안전시설 점검 결과 ····· 541
<표 3-5-81> 전라남도 도로·교통안전시설 점검 총괄표 ····· 543
<표 3-5-82> 점검구간 : 나주 석현삼거리 ⇒ 남평교사거리(작성예) ····· 544
<표 3-5-83> 전라북도 도로·교통안전시설 점검 총괄표 ····· 546
<표 3-5-84> 점검구간 : 봉황교차로 ⇒ 영전사거리(작성예) ····· 547
<표 3-5-85> 경상남도 도로·교통안전시설 점검 총괄표 ····· 549
<표 3-5-86> 점검구간 : 창원시 호산교차로 ⇒ 서성광장교차로(작성예) · 550
<표 3-5-87> 경상북도 도로·교통안전시설 점검 총괄표 ····· 552
<표 3-5-88> 점검구간 : 논공단지사거리 ⇒ 봉영교차로(작성예) ····· 553

<표 3-6-1> 상위요구사항기술서 (도면화) ····· 555
<표 3-6-2> 상위요구사항기술서 (안전점검) ····· 557
<표 3-6-3> 상위요구사항기술서 (교통사고) ····· 557
<표 3-6-4> 상위요구사항기술서 (도로정보조회) ····· 557
<표 3-6-5> 도면화 기능의 요구사항 명세 ····· 566
<표 3-6-6> 안전점검 기능의 요구사항 명세 ····· 568
<표 3-6-7> 교통사고 기능의 요구사항 명세 ····· 570
<표 3-6-8> 도로정보 조회기능의 요구사항 명세 ····· 571
<표 3-6-9> 현행업무절차서 (도면화) ····· 572
<표 3-6-10> 현행업무절차서 (안전점검) ····· 573
<표 3-6-11> 현행업무절차서 (교통사고) ····· 574
<표 3-6-12> 현행업무절차서 (도로정보조회) ····· 574
<표 3-6-13> 요구사항기술서 (프로젝트 관리) ····· 575
<표 3-6-14> 요구사항기술서 (도로중심선 생성) ····· 575
<표 3-6-15> 요구사항기술서 (이미지 슬라이드) ····· 576
<표 3-6-16> 요구사항기술서 (평면선형 추정) ····· 576
<표 3-6-17> 요구사항기술서 (평면선형 배치) ····· 577
<표 3-6-18> 요구사항기술서 (종단선형 추정) ····· 577
<표 3-6-19> 요구사항기술서 (종단선형 배치) ····· 578
<표 3-6-20> 요구사항기술서 (횡단 구성) ····· 578
<표 3-6-21> 요구사항기술서 (데이터 구성 및 분석) ····· 579
<표 3-6-22> 요구사항기술서 (도로위험도 분석) ····· 579

<표 3-6-23> 요구사항기술서 (도면화) ····· 580
<표 3-6-24> 요구사항기술서 (시설안전점검) ····· 581
<표 3-6-25> 요구사항기술서 (주행안전점검) ····· 582
<표 3-6-26> 요구사항기술서 (종합안전점검) ····· 582
<표 3-6-27> 요구사항기술서 (교통사고 위치) ····· 583
<표 3-6-28> 요구사항기술서 (교통사고 통계) ····· 583
<표 3-6-29> 요구사항기술서 (도로정보조회) ····· 584
<표 3-6-30> 이벤트목록 (도면화) ····· 585
<표 3-6-31> 이벤트목록 (안전점검) ····· 588
<표 3-6-32> 이벤트목록 (교통사고) ····· 590
<표 3-6-33> 이벤트목록 (도로정보조회) ····· 590
<표 3-6-34> 프로세스목록 (도면화) ····· 591
<표 3-6-35> 프로세스목록 (안전점검) ····· 594
<표 3-6-36> 프로세스목록 (교통사고) ····· 595
<표 3-6-37> 프로세스목록 (도로정보) ····· 595
<표 3-6-38> 엔티티정의서 (메인) ····· 596
<표 3-6-39> 엔티티정의서 (위험분류코드) ····· 597
<표 3-6-40> 엔티티정의서 (위험요소코드) ····· 597
<표 3-6-41> 엔티티정의서 (교통사고코드) ····· 597
<표 3-6-42> 엔티티정의서 (공통코드) ····· 597
<표 3-6-43> 엔티티정의서 (이벤트코드) ····· 598
<표 3-6-44> 엔티티정의서 (가드레일) ····· 598
<표 3-6-45> 엔티티정의서 (교통표지판) ····· 598
<표 3-6-46> 엔티티정의서 (도로폭) ····· 598
<표 3-6-47> 엔티티정의서 (사면) ····· 599
<표 3-6-48> 엔티티정의서 (도로시거) ····· 599
<표 3-6-49> 엔티티정의서 (종단) ····· 599
<표 3-6-50> 엔티티정의서 (중앙분리대) ····· 600
<표 3-6-51> 엔티티정의서 (평면) ····· 600
<표 3-6-52> 엔티티정의서 (포장) ····· 600
<표 3-6-53> 엔티티정의서 (횡단) ····· 601
<표 3-6-54> 엔티티정의서 (평면선형 - 분석결과) ····· 601
<표 3-6-55> 엔티티정의서 (위험요소) ····· 602
<표 3-6-56> 엔티티정의서 (도로중심선) ····· 604

<표 3-6-57> 엔티티정의서 (종단선형 - 분석결과) ····· 605
<표 3-6-58> 엔티티정의서 (종단선형) ····· 606
<표 3-6-59> 엔티티정의서 (위험별등급) ····· 606
<표 3-6-60> 엔티티정의서 (위험등급) ····· 607
<표 3-6-61> 엔티티정의서 (교통사고) ····· 607
<표 3-6-62> 엔티티정의서 (종평면도 파일) ····· 608
<표 3-6-63> 엔티티정의서 (관련법 연계) ····· 608
<표 3-6-64> 엔티티정의서 (운전계수) ····· 609
<표 3-6-65> 엔티티정의서 (감속시작거리) ····· 609
<표 3-6-66> 레이어 (측량 및 지질) ····· 609
<표 3-6-67> 레이어 (기하구조) ····· 609
<표 3-6-68> 레이어 (설계일반) ····· 610
<표 3-6-69> 레이어 (부대공) ····· 611
<표 3-6-70> 코드정의서 (공통코드) ····· 619
<표 3-6-71> 코드정의서 (행정구역코드) ····· 620
<표 3-6-72> 코드정의서 (이벤트코드) ····· 621
<표 3-6-73> 코드정의서 (도로시설물코드) ····· 622
<표 3-6-74> 코드정의서 (도로정보 및 시거분석정보) ····· 624
<표 3-6-75> 공통모듈사양서 (공통 모듈) ····· 626
<표 3-6-76> 공통모듈사양서 (파일 & DB 제어 모듈) ····· 626
<표 3-6-77> 공통모듈사양서 (도면화 모듈) ····· 627
<표 3-6-78> 테이블 목록 ····· 628
<표 3-6-79> 화면목록 (도면화) ····· 636
<표 3-6-80> 화면목록 (안전점검) ····· 637
<표 3-6-81> 화면목록 (교통사고) ····· 637
<표 3-6-82> 화면목록 (도로정보조회) ····· 637
<표 3-6-83> 테스트결과서 (캐드실행 및 Arx 로딩) ····· 639
<표 3-6-84> 테스트결과서 (프로젝트 관리) ····· 640
<표 3-6-85> 테스트결과서 (도로중심선 구성) ····· 641
<표 3-6-86> 테스트결과서 (이미지 슬라이드) ····· 642
<표 3-6-87> 테스트결과서 (주행정보 가져오기) ····· 643
<표 3-6-88> 테스트결과서 (평면선형 자동추정 및 미리보기) ····· 644
<표 3-6-89> 테스트결과서 (종단선형 자동추정 및 미리보기) ····· 645
<표 3-6-90> 테스트결과서 (횡단 자동구성 및 결과보기) ····· 646

<표 3-6-91> 테스트결과서 (도로시설 구성) ····· 647
<표 3-6-92> 테스트결과서 (교통표지판 구성) ····· 648
<표 3-6-93> 테스트결과서 (포장 구성) ····· 649
<표 3-6-94> 테스트결과서 (시거분석) ····· 650
<표 3-6-95> 테스트결과서 (도로위험도 분석) ····· 651
<표 3-6-96> 테스트결과서 (도면화) ····· 652
<표 3-6-97> 테스트결과서 (안전점검) ····· 653
<표 3-6-98> 테스트결과서 (시설안전점검) ····· 654
<표 3-6-99> 테스트결과서 (주행안전점검) ····· 655
<표 3-6-100> 테스트결과서 (종합안전점검) ····· 656
<표 3-6-101> 테스트결과서 (교통사고) ····· 657
<표 3-6-102> 테스트결과서 (교통사고 위치) ····· 658
<표 3-6-103> 테스트결과서 (교통사고 통계) ····· 659
<표 3-6-104> 테스트결과서 (도로정보조회) ····· 660

<표 4-1> 연구목표 및 연구내용(도로교통 안전점검 기반정보 수집 장비 구성) 662
<표 4-2> 연구목표 및 연구내용(도로교통 위험도 판단기법 개발) ····· 663
<표 4-3> 연구목표 및 연구내용(도로교통 환경을 고려한 안전성 분석 기법 개발) ·· 664
<표 4-4> 연구목표 및 연구내용(현장 시험운영 및 검증) ····· 664
<표 4-5> 연구개발 목표 달성도(도로교통 안전점검 기반정보 수집 장비 구성) ··· 665
<표 4-6> 연구개발 목표 달성도(도로교통 위험도 판단기법 개발) ····· 666
<표 4-7> 연구개발 목표 달성도(도로교통 환경을 고려한 안전성 분석 기법 개발) ··· 667
<표 4-8> 연구개발 목표 달성도(현장 시험운영 및 검증) ····· 667

# 그 림 목 차

<그림 1-1> 연구개발 목표 ····· 2
<그림 1-2> 도로교통의 3요소 ····· 3
<그림 1-3> 도로교통의 3요소 ····· 3
<그림 1-4> 연구개발 TRM ····· 8

<그림 2-1> 교통사고 분석시스템 ····· 11
<그림 2-2> 교통안전정보관리시스템 ····· 12
<그림 2-3> 평균법에 의한 소성 변형량 측정 ····· 14
<그림 2-4> 피크법에 의한 소성 변형량 측정 ····· 14
<그림 2-5> 곡선반경별 평균자유속도의 변화 ····· 16
<그림 2-6> 속도변화폭과 평균사고건수 ····· 17
<그림 2-7> 속도선택기반 주행위험도 개념도 ····· 28
<그림 2-8> 독일 Lehmann + Partners의 IRIS ····· 30
<그림 2-9> 데이터 취득 후 시설물 정보 입력 S/W ····· 30
<그림 2-10> 선형 정보 표출 프로그램 ····· 31
<그림 2-11> 독일 Lehmann + Partners의 ZEUS의 주 기능 ····· 31
<그림 2-12> 약결합 방식에 의한 접근방법 ····· 37
<그림 2-13> 강결합 방법에 의한 접근 방법 ····· 37
<그림 2-14> GPS-IMU 심층결합 ····· 38
<그림 2-15> MTD를 측정하는 장비 및 측정방법 ····· 41
<그림 2-16> MPD와 MTD를 측정하는 방법 ····· 42
<그림 2-17> MPD 측정하는 차량의 조사방법 ····· 43
<그림 2-18> MPD 측정장비 ····· 43
<그림 2-19> AC 포장에서 MTD와 MPD의 상관관계 분석 ····· 44
<그림 2-20> CTM과 MTD 장비를 이용한 상관관계 그래프 ····· 45
<그림 2-21> Ames scanner장비 ····· 45
<그림 2-22> Ames scanner와 Sand patch test의 상관관계식 ····· 46
<그림 2-23> 미끄럼저항성과 매크로조직깊이가 사고율에 미치는 영향 ····· 47
<그림 2-24> MPD 측정하는 방법 및 장비 ····· 51
<그림 2-25> 표면을 복구하기 위한 방법 ····· 52

<그림 2-26> 포장 표면의 복구 방법 순서 ····· 53
<그림 2-27> 곡도(DC), CCR(CCRs)과 85백분위속도와의 관계 ····· 59
<그림 2-28> 제안된 계층구조 퍼지 추론 모형 ····· 67
<그림 2-29> 퍼지 결과와 실제 사고율과의 비교 ····· 67
<그림 2-30> 점구름 사례 ····· 69
<그림 2-31> Autodesk Infrastructure Map 서버 ····· 69
<그림 2-32> Open Source GIS 사례 ····· 70
<그림 2-33> Map API 활용 및 비교 ····· 70

<그림 3-1-1> 도로교통안전점검 장비를 위한 필요기능선정 ····· 75
<그림 3-1-2> 도로교통안전점검 장비를 위한 필요센서 ····· 75
<그림 3-1-3> 서울 테헤란로 실험 전체현황 ····· 78
<그림 3-1-4> 실험지역의 부분 확대 화면 ····· 78
<그림 3-1-5> 수치지도와 위성영상 중첩화면 ····· 79
<그림 3-1-6> FOG 방식의 X, Y, Z의 RMSE ····· 79
<그림 3-1-7> MEMS 방식의 RMSE ····· 79
<그림 3-1-8> GPS 신호가 단절된 지점 비교 ····· 80
<그림 3-1-9> 경사가 급한 곳의 결과 비교 ····· 80
<그림 3-1-10> FOG방식의 X, Y, Z 방향의 RMSE ····· 81
<그림 3-1-11> FOG방식의 GPS 위성수 ····· 81
<그림 3-1-12> MEMS 방식의 GPS 위성수 ····· 81
<그림 3-1-13> 수평 궤적 비교 ····· 82
<그림 3-1-14> FOG 방식의 방향별 가속도 비교 ····· 82
<그림 3-1-15> FOG 방식의 방향별 각속도비교 ····· 83
<그림 3-1-16> FOG 방식의 방향별 RMSE ····· 83
<그림 3-1-17> 1시간 주행 IMU만의 궤적 비교 ····· 84
<그림 3-1-18> 터널 입구 초반부의 오차비교 ····· 84
<그림 3-1-19> 장거리 터널의 오차비교 ····· 85
<그림 3-1-20> 방향별 편경사 산출 방법 ····· 86
<그림 3-1-21> 횡단경사 측량을 위한 조사구간 ····· 87
<그림 3-1-22> 레이저 측량(좌) 및 VRS-RTK를 이용한 기준점 측량(우) ··· 87
<그림 3-1-23> 포인트 클라우드(좌) 및 측량 기준점, 선형 등록(우) ····· 88
<그림 3-1-24> 단면 설정(10m) 및 DXF 저장과정 ····· 88
<그림 3-1-25> 편경사 처리 결과 비교 ····· 88

<그림 3-1-26> 평지주행시의 FOG센서간의 오차비교 ····· 90
<그림 3-1-27> 터널주행시의 FOG센서간의 오차비교 ····· 90
<그림 3-1-28> FSAS 센서의 DOP (PDOP=2.10, VDOP=1.66, HDOP=1.26) ··· 91
<그림 3-1-29> FSAS 센서의 DOP (PDOP=2.16, VDOP=1.75, HDOP=1.23) ··· 91
<그림 3-1-30> Novatel SPAN SE GPS와 Imar FSAS IMU ····· 93
<그림 3-1-31> 플랫폼 위치취득 센서로 선정된 SPAN-CPT ····· 95
<그림 3-1-32> In wheel 방식의 DMI 장착 현황 ····· 97
<그림 3-1-33> Manta G-125C Giga-E 카메라 ····· 99
<그림 3-1-34> 회전식 레이저스캐너를 이용한 연석인식 ····· 101
<그림 3-1-35> 레이저스캐너 ····· 101
<그림 3-1-36> 시설물 레이저 스캐너 ····· 103
<그림 3-1-37> 선정된 노면온도 센서 ····· 104
<그림 3-1-38> 도로교통 안전점검 차량 ····· 105
<그림 3-1-39> 도로교통 안전점검 차량의 전기배선도 ····· 106
<그림 3-1-40> 도로교통 안전점검 차량의 주요 센서 위치 ····· 107
<그림 3-1-41> 국도37호선 가평-현리 구간 데이터 취득율 실험 ····· 107
<그림 3-1-42> DGPS 방식의 궤적 비교 ····· 109
<그림 3-1-43> GPS 후처리 방식의 RMSE 비교 ····· 109
<그림 3-1-44> 차량의 자세정보 ····· 113
<그림 3-1-45> 도로중심선 생성 및 정점 추출 입력화면 ····· 114
<그림 3-1-46> 중심선 개념도 ····· 114
<그림 3-1-47> 기하구조 분석 유전자 알고리즘 ····· 117
<그림 3-1-48> 원곡선의 구성 ····· 119
<그림 3-1-49> 완화곡선의 요소와 기호 ····· 119
<그림 3-1-50> 이정별 Heading, Roll, Pitch 변화량 ····· 121
<그림 3-1-51> 평면선형 분석 알고리즘 ····· 123
<그림 3-1-52> 이정별 Heading ····· 124
<그림 3-1-53> 이정별 Heading 변화량 ····· 125
<그림 3-1-54> '1m단위의 헤딩차' 입력 ····· 127
<그림 3-1-55> 곡선부의 원곡선 및 완화곡선 판단 ····· 130
<그림 3-1-56> '원곡선 추출 공차' 입력 ····· 132
<그림 3-1-57> 평면선형 분석결과 사례(영동고속도로) ····· 133
<그림 3-1-58> 전체구간 표시 및 점생성 사례(국도 37호선) ····· 133
<그림 3-1-59> 선형 추정 재분석 사례(지방도 367호선) ····· 134

<그림 3-1-60> 종단곡선의 개요도 ····· 137
<그림 3-1-61> 이정별 Z, Pitch 변화량 ····· 138
<그림 3-1-62> 종단선형 분석 알고리즘 ····· 139
<그림 3-1-63> 종단경사 산출 ····· 140
<그림 3-1-64> 종단경사, 종단곡선 구분 개략도(국도 37호선) ····· 142
<그림 3-1-65> 종단선형 추정 및 배치 입력화면 ····· 142
<그림 3-1-66> 종단선형 분석결과 사례(영동고속도로) ····· 143
<그림 3-1-67> 종단선형 분석결과(국도 37호선) ····· 144
<그림 3-1-68> 선형 추정 재분석 사례(지방도 367호선) ····· 145
<그림 3-1-69> 표준횡단경사-편경사 접속 설치구간-편경사 설치도 ····· 148
<그림 3-1-70> Roll을 이용한 횡단경사 산출 ····· 149
<그림 3-1-71> 편경사 분석 알고리즘 ····· 151
<그림 3-1-72> 횡단경사 산출 ····· 152
<그림 3-1-73> Span에 따른 횡단경사 비교 ····· 155
<그림 3-1-74> 편경사 분석결과(37호선) ····· 157
<그림 3-1-75> 교통표지판 인식 시스템 ····· 158
<그림 3-1-76> HSV 색 공간 ····· 159
<그림 3-2-77> HSV 색 공간을 이용한 색상 분리 결과 ····· 160
<그림 3-1-78> 정규화 과정 ····· 161
<그림 3-1-79> SVM 개념 ····· 163
<그림 3-1-80> 정규화된 영상에 대한 결과 값 도출과정 ····· 163
<그림 3-1-81> 영상인식 수행 화면 ····· 170
<그림 3-1-82> '폴더영상 수행' 버튼 실행화면 ····· 170
<그림 3-1-83> 사용자 학습 GUI ····· 171
<그림 3-1-84> 학습영역 설정 결과 화면 ····· 171
<그림 3-1-85> 학습영역 설정 후 팝업된 학습 다이얼로그 박스 ····· 172
<그림 3-1-86> 인식 ID 순서 ····· 172
<그림 3-1-87> 회전식 레이저 스캐너 좌표변환 과정 ····· 173
<그림 3-1-88> 실제 검증 구간 및 노선측량 결과 ····· 175
<그림 3-1-89> 실제 측량한 좌표와의 관계 ····· 175
<그림 3-1-90> 장비 운영 순서 ····· 179
<그림 3-1-91> 조사 목적별 장비 운영 방법 ····· 179
<그림 3-1-92> 토탈스테이션을 통한 측량 ····· 181
<그림 3-1-93> 바닥의 마킹과 측량기계 세우기 ····· 182

<그림 3-1-94> 광파기 타겟 설정을 위한 반사지 부착 ····· 182
<그림 3-1-95> 전방 카메라의 위치 측정을 위한 반사지 부착 ····· 183
<그림 3-1-96> 차량의 자세 측정을 위한 차량의 반사지 부착 위치 ····· 183
<그림 3-1-97> 차량의 센서위치 측량 ····· 184
<그림 3-1-98> CAD 상에서 각 센서의 위치를 플롯한 그림 ····· 184
<그림 3-1-99> GPS 안테나 이격거리 설정 ····· 186
<그림 3-1-100> y가 0이 되는 지점을 이용하여 전방 레이저 방향 설정 · 187
<그림 3-1-101> 레이저와 반사 프리즘의 위치를 측정하여 전방 레이저 방향 계산 · 187
<그림 3-1-102> 플랫폼 장비의 센서 위치도(안) ····· 188
<그림 3-1-103> 플랫폼 장비의 외관 ····· 189
<그림 3-1-104> 상부 캐리어 내의 장비센서 ····· 190
<그림 3-1-105> 상부 캐리어의 내·외관 ····· 190
<그림 3-1-106> 시스템 박스내의 장비배치 ····· 191
<그림 3-1-107> 시스템 박스 캡 부분의 장비배치 ····· 191
<그림 3-1-108> IMU 박스의 장비 배치 ····· 192
<그림 3-1-109> 상부와 차량내부의 케이블 연결 ····· 192
<그림 3-1-110> 챠량 후미의 파워박스 ····· 193
<그림 3-1-111> 차량 내부의 장비센서 ····· 194
<그림 3-1-112> 차량의 후방 센서부분 ····· 194

<그림 3-2-1> 수막두께와 자동차 속도와의 관계식 ····· 196
<그림 3-2-2> 교차로에서 주로 발생하는 파손형태 ····· 197
<그림 3-2-3> 잦은 굴착복구로 인한 포장상태 악화 ····· 197
<그림 3-2-4> 아스콘 포장의 밀림현상으로 인한 물고임 발생 ····· 198
<그림 3-2-5> 종단선형과 평면선형을 고려한 계획 ····· 203
<그림 3-2-6> 배향곡선에서의 편경사의 설치 ····· 204
<그림 3-2-7> 변곡지점(역 클로소이드)의 3차원 도 ····· 204
<그림 3-2-8> 주행차로의 다른 변곡점, 직선과 곡선사이, 곡선과 곡선 사이의 변화에 의한 편경사 변화구간 일치의 예 ····· 205
<그림 3-2-9> 노면 배수 및 물고임 등 도로노면 상태 평가 알고리즘(안) ·· 206
<그림 3-2-10> 고속도로의 미끄럼 관리 방안 ····· 209
<그림 3-2-11> 노면 카메라 ····· 210
<그림 3-2-12> 렌즈 ····· 211
<그림 3-2-13> 레이저 조명 ····· 212

<그림 3-2-14> 종방향 레이저 ····· 213
<그림 3-2-15> 횡방향 레이저 ····· 214
<그림 3-2-16> 노면 물고임 및 노면거칠기(텍스쳐) 장비 외관 ····· 215
<그림 3-2-17> 미국 ASTM 1656-06 횡단프로파일 측정모듈 등급 분류 예 ··· 216
<그림 3-2-18> 물고임 측정장비 정확도 Test ····· 217
<그림 3-2-19> 텍스쳐레이저 정확도 Test ····· 217
<그림 3-2-20> 기존 측정방식(좌)과 본 연구 개발 방식(우) ····· 218
<그림 3-2-21> 물고임측정장비 외관 ····· 218
<그림 3-2-22> 캘리브레이션 ····· 219
<그림 3-2-23> 캘리브레이션 프로그램 ····· 219
<그림 3-2-24> 물고임 구간 현장 사진 ····· 220
<그림 3-2-25> 현장 테스트구간 조사프로그램 예시 ····· 220
<그림 3-2-26> 물고임 계산 방법 ····· 221
<그림 3-2-27> 텍스쳐 레이저 ····· 222
<그림 3-2-28> 조사 프로그램 ····· 223
<그림 3-2-29> 물고임 분석 프로그램(조사파일 설정) ····· 224
<그림 3-2-30> 물고임 분석 프로그램(분석결과 저장) ····· 224
<그림 3-2-31> 물고임 분석 프로그램(분석 시작) ····· 225
<그림 3-2-32> 물고임 분석 프로그램(5m별 분석결과) ····· 225
<그림 3-2-33> 물고임 분석 프로그램(10m별 분석결과) ····· 226
<그림 3-2-34> 물고임 분석 프로그램(15m별 분석결과) ····· 226
<그림 3-2-35> 미국 ASTM 1656-06 횡단프로파일 측정모듈 등급 분류 예 ··· 227
<그림 3-2-36> 미국 ASTM 1656-06 종단프로파일 측정모듈 등급 분류 예 ·· 227
<그림 3-2-37> 물고임 구간 현장 테스트 ····· 229
<그림 3-2-38> 텍스쳐레이저 현장 테스트 ····· 229
<그림 3-2-39> 현장 조사 ····· 231

<그림 3-3-1> 장비 구성도 ····· 233
<그림 3-2-2> 데이터 서버 ····· 235
<그림 3-3-3> 통합모니터링 프로그램 ····· 236
<그림 3-3-4> 비전 시스템 설치 개념도 ····· 237
<그림 3-3-5> Manta G-125 ····· 237
<그림 3-3-6> 비전 카메라 설치 위치 ····· 238
<그림 3-3-7> Vision PC ····· 239

<그림 3-3-8> Vision PC 설치 위치 ····· 240
<그림 3-3-9> 영상획득 프로그램 ····· 241
<그림 3-3-10> INS 시스템 ····· 242
<그림 3-3-11> DGPS 및 IMU 시스템 설치 모습 ····· 243
<그림 3-3-12> 레이저 스캐너 ····· 244
<그림 3-3-13> 레이저 스캐너 설치 위치 ····· 245
<그림 3-3-14> 레이저 스캐너 작동 범위 ····· 245
<그림 3-3-15> 레이저 스캐너 작동 원리 ····· 246
<그림 3-3-16> 도로 폭 측정 프로그램 ····· 246
<그림 3-3-17> 동기화 장치 개념도 1 ····· 247
<그림 3-3-18> 동기화 장치 개념도 2 ····· 248
<그림 3-3-19> DMI 설치 과정 ····· 249
<그림 3-3-20> 동기화 장치 ····· 250
<그림 3-3-21> 노면온도, 대기온도 측정 S/W ····· 251
<그림 3-3-22> 노면온도, 대기온도 측정 모듈 정면 사진 ····· 252
<그림 3-3-23> 표지판 인식 스캐너 ····· 253
<그림 3-3-24> LD-MRS를 이용한 표지판 설치 위치 계측 프로그램 ···· 253
<그림 3-3-25> 도로 폭 측정 ····· 254
<그림 3-3-26> 블록 다이어그램 ····· 255
<그림 3-3-27> 캘리브레이션 Case 1,2 ····· 256
<그림 3-3-28> 도로 폭 실측 도면도 ····· 257
<그림 3-3-29> 도로 폭 측정 ····· 258
<그림 3-3-30> 차로폭 계산 알고리즘 ····· 259
<그림 3-3-31> 차로폭 인식 개념도 ····· 260
<그림 3-3-32> 차로폭 측정 개념도 ····· 261
<그림 3-3-33> 캘리브레이션 사진 1 ····· 265
<그림 3-3-34> 캘리브레이션 사진 2 ····· 265
<그림 3-3-35> 캘리브레이션 사진 3 ····· 266
<그림 3-3-36> 차로 폭 측정 case 1 ····· 267
<그림 3-3-37> 차로폭 측정 실측 도면도 ····· 268
<그림 3-3-38> 주행 차로 폭 측정 ····· 269
<그림 3-3-39> 양 측면 차로 폭 측정 ····· 270
<그림 3-3-40> 3차선 차로 폭 측정값 ····· 271
<그림 3-3-41> DMI Encoder 설정 ····· 272

<그림 3-3-42> 동기화 장치 실측도 ····· 273
<그림 3-3-43> 이동거리 측정 및 계측 결과 ····· 274

<그림 3-4-1> 곡선구간의 정의 ····· 281
<그림 3-4-2> 직선구간의 정의 ····· 281
<그림 3-4-3> 곡선 진출·입 구간의 정의 ····· 282
<그림 3-4-4> 기상·노면상태에 따른 안전주행행태 계수()산출 ····· 284
<그림 3-4-5> 안전속도 모형 산출과정의 전체적 흐름도 ····· 285
<그림 3-4-6> 곡선구간의 안전속도 모형 개발 흐름도 ····· 288
<그림 3-4-7> 직선구간 안전속도 모형 정립 순서 ····· 290
<그림 3-4-8> 곡선 진출·입 구간 유형 구분 ····· 292
<그림 3-4-9> 지능형 주행 기록장치 ····· 294
<그림 3-4-10> 실제 주행구간과 GPS를 통해 표현된 주행궤적 비교 ····· 296
<그림 3-4-11> GPS 주행 궤적과 실제주행 구간을 겹쳐 놓은 모습 ····· 296
<그림 3-4-12> 주행 기록 실시간 측정 프로그램 ····· 297
<그림 3-4-13> 전라북도 익산시 여산면 여산교차로~금마면 금마교차로 (10.3km) ··· 298
<그림 3-4-14> 전라북도 진안군 소양면 화심교차로~부귀면 서판사거리 (13.8km) 299
<그림 3-4-15> 경기도 가평군 상면 율길교차로~상면 연하교차로 (6.7km) ····· 299
<그림 3-4-16> 경기도 남양주시 수동면 운수교차로~가평군 상면 연하교차로 (19.4km) 300
<그림 3-4-17> 전라북도 익산시 여산면 신리교차로~완주군 고산면 어우교차로 (14.4km) ···· 300
<그림 3-4-18> 전라북도 진안군 소양면 화심교차로~상관면 신리삼거리 (11.6km) ····· 301
<그림 3-4-19> 노면 습윤의 경우 실험사진 ····· 303
<그림 3-4-20> 비가 내리는 경우 실험사진 ····· 303
<그림 3-4-21> 눈이 쌓인 경우 실험사진 ····· 304
<그림 3-4-22> 노면결빙의 경우 실험사진 ····· 304
<그림 3-4-23> 곡선구간 주행실험 방법 흐름도 ····· 310
<그림 3-4-24> 실험대상지 설계도면 예시(국도37호선) ····· 313
<그림 3-4-25> 보편성 확보하기 위한 실제주행 차량 주행 자료 획득 구간 ····· 315
<그림 3-4-26> 왕복 4차로 곡선반경에 따른 쾌적함과 안전함을 느끼는 주행속도 321
<그림 3-4-27> 왕복 2차로 곡선반경에 따른 쾌적하고 안전함을 느끼는 주행속도 321
<그림 3-4-28> 곡선과 곡선사이의 거리가 240m 일 때 주행속도 변화 ··· 327
<그림 3-4-29> 곡선과 곡선사이의 거리가 520m 일 때 주행속도 변화 327
<그림 3-4-30> 곡선과 곡선사이의 거리가 880m 일 때 주행속도 변화 · 327
<그림 3-4-31> 종속변수와 독립변수의 산점도 ····· 343

<그림 3-4-32> 직선구간 안전속도 모형 산출결과 ····· 348
<그림 3-4-33> 주행속도에 따른 가속도,감속도 패턴분석 ····· 349
<그림 3-4-34> 곡선 진출·입 구간 안전속도 모형 산출결과 ····· 355
<그림 3-4-35> 곡선 진출·입 구간 구분 및 가·감속도, 감속시작거리 ···· 358
<그림 3-4-36> 안전속도와 실제 주행차량 주행속도 비교 및 안정성 평가 결과 361
<그림 3-4-37> 주행속도 예측 및 안정성 평가 결과 ····· 363
<그림 3-4-38> 안정성평가 결과와 실제 사고 발생지점 ····· 364
<그림 3-4-39> 도로안전성에 영향을 주는 요인 ····· 366
<그림 3-4-40> AHP 설문지 설계 ····· 367
<그림 3-4-41> AHP 분석 위계 ····· 368
<그림 3-4-42> 위계 및 주행특성 요인부문 항목별 가중치 산정 결과 ····· 368
<그림 3-4-43> 4차로 도로 실험구간 ····· 369
<그림 3-4-44> 2차로 도로 실험구간 ····· 369
<그림 3-4-45> 평가 Sheet Sample ····· 372
<그림 3-4-46> 평가 기준값을 이용한 주행특성, 도로시설 측면의 평가 ·· 373
<그림 3-4-47> 주행안전성 측면 평가결과 ····· 374
<그림 3-4-48> 시설안전성 측면 평가결과 ····· 374
<그림 3-4-49> 도로의 종합안전성 평가결과 ····· 375

<그림 3-5-1> 위험요소 정의 절차 ····· 377
<그림 3-5-2> 계층적분석기법 분석절차 ····· 383
<그림 3-5-3> 위험요소 중요도 계층 구조 ····· 384
<그림 3-5-4> 곡선구간의 제한속도 부적정에 관한 분석 알고리즘 ····· 398
<그림 3-5-5> 연결로의 유출속도 부적정에 관한 분석알고리즘 ····· 400
<그림 3-5-6> 제한속도 비일관성 분석알고리즘 ····· 402
<그림 3-5-7> 차로폭 부적정에 관한 분석알고리즘 ····· 403
<그림 3-5-8> 중앙분리대 미확보에 관한 분석알고리즘 ····· 406
<그림 3-5-9> 속도 분산에 따른 사고율(Garber, 1988) ····· 407
<그림 3-5-10> 도로선형 비일관성에 관한 분석알고리즘 ····· 407
<그림 3-5-11> 연결로 평면선형 부적정의 분석알고리즘 ····· 409
<그림 3-5-12> 완화곡선 길이 부적정의 분석알고리즘 ····· 411
<그림 3-5-13> 편경사 부적정에 관한 분석알고리즘 ····· 412
<그림 3-5-14> 평면곡선부 폭원 부적정에 관한 분석알고리즘 ····· 413
<그림 3-5-15> 연결로 종단선형 부적정에 관한 분석알고리즘 ····· 415

<그림 3-5-16> 종단경사 부적정에 관한 분석알고리즘 ····· 417
<그림 3-5-17> 종단곡선 길이 부적정에 관한 분석알고리즘 ····· 420
<그림 3-5-18> 평면선형과 종단선형의 부조화에 관한 분석알고리즘 ····· 421
<그림 3-5-19> 곡선내부 시거 확보의 부적정에 관한 분석알고리즘 ····· 423
<그림 3-5-20> 정지시거 부적정에 관한 분석알고리즘 ····· 424
<그림 3-5-21> 속도에 따른 노면 요철과 미끄럼 저항의 관계 ····· 426
<그림 3-5-22> 표면조직의 특성과 주행속도에 따른 미끄럼 저항변화 ····· 426
<그림 3-5-23> 미끄럼저항성과 매크로조직깊이가 사고율에 미치는 영향 427
<그림 3-5-24> 노면 마찰력 부적정에 관한 분석알고리즘(해외 관리기준 예) · 428
<그림 3-5-25> IRI와 교통사고와의 관계 ····· 429
<그림 3-5-26> 종단 평탄성 부적정에 관한 분석알고리즘 ····· 430
<그림 3-5-27> QCS 모델 ····· 431
<그림 3-5-28> 여름과 기타기간의 포장상태에 따른 사고율(우천시) ····· 432
<그림 3-5-29> 고속도로 물고임부 물고임 원인 ····· 433
<그림 3-5-30> 고속도로 물고임부와 교통사고 ····· 433
<그림 3-5-31> 물고임 부적정에 관한 분석알고리즘(예) ····· 434
<그림 3-5-32> 배수 및 물고임에 대한 기하구조 세부원인 ····· 435
<그림 3-5-33> 종단선형과 평면선형을 고려한 계획 ····· 437
<그림 3-5-34> 배향곡선에서의 편경사의 설치 ····· 438
<그림 3-5-35> 변곡지점(역 클로소이드)의 3차원 도 ····· 438
<그림 3-5-36> 주행차로의 다른 변곡점, 직선과 곡선사이, 곡선과 곡선 사이의 변화에 의한 편경사 변화구간 일치의 예 ····· 439
<그림 3-5-37> 경사에 의한 노면배수 부적정의 분석알고리즘 ····· 439
<그림 3-5-38> 표지 남용에 대한 분석알고리즘 ····· 440
<그림 3-5-39> 방호울타리 설치 유무에 대한 분석알고리즘 ····· 442
<그림 3-5-40> 갈매기표지 적용 설치 적용에 대한 분석알고리즘 ····· 444
<그림 3-5-41> 중앙분리대용 방호울타리의 단부처리 예 ····· 446
<그림 3-5-42> 중앙분리대 시작(123) 및 중앙분리대 끝남(124) 표지 설치 예시도 · 446
<그림 3-5-43> 교차로 시거제약 예시 ····· 448
<그림 3-5-44> 신호등의 수평적 위치 ····· 450
<그림 3-5-45> 신호기(114) 표지 설치 예시도 ····· 452
<그림 3-5-46> 유입 연결로 접속부에서의 시계 확보 ····· 453
<그림 3-5-47> 배수시설 부족으로 인한 물고임 발생 ····· 453
<그림 3-5-48> 교량 진입부에서의 빗금표지 설치위치 ····· 454

<그림 3-5-49> 폭이 좁은 곳에서의 방호울타리 설치 예 ····· 455
<그림 3-5-50> 가드레일 연결부 처리방안 ····· 456
<그림 3-5-51> 도로 폭이 좁아짐(118) 표지 설치 예시도 ····· 457
<그림 3-5-52> 교량구간 곡선부의 운전자 시야 부족 ····· 457
<그림 3-5-53> 반자동화 위험요소의 알고리즘 ····· 462
<그림 3-5-54> 위험요소 개선방안 흐름도 ····· 463
<그림 3-5-55> 도로 주행과 운전자사고(思考)와의 관계 ····· 465
<그림 3-5-56> 기대 심리를 위반하는 사례 ····· 466
<그림 3-5-57> 운전자 정보 가공(처리) 과정 ····· 467
<그림 3-5-58> Positive Guidance의 수행절차(단계삽입) ····· 468
<그림 3-5-59> Hazard profile 작성 예 ····· 472
<그림 3-5-60> Hazard profile과 Information Load Profile ····· 475
<그림 3-5-61> 위험요소 표시방법 개선을 위한 검토사항 ····· 475
<그림 3-5-62> 위험요소간 위험도/가중치 산정 흐름도 ····· 476
<그림 3-5-63> 계층분석법(AHP) 분석절차 ····· 480
<그림 3-5-64> 시설 및 구간의 선형 및 주변여건 ····· 486
<그림 3-5-65> 사례 구간 현황 ····· 486
<그림 3-5-66> sta. 78+500 ~ sta. 80+500 구간 지점사진 ····· 487
<그림 3-5-67> 기존 Positive Guidance기법 Hazard Profile 작성 ····· 488
<그림 3-5-68> 새로운 범례 Hazard Profile 작성 ····· 488
<그림 3-5-69> 새로운 범례 가중치 적용 Hazard Profile 작성 ····· 488
<그림 3-5-70> 기존 Hazard Profile 사고수 현황 ····· 490
<그림 3-5-71> 새로운 Hazard Profile 사고 수 현황 ····· 491
<그림 3-5-72> 도로 안전성지수 개발 방법론 ····· 492
<그림 3-5-73> 조사 대상 일반국도 4개노선 위치도 ····· 494
<그림 3-5-74> 제37호선 세부위치도 (신청평대교~보동교차로) ····· 494
<그림 3-5-75> 제31호선 세부위치도 (속사삼거리~고석평교앞삼거리) ···· 494
<그림 3-5-76> 제38호선 세부위치도 (터미널교차로~하영교차로) ····· 495
<그림 3-5-77> 제44호선 세부위치도 (양덕원교차로~새마을교차로) ····· 495
<그림 3-5-78> 국도 현장 조사 ····· 495
<그림 3-5-79> 위험도(안전성 평가) DB 구축 ····· 496
<그림 3-5-80> 2차로 상행 Hazard Proflie 작성 ····· 497
<그림 3-5-81> 2차로 하행 Hazard Proflie 작성 ····· 497
<그림 3-5-82> 4차로 상행 Hazard Proflie 작성 ····· 497

<그림 3-5-83> 4차로 하행 Hazard Proflie 작성 ····· 498
<그림 3-5-84> 일반국도 2차로 상행구간 히스토그램 ····· 499
<그림 3-5-85> 일반국도 2차로 상행구간 정규성 분포도 ····· 499
<그림 3-5-86> 일반국도 2차로 하행구간 히스토그램 ····· 499
<그림 3-5-87> 일반국도 2차로 하행구간 정규성 분포도 ····· 499
<그림 3-5-88> 일반국도 4차로 상행구간 히스토그램 ····· 500
<그림 3-5-89> 일반국도 4차로 상행구간 정규성 분포도 ····· 500
<그림 3-5-90> 일반국도 4차로 하행구간 히스토그램 ····· 500
<그림 3-5-91> 일반국도 4차로 하행구간 정규성 분포도 ····· 500
<그림 3-5-92> 안전성 평가기준 (예시) ····· 501
<그림 3-5-93> 2차로 상행 안전성 평가기준 작성 ····· 502
<그림 3-5-94> 2차로 상행 안전성 평가기준 작성 ····· 502
<그림 3-5-95> 4차로 상행 안전성 평가기준 작성 ····· 502
<그림 3-5-96> 4차로 하행 안전성 평가기준 작성 ····· 502
<그림 3-5-97> 도로안전정보체계(HSIS)의 자료 연계 개념도 ····· 505
<그림 3-5-98> 영국의 교통사고 DB System ····· 507
<그림 3-5-99> 일본의 교통사고 조사 System ····· 508
<그림 3-5-100> TMACS 프로그램 ····· 509
<그림 3-5-101> 사고발생 지점 좌표정보 제공 ····· 511
<그림 3-5-102> TMACS 사고자료 정보현황 ····· 511
<그림 3-5-103> 교통사고 D/B 제공방안 마련 ····· 512
<그림 3-5-104> 종합안전성 분석 프로그램의 사고DB 연계 정보현황 ····· 512
<그림 3-5-105> 종합안전성 분석 프로그램의 사고DB 연계 ····· 513
<그림 3-5-106> 종합안전성 분석 프로그램 프로토 타입 ····· 514
<그림 3-5-107> 위험도 프로토 타입 ····· 514
<그림 3-5-108> 안전점검 분석 ····· 514
<그림 3-5-109> 안전성 분석 프로그램 위험요소 항목 표출 ····· 515
<그림 3-5-110> ARASEO S/W 사고DB 연계방법 작성 ····· 515
<그림 3-5-111> ARASEO S/W 콘텐츠 구성 변경 ····· 516
<그림 3-5-112> “도로의 위험요소들이 도로안전성에 미치는 중요도 분석”의 위계 ·· 517
<그림 3-5-113> 도로 안전성 위험요소간 AHP분석 결과 ····· 517
<그림 3-5-114> 파주 367호선구간 Hazard Profile(Sta. 0+000～1+000) ···· 519
<그림 3-5-115> 파주 367호선구간 Hazard Profile(Sta. 1+000～2+000) ···· 519
<그림 3-5-116> 파주 367호선구간 Hazard Profile(Sta. 2+000～3+000) ···· 519

<그림 3-5-117> 파주 367호선구간 Hazard Profile(Sta. 3+000～4+000) ····520
<그림 3-5-118> 파주 367호선구간 Hazard Profile(Sta. 4+000～5+000) ····520
<그림 3-5-119> 측량구간 위치도 ····522
<그림 3-5-120> 측량구간 지점별 표지판 현황조사 ····530
<그림 3-5-121> 선형 추정 재분석 사례(지방도 367호선) ····533
<그림 3-5-122> 선형 추정 재분석 사례(지방도 367호선) ····536
<그림 3-5-123> 전라남도 점검노선 현황 ····542
<그림 3-5-124> 전라남도 교통사고 현황 ····542
<그림 3-5-125> 국도 24호선 종단선형 현황 ····542
<그림 3-5-126> 전라북도 점검노선 현황 ····545
<그림 3-5-127> 전라북도 교통사고 현황 ····545
<그림 3-5-128> 국도 17호선 종단선형 현황 ····545
<그림 3-5-129> 경상남도 점검노선 현황 ····548
<그림 3-5-130> 경상남도 교통사고 현황 ····548
<그림 3-5-131> 국도 3호선 종단선형 현황 ····548
<그림 3-5-132> 경상북도 점검노선 현황 ····551
<그림 3-5-133> 경상북도 교통사고 현황 ····551
<그림 3-5-134> 국도 28호선 종단선형 현황 ····551

<그림 3-6-1> 업무배경 (도면화) ····558
<그림 3-6-2> 업무배경 (안전점검) ····559
<그림 3-6-3> 업무배경 (교통사고) ····560
<그림 3-6-4> 업무배경 (도로정보조회) ····561
<그림 3-6-5> 기능분해도 (도면화) ····562
<그림 3-6-6> 기능분해도 (안전점검) ····563
<그림 3-6-7> 기능분해도 (교통사고) ····564
<그림 3-6-8> 기능분해도 (도로정보조회) ····564
<그림 3-6-9> 도면화 기능 구조도 ····614
<그림 3-6-10> 도면화 기능 화면 예시 ····615
<그림 3-6-11> 안전점검 기능 구조도 ····616
<그림 3-6-12> 안전점검 구현 화면 예시 ····616
<그림 3-6-13> 교통사고 기능 구조도 ····617
<그림 3-6-14> 교통사고 기능 화면 예시 ····617
<그림 3-6-15> 도로정보조회 기능 구조도 ····618

<그림 3-6-16> 도로정보조회 기능 화면 예시 ····· 618
<그림 3-6-17> 공통 및 환경설정 (한글) ····· 630
<그림 3-6-18> 공통 및 환경설정 (영문) ····· 631
<그림 3-6-19> 도면화 (한글) ····· 632
<그림 3-6-20> 도면화 (영문) ····· 633
<그림 3-6-21> 안전점검 (한글) ····· 634
<그림 3-6-22> 안전점검 (영문) ····· 634
<그림 3-6-23> 교통사고 (한글) ····· 635
<그림 3-6-24> 교통사고 (영문) ····· 635

# 제1장 연구개발 과제 개요

## 제1절 연구개발 목적

○ 현재 도로교통안전점검 및 안전진단의 실시는 점검자의 확인 및 수작업에 의해 많은 시간과 내부처리가 필요하여 보다 효율적이고 합리적인 운영방안이 마련되어야 함

○ 또한, 점검과 진단을 수행하기 위해서는 도로의 기하구조 정보가 기초가 돼서 수행해야하나, 도면이 없는 도로 구간이 존재하더라도 선형개량, 포장, 덧씌우기 등으로 인해 실제 도로와 다른 구간이 존재함

○ 이를 해결하기 위한 본 연구의 최종 목표는 교통안전점검 및 진단을 수행함에 있어 신속하고 객관적으로 점검을 수행할 수 있는 도로교통안전점검 시스템을 개발하는 것이며, 세부 목표는 다음과 같음

○ 도로교통안전점검 기반 정보 수집 장비 구성

- 도로 기하구조 정보 수집 장비 구성 및 분석 알고리즘 개발
- 도로 시설물 정보 수집 장비 구성 및 분석 알고리즘 개발
- 노면 정보 수집 장비 구성 및 안전성 분석 알고리즘 개발
- 통합 시스템 개발

○ 도로교통안전점검을 위한 분석 방법 개발

- 도로 기하구조 및 시설물 기반 안전성 분석 방법 개발
- 주행 특성을 고려한 안전성 분석 방법론 개발
- 안전성 평가 방법론 개발

○ 도로교통 안전성 분석을 위한 분석 tool 개발

- 도로 기하구조 및 시설물 정보를 이용한 도면화 S/W 개발

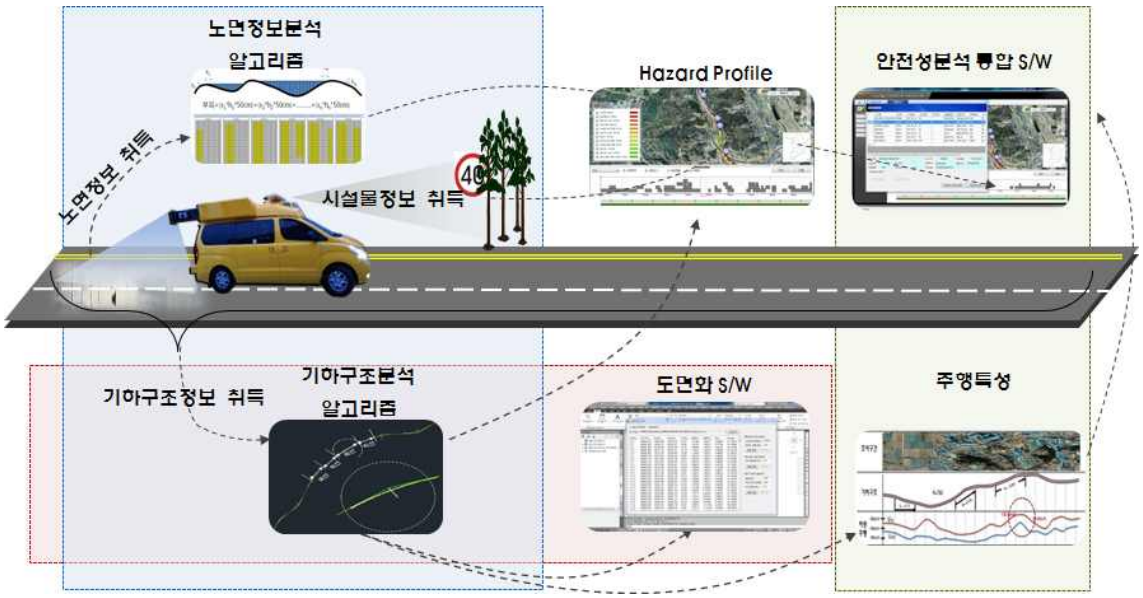
- 도로 및 주행특성을 고려한 종합 안전성 분석 S/W 개발

○ 현장 시험 운영 및 검증

- 개발 시스템 정확도 검증을 위한 시스템 시범운영 및 시스템 안정화

- 실용화를 위한 장비 매뉴얼 개발

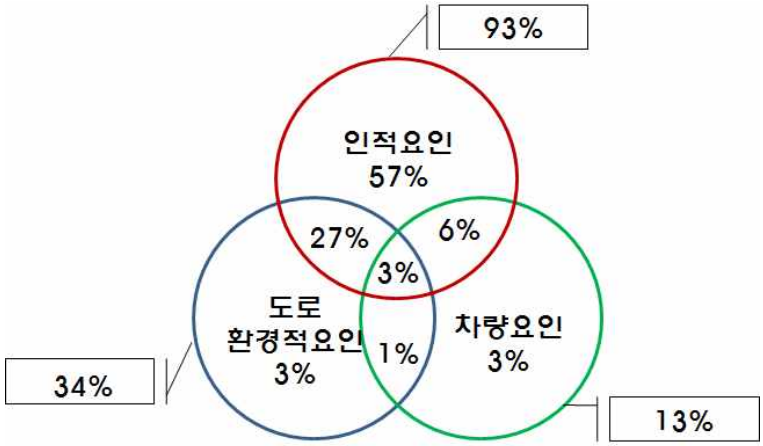
- 정책 반영(안) 마련




<그림 1-1> 연구개발 목표

## 제2절 연구개발 필요성

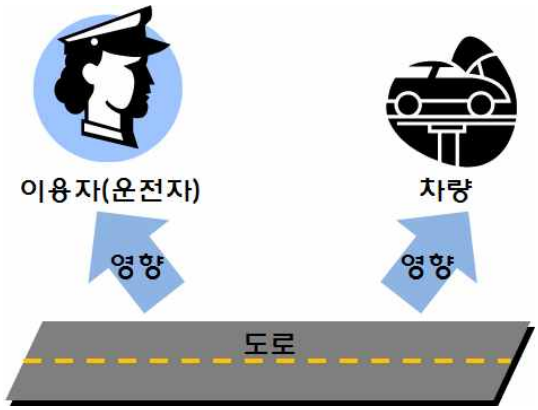
○ 도로교통의 3요소는 인간, 도로환경, 차량으로 구성되어 있으며, 이 3요소 중 교통사고의 원인을 인적 요인 93%, 도로환경적 요인 34%, 차량 요인 13%로 보고 있음(Treat 등, 1979)




<그림 1-2> 도로교통의 3요소(Treat 등, 1979)

○ 인적요인, 차량요인, 도로 환경적 요인 중 이 요인들 중 인적요인인 운전자의 행동과 조작 실수가 가장 큰 원인으로 나타남

○ 도로 이용자 행태를 분석하면 교통사고 특성을 분석할 수 있는 것으로 보이나 실제 도로의 경우 운전자와 차량에 영향을 주는 가장 중요한 요소로 잘못된 도로요인은 운전자와 차량의 균형을 깨트려 교통안전에 위험한 요소로 작용할 수 있음




<그림 1-3> 도로교통의 3요소

○ 이는 도로안전을 논할 때, 인적요인뿐 아니라 도로환경요인을 함께 고려해야 함을 의미함

○ 즉, 환경적 요인(주/야간, 기상, 교통량 등)과 도로요인(기하구조 및 시설물)에 따른 운전자의 주행특성을 파악하고 주행측면에서의 안전성을 판단해야 하며 이를 위해 정확한 도로환경 요인을 분석할 필요가 있음

○ 이와 같이 도로에서 발생될 수 있는 위험을 방지하기 위해 세계 각국에서는 예방적 조치법을 도입하였고, 그 중 하나의 형태가 도로안전진단으로써, 이는 1990년대 영국으로부터 시행되었으며, 우리나라에서는 2008년 교통안전법이 개정됨에 따라 도로교통안전진단이 시행되고 있음

○ 도로교통안전진단 중 특별도로교통안전진단의 경우 공용중인 도로에서 사고가 3년간 교통사고 사망사고가 3건 이상 발생한도로 혹은 도로교통안전점검의 결과로 진단이 필요하다고 인정되는 구간을 대상으로 실시하고 있음

○ 이와 더불어 국토해양부에서는 전국도로 약 100,000km에 대해 도로교통안전점검을 수행하여, 문제점을 도출하고 문제 구간에 대해 개선방안을 마련 중임

○ 도로환경과 더불어 인적요소 또한, 중요한 요소이며 이 둘은 상호연관이 있으며, 도로환경에 따른 인간의 주행특성을 분석하여 그 특성자체를 인정하고 그에 맞는 도로환경이나 시설물 등을 설치해주는 것이 필요함

○ 단순히 도로환경의 기준에 따르기만 한다고 사고가 일어나지 않는 것은 아니며, 주행안전성 특성을 반영해 통해 주행안전성이 확보되지 않는 조건을 산정하는 것이 필요함

○ 따라서, 본 연구에서는 도로 및 교통환경을 고려한 도로교통 안전성 분석기법을 개발하여 도로교통안전 위험요소의 원인/영향을 운전자와 도로 및 교통환경 측면에서 파악하여 도로교통안전 운영관리의 효율을 높이고자 함

○ 본 연구에서는 도로정보, 교통정보, 운전자정보를 동시에 고려한 안전성 평가 방안을 마련하여 도로 및 교통환경의 변화에 따른 주행안전성을 판단하고자 함

○ 도로환경 및 주행특성을 고려한 안전점검을 수행하기 위해 사전에 수집되어야 하는 정보는 다음과 같음

- 도로선형정보
- 도로 시설물정보
- 도로환경에 따른 운전자 주행특성 정보

○ 이러한 이유로 현재 외국의 경우 도로 조사 분석 차량으로 일본의 미쯔비

시, Hawkeye(호주), ARAN(캐나다) 등과 같은 장비가 있으나 대부분 포장 장비 이며, 도로의 3차원 데이터 취득 같은 분야로 특화된 기술이며, 안전성 분석을 수행하는 기능이 없어 실제 우리나라 도로 관리 주체에서 수행하는 특별안전진단에 활용하기에는 어려움이 있음

○ 이에 상기 안전점검에 필요한 정보의 경우 모든 도로에 도면과 같은 기본 정보를 신속하게 취득 및 분석하여 분석된 정보를 분석자에게 도면의 형태로 제공하여 분석자가 안전점검 혹은 안전진단에 활용할 수 있도록 지원하는 시스템이 필요함

○ 또한, 취득된 도로 및 시설정보를 이용하여 자동적으로 잠재적인 도로의 위험구간을 제시 할 수 있는 시스템이 필요하며, 도로교통 안전점검을 위한 안전성조사 분석 시스템을 개발하고자 함

## 제3절 연구의 내용 및 범위

### 1. 연구 내용

○ 본 연구에서는 도로교통안전점검을 위한 장비와 분석할 수 있는 기법을 개발하는 목표로 다음과 같은 내용의 범위를 제시하였으며, <표 1-1>에는 연구목표에 따른 주요 연구내용을 제시함

- 도로교통안전점검 수행을 위한 기반정보 수집 장비 구성
- 도로교통안전점검을 위한 분석 방법 개발
- 도로교통안전성 분석 tool 개발
- 현장 시험 운영 및 검증

<표 1-1> 연구목표 및 주요 연구내용(1차년도)

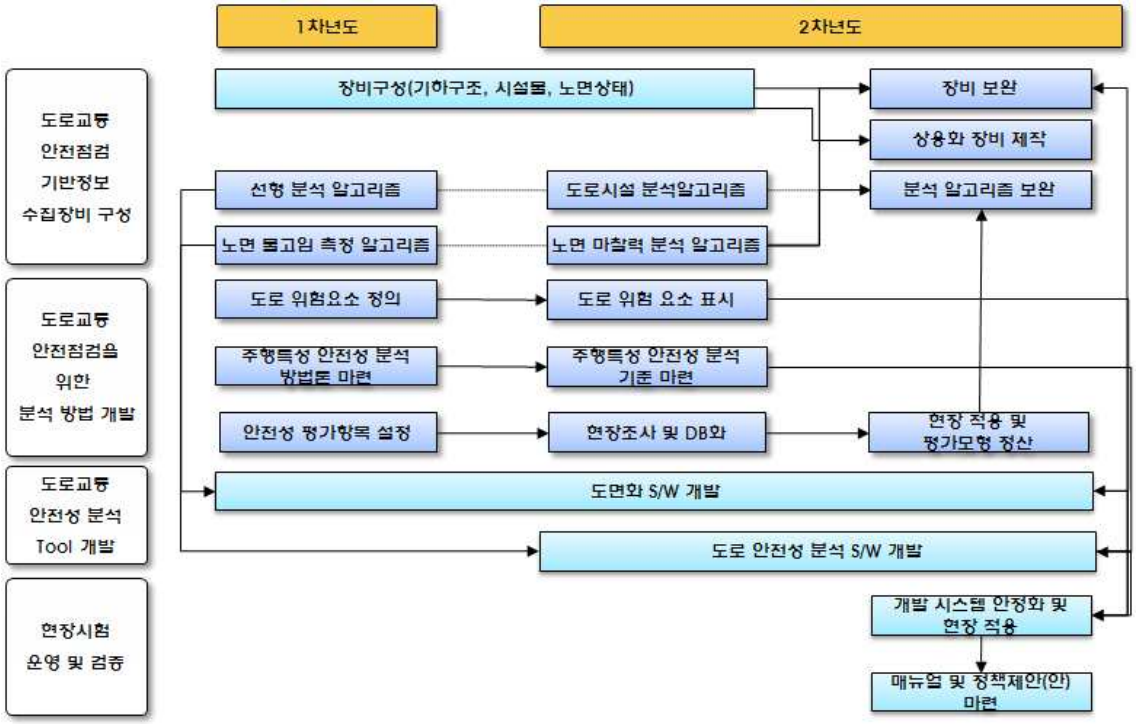
| 연구목표 | 주요 연구내용 |
|---|---|
| ▪ 도로교통안전점검 기반정보 수집 장비 개발 | ▪ 도로교통안전점검 기반정보 수집 장비 설계<br>- 센서 선정 및 장비 설계<br>- 센서 통합 방안 마련<br>▪ 도로교통안전점검 기반정보 수집 장비 구성<br>- 기하구조 정보를 수집할 수 있는 장비 구성<br>▪ 도로 기하구조 분석 알고리즘 개발<br>▪ 도로노면상태 분석 기반 안전성 평가 방법론 연구<br>▪ 노면특성을 고려한 안전성 분석 방법론 개발 및 시스템 구성<br>- 노면물고임 관련 측정방법 개발 및 장비 제작 |
| ▪ 도로환경을 고려한 안전성 분석 기법 개발 | ▪ 도로 및 교통환경 도면화 시스템 프로토타입 개발<br>▪ 주행속도 및 가/감속도 분석 기반 안전성 평가 방법론 연구<br>▪ 교통안전 기반 평가 항목 문헌 고찰<br>▪ 안전성 평가 항목 설정<br>▪ 안전성 평가 항목 조사/실험 방안 수립<br>▪ 도로정보/교통정보/운전자정보 평가 항목 데이터 수집 방안 설계<br>▪ 예비조사 실험 계획 수립<br>▪ 데이터 수집 예비 조사 수행<br>▪ 도로와 교통환경을 고려한 위험요소 정의<br>- 국내외 관련 문헌 조사<br>- 도로환경(기하구조, 안전시설)을 고려한 위험요소 정의<br>- 개발시스템에 적용 가능한 위험요소 선정 |
| ▪ 도로 위험도 판단 기법 개발 | ▪ 도면화 시스템을 위한 데이터 취득 방법 정의<br>▪ 도면화 S/W 설계서 작성<br>▪ 도면화 S/W 특성 분석 |

<표 1-2> 연구목표 및 주요 연구내용(2차년도)

| 연구목표 | 주요 연구내용 |
|---|---|
| ▪ 도로교통안전점검 기반정보 수집 장비 구성 | ▪ 도로교통안전점검 기반정보 수집 장비 구성<br>- 도로 시설물 정보 취득 장비 구성<br>- 상용화를 위한 플랫폼형태의 장비개발<br>▪ 도로정보 수집을 위한 통합센서 모듈 개발<br>- 개별 시스템 통합을 위한 동기화 개선<br>- 각종 장비 제어 및 데이터 취득 통합 S/W 개발<br>▪ 노면특성을 고려한 장비 개발<br>- 노면 마찰력 측정 및 분석 시스템 설계<br>- 노면 물고임 측정 알고리즘 보완<br>- 노면 안전성 시스템 현장적용 보완<br>▪ 도로 기하구조 및 시설물 정보수집 장비 보완 및 장비 안정화<br>▪ 장비 사용자 매뉴얼 제작<br>▪ 도로안전시설 정보 취득 및 분석알고리즘 개발<br>▪ 도로 기하구조 알고리즘 보완 |
| ▪ 도로교통 위험도 판단기법 개발 | ▪ 주행안전성 평가방법론 정립<br>- 위험주행, 안전주행 기준값 도출<br>▪ 도로주행 안전성 측정 장비의 통합구성<br>- 차간거리계와 지능형주행기록계의 동기화<br>- 장비에 추출된 DATA(지능형주행기록계, 차간거리계, 도면정보)의 자동매칭화<br>▪ 안전주행 profile DB작성<br>- 기하구조와 환경조건을 고려한 안전주행 profile을 DB로 작성함<br>- 운전자 시각측면의 안전주행 profile작성<br>▪ 도로주행 안전성 평가 방법론 개발<br>▪ Positive Guidance 기법을 활용한 도로 위험요소 표시방법 마련<br>▪ 도로교통사고 D/B 자료 제공방안 마련<br>- D/B 사고자료를 위험도 프로파일에 적용하는 방안 검토 |
| ▪ 도로교통 환경을 고려한 안전성 분석 기법 개발 | ▪ 도로교통 환경을 고려한 도면화 S/W 개발<br>▪ 도로교통 환경을 고려한 통합 안전성 분석 S/W 개발<br>▪ 현장점검을 통한 안전성 분석 S/W 보완 |
| ▪ 현장 시험운영 및 검증 | ▪ 개발 시스템의 도로 시범운영<br>▪ 도로 기하구조 등에 대하여 개발 시스템 및 측량결과와의 비교 검증<br>▪ 장비 운용매뉴얼 개발 |

## 2. Technology Road Map(TRM)

○ <그림 1-4>에는 본 연구에서 진행되어진 TRM을 제시함




<그림 1-4> 연구개발 TRM

# 제2장 국내·외 기술 개발 현황

## 제1절 국내 기술 개발현황

### 1. 모바일 매핑 시스템

○ Mobile Mapping System(MMS)이란 이동 측량 시스템이라고 할 수 있으며, 기존 측량 방법과 대비하여 도로지형정보 및 시설물정보의 DB를 구축, 유지, 관리할 때 비용 및 시간 측면에서 효율성이 높은 첨단정보 시스템을 의미함

○ 또한, MMS는 차량에 CCD 카메라, 레이저 스캐너, 비디오카메라 등의 이미지 획득 장치와 Global Positioning System(GPS), Inertial Navigation System(INS), Distance Measurement Instrument(DMI) 등의 장치를 탑재하여 주행과 동시에 각종 시설물 현황이나 기타 속성정보를 영상과 좌표를 통하여 취득 및 갱신 할 수 있는 시스템임

○ MMS는 주로 측량분야에서 활용되며, 주변 현황정보를 취득하기 위해 영상 혹은 레이저 스캐너를 통해 취득된 데이터를 이용하여 정보를 취득할 수 있으며 주로 해당 시설물의 영상 정보와 위치 정보를 함께 취득하여 GIS DB 구축 등에 활용되며, 목적에 따라 도로안전분야, 시설물 관리분야, 측량분야 등 다양한 분야에서 활용될 수 있음

○ 현대엠엔소프트에서는 라이더 2대와 GPS-IMU장비를 이용하여 도시 구조물, 도로, 시설물에 대한 스캐닝 영상 및 위치정보 확보가 가능한 시스템(Research Equipment through Advanced LiDAR: REAL)을 개발함

○ 50cm 이내의 오차범위를 가지는 고정밀 위치 정보 취득이 가능하며, 도로의 3차원 포인트 클라우드를 얻는 것이 주목적이며, 기존의 시스템을 조합한 방식이며, 장비만 도입한 수준이며 모든 작업을 수동으로 진행하고 있음

○ 픽스코리아에서는 영상을 취득할 수 있는 시스템을 자체개발하여 도로의 영상을 취득하여 서비스하고 있음

○ 사람이 직접 매고 다니는 타입은 Digital Single-Lens Reflex Camera(DSLR)

과 GPS를 연결하여 동기화하는 방식으로 자체 개발한 소프트웨어로 360° 영상촬영이 가능한 방식이며, 차량에 부착하는 방식은 어안렌즈 네트워크 카메라를 6대 이상 연결하여 지속적으로 차량내 서버에 저장하는 방법이 있음(픽스코리아, http://www.pixkorea.com/)

## 2. 도로분야 안전점검 시스템

○ 이동측량시스템 중 도로분야에 활용되는 이동측량시스템은 주로 도로 시설물과 같은 GIS-DB구축이나 노면 상태를 알기 위한 포장 정보를 취득하는 시스템으로 발전되어 왔음

○ 포장조사 장비들은 대부분 외국에서 개발되던 장비들로 일부 기관에서 활용되고 있었으며, 2005년을 전후하여 국내에서 개발을 시도함

○ 국내에서 개발된 포장조사 시스템의 경우 대부분 외국에서 센서를 구매하였으나, 포장센서의 경우 일부 국내 자체적으로 개발할 수 있는 기술수준을 확보한 기관이 있음

○ 현재 국가에서 요구하는 도로안전점검을 위한 도면화나 목적에 맞게 이용할 수 있는 시스템이나 장비는 아직 없는 실정임

○ 한국건설기술연구원에서 개발한 도로안전성 조사 차량 (Road Safety Survey and Analysis Vehicle: RoSSAV)의 경우 도로의 기하구조와 도로의 현재 상태 측정에 초점이 맞춰져 있으나, 도로 선형에 대해 도면화를 위한 기술 수준은 아직 확보되지 않음

○ 도로환경과 운전자 특성을 반영하여 안전점검을 수행은 할 수 없는 수준이며, 연구개발을 통해 개발된 제품으로 아직 실용화나 현장에 투입되기는 어려움이 있음

○ MIDAS는 (주)로드코리아에서 자체개발한 차량으로 도로의 표면손상, 종단평탄성, 소성변형 등의 도로 포장상태를 조사하기 위하여 개발되었으며, 현재 한국도로공사 고속도로 PMS 정기조사에 사용되고 있음

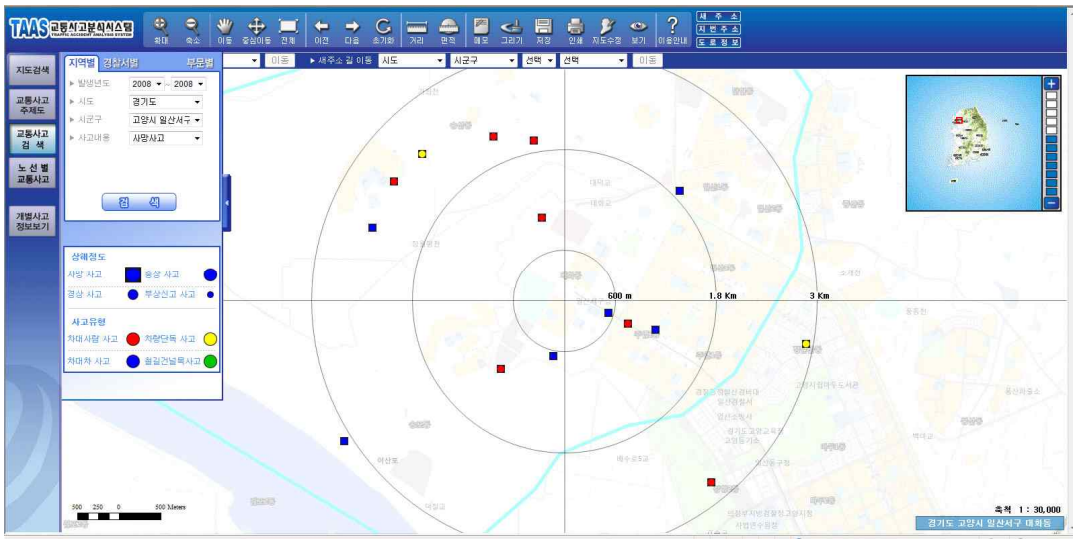
○ 한국도로공사의 운전자 행동 및 반응 검지차량(Driver Behavior Detecting Vehicle: DBDV)은 운전 중인 운전자의 각종 신체, 감성적 변화량을 정량화

할 수 있는 생체신호 수집 장치 및 외부 주행환경정보 수집 장치로 구성됨

○ 생체신호 외에 실험차량의 주행속도, 전후방 접근차량의 속도, 관성 값, 조도 값을 수집할 수 있으며, 이러한 자료를 이용하여 도로의 안전도 평가 및 기하구조 진단에 활용 목적이 있음

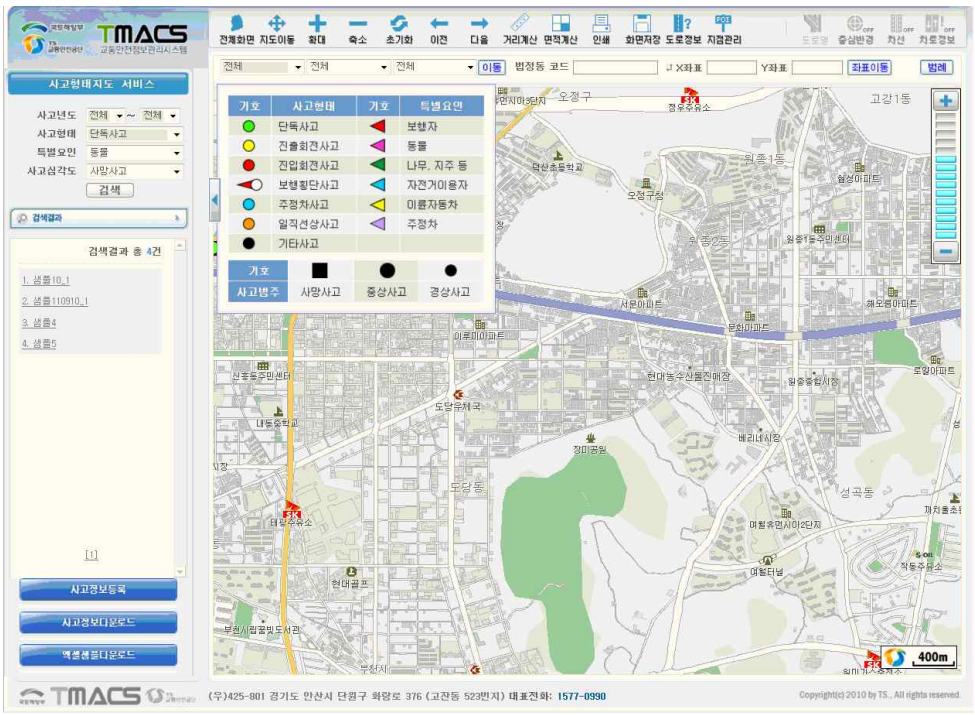
## 3. 도로교통 안전 분석 기술개발

○ 국내의 안전 분석 시스템은 사고 자료를 GIS와 연계하여 분석하고자 하는 시스템이 존재하며, 도로교통공단의 도로교통사고 통합 DB시스템을 운영 중임




<그림 2-1> 교통사고 분석시스템(도로교통공단, http://taas.koroad.or.kr)

○ 교통안전공단에서는 교통사고 DB를 이용하여 TMACS를 운영 중이며, 사고유형, 사고 원인, 사고 심각도 등을 구분하여 사고형태지도 서비스를 제공함




<그림 2-2> 교통안전정보관리시스템(교통안전공단, http://tmacs.ts2020.kr/)

○ 도로안전도평가 프로그램(RAP, Road Assessment Program)은 대상구간의 사고위험성을 등급화 하는 프로그램으로써, 도로 시설물 중심으로 대상구간의 안전도를 등급화 했으며, 안전도가 높은 도로(대상구간)에서 등급이 높게 나타남

## 4. 노면 물고임과 도로 기하구조와의 관계성

○ 도로의 노면의 물고임의 경우에는 기하구조상 횡단 소성변형에 따른 이유와 중차량 등 차량 주행특성에 따라 발생하는 경우가 많음

○ 그 중에서도 고속도로를 기준으로 물고임부의 잠재인자를 분석한 것을 살펴보면 배수시설위치 부적정, 소성변형, 단차, 통수능력부족 등으로 인해 물고임 현상이 발생되는 것을 알 수 있음

○ 또한, 도로에서 포장 및 소성변형 불량 등으로 인한 물고임부와 교통사고와의 연관성과 관련하여, 고속도로 물고임부 물고임 원인은 소성변형 25.4%, 뒷채움 단차 22.1%, 집수정 위치 부적절 18.8%, 포장 불량 14.7% 등으로 나타남

○ 그러나, 포장 및 소성변형 불량으로 인하여 도로의 파인 곳을 찾아내면 물고임 면적의 약 15%정도를 방지할 수 있다는 결과(권재석, 2009)를 제시함

○ 또한, 강우시에 교통사고 사고율이 높다는 연구결과와 더불어 교통사고에 대한 특성을 분석한 결과, 실제 기하구조적인 측면은 만족하지만 시공오류 및 유지관리시 발생하는 물고임 부분에 대한 조사와 강우시 교통사고와의 상관관계가 존재한다는 결과를 제시함

○ 강우시 교통사고 지역에서 가장 영향을 받는 것은 포장 등급인 것으로 나타났으며, 사고율이 크게는 25배 이상 차이가 나는 것으로 분석되었고, 포장에서 가장 문제가 되는 것은 강우시 물고임이 발생하는 부분으로 전문가 설문 및 사고 원인 분석에서 나타났음

○ 아울러, 물고임 부분의 원인을 심층적으로 분석하여 Fish-Bone과 구조방정식 모형을 각 요인들의 중요도와 상관성을 분석하였고, 분석결과, 소성변형과 단차가 물고임 부분의 주된 요인으로 나타났음

## 5. 소성변형으로 인한 노면 물고임

○ 소성변형은 포장보수, 과적차량, 품질관리 등에 영향을 받는 것으로 분석되었으며, 물고임부와 사고지점과의 분석에서 물고임부 100m이내에 강우시 사고의 64%가 발생하여 직접적으로 영향을 주는 것으로 확인됨

○ 강우시 교통사고를 직접적으로 예방하기 위해서는 도로의 포장부분에서 소성변형, 단차 등 제시된 중요 요인들로 체크리스트를 만들어 진단한다면 많은 사고를 줄일 수 있을 것으로 기대하고 있음

○ 소성변형이란 도로의 횡단면상에서 초기 시공 마무리 면으로부터 변형된 양을 의미하며, 도로 물고임과 관련하여 노면의 소성변형 분석이 중요함

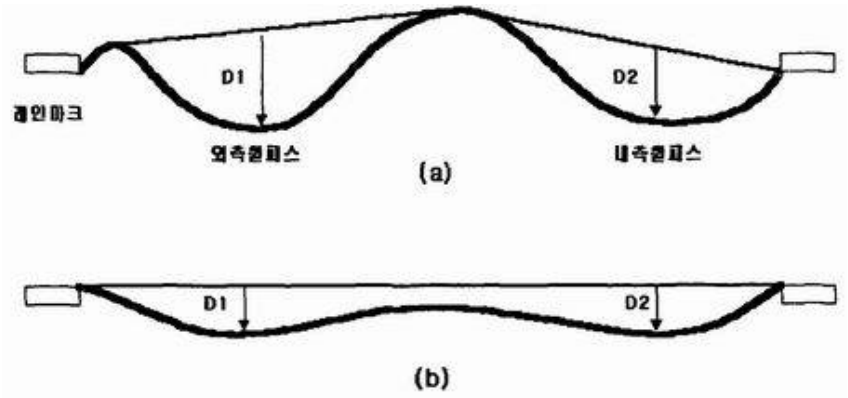
○ 소성변형의 원인은 표층부에서 소성흐름, 하부층의 침하, 타이어에 의한 마

모 등으로 인한 것인데 이러한 원인들에 의해 발생하는 형태는 각기 조금씩 다르게 나타남

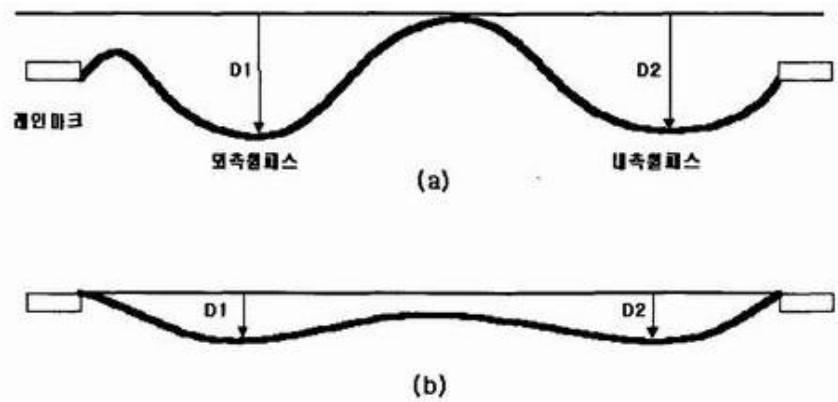
○ 일반적으로 가장 빈번히 발생하는 소성변형의 형태를 2가지로 크게 분류하면 다음과 같으며, 평균법에 의한 소성변형량 측정은 표층부에서 소성흐름에 의한 변형 형태이고, 피크법에 의한 소성변형량 측량은 하부층침하등의 원인으로 인한 것임

○ 평균법에 의한 소성변형량은 양쪽 차선을 연결하는 선을 기준선으로 보고 기준선에서 연직방향으로 Dl 및 D2를 구하여 그 중 큰 값을 소성변형량이라 규정함

○ 이에 반해 피크법은 노면의 최고점에서 최저점의 차이를 소성변형량으로 규정하며, 일본의 경우 평균법은 일반국도, 피크법은 고속도로에 적용하고 있음




<그림 2-3> 평균법에 의한 소성 변형량 측정(한국도로공사, 2008)




<그림 2-4> 피크법에 의한 소성 변형량 측정 (한국도로공사, 2008)

○ 소성변형의 경우 주행 중인 차량을 통제하고 도로에서 실측하는데 많은 어

려움이 있으므로, 도로 이용차량과 동일한 속도로 주행하면서 소성변형을 측정하기 위해서는 자동화된 장비를 이용하여야 함

○ 측정방법으로는 초음파나 레이저, 발광다이오드 등을 사용하여 기준면으로부터의 높이차를 측정하거나 카메라를 이용하여 3차원적으로 노면형상을 촬영하여 변형량을 결정하는 방법 등이 있음

## 6. 주행속도 추정 관련연구

○ 평면곡선에서는 운전자의 시각적 판단을 기초로 하는 최소시거로, 종단선형에서는 구배의 영향과 차량의 성능을 기초로 등판차량의 주행속도를 추정하였고, 승용차와 트럭으로 나누어 평면곡선과 종단곡선의 영향을 동시에 고려하는 주행속도 산출식을 국내에서는 최초로 개발하였음(최재성, 1998)

○ 왕복4차로 도로에서 수집한 속도자료를 이용하여 속도 예측 식을 개발했으며, 연구는 평가기준의 개발에 있어 속도 차이에 의한 안전성 평가기준이 사고의 경중을 반영하기 어렵다고 판단하여 에너지 차에 의한 안전성 평가기준과 주행속도 예측모형을 제시하였음(정준화, 2001)

$$V_{85} = 95.809 - \frac{4646.9}{R} \quad \text{.....(2-1)}$$

여기서, $R$ : 평면곡선반경(m)

○ 지방부 왕복4차로 곡선도로 구간에서 95백분위 주행속도와 추정 설계속도를 상호 비교한 결과, 추정 설계속도가 110km/h이하인 조건에서는 주행속도가 추정 설계속도보다 높았으며, 추정 설계속도가 130km/h 이상인 조건에서는 반대의 현상 나타났음(김용석 등, 2005)

○ 또한, 동일구간에서 주행속도와 제한속도를 비교한 결과, 제한속도 80km/h 지점에서는 직선부의 85백분위 주행속도가 95~110km/h사이로 나타났고, 제한속도 90km/h 지점에서는 105~120km/h사이로 나타났음

○ 직선 접근부, 곡선부 중간지점에서는 주행속도 예측 모형식에 의하면, 곡선부에서는 제한속도가 증가할수록 곡선부 평균주행속도, 85백분위 주행속도가 증가하며, 직선부에서는 제한속도가 증가하고 접근 직선의 연장이 길어질수록 평균, 85백분위, 95백분위 주행속도가 증가하는 것으로 나타났음

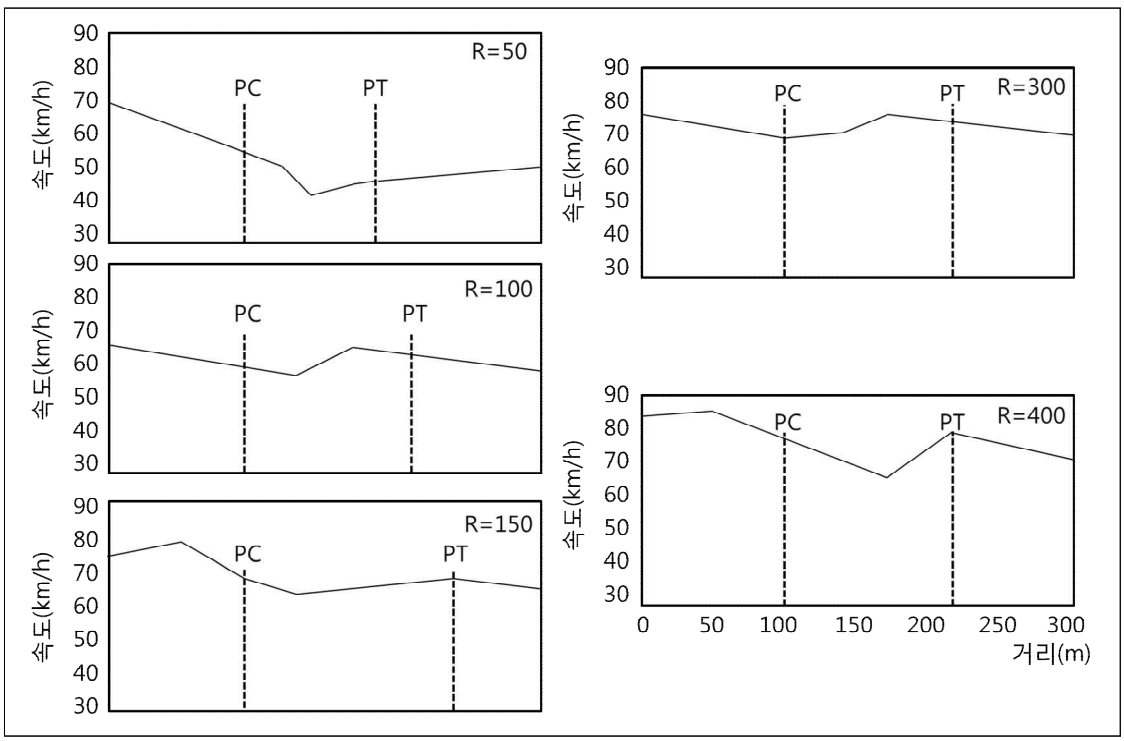
○ 평면 및 종단선형 요소인 복합적인 요소를 모두 반영하여 국내 도로 실정에 맞는 주행속도 예측 모형식을 개발하였으나, 영동고속도로에 한정된 분석으로 분석모형의 범용적 사용에는 한계가 있음(이점호, 2006)

## 7. 안전성 평가 관련연구

○ 평면곡선부의 차량 주행속도 변화가 교통사고에 미치는 영향을 분석하기 위한 연구를 수행하였음(이점호 등, 2000)

○ 곡선반경별로 진입부 직선도로-곡선부-이탈부 직선도로로 각 주행속도를 산정하였으며 선행차량에 의해 영향을 받지 않는 속도를 이용하여 평면곡선부의 영향과 곡선반경별 최저속도와 그 속도가 나타나는 위치를 분석함

○ 각 곡선부에서 위치별 속도를 분석한 결과를 제시함



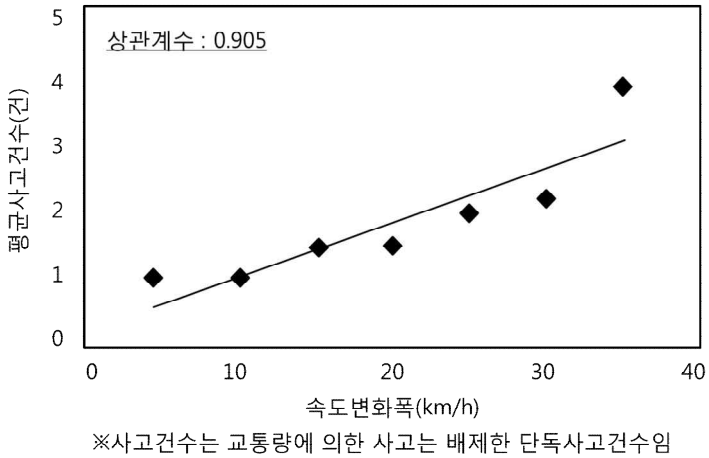

<그림 2-5> 곡선반경별 평균자유속도의 변화(이점호, 2000)

○ 곡선 내에서 주행하는 운전자들의 최저속도가 나타나는 지점은 곡선 시작 지

점인 PC지점이나 곡선의 중앙지점보다는 시작지점과 중앙지점 사이에서 나타나는 것으로 분석됨

○ 연구 대상지점의 지난 3년 동안의 교통사고를 분석한 결과, 곡선반경에 따른 교통사고는 곡선반경 100~300m 도로에서 주로 사고가 많이 발생하고 있음

○ 또한, 모든 지점에서 나타나는 속도차이와 교통사고건수와의 관계는 속도 변화폭이 클수록 교통사고의 빈도는 높게 나타난다고 제시함




<그림 2-6> 속도변화폭과 평균사고건수(이점호, 2000)

○ 주행속도 차이가 교통사고에 미치는 영향 연구에서 주행속도에 따른 사고율 모형에 최대 속도 차 20km/h를 대입하면 사고율은 3.38(건/백만대・km)으로 나타남(박영진, 2002)

○ 이상 도로안전성 평가에 관한 기존연구들을 정리한 결과, Lamm 등(1999)이 제시한 도로선형 안전성 평가기준은 설계속도와 주행속도의 차, 구간별 주행속도의 차, 횡방향 마찰계수의 차로 제시되고 있는데, 가장 중요한 항목으로 속도의 개념을 사용하고 있음

○ 사용된 속도의 개념은 설계속도와 주행속도인데, 설계속도는 도로의 설계를 위해 정해진 일률적인 개념으로 그 한계성이 있음(예를 들어 곡선부나 직선부가 똑같은 설계속도를 적용해서 만들어진 도로라는 것)

○ 주행속도는 차량마다 너무나도 다양하여 식으로 추정하기가 어렵다는 한계성이 존재하며, 직선부의 주행속도는 더욱 예측하기가 어려움에도 불구하고 예

측된 주행속도를 가지고 설계속도와 차이를 비교하여 도로의 안전성을 판단하는 것은 많은 한계점을 가지고 있음

○ 도로의 선형, 기하구조, 환경(기상상태), 차량상태 등이 종합적으로 고려되어 운전자와 결합되면 그것은 속도로 표출 되므로, 도로의 안전성 평가는 속도의 개념으로 해야 하지만, 안전성 평가를 위한 설계속도와 주행속도는 한계점을 가지고 있음

○ 이에 본 연구에서는 도로의 선형, 기하구조, 차량, 환경(기상), 운전자(인간)가 종합적으로 포함할 수 있는 안전속도의 개념을 도입하려함

○ 본 연구는 개별차량의 구간별 속도차이가 차이가 많이 나면, 위험한 도로로 판단할 수 있는 기준을 제시하였으며, 뿐만 아니라 개별차량의 가속도로 도로의 위험성을 판단하는 기준도 제시하였음

○ 구간별 평균주행속도의 한계점 보완을 위해 개별차량의 구간별 속도 차나 가속도로 도로의 안전성을 평가하는 기준을 제시하였으나, 이는 직선부에서 곡선부로 주행할 때만 적용할 수 있다는 한계점을 가지고 있으며 연속적인 도로의 평가가 가능하다기 보다 속도차가 발생할 수 있는 지점만 평가 가능하여 정확한 도로의 내재된 위험구간을 판단하기 어려움

○ 도로의 안전성을 판단하기 위해서는 사고의 영향을 미치는 도로 선형, 기하구조, 차량, 환경(기상), 운전자가 복합적으로 고려가 되어야 하는데 지금까지의 연구는 이러한 측면에서 한계점을 가지고 있음

○ 또한, 기존의 연구와 같이 도로의 안전성 평가는 속도의 개념으로 하는 것이 가장 객관적이라고 할 수 있고, 복합적으로 고려되어야 할 특성들이 속도로 표출이 된다고 볼 수 있으므로, 도로구간별 안전속도를 제시하고 운전자들이 안전속도를 초과하여 주행하는 구간을 위험구간으로 판단하는 방법을 개발하고자 함

○ 도로 안전성 분석을 위한 평가기준을 국내외 연구결과를 바탕으로 정의하고 이를 활용하기 위한 알고리즘과 평가시스템을 개발함(한국건설기술연구원, 2007)

○ 연속 선형 안전성 평가를 위해 기존의 주행속도 지표와 함께 평면곡선부 진입 가속도, 개별차량의 속도 차, 개별차량의 평면곡선부 진입가속도($\triangle V$/거리)를 통합한 평가 지표를 개발하여 안전성 평가에 활용하도록 하였음

○ 주행속도 차이를 이용한 도로 안전성 평가 기준은 Lamm 등(1999)의 기준을

사용하였고, 이 방법은 한 지점에서의 차량 속도 자료의 85백분위 속도를 이용한 것으로 도로를 운행하는 운전자의 평균 주행특성을 나타냄

○ 또한, 개별 운전자들의 주행행태를 충분히 설명하지 못한다고 판단되어 개별 차량의 속도변화를 이용한 도로 안전성 평가 방법을 다음 표와 같이 제시하였음

<표 2-1> 개별차량 속도차이를 이용한 안전성 평가기준(한국건설기술연구원, 2007)

| 등급 | 기준 |
|---|---|
| 양호 | $\|V85_i - V85_{i+1}\| \leq 15km/h$ |
| 보통 | $15km/h < \|V85_i - V85_{i+1}\| \leq 30km/h$ |
| 열악 | $\|V85_i - V85_{i+1}\| > 30km/h$ |

○ 평면곡선부의 진입감속도(d)를 이용한 도로 안전성 평가방법은 운전자가 곡선부에 진입하면서 감속하는 정도를 반영할 수 있는 감속도를 사용하여 도로의 안전성을 평가하는 방법이며, 제시된 기준은 다음 표와 같음

<표 2-2> 감속도를 이용한 안전성 평가기준(한국건설기술연구원, 2007)

| 등급 | 기준 |
|---|---|
| 양호 | $d \leq 1.48m/s^2$ |
| 보통 | $1.48m/s^2 < d \leq 2.00m/s^2$ |
| 열악 | $d > 2.00m/s^2$ |

○ 개별차량의 가속도를 이용한 평가방법에 있어 개별차량의 속도차이를 구하는 모형식으로부터 $\triangle V$(진입속도와 곡선부 속도의 차)를 구할 수 있지만, 이것만으로는 진입속도와 곡선부 속도를 알 수 없어 어려움이 있음

○ 본 연구에서는 가속도 대신 새로운 지표인 $\triangle V$/거리를 이용하여 안전성 평가방법을 다음 표와 같이 제시함

<표 2-3> 개별차량의 $\triangle V$/거리를 이용한 안전성 평가기준(한국건설기술연구원, 2007)

| 등급 | 기준 |
|---|---|
| 양호 | $\triangle V$/거리 $\leq 0.32m/s^2$ |
| 보통 | $0.32m/s^2 < \triangle V$/거리 $\leq 0.43m/s^2$ |
| 열악 | $\triangle V$/거리 $> 0.43m/s^2$ |

○ 운전자의 이용행태에 바탕을 둔 도로 선형설계와 안전성을 평가하기 위해 왕복 4차로 도로에서 수집한 속도 자료를 이용하여 속도 예측식을 개발하였음(정준화, 2001)

○ 본 연구에서는 평가기준에 있어 속도차를 이용한 방법은 심각도를 평가하기에 한계가 있다고 판단하여 에너지 차에 의한 안전성 평가기준을 제시함

○ 제시하는 에너지 차 방식에 따르면, 속도 수준별로 그 에너지 차(속도 차)가 달라지므로 그에 따라 위험도도 달라지며, 따라서 모든 속도 수준에서 같은 에너지 차이를 겪는 곡선부는 같은 수준의 위험도를 갖는다고 판단하여 속도 차 기준이 아닌 운동 에너지 차를 기준으로 안전성 평가기준을 제안하였음

○ 에너지 차에 따른 안전성 판단기준은 연속구간의 안전성 판단 기준에도 동일하게 준용할 수 있어, 이러한 판단기준을 참고하여 더욱 안전한 설계를 할 수 있을 것이며, 기존 도로에 대한 안전성 평가 기준으로도 활용할 수 있다고 제시함

○ 다음의 표에서 $V_c$는 예측된 주행속도를 나타내며 $V_{cd}$는 주어진 도로기하구조상에서 미끄러지지 않고 주행할 수 있는 최대 안전속도를 나타냄

<표 2-4> 곡선부 자체의 안전성 평가기준(정준화, 2001)

| 구분 | $\triangle E/c = V_c^2 - V_{cd}^2$ | 접근속도 ($V_a$, kph) | $\triangle V = V_c - V_{cd}$ (kph) | 최소곡선반경 (m) |
|---|---|---|---|---|
| 1등급 | 500 이하 | 110 | 2.3 이하 | 500 |
| | | 100 | 2.5 이하 | 380 |
| | | 90 | 2.8 이하 | 280 |
| | | 80 | 3.2 이하 | 170 |
| 2등급 | 1500 이하 | 110 | 7.0 이하 | 420 |
| | | 100 | 7.8 이하 | 330 |
| | | 90 | 8.8 이하 | 200 |
| | | 80 | 10.0 이하 | na |
| 3등급 | 2500 이하 | 110 | 12.0 이하 | 350 |
| | | 100 | 13.4 이하 | 225 |
| | | 90 | 15.2 이하 | na |
| | | 80 | 17.5 이하 | na |
| 4등급 | 2500 초과 | 110 | 12.0 초과 | 350 미만 |
| | | 100 | 13.4 초과 | 225 미만 |
| | | 90 | 15.2 초과 | na |
| | | 80 | 17.5 초과 | na |

주) na : 곡선반경 조건에 따른 곡선부 주행속도가 곡선부 최대 안전속도보다 낮은 경우

$V_c = 34.468 - 3422.77/R + 0.6874 V_a$ , $V_{cd} = R^2/127(e+f)$

<표 2-5> 연속 구간(직선부+곡선부)의 안전성 평가기준(정준화, 2001)

| 구분 | $\triangle E/c = V_a^2 - V_c^2$ | 접근속도 ($V_a$, kph) | $\triangle V = V_a - V_c$ (kph) | 최소곡선반경 (m) |
|---|---|---|---|---|
| 1등급 | 500 이하 | 110 | 2.3 이하 | 1,440 |
| | | 100 | 2.5 이하 | 600 |
| | | 90 | 2.8 이하 | 375 |
| | | 80 | 3.2 이하 | 270 |
| 2등급 | 1500 이하 | 110 | 7.0 이하 | 480 |
| | | 100 | 7.8 이하 | 310 |
| | | 90 | 8.8 이하 | 230 |
| | | 80 | 10.0 이하 | 175 |
| 3등급 | 2500 이하 | 110 | 12.0 이하 | 285 |
| | | 100 | 13.4 이하 | 205 |
| | | 90 | 15.2 이하 | 160 |
| | | 80 | 17.5 이하 | 130 |
| 4등급 | 2500 초과 | 110 | 12.0 초과 | 285 미만 |
| | | 100 | 13.4 초과 | 205 미만 |
| | | 90 | 15.2 초과 | 160 미만 |
| | | 80 | 17.5 초과 | 130 미만 |

주) $V_a = 106.27 - 0.047(B+H) - 4.248 S_1$, $V_{cd} = R^2/127(e+f)$

○ 도로선형설계 일관성 부분에 대한 모형의 개발과 새로운 평가기준에 대한 연구를 실시하고 기존 평가방법인 주행속도 외의 다른 차량 운행특성인 차간거리, 속도편차 등을 선형 설계 일관성과 안전성 측면의 평가방안으로 검토하였음(이수일, 2006)

○ 데이터 마이닝 기법과 베이지안 통계분석을 이용하여 모형 개발을 하였으며, 개별차량과 차량군을 구분하는 기준은 하루 동안의 검지기 자료를 이용하여 누적 속도평균을 통해 차두 간격(6초)으로 구분하였음

○ 분석 결과, 개별차량 집단의 선형 설계일관성 평가지표는 주행속도와 속도편차, 차량군 집단의 선형 설계 일관성 평가지표는 차간거리가 타당한 것으로 나타남

○ 연구는 양방향 2차로 국도에 대해 3단계로 나누어 조사를 실시하였으며, 평가지표가 운전자의 특성에 영향을 많이 받기 때문에 같은 운전자의 차량이 조사되도록 직선부와 곡선부를 하나의 짝으로 묶어 조사함

○ 자료의 균일성 향상과 모형의 정확한 검증을 위해 이상치를 제거하고, 개별차량 집단의 일관성 평가를 위한 주행속도의 예측모형은 직선부와 곡선부로 구분하여 개발하였으나, 모형의 설명력이 다소 낮게 나타나 일반적인 예측치로 사용하기에는 무리가 있음

○ 그 결과 직선길이 400m를 전후로 속도분포가 나누어지는 것으로 나타났으며 곡선부는 종단선형과 평면선형을 동시에 고려할 수 있는 모형을 개발함

<표 2-6> 곡선부 종단경사별 주행속도 예측모형(이수일, 2006)

| 종단경사 | 모형식 |
|---|---|
| 0~2% 경사구간 | $y = 26.592 + 5.53\ln(x_1) + 1.838x_2$ ($y$ =곡선부주행속도, $x_1$=곡선반경 $x_2$= 편경사) $R^2 = 0.788$ |
| -5~0% 경사구간 | $y = 43.658 + 4.036\ln(x)$ ($y$ =곡선부주행속도, $x$=곡선반경) $R^2 = 0.728$ |

○ 일관성 평가를 위한 각 평가지표들을 예측하는 모형 개발 결과를 표에 제시함

<표 2-7> 속도편차 예측모형(이수일, 2006)

| 곡선반경 | 모형식 |
|---|---|
| 400m 이하 | $y = 1.64 + 2.51\ln(x)$ ($y$ =속도편차, $x$=직선길이) $R^2 = 0.66$ |
| 400m 초과 | $y = 2.50 + 2.10\ln(x)$ ($y$ =속도편차, $x$=직선길이) $R^2 = 0.57$ |

<표 2-8> 차간거리 예측모형(이수일, 2006)

| 구분 | | 모형식 | |
|---|---|---|---|
| 직선부 | | $y = 8.89 + 7.08\ln(x)$<br>($y$ =차간거리, $x$=직선길이) | $R^2 = 0.679$ |
| 곡선부<br>(종단경사) | 전체 | $y = 17.12 + 4.82\ln(x_1) + 0.884x_2 - 2.275x_3$<br>[$y$ =차간거리, $x_1$=곡선반경, $x_2$=종단경사, $x_3$=굽은방향(왼쪽 0,오른쪽 1)] | $R^2 = 0.758$ |
| | 0~2% | $y = 21.754 + 4.366\ln(x_1) - 3.297x_2$<br>[$y$ =차간거리, $x_1$=곡선반경, $x_2$=굽은방향 (왼쪽 0, 오른쪽 1)] | $R^2 = 0.758$ |
| | -5~0% | $y = 5.90 + 5.912\ln(x)$<br>($y$ =차간거리, $x$=곡선반경) | $R^2 = 0.803$ |

○ 선형 설계 일관성 평가기준은 기존 주행속도 평가 기준 $\triangle V = 10mph$ 의 법칙은 그대로 수용하고, 차간거리와 속도편차에 대해서 Poor, Fair, Good의 3가지로 구분하였으며 도로 선형 설계일관성 평가기준은 다음 표와 같이 제시함

<표 2-9> 도로선형 설계일관성 평가기준(이수일, 2006)

| 설계수준 | 평가기준 | |
|---|---|---|
| | 차간거리 | 속도편차 |
| Good | $SM_{(n-n+1)} \leq 4m$ | $VD \leq 15km/h$ |
| Fair | $4m < SM_{(n-n+1)} \leq 12m$ | $15km/h < VD \leq 19km/h$ |
| Poor | $12m < SM_{(n-n+1)}$ | $19km/h < VD$ |

○ 가속도 개념을 이용하여 도로의 설계 일관성을 평가하는 방법을 개발함으로써 도로안전에 기여하는 연구를 진행하였음(하태준, 2003)

○ 가속도의 계산은 평면선형 조건에 따른 속도 추정모형으로부터 운전자가 편안하게 가·감속을 하기 위해 요구되는 길이와 희망속도로부터 곡선부에서 감속할 때의 길이에 따라 가속도를 계산하였으며, 가·감속도를 이용해 안전성 평가 등급을 제시하였음

○ 다음 표는 모든 선형조건에 대한 가속도의 안전성 등급을 나타낸 것임

<표 2-10> 가·감속도를 이용한 안전성 평가기준(하태준, 2003)

| 가속도 안전성 평가기준(단위:m/s²) | | 감속도 안전성 평가기준(단위:m/s²) | |
|---|---|---|---|
| 0.54 ~ 0.89 | 양호 | 1.00 ~ 1.48 | 양호 |
| 0.89 ~ 1.25 | 보통 | 1.48 ~ 2.00 | 보통 |
| > 1.25 | 열악 | > 2.00 | 열악 |

○ 가속도는 3차원의 변위를 계산하여 변위에 대한 벡터 합으로 정의하였고, 속도 예측 모형(정준화, 2001)을 사용하여 속도를 추정하여 가속도를 계산하였음

○ 이렇게 계산된 가속도를 이용하여 g-g-g diagram을 작성하여 해당 범위에서 벗어나면 일관성에 어긋나는 것으로 간주하여 평가 기준을 제시하였으며 자료를 속도차 방법(△10km/h)을 사용하여 평가하면 양호한 구간이 가속도 방법을 사용할 경우 불량한 것으로 판단되어 속도차 방법보다는 거리에 따른 속도 변화를 표현하는 방법이 더 정확하다고 제시함

○ 국내 지방부 간선도로를 대상으로 주행속도 프로파일을 이용하여 설계속도와 주행속도간의 일관성 확보방안을 제시함(김용석 등, 2007)

○ 또한, 곡선부의 주행속도 예측모형을 해당구간의 곡선반경만을 사용하였으며, 직선부의 희망속도는 주행속도 자료 중 최고치 값을 적용하고, 곡선 진출입부의 가속도와 감속도를 동일하다고 가정하였기 때문에 실제 운전자의 주행 행태를 반영에는 한계가 있음

○ 그러나 도로의 안전성을 평가하는데 연속되는 도로구간의 주행속도 프로파일을 이용한 평가 시도는 상당한 의의가 있다고 볼 수 있음

○ 지방부 2차로 평면곡선부에서 개별차량의 속도와 가속도를 이용하여 도로의 안전성을 평가하는 방법을 다음 표와 같이 제시하였는데, 각각의 평가방법에 의해 산출된 안전성 결과에 등급별 양호, 보통, 열악 점수를 부여하고 평균 점수를 이용하여 도로의 안전성을 통합적으로 판단하는 기준을 제시함(손영태 등, 2008)

<표 2-11> 평균점수를 이용한 도로의 안전성 평가기준(손영태, 2008)

| 구분 | 내용 |
|---|---|
| 양호 | 0.5 ≤ 평균점수 |
| 보통 | -0.5 < 평균점수 < 0.5 |
| 열악 | 평균점수 ≤ -0.5 |

○ 차량의 주행속도가 교통사고 건수에 미치는 영향에 대한 연구를 실시하였으며, 확장된 국도상 교통사고 잦은 지점 40개소에 대해 차량의 통행속도, 교차각, 도시화 정도, 횡단보도수, 회전차로수, 차로폭 등 10개의 설명변수들과 교통사고건수 및 교통사고율과의 관계를 변수선택법을 이용하여 교차각, 속도, 차로수를 독립변수로 선택함(김진우, 1997)

○ 이를 변수로 하는 사고 예측 모형식을 개발하여. 3가지 독립변수와 교통사고건수, 교통사고율 (교통사고건수/천만대)의 관계에 대해 도출된 회귀분석 결과를 제시함

<표 2-12> 교통사고건수 예측 모형식(김진우, 1997)

| 사고예측 모형식 | $R^2$ | F | 유의확률 |
|---|---|---|---|
| $Y = 4.363 - 0.145$교차각 $+ 0.097$속도 $+ 0.892$차로수 | 0.4421 | 9.224 | 0.0001 |
| Y : 교통사고 건수<br>교차 각(20°~90°), 속도(30km/h~85km/h), 차로 수(9~23) | | | |

○ 교통사고율 모형은 변수의 상관분석을 통해 교차각, 속도, 교통량을 우선독립변수로 선정하였으나 나중의 분석 결과 도시화 정도를 추가한 관계식이 설명력과 신뢰도가 더 높게 나타나 이를 포함하여 다음 표와 같이 모형을 개발함

○ 분석 결과, 교차로 내 차량의 주행속도가 증가할수록 교통사고 건수는 증가하였으며, 특히 속도가 50km/h 이상인 교차로에서 사고율이 크게 높은 것으로 나타남

<표 2-13> 교통사고율 예측 모형식(김진우, 1997)

| 사고예측 모형식 | $R^2$ | F | 유의확률 |
|---|---|---|---|
| $Y = 6.862 - 0.058$교차각 $+ 1.225$도시화정도 $+ 0.060$속도 $- 0.0016$교통량 | 0.49 | 8.057 | .0001 |

Y : 교통사고율 (진입교통량 천만대당 교통사고건수)
교차 각(20°~90°), 속도(30km/h~85km/h), 차로 수(9~23)

## 8. 교통사고기록 활용한 방법 관련 연구

○ 본 연구의 최종목표인 도로위험도 판단 기법의 개발을 위하여 기존에 사용되고 있는 도로위험도 판단 기법의 현황을 조사하였음

○ 도로위험도 판단 기법을 교통사고기록, 교통상충기법, 속도분석기법 및 Positive Guidance를 활용한 기법으로 구분하여 조사하였음

○ 교통사고기록을 활용한 방법은 다음과 같음

- 사고건수에 의한 방법(Number of Accidents Method)
- 사고율에 의한 방법(Rate of Accident Method)
- 사고건수 및 사고율에 의한 방법(Number-Rate Accidents Method)
- 한계사고율이용법(Rate Quality Control Method)
- 대물피해환산법(EPDO: Equivalent Property Damage Only)

## 9. 교통상충기법을 활용한 방법 관련 연구

○ 상충(Conflict)이란 2개 이상의 교통류가 동일한 도로 공간을 사용하려 할 때 발생되는 교통류의 교차, 합류 및 분류되는 현상을 말하며 교통상충은 어떤 운전자가 다른 차량과의 충돌을 피하기 위해 제동이나 엇갈림에 의한 회피행동을 할 때 발생되는 현상임(이용택, 2001)

○ 1977년 Norway의 Oslo에서 열린 국제학술대회에서 “둘 또는 그 이상의 도로 이용자들이 현 상태를 유지할 때 충돌의 위험을 갖는 공간과 시간의 범위로 서로 접근하는 모습이 관찰 가능한 상황” 으로 제시되었음

○ 상충의 유형은 심각도(Severity)에 따라 다음 그림에 제시된 바와 같이 크게 3가지로 구분이 가능하며, 실제 교통사고 분석을 위한 대용물(Surrogate)로 적용되는 상충은 Serious Conflict(김원철, 2001)이며, 이 Serious Conflict는 현장에서 도로이용자의 브레이크 조작 여부로 판단할 수 있음

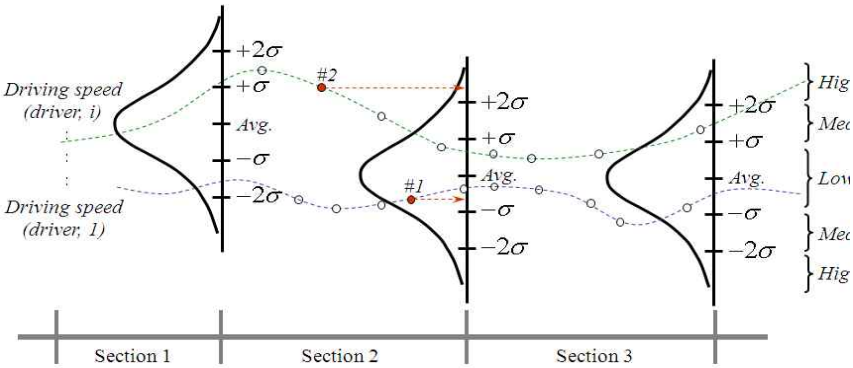
○ 상충분석 기법으로 심각한 상충분석 방법이 있으며 Conflict Severity는 Time to Accident(TA)-Value로 정의할 수 있으며, TA값은 사고를 피하기 위해서 어떤 행동을 취한 시점에서부터 도로이용자가 방향과 속도를 변경하지 않는다면 사고가 일어날 수 있다고 추정되는 지점 즉, 잠재된 사고 발생지점까지 남아 있는 시간을 의미함

○ 주요 상충 발생에 따른 사고위험지점으로 교차로에 유입하는 도로의 수가 많아지면 교차로 내에서 교차, 합류 및 분류하는 교통류가 수가 기하급수적으로 많아져 교차로에서의 교통처리가 매우 복잡하게 될 뿐만 아니라 사고위험 등이 급격하게 증대됨

## 10. 속도분석기법을 활용한 방법 관련 연구

○ 운전자가 선택한 주행속도가 평균속도로부터 멀어짐에 따라 주행안전도는 감소된다는 가정에 기초하여 주행위험도 개념을 다음 그림과 같이 정의하였음(김원철, 2001)

○ 평가방법은 운전자가 선택한 주행속도가 도로구간의 평균속도로부터 $\pm 1\sigma$ 이내에 포함되는 경우 주행위험도는 저(Low)로, $\pm 1\sigma$와 $\pm 2\sigma$사이에 해당하는 경우에는 중(Medium)으로, $\pm 3\sigma$ 이상인 경우에는 고(High)로 위험도를 구분함(여기서, 평균속도 (Avg.)와 표준편차 ($\sigma$)는 도로구간별로 계산함)




<그림 2-7> 속도선택기반 주행위험도 개념도(김원철, 2011)

## 11. Positive Guidance를 활용한 방법 관련 연구

### 가. Positive Guidance의 개념

○ Positive Guidance는 '운전자가 실수할 수 있는 상황에서 도로는 운전자의 실수를 용납해야한다'라는 개념으로 운전자가 위험요소를 피해 주행할 수 있도록 정보를 사전에 제공하여 운전자에게 올바른 주행을 유도하는 기법임

○ Positive Guidance 기법에서는 도로구간의 위험요소를 파악하고 분석하여 도로의 위험구간을 파악하는 도로 위험도 프로파일(Road Hazard Profile)을 제공함

### 나. Positive Guidance 수행절차

○ Positive Guidance의 최초 단계는 계획 수립 및 자료 수집단계이며, Project에 대한 계획 및 목표를 설정하고 실내·외 조사를 통해 자료를 수집함

○ 실내 조사는 이용 가능한 대상구간 정보, 현황도, 충돌도, 사고자료 등을 수집하고 검토하며 실외 조사에서 점검할 항목들에 대한 목록을 작성함

○ 실외 조사는 도보 답사, 사진촬영, 운영상태 점검 등 운전자의 관점에서 대상구간을 면밀히 살피고 분석함

○ 처음 여섯 단계는 진단절차의 성격을 띠고 있으며, 각 단계를 적용함으로써 운전자들이 특정지점에서 겪는 문제를 확인하고, 왜 이와 같은 문제들이 발생하는 지를 정확히 지적할 수 있음

○ 나머지 여섯 단계는 도출된 문제점에 대한 해결에 주안점을 두고 있으며, 이 단계들(7~12)에서는 진단과정에서 유도된 정보에 대한 필요성을 결정하고 이에 따른 교통 통제 시설을 파악해야함

## 제2절 국외 기술 개발현황

### 1. 모바일 매핑 시스템

○ 미국에서는 1970년대부터 사진기록차량(photo-logging)을 이용하여 도로 시설물 조사 연구를 했으며, 조사 연구의 목적은 영상 정보와 위치 정보를 수집하여 활용하기 위함임

○ 오하이오 주립대학의 지도제작센터는 교통과 도시계획에 필요한 GIS 자료가 신속한 갱신과 고품질의 공간자료를 필요로 한다는 것을 인식한 후 모바일 매핑 시스템을 개발하였으며, 이는 사진기록 차량을 이용하여 도시계획 자료의 수집과 GIS DB 구축 등에 사용됨

○ 캐나다의 Visat-Van은 종전에 항공측량이나 위성항법 측량으로 얻어지던 자료의 정확도 한계를 극복하고 토탈스테이션 등을 이용한 지상측량을 대체하기 위해 개발하였는데, 이는 빠른 이동이 가능한 실시간 지상 정밀 측량 시스템임

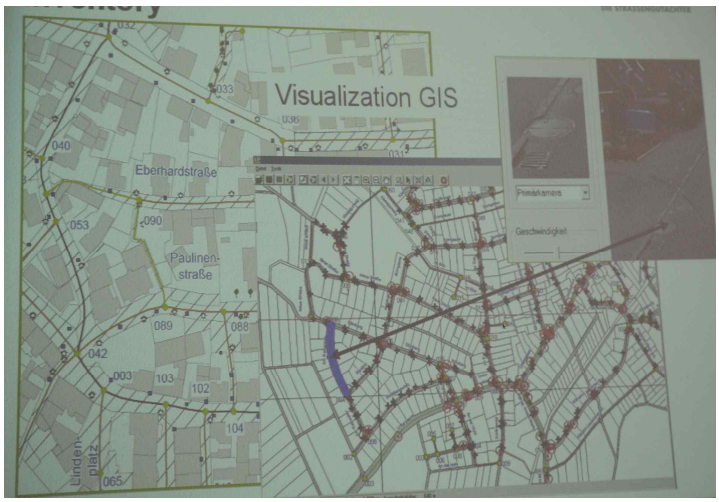
○ Visat-Van은 캐나다의 고속도로 유지보수 및 도시계획에 필요한 건축의 측량 등에 사용되고 있으며, 이 밖에도 지적도 제작 및 자연재해의 조사 등에도 활발히 적용되고 있으나, 데이터 취득 후 수동으로 분석하여 긴 연장을 분석하는 데에는 한계가 있으며, 도면화나 안전점검은 수행하지 못하고 있음

○ 독일 Lehmann+Partners에서는 Integrated Road Information Scanner(IRIS)라는 도로 시설물 조사 차량을 개발하여 운영하고 있으며, IRIS는 GPS-IMU 통합시스템, CCD 카메라, DMI 등으로 구성됨



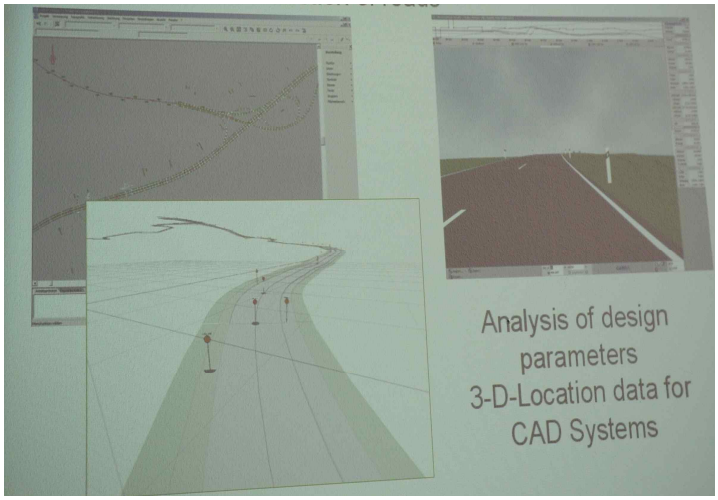
<그림 2-8> 독일 Lehmann + Partners의 IRIS

○ IRIS는 5m마다 사진을 촬영하면서 촬영된 사진을 이용하여 시설물의 정보를 취득하는 시스템이며, 데이터 취득 후 자체 개발한 S/W를 통해 시설물 정보를 입력하는 방식으로 각종 시설물의 영상자료에서 시설물의 위치, 제원 등을 측량하여 전자지도에 입력하고 있으며, 수동으로 데이터를 처리함



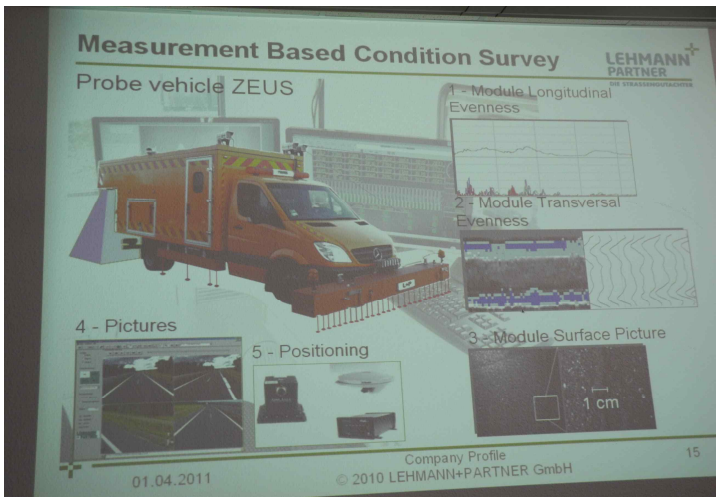

<그림 2-9> 데이터 취득 후 시설물 정보 입력 S/W

○ 또한, S/W 개발 회사에서 선형 프로그램을 개발하여 취득한 데이터를 이용하여 수동으로 도로 중심선을 작성한 후 선형정보를 표출하나, 이는 자동이 아니라 수작업을 통한 정보 구축임




<그림 2-10> 선형 정보 표출 프로그램

○ 독일의 Lehmann+Partners에서 개발한 ZEUS는 영상과 도로 포장 정보를 취득하는 차량으로 주로 Pavement Management System(PMS)에 활용 되는 장비로써, 가격은 €1 million(한화 약 16억) 수준이며, 주 기능은 영상촬영과 더불어 포장의 종단평탄성(International 거칠기 Index: IRI), 소성변형(Rutting), 균열(Crack)을 계측함




<그림 2-11> 독일 Lehmann + Partners의 ZEUS의 주 기능

○ 일본의 미쯔비시사에서 3차원 공간계측 및 정보를 관리하는 차량 및 소프트웨어를 개발하여 판매하고 있으며 차량의 사양은 크게 고가의 MMS Type X와 저가의 MMS Type S로 구분되며, Type S는 2대의 카메라만 탑재가

가능하며 200만 화소의 동영상 기능이 없는 카메라를 사용하며 레이저 기능은 없어 3차원 포인트 클라우드 작성을 못하며 사진정보만 취득 가능함

○ Type X는 6대의 카메라, 레이저 설치가 가능하며 500만 화소의 동영상 기능이 있는 카메라를 사용하며 시설물 정보도 취득가능하며, MMS-X 640의 경우 약 15억 정도의 가격임

- 3개의 GPS 안테나, 관성 항법 장치(IMU), 카메라와 레이저 스캐너를 이용함, 3개의 GPS 안테나는 삼각망으로 처리되며 차량의 자세를 정밀하게 얻고 노면의 3차원 형상 측정 가능, 절대 측위 방식으로는 20m의 정도, 상대 측위 방식으로는 10cm의 정확도 가능

- 카메라는 수평 80°, 수직 64°의 와이드 앵글 카메라로 5메가 픽셀이 사용되며 6개의 카메라로 360°촬영을 하며 도로의 표지판, 신호등 등의 영상 데이터를 획득하며 최대 4개의 레이저 스캐너를 사용함

- 일본 도로대장 갱신용으로 주요 사용되고 있으며, 국내 도로대장용으로 사용하기 위하여 국내 실정에 맞게 프로그램과 알고리즘 등의 변경이 필요하며 처리방식은 주로 수동처리를 하고 있음

○ 일본의 TOPCON에서 IP-S2 Lite라는 MMS 차량을 판매중이며 주행하며 취득한 이미지에서 3D GIS 데이터 취득이 가능함

○ 현재 외국에서 개발된 모바일 매핑 시스템과 그들의 하드웨어는 거의 유사하며, 단지 신호차단에 대비한 위치결정의 보조수단을 각각 상이하게 활용하고 있고 수치영상정보의 처리기법 차이가 있다는 것을 알 수 있음

## 2. 도로분야 안전점검 시스템

○ Hawkeye 2000 Series(호주)는 도로 전문 조사차량으로 다양한 응용프로그램으로 구성, 새로운 기술 적용을 위해 확장 편의성을 갖추고 있음

○ 통합 시스템 구성은 조사 데이터를 생성하기 위해 다양한 모듈을 활용하며 위치 정확도는 다소 떨어지며, 분석 작업은 주로 수작업으로 진행하고 있음

○ 일본 토목 기술 연구소에서는 CHASPA를 개발하였으며, 노면 촬영을 위한 CCD 카메라가 차량의 내부에 장착되어 있는 상태에서 차량의 바깥쪽에 반사판을 설치하여, 카메라로 반사판에 비춰진 노면을 촬영함

○ CHASPA에서는 레이저 DMI 시스템을 도입하여 사용하고 있으며, 급제동, 급출발 시 바퀴의 미끄러짐 현상 등에 발생하는 측정 오차를 해결할 수 있지만, 저속 주행 시에는 속도를 측정할 수 없다는 문제점이 존재함

○ ARAN(캐나다)은 캐나다 Roadware 회사에서 개발한 차량으로 국내에서도 수입하여 활용하고 있으며, 주로 국내에서는 포장 조사 분야에 활용하고 있음

○ ARAN의 로드 프로파일러는 차량 부착용 장비로 포장의 종, 횡단면을 측정하며 노트북상에서 장비 캘리브레이션, 시스템 점검, 데이터 취득이 가능하며 리포트 제작이 가능함, 측정 가능 항목은 종단 표고, International 거칠기 Index(IRI), Half-car 거칠기 Index(HRI), Ride Number(RN), Rutting, 차량 속도와 이동 거리임

○ ARIA(미국)는 두 대의 비디오카메라가 차량의 후면 중간부에 부착되어 있으며, DMI에 의해 위치를 파악하게 되어있으며, 분석 방법은 ARAN과 유사하며 노면의 평탄성 및 단차 측정이 가능하도록 함

○ ROADMAN(일본)은 포장 상태 모니터링 장비로서 균열 이미지의 획득은 차량의 전방부에 장착된 한 대의 고속 카메라를 이용하여 시속 60km/h로 운행하며, 마이크로프로세서를 통해 균열 분석한 후에 컴퓨터에 입력됨

○ 야간 촬영을 위하여 차량의 전방 하단에 10개의 할로겐램프를 설치하여 8000 룩스의 밝기를 제공하며, 주로 포장 균열도, 거칠기, 러팅 등을 조사함

○ FHWA에서 개발한 Interactive Highway Safety Design Model(IHSDM)은 도로 계획 및 설계 엔지니어들이 도로 기하구조 설계안의 안전성을 평가하기 위한 도로안전 설계 프로그램임

○ 그러나, IHSDM은 도로공사 설계, 시공단계에서 안전개념을 도입한 프로그램으로 실제 운용중인 도로에 대해 도로 안전점검이나 안전진단을 수행하기 위한 프로그램은 아님

<표 2-14> 국내·외 MMS 시스템의 기능 비교

| 장비명 | HAWKEYE | CHASPA | ARAN | ARIA | ROADMAN | MIDAS | KRISS | RoSSAV | ARASEO |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 제조사 (국명) | ARRB (호주) | PWRI (일본) | Roadware (캐나다) | MHM (미국) | Kokusa Kogvo (일본) | 로드코리아 (한국) | 로드텍 (한국) | 건기연 (한국) | 건기연외 5개 기관(한국) |
| 장비 | 디지털 카메라, DGPS, 레이저 프로파일러, DMI | GPS CCD카메라, 레이저 DMI | GPS-IMU CCD카메라, 레이저 프로파일러 DMII | GPS 비디오 카메라, DMII | GPS 고속카메라, TV카메라,레이저 프로파일러 | GPS, DMI, 노면 측정 레이저 | GPS, AHRS, DMI, 노면 측정 레이저, 360° 카메라 | GPS-IMU, 전방,측방카메라, DMI, 회전식 레이저, 노면측정레이저 | GPS-IMU, 전방,측방카메라, DMI, 반사도 측정레이저, 회전식 레이저, 노면측정레이저, 노면온도센서 |
| 한계 | 일부 기하구조 분석 기능이 있으나 처리속도가 느리고 도면화 기능과 도로 안전 점검 기능 없음 | 레이저 DMI는 저속 주행시 속도 측정 불가 | 포장조사에 특화된 장비, 외국 장비로 고가임 | 포장조사에 특화된 장비, 실험적인 구형 모델임 | 포장조사에 특화된 장비, 하드웨어 장비의 부피가 큼 | 포장조사에 특화된 장비로 도로 자체의 안정성 분석 곤란 | 주로 포장에 특화된 장비, 상당부분 수작업에 의존 | 도로 선형에 대한 자동분석 도면화 기능 없음 도로 안전 점검 기능 부족 | 부속시설 등의 일부 위험항목에 대한 반자동 측정 |
| 특성 | 디지털카메라를 이용한 영상기술 이용가능함 | 레이저 DMII 보다는 차량 축에 부착하는 DMI 필요 | 장비의 경량화, 장비 간의 호환성, 에러 자동 복구, 탈부착 가능 장비 등의 기능이 본 과제에 필요함 | 비디오 카메라 이용하려면 스트로브 조명 등이 필요함 | 고속촬영을 활용할 수도 있음 | 최대 120Km/h까지 조사 가능, 차량의 조사 가능 속도를 최대한으로 올릴 필요가 있음 | 360° 카메라를 사용 | 이동성을 위한 하드웨어 부피 감소 필요, 데이터 통합, 처리 소프트웨어 필요 | 도면화기술, 안전성분석기술 |

## 3. 도로교통 안전 분석 기술개발

### 가. 위치 정보 취득 장비

○ 현존하는 기술 중 고속으로 이동하는 차량의 위치 정보를 획득 할 수 있는 방법으로는 관성항법센서인 IMU를 이용하는 방법, 측량 분야에서 활용하고 있는 비관성 센서인 GPS를 이용하는 방법, 이동측량시스템에서 널리 사용되고 있는 GPS-IMU 통합 장비를 이용하는 방법으로 구분할 수 있음

#### (1) IMU 및 INS의 개요

○ 관성 항법 장치(IMU)는 잠수함, 항공기, 미사일 등에 장착하여 자기의 위치를 감지하여 목적지까지 유도하기 위한 장치를 의미하며, 일반적으로 가속도계 3축, 자이로 3축을 이용하여 만든 센서 출력을 내주는 센서 유닛을 IMU라고 명칭함

○ 동작원리는 자이로스코프(Gyroscope)에서 가속도를 구해 적분하여 속도를 구하고, 속도를 적분하여 이동한 거리를 구하는 방식임

○ 여기에 내부적으로 센서 혼합 알고리즘 등이 내장되어 있어서 Roll, Pitch각과 초기 임의의 자세로부터 회전한 상대적 Yaw각을 출력해주는 장치를 Attitude Reference System(ARS)라고 하며, 추가적으로 지자기센서를 장착하거나 정밀한 자이로로 계산된 절대적인 yaw각을 출력하면, Attitude and Heading Reference System(AHRS)임

○ AHRS에 정밀한 가속도계가 추가되어 초기 위치로부터 변화된 위치를 가속도계 측정치에 중력을 보상하고 두 번 적분하여 계산하는 등의 항법 알고리즘이 내장되어 있다면 INS가 됨

#### (2) GPS-IMU 통합시스템

○ GPS-IMU 통합시스템은 GPS와 IMU를 결합시킴으로써 각 시스템이 가지는 단점은 보완하고 장점을 증대시키는 역할을 함

○ 주행 차량의 위치, 속도, 가속도, Roll, Pitch, Heading 자세 등의 자료를 취득한 뒤 정밀한 GPS 좌표와 IMU 자세값 획득을 위하여 후처리를 통해 각 센서에서 취득된 시점의 3차원 위치와 자세를 계산할 수 있음

○ GPS 자체만으로는 위성신호의 단절 및 약한 GPS 신호에는 위치정보를 측정할 수 없으며, IMU 역시 시간에 따라 누적되는 편차를 제거하기 위해 정확한 초기위치를 제공받아야 하므로, GPS-IMU 통합시스템은 GPS 측정값을 이용하여 IMU로부터의 위치정보 보정에 사용함

○ INS는 GPS 측정값이 입력되고 다음 입력 시까지 단독으로 동작하며 일반적으로 100Hz로 위치, 속도, 자세를 출력하며, GPS 위치가 계산되지 않거나 위성의 배치 상태가 좋지 않아서 계산된 위치가 의심스러운 경우, INS 시스템은 자체의 가속도와 회전 측정값을 사용하여 위치, 속도, 자세를 산출함

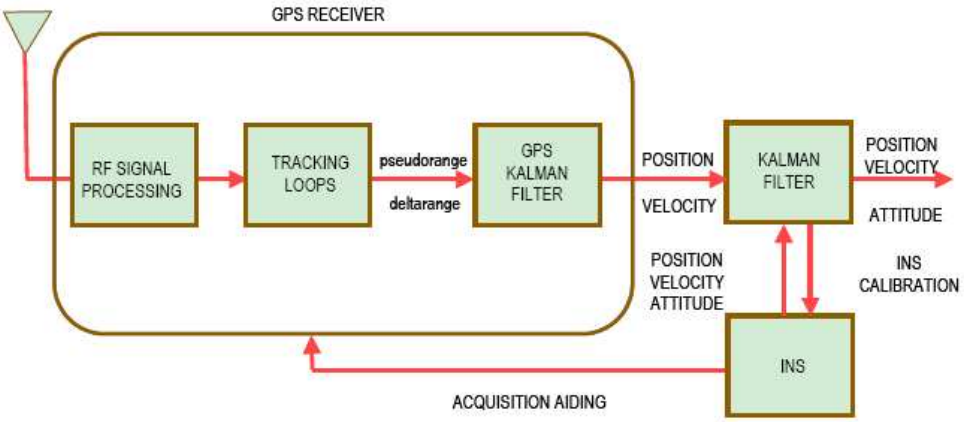
○ GPS 데이터를 사용하지 않고 INS로부터 산출된 위치는 시간에 따라 그 정확도가 저하됨

○ GPS 신호 단절이 짧은 구간에서는 GPS 신호를 곧바로 수신할 수 있기 때문에 INS 해는 정확하며, GPS 시스템과 함께 INS 해를 사용함으로써 짧은 신호단절 구간에서 위성 재탐색 시간을 줄일 수 있게 됨

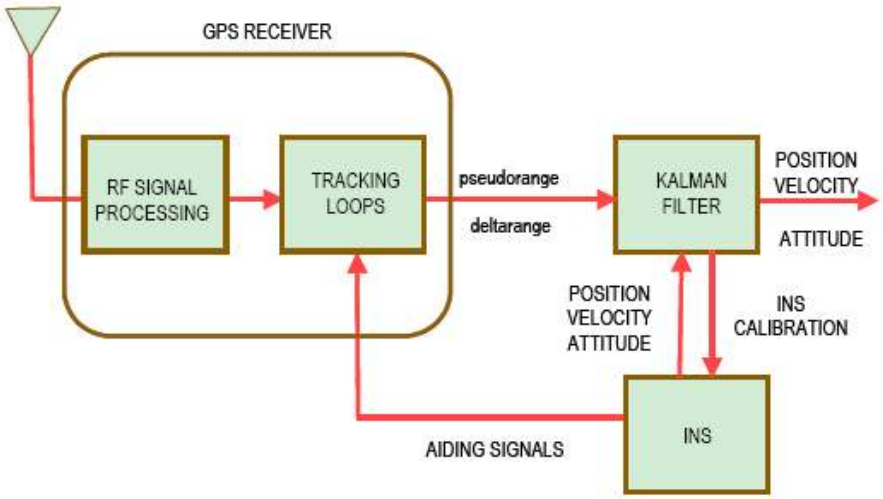
○ GPS-IMU 통합시스템의 장점으로는 GPS의 위치정보를 이용하여 INS의 오차 누적을 막을 수 있는 장점이 있으며, INS의 속도정보를 이용하여 GPS 수신기의 반송파 추적 대역폭을 감소시킬 수 있으므로, 차량과 같이 빠른 이동 특성을 가지고 있는 항체에서도 위치 정보를 획득할 수 있음

○ 잡음 혹은 교란 신호를 감소시킴으로써 보다 정확한 위치 및 자세 정보를 획득 할 수 있기 때문에 도로교통 안전점검 차량의 탑재 위치 정보 획득 장치는 GPS-IMU 통합방식으로 구성되어 도로상의 위치 정보를 획득하고 있음

○ 본 연구에서는 차량의 위치 취득을 위하여 GPS-IMU 결합 시스템이 필요하며, GPS와 IMU의 결합 방법은 크게 약결합과 강결합으로 구분됨(Schmidt 등, 2003)




<그림 2-12> 약결합 방식에 의한 접근방법(Schmidt, 2010)




<그림 2-13> 강결합 방법에 의한 접근 방법(Schmidt, 2010)

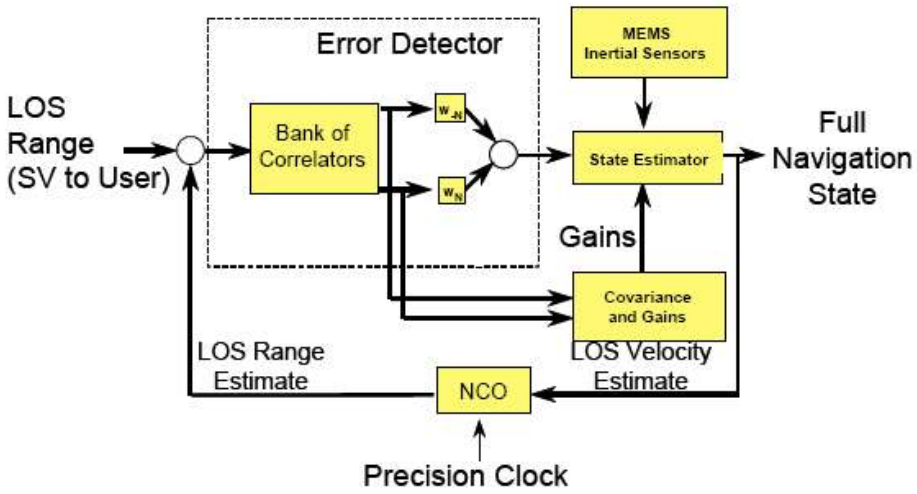
○ 최근의 GPS-IMU의 결합의 연구는 심층결합 쪽으로 많이 되고 있는 추세로 나타나며(Gustafson 등, 2010), 다차원의 네비게이션 상태의 벡터 각각의 최적 해를 찾는 방법이며, 네비게이션 알고리즘은 문제를 이와 같은 방법으로 공식화해서 동적 모델과 측정 모델, 노이즈 모델을 이끌어 내는 것임

○ 이렇게 취득된 해법은 일반적인 작동 모드와 루프를 따르지 않고 비선형 필터를 거치며 전통적인 확장된 칼만 필터와도 다른 방식임

○ 네비게이션은 완벽한 보정용 데이터를 이용하여 후처리 보정 신호와 노이즈

를 적용하기 위한 알고리즘을 포함함

○ 필터의 게인 값은 GPS의 노이즈 신호에 따라 지속적으로 적응을 하며 증가된 에러 변수는 바로 계산이 되며 이는 모델의 강도를 더욱 강하게 할 수 있음




<그림 2-14> GPS-IMU 심층결합(Schmidt, 2010)

○ 최근의 GPS-IMU의 발전은 GPS 신호의 모호성과 간섭의 영향에도 불구하고 많은 발전이 있었음

○ GPS 시스템의 정확도의 향상으로 GPS-IMU의 정도는 1m로 확보될 예정이며 많은 정밀도를 요하는 분야에서 사용될 것이며, 이와 병행하여 저가의 관성 장치가 많이 개발될 것이며 정확도로 많이 향상될 것임

○ 장차 군용이나 민간용의 분아에서 GPS-IMU 시스템의 정도가 어떠한 외부 환경하에서도 1m보다 나아질 것이며, 이는 전 세계적인 네비게이션의 정확도 향상에 기여할 것임

(3) GPS의 정확도와 발전방향

○ 현재의 정밀 위치 측정 서비스 방식인 군용 P(Y)코드 GPS를 이용한 경우 WGS84 좌표계에서의 정확도는 대략 10m 정도 되며, 제조업체별 주요 GPS 현황을 제시함

<표 2-15> 시판중인 GPS 수신기 현황(2011년 기준)

| 제조사 | 제품명 | 주파수 | 정확도 | 채널 | 처리 S/W | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Trimble | R3 | L1 only | kinematic DGPS 정확도는 50cm 이내 확보 가능 | | TBC-STD | |
| | R4 | L1/L2, GNSS | 측지용으로 정확도가 충분히 확보됨 | 72채널 | TBC-ADV | R4 이상의 기종은 이주파 수신이 가능 |
| | ProXH | L1 only | kinematic 정확도는 50cm 이내는 확보 가능 | | TBC-STD | |
| Leica | GS10 | L1 only | kinematic 정확도는 50cm 이내 확보 가능 | | LGO 7.0 | 수신기는 GS10 기본사양, 안테나 AS05 기준 |
| | GS09 | L1+L2 | H : 25cm 이내 | 120채널 | LGO 7.0 | |
| | GX1210+ | L1 only | DGPS 기능은 옵션 | | LGO 7.0 | |
| | GX1230+ | 3주파 | H : 25cm 이내 | 120채널 | LGO 7.0 | VRS 지원 |
| Sokkia | GIR1600 | L1 only | H : 50cm 이내 | | | |
| | GRX1 | L1+L2 | H : 50cm 이내 (DGPS)<br>H : 10mm+1ppm(kinematic)<br>V : 15mm+1ppm(kinematic) | 72채널 | | |
| Topcon | GRS-1 | L1 only | H : 50cm 이내 | 72채널 | GNSS Pro | |
| | GMS-2 | L1 only | H : 50cm 이내 | 50채널 | GNSS Pro | GLONASS 수신가능 |
| | GR-3 | 3주파 | H : 50cm 이내 (DGPS)<br>H : 10mm+1ppm(kinematic)<br>V : 15mm+1ppm(kinematic) | 72채널 | GNSS Pro | |
| | HiperGA | 3주파 | H : 50cm 이내 (DGPS)<br>H : 10mm+1ppm(kinematic)<br>V : 15mm+1ppm(kinematic) | | GNSS Pro | |
| Hemisphere | A100 (일체형) | L1 | H : 50cm 이내 | | | MSAS 기능 지원 |
| | R130 (분리형) | L1 | H : 50cm 이내 | | | MSAS 기능 지원<br>Beacon 기능 지원 |
| Septentrio | AsteRx1 | L1 only / 50Hz | H : 50cm 이내 | 24채널 | Grav. | -다음의 로드뷰 장착 - 50Hz |
| | AsteRx2 | L1+L2 | H : 50cm 이내 | | Grav. | |
| | PolaRx3e | L1+L2 | H : 50cm 이내 | 136채널 | Grav. | - GLONASS, SBAS 지원 |
| Novatel | SPAN SE | L1+L2 | L2 Carrier Phase 1mm RMS | 30채널 | GrafNav | GLONASS, SBAS 지원 |
| 국산장비 (아센코리아) | AKN-1M | L1 | H : 70cm 이내 | 14채널 | | SBAS 기능 지원 |

## 4. 도로노면(Texture) 관련 연구

○ 도로 노면의 조직의 크기 및 질감에 따라 타이어와 포장표면 사이에 상호작용을 일으키는 것으로 알려져 있음

○ 표면의 조직적 특징은 마이크로텍스쳐, 매크로텍스쳐, 메가텍스쳐, 거칠기의 총 4가지 범주로 구분됨

○ 각각의 조직들은 서로 다른 크기의 알갱이 조직으로 이루어져 있으며, 조직의 크기에 따라 주행의 쾌적성이나 소음, 교통사고 등에서 다른 특징을 보여주는 것으로 알려져 있음

○ 마이크로텍스쳐의 경우 0.5mm 이하의 파장을 가지는 도로노면으로 정의되며 콘크리트 포장에 유용함

○ 마이크로텍스쳐는 주로 모래 및 잔골재로 형성되며 80Km/h 이하의 속도로 주행하는 차량이 건조한 노면을 통과할 때 적절한 정지마찰을 제공하는 노면임

○ 매크로텍스쳐는 0.5mm < 매크로텍스쳐 < 50mm 의 파장을 가지는 노면의 상태이며 본 노면은 고속주행의 습한 상태의 표면 마찰력이 중요함

○ 주행속도가 80Km/h 이상으로 주행하는 차량이 최적의 상황에서 주행할 수 있도록 건설되어 있으며 수막현상을 최소화 할 수 있는 노면의 포장상태임

○ 50mm < 메가텍스쳐 < 500mm 사이의 파장에서 존재하는 메가텍스쳐는 진폭 0.1mm~50mm 의 노면은 잘못된 시공 상태나, 공용화 된지 오래된 도로로 차량 및 타이어의 기능상실의 주된 원인이며 차량의 주행 시 소음이 심하다는 단점을 갖고 있음

○ 이로 인해 타이어의 조기마모 및 불규칙한 노면으로 인해 심하게 발생하는 소음과 타이어의 진동을 일으키는 원인임

○ 마지막으로 거칠기의 파장은 부적절한 시공 및 차량의 중량으로 인해 발생하며, 모든 도로포장의 변형을 발생시킴

○ 거칠은 포장조직의 경우 보통 승차감과 배수에 영향을 끼치지만 소음을 발생시키거나 타이어의 마모에는 큰 영향을 주지 않음

## 5. Mean Profile Depth(MPD)와 Mean Texture Depth(MTD)

○ 도로 포장의 조직을 측정하는 방법은 크게 두 가지로 나눌 수 있음

○ MTD를 측정하는 기본적인 원리는 골재와 골재사이의 체적을 산출하여 해석해 측정함

○ MTD는 매크로텍스쳐의 수직높이 차이로 정의하며, 주로 Sand patch test(ASTM E965)를 통해 측정함

○ 일반적으로 MPD와 MTD는 밀접한 관계를 맺고 있으며 EMTD의 상관관계식으로 산출해 낼 수 있음

○ MTD는 도로노면의 깊이를 측정하기 위한 직접적인 실험방법으로 모래 깊이 시험법이 있으며, 이 실험에 사용되는 모래는 50번체를 90%통과해내고 100번체를 100% 잔류하는 고운 모래를 $25m^3$ 이상을 이용하여 포장 표면에 얇게 펴서 도로노면의 빈 공간을 채운 후 면적을 계산하여 측정하며, Sand Patch Test의 산출 식을 제시함

$$MTD = \frac{4V}{\pi D^2},\ V = \frac{\pi d^2 h}{4} \quad \text{.....(2-2)}$$

여기서, $D$ = 모래실린더직경, $h$ = 모래실린더높이, $d$ = 모래직경



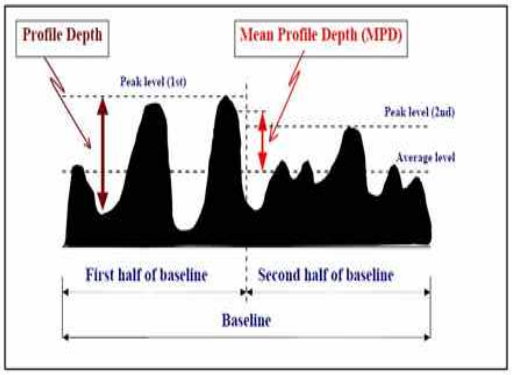

<MTD 측정에 필요한 장비>



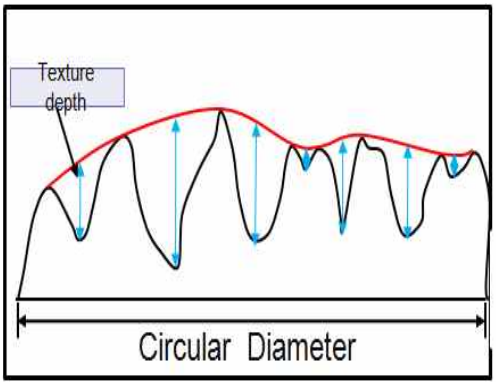
<MTD 측정하는 방법>

<그림 2-15> MTD를 측정하는 장비 및 측정방법(ASTM E965-96)

○ MPD는 1mm 간격으로 측정된 매크로텍스쳐 Data에서 100mm 중에서 가장 높은 값(peak level 1st)과 두 번째 높은 값(peak level 2nd)의 평균을 구하여 100mm의 평균과 두 개의 높은 값을 평균한 값의 차이로 MPD값을 구함




<MPD 측정하는 방법>




<MTD 측정하는 방법>

<그림 2-16> MPD와 MTD를 측정하는 방법(Flintsch 등, 2003)

○ MPD를 측정하기 위한 방법으로는 Portable Laser Profiler라는 장비를 이용하여 측정하는 방법이 있음

○ Laser 측정 장비가 설치되어 있는 장비에서 방출되는 Laser가 도로노면에 반사되어 돌아오는 시간을 측정하여 MPD를 1mm간격으로 측정

○ 1mm 간격으로 측정된 매크로텍스쳐 Data의 값 중 가장 높은 값(Peak Level 1st)과 두 번째로 높은 값(Peak Level 2nd)의 평균을 산정하고 100mm 전체의 평균과의 값의 차에 의해 MPD를 산정

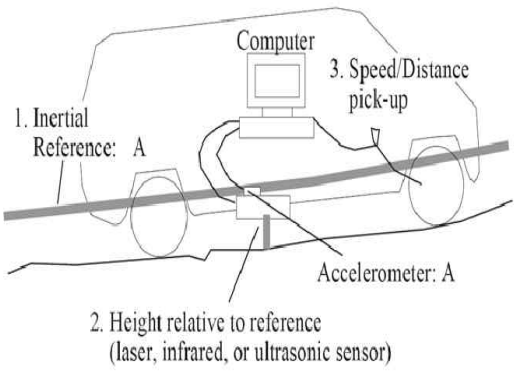
$$MPD = \frac{(Peak\,Level\,1st) + (Peak\,Level\,2nd)}{2} - Average\,Level \quad \text{.....(2-3)}$$

○ 다음 그림은 MPD를 측정하기 위한 실험 차량에 설치되어 있는 Laser의 분사 및 Data 수집 방식을 설명함

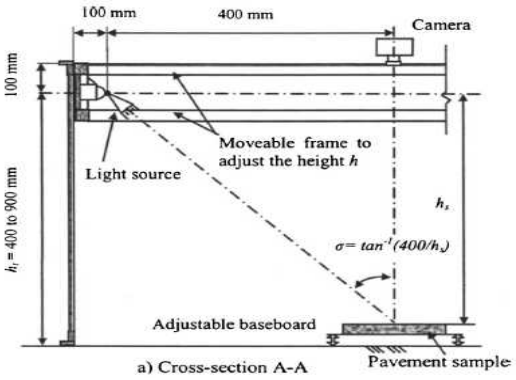
○ DMI는 노면의 MPD를 산정하기위한 중요한 장비로 측정하는데 빠른 시간에 측정할 수 있는 장점이 있음

○ 차량이 주행을 하는 동안 도로 노면의 측정 값 및 평균 값을 산정

○ 최종적으로 매크로텍스쳐와 메가텍스쳐의 파장을 필터링 하는 과정을 거쳐 매크로텍스쳐 영역의 노면 평균 조직 깊이를 산정




<MPD 측정 차량의 운영 방식 (FHWA, 2001)>

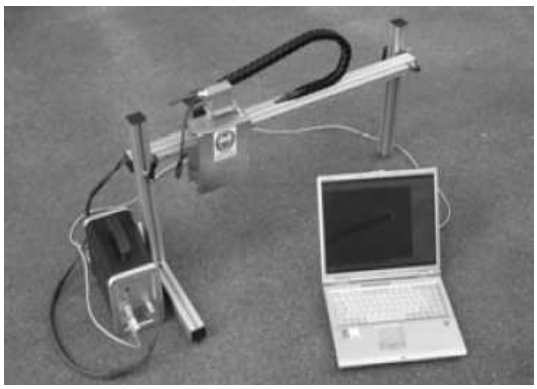



<MPD 측정하는 Laser 방식 (Gendy 등, 2007)>

<그림 2-17> MPD 측정하는 차량의 조사방법

## 6. MPD와 MTD상관관계

(가) Stationary Profilometer와 Mobile Profilometer의 EMTD 산정식



<Stationary profilometer>

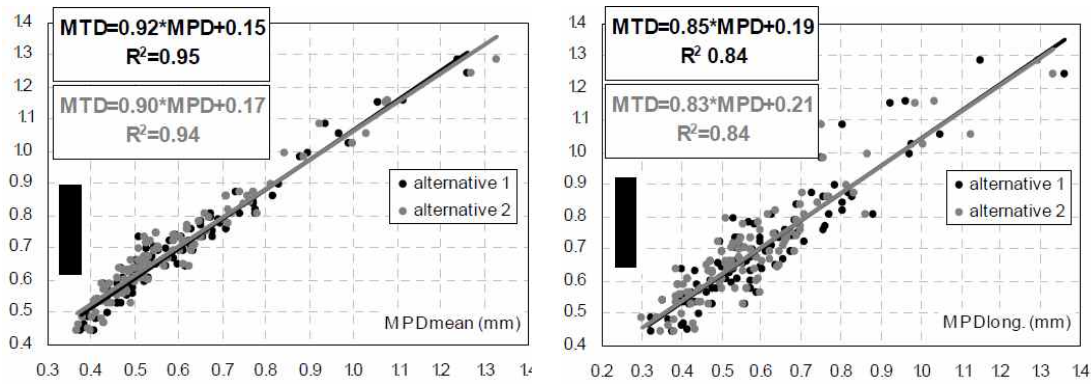



<Mobile profilometer>

<그림 2-18> MPD 측정장비(Losa 등, 2007)

○ Stationary Profilometer의 경우 컴퓨터와 노면을 스캔할 수 있는 장비로 이루어져 있으며, Mobile Profilometer의 경우 실험차량의 뒷 범퍼에 스캔장비를 설치하여 측정할 수 있음

○ 위의 두 가지 장비를 이용해 얻은 각각의 자료들을 이용하여 MTD와 MPD의 상관관계식을 만들 수 있음




<Stationary profilometer로 측정된 Data>　<Mobile profilometer로 측정된 Data>

<그림 2-19> AC 포장에서 MTD와 MPD의 상관관계 분석(Losa 등, 2007)

○ 위의 왼쪽 그래프와 같이 Stationary Profilometer를 이용해 얻은 MPD Data를 이용해 MTD와의 상관관계 분석을 실시하면 총 2가지의 EMTD식을 산출해낼 수 있음

$$EMTD = 0.92 \times MPD + 0.15 \quad (mm) \quad alternative\ 1 \text{.....(2-4)}$$

$$EMTD = 0.90 \times MPD + 0.17 \quad (mm) \quad alternative\ 2 \text{.....(2-5)}$$

○ 이와 마찬가지로 오른쪽의 Mobile Profilometer를 이용해 얻은 Data역시 MPD와 MTD의 상관관계식을 분석하여 EMTD식을 산출하여 2가지의 식을 제안함

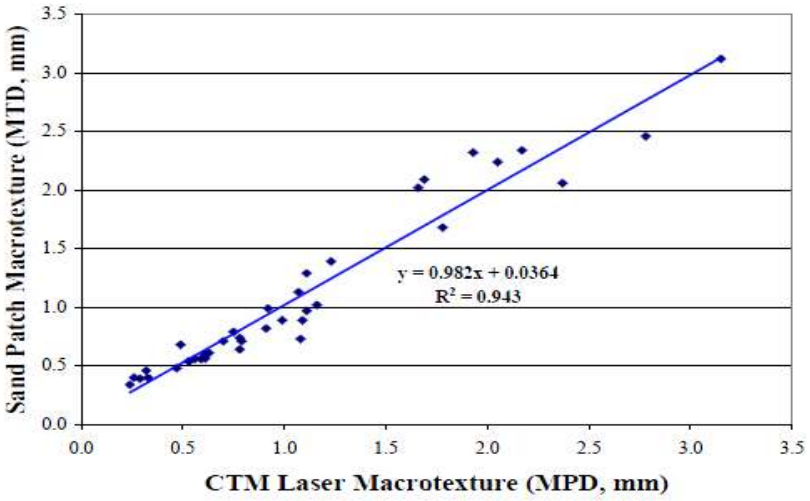
$$EMTD = 0.85 \times MPD + 0.19 \quad alternative\ 1 \text{.....(2-6)}$$

$$EMTD = 0.83 \times MPD + 0.21 \quad alternative\ 2 \text{.....(2-7)}$$

(나) Sand patch test와 CTM을 이용한 EMTD 산정식

○ CTM 장비는 MPD를 측정하기 위해 만들어진 장비로 장비의 밑 부분에 Scanner를 설치하여 노면의 조직에 대한 Data를 읽는 방식으로 측정방법이 간단하고 Scanner의 크기가 다양하기 때문에 요구되는 정보에 대한 처리능력이 탁월함

○ CTM 장비와 함께 MTD Data를 얻기 위해 Sand patch test 장비를 이용해 두 가지 노면의 조직에 대한 정보를 얻은 후 상관관계분석을 실시한 결과를 제시함




<그림 2-20> CTM과 MTD 장비를 이용한 상관관계 그래프
(Flintsch 등, 2003)

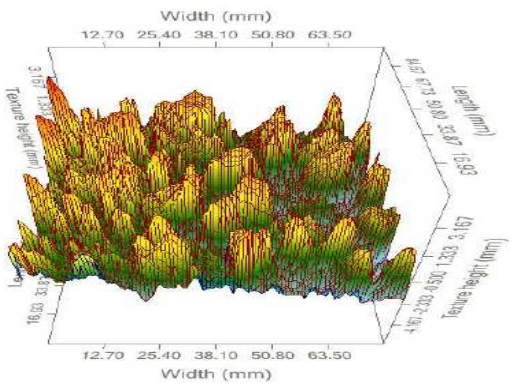
○ 도로의 포장구간에서 CTM을 이용해 얻은 MPD와 Sand Patch Test를 이용해 얻은 MTD값의 상관관계를 분석한 결과 $R^2 = 0.943$ 으로 산출되어 밀접한 관련이 있는 것으로 나타났으며, 상관관계식은 다음과 같음

$$EMTD = 0.982 \times MPD + 0.0364 \quad \text{.....(2-8)}$$

(다) Ames scanner와 Sand patch test를 이용한 EMTD 산정식



<Ames scanner 장비>



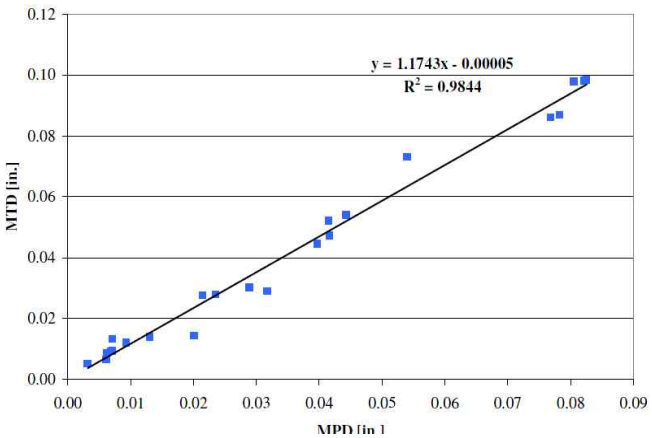

<Ames scanner를 이용해 얻은 MPD Data>

<그림 2-21> Ames scanner장비(Fisco, 2009)

○ 위의 그림과 같이 Ames scanner는 장비에 달린 100mm × 100mm 정사각형 크기의 스캐너를 이용해 노면 조직에 대한 정보를 획득하는 장비임

○ 레이저를 이용해 노면을 스캔하고 그 조직에 대해 3D로 분석할 수 있도록 데이터를 제공하며, 원하는 지점의 노면 정보를 3D로 받아볼 수 있음

○ Ames scanner와 Sand Patch Test를 통해 얻은 자료 사이의 상관관계는 다음의 그래프와 같음




<그림 2-22> Ames scanner와 Sand patch test의 상관관계식(Fisco, 2009)

○ 상관관계식의 $R^2 = 0.943$으로 높게 나타났으며 상관관계식은 다음과 같음

$$EMTD = 1.1743 \times MPD + 0.00005 \quad \text{.....(2-9)}$$

○ MPD와 MTD값은 매우 밀접한 관련을 맺고 있으며, 향후 연구를 통해 교통안전을 비롯한 소음, 주행의 쾌적성 등의 문제와 관련하여 상호보완적이며 호환을 할 수 있을 것으로 보임

(라) MPD를 활용한 해외 사례

○ 도로 안전에 있어서 과거에는 마이크로텍스쳐 영역만을 중요시 여겼으나, 오늘날에는 매크로텍스쳐 영역까지 고려함으로써 골재의 재료 분리 및 우천시 수막현상과 도로 소음까지 종합적으로 고려하고 있음

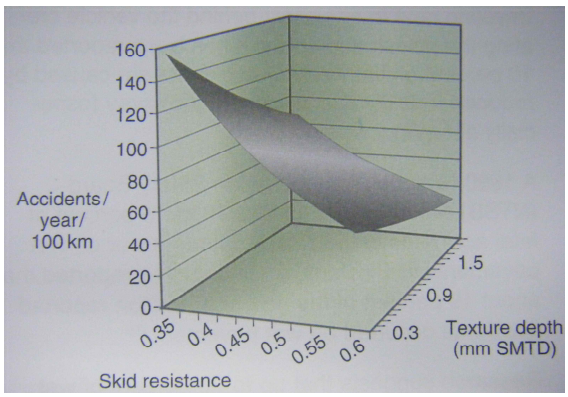
○ 마이크로텍스쳐 영역은 1㎛~0.5mm까지의 파장대역으로 마이크로텍스쳐가

잘 형성되어 있는 경우 급제동시 도로표면과의 마찰력을 증진시키지만, 시속 80㎞/h 이상의 도로에서는 마이크로텍스쳐 영역뿐만이 아니라 매크로텍스쳐 영역까지 함께 고려가 되어야함

○ 다음 그림은 1998년 영국에서 미끄럼저항성과 매크로조직깊이가 사고율에 미치는 영향에 대한 분석결과가 나타나있음

○ 그림에서 보는 바와 같이 매크로조직깊이가 0.3mm에서 1.5mm로 변하게 되면 사고율은 50% 감소하게 됨

○ 미끄럼저항성이 0.35에서 0.6으로 커지게 되면 사고율은 65% 감소하는 것으로 매크로조직과 미끄럼저항성이 사고율에 미치는 중요성에 대해 잘 나타남 (Snyder, 2006)




<그림 2-23> 미끄럼저항성과 매크로조직깊이가 사고율에 미치는 영향(Snyder, 2006)

○ 또한, 2004년 호주의 한 연구에서는 매크로텍스쳐가 사고율과 밀접한 연관이 있는 것으로 매크로조직이 0.4~0.5mm 이하일 경우 사고율이 1.8~1.9배로 급격히 증가하는 것으로 나타남

○ 마지막으로 2005년 미국 캘리포니아에서는 다양한 박층아스팔트 덧씌우기의 표면특성별 소음에 대한 연구가 수행되었음

○ 이 연구에서는 다음 그림에서 보는 바와 같이 공극율이 클수록 소음이 감소하며, 매크로조직이 커질수록 소음이 감소하는 것으로 나타남

## 7. 미끄럼 저항(Skid Number)

○ 미끄럼저항은 차량의 타이어가 도로 위에서 일련의 행동(주행, 정지 등의 운동)을 할 경우 노면과 타이어의 사이 접촉면에서 발생함

○ 노면과의 접촉면에서 발생하는 힘보다 큰 힘이 발생하는 경우 차량이 미끄러져 버리게 되며 이 상태의 저항이 미끄럼 저항임

○ 미끄럼 저항이 낮을 경우 차량의 미끄럼이 자주 발생하여 사고의 위험성이 높아지기 때문에 적절한 노면마찰력이 필요함

○ 표면조직의 성능평가는 미끄럼 저항의 기준치에 부합하는지를 판단하는 방안임

○ 공용화 된지 오래된 도로의 경우 적정한 미끄럼저항을 갖지 못해 사고가 많이 발생할 수 있으며, 유지·관리 및 보수에 많은 비용을 쏟아 부어 경제적 손실을 초래함

○ 미끄럼저항의 감소는 오랫동안 공용화되어 노면의 마모가 발생하고 교통량, 노면의 젖은 상태, 결빙, 차량의 속도, 타이어의 마모도 등 다양한 요인에 의해 영향을 받으며, 주요한 원인으로 뽑히는 경우는 교통량, 노면의 마모도, 노면의 습윤 상태 등이 있음

○ 교통량의 경우 차량의 중량이 도로의 노면에 지속적인 하중을 주어 마모를 촉진시켜 미끄럼저항을 감소시키는 원인이 될 수 있음

○ 바퀴가 주로 지나가는 도로의 좌측, 우측의 통과구간의 경우 미끄럼저항이 감소가 도로의 다른 부분에 비해 미끄럼저항 감소 속도가 빠르기 때문에 지속적인 유지·관리가 필요함

○ 노면의 마모도의 경우 마이크로텍스쳐의 거칠기와 매크로텍스쳐의 깊이를 감소시켜 미끄럼저항이 감소함

○ 매크로텍스쳐의 깊이가 감소되는 경우 도로의 결빙이나 우천시 수막현상이 발생할 가능성이 높아 타이어와 노면사이의 접촉 마찰력을 급격하게 낮춰서 사고 위험이 높음

○ 마지막으로 노면이 젖은 상태에서의 미끄럼저항은 건조한 노면의 미끄럼저항보다 낮은 값을 나타내기 때문에 우천 시 수막현상이 발생하여 사고위험이 높아지며, 이는 도로의 공용화가 오래되어 노면에서의 배수가 원활하게 이루어지지 않아 발생하게 되므로, 젖은 상태에서도 노면의 미끄럼저항이 낮은 값을 나타나지 않게 하기 위해 노면의 배수 능력을 극대화 해야함

## 8. 미끄럼 저항 측정 방법

○ 국내에서는 British Pendulum Tester(BPT, ASTM E 303-93)를 이용한 방법과 이등식 측정방법으로 자동식 미끄럼저항 측정 장비 Pavement Friction Test(PFT, ASTM E 274)를 이용한 방법으로 고속으로 주행이 가능하며 편리하게 미끄럼저항을 측정할 수 있음

### (가) British Pendulum Tester

○ BPT의 경우 진자의 원리를 이용하여 젖은 노면에 1.5Kg의 진자를 약 64km/h(40mph)의 속도로 자유낙하시켜 노면과 고무패드 사이에 마찰저항성을 측정함

○ 측정결과는 BPN으로 표시되며 이때의 미끄럼 저항은 $SN_{40}$으로 나타내며, $SN_{40}$을 나타내는 식은 다음의 식으로 산정

$$SN_{40} = 0.884 \times BPN + 5.16 \times MTD - 17.8 \quad \text{.....(2-10)}$$

○ 휴대용 장비인 BPT의 경우 휴대가 간편하며 필요한 장소에서 간단하게 측정할 수 있다는 장점을 갖고 있는 반면 미끄럼저항에 직접적인 영향을 끼치는 주행속도나 수막의 두께 등의 변칙적인 환경에 대해서 반영을 할 수 없다는 단점을 갖고 있으며, BPT는 각 노면의 걸치기에 대해서만 상대적인 평가가 가능한 방법임

### (나) Pavement Friction Test

○ 자동식 미끄럼 측정 장비를 이용해 측정하는 경우 BPT에 비해 고속으로 주행하면서 연속적인 측정이 가능

○ 주행속도와 물의 양, 노면의 특성 등의 요인을 모두 고려하여 장비를 이용해 미끄럼저항을 측정

○ 차량의 뒤편에 시험용 타이어와 물 분사 장치가 설치되어있는 트레일러를 설치하고 일정한 속도로 주행하는 상황에서 시험바퀴에 물을 분사하고 바퀴

에 제동을 가하여 측정되는 노면과 타이어 사이의 접촉 마찰력을 측정하는 방식임

○ 측정결과는 차량과 주행속도를 계측장치로 기록하는 방식으로 미끄럼 저항계수는 SN으로 표시되며, 계수는 ASTM E 867을 이용해 산정함

$$SN_{40} = \frac{F(\text{수평마찰력})}{W(\text{수직하중})} \quad \text{.....(2-11)}$$

○ 자동식 미끄럼 측정 장비를 이용해 측정하는 방법은 실제 상황과 비슷한 상황을 만들어 측정하기 때문에 BFT보다 훨씬 더 실제에 가까운 측정방법이라고 할 수 있음

○ 가장 기본적인 기준은 65km/h의 속도, 600ml/min·mm의 물분사량을 기본으로 하며, 일정한 양의 물이 분사되고 속도조절이 가능하기 때문에 주행속도의 변화와 수막은 고려가 되지만 수막의 두께의 변화에 대한 정보는 얻을 수 없음

○ 낮은 속도에서는 같은 물의 분사량이기 때문에 수막이 두껍고, 고속에서는 물의 수막의 두께가 얇아지는 현상이 발생하여, BPT에 비해 주행속도와 수막을 고려하기는 하지만 노면의 특성이 서로 다른 두 노면의 상대적인 평가만 가능한 방법이라고 할 수 있음

○ 실제의 상황을 그대로 재현하여 미끄럼저항을 측정하고 평가하는 방법은 어렵기 때문에 현재의 기술 조사의 한계라고 할 수 있으므로, 향후 고속주행과 실제상황을 고려한 장비의 개발이 이루어져야 할 것으로 보임

(다) Photometric stereo techniques을 이용한 MPD조사

○ 도로노면을 측정하는데 사용되는 다이얼게이지는 노면으로부터 0.01mm의 수직위에서 측정을 하게 되며, 0.00025mm 수평해상도로 X-Y Positioning platform위에 고정되어 있어 분석함

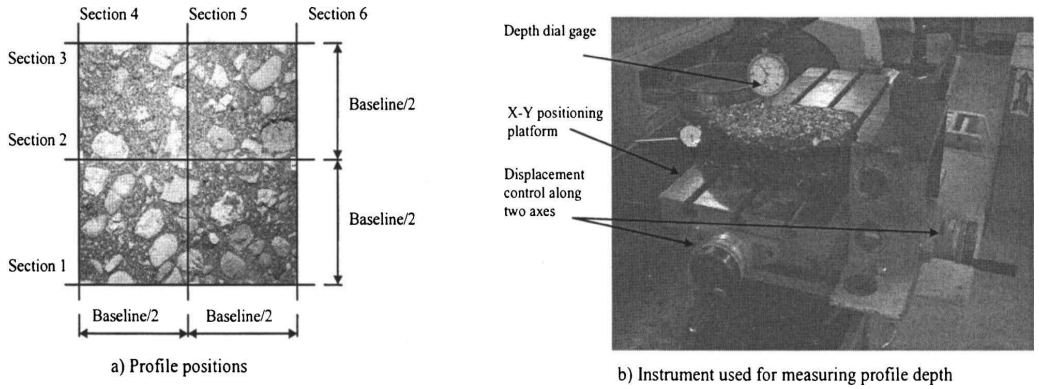
○ 그림에서 보는 것과 같이 장비에 포함되어 있으며 도로노면의 샘플이 수동으로 움직이며, 다이얼 게이지는 그 움직임을 포착하여 프로파일을 입력함

○ ISO에서 준하고 있는 기준에서는 0.05mm보다 높은 곳에서 수직분석을 하

며 샘플의 간격이 1mm보다 큰 것으로 권장하고 있음

○ 다이얼 게이지는 최대 10mm의 범위까지 측정이 가능하며, profile의 고도가 10mm를 초과하는 경우 다이얼게이지가 높낮이가 재설정 되도록 되어있음

○ 다이얼 게이지의 위치는 위치와 차이는 한 장소에서만 기록되며, 다른 후속 조사에서는 모두 재설정이 되도록 되어있음

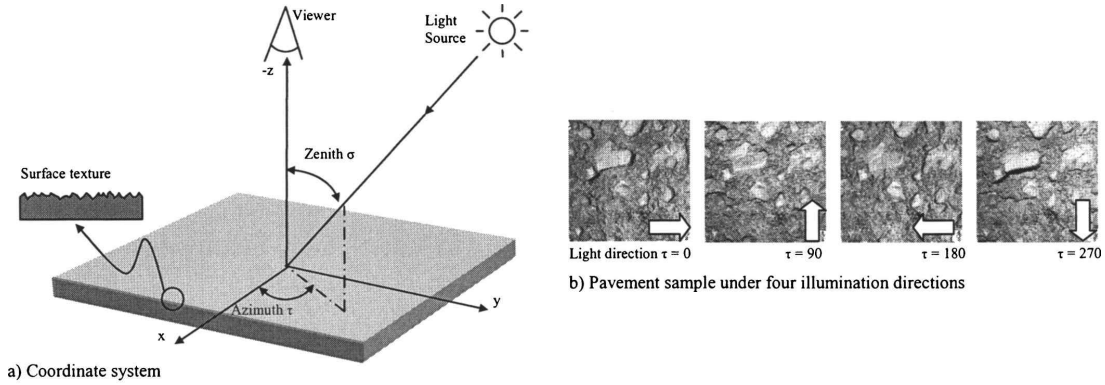



노면 측정 방법 MPD를 측정시 사용 장비

<그림 2-24> MPD 측정하는 방법 및 장비(Gendy 등, 2007)

○ 본 기계에서 표면을 표시하는 방법으로는 광학특성에 기초하여 샘플에 주어지는 방향으로 조명을 켜는 방법을 택함

○ 많은 표면에 특정방향으로 광학적 빛을 투영하는 경우 우리는 표면이 갖고 있는 원래의 특징을 나타낼 수 있었으며, 위의 방법에 기초하여 점차적으로 빛을 이용해 표면을 복구하는 작업은 점점 발전함




<빛을 이용한 표면 복구 원리> <포장 샘플 조사 방법>

<그림 2-25> 표면을 복구하기 위한 방법(Gendy 등, 2007)

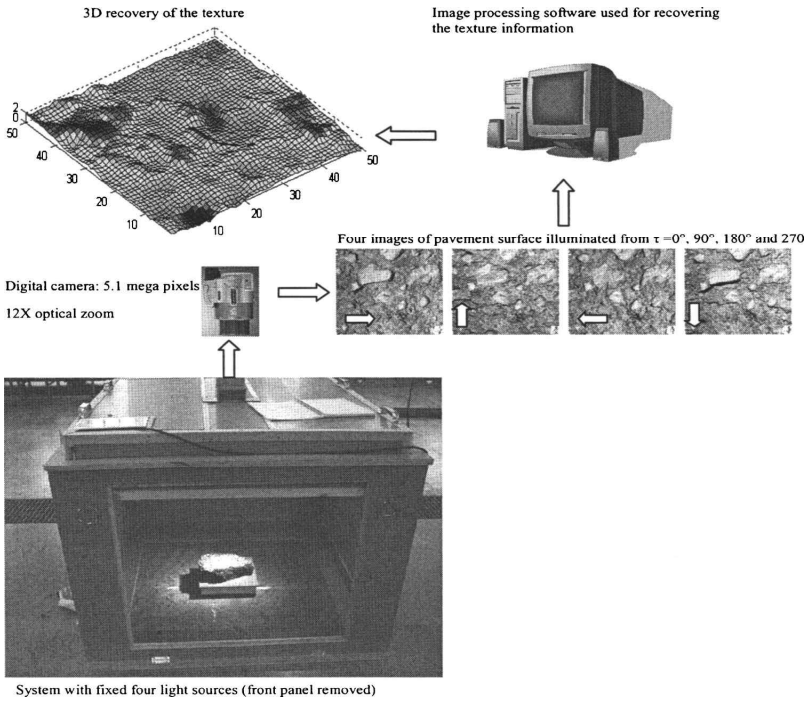
○ 위의 방법들이 점차 발전해나가면서 광학적 빛을 이용한 노면의 복구 기술은 성공적으로 사용되어지고 있지만 포장 표면의 정확한 복구를 위해 다음과 같은 정확하지만 복잡한 기술역시 적용되었기 때문에 가능할 수 있었음

- 포장 표면의 어두운 부분의 표면 반사율에 대한 합리적인 대안을 생성할 수 있는 높은 조명강도가 필요함

- 스테레오 기술은 빛의 반사로 인한 색의 변화를 인식함으로서 이루어지는 기술이기 때문에 그림자 및 빛 반사율의 재료 및 색상구별과 회색수준의 빛을 정확히 구별할 수 있는 기술을 보유해야함

- 이 시스템을 이용하기 위해 주변의 모든 빛으로부터 격리되어야함

- 포장표면의 일부 특별한 재료는 그림자 효과가 자체적으로 발생할 수도 있기 때문에 이러한 특수한 효과에 대한 대책 및 제거방법이 마련되어야 함




<그림 2-26> 포장 표면의 복구 방법 순서(Gendy 등, 2007)

○ 위의 그림은 빛을 이용해 표면을 복구하는 기술을 요약한 그림임

○ 디지털 카메라를 이용하여 줌, 초점, 셔터속도, 조리개 값 등은 모두 고정시킨 값을 이용하여 수동 노출모드를 이용해 표면의 이미지를 캡쳐함

○ 모든 빛으로부터 격리되어 있기 때문에 사진속의 그림자 농도는 표면의 특성 및 방향에 의해 변함

○ 위와 같은 과정을 거쳐 측정된 데이터를 수집하고 분석하는데 약 1~2분정도의 시간이 걸리고 이 모든 시스템을 자동화를 이루어 분석시간 및 생산성의 향상을 할 수 있음

○ 그 후 이미지 프로세싱 작업을 통해 농도 및 표면의 방향을 계산하고 표현하여 사용

○ 이 알고리즘을 거치면서 포장 표면의 평균 프로파일 깊이와 표면의 질감, 지표 등을 표현할 수 있음

## 9. 주행속도 추정 관련연구

○ 호주의 120개 평면곡선에서 85백분위 속도를 조사하여 설계속도가 90km/h 이하인 도로에서 85백분위 속도가 설계속도보다 높게 나타났으며, 100km/h 초과구간에서는 85백분위 속도가 설계속도보다 작아 Gutierrez (1997)가 전제한 설계속도와 실제 운전자의 주행속도가 일치하지 않고 상이함을 밝혀냈음(Mclean, 1981)

○ 호주에서는 설계단계에서 85백분위속도가 반영될 수 있도록 규정하고 있으며, 지방부 평면교차로 2차로구간 조사 자료를 이용하여 구축된 모형으로, 운전자 주행속도에 영향을 미치는 다양한 주변도로특성에 대한 고려 미흡과 2차로 도로에 한정된 모형이라는 한계가 있음

$$V_{85,c} = 53.8 + 0.468\,V_F - 3.26(\frac{1}{R})\times 10^3 + 8.5(\frac{1}{R^2})\times 10^4 \quad \text{.....(2-12)}$$

여기서, $V_{85,c}$ : 자유류 조건에서 85백분위 속도

$V_F$ : 자유류 조건에서 선형요소 제약을 받지 않는 직선구간 85백분위 속도

$$V_{85} = \frac{10^6}{8270 + 8.01\,CCR_s} \quad \text{.....(2-13)}$$

여기서, $CCR_s$ : 단일곡선부의 곡률변화율(gon/km)

○ 곡률도(°/100ft)를 이용하여 곡선구간 시점부(BC), 중앙부(MC), 종점부(EC)의 85백분위 주행속도를 예측했음(Islam 등, 1994)

$$V_{85,BC} = 95.41 - 1.48DC - 0.012DC^2 \quad \text{.....(2-14)}$$

$$V_{85,MC} = 103.03 - 2.41DC - 0.029DC^2 \quad \text{.....(2-15)}$$

$$V_{85,EC} = 96.11 - 1.07DC^2 \quad \text{.....(2-16)}$$

여기서, $DC$ : 곡률도(°/100ft)

○ 미국 5개주에서 경사 5%미만이며, 곡률각이 3~12°인 138개 표본을 조사하여 McLean(1981)의 연구를 검증하였고, 곡선부의 곡률각, 곡선길이, 교차각 등을 고려하여 곡선구간의 주행속도 예측식을 제시하였음(Krammes 등, 1995)

$$V_{85,c} = 102.45 - 1.57D + 0.037L - 0.10I \quad \text{.....(2-17)}$$

여기서, $DC$: 곡률도(°/100ft), $L$ : 곡선장(m), $I$ : 교각(°)

○ 설계속도 기반 도로설계에서 설계속도는 운전자가 도로환경을 토대로 예상하는 속도와 일치하여야 한다고 전제하고 있는데 이는 설계속도가 운전자가 기대하는 속도보다 너무 낮게 설정되면 두 속도차이에 의해 안전상의 문제점이 야기될 수 있기 때문임(Gutierrez, 1997)

○ 또한, 설계속도는 전체 도로구간을 대상으로 선택되어지며 도로설계구간 내 개별 평면선형의 설계속도는 전체 도로구간의 설계속도보다 크거나 같아야 하며, 해당 도로를 주행하는 자동차의 누적분포관점에서 높은 백분율 값을 가져야 한다고 전제 하였음

○ 평면선형만을 고려하여 주행속도를 예측한 기존모형의 한계를 극복하고자 도로의 복합선형을 크게 평면선형-종단경사구간, 평면선형-종단곡선구간, 평면직선-종단곡선구간으로 구분하여 속도 예측식을 개발함(Fitzpatrick 등, 1999)

○ 48개 지점의 평면곡선-종단경사구간에 대한 주행속도를 조사하였고, 곡선반경의 역수, 편경사, 경사를 독립변수로 한 주행속도 예측 모형식을 제시하였으며, 그 결과 곡선반경 0m에서 400m사이의 85백분위 속도가 크게 증가하고, 곡선반경 400m이상의 도로구간에서는 크게 증가하지 않는 것으로 나타남

<표 2-16> 선형조건에 따른 속도예측 모형식(Fitzpatrick 등, 1999)

| 선형조건 | 속도예측 식 |
|---|---|
| 평면곡선-종단경사 (-9%~-4%) | $V_{85} = 102.1 - \frac{3077.13}{R}$ |
| 평면곡선-종단경사 (-4%~0%) | $V_{85} = 105.98 - \frac{3009.13}{R}$ |
| 평면곡선-종단경사 (0%~4%) | $V_{85} = 104.82 - \frac{3574.51}{R}$ |
| 평면곡선-종단경사 (4%~9%) | $V_{85} = 96.61 - \frac{2752.19}{R}$ |
| 평면곡선-오목종단곡선 | $V_{85} = 105.32 - \frac{3498.19}{R}$ |
| 평면곡선-볼록종단곡선 (시거제약 없음) | 평면곡선-종단경사 구간 예측식의 최저값 사용 |
| 평면곡선-볼록종단곡선 (시거제약 있음) | $V_{85} = 103.25 - \frac{3576.51}{R}$ |
| 평면직선-오목종단곡선 | $V_{85}$ =가정된 희망속도 |
| 평면직선-볼록종단곡선 (시거제약 없음) | $V_{85}$ =가정된 희망속도 |
| 평면곡선-볼록종단곡선 (시거제약 있음) | $V_{85} = 105.08 - \frac{149.69}{K}$ |

여기서, k=종단곡선비율(%/m), R=평면곡선반경(m)

○ 평면곡선반경, 종단곡선변화율, 종단경사 대수차, 평면곡선 교점과 종단곡선 교점간 거리, 편경사를 이용하여 평면곡선-오목종단곡선과 평면곡선-볼록종단곡선을 대상으로 주행속도 예측 모형식을 제시함(Gibreel 등, 2001)

<표 2-17> 선형조건에 따른 속도예측 모형식(Gibreel 등, 2001)

| 선형조건 | 속도예측 모형식 |
|---|---|
| 평면곡선-오목 종단곡선 | $V_{85} = 76.42 + 0.023r + 2.3 \times 10^{-4k^2} - 0.008e(A) - 1.23 \times 10^{-4lo2} + 0.062e$ |
| 평면곡선-볼록 종단곡선 | $V_{85} = 15.99 + 0.861r + 0.030e - 0.026lo - 1.917\ln(A)$ |

○ 85th 곡선구간 중앙에서의 주행속도를 예측하기 위해 다중 선형회귀분석 방법을 사용했고 주행속도 행태와 도로의 선형을 설계기준에 기초하여 평가하였음(Abbas 등, 2011)

○ 평면선형의 주행속도에 초점을 맞춰 현장조사, 자료수집, 설문 등을 포함했으며 현장조사 장소는 설계속도 100km/h, 제한속도 90km/h의 도로이며 주행속도 자료는 모두 자유운행 조건하에 수집하였음

○ 곡선반경의 길이와 곡선 접근구간의 속도를 변수로 한 곡선구간의 85th 주행속도의 다중 선형회귀식을 제시함

<표 2-18> 곡선 구간의 주행속도 모형식(Abbas 등, 2011)

| 모형식 | $R^2$ | F | 유의확률 |
|---|---|---|---|
| $V_{85MC} = 75.344 - \frac{368.14}{\sqrt{RC}} + 0.307\,V_{85AT}$ | 0.532 | 42.63 | 0.000 |
| $V_{85MC}$=곡선 구간 중앙에서의 주행속도(km/h)<br>$V_{85AT}$=곡선 구간 접근 주행속도(km/h)<br>$RC$=곡선 반경(m) | | | |

○ 주행속도 예측 모형식이 정립됨에 따라 평면선형에서의 적절한 곡선반경을 얻을 수 있으며 곡선반경뿐만 아니라 곡선 구간의 접근속도를 모형에 반영함에 따라 실제 도로의 조건을 평가 할 수 있다고 제시하였음

○ 주행속도는 도로의 선형, 기하구조, 차량상태, 환경상태, 운전자가 복합적으

로 고려되어 표출될 수 있는 개념으로 중요하다고 할 수 있는데, 본 절에서 주행속도에 관한 기존 문헌들을 고찰한 결과, 도로기하구조, 안전시설물, 이전구간 속도 등 다양한 변수로 주행속도를 예측하였음

○ 그러나 대부분의 연구들이 도로기하구조 설계요소와 같은 특정 요인에 국한된 주행속도 예측모형이라는 한계점을 가지고 있었음

○ 실제 운전자들이 선택하게 되는 주행속도는 도로 주행에 영향을 미치는 여러 요인들을 복합적으로 고려하여 선택하게 되는 속도로서 어느 한 가지 요인으로 설명되기에는 한계가 있음

○ 이에 본 연구에서는 운전자들이 불쾌감을 느끼지 않고 안전하게 주행하는 속도로써 안전속도를 설정하고 이를 다양한 요인들이 고려되는 것이 옳다고 판단됨

## 10. 안전성 평가 관련연구

○ 연속된 평면곡선들 사이 및 긴 직선과 평면곡선 사이의 CCR 차이와 $V_{85}$와의 관계에 대해 연구를 실시하였음(Lamm 등, 1999)

○ 과거 많은 연구 결과 곡선의 정도(DC), 곡률변화율, 단일 원곡선에서의 곡률변화율(CCRs)이 주행속도에 영향을 주는 것으로 나타났는데, 이 중 고속도로에서 가각의 설계요소가 운전습관에 미치는 영향을 전적으로 고려하는 유일한 변수는 곡률변화율로 도로설계자에게 설계 일관성에 대한 정확한 분석을 제공하므로 더 안전한 도로를 설계하게 할 수 있음

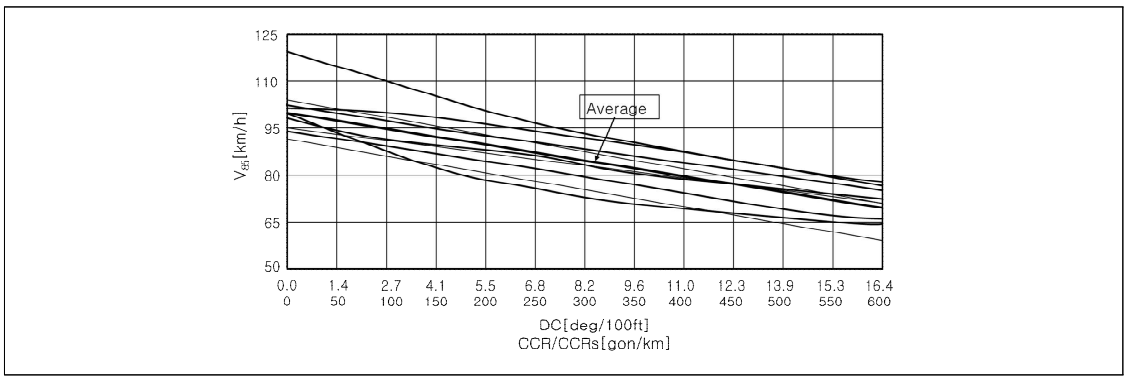
○ CCRs에 따른 $V_{85}$를 결정하기 위해서 아래 그림을 이용하였으며, 주행속도 결정에 있어서 DC와 CCR을 적용할 때보다 CCRs를 적용할 때 더 나은 결과 도출됨

○ 연구 결과, 연속된 평면곡선들 사이 및 긴 직선과 평면곡선 사이의 CCR의 차이가 180gon/km는 $V_{85}$의 10km/h의 차이에 상응하는 것으로 나타났으며, CCR 변화값이 360gon/km인 경우에 상응하는 $V_{85}$의 차이는 20km/h라고 제시함

○ 연구결과들을 통한 도로기하구조 요소와 사고율에 대하여 정리하면 첫 번째로, 직선 및 전이구간과 연결된 평면곡선에서 CCR 변화가 180gon/km(평면곡선반경이 350m 초과)인 경우 가장 낮은 사고율을 보이며 우수한 설계로 구분됨

○ 두 번째는 CCR 변화가 180gon/km~360gon/km(평면곡선반경이 175m~350m)인 경우는 CCR 변화가 180gon/km인 경우보다 사고율이 약 2배 정도 높게 나타났으며, 이러한 경우 양호한 설계로 구분됨

○ CCR 변화가 360gon/km ~550gon/km인 경우는 CCR 변화가 180gon/km인 경우에 비해 사고율이 4~5배 높게 나타났고 불량한 설계로 구분 되는데 마지막으로 도출된 관계는 CCR 변화가 550gon/km(평면곡선반경이 115m 미만)를 초과하는 경우에는 사고율이 더욱 더 커진다는 것임




<그림 2-27> 곡도(DC), CCR(CCRs)과 85백분위속도와의 관계(Lamm 등, 1999)

○ 위 그림에서 보는바와 같이 CCR과 사고율간의 관계를 토대로 극심한 선형조건을 가지거나 교통안전이 염려되는 도로에서 도로 설계의 안전성을 평가하는 세 가지 기준을 제시함

○ 세 가지 안전성 평가기준은 설계의 일관성 확보(안전성 평가기준 Ⅰ), 주행속도의 일관성 확보(안전성 평가기준 Ⅱ), 운전동력학상의 일관성 확보(안전성 평가기준 Ⅲ)이며, 각 평가기준은 우수(Good), 양호(Fair), 불량(Poor)으로 구분하여 도로 설계안전성을 판단함

○ 첫 번째 안전성 평가기준은 설계의 일관성 확보 기준이며, 도로 설계 일관성 관점에서 설계속도는 긴 도로구간에서 일정하게 유지되어야 하나 주행속도와 설계속도 간에 불일치가 발생하면 설계속도에 따라 설계된 도로요소가 운전자의 기대와 일치하지 못하게 되고 사고로 이어질 가능성이 높음을 의미함

○ 도로 선형 설계의 일관성을 확보하기 위한 도로 선형 안전성 평가기준 Ⅰ은 다음 표와 같음

<표 2-19> 설계일관성 확보에 따른 안전성 평가기준(Lamm 등, 1999)

| 구분 / 기준 | 설계일관성 확보 |
|---|---|
| 우수(good) | $\lvert V85_i - V_d \rvert \leq 10km/h$ |
| 양호(fair) | $10km/h < \lvert V85_i - V_d \rvert \leq 20km/h$ |
| 불량(poor) | $\lvert V85_i - V_d \rvert > 20km/h$ |

○ 안전성 평가기준 Ⅰ은 곡선이나 직선도로 같은 긴 도로 구간을 따라 개별의 설계요소와 관련이 있으며, 2차선 지방도로에 관한 새로운 설계, 재설계, 복구, 재건, 재포장 설계에 적용됨

○ 우수하다고 판단된 구간에서는 특별한 개선은 필요하지 않으며, 곡선부에서의 균형잡힌 속도선택이 요구되는데, 양호하다고 판단된 구간은 속도 제한과 적절한 교통 통제 장치를 통해 속도에 대한 감소가 요구되는 구간임

○ 또한, 불량한 설계구간으로 판단된 곳은 주행속도와 설계속도 간에 불일치가 발생하여 설계속도와 운전자의 운전습관 사이에 모순이 존재하는 구간으로, 안전하지 못한 주행을 할 경우 사고를 발생시킬 위험이 큼

○ 따라서 재설계가 필요하며, 재설계가 불가능할 경우 미끄럼 방지판과 같은 강력한 교통통제장치의 도입이 필요함

○ 또한, 설계속도 $V_d$와 주행속도 $V_{85}$는 긴 도로구간에서 일정해야 하는데 만약, 긴 도로구간에서 지형의 변화, 도로특성변화, 설계속도 변화가 발생한다면 변화에 따라 설계요소들은 신중하게 고려되어야 함

○ 85백분위 속도 또한, 도로에 따라 일정해야 하며 같은 설계속도와 도로구간 내에서 연속적인 설계 요소들 사이에 주행속도의 일관성 확보를 통해 보다 경제적인 운전패턴을 증진시킬 수 있음 이에 연속적인 설계요소들 사이의 안전성 평가기준 Ⅱ를 제시함

○ 두 번째 기준은 다음 표와 같이 주행속도의 일관성 확보 기준으로 연속적인 설계요소(직선부와 평면곡선부, 평면곡선부와 평면곡선부) 사이의 주행속도 차이를 토대로 설계 일관성을 평가하는 것임

<표 2-20> 주행속도일관성 확보에 따른 안전성 평가기준(Lamm 등, 1999)

| 구분 / 기준 | 주행속도의 일관성 확보 |
|---|---|
| 우수(good) | $\|V85_i - V85_{i+1}\| \leq 10km/h$ |
| 양호(fair) | $10km/h < \|V85_i - V85_{i+1}\| \leq 20km/h$ |
| 불량(poor) | $\|V85_i - V85_{i+1}\| > 20km/h$ |

$V85_i$ = 설계속도 "$i$"에서의 85백분위 추정속도, km/h

$V85_{i+1}$ = 설계속도 "$i+1$"에서의 85백분위 추정속도, km/h

○ 주행속도의 일관성이 우수한 도로구간의 경우 연속적인 설계요소들 간에는 평면선형의 연속성이 확보되므로 특별한 개선은 필요하지 않은데 양호하다고 판단된 구간은 연속적인 설계요소들 간에 적어도 작은 불연속이 나타나며, 이런 구간은 속도 규정과 교통통제장치 등을 보완하지만 재설계를 요구하지는 않음

○ 주행속도의 일관성이 불량한 구간은 연속적인 설계요소들과 결합된 요소들 사이에 매우 심한 불연속성을 나타내며, 사고빈도와 심각도가 높게 나타남

○ 이러한 구간에서는 보통 재설계가 고려되며, 재설계가 가능하지 않다면 엄격한 교통통제장치의 도입이 요구되며 재설계가 이루어질 경우 충분한 고려가 되지 않으면 실제 운전특성과 관련된 부적절한 선형이 될 수 있으므로 숙고되어야 함

○ 세 번째 기준은 설계 시 가정된 횡방향 마찰계수(공급)와 요구되는 횡방향 마찰계수(수요)의 차이를 토대로 설계일관성을 평가하는 것으로서 곡선부를 주행할 때 동력학적인 측면을 평가하기 위해 제시되었음

○ 안전성 평가기준 Ⅲ은 원곡선부와 관련된 개별설계요소의 안전성을 평가하는 측면에서 평가기준 Ⅰ과 유사하나 주행의 동적 안전성에 기초하고 있는 점에 차이가 있음

○ 설계속도 $V_d$에 따른 곡선설계 시 가정된 횡방향 마찰계수($f_{RA}$)와 실제 횡방향 마찰계수($f_{RD}$)를 비교하였으며, 양호한 설계수준은 $f_{RA}$ 값이 $f_{RD}$값 이상임

○ 반면, $f_{RD}$가 $f_{RA}$를 초과할 경우, 설계수준이 낮다고 할 수 있어 이론상으로 사고위험의 가능성이 높다고 할 수 있으며. $f_{RA}$는 식에 따라 결정해야 함

$$f_{Rperm} = n0.925f_{Tperm} \quad \text{.....(2-18)}$$

○ 최대허용 횡방향 마찰계수의 n=40%, n=45%는 안전성 평가기준 Ⅲ에 따라 안전성을 평가하는 데 알맞지 않은 것으로 나타나 n=60%의 활용율을 사용하여야 하며 $f_{RA}$의 공식은 다음과 같음

$$f_{RA} = 0.60 \times 0.925f_{Tperm} \text{.....(2-19)}$$

$$f_{Tperm} = 0.59 - 4.85 \times 10^{-3} V_d + 1.51 \times 10^{-5} (V_d)^2 \text{.....(2-20)}$$

$$f_{RA} = 0.33 - 2.69 \times 10^{-3} V_d + 0.84 \times 10^{-5} (V_d)^2 \text{.....(2-21)}$$

여기서, $f_{RA}$ : 횡방향 마찰계수, $V_d$ : 설계속도(km/h)

○ 가정된 횡방향 마찰계수 $f_{RA}$는 도로 구간에 따라 일정하게 유지되어야 할 필요가 있으며 안전성 평가기준 Ⅲ과 위 식을 기준으로 설계속도 $V_d$를 산정할 경우, 이 설계속도는 새로운 설계에 적합하지만 재설계나 RRR 사업 등의 설계에는 적합하지 않으므로 이러할 경우에 안전한 설계속도의 판단을 위해서는 길이와 관련된 평균 $CCR_s$값을 측정해야 한다고 제시하였음

○ 또한, 실제 횡방향 마찰계수 $f_{RD}$를 구하는 식은 다음과 같음

$$f_{RD} = \frac{V_{85}^2}{127R} - e \text{.....(2-22)}$$

여기서, $f_{RD}$ : 실제 필요한 횡방향 마찰계수, $e$ : 편구배율[%/100]

$V_{85}$ : 85백분위속도(km/h), $R$ : 곡선반경

○ $f_{RA}$와 $f_{RD}$를 알고 있을 경우, 안전성 평가기준 Ⅲ에 따라 안전성 평가를 할 수 있으며, 제시하고 있는 안전성 평가기준 Ⅲ을 제시함

<표 2-21> 운전동역학상의 일관성 확보에 따른 안전성 평가기준(Lamm 등, 1999)

| 구분 / 기준 | 주행의 동적 일관성 |
|---|---|
| 우수(good) | $f_{RA} - f_{RD} \geq +0.01$ |
| 양호(fair) | $-0.04 < f_{RA} - f_{RD} \leq +0.01$ |
| 불량(poor) | $f_{RA} - f_{RD} \leq -0.04$ |

○ 우수하다고 판단된 구간은 곡선부에서도 마찰력을 충분히 사용할 수 있는 구간으로 추가사항이나 개선이 필요하지 않음

○ 양호한 구간은 곡선부에서 속도제한이나 경고 등의 방법으로 속도를 제한할 필요가 있는 구간이며 불량하다고 판단된 구간은 곡선부에서 강설이나 강우의 경우 사고의 위험률이 높고, 도로를 안전하게 이용하는 데 적합하지 않는 마찰조건을 가지고 있을 확률이 높은 구간으로 재설계나 재포장 등이 요구됨

○ 도로기하구조, 운전행태, 기상상태, 제한속도, 인적요인 등 다양한 사고발생요인 중 도로기하구조에 중점을 두어 설계일관성에 따른 안전성을 분석함 (Watters 등, 2007)

○ 곡선에서 차량은 과도한 구심력을 받게 될 수 있는데 이로 인해 전복사고 및 충돌 사고가 발생 할 수 있기 때문에 차량 안전성을 제공 할 수 없는 지역은 도로기하구조 설계가 일관되지 못한 것으로 간주될 수 있다고 판단하여 본 연구에서 제시한 설계 평가 기준은 표와 같음

<표 2-22> 설계일관성에 따른 도로 설계 안전성 평가기준(Watters 등, 2007)

| Design Evaluation | Criterion 1 | Criterion 2 | Criterion 3 |
|---|---|---|---|
| Good | $\lvert V85_i - V_d \rvert \leq 10$ | $\Delta V85 \leq 10$ | $\Delta f_R = f_R - f_{RD} \leq 10.0$ |
| Fair | $10 < \lvert V85_i - V_d \rvert \leq 20$ | $10 < \Delta V85 \leq 20$ | $0.01 \geq \Delta f_R \geq -0.04$ |
| poor | $\lvert V85_i - V_d \rvert \geq 20$ | $\Delta V85 \geq 20$ | |

$V_{85}$ = Operating Speed Vd= Design Speed (단위 km/h)

$f_R$ = 0.25 -(2.04×10-3Vd)+(0.63×10-5Vd2) 설계속도에 따라 공급되는 마찰력

$f_{RD}$ = ( $V_{85}^2$ /127R)-e 곡선반경에 따라 요구되는 마찰력

○ 직선구간의 주행 속도예측은 곡선부 구간의 주행속도 예측보다 힘들기 때문에 곡선부 구간에서의 주행속도를 이용하여 직선 구간의 주행속도를 예측하였고 설계 평가기준을 적용하여 도로기하구조 설계 평가를 실시함

○ 설계 평가기준이 적용된 구간에서의 40건의 사고를 조사한 결과 평가등급 Good인 지점에서 19건, Fair등급에서 8건, Poor 등급에서 13건의 사고가 발생하는 것으로 나타남

○ 도로기하구조 설계 일관성 평가를 통해 사고가 발생한 Poor등급의 지역이 도로기하구조의 개선이 필요함을 알 수 있었고, 이처럼 설계 일관성 평가는 사고 발생률이 높은 지역을 찾는 데에 이용할 수 있다고 제시함

○ 도로선형조건에 따른 주행속도를 예측하고, 감속도와 가속도의 기준을 제시하며 결과적으로 도로선형조건의 안전수준에 따른 사고발생정도를 비교하는 연구를 실시함(U.S. DOT, 2000)

○ 평면곡선, 종단곡선, 복합곡선과 같은 다른 조건에 대해 주행속도를 예측하였으며, 승용차의 경우 곡선반경이 800m 이상이 되면 긴 직선도로와 주행속도 상의 차이가 거의 없으나 곡선반경이 250m 이하에서는 주행속도가 급격히 줄어드는 것으로 나타남

○ 또한, 각각 다른 선형조건에서 감속도, 가속도를 측정하여 설계 일관성측면에서의 기준을 다음 표와 같이 제시함

<표 2-23> 설계일관성에 따른 감속도, 가속도기준(U.S. DOT, 2000)

| Design Consistency (all alignment conditions) | | | |
|---|---|---|---|
| 감속도(단위:$m/s^2$) | | 가속도(단위:$m/s^2$) | |
| Good | 1.00~1.48 | Good | 0.54~0.89 |
| Fair | 1.48~2.00 | Fair | 0.89~1.25 |
| Poor | 2.00 이상 | Poor | 1.25 이상 |

○ 운전자들은 직선구간을 주행하다가 곡선구간에 진입하며 감속을 하게 되는데 이때의 속도 감속 정도는 사고빈도와 밀접한 관계가 있음

○ 따라서 곡선구간에서의 속도 감속은 사고 빈도를 예측하는 데 있어 곡선반경보다 더 좋은 지표로 활용될 수 있다고 제시함

○ 연속된 구간에서의 주행속도 차이에 따른 사고율 분석 결과, 안전수준이 열악할 경우 사고율이 우수일 때에 비해 6배, 양호일 때에 비해 약 2배 정도 높은 것으로 나타났음

○ 이는 곡선구간에 진입하면서 감속정도가 크면 클수록 사고빈도가 증가함을 나타냄

<표 2-24> 안전수준에 따른 곡선구간에서의 사고율(U.S. DOT, 2000)

| 안전수준 | 곡선수 (EA) | 3년간 사고건수 (건) | 노출 (백만대-km) | 사고율 (사고건수/백만대-km) |
|---|---|---|---|---|
| 우수 : $\Delta V85 \leq 10km/h$ | 4,518 | 1,483 | 3,206.06 | 0.46 |
| 양호 : $10km/h < \Delta V85 \leq 20km/h$ | 622 | 217 | 150.46 | 1.44 |
| 열악 : $\Delta V85 \geq 20km/h$ | 147 | 47 | 17.05 | 2.76 |
| 합 계 | 5,287 | 1,747 | 3,373.57 | 0.52 |

$\Delta V85$ = 전 구간과의 주행속도 차이

○ 지방부 2차로 도로의 설계, 재설계 단계에서 도로 안전성을 평가하는 새로운 방법을 제시하였음(Camacho-Torregrosa 등, 2013)

○ 사용한 방법론은 지방부 2차로 도로 구간의 안전 수준을 측정하는 도로 설계 일관성 평가를 기본으로 하며, 연구에서 제시된 모형은 연속적인 주행 속도 자료에 기초함

○ 주행속도 자료는 개개인의 운전자들로부터 기록되는 GPS 자료 수집 방법을 사용하였으며, 이러한 방법은 지점 속도 자료 수집방법보다 좀 더 정확하게 주행 속도 모형을 개발할 수 있다는 점에서 운전자들의 행동을 관찰하는 연구자들에게 받아들여짐

○ 주행 속도, 사고, 속도 제한 자료의 분석을 통해 14개 변수가 얻어졌으며, 상관분석 결과 주행속도, 주행속도 차이 등이 높은 상관관계가 나타났으며 모형 분석에는 총 9개 변수가 포함되어 이루어짐

○ 도로기하구조와 관련하여 사고율을 예측하기 위해 개발된 최종모형은 다음 식과 같음

$$ECR = \frac{1}{2.40939 + 0.00403287 \cdot C} \quad \text{.....(2-23)}$$

여기서, $ECR$ : 예측된 사고율

$$C = \frac{\overline{v_{85}^2}}{\overline{\triangle v_{85}}} \quad \text{.....(2-24)}$$

여기서, $C$ : 설계 일관성 지표

○ 도로 설계 일관성 모형은 각국의 주행 속도 기준과 감속도, 이전속도를 고려한 몇몇 기준과 모든 장소에 대한 사고 빈도도 고려되었으며, 제시된 모형을 통해 공학자들은 일관성과 도로 안전성을 평가할 수 있고, 가장 안전한 대책을 마련할 수 있을 것이라고 나타냈음

○ 또한, 일관성 평가 방법은 도로 구간의 도로 안전성을 예측하는 기준으로 사용될 수 있으며, 사고 자료가 없는 도로의 사고율을 예측하는 데 적용될 수 있다고 제시함

○ 교통이용자 분석에 있어 주관적이고 애매한 문제 분석에 유용한 퍼지 집합이론을 이용하여, 교통이용자의 인지 및 만족도 분석의 새로운 방법론을 개발하고, 이를 여러 가지 실제 교통문제에 적용시켰음(Lee, 2006)

○ 퍼지이론을 교통이용자 인지 및 만족도 분석에 이용하기 위해 퍼지 소속 함수 결정과 다중 변수의 퍼지 논리 개발 등의 몇 가지 문제를 해결하여 보다 쉽게 퍼지 이론을 교통이용자 분석에 이용할 수 있게 함

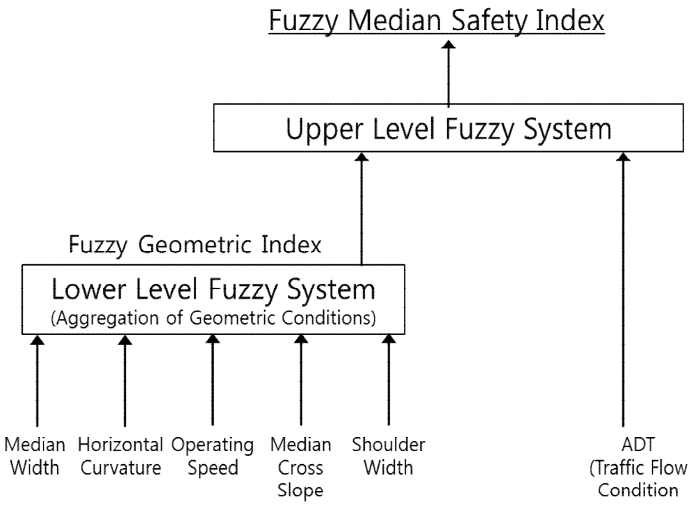
○ 또한, 일반 교통이용자와 교통전문가의 인지 및 만족도를 상호 비교하여 교통서비스 평가에 있어 다수의 실제 교통이용자를 대신하여 소수의 교통전문가를 대상으로 한 조사방법의 가능성을 평가하였으며 퍼지 집계 방식을 이용하여 운전자들이 느끼는 펜실베니아 고속도로의 도로전광표지에 대한 만족도를 분석함

○ 분석 결과, 미국 펜실베니아 주 고속도로의 도로전광표지에 대해 운전자가 느끼는 만족도는 55.4 정도로 산출됨

○ 또한, 계층적 퍼지 추론방법을 이용하여 교통이용자가 실제 고속도로 주행 중에 느끼는 중앙분리대 관련 안전도를 분석하여 이를 실제 사고 자료와 비교분석을 실시함

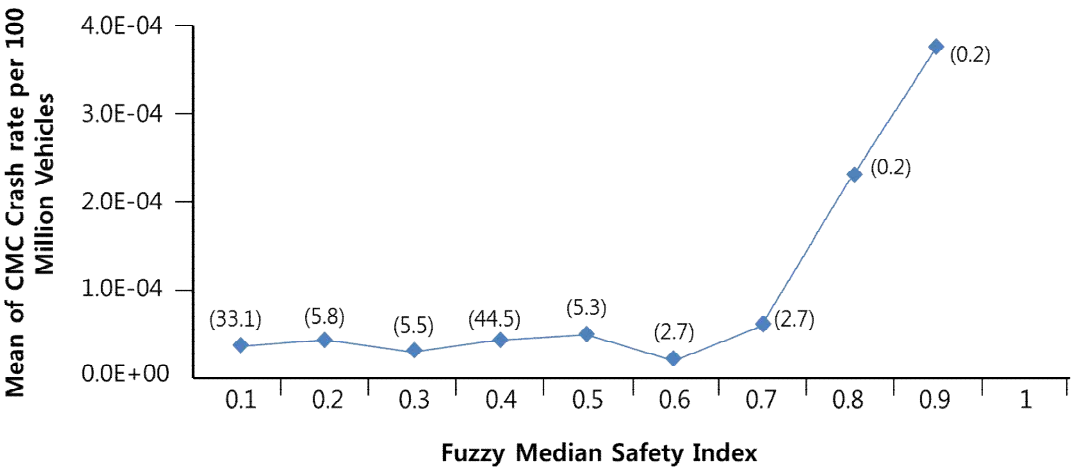
○ 전문가 설문조사 결과를 토대로 만들어진 퍼지 소속 함수와 새로운 다중 변수의 퍼지 규칙 생성 방법(Generation of fuzzy rules for multiple criteria)을 이용하여 계층구조의 퍼지 시스템(Hierarchical Fuzzy Inference System)을 개발

하였고, 이를 이용하여 교통이용자가 도로 주행 중에 느끼는 안전도를 분석함




<그림 2-28> 제안된 계층구조 퍼지 추론 모형(Lee, 2006)

○ 제안된 계층구조 퍼지추로모형에 의한 분석 결과, 교통이용자가 도로 주행 중에 느끼는 안전도를 제시 했으며, 괄호 내 숫자는 각 평균사고율의 빈도수이고, 퍼지 안전지표가 클수록 안전도가 낮아진다는 것을 의미함




<그림 2-29> 퍼지 결과와 실제 사고율과의 비교(Lee, 2006)

○ 분석 결과, 이용자가 느끼는 안전도가 낮아질수록 즉, 퍼지 안전지표 값이 커질수록 실제 발생한 충돌 사고 발생률도 커짐을 알 수 있음

○ 이 연구를 통해 실제 사고 자료를 이용하지 않고 교통안전에 대한 이용자의 의견 분석만으로도 사고 위험지역의 분석을 할 수 있을 것이라고 제시하였으며 분석 결과를 검증하는데 있어 퍼지이론에 근거한 이용자 만족도는 정성적인 부분이기 때문에 정량적으로 표현하여 비교하는 데는 많은 어려움이 따름

○ 그렇기 때문에 검증하는 방법으로 간접적 방법을 선택하여 “Loss Function” 개념을 사용하여 정량적인 비교를 가능하게 하여. “Loss Function”은 예측된 결과값의 오차를 합한 값들로 도출한 모형의 정확성을 나타낼 수 있음

○ 다시 말해서 도출된 모형이 어느 정도 실제 상황을 대변 할 수 있는지를 평가할 수 있게 함

$$Loss_s(\delta_s) = \sum_{1}^{n} |P_i - O_i| \quad \text{.....(2-25)}$$

$$Loss_f(\delta_f) = \sum_{1}^{n} |F_i - O_i| \quad \text{.....(2-26)}$$

여기서, $Loss_s(\delta_s)$ : 통계모델에 결과 치에 의한 loss function
$Loss_f(\delta_f)$ : 퍼지분석에 결과 치에 의한 loss function

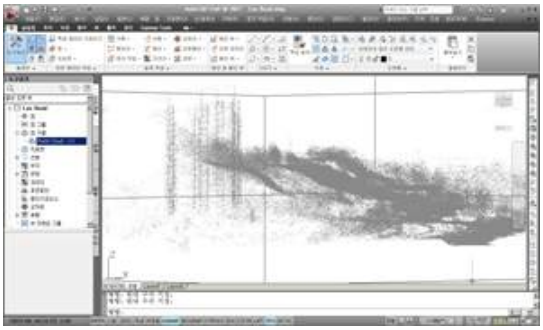
○ 운전자의 주행속도 변화가 20km/h인 도로구간에서의 교통사고율은 주행속도 변화율이 없는 도로구간에 비해 교통사고가 6배 이상 발생 하였다고 제시함 (Krammes, 1997)

## 11. S/W 분야 기술개발 현황

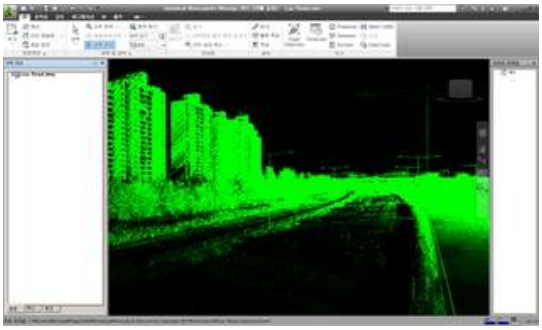
○ 본 연구 과제를 수행하기 위해 필요한 국내외 기술 동향을 조사 및 분석하여 연구에 합당하고 S/W에 최적화 할 수 있는 기술을 적용하기 위함임

### 가. Point Cloud 시각화

○ 점구름 시각화를 위해 다양한 제품과 라이브러리를 테스트한 결과 현 시점에서 제품을 선정하기 보다는 필요 시기에 국내외 기술 동향에 따라 선정함이 타당하다고 판단됨



<AutoCAD Civil 3D의 점구름>



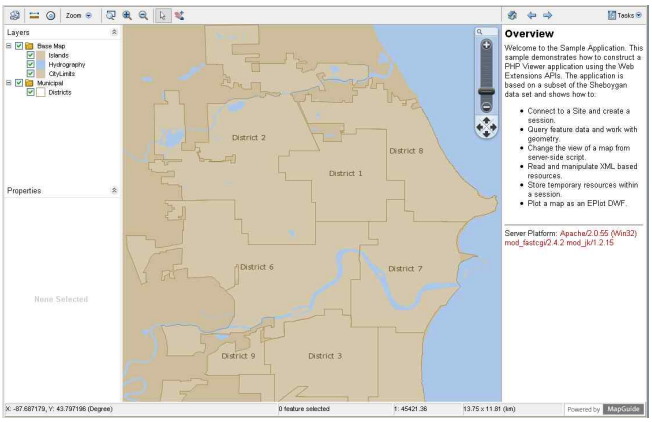
<Autodesk NavisWorks의 점구름>

<그림 2-30> 점구름 사례

## 나. 통합 안전성 분석 GIS 솔루션

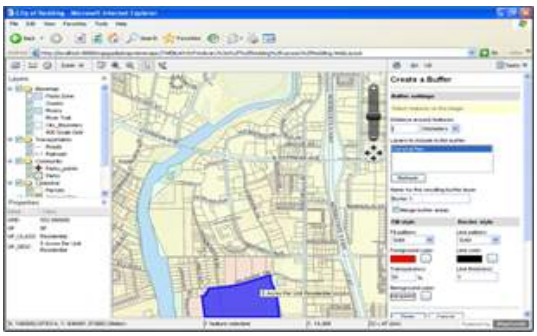
○ 통합 안전성 분석을 위한 최적의 GIS엔진으로 다양한 솔루션을 검토함

○ 상용 제품

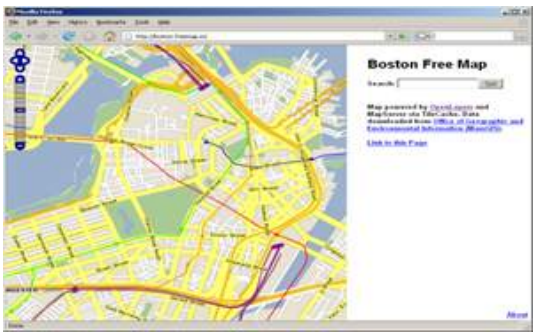



<그림 2-31> Autodesk Infrastructure Map 서버

○ Open Source GIS



<Autodesk Map Guide 서버>




<Open Layers>

<그림 2-32> Open Source GIS 사례

○ Map API 활용



<네이버맵> <다음맵> <구글맵>

<그림 2-33> Map API 활용 및 비교

# 제3장 연구개발 수행 내용 및 결과

## 제1-1절 도로교통 안전점검 기반정보 수집 장비구성

### 1. 도로교통 안전점검을 위한 차량설계

#### 가. 차량 요구조건 설계

○ 본 연구에서는 260여개의 안전진단 항목 중 전문가 AHP 분석을 통하여 안전진단에 중요한 44개 항목을 추출함

○ 이 중에서 본 연구 개발 장비로서 기술적으로 추출할 수 있는 항목은 23개이며 반자동(수동 이벤트) 방식으로 추출할 수 있는 항목은 21개이며, 44개 진단항목을 측정하기 위한 방법과 센서는 <표 3-1-1>, <표 3-1-2>와 같음

<표 3-1-1> 자동으로 추출할 수 있는 23개 안전진단 항목

| 번호 | 대분류 | 중분류 | 진단항목 | 위험요소 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 속도 | 속도 | 각 곡선구간에서의 제한속도는 적절한지를 검토 | 곡선구간의 제한속도 부적정 |
| 2 | | | 유출 속도가 적정한지를 검토 | 연결로 유출속도 부적정 |
| 3 | | | 제한속도가 지속적으로 유지되고 있는지를 검토 | 제한속도비일관성 |
| 4 | 횡단 구성 | 차로 | 도로의 등급 및 구분에 따른 차로폭의 적정성을 검토 | 차로폭 부적정 |
| 5 | | 중분대 | 중앙분리대가 설치되었는지를 검토 | 중앙분리대 미확보 |
| 6 | 선형 | 평면 선형 | 선형의 연속성 및 일관성이 적정한지를 검토 | 도로선형 비일관성 |
| 7 | | | 연결로의 평면선형이 적정한지를 검토 | 연결로 평면선형 부적정 |
| 8 | | | 완화곡선길이가 적정한지를 검토 | 완화곡선 길이 부적정 |
| 9 | | | 주행속도를 고려하여 평면곡선부의 편경사가 적정한지를 검토 | 편경사 부적정 |
| 10 | | | 차량의 주행특성을 고려하여 평면곡선부의 충분한 폭원이 제공되었는지를 검토 | 평면곡선부 폭원 부적정 |
| 11 | | 종단 선형 | 연결로의 종단선형이 적정한지를 검토 | 연결로 종단선형 부적정 |
| 12 | | | 종단경사가 적정한지를 검토 | 종단경사 부적정 |
| 13 | | | 종단곡선 길이가 적정한지를 검토 | 종단곡선 길이 부적정 |
| 14 | | 복합 선형 | 평면선형과 종단선형의 조합이 조화를 이루는지 검토 | 평면선형과 종단선형의 부조화 |
| 15 | 시거 | 시거 | 곡선 내부에서 시거의 확보가 적정한지를 검토 | 곡선내부 시거 확보의 부적정 |
| 16 | | | 정지시거 및 앞지르기 시거가 적정한지를 검토 | 정지시거 부적정 |
| 17 | 포장 및 배수 | 포장 | 포장노면의 마모로 인한 마찰계수가 적정한지를 검토 | 노면마찰력 부적정 |
| 18 | | | | |
| 19 | | | 포장노면이 평탄한지를 검토 | 종단평탄성 부적정 |
| | | | 포장의 균열과 손상이 있는지를 검토 | 물고임 부적정 |
| 20 | | 배수 | 배수가 경사에 의해 적정하게 이루어지는지를 검토 | 경사에 의한 노면배수 부적정 |
| 21 | 표지 및 부속 시설 | 표지 | 1개 지점에 2개 이상의 다른 표지가 있는지를 검토 | 표지 남용 |
| 22 | | 교통 장애물 | 노변의 장애물과 충돌을 방호할 수 있는 시설을 하였는지 검토 | 노측용 방호울타리 설치 유무 |
| 23 | | 시선 유도 시설 | 갈매기표지의 설치 장소 및 기준이 적정한지를 검토 | 갈매기표지 설치위치 부적정 |

<표 3-1-2> 반자동으로 추출할 수 있는 21개 안전진단 항목

| 번호 | 대분류 | 중분류 | 진단항목 | 위험요소 명 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 횡단 구성 | 중앙 분리대 | 중앙분리대 시종점 단부처리가 적정한지를 검토 | 중앙분리대 단부처리 부적정 |
| 2 | | | 중앙분리대 시점에 시인성이 확보되었는지를 검토 | 중앙분리대 시점 시인성 미확보 |
| 3 | | | 중앙분리대 방현시설 설치되었는지를 검토 | 전조등 불빛 부적정 |
| 4 | | 보도 | 횡단시설이 존재하는지를 검토 | 횡단보도 설치 부적정 |
| 5 | 선형 | 시거 | 방호울타리나 나무 등에 의해 시야에 장애가 발생하는지를 검토 | 시거 미확보 |
| 6 | | 종단 선형 | 오르막차로 종점부 위치가 적정한지를 검토 | 오르막차로 종점부 부적정 |
| 7 | 평면 교차 | 신호등 | 각 교통류에서 신호가 인지될 수 있도록 신호등이 설치되었는지를 검토 | 신호등 설치 부적정 |
| 8 | | | 교통표지판이나 가로등, 가로수 등으로 인해 교통신호등의 시인성이 저하되는지를 검토 | 신호등 시인성 미확보 |
| | | | 정지선에서 교통신호등을 볼 수 있는지를 검토 | |
| 9 | | | 맑은날 교통신호등의 시인성이 확보되는지를 검토 (특히 동서방향에서) | 사전경고표지 미설치 |
| | | | 교통신호등에 대한 사전경고표지가 있는지를 검토 | |
| 10 | 입체 교차 | 연결로 접속부 | 유입 연결로 접속부의 시계가 적정한지를 검토 | 연결로 접속부 시계 부적정 |

| 번호 | 대분류 | 중분류 | 진단항목 | 위험요소 명 |
|---|---|---|---|---|
| 11 | 포장 및 배수 | 배수 | 교통안전지역 내 개방형 배수시설이 존재하는지를 검토 | 배수시설 미확보 |
| 12 | | 교량 | 교량상 머리돌 안전시설이 존재하는지를 검토 | 교량 안전시설 미확보 |
| 13 | | | 충격흡수시설이 존재하는지를 검토 | 교량 충격흡수시설 미확보 |
| 14 | | | 교대 또는 교각에 안전시설이 설치되었는지를 검토 | 교대 및 교각 안전시설 미확보 |
| 15 | | | 방호울타리와 토공부 가드레일간의 연결부 처리가 연속적인지를 검토 | 가드레일 연결부 불연속 |
| 16 | | | 교량에 안전표지가 설치되었는지를 검토 | 교량 안전표지 미설치 |
| 17 | | | 교량내 전방 시야가 확보되었는지를 검토 | 교량 전방시야 부적정 |
| 18 | 부속 시설 | 충격 흡수 시설 | 충격흡수시설의 설치 장소가 적정한지를 검토 | 충격흡수시설 설치장소 부적정 |
| 19 | | 과속 방지 시설 | 과속방지시설의 설치 장소 및 기준이 적정한지를 검토 | 과속방지시설 설치장소 부적정 |
| 20 | | 미끄럼 방지시설 | 미끄럼방지시설의 설치 장소가 적정한지를 검토 | 미끄럼방지시설 부적정 |
| 21 | | 시선유도 시설 | 시선유도표지의 설치 장소 및 기준이 적정한지를 검토 | 시선유도표지 설치 부적정 |

## 2. 도로교통 안전점검을 위한 장비 센서선정

○ 본 연구에서는 설계도면이 없고 기하구조 정보를 전혀 모르는 도로구간에 대하여 안전점검차량에서 도로의 안전점검을 수행하기 위한 도면정보(곡선반경, 종단경사, 횡단경사)를 제공한다고 할 때, 허용 가능한 오차범위에 대한 전문가의 설문을 진행하며, 그 결과는 10.05%로써 약 10%를 본 연구에서의 목표수준으로 정함

○ 교통안전공단에서 수행한 전문가 평가항목을 분석한 결과 본 장비에서 필요한 기능은 시설물 취득장비, 도로기하구조 취득장비, 도로 노면 안전성 장비로 도출됨




<그림 3-1-1> 도로교통안전점검 장비를 위한 필요기능선정

○ 도로교통 안전점검 차량의 탑재 센서는 크게 위치 획득 장비, 영상 획득 장비, 노면정보 획득 장비, 동기화 장비로 구분할 수 있으며, 1차년도에 선형분석에 필요한 장비를 선정, 탑재하였으며 2차년도에 시설물 측정을 위한 센서인 전방 레이저, 노면 마찰력 레이저, 노면온도 센서 등을 추가 장착하였음

○ 본 연구에서 필요한 차량의 기능에 따른 취득방법은 다음과 같이 도출했으며 이것을 기준으로 필요한 센서를 다음과 같이 선정함

| 대분류 | 중분류 | 취득방법 | 필요한 센서 |
|---|---|---|---|
| 일반사항 | 속도 | 위치취득센서로 시간 · 거리 계산 | GPS DMI |
| 선형 | 평면선형 | 선형분석 알고리즘개발 | GPS-IMU DMI |
| | 종단선형 | | |
| 횡단구성 | 차로 | 차로폭 계산 알고리즘 | Camera |
| | 도로폭 | 도로폭 계산 알고리즘 | 레이저 스캐너 |
| | 중앙분리대 가드레일 | 가드레일 중앙분리대 설치 판단 알고리즘 | 레이저 스캐너 |
| 도로노면 | 배수 | 물고임분석 알고리즘 | Camera + 레이저 스캐너 |
| | 마찰력 | 마찰력 분석 알고리즘 | 레이저 |
| | 노면온도 | 노면온도계측 | 노면온도계측센서 |
| 안전시설 | 교통안전시설 | 시설물 인식 알고리즘 | Camera + 레이저 스캐너 |

**필요 센서**

- GPS, IMU, DMI
- 레이저스캐너, CCD카메라
- 노면 레이저스캐너, 노면 카메라

<그림 3-1-2> 도로교통안전점검 장비를 위한 필요센서

## 3. 장비 정확도

### 가. GPS-IMU 통합 장비의 정확도 비교 실험

○ 본 연구에서 전문가 설문을 통하여 도로 선형 측량시에 요구되는 정확도가 10%임을 파악함

○ 10% 이내의 정확도로 측정하기 위하여 필요한 장비인 MEMS와 FOG 방식의 GPS-IMU 성능의 실제 테스트를 다양한 장소, 실험환경에서 진행하였으며 그 결과를 수치지도, 고정식 레이저 포인트 클라우드, 항공사진 등과 비교하여 도로선형을 위한 GPS-IMU의 성능을 결정하기 위해 검증을 하였으며, 본 실험에 사용한 장비는 다음과 같음

○ 먼저 MEMS방식의 Gyro센서와 FOG방식의 Gyro센서에 대한 정확도를 MTI-G장비와 SPAN SE GPS - FSAS IMU와 비교를 함

○ 그 후 FOG Gyro중에서 MEMS 방식의 가속도계와 Servo방식의 가속도계 센서에 대한 비교를 진행함

○ SPAN-CPT는 2차년도 플랫폼 장비를 위하여 도입된 위치취득 센서이며, 2차년도에 개발된 SBAS를 이용한 실시간 DGPS보정과 동기화장치 성능향상으로 100Hz까지의 IMU신호도 정밀한 1m 동기화가 가능하게 되었음

○ 1차년도의 위치 취득 센서는 이더넷 통신이 가능한 고성능의 SPAN SE-FSAS 장비를 사용하였지만 2차년도에 새롭게 개발, 부착한 GPS Broad Caster 장비를 이용하여 랜뿐만 아니라 시리얼 방식으로도 통신이 가능하게 되어 2차년도의 SPAN-CPT 장비를 선정함

○ MEMS 방식의 MTI-G장비는 오차가 커서 본 연구의 목적에 부합하지 않는 정도의 정확도가 나왔지만 FOG 방식의 SPAN-CPT는 본 연구에 해당하는 정확도가 테스트 결과 도출되어 플랫폼 장비의 위치측정 센서로 활용함

<표 3-1-3> 본 연구에서 비교된 GPS-IMU 장비

| Gyro 센서 종류 | 기종 | GPS 성능 | IMU 성능 | 결합 방식 |
|---|---|---|---|---|
| MEMS | MTI-G | L1 | MEMS Gyro MEMS Accelerometer, 120Hz | 약결합 |
| FOG (광섬유) | SPAN-CPT | L1, L2, SBAS | FOG Gyro MEMS Accelerometer, 100Hz | 강결합 |
| FOG (광섬유) | SPAN SE GPS - FSAS IMU | L1, L2, SBAS | FOG Gyro Servo Accelerometer, 200Hz | 강결합 |

나. MEMS와 FOG 장비간의 정확도 비교

○ 본 실험을 위하여 테스트한 환경과 장소, 실험 목적, 장비는 다음과 같음

<표 3-1-4> IMU 장비의 비교 테스트를 위한 실험 구분, 목적 및 장소

| 실험 번호 | 비교실험 대상 | 테스트 목적 | 테스트 장소 | 결과의 적용 |
|---|---|---|---|---|
| ① | MEMS 방식과 FOG 방식의 IMU 비교 | 고층건물의 Multi path 검증 | 서울 테헤란로 | MEMS와 FOG 방식의 비교 실험 및 IMU 방식 선정을 위한 실험 |
| ② | | 산악지역 검증 | 국도 44호선, 설악산 지역 | |
| ③ | | 급격한 감가속 테스트 | 일산 킨텍스 주차장 | |
| ④ | | GPS 단절 테스트 | 영동고속도로 | |
| ⑤ | | 터널테스트 | 경기도 사패산 터널 | |
| ⑥ | FOG GPS-IMU와 고정식 레이저 포인트 클라우드 비교 | 도로 횡단경사 측량에 대한 적용성 검증 | 국도37호선 신규개통도로 | 선정 시스템의 도면화 적용 가능성 검토 |

(1) 고층빌딩지역 비교 실험

○ 서울의 테헤란로는 한국의 대표적인 고층빌딩 지역이며 왕복 약 20분 정도의 주행시간 동안에 GPS 신호가 거의 잡히지 않으며, 극심한 GPS의 Multi Path 노이즈로 인하여 IMU의 성능을 비교해 볼 수 있는 좋은 실험 장소임

○ 본 실험은 테헤란로 지역 교대역부터 삼성역까지 약 20분간 2차로로 주행한 왕복 결과 값을 비교하였으며 그 전체 현황을 제시함




<그림 3-1-3> 서울 테헤란로 실험 전체현황

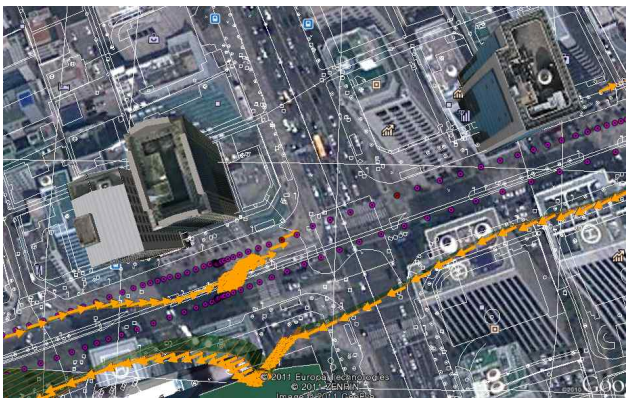
○ 부분 확대한 화면은 다음 <그림 3-1-4>와 같으며, 그림에서 직선궤적을 보이는 빨간색의 점은 FOG 방식의 IMU임

○ 부분적인 곡선궤적의 노란색의 점은 MEMS방식의 IMU의 궤적이며, 동일한 이동체에서 측정을 하였지만 MEMS 방식의 IMU는 약결합 방식으로 Multi Path에 영향을 크게 받음을 알 수 있음



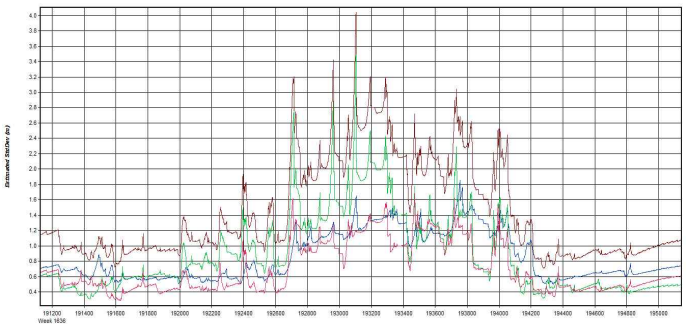
<그림 3-1-4> 실험지역의 부분 확대 화면

○ 수치지도와 위성영상에 중첩한 화면은 다음과 같음

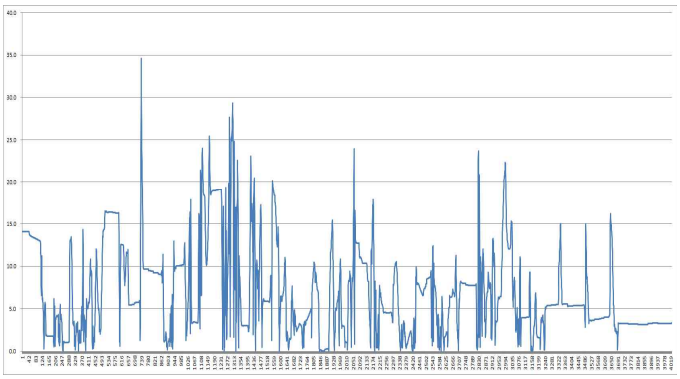


<그림 3-1-5> 수치지도와 위성영상 중첩화면

○ 본 구간에서 FOG 방식의 IMU의 수평 RMSE(Root Mean Square Error)는 평균 1.14m, 최대 3.7m이며 수직 RMSE는 평균 0.85m 최대 1.9m이며 MEMS 방식의 RMSE는 평균 6.92m, 최대 35m임



<그림 3-1-6> FOG 방식의 X, Y, Z의 RMSE



<그림 3-1-7> MEMS 방식의 RMSE

○ 본 실험 결과 고층빌딩에서는 multi-path GPS noise가 심하여 강결합 방식이 정확함을 알 수 있으며, MEMS 방식의 IMU는 고층빌딩이 많은 곳에서는 도로와 전혀 다른 선형이 나오며 최대 50m 이상 벗어난 곳도 있음

○ MEMS 방식은 직선으로 가지 못하고 심하게 벗어나 고층빌딩이 많은 곳에서는 사용하기 힘들며 표고차가 거의 없는 도심지에서는 수평 RMSE가 수직 RMSE보다 약 8배 커질 수도 있는 것을 알 수 있음

(2) 수목과 사면으로 인한 GPS 차폐지역 비교실험

○ 본 실험에서는 GPS 신호가 불안정한 산악 지역을 대상으로 실험을 하였으며 실험 장소는 한국의 대표적인 산악지역인 설악산 지역을 대상으로 함

○ 양쪽이 사면인 산악지역의 도로는 GPS 차폐가 일어나기 쉽고, 이러한 신호가 불안정한 지역에서의 GPS-IMU의 성능을 파악하고자 함

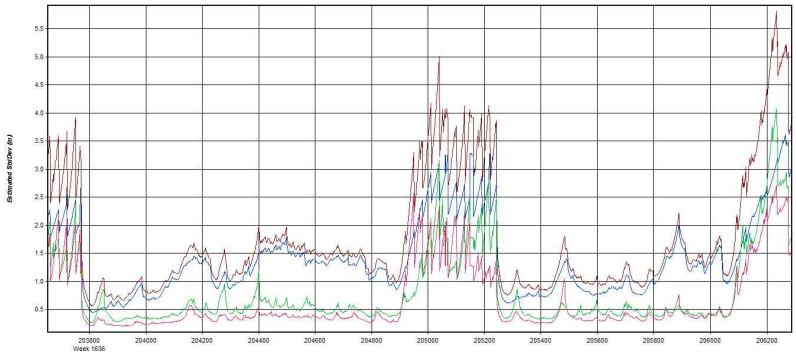



<그림 3-1-8> GPS 신호가 단절된 지점 비교



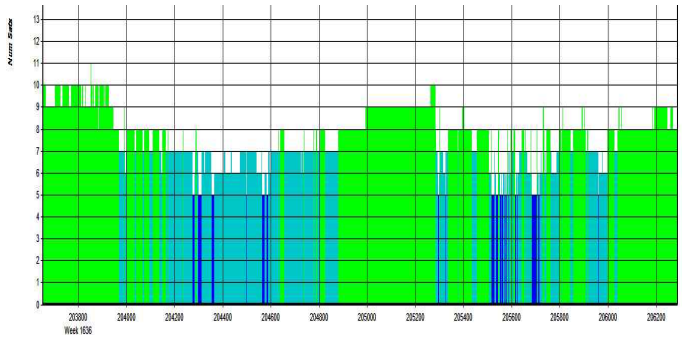
<그림 3-1-9> 경사가 급한 곳의 결과 비교

○ 실험 결과 FOG 방식의 수평 RMSE 평균 1.04m, 최대값 5.0m이며, 수직 RMSE는 평균 1.39m, 최대값 3.6m이었으며 MEMS 방식은 최대 50m 정도의 차이가 발생함

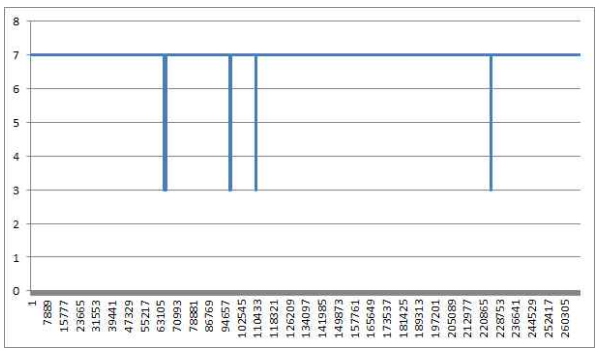


<그림 3-1-10> FOG방식의 X, Y, Z 방향의 RMSE

○ FOG 방식 IMU의 GPS 위성수와 MEMS GPS 위성 수를 제시함



<그림 3-1-11> FOG방식의 GPS 위성수



<그림 3-1-12> MEMS 방식의 GPS 위성수

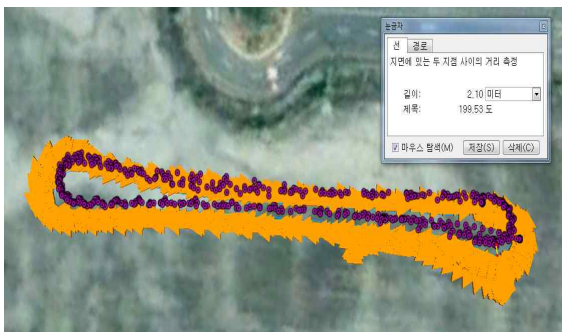
○ 본 실험의 고찰결과 산악지역에서는 20채널 이상의 정밀한 GPS 수신기에서

는 최소한 5개 이상의 위성신호가 잡히며 MEMS 방식의 저가의 GPS 에서는 GPS 위성이 3개로 잡힐 때가 있어서 GPS 신호가 단절되는 경우도 있음

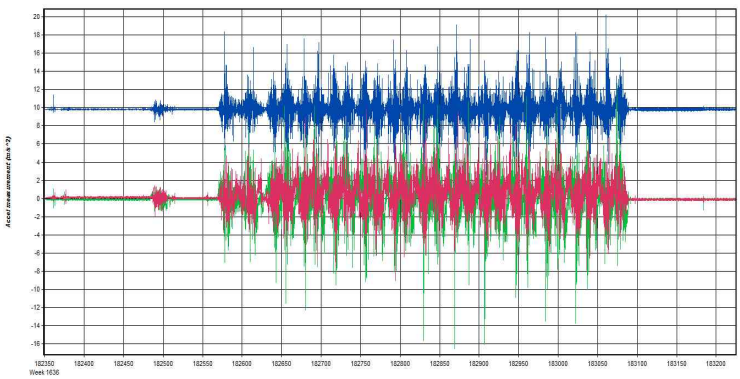
○ 산악지역에서는 대체로 둘의 궤적이 비슷하나 커브가 150도 정도의 급한 경우에는 MEMS 방식이 도로에서 56m 정도 벗어남

(3) 급격한 감가속 실험

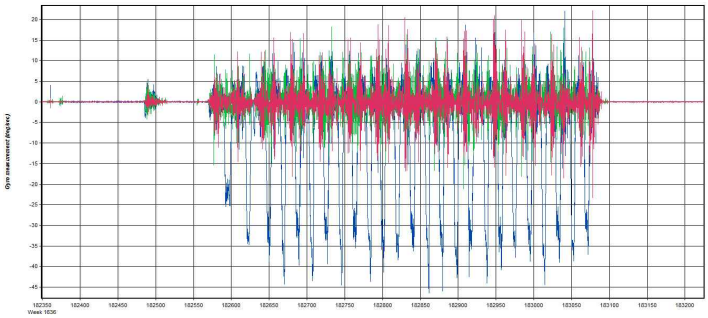
○ 본 실험은 급격한 감가속시 MEMS와 FOG IMU의 성능 차이를 파악하기 위한 실험이며, 이 실험은 킨텍스 주차 부지의 비포장지에서 100m 거리를 10분정도 시속 60Km ~ 0km로 감가속을 반복하였으며 그 실험 결과는 다음과 같음



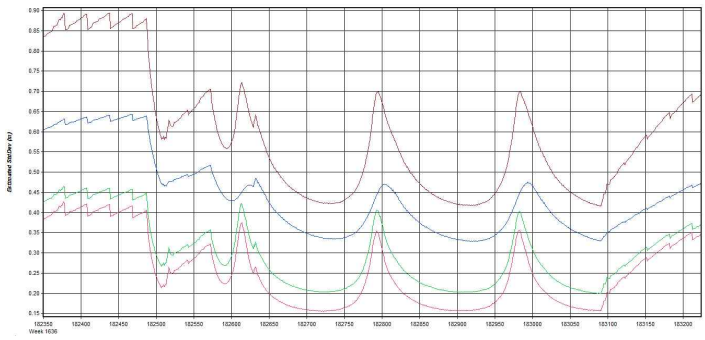

<그림 3-1-13> 수평 궤적 비교



<그림 3-1-14> FOG 방식의 방향별 가속도 비교



<그림 3-1-15> FOG 방식의 방향별 각속도비교



<그림 3-1-16> FOG 방식의 방향별 RMSE

○ 실험 결과, 비포장도로와 같이 진동이 심한 곳에서는 수직방향의 가속도가 수평방향의 가속도에 비하여 약 2배임을 알 수 있으며 각속도의 경우에는 수직방향의 각의 변화율($\frac{\Delta \deg}{\Delta \sec}$)이 약 45도에 달함

○ IMU의 특성상 종단경사를 측량할 때는 변화가 심한 pitch를 이용하기 보다는 GPS의 표교 값을 이용하는 것이 바람직할 것으로 보임

(4) GPS 단절 실험

○ GPS 신호가 전혀 잡히지 않는 상황에서 좌표 발산 정도를 알기 위하여 GPS를 2분 정도 초기화 한 후에 인위적으로 GPS 케이블을 단락하여 IMU 성능만으로 1시간 정도 주행하여 MEMS와 FOG IMU의 IMU만의 성능을 파악하고자 함

○ 그 결과는 다음과 같으며 FOG 방식의 IMU는 차량의 주행 방향과 비슷하나 전혀 다른 궤적을 나타냄을 알 수 있었음




<그림 3-1-17> 1시간 주행 IMU만의 궤적 비교

○ 본 실험의 고찰 결과 초기화 1분후에 GPS 신호를 단절하고 IMU 성능만으로 궤적을 구한 결과, 두 데이터 모두 의미 없는 전혀 다른 궤적 데이터를 만들고 있었으며 GPS 신호가 단절된 데이터는 GPS Data내에 Epoche와 DGPS에 의한 후처리 보정도 불가능하였음

(5) 장대 터널 실험

○ 본 실험에서는 약 3분정도 GPS 신호가 단락 된 후 GPS 신호가 다시 이어지기를 반복하는 장대터널 구간을 대상으로 실험을 실시하였으며 실험구간은 서울 외곽 고속도로 노고산 터널, 사패산 터널 부근 이어진 4개 터널을 대상으로 하였음




<그림 3-1-18> 터널 입구 초반부의 오차비교



<그림 3-1-19> 장거리 터널의 오차비교

○ 실험결과 MEMS IMU는 약결합 방식으로 내부 항법 알고리즘이 없어 갑자기 GPS 신호가 단절된 터널 입구 부분에서 Heading방향의 오차가 심하여 터널 초기에 오차가 약 70m 이상 발생하였음

○ 2분 30초 정도의 장거리 터널에서는 MEMS 방식의 IMU는 선형을 전혀 반영하지 못함을 알 수 있었음

(6) 도로 횡단경사 측량에 대한 적용성 검증

○ 본 실험은 FOG 방식의 IMU가 본 연구에서 요구하는 선형수준을 만족하는지 알기위한 것임

○ 횡단요소 중 노면 횡단경사를 분석할 수 있는 방법은 토탈스테이션에 의한 방법, 고정식 레이저 스캐너를 이용한 노면 횡단경사 측정, GPS-IMU 통합시스템을 이용한 노면 횡단경사 측정 등의 방법이 있음

○ 고정식 레이저 스캐너를 이용한 노면 횡단경사 측정 방법은 고정식 레이저 스캐너를 도로의 노측에 설치한 후 노면 및 도로의 전체적인 형상을 스캔하는 방식으로 레이저 스캐너 전방 최대 100m까지 노면 형상을 추출 할 수 있어야 함

○ 고정된 상태에서 노면의 형상을 추출하기 때문에 정확한 노면 경사를 추출할 수 있는 장점이 있으나, 스캐너로부터 추출한 좌표를 절대좌표로 변환하기 위하여 스캐너의 위치 및 자세를 알고 있어야 함

○ 본 연구에서는 작업의 속도가 빠르며, 포인트 클라우드를 이용하여 캐드에서 바로 좌표와 도로형상 확인이 가능한 고정식 레이저를 사용하여 도로의

횡단경사를 파악함

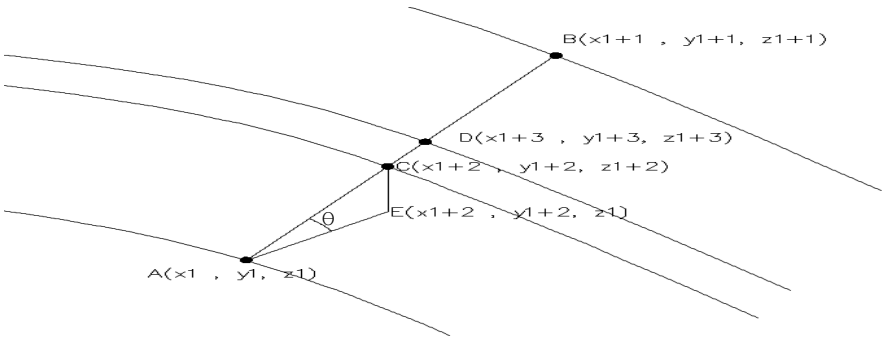
○ 고정식 레이저를 참값으로 보고 FOG 방식의 횡단경사 데이터와 비교함

○ GPS-IMU 통합시스템을 이용한 노면 횡단경사 측정 방법은 차량이 노면을 주행할 때 기울어진 노면 상태를 반영한다고 가정하여 차량의 기울기로부터 노면의 기울기를 추출하는 방법임

○ 이는 토탈스테이션, 고정식 레이저 스캐너를 이용하는 방법보다 신속하게 노면의 기울기 정보를 취득할 수 있지만, 실제로 차량이 서스펜션, 타이어 등으로 인하여 노면 경사와 항상 일치하지 않기 때문에 정확한 노면 횡단경사 정보를 반영하는지에 대한 실험이 필요함

○ 한 방향 차로 조사 측점에서 편경사($G_i$)를 의미하는 $\overline{AC}$ 기울기 Θ는 $A(x_i,\ y_i,\ z_i)$, $C(x_{i+2},\ y_{i+2},\ z_{i+2})$ 두 점으로 구할 수 있으며, 점 C에서 점 A선상에 수직으로 교차하는 점을 E라 하면 E의 좌표는 $(x_{i+2},\ y_{i+2},\ z_i)$가 되며, 방향별 편경사는 다음의 수식을 이용하여 구할 수 있음

$$G_i(\%) = \frac{z_{i+2} - z_i}{\sqrt{(x_{i+2} - x_i)^2 + (y_{i+2} - y_i)^2}} \quad \text{.....(3-1-1)}$$




<그림 3-1-20> 방향별 편경사 산출 방법(한국건설기술연구원, 2005)

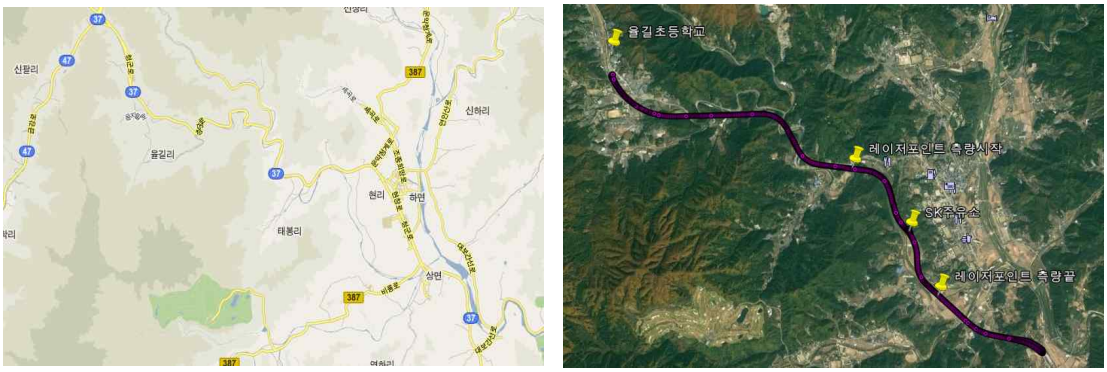
○ GPS-IMU 통합 장비는 도로안전성 조사 분석 차량 주행 중 취득되는 Roll 값을 이용하여 횡단경사·편경사를 추출할 수 있으며, Roll은 각도인 degree로 나타나며 취득한 Roll 값을 이용하여 횡단경사 e는 다음과 같이 비교적 간단하게 구할 수 있음

$$e(\%) = \tan(Roll) \times 100\% \quad \text{.....(3-1-2)}$$

○ 본 연구에서는 이러한 검증을 위하여 고정식 레이저를 이용한 정밀 도로 측량한 결과와 도로의 종평면도 시공 도면과 본 장비를 이용한 결과 값의 비교를 수행함

○ 그 결과를 통하여 본 장비를 이용한 횡단경사 측량의 적용가능성 여부에 대하여도 파악함

○ 본 실험을 위하여 경기도에 2011년 4월 개통된 국도 37호선 신규 도로를 대상으로 상행선 편도 850m구간에 대한 측량을 실시하였음



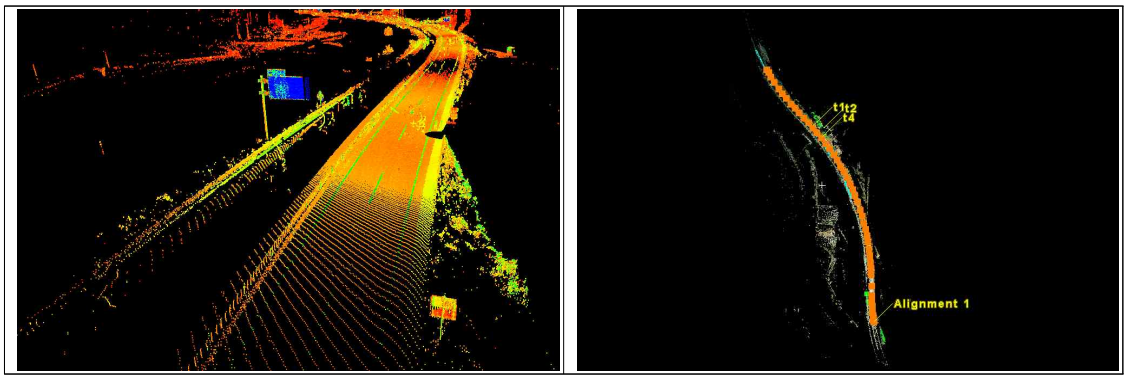

<그림 3-1-21> 횡단경사 측량을 위한 조사구간

○ 먼저 VRS-RTK GPS를 이용하여 정밀한 기준점 좌표를 5점을 구하고, 이 점을 이용하여 고정식 레이저 측량을 하였음

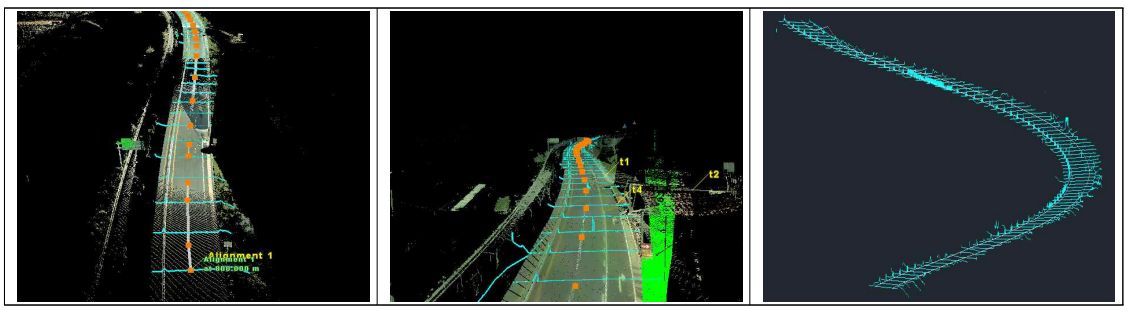
○ 고정식 레이저 측량은 약 850m 구간에 대하여 레이저를 약 10회 정도 이동하면서 측점을 연결하여 측량을 실시함



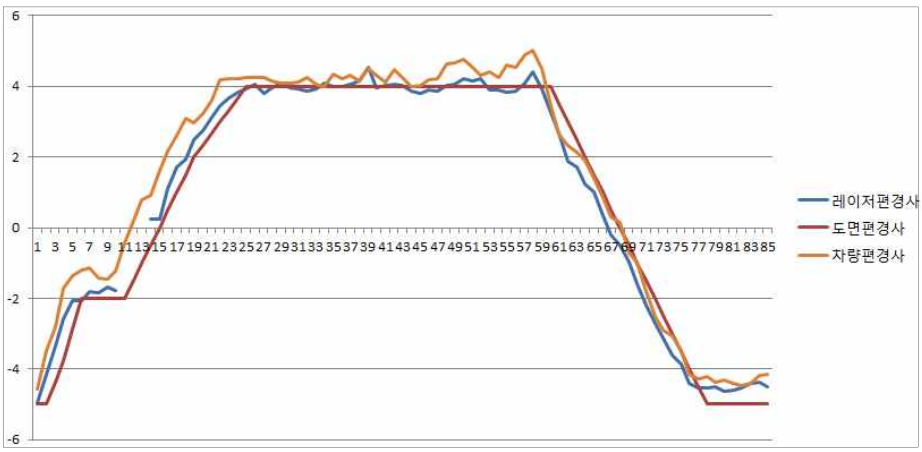
<그림 3-1-22> 레이저 측량(좌) 및 VRS-RTK를 이용한 기준점 측량(우)




<그림 3-1-23> 포인트 클라우드(좌) 및 측량 기준점, 선형 등록(우)




<그림 3-1-24> 단면 설정(10m) 및 DXF 저장과정




<그림 3-1-25> 편경사 처리 결과 비교

○ 실험결과 차량으로 획득한 편경사의 결과와 레이저, 도면에서 획득한 편경사의 결과가 1% 이내의 오차 범위에 들어오는 것을 알 수 있었음

○ 도로 안전을 위한 편경사의 측정에는 서스펜션의 영향을 고려하지 않더라도 GPS-IMU의 Roll 값만 가지고도 주위의 교통류와 같은 속도로 주행하면서 도로의 편경사를 회전식 레이저의 편경사 값과 비교하여 1% 이내의 정확도로 측정할 수 있음을 알 수 있었음

(7) GPS-IMU 통합 장비의 정확도 비교 실험정리

○ 강결합 방식의 FOG GPS-IMU와 약결합 방식의 MEMS GPS-IMU를 비교 실험한 결과 약결합 방식의 MEMS GPS-IMU는 고층빌딩 지역, 터널 지역에서는 선형을 50m이상 벗어나는 등 도로의 선형을 반영하지 못함

○ 본 연구 목적상 모든 도로의 선형을 측정하는 것이 필요하며 강결합 방식의 FOG GPS-IMU 방식을 사용하기로 결정함

<표 3-1-5> MEMS방식과 FOG 방식의 GPS-IMU 정확도 비교 실험정리

| 실험 번호 | 테스트 명 | MEMS 테스트 결과 | FOG 테스트 결과 |
|---|---|---|---|
| ① | 고층건물의 Multi path 검증 | 수평 RMSE 6.92m | 수평 RMSE 1.14m<br>수직 RMSE 0.85m |
| ② | 산악지역 검증 | 최대 50m 오차발생 | 수평 RMSE 1.04m<br>수직 RMSE 1.39m |
| ③ | 급격한 감가속 테스트 | - | 수평방향 가속도 ±4m<br>수직방향 가속도 10±4m |
| ④ | GPS 단절 테스트 | 선형과 전혀 다른 궤적 | 선형과 전혀 다른 궤적 |
| ⑤ | 터널테스트 | 터널 초기 오차 70m<br>선형과 전혀 다른 궤적 | 최대 수평 RMSE 6.0m<br>최대 수직 RMSE 1.5m |
| ⑥ | 도로 횡단경사 측량에 대한 적용성 검증 | - | 고정식 레이저, 도면값 대비 1% 편경사 오차 |

다. FOG Gyro IMU 장비간의 정확도 비교

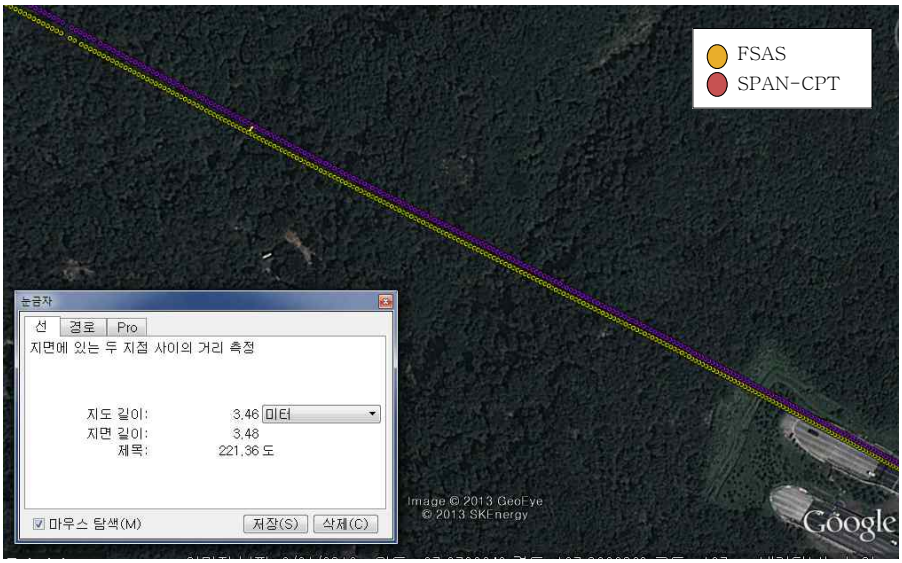
○ FOG Gyro방식의 장비 중에서 MEMS 가속도계 방식인 SPAN-CPT와 Servo가속도계 방식인 FSAS 방식의 장비의 정확도를 비교함

○ 같은 차량에 부착하고 동시간대에 측정한 결과 평지 주행에서는 센서의 이격거리인 0.3m 정도 차이가 나서 선형분석을 위한 오차에는 큰 영향이 없음을 알 수 있음



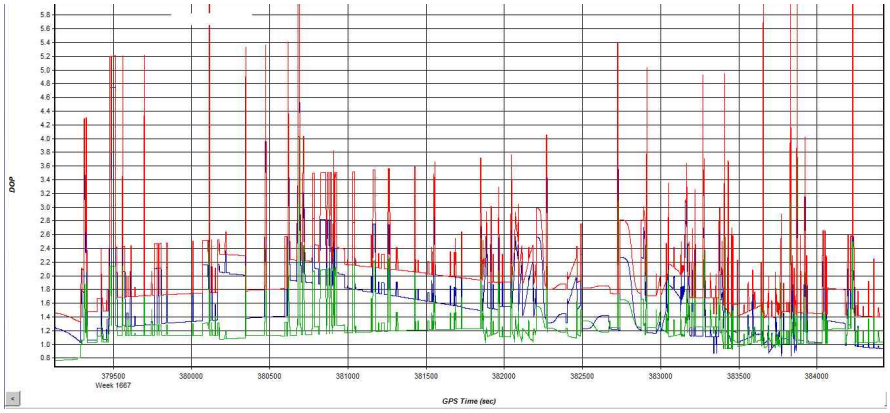

<그림 3-1-26> 평지주행시의 FOG센서간의 오차비교

○ 터널 주행시의 비교결과 약 3m정도의 오차가 벌어졌으나 둘 다 주행궤적을 반영하고 있으며, 비교결과를 제시함

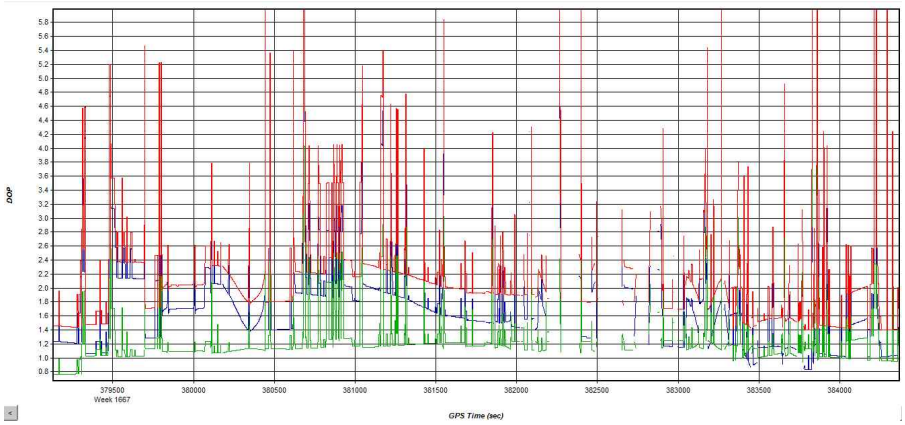



<그림 3-1-27> 터널주행시의 FOG센서간의 오차비교

○ GPS의 DOP(Dilution Of Precision;정밀도 저하율)를 비교하면 둘간의 패턴은 유사하며, 둘간의 DOP의 차이도 0.1 이내로 유사하여 SPAN-CPT장비도 본 연구목적으로 활용이 가능함을 알 수 있음




<그림 3-1-28> FSAS 센서의 DOP (PDOP=2.10, VDOP=1.66, HDOP=1.26)




<그림 3-1-29> FSAS 센서의 DOP (PDOP=2.16, VDOP=1.75, HDOP=1.23)

## 라. 위치 취득 장비(GPS-IMU 통합 시스템) 선정

○ 도로교통 안전점검을 위한 위치 측정은 GPS 폐색지역인 터널, 높은 빌딩지역, 산악 지역 등의 위치 측정도 필요하며 이를 위해서는 GPS 신호가 들어오지 않는 지점에서 IMU로 작동하는 GPS-IMU의 통합장비가 필요함

○ 본 연구의 목적에 적합한 GPS-IMU 통합 시스템을 선정하기 위하여 GPS-IMU 통합 장비의 각 단위 센서(GPS, IMU)에 대한 선정 기준을 다음과 같이 정의함

(1) GPS 요구 성능

○ GPS에서 얻는 기본적인 정보는 위치 및 속도 정보이고, CCD 및 IMU와 통합하기 위하여 다음과 같은 특성을 가지는 GPS가 필요함

- 정밀한 위치 정보를 얻기 위하여 L1, L2 신호를 획득할 수 있는 2주파 수신기를 사용 가능한 GPS 수신기이어야 함

- 실시간 위성정보 및 반송파 정보 등 GPS 위치계산을 직접 수행할 수 있는 관련된 Raw 데이터를 얻을 수 있어야 함

- 동기화신호의 기준이 되는 정밀한 GPS Time을 얻기 위하여 GPS수신기에서 1초마다 1개의 신호를 얻을 수 있어야 함

- 이동 중인 차량의 위치 정보를 기록하기 위해서는 IMU를 보정하기 전의 GPS 기록시간은 최소 1Hz 이상이 가능해야 함. 이는 1 PPS 신호를 이용하여 동기화장치를 작동시키며 실시간 GPS-IMU의 위치정보를 보정하고 선형분석에 사용되는 1m의 GPS-IMU 좌표 값을 얻기 위함임

(2) IMU 요구 성능

○ IMU에서 얻는 기본적인 정보는 자세, 가속도, 속도 및 위치 정보이고, GPS 및 CCD와 통합하기 위하여 다음과 같은 특성을 가지는 IMU가 필요함

- IMU는 3축 자세와 3축 가속도 정보의 Raw data를 제공할 수 있어야 함. 이는 특별한 후처리 없이도 각각의 센서들이 위치와 자세 값을 실시간으로 참조하기 위함이며 선형분석과 레이저 포인트 클라우드 좌표값 계산을 위하여 Roll, Pitch, Yaw 값의 3축 회전 값이 필요함

- 오차의 범위는 시간이 지나도 발산이 적어야 하며 고성능 IMU의 기준인 1.0 deg/ $\sqrt{\text{hr}}$ 이하이어야 하며, 그 이상일 때는 앞의 실험을 통하여 위치오차가 10m 이상 발생할 수 있음을 보였음

- 데이터 기록시간은 약결합 처리만으로 IMU 자세값을 쉽게 얻을 수 있게 최소 100Hz이상이어야 하며, 이는 IMU 자세값을 이용하여 75Hz 이상 빠르게 작동하는 회전식레이저의 포인트 클라우드의 좌표를 계산함

(3) GPS-IMU 통합 장비 요구 성능

○ GPS-IMU 통합장비의 성능은 위에서 제시한 GPS와 IMU 요구 성능에 적합한 GPS와 IMU로 구성되어야하며, GPS-IMU 통합 장비의 경우 연구의 활용성 및 확장성을 위하여 아래와 같은 선정 기준에 적합한 통합 장비가 필요함

- 도로교통 안전점검 차량 개발에 있어서 사용될 GPS-IMU 통합 장비는 도로의 3차원 데이터 취득에 적합해야 하며, 이는 포인트 클라우드를 이용하여 3차원 시거분석에 사용하기 위함

- 다른 위치 정보 획득 센서, 카메라, 레이저 센서 등과 RS232 시리얼 통신과 같은 방법으로 정보를 얻을 수 있으며, GPS 명령을 이용하여 실시간 제어가 가능해야 함

(4) 선정된 1차년도 GPS-IMU 장비

○ 도로의 선형 측량을 위하여 GPS-IMU의 장비 성능에 대한 비교 실험을 다양한 실험환경에서 실시하였으며 도로의 선형을 분석하기 위하여 필요한 정밀도인 10% 이내의 정밀도로 측정하기 위해서는 GPS의 Multi Path 노이즈에 강한 강결합 방식의 FOG(광섬유) Gyro 방식의 정밀한 GPS-IMU가 필요함을 실험을 통하여 보였음

○ 도로의 횡단경사 측량을 위하여 차량의 Roll값을 그대로 이용해도 되는지 검증하는 실험에서는 GPS-IMU의 값과 도면에서 취득한 값과 레이저로부터 취득한 값과의 비교에서 1% 이내의 오차에 들었으며 이것은 차량에서 바로 취득한 Roll 값을 이용하여 정밀한 도로 편경사를 취득이 가능함

○ 실험 결과를 바탕으로 본 연구에서는 위의 성능을 만족하는 Novatel GPS-INS 장비를 선정함



<그림 3-1-30> Novatel SPAN SE GPS와 Imar FSAS IMU
<http://www.novatel.com/assets/Documents/Manuals/om-20000124.pdf>

<표 3-1-6> FSAS IMU성능

| 구분 | | 성능 |
|---|---|---|
| 데이터 최대 속도 | | 200Hz |
| Position Accuracy (Post Processed, m) | | 0.01 ~ 1.5 m RMS |
| Acceleration RMS | | 0.03 $m/s^2$ |
| RTK Attitude Accuracy RMS (10sec) | Pitch(deg) | 0.010 |
| | Roll(deg) | 0.010 |
| | Azimuth(deg) | 0.025 |
| Heading RMSE (deg) | | 0.025 |
| Raw 데이터 공개여부 | | 공개됨 |

- 정밀한 위치 정보를 얻기 위하여 L1대(L1 band, 154×10.23MHz), L2대(L2 band, 120×10.23MHz), GLONASS 신호를 획득할 수 있는 2주파 수신기를 사용한 GPS 수신기임

- Code positions, DGPS(Diffrential GPS), OmniSTAR HP/XP/VBS,CDGPS, SBAS(Satellite Based Augmentation System) 위치 취득이 가능함

- 실시간 위성정보 및 반송파 정보 등 GPS 위치계산을 직접 수행할 수 있는 관련된 원시데이터(Raw Data)를 얻을 수 있음

- GPS수신기에서 1초마다 1개의 신호(1 PPS)를 얻을 수 있고 신호가 나오는 Connector Pin 번호를 알 수 있음

- 이동 중인 차량의 위치 정보를 기록하기 위해서는 데이터 기록시간 (Logging Time)이 최소 1Hz ~ 최대 20Hz까지 가능함

- 외부에서 입력되는 동기화 신호(Event Mark)를 받을 수 있음

- 3축 자세와 3축 가속도 정보의 원시자료(Raw Data)를 제공할 수 있음

- 오차의 범위는 0.75 °/h 이하임

- 데이터 기록시간은 최대 200Hz임

- 외부에서 입력되는 동기화 신호를 받을 수 있음

- 광섬유자이로임

- 컴퓨터에서 명령어로 제어가 가능함

○ 도로교통 안전점검 차량에 탑재된 GPS-IMU 통합시스템의 위치 보정은 DGPS를 사용하고 광섬유 자이로를 사용하므로 위치오차는 3cm 이하, 자세오차는 0.75 °/h의 오차를 갖지만 동적환경일 경우는 달라질 수 있음. GPS 수신기는 GPS 수신기 내의 하드웨어 프로그램인 Core Software로 작동함. GPS는 L1/L2/GLONASS의 24 채널의 수신이 가능한 GPS수신기와 고정밀도의 INS를 이용하여 통합한 시스템임

(5) 선정된 2차년도 플랫폼 GPS-IMU 장비

○ 2차년도에는 후처리 S/W가 필요 없는 HW 실시간 동기화 기술을 새롭게 개발하였으며 이를 바탕으로 상용S/W의 후처리가 없어도 100Hz까지의 성능의 IMU도 정밀한 1m 동기화가 가능하게 되어 2차년도에 100Hz성능의 GPS-IMU를 선정하게 됨

○ 1차년도에는 Lan 통신방식의 고급 GPS-IMU 기종을 선정하였지만, 2차년도에는 GPS broad caster라는 장비를 추가하여, Lan이 아니라 Serial 방식의 통신도 가능하게 하는 기술을 개발하였으며 Serial통신 방식의 GPS-IMU를 선정함




<그림 3-1-31> 플랫폼 위치취득 센서로 선정된
SPAN-CPT (<http://www.novatel.com/>

<표 3-1-7> SPAN-CPT IMU성능

| 구분 | | 성능 |
|---|---|---|
| 데이터 최대 속도 | | 100Hz |
| Position Accuracy (Post Processed, m) | | 0.01 ~ 1.5 m RMS |
| Acceleration RMS | | 0.03 $m/s^2$ |
| RTK Attitude Accuracy RMS (10sec) | Pitch(deg) | 0.005 |
| | Roll(deg) | 0.005 |
| | Azimuth(deg) | 0.005 |
| Heading RMSE (deg) | | 0.025 |
| Raw 데이터 공개여부 | | 공개됨 |

- 정밀한 위치 정보를 얻기 위하여 L1대(L1 band, 154×10.23MHz), L2대(L2 band, 120×10.23MHz), GLONASS 신호를 획득할 수 있는 2주파 수신기를 사용한 GPS 수신기임

- Code positions, DGPS(Diffrential GPS), OmniSTAR HP/XP/VBS,CDGPS, SBAS(Satellite Based Augmentation System) 위치 취득이 가능함

- 실시간 위성정보 및 반송파 정보 등 GPS 위치계산을 직접 수행할 수 있는 관련된 원시데이터(Raw Data)를 얻을 수 있음

- GPS수신기에서 1초마다 1개의 신호(1 PPS)를 얻을 수 있고 신호가 나오는 Connector Pin 번호를 알 수 있음

- 이동 중인 차량의 위치 정보를 기록하기 위해서는 데이터 기록시간(Logging Time)이 최소 1Hz ~ 최대 5Hz까지 가능함

- 외부에서 입력되는 동기화 신호(Event Mark)를 받을 수 있음

- 3축 자세와 3축 가속도 정보의 원시자료(Raw Data)를 제공할 수 있음

- 오차의 범위는 0.1 °/h 이하임

- 데이터 기록시간(Logging Time)은 최대 100Hz임

라. DMI(Distance Measurement Instrument)



조수석 전륜 DMI 장착 현황　　운전석 전륜 DMI 장착 현황

<그림 3-1-32> In wheel 방식의 DMI 장착 현황

○ 1m마다 거리를 정밀하게 측정하기 위하여 차량의 전방 운전석과 조수석 바퀴에 휠 안쪽에 설치되는 DMI를 장착함

○ 차량의 움직임과 정확히 동기화가 안 되면 1m 마다 차량위치를 계산시 1m의 거리가 정확히 나오지 않음. 지속적인 테스트를 통하여 DMI pulse조정과 신호 Delay가 없는지 파악해야 함

○ 일반적으로 기존의 DMI는 외부 돌출형이 많이 사용되었으나 파손 등의 위험이 항상 존재하여 이번에 휠 내에 삽입되는 내부형으로 개량함

○ 동기화장치에서 1m 마다 펄스를 계산하여 1m의 Transistor to Transistor Logic(TTL) 신호를 발생시켜 주며, 이것을 이용하여 각각의 센서들의 1m 동기화를 가능하게 함

○ 곡선도로 주행시 좌우 바퀴의 회전이 다를 수 있으므로 DMI의 정밀도를 높이기 위하여 전륜 좌, 우측에 장착하여 평균을 구하여 정밀한 1m 좌표를 얻음

마. 영상획득 장비

(1) 영상 촬영 장비 요구 성능

○ 도로교통 안전점검 차량 개발에서는 도로의 안전성을 조사하고 분석하기 위한 시스템이기 때문에 도로의 현상을 정확하고 빠르게 취득하여야 함

○ 취득한 영상을 통해 도로의 형상이나 도로시설물의 위치정보도 추출하여야 하기 때문에 고해상도, 고선명도의 CCD 카메라가 필요함

○ 해상도가 높을수록 영상의 저장용량은 커지기 때문에 무조건 높은 해상도의 카메라를 선택하는 것보다는 저장장치의 처리속도 및 용량을 고려하여 결정하는 것이 좋음

○ 카메라의 해상도 및 렌즈를 선택할 경우, 많은 매개변수가 고려대상이 되는데, 주요 요소로는 대상물체의 크기, 영상취득 영역, 물체와 카메라간의 거리 등이 있음

○ 렌즈는 초점거리에 따라 대상물의 크기가 달라지기 때문에 영상을 통해 객체의 위치정보를 추출하기 위해서는 단초점 렌즈를 사용하는 것이 바람직하며, 다초점 줌렌즈를 사용할 경우 차량의 진동에 의해 초점거리가 변경될 수 있으므로 피하는 것이 좋음

○ CCD 카메라에서 획득되는 기본적인 정보는 영상 정보로 이를 GPS 및 IMU와 통합하기 위하여 다음과 같은 특성을 가지는 CCD 카메라가 필요함

- 고속 환경에서 빠른 영상 저장과 영상의 손실이 생기지 않기 위하여 1 Giga bps의 성능을 가지는 Gigabit Ethernet 카메라 지원

- 프레임 그레브가 필요 없는 네트워크 카메라 방식으로 버퍼링 형식의 영상 저장 지원

- 이미지 사이즈는 전방 및 측방에 대한 넓은 정보를 얻기 위하여 최소한 HD 급의 영상인 1292×964 pixel 이상 이미지를 얻을 수 있는 CCD 카메라 필요

- 시속 100km/h의 속도에서도 정확한 순간의 영상을 촬영하기 위하여 셔터 스피드는 1/1,000sec 이하의 성능이 필요하고 동영상 데이터 저장은 30FPS 이상이 필요함

- 저장되는 데이터 형식은 데이터 저장 공간 등을 고려하여 jpg형식의 이미지 포맷을 지원하여야 함

- 외부에서 입력되는 트리거 동기화 신호를 받아 이벤트 발생시의 영상 촬영이 하드웨어, 소프트웨어 적으로 가능해야 함

- 윈도우즈 기반으로 RGB & PCI 드라이버를 지원하여 프로그래밍이 가능해야 함

(2) 선정된 영상 촬영 장비

○ 위의 기준으로 Manta G-125C Giga-E 카메라를 선정함




<그림 3-1-33> Manta G-125C Giga-E
카메라(<http://www.adlinktech.com/>)

<표 3-1-8> 선정된 카메라와 렌즈의 사양

| 항목 | 내용 |
|---|---|
| 카메라 | Manta G-125C Giga-E |
| 영상 크기 | 1292 × 964 |
| 셀 크기 | 3.75㎛ × 3.75㎛ |
| 유효 칩 크기 | 4.8mm × 3.6mm |
| CCD 센서 | Digital 3 × 1/3″ progressive scan IT CCD |
| 렌즈 | sony 4mm, low distortion |
| 동영상 프레임 | 30 FPS |
| 외부 입력 방식 | external trigger, software 트리거방식 지원 |
| 주사 방식 | progressive area scan 방식 |
| 영상 캡쳐 방식 | Giga-E 방식에 의한 네트워크 카메라 방식 |
| 셔터 스피드 | 3/100000초의 빠른 셔터스피드 지원 |

○ 시설물 인식 알고리즘 개발을 위한 초기 테스트 결과 SVM(Support Vector Machine)을 이용하여 빨강, 파랑 표지판의 색분리 후 동일 색 영역을 추출하고 Hough 변환과 윤곽 알고리즘을 이용하여 패턴을 인식하여 실시간에

가까운 분리 성능을 보였으며, 이러한 알고리즘으로 개발하고자 함

바. 회전식 레이저 장비

(1) 레이저스캐너 선정 시 고려사항

○ 레이저는 일반적으로 거리에 따라 거리 및 위치결정 정확도가 낮아지질 뿐만 아니라 스캔각 분해능, 스캔속도 등과 연관되어 있으므로 다른 요소들도 함께 고려하여야 함

○ 도로폭 및 도로내의 시설물 정보 취득을 위한 필요한 스캔 거리는 50m 이상의 스캐너가 필요함

○ 스캐너는 방사방향으로 기기내의 반사거울을 일정 각도만큼씩 회전시킴으로써 공간적인 간격을 확보할 수 있는 것임. 이 간격이 작을수록 동일한 영역에서 더 많은 자료를 취득할 수 있으나 자료취득에 소요되는 시간이 많이 소요된다는 점에 유의하여야 함

○ 스캔속도는 1초당 레이저파를 송수신하는 회수를 말함. 스캔하고자 하는 영역을 포괄하기 위해서는 수평 및 수직방향으로 레이저파를 뿌려야 하기 때문에 스캔속도가 빠를수록 전체영역을 스캔하는 시간이 단축됨

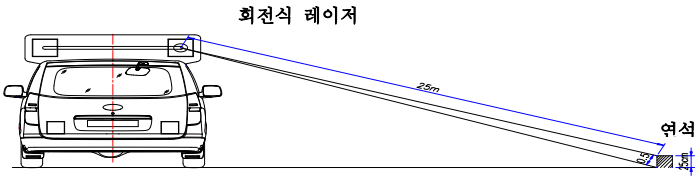
○ 스캔속도는 레이저 송수신 다이오드의 성능에 따라 달라지는데 속도가 빠를수록 스캐너의 가격이 상승함

○ 레이저파가 대상영역의 표면에 입사되는 방향과 그 직각방향으로 각각 측정오차를 가짐

○ 측정거리에 따라 위치정확도가 낮아짐. 위치정확도가 높은 스캐너일수록 허용오차 안에서 더 먼 거리까지 측정할 수 있으므로 도로와 같이 연속적인 선형을 대상으로 하는 경우에는 작업의 효율성을 높일 수 있음

(2) 회전식 레이저 장비 요구 성능

○ 본 연구에서는 차량에 설치하는 회전식 레이저가 필요하며 다음과 같은 사양이 도로교통 안전점검 차량에 필요함




<그림 3-1-34> 회전식 레이저스캐너를 이용한 연석인식

○ 25m 떨어진 25cm 도로 연석을 분석할 수 있는 레이저스캐너의 분해능은 스캔각도 180° 이상이며 회전속도 600ppm 이상이며 스캔 분해능이 0.5° 이하가 필요함(25m × tan(0.5°) = 21.81cm )

○ 차량에 장착하여 일반 주행속도로 주행이 가능한 정도의 내구성을 가지는 제품이어야 하며 우천시 사용 가능하고 야외에서 사용이 가능한 제품이어야 함(IP65등급 이상)

○ 안전한 측정이 가능한 레이저 등급인 Class Ⅰ등급(eye-safe) 이어야 함

○ 회전식 레이저 스캐너 장착용 장치는 차량이 일반 주행속도로 주행 중에도 회전식 레이저 스캐너를 안정적으로 고정시킬 수 있는 있어야 함

(3) 선정된 레이저 센서 장비

○ 본 연구에서는 위의 조건을 만족하는 Sick사의 LMS 291 레이저 스캐너를 선정함




<그림 3-1-35>
레이저스캐너<www.mysick.com/saqqara/im0012759.pdf>

<표 3-1-9> 선정된 회전식 레이저 사양

| 항목 | 규격 |
|---|---|
| 스캔 각도 | 180° 이상 |
| 헤드 회전속도 | 600pm 이상 |
| 스캔 분해 각도 | 0.5° 이하 |
| 스캔 빈도(frequency) | 75kHz 이상 |
| 스캔 분해능 | 1mm 이하 |
| 통신방식 | 시리얼 통신(RS 232) |
| 스캔 거리 | 80m 이상 |

사. 시설물 레이저 장비

(1) 시설물레이저 요구 성능

○ 전방의 교통표지판을 자동으로 인식하기 위해서는 반사도가 측정이 가능해야 하며. 동시에 표지판까지의 거리가 직각 좌표계 형식으로 출력이 가능해야 함

○ 도로의 폭원 내의 범위를 측정하기 위해서는 스캔거리는 50m 이상이 되어야 하며, 상하의 1m의 폭을 측정하기 위해서는 4레이어 스캐너가 적당함

○ 스캐너가 외부에 돌출되어 있어서 우천시 사용이 가능한 IP65 등급 이상이어야 함

○ 전방을 주사하는 레이저로 눈에 안전한 Class I 등급(eye-safe) 이어야 함

(2) 선정된 레이저 센서 장비

○ 본 연구에서는 위의 조건을 만족하는 Sick사의 LD-MRS 400001 레이저 스캐너를 선정함

○ 좌우측 교통표지판의 인식을 위하여 좌, 우 양측에 센서를 부착함




<그림 3-1-36> 시설물 레이저 스캐너
<www.robotsinsearch.com>

<표 3-1-10> 선정된 시설물 레이저 사양

| 구분 | 규격 |
|---|---|
| 스캔 각도 | 110° 이하 |
| 스캔 분해 각도 | 0.5° 이하 |
| 스캔 빈도(frequency) | 12.5Hz ... 50Hz |
| 스캔 분해능 | 10mm 이하 |
| 통신방식 | Ethernet, RS 232 |
| 스캔 거리 | 0.5m ... 250m |
| 동시 측정 레이어 | 4 레이어 이상 |

아. 노면 온도 센서

(1) 노면온도 센서 요구 성능

○ 노면의 온도를 비접촉 방식으로 측정하기 위하여 적외선 방식의 온도 측정 센서가 필요함

○ 노면 결빙 예상 지역 등의 위험을 파악하기 위한 것으로서 겨울을 포함한 4계절 사용이 가능하며, 간단한 유지보수 만으로 작동이 가능한 관리가 편리한 센서가 필요함

○ 노면과 외기 온도와의 관계를 통한 노면온도 모델링 자료로 활용할 수 있게 대기온도도 같이 측정이 되면 좋으며, 케이블 통신을 통하여 디지털 형태의 데이터로 Output되는 것이 필요함

○ 빠른 차량 운행 중에 측정이 가능하게 최소한 1Hz 이상의 데이터 취득이 가능해야 함

(2) 선정된 노면온도 센서

○ 본 연구에서는 위의 조건을 만족하는 바이살라 사의 DSP100을 노면온도 센서로 선정함




<그림 3-1-37> 선정된 노면온도 센서

<표 3-1-11> 선정된 노면온도센서 사양

| 구분 | 규격 |
|---|---|
| 데이터 속도 | 10Hz 이상 |
| 정확도 | ±0.3℃ 이하 |
| 내 충격성 | 50Gs 이상 |
| 내 진동성 | 10Gs 이상 |
| 작동 온도 | -40℃ ~ +71℃ |
| 입력 전압 | 12V 또는 24V |

나. 센서 통합 방안 마련

○ 각 센서는 독립적인 시간대를 가지므로 센서에 전달되는 정보 획득 지점에서 발생되는 동기화 신호는 각 센서가 취득하는 시간대와 정확하게 일치하지 않음

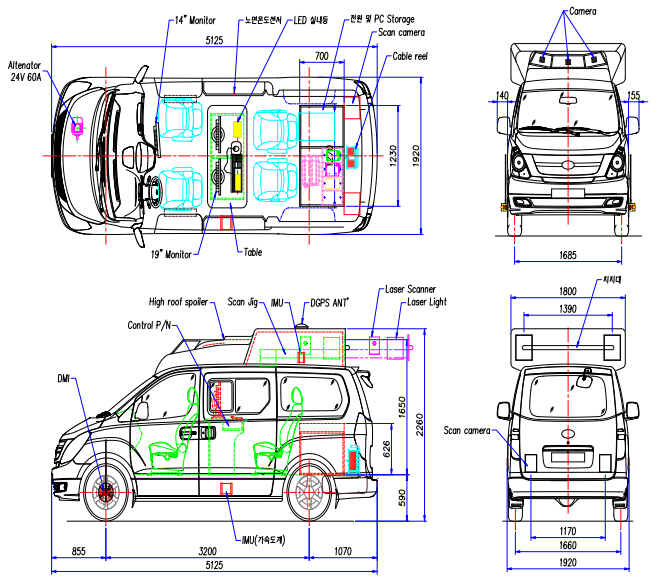
○ 각 센서의 동기화를 위해서는 GPS의 정밀한 PPS(Pulse Per Second) 신호를 이용하여 동기화 하는 것이 필요하며 PPS를 이용한 동기화는 별도의 동기화장치를 제작하여 동기화를 구현함

## 5. 도로교통 안전점검 차량 장비 설계서 및 시제품

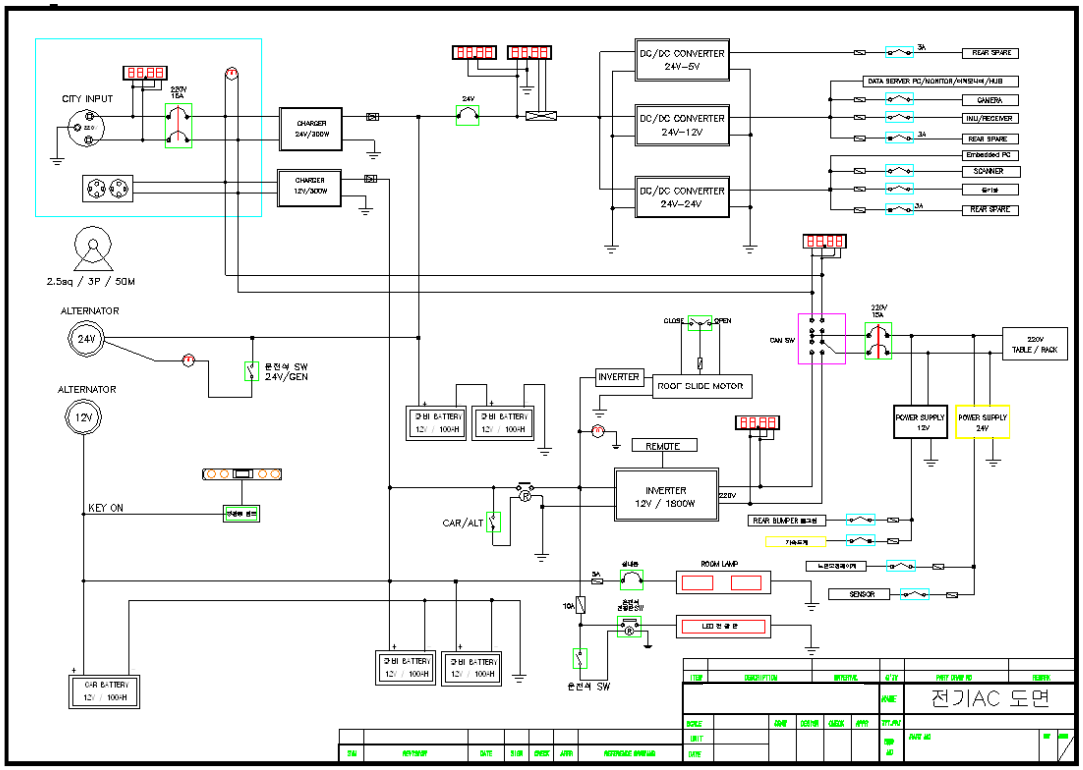
### 가. 도로교통 안전점검 차량 설계

○ 도로교통 안전점검 차량에 탑재될 장비는 도로의 전방을 촬영하기 위한 Dual CCD 카메라와 위치 정보를 획득하는 GPS-IMU, 거리 측정기인 DMI, 각 센서를 DMI 신호로 동기화 시켜줄 동기화장치, GPS-IMU 신호를 통합 및 촬영된 도로 영상을 저장할 컴퓨터로 구성됨

○ 강우시의 센서보호와 센서의 도난 방지를 위하여 센서를 보호하는 Fiber Reinforced Plastics(FRP) 몰드형 지붕을 부착하였으며 강우에 약한 노면 레이저를 위하여 뒤쪽에 슬라이드형 지그를 제작하여 필요시에만 레이저를 사용하게 함




<그림 3-1-38> 도로교통 안전점검 차량




<그림 3-1-39> 도로교통 안전점검 차량의 전기배선도

## 나. 도로교통 안전점검 차량 제작

○ 도로교통 안전점검을 위한 차세대 장비의 이름은 ARASEO(Automated Road Analysis and Safety Evaluation tOol)라고 명명함

○ 물고임 측정 장비용 라인레이저는 측정을 위하여 차량 뒤쪽으로 0.5m 나오는 것이 필요하여 슬라이딩 전동 지그 방식으로 지붕 몰드에 수납되게 함

○ 도로폭 측정을 위한 스캐너도 슬라이드 시스템에 같이 부착하여 우천시에 센서를 보호하게 함

○ 차량내에서 자체장비의 전원을 위하여 알터네이터와 배터리를 부착하였으며, 외부 AC220V 전원을 통하여도 충전이 가능하게 외부 전원 인입반을 마련하며, 차량시동과 동시에 알터네이터를 켜고 끄기 위하여 알터네이터 스위치를 운전석에 마련함

○ 각각의 센서를 개별적으로 켤 수 있게 개별적인 스위치를 마련하였으며, 각

각의 센서 보호를 위하여 각 스위치마다 퓨즈를 설치함

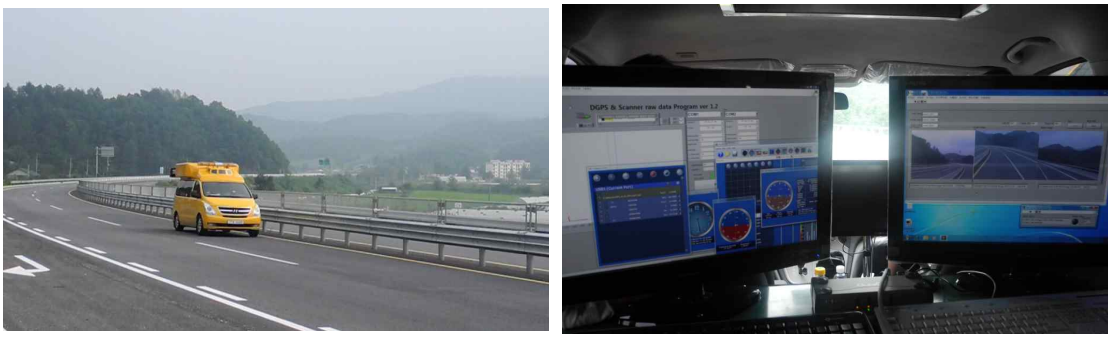
○ 조수석 모니터는 모든 센서의 상태를 한눈에 파악할 수 있게 하며, 터치스크린으로 모니터에서 간편하게 명령을 내릴 수 있게 함

○ 도로조사시 주변 차량의 주의 환기를 위하여 황색경광등과 뒤쪽의 LED 전광판을 부착하였으며, 주요 센서 위치는 다음과 같음




<그림 3-1-40> 도로교통 안전점검 차량의 주요 센서 위치

○ 기하구조 수집 장비의 데이터 취득율을 파악하기 위하여 국도 37호선 가평-현리 구간에서 약 80km/h의 속도로 5회에 걸쳐 데이터 취득율에 대한 실험을 진행함



<그림 3-1-41> 국도37호선 가평-현리 구간 데이터 취득율 실험

<표 3-1-12> 국도 37호선 테스트 지역의 데이터 취득율

| 측정시간 | 도면거리 (m) | GPS 거리(m) | 카메라 영상 취득 개수 (5m 당) | 도로폭 취득 회수 (1m 당) | 경위도 좌표 취득 회수 (1m 당) | 차량 자세값 취득 회수 (1m 당) | 데이터 취득율 (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2011-08-10 16:03 | 6440 | 6413.7 | 1282 | 6408 | 6408 | 6408 | 99.91% |
| 2011-08-10 17:23 | 6440 | 6012.2 | 1202 | 6007 | 6007 | 6007 | 99.91% |
| 2011-08-10 17:32 | 6440 | 6423.3 | 1284 | 6417 | 6417 | 6417 | 99.90% |
| 2011-08-10 17:41 | 6440 | 6419.2 | 1282 | 6413 | 6413 | 6413 | 99.90% |
| 2011-08-10 17:51 | 6440 | 6305.7 | 1261 | 6298 | 6298 | 6298 | 99.88% |

다. SBAS를 이용한 실시간 DGPS 후처리 방안 마련

○ DGPS의 처리 방법에는 모뎀을 이용한 RTK 후처리, 자체기준국이나 상시관측소의 보정데이터를 이용한 S/W 후처리, SBAS를 이용한 실시간 후처리가 있음

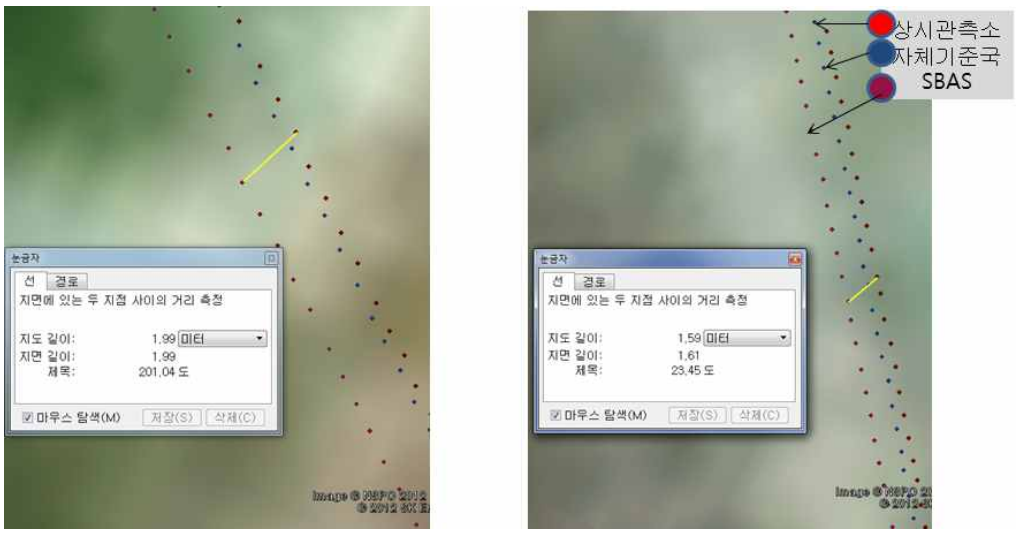
○ 모뎀 신호를 이용하는 RTK는 10km 반경이내에서만 정확도를 확보할 수 있으며 RTK 신호를 주고 받는 별도의 장치가 필요함

○ 자체기준국이나 상시관측소의 보정데이터를 이용한 후처리 방식의 정확도는 cm급으로 높아지나 보정데이터 확보에 시간이 걸리고, 본 연구목적과 같이 장거리를 주행하면서 실시간으로 각 센서의 위치를 실시간으로 동기화 하는데는 적합지 않음

○ 이에 본 연구에서는 우리나라에서 현재 2기가 관측되는 SBAS(Satellite Based Augmentation System, 위성기반 오차보정시스템, 위성기반보강시스템)을 이용하여 실시간 보정하는 방법을 시험하였음

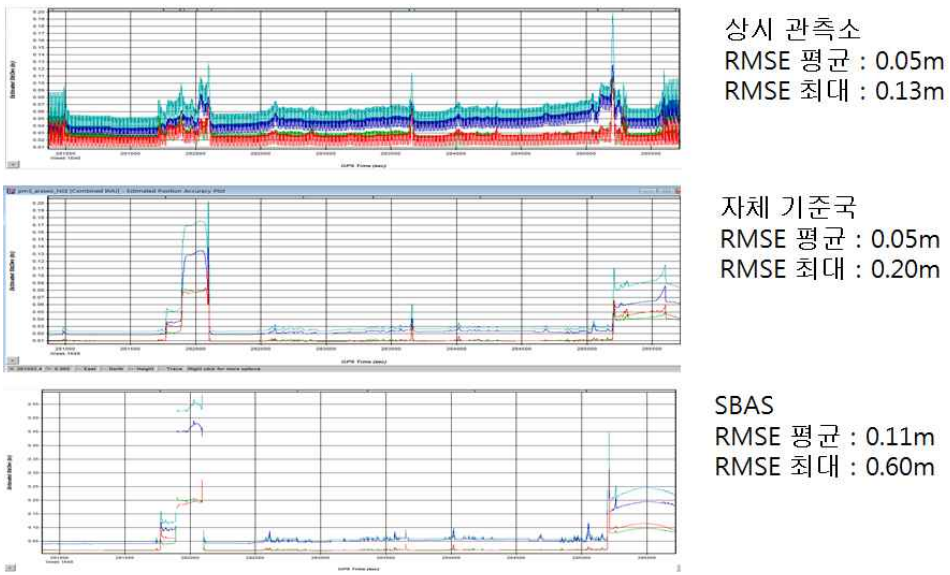
○ 국립지리원에서 운영하는 상시관측소를 이용한 보정, 인근에 자체 GPS를 이용하여 기준국을 세운 자체 기준국방식, SBAS를 이용한 방식의 궤적을

비교한 결과 약 2m의 오차가 발생함




<그림 3-1-42> DGPS 방식의 궤적 비교

○ 3가지 방식의 RMSE 오차를 비교한 결과는 다음과 같으며, SBAS 방식도 RMSE가 0.11로 정밀한 결과를 얻음




<그림 3-1-43> GPS 후처리 방식의 RMSE 비교

○ GPS 후처리(DGPS, 상시관측소, SBAS)에 따른 도면과의 선형처리 오차율을 비교한 결과 각 후처리 방안에 따른 오차율의 차이가 적으며, SBAS를사용하여 실시간 GPS좌표를 기록해도 안전점검을 위한 정확도 확보 가능함

<표 3-1-13> GPS 후처리 방식에 따른 37호선의 도면과의 오차율 비교

| 평면 곡선 | 후처리에 따른 결과 | | | 도면 | 오차율 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | DGPS | 상시 관측소 | SBAS | | DGPS | 상시 관측소 | SBAS |
| 곡선1 | 1020 | 1014.7 | 1014.8 | 1005 | -1.49 | -0.96 | -0.98 |
| 곡선2 | 413.7 | 413.2 | 413 | 420 | 1.5 | 1.62 | 1.67 |
| 곡선3 | 440.6 | 438.4 | 437.7 | 420 | -4.9 | -4.37 | -4.21 |
| 곡선4 | 421.7 | 421.5 | 421.6 | 420 | -0.41 | -0.37 | -0.39 |
| 곡선5 | 544.3 | 543.6 | 550.5 | 530 | -2.69 | -2.56 | -3.86 |
| 곡선6 | 721.2 | 719.1 | 720.6 | 680 | -6.05 | -5.75 | -5.97 |
| 곡선7 | 451.1 | 445.1 | 446.2 | 440 | -2.52 | -1.16 | -1.42 |

| 종단 경사 | 후처리에 따른 결과 | | | 도면 | 오차율 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | DGPS | 상시 관측소 | SBAS | | DGPS | 상시 관측소 | SBAS |
| 경사1 | -0.51 | -0.5 | -0.53 | -0.433 | 0.08 | 0.06 | 0.1 |
| 경사2 | -1.01 | -2.1 | -2.1 | -2.2 | -1.19 | -0.1 | -0.1 |
| 경사3 | -1.62 | -1.72 | -1.77 | -1.607 | 0.01 | 0.11 | 0.16 |
| 경사4 | -3.99 | -4 | -3.92 | -3.963 | 0.02 | 0.03 | -0.05 |
| 경사5 | -2.9 | -3.04 | -3.04 | -3.14 | -0.25 | -0.11 | -0.11 |
| 경사6 | -2.07 | -2.22 | -2.24 | -2.188 | -0.12 | 0.03 | 0.05 |
| 경사7 | -1.17 | -1.52 | -1.37 | -1.627 | -0.46 | -0.11 | -0.26 |
| 경사8 | - | -1.13 | - | -1.328 | -1.33 | -0.2 | -1.33 |
| 경사9 | -0.49 | -0.49 | -0.48 | -0.595 | -0.11 | -0.11 | -0.12 |

○ 이에 본 연구에서는 SBAS 방식의 실시간 DGPS 방식을 사용하였으며, 값비싼 상용후처리 S/W를 사용하지 않더라도 정밀한 1m 간의 위치 좌표를 취득 가능하게 함

# 제1-2절 선형분석 알고리즘

## 1. 선형분석 알고리즘

### 가. 개요

○ 도로기하구조 정보는 도로안전성 점검에 기본 항목으로 포함되며, 안전성 점검을 위해서는 대상노선의 도면이 이용되지만, 도면이 부재한 구간은 일반국도 1/3 수준으로 존재하므로 도로안전성 점검에 한계가 존재함

○ 이러한 선형정보 취득의 한계점을 보완하기 위하여 본 연구에서는 도로기하구조정보를 취득하는 방법을 연구함

○ 위치정보수집센서와 자세정보수집센서 등을 장착한 안전점검 차량을 이용하여 도로선형정보(평면선형, 종단선형, 횡단선형)를 취득하기 위한 선형분석 알고리즘을 개발함

○ 본 연구에서 개발된 선형분석 알고리즘을 이용하여 도로안전성을 평가하는 대상노선의 도면정보가 부재시에 기하구조 정보를 취득가능하게 하고, 도로안전성 분석을 실시함

### 나. 연구수행절차

○ 본 연구에서는 위치정보(X, Y, Z)와 자세정보(Roll, Pitch, Heading)를 수집하는 센서인 GPS-IMU 통합센서를 이용하여 평면선형, 종단선형, 횡단선형을 구분함

○ 평면선형과 횡단선형 자료는 IMU에서 수집되는 Roll, Pitch, Heading 중에서 Roll(횡단선형), Heading(평면선형)이 사용하였으며, 종단선형을 위한 자료는 위치자료센서에서 수집되는 X, Y, Z에서 Z 값을 사용함

○ 위치자료센서와 자세자료센서에서 수집된 자료(원시데이터)에는 Noise(이상치 등)가 포함되어 있으므로, 이동평균법(Moving Average)을 사용하여 Smoothing을 통한 Noise를 제거하고, 각각의 선형을 직선부와 곡선부로 구분하는 임계값을 유전자 알고리즘(Genetic Algorithm)을 사용하여 도출함

○ 특히, 본 연구에서는 평면선형, 종단선형, 횡단선형의 추출을 위하여, 상/하행의 자료를 취득하여 중심선을 도출하여 도로선형 분석을 실시함

(1) 자료수집

(가) 개요

○ 선형분석 알고리즘을 개발하기 위한 위치자료(X, Y, Z)는 GPS 센서, 자세정보(Roll, Pitch, Heading)는 IMU 장비를 사용하여 수집함

○ 특히, GPS는 도심부/산악지, 터널 등의 차폐지역 등에서 위치정보의 정확도가 감소하며, IMU는 시간에 따라 누적되는 편차(Bias)가 발생하므로, 2개의 센서를 결합한 GPS-IMU 통합 센서를 사용함

○ 센서를 통해 수집된 위치정보는 좌표로 취득되며, 자세정보는 각도로 취득되고, 선형분석 알고리즘 구현을 위하여 차량의 주행궤적에 따라 위치정보와 자세정보를 일정 간격(1m)으로 취득하는 DMI 등이 사용되었으며, 각각의 센서에 대한 제원 및 세부설명은 장비 파트에서 제시함

(나) 자료 특성

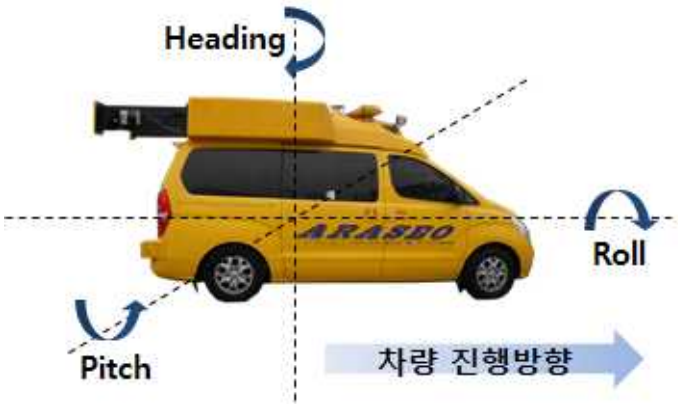
○ 본 연구에서는 차량의 위치정보 중에서, X, Y는 각각 평면좌표에 사용되는 자료이며, Z는 지오이드(평균 해수면)로부터의 위치(높이)를 의미하는 차량의 고도를 의미함

○ 차량의 자세정보의 경우 Roll, Pitch, Heading이 수집되며, Roll은 물체가 좌우로 기울어진 정도를 나타내는 값으로써, 측정단위는 도(°)이며, 차량 주행시 편경사에 따른 차량의 거동변화를 반영함

○ Pitch는 차량의 전/후단의 변화를 나타내며, Heading은 차량의 좌/우 방향움직임을 나타내며, 측정단위는 도(°)로 나타나며, <그림 3-1-44>에는 차량을 기준으로 Roll, Pitch, Heading의 자세정보를 제시함

- 예를 들어, 'ARASEO'를 통해 취득된 Heading값이 185°, 186°, 187°로 나타나는 경우에는 차량은 우측으로 회전한 것을 나타내며, 187°, 186°, 185°로 나타나면 차량은 좌측으로 회전한 것으로 나타남

- 또한, 연속된 Heading값의 차이가 일정하게 나타나 직선부로 구분되며, Heading값의 차이가 증가하거나 감속하게 나타나면 곡선부로 구분됨




<그림 3-1-44> 차량의 자세정보

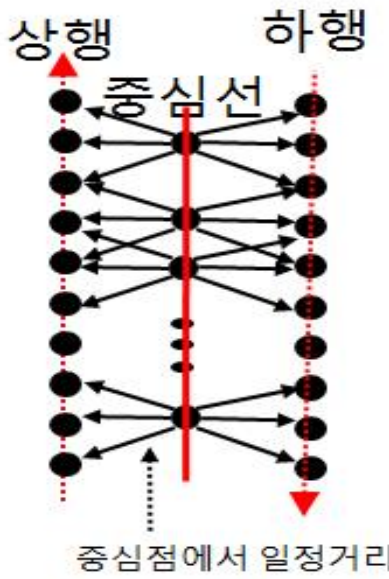
(2) 중심선 추출

○ 도로선형정보를 추출하기 위한 차량의 주행에 있어서, 차량은 도면에 나타나는 도로중심선으로 주행하지 못하기 때문에, 상·하행 주행에 따라 상·하행에서 산출되는 값이 다르게 나타날 수 있음

○ 따라서, 본 연구에서는 도로선형을 추출하려고 하는 차량이 상행방향과 하행방향을 주행함으로써, 주행궤적자료를 취득하고, 중심선 추출을 통한 하나의 좌표를 생성했으며, 도로중심선 생성 및 정점 추출 입력화면과 개념도를 제시함




<그림 3-1-45> 도로중심선 생성 및 정점 추출 입력화면




<그림 3-1-46> 중심선 개념도

(3) Noise 제거

○ GPS-IMU가 장착된 안전점검차량에서 취득되는 자료에는 차량의 주행상태, 운전자의 운전행태 등에 의한 Noise가 포함되므로, 안전점검차량에서 취득된 자료의 Noise 제거를 위한 적절한 Smoothing Method가 수행되어야 함

○ 본 연구에서는 다양한 Smoothing Method중에서 보편적으로 사용된 이동평균법(Moving Average Method)을 사용하였으며, Span(분석범위)이 k인 경우의 이동평균법 적용식을 제시함

$$D_n = \frac{D_{n-\frac{(k-1)}{2}} + \cdots + D_{n-2} + D_{n-1} + D_n + D_{n+1} + D_{n+2} + \cdots + D_{n+\frac{(k-1)}{2}}}{k} \quad \text{.....(3-1-3)}$$

$D_n = smoothing$이 적용된 $n$번째 값
$k = span$

(4) 임계값 설정(유전자 알고리즘(GA : Genetic Algorithm))

(가) 개요

○ 유전자 알고리즘은 확률적인 방법과 개체간의 체계적인 정보교환을 통한 탐색공간의 조사를 이용하여 최적의 해를 산출하는 방법

○ 선택, 교배, 돌연변이의 유전학적 연산자들에 의한 선택을 사용하여 염색체의 개체집단에서 새로운 집단으로 이동시키는 방법으로 최적화, 자동 프로그래밍, 경제학, 생태학, 집단 유전학 등에 응용됨(Mitchell, 1997)

○ 또한, 국내에서도 일반국도 PMS(Pavement Management System)의 동질성 구간 분할 방법을 개선하기 위한 연구를 위해 유전자 알고리즘을 사용한 연구함

- 유전자 알고리즘의 사용을 통해 적합도 함수를 단위구간별 포장 특성치와 동질성 구간의 특성치의 편차로 정의하였으며, 유전자 알고리즘에 의해 동질성 구간을 최적화한 결과는 합리적인 것으로 제시함

○ 유전알고리즘의 기본적인 유전 연산자로는 선택(Selection)연산자, 교배(Crossover)연산자, 변이(Mutation)연산자가 있음

○ 선택연산자는 개체의 적합도 값에 따라 적응성이 높은 개체만이 적자생존 방식으로 선택되어 자손을 번식시킬 수 있다는 점을 이용하였으며, 적합도에 비례하여 선택될 확률이 주어짐

○ 교배연산자는 분열 과정중 2개의 염색체가 일부 유전자를 서로 교환함으로써 새로운 염색체를 생성하는 과정이며, 변이연산자는 일정 확률로 유전자

를 변화시키는 것으로, 부모해가 가지지 못한 성질을 부여하여 더 광범위한 탐색 범위를 확보하기 위해 수행함

○ 초기집단을 형성한 후 유전자로 표시된 변수를 주어진 실제 설계 영역으로 변환시켜 각 변수의 실제 값을 계산한 후 목적 함수의 결과에 따라 적합도를 부여하여 평가함

○ 적합도 평가 후 선택, 교배, 변이과정을 거쳐 초기에 설정한 집단과 같은 수의 새로운 집단을 형성하고, 새로운 집단에 대한 적합도를 산출하여 수렴조건을 만족하면 알고리즘을 종료하고, 만족하지 않으면 선택, 교배, 변이과정으로 돌아감

(나) 적용

○ 본 연구에서는 집단 내의 유전자를 선형분석 알고리즘에 대입하여 집단 수만큼의 분류정확도를 산출했으며, 목적함수를 선형인식 알고리즘을 통한 분류정확도로 설정하여 최대 분류 정확도를 산출하는 파라미터를 결정함

○ 분류정확도는(Correct Classification Rate: CCR) 선형분석 알고리즘을 통해 분류된 결과를 참 값과 비교하여 정확하게 분류한 비율을 의미함

- 즉, 기하구조 분석에서 직선을 직선, 곡선을 곡선으로 정확이 분류한 비율을 의미하며, 예를 들어, 직선구간 5개중에서 4개를 정확히 직선으로 구분하고, 곡선구간 5개중에서 5개를 정확히 구분한 경우, 전체 10개 구간중에서 9개를 정확히 구분했으므로, 90%의 분류정확도가 나타남

- 따라서, 분류정확도가 높을수록 구간을 정확하게 분류했다는 것을 의미하며, 분류정확도 산출식을 제시함

$$\text{분류정확도}(\%) = \frac{\text{알고리즘에의해 정확히 인식된 구간수}}{\text{전체 인식대상 구간 수}} \times 100 \quad \text{.....(3-1-4)}$$

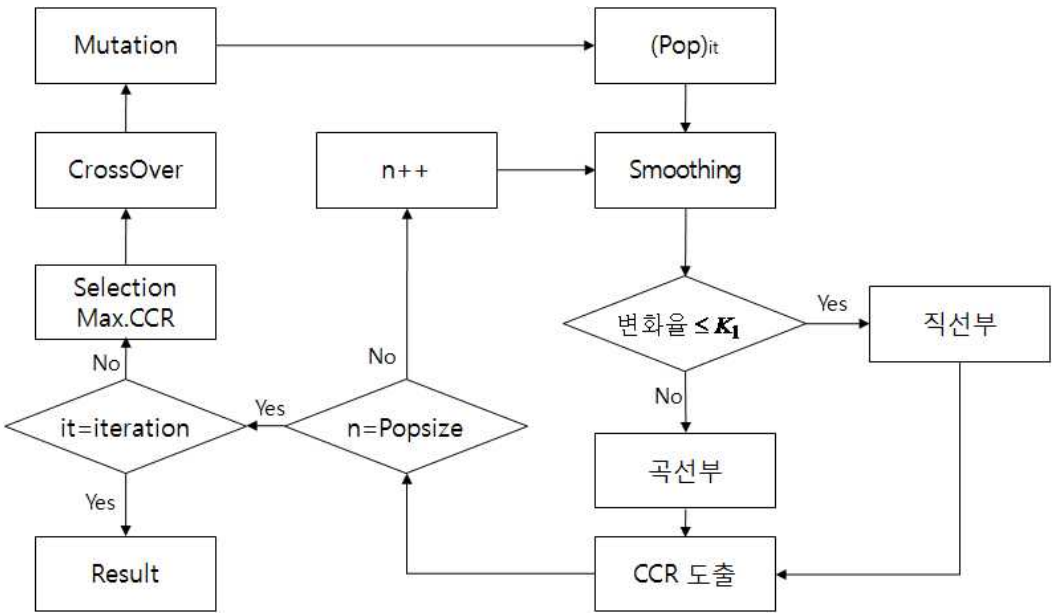
○ 최대의 분류정확도를 가지는 값을 선택하고, 교배, 변이하는 유전자 알고리즘의 과정을 거쳐서 반복 횟수만큼의 알고리즘이 수행되면 알고리즘을 종료하고 분류정확도를 최대로 하는 파라미터 값($K_1$)을 산출함

○ 유전알고리즘을 수행하기 전에 적절한 초기 집단의 수와 교배확률과 변이확

률을 결정해야 하며, 일반적으로 초기집단 수는 20~30, 교배확률은 80%~95%, 변이확률은 50%~100%의 값을 사용함

○ 본 연구에서는 초기 집단 수를 20으로 설정하고 초기 값을 임의로 대입하여, 교배확률 80%, 변이확률을 50%로 설정함

○ 또한, 임계값은 자료의 smoothing정도에 따라 다르게 나타나므로, 본 연구에서는 유전자 알고리즘에 smoothing을 적용하여 분류정확도를 최대로 하는 'Span'과 '$K_1$'을 도출했으며, 유전자 알고리즘을 이용한 도로선형 분석 유전자 알고리즘을 제시함




<그림 3-1-47> 기하구조 분석 유전자 알고리즘

<표 3-1-14> Parameter 설명

| Parameter | 설명 |
|---|---|
| (Pop)it | 각 반복회수에 대한 집단수 |
| Smoothing | 데이터 평활화 |
| $K_1$ | 선형분석 임계값 |
| CCR | 분류정확도(Correct Classification Rate) |
| Popsize | 집단수 |
| it | 반복횟수 |
| CrossOver | 교배 연산자 |
| Mutation | 변이 연산자 |

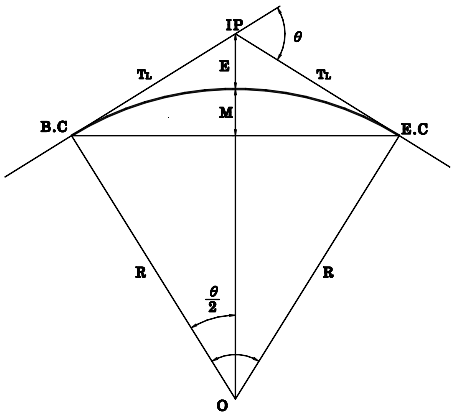
다. 평면선형 분석

(1) 개요

○ 도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙 및 해설(2009)에는 '도로의 평면선형은 주행의 안전, 쾌적 및 연속성을 고려하여야 하며, 그 도로의 설계속도에 따라 자동차가 주행하기에 무리가 없도록 직선, 원곡선, 완화곡선으로 구성되어야 한다'고 제시됨

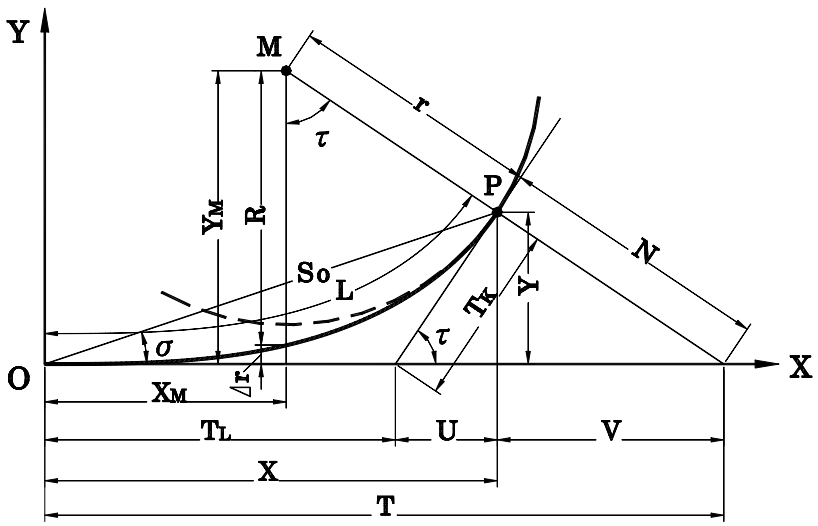
○ 본 연구에서는 평면선형을 직선, 원곡선, 완화곡선으로 구분하는 알고리즘을 제시했으며, 안전점검 차량에서 취득된 위치정보(X, Y, Z)와 자세정보(Heading)를 이용하여 원곡선의 시점(BC ; Beginning Curve), 원곡선의 종점(EC ; Ending Curve), 완화곡선의 시점(BTC ; Beginning Transition Curve), 완화곡선의 종점(ETC ; Ending Transition Curve), 직선(T ; Tangent)을 구분하는 알고리즘을 의미함

○ <그림 3-1-48>에는 지침(국토해양부, 2009)에 제시되어 있는 원곡선 및 요소와 기호를 제시했으며, <그림 3-1-49>에는 완화곡선의 요소와 기호를 제시함




| | |
|---|---|
| R | 원곡선반지름(m) |
| O | 원곡선의 중심 |
| TL | 접선길이(m) |
| $\theta$ | 교각 |
| M | 중앙종거(m) |
| E | 외선길이(m) |
| BC | 곡선의 시점 |
| IP | 접선의 교점 |

<그림 3-1-48> 원곡선의 구성(한국건설기술연구원, 2007)




| | | | |
|---|---|---|---|
| O | 완화곡선 원점 | XM, YM | M점의 X좌표, Y좌표 |
| M | 완화곡선 위의 P점에 대한 곡선의 중심 | τ | P점에서의 접선각 |
| OX | 주 접선(완화곡선 원점에 대한 접선) | σ | P점에서의 극각 |
| A | 완화곡선의 파라미터 | TK, TL | 단접선길이, 장접선길이 |
| X, Y | P점의 X, Y 좌표 | SO | 동경 |
| L | 완화곡선 곡선길이 | N | 법선길이 |
| R | P점의 곡선반지름 | U | TK의 주 접선에의 투영길이 |
| Δr | 이정량(Shift) | V | N의 주 접선에의 투영길이 |

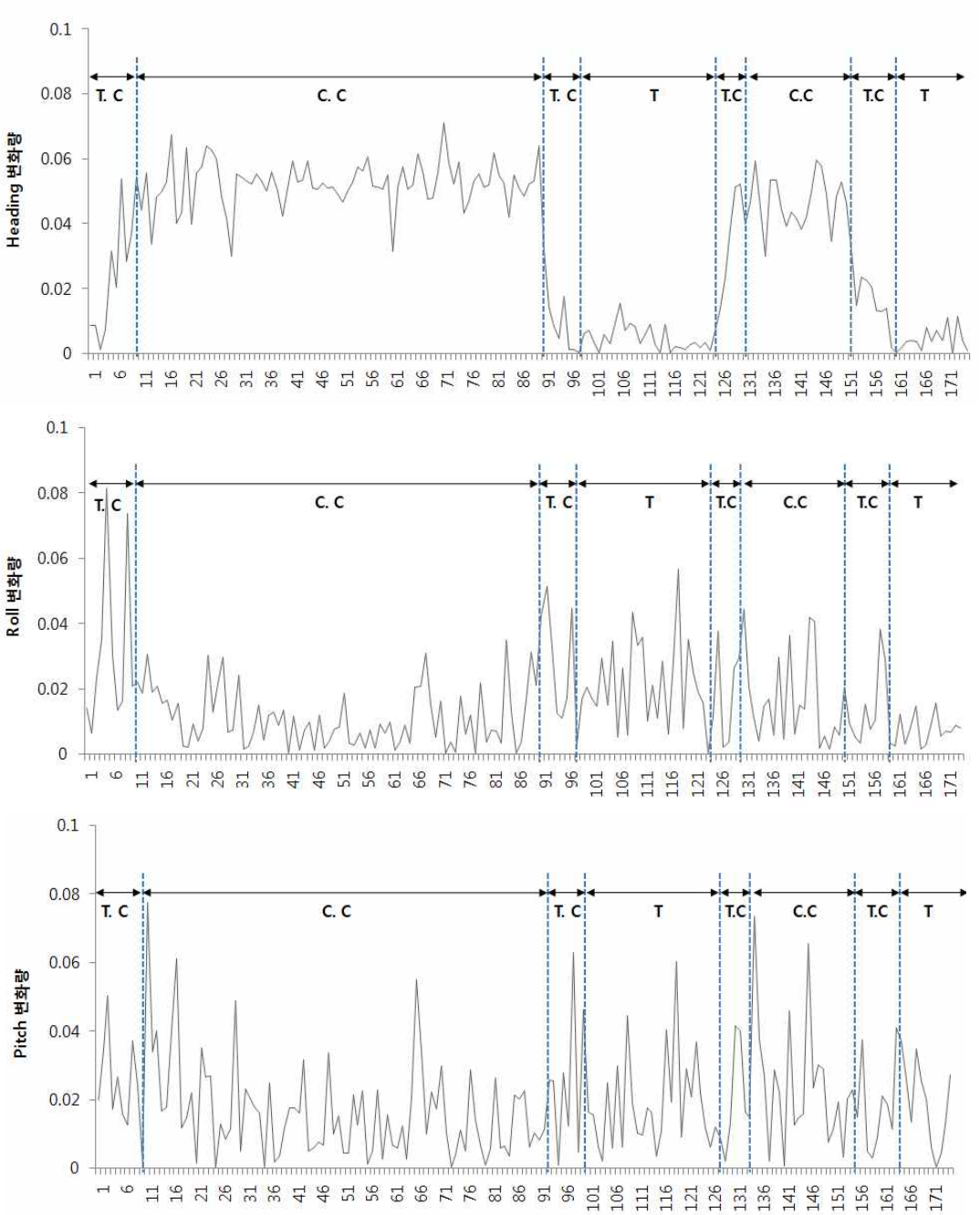
<그림 3-1-49> 완화곡선의 요소와 기호(한국건설기술연구원, 2007)

(2) 데이터 선택

○ 본 연구에서는 안전점검 차량을 통해 취득되는 자세자료(Roll, Pith, Heading) 중에서 단위구간의 Heading 변화량을 사용하여 직선, 원곡선, 완화곡선을 구분하는 알고리즘을 개발함

○ 단위구간의 Roll 변화량을 이용하여 평면선형을 분석하는 경우, 도로의 편경사에 영향을 받아서 정확한 곡선(곡선반경 등)/직선의 판단이 어려운 경우가 나타나며, 단위구간의 Pitch는 차량의 상/하단의 움직임으로, Pitch 변화량은 평면선형을 반영하지 못하는 자료로써 평가됨

○ <그림 3-1-50>에는 직선, 곡선부에서의 Roll, Pitch, Heading의 변화 예를 제시하였으며, 단위구간별 Heading의 변화량을 제외하고는 원곡선/완화곡선/직선에 대한 특징이 나타나지 않는 것으로 분석되며, 직선과 곡선을 구분 후 위치정보(x, y, z)를 이용하여 분석함




C.C(원곡선): Circular Curve, T.C(완화곡선): Transition Curve, T(직선) : Tangent

<그림 3-1-50> 이정별 Heading, Roll, Pitch 변화량

(3) 분석대상 구간

○ 평면선형 분석 알고리즘 개발을 위한 대상도로로써, 도로상에서 구성될 수

있는 선형의 조합이 다양하게 나타나는 고속도로(영동고속도로) 일부구간과 국도(국도 37호선), 지방도(지방도 367호선)를 선정했으며, <표 3-1-15>에 각 구간의 곡선반경을 제시함

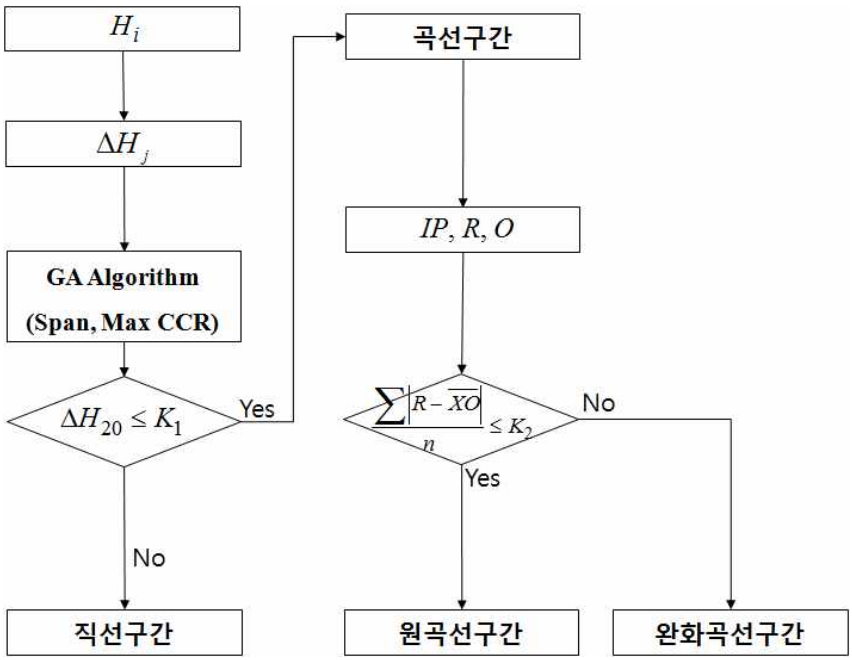
<표 3-1-15> 대상구간의 도면상 곡선반경(R)

| 노선 | 구간 | 구분 | 곡선반경(R) |
|---|---|---|---|
| 영동 고속 도로 | Sta.150.72 ~ Sta.149.12 | 곡선1 | 729.939 |
| | | 곡선2 | 500 |
| | Sta.167.500 ~ Sta.163.061 | 곡선1 | 1000 |
| | | 곡선2 | 1600 |
| | | 곡선3 | 1000 |
| | | 곡선4 | 700 |
| | | 곡선5 | 800 |
| | Sta.189.600 ~ Sta.188.240 | 곡선1 | 910 |
| | | 곡선2 | 920 |
| | Sta.209.94 ~ Sta.206.44 | 곡선1 | 1100 |
| | | 곡선2 | 1250 |
| | Sta.227.300 ~ Sta.229.060 | 곡선1 | 850 |
| | | 곡선2 | 1200 |
| 국도 37호선 (가평~현리) | | 곡선1 | 440 |
| | | 곡선2 | 680 |
| | | 곡선3 | 530 |
| | | 곡선4 | 420 |
| | | 곡선5 | 420 |
| | | 곡선6 | 420 |
| | | 곡선7 | 1005 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 지방도 367호선 | 곡선1 | 500 | 곡선18 | 700 |
| | 곡선2 | 151.5 | 곡선19 | 1670 |
| | 곡선3 | 79 | 곡선20 | 115 |
| | 곡선4 | 272 | 곡선21 | 50 |
| | 곡선5 | 130 | 곡선22 | 63 |
| | 곡선6 | 280 | 곡선23 | 210 |
| | 곡선7 | 832 | 곡선24 | 100 |
| | 곡선8 | 293 | 곡선25 | 80 |
| | 곡선9 | 320 | 곡선26 | 199 |
| | 곡선10 | 190 | 곡선27 | 85 |
| | 곡선11 | 380 | 곡선28 | 75 |
| | 곡선12 | 700 | 곡선29 | 84 |
| | 곡선13 | 945 | 곡선30 | 480 |
| | 곡선14 | 122 | 곡선31 | 560 |
| | 곡선15 | 190 | 곡선32 | 550 |
| | 곡선16 | 120 | 곡선33 | 510 |
| | 곡선17 | 155 | - | - |

(4) 평면선형 분석 알고리즘

○ 본 연구의 평면선형 분석 알고리즘과, 평면선형 분석 알고리즘에 제시된 parameter에 대한 설명을 제시함




<그림 3-1-51> 평면선형 분석 알고리즘

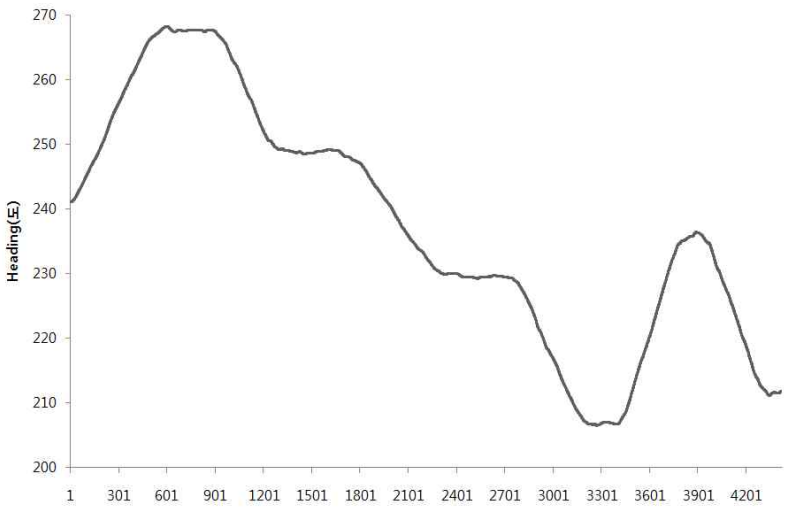
<표 3-1-16> Parameter 설명

| Parameter | 설명 |
|---|---|
| $H_i$ | Heading(°), i=1,2,3,···,n |
| $\triangle H_j$ | 1m의 Heading 변화율($H_{i+1}-H_i$), j=1,2,3,···,n |
| $\triangle H_{20j}$ | Heading 변화율(분석기본단위), j=1,2,3,···,n |
| $K_1$ | 직선/곡선 판단 임계값 |
| IP | Point of Intersection |
| R | 곡선반경(m) |
| O | 곡선중심 |
| $\overline{XO}$ | 원의 중심과 정점과의 거리(m) |
| $K_2$ | 원곡선/완화곡선 판단 임계값 |

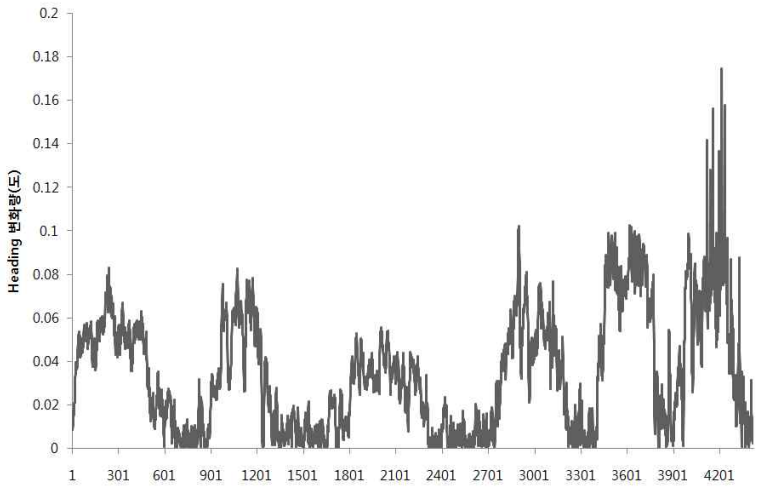
(5) $H_i$ 및 $\triangle H_j$ 산출

○ 영동고속도로 Sta.167+500 ~ Sta.163+060구간의 Heading($H_i$)과 $\triangle H_j$의 그래프를 제시함

○ 직선구간에서는 Heading 변화율($\triangle H_j = |H_{i+1}-H_i|$)이 0에 수렴하여 나타나지만, 곡선구간에서는 $\triangle H_j$이 0을 제외한 일정한 상수에 수렴하는 것으로 나타남




<그림 3-1-52> 이정별 Heading($H_i$)




<그림 3-1-53> 이정별 Heading 변화량($\triangle H_j$)

(6) 유전자 알고리즘(

(가) Span(분석범위) 결정

○ 센서에서 수집되는 자료에는 Noise가 포함되어 있으므로, 본 연구에서는 이동평균법을 사용하여 Noise를 제거함

○ 평면선형 분석에 사용된 이동평균법의 Span(분석범위)은 유전자 알고리즘 방법을 사용하여 직선, 곡선에 대한 분류정확도를 최대로 하는 Span을 결정함

○ 본 연구에서는 집단수를 20개로 선정하였으므로, 유전자 알고리즘 실행 결과와 같이 이동평균법의 Span이 커질수록 임계값은 낮아지며, 분류정확도가 높은 것으로 나타남

<표 3-1-17> Span에 따른 임계 값 및 분류정확도 도출

| 분석1 | | | 분석2 | | | 분석3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Span | $K_1$ | CCR | Span | $K_1$ | CCR | Span | $K_1$ | CCR |
| 50 | 0.013 | 95.92 | 50 | 0.013 | 95.94 | 88 | 0.009 | 97.77 |
| 39 | 0.017 | 94.57 | 46 | 0.013 | 95.69 | 88 | 0.010 | 97.61 |
| 39 | 0.020 | 94.01 | 46 | 0.016 | 95.17 | 91 | 0.011 | 97.40 |
| 47 | 0.022 | 93.55 | 41 | 0.015 | 95.05 | 95 | 0.011 | 97.36 |
| 19 | 0.016 | 93.07 | 46 | 0.019 | 94.88 | 56 | 0.014 | 96.36 |
| 14 | 0.016 | 92.71 | 50 | 0.022 | 93.80 | 94 | 0.021 | 95.44 |
| 13 | 0.019 | 92.51 | 46 | 0.022 | 93.63 | 79 | 0.022 | 94.94 |
| 13 | 0.022 | 92.13 | 34 | 0.021 | 93.57 | 23 | 0.015 | 93.67 |
| 46 | 0.029 | 92.01 | 20 | 0.015 | 93.22 | 55 | 0.035 | 91.03 |
| 35 | 0.033 | 90.86 | 26 | 0.019 | 92.97 | 49 | 0.037 | 90.59 |
| 42 | 0.037 | 90.41 | 26 | 0.025 | 92.15 | 55 | 0.037 | 90.55 |
| 46 | 0.039 | 90.18 | 8 | 0.013 | 91.05 | 78 | 0.043 | 89.47 |
| 27 | 0.008 | 89.07 | 46 | 0.037 | 90.43 | 40 | 0.005 | 87.10 |
| 4 | 0.046 | 88.89 | 25 | 0.044 | 89.26 | 70 | 0.053 | 86.89 |
| 50 | 0.046 | 88.78 | 36 | 0.055 | 86.91 | 83 | 0.054 | 86.72 |
| 37 | 0.054 | 87.16 | 10 | 0.060 | 84.85 | 67 | 0.079 | 80.04 |
| 1 | 0.055 | 86.56 | 37 | 0.070 | 82.33 | 7 | 0.088 | 75.78 |
| 44 | 0.082 | 78.27 | 46 | 0.084 | 76.73 | 49 | 0.002 | 75.42 |
| 31 | 0.082 | 77.63 | 7 | 0.087 | 76.05 | 46 | 0.091 | 72.40 |
| 24 | 0.001 | 69.74 | 39 | 0.092 | 72.34 | 29 | 0.099 | 71.05 |

○ 그러나, Span이 큰 경우에는 산악지역의 연속된 S형 곡선구간 등에서 평면선형의 왜곡이 발생할 가능성 존재하므로, 각 집단의 최대 분류정확도보다 2~4% 낮게 나타나지만, 평면선형의 왜곡 발생 가능성이 낮고 분류정확도가 93%이상 나타나는 Span을 적용함

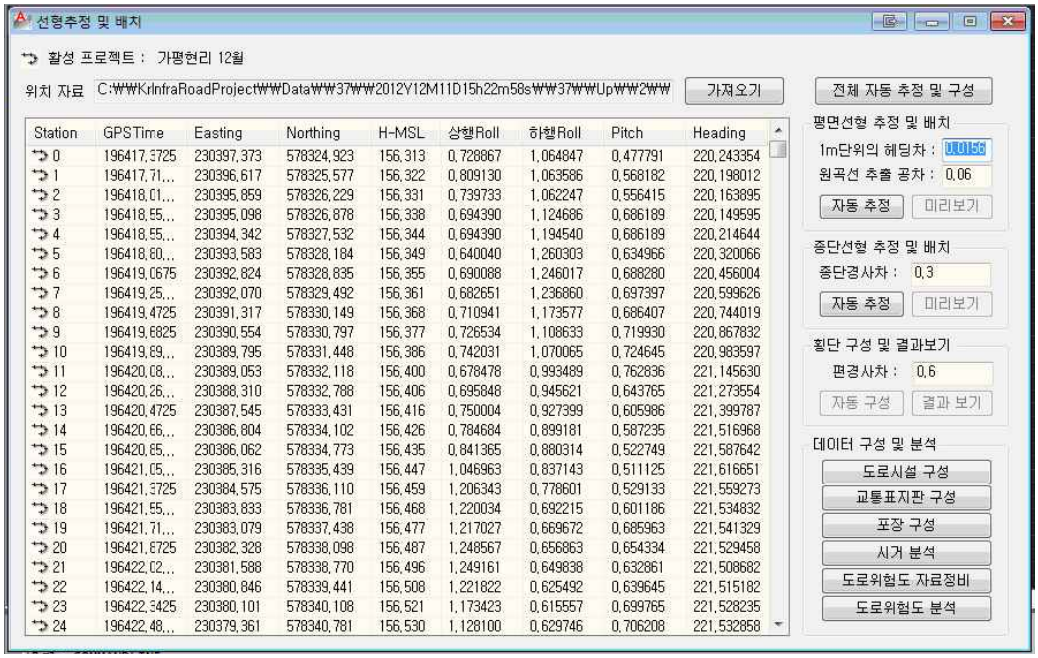
(나) 임계값($K_1$)결정

○ 유전자 알고리즘 결과 Span이 20과 23인 경우의 임계값은 0.015로 나타나므로, 본 연구에서는 평면선형을 직선과 곡선으로 구분하는 임계값($K_1$)을 0.015로 선정함

○ 즉, 1m당 Heading 변화량($\triangle H_j$)이 0.015이하인 경우에는 직선, 1m당 Heading 변화량($\triangle H_j$)이 0.015초과인 경우에는 곡선으로 구분함

$$if \begin{cases} Heading\text{변화량} \leq 0.015 : \text{직선} \\ otherwise : \text{곡선} \end{cases} \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (3\text{-}1\text{-}5)$$

○ <그림 3-1-54>에는 Heading의 1m 단위의 헤딩차를 입력하여 평면선형을 분석하는 화면을 제시함




<그림 3-1-54> '1m단위의 헤딩차' 입력

(7) 직선부/곡선부 구분

○ 안전점검 차량에서 수집되는 Heading자료($H_i$)는 차량요인(차량의 흔들림, 센서 이상 등), 인적요소(운전자 주행습관 등), 기타 돌발 상황 등에 민감하게 반응함

- 예를 들어, 실제 직선구간의 도로이지만, 차량의 흔들림, 노변 장애물로 인한 운전자 회피행동, 운전자가 인식하지 못하는 차로내에서의 사행운전 등으로 인한 이상치(상한, 하한)가 존재 하는 경우, 데이터 변화량이 커지므로 선형을 구분하는데 어려움이 존재함

○ 따라서, 본 연구에서는 직선부/곡선부를 구분하기 위해 분석기본단위($\triangle H_{20j}$)를 선정하고 블록(Block)화하는 과정을 수행함

① 분석기본단위($\triangle H_{20j}$) 선정

○ 영동고속도로(Sta.189.276~Sta.189.275)를 주행한 안전점검차량에서 수집된 1m단위의 Heading 변화량($\triangle H_j$)을 제시함

<표 3-1-18>곡선부의 Heading 변화량($\triangle H_j$)

| 도면 | 이정표 | $\triangle H_j$ | 분석결과 |
|---|---|---|---|
| 곡선 | 189.280 | 0.015126 | 곡선 |
| 곡선 | 189.279 | 0.015096 | 곡선 |
| 곡선 | 189.278 | 0.01506 | 곡선 |
| 곡선 | 189.277 | 0.015012 | 곡선 |
| 곡선 | 189.276 | 0.014883 | 직선 |
| 곡선 | 189.275 | 0.014837 | 직선 |
| 곡선 | 189.274 | 0.014945 | 직선 |
| 곡선 | 189.273 | 0.015069 | 곡선 |
| 곡선 | 189.272 | 0.015306 | 곡선 |
| 곡선 | 189.271 | 0.015429 | 곡선 |

○ m단위로 직선/곡선을 판단하는 경우 매우 작은 구간은 직선(곡선)에서 곡선(직선)으로 판단되는 사례가 발생하므로, 수집된 데이터를 평면선형 분석기본단위($\triangle H_{20j}$)로 구분하여 각 구간의 대푯값으로 평면선형을 분석함

- 분석기본단위는 평면선형을 직선/곡선으로 구분하기 위한 작업이며, 프로그램을 통한 곡선반경 산출 후에는 1m로 구분한 결과를 제시함

○ 기존지침(국토해양부, 2009)에는 최소 평면곡선 구간의 길이를 30m로 제시하고 있으며, 본 연구에서는 분석기본단위($\triangle H_{20j}$)로 가능한 거리를 도면에 제시된 평면선형 구분단위와 동일한 20m로 선정함

○ 분석기본단위($\triangle H_{20j}$)를 기준으로 판단된 결과를 제시함

<표 3-1-19> 분석기본단위($\triangle H_{20j}$)

| 도면 | 이정표 | $\triangle H_j$ | 분석결과 | $\triangle H_{20j}$ |
|---|---|---|---|---|
| 곡선 | 189.280 | 0.015126 | 곡선 | 곡선 |
| 곡선 | 189.279 | 0.015096 | 곡선 | |
| 곡선 | 189.278 | 0.01506 | 곡선 | |
| 곡선 | 189.277 | 0.015012 | 곡선 | |
| … | … | … | … | |
| 곡선 | 189.273 | 0.015069 | 곡선 | |
| 곡선 | 189.272 | 0.015306 | 곡선 | |
| 곡선 | 189.271 | 0.015429 | 곡선 | |
| … | … | … | … | |
| 곡선 | 189.261 | 0.018656 | 곡선 | |

(8) 곡선부에서의 곡선반경 산출

○ 도로선형의 설계 및 적용시에는 직선부가 교차하는 지점을 IP(Point of Intersection)로 선정하고, 원곡선과 완화곡선의 곡선반경(R) 및 파라미터(A)를 산출함

○ 곡선구간에서 원곡선의 곡선 반경을 산출하기 위해서는 원곡선에 이웃하는 직선의 IP가 필요하므로, 직선구간으로 판단된 구간의 직선 방정식과 교점을 통해 IP를 추출함

○ 각 직선부의 선형방정식의 기울기와 Y절편을 산출 및 서로 이웃하는 직선 방정식들의 교점을 계산하여 IP가 추출되며, 직선 방정식을 제시함

$$a_j = \frac{\sum(x-\bar{x})(y-\bar{y})}{\sum(x-\bar{x})^2},\ b_j = \bar{y} - a_j\bar{x} \quad \text{.....(3-1-6)}$$

$$x = \frac{1}{-a_1+a_2}(b_1-b_2),\ y = \frac{1}{-a_1+a_2}(a_2b_1 - a_zb_2)$$

○ 안전점검 차량을 통해 취득되는 자료와 IP를 기준으로 곡선부의 중심(O)을 선택하고, 곡선부의 세 점을 이용한 곡선반경을 산출하였으며, 곡선반경 산출식을 제시함

$$Xm = \frac{(X_a^2 + Y_a^2) - (X_c^2 + Y_c^2) + \frac{(X_b^2 + Y_b^2) - (X_c^2 + Y_c^2)}{(Y_b - Y_c)}(Y_c - Y_a)}{2(X_a - X_c) + \frac{(X_c - X_b)}{(Y_b - Y_c)}(Y_c - Y_a)}$$

$$Ym = \frac{(X_b^2 + Y_b^2) - (X_c^2 + Y_c^2) + 2X_m(X_c - X_b)}{2(Y_b - Y_c)}$$

$$(X - X_m)^2 + (Y - Y_m)^2 = R^2$$

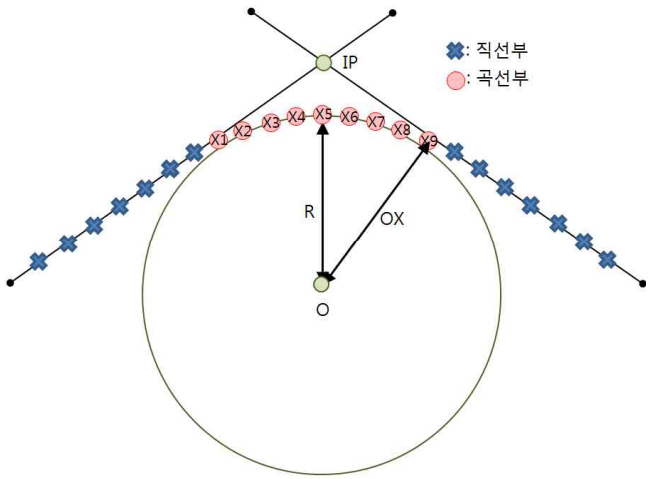
$X_a, Y_a, X_b, Y_b, X_c, Y_c$ : 평면곡선내의 임의의 점

(9) 곡선구간에서의 원곡선 및 완화곡선 판단

○ 완화곡선은 직선과 원곡선을 연결해주는 선형으로써, 완화곡선 유무를 판단하는 것은 도로의 선형분석 및 안전성분석을 위해 중요함

○ '도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙 해설'(국토해양부, 2009)에는 '자동차가 평면선형의 직선부에서 곡선부로, 곡선부에서 직선부로 또는 다른 곡선부로 원활하게 주행하도록 하기 위하여 주행궤적의 변화에 따라 운전자가 쉽게 적응할 수 있도록 변이구간을 설치해야한다'고 명시됨

○ 곡선으로 판단된 구간을 원곡선구간과 완화곡선구간으로 구분하기 위해, 본 연구에서는 원곡선의 곡선반경과 실제 주행궤적의 이정량 차이의 평균 이용하여 곡선구간의 완화곡선 존재 유·무를 판단함




<그림 3-1-55> 곡선부의 원곡선 및 완화곡선 판단

○ 원의 중심을 O($x_{0,}\ y_0$), 곡선반경을 R, 안전점검 차량을 통해 취득된 정점들을 $X_1(x_{1,}\ y_1)$, $X_2(x_{2,}\ y_2)$, $X_3(x_{3,}\ y_3)$, $X_4(x_{2,}\ y_2)$, …, $X_9(x_{9,}\ y_9)$라고 하는 경우, 원의 중심(O)과 각 점들의 거리산출식을 통해 정점 간의 거리를 제시함

$$\overline{OX_1} = \sqrt{(x_1 - x_0)^2 + (y_1 - y_0)^2}$$
$$\overline{OX_2} = \sqrt{(x_2 - x_0)^2 + (y_2 - y_0)^2}$$
$$\cdots$$
$$\overline{OX_9} = \sqrt{(x_9 - x_0)^2 + (y_9 - y_0)^2} \quad \text{.....(3-1-7)}$$

○ 이정량(=$\overline{OX_n} - R$)은 원의 중심과 각 정점과의 거리($\overline{OX_n}$)와 곡선반경(R)의 차이를 통해 산출하며, 원의 중심과 IP의 중심선에 접하는 정점($X_5$)을 기준으로 좌/우로 1m씩 점들을 늘려가며 이정량의 평균을 산출함

○ 이정량의 임계값을 크게 결정하면, 원곡선의 반지름이 참값(도면 등)보다 크게 나타나는 경향을 보이며, 임계값을 작게 결정하면 참값 보다 원곡선의 반지름이 작게 나타남

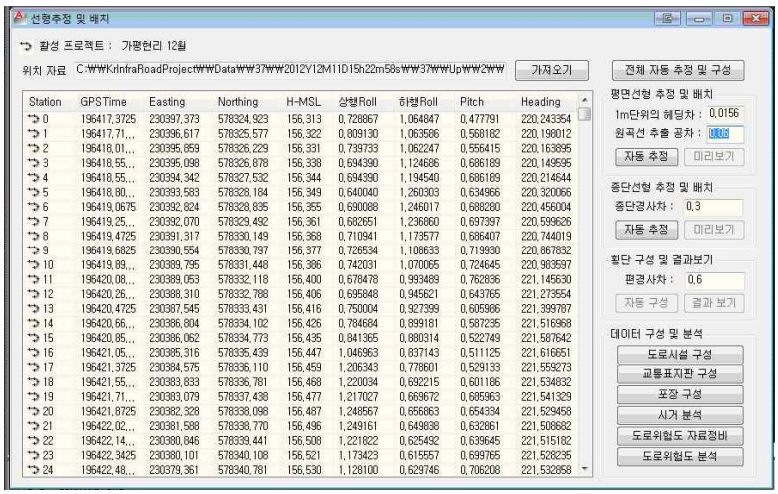
○ 본 연구에서는 이정량에 대한 각 구간의 원곡선 및 완화곡선 이정량을 도면과의 비교를 통해 0.06을 완화곡선이 존재하는 이정량의 임계값으로 선정했으며, 이정량의 평균이 0.06을 초과하는 경우 완화곡선으로 판단함

- 단, 이정량의 변화는 'ARASEO'장비의 취득 자료에 따라 민감하게 나타나므로 공차가 변경 가능하도록 설정함

$$\text{if} \begin{cases} \dfrac{\sum|\overline{OX} - R|}{n} \le 0.06 : \text{원곡선} \\ otherwise \quad : \text{완화곡선} \end{cases} \quad \text{.....(3-1-8)}$$

$\overline{OX}$ : 원의중심과정점과의거리, $R$ : 곡선반경, $n$ : 정점의수

○ 원곡선 추출 공차를 입력하여 평면선형을 분석하는 화면을 제시함



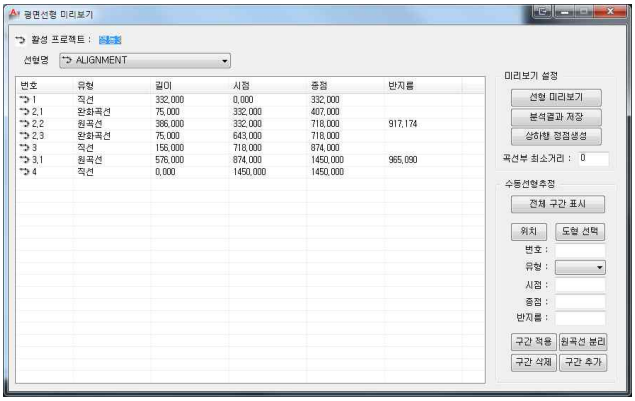

<그림 3-1-56> '원곡선 추출 공차' 입력

(10) 원곡선 반경 비교 분석결과

○ 평면선형 분석 알고리즘을 이용하여 영동고속도로의 도로선형을 분석한 결과를 제시했으며, 도면에 제시된 곡선반경과 분석된 곡선반경과의 오차율을 제시함

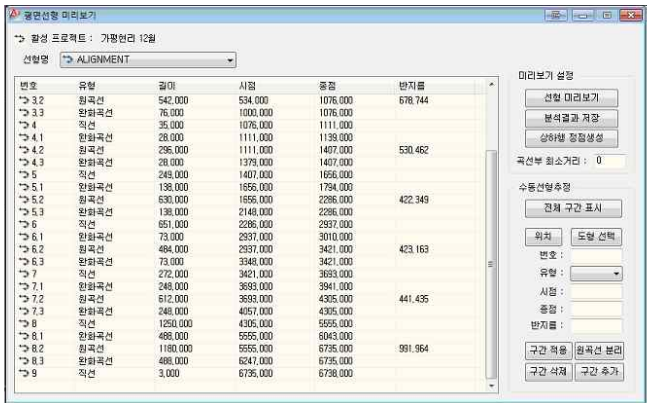
<표 3-1-20> 영동고속도로 곡선반경 분석결과의 도면 비교

| 구간 | 구분 | 도면_곡선반경(R) | 분석_곡선반경(R) | 오차율(%) |
|---|---|---|---|---|
| Sta.150.72 ~ Sta.149.12 | 곡선1 | 729.939 | 724.5 | 0.7% |
| | 곡선2 | 500 | | |
| Sta.167.500 ~ Sta.163.061 | 곡선1 | 1000 | 944.8 | 5.5 |
| | 곡선2 | 1600 | 1367.5 | 14.5 |
| | 곡선3 | 1000 | 1071 | 7.1 |
| | 곡선4 | 700 | 698.6 | 0.2 |
| | 곡선5 | 800 | 847.1 | 5.9 |
| Sta.189.600 ~ Sta.188.240 | 곡선1 | 910 | 917.2 | 0.8 |
| | 곡선2 | 920 | 965.1 | 4.9 |
| Sta.209.94 ~ Sta.206.44 | 곡선1 | 1100 | 1112.4 | 1.1 |
| | 곡선2 | 1250 | 1270.3 | 1.6 |
| Sta.227.300 ~ Sta.229.060 | 곡선1 | 850 | 837.0 | 1.5 |
| | 곡선2 | 1200 | 1141.1 | 4.9 |




<그림 3-1-57> 평면선형 분석결과
사례(영동고속도로)

○ 국도 37호선에 대한 분석 결과를 제시했으며, 곡선반경의 오차율을 제시함

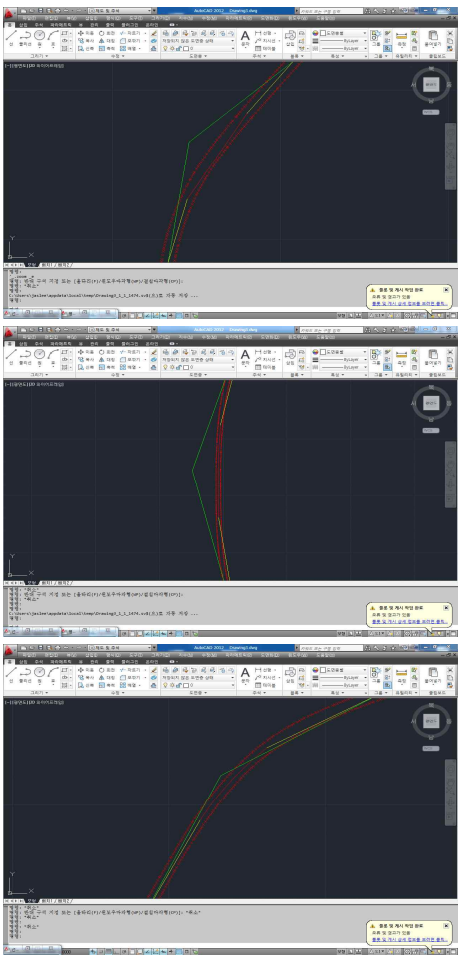



<그림 3-1-58> 전체구간 표시 및 점생성
사례(국도 37호선)

<표 3-1-21> 37호선(가평/현리) 원곡선반경 분석결과의 도면 비교

| 구분 | 도면_곡선반경(R) | 분석_곡선반경(R) | 오차율(%) |
|---|---|---|---|
| 곡선1 | 440 | 440.4 | 0.09 |
| 곡선2 | 680 | 678.7 | 0.19 |
| 곡선3 | 530 | 530.4 | 0.08 |
| 곡선4 | 420 | 422.3 | 0.55 |
| 곡선5 | 420 | 423.2 | 0.76 |
| 곡선6 | 420 | 441.4 | 5.10 |
| 곡선7 | 1005 | 992.0 | 1.29 |

○ 자동선형 추정결과를 통해 나타난 도면의 추정선형이 정점에 포함되지 않거나, 중심을 통과하지 않는 경우 반자동화를 이용하여 재분석을 실시함



<그림 3-1-59> 선형 추정 재분석 사례(지방도 367호선)

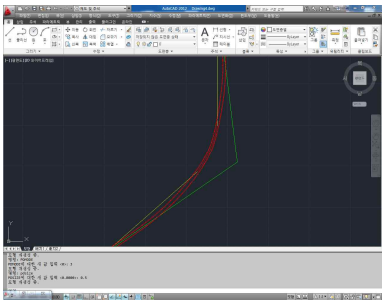
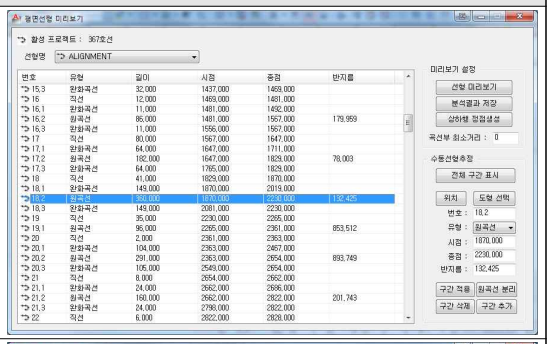
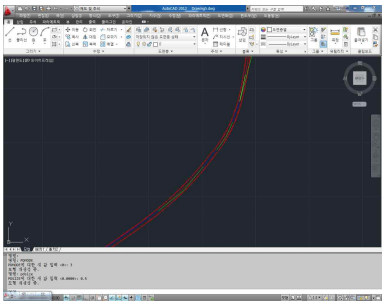
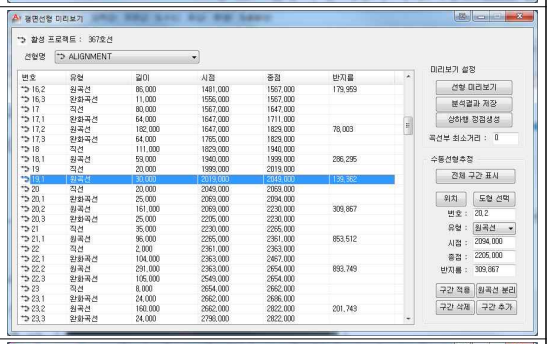
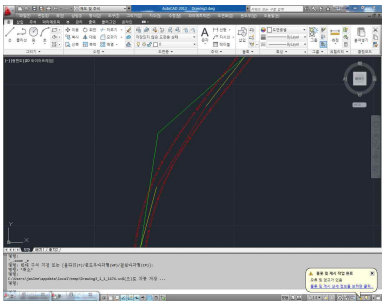
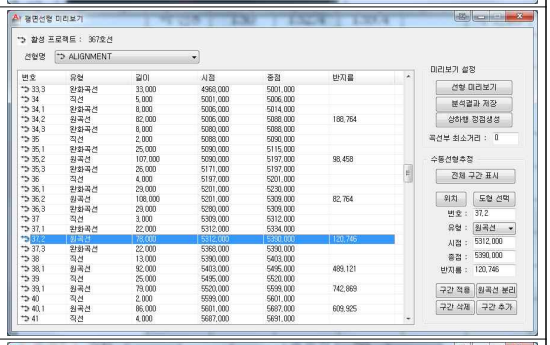
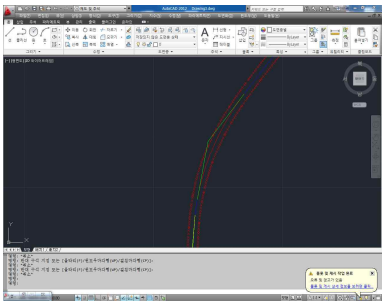
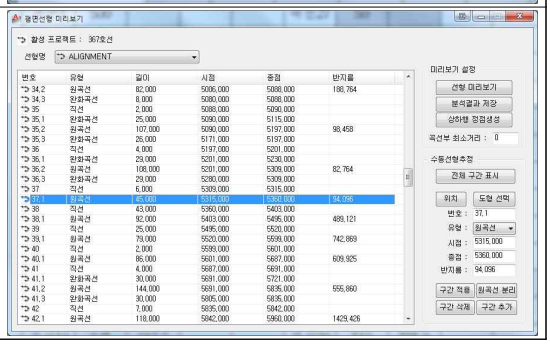
○ 지방도 367호선에 대한 도면화 S/W를 이용하여 도출한 분석결과와 반자동화를 이용한 결과를 제시함

- 음영구간은 주행환경특성이 반영된 구간(곡선20~곡선25)임

<표 3-1-22> 지방도 367호선 원곡선반경 분석결과의 도면 비교

| 구분 | 도면_곡선반경(R) | 분석_곡선반경(R) | 반자동화추정 | 오차율(%) | 구분 | 도면_곡선반경(R) | 분석_곡선반경(R) | 반자동화추정 | 오차율(%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 곡선1 | 86 | 103.1 | 86.9 | 1.0 | 곡선19 | 120 | - | 136.7 | 13.9 |
| 곡선2 | 42 | 44.2 | - | 5.2 | 곡선20 | 155 | 271 | - | - |
| 곡선3 | 510 | 737.0 | 465.3 | 8.8 | 곡선21 | 700 | - | - | - |
| 곡선4 | 500 | - | 549.0 | 9.8 | 곡선22 | 1670 | - | - | - |
| 곡선5 | 151.5 | 180 | - | 18.8 | 곡선23 | 130 | 160 | - | - |
| 곡선6 | 79 | 78.0 | - | 1.3 | 곡선24 | 50 | - | - | - |
| 곡선7 | 272 | - | 286.3 | 5.3 | 곡선25 | 63 | - | - | - |
| 곡선8 | 130 | 132.4 | 139.4 | 7.2 | 곡선26 | 210 | 475.3 | 208.7 | 0.6 |
| 곡선9 | 280 | - | 310 | 10.7 | 곡선27 | 100 | - | 103.2 | 3.2 |
| 곡선10 | 832 | 853.5 | - | 2.6 | 곡선28 | 80 | 89.1 | - | 11.4 |
| 곡선11 | 293 | 893.7 | 321.8 | 9.8 | 곡선29 | 199 | 188.8 | - | 5.1 |
| 곡선12 | 320 | - | 366.0 | 14.4 | 곡선30 | 85 | 98.5 | - | 15.9 |
| 곡선13 | 190 | 201.7 | - | 6.2 | 곡선31 | 75 | 82.8 | - | 10.4 |
| 곡선14 | 380 | 401.0 | - | 5.5 | 곡선32 | 84 | 120.7 | 94.1 | 12.0 |
| 곡선15 | 700 | 674.7 | - | 3.6 | 곡선33 | 480 | 489.1 | - | 1.9 |
| 곡선16 | 945 | 913.2 | - | 3.4 | 곡선34 | 560 | 742.9 | 567 | 1.3 |
| 곡선17 | 122 | 128.4 | - | 5.2 | 곡선35 | 550 | 610 | - | 10.9 |
| 곡선18 | 190 | 856.6 | 207.9 | 9.4 | 곡선36 | 510 | 555.9 | - | 9.0 |

<표 3-1-23> 반자동화추정 전·후 결과비교

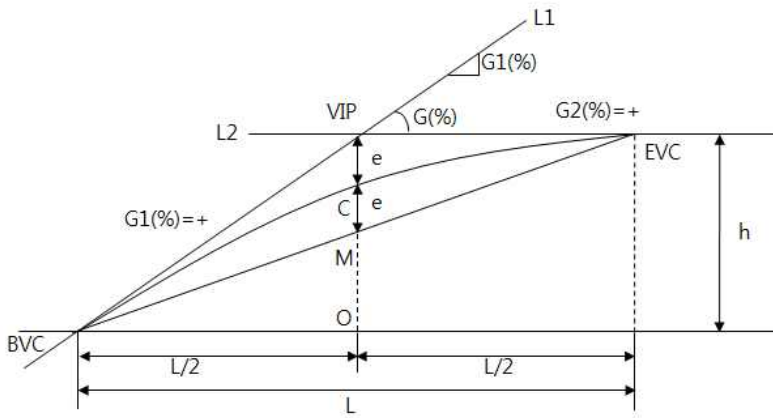
| 구분 | | 구간 표시 | 평면선형 미리보기 |
|---|---|---|---|
| 곡선 08 | 반자동화 선형추정 (전) |  |  |
| | 반자동화 선형추정 (후) |  |  |
| 곡선 32 | 반자동화 선형추정 (전) |  |  |
| | 반자동화 선형추정 (후) |  |  |

다. 종단선형 분석

(1) 개요

○ 종단선형은 종단경사가 일정한 직선으로 구분된 '종단경사' 구간과 종단경사가 변화하는 '종단곡선' 구간으로 구분되며, 도로의 진행방향 중심선의 길이에 대한 높이의 변화 비율이 종단경사 값으로 제시됨

○ 따라서, 본 연구에서는 종단선형을 종단경사와 종단곡선으로 구분하는 알고리즘을 제시함




| | | | |
|---|---|---|---|
| L | 종단곡선의 총 길이 | B | 종단곡선 종점(EVC) |
| e | 교차점 V에서 종단선형까지의 이정거리(offset) | G1, G2 | AV, VB의 종단경사, % |
| y | 접선에서 포물선까지의 이정거리 | L1, L2 | 종단경사 구간의 선형방정식 |
| A | 종단곡선 시점(BVC) | G | 두 경사간의 대수 차, % |

<그림 3-1-60> 종단곡선의 개요도

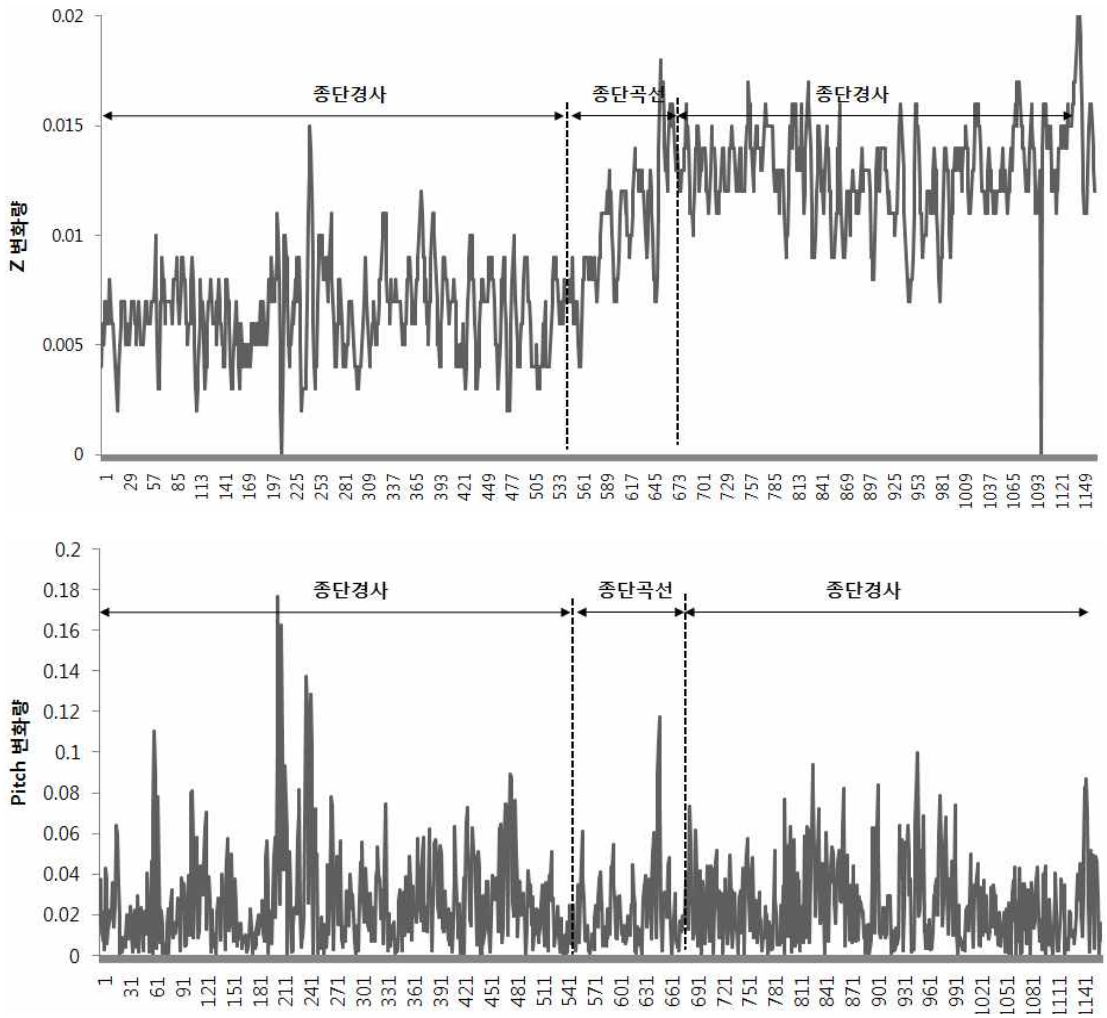
(2) 위치자료 선택

○ 본 연구에서는 안전점검 차량을 통해 취득되는 위치자료(X, Y, Z) 중에서 단위구간의 Z변화량을 사용하여 종단경사 및 종단경사를 구분하는 알고리즘을 개발함

○ 단, 자세자료 중에서 차량의 자세 중 기울기를 나타내는 Pitch를 사용하여 종단선형을 분석하는 경우, 데이터 수집과정에서 차량이 항상 수평을 유지

해야하며, 안전점검 차량에 탑승하는 점검자(조사자)나 적재물(측정장비 등)로 인해 차량이 수평을 유지하기 어려우므로 Pitch는 종단선형 분석자료로써 제외함

○ 동일한 구간에서 Z값과 Pitch의 변화를 비교하여 제시하였으며, Z값은 종단선형 변화를 반영하는 것으로 나타나지만 Pitch는 종단선형에 변화(종단경사/종단곡선)에 관계없이 일정한 것으로 나타나므로 Z변화량을 종단선형 분석에 사용함




<그림 3-1-61> 이정별 Z, Pitch 변화량

(3) 종단선형 분석 알고리즘

○ 본 연구의 종단선형 분석 알고리즘과 종단선형 분석 알고리즘에 제시된 Parameter에 대한 설명을 제시함




<그림 3-1-62> 종단선형 분석 알고리즘

<표 3-1-24> 종단경사 알고리즘 Parameter

| Parameter | 설명 |
|---|---|
| $Z_i$ | 고도, i=1,2,3,···,n |
| $\triangle Z_j$ | 1m의 Z변화율($Z_{i+1} - Z_i$), j=1,2,3,···,n |
| G | 종단경사 |
| $G_{20j}$ | 분석기본단위의 종단경사, j=1,2,3,···,n |

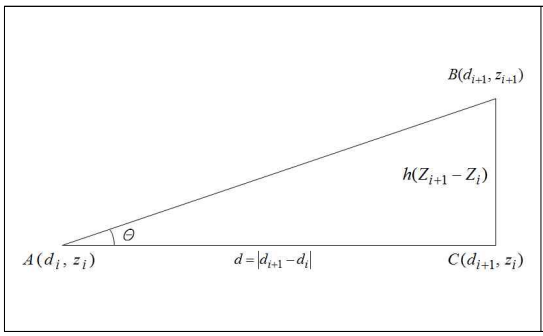
(4) $Z_i$ 및 $\triangle Z_j$을 이용한 종단경사 산출

○ 종단경사 알고리즘에 사용되는 Z값은 1m간격으로 산출되며, 각 이정별 Z값의 차이($\triangle Z_j$)를 이용하여 종단경사(G(%))를 산출함

○ 종단경사는 다음의 산출과정을 통해 산출됨

- 임의의 두 점 A($d_i, z_i$), B($d_{i+1}, z_{i+1}$)에서, 점 B에서 점 A선상에 수직으로 교차하는 점 C($d_{i+1}, z_i$)에 대하여, 종단경사를 의미하는 기울기($\theta$)는 $\frac{\overline{BC}}{\overline{AC}} = \frac{h}{d}$로 표현됨

- 특히, 위치자료는 1m 간격($d = |d_{i+1} - d_i|$)으로 수집되므로, 이정별 Z값의 차이($\triangle Z_j$)가 종단경사(G(%))로써 산출됨




$$G(\%) = \frac{h}{d} \times 100(\%) = \frac{Z_{i+1} - Z_i}{|d_i - d_{i+1}|} \times 100(\%)$$

$$= \frac{Z_{i+1} - Z_i}{\sqrt{(x_{i+1} - x_i)^2 + (y_{i+1} - y_i)^2}} \times 100(\%)$$

$$\approx \frac{Z_{i+1} - Z_i}{1} \times 100(\%)$$

<그림 3-1-63> 종단경사 산출

(5) 분석기본단위($G_{20j}$) 선정

○ 종단선형에 사용된 Z값은 도로의 포장상태(덧씌우기, 패임, 교량접속구간 등)에 영향을 많으므로, 종단선형 분석에서도 평면선형 분석과 동일하게 종단경사/종단곡선을 구분하기 위한 분석기본단위($G_{20j}$)를 선정함

○ 종단선형 분석에서도 분석기본단위($G_{20j}$)로 가능한 거리를 도면에 제시된 평면선형 구분단위와 동일한 20m로 구분하였으며, 20m의 대푯값으로써 평균을 사용하고 사례를 제시함

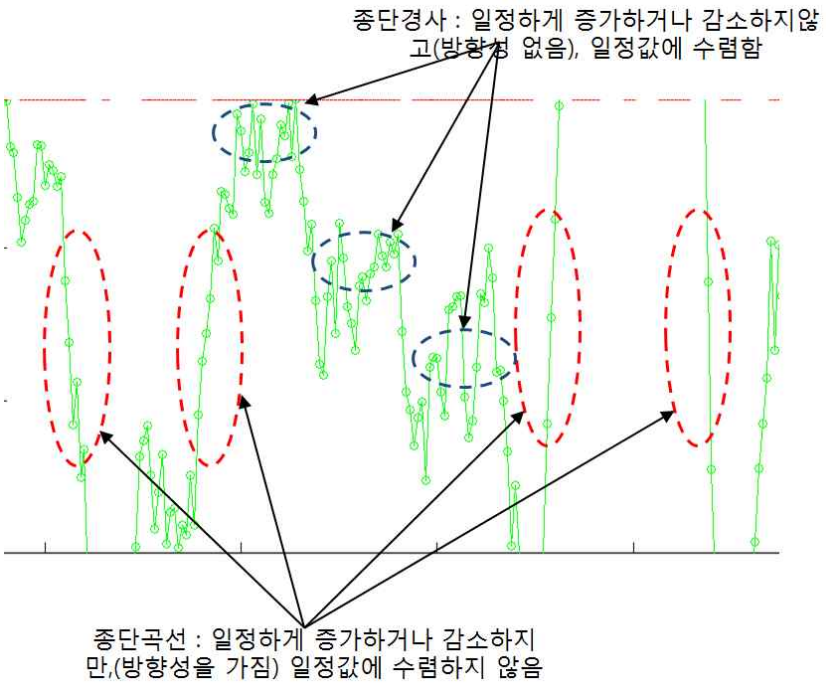
<표 3-1-25> 국도 37호선 분석기본단위 산출 사례

| 측점 | Z | $G_{20j}$ |
|---|---|---|
| 1 | -10.00 | -0.94 |
| 2 | -6.43 | |
| 3 | -1.90 | |
| 4 | -2.27 | |
| 5 | -1.58 | |
| ··· | | |
| 17 | 0.62 | |
| 18 | 1.00 | |
| 19 | 0.68 | |
| 20 | 1.01 | |
| 21 | 0.86 | 0.78 |
| 22 | 0.69 | |
| ··· | | |
| 37 | 0.84 | |
| 38 | 0.83 | |
| 39 | 0.84 | |
| 40 | 0.73 | |
| 41 | 0.74 | 0.93 |
| 42 | 0.91 | |
| 43 | 1.09 | |
| 44 | 1.10 | |
| 45 | 1.10 | |
| ··· | | |
| 58 | 0.86 | |
| 59 | 0.86 | |
| 60 | 0.85 | |
| ··· | ··· | ··· |

(6) 종단경사 및 종단곡선 구분

○ 분석기본단위를 이용하여 본 연구에서는 종단경사와 종단곡선을 구분하는 기초자료로써 사용함

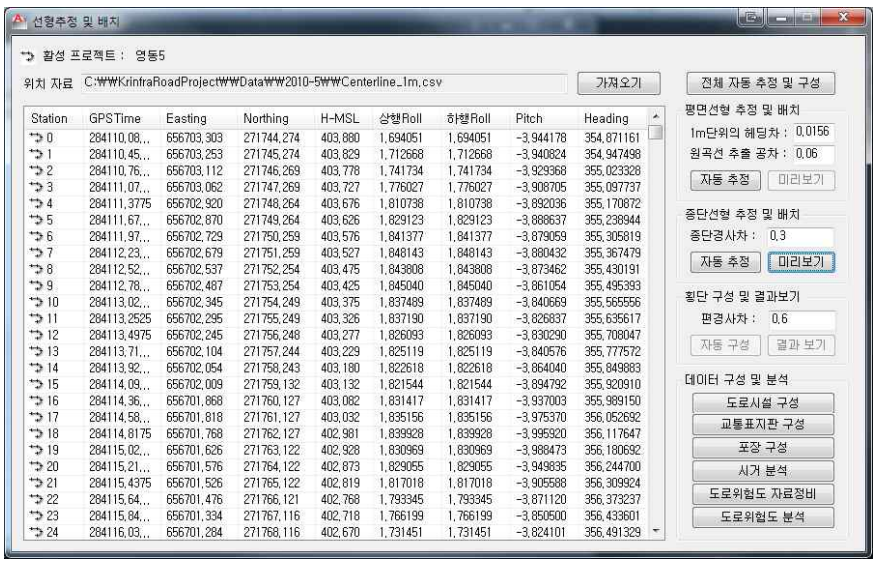
○ 경사가 변화하는 종단곡선 구간은 분석기본단위의 차이가 양 또는 음의 방향으로 방향성을 나타내지만, 일정 값에 수렴하지 않고 발산하며, 경사의 변화가 없는 종단경사 구간은 양 또는 음에 대한 방향성은 없지만 일정 값으로 수렴하는 특징이 나타나며, 종단경사와 종단곡선을 구분한 개략도를 제시함




<그림 3-1-64> 종단경사, 종단곡선 구분 개략도(국도 37호선)

○ 또한, 차량의 흔들림으로 인해 발생하는 구간에 대한 동질성 확보를 위하여 종단경사차를 제시함

- 종단경사차는 도로상황에 따라 변경 될 수 있으며, 입력화면을 제시함




<그림 3-1-65> 종단선형 추정 및 배치 입력화면

(7) 종단선형 분석결과

○ 종단선형 분석 알고리즘을 통해 영동고속도로 분석한 결과를 제시함

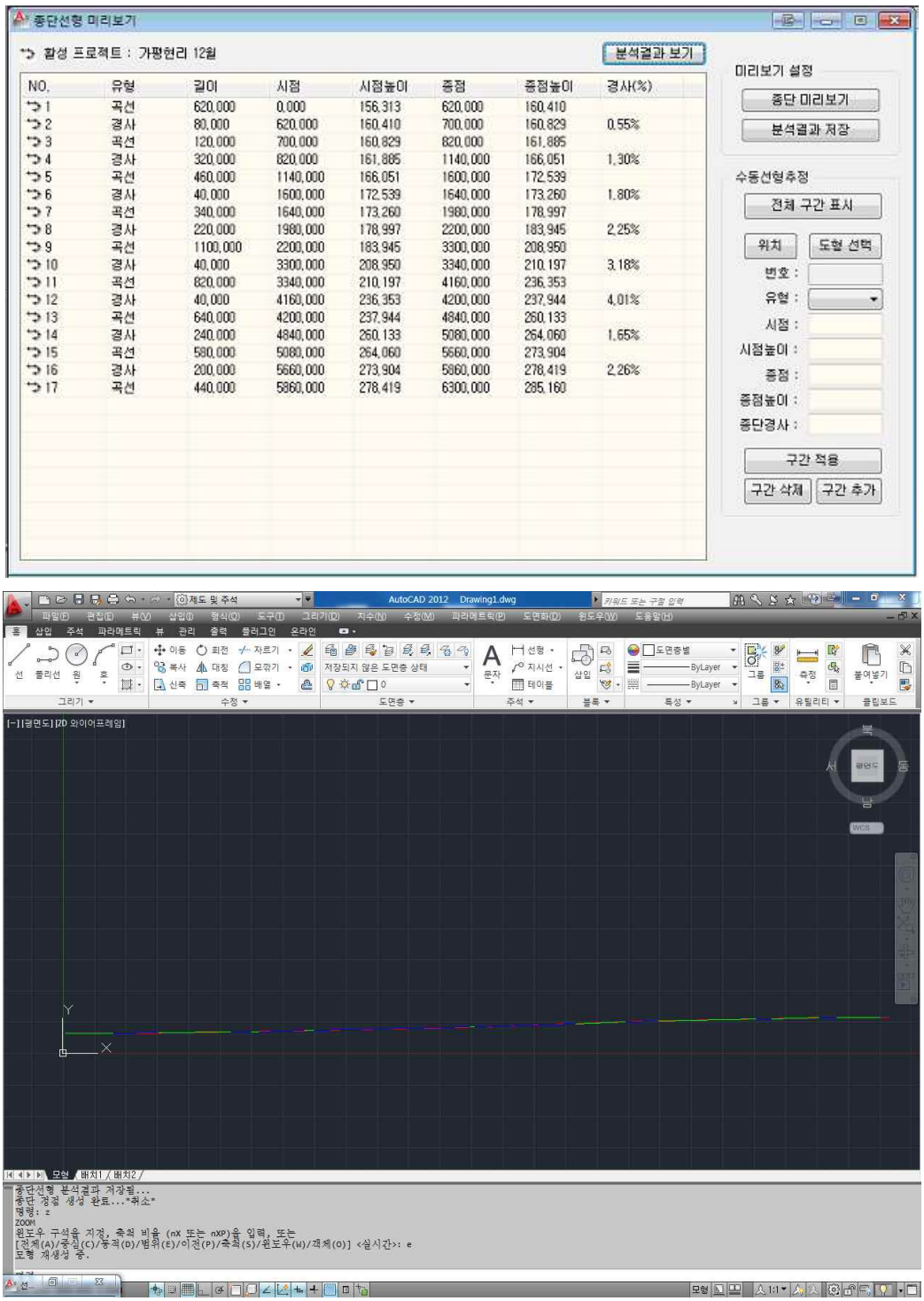



<그림 3-1-66> 종단선형 분석결과 사례(영동고속도로)

<표 3-1-26> 영동고속도로 종단경사 분석 결과

| 구간 | 구분 | 도면_종단경사(%) | 분석_종단경사(%) | 절대값 차이 |
|---|---|---|---|---|
| 150.720 ~149.120 | 경사1 | -5.000 | -5.03 | 0.030 |
| 167.050 ~163.380 | 경사1 | -3.915 | -4.02 | 0.105 |
| | 경사2 | -1.485 | -1.57 | 0.085 |
| | 경사3 | -4.995 | -5.49 | 0.495 |
| 189.600 ~188.240 | 경사1 | -1.113 | -0.99 | 0.123 |
| | 경사2 | -2.427 | -2.52 | 0.093 |
| 209.940 ~206.440 | 경사1 | -4.998 | -5.08 | 0.082 |
| 227.300 ~229.060 | 경사1 | -5.000 | -5.02 | 0.020 |

○ 종단선형 분석 알고리즘을 통해 국도 37호선을 분석한 결과를 제시함



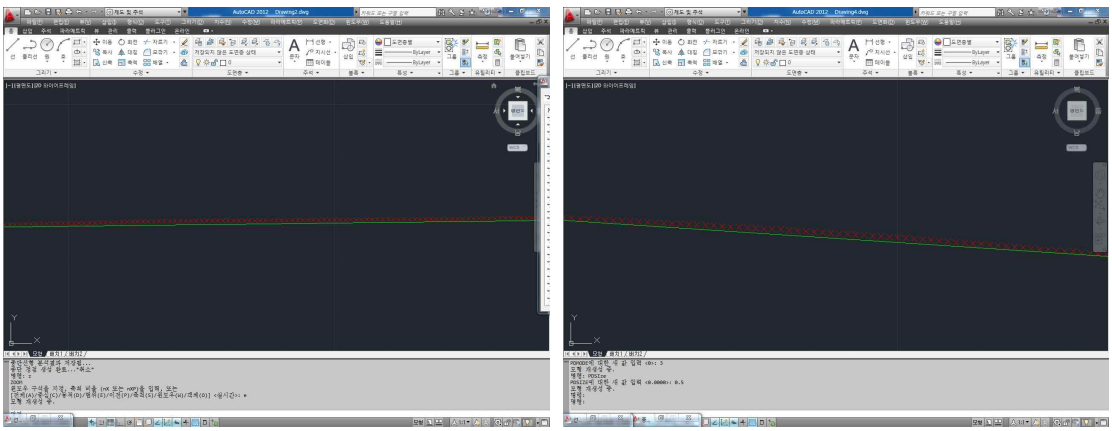

| NO. | 유형 | 길이 | 시점 | 시점높이 | 종점 | 종점높이 | 경사(%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 곡선 | 620.000 | 0.000 | 156.313 | 620.000 | 160.410 | |
| 2 | 경사 | 80.000 | 620.000 | 160.410 | 700.000 | 160.829 | 0.55% |
| 3 | 곡선 | 120.000 | 700.000 | 160.829 | 820.000 | 161.885 | |
| 4 | 경사 | 320.000 | 820.000 | 161.885 | 1140.000 | 166.051 | 1.30% |
| 5 | 곡선 | 460.000 | 1140.000 | 166.051 | 1600.000 | 172.539 | |
| 6 | 경사 | 40.000 | 1600.000 | 172.539 | 1640.000 | 173.260 | 1.80% |
| 7 | 곡선 | 340.000 | 1640.000 | 173.260 | 1980.000 | 178.997 | |
| 8 | 경사 | 220.000 | 1980.000 | 178.997 | 2200.000 | 183.945 | 2.25% |
| 9 | 곡선 | 1100.000 | 2200.000 | 183.945 | 3300.000 | 208.950 | |
| 10 | 경사 | 40.000 | 3300.000 | 208.950 | 3340.000 | 210.197 | 3.18% |
| 11 | 곡선 | 820.000 | 3340.000 | 210.197 | 4160.000 | 236.353 | |
| 12 | 경사 | 40.000 | 4160.000 | 236.353 | 4200.000 | 237.944 | 4.01% |
| 13 | 곡선 | 640.000 | 4200.000 | 237.944 | 4840.000 | 260.133 | |
| 14 | 경사 | 240.000 | 4840.000 | 260.133 | 5080.000 | 264.060 | 1.65% |
| 15 | 곡선 | 580.000 | 5080.000 | 264.060 | 5660.000 | 273.904 | |
| 16 | 경사 | 200.000 | 5660.000 | 273.904 | 5860.000 | 278.419 | 2.26% |
| 17 | 곡선 | 440.000 | 5860.000 | 278.419 | 6300.000 | 285.160 | |

<그림 3-1-67> 종단선형 분석결과(국도 37호선)

<표 3-1-27> 국도 37호선 종단경사 분석 결과

| 구분 | 도면_종단경사(%) | 분석_종단경사(%) | 절대값 차이 |
|---|---|---|---|
| 경사1 | 0.59 | 0.55 | 0.04 |
| 경사2 | 1.32 | 1.30 | 0.02 |
| 경사3 | 1.62 | 1.80 | 0.18 |
| 경사4 | 2.18 | 2.25 | 0.07 |
| 경사5 | 3.14 | 3.18 | 0.02 |
| 경사6 | 3.96 | 4.01 | 0.05 |
| 경사7 | 1.60 | 1.65 | 0.05 |
| 경사8 | 2.20 | 2.26 | 0.06 |

○ 자동선형 추정결과를 통해 나타난 도면의 추정선형이 정점을 통과하지 않거나, 일부구간이 이격되는 경우 반자동화를 이용하여 재분석을 실시함



<그림 3-1-68> 선형 추정 재분석 사례(지방도 367호선)

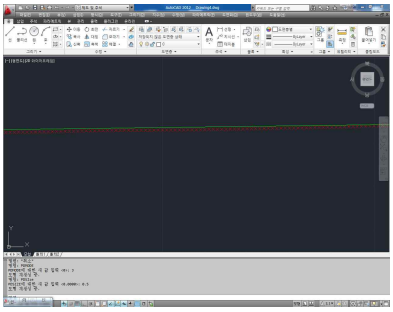
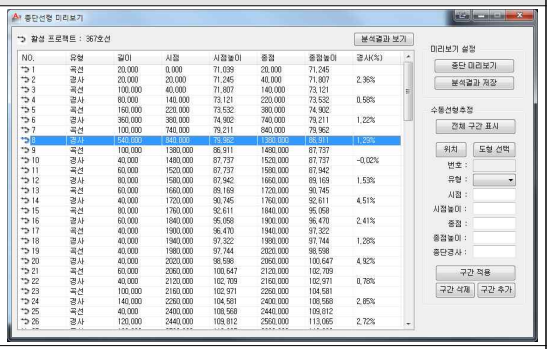
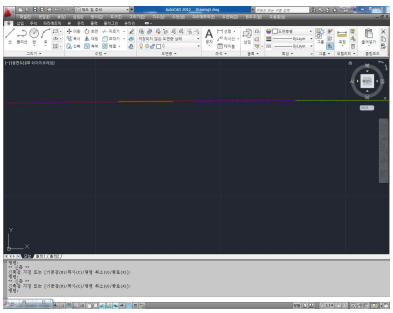
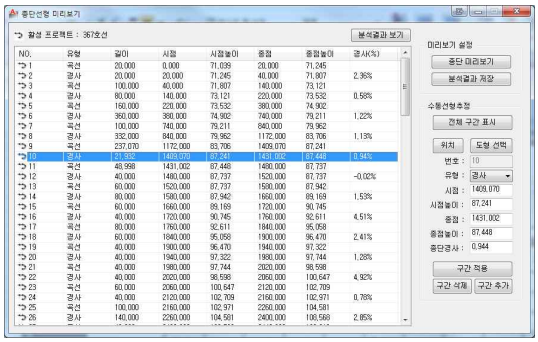
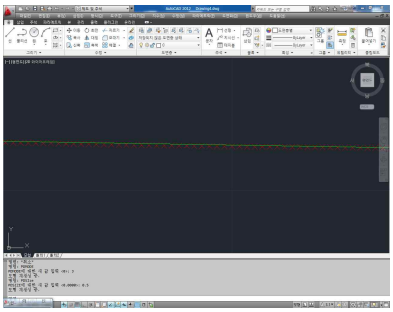
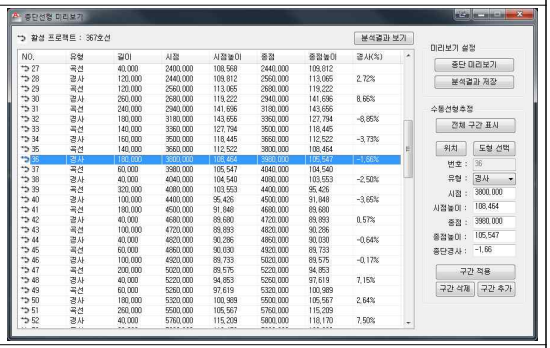
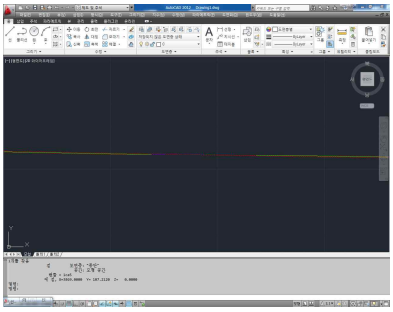
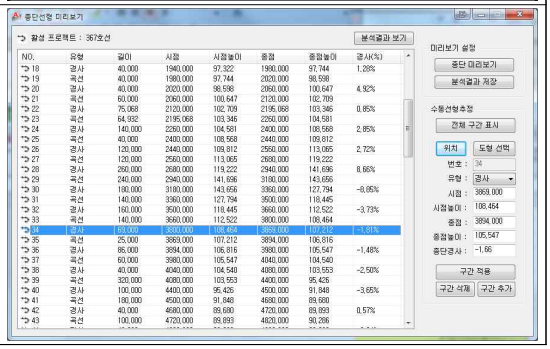
○ 종단선형 분석 알고리즘을 통해 지방도 367호선을 분석한 결과를 제시함

- 음영구간은 주행환경특성이 반영된 구간(경사25~곡선28)임

<표 3-1-28> 지방도 367호선 분석결과

| 구분 | 도면 종단경사 (%) | 분석 결과 (%) | 반자동 화추정 | 절대값 차이 | 구분 | 도면 종단경사 (%) | 분석 결과 (%) | 반자동 화추정 | 절대값 차이 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 경사1 | 1.47 | 1.22 | - | 0.25 | 경사19 | -1.90 | -1.66 | -1.81 | 0.09 |
| 경사2 | 2.64 (40m) | - | - | - | 경사20 | -1.12 | - | -1.48 | 0.36 |
| 경사3 | 1.24 | 1.29 | 1.13 | 0.05 | 경사21 | -2.48 | -2.5 | - | 0.02 |
| 경사4 | 0.57 | - | 0.94 | 0.37 | 경사22 | -1.44 | -1.14 | - | 0.3 |
| 경사5 | -0.18 | -0.02 | - | 0.16 | 경사23 | -3.40 | -3.65 | - | 0.25 |
| 경사6 | 1.26 | 1.53 | - | 0.27 | 경사24 | -3.80 | - | - | - |
| 경사7 | 4.38 | 4.51 | - | 0.13 | 경사25 | -2.80 | - | - | - |
| 경사8 | 2.47 | 2.41 | - | 0.06 | 경사26 | -0.50 | - | - | - |
| 경사9 | 0.88 | 1.28 | - | 0.4 | 경사27 | 0.81 | - | - | - |
| 경사10 | 5.52 | 4.92 | 5.12 | 0.2 | 경사28 | 0.54 | 0.57 | - | 0.03 |
| 경사11 | -0.38 (30m) | - | - | 1.16 | 경사29 | -0.80 | -0.64 | - | 0.16 |
| 경사12 | 1.30 | 0.78 | - | 0.52 | 경사30 | 0.17 | -0.17 | 0.00 | 0.17 |
| 경사13 | 2.45 | 2.85 | - | 0.4 | 경사31 | -0.50 | - | -0.04 | 0.46 |
| 경사14 | 3.29 (30m) | - | - |  | 경사32 | 7.14 | 7.15 | - | 0.01 |
| 경사15 | 2.44 | 2.72 | - | 0.28 | 경사33 | 2.65 | 2.64 | 2.60 | 0.05 |
| 경사16 | 8.61 | 8.66 | - | 0.05 | 경사34 | 2.05 | - | 2.39 | 0.34 |
| 경사17 | -8.80 | -8.85 | - | 0.05 | 경사35 | 7.28 | 7.5 | 7.31 | 0.03 |
| 경사18 | -3.39 | -3.73 | - | 0.34 | 경사36 | 5.25 | - | 5.33 | 0.08 |

<표 3-1-29> 반자동화 추정 전·후 결과 비교

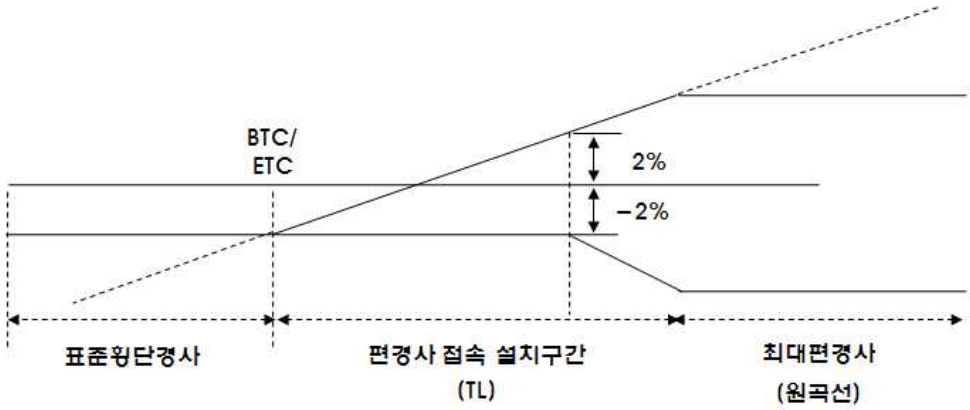
| 구분 | | 구간 표시 | 종단선형 미리보기 |
|---|---|---|---|
| 경사 4 | 반자동화 추정 (전) |  |  |
| | 반자동화 추정 (후) |  |  |
| 경사 20 | 반자동화 추정 (전) |  |  |
| | 반자동화 추정 (후) |  |  |

라. 횡단경사 분석

(1) 개요

○ 횡단선형은 도로의 진행방향에 직각으로 설치하는 경사로써 도로의 배수를 원활하게 하기 위하여 설치하는 경사를 의미함

○ 횡단경사와 관련하여 평면곡선부에 설치되는 편경사이며, 편경사는 평면곡선부에서 자동차가 원심력에 저항할 수 있도록 하기 위하여 설치하는 횡단경사를 의미하며, 일반적인 표준횡단경사-편경사 접속 설치구간-편경사의 개략적 설치도를 제시함




<그림 3-1-69> 표준횡단경사-편경사 접속 설치구간-편경사 설치도

○ 국내에서는 일반적으로 -2%의 표준횡단경사를 적용하고, 원곡선에서 최대편경사를 유지하며, 표준횡단경사와 편경사 중간에 횡단경사가 변화하는 구간을 편경사 접속 설치구간으로 명칭됨

○ 횡단선형은 단일 횡단경사와 복합 횡단경사로 구분되며, 복합횡단경사를 측정하기 위해서는 모든 차로 주행을 완료한 후 도로 전체의 횡단경사를 측정해야 하므로, 본 연구에서는 단일 횡단경사 구간을 대상으로함

○ 일반 직선로에 적용되는 횡단경사는 표준횡단경사, 원곡선에 설치되는 횡단경사는 편경사로 명칭하며, 표준횡단경사와 편경사 중간에 횡단경사가 변화하는 구간은 편경사 접속 설치구간임

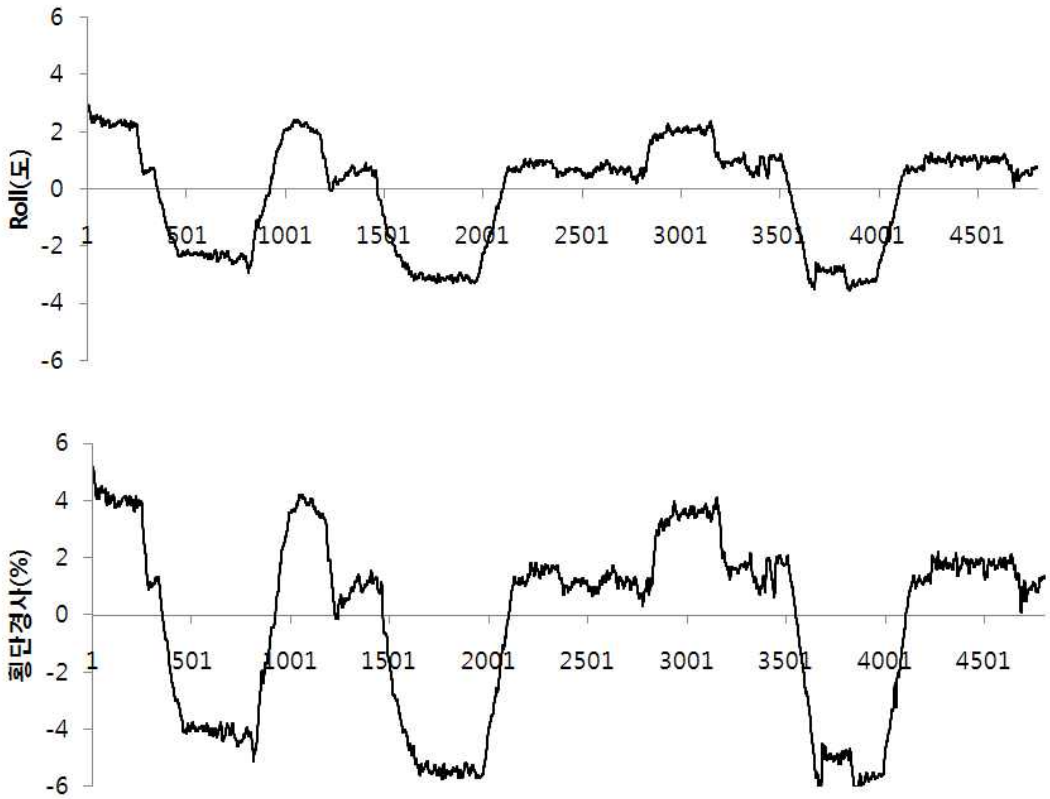
○ 또한, 횡단경사는 도로포장면과 밀접하게 연관되어 있으므로, 덧씌우기 공사 등을 시행한 지역에서는 횡단경사가 설계 값과 다르게 나타날 가능성이 존재함

○ 따라서, 본 연구에서는 레이저 측량을 통해 횡단경사 값을 측정하고, 도면과 레이저 측량을 이용한 횡단경사 값과 비교함

(2) 자세자료 선택

○ 안전점검 차량을 통해 수집된 자세자료 중에서, 횡단경사 분석 알고리즘이 적용된 자료로써 차량의 진행방향에 대한 기울기를 의미하는 Roll값을 사용하여 횡단경사를 구분했으며, 그림에는 안전점검 차량에서 수집한 Roll과 Roll을 이용하여 산출한 횡단경사를 제시함

2-




<그림 3-1-70> Roll을 이용한 횡단경사 산출

(3) 분석대상 구간

○ 횡단선형 분석 알고리즘에서는 레이저측량을 통해 횡단경사를 산출한 국도 37호선 (측점 1+010~1+850)을 분석대상으로 선정했으며, 레이저를 통해 측정한 횡단경사 값을 제시함

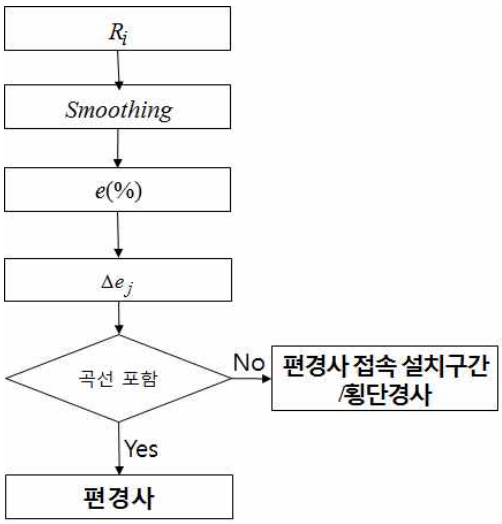
<표 3-1-30> 대상구간의 횡단경사

| 측점 | 횡단경사 | | 측점 | 횡단경사 | | 측점 | 횡단경사 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 레이저 | 도면 | | 레이저 | 도면 | | 레이저 | 도면 |
| 1+010 | -4.94 | -5.00 | 1+300 | 3.97 | 4.00 | 1+590 | 3.91 | TL |
| 1+020 | -4.14 | TL | 1+310 | 3.93 | 4.00 | 1+600 | 3.24 | TL |
| 1+030 | -3.35 | TL | 1+320 | 3.87 | 4.00 | 1+610 | 2.69 | TL |
| 1+040 | -2.57 | TL | 1+330 | 3.93 | 4.00 | 1+620 | 1.88 | TL |
| 1+050 | -2.07 | -2.00 | 1+340 | 4.10 | 4.00 | 1+630 | 1.71 | TL |
| 1+060 | -2.06 | -2.00 | 1+350 | 4.01 | 4.00 | 1+640 | 1.24 | TL |
| 1+070 | -1.82 | -2.00 | 1+360 | 4.01 | 4.00 | 1+650 | 1.00 | TL |
| 1+080 | -1.85 | -2.00 | 1+370 | 4.05 | 4.00 | 1+660 | 0.34 | TL |
| 1+090 | -1.69 | -2.00 | 1+380 | 4.16 | 4.00 | 1+670 | -0.22 | TL |
| 1+100 | -1.78 | TL | 1+390 | 4.52 | 4.00 | 1+680 | -0.49 | TL |
| 1+110 | - | TL | 1+400 | 3.97 | 4.00 | 1+690 | -0.97 | TL |
| 1+120 | - | TL | 1+410 | 4.01 | 4.00 | 1+700 | -1.59 | TL |
| 1+130 | - | TL | 1+420 | 4.07 | 4.00 | 1+710 | -2.19 | TL |
| 1+140 | 0.23 | TL | 1+430 | 4.04 | 4.00 | 1+720 | -2.70 | TL |
| 1+150 | 0.23 | TL | 1+440 | 3.86 | 4.00 | 1+730 | -3.12 | TL |
| 1+160 | 1.11 | TL | 1+450 | 3.80 | 4.00 | 1+740 | -3.61 | TL |
| 1+170 | 1.70 | TL | 1+460 | 3.90 | 4.00 | 1+750 | -3.87 | TL |
| 1+180 | 1.93 | TL | 1+470 | 3.87 | 4.00 | 1+760 | -4.40 | TL |
| 1+190 | 2.48 | TL | 1+480 | 4.01 | 4.00 | 1+770 | -4.55 | -5.00 |
| 1+200 | 2.74 | TL | 1+490 | 4.07 | 4.00 | 1+780 | -4.52 | -5.00 |
| 1+210 | 3.11 | TL | 1+500 | 4.23 | 4.00 | 1+790 | -4.51 | -5.00 |
| 1+220 | 3.45 | TL | 1+510 | 4.16 | 4.00 | 1+800 | -4.64 | -5.00 |
| 1+230 | 3.66 | TL | 1+520 | 4.22 | 4.00 | 1+810 | -4.60 | -5.00 |
| 1+240 | 3.82 | 4.00 | 1+530 | 3.88 | 4.00 | 1+820 | -4.53 | -5.00 |
| 1+250 | 3.91 | 4.00 | 1+540 | 3.88 | 4.00 | 1+830 | -4.39 | -5.00 |
| 1+260 | 4.07 | 4.00 | 1+550 | 3.83 | 4.00 | 1+840 | -4.37 | -5.00 |
| 1+270 | 3.79 | 4.00 | 1+560 | 3.86 | 4.00 | 1+850 | -4.52 | -5.00 |
| 1+280 | 3.97 | 4.00 | 1+570 | 4.08 | 4.00 | - | - | - |
| 1+290 | 4.09 | 4.00 | 1+580 | 4.40 | 4.00 | - | - | - |

* TL : 편경사 접속 설치구간

(4) 횡단경사 분석 알고리즘

○ 본 연구의 횡단경사 분석 알고리즘을 제시했으며, 횡단경사 분석 알고리즘에 제시된 parameter에 대한 설명을 나타냄



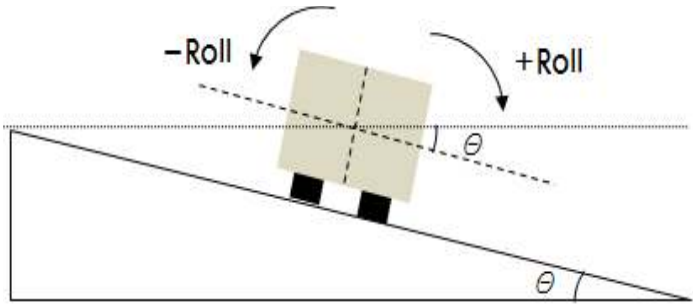

<그림 3-1-71> 편경사 분석 알고리즘

<표 3-1-31> Parameter 설명

| Parameter | 설명 |
|---|---|
| $R_i$ | Roll, i=1,2,3,···,n |
| e(%) | 횡단경사 |
| $\Delta e_j$ | 횡단경사 변화율(분석기본단위), j=1,2,3,···,n |

(5) $R_i$ 을 이용한 횡단경사 산출

○ 횡단경사 알고리즘에 사용되는 Roll값은 1m간격으로 수집된 자료를 이용하며, 횡단경사 산출식을 사용하여 횡단경사 값을 산출함




<그림 3-1-72> 횡단경사 산출

(6) Span(분석범위) 결정

○ 횡단경사는 도로포장상태 등에 크게 영향을 받아 도면에서 제시하는 횡단경사 값과 다르게 나타날 수 있으므로, 37호선의 일부구간에 대한 레이저를 이용한 측정결과와 안전점검차량을 이용하여 취득된 Roll을 이용하여 횡단경사를 산출함

○ 레이저에서 측정한 횡단경사를 도면과 비교하면, 도로포장상태는 도면에서 제시된 값처럼 일정하지 않은 것으로 나타나므로, 고정식 레이저를 이용한 정밀 도로 측량한 결과와 도로의 종편면도 시공 도면과 본 장비를 이용한 결과 값의 비교를 수행함

○ 본 실험을 위하여 경기도에 2011년 4월 개통된 신설 도로(국도 37호선)를 대상으로 상행선 편도 850m구간에 대한 측량을 실시함

○ 실험결과 차량으로 획득한 편경사의 결과와 레이저 및 도면에서 획득한 편경사의 결과가 1% 이내의 오차 범위를 만족하는 결과를 나타냄

○ 도로 안전을 위한 편경사의 측정에는 서스펜션의 영향을 고려하지 않더라도 GPS-IMU의 Roll을 이용하여 주위의 교통류와 같은 속도로 주행하면서 도로의 횡단선형을 1% 이내의 정확도로 측정함

○ 따라서, 횡단선형 분석 알고리즘에서는 레이저측량 결과와 오차가 작게 나타나는 Span으로 결정함

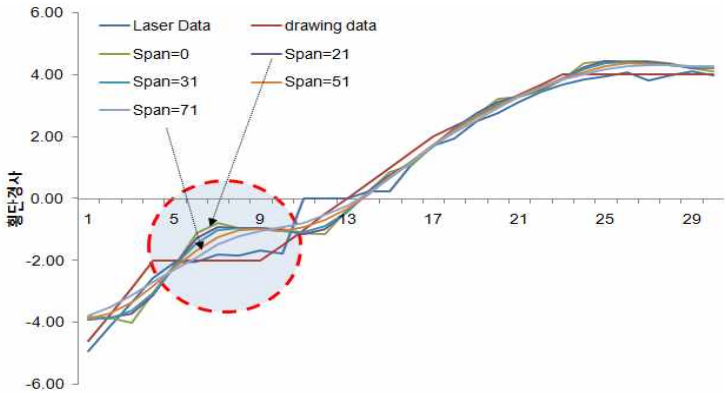
<표 3-1-32> 레이저와 Span에 따른 횡단경사 비교

| 구분 | Laser-Drawing | Laser-Span=0 | Laser-Span=21 | Laser-Span=31 | Laser-Span=51 | Laser-Span=71 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1+010 | 0.354 | 0.260 | 0.582 | 0.729 | 0.931 | 1.147 |
| 1+020 | 0.382 | 0.447 | 0.410 | 0.438 | 0.648 | 0.799 |
| 1+030 | 0.474 | 0.440 | 0.501 | 0.501 | 0.458 | 0.472 |
| 1+040 | 0.569 | 0.646 | 0.551 | 0.486 | 0.316 | 0.144 |
| 1+050 | 0.067 | 0.760 | 0.608 | 0.514 | 0.321 | 0.088 |
| 1+060 | 0.058 | 0.821 | 0.769 | 0.776 | 0.612 | 0.400 |
| 1+070 | 0.178 | 0.662 | 0.607 | 0.539 | 0.479 | 0.389 |
| 1+080 | 0.154 | 0.499 | 0.504 | 0.500 | 0.518 | 0.611 |
| 1+090 | 0.309 | 0.255 | 0.224 | 0.305 | 0.496 | 0.661 |
| 1+100 | 0.277 | 0.462 | 0.533 | 0.627 | 0.828 | 1.028 |
| 1+110 | - | - | - | - | - | - |
| 1+120 | - | - | - | - | - | - |
| 1+130 | - | - | - | - | - | - |
| 1+140 | 0.269 | 0.642 | 0.720 | 0.771 | 0.790 | 0.765 |
| 1+150 | 0.769 | 1.236 | 1.210 | 1.236 | 1.290 | 1.286 |
| 1+160 | 0.390 | 0.952 | 0.949 | 0.902 | 0.872 | 0.829 |
| 1+170 | 0.297 | 0.824 | 0.836 | 0.824 | 0.698 | 0.593 |
| 1+180 | 0.396 | 1.082 | 0.965 | 0.905 | 0.818 | 0.744 |
| 1+190 | 0.188 | 0.538 | 0.577 | 0.580 | 0.577 | 0.580 |
| 1+200 | 0.264 | 0.448 | 0.478 | 0.518 | 0.625 | 0.634 |
| 1+210 | 0.218 | 0.449 | 0.463 | 0.489 | 0.506 | 0.503 |
| 1+220 | 0.211 | 0.667 | 0.560 | 0.512 | 0.411 | 0.334 |
| 1+230 | 0.340 | 0.658 | 0.610 | 0.529 | 0.396 | 0.297 |
| 1+240 | 0.181 | 0.469 | 0.386 | 0.410 | 0.375 | 0.279 |
| 1+250 | 0.087 | 0.199 | 0.281 | 0.307 | 0.306 | 0.272 |
| 1+260 | 0.067 | 0.194 | 0.141 | 0.118 | 0.131 | 0.128 |
| 1+270 | 0.215 | 0.350 | 0.402 | 0.409 | 0.378 | 0.383 |
| 1+280 | 0.033 | 0.182 | 0.195 | 0.173 | 0.188 | 0.179 |
| 1+290 | 0.093 | 0.028 | 0.017 | 0.028 | 0.032 | 0.061 |
| 1+300 | 0.033 | 0.140 | 0.130 | 0.132 | 0.165 | 0.161 |
| 1+310 | 0.068 | 0.191 | 0.174 | 0.198 | 0.181 | 0.175 |
| 1+320 | 0.131 | 0.357 | 0.282 | 0.255 | 0.227 | 0.254 |
| 1+330 | 0.073 | 0.167 | 0.180 | 0.165 | 0.207 | 0.222 |
| 1+340 | 0.095 | 0.128 | 0.030 | 0.033 | 0.072 | 0.084 |
| 1+350 | 0.006 | 0.280 | 0.211 | 0.180 | 0.188 | 0.189 |
| 1+360 | 0.005 | 0.249 | 0.307 | 0.281 | 0.213 | 0.227 |

| 구분 | Laser-Drawing | Laser-Span=0 | Laser-Span=21 | Laser-Span=31 | Laser-Span=51 | Laser-Span=71 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1+370 | 0.047 | 0.270 | 0.231 | 0.229 | 0.257 | 0.216 |
| 1+380 | 0.162 | 0.038 | 0.129 | 0.162 | 0.154 | 0.118 |
| 1+390 | 0.524 | 0.020 | 0.180 | 0.200 | 0.242 | 0.224 |
| 1+400 | 0.029 | 0.347 | 0.339 | 0.320 | 0.327 | 0.322 |
| 1+410 | 0.014 | 0.033 | 0.208 | 0.267 | 0.290 | 0.241 |
| 1+420 | 0.066 | 0.393 | 0.230 | 0.191 | 0.161 | 0.167 |
| 1+430 | 0.036 | 0.214 | 0.231 | 0.191 | 0.140 | 0.166 |
| 1+440 | 0.136 | 0.160 | 0.227 | 0.263 | 0.328 | 0.327 |
| 1+450 | 0.202 | 0.183 | 0.296 | 0.306 | 0.369 | 0.464 |
| 1+460 | 0.101 | 0.323 | 0.261 | 0.271 | 0.337 | 0.411 |
| 1+470 | 0.129 | 0.323 | 0.437 | 0.485 | 0.496 | 0.515 |
| 1+480 | 0.015 | 0.622 | 0.529 | 0.505 | 0.503 | 0.454 |
| 1+490 | 0.065 | 0.594 | 0.674 | 0.649 | 0.536 | 0.443 |
| 1+500 | 0.229 | 0.582 | 0.543 | 0.494 | 0.395 | 0.310 |
| 1+510 | 0.157 | 0.500 | 0.447 | 0.448 | 0.431 | 0.388 |
| 1+520 | 0.220 | 0.080 | 0.214 | 0.254 | 0.283 | 0.320 |
| 1+530 | 0.118 | 0.610 | 0.467 | 0.465 | 0.570 | 0.651 |
| 1+540 | 0.118 | 0.371 | 0.479 | 0.536 | 0.567 | 0.661 |
| 1+550 | 0.170 | 0.644 | 0.692 | 0.657 | 0.728 | 0.773 |
| 1+560 | 0.136 | 0.747 | 0.804 | 0.832 | 0.823 | 0.781 |
| 1+570 | 0.075 | 0.802 | 0.805 | 0.799 | 0.688 | 0.456 |
| 1+580 | 0.398 | 0.652 | 0.614 | 0.475 | 0.186 | 0.079 |
| 1+590 | 0.412 | 0.800 | 0.661 | 0.568 | 0.300 | 0.088 |
| 1+600 | 0.243 | 0.438 | 0.467 | 0.472 | 0.463 | 0.414 |
| 1+610 | 0.187 | 0.170 | 0.108 | 0.238 | 0.453 | 0.550 |
| 1+620 | 0.123 | 0.297 | 0.504 | 0.561 | 0.701 | 0.844 |
| 1+630 | 0.206 | 0.519 | 0.476 | 0.417 | 0.426 | 0.477 |
| 1+640 | 0.238 | 0.612 | 0.616 | 0.628 | 0.513 | 0.470 |
| 1+650 | 0.495 | 0.467 | 0.459 | 0.426 | 0.385 | 0.334 |
| 1+660 | 0.337 | 0.575 | 0.591 | 0.593 | 0.627 | 0.598 |
| 1+670 | 0.279 | 0.587 | 0.672 | 0.714 | 0.707 | 0.695 |
| 1+680 | 0.507 | 0.722 | 0.562 | 0.501 | 0.488 | 0.458 |
| 1+690 | 0.527 | 0.412 | 0.532 | 0.527 | 0.442 | 0.380 |
| 1+700 | 0.409 | 0.640 | 0.535 | 0.533 | 0.499 | 0.464 |
| 1+710 | 0.313 | 0.488 | 0.486 | 0.486 | 0.505 | 0.573 |
| 1+720 | 0.299 | 0.172 | 0.339 | 0.391 | 0.511 | 0.584 |
| 1+730 | 0.378 | 0.268 | 0.328 | 0.362 | 0.452 | 0.495 |

| 구분 | Laser-Drawing | Laser-Span=0 | Laser-Span=21 | Laser-Span=31 | Laser-Span=51 | Laser-Span=71 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1+740 | 0.393 | 0.571 | 0.555 | 0.524 | 0.462 | 0.512 |
| 1+750 | 0.632 | 0.543 | 0.424 | 0.375 | 0.356 | 0.417 |
| 1+760 | 0.597 | 0.343 | 0.424 | 0.508 | 0.620 | 0.683 |
| 1+770 | 0.453 | 0.243 | 0.327 | 0.377 | 0.512 | 0.615 |
| 1+780 | 0.477 | 0.338 | 0.295 | 0.262 | 0.298 | 0.396 |
| 1+790 | 0.490 | 0.183 | 0.241 | 0.243 | 0.209 | 0.231 |
| 1+800 | 0.365 | 0.383 | 0.279 | 0.293 | 0.310 | 0.309 |
| 1+810 | 0.404 | 0.161 | 0.209 | 0.218 | 0.235 | 0.280 |
| 1+820 | 0.469 | 0.123 | 0.136 | 0.129 | 0.186 | 0.216 |
| 1+830 | 0.609 | 0.038 | 0.024 | 0.058 | 0.071 | 0.064 |
| 1+840 | 0.627 | 0.153 | 0.125 | 0.115 | 0.060 | 0.015 |
| 1+850 | 0.484 | 0.327 | 0.313 | 0.253 | 0.181 | 0.178 |
| 평균 | 0.260 | 0.424 | 0.428 | 0.429 | 0.427 | 0.424 |

○ 레이저 측량을 통한 횡단경사 값을 산출한 결과와 도면 및 안전점검 차량을 이용하여 횡단경사 값을 산출한 결과를 비교하면, Span이 71인 경우에 레이저 횡단경사와의 오차가 가장 적은 것으로 나타나며, 레이저를 통해 측량된 횡단경사와 이동평균법 Span에 따른 횡단경사 값을 제시함




<그림 3-1-73> Span에 따른 횡단경사 비교

○ Span이 71인 경우에 레이저 측량과의 오차가 가장 낮게 나타나지만, 적색 점선으로 표시된 부분과 같이 횡단경사가 짧은 구간에서는 횡단경사가 존재함에도 존재하지 않는 구간으로 왜곡되어 판단 될 가능성이 존재함

○ 따라서, 횡단선형 분석에서는 레이저와의 오차가 2번째로 낮게 나타나는 Span을 결정하고(Span=21), 횡단경사와 편경사 접속설치구간으로 구분하는

임계값을 선정함

(7) 편경사 및 편경사 접속설치구간 구분

① 통계검정(T-test)

○ 국도 37호선에 대한 모든 구간에 대한 레이저 측량 값이 존재하지 않으므로, 레이저로 측정한 구간에 대한 횡단경사와 안전점검 차량을 이용하여 산출한 횡단경사에 대한 동질성을 검정하기 위해 T-test를 실시했으며, 결과를 제시함

○ T-test의 귀무가설은 '두 집단(레이저, Roll)에서 산출한 횡단경사에 대한 평균의 차이가 없음'이며, 대립가설은 '두 집단(레이저, Roll)에서 산출한 횡단경사에 대한 평균의 차이가 있음' 으로 설정함

○ Levene의 등분산 검정에서 유의확률이 0.905로 나타나며, 두 모집단 평균차이 검증에서는 두 모집단의 분산이 같다는 가설을 기각하지 못하므로, 등분산 가정에 문제가 되지 않음

○ 또한, T-test 결과의 t-value가 -0.810, 유의확률은 0.419로 나타나며, 두 모집단에 대한 평균은 차이가 없는 것으로 분석되므로, 레이저로 측량한 횡단경사와 안전점검 차량을 이용하여 산출한 횡단경사는 통계적으로 유사하다는 결론을 도출함

<표 3-1-33> T-test 결과

| Levene의 등분산 검정 | | 평균의 동일성에 대한 T-검정 | | |
|---|---|---|---|---|
| F | 유의확률 | t | 자유도 | 유의확률 (양쪽) |
| 0.014 | 0.905 | -0.810 | 162 | 0.419 |

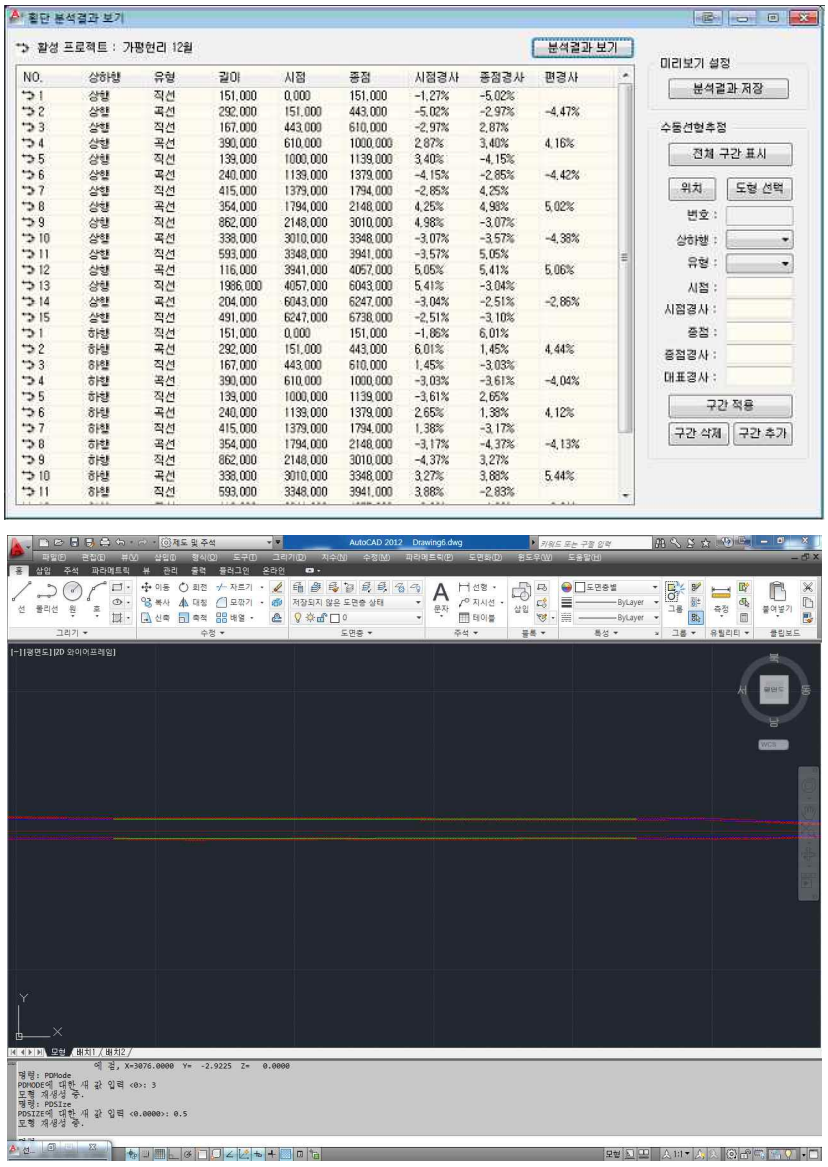
(8) 횡단경사 분석결과

① 편경사 분석결과

○ 선형분석 알고리즘에 의한 국도 37호선의 편경사 분석결과를 측량결과와 비교하여 제시함

<표 3-1-34> 편경사 분석결과(국도 37호선)

| 구분 | | 측량_편경사(%) | 분석_편경사(%) | 절대값오차 |
|---|---|---|---|---|
| 가평-현리 | 편경사 #1 | -4.91 | -4.47 | 0.44 |
| | 편경사 #2 | 4.13 | 4.16 | 0.03 |
| | 편경사 #3 | -4.40 | -4.42 | 0.02 |
| | 편경사 #4 | 5.24 | 5.02 | 0.22 |
| | 편경사 #5 | -4.03 | -4.38 | 0.35 |
| | 편경사 #6 | 4.58 | 5.06 | 0.48 |
| | 편경사 #7 | -3.53 | -2.86 | 0.67 |




<그림 3-1-74> 편경사 분석결과(37호선)

# 제1-3절 시설물 분석 시스템

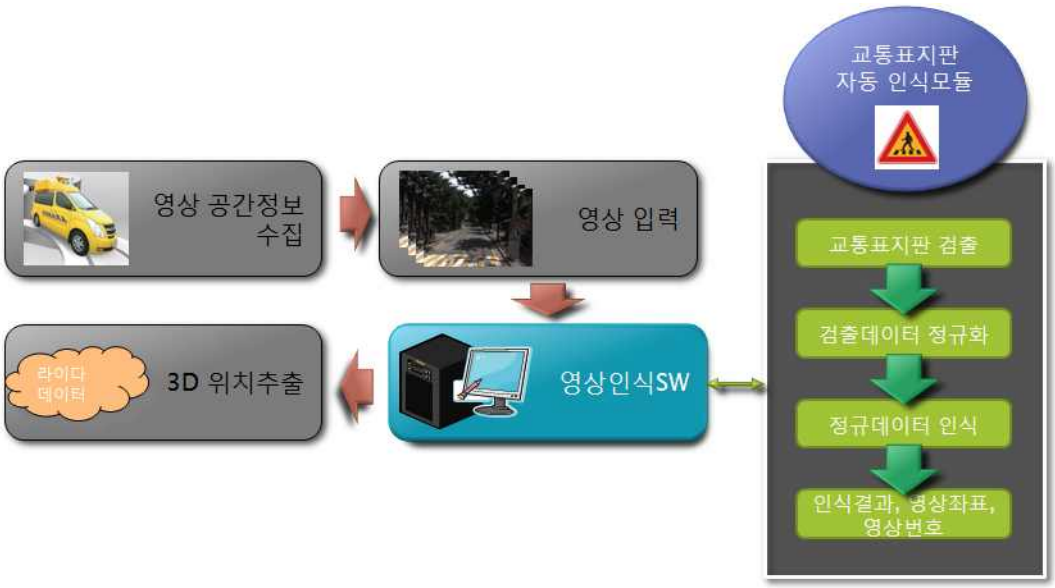
## 1. 교통 표지판 인식 시스템

### 가. 교통안전표지 검출

○ 영상 내 교통표지 검출을 위해 색상적, 형태적 특징을 이용함

○ 색상적 특징과, 형태적 특징을 이용하면 영상 내에서 교통표지 영역과 그 외(교통표지가 아닌 영역) 영역을 영상에서 분리해 낼 수 있음

○ 교통안전표지를 인식하는 과정은 ARASEO 차량을 이용하여 취득한 영상을 본 연구를 통하여 개발한 영상인식 S/W를 이용하여 표지판의 종류와 대략의 위치를 기록하고, ARASEO 전방의 시설물 인식 레이저를 이용하여 정밀한 위치를 삽입하는 방법임




<그림 3-1-75> 교통표지판 인식 시스템

#### (1) HSV(Hue Saturation Value)색 공간을 이용한 검출

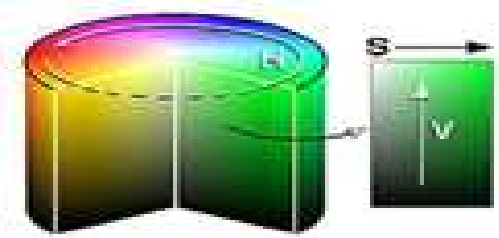
○ 대상 교통표지(주의, 규제, 지시, 시선유도표지)의 색 특성은 다음과 같음

<표 3-1-35> 교통표지판의 색상정보

| 구분 | 테두리 영상 | 내부 배경 영상 |
|---|---|---|
| 주의표지 | 빨강 | 노랑 |
| 규제표지 | 빨강 | 백색, 파랑 |
| 지시표지 | 파랑 | 흰색 |
| 시선유도표지 | 노랑 | 검정 |

○ 빨강, 파랑, 노랑 등 다양한 색상으로 구분되는 교통표지의 색상적인 특성을 이용하여 영상 내 교통표지를 검출하기 위해, HSV 색 공간을 이용하며, 이는 HSV 색 공간 이용 시 세밀한 색의 표현이 가능하여 영상처리 등에 많이 사용되기 때문임

○ HSV 색 공간은 색상(Hue), 채도(Saturation), 명도(Value)를 기준으로 색을 구성하는 방식이며 감산혼합이나, 가산혼합보다 색상의 지정이 직관적이기 때문에 검출을 위한 색 공간으로 적합함




<그림 3-1-76> HSV 색 공간

- 색상 : 가시광선 스펙트럼을 고리모양으로 배치한 색상환에서 가장 파장이 긴빨강을 0°로 하였을 때 상대적인 배치 각도를 의미하며, 색상 값은 0°~360°로 구분됨

- 채도 : 채도 값 S는 특정한 색상의 가장 진한 상태를 100%로 하였을 때 진하기의 정도를 나타내며, 채도 값 0%는 명도의 무채색을 나타냄

- 명도 : 명도 값 V 또는 B(Brightness)는 흰색을 100%, 검정을 0%로 하였을 때의 밝기의 정도를 나타냄

- RGB 색 공간에서 HSV 색 공간으로 변환 공식

$$V = \max(R,G,B) \quad \text{.....(3-1-9)}$$

$$S = (V-\min(R,G,B)) / V \quad \text{.....(3-1-10)}$$

$$H = (G-B) \times 60 / S, \text{ if } V = R \quad \text{.....(3-1-11)}$$

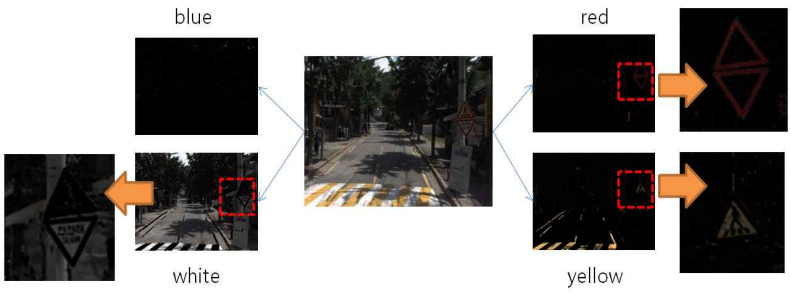
$$180 \times (B-R) \times 60 / S, \text{ if } V = G \quad \text{.....(3-1-12)}$$

$$240 \times (R-G) \times 60 / S, \text{ if } V = B \quad \text{.....(3-1-13)}$$

단, max(x,y,z)는 세 값 중 가장 큰 값을 의미

min(x,y,z)는 세 값 중 가장 작은 값을 의미

○ 다음은 HSV 색 공간을 이용한 특성분리 사례를 제시함




<그림 3-2-77> HSV 색 공간을 이용한 색상 분리 결과

- 가운데 원 영상을 중심으로 색상에 따른 특성을 추출한 예로써, 각각 blue red, yellow, white 채널 별 분리 영상 및 일부분(관심영역)만을 확대한 영상을 보이고 있음

- 확대 영상에서 볼 수 있듯이 배경과 교통표지 영역이 명확히 구분되어 검출되었음

(2) 형태학적 정보를 이용한 분류

○ 대상 교통표지(주의, 규제, 지시, 시선유도표지)의 형태학적 특성은 다음과 같음

<표 3-1-36> 교통표지 형태학적 특성 비교표

| 구분 | 형태학적 특성 |
|---|---|
| 주의표지 | 삼각형 |
| 규제표지 | 원형, 역삼각형, 팔각형 |
| 지시표지 | 원형, 삼각형, 사각형 |
| 시선유도표지 | 사각형 |

- 주의표지에서는 삼각형의 형태만 존재하며, 규제표지에서는 원형, 역삼각형, 팔각형이 존재하며, 지시표지는 원형, 삼각형, 사각형의 형태를 보이며, 시선유도표지는 사각형의 형태학적 특성을 가지고 있음

○ 형태학적 특성을 이용하면, HSV 색 공간을 통해 배경이 제거된 각 색상별 채널 영상에서 교통표지의 종류를 분류 가능함

(3) 정규화

○ 카메라와 교통표지의 거리에 따라 영상 내 교통표지의 크기는 동일하지 않으며, 영상취득 당시의 주변 환경 등에 따른 영상 밝기의 정도 또한, 각각 다름

○ 밝기와 크기, 그리고 카메라 위치 또는 대상 교통표지의 설치 위치에 따른 왜곡 등을 보정하여 통일된 영상 형태를 가지도록 하는 과정이 정규화 과정임

○ 다음은 영상 내 교통표지의 검출 이후 정규화 하는 과정임




<그림 3-1-78> 정규화 과정

- 입력영상(①)에서 표지판 영역을 검출(②, ③)하고, 검출한 영역에 대해 왜곡을 보정(④)함

- 왜곡이 보정된 영상을 이용하여 영상 크기변경과 밝기를 조절(⑤)하고, 배경영상을 제거(⑥)하여, 교통표지 영역만을 추출하는 일련의 과정들이 모두 정규화 내에서 이루어짐

- 정규화 과정을 통해 배경 영상이 제거된 동일크기를 갖는 교통표지 영역을 추출할 수 있음

## 나. 교통안전표지 인식

○ 패턴분류방법을 통하여 정규화된 영상에 대한 자동인식을 수행함

○ 패턴분류를 위해 SVM(Support Vector Machine)을 이용함

○ SVM의 대략적인 개념에 대해 설명하면 다음과 같음

- 다음과 같은 학습데이터 D가 주어졌을 때

$$\mathcal{D} = \{(\mathbf{x}_i, c_i) | \mathbf{x}_i \in \mathbb{R}^p, c_i \in \{-1, 1\}\}_{i=1}^{n} \quad \text{.....(3-1-14)}$$

- Ci는 1이나 -1의 값을 갖는 변수가 Xi에 속한 클래스를 의미하며, Xi는 P차원의 실수벡터임

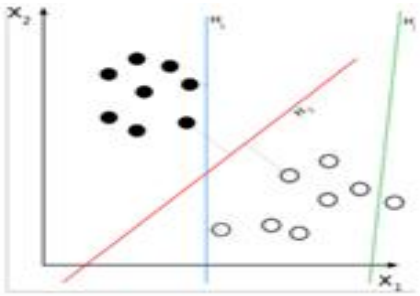
- 신경망을 포함하여 많은 학습 알고리즘은, 이러한 학습데이터가 주어졌을 때 Ci = 1인 점들과 Ci = -1인 점들을 분리하는 hyperplane을 찾아내는 것이 공통의 목표임

- SVM이 다른 알고리즘과 차별되는 특징은 단지 점들을 분리하는 hyperplane을 찾는 것으로 끝나는 것이 아니라, 점들을 분리할 수 있는 수많은 후보평면들 가운데 마진(hyperplane으로부터 각 점들에 이르는 거리의 최소값)이 최소가 되는 hyperplane을 찾는 것임

- 이 마진을 최대로 하면서 점들을 두 클래스로 분류하려면, 결국 클래스 1에 속하는 점들과의 거리 중 최소값과 클래스 -1에 속하는 점들과의 거리 중 최소 값이 같도록 hyperplane이 위치해야 하며, 이러한 hyperplane을

maximum-margine hyperplane이라고 함

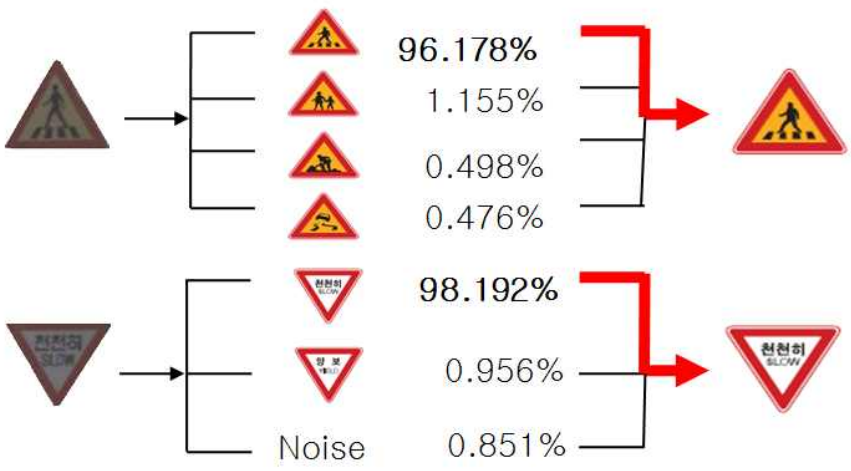
- 결론적으로 SVM은 두 클래스의 점들과 거리를 유지하는 것을 찾아내는 알고리즘이라 할 수 있음



<그림 3-1-79> SVM 개념

○ 정규화된 영상에 대한 자동인식 결과를 도출하는 방법은, 패턴매칭 확률을 이용하며, 확률이 가장 높게 나온 것을 결과로 하며, 결과 값을 도출하는 과정을 제시함

- 아래 그림 '정규화된 영상에 대한 결과 값 도출과정'에서 정규화 이후 SVM을 통해 각각 확률이 가장 높은 것이 결과 값으로 도출(빨간색 화살표)됨을 알 수 있음




<그림 3-1-80> 정규화된 영상에 대한 결과 값 도출과정

(1) 교통안전표지 인식률

○ 교통안전 점검을 위하여 경기도, 강원도, 충북 국도의 영상을 취득하여 샘플 데이터로 활용함

(가) 인식률 테스트 방법

○ 맑은 날씨와 흐린 날씨에 각각 취득된 영상을 기준으로 인식률 테스트를 진행함

- 맑은 날씨 테스트는 2012년 06월15일 제공받은 영상을 이용
- 흐린 날씨 테스트는 2012년 04월 30일 제공받은 영상을 이용

○ 인식률 산출 기준은 다음과 같음

- 프레임 영상에서 한 번 이라도 올바로 인식 하였을 경우에 정 인식되었다고 체크함
- 영상 내 교통표지판의 크기는 최소 크기 30(H) x 30(V) 픽셀 이상이여야 함

① 인식률 테스트 영상

○ 테스트 영상을 제시함

<표 3-1-37> 테스트 영상의 종류

| 날씨 | 경로 | | 일시 |
|---|---|---|---|
| 맑음 | 1-A | 경기도 국도 37호선 | 2012-05-16 11h-58m-06s |
| | 1-B | | 2012-05-16 14h-11m-28s |
| | 2-A | 강원도 국도 31호선 | 2012-05-17 09h-43m-03s |
| | 2-B | | 2012-05-17 10h-46m-02s |
| | 3-A | 충북 국도 44호선 | 2012-05-18 09h-54m-07s |
| | 3-B | | 2012-05-18 14h-40m-29s |
| | 3-C | | 2012-05-18 15h-36m-05s |
| 흐림 | 4 | 파주 국도 1호선 | 2012-05-24 15h |

② 인식률 테스트 결과

<표 3-1-38> 폴더별 인식률 테스트 결과

| 날씨 | 폴더 | | 인식결과 | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | 총 개수 | 인식개수 | 인식률(%) |
| 맑음 | 1-A | 2012-05-16 11h-58m-06s | 1148 | 1058 | 92.16% |
| | 1-B | 2012-05-16 14h-11m-28s | 1197 | 1091 | 91.14% |
| | 2-A | 2012-05-17 09h-43m-03s | 418 | 386 | 92.34% |
| | 2-B | 2012-05-17 10h-46m-02s | 379 | 353 | 93.13% |
| | 3-A | 2012-05-18 09h-54m-07s | 1325 | 1267 | 95.62% |
| | 3-B | 2012-05-18 14h-40m-29s | 355 | 307 | 86.48% |
| | 3-C | 2012-05-18 15h-36m-05s | 430 | 414 | 96.27% |
| 흐림 | 4 | 2012-05-24 15h | 139 | 112 | 80.58% |

<표 3-1-39> 모든 영상에 대한 인식률 테스트 결과

| 날씨 | 총 개수 | 인식실패개수 | 정 인식개수 | 인식률(%) |
|---|---|---|---|---|
| 맑음 | 5244 | 368 | 4876 | 92.98% |
| 흐림 | 139 | 27 | 112 | 80.58% |

- 맑은 날씨에 취득된 영상의 경우에는 총 5244개(주의, 규제, 지시, 시선유도 표지 합계) 중 4876개 정 인식으로 인식률 92.98%로 나타남

- 흐린 날씨에 취득된 영상의 경우에는 총 139개 (주의, 규제, 지시, 시선유도 표지 합계) 중 112개 정 인식으로 인식률 80.58%로 나타남

다. 인식 결과 자동위치 삽입 모듈

○ 영상 내 교통안전표지의 3차원 위치정보 추출을 위한 자동 인식 결과 및 영상 내 위치정보, 영상의 프레임 정보 등을 다음과 같이 제공함

- 도로시설물 DB 코드 값

- 영상 파일명에서 추출한 영상 위치 x, y, z

- 자동인식 대상에 대한 실 좌표 추출을 위한 설정한 프레임 번호의 영상 위치 x, y, z

- 자동 인식한 교통안전표지의 영상 내 위치정보를 나타내는 영역 코드

- 사용자 학습기능 추가로 인한 자동 인식을 위해 사용한 모델명

○ 도로시설물 DB코드는 최초 발주처로부터 제공받은 DB코드를 기준으로 했으며, 주의표지-오르막경사의 경우와 같이 코드 값이 세분화되어 있는 경우에는 코드 값을 다음과 같이 설정함

1) 주의표지

<표 3-1-40> 주의표지 DB코드 표

| 인덱스 | 인덱스설명 | DB코드 |
|---|---|---|
| 101 | +자형교차로 | 101000 |
| 102 | T자형교차로 | 101010 |
| 103 | Y자형교차로 | 101020 |
| 104 | ㅏ자형교차로 | 101030 |
| 105 | ㅓ자형교차로 | 101040 |
| 106 | 우선도로 | 102000 |
| 107 | 우합류도로 | 103000 |
| 108 | 좌합류도로 | 103010 |
| 109 | 회전형교차로 | 104000 |
| 110 | 철길건널목 | 105000 |
| 111 | 우로굽은도로 | 106000 |
| 112 | 좌로굽은도로 | 106010 |
| 113 | 우좌로이중굽은도로 | 107000 |
| 114 | 좌우로이중굽은도로 | 107010 |
| 115 | 2방향통행 | 108000 |
| 116 | 1%오르막경사 | 109000 |
| 117 | 1% 내리막경사 | 109010 |
| 118 | 도로폭이좁아짐 | 110000 |
| 119 | 우측차로없어짐 | 110010 |
| 120 | 좌측차로없어짐 | 110020 |
| 121 | 우측방통행 | 111000 |
| 122 | 양측방통행 | 112000 |
| 123 | 중앙분리대시작 | 113000 |
| 124 | 중앙분리대끝남 | 113010 |
| 125 | 신호기 | 114000 |
| 126 | 미끄러운도로 | 115000 |
| 127 | 강변도로 | 116000 |
| 128 | 노면고르지못함 | 117000 |
| 129 | 과속방지턱 | 117010 |
| 130 | 낙석도로 | 118000 |
| 132 | 횡단보도 | 120000 |
| 133 | 어린이보호 | 121000 |
| 134 | 자전거 | 122000 |
| 135 | 도로공사중 | 123000 |
| 136 | 비행기 | 124000 |
| 137 | 횡풍 | 125000 |
| 138 | 터널 | 126000 |
| 139 | 야생동물보호 | 127000 |
| 140 | 위험 | 128000 |

2) 규제표지

<표 3-1-41> 주의표지 DB코드 표

| 인덱스 | 인덱스설명 | 저장코드 |
|---|---|---|
| 201 | 통행금지 | 201000 |
| 202 | 자동차통행금지 | 202000 |
| 203 | 화물자동차통행금지 | 203000 |
| 204 | 승합자동차통행금지 | 204000 |
| 205 | 이륜자동차 및 원동기장치자전거통행금지 | 205000 |
| 206 | 자동차. 이륜자동차 및 원동기장치자전거통행금지 | 206000 |
| 207 | 경운기, 트랙터 및 손수레 통행금지 | 206010 |
| 210 | 자전거통행금지 | 209000 |
| 211 | 진입금지 | 210000 |
| 212 | 직진금지 | 210010 |
| 213 | 우회전금지 | 211000 |
| 214 | 좌회전금지 | 211010 |
| 216 | 유턴금지 | 212010 |
| 217 | 앞지르기금지 | 213000 |
| 218 | 주차.정차금지 | 214000 |
| 219 | 주차금지 | 215000 |
| 220 | 차중량제한 | 216000 |
| 221 | 차높이제한 | 217000 |
| 222 | 차폭제한 | 218000 |
| 223 | 차간거리확보 | 219000 |
| 224 | 최고속도제한 | 220000 |
| 225 | 최저속도제한 | 221000 |
| 226 | 서행 | 223000 |
| 227 | 일시정지 | 224000 |
| 228 | 양보 | 225000 |
| 230 | 보행자보행금지 | 226010 |
| 231 | 위험물적재차량통행금지 | 227000 |

3) 지시표지

<표 3-1-42> 지시표지 DB코드 표

| 인덱스 | 인덱스설명 | 저장코드 |
|---|---|---|
| 301 | 자동차전용도로 | 301000 |
| 302 | 자전거전용도로 | 302000 |
| 303 | 자전거 및 보행자겸용도로 | 302010 |
| 304 | 회전교차로 | 303000 |
| 305 | 직진 | 304000 |
| 306 | 우회전 | 305000 |
| 307 | 좌회전 | 305010 |
| 308 | 직진 및 우회전 | 306000 |
| 309 | 직진 및 좌회전 | 306010 |
| 310 | 좌우회전 | 307000 |
| 311 | 유턴 | 308000 |
| 312 | 양측방통행 | 309000 |
| 313 | 우측면통행 | 310000 |
| 314 | 좌측면통행 | 310010 |
| 315 | 진행방향별통행구분 | 310020 |
| 316 | 우회로 | 310020 |
| 317 | 자전거 및 보행자 통행구분 | 312000 |
| 318 | 자전거전용차로 | 313000 |
| 319 | 주차장 | 314000 |
| 320 | 자전거주차장 | 314010 |
| 321 | 보행자전용도로 | 315000 |
| 322 | 횡단보도 | 316000 |
| 323 | 노인보호(노인보호구역안) | 323000 |
| 324 | 어린이보호(어린이보호구역안) | 317000 |
| 325 | 자전거횡단보도 | 318000 |
| 326 | 일방통행 | 319000 |
| 327 | 일방통행 | 319010 |
| 328 | 일방통행 | 319020 |
| 329 | 비보호좌회전 | 320000 |
| 330 | 버스전용차로 | 321000 |
| 331 | 다인승차량전용차로 | 322000 |
| 332 | 통행우선 | 324000 |

4) 시선유도표지

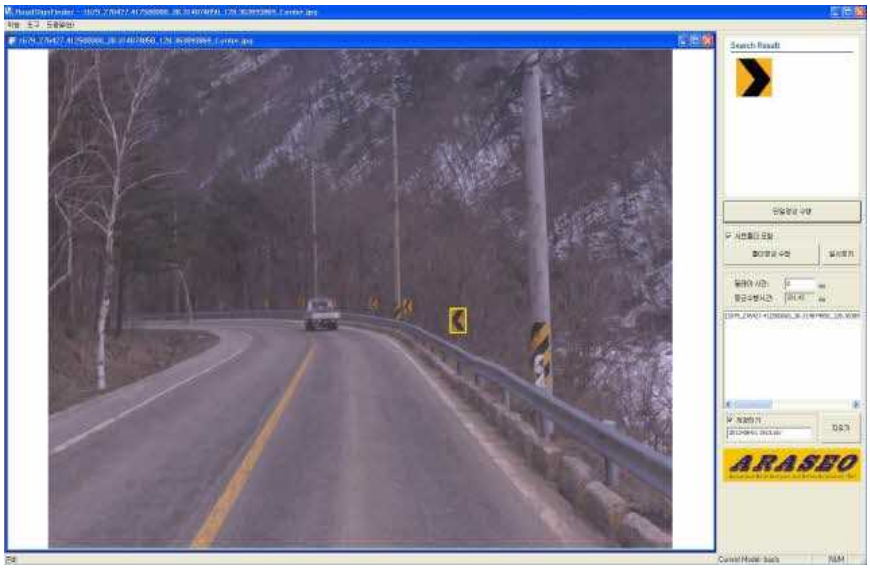
<표 3-1-43> 시선유도표지 DB코드 표

| 인덱스 | 인덱스설명 | 저장코드 |
|---|---|---|
| 401 | 시선유도표지 | C0831 |

라. 교통표지판 인식 프로그램

(1) 단일영상 인식 기능

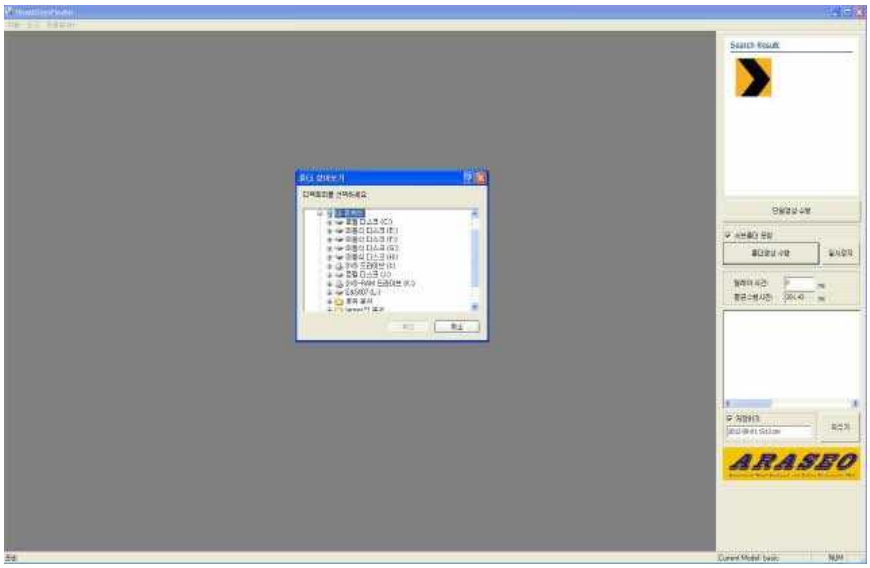
○ 단일 영상에 대한 교통안전표지 인식 기능을 수행하며, 인식 결과는 '결과 창'과 '로그 창' 에서 확인 가능함




<그림 3-1-81> 영상인식 수행 화면

(2) 폴더영상 인식 기능

○ 폴더 내 존재하는 모든 영상에 대해 교통표지판 인식 기능을 수행함



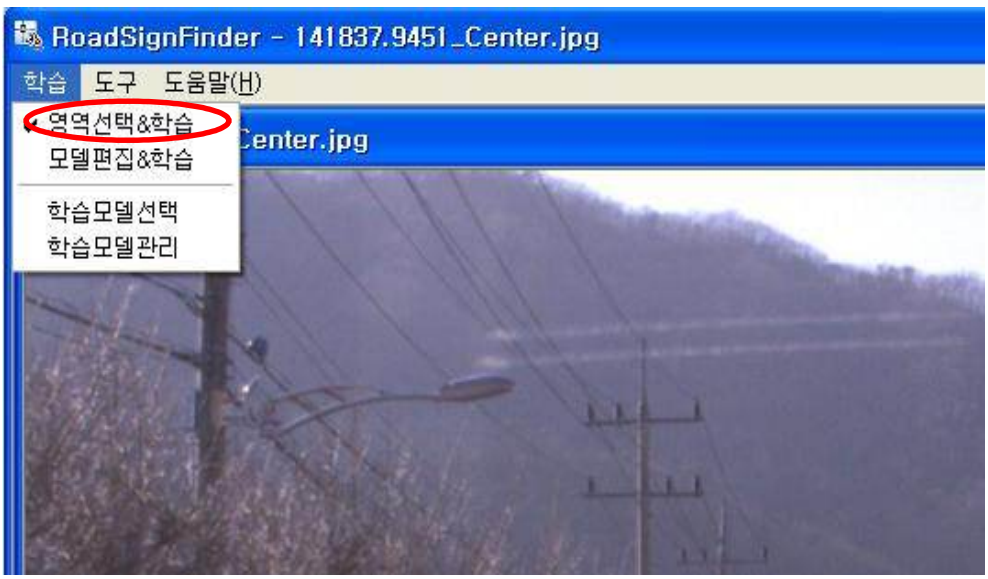

<그림 3-1-82> '폴더영상 수행' 버튼 실행화면

- ‘폴더 찾아보기’ 다이얼로그 박스에서 이미지 폴더 선택 후 ‘확인’ 버튼 선택 시 선택한 폴더 내 모든 영상에 대해 교통표지판 검색을 수행함

(3) 사용자 학습기능

○ 영상인식모듈은 프로그램 사용자가 직접 개별적인 영상에 대해 학습을 수행할 수 있음

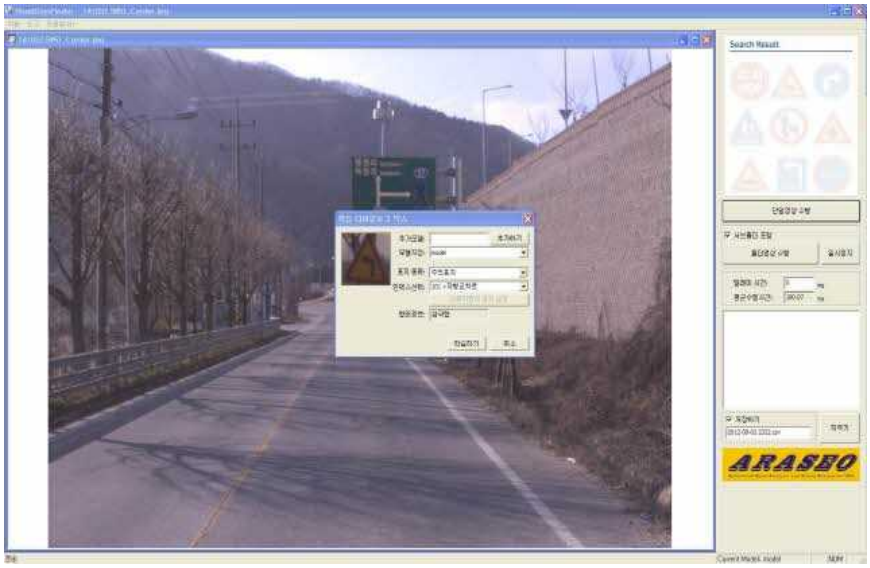
○ 학습기능은 영상인식모듈 내부에 구현되어 인식기능과 연동되며, 해당 기능을 사용자에게 제공하기 위한 별도의 다음과 같은 GUI를 구현함




<그림 3-1-83> 사용자 학습 GUI



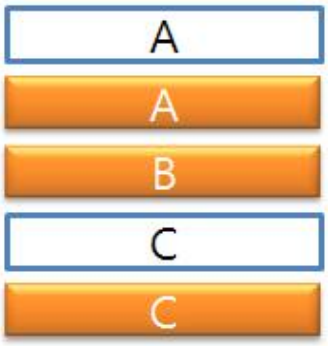
<그림 3-1-84> 학습영역 설정 결과 화면




<그림 3-1-85> 학습영역 설정 후 팝업된 학습 다이얼로그 박스

마. 인식결과 저장

○ 찾은 대상에 대해 로그파일 작성 시 중복되지 않는 인덱스(ID)에 대해서만 로그를 작성함




<그림 3-1-86> 인식 ID 순서

○ 위 인식순서 그림과 같이 'A' → 'A' → 'B' → 'C' → 'C' 순으로 인식되었을 경우 중복되지 않은 ID에 대해서만 저장함

○ 주황색 사각박스로 되어있는 ID순으로 로그가 작성되며, 갈매기 표지는 해당 영상에서 찾은 대상 중 가장 큰 영역을 갖는 대상만을 로그로 작성함

## 2. 레이저를 이용한 표지판위치 자동 삽입

○ 인식된 표지판의 위치를 정밀하게 삽입하기 위해서 4개의 레이어를 가진 반사도 전용 레이저를 차량 전방 좌, 우편에 부착하여 사용함

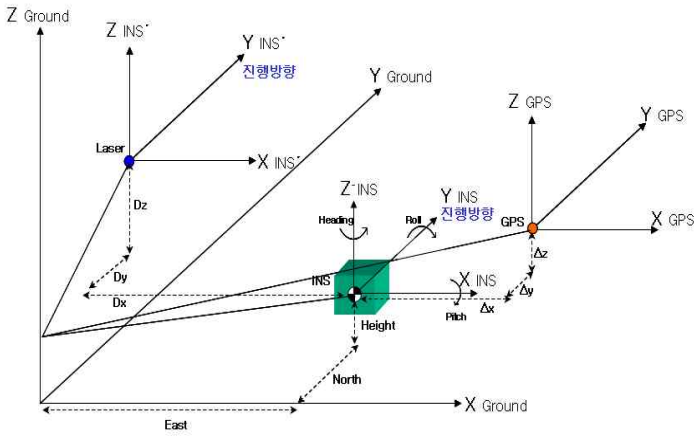
○ 레이저센서를 이용하여 표지판의 위치를 정밀하게 측정하기 위해서는 레이저 센서의 차량내 위치와 기울기 등의 자세 값을 토탈스테이션을 이용하여 측정을 함

○ 전방 영상에서 인식된 표지판의 위치와 실제로 측량된 표지판과의 위치오차를 비교하였고 차량의 주행시 평균적으로 45m 앞의 영상 좌표를 가져와서 표지판의 대략적인 위치를 먼저 나타냄

<표 3-1-44> 영상인식지점과 실제 표지판과의 거리 비교

| 구분 | 1차로 | 2차로 |
|---|---|---|
| 영상인식지점의 GPS좌표와 표지판과의 거리 (m) | 45 | 36 |
| | 52 | 34 |
| | 47 | 37 |
| | 53 | 40 |
| | 53 | 49 |
| | 49 | 40 |
| 평균(m) | 49.8 | 39.3 |

○ 전방의 인텐시티 전용레이저(LD-MRS) 포인트의 좌표 변환은 다음과 같은 알고리즘에 의하여 변환함




<그림 3-1-87> 회전식 레이저 스캐너 좌표변환 과정

○ 차량 전방에 설치된 시설물인식용 레이저를 사용한 데이터 처리를 위해서는 GPS-INS(Inertial Navigation System) 통합 처리한 데이터와 극 좌표계로 구성된 회전식 레이저 스캐너 데이터를 이용하여 3차원 절대 좌표계로 변환하였으며 변환과정을 수식으로 표현하면 다음과 같음

$$R_{HRP} = R_H \cdot R_R \cdot R_P = \begin{pmatrix} m_{11} m_{12} m_{13} \\ m_{21} m_{22} m_{23} \\ m_{31} m_{32} m_{33} \end{pmatrix} \quad \text{.....(3-1-14)}$$

○ 회전식 레이저 스캐너 데이터는 INS 기준의 좌표계와 일치 시켜주어야 하며, GPS-INS 통합처리에서 차량에 설치된 INS를 기준으로 위치와 회전각을 계산함

○ 3차원 공간상에서 X, Y, Z축의 순서대로 회전시켜야 하며 이때 사용되는 회전행렬은 다음 식과 같음

$$\begin{aligned} m_{11} &= \cos\phi \cos\kappa \\ m_{12} &= \sin\omega \sin\phi \cos\kappa + \cos\omega \sin\kappa \\ m_{13} &= -\cos\omega \sin\phi \cos\kappa + \sin\omega \sin\kappa \\ m_{21} &= -\cos\phi \sin\kappa \\ m_{22} &= -\sin\omega \sin\phi \sin\kappa + \cos\omega \cos\kappa \\ m_{23} &= \cos\omega \sin\phi \sin\kappa + \sin\omega \cos\kappa \\ m_{31} &= \sin\phi \\ m_{32} &= -\sin\omega \cos\phi \\ m_{33} &= \cos\omega \cos\phi \end{aligned} \quad \text{.....(3-1-15)}$$

○ 여기서 $\phi$는 진행방향인 Y축을 기준으로 $\omega$는 진행방향의 직각인 X축을 기준으로, $\kappa$은 Z축을 기준으로한 회전각이며, 따라서 회전 순서가 X, Y, Z이므로 이때의 회전각도의 순서는 Pitch, Roll, Heading이 됨

○ 최종적으로 실세계의 3차원 좌표계로 변환된 회전식 레이저 스캐너의 3차원 포인트 데이터 위치($X_G, Y_G, Z_G$)는 다음과 같이 간략하게 계산이 된며, 여기서 $D_x, D_y, D_z$는 INS로부터 회전식 레이저 스캐너까지의 이격거리임

$$\begin{pmatrix} X_G \\ Y_G \\ Z_G \end{pmatrix} = R_{HRP} \begin{pmatrix} X_{I'} \\ Y_{I'} \\ Z_{I'} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} D_x \\ D_y \\ D_z \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} East \\ North \\ Height \end{pmatrix} \quad \text{.....(3-1-16)}$$

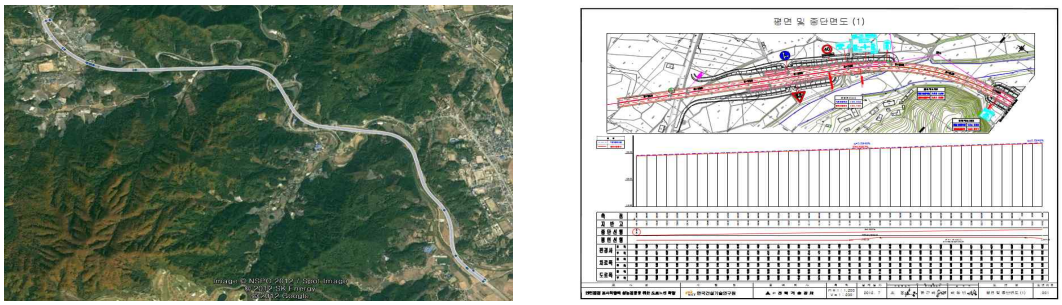
○ 여기서 ($X_G, Y_G, Z_G$)는 레이저 스캐너의 3차원 포인트 데이터의 위치이며 $R_{HRP}$는 X, Y, Z축의 회전행렬이며 INS의 회전각으로부터 계산이 됨

○ $D_x, D_y, D_z$는 INS로부터 회전식 레이저 스캐너까지의 이격거리이며 East, North, Height는 GPS의 위치임

○ 레이저스캐너의 단위는 m이며, GPS의 좌표는 경위도이기 때문에 경위도를 직각 TM좌표계로 바꾸는 작업을 진행함

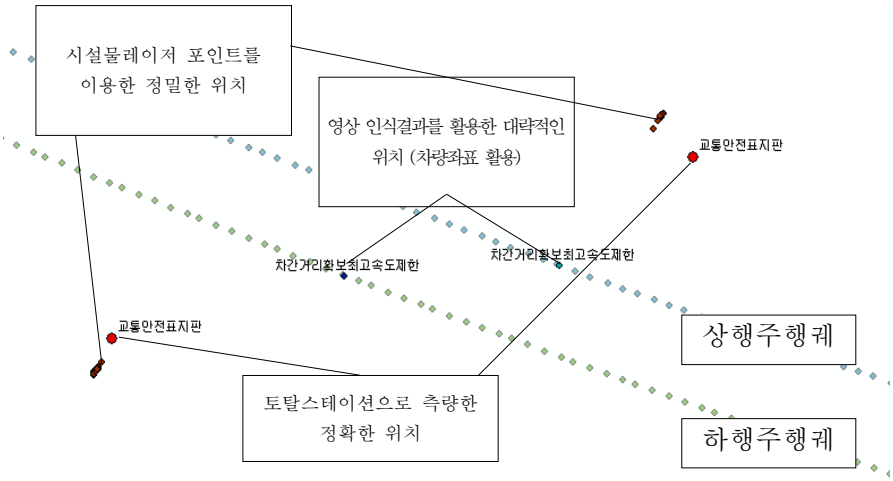
○ 본 연구에서 사용한 직각 TM좌표계는 GRS80 타원체의 신중부 좌표계를 사용하였으며, 대상이 되는 지점은 국도 37호선 가평~현리 구간의 4차로 국도를 대상으로 검증을 실시함

○ 본 구간에 대하여 노선측량을 실시하였으며 각 구간의 교통안전표지판의 위치를 측량을 통하여 정밀하게 측정함



<그림 3-1-88> 실제 검증 구간 및 노선측량 결과

○ 변환시킨 결과는 다음과 같이 실제 측량결과와 ±1.51m 정도의 오차가 발생하며 수렴됨




<그림 3-1-89> 실제 측량한 좌표와의 관계

<표 3-1-45> 영상인식지점과 실제 표지판과의 거리 비교

| 측점번호 | 인식결과 | 군집의 분산 |
|---|---|---|
| 1 | 1.38 | 0.44 |
| 2 | 1.84 | 0.57 |
| 5 | 2.06 | 0.22 |
| 6 | 1.41 | 0.27 |
| 8 | 1.26 | 0.11 |
| 9 | 1.62 | 1.25 |
| 12 | 1.52 | 0.15 |
| 13 | 1.52 | 0.97 |
| ... | ... | ... |

○ 시설물 레이저로부터 얻은 측정값과 토탈스테이션으로부터 얻은 측정값의 차이인 RMSE는 0.227m이었고 측정값 차이의 평균값은 1.51m로 나타남

○ 이러한 편차는 GPS의 오차로 판단이 되며, GPS 오차를 포함하더라도 반사도를 이용한 시설물 인식 레이저로 표지판의 위치를 1.51m 내외의 범위로 삽입하는 것이 가능할 것으로 보임

○ 이러한 교통안전표지판의 자동 인식과 자동 위치 삽입 모듈을 이용하여 도로 안전 점검을 위한 도로 표지판의 분석, 잘못된 설치, 안전속도의 일관성 등에 대한 분석 등이 자동화가 가능함

# 제1-4절 장비 및 시스템 운영 매뉴얼

## 1. 시스템 운영 방법

### 가. 도로교통 안전점검 차량 조사방법

#### (1) 차량 계측 조건

○ 장비 및 시스템 운영방법은 별도의 매뉴얼에 언급함

○ 우천시에는 기본적인 방수는 되지만 레이저 센서의 난반사로 레이저 장비의 데이터 취득에 어려움이 있으며, 전방 영상도 비로 인하여 선명한 영상취득이 어려워 우천/강설시에는 계측을 권장하지 않으며, 단, 단순 차량이동은 가능함

○ 기온이 영하 -5℃ 이하로 내려가면 물고임 레이저 등이 예열 부족 등으로 작동을 안 할 우려가 있으며, 이러한 경우, 레이저를 간이 열기구 등으로 충분히 예열한 이후에 운행을 해야 하며, 운행의 적정온도는 기온이 영하 -5℃ 이상에서 하는 것을 권장함

○ 차량의 운행속도는 안전속도 분석을 위하여 다른 차의 교통류의 흐름과 같은 속도로 주행함

○ 기본적으로 조사는 1차로로 주행하는 것으로 하고, 차로별 노면 상태 취득과 같은 필요가 있을 때는 1차로 이외의 차로에서 주행함

○ 차량의 궤적으로부터 선형을 구하기 때문에 차량은 차로의 중심선을 일정하게 주행하고, 부득이하게 차선을 바꿀 때에는 조수석 모니터에서 변경된 차선에 대한 정보를 이벤트 키로 입력함

#### (2) 조사 전 준비

○ 조사 시점, 종점, 조사 내용, 조사 방법, 조사기간 등의 조사계획 수립

○ 장비 점검 실시 (차량상태, DMI 상태, 각 장비의 정상 작동여부 점검 등)

○ 조사를 위한 준비물 확인(외장 하드, 지도책, GPS 기준국 세트 등)

(3) ARASEO 장비 동작

○ 차량의 시동을 켬

○ 차량 내부의 12V, 24V, 220V 전원을 켬

○ 측정을 원하고자 하는 장비의 전원을 켬

○ 통합 측정 프로그램을 실행함

○ 통합 측정 프로그램을 통하여 각 센서의 데이터가 정상적으로 들어오는지 확인함

(4) 측정 시작

○ 측정 프로그램에서 초기 조사 정보를 입력함

- 조사 구간, 조사자, 조사목적, 조사 시점, 조사 종점, 조사 구간, 조사 일시 등

- 입력된 정보 및 데이터는 자동으로 폴더별 생성됨

○ 조사는 약 80km/h 전·후의 속도로 조사를 실시함

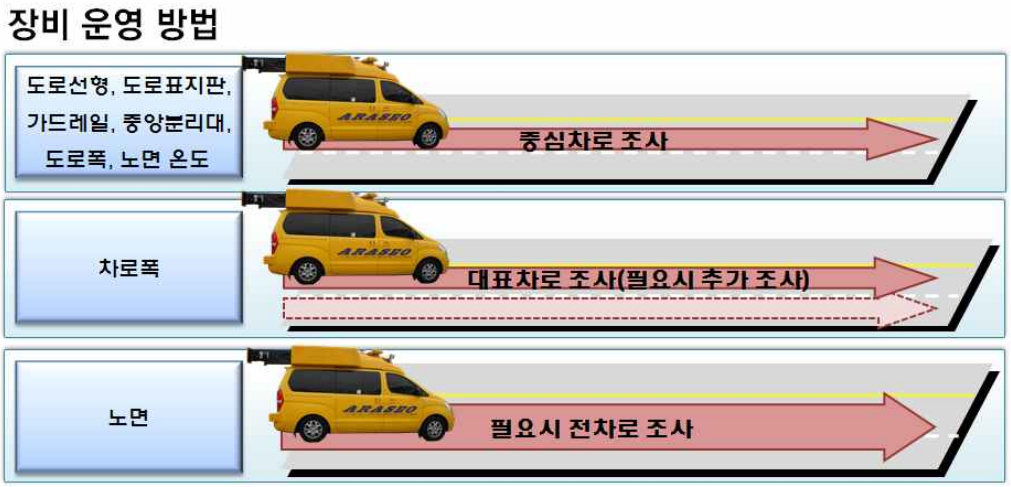
○ 주행차로의 노면 물고임은 위치파악 및 면적, 부피를 계산하여 노면 안전성 기준에 활용함

- 주행차로를 포함하여 폭 4m에 대하여 측정

○ 정밀조사가 필요하거나 다차로 구간일 경우에는 다음과 같이 조사를 진행함




<그림 3-1-90> 장비 운영 순서




<그림 3-1-91> 조사 목적별 장비 운영 방법

<표 3-1-46> 각 차로수별 조사방법

| 편도 차로수 | 선형 조사 | 도로 표지판 조사 | 가드레일, 중분대 조사 | 도로폭 조사 | 노면 온도 | 차로폭 조사 | 노면 조사 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1차로 주행 | 1차로 주행 권장 | 임의 차로 1회 주행 | 임의 차로 1회 주행 | 임의 차로 1회 주행 | 1차로 주행 | 모든 차로 주행 |
| 2 | | | | | | 1차로 주행 | |
| 3 | | | | | | 2차로 주행 | |
| 4 | | | | | | 1, 3 차로 주행 | |

(5) 측정 종료

○ 정밀 측량이 필요하면 약 20km 범위를 한 조사구간으로 보며 그 중간 지점에 GPS 기준국을 세움

- GPS 기준국의 데이터 저장은 0.1초 간격의 Static 측량으로 하며, GPS 기준국은 조사 시간동안 장비의 이동이 생기지 않고 장비의 안전이 보장되며, 상반각 45°가 열려있는 곳에 설치하고, GPS의 상태가 fix ambiguity가 되었는지 확인하고 DOP가 3.0이하가 되었는지 확인함

○ 조사자는 조수석의 모니터를 통하여 조사 기간 동안 센서의 상태를 확인하고, 조수석의 조사자가 필요한 이벤트를 키패드를 통하여 계속 기록함

- 계측 중 수동입력 이벤트 발견시 해당 이벤트 키나 조수석 터치스크린 버튼을 누름

○ 측정 파일은 자동으로 저장이 되며 모든 조사 파일이 정상적으로 저장이 되었는지 확인하고, 정밀측량용 GPS 기준국이 설치되어 있으면 장비를 철수하고 GPS의 메모리카드를 뽑아서 데이터를 옮긴 후, 장비의 전원을 내리고 차량의 전원을 내림

(6) 도로안전성 분석

○ 외장 하드를 분리하여 분석 컴퓨터로 이동함

○ 분석 프로그램을 실행하여 도로 안전성 분석을 실행함

- 선형분석을 실시하여 GPS 후처리를 이용하여 1m마다 정밀한 GPS 좌표와 차량 자세 값을 획득함

- 후처리한 GPS 좌표 값과 차량 자세 값을 이용하여 영상, 레이저 등의 다른 장비 데이터의 위치 후처리를 실시하며, - 도로안전성 분석 모듈을 실행하여 도로의 위험도 프로파일 등의 위험도 분석을 실시함

○ 보고서 생성을 눌러서 도로 안전성 분석에 대한 보고서를 제작함

○ 분석된 보고서와 결과 값, 측정된 데이터를 분석 컴퓨터의 저장공간에 별도로 복사하여 보관함

## 2. 유지관리를 위한 센서 위치 캘리브레이션

### 가. 센서 위치 측량

#### (1) 토탈스테이션을 이용한 센서위치 측량

○ ARASEO 장비를 1년 정도 사용하면, 센서의 위치와 자세에 미세한 오차가 발생하므로, 이를 보정하기 위하여 1년에 한번씩 센서의 정밀한 위치를 측정하고 보정하는 센서 캘리브레이션이 필요함

○ 각 센서 위치를 정밀하게 측정하기 위해서는 토탈스테이션을 이용하여 측정함



<그림 3-1-92>
토탈스테이션을 통한 측량

○ 토탈스테이션은 레이저를 이용하여 반사되어 오는 점을 파악하여 거리, 각도 등의 측정이 가능하며, 차량의 센서위치 측정시에는 프리즘 타켓이 필요없는 무타겟 방식의 토탈스테이션이 더욱 유용함

#### (가) 측량을 위한 준비

○ 차량의 위치를 360도 돌아가면서 측정을 하기 위해서는 최소한 3곳 이상에 토탈스테이션을 세워야 하며, 측정을 하기 전에 미리 각 센서별 어떻게 측정을 할 것인지에 대한 계획을 수립함



<그림 3-1-93> 바닥의 마킹과 측량기계 세우기

○ 센서의 위치를 정밀하게 측정하기 위해서는 반사지를 작게 오리거나 펀칭기로 펀칭한 작은 반사지 스티커를 다음과 같이 센서에 붙여서 작업함

○ 전방 카메라는 유리로 인하여 토탈스테이션의 난반사의 우려가 있으며, 이것을 방지하기 위하여 반드시 렌즈 중앙에 반사지를 부착하고 측정함




<그림 3-1-94> 광파기 타겟 설정을 위한 반사지 부착



<그림 3-1-95> 전방 카메라의 위치 측정을 위한 반사지 부착

○ 차량의 자세를 파악하기 위하여 다음과 같이 차량의 4모서리의 위치에 반사지를 부착함



<그림 3-1-96> 차량의 자세 측정을 위한 차량의 반사지 부착 위치

(나) 측량 과정

○ 차량의 센서 위치를 측정하는데는 절대위치가 필요 없으므로, 최초에 세운 기계점을 0, 0, 0으로 설정하고, 임의의 방위각을 0도로 두고 측정을 시작함

○ 주의할 점은 차량의 위치를 측정할 때는 타겟고가 0m이며, 측점을 옮길 때는 프리즘의 높이를 프리즘 폴대에 나타나는 정확한 수치를 입력함

○ 토탈스테이션의 기계를 옮겨서 측정할 때에는 옮길 점의 위치를 미리 취득해 놓고 그 점위에 구심을 맞추어서 정확히 세워 이전점을 시준하면서 다시 방위각을 설정함

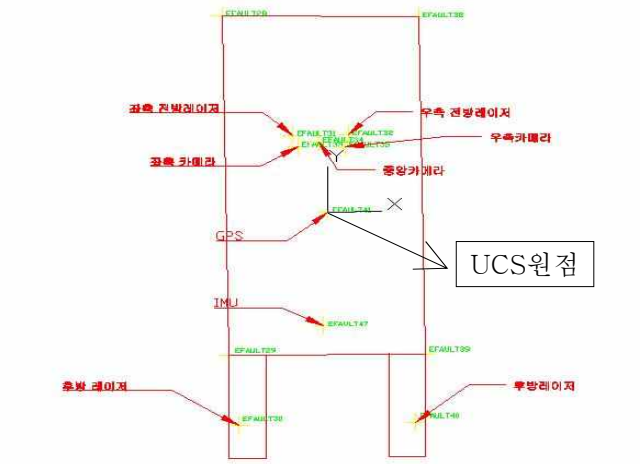
○ 토탈스테이션에서 N, E, Z가 나타나는 모드로 바꾸어 좌표를 확인하고, 기계를 옮긴 후에 이전 점을 한번 더 측정하여 포인트의 좌표를 확인함



<그림 3-1-97> 차량의 센서위치 측량

(다) 측량데이터 처리 및 정리

○ 차량의 센서의 위치는 GPS로부터의 상대 위치와 차량 진행방향을 y축으로 하는 것이 중요하므로 CAD상에서 GPS점을 UCS(User Coordinate System)의 원점을 0, 0, 0으로 두고 차량의 방향을 차량 외곽선을 참고하면서 UCS축을 회전하여 차량의 축과 일치시킴




<그림 3-1-98> CAD 상에서 각 센서의 위치를
플롯한 그림

○ CAD에 좌표를 입력하여 UCS를 설정했으면 GPS로 부터의 상대위치를 측정할 수 있는데 이때는 각 센서의 포인트를 클릭하고 CAD의 list 명령을 통하여 UCS x, y, z의 위치를 확인 후, 정리하며,실제 ARASEO 차량의 센서 위치를 정리하여 제시함

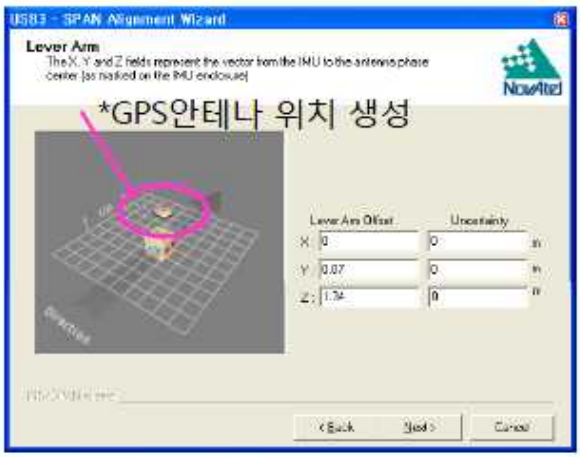
<표 3-1-47> ARASEO 차량의 GPS를 기준으로 한 센서의 상대적 위치

| 센서 종류 | | X | Y | Z |
|---|---|---|---|---|
| 차량자세 | 왼쪽앞 범퍼 | -1.0266 | 2.3114 | -1.8469 |
| | 오른쪽앞 범퍼 | 0.9088 | 2.2815 | -1.8412 |
| | 왼쪽뒤 범퍼 | -0.9877 | -1.674 | -1.8695 |
| | 오른쪽뒤 범퍼 | 0.9463 | -1.6739 | -1.8591 |
| IMU | 차량내의 IMU | -0.0526 | -1.3352 | -0.791 |
| 전방카메라 | 좌측카메라 | -0.2931 | 0.7722 | -0.2595 |
| | 중앙카메라 | -0.0848 | 0.8263 | -0.2824 |
| | 우측카메라 | 0.1735 | 0.7684 | -0.2618 |
| 전방레이저 | 좌측레이저 | -0.3418 | 0.9039 | -0.0997 |
| | 우측레이저 | 0.2055 | 0.9022 | -0.0946 |
| 후방레이저 | 좌측레이저 | -0.9029 | -2.4974 | -0.3051 |
| | 우측레이저 | 0.8411 | -2.4715 | -0.3059 |

(라) 센서 위치 보정방법

(1) IMU 센서 위치 보정

○ IMU와 GPS 안테나의 이격거리를 보정하기 위해서는 GPS-IMU 설정 프로그램인 CDU 프로그램을 사용한 경우에는 초기 설정과정에서 Lever Arm (이격거리) 설정 단계에서 x, y, z 이격거리를 0.0526, 1.3352, 0.791로 입력함, 입력 후에는 설정 값이 유지되도록 설정 값을 저장함




<그림 3-1-99> GPS 안테나 이격거리 설정

(2) 후방레이저 센서 위치 보정

○ 후방 레이저를 통하여 얻는 차로폭, 중앙분리대, 가드레일은 GPS를 기준으로 진행방향인 y축으로 2.484m 뒤의 위치에서 나오는 값이며, 도면화 S/W에서 이것을 파라미터로 입력하여 보정된 값을 표현하였음

(3) 전방 레이저 센서 위치 및 자세 보정

○ 좌측 레이저의 이격거리는 GPS를 기준으로 -0.3418m, 0.9039m, -0.0997m이며 우측 레이저는 0.2055m, 0.9022m, -0.0946m로 나타남

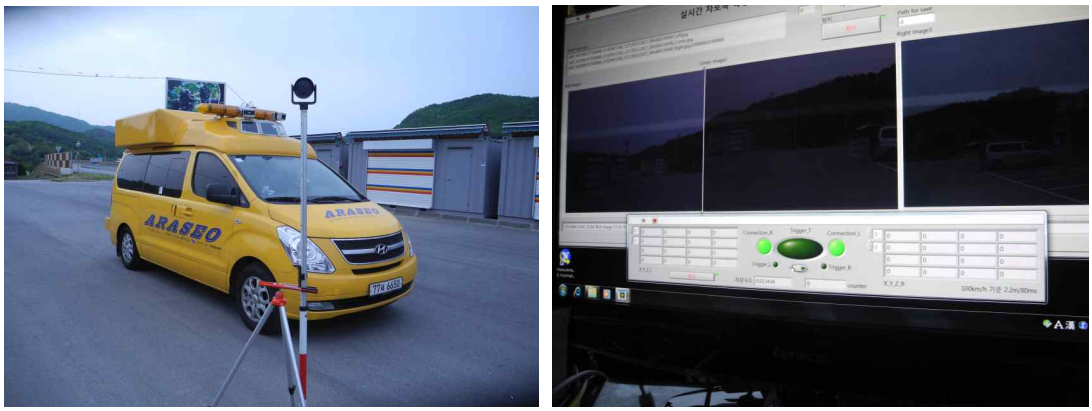
○ 좌측과 우측레이저의 자세각도는 차량의 GPS로부터 얻은 절대좌표와 roll, pitch, heading의 자세값으로부터 변환한 좌표 값과 GPS 측량을 통하여 얻은 표정점의 좌표를 이용하여 자세 값을 역으로 계산함

○ 전방 레이저는 4 layer 레이저로 각 레이저별 간격은 0.8°임

○ y가 0이 되는 지점을 찾으면 그 방향이 레이저가 바라보는 방향이며, 레이저의 위치와 y가 0인 점의 위치를 토탈스테이션에 의하여 측량하여 레이저의 방향을 측정함

○ y가 0이 되는 지점을 찾기 위하여 지점에 반사 프리즘을 설치하고 차량 내부의 레이저 상대 위치창을 통하여 확인하면서 0이 되는 지점으로 조금씩

이동하여 최종적으로 확정함



<그림 3-1-100> y가 0이 되는 지점을 이용하여 전방 레이저 방향 설정



<그림 3-1-101> 레이저와 반사 프리즘의 위치를
측정하여 전방 레이저 방향 계산

# 제1-5절 플랫폼 형태의 장비개발

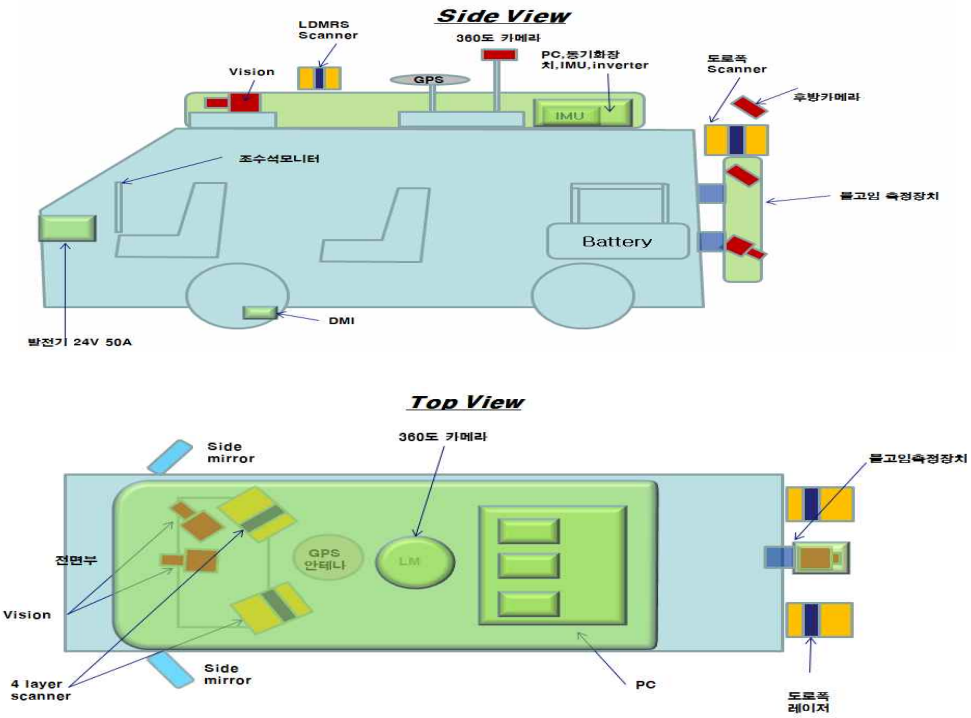
## 1. 플랫폼 형태의 장비개발 개요

○ 연구 진행용 장비인 ARASEO의 경우 데이터 취득 및 분석, 캘리브레이션 등의 목적을 위해 차량 전체를 직접 개조하는 방식임

○ 상용화를 고려할 경우 모든 센서를 하나의 플랫폼에 일체화하여 수요자에게 해당 센서 플랫폼만을 공급시 수요자는 센서 플랫폼 장착을 위해 수요자가 원하는 차량에 최소한의 차량 개조만 하여 사용할 수 있는 장비가 필요함

○ 상용화를 위해서는 국내·외에서 개발된 어떠한 차량에도 부착이 가능하며, 모든 장비를 하나의 프레임에 일체화 시켜서 간단한 전원 및 컴퓨터 보강만으로 부착이 가능한 시스템 개발이 필요함

○ 플랫폼 장비에는 플랫폼 장비 제작 시점에서 검증이 완료된 ARASEO의 1차년도 장비의 센서가 추가 및 보완되며, 2차년도 부착된 센서인 마찰력 센서, 노면온도 센서가 제외되고, 360도 카메라는 전방향 도로영상 취득을 위하여 추가됨




<그림 3-1-102> 플랫폼 장비의 센서 위치도(안)



<그림 3-1-103> 플랫폼 장비의 외관

○ 플랫폼 장비는 상용화를 위하여 ARASEO 센서의 성능을 만족하면서 가격이 저렴한 모델을 선정하였고 부착된 센서내역을 제시함

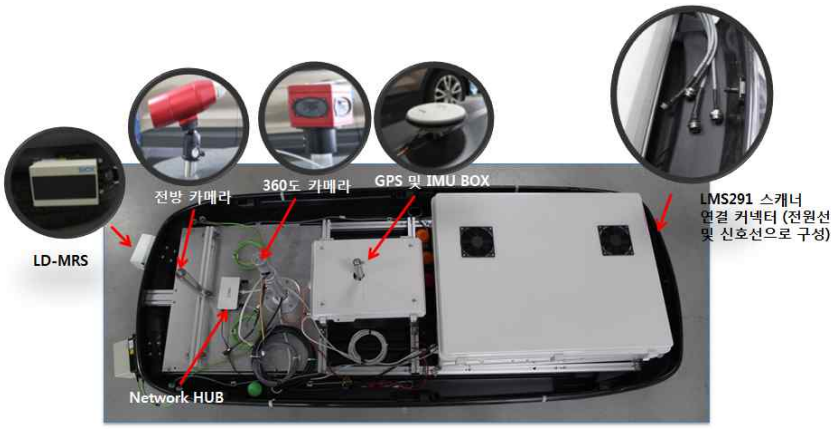
<표 3-1-48> 부착된 플랫폼 장비 센서와 용도

| 센서 | 용도 |
|---|---|
| GPS, INS | 차량의 위치와 자세측정용 |
| 시설물 인식용 전방 레이저 | 전방의 표지판의 반사도를 이용하여 표지판 자동인식을 위한 위치데이터 취득용 |
| 시설물 인식용 카메라 | 전방의 도로상황을 기록하고, 차로폭, 표지판 인식을 위한 데이터로 활용함 |
| 영상 획득 및 차선 인식 카메라 | 차선인식 전용카메라로 후방에 설치함 |
| 도로폭 인식용 레이저 | 도로의 연석과 중앙분리대 등을 인식하여 도로폭, 사면이나 방호울타리 유무 등을 기록함 |
| 차량 개조 및 지그제작 | 차량의 인버터 설치, 간단한 개조 등 |
| 물고임 측정 장치 | 노면의 물고임량을 측정하여 도로의 위험도 분석에 활용함 |
| 거리계(DMI) | 1m 마다의 거리를 정밀하게 측정하여 선형분석 자료로 활용하고, 다른 모든 센서를 동기화하기 위함 |
| 360도 카메라 | 도로의 전후좌우 360도 상황을 확인할 수 있으며, 노면의 상태 확인이 가능함 |
| 컴퓨터(동기화 및 데이터 취득) | 각종 센서의 자료를 취득하고 제어하기 위함, 플랫폼 상부에 거치되므로 가볍고, 충격에 강한 모델 선정 |
| 차량 | 장비를 부착하고 측정을 하는 차량임, 지붕에 캐리어를 부착할 수 있는 SUV방식의 차량이 선정됨 |

가. 상부 캐리어 시스템

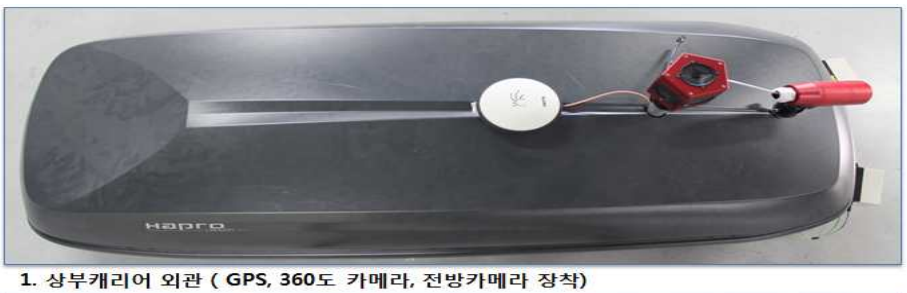
○ 상용화를 위하여 센서는 차량 자체에 붙이지 않고 상부의 캐리어 박스나 후방의 캐리어 지지대에 부착을 하였음

○ 상부의 캐리어에는 전방카메라, 360도 카메라, 전방 시설물 인식 레이저 2대, GPS-IMU, 컴퓨터가 있는 컴퓨터 박스, GPS-IMU가 보관된 IMU박스로 구성됨

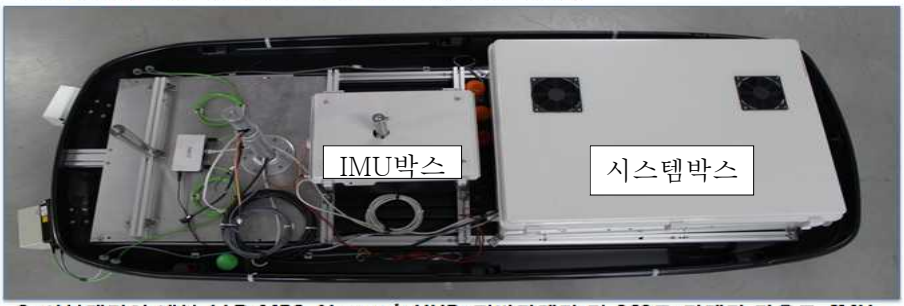



<그림 3-1-104> 상부 캐리어 내의 장비센서

○ 상부 캐리어는 뚜껑을 덮으면 GPS안테나와 360도 카메라, 전방 카메라, 시설물 인식 레이저만 돌출되며, 나머지 장비는 캐리어 안쪽의 전용박스에 보관되는 형태이며, 주행시에는 뚜껑을 덮은 상태로 주행함



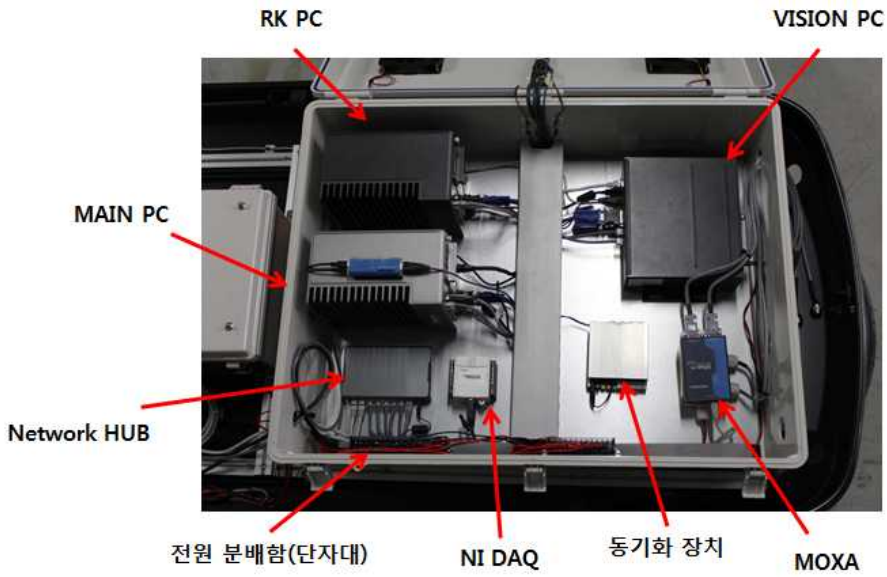

1. 상부캐리어 외관 ( GPS, 360도 카메라, 전방카메라 장착)




2. 상부캐리어 내부 ( LD-MRS, Network HUB, 전방카메라 및 360도 카메라 마운트, IMU BOX, SYSTEM BOX)

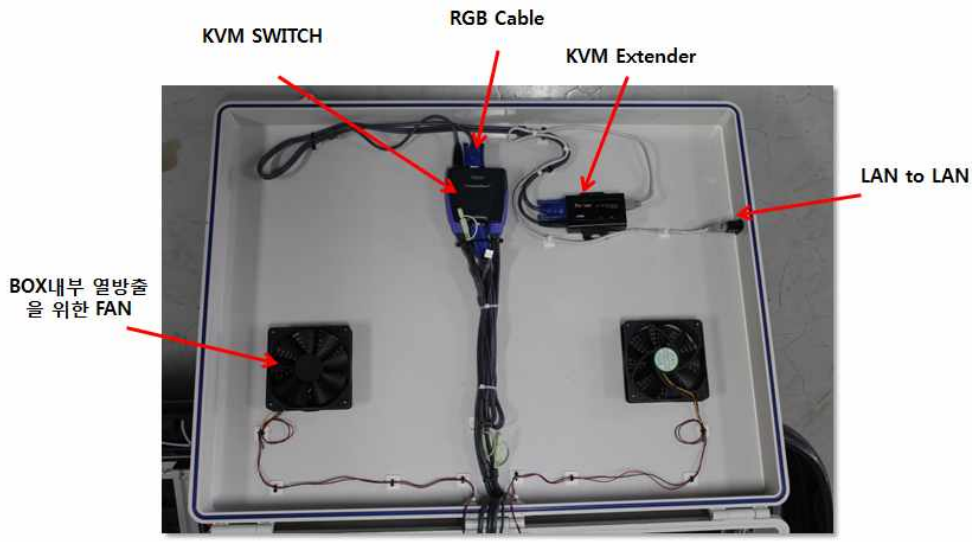
<그림 3-1-105> 상부 캐리어의 내·외관

○ 시스템박스에는 동기화와 관련된 Main PC, 전방 영상을 기록하는 Vision PC, 노면의 측정을 담당하는 노면 PC, 모든 센서를 동기화 하는 동기화 장치, 데이터 취득을 위한 DAQ, 데이터의 네트워크 분배를 위한 MOXA로 구성되어 있음



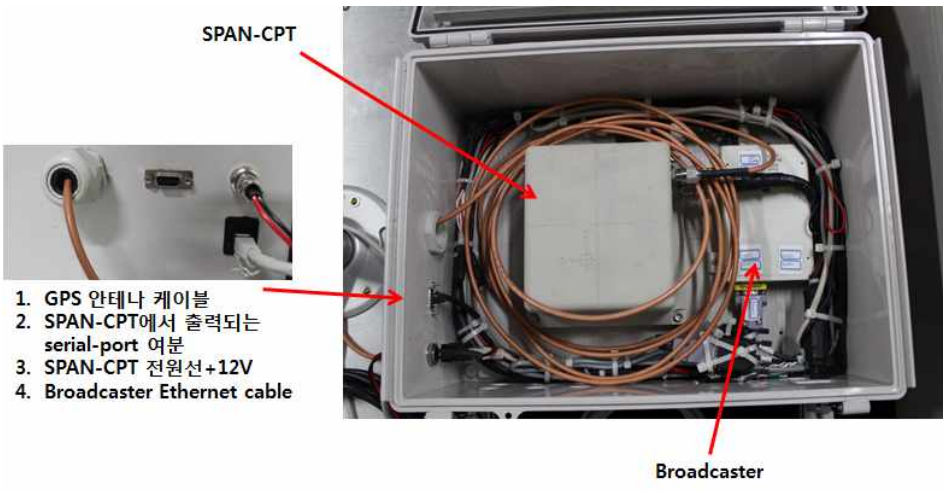

<그림 3-1-106> 시스템 박스내의 장비배치

○ 시스템박스의 캡에는 발열을 위하여 방출 FAN이 부착되어 있으며, 한 대의 키보드, 마우스로 모든 PC를 제어할 수 있는 네트워크 방식의 KVM 스위치가 부착됨




<그림 3-1-107> 시스템 박스 캡 부분의 장비배치

○ IMU박스 안쪽에는 GPS-IMU 센서와 GPS-IMU 신호를 네트워크로 전송하는 GPS Broadcaster의 장비가 장치되어 있음, GPS Broadcaster는 이더넷 기능이 없는 GPS 장치의 신호를 이더넷으로 4대까지 동시에 UDP 통신을 할 수 있는 장치임




<그림 3-1-108> IMU 박스의 장비 배치

○ 외부 센서부와 내부의 케이블 연결은 차량 개조를 최소화하기 위하여 side 창 부분의 아크릴 개조를 연결하였으며, KVM 스위치는 속도가 빠른 랜방식을 활용하였으며, 차량 뒤편의 전원선도 이 부분을 통하여 연결이 됨




<그림 3-1-109> 상부와 차량내부의 케이블 연결

○ 차량의 전원은 24V 배터리 2개를 이용하여 보강을 하였으며, 차량 뒤편의 보조타이어를 제거 하고, 그 공간에 덮개를 만들어 파워박스 및 스위치를 제작하여 장치하며, 파워박스 내부에는 배터리, 전원 릴레이, 인버터 등을 설치함






1. 파워 박스 내부 작업
   - 회로 구성 및 배선작업
2. 배터리 고정 작업
   - 배터리 받침대 제작 및 안착작업

<그림 3-1-110> 차량 후미의 파워박스

○ 차량 내부에는 우천시의 도로 상황 촬영을 위하여 룸밀러 부분에 전방 카메라를 추가 설치하였으며, 조수석에는 반자동 위험요소 항목의 입력과 전체적인 시스템 조작을 위하여 터치스크린, 무선 키보드가 있으며, 상부의 컴퓨터의 데이터 저장을 위한 USB 연장선이 있음



**전방 카메라**

- 차량 안 룸밀러 부분 위치
- 카메라 받침 지그는 입고 예정상태



**터치스크린 모니터**

- 초기 계획은 마운트를 이용하여 고정할 계획이었으나 차량에 거치대를 고정 시키고 모니터 고정됨



**USB Extender, KVM Extender**

- 조수석 앞 홀더에 위치

<그림 3-1-111> 차량 내부의 장비센서

나. 후방 센서부

○ 차량 후방부에는 물고임 센서와 차로 폭 레이저가 2대 설치되어 있음

○ 1차년도의 물고임 센서는 레이저 2대, 카메라 2대가 필요했지만 이번에 레이저 1대, 카메라 1대로 4.7m까지 측정을 할 수 있는 콤팩트한 시스템을 개발함

○ 물고임 장비의 경우 기존의 카메라 2대, 레이저 2대인 방식에서 카메라 1대, 레이저 1대를 사용함

○ 레이저 조명의 광원을 렌즈를 사용하여 3.5m로 펼치고 광각렌즈를 사용하여 3.5m를 측정할 수 있도록 개조함

○ 후방의 센서 부분은 캐리어 형식으로 탈부착 가능하도록 제작함으로써, 차량 종류에 대한 제약조건을 완화함



▲ 차량 후면부 사진



1. LMS291 스캐너 고정지그



2. 로드코리아 물고임측정장치

<그림 3-1-112> 차량의 후방 센서부분

## 제2-1절 연구 내용 및 방법

### 1. 연구 내용

○ 도로 노면 물고임과 도로 안전에 미칠 수 있는 영향 요소 등을 찾아보고, 다양한 기하구조 상에서 물고임부가 발생할 수 있는 위치 등을 검토함

○ 아울러, 도로 노면 물고임부를 파악하기 위해 적정한 장비와 센서 선정, 이를 구현할 수 있는 알고리즘 개발 및 S/W 구현을 중점내용으로 다루고자 함

○ 노면 마찰력 기준과 노면 거칠기(MPD)와 노면 미끄럼 저항성(SN)과의 관계를 검토함

### 2. 연구 방법

#### 가. 도로 노면 물고임의 위험성

○ 도로 노면 물고임으로 인한 위험요소는 앞장에서 살펴보았듯이 다양한 요소들이 있으나, 그 중에서도 수막현상으로 인한 위험요소가 큰 것을 알 수 있음

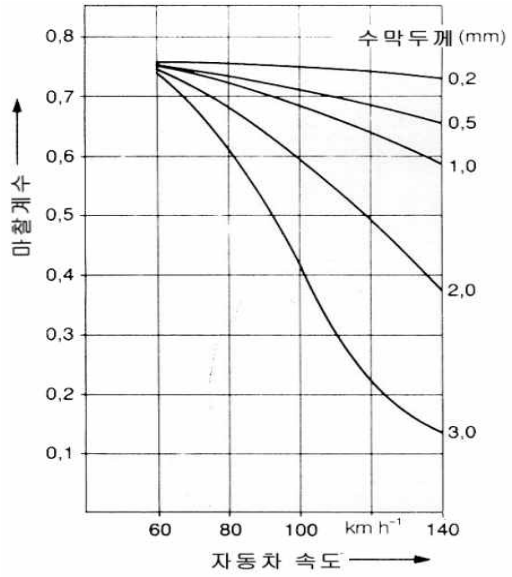
○ 수막현상은 자동차가 물이 고인 노면을 고속으로 주행할 때 타이어는 골사이에 있는 물을 배수하는 기능이 감소되어 물의 저항에 의해 노면으로부터 떠올라 물위를 미끄러지듯이 도는 현상임

○ 이것은 수상 스키와 같은 원리에 의한 것으로 타이어 접지면의 앞쪽에서 물의 수막이 침범하여 그 압력에 의해 타이어가 노면으로 부터 떨어지는 현상임

○ 이러한 물의 압력은 자동차 속도의 두배 그리고 유체밀도에 비례하며, 타이어가 완전히 떠오를 때의 속도를 수막현상 발생 임계속도라 하고 이 현상이 일어나면 구동력이 전달되지 않은 축의 타이어는 물과의 저항에 의해 회전속도가 감속되고, 구동축은 공회전과 같은 상태가 되기 때문에 자동차는 관성력만으로 활주하는 것이 되어, 제동력은 물론 모든 타이어 본래의 운동기능이 소실되어 버려, 핸들로 자동차를 통제할 수 없게 됨

○ 수막두께와 자동차 속도에 대한 타이어와 노면 사이의 마찰계수 변화를 나타내고 있는데, 자동차의 속도가 60km/h 이하에서 타이어와 노면 사이의 마찰계수는 수막의 두께 영향은 거의 없고 또한 그 값도 높게 나타남

○ 그러나, 자동차 속도가 증가할수록 타이어와 노면 사이의 마찰계수는 감소하고 또 수막의 두께가 두꺼울수록 마찰계수의 감소가 급격하게 일어남




<그림 3-2-1> 수막두께와 자동차
속도와의 관계식(홍승호, 2001, 재인용)

나. 소성변형에 따른 물고임

○ 본 과업의 1차년도에서는 기존의 과업 중 노면 소성변형 등에 대한 측정에서 다루지 못했던 노면 물고임을 분석하여 도로 및 교통 환경을 고려한 안전성 분석 기법에 활용하고자 함

○ 기존의 횡단변형의 경우, 도로의 횡단면상에서 초기 시공 마무리 면으로부터 변형된 양을 의미하며 포장면에서 횡단변형은 주로 소성변형에 의한 것임

○ 본 연구에서는 소성변형과 횡단경사 등을 이용하여 노면 물고임 예측 정보를 분석하는 것으로 기존의 노면안전성인 소성변형 분석 등과는 다른 알고리즘으로 접근해야 함

○ 교차로에서 주로 발생하는 파손형태는 저속 또는 정지하중 으로 인한 횡단변형이 상대적으로 많이 발생하며, 교차로 내에 이러한 변형이 각각의 주행방향으로 교차하고 있어 교차로 통과시 승차감이 매우 불량하고 안전에도 문제가 되고 있음



<그림 3-2-2> 교차로에서 주로 발생하는 파손형태

○ 잦은 굴착복구가 발생하고 이로 인한 포장상태 악화를 초래하고 있으며, 이용자의 주행 승차감 불량은 물론 물고임, 배수 등의 문제가 발생함



<그림 3-2-3> 잦은 굴착복구로 인한 포장상태 악화

○ 시가지의 경우 교차로 등으로 인하여 교통 흐름이 단속류이므로, 잦은 정체로 교차로 주변뿐만 아니라 일반적인 구간에서도 횡단변형이 빈번하게 발생하며, 오르막 또는 내리막 구간에서 아스콘 포장의 밀림현상인 코루게이션(Corrugation)이 발생하여 물고임이 발생함



<그림 3-2-4> 아스콘 포장의 밀림현상으로 인한 물고임 발생

다. 노면 물고임 관련 방법론 검토

(1) 노면 물고임 발생위치 검토

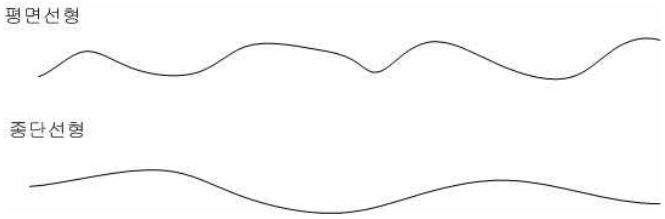
○ 일반적인 노면 물고임 발생위치는 아래와 같음.

- 뒤채움부 단차발생부
- 차로 절삭부
- 길어깨 포장부 및 배수로 주변
- 포장 파손부
- 종단곡선과 평면곡선의 조합시 편경사 Zero인 부분
- 임시 포장부 등

○ 또한, 각 기하구조별 노면 물고임 발생위치를 각 조합별로 살펴보면 아래의 표와 같음

<표 3-2-1> 노면 물고임 발생위치를 판단하기 위한 기하구조별 경우의 수

| 구분 | 기하구조 | |
|---|---|---|
| 평지 | · 평면교차<br>· 공사구간<br>· 횡단보도<br>· 소성발생<br>· 곡선부 변화구간(변곡지점)<br>· 편경사 불량<br>· 포트홀(50cm 이상)<br>· 교량구간(교량상판 및 뒤채움부)<br>· 터널(접속부)<br>· 철도와의 교차로<br>· 과속방지턱 | |
| 오르막<br>(볼록곡선) | · 곡선부 변화구간<br>· 소성변형<br>· 포트홀<br>· 과속방지턱 | |
| 내리막<br>(오목곡선) | · 곡선부 변화구간<br>· 소성변형<br>· 포트홀<br>· 과속방지턱 | |
| 종단선형의<br>조합구간 | 1) 평지->오르막 : 입체교차, 고가도로 |  |
| | 2) 내리막->오르막 : 고속도로, 지하차도 |  |
| | 3) 내리막->평지 : 입체교차, 고가도로 |  |
| | 4) 오르막->내리막 : 산지 |  |

<table>
<tr><th>구분</th><th colspan="2">기하구조</th></tr>
<tr><td rowspan="3">평면선형의<br>조합구간</td><td colspan="2">5) 편경사 변화구간(변곡점)</td></tr>
<tr><td colspan="2">6) 편경사 불량(역편경사 설치, 편경사 설치 기준 미달, 배수경사 불량</td></tr>
<tr><td colspan="2">7) 기타 : 집수정 간격, 설치 위치, 청소상태, 비탈면이 있는 지역 등 통수능력 부족이나 본 과업에서의 측정장비로 측정이 불가한 사항으로써 후처리를 통한 판단이 필요함</td></tr>
<tr><td rowspan="6">평면선형과<br>종단선형의<br>조합</td><td>1) + 5)</td><td rowspan="6">
</td></tr>
<tr><td>1) + 6)</td></tr>
<tr><td>2) + 5)</td></tr>
<tr><td>2) + 6)</td></tr>
<tr><td>3) + 5)</td></tr>
<tr><td>3) + 6)</td></tr>
</table>

○ 이 중에서 노면 물고임 및 배수처리에 가장 밀접한 관계를 가지고 있는 것은 횡단경사 및 편경사 부분(일부 종단경사 포함)이라 할 수 있음

○ 특히, 편경사 접속설치구간과 변곡부(변곡지점)에 대한 데이터 처리와 맞물려 노면물고임 및 배수에 대한 알고리즘 개발이 이루어져야 할 것으로 보임

(2) 도로 배수시스템 및 노면 물고임 적정성 검토

○ 적정성 검토

- 일반적으로 도로 부지에 내리는 강우는 신속한 배제를 원칙으로 하며, 강우에 의한 각종 피해와 사고를 사전에 방지해야 함

- 그러나 국내 여건은 합성경사 구간과 같이 강우시 도로배수 취약구간에 대한 현황이 충분하게 파악되지 않고 있으며, 강우에 의한 피해를 방지하기 위한 배수계획 및 설계의 구체적인 방법론 또한 제시되지 못함

- 또한, 실제로 배수 능력이 우수하다고 하더라도 편경사 변화구간 중 편경사 0% 구간에서의 최소 종단경사(0.3~0.5%) 적용시 배수불량 문제로 교통사고가 빈번히 발생하고 있으며, 이에 따라 평면선형과 종단선형의 조합에 관련된 기준이 요구되고 있는 실정임

- 이는 고속국도를 기준으로 볼 때, 기하구조 원인에서는 편경사 변화구간에 의한 취약구간이 가장 많은 것으로 나타남

(3) 편경사 변화구간 검토

○ 변화구간 개요

- 편경사의 변화구간 중 편경사 값이 표준횡단경사 2% 이내의 값을 가지게 되는 -2 ~ +2%의 구간내에 최소 종단경사 (0.3~0.5%) 적용시 노면 배수 불량과 물고임으로 미끄럼 사고가 발생하게 됨

- 이에 원활한 노면배수의 배제를 위하여 평면선형과 종단선형의 조합인 합성경사 기준의 정립과 적용이 필요함

(가) 종단경사

① 도로설계편람(2008)

<표 3-2-2> 최소 종단경사 기준

| 설계 요소 | 종단경사 | |
|---|---|---|
| | 바람직한 최소치 | 절대 최소치 |
| 연석이 있는 도로 | 0.5% | 0.35% |
| 충분한 횡단경사를 가지는 연석이 없는 도로 | 0.5% | 0.3% |

② 고속도로공사 전문시방서(한국도로공사, 2009)

○ 종단경사는 되도록 작은 것이 바람직하지만 길이가 길고 평탄한 도로에서는 배수에 문제가 생김

○ 따라서 배수를 위하여 종방향으로 0.3~0.5% 종단경사를 붙여 두는 것이 바람직함

③ 도로의 구조·시설에 관한 규칙 해설(2009)

○ 차도의 종단경사는 도로의 구분, 지형상황 및 설계속도에 따라 다음 표의 비율 이하로 하여야 함

<표 3-2-3> 최대 종단경사 기준(예)

| 설계속도(km/h) | 고속도로 최대 종단경사(%) | |
|---|---|---|
| | 평지 | 산지 |
| 100 | 3 | 5 |
| 110 | 3 | 5 |
| 120 | 3 | 4 |

(나) 편경사

① 도로의 구조·시설에 관한 규칙 해설(2009)

<표 3-2-4> 평면곡선반경에 따른 편경사 적용 기준(예)

| 설계 속도 | 평면곡선반경에 따른 편경사(최대 편경사 =6%) (단위 : m) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | NC (미고려) | 2% | 3% | 4% | 5% | 6% |
| 100 | 4,800이상 | 4,800 ~2,650 | 2,650 ~1,690 | 1,690 ~1,070 | 1,070 ~690 | 690 ~460 |
| 110 | 5.800이상 | 5,800 ~3,230 | 3,230 ~2,070 | 2,070 ~1,360 | 1,360 ~880 | 880 ~600 |
| 120 | 6.900이상 | 6,900 ~3,840 | 3,840 ~2,470 | 2,470 ~1,610 | 1,610 ~1,050 | 1,050 ~710 |

② 편경사 변화구간 특성 및 고려사항

○ 편경사 변화구간 특성

- 도로의 평면곡선부를 원심력을 받으며 주행하는 자동차는 노면에 설치된 편경사와 노면과 타이어간의 마찰에 의하여 안정된 주행을 할 수 있게 됨

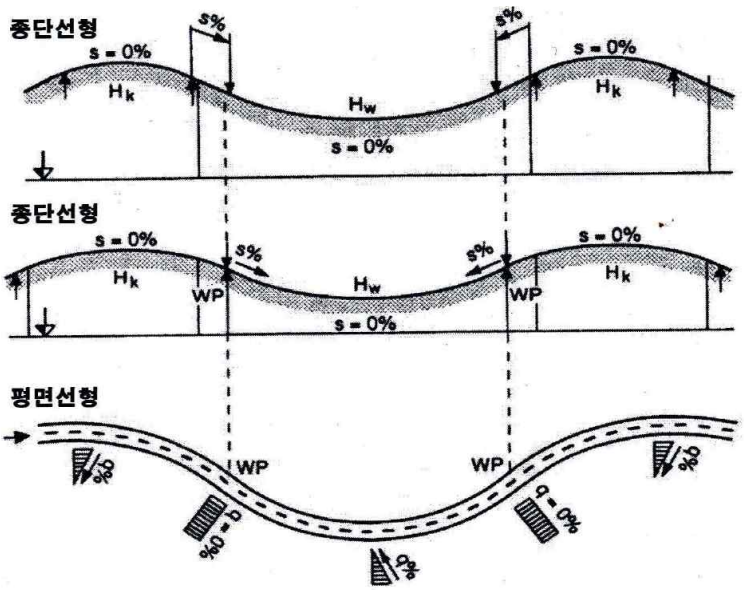
- 곡선부에서의 편경사의 변화는 최대편경사를 고려한 범위 내에서 표준경사 값에서 최대 편경사 값으로 변화하게 되는데 편경사의 값이 변화하는 과정에서 표준경사(-2%)이하의 변화구간이 생기게 됨

- 편경사의 값이 -2%에서 +2%까지 변하는 구간에서는 노면배수의 흐름이 원활하지 못하게 되는 경우가 생기게 됨

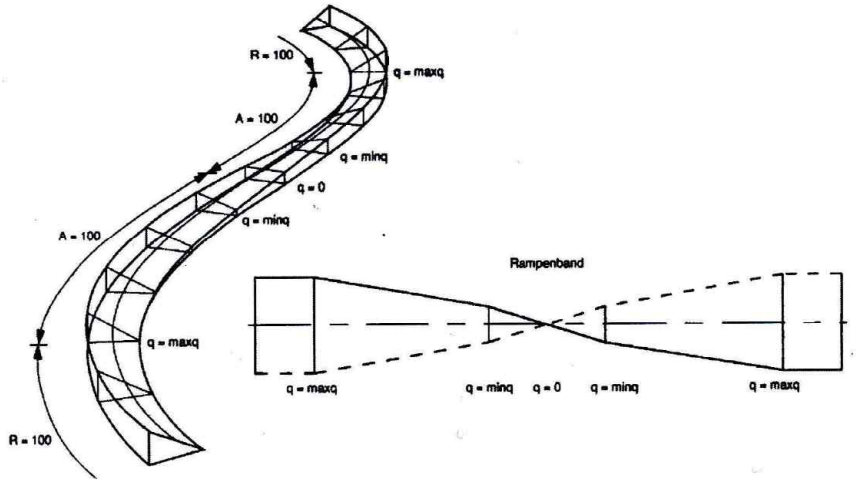
○ 고려사항

- 편경사 변화구간의 길이를 길게 설치하면 주행안정성은 향상되나 노면배수나 물고임에 문제가 발생하므로 평면곡선부의 구성 조건에 따라 교통안전과 노면배수가 고려된 편경사의 적절한 설치를 고려해야 함

- “도로의 구조·시설에 관한 규칙 해설(2009)”에 의하면 오목형 종단곡선상의 지점부에 평면곡선의 변곡점 설치를 피하여 노면배수가 원활하도록 유도하고 있으며, 독일의 경우에는 편경사 변화구간 중 편경사 0이 되는 지점에서는 노면 배수의 흐름을 위하여 종단선형을 조정해야 한다는 합성경사의 이론을 실무에서 적용하고 있음




<그림 3-2-5> 종단선형과 평면선형을 고려한 계획(독일 RAS-L95)



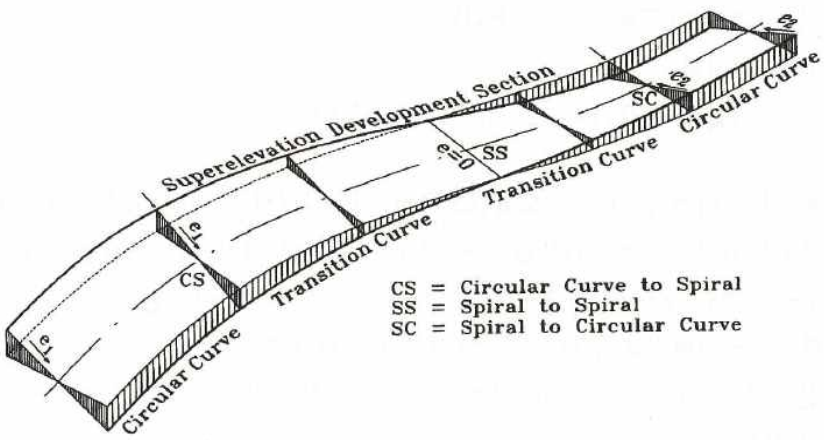

<그림 3-2-6> 배향곡선에서의 편경사의 설치(독일 RAS-L95)

(4) 편경사 접속설치구간 및 변곡부 처리 검토

○ 편경사 접속설치구간과 변곡부(변곡지점)

- 편경사 접속설치구간은 서로 다른 편경사를 지닌 일정한 두 곡선 또는 직선구간에서 편경사를 지닌 곡선구간으로 변화할 때, 편경사를 조정하기 위해 필요한 도로의 길이를 나타냄

- 노면 배수(물고임 포함)를 위한 필요한 편경사 접속설치의 길이는 가능한 짧아야 하며, 편경사 접속설치구간의 주의 깊은 설계가 곡선구간 주행시 안전성과 편의성을 증진시키고, 아울러 노면에 흐르는 물의 배수가 원활히 될 수 있음

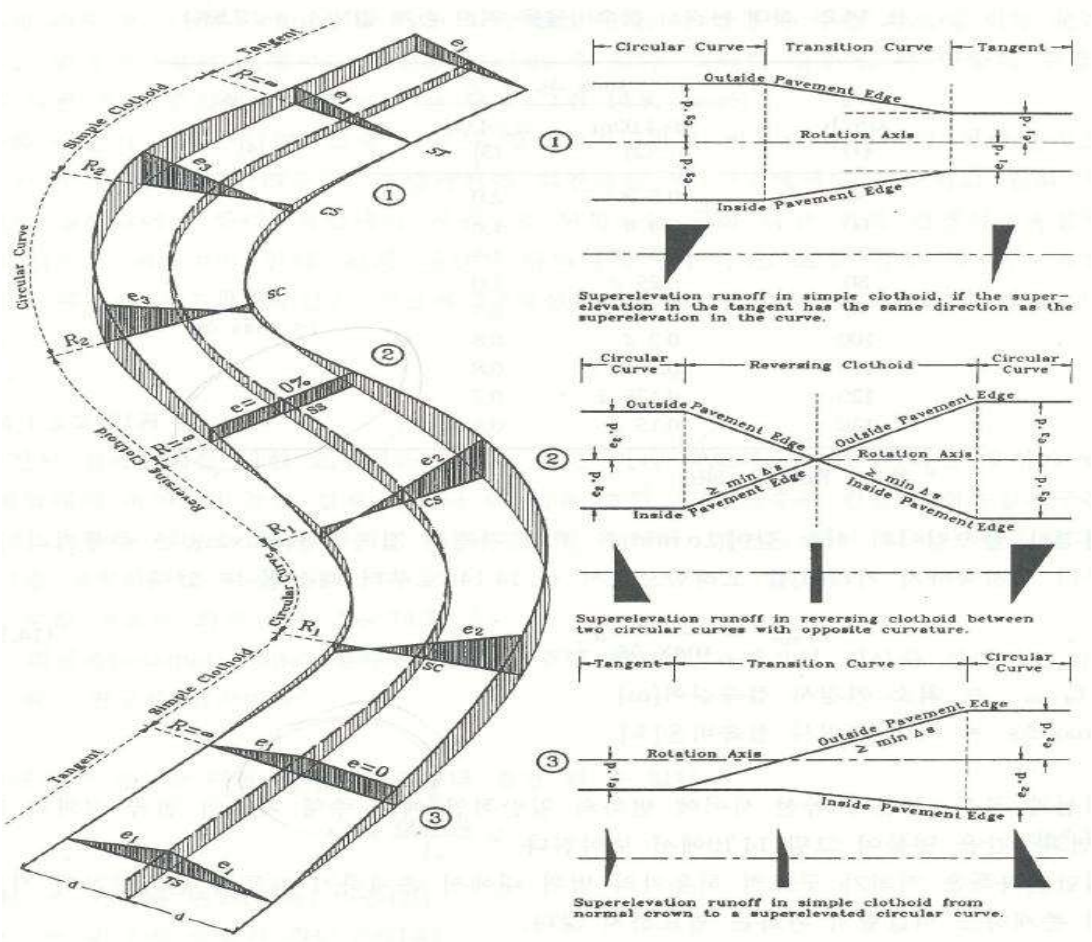



<그림 3-2-7> 변곡지점(역 클로소이드)의 3차원 도(독일 RAS-L95)

- 설계에 있어 곡률의 변화는 보통 편경사 변화를 필요로 하며, 편경사가 0이 되는 지점이 변곡 지점(역 클로소이드)임

- 본 연구과제에서 곡선+곡선의 경우 발생될 수 있는 상황조건에서 노면배수 및 물고임에 대한 파악이 필요한 지점이며, 배수 상태 조건과 모순되는 지점이기도 함

- 직선과 곡선, 곡선과 곡선 사이에 변화의 일반적인 예는 주행차로의 변곡 결과와 편경사 변화구간을 덧붙임




<그림 3-2-8> 주행차로의 다른 변곡점, 직선과 곡선사이, 곡선과 곡선 사이의 변화에 의한 편경사 변화구간 일치의 예 (독일 도로교통학회, 1995)

(5) 노면 물고임 관련 알고리즘

○ 알고리즘

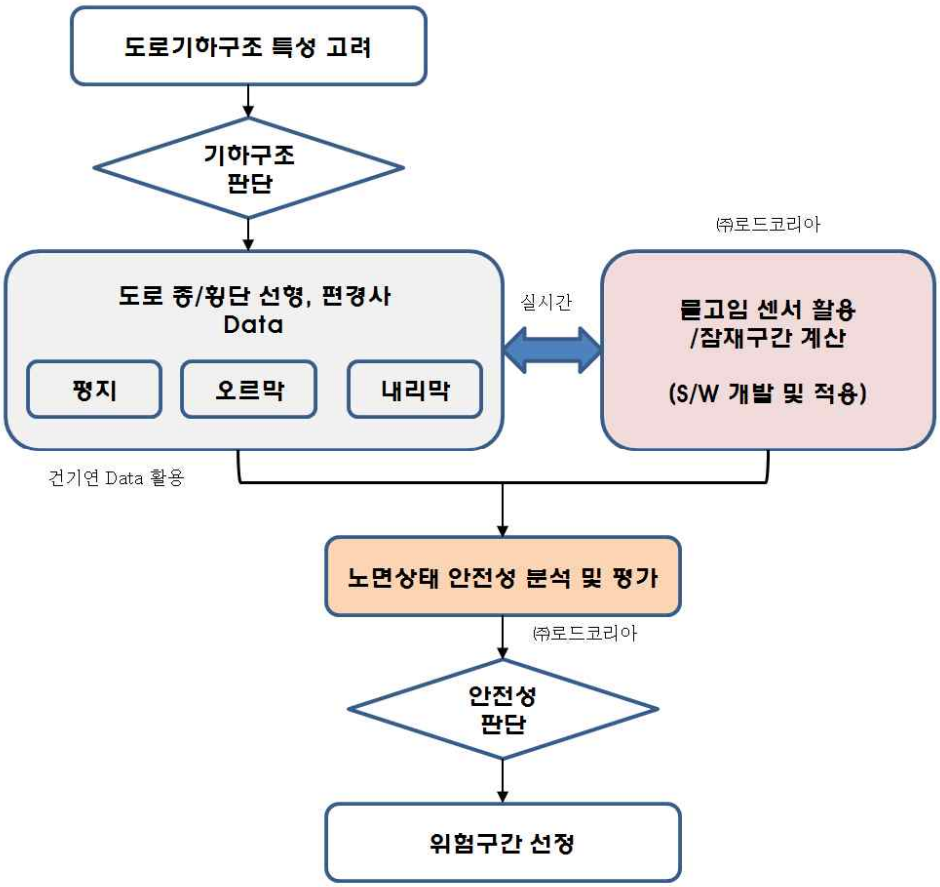
- 노면 물고임에 대한 알고리즘에 대해서는 아래와 같은 고려사항이 필요함

  · 기하구조(횡단선형, 종단선형) 등에 대한 Data 취득

  · 노면 소성 변형에 따른 물고임 파악 (장비 센서 활용)

  · 기하구조별 상황+노면 물고임 판단 (통합 연계)

  · 노면상태 안전성 평가 기준 정립




<그림 3-2-9> 노면 배수 및 물고임 등 도로노면 상태 평가 알고리즘(안)

- 본 연구에서는 기하구조 Data 중 횡단경사(편경사)와 종단경사까지 고려한 노면 물고임을 계산함

라. 미끄럼 저항 관련 기준

(1) National Cooperative Highway Research Program(NCHRP)에서 제안한 기준

○ TRB의 NCHPR의 연구 개발의 일환으로 1967년 미끄럼 저항 기준에 관한 연구결과로서 지방 간선도로에 대한 최소 미끄럼저항기준을 $SN_{65}$인 경우 37로 제안했으며 도로에 공통적으로 적용할 수 있도록 주행속도별 미끄럼 지수를 밑의 표와 같이 제시함

<표 3-2-5> 최소 미끄럼 지수 기준(NCHRP)

| 주행속도(kph) | 미끄럼지수 | |
|---|---|---|
| | SN1 | SN2 |
| 0 | 60 | - |
| 16 | 50 | 0 |
| 32 | 40 | - |
| 48 | 36 | 31 |
| 65 | 33 | 33 |
| 80 | 32 | 37 |
| 96 | 31 | 41 |
| 112 | 31 | 46 |
| 128 | 31 | 51 |

○ 우리나라 기준에 적용시 평균주행속도를 96km/h의 속도라고 가정할 때 $SN_{65}$값이 31 이상이 되어야 하고 주행속도를 65km/h로 하면 $SN_{65}$값이 41이상이 되어야 함

○ 주행속도와 노면 선상에 따라 미끄럼 저항이 변화함에 따라 노면의 미끄럼 저항도 변화하는 것을 감안하여 여러 상황에 모두 만족할 수 있는 미끄럼 저항이 맞춰져야 함

(2) 미국의 각 DOT별 관리기준 제시

○ ASTM E-274 시험법의 Lock wheel trailer에 의하면 미끄럼 저항값이 $SN_{65}$

값을 기준으로 할 때 대체로 30~40 사이의 범위에서 관리되고 있음을 알 수 있으며, 각 기관의 적용기준을 도로 기하구조 또는 등급과 관련지어 요약한 내용을 제시함

<표 3-2-6> 미국의 DOT별 SN65 적용시 기준치

| 적용기관 | 제 안 자 | 적용 등급 | 적용 등급 | 적용 등급 |
|---|---|---|---|---|
| | | A | B | C |
| Texas주 | McCullough, Hankins | - | 38 | - |
| Tennessee주 | Moore, Humohreys | - | 40 | - |
| Kentucky주 | Rizenbergs, Burchett, Nagier | - | 40 | 40 |
| Arizona주 | Burns, Peters | - | 29 | - |
| Virginia주 | - | - | - | 30 |
| Rhode Island주 | - | - | - | 33 |

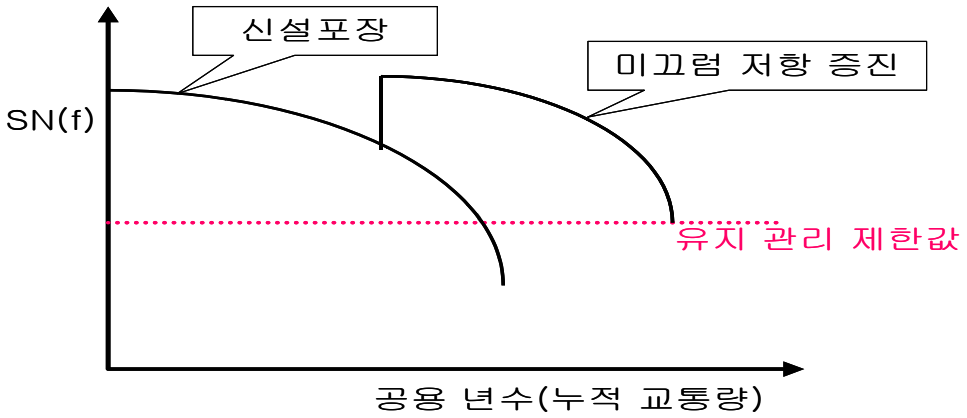
○ 위의 표에서 설명되고 있는 A급의 도로에는 도로기하구조가 복잡한 구간으로 IC, JC 구간이거나 교차로, 반경 150m 미만의 곡선반경 구간 등이 포함되며, C급은 도로의 기하구조가 아주 좋은 구간으로 직선구간, 종단기울기나 곡선반경이 완만한 구간 등이 이에 포함됨

○ B급의 적용도로는 A급, C급에 모두 포함되지 않은 구간이 포함되며 쉽게 설명하면 C급의 도로에는 고속도로 같은 경우가 포함되며 간선국도나 국도급 도로는 B등급에 해당됨

(3) 고속도로의 관리기준

○ 한국도로공사 (2004)에서는 아스팔트의 경우 공용 연수 10년 이상 구간에 대해 조사를 실시하며, 콘크리트의 경우 5년 이상 구간에 대해 조사함

○ 그 이외에 고속도로 신설구간의 경우에는 미끄럼 측정값을 50 이상으로 유지하는 것을 목표로 함




<그림 3-2-10> 고속도로의 미끄럼 관리 방안

○ 공용년수의 증가에 따라 감소되는 미끄럼 저항값을 일정기간 경과 후 미끄럼 마찰력을 회복하는 예방적 차원에서의 유지관리를 시행함

○ 유지하고자 하는 미끄럼 마찰값은 SN 수치 35이상으로 관리하되 향후 지속적인 연구 및 검증을 통해 강화시키도록 해야함

<표 3-2-7> 고속도로 미끄럼 마찰값 유지·관리 기준

| 측정기준 | 일반구간 | 100m 이상 내리막 구간 | | 최근 1년간 중상 및 사망사고 건수 4건 이상 |
|---|---|---|---|---|
| | | 5% 이하 | 5% 이상 | |
| ASTM E 501 | SN ≥ 35 | SN ≥ 40 | SN ≥ 45 | SN ≥ 50 |

○ 위의 기준을 적용하면 교통사고저감에 따른 경제적 편익비용이 발생함으로서 국가의 이익을 줄 수 있음

○ 실제로 미끄럼 증진에 따른 편익비(B/C)로 6.71 정도의 편익을 보이고 있으며 효율적인 도로 및 노면의 관리로 인해 도로를 이용하는 이용자의 편익 및 서비스 질 향상에도 도움을 줄 수 있음

○ 또한 향후 지속적인 기능유지를 위해 추적조사를 실시하고, 그에 따른 연구를 통해 SN 수치를 더 향상시키는 방향으로 도로의 고속성능을 더욱 향상시킬 수 있을 것으로 보임

# 제2-2절 노면 물고임 및 노면거칠기(텍스쳐) 장비 개발

## 1. 장비 및 센서

### 가. 노면 물고임 장비선정

#### (1) 노면 카메라

○ 80km/h 이상의 속도에서 50cm 마다의 횡단변형의 값을 얻기 위한 촬영 카메라로 초당 280프레임을 얻을 수 있으며, 원하는 구간에서의 영상(ROI)을 설정할 경우 초당 500프레임의 영상 획득이 가능함




<그림 3-2-11> 노면 카메라

- CMOSIS CMV2000 CMOS, 2/3"", 5.5 x 5.5 µm Global shutter
- 2048 x 1088 at 280 FPS
- Transfer Rates : 2.38 GBits/sec
- Power Consumption Voltage : Max 6 W at 12 V
- Dimensions (L x W x H) : 44mm x 29mm x 58mm
- Mass : 90g (without optics or tripod mounting bracket)
- Camera Specification : Camera Link

- Lens Mount : C-mount

- Emissions Compliance : CE, FCC, RoHS

- Operating Temperature : -10° to 50°C

- Storage Temperature : -30° to 60°C

(2) 렌즈

○ 차량뒷면에 1m 높이에서 2m 이상의 폭을 인식하기 위하여 5mm 광각 렌즈를 사용하였으며, 일반 광각렌즈에서 발생하는 영상 모서리 부분의 왜곡이 적은 장점이 있음




<그림 3-2-12> 렌즈

- USE : 2/3인치

- 초점거리 : 5mm

- MAX. DIA. RATIO : F2.8

- IRIS RANGE : F2.8 ~ 16

- IMAGE SIZE : ϕ11

- MECHANICAL BACK FOCAL LENGTH : 10.326mm

- FLANGE FOCAL LENGTH : 17.526mm

- FORCUS RANGE : 150mm ~ ∞

- FIELD ANGLE DIA: 94.7°

HOR : 82.4°

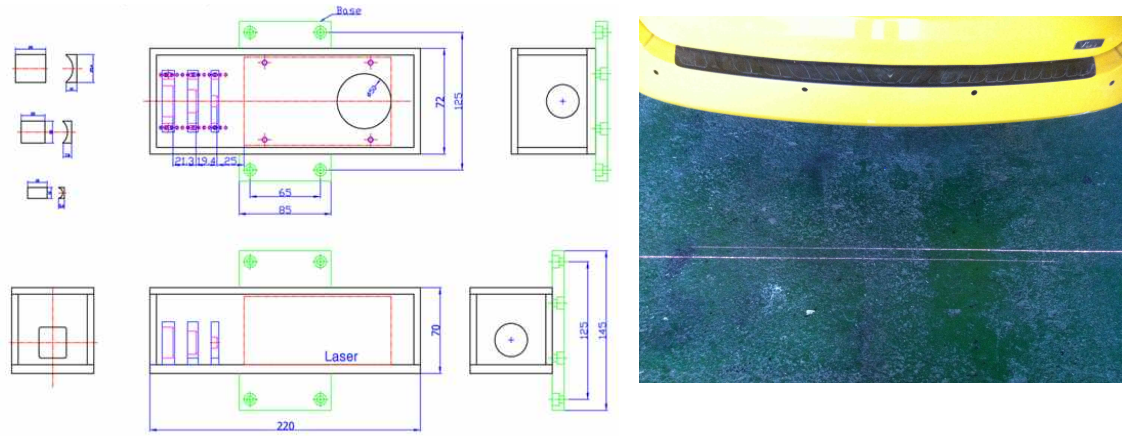
VER : 66.9°

- MOUNT : C-MOUNT

- WEIGHT : 85g

(3) 레이저 조명

○ IR파장의 레이저로 가시광선 영역에서는 보이지 않으며, 카메라 렌즈에 IR 필터를 통하여 인식이 가능하며, 차량의 후면 양 옆에 2m 높이에 설치되어 4m이상의 레이저 라인을 지면에 표시함




<그림 3-2-13> 레이저 조명

- 파장 : 808nm

- 출력파워 : 4.5W

- 조명길이 : 2.5m의 높이에서 2.5m

- 조명폭 : 2m높이에서 2mm

- 렌즈종류 : Cylindrical Lens 65°

- 파워서플라이, 레이저 다이오드 드라이버 포함

나. 노면거칠기(텍스쳐) 장비 및 센서

(1) 텍스쳐레이저(종방향 레이저)

○ 80km/h에서 1mm 간격으로 데이터를 받을 수 있는 고속 레이저로 차량진행 방향(종방향)으로 MPD값과 종단평탄성(IRI)값을 산출함

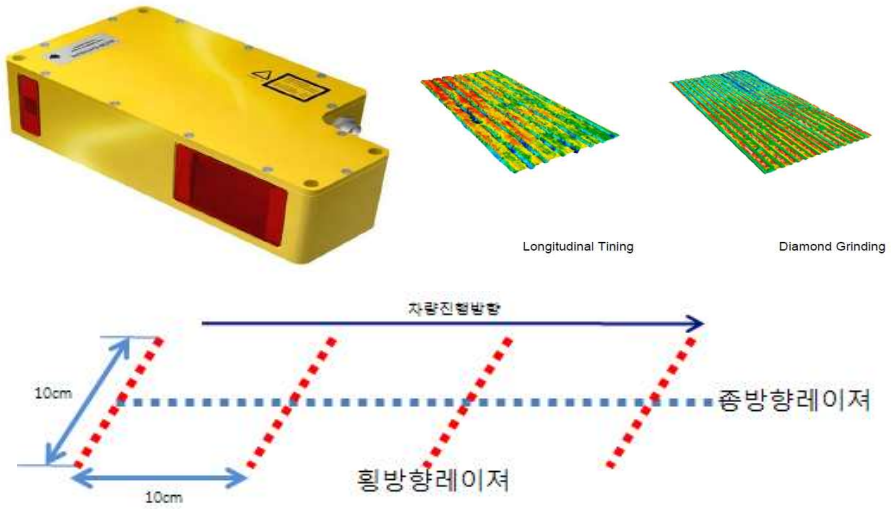



<그림 3-2-14> 종방향 레이저

- Measurement Range : 180.0 mm
- Mounting Stand-Off : 467.0 mm
- Sampling frequency : 62.5 KHz
- Max average power : 45 mW
- Wavelength : 660 nm

(2) 횡단레이저

○ 종단레이저가 측정한 위치에서 데이터의 신뢰성을 확보하기 차량 진행방향과 직교되는 프로파일을 80km/h에서 10cm 간격으로 측정함




<그림 3-2-15> 횡방향 레이저

- Laser Class : 3b
- Wavelength : 660 nm
- Laser Life : 100,000 hrs
- Enclosure : IP-65
- Dimensions (L x W x H) : 213mm x 108mm x 77mm
- Mass : 1,800g
- Communication : Gigabit Ethernet
- Profile Rate : 3000 Hz
- Depth of View : 200 mm
- Clearance Dist : 200 mm
- Resolution : 0.01 mm

2. 장비노면 물고임 장비 성능

가. 장비외관

○ 레이저 조명, IR카메라가 각각 2대씩으로 구성되어 있으며, 레이저 조명은 지면에서 2m 높이에 설치되어 차량진행 방향의 수직방향으로 4.4m의 레이저 라인을 생성하고, 생성된 레이저 라인은 하단부에 설치된 IR카메라가 라인을 인식하여 횡단 변화량을 측정함

○ 차량 왼쪽 하단에 종방향 레이저(spot형식), 횡방향 레이저(Line형식)가 각각 1대씩 구성되어 있으며, 종방향 레이저로는 종단평탄성(IRI)와 종단 MPD를 측정하며, 횡방향 레이저로는 10cm간격으로 횡방향 MPD를 측정함



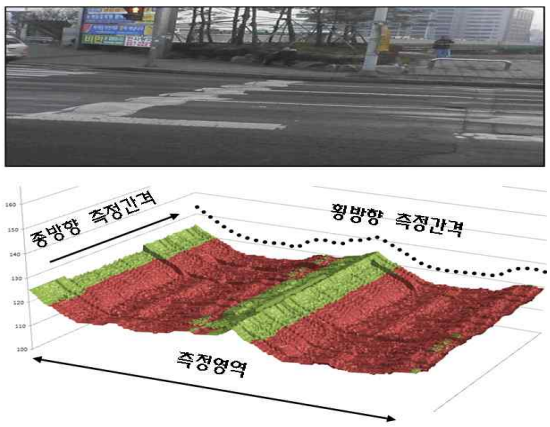

<그림 3-2-16> 노면 물고임 및 노면거칠기(텍스쳐) 장비 외관

나. 조사모듈 성능

(1) 물고임 조사모듈

① 해외 도로포장상태 조사장비 성능 기준

| 항목 | 등급 | 내용 |
|---|---|---|
| 측정 정밀도 | 1<br>2<br>3<br>4 | 0.1mm 이하<br>0.1~0.2mm<br>0.2~0.5mm<br>0.5mm 초과 |
| 종방향 측정 간격 | 1<br>2<br>3<br>4 | 300mm 이하 간격<br>300mm~3m 간격<br>3m~30mm 간격<br>30m 초과 |
| 횡방향 측정 간격 | 1<br>2<br>3<br>4<br>5 | 25mm 이하<br>25~100mm<br>100~300mm<br>300~600mm<br>600mm초과 |
| 측정 영역 | 1<br>2<br>3<br>4 | 3.7m 초과<br>2.7~3.7m<br>1.8~2.7m<br>1.8m미만 |




<그림 3-2-17> 미국 ASTM 1656-06 횡단프로파일 측정모듈 등급 분류 예

② 물고임 조사 모듈 성능

○ 해외 국가에서는 도로조사장비에 대해 기준 및 등급(Class)를 설정하여 조사장비에 의해 취득되는 자료에 대해 신뢰성을 갖도록 규정하고 있음

○ 본 연구에서 개발된 각 모듈에 대해 미국 ASTM 1656-06을 기준으로 분류함

<표 3-2-8> 물고임 조사 모듈 성능

| 횡단프로파일 | |
|---|---|
| 수직변위 측정 정밀도 | Class 4<br>(±1mm) |
| 종단 샘플링 간격 | Class 2<br>(1m 이하 간격 조사) |
| 횡단 샘플링 간격 | Class 1<br>(2mm) |
| 측정폭 | Class 1<br>(3.7m 초과) |

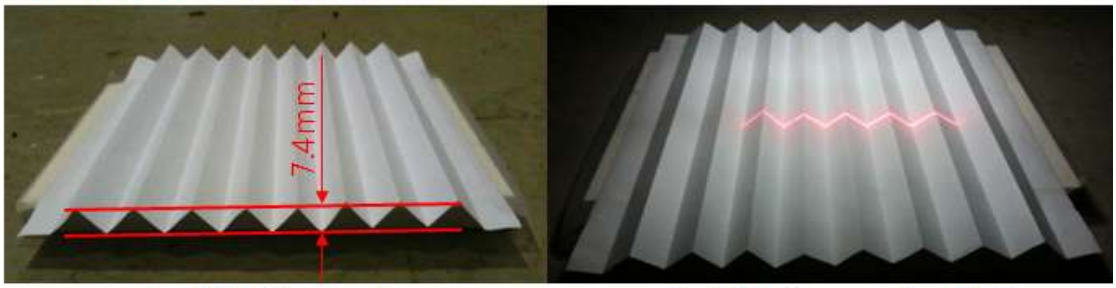
1. 소성변형 캘리브레이션 지그 제작(그림1, 10mm블럭 10개)
2. 좌우에 10mm 높이를 가진 블록을 단계적으로 쌓아 올리면서(10~50mm) 소성변형 값 기록
3. **소성변형 및 물고임 높이 정확도 : 1mm 이내**




| 실제 높이 | 좌 | 우 |
|---|---|---|
| 10mm | 10 | 10 |
| 20mm | 19 | 20 |
| 30mm | 30 | 29 |
| 40mm | 41 | 40 |
| 50mm | 50 | 51 |

<그림 3-2-18> 물고임 측정장비 정확도 Test

1. 7.4mm 깊이(MPD=3.7mm)의 골을 가지는 테스트 지그 제작(그림1)
2. 테스트 지그를 차량 하단부의 센서 아래쪽에 배치(그림2)
3. **MPD 정확도 : 0.1mm 이내**




<그림 3-2-19> 텍스쳐레이저 정확도 Test

③ 소성변형 측정모듈 원리

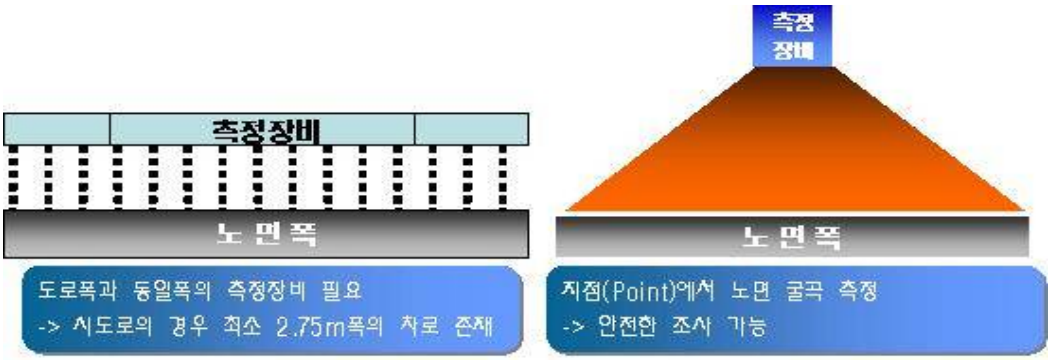
○ 일반적인 자동포장상태 조사장비에서 적용되는 소성변형 측정방식은 다수의 초음파 및 레이저변위센서를 이용한 방식임

○ 즉, 노면과 수평이 되도록 센서를 배열하여 센서가 설치된 위치와 노면간의 상대적 위치를 파악하여 굴곡을 측정하는 방식이며, 이러한 방식은 측정하고자 하는 노면폭과 동일한 크기의 측정 장치가 필요하여 조사시 안전에 문제가 있음

○ 본 연구에서는 한 지점에서 측정하고자 하는 폭의 굴곡의 높이를 측정할 수

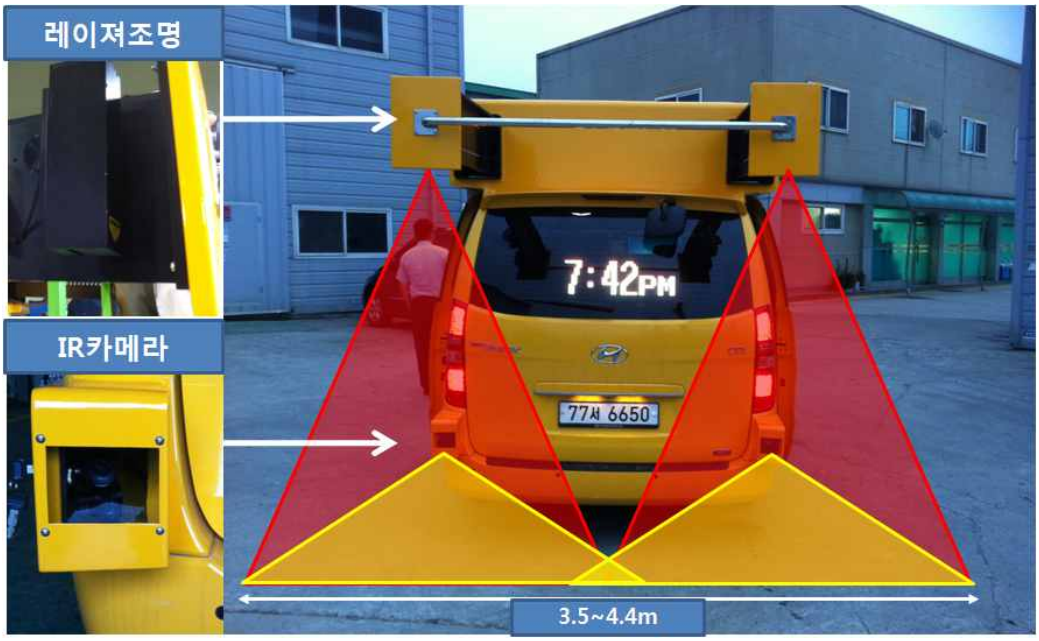
있도록 비젼 처리 방식을 적용함

○ 기존에 10m마다 대푯값을 사용하는 소성변형 측정모듈을 업그레이드 하여 50cm마다 횡단변위를 측정하여 실제 도로형태와 유사한 프로파일을 모델링 하여 s/w를 통한 물고임 예상구간을 예측할 수 있는 장비를 개발하였음




<그림 3-2-20> 기존 측정방식(좌)과 본 연구 개발 방식(우)

○ 상부에는 약1mm두께의 라인빔을 생성할 수 있도록 구성하였으며, 하단부에는 이러한 라인빔이 노면상태에 따라 형성되는 굴곡을 이미지화하는 영상센서가 장착되어 있음

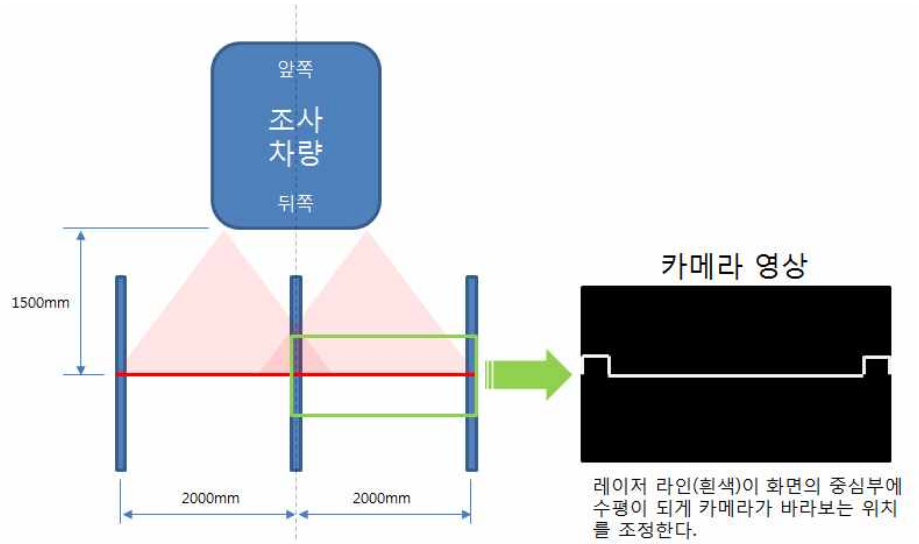



<그림 3-2-21> 물고임측정장비 외관

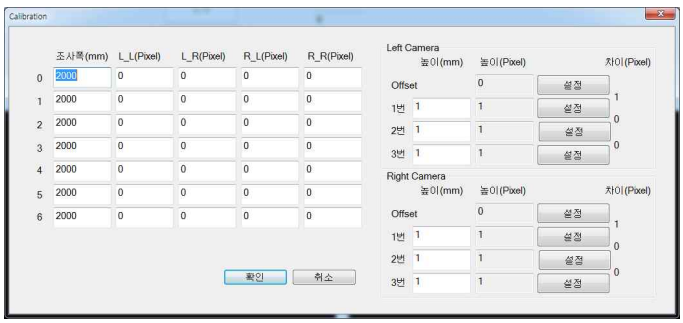
④ 물고임 측정장비 캘리브레이션

○ 실제 노면의 프로파일을 생성하기 위해 캘리브레이션을 실시

○ 좌, 우측에 일정한 블록을 쌓아가며 높이에 대한 분해능을 설정함




<그림 3-2-22> 캘리브레이션




<그림 3-2-23> 캘리브레이션 프로그램

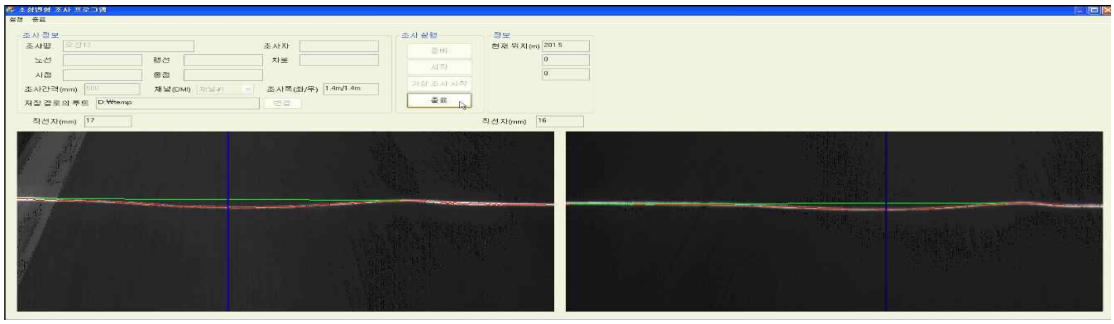
⑤ 물고임 측정장비 현장테스트

○ 물고임이 발생하는 구간을 선정하여 현장 테스트를 실시함

○ 시속 60km/h에서 1m마다 횡단변위를 측정하였으며, 조사 거리에 따른 데이터의 기준은 미국 ASTM 1656-06에 만족함



<그림 3-2-24> 물고임 구간 현장 사진

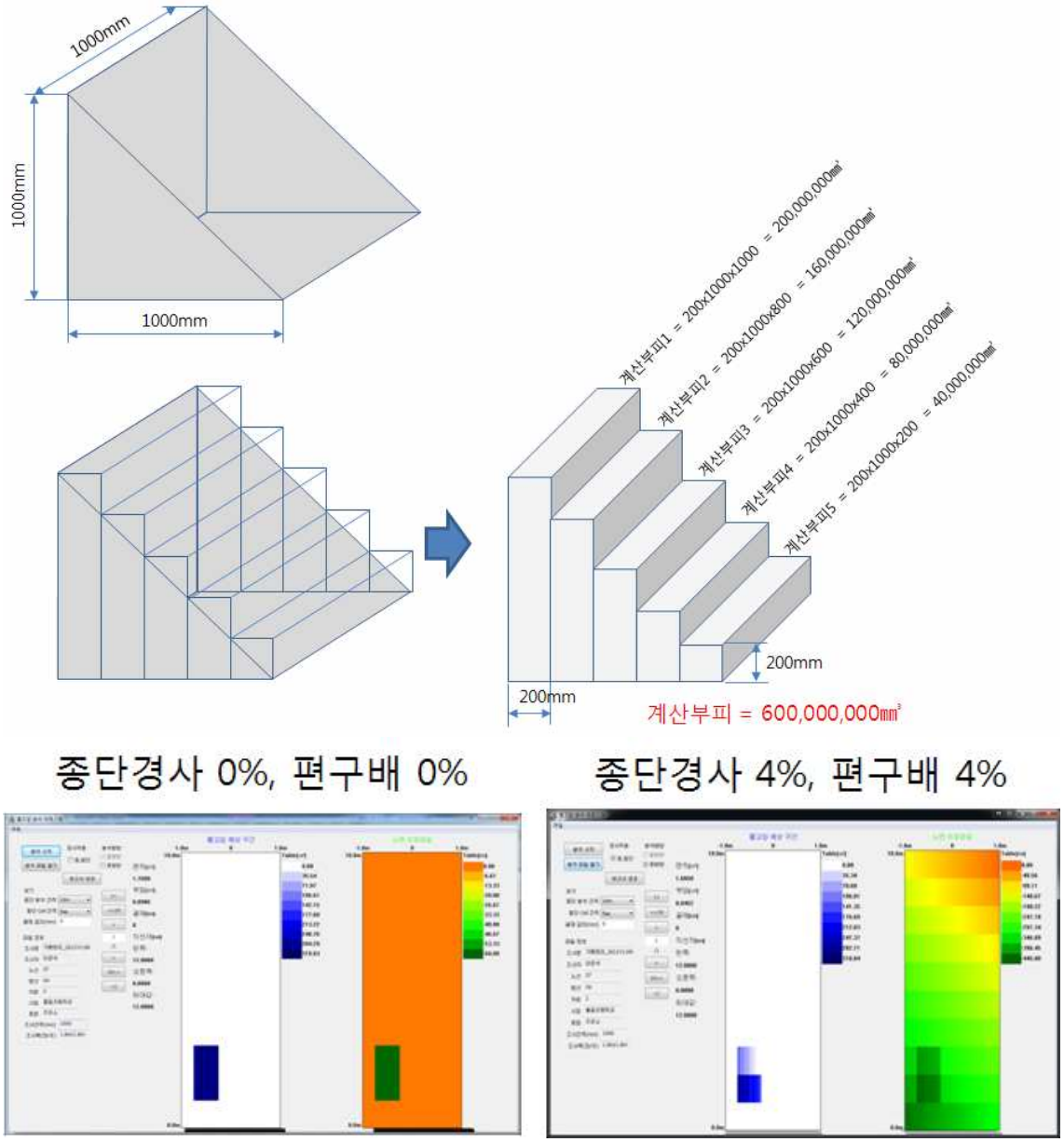


<그림 3-2-25> 현장 테스트구간 조사프로그램 예시

⑥ 물고임 계산 방법

○ 횡방향(2mm), 종방향(1m)를 최소단위로 하여 면적과 부피를 계산

○ 종단경사와 편구배를 적용하여 계산



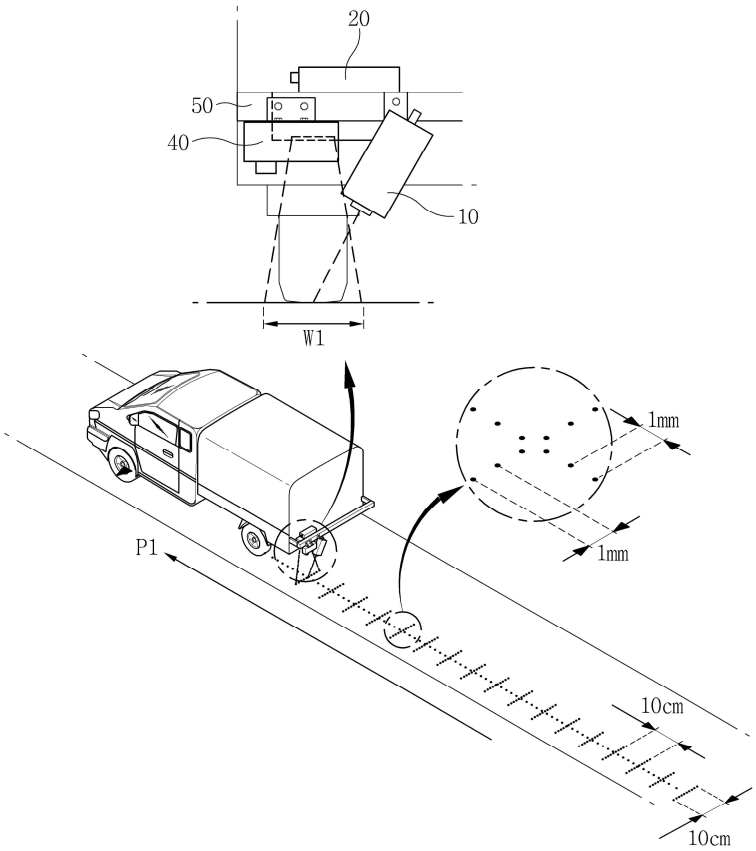

<그림 3-2-26> 물고임 계산 방법

(2) 노면거칠기(텍스쳐) 조사모듈

○ 기존의 차량진행 방향으로 측정을 하던 방법에 횡단프로파일을 추가하여 측정구간에 대한 신뢰도 확보

○ 종방향(종단레이저) : 1mm마다 측정, MPD와 종단평탄성(IRI) 측정

○ 횡방향(횡단레이저) : 10cm마다 측정, 횡방향 MPD 측정






<그림 3-2-27> 텍스쳐 레이저

## 2. 노면물고임 조사 및 분석 프로그램

### 가. 조사 프로그램

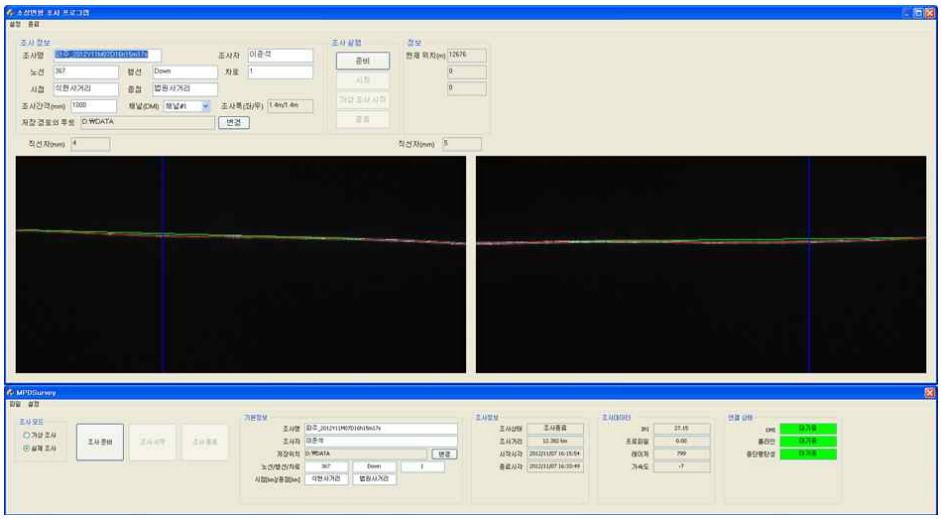
○ 노선, 행선, 차로, 시점, 종점의 정보를 입력

○ 최소 1m 마다 횡단변형 측정

○ 실시간 소성변형 계산가능

○ 종방향 MPD, 횡방향 MPD 측정

○ 종단평탄성(IRI) 측정



<그림 3-2-28> 조사 프로그램

나. 분석 소프트웨어

○ 조사 프로그램의 데이터를 분석

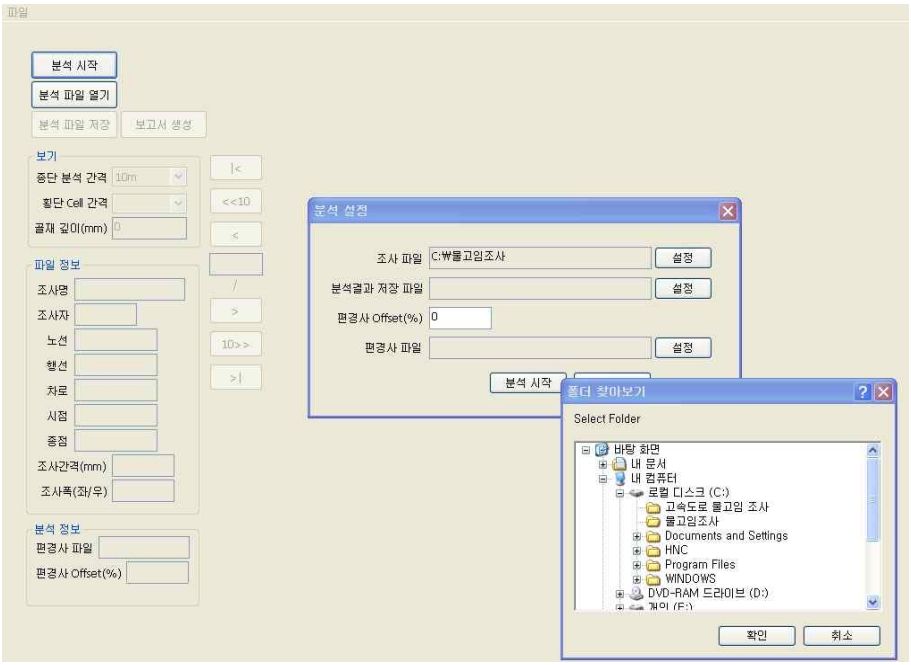
○ 물고임 예상 구간과 실제 노면 비교 가능

○ 5m, 10m, 15m, 20m 별로 구간 검색 가능

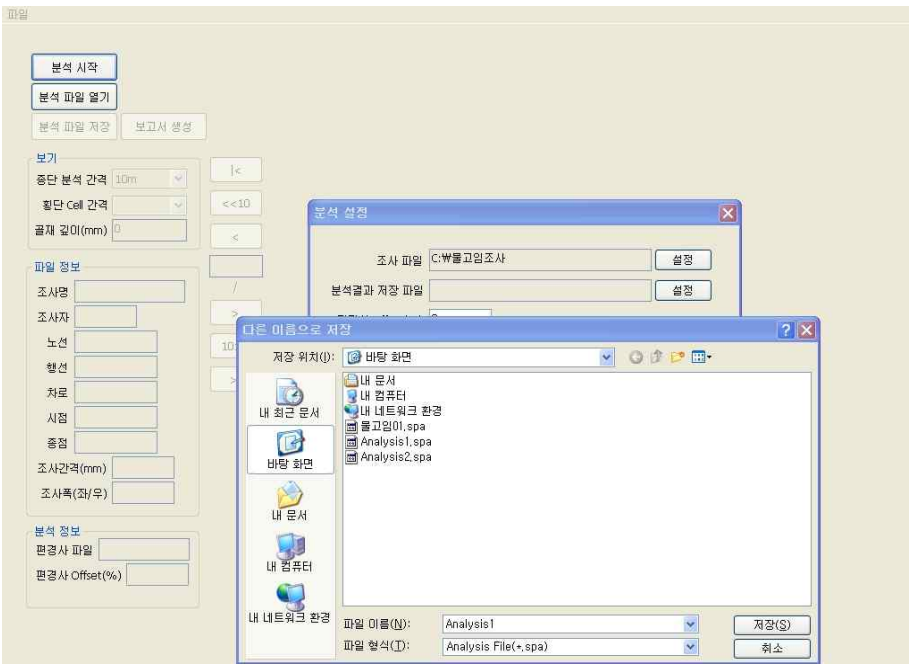
○ 물고임 예상구간의 면적과 부피 산출

○ 종방향 MPD, 횡방향 MPD 산출

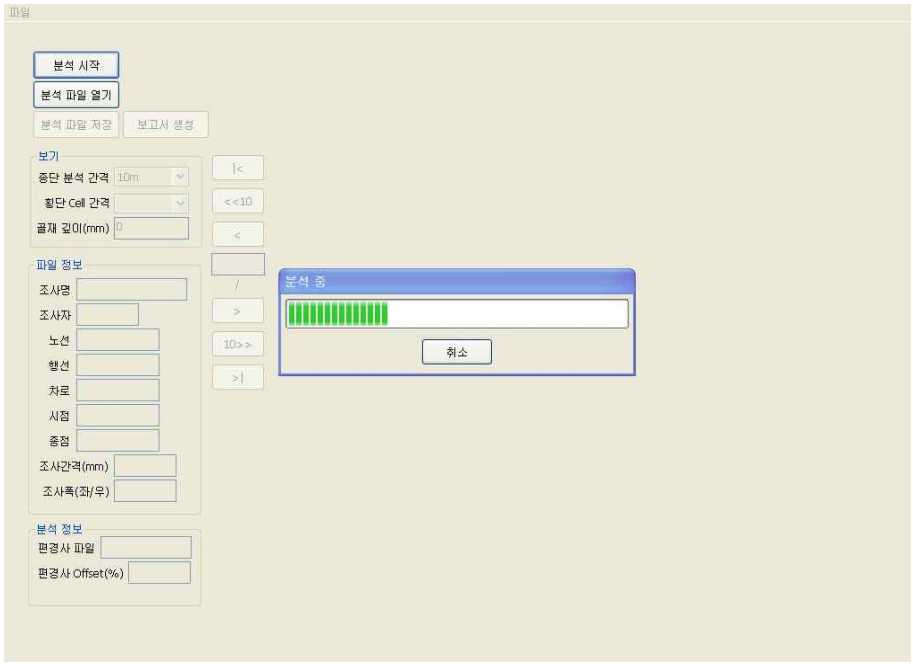
○ 종단평탄성(IRI) 산출



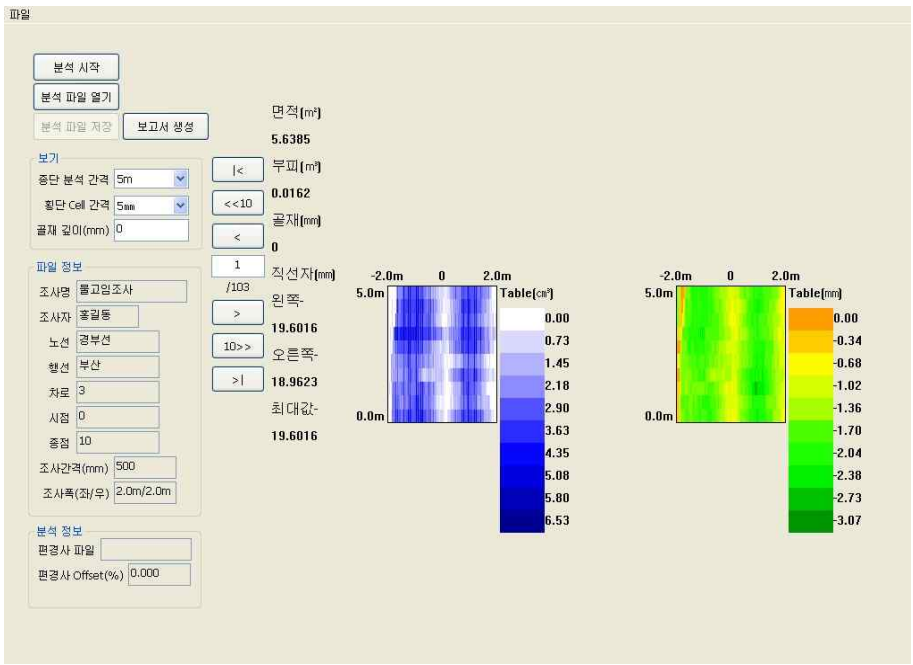

<그림 3-2-29> 물고임 분석 프로그램(조사파일 설정)



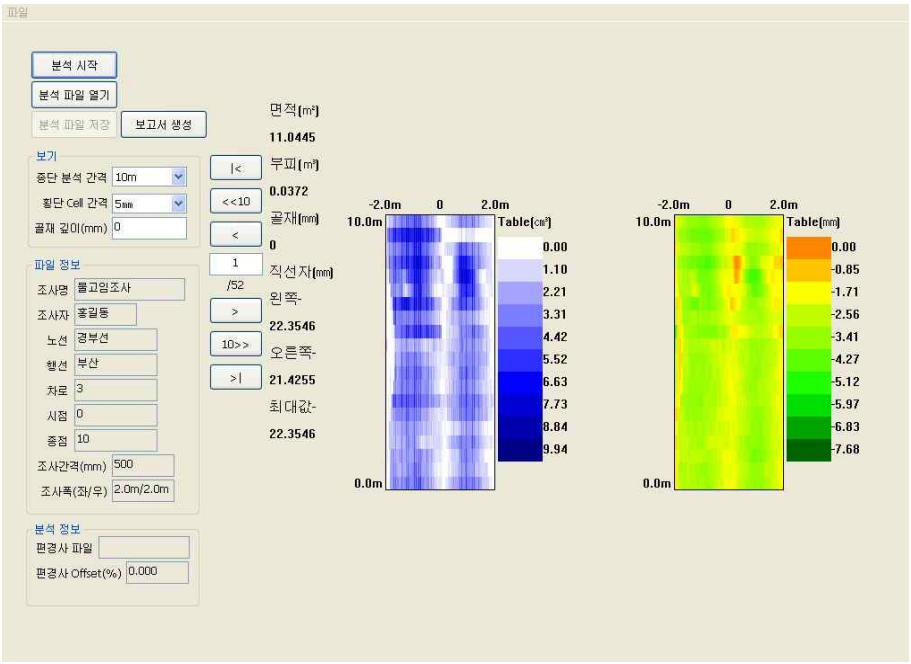

<그림 3-2-30> 물고임 분석 프로그램(분석결과 저장)



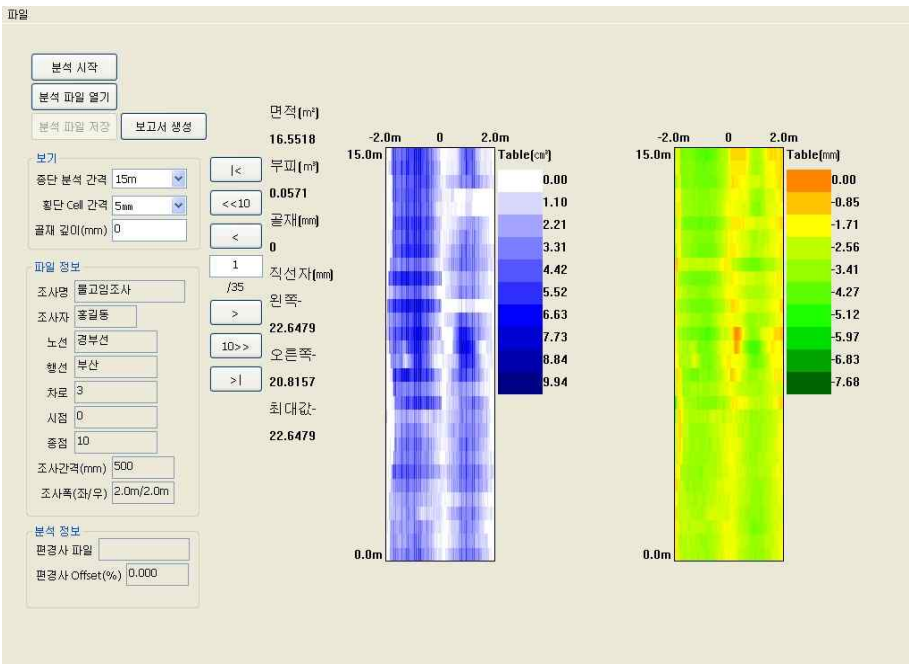

<그림 3-2-31> 물고임 분석 프로그램(분석 시작)




<그림 3-2-32> 물고임 분석 프로그램(5m별 분석결과)




<그림 3-2-33> 물고임 분석 프로그램(10m별 분석결과)




<그림 3-2-34> 물고임 분석 프로그램(15m별 분석결과)

# 제2-3절 장비 분석 결과

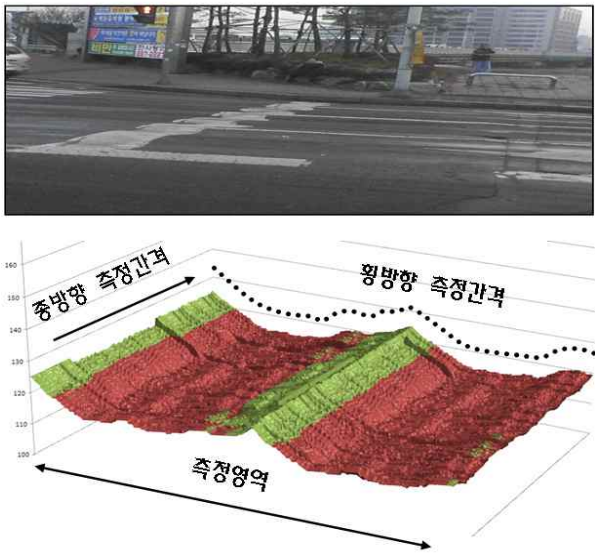
## 1. 개발조사모듈 성능 및 테스트

### 가. 해외 도로포장상태 조사장비 성능 기준

#### (1) 미국

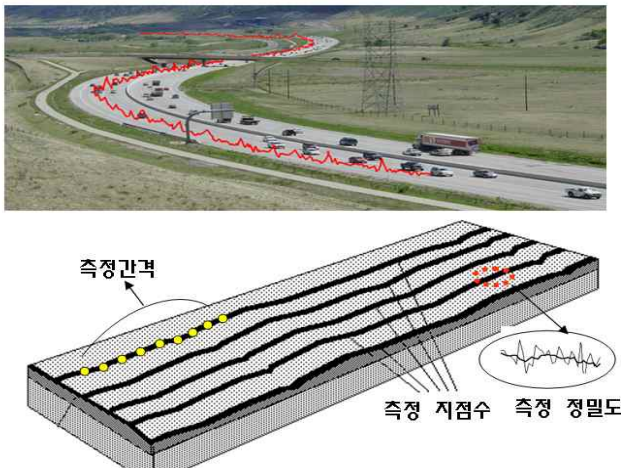
○ 미국 ASTM 1656-06에 의하면 각 조사항목(종단프로파일, 횡단프로파일)에 대해 성능별 4~5개의 등급(Class)를 설정하여 장비의 성능을 코드화 하여 표시하고 있음

| 항목 | 등급 | 내용 |
|---|---|---|
| 측정 정밀도 | 1<br>2<br>3<br>4 | 0.1mm 이하<br>0.1~0.2mm<br>0.2~0.5mm<br>0.5mm 초과 |
| 종방향 측정 간격 | 1<br>2<br>3<br>4 | 300mm 이하 간격<br>300mm~3m 간격<br>3m~30mm 간격<br>30m 초과 |
| 횡방향 측정 간격 | 1<br>2<br>3<br>4<br>5 | 25mm 이하<br>25~100mm<br>100~300mm<br>300~600mm<br>600mm초과 |
| 측정 영역 | 1<br>2<br>3<br>4 | 3.7m 초과<br>2.7~3.7m<br>1.8~2.7m<br>1.8m미만 |




<그림 3-2-35> 미국 ASTM 1656-06 횡단프로파일 측정모듈 등급 분류 예

| 항목 | 등급 (class) | 내용 |
|---|---|---|
| 측정 정밀도 | 1<br>2<br>3<br>4 | 0.1mm 이하<br>0.1~0.2mm<br>0.2~0.5mm<br>0.5mm 초과 |
| 측정 간격 | 1<br>2<br>3<br>4 | 25mm 이하 간격<br>25~150mm 간격<br>150~300mm 간격<br>300mm 초과 |
| 측정 지점수 | 1<br>2<br>3 | 3개 지점 이상<br>2개 지점<br>1개 지점 |




<그림 3-2-36> 미국 ASTM 1656-06 종단프로파일 측정모듈 등급 분류 예

(2) 본 연구의 개발 모듈 실내 테스트 결과

○ 해외 국가에서는 도로조사장비에 대해 기준 및 등급(Class)을 설정하여 조사장비에 의해 취득되는 자료에 대해 신뢰성을 갖도록 규정하고 있음

○ 국내의 경우 이러한 기준이 현재까지 제정되지 않고 있으므로 향후 조사자료의 활용성 및 신뢰성을 높이기 위해 제정되어야 할 것으로 판단되며, 본 연구에서 개발된 모듈에 대해 미국 ASTM 1656-06을 기준으로 분류함

○ 측정 장비의 정밀도의 경우 실내에서 정지된 상태에서 센서의 변위를 측정하였으며, 실내에서의 캘리브레이션 값을 가지고 실외에서 장비의 반복성과 신뢰도 값을 증명함

<표 3-2-9> 조사모듈 성능등급 (ASTM 1656-06기준)

| 횡단프로파일 | |
|---|---|
| 수직변위 측정 정밀도 | Class 4<br>(±1mm) |
| 종단 샘플링 간격 | Class 2<br>(50cm 간격 조사) |
| 횡단 샘플링 간격 | Class 1<br>(2mm) |
| 측정폭 | Class 1<br>(3.7m 초과) |

<표 3-2-10> 조사모듈 성능등급 (ASTM 1656-06기준)

| 종단프로파일 | |
|---|---|
| 수직변위 측정 정밀도 | Class 3<br>(±0.1mm) |
| 종단 샘플링 간격 | Class 1<br>(1mm 간격 조사) |
| 프로파일 샘플링 개수 | Class 3<br>(1 profile) |

○ 현재 개발된 조사 및 분석 프로그램은 기하구조 조건을 반영(종단구배, 편경사)하여 실제 도로의 구배에 따른 물고임 양(면적, 부피)을 고려한 노면 물고임 알고리즘 및 S/W를 개발함

○ 노면 거칠기 장비의 경우 노면의 종, 횡방향의 MPD값과 도로의 승차감을

평가할 수 있는 종단평탄성(IRI)를 산출할 수 있는 S/W를 개발함

(3) 현장 테스트 결과

① 물고임 측정장비

○ 물고임이 발생하는 구간을 선정하여 현장 테스트를 실시함

○ 시속 60km/h에서 1m마다 횡단변위를 측정함(8회 조사)

○ 현장 반복성 $R^2$=0.98 이상의 결과를 얻어 신뢰성을 확보함

② 텍스쳐레이저 장비

○ 160m 직선구간 3회 조사후 프로파일 교차상관성 및 종단평탄성(IRI) 비교

○ 프로파일 교차상관성 94% 이상

○ 종단평탄성 반복성 96%이상




<그림 3-2-38> 텍스쳐레이저 현장 테스트




<그림 3-2-37> 물고임 구간 현장 테스트

<표 3-2-11> 종단평탄성(IRI) 반복성

| 구분 | IRI(m/km) |
|---|---|
| 테스트1 | 2.03 |
| 테스트2 | 1.97 |
| 테스트3 | 1.96 |

<표 3-2-12> 종단프로파일 교차상관성

| 구분 | 교차상관성(%) |
|---|---|
| 테스트1 - 테스트2 | 95.7 |
| 태스트1 - 테스트3 | 94.8 |
| 테스트2 - 테스트3 | 97.6 |

③ 가평 현리 테스트

○ 국도37호선(가평-현리) 7.0km구간 현장조사 실시미국 ASTM 1656-06 횡단 프로파일 측정모듈 등급 분류 예

○ 국도367호선(파주-법원리) 5.1km구간 현장조사 실시

○ 물고임 면적, 부피, 소성변형, 종·횡단MPD, 종단평탄성 각 3회 조사




<그림 3-2-39> 현장 조사

<표 3-2-13> 국도37호선(가평-현리) 결과값

| 면적 (㎡) | 부피 ($m^3$) | 소성변형 (㎜) | 종단 MPD (mm) | 횡단 MPD (mm) | IRI (m/km) |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.370547 | 0.000182 | 3.36 | 0.99 | 1.55 | 1.73 |
| 0.381010 | 0.000183 | 3.41 | 0.97 | 1.55 | 1.73 |
| 0.363521 | 0.000168 | 3.35 | 0.98 | 1.55 | 1.74 |

<표 3-2-14> 국도367호선(파주-법원리) 결과 값

| 면적 (㎡) | 부피 ($m^3$) | 소성변형 (㎜) | 종단 MPD (mm) | 횡단 MPD (mm) | IRI (m/km) |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.411645 | 0.000205 | 3.50 | 0.99 | 1.64 | 1.64 |
| 0.423552 | 0.000207 | 3.60 | 0.99 | 1.64 | 1.64 |
| 0.392162 | 0.000178 | 3.50 | 0.99 | 1.64 | 1.65 |

## 2. 분석 프로그램 결과(예)

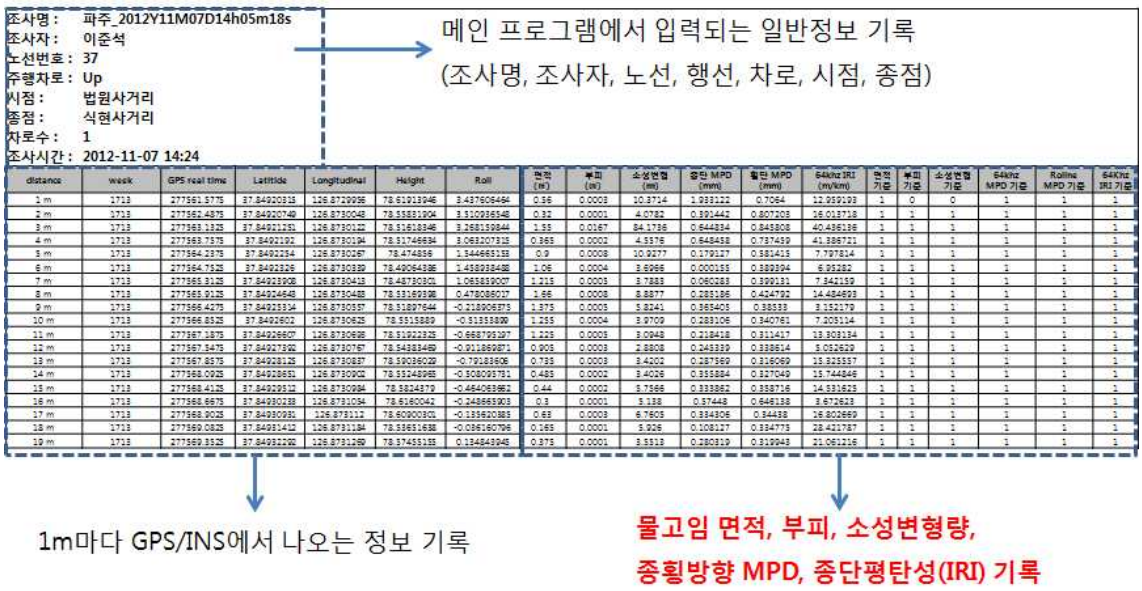
○ 물고임 예상 구간에 대한 물고임 면적, 부피를 계산

○ 고속도로, 국도에서 사용하고 있는 소성변형 값 산출

○ GPS 데이터와 동기화하여 지도상에 위험구간 표출

○ 종방향 MPD, 횡방향 MPD 산출

○ 종단평탄성(IRI) 산출



# 제3-1절 도로교통 안전점검 기반정보 수집 장비개발

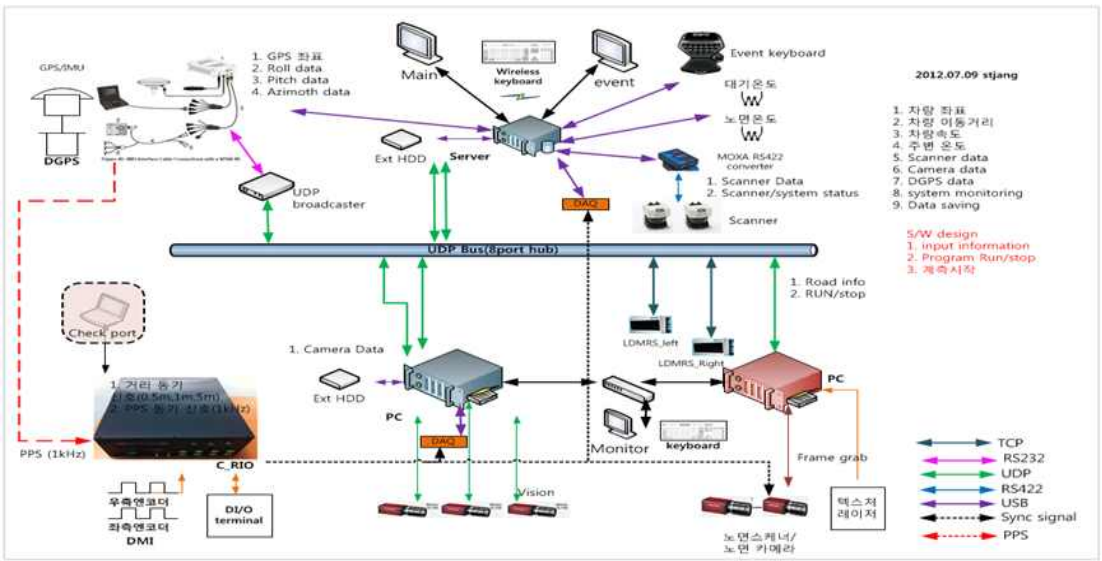
## 1. 기하구조 수집 장비 설계서 및 시제품

### 가. 목적

(1) 본 장비는 도로교통위험 사항을 계측 및 DB화를 목적으로 제작된 장비로써 도로의 현재 상태에 대한 데이터를 통합하여 확인할 수 있는 데이터 계측 장비 개발을 목적으로 함

### 나. 장비 구성

○ 본 장비는 데이터 서버와 동기화 장치, 비전 시스템,INS 시스템 등으로 구성되어 있으며 장비에 대한 구성도를 제시함




<그림 3-3-1> 장비 구성도

<표 3-3-1> 장비 리스트

| 모듈 이름 | 세부항목 | 사용 제품명 | 수량 |
|---|---|---|---|
| 데이터서버 | 데이터서버 | 사양 참조 | 1 식 |
| 비전 센서 | Camera | Manta G-125 | 3 EA |
| | Vision PC | Adlink Eos-1200 | 1 식 |
| DGPS | DGPS | Novatel SPANSE | 1 식 |
| | IMU | Novatel IMU-FSAS | |
| | GPS broadcaster | UMS-broadcaster | |
| 도로 폭 측정 센서 | Leaser scanner | LMS291 | 2 EA |
| | 레이저스캐너 동기화장치 | MOXA Uport 1250 | 1 EA |
| 동기화 장치 | 리얼타임 모듈 | NI cRio-9014 | 1 식 |
| | 확장모듈 덱 | NI cRio-9103 | |
| | 외부 추가 입출력장치 | NI USB-6501 | |
| | DMI 센서 | UMS-DMI | |
| 표지판 인식센서 | 4 layer 스캐너 | LD-MRS 400001 | 2 EA |
| 노면온도/대기온도센서 | 노면과 대기온도 측정용 | Surface Patrol Model 999J | 1 식 |

(1) 데이터 서버 모듈

○ 본 장비는 차량의 실제 두뇌 역할을 하는 모듈임

○ 대부분 데이터가 하나로 모이는 데이터 서버로서 레이저 스캐너와 DGPS 모듈의 신호를 직접 계측/제어 할 수 있음

○ 또한, 각각의 센서에서 수집한 데이터를 모아 엑셀파일로 저장하는 기능을 가지고 있음

(가) H/W 사양

<표 3-3-2> 데이터 서버 사양

| 항목 | 세부 사양 |
|---|---|
| CPU | 쿼드코어 i7-2600K (3.40GHz/32nm/8MB)LGA1155 |
| 메인보드 | 아수스 MAXIMUS 4 EXTREME(B3) (인텔 P67/ATX) |
| 메모리 | DDR3 8G PC3-17000 CL9 RIPJAWS XLD (4Gx2) |
| HDD/SSD/FDD | 바라쿠다 7200.12 『ST31000524AS』 1TB (3.5HDD/SATA3/7200rpm/32M) |
| 그래픽카드 | FireGL V5600 D4 512MB PCI-E 블루존 |
| 운영체제 | Windows 7 Professional K |
| 외장하드저장장치 | 웨스턴디지탈 My Passport Essential 1TB 실버 |

(나) 장비 설치

○ 데이터 서버의 위치는 차량 후면 랙의 가장 아랫부분에 설치됨



<그림 3-2-2> 데이터 서버

(다) S/W

○ 서버 PC에는 전체시스템을 모니터링 하고 제어하는 프로그램으로 구성되어 있으며, 상세 기능을 제시함

- 동기화 장치에서 발생되는 거리기준의 트리거신호에 의하여 실시간으로 데이터를 저장하는 기능-동기화장치의 설정에 따라 저장 속도가 조절이 가능함

- 실시간 DGPS 좌표 및 IMU data 저장기능

- 실시간 도로 폭 저장 및 분석기능

- 실시간 차로폭 저장 기능



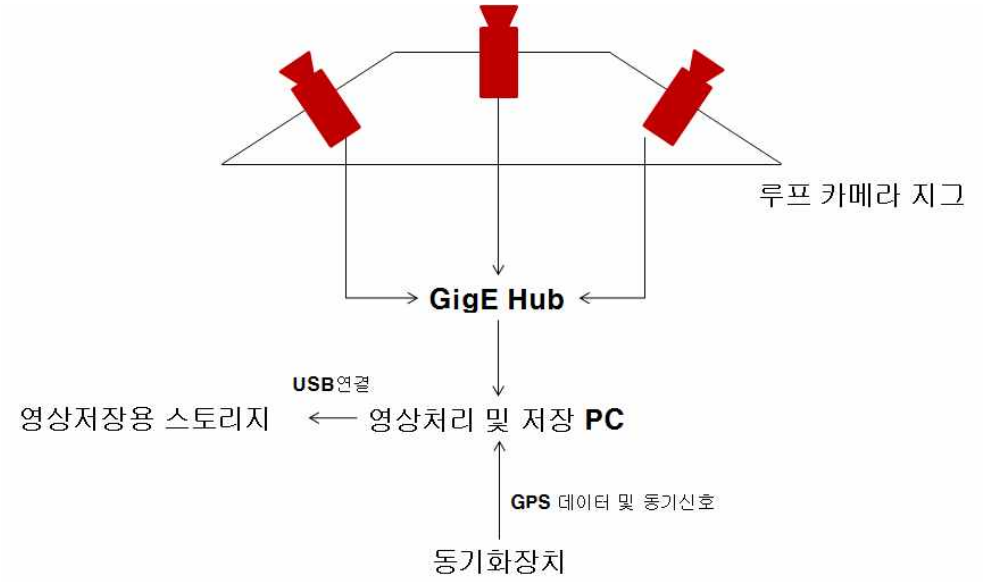

<그림 3-3-3> 통합모니터링 프로그램

(2) 비전 시스템

(가) 목적

○ 본 장비는 차로 폭 인식, 도로 안전표지판 인식을 목적으로 설치되었으며, 2M Pixel급 카메라 3대의 카메라가 차량의 전방상부에 설치한 시스템임

○ 본 장비의 후처리 및 데이터 처리를 위한 Vision PC는 데이터 서버 위에 DGPS와 옆에 존재 하며 데이터 실시간 처리 및 후처리를 맡고 있음




<그림 3-3-4> 비전 시스템 설치 개념도

(나) 카메라




<그림 3-3-5> Manta G-125 (http://www.alliedVisiontec.com/)

① H/W 사양

<표 3-3-3> 카메라 사양

| Manta G-125 | |
|---|---|
| 인터페이스 | 1000BaseT |
| 해상도 | 1292X964 |
| CCD 센서 | Sony ICX445 |
| Sensor Size | Type 1/3 |
| Cell Size | 3.75um |
| 렌즈 마운트 | C/CS 타입 |
| 최대 프레임 전송률 | 30fps |
| A/D 컨버터 | 14비트 |
| FIFO 사이즈 | 32MB |




<그림 3-3-6> 비전 카메라 설치 위치

② 설치

- 차량의 앞 부분 정면에 세 대를 화각 240°가 되도록 설치
- 태양의 위치 등의 빛 강도를 조절하기 위해 정면에서 22.5°를 굽혀서 설치
- 진동 등의 영향을 줄이기 위해 마운트를 이용하여 설치

(다) Vision PC



<그림 3-3-7> Vision PC
(http://www.adlinktech.com/)

① H/W 사양

<표 3-3-4> 비전 PC 사양

| ADLINK EOS-1000 | |
|---|---|
| CPU | Intel® CoreTM2 Duo P8400, 2.26 GHz |
| Memory | DDR3 4GB |
| VGA | Analog CRT support up to 1600 x 1200 |
| USB | Four USB ports, USB 2.0 compliant |
| Interface Port | Digital I/O 16-CH isolated |
| 전원 | DC: 10 to 30 VDC, AT mode |
| 사용 온도 | 0°C to 55°C |
| 습도 | 0% to 90% |
| 사이즈 | 200 (W) x 165 (D) x 85 (H) mm (7.9" x 6.5" x 3.3") |
| 소모전력 | 50W |

② 장비설치

- 차량 후면부의 데이터 서버 상단 칸에 설치



<그림 3-3-8> Vision PC 설치 위치

(라) 작동원리

○ 본 장비는 크게 카메라와 Vision PC로 나누어져 있어 카메라 3대에서 계측한 영상을 Vision PC에서 하나로 통합하고 영상처리를 하는 과정으로 이루어짐

○ 장비에 설치된 3대의 카메라를 이용하여 그림 비전시스템 설치 개념도와 같이 구성하고 중앙 카메라로는 도로의 차선폭 측정에 이용하고, 좌우 카메라는 도로 안전표지 인식에 사용됨

(마). S/W

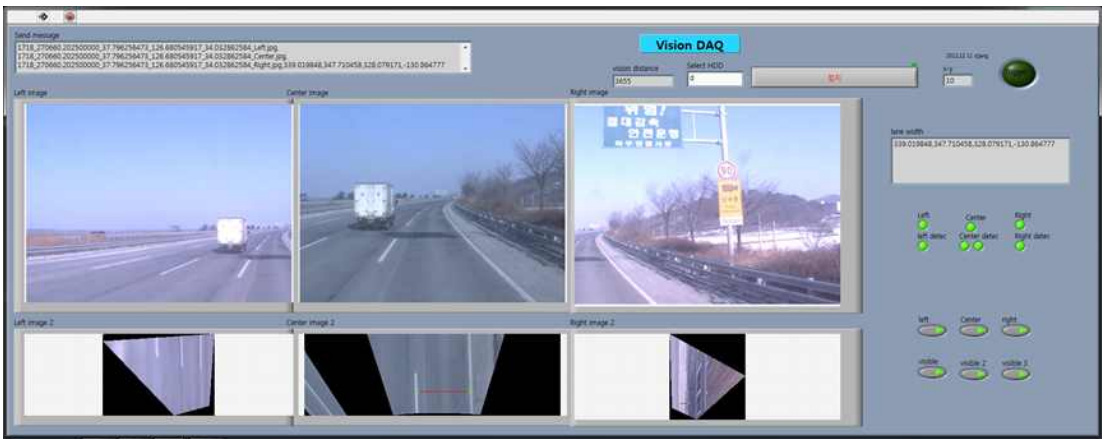
○ Vision PC에는 Vision 카메라로 취득한 영상을 표시하고, 외부 트리거 신호에 의하여 저장하도록 개발하였으며, 상세한 기능을 제시함

- 동기화 장치에서 발생되는 거리기준의 트리거신호에 의하여 실시간으로

데이터를 저장-동기화장치의 설정에 따라 저장 속도의 조절이 가능함

- 저장된 파일정보를 서버 PC로 전송

- 실시간 차로폭 분석 및 저장




<그림 3-3-9> 영상획득 프로그램

(3) INS 모듈

(가) 목적

○ INS 시스템은 DGPS와 IMU가 포함된 관성항법장치를 지칭하는 말로써 각종 위치 데이터를 저장 및 데이터화 할 수 있도록 제작되어 있음

○ DGPS에서는 정확한 위치정보를 이용하여 차량의 위치를 1M 간격으로 표시하는 역할과 함께 DGPS에서 생성되는 PPS 신호는 전체 시스템의 타이밍을 동기화 시키는 기능을 함께 수행함

○ IMU에서는 Pitch, Roll, Yaw 값을 계측함

(나) DGPS & IMU



<그림 3-3-10> INS 시스템
(http://www.novatel.com/assets/Documents/Manuals/om-20000124.pdf)

○ Novatel 사의 SPAN-SE 기종으로 여러 가지 기능의 인터페이스를 사용할 수 있도록 하였으나 그중 USB를 이용한 통신방법을 사용함

○ Novatel 자체의 CDU 프로그램을 이용하면 출력되는 데이터의 종류와 값을 확인할 수 있어 데이터 분석이 용이함

○ 위성항법 보정시스템은 GPS의 오차를 줄이기 위한 항법시스템으로 이미 알고 있는 기준점과 비교를 하여 오차 값을 보정한 후, 그 보정 값을 무선 통신망 및 인터넷을 이용하여 이용자에게 1m이내의 위치정보를 제공하는 시스템임

① H/W 사양

<표 3-3-5> GPS 사양

| 항 목 | 세부 사양 |
|---|---|
| GPS 계측 | 최대 50Hz |
| GPS 위치 | 최대 20Hz |
| IMU 계측 | 최대 200Hz |
| 시간 정확도 | 최대 50ns(RMS) |
| 관성항법장치 | 최대 200Hz |
| 운용온도 | -40°~65°C |
| 사용 전력 | 10W(DC 9V~28V) |

② 장비설치

○ DGPS의 안테나는 천장에 위치하고 있으며, IMU의 위치는 차량 운전자석과 보조자석의 사이의 위치임



<그림 3-3-11> DGPS 및 IMU 시스템 설치 모습

○ DGPS 본체를 데이터 서버와 동기화 장치가 있는 차량 내부의 서버 랙에 설치함

(4) 도로 폭 측정센서 모듈

(가) 목적

○ 레이저 스캐너는 차로 폭 측정의 용도로 사용되는 장비로써 차량의 후면에 설치되어 좌/우측 측면을 스캔하여 도로의 폭을 측정함

(나) LMS291




<그림 3-3-12> 레이저 스캐너
(http://www.sick-automation.ru/images/File/pdf/LMS%20Technical%20Description.pdf)

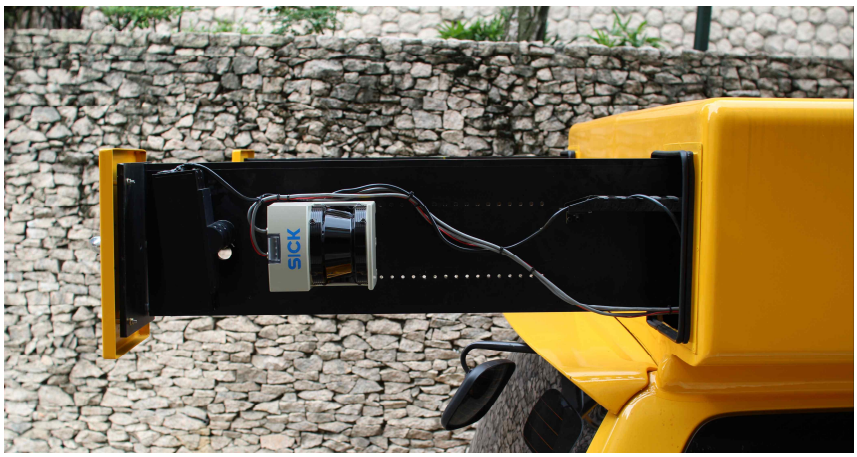
- SICK사의 LMS291 레이저 센서는 도로 폭 측정용 레이저 센서로 거리측정에 용이하며 측정단위가 mm 단위로 매우 정밀함
- 타 장비해 비해 스캐닝 각도가 180°이상 넓고 계측 가능 거리 또한, 30M로 도로 폭을 측정하는데 필요한 조건을 모두 갖춤

① H/W 사양

<표 3-3-6> 레이저 스캐너 사양

| 항 목 | 세부사양 |
|---|---|
| 스캐닝 각도 | 180° |
| 스캔 거리 | 30M |
| 분해능/계측정확도 | 10 mm / ±35mm |
| 운용온도 | 0°~50°C |
| 통신 방식 | RS232/RS422 |

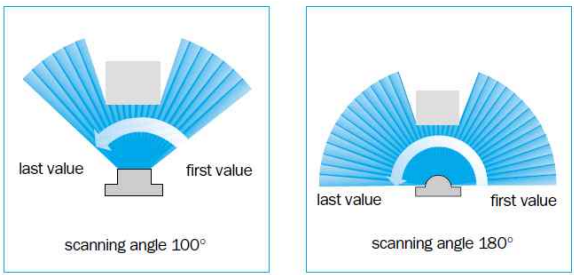
② 장비설치




<그림 3-3-13> 레이저 스캐너 설치 위치

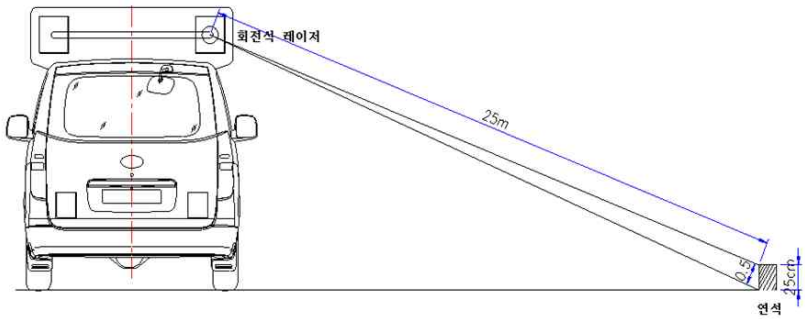
- 레이저 스캐너의 위치는 차량 안의 슬라이드 속에 장착되어 있으며 조사 시 슬라이드를 열어 조사할 수 있음

(다) 작동원리




<그림 3-3-14> 레이저 스캐너 작동 범위

(http://www.sick-automation.ru/images/File/pdf/LMS%20Technical%20Description.pdf)




<그림 3-3-15> 레이저 스캐너 작동 원리

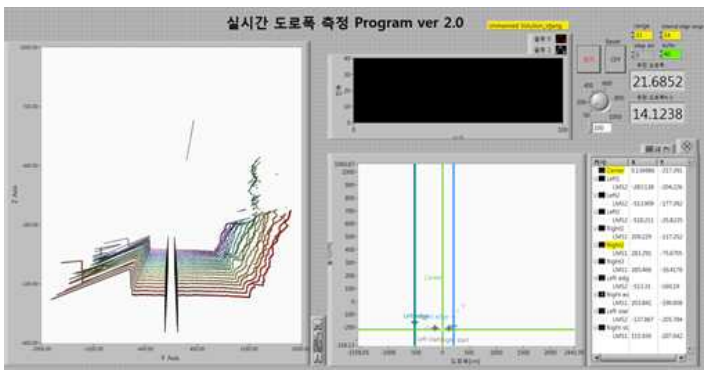
○ 양 측면에 설치되어 있는 스캐너는 전방위 180도의 스캔 영역을 가지고 있으며 별도의 신호처리 모듈을 이용하여 2개의 스캐너가 동시에 동기 되어 도로 폭 측정을 위한 양 측면의 스캔 자료를 수집하며, 수집된 데이터는 422 변환기를 통하여 PC로 입력됨

(라) S/W

○ 양 측면에 설치되어 있는 스캐너를 통하여 수집된 데이터는 서버 PC에 설치되어 있는 통합 프로그램에 의하여 자료를 저장하고 분석하게 되며, 이는 외부 트리거 신호에 의하여 저장하도록 개발함

- 외부트리거 신호에 의하여 실시간 데이터 저장 및 분석 기능

- 분석결과를 서버 PC로 실시간 전달




<그림 3-3-16> 도로 폭 측정 프로그램

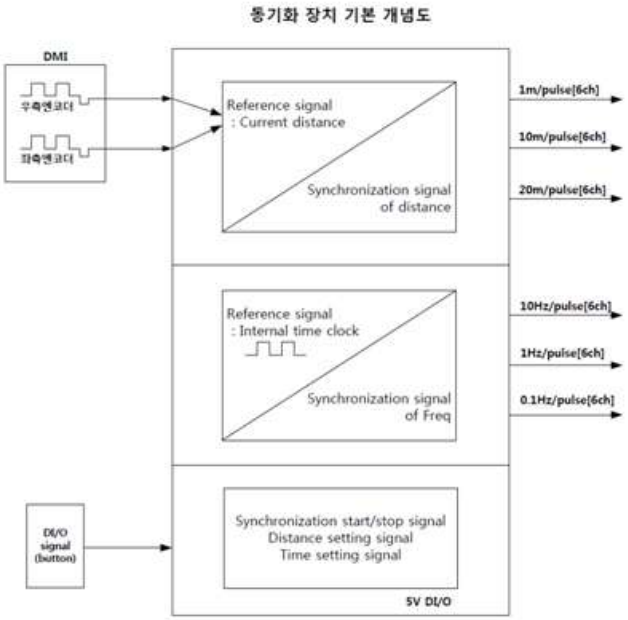
(5) 동기화 모듈

(가) 목적

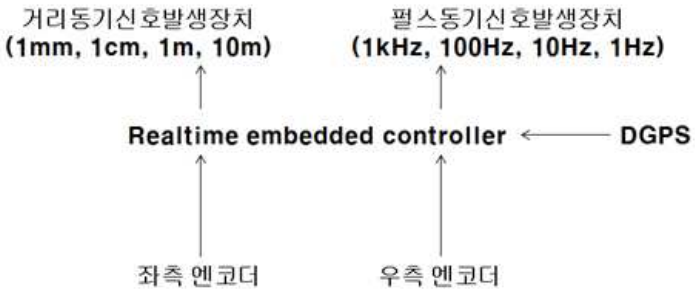
○ 차량에 들어가는 센서와 PC 가 많아 각각의 데이터를 같은 시간에 같은 위치를 동시에 저장할 수 있는 동기화 장치가 필요함

○ 동기화 장치의 역할은 위의  동기화 된 신호를 각 장비에서 수집 및 동기화에 목적을 두고 있으며, 이에 대한 신호는 DGPS의 PPS신호를 베이스로 하여 신호와 DMI모듈의 거리 정보를 베이스로 위치를 계산 하여 거리 및 시간을 바탕으로 일정한 신호를 각 장비로 전송하는 역할을 함

○ 동기화 모듈은 DMI모듈과 NI USB-6501 그리고 NI 9014로 제작된 동기화 장치로 구성 되어 있으며, 동기화 장치의 역할은 DGPS의 PPS신호를 수신하고 DMI 모듈의 거리 정보를 베이스로 위치를 계산 하여 거리 및 시간을 바탕으로 일정한 신호를 각 장비로 전송하는 역할을 함




<그림 3-3-17> 동기화 장치 개념도 1




<그림 3-3-18> 동기화 장치 개념도 2

(나) DMI 모듈

- DMI 모듈은 (주)언맨드솔루션 자체 개발품으로 인 휠 타입의 DMI 모듈이다. 외부에 설치하는 타 장비와 달리 내부 설치로 조향각등에 영향을 받지 않아 전륜, 2륜구동 차량에도 설치 및 사용이 가능함

- DMI 모듈은 차량의 이동 거리를 계산 하는데 사용이 되며 전방에 위치해 있기 때문에 좌우 회전 시 거리가 변할 수 있어 좌우 엔코더 두 개를 이용하여 좌우 거리를 계산하도록 설정됨

① H/W 사양

<표 3-3-7> DMI 모듈

| 항 목 | 세부사양 |
|---|---|
| 샤프트 구경 | 12mm |
| 전자 인터페이스 | 4.5v ~ 5.5v TTL/RS-422 |
| 분해능 | 2400(차량에 따라 다름) |
| 각도 계측 | A상과 B상과의 차이 90° |
| 최대 출력 주파수 | TTL/RS-422 600Khz |
| 부하 전류 | 4.5v ~ 5.5v 30mA |
| 무부하 전류 | 4.5v ~ 5.5v 40mA |
| EMC | EN 61000-6-2 |
| Protection Class | IEC 60529 |

② 장비설치

| In-wheel type DMI (조수석 전륜) | In-wheel type DMI (운전자석 전륜) |
|---|---|
|  |  |
|  |  |

<그림 3-3-19> DMI 설치 과정

- 인 휠 타입 이므로 바퀴를 떼어 내고 바퀴 내부에 설치함
- 운전석과 조수석 바퀴에 설치되는 DMI 모양이 다르므로 주의해서 설치함

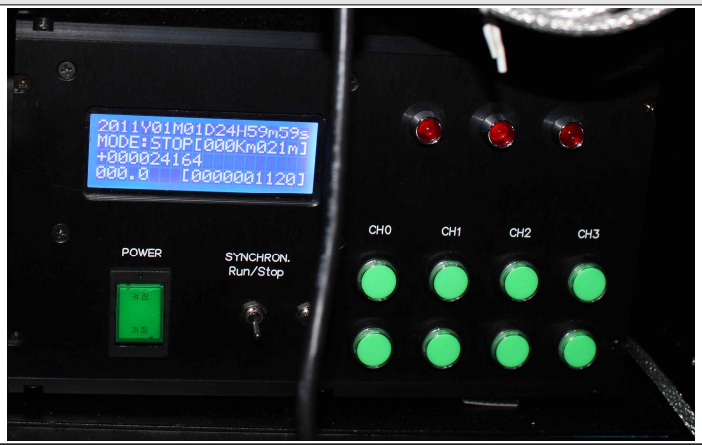
(다) NI USB-6501

- USB-6501은 동기화 된 신호를 동기화 장치가 송신했을 경우 그 신호를 각 장비에서 카운팅 하여 각 장비가 동시에 같은 신호를 주는 역할임
- USB-6501은 각 PC에 설치되어 있으며 동기화 장치의 신호를 수집하여 각 PC에 전달 및 신호 처리 역할임

(라) 동기화 장치

- 동기화 장치는 차량의 신호 동기화를 위해 NI사의 Realtime 모듈과 FPGA 칩을 사용한 신호 동기화 장치이다. PPS 신호와 DMI 신호를 수신하여 거리와 시간을 계산하고 각 장비에 맞춰 1배, 5배, 10배 등 장비에 맞는 신호를 내보낼 수 있도록 제작 하였으며 테스트를 위해 60Hz의 신호가 발생하는 테스트 포트가 추가로 존재함

- 동기화 장치의 앞면 LCD에는 차량에서 수집되는 데이터가 간략하게 표시되며 표시 되는 데이터는 날짜, 시간, 이동 거리, 동작 여부 등이 표시됨

| 전면 사진 | 후면사진 |
|---|---|
|  |  |
| 동기화 장치 설치도 | |
|  | |

<그림 3-3-20> 동기화 장치

(6) 노면온도, 대기온도 측정 모듈

(가) 목적

- 적외선 방식으로 노면온도를 측정
- 차량 밖으로 노출된 센서에 의해 대기온도를 측정
- 동기화 장치를 통하여 메인 시스템 데이터와 통합되어 측정 위치 동기화하여 실시간으로 저장됨
- 차량의 위치와 동기화되어 도로에 대한 Thermal Mapping 자료로 활용 가능함
- 노면의 온도가 떨어지는 구간을 파악하여, 겨울철 결빙 위험도로 판단 자료로 활용 가능함




<그림 3-3-21> 노면온도, 대기온도 측정 S/W

(나) Surface Patrol Model 999J

① H/W 사양

<표 3-3-8> 노면온도, 대기온도 측정 모듈 사양

| 구분 | 사양 |
|---|---|
| Accuracy | ±0.5°F(0.28°C) at 32°F(0°C) |
| Shock | 50Gs |
| Vibration | 10 Gs in any axis |
| Input Voltage | 12 or 24 VDC unregulated |
| Field 캘리브레이션 | Adjustable ±5.0°F(17.5°C) at 32°F(0°C) |
| Optics | Precision crystal (germanium lens) |
| Air Temperature Cable Length | 18 feet (5.5 meters) standards |
| Operating Air Temperature | -40°F to +160°F (-40°C to +71.1°C) |
| Dual Digital Meter | High brightness res LED, showing both air and pavement temperature |
| RF Hardened | Withstands external radio frequency effests caused by mobile radios |
| Digital Output | RS-232; ASCII output |
| Analog Output | 4 to 20 mA; 1 to 5 V |
| CE Compliant | Directive 2004/I04/EC |

② 장비사진




<그림 3-3-22> 노면온도, 대기온도 측정 모듈 정면 사진

(7) 전방 표지판 인식 모듈

(가) 목적

- 본 장비는 전방의 일정높이에 위치한 표지판의 설치 위치를 실시간으로 측정하는 모듈임

(나) 설치

- 표지판 인식용 스캐너는 차량의 전방 상부에 설치 되어 양측면의 표지판의 설치위치를 계측함



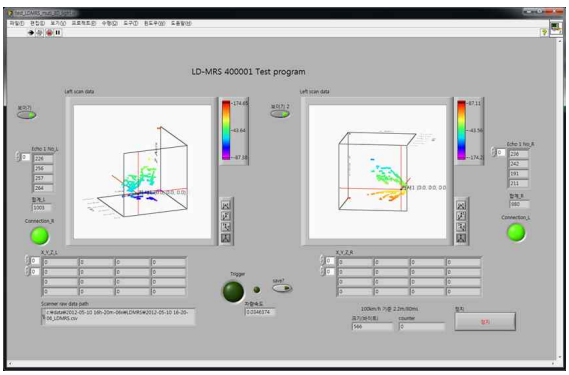
<그림 3-3-23> 표지판 인식 스캐너

(다) S/W

○ 본 프로그램은 영상측정 PC에 설치되어 있으며 전방에 표지판을 인식하여 저장하는 기능을 가지고 있음

- 별도의 동기화장치의 트리거 신호를 인식하지 않고 차량이 이동시 전방에서 설치 되어있는 표지판을 인식하여 그 상대 위치를 저장함

- 실시간 DGPS 좌표 및 IMU data를 같이 저장함으로써 설치위치를 추적함



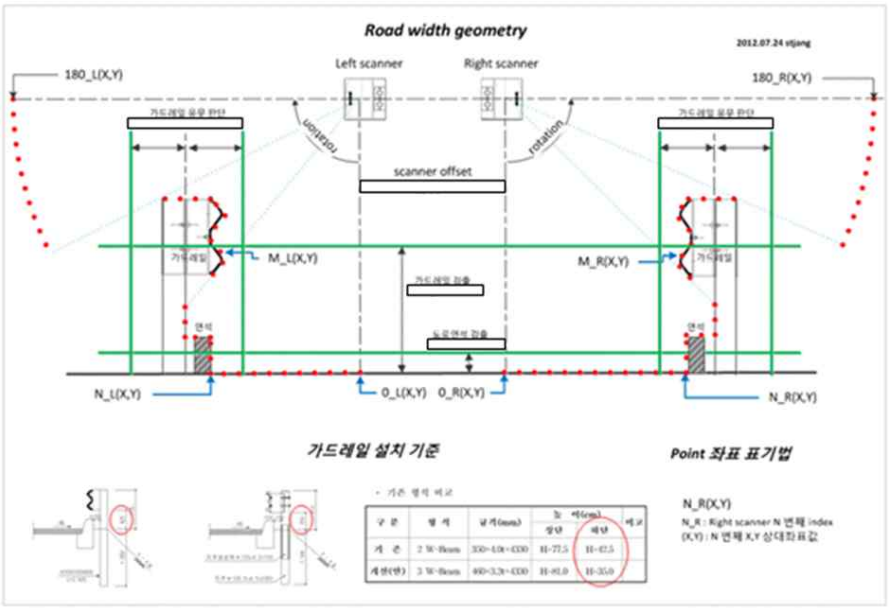

<그림 3-3-24> LD-MRS를 이용한
표지판 설치 위치 계측 프로그램

## 2. 도로 폭 인식

### 가. 목적

- 도로 폭 인식은 차선의 개수 및 가드레일 등의 위치와 차로폭 인식에서 파트에서 소개될 차선폭 등을 복합적으로 계산하여 도로의 전체적인 상태를 복합적으로 판단할 수 있는 기준을 만들어 주는 모듈임

### 나. 도로 폭 인식 과정

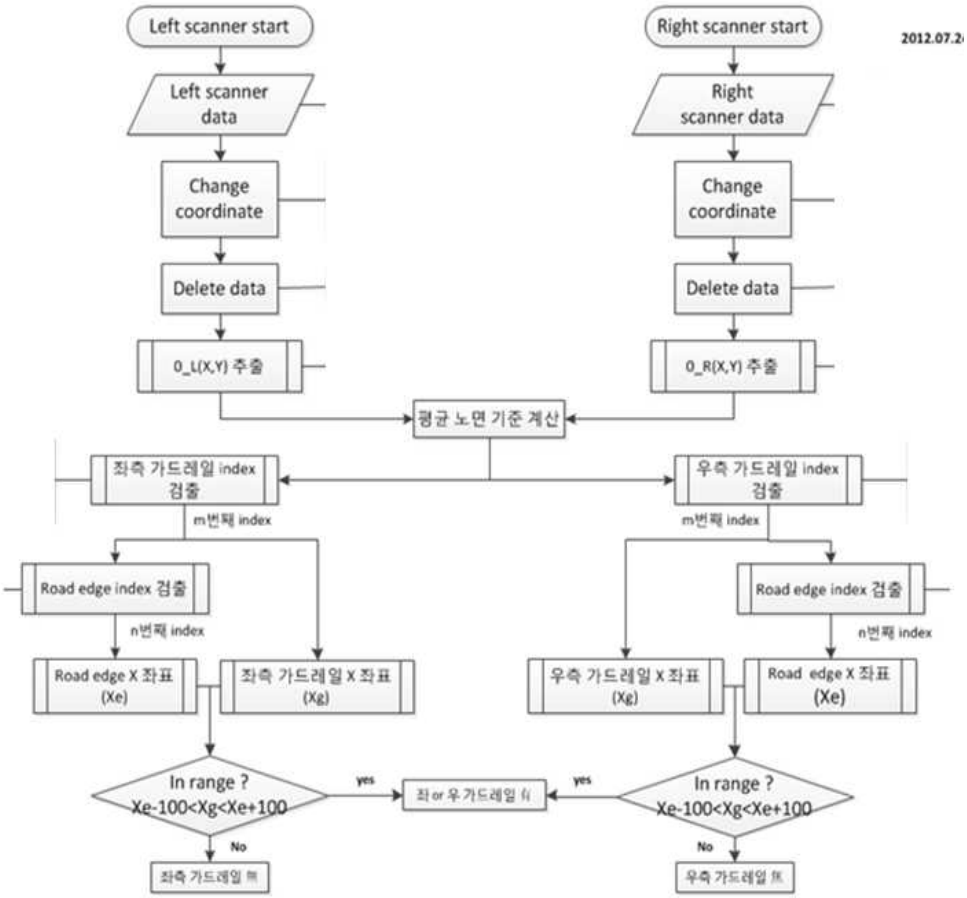



<그림 3-3-25> 도로 폭 측정

- 레이저 스캐너에서 거리를 측정하게 되는 점을 위의 그림과 같이 연결하게 되면 도로 폭 측정이 가능함

- 도로에 올라와 있는 차선, 도로 경계에 설치된 연석, 가드레일 등이 레이저 스캐너에 계측되므로 도로의 폭을 정확이 측정이 가능함

-측정을 위한 프로세서를 제시함




<그림 3-3-26> 블록 다이어그램

- 초기 통신 설정 이 정상적으로 이뤄지면 계측은 시작되며, 각 스캐너에서 얻은 데이터를 분석하여 좌/우측의 Edge point 좌표를 실시간으로 찾은 좌표와 스캐너 사이의 거리를 합산하게 되면 도로 폭이 측정됨

## 다. 실험 데이터 분석

### (1) 캘리브레이션

- 정확한 도로 폭을 측정하기 위해서는 센서 데이터와 실측값과의 정확성이 요구되며, 다음과 같은 조건으로 스캐너를 이용한 도로 폭 측정의 캘리브레이션 작업을 진행함




Case 1. 전체 도로 폭 측정




Case 2. 편도 도로 폭 측정

<그림 3-3-27> 캘리브레이션 Case 1,2

<표 3-3-9> 캘리브레이션 결과

| 측정 | 기준값 | 측정값 | 기준 | 정확도 |
|---|---|---|---|---|
| Case 1 | 20.3m | 20.4m | 97.5% 이상 | 99.28% |
| Case 2 | 9.69m | 9.7m | 97.5% 이상 | 99.71% |

- 상기 결과와 같이 스캐너를 이용한 캘리브레이션 결과는 모두 99% 이상의 정확도를 가지며 97.5% 이상의 정확도 기준을 만족함

(2) 실제 도로 폭 실측

- 실제 도로 폭은 아래와 같은 장소와 조건에서 측정됨

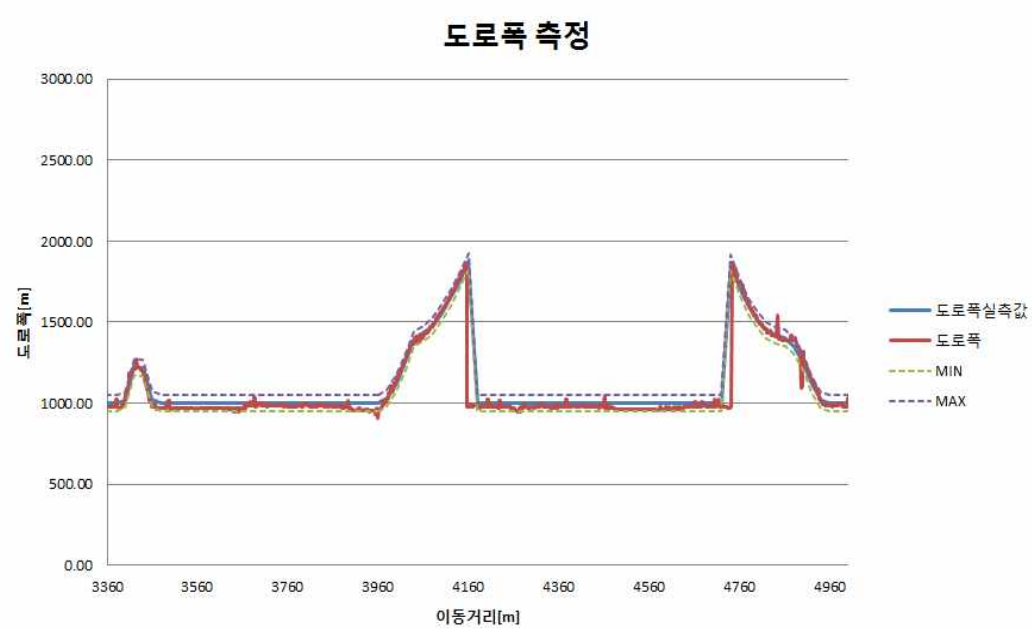



<그림 3-3-28> 도로 폭 실측 도면도

○ 측정조건

- 장소 : 경기도 가평 국도 37호선 율길초등학교 부근
- 측정거리 : 약 1.6km
- 측정조건 : 연하교차로 부근 → 율길 교차로 부근 (2차선 편도)
- 특이사항 : 20m 간격으로 측량한 실측량 CAD data를 기준으로 개발차량을 이용하여 측정한 결과값과 비교하여 결과값을 도출함

(다) 계측결과




| 측정 데이터 개수 (1m기준) | 측정기준 | 범위내 데이터 개수 | 취득율[%] |
|---|---|---|---|
| 1641 | 도로폭 실측값 ±0.5m | 1585 | 96.58% |

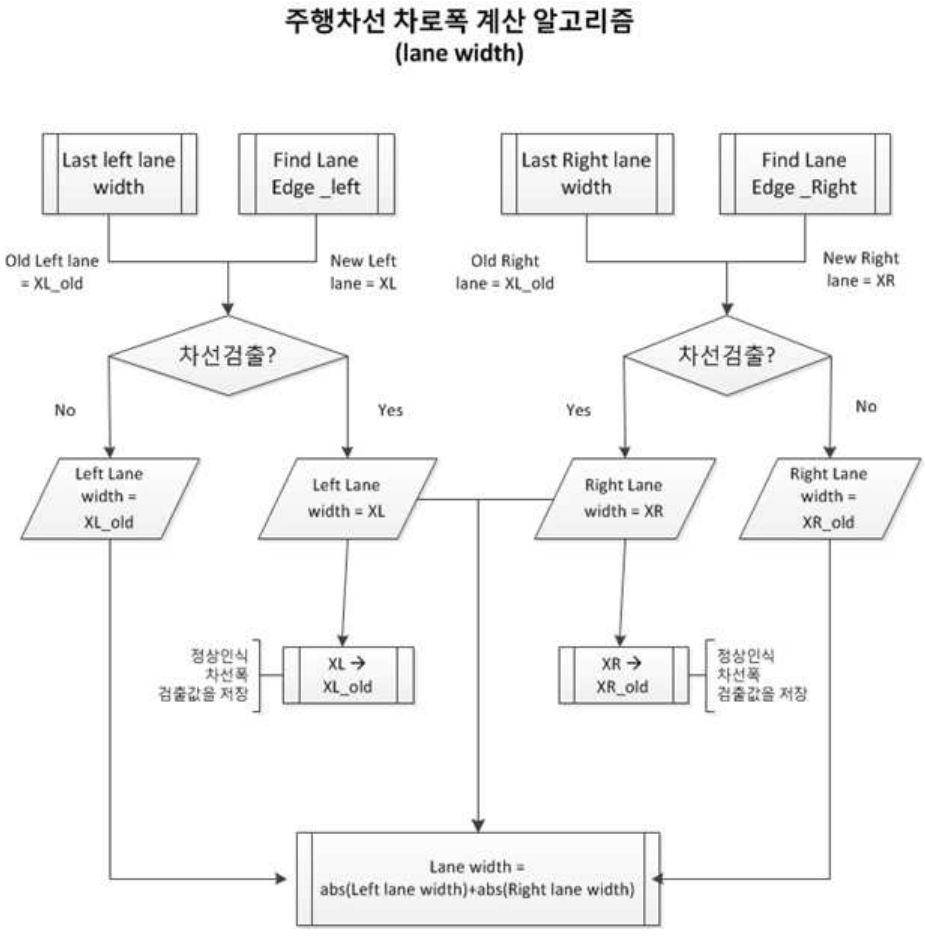
<그림 3-3-29> 도로 폭 측정

- 측정구간인 1.6km구간을 기준으로 CAD 파일을 이용하여 추출한 기준값과 측정값을 비교하면 측정정확도 오차범위 97.5%이상의 조건을 만족하는 데이터의 취득율은 약 96.58%의 결과가 나타남

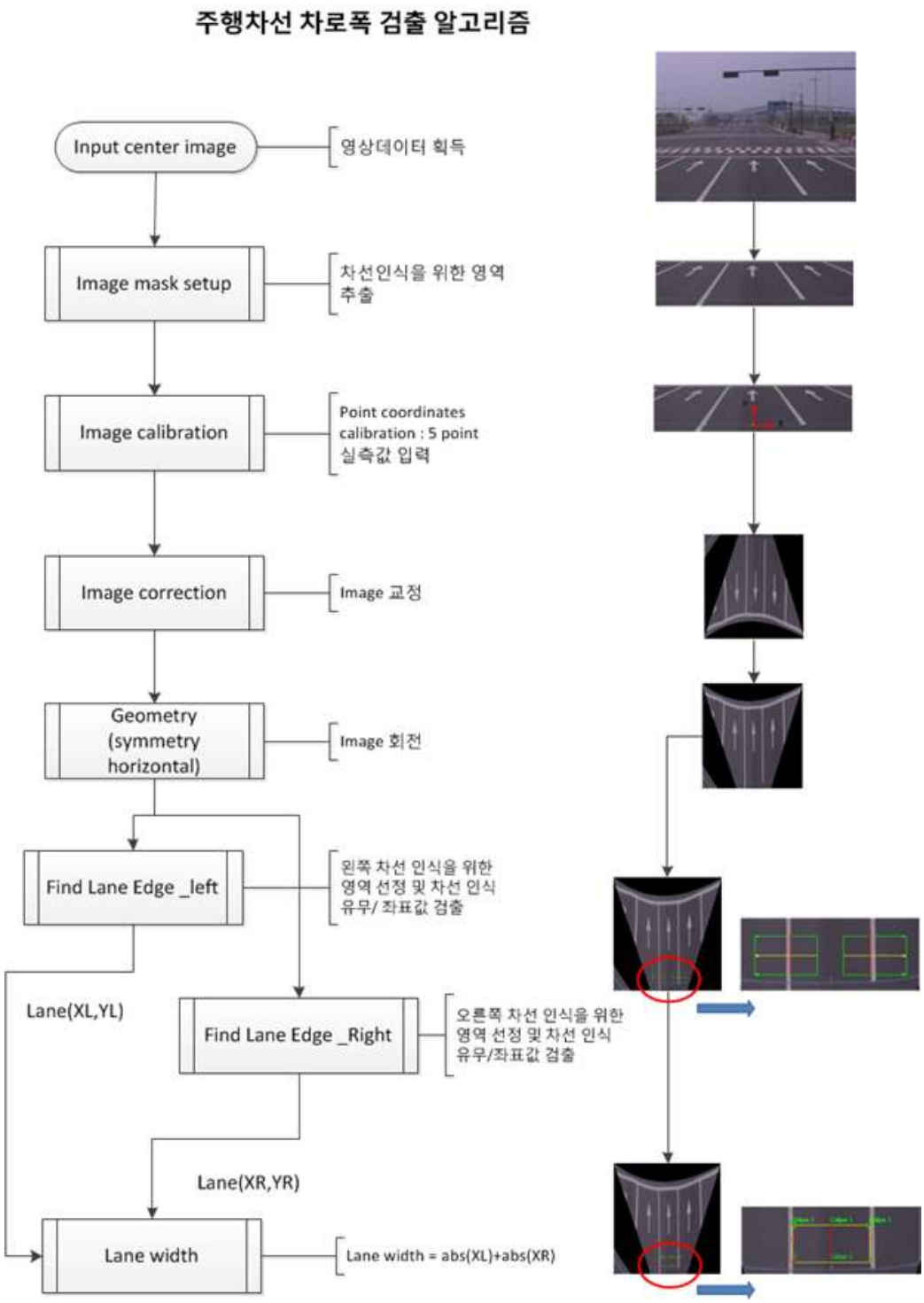
## 3. 주행차선 인식

### 가. 차로폭 측정을 위한 주행차선 인식

- 주행차선을 인식하기 위해서 정면카메라를 이용함
- 정면 카메라를 통해 차선을 보면 아래와 같이 마름모 모양으로 보이는 이것에 대한 오차 보정은 캘리브레이션 모듈을 통해 실시함
- 랩뷰에서 사용하는 캘리브레이션 방식은 세 가지가 있는데 우리는 실측한 데이터를 바탕으로 오차값을 보정하는 User point 캘리브레이션 방식을 사용함




<그림 3-3-30> 차로폭 계산 알고리즘




<그림 3-3-31> 차로폭 인식 개념도

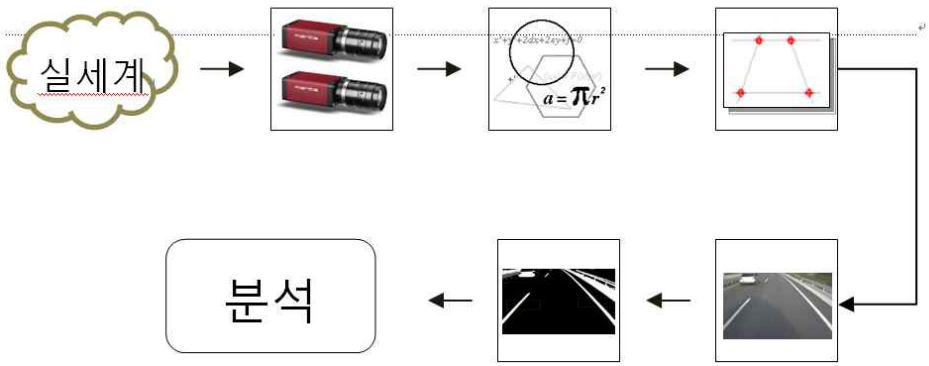
나. 데이터 분석

(1) 차선 인식 정의

- 차선 인식은 도로 주행시 흰색, 황색 차선을 인식하는 것이다. 카메라는 사람 눈과 달리 영상을 보이는 모습만 정확히 표현하므로 거리에 대한 정보 등을 따로 표시하지 않으며, 초반에 카메라의 영상과 거리 기준을 맞추어 주는 작업이 필요한데 이것을 캘리브레이션이라고 함

- 카메라 영상의 원근 효과를 제거 하여 영상 평면의 위치 정보를 3차원 글로벌 좌표계의 위치 정보로 변환하는 작업을 수행해야 하며, IPM(Inverse Perspective Mapping)이라고 함

(2) 캘리브레이션 및 Inverse Perspective Mapping(IPM)




<그림 3-3-32> 차로폭 측정 개념도

(가) Field of View(FOV)

- 비전 시스템의 FOV는 카메라를 통해 보여 지는 영역의 크기임

- 전체 영상의 픽셀 개수와 카메라에서 보이는 거리를 계산하여, 실제 영상의 거리와 매칭 시키면 캘리브레이션이 가능함

- 해당 FOV를 구하는 공식은 다음과 같음

$$d_v(k) = h_e \times \tan[(\frac{\pi}{2} - \overline{\theta}) - (\frac{a_v}{2} - k \times \frac{a_v}{n_v})] \quad \text{.....(3-3-1)}$$

$$w_v(k) = 2\sqrt{d^2(k) + h_c^2 \times \tan(\frac{a_h}{2})} \quad \text{where k = 1~}n_v$$

$$=> \begin{cases} d_v(k) = d_1, w_v(k) = w_1, when\ k = 0 \\ d_v(k) = d_2, w_v(k) = w_2, when\ k = 0 \end{cases}$$

$$a_h = 2\tan^{-1}(\frac{hCMOS \times n_h}{2} \times \frac{1}{f})$$

$$a_v = 2\tan^{-1}(\frac{vCMOS \times n_v}{2} \times \frac{1}{f})$$

- 해당 수식을 통하여 FOV값을 산출하기 위해서는 여러 가지 변수가 필요한데 해당 변수는 다음 표와 같이 첨부함

<표 3-3-10> FOV 변수

| 측정 | 기준값 |
|---|---|
| 변수 명 | h |
| 변수 뜻 | 카메라의 높이 |
| $\overline{\theta}$ | 지면과의 각도 |
| $n_h$ | 수평 픽셀 개수 |
| $n_v$ | 수직 픽셀 개수 |
| hCMOS | 카메라 수평픽셀크기 |
| vCMOS | 카메라 수직 픽셀크기 |
| f | focal length |

(나) IPM

- IPM은 해당 위치의 거리를 정확히 측정하기 위해 이미지의 원근 효과를 제거하는 방법으로 사용됨

- 해당 수식은 다음과 같음

$$x(u,v) = h \times \frac{1}{\tan[(\bar{\theta} - \alpha) + u\frac{2a}{n-1}]} \times \cos[(-\bar{r} - \alpha) + v\frac{2\alpha}{n-1}] + l \quad \text{.....(3-3-2)}$$

$$y(u,v) = h \times \frac{1}{\tan[(\bar{\theta} - \alpha) + u\frac{2a}{n-1}]} \times \sin[(-\bar{r} - \alpha) + v\frac{2\alpha}{n-1}] - d$$

z=0

- 위 수식의 변수는 아래 표 와 같음

<표 3-3-11> IPM 변수

| 변수 | 변수의 뜻 |
|---|---|
| u | 왼쪽 상단에서 수직 아래 방향 좌표 |
| v | 왼쪽 상단에서 수평 오른쪽 방향 좌표 |
| h | 카메라의 높이 |
| $\bar{\theta}$ | 카메라와지면과의 각도 |
| $\alpha$ | 화각의 절반 |
| $\bar{r}$ | x축 에서는 헤딩각 |
| l | c.g와 비전센서 간의 x축 거리 |
| d | 차선 중심에서부터 차량의 거리 |

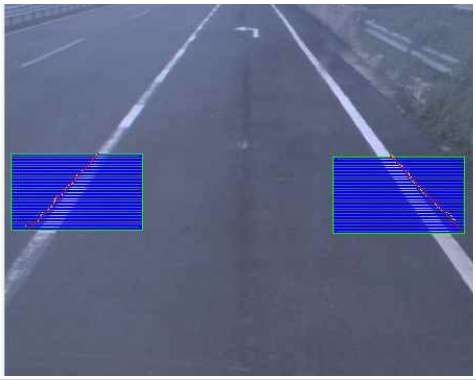
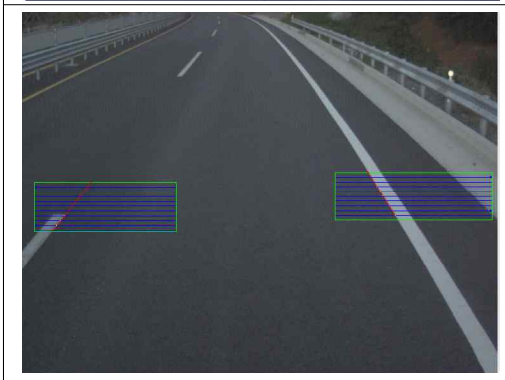
- 위와 같은 정보를 이용 하여 현재 장비의 데이터를 바탕으로 계산하면 카메라의 FOV 및 캘리브레이션의 값을 구할 수 있음

<표 3-3-12> 차량 실측 거리

| 차량 정보 항목 | 값 |
|---|---|
| Total Number of pixels | 692(H)X504(V) |
| 카메라 해상도 | 1292x694 |
| F | 6mm |
| 화각 | 120° |
| 비전 카메라 높이 | 216cm |
| 지상과의 경사 | 7° |
| 목표물까지의 거리 | 445cm |
| *cg설정 위치: 스타렉스 운전자석과 보조좌석 사이 후방 1m | |

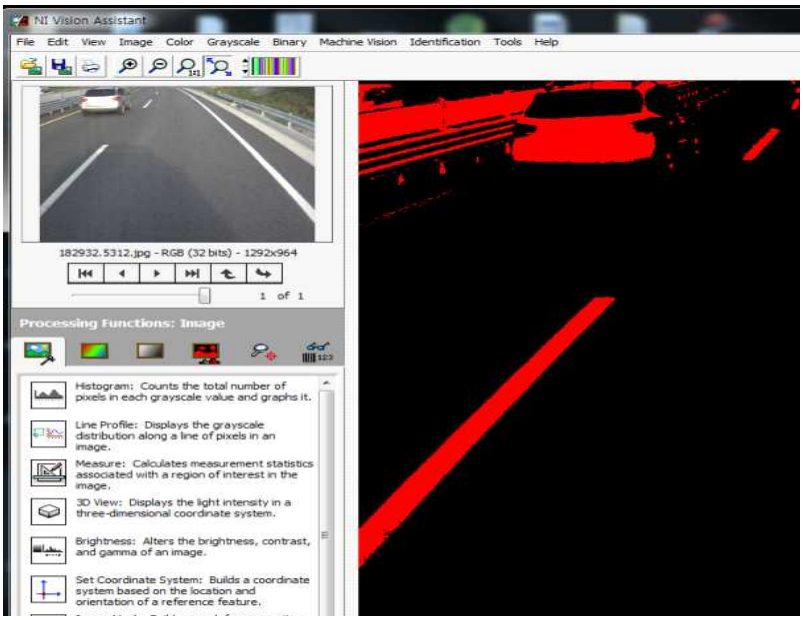
(3) 데이터 실측 상태도

<표 3-3-13> 차선폭 탐지 실측도

| 도로 실측 사진 | 상태 |
|---|---|
|  | **초기**<br><br>알고리즘 없이 데이터 측정만 하는 상태<br>도로 평면의 굴절까지 모두 측정<br><br>- 데이터는 측정하는 상태이나 알고리즘은 미포함 |
|  | **중기**<br><br>알고리즘을 적용했으나<br>오차가 발생한 상태<br><br>- IPM방식을 사용하여 인식하고 있으나 캘리브레이션이 맞지 않음 |
|  | **최종-현재**<br><br>알고리즘을 적용하여 라인 계측이<br>정확히 가능한 상태.<br><br>- User 캘리브레이션후 IPM방식을 사용하여 정확히 맞춘 상태. |

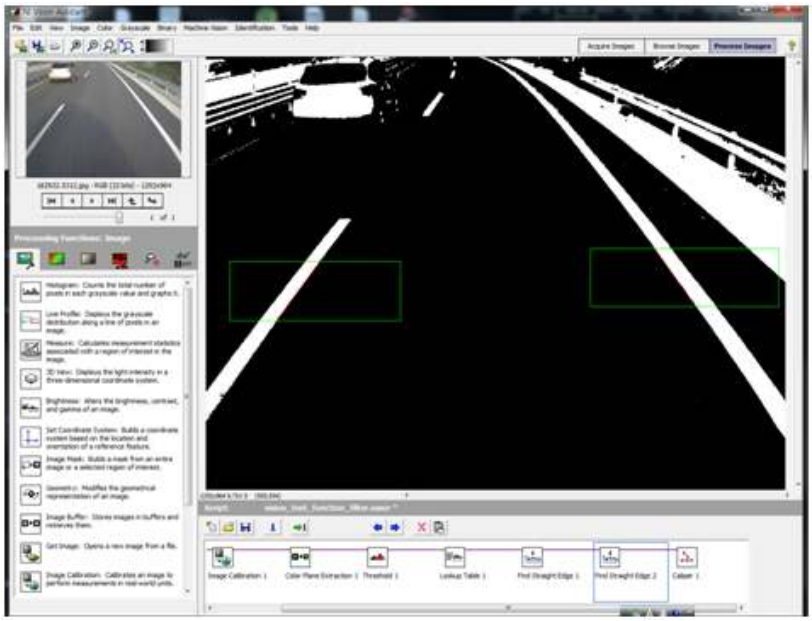
(4) 주행차선을 인식 후 차로 폭 측정을 위한 영상처리

(가) 영상을 캡쳐 후 캘리브레이션을 통해 거리 계산을 실시함



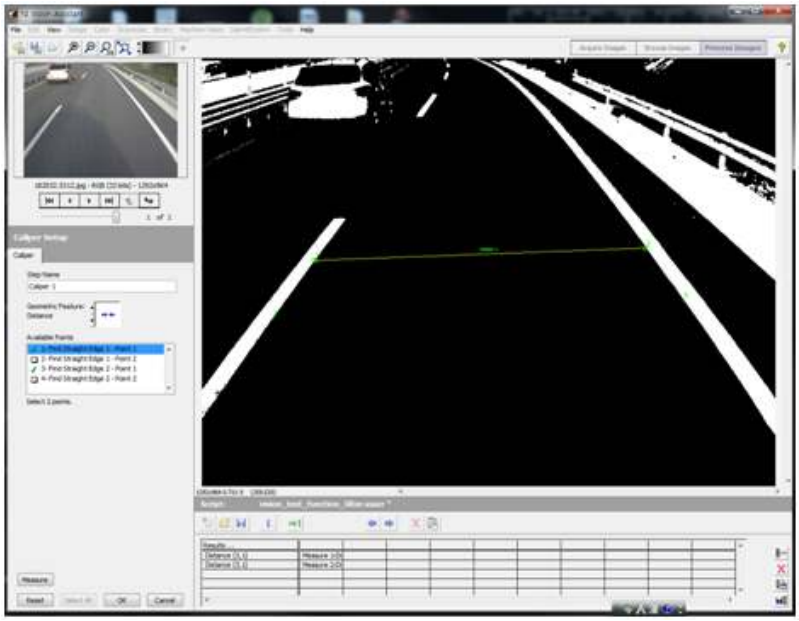

<그림 3-3-33> 캘리브레이션 사진 1

(나) 정확한 차선인식을 위해 색 변환을 통한 차선과 도로 색을 명확히 분리시킴



<그림 3-3-34> 캘리브레이션 사진 2

(다) 명확히 색이 분리된 도로 영상에서 ROI지점을 선택하여 주행차선 내부의 점을 인식함



<그림 3-3-35> 캘리브레이션 사진 3

(라) 인식한 주행차선의 영상을 직선으로 연결하여 거리를 계산하면 차로 폭 측정이 가능함

다. 실험 데이터 분석

(1) 캘리브레이션

- 정확한 차로폭을 측정하기 위해서는 취득한 영상의 pixel 좌표에 실측 거리 정보를 매칭해주는 작업이 필수적이며, 아래와 같은 조건으로 차로 폭 측정을 위한 영상정보 캘리브레이션 작업을 진행함




<그림 3-3-36> 차로 폭 측정 case 1

<표 3-3-14> 차로 폭 캘리브레이션 결과

| 측정 | 기준값 | 측정값 | 기준 | 정확도 |
|---|---|---|---|---|
| Case 1 | 3.51m | 3.54m | 97.5% 이상 | 99.15% |

- 상기 결과와 같이 카메라를 이용한 캘리브레이션 결과는 모두 99% 이상의 정확도를 가지며 97.5% 이상의 정확도 기준을 만족함

(2) 실제 차로 폭 실측

- 실제 차로 폭은 아래와 같은 장소와 조건에서 측정됨

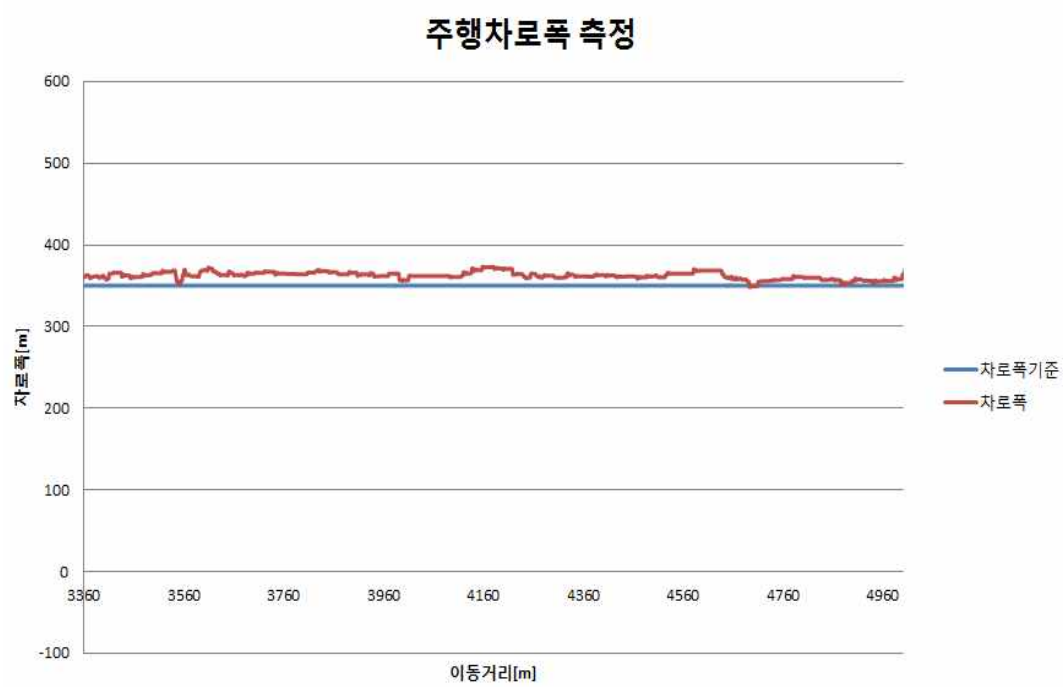



<그림 3-3-37> 차로폭 측정 실측 도면도

- 측정조건

- 장소 : 경기도 가평 국도 37호선 율길초등학교 부근
- 측정거리 : 약 1.6km
- 측정조건 : 연하교차로 부근 → 율길 교차로 부근 (2차선 편도)
- 특이사항 : 20m 간격으로 측량한 실측량 CAD data를 기준으로 개발차량을 이용하여 측정한 결과값과 비교하여 결과값을 도출함

- 계측결과




| 측정 데이터 개수 (1m기준) | 판정기준 | 범위내 데이터 개수 | 취득율[%] |
|---|---|---|---|
| 1641 | 차로폭 실측값 이상 | 1627 | 99.14% |

<그림 3-3-38> 주행 차로 폭 측정

- 측정구간인 1.6km구간을 기준으로 측정 장소에서의 캘리브레이션을 통하여 도출한 차로 폭을 기준으로 하여 측정한 기준 값과 측정값을 비교하면 측정 정확도 오차범위 97.5%이상의 조건을 만족하는 데이터의 취득율은 약 99.14%의 결과를 얻음

- 약 0.4%의 취득율 오차가 발생한 이유는 차로가 3차선에서 2차선으로 줄어들 때 차로선이 겹치는 구간이 발생하는데 ROI 측정영역에서의 차로 폭 계산을 위한 Edge Detecting시 발생한 오차이며, 실제 차로 폭 측정에 있어서 크게 문제가 되지 않는 구간으로 판단됨

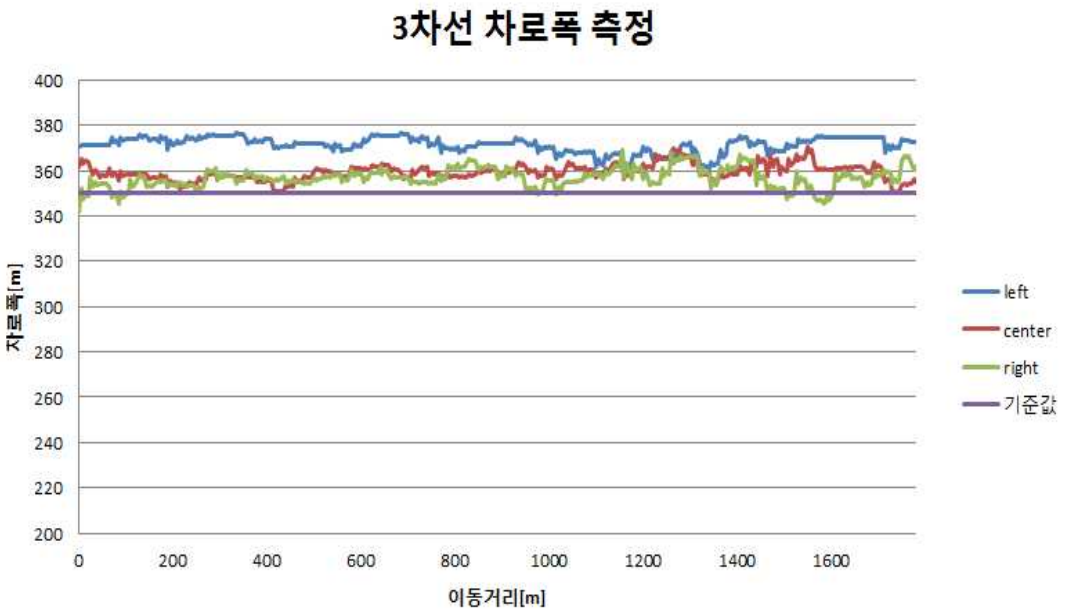
- 양측면(좌측/우측) 차로 폭 측정




<그림 3-3-39> 양 측면 차로 폭 측정

- 측정조건

- 장소 : 경기도 파주 자유로 부근
- 측정거리 : 약 1.7km
- 측정조건 : 자유로 2차선 주행
- 특이사항 : 별도의 측량 자료가 없으므로 일반도로기준에 의하여 측정결과 판정 (80km/h 이상 지방도의 차로 폭 기준 : 3.5m이상)




| | 측정 데이터 개수 (5m기준) | 판정기준 | 범위내 데이터 개수 | 취득율[%] |
|---|---|---|---|---|
| Left 차로폭 | 357 | 설계속도 80km이상 지방 지역 도로 : 3.5m 이상 | 357 | 100% |
| Center 차로폭 | 357 | | 357 | 100% |
| Right 차로폭 | 357 | | 333 | 93.27% |

<그림 3-3-40> 3차선 차로 폭 측정값

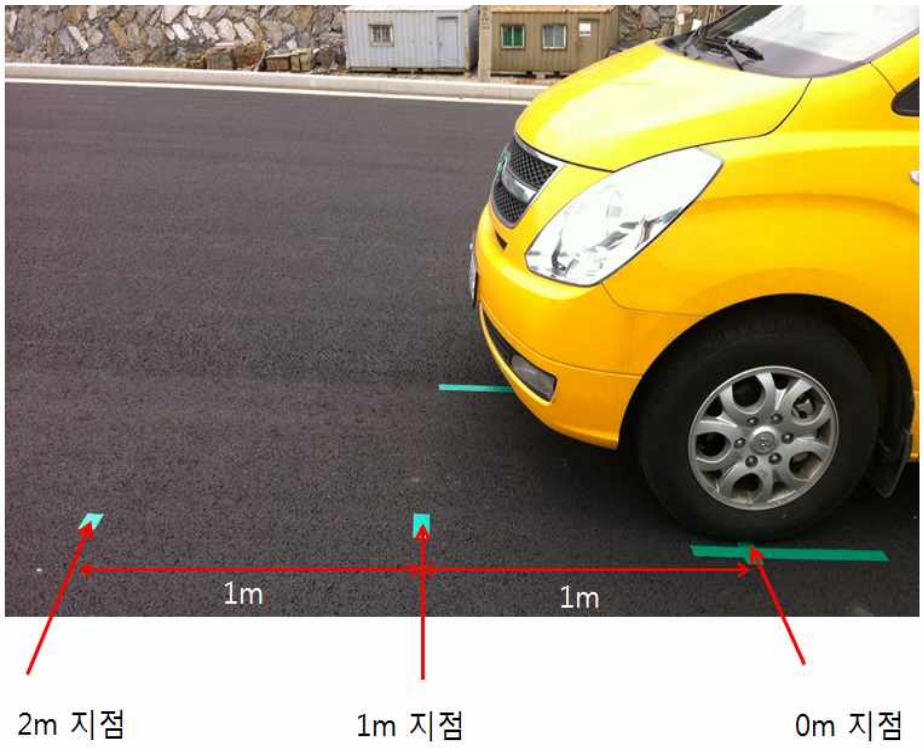
- 측정구간인 1.7km구간을 기준으로 설계속도 80km/h 이상 지방지역 도로의 차로 폭 3.5m이상을 만족하는 데이터의 취득율은 Left 차로 폭 100%, Right 차로 폭 93.7%의 결과가 나타남

- 2차년도에 추가된 좌/우측 차로 폭의 측정목표 90% 이상을 모두 만족한 결과를 알 수 있음

## 4. 동기화장치

### 가. 캘리브레이션

- IN-wheel type의 DMI를 장착한 개발 차량에서 가장 중요한 항목인 동기화 장치는 거리 Base의 트리거신호를 발생시키기 위하여 정밀한 캘리브레이션 작업이 요구되며, 다음과 같은 조건으로 동기화장치의 캘리브레이션 작업을 진행함

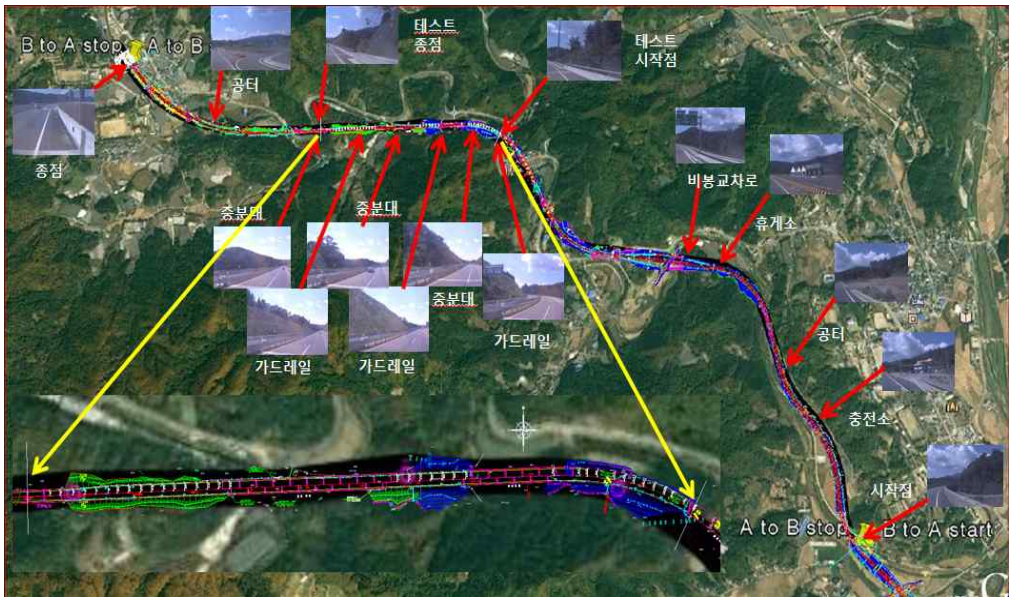



<그림 3-3-41> DMI Encoder 설정

- 상기와 같이 1m 당 count 양을 측정하여 0.088cm/pulse 값을 도출함

## 나. 동기화장치를 이용한 이동거리 실측

- 실제 이동거리는 아래와 같은 장소와 조건에서 측정됨




<그림 3-3-42> 동기화 장치 실측도

- 측정조건

- 장소 : 경기도 가평 국도 37호선 율길초등학교 부근
- 측정거리 : 약 6.4km
- 측정조건 : 연하교차로 부근 ↔ 율길 교차로 부근 (2차선 편도 2회 왕복)
- 특이사항 : 이동거리는 CAD data에 명기되어 있지 않은 관계로 GPS 좌표를 기준으로 이동거리를 실측하였으며 이 값을 기준으로 동기화장치의 이동거리의 정확도와 취득율을 분석함
- 시작점과 종점의 동일한 조건을 만족하기 위하여 다리 상판의 첫번째 혹은 마지막 연결부위에 차량의 앞바퀴가 위치했을 때 시작점 혹은 종점으로 하였으며 상세한 위치를 제시함




| 이동방향(2차선) | GPS 이동거리 [m] | 동기화장치 이동거리 [m] | 경위도 좌표 취득 회수 (1m 당) | 차량 자세값 취득 회수 (1m 당) | 카메라 영상 취득 개수 (5m 당) | 도로폭 취득 회수 (5m 당) | 데이터 취득율 (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 율길교차로 --> 연하교차로 | 6406.958423 | 6415 | 6415 | 6415 | 1283 | 1283 | 99.87% |
| 율길교차로 <-- 연하교차로 | 6430.602953 | 6438 | 6438 | 6438 | 1287 | 1287 | 99.89% |
| 율길교차로 --> 연하교차로 | 6406.949723 | 6414 | 6414 | 6414 | 1282 | 1282 | 99.89% |
| 율길교차로 <-- 연하교차로 | 6430.863141 | 6439 | 6439 | 6439 | 1287 | 1287 | 99.87% |

<그림 3-3-43> 이동거리 측정 및 계측 결과

- 이동거리는 본 시스템에서 매우 중요한 사항이며 GPS로 계측된 이동거리와 차량의 DMI를 통하여 계측된 이동거리는 1%이내의 오차를 갖는 정확도를 가져야 하며, 또한, 각 장치별로 필요로 한 트리거 신호가 정확히 발생되어야 하며 count되어야 함

- 먼저 GPS를 활용한 이동거리 기준으로 정확도를 분석해보면 각각의 case에서 평균적으로 9m의 오차가 발생함

- 이것은 1% 오차이내의 정확도를 가지는 조건을 만족함

- 이것은 실제 운전자의 운전습관에 따라 발생할 수 있는 오차라고 판단됨

- 트리거신호를 바탕으로 한 데이터 취득율은 모두 99.8%이상의 취득율을 얻었으며, 이것은 센서동기화 95% 이상의 목표치를 만족함

# 제4-1절 통계적 기법 기본이론

○ 연속확률 분포 중 통계학과 조사방법론에서 가장 많이 사용되는 확률분포는 정규분포이며, 사람들의 몸무게나 키 그리고 지능지수(IQ)등과 같은 대부분의 변수들은 정규분포를 한다고 할 수 있고, 특히 이들을 모집단으로 하여 추출한 표본의 평균 ($\overline{x}$)은 관측치의 수가 많아질수록 정규분포에 더욱 가까워짐

○ 이러한 정규분포의 가장 큰 특징은 좌우대칭인 종(鍾)모양을 이루고 있으며,(이훈영 2008). 비모수 검정 기법 중의 하나인 Kolmogorov-Smirnov(K-S) 검정을 통해 정규분포를 나타내는지 판단할 수 있음

○ 이 K-S검정은 관측치들의 분포가 특정한 이론적 분포를 따르는지를 조사하는 방법이며, 누적관측분포와 누적 이론적 분포와의 차이를 이용하여 검증함. Kolmogorov-Smirnov Z 값이 계산되면 이 Z값을 통해 유의확률 p값을 도출함

○ 변량들 간의 상관관계를 알아보고자 할 때 사용되는 가장 간단한 방법으로 상관관계는 두 개의 변량 $X, Y$에서 한 변수의 변화가 다른 변수의 변화에 영향을 주는 관계를 뜻함

○ 두 개의 변량 $X, Y$에 대하여 크기가 n인 확률표본($X_1, Y_1$), ($X_2, Y_2$), …,($X_n, Y_n$)을 추출하여 이들의 관측값($x_1, y_1$), ($x_2, y_2$), …, ($x_n, y_n$)으로부터 산점도(Scatter Plot)와 두 변수간의 관련성을 대략적인 관계의 척도인 상관계수(Correlation Coefficient)를 통해 분석함

○ 산점도는 직선구간의 안전속도와 직선길이, 직선구간의 안전속도와 전구간의 곡선반경 등과 같이 분석과정에서 어떤 관계가 있다고 생각되는 변수들로부터 분석자가 어떠한 관계가 있음을 규명하고자 하는 자료들은 짝진 표본(Paired Sample)형태로 측정됨

○ 이러한 자료를 분석하는데 가장 기초적이고 간단한 방법으로 산점도가 있고, 이는 좌표평면상에 관측된 자료들을 점으로 표현하는 것임

○ 산점도에서 관찰해야 할 자료의 특징 세 가지는 다음과 같음

-선형(Linear)관계 또는 비선형(Nonlinear)관계 여부

-이상점(Outlier)의 존재여부

-자료의 층화 여부

○ 산점도를 통해 선형, 비선형 관계를 판별하고 선형관계라면 양(Positive)의 관계인지 음(Negative)의 관계인지를 검토해야 하는데, 여기서 양의 관계란 한 변수가 증가하면 다른 변수도 증가하는 것을 말하고 음의 관계란 한 변수가 증가할 때 다른 변수는 감소하는 것을 말함

○ 이상점이란 좌표에서 대부분의 자료점들과 특이하게 다른 값을 갖는 점들을 말한다. 자료의 층화 여부는 산점도가 두 개의 층으로 나누어졌다면 이는 서로 다른 두 모집단으로부터 얻어진 표본들이 섞여 있는 경우라고 할 수 있으며, 이를 분석하기 위해서는 두 개의 층을 이루는 자료들을 서로 다른 모집단에서 추출된 표본으로 취급해야 함(고승곤, 2006).

○ 산점도를 통해 두 변수간의 관계를 대략적으로 관찰 또는 분석을 할 수 있으며, 두 변수간의 밀접성을 자세하게 표현하지 못하므로 이를 표현할 수 있는 상관계수는 두 변수의 평균으로부터의 차이, 즉, 편차를 서로 곱한 값들의 평균인 공분산은 변수를 측정한 척도의 단위에 따라 그 값이 달라지기 때문에, 공분산만으로 두 변수 간의 선형관계를 정확하게 파악하기 어려움

○ 따라서 측정단위에 따라 그 크기가 바뀌지 않는 공분산을 구하면 그 값이 바로 상관계수가 됨

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left[\frac{(X_i - \overline{X})}{S_x}\frac{(Y_i - \overline{Y})}{S_y}\right]}{n-1} = \frac{S_{xy}}{S_x S_y} \quad \text{.....(3-4-1)}$$

<표 3-4-1> 상관계수의 4가지 성질(이훈영, 2008)

| |
|---|
| 1) $-1 \leq r \leq +1$ |
| 2) 한 변수 혹은 두 변수의 값에 일정하게 0이 아닌 상수를 더하거나, 양의 상수를 곱하더라도 상관계수의 값은 변하지 않음 |
| 3) 음의 상수를 한 변수에 곱하거나 나누면 상관계수의 부호만 바뀜 |
| 4) 두 변수 모두에 음의 상수를 곱하거나 나누어도 상관계수는 변하지 않음 |

○ 위의 식을 이용함으로써 측정단위에 따라 변하지 않는 두 변수 간의 선형관계를 파악할 수 있는 표준화된 공분산을 도출할 수 있는데, 이 값이 바로 상관계수임

○ 이처럼 두 변수의 표준화된 편차곱의 평균으로 구한 상관계수를 피어슨(Pearson)의 적률상관계수 혹은 간단히 피어슨 상관계수라 한다(이훈영, 2008).

○ 반면, 상관계수는 단지 두 변수간의 밀접성, 즉, 선형 밀접성만을 고려하므로 두 개의 변수들 사이에서 한 변수에 대한 다른 변수의 변화를 예측하고자 할 때는 회귀분석(Regression Analysis)을 사용함

○ 이때, 다른 변수에 의해 영향을 받는 변수를 종속변수(Dependent Variable)라고 하고, 다른 변수에 의해 영향을 받지 않는 변수를 독립변수(Independent Variable)라고 함

○ 회귀분석은 독립변수의 값으로부터 종속변수의 값을 예측하고자 하는 것이고,독립변수와 종속변수의 관계를 구체적인 함수 형태로 나타내고자 하는 것이 분석의 주요 내용임

○ 종속변수와 독립변수가 선형이 아닌 다른 형태의 관계가 있다고 판단되는 경우에는 독립변수를 어떠한 방법으로 치환하면 종속변수와 선형에 가까운 관계를 가질 수 있는지를 파악한 다음, 독립변수를 치환하여 얻은 새로운 변수를 독립변수로 사용해서 회귀분석을 해야 하며, 이렇게 치환한 변수를 이용한 회귀분석을 일반 선형회귀분석과 구분하여 비선형회귀분석이라고 함

○ 회귀분석을 통해 회귀선이 도출되면 이 회귀선의 설명력을 나타내는 지수로써 결정계수가 있으며, 결정계수란 평균값($\overline{y}$)으로 관측치의 값($y_i$)을 추정하였을 경우에 발생하는 편차($(y_i - \overline{y})$)를 추정된 회귀선이 어느 정도 줄일 수 있는가, 즉,

총 편차($y_i - \bar{y}$)중에 회귀선이 설명하여 줄일 수 있는 부분($\hat{y_i} - \bar{y}$)의 비를 말함

○ 총 편차는 회귀식으로 설명되지 못하여 남아있는 편차와 설명되는 편차의 합으로 표현되는 식($(y_i - \bar{y}) = (y_i - \hat{y_i}) + (\hat{y_i} - \bar{y})$)에서 좌변과 우변을 각각 제곱하여 모든 관측치에 대하여 더한 식을 정리하면 다음과 같음

$$\sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{y})^2 = \sum_{i=1}^{n}(y_i - \hat{y_i})^2 + \sum_{i=1}^{n}(\hat{y_i} - \bar{y})^2 \quad \text{.....(3-4-2)}$$

$$SST \;=\; SSE \;+\; SSR$$

○ 좌변에 총 제곱합(SST: Sum of Squared Total), 우변에 회귀선으로 설명되지 않는 제곱합(SSE: Sum of Squared Error)과 회귀선으로 설명되는 제곱합(SSR: Sum of Squared Regression)의 3가지가 있음

$$R^2 = \frac{\text{회귀선에 의해 설명되는 제곱합}}{\text{총 제곱합}} \quad \text{.....(3-4-3)}$$

$$= 1 - \frac{\text{회귀선에 의해 설명되지 않는 제곱합}}{\text{총 제곱합}}$$

○ 회귀식의 설명력은 총 제곱합(SST)중에서 회귀선에 의해 설명되는 제곱합(SSR)이 차지하는 비율을 말하며, 이러한 회귀식의 설명력을 나타내는 비율을 결정계수라 하며 $R^2$으로 표기함

○ 따라서 설명력이 높은 바람직한 회귀선일수록 총 제곱합(SST)중에 회귀선으로 설명되는 제곱합(SSR)이 차지하는 비율이 높아 결정계수($R^2$)값이 1에 가까워짐

○ 일반적으로 비선형회귀분석은 독립변수와 종속변수 중에 어느 하나 혹은 모두를 변환하여 두 변수간의 관계가 선형관계가 되도록 한 다음에 수행하는 분석임

○ 그러나 독립변수의 수가 2개 이상인 다중회귀분석의 경우, 종속변수를 변화하는 것은 쉽지 않기 때문에 대부분의 비선형회귀분석에서는 종속변수 보다는 독립변수를 변환시키는 것을 우선으로 함(이훈영 2008).

○ 구분하는 독립변수가 1개인 경우 집단 간 종속변수의 평균 차이를 분석하기 위해서는 일원분산분석방법을 사용하며, 일원분산분석의 경우 $x$축에 집단 $j$에 속한 $i$번째 관측치($y_{ij}$)는 전체 표본평균($\bar{y}$)에다 전체 표본평균($\bar{y}$)으로부터 그 관

측치가 속한 집단의 표본평균($\overline{y_j}$)까지의 거리(처리효과), 그리고 집단의 표본평균($\overline{y_j}$)으로부터 관측치($y_{ij}$)까지의 거리(오차)를 더한 값이 됨

○ 이것을 식으로 표현하면 $y_{ij} = \overline{y} + (\overline{y_j} - \overline{y}) + (y_{ij} - \overline{y_j})$으로 나타나며, 우변의 전체 표본평균($\overline{y}$)를 좌변으로 이항하면 다음과 같음

$$(y_{ij} - \overline{y}) = (\overline{y_j} - \overline{y}) + (y_{ij} - \overline{y_j}) \quad \text{.....(3-4-4)}$$

총편차 = 집단간편차 + 집단내편차

○ 여기서 좌변이나 우변들의 항들이 음수의 값을 가질 수 있으므로, 거리라는 표현보다 편차라는 표현을 사용하도록 함

○ 분산분석은 하나의 관측치만을 대상으로 하여 이루어지는 것이 아니라 전체 관측치를 대상으로 하기 때문에 분산분석의 대상이 되는 모든 관측치의 편차 제곱값을 더하여 전체 편차 제곱합을 구해야 함

○ 전체 관측치는 모두 g개의 집단으로 구분되고, 각각의 집단($j$)에는 $n_j$개의 관측치가 있다고 가정할 경우 이를 g개의 집단 모두에 대하여 더하면 다음과 같은 식을 얻게 됨

$$\sum_{j}^{g}\sum_{i}^{n_j}(y_{ij} - \overline{y})^2 = \sum_{j}^{g}\sum_{i}^{n_j}(\overline{y_j} - \overline{y})^2 + \sum_{j}^{g}\sum_{i}^{n_j}(y_{ij} - \overline{y})^2 \quad \text{.....(3-4-5)}$$

총 제곱합($SST$) = 집단간 제곱합($SSB$) + 집단내 제곱합($SSW$)

○ 분산분석은 집단 간 제곱합(SSB)을 집단 내 제곱합(SSW)과 그 크기를 비교함으로써 집단 간 평균의 차이가 통계적으로 유의한지를 분석함

○ 각각의 제곱합을 해당 자유도로 나누면 평균제곱들을 구할 수 으며, 총 제곱합(SST)을 자유도인 (n-1)로 나누면 총 평균제곱(MST= Mean of Squared Total), 즉 총 분산이 됨

○ 집단 간 평균제곱(MSB= Mean of Squared Between Groups)은 집단 간 제곱합(SSB)을 자유도인(g-1)로 나누어 구하고, 집단 내 평균제곱(MSW: Mean of Squared Within Groups)은 집단 내 제곱합(SSW)을 이에 해당하는 자유도인

(n-g)로 나누어 구함 <표 3-4-2>

<표 3-4-2> 일원분산분석표(이훈영, 2008)

| 구분 | 제곱합(SS) | 자유도 (df) | 평균제곱(ms) | F |
|---|---|---|---|---|
| 집단 간 | $SSB=\sum_j\sum_i(\overline{y_j}-\overline{y})^2$ | $(g-1)$ | $MSB=\frac{SSB}{g-1}$ | $\frac{MSB}{MSW}$ |
| 집단 내 | $SSW=\sum_j\sum_i(\overline{y_{ij}}-\overline{y_j})^2$ | $(n-g)$ | $MSW=\frac{SSW}{n-g}$ | |
| 총 합계 | $SST=\sum_j\sum_i(\overline{y_{ij}}-\overline{y})^2$ | $(n-1)$ | | |

○ 집단 내 분산으로 나눈 값($\frac{MSB}{MSW}$)으로 집단 간 평균이 통계적으로 유의하게 다른지를 검정하게 됨

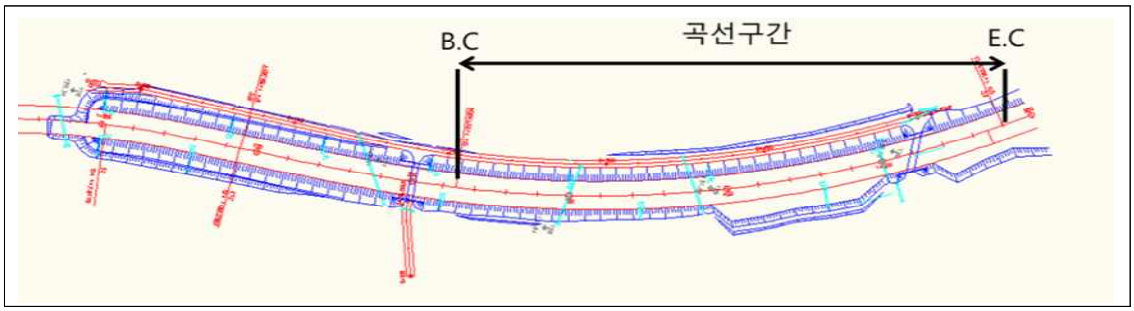
○ 따라서 분산분석은 전체 표본평균($\overline{y}$)을 중심으로 집단의 평균($\overline{y_j}$)들이 어느 정도 퍼져 있는가를 나타내는 집단 간 분산($MSB$)이 각각의 관측치가 자신이 속한 집단의 평균($\overline{y_j}$)으로부터 퍼져 있는 정도를 나타내는 집단 내 분산($MSW$)의 몇 배인가, 즉, 두 분산의 비를 나타내는 통계량 F값으로 집단 간 평균의 차이가 통계적으로 유의한지를 분석하여 검정하는 것임(이훈영, 2008).

○ 본 연구에서는 도로구간별로 조사된 속도자료의 정규성, 보편성, 대표성, 평균의 차이검증과 직선구간 안전속도를 예측 부문에 대해서는 통계적 분석기법을 사용하여 분석하였음

# 제4-2절 안전속도 모형의 분석구간 정의

## 1. 곡선구간의 정의

○ 본 연구에서 곡선구간은 <그림 3-4-1>과 같이 완화곡선을 포함하지 않고 설계도면상에서 Beginning of Curve (B.C) 지점부터 End of Curve (E.C) 지점까지를 의미하며, 완화곡선은 곡선구간에 포함시키지 않고 곡선반경에 따른 안전주행행태 계수를 산출하고 안전속도를 제시하게 됨

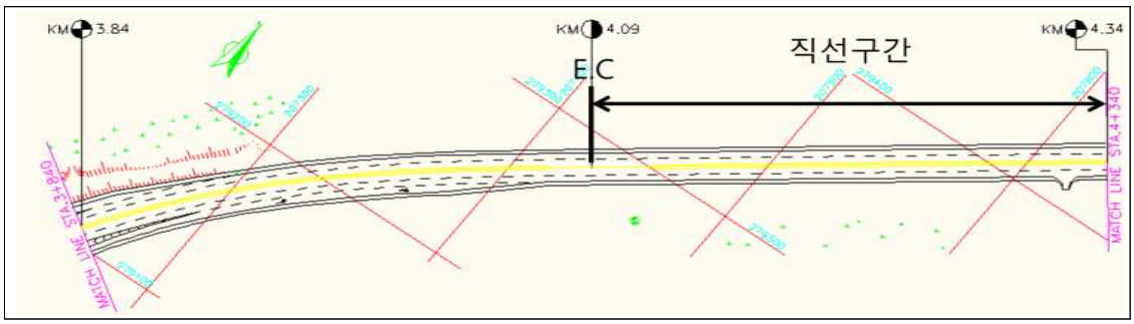



<그림 3-4-1> 곡선구간의 정의

## 2. 직선구간의 정의

○ 직선구간은 <그림 3-4-2>와 같이 곡선구간이 끝나는 End of Curve (E.C) 지점에서부터 시작되어 다음 곡선구간의 시작점인 Beginning of Curve (B.C) 지점까지임

○ 직선구간의 안전속도를 예측하는 모형식은 직선구간 길이가 일정길이 이상 될 경우 산출하게 되는데 일정길이는 제4장 안전속도 모형개발 및 검증에서 제시함

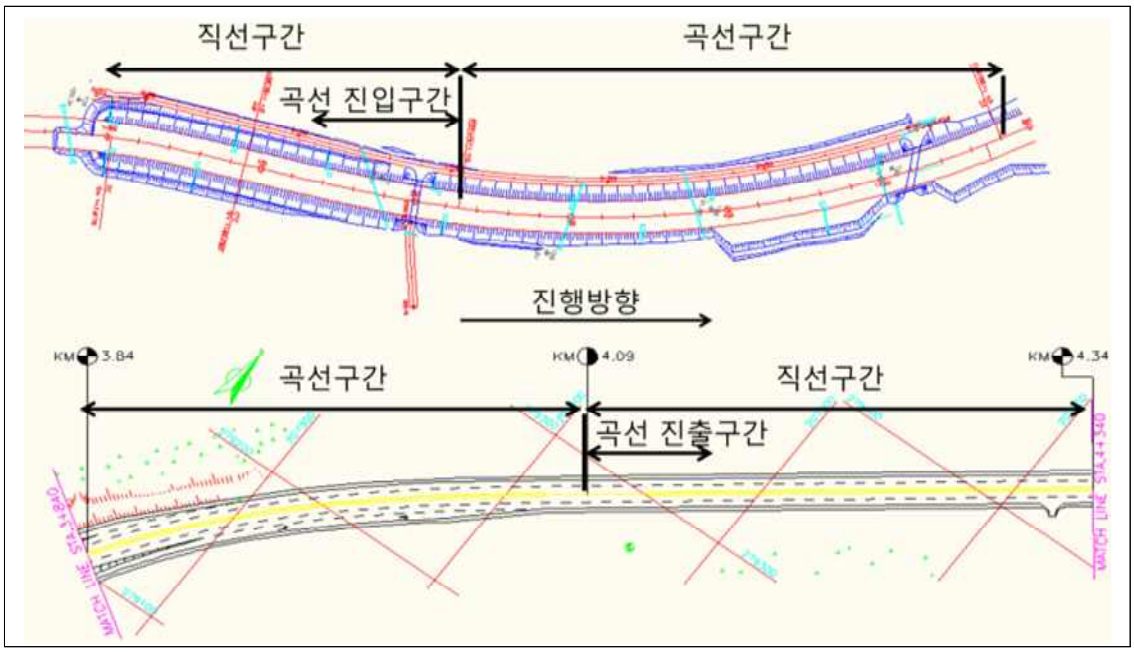



<그림 3-4-2> 직선구간의 정의

## 3. 곡선 진출·입 구간의 정의

○ 곡선 진출·입 구간은 <그림 3-4-3>과 같이 직선구간 내에 존재하게 되는데, 곡선구간이 끝나고 직선구간에 진입하여 가속을 하게 되고 곡선구간에 진입하기 위해 직선구간에서 감속을 하기 때문임

○ 본 연구는 안전속도를 산출하는 것이 목적이기 때문에 곡선진입을 위해 행하는 감속은 직선구간에서 일어나 곡선구간에 진입하게 되고 곡선진출을 위해 행하는 가속은 곡선구간을 빠져나와 직선구간에서 일어나는 것을 가정하였음




<그림 3-4-3> 곡선 진출·입 구간의 정의

## 제4-3절 구간에 따른 안전속도 모형개발 방법론 정립

### 1. 분석구간 분류 및 모형개발 방법

○ 운전자가 주행속도를 선택하는데 영향을 미치는 요인들은 도로기하구조, 기상상태, 운전자의 주행 중 심리적 쾌적함 등이 있음

○ 본 연구는 도로기하구조, 기상상태, 그리고 운전자의 주행 중 심리적 쾌적함 이 세 가지 요인들을 포괄하여 표현할 수 있는 안전속도 모형을 정립함

○ 먼저 안전속도 모형을 정확하게 구축하기 위해서는 구간의 분류가 필요한데, 운전자는 주행 시 연속적으로 곡선구간, 직선구간, 곡선구간 진출·입 구간을 경험하게 되는데 이때 각각의 구간 상황에 맞게 주행특성이 변화하게 됨

○ 세부적으로 살펴보면 각각의 구간에서 운전자가 주행속도를 선택하는데 있어 영향을 미치는 도로기하구조요소는 각기 다르며, 곡선구간의 경우 곡선반경이 주행속도를 선택하는데 있어 큰 영향을 미치고(최재성, 2008), 직선구간의 경우 이전 곡선구간 주행속도와 직선길이가 큰 영향을 미침(Crisman, 2005)

○ 그렇기 때문에 각각의 구간에서 운전자들의 주행특성이 다르기 때문에 하나의 모형으로 표현하는데 있어 무리가 따름

○ 기존에 수행되었던 연구들에서도 주행속도 예측을 할 경우에 곡선구간과 직선구간을 구분하여 주행속도 예측 모형식을 정립하였는데(Torregrosa, 2013). 본 연구에서도 안전속도 모형개발을 크게 곡선구간, 직선구간 그리고 곡선 진출·입 구간으로 나누어서 실시하였고, 기본 조건으로 맑은 날씨와 노면이 건조한 상태를 설정하였음

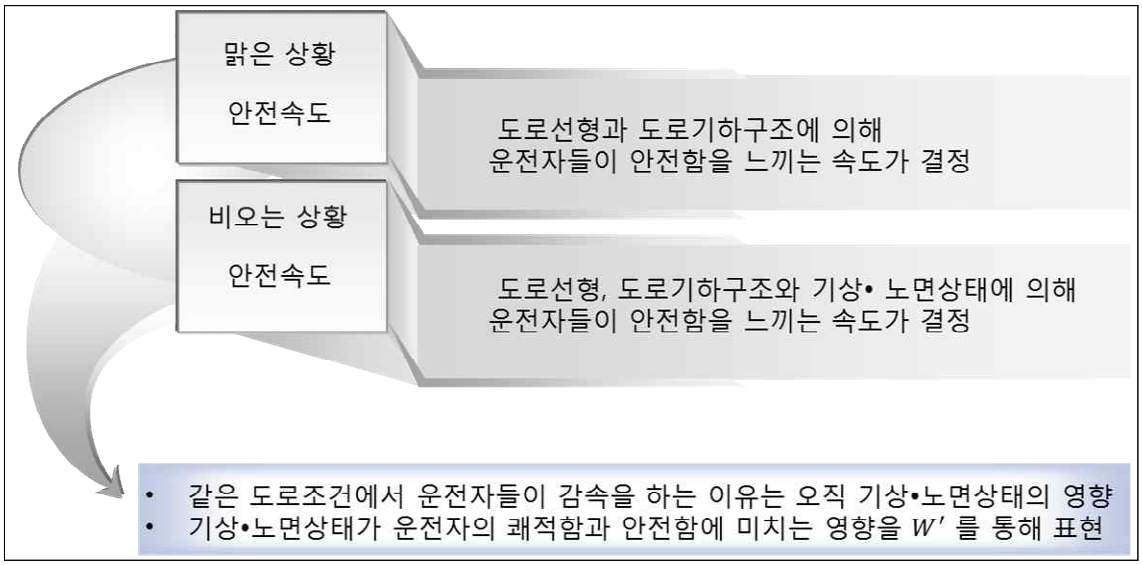
○ 기상·노면상태가 변화하게 되면 운전자는 심리적으로 불안감을 느끼게 되어 날씨가 맑고 노면이 건조한 상태에 비해 주행속도를 감속하게 됨

○ 본 연구에서는 기상·노면상태별로 운전자들이 느끼는 불안감의 크기가 다를 것이라고 예측하였고 이에 따른 결과로 기상·노면상태가 상이하게 나타날 것이라고 판단함

○ 따라서, 기상·노면상태를 노면습윤, 비, 눈 , 결빙 상태로 나눠서 주행행태를

분석하고 안전주행행태 계수를 산출하였으며, 기상·노면상태에 따른 안전주행행태 계수란 기상·노면상태가 변화됨에 따라 운전자들이 쾌적하고 안전함을 느끼는 주행속도를 같은 도로의 같은 구간에서 맑고 노면건조 상황에서 쾌적함과 안전함을 느끼는 주행속도와의 관계를 나타낸 것임

○ <그림 3-4-4>와 같이 맑은 날씨와 노면이 건조한 상태에서 분석한 안전속도와 안전주행행태 계수($W'$)계수를 이용하여 기상·노면상태별로 안전속도를 산출함

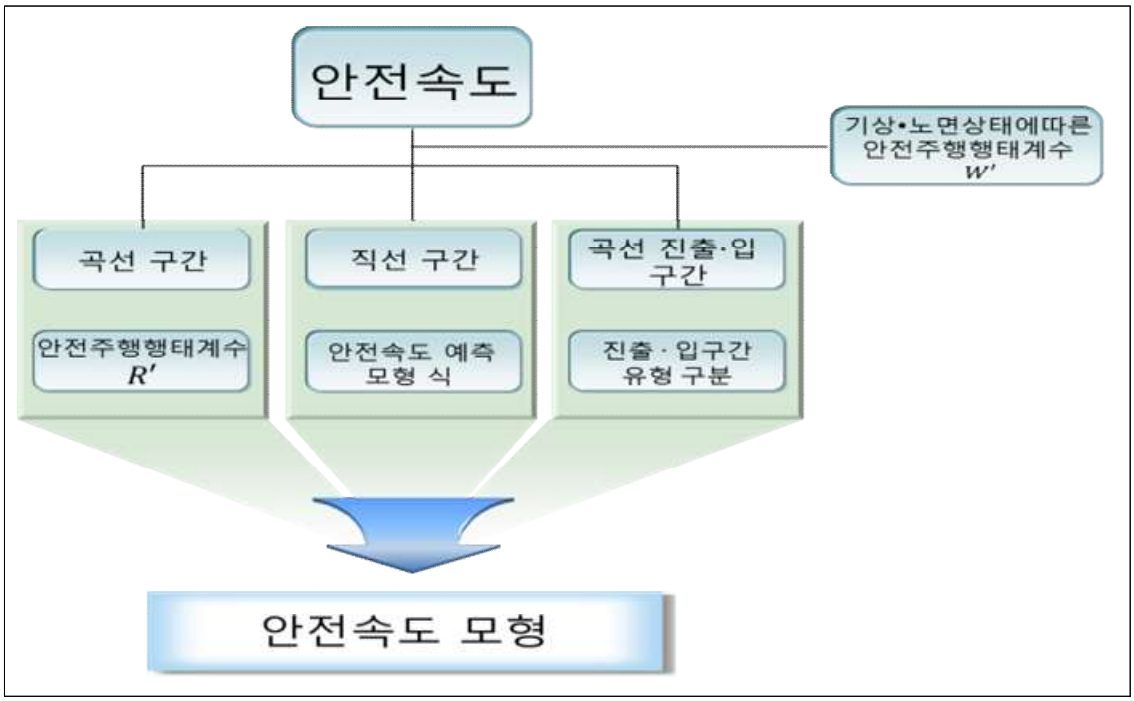



<그림 3-4-4> 기상·노면상태에 따른 안전주행행태 계수($W'$)산출

○ 주행속도에 영향을 미치는 요인인 도로기하구조, 기상·노면상태, 운전자의 주행중 심리적 쾌적함을 고려하여, 각각의 구간, 기상·노면상태별 분석을 시행 한 후 모형이 정립되어 곡선구간, 직선구간, 곡선구간 진출・입구간이 연속적으로 연결된 안전속도 프로파일을 작성함

○ 3개의 분석구간을 분류하는 것은 각각의 구간에서 나타나는 주행 행태가 다르기 때문임

○ 본 연구에서 연구하고자 하는 도로는 왕복 4차로와 왕복 2차로이기 때문에 왕복 4차로도로와 왕복 2차로도로를 나눠서 각각의 도로에서 3개의 분석구간을 나눠서 분석하고 기상·노면상태에 따른 안전주행행태 계수도 4차로도로와 2차로도로를 구분하여 <그림 3-4-5>에 제시하였음




<그림 3-4-5> 안전속도 모형 산출과정의 전체적 흐름도

## 2. 곡선구간 안전속도 모형개발 방법론

○ 운전자는 설계속도와 제한속도에 의한 주행속도를 선택하기 보다는 자신이 도로선형을 판단하여 주행속도를 선택하게 되며(Fitzpatrick 등, 1997), 운전자가 곡선구간에서 주행속도를 선택하는데 있어 가장 큰 영향을 미치는 도로기하구조 요소는 곡선반경임

○ 곡선구간의 주행속도를 예측하는 기존의 연구들에서는 곡선반경을 주요한 요인으로 분석하였으며 본 연구에서도 마찬가지로 곡선구간에서 운전자들의 주행특성에 영향을 미치는 요인을 곡선반경으로 정하고 곡선반경에 집중하여 연구를 수행함

○ 곡선구간 안전속도 모형의 일부는 “Speed Limitation Based on an Advanced Curve Warning System”(Glaser 등, 2007)을 인용함

○ 차량의 속도, 편경사, 그리고 횡방향 미끄럼 마찰계수를 고려하면 자동차가 안정된 상태로 주행할 수 있는 최소 곡선반경을 구할 수 있는데, 이 방법은 도로설계 시 최소곡선반경의 기준이 되는 값이며 설계속도와 편경사에 따라 제시하고 있음(국토해양부, 2009)

○ 최소 곡선반경 산출식을 제시함

$$R = \frac{V^2}{127(f+i)} \quad \text{.....(3-4-6)}$$

여기서, $R$ : 최소곡선반경(m)
$V$ : 설계속도(km/h)
$f$ : 횡방향 미끄럼 마찰계수
$i$ : 편경사(%/100)

○ <표 3-4-3>은 설계속도와 편경사에 따른 최소 곡선반경 기준임

<표 3-4-3> 설계속도와 횡방향 미끄럼 마찰계수·편경사에 따른 최소 곡선반경(국토해양부, 2009)

| 설계속도 (km/h) | 횡방향 미끄럼마찰 계수 | 최소 곡선반경(m) | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 편경사 : 6% | 편경사 : 7% | 편경사 : 8% |
| 120 | 0.10 | 710 | 670 | 630 |
| 110 | 0.10 | 600 | 560 | 530 |
| 100 | 0.11 | 460 | 440 | 420 |
| 90 | 0.11 | 380 | 360 | 340 |
| 80 | 0.12 | 280 | 265 | 250 |
| 70 | 0.13 | 200 | 190 | 180 |
| 60 | 0.14 | 140 | 135 | 130 |
| 50 | 0.16 | 90 | 85 | 80 |
| 40 | 0.16 | 60 | 55 | 50 |
| 30 | 0.16 | 30 | 30 | 30 |
| 20 | 0.16 | 15 | 15 | 15 |

○ 도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙 해설에서 제시하고 있는 식은 물리적으로 미끄러지지 않고 이탈하지 않는 경우를 산출하고 운전자의 특성을 일부분 고려하고 있으며, 운전자의 특성이 일부분 반영된 부분은 횡방향 미끄럼 마찰계수로 운전자의 쾌적성을 고려하여 정한 수치임

○ 최소 곡선반경을 도출하는 것과는 반대로 곡선구간에서 미끄러지지 않고 이탈하지 않는 물리적으로 안전한 최대속도는 곡선반경, 횡방향 미끄럼 마찰계수, 편경사에 의해 도출할 수 있음

○ 하지만 운전자는 곡선반경이 증가할수록 물리적으로 안전한 최대속도로 주행시 불안감을 느끼게 되며, 곡선반경이 증가함에 따라 물리적으로 미끄러지지 않고 이탈하지 않는 속도는 계속 증가하나 운전자가 쾌적하고 안전하다고 느끼는 주행속도는 곡선반경이 증가함에 따라 같이 증가하다가 일정한 속도에 수렴하기 때문임

○ 그렇기 때문에 물리적으로 안전한 속도와 실질적으로 운전자들이 쾌적하고 안전함을 느끼는 주행속도는 상이하고, 이에 따라 곡선구간에서 주어진 도로기하구조에 따른 미끄러지지 않고 이탈하지 않는 물리적으로 안전한 최대속도와 실험을 통하여 얻은 운전자가 쾌적하고 안전함을 느끼는 주행속도와의 관계를 도출하여 곡선구간의 모형을 정립함

○ 곡선구간의 안전속도 모형정립을 위해 주어진 도로기하구조 환경에서 미끄러지지 않고 이탈하지 않는 물리적 안전속도는 위에서 제시한 식으로 도출하게 됨

○ 이에 더해서 종단경사에 대한 영향과 종단경사에 의한 차량의 무게 중심이동을 반영한 물리적 안전속도를 산출 할 수 있으며, 마지막 단계로 우리는 실험을 통하여 운전자들이 곡선반경에 따라 쾌적하고 안전함을 느끼는 주행속도와 물리적 안전속도와의 관계를 찾아 곡선반경에 따른 안전주행행태계수($R'$)를 도출함

○ 기상·노면상태에 따른 안전주행행태 계수($W'$)를 산출하고 이를 안전속도 모형에 반영함으로써 모형에 도로기하구조의 영향, 운전자의 심리적 쾌적함, 기상·노면상태를 모두 반영시켰음

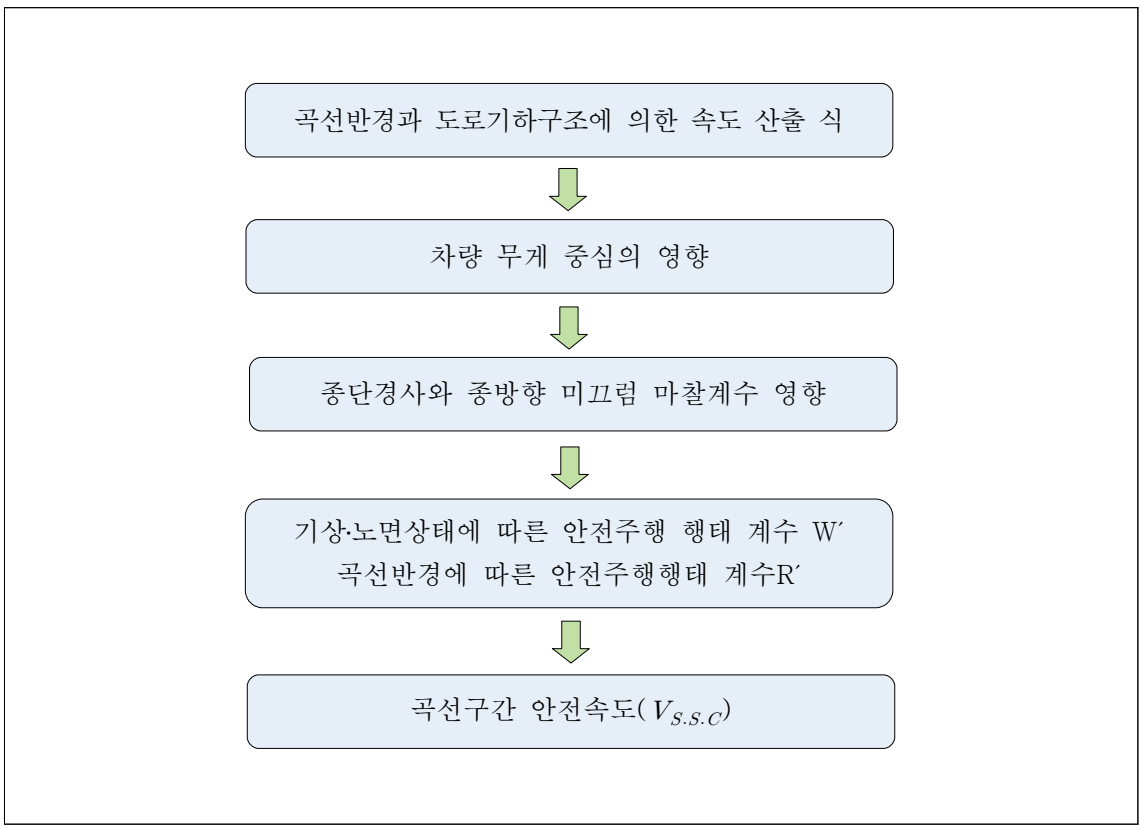
○ 곡선구간에서 기상·노면상태에 따른 안전주행행태 계수는 노면건조 상황에서의 안전속도와 각각의 기상환경에서의 안전속도의 관계를 나타내며, 기상·노면

상태가 악화되면 운전자는 곡선구간에서 미끄러지지 않고 이탈하지 않기 위해 속도를 줄이게 되는데 이는 불안감이 증가하기 때문임

○ 기상·노면상태에 따른 안전주행행태 계수는 기상환경에 따른 운전자들의 불안감을 맑은 날씨의 노면건조 상황에 비해 정량적으로 표현함

○ 안전주행행태 계수($R'$, $W'$)가 모두 도출되면 물리적으로 안전한 속도를 산출하는 식에 안전주행행태 계수를 반영함으로써 최종적으로 해당 곡선구간의 곡선반경, 당시의 기상·노면상태에 따른 운전자들이 쾌적하고 안전함을 느끼는 안전주행 속도가 산출됨

○ <그림 3-4-6>은 곡선구간의 안전속도를 산출하게 되는 과정을 나타낸 것이며, 곡선구간의 안전속도는 $V_{Safety\ Speed\ on\ a\ Curve}$로 명명하며 $V_{S.S.C}$로 표기함




<그림 3-4-6> 곡선구간의 안전속도 모형 개발 흐름도

## 3. 직선구간 안전속도 모형개발 방법론

○ 희망속도는 긴 직선구간에서 자유교통류 상태일 때 도로선형에 구애받지 않고 운전자가 주행하고자 하는 속도임

○ 운전자는 희망속도에 도달하게 되면 더 이상 가속을 하지 않게 되고 일정한 속도로 주행하게 되며, 도로구간의 기능을 고려하여 지향하는 희망속도는 기상·노면의 상태에 따라 다르게 나타나게 됨

○ 희망속도는 $V_{Desired\ Speed\ on\ a\ Tangent}$로 명명하며 $V_{D.S.T}$로 표기함

○ 대부분의 운전자들은 실제 곡선구간을 진출한 후 직선구간에 진입하면서 가속을 하게 되는데, 직선길이가 길면 길수록 운전자들은 주행속도를 더욱 증가시키다가 일정한 속도에 다다르게 되면 더 이상 가속을 하지 않는데, 이것은 운전자가 가속을 더 행할 경우 불안감을 느끼기 때문임

○ 기존의 주행속도 예측에 관한 연구들은 곡선구간 주행속도만 주로 예측하였으며, 그 이유는 곡선구간은 곡선반경이 주행속도에 큰 영향을 미쳐 곡선반경 만을 가지고 곡선구간 주행속도 모형식을 쉽게 도출할 수 있기 때문임

○ 그러나 직선구간은 곡선구간의 곡선반경과 같이 하나의 도로기하구조 요소에 의해 결정되기 보다는 주행속도에 영향을 미치는 요소가 상대적으로 많기 때문에 고려해야 할 부분이 많아 주행속도 예측을 하는데 어려움이 있어 그동안 활발히 연구가 진행되지 못한 것으로 판단됨

○ 그러므로 본 연구에서는 운전자가 곡선구간을 진출하여 직선구간에 진입하게 되므로 선형의 연속성이 주행속도를 선택하는데 있어 큰 영향이 있을 것이라 판단하고 이를 반영하기 위하여 이전 구간의 도로기하구조, 안전속도, 그리고 해당 직선구간의 도로기하구조와 안전속도 관계를 <그림 3-4-7>과 같은 순서로 분석함

○ 곡선구간과 마찬가지로 직선구간에서도 기상·노면상태에 따라 운전자의 주행속도 선택은 변하므로, 이를 반영하고자 $V_{D.S.T}$를 $W'$를 이용하여 기상·노면상태별로 도출하고자 함

○ 직선구간의 안전속도는 $V_{Safety\ Speed\ on\ a\ Tangent}$로 명명하며 $V_{S.S.T}$로 표기함




<그림 3-4-7> 직선구간 안전속도 모형 정립 순서

(1) 종속변수

○ 일반적으로 기존의 연구에서 주행속도예측 모형을 개발하는데 있어 쓰이는 종속변수는 $V_{85}$임

○ $V_{85}$는 AASHTO (2004)에 의하면 양호한 기상조건에서 운전자들이 주행할 수 있는 최고 속도로 정의하였고, Poe 등(1996)은 다른 차량의 제약을 받지 않는 상태에서 운전자들이 선택하게 되는 속도로 정의함

○ 그러나, 본 연구는 일반적인 주행속도를 예측하는 것이 아닌 안전속도를 제시하는 것이 목적이므로 운전자들이 쾌적하고 안전함을 느끼며, 주행하는 경우 중 직선구간에서의 최대의 일정한 속도로 주행하는 경우의 속도를 안전속도로 정하고 종속변수로 결정 하였음

(2) 독립변수

○ 기존연구들은 직선구간의 주행속도에 영향을 미치는 요인으로 무엇을 선정하였는지 살펴 본 후, 본 연구에서는 해당 직선구간의 도로기하구조, 이전 곡선구간의 도로기하구조 특징과 주행속도를 독립변수로 선정하였으며, 최종적으로 선정한 독립변수는 <표 3-4-4>와 같음

<표 3-4-4> 직선구간 안전속도 모형 도출 위한 독립변수

| 해당 직선구간 | 이전 곡선구간 |
|---|---|
| 차로 폭 | 이전 곡선구간 곡선반경 |
| 길어깨 폭 | |
| 종단경사 | 이전 곡선구간 안전속도 |
| 직선길이 | |

## 4. 곡선 진출·입 구간 안전속도 모형개발 방법론

○ 곡선 진출·입 구간은 곡선구간-직선구간 또는 직선구간-곡선구간으로 연결되는 구간으로 가속과 감속의 주행행태가 주로 일어나며, 곡선구간을 진출하여 다음 곡선구간까지의 직선구간거리에 따라 운전자들의 주행행태가 변화될 것이라고 예측하였음

○ 이러한 주행행태가 변화되는 것을 <그림 3-4-8>과 같이 크게 세 가지로 나누어 분석함

- 첫째, 곡선구간 진출 하고 다음 곡선구간을 인지하여 곡선에 진입하기 위한 속도로 가속 또는 감속을 함(case1)

- 둘째는 곡선구간을 진출하여 다음 곡선구간을 인지하기 전까지 가속을 하고 다음 곡선구간을 인지하게 되면 감속행태를 띄고 곡선구간에 진입함(case2)

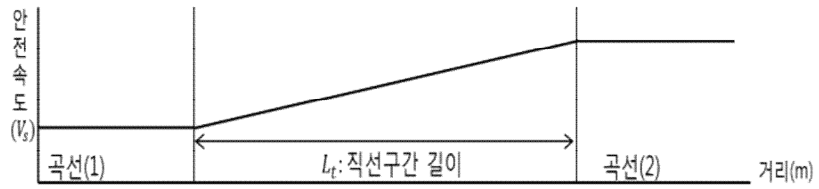
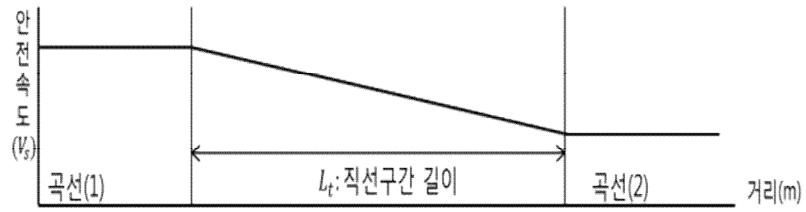
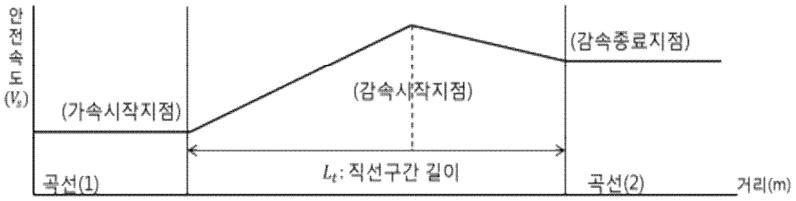
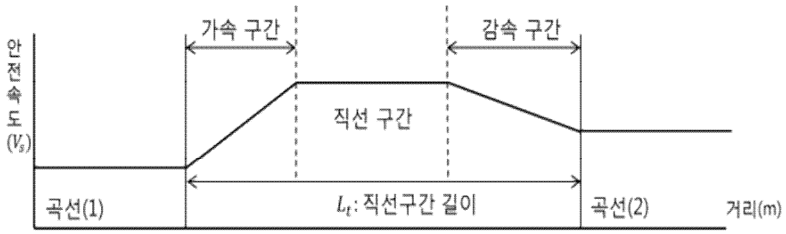
- 마지막으로 곡선-직선-곡선 구간의 형태일 때 곡선구간을 진출하여 가속 후 직선구간의 안전속도에 도달 한 후 다음 곡선을 인지하여 곡선구간에 진입하기 위해 감속의 행태를 띄게 됨(case3)

○ 곡선 진출·입 구간에서는 case1,2,3과 같이 곡선과 곡선사이에 존재하는 직선의 길이에 따라 운전자들의 주행행태가 다르게 나타날 것이므로, 크게 세 가지 유형으로 구분하여 안전하게 다음 구간으로 진입할 수 있는 주행속도와 감·가속도, 그리고 감속시작지점을 도출함

○ 곡선 진출·입 구간에서는 기상환경에 따라 각기 다른 안전속도를 산출하지는 않는데, 그 이유는 곡선구간과 직선구간에서 기상환경에 따른 안전속도가 산출이 되어 곡선 진출·입 구간에서는 이미 산출된 두 구간의 안전속도에 따라 안전속도가 산출되기 때문임

○ 본 연구에서는 진출·입 구간에서 다음 곡선구간까지의 거리에 따라 주행행태가 변화되는 상황에 맞게 운전자들이 쾌적하고 안전하게 다음 구간에 진입할 수 있는 주행속도를 제시하였으며, 주행 중인 속도에 따라 곡선구간에 진입하기 위한 감속시작 거리를 실험을 통해 도출함

○ 곡선진출, 진입 구간의 안전속도는 $V_{Safety\ Speed\ of\ Acceleration}$, $V_{Safety\ Speed\ of\ Deceleraion}$ 으로 명명하고 각각 $V_{S.S.A}$, $V_{S.S.D}$로 표기함

<table>
<tr><td rowspan="2">case 1</td><td>
</td></tr>
<tr><td>
</td></tr>
<tr><td>case 2</td><td>
</td></tr>
<tr><td>case 3</td><td>
</td></tr>
</table>

<그림 3-4-8> 곡선 진출·입 구간 유형 구분

# 제4-4절 안전속도 모형개발 및 검증

## 1. 실험개요

### 가. 실험장비

○ 본 연구에서 개발된 안전속도 모형은 다양한 주행실험을 기반으로 개발하게 되고 주행실험 시 지능형 주행기록장치와 주행기록 실시간 측정 프로그램(Data logger) 등을 사용함

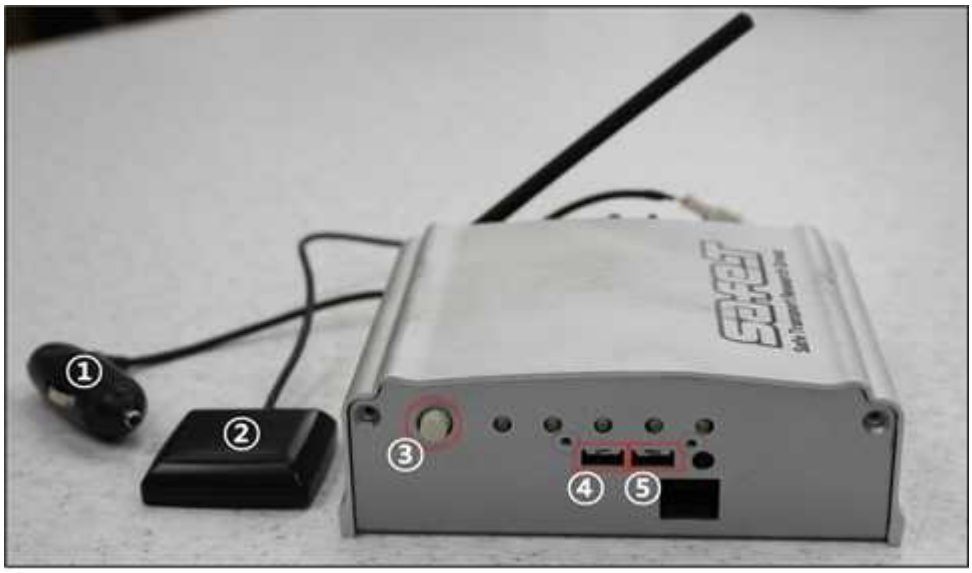
#### (1) 지능형 주행 기록장치

○ 본 장비는 GPS 모듈, G-센서, Yaw-rate 센서를 탑재하여 현재위치, 속도, 시간, 회전 각속도(Yaw-rate), 횡방향 가속도, 종 방향 가속도, 종 방향 감속도 등을 알 수 있고, 추후 도로관리자 혹은 지자체에서 실차 실험 시 어떠한 차량에도 간편하게 탈부착이 가능하도록 소형화된 장비임

○ 차량에 장착 할 경우 차량의 충격 및 진동이 잘 감지 되도록 차체에 장착하게 되며 열 발생이 적은 위치에 장착하여야 하며, 메인 Electronic Control Unit(ECU)의 경우 외부 충격이 최소화 될 수 있는 위치, 배선을 고려한 장착·탈착이 용이한 위치를 선정해야 함

<표 3-4-5> 지능형 주행 기록장치의 측정 항목

| 주요기능 | 측정 항목 |
|---|---|
| G 센서 | 횡/종 방향 가속도 (단위:G) |
| Yaw rate | 회전각속도(단위:deg/sec) |
| GPS 모듈 | 차량위치(위도, 경도), 시간(sec), 속도(단위:km/h) |




<그림 3-4-9> 지능형 주행 기록장치

<표 3-4-6> 지능형 주행 기록장치 부분별 명칭

| 기호 | 장치 |
|---|---|
| ① | 시거잭 |
| ② | GPS 수신장치 |
| ③ | Event 버튼 |
| ④ | GPS 스위치 |
| ⑤ | Save 버튼 |

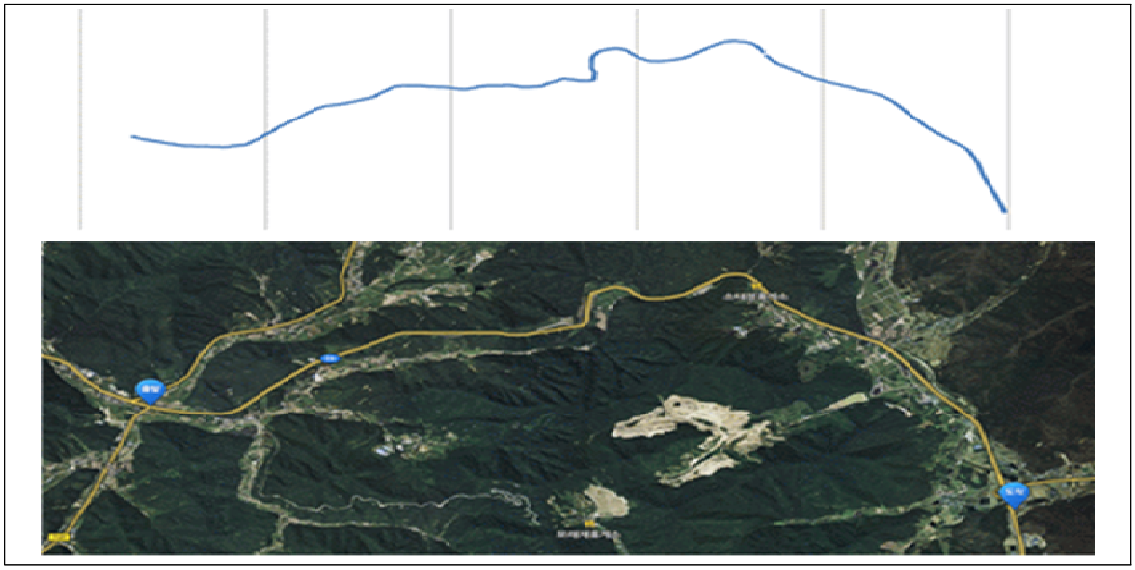
○ <표 3-4-6>에서는 지능형 주행 기록장치의 부분별 명칭이며, 지능형 주행 기록장치의 하드웨어 사양은 <표 3-4-7>에 제시하였음

<표 3-4-7> 지능형 주행기록장치 하드웨어 사양

| 항목 | 주요 사양 | 비고 |
|---|---|---|
| 동작 환경 | - 전압 : 차량 전압 환경에 적합, 8V~ 38V<br>- 작동온도 : -20℃~+70℃<br>- 모든 입력은 과전압에 보호<br>- 기타동작 환경은 JASO 및 SAE 규격에서 정의하는 자동차 표준 규격 적격 | |
| 전원부 | - Li-ion 배터리<br>- 72시간 동작(CDMA 통신 제외)<br>- 차량용 시거잭 연결 케이블 | |
| CPU | - 단말기 OS : Windows CE<br>- CPU : 삼성 S3C6410 533MHz<br>- ROM : 32Mb<br>- RAM : 512Mb | |
| 저장 매체 | - 4G SD 카드 | |
| G-센서 (횡/종 가속도) | - 모델명 : Analog Device ADXL330<br>- 3-Axis Sensing<br>- 측정범위 : -3.0G~+3.0G | 센서모듈 |
| Yaw Rate 센서 | - 모델명 : MURATA ENV-05G<br>- 측정범위 : -70.0 deg/sec ~ +70.0 deg/sec | 센서모듈 |
| High G-센서 (Yaw-Rate) | - 모델명 : Analog Device ADXL78<br>- 측정범위 : -50.0G ~ +50.0G | 센서모듈 |
| GPS 모듈 | - LES-4S U-blox GPS 모듈<br>- 데이터 수신 주기 : 1 Hz<br>- Baudrate : 9600bps, 115200bps | GPS 모듈 |
| 통신 모듈 | - 모델명 : 에니테어터넷 LGT DTL-1800K | |
| 케이스 및 커넥터 | - 내열성, 내한성, 내충격성, 기밀성, 내식성 확보<br>- 차량용 커넥터를 이용한 내구성 및 안정성 확보 | |
| 고장 진단 | - LED 인터페이스 | |

○ 주행궤적(GPS)의 신뢰성을 검증하기 위하여 실제 주행구간과 GPS로 얻어진 주행궤적을 확인해 보았음

○ <그림 3-4-10>은 GPS를 통해 얻어진 좌표계를 나열한 모습과 실제 주행한 도로를 나타낸 것임



<그림 3-4-10> 실제 주행구간과 GPS를 통해 표현된 주행궤적 비교

○ <그림 3-4-11>은 GPS 주행 궤적과 실제 주행구간을 겹쳐 놓은 것으로 실제 주행한 궤적과 주행구간이 높은 정확도로 일치하는 것을 알 수 있음



<그림 3-4-11> GPS 주행 궤적과 실제주행 구간을 겹쳐 놓은 모습

(2) 주행기록 실시간 측정 프로그램(Data logger)

○ <그림 3-4-12>, <표 3-4-8>는 지능형 주행 기록장치에서 측정된 자료를 실시간으로 전송 받아 노트북에서 그래픽 형태로 나타낼 수 있도록 만들어진 프로그램과 각 부분별 명칭을 나타냄

○ 해당 프로그램은 피 실험자의 주행 궤적과 속도, 종 방향 및 횡방향 가/감속, Yaw-rate등을 사용자가 인식하기 쉽도록 그래프 및 게이지 형태로 보여지고 초당 자료의 저장개수 또한, 조절이 가능함




<그림 3-4-12> 주행 기록 실시간 측정 프로그램

<표 3-4-8> 주행 기록 실시간 측정 프로그램 부분별 명칭소개

| 기호 | 장치 |
|---|---|
| ① | 주행속도(그래프 형태) |
| ② | GPS 좌표 |
| ③ | Yaw-rate |
| ④ | 횡방향 가속도(G) |
| ⑤ | 종 방향 가속도(G) |
| ⑥ | 주행속도(km/h) |
| ⑦ | Stop 버튼 |
| ⑧ | Save 버튼 |

나. 실험 대상지

○ 실험은 곡선반경에 따른 안전주행행태 분석실험, 기상·노면상태에 따른 안전주행행태 분석실험, 직선구간 안전주행행태 분석실험으로 구분하여 진행함

○ 기본적으로 주행실험은 맑은 날씨의 노면건조인 상황에서 진행되었고 기상·노면상태에 따른 안전주행행태 분석실험은 습윤, 비, 눈, 결빙 네 가지 경우로 진행하였음

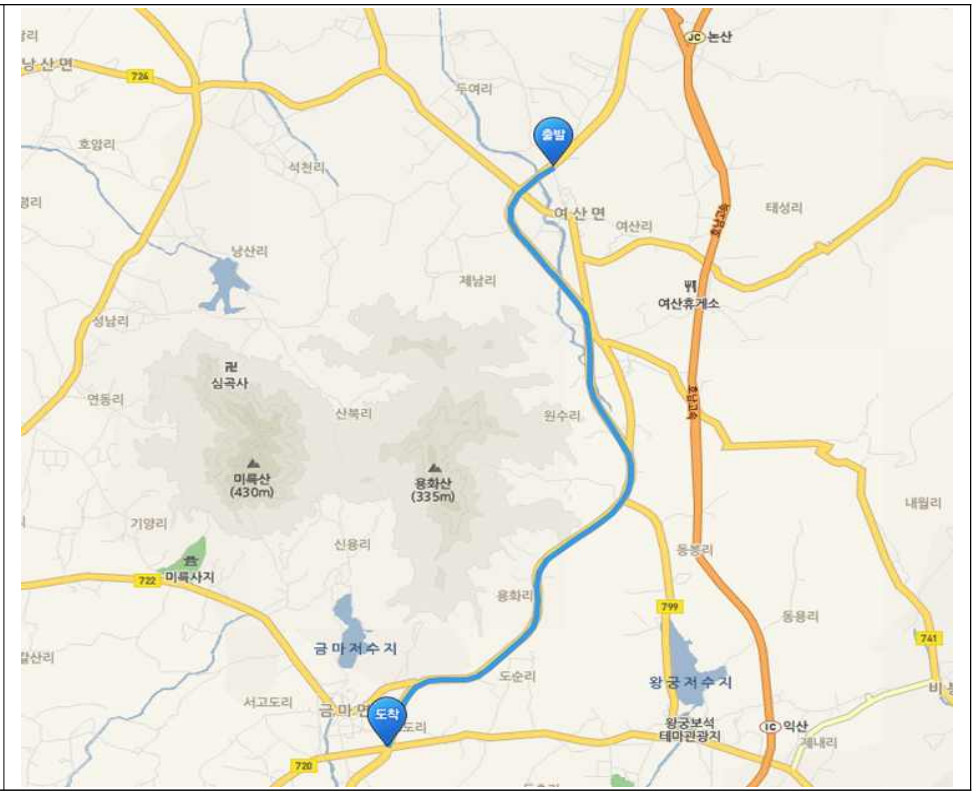
○ 본 연구에서는 왕복 4차로와 왕복 2차로를 대상으로 실험을 진행하였으며, 실험대상지의 선정 기준은 다음과 같음

-평면선형과 종단선형의 조합이 다양하게 이루어진 구간

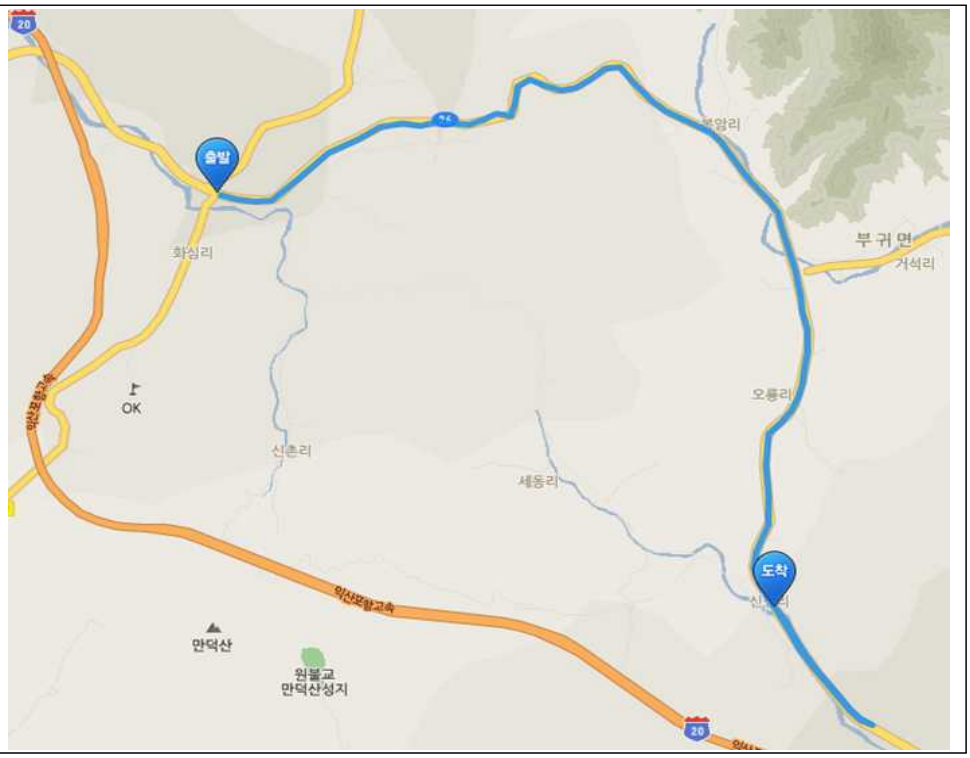
-교통관제시설 및 과속단속카메라의 영향이 최소인 구간

-교통량이 적어 실험을 하는데 있어 다른 차량의 방해를 최소화 하는 구간

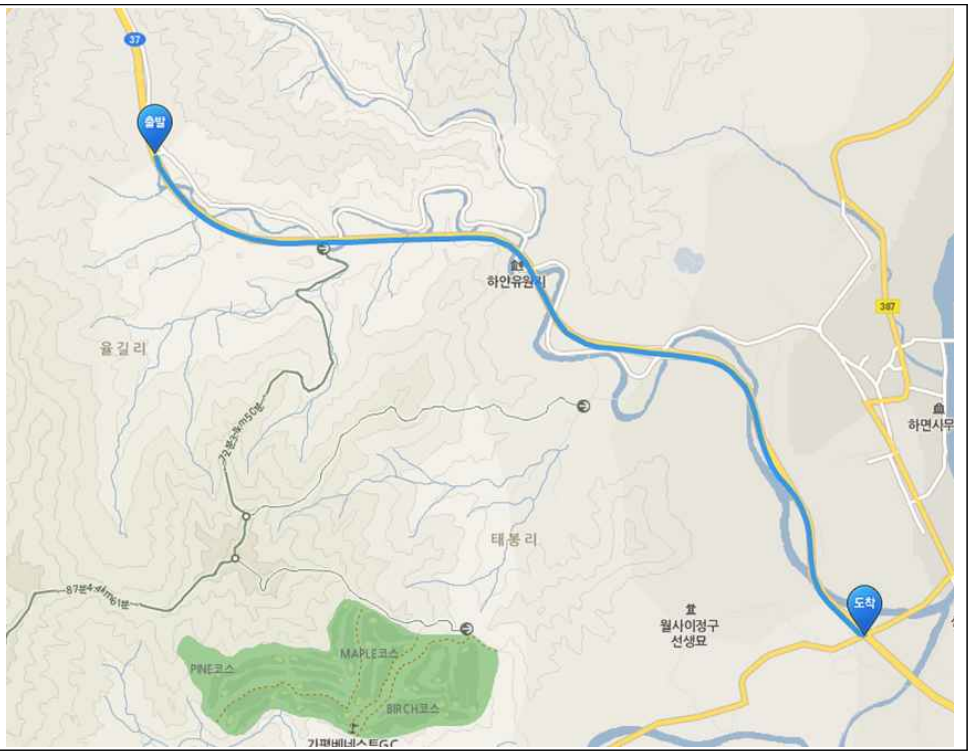
○ 위의 3가지 기준을 대체로 만족하여 실험대상구간으로 선정한 노선은 <그림 3-4-13>~<그림 3-4-18>에 제시함

| | |
|---|---|
| 왕복<br>4차로<br>(1호선) |  |

<그림 3-4-13> 전라북도 익산시 여산면 여산교차로~ 금마면 금마교차로 (10.3km)

| | |
|---|---|
| 왕복<br>4차로<br>(26호선) |  |

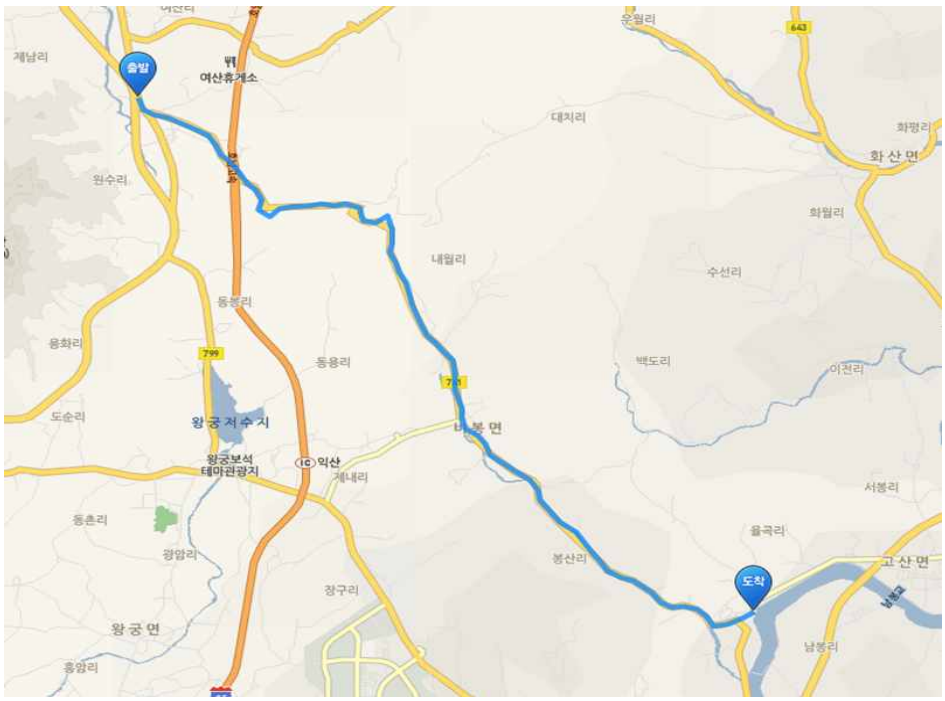
<그림 3-4-14> 전라북도 진안군 소양면 화심교차로~ 부귀면 서판사거리 (13.8km)

| | |
|---|---|
| 왕복<br>4차로<br>(37호선) |  |

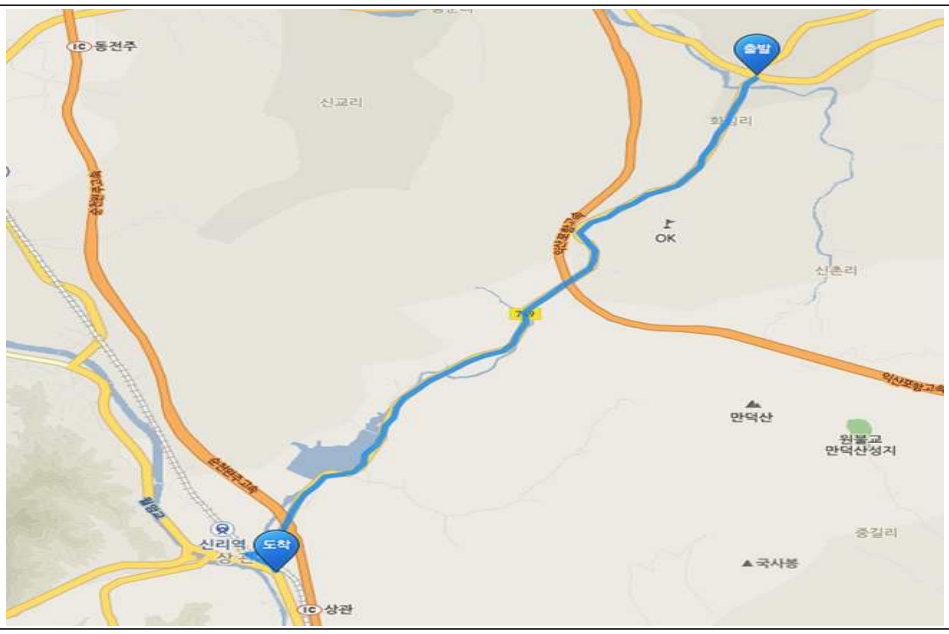
<그림 3-4-15> 경기도 가평군 상면 율길교차로~ 상면 연하교차로 (6.7km)

| | |
|---|---|
| 왕복<br>2차로<br>(387호선) |  |

<그림 3-4-16> 경기도 남양주시 수동면 운수교차로~ 가평군 상면 연하교차로 (19.4km)

| | |
|---|---|
| 왕복<br>2차로<br>(741호선) |  |

<그림 3-4-17> 전라북도 익산시 여산면 신리교차로~ 완주군 고산면 어우교차로 (14.4km)

| | |
|---|---|
| 왕복<br>2차로<br>(749호선) |  |

<그림 3-4-18> 전라북도 진안군 소양면 화심교차로~ 상관면 신리삼거리 (11.6km)

○ 본 연구에서는 실험구간에 대해 피 실험자들의 쾌적하고 안전함을 느끼는 주행속도 자료를 취득하고 동일한 기상환경에서 실험하기 위해 인접한 왕복 4차로와 왕복 2차로 도로를 선정하였음

○ 실험을 진행하는데 있어 신호등과 횡단보도의 영향을 최소화 하고자 교차로와 교차로 사이의 구간을 지정하였으며, 실험 대상구간의 도로기하구조 특징을 나타냄

○ 실험 대상구간은 왕복 4차로의 경우 중앙분리대가 존재하며 곡선반경 300m에서 1040m, 종단경사의 경우 -3.4~4% 까지 존재하며, 왕복 2차로의 경우 중앙분리대가 설치되어 있지 않고 곡선반경은 50~500m로 다양하게 분포하고 있으며 종단경사는 -6.8~7.9%까지 왕복 4차로에 비해 경사가 급함

<표 3-4-9> 실험 대상구간 특성

| 구분 | 왕복 4차로 | 왕복 2차로 |
|---|---|---|
| 중앙분리대 | 있음 | 없음 |
| 곡선반경 | 300~1040m | 50~500m |
| 종단경사 | -3.4~4% | -6.8~7.9% |
| 제한속도 | 80km/h | 60km/h |
| 교통관제시설 | 영향이 최소화되는 지점 | |

○ 왕복 2차로의 경우 중앙분리대가 설치되어 있지 않고 곡선반경은 50~500m로 다양하게 분포하고 있으며 종단경사는 -6.8~7.9%까지 왕복 4차로에 비해 경사가 급함

○ 노면 습윤인 경우는 비가 그치고 난 뒤 노면이 젖은 상태에서 실험을 진행하였으며, 비와 눈의 경우는 비와 눈이 내리고 있는 상황에서 진행하였으며, 결빙인 상태는 눈이 온 다음날 눈이 노면에 얼어붙은 상태일 때 진행하였음

○ 실험 일자와 실험 당시의 기상상태는 <표 3-4-10>, <그림 3-4-19> ~ <그림 3-4-22>와 같음

<표 3-4-10> 실험 일자와 기상상태

| 구분 | 실험일자 | 기상상태 | 지 역 |
|---|---|---|---|
| 노면 건조 | 2011.11.03. | 기온: 영상 20도 | 익산,진안 |
| | 2011.11.25. | 기온: 영상 3도 | 익산,진안 |
| | 2011.11.28. | 기온: 영상 13도 | 익산,진안 |
| 습윤 | 2011.11.27. | 기온: 영상 12도<br>강수량: 3mm | 남양주,가평 |
| | 2011.11.17. | 기온: 영상 14도<br>강수량: 2mm | 익산,진안 |
| | 2012.03.04. | 기온: 영상 8도<br>강수량: 4mm | 익산,진안 |
| 비 | 2011.11.05. | 기온: 영상 18도<br>강수량: 29mm | 익산,진안 |
| | 2011.11.30. | 기온: 영상 8도<br>강수량: 32mm | 남양주,가평 |
| | 2011.11.23. | 기온: 영상 4도<br>강수량: 21.5mm | 익산,진안 |
| 눈 | 2012.01.31. | 기온: 영하 14도<br>적설량: 7cm | 남양주,가평 |
| | 2012.01.04. | 기온: 영하 3도<br>적설량: 4.5cm | 익산,진안 |
| | 2012.02.09. | 기온: 영하 4도<br>적설량: 4.8cm | 익산,진안 |
| 결빙 | 2012.02.01. | 기온: 영하 19도 | 남양주,가평 |
| | 2012.01.05. | 기온: 영하 6도 | 익산,진안 |
| | 2012.02.10. | 기온: 영하 5도 | 남양주,가평 |



<그림 3-4-19> 노면 습윤의 경우 실험사진



<그림 3-4-20> 비가 내리는 경우 실험사진



<그림 3-4-21> 눈이 쌓인 경우 실험사진



<그림 3-4-22> 노면결빙의 경우 실험사진

다. 피 실험자 구성

○ 각 노선별 피 실험자들을 30명~40명으로 구성하였으며, 피 실험자 구성은 성별, 연령, 사고경험을 고려하여 시각기능에 이상이 없는 25세~39세 남성과 여성으로 구성하였음 <표 3-4-11>

○ 피 실험자들은 노면건조 상황에서의 안전주행실험과 각 기상·노면상태별 안전주행실험을 실시함

<표 3-4-11> 노선별 피 실험자 성별, 인원 및 사고경험

| 노선 | 성별 및 인원 | | | | 사고 경험 |
|---|---|---|---|---|---|
| 왕복 4차로 (국도 1호선) | 30명 | 남성 | 25-29세 | 7명 | 무 |
| | | | 30-39세 | 7명 | 무 |
| | | | 40-49세 | 6명 | 무 |
| | | 여성 | 20-29세 | 3명 | 무 |
| | | | 30-39세 | 5명 | 무 |
| | | | 40-49세 | 2명 | 무 |
| 왕복 4차로 (국도 26호선) | 35명 | 남성 | 25-29세 | 6명 | 무 |
| | | | 30-39세 | 10명 | 무 |
| | | | 40-49세 | 4명 | 무 |
| | | 여성 | 20-29세 | 2명 | 무 |
| | | | 30-39세 | 5명 | 무 |
| | | | 40-49세 | 4명 | 무 |
| 왕복 4차로 (국도 37호선) | 33명 | 남성 | 25-29세 | 5명 | 무 |
| | | | 30-39세 | 10명 | 무 |
| | | | 40-49세 | 8명 | 무 |
| | | 여성 | 20-29세 | 3명 | 무 |
| | | | 30-39세 | 4명 | 무 |
| | | | 40-49세 | 3명 | 무 |

<표 3-4-11 계속> 노선별 피 실험자 성별, 인원 및 사고경험

| 노선 | 성별 및 인원 | | | | 사고 경험 |
|---|---|---|---|---|---|
| 왕복 2차로 (지방도 387호선) | 38명 | 남성 | 25-29세 | 8명 | 무 |
| | | | 30-39세 | 12명 | 무 |
| | | | 40-49세 | 6명 | 무 |
| | | 여성 | 20-29세 | 4명 | 무 |
| | | | 30-39세 | 5명 | 무 |
| | | | 40-49세 | 3명 | 무 |
| 왕복 2차로 (지방도 741호선) | 35명 | 남성 | 25-29세 | 7명 | 무 |
| | | | 30-39세 | 9명 | 무 |
| | | | 40-49세 | 7명 | 무 |
| | | 여성 | 20-29세 | 3명 | 무 |
| | | | 30-39세 | 5명 | 무 |
| | | | 40-49세 | 4명 | 무 |
| 왕복 2차로 (지방도 749호선) | 40명 | 남성 | 25-29세 | 9명 | 무 |
| | | | 30-39세 | 11명 | 무 |
| | | | 40-49세 | 7명 | 무 |
| | | 여성 | 20-29세 | 4명 | 무 |
| | | | 30-39세 | 5명 | 무 |
| | | | 40-49세 | 4명 | 무 |

라. 실험방법

○ 본 연구는 반복적인 주행실험을 통하여 안전속도모형을 도출하게 되는데, 피 실험자들이 주행실험에 임할 때 느끼는 심리적 불안감을 조사하기 위해 실험조사 양식를 만들어 피 실험자들에게 불안감을 느낄 경우 표시하도록 하였음

○ 다음은 곡선구간과 직선구간 주행실험 때 사용된 실험조사 양식의 일부분이고 불안감을 느낀 구간에서 O표시를 하였음

○ 실험조사 양식에서 과속 항목은 직선 구간의 경우 주행속도가 높아 감속을 하여도 다음 곡선구간에 안전하게 진입하지 못할 경우, 곡선 구간의 경우 주행속도가 높아 차로를 이탈할 것 같은 경우에 표시하도록 함

○ 가속은 곡선구간을 진출하여 직선구간에 진입 할 경우 가속으로 몸이 뒤로 젖혀지는 느낌을 받아 불쾌감을 느낀 경우, 감속은 곡선구간에 진입하기 위해 운전자의 브레이크 조작으로 속도차가 크게 발생하여 불쾌감을 느꼈을 경우, 쏠림은 곡선구간 주행 시 원심력에 의해 좌측 또는 우측으로 몸이 쏠려 불쾌감을 느낄 경우 표시하도록 함

○ 여기서 선형 C는 곡선구간, T는 직선구간을 의미함

○ <표 3-4-12>부터 <표 3-4-15>는 각 회차별 실제 실험조사 양식에 표시된 내용을 보인 것임

<표 3-4-12> 1회차 실험조사 양식

| 구간 | | 운전자 | | | | 동승자1 | | | | 동승자2 | | | | 동승자3 | | | | 동승자4 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 번호 | 선형 | 과속 | 가속 | 감속 | 쏠림 | 과속 | 가속 | 감속 | 쏠림 | 과속 | 가속 | 감속 | 쏠림 | 과속 | 가속 | 감속 | 쏠림 | 과속 | 가속 | 감속 | 쏠림 |
| 1 | C | O | | | | O | | | O | O | | | | O | | | O | | | | |
| 2 | T | | | | | O | O | | | O | | | | | | | | O | | | |
| 3 | C | | | O | O | | | | O | | | | O | | | O | | | | O | O |
| 4 | T | | O | | | | | | | | O | | | O | O | | | O | O | | |
| 5 | C | O | | | O | | | | | O | | | | O | | | | | | | O |
| 6 | T | O | | | | O | O | | | O | | O | | O | O | | | O | | | |
| 7 | C | | | O | O | | | O | O | | | | O | | | | | | | O | |
| 8 | T | | O | | | | | | | | O | | | | | | | | O | | |
| 9 | C | | | | | | | | | | | | | O | | | | O | | | |
| 10 | T | | | | | | | | | O | O | | | O | | | | | | | |
| 11 | C | | | | O | O | | | O | O | | | O | | | | | O | | | |
| 12 | T | | | | | | O | | | | | | | | | | | O | O | | |
| 13 | C | | | O | | | | | | | | O | O | O | | | O | | | O | |
| 14 | T | | | | | O | | | | O | | | | | | | | | | | |
| 합계 | | 12 | | | | 13 | | | | 16 | | | | 12 | | | | 14 | | | |

<표 3-4-13> 2회차 실험조사 양식

| 구간 | | 운전자 | | | | 동승자1 | | | | 동승자2 | | | | 동승자3 | | | | 동승자4 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 번호 | 선형 | 과속 | 가속 | 감속 | 쏠림 | 과속 | 가속 | 감속 | 쏠림 | 과속 | 가속 | 감속 | 쏠림 | 과속 | 가속 | 감속 | 쏠림 | 과속 | 가속 | 감속 | 쏠림 |
| 1 | C | O | | | | O | | | O | O | | | | O | | | O | O | | | |
| 2 | T | | | | | | O | | | O | | | | | | | | O | | | |
| 3 | C | | | O | O | | | | O | | | | O | | | O | | | | O | O |
| 4 | T | | | | | | | | | | O | | | O | O | | | O | | | |
| 5 | C | O | | | O | | | | | O | | | | O | | | | | | | O |
| 6 | T | | | | | O | O | | | | | O | | O | O | | | O | | | |
| 7 | C | | | O | O | | | O | | | | | O | | | | | | | O | |
| 8 | T | | O | | | | | | | | | | | | | | | | O | | |
| 9 | C | | | | | | | | | | | | | O | | | | O | | | |
| 10 | T | | | | | | | | | O | O | | | O | | | | | | | |
| 11 | C | | | | O | O | | | O | O | | | O | | | | | | | | |
| 12 | T | | | | | | O | | | | | | | | | | | O | O | | |
| 13 | C | | | O | | | | | | | | O | O | O | | | O | | | O | |
| 14 | T | | | | | O | | | | O | | | | | | | | | | | |
| 합계 | | 10 | | | | 10 | | | | 12 | | | | 12 | | | | 13 | | | |

<표 3-4-14> 3회차 실험조사 양식

| 구간 | | 운전자 | | | | 동승자1 | | | | 동승자2 | | | | 동승자3 | | | | 동승자4 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 번호 | 선형 | 과속 | 가속 | 감속 | 쏠림 | 과속 | 가속 | 감속 | 쏠림 | 과속 | 가속 | 감속 | 쏠림 | 과속 | 가속 | 감속 | 쏠림 | 과속 | 가속 | 감속 | 쏠림 |
| 1 | C | O | | | | O | | | O | O | | | | O | | | O | | | | |
| 2 | T | | | | | | O | | | | | | | | | | | O | | | |
| 3 | C | | | O | O | | | | O | | | | O | | | O | | | | O | O |
| 4 | T | | | | | | | | | | O | | | O | O | | | O | | | |
| 5 | C | O | | | O | | | | | O | | | | O | | | | | | | O |
| 6 | T | | | | | O | | | | | | | | O | O | | | O | | | |
| 7 | C | | | O | | | | O | | | | | O | | | | | | | | |
| 8 | T | | O | | | | | | | | O | | | | | | | | | | |
| 9 | C | | | | | | | | | | | | | O | | | | O | | | |
| 10 | T | | | | | | | | | O | | | | | | | | | | | |
| 11 | C | | | | O | O | | | O | | | | O | | | | | | | | |
| 12 | T | | | | | | O | | | | | | | | | | | O | | | |
| 13 | C | | | O | | | | | | | | | O | O | | | O | | | | |
| 14 | T | | | | | O | | | | O | | | | | | | | | | | |
| 합계 | | 6 | | | | 10 | | | | 10 | | | | 11 | | | | 8 | | | |

<표 3-4-15> 10회차 실험조사 양식

| 구간 | | 운전자 | | | | 동승자1 | | | | 동승자2 | | | | 동승자3 | | | | 동승자4 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 번호 | 선형 | 과속 | 가속 | 감속 | 쏠림 | 과속 | 가속 | 감속 | 쏠림 | 과속 | 가속 | 감속 | 쏠림 | 과속 | 가속 | 감속 | 쏠림 | 과속 | 가속 | 감속 | 쏠림 |
| 1 | C | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | T | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | C | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | T | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | C | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | T | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | C | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | T | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | C | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | T | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | C | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | T | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | C | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | T | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 합계 | | 0 | | | | 0 | | | | 0 | | | | 0 | | | | 0 | | | |

(1)곡선구간

○ 곡선반경에 따른 안전주행행태 분석실험에서는 피 실험자별로 1회차 부터 n회차까지 반복주행을 하게 되는데 1회차는 피 실험자가 실험구간을 자유주행하여 주행속도 자료를 취득함

○ 2회차 실험에서 피 실험자는 곡선반경별 물리식 속도로 주행하게 되며 2회차 실험에서 불안감을 느꼈던 곡선구간은 3회차 실험에서 10km/h 감속하여 주행하게 됨

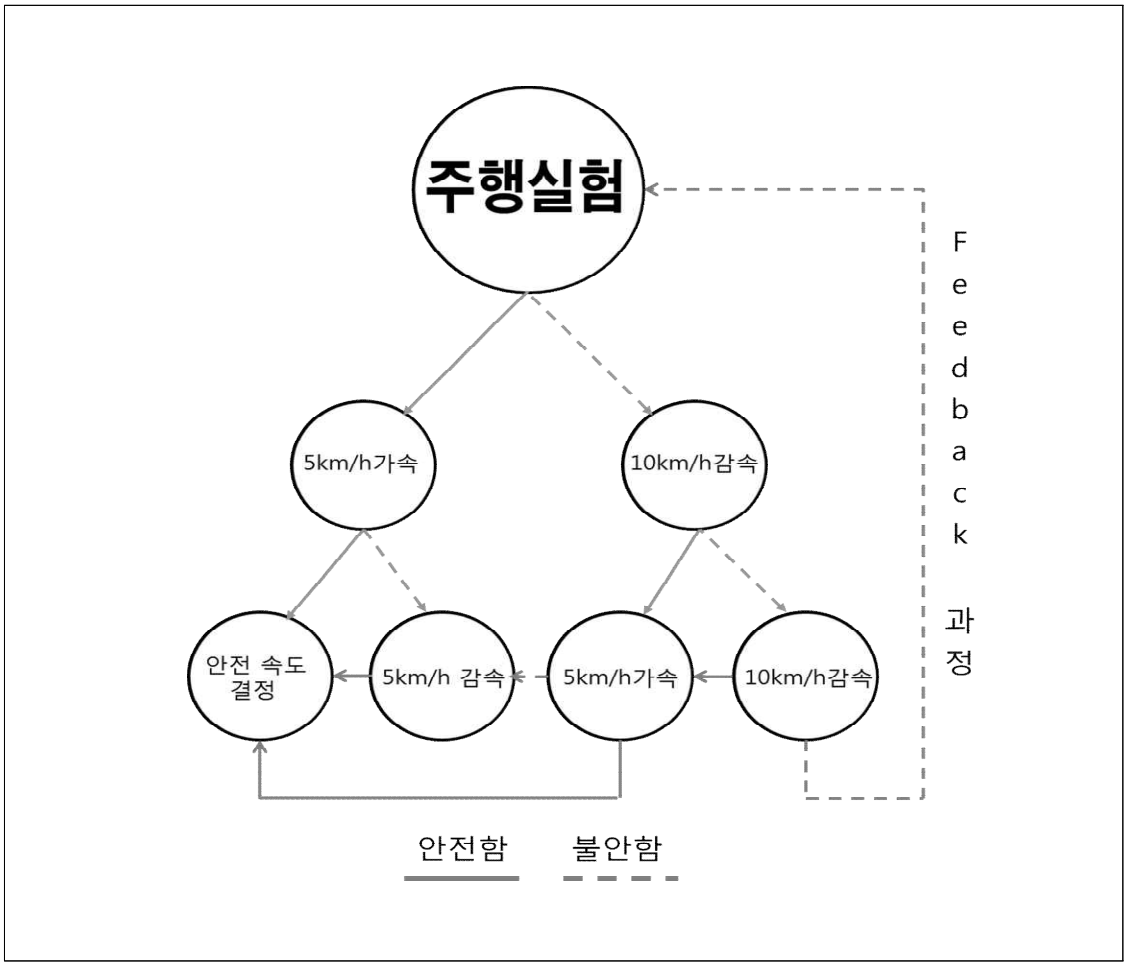
○ 이 실험방법을 반복하게 되어 피 실험자가 곡선구간에서 주행한 속도가 쾌적하고 안전하다고 느낀다면 다음 회차 실험에서 5km/h를 가속하여 주행하게 되는데, 5km/h를 가속하여도 안전함을 느낀다면 비로소 그 곡선구간에서의 안전속도로 결정되게 됨

○ 그러나, 5km/h 가속하였을 경우 불안감을 느꼈다면 5km/h 가속 전의 속도가 곡

선구간에서 안전속도로 판단하게 됨

○ 이 반복적인 주행실험은 운전자와 동승자 4명을 대상으로 한 심리적 불감 설문조사를 곡선구간을 통과할 때 마다 실시하여 실험조사 양식에 표시하였으며, 실시한 설문조사 중에 곡선구간에서 불안감을 느낀 피 실험자가 있을 경우 다음 회차 주행실험에서 수정된 속도로 주행토록 하였음

○ 기상·노면상태에 따른 안전주행행태 계수를 산출하는 실험은 곡선반경에 따른 실험과 동일하게 진행되었으며, 모든 실험의 경우 자유교통류 상태에서 실험을 진행하기 위해 주변차량의 방해, 신호등으로 인한 속도저하가 일어난 자료는 제외하였음




<그림 3-4-23> 곡선구간 주행실험 방법 흐름도

(2)직선구간

○ 일반적으로 곡선구간 다음구간에 직선구간이 존재하는데, 곡선구간을 진출한 피실험자들은 진출 속도에서 쾌적하고 안전함을 느끼는 직선구간의 주행속도까지 가속을 하여 일정한 속도로 주행하게 됨

○ 이때 1회차부터 n회차까지 진행되는 곡선구간의 실험에서 각 회차별로 진출속도가 다르기 때문에 각각의 회차에서 안전하다고 느끼는 가속도와 직선구간의 일정한 속도가 다르게 나타나게 됨

○ 최종적으로 n회차에서 피 실험자가 쾌적하고 안전함을 느끼며 곡선구간을 진출하였을 때 직선구간에서 가속 후 쾌적함과 안전함을 느껴 더 이상 가속하지 않고 일정한 속도에 다다르면 이때의 일정한 속도를 직선구간에서 안전속도로 판단함

○ 직선구간도 곡선구간과 마찬가지로 운전자와 동승자 4명이 실험조사 양식에 심리적 불안감을 느낀 항목에 대해서 표시하도록 함

(3) 곡선 진출・입 구간

○ 곡선 진출・입 구간에 대해 진행한 실험은 따로 진행되지 않고 수집된 주행속도 자료를 토대로 분석을 하였으며, 주어진 자료를 통하여 감속시작지점을 찾고 곡선 진출·입 구간의 유형을 구분함

## 2. 자료수집 및 정리

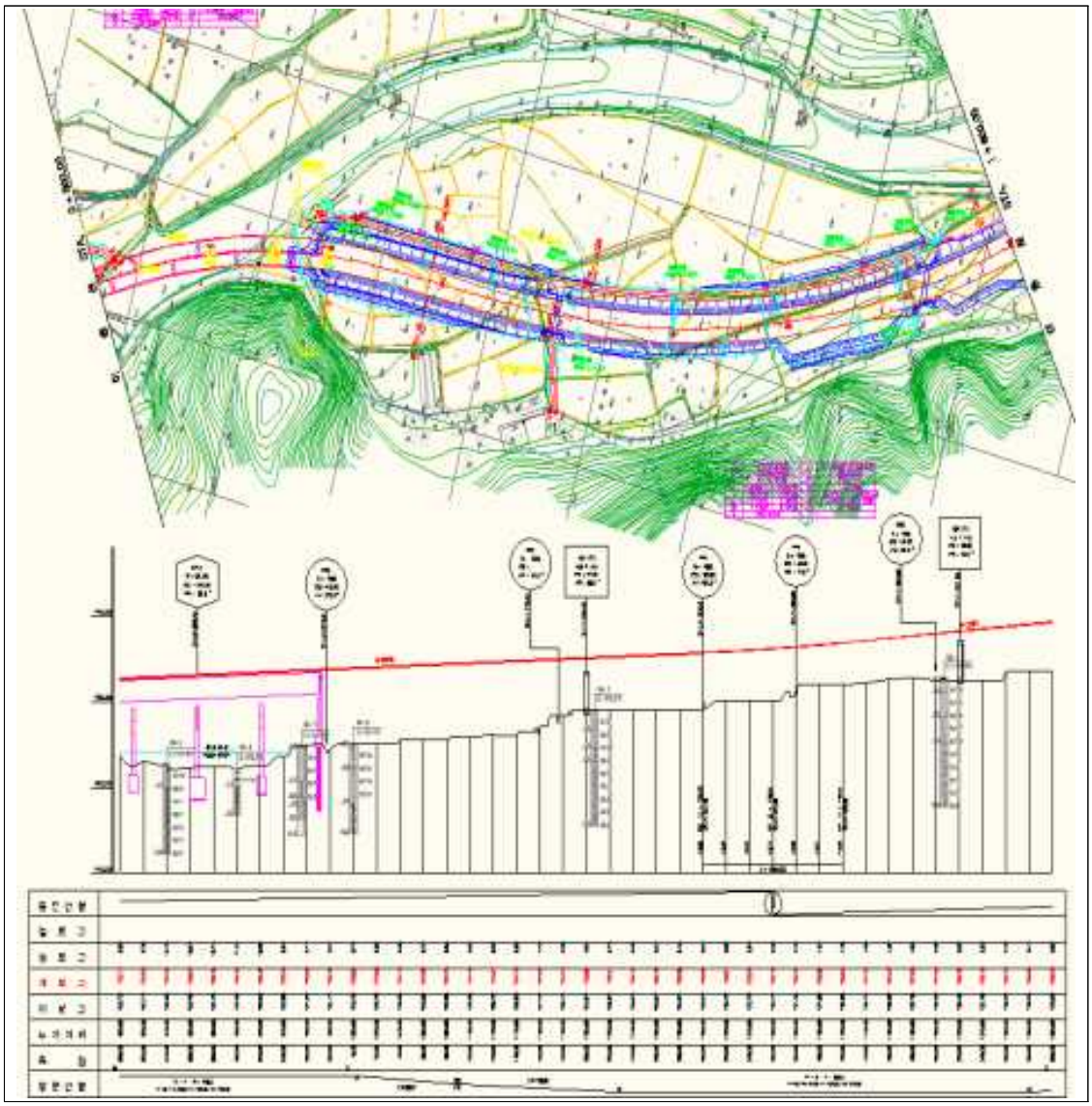
○ 지능형 주행 기록 장치를 통해 수집된 속도자료를 주행 기록 실시간 측정 프로그램을 사용하여 텍스트파일 형태로 저장하였으며, 저장되는 파일 형태는 다음 <표 3-4-16>과 같음

<표 3-4-16> 실험을 통해 취득할 수 있는 자료 형태 (예시)

| 종가속도 (G) | 횡가속도 (G) | Yaw-rate | GPS좌표 | | 주행속도 (km/h) |
|---|---|---|---|---|---|
| -0.05 | -0.09 | 0.7 | 37.49308 | 127.1949 | 76 |
| -0.05 | -0.09 | 0.7 | 37.49308 | 127.1949 | 76 |
| -0.05 | -0.09 | 0.8 | 37.49309 | 127.1948 | 76 |
| -0.05 | -0.09 | 0.8 | 37.49309 | 127.1948 | 76 |
| -0.05 | -0.09 | 0.8 | 37.49309 | 127.1948 | 76 |
| -0.05 | -0.09 | 0.8 | 37.49309 | 127.1948 | 75 |
| -0.05 | -0.09 | 0.9 | 37.4931 | 127.1948 | 75 |
| -0.05 | -0.09 | 0.9 | 37.4931 | 127.1948 | 75 |
| -0.05 | -0.09 | 0.9 | 37.4931 | 127.1948 | 75 |
| -0.04 | -0.09 | 1 | 37.49311 | 127.1947 | 75 |
| -0.04 | -0.08 | 1 | 37.49311 | 127.1947 | 75 |
| -0.04 | -0.08 | 1 | 37.49311 | 127.1947 | 74 |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ |

○ <그림 3-4-24>와 같이 설계도면은 20m 단위로 이정이 설치되어 있고 평면선형, 종단선형, 진출·입 지점 그리고 기타 표지판 등이 자세하게 표시되어 있음

○ 설계도면에 나타나있는 정보가 20m 단위이기 때문에 실험구간의 설계도면을 20m로 구분하여 도로기하구조 정보를 파일로 구축함



<그림 3-4-24> 실험대상지 설계도면 예시(국도37호선)

○ 본 연구에서는 설계도면을 통해 20m 단위로 구축된 도로기하구조 파일과 주행실험을 통해 취득한 주행속도 자료를 누적거리를 이용하여 도로기하구조 자료와 매칭 작업을 실시함

○ 매칭된 자료를 토대로 곡선구간, 직선구간을 구분하고 곡선과 다음곡선 사이의 길이에 따라 곡선구간 진출·입 구간의 유형을 분석 할 수 있으며, 도로기하구조 자료와 주행속도자료를 매칭 시킨 통합자료를 제시함

<표 3-4-17> 도로기하구조 정보와 주행속도가 매칭 된 자료

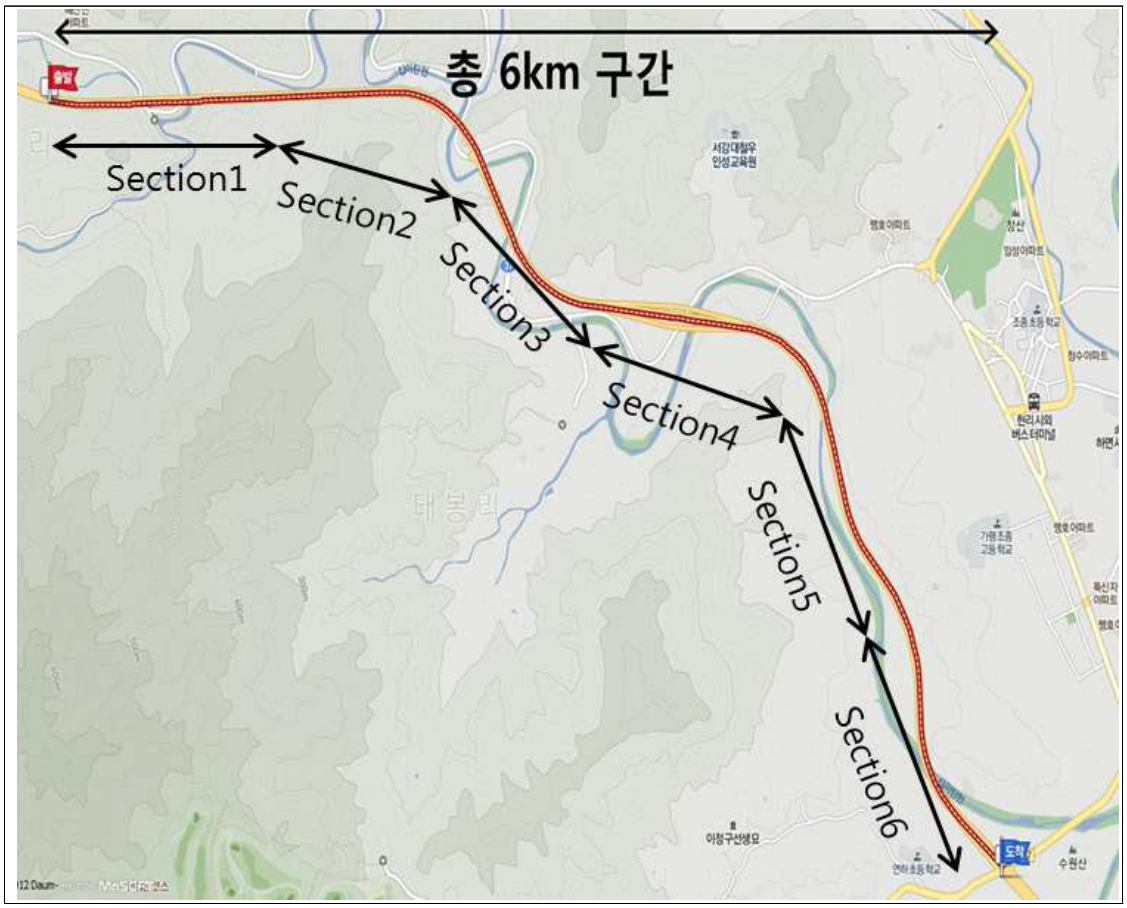
| 도로구분 | 호선 | Station | | 곡선반경 (m) | 종단구배 (%) | 누적거리 (m) | 주행속도 (km/h) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 왕복 4차로 | 37 | 6 | 480 | 1005 | 2.20 | 0 | 93 |
| 왕복 4차로 | 37 | 6 | 460 | 1005 | 2.20 | 20 | 93 |
| 왕복 4차로 | 37 | 6 | 440 | 1005 | 2.20 | 40 | 93 |
| 왕복 4차로 | 37 | 6 | 420 | 1005 | 2.20 | 60 | 93 |
| 왕복 4차로 | 37 | 6 | 400 | 1005 | 2.20 | 80 | 94 |
| 왕복 4차로 | 37 | 6 | 380 | 1005 | 2.20 | 100 | 95 |
| 왕복 4차로 | 37 | 6 | 360 | 1005 | 2.20 | 120 | 95 |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ | | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| 왕복 4차로 | 37 | 2 | 120 | | 1.62 | 5280 | 89 |
| 왕복 4차로 | 37 | 2 | 100 | | 1.62 | 5300 | 88 |
| 왕복 4차로 | 37 | 2 | 80 | | 1.62 | 5320 | 87 |
| 왕복 4차로 | 37 | 2 | 60 | | 1.62 | 5340 | 86 |
| 왕복 4차로 | 37 | 2 | 40 | | 1.62 | 5360 | 84 |
| 왕복 4차로 | 37 | 2 | 20 | | 1.62 | 5380 | 83 |
| 왕복 4차로 | 37 | 2 | 0 | | 1.32 | 5400 | 81 |
| 왕복 4차로 | 37 | 1 | 980 | | 1.32 | 5420 | 80 |
| 왕복 4차로 | 37 | 1 | 960 | | 1.32 | 5440 | 79 |
| 왕복 4차로 | 37 | 1 | 940 | 530 | 1.32 | 5460 | 78 |
| 왕복 4차로 | 37 | 1 | 920 | 530 | 1.32 | 5480 | 78 |
| 왕복 4차로 | 37 | 1 | 900 | 530 | 1.32 | 5500 | 78 |

가. 주행 자료의 보편성

○ 본 연구는 피 실험자들의 실험을 통해 얻어진 주행 자료를 바탕으로 진행되기 때문에 피 실험자들로부터 얻어진 주행 자료가 실제 도로에서 주행하는 차량들을 대표 할 수 있는 보편성 확보가 선결되어야 함

○ 따라서 피 실험자들의 1회차 주행 자료와 실제 주행차량의 주행 자료를 비교 분석하여 통계적으로 차이가 없음을 보인다면 실험을 통해 얻어진 주행 자료가 보편성을 나타낼 수 있음

○ 보편성을 확보하기 위한 실제 주행차량의 주행 자료는 기존 실험대상지였던 국도 37호선의 6km구간을 <그림 3-4-25>과 같이 1km 단위의 6개 구간으로 구분하여 평균주행속도를 비교함




<그림 3-4-25> 보편성 확보하기 위한 실제주행 차량 주행 자료 획득 구간

○ 실제 주행차량의 주행 자료는 실제 주행차량을 일정한 간격으로 유지하면서 뒤따르며 주행 자료를 획득하였으며, 30명 피 실험자의 주행 자료와 30대의 실제 주행차량의 6개 구간별 주행속도는 <표 3-4-18>, <표 3-4-19>와 같음

<표 3-4-18> 피 실험자의 구간별 평균 주행속도 (단위:km/h)

| 피 실험자 | Section1 | Section2 | Section3 | Section4 | Section5 | Section6 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 93 | 87 | 92 | 91 | 87 | 86 |
| 2 | 95 | 96 | 89 | 88 | 87 | 89 |
| 3 | 89 | 97 | 81 | 84 | 76 | 80 |
| 4 | 90 | 98 | 82 | 84 | 77 | 82 |
| 5 | 93 | 94 | 80 | 83 | 76 | 77 |
| 6 | 88 | 90 | 78 | 81 | 81 | 80 |
| 7 | 91 | 100 | 99 | 87 | 75 | 81 |
| 8 | 91 | 100 | 99 | 87 | 75 | 81 |
| 9 | 112 | 114 | 94 | 78 | 77 | 85 |
| 10 | 88 | 91 | 84 | 82 | 80 | 82 |
| 11 | 86 | 87 | 82 | 79 | 78 | 80 |
| 12 | 96 | 91 | 96 | 94 | 92 | 90 |
| 13 | 94 | 89 | 94 | 92 | 90 | 88 |
| 14 | 100 | 101 | 94 | 91 | 94 | 92 |
| 15 | 87 | 93 | 78 | 81 | 73 | 76 |
| 16 | 91 | 101 | 84 | 86 | 79 | 84 |
| 17 | 101 | 103 | 97 | 92 | 96 | 95 |
| 18 | 99 | 100 | 93 | 90 | 93 | 90 |
| 19 | 93 | 101 | 102 | 91 | 75 | 82 |
| 20 | 93 | 101 | 102 | 91 | 75 | 82 |
| 21 | 114 | 117 | 97 | 81 | 77 | 87 |
| 22 | 90 | 93 | 86 | 84 | 82 | 83 |
| 23 | 90 | 98 | 82 | 85 | 77 | 82 |
| 24 | 98 | 92 | 97 | 95 | 95 | 92 |
| 25 | 96 | 90 | 96 | 93 | 92 | 90 |
| 26 | 101 | 103 | 97 | 92 | 96 | 95 |
| 27 | 88 | 96 | 80 | 83 | 75 | 79 |
| 28 | 93 | 103 | 84 | 86 | 81 | 85 |
| 29 | 103 | 106 | 99 | 94 | 98 | 97 |
| 30 | 100 | 102 | 95 | 91 | 95 | 93 |

<표 3-4-19> 실제 주행차량의 구간별 평균주행속도 (단위:km/h)

| 실제차량 | Section1 | Section2 | Section3 | Section4 | Section5 | Section6 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 96 | 92 | 95 | 89 | 91 | 81 |
| 2 | 92 | 91 | 94 | 87 | 95 | 85 |
| 3 | 93 | 102 | 83 | 87 | 73 | 75 |
| 4 | 86 | 93 | 96 | 87 | 92 | 85 |
| 5 | 97 | 99 | 82 | 83 | 78 | 73 |
| 6 | 85 | 85 | 88 | 76 | 79 | 77 |
| 7 | 95 | 103 | 102 | 100 | 82 | 77 |
| 8 | 87 | 93 | 98 | 94 | 82 | 83 |
| 9 | 106 | 118 | 97 | 88 | 82 | 89 |
| 10 | 91 | 84 | 89 | 87 | 79 | 78 |
| 11 | 82 | 90 | 84 | 83 | 87 | 78 |
| 12 | 99 | 84 | 89 | 100 | 96 | 89 |
| 13 | 90 | 92 | 97 | 95 | 86 | 83 |
| 14 | 103 | 106 | 99 | 89 | 92 | 86 |
| 15 | 83 | 87 | 80 | 79 | 77 | 78 |
| 16 | 94 | 106 | 99 | 82 | 77 | 87 |
| 17 | 96 | 97 | 99 | 97 | 87 | 99 |
| 18 | 102 | 94 | 98 | 95 | 91 | 87 |
| 19 | 88 | 95 | 105 | 103 | 86 | 79 |
| 20 | 91 | 95 | 99 | 100 | 74 | 80 |
| 21 | 108 | 110 | 100 | 92 | 76 | 91 |
| 22 | 85 | 87 | 91 | 84 | 80 | 79 |
| 23 | 85 | 95 | 84 | 83 | 79 | 85 |
| 24 | 94 | 95 | 90 | 96 | 93 | 88 |
| 25 | 92 | 88 | 99 | 97 | 88 | 88 |
| 26 | 104 | 106 | 101 | 98 | 94 | 97 |
| 27 | 91 | 93 | 82 | 81 | 78 | 82 |
| 28 | 96 | 106 | 101 | 83 | 80 | 81 |
| 29 | 106 | 102 | 101 | 99 | 88 | 102 |
| 30 | 103 | 105 | 100 | 94 | 93 | 88 |

○ 6개 구간에 대하여 각각의 구간에서 총 60대 차량의 주행속도가 통계적으로 같은지를 검증하기 위하여 독립표본 t-test를 실시하였으며, 독립표본 t-test 통계검정에 대한 가설은 다음과 같음

**피 실험자와 실제주행차량의 평균주행속도 비교**

귀무가설(H0): 피 실험자와 실제주행차량의 평균주행속도는 같다.
대립가설(H1): 피 실험자와 실제주행차량의 평균주행속도는 같지 않다.

○ 독립표본 t-test결과 <표 3-4-20>과 같이 6개 구간 모두에 대해 유의확률이 0.05보다 크므로 귀무가설을 기각할 수 없으므로, 통계적으로 30명의 피 실험자와 실제 주행차량의 평균주행속도는 같다고 할 수 있음

○ 이러한 결과는 피 실험자의 1회차 주행속도는 도로상의 주행하고 있는 일반적인 차량의 주행속도를 대표한다고 할 수 있음

<표 3-4-20> 독립표본 t-test 결과

| 구간 | 등분산 가정 여부 | Levene의 등분산 검정 | | 평균의 동일성에 대한 t-검정 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | F | 유의확률 | t | 자유도 | 유의확률 (양쪽) | 평균차 | 차이의 표준오차 |
| 1번 | O | 0.504 | 0.481 | 0.470 | 58 | 0.640* | 0.8514 | 1.81077 |
| 2번 | O | 1.048 | .310 | 0.721 | 58 | 0.474* | 1.449 | 2.00834 |
| 3번 | O | 1.088 | .301 | -1.904 | 58 | 0.062* | -3.68 | 1.93151 |
| 4번 | X | - | - | -1.92 | 50.86 | 0.061* | -3.11 | 1.62189 |
| 5번 | O | 2.773 | 0.101 | -0.496 | 58 | 0.622* | -0.984 | 1.98333 |
| 6번 | O | 0.381 | 0.540 | 0.630 | 58 | 0.531* | 1.032 | 1.63849 |

*0.05수준에서 유의함

나. 곡선구간의 주행 자료

○ 왕복 4차로의 경우 24개의 곡선구간에서 17개의 곡선반경이 존재하였고 왕복 2차로의 경우 39개의 곡선구간에서 20개의 곡선반경이 존재함

○ 도로기하구조 자료와 주행속도 자료를 매칭시킨 통합자료에서 곡선반경별로 운전자들이 쾌적하고 안전함을 느낀 속도를 수집 정리하였으며, 최종적으로 곡선구간에서 곡선반경에 의한 운전자들이 쾌적함과 안전함을 느끼는 주행속도를 찾아 안전속도를 산출하기 위해 <표 3-4-21>, <표 3-4-22>와 같이 각각의 곡선반경에서의 주행속도형태 자료로 가공하였음

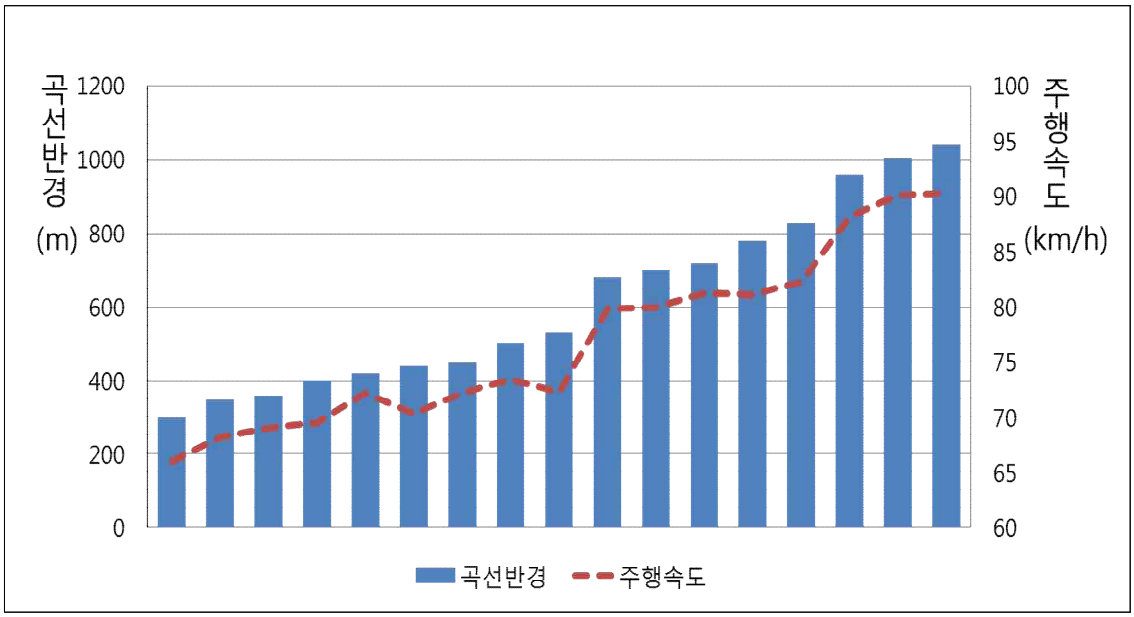
<표 3-4-21> 왕복 4차로 곡선반경에 따른 주행속도자료 구축형태

| 도로구분 (호선) | 곡선반경 | 쾌적함과 안전함을 느끼는 주행속도(km/h) | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 피 실험자1 | 피 실험자2 | 피 실험자3 | ・・・ |
| 26 | 300m | 65.1 | 64.3 | 68.0 | ・・・ |
| 26 | 350m | 66.2 | 68.1 | 67.1 | ・・・ |
| 26 | 360m | 67.1 | 69.0 | 68.0 | ・・・ |
| 1,26 | 400m | 66.5 | 68.0 | 67.0 | ・・・ |
| 1,37 | 420m | 75.8 | 65.1 | 67.8 | ・・・ |
| 37 | 440m | 82.3 | 68.7 | 81.1 | ・・・ |
| 26 | 450m | 83.8 | 74.0 | 82.6 | ・・・ |
| 1,26 | 500m | 79.8 | 69.1 | 69.7 | ・・・ |
| 37 | 530m | 84.7 | 80.8 | 90.0 | ・・・ |
| 37 | 680m | 81.9 | 83.0 | 81.7 | ・・・ |
| 1 | 700m | 89.0 | 84.7 | 82.7 | ・・・ |
| 1 | 720m | 88.3 | 80.0 | 78.3 | ・・・ |
| 26 | 780m | 87.8 | 80.2 | 77.8 | ・・・ |
| 1 | 830m | 85.4 | 84.9 | 78.9 | ・・・ |
| 26 | 960m | 88.9 | 93.3 | 89.5 | ・・・ |
| 37 | 1005m | 93.4 | 98.0 | 94.0 | ・・・ |
| 26 | 1040m | 93.6 | 98.3 | 94.2 | ・・・ |

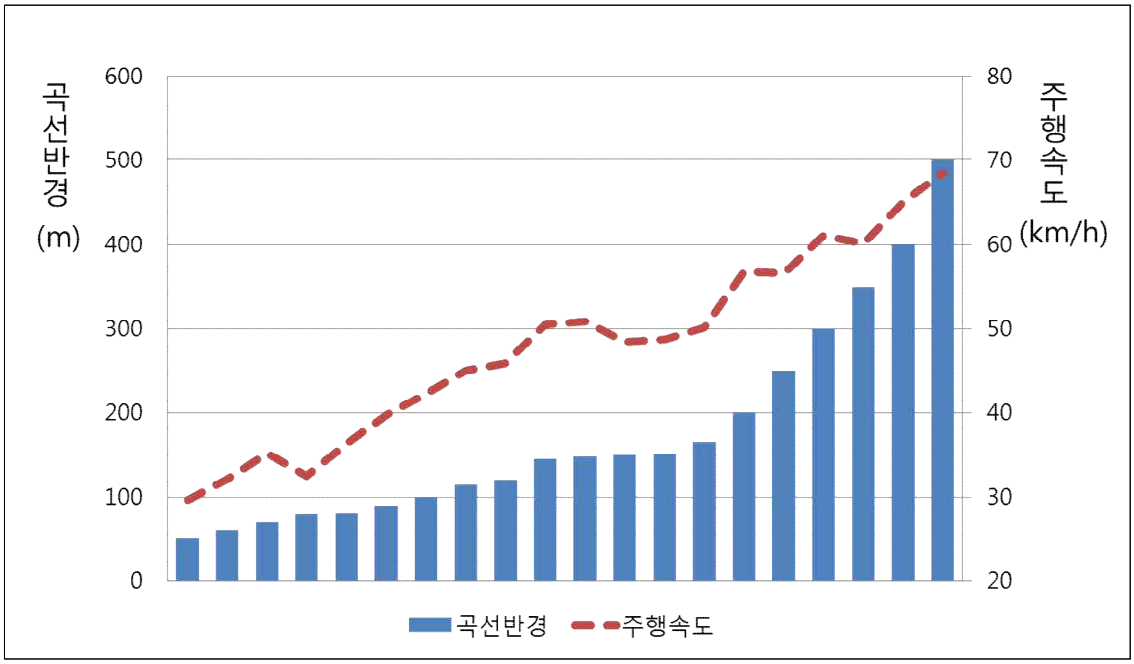
<표 3-4-22> 왕복 2차로 곡선반경에 따른 주행속도자료 구축형태

| 도로구분 (호선) | 곡선반경 | 쾌적함과 안전함을 느끼는 주행속도(km/h) | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 피 실험자1 | 피 실험자2 | 피 실험자3 | · · · |
| 387 | 50m | 30.8 | 28.1 | 26.9 | · · · |
| 741 | 60m | 33.3 | 29.9 | 31.4 | · · · |
| 387,741 | 70m | 36.5 | 31.4 | 34.6 | · · · |
| 387 | 79m | 34.8 | 31.6 | 34.0 | · · · |
| 387,749 | 80m | 37.0 | 32.8 | 38.6 | · · · |
| 749 | 90m | 40.5 | 42.0 | 38.4 | · · · |
| 387,741,749 | 100m | 40.1 | 43.7 | 37.9 | · · · |
| 387 | 115m | 43.7 | 39.7 | 44.1 | · · · |
| 741,749 | 120m | 38.4 | 42.7 | 44.3 | · · · |
| 741 | 145m | 46.4 | 48.0 | 49.2 | · · · |
| 387,749 | 148m | 48.9 | 49.8 | 52.5 | · · · |
| 387,741,749 | 150m | 44.8 | 54.0 | 52.8 | · · · |
| 387,741 | 151m | 46.1 | 46.4 | 45.0 | · · · |
| 741 | 165m | 46.6 | 50.0 | 48.9 | · · · |
| 741,749 | 200m | 53.9 | 51.6 | 53.1 | · · · |
| 749 | 250m | 59.0 | 56.3 | 54.1 | · · · |
| 387,741,749 | 300m | 54.2 | 57.4 | 53.9 | · · · |
| 749 | 350m | 59.4 | 59.4 | 58.4 | · · · |
| 741,749 | 400m | 59.4 | 61.1 | 61.9 | · · · |
| 387,741 | 500m | 69.2 | 68.2 | 72.1 | · · · |

○ <그림 3-4-26>, <그림 3-4-27>는 <표 3-4-19>, <표 3-4-20>을 토대로 각각의 곡선 반경에 따른 피 실험자들의 쾌적함과 안전함을 느끼는 속도를 그래프로 나타냈음




<그림 3-4-26> 왕복 4차로 곡선반경에 따른 쾌적함과 안전함을 느끼는 주행속도




<그림 3-4-27> 왕복 2차로 곡선반경에 따른 쾌적하고 안전함을 느끼는 주행속도

○ 곡선구간에서 기상·노면상태에 따른 안전주행실험을 통해 취득한 자료를 각각의 기상·노면상태(습윤, 비, 눈, 결빙)에 대해 피 실험자별로 쾌적하고 안전함을 느끼는 주행속도를 다음의 형태로 자료를 가공하였음

<표 3-4-23> 왕복 4차로에서 기상·노면상태에 따른 주행속도자료 구축 형태

| 도로 구분 (호선) | 곡선 반경 | 쾌적함과 안전함을 느끼는 주행속도(km/h) | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 피 실험자1 | | | | 피 실험자2 | | | | ・・・ |
| | | 습윤 | 비 | 눈 | 결빙 | 습윤 | 비 | 눈 | 결빙 | |
| 26 | 300m | 63.3 | 60.5 | 47.0 | 36.3 | 62.6 | 59.8 | 46.5 | 35.9 | ・・・ |
| 26 | 350m | 64.4 | 61.5 | 47.7 | 36.9 | 66.1 | 63.2 | 49.0 | 37.8 | ・・・ |
| 26 | 360m | 65.2 | 62.3 | 48.3 | 37.3 | 67.0 | 64.0 | 49.6 | 38.3 | ・・・ |
| 1,26 | 400m | 64.6 | 61.7 | 47.9 | 37.0 | 66.0 | 63.1 | 48.9 | 37.8 | ・・・ |
| 1,37 | 420m | 76.8 | 73.5 | 50.7 | 41.7 | 57.4 | 65.3 | 43.5 | 42.3 | ・・・ |
| 37 | 440m | 77.3 | 69.9 | 52.0 | 45.0 | 60.0 | 55.9 | 36.8 | 36.3 | ・・・ |
| 26 | 450m | 78.8 | 71.1 | 52.9 | 45.8 | 74.0 | 63.0 | 47.1 | 40.8 | ・・・ |
| 1,26 | 500m | 75.0 | 67.8 | 50.5 | 43.7 | 60.4 | 58.9 | 44.2 | 38.3 | ・・・ |
| 37 | 530m | 79.5 | 71.9 | 53.4 | 46.3 | 71.0 | 66.0 | 43.9 | 42.7 | ・・・ |
| 37 | 680m | 76.9 | 69.5 | 51.8 | 44.8 | 73.0 | 67.9 | 45.2 | 43.9 | ・・・ |
| 1 | 700m | 84.9 | 75.5 | 55.9 | 48.4 | 75.9 | 69.3 | 46.2 | 44.8 | ・・・ |
| 1 | 720m | 87.4 | 74.9 | 55.5 | 48.1 | 74.4 | 65.4 | 43.5 | 42.3 | ・・・ |
| 26 | 780m | 86.9 | 77.6 | 55.2 | 47.8 | 74.6 | 71.0 | 50.8 | 44.0 | ・・・ |
| 1 | 830 | 82.3 | 75.6 | 54.4 | 46.6 | 76.9 | 72.5 | 46.9 | 44.9 | ・・・ |
| 26 | 960 | 85.6 | 69.7 | 55.9 | 48.4 | 84.7 | 70.5 | 51.3 | 49.4 | ・・・ |
| 37 | 1005 | 86.6 | 79.1 | 58.5 | 50.6 | 85.8 | 80.4 | 54.1 | 51.8 | ・・・ |
| 26 | 1040 | 86.8 | 79.3 | 58.6 | 50.8 | 86.1 | 83.2 | 61.4 | 53.1 | ・・・ |

<표 3-5-24> 왕복 2차로에서 기상·노면상태에 따른 주행속도자료 구축 형태

| 도로구분 (호선) | 곡선 반경 | 쾌적함과 안전함을 느끼는 주행속도(km/h) | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 피 실험자1 | | | | 피 실험자2 | | | | |
| | | 습윤 | 비 | 눈 | 결빙 | 습윤 | 비 | 눈 | 결빙 | · · · |
| 387 | 50m | 28.2 | 22.9 | 20.7 | 20.4 | 25.0 | 23.0 | 21.3 | 18.6 | · · · |
| 741 | 60m | 34.8 | 24.6 | 22.3 | 22.0 | 28.5 | 24.6 | 18.0 | 19.9 | · · · |
| 387,741 | 70m | 38.7 | 25.9 | 24.3 | 23.9 | 30.6 | 25.9 | 18.9 | 21.0 | · · · |
| 387 | 79m | 32.6 | 26.0 | 28.3 | 22.9 | 26.7 | 26.0 | 20.9 | 21.1 | · · · |
| 387,749 | 80m | 37.1 | 27.1 | 24.6 | 24.3 | 30.1 | 27.1 | 19.8 | 22.0 | · · · |
| 749 | 90m | 41.2 | 35.2 | 26.8 | 26.5 | 39.7 | 35.2 | 25.8 | 28.4 | · · · |
| 387,741,749 | 100m | 40.4 | 36.7 | 26.5 | 26.2 | 41.0 | 36.8 | 26.9 | 29.7 | · · · |
| 387 | 115m | 43.5 | 33.2 | 28.8 | 28.5 | 36.7 | 33.2 | 24.3 | 26.8 | · · · |
| 741,749 | 120m | 39.5 | 35.8 | 25.5 | 25.1 | 40.8 | 35.9 | 26.3 | 28.9 | · · · |
| 741 | 145m | 46.6 | 40.5 | 30.5 | 30.7 | 45.6 | 40.6 | 29.7 | 28.7 | · · · |
| 387,749 | 148m | 49.4 | 42.1 | 32.1 | 32.3 | 47.0 | 42.2 | 30.9 | 29.8 | · · · |
| 387,741, 749 | 150m | 45.4 | 45.7 | 29.5 | 29.7 | 51.0 | 45.8 | 33.5 | 32.4 | · · · |
| 387,741 | 151m | 46.6 | 39.1 | 30.3 | 30.5 | 43.7 | 39.2 | 28.7 | 27.7 | · · · |
| 741 | 165m | 47.1 | 42.3 | 30.6 | 30.8 | 47.2 | 42.3 | 31.0 | 29.9 | · · · |
| 741,749 | 200m | 52.0 | 43.7 | 35.2 | 35.4 | 48.7 | 43.7 | 32.0 | 30.9 | · · · |
| 749 | 250m | 59.8 | 47.8 | 38.3 | 38.7 | 53.5 | 47.9 | 35.1 | 33.8 | · · · |
| 387,741,749 | 300m | 53.4 | 48.7 | 35.3 | 33.4 | 53.9 | 48.8 | 35.8 | 32.8 | · · · |
| 749 | 350m | 58.2 | 50.5 | 38.6 | 36.5 | 55.7 | 50.6 | 37.1 | 34.0 | · · · |
| 741,749 | 400m | 58.2 | 52.1 | 38.6 | 35.7 | 57.4 | 52.1 | 38.2 | 34.6 | · · · |
| 387,741 | 500m | 64.4 | 58.3 | 44.7 | 41.4 | 60.5 | 58.4 | 42.8 | 38.7 | · · · |

다. 직선구간의 주행 자료

○ 직선구간의 안전속도는 이전 곡선구간의 속도, 도로기하구조의 영향과 해당 직선구간의 도로기하구조의 영향을 받을 것으로 가정했기 때문에 직선구간의 안전속도 모형 산출을 위해 설정한 종속변수와 독립변수가 분석 자료에 포함되도록 <표 4-25>와 같이 자료를 가공하였음

<표 3-4-25> 직선구간의 주행속도자료 구축형태

| 도로구분 (호선) | 이전구간 주행속도 (km/h) | 이전구간 곡선반경 (m) | 직선구간 길이 (m) | 직선구간 차로폭 (m) | 직선구간 길어깨폭 (m) | 직선구간 종단경사 (%) | 직선구간 주행속도 (km/h) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 37 | 78.5 | 420 | 500 | 3.5 | 2 | 3.14 | 96.4 |
| 37 | 72.4 | 420 | 500 | 3.5 | 2 | 3.14 | 92.3 |
| 37 | 76.8 | 420 | 500 | 3.5 | 2 | 3.14 | 93.1 |
| 26 | 81 | 450 | 540 | 3.3 | 1.5 | -1.95 | 91.5 |
| 26 | 78 | 450 | 540 | 3.3 | 1.5 | -1.95 | 89.7 |
| 26 | 74 | 450 | 540 | 3.3 | 1.5 | -1.95 | 90.4 |
| 1 | 88.3 | 720 | 640 | 3.5 | 2 | -1.4 | 103 |
| 1 | 84.6 | 720 | 640 | 3.5 | 2 | -1.4 | 98.4 |
| 1 | 78.2 | 720 | 640 | 3.5 | 2 | -1.4 | 104.8 |
| 1 | 89.0 | 700 | 500 | 3.5 | 2 | -2.4 | 100.2 |
| 1 | 84.5 | 700 | 500 | 3.5 | 2 | -2.4 | 101.7 |
| 1 | 82.6 | 700 | 500 | 3.5 | 2 | -2.4 | 104.5 |
|  | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ |

라. 곡선 진출·입 구간의 주행 자료

○ 곡선 진출·입 구간의 안전속도는 곡선구간을 진출하여 다음 곡선까지의 거리에 따라 운전자들의 주행행태가 변하기 때문에 두 곡선사이의 거리에 따라 유형을 구분하여 연구를 진행하였음

○ 곡선구간을 진출하여 다음 곡선구간까지의 주행거리에 따라 주행속도와 감·가속도의 변화를 알기위해 다음 표와 같은 형태로 자료를 가공하였음

<표 3-4-26> 선 진출·입 구간에서 곡선과 곡선 사이 거리에 따른 주행속도자료 구축형태

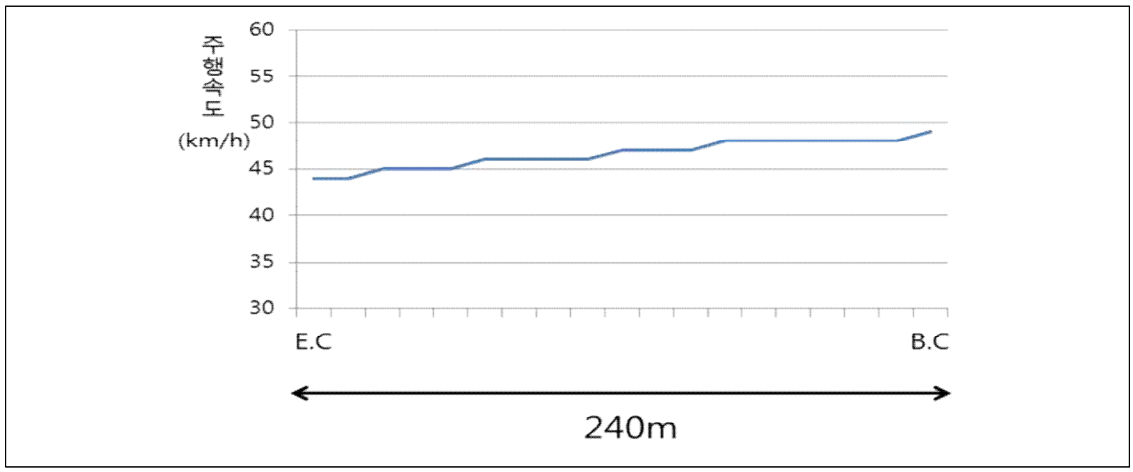
| 다음 곡선구간까지 거리 | 주행거리(m) | 주행속도(km/h) | 진행방향 가속도(m/$S^2$) |
|---|---|---|---|
| 240m | 곡선구간 진출 | 44 | |
| | 20 | 45 | 0.17 |
| | 40 | 46 | 0.17 |
| | 60 | 46 | 0 |
| | ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| | 200 | 48 | 0.18 |
| | 220 | 48 | 0 |
| | 240 | 49 | 0.18 |
| | 곡선구간 진입 | 49 | |
| 520m | 곡선구간 진출 | 84 | |
| | 20 | 84 | 0 |
| | 40 | 84 | 0 |
| | 60 | 85 | 0.33 |
| | 80 | 86 | 0.33 |
| | 100 | 87 | 0.33 |
| | ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| | 420 | 91 | 0.35 |
| | 440 | 90 | -0.34 |
| | 460 | 90 | 0 |
| | 480 | 89 | 0 |
| | 500 | 89 | 0 |
| | 520 | 89 | 0 |
| | 곡선구간 진입 | 89 | |

<표 3-4-26 계속> 곡선 진출·입 구간에서 곡선과 곡선 사이 거리에 따른 주행속도자료 구축형태

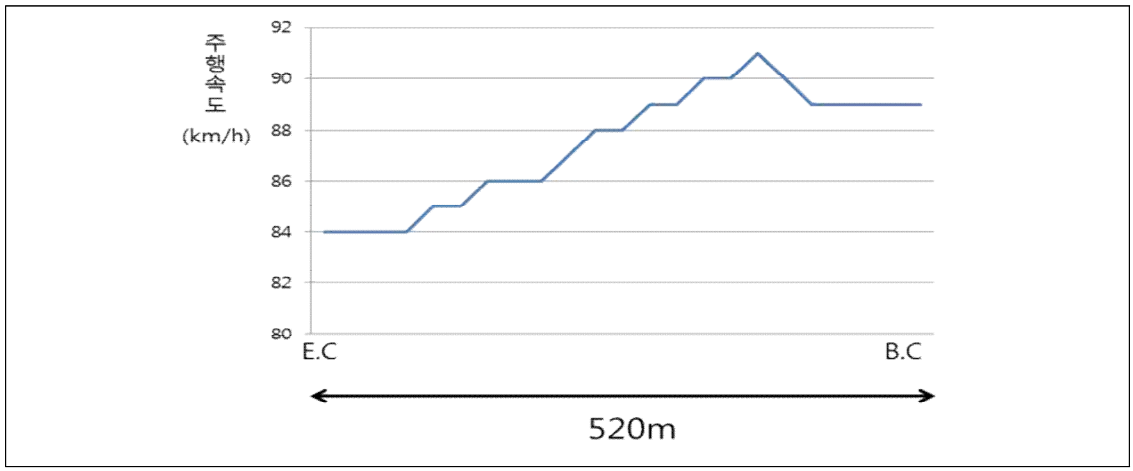
| 다음 곡선구간까지 거리 | 주행거리(m) | 주행속도(km/h) | 진행방향 가속도(m/$S^2$) |
|---|---|---|---|
| 880m | 곡선구간 진출 | 85 | |
| | 20 | 85 | 0 |
| | 40 | 85 | 0 |
| | 60 | 85 | 0 |
| | 80 | 86 | 0.33 |
| | 100 | 86 | 0 |
| | ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| | 480 | 97 | 0.37 |
| | 500 | 97 | 0 |
| | 520 | 97 | 0 |
| | 540 | 97 | 0 |
| | 560 | 97 | 0 |
| | ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| | 800 | 91 | -0.35 |
| | 820 | 90 | -0.35 |
| | 840 | 89 | -0.34 |
| | 860 | 89 | 0 |
| | 880 | 89 | 0 |
| | 곡선구간 진입 | 89 | |

○ <그림 3-4-28>, <그림 3-4-29>, <그림 3-4-30>는 <표 3-4-22>에서 곡선과 곡선사이의 길이에 따라 상이하게 나타나는 운전자들의 주행행태를 그래프로 나타낸 것임

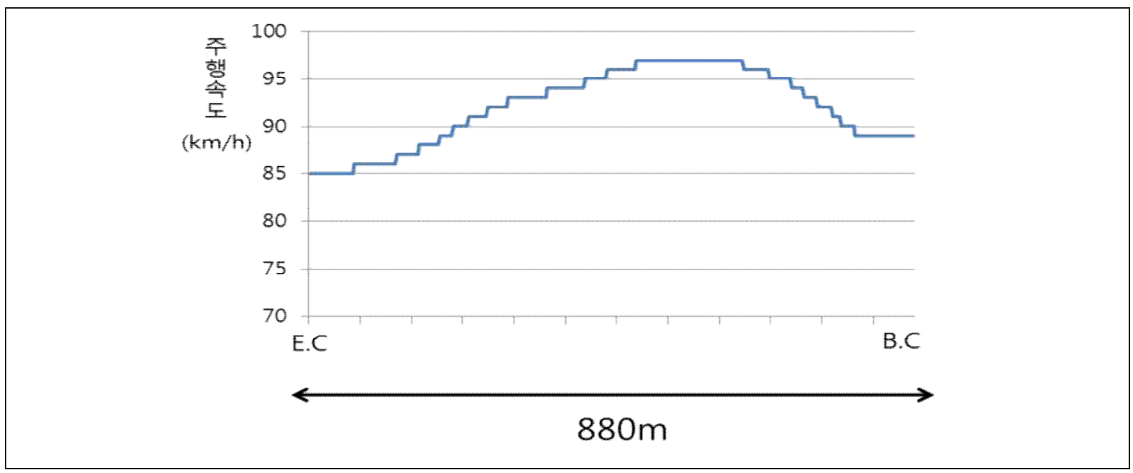
○ 이전 곡선구간의 끝점인 E.C 지점으로부터 다음 곡선구간의 시작점인 B.C 지점까지 거리가 각각 240m, 520m, 880m이고 각각의 거리에 따라 주행속도 변화행태를 나타냄




<그림 3-4-28> 곡선과 곡선사이의 거리가 240m 일 때 주행속도 변화




<그림 3-4-29> 곡선과 곡선사이의 거리가 520m 일 때 주행속도 변화




<그림 3-4-30> 곡선과 곡선사이의 거리가 880m 일 때 주행속도 변화

○ 4차로 도로에서 14개의 직선길이와 2차로 도로 16개의 직선길이 등 총 30개의 직선길이에 대한 속도 프로파일을 작성함

○ 분석 결과, 곡선과 곡선사이의 직선길이가 400m미만일 경우 곡선구간 진출 후 다음 곡선부로 진입하기 위해 단순 가속 또는 감속을 하였으며, 직선구간에서 운전자가 희망하는 최고속도에 근접하는 구간거리는 800m로 나타남

○ 즉, 곡선과 곡선사이의 직선구간 길이가 400m는 초과하나 800m보다 작을 경우, 곡선진출 운전자는 가속 후 다음 곡선구간을 인지한 후 감속하게 되며, 직선구간 길이가 800m를 초과할 경우 희망속도로 주행을 한 후 다음 곡선구간을 인지하고 감속을 하게 됨

○ 본 연구에서 조사된 연속구간 운전자의 주행행태 결과는 김용석 등(2007)이 속도프로파일을 이용한 설계일관성 평가에서 제시한 형태와 유사함

## 3. 모형개발

### 가. 곡선구간의 안전속도 모형

○ 곡선구간에 대해서는 곡선반경에 따른 안전주행행태 계수($R'$), 기상·노면상태에 따른 안전주행행태 계수($W'$)을 산출하고 최종적으로 $R', W'$를 통해 곡선구간 안전속도를 산출하는 순서로 모형개발이 진행됨

#### (1) 곡선반경에 따른 안전주행행태 계수($R'$)

○ 안전주행행태 계수를 산출하기에 앞서 곡선반경별 피 실험자들의 쾌적하고 안전함을 느낀 주행속도에 대한 정규성 검정이 선결되어야 하며, 이어서 물리적으로 미끄러지지 않고 이탈하지 않는 속도와 각각의 곡선반경별 쾌적하고 안전한 주행속도를 비교하여 곡선반경에 따른 안전주행행태 계수($R'$)를 도출하게 됨

**곡선반경에 따른 쾌적하고 안전한 주행속도 검증가설**

귀무가설(H0): 곡선반경별 쾌적하고 안전함을 느낀 주행속도는 정규분포를 따른다.
대립가설(H1): 곡선반경별 쾌적하고 안전함을 느낀 주행속도는 정규분포를 따르지 않는다.

○ <표 3-4-23>은 K-S 검정 결과 왕복 4차로와 왕복 2차로의 모든 곡선구간에서 p값이 0.05이상이 나왔으므로 95%신뢰수준에서 귀무가설을 기각할 수 없음을 보여주며. 따라서 모든 곡선반경에서 안전속도는 정규분포를 따른다고 할 수 있음

<표 3-4-27> 곡선구간 주행속도에 대한 정규성 검정(K-S) 결과

| 곡선반경(m) | 평균 | 표준편차 | p값 |
|---|---|---|---|
| 300 | 66.0 | 2.17 | 0.678* |
| 350 | 68.2 | 2.39 | 0.421* |
| 360 | 69.1 | 2.39 | 0.421* |
| 400 | 69.5 | 3.74 | 0.229* |
| 420 | 72.2 | 4.30 | 0.769* |

<표 3-4-27 계속> 곡선구간 주행속도에 대한 정규성 검정(K-S) 결과

| 곡선반경(m) | 평균 | 표준편차 | p값 |
|---|---|---|---|
| 440 | 70.4 | 5.46 | 0.707* |
| 450 | 72.2 | 5.16 | 0.681* |
| 500 | 73.5 | 3.98 | 0.271* |
| 530 | 69.6 | 8.17 | 0.141* |
| 680 | 79.9 | 3.00 | 0.394* |
| 700 | 80.0 | 4.47 | 0.370* |
| 720 | 81.2 | 2.73 | 0.262* |
| 780 | 81.1 | 2.69 | 0.417* |
| 830 | 82.3 | 2.70 | 0.690* |
| 960 | 88.3 | 5.68 | 0.826* |
| 1005 | 90.8 | 5.20 | 0.998* |
| 1040 | 90.3 | 5.19 | 0.998* |
| 50 | 29.7 | 2.88 | 0.707* |
| 60 | 32.1 | 2.96 | 0.679* |
| 70 | 35.1 | 4.16 | 0.365* |
| 79 | 32.5 | 3.12 | 0.804* |
| 80 | 36.3 | 5.04 | 0.927* |
| 90 | 39.7 | 3.72 | 0.929* |
| 100 | 42.0 | 3.84 | 0.379* |
| 115 | 45.0 | 3.93 | 0.521* |
| 120 | 45.8 | 4.26 | 0.189* |
| 145 | 50.5 | 4.18 | 0.910* |
| 148 | 50.9 | 2.64 | 0.789* |
| 150 | 48.4 | 5.09 | 0.923* |
| 151 | 48.7 | 4.38 | 0.904* |
| 165 | 50.1 | 4.38 | 0.997* |
| 200 | 56.7 | 5.07 | 0.791* |
| 250 | 56.6 | 5.17 | 0.853* |
| 300 | 61.1 | 4.58 | 0.885* |
| 350 | 60.1 | 3.40 | 0.793* |
| 400 | 64.9 | 4.72 | 0.539* |
| 500 | 68.5 | 4.59 | 0.914* |

*0.05수준에서 유의함

○ 곡선반경별 운전자들이 쾌적하고 안전함을 느끼는 속도가 결정되고 이를 물리적으로 안전한 속도(미끄러지지 않고 이탈하지 않는 속도)와 비교하였음

○ 물리식에 포함되는 변수들 중에서 횡방향마찰계수, 종 방향마찰계수는 도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙 해설(국토해양부, 2009)을 참고하였으며, 왕복 4차로(일반국도)의 경우 설계속도 80km/h, 왕복 2차로(지방도)의 경우 설계속도 60km/h, 편경사는 6%로 가정하였음

○ 정규성 검정을 통해 해당 곡선반경의 대푯값으로 정해진 안전속도와 물리식 속도를 이용하여 안전주행행태 계수를 산출하였으며, 안전주행행태 계수는 물리식 속도(미끄러지지 않고 이탈하지 않는 속도)와 안전속도(운전자들이 쾌적함과 안전함을 느끼는 속도)의 비율로써 안전주행행태 계수($R'$)를 분석한 결과를 제시함

○ 왕복 4차로의 경우, 곡선반경이 커짐에 따라 피 실험자들의 $R'$ 평균값 역시 커지는 것을 알 수 있었으며, 이는 운전자는 주행 시 심리적으로 불안감을 갖고 주행하게 되는데 주행속도가 증가 할수록 불안감도 증가하여 미끄러지지 않고 이탈하지 않는 속도만큼 주행하지 못한 결과임

<표 3-4-28> 왕복 4차로의 곡선반경별 안전주행행태 계수 산출

| 곡선반경 (m) | 물리적으로 안전한 속도(km/h) | 실험을 통한 안전속도(km/h) | 안전주행행태 계수($R'$) |
|---|---|---|---|
| 300 | 67.3 | 66.0 | 1.018 |
| 350 | 72.7 | 68.2 | 1.065 |
| 360 | 73.7 | 69.1 | 1.066 |
| 400 | 77.7 | 69.5 | 1.118 |
| 420 | 79.6 | 72.2 | 1.102 |
| 440 | 81.4 | 70.4 | 1.156 |
| 450 | 82.4 | 72.2 | 1.141 |
| 500 | 86.8 | 73.5 | 1.181 |
| 530 | 89.3 | 69.6 | 1.283 |
| 680 | 101.2 | 79.9 | 1.267 |
| 700 | 102.6 | 80.0 | 1.283 |
| 720 | 104.2 | 81.26 | 1.282 |
| 780 | 108.5 | 81.1 | 1.338 |
| 830 | 111.9 | 82.3 | 1.360 |
| 960 | 120.4 | 88.3 | 1.364 |
| 1005 | 123.1 | 90.4 | 1.361 |
| 1040 | 125.3 | 90.3 | 1.388 |

<표 3-4-29> 왕복 2차로의 곡선반경별 안전주행행태 계수 산출

| 곡선반경 (m) | 물리적으로 안전한속도(km/h) | 실험을 통한 안전속도(km/h) | 안전주행행태 계수($R'$) |
|---|---|---|---|
| 50 | 29.7 | 29.7 | 1.000 |
| 60 | 32.5 | 32.1 | 1.012 |
| 70 | 35.1 | 35.1 | 1.000 |
| 79 | 37.3 | 32.5 | 1.148 |
| 80 | 37.6 | 36.3 | 1.036 |
| 90 | 39.9 | 39.7 | 1.005 |
| 100 | 42.0 | 42.0 | 1.000 |
| 115 | 45.1 | 45.0 | 1.002 |
| 120 | 46.0 | 45.8 | 1.004 |
| 145 | 50.6 | 50.5 | 1.002 |
| 148 | 51.1 | 50.9 | 1.004 |
| 150 | 51.5 | 48.4 | 1.064 |
| 151 | 51.6 | 48.7 | 1.060 |
| 165 | 54.0 | 50.1 | 1.078 |
| 200 | 59.4 | 56.7 | 1.048 |
| 250 | 66.4 | 56.6 | 1.173 |
| 300 | 72.8 | 61.1 | 1.191 |
| 350 | 82.6 | 60.1 | 1.374 |
| 400 | 84.0 | 64.9 | 1.294 |
| 500 | 93.9 | 68.5 | 1.371 |

○ 실험 대상구간의 곡선반경이 다양하고 안전속도 산출 시 간단한 방법으로 산출할 수 있도록 곡선반경 각각의 $R'$값을 정하지 않고 곡선반경을 100m 단위로 범주화하여 $R'$값을 도출하기로 하였으며, 곡선반경 100m 단위의 평균적인 $R'$값을 산출하였고 왕복 4차로의 경우 8개 범주, 왕복 2차로의 경우 6개의 범주별 $R'$값은 <표 3-4-30>과 같음

<표 3-4-30> 곡선반경에 따른 안전주행행태 계수 산출결과

| 왕복 4차로 | | 왕복2차로 | |
|---|---|---|---|
| 곡선반경 | $R'$ | 곡선반경 | $R'$ |
| 300~400m | 1.049 | 0~100m | 1.039 |
| 400-500m | 1.128 | 100~200m | 1.039 |
| 500-600m | 1.198 | | |
| 600-700m | 1.268 | 200~300m | 1.119 |
| 700-800m | 1.286 | 300~400m | 1.228 |
| 800-900m | 1.361 | 400~500m | 1.301 |
| 900-1000m | 1.364 | | |
| 1000~1250m | 1.374 | 500~600m | 1.378 |

○ $R'$값은 운전자들이 주행하면서 느끼는 심리적 불안감의 크기로 왕복 4차로와 왕복 2차로 모두 곡선반경이 커지면서 $R'$값이 증가하게 된 것으로 보아 주행속도가 증가하면서 운전자들이 느끼게 되는 불안감도 증가하게 된 것으로 판단됨

○ 왕복 4차로의 경우 곡선반경이 커질수록 물리적으로 안전한 속도와 안전속도의 격차가 커지는 것은 물리적으로 안전한 속도는 곡선반경 커지면서 계속 증가하나 운전자들이 안전하다고 느끼는 주행속도는 곡선반경이 커질수록 주행속도가 증가하지만 증가폭은 점점 작아지기 때문임

○ 이와 같은 이유로 운전자들이 곡선구간에서 안전하다고 느끼는 주행속도는 곡선반경이 증가하여도 100km/h 정도로 수렴할 것으로 유추 할 수 있음

○ 왕복 2차로의 경우 곡선반경이 200m 보다 작을 경우 운전자들의 쾌적하고 안전함을 느끼는 속도가 물리식 속도와 근접하게 되는데, 이는 운전자들이 큰 곡선반경

에 비해 선형요소에 상대적으로 더 많은 영향을 받는 것으로 판단됨

○ 그러나, 곡선반경이 작은 구간에서 운전자가 적절한 속도 선택을 하지 못하여 물리식 속도보다 높은 속도로 주행하게 되면 사고로 직결되는 위험 요소를 갖고 있는 구간이 될 수 있음

○ 300~400m, 400~500m 와 500~600m는 중복되는 구간이며, 이 두 구간의 $R'$ 값은 왕복 4차로 1.089, 1.128, 1.198 왕복 2차로 1.228, 1.301, 1.378로 왕복 2차로의 $R'$ 값이 더 크게 나타남

○ 그 이유는 같은 곡선반경 이지만 왕복 4차로의 곡선반경을 제외한 도로기하구조가 상대적으로 양호하여 왕복 2차로에 비해 더 높은 속도로 주행하여도 운전자는 쾌적함과 안전함을 느끼며 주행 할 수 있었던 것으로 분석됨

○ 왕복 2차로는 연속된 곡선구간이 많고 대향 방향의 영향이 큰 왕복 2차로이기 때문에 운전자는 왕복 4차로에서 주행하는 경우보다 더 많은 불안감을 느껴 낮은 속도로 주행하는 것으로 판단되며, 본 연구에서는 $R'$ 계수가 4차로도로의 경우 1,250m까지 2차로도로의 경우 600m까지 도출됨

○ 그러므로 곡선구간의 안전속도를 산출할 때 4차로도로의 곡선반경 1250m, 2차로도로의 곡선반경 600m를 초과하는 곡선반경에 대해서는 직선구간으로 가정 하며, 이 부분은 본 연구의 한계점으로 향후 보완이 필요함

(2) 기상·노면상태에 따른 안전주행행태 계수($W'$)

○ 곡선반경에 따른 안전주행행태 계수($R'$)는 맑은 날씨의 노면조건이 건조인 상황에서 도출된 값이며, 기상·노면상태별 실험을 통해 취득한 주행 자료를 이용하여 노면건조인 환경과 네 가지의 기상·노면상태(습윤, 비, 눈, 결빙)의 관계를 찾아 기상·노면상태에 따른 안전주행행태 계수($W'$)를 도출함

○ $W'$는 곡선반경에 따라 분석하는 것이 아닌 기상환경에 따라 산출되기 때문에 $R'$과는 달리 곡선반경별로 나눠서 분석하지 않았으며, 전체 곡선구간에 대해서 기상·노면상태별 실험을 통해 취득한 안전속도를 One-Way ANOVA분석을 통해 기상환경에 따른 쾌적하고 안전한 주행속도가 다름을 보이고 $W'$를 도출함

○ 다음은 왕복 4차로와 왕복 2차로의 곡선반경과 상관없이 기상·노면상태에 따라 피실험자들의 쾌적하고 안전함을 느낀 주행속도를 나타낸 것이 <표 3-4-27>, <표 3-4-28>임

<표 3-4-31> 왕복 4차로의 기상·노면상태별 쾌적하고 안전함을 느낀 주행속도

| 구분 | 쾌적하고 안전함을 느낀 주행속도(km/h) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 노면건조 | 습윤 | 비 | 눈 | 결빙 |
| 피 실험자1 | 80.4 | 76.7 | 69.9 | 52.1 | 44.1 |
| 피 실험자2 | 76.2 | 69.0 | 64.1 | 44.9 | 40.9 |
| 피 실험자3 | 77.9 | 74.4 | 67.8 | 53.2 | 42.8 |
| 피 실험자4 | 73.8 | 66.8 | 62.2 | 48.3 | 39.6 |
| 피 실험자5 | 76.1 | 72.7 | 66.2 | 51.9 | 41.9 |
| 피 실험자6 | 71.8 | 64.6 | 60.5 | 47.1 | 38.6 |
| 피 실험자7 | 74.6 | 71.4 | 65.0 | 51.0 | 41.1 |
| 피 실험자8 | 71.6 | 64.7 | 60.3 | 46.9 | 38.5 |
| 피 실험자9 | 75.5 | 72.2 | 65.8 | 51.5 | 41.6 |
| 피 실험자10 | 71.9 | 64.6 | 60.5 | 47.1 | 38.6 |
| 피 실험자11 | 76.3 | 73.0 | 66.5 | 52.1 | 42.0 |
| 피 실험자12 | 74.0 | 66.9 | 62.3 | 48.5 | 39.7 |
| 피 실험자13 | 75.8 | 72.6 | 66.0 | 51.7 | 41.7 |
| 피 실험자14 | 76.1 | 68.4 | 64.0 | 49.8 | 40.8 |
| 피 실험자15 | 77.9 | 74.5 | 67.8 | 53.1 | 42.8 |
| 피 실험자16 | 75.1 | 67.9 | 63.2 | 49.2 | 40.3 |
| 피 실험자17 | 73.0 | 70.0 | 63.6 | 49.9 | 40.3 |
| 피 실험자18 | 75.2 | 67.6 | 63.2 | 49.2 | 40.3 |
| 피 실험자19 | 74.4 | 71.3 | 64.8 | 50.9 | 41.0 |
| 피 실험자20 | 75.8 | 68.6 | 63.8 | 49.6 | 40.7 |
| 피 실험자21 | 74.2 | 71.0 | 64.6 | 50.7 | 40.9 |
| 피 실험자22 | 74.6 | 67.5 | 62.8 | 48.9 | 40.1 |
| 피 실험자23 | 74.8 | 71.8 | 65.2 | 51.1 | 41.2 |
| 피 실험자24 | 73.9 | 66.4 | 62.2 | 48.4 | 39.7 |
| 피 실험자25 | 75.5 | 72.3 | 65.7 | 51.5 | 41.6 |
| 피 실험자26 | 74.9 | 67.7 | 63.1 | 49.1 | 40.2 |
| 피 실험자27 | 76.8 | 73.4 | 66.8 | 52.4 | 42.2 |
| 피 실험자28 | 76.1 | 68.8 | 64.0 | 49.8 | 40.8 |
| 피 실험자29 | 74.7 | 71.5 | 65.1 | 51.1 | 41.2 |
| 피 실험자30 | 74.2 | 67.0 | 62.4 | 48.6 | 39.8 |

<표 3-4-32> 왕복 2차로의 기상·노면상태별 쾌적하고 안전함을 느낀 주행속도

| 구분 | 쾌적하고 안전함을 느낀 주행속도(km/h) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 노면건조 | 습윤 | 비 | 눈 | 결빙 |
| 피 실험자1 | 49.1 | 48.5 | 45.6 | 32.3 | 31.5 |
| 피 실험자2 | 48.3 | 45.2 | 40.8 | 30.0 | 29.2 |
| 피 실험자3 | 48.4 | 47.6 | 45.0 | 31.9 | 31.1 |
| 피 실험자4 | 46.3 | 43.1 | 39.0 | 28.7 | 27.9 |
| 피 실험자5 | 49.9 | 48.8 | 46.3 | 32.8 | 32.0 |
| 피 실험자6 | 48.4 | 45.0 | 40.9 | 30.2 | 29.3 |
| 피 실험자7 | 46.5 | 46.3 | 43.3 | 30.8 | 29.9 |
| 피 실험자8 | 48.1 | 45.0 | 40.6 | 29.9 | 29.0 |
| 피 실험자9 | 46.0 | 45.7 | 42.9 | 30.5 | 29.6 |
| 피 실험자10 | 46.3 | 43.4 | 39.0 | 28.8 | 27.9 |
| 피 실험자11 | 47.5 | 46.8 | 44.2 | 31.3 | 30.5 |
| 피 실험자12 | 47.9 | 44.8 | 40.5 | 29.7 | 28.9 |
| 피 실험자13 | 48.7 | 47.7 | 45.3 | 32.1 | 31.3 |
| 피 실험자14 | 50.1 | 46.5 | 42.4 | 31.3 | 30.3 |
| 피 실험자15 | 48.5 | 47.5 | 45.1 | 32.0 | 31.1 |
| 피 실험자16 | 47.8 | 44.5 | 40.4 | 29.7 | 28.9 |
| 피 실험자17 | 49.0 | 47.8 | 45.5 | 32.3 | 31.5 |
| 피 실험자18 | 49.5 | 46.4 | 41.9 | 30.8 | 29.9 |
| 피 실험자19 | 50.4 | 49.4 | 46.8 | 33.2 | 32.3 |
| 피 실험자20 | 51.8 | 48.2 | 43.9 | 32.3 | 31.4 |
| 피 실험자21 | 50.4 | 49.7 | 46.8 | 33.1 | 32.3 |
| 피 실험자22 | 50.2 | 46.7 | 42.4 | 31.3 | 30.3 |
| 피 실험자23 | 51.7 | 50.1 | 48.0 | 34.0 | 33.1 |
| 피 실험자24 | 51.6 | 48.0 | 43.7 | 32.1 | 31.2 |
| 피 실험자25 | 52.5 | 51.3 | 48.6 | 34.4 | 33.6 |
| 피 실험자26 | 54.1 | 49.8 | 45.9 | 33.8 | 32.8 |
| 피 실험자27 | 52.5 | 51.3 | 48.7 | 34.5 | 33.6 |
| 피 실험자28 | 52.9 | 49.3 | 44.9 | 33.0 | 32.1 |
| 피 실험자29 | 53.2 | 52.6 | 49.3 | 34.9 | 34.1 |
| 피 실험자30 | 54.4 | 50.5 | 46.2 | 33.9 | 32.7 |

○ 위의 <표 3-4-31>, <표 3-4-32>를 통해 왕복 4차로와 왕복 2차로의 기상·노면상태별 쾌적하고 안전함을 느낀 주행속도가 통계적으로 같은 속도로 판단할 수 있는지 분석하고자 One-Way ANOVA 통계 검정을 실시하였음

○ 통계 검정에 대한 가설 및 유의확률은 다음과 같이 설정하였음

**기상·노면상태에 따른 쾌적하고 안전한 주행속도 검증가설**

귀무가설(H0) : 각 기상·노면상태에 따른 쾌적하고 안전한 주행속도는 같다.

대립가설(H1) : 각 기상·노면상태에 따른 쾌적하고 안전한 주행속도는 같지 않다.

○ 통계검정 결과 각 기상환경별 평균 비교 값이 유의수준 0.05를 초과 한다면 95% 신뢰수준에서 이들의 수치는 기상·노면상태별 차이가 없는 것이고, 유의수준 0.05를 초과 하지 않는다면 기상·노면상태별 차이가 있는 것으로 판단할 수 있음

○ 해당 검정에 대한 대립가설은 곡선구간에서 기상·노면상태에 따른 쾌적하고 안전함을 느끼는 속도가 차이가 있는지 알아보고자 설정하였음

<표 3-4-33> 왕복 4차로의 기상·노면상태에 따른 안전 주행속도 One-way ANOVA분석 결과

| 기상·노면상태 | 평균 | 표준편차 | 표준오차 | F(df) | 유의수준 |
|---|---|---|---|---|---|
| 노면건조 | 75.1 | 1.844 | 0.336 | 449 | .000 |
| 습윤 | 69.8 | 3.192 | 0.582 | | |
| 비 | 64.3 | 2.266 | 0.412 | | |
| 눈 | 50.0 | 1.998 | 0.364 | | |
| 결빙 | 40.8 | 1.279 | 0.233 | | |

<표 3-4-34> 왕복 2차로의 기상·노면상태에 따른 안전 주행속도 One-way ANOVA분석 결과

| 기상·노면상태 | 평균 | 표준편차 | 표준오차 | F(df) | 유의수준 |
|---|---|---|---|---|---|
| 노면건조 | 49.7 | 2.368 | 0.432 | 449 | 0.000 |
| 습윤 | 47.6 | 2.412 | 0.440 | | |
| 비 | 44.1 | 2.899 | 0.529 | | |
| 눈 | 31.9 | 1.708 | 0.311 | | |
| 결빙 | 31.0 | 1.699 | 0.310 | | |

○ One-Way ANOVA 분석결과 <표 3-4-33>, <표 3-4-34>와 같이 왕복 4차로와 왕복 2차로에서 각각의 기상·노면상태에 따라 운전자가 쾌적하고 안전함을 느끼는 주행속도는 다르다는 결과가 도출되었음

○ 이런 결과는 제3장 제3절 1.분석구간 분류 및 모형개발 방법에서 기상·노면상태별로 운전자들이 느끼는 불안감의 크기가 다르고 이에 따라 노면건조에 상황에 대해 감속정도가 다를 것이라는 가정이 입증되었음

○ 왕복 4차로와 왕복 2차로에서 기상·노면상태별로 도출 된 $W'$는 <표 3-4-35>에 제시함

<표 3-4-35> 기상·노면상태에 따른 안전주행행태 계수($W$) 산출 결과

| 왕복 4차로 | | 왕복 2차로 | |
|---|---|---|---|
| 기상·노면상태 | $W'$ | 기상·노면상태 | $W'$ |
| 습윤 | 1.076 | 습윤 | 1.044 |
| 비 | 1.168 | 비 | 1.127 |
| 눈 | 1.502 | 눈 | 1.558 |
| 결빙 | 1.840 | 결빙 | 1.603 |

○ 최종적으로 산출된 $W'$값은 기상·노면상태가 습윤상태에서 결빙으로 악화될수록 커짐을 알 수 있는데, 이것은 운전자들이 기상·노면상태가 악화되면 심리적으로 불안감이 증가하여 감속의 정도가 커지는 것을 의미함

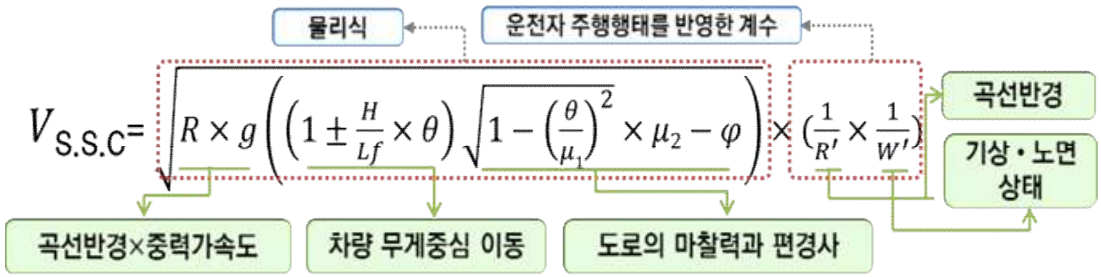
○ 왕복 4차로와 왕복 2차로를 비교해보면 왕복 4차로의 $W'$값이 대체적으로 크게 나타났으며, 이는 노면건조 상황에서의 쾌적하고 안전함을 느낀 주행속도가 왕복 4차로에서 높았기 때문에 감속의 정도가 컸던 것으로 판단됨

○ 운전자들은 선형이 불리한 왕복 2차로에서 습윤 일 경우 $W'$값이 1에 가까워 노면건조 상황과 쾌적하고 안전함을 느끼는 주행속도가 비슷하였고 비가 내릴 경우 $W'$가 1.127로 노면이 젖어있거나 비가 내려도 운전자는 도로의 선형에 의해 주행속도를 선택하는 결과로 분석됨

○ 그러나, 눈이 내리고 결빙인 경우에는 $W'$가 커짐에 따라 감속정도가 확연하게 커지는데 이는 연속된 곡선구간이 많음으로써 도로이탈에 대한 불안감이 커져서 나타난 결과로 판단됨

○ 기상·노면상태에 $W'$계수는 기상·노면상태가 건조일 때 $R'$계수를 산출한 동일 구간에서 실험하여 각각의 기상·노면상태에서 쾌적함과 안전함을 느낀 주행속도를 비교하여 도출함

○ 그렇기 때문에 $W'$와 $R'$계수는 서로 독립적이지 않고 상호 연관성을 갖고 있으며, 다음 식은 곡선구간에서 차량이 미끄러지지 않고 이탈하지 않는 물리적으로 안전한 속도 산출식에 안전주행행태 계수($R', W'$)을 적용시킨 곡선구간의 안전속도 모형식임




여기서, $R$: 곡선반경(m) (4차로도로:$R \leq 1250m$, 2차로도로:$R \leq 600m$)

$g$: 중력가속도(9.8m/s2), $H$: 차량의 무게중심 높이(m)

$L_f$: 무게중심부터 앞(오르막경사), 뒤(내리막경사) 차축까지 거리(m)

(오르막경사:-, 내리막경사: +)

$\theta$: 종단경사(rad), $\varphi$: 편경사(rad)

$\mu_1, \mu_2$: 종 방향 미끄럼 마찰계수, 횡방향 미끄럼 마찰계수

$R'$, $W'$: 곡선반경, 기상·노면상태에 따른 안전주행행태 계수

## 나. 직선구간의 안전속도 모형

○ 직선구간의 경우 직선길이가 800m 이상일 경우 운전자들은 일정한 속도에 다다르게 되어 주행함

○ 직선구간에서는 회귀분석을 통해 안전속도를 예측하였는데, 회귀분석을 위해 같은 도로기하구조 상에서 각 노선별 30명의 피 실험자들에 의해 수집된 쾌적하고 안전한 주행속도의 정규성 검정이 선행되어야 함

○ 정규성 검정을 한 후 상관분석과 회귀분석을 거쳐 직선구간의 안전속도를 산출하게 됨

○ 다음은 실험을 통해 취득한 직선구간의 주행속도와 도로기하구조 자료의 일부분이며, 이 자료를 토대로 직선구간의 주행속도 역시 K-S검정을 하였으며 정규성 검정 가설은 다음과 같음

**직선구간에서 쾌적하고 안전함을 느낀 주행속도 정규성 검정가설**

귀무가설(H0): 동일한 직선구간에서 쾌적하고 안전함을 느낀 주행속도는 정규분포를 따른다.

대립가설(H1): 동일한 직선구간에서 쾌적하고 안전함을 느낀 주행속도는 정규분포를 따르지 않는다.

○ <표 3-4-36>와 같이 K-S 검정 결과 왕복 4차로와 왕복 2차로의 모든 곡선구간에서 p값이 0.05이상이 나왔으므로 95%신뢰수준에서 귀무가설을 기각할 수 없으므로 모든 곡선반경에서 안전속도는 정규분포를 따른다고 할 수 있음

<표 3-4-36> 직선구간에서 주행속도 정규성(K-S) 검정 결과

| 곡선반경(m) | 직선길이(m) | 평균(km/h) | 표준편차 | p값 |
|---|---|---|---|---|
| 420 | 480 | 88.8 | 4.28 | 0.848* |
| 420 | 500 | 89.2 | 5.47 | 0.684* |
| 420 | 880 | 98.3 | 5.41 | 0.894* |
| 500 | 400 | 87.4 | 5.67 | 0.574* |
| 500 | 520 | 89.0 | 5.58 | 0.749* |
| 500 | 660 | 90.6 | 4.43 | 0.333* |
| 700 | 500 | 93.3 | 4.46 | 0.982* |
| 720 | 640 | 96.5 | 2.02 | 0.832* |
| 780 | 600 | 96.1 | 2.07 | 0.915* |
| 830 | 520 | 96.5 | 4.45 | 0.376* |
| 960 | 740 | 101.9 | 4.65 | 0.271* |
| 1005 | 1580 | 109.9 | 3.20 | 0.620* |

*0.05수준에서 유의함

○ 종속변수인 해당 직선구간의 안전속도의 정규성 검정을 마친 뒤 종속변수와 독

립변수의 관계를 확인하고자 산점도를 살펴보았으며, 직선구간 안전속도 모형개발 방법론에서 설정하였음

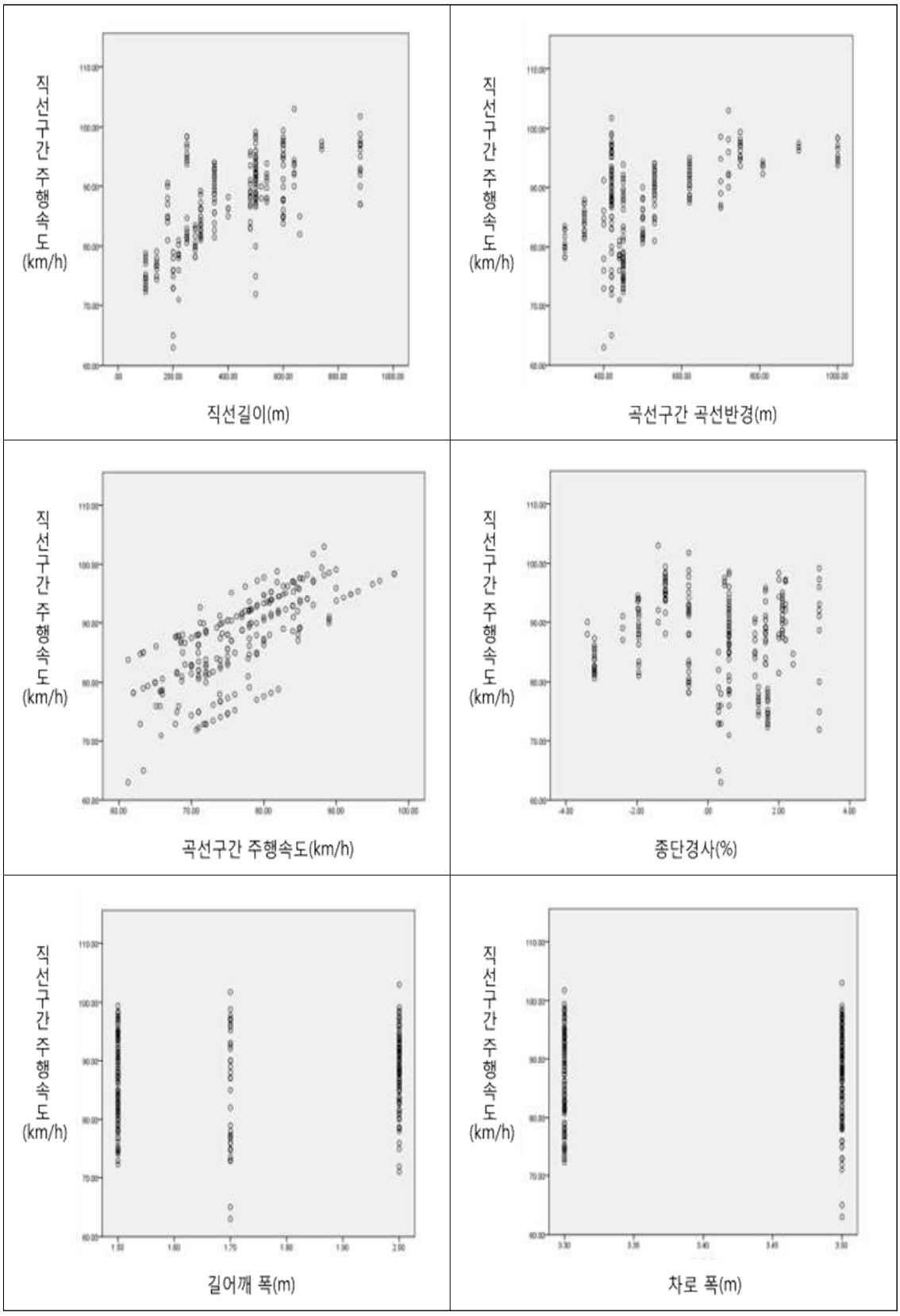
○ 산점도를 살펴보는 이유는 회귀분석을 통하여 주행속도 예측 모형식을 산출하는 것이 목적이므로 산점도를 통해 종속변수와 독립변수의 관계를 살펴보고 상관분석을 해야 하기 때문임

○ 종속변수와 독립변수들의 산점도를 살펴 본 결과 직선길이가 길어질수록 직선구간의 안전속도는 증가하는 경향을 보였고 완벽한 선형관계를 나타내지 않았으며, 이전 곡선구간의 안전속도와 곡선반경이 증가 할수록 직선구간의 안전속도도 함께 증가하는 경향을 보임

○ 직선구간의 종단경사와 길어깨 폭, 차로 폭은 산점도를 살펴본 결과 직선구간의 안전속도와 양의 관계, 음의 관계도 아닌 것으로 나타나 종속변수와의 관계가 없는 것으로 판단되며, 다음 6개의 그림은 종속변수와 독립변수들간의 산점도를 나타낸 것임

○ 산점도를 통해 종속변수와 독립변수간의 개략적인 관계를 살펴보았으므로 두 변수간의 밀접성을 나타낼 수 있는 상관분석을 실시하였으며, 상관분석 결과 <그림 3-4-31>과 같이 종속변수인 직선구간의 안전속도와 독립변수인 차로 폭, 길어깨 폭, 종단경사와는 상관관계가 없는 것으로 나타났음

○ 이전 구간의 곡선구간 안전속도, 곡선반경, 해당직선구간의 직선길이는 직선구간 안전속도와 상관관계가 있는 것으로 나타났으며, 상관관계는 종속변수와 독립변수들 간의 선형의 관계가 있는 것을 나타내므로 이전 곡선구간 안전속도와 이전 곡선구간의 곡선반경, 그리고 해당 직선구간의 직선길이는 종속변수와 어느 정도 선형의 관계를 나타내는 것을 알 수 있음




<그림 3-4-31> 종속변수와 독립변수의 산점도

○ 다음 <표 3-4-37>은 종속변수인 직선구간의 주행속도와 독립변수들 사이의 상관분석을 실시한 결과임

<표 3-4-37> 종속변수와 독립변수 간 상관분석 결과

| 구분 | | 이전구간 주행속도 | 이전구간 곡선반경 | 직선 구간길이 | 직선구간 차로폭 | 직선구간 길어깨폭 | 직선구간 종단경사 | 직선구간 주행속도 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 이전구간 주행속도 | Pearson 상관계수 | 1 | | | | | | |
| | 유의확률 (양쪽) | | | | | | | |
| 이전구간 곡선반경 | Pearson 상관계수 | 0.629** | 1 | | | | | |
| | 유의확률 (양쪽) | 0.000 | | | | | | |
| 직선 구간길이 | Pearson 상관계수 | 0.169* | 0.166* | 1 | | | | |
| | 유의확률 (양쪽) | 0.010 | 0.011 | | | | | |
| 직선구간 차로폭 | Pearson 상관계수 | -0.253** | -0.027 | 0.293** | 1 | | | |
| | 유의확률 (양쪽) | 0.000 | 0.683 | 0.000 | | | | |
| 직선구간 길어깨폭 | Pearson 상관계수 | -0.077 | -0.082 | 0.227** | 0.246** | 1 | | |
| | 유의확률 (양쪽) | 0.244 | 0.215 | 0.001 | 0.000 | | | |
| 직선구간 종단경사 | Pearson 상관계수 | 0.018 | -0.080 | -0.028 | 0.324** | 0.049 | 1 | |
| | 유의확률 (양쪽) | 0.789 | 0.223 | 0.677 | 0.000 | 0.457 | | |
| 직선구간 주행속도 | Pearson 상관계수 | 0.723** | 0.549** | 0.670** | 0.040 | 0.105 | -0.096 | 1 |
| | 유의확률 (양쪽) | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.544 | 0.112 | 0.145 | |

**. 상관계수는 0.01 수준(양쪽)에서 유의함

*. 상관계수는 0.05 수준(양쪽)에서 유의함

○ 종속변수인 직선구간 주행속도와 상관성이 높은 독립변수 중 이전구간 주행속도와 이전구간 곡선반경간의 높은 상관성(상관계수 0.629)으로 독립변수간 다중공선성의 문제가 제기될 수 있으나, 본 연구에서는 직선구간의 회귀모형식을 이전 곡선구간의 진출속도를 초기값으로 하고, 직선구간 희망속도로 가속하는 형태를 취하고 있어 두 변수 모두 독립변수로 채택하였음

○ 상관분석 결과에서 상관관계가 있는 것으로 나타난 3개의 독립변수는 종속변수와의 관계를 비선형의 관계로 나타낼 경우 더욱 정확한 회귀분석을 할 수 있을 것이란 판단을 내렸음

○ 그 이유는 종속변수와 상관관계가 있는 3개의 독립변수를 선형관계로 나타낼 경우 불안감을 느끼지 않는 희망속도(Desired speed)인 $V_{D.S.T}$로 수렴하여 더 이상 가속을 하지 않는 형태를 표현할 수 없기 때문임

○ 산점도를 살펴본 결과 종속변수와 독립변수들은 비선형에 가까운 관계를 나타냈고 이러한 결과는 앞서 제3장 제3절 3.직선구간 모형정립에서 언급한 직선구간 주행속도는 증가하는 경향을 보이다가 $V_{D.S.T}$로 수렴하는 결과를 나타낼 것이라는 가정을 모형의 결과로 나타낼 수 있음

○ 직선구간의 안전속도는 독립변수로 결정된 이전 곡선구간의 곡선반경, 안전속도, 해당직선구간의 직선길이를 이용하여 도출하였으며, 종속변수와 독립변수가 모두 결정되었으므로 회귀모형식의 형태를 결정할 때 앞서 산점도와 상관분석을 한 결과를 토대로 비선형회귀분석을 사용하기로 함

○ 비선형회귀식의 형태는 매우 다양하게 존재하는데 본 연구에서는 PASW Statistics 18에서 제공하는 기본적인 비선형회귀분석 식의 형태 중에 직선구간의 의미를 가장 잘 표현하는 형태를 찾기 위해 여러 비선형회귀식를 비교하였음

○ 이중 Verhulst (1838)의 비선형회귀식의 기본 형태는 $\frac{b_1}{1+b_2\times\exp^{(-b_3\times x)}}$ 이며, 독립변수 $x$와 모수 $b_{1,2,3}$이 포함되어있고 독립변수가 무한대로 커지면 $b_1$으로 수렴하는 결과로 나타남

○ 또한, 이 식은 인구성장곡선을 기반으로 하였기 때문에 인구의 성장비율의 점점하락세를 보이며 일정한 값으로 수렴한다는 점에서 본 연구의 직선모형식으로 사용할 경우 직선구간의 주행행태를 설명하는데 있어 높은 설명력을 갖을 것이라고 판단하였음

○ Vurhulst의 식 형태와 직선구간 안전속도가 나타내고자 하는 바가 동일한 부분은 최종적으로 결과 값이 하나의 값으로 수렴하게 되고 수렴하게 되는 과정에서 결과 값들의 증가율이 점점 작아져서 일정한 값에 수렴한다는 것임

○ Vurhulst의 식에서는 독립변수가 $x$ 하나로 표현되었지만 본 연구에서는 이전구간 곡선반경, 해당구간 직선길이 두 개를 사용하게 되고 독립변수 $x$가 무한대로 커지면 결과 값은 $b_1$로 수렴하게 되는 것처럼 직선구간 안전속도는 해당구간 직선구간의 길이가 무한대로 길면 희망속도로 수렴하게 되고 이전구간 곡선반경이 무한대로 커지는 경우에도 직선구간의 안전속도는 희망속도로 수렴하게 됨

○ 본 연구에서 나타내고자 하는 의미를 Verhulst의 기본식이 잘 나타낼 것이라고 판단하였고 직선구간 안전속도를 잘 표현하기 위해 본 연구에서는 독립변수를 이전구간 곡선반경, 해당구간 직설길이 두 개를 사용하였음

○ 직선구간 안전속도를 산출하는데 있어 이전구간 곡선반경을 포함시킨 이유는 이전구간 곡선반경이 작을 경우 곡선구간을 진출하여 운전자는 가속의 정도를 크게 하여 속도를 빨리 회복하려고 하고 곡선반경이 클 경우(주행속도가 높음) 가속의 정도가 낮아 속도를 회복하는 정도가 느리게 되는 것을 표현하기 위함임

○ 그 결과 직선구간 안전속도 예측 모형식의 기본 형태를 제시함

$$V_{S.S.T} = V_{S.S.C} + \frac{(V_{D.S.T} - V_{S.S.C})}{1 + b_1 \times \exp^{-\lambda L}} \quad \text{.....(3-4-7)}$$

여기서, $V_{S.S.C}$ : 이전 곡선구간 안전속도(km/h)

$V_{D.S.T}$: 희망속도 Desired speed(km/h)

$\lambda$ : $b_2 + b_3 \times R$

$L$ : 해당직선구간 직선길이(m)

○ 모형은 크게 두 부분으로 나뉘게 되는데, 첫 번째 부분은 $V_{S.S.C}$로 이전구간 안전속도이고, 두 번째 부분은 Verhulst의 식을 기반으로 한 희망속도와 이전구간 안전속도와의 차이를 직선길이와 이전구간 곡선반경에 따라 얼마나 회복하느냐를 표현하는 부분임

○ 결론적으로, 첫 번째 부분인 $V_{S.S.C}$로 진출하여 두 번째 부분인 희망속도와 $V_{S.S.C}$의 차이를 회복하는 정도를 더하여 직선구간의 안전속도가 정해지는 것이며, 직선구간의 안전속도는 $V_{D.S.T}$를 초과할 수 없는 것이 개발한 모형의 특징임

○ $V_{D.S.T}$는 기상·노면상태에 따른 속도를 적용시키기 위해 주행속도 자료를 분석하고 $W$를 이용하여 각 기상·노면상태별로 도출하였음

○ 다음 식(3-2)은 이러한 과정을 거쳐 도출된 비선형 회귀모형식이며, <표 3-4-34>는 각 차로별, 기상·노면상태별 직선구간에서의 희망속도를 나타낸 것임

$$V_{S.S.T} = V_{S.S.C} + \frac{V_{D.S.T} - V_{S.S.C}}{1 + 4.724 \times \exp^{-\lambda L}} \quad (R^2 = 0.628) \text{.....(3-4-8)}$$

여기서, $V_{S.S.C}$ : 이전 곡선구간 안전속도(km/h)

$V_{D.S.T}$ : 희망속도 Desired speed(km/h)

$\lambda$ : $0.003 + 2.239 \times 10^{-7} \times R$

$L$ : 해당직선구간 직선길이(m)

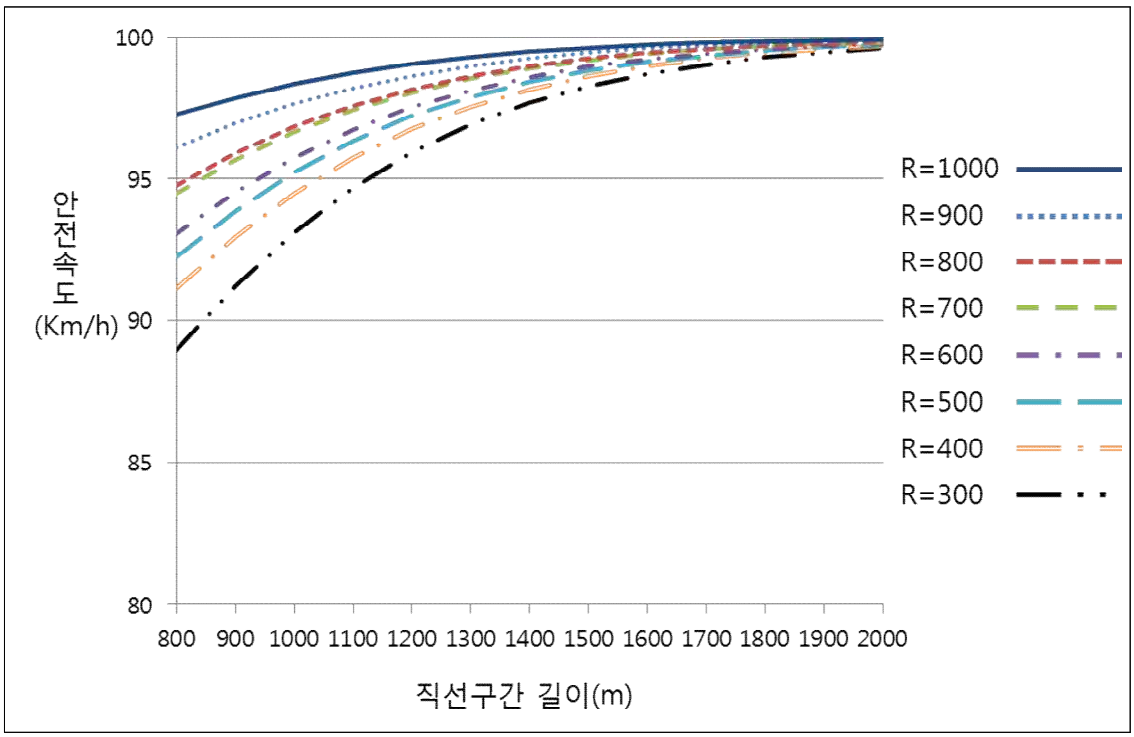
<표 3-4-38> 왕복 4차로와 왕복 2차로에서의 기상·노면상태에 따른 $V_{D.S.T}$

| $V_{D.S.T}$ | 노면건조 | 습윤 | 비 | 눈 | 결빙 |
|---|---|---|---|---|---|
| 왕복 4차로 | 100km/h | 93km/h | 86km/h | 67km/h | 55km/h |
| 왕복 2차로 | 70km/h | 67km/h | 62km/h | 45km/h | 44km/h |

○ $V_{D.S.T}$의 경우 노면 건조인 경우 도로의 설계속도와 실제 주행속도자료를 고려하고자 왕복 4차로의 경우 100km/h, 왕복 2차로의 경우 70km/h를 사용하였으며, 기상·노면 조건별 주행행태계수를 이용하여 차로별, 기상·노면상태별 희망속도는 <표 3-4-38>와 같음

○ 최종적으로 결정된 모형을 살펴보면, 해당 직선구간의 직선길이가 길수록, 이전 곡선구간의 진출속도가 높을수록, 곡선반경이 클수록 $V_{D.S.T}$에 빨리 도달하는 것으로 나타났음

○ 다음의 그림은 모형을 이용하여 이전 곡선구간 곡선반경, 해당 직선구간 직선길이에 따라 직선구간의 안전속도를 나타낸 것임




<그림 3-4-32> 직선구간 안전속도 모형 산출결과

다. 곡선 진출·입 구간의 안전속도 모형

○ 곡선구간을 안전하게 진출하고 진입하기 위한 안전속도는 곡선과 곡선구간사이의 직선길이에 따라 구분되는 것을 앞서 언급하였음

○ 주행 자료를 분석한 결과 case 1의 경우 운전자들은 곡선과 곡선구간의 직선길이가 400m 미만일 경우 감·가속을 함께 행하는 것이 아닌 감속, 가속 중 하나의 행태를 나타내며 다음 곡선구간에 진입하게 됨

○ Case 2의 경우 곡선구간 사이의 거리가 400~800m 일 경우 운전자는 가속 후 곡선구간에 진입하기 위한 감속을 행하게 되는데, 이것은 곡선구간 진출 후 다음 곡선구간이 존재하는 것을 가속 주행 중 인지하고 곡선구간에 진입하기 위해 감속을 행한 결과라고 판단됨

○ 이때 안전속도를 산출하기 위해 다음 곡선구간에 진입하기 위한 필요한 감속거리를 산출해야 하며, 이 감속거리를 산출하기 위하여 운전자들이 안전함을 느끼는

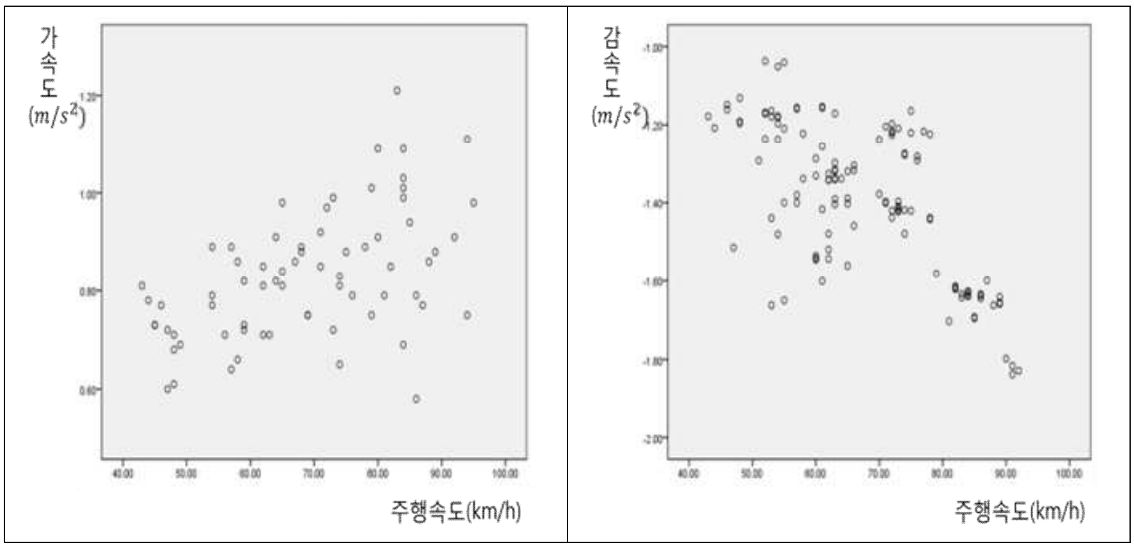
가속도와 감속도를 산출하고 이를 이용하여 가속거리를 도출함으로써 안전한 가속, 감속 거리를 도출할 수 있게 됨

○ 운전자들이 안전함을 느끼는 가·감속도는 곡선구간 진출·입 시 주행속도를 이용하여 산출하였으며, 안전 가속도와 감속도를 산출하기 위해 사용되는 주행속도 자료는 운전자들이 어떠한 구간에서도 불안감을 느끼지 않았던 실험에서 최대값을 추출하였음

○ 감속도는 직선구간에서 곡선구간으로 진입하기 위하여 감속을 시작하는 지점부터 측정하였으며, 가속도는 곡선구간을 진출하여 가속을 시작하는 지점부터 가속이 끝나는 지점까지의 가속도를 측정하였음

○ 추출된 자료들을 통해 가속도와 감속도를 산점도를 이용하여 분석해보았는데, 산점도 분석 결과 <그림 3-4-33>에서 보는 바와 같이 가속도는 특정한 패턴을 보이지 않으며 감속도의 경우 주행속도가 높을수록 감속도도 커지는 경향을 보였음

○ 이는 주행속도가 큰 경우에 곡선구간으로 진입할 경우 감속의 정도가 크기 때문이라고 판단됨




<그림 3-4-33> 주행속도에 따른 가속도,감속도 패턴분석

○ 주행실험을 통해 추출된 자료를 바탕으로 다음의 식을 이용하여 가·감속도를 산출하였으며, 산출 결과는 <표 3-4-39>에 제시하였음

$$a = \frac{(\frac{V}{3.6})^2 - (\frac{V_0}{3.6})^2}{2 \times S} \quad \text{.....(3-4-9)}$$

여기서, $a$ : 가속도($m/s^2$)

$V$ : 나중속도($km/h$)

$V_0$ : 처음속도($km/h$)

$S$ : $V_0$에서 $V$로 변하는 동안 주행거리($m$)

<표 3-4-39> 안전 가속도, 감속도 산출 결과

| 안전 가속도 | 안전감속도 |
|---|---|
| 0.45 $m/s^2$ | 0.81 $m/s^2$ |

○ 산출된 안전 가속도와 감속도를 이용하여 곡선구간에 진입하기 위한 감속거리를 산출하기 위해 곡선 진출 후 가속거리를 먼저 도출하며, 가속거리는 $X$로 표기하며 가속거리는 다음 식을 통해 도출할 수 있음

○ 이 식은 "도로선형 및 노면 안정성 분석 모형 개발" (한국건설기술연구원, 2007)을 인용하였음

$$X = \frac{(V_2/3.6)^2 - (V_1/3.6)^2 + 2 \times d \times L_t}{2 \times (a+d)} \quad \text{.....(3-4-10)}$$

여기서, $X$ : 가속거리(m)

$V_2$ : 다음 곡선구간의 안전속도($km/h$)

$V_1$ : 이전 곡선구간의 안전속도($km/h$)

$L_t$ : 직선구간의 길이($m$)

$a,d$ : 안전가속도($0.45m/s^2$), 안전감속도($0.81m/s^2$)

○ Case 3의 경우 곡선구간 사이의 거리가 800m 이상일 경우 운전자는 곡선구간 진출 후 쾌적하고 안전함을 느끼는 주행속도까지 가속하게 되며, 불안감을 느끼지 않을 만큼의 주행속도에 다다르게 되면 일정한 직선구간의 주행속도로 주행하며 다음 곡선구간을 인지하게 되면 주행속도에 맞는 감속시작지점부터 곡선구간에 진입하기 위해 감속을 하게 됨

○ 다음은 곡선구간에 진입하기 위해 감속을 시작하는 지점을 도출하기 위해 통계분석을 실시하였으며, 실험을 통해 얻어진 자료 중 case2에서 분석한 안전감속도 $0.81m/s^2$ 이하의 감속도를 기록한 주행 자료만 사용하였음

○ 분석은 획득한 주행속도, 주행거리를 바탕으로 진행방향 가·감속도를 산출하였으며, 직선구간에서 곡선구간으로 이어지는 도로기하구조에서 곡선구간 진입 전 진행방향 감속도가 발생하는 곳을 감속시작지점으로 판단하여 분석을 실시하였음

- 첫째, 직선구간에서 곡선구간으로 진입하기 위해 최초의 감속시점을 산출
- 둘째, 산출된 감속시작지점, 감속도, 속도 등의 자료 분석을 위하여 자료정리
- 셋째, 주행속도별 감속시작지점 평균에 대한 ANOVA 통계검정 실시
- 넷째, 주행속도별 평균 감속시작지점, 평균 감속도 제시

○ 주행속도별 감속시점 산출을 위한 자료에는 주행속도, 진행방향 감속도, 곡선 시작부로부터 감속시점, 곡선반경 포함되며 자료의 형태는 <표 3-4-40>과 같음

<표 3-4-40> 주행속도별 감속도 및 감속시작지점

| 주행속도 (km/h) | 감속도 ($m/s^2$) | 감속시작지점 (m) | 곡선반경 (m) |
|---|---|---|---|
| 93 | -0.28 | 232 | 530 |
| 92 | -0.56 | 208 | 530 |
| 91 | -0.39 | 170 | 440 |
| 91 | -0.28 | 221 | 300 |
| 90 | -0.24 | 318 | 300 |
| 86 | -0.31 | 114 | 200 |
| 86 | -0.28 | 223 | 200 |
| 85 | -0.27 | 219 | 150 |
| 84 | -0.34 | 214 | 1005 |
| 82 | -0.26 | 128 | 680 |
| 81 | -0.55 | 65 | 680 |
| 80 | -0.66 | 119 | 500 |
| 79 | -0.55 | 103 | 500 |
| 77 | -0.55 | 165 | 50 |
| 76 | -0.44 | 126 | 200 |
| 75 | -0.56 | 155 | 150 |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ |

○ 주행속도에 따른 감속시점을 알아보고자 주행 속도 10km/h 단위(100km/h~90km/h, 90km/h~80km/h, 80km/h~70km/h, 70km/h~60km/h, 60km/h~50km/h, 50km/h~40km/h)로 총 6개의 범주로 구분하여 각 주행속도별 평균 감속시작위치가 통계적으로 다른 값을 나타내는지 One-way ANOVA를 실시하여 판별하였으며, 통계검정에 대한 가설 설정은 다음과 같음

**속도에 따른 범주 간 감속시작지점 검증가설**

귀무가설(H0) : 각 범주 간 주행속도에 따른 감속시작지점은 같다

대립가설(H1) : 각 범주 간 주행속도에 따른 감속시작지점은 같지 않다

○ 만약 통계검정결과 각 범주 간 평균 비교 값이 유의수준 0.05를 초과 한다면 95% 신뢰수준에서 이들의 수치는 범주 간 차이가 없는 것이고, 유의수준 0.05를 초과하지 않는다면 범주 간 차이가 있는 것으로 판단할 수 있음

<표 3-4-41> 주행속도 범주에 따른 감속거리 One-Way ANOVA 분석결과

| 속도(km/h) | 평균 | 표준편차 | 자유도 | 유의수준 |
|---|---|---|---|---|
| 40~50 | 44.7120 | 13.98145 | 142.656 | 0.000 |
| 50~60 | 81.3665 | 27.54874 | | |
| 60~70 | 105.0909 | 33.28184 | | |
| 70~80 | 142.2129 | 60.93872 | | |
| 80~90 | 170.6545 | 76.94848 | | |
| 90~100 | 210.6000 | 44.89684 | | |

○ <표 3-4-41>의 분석결과를 보면 10km/h 단위 속도에 따른 곡선구간 진입 전 감속시작지점은 통계적으로 차이가 있는 것으로 나타났으며, 각각의 범주에 대하여 감속 시작지점에 대한 유의수준은 0.000의 수치를 나타냄으로써 “각 범주 간 속도에 따른 감속시작지점은 같다” 라는 귀무가설($H_0$)을 기각함

○ 따라서 각 속도 범주에 따른 감속시작 거리의 평균값은 통계적으로 유의미하다는 결과를 도출 할 수 있음

○ 주행 자료와 One-way ANOVA 통계검정을 통해 곡선구간 진입 전 감속시작 지점이 주행속도별로 상이함을 알 수 있었으며, 이를 통하여 운전자들이 곡선구간에

진입하기 전에 어떤 주행행태를 나타내는지 결과를 도출하였음

○ 주행속도에 따른 감속도 및 감속시작지점 산출 결과 주행속도가 높을수록 감속을 시작하는 거리는 증가하였으며, 그 결과 90~100km/h 주행 시 210m로 가장 길게 나타났음

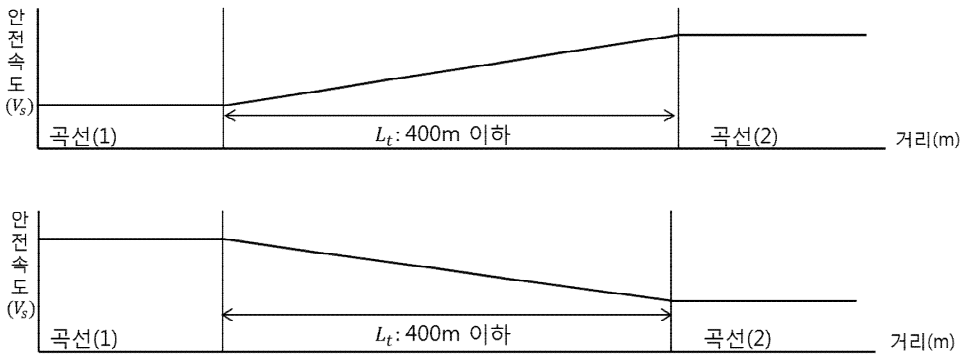
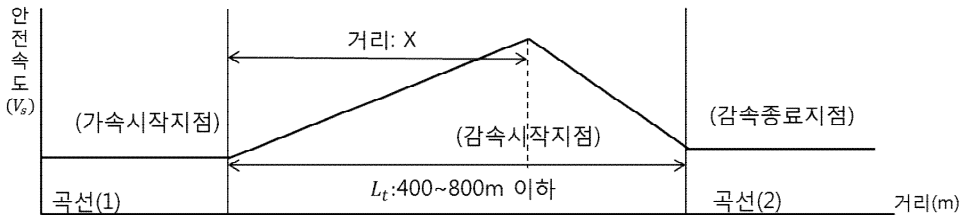
○ 또한, 감속도는 주행 속도가 높을수록 낮고 주행속도가 낮을수록 높게 나타났는데, 이는 안전한 곡선구간 진입을 위해서 감속을 시작하는 거리가 길수록 감속도가 낮고 짧은 위치에서 감속을 시작하는 경우 감속도가 높게 나타났음

○ 주행속도가 높을수록 감속을 시작하는 거리가 길고 감속도가 낮은 것은 Alberto (2011)의 연구와 같은 결과를 도출하였으며, 주행속도에 따른 감속시작지점은 10km/h 단위로 산출하였으며 산출 결과는 <표 3-4-42>와 같음

<표 3-4-42> 주행속도에 따른 감속도 및 감속시작지점 산출 결과

| 주행속도(km/h) | 감속시작지점(m) | 감속도($m/s^2$) |
|---|---|---|
| 40~50 | 44.71 | -0.842 |
| 50~60 | 81.36 | -0.592 |
| 60~70 | 105.09 | -0.494 |
| 70~80 | 142.21 | -0.429 |
| 80~90 | 170.65 | -0.333 |
| 90~100 | 210.60 | -0.294 |

○ 아래의 <그림 3-4-34>은 곡선구간과 다음곡선구간까지의 거리가 400m 이하일 경우 case1, 400~800m 일 경우 case2, 800m 이상일 경우 case3 이상 세 가지 유형으로 구분하여 도식화 하였음

<table>
<tr><td>case1</td><td>
</td></tr>
<tr><td>case2</td><td>
</td></tr>
<tr><td>case3</td><td>
</td></tr>
</table>

<그림 3-4-34> 곡선 진출·입 구간 안전속도 모형 산출결과

## 4. 모형 개발결과

○ 본 연구에서는 운전자들이 실제 주어진 도로환경에서 쾌적함과 안전함을 느끼는 경우의 속도인 안전속도를 산출하는데 목적이 있음

○ 이를 위해서 왕복 4차로도로, 왕복 2차로도로를 각각 3개씩 선정하여서 노선 당 30~40명의 피 실험자들이 주행실험을 하였으며, 주행실험 도중에 피 실험자들의 심리적 불안감에 대한 설문조사를 실시, 주행실험을 통해 수집한 주행 자료는 곡선, 직선, 곡선 진출·입 구간으로 구분하여 분석하였음

○ 이를 위해서 왕복 4차로도로, 왕복 2차로도로를 각각 3개씩 선정하여서 노선 당 30~40명의 피 실험자들이 주행실험을 하였으며, 주행실험 도중에 피 실험자들의 심리적 불안감에 대한 설문조사를 실시하였고, 주행실험을 통해 수집한 주행 자료는 곡선, 직선, 곡선 진출·입 구간으로 구분하여 분석하였음

○ 첫째로, 곡선구간의 경우 주어진 도로기하구조 조건과 차량요인이 반영된 미끄러지지 않고 이탈하지 않는 물리적으로 안전한 최대주행속도에 운전자요인(불안감을 느끼지 않는 경우)를 포함시켜 도로기하구조, 차량, 운전자요인이 모두 반영된 안전속도 산출 모형을 개발하였음

○ 운전자요인의 경우 곡선반경, 기상·노면상태(습윤, 비, 눈, 결빙)에 따라 운전자의 주행행태를 반영한 $R', W'$ 계수를 왕복 4차로, 왕복 2차로를 구분하여 도출하였음

$$V_{S.S.C} = \sqrt{R \times g((1 \pm \frac{H}{L_f} \times \theta)\sqrt{1-(\frac{\theta}{\mu_1})^2} \times \mu_2 - \varphi)} \times (\frac{1}{R'} \times \frac{1}{W'})$$

여기서, $R$: 곡선반경(m) (4차로도로:$R \leq 1250m$, 2차로도로:$R \leq 600m$)

$g$: 중력가속도(9.8m/s2)

$H$: 차량의 무게중심 높이(m)

$L_f$: 무게중심부터 앞(오르막경사), 뒤(내리막경사) 차축까지 거리(m) (오르막경사:-, 내리막경사: +)

$\theta$: 종단경사(rad)

$\mu_1, \mu_2$: 종 방향 미끄럼 마찰계수, 횡방향 미끄럼 마찰계수

$\varphi$: 편경사(rad)

$R', W'$: 곡선반경, 기상·노면상태에 따른 안전주행행태 계수

○ 둘째로, 직선구간의 경우 운전자가 곡선구간을 진출하여 긴 직선구간에 진입하게 되면 가속을 하여 심리적으로 안전함을 느끼는 속도에 도달하게 되는데, 800m이상의 긴 직선구간에서 더 이상 가속을 행하지 않고 안전함을 느끼게 되는 최대의 일정한 속도를 희망속도로 정의하였고 이는 기상·노면상태에 따라 다르게 나타나기 때문에 $W'$계수를 이용하여 산출하였음

○ 직선구간의 안전속도 산출 모형은 운전자들이 선택 하게 되는 주행속도에 영향을 미칠 것이라고 생각한 이전구간의 도로기하구조, 해당 직선구간의 도로기하구조 중 산점도, 상관관계 분석을 통해 독립변수를 선정하였음

○ 그 결과 이전구간의 주행속도, 곡선반경, 해당구간의 직선길이가 변수로 모형에 포함되고 800m 이상의 직선구간에서만 안전속도 모형을 사용하게 됨

$$V_{S.S.T} = V_{S.S.C} + \frac{V_{D.S.T} - V_{S.S.C}}{1 + 4.724 \times e^{-\lambda L}} \qquad (R^2 = 0.628)$$

여기서, $V_{S.S.C}$: 이전 곡선구간 안전속도(km/h)

$V_{D.S.T}$: 희망속도 Desired speed(km/h)

$\lambda$: $0.003 + 2.239 \times 10^{-7} \times R$

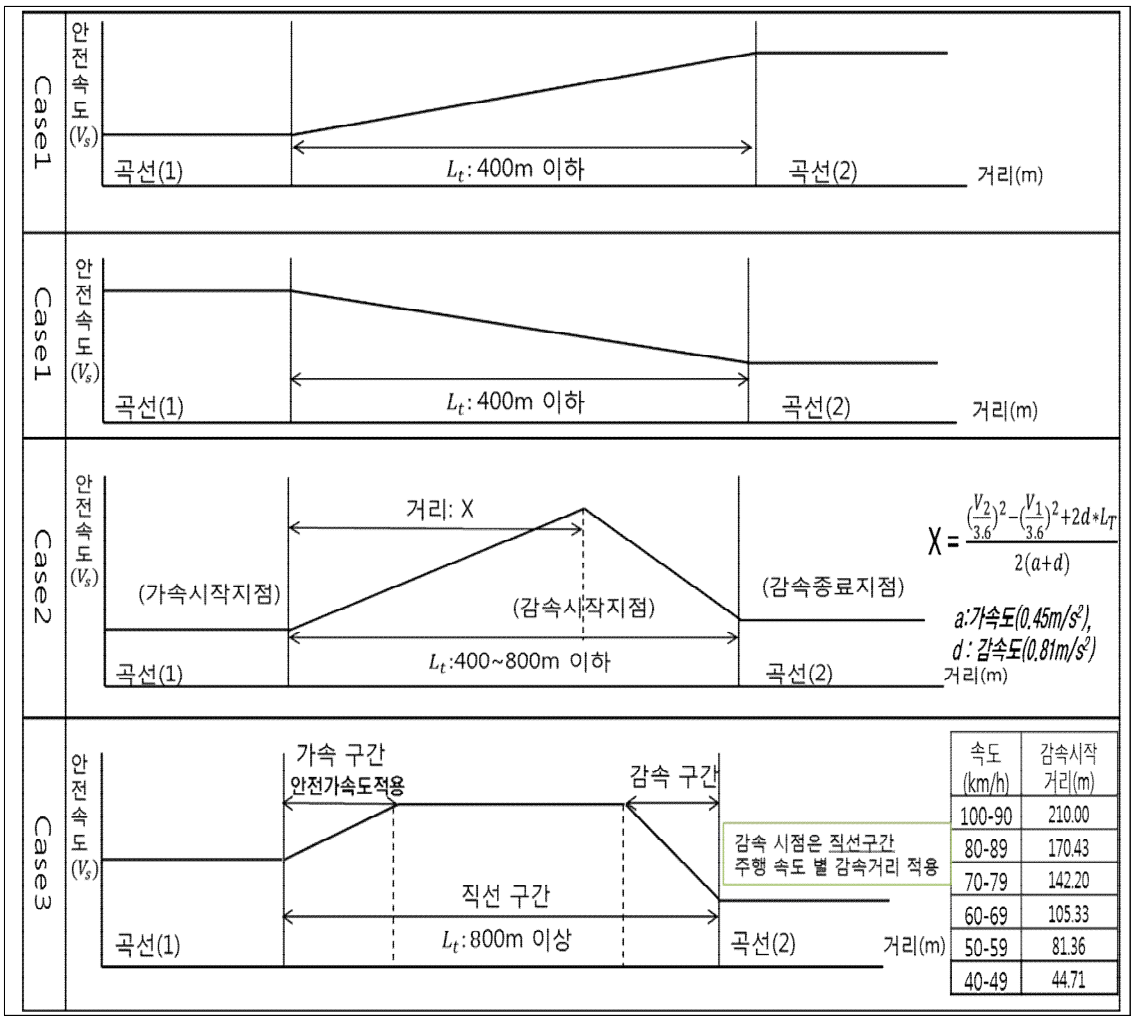
$L$: 해당직선구간 직선길이(m)

○ 셋째로, 곡선 진출·입 구간의 경우 진출 한 곡선과 진입하기 위한 곡선사이의 거리에 따라서 <그림 3-4-35>와 같이 유형을 구분하여 안전속도 산출 방법을 정의하였음

○ case1의 경우 다음 곡선구간까지 400m 이하 일 경우 운전자는 가속 또는 감속의 행태만 나타내며 다음 곡선에 진입하게 되는데, case2의 경우 다음 곡선까지의 거리가 400~800m 일 경우 가속 후 감속의 행태를 보이며, 이때 가속도와 감속도는 피 실험자들의 설문조사를 통해 가속, 감속에 대한 불안감을 느끼지 않았을 당시의 주행 자료를 이용하였음

○ 주행 자료를 이용해 산출한 안전가속도는 $0.45m/s^2$이고 안전감속도는 $0.81m/s^2$이다. 이 안전가속도, 안전감속도를 이용하여 곡선사이의 거리에서 가속거리, 감속거리를 도출하고 안전속도를 산출함

○ case3의 경우 다음곡선까지의 거리가 800m이상일 경우 직선구간의 안전속도를 산출하게 되고 곡선 진출 후 직선구간의 안전속도에 도달하기 위해 안전가속도로 가속하하며, 다음 곡선에 진입하기 위한 감속거리는 직선구간의 안전속도에 대응하는 곡선구간 진입 전 감속시작지점을 이용하게 됨




<그림 3-4-35> 곡선 진출·입 구간 구분 및 가·감속도, 감속시작거리

## 5. 모형의 검증

○ 본 절에서는 전라북도 완주군에 위치한 국도 17호선을 대상으로 개발한 안전속도 모형을 이용하여 안전속도를 산출하고 위험구간을 판단하였고, 실제 사고발생 지점과 위험구간을 매칭 하였음

○ 또한, 현재 안전성 평가에 널리 사용하고 있는 Lamm 등(1999)의 주행속도 차이에 따른 안전성 평가결과와 비교를 실시함

### 가. 모형의 검증 대상지

○ 본 연구에서는 안전속도 모형을 개발하기 위해 실험구간으로 사용한 도로 이외의 왕복 4차로 도로를 검증 대상지로 설정함

○ 국도 17호선은 전라남도 곡성군을 기점으로 하여 충청남도 금산군을 종점으로 한 왕복 4차로도로이며, 국도 17호선 중에서 전라북도 완주군 상관면 용암리에서 신리까지 약 9.3km 구간을 검증 대상구간으로 선정하였음

○ 대상구간의 특성은 <표 3-4-43>과 같으며, 교통사고자료는 2007년부터 2011년까지 도로교통공단 교통사고분석시스템(TASS)에서 제공하는 자료를 이용함

<표 3-4-43> 모형 검증 대상구간의 특성

| 구분 | 내용 |
|---|---|
| 도로 명 | 국도 17호선 |
| 구간 및 연장 | 전라남도 곡성군~남원시~전주시~충청남도 금산군<br>총 연장: 66.7km |
| 차로 수 | 왕복 4차로 |
| 설계속도 | 80km/h |
| 제한속도 | 80km/h |
| 분석구간 | 전라북도 완주군 상관면 용암리~신리(9.3km) |

○ 모형 검증을 위한 대상구간 성형 정보 및 자료는 다음 <표 3-4-44>와 같은 형태로 구축하였음

<표 3-4-44> 모형 검증 대상구간의 선형정보

| 구간 | STA 시점(m) | STA 종점(m) | 구간길이 (m) | 곡선반경 (m) | 종단경사 (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1+080 | 1+180 | 100 | 300 | -3.46 |
| 2 | 1+180 | 1+480 | 300 | ∞ | -2.90 |
| 3 | 1+480 | 1+620 | 140 | 350 | -3.32 |
| 4 | 1+620 | 2+200 | 580 | ∞ | -3.32 |
| 5 | 2+200 | 2+300 | 100 | 600 | -2.34 |
| 6 | 2+300 | 2+540 | 240 | ∞ | -2.34 |
| 7 | 2+540 | 2+680 | 140 | 500 | -1.77 |
| 8 | 2+680 | 2+920 | 240 | ∞ | -2.02 |
| 9 | 2+920 | 3+040 | 120 | 1300 | -2.70 |
| 10 | 3+040 | 3+200 | 160 | ∞ | -1.54 |
| 11 | 3+200 | 3+340 | 140 | 1300 | -2.61 |
| 12 | 3+340 | 3+660 | 320 | ∞ | -2.61 |
| 13 | 3+660 | 3+820 | 160 | 1000 | -1.28 |
| 14 | 3+820 | 4+160 | 340 | ∞ | -1.28 |
| 15 | 4+160 | 4+320 | 160 | 600 | -0.97 |
| 16 | 4+320 | 4+900 | 580 | ∞ | -2.47 |
| 17 | 4+900 | 5+060 | 160 | 1500 | -1.28 |
| 18 | 5+060 | 5+220 | 160 | ∞ | -1.28 |
| 19 | 5+220 | 5+360 | 140 | 700 | -1.28 |
| 20 | 5+360 | 6+100 | 740 | ∞ | -1.68 |
| 21 | 6+100 | 6+200 | 100 | 400 | 0 |
| 22 | 6+200 | 6+400 | 200 | ∞ | 0 |
| 23 | 6+400 | 6+600 | 200 | 300 | -4.24 |
| 24 | 6+600 | 6+760 | 160 | ∞ | -4.24 |
| 25 | 6+760 | 6+880 | 120 | 300 | -0.47 |
| 26 | 6+880 | 7+080 | 200 | ∞ | -0.47 |
| 27 | 7+080 | 7+240 | 160 | 500 | 0.40 |
| 28 | 7+240 | 7+480 | 240 | ∞ | -0.56 |
| 29 | 7+480 | 7+680 | 200 | 1000 | -1.79 |
| 30 | 7+680 | 9+020 | 1340 | ∞ | -1.05 |
| 31 | 9+020 | 9+300 | 280 | 300 | -0.53 |
| 32 | 9+300 | 9+980 | 680 | ∞ | -0.95 |
| 33 | 9+980 | 10+360 | 380 | 500 | -0.86 |

나. 안전속도 산출과 안전성 평가

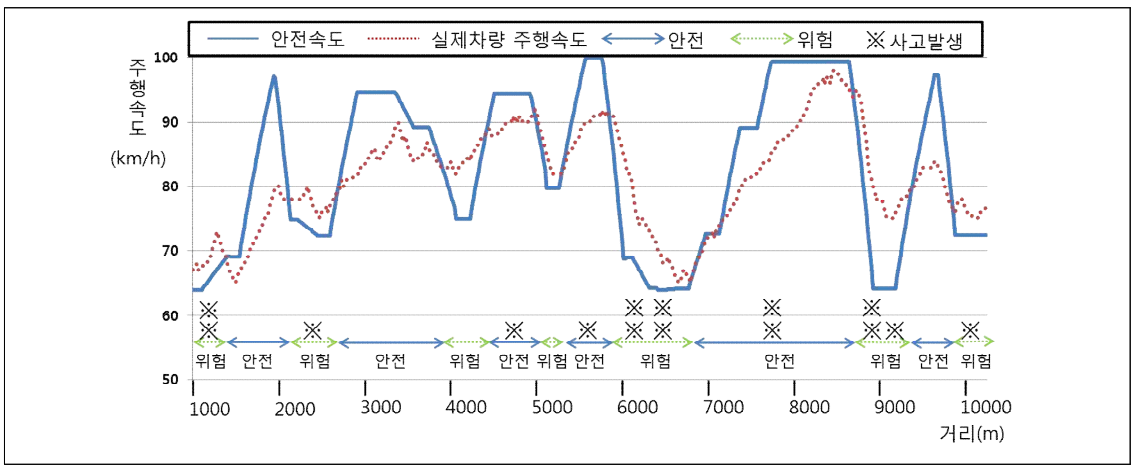
○ 본 연구는 운전자들이 실제로 안전함을 느끼는 안전속도를 산출하는 것이 목적이기 때문에 실제 주행속도가 안전속도보다 높을 경우를 위험구간, 높지 않을 경우를 안전한 구간으로 판단하였음

○ 그리고 본 연구의 안전성 평가와 비교하기 위해 Lamm 분석 방법에 의해 연속된 구간의 주행속도 차이를 이용하여 <표 3-4-45>와 같이 분석구간에 대한 안전성 평가를 실시하였음

<표 3-4-45> 주행속도 차이에 따른 안전성 평가

| 구분 / 기준 | 주행속도의 일관성 확보 |
|---|---|
| 우수(good) | $\lvert V85_i - V85_{i+1} \rvert \leq 10km/h$ |
| 양호(fair) | $10km/h < \lvert V85_i - V85_{i+1} \rvert \leq 20km/h$ |
| 불량(poor) | $\lvert V85_i - V85_{i+1} \rvert > 20km/h$ |

○ 먼저 안전속도에 의한 안전성 평가를 위해 분석구간에 대해 본 연구에서 개발한 안전속도 모형결과를 이용하여 안전속도를 산출하였으며, 안전속도를 산출 한 뒤 실제 분석대상구간을 주행하는 30대 차량들의 주행속도와 비교하여 안전속도보다 높은 주행속도를 나타내는 구간을 <그림 3-4-36>에서와 같이 위험 구간으로 결정함




<그림 3-4-36> 안전속도와 실제 주행차량 주행속도 비교 및 안정성 평가 결과

○ Lamm 분석을 시행하기 위해 먼저 주행속도 예측이 진행되어야 하는데, 국외의 주행속도 예측 모형은 국내의 도로실정과 맞지 않기 때문에 국내에서 진행된 주행속도 예측 모형을 사용함

○ 이수일 (2006)의 주행속도 예측과 함께 주행속도 차이를 이용한 안전성 평가에 대한 결과는 <표 3-4-46>과 같음

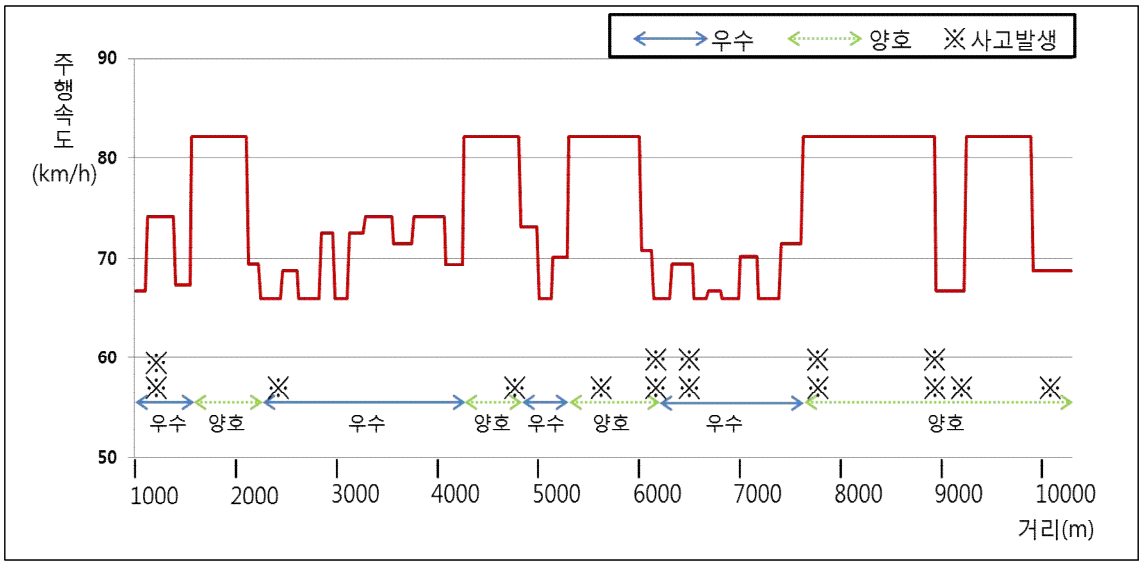
<표 3-4-46> 모형 검증 대상구간의 주행속도 예측 및 안정성 평가 결과

| 구간 | 구간 길이(m) | 곡선 반경(m) | 종단 경사(%) | $V_{85}$ (km/h) | $\triangle V_{85}$ (km/h) | 평가 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 100 | 300 | -3.46 | 66.64 | | |
| 2 | 300 | ∞ | -2.9 | 74.10 | 7.46 | 우수 |
| 3 | 140 | 350 | -3.32 | 67.27 | -6.83 | 우수 |
| 4 | 580 | ∞ | -3.32 | 82.20 | 14.93 | 양호 |
| 5 | 100 | 600 | -2.34 | 69.44 | -12.76 | 양호 |
| 6 | 240 | ∞ | -2.34 | 65.90 | -3.54 | 우수 |
| 7 | 140 | 500 | -1.77 | 68.70 | 2.80 | 우수 |
| 8 | 240 | ∞ | -2.02 | 65.90 | -2.80 | 우수 |
| 9 | 120 | 1300 | -2.7 | 72.55 | 6.65 | 우수 |
| 10 | 160 | ∞ | -1.54 | 65.90 | -6.65 | 우수 |
| 11 | 140 | 1300 | -2.61 | 72.55 | 6.65 | 우수 |
| 12 | 320 | ∞ | -2.61 | 74.10 | 1.55 | 우수 |
| 13 | 160 | 1000 | -1.28 | 71.50 | -2.60 | 우수 |
| 14 | 320 | ∞ | -1.28 | 74.10 | 2.60 | 우수 |
| 15 | 160 | 600 | -0.97 | 69.44 | -4.66 | 우수 |
| 16 | 580 | ∞ | -2.47 | 82.20 | 12.76 | 양호 |
| 17 | 160 | 500 | -1.28 | 73.13 | -9.07 | 우수 |
| 18 | 160 | ∞ | -1.28 | 65.90 | -7.23 | 우수 |
| 19 | 140 | 700 | -1.28 | 70.06 | 4.16 | 우수 |
| 20 | 740 | ∞ | -1.68 | 82.20 | 12.14 | 양호 |
| 21 | 100 | 400 | 0 | 70.75 | -11.45 | 양호 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 22 | 200 | ∞ | 0 | 65.90 | -4.85 | 우수 |
| 23 | 200 | 300 | -4.24 | 69.44 | 3.54 | 우수 |
| 24 | 160 | ∞ | -4.24 | 65.90 | -3.54 | 우수 |
| 25 | 120 | 300 | -0.47 | 66.64 | 0.74 | 우수 |
| 26 | 200 | ∞ | -0.47 | 65.90 | -0.74 | 우수 |
| 27 | 160 | 500 | 0.4 | 70.15 | 4.25 | 우수 |
| 28 | 240 | ∞ | -0.56 | 65.90 | -4.25 | 우수 |
| 29 | 200 | 1000 | -1.79 | 71.50 | 5.60 | 우수 |
| 30 | 1340 | ∞ | -1.05 | 82.20 | 10.70 | 양호 |
| 31 | 280 | 300 | -0.53 | 66.64 | -15.56 | 양호 |
| 32 | 680 | ∞ | -0.95 | 82.20 | 15.56 | 양호 |
| 33 | 380 | 500 | -0.86 | 68.70 | -13.50 | 양호 |

○ 다음 그림은 국도 17호선 분석대상구간의 주행속도 차이를 고려한 안전성 평가 결과는 우수 24구간, 양호 9개구간, 불량 0개 구간으로 분석되었음

○ 다음은 분석대상구간의 주행속도 프로파일과 안전성 평가결과를 나타낸 것임




<그림 3-4-37> 주행속도 예측 및 안정성 평가 결과

다. 국도 17호선 분석대상구간 안전성 평가결과 검증

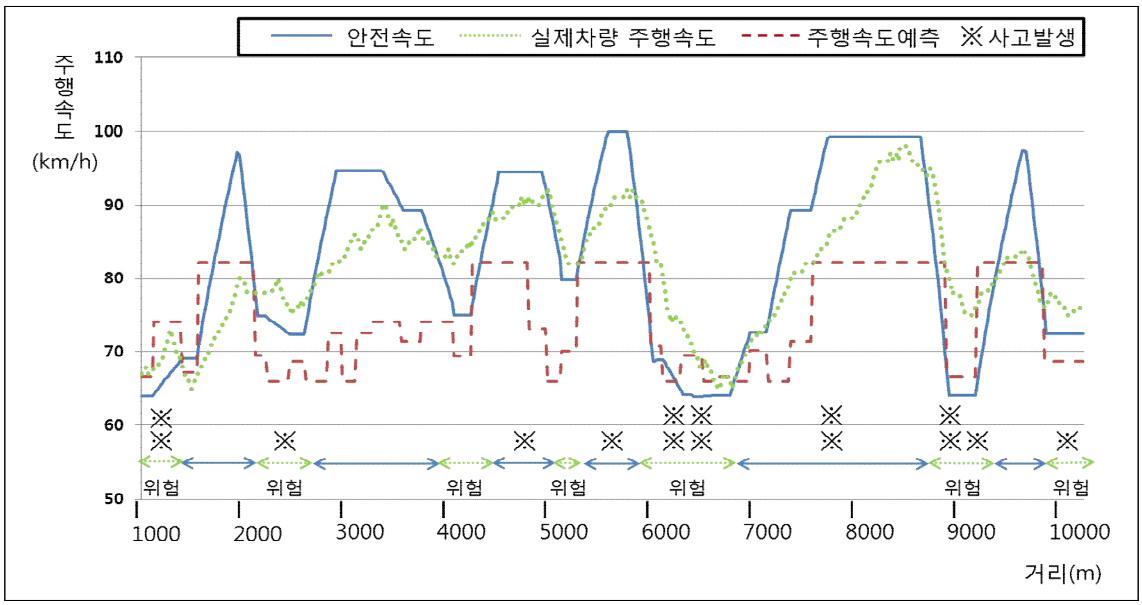
○ 본 연구에서는 분석대상구간에 대해서 안전속도를 산출한 뒤 실제 주행하는 차량들의 속도와 비교하여 안전, 위험 구간을 평가하였고, 기존의 국내에서 연구된 주행속도 예측 모형을 이용하여 Lamm 분석을 수행하여 안전성을 평가하였음

○ 안전속도는 현재까지 사용되던 개념이 아니기 때문에 안전속도 자체를 검증하기보다는 안전속도에 의한 안전성 평가와 사고건수를 Lamm의 분석방법에 의한 사고건수와 간접적으로 비교함

○ 본 연구에서는 사고건수의 간접적 비교방법 개념과 유사하게 예측된 사고건수와 실제 사고건수가 아닌 안전성 평가를 통해 위험구간으로 판단 된 구간의 사고건수를 비교하였으며, 안정성을 평가한 후 실제 분석대상구간의 9.3km의 도로에서 2007년부터 2011년까지 발생한 중상, 사망사고 15건이 어느 구간에 위치하는지 분석하였음

○ 안전속도로 수행한 안전성 평가에 의하면 <그림 3-4-38>, <표 3-4-43>에서 보는바와 같이 위험 구간에서 11건의 교통사고가 발생하였고 안전 구간에서 4건의 사고가 발생하였으며,

○ Lamm의 분석 방법에 의하면 우수 구간에서 5건, 양호 구간에서 10건이 발생하였음




<그림 3-4-38> 안정성평가 결과와 실제 사고 발생지점

<표 3-4-47> 안정성 평가와 실제 사고건수 비교

| 안전성 평가 | 구간 분류 | 사고건수 |
|---|---|---|
| 본 연구 | 안전 | 4건 |
| | 위험 | 11건 |
| Lamm 분석 | 우수 | 5건 |
| | 양호 | 10건 |
| | 불량 | 0건 |

○ 본 연구에서 위험구간으로 판단한 구간은 실제로 사고가 빈번히 발생하는 위험구간과 일치하였으나, Lamm의 안전성평가는 실제 위험구간을 판단하지 못함

○ 특히, 6000~7000m 구간은 교통사고가 4건이나 발생한 구간으로 본 연구의 안전성 평가결과 위험구간으로 판단됐지만 Lamm의 안전성 평가 결과는 양호, 우수 구간으로 판단한 것으로 보아 본 연구의 안전성평가 결과가 교통사고가 빈번히 발생하는 위험구간에 대한 예측을 보다 정확히 하는 것으로 판단됨

○ 이러한 연구결과는 호주의 90km/h로 설계된 곡선부에서 85백분위 속도가 설계속도를 초과해 설계속도 결정시 주행속도를 반영하여야 한다고 주장한 McLean(1981)의 연구결과와 설계속도 80km/h이하에서는 85백분위 속도가 설계속도를 대부분 초과한다는 조사결과를 제시한 연구와 완전히 일치하지는 않음

○ 그러나 직선부에서의 주행속도와 본 연구에서 제안한 안전속도가 설계속도를 초과하는 것으로 나타났으며, 이는 한다는 그동안의 설계속도 기반의 안전성 평가방법이나 설계속도를 기반으로 한 법적 속도규제는 재고되어야 함

○ 또한, 곡선부의 안전속도는 대부분 설계속도보다 낮은 값을 나타내는 것으로 나타나 향후 도로 설계속도 값 선정 시 주변지형과 더불어 운전자들이 선택하게 되는 안전속도의 검토도 반드시 필요함을 알 수 있음

# 제4-5절 도로 종합안전성 평가

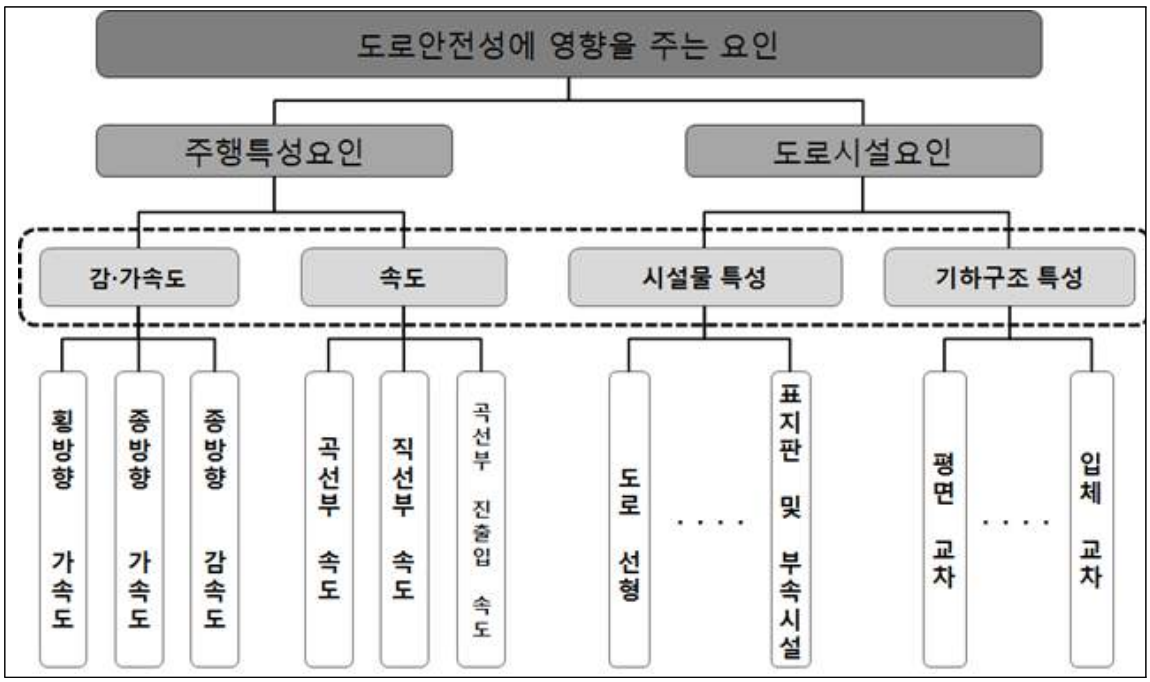
## 1. 평가항목간 가중치 산정

○ 앞의 연구개발 수행내용인 주행특성요인과 교통안전공단에서 수행하는 도로시설요인간의 특성을 이용하여 일반 도로 주행시 감·가속도, 주행속도, 시설물 특성, 기하구조 특성간 도로의 종합안전성 평가를 실시함

○ 도로의 종합안전성 평가시 교려해야할 사항은 가속도 부분, 주행속도 부분, 교통안전공단에서 수행하는 도로시설 요인 등 여러 항목간 상대적 중요도를 고려해 평가가 진행되어야 하므로 각 항목간 중요도 산출을 위한 방법으로 전문가 대상 AHP 가중치 분석을 실시하였음

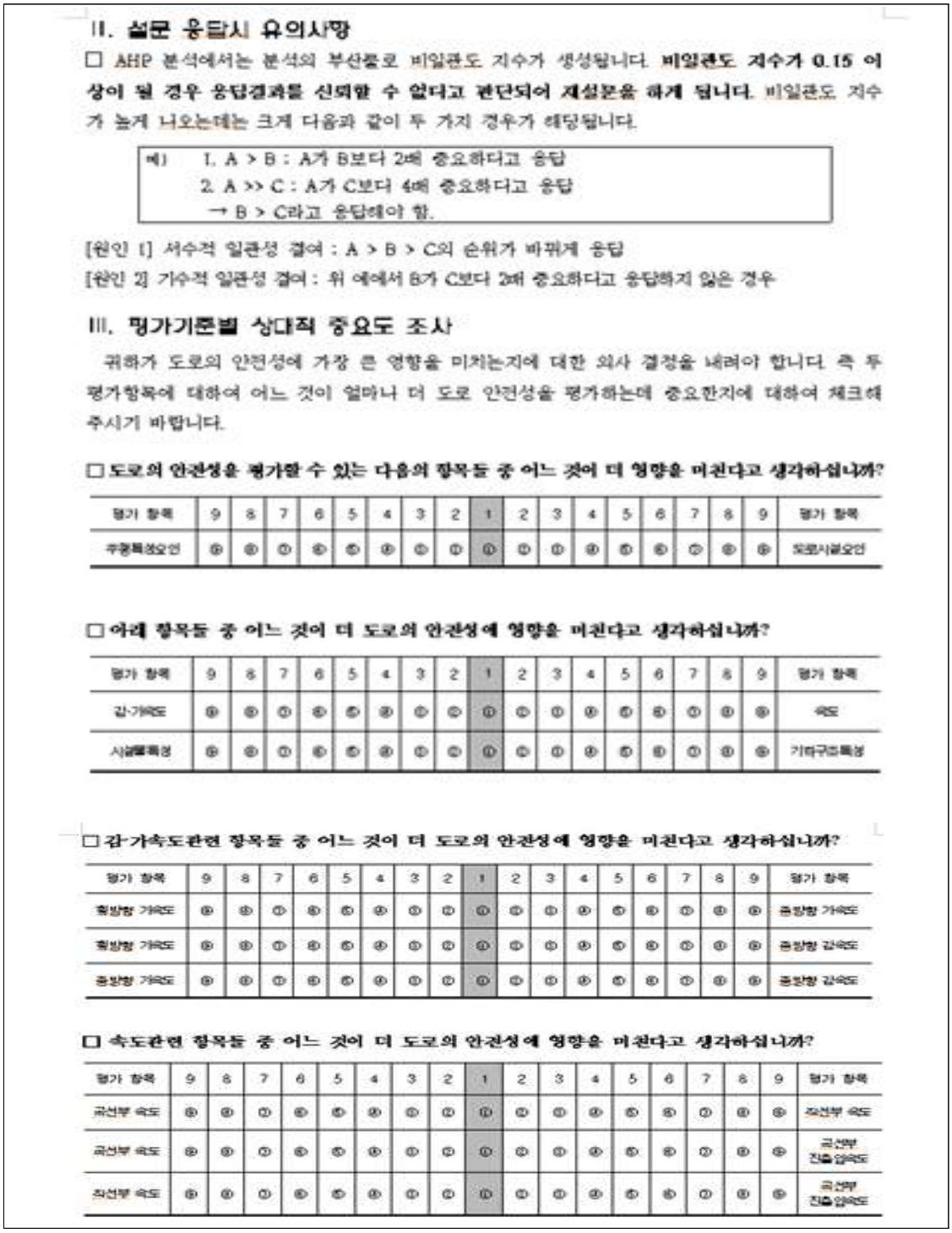
○ 우선, 주행특성요인은 크게 감·가속도, 주행속도로 구분할 수 있으며 감·가속도는 횡방향 가속도, 종방향 가속도, 종방향 감속도로 구분됨

○ 또한, 주행속도는 곡선부 속도, 직선부 속도, 곡선부 진·출입 속도로 구분할 수 있음




<그림 3-4-39> 도로안전성에 영향을 주는 요인

○ AHP분석을 위한 설문지 구성은 아래 그림과 같으며, 기존 교통안전공단의 AHP결과를 반영하기 위하여 최대한 교통안전공단과 동일한 AHP 문항 형식으로 제작함



II. 설문 응답시 유의사항

□ AHP 분석에서는 분석의 부산물로 비일관도 지수가 생성됩니다. **비일관도 지수가 0.15 이상이 될 경우 응답결과를 신뢰할 수 없다고 판단되어 재설문을 하게 됩니다.** 비일관도 지수가 높게 나오는데는 크게 다음과 같이 두 가지 경우가 해당됩니다.

예) 1. A > B : A가 B보다 2배 중요하다고 응답
2. A >> C : A가 C보다 4배 중요하다고 응답
→ B > C라고 응답해야 함.

[원인 1] 서수적 일관성 결여 : A > B > C의 순위가 바뀌게 응답
[원인 2] 기수적 일관성 결여 : 위 예에서 B가 C보다 2배 중요하다고 응답하지 않은 경우

III. 평가기준별 상대적 중요도 조사

귀하가 도로의 안전성에 가장 큰 영향을 미치는지에 대한 의사 결정을 내려야 합니다. 즉 두 평가항목에 대하여 어느 것이 얼마나 더 도로 안전성을 평가하는데 중요한지에 대하여 체크해 주시기 바랍니다.

□ 도로의 안전성을 평가할 수 있는 다음의 항목들 중 어느 것이 더 영향을 미친다고 생각하십니까?

| 평가 항목 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 평가 항목 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 주행특성요인 | ⑨ | ⑧ | ⑦ | ⑥ | ⑤ | ④ | ③ | ② | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ | ⑥ | ⑦ | ⑧ | ⑨ | 도로시설요인 |

□ 아래 항목들 중 어느 것이 더 도로의 안전성에 영향을 미친다고 생각하십니까?

| 평가 항목 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 평가 항목 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 감·가속도 | ⑨ | ⑧ | ⑦ | ⑥ | ⑤ | ④ | ③ | ② | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ | ⑥ | ⑦ | ⑧ | ⑨ | 속도 |
| 시설물특성 | ⑨ | ⑧ | ⑦ | ⑥ | ⑤ | ④ | ③ | ② | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ | ⑥ | ⑦ | ⑧ | ⑨ | 기타구조특성 |

□ 감·가속도관련 항목들 중 어느 것이 더 도로의 안전성에 영향을 미친다고 생각하십니까?

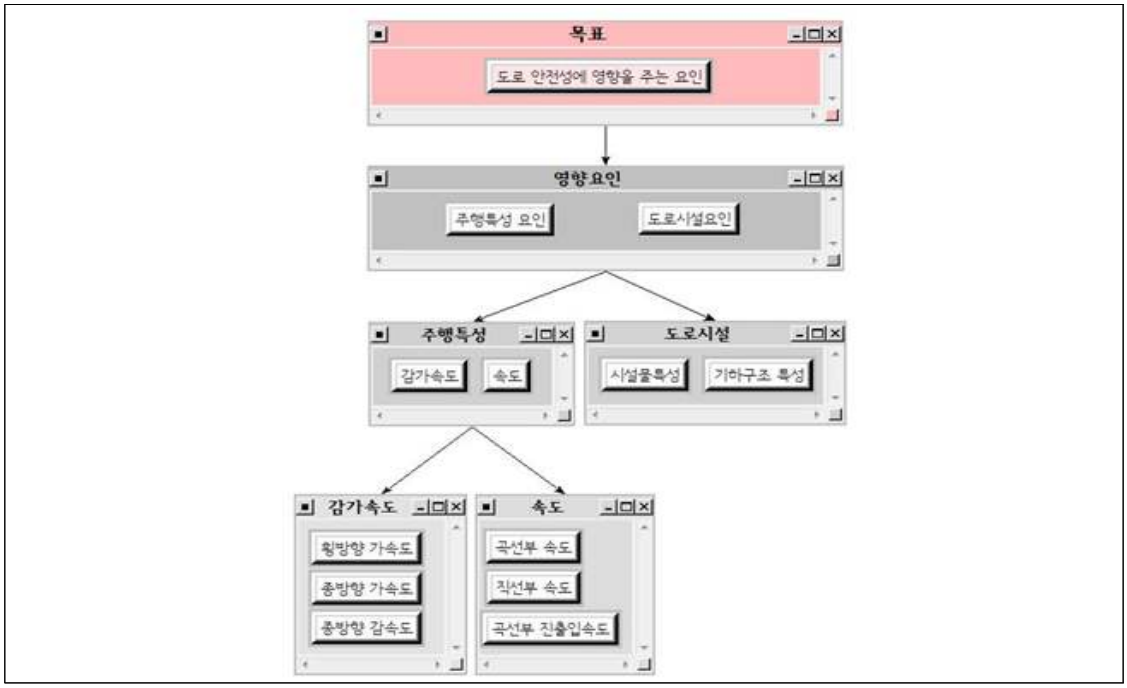
| 평가 항목 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 평가 항목 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 횡방향 가속도 | ⑨ | ⑧ | ⑦ | ⑥ | ⑤ | ④ | ③ | ② | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ | ⑥ | ⑦ | ⑧ | ⑨ | 종방향 가속도 |
| 횡방향 가속도 | ⑨ | ⑧ | ⑦ | ⑥ | ⑤ | ④ | ③ | ② | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ | ⑥ | ⑦ | ⑧ | ⑨ | 종방향 감속도 |
| 종방향 가속도 | ⑨ | ⑧ | ⑦ | ⑥ | ⑤ | ④ | ③ | ② | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ | ⑥ | ⑦ | ⑧ | ⑨ | 종방향 감속도 |

□ 속도관련 항목들 중 어느 것이 더 도로의 안전성에 영향을 미친다고 생각하십니까?

| 평가 항목 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 평가 항목 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 곡선부 속도 | ⑨ | ⑧ | ⑦ | ⑥ | ⑤ | ④ | ③ | ② | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ | ⑥ | ⑦ | ⑧ | ⑨ | 직선부 속도 |
| 곡선부 속도 | ⑨ | ⑧ | ⑦ | ⑥ | ⑤ | ④ | ③ | ② | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ | ⑥ | ⑦ | ⑧ | ⑨ | 곡선부 진출입속도 |
| 직선부 속도 | ⑨ | ⑧ | ⑦ | ⑥ | ⑤ | ④ | ③ | ② | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ | ⑥ | ⑦ | ⑧ | ⑨ | 곡선부 진출입속도 |

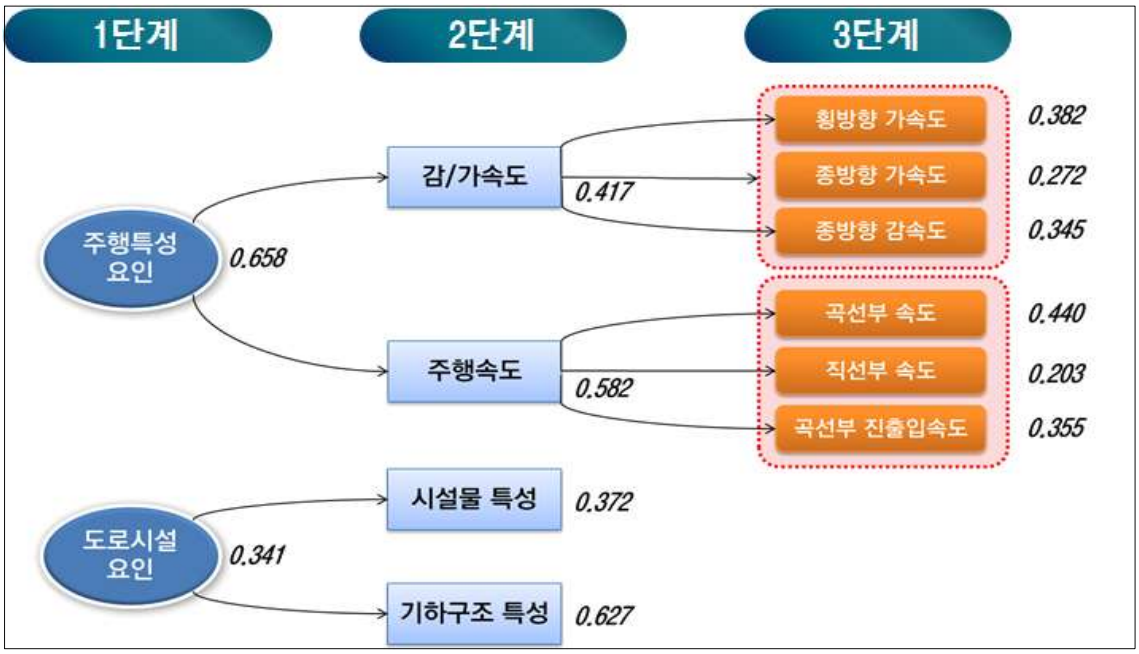
<그림 3-4-40> AHP 설문지 설계

○ AHP설문 결과 분석을 위하여 Super Decision S/W를 이용하여 중요도를 산출 하였으며, 결과는 아래와 같음




<그림 3-4-41> AHP 분석 위계

○ 각 위계 및 항목간 가중치는 다음 표와 같음




<그림 3-4-42> 위계 및 주행특성 요인부문 항목별 가중치 산정 결과

## 2. 평가를 위한 기준값 산출

○ 평가를 위한 기준값을 산출하기 위한 방법으로 지금까지 실험을 통해 얻은 국도, 지방도 구간 중 위험구간에 대하여 가중치 값을 적용하여 산출함

○ 실험 Data 획득 구간은 다음과 같음




<그림 3-4-43> 4차로 도로 실험구간




<그림 3-4-44> 2차로 도로 실험구간

○ 위 실험 Data를 이용한 평가기준값 산출 방법은 다음과 같음

1). 안전주행속도 산출 모형식을 이용하여 실험 대상지 10여곳의 기하구조에 따른 안전주행속도를 20m 단위로 산출

2). 안전주행속도를 초과하는 구간, 안전 횡방향, 종방향 가속도를 초과하는 구간을 산출하여 주행속도, 횡방향 가속도, 종방향 가속도, 종방향 감속도에 대하여 안전한 구간은 0, 안전하지 않은 구간은 1로 구분

3). 안전하지 않은 구간으로 판명된 3-1,3-2단계 항목에 대하여 가중치 적용

ex. 직선 속도 초과시 : 속도 가중치 0.582, 직선부속도 가중치 0.355적용 (0.582*0.355 = 0.20661)

4). 위와 같은 방법으로 20m 단위별 각 항목의 가중치(곡선부속도, 곡선부진출입속도, 직선부속도, 종방향 가속도, 종방향 감속도, 횡방향가속도)를 모두 더하여 20m 단위 해당 구간의 위험도 산출

○ 안전주행 실험 Data에 1)~4) 방법으로 실험대상 국도구간 주행 중 발생하는 (약 450km) 위험도 평균, 표준편차를 산출함

○ 산출된 평균은 국도를 주행하였을 때 보통 발생하는 위험도값이라 가정하고 이 값을 기준으로 새로운 주행데이터를 A~F까지 6등급으로 평가하게 됨

○ A~F까지의 주행안전성 측면, 시설안전성 측면의 평가 범위는 다음 그림과 같음

<표 3-4-48> 주행안전성 측면 평가기준

| 등급 | 안전성 평가기준 | 점수 |
|---|---|---|
| A | 평가값 ≤ 0.038891 | 6 |
| B | 0.038891 <평가값 < 0.073455 | 5 |
| C | 0.073455 <평가값 < 0.10802 | 4 |
| D | 0.10802 < 평가값 < 0.142585 | 3 |
| E | 0.142585 <평가값 < 0.177149 | 2 |
| F | 0.177149 <평가값 | 1 |

○ 평가값이 0에 가까울수록 안전한 주행기록을 나타내는 것이므로, 0.038891 이하의 값은 A등급이며, 가장 높은 0.177149 이상을 나타내는 주행기록은 F 등급으로 가장 위험한 등급이라도 판단할 수 있음

<표 3-4-49> 시설안전성 측면 평가기준

| 등급 | 안전성 평가기준 | 점수 |
|---|---|---|
| A | 평가값 ≤ 0.01614 | 6 |
| B | 0.01614 <평가값 < 0.02920 | 5 |
| C | 0.02920 <평가값 < 0.04226 | 4 |
| D | 0.04226 <평가값 < 0.05531 | 3 |
| E | 0.05531 <평가값 < 0.06837 | 2 |
| F | 0.06837 <평가값 | 1 |

○ 주행안전성, 시설안전성 측면의 평가기준 값을 비교해 봤을 때 주행안전성 측면의 평가기준 값이 상대적으로 높은 수치를 가지는 것을 알 수 있음

○ 이는, 주행안전성 측면의 가중치 항목은 6개인 반면, 시설안전성 측면의 가중치 항목은 44개로 시설안전성 측면의 평가항목 개수가 많아 차이가 나는 것으로 판단됨

## 3. 평가 기준값을 이용한 평가

○ 시설안전성 측면의 평가는 교통안전공단에서 수행한 평가기준 값과 평가결과를 이용하였으며, 주행안전성 측면의 평가는 서울시립대학교에서 수행함

○ 앞에 제시된 평가 기준값 (A~F)을 이용하여 실제 주행데이터 평가 실시

○ 평가 대상 주행데이터는 경기도 가평군 상면에 위치한 율길초등학교~연하교차로 중 약 7.1km구간임

○ 실제 주행Data에 대하여 모형식을 적용하여 평가한 결과, 다음 그림과 같이 곡선부 안전속도, 곡선부 진출입속도, 횡방향 가속도에 대하여 안전기준을 초과한 주행데이터가 나타남

○ 가장 오른쪽에 있는 평가항목을 보면 A, C, D, F등급이 기록된 구간으로

나타낼 수 있음

| A | O | P | Q | R | S | T | U | V | W |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 누적거리 | 곡선부안전속도 | 직선부안전속도 | 곡선부진출입속도 | 횡방향가속도 | 종방향감속도 | 종방향가속도 | | | 평가 |
| 4100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0.00000000 | a |
| 4120 | 0 | 0.078 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0.07814250 | c |
| 4140 | 0 | 0.078 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0.07814250 | c |
| 4160 | 0 | 0.078 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0.07814250 | c |
| 4180 | 0 | 0.078 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0.07814250 | c |
| 4200 | 0 | 0.078 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0.07814250 | c |
| 4220 | 0 | 0.078 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0.07814250 | c |
| 4240 | 0 | 0.078 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0.07814250 | c |
| 4260 | 0 | 0.078 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0.07814250 | c |
| 4280 | 0 | 0.078 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0.07814250 | c |
| 4300 | 0 | 0.078 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0.07814250 | c |
| 4320 | 0 | 0.078 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0.07814250 | c |
| 4340 | 0 | 0.078 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0.07814250 | c |
| 4360 | 0 | 0.078 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0.07814250 | c |
| 4380 | 0 | 0.078 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0.07814250 | c |
| 4400 | 0 | 0.078 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0.07814250 | c |
| 4420 | 0 | 0.078 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0.07814250 | c |
| 4440 | 0 | 0 | 0.136 | 0 | 0 | 0 | | 0.13645121 | d |
| 4460 | 0 | 0 | 0.136 | 0 | 0 | 0 | | 0.13645121 | d |
| 4480 | 0 | 0 | 0.136 | 0 | 0 | 0 | | 0.13645121 | d |
| 4500 | 0 | 0 | 0.136 | 0 | 0 | 0 | | 0.13645121 | d |
| 4520 | 0 | 0 | 0.136 | 0 | 0 | 0 | | 0.13645121 | d |
| 4540 | 0 | 0 | 0.136 | 0 | 0 | 0 | | 0.13645121 | d |
| 4560 | 0 | 0 | 0.136 | 0 | 0 | 0 | | 0.13645121 | d |
| 4580 | 0 | 0 | 0.136 | 0 | 0 | 0 | | 0.13645121 | d |
| 4600 | 0 | 0 | 0.136 | 0.105 | 0 | 0 | | 0.24150567 | f |
| 4620 | 0 | 0 | 0.136 | 0.105 | 0 | 0 | | 0.24150567 | f |
| 4640 | 0 | 0 | 0.136 | 0.105 | 0 | 0 | | 0.24150567 | f |
| 4660 | 0.1689 | 0 | 0 | 0.105 | 0 | 0 | | 0.27394456 | f |
| 4680 | 0.1689 | 0 | 0 | 0.105 | 0 | 0 | | 0.27394456 | f |
| 4700 | 0.1689 | 0 | 0 | 0.105 | 0 | 0 | | 0.27394456 | f |
| 4720 | 0.1689 | 0 | 0 | 0.105 | 0 | 0 | | 0.27394456 | f |
| 4740 | 0.1689 | 0 | 0 | 0.105 | 0 | 0 | | 0.27394456 | f |
| 4760 | 0.1689 | 0 | 0 | 0.105 | 0 | 0 | | 0.27394456 | f |
| 4780 | 0.1689 | 0 | 0 | 0.105 | 0 | 0 | | 0.27394456 | f |
| 4800 | 0.1689 | 0 | 0 | 0.105 | 0 | 0 | | 0.27394456 | f |
| 4820 | 0.1689 | 0 | 0 | 0.105 | 0 | 0 | | 0.27394456 | f |
| 4840 | 0.1689 | 0 | 0 | 0.105 | 0 | 0 | | 0.27394456 | f |
| 4860 | 0.1689 | 0 | 0 | 0.105 | 0 | 0 | | 0.27394456 | f |
| 4880 | 0.1689 | 0 | 0 | 0.105 | 0 | 0 | | 0.27394456 | f |
| 4900 | 0.1689 | 0 | 0 | 0.105 | 0 | 0 | | 0.27394456 | f |
| 4920 | 0.1689 | 0 | 0 | 0.105 | 0 | 0 | | 0.27394456 | f |
| 4940 | 0.1689 | 0 | 0 | 0.105 | 0 | 0 | | 0.27394456 | f |
| 4960 | 0.1689 | 0 | 0 | 0.105 | 0 | 0 | | 0.27394456 | f |

<그림 3-4-45> 평가 Sheet Sample

○ 각 주행안전성, 시설안전성 측면의 점수는 최저 1점(F등급)~최고 6점(A등급) 이며, 두 점수의 가중치 산출 1단계의 주행특성(0.658), 시설특성(0.341) 가중치를 적용하여 합산함

**주행안전성 * 0.658 + 시설안전성 *0.341 = 최저 1점, 최고6점**

<표 3-4-50> 도로의 종합안전성 평가등급

| 등급 | 점수 |
|---|---|
| A | 6점 |
| B | 5점 |
| C | 4점 |
| D | 3점 |
| E | 2점 |
| F | 1점 |

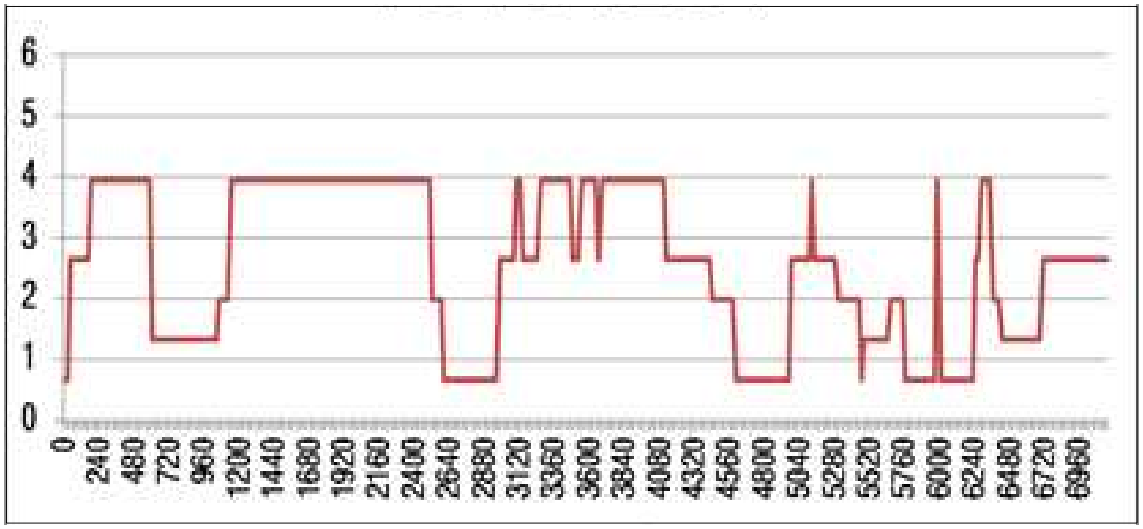
| 도로구분 | 호선 | 도면 STA. | | 도로시설 측면 (가중치적용) | 주행특성측면 (가중치적용) | 합계 | 종합평가 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 국도 | 37 | 7 | 400 | 2.05002 | 3.94998 | 6 | A |
| 국도 | 37 | 7 | 380 | 2.05002 | 3.94998 | 6 | A |
| 국도 | 37 | 7 | 360 | 1.02501 | 3.29165 | 4.31666 | C |
| 국도 | 37 | 7 | 340 | 1.36668 | 3.94998 | 5.31666 | B |
| 국도 | 37 | 7 | 320 | 1.36668 | 3.94998 | 5.31666 | B |
| 국도 | 37 | 7 | 300 | 1.36668 | 2.63332 | 4 | D |
| 국도 | 37 | 7 | 280 | 1.36668 | 2.63332 | 4 | D |
| 국도 | 37 | 7 | 260 | 1.02501 | 2.63332 | 3.65833 | D |
| 국도 | 37 | 7 | 240 | 1.02501 | 2.63332 | 3.65833 | D |
| 국도 | 37 | 7 | 220 | 0.68334 | 3.94998 | 4.63332 | C |
| 국도 | 37 | 7 | 200 | 0.68334 | 3.94998 | 4.63332 | C |
| 국도 | 37 | 7 | 180 | 0.68334 | 0.65833 | 1.34167 | F |
| 국도 | 37 | 7 | 160 | 0.68334 | 3.94998 | 4.63332 | C |
| 국도 | 37 | 7 | 140 | 1.36668 | 3.94998 | 5.31666 | B |
| 국도 | 37 | 7 | 120 | 1.36668 | 3.94998 | 5.31666 | B |
| 국도 | 37 | 7 | 100 | 1.36668 | 3.94998 | 5.31666 | B |
| 국도 | 37 | 7 | 80 | 1.36668 | 3.94998 | 5.31666 | B |
| 국도 | 37 | 7 | 60 | 1.36668 | 3.94998 | 5.31666 | B |
| 국도 | 37 | 7 | 40 | 1.36668 | 3.94998 | 5.31666 | B |
| 국도 | 37 | 7 | 20 | 1.36668 | 3.94998 | 5.31666 | B |
| 국도 | 37 | 7 | 0 | 1.36668 | 3.94998 | 5.31666 | B |
| 국도 | 37 | 6 | 980 | 1.02501 | 3.94998 | 4.97499 | C |
| 국도 | 37 | 6 | 960 | 0.68334 | 3.94998 | 4.63332 | C |

<그림 3-4-46> 평가 기준값을 이용한 주행특성, 도로시설 측면의 평가

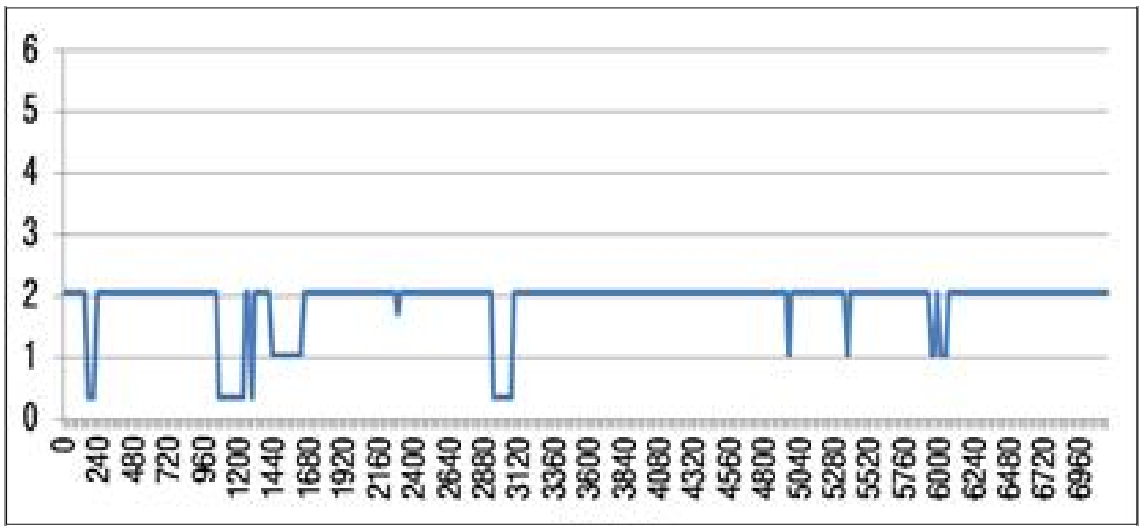
## 4. 평가 결과

○ 평가항목간 가중치 산정을 통해 도출된 평가기준값을 이용하여 율길초등학교~연하교차로, 약 7.1km구간의 실제 주행데이터의 평가를 실시함

○ 주행안전성, 시설안전성 측면 각각의 평가결과는 다음 그림과 같음




<그림 3-4-47> 주행안전성 측면 평가결과

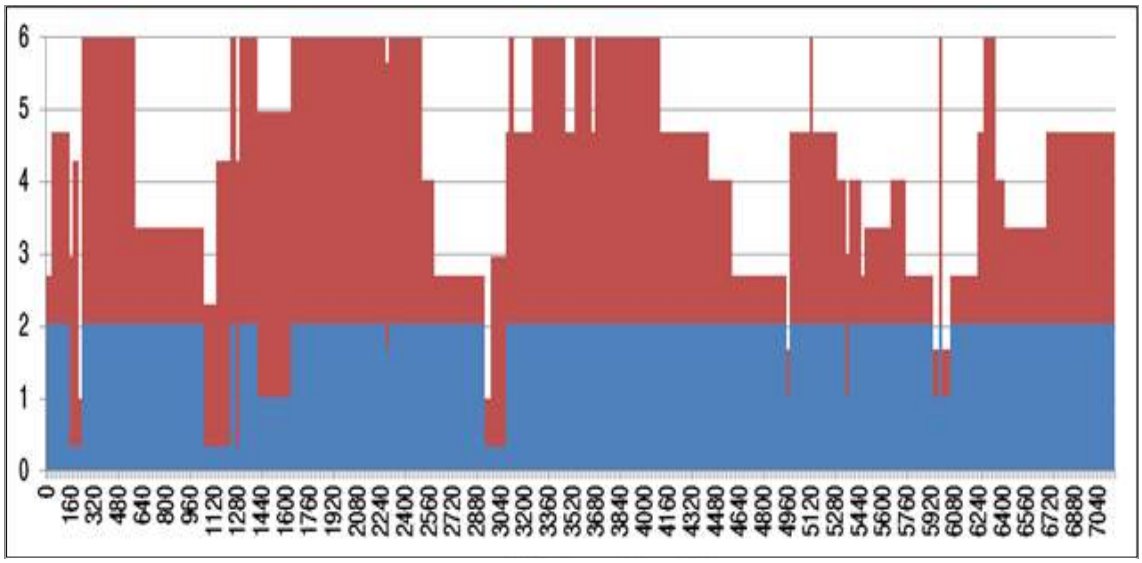



<그림 3-4-48> 시설안전성 측면 평가결과

○ 각각의 평가결과에 1단계 가중치를 적용한 결과 주행안전성 측면의 평가점수는 최대 3.94점, 시설안전성 측면의 평가점수는 최대 2.05점으로 나타남

○ 아래 그림의 파란색 영역은 시설안전성 측면을 나타내며, 붉은 색 영역은 주행안전성 측면을 나타냄

○ 가중치 산출 결과에 따라 각각 동일한 등급을 받은 구간이라도 주행안전성 측면의 중요도가 더 높게 나타남




<그림 3-4-49> 도로의 종합안전성 평가결과

<표 3-4-51> 율길초등학교~연하교차로(약 7.1km) 구간 종합안전성 평가 결과

| 평가등급 | 개수(개) |
|---|---|
| A | 117 |
| B | 1 |
| C | 119 |
| D | 46 |
| E | 67 |
| F | 8 |

○ 평가등급은 A등급이 117개, B등급이 1개, C 등급이 119개 등으로 주소 상위 등급에 주로 분포되어 있는 것을 알 수 있음

# 제5-1절 연구 내용 및 방법

## 1. 연구 내용

○ 1차년도에는 위험요소의 정의를 위하여 국내외 관련 문헌조사, 위험요소의 선정, 위험요소의 정의를 수행하였음

○ 2차년도의 목표는 신속하고 객관적으로 수행할 수 있는 도로교통 안전점검을 위한 도로위험도 판단 기법을 개발하는 것이며, 도로 및 교통환경을 고려한 도로위험도 판단 기법 개발, 개발시스템의 현장 시험운영을 통한 안정성 확보

### 가. 국내외 관련 문헌 조사

○ 기하구조 등 도로환경과 안전시설 등 교통환경을 고려한 도로의 위험요소를 정의한 각종 국내외 연구 및 기술 문헌 자료 조사를 실시함

○ 도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙(국토해양부), 도로교통안전점검 및 진단 보고서, 연구논문 등에 대한 조사를 실시함

### 나. 위험요소 선정

○ 도로교통안전점검 및 진단에서 사용되는 점검항목에 Analytic Hierarchy Process(AHP)기법을 이용하여 위험요소의 우선순위를 선정함

○ 도로의 기하구조 및 안전시설을 대상으로 위험요소를 고려하며, AHP기법을 이용하여 고려한 위험요소들 중 이동측량 및 안전점검을 시행하는 개발차량 시스템에서 적용 가능한 위험요소를 선정함

다. 위험요소 정의

○ 선정된 위험요소들의 개별 항목 특성을 고려하여 국내외 관련 문헌을 조사함

○ 위험요소의 정의, 평가기준, 측정방법, 교통사고와의 관계, 활용방안 등으로 구성하여 각 위험요소에 대하여 정의하고, 각 위험요소들이 개발 시스템에서 구현 될 수 있도록 알고리즘을 작성함

○ 위험요소 정의 절차는 <그림 3-5-1>과 같음




<그림 3-5-1> 위험요소 정의 절차

## 2. 연구 방법

○ 본 연구에서 적용한 위험요소의 중요도 산출은 도로교통 및 첨단차량 개발 전문가를 대상으로 설문조사를 실시하여 객관적 관점에서 분석하였음

○ 분석결과를 차량의 개발시 센서(혹은 장비) 및 이벤트 기능으로 취득된 자료를 안전도분석 전용 프로그램을 통해 자동으로 분석하는 기능의 세부 스펙을 구성하는 기초자료로 활용함

## 제5-2절 위험요소 개념 및 유형

○ 최근 도로의 안전관리는 설계 및 관리자 관점에서 이용자 관점으로 변하고 있으므로, 이용자 관점에서 교통사고의 유발요인을 적출하고 이에 알맞은 개선대안을 수립할 필요가 있음

○ 본 절에서는 Positive Guidance 기법이 제안하고 있는 이용자 관점에서 안전도를 높일 수 있는 차원에서 교통사고 유발요인인 위험요소의 개념과 유형의 특징을 검토함

### 1. 위험요소 개념

○ 위험요소(FHWA, 1996)란 교통사고를 유발할 수 있는(혹은 교통시스템에 유고상황을 일으키는) 모든 물체, 조건, 상황을 의미함

○ 교통사고를 유발할 수 있는 위험요소를 거시적 관점에서 분류하면 인적요인, 차량적 요인, 도로환경적 요인으로 구분할 수 있음

○ 이들 세 요인이 교통사고 발생에 미치는 영향은 인적요인, 도로환경적 요인, 차량적 요인 순으로 높으며 세 요인간의 중복효과를 고려한 교통사고 발생에 미치는 영향은 인적요인 92.5%(=61+4+2+25.5), 도로환경적 요인 31%=(25.5+2.5+2+2), 차량적 요인 9%(=2+4+2+1) 수준임(Ogden, 1996)

<표 3-5-1> 교통사고 유발요인의 구성비

| 구 분 | UK 연구 | US 연구 | 평균 |
|---|---|---|---|
| 도로환경적 요인 | 2% | 3% | 2.5% |
| 운전자 요인 | 65% | 57% | 61% |
| 차량 요인 | 2% | 2% | 2% |
| 도로환경과 운전자의 중복 요인 | 24% | 27% | 25.5% |
| 도로운전자와 차량의 중복요인 | 2% | 6% | 4% |
| 도로와 차량의 중복 요인 | 1% | 1% | 1% |
| 도로환경, 운전자, 차량의 중복요인 | 1% | 3% | 2% |

## 2. 위험요소 유형

○ 도로환경적 요인은 도로시설과 주행환경에 관련된 고정물체 위험요소(Fixed Object Hazards), 이동물체 위험요소(Moving Object Hazards), 도로상태 위험요소(Condition Hazards), 상황 위험요소(Situation Hazards) 4가지(FHWA, 1996) 범주로 구분할 수 있음

- 고정물체 위험요소는 차량과 충돌하였을 때 운전자에게 피해를 입힐 수 있는 모든 장애물로 여길 수 있으며, 움직이지 않는 고정물체로 정의함

- 이동물체 위험요소는 이동중인 물체로 차량과 충돌하였을 때 운전자에게 피해를 입힐 수 있는 모든 장애물로 정의하며, 일시적이고, 교통량이 적을 때는 거의 일어나지 않으므로 차량 답사 동안에는 파악하기가 어려움

- 도로상태 위험요소는 도로의 선형, 부대시설, 안전시설, 평면 및 종단 기하구조 등과 같은 도로시설물로 정의할 수 있음

- 상황 위험요소는 도로상태 위험요소와 결합된 고정물체, 이동물체로 구성되며 불리한 주행환경 조건에서만 발생할 수 있으므로, 차량 답사로는 측정이 불가능하며 경험 및 공학적 판단으로 파악해야 함

○ 운전자 요인을 구성하는 위험요소로는 운전자의 정보처리 능력, 시각적 능력, 연령, 운전경험, 성별 등으로 세분화 할 수 있음

<표 3-5-2> 도로환경적요인 범주에 속하는 위험요소

| 유형 | 위험요소 예 |
|---|---|
| 고정 물체 | 장벽, 교대, 교량, 레일, 교각, 배수거, 연석(Curb), 울타리, 가드레일, 가드레일 끝단, 수로, 가로등, 우편함, 표지판, 주차 차량, 옹벽, 나무, 관목, 전신주, 벽 등 |
| 이동 물체 | 동물, 자동차, 자전거, 시공/정비 차량, 시공/정비 작업자, 횡단 차량/사람, 사슴, 중앙선 침범차량, 골프 카트, 접근차량, 횡단보도의 보행자, 중앙 블록의 보행자, 레크레이션용 차량, 초등학생, 도로 위의 가축, 횡단중인 열차, 트럭 등 |
| 도로 상태 | 분기점, 융기 부분/과속 방지턱, 버스 정류장, 폐쇄 차선, 회전교차로/광장, 공사 구역, 역주행 차선, 볼록형 수직 커브길, 횡단면 변경, 수평 커브길, 수직 커브길, 복합 커브길, 역방향 커브길, 절토/성토면, 움푹 패인 부분, 비포장 도로, 도랑, 차도, 가동교, 낙석 구간, 소화전, 완만한 포장 도로, 비탈길, 높이 제한, 교차로, 인터체인지, 차선 급경사/인터체인지, 차선 급경사/간선, 좌측 출구/입구, 개울, 정비 구간, 좁은 교량, 좁은 차선/갓길, 추월 금지/추월 구간, 1차로 교량, 보행자 횡단보도, 움푹 패인 곳/마모된 포장, 대기 행렬, 철길 건널목, 침하, 학교 지구, 경사면 문제, 트럭 제한, 지하차도/고가도로, 비포장 도로/자갈길, 비포장 갓길, 표지 없는 도로, 중량 제한, 위빙 구간, 구불구불한 도로 등 |

○ 차량적 요인은 차량의 타이어 결함, 현가장치 결함, 안전장치 결함, 전기제어장치 결함 등을 고려할 수 있음

## 제5-3절 위험요소 선정 및 정의

○ 첨단차량의 자료수집 및 분석 기능의 스펙을 구체화하여 활용성을 높이기 위해서는 위험요소의 상대적 중요도 산출하고, 첨단차량의 자동화 및 반자동화 분석기능으로 점검 가능한 위험요소의 선별이 필요함

### 1. 위험요소 검토

○ 앞서 정의된 위험요소의 특성으로부터 알 수 있듯이, 위험요소는 주행 중 교통사고를 일으킬 수 있는 모든 영향요인으로 이해할 수 있음

○ 도로교통 안전분야에서는 이와 같은 위험요소를 종합적으로 분석·도출하고, 이를 개선함으로써 교통사고를 방지하고 안전도를 높이기 위해 도로교통 안전점검 및 진단을 시행하고 있음

○ 도로교통안전점검 및 진단은 교통안전선진국인 영국, 호주 등을 중심으로 시행되어 왔으며, 도로교통의 위험요소를 종합적으로 분석할 수 있는 도로교통안전점검표(Checklist)를 활용하고 있음

○ 우리나라에서도 2000년대 중반에 도로교통 안전점검 및 진단 제도를 법제화하고, 횡단구성, 선형, 포장 및 배수, 부속시설, 표지 및 표시, 평면교차, 입체교차, 보행자 및 자전거, 조명, 기상조건 및 환경, 공사구간 및 사고처리에 관련된 260개 이상의 위험요소가 검출 가능한 항목으로 구성된 도로교통안전진단 점검표를 개발하여 활용중에 있음

○ 도로교통안전진단 점검표는 국내 도로교통 관련분야 교수, 전문가(박사), 기술사, 연구원 등이 참여 수차례 전문가회의를 통해 개발되어, 도로상의 위험요소를 분석할 수 있는 준거로 도로교통안전진단 등 교통안전사업에 활용중임

○ 이와 같은 배경 아래, 본 연구에서는 현재 교통안전법에 의거 도로안전도 종합평가에 활용중인 도로교통안전진단 점검표의 260개 진단항목을 위험요소 정의를 위한 모집단으로 활용함

## 2. 위험요소의 상대적 중요도 분석

○ 국토해양부의 교통안전법 교통안전진단 지침 및 교통안전점검·평가지침은 약 50개의 중분류로 구분된 약 260여개의 도로교통 안전점검항목을 규정하고 있으므로 이를 기초로 중분류의 상대적 중요도를 파악하고, 첨단차량 개발시 반드시 고려해야할 분야를 선정함

○ 위험요소의 상대적 중요도 분석은 대안을 선택하거나 우선순위를 결정하는데 이용되는 통상적인 방법인 계층적분석기법 설문조사에 의함

## 가. 계층적분석기법(AHP)의 특징

○ 계층적분석기법(AHP)은 다목적 의사결정(Multi-Objectives Decision Making)을 위한 기법의 하나로 제안됨

○ 계층적분석기법(AHP)은 정량적인 평가요인은 물론 정성적인 평가요인도 수용하는 매우 유연한 의사결정기법으로 수학적인 이론보다는 전문가의 직관을 바탕으로 비구조적인 문제를 모델링함에 있어서 계통적 오류를 줄여갈 수 있는 기법으로 주요 특징은 다음과 같음(윤재곤, 1996)

- 정량적인 방법으로 문제를 해석하기 때문에 요인을 이해하기 쉽고 명확한 구조를 지님

- 복잡하고 불분명한 문제에 대해서는 여러 계층으로 분리하여 부분적인 관계를 1:1 비교하여 중요도를 분석함

- 시스템 접근을 통하여 주관적인 판단을 하고 이를 조합하여 결론을 내리므로, 경험을 살린 의사결정이 가능함

- 관계자간의 의사결정에 있어서 각각의 의사를 1:1 비교를 통하여 접근할 수 있음

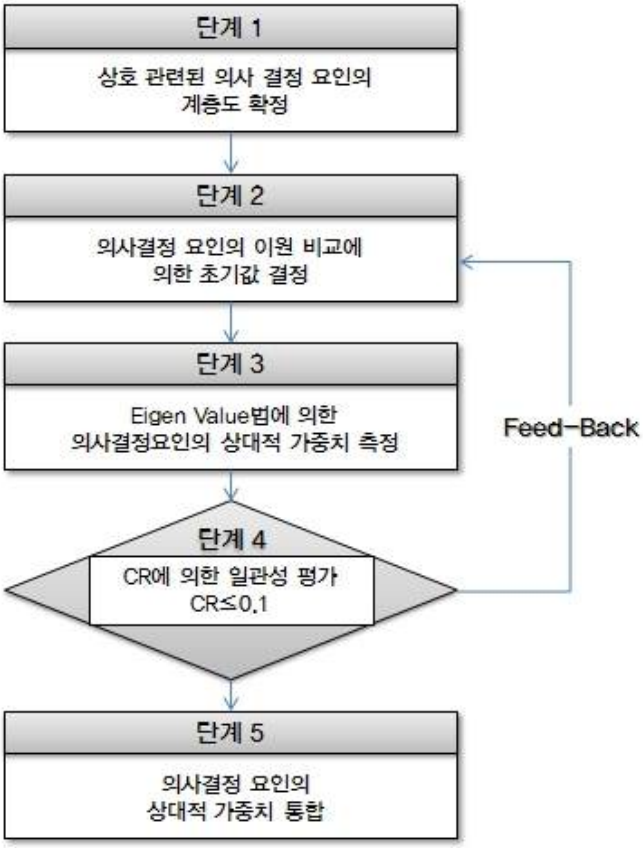
○ 계층적분석기법을 적용한 의사결정 문제는 일반적으로 다음 4단계의 과정을 통해 분석됨(Zahedi, 1986)

- 의사결정계층의 확립 : 의사 결정자는 의사결정 문제를 의사결정요인과 관련된 계층으로 분류함

- 의사결정요인의 이원비교로 초기 데이터 수집 : 각 요인들을 비교하여 요인 비교 초기행렬값(Matrix)을 구성함

- 고유값(Eigen Vector)을 이용하여 의사결정요인의 상대적 가중치(Relative Weight)를 측정함

- 의사결정요인의 상대적 가중치를 총합함




<그림 3-5-2> 계층적분석기법 분석절차

나. 전문가 계층적분석기법(AHP) 조사 개요

(1) 조사 대상 및 방법

○ AHP 조사는 E-mail을 이용하여 실시하였고, 국내 도로교통안전분야 전문가를 대상으로 하였음

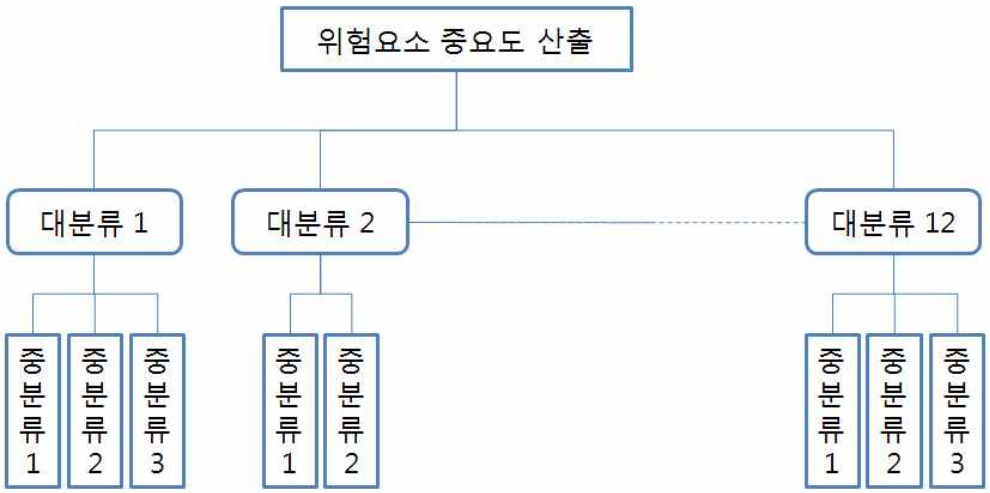
<표 3-5-3> AHP 설문조사 개요

| 구분 | 내 용 |
|---|---|
| 조사 대상 | • 도로교통안전분야 (도로안전시설, 교통안전, 교통공학, 교통운영, 도로공학 등)<br>• 전문가 (해당 분야 대학교수, 박사, 기술사(이사급) 이상) |
| 조사 방법 | E-mail을 통한 설문조사 |

(2) 설문지 설계

○ 전문가 AHP 조사 설문지는 (1) 국토해양부의 교통안전법 교통안전진단 지침 및 교통안전점검·평가지침의 안전점검항목의 중분류 중에서 첨단차량 개발시 반드시 고려해야할 분야의 선정 항목과 (2) 안전점검항목의 대분류 및 중분류의 상대적 중요도 설문 항목으로 구성됨

○ 위험요소의 상대적 중요도를 분석하기 위한 안전점검항목 대분류 및 중분류의 계층구조의 개념도는 다음과 같음




<그림 3-5-3> 위험요소 중요도 계층 구조

(3) 분석 과정

○ 본 연구의 계층적분석기법의 궁극적 목표는 도로교통 위험요소 위험 항목을 구분하는 '대(大)영역' 및 '중(中)분류' 간 상대적 우선순위를 파악하는 것임

○ '대(大)영역'은 교통안전 위험요소 평가그룹으로 총 12개 영역임

○ 도로교통안전점검항목 대분류의 상대적 우선순위 분석을 위한 평가기준(대상)은 점검의 일반사항, 횡단구성, 선형, 평면교차, 입체교차, 보행자 및 자전거, 포장 및 배수, 표지 및 표시, 조명, 기상조건 및 환경, 공사구간 및 사고처리, 부속시설의 12개로 구분

○ 정규화는 우선순위가 가장 높은 항목을 1.0으로 기준하여 각 항목을 나열한 것임

○ 이들 대분류 항목을 조사 분석한 결과, 계산된 가중치의 정합도(Consistency Index : CI)가 0.08로 계산되어 유효한 가중치인 것으로 판단

○ '중(中)분류'는 교통안전 위험요소 평가그룹으로 총 56개 항목임

○ AHP분석을 통해 도출한 (1) 도로교통점검항목 대분류 구성항목의 우선순위와 (2) 중분류 가중치 모두를 복합적으로 고려하여 안전진단 항목 전체 구성요소에 대한 가중치를 산정함

○ 우선 대(大)영역을 기준으로 가중치를 산정하고 추후 중분류 가중치를 반영하는 순서를 따름

○ 중분류 구성항목 전체의 우선순위 산출을 위하여 아래의 분석절차를 수행함

STEP 1: 도로교통 점검항목 중분류 구성항목의 중요도 분석결과에 대분류 구성항목의 가중치를 곱하여 대분류 중요도를 분석에 반영

STEP 2: 대분류의 가중치를 반영한 중분류 구성항목 중에서 가장 높은 점수를 100점으로 환산하고, 이를 기준으로 중분류 구성항목 전체를 정규화

STEP 3: 환산된 정규화 점수를 이용하여, 중분류 구성항목 전체의 우선순위를 산출

## 다. 전문가 계층적분석기법(AHP) 분석 결과

○ 전문가 설문을 통한 계층분석은 대분류간 중요도 우선순위를 산출하여 해당 순위를 근거로 가중치를 계산하며 또한, 중분류간 상대적 중요도를 AHP를 통하여 계산하여 중분류 가중치를 계산함

○ 첨단차량 개발 시 '자동화' 기능으로 자료취득 및 분석이 수행되어야 할 항목은 총 25개, '반자동화(이벤트)' 기능으로 취득 및 분석 되어야 할 항목은 18개 항목으로 도출되었음

<표 3-5-4> 전문가 계층적분석기법(AHP) 분석결과

1. 대분류 12개 영역 항목 중요도 분석 결과

| 대분류 | 가중치 | 정규화 | 우선순위 |
|---|---|---|---|
| 일반사항 | 0.09 | 0.505 | 6 |
| 횡단구성 | 0.09 | 0.532 | 5 |
| 선형 | 0.17 | 1.000 | 1 |
| 평면교차 | 0.04 | 0.243 | 9 |
| 입체교차 | 0.13 | 0.754 | 2 |
| 보행자 및 자전거 | 0.06 | 0.381 | 7 |
| 포장 및 배수 | 0.12 | 0.714 | 3 |
| 표지 및 표시 | 0.06 | 0.373 | 8 |
| 조명 | 0.04 | 0.230 | 12 |
| 기상조건 및 환경 | 0.04 | 0.239 | 10 |
| 공사구간 및 사고처리 | 0.04 | 0.233 | 11 |
| 부속시설 | 0.12 | 0.684 | 4 |
| CI | 0.08 | | |
| CR | 0.05 | | |

2. 일반사항 구성요소 내 중분류 항목 중요도 분석 결과

| 중분류 | 가중치 | 정규화 | 우선순위 |
|---|---|---|---|
| 도로기능 및 체계 | 0.11 | 0.13 | 2 |
| 속도 | 0.89 | 1.00 | 1 |
| CI | 0.00 | | |
| CR | 0.00 | | |

3. 횡단구성 구성요소 내 중분류 항목 중요도 분석 결과

| 중분류 | 가중치 | 정규화 | 우선순위 |
|---|---|---|---|
| 차로 | 0.43 | 0.88 | 2 |
| 중앙분리대 | 0.49 | 1.00 | 1 |
| 길 어깨 | 0.08 | 0.16 | 3 |
| CI | 0.01 | | |
| CR | 0.01 | | |

4. 선형 구성요소 내 중분류 항목 중요도 분석 결과

| 중분류 | 가중치 | 정규화 | 우선순위 |
|---|---|---|---|
| 평면선형 | 0.34 | 1.00 | 1 |
| 시거 | 0.21 | 0.62 | 3 |
| 종단선형 | 0.23 | 0.67 | 2 |
| 복합선형 | 0.11 | 0.31 | 4 |
| 인적요인 | 0.06 | 0.17 | 6 |
| 변이구간 | 0.06 | 0.18 | 5 |
| CI | 0.06 | | |
| CR | 0.05 | | |

<표 계속>

5. 평면교차 구성요소 내 중분류 항목 중요도 분석 결과

| 중분류 | 가중치 | 정규화 | 우선순위 |
|---|---|---|---|
| 교통섬 및 도류로 | 0.15 | 0.337 | 3 |
| 속도 | 0.06 | 0.134 | 5 |
| 시거(교차로) | 0.20 | 0.432 | 2 |
| 신호등 | 0.45 | 1.000 | 1 |
| 회전교차로 | 0.08 | 0.170 | 4 |
| 보행자 및 자전거시설 | 0.06 | 0.128 | 6 |
| CI | 0.06 | | |
| CR | 0.05 | | |

6. 입체교차 구성요소 내 중분류 항목 중요도 분석 결과

| 중분류 | 가중치 | 정규화 | 우선순위 |
|---|---|---|---|
| 연결로 | 0.72 | 1.00 | 1 |
| 연결로 접속부 | 0.22 | 0.30 | 2 |
| 철도건널목 | 0.06 | 0.09 | 3 |
| CI | 0.04 | | |
| CR | 0.07 | | |

7. 보행자 및 자전거 구성요소 내 중분류 항목 중요도 분석 결과

| 중분류 | 가중치 | 정규화 | 우선순위 |
|---|---|---|---|
| 보도 | 0.85 | 1.00 | 1 |
| 자전거 | 0.15 | 0.18 | 2 |
| CI | 0.00 | | |
| CR | 0.00 | | |

8. 포장 및 배수 구성요소 내 중분류 항목 중요도 분석 결과

| 중분류 | 가중치 | 정규화 | 우선순위 |
|---|---|---|---|
| 포장 | 0.46 | 1.00 | 1 |
| 배수 | 0.29 | 0.64 | 2 |
| 교량 | 0.15 | 0.33 | 3 |
| 터널 | 0.10 | 0.21 | 4 |
| CI | 0.08 | | |
| CR | 0.09 | | |

9. 표지 및 표시 구성요소 내 중분류 항목 중요도 분석 결과

| 중분류 | 가중치 | 정규화 | 우선순위 |
|---|---|---|---|
| 설치기준 | 0.04 | 0.13 | 7 |
| 일관성 | 0.35 | 1.00 | 1 |
| 표지병설및남용 | 0.07 | 0.19 | 6 |
| 시인성 | 0.13 | 0.37 | 3 |
| 통행권 | 0.09 | 0.26 | 4 |
| 지주 | 0.07 | 0.20 | 5 |
| 유지관리 | 0.24 | 0.68 | 2 |
| CI | 0.08 | | |
| CR | 0.06 | | |

<표 계속>

10. 횡단구성 구성요소 내 중분류 항목 중요도 분석 결과

| 중분류 | 가중치 | 정규화 | 우선순위 |
|---|---|---|---|
| 설치기준 및 간격 | 0.27 | 0.66 | 3 |
| 조도 | 0.31 | 0.74 | 2 |
| 지주 | 0.42 | 1.00 | 1 |
| CI | | 0.00 | |
| CR | | 0.01 | |

11. 기상조건 및 환경 구성요소 내 중분류 항목 중요도 분석 결과

| 중분류 | 가중치 | 정규화 | 우선순위 |
|---|---|---|---|
| 날씨 | 0.36 | 0.96 | 2 |
| 동물 | 0.38 | 1.00 | 1 |
| 조경 | 0.25 | 0.67 | 3 |
| CI | | 0.00 | |
| CR | | 0.00 | |

12. 공사구간 및 사고처리 구성요소 내 중분류 항목 중요도 분석 결과

| 중분류 | 가중치 | 정규화 | 우선순위 |
|---|---|---|---|
| 공사구간 | 0.51 | 1.00 | 1 |
| 사고처리 | 0.49 | 0.95 | 2 |
| CI | | 0.00 | |
| CR | | 0.00 | |

13. 부속시설 구성요소 내 중분류 항목 중요도 분석 결과

| 중분류 | 가중치 | 정규화 | 우선순위 |
|---|---|---|---|
| 방호울타리 | 0.09 | 0.6916 | 5 |
| 교통장애물 | 0.12 | 0.9327 | 2 |
| 시선유도시설 | 0.13 | 1.0000 | 1 |
| 충격흡수시설 | 0.07 | 0.5243 | 7 |
| 과속방지시설 | 0.09 | 0.7058 | 4 |
| 현광방지시설 | 0.03 | 0.2472 | 15 |
| 미끄럼방지지설 | 0.08 | 0.6381 | 6 |
| 교통관리시설 | 0.04 | 0.2828 | 8 |
| 주차장 및 휴게소 | 0.03 | 0.2546 | 13 |
| 버스정류장 | 0.12 | 0.9212 | 3 |
| 영업소 | 0.03 | 0.2505 | 14 |
| 비상활주로 | 0.03 | 0.2630 | 12 |
| 낙석방지지설 | 0.03 | 0.2634 | 11 |
| 방음시설 | 0.04 | 0.2703 | 10 |
| 체인 탈착장 | 0.04 | 0.2821 | 9 |
| CI | | 0.07 | |
| CR | | 0.05 | |

<표 계속>

14. 대(大)영역 12개 항목별 우선순위 기반 가중치 선정 결과

| 대분류 | 우선순위 | 가중치 |
|---|---|---|
| 일반사항 | 6 | 7 |
| 횡단구성 | 5 | 8 |
| 선형 | 1 | 12 |
| 평면교차 | 9 | 4 |
| 입체교차 | 2 | 11 |
| 보행자 및 자전거 | 7 | 6 |
| 포장 및 배수 | 3 | 10 |
| 표지 및 표시 | 8 | 5 |
| 조명 | 12 | 1 |
| 기상조건 및 환경 | 10 | 3 |
| 공사구간 및 사고처리 | 11 | 2 |
| 부속시설 | 4 | 9 |

15. 대영역과 중분류를 모두 고려한 중요도 우선순위 산출결과

| 대분류 | 중분류 | 가중치 | 대분류가중 | 정규화 | 우선순위 |
|---|---|---|---|---|---|
| 입체교차 | 연결로 | 0.721 | 7.936 | 1.000 | 1 |
| 일반사항 | 속도 | 0.888 | 6.213 | 0.783 | 2 |
| 보행자및자전거 | 보도 | 0.849 | 5.095 | 0.642 | 3 |
| 포장및배수 | 포장 | 0.460 | 4.595 | 0.579 | 4 |
| 선형 | 평면선형 | 0.338 | 4.056 | 0.511 | 5 |
| 횡단구성 | 중앙분리대 | 0.492 | 3.933 | 0.496 | 6 |
| 횡단구성 | 차로 | 0.432 | 3.458 | 0.436 | 7 |
| 포장및배수 | 배수 | 0.295 | 2.946 | 0.371 | 8 |
| 선형 | 종단선형 | 0.228 | 2.732 | 0.344 | 9 |
| 선형 | 시거 | 0.211 | 2.526 | 0.318 | 10 |
| 입체교차 | 연결로접속부 | 0.216 | 2.376 | 0.299 | 11 |
| 평면교차 | 신호등 | 0.454 | 1.817 | 0.229 | 12 |
| 표지및표시 | 일관성 | 0.354 | 1.769 | 0.223 | 13 |
| 포장및배수 | 교량 | 0.150 | 1.504 | 0.189 | 14 |
| 선형 | 복합선형 | 0.106 | 1.268 | 0.160 | 15 |
| 표지및표시 | 유지관리 | 0.240 | 1.200 | 0.151 | 16 |
| 부속시설 | 시선유도시설 | 0.133 | 1.196 | 0.151 | 17 |
| 기상조건및환경 | 동물 | 0.381 | 1.142 | 0.144 | 18 |
| 부속시설 | 교통장애물 | 0.124 | 1.115 | 0.141 | 19 |
| 부속시설 | 버스정류장 | 0.122 | 1.101 | 0.139 | 20 |
| 기상조건및환경 | 날씨 | 0.365 | 1.095 | 0.138 | 21 |
| 공사구간및사고처리 | 공사구간 | 0.513 | 1.027 | 0.129 | 22 |
| 공사구간및사고처리 | 사고처리 | 0.487 | 0.973 | 0.123 | 23 |
| 포장및배수 | 터널 | 0.095 | 0.955 | 0.120 | 24 |
| 보행자및자전거 | 자전거 | 0.151 | 0.905 | 0.114 | 25 |
| 부속시설 | 과속방지시설 | 0.094 | 0.844 | 0.106 | 26 |
| 부속시설 | 방호울타리 | 0.092 | 0.827 | 0.104 | 27 |
| 일반사항 | 도로기능및체계 | 0.112 | 0.787 | 0.099 | 28 |
| 평면교차 | 시거(교차로) | 0.196 | 0.784 | 0.099 | 29 |
| 기상조건및환경 | 조경 | 0.254 | 0.763 | 0.096 | 30 |
| 부속시설 | 미끄럼방지지설 | 0.085 | 0.763 | 0.096 | 31 |
| 선형 | 변이구간 | 0.062 | 0.742 | 0.093 | 32 |
| 입체교차 | 철도건널목 | 0.063 | 0.688 | 0.087 | 33 |
| 선형 | 인적요인 | 0.056 | 0.676 | 0.085 | 34 |
| 표지및표시 | 시인성 | 0.130 | 0.650 | 0.082 | 35 |
| 부속시설 | 충격흡수시설 | 0.070 | 0.627 | 0.079 | 36 |
| 평면교차 | 교통섬및도류로 | 0.153 | 0.613 | 0.077 | 37 |
| 횡단구성 | 길어깨 | 0.076 | 0.610 | 0.077 | 38 |
| 표지및표시 | 통행권 | 0.091 | 0.454 | 0.057 | 39 |
| 조명 | 지주 | 0.418 | 0.418 | 0.053 | 40 |

<표 계속>

15. 대영역과 중분류를 모두 고려한 중요도 우선순위 산출결과 (계속)

| 대분류 | 중분류 | 가중치 | 대분류가중 | 정규화 | 우선순위 |
|---|---|---|---|---|---|
| 표지및표시 | 지주 | 0.072 | 0.358 | 0.045 | 41 |
| 표지및표시 | 표지병설 및 남용 | 0.069 | 0.345 | 0.043 | 42 |
| 부속시설 | 교통관리시설 | 0.038 | 0.338 | 0.043 | 43 |
| 부속시설 | 체인 탈착장 | 0.037 | 0.337 | 0.042 | 44 |
| 부속시설 | 방음시설 | 0.036 | 0.323 | 0.041 | 45 |
| 부속시설 | 낙석방지지설 | 0.035 | 0.315 | 0.040 | 46 |
| 부속시설 | 비상활주로 | 0.035 | 0.314 | 0.040 | 47 |
| 평면교차 | 회전교차로 | 0.077 | 0.309 | 0.039 | 48 |
| 조명 | 조도 | 0.308 | 0.308 | 0.039 | 49 |
| 부속시설 | 주차장 및 휴게소 | 0.034 | 0.304 | 0.038 | 50 |
| 부속시설 | 영업소 | 0.033 | 0.299 | 0.038 | 51 |
| 부속시설 | 현광방지시설 | 0.033 | 0.296 | 0.037 | 52 |
| 조명 | 설치기준 및 간격 | 0.274 | 0.274 | 0.035 | 53 |
| 평면교차 | 속도 | 0.061 | 0.244 | 0.031 | 54 |
| 평면교차 | 보행자 및 자전거시설 | 0.058 | 0.233 | 0.029 | 55 |
| 표지 및 표시 | 설치기준 | 0.045 | 0.224 | 0.028 | 56 |

## 3. 첨단차량 기능구성에 필요한 위험요소

○ 중요도가 높은 점검분야의 점검항목을 대상으로 국내 첨단차량 개발 수준을 고려하여 자동화 기술로 분석이 가능한 항목과 불가능한 항목을 검토함

### 가. 전문가 설문 조사 개요

#### (1) 조사 대상 및 방법

○ 설문조사는 첨단차량 개발분야 전문가를 대상으로 해당 분야 대학교수, 박사, 기술사(이사급) 이상으로 함

<표 3-5-5> 차량개발 분야 전문가 설문조사 개요

| 구분 | 내 용 |
|---|---|
| 조사 대상 | • 첨단차량 개발분야 (예, 무인자동차, Driving Simulator, 레이저센서, IMU, INS 등)<br>• 전문가 (해당 분야 대학교수, 박사, 기술사(이사급) 이상) |
| 조사 방법 | E-mail을 통한 설문조사 |

(2) 검토 방법

○ 전문가 AHP 설문조사를 통해 첨단차량 개발 시 반드시 우선적으로 고려해야 할 안전점검항목의 중분류와 각 중분류에 속하는 진단항목(즉, 위험요소)을 첨단차량 개발분야 전문가에게 E-mail로 송부함

○ 국내외 첨단차량 개발기술로 자동화분석(센서에 의한 자동수집 및 자동분석, One-click 분석)이 가능한 진단항목과 반자동화분석(이벤트 기능에 의한 자료수집 및 자동분석)이 가능한 진단항목에 대한 검토를 요청함

나. 분석 결과

○ 첨단차량 개발분야 전문가가 검토한 중요 진단항목(위험요소) 중에서 자동화(자동측정 및 자동분석) 기능으로 진단 가능한 위험요소는 23개인 것으로 분석되었으며, 도로의 구조 및 시설 분야별로 해당되는 구체적인 내용은 다음과 같음

(1) 자동화기능(자동측정 및 자동분석)에 적합한 위험요소

○ 자동화기능은 점검차량 운영에 의한 계측자동화 및 분석자동화를 의미함

○ 첨단차량의 자동화 기능으로 진단 가능한 위험요소 23개의 도로의 구조 및 시설 분야와 해당되는 구체적인 내용은 다음과 같음

- 속도 관련 위험요소 : 곡선구간의 제한속도 부적정, 연결로 유출속도 부적정, 제한속도 비일관성

- 도로 횡단구성 관련 위험요소 : 차로폭 부적정, 중앙분리대 미확보

- 평면선형 관련 위험요소 : 도로선형 비일관성, 연결로 평면선형 부적정, 완화곡선 길이 부적정, 편경사 부적정, 평면곡선부 폭원 부적정

- 종단선형 관련 위험요소 : 연결로 종단선형 부적정, 종단경사 부적정, 종단곡선 길이 부적정

- 복합선형 관련 위험요소 : 평면선형과 종단선형의 부조화

- 시거 관련 위험요소 : 곡선내부 시거 확보의 부적정, 정지시거 부적정

- 연결로 접속부 관련 위험요소 : 연결로 유출속도 부적정

- 포장 관련 위험요소 : 노면마찰력 부적정, 종단평탄성 부적정, 물고임 부적정

- 배수 관련 위험요소 : 경사에 의한 노면배수 부적정

- 표지 및 표시의 일관성 관련 위험요소 : 표지 남용

- 교통장애물 관련 위험요소 : 노측용 방호울타리 설치 유무

- 시선유도시설 관련 위험요소 : 갈매기표지 설치위치 부적정

<표 3-5-6> 자동화 기능에 적합한 위험요소

| 번호 | 대분류 | 중분류 | 진단항목 | 위험요소 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 속도 | 속도 | 각 곡선구간에서의 제한속도는 적절한지를 검토 | 곡선구간의 제한속도 부적정 |
| 2 | | | 유출 속도가 적정한지를 검토 | 연결로 유출속도 부적정 |
| 3 | | | 제한속도가 지속적으로 유지되고 있는지를 검토 | 제한속도비일관성 |
| 4 | 횡단구성 | 차로 | 도로의 등급 및 구분에 따른 차로폭의 적정성을 검토 | 차로폭 부적정 |
| 5 | | 중분대 | 중앙분리대가 설치되었는지를 검토 | 중앙분리대 미확보 |
| 6 | 선형 | 평면선형 | 선형의 연속성 및 일관성이 적정한지를 검토 | 도로선형 비일관성 |
| 7 | | | 연결로의 평면선형이 적정한지를 검토 | 연결로 평면선형 부적정 |
| 8 | | | 완화곡선길이가 적정한지를 검토 | 완화곡선 길이 부적정 |
| 9 | | | 주행속도를 고려하여 평면곡선부의 편경사가 적정한지를 검토 | 편경사 부적정 |
| 10 | | | 차량의 주행특성을 고려하여 평면곡선부의 충분한 폭원이 제공되었는지를 검토 | 평면곡선부 폭원 부적정 |
| 11 | | 종단선형 | 연결로의 종단선형이 적정한지를 검토 | 연결로 종단선형 부적정 |
| 12 | | | 종단경사가 적정한지를 검토 | 종단경사 부적정 |
| 13 | | | 종단곡선 길이가 적정한지를 검토 | 종단곡선 길이 부적정 |
| 14 | | 복합선형 | 평면선형과 종단선형의 조합이 조화를 이루는지 검토 | 평면선형과 종단선형의 부조화 |
| 15 | 시거 | 시거 | 곡선 내부에서 시거의 확보가 적정한지를 검토 | 곡선내부 시거 확보의 부적정 |
| 16 | | | 정지시거 및 앞지르기 시거가 적정한지를 검토 | 정지시거 부적정 |
| 17 | 포장 및 배수 | 포장 | 포장노면의 마모로 인한 마찰계수가 적정한지를 검토 | 노면마찰력 부적정 |
| 18 | | | 포장노면이 평탄한지를 검토 | 종단평탄성 부적정 |
| 19 | | | 포장의 균열과 손상이 있는지를 검토 | 물고임 부적정 |

| 번호 | 대분류 | 중분류 | 진단항목 | 위험요소 |
|---|---|---|---|---|
| 20 | | 배수 | 배수가 경사에 의해 적정하게 이루어지는지를 검토 | 경사에 의한 노면배수 부적정 |
| 21 | 표지 및 부속 시설 | 표지 | 1개 지점에 2개 이상의 다른 표지가 있는지를 검토 | 표지 남용 |
| 22 | | 교통 장애물 | 노변의 장애물과 충돌을 방호할 수 있는 시설을 하였는지 검토 | 노측용 방호울타리 설치 유무 |
| 23 | | 시선 유도 시설 | 갈매기표지의 설치 장소 및 기준이 적정한지를 검토 | 갈매기표지 설치위치 부적정 |

(2) 반자동화기능(수동이벤트 측정 및 자동분석)에 적합한 위험요소

○ 반자동화기능은 점검차량 운영에 의한 계측수동화 및 분석자동화를 의미하며 점검자가 위험요소로 판단되는 지점 또는 구간에서 위험물정보(위치 등)를 입력함

○ 첨단차량의 반자동화 기능으로 진단 가능한 위험요소 18개의 도로의 구조 및 시설 분야와 해당되는 구체적인 내용은 다음과 같음

- 중앙분리대 관련 위험요소 : 중분대 단부처리 부적정, 중분대 시점 시인성 미확보, 전조등 불빛 부적정
- 보도 관련 위험요소 : 횡단보고 설치 부적정
- 시거 관련 위험요소 : 시거 미확보
- 종단선형 관련 위험요소 : 오르막차로 종점부 부적정
- 신호등 관련 위험요소 : 신호등 설치 부적정, 신호등 시인성 미확보, 사전경고 표지 미설치
- 연결로 접속부 관련 위험요소 : 연결로 접속부 시계 부적정
- 배수 관련 위험요소 : 배수시설 미확보
- 교량 관련 위험요소 : 교량 안전시설 미확보, 교량 충격흡수시설 미확보, 교대 및 교각 안전시설 미확보, 가드레일 연결부 불연속, 교량 안전표지 미설치, 교량 전방시야 미확보
- 시인성 관련 위험요소 : 표지판 시인성 미확보

- 방호울타리 관련 위험요소 : 방호울타리 설치 부적정

- 충격흡수시설 관련 위험요소 : 충격흡수시설 설치장소 부적정

- 과속방지시설 관련 위험요소 : 과속방지시설 설치장소 부적정

- 미끄럼방지시설 관련 위험요소 : 미끄럼 방지지설 부적정

- 시선유도시설 관련 위험요소 : 시선유도표지 설치 부적정

<표 3-5-7> 반자동화 기능에 적합한 위험요소

| 번호 | 대분류 | 중분류 | 진단항목 | 위험요소 명 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 횡단 구성 | 중앙 분리대 | 중앙분리대 시종점 단부처리가 적정한지를 검토 | 중분대 단부처리 부적정 |
| 2 | | | 중앙분리대 시점에 시인성이 확보되었는지를 검토 | 중분대 시점 시인성 미확보 |
| 3 | | | 중앙분리대 방현시설 설치되었는지를 검토 | 전조등 불빛 부적정 |
| 4 | | 보도 | 횡단시설이 존재하는지를 검토 | 횡단보도 설치 부적정 |
| 5 | 선형 | 시거 | 방호울타리나 나무 등에 의해 시야에 장애가 발생하는지를 검토 | 시거 미확보 |
| 6 | | 종단 선형 | 오르막차로 종점부 위치가 적정한지를 검토 | 오르막차로 종점부 부적정 |
| 7 | 평면 교차 | 신호등 | 각 교통류에서 신호가 인지될 수 있도록 신호등이 설치되었는지를 검토 | 신호등 설치 부적정 |
| 8 | | | 교통표지판이나 가로등, 가로수 등으로 인해 교통신호등의 시인성이 저하되는지를 검토 | 신호등 시인성 미확보 |
| | | | 정지선에서 교통신호등을 볼 수 있는지를 검토 | |
| 9 | | | 맑은날 교통신호등의 시인성이 확보되는지를 검토(특히 동서방향에서) | 사전경고표지 미설치 |
| | | | 교통신호등에 대한 사전경고표지가 있는지를 검토 | |
| 10 | 입체 교차 | 연결로 접속부 | 유입 연결로 접속부의 시계가 적정한지를 검토 | 연결로 접속부 시계 부적정 |
| 11 | 포장 및 배수 | 배수 | 교통안전지역 내 개방형 배수시설이 존재하는지를 검토 | 배수시설 미확보 |
| 12 | | 교량 | 교량상 머리돌 안전시설이 존재하는지를 검토 | 교량 안전시설 미확보 |
| 13 | | | 충격흡수시설이 존재하는지를 검토 | 교량 충격흡수시설 미확보 |
| 14 | | | 교대 또는 교각에 안전시설이 설치되었는지를 검토 | 교대 및 교각 안전시설 미확보 |
| 15 | | | 방호울타리와 토공부 가드레일간의 연결부 처리가 연속적인지를 검토 | 가드레일 연결부 불연속 |
| 16 | | | 교량에 안전표지가 설치되었는지를 검토 | 교량 안전표지 미설치 |
| 17 | | | 교량내 전방 시야가 확보되었는지를 검토 | 교량 전방시야 부적정 |

| 번호 | 대분류 | 중분류 | 진단항목 | 위험요소 명 |
|---|---|---|---|---|
| 18 | 부속 시설 | 충격흡수 시설 | 충격흡수시설의 설치 장소가 적정한지를 검토 | 충격흡수시설 설치장소 부적정 |
| 19 | | 과속방지 시설 | 과속방지시설의 설치 장소 및 기준이 적정한지를 검토 | 과속방지시설 설치장소 부적정 |
| 20 | | 미끄럼 방지시설 | 미끄럼방지시설의 설치 장소가 적정한지를 검토 | 미끄럼방지시설 부적정 |
| 21 | | 시선유도 시설 | 시선유도표지의 설치 장소 및 기준이 적정한지를 검토 | 시선유도표지 설치 부적정 |

## 4. 위험요소 정의

○ 첨단차량 개발시 센서(혹은 장비) 또는 이벤트 기능으로 취득된 자료를 안전도분석 전용 프로그램을 통해 자동으로 분석되도록 기능을 부여하기 위해 선정된 위험요소의 개념, 분석기준, 교통사고와의 관련성, 활용 등을 기존 연구논문 및 보고서를 통해 정리하고, 분석알고리즘을 정의함

○ 또한, 지방부와 도시부의 설계기준, 교통사고 발생 특성의 상이성에 따라 위험요소 정의를 지방부/도시부로 구분하여 작성함(가능한 항목에 한함)

○ 총 23개 항목 중 지방부와 도시부를 구분하여 위험요소 판단기준을 다르게 적용할 수 있는 항목은 3개 항목으로 나타남. 이 경우, 위험도 분석 알고리즘에 지방부와 도시부의 기준을 다르게 작성함

### 가. 첨단차량의 자동화(자동측정 및 자동분석) 기능구현을 위한 위험요소

#### (1) 자동화 위험요소 항목

○ 자동화 기능 구현을 위한 23개 위험요소는 <표 3-5-8>과 같음

<표 3-5-8> 자동화 위험요소

| 연번 | 위험요소 |
|---|---|
| 1 | 곡선구간의 제한속도 부적정 |
| 2 | 연결로의 유출속도 부적정 |
| 3 | 제한속도 비일관성 |
| 4 | 차로폭 부적정 |
| 5 | 중앙분리대 미확보 |
| 6 | 도로선형 비일관성 |
| 7 | 연결로 평면선형 부적정 |
| 8 | 완화곡선 길이 부적정 |
| 9 | 편경사 부적정 |
| 10 | 평면곡선부 폭원 부적정 |
| 11 | 연결로 종단선형 부적정 |
| 12 | 종단경사 부적정 |
| 13 | 종단곡선 길이 부적정 |
| 14 | 평면선형과 종단선형의 부조화 |
| 15 | 곡선내부 시거 확보의 부적정 |
| 16 | 정지시거 부적정 |
| 17 | 노면 마찰력 부적정 |
| 18 | 종단 평탄성 부적정 |
| 19 | 물고임 부적정 |
| 20 | 경사에 의한 노면배수 부적정 |
| 21 | 표지 남용 |
| 22 | 노측용 방호울타리 설치 유무 |
| 23 | 갈매기 설치위치 부적정 |

1) 곡선구간의 제한속도 부적정

○ 교통사고와의 관련성

- 상황에 따라 제한최고속도(85% 주행속도 기반)가 설계속도 보다 큰 경우가 있지만 운전자들은 불안감 없이 주행함

- 이러한 상황에서 교통사고가 발생하면 법적 분쟁의 소지가 있으므로 운영상 주의를 기울여야 함

- 한국, 일본, 미국, 영국의 경우 제한속도를 설계속도 미만으로 운영 중에 있는 것으로 파악되고 있으며, 제한속도 상향 조정시 사망사고가 3~36% 증가하는 것으로 나타남

- 국내·외 제한속도 조정 사례를 살펴보면, 전반적으로 제한속도 하향조정시 교통사고가 감소하고, 제한속도 상향 조정시 교통사고가 증가하는 것으로 나타나고 있음. 이러한 현상은 단속류(시도, 지방도) 구간에서 뚜렷하게 나타나며, 연속류(국도)에서는 교통사고 증감이 다소 미미하게 나타남(김양중, 2010)

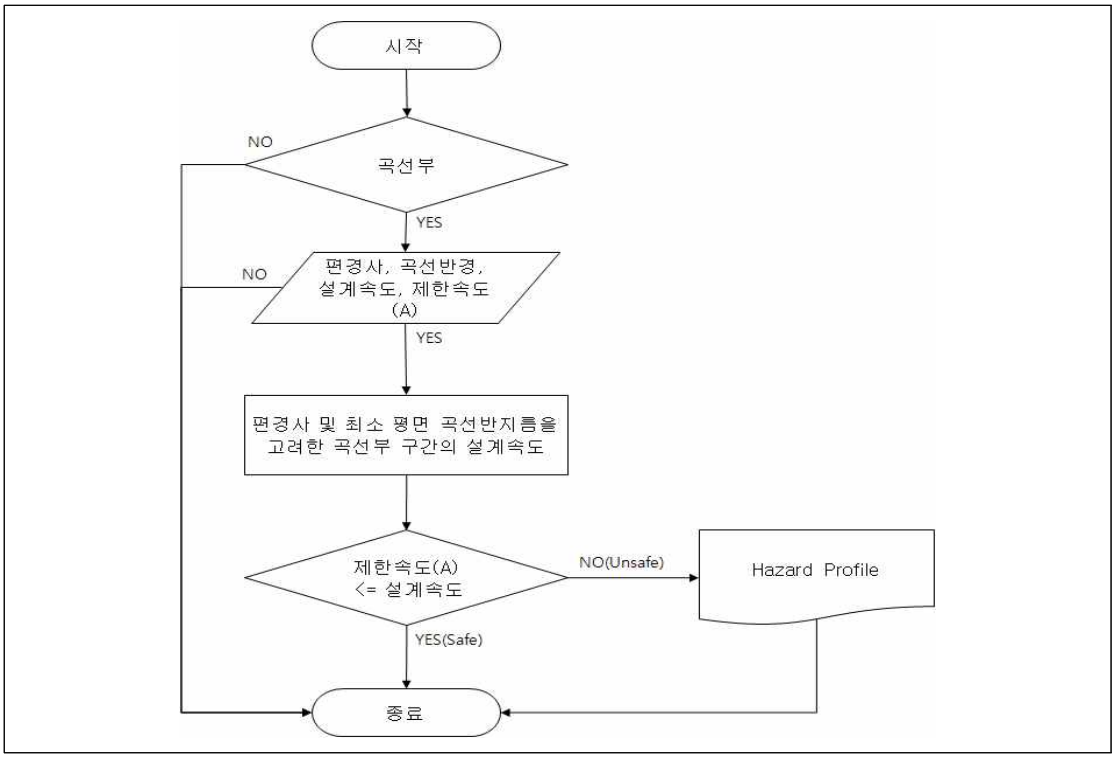
- 국내의 경우 설계속도 이상으로 제한속도를 운영하지 않고 있어 교통안전 점검시 설계속도 이상으로 제한속도를 운영하는 구간을 찾아 재검토해야 함

○ 분석기준

- 곡선부 구간의 제한최고속도의 적정성은 '도로의 선형' 기준에 제시된 최소 평면곡선 반지름과 설계속도의 관계를 따르고, 최고제한속도는 제시된 설계속도 이하인 경우 적정하다고 판단함

| 설계속도 (km/h) | 최소 평면곡선 반지름 (m) | | |
|---|---|---|---|
| | 최대편경사 6% | 최대편경사 7% | 최대편경사 8% |
| 120 | 710 | 670 | 630 |
| 110 | 600 | 560 | 530 |
| 100 | 460 | 440 | 420 |
| 90 | 380 | 360 | 340 |
| 80 | 280 | 265 | 250 |
| 70 | 200 | 190 | 180 |
| 60 | 140 | 135 | 130 |
| 50 | 90 | 85 | 80 |
| 40 | 60 | 55 | 50 |
| 30 | 30 | 30 | 30 |
| 20 | 15 | 15 | 15 |

○ 분석알고리즘




<그림 3-5-4> 곡선구간의 제한속도 부적정에 관한 분석 알고리즘

2) 연결로의 유출속도 부적정

○ 교통사고와의 관련성

- 미국에서는 고속도로 교통사고의 11~46%, 평균 약 20%는 인터체인지에서 발생한 사고이며, 인터체인지 사고에 대해 광범한 사고조사를 한 캘리포니아에서도 고속도로에서 발생한 전체 사고의 18%가 인터체인지 사고로 나타남

- 이 조사는 캘리포니아의 772개 연결로에 대한 3년간의 기록에 근거하며, 사고율은 연결로 이용 교통량 100만대에 대한 발생건수로 표현하여 비교를 하였음

- 이 자료에 의하면, 인터체인지 전체 사고율은 0.79(건/백만대)로 이것을 유출입별로 나누면, 유출 0.95, 유입 0.59로 약 50%정도 유출이 많음

- 도시고속도로의 유출입램프 접속구간내 속도예측모형 구축에 관한 연구에서 속도예측모형을 통해 합류구간 안정류모형과 불안정류모형을 개발함

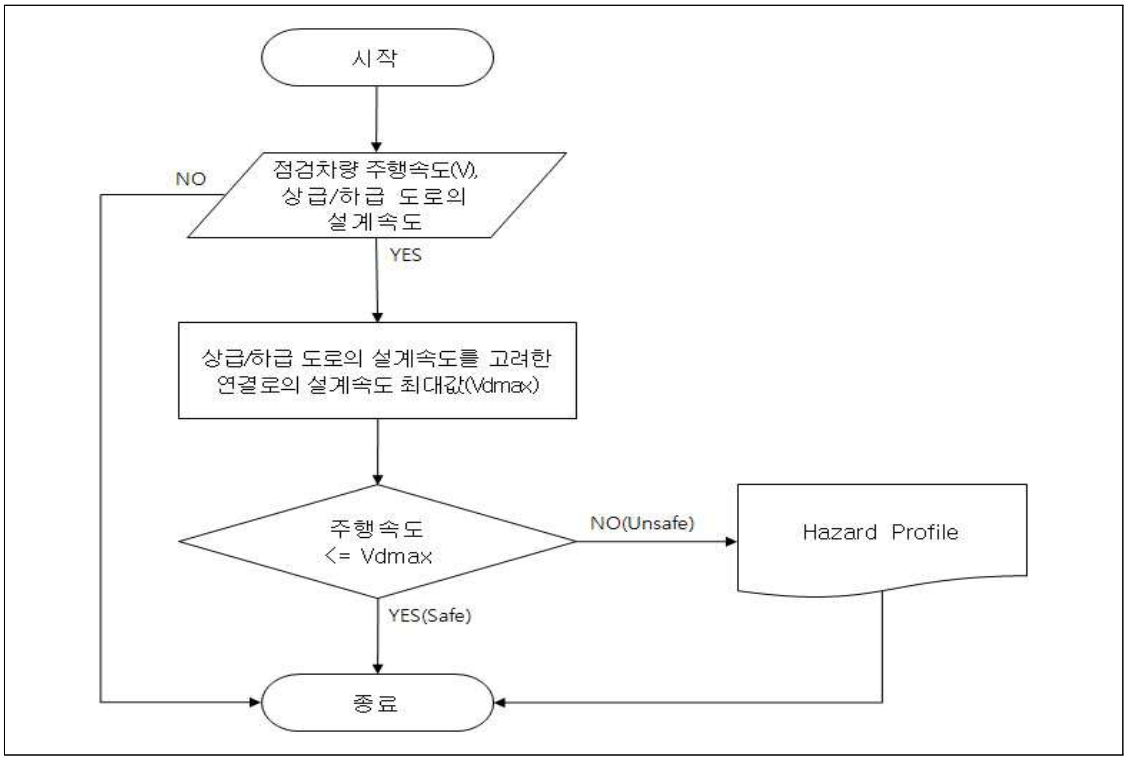
○ 분석기준

- 최고제한속도의 설정기준은 없으나 주어진 설계속도와 같게 혹은 10~20% 작게 설정하는 것이 일반적이므로, 분석에서는 최고제한속도가 설계속도와 동일하다고 가정함

- 차량의 주행속도가 최고제한속도를 넘는 경우에는 연결로 유출속도가 부적정하다고 할 수 있으며, 연결로의 최고제한속도로 볼 수 있는 연결로의 설계속도는 접속하는 도로의 설계속도에 따라 다음 표의 속도를 기준으로 함

| 상급도로 / 하급도로 | 120 | 110 | 100 | 90 | 80 | 70 | 60 | 50 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 120 | 80~50 | | | | | | | |
| 110 | 80~50 | 80~50 | | | | | | |
| 100 | 70~50 | 70~50 | 70~50 | | | | | |
| 90 | 70~50 | 70~40 | 70~40 | 70~40 | | | | |
| 80 | 70~40 | 70~40 | 60~40 | 60~40 | 60~40 | | | |
| 70 | 70~40 | 60~40 | 60~40 | 60~40 | 60~40 | 60~40 | | |
| 60 | 60~40 | 60~40 | 60~40 | 60~40 | 60~30 | 50~30 | 50~30 | |
| 50 | 60~40 | 60~40 | 60~40 | 60~40 | 60~30 | 50~30 | 50~30 | 40~30 |

○ 분석알고리즘




<그림 3-5-5> 연결로의 유출속도 부적정에 관한 분석알고리즘

3) 제한속도 비일관성

○ 교통사고와의 관련성

- 기존 문헌의 고찰을 통해 주행속도 편차가 증가하면 사고율이 증가한다고 분석하였으며, 또한, 속도 차에 의한 사고율을 줄이기 위한 방법으로 제한속도를 비슷하게 유지하는 것을 제안함

- 속도 차와 사고와의 관계를 분석하였으며, 그 결과 제한속도변화에 따른 주행속도 차가 증가할수록 사고율이 증가한다고 분석하였음(Krammes, 1997 (김용석, 2003, 재인용))

- 일반적으로 도로를 주행하는 차량의 속도가 높아지면 교통사고 발생가능성은 높아지고 교통사고 심각도 또한, 증가하는 것으로 알려져 있음

- 지방부에서 발생한 사고를 대상으로 분석한 결과 차량간 주행속도의 편차와 사고간에는 U형의 곡선관계가 존재 한다는것을 규명하였으며 평균주행속도

로 주행한 차량의 사고율이 가장 낮고 평균주행속도와 편차가 크면 클수록 사고율이 높아진다는 것을 제시함(Solomon, 1964, (이수범, 2009, 재인용))

- 도시부 고속도로를 대상으로 미시교통 시뮬레이션 프로그램인 PARAMICS를 이용하여 VSL(가변제한속도)에 대한 분석 및 효과를 평가한 결과, 비첨두시에는 교통량이 적어 속도편차가 커짐에 따라 안전성이 감소하는 것으로 나타났음(Peter Allaby, 2007 (박제진, 2008, 재인용))

- Adelaide Metropolitan 지역에서의 교통사고들에 대해 연구함. 사고 직전의 속도와 제한속도가 60㎞/h인 지역에 부상과 사망사고의 관련된 위험도를 계산한 결과, 60㎞/h가 넘는 속도에서 위험도는 지수곡선으로 증가하였고 통행속도가 5㎞/h씩 증가할 때마다 위험도가 두배가 됨을 제시함(김상엽, 2011, 재인용)

○ 분석기준

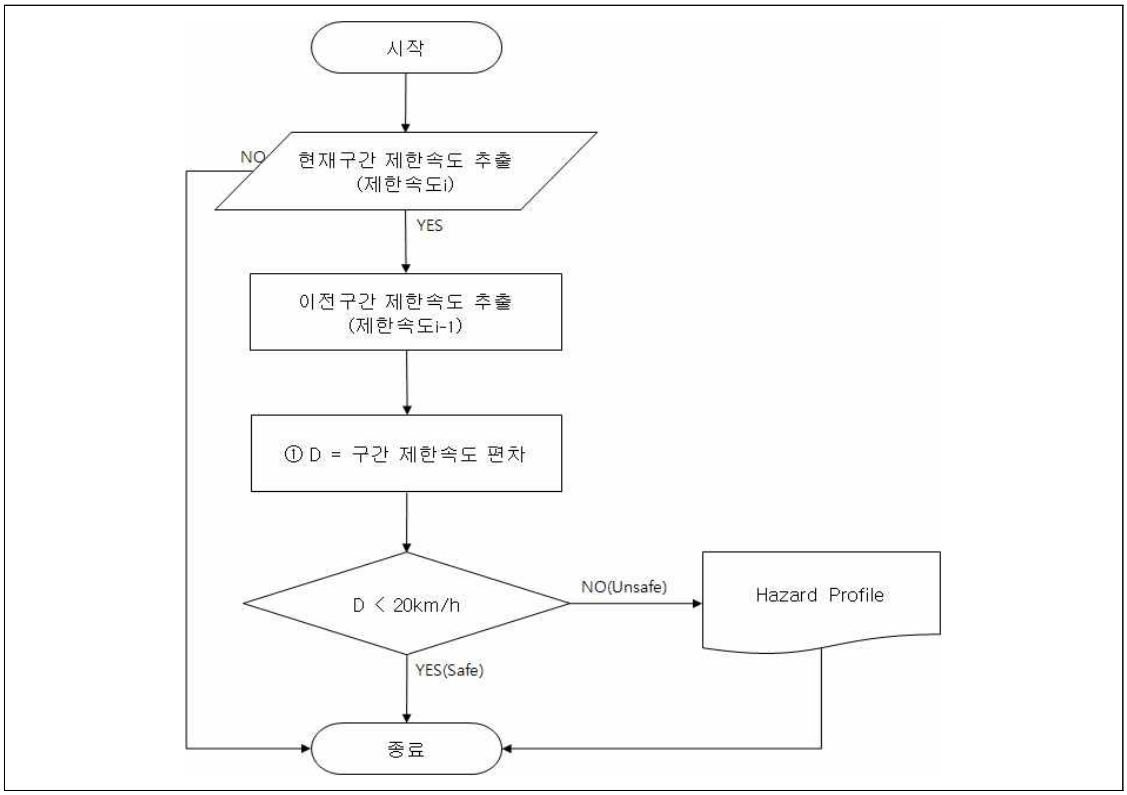
- 최고제한속도의 설정기준은 없으나 주어진 설계속도와 같게 혹은 10~20% 작게 설정하는 것이 일반적임. 설계속도의 경우 Lamm이 제안한 안전성 평가기준 Ⅱ를 이용하여 연속적인 설계 요소(직선부와 곡선부, 곡선부와 곡선부)의 일관성을 분석함

$$\text{Safety Criteria } \text{Ⅱ}: |V85_i - V85_{i+1}| \leq 20km/h \quad \text{.....(3-5-1)}$$

- 제한속도가 설계속도와 동일하게 설정된다는 가정과 Lamm이 제안한 안전성 평가기준 Ⅱ(<표 2-4>참조)를 이용하여 다음과 같이 분석함

$$|\text{제한속도}_i - \text{제한속도}_{i+1}| > 20km/h \quad \text{.....(3-5-2)}$$

○ 분석알고리즘




<그림 3-5-6> 제한속도 비일관성 분석알고리즘

4) 차로폭 부적정

○ 교통사고와의 관련성

- 사고분석에 있어서 차로폭, 중앙분리대 등을 적용하여 사고와 관계를 규명한 하였음. 특히 차로폭이 동일하지 않는 도로구간에 있어서는 모형을 통해 제시하였으며, 연구결과 차로폭이 넓을수록 사고수는 감소하는 것으로 나타남(Fitzpatrick, 2000)

- 차로폭의 경우 3.3m 내외의 차로폭에서 사고율이 가장 높고 3m 이하의 차로폭에서는 조심운전으로 인하여 사고율이 낮으며 3.1m내외에서 사망자수가가장 많으며(김경석, 1996), 또한, 3.6m 이상의 차로폭은 오히려 높은 사고율을 나타내어 적정차로폭은 3.3~3.5m로 추정된다고 하였음

- 차로와 길어깨 폭이 증가하면 도로이탈, 정면충돌사고는 감소하는 효과를 보이나, 이는 그 폭이 12ft(3.6m) 이상인 경우에는 유효하지 않는 것으로 보

고하여 3.5m가 적절한 것으로 판단됨(최병남, 2010, 재인용)

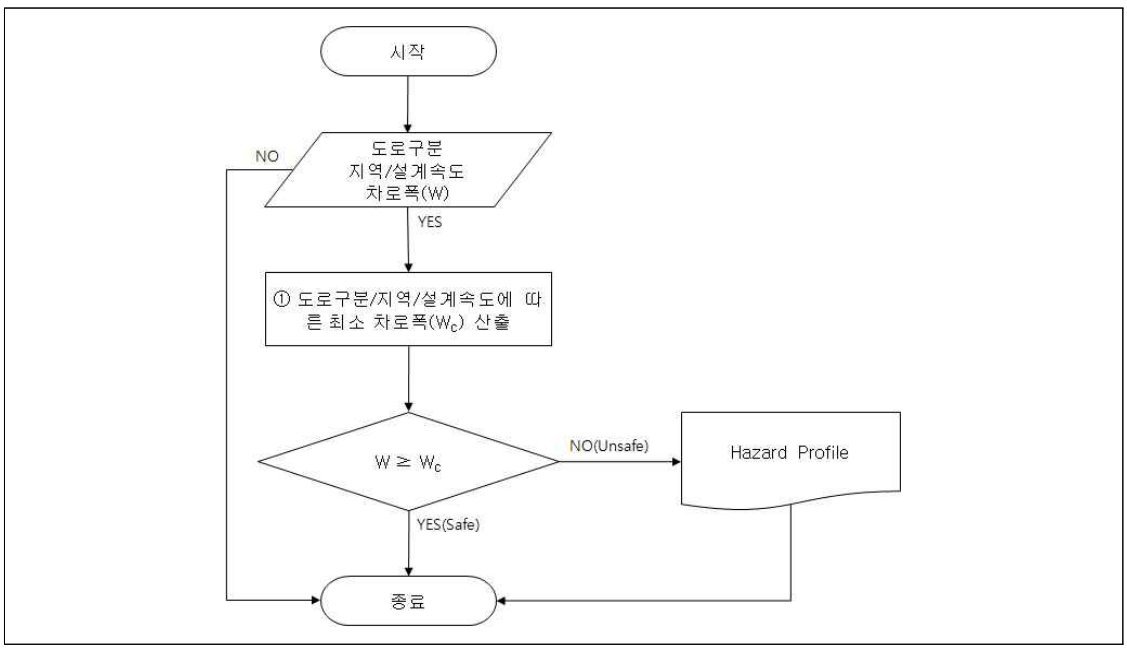
- 일정 수준이상의 폭이 되면서 운전자는 과속주행을 하나, 실제 도로구조는 이러한 과속을 허용하지 않고 있으며, 결국은 사망사고가 많이 발생하는 것으로 추정됨

○ 분석기준

<표 3-5-9> 도로의 구분, 설계속도 및 지역에 따른 최소 폭

| 도로의 구분 | | | 차로의 최소 폭(m) | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | 지방지역 | 도시지역 | 소형차도로 |
| 고속도로 | | | 3.50 | 3.50 | 3.25 |
| 일반 도로 | 설계속도 (㎞/h) | 80 이상 | 3.50 | 3.25 | 3.25 |
| | | 70 이상 | 3.25 | 3.25 | 3.00 |
| | | 60 이상 | 3.25 | 3.00 | 3.00 |
| | | 60 미만 | 3.00 | 3.00 | 3.00 |

○ 분석알고리즘




<그림 3-5-7> 차로폭 부적정에 관한 분석알고리즘

5) 중앙분리대 미확보

○ 교통사고와의 관련성

- 정면충돌사고를 줄이기 위한 대안으로 중앙분리대 방호책을 설치할 것을 권고하고 있으며, 여기서 중앙분리대 설치효과 사례로 South Carolina에서 99%의 사망사고 감소효과를 본 것으로 제시함

- 교통사고 잦은 지점 개선사업에서 시행된 중앙분리대 시설에 대하여 단순사고건수법을 이용하여 사고감소효과도를 제시하고 있으며, 사고감소효과도 분석은 포아송검증을 통해 통계적으로 유의한 지점에 대해서만 효과도를 산정해 제시하고 있는데, 중앙분리대 설치로 약 41%의 사고가 감소하는 것을 제시하고 있음(도로교통공단, 2004)

- 미시간주 도시부 양방향 중앙분리대 교차(Bidirectional Median Crossover)방식을 분리된 방향별 중앙분리대 교차(Directional Median Crossover)방식으로 개선했을 때의 사고감소 효과도를 단순사고건수법을 이용하여 제시함

- 교통량, 구간길이, 교차밀도 등이 다른 8개 구간이 선택되었고 분석결과, 방향별 중앙분리대 교차 방식으로 변경 시 사고감소효과가 있는 것으로 나타0남

- 프랑스 고속도로의 중앙분리대용 콘크리트 방호울타리의 설치구간을 대상으로 14년('85년~'98년)간의 사고자료를 이용하여 중앙분리대 설치비율의 증가에 따른 사고율의 변화를 파악하였음(Martin 등, 2001)

- 효과분석 결과, 중앙분리대 설치비율의 증가에 따라 총사고율은 1.48건/MVK에서 0.96건/MVK으로, 중앙분리대 관련 사고율은 0.46건/MVK에서 0.31건/MVK으로 감소하였음

<표 3-5-10> 중앙분리대 설치비율의 증가에 따른 사고율의 변화

| 사고발생 년도 | 총사고율 (건/MVK) | 중앙분리대 관련 사고율 (건/MVK) | 중앙분리대 설치비율(%) |
|---|---|---|---|
| 1985 | 1.48 | 0.46 | 0.0 |
| 1986 | 1.36 | 0.46 | 0.0 |
| 1987 | 1.25 | 0.48 | 0.0 |
| 1988 | 1.21 | 0.38 | 7.4 |
| 1989 | 1.57 | 0.46 | 3.6 |
| 1990 | 1.15 | 0.36 | 16.6 |
| 1991 | 1.36 | 0.44 | 18.0 |
| 1992 | 1.14 | 0.38 | 17.3 |
| 1993 | 1.10 | 0.40 | 21.1 |
| 1994 | 1.06 | 0.37 | 21.1 |
| 1995 | 1.05 | 0.36 | 21.1 |
| 1996 | 1.24 | 0.40 | 21.1 |
| 1997 | 1.00 | 0.35 | 21.1 |
| 1998 | 0.96 | 0.31 | 21.1 |

○ 분석기준

- 차로수가 4차로 이상인 고속도로에 대해서는 반드시 중앙분리대를 설치하는 것으로 하고, 기타 차로수가 4차로 이상인 도로에 대해서는 필요한 경우에 설치하는 것으로 함

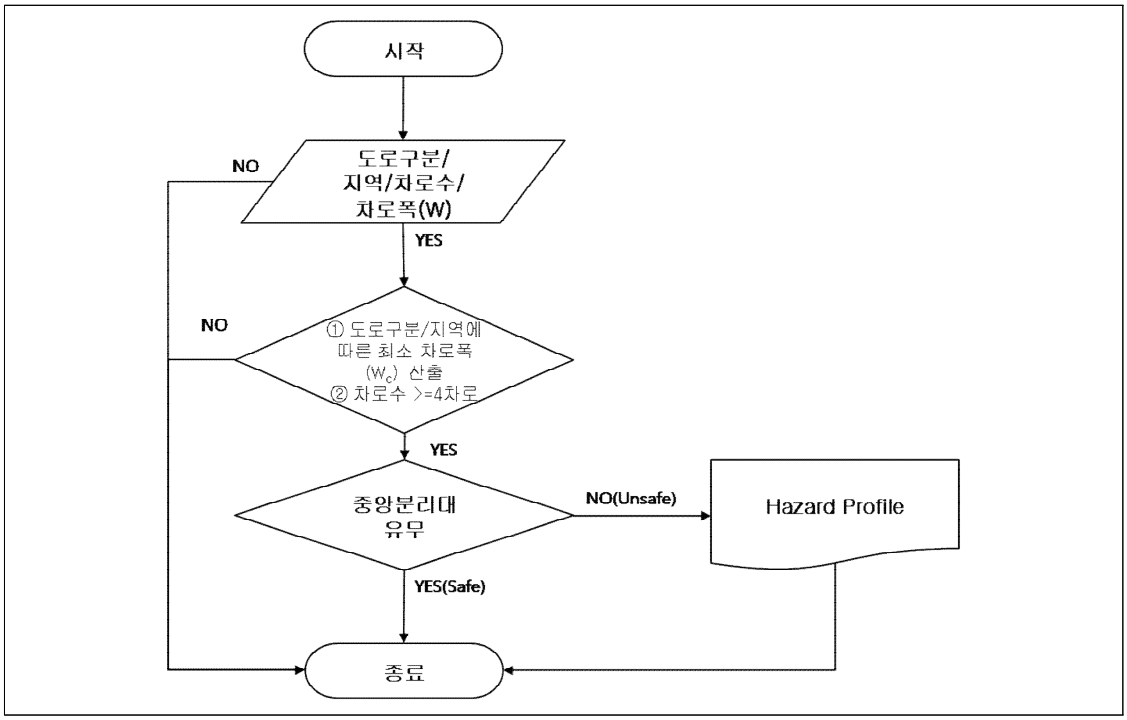
- 중앙분리대는 고속도로나 설계속도가 높은 도로 등에서 특히 필요하며 기타 도로에서는 경제성이나 용지문제 등을 고려할 때 반드시 필요한 것은 아님

- 그러나 4차로 이상의 일반도로에도 중앙분리대의 기능과 교통상황, 도로주변 상황 등으로 미루어 보아 안전하고 원활한 교통을 확보하기 위하여 필요하다고 판단될 때에는 중앙분리대를 설치하는 것이 바람직함

<표 3-5-11> 중앙분리대 설치에 따른 최소 폭

| 도로의 구분 | 중앙분리대의 최소 폭(m) | | |
|---|---|---|---|
| | 지방지역 | 도시지역 | 소형차도로 |
| 고속도로 | 3.0 | 2.0 | 2.0 |
| 일반도로 | 1.5 | 1.0 | 1.0 |

○ 분석알고리즘




<그림 3-5-8> 중앙분리대 미확보에 관한 분석알고리즘

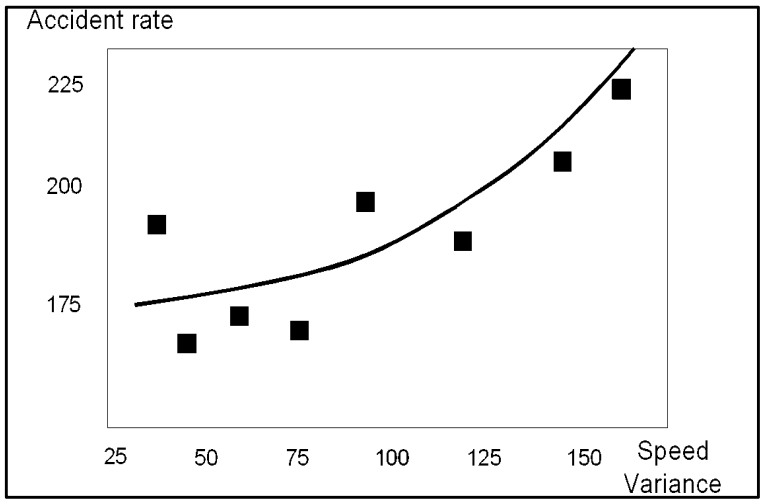
6) 도로선형 비일관성

○ 교통사고와의 관련성

- 85백분위 속도와 설계속도 간의 차이가 10km/h를 넘지 않을 경우 사고율은 0.46건수/MVK, 10km/h와 20km/h 사이인 경우에는 1.44건수/MVK, 20km/h가 넘는 경우에는 2.76건수/MVK로 증가하는 것으로 분석함

| Design Safety Level | 사고율(건수/MVK) |
|---|---|
| Good: △V85≤10km/h | 0.46 |
| Fair: 10km/h<△V85≤20km/h | 1.44 |
| Poor: △V85>20km/h | 2.76 |

- 속도편차가 증가 하면 이에 따라 사고가 증가한다고 분석하였으며, 속도편차가 10km/h 이상 되면 사고율이 급격하게 증가함을 제시함(최재성, 1998, 재인용)



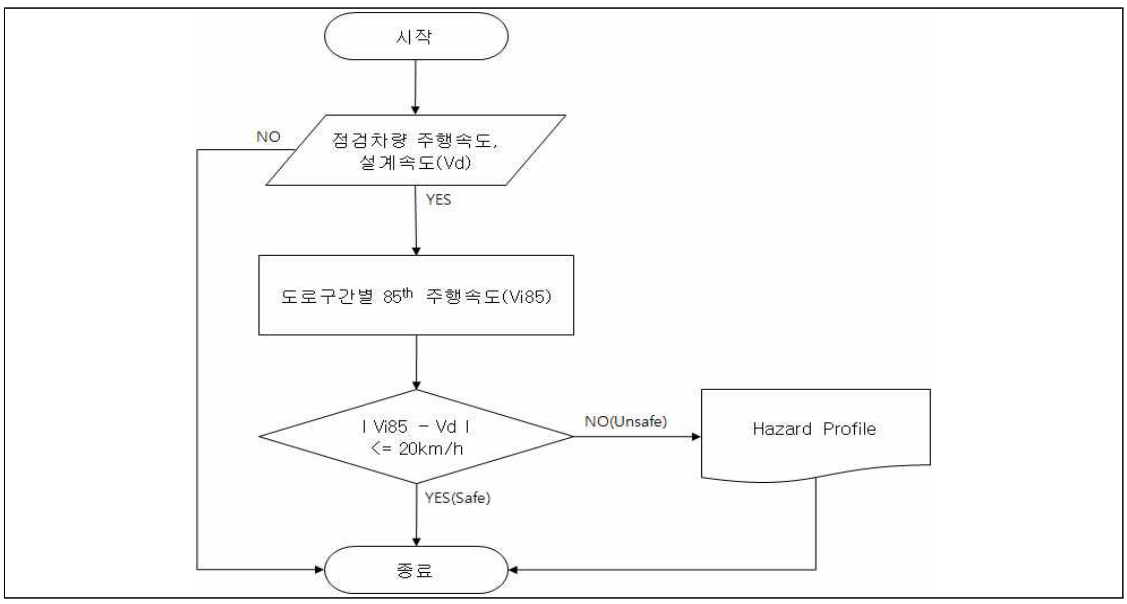

<그림 3-5-9> 속도 분산에 따른 사고율(Garber, 1988)

○ 분석기준

- 안전성 평가기준(Safety Criteria) : 대상도로 구간 전체에 걸쳐 각 설계 요소에 대한 85%속도와 설계속도 간의 차이가 10km/h를 넘지 않아야 함

$$|V85_i - V_d| \leq 20km/h \quad \text{.....(3-5-3)}$$

○ 분석알고리즘




<그림 3-5-10> 도로선형 비일관성에 관한 분석알고리즘

○ 참고

- 85th 주행속도는 자유흐름 상태에서 측정된 점검차량의 주행속도를 이용하여 계산함 (예를 들어, 개통 전 도로에서 측정한 속도 혹은 공용중인 도로에서는 새벽 시간대에 측정한 속도를 이용함)

- 도로구간은 동질구간 분할법(homogeneous segmentation)을 적용하여 분할된 도로구간을 의미하며 즉, 평면선형의 직선부, 곡선부, 종단곡선의 오르막, 내리막의 변곡점을 기준으로 구분함

- 도로구간별 85th 주행속도는 점검차량이 주행한 도로를 동질구간 분할법에 의해 분할하고, 분할된 어떤 도로의 한 구간을 주행한 속도자료를 이용하여 해당구간의 누적속도분포의 85th에 해당하는 속도를 의미함

7) 연결로 평면선형 부적정

○ 교통사고와의 관련성

- 인터체인지 연결로는 완만한 평면선형으로 설계되어야 하고(지방지역 제외), 주어진 설계속도에 해당하는 최대 곡률과 편경사는 되도록 피해야 함(Twomey 등, 1993)

- 교통사고와 도로기하구조 조건과의 관계를 다룬 연구(한국건설기술연구원, 1989)결과에 의하면 곡선반경은 사고율에 영향을 미치며 곡선변경이 300m 이하인 지점이 300m 이상인 지점보다 더 높은 사고율을 갖고, 곡선반경과 사고율과의 상관관계는 급경사부 보다는 평지부에서 더욱 강한 것으로 나타났음

- 또한, 이와 유사한 내용을 다룬 연구(김경석, 1996)에 의하면 교통사고는 곡선반경이 250m 이하인 지점에서 가장 많이 발생하지만 실제로는 전후 곡선의 곡선반경 차이(선형의 연속성)가 교통사고에 더 큰 영향을 미치는 것으로 알려졌음

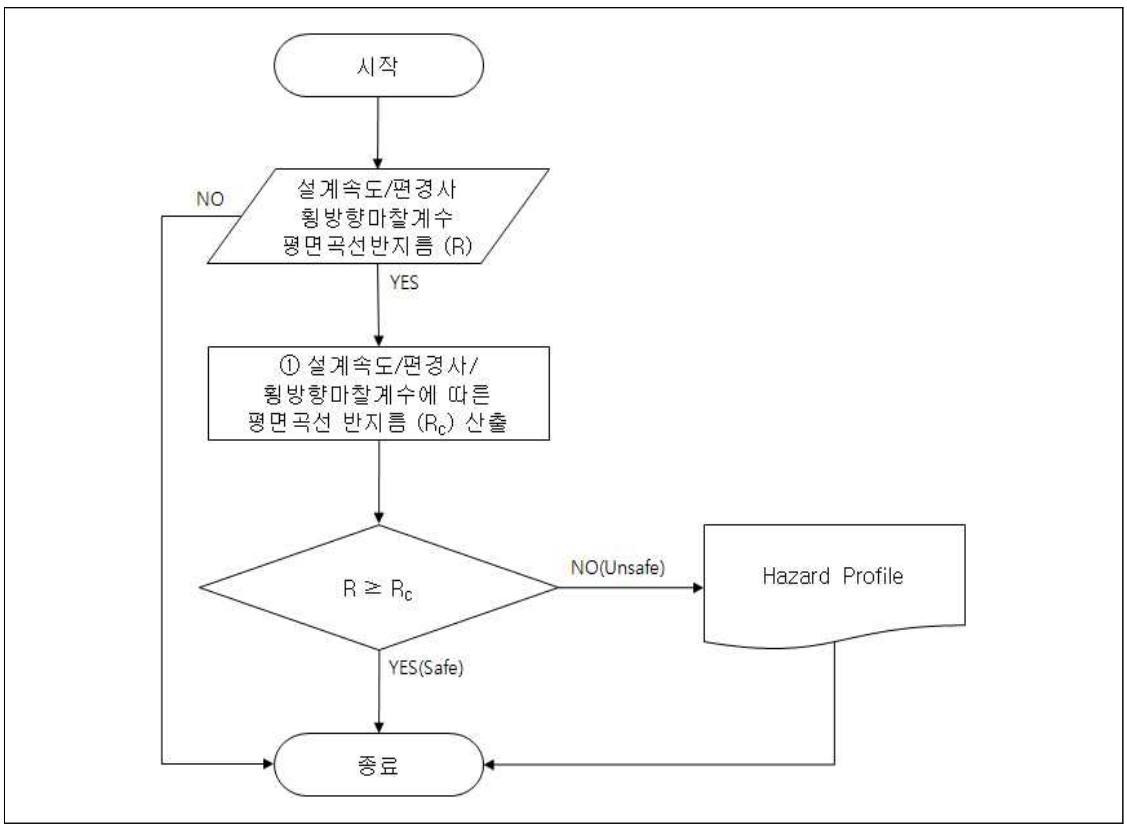
○ 분석기준

- 연결로의 최소 평면곡선 반지름은 아래 <표 3-5-12>에 따름

<표 3-5-12> 연결로의 설계속도에 따른 '도로의 선형' 기준

| 설계 속도 (km/h) | 횡방향 미끄럼 마찰계수 | 최소 평면곡선 반지름 (m) | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 최대편경사 6% | 최대편경사 7% | 최대편경사 8% |
| 120 | 0.10 | 710 | 670 | 630 |
| 110 | 0.10 | 600 | 560 | 530 |
| 100 | 0.11 | 460 | 440 | 420 |
| 90 | 0.11 | 380 | 360 | 340 |
| 80 | 0.12 | 280 | 265 | 250 |
| 70 | 0.13 | 200 | 190 | 180 |
| 60 | 0.14 | 140 | 135 | 130 |
| 50 | 0.16 | 90 | 85 | 80 |
| 40 | 0.16 | 60 | 55 | 50 |
| 30 | 0.16 | 30 | 30 | 30 |
| 20 | 0.16 | 15 | 15 | 15 |

○ 분석알고리즘




<그림 3-5-11> 연결로 평면선형 부적정의 분석알고리즘

8) 완화곡선 길이 부적정

○ 교통사고와의 관련성

- 교통사고예측모형을 기반으로 완화곡선의 존재가 교통사고에 미치는 영향을 분석한 연구에서, 완화곡선이 부족하여 선형의 변화가 급격한 구간은 타 구간에 비해 사고율이 높으며, 완화곡선의 추가에 의해서 사고율이 5%감소함을 확인하였음

- 완화구간의 추가와 사고율과의 관계를 다룬 또 다른 연구(김용석, 2005, 재인용)의 연구에서는 평지부의 급격한 곡선구간(곡률 3도 이상), 구릉지 보조간선도로의 완만한 곡선구간(곡률 8도 이하) 그리고 교통량이 많은 (ADT 4,000 이상) 주간선도로에서 완화곡선의 추가로 사고율이 감소한다는 연구결과를 제시함

○ 분석기준

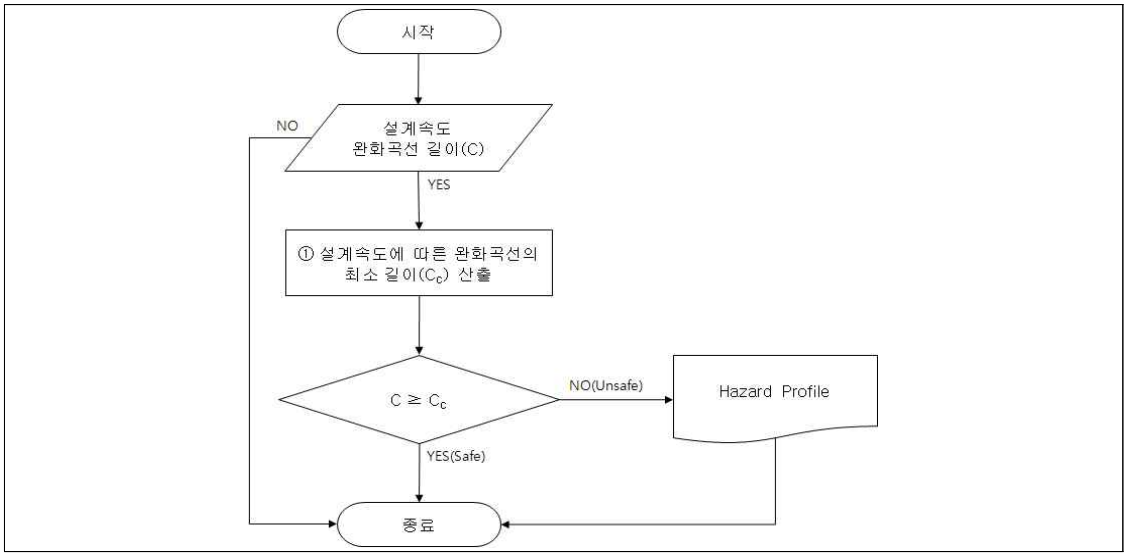
- 설계속도가 시속 60킬로미터 이상인 도로의 평면곡선부에는 완화곡선을 설치하여야 함

- 완화곡선의 길이는 설계속도에 따라 다음 표의 값 이상으로 함

<표 3-5-13> 설계속도에 따른 완화곡선의 최소 길이

| 설계속도(킬로미터/시간) | 완화곡선의 최소 길이(미터) |
|---|---|
| 120 | 70 |
| 110 | 65 |
| 100 | 60 |
| 90 | 55 |
| 80 | 50 |
| 70 | 40 |
| 60 | 35 |
| 50 | 30 |
| 40 | 25 |
| 30 | 20 |
| 20 | 15 |

○ 분석알고리즘




<그림 3-5-12> 완화곡선 길이 부적정의 분석알고리즘

9) 편경사 부적정

○ 교통사고와의 관련성

- 편경사란 곡선부를 주행하는 차량이 원심력에 의해 바깥쪽으로 튀어나가는 것을 막기 위해 차도의 횡단면에 안쪽으로만 붙여진 경사를 말함. 이러한 평면곡선부의 편경사와 사고율과의 관계를 다룬 연구(김용석, 2005, 재인용)에 의하면 평면곡선부에서 2%의 편경사 부족은 곡선부에서의 사고를 6%증가 시켰고 4%의 편경사 부족은 12%의 사고를 증가시킨 것으로 나타남(최병남, 2010, 재인용)

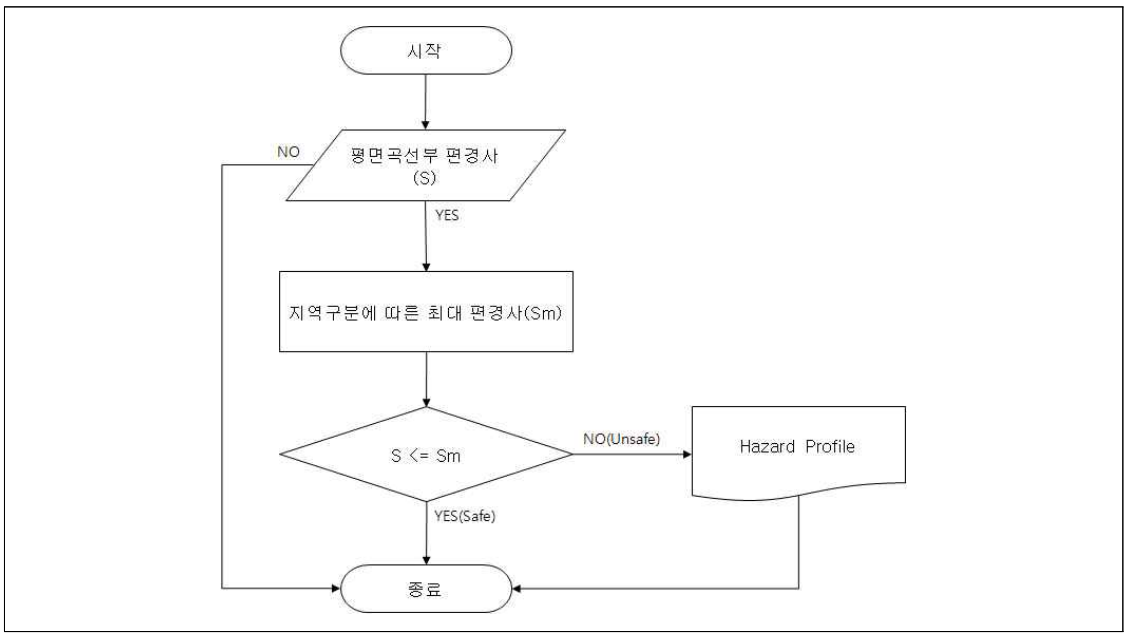
○ 분석기준

- 도로의 구분에 따라 다음의 최대 편경사 이하로 편경사를 설치하여야 함

<표 3-5-14> 도로 구분별 편경사 기준

| 구 분 | | 최대 편경사(%) |
|---|---|---|
| 지방지역 | 적설한랭지역 | 6 |
| | 기타지역 | 8 |
| 도시지역 | | 6 |
| 연 결 로 | | 8 |

○ 분석알고리즘




<그림 3-5-13> 편경사 부적정에 관한 분석알고리즘

10) 평면곡선부 폭원 부적정

○ 교통사고와의 관련성

- 차로폭은 3.3m내외의 경우에 사고율이 가장 많은 것으로 나타나며, 오히려 좁은 폭(3m이하)에서는 조심운전으로 인해 사고율이 낮은 것으로 나타남
- 사망자의 경우는 3.1m 내외의 폭에서 가장 높게 나타남
- 일정 수준이상의 폭이 되면서 운전자는 과속주행을 하나, 실제 도로구조는 이러한 과속을 허용하지 않고 있으며, 결국은 사망사고가 많이 발생하는 것으로 추정됨

- 차로폭이 3.6m가 넘어서면서 다시 교통사고가 많이 발생하는 것으로 나타나며, 따라서 안전을 고려한 차로폭은 3.3m~3.5m 사이가 적절한 것으로 나타남

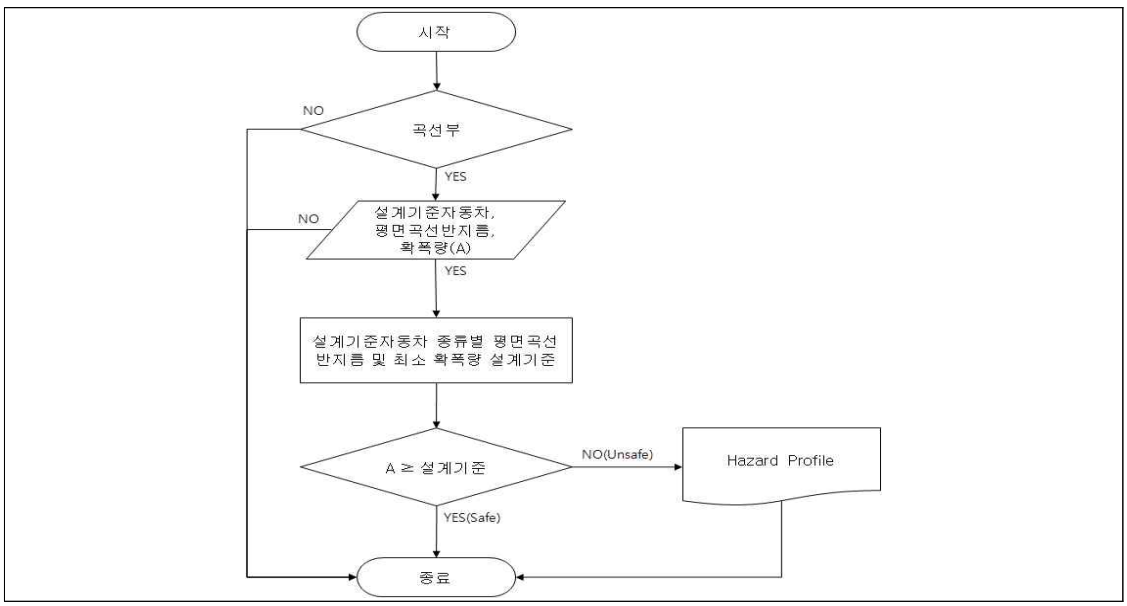
○ 분석기준

- 차도 평면곡선부의 각 차로는 평면곡선 반지름 및 설계기준자동차에 따라 다음 표의 폭 이상을 확보하여야 함

<표 3-5-15> 설계기준자동차에 따른 확폭

| 세미트레일러 | | 대형자동차 | | 소형자동차 | |
|---|---|---|---|---|---|
| 평면곡선 반지름(m) | 최소 확폭량 (m) | 평면곡선 반지름(m) | 최소 확폭량 (m) | 평면곡선 반지름(m) | 최소 확폭량 (m) |
| 150~280 미만 | 0.25 | 110~220 미만 | 0.25 | 45~55 미만 | 0.25 |
| 90~150 미만 | 0.50 | 65~110 미만 | 0.50 | 25~45 미만 | 0.50 |
| 65~90 미만 | 0.75 | 45~65 미만 | 0.75 | 15~25 미만 | 0.75 |
| 50~65 미만 | 1.00 | 35~45 미만 | 1.00 | | |
| 40~50 미만 | 1.25 | 25~35 미만 | 1.25 | | |
| 35~40 미만 | 1.50 | 20~25 미만 | 1.50 | | |
| 30~35 미만 | 1.75 | 18~20 미만 | 1.75 | | |
| 20~30 미만 | 2.00 | 15~18 미만 | 2.00 | | |

○ 분석알고리즘




<그림 3-5-14> 평면곡선부 폭원 부적정에 관한 분석알고리즘

11) 연결로 종단선형 부적정

○ 교통사고와의 관련성

- Bowman(1958)은 Ohio Turnpike에서 발생한 교통사고 자료를 토대로 내리막 종단경사가 약 3% 보다 큰 경우는 평지에 비해 높은 사고율을 나타내며, 오르막 경사가 2% 이하인 경우에 있어서도 평지에 비해 높은 사고율을 보여줌

- 오르막경사 구간의 사고율이 평지 구간의 사고율에 비해 낮음

- 종단경사와 사고율과의 관계는 경사로 인한 운전자의 속도 변화가 가장 큰 원인임을 제시함

- 다음 <표 3-5-16>을 보면, 종단경사가 증가할수록 교통사고의 건수는 오르막구간일 때 감소하고, 내리막구간일 때 증가함

<표 3-5-16> 런던 버밍햄 자동차전용도로 55마일구간 교통사고 분석결과

| 종단경사(%) | 오르막사고 (사고/MVM) | 내리막사고 (사고/MVM) | 평균 사고 (사고/MVM) |
|---|---|---|---|
| 0 | 0.43 | 0.43 | 0.43 |
| 0.5 | 0.38 | 0.50 | 0.44 |
| 1.0 | 0.34 | 0.59 | 0.47 |
| 1.5 | 0.31 | 0.71 | 0.51 |
| 2.0 | 0.29 | 0.91 | 0.60 |

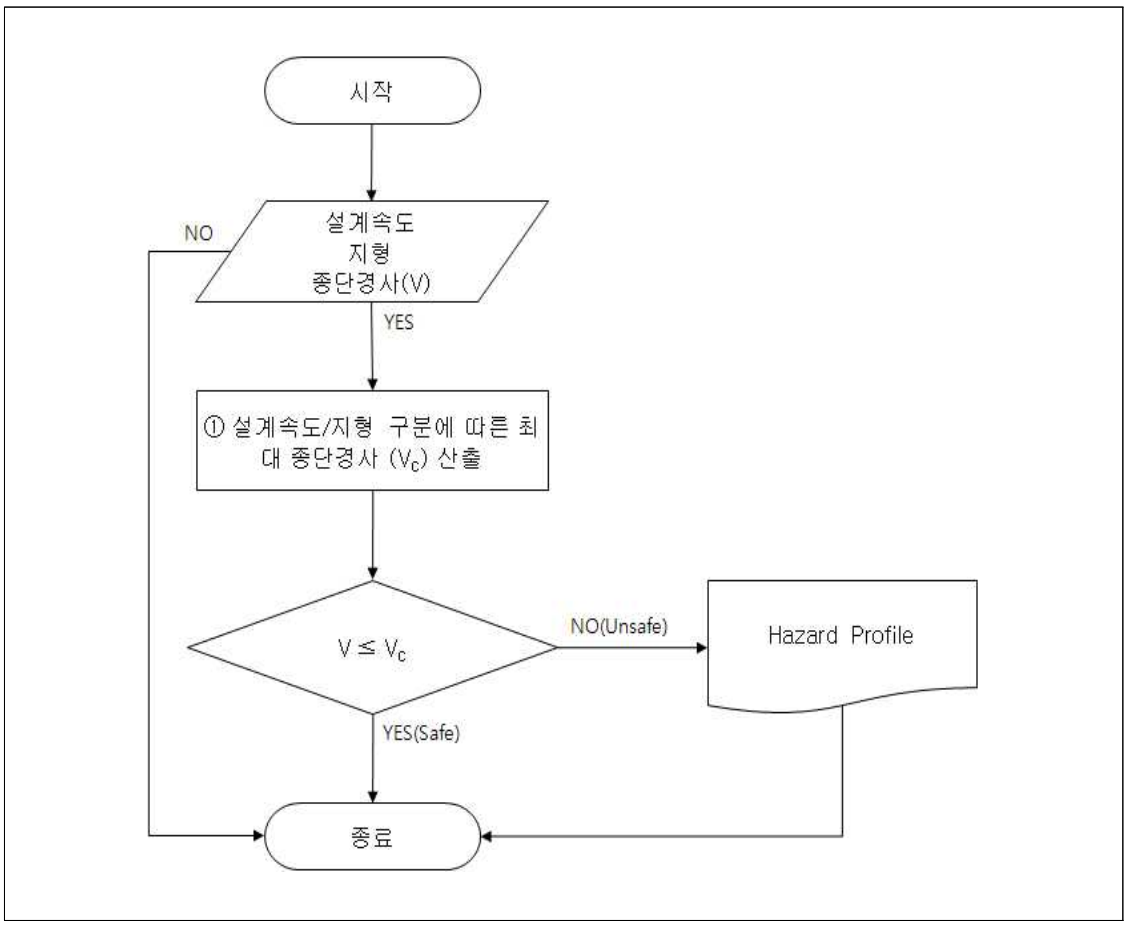
○ 분석기준

- 차도의 종단경사는 도로의 구분, 지형 상황과 설계속도에 따라 <표 3-5-17>의 비율 이하로 하여야하며 다만, 지형 상황, 주변 지장물 및 경제성을 고려하여 필요하다고 인정되는 경우에는 <표 3-5-17>의 비율에 1%를 더한 값 이하로 할 수 있음

<표 3-5-17> 차도의 최대 종단경사

| 최대 종단경사(퍼센트) | | |
|---|---|---|
| 설계속도 (km/h) | 집산도로 및 연결로 | |
| | 평지 | 산지 |
| 80 | 6 | 9 |
| 70 | 7 | 10 |
| 60 | 7 | 10 |
| 50 | 7 | 10 |
| 40 | 7 | 11 |
| 30 | 7 | 12 |

○ 분석알고리즘




<그림 3-5-15> 연결로 종단선형 부적정에 관한 분석알고리즘

12) 종단경사 부적정

○ 교통사고와의 관련성

- 오르막경사 구간의 사고율이 평지 구간의 사고율에 비해 낮음

- 종단경사와 사고율과의 관계는 경사로 인한 운전자의 속도 변화가 가장 큰 원인임을 제시

- 독일의 2차로 지방도로에서 발생한 사고 자료를 분석하는데 약 6% 종단경사까지는 사고율이 경미하게 증가하나 6% 이상의 종단경사에서는 사고율이 급격히 증가함을 밝혔으며 즉, 5% 종단경사까지는 사고율에 특별한 영향을 미치지 못함이 밝혀짐(Krebs 등, 1977)

- Bitzl 등(1966)의 조사를 보면, 독일의 2차로 도로에서 종단경사와 사고율 사이의 비례관계가 입증되었으며, 독일의 고속도로에서 행한 연구를 보면 6~8%의 종단경사에서 2%이하의 종단경사보다 4배 이상 사고가 일어난다고 지적함

<표 3-5-18> 종단경사에 따른 사고율(독일의 2차로 고속도로)(Biztl 등, 1966)

| 경사(%) | 사고율(1억대・㎞) |
|---|---|
| 0~2 | 46.5 |
| 2~4 | 67.2 |
| 4~6 | 190.0 |
| 6~8 | 210.5 |

<표 3-5-19> 런던 버밍햄 자동차전용도로 55마일구간 교통사고 분석결과

| 종단경사(%) | 오르막사고 (사고/MVM) | 내리막사고 (사고/MVM) | 평균 사고 (사고/MVM) |
|---|---|---|---|
| 0 | 0.43 | 0.43 | 0.43 |
| 0.5 | 0.38 | 0.50 | 0.44 |
| 1.0 | 0.34 | 0.59 | 0.47 |
| 1.5 | 0.31 | 0.71 | 0.51 |
| 2.0 | 0.29 | 0.91 | 0.60 |

○ 분석기준

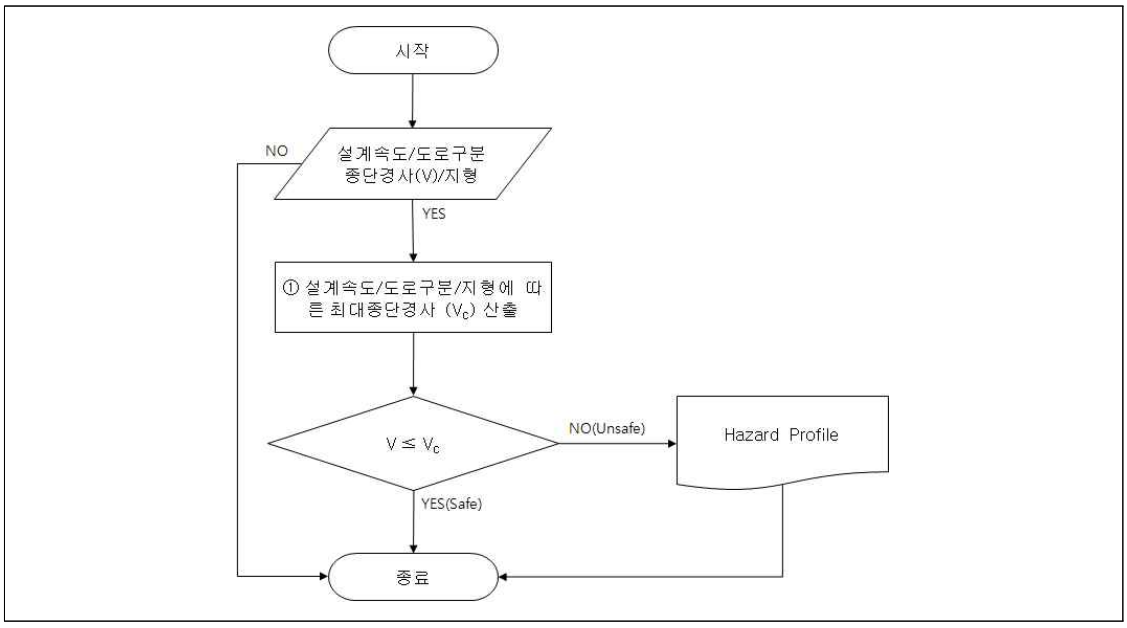
- 차도의 종단경사는 도로의 구분, 지형 상황과 설계속도에 따라 <표 3-5-20>

의 비율 이하로 하여야하며 다만, 지형 상황, 주변 지장물 및 경제성을 고려하여 필요하다고 인정되는 경우에는 <표 3-5-20>의 비율에 1%를 더한 값 이하로 할 수 있음

<표 3-5-20> 도로의 구분, 설계속도 및 지역에 따른 최대종단경사

| 최대 종단경사(퍼센트) | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 설계속도 (km/h) | 고속도로 | | 간선도로 | | 집산도로 및 연결로 | | 국지도로 | |
| | 평지 | 산지 | 평지 | 산지 | 평지 | 산지 | 평지 | 산지 |
| 120 | 3 | 4 | | | | | | |
| 110 | 3 | 5 | | | | | | |
| 100 | 3 | 5 | 3 | 6 | | | | |
| 90 | 4 | 6 | 4 | 6 | | | | |
| 80 | 4 | 6 | 4 | 7 | 6 | 9 | | |
| 70 | | | 5 | 7 | 7 | 10 | | |
| 60 | | | 5 | 8 | 7 | 10 | '7 | 13 |
| 50 | | | 5 | 8 | 7 | 10 | 7 | 14 |
| 40 | | | 6 | 9 | 7 | 11 | 7 | 15 |
| 30 | | | | | 7 | 12 | 8 | 16 |
| 20 | | | | | | | 8 | 16 |

○ 분석알고리즘




<그림 3-5-16> 종단경사 부적정에 관한 분석알고리즘

13) 종단곡선 길이 부적정

○ 교통사고와의 관련성

- 오흥운(2009)은 종단곡선의 길이와 교통사고율의 관계에서 피어슨 상관계수는 -0.454이지만 표준편차와 교통사고와의 관계는 -0.486이며 따라서, 종단곡선길이 크기와 표준편차의 개념이 중요함

- 볼록 종단곡선의 정점이나 내리막 중간 지점이 가장 위험도가 낮은 반면, 오목 종단곡선의 오르막이 가장 위험도가 높음

<표 3-5-21> 텍사스 주 54마일 고속도로의 약 10,000건의 교통사고 분석결과

| 구 분 | 위 치 | 사고건수(MVM) |
|---|---|---|
| 볼록 종단곡선 | 볼록 종단곡선의 오르막 | 2.33 |
| | 볼록 종단곡선의 정점 | 1.96 |
| | 볼록 종단곡선의 내리막 | 1.92 |
| 오목 종단곡선 | 오목 종단곡선의 오르막 | 3.57 |
| | 오목 종단곡선의 정점 | 2.45 |
| | 오목 종단곡선의 내리막 | 2.39 |

○ 분석기준

- 차도의 종단경사가 변경되는 부분에는 종단곡선을 설치하여야하며 이 경우 종단곡선의 길이는 종단곡선의 변화 비율에 따라 산정한 길이와 종단곡선의 길이 중 큰 값의 길이 이상이어야 함

<표 3-5-22> 설계속도 및 종단곡선 형태에 따른 종단곡선 최소 변화비율

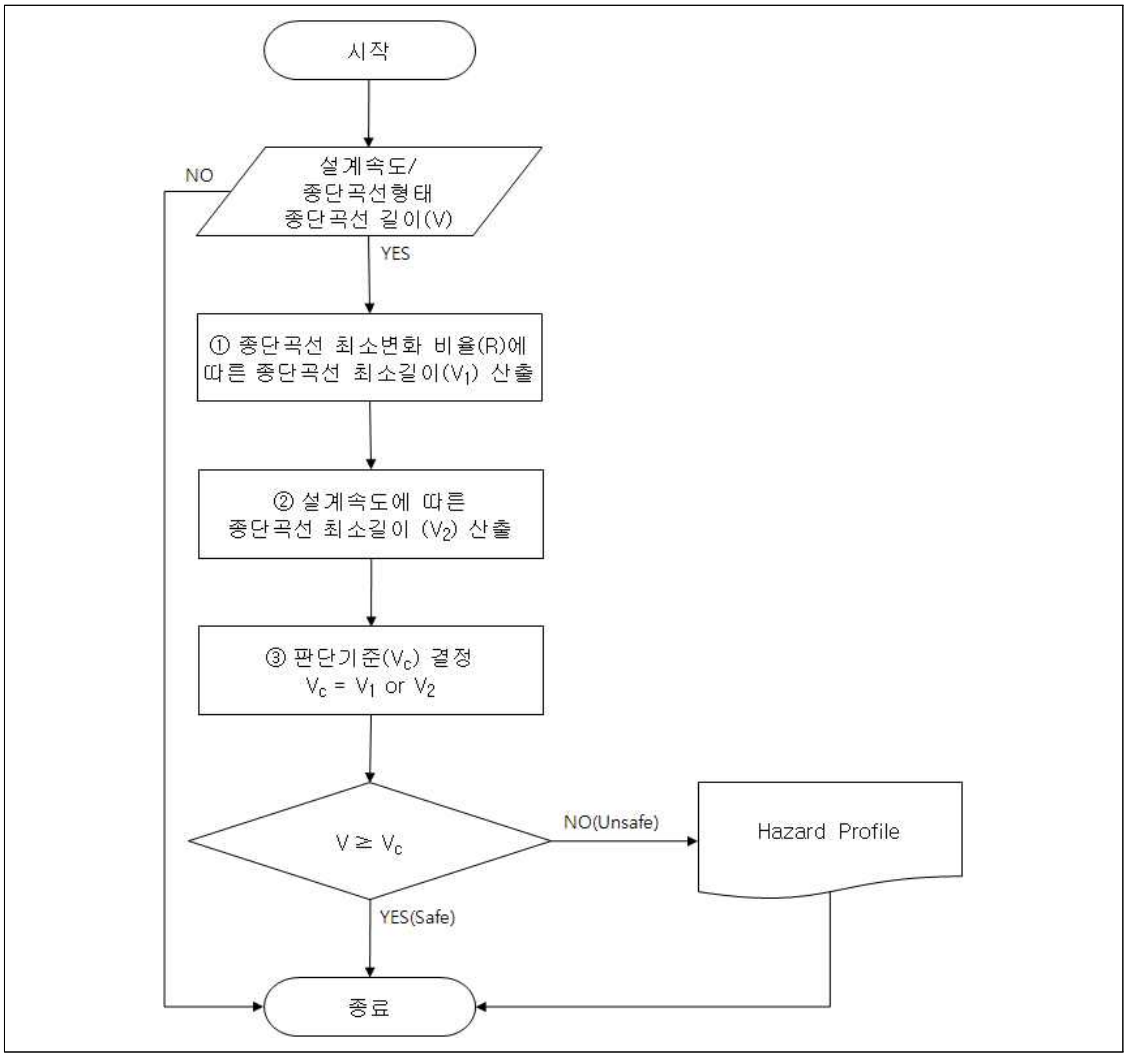
| 설계속도 (킬로미터/시간) | 종단곡선의 형태 | 종단곡선 최소 변화 비율 (미터/퍼센트) |
|---|---|---|
| 120 | 볼록곡선 | 120 |
| | 오목곡선 | 55 |
| 110 | 볼록곡선 | 90 |
| | 오목곡선 | 45 |
| 100 | 볼록곡선 | 60 |
| | 오목곡선 | 35 |
| 90 | 볼록곡선 | 45 |
| | 오목곡선 | 30 |

| 설계속도<br>(킬로미터/시간) | 종단곡선의 형태 | 종단곡선 최소 변화 비율<br>(미터/퍼센트) |
|---|---|---|
| 80 | 볼록곡선 | 30 |
| | 오목곡선 | 25 |
| 70 | 볼록곡선 | 25 |
| | 오목곡선 | 20 |
| 60 | 볼록곡선 | 15 |
| | 오목곡선 | 15 |
| 50 | 볼록곡선 | 8 |
| | 오목곡선 | 10 |
| 40 | 볼록곡선 | 4 |
| | 오목곡선 | 6 |
| 30 | 볼록곡선 | 3 |
| | 오목곡선 | 4 |
| 20 | 볼록곡선 | 1 |
| | 오목곡선 | 2 |

<표 3-5-23> 설계속도에 따른 종단곡선 최소 길이

| 설계속도(킬로미터/시간) | 종단곡선의 최소 길이(미터) |
|---|---|
| 120 | 100 |
| 110 | 90 |
| 100 | 85 |
| 90 | 75 |
| 80 | 70 |
| 70 | 60 |
| 60 | 50 |
| 50 | 40 |
| 40 | 35 |
| 30 | 25 |
| 20 | 20 |

○ 분석알고리즘




<그림 3-5-17> 종단곡선 길이 부적정에 관한 분석알고리즘

14) 평면선형과 종단선형의 부조화

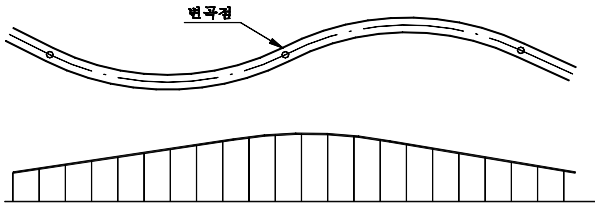
○ 교통사고와의 관련성

- 복합선형(횡단+종단) 개선을 통해 정면충돌 60~80%, 후미추돌 60~80%, 추월사고 60~80%, 보행자 충돌 60~80%, 공작물 충돌 60~80%, 추락사고 40~80%, 조작불능 40~80%의 사고감소 효과 발생

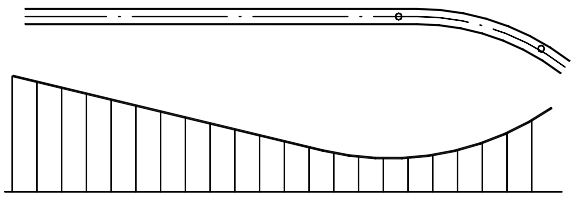
- 임강원(1985)는 고속도로를 대상으로 AADT 대 사고율(사고건수/MVK), 평면곡선반경 대 사고율, 종단경사 대 사고율에 대해 분석하였으며, 그 결과로서 평면곡선반경 350m 이하에서 사고율이 증가하고, 종단경사 6% 이상에서 사고율이 급증함을 제시하였음

○ 분석기준

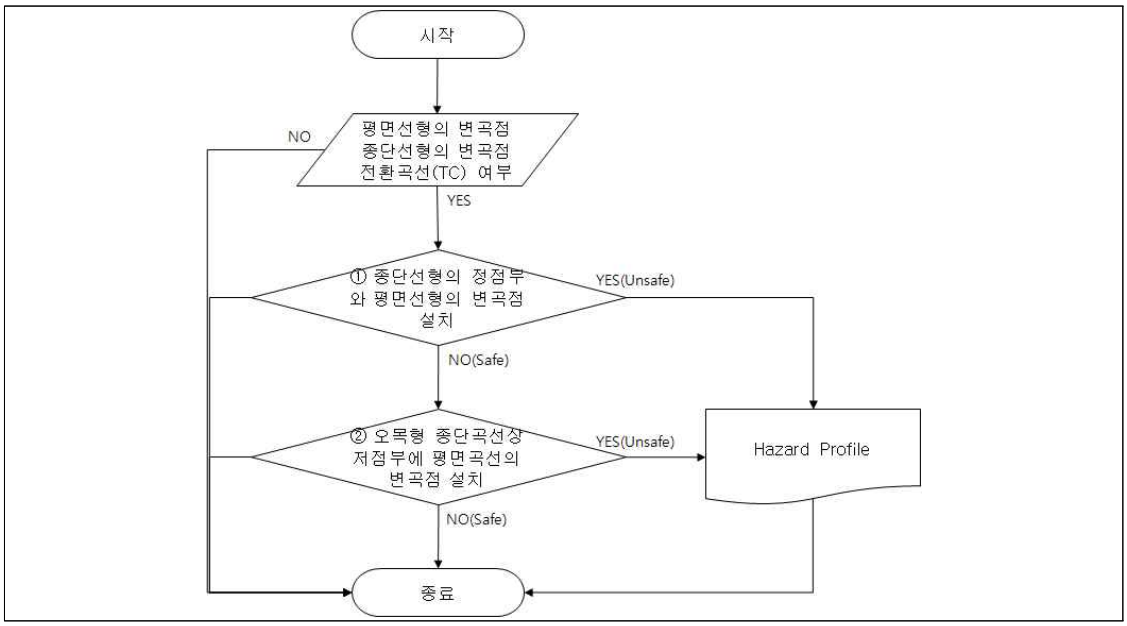
① 종단선형의 정점부에서 반대방향의 평면곡선 설치를 피할 것




② 오목형 종단곡선상의 저점부에 평면곡선의 변곡점 설치를 피할 것



○ 분석알고리즘




<그림 3-5-18> 평면선형과 종단선형의 부조화에 관한 분석알고리즘

15) 곡선내부 시거 확보의 부적정

○ 교통사고와의 관련성

- 정지시거가 부족(Limited Stopping Sight Distance)한 경우, 교통사고의 발생 확률이 높아지고, 이러한 현상은 운전자의 시야가 제약되는 볼록 종단곡선의 정점부(Crown)에서 자주 발생됨

- 일반적으로 정지시거 제약이 사고발생에 미치는 영향은 약 3% 정도로 그다지 높지 않음

○ 분석기준

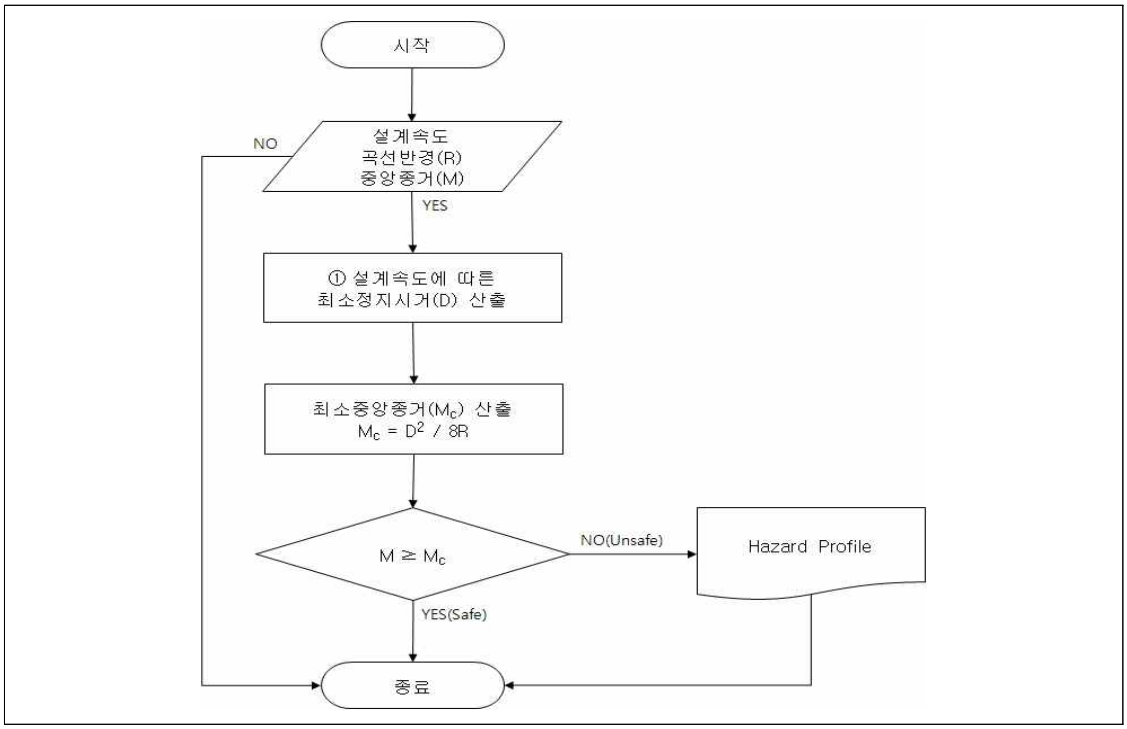
- 곡선내부 시거를 확보하기 위해서는 각 설계속도에 해당하는 최소정지시거(D)와 설치된 평면곡선 반지름(R)을 이용하여 차로 중심선으로부터 장애물까지의 거리(M:중앙 종거)를 계산하고 그 이상을 확보함

$$M = D^2 / 8R \quad \text{.....(3-5-4)}$$

<표 3-5-24> 설계속도별 최소정지시거

| 설계속도(km/h) | 최소 정지시거(m) |
|---|---|
| 120 | 215 |
| 110 | 185 |
| 100 | 155 |
| 90 | 130 |
| 80 | 110 |
| 70 | 95 |
| 60 | 75 |
| 50 | 55 |
| 40 | 40 |
| 30 | 30 |
| 20 | 20 |

○ 분석알고리즘




<그림 3-5-19> 곡선내부 시거 확보의 부적정에 관한 분석알고리즘

16) 정지시거 부적정

○ 교통사고와의 관련성

- 정지시거가 부족(Limited Stopping Sight Distance)한 경우, 교통사고의 발생 확률이 높아지고, 이러한 현상은 운전자의 시야가 제약되는 볼록 종단곡선의 정점부(Crown)에서 자주 발생됨

- 일반적으로 정지시가 제약이 사고발생에 미치는 영향은 약 3% 정도로 그다지 높지 않음

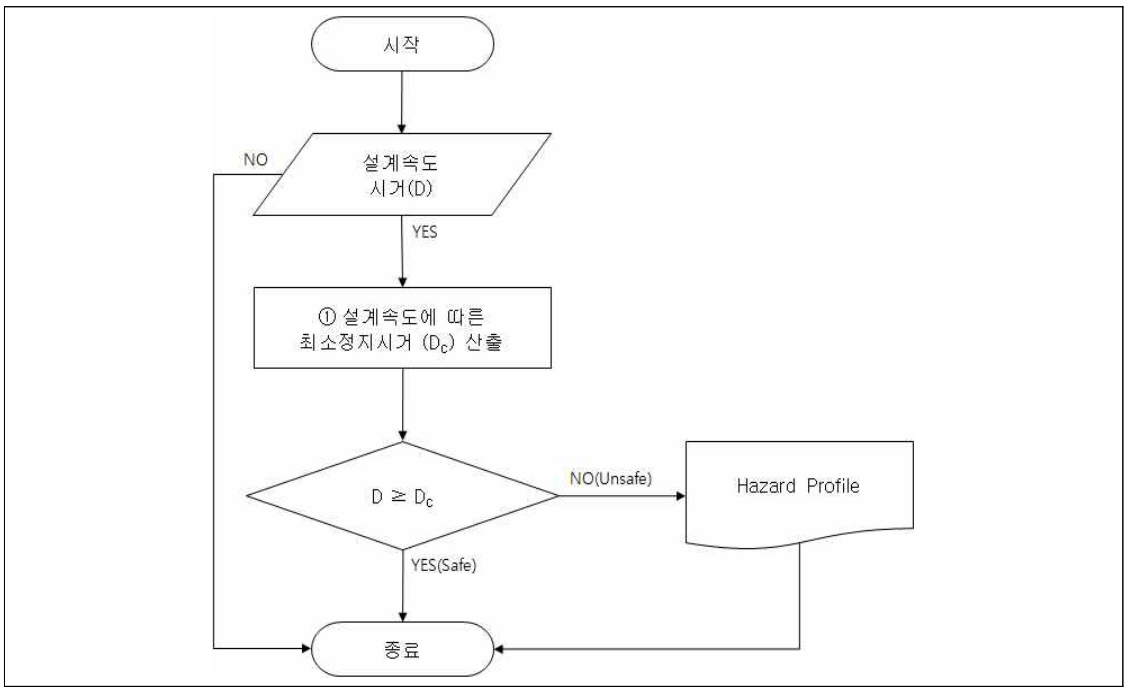
○ 분석기준

- 도로에는 그 도로의 설계속도에 따라 다음 표의 길이 이상의 정지시거를 확보하여야 함

<표 3-5-25> 설계속도에 따른 최소정지시거

| 설계속도(킬로미터/시간) | 최소 정지시거(미터) |
|---|---|
| 120 | 215 |
| 110 | 185 |
| 100 | 155 |
| 90 | 130 |
| 80 | 110 |
| 70 | 95 |
| 60 | 75 |
| 50 | 55 |
| 40 | 40 |
| 30 | 30 |
| 20 | 20 |

○ 분석알고리즘




<그림 3-5-20> 정지시거 부적정에 관한 분석알고리즘

17) 노면 마찰력 부적정

○ 교통사고와의 관련성

- 영국에서 미끄럼저항성과 매크로조직깊이가 사고율에 미치는 영향에 대한 분석결과(1998)로 매크로조직깊이가 0.3mm에서 1.5mm로 변하게 되면 사고율은 50% 감소하게 됨

- 포장 마찰에 영향을 주는 표면조직은 1㎛~0.5㎜ 파장의 마이크로조직(마이크로텍스쳐)와 0.5㎜~50㎜ 파장을 갖는 매크로조직(매크로텍스쳐) 사이임

- 마이크로나 매크로 사이에서 높은 수준의 유지관리를 한다면 이 포장 조직은 습윤 포장에서 미끄럼 저항성 증대가 가능하며, 유럽 연구에서 증가된 매크로조직이 습윤 및 건조한 포장에서 전체사고를 감소한다고 나타났음(Roe, P.G., 1998)

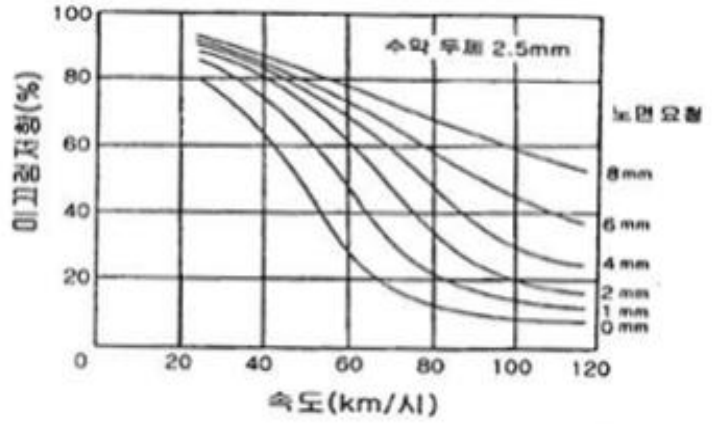
- 미끄럼 저항을 증대시키기 위한 표면조직을 검토하는 경우 주행속도에 따른 파장 길이에 대하여 고려할 필요성이 있으며, 다음 표는 주행 안전 및 쾌적성에 영향을 주는 파장의 범위를 보여주고 있음

<표 3-5-26> 안전 및 쾌적성에 영향을 미치는 파장 범위(홍승호 등, 2001)

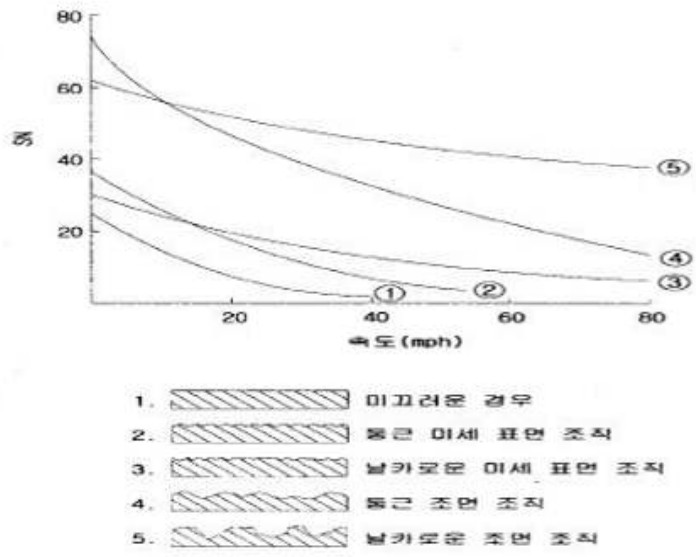
| 주행속도(㎞/h) | 파장범위(m) | |
|---|---|---|
| | 안전성 영향 | 쾌적성 영향 |
| 40~60 | 0.60~1.6 | 3.7~16.6 |
| 90 | 1.25~2.5 | 8.3~25.0 |
| 130 | 1.80~3.5 | 12.0~25.0 |

- 포장의 노면 요철이 주행차량의 속도에 따라 미끄럼 저항 측정에 영향을 줄 수 있음

- 수막두께가 일정하고 요철의 크기가 다른 경우 차량의 주행속도에 따른 미끄럼 저항치를 보여주는데 낮은 속도에서는 요철의 크기에 관계없이 높은 미끄럼 저항치를 보여주는데 반하여 높은 속도에서는 요철 크기 0~4㎜사이에서 미끄럼 저항치가 크게 낮아지는 것을 볼 수 있음




<그림 3-5-21> 속도에 따른 노면 요철과 미끄럼 저항의 관계(홍승호 등, 2001, 재인용)




<그림 3-5-22> 표면조직의 특성과 주행속도에 따른 미끄럼 저항변화(홍승호 등, 2001, 재인용)

- 호주의 연구(2004)에서는 매크로조직이 0.4~0.5mm 이하일 경우 사고율이 1.8~1.9배로 급격히 증가하는 것으로 나타났음

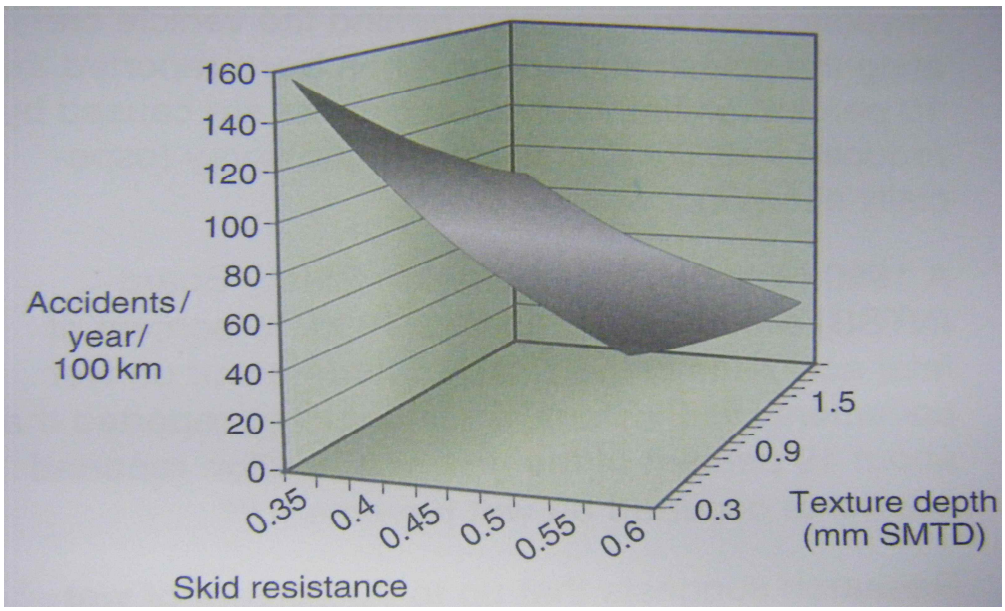
o 도로 안전에 있어서 과거에는 마이크로텍스처영역만을 중요시 여겼으나, 오늘날에는 매크로텍스처 영역까지 고려함으로써 골재의 재료분리 및 우천시 수막현상과 도로 소음까지 종합적으로 고려하고 있음

o 마이크로텍스쳐영역은 1㎛~0.5mm까지의 파장대역으로 마이크로텍스쳐가 잘 형성되어 있는 경우 급제동시 도로표면과의 마찰력을 증진시켜주는 준다. 그러나 시속 80㎞/h 이상의 도로에서는 마이크로텍스쳐 영역뿐만이 아니라 매크로텍스쳐 영역까지 함께 고려가 되어야함

- 다음 그림은 1998년 영국에서 미끄럼저항성과 매크로조직깊이가 사고율에 미치는 영향에 대한 분석결과가 나타나있음

- 그림에서 보는 바와 같이 매크로조직깊이가 0.3mm에서 1.5mm로 변하게 되면 사고율은 50% 감소하게 됨

- 또한, 미끄럼저항성이 0.35에서 0.6으로 커지게 되면 사고율은 65% 감소하는 것으로 매크로조직과 미끄럼저항성이 사고율에 미치는 중요성에 대해 잘 나타내고 있음(Mark, 2006).




<그림 3-5-23> 미끄럼저항성과 매크로조직깊이가 사고율에 미치는 영향(Mark, 2006)

- 또한, 2004년 호주의 한 연구에서는 매크로텍스쳐가 사고율과 밀접한 연관이 있는 것으로 매크로조직이 0.4~0.5mm 이하일 경우 사고율이 1.8~1.9배로 급격히 증가하는 것으로 나타났음

- 마지막으로 2005년 미국 캘리포니아에서는 다양한 박층 아스팔트 덧씌우기의 표면특성별 소음에 대한 연구가 수행되었음

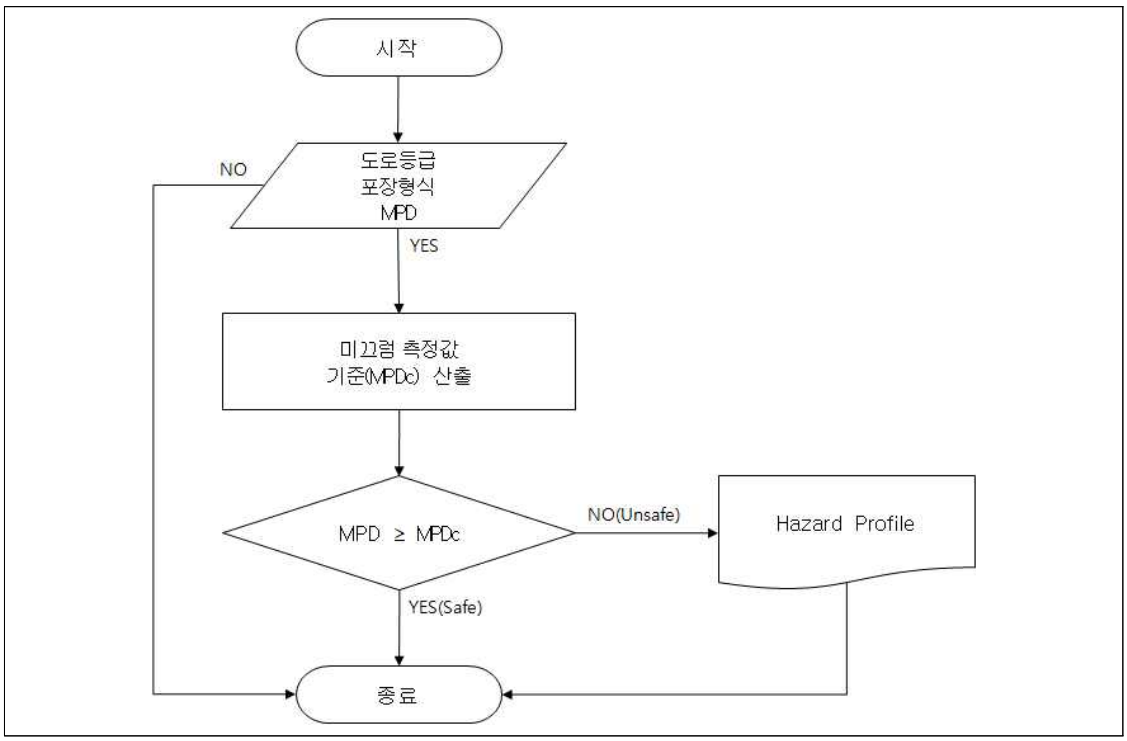
- 이 연구에서는 다음 그림에서 보는 바와 같이 공극율이 클수록 소음이 감소하며, 매크로조직(MPD)이 커질수록 소음이 감소하는 것으로 나타났음

○ 분석기준

<표 3-5-27> MPD 해외 관리기준(예)

| 구분 | 관리기준 |
|---|---|
| 영국 | 신설 콘크리트 포장 MPD ≥ 1.6mm |
| 미국 | 공용중 최소 MPD ≥ 0.5mm으로 제한 |
| 호주 | 공용중 최소 MPD ≥ 0.5mm으로 제한 |
| 뉴질랜드 | 공용중 최소 MPD ≥ 0.9mm으로 제한 |

○ 분석알고리즘




<그림 3-5-24> 노면 마찰력 부적정에 관한 분석알고리즘(해외 관리기준 예)

○ 참고

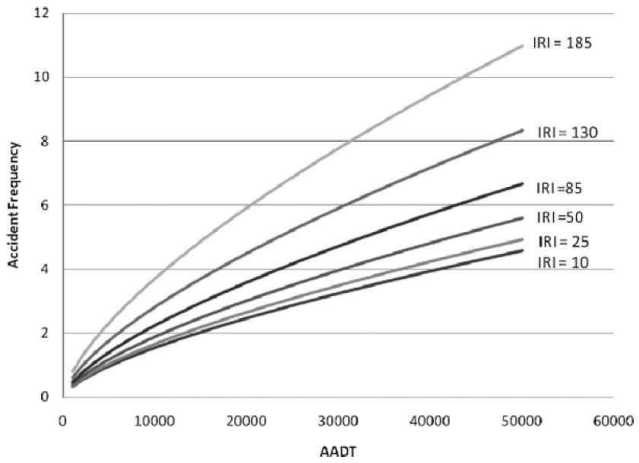
- 2차년도 Texture 장비개발 및 MPD 산출을 통해 세부 관리기준 설정 예정

- 국내의 경우, 해외 관리기준을 토대로 하되 도로 등급별 적용성이 필요

18) 종단 평탄성 부적정

○ 교통사고와의 관련성

- AADT와 종단평탄성을 독립변수로, 교통사고를 종속변수로 하여 음이항회귀분석(Negative Binomial Regression)을 수행한 결과 IRI가 높을 수록 교통사고가 높게 발생하는 모형이 생성 됨




<그림 3-5-25> IRI와 교통사고와의 관계

○ 분석기준

- 고속도로 기준

<표 3-5-28> 고속도로 기준

| 등 급 | 종단평탄성의 범위 | 상태 | 대응책 |
|---|---|---|---|
| 1등급 | 1.5mm 이하 | 매우우수 | 관찰 |
| 2등급 | 1.5mm초과 ~ 2.0mm이하 | 우수 | 점검 |
| 3등급 | 2.0mm초과 ~ 2.5mm이하 | 보통 | 필요시 수선유지 |
| 4등급 | 2.5mm초과 ~ 3.0mm이하 | | 수선유지, 개량 |
| 5등급 | 3.0mm초과 ~ 3.5mm이하 | 불량 | 수선유지, 개량 |
| 6등급 | 3.5mm초과 ~ 4.0mm이하 | | 개량 |
| 7등급 | 4.0mm이상 | 매우불량 | 우선 개량 |

- 신설구간 기준

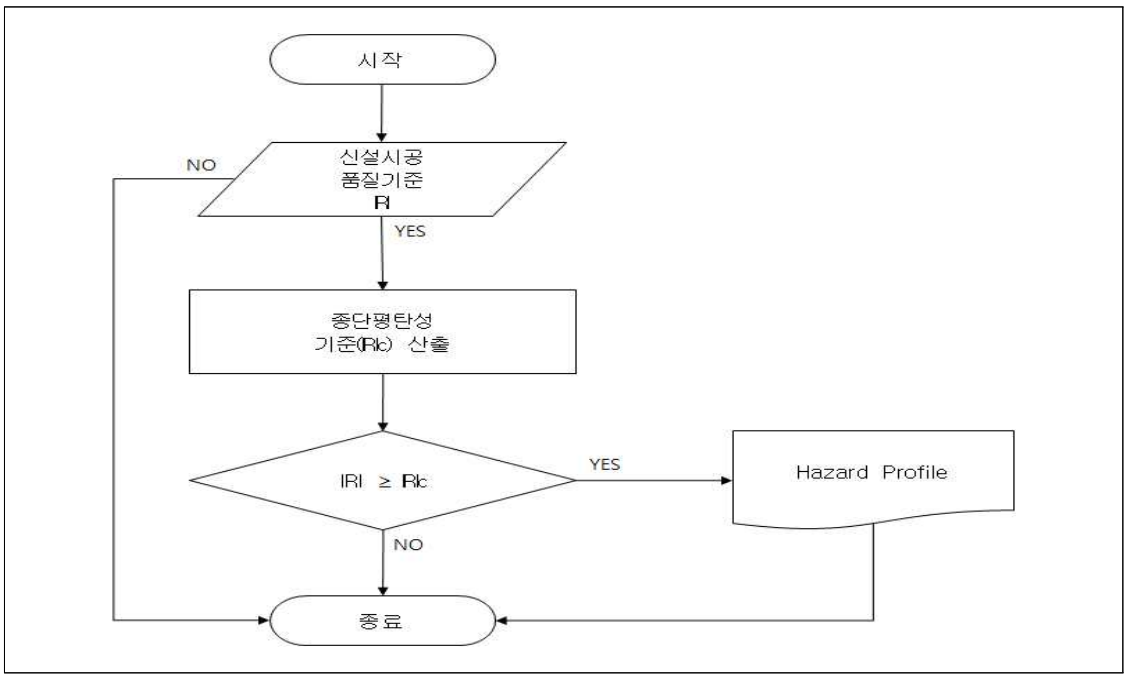
<표 3-5-29> 신설구간 기준

| 구 분 | 평가지수 기준 | 비 고 |
|---|---|---|
| 신설시공 품질기준 (아스팔트포장 및 콘크리트포장) | 토공부 | IRI≦1.6m/km |
| | 대형장비의 조합이 불가능한 경우 (교량 접속부를 포함한 교량 구간, I/C 및 IC 램프 등) | IRI≦2.0m/km |

- 교량 구간은 접속슬래브 및 조인트부와 교면을 포함한 구간임

- 확장공사에서 단순 편측확장, 유지보수 공사의 경우에는 본 기준의 적용 대상에서 제외 (기존의 Pri 기준 적용)

○ 분석알고리즘



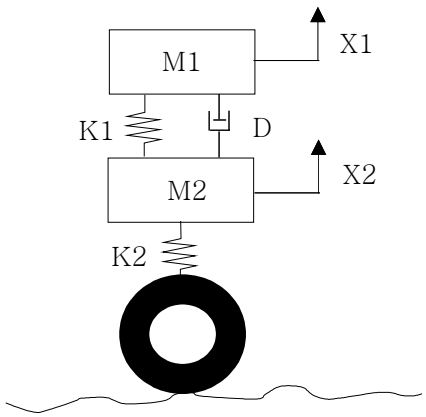

<그림 3-5-26> 종단 평탄성 부적정에 관한 분석알고리즘

○ 참고

- 1차 필터로 사용되는 이동평균(Moving Average)은 다양한 노면 프로파일의 파장 중에서 승차감에 영향을 끼치는 요소만을 걸러내는 High-pass filter의 역할을 함

- 2차 필터로 사용되는 QCS(Quarter-Car Simulation)는 <그림 3-5-27>과 같은 형태의 가상적인 차량 바퀴 한쪽이 측정된 노면 프로파일 위를 통과시킬 때 나타나는 움직임을 모사함

- 실제적인 계산은 각 요소(Sprung Mass, Suspension Spring, Damper, Unspring Mass, Tire Spring)의 정해진 상수로 이루어진 매트릭스를 구성하고 컴퓨터를 이용하여 연속적으로 계산하고 QCS의 결과는 X1과 X2간의 상대변위 누적값으로 나타나게 되고 이를 전체 측정연장으로 나누어 준 값이 IRI가 됨




M1 : 차량중량상수
M2 : 타이어중량상수
K1 : 서스펜션 스프링상수
K2 : 타이어 스프링상수
D : Shock absorber 댐핑상수
X1 : 차량부 변위
X2 : 차축부 변위

<그림 3-5-27> QCS 모델

19) 물고임 부적정

○ 교통사고와의 관련성

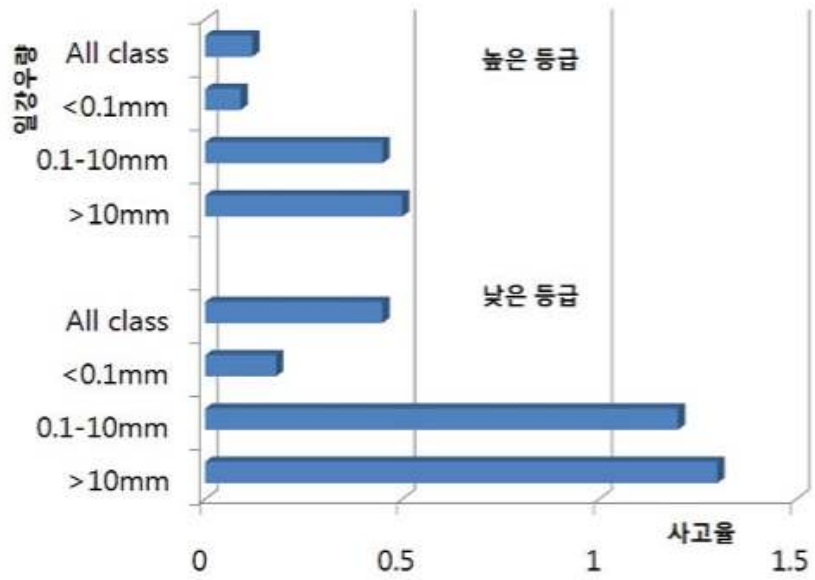
- 도로에서 포장불량으로 인한 물고임부와 교통사고간 연관이 있음

- Sherretz and Farhar (1978)은 교통사고를 시간별, 요일별, 강수량을 크기별로 분류하여 교통사고 발생률 증가와의 상관성을 조사한 결과, 피해의 심각성과 요소별 크기와는 뚜렷한 상관성이 없었으나, 16~21시에 금·토요일, 강수가 많을때 사고 발생률도 증가한 것으로 나타나 강수변화와 교통사고율과는 높은 상관성을 나타냈음

- 심관보(1999)는 강우시 사고율의 경우 포장등급이 낮은 등급의 도로에서는 비강우시보다 24~27배 정도 높은 것으로 나타남

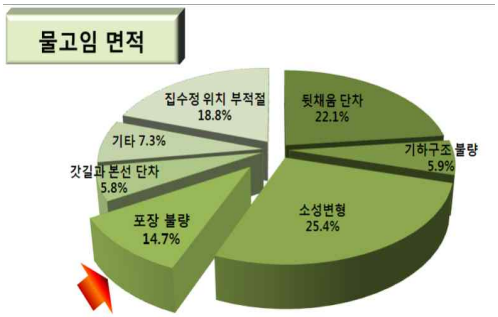
- 권재석(2009)은 강우량과 포장상태와의 교통사고 관계를 분석한 결과, 포장불량인 지역의 사고율이 포장이 양호한 구간보다 사고율이 높은 것으로 나타남

- 특히, 강우량 0.1~10㎜, 10㎜ 이상의 강우량을 보이는 구간에서의 사고율은 포장불량 구간에서 높게 나타났음

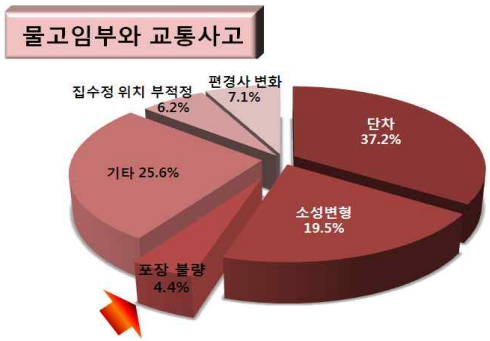



<그림 3-5-28> 여름과 기타기간의 포장상태에 따른
사고율(우천시)(권재석, 2009)

- 도로의 패인 곳(포장불량)을 찾아내면 물고임 면적의 약 15%정도를 방지할 수 있음(교통안전공단, 2010)




<그림 3-5-29> 고속도로 물고임부 물고임 원인




<그림 3-5-30> 고속도로 물고임부와 교통사고

○ 분석기준

- 국도기준

<표 3-5-30> 국도 기준

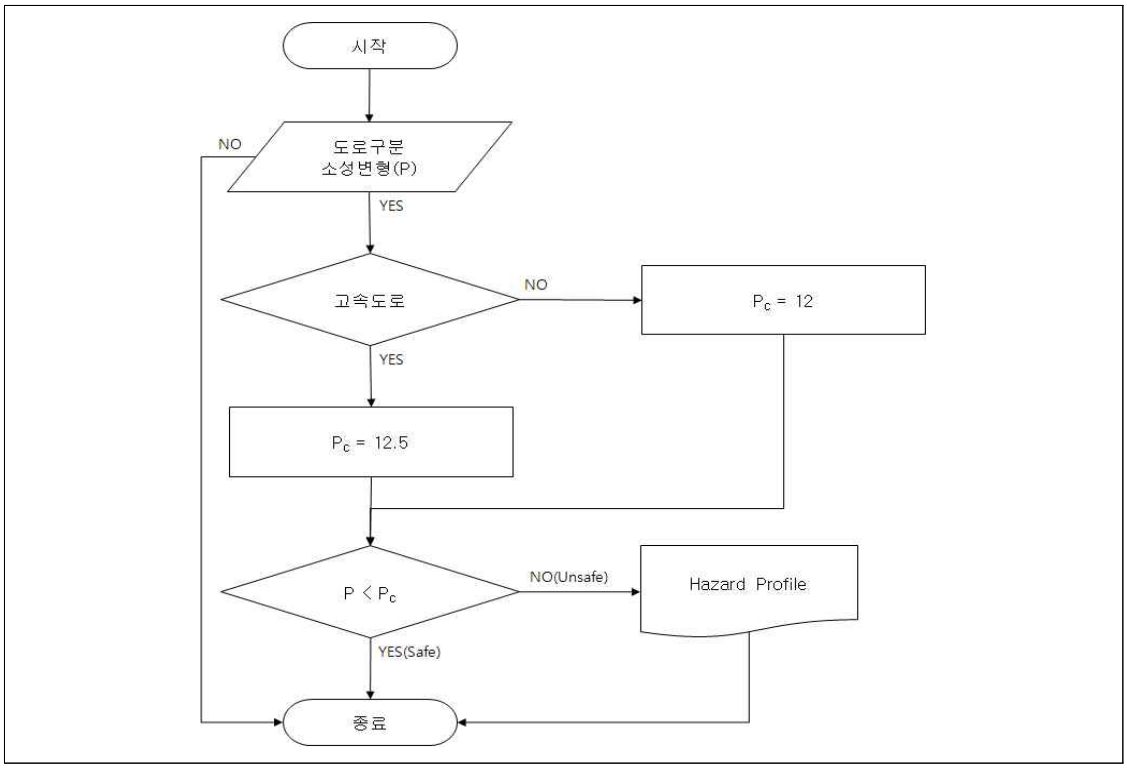
| 소성변형 (mm) | 판정기준 |
|---|---|
| 2 미만 | 우 수 |
| 3 ~ 7 | 양 호 |
| 8 ~ 12 | 보 통 |
| 13 ~ 20 | 불 량 |
| 21 이상 | 극히불량 |

- 고속도로 기준

<표 3-5-31> 고속도로 기준

| 등 급 | 소성변형량의 범위 | 상태 | 대응책 |
|---|---|---|---|
| 1등급 | 2.0mm 이하 | 매우우수 | Do nothing |
| 2등급 | 2.0mm초과 ~ 6.5mm이하 | 우수 | 예방적 유지 필요 |
| 3등급 | 6.5mm초과 ~ 12.5mm이하 | 보통 | 수선유지 필요 |
| 4등급 | 12.5mm초과 ~ 15mm이하 | 불량 | 개량필요 |
| 5등급 | 15mm 초과 | 매우불량 | 시급한 개량필요 |

○ 분석알고리즘




<그림 3-5-31> 물고임 부적정에 관한 분석알고리즘(예)

## 20) 경사에 의한 노면배수 부적정

○ 교통사고와의 관련성

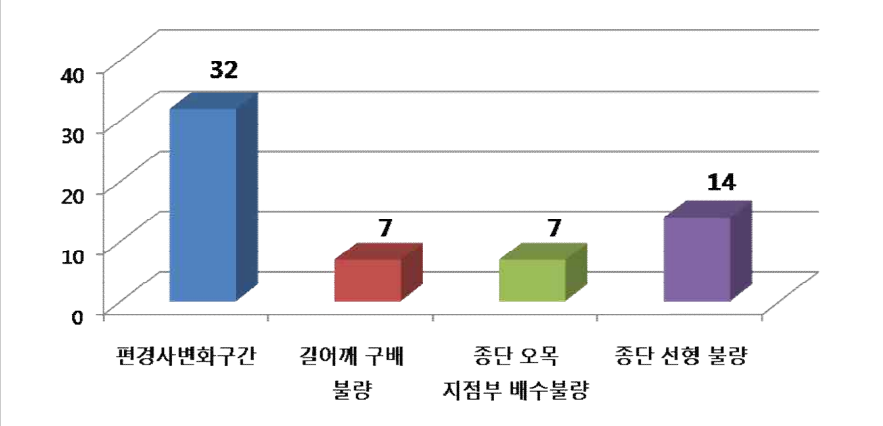
① 적정성 검토

- 일반적으로 도로 부지에 내리는 강우는 신속한 배제를 원칙으로 하며, 강우에 의한 각종 피해와 사고를 사전에 방지해야 함

- 그러나 국내 여건은 복합선형 구간과 같이 강우시 도로배수 취약구간에 대한 현황이 충분하게 파악되지 않고 있으며, 강우에 의한 피해를 방지하기 위한 배수계획 및 설계의 구체적인 방법론 또한, 제시되지 못하고 있음

- 또한, 실제로 배수 능력이 우수하다고 하더라도 편경사 변화구간 중 편경사 0% 구간에서의 최소 종단경사(0.3~0.5%) 적용시 배수불량 문제로 교통사고가 빈번히 발생하고 있으며, 이에 따라 평면선형과 종단선형의 조합에 관련된 기준이 요구되고 있는 실정임

- 이는 고속도로를 기준으로 볼 때, 기하구조 원인에서는 편경사 변화구간에 의한 취약구간이 가장 많은 것으로 나타났음




<그림 3-5-32> 배수 및 물고임에 대한 기하구조 세부원인

② 편경사 변화구간 개요

- 편경사의 변화구간 중 편경사 값이 표준횡단경사 2% 이내의 값을 가지게 되는 -2~+2%의 구간내에 최소 종단경사 (0.3~0.5%) 적용시 노면 배수불량과 물고임으로 미끄럼 사고가 발생하게 됨

- 이에 원활한 노면배수의 배제를 위하여 평면선형과 종단선형의 조합인 복합선형 기준의 정립과 적용이 필요함

○ 분석기준

① 설계기준 검토

ⅰ) 종단경사

- 도로설계편람(2008)

<표 3-5-32> 최소 종단경사 기준

| 설계 요소 | 종단경사 | |
|---|---|---|
| | 바람직한 최소치 | 절대 최소치 |
| 연석이 있는 도로 | 0.5% | 0.35% |
| 충분한 횡단경사를 가지는 연석이 없는 도로 | 0.5% | 0.3% |

- 도로설계요령(2009, 한국도로공사)

- 종단경사는 될 수 있는대로 작은 것이 바람직하지만 길이가 길고 평탄한 도로에서는 배수에 문제가 생김

- 따라서 배수를 위하여 종방향으로 0.3~0.5% 종단경사를 붙여 두는 것이 바람직함

- 도로의 구조·시설에 관한 규칙 해설(2009)

- 차도의 종단경사는 도로의 구분, 지형상황 및 설계속도에 따라 다음 표의 비율 이하로 하여야 함

<표 3-5-33> 최대 종단경사 기준(예)

| 설계속도(km/h) | 고속도로 최대 종단경사(%) | |
|---|---|---|
| | 평지 | 산지 |
| 100 | 3 | 5 |
| 110 | 3 | 5 |
| 120 | 3 | 4 |

ii) 편경사

- 도로의 구조·시설에 관한 규칙 해설(2009)

<표 3-5-34> 평면곡선반경에 따른 편경사 적용 기준의 예

| 설계속도 | 평면곡선반경에 따른 편경사(최대 편경사 =6%) (단위 : m) | | |
|---|---|---|---|
| | NC(미고려) | 2% | 3% |
| 100 | 4,800이상 | 4,800~2,650 | 2,650~1,690 |
| 110 | 5.800이상 | 5,800~3,230 | 3,230~2,070 |
| 120 | 6.900이상 | 6,900~3,840 | 3,840~2,470 |
| | | | |
| 설계속도 | 평면곡선반경에 따른 편경사(최대 편경사 =6%) (단위 : m) | | |
| | 4% | 5% | 6% |
| 100 | 1,690~1,070 | 1,070~690 | 690~460 |
| 110 | 2,070~1,360 | 1,360~880 | 880~600 |
| 120 | 2,470~1,610 | 1,610~1,050 | 1,050~710 |

② 편경사 변화구간 특성 및 고려사항

ⅰ) 특성

- 도로의 평면곡선부를 원심력을 받으며 주행하는 자동차는 노면에 설치된 편경사와 노면과 타이어간의 마찰에 의하여 안정된 주행을 할 수 있게 됨

- 곡선부에서의 편경사의 변화는 최대편경사를 고려한 범위 내에서 표준경사 값에서 최대 편경사 값으로 변화하게 되는데 편경사의 값이 변화하는 과정에서 표준경사(-2%)이하의 변화구간이 생기게 됨

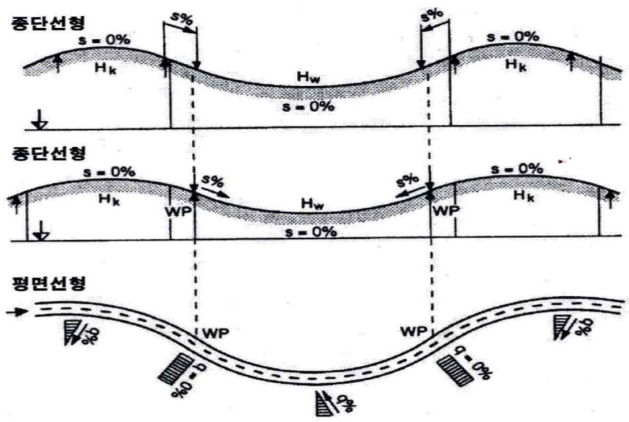
- 편경사의 값이 -2%에서 +2%까지 변하는 구간에서는 노면배수의 흐름이 원활하지 못하게 되는 경우가 생기게 됨

ⅱ) 고려사항

- 편경사 변화구간의 길이를 길게 설치하면 주행안정성은 향상되나 노면배수나 물고임에 문제가 발생하므로 평면곡선부의 구성 조건에 따라 교통안전과 노면배수가 고려된 편경사의 적절한 설치를 고려해야 함

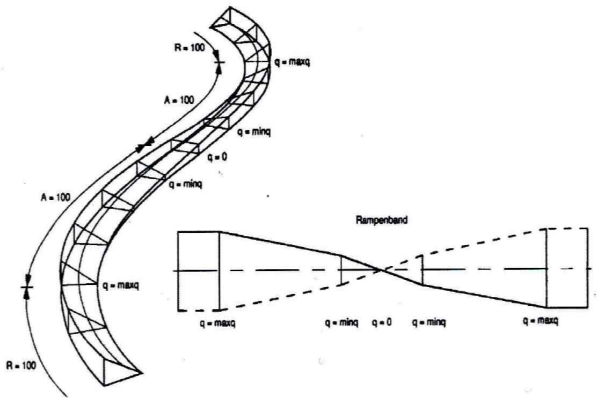
- “도로의 구조·시설에 관한 규칙 해설(2009)”에 의하면 오목형 종단곡선상의 저점부에 평면곡선의 변곡점 설치를 피하여 노면배수가 원활하도록 유도하고 있음

- 독일의 경우에는 편경사 변화구간 중 편경사가 0%이 되는 지점에서는 노면 배수의 흐름을 위하여 종단선형을 조정해야 한다는 복합선형의 이론을 실무에서 적용하고 있음




<그림 3-5-33> 종단선형과 평면선형을 고려한 계획

(독일 RAS-L95)

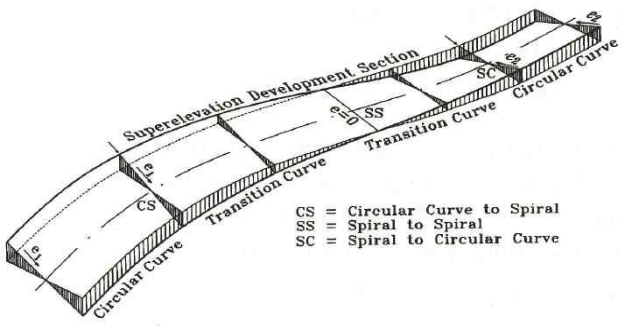



<그림 3-5-34> 배향곡선에서의 편경사의
설치(독일 도로교통학회독일 1995)

③ 편경사 접속설치구간과 변곡부(변곡지점)

- 편경사 접속설치구간은 서로 다른 편경사를 지닌 일정한 두 곡선 또는 직선 구간(일방향 편경사 또는 일반적인 NC 구간)에서 편경사를 지닌 곡선구간으로 변화할 때, 편경사를 조정하기 위해 필요한 도로의 길이를 나타냄

- 노면 배수(물고임 포함)를 위한 필요한 편경사 접속설치의 길이는 가능한 짧아야 하며, 편경사 접속설치구간의 주의 깊은 설계가 곡선구간 주행시 안전성과 편의성을 증진시키고, 아울러 노면에 흐르는 물의 배수가 원활히 될 수 있음

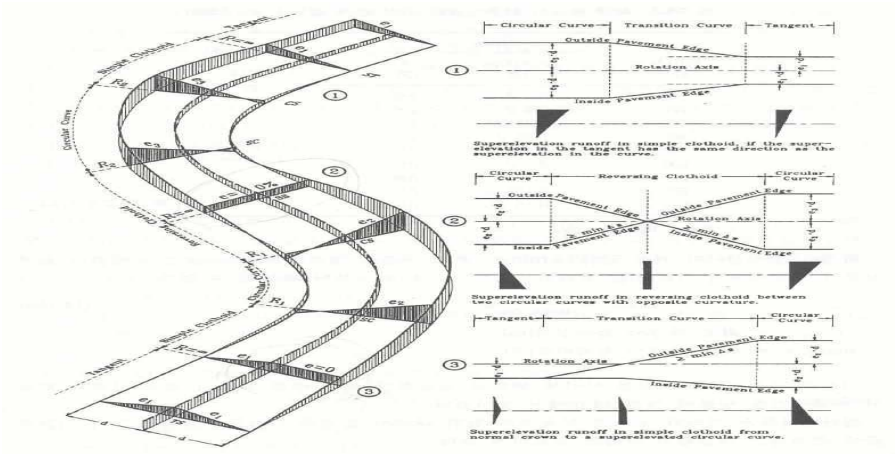



<그림 3-5-35> 변곡지점(역 클로소이드)의 3차원 도
(독일 도로교통학회독일 1995)

- 설계에 있어 곡률의 변화는 보통 편경사 변화를 필요로 하며, 편경사가 0%가 되는 지점이 변곡지점(역 클로소이드)임

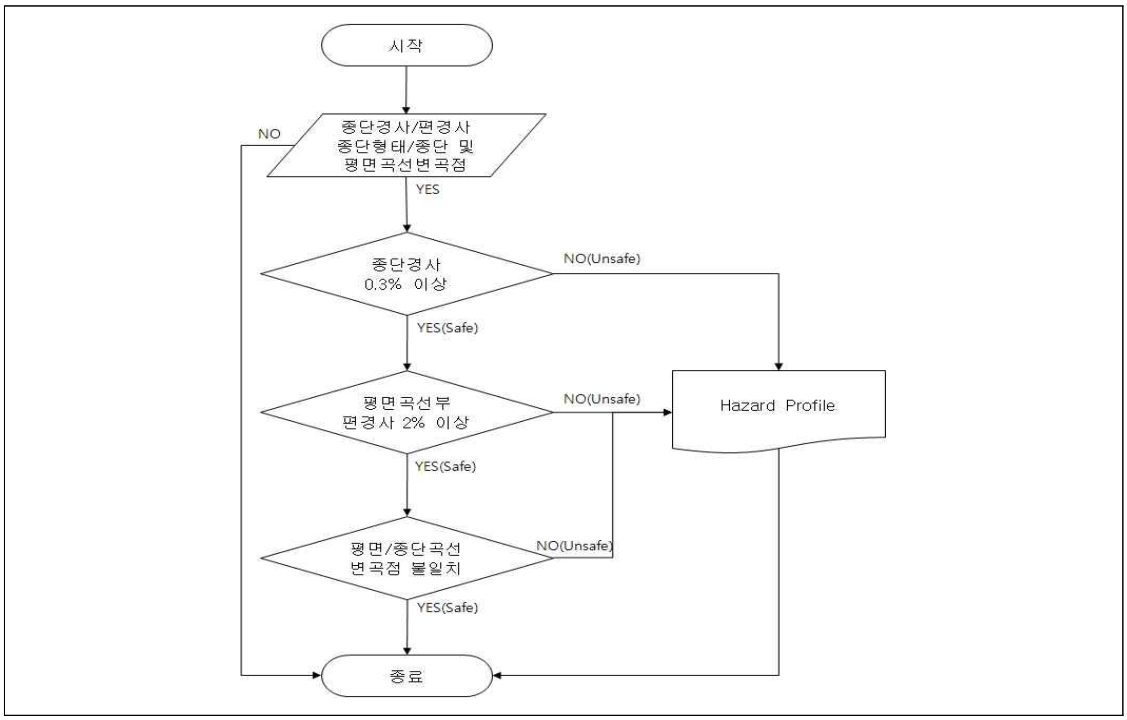
- 본 연구과제에서는 곡선+곡선의 경우 발생될 수 있는 상황조건에서 노면배수 및 물고임에 대한 파악이 필요하며 이는 배수 상태 조건과 모순되는 지점이기도 함

- 직선과 곡선, 곡선과 곡선 사이에 변화의 일반적인 예는 주행차로의 변곡결과와 편경사 변화구간을 덧붙여 다음 그림과 같이 보여짐




<그림 3-5-36> 주행차로의 다른 변곡점, 직선과 곡선사이, 곡선과 곡선 사이의 변화에 의한 편경사 변화구간 일치의 예(독일 도로교통학회독일 1995)

○ 분석알고리즘




<그림 3-5-37> 경사에 의한 노면배수 부적정의 분석알고리즘

21) 표지남용

○ 교통사고와의 관련성

- 운전자의 정보처리 기능은 매우 단순하며, 짧은 시간동안 다양한 정보를 동시에 처리하지 못함

- 이러한 운전자의 정보처리능력 이상으로 정보가 제공되면 운전자는 혼란에 빠지게 되며 사고를 유발할 가능성은 증가함

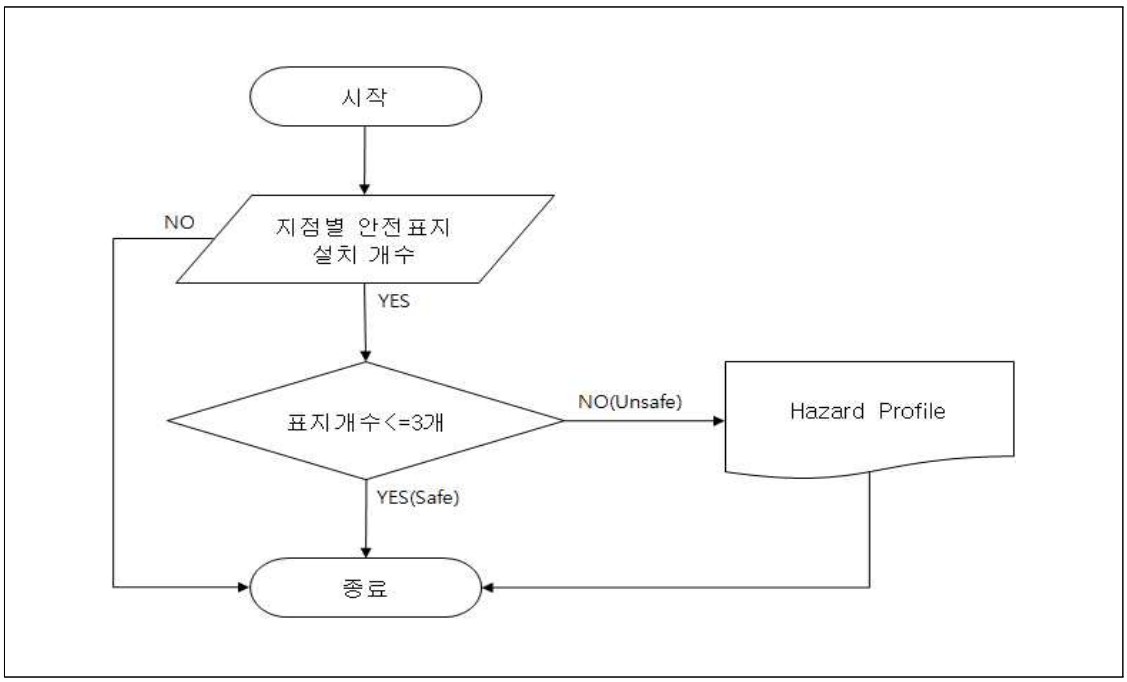
○ 분석기준

- 동일한 장소에 3개 이상의 안전표지가 있는 경우에는 그 설치 위치를 적절히 조정할 것

<표 3-5-35> 안전표지의 설치

| |
|---|
| ① 주의표지를 3개 이상 병설해야 할 경우라도 가장 주의가 필요한 표지만 설치할 것<br>② 주의표지, 규제표지 및 지시표지는 상호관련이 있는 경우를 제외하고 병설하지 않아야 하며, 동일한 종류의 표지라도 필요 이상으로 병설해서는 안됨 |

○ 분석알고리즘




<그림 3-5-38> 표지 남용에 대한 분석알고리즘

22) 노측용 방호울타리 설치 유무

○ 교통사고와의 관련성

- 도로변에 설치된 방호울타리는 도로이탈에 의한 사망과 부상을 각각 44% 및 47% 감소시키고, 도로이탈사고율을 7% 줄이는 효과가 있는 것으로 나타남

- 도로교통안전관리공단(2004)은 2002년 사고잦은 곳 공사 지점을 대상으로 단순사고건수법을 이용하여 개선사업의 효과도를 분석하였으며 방호울타리 설치로 62.5% 사고감소 효과가 있는 것으로 분석함

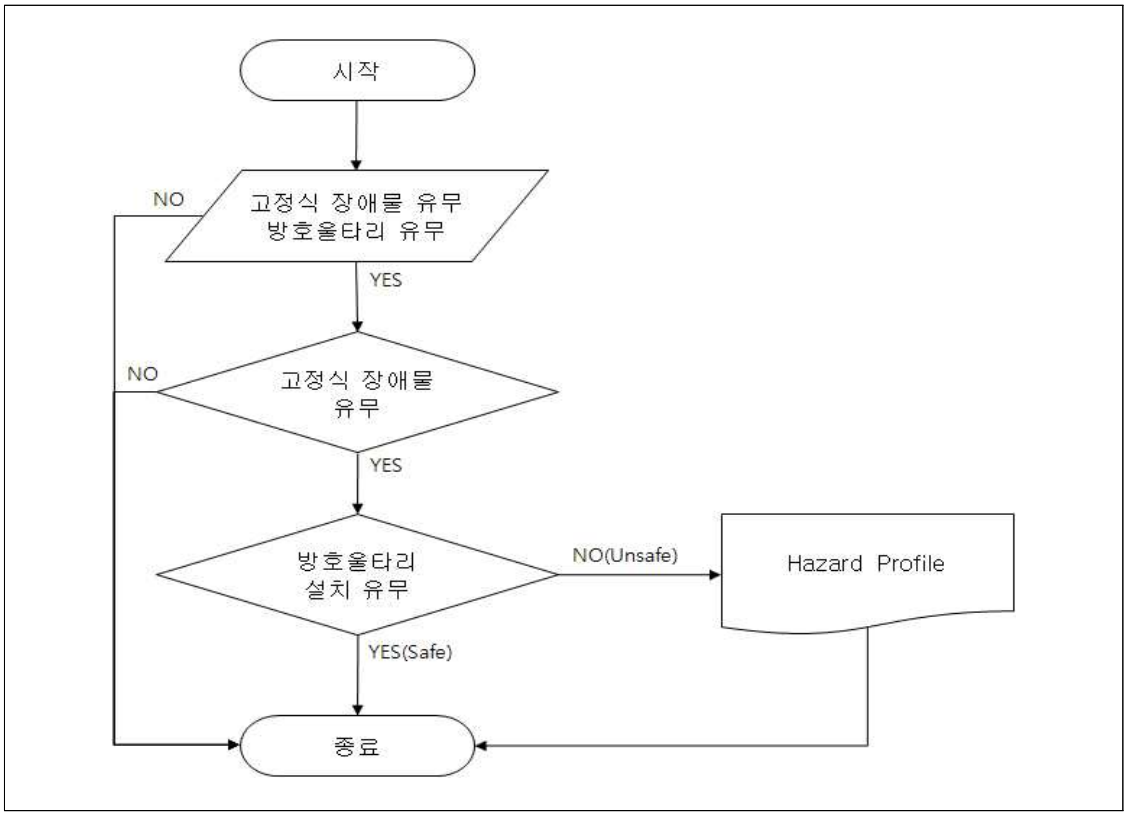
- 이수범(2000)은 1997년 교통사고잦은지점 개선사업 시행지점 272개 지점 자료를 단순사고건수법으로 분석하고 이를 외국자료와 평균하여 가드레일의 사고감소효과를 제시하였으며 분석결과, 가드레일 설치는 31.03% 사고를 감소시키는 것으로 나타남

- Elvik(1994)는 1956년부터 1993년까지의 중앙분리대, 가드레일, 충격흡수시설의 효과분석 연구결과를 토대로 메타분석(Meta Analysis)을 실시하였으며 가드레일에 대한 분석결과, 새로 설치했을 때  사고율은 27% 증가하고, 사망사고는 44% 감소하며, 부상사고는 52% 감소하는 것으로 나타남

○ 분석기준

- 도로변에 전신주, 수목, 도로(안전)표지 지주, 신호등 지주 등과 같은 고정식 장애물(Fixed Hazards)이 있는 경우, 해당 장애물과 차량의 충돌을 보호하기 위한 방호울타리가 설치 되어있는지 여부 검토

○ 분석알고리즘




<그림 3-5-39> 방호울타리 설치 유무에 대한 분석알고리즘

## 23) 갈매기 설치위치 부적정

○ 교통사고와의 관련성

- 시선유도시설 개선을 통해 접촉사고 10~20%, 대향사고 10~20%, 후미추돌 10~20%, 차로변경사고 10~20%, 공작물(고정물체) 10~20%의 사고 감소 효과가 있음

- 삼성교통안전문화연구소(2004)에 따르면 지난 '98~'03년까지 도로안전시설 개선사업이 시행된 일반국도 5개 노선(466개 사고지점)에서 국토해양부가 설치한 갈매기표지에 대한 현장조사와 설치 전/후 3년 동안의 교통사고 1,926건의 자료를 분석한 결과, 시인성 증진 시설물인 갈매기 표지의 경우는 연평균 17.7건의 측면충돌사고가 나던 것이 표지판 설치 후에는 9.3건으로 감소해 45~60%(평균 50.4%)의 측면충돌사고 감소효과를 보임

○ 분석기준

- 갈매기표지의 설치장소를 결정하기 위한 기준으로 설계속도에 5km/h를 더한 속도를 당해 도로의 일반적 주행 속도로 보고 이때의 곡선반경을 계산하여 다음 <표 3-5-36>과 같이 갈매기표지 적용 곡선반경으로 설정함

<표 3-5-36> 설계속도와 최소곡선반경에 따른 갈매기표지 적용 곡선반경

| 설계속도(km/시) | 최소곡선반경(m)* | 갈매기표지 적용 곡선반경(m) |
|---|---|---|
| 120 | 710 | 770 |
| 110 | 600 | 650 |
| 100 | 460 | 550 |
| 90 | 380 | 420 |
| 80 | 280 | 340 |
| 70 | 200 | 250 |
| 60 | 140 | 180 |
| 50 | 90 | 120 |
| 40 | 60 | 80 |
| 30 | 30 | 45 |

**주) * : 표의 최소곡선반경은 편경사 6%인 경우**

- 위에서 제시한 갈매기표지 적용 곡선반경의 값 이하의 곡선에서는 시선유도표지보다는 갈매기표지를 적용함

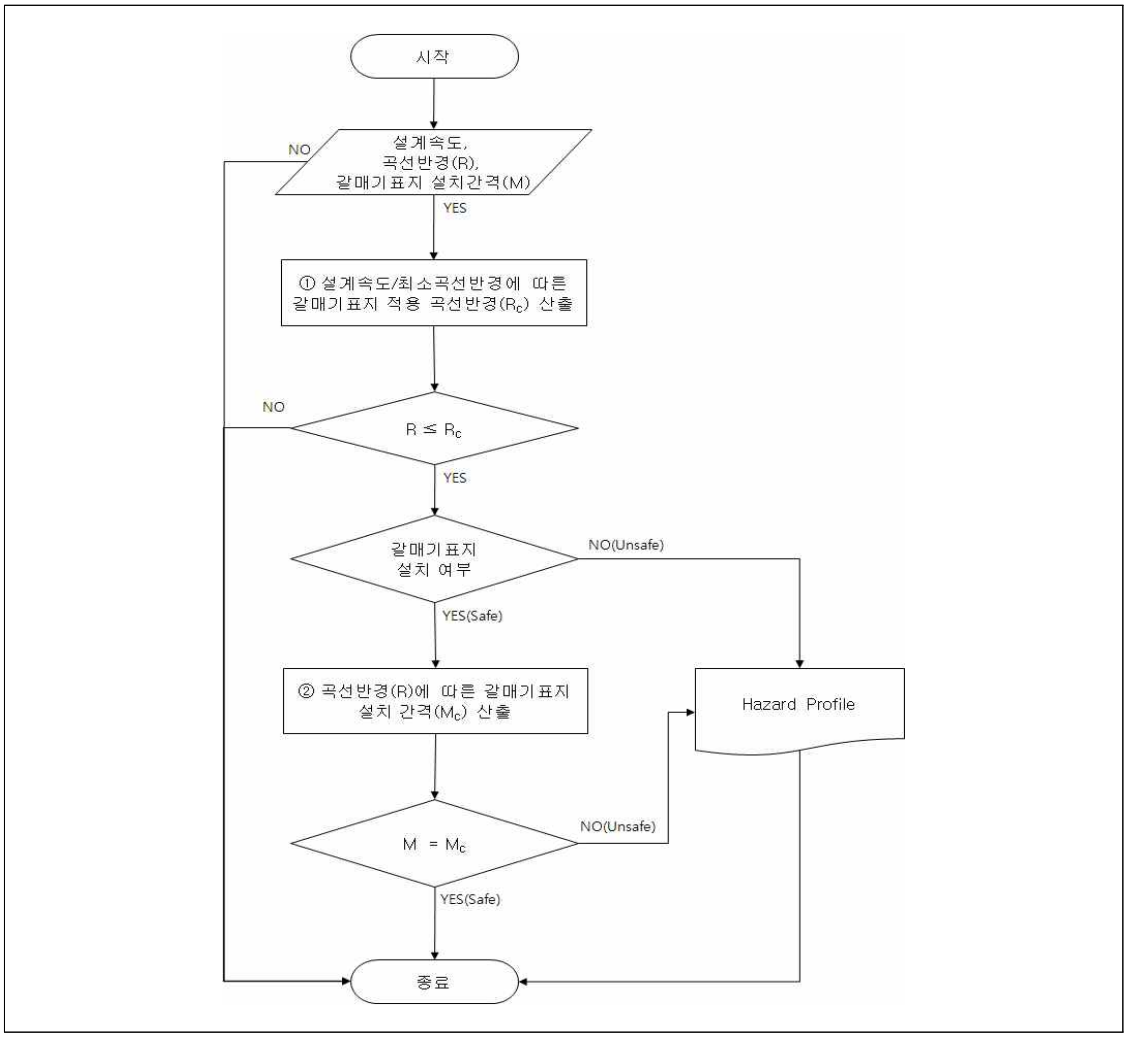
- 갈매기표지는 곡선구간에서 연속으로 설치하여 원활한 시선유도 효과가 있도록 하며, 도로의 곡선 반경에 따른 설치 간격은 다음 <표 3-5-37>과 같이 함

<표 3-5-37> 곡선반경에 따른 갈매기표지 설치 간격

(단위: m)

| 곡선 반경 | 설치 간격 | 곡선 반경 | 설치 간격 |
|---|---|---|---|
| 50 이하 | 8 | 246~320 | 25 |
| 51~ 80 | 12 | 321~405 | 30 |
| 81~125 | 15 | 406~500 | 35 |
| 126~180 | 20 | 501~650 | 38 |
| 181~245 | 22 | 651~900 | 45 |

○ 분석알고리즘




<그림 3-5-40> 갈매기표지 적용 설치 적용에 대한 분석알고리즘

## 나. 첨단차량의 반자동화(수동측정 및 자동분석) 기능구현을 위한 위험요소

### (1) 반자동화 위험요소 항목

○ 반자동화 기능 구현을 위한 18개 위험요소를 선정함

○ 자동화 기능 구현 항목과 다르게 반자동화 항목은 기존 교통사고와 관련 분석 기준이 없는 항목이 다수 존재하며 사고예방을 위해 교통안전 전문가가 제안하는 방안을 분석 기준으로 설정함

<표 3-5-38> 반자동화 위험요소

| 연번 | 위험요소 |
|---|---|
| 1 | 중분대 단부처리 부적정 |
| 2 | 중분대 시점 시인성 미확보 |
| 3 | 방현시설 부적정 |
| 4 | 횡단보도 설치 부적정 |
| 5 | 시거 미확보 |
| 6 | 오르막차로 종점부 부적정 |
| 7 | 신호등 설치 부적정 |
| 8 | 신호등 시인성 미확보 |
| 9 | 사전경고표지 미설치 |
| 10 | 연결로 접속부 시계 부적정 |
| 11 | 배수시설 미확보 |
| 12 | 교량 안전시설 미확보 |
| 13 | 교량 충격흡수시설 미확보 |
| 14 | 교대 및 교각 안전시설 미확보 |
| 15 | 가드레일 연결부 불연속 |
| 16 | 교량 안전표지 미설치 |
| 17 | 교량 전방시야 부적정 |
| 18 | 충격흡수시설 설치장소 부적정 |
| 19 | 과속방지시설 설치장소 부적정 |
| 20 | 미끄럼방지시설 부적정 |
| 21 | 시선유도표지 설치 부적정 |

1) 중분대 단부처리 부적정

○ 방호울타리의 단부는 차량의 방호에 있어 단부 이외의 구간에 비해 기능상 취약한 부분이며 특히, 단부를 일정한 경사를 유지하고 지면에 고착하는 경우는 차량이 단부를 타고 올라가 전도 또는 전복될 소지가 있음

○ 따라서, 방호울타리의 단부는 구조적으로 기능을 보완하거나 충격흡수시설과 연계하여 설치하는 것이 바람직함

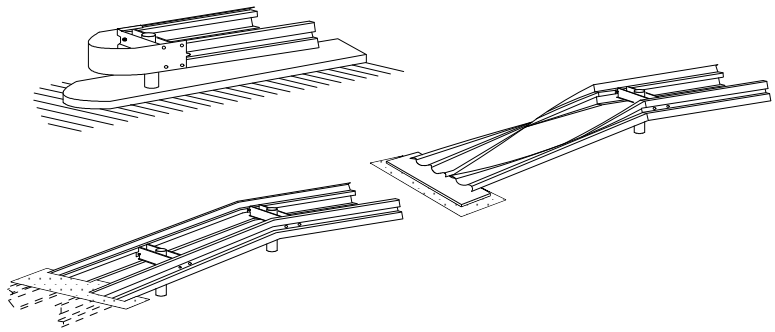
○ 분석기준

- 단부처리는 라운딩 처리하여 차량과 충돌시 포켓팅 발생을 예방하여야 함

- 단부의 설치는 충분한 사전 계획 하에 이루어져 야 하며, 설치될 장소의 경사,

측방 여유폭, 방호울타리의 종류 등을 감안하여 단부의 구조 및 형식을 결정함

- 방호울타리 단부는 차량과의 잦은 충돌이 예상되므로, 충격흡수가 가능한 구조를 가져야 함.



<그림 3-5-41> 중앙분리대용 방호울타리의 단부처리 예

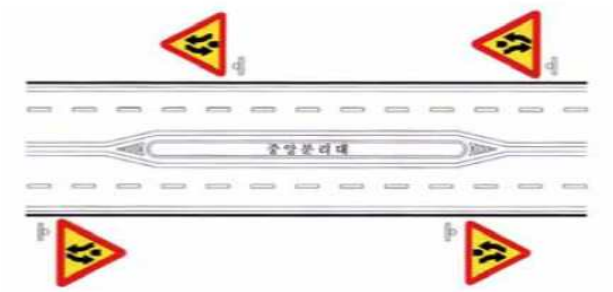
2) 중분대 시점 시인성 미확보

○ 중분대 시점 시인성은 운전자가 중분대를 명확하게 인지할 수 있도록 확보되어야 하며 분리시설, 장애물 등이 시작되거나 끝나는 것으로 인해 발생될 수 있는 사고를 예방하고 주의를 환기시키기 위해 주의표지를 설치함

○ 분석기준

- 중분대가 시작 또는 끝나는 지점으로부터 전방 50~200m 범위내, 중앙분리대 또는 도로 우측에 중앙분리대 시작(123) 및 끝남(124) 표지를 설치하는 것을 원칙으로 함

- 권장사항 : 도로구조상 중앙분리대 시설이 야간에도 안전거리보다 멀리서 볼 수 있을 때는 설치하지 않을 수 있음



<그림 3-5-42> 중앙분리대 시작(123) 및
중앙분리대 끝남(124) 표지 설치 예시도

3) 방현시설 부적정

○ 자동차의 전조등은 이미 85년 전부터 이용되어 왔지만, 기술의 발전과 디자인의 변화, 그리고 인구통계학적인 문제 등으로 인해 최근에 큰 사회적 이슈로 대두되고 있음

○ 전조등 불빛을 인지하거나 그로 인해 운전에 방해를 받는 경우는 운전자의 연령대와 관련이 있는 것으로 나타나며 35~54세 연령대의 운전자들이 전조등 불빛에 민감한 것으로 나타남

○ 분석기준

- 전조등 불빛으로 인해 피해가 많은 경우는 2차선 지방도 및 좌측으로 굽은 도로로써 이는 대향차량의 전조등 불빛이 운전자의 시야를 직접적으로 방해함

4) 횡단보도 설치 부적정

○ 일반적인 노면마킹 형식(Ordinary Marked Pedestrian Crossings)의 횡단보도는 보행자 사고를 28% 증가시키는 경향을, 고원식 횡단보도(Raised Pedestrian Crossings)는 49% 정도의 감소효과를 나타내는 경향을 보이는 것으로 분석되었음

○ 국내의 경우 통행 편의를 위해 횡단보도의 경우, 통행인이 보통인 경우에는 최하4m로 하고 있고, 통행인이 많은 도심지의 경우에는 6m로 규정함

○ 분석기준

<횡단보도 설치기준>

- 교통노면표지 설치·관리 매뉴얼

ⅰ) 보행자의 통행이 빈번하여 횡단보도를 설치할 필요가 있는 포장도로에 설치하여야 함

ⅱ) 백색으로 폭원은 4m 이상이고, 노면의 전폭을 가로질러 표시하는 지브라식으로 설치하여야 함

ⅲ) 교통안전표지(316)과 함께 설치하여야 함

ⅳ) 신호기가 있는 단일로 횡단보도는 정지선을 횡단보도에서 최대 5m를 넘지 않는 범위에서 조정함

5) 시거 미확보(시야제약)

○ 안전상의 요건인 규정된 시거를 확보하기 위해서는 도로의 좌측 또는 우측에 설치되는 중분대, 가드레일, 수목 등으로 인해 시거가 부족하지 않도록 설계시에 세심한 주의가 필요함

○ 분석기준

- 도로의 설계상 주의할 점은 건설시에는 시거가 충분히 확보되어 있다고 하더라도 장래도로 주변의 개발 등에 따라 시거가 계속 확보되지 못하는 우려가 있는 경우에는 평면곡선반경을 크게 취하든가, 필요한 범위를 도로부지로서 확보하는 등의 배려가 필요함

- 도로주행 중 수목 및 무분별한 교통시설의 설치로 운전자 시야가 제약되는 경우 도로주변정리를 통해 시거는 항시 확보하여야 함




<그림 3-5-43> 교차로 시거제약 예시

6) 오르막차로 종점부 부적정

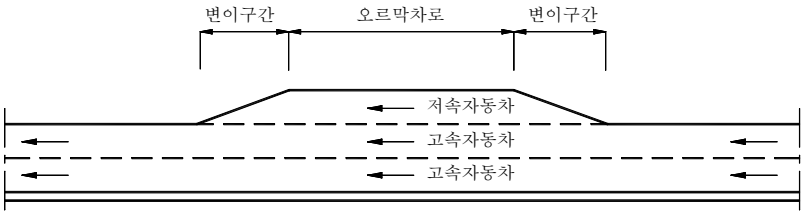
○ 오르막 구간에서 속도 감소가 큰 대형차의 혼입률이 높아짐에 따라 교통용량의 감소가 크게 예상되는 경우와 대형 자동차가 허용된 최저 속도 이상으로 주행할 수 있도록 하기 위해서는 도로의 노선 선정 및 구조적 형상면에서 경제성이 없거나 불합리한 경우, 또는 고속 자동차의 안전하고 원활한 주행을 확보시켜 주어야만 도로의 성격상 합리적인 경우에는 부가차로로 오르막차로의 설치를 검토함

○ 분석기준

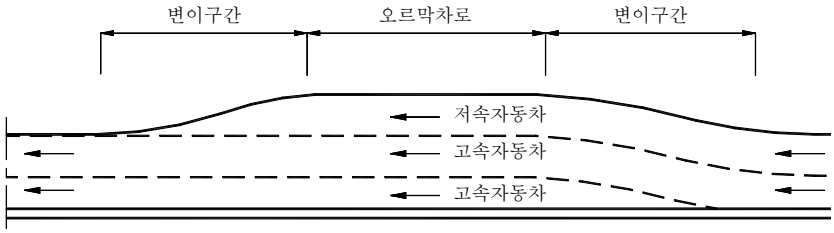
- 오르막차로 설치시는 그 도로의 교통특성 및 지역여건에 따라 설치함

① 오르막차로를 주행차로에 변이구간으로 접속시키는 방법

▪ 종점부 변이구간은 설계속도에 따라 변이율을 1/20~1/30 사이로 함




② 저속 자동차가 주행하던 차로를 그대로 이용하도록 하고 고속 자동차가 변이구간을 통과하여 저속 자동차를 앞지를 수 있도록 한 방법




▪ 그 도로의 설계속도에 따라 변이구간의 변이율을 시점부 1/15~1/25, 종점부 1/20~1/30 사이로 선정함

- 오르막 차로의 종점부가 종단경사 정점부 또는 터널입구부에 위치, 평면곡선, 종단곡선, 절토부, 수목, 가드레일 등으로 시거제약이 있는 경우를 판단함

7) 신호등 설치 부적정

○ 신호등은 진행·정지·방향전환·주의 등의 신호를 표시함으로써 여러 교통류에게 우선권을 할당하는 기능을 하며 그러므로 접근로상의 모든 교통류에게 잘 보이도록 설치하여야 하며, 계속적으로 시인이 되어야 함

○ 또한, 신호등은 접근로상의 교통을 통제하므로 접근로상의 교통에 혼란을 주

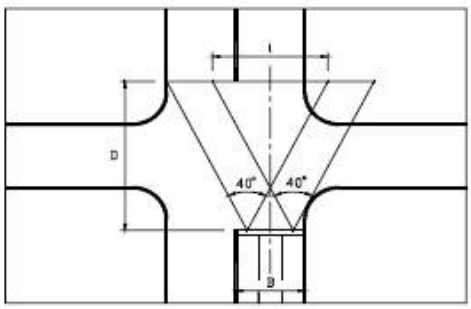
지 않도록 설치하여야 함

○ 분석기준

- 도로의 설계상 주의할 점은 건설시에는 시거가 충분히 확보되어 있다고 해도 장래도로 주변의 개발 등에 따라 시거가 계속 확보되지 못하는 우려가 있는 경우에는 평면곡선반경을 크게 취하든가, 필요한 범위를 도로부지로서 확보하는 등의 배려가 필요함

<표 3-5-39> 접근속도에 따른 신호등 최소가시거리

| 85% 주행속도(km/h) | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 최소가시거리(m) | 35 | 50 | 75 | 110 | 145 | 165 | 180 | 210 |




<그림 3-5-44> 신호등의 수평적 위치

- 신호등면은 정지선으로부터 전방 10~40m 범위에 설치함

  • 신호등이 정지선에서 40m보다 더 멀리 있는 교차로의 경우에는 교차로 건너기 전 정지선 위치에 신호등을 추가로 설치함

  • 신호등면은 진행방향으로부터 좌우 각각 20°범위 내에 있어야 함

  • 2개의 신호등면은 2.4m 이상 떨어져야 함

  • 계속해서 신호등을 볼 수 없는 다음과 같은 경우에 대해서는 신호기주의 표지(114), 경보등 또는 신호등면을 추가로 설치함

  i ) 정상적으로 설치된 신호등의 시인성 확보가 어려운 곳

  ii ) 운전자의 판단을 흐리게 하는 곳

  iii ) 대형차량 혼입률이 높은 곳

8) 신호등 시인성 미확보

○ 신호등 시인성 확보는 교통사고 방지를 위해 중요한 요소로 교통표지판이나 가로등, 가로수 등으로 인해 교통신호등의 시인성이 저하되어서는 안됨

○ 신호등은 교통류에 대하여 우선권을 할당하고 교통류를 통제하기 때문에 시인성이 좋아야 하며 운전자에게 혼란을 야기해서는 아니됨

○ 따라서 신호등은 주간에 150m 앞쪽에서 식별할 수 있는 밝기를 가져야 하고, 사방으로 각각 45°이상의 발산각도를 지니도록 하여 시인성을 높이며, 태양광선 및 그밖의 주위 다른 빛에 의하여 헛갈리지 않도록 하여 운전자의 혼란을 최소화하여야 함

○ 분석기준

- 차량신호등은 300㎜ 렌즈를 사용하며, 차량보조등은 200㎜ 렌즈를 사용해야 함

- 신호등은 다음의 성능을 가진 것으로 하여야 함

  • 등화의 밝기는 낮에 150m 앞쪽에서 식별할 수 있도록 할 것

  • 등화의 빛의 발산각도는 사방으로 각각 45°이상으로 할 것

  • 태양광선 그밖의 주위의 다른 빛에 의하여 헛갈리지 않도록 할 것

9) 사전경고표지 미설치

○ 신호기가 적법하게 설치되었을지라도 가시거리가 짧거나 시야장애로 인해 신호기를 볼 수 없는 장소 또는 신호에 따라 정지하고자 할 경우, 정지거리가 충분하지 않은 장소에는 신호기 예고표지를 설치하여 신호기를 사전에 예고할 필요가 있음

○ 도로형태와 사고빈도에 따라 설치할 수도 있으나, 이때에는 공학적 판단에 따라야 함

○ 분석기준

- 시야장애로 신호기의 위치를 사전에 예고할 필요가 있는 경우에 설치함

- 신호기가 있는 지점의 전방 50~200m 범위내, 도로 우측에 설치하는 것을 원칙으로 함




<그림 3-5-45> 신호기(114) 표지 설치 예시도

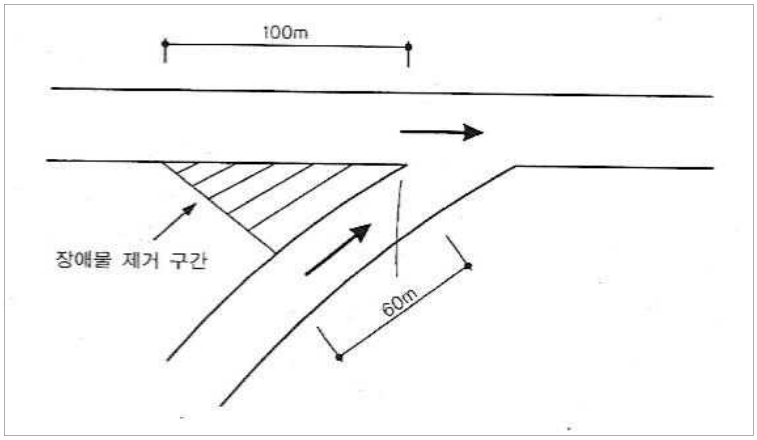
10) 연결로 접속부 시계 부적정

○ 연결로 접속부 시인성은 변이구간 시작점을 인식할 수 있도록 하는 것이 바람직하며 도로안전표지를 설치하여 이와 같은 효과를 얻을 수 있으나, 본선의 선형이나 구조물에 의하여 가려져서 연결로 접속부가 갑자기 운전자에게 나타나는 일이 없도록 유의해야 함

○ 분석기준

- 유입부에서의 합류각을 작게 하여 운전자가 자연스러운 궤적으로 본선에 진입할 수 있도록 해야 하며, 본선 또는 유입 연결로의 교통량이 많을 때는 가속차로의 길이를 길게 하는 것이 바람직함

- 본선과 연결로 상호의 투시를 좋게 하기 위하여 합류단의 직전에서, 본선상에서는 100m, 연결로 상에서는 60m 정도 상호 투시가 가능하도록 장애물을 제거함




<그림 3-5-46> 유입 연결로 접속부에서의 시계 확보

11) 배수시설 미확보

○ 도로의 배수시설은 표면수의 침투 또는 지하수 유입에 따른 지반 지지력 약화와 법면의 유실, 도로포장 파손 등을 방지하고 노면배수 불량으로 미끄러짐에 의한 교통사고를 방지하는 등의 도로 기능을 유지하도록 해야 함

○ 분석기준

- 도로시설의 보전, 교통안전, 유지보수 등을 위하여 도로에는 측구, 집수정 및 도수로 등 적절한 배수시설을 설치하여야 함

- 배수시설의 규격은 강우의 지속시간 및 강도와 지형상황에 따라 적절하게 결정되어야 함

- 길어깨는 노면배수로로 활용할 수 있으며, 길어깨에 붙여서 측구를 설치하는 경우에는 교통안전을 위하여 윗면이 열린 측구를 설치하여서는 아니됨



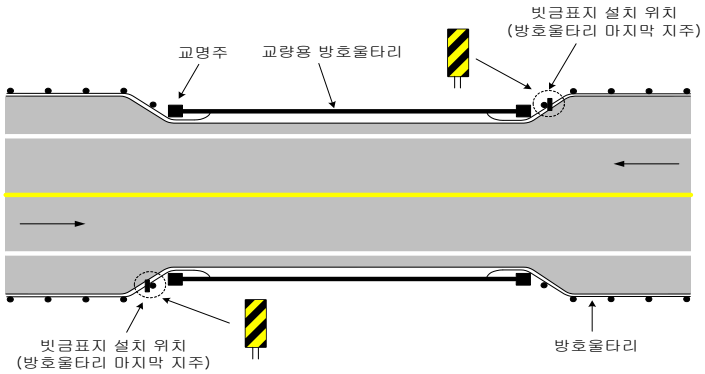
<그림 3-5-47> 배수시설 부족으로 인한 물고임 발생

12) 교량 안전시설 미확보

○ 일반 도로구간과 교량 구간이 연결되는 지점에서 두 시설의 횡단면 폭이 동일하지 않고 교량 폭이 좁을 경우, 교명주 등과 같은 구조물과의 충돌을 방지하고 차량 진행 방향을 명확하게 지시할 수 있도록 안전시설의 보강이 필요함

○ 분석기준

- 조명은 교량구간 내부에 설치하는 것을 원칙으로 함
- 시선유도표지는 교량구간에 연속적으로 설치 함
- 표지병은 중앙선을 보조하여 설치하고 필요시 길가장자리에 설치 함
- 도로전광표지는 교량전방에 설치할 수 있고 필요시에는 교량구간 내부에도 설치 함
- 빗금표지는 교량 전방에 설치 함
- 노면요철 포장은 교량 전방에 설치 함




<그림 3-5-48> 교량 진입부에서의 빗금표지 설치위치

13) 교량 충격흡수시설 미확보

○ 교량 시점부에는 교량명을 나타내는 교명주가 설치되고 이러한 교명주는 대부분 콘크리트로 만들어졌기 때문에, 교량 진입부는 차량 충돌시 심각한 피해가 발생할 수 있음

○ 분석기준

- 교량전방 빗금표지만으로는 안전상 부족하다고 판단될 경우 설치할 수 있음

- 곡선구간에 위치한 교량진입부 및 급경사구간에 접한 경우 충격흡수시설 설치를 검토할 수 있음

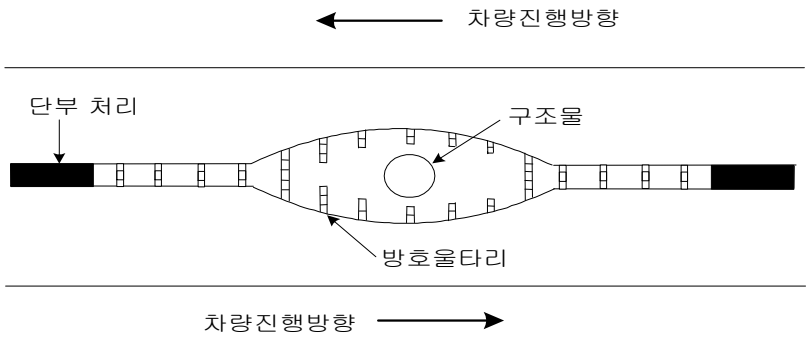
14) 교대 및 교각 안전시설 미확보

○ 교대 및 교각 등과 같이 주행 차량과 충돌이 예상되는 장소 중 도로관리자가 사고의 위험이 높다고 판단되는 곳에 설치하여 차량이 구조물 등과 직접적인 충돌로 인한 사고 피해를 저감시켜야 함

○ 분석기준

- 도로상의 교각, 교대에는 충돌하는 차량의 탑승자를 보호하고, 교량의 구조적 안전성을 유지하기 위하여 충격흡수시설을 설치함

- 교각의 폭은 다양하므로, 폭에 적합하면서 필요한 수행도가 발휘될 수 있는 시설물을 선정하여 설치하며 단, 차량의 주행 차로와 충격흡수시설 사이의 측방 여유는 가능한 충분히 확보함




<그림 3-5-49> 폭이 좁은 곳에서의 방호울타리 설치 예

15) 가드레일 연결부 불연속

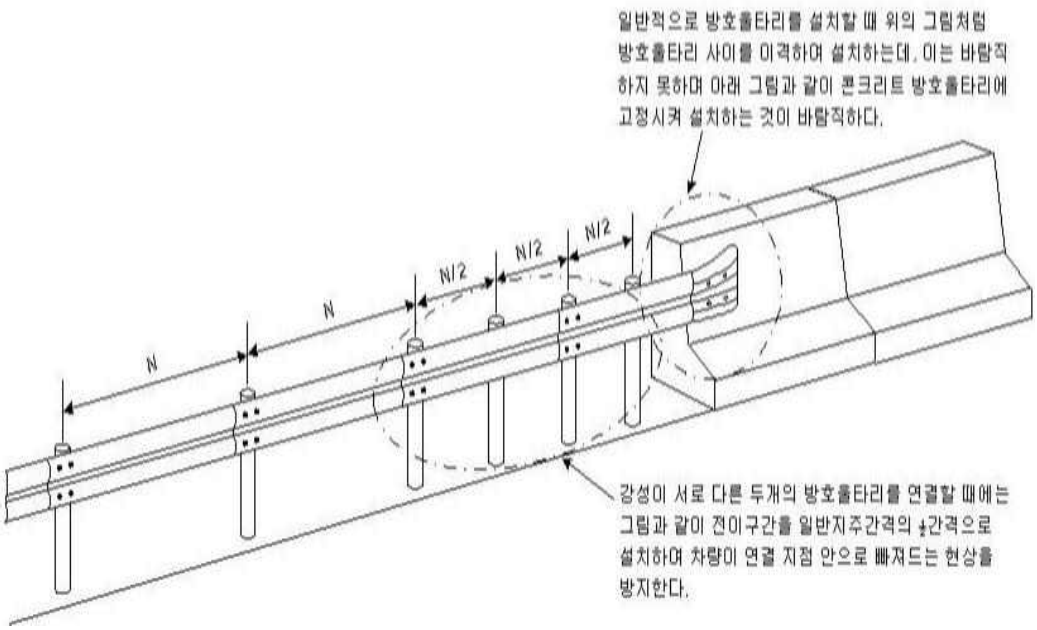
○ 교량에 설치된 교명주는 차도 쪽으로 돌출된 구조로서, 차량과 충돌할 가능성이 높으며 특히, 교량에 접근하면서 도로의 폭이 좁아지는 경우에는 더욱 사고의 위험성이 높아짐

○ 따라서 교명주의 위치는 가능한 차도로부터 떨어져 설치하고, 토공부와 교량 가드레일의 순차적 연결설치를 해야 함

○ 전이구간에서 콘크리트방호울타리에 고정시킨 부분의 앵커볼트가 외부로 돌출되어 충돌 차량의 피해를 증가시키는 경우가 발생

○ 돌출된 볼트부분을 최대한 절단한 후 가드레일과 유사한 재질을 추가로 설치하여 추돌시 차량피해를 최소화

○ 분석기준



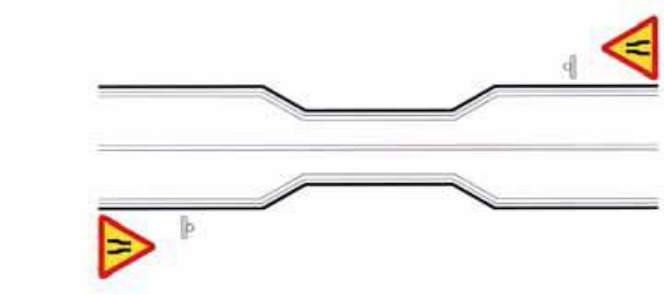

<그림 3-5-50> 가드레일 연결부 처리방안

16) 교량 안전표지 미설치

○ 차로폭 또는 양쪽 차로수가 감소함으로써 사고위험이 있거나 교통류 변화로 인해 교통사고 또는 소통장애가 발생할 수 있는 장소나 구간에 도로폭이 좁아짐을 사전에 운전자에게 알려주어야 함

○ 분석기준

- 도로폭 또는 차로수가 감소되는 시작점으로부터 전방 50~200m 범위내 도로폭이 좁아짐(118) 주의 표지를 도로우측에 설치하는 것을 원칙으로 함



<그림 3-5-51> 도로 폭이 좁아짐(118) 표지 설치 예시도

17) 교량 전방시야 부적정

○ 운전자의 안전을 위하여 시거확보가 필요하며 교량내 전방시야가 확보되었는지 검토가 필요함

○ 분석기준

<표 3-5-40> 교량 전방시야 부적정 분석기준

| 설계속도(Km/h) | 정지시거(m) | 설계속도(Km/h) | 정지시거(m) |
|---|---|---|---|
| 120 | 280 | 60 | 85 |
| 110 | 250 | 50 | 65 |
| 100 | 200 | 40 | 45 |
| 90 | 170 | 30 | 30 |
| 80 | 140 | 20 | 20 |
| 70 | 110 | | |



<그림 3-5-52> 교량구간 곡선부의 운전자 시야 부족

18) 충격흡수시설 설치장소 부적정

○ 충격흡수시설은 교각 및 교대, 지하차도 기둥 등 차량의 충돌이 예상되는 장소 중 도로관리자가 사고의 위험이 높다고 판단되는 곳에 설치하여, 차량이 구조물과의 직접적인 충돌로 인한 사고 피해를 저감시키기 위한 목적으로 설치함

○ 분석기준

① 교각, 교대 앞

- 도로상의 교각, 교대에는 충돌하는 차량의 탑승자를 보호하고, 교량의 구조적 안전성을 유지하기 위하여 충격흡수시설을 설치함

- 교각의 폭은 다양하므로, 폭에 적합하면서 필요한 수행도가 발휘될 수 있는 시설물을 선정하여 설치하며 단, 차량의 주행 차로와 충격흡수시설 사이의 측방 여유는 가능한 충분히 확보함

② 연결로 출구 분기점

- 연결로 출구 분기점은 설치 장소의 평균 주행속도를 고려하여 충돌 차량의 충격에너지를 흡수할 수 있도록, 시설물의 설계에 유의함

- 특별히 도로의 분기점은 운전자의 판단착오에 의해 구조물과의 잦은 충돌 사고가 예상되므로, 설치 장소별 도로·교통 특성을 충분히 고려하여 충격흡수시설을 적극적으로 설치함

③ 방호울타리 단부

- 방호울타리의 단부는 차량의 충돌시, 탑승자의 심한 부상이 발생할 소지가 높으므로, 단부처리용 충격흡수시설을 적극 설치함

④ 요금소 전면

- 도로의 통행료를 징수하는 요금소 진입로는 차량들의 무리한 차로 변경 등으로 차량이 요금소 앞 구조물에 충돌하는 사고가 많음

- 이러한 장소에서는 비교적 차량들이 저속으로 주행하므로 이에 적합한 시설을 설치하나, 통행료 자동징수기가 설치되는 구간에서는 차량이 고속으로 주행하므로 주행속도를 고려하여 시설을 설치함

⑤ 터널 및 지하차도 입구

- 터널 및 지하차도 입구에 충격흡수시설을 설치하는 경우, 설치할 여유 공간이 확보되는지를 검토하고, 이에 따라 적합한 시설을 선정함

- 터널 갱구부 앞 등에서 시설 설치를 위한 공간이 충분히 확보되지 않은 경우에는 터널 내부의 제설이나 유지관리에 지장을 초래하지 않는 범위에서 접근부 도로에 설치된 노측용 방호울타리를 터널 안까지 연장하고, 터널 내벽에 완전히 부착하는 방안 등이 충돌 차량의 보호를 위해 고려될 수 있음

19) 과속방지시설 설치장소 부적정

○ 과속방지턱은 일반 도로 구간의 낮은 주행 속도가 요구되는 일정 도로 구간에서 통행 차량의 과속 주행을 방지하고, 생활 공간이나 학교 지역 등 일정 지역에서 통과 차량의 진입을 억제하기 위하여 설치하는 시설물임

○ 과속방지턱을 설치하면 보행자 통행의 안전성 및 편의를 도모할 수 있고, 그 지역내의 생활환경을 보호할 수 있으며  또한, 차량 운전자에 대해서도 교통 사고의 위험성을 줄일 수 있음

○ 분석기준

- 과속방지턱은 일반도로 중 집산 및 국지 도로의 기능을 가진 도로의 다음과 같은 구간에 도로·교통 상황과 지역 조건 등을 종합적으로 검토하여, 보행자의 통행 안전과 생활환경을 보호하기 위해 도로관리청이 필요하다고 판단되는 장소에 한하여 최소로 설치함

  • 학교 앞, 유치원, 어린이 놀이터, 근린 공원, 마을 통과 지점 등으로 차량의 속도를 저속으로 규제할 필요가 있는 구간

  • 보·차도의 구분이 없는 도로로서 보행자가 많거나 어린이의 놀이로 교통사고 위험이 있다고 판단되는 도로

  • 공동 주택, 근린 상업시설, 학교, 병원, 종교시설 등 차량의 출입이 많아 속도규제가 필요하다고 판단되는 구간

  • 차량의 통행 속도를 30km/시 이하로 제한할 필요가 있다고 인정되는 도로

- 간선도로 또는 보조간선도로 등 이동성의 기능을 갖는 도로에서는 과속방지턱을 설치할 수 없음. 단, 왕복 2차로 도로에서 보행자 안전을 위해 제한속도 30㎞/h 이하로 설정되어 있는 구역에 보행자 무단횡단 금지시설을 설치할 수 없는 경우, 교통정온화시설의 하나로 과속방지턱 설치를 검토할 수 있음.

20) 미끄럼방지시설 부적정

○ 미끄럼방지포장의 기능은 미끄럼 저항을 충분히 확보하지 못한 곳이나 도로 선형이 불량한 구간에서 표면에 신재료를 추가하거나 도로 표면의 일부를 제거하는 방법으로 포장의 미끄럼 저항을 높여 자동차의 안전 주행을 확보하는 것임

○ 또한, 운전자의 주의를 환기시켜 안전 운행을 도모하는 부수적인 기능도 가지고 있음

○ 분석기준

- 미끄럼방지포장은 도로의 구간별로 다음과 같은 도로 조건 및 교통 조건에서 미끄럼 마찰 증진이 요구되거나, 사고 발생 위험으로 필요하다고 인정되는 구간에 설치함

  • 기존의 노면 마찰계수가 도로교통 조건에 부합하지 않고 낮아서 위험한 구간

  • 도로의 선형에 있어서 전·후 선형의 연속성이 이루어지지 않아 주행속도의 차이가 20km/시 이상인 구간의 변화구간

  • 기타 사고 발생의 위험이 높아 미끄럼방지포장을 설치하는 것이 효과가 있다고 인정되는 구간

- 미끄럼방지포장의 설치는 본 기준에 따라 효과가 있다고 판단되는 장소에만 설치하며, 비효과적인 무분별한 설치는 피함

21) 시선유도 표지설치 부적정

○ 교통사고와의 관련성

- 시선유도표지를 설치함으로써, 직선부와 곡선부의 도로 이탈사고를 각각 10~20%와 10~30% 감소시키는 효과가 있음

- Bissel(1983)(노관섭, 2003, 재인용)은 Positive Guidance 기법을 활용, 적용한 결과 도로이탈사고를 30% 감소시킴

○ 분석기준

- 시선유도표지는 도로의 구조, 교통의 상황 등을 종합적으로 검토하여 안전하고 원활한 교통을 확보할 수 있도록 다음의 구간에 설치함

ⅰ) 설계속도가 50km/h 이상인 구간

ⅱ) 도로 선형이 급격히 변하는 구간

ⅲ) 차로 수나 차도 폭이 변화하는 구간

(2) 반자동화 위험요소 항목의 분석기준과 알고리즘

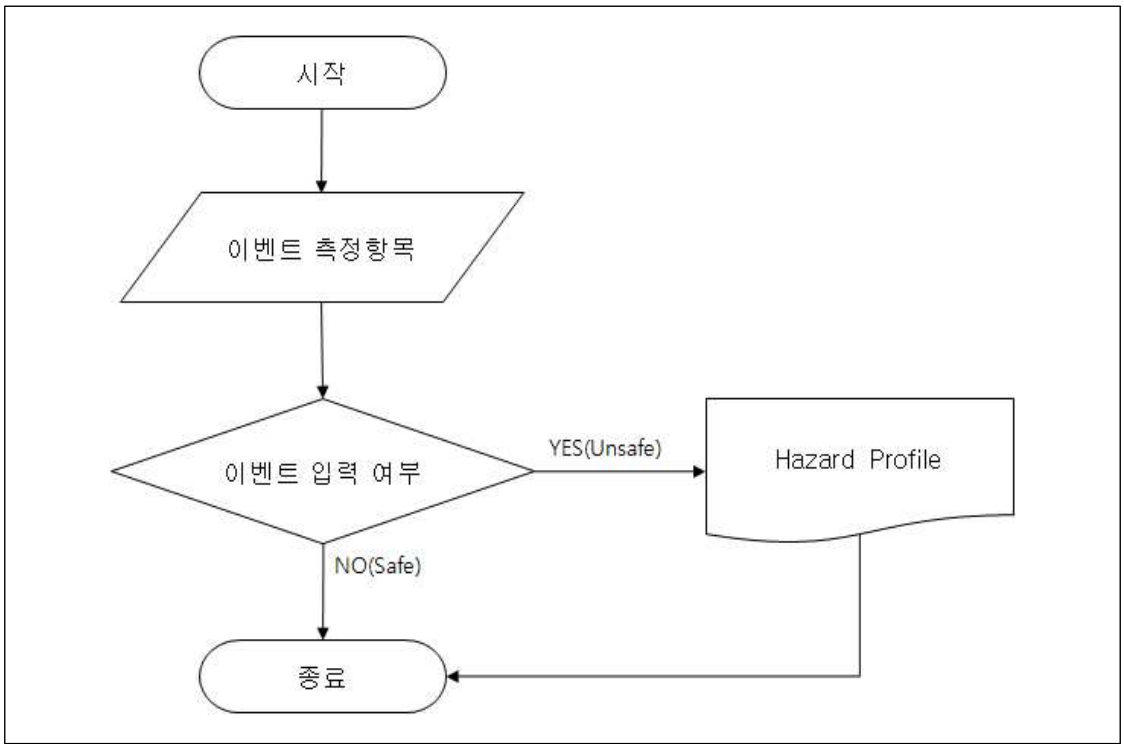
○ 차량 키패드에 조작에 의한 반자동화(수동, 이벤트)로 입력된 위험요소의 위험성은 정성적인 기준(존재 여부 또는 설치 여부)으로 안전성을 판단함

○ 따라서, 18개 위험요소의 안전성 분석알고리즘은 <그림 3-5-53>와 같이 동일함

○ 분석기준

- 해당 시설의 존재, 설치, 확보 여부

○ 분석 알고리즘




<그림 3-5-53> 반자동화 위험요소의 알고리즘

## 제5-4절 위험요소 표시방법 마련

### 1. 위험요소 표시방법 검토

○ 본 연구에서는 1차년도에 위험요소로 선정한 44개 항목에 대하여 시각화 및 표현 방안을 검토하고자 함

○ 이를 위한 사전연구로 기존 위험요소 표시방법을 검토하고, 기존 방안의 한계점을 분석하여 개선 방안의 착안점을 도출함

○ 기존 위험요소 표시방법중 보편적으로 많이 활용되는 기법은 Positive Guidance의 profiling임. 우선적으로 Positive Guidance 이론 기반 Hazard profiling 방법에 대하여 심층 검토함

○ 또한, 기존 방법론의 개선에 따른 개선 전·후 profiling의 비교를 통해 장단점을 파악하여 제시함




<그림 3-5-54> 위험요소 개선방안 흐름도

#### 가. Positive Guidance

○ Positive Guidance는 “도로 설계자가 도로상의 모든 장애물을 제거하지 못한다면 도로 이용자가 이러한 장애물을 피할 수 있도록 필요한 모든 정보

를 제공해야한다"라는 전제에서 출발함

○ 이를 위해 분석가는 안전한 주행을 위해 운전자에게 필요한 정보(정보의 종류와 양, 적절한 교통통제 시설, 시설물의 위치, 시설의 형태)에 대한 분석을 해야 하며, 도로의 위험 요소 및 상황이 일률적이지 않기 때문에 도로의 위치 및 특성에 대한 운전자적 측면, 도로 기하 구조적 측면, 주변 환경적 측면에서 분석을 필요로 하게 됨

○ Positive Guidance는 이러한 대상 구간의 정보 및 상황을 분석하여 운전자가 위험물을 피해 보다 안전하게 주행할 수 있게 올바른 정보를 제공하는 분석 기법임

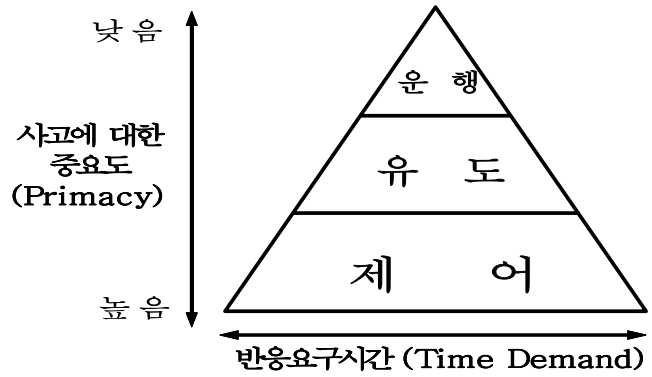
## 나. Positive Guidance의 고려사항

### (1) 도로 주행과 사고(思考)와의 관계

○ 도로 주행은 차량의 제어(Control), 유도(Guidance), 운행(Navigation)의 세 가지 단계로 구성됨

- 제어(Control) : 제어는 차량 인터페이스(차량 제어와 계기판 디스플레이)와 운전자의 상호 작용에 포함되는 모든 관련 행위로서 상대적으로 손쉬운 자동 변속기의 조작부터 난이도가 높은 수동 변속기 조작 행위 등이 포함됨. 정보는 차량의 움직임, 차량의 주행 계기판, 그리고 도로로부터 얻어지며 대부분의 제어 행위는 일단 숙달되면 의식적인 노력 없이도 자연스럽게 수행됨
- 유도(Guidance) : 유도 단계에서 운전자의 주요 행동은 도로와 교통요소에 대해 안전 속도와 적절한 경로(Path)를 유지하는 행위를 포함함. 운전 중에 유도 행위는 연속으로 변하는 환경에서 판단, 추정, 예측 행위로 특정지어짐. 유도 단계의 결정은 도로의 선형, 경사, 위험, 교통과 환경에 대응하여 속도와 경로를 바꾸는 행동으로 옮겨짐
- 운행(Navigation) : 운행단계는 여행을 계획하고 노선을 선정하는 여행 전 단계와 여행 계획이 수행되는 여행 중 단계로 나누어진다. 여행 전 단계의 정보는 지도와 주위로부터의 설명 등으로 얻어지며, 여행 중 정보는 도로 이정표와 노선을 안내하는 도로 표지로부터 얻어짐

○ <그림 3-5-55>는 도로 주행과 각 단계별 사고 관계를 보여줌




<그림 3-5-55> 도로 주행과 운전자사고(思考)와의 관계

○ <그림 3-5-55>와 같이 주행과 사고와의 관계는 차량의 운행 과정부터 제어 과정까지 정보처리의 복작함이 점차 증가하는 형태를 보여주며, 사고에 대한 중요도(Primacy)는 운행부터 제어까지 점차 증가하는 형태를 보여줌

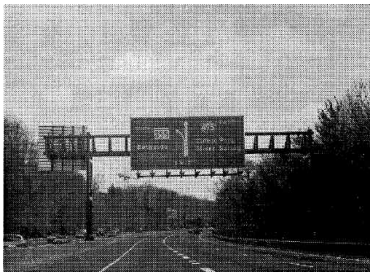
○ 다시 말해, 반응에 요구되는 시간은 운행 정보처리에 가장 짧은 시간이 걸리며, 차량 제어에 가장 많은 시간이 걸림을 의미하며 사고에 대한 중요도는 운행은 가장 덜 중요하며 제어과정은 가장 높은 중요도를 나타냄

(2) 운전자 기대심리(Expectancy)

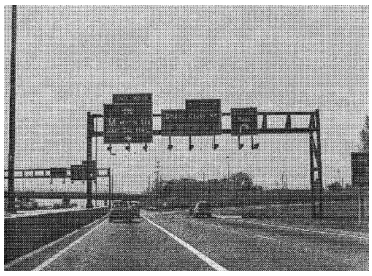
○ 운전자 기대심리(Expectancy)란 앞으로 어떤 일이 일어날 것이라는 운전자의 심리로서 다음 세 가지로 구분됨

- Continuation Expectancy : "내 앞차가 계속 일정한 속도로 움직일 것이다."
- Event Expectancy : "과거에 일어나지 않은 일은 계속 일어나지 않을 것이다."
- Temporal Expectancy : "일시적, 간혈적으로 어떤 사건이 일어날 것이다.(신호등)"

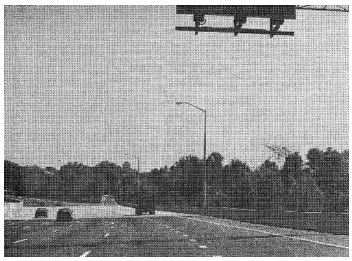
○ 운전자 기대심리는 운전자의 경험에 비례하며 기대심리 위반 시 운전자는 당황하게 되고 잘못된 판단 및 인지반응 시간이 길어지게 됨. 다음 <그림 3-5-56>은 운전자 기대심리를 위반하는 사례를 보여줌



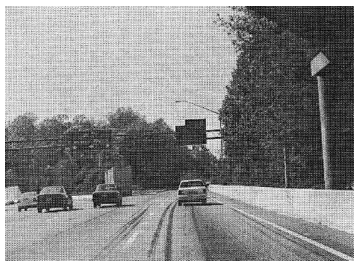
좌측에 설치된 램프



2차로가 램프로 사용



직각으로 빠지는 램프



부가 차로의 갈라짐

<그림 3-5-56> 기대 심리를 위반하는 사례

(3) 유도(Guidance)단계에서의 운전자 실수 유발 요인

○ 유도 단계에서의 운전자의 실수 유발 요인은 다음과 같음

- 너무 많은 정보 / 너무 적은 정보 / 애매성 / 일치하지 않은 정보 / 부적절한 위치의 정보제공 / 보이지 않는 정보

○ Positive Guidance는 이러한 운전자의 실수 유발 요인에 대해 적절한 대처 방안을 제시하지만 운전자의 잘못(음주운전)과 도로자체의 요소(설계요소)가 운전자의 능력 밖일 경우에는 Positive Guidance로 해결 할 수 없음

(4) 유도(Guidance)단계에서의 위험요소(Hazard)

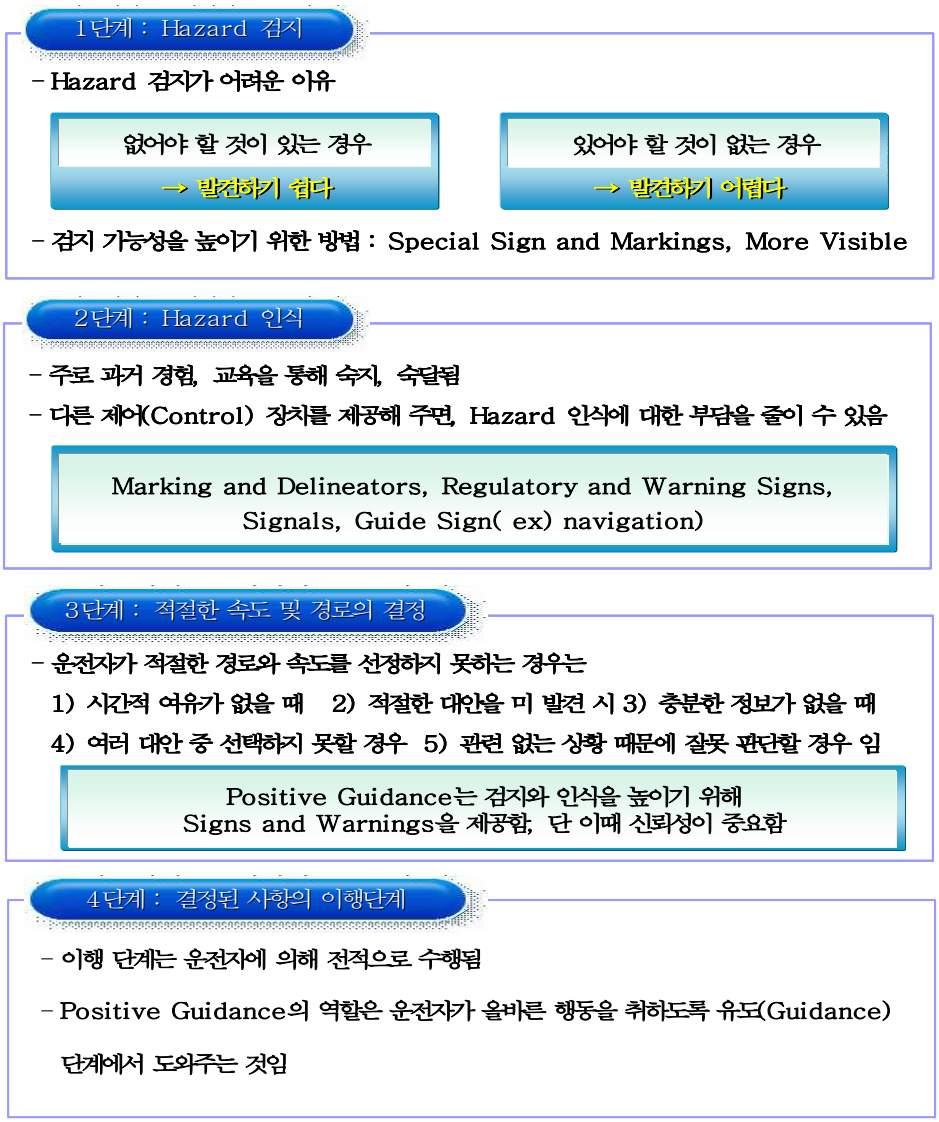
○ 유도 단계에서의 위험요소는 Fixed Object Hazards(고정물체위험), Moving Object Hazards(이동물체위험), Highway Condition Hazards(도로자체위험), Situation Hazards(도로환경위험)로 구분되며 다음과 같음

- Fixed Object Hazards : 신호등 및 가로등 지주, 교량 난간, 가드레일, 교각, 큰 나무와 같은 고정물체
- Moving Object Hazards : 운전자가 진행하려는 경로에 들어오는 모든 물체로서 차량, 오토바이, 자전거, 보행자, 동물과 같이 움직이는 물체

- Highway Condition Hazards : 도로 자체의 결함, 기대심리를 위반하는 도로 선형, 부적절한 편구배, 패인 노면 등
- Situation Hazards : Object(Fixed + Moving) Hazards와 Conditions Hazards가 동시에 일어나거나 환경적 요소(비, 눈, 안개 등)

(5) 운전자의 정보 가공(처리) 과정

○ 운전자의 정보 가공(처리) 과정은 Hazard 검지, Hazard 인식, 적절한 속도 및 경로의 결정, 결정된 사항의 이행 순으로 진행됨. 각 과정은 <그림 3-5-57>과 같음

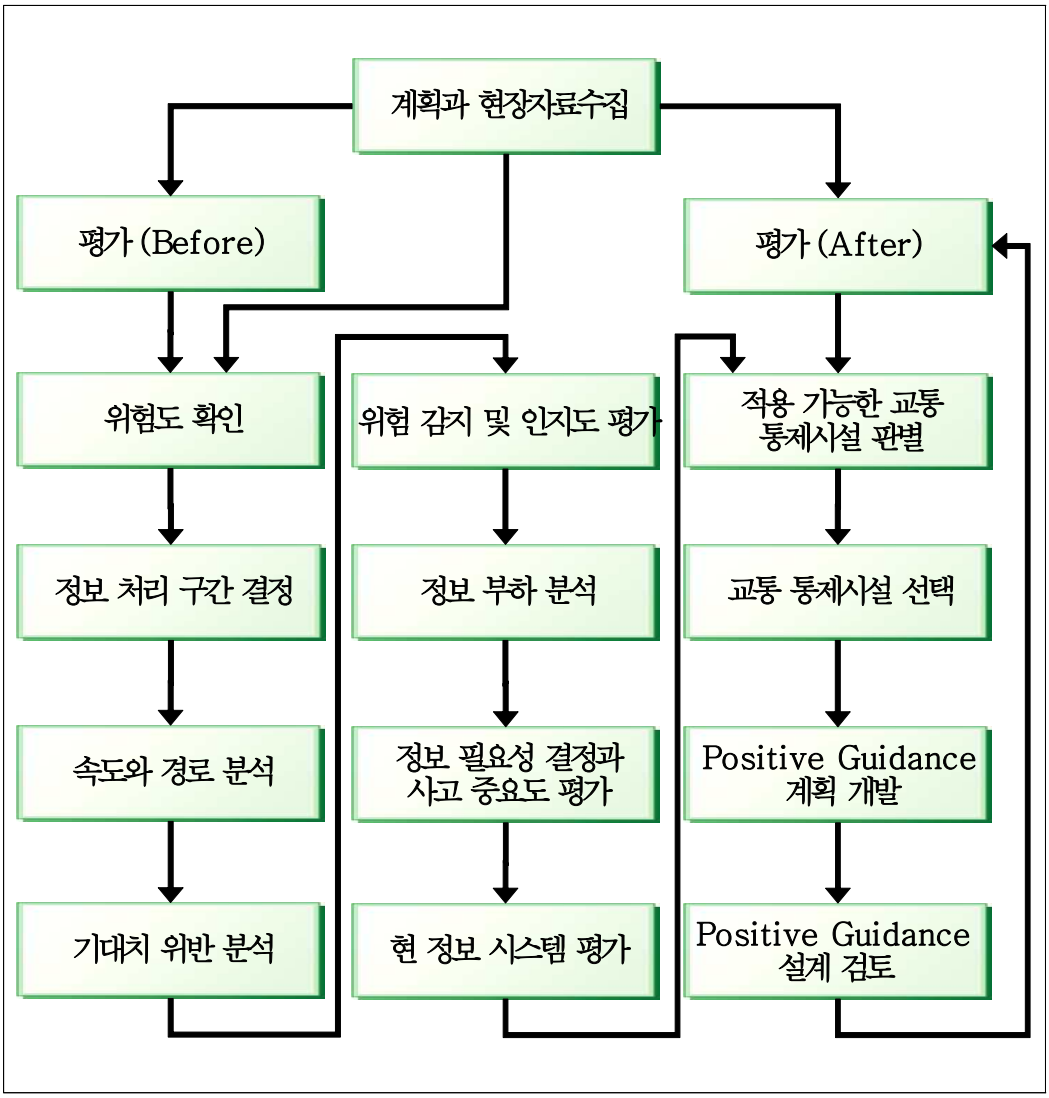



<그림 3-5-57> 운전자 정보 가공(처리) 과정

다. Positive Guidance 수행절차

○ Positive Guidance의 수행절차는 <그림 3-5-58>과 같으며, 위험요소 표현은 '위험 감지 및 인지도 평가'에 해당됨

○ 본 연구에서는 1차년도에 수행한 "위험요소의 정의"를 중심으로 위험요소의 표현 방법에 대해 심층 검토하므로, Positive Guidance의 타 항목에 대해서는 의미의 해석 및 기능에 대하여만 열거하는 것을 원칙으로 함




<그림 3-5-58> Positive Guidance의 수행절차(단계삽입)

(1) 계획 수립 및 자료 수집

○ Positive Guidance의 최초 단계는 계획 수립 및 자료 수집단계임

○ 이 단계에서는 Project에 대한 계획 및 목표를 설정하고 실내·외 조사를 통해 자료를 수집하게 되며 실내 조사는 이용 가능한 대상구간 정보, 현황도, 충돌도, 사고자료 등을 수집하고 검토하며 실외 조사에서 점검할 항목들에 대한 목록을 작성하게 됨

○ 실외 조사는 도보 답사, 사진촬영, 운영상태 점검 등 운전자의 관점에서 대상구간을 면밀히 살피고 분석하는 것임

(2) Positive Guidance의 수행절차

○ 처음 여섯 단계는 진단절차의 성격을 띠고 있으며, 각 단계를 적용함으로써 운전자들이 특정지점에서 겪는 문제를 확인하고, 왜 이와 같은 문제들이 발생하는 지를 정확히 지적할 수 있음

○ 나머지 여섯 단계는 도출된 문제점에 대한 해결에 주안점을 두고 있으며, 이 단계들(7~12)에서는 진단과정에서 유도된 정보에 대한 필요성을 결정하고 이에 따른 교통 통제 시설을 파악하게 됨

○ 1단계 : 위험도 확인

- 위험도 확인 단계는 현장 조사 및 교통사고 자료를 이용하여 Hazard를 찾고 중요도에 따라 분류하여 충돌도, Hazard Profile 및 Accident Profile을 작성하는 단계임

○ 2단계 : 정보처리 구간 결정

- 정보 처리 구간 결정 단계는 Hazard에 대한 정보를 제공하고 운전자가 정보처리를 수행하는 구간을 결정하는 단계이며, 4개의 존으로 구분됨

<표 3-5-41> 정보처리 구간의 구분

| 구 분 | Advance Zone | Approach Zone | Non-recovery Zone | Hazard Zone |
|---|---|---|---|---|
| 정 의 | Hazard 인식 단계 | 판단 및 결정단계 | 판단, 결정의 이행 단계 | Hazard를 피하는 단계 |
| 설계자 | 중요도가 낮은 정보 제공 | 중요도가 높은 정보 제공 | - | - |
| 운전자 | Hazard 검지 | 속도 및 경로 선택 | 선택한 경로 및 속도 이행 | Hazard를 피하고 안전한 주행을 함 |
| 선 정 | | 판 단 시 거 | | |
| | | | 정 지 시 거 | |

○ 3단계 : 속도와 경로 분석

- 속도와 경로 분석 단계는 각 정보처리 구간에 대한 속도 및 이동 경로를 분석하는 단계로서 가장 이상적인 경로선택의 예는 Approach Zone에서 경로 변경을 시작하고 Hazard Zone에 진입하기 전에 경로를 완전히 변경하는 것으로 속도는 관측치의 85%속도를 사용함

○ 4단계 : 기대치 위반 분석

- 기대치 위반 분석 단계는 운전자의 기대심리가 위반되는지를 분석하는 단계로서 대상구간을 처음 주행하는 피 실험자를 주행하게 한 후 기대심리 위반 내용에 대한 분석함

○ 5단계 : 위험 감지 및 인지도 평가

- 위험 감지 및 인지도 평가 단계는 위험물을 피하기 위해 필요한 시간적 여유를 가지고 안전하게 운전조작을 할 수 있는지를 결정하는 단계로 위험도의 감지 정도 및 인지 정도를 평가함

○ 6단계 : 정보 부하 분석

- 정보 부하 분석 단계는 Information Load Profile을 작성하여 도로 정보 위치가 적절한지를 판단하고 부적절한 상황을 개선하기 위해 무엇을 할 수 있는지를 판단하는 단계임

○ 7단계 : 정보 필요성 결정과 사고 중요도 평가

- 정보 필요성 결정과 사고 중요도 평가 단계는 이전 단계에서 수집된 정보들을 토대로 정보 요구의 정도와 사고에 대한 중요도를 결정하는 단계임

○ 8단계 : 현 정보 시스템 평가

- 현 정보 시스템 평가 단계는 정보 요구 정도와 사고에 대한 중요도를 통해 현 시스템의 문제점을 찾아내는 단계임

○ 9단계 : 적용 가능한 교통 통제 시설 판별

- 적용 가능한 교통 통제 시설 판별 단계는 모든 적용 가능한 시설물을 판단하는 단계임

○ 10단계 : 교통 통제 시설 선택

- 교통 통제 시설 선택 단계는 이전 단계에서 선정된 적용 가능한 시설물 중 특정 시설물을 선택하여 정보시스템을 최적화하는 단계임

○ 11단계 : Positive Guidance 계획의 개발

- Positive Guidance 계획 개발단계는 실제 시공자들을 가이드 하기 위해 설계하는 단계로 주로 상황도(Condition Diagram)를 사용하여 개선된 변화를 표시함

○ 12단계 : Positive Guidance 설계 검토

- Positive Guidance 설계 검토 단계는 도로개선 사업을 실시하기 전에 최종적으로 운전자의 기대치와 정보 부하를 확인하는 단계임

## 라. 위험요소 표시방법 검토 및 적용사례

○ Positive Guidance의 고려사항 및 수행절차를 통해 위험요소에 대한 개념을 정립하였음

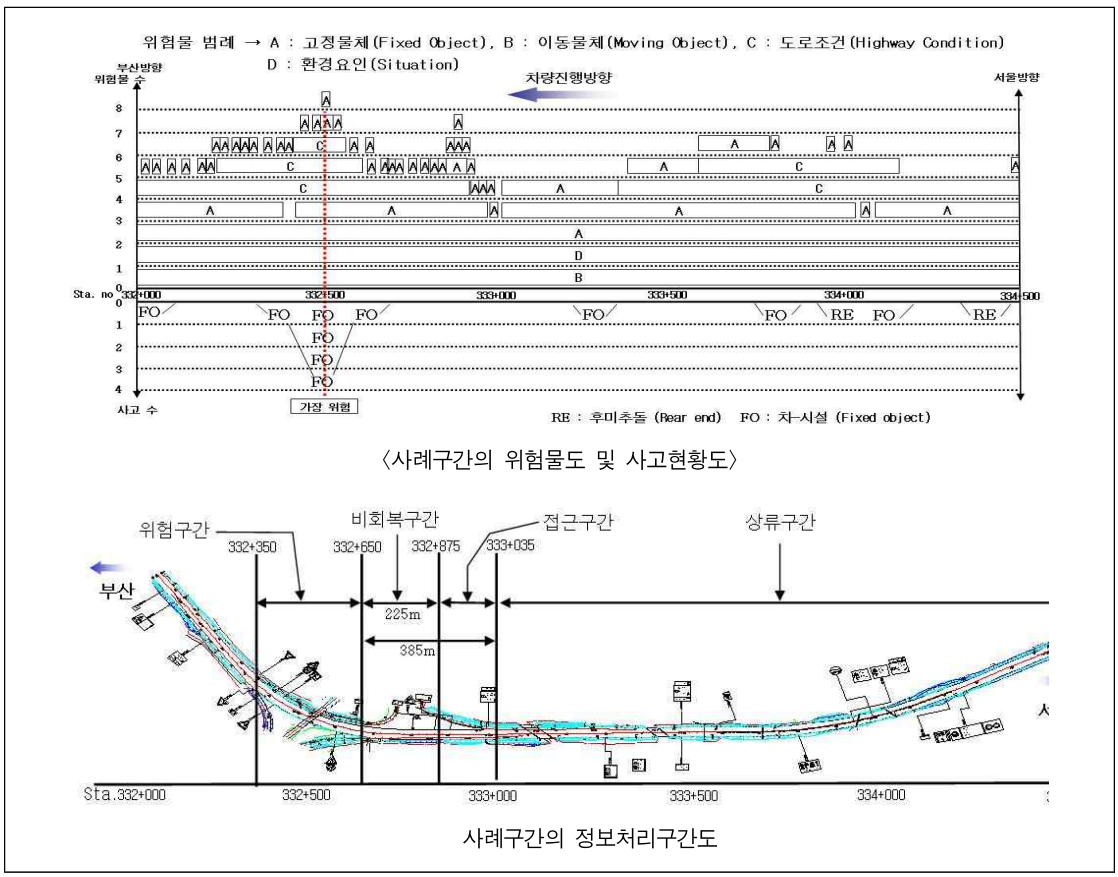
○ 이러한 도로 위험요소를 표현하는 방법으로 Hazard profiling의 작성방법을 검토하였음. 작성원칙으로 크게 3가지 기준으로 정립되어 있음을 확인함

<표 3-5-42> 위험요소 표시방법 작성원칙 검토

| 작성원칙 | 내 용 |
|---|---|
| 기준 1 | - 도로 이정(sta.)에 따라 시점부터 종점까지 위험물의 위치를 파악하여 이를 hazard 정보로 정의 |
| 기준 2 | - hazard 정보에 따라 hazard의 개수를 파악하고 양적 수치를 도로 이정에 기입, hazard 특성에 따른 수치 변화(가중치)는 고려치 않음 |
| 기준 3 | - hazard를 쌓아 높이가 높은 순으로 위험지점으로 간주하며 실제 발생한 사고자료와 비교검토를 통해 문제점을 파악하기도 함 |

○ <그림 3-5-59>는 기존 Positive Guidance의 Hazard profiling의 작성 예로, 위험물분포와 정보처리구간을 보여주고 있음

○ 위험물분포를 자세히 살펴보면, 일정 구간에 위험물이 집중적으로 분포되어 있는 구간을 찾을 수 있으며, 과거사고 이력 또한, 위험물 집중구간에서 많이 발생하였음을 확인할 수 있음




<그림 3-5-59> Hazard profile 작성 예

○ 상기와 같은 위험도 표시방법을 활용한 연구사례는 국·내외에서 찾아볼 수 있으며, 심관보 등(2007)은 마을 중심부를 통과하는 일반국도 구간에 대해서 투자비용과 효율성이 높은 Positive Guidance기법을 적용하여 안전성을 평가하였음

○ 사례구간을 분석한 결과, 차량의 마을 진입속도가 빠르며, 진입전 속도감소를 위한 정보가 부족하다는 문제점이 도출되었음. 이에 대해 마을 진입 전 고정식 무인교통단속장비의 설치와 속도감소 표지를 설치하여 차량의 속도를 줄이는 개선방안을 제시하였음.

○ 미국 FHWA은 1973년에 Positive Guidance에 대한 소개서를 출판하면서 Positive Guidance 개념을 처음으로 도입했으며, 이후 1977년에 Positive Guidance에 대한 지침을 시작으로 1981년에는 Positive Guidance의 현장적용 사례를 책으로 발간하였음

<표 3-5-43> 국내 Positive Guidance 적용사례

| 구분 | 내용 |
|---|---|
| 영동고속도로 교통사고 예방 및 안전성 제고를 위한 도로안전진단 (한국도로공사, 2004) | - 고속도로에서의 교통안전시설 설치 표준도 개발<br>위험구간에서의 시선유도 강화를 위한 안전시설 설치방안<br>도로 폭원 변화구간에서의 운전자 기대를 고려한 정보제공방안<br>다차로 고속도로에서의 운전자 정보제공방안 |
| 고속도로 교통사고 예방 및 안전성 제고를 위한 도로안전진단 (한국도로공사, 2006) | - 과속사고를 예방하기 위한 방안으로 구간속도단속 실시<br>졸음방지를 위해 기존에 설치된 횡방향 그루빙과 길어깨 추가 설치, 차선요철시스템(SpotFlex) 설치 필요<br>목포방향에 대한 구간속도단속이 필요, 이와 연계한 가변제한속도 단속시스템을 설치하여 서해대교 통과 차량의 속도 감속을 유도 |
| Positive Guidance를 활용한 국도 마을 통과구간 안전성 향상 방법론 (심관보, 2007) | Positive Guidance 기법을 적용하여 국도 마을통과 구간에 대한 분석을 실시, 문제점 분석 및 개선방안을 도출하여 국도 마을통과구간에 대한 안전성 향상방안 제시<br>마을통과구간 시작부에 무인단속카메라 설치, Non-recovery Zone 전에 무인단속카메라 예고 표지 및 속도 감속유도 표지를 설치하여 차량속도 감속을 유도함 |

<표 3-5-44> 국외 Positive Guidance의 개발과 적용사례(한국도로공사, 2006, 재인용)

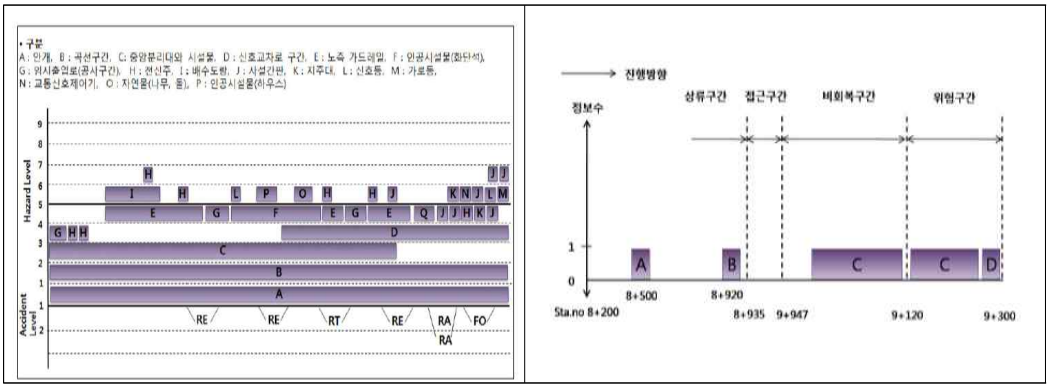
| 구분 | 내용 |
|---|---|
| Sayed (1998) | · 사전 경고 점멸등 설치로 106개 신호 교차로 중 25개소에서 안전성이 향상되는 효과가 나타남<br>· 25개소에서는 총 사고가 8%~18%가 감소하고, 심각한 사고의 경우 10%~14%가 감소하였음 |
| Tignor (1993) | · 경고 신호 설치를 통해 사망 사고가 29%가 감소하고, 부상 사고가 14% 감소하였음<br>· 곡선부 경고 신호 및 사전 속도 표지 설치로 전체 사고의 각각 20%, 36% 감소시키는 효과를 가져옴 |
| The UK County Surveyor's Society (1989) | · 평면곡선부 사전경고를 통해 18개 지점 중 9개 지점에서 사고 감소 효과가 있었으며, 관련된 사고의 수가 30% 감소하였음 |
| Pak and Kneebone (1988) | · 도로변 주의신호와 같은 형태의 경고신호는 사고를 약 20%~30%가량 줄일 수 있음 |
| Bissel (1983) | · 시선유도표지 설치로 도로이탈사고를 30% 감소시킴 |

○ 결과적으로 위험요소 표시방법은 도로축을 따라 사전 정의한 위험요소의 분포를 개별적으로 누적하는 방식을 따르고 있음

○ 또한, 안개, 강풍과 같은 일시적(Situation Hazards) 위험요소까지 일반적인 위험요소로 간주하고 있어 평상시 도로상황을 대변하기에는 다소 과대표기하는 사례가 있음

○ 이에 따라 현재 Hazard Profile은 단순 위험물 분포 수치에 따라 고정되며 개선안 발굴시에도 위험물 분포 수치가 높은 구간을 중점으로 검토하는 특성이 있음

○ 또한, Information Load Profile(PG분석 8단계) 역시 Hazard Profile에 따라 정보제공 구간의 위치가 다양하게 변할 수 있는 문제점이 있음




<그림 3-5-60> Hazard profile과 Information Load Profile

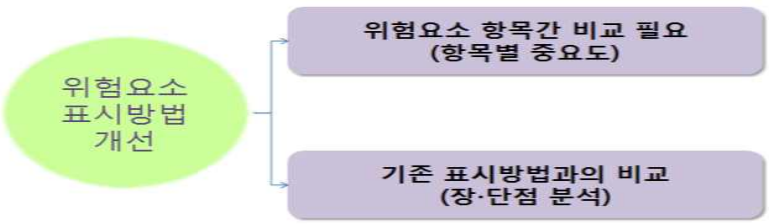
## 2. 기존 위험요소 표시방법 한계점 검토

○ 기존 위험요소 표시방법의 Hazard profile 개선방안 작성을 위해 기존 연구의 한계점을 검토함

○ 한계점으로 기존 위험요소 표시방법에서는 위험요소에 대한 상대적 비교가 불가능하다는 문제점이 내포되어 있음. 이는 주행안전상에 결정적으로 (critical) 위험하다고 판단할 수 있는 근거 마련이 어려움

○ 이러한 방법은 단순 수치만을 고려하기 때문에 실제적인 도로위험을 대변하기 어려우며 도로교통환경의 총체적 분석을 수행할 수 없음

○ 따라서, 본 연구에서는 위험요소 표시방법의 개선을 위해 2가치 측면에서 연구를 진행함. 우선적으로 도로 위험요소 항목 선정결과에 따라 항목간의 위험도/중요도 분석을 수행함. 또한, 중요도 산출 결과에 따라 새로운 Hazard profile을 작성하여 기존 profile과의 장단점을 비교하는 연구를 추가적으로 수행함

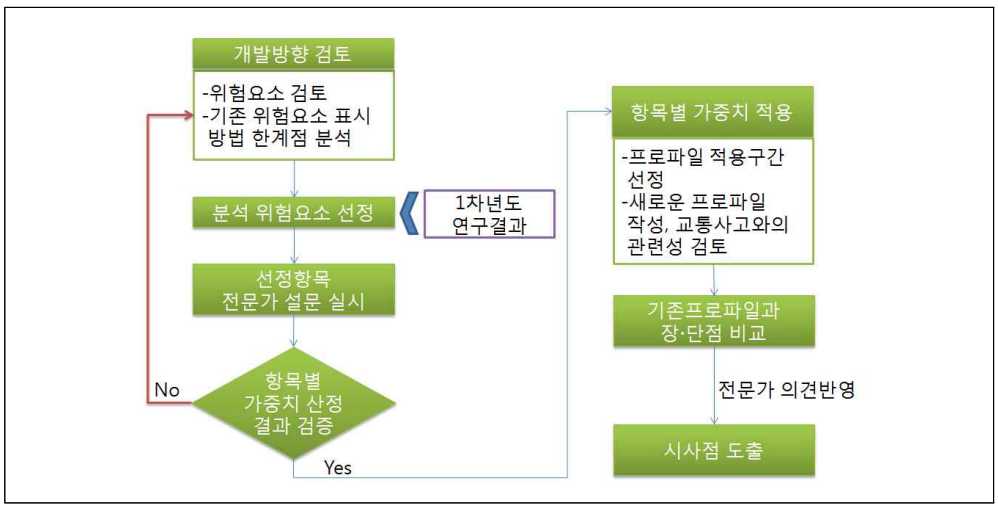



<그림 3-5-61> 위험요소 표시방법 개선을 위한 검토사항

| 기존 방법 한계점 | | 새로운 방법론 제시 |
|---|---|---|
| - 도로 위험요소에 대한 일괄적 위험수치 부여<br>- 위험물 분포수치에 따른 위험구간 선정<br>- 잠재적 위험구간에 대한 선정방안 필요 | ⇒ | - 위험요소간의 상대적 위험도 정립 반영<br>- 위험도 가중치 적용에 따른 합리적 위험구간 선정 타당성 정립 |

○ 이에 따라 아래 <그림 3-5-62>와 같은 절차로 위험요소간 상대적 위험도/가중치 산정 연구를 수행함

○ 위험요소는 총 44개 항목이며 이는 1차년도 연구결과(위험요소 선정)를 바탕으로 2차년도와 연계함




<그림 3-5-62> 위험요소간 위험도/가중치 산정 흐름도

<표 3-5-45> 위험요소 선정(44항목)

| 구분 | 번호 | 위험요소 |
|---|---|---|
| 자동화조사 | 1 | 곡선구간의 제한속도 부적정 |
| | 2 | 연결로의 유출속도 부적정 |
| | 3 | 제한속도 비일관성 |
| | 4 | 차로폭 부적정 |
| | 5 | 중앙분리대 미확보 |
| | 6 | 도로선형 비일관성 |
| | 7 | 연결로 평면선형 부적정 |
| | 8 | 완화곡선 길이 부적정 |
| | 9 | 편경사 부적정 |
| | 10 | 평면곡선부 폭원 부적정 |
| | 11 | 연결로 종단선형 부적정 |
| | 12 | 종단경사 부적정 |
| | 13 | 종단곡선 길이 부적정 |
| | 14 | 평면선형과 종단선형의 부조화 |
| | 15 | 곡선내부 시거 확보의 부적정 |
| | 16 | 정지시거 부적정 |
| | 17 | 노면 마찰력 부적정 |
| | 18 | 종단 평탄성 부적정 |
| | 19 | 물고임 부적정 |
| | 20 | 경사에 의한 노면배수 부적정 |
| | 21 | 표지 남용 |
| | 22 | 노측용 방호울타리 설치 유무 |
| | 23 | 갈매기 설치위치 부적정 |
| 반자동화조사 | 24 | 중분대 단부처리 부적정 |
| | 25 | 중분대 시점 시인성 미확보 |
| | 26 | 전조등 눈부심 부적정 |
| | 27 | 횡단보도 설치 부적정 |
| | 28 | 시거 미확보 |
| | 29 | 오르막차로 종점부 부적정 |
| | 30 | 신호등 설치 부적정 |
| | 31 | 신호등 시인성 미확보 |
| | 32 | 사전경고표지 미설치 |
| | 33 | 연결로 접속부 시계 부적정 |
| | 34 | 배수시설 미확보 |
| | 35 | 교량 안전시설 미확보 |
| | 36 | 교량 충격흡수시설 미확보 |
| | 37 | 교대 및 교각 안전시설 미확보 |
| | 38 | 가드레일 연결부 불연속 |
| | 39 | 교량 안전표지 미설치 |
| | 40 | 교량 전방시야 부적정 |
| | 41 | 충격흡수시설 설치장소 부적정 |
| | 42 | 과속방지시설 설치장소 부적정 |
| | 43 | 미끄럼방지시설 부적정 |
| | 44 | 시선유도표지 설치 부적정 |

○ 선정한 44항목의 교통안전(사고) 관련 위험성은 1차년도에 연구문헌을 통해 탐색하였으며, 안전성 분석 기준 및 알고리즘을 작성하였음

○ 44항목에 대한 항목간 위험도/가중치 산정 연구방법론은 AHP방법을 활용함

## 3. 위험요소간 위험도/가중치 산정

### 가. 전문가 설문조사 개요

○ 기선정 44항목을 토대로 항목별 위험도/가중치 산출을 위한 전문가 설문조사를 실시하였음

○ 설문의 정확성 및 신뢰성을 최대한 확보하기 위하여 관련분야 박사학위소지자 5명을 대상으로 2011년 11월 1일~20일까지 예비설문조사(Pilot Survey)를 실시한 후, 이 과정에서 나타난 설문조사 내용의 문제점을 수정·보완하여 최종설문지를 작성하였음

○ 이렇게 작성된 최종설문지로 2011년 12월 1일~20일까지 전문가 설문조사를 실시하였고, 설문조사는 학계, 전문연구기관, 기타 관련 엔지니어 회사에 종사하는 전문가를 대상으로 하였음. 조사방법은 개별면접을 통해 설문조사의 취지 및 목적을 설명하고 설문지를 배부한 뒤 우편으로 수거하는 방법을 사용하였음

<표 3-5-46> 설문지 배포수 및 회수율

| 구 분 | 배포설문지수 | 회수 설문지수 | 회수율(%) |
|---|---|---|---|
| 학 계 | 4부 | 4부 | 100 |
| 전문연구기관 | 1부 | 1부 | 100 |
| 공 무 원 | - | - | - |
| Engineering회사 | 5부 | 5부 | 100 |
| 기 타 | - | - | 100 |
| 합 계 | 10부 | 10부 | 100 |

## 나. 분석방법론 고찰-AHP기법

○ 계층분석법(AHP)은 다목적 의사결정(Multi-Objectives Decision Making)을 위한 기법이며, 계층분석법은 비구조적인 문제의 의사결정에 영향을 미치는 특성들을 선정하고, 이를 작은 특성들로 분화하여 계층을 구성함

○ 그리고 이러한 속성들의 중요도를 이원 비교하여 우선순위를 일관성 있게 결정하며 목표와 관련 요소간의 유기적 관계를 계층적으로 파악하여 목표의 복잡성에 대한 유연성을 갖게 함

○ 이 기법은 정량적인 평가요인은 물론 정성적인 평가요인도 수용하는 매우 유연한 의사결정기법임. 수학적인 이론보다는 직관을 바탕으로 하기 때문에 그 논리가 매우 쉽다는 장점이 있으며 주요 특징은 다음과 같음(윤재곤, 1996)

① 정량적인 방법으로 문제를 해석하기 때문에 요인을 이해하기 쉽고 명확한 구조를 가진다.

② 복잡하고 불분명한 문제에 대해서는 여러 계층으로 분리하여 부분적인 관계를 1:1 비교하여 중요도를 분석한다.

③ 시스템 접근을 통하여 주관적인 판단을 하고 이를 조합하여 결론을 내린다. 이러한 접근을 통하여 경험을 살린 의사결정을 할 수 있다.

④ 관계자간의 의사결정에 있어서 각각의 의사를 1:1 비교를 통하여 접근할 수 있다.

○ 따라서 계층분석법은 경제학, 사회학, 경영학 분야의 비구조적인 문제를 모델링함에 있어서 계통적 오류를 줄여갈 수 있는 기법임

○ 계층분석법으로 의사 결정 문제를 해결할 경우 다음 4단계를 걸쳐 수행한다.(Zahedi, 1986)

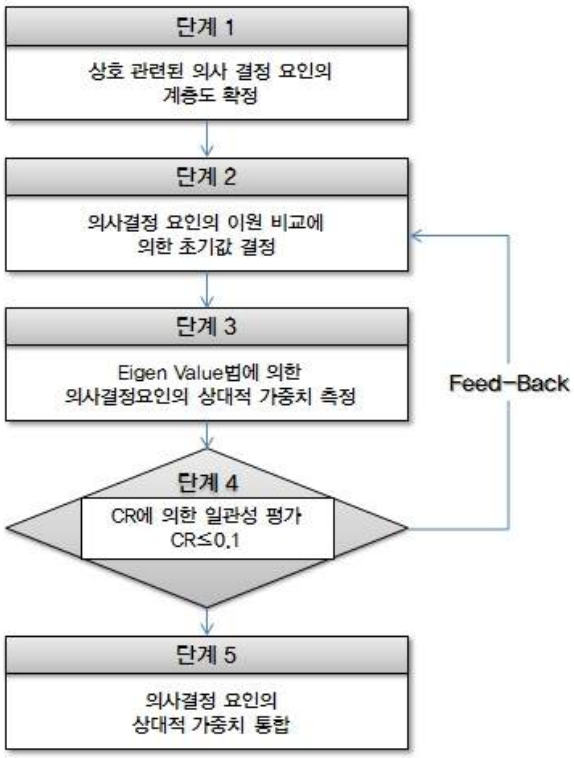
① 의사결정계층의 확립 : 의사 결정자는 의사결정문제를 의사결정요인과 관련된 계층으로 분류한다.

② 의사결정요인의 이원비교로 초기 데이터 수집 : 각 요인들을 비교하여 요인비교 초기행렬값(Matrix)을 구성한다.

③ 고유값(Eigen Vector)을 이용하여 의사결정요인의 상대적 가중치(Relative Weight)

를 측정한다.

④ 의사결정요인의 상대적 가중치를 총합한다.




<그림 3-5-63> 계층분석법(AHP) 분석절차

○ AHP분석은 먼저 각 그룹별 평가기준 및 평가 가중별로 평가기준(대상)의 상대적 중요도와 가중치를 계산함

○ 평가기준에 대한 중요도와 가중치의 계산과정을 제시함

○ 다음으로 정합도(Consistency Index)를 계산하는데 이는 계산된 '가중치'가 유효한 '가중치'인지를 검증하는 과정을 포함함

○ 설문 응답한 일대 비교표가 완전한 정합성을 갖고 있을 때는 CI값이 0.0 임

○ 일반적으로 양(+)의 값을 가지며, 일대 비교표가 부정확할수록 그 값은 양의 값으로 더욱 증가함. CI값의 허용한도는 '0.1'이나 통상 '0.15'까지 허용한도로 정해질 수 있으며 CI값이 허용한도 보다 클 경우, 일대 비교표 재검사 필요함

<표 3-5-47> 평가기준에 대한 중요도와 가중치의 계산과정

| 평가기준 | A | B | C | 기하평균 | 가중치 |
|---|---|---|---|---|---|
| A | $a_{11}$ | $a_{12}$ | $a_{13}$ | $a_{14}$ | $a_{15} = a_{14}/a$ |
| B | $\frac{1}{a_{12}}$ | $a_{22}$ | $a_{23}$ | $a_{24}$ | $a_{25} = a_{24}/a$ |
| C | $\frac{1}{a_{13}}$ | $\frac{1}{a_{23}}$ | $a_{33}$ | $a_{34}$ | $a_{35} = a_{34}/a$ |
| 합계 | | | | $a$ | 1.0000 |

<표 3-5-48> CI값의 계산과정

| 평가기준 | A | B | C | 총계 | 총계/각 가중치 |
|---|---|---|---|---|---|
| A | $w_{11}$ | $w_{12}$ | $w_{13}$ | $w_{14}$ | $w_{14}/\ w_{15}$ |
| B | $w_{21}$ | $w_{22}$ | $w_{23}$ | $w_{24}$ | $w_{24}/\ w_{25}$ |
| C | $w_{31}$ | $w_{32}$ | $w_{33}$ | $w_{34}$ | $w_{34}/\ w_{35}$ |
| 정합도(CI) | | | | CI | $w$ |

○ CI값은 기준요소의 수량에 따라 그 값을 영향 받는 제약이 있음. '일관성비율' 또는 '정합률(Consistency ratio : CR)'값을 보다 객관적으로 평가하기 위하여 CR값을 계산하여 '일관성'을 측정함.

$$CR = \frac{CI}{Random\ Consistency} \quad \text{.....(3-5-5)}$$

○ AHP분석 행렬(Matrix)크기에 따른 Random Consistency값은 <표 3-5-49>와 같으며 CR값은 그 값이 작을수록 큰 일관성을 나타냄. 고의로 일관성이 없도록 비교행렬을 만들지 않는 한 1.0 보다 작은 값을 가짐. CR값이 0.1보다 작은 경우 분석 대상요소에게 고려된 상대적 비중이 합리적으로 잘 분포되었다고 해석할 수 있음

<표 3-5-49> Matrix크기에 따른 Random Consistency값

| Matrix크기 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| RC | 0.58 | 0.90 | 1.12 | 1.24 | 1.32 | 1.41 | 1.45 | 1.49 |

## 다. AHP 분석 결과

### (1) 계층분석법 분석 결과

○ 전문가 설문을 통한 계층분석은 위험요소간 상대적 중요도를 AHP를 통하여 계산하였으며, <표 3-5-50>은 1차년도 AHP 설문결과를 대분류 및 중분류에 따른 위험요소 항목을 구분한 것임

<표 3-5-50> 대분류 및 중분류에 따른 위험요소 항목 구분

| 대분류 | 중분류 | 위험요소 | |
|---|---|---|---|
| 선형 | 평면선형 | -도로선형 비일관성 | -연결로 평면선형 부적정 |
| | | -완화곡선 길이 부적정 | -편경사 부적정 |
| | | -평면곡선부 폭원 부적정 | |
| | 종단선형 | -연결로 종단선형 부적정 | -종단경사 부적정 |
| | | -종단곡선 길이 부적정 | -오르막차로 종점부 부적정 |
| | 복합선형 | -평면선형과 종단선형의 부조화 | |
| | 시거 | -시거 미확보 | |
| 포장 및 배수 | 포장 | -노면마찰력 부적정 | -종단평탄성 부적정 |
| | | -물고임 부적정 | |
| | 배수 | -경사에 의한 노면배수 부적정 | -배수시설 미확보 |
| | 교량 | -교량 안전시설 미확보 | -교량 충격흡수시설 미확보 |
| | | -교대 및 교각 안전시설 미확보 | -가드레일 연결부 불연속 |
| | | -교량 안전표지 미설치 | -교량 전방시야 부적정 |
| 횡단구성 | 차로 | -차로폭 부적정 | |
| | 중분대 | -중앙분리대 미확보 | -중분대 단부처리 부적정 |
| | | -중분대 시점 시인성 미확보 | |
| | 보도 | -횡단보도 설치 부적정 | |
| 표지 및 부속시설 | 표지 | -표지 남용 | |
| | 교통장애물 | -노측용 방호울타리 설치 유무 | |
| | 시선유도시설 | -갈매기표지 설치위치 부적정 | -시선유도표지 설치 부적정 |
| | 충격흡수시설 | -충격흡수시설 설치장소 부적정 | |
| | 과속방지시설 | -과속방지시설 설치장소 부적정 | |
| | 미끄럼방지시설 | -미끄럼방지시설 부적정 | |
| 속도 | 속도 | -곡선구간의 제한속도 부적정 | -연결로 유출속도 부적정 |
| | | -제한속도비일관성 | |
| 시거 | 시거 | -곡선내부 시거 확보의 부적정 | -정지시거 부적정 |
| 평면교차 | 신호등 | -신호등 설치 부적정 | -신호등 시인성 미확보 |
| | | -사전경고표지 미설치 | |
| 입체교차 | 연결로접속부 | -연결로 접속부 시계 부적정 | |

○ 위험요소간 항목을 중요도를 산정한 결과, 교통사고의 발생확률이 높은 것은 시거, 선형, 포장 및 배수시설, 표지 및 부속시설별 등의 순으로 산정되었음.

○ 대체로 상위순위 위험요소 항목은 선형, 시거, 포장 및 배수 등에 속해 있고, 중간순위 위험요소 항목은 평면교차, 횡단구성 등으로 나타났고 하위순위 위험요소 항목은 교량 안전시설 등의 대분류로 구분할 수 있었음.

○ 상위순위 위험요소 항목은 '시거 미확보', '평면선형과 종단선형의 부조화', '물고임 부적정', '편경사 부적정', '도로선형 비일관성' 등으로써 선형, 시거, 포장 및 배수로 구분되어 나타났음

○ 중간순위 위험요소 항목은 '신호등 시인성 미확보', '노측용 방호울타리 설치 유무', '횡단보도 설치 부적정', '차로폭 부적정', '중앙분리대 미확보' 등으로써 평면교차, 횡단구성으로 구분되어 나타났음

○ 하위순위 위험요소 항목은 '가드레일 연결부 불연속', '교대 및 교각 안전시설 미확보', '교량 전방시야 부적정', '교량 충격흡수시설 미확보', '교량 안전표지 미설치' 등으로써 포장 및 배수 중 교량으로 구분되어 나타났음

○ 상위순위 위험요소 항목의 중요도는 차량 운행 중 강우시 미끄러지거나 곡선부 운행시 차량이 본선 밖으로 튕겨나갈 수 있는 대형교통사고로 이어질 수 있는 것으로 판단됨. 중간순위 위험요소 항목의 중요도는 교통안전시설로써 적재적소에 안전시설 등을 설치하지 않을 경우 교통사고로 나타날 것으로 판단됨

○ 하위순위 위험요소 항목의 중요도는 교량 내부에서의 교통사고시 차량의 추락 및 미끄럼 등으로 대형교통사고가 나타날 것으로 판단됨

○ 위험요소간 항목 중요도를 분석한 결과 시거 미확보(5.4%), 평면선형과 종단선형의 부조화(5.1%), 물고임 부적정(4.6%), 편경사 부적정(4.4%), 도로선형 비일관성(4.3%), ……, 차로폭 부적정(1.7%), 중앙분리대 미확보(1.7%), ……, 교량 충격흡수시설 미확보(0.6%), 교량 안전표지 미설치(0.6%)의 순으로 나타났음

○ AHP 설문조사 44개 위험요소 항목을 분석한 가중치 결과는 <표 3-5-51>과 같음

<표 3-5-51> 위험요소 항목 중요도 분석 결과

| 위험요소 | 가중치 | 정규화 | 우선순위 |
|---|---|---|---|
| 시거 미확보 | 0.055 | 1.000 | 1 |
| 평면선형과 종단선형의 부조화 | 0.047 | 0.859 | 2 |
| 물고임 부적정 | 0.043 | 0.786 | 3 |
| 편경사 부적정 | 0.043 | 0.785 | 4 |
| 도로선형 비일관성 | 0.041 | 0.757 | 5 |
| 종단경사 부적정 | 0.041 | 0.746 | 6 |
| 정지시거 부적정 | 0.040 | 0.727 | 7 |
| 배수시설 미확보 | 0.039 | 0.716 | 8 |
| 경사에 의한 노면배수 부적정 | 0.039 | 0.715 | 9 |
| 완화곡선 길이 부적정 | 0.039 | 0.709 | 10 |
| 연결로 평면선형 부적정 | 0.038 | 0.703 | 11 |
| 곡선내부 시거 확보의 부적정 | 0.034 | 0.624 | 12 |
| 연결로 종단선형 부적정 | 0.033 | 0.597 | 13 |
| 노면 마찰력 부적정 | 0.032 | 0.589 | 14 |
| 시선유도표지 설치 부적정 | 0.029 | 0.538 | 15 |
| 종단곡선 길이 부적정 | 0.026 | 0.472 | 16 |
| 평면곡선부 폭원 부적정 | 0.025 | 0.461 | 17 |
| 종단 편탄성 부적정 | 0.025 | 0.458 | 18 |
| 신호등 설치 부적정 | 0.024 | 0.439 | 19 |
| 신호등 시인성 미확보 | 0.024 | 0.435 | 20 |
| 노측용 방호울타리 설치 유무 | 0.023 | 0.415 | 21 |
| 횡단보도 설치 부적정 | 0.020 | 0.359 | 22 |
| 차로폭 부적정 | 0.019 | 0.355 | 23 |
| 중앙분리대 미확보 | 0.018 | 0.331 | 24 |
| 제한속도 비일관성 | 0.016 | 0.294 | 25 |
| 오르막차로 종점부 부적정 | 0.016 | 0.286 | 26 |
| 곡선구간의 제한속도 부적정 | 0.015 | 0.270 | 27 |
| 연결로의 유출속도 부적정 | 0.014 | 0.266 | 28 |
| 갈매기 설치위치 부적정 | 0.014 | 0.262 | 29 |
| 표지남용 | 0.012 | 0.229 | 30 |
| 사전경고표지 미설치 | 0.012 | 0.226 | 31 |
| 과속방지시설 설치장소 부적정 | 0.012 | 0.219 | 32 |
| 미끄럼방지시설 부적정 | 0.011 | 0.201 | 33 |
| 연결로 접속부 시계 부적정 | 0.010 | 0.184 | 34 |
| 충격흡수시설 설치장소 부적정 | 0.010 | 0.182 | 35 |
| 중분대 단부처리 부적정 | 0.009 | 0.168 | 36 |
| 교량 안전시설 미확보 | 0.009 | 0.163 | 37 |
| 대향방향 전조등 눈부심 | 0.009 | 0.159 | 38 |
| 중분대 시점 시인성 미확보 | 0.008 | 0.152 | 39 |
| 가드레일 연결부 불연속 | 0.006 | 0.106 | 40 |
| 교대 및 교각 안전시설 미확보 | 0.006 | 0.104 | 41 |
| 교량 전방시야 부적정 | 0.006 | 0.103 | 42 |
| 교량 충격흡수시설 미확보 | 0.005 | 0.100 | 43 |
| 교량 안전표지 미설치 | 0.005 | 0.096 | 44 |
| CI | 0.084 | | |
| CR | 0.029 | | |

○ 정규화는 우선순위가 가장 높은 항목을 1.0으로 기준하여 각 항목을 나열한 것임

○ 이들 대분류 항목을 조사 분석한 결과, 계산된 가중치의 정합도(Consistency Index : CI)가 0.084로 계산되어 유효한 가중치인 것으로 판단

- 허용한도가 0.1보다 작으므로 일대비교를 재검사할 필요가 없음

○ 일관성비율(Consistency Ratio: CR)은 그 값이 작을수록 큰 일관성을 나타내며 고의로 일관성이 없도록 비교행렬을 만들지 않는 한 1.0보다 작은 값을 가짐

- 분석결과, 일관성비율이 0.029로 0.1보다 작으므로 요소 간 상대적 비중이 대체적으로 고르게 매겨졌다고 할 수 있음

## 4 위험요소 표시방법 작성

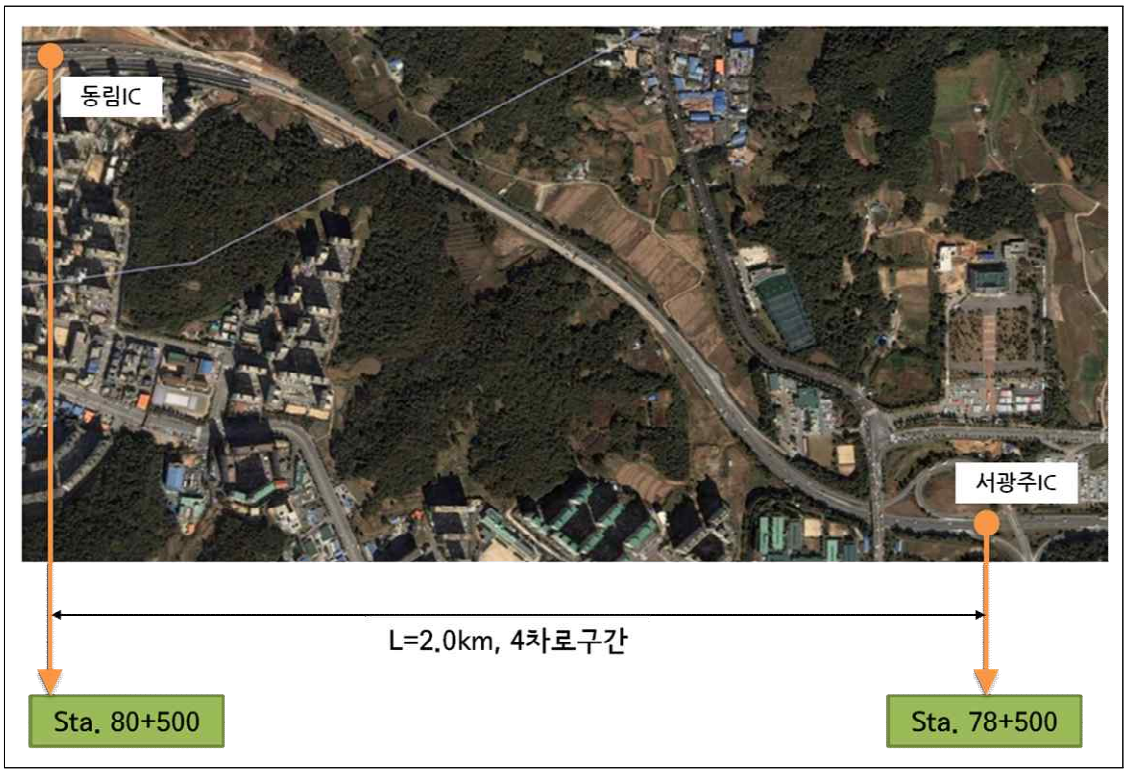
○ 본 연구에서는 기존 Hazard profile의 작성법을 토대로 위험요소간 항목별 위험도를 적용한 새로운 Hazard profile을 작성함

### (1) 구간개요

○ 고속국도 25호선(호남고속도로)은 순천～전주 169.4㎞, 전주～논산 24.8㎞ 구간으로 총 연장길이 194.2㎞로 이루어져 있음

○ 아래의 <그림 3-5-64>는 호남고속도로내 동일 유형 사고의 반복, 정보제공체계의 미흡 구간으로 서광주IC 주변 구간인 Sta.80+500 ~ Sta.78+500 본선 구간임

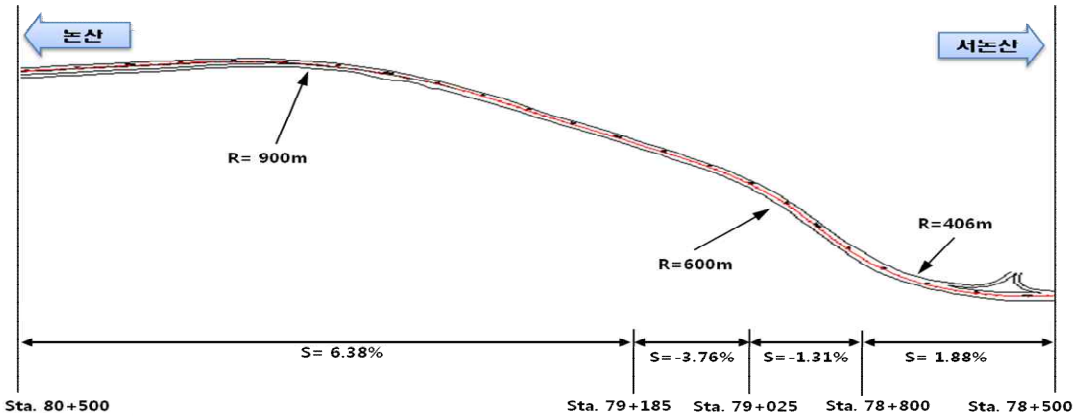
○ 종단경사 및 평명선형의 연속적이고 변화적으로 설치되어 있고 사고발생위험구간으로 본 연구의 Hazard Profile 적용 및 분석이 합리적인 구간으로 판단됨




<그림 3-5-64> 시설 및 구간의 선형 및 주변여건

<표 3-5-52> 구간시설 및 현황

| 구간 이정(Sta.) | 연 장 | 방 향 | 인접 시설물 |
|---|---|---|---|
| 호남고속도로<br>sta. 78+500 ~ 80+500 | 2.0km | 서순천방면 | 서광주 IC |




<그림 3-5-65> 사례 구간 현황(호남고속국도 Sta. 80+500~Sta. 78+500)

○ 서광주IC가 위치하고 있어 유출차량과 본선차량의 엇갈림에 의한 상충 및 속도편차 발생의 위험요인이 내재하고 있음

○ 전방 200m앞에 서광주 IC 램프진입시 급감속으로 인한 핸들과대조작 및 주행속도차에 의한 차량간의 추돌사고가 잠재적인 위험요소로 판단됨

| 구분 | 지점현황 | |
|---|---|---|
| Sta. 80+500 |  | - 6.38% 종단경사와 R=900m 우커브구간과 합류부가 복합적으로 나타나고 있어 복합선형이 연속적으로 설치됨 |
| Sta. 78+900 |  | - 좌커브 구간에 설치된 시선유도표시가 방음벽과 입체도로로 인해 잘 보이지 않고 좌커브구간으로 내리막 경사구간으로 내려온 차량의 핸들조작 오류사고가 빈번하게 발생함 |
| Sta. 79+500 ~Sta. 78+500 |  | - 우커브 다음 바로 좌커브구간이지만 시선유도표시가 설치되어 있지 않음.<br>- 6건의 사고가 발생한 구간으로 차-시설 사고가 많이 나타나며 운전자가 좌커브를 인지 못하는 도로이탈사고가 많이 발생함 |

<그림 3-5-66> sta. 78+500 ~ sta. 80+500 구간 지점사진

(2) 기존 Hazard Profile 작성법과 새로운 Hazard Profile 작성법 비교

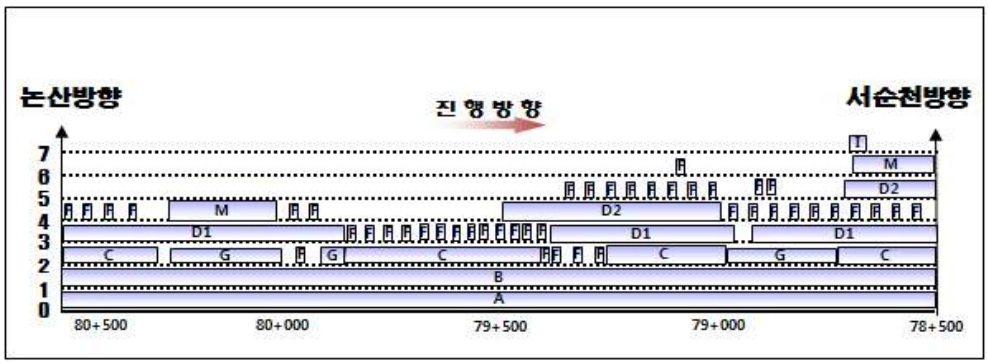
○ 44개 위험요소 항목을 이용한 새로운 Hazard Profile 표출방법을 개발하기 위하여 Positive Guidance 기법을 이용하여 Hazard Profile 작성하였음

○ Positive Guidance 기법을 활용한 기존 Hazard Profile 작성방식은 각 항목의 값을 '1' 단위로 간주하여 위험요소를 누적하는 방식으로 작성하였음

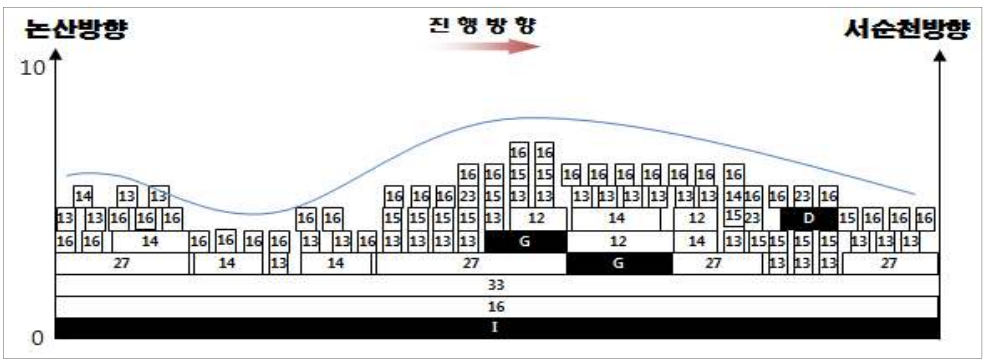
○ 새로운 Hazard Profile의 작성방식은 새로운 Hazard Profile 범례의 개발을 통해 기존 Hazard Profile 작성방식에 <표 3-5-52>의 AHP 분석결과를 활용하여 위험요소 항목에 가중치를 적용하여 작성하며 <그림 3-5-68>, <그림 3-5-69>와 같이 작성함

○ 항목간 가중치가 달라 기존 작성법과는 달리 위험 요소간 항목 가중치에 따라 구간 Hazard Profile을 세부적으로 작성할 수 있음

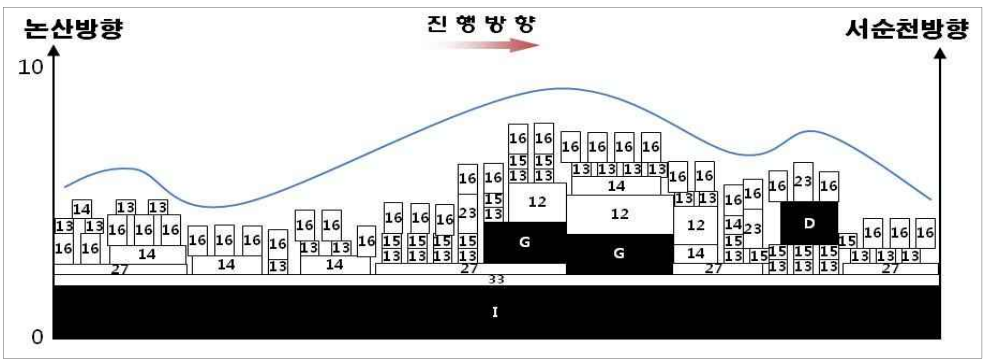
○ 새로운 Hazard Profile 작성방식은 항목간 가중치가 달라 위험요소 항목간 높이가 다르며 위험정도에 따라 구간 Hazard Profile을 세부적으로 작성할 수 있으며 위험분포에 대한 판별이 용이함




<그림 3-5-67> 기존 Positive Guidance기법 Hazard Profile 작성




<그림 3-5-68> 새로운 범례 Hazard Profile 작성




<그림 3-5-69> 새로운 범례 가중치 적용 Hazard Profile 작성

○ 새로운 Hazard Profile의 작성은 <표 3-5-46>에 따라 작성하였으며 '선형항목'과 '선형 외 항목'으로 분류하여 작성함

○ 위험요소 가중치 순위와 선형 및 선형 외 항목으로 구분하여 새로운 Hazard Profile 범례를 개발함

○ 선형항목은 44개 위험요소 중 도로 기하구조로 분류되는 요소로 구분하여, 선형 외 항목은 도로 기하구조를 제외한 포장 및 배수, 속도, 횡단구성, 표지 및 부속시설, 시거, 평면교차, 입체교차 등의 요소로 구분함

○ 선형항목과 선형 외 항목을 구분하기 위해 선형항목은 알파벳으로 구분하여 표시하였고, 선형 외 항목은 숫자로 표시하였음

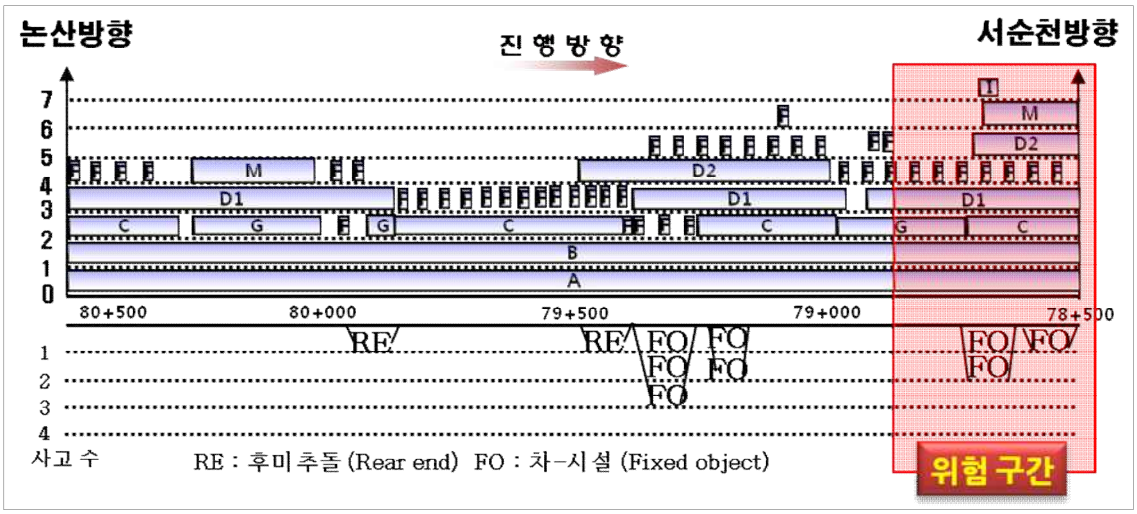
<표 3-5-53> 새로운 Hazard Profile 범례

| 대분류 | 소분류 | |
|---|---|---|
| A 선형항목 | A: 시거 미확보<br>B: 평면선형과 종단선형의 부조화<br>C: 편경사<br>D: 도로선형 비일관성<br>E: 종단경사<br>F: 완화곡선 길이 | G: 연결로 평면선형<br>H: 연결로 종단선형<br>I: 종단곡선 길이<br>J: 평면곡선부 폭원<br>K: 오르막차로 종점부 |
| 1 선형외항목<br>(포장 및 배수, 속도, 교통환경, 시설 등) | 1: 물고임<br>2: 정지시거<br>3: 배수시설 미확보<br>4: 경사에 의한 노면배수<br>5: 곡선내부 시거 확보의<br>6: 노면 마찰력<br>7: 시선유도표지 설치<br>8: 종단 편탄성<br>9: 신호등 설치<br>10: 신호등 시인성 미확보<br>11: 노측용 방호울타리 설치 유무<br>12: 횡단보도 설치<br>13: 차로폭<br>14: 중앙분리대 미확보<br>15: 제한속도 비일관성<br>16: 곡선구간의 제한속도<br>17: 연결로의 유출속도 | 18: 갈매기 설치위치<br>19: 표지남용<br>20: 사전경고표지 미설치<br>21: 과속방지시설 설치장소<br>22: 미끄럼방지시설<br>23: 연결로 접속부 시계<br>24: 충격흡수시설 설치장소<br>25: 중분대 단부처리<br>26: 교량 안전시설 미확보<br>27: 대향방향 전조등 눈부심<br>28: 중분대 시점 시인성 미확보<br>29: 가드레일 연결부 불연속<br>30: 교대 및 교각 안전시설 미확보<br>31: 교량 전방시야<br>32: 교량 충격흡수시설 미확보<br>33: 교량 안전표지 미설치 |

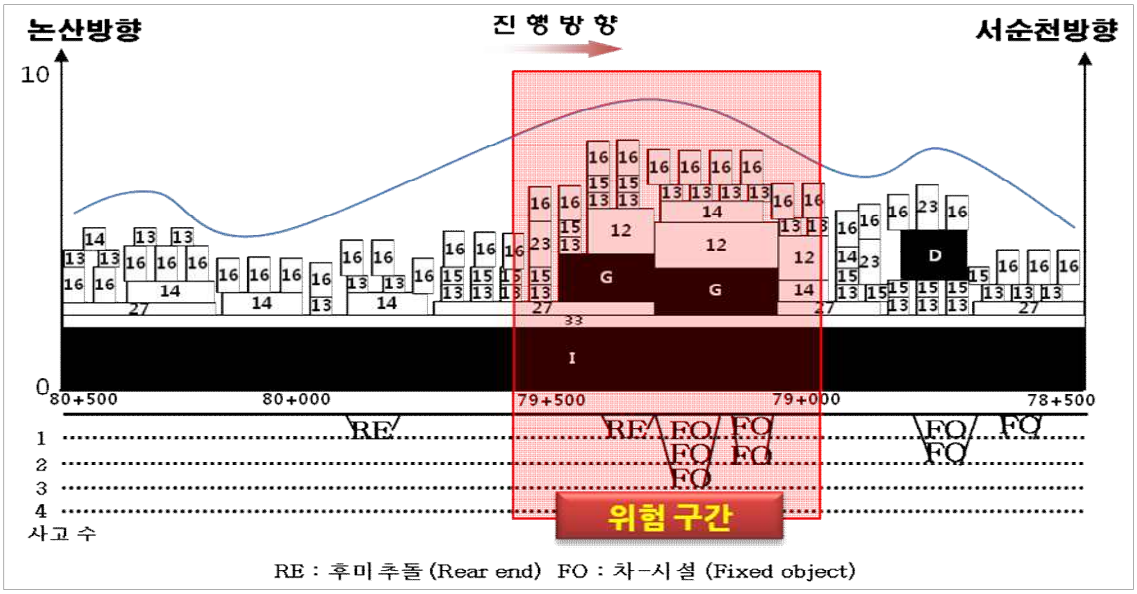
○ 사례구간의 사고자료 분석을 통해 위험물을 확인하고 Accident Profile을 작성하였으며 작성결과, Sta. 79+000～79+500까지 구간이 위험물이 많고 교통사고도 10건중 6건이 발생하여 가장 위험한 구간임

○ 사례구간의 기존 Hazard Profile 적용시 위험구간은 Hazard의 높이가 가장 높은 구간인 Sta. 78+500～79+100으로 나타났으나 이 구간의 사고발생현황은 전체 10건 중 3건이 발생한 구간임

○ 가중치를 적용한 새로운 Hazard Profile 적용시 위험구간은 Hazard의 높이가 가장 높은 구간인 Sta. 79+000～79+500으로 나타났으며 이구간의 사고발생현황은 전체 10건 중 6건이 발생한 구간임




<그림 3-5-70> 기존 Hazard Profile 사고수 현황




<그림 3-5-71> 새로운 Hazard Profile 사고 수 현황

○ Hazard Profile은 단순 위험물 분포 수치에 따라 고정되며 위험물 분포 수치가 가장 높은 구간을 위험구간으로 선정하여 위험구간에 대해서 중점적으로 검토하는 특성이 있음

○ 기존 Hazard Profile과 새로운 Hazard Profile(가중치 적용)을 비교했을 때 <그림 3-5-70>은 기존 Hazard Profile 작성방식으로 작성되어 Sta. 78+500~79+100 구간이 위험구간으로 선정되었으나 사고발생건수가 Sta. 79+000~79+500 구간보다 적어 위험구간으로 볼 수 없음

○ <그림 3-5-71>은 새로운 Hazard Profile(가중치 적용) 작성방식으로 작성되었으며 위험요소간 높이가 달라 Sta. 79+000~79+500 구간의 위험물 분포 수치가 가장 높고 분포수치와 사고발생건수와의 매칭시 위험구간으로 볼 수 있음

○ 따라서 기존 Hazard Profile 작성방식에 비해 새로운 Hazard Profile(가중치 적용) 작성방식으로 작성하는 것이 위험구간의 정확성 및 위험분포에 대한 판별이 용이하여 새로운 Hazard Profile(가중치 적용)로 작성해야함

# 제5-5절 도로 및 시설 안전성평가

## 1. 안전성평가 방법론 구축

○ 본 연구에서는 도로안전점검 및 진단 시 해당(조사)구간의 위험도를 평가할 수 있는 안전성평가에 대해 연구함. 안전성평가는 안전성분석프로그램에 의해 그래프로 표출이 가능하여 위험도로구간에 대한 가시적인 위험판단 및 도로개선 우선순위 산출시 도움을 줄 수 있음

○ 안전성평가 연구 대상범위로 도로기하구조와 시설을 현장조사하여 DB분석을 기초로 작성함을 원칙으로 하였으며, 속도측면의 안전성 평가는 제외하였음.(속도안전성은 서울시립대에서 연구함)

○ 기존 대표적인 도로 및 시설의 안전성 평가 방법은 Hazard Profile의 위험도 분포를 살펴보고 대략적인 위험구간을 선정하는 방법임. 이러한 방법은 단순위험물의 집중분포 위주로 위험구간을 선정할 수 있어 한계점으로 지적되고 있음. 본 연구에서는 이러한 한계점을 극복하고 새로운 안전성평가방법론을 개발, 안전성지수를 개발함

○ 안전성지수 개발은 국도 현장조사를 통해 취득한 위험요소를 DB화하여 평균위험도(20m 구간당 위험도)를 분석하고, 위험도를 6등급(A~F)으로 개발하였음

○ <그림 3-5-72>는 도로 안전성지수를 개발하기 위한 방법론임




<그림 3-5-72> 도로 안전성지수 개발 방법론

## 2. 현장조사 계획 및 DB구축

○ 도로위험도 조사를 위해 국도 4개 노선을 선정하고, 첨단점검차량을 이용하여 조사하였음. 조사대상 국도는 왕복 2차선 2개 노선, 왕복 4차선 2개 노선으로 총 230여km(왕복 460km)를 조사하였음

○ 현장조사 개요는 <표 3-5-54>와 같음

<표 3-5-54> 안전성평가 자료수집 대상구간 개요

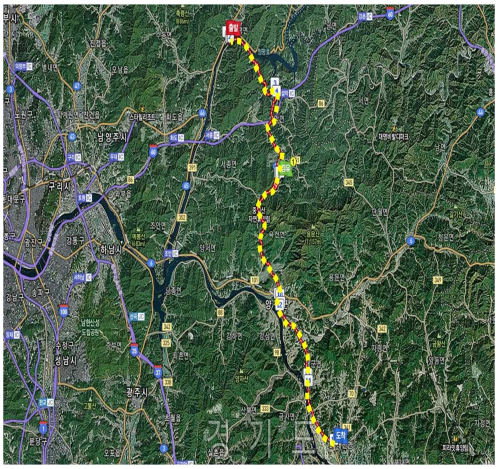
| 조사 개요 | 내 용 |
|---|---|
| 조사 일시 | - 12. 5. 16(수)~18(금) |
| 대상 노선 | - 일반국도 4개 노선 |
| 자료 취득 | - 개발중인 첨단점검차량(ARASEO)을 활용하여 각종 데이터 및 사진자료 취득<br>- 자동화 및 반자동화 44개 위험요소에 대한 조사 실시 |

<표 3-5-55> 조사 대상 4개 노선

| 국도명 | 조사구간 | 차로수 (왕복) | 왕복연장 (km) | 비고 |
|---|---|---|---|---|
| 제 37호선 | 신청평대교~보동교차로 | 2 | 116.4 | 경기도 |
| 제 31호선 | 속사삼거리~고석평교삼거리 | 2 | 106.0 | 강원도 |
| 제 38호선 | 터미널교차로~하영교차로 | 4 | 128.0 | 경기도<br>충북 |
| 제 44호선 | 양덕원교차로~새마을교차로 | 4 | 110.4 | 강원도 |
| 합 계 | | | 460.8 | |



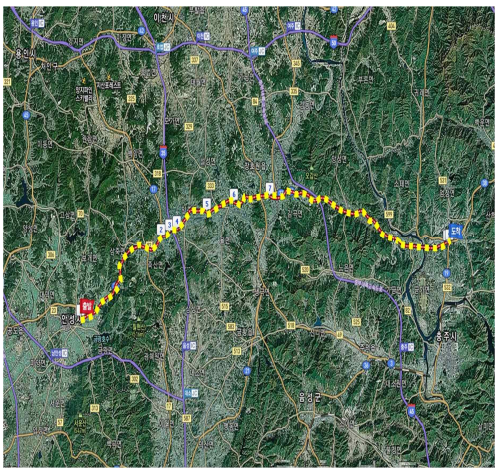

<그림 3-5-73> 조사 대상 일반국도 4개노선 위치도



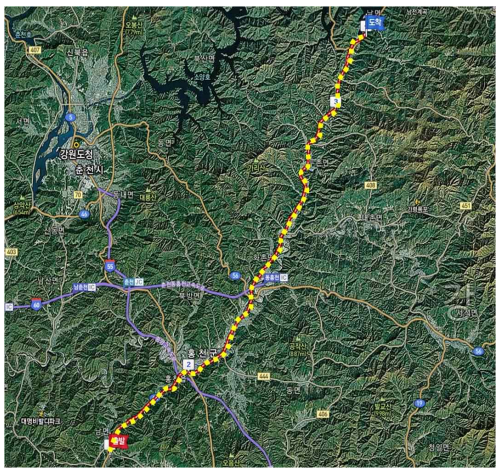
<그림 3-5-74> 제37호선
세부위치도
(신청평대교~보동교차로)



<그림 3-5-75> 제31호선
세부위치도
(속사삼거리~고석평교앞삼거리)



<그림 3-5-76> 제38호선
세부위치도
(터미널교차로~하영교차로)



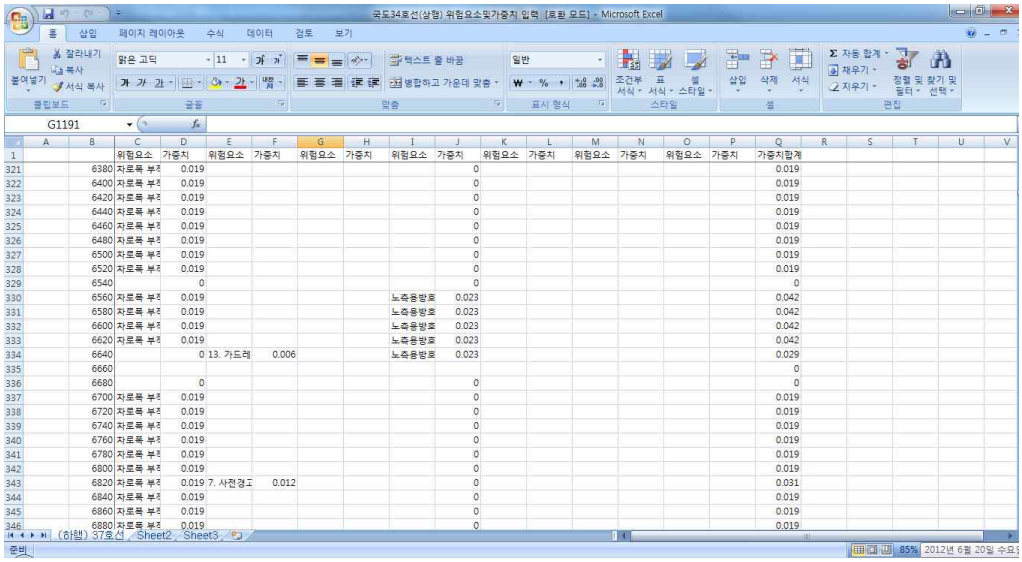
<그림 3-5-77> 제44호선
세부위치도
(양덕원교차로~새마을교차로)



<그림 3-5-78> 국도 현장 조사

○ 첨단점검차량(ARASEO) 조사DB와 국도CAD도면, 현장촬영 동영상을 분석 자료로 활용하여 위험도분석을 실시하였음. 위험도분석의 기본단위는 20m 설정하였으며 이는 첨단점검차량(ARASEO)과 안전성분석프로그램의 기본단위와 통합화하기 위한 분석 구간 설정임

○ 구간별 위험(도로선형 및 시설) 조사 결과는 엑셀DB로 최종 구축하여 위험도분석의 기초 자료로 활용하였음



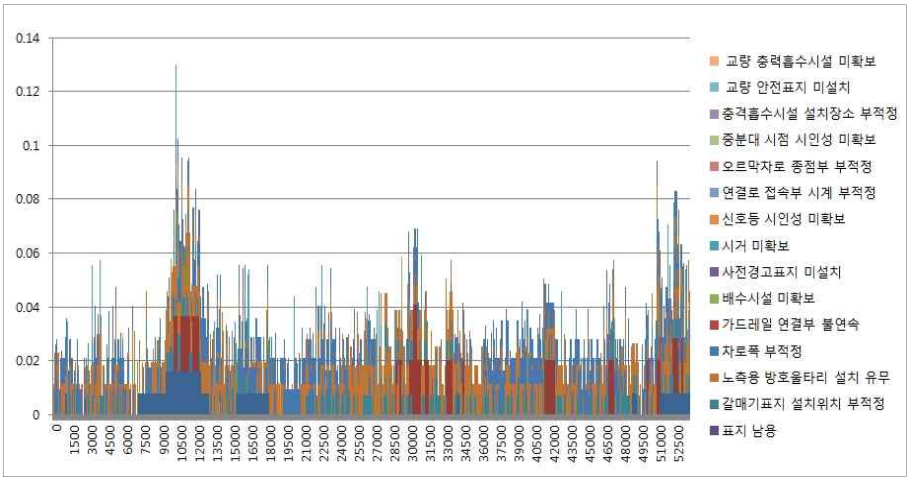
<그림 3-5-79> 위험도(안전성 평가) DB 구축

## 3. 안전성평가 방법론 구축

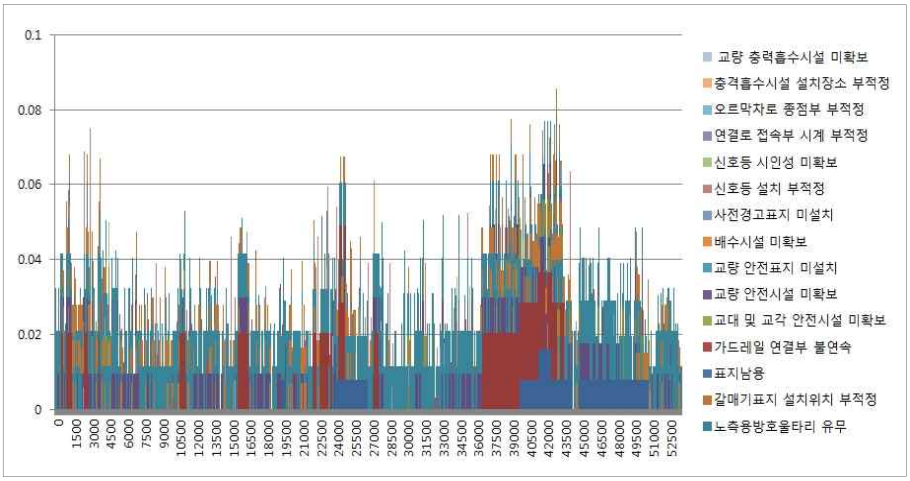
○ 안전성평가는 Positive Guidance 기법을 활용하여 그래프로 표출되어 위험도로구간에 대한 가시적인 위험판단 및 도로개선 우선순위 산출시 도움을 줄 수 있음

○ 안전성평가 대상으로 도로기하구조와 안전시설을 현장조사하여 DB를 구축하고 이에 대한 분석을 시행하였으며, 속도측면의 안전성 평가는 제외하였음

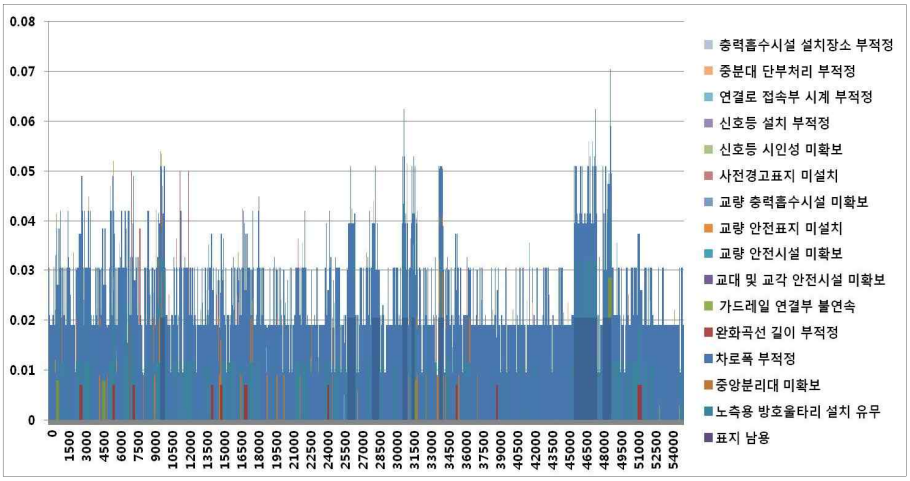
○ 기존 Positive Guidance 기법에서는 Hazard Profile의 위험도 분포를 살펴보고 위험구간을 선정하였으며 Hazard Profile의 동일한 높이 적용을 통한 단순위험물의 집중분포 위주로 위험구간을 선정할 수 있어 한계점으로 지적되고 있음



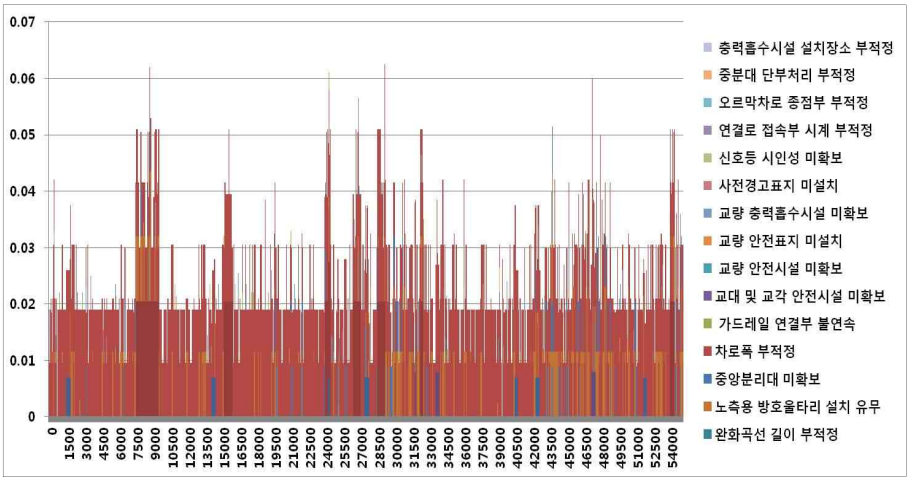

<그림 3-5-80> 2차로 상행 Hazard Proflie 작성




<그림 3-5-81> 2차로 하행 Hazard Proflie 작성




<그림 3-5-82> 4차로 상행 Hazard Proflie 작성




<그림 3-5-83> 4차로 하행 Hazard Proflie 작성

○ 본 연구에서는 이러한 한계점을 극복하고 새로운 안전성 평가기준을 개발였으며, 새로운 평가기준은 일반국도 현장조사를 통해 취득한 위험요소를 DB화하여 평균위험도(20m 구간당 위험도)를 분석하고, 위험도를 6등급(A~F)으로 개발하였음

○ 산출된 위험도 분석 결과값을 이용하여 실제 도로 안전성 평가에 활용하기 위해서는 객관적인 평가기준을 마련하여야 한다. 이에 본 연구에서는 단위 구간당 위험도 분석값을 이용하여 안전성 평가기준 설정을 제시하였음

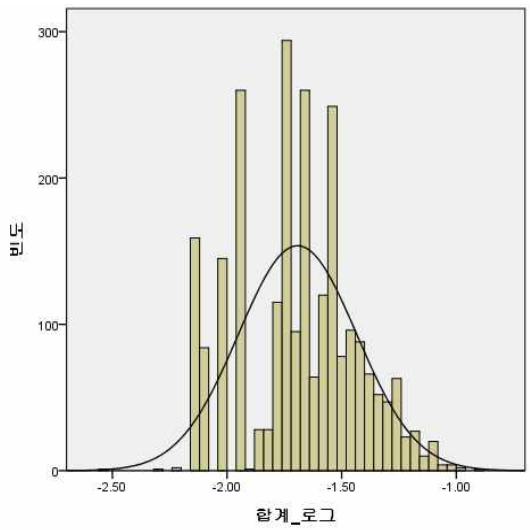
○ 위험도 분석결과값은 위험요소 항목별 가중치 적용값으로 산출하였으며 정규성 검정 및 안전성 평가기준 분석은 통계분석 S/W인 SPSS 19와 Minitab 16 프로그램을 활용하였음

○ 상하행별 위험요소 항목 가중치 합계 데이터의 정규성 검정을 위하여 Kolmogorov-Smirnov 검정을 이용하였으며 이 검정은 표본 데이터의 경험적 누적분포함수와 데이터가 정규일 경우 예상되는 분포를 비교함

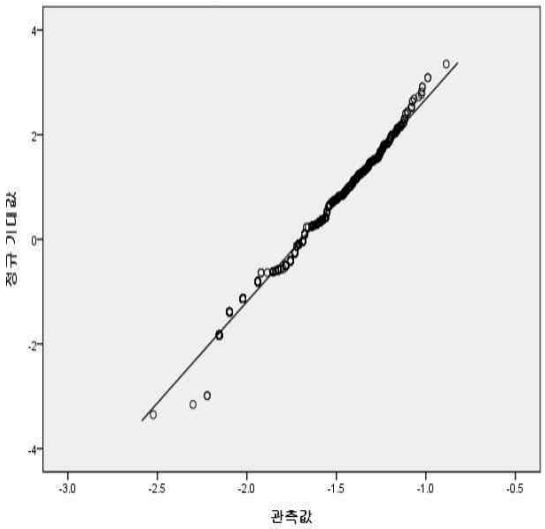
○ 관측된 차이가 충분히 큰 경우 모집단이 정규 분포를 따른다는 귀무가설을 기각하며 비정규분포인 자료는 로그함수를 이용하여 정규화 검정을 함

<표 3-5-56> 안전성 평가기준 산술평균

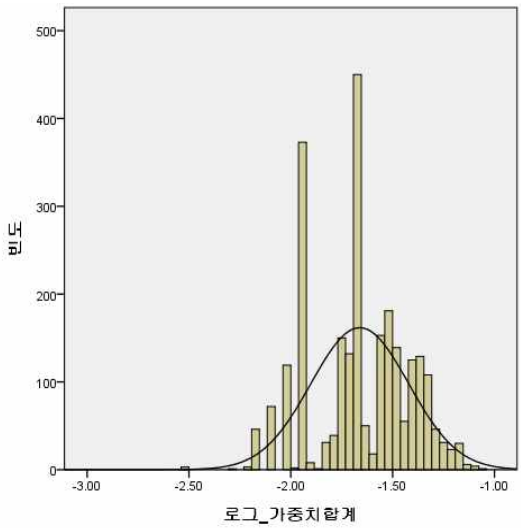
| 구분 | | 빈도수 | 평균값 | 표준편차 | 최소값 | 최대값 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 2차로 | 상행 | 2,682 | 0.023 | 0.008 | 0 | 0.130 |
| | 하행 | 2,684 | 0.024 | 0.011 | 0 | 0.086 |
| 4차로 | 상행 | 2,760 | 0.023 | 0.010 | 0 | 0.063 |
| | 하행 | 2,760 | 0.022 | 0.009 | 0 | 0.063 |



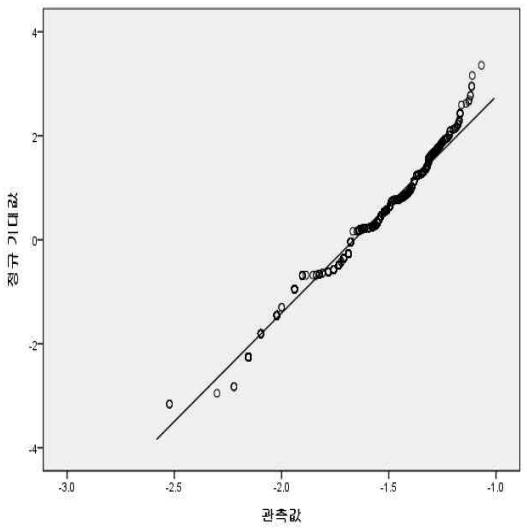

<그림 3-5-84> 일반국도 2차로 상행구간 히스토그램



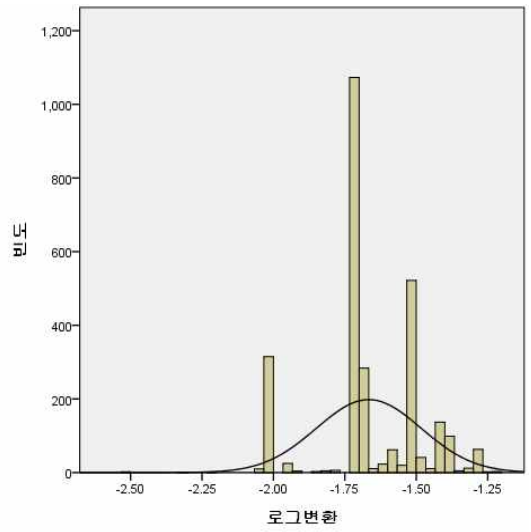

<그림 3-5-85> 일반국도 2차로 상행구간 정규성 분포도



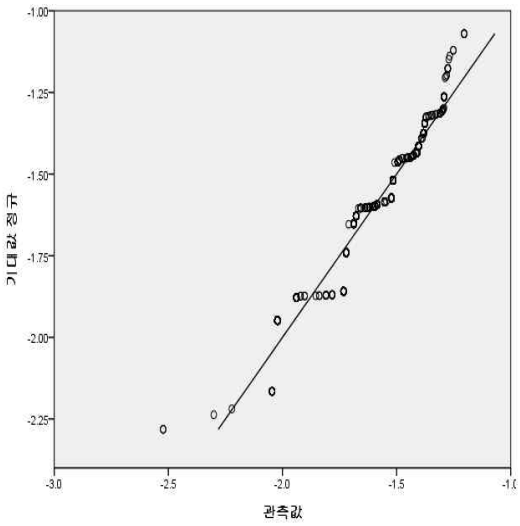

<그림 3-5-86> 일반국도 2차로 하행구간 히스토그램



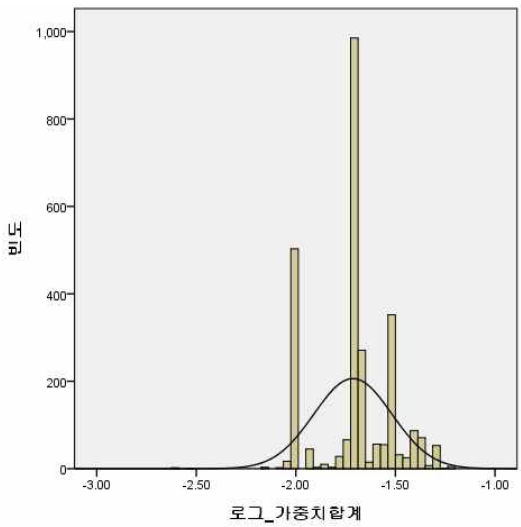

<그림 3-5-87> 일반국도 2차로 하행구간 정규성 분포도



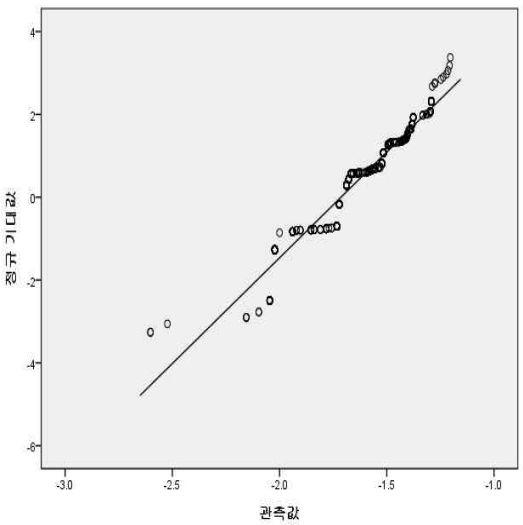

<그림 3-5-88> 일반국도 4차로
상행구간 히스토그램




<그림 3-5-89> 일반국도 4차로
상행구간 정규성 분포도




<그림 3-5-90> 일반국도 4차로
하행구간 히스토그램

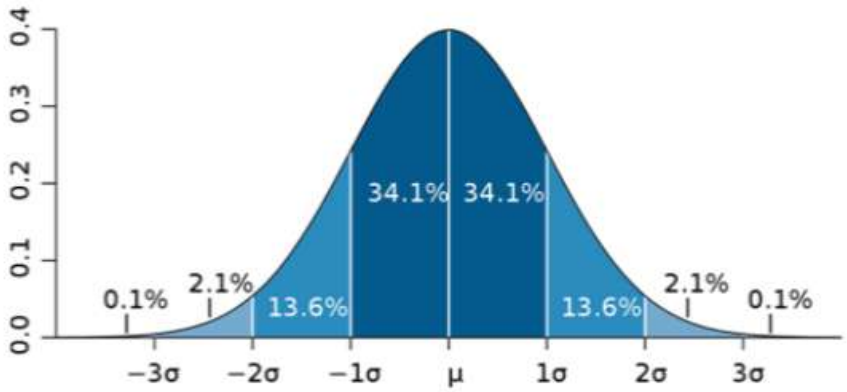



<그림 3-5-91> 일반국도 4차로
하행구간 정규성 분포도

○ 평가기준 설정을 위해 산출된 위험도 분석값을 이용하여 2차로 상행/하행에 대한 산술평균 분석결과를 제시했으며, 최대값과 최소값의 차이를 각각 3등분하는 값을 구하여 평가기준을 설정하고 A~F의 6개 등급으로 나누었음

○ <그림 3-5-92>는 가장 일반적으로 일어나기 쉬운 확률을 가지는 부분이 평균±표준편차 부분임. 이 부분을 F(가장 위험구간), E(위험구간), D(보통구간), C(보통이상 구간), B(안전구간), A(가장 안전구간)로 나누었음

○ <표 3-5-50>는 일반국도 안전성 평가를 위한 평가기준을 나타내었다. 안전성 평가기준으로 2δ, -δ, +δ, +2δ를 적용하여 A~F의 여섯 등급의 평가기준을 산정하였으며, 시각적으로 표출하기 위하여 평가구분에 따라 녹색, 연두색, 회색, 노랑색, 주황색, 빨강색을 적용하였음



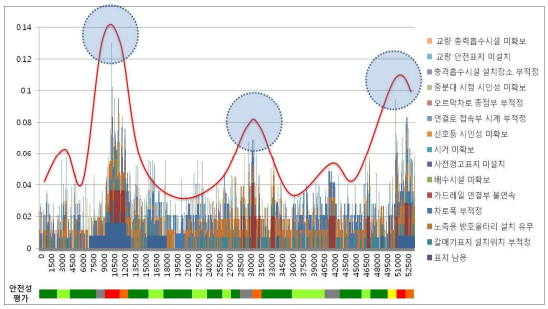

<그림 3-5-92> 안전성 평가기준 (예시)

<표 3-5-57> 일반국도 2차로구간 안전성 평가기준

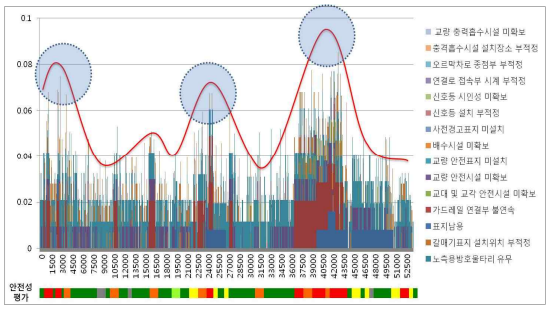
| 기준 | 색 | 상행 | 하행 |
|---|---|---|---|
| A | 녹 | 가중치값≤0.007 | 가중치값≤0.002 |
| B | 연 | 0.007<가중치값≤0.015 | 0.002<가중치값≤0.013 |
| C | 회 | 0.015<가중치값≤0.023 | 0.013<가중치값≤0.024 |
| D | 노 | 0.023<가중치값≤0.031 | 0.024<가중치값≤0.035 |
| E | 주 | 0.031<가중치값≤0.039 | 0.035<가중치값≤0.046 |
| F | 빨 | 0.039<가중치값 | 0.046<가중치값 |

<표 3-5-58> 일반국도 4차로구간 안전성 평가기준

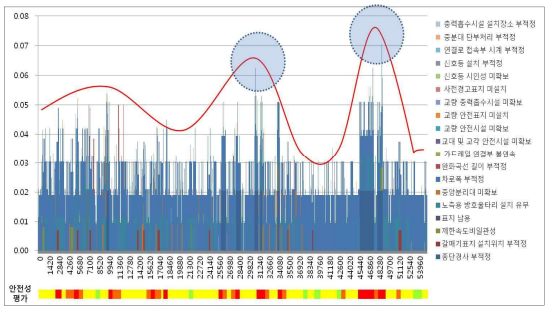
| 기준 | 색 | 상행 | 하행 |
|---|---|---|---|
| A | 녹 | 가중치값≤0.003 | 가중치값≤0.004 |
| B | 연 | 0.003<가중치값≤0.013 | 0.004<가중치값≤0.013 |
| C | 회 | 0.013<가중치값≤0.023 | 0.013<가중치값≤0.022 |
| D | 노 | 0.023<가중치값≤0.033 | 0.022<가중치값≤0.031 |
| E | 주 | 0.033<가중치값≤0.043 | 0.031<가중치값≤0.040 |
| F | 빨 | 0.043<가중치값 | 0.040<가중치값 |



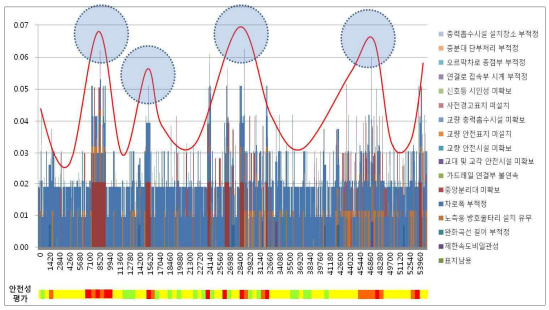
<그림 3-5-93> 2차로 상행 안전성 평가기준 작성



<그림 3-5-94> 2차로 상행 안전성 평가기준 작성



<그림 3-5-95> 4차로 상행 안전성 평가기준 작성



<그림 3-5-96> 4차로 하행 안전성 평가기준 작성

○ 일반국도 2차로 상행/하행 분석구간에 대하여 연장을 고려하여 도로안전성 평가를 적용한 결과 <그림 3-5-93>, <그림 3-5-94>은 일반국도 2차로(왕복), <그림 3-5-95>, <그림 3-5-96>는 일반국도 4차로(왕복) 대상구간에 대한 위험요소 항목 가중치 분석 결과값에 따라 안전성 평가를 등급으로 나타낸 것임

○ 대상구간인 일반국도 2차로, 4차로 도로안전성 평가결과는 다음과 같음

- 2차로 상행 안전성 평가

  • 위험구간(E~F등급) : 9.4~13.0㎞, 15.6~16.5㎞, 26.2~27.0㎞, 28.8~30.8㎞, 30.9~31.6㎞, 33.1~34.6㎞, 40.9~42.3㎞, 46.4~ 47.3㎞, 50.8~53.6㎞

  • 안전구간(A~B등급) : 0~0.9㎞, 1.4~3.2㎞, 4.0~8.4㎞, 13.1~13.7㎞, 14.8~15.3㎞, 18.9~20.2㎞, 31.6~33.0㎞, 34.6~36.1㎞, 44.4~46.4㎞

- 2차로 하행 안전성 평가

  • 위험구간(E~F등급) : 0.5~1.4㎞, 2.5~2.9㎞, 10.6~11.1㎞, 13.1~14.0㎞, 15.6~16.6㎞, 22.1~24.8㎞, 27.2~28.1㎞, 26.4~43.6㎞, 44.9~46.2㎞

  • 안전구간(A~B등급) : 3.5~4.8㎞, 5.4~6.3㎞, 6.7~8.1㎞, 8.5~10.4㎞, 14.0~15.6㎞, 16.6~17.9㎞, 18.2~19.0㎞, 28.1~30.7㎞, 31.5~33.9㎞, 44.3~44.8㎞, 50.8~51.6㎞,

- 4차로 상행 안전성 평가

  • 위험구간(E~F등급) : 2.3~3.6㎞, 5.3~7.9㎞, 8.4~10.1㎞, 11.3~12.5㎞, 13.3~15.2㎞, 15.9~18.3㎞, 26.0~26.6㎞, 27.6~28.7㎞, 30.7~32.0㎞, 33.9~34.3㎞, 45.6~47.6㎞, 48.1~48.9㎞

  • 안전구간(A~B등급) : 0~0.4㎞, 10.2~11.0㎞,19.5~21.2㎞, 22.4~23.8㎞, 26.6~27.5㎞, 28.7~30.0㎞, 33.5~33.8㎞, 40.4~42.2㎞, 53.7~55.2㎞

- 4차로 하행 안전성 평가

  • 위험구간(E~F등급) : 7.5~9.5㎞, 15.1~15.9㎞, 24.0~24.5㎞, 26.4~27.1㎞, 28.6~29.3㎞, 46.6~48.4㎞, 54.0~55.2㎞

  • 안전구간(A~B등급) : 0~1.2㎞, 2.3~7.5㎞, 9.6~14.1㎞, 20.0~23.9㎞, 34.6~40.4㎞, 49.0~53.6㎞

○ 이는 첨단차량에서 자동화 및 반자동화 기능으로 수집된 데이터를 안전성분석 프로그램을 통해 위험요소 항목의 분석기준과 상이한 결과를 나타난 위험요소 항목은 다음과 같음

- 자동화 위험요소 항목 : 종단경사 부적정, 갈매기표지 설치위치 부적정, 차로폭 부적정, 노측용 방호울타리 유무 등

- 반자동화(이벤트) 위험요소 항목 : 교량 안전시설 미확보, 교량 안전표지 미설치, 배수시설 미확보, 사전경고표지 미설치, 신호등 시인성 미확보, 연결로 접속부 시계 부적정 등

# 제5-6절 사고DB연계방법 마련

## 1. 사고DB 특성 검토

### 가. 교통안전 분석시스템 검토

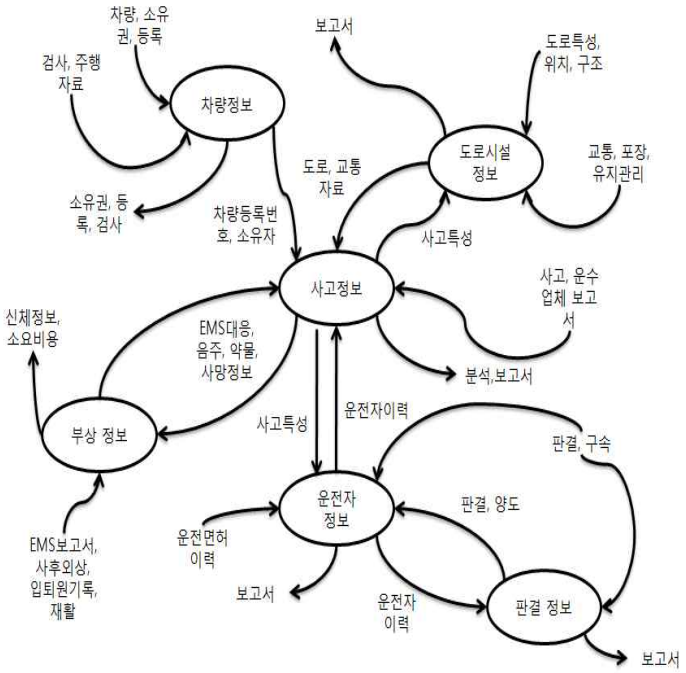
○ 교통사고 원인분석에서는 사고발생 당시 현장에서 수집되는 자료 이외에도 다양한 교통안전관련 정보가 함께 연계 분석되어야 종합적인 원인 파악이 가능함

○ 미국에서도 안전에 대한 관심이 증가됨에 따라 교통사고자료를 독자적으로 분석하는 것이 아니라 다른 관련자료와 연계 분석하는 통합분석시스템을 구축하고 있음

○ 대표적으로 도로안전설계모형(IHSDM; Interactive Highway Safety Design Model)내에 있는 Safety Analyst와 도로안전편람(HSM; Highway Safety Manual)에서 사고자료와 교통량, 도로시설정보를 연계 분석하는 것을 들 수 있음

○ 또한, 도로안전정보체계(HSIS; Highway Safety Information System)에서도 <그림 3-5-97>과 같이 사고정보에 도로시설정보, 차량정보, 운전자정보, 의료정보, 법원정보 등까지 망라하는 다양한 정보를 연계하여 사고원인을 분석해야 함을 제시함

○ 우리나라도 체계적이고 종합적인 교통사고원인 분석을 위해 교통안전법 제52조 및 교통안전법시행령 제40조, 41조에 근거 교통안전 관련 정보를 취합하여 연계하는 교통안전정보관리시스템(TMACS; Traffic safety information Management Complex System)을 교통안전공단에서 구축중에 있음(교통안전공단, http://tmacs.ts2020.kr/)




<그림 3-5-97> 도로안전정보체계(HSIS)의 자료 연계 개념도

## 나. 국내·외 교통사고자료 관리현황

○ 우리나라의 교통사고 통계는 경찰청, 손해보험사, 운수업체들의 공제조합 등의 기관에 의해 자료 수집 및 관리가 자료수집기관별로 수집체계와 방법이 상이함

○ 경찰 사고자료는 도로교통법 시행규칙 별지 제11호 '교통사고보고서' 서식에 의해 현장에서 조사된 후 교통사고관리시스템(TAMS; Traffic Accident Management System)에 작성·저장됨

○ 보험자료는 주로 사고당사자간의 진술에 의해 자료를 수집하고, 보상업무, 보험요율 산출 등을 위해 작성되며 공제조합의 자료는 운수업체에 의해 작성되어 조합에 보고된 사고 자료를 토대로 수집됨

○ 각기 관리되어 논란이 되고 있는 교통사고 DB를 통합 관리하기 위해 경찰청에서는 교통사고분석시스템(TAAS; Traffic Accident Analysis System)을 구축해 통합DB를 제공하고 있음(교통안전공단, http://taas.koroad.or.kr/)

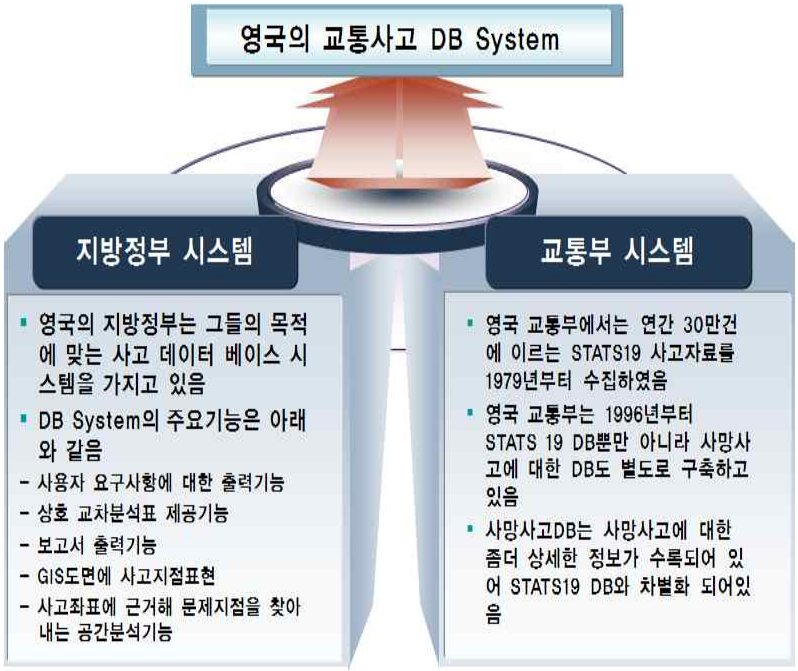
○ 그러나 통합DB의 각 수집주체별로 수집목적과 항목이 상이하여 실제로 국가 교통안전정책에 활용하기에는 한계가 있는 것으로 판단되어 경찰 DB도 별도로 제공하고 있음

○ 미국 통계분석센터(NCSA; National Center for Statistics and Analysis)는 국가도로교통안전청(NHTSA; National Highway Traffic Safety Administration) 등 도로안전에 대한 의사결정 그룹을 지원하기 위해 통계자료와 분석결과를 제공하는 기관임

○ NCSA에서 제공하는 교통사고 DB는 국가자동차표본시스템(NASS; National Automotive Sampling System), 사망사고분석시스템(FARS; Fatality Ananysis Reporting System), 국가 운전자 관리시스템(PDPS; National Driver Register Problem Driver Pointer System), 특별사고조사(SCI; Special Crash Investigations)와 주사고시스템연계(State Data Systems)가 있음

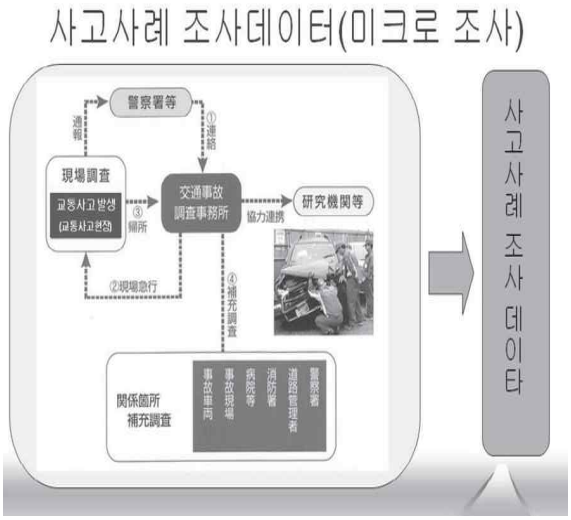
○ 영국에서는 사람의 상해와 관련된 모든 사고를 수집·정리하는데 STATS19(북아일랜드의 경우 T1)라는 양식이 통상적으로 사용되고 있으며 이 양식은 자료를 입력하는 경찰의 업무 부담을 최소화하고 그 내용을 현실에 맞게 갱신하기 위해 매 5년 마다 다양한 분야의 전문가 그룹에 의해 검토됨

○ STATS20을 만들어 STATS19 양식의 작성방법 설명하고 있으며, STATS21을 통해 중앙정부 교통부 (DfT, Department for Transport)에서는 사고 자료의 오류를 판독하여 데이터 유효성을 확보하고 있음. STATS19에 의해 수집한 경찰청 사고 자료는 지방정부 도로관리청 혹은 중앙정부(교통부)로 보내져 도로교통사고 DB로 구축되어 짐




<그림 3-5-98> 영국의 교통사고 DB System(이수범, 2009)

○ 일본의 교통사고종합분석센터(ITARDA; Institute for Traffic Accident Research and Data Analysis)는 경찰청, 건설성, 운수성, 일본자동차공업협회, 보험연합회 등이 공동으로 설립하였음. 주요사업은 교통사고 원인의 과학적인 규명을 위한 교통사고조사, 교통사고와 인간, 도로, 차량에 관한 종합적인 분석과 성과를 제시하고, 교통사고에 관한 지식 전파 및 교통안전에 관한 캠페인 등이 있음(和田敏一, 2009)




<그림 3-5-99> 일본의 교통사고 조사 System(和田敏一, 2009)

다. 종합안전성분석프로그램(한국인프라)과 사고DB의 연계 필요성

○ 국내외 사례에서 살펴보았듯, 대부분의 사고DB시스템에는 경찰사고조사 내용을 중심으로 기록되어 있음. 즉, 본 과제의 교통환경 및 운전자 특성 등의 종합안전성분석이 이루어지기 위해서는 새로운 형태의 안전성분석 시스템이 필요함

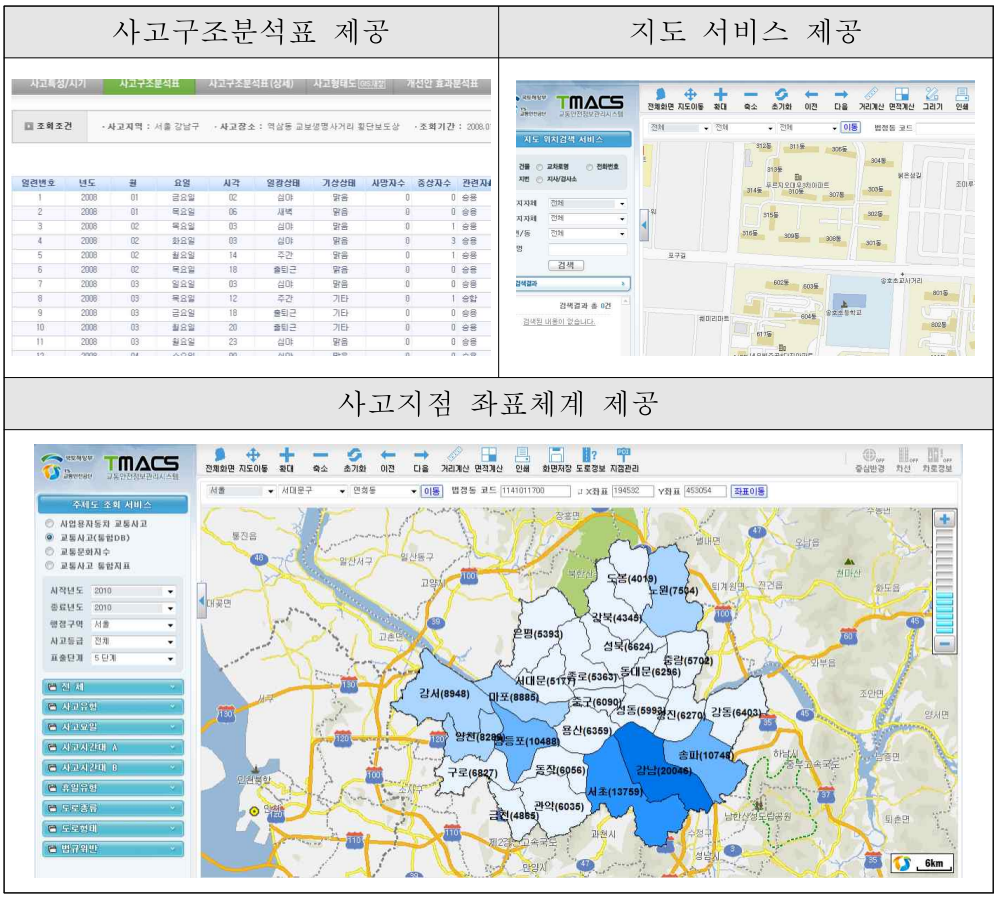
○ 따라서 본 연구에서는 종합안전성분석프로그램의 작성개요 및 내용을 중심으로 살펴보고자 함. 여기에서는 두 가지 시스템의 융합을 통해 종합안전성분석프로그램을 도출하는 것을 원칙으로 함

-사고DB연계 : 교통안전공단의 TMACS 활용

-안전성분석프로그램 : 한국인프라 개발 프로그램

○ 각 프로그램의 융합방향 및 최종 활용방안은 다음 <그림 3-5-100>과 같음

○ 교통사고 D/B관리 및 제공 프로그램으로 교통안전공단의 TMACS 프로램의 전반적인 내용을 살펴봄




<그림 3-5-100> TMACS 프로그램

○ TMACS(Traffic Safety Information Management Complex System; 교통안전정보관리시스템)의 목적은 교통시설, 교통수단 및 교통체계의 안전과 관련된 제반정보와 교통사고 관련 자료 등을 통합적으로 유지·관리함

○ 교통사고 원인분석 정보 및 맞춤형 교통안전 콘텐츠를 개발하여 공유함

○ TMACS의 주요 콘텐츠로는 교통사고 현황·특성정보, 지역별 교통안전정보, 교통사고 취약지점정보, 운수업체 교통안전정보 등이 포함되어 있음

○ 이러한 콘텐츠의 기반 데이터로는 공신력이 확보된 자료를 활용하고 있음

<표 3-5-59> TMACS 기반 데이터

| 데이터 | 내 용 |
|---|---|
| 교통사고 통합자료 | 도로교통공단 통합DB(경찰청, 손해보험협회, 공제조합) |
| 교통사고 원인분석정보 | 지역교통안전계획 수립 및 교통안전 원인조사 보고서 |
| 교통안전관리규정정보 | 교통안전관리규정 관리시스템 |
| 전자지도 등 교통시설정보 | 전자지도 및 서울시 |
| 대중교통현황조사 정보 | 조사보고서 |

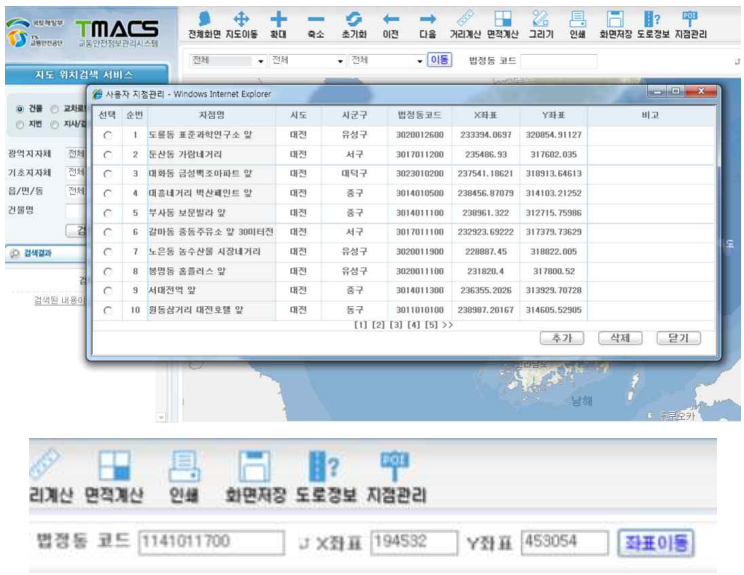
○ TMACS의 기반 데이터를 이용하여 교통사고 취약지점 정보, 누적지점, 지역별 교통안전 정보 등을 구축하였음

○ TMACS에서 교통사고 취약지점은 교통사고원조사대상, 사고다발지점, 대형/중대사고다발지점, 사업용자동차다발지점, 도로별 사고누적지점, 개별사고발생지점, WebGIS서비스를 제공하고 있음

○ 사고누적지점은 과거 3년간(′08~′10, 기준년도 포함) 일정 반경 내에서 교통사고 누적발생건수가 많은 상위 30개 지점 정보(전체사고, 중상이상사고, 어린이, 보행자, 고령자 등 주요 관심주제별)를 제공하고 있음

○ GIS(지리정보시스템)을 이용하여 전자지도 상에서 교통사고 누적지점이나 구간등을 검색하거나, 교통사고 발생지점 등을 사용자가 원하는 조건에 따라 검색하고 검색결과를 엑셀로 다운을 받을 수 있음

○ 사고누적지점의 X, Y좌표는 GRS80(세계측지계)를 사용하고 있으며, 다음 그림은 사고누적지점에 대한 좌표정보를 나타낸 것임




<그림 3-5-101> 사고발생 지점 좌표정보 제공

○ GIS사고 분석시스템에서 사고누적지점에 대한 엑셀파일을 실행한 결과의 속성은 사고번호, 사고일자, 사고시간, 요일, 시도, 시군구, 사고 장소, 사고 상황, 사고 유형, 법규 위반, 사고 좌표 X, Y좌표, 기상상태, 도로종류, 도로 형태, 성별, 연령, 차량종별, 차량용도 등이 있음

○ 다음의 그림은 사고자료 상세정보를 나타낸 것임



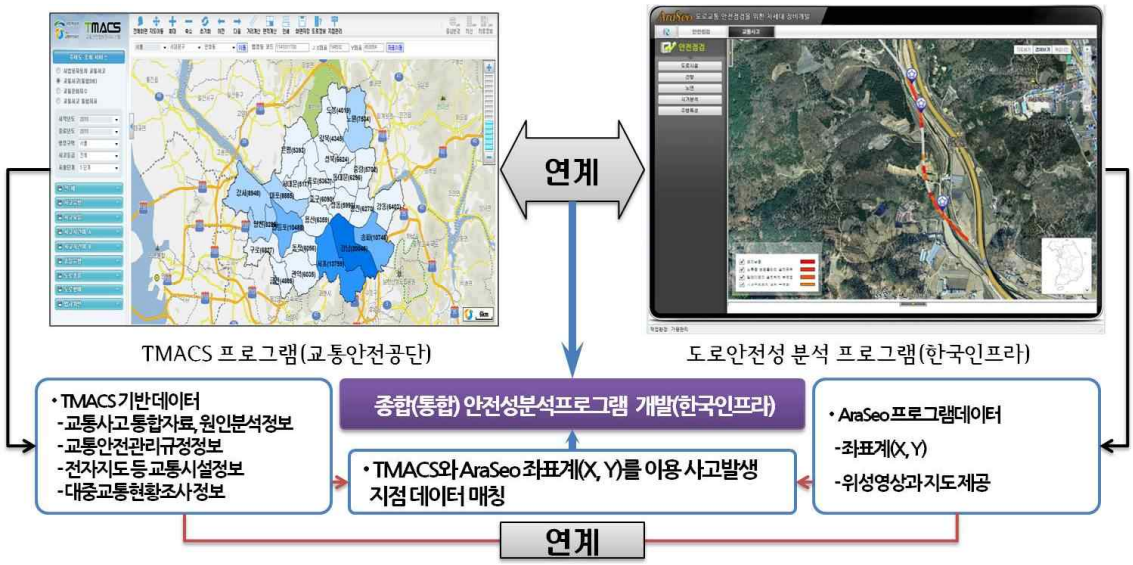
| 사고등급 | 사고등급코드 | 사망자수 | 중상자수 | 경상자수 | 부상자수 | 피해물수 | 피해금액 | 대형 | 음주 | 도주 | 무면허 | 면허경력 | 면허종별 | 보행자 | 보행자(가) | 보행자(피) | 노인어린 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 사망사고 | 01 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 아니오 | 아니오 | 아니오 | 데이터없음 | 15년미만 | 원동기장치자 | | | | |
| 중상사고 | 02 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 아니오 | 아니오 | 아니오 | 데이터없음 | 5년미만 | 보통면허 | | | | |
| 중상사고 | 02 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 아니오 | 아니오 | 아니오 | 데이터없음 | 15년이상 | 보통면허 | | | | |
| 중상사고 | 02 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 아니오 | 예 | 데이터없음 | 데이터없음 | 2년미만 | 보통면허 | | | | |
| 중상사고 | 02 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 아니오 | 아니오 | 데이터없음 | 데이터없음 | 10년미만 | 보통면허 | | | | |
| 중상사고 | 02 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 아니오 | 아니오 | 데이터없음 | 데이터없음 | 2년미만 | 보통면허 | | | | |
| 중상사고 | 02 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 아니오 | 아니오 | 데이터없음 | 데이터없음 | 데이터없음 | 데이터오류 | | | | |
| 중상사고 | 02 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 아니오 | 아니오 | 아니오 | 데이터없음 | 15년미만 | 보통면허 | | | | |

| 기관코드 | 사고번호 | 사고일자 | 사고시간 | 요일 | 시도 | 시군구 | 지자체코드 | 법정동코드 | 사고장소 | 사고상황 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 00 | 20070212001002222 | 20070212 | 14시 | 월요일 | 서울 | 중구 | 11140 | 1114014400 | 국립극장앞 | 2007. 02. 12. 14:30경 서울 중구 장충동2가 14-67번지 국립극 |
| 00 | 20070529001001172 | 20070529 | 10시 | 화요일 | 서울 | 중구 | 11140 | 1114014400 | 앞 도로 남산2호터널주변 | #1차량은 2007. 05. 29. 10:30경 서울 중구 장충2가 산6-1. 남 |
| 00 | 20071113001002232 | 20071113 | 13시 | 화요일 | 서울 | 중구 | 11140 | 1114014400 | 앞 도로상 동국대학교 정문 교차로 | #1차량은 2007. 11. 13. 13:145경 서울 중구 장충동2가 산6-1 |
| 00 | 20080722001001046 | 20080722 | 02시 | 화요일 | 서울 | 중구 | 11140 | 1114014400 | 자유총연맹앞 | 2008. 07. 22 02:09경 서울 중구 장충동2가 201-6번지 앞 도로 |
| 00 | 20080804001001484 | 20080804 | 20시 | 월요일 | 서울 | 중구 | 11140 | 1114014400 | 국립극장 앞 사거리 | 2008. 08. 04. 20.50경 #1차량은 편도3차로의 도로를 한남동방 |
| 00 | 20080814001001317 | 20080814 | 15시 | 목요일 | 서울 | 중구 | 11140 | 1114014400 | 서울클럽 | 2008. 08. 14 15:30경 서울 중구 장충동2가 서울클럽 앞 도로 |
| 00 | 20081110001002226 | 20081110 | 12시 | 월요일 | 서울 | 중구 | 11140 | 1114014400 | 서울클럽 앞 도로상 | 2008. 11. 10 12:30경 서울 중구 장충동2가 서울클럽 앞 도로 |
| 00 | 20090103001002242 | 20090103 | 13시 | 토요일 | 서울 | 중구 | 11140 | 1114014400 | 국립극장 앞 도로 | 2009. 1. 3. 13:02경 #1차량은 국립극장방면에서 한국자유총연 |

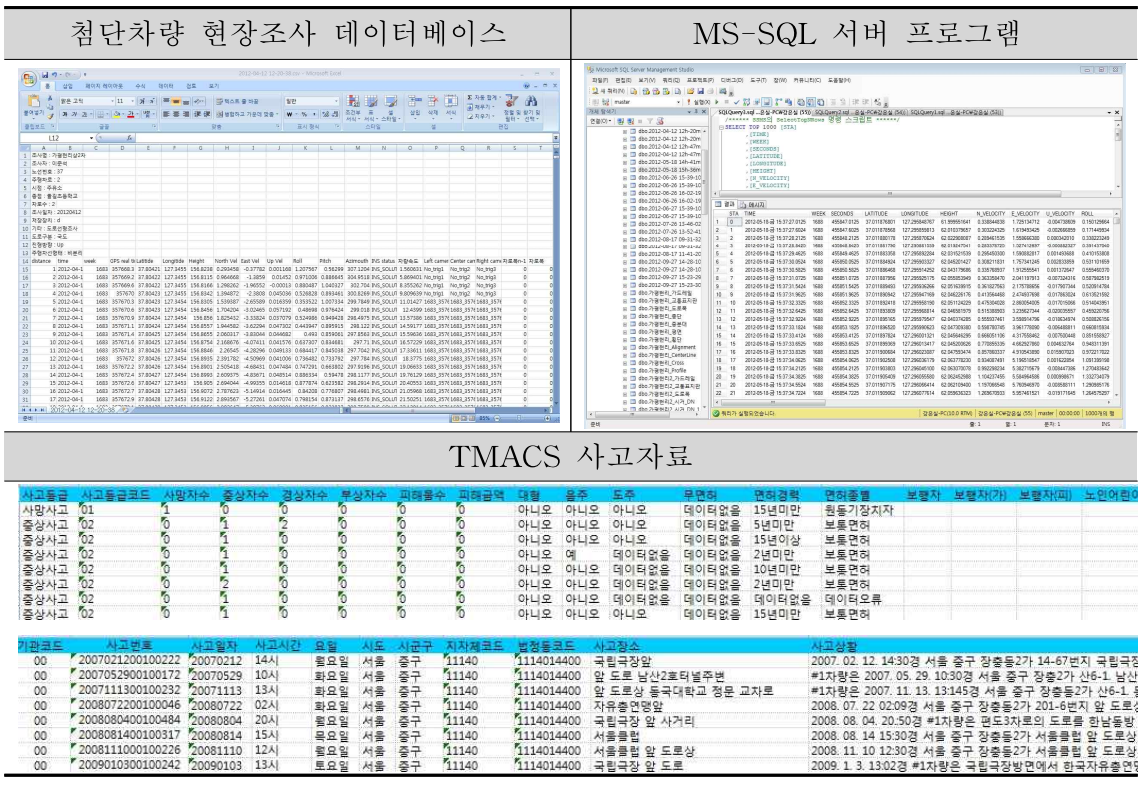
| 사고유형 | 사고유형코드 | 법규위반 | 법규위반코드 | 사고좌표X좌표 | 사고좌표Y좌표 | 경찰신고 | 기상상태 | 도로종류 | 도로형태 | 도로형태코드 | 성별 | 연령 | 차량종별 | 차량용 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 차대자:측면직각충돌 | 220 | 안전거리미확보 | 03 | 200064.5 | 450206.66 | 예 | 맑음 | 특별광역시도 | 교차로:교차로부근 | 220 | 남 | 86세 | 이륜 | 비사업 |
| 차대자:추돌(진행중) | 230 | 안전거리미확보 | 03 | 200258.01 | 450636.19 | 예 | 맑음 | 특별광역시도 | 단일로:기타(단일로) | 230 | 남 | 52세 | 승용 | 사업용 |
| 차대자:측면직각충돌 | 220 | 교차로운행방법위반 | 07 | 200240.34 | 450489.68 | 예 | 맑음 | 특별광역시도 | 교차로:교차로안 | 220 | 남 | 71세 | 승용 | 사업용 |
| 차대자:추돌(진행중) | 230 | 안전운전불이행 | 06 | 200378.17 | 450710.55 | 예 | 맑음 | 특별광역시도 | 단일로:기타(단일로) | 230 | 여 | 25세 | 승용 | 비사업 |
| 차대자:측면직각충돌 | 220 | 신호위반 | 02 | 200045.06 | 450202.22 | 예 | 맑음 | 특별광역시도 | 교차로:교차로안 | 220 | 남 | 27세 | 승용 | 비사업 |
| 차대자:추돌(진행중) | 230 | 안전거리미확보 | 03 | 200181.14 | 450323.2 | 예 | 맑음 | 특별광역시도 | 단일로:기타(단일로) | 230 | 남 | 31세 | 승용 | 비사업 |
| 차대자:측면직각충돌 | 220 | 신호위반 | 02 | 200247.41 | 450485.24 | 예 | 맑음 | 특별광역시도 | 교차로:교차로안 | 220 | 남 | 38세 | 자전거 | 기타 |
| 차대자:측면직각충돌 | 220 | 신호위반 | 02 | 200052.13 | 450194.45 | 예 | 맑음 | 특별광역시도 | 교차로:교차로안 | 220 | 여 | 33세 | 승용 | 비사업 |

<그림 3-5-102> TMACS 사고자료 정보현황

○ 교통안전공단 TMACS와 종합안전성 분석프로그램에서 사고자료 D/B의 연계는 사고자료에서 사고지점인 X, Y좌표(GRS80; 세계측지계)를 이용하여 연계해야함

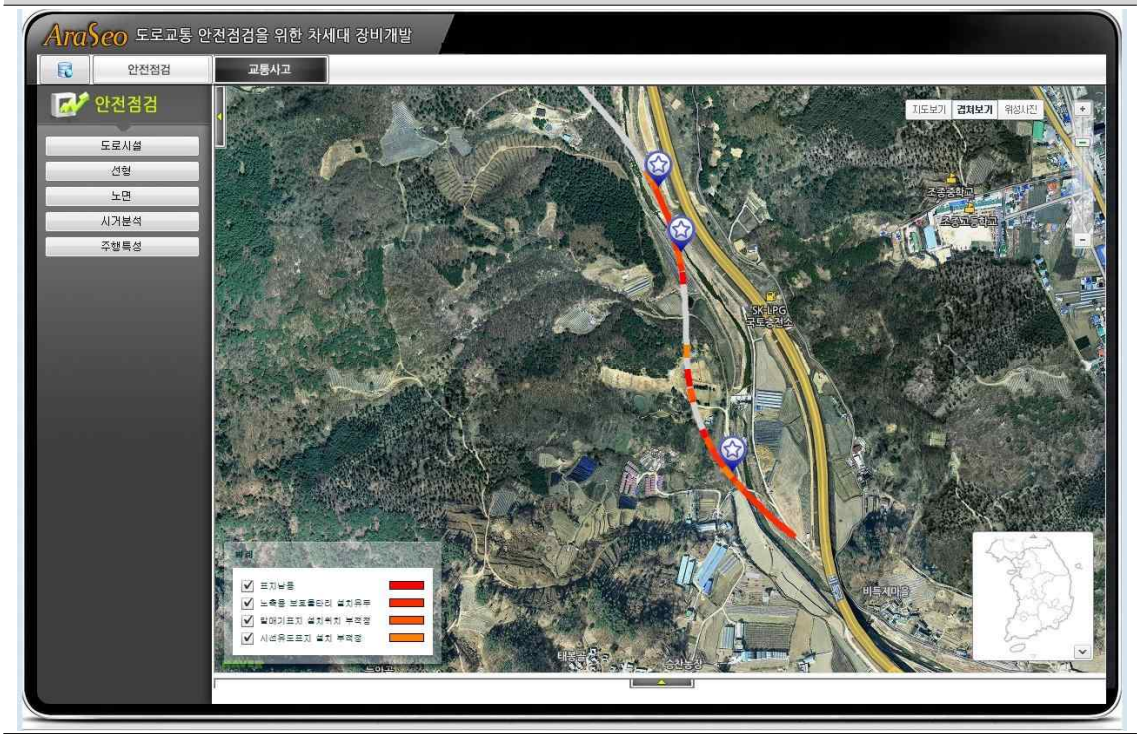



<그림 3-5-103> 교통사고 D/B 제공방안 마련




<그림 3-5-104> 종합안전성 분석 프로그램의 사고DB 연계 정보현황

종합안전성 분석 프로그램 현장조사 데이터베이스 연계



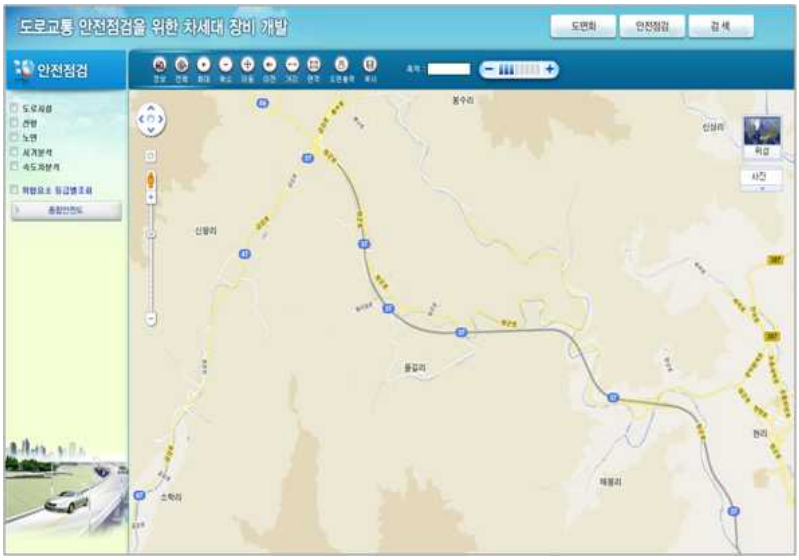

<그림 3-5-105> 종합안전성 분석 프로그램의 사고DB 연계

## 2. 위험요소 프로파일과 연계방법 작성

○ 본 연구에서 종합안전성 분석 프로그램(ARASEO S/W)의 화면 및 콘텐츠 구성에 대하여 위험요소 프로파일에 사고DB를 적용하였을 경우 종합적으로 나타나는 화면을 검토 하였음

○ 종합안전성 분석 프로그램 프로토타입은 위험도와 안전점검 분석 등을 표출하였음

- 공단 TMACS 사고DB를 안전성 분석 프로그램에 표출과 관련하여 지도상에 표현 및 위험도 프로파일 하단에 사고건수를 표현 등을 협의함




<그림 3-5-106> 종합안전성 분석 프로그램 프로토 타입



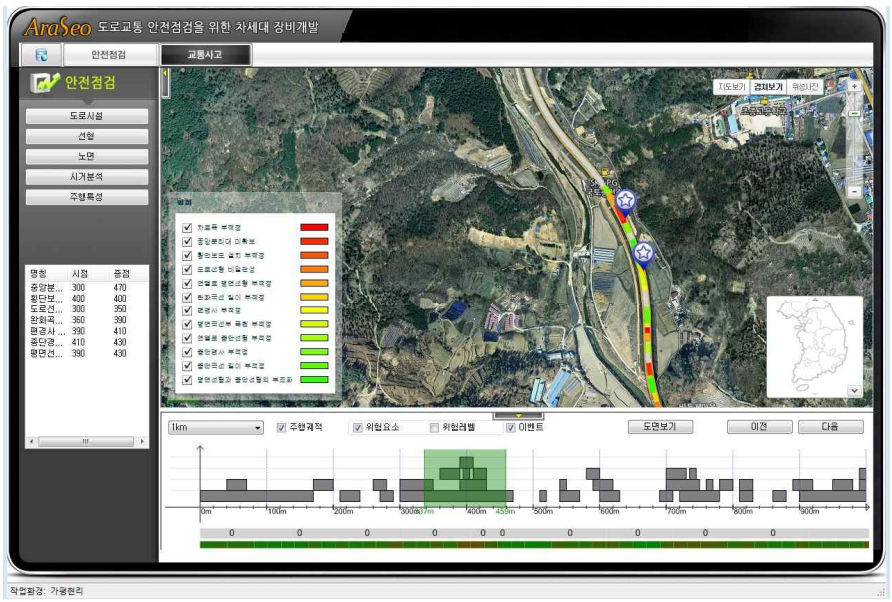
<그림 3-5-107> 위험도 프로토 타입



<그림 3-5-108> 안전점검 분석

○ 그 결과, 안전성 분석 프로그램의 Base Map은 구글 MAP에서 네이버 MAP으로 변경하였으며, 44개 위험요소 항목에 대한 알고리즘 프로그램을 구축하였음

○ AHP 산정결과에 따른 가중치 적용에 따라 안전성분석 프로그램의 Hazard Profile 표출방식을 변경함




<그림 3-5-109> 안전성 분석 프로그램 위험요소 항목 표출




<그림 3-5-110> ARASEO S/W 사고DB 연계방법 작성

○ 종합안전성 분석 프로그램(ARASEO S/W)에서 도로구간 및 지점을 선택할 때 교통사고 건수 및 형태를 표출함

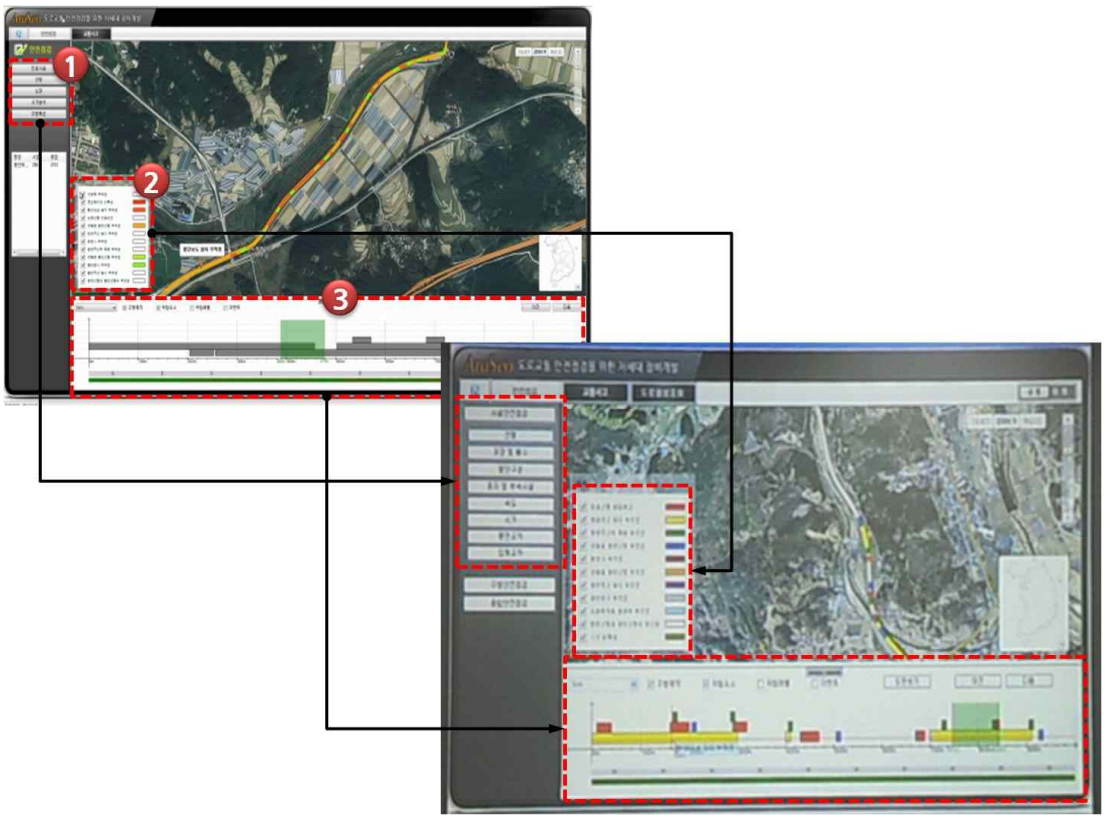
○ 종합안전성 분석 프로그램에서 위험요소의 가중치 적용을 통한 실질적인 위험구간을 표출하고 위험요소 가중치와 사고수를 통합하여 도로의 등급화(A~F)하여 표출함

○ 종합안전성 평가 개발관련하여 ARASEO S/W 표출시 개발프로그램 수정에 대해 ARASEO S/W 개발 기관에 요청하여 S/W 표출을 확인한 최종결과는 다음과 같음

① (안전점검 세부메뉴 선택 개발) 안전성분석 S/W의 안전점검 세부메뉴를 대분류에 의한 위험요소 항목으로 세부메뉴(선형, 포장 및 배수, 횡단구성, 표지 및 부속시설, 속도, 시거, 평면교차, 입체교차)를 수정함

② (위험요소 항목 범례 Color 개발) 지도상 도로선형에 표출되는 위험요소 항목(44개)에 관하여 구분할 수 있는 Color로 수정 요청함

③ (Hazard Profile 정보 개발) 기존 Hazard Profile를 가중치 적용 Hazard Profile로 개발하였으며 위험요소 항목에 Hazard Profile 표출시 범례에 의한 Color로 변경 개발함

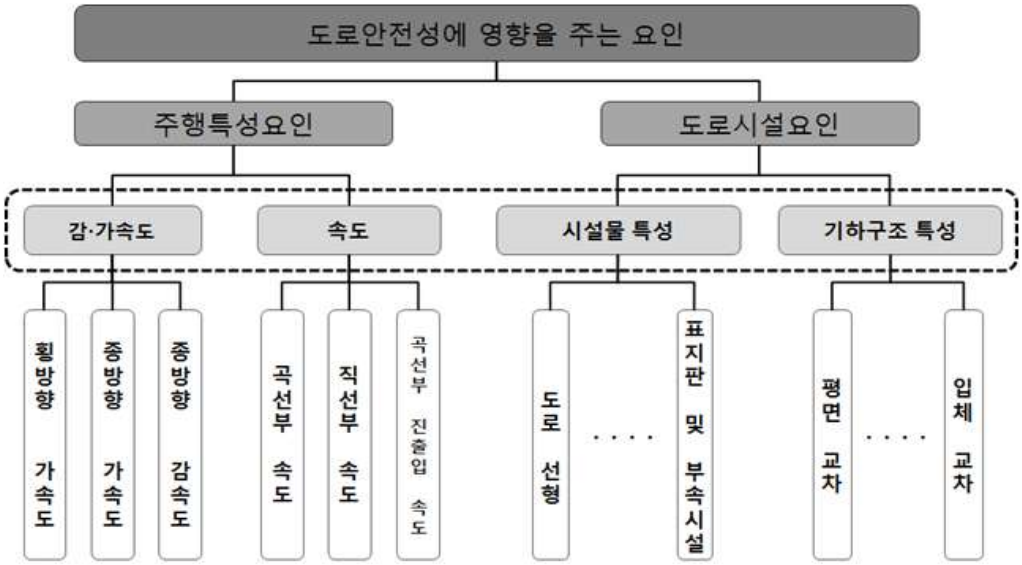



<그림 3-5-111> ARASEO S/W 콘텐츠 구성 변경

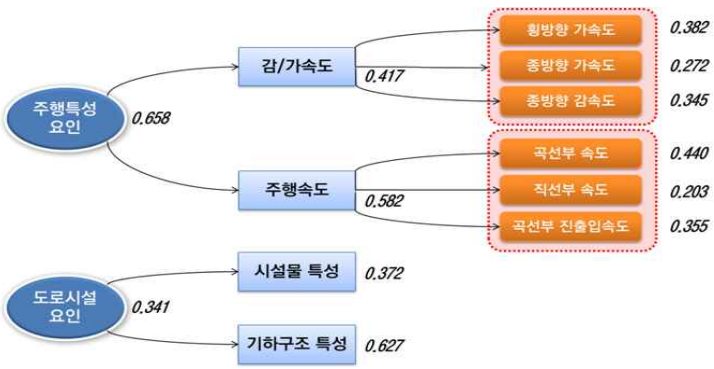
○ 또한, 종합안전성분석프로그램의 종합안전성 분석 평가기준 정립을 위해서 도로환경 안전성 분석(교통안전공단) 및 주행속도 안전성 분석(서울시립대)을 실시함

○ 종합안전성 분석 평가기준 개발(서울시립대)을 위하여 계층적 분석기법(AHP)를 활용하였으며, 도로안전성에 영향을 주는 요인으로 주행특성요인과 도로시설요인으로 분류하였음

○ 주행특성요인으로는 감·가속도와 속도로 구분하며, 도로시설요인으로는 시설물 특성과 기하구조 특성으로 나눌 수 있으며 <그림 3-5-113>는 도로안전성에 영향을 주는 요인의 위계를 나타낸 것임




<그림 3-5-112> “도로의 위험요소들이 도로안전성에 미치는 중요도 분석”의 위계




<그림 3-5-113> 도로 안전성 위험요소간 AHP분석 결과

○ AHP분석 결과 도로시설요인의 가중치는 0.341로 나타났으며, 도로시설요인 중 시설물특성은 0.372, 기하구조 특성은 0.627로 분석되었음

- 분석결과를 바탕으로 도로시설 안전성 평가기준을 개발하기 위하여 4개

일반국도의 현장조사를 통한 위험요소 DB를 구축한 후 통합하여 분석하였음

- 도로시설 안전성 평가기준 개발은 도로구간의 위험요소 항목의 가중치와 도로시설요인의 가중치, 시설물 특성(또는 기하구조 특성)의 가중치를 통합 분석하여 도로시설 안전성 평가기준을 개발하였음. 도로시설 안전성 평가기준은 <표 3-5-61>과 같음

<표 3-5-60> 도로시설 안전성 평가기준

| 등급 | 안전성 평가기준 | 점수 |
|---|---|---|
| A | 평가값 ≤ 0.01614 | 6 |
| B | 0.01614 <평가값 < 0.02920 | 5 |
| C | 0.02920 <평가값 < 0.04226 | 4 |
| D | 0.04226 <평가값 < 0.05531 | 3 |
| E | 0.05531 <평가값 < 0.06837 | 2 |
| F | 0.06837 <평가값 | 1 |

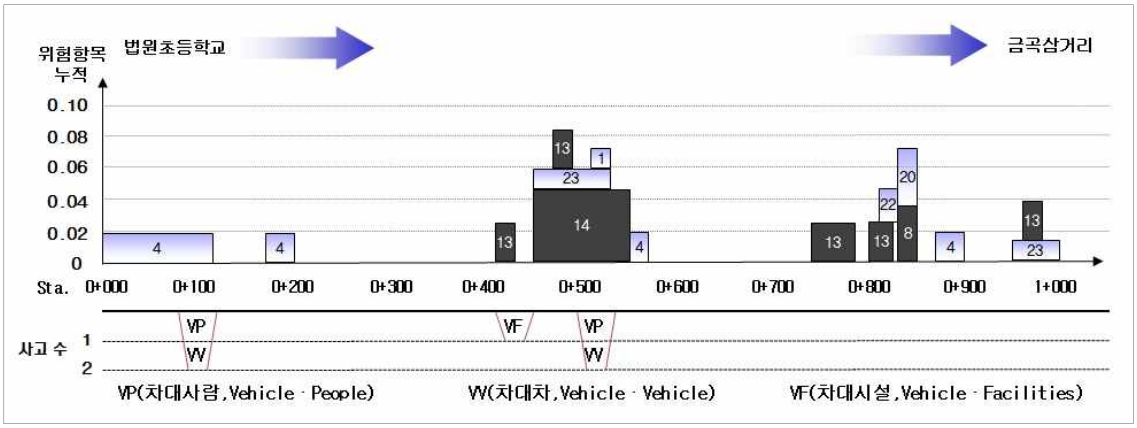
## 2. 위험요소 프로파일과 연계방법 작성

○ 본 연구에서는 파주 367호선구간(법원초등학교~금곡삼거리, L=5.0㎞)에 대하여 도면검토 및 현장조사를 통하여 Hazard Profile을 작성한 것임.

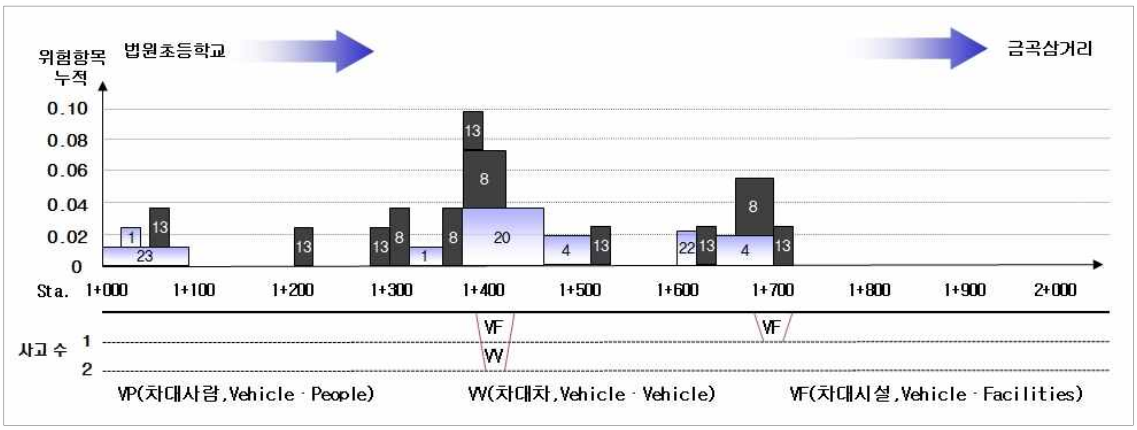
○ 조사구간의 사고건수는 '09년~'11년 최근 3년간 사고건수는 18건으로 사망사고건수 3건, 중상사고건수 6건, 경상사고건수 8건이며, 사망자수 3명, 중상자수 7명, 경상자수는 17명으로 나타났음

○ 위험요소 표시방법 작성에 따라 위험요소 가중치를 이용하여, 새로운 Hazard Profile 작성방식으로 작성하였으며, 위험도의 작성은 위험요소 가중치에 따라 작성하였고, 파주 367호선구간(법원초등학교~금곡삼거리)의 위험도와 이정에 따른 사고수 및 사고형태는 다음과 같음

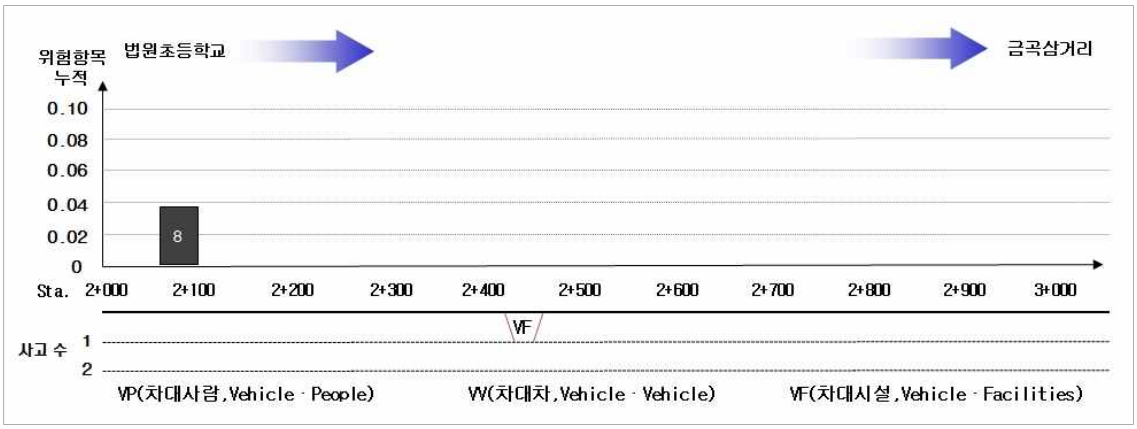
○ 조사구간의 이정에 따라 위험도와 사고수 및 형태를 비교한 결과 위험정도가 높은 구간에 집중적으로 사고수가 나타났음



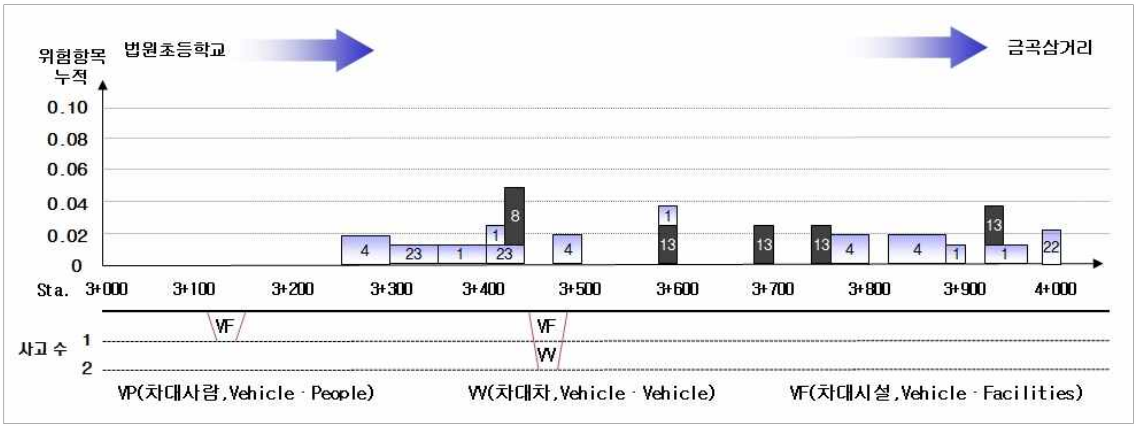

<그림 3-5-114> 파주 367호선구간 Hazard Profile(Sta. 0+000～1+000)



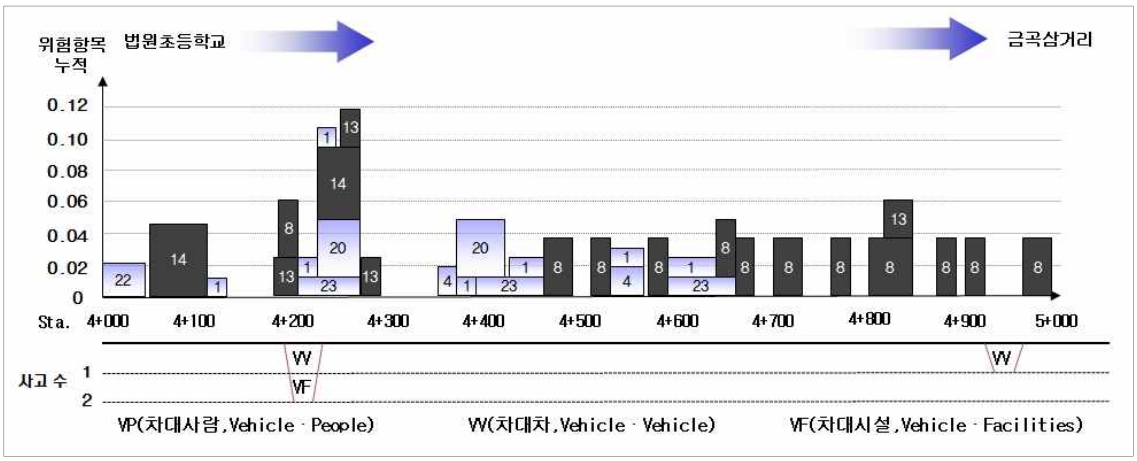

<그림 3-5-115> 파주 367호선구간 Hazard Profile(Sta. 1+000～2+000)




<그림 3-5-116> 파주 367호선구간 Hazard Profile(Sta. 2+000～3+000)




<그림 3-5-117> 파주 367호선구간 Hazard Profile(Sta. 3+000～4+000)




<그림 3-5-118> 파주 367호선구간 Hazard Profile(Sta. 4+000～5+000)

<표 3-5-61> Hazard Profile 범례

| 구분 | 내용 | 구분 | 내용 |
|---|---|---|---|
| | 선형 위험요소 항목 | | 선형외 위험요소 항목 |
| 1 | 곡선구간의 제한속도 부적정 | 4 | 차로폭 부적정 |
| 8 | 완화곡선 길이 부적정 | 13 | 종단곡선 길이 부적정 |
| 14 | 평면선형과 종단선형의 부적정 | 20 | 경사에 의한 노면배수 부적정 |
| 22 | 노측용 방호울타리 설치 유무 | 23 | 갈매기표지 설치위치 부적정 |

<표 3-5-62> Hazard Profile 범례-위험요소 항목 중요도 분석 결과

| 우선순위 | 위험요소 | 가중치 | 우선순위 | 위험요소 | 가중치 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 시거 미확보 | 0.055 | 23 | 차로폭 부적정 | 0.019 |
| 2 | 평면선형과 종단선형의 부조화 | 0.047 | 24 | 중앙분리대 미확보 | 0.018 |
| 3 | 물고임 부적정 | 0.043 | 25 | 제한속도 비일관성 | 0.016 |
| 4 | 편경사 부적정 | 0.043 | 26 | 오르막차로 종점부 부적정 | 0.016 |
| 5 | 도로선형 비일관성 | 0.041 | 27 | 곡선구간의 제한속도 부적정 | 0.015 |
| 6 | 종단경사 부적정 | 0.041 | 28 | 연결로의 유출속도 부적정 | 0.014 |
| 7 | 정지시거 부적정 | 0.040 | 29 | 갈매기 설치위치 부적정 | 0.014 |
| 8 | 배수시설 미확보 | 0.039 | 30 | 표지남용 | 0.012 |
| 9 | 경사에 의한 노면배수 부적정 | 0.039 | 31 | 사전경고표지 미설치 | 0.012 |
| 10 | 완화곡선 길이 부적정 | 0.039 | 32 | 과속방지시설 설치장소 부적정 | 0.012 |
| 11 | 연결로 평면선형 부적정 | 0.038 | 33 | 미끄럼방지시설 부적정 | 0.011 |
| 12 | 곡선내부 시거 확보의 부적정 | 0.034 | 34 | 연결로 접속부 시계 부적정 | 0.010 |
| 13 | 연결로 종단선형 부적정 | 0.033 | 35 | 충격흡수시설 설치장소 부적정 | 0.010 |
| 14 | 노면 마찰력 부적정 | 0.032 | 36 | 중분대 단부처리 부적정 | 0.009 |
| 15 | 시선유도표지 설치 부적정 | 0.029 | 37 | 교량 안전시설 미확보 | 0.009 |
| 16 | 종단곡선 길이 부적정 | 0.026 | 38 | 대향방향 전조등 눈부심 | 0.009 |
| 17 | 평면곡선부 폭원 부적정 | 0.025 | 39 | 중분대 시점 시인성 미확보 | 0.008 |
| 18 | 종단 편탄성 부적정 | 0.025 | 40 | 가드레일 연결부 불연속 | 0.006 |
| 19 | 신호등 설치 부적정 | 0.024 | 41 | 교대 및 교각 안전시설 미확보 | 0.006 |
| 20 | 신호등 시인성 미확보 | 0.024 | 42 | 교량 전방시야 부적정 | 0.006 |
| 21 | 노측용 방호울타리 설치 유무 | 0.023 | 43 | 교량 충격흡수시설 미확보 | 0.005 |
| 22 | 횡단보도 설치 부적정 | 0.020 | 44 | 교량 안전표지 미설치 | 0.005 |

# 제5-7절 현장 시범운영 및 검증

## 1. 시범운영 대상구간 선정 및 측량 분석결과

### 가. 차세대장비의 성능검정 대상구간 선정

○ 차세대 장비의 성능검증을 위하여 지방도 367호선을 선정하여 정밀 측량하여 평면선형 및 종단선형을 분석하여 성능검증을 위한 자료를 수집하였음. 조사대상 지방도는 왕복 2차선으로 총 2.4㎞를 조사하였음




<그림 3-5-119> 측량구간 위치도

○ 차세대장비의 성능검증 현장조사 개요를 제시함

<표 3-5-63> 차세대장비 성능검증 자료수집 대상구간 개요

| 조사 개요 | 내 용 | |
|---|---|---|
| | 첨단점검차량 | 측량 |
| 조사 일시 | - ′12. 11. 7(수) | - ′12. 11. 8(목)~14(월) |
| 대상 노선 | - 지방도 367호선(L=2.4㎞) | - 지방도 367호선(L=2.4㎞) |
| 자료 취득 | - 개발중인 첨단점검차량(ARASEO)을 활용하여 각종 데이터 및 사진자료 취득<br>- 자동화 및 반자동화 44개 위험요소에 대한 조사 실시 | - 평면선형<br>- 종단선형<br>- 평면 및 종단면도<br>- 편구배 분석<br>- 표지판 현황분석 |

## 나. 대상구간 도로측량구간 분석과정

### (가) 기준점[1] 성과표

○ 대상구간의 측량기준점에 대한 성과표는 다음과 같음

<표 3-5-64> 대상구간의 측량 기준점 현황

| 측 점 | 도 엽 명(1/5만) | X | Y | EL | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|
| DOND(동두천) | | 589130.018 | 205342.005 | 117.0580 | 중부 |
| U0066 | 문산 | 584073.196 | 189362.298 | 62.7710 | 중부 |
| BM11-07-15-07 | 문산 | | | 29.3190 | |
| BM11-07-15-08 | 문산 | | | 38.1160 | |

### (나) 국가기준점[2] 현황조사(공공측량)

○ 대상구간의 국가기준점 측량은 국토지리원에서 기준점 성과표를 발급받아 선점하였고 3개 지점을 대상으로 조사하였으며 국가기준점 현황을 제시함

<표 3-5-65> 국가기준점 현황조사

<table>
<tr><td>조사일시</td><td colspan="5">2012년11월08일</td></tr>
<tr><td rowspan="2">기준점명칭</td><td rowspan="2">점번호</td><td>삼각점<br>3)</td><td></td><td>1/50,000</td><td>NJ52-9-04</td></tr>
<tr><td>수준점<br>4)</td><td>U0066</td><td>지형도<br>명칭</td><td>문산</td></tr>
<tr><td>기준점<br>소재지</td><td colspan="5">경기도 파주시 적성면 가월리 581-15</td></tr>
<tr><td rowspan="3">조사자의<br>판단</td><td>완 전</td><td>○</td><td rowspan="3">비 고(특이사항)</td><td colspan="2" rowspan="3">-</td></tr>
<tr><td>요복구</td><td></td></tr>
<tr><td>망 실</td><td></td></tr>
</table>

1) 국립지리원의 측량에 의해서 설치된, 위치 ·표고 등이 표시된 점을 말함
2) 국토에 관한 개발 및 이용계획 등의 입안을 위한 지도 제작 또는 건설 · 토목공사용의 도면 작성이나 측량에는 그 뼈대가 되는 기준점이 필요함. 이러한 기준점 중에서도 측지측량에 의하여 설치된 기준점을 일반적으로 국가 기준점이라고 하는데, 삼각점, 수준점, 중력점, 천문점, 지자기점 등이 있음.
3) 측량의 규모(각관측(角觀測)의 정도)에 따라 1등삼각점(대삼각일등본점 또는 대삼각본점)과 2등삼각점(대삼각보점), 3등삼각점(소삼각삼등), 4등삼각점의 4등급으로 나누어짐
4) 기준 수준면에서의 높이를 정확히 구해 놓은 점으로 측량의 기준이 되는 점이며 한국의 국도 및 도로에는 수준

<표 계속>

| 현 황 기 록 사 진 | |
|---|---|
| 근 경 | 원 경 |
|  |  |

(다) GPS 측량

○ 대상구간의 GPS 측량분석은 GPS 망도, GPS 성과표, GPS 관측기록부 등이 있으며 GPS 측량에 대한 내용은 다음과 같음

<표 3-5-66> 대상구간 GPS 측량지점 현황




| 측점 | GRS80 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 위 도 [B] | 경 도 [L] | 타원체고 | 원점 | 투영평면좌표 | | |
| | | | | | X(N) 좌표[m] | Y(E) 좌표[m] | Z표고[m] |
| #.1 | 37° 61' 17.26363" | 126° 62' 37.66014" | 77.269 | 중부 | 583889.817 | 189183.897 | 54.231 |
| #.2 | 37° 61' 28.67766" | 126° 62' 46.78297" | 81.749 | 중부 | 584241.741 | 189409.568 | 58.706 |
| #.3 | 37° 61' 46.82772" | 126° 62' 60.18059" | 89.743 | 중부 | 584770.402 | 189493.795 | 66.699 |
| #.4 | 37° 61' 61.87642" | 126° 63' 00.76814" | 96.460 | 중부 | 584956.536 | 189752.522 | 73.409 |
| #.5 | 37° 62' 16.37486" | 126° 62' 89.99399" | 123.832 | 중부 | 585681.086 | 189734.798 | 100.784 |
| #.6 | 37° 62' 22.69467" | 126° 62' 88.86183" | 143.219 | 중부 | 585906.803 | 189707.410 | 120.174 |
| #.7 | 37° 62' 49.66088" | 126° 62' 83.34610" | 105.033 | 중부 | 586738.074 | 189573.637 | 81.995 |
| #.8 | 37° 62' 67.63497" | 126° 62' 80.26923" | 101.530 | 중부 | 586984.339 | 189498.541 | 78.494 |
| #.9 | 37° 63' 23.27464" | 126° 62' 42.00205" | 88.329 | 중부 | 587775.116 | 189297.794 | 65.302 |
| #.10 | 37° 63' 31.65242" | 126° 62' 46.97830" | 98.740 | 중부 | 588030.177 | 189419.714 | 75.693 |
| #.11 | 37° 63' 39.40686" | 126° 62' 62.88698" | 106.552 | 중부 | 588272.135 | 189558.993 | 83.518 |
| #.12 | 37° 63' 47.71858" | 126° 62' 68.92853" | 121.584 | 중부 | 588528.249 | 189697.663 | 98.546 |

GPS 망도 | GPS 성과표(좌표계:GRS80)

표석이 설치되어 있는데, 이 점을 기준으로 높이를 측정함

<표 계속>

| 작 업 명 | 자세대장비의 성능검증을 위한 도로노선측량용역 | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 관 측 일 자 | 2012년 11월 08일 | | | | | GNSS 수신기 제조사/모델 | | | Trimble model R6-2 | | | | |
| 관 측 자 | 박대수 | | | | | GNSS 수신기 일련번호 | | | 4913168578 | 펌웨어(Ver. | Wide Area Fixed (v 7.70) | | |
| 관측지점명 | 경기도 파주시 법원읍 법원리 | | | | | 안테나 제조사 /모델 | | | R6-2 Internal | | | | |
| 작업시작시간 | 2012년 11월 8일 14시 6분 35초 | | | | | 안테나 일련번호 | | | 일체형 모델 | | | | |
| 작업종료시간 | 2012년 11월 8일 14시 16분 30초 | | | | | 안테나고 | | | ☒수직 □사거리 ( 1.800 m ) | | | | |
| 비 고 | | | | | | | | | | | | | |

| 관측ID | 세션 번호 | 관 측 시 간 | | PDOP | Epoch 수 | 위성 수 | 정밀도(Cm) | | | 관 측 값 (m) | | | 세 션 평 균 (m) | | | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 시작 | 종료 | | | | E/X | E/Y | H/Z | Enh/Blh/Dxyz | | | Enh/Blh/Dxyz | | | |
| #.1 | 1 | 14-06-35 | 14-06-45 | 1.5 | 11 | 13 | 0.6 | 1.0 | | 583889.816 | 189183.894 | 54.458 | 583889.817 | 189183.897 | 54.449 | Tribmle |
| | 2 | 14-13-06 | 14-13-16 | 1.4 | 11 | 14 | 0.7 | 1.1 | | 583889.818 | 189183.900 | 54.446 | | | | |
| | 3 | 14-16-20 | 14-16-30 | 1.3 | 11 | 15 | 0.6 | 1.0 | | 583889.817 | 189183.898 | 54.442 | | | | |

**체크리스트**

**측점번호** #.1

| 번 호 | 항 목 | 확인 | 비 고 |
|---|---|---|---|
| 1 | 네트워크 RTK 서버 접속은 정상적으로 이루어 졌는가? | 예 | |
| 2 | 측정지역에서 GNSS 신호 수신이 정상적으로 이루어질 수 있도록 상공시계가 확보되어 있는가? | 예 | |
| 3 | 주변에 다중경로 및 전자기적 방해 요소가 제거 되었는가? | 예 | |
| 4 | 이동점 안테나의 높이 측정방법(사거리/수직거리)을 확인하고 정확히 측정한 후 GNSS 수신기에 정상적으로 입력했는가? | 예 | |
| 5 | 서버로부터 정상적인 보정신호를 지속적으로 수신하고 있는가? | 예 | |
| 6 | 최소 5개 이상의 GNSS 위성으로부터 신호를 수신하고 있는가? | 예 | |
| 7 | PDOP은 3.0 이하인가? | 예 | |
| 8 | 수신한 GNSS 신호와 서버로부터 전송한 보정신호를 이용하여 측정 위치에 고정해를 결정하는가? | 예 | |
| 9 | 중복관측 점검시 네트워크 RTK 시스템을 초기화하고 재측정한 결과가 요구사항을 만족하는가? | 예 | |
| 10 | 위성 수, PDOP, 관측시간, Epoch 수, 측량정밀도 등을 명확히 관측기록부에 입력했는가? | 예 | |
| 11 | 전체 작업 중 네트워크 RTK의 해가 지속적으로 고정해로 표시되었는가? | 예 | |
| 12 | 전체 측정시간 동안 측량정밀도의 품질이 요구수준 이내를 유지했는가? | 예 | |

GPS 관측기록부 현황

(라) 수준측량

○ 대상구간의 수준측량분석은 수준망도, 수준성과표, 수준측량 계산부, 수준야장 등이 있으며 수준측량에 대한 내용은 다음과 같음

<표 3-5-67> 대상구간 수준측량 현황조사




수준 망도

| 측점 | 위치 | X | Y | EL | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|
| #.1 | | 583889.817 | 189183.897 | 54.231 | 볼트 |
| #.2 | | 584241.741 | 189409.568 | 58.706 | 볼트 |
| #.3 | | 584770.402 | 189493.795 | 66.689 | 지적도근 |
| #.4 | | 584956.536 | 189752.522 | 73.409 | 알 |
| #.5 | | 585681.086 | 189734.798 | 100.784 | 볼트 |
| #.6 | | 585906.803 | 189707.410 | 120.174 | 볼트 |
| #.7 | | 586738.074 | 189573.637 | 81.995 | 볼트 |
| #.8 | | 586984.339 | 189498.541 | 78.494 | 지적도근 |
| #.9 | | 587775.116 | 189297.794 | 65.302 | 볼트 |
| #.10 | | 588030.177 | 189419.714 | 75.693 | 볼트 |
| #.11 | | 588272.135 | 189558.993 | 83.518 | 도시기준점 |
| #.12 | | 588528.249 | 189697.663 | 98.546 | 볼트 |
| TBM.1 | | | | 54.471 | 용벽상 |
| TBM.2 | | | | 67.115 | 용벽상 |
| TBM.3 | | | | 103.001 | 경계석상 |
| TBM.4 | | | | 81.405 | 석축상 |
| TBM.5 | | | | 62.748 | 박스상 |
| TBM.6 | | | | 79.745 | 용벽상 |

수준 성과표(좌표계:GRS80)

<표 계속>

| 노 선 | 허 용 오 차 | 거리 (km) | 수 준 차 I | 수 준 차 II | 평 균 | 오 차 | | 표 고 | 보정량 | 경정표고 | 측 점 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| U0066 | | | | | | | | 62.7710 | | 62.771 | U0066 |
| U0066 - TBM.1 | ± 0.010 √ 0.3 = 0.005 | 0.3 | -8.300 | 8.298 | -8.2990 | -0.002 | OK | 54.4720 | | 54.472 | TBM.1 |
| | | | | | | | | | | | |
| U0066 | | | | | | | | 62.7710 | | 62.771 | U0066 |
| U0066 - TBM.2 | ± 0.010 √ 0.6 = 0.008 | 0.6 | 4.345 | -4.343 | 4.3440 | 0.002 | OK | 67.1150 | | 67.115 | TBM.2 |
| TBM.2 - TBM.3 | ± 0.010 √ 1.0 = 0.010 | 1.0 | 35.883 | -35.888 | 35.8855 | -0.005 | OK | 103.0005 | 0.0005 | 103.001 | TBM.3 |
| TBM.3 - TBM.4 | ± 0.010 √ 1.3 = 0.011 | 1.3 | -21.597 | 21.594 | -21.5955 | -0.003 | OK | 81.4050 | | 81.405 | TBM.4 |
| TBM.4 - TBM.5 | ± 0.010 √ 1.1 = 0.010 | 1.1 | -18.655 | 18.659 | -18.6570 | 0.004 | OK | 62.7480 | | 62.748 | TBM.5 |
| TBM.5 - TBM.6 | ± 0.010 √ 0.5 = 0.007 | 0.5 | 16.995 | -16.998 | 16.9965 | -0.003 | OK | 79.7445 | 0.0005 | 79.745 | TBM.6 |

수준계산부 현황

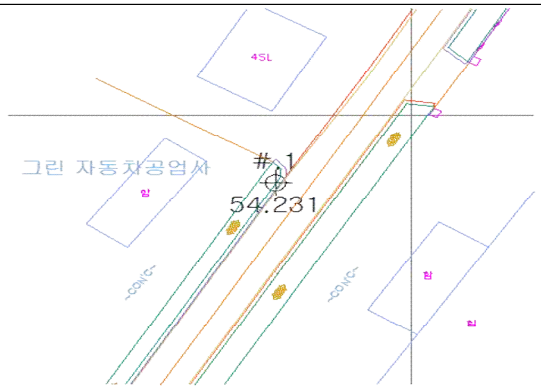
(마) 점의조서

○ 대상구간의 점의조사 측량분석에 대한 내용은 다음과 같음

<표 3-5-68> 대상구간 점의조서 측량현황

| 점의명칭 | 보점 | | 번 호 | #.1 |
|---|---|---|---|---|
| 도엽번호 | NJ52-9-04 | | 도엽명 | 문산 |
| 소재지 | 경기도 파주시 법원읍 법원리 | | | |
| 계획기관 | 교통안전공단 | | 측표상황 | 볼트 |
| 매설일 | 2012년11월08일 | | 매설자 | ○○○ |
| 관측일 | 2012년11월08일 | | 관측자 | ○○○ |
| 성과 | X | 583889.817 | 위도 | 37° 51′ 17.25363″ |
| | Y | 189183.897 | 경도 | 126° 52′ 37.55014″ |
| | Z | 54.231 | 타원체고 | 77.269 |
| 인용BM | U0066 | | 좌표원점 | GRS 80 |
| 경로 | 시점부 그린자동차 공업사 앞 우측 보도 경개석 상단에 위치 | | | |
| 약 도 | | | 상세도 | |






근경 원경







다. 도로측량구간 분석결과

○ 대상구간의 도로측량구간 분석결과는 분석과정을 통하여 산출하였음

○ 첨단점검차량의 정확성 검증을 위하여 대상도로를 선정하고 측량을 실시하고 대상 도로의 선형, 위험도에 대한 비교자료를 획득하였으며 평면선형, 종단선형, 평면 및 종단면도분석, 편구배 분석, 표지판 현황조사는 다음과 같음

(1) 평면선형

○ 대상구간인 지방도 367호선(파주 법원읍 일원, L=2.4㎞)의 평면선형은 측량조사 결과를 제시함

<표 3-5-69> 평면선형 측량현황분석

| I.P | 직선부 | 곡선부 | | | | | | | | | | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | B.T.C | B.C | E.C | E.T.C | 원곡선길이 | 완화곡선길이 | 곡선길이 | R | A1 | A2 | |
| BP | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 68.38 | | 0+068.38 | 0+139.91 | | 0+71.53 | | 71.53 | 3000 | | | |
| 2 | 27.94 | | 0+167.85 | 0+220.58 | | 0+52.73 | | 52.73 | 700 | | | |
| 3 | 26.40 | | 0+246.98 | 0+284.35 | | 0+37.37 | | 37.37 | 295 | | | |
| 4 | 87.54 | 0+371.89 | 0+413.75 | 0+438.90 | 0+472.81 | 0+25.15 | 0+75.77 | 100.92 | 86 | 60 | 54 | |
| 5 | 0.87 | 0+473.68 | 0+510.83 | 0+533.91 | 0+551.26 | 0+23.08 | 0+54.51 | 77.59 | 42 | 395 | 27 | |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | |

(2) 종단선형

○ 대상구간인 지방도 367호선(파주 법원읍 일원, L=2.4㎞)의 종단선형의 측량조사 결과를 제시함

<표 3-5-70> 종단선형 측량현황분석

| PVI NO. | 위 치 (STA.) | VIP. EL. (m) | 노선연장 (m) | 경 사 (%) | 종단곡선길이(m) | 종단곡선변화비율 (m/%) | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| BP | 0+000.00 | | 340 | +0.9824 | | | |
| 1 | 0+340.00 | 57.02 | 120 | +1.4667 | 40 | 82.59 | |
| 2 | 0+460.00 | 58.82 | 50 | +2.6400 | 40 | 34.09 | |
| 3 | 0+510.00 | 60.01 | 160 | +1.2438 | 40 | 28.65 | |
| 4 | 0+670.00 | 62.02 | 110 | +0.5727 | 60 | 89.42 | |
| 5 | 0+780.00 | 62.66 | | | 40 | 52.90 | |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ |

(3) 평면 및 종단면도 분석

○ 대상구간인 지방도 367호선(파주 법원읍 일원, L=2.4㎞)의 평면 및 종단면도의 측량조사 결과는 다음과 같이 분석되었음([부록 6] 참고)

(가) 평면선형

○ 선형검토를 통해 분석된 평면선형은 직선부가 36.86%, 곡선부가 63.14%로 곡선부의 선형이 다소 많게 분석됨

<표 3-5-71> 평면선형 측량현황분석

| 구 분 | | 개 소 | 연 장(m) | 비 율(%) | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|
| 직 선 부 | | 18 | 884.69 | 36.86 | |
| 곡선부 | R<60 | 1 | 77.59 | 3.23 | |
| | 60≤R<280 | 7 | 739.63 | 30.82 | |
| | R≥280 | 9 | 698.09 | 29.09 | |
| 계 | | 35 | 2,400.00 | 100.00 | |

(나) 종단선형

○ 선형검토를 통해 분석된 종단선형의 최소경사는 S=0.1833%, 최대경사는 S=8.800%로 분석됨

<표 3-5-72> 종단면도 측량현황분석

| 구 분 | 개 소 | 연 장(m) | 비 율(%) | 비 고 |
|---|---|---|---|---|
| S<0.3% | 1 | 60.00 | 2.44 | |
| 0.3%<S≤7.0% | 15 | 1,853.00 | 75.33 | |
| 7.0%<S≤10.0% | 2 | 547.00 | 22.43 | |
| 10.0%≤S | - | - | - | |
| 계 | 18 | 2,460.00 | 100.00 | |

(4) 편구배 분석

○ 대상구간인 지방도 367호선(파주 법원읍 일원, L=2.4㎞)의 편구배 분석의 측량조사 결과를 제시함

<표 3-5-73> 편구배 측량현황분석

| 측점 | 지반고 | 좌측 | | 우측 | | 편경사 | | 도로폭 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | EL | 차로폭 | EL | 차로폭 | 좌측 | 우측 | 좌측 | 우측 |
| 0 + 000.00 | 53.66 | | 2.96 | | 2.82 | -2.00 | -2.00 | 3.47 | 3.61 |
| 0 + 020.00 | 53.86 | | 2.96 | | 2.82 | -2.00 | -2.00 | 3.47 | 3.61 |
| 0 + 040.00 | 54.06 | 54.03 | 3.02 | 54.03 | 2.84 | -0.99 | -1.06 | 3.60 | 3.50 |
| 0 + 060.00 | 54.24 | 54.18 | 2.49 | 54.19 | 2.90 | -2.41 | -1.72 | 2.97 | 3.55 |
| 0 + 080.00 | 54.38 | 54.36 | 2.70 | 54.32 | 2.86 | -0.74 | -2.10 | 3.08 | 3.51 |
| 0 + 100.00 | 54.60 | 54.54 | 2.89 | 54.54 | 2.87 | -2.08 | -2.09 | 3.10 | 3.52 |
| 0 + 120.00 | 54.80 | 54.69 | 2.79 | 54.71 | 3.03 | -3.94 | -2.97 | 3.44 | 3.67 |
| 0 + 140.00 | 54.95 | 54.82 | 2.85 | 54.91 | 3.10 | -4.56 | -1.29 | 3.66 | 3.72 |
| 0 + 160.00 | 55.23 | 55.12 | 3.03 | 55.20 | 3.03 | -3.63 | -0.99 | 3.68 | 3.70 |
| 0 + 180.00 | 55.51 | 55.45 | 3.23 | 55.50 | 2.94 | -1.86 | -0.34 | 3.88 | 10.80 |
| 0 + 200.00 | 55.72 | 55.70 | 3.57 | 55.68 | 2.92 | -0.56 | -1.37 | 3.57 | 3.56 |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ |

(5) 표지판 현황조사

○ 대상구간인 지방도 367호선(파주 법원읍 일원, L=2.4㎞)의 표지판 현황의 측량조사 결과는 다음과 같이 분석됨

| | | |
|---|---|---|
|  |  |  |
| 1) STA.0+095.3 (우) | 2) STA.0+117.4 (우) | 3) STA.0+141.8 (좌) |
|  |  |  |
| 4) STA.0+168.1 (우) | 5) STA.0+168.4 (좌) | 6) STA.0+252.5 (우) |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ |

<그림 3-5-120> 측량구간 지점별 표지판 현황조사

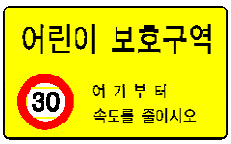
## 2. 시범운영 및 검증 결과

### 가. 검증 항목선정

○ 첨단점검차량의 검증을 위하여 대상구간에 대한 첨단점검차량 현장조사와 측량 실측데이터를 비교분석하기 위한 계측 항목은 다음과 같음

- 평면선형부분 : 직선부, 원곡선 길이, 완화곡선길이, 곡선길이, 반지름(R) 등
- 종단선형부분 : 노선연장길이, 경사, 종단곡선 길이(m) 등
- 평면 및 종단선형 부분
  - 평면선형 : 직선부 연장길이(m), 곡선부 연장길이(m), 비율(%) 등
  - 종단선형 : 경사 연장길이(m), 비율(%) 등
- 편구배 부분 : 좌·우측 차로폭, 편경사, 도로폭 등

<표 3-5-74> 표지판 설치현황

| 번호 | 공종 | 구 분 | STA. | 좌표(X,Y) | | EL | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 어린이보호구역 |  | | X | 583930.8940 | | |
| | | | 0+095.3 | Y | 189217.1460 | 61.12 | |
| | | | 우 | B | 37-51-18.58735 | | |
| | | | | L | 126-52-38.90802 | | |
| | 교통안전표지판 |  | | X | 583930.8940 | | |
| | | | 0+095.3 | Y | 189217.1460 | 61.12 | |
| | | | 우 | B | 37-51-18.58735 | | |
| | | | | L | 126-52-38.90802 | | |
| 2 | 규제표지판 |  | | X | 583950.0450 | | |
| | | | 0+117.4 | Y | 189228.0950 | 60.72 | |
| | | | 우 | B | 37-51-19.20897 | | |
| | | | | L | 126-52-39.35488 | | |
| 3 | 교통안전표지판 |  | | X | 583971.0760 | | |
| | | | 0+141.8 | Y | 189240.4940 | 60.91 | |
| | | | 우 | B | 37-51-19.89162 | | |
| | | | | L | 126-52-39.86095 | | |
| 4 | 어린이보호구역 |  | | X | 583994.0960 | | |
| | | | 0+168.1 | Y | 189253.2510 | 61.18 | |
| | | | 우 | B | 37-51-20.63879 | | |
| | | | | L | 126-52-40.38157 | | |

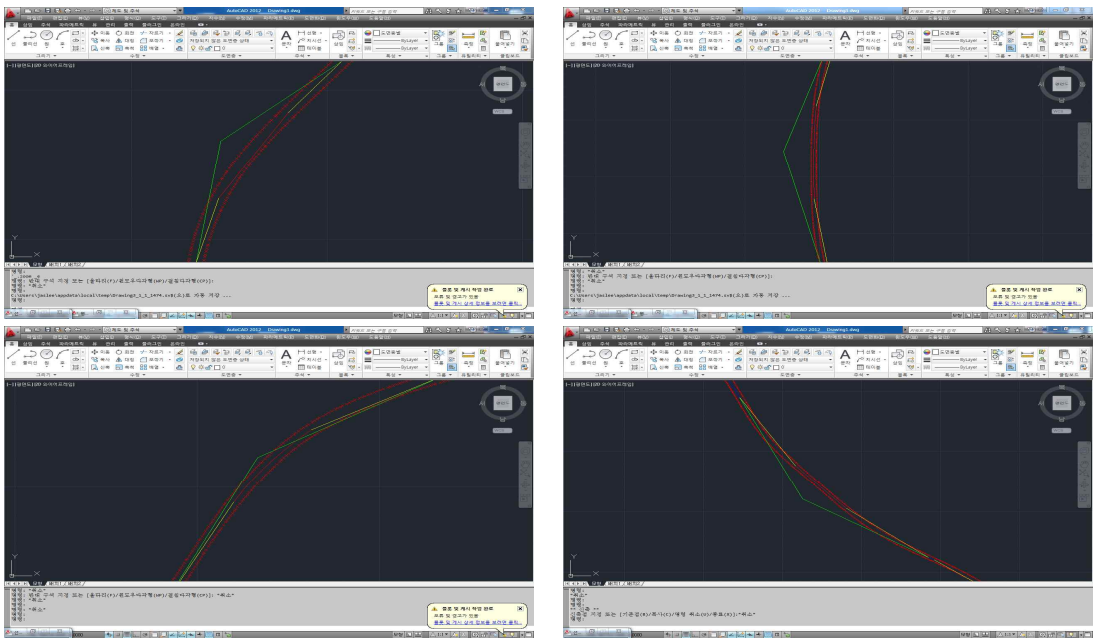
| 번호 | 공종 | 구 분 | STA. | 좌표(X,Y) | | EL | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5 | 교통안전표지판 |  | | X | 583999.1170 | | |
| | | | 0+168.4 | Y | 189245.0100 | 57.81 | |
| | | | 좌 | B | 37-51-20.80129 | | |
| | | | | L | 126-52-40.04419 | | |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ |

나. 자료의 분석

○ 선형분석 알고리즘을 통하여 평면선형, 종단선형, 편구배 분석 알고리즘을 개발을 통하여 분석된 알고리즘과 실측치를 비교함

- 평면선형 10%, 종단선형, 편경사 절대값의 ±0.5% 이내

○ 자동선형 추정결과를 통해 나타난 도면의 추정선형이 정점에 포함되지 않거나, 중심을 통과하지 않는 경우 수동 선형 추정과정을 통해 재분석을 실시함



<그림 3-5-121> 선형 추정 재분석 사례(지방도 367호선)

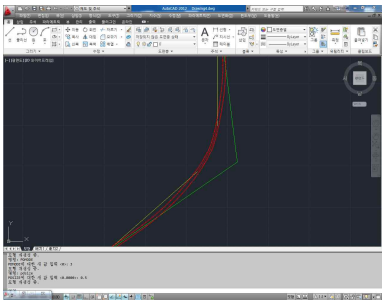
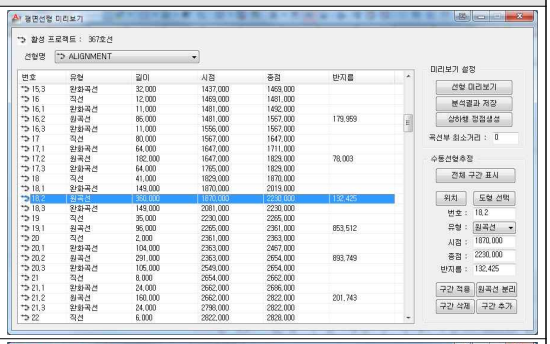
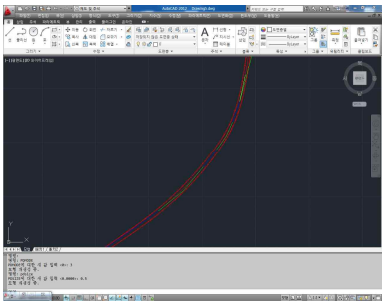
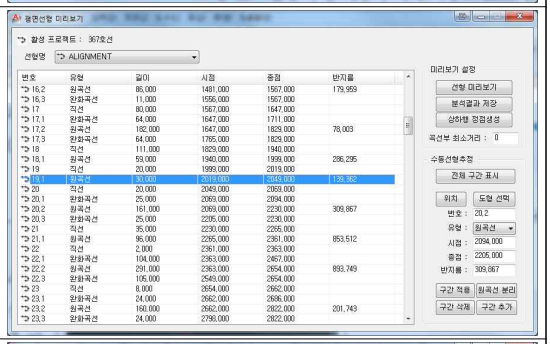
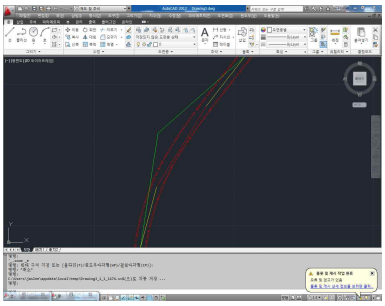
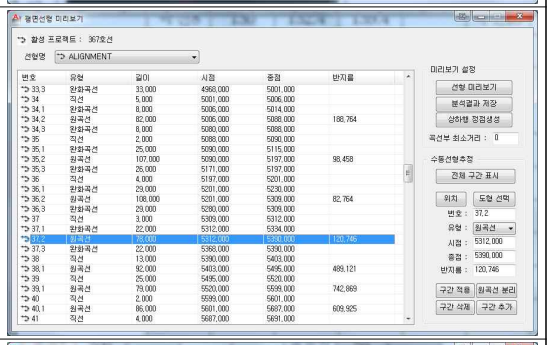
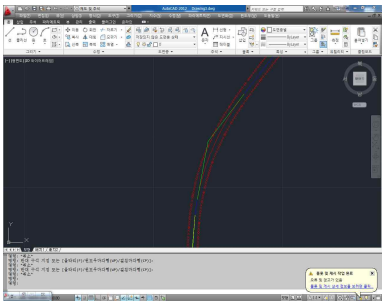
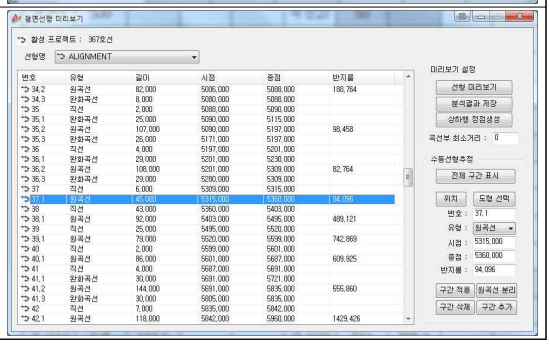
○ <표 3-5-76>에는 지방도 367호선에 대한 도면화 S/W를 이용하여 도출한 분석결과와 수동선형추정을 이용한 결과를 제시함

- 음영구간은 주행환경특성이 반영된 구간(곡선20~곡선25)임

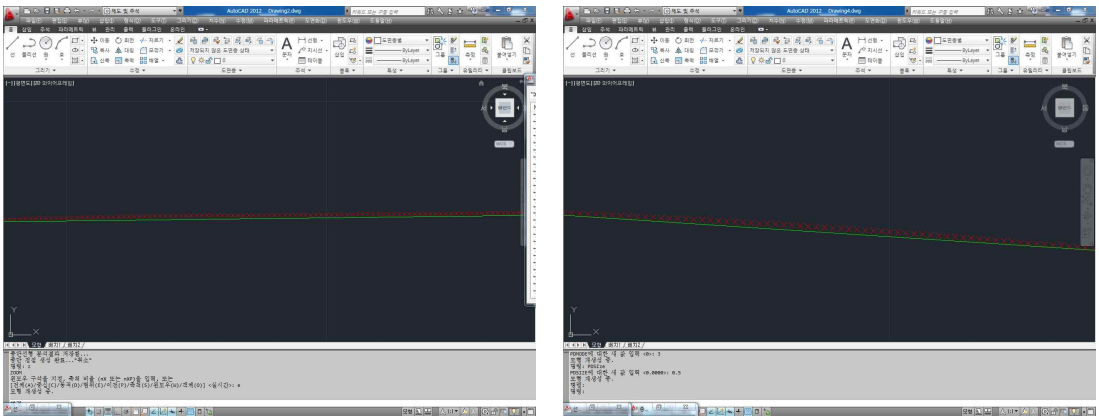
<표 3-5-75> 지방도 367호선 원곡선반경 분석결과의 도면 비교

| 구분 | 곡선반경(R) | | 수동 선형 추정 | 오차율 (%) | 구분 | 곡선반경(R) | | 수동 선형 추정 | 오차율 (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 도면 | 분석 | | | | 도면 | 분석 | | |
| 곡선1 | 86 | 103.1 | 86.9 | 1.0% | 곡선19 | 120 | - | 136.7 | 13.9% |
| 곡선2 | 42 | 44.2 | - | 5.2% | 곡선20 | 155 | 271 | | |
| 곡선3 | 510 | 737.0 | 465.3 | 8.8% | 곡선21 | 700 | | | |
| 곡선4 | 500 | - | 549.0 | 9.8% | 곡선22 | 1670 | | | |
| 곡선5 | 151.5 | 180 | - | 18.8% | 곡선23 | 130 | 160 | | |
| 곡선6 | 79 | 78.0 | - | 1.3% | 곡선24 | 50 | | | |
| 곡선7 | 272 | - | 286.3 | 5.3% | 곡선25 | 63 | | | |
| 곡선8 | 130 | 132.4 | 139.4 | 7.2% | 곡선26 | 210 | 475.3 | 208.7 | 0.6% |
| 곡선9 | 280 | - | 310 | 10.7% | 곡선27 | 100 | - | 103.2 | 3.2% |
| 곡선10 | 832 | 853.5 | - | 2.6% | 곡선28 | 80 | 89.1 | - | 11.4% |
| 곡선11 | 293 | 893.7 | 321.8 | 9.8% | 곡선29 | 199 | 188.8 | - | 5.1% |
| 곡선12 | 320 | - | 366.0 | 14.4% | 곡선30 | 85 | 98.5 | - | 15.9% |
| 곡선13 | 190 | 201.7 | - | 6.2% | 곡선31 | 75 | 82.8 | - | 10.4% |
| 곡선14 | 380 | 401.0 | - | 5.5% | 곡선32 | 84 | 120.7 | 94.1 | 12.0% |
| 곡선15 | 700 | 674.7 | - | 3.6% | 곡선33 | 480 | 489.1 | - | 1.9% |
| 곡선16 | 945 | 913.2 | - | 3.4% | 곡선34 | 560 | 742.9 | 567 | 1.3% |
| 곡선17 | 122 | 128.4 | - | 5.2% | 곡선35 | 550 | 610 | - | 10.9% |
| 곡선18 | 190 | 856.6 | 207.9 | 9.4% | 곡선36 | 510 | 555.9 | - | 9.0% |

<표 3-5-76> 수동선형추정 전·후 결과비교

| 구분 | | 구간 표시 | 평면선형 미리보기 |
|---|---|---|---|
| 곡선 08 | 수동 선형 추정 (전) |  |  |
| | 수동 선형 추정 (후) |  |  |
| 곡선 32 | 수동 선형 추정 (전) |  |  |
| | 수동 선형 추정 (후) |  |  |

○ 자동선형 추정결과를 통해 나타난 도면의 추정선형이 정점을 통과하지 않거나, 일부구간이 이격되는 경우 수동 선형 추정과정을 통해 재분석을 실시함



<그림 3-5-122> 선형 추정 재분석 사례(지방도 367호선)

○ 종단선형 분석 알고리즘을 통해 지방도 367호선을 분석한 결과를 <표 3-5-71>에 제시함

- 음영구간은 주행환경특성이 반영된 구간(경사25~곡선28)임

<표 3-5-77> 지방도 367호선 종단경사 분석결과의 도면 비교

| 구분 | 도면 종단경사(%) | 분석결과(%) | 수동선형추정 | 절대값 오차 | 구분 | 도면 종단경사(%) | 분석결과(%) | 수동선형추정 | 절대값 오차 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 경사1 | 1.47 | 1.22 | - | 0.25 | 경사19 | -1.90 | -1.66 | -1.81 | 0.09 |
| 경사2 | 2.64 (40m) | - | - | - | 경사20 | -1.12 | - | -1.48 | 0.36 |
| 경사3 | 1.24 | 1.29 | 1.13 | 0.05 | 경사21 | -2.48 | -2.5 | - | 0.02 |
| 경사4 | 0.57 | - | 0.94 | 0.37 | 경사22 | -1.44 | -1.14 | - | 0.3 |
| 경사5 | -0.18 | -0.02 | - | 0.16 | 경사23 | -3.40 | -3.65 | - | 0.25 |
| 경사6 | 1.26 | 1.53 | - | 0.27 | 경사24 | -3.80 | - | - | - |
| 경사7 | 4.38 | 4.51 | - | 0.13 | 경사25 | -2.80 | - | - | - |
| 경사8 | 2.47 | 2.41 | - | 0.06 | 경사26 | -0.50 | - | - | - |

| 구분 | 도면 종단경사(%) | 분석결과(%) | 수동선형추정 | 절대값 오차 | 구분 | 도면 종단경사(%) | 분석결과(%) | 수동선형추정 | 절대값 오차 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 경사9 | 0.88 | 1.28 | - | 0.4 | 경사27 | 0.81 | - | - | - |
| 경사10 | 5.52 | 4.92 | 5.12 | 0.2 | 경사28 | 0.54 | 0.57 | - | 0.03 |
| 경사11 | -0.38 (30m) | - | - | 1.16 | 경사29 | -0.80 | -0.64 | - | 0.16 |
| 경사12 | 1.30 | 0.78 | - | 0.52 | 경사30 | 0.17 | -0.17 | 0.00 | 0.17 |
| 경사13 | 2.45 | 2.85 | - | 0.4 | 경사31 | -0.50 | - | -0.04 | 0.46 |
| 경사14 | 3.29 (30m) | - | - |  | 경사32 | 7.14 | 7.15 | - | 0.01 |
| 경사15 | 2.44 | 2.72 | - | 0.28 | 경사33 | 2.65 | 2.64 | 2.60 | 0.05 |
| 경사16 | 8.61 | 8.66 | - | 0.05 | 경사34 | 2.05 | - | 2.39 | 0.34 |
| 경사17 | -8.80 | -8.85 | - | 0.05 | 경사35 | 7.28 | 7.5 | 7.31 | 0.03 |
| 경사18 | -3.39 | -3.73 | - | 0.34 | 경사36 | 5.25 | - | 5.33 | 0.08 |

다. 첨단점검차량을 이용한 시범운영

(1) 점검목적

○ 도로안전시설물 미비, 설계결함 등 도로환경 요인에 의해 교통사고 다수 발생함. 지방부도로 등 기존도로의 경우 관련 도로정보(도면)가 없거나 잦은 유지관리 등으로 도로정보와 실제 도로가 상이한 경우가 많음

○ 이에 첨단 점검차량을 활용하여 국도(고속・일반)의 기하구조, 안전시설 등 도로정보를 수집・분석하여 도로환경요인에 의한 사고를 미연에 예방하고자 함

(2) 점검대상

○ ‘12년도 구간 및 권역별 점검계획(표 참조)에 의거, 전라 남・북도 및 경상 남・북도에 대한 교통사고 다발구간에 대한 점검 시행

<표 3-5-78> 구간 및 권역별 점검 계획

| 도로구분 | 권 역 | 일반국도 노선번호 | 연장 (km) |
|---|---|---|---|
| 일반국도 | 전 남 | 1, 2, 13, 17, 23, 24, 29 | 374 |
| | 전 북 | 1, 17, 21, 22, 23, 26, 77 | 361 |
| | 경 남 | 2, 3, 5, 14, 19, 35 | 406 |
| | 경 북 | 3, 4, 5, 7, 20, 28, 33, 35 | 571 |

○ 현장점검구간 : 총 3,424km (전라권, 경상권 일반국도 왕복)

- 전라남도

| 연번 | 노선번호 | 도 로 구 간 | 구간거리(km) |
|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 석현삼거리~남평교사거리 | 58.8 |
| 2 | 2 | 초당교차로~팔마사거리 | 47.8 |
| 3 | 2 | 팔마사거리~금호교차로 | 28.3 |
| 4 | 2 | 석현삼거리~월산교 | 32.5 |
| 5 | 13 | 대치교차로~종대삼거리 | 11.8 |
| 6 | 13 | 장산사거리~덕진초교사거리 | 19.1 |
| 7 | 17 | 팔마사거리~돌산대교입구 | 33.9 |
| 8 | 17 | 냉천IC~상비교차로 | 35 |
| 9 | 23 | 목리교차로~순지교차로 | 58.4 |
| 10 | 24 | 종대삼거리~담순로 | 8.3 |
| 11 | 29 | 화순IC~초당교차로 | 40 |
| | | | 373.9 |

- 전라북도

| 연번 | 노선번호 | 도 로 구 간 | 구간거리(km) |
|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 신월삼거리~왕림교차로 | 26 |
| 2 | 17 | 전주시 차량등록사업소~귀석사거리 | 127.9 |
| 3 | 21 | 사정리삼거리~공항교차로 | 19.8 |
| 4 | 21 | 공항교차로~공덕교차로 | 24.4 |
| 5 | 22 | 제하사거리~동초등교교차로 | 17.2 |
| 6 | 23 | 학천삼거리~제하사거리 | 18 |
| 7 | 23 | 영전사거리~봉황교차로 | 17.2 |
| 8 | 23 | 서암사거리~공덕교차로 | 10.4 |
| 9 | 23 | 송학교차로~익산시 망성면 GS칼텍스 | 26.9 |
| 10 | 26 | 공항교차로~외고삼거리 | 5.7 |
| 11 | 26 | 사정리삼거리~전주시 차량등록사업소 | 41.4 |
| 12 | 77 | 마포교차로~봉황교차로 | 26.2 |
| | | | 361.1 |

- 경상남도

| 연번 | 노선번호 | 도 로 구 간 | 구간거리(km) |
|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 호산교차로～서성광장교차로 | 20.9 |
| 2 | 2 | 현동교차로～명지IC | 49.3 |
| 3 | 3 | 초전삼거리～계양오거리 | 61.2 |
| 4 | 5 | 대견교차로～서성광장교차로 | 57.9 |
| 5 | 14 | 호산교차로～누우재래 | 75.4 |
| 6 | 14 | 서성광장교차로～대동사거리 | 60.0 |
| 7 | 19 | 화개장터삼거리～초전삼거리 | 81.2 |
| 8 | 35 | 통도사 입구～호포삼거리 | 25.6 |
| | | | 431.5 |

- 경상북도

| 연번 | 노선번호 | 도 로 구 간 | 구간거리(km) |
|---|---|---|---|
| 1 | 3 | 문경대로 34번 분기점～김천로 | 66.2 |
| 2 | 4 | 청천역～팔우정 삼거리 | 50.8 |
| 3 | 4 | 칠곡대로상～33번 분기점 | 24.5 |
| 4 | 5 | 오운육교～원당교차로 | 49.5 |
| 5 | 7 | 팔우정 삼거리～부성아파트 | 23.3 |
| 6 | 7 | 팔우정 삼거리～강동IC | 18.5 |
| 7 | 7 | 고포터널전～34번 분기점 | 89.2 |
| 8 | 7 | 성곡IC～34번 분기점 | 71.9 |
| 9 | 20 | 매전삼거리～경북·경남경계점 | 36.9 |
| 10 | 28 | 농공단지사거리～봉양교차로 | 52.9 |
| 11 | 28 | 강동IC～쉐보레 서비스센터 | 31.7 |
| 12 | 33 | 33번 분기점～도개교차로 | 35.4 |
| 13 | 35 | 천리고가교북단～길안사거리 | 20.8 |
| | | | 571.6 |

(3) 도로안전시설 점검의 범위

<표 3-5-79> 도로안전시설 점검의 범위

| 구분 | 분 석 내 용 | |
|---|---|---|
| 평면선형 | 직 선 | · 직선길이 |
| | 원 곡 선 | · 원곡선 반경, 곡선길이 |
| | 완화곡선 | · 클로소이드 파라미터, 곡선길이 |
| 종단선형 | 종단경사 | · 최대종단경사, 최소종단경사 |
| | 종단곡선 | · 종단경사 변화비율, 곡선길이 |
| 편경사 | | · 횡단경사, 편경사 |
| 영상정보 | | · 도로 및 교통안전시설 위치분석, 유지관리 적정성 등 |

○ 전라권(전남 · 전북), 경상권(경남 · 경북)에 대한 도로·교통안전시설 점검결과 전 구간에서 교통사고가 발생하고 있으며, 특히 노선별로 전남(2, 17호선), 전북(17, 23호선), 경남(2, 14호선), 경북(4, 28호선)에서 교통사고가 집중적으로 발생한 것으로 나타남

○ 전라권(전라남도) 7개의 사고다발노선(1, 2, 13, 17, 23, 24, 29)의 도로·교통안전시설 점검결과 총 66개의 문제점을 발견하여 개선안 도출

- 도로·교통안전시설별로는 방호울타리(21개), 시선유도시설(20개), 교통안전표지판(12개) 등이 가장 큰 문제점으로 분석됨

○ 전라권(전라북도) 7개의 사고다발노선(1, 17, 21, 22, 23, 26, 77)의 도로·교통안전시설 점검결과 총 139개의 문제점을 발견하여 개선안 도출

- 도로·교통안전시설별로는 시선유도시설(64개), 방호울타리(33개), 교통안전표지(24개) 등이 가장 큰 문제점으로 분석됨

○ 경상권(경상남도) 6개의 사고다발노선(2, 3, 5, 14, 19, 35)의 도로·교통안전시설 점검결과 총 89개의 문제점을 발견하여 개선안 도출

- 도로·교통안전시설별로는 시선유도시설(27개), 방호울타리(24개), 교통안전표지(13개) 등이 가장 큰 문제점으로 분석됨

○ 경상권(경상북도) 8개의 사고다발노선(3, 4, 5, 7, 20, 28, 33, 35)의 도로·교통안전시설 점검결과 총 275개의 문제점을 발견하여 개선안 도출

- 도로·교통안전시설별로는 시선유도시설(95개), 방호울타리(81개), 교통안전표지(76개) 등이 가장 큰 문제점으로 분석됨

○ 4개권역(전남・전북・경남・경북) 28개 노선의 도로·교통안전시설 점검결과 총 569개의 문제점을 발견하여 개선안 도출

- 도로·교통안전시설별로는 시선유도시설 206개, 방호울타리 159개, 교통안전표지판 125, 충격흡수시설 34개, 노면표시 22개, 기타 18개, 신호등 5개 순서로 나타남

<표 3-5-80> 도로안전시설 점검 결과

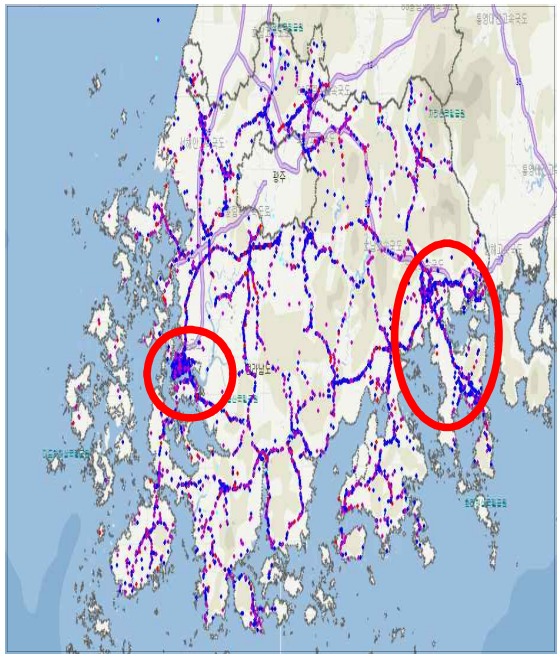
| 구 분 | 시선유도시설 | 보행자도로 | 방호울타리 | 충격흡수시설 | 교통안전표지판 | 도로표지판 | 신호등 | 노면표시 | 기타 | 합계 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 잘못된 시설위치 | 6 | | 2 | | 2 | | | 1 | | 11 |
| 파 손 | 32 | | 71 | 15 | 1 | | 3 | | 2 | 124 |
| 단부미처리 및 접합부 불량 | | | 67 | 1 | | | | | | 68 |
| 운전자 시야 시인성장애 | | | | | 1 | | | | 14 | 15 |
| 상충정보 | | | | | | | | | | |
| 중 복 | | | | | | | | 1 | | |
| 미설치 | 162 | | 18 | 16 | 60 | | | | | 256 |
| 병 설 | | | | | 11 | | | | | |
| 도색 노후 | 1 | | | | 1 | | 2 | 12 | | 16 |
| 시설등의 임의조치 | | | | | | | | | | |
| 잘못된 안전시설 | 5 | | 1 | 2 | 49 | | | 8 | 2 | 67 |
| 기 타 | | | | | | | | | | |
| 합 계 | 206 | | 159 | 34 | 125 | 0 | 5 | 22 | 18 | 569 |

(4) 전라남도 점검노선 및 교통사고 현황

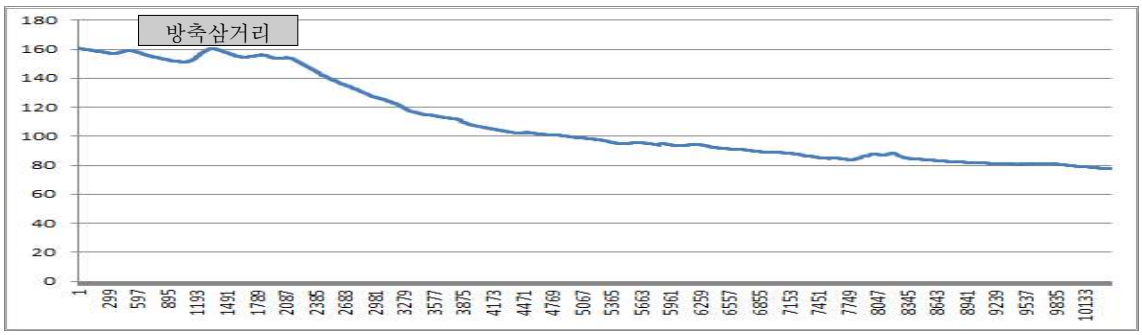
○ 전라남도의 사고다발구간 1, 2, 13, 17, 23, 24, 29호 일반국도 374km(편도)에 대해 기하구조(종단선형) 및 도로·교통안전시설에 대해 점검을 수행하였음

○ 전라남도의 점검구간 1, 2, 13, 17, 23, 24, 29호 및 교차점 대부분에서 교통사고가 발생하고 있는 것으로 나타났으며, 이중 2번 국도 및 17번 국도에서 교통사고가 집중적으로 발생한 것으로 나타남



<그림 3-5-123> 전라남도 점검노선 현황 <그림 3-5-124> 전라남도 교통사고 현황




<그림 3-5-125> 국도 24호선 종단선형 현황

○ 도로·교통안전시설 점검결과 총 66개의 문제점을 발견하여 개선안을 도출하

였으며, 도로·교통안전시설별로는 시선유도시설 20개, 방호울타리 21개, 교통안전표지 12개, 노면표시 6개 순서로 나타남

<표 3-5-81> 전라남도 도로・교통안전시설 점검 총괄표

| 구 분 | 시선유도시설 | 보행자도로 | 방호울타리 | 충격흡수시설 | 교통안전표지판 | 도로표지판 | 신호등 | 노면표시 | 기타 | 합계 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 잘못된 시설위치 | | | | | | | | | | 0 |
| 파 손 | 11 | | 12 | | | | 2 | | 1 | 26 |
| 단부미처리 및 접합부 불량 | | | 9 | 1 | | | | | | 10 |
| 운전자 시야 시인성장애 | | | | | 1 | | | | 2 | 3 |
| 상충정보 | | | | | | | | | | |
| 중 복 | | | | | | | | 1 | | 1 |
| 미설치 | 9 | | | 1 | 1 | | | | | 11 |
| 병 설 | | | | | 4 | | | | | 4 |
| 도색 노후 | | | | | | | | 2 | | 2 |
| 시설등의 임의조치 | | | | | | | | | | |
| 잘못된 안전시설 | | | | | 6 | | | 3 | | 9 |
| 기 타 | | | | | | | | | | 0 |
| 합 계 | 20 | | 21 | 2 | 12 | | 2 | 6 | 3 | 66 |

○ 전라남도 국도1호선(나주시 석현삼거리→남평교사거리)에 대한 도로·교통안전시설 점검결과는 다음과 같음

○ 도로·교통안전시설 점검결과 총 5개의 문제점을 발굴하여 개선안을 도출하였으며, 도로·교통안전시설별로는 시선유도시설 2개, 교통안전표지판 및 신호등, 기타가 각각 1개로 나타남

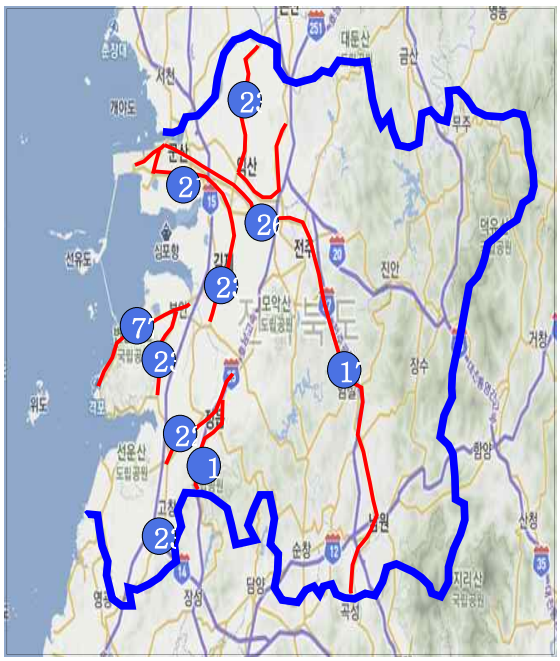
<표 3-5-82> 점검구간 : 나주 석현삼거리 ⇒ 남평교사거리(작성예)

| 교통안전시설 : 장애물 표지 | 촬영일시(점검일시) : 2012. 9.25 |
|---|---|
|  | |
| 문제점 | 장애물표적표지 파손 |
| 개선 방안 | 장애물표적표지 재설치 |
| 내용 | 중앙분리대 시점부에서 운전자에게 위험물이 있다는 정보를 반사체로 구성된 표지를 통해 전달 |
| 관련규정 | 도로안전시설설치 및 관리지침(장애물표적표지 참고, p.69~71) |
| 노 선 (도로명) | 국도1호선 |
| 주변상호 및 좌표 | 1707_181663.917500000_37.670300699_125.751648641_220888.535301373_Center.jpg |

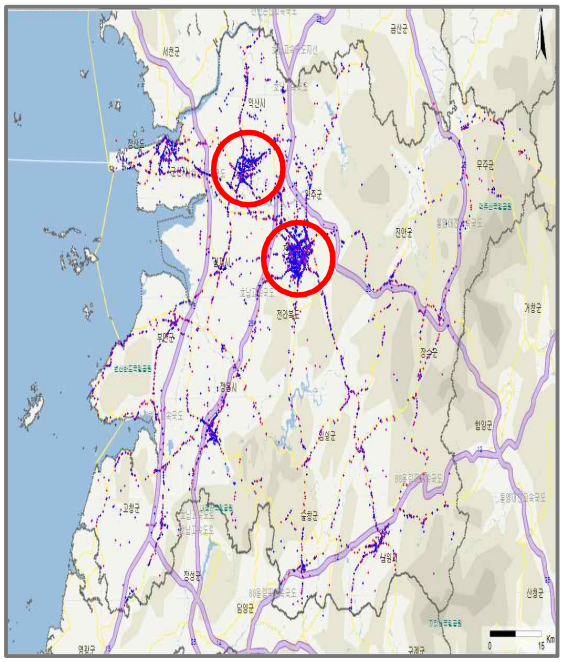
(5) 전라북도 점검노선 및 교통사고 현황

○ 전라북도의 사고다발구간 1, 17, 21, 22, 23, 26, 77호 일반국도 361km(편도)에 대해 기하구조(종단선형) 및 도로·교통안전시설에 대해 점검을 수행하였음

○ 전라북도의 점검구간 1, 17, 21, 22, 23, 26, 77호 및 교차점 대부분에서 교통사고가 발생하고 있는 것으로 나타났으며, 이중 17번 국도 및 23번 국도에서 교통사고가 집중적으로 발생한 것으로 나타남



<그림 3-5-126> 전라북도 점검노선 현황



<그림 3-5-127> 전라북도 교통사고 현황




<그림 3-5-128> 국도 17호선 종단선형 현황

○ 도로·교통안전시설 점검결과 총 139개의 문제점을 발견하여 개선안을 도출하였으며, 도로·교통안전시설별로는 선유도시설 64개, 방호울타리 33개, 교통안전표지 24개, 충격흡수시설 6개, 노면표시 5개, 기타 5개, 신호등 2개 순서로 나타남

<표 3-5-83> 전라북도 도로·교통안전시설 점검 총괄표

| 구 분 | 시선유도시설 | 보행자도로 | 방호울타리 | 충격흡수시설 | 교통안전표지판 | 도로표지판 | 신호등 | 노면표시 | 기타 | 합계 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 잘못된 시설위치 | 6 | | 1 | | 1 | | | 1 | | 9 |
| 파 손 | 12 | | 14 | 3 | | | | | 1 | 30 |
| 단부미처리 및 접합부 불량 | | | 15 | | | | | | | 15 |
| 운전자 시야 시인성장애 | | | | | | | | | 4 | 4 |
| 상충정보 | | | | | | | | | | |
| 중 복 | | | | | | | | | | |
| 미설치 | 44 | | 3 | 1 | 19 | | | | | 67 |
| 병 설 | | | | | | | | | | |
| 도색 노후 | 1 | | | | 1 | | 2 | 4 | | 8 |
| 시설등의 임의조치 | | | | | | | | | | |
| 잘못된 안전시설 | 1 | | | 2 | 3 | | | | | 6 |
| 기 타 | | | | | | | | | | |
| 합 계 | 64 | | 33 | 6 | 24 | | 2 | 5 | 5 | 139 |

○ 전북권 국도23호선(봉황교차로→ 영전사거리)에 대한 도로·교통안전시설 점검 결과는 다음과 같음

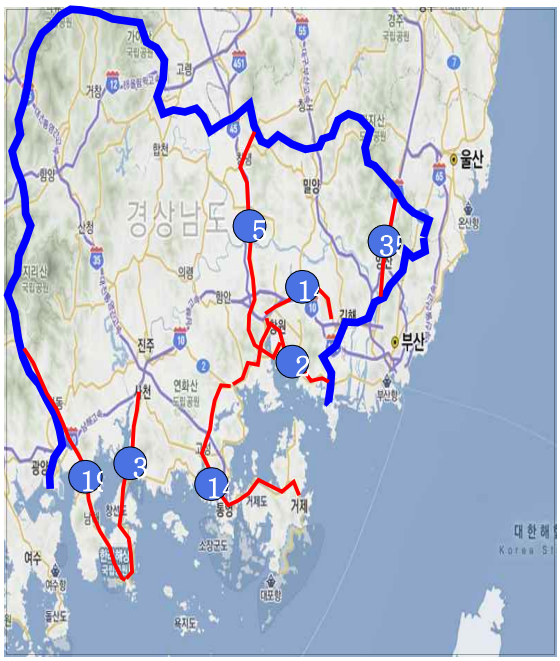
<표 3-5-84> 점검구간 : 봉황교차로 ⇒ 영전사거리(작성예)

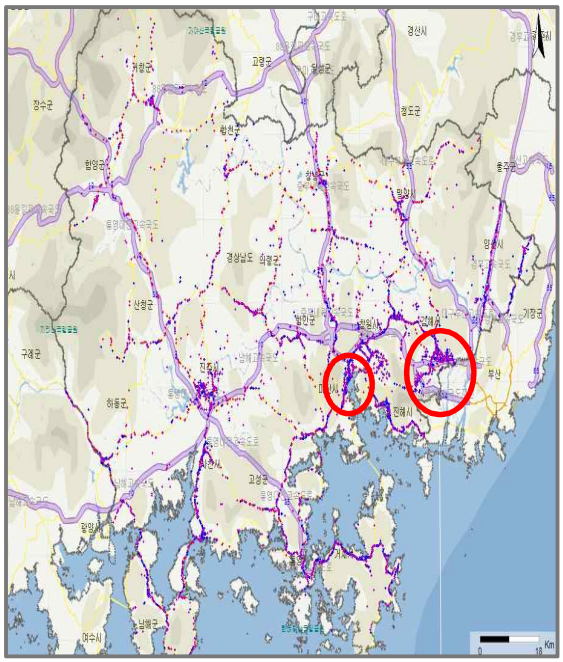
<table>
<tr><td colspan="2">교통안전시설 : 충격흡수시설</td><td>촬영일시(점검일시) : 2012.6.26</td></tr>
<tr><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>문제점</td><td colspan="2">충격흡수시설 파손</td></tr>
<tr><td>개선 방안</td><td colspan="2">충격흡수시설 재설치</td></tr>
<tr><td>내용</td><td colspan="2">도로상의 구조물 등과 충돌하기 전에 차량의 충격에너지를<br>흡수하여 정지토록 하거나, 차량을 본래 주행차로로 복귀하도록 함</td></tr>
<tr><td>관련규정</td><td colspan="2">도로안전시설설치 및 관리지침(충격흡수시설 참고, p.277~292)</td></tr>
<tr><td>노 선<br>(도로명)</td><td colspan="2">국도23호선</td></tr>
<tr><td>주변상호 및<br>좌표</td><td colspan="2">1694_196966.342500000_35.740691233_126.732862853_57.259728434</td></tr>
</table>

(6) 경상남도 점검노선 및 교통사고 현황

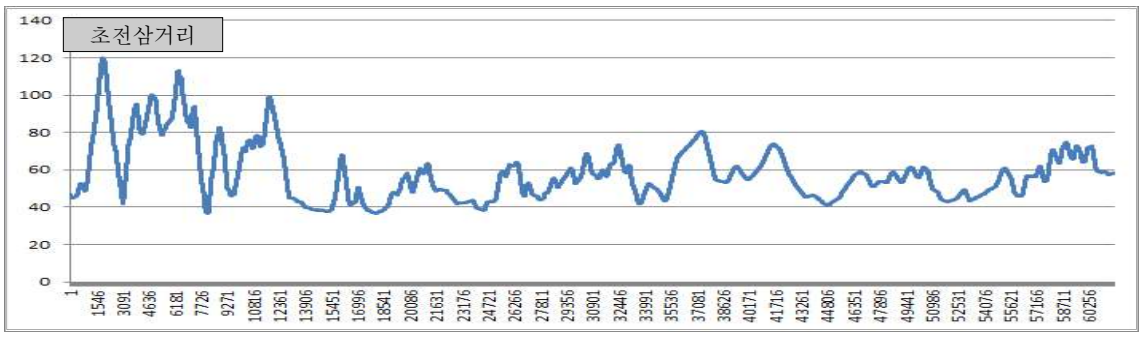
○ 경상남도의 사고다발구간 2, 3, 5, 14, 19, 35호 일반국도 406km(편도)에 대해 기하구조(종단선형) 및 도로·교통안전시설에 대해 점검을 수행하였음

○ 경상남도의 점검구간 2, 3, 5, 14, 19, 35호 및 교차점 대부분에서 교통사고가 발생하고 있는 것으로 나타났으며, 이중 2번 국도 및 14번 국도에서 교통사고가 집중적으로 발생한 것으로 나타남



<그림 3-5-129> 경상남도 점검노선 현황 <그림 3-5-130> 경상남도 교통사고 현황




<그림 3-5-131> 국도 3호선 종단선형 현황

○ 도로·교통안전시설 점검결과 총 89개의 문제점을 발견하여 개선안을 도출하였으며, 도로·교통안전시설별로는 시선유도시설 27개, 방호울타리 24개, 교통안전표지 13개, 노면표시 9개 순서로 나타남

<표 3-5-85> 경상남도 도로·교통안전시설 점검 총괄표

| 구 분 | 시선유도시설 | 보행자도로 | 방호울타리 | 충격흡수시설 | 교통안전표지판 | 도로표지판 | 신호등 | 노면표시 | 기타 | 합계 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 잘못된 시설위치 | | | | | 1 | | | | | 1 |
| 파 손 | 9 | | 9 | | | | 1 | | | 19 |
| 단부미처리 및 접합부 불량 | | | 15 | | | | | | | 15 |
| 운전자 시야 시인성장애 | | | | | | | | | 5 | 5 |
| 상충정보 | | | | | | | | | | |
| 중 복 | | | | | | | | | | |
| 미설치 | 18 | | | 8 | | | | | | 26 |
| 병 설 | | | | | 7 | | | | | 7 |
| 도색 노후 | | | | | | | | 5 | | 5 |
| 시설등의 임의조치 | | | | | | | | | | |
| 잘못된 안전시설 | | | | | 5 | | | 4 | 2 | 11 |
| 기 타 | | | | | | | | | | 0 |
| 합 계 | 27 | | 24 | 8 | 13 | | 1 | 9 | 7 | 89 |

○ 경남권 국도2호선(창원시 호산교차로→서성광장교차로)에 대한 도로·교통안전시설 점검결과는 다음과 같음

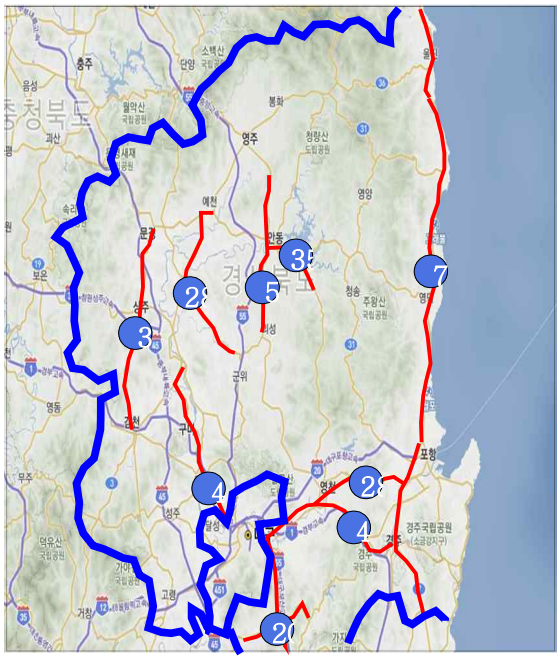
<표 3-5-86> 점검구간 : 창원시 호산교차로 ⇒ 서성광장교차로(작성예)

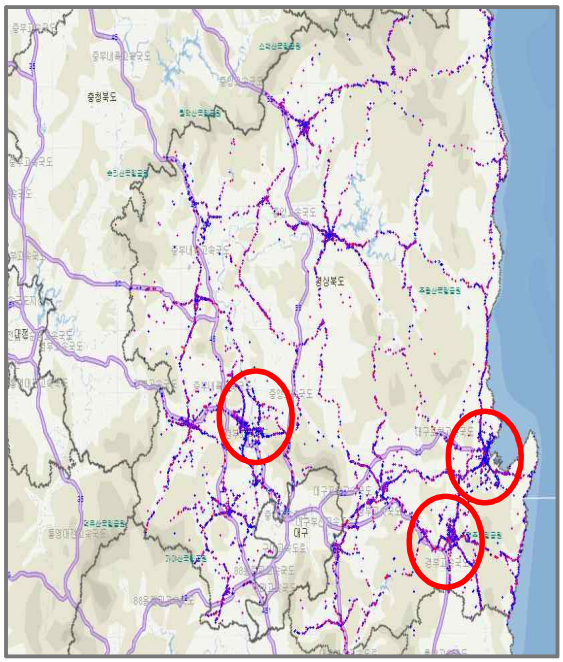
| 교통안전시설 : 교통안전표지 | 촬영일시(점검일시) : 2012.07.24 |
|---|---|
|  | |
| 문제점 | 터널 주의표지 설치 오류 |
| 개선 방안 | 터널 주의표지 제거 |
| 내용 | 터널 주의표지는 진입도로가 굽어 시인이 곤란한 경우 설치 |
| 관련규정 | 교통안전표지 설치·관리 매뉴얼(터널, p.79~80) |
| 노 선<br>(도로명) | 국도2호선 |
| 주변상호 및 좌표 | 1698_197699.982500000_35.108920927_128.447841254_49.782007855_Center.jpg |

(7) 경상북도 점검노선 및 교통사고 현황

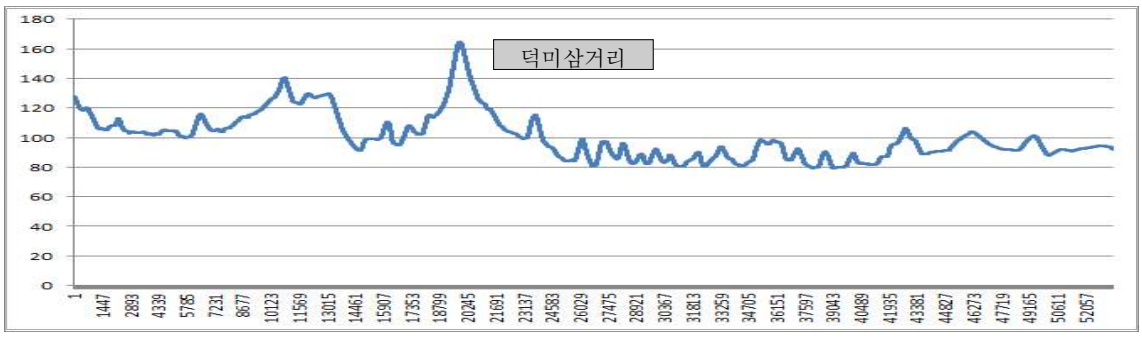
○ 경상북도의 사고다발구간 3, 4, 5, 7, 20, 28, 33, 35호 일반국도 571km(편도)에 대해 기하구조(종단선형) 및 도로·교통안전시설에 대해 점검을 수행하였음

○ 경상북도의 점검구간 3, 4, 5, 7, 20, 28, 33, 35호 및 교차점 대부분에서 교통사고가 발생하고 있는 것으로 나타났으며, 이중 4번 국도 및 28번 국도에서 교통사고가 집중적으로 발생한 것으로 나타남



<그림 3-5-132> 경상북도 점검노선 현황 <그림 3-5-133> 경상북도 교통사고 현황




<그림 3-5-134> 국도 28호선 종단선형 현황

○ 도로·교통안전시설 점검결과 총 275개의 문제점을 발견하여 개선안을 도출하였으며, 도로·교통안전시설별로는 시선유도시설 95개, 방호울타리 81개, 교통안전표지 76개, 충격흡수시설 18개 등의 순서로 나타남

<표 3-5-87> 경상북도 도로・교통안전시설 점검 총괄표

| 구 분 | 시선유도시설 | 보행자도로 | 방호울타리 | 충격흡수시설 | 교통안전표지판 | 도로표지판 | 신호등 | 노면표시 | 기타 | 합계 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 잘못된 시설위치 | | | 1 | | | | | | | 1 |
| 파 손 | | | 36 | 12 | 1 | | | | | 49 |
| 단부미처리 및 접합부 불량 | | | 28 | | | | | | | 28 |
| 운전자 시야 시인성장애 | | | | | | | | | 3 | 3 |
| 상충정보 | | | | | | | | | | |
| 중 복 | | | | | | | | | | |
| 미설치 | 91 | | 15 | 6 | 40 | | | | | 152 |
| 병 설 | | | | | | | | | | |
| 도색 노후 | | | | | | | | 1 | | 1 |
| 시설등의 임의조치 | | | | | | | | | | |
| 잘못된 안전시설 | 4 | | 1 | | 35 | | | 1 | | 41 |
| 기 타 | | | | | | | | | | |
| 합 계 | 95 | | 81 | 18 | 76 | | | 2 | 3 | 275 |

○ 경상북도 국도28호선(논공단지사거리→봉영교차로)에 대한 도로·교통안전시설 점검결과는 다음과 같음

<표 3-5-88> 점검구간 : 논공단지사거리 ⇒ 봉영교차로(작성예)

| 도로안전시설 : 방호울타리 | 촬영일시(점검일시) : 2012.8.13 |
|---|---|
|  | |
| 문제점 | 방호울타리 미설치 |
| 개선 방안 | 방호울타리 연장 설치 |
| 내용 | 방호울타리 설치를 통한 주행 이탈방지 및 운전자의 시선을 유도함 |
| 관련규정 | 도로안전시설 설치 및 관리지침(차량방호 안전시설 편) |
| 노 선 (도로명) | 국도28호선 |
| 주변상호 및 좌표 | |

# 제6-1절 시스템 요구정의 단계

## 1. 연구 내용

○ 시스템 요구정의 단계는 과제 참여자 간의 공통 관심 사항을 도출하고, 요구사항을 정의하는 작업이다. 본 연구에서는 안전성 분석 S/W 개발을 위하여 상위 요구사항을 정의하고, 시스템의 배경에 대한 명확한 이해와 업무적 관점에서 S/W 개발에 필요한 업무배경도 및 기능 분해도를 정의하는 활동을 하였으며, 이러한 활동을 통해 도출된 기능분야는 크게 3가지로 구분되며 다음과 같은 기능적 특징을 가지고 있음

- 도면화 분야 : 도로 주행 궤적 조사를 통해 취득한 자료를 이용하여, 평면선형(Heading 추출), 종단경사(H-MSL 추출), 편경사(Roll 추출), 도로시설물(위치 추출)을 추출하고 기하구조분석을 통해 도로 및 교통환경 도면화 및 검토를 수행함

- 안전점검 분야 : 안전점검 관리자가 안전점검의 개별 위험요소와 주행궤적을 적용하여 안전점검을 진단하고, 진단결과에 따라 안전과 위험을 구분하여 도로시설물, 선형, 노면, 시거분석, 속도차분석 등의 위험요소에 대한 안전점검 분석 및 종합안전도를 조회함

- 검색 분야 : 검색 종류별로 주소 검색과 노선/구간 선택 및 교차로 또는 이정입력을 통한 속성검색, 도로명 및 좌표입력을 통한 상세 검색으로 구성

## 2. 연구 결과

### 가. 상위요구사항기술서

#### (1) 도면화

<표 3-6-1> 상위요구사항기술서 (도면화)

| ID | 유 형 | 요구 사항 |
|---|---|---|
| FM001 | 기능 | 프로젝트 관리<br>· 활성화 : 선형 중 분석 작업이 필요한 선형 활성화<br>· 추가 : 조사구간의 분석이 필요한 선형 추가<br>· 삭제 : 추가된 선형 삭제 |
| FM002 | 기능 | 도로중심선 생성<br>· 도로중심선 구성 : 상하행 주행정보를 이용하여 도로중심선 구성<br>· 도로중심선 추출 : 구성된 도로중심선을 이용하여 1m 도로중심점 추출 시, 가장 근접한 상하행 주행정보를 같이 추출 |
| FM003 | 기능 | 이미지 슬라이드<br>· 자료 취득 시 수집한 주행 이미지를 해당 방향에 따라 전방, 좌우측 이미지 보기 |
| FM004 | 기능 | 선형 추정 및 배치 → 평면선형 자동 추정<br>· 주행정보를 이용하여 직선, 원곡선, 완화곡선 구간을 추정 분리 |
| FM005 | 기능 | 선형 추정 및 배치 → 평면선형 수동 추정<br>· 전체 구간 표시, 객체 선택, 구간 적용, 구간 추가 및 삭제<br>· 선형의 구간 위치 조회 및 변경 |
| FM006 | 기능 | 선형 추정 및 배치 → 평면선형 배치<br>· 완료된 평면선형 추정 결과를 선형 객체로 배치 |
| FM007 | 기능 | 선형 추정 및 배치 → 종단선형 자동 추정<br>· 주행정보를 이용하여 선형의 종단 구간을 정의 |
| FM008 | 기능 | 선형 추정 및 배치 → 종단선형 수동 추정<br>· 전체 구간 표시, 객체 선택, 구간 적용, 구간 추가 및 삭제<br>· 선형의 구간 위치 조회 및 변경 |

| ID | 유 형 | 요구 사항 |
|---|---|---|
| FM009 | 기능 | 선형 추정 및 배치 → 종단선형 배치<br>· 완료된 종단선형 추정 결과를 선형 객체로 배치 |
| FM010 | 기능 | 선형 추정 및 배치 → 횡단 자동 구성<br>· 주행정보를 이용하여 횡단 구간을 정의 |
| FM011 | 기능 | 선형 추정 및 배치 → 횡단 수동 구성<br>· 전체 구간 표시, 객체 선택, 구간 적용, 구간 추가 및 삭제<br>· 선형의 구간 위치 조회 및 변경 |
| FM012 | 기능 | 데이터 구성 및 분석 → 도로시설 구성<br>· 주행정보를 이용하여 중앙분리대, 상하행 가드레일, 상하행 도로폭, 상하행 사면을 구성 |
| FM013 | 기능 | 데이터 구성 및 분석 → 교통표지판 구성<br>· 상하행 교통표지판 정보와 위치를 정보를 이용하여 주행정보에서 취득한 이정에 매치하여 구성 |
| FM014 | 기능 | 데이터 구성 및 분석 → 포장 구성<br>· 상하행 포장 정보를 GPSTime으로 매치하여 구성 |
| FM015 | 기능 | 데이터 구성 및 분석 → 시거 분석<br>· 도로 기하구조 분석 결과와 데이터 구성 및 분석결과를 이용하여 2D 상의 도로 시거 분석 |
| FM016 | 기능 | 도로위험도 분석<br>· 도로 기하구조 분석 결과와 데이터 구성 및 분석결과를 이용하여 44개의 안전점검 항목 중 수동 안전점검 항목을 제외한 안전점검 항목 분석 |
| FM017 | 기능 | 도면화 → 레이어 제어<br>· 도면화 시에 사용되는 평면선형 배치, 종단선형 배치, 횡단 배치, 제원 등의 각 요소에 대한 레이어 관리 |
| FM018 | 기능 | 도면화 → 도면화<br>· 도로 기하구조 분석 결과와 데이터 구성 및 분석결과를 이용하여 도형 생성<br>· 생성된 도형을 이용하여 500m 단위로 분리하여 종평면도 작도<br>· 20m 단위의 횡단면도 작도 |

(2) 안전점검

<표 3-6-2> 상위요구사항기술서 (안전점검)

| ID | 유 형 | 요구 사항 |
|---|---|---|
| FM019 | 기능 | 시설안전점검 → 도로시설<br>· 자동 : 표지, 교통장애물, 시선유도시설 (O)<br>· 반자동 : 신호등, 과속방지시설, 미끄럼방지시설, 충격흡수시설 (X) |
| FM020 | 기능 | 시설안전점검 → 선형<br>· 자동 : 평면 선형, 종단 선형, 복합 선형<br>· 반자동 : 종단 선형의 오르막차로 |
| FM021 | 기능 | 시설안전점검 → 횡단구성<br>· 자동 : 차로, 보도<br>· 반자동 : 중앙분리대 |
| FM022 | 기능 | 시설안전점검 → 포장 및 배수<br>· 자동 : 포장<br>· 반자동 : 배수, 교량 |
| FM023 | 기능 | 시설안전점검 → 시거<br>· 도로의 여건으로 고려하여 주행에 방해되는 대상(중앙분리대, 좌우측 시설물)과 거리 분석 |
| FM024 | 기능 | 주행안전점검<br>· 일정 도로구간 중 주행속도 일관성이 없는 구간 분석 |
| FM025 | 기능 | 종합안전점검<br>· 안전성 분석을 위해 선정된 위험요소에 대한 종합 안전도 분석 |

(3) 교통사고

<표 3-6-3> 상위요구사항기술서 (교통사고)

| ID | 유 형 | 요구 사항 |
|---|---|---|
| FM026 | 기능 | 교통사고 위치<br>· 교통사고 날짜, 시간, 사건 등급의 위치검색 |
| FM027 | 기능 | 교통사고 통계<br>· 사망, 중상, 경상, 부상 등급별 사고건수검색 |

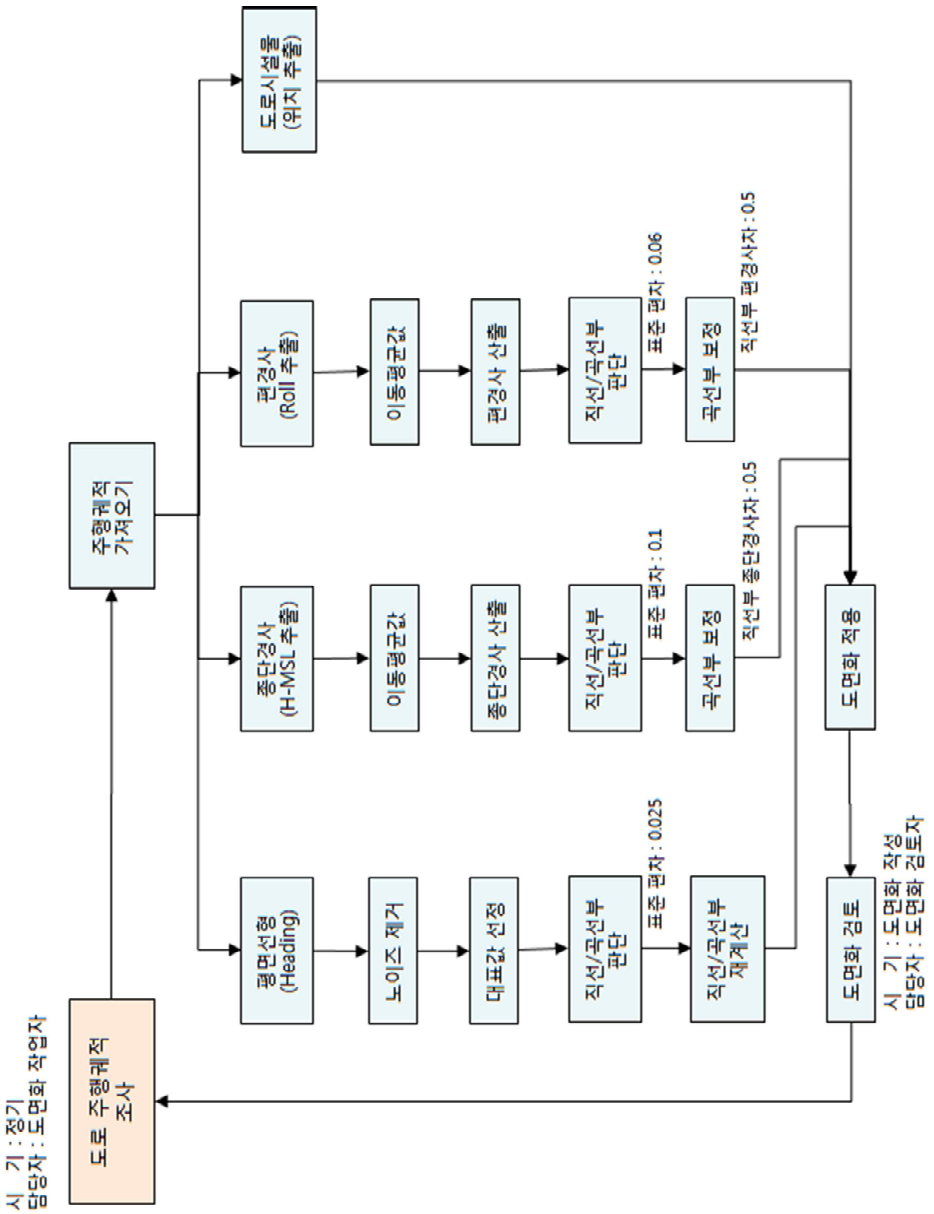
(4) 도로정보 조회

<표 3-6-4> 상위요구사항기술서 (도로정보조회)

| ID | 유 형 | 요구 사항 |
|---|---|---|
| FM028 | 기능 | Roll정보 조회 |
| FM029 | 기능 | Pitch정보 조회 |
| FM030 | 기능 | Heading정보 조회 |

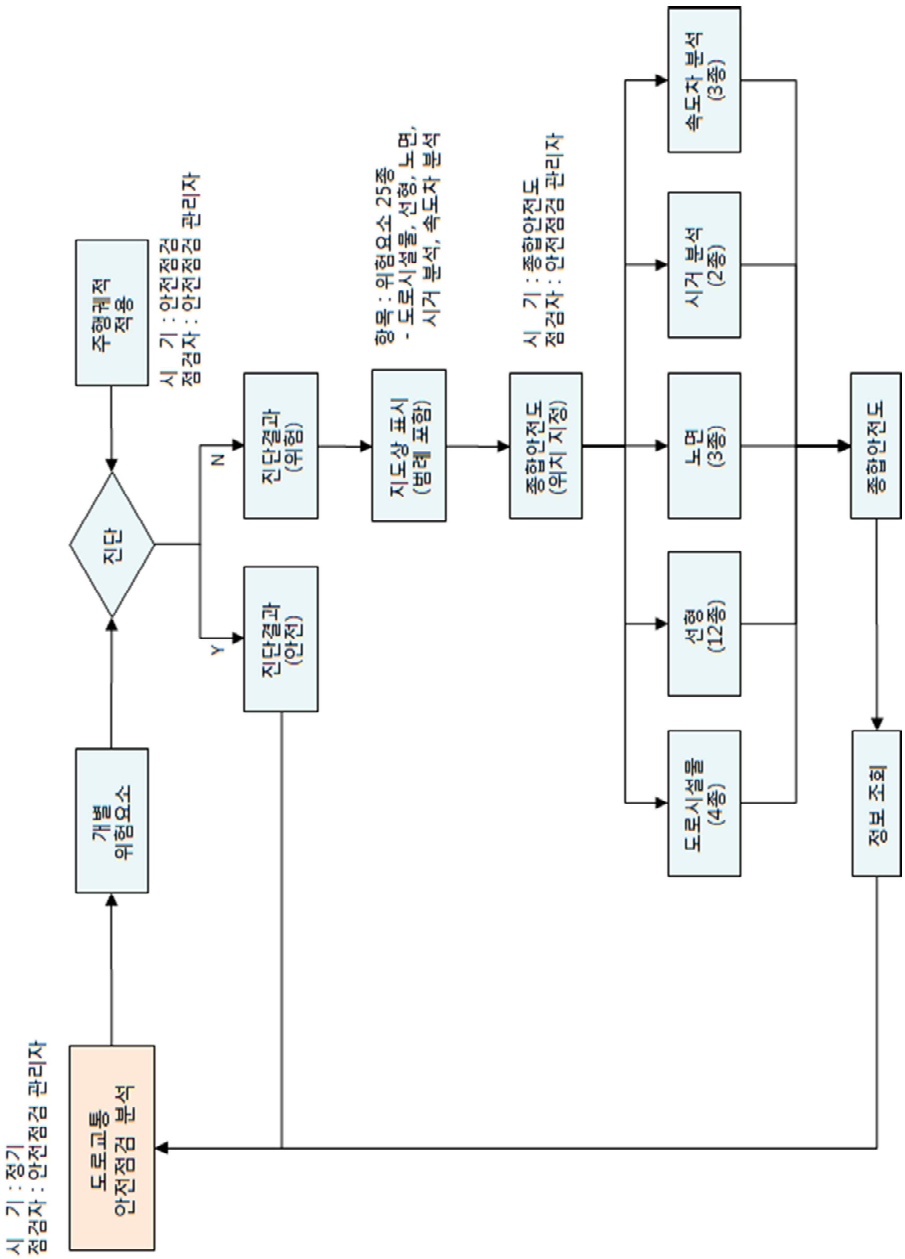
나. 업무배경도

(1) 도면화



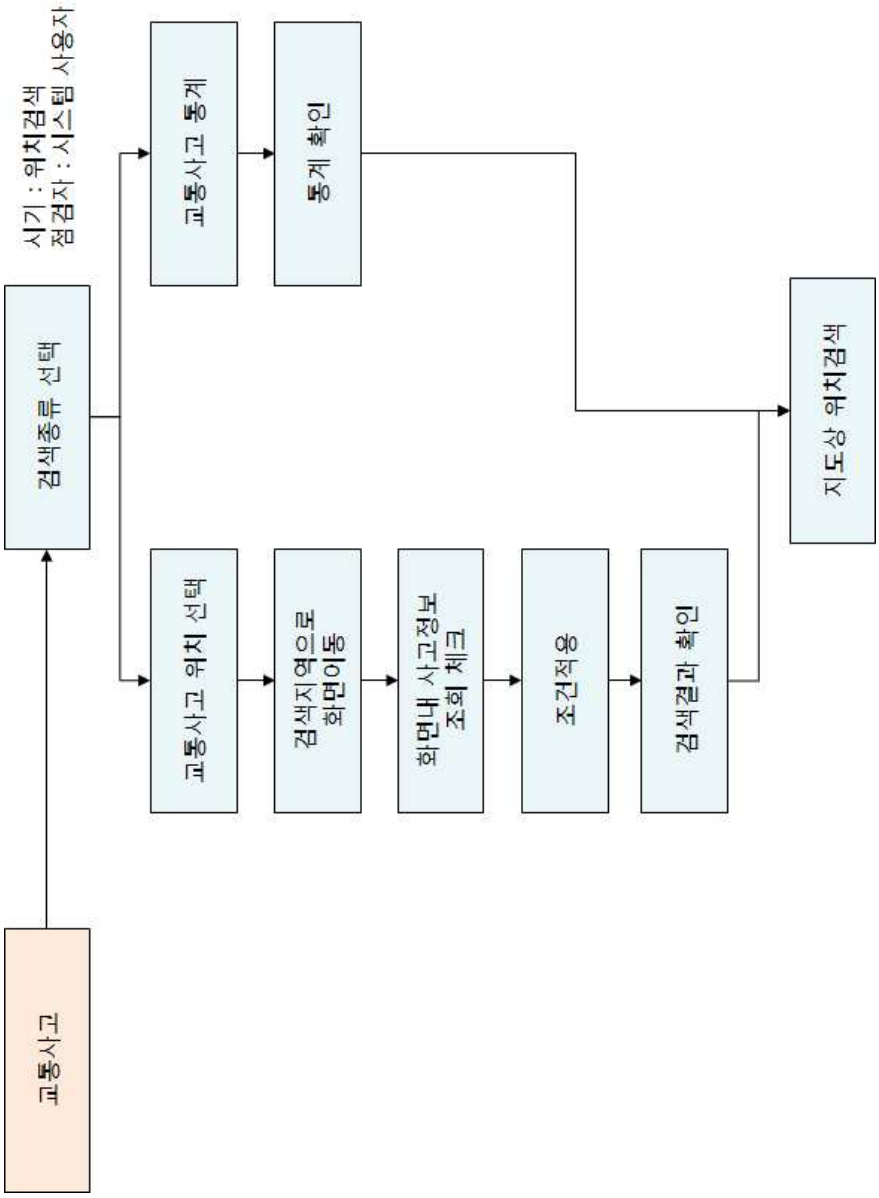

<그림 3-6-1> 업무배경 (도면화)

(2) 안전점검



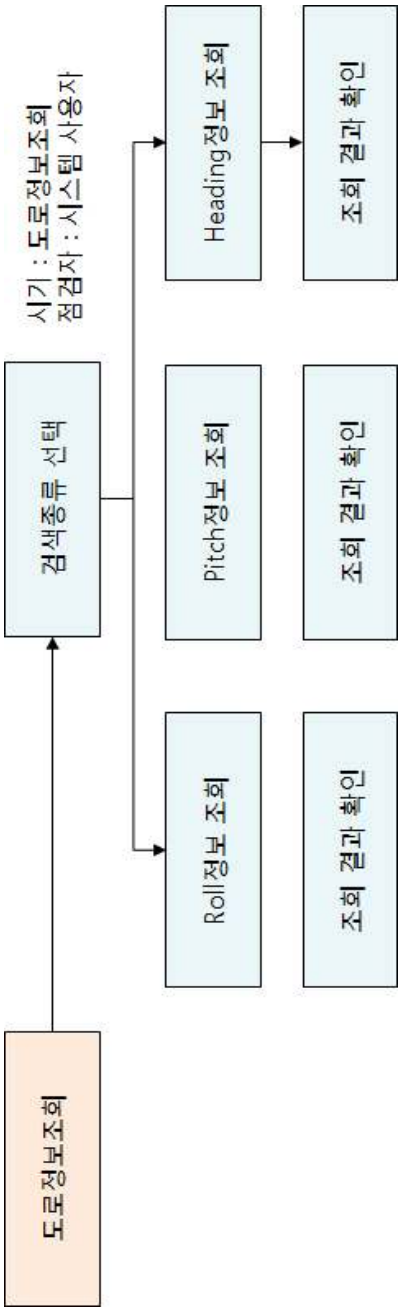

<그림 3-6-2> 업무배경 (안전점검)

(3) 교통사고




<그림 3-6-3> 업무배경 (교통사고)

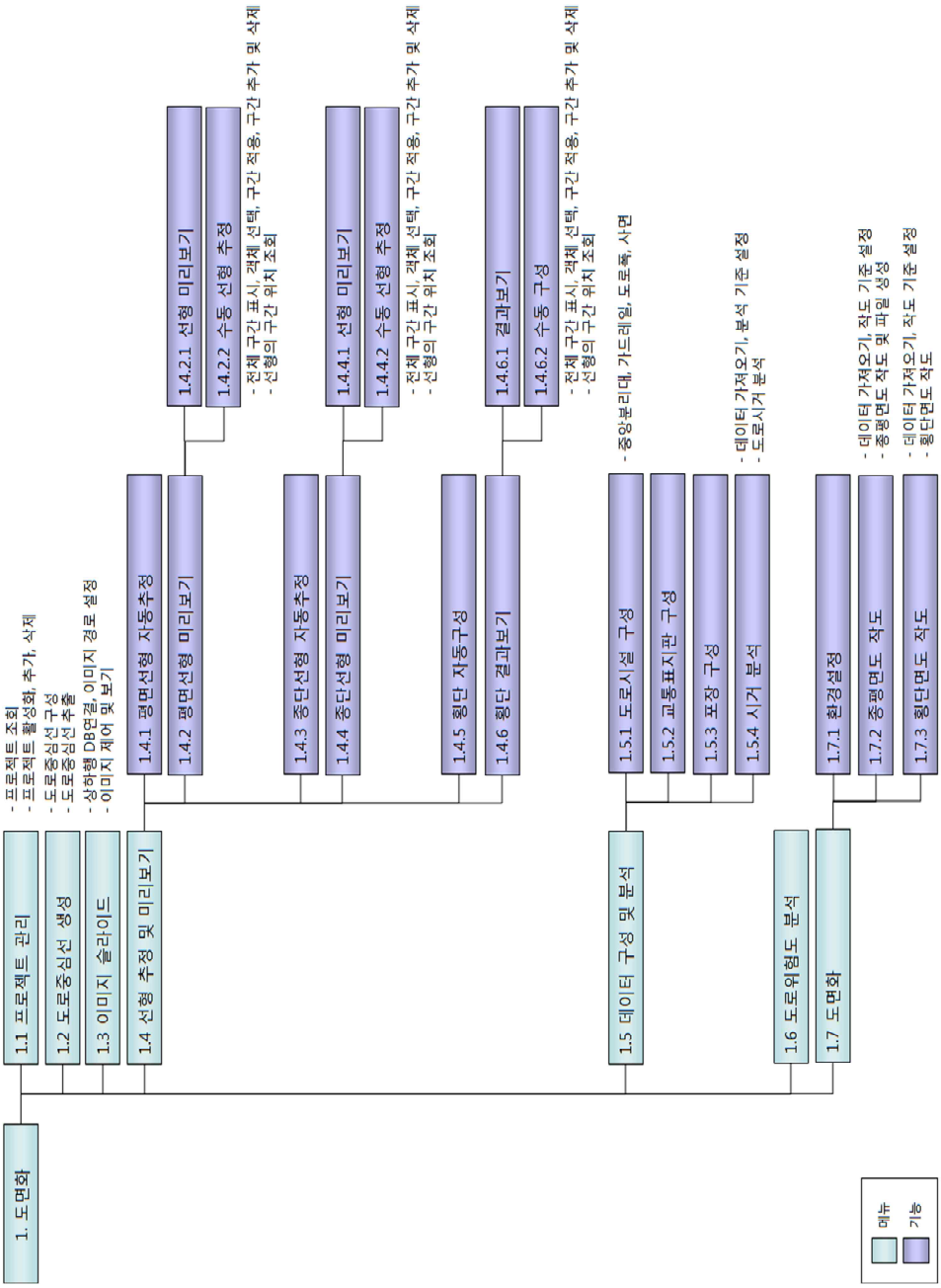
(4) 도로정보조회




<그림 3-6-4> 업무배경
(도로정보조회)

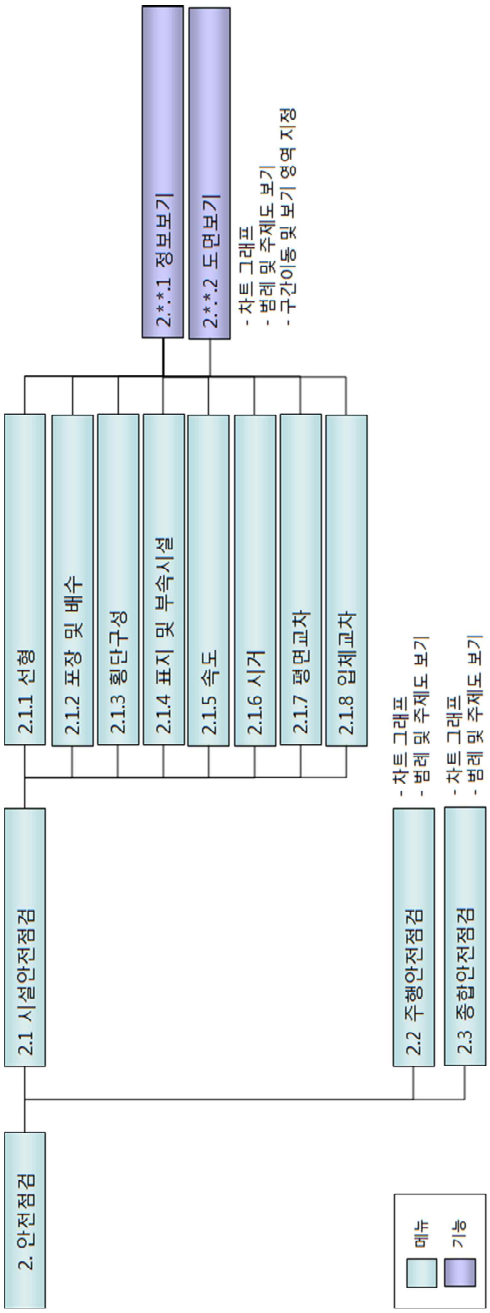
다. 기능분해도

(1) 도면화




<그림 3-6-5> 기능분해도 (도면화)

(2) 안전점검



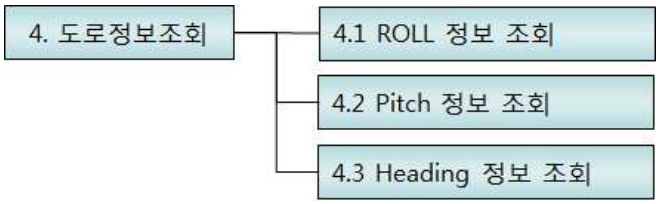

<그림 3-6-6> 기능분해도
(안전점검)

(3) 교통사고




<그림 3-6-7> 기능분해도 (교통사고)

(4) 도로정보조회




<그림 3-6-8> 기능분해도 (도로정보조회)

# 제6-2절 요구분석 단계

## 1. 연구 내용

○ 시스템 요구분석 단계는 사용자가 소프트웨어에 대해 무엇을 원하고 있는가를 조사하고 분석하여 소프트웨어로서의 요구항목을 구체화하는 작업으로서 시스템의 목표를 확립하는 과정임

○ 본 과제에서는 안전성 분석 S/W 개발을 위하여 현행업무절차를 조사하고, 요구사항을 정제, 모델링, 명세화하는 과정을 거쳐 프로세스 목록과 이벤트 목록을 정의하고, 엔티티 정의서를 기술하는 활동 하였고, 다음은 시스템 요구분석 활동을 위한 가이드라인의 주요 내용임

○ 시스템 요구분석 활동의 가이드라인

① 현행 시스템에 대한 이해 : 현행 시스템을 조사하고 현행 시스템이 어떠한가를 이해함

② 필요 사항과 기대 파악 : 각 계층의 사용자들이 요구하는 사항과 시스템화를 필요로 하는 이유와 그에 대한 기대효과가 무엇인지 파악합

③ 문제점과 애로 사항에 대한 해명 : 시스템화를 추진하는데 있어서 문제점이 무엇이고, 그로인한 애로 사항과 시스템화의 저해 요인을 밝힘

④ 환경 특성에 대한 이해 : 시스템의 환경 조건, 시장 환경, 정보처리에 대한 기술동향 등의 특성을 분석하여 그것이 시스템에 어떤 영향을 미치는지 검토함

⑤ 목적과 기능의 명확화 : 시스템화의 목적이 무엇이며, 목적을 달성하기 위하여 어떤 기능이 필요한가, 시스템화의 구체적 목적과 기능을 명확히 함

⑥ 적용 업무의 선정 : 시스템 기능이 구체화되면 각 계층 사용자들에게 확인시키고 허용 업무의 선정함

(가) 도면화

○ 전 단계인 요구정의에서 도출된 3가지 분야에 대한 사용자 요구사항을 분석해 본 결과, 도면화는 조사 당시 관련된 정보와 다중 선형들을 관리하기 위하여 각각의 선형별로 작성기능과 환경설정의 별도 관리가 필요함

○ 또한, 차량의 위치정보로부터 도로 선형 추정에 필요한 도로 구성 환경을 기본적으로 설정하고, 도로 선형 자료와 3D 객체 모델링을 통한 시설물 요소와의 시거분석에 필요한 기본 제원 설정을 하는 기능이 필요하며, 도면화 기능의 주요 소프트웨어적 요구사항을 제시함

<표 3-6-5> 도면화 기능의 요구사항 명세

| 요구사항 | 요구사항 설명 |
|---|---|
| ○프로젝트 관리 | ○조사차량으로부터 획득한 위치정보 자료를 이용하기 위하여 프로젝트를 추가/삭제하고 활성화<br>☞ 활성화 : 프로젝트 중 선형 분석 작업이 필요한 프로젝트 활성화<br>☞ 추가 : 조사구간의 분석이 필요한 상하행 주행정보를 프로젝트로 추가<br>☞ 삭제 : 추가된 프로젝트 삭제 |
| ○도로중심선 생성 | ○ 활성화된 프로젝트의 상하행 주행정보를 이용하여 도로중심선을 구성하고, 도로중심점에 가장 근접한 상하행 주행정보 추출하여 1m 도로중심선 생성<br>☞ 도로중심선 구성 : 상하행 주행정보를 이용하여 근접한 상하행 정점과의 중간점을 계산하여 도로중심선 구성<br>☞ 도로중심선 추출 : 구성된 도로중심선을 이용하여 1m 도로중심점을 재추출하고, 추출된 정점과 가장 근접한 상하행 주행정보를 매치하여 도로중심선 추출 |
| ○이미지 슬라이드 | ○ 조사차량으로부터 획득한 위치정보와 주행 이미지를 연결하여 해당 방향에 따라 전방과 좌우측 이미지 보기<br>☞ DB연결 : 지정한 도로 방향 테이블과 연결<br>☞ 이미지 경로 : 저장된 주행정보와 연계하여 보기할 이미지 경로 설정<br>☞ 보기 제어 : 자동/수동으로 해당하는 주행 이미지를 볼 수 있으며, 도면 위치를 이동<br>☞ 이미지 보기 : 도면에서 선택한 이정 문자를 이용하여 해당하 |

| 요구사항 | 요구사항 설명 |
|---|---|
| | 는 주행 이미지 보기 |
| ○평면선형 추정 | ○ 도로중심선을 이용하여 직선, 원곡선, 완화곡선 구간을 추정 분리하여 도로 평면선형 작성<br>☞ 선형추정방법 : 자동 선형 추정, 수동 선형 추정<br>☞ 가져오기 : 프로젝트의 도로중심선을 가져오기<br>☞ 선형 미리보기 : 추정된 선형 구간 미리보기<br>☞ 수동 선형 추정 : 객체 선택, 구간 적용, 구간 추가 및 삭제, 위치이동 및 구간 보기 |
| ○평면선형 배치 | ○ 선형 추정을 완료한 결과를 도면화, 시거 분석 등에 필요한 선형 객체로 배치<br>☞ 선형 배치 : 배치설정에 맞게 선형 배치 |
| ○종단선형 추정 | ○ 도로중심선을 이용하여 선형의 종단 구간 정의<br>☞ 선형추정방법 : 자동 선형 추정, 수동 선형 추정<br>☞ 가져오기 : 프로젝트의 도로중심선을 가져오기<br>☞ 선형 미리보기 : 추정된 선형 구간 미리보기<br>☞ 수동 선형 추정 : 객체 선택, 구간 적용, 구간 추가 및 삭제, 위치이동 및 구간 보기 |
| ○종단선형 배치 | ○ 선형 추정을 완료한 결과를 도면화, 시거 분석 등에 필요한 선형 객체로 배치<br>☞ 종단 배치 : 종단 선형의 구간 정의 데이터를 기준으로 각각의 구간별 분석하고, 이를 종단 작성에 맞게 데이터 반영하고 종단 선형 작성 시 수평축척과 수직축척을 고려하여, 종단 선형을 도면에 작성 |
| ○횡단 구성 | ○ 도로중심선을 이용하여 선형의 횡단 구간 정의<br>☞ 선형추정방법 : 자동 선형 추정, 수동 선형 추정<br>☞ 가져오기 : 프로젝트의 도로중심선을 가져오기<br>☞ 선형 미리보기 : 추정된 선형 구간 미리보기<br>☞ 수동 선형 추정 : 객체 선택, 구간 적용, 구간 추가 및 삭제, 위치이동 및 구간 보기 |
| ○도로시설 구성 | ○ 도로중심선을 이용하여 중앙분리대, 상하행 가드레일, 상하행 도로폭, 상하행 사면을 구성 |
| ○교통표지판 구성 | ○ 상하행 교통표지판 정보와 위치 정보를 이용하여 도로중심선 정보의 이정과 매치하여 구성 |
| ○포장 구성 | ○ 상하행 포장 정보를 도로중심선의 GPSTime과 매치하여 구성 |

| 요구사항 | 요구사항 설명 |
|---|---|
| ○시거 분석 | ○ 도로 기하구조 분석 결과와 데이터 구성 및 분석결과를 이용하여 2D 상의 도로 시거 분석 |
| ○도로위험도 분석 | ○ 도로 기하구조 분석 결과와 데이터 구성 및 분석결과를 이용하여 44가지의 안전점검 항목 중 수동 안전점검 항목을 제외한 자동 안전점검 항목 분석 |
| ○도면화 | ○ 도로 기하구조 분석 결과와 데이터 구성 및 분석결과를 이용하여 도면 작도<br>☞ 레이어 제어 : 도면화 시에 사용되는 평면선형 배치, 종단선형 배치, 횡단 배치, 제원 등의 각 요소에 대한 레이어 관리<br>☞ 작도 종류 : 종평면도, 횡단면도<br>☞ 종평면도 : 500m 단위로 평면선형과 종단선형을 분리하여 종평면도 작도<br>☞ 종단 제원 : 지명, 지반고, 횡단면, 곡선반경, 편경사<br>☞ 횡단면도 : 20m 단위의 횡단면도 작도 |

(나) 안전점검

○ 안전점검은 도면화를 통해 얻게 되는 평면선형, 종단선형, 횡단 등의 추정결과에 대해서 도로의 기하구조 및 도로여건 정보들을 고려하여, 도로시설, 선형, 노면, 시거 분석, 속도 차 분석에 해당하는 위험요소를 분석하는 것임

○ 본 과제에서는 이러한 안전점검 분석 결과를 GIS(Geographic Information System)를 활용하여 지도상에 종합안전도를 표시하는 기능이 필요하며, 안전점검 기능의 주요 소프트웨어적 요구사항은 <표 3-6-6>과 같음

<표 3-6-6> 안전점검 기능의 요구사항 명세

| 요구사항 | 요구사항 설명 |
|---|---|
| ○안전점검 | ○ 도로의 기하구조 및 도로여건 정보들을 고려하여, 도로시설, 선형, 노면, 시거 분석, 속도 차 분석에 해당하는 위험요소 분석 결과 표시<br>☞ 도로시설 (4종)<br>- 표지<br>・표지남용 |

| | |
|---|---|
| | - 교통장애물<br>· 노측용 방호울타리 설치 유무<br>- 시선유도시설<br>· 갈매기표지 설치위치 부적정<br>· 시선유도표지 설치 부적정<br>☞ 선형 (12종)<br>- 평면선형<br>· 도로선형 비일관성<br>· 연결로 평면선형 부적정<br>· 완화곡선 길이 부적정<br>· 편경사 부적정<br>· 평면곡선부 폭원 부적정<br>- 종단선형<br>· 연결로 종단선형 부적정<br>· 종단경사 부적정<br>· 종단곡선 길이 부적정<br>- 복합선형<br>· 평면선형과 종단선형의 부조화<br>- 횡단구성<br>· 차로폭 부적정<br>· 중앙분리대 미확보<br>· 횡단보도 설치 부적정<br>☞ 노면 (3종)<br>- 포장<br>· 노면마찰력 부적정<br>· 종단평탄성 부적정<br>· 물고임 부적정<br>☞ 시거 분석 (2종)<br>- 시거<br>· 곡선내부 시거 확보의 부적정<br>· 정지시거 부적정<br>☞ 속도 차 분석 (3종)<br>- 속도<br>· 곡선구간의 제한속도 부적정<br>· 연결로 유출속도 부적정<br>· 제한속도 비일관성 |

| | |
|---|---|
| ○종합안전점검 | ○ 도로의 안전성을 단계별로 분석한 도로시설, 선형, 노면, 시거 분석, 속도 차 분석 결과와 함께 조사 차량에서 취득한 정보를 그래프를 통하여 표시<br>○ 그래프에서 선형의 측점 정보와 도로 선형을 연계하여 분석 정보와 취득 정보를 통합하여 그래프를 통하여 구간별 위험요소를 판단<br>☞ Hazard Profile<br>- 도로시설 (4종) : 표지, 교통장애물, 시선유도시설<br>- 선형 (12종) : 평면선형, 종단선형, 복합선형, 횡단구성<br>- 노면 (3종) : 포장<br>- 시거 분석 (2종) : 시거<br>- 속도 차 분석 (3종) : 속도<br>☞ 정보보기<br>- 안전점검 결과 (도로 정보, 문제점, 개선안, 관련규정, 위치, 사진)<br>- 위험요소 (위험요소 개요, 안전성 평가기준, 측정방법, 교통사고와의 관련성, 활용방안) |

(다) 교통사고

○ 교통사고는 안전성 분석 S/W의 분석 결과를 보다 더 활용하기 위하여 교통사고 정보를 일괄등록하거나 등록된 교통사고를 지도 상에서 조회하기 위하여 요구된 기능으로서 검색 기능의 주요 소프트웨어적 요구사항은 <표 3-6-7>과 같음

<표 3-6-7> 교통사고 기능의 요구사항 명세

| 요구사항 | 요구사항 설명 |
|---|---|
| ○교통사고 위치 | ○ 화면 내 또는 사용자 지정 영역에 포함되는 교통사고 위치 조회<br>☞ 교통사고 날짜, 시간, 사건 등급 조회 |
| ○교통사고 통계 | ○교통사고 등급별 사고 건수 검색<br>☞ 사망, 중상, 경상, 부상 등급별 화면 내 사고건수 검색 |

(라) 도로정보 조회

○ 도로정보 조회는 취득한 주행정보 중 도로정보를 차트형식으로 조회하기 위하여 요구된 기능으로서 검색 기능의 주요 소프트웨어적 요구사항은 <표 3-6-8>과 같음

<표 3-6-8> 도로정보 조회기능의 요구사항 명세

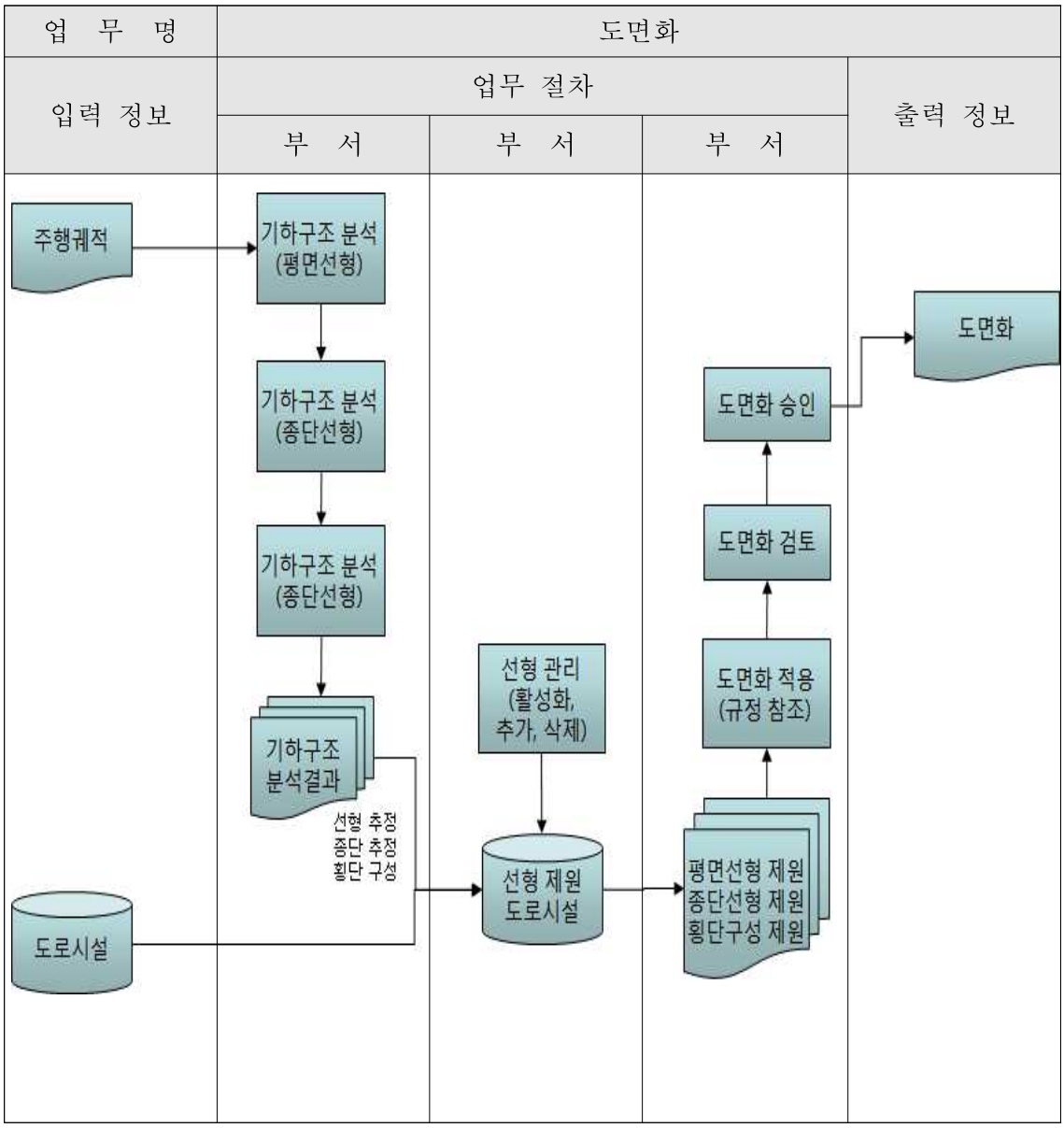
| 요구사항 | 요구사항 설명 |
|---|---|
| ○도로정보 조회 | ○ 취득한 주행정보 중 도로 정보를 차트 형식으로 조회<br>☞ Roll정보 조회 : 편경사를 계산하는 상하행 Roll 정보를 조회<br>☞ Pitch정보 조회<br>☞ Heading정보 조회 : 평면선형 기하구조분석에 사용하는 Heading 정보 조회 |

## 2. 연구 결과

### 가. 현행업무절차서

#### (1) 도면화

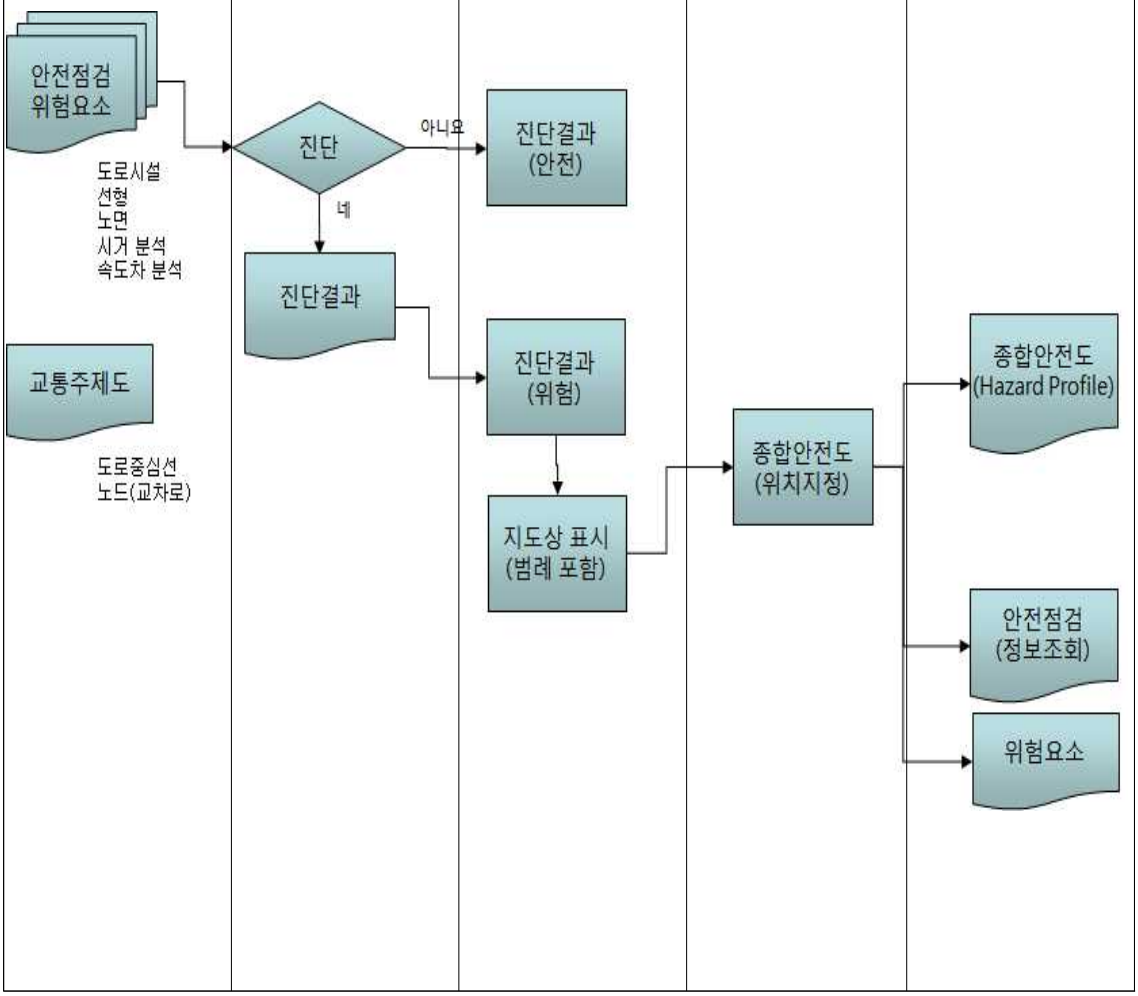
<표 3-6-9> 현행업무절차서 (도면화)



(2) 안전점검

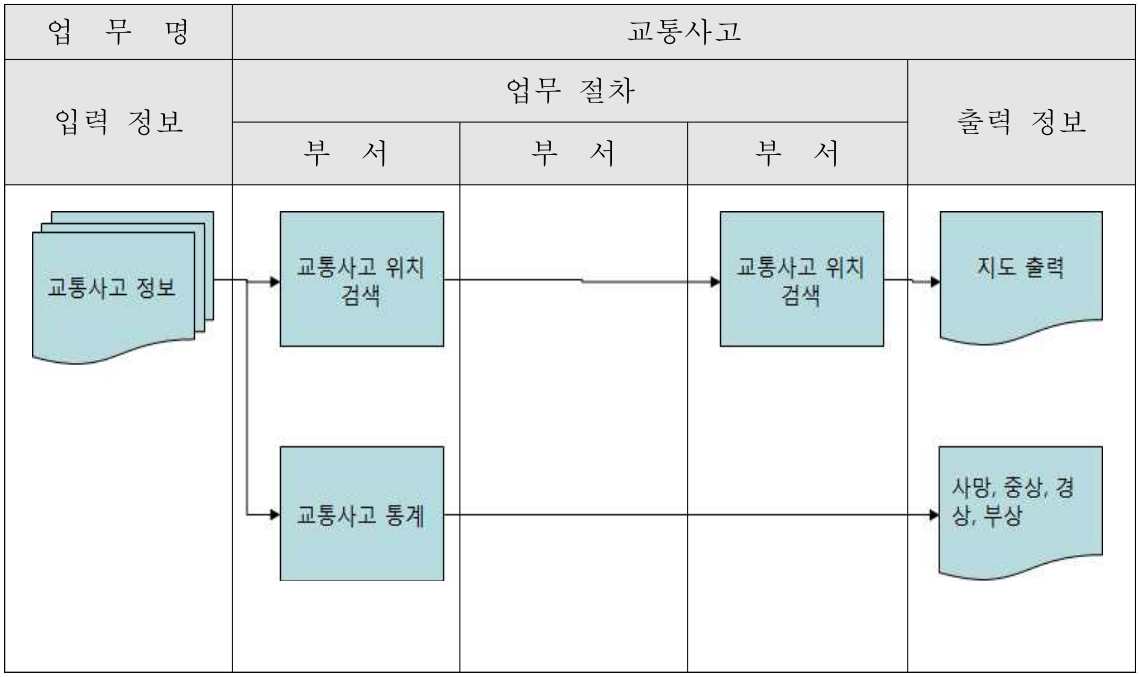
<표 3-6-10> 현행업무절차서 (안전점검)

| 업 무 명 | 안전점검 | | | |
|---|---|---|---|---|
| 입력 정보 | 업무 절차 | | | 출력 정보 |
| | 부 서 | 부 서 | 부 서 | |



(3) 교통사고

<표 3-6-11> 현행업무절차서 (교통사고)




(4) 도로정보조회

<표 3-6-12> 현행업무절차서 (도로정보조회)



나. 요구사항기술서

<표 3-6-13> 요구사항기술서 (프로젝트 관리)

| 요구사항 ID | FR001 | 상위요구사항 ID | FM001 |
|---|---|---|---|
| 요구사항명 | 프로젝트 관리 | | |
| 요구사항 설명 | ○조사차량으로부터 획득한 위치정보 자료를 이용하기 위하여 프로젝트를 추가/삭제하고 활성화<br>☞ 활성화 : 프로젝트 중 선형 분석 작업이 필요한 프로젝트 활성화<br>☞ 추가 : 조사구간의 분석이 필요한 상하행 주행정보를 프로젝트로 추가<br>☞ 삭제 : 추가된 프로젝트 삭제 | | |
| 전 제 조 건 | | | |

| 유 형 | 기능 | 관련기관 | 교통안전공단 | 수용여부 | 수용 |
|---|---|---|---|---|---|

<표 3-6-14> 요구사항기술서 (도로중심선 생성)

| 요구사항 ID | FR002 | 상위요구사항 ID | FM002 |
|---|---|---|---|
| 요구사항명 | 도로중심선 생성 | | |
| 요구사항 설명 | ○활성화된 프로젝트의 상하행 주행정보를 이용하여 도로중심선을 구성하고, 도로중심점에 가장 근접한 상하행 주행정보 추출하여 1m 도로중심선 생성<br>☞ 도로중심선 구성 : 상하행 주행정보를 이용하여 근접한 상하행 정점과의 중간점을 계산하여 도로중심선 구성<br>☞ 도로중심선 추출 : 구성된 도로중심선을 이용하여 1m 도로중심점을 재추출하고, 추출된 정점과 가장 근접한 상하행 주행정보를 매치하여 도로중심선 추출 | | |
| 전제조건 | | | |

| 유형 | 기능 | 관련기관 | 교통안전공단 | 수용여부 | 수용 |
|---|---|---|---|---|---|

<표 3-6-15> 요구사항기술서 (이미지 슬라이드)

| 요구사항 ID | FR003 | 상위요구사항 ID | FM003 |
|---|---|---|---|
| 요구사항명 | 이미지 슬라이드 | | |
| 요구사항 설명 | ○조사차량으로부터 획득한 위치정보와 주행 이미지를 연결하여 해당 방향에 따라 전방과 좌우측 이미지 보기<br>☞ DB연결 : 지정한 도로 방향 테이블과 연결<br>☞ 이미지 경로 : 저장된 주행정보와 연계하여 보기할 이미지 경로 설정<br>☞ 보기 제어 : 자동/수동으로 해당하는 주행 이미지를 볼 수 있으며, 도면 위치를 이동<br>☞ 이미지 보기 : 도면에서 선택한 이정 문자를 이용하여 해당하는 주행 이미지 보기 | | |
| 전제조건 | | | |

| 유형 | 기능 | 관련기관 | 교통안전공단 | 수용여부 | 수용 |
|---|---|---|---|---|---|

<표 3-6-16> 요구사항기술서 (평면선형 추정)

| 요구사항 ID | FR004 | 상위요구사항 ID | FM004, FM005 |
|---|---|---|---|
| 요구사항명 | 평면선형 추정 | | |
| 요구사항 설명 | ○조사차량으로부터 획득한 위치정보 자료를 이용하여 도로중심선 생성<br>○도로중심선을 이용하여 직선, 원곡선, 완화곡선 구간을 추정 분리하여 도로 평면선형 작성<br>☞ 선형추정방법 : 자동 선형 추정, 수동 선형 추정<br>☞ 가져오기 : 프로젝트의 도로중심선을 가져오기<br>☞ 선형 미리보기 : 추정된 선형 구간 미리보기<br>☞ 수동 선형 추정 : 객체 선택, 구간 적용, 구간 추가 및 삭제, 위치이동 및 구간 보기 | | |
| 전제조건 | | | |

| 유형 | 기능 | 관련기관 | 교통안전공단 | 수용여부 | 수용 |
|---|---|---|---|---|---|

<표 3-6-17> 요구사항기술서 (평면선형 배치)

| 요구사항 ID | FR005 | 상위요구사항 ID | FM006 |
|---|---|---|---|
| 요구사항명 | 평면선형 배치 | | |
| 요구사항 설명 | ○선형 추정을 완료한 결과를 도면화, 시거 분석 등에 필요한 선형 객체로 배치<br>☞ 선형 배치 : 배치설정에 맞게 선형 배치 | | |
| 전제조건 | | | |

| 유형 | 기능 | 관련기관 | 교통안전공단 | 수용여부 | 수용 |
|---|---|---|---|---|---|

<표 3-6-18> 요구사항기술서 (종단선형 추정)

| 요구사항 ID | FR006 | 상위요구사항 ID | FM007, FM008 |
|---|---|---|---|
| 요구사항명 | 종단선형 추정 | | |
| 요구사항 설명 | ○조사차량으로부터 획득한 위치정보 자료를 이용하여 도로중심선 생성<br>○도로중심선을 이용하여 선형의 종단 구간 정의<br>☞ 선형추정방법 : 자동 선형 추정, 수동 선형 추정<br>☞ 가져오기 : 프로젝트의 도로중심선을 가져오기<br>☞ 선형 미리보기 : 추정된 선형 구간 미리보기<br>☞ 수동 선형 추정 : 객체 선택, 구간 적용, 구간 추가 및 삭제, 위치이동 및 구간 보기 | | |
| 전제조건 | | | |

| 유형 | 기능 | 관련기관 | 교통안전공단 | 수용여부 | 수용 |
|---|---|---|---|---|---|

<표 3-6-19> 요구사항기술서 (종단선형 배치)

| 요구사항 ID | FR007 | 상위요구사항 ID | FM009 |
|---|---|---|---|
| 요구사항명 | 종단선형 배치 | | |
| 요구사항 설명 | ○종단 선형의 구간 정의를 완료한 후, 구간별로 구축된 데이터를 기준으로 하여 종단 선형 작성<br>☞ 종단 배치 : 종단 선형의 구간 정의 데이터를 기준으로 각각의 구간별 분석하고, 이를 종단 작성에 맞게 데이터 반영<br>☞ 축척 적용 : 종단 선형 작성 시 수평축척과 수직축척을 고려하여, 종단 선형을 도면에 작성<br>☞ 종단 작성 : 종단 배치, 축척 적용을 반영하고 기준점을 입력하면 추정한 종단 선형을 도면에 작성 | | |
| 전제조건 | | | |

| 유형 | 기능 | 관련기관 | 교통안전공단 | 수용여부 | 수용 |
|---|---|---|---|---|---|

<표 3-6-20> 요구사항기술서 (횡단 구성)

| 요구사항 ID | FR008 | 상위요구사항 ID | FM010, FM011 |
|---|---|---|---|
| 요구사항명 | 횡단 구성 | | |
| 요구사항 설명 | ○도로중심선을 이용하여 선형의 횡단 구간 정의<br>☞ 선형추정방법 : 자동 선형 추정, 수동 선형 추정<br>☞ 가져오기 : 프로젝트의 도로중심선을 가져오기<br>☞ 선형 미리보기 : 추정된 선형 구간 미리보기<br>☞ 수동 선형 추정 : 객체 선택, 구간 적용, 구간 추가 및 삭제, 위치이동 및 구간 보기 | | |
| 전제조건 | | | |

| 유형 | 기능 | 관련기관 | 교통안전공단 | 수용여부 | 수용 |
|---|---|---|---|---|---|

<표 3-6-21> 요구사항기술서 (데이터 구성 및 분석)

| 요구사항 ID | FR009 | 상위요구사항 ID | FM012 ~ FM015 |
|---|---|---|---|
| 요구사항명 | 데이터 구성 및 분석 | | |
| 요구사항 설명 | ○도로중심선, 상하행 교통표지판, 상하행 포장, 선형 분석 결과를 이용하여 데이터 구성 및 분석<br>☞ 도로시설 구성 : 도로중심선을 이용하여 중앙분리대, 상하행 가드레일, 상하행 도로폭, 상하행 사면을 구성<br>☞ 교통표지판 구성 : 상하행 교통표지판 정보와 위치 정보를 이용하여 도로중심선 정보의 이정과 매치하여 구성<br>☞ 포장 구성 : 상하행 포장 정보를 도로중심선의 GPSTime과 매치하여 구성<br>☞ 시거 분석 : 도로 기하구조 분석 결과와 데이터 구성 및 분석결과를 이용하여 2D 상의 도로 시거 분석 | | |
| 전제조건 | | | |

| 유형 | 기능 | 관련기관 | 교통안전공단 | 수용여부 | 수용 |
|---|---|---|---|---|---|

<표 3-6-22> 요구사항기술서 (도로위험도 분석)

| 요구사항 ID | FR010 | 상위요구사항 ID | FM016 |
|---|---|---|---|
| 요구사항명 | 도로위험도 분석 | | |
| 요구사항 설명 | ○도로 기하구조 분석 결과와 데이터 구성 및 분석결과를 이용하여 44가지의 안전점검 항목 중 수동 안전점검 항목을 제외한 자동 안전점검 항목 분석 | | |
| 전제조건 | | | |

| 유형 | 기능 | 관련기관 | 교통안전공단 | 수용여부 | 수용 |
|---|---|---|---|---|---|

<표 3-6-23> 요구사항기술서 (도면화)

<table>
<tr><td>요구사항 ID</td><td colspan="2">FR011</td><td colspan="2">상위요구사항 ID</td><td>FM017, FM018</td></tr>
<tr><td>요구사항명</td><td colspan="5">도면화</td></tr>
<tr><td>요구사항<br>설명</td><td colspan="5">○도로 기하구조 분석 결과와 데이터 구성 및 분석결과를 이용하여 도면 작도<br>☞ 레이어 제어 : 도면화 시에 사용되는 평면선형 배치, 종단선형 배치, 횡단 배치, 제원 등의 각 요소에 대한 레이어 관리<br>☞ 작도 종류 : 종평면도, 횡단면도<br>☞ 종평면도 : 500m 단위로 평면선형과 종단선형을 분리하여 종평면도 작도<br>☞ 종단 제원 : 지명, 지반고, 횡단면, 곡선반경, 편경사<br>☞ 횡단면도 : 20m 단위의 횡단면도 작도</td></tr>
<tr><td>전제조건</td><td colspan="5">레이어<br>도로시설물<br>심볼</td></tr>
<tr><td>유형</td><td>기능</td><td>관련기관</td><td>교통안전공단</td><td>수용여부</td><td>수용</td></tr>
</table>

<표 3-6-24> 요구사항기술서 (시설안전점검)

| 요구사항 ID | FR012 | 상위요구사항 ID | FM019 ~ FM023 |
|---|---|---|---|
| 요구사항명 | 시설안전점검 | | |
| 요구사항 설명 | ○도로의 기하구조 및 도로여건 정보들을 고려하여, 도로시설, 선형, 노면, 시거 분석, 속도 차 분석에 해당하는 위험요소 분석 결과 표시<br>☞ 도로시설 (4종)<br>- 표지 : 표지남용<br>- 교통장애물 : 노측용 방호울타리 설치 유무<br>- 시선유도시설<br>· 갈매기표지 설치위치 부적정<br>· 시선유도표지 설치 부적정<br>☞ 선형 (12종)<br>- 평면선형<br>· 도로선형 비일관성<br>· 연결로 평면선형 부적정<br>· 완화곡선 길이 부적정<br>· 편경사 부적정<br>· 평면곡선부 폭원 부적정<br>- 종단선형<br>· 연결로 종단선형 부적정<br>· 종단경사 부적정<br>· 종단곡선 길이 부적정<br>- 복합선형 : 평면선형과 종단선형의 부조화<br>- 횡단구성<br>· 차로폭 부적정<br>· 중앙분리대 미확보<br>· 횡단보도 설치 부적정<br>☞ 포장 및 배수 (3종)<br>- 포장<br>· 노면마찰력 부적정<br>· 종단평탄성 부적정<br>· 물고임 부적정<br>☞ 시거 (2종)<br>- 시거<br>· 곡선내부 시거 확보의 부적정<br>· 정지시거 부적정<br>☞ 속도 차 분석 (3종)<br>- 속도<br>· 곡선구간의 제한속도 부적정<br>· 연결로 유출속도 부적정<br>· 제한속도 비일관성 | | |
| 전제조건 | 위험요소 선정 | | |
| 유형 | 기능 | 관련기관 | 교통안전공단 | 수용여부 | 수용 |

<표 3-6-25> 요구사항기술서 (주행안전점검)

| 요구사항 ID | FR013 | 상위요구사항 ID | FM024 |
|---|---|---|---|
| 요구사항명 | 주행안전점검 | | |
| 요구사항 설명 | ○일정 도로구간 중 주행속도 일관성이 없는 구간 분석<br>☞ 종가감속도, 횡가감속도 | | |
| 전제조건 | | | |
| 유형 | 기능 | 관련기관 | 교통안전공단 | 수용여부 | 수용 |

<표 3-6-26> 요구사항기술서 (종합안전점검)

| 요구사항 ID | FR014 | 상위요구사항 ID | FM025 |
|---|---|---|---|
| 요구사항명 | 종합안전점검 | | |
| 요구사항 설명 | ○도로의 안전성을 단계별로 분석한 도로시설, 선형, 노면, 시거 분석, 속도 차 분석 결과와 함께 조사 차량에서 취득한 정보를 그래프를 통하여 표시<br>○그래프에서 선형의 측점 정보와 도로 선형을 연계하여 분석 정보와 취득 정보를 통합하여 그래프를 통하여 구간별 위험요소를 판단<br>☞ Hazard Profile<br>- 도로시설 (4종) : 표지, 교통장애물, 시선유도시설<br>- 선형 (12종) : 평면선형, 종단선형, 복합선형, 횡단구성<br>- 노면 (3종) : 포장<br>- 시거 분석 (2종) : 시거<br>- 속도 차 분석 (3종) : 속도<br>☞ 정보보기<br>- 안전점검 결과 (도로 정보, 문제점, 개선안, 관련규정, 위치, 사진)<br>- 위험요소 (위험요소 개요, 안전성 평가기준, 측정방법, 교통사고와의 관련성, 활용방안) | | |
| 전제조건 | 그래프 표시 방법 수립, 보고서 레이아웃 작성 | | |
| 유형 | 기능 | 관련기관 | 교통안전공단 | 수용여부 | 수용 |

<표 3-6-27> 요구사항기술서 (교통사고 위치)

| 요구사항 ID | FR015 | 상위요구사항 ID | FM026 | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 요구사항명 | 교통사고 위치 | | | | |
| 요구사항 설명 | ○사용자가 검색지역 화면으로 이동하여 교통사고 위치 조회<br>☞ 사망, 중상, 경상, 부상별 아이콘 표시 | | | | |
| 전제조건 | 교통사고 DB 위치좌표 취득 | | | | |
| 유형 | 기능 | 관련기관 | 교통안전공단 | 수용여부 | 수용 |

<표 3-6-28> 요구사항기술서 (교통사고 통계)

| 요구사항 ID | FR016 | 상위요구사항 ID | FM027 | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 요구사항명 | 교통사고 통계 | | | | |
| 요구사항 설명 | ○사용자가 지정한 화면에서의 사망, 중상, 경상, 부상별 사고건수 통계 | | | | |
| 전제조건 | 교통사고 DB 위치좌표 취득 | | | | |
| 유형 | 기능 | 관련기관 | 교통안전공단 | 수용여부 | 수용 |

<표 3-6-29> 요구사항기술서 (도로정보조회)

| 요구사항 ID | FR017 | 상위요구사항 ID | | FM028 ~ FM030 | |
|---|---|---|---|---|---|
| 요구사항명 | 도로정보조회 | | | | |
| 요구사항 설명 | ○사용자가 Roll, Pitch, Heading 등의 도로정보에 관한 조회를 한다. | | | | |
| 전제조건 | Roll, Pitch, Heading 정보 | | | | |
| 유형 | 기능 | 관련기관 | 교통안전공단 | 수용여부 | 수용 |

다. 이벤트 목록

(1) 도면화

<표 3-6-30> 이벤트목록 (도면화)

| 이벤트 ID | 이벤트명 | 반응명 | 명사 | 외부개체명 | 요구사항 ID |
|---|---|---|---|---|---|
| EV001 | 시스템 사용자가 프로젝트 중 선형 분석 작업이 필요한 프로젝트 활성화 요청 | 프로젝트 관리 제공 | 프로젝트 활성화 | 시스템사용자 | FR001 |
| EV002 | 시스템 사용자가 조사구간의 분석이 필요한 상하행 주행정보를 프로젝트로 추가 요청 | 프로젝트 관리 제공 | 프로젝트 추가 | 시스템사용자 | |
| EV003 | 시스템 사용자가 추가된 프로젝트 삭제 요청 | 프로젝트 관리 제공 | 프로젝트 삭제 | 시스템사용자 | |
| EV004 | 시스템 사용자가 상하행 주행정보를 이용하여 근접한 상하행 정점과의 중간점을 계산하여 도로중심선 구성 요청 | 도로중심선 생성 제공 | 도로중심선 구성 | 시스템사용자 | FR002 |
| EV005 | 시스템 사용자가 구성된 도로중심선을 이용하여 1m 도로중심점을 재추출하고, 추출된 정점과 가장 근접한 상하행 주행정보를 매치하여 도로중심선 추출 요청 | 도로중심선 생성 제공 | 도로중심선 추출 | 시스템사용자 | |
| EV006 | 시스템 사용자가 조사차량으로부터 획득한 위치정보와 주행 이미지를 연결하여 해당 방향에 따라 전방과 좌우측 이미지 보기 요청 | 이미지 보기제공 | 이미지 슬라이드 | 시스템사용자 | FR003 |
| EV007 | 시스템 사용자가 평면선형 추정방법 선택 요청 | 선형추정 방식 변경 | 선형추정방법 선택 | 시스템사용자 | FR004 |

| 이벤트 ID | 이벤트명 | 반응명 | 명사 | 외부개체명 | 요구사항 ID |
|---|---|---|---|---|---|
| EV008 | 시스템 사용자가 활성화된 도로중심선 가져오기 요청 | 선택한 정보 파일 제공 | 주행정보가져오기 | 시스템사용자 | |
| EV009 | 시스템 사용자가 추정된 선형구간 미리보기 요청 | 추정된 선형구간을 제공 | 선형 추정 미리보기 | 시스템사용자 | |
| EV010 | 시스템 사용자가 가져오기된 도로중심선을 이용하여 선형 구간 추정 요청 | 자동으로 선형을 추정하도록 기능 제공 | 평면선형 추정 | 시스템사용자 | |
| EV011 | 시스템 사용자가 객체 선택, 구간 적용, 구간 추가 및 삭제, 위치이동 및 구간 보기를 요청 | 수동으로 선형을 추정하도록 기능 제공 | 수동 선형 추정 | 시스템사용자 | |
| EV012 | 시스템 사용자가 선형 추정 결과를 선형 객체로의 배치 요청 | 선형 객체로 배치 | 평면선형 배치 | 시스템사용자 | FR005 |
| EV013 | 시스템 사용자가 가져오기된 도로중심선을 이용하여 선형의 종단 구간 정의를 요청 | 선형의 종단 구간 정의 | 종단선형 추정 | 시스템사용자 | FR006 |
| EV014 | 시스템 사용자가 활성화된 도로중심선 가져오기 요청 | 선형의 궤적 제공 | 종단선형 데이터 가져오기 | 시스템사용자 | |
| EV015 | 시스템 사용자가 객체 선택, 구간 적용, 구간 추가 및 삭제, 위치이동 및 구간 보기를 요청 | 선형의 구간 편집 기능 제공 | 종단선형 수동 추정 | 시스템사용자 | |
| EV016 | 시스템 사용자가 종단 선형의 구간 정의 데이터를 기준으로 종단 작성에 맞게 데이터를 입력한 기준점에 종단선형을 배치하기를 요청 | 선형의 구간 정의에 따른 종단 작성 제공 | 종단선형 배치 | 시스템사용자 | FR007 |
| EV01 | 시스템 사용자가 | 선형의 횡단 | 횡단 구성 | 시스템사용 | FR008 |

| 이벤트 ID | 이벤트명 | 반응명 | 명사 | 외부개체명 | 요구사항 ID |
|---|---|---|---|---|---|
| 7 | 가져오기된 도로중심선을 이용하여 선형의 횡단 구간 정의를 요청 | 구간 정의 | | 자 | |
| EV018 | 시스템 사용자가 활성화된 도로중심선 가져오기 요청 | 선형의 궤적 제공 | 횡단 구성 데이터 가져오기 | 시스템사용자 | |
| EV019 | 시스템 사용자가 객체 선택, 구간 적용, 구간 추가 및 삭제, 위치이동 및 구간 보기를 요청 | 선형의 구간 편집 기능 제공 | 횡단 수동 구성 | 시스템사용자 | |
| EV020 | 시스템 사용자가 주행정보를 이용하여 중앙분리대, 상하행 가드레일, 상하행 도로폭, 상하행 사면을 구성 요청 | 도로시설 구성 결과 제공 | 도로시설 구성 | 시스템사용자 | FR009 |
| EV021 | 시스템 사용자가 상하행 교통표지판 정보와 위치를 정보를 이용하여 주행정보에서 취득한 이정에 매치하여 구성 요청 | 교통표지판 구성 결과 제공 | 교통표지판 구성 | 시스템사용자 | |
| EV022 | 시스템 사용자가 상하행 포장 정보를 GPSTime으로 매치하여 구성 요청 | 포장 구성 결과 제공 | 포장 구성 | 시스템사용자 | |
| EV023 | 시스템 사용자가 도로 기하구조 분석 결과와 데이터 구성 및 분석결과를 이용하여 2D 상의 도로 시거 분석 요청 | 시거 분석 결과 제공 | 시거 분석 | 시스템사용자 | |
| EV024 | 시스템 사용자가 도로 기하구조 분석 결과와 데이터 구성 및 분석결과를 이용하여 44개의 안전점검 항목 중 수동 안전점검 항목을 제외한 안전점검 | 도로위험도 분석 결과 제공 | 도로위험도 분석 | 시스템사용자 | FR010 |

| 이벤트 ID | 이벤트명 | 반응명 | 명사 | 외부개체명 | 요구사항 ID |
|---|---|---|---|---|---|
| | 항목 분석 요청 | | | | |
| EV025 | 시스템 사용자가 도면화 시에 사용되는 평면선형 배치, 종단선형 배치, 횡단 배치, 제원 등의 각 요소에 대한 레이어 관리 요청 | 레이어 관리 | 레이어 제어 | 시스템사용자 | FR011 |
| EV026 | 시스템 사용자가 설계된 도면화 규정에 따라 500m 단위의 도면 작성을 요청 | 규정에 따른 도면 작성 | 종평면도 작도 | 시스템사용자 | |
| EV027 | 시스템 사용자가 설계된 도면화 규정에 따라 20m 단위의 횡단면도 작성을 요청 | 규정에 따른 도면 작성 | 횡단면도 작도 | 시스템사용자 | |

(2) 안전점검

<표 3-6-31> 이벤트목록 (안전점검)

| 이벤트 ID | 이벤트명 | 반응명 | 명사 | 외부개체명 | 요구사항 ID |
|---|---|---|---|---|---|
| EV028 | 시스템 사용자가 도로의 기하구조 및 도로여건 정보들을 고려하여 도로시설, 선형, 노면, 시거 분석, 속도 차 분석에 해당하는 위험요소에 대한 안전점검 결과 요청 | 위험요소 안전점검 결과를 지도에 제공 | 시설안전점검 | 시스템사용자 | FR012 |
| EV029 | 시스템 사용자가 도로시설의 위험요소(표지, 교통장애물, 시선유도시설)에 대한 안전점검 결과 요청 | 도로시설 안전점검 결과를 지도에 제공 | 시설안전점검 (도로시설) | 시스템사용자 | |
| EV030 | 시스템 사용자가 선형의 위험요소(평면선형, | 선형 안전점검 | 시설안전점검 (선형) | 시스템사용자 | |

| 이벤트 ID | 이벤트명 | 반응명 | 명사 | 외부개체명 | 요구사항 ID |
|---|---|---|---|---|---|
| | 종단선형, 복합선형, 횡단구성)에 대한 안전점검 결과 요청 | 결과를 지도에 제공 | | | |
| EV031 | 시스템 사용자가 노면의 위험요소(포장)에 대한 안전점검 결과 요청 | 노면 안전점검 결과를 지도에 제공 | 시설안전점검 (노면) | 시스템사용자 | |
| EV032 | 시스템 사용자가 시거분석의 위험요소(시거)에 대한 안전점검 결과 요청 | 시거분석 안전점검 결과를 지도에 제공 | 시설안전점검 (시거) | 시스템사용자 | |
| EV033 | 시스템 사용자가 속도의 위험요소에 대한 안전점검 결과 요청 | 속도 안전점검 결과를 지도에 제공 | 시설안전점검 (속도) | 시스템사용자 | |
| EV034 | 시스템 사용자가 일정 도로구간 중 주행속도 일관성이 없는 구간 분석 결과 요청 | 주행안전점검 결과를 지도에 제공 | 주행안전점검 | 시스템사용자 | FR013 |
| EV035 | 시스템 사용자가 도로의 안전성을 단계별로 분석한 결과(도로시설, 선형, 노면, 시거, 속도)와 함께 조사 차량에서 취득한 정보를 그래프로 표시를 요청 | 안전성 분석 결과를 Hazard Profile로 제공 | 종합안전점검(Hazard Profile) | 시스템사용자 | |
| EV036 | 시스템 사용자가 지정한 이정에 해당하는 안전점검 정보(도로 정보, 문제점, 개선안, 관련규정, 위치, 사진) 보기를 요청 | 안전점검 정보 제공 | 종합안전점검 (정보보기) | 시스템사용자 | FR014 |
| EV037 | 시스템 사용자가 위험요소에 대한 세부 정보(위험요소 개요, 안전성 평가기준, 측정방법, 교통사고와의 | 위험요소 정보 제공 | 위험요소 정보보기 | 시스템사용자 | |

| 이벤트 ID | 이벤트명 | 반응명 | 명사 | 외부개체명 | 요구사항 ID |
|---|---|---|---|---|---|
| | 관련성, 활용방안)를 요청 | | | | |

(3) 교통사고

<표 3-6-32> 이벤트목록 (교통사고)

| 이벤트 ID | 이벤트명 | 반응명 | 명사 | 외부개체명 | 요구사항 ID |
|---|---|---|---|---|---|
| EV048 | 시스템 사용자가 검색지역으로 화면이동하고, 화면내 사고정보 조회 | 해당하는 지도상의 교통사고 위치 제공 | 교통사고 위치 | 시스템사용자 | FR017 |
| EV049 | 시스템 사용자가 검색지역으로 화면이동하고, 교통사고 통계 조회 | 해당하는 지도상의 교통사고 위치 제공 | 교통사고 통계 | 시스템사용자 | FR018 |

(4) 도로정보조회

<표 3-6-33> 이벤트목록 (도로정보조회)

| 이벤트 ID | 이벤트명 | 반응명 | 명사 | 외부개체명 | 요구사항 ID |
|---|---|---|---|---|---|
| EV050 | 시스템 사용자가 Roll정보 조회 | Roll정보를 차트로 제공 | Roll 조회 | 시스템사용자 | FR019 |
| EV051 | 시스템 사용자가 Pitch정보 조회 | Pitch정보를 차트로 제공 | Pitch 조회 | 시스템사용자 | FR019 |
| EV052 | 시스템 사용자가 Heading정보 조회 | Heading정보를 차트로 제공 | Heading 조회 | 시스템사용자 | FR019 |

라. 프로세스 목록

(1) 도면화

<표 3-6-34> 프로세스목록 (도면화)

| 프로세스ID | 프로세스명 | 프로세스 설명 | 관련 엔티티 | 처리빈도 | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 평균 | 최대 |
| FA001 | 프로젝트 관리 | ● 프로젝트 중 분석 작업이 필요한 선형 활성화<br>● 조사구간의 분석이 필요한 프로젝트 추가<br>● 추가된 프로젝트 삭제 | 프로젝트<br>상하행<br>주행정보 | 10/일 | 50 |
| FA002 | 도로중심선 생성 | ● 상하행 주행정보 가져오기<br>● 도로중심선 구성<br>● 구성된 도로중심선을 이용하여 1m 도로중심선을 재구성하여 결과를 추출 | 도로중심선 | 10/일 | 50 |
| FA003 | 이미지 슬라이드 | ● 자료 취득 시 수집한 주행 이미지를 해당 방향에 따라 전방, 좌우측 이미지 보기 | 프로젝트<br>상하행<br>주행정보 | 10/일 | 50 |
| FA004 | 선형 추정 | ● 평면선형 추정방법 선택<br>● 도로중심선 가져오기<br>● 추정된 선형구간 미리보기<br>● 조사차량의 주행 경로 구분<br>● 전체 구간 표시, 객체 선택, 구간 적용, 구간 추가 및 삭제<br>● 선형의 구간 위치 조회 및 변경 | 도로중심선<br>Alignment<br>평면 | 20/일 | 100 |
| FA005 | 선형 배치 | ● 선형 추정 결과를 선형 객체로의 배치<br>● 배치 설정에 맞게 선형 배치 | 평면 | 20/일 | 100 |
| FA006 | 종단선형 추정 | ● 조사 차량의 궤적 정보를 판단하여 선형의 종단 구간 정의<br>● 도로중심선 가져오기<br>● 전체 구간 표시, 객체 선 | 도로중심선<br>Profile<br>종단 | 20/일 | 100 |

| 프로세스ID | 프로세스명 | 프로세스 설명 | 관련 엔티티 | 처리빈도 | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 평균 | 최대 |
| | | 택, 구간 적용, 구간 추가 및 삭제<br>● 선형의 구간 위치 조회 및 변경 | | | |
| FA007 | 종단선형 배치 | ● 종단 선형의 구간 정의 데이터를 기준으로 종단 작성에 맞게 데이터를 배치<br>● 종단 선형 작성 시 수평과 수직 축척을 고려하여, 종단 선형을 도면에 작성 | 종단 | 20/일 | 100 |
| FA008 | 횡단 구성 | ● 도로중심선의 상하행 Roll을 이용하여 선형의 횡단 구간 정의<br>● 도로중심선 가져오기<br>● 전체 구간 표시, 객체 선택, 구간 적용, 구간 추가 및 삭제<br>● 선형의 구간 위치 조회 및 변경 | 도로중심선<br>Cross<br>횡단 | 20/일 | 100 |
| FA009 | 데이터 구성 및 분석 | ● 주행정보를 이용하여 중앙분리대, 상하행 가드레일, 상하행 도로폭, 상하행 사면을 구성<br>● 상하행 교통표지판 정보와 위치를 정보를 이용하여 주행정보에서 취득한 이정에 매치하여 교통표지판 구성<br>● 상하행 포장 정보를 GPSTime으로 매치하여 포장 구성<br>● 도로 기하구조 분석 결과와 데이터 구성 및 분석결과를 이용하여 2D 상의 도로 시거 분석 | 중앙분리대<br>가드레일<br>도로폭<br>사면<br>교통표지판<br>포장(상하행)<br>시거(상하행) | 20/일 | 100 |

| 프로세스ID | 프로세스명 | 프로세스 설명 | 관련 엔티티 | 처리빈도 | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 평균 | 최대 |
| FA010 | 도로위험도 분석 | ● 도로 기하구조 분석 결과와 데이터 구성 및 분석결과를 이용하여 44개의 안전점검 항목 중 수동 안전점검 항목을 제외한 안전점검 항목 분석 | 도로위험도 | 10/일 | 50 |
| FA011 | 도면화 | ● 도면화에 필요한 기하구조 정보를 가져오기<br>● 도면화에 필요한 도로시설물 정보를 가져오기<br>● 설계된 도면화 규정에 따라 500m 단위의 종평면도 작성<br>● 설계된 도면화 규정에 따라 20m 단위의 횡단면도 작성 | 평면<br>종단<br>횡단<br>중앙분리대<br>가드레일<br>도로폭<br>사면<br>교통표지판<br>포장(상하행) | 20/일 | 100 |

(2) 안전점검

<표 3-6-35> 프로세스목록 (안전점검)

| 프로세스ID | 프로세스명 | 프로세스 설명 | 관련 엔티티 | 처리빈도 | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 평균 | 최대 |
| FA012 | 시설안전점검 | ● 도로의 기하구조 및 도로여건 정보들을 고려하여 도로시설, 선형, 노면, 시거 분석, 속도 차 분석에 해당하는 위험요소에 대한 안전점검<br>● 도로시설의 위험요소(표지, 교통장애물, 시선유도시설)<br>● 선형의 위험요소(평면선형, 종단선형, 복합선형, 횡단구성)<br>● 노면의 위험요소(포장)<br>● 시거의 위험요소<br>● 속도의 위험요소 | 도로위험도 | 20/일 | 200 |
| FA013 | 종합안전점검 | ● 도로의 안전성을 단계별로 분석한 결과(도로시설, 선형, 노면, 시거 분석, 속도 차 분석)와 함께 조사 차량에서 취득한 정보를 그래프로 표시 | 도로위험도 | 20/일 | 200 |
| FA014 | 안전점검 정보 조회 | ● 지정한 이정에 해당하는 안전점검 정보(도로 정보, 문제점, 개선안, 관련규정, 위치, 사진) 보기 | 안전점검 | 20일 | 200 |
| FA015 | 위험요소 정보 조회 | ● 위험요소에 대한 세부 정보(위험요소 개요, 안전성 평가기준, 측정방법, 교통사고와의 관련성, 활용방안) | 위험요소 | 20/일 | 100 |

(3) 교통사고

<표 3-6-36> 프로세스목록 (교통사고)

| 프로세스ID | 프로세스명 | 프로세스 설명 | 관련 엔티티 | 처리빈도 | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 평균 | 최대 |
| FA016 | 교통사고 위치 | 화면내 교통사고정보 조회 작업구간 근처의 교통사고 아이콘 지도상 표시 | 교통사고 | 20/일 | 200 |
| FA017 | 교통사고 통계 | 사망, 중상, 경상, 부상별 사고건수 통계 | 교통사고 | 20/일 | 200 |

(4) 도로정보조회

<표 3-6-37> 프로세스목록 (도로정보)

| 프로세스ID | 프로세스명 | 프로세스 설명 | 관련 엔티티 | 처리빈도 | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 평균 | 최대 |
| FA021 | Roll정보 조회 | Roll정보 조회 | 도로정보 | 20/일 | 200 |
| FA022 | Pitch정보 조회 | Pitch정보 조회 | 도로정보 | 20/일 | 200 |
| FA023 | Heading정보 조회 | Heading정보 조회 | 도로정보 | 20/일 | 200 |

마. 엔티티정의서

(1) 공통

① 메인

<표 3-6-38> 엔티티정의서 (메인)

| 속성명 | 타입 | 길이 | 필수 | 비고 |
|---|---|---|---|---|
| JOSA_NAME | VCHAR | 50 | Y | 조사명 |
| JOSA_PERSON | CHAR | 10 | | 조사자명 |
| NOSUN_NO | CHAR | 10 | | 노선번호 |
| DRIVE_LANE | INT | | | 주행차선 |
| ST_LOCATE | VCHAR | 50 | | 조사시작위치 |
| ED_LOCATE | VCHAR | 50 | | 조사종료위치 |
| LANE_UP | INT | | | 상행차선갯수 |
| LANE_DN | INT | | | 하행차선갯수 |
| JOSA_DATE | CHAR | 10 | Y | 조사일자 |
| STORE_EQ | CHAR | 10 | | 저장장치 |
| JOSA_ETC | VCHAR | 100 | | 기타 |
| ROAD_RANK | CHAR | 10 | | 도로종류 |
| ROAD_UP | VCHAR | 30 | | 상행도로정보테이블명 |
| ROAD_DN | VCHAR | 30 | | 하행도로정보테이블명 |
| DRIVE_LANE_TYPE | CHAR | 10 | | 상하행분리종류 |
| DESIGN_SPEED | INT | | | 도로디자인속도 |
| FILE_PATH | VCHAR | 100 | | 결과파일생성경로 |
| EVENT_UP | VCHAR | 30 | | 상행이벤트 테이블명 |
| EVENT_DN | VCHAR | 30 | | 하행이벤트 테이블명 |
| HI_ROAD_SPEED | INT | | | 상행도로속도 |
| LO_ROAD_SPEED | INT | | | 하행도로속도 |

② 위험분류코드

<표 3-6-39> 엔티티정의서 (위험분류코드)

| 속성명 | 타입 | 길이 | 필수 | 비고 |
|---|---|---|---|---|
| WARNINGTYPEID | INT | | Y | 위험분류코드 |
| WARNINGTYPENAME | VCHAR | 5 | | 위험분류명 |

③ 위험요소코드

<표 3-6-40> 엔티티정의서 (위험요소코드)

| 속성명 | 타입 | 길이 | 필수 | 비고 |
|---|---|---|---|---|
| WARNINGINDEX | INT | | Y | 위험순서 |
| WARNINGTYPEID | INT | | Y | 위험요소분류코드 |
| WARNINGELEMENTID | INT | | Y | 위험요소코드 |
| WARNINGELEMENTNAME | NVCHAR | MAX | | 위험요소명 |
| WARNINGWEIGHT | NUMBER | 18 | | 위험요소가중치 |

④ 교통사고코드

<표 3-6-41> 엔티티정의서 (교통사고코드)

| 속성명 | 타입 | 길이 | 필수 | 비고 |
|---|---|---|---|---|
| GROUPCODE | NVCHAR | MAX | Y | 분류코드 |
| CODE | NVCHAR | MAX | Y | 코드 |
| VALUE | NVCHAR | MAX | | 값 |

⑤ 공통코드

<표 3-6-42> 엔티티정의서 (공통코드)

| 속성명 | 타입 | 길이 | 필수 | 비고 |
|---|---|---|---|---|
| GROUP_CODE | NVCHAR | 2 | Y | 그룹코드 |
| CODE | NVCHAR | 2 | Y | 코드 |
| DESC | NVCHAR | 20 | | 설명 |

⑥ 이벤트코드

<표 3-6-43> 엔티티정의서 (이벤트코드)

| 속성명 | 타입 | 길이 | 필수 | 비고 |
|---|---|---|---|---|
| EVENT_CD | INT | | | 이벤트 코드 |
| EVENT_TYPE | VCHAR | 30 | | 이벤트 유형 |
| EVENT_DESC | VCHAR | 50 | | 이벤트 설명 |

(2) 도면화

① 가드레일

<표 3-6-44> 엔티티정의서 (가드레일)

| 속성명 | 타입 | 길이 | 필수 | 비고 |
|---|---|---|---|---|
| PROJECT | VCHAR | 50 | Y | 프로젝트 |
| UPDOWN | CHAR | 2 | | 상하행 |
| START_STA | NUMBER | 8 | | 시작 측점 |
| END_STA | NUMBER | 8 | | 끝 측점 |
| GU_TYPE | CHAR | 1 | | 가드레일 종류 |

② 교통표지판

<표 3-6-45> 엔티티정의서 (교통표지판)

| 속성명 | 타입 | 길이 | 필수 | 비고 |
|---|---|---|---|---|
| PROJECT | VCHAR | 50 | Y | 프로젝트 |
| UPDOWN | CHAR | 6 | | 상하행 |
| STA | INT | | | 측점 |
| X | NUMBER | 15,4 | | X좌표 |
| Y | NUMBER | 15,4 | | Y좌표 |
| TS_TYPE | CHAR | 6 | | 교통표지판 구분코드 |

③ 도로폭

<표 3-6-46> 엔티티정의서 (도로폭)

| 속성명 | 타입 | 길이 | 필수 | 비고 |
|---|---|---|---|---|
| PROJECT | VCHAR | 50 | Y | 프로젝트 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| DIST | INT | | | 측점 |
| RW_UP | NUMBER | 6,1 | | 상행 도로폭 |
| RW_DN | NUMBER | 6,1 | | 하행 도로폭 |

④ 사면

<표 3-6-47> 엔티티정의서 (사면)

| 속성명 | 타입 | 길이 | 필수 | 비고 |
|---|---|---|---|---|
| PROJECT | VCHAR | 50 | Y | 프로젝트 |
| START_STA | NUMBER | 8 | | 시작 측점 |
| END_STA | NUMBER | 8 | | 끝 측점 |
| CS_OBJ_UP | NUMBER | 5,1 | | 사면여부 (상행) |
| CS_OBJ_DN | NUMBER | 5,1 | | 사면여부 (하행) |

⑤ 도로시거

<표 3-6-48> 엔티티정의서 (도로시거)

| 속성명 | 타입 | 길이 | 필수 | 비고 |
|---|---|---|---|---|
| STA | INT | | Y | 측점 |
| RSDIST | NUMBER | 10,4 | | 시거 거리 |
| MSDIST | NUMBER | 10,4 | | 표준 거리 |
| OB_X | NUMBER | 15,4 | | 객체위치 X |
| OB_Y | NUMBER | 15,4 | | 객체위치 Y |
| OB_Z | NUMBER | 15,4 | | 객체위치 Z |
| VIOLATION | CHAR | 1 | | 시거 여부 |

⑥ 종단

<표 3-6-49> 엔티티정의서 (종단)

| 속성명 | 타입 | 길이 | 필수 | 비고 |
|---|---|---|---|---|
| PROJECT | VCHAR | 50 | Y | 프로젝트 |
| DIST | NUMBER | 15,2 | | 측점 |
| PLAN_EL | NUMBER | 15,2 | | 계획고 |
| CURVE_LEN | NUMBER | 15 | | 곡선반경 |

⑦ 중앙분리대

<표 3-6-50> 엔티티정의서 (중앙분리대)

| 속성명 | 타입 | 길이 | 필수 | 비고 |
|---|---|---|---|---|
| PROJECT | VCHAR | 50 | Y | 프로젝트 |
| START_STA | NUMBER | 8 | | 시작 측점 |
| END_STA | NUMBER | 8 | | 끝 측점 |
| CD_TYPE | CHAR | 1 | | 중앙분리대 종류 |

⑧ 평면

<표 3-6-51> 엔티티정의서 (평면)

| 속성명 | 타입 | 길이 | 필수 | 비고 |
|---|---|---|---|---|
| PROJECT | VCHAR | 50 | Y | 프로젝트 |
| LEN | NUMBER | 15,4 | | 연장 |
| X | NUMBER | 15,5 | | 좌표 X |
| Y | NUMBER | 15,5 | | 좌표 Y |
| IA | VCHAR | 20 | | 각도 |
| RADIUS | NUMBER | 15,4 | | 반경 |
| CL | NUMBER | 15,4 | | 곡선장 |
| TL | NUMBER | 15,4 | | 직선장 |
| PARAMA | NUMBER | 15,4 | | 완화곡선A |
| PARAMB | NUMBER | 15,4 | | 완화곡선B |

⑨ 포장

<표 3-6-52> 엔티티정의서 (포장)

| 속성명 | 타입 | 길이 | 필수 | 비고 |
|---|---|---|---|---|
| STA | INT | | Y | 측점 |
| SECONDS | NUMBER | 15,4 | Y | GPS시간 |
| AREA | NUMBER | 15,2 | | 면적(㎡) |
| VOLUME | NUMBER | 15,4 | | 부피(㎤) |
| STRAIGHT | NUMBER | 15,4 | | 직선자(㎜) |
| PROFILE_MPD | NUMBER | 15,6 | | 종단 MPD |
| CROSS_MPD | NUMBER | 15,6 | | 횡단 MPD |

| 속성명 | 타입 | 길이 | 필수 | 비고 |
|---|---|---|---|---|
| IRI | NUMBER | 15,6 | | 64khz IRI(m/km) |
| AREA_BASE | INT | | | 면적기준 |
| VOLUME_BASE | INT | | | 부피기준 |
| PDEFORM_BASE | INT | | | 소성변형기준 |
| MPD_BASE | INT | | | 64khz MPD 기준 |
| ROLINE_BASE | INT | | | Roline MPD 기준 |
| IRI_BASE | INT | | | 64Khz IRI 기준 |

⑩ 횡단

<표 3-6-53> 엔티티정의서 (횡단)

| 속성명 | 타입 | 길이 | 필수 | 비고 |
|---|---|---|---|---|
| PROJECT | VCHAR | 50 | Y | 프로젝트 |
| STA | NUMBER | 8 | Y | 측점 |
| CLOSS_UP | NUMBER | 15,3 | | 상행편경사 |
| CLOSS_DN | NUMBER | 15,3 | | 하행편경사 |

⑪ 평면선형 - 분석결과

<표 3-6-54> 엔티티정의서 (평면선형 - 분석결과)

| 속성명 | 타입 | 길이 | 필수 | 비고 |
|---|---|---|---|---|
| SEQ | CHAR | 6 | Y | 순번 |
| LINE_TYPE | VCHAR | 8 | | 선구분 |
| START_STA | NUMBER | 8 | | 시작 측점 |
| START_X | NUMBER | 15,3 | | 시작 X좌표 |
| START_Y | NUMBER | 15,3 | | 시작 Y좌표 |
| END_STA | NUMBER | 8 | | 끝 측점 |
| END_X | NUMBER | 15,3 | | 끝 X좌표 |
| END_Y | NUMBER | 15,3 | | 끝 Y좌표 |
| RADIUS | NUMBER | 15,3 | | 반경 |

⑫ 위험요소

<표 3-6-55> 엔티티정의서 (위험요소)

| 속성명 | 타입 | 길이 | 필수 | 비고 |
|---|---|---|---|---|
| STA | INT | | Y | 측점 |
| SECONDS_UP | NUMBER | 15,4 | | 상행 GPS시간 |
| SECONDS_DN | NUMBER | 15,4 | | 하행 GPS시간 |
| X | NUMBER | 15,6 | | X좌표 |
| Y | NUMBER | 15,6 | | Y좌표 |
| Z | NUMBER | 15,9 | | Z좌표 |
| CENTER_DIVIDER | CHAR | 1 | | 중앙분리대 |
| GUARDRAIL_UP | CHAR | 1 | | 상행 가드레일 |
| GUARDRAIL_DN | CHAR | 1 | | 하행 가드레일 |
| SPEED_UP | NUMBER | 15,6 | | 상행 설계속도 |
| SPEED_DN | NUMBER | 15,6 | | 하행 설계속도 |
| LW_UP | NUMBER | 6,1 | | 상행 차선폭 |
| LW_DN | NUMBER | 6,1 | | 하행 차선폭 |
| SD_OBJ_UP | CHAR | 1 | | 상행 시거 객체 |
| SD_OBJ_DN | CHAR | 1 | | 하행 시거 객체 |
| SD_R_EDGE_UP | NUMBER | 15,6 | | 상행 시거 거리 |
| SD_R_EDGE_DN | NUMBER | 15,6 | | 하행 시거 거리 |
| MED_L_EDGE_UP | NUMBER | 15,6 | | 상행 중분대 거리 |
| MED_L_EDGE_DN | NUMBER | 15,6 | | 하행 중분대 거리 |
| MED_R_EDGE_UP | NUMBER | 15,6 | | 상행 가드레일 거리 |
| MED_R_EDGE_DN | NUMBER | 15,6 | | 하행 가드레일 거리 |
| LC_UP | INT | | | 상행 차로수 |
| LC_DN | INT | | | 하행 차로수 |
| SP_UP | CHAR | 1 | | 상행 조사지형 |
| SP_DN | CHAR | 1 | | 하행 조사지형 |
| DS_UP | INT | | | 상행 주행속도 |
| DS_DN | INT | | | 하행 주행속도 |
| RS_UP | CHAR | 1 | | 상행 지역구분 |
| RS_DN | CHAR | 1 | | 하행 지역구분 |
| DESIGN_SPEED | INT | | | 설계속도 |

| 속성명 | 타입 | 길이 | 필수 | 비고 |
|---|---|---|---|---|
| LIMIT_SPEED_UP | INT | | | 상행 제한속도 |
| LIMIT_SPEED_UP_PREV | INT | | | 이전 상행 제한속도 |
| LIMIT_SPEED_DN | INT | | | 하행 제한속도 |
| LIMIT_SPEED_DN_PREV | INT | | | 이전 하행 제한속도 |
| ROAD_RANK | VCHAR | 10 | | 도로등급 |
| HIROAD_SPEED | INT | | | 상위 도로 속도 |
| LOROAD_SPEED | INT | | | 하위 도로 속도 |
| ALIGN_TYPE | CHAR | 1 | | 평면선형 선구분 |
| ALIGN_RADIUS | NUMBER | 5 | | 평면선형 반경 |
| ALIGN_PARAM | NUMBER | 10,3 | | 평면선형 완화곡선 |
| PROFILE_TYPE | CHAR | 1 | | 종단선형 선구분 |
| PROFILE_SLOPE | NUMBER | 15,2 | | 종단선형 경사 |
| PROFILE_LEN | NUMBER | 10,2 | | 종단선형 곡선장 |
| PROFILE_STA | NUMBER | 10,2 | | 종단선형 측점 |
| PROFILE_KIND | CHAR | 1 | | 종단선형 볼록, 오목 |
| CROSS_TYPE_UP | CHAR | 1 | | 상행 횡단선형 구분 |
| CROSS_SLOPE_UP | NUMBER | 15,3 | | 상행 횡단선형 경사 |
| CROSS_TYPE_DN | CHAR | 1 | | 하행 횡단선형 구분 |
| CROSS_SLOPE_DN | NUMBER | 15,3 | | 하행 횡단선형 경사 |
| RW_UP | NUMBER | 6,1 | | 상행 도로폭 |
| RW_DN | NUMBER | 6,1 | | 하행 도로폭 |
| SD_UP | CHAR | 1 | | 상행 도로시거 |
| SD_DN | CHAR | 1 | | 하행 도로시거 |
| AREA_BASE_UP | CHAR | 1 | | 상행 면적 기준 |
| AREA_BASE_DN | CHAR | 1 | | 하행 면적 기준 |
| VOLUME_BASE_UP | CHAR | 1 | | 상행 부피 기준 |
| VOLUME_BASE_DN | CHAR | 1 | | 하행 부피 기준 |
| PDEFORM_BASE_UP | CHAR | 1 | | 상행 소성변형기준 |
| PDEFORM_BASE_DN | CHAR | 1 | | 하행 소성변형기준 |
| MPD_BASE_UP | CHAR | 1 | | 상행 64khz MPD 기준 |
| MPD_BASE_DN | CHAR | 1 | | 하행 64khz MPD 기 |

| 속성명 | 타입 | 길이 | 필수 | 비고 |
|---|---|---|---|---|
| | | | | 준 |
| ROLINE_BASE_UP | CHAR | 1 | | 상행 Roline MPD 기준 |
| ROLINE_BASE_DN | CHAR | 1 | | 하행 Roline MPD 기준 |
| IRI_BASE_UP | CHAR | 1 | | 상행 64Khz IRI 기준 |
| IRI_BASE_DN | CHAR | 1 | | 하행 64Khz IRI 기준 |
| TS_UP | INT | | | 상행 교통표지판 |
| TS_DN | INT | | | 하행 교통표지판 |
| CP_UP | INT | | | 상행 갈매기표지 |
| CP_DN | INT | | | 하행 갈매기표지 |
| N_VEL_UP | NUMBER | 15,6 | | 상행 종가속도 |
| E_VEL_UP | NUMBER | 15,6 | | 상행 횡가속도 |
| N_VEL_DN | NUMBER | 15,6 | | 하행 종가속도 |
| E_VEL_DN | NUMBER | 15,6 | | 하행 횡가속도 |

⑬ 도로중심선

<표 3-6-56> 엔티티정의서 (도로중심선)

| 속성명 | 타입 | 길이 | 필수 | 비고 |
|---|---|---|---|---|
| STA | INT | | Y | 측점 |
| SECONDS_UP | NUMBER | 15,4 | | 상행 GPS시간 |
| SECONDS_DN | NUMBER | 15,4 | | 하행 GPS시간 |
| X | NUMBER | 15,6 | | X 좌표 |
| Y | NUMBER | 15,6 | | Y 좌표 |
| Z | NUMBER | 15,9 | | Z 좌표 |
| ROLL_UP | NUMBER | 15,9 | | 상행 롤 |
| ROLL_DN | NUMBER | 15,9 | | 하행 롤 |
| PITCH | NUMBER | 15,9 | | 피치 |
| AZIMOUTH | NUMBER | 15,9 | | 해딩 |
| SPEED_UP | NUMBER | 15,6 | | 상행 차량속도 |
| SPEED_DN | NUMBER | 15,6 | | 하행 차량속도 |
| ROAD_WIDTH_UP | NUMBER | 15,6 | | 상행 도로폭 |
| ROAD_WIDTH_DN | NUMBER | 15,6 | | 하행 도로폭 |

| 속성명 | 타입 | 길이 | 필수 | 비고 |
|---|---|---|---|---|
| CENTER_DIVIDER | CHAR | 1 | | 중앙분리대 |
| GUARDRAIL_UP | CHAR | 1 | | 상행 가드레일 |
| GUARDRAIL_DN | CHAR | 1 | | 하행 가드레일 |
| LW_UP | NUMBER | 6,1 | | 상행 차선폭 |
| LW_DN | NUMBER | 6,1 | | 하행 차선폭 |
| SD_OBJ_UP | CHAR | 1 | | 상행 시거 객체 |
| SD_OBJ_DN | CHAR | 1 | | 하행 시거 객체 |
| SD_R_EDGE_UP | NUMBER | 15,6 | | 상행 시거 거리 |
| SD_R_EDGE_DN | NUMBER | 15,6 | | 하행 시거 거리 |
| MED_L_EDGE_UP | NUMBER | 15,6 | | 상행 중분대 거리 |
| MED_L_EDGE_DN | NUMBER | 15,6 | | 하행 중분대 거리 |
| MED_R_EDGE_UP | NUMBER | 15,6 | | 상행 가드레일 거리 |
| MED_R_EDGE_DN | NUMBER | 15,6 | | 하행 가드레일 거리 |
| LC_UP | INT | | | 상행 차로수 |
| LC_DN | INT | | | 하행 차로수 |
| DL_UP | INT | | | 상행 주행차선 |
| DL_DN | INT | | | 하행 주행차선 |
| SP_UP | CHAR | 1 | | 상행 조사지형 |
| SP_DN | CHAR | 1 | | 하행 조사지형 |
| RS_UP | CHAR | 1 | | 상행 지역구분 |
| RS_DN | CHAR | 1 | | 하행 지역구분 |
| DS_UP | INT | | | 상행 설계속도 |
| DS_DN | INT | | | 하행 설계속도 |

⑭ 종단선형 - 분석결과

<표 3-6-57> 엔티티정의서 (종단선형 - 분석결과)

| 속성명 | 타입 | 길이 | 필수 | 비고 |
|---|---|---|---|---|
| SEQ | INT | | Y | 순번 |
| UPDOWN | VCHAR | 8 | | 상하행 |
| LINE_TYPE | VCHAR | 8 | | 선구분 |
| START_STA | NUMBER | 8 | | 시작 측점 |
| START_CROSS | NUMBER | 15,3 | | 시작 편경사 |

| 속성명 | 타입 | 길이 | 필수 | 비고 |
|---|---|---|---|---|
| END_STA | NUMBER | 8 | | 끝 측점 |
| END_CROSS | NUMBER | 15,3 | | 끝 편경사 |

⑮ 종단선형

<표 3-6-58> 엔티티정의서 (종단선형)

| 속성명 | 타입 | 길이 | 필수 | 비고 |
|---|---|---|---|---|
| SEQ | INT | | Y | 순번 |
| LINE_TYPE | VCHAR | 8 | | 선구분 |
| START_STA | NUMBER | 8 | | 시작 측점 |
| START_Z | NUMBER | 15,3 | | 시작 고도 |
| END_STA | NUMBER | 8 | | 끝 측점 |
| END_Z | NUMBER | 15,3 | | 끝 고도 |
| PROFILE_GAP | NUMBER | 15,2 | | 종단 간격 |
| PROFILE_LEN | NUMBER | 15,2 | | 종단 연장 |
| PROFILE | NUMBER | 15,2 | | 종단 경사 |

(3) 안전점검

① 위험별 등급

<표 3-6-59> 엔티티정의서 (위험별등급)

| 속성명 | 타입 | 길이 | 필수 | 비고 |
|---|---|---|---|---|
| RATETYPENAME | NVCHAR | 50 | Y | 위험등급분류명 |
| ROADLINEWIDTH | INT | | | 차로수 |
| ISUPROAD | INT | | | 상하행구분 |
| VALUETERM | NUMBER | 18,5 | | 분류기준값 |
| RATELEVEL | INT | | Y | 분류레벨 |
| RATELEVELNAME | NVCHAR | 50 | | 분류레벨명 |

② 위험등급

<표 3-6-60> 엔티티정의서 (위험등급)

| 속성명 | 타입 | 길이 | 필수 | 비고 |
|---|---|---|---|---|
| JOSA_NAME | NVCHAR | 50 | Y | 조사명 |
| ISUPROAD | INT | | Y | 상하행구분 |
| WARNINGTYPE | INT | | Y | 위험종류 |
| STA_S | INT | | Y | 위험시작위치 |
| STA_E | INT | | Y | 위험종료위치 |
| RATELEVEL | INT | | | 레벨등급 |

③ 교통사고

<표 3-6-61> 엔티티정의서 (교통사고)

| 속성명 | 타입 | 길이 | 필수 | 비고 |
|---|---|---|---|---|
| AccidentID | INT | | Y | 사고일련번호 |
| RoadNo | INT | | | 도로번호 |
| AccidentNo | NVCHAR | MAX | Y | 사고번호 |
| AccidentDateTime | DATETIME | | | 사건날짜/시간 |
| LocationProvince | NVCHAR | MAX | | 시도 |
| LocationCity | NVCHAR | MAX | | 시군구 |
| EstablishmentCode | NVCHAR | 10 | | 기관코드 |
| LocalGovermentCode | NVCHAR | 10 | | 지자체코드 |
| AddressCode | NVCHAR | 30 | | 법정동코드 |
| Location | NVCHAR | MAX | | 사고장소 |
| AccidentStateMemo | NVCHAR | MAX | | 사고상황 |
| AccidentTypeCode | NVCHAR | MAX | | 사고구분코드 |
| ViolationCode OfRegulations | NVCHAR | MAX | | 법규위반코드 |
| LocationXCoordinate | NUMBER | 18,6 | Y | X좌표 |
| LocationYCoordinate | NUMBER | 18,6 | Y | Y좌표 |
| CallPolice | INT | | | 경찰신고유무 |
| Weather | NVCHAR | MAX | | 날씨 |
| RoadStructureCode | NVCHAR | MAX | | 도로구조코드 |
| CarType | NVCHAR | MAX | | 자동차 타입 |

| 속성명 | 타입 | 길이 | 필수 | 비고 |
|---|---|---|---|---|
| AccidentLevelCode | NVCHAR | MAX | Y | 사고등급코드 |
| DeathCount | INT | | Y | 사망자수 |
| SeropusInjuryCount | INT | | Y | 중상자수 |
| SlightInjuryCount | INT | | Y | 경상자수 |
| InjulyCount | INT | | Y | 부상자수 |
| DamageObjectCount | INT | | Y | 피해물수 |
| DamageWealth | INT | | Y | 피해금약 |
| DrunkdDriving | INT | | | 음주운전유무 |
| Lat | NUMBER | 18,6 | | 경도 |
| Lon | NUMBER | 18,6 | | 위도 |

④ 종평면도 파일

<표 3-6-62> 엔티티정의서 (종평면도 파일)

| 속성명 | 타입 | 길이 | 필수 | 비고 |
|---|---|---|---|---|
| JOSA_NAME | NVCHAR | 50 | Y | 조사명 |
| STARTSTATION | INT | | Y | 시작위치 |
| ENDSTATION | INT | | Y | 종료위치 |
| DWGFILENAME | NVCHAR | MAX | | 연결DWG파일명 |

⑤ 관련법 연계

<표 3-6-63> 엔티티정의서 (관련법 연계)

| 속성명 | 타입 | 길이 | 필수 | 비고 |
|---|---|---|---|---|
| RELATIONRULEID | INT | | Y | 관련범규번호 |
| WARNINGTYPEID | INT | | Y | 위험요소분류코드 |
| WARNINGELEMENTID | INT | | Y | 위험요소코드 |
| IMAGENAME | NVCHAR | MAX | | 연결이미지파일 |

⑥ 운전계수

<표 3-6-64> 엔티티정의서 (운전계수)

| 속성명 | 타입 | 길이 | 필수 | 비고 |
|---|---|---|---|---|
| FACTORTYPE | NVCHAR | 50 | Y | 계수분류 |
| ROADLINECOUNT | INT | | Y | 차선수 |
| TERM | NVCHAR | 50 | Y | 조건 |
| FACTOR | NUMBER | 18,3 | | 계수 |

⑦ 감속시작거리

<표 3-6-65> 엔티티정의서 (감속시작거리)

| 속성명 | 타입 | 길이 | 필수 | 비고 |
|---|---|---|---|---|
| SPEEDTERM | INT | | Y | 속도조건 |
| DIST | NUMBER | 18,2 | | 감속거리 |

(4) 레이어 분류

① 측량 및 지질

<표 3-6-66> 레이어 (측량 및 지질)

| 번호 | 공통분류 | 내용 | 레이어 코드 | 요소 | 색상 | 선종류 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 방위 | 방위 | CV-AZMU | LIN | 3 | CONT |
| | | 방위기호1 | CV-AZMU | SYM | 3 | CONT |
| 2 | 도곽 | 도곽 | CV-GRID | LIN | 1 | CONT |
| | | 좌표 도곽선 | CV-GRID-LINE | LIN | 1 | CONT |
| | | 도곽 경계 외곽선 | CV-GRID-VORD | PLN | 4 | CONT |
| | | 좌표 도곽문자 | CV-GRID-TEXT | T30 | 4 | CONT |

② 기하구조

<표 3-6-67> 레이어 (기하구조)

| 번호 | 공통분류 | 내용 | 레이어 코드 | 요소 | 색상 | 선종류 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 선형 | 선형 | CA-ALGN | LIN | 2 | CONT |
| | | 중심선 | CA-ALGN-CNTL | PLN | 2 | CONT |

| 번호 | 공통분류 | 내용 | 레이어 코드 | 요소 | 색상 | 선종류 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | IP측선 | CA-ALGN-IPLN | LIN | 1 | CONT |
| | | 측점_TEXT | CA-ALGN-TEXT | T25 | 3 | CONT |
| | | 측점심벌(라인) | CA-ALGN-STSM | SYM | 2 | CONT |
| | | IP심벌(라인) | CA-ALGN-IPSM | SYM | 2 | CONT |
| | | IP제원심벌(라인) | CA-ALGN-TBSM | SYM | 2 | CONT |
| | | IP제원TEXT | CA-ALGN-TBSM | T25 | 2 | CONT |
| | | 원곡선제원 | CA-ALGN-TBSM | SYM | 2 | CONT |
| | | 완화곡선제원 | CA-ALGN-TBSM | SYM | 2 | CONT |
| | | 선형보조선 | CA-ALGN-SUBL | LIN | 1 | CONT |
| | | 선형보조문자 | CA-ALGN-SUBT | T25 | 2 | CONT |
| | | 선형보조심벌(라인) | CA-ALGN-SUBS | SYM | 2 | CONT |
| | | 선형제원TEXT | CA-ALGN-SUBS | SYM | 2 | CONT |
| | | 선형시종점제원 | CA-ALGN-SUBS | SYM | 2 | CONT |
| 2 | 이정 | 연거리이정(라인) | CA-MISC-SYMB | SYM | 7 | CONT |
| 3 | 경계 | 경계 | CA-BORD | PLN | 4 | CONT |
| | | 도로경계 | CA-BORD-ROAD | PLN | 7 | CONT |
| | | 중앙분리대(경계) | CA-BORD-MEDN | PLN | 2 | CONT |
| 4 | 기타 | 기하구조 기타 | CA-MISC | LIN | 2 | CONT |

③ 설계일반

<표 3-6-68> 레이어 (설계일반)

| 번호 | 공통분류 | 내용 | 레이어 코드 | 요소 | 색상 | 선종류 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 설계일반 | 설계일반 | CZ-SYMB | PLN | 7 | CONT |
| | | Match-Line | CZ-MACL | LIN | 6 | CONT |
| | | Match-Text | CZ-MACT | T40 | 6 | CONT |
| 2 | 종단면도 | 박스 | CR-BOXC-NEWC | PLN | 7 | CONT |
| | | 박스 (심볼) | CR-BOXC-SYMB | SYM | 7 | CONT |
| | | 지반고(수직) | CR-CVGRD | T25 | 7 | CONT |
| | | 지반고(수평) | CR-GRND | T25 | 7 | CONT |
| | | 종단구배(선) | CR-GSCL-LINE | LIN | 7 | CONT |
| | | 종단구배(문자) | CR-GSCL-TEXT | T25 | 7 | CONT |
| | | 텍스트(이정) | CR-LEAT | T25 | 7 | CONT |

| 번호 | 공통분류 | 내용 | 레이어 코드 | 요소 | 색상 | 선종류 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 구배 | CR-MISC | T25 | 7 | CONT |
| | | 박스 | CR-TABM | PLN | 7 | CONT |
| | | 제원박스 | CR-TABS | PLN | 7 | CONT |
| | | 문자 | CR-TATM | T25 | 7 | CONT |
| | | 제원 | CR-TATS | T25 | 7 | CONT |
| | | 이정제원 | CR-TEXT | T25 | 7 | CONT |
| | | 수직선 | CR-VGRD | LIN | 7 | CONT |
| 3 | 횡단면도 | 노상선 | CC-BEDF | LIN | 3 | DASHED 01 |
| | | 땅깍기선 | CC-CUTT | PLN | 4 | CONT |
| | | 치수공통선 | CC-DIMS | LIN | 1 | CONT |
| | | 흙쌓기선 | CC-FILL | PLN | 4 | CONT |
| | | 지반선 | CC-GRND | PLN | 3 | CONT |
| | | 구조물일반 | CC-GSTR | PLN | 4 | CONT |
| | | 포장선 | CC-PAVE | LIN | 1 | CONT |
| | | 되메우기선 | CC-RFIL | PLIN | 4 | CONT |
| | | 치수문자공통 | CC-TEXT | T25 | 3 | CONT |

④ 부대공

<표 3-6-69> 레이어 (부대공)

| 번호 | 공통분류 | 내용 | 레이어 코드 | 요소 | 색상 | 선종류 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 교통 표지판 | 교통표지판(라인) | CM-RDSB | SYM | 3 | CONT |
| | | 주의 | CM-RDSB-WARN | SYM | 3 | CONT |
| | | 지시 | CM-RDSB-INDI | SYM | 3 | CONT |
| | | 보조 | CM-RDSB-AUXI | SYM | 3 | CONT |
| 2 | 안내 표지판 | 안내표지판(라인) | CM-RDGS | SYM | 4 | CONT |
| | | 도(HIGH)라인 | CM-RDGS-HIGH | LIN | 4 | CONT |
| | | 군면(NATL)라인 | CM-RDGS-NATL | LIN | 4 | CONT |
| | | 시(CITY)라인 | CM-RDGS-CITY | LIN | 4 | CONT |
| | | 거리표 | CM-RDGS | SYM | 4 | CONT |
| 3 | 도로안전 | 도로안전시설 | CM-SFTY | PLN | 3 | CONT |

| 번호 | 공통분류 | 내용 | 레이어 코드 | 요소 | 색상 | 선종류 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 시설 | 가드레일 | CM-SFTY-GRAL | PLN | 3 | CONT |
| | | 가드휀스 | CM-SFTY-GFNC | PLN | 3 | CONT |
| | | 낙석방지울타리 | CM-SFTY-STON | PLN | 3 | CONT |
| | | 차광망 | CM-SFTY-LGHT | PLN | 3 | CONT |
| | | 비탈면보호 | CM-SFTY-SLOP | PLN | 3 | CONT |
| | | 미끄럼방지 | CM-SFTY-SLID | PGN | 4 | CONT |
| | | 충격방지시스템 | CM-SFTY-IMPACT | SYM | 3 | CONT |
| | | 기타 안전시설 | CM-SFTY-MISC | PLN | 3 | CONT |
| | | 신호등(라인) | CM-TRAN-SIGN | PLN | 1 | CONT |
| | | 2색신호등 | CM-TRAN-SIGN | PLN | 1 | CONT |
| | | 3색신호등 | CM-TRAN-SIGN | PLN | 1 | CONT |
| | | 4색신호등 | CM-TRAN-SIGN | PLN | 1 | CONT |
| | | 기존신호등(심벌) | CM-TRAN-SIGN | PLN | 1 | CONT |
| 4 | 기타 | 부대시설 기타 | CM-MISC | PLN | 3 | CONT |
| | | 부대인출선 | CM-LEAL | LIN | 1 | CONT |
| | | 부대인출문자 | CM-LEAD | LIN | 1 | CONT |
| | | 부대인출공통 | CM-LEAT | T25 | 3 | CONT |

# 제6-3절 설계 단계

## 1. 연구 내용

○ 시스템을 구현하기 위해 시스템을 여러 서브시스템(subsystem)으로 나누고 서브시스템의 요소를 하드웨어와 소프트웨어에 할당하는 것을 시스템 설계(system design)라 한다. 시스템 설계는 시스템 전체의 구조를 결정하며, 구체적인 설계에 들어가기 전에 이루어짐

○ 시스템 설계는 시스템에 할당된 서브시스템을 설계하는 과정이다. 전단계인 요구사항 분석은 응용 분야의 개념에 초점을 맞추지만, 시스템 설계 단계에서는 컴퓨터의 개념으로 초점이 이동함

○ 분석 단계에서 밝혀진 요구사항은 설계를 위한 골격을 제공하며 설계는 그 위에 살을 붙여가는 과정이며, 요구사항을 해결하기 위해 최소한 한가지의 해결 방안은 가지고 있어야 하며, 가능하면 여러 해결 방법을 찾아내고 그들을 평가하는 것이 필요함

○ 본 과제에서는 시스템 설계에서 우선 고려할 수 있는 응용시스템 구조도, 코드 정의서, 공통모듈 사양서, 데이터 설계, 사용자 화면 설계 등과 유지보수를 효과적으로 수행하기 위한 소프트웨어 구성요소, 즉 모듈, 엔터티들의 분할과 독립적인 수행에 대한 책임과 권한을 통해 소프트웨어 설계자가 여러 해결 방법 중 수행 시간, 기억장치 및 다른 비용과 자원들을 최소화 할 수 있는 방법을 선택하여 수행함

○ 시스템 설계 활동을 위한 가이드라인의 주요 내용을 제시함

○ 시스템 설계 활동의 가이드라인

① 설계는 소프트웨어 구성 요소들(흔히 모듈이라고 부름) 사이에 효과적인 제어를 가능하게 하는 계층 구조를 가져야함

② 설계는 논리적으로 분할되어 모듈화(modular)되어야 한다. 일반적으로 기능에 의한 모듈화가 이루어지며 설계는 모듈들 사이의 계층 구조를 보여줌

③ 모듈들 사이, 또는 외부 환경과의 인터페이스가 최소화 되도록 설계되어야 하며, 이는 모듈 내부의 응집도는 높아야 하고, 모듈들 사이의 결합도

와 인터페이스는 최소화될 수 있도록 설계되어야 함을 의미함

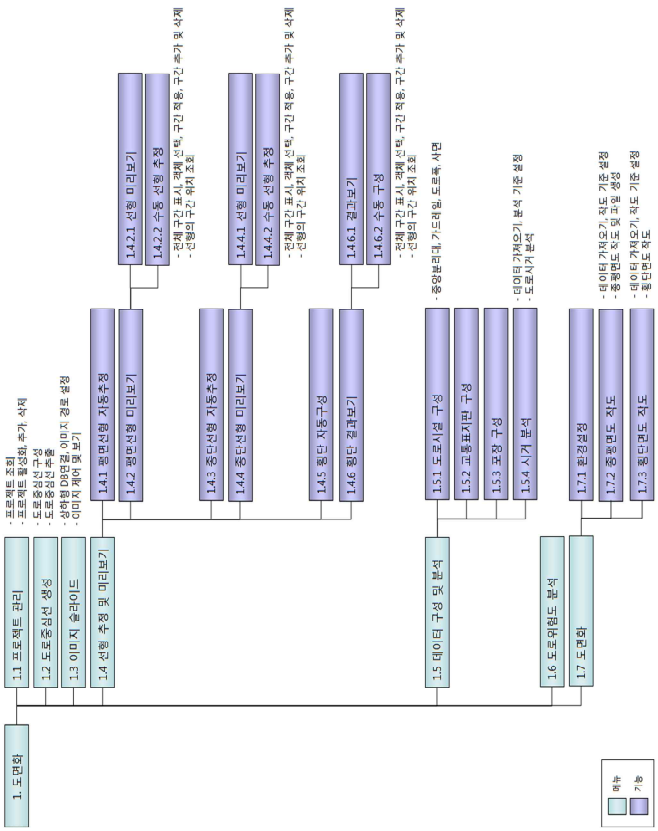
④ 분석 과정에서 나타난 결과를 활용하여 설계가 이루어져야 하며, 설계는 요구사항 분석 과정의 연장선상에서 보아져야 하며, 요구사항을 실현하기 위해 분석의 결과에 살을 붙여나가는 과정임

## 2. 연구 결과

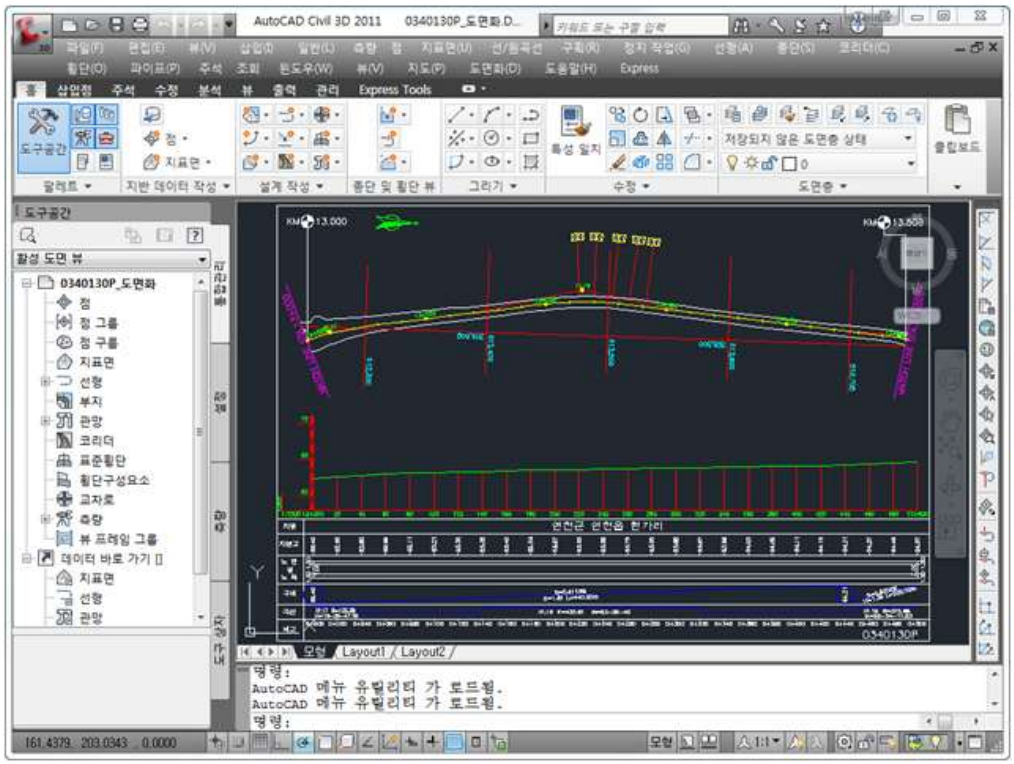
### 가. 응용시스템구조도

#### (가) 도면화

○ 도면화의 응용시스템 구조는 크게 환경설정, 객체모델링, 도면화로 구분되어지며 <그림 3-6-9>과 같d으며, <그림 3-6-10>는 도면화의 구현 화면 예시를 제시함




<그림 3-6-9> 도면화 기능 구조도



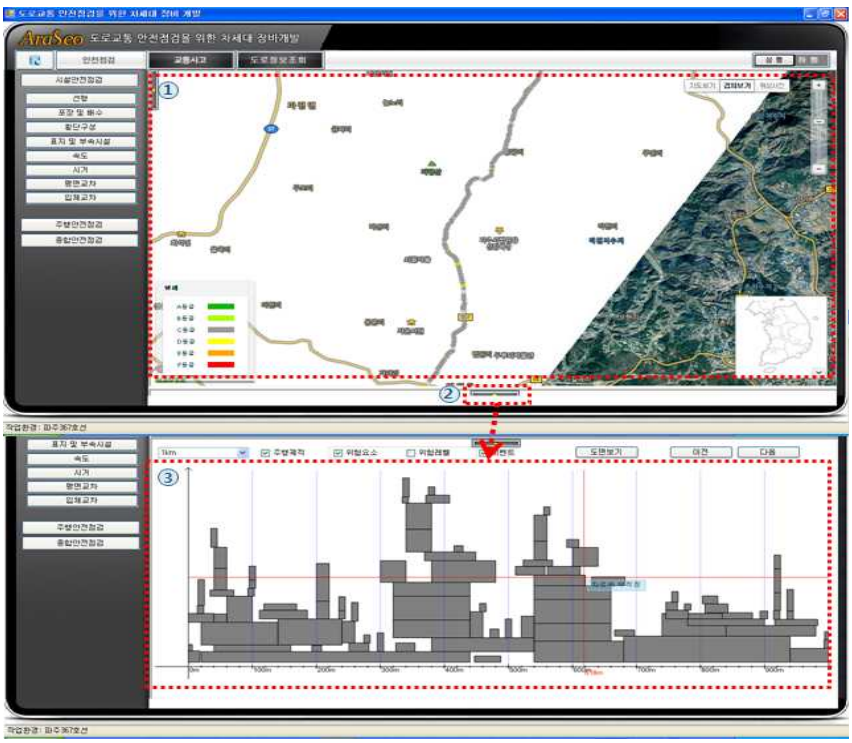

<그림 3-6-10> 도면화 기능 화면 예시

(나) 안전점검

○ 안전점검의 응용시스템 구조는 크게 도로시설, 선형, 노면, 시거분석, 속도차 분석, 종합안전도로 구분되어지며 <그림 3-6-11>과 같으며, <그림 3-6-12>은 안전점검의 구현 화면 예시임



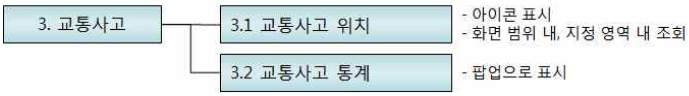

<그림 3-6-11> 안전점검 기능 구조도



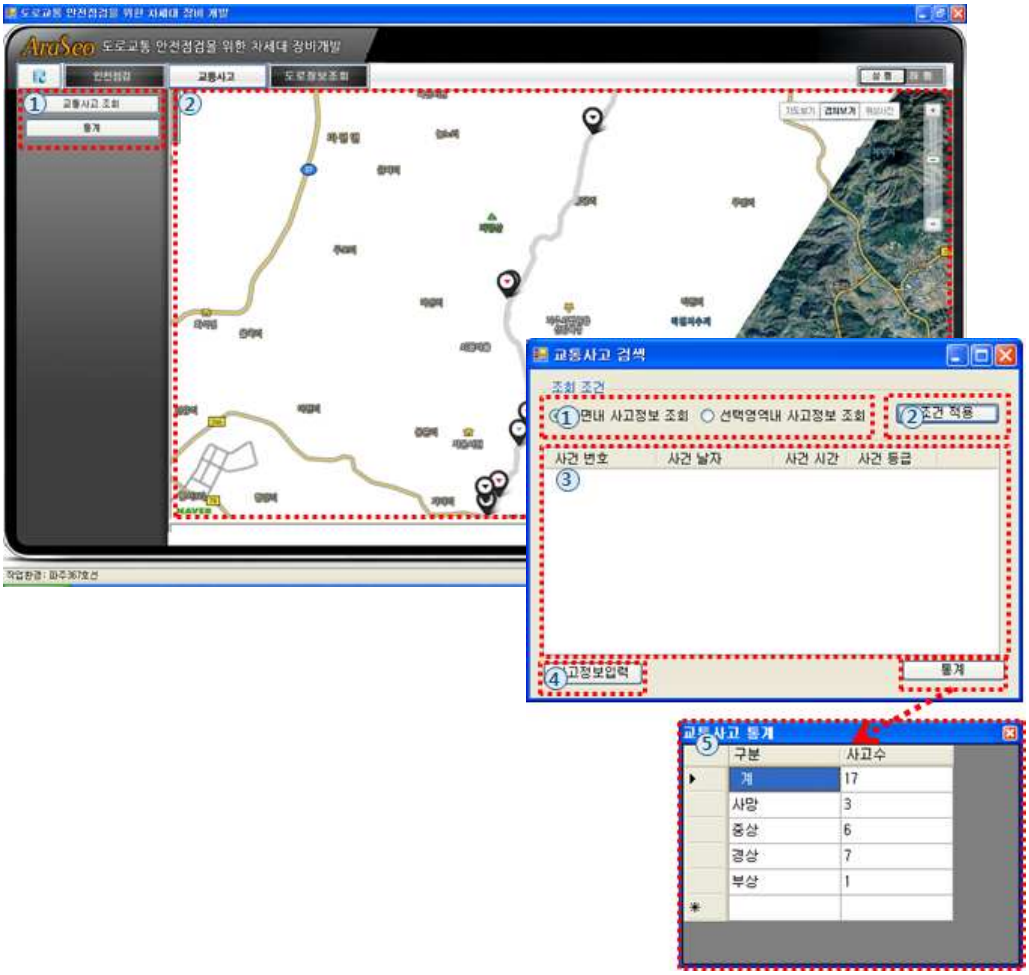
<그림 3-6-12> 안전점검 구현 화면 예시

(다) 교통사고

○ 교통사고의 응용시스템 구조는 크게 교통사고 위치, 교통사고 통계로 구분되어지며 <그림 3-6-13>과 같으며, <그림 3-6-14>는 교통사고 구현화면 예시임



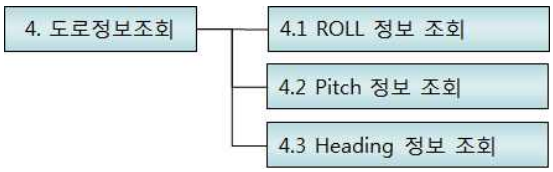

<그림 3-6-13> 교통사고 기능 구조도



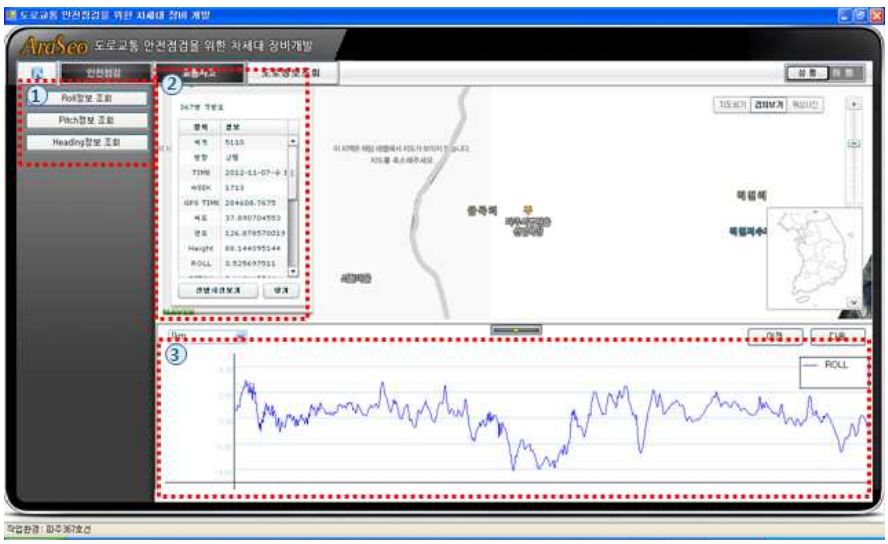

<그림 3-6-14> 교통사고 기능 화면 예시

(라) 도로정보조회

○ 도로정보조회의 응용시스템 구조는 크게 Roll정보 조회, Pitch정보 조회, Heading정보 조회로 구분되어지며 <그림 3-6-15>과 같으며, <그림 3-6-16>는 도로정보조회 구현화면 예시임




<그림 3-6-15> 도로정보조회 기능 구조도

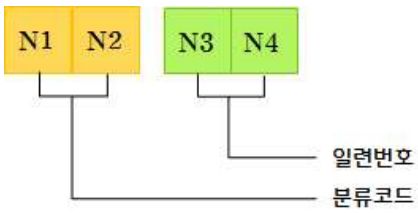



<그림 3-6-16> 도로정보조회 기능 화면 예시

나. 코드정의서

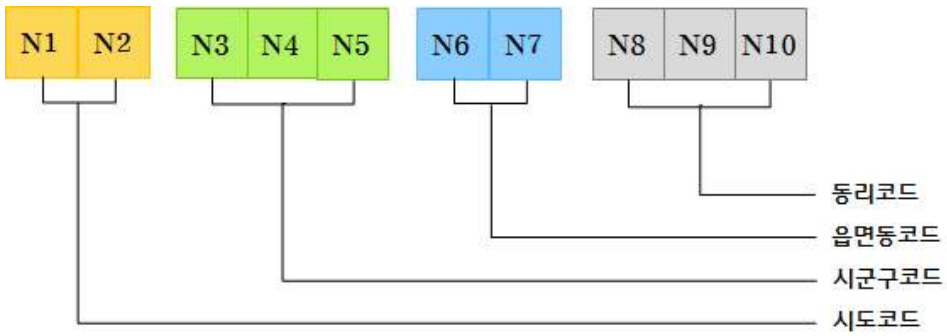
(1) 공통코드

<표 3-6-70> 코드정의서 (공통코드)

<table>
<tr><td>시스템명</td><td colspan="3">도로교통 안전점검을 위한 차세대 장비개발</td></tr>
<tr><td>코드명</td><td>공통코드</td><td>코드 ID</td><td>COMMON_CODE</td></tr>
<tr><td>설 명</td><td colspan="3">시스템에서 공통적으로 사용하는 항목에 대해 코드를 부여하여 관리</td></tr>
<tr><td>코드체계</td><td colspan="3">
</td></tr>
<tr><td>부여규칙</td><td colspan="3">1. 신규 항목 등록 시 분류코드를 부여한다.<br>2. 등록 시 선택된 분류코드에 따라 자동으로 부여한다.<br>3. 마지막 일련번호에 + 1을 하여 새로운 공통코드를 생성한다.
<table>
<tr><td rowspan="20">도로정보</td><td rowspan="4">01</td><td rowspan="4">도로등급</td><td>01</td><td>고속도로</td></tr>
<tr><td>02</td><td>일반도로</td></tr>
<tr><td>03</td><td>지방도로</td></tr>
<tr><td>04</td><td>도시도로</td></tr>
<tr><td rowspan="8">02</td><td rowspan="8">도로형식</td><td>00</td><td>본선구간</td></tr>
<tr><td>01</td><td>연결로구간</td></tr>
<tr><td>02</td><td>상·하행 분리구간</td></tr>
<tr><td>03</td><td>유턴</td></tr>
<tr><td>04</td><td>지하차도</td></tr>
<tr><td>05</td><td>고가차도</td></tr>
<tr><td>06</td><td>오르막 차로</td></tr>
<tr><td rowspan="3">03</td><td rowspan="3">상하행구분</td><td>00</td><td>상하행공용</td></tr>
<tr><td>01</td><td>상행</td></tr>
<tr><td>02</td><td>하행</td></tr>
<tr><td rowspan="2">04</td><td rowspan="2">도로방향</td><td>00</td><td>순방향</td></tr>
<tr><td>01</td><td>역방향</td></tr>
<tr><td rowspan="2">05</td><td rowspan="2">절성토</td><td>01</td><td>Cut(절토)</td></tr>
<tr><td>02</td><td>Fill(성토)</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>사용예</td><td colspan="3">도로등급이 지방도로인 경우 : 01 03<br>(분류코드) (일련번호)</td></tr>
</table>

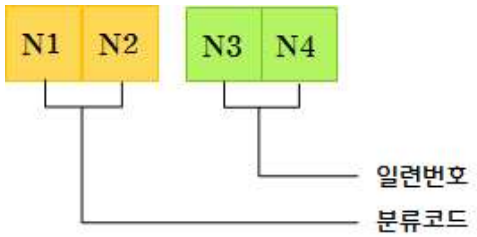
(2) 행정구역코드

<표 3-6-71> 코드정의서 (행정구역코드)

| 시스템명 | 도로교통 안전점검을 위한 차세대 장비개발 | | |
|---|---|---|---|
| 코드명 | 행정구역코드 | 코드 ID | DISTRCT_CODE |
| 설 명 | 시스템에서 공통적으로 사용하는 항목에 대해 코드를 부여하여 관리 | | |
| 코드체계 |  | | |
| 부여규칙 | 1. 행정안전부에서 배포한 법정동 코드를 기준으로 주기(1년)적으로 코드를 반영한다.<br>2. 일괄 변경 시 기존 코드를 완전히 삭제한 후에 신규로 부여한다. | | |
| 사용예 | 행정구역 코드가 서울특별시 종로구 청운동인 경우 :<br>11 110 01 000<br>(시도코드) (시군구코드) (읍면동코드) (동리코드) | | |

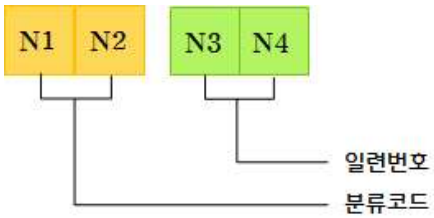
(3) 이벤트코드

<표 3-6-72> 코드정의서 (이벤트코드)

<table>
<tr><td>시스템명</td><td colspan="3">도로교통 안전점검을 위한 차세대 장비개발</td></tr>
<tr><td>코드명</td><td>이벤트 코드</td><td>코드 ID</td><td>EVENT_CODE</td></tr>
<tr><td>설 명</td><td colspan="3">위험요소 수동 이벤트 처리에 대해 코드를 부여하여 관리</td></tr>
<tr><td>코드체계</td><td colspan="3">
</td></tr>
<tr><td>부여규칙</td><td colspan="3">1. 행정안전부에서 배포한 법정동 코드를 기준으로 주기(1년)적으로 코드를 반영한다.<br>2. 일괄 변경 시 기존 코드를 완전히 삭제한 후에 신규로 부여한다.
<table>
<tr><td rowspan="20">이벤트</td><td rowspan="2">01</td><td rowspan="2">횡단구성<br>(중앙분리대)</td><td>00</td><td>중분대 단부처리 부적정</td></tr>
<tr><td>01</td><td>중분대 시점 시인성 미확보</td></tr>
<tr><td rowspan="2">02</td><td rowspan="2">선형</td><td>00</td><td>시거 미확보</td></tr>
<tr><td>01</td><td>오르막차로 종점부 부적정</td></tr>
<tr><td rowspan="3">03</td><td rowspan="3">평면교차</td><td>00</td><td>신호등 설치 부적정</td></tr>
<tr><td>01</td><td>신호등 시인성 미확보</td></tr>
<tr><td>02</td><td>사전경고표지 미설치</td></tr>
<tr><td>04</td><td>연결로접속부</td><td>00</td><td>연결로 접속부 시계 부적정</td></tr>
<tr><td rowspan="8">05</td><td rowspan="8">포장 및 배수</td><td>00</td><td>배수시설 미확보</td></tr>
<tr><td>01</td><td>교량 안전시설 미확보</td></tr>
<tr><td>02</td><td>교량 충격흡수시설 미확보</td></tr>
<tr><td>03</td><td>교대 및 교각 안전시설 미확보</td></tr>
<tr><td>04</td><td>가드레일 연결부 불연속</td></tr>
<tr><td>05</td><td>교량 안전표지 미설치</td></tr>
<tr><td>06</td><td>교량 전방시야 부적정</td></tr>
<tr><td rowspan="3">06</td><td rowspan="3">부속시설</td><td>00</td><td>충격흡수시설 설치장소 부적정</td></tr>
<tr><td>01</td><td>과속방지시설 설치장소 부적정</td></tr>
<tr><td>02</td><td>미끄럼방지시설 부적정</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>사용예</td><td colspan="3">횡단구성(중앙분리대)가 중분대 단부처리 부적정인 경우 :<br>01 00<br>(분류코드) (일련번호)</td></tr>
</table>

(4) 도로시설물 코드

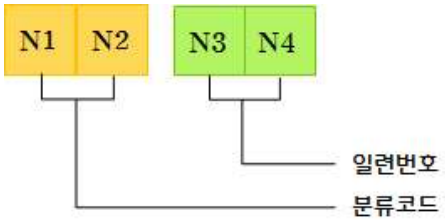
<표 3-6-73> 코드정의서 (도로시설물코드)

| 시스템명 | 도로교통 안전점검을 위한 차세대 장비개발 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 코드명 | 도로시설물 | | 코드 ID | ROAD_FACILITY_CODE | |
| 설 명 | 도로시설물에 대해 코드를 부여하여 관리 | | | | |
| 코드체계 |  | | | | |
| 부여규칙 | 도로시설물 | 01 | 가드레일 종류 | 00 | 가드레일 |
| | | | | 01 | 가드파이프 |
| | | | | 02 | 박스형보 |
| | | | | 03 | 가드케이블 |
| | | | | 04 | 강성 방호울타리 |
| | | 02 | 가드레일 등급 | 00 | SB1 |
| | | | | 01 | SB2 |
| | | | | 02 | SB3 |
| | | | | 03 | SB4 |
| | | | | 04 | SB5 |
| | | | | 05 | SB6 |
| | | | | 06 | SB7 |
| | | 03 | 갈매기표지 형식 | 00 | 구형 갈매기표지 |
| | | | | 01 | 신형 갈매기표지 |
| | | 04 | 갈매기표지 종류 | 00 | 소형 갈매기표지 |
| | | | | 01 | 중형 갈매기표지 |
| | | | | 02 | 대형 갈매기표지 |
| | | 03 | 노면 종류 | 00 | 아스팔트 |
| | | | | 01 | 콘크리트 |
| | | | | 02 | 비포장도로 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 04 | 노면표시 종류 | 00 | 규제표시 |
| | | | | 01 | 지시표시 |
| | | 05 | 도로표지 종류 | 00 | 경계표지 |
| | | | | 01 | 이정표지 |
| | | | | 02 | 방향표지 |
| | | | | 03 | 노선표지 |
| | | | | 04 | 기타표지 |
| | | 06 | 방음벽 종류 | 00 | 반사형 방음벽 |
| | | | | 01 | 흡음형 방음벽 |
| | | | | 02 | 투명형 방음벽 |
| | | | | 03 | 칼라형 방음벽 |
| | | 07 | 신호기 종류 | 00 | 차량신호기 |
| | | | | 01 | 보행자신호기 |
| | | 08 | 중앙분리대 종류 | 00 | 가드레일형 |
| | | | | 01 | 녹지 분리대 |
| | | | | 02 | 콘크리트 분리대 |
| | | | | 03 | 2단 가드레일형 |
| | | | | 04 | 가드레일형 녹지분리대 |
| | | | | 05 | 철제 채널형 |
| | | 09 | 충격흡수 시설 종류 | 00 | 일반적인 충격흡수시설 |
| | | | | 01 | 단부처리용 충격흡수시설 |
| | | | | 02 | 특수부착용 충격흡수시설 |
| | | 10 | 충격흡수 시설 등급 | 00 | CC1 |
| | | | | 01 | CC2 |
| | | | | 02 | CC3 |
| 사용예 | 도로시설물 중 가드레일 종류가 가드레일인 경우 :<br>01 00<br>(분류코드) (일련번호) | | | | |

(5) 도로구성 및 시거분석정보

<표 3-6-74> 코드정의서 (도로정보 및 시거분석정보)

| 시스템명 | 도로교통 안전점검을 위한 차세대 장비개발 | | |
|---|---|---|---|
| 코드명 | 도로구성 및 시거분석정보 | 코드 ID | ROAD_SET_CODE |
| 설 명 | 도로를 구성하는 기본 코드를 부여하여 관리 | | |
| 코드체계 |  | | |

부여규칙

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 도로구성정보 | 01 | 도로종류코드 | 00 | 고속도로 |
| | | | 01 | 일반도로 |
| | | | 02 | 지방도로 |
| | | | 03 | 도시고속화도로 |
| | 02 | 설계속도 코드 | 00 | 120km/h 이상 |
| | | | 01 | 110km/h |
| | | | 02 | 100km/h |
| | | | 03 | 90km/h |
| | | | 04 | 80km/h |
| | | | 05 | 70km/h |
| | | | 06 | 60km/h |
| | | | 07 | 50km/h |
| | | | 08 | 40km/h |
| | 03 | 도로 편도 차로 코드 | 00 | 1차로 |
| | | | 01 | 2차로 |
| | | | 02 | 3차로 |
| | | | 03 | 4차로 |
| | | | 04 | 5차로 이상 |
| | 04 | 도로 편도 차로폭 코드 | 00 | 2.75 |
| | | | 01 | 3.0 |
| | | | 02 | 3.25 |
| | | | 03 | 3.5 |
| | | | 04 | 3.6 |
| | | | 05 | 3.75 |
| 시거분석정보 | 05 | 시거 분석 | 00 | 상하행선 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | 대상 코드 | 01 | 상행선(우측) |
| | | | | 02 | 하행선(좌측) |
| | | 06 | 시거 분석 간격 코드 | 00 | 2.5 |
| | | | | 01 | 5.0 |
| | | | | 02 | 10.0 |
| | | | | 03 | 15.0 |
| | | | | 04 | 20.0 |
| | | | | 05 | 40.0 |
| | | | | 06 | 50.0 |
| | | | | 07 | 200.0 |
| | | 07 | 분석 기준 차로 코드 | 00 | 사용자 |
| | | | | 01 | 1차로 |
| | | | | 02 | 2차로 |
| | | | | 03 | 3차로 |
| | | | | 04 | 4차로 |
| | | 08 | 기준 시거 코드 | 00 | 사용자 |
| | | | | 01 | 정지시거 |
| | | | | 02 | 추월시거 |
| 사용예 | 도로종류코드가 고속도로인 경우 : 01 00<br>(분류코드) (일련번호) | | | | |

다. 공통모듈사양서

(1) 공통 모듈

<표 3-6-75> 공통모듈사양서 (공통 모듈)

| 모듈 | 내용 | 비고 |
|---|---|---|
| 차트 (ChartFX) 제어 | ● 시리즈 추가, 삭제<br>● 차트 내용 제어(데이터, 색상, 레이블 등) | |
| 조사 정보 관리 | ● 조사명칭, 노선명, 지역, 구간길이, 조사자 | |
| 선형 데이터 정의 | ● Point, Block, Section, Profile, BC, EC, IP, R, 종단경사, 횡단경사, 완화곡선 | |
| 도로특성 정보 | ● 노면 온도, IRI[포장 평탄성], RUT[소성변형] | |
| 위치 정보 | ● Data (GPSTIME, X, Y, H-MSL, Roll, Pitch, Heading)<br>● Block (대표값, Roll)<br>● Item (측점, X, Y, Z, 구간, 곡선 반경, 종구배, 횡구배, 시거 거리 및 대상, 평탄도, 온도, 습도, 설계속도, 주행속도, 속도차, 미끄럼) | |
| 주행속도 | | |
| 측정 데이터 정확도 | ● PDOP, 위성수, RMSE | |
| 헤더 정의 | | |
| 도로 구성, 시거 분석 | ● 초기 설정값 구성 | |

(2) 파일 & DB 제어 모듈

<표 3-6-76> 공통모듈사양서 (파일 & DB 제어 모듈)

| 모듈 | 내용 | 비고 |
|---|---|---|
| 엑셀 (Excel) 제어 | ● 파일 가져오기/내보내기 | |
| 파일 폴더 유틸 | ● 폴더 추가, 삭제<br>● 폴더명 변경<br>● 폴더 찾기 | |
| ADO 데이터베이스 연결 | ● 데이터베이스 연결<br>● 테이블 얻기, 레코드셋 얻기 | |
| 위치 가져오기 | ● 경위도, GRS80 또는 카텍 좌표계 | |

| 모듈 | 내용 | 비고 |
|---|---|---|
| | ● 지오코딩 (GPSTime에 의한 위치 및 차량 자세 보간) | |
| 가져오기/내보내기 | ● CAD 파일<br>● SHP 파일<br>● KMZ 파일 | |
| 보고서 생성 | ● 교통안전공단 사용 양식, 임의양식, pdf와 word 파일 또는 hwp 파일 내보내기<br>※ Report Tool 구매 필요 | |

(3) 도면화 모듈

<표 3-6-77> 공통모듈사양서 (도면화 모듈)

| 모듈 | 내용 | 비고 |
|---|---|---|
| 선형 | ● 파일 가져오기 및 그룹 정의<br>● 선형 접선 구간 정보 처리<br>● 선형 곡선 구간 정보 처리 | |
| 어플리케이션 | ● 도큐먼트와 데이터베이스 정의 | |
| AcDb 공통 | ● 전체화면, 이전화면, 줌 센터, 줌 축척, 줌윈도우<br>● 도면 파일 경로, 이름, 저장<br>● 엔티티 추가, 삭제<br>● 객체 선택 및 추가 (레이어, 원, 호, 선, 문자, 다중선) | |
| XData 제어 | ● Extension 데이터 추가, 삭제, 수정 | |
| AcGe 공통 | ● 거리 및 각도 계산<br>● 교차점 및 중간점 검색 | |
| Civil 3D 선형 | ● 선형 정의 및 관리<br>● 시거, 점구름, 코리더 | |
| Civil 3D 어플리케이션 | ● Civil 3D 도큐먼트와 데이터베이스 정의 | |
| 레지스트리 제어 | ● 레지스트리 추가 및 삭제<br>● 레지스트리 값 쓰기 및 얻기 | |

라. 테이블 목록

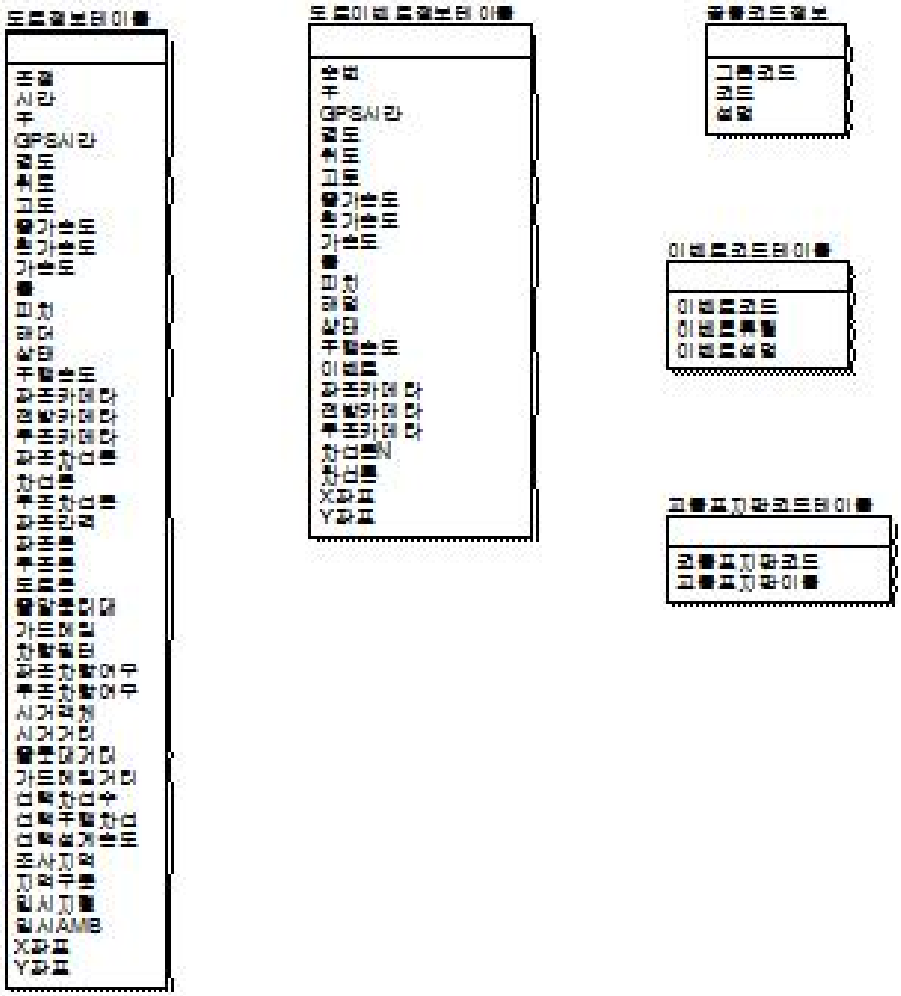
<표 3-6-78> 테이블 목록

| 번호 | 구분 | 테이블명 | 테이블ID |
|---|---|---|---|
| 1 | 공통 | 메인 | ARASEO_MAIN |
| 2 | 공통 | 공통코드 | ARASEO_COMMCODE |
| 3 | 공통 | 이벤트_코드 | ARASEO_EVENT |
| 4 | 공통 | 교통표지판 코드 | ARASEO_TSCODE |
| 5 | 안전점검 | 위험분류코드 | WARNINGTYPECODE |
| 6 | 안전점검 | 위험요소코드 | WARNINGELEMENTCODE |
| 7 | 안전점검 | 위험위치 | WARNING_POSITION |
| 8 | 안전점검 | 위험위치리포트 | WARNING_REPORT |
| 9 | 안전점검 | 위험별등급 | RATELEVEL |
| 10 | 안전점검 | 위험등급 | WARNINGLEVEL |
| 11 | 안전점검 | 종평면도파일 | ROADSTRUCTURE |
| 12 | 안전점검 | 관련법연계 | RELATIONRULLE |
| 13 | 안전점검 | 운전계수 | DRIVEFACTOR |
| 14 | 안전점검 | 감속시작거리 | DECELERATIONDIST |
| 15 | 교통사고 | 교통사고코드 | TRAFFICCODE |
| 16 | 교통사고 | 교통사고 | TRAFFICACCIDENT |
| 17 | 도면화 | 도로정보 | [도로정보테이블] |
| 18 | 도면화 | 이벤트 | [도로이벤트정보테이블] |
| 19 | 도면화 | 도로중심선 | [조사명_CenterLine] |
| 20 | 도면화 | 평면선형_분석결과 | [조사명_Alignment] |
| 21 | 도면화 | 종단선형_분석결과 | [조사명_Profile] |
| 22 | 도면화 | 횡단선형_분석결과 | [조사명_Cross] |
| 23 | 도면화 | 평면 | [조사명_평면] |
| 24 | 도면화 | 종단 | [조사명_종단] |
| 25 | 도면화 | 횡단 | [조사명_횡단] |
| 26 | 도면화 | 중앙분리대 | [조사명_중분대] |

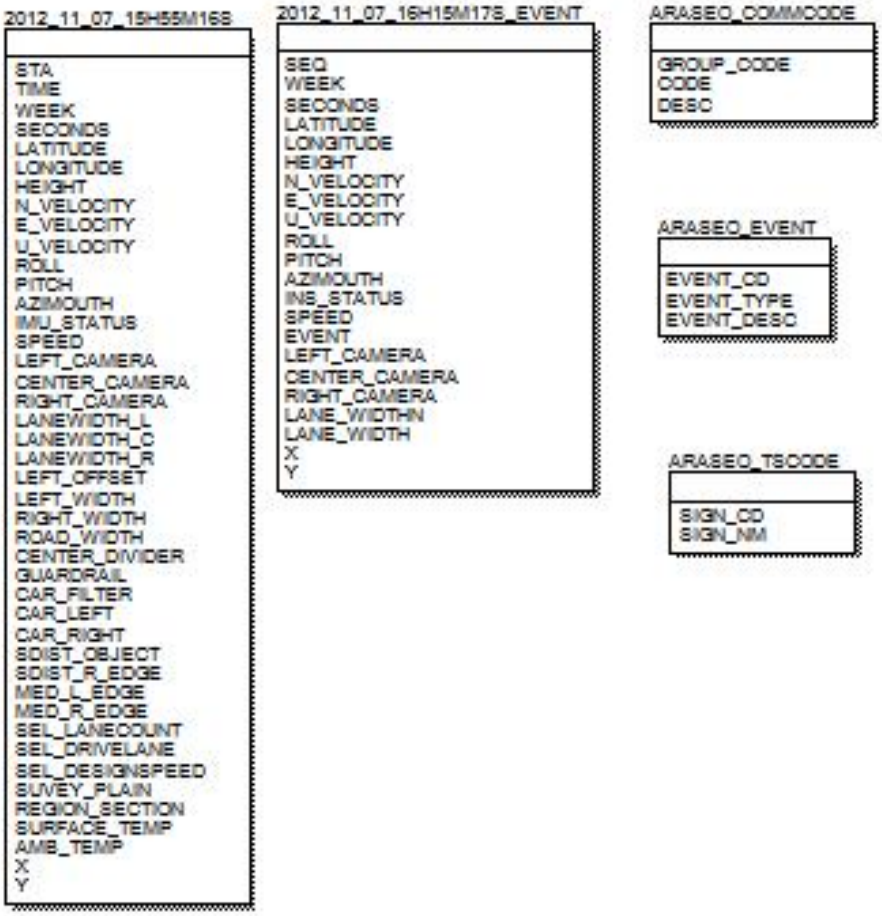
| 번호 | 구분 | 테이블명 | 테이블ID |
|---|---|---|---|
| 27 | 도면화 | 가드레일 | [조사명_가드레일] |
| 28 | 도면화 | 도로폭 | [조사명_도로폭] |
| 29 | 도면화 | 사면 | [조사명_사면] |
| 30 | 도면화 | 교통표지판 | [조사명_교통표지판] |
| 31 | 도면화 | 교통표지판_위치 | [조사명_LD-MRS_상하행] |
| 32 | 도면화 | 포장 | [조사명_포장_상하행] |
| 33 | 도면화 | 도로시거 | [조사명_시거_상하행] |
| 34 | 분석 | 위험요소_자료정비 | [조사명_Analysis] |
| 35 | 분석 | 위험요소_분석결과 | [조사명_Result] |
| 36 | 분석 | 최소평면곡선반지름 | ARASEO_RD01 |
| 37 | 분석 | 설계속도 | ARASEO_RD02 |
| 38 | 분석 | 차로의_최소폭 | ARASEO_RD04 |
| 39 | 분석 | 중앙분리대_폭 | ARASEO_RD05 |
| 40 | 분석 | 최소_평면곡선_반지름 | ARASEO_RD08 |
| 41 | 분석 | 완화곡선_최소_길이 | ARASEO_RD09 |
| 42 | 분석 | 최대_편경사 | ARASEO_RD10 |
| 43 | 분석 | 최소_확폭량 | ARASEO_RD11 |
| 44 | 분석 | 최대_종단경사 | ARASEO_RD12 |
| 45 | 분석 | 최대종단경사 | ARASEO_RD13 |
| 46 | 분석 | 종단곡선_최소_길이 | ARASEO_RD14 |
| 47 | 분석 | 최소_정지시거 | ARASEO_RD16 |
| 48 | 분석 | 갈매기표지_곡선반경 | ARASEO_RD24 |

마. 테이블 구조도

(1) 공통 및 환경설정

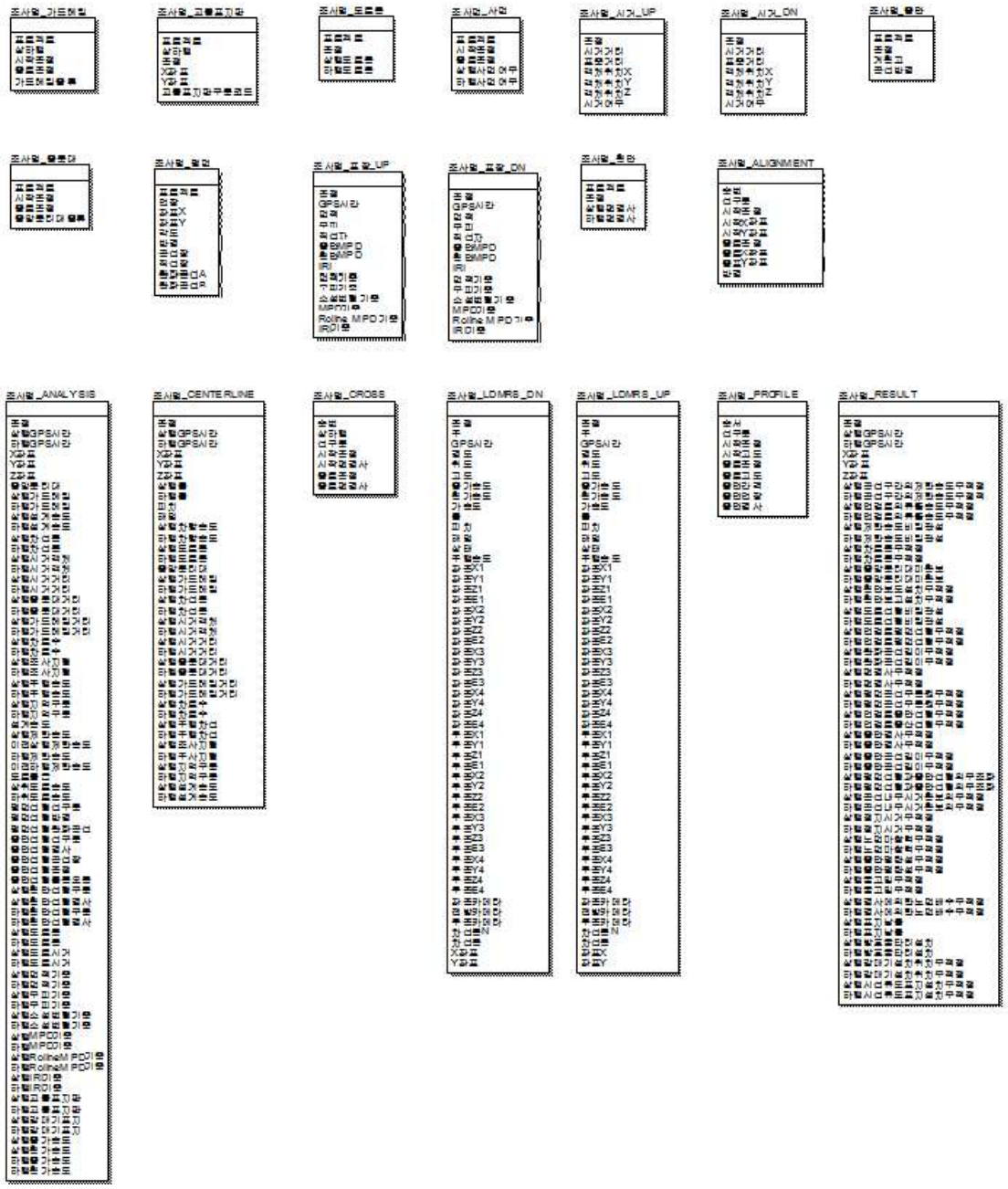


<그림 3-6-17> 공통 및 환경설정 (한글)

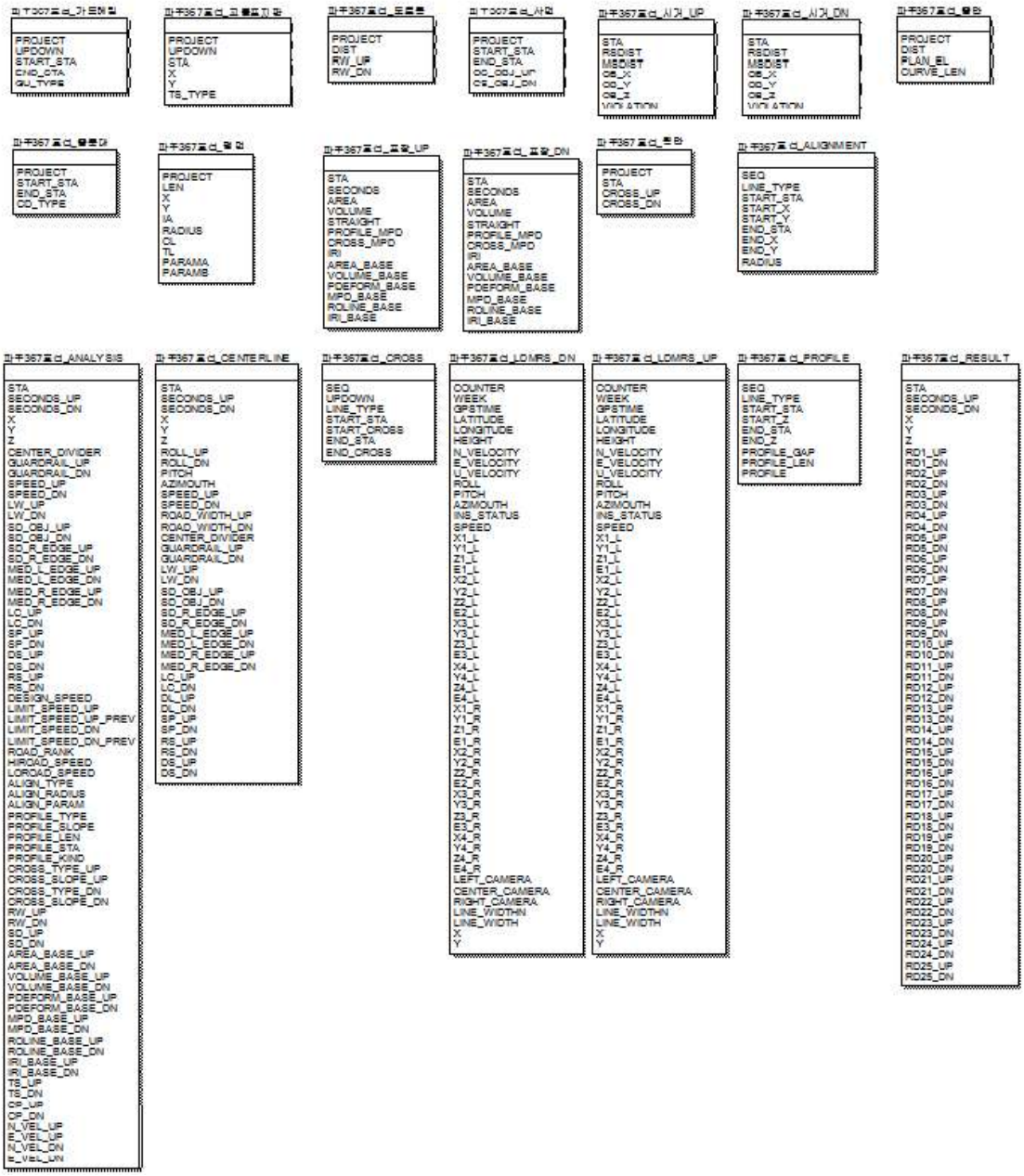



<그림 3-6-18> 공통 및 환경설정 (영문)

(2) 도면화

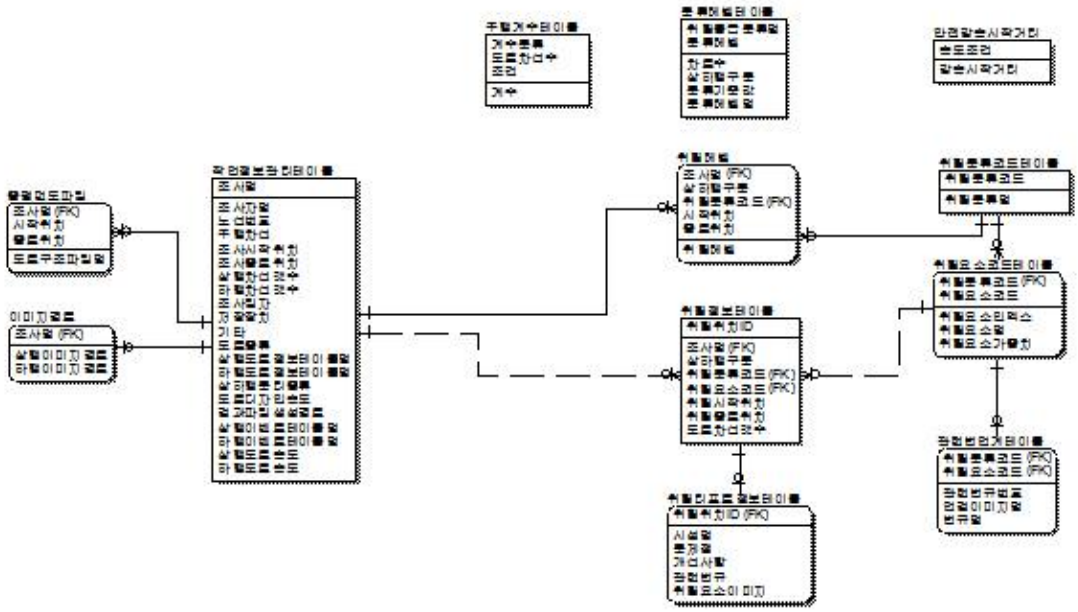


<그림 3-6-19> 도면화 (한글)

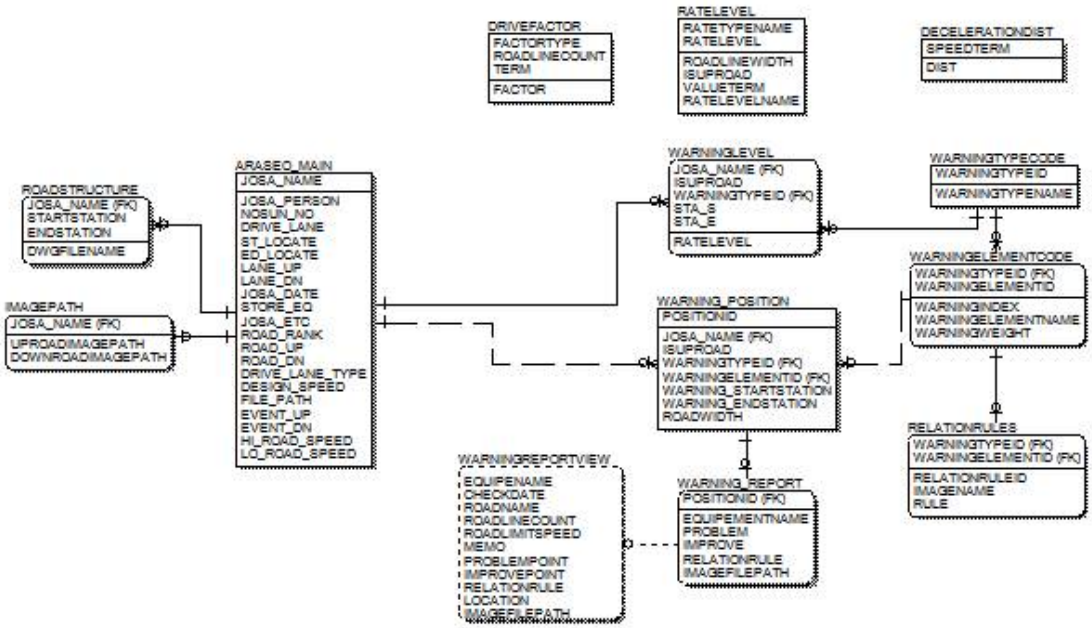



<그림 3-6-20> 도면화 (영문)

(3) 안전점검

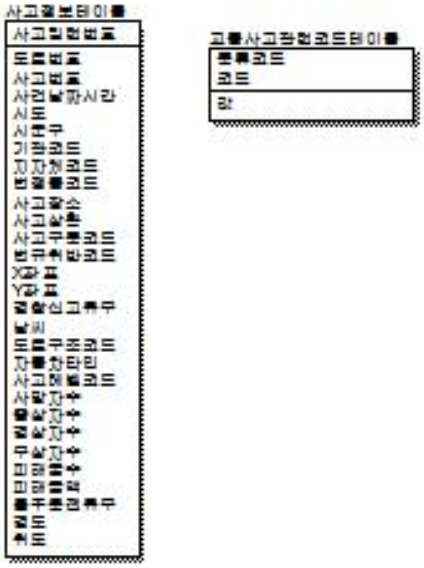


<그림 3-6-21> 안전점검 (한글)

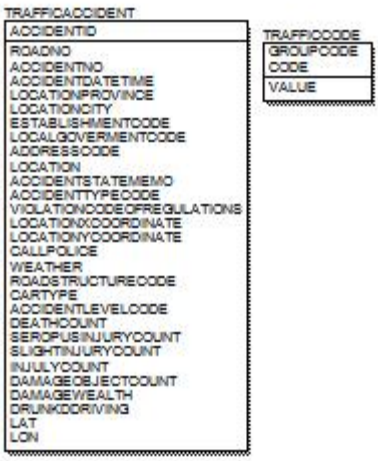



<그림 3-6-22> 안전점검 (영문)

(4) 교통사고




<그림 3-6-23> 교통사고 (한글)




<그림 3-6-24> 교통사고 (영문)

바. 화면목록

(1) 도면화

<표 3-6-79> 화면목록 (도면화)

| 화면 ID | 화면 명 | 화면유형 | 비 고 |
|---|---|---|---|
| UI001 | 캐드실행 및 Arx 로딩 | | 프로그램 시작 |
| UI002 | 프로젝트 관리 | 입력, 조회 | 프로젝트 활성화<br>프로젝트 추가<br>프로젝트 삭제 |
| UI003 | 도로중심선 생성 | 입력, 조회 | 도로중심선 구성<br>도로중심선 추출 |
| UI004 | 이미지 슬라이드 | 입력, 조회 | DB연결<br>이미지 경로 설정<br>이미지 슬라이드 제어<br>이미지 보기 |
| UI005 | 선형 추정 및 미리보기 | 입력, 조회 | 주행정보 가져오기<br>전체 자동 추정 및 구성<br>평면선형 자동추정<br>평면선형 미리보기<br>수동 평면선형<br>종단선형 자동추정<br>종단선형 미리보기<br>수동 종단선형<br>횡단 자동구성<br>횡단 결과보기<br>수동 횡단구성 |
| UI006 | 데이터 구성 및 분석 | 입력, 조회 | 도로시설 구성<br>교통표지판 구성<br>포장 구성<br>시거 분석 |
| UI007 | 도로위험도 분석 | 입력, 조회 | 도로위험도 자료정비<br>도로위험도 분석 |
| UI008 | 도면화 | 조회, 출력 | 도면초기화<br>도면화 |

(2) 안전점검

<표 3-6-80> 화면목록 (안전점검)

| 화면 ID | 화면 명 | 화면유형 | 비 고 |
|---|---|---|---|
| UI009 | 안전점검 메인 | | 레이아웃 |
| UI010 | 시설안전점검 | 조회 | 주제도, 차트 그래프 (선형, 포장 및 배수, 횡단구성, 표지 및 부속시설, 속도, 시거, 평면교차, 입체교차 |
| UI011 | 주행안전점검 | 조회 | 주제도, 차트 그래프 |
| UI012 | 종합안전점검 | 조회 | 주제도, 차트 그래프 |

(3) 교통사고

<표 3-6-81> 화면목록 (교통사고)

| 화면 ID | 화면 명 | 화면유형 | 비 고 |
|---|---|---|---|
| UI013 | 교통사고 메인 | | 레이아웃 |
| UI014 | 교통사고 위치 | 조회 | 위치이동, 아이콘 표시 |
| UI015 | 교통사고 통계 | 조회 | 위치이동, 아이콘 표시 |

(4) 도로정보조회

<표 3-6-82> 화면목록 (도로정보조회)

| 화면 ID | 화면 명 | 화면유형 | 비 고 |
|---|---|---|---|
| UI016 | 도로정보조회 메인 | | 레이아웃 |
| UI017 | Roll 정보 조회 | 조회 | |
| UI018 | Pitch 정보 조회 | 조회 | |
| UI019 | Heading 정보 조회 | 조회 | |

# 제6-4절 구현 단계

## 1. 연구 내용

○ 프로그래밍 작업단위를 컴퓨터가 실행할 수 있는 형태로 변환하는 작업단위를 코딩이라고 한다. 프로그래밍 언어를 이용하여 코드를 작성하고, 코드제너레이터 도구에 입력되는 규격을 작성하며, 업무 제어문을 작성하는 일 등이 여기에 포함됨

○ 구현단계에서는 분석·설계단계에서 도출된 업무규격을 점검하고, 공통 시험데이터에 따라 완벽하게 시험하기 충분한 시험데이터를 준비하고, 단위시험을 통해 개발된 코드에 오류가 없는지 확인함

○ 시험결과를 예상결과와 비교점검하고 오류를 수정하며, 통합시험을 실시하여 시스템이 사용자가 기대한대로 성능을 수행하는지 확인함

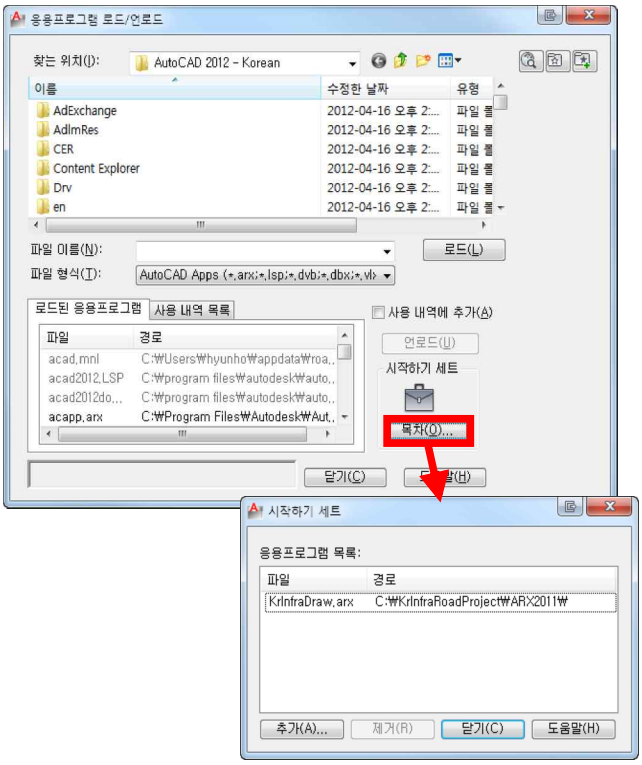
○ 본 연구는 <도면화 S/W>와 <도로 안전성 분석과 보고서 생성 프로그램>을 구현함

## 2. 연구 결과

### 가. 테스트 결과서 : 도면화 S/W

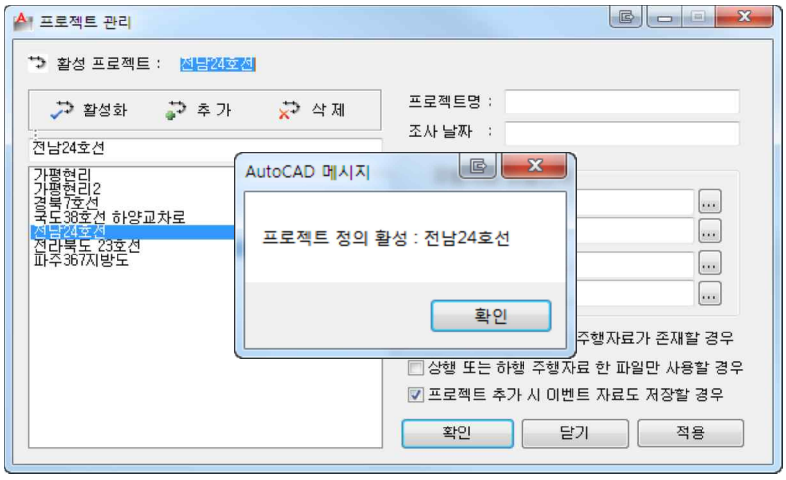
<표 3-6-83> 테스트결과서 (캐드실행 및 Arx 로딩)

| 테스트 ID | 세부항목 | 테스트 수행절차 | 예상결과 | 실제결과 | 수행일 | 수행자 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| T001 | 캐드실행 및 Arx 로딩 | 로딩할 ARX 파일 선택 | Arx 로딩 후 도면화 메뉴 표시 및 데이터베이스 연결 | 도면화 메뉴 표시 및 데이터베이스 연결 성공 | 2012.12.17 | 김현호 | |



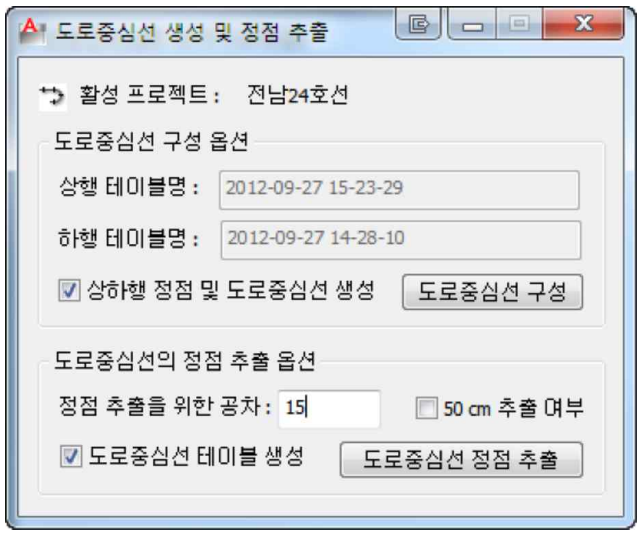
<표 3-6-84> 테스트결과서 (프로젝트 관리)

| 테스트 ID | 세부항목 | 테스트 수행절차 | 예상결과 | 실제결과 | 수행일 | 수행자 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| T002 | 프로젝트 관리 | 선택한 프로젝트 활성화 및 프로젝트 추가/삭제 | 프로젝트 활성 추가할 주행정보를 선택한 후 추가할 경우에 해당하는 프로젝트 추가 | 선택한 프로젝트 활성화 및 프로젝트 추가/삭제 프로젝트 추가 시 해당 테이블 생성 | 2012.12.17 | 김현호 | |



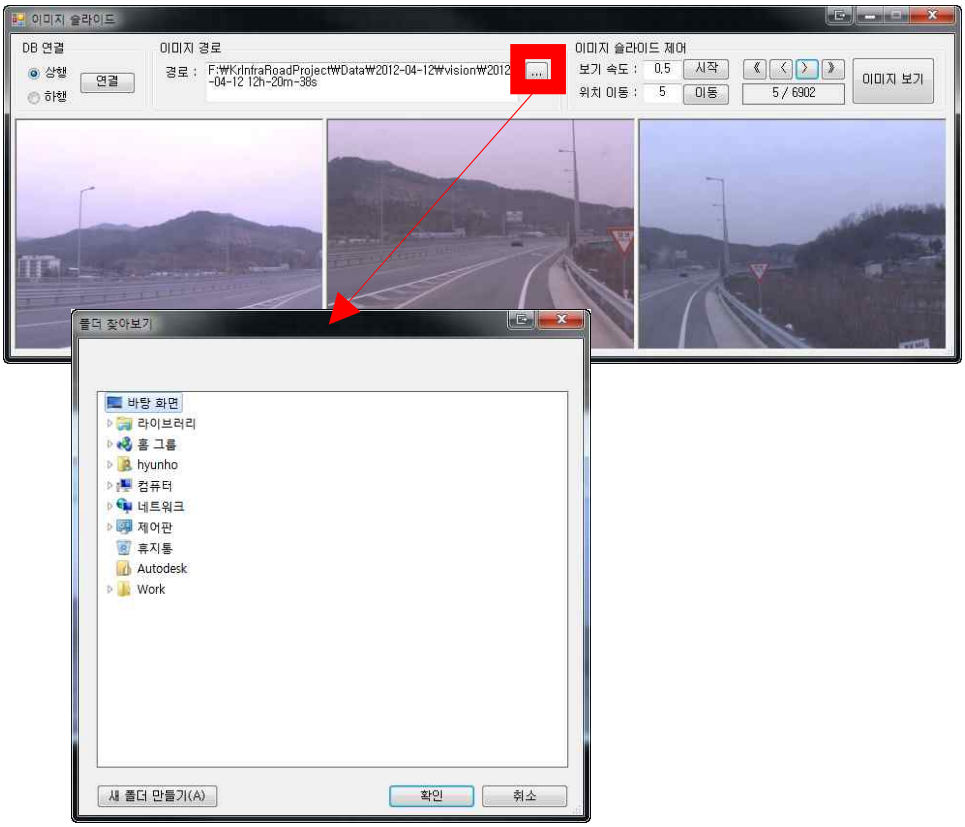
<표 3-6-85> 테스트결과서 (도로중심선 구성)

| 테스트 ID | 세부항목 | 테스트 수행절차 | 예상결과 | 실제결과 | 수행일 | 수행자 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| T003 | 도로중심선 구성 | 도로중심선 구성 후 추출 공차를 입력하여 도로중심선을 추출 | 도로중심선 구성은 주행정보를 화면에 표시한 후 도로중심선 구성 구성된 도로중심선을 이용하여 1m 도로중심선 추출 | 도로중심선을 추출하여 파일 및 DB로 저장 | 2012.12.17 | 김현호 | |



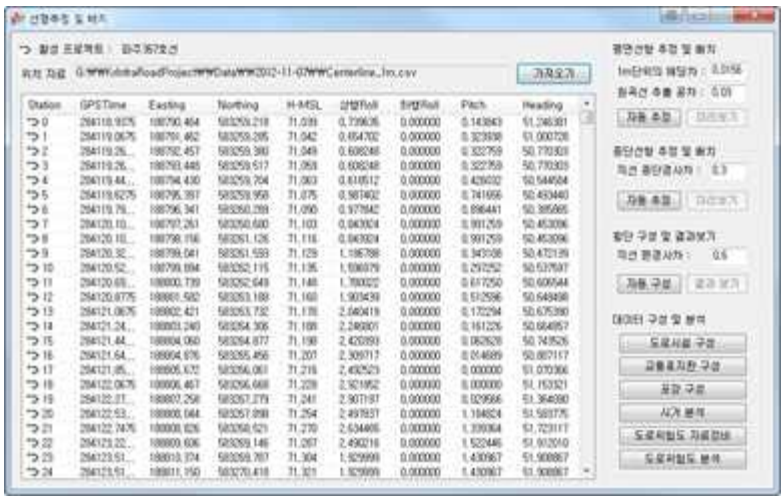
<표 3-6-86> 테스트결과서 (이미지 슬라이드)

| 테스트 ID | 세부항목 | 테스트 수행절차 | 예상결과 | 실제결과 | 수행일 | 수행자 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| T004 | 이미지 슬라이드 | 상하행 DB 연결 후 이미지 경로 지정, 보기 속도를 조정 후에 이미지 조회 | 지정한 경로에 있는 측점에 해당하는 전방, 좌우측 이미지 표시 | 해당하는 전방, 좌우측 이미지 화면에 표시 | 2012.12.17 | 김현호 | |



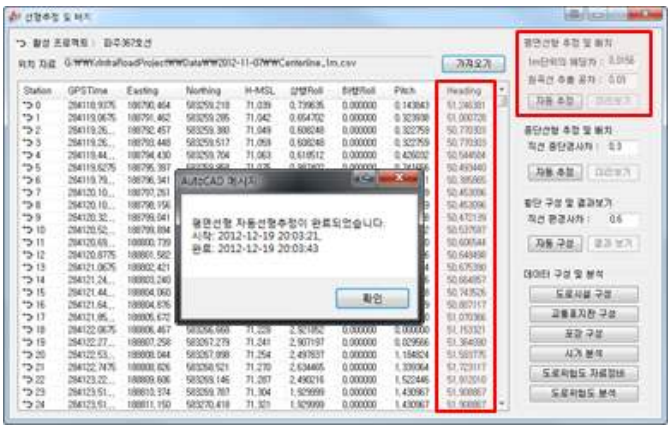
<표 3-6-87> 테스트결과서 (주행정보 가져오기)

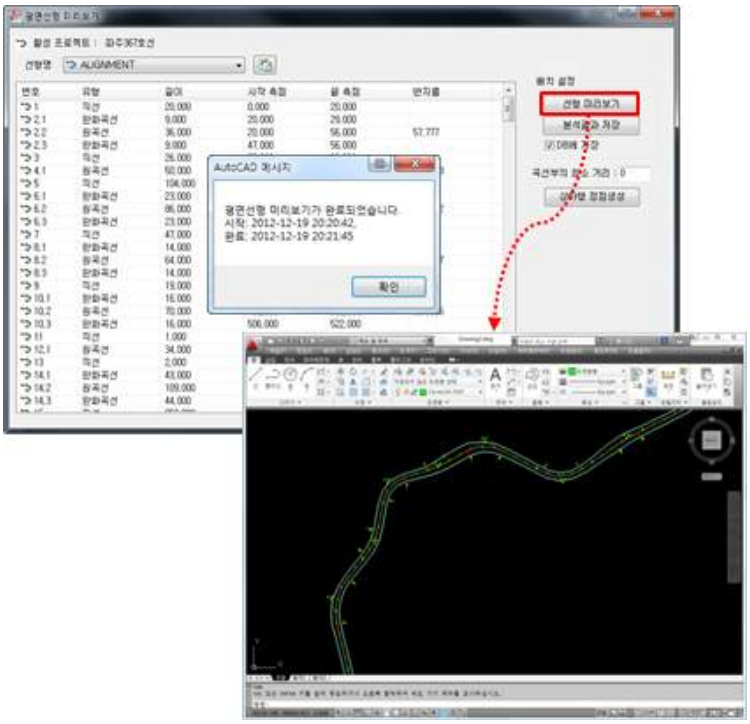
| 테스트 ID | 세부항목 | 테스트 수행절차 | 예상결과 | 실제결과 | 수행일 | 수행자 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| T005-1 | 선형 추정 및 미리보기 - 주행정보 가져오기 | 프로젝트를 활성화한 후 가져오기 버튼 클릭 | 활성화된 프로젝트의 주행정보를 가져와 리스트컨트롤에 표시 | 활성화된 프로젝트의 주행정보를 DB에서 가져와 리스트컨트롤에 표시 | 2012.12.17 | 김현호 | |



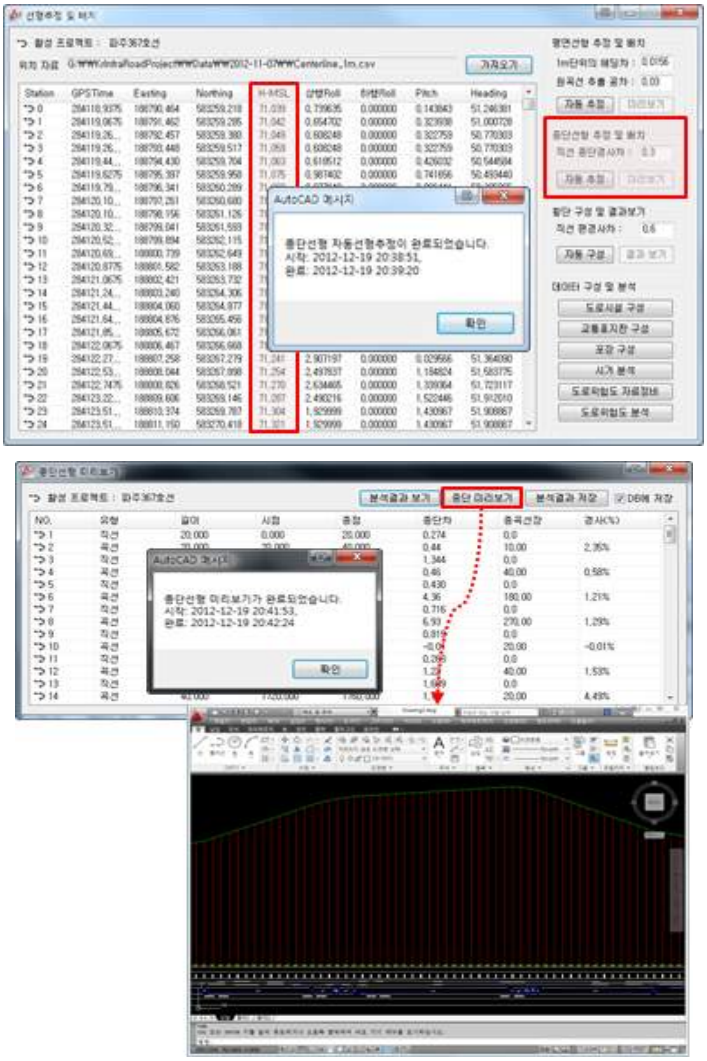
<표 3-6-88> 테스트결과서 (평면선형 자동추정 및 미리보기)

| 테스트 ID | 세부항목 | 테스트 수행절차 | 예상결과 | 실제결과 | 수행일 | 수행자 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| T005-2 | 평면선형 자동추정 및 미리보기 | 평면선형 추정 및 배치를 위해 1m 단위의 헤딩차와 원곡선 추출공차를 입력한 후 자동 추정 버튼을 클릭 | 주행정보 중 헤딩값을 이용하여 추출 공차를 적용 선형을 추정 | 자동 추정 시 추출 공차에 따라 선형을 자동으로 추정하고 미리보기 | 2012.12.17 | 김현호 | |



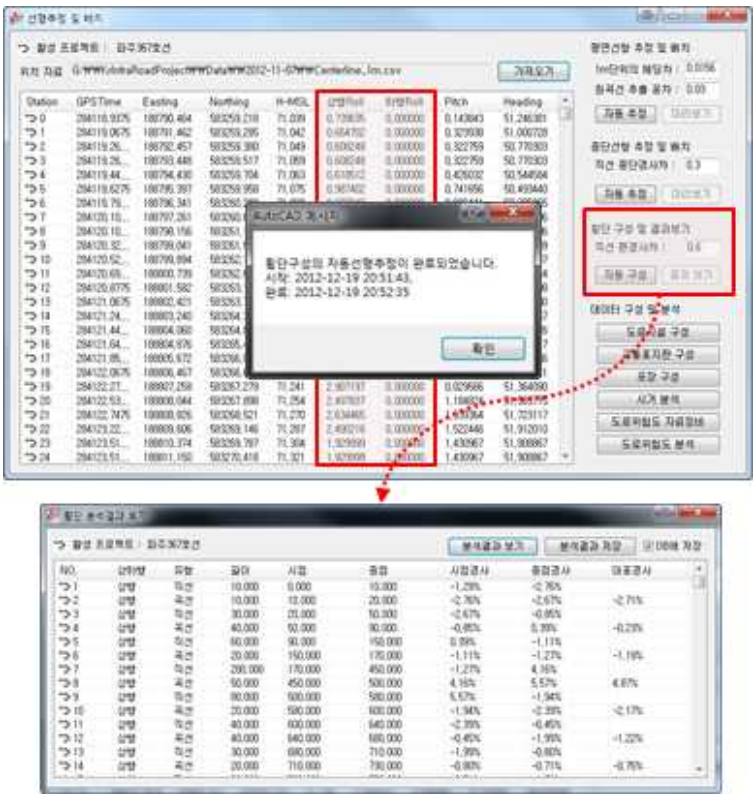



<표 3-6-89> 테스트결과서 (종단선형 자동추정 및 미리보기)

| 테스트 ID | 세부항목 | 테스트 수행절차 | 예상결과 | 실제결과 | 수행일 | 수행자 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| T005-3 | 종단선형 자동추정 및 미리보기 | 종단선형 추정 및 배치를 위해 직선 종단경사차를 입력한 후 자동 추정 버튼을 클릭 | 주행정보 중 고도값을 이용하여 추출 공차를 적용 선형을 추정 | 자동 추정 시 추출 공차에 따라 선형을 자동으로 추정하고 미리보기 | 2012.12.17 | 김현호 | |
|  | | | | | | | |

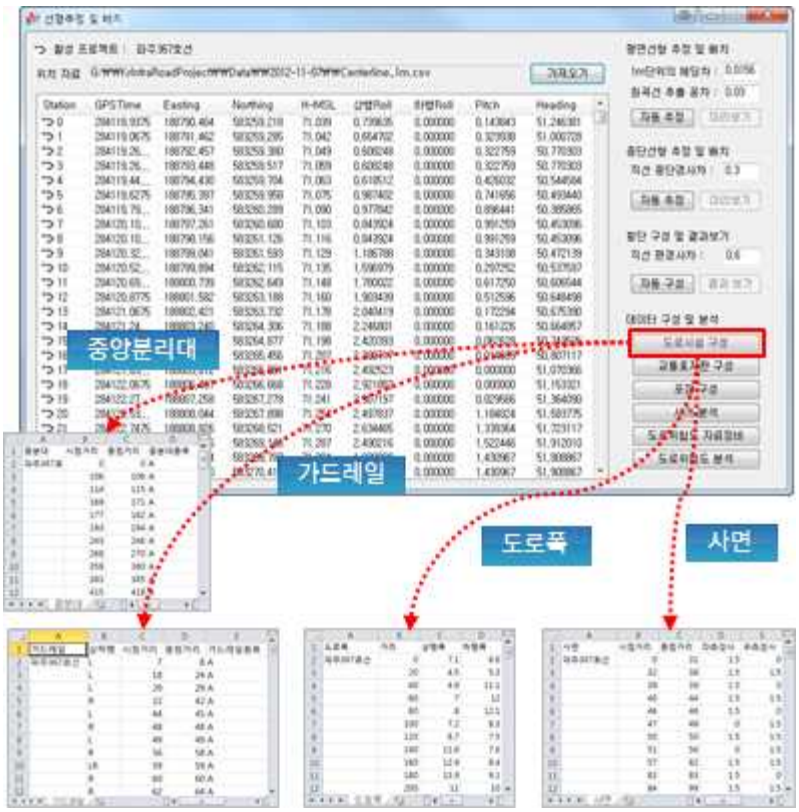
<표 3-6-90> 테스트결과서 (횡단 자동구성 및 결과보기)

| 테스트 ID | 세부항목 | 테스트 수행절차 | 예상결과 | 실제결과 | 수행일 | 수행자 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| T005-4 | 횡단 자동구성 및 결과보기 | 횡단 구성 및 결과보기를 위해 직선 편경사차를 입력한 후 자동 추정 버튼을 클릭 | 주행정보 중 상행 및 하행 ROLL값을 이용하여 추출 공차를 적용 횡단 구성 | 자동 구성 시 추출 공차에 따라 횡단을 자동으로 구성하고 파일 및 DB로 저장 | 2012.12.17 | 김현호 | |



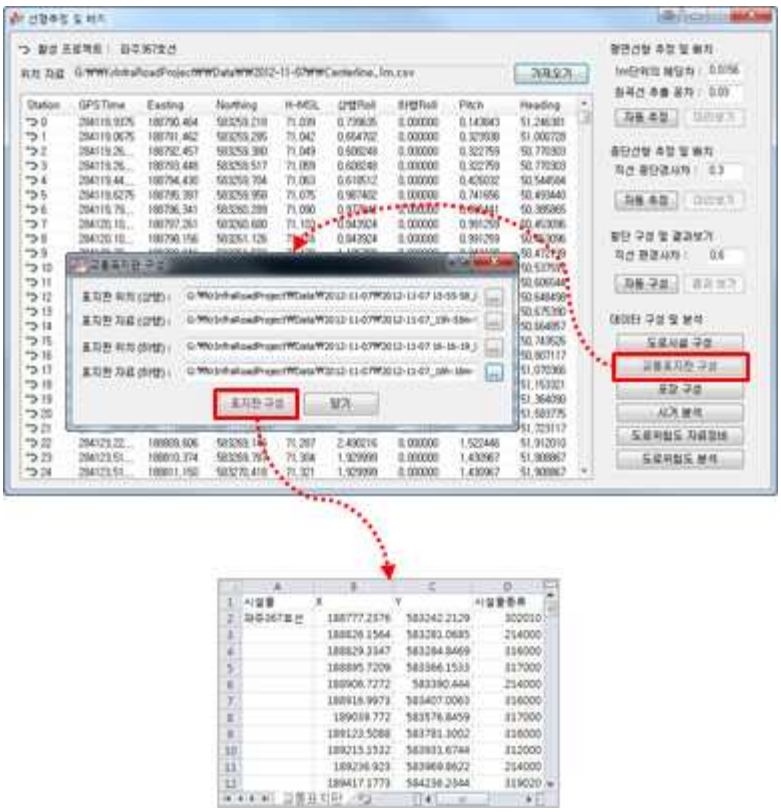
<표 3-6-91> 테스트결과서 (도로시설 구성)

| 테스트 ID | 세부항목 | 테스트 수행절차 | 예상결과 | 실제결과 | 수행일 | 수행자 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| T006-1 | 도로시설 구성 | 주행정보를 가져온 후 도로시설 구성 버튼을 클릭 | 주행정보 중 중앙분리대, 가드레일, 도로폭, 사면 값을 이용하여 구성 | 측점별 해당 도로시설 정보를 구성하여 파일 및 DB로 저장 | 2012.12.17 | 김현호 | |



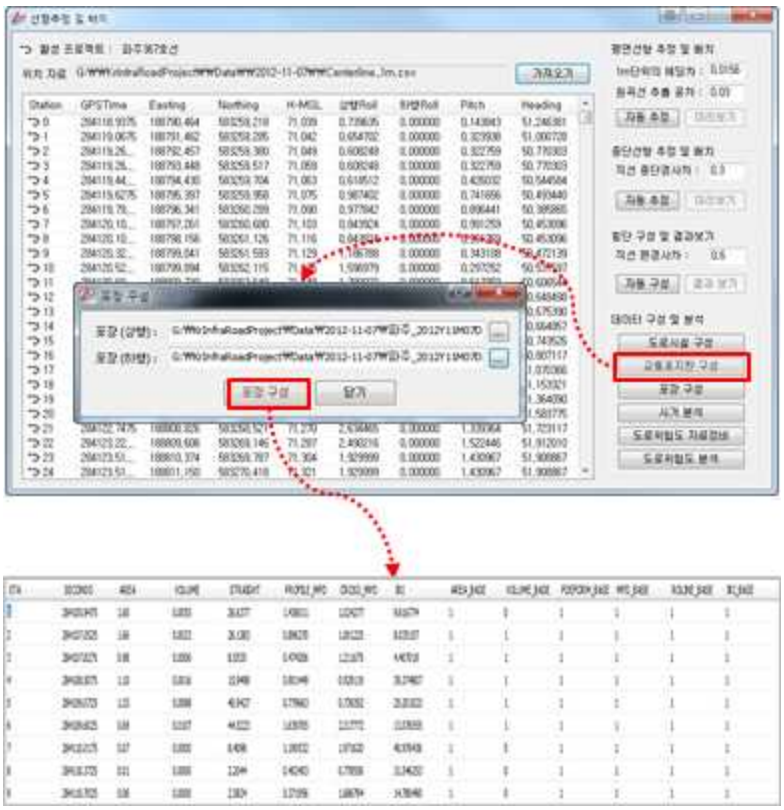
<표 3-6-92> 테스트결과서 (교통표지판 구성)

| 테스트 ID | 세부항목 | 테스트 수행절차 | 예상결과 | 실제결과 | 수행일 | 수행자 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| T006-2 | 교통표지판 구성 | 교통표지판 상하행 파일을 선택하여 교통표지판의 종류와 위치 구성 | 교통표지판 자료와 위치를 계산하여 교통표지판 정보를 구성 | 교통표지판 정보를 구성하여 파일 및 DB로 저장 | 2012.12.17 | 김현호 | |



<표 3-6-93> 테스트결과서 (포장 구성)

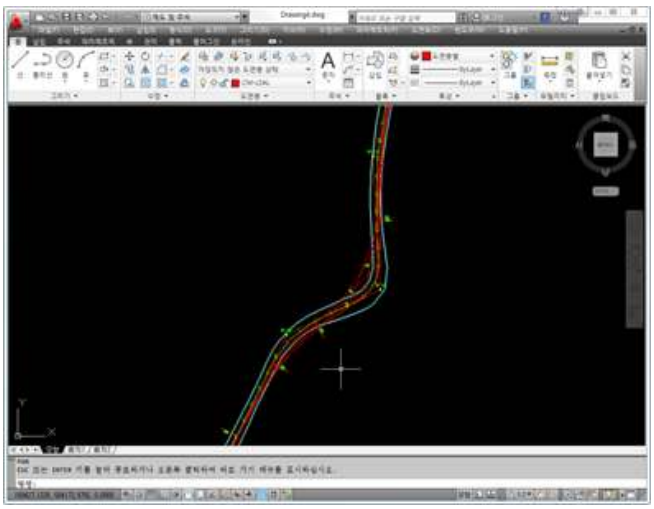
| 테스트 ID | 세부항목 | 테스트 수행절차 | 예상결과 | 실제결과 | 수행일 | 수행자 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| T006-3 | 포장 구성 | 포장 상하행 파일을 선택하여 포장 구성 | 포장 자료와 주행정보의 GPSTIME을 연결하여 포장 정보를 구성 | 포장 정보를 구성하여 파일 및 DB로 저장 | 2012.12.17 | 김현호 | |



<표 3-6-94> 테스트결과서 (시거분석)

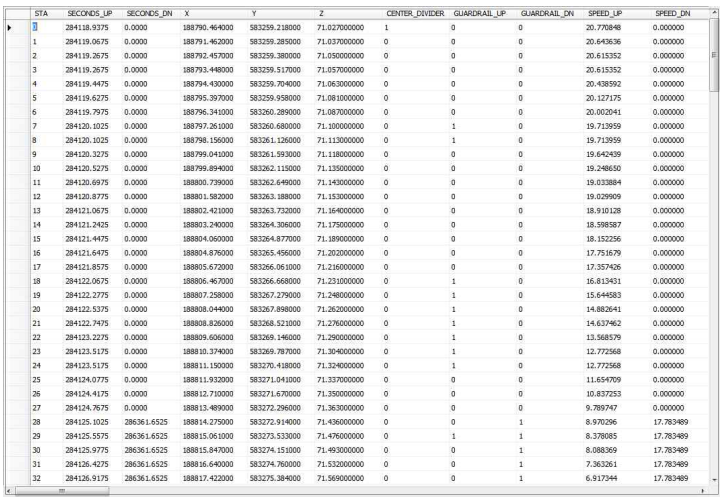
| 테스트 ID | 세부항목 | 테스트 수행절차 | 예상결과 | 실제결과 | 수행일 | 수행자 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| T006-4 | 시거분석 | 선형추정 후 추정결과를 이용하여 도로시거 분석 | 선형 추정된 결과를 이용하여 2차원 도로 시거를 분석 | 선형 추정된 결과를 이용하여 2차원 상하행 도로 시거 분석 결과를 DB로 저장 | 2012.12.17 | 김현호 | |



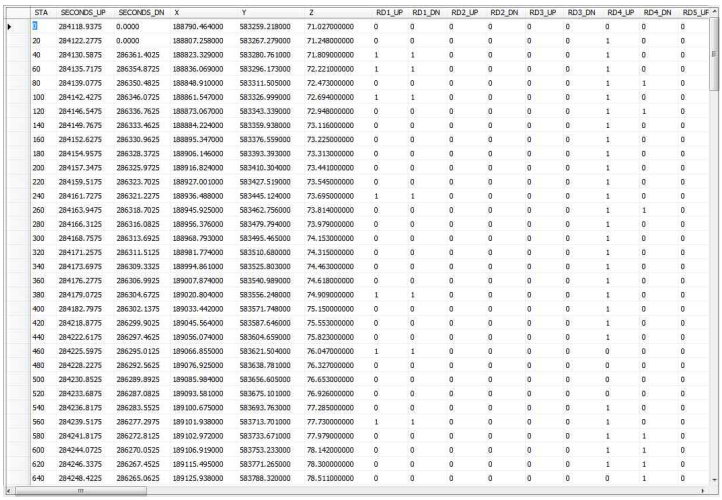



<표 3-6-95> 테스트결과서 (도로위험도 분석)

| 테스트 ID | 세부항목 | 테스트 수행절차 | 예상결과 | 실제결과 | 수행일 | 수행자 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| T007 | 도로위험도 분석 | 선형추정 및 구성 후 결과를 이용하여 도로위험도 자료 정비 및 분석 | 선형 추정 및 결과를 이용하여 도로위험도 자료 정비 및 분석 결과 저장 | 선형 추정 및 결과를 이용하여 1m 도로위험도 자료 정비 및 사용자 지정 분석 결과 저장 | 2012.12.17 | 김현호 | |



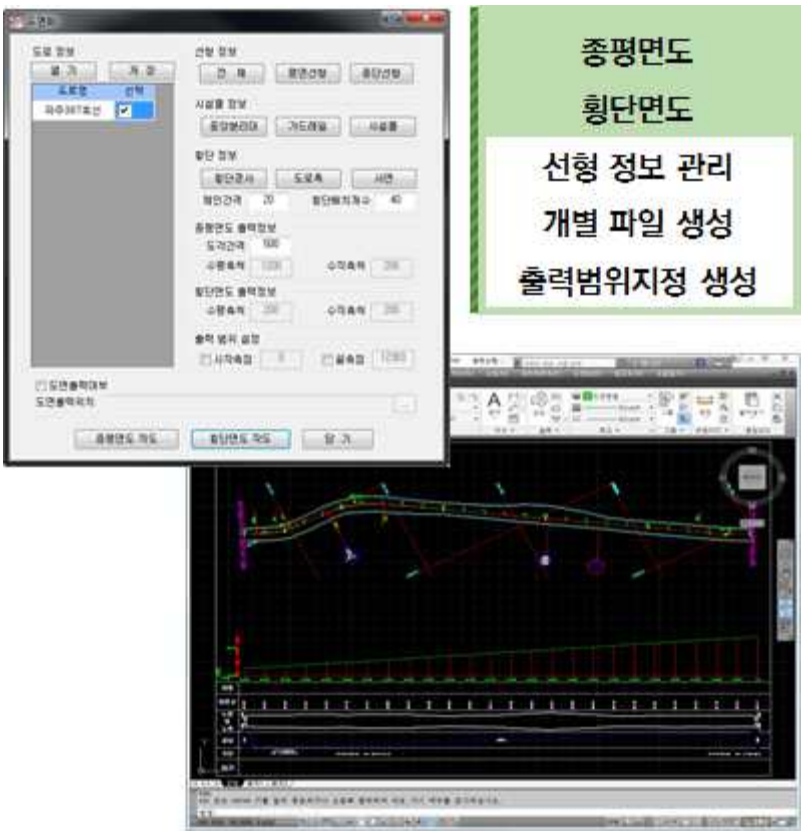
| STA | SECONDS_UP | SECONDS_DN | X | Y | Z | CENTER_DIVIDER | GUARDRAIL_UP | GUARDRAIL_DN | SPEED_UP | SPEED_DN |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 284118.9375 | 0.0000 | 188790.464000 | 583259.218000 | 71.027000000 | 1 | 0 | 0 | 20.770848 | 0.000000 |
| 1 | 284119.0675 | 0.0000 | 188791.462000 | 583259.285000 | 71.037000000 | 0 | 0 | 0 | 20.643636 | 0.000000 |
| 2 | 284119.2675 | 0.0000 | 188792.457000 | 583259.380000 | 71.050000000 | 0 | 0 | 0 | 20.615352 | 0.000000 |
| 3 | 284119.2675 | 0.0000 | 188793.448000 | 583259.517000 | 71.057000000 | 0 | 0 | 0 | 20.615352 | 0.000000 |
| 4 | 284119.4475 | 0.0000 | 188794.430000 | 583259.704000 | 71.063000000 | 0 | 0 | 0 | 20.438592 | 0.000000 |
| 5 | 284119.6275 | 0.0000 | 188795.397000 | 583259.958000 | 71.081000000 | 0 | 0 | 0 | 20.127175 | 0.000000 |
| 6 | 284119.7975 | 0.0000 | 188796.341000 | 583260.289000 | 71.087000000 | 0 | 0 | 0 | 20.002041 | 0.000000 |
| 7 | 284120.1025 | 0.0000 | 188797.261000 | 583260.680000 | 71.100000000 | 0 | 1 | 0 | 19.713959 | 0.000000 |
| 8 | 284120.1025 | 0.0000 | 188798.156000 | 583261.126000 | 71.113000000 | 0 | 1 | 0 | 19.713959 | 0.000000 |
| 9 | 284120.3275 | 0.0000 | 188799.041000 | 583261.593000 | 71.118000000 | 0 | 0 | 0 | 19.642439 | 0.000000 |
| 10 | 284120.5275 | 0.0000 | 188799.894000 | 583262.115000 | 71.135000000 | 0 | 0 | 0 | 19.248650 | 0.000000 |
| 11 | 284120.6975 | 0.0000 | 188800.739000 | 583262.649000 | 71.143000000 | 0 | 0 | 0 | 19.033884 | 0.000000 |
| 12 | 284120.8775 | 0.0000 | 188801.582000 | 583263.188000 | 71.153000000 | 0 | 0 | 0 | 19.029909 | 0.000000 |
| 13 | 284121.0675 | 0.0000 | 188802.421000 | 583263.732000 | 71.164000000 | 0 | 0 | 0 | 18.910128 | 0.000000 |
| 14 | 284121.2425 | 0.0000 | 188803.240000 | 583264.306000 | 71.175000000 | 0 | 0 | 0 | 18.598587 | 0.000000 |
| 15 | 284121.4475 | 0.0000 | 188804.060000 | 583264.877000 | 71.189000000 | 0 | 0 | 0 | 18.152256 | 0.000000 |
| 16 | 284121.6475 | 0.0000 | 188804.876000 | 583265.456000 | 71.202000000 | 0 | 0 | 0 | 17.751679 | 0.000000 |
| 17 | 284121.8575 | 0.0000 | 188805.672000 | 583266.061000 | 71.216000000 | 0 | 0 | 0 | 17.357426 | 0.000000 |
| 18 | 284122.0675 | 0.0000 | 188806.467000 | 583266.668000 | 71.231000000 | 0 | 1 | 0 | 16.813431 | 0.000000 |
| 19 | 284122.2775 | 0.0000 | 188807.258000 | 583267.279000 | 71.248000000 | 0 | 1 | 0 | 15.644583 | 0.000000 |
| 20 | 284122.5375 | 0.0000 | 188808.044000 | 583267.898000 | 71.262000000 | 0 | 1 | 0 | 14.882641 | 0.000000 |
| 21 | 284122.7475 | 0.0000 | 188808.826000 | 583268.521000 | 71.276000000 | 0 | 1 | 0 | 14.637462 | 0.000000 |
| 22 | 284123.2275 | 0.0000 | 188809.606000 | 583269.146000 | 71.290000000 | 0 | 1 | 0 | 13.568579 | 0.000000 |
| 23 | 284123.5175 | 0.0000 | 188810.374000 | 583269.787000 | 71.304000000 | 0 | 1 | 0 | 12.772568 | 0.000000 |
| 24 | 284123.5175 | 0.0000 | 188811.150000 | 583270.418000 | 71.324000000 | 0 | 1 | 0 | 12.772568 | 0.000000 |
| 25 | 284124.0775 | 0.0000 | 188811.932000 | 583271.041000 | 71.337000000 | 0 | 1 | 0 | 11.654709 | 0.000000 |
| 26 | 284124.4175 | 0.0000 | 188812.710000 | 583271.670000 | 71.350000000 | 0 | 0 | 0 | 10.837253 | 0.000000 |
| 27 | 284124.7675 | 0.0000 | 188813.489000 | 583272.296000 | 71.363000000 | 0 | 0 | 0 | 9.789747 | 0.000000 |
| 28 | 284125.1025 | 286361.6525 | 188814.275000 | 583272.914000 | 71.436000000 | 0 | 0 | 1 | 8.970296 | 17.783489 |
| 29 | 284125.5575 | 286361.6525 | 188815.061000 | 583273.533000 | 71.476000000 | 0 | 1 | 1 | 8.378085 | 17.783489 |
| 30 | 284125.9775 | 286361.6525 | 188815.847000 | 583274.151000 | 71.493000000 | 0 | 0 | 1 | 8.088369 | 17.783489 |
| 31 | 284126.4275 | 286361.6525 | 188816.640000 | 583274.760000 | 71.532000000 | 0 | 0 | 1 | 7.363261 | 17.783489 |
| 32 | 284126.9175 | 286361.6525 | 188817.422000 | 583275.384000 | 71.569000000 | 0 | 0 | 1 | 6.917344 | 17.783489 |



| STA | SECONDS_UP | SECONDS_DN | X | Y | Z | RD1_UP | RD1_DN | RD2_UP | RD2_DN | RD3_UP | RD3_DN | RD4_UP | RD4_DN | RD5_UP |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 284118.9375 | 0.0000 | 188790.464000 | 583259.218000 | 71.027000000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 20 | 284122.2775 | 0.0000 | 188807.258000 | 583267.279000 | 71.248000000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 40 | 284130.5875 | 286361.4025 | 188823.329000 | 583280.761000 | 71.809000000 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 60 | 284135.7175 | 286354.8725 | 188836.069000 | 583296.173000 | 72.221000000 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 80 | 284139.0775 | 286350.4825 | 188848.910000 | 583311.505000 | 72.473000000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 100 | 284142.4275 | 286346.0725 | 188861.547000 | 583326.999000 | 72.694000000 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 120 | 284146.5475 | 286336.7625 | 188873.067000 | 583343.339000 | 72.948000000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 140 | 284149.7675 | 286333.4625 | 188884.224000 | 583359.938000 | 73.116000000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 160 | 284152.6275 | 286330.9625 | 188895.347000 | 583376.559000 | 73.225000000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 180 | 284154.9575 | 286328.3725 | 188906.146000 | 583393.393000 | 73.313000000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 200 | 284157.3475 | 286325.9725 | 188916.824000 | 583410.304000 | 73.441000000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 220 | 284159.5175 | 286323.7025 | 188927.001000 | 583427.519000 | 73.545000000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 240 | 284161.7275 | 286321.2275 | 188936.488000 | 583445.124000 | 73.695000000 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 260 | 284163.9475 | 286318.7025 | 188945.925000 | 583462.756000 | 73.814000000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 280 | 284166.3125 | 286316.0825 | 188956.376000 | 583479.794000 | 73.979000000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 300 | 284168.7575 | 286313.6925 | 188968.793000 | 583495.465000 | 74.153000000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 320 | 284171.2575 | 286311.5125 | 188981.774000 | 583510.680000 | 74.315000000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 340 | 284173.6975 | 286309.3325 | 188994.861000 | 583525.803000 | 74.463000000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 360 | 284176.2775 | 286306.9925 | 189007.874000 | 583540.989000 | 74.618000000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 380 | 284179.0725 | 286304.6725 | 189020.804000 | 583556.248000 | 74.909000000 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 400 | 284182.7975 | 286302.1375 | 189033.442000 | 583571.748000 | 75.150000000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 420 | 284218.8775 | 286299.9025 | 189045.564000 | 583587.646000 | 75.553000000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 440 | 284222.6175 | 286297.4625 | 189056.074000 | 583604.659000 | 75.823000000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 460 | 284225.5975 | 286295.0125 | 189066.855000 | 583621.504000 | 76.047000000 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 480 | 284228.2275 | 286292.5625 | 189076.925000 | 583638.781000 | 76.327000000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 500 | 284230.8525 | 286289.8925 | 189085.984000 | 583656.605000 | 76.653000000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 520 | 284233.6875 | 286287.0825 | 189093.581000 | 583675.101000 | 76.926000000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 540 | 284236.8175 | 286283.5525 | 189100.675000 | 583693.763000 | 77.285000000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 560 | 284239.5175 | 286277.2975 | 189101.938000 | 583713.701000 | 77.730000000 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 580 | 284241.8175 | 286272.8125 | 189102.972000 | 583733.671000 | 77.979000000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 600 | 284244.0725 | 286270.0525 | 189106.919000 | 583753.233000 | 78.142000000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 620 | 284246.3375 | 286267.4525 | 189115.495000 | 583771.265000 | 78.300000000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 640 | 284248.4225 | 286265.0625 | 189125.938000 | 583788.320000 | 78.511000000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |

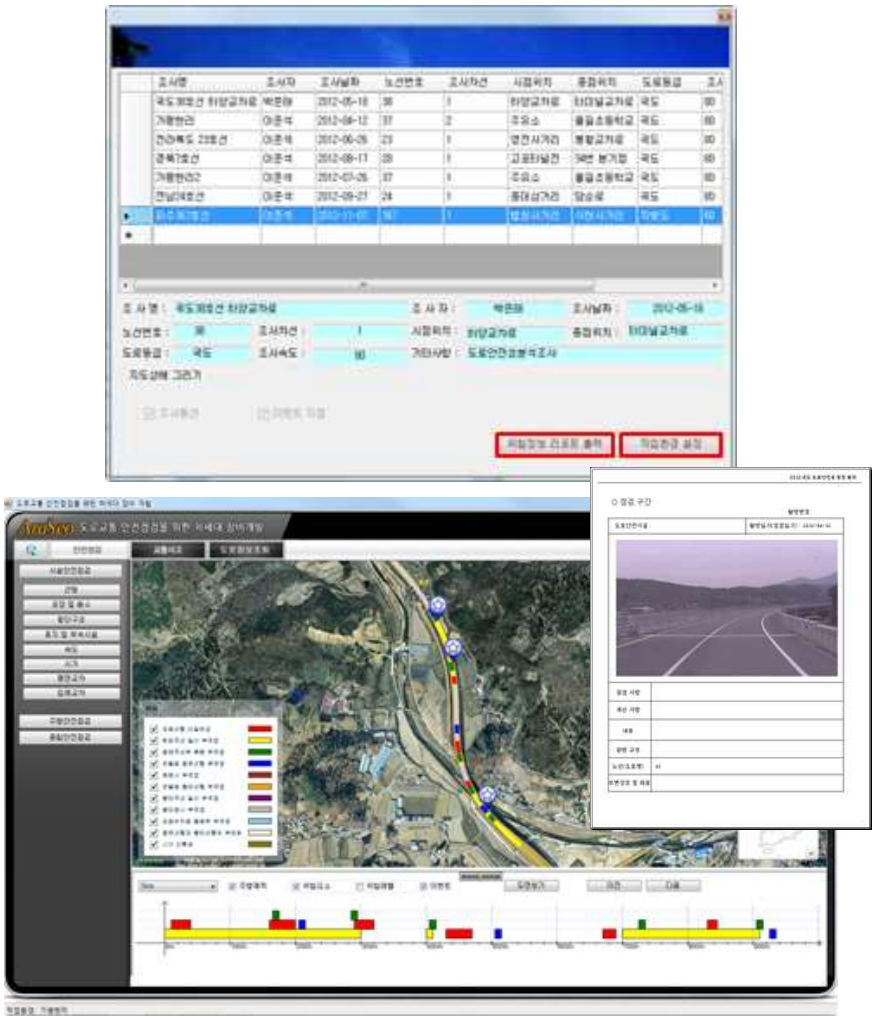
<표 3-6-96> 테스트결과서 (도면화)

| 테스트 ID | 세부항목 | 테스트 수행절차 | 예상결과 | 실제결과 | 수행일 | 수행자 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| T008 | 도면화 | 선형추정 후 추정결과를 이용하여 도면화 | 선형 추정된 결과를 이용하여 종평면도와 횡단면도 작도 | 선형 추정된 결과를 이용하여 종평면도와 횡단면도를 파일로 저장 | 2012.12.17 | 김현호 | |



<표 3-6-97> 테스트결과서 (안전점검)

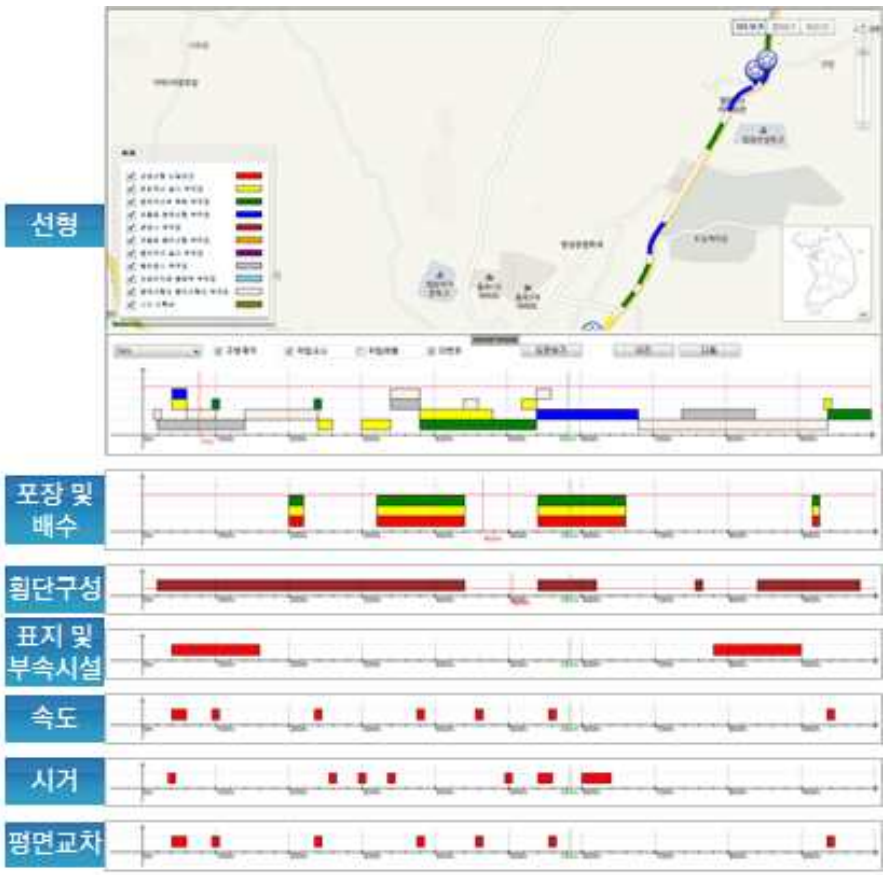
| 테스트 ID | 세부항목 | 테스트 수행절차 | 예상결과 | 실제결과 | 수행일 | 수행자 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| T009 | 안전점검 메인 | 작업환경설정 후 안전점검 및 위험정보 리포트 출력 | 분석결과를 이용하여 도로위험정보를 재정비하여 안전점검 화면 구성 | 분석결과를재정비하여 안전점검 화면 구성 및 리포트 출력 | 2012.12.18 | 김현호 | |



나. 테스트 결과서 : 도로 안전성 분석과 보고서 생성 프로그램

<표 3-6-98> 테스트결과서 (시설안전점검)

| 테스트 ID | 세부항목 | 테스트 수행절차 | 예상결과 | 실제결과 | 수행일 | 수행자 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| T010 | 시설안전점검 | 시설안전점검의 선형, 포장 및 배수, 횡단구성, 표지 및 부속시설, 속도, 시거, 평면교차, 입체교차를 클릭 | 선택한 시설안전점검에 해당하는 항목을 지도와 차트로 표시 | 선택한 시설안전점검에 해당하는 분석 결과 표시 | 2012.12.18 | 김현호 | |



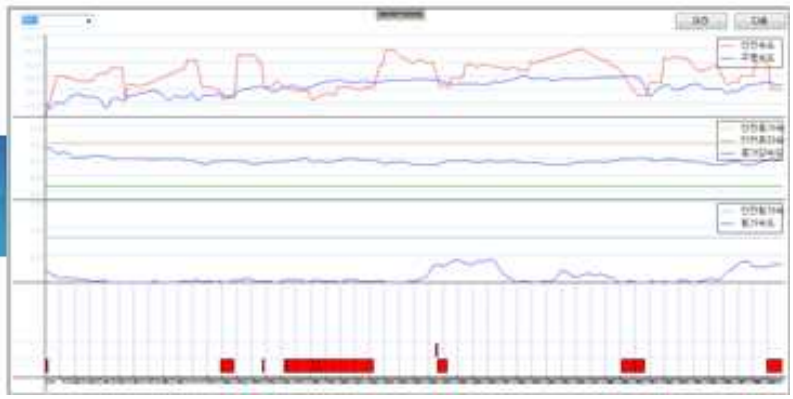
<표 3-6-99> 테스트결과서 (주행안전점검)

| 테스트 ID | 세부항목 | 테스트 수행절차 | 예상결과 | 실제결과 | 수행일 | 수행자 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| T011 | 주행안전 점검 | 주행안전점검을 클릭 | 주행안전 점검에 해당하는 종가속도와 횡가속도의 분석결과 표시 | 주행안전 점검에 해당하는 종가속도와 횡가속도의 분석결과를 차트로 표시 | 2012.12.18 | 김현호 | |

지도

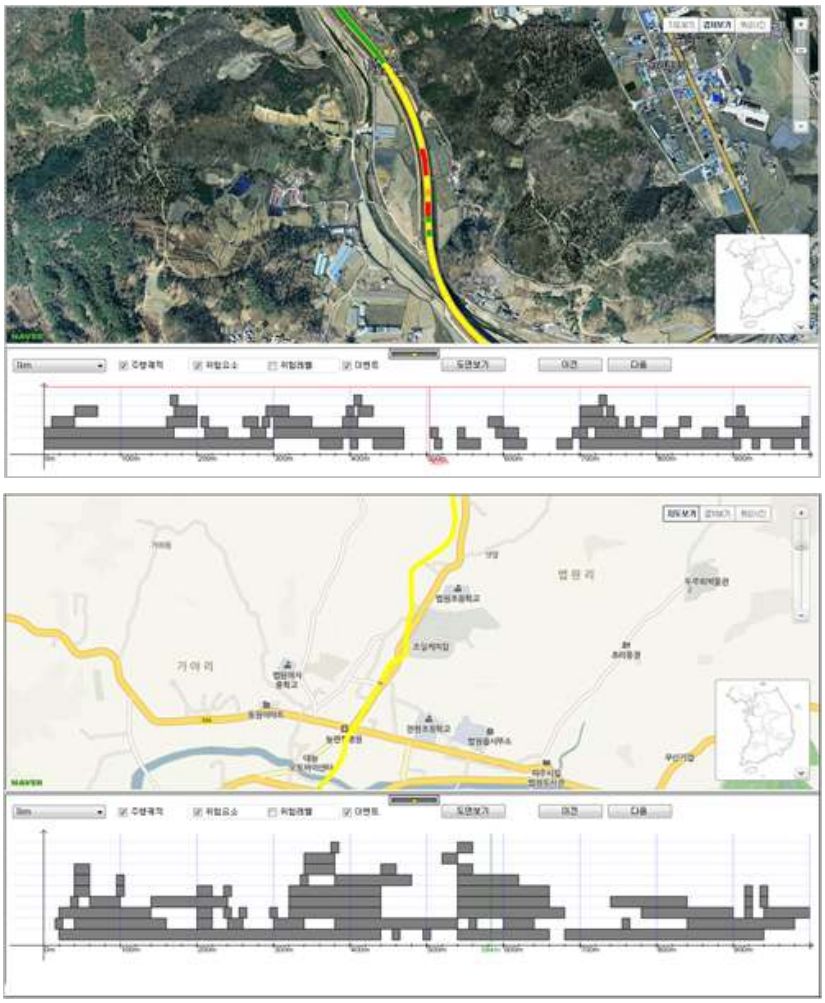


주행 안전 점검



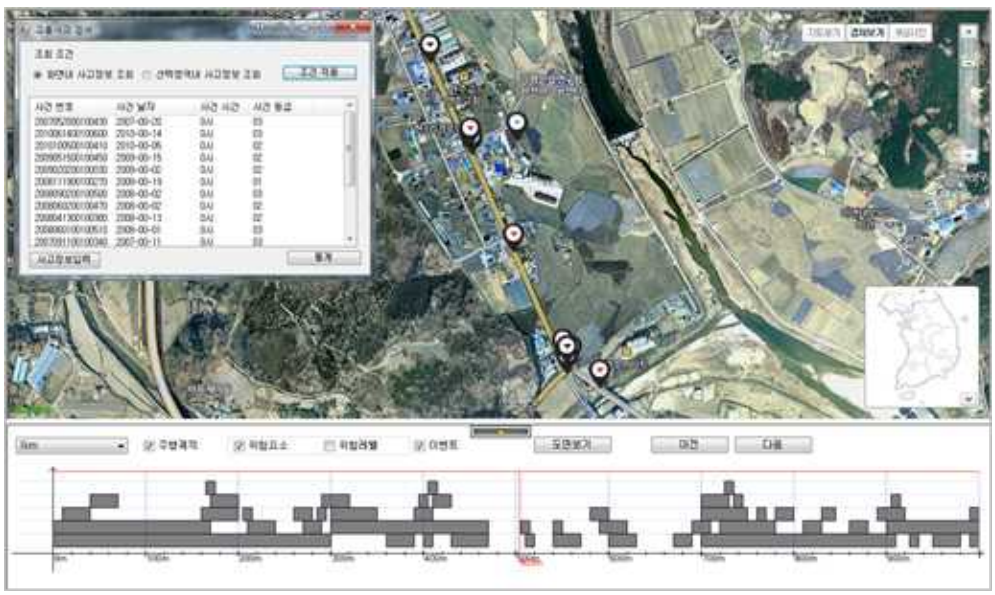
<표 3-6-100> 테스트결과서 (종합안전점검)

| 테스트 ID | 세부항목 | 테스트 수행절차 | 예상결과 | 실제결과 | 수행일 | 수행자 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| T012 | 종합안전 점검 | 종합안전점검을 클릭 | 시설안전 점검과 주행안전 점검의 분석결과 표시 | 시설안전 점검과 주행안전 점검의 분석결과를 지도와 차트로 표시 | 2012.12.18 | 김현호 | |



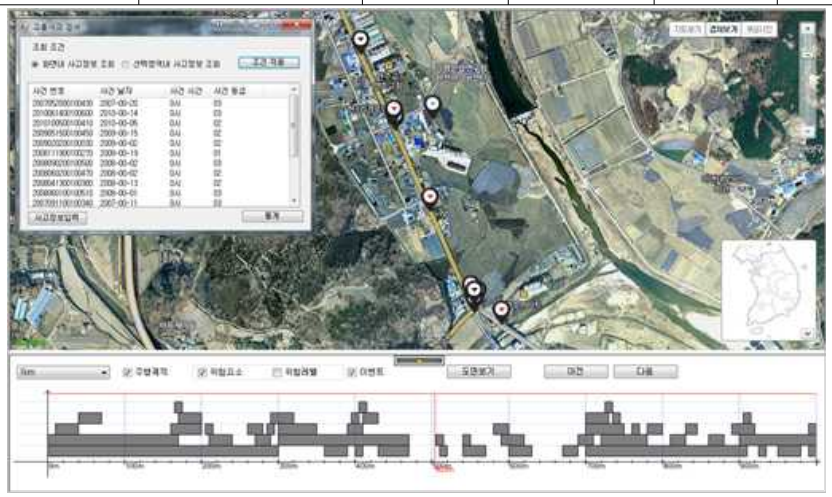
<표 3-6-101> 테스트결과서 (교통사고)

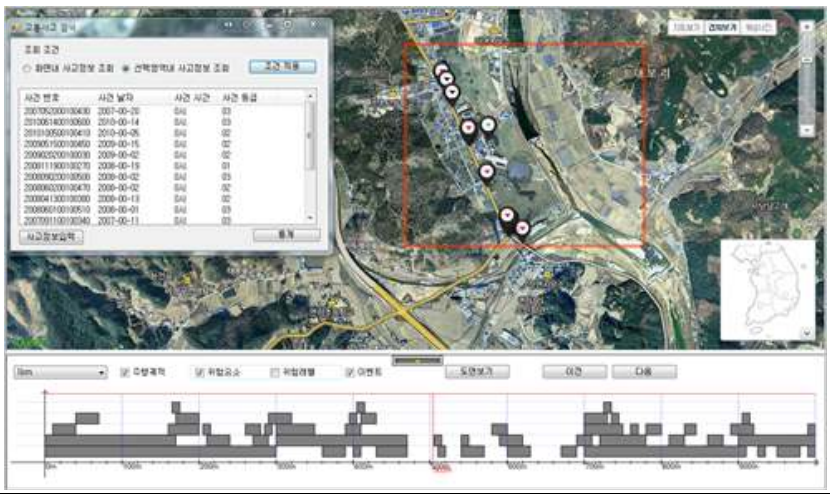
| 테스트 ID | 세부항목 | 테스트 수행절차 | 예상결과 | 실제결과 | 수행일 | 수행자 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| T013 | 교통사고 메인 | 교통사고 메뉴 클릭 | 교통사고 위치 조회 창에서 화면내 사고정보 조회로 조건 적용 시 지도에 아이콘 표시 | 지도에 교통사고 아이콘 표시 | 2012.12.18 | 김현호 | |



<표 3-6-102> 테스트결과서 (교통사고 위치)

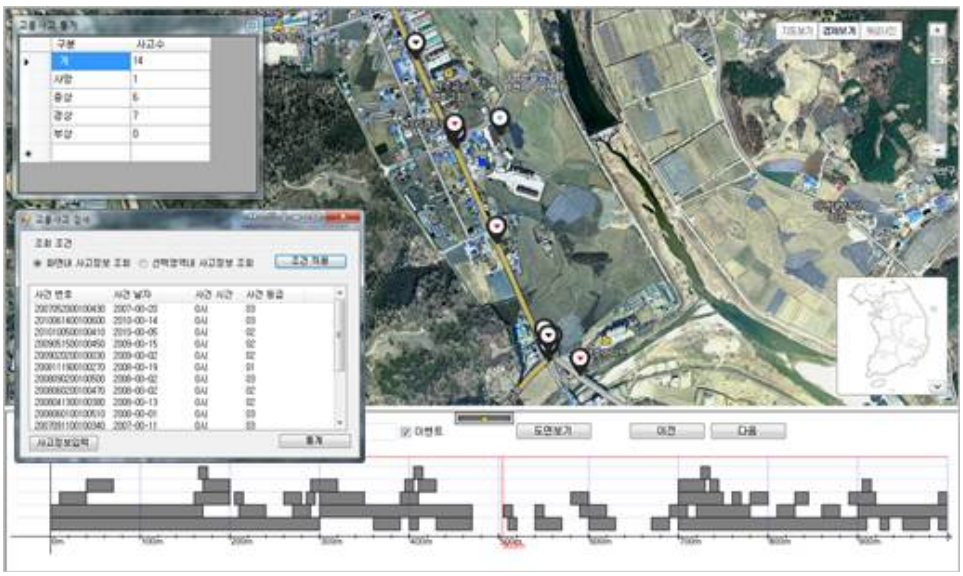
| 테스트 ID | 세부항목 | 테스트 수행절차 | 예상결과 | 실제결과 | 수행일 | 수행자 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| T014 | 교통사고 위치 | 화면내 또는 선택영역내 사고정보 조회 선택 후 조건 적용 | 화면내 또는 선택영역 내 사고정보 조회로 조건 적용 시 지도에 아이콘 표시 | 지도에 교통사고 아이콘 표시 | 2012.12.18 | 김현호 | |





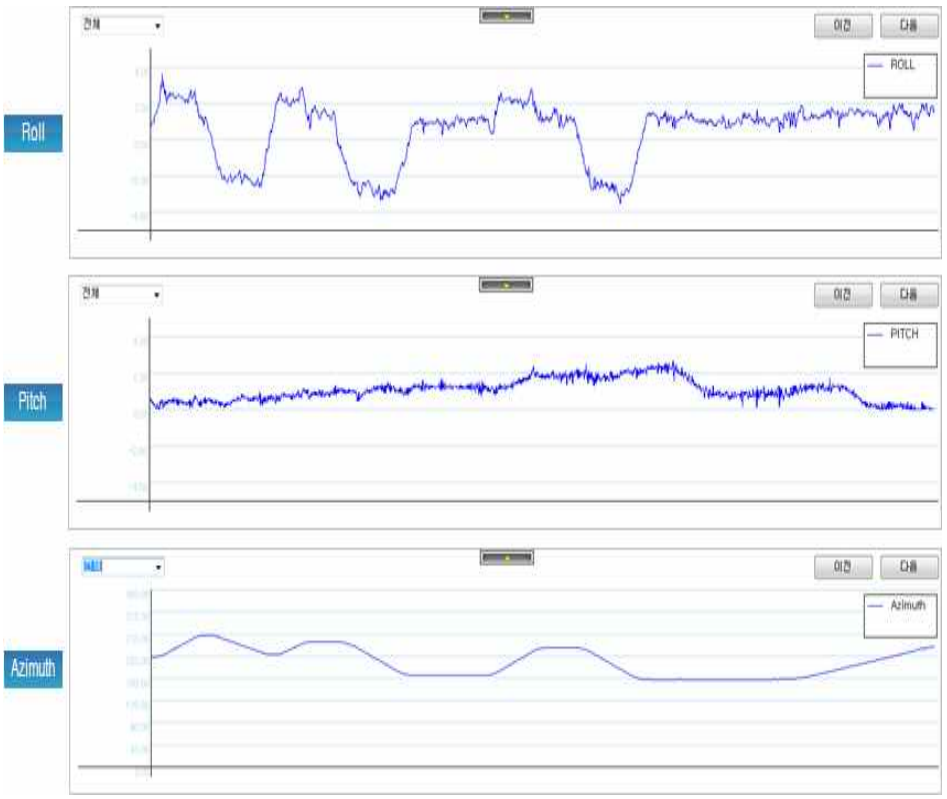
<표 3-6-103> 테스트결과서 (교통사고 통계)

| 테스트 ID | 세부항목 | 테스트 수행절차 | 예상결과 | 실제결과 | 수행일 | 수행자 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| T015 | 교통사고 통계 | 교통사고 통계 메뉴를 클릭하거나 교통사고 검색 창에서 통계 버튼 클릭 | 화면내 또는 선택영역 내 사고정보 조회로 조건 적용 시 통계 표시 | 조건 적용 시 교통사고 통계 팝업창 표시 | 2012.12.18 | 김현호 | |



<표 3-6-104> 테스트결과서 (도로정보조회)

| 테스트 ID | 세부항목 | 테스트 수행절차 | 예상결과 | 실제결과 | 수행일 | 수행자 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| T016 | 도로정보 조회 메인 | 도로정보 조회 메뉴 클릭 | ROLL, PITCH, AZIMUTH(Heading) 표시 | 각 도로 정보를 차트로 표시 | 2012.12.18 | 김현호 | |



# 제4장 목표 달성도 및 관련분야에서의 기여도

## 제1절 연도별 연구목표 및 평가의 착안점에 입각한 연구개발 목표의 달성도

### 1. 연도별 연구목표

○ 본 과업의 최종 연구목표는 교통안전점검 및 진단을 수행함에 있어 신속하고 객관적으로 점검을 수행할 수 있는 도로교통안전점검 시스템을 개발하는 것이며, 세부 목표는 다음과 같음

○ 도로교통안전점검 기반 정보 수집 장비 구성

- 도로 기하구조 정보 수집 장비 구성 및 분석 알고리즘 개발
- 도로 시설물 정보 수집 장비 구성 및 분석 알고리즘 개발
- 노면 정보 수집 장비 구성 및 안전성 분석 알고리즘 개발
- 통합 시스템 개발

○ 도로교통안전점검을 위한 분석 방법 개발

- 도로 기하구조 및 시설물 기반 안전성 분석 방법 개발
- 주행 특성을 고려한 안전성 분석 방법론 개발
- 안전성 평가 방법론 개발

○ 도로교통 안전성 분석을 위한 분석 tool 개발

- 도로 기하구조 및 시설물 정보를 이용한 도면화 S/W 개발
- 도로 및 주행특성을 고려한 종합 안전성 분석 S/W 개발

○ 현장 시험 운영 및 검증

- 개발 시스템 정확도 검증을 위한 시스템 시범운영 및 시스템 안정화
- 실용화를 위한 장비 매뉴얼 개발
- 정책 반영(안) 마련

## 2. 평가의 착안점

○ 본 과업은 도로교통 안전점검 기반정보를 수집하기 위한 장비를 구성하기 위해 수지 장비 설계 및 구성과 도로 기하구조 분석 알고리즘을 개발하는 내용과 관련된 평가의 착안점을 <표 4-1>에 제시함

<표 4-1> 연구목표 및 연구내용(도로교통 안전점검 기반정보 수집 장비 구성)

| 주요 연구내용 | 평가의 착안점 |
|---|---|
| ▪ 도로교통 안전점검 기반정보 수집 장비 구성<br>- 도로시설물 정보 취득 장비 구성<br>- 상용화를 위한 플랫폼형태의 장비개발 | 도로 교통 안전점검에 요구되는 자료의 수집을 위한 구성이 적절하며, 플랫폼 장비의 요구조건은 적절한가? |
| ▪ 도로정보 수집을 위한 통합센서 모듈 개발<br>- 개별 시스템 통합을 위한 동기화 개선<br>- 각종 장비 제어 및 데이터 취득 통합 S/W 개발 | 개별 시스템 통합을 위한 동기화 방법 및 장비 제어 및 데이터 취득 통합 S/W 개발은 적절한가? |
| ▪ 노면특성을 고려한 장비 개발<br>- 노면 마찰력 측정 및 분석 시스템 설계<br>- 노면 물고임 측정 알고리즘 보완<br>- 노면 안전성 시스템 현장적용 보완 | 연구를 통해 개발된 측정방법(물고임, 노면 거칠기) 및 장비에 대하여 안전성 평가 기준에 적절하게 반영되어 있는가? |
| ▪ 도로 기하구조 및 시설물 정보수집 장비 보완 및 장비 안정화 | 연차별 연구진행을 통해 자료수집센서의 캘리브레이션이 되어 있는가? |
| ▪ 장비 사용자 매뉴얼 제작 | 'ARASEO'장비를 사용자가 운영하는데 효과적으로 설명이 제시되었는가? |
| ▪ 도로안전시설 정보 취득 및 분석알고리즘 개발 | 각각의 분석 알고리즘은 목적에 맞게 구현되었는가? |
| ▪ 도로 기하구조 알고리즘 보완 | 보완된 알고리즘은 도로 기하구조(평면,종단, 횡단선형)를 구분하는데 적절한가? |

<표 4-2> 연구목표 및 연구내용(도로교통 위험도 판단기법 개발)

| 주요 연구내용 | 평가의 착안점 |
|---|---|
| ▪ 주행안전성 평가방법론 정립<br>- 위험주행, 안전주행 기준값 도출 | 주행안전성 판단기준은 적절한가? |
| ▪ 도로주행 안전성 측정 장비의 통합구성<br>- 차간거리계와 지능형주행기록계의 동기화<br>- 장비에 추출된 DATA(지능형주행기록계, 차간거리계, 도면정보)의 자동매칭화 | 도로주행 안전성 측정 장비의 구성 및 장비를 통해 추출된 자료의 매칭성은 적절한가? |
| ▪ 안전주행 profile DB작성<br>- 기하구조와 환경조건을 고려한 안전주행 profile을 DB로 작성함<br>- 운전자 시각측면의 안전주행 profile작성 | 도로교통사고 D/B를 적용한 Hazard Profiling 방법론 적용 및 개발시스템과 측량결과 비교를 통한 정확성 판단의 일치하는가? |
| ▪ 도로주행 안전성 평가 방법론 개발 | 다양한 도로환경 및 교통 환경에 따른 운전자의 주행안전성 판단기준을 개발했는가? |
| ▪ Positive Guidance 기법을 활용한 도로 위험요소 표시방법 마련 | 도로 위험요소의 표시방법은 적절한가? |
| ▪ 도로교통사고 D/B 자료 제공방안 마련<br>- D/B 사고자료를 위험도 프로파일에 적용하는 방안 검토 | 사고자료를 위험도 프로파일에 적용하는 방안을 제시하였는가? |

<표 4-3> 연구목표 및 연구내용(도로교통 환경을 고려한 안전성 분석 기법 개발)

| 주요 연구내용 | 평가의 착안점 |
|---|---|
| ▪ 도로교통 환경을 고려한 도면화 S/W 개발 | 수집된 기하구조 데이터와 선형분석 알고리즘을 통해 분석된 정보를 반영하는가? |
| ▪ 도로교통 환경을 고려한 통합 안전성 분석 S/W 개발 | 도로의 종합안전성 평가 기법을 반영한 S/W의 개발인가? |
| ▪ 현장점검을 통한 안전성 분석 S/W 보완 | S/W에서 도출된 결과를 현장점검 결과에 비교/적용하여 보완하고 있는가? |

<표 4-4> 연구목표 및 연구내용(현장 시험운영 및 검증)

| 주요 연구내용 | 평가의 착안점 |
|---|---|
| ▪ 개발 시스템의 도로 시범운영 | 시범 운영을 통해 현장 적용성을 높였는가? |
| ▪ 도로 기하구조 등에 대하여 개발 시스템 및 측량결과와의 비교 검증 | 연구개발결과물과 측량결과물과의 비교한 결과가 오차범위에 들어오는가? |
| ▪ 장비 운용매뉴얼 개발 | 매뉴얼은 개발된 장비를 운영할 수 있도록 작성되어 있는가? |

## 3. 연구 개발 목표의 달성도

○ 본 과업의 연구 개발 목표에 대한 달성도를 <표 4-5>에 제시함

<표 4-5> 연구개발 목표 달성도(도로교통 안전점검 기반정보 수집 장비 구성)

| 목표 | 달성도(%) | 내용 |
|---|---|---|
| ▪ 도로교통 안전점검 기반정보 수집 장비 구성<br>- 도로시설물 정보 취득 장비 구성<br>- 상용화를 위한 플랫폼형태의 장비개발 | 100% | 기하구조 데이터 누락율 1%이내 달성 |
| ▪ 도로정보 수집을 위한 통합센서 모듈 개발<br>- 개별 시스템 통합을 위한 동기화 개선<br>- 각종 장비 제어 및 데이터 취득 통합 S/W 개발 | 100% | 차로폭 정확도 : 95% 이상<br>도로폭 정확도 : 99% 이상(주행차로)<br>90% 이상(옆차로)<br>센서 동기화 95% 이상<br>분해능 1mm/pulse이하 |
| ▪ 노면특성을 고려한 장비 개발<br>- 노면 마찰력 측정 및 분석 시스템 설계<br>- 노면 물고임 측정 알고리즘 보완<br>- 노면 안전성 시스템 현장 적용 보완 | 100% | 물고임 측정장비 : 국제 ASTM E1656-06 기준(횡단프로파일)에 의한 측정[5]<br><br>노면 텍스쳐 측정장비 : 국제 ASTM E1656-06 기준(종단프로파일)에 의한 측정[6] |
| ▪ 도로 기하구조 및 시설물 정보수집 장비 보완 및 장비 안정화 | 100% | 갈매기표지 인식률 맑은 날 90% 이상, 흐린날 80%이상 달성 |
| ▪ 장비 사용자 매뉴얼 제작 | 100% | 자체평가 점수 80점 이상 달성 |
| ▪ 도로안전시설 정보 취득 및 분석알고리즘 개발 | 100% | 선형분석 성과목표 오차범위 달성 |
| ▪ 도로 기하구조 알고리즘 보완 | 100% | |

5) 미국시험재료학회(American Society for Testing Materials)에서 규격으로 정해져 발행되고 있는 기준으로서, 소성변형 및 횡단프로파일을 측정하여 물고임의 정도와 위치를 확인함. 이때의 횡단프로파일은 수직변위 측정정밀도(Class 4, ±1mm), 종단샘플링 간격(Class 2, 1m이하 간격조사), 횡단 샘플링 간격(Class 1, 2mm), 측정폭(Class 1, 3.7m 초과) 등으로 구분됨

6) 미국시험재료학회(American Society for Testing Materials)에서 규격으로 정해져 발행되고 있는 기준으로서, 종단프로파일을 측정함. 이때의 종단프로파일은 수직변위 측정정밀도(Class 4, ±0.5mm), 종단샘플링 간격(Class 1, 1mm이하 간격조사), 프로파일 샘플링 개수(Class 3, 1profile) 등으로 구분됨.

<표 4-6> 연구개발 목표 달성도(도로교통 위험도 판단기법 개발)

| 목표 | 달성도(%) | 내용 |
|---|---|---|
| ▪ 주행안전성 평가방법론 정립<br>- 위험주행, 안전주행 기준값 도출 | 100% | 통합 안전성 분석 모형 개발 |
| ▪ 도로주행 안전성 측정 장비의 통합구성<br>- 차간거리계와 지능형주행기록계의 동기화<br>- 장비에 추출된 DATA(지능형주행기록계, 차간거리계, 도면정보)의 자동매칭화 | 100% | |
| ▪ 안전주행 profile DB작성<br>- 기하구조와 환경조건을 고려한 안전주행 profile을 DB로 작성함<br>- 운전자 시각측면의 안전주행 profile작성 | 100% | |
| ▪ 도로주행 안전성 평가 방법론 개발 | 100% | |
| ▪ Positive Guidance 기법을 활용한 도로 위험요소 표시방법 마련 | 100% | 위험요소표시 방법 D/B를 적용한 Hazard Profiling 방법론 제시 |
| ▪ 도로교통사고 D/B 자료 제공 방안 마련<br>- D/B 사고자료를 위험도 프로파일에 적용하는 방안 검토 | 100% | |

<표 4-7> 연구개발 목표 달성도(도로교통 환경을 고려한 안전성 분석 기법 개발)

| 목표 | 달성도(%) | 내용 |
|---|---|---|
| ▪ 도로교통 환경을 고려한 도면화 S/W 개발 | 100% | 도로교통 환경 정보에 대한 도면화의 자동화율 수집된 기하구조 데이터와 선형분석 알고리즘을 통해 분석된 정보에 대한 도면 적용률 95% 이상<br><br>S/W 단위별 단위시험 계획에 따른 통합 및 시스템 테스트(오류율) 10% 이내<br><br>효율적인 관리 및 적용성 90% 이상 |
| ▪ 도로교통 환경을 고려한 통합 안전성 분석 S/W 개발 | 100% | |
| ▪ 현장점검을 통한 안전성 분석 S/W 보완 | 100% | |

<표 4-8> 연구개발 목표 달성도(현장 시험운영 및 검증)

| 목표 | 달성도(%) | 내용 |
|---|---|---|
| ▪ 개발 시스템의 도로 시범운영 | 100% | 시험운영 보고서<br>개발 시스템 및 측량결과에 대한 비교 결과<br>정책 건의 1건 |
| ▪ 도로 기하구조 등에 대하여 개발 시스템 및 측량결과와의 비교 검증 | 100% | |
| ▪ 장비 운용매뉴얼 개발 | 100% | |

## 제2절 관련분야의 기술발전에의 기여도

### 1. 기술적 측면

○ 본 연구에서 개발된 첨단 안전차량을 도로분야에 적용하여 도면화 및 안전성 분석을 수행하면, MMS 시스템(이동측량 차량시스템) 시장의 새로운 분야를 개척함과 동시에 도로안전관리에 소요되는 비용, 시간 등의 절감을 통해 도로안전점검에 대한 효율성을 높일 수 있으며, 도로안전기법의 선진화 실현의 기여도를 높일 것으로 기대함

○ 또한, 「도로 및 교통환경을 고려한 안전성 평가 기술」은 인력을 통해 검출되지 않는 교통안전 위해 요소의 도출이 가능하고, 잠재적으로 사고위험도가 높은 구간에 대한 사전대응이 가능하도록 도로관리자에게 정보제공을 제공하므로, 운전자-도로 및 교통환경 측면의 종합적인 도로안전진단 및 점검이 활용이 가능할 것으로 판단됨

○ 현재까지 교통안전 분야에서의 운전자의 주행안전성을 평가하여 도로 및 환경에 대한 안전점검과 접목하여 안전성을 평가하는 연구사례는 없음

○ 교통사고 발생원인 중 가장 큰 비중을 차지하고 있는 운전자요인에 대하여 연구하는 것은 교통안전분야에 기여하는 바가 크다고 판단됨

○ 운전자들의 운전특성은 개개인마다 다를 수 있지만 환경(주야, 기상 등)이나 도로에 따라서 나타나는 주행속도, 횡방향 가속도, 종방향 감/가속도 등은 비슷한 패턴이나 어떤 하나로 수렴되는 행태를 찾으면 도로의 안전성 평가 방법론에 상당히 의미가 있을 것으로 판단됨

○ 도로 및 환경에 따른 운전자의 주행특성을 파악하고 주행안전성을 평가한다는 것은 도로의 개선이나 시설물 설치의 가이드라인이 될 수 있으며, 안전운전 교육 및 홍보활동 등에도 기여할 수 있을 것으로 판단됨

○ 도로위험도 판단기법개발은 이미 국외 유럽 및 호주 등에서 도로 안전도 향상을 위해 활발하게 연구가 진행된 분야로 국내에서는 연구가 필요한 부분이며, 본 연구에서는 한국형 도로위험도 판단을 위한 기초분야인 위험요소에 대한 정의 및 분석 알고리즘 및 도로환경을 고려한 안전성 분석 기법 개발을 위한 도면화 S/W와 안전성 분석 S/W를 개발함

○ 기술적 측면에서 첨단차량 개발이 완료된 후 본 연구의 결과인 도로위험도 판단 알고리즘과 결합시 도로위험구간 도출의 자동화 기술개발의 선험적 연구가 될 것이며, 과제 종료 후, 도면화 시스템, 도로 및 교통환경을 고려한 안전성 분석 등의 경우 선진국 대비 100% 이상의 기술력을 확보할 것으로 기대함

○ 또한, 도면화 S/W와 안전성 분석 S/W가 개발이 완료되면, 도로환경에 관련된 모든 업무에 적용할 수 있는 계기와 개발 시제품에 대한 상용화와 신기술/신제품 인증 등을 추진될 것임

## 2. 사회·경제적 측면

○ 도로안전점검과 같은 공공 인프라 부분의 연구개발 사업의 수행 효과는 대부분 국가 예산 절감이나 사회적 비용 저감이라는 형태로 나타기 때문에, 본 연구의 결과는 도로 이용자에게는 도로 안전성 향상을 통해 교통사고 위험성 감소 및 주행 쾌적성 확보를, 도로관리청에게는 도로 안전관리의 효율화와 안전 서비스 제고라는 성과를 각각 제공할 것으로 예상됨

○ 예상되는 비용 절감 항목 및 효과는 도로안전진단 또는 점검비용 절감, 사고 감소로 인한 사회적 비용 절감, 향후 기술/제품 수요에 따른 수입 대체 효과, 새로운 시장 활성화 등에 대한 기대가 가능함

- 노선 측량의 경우 2009년 적산집을 참고하면 노선 측량[7]을 위한 중심선 측량과 횡단측량을 위한 비용으로 예비답사 62,174원/km, 본답사 227,940원/km, 중심선 측량 608,902원/Km, 종단 측량 488,467원/km, 도면 작성 422,128원/km으로 총 1,809,611원/km의 비용이 발생함

- 그러나, 본 연구에서 개발한 차량 장비를 이용한 도로 조사에는 조사비용 120,000원/km, 분석 내업 비용 120,000원/km, 장비 손료 60,000원/km로 약 300,000원/km의 비용이 예상됨

- 또한, 도로교통안전진단의 경우, 책임진단사가 약 26인/km 정도(일반국도) 소요되는 것으로 나타나지만, 본 연구에서 개발한 차량 장비를 이용시에는 차량 운전원 1명, 차량 운영원 1명, 분석자 최소 1명이 필요할 것으로 예상됨

7) 노선측량이란 도로 주변 시설물에 대한 측량은 수행하지 않고, 도로 선형자체만 측량하는 방식으로 본 과제를 통해 도출될 시스템의 경우 노선측량과 유사한 형태가 될 것으로 판단됨

- 도로의 안전진단 중에서 특별도로안전진단의 경우 3년간 교통사고 3건 이상 발생하는 지점에 대해 수행하며, 연간 약 30개 지점에 대해 특별도로안전진단을 수행하므로, 지점당 1명씩[8] 총 30명을 줄이는 것으로 가정하면최소 126억의 편익[9]이 발생함

- 교통사고 사망자를 지점당 1명씩 총 30명만 줄인다고 하여도 최소 126억의 편익이 발생하며, 행정비용 등을 고려하게 될 경우 편익은 더욱 증가할 것으로 판단됨

- 도로관련 이동측량 시스템의 경우 많은 부분 수입에 의존할뿐더러 안전점검 목적에 부합한 제품이 없었으나, 본 연구 개발이 완료될 경우 국산 자체의 기술을 확보하여 수입품 대비 경쟁력 확보 및 수입 대체 효과 기대

- 단순히 국산 제품이 아니라 국내 현장 조건(도로, 운전자, 자동차, 환경 및 교통 특성)에 맞는 맞춤형 시스템 개발

- 본 연구개발의 성과품의 관리와 활용은 전문기술을 요하기 때문에, 이를 전담할 수 있는 인력양성과 교육과정이 개발되어야 하며 이는 인력시장의 활성화에 적지 않은 영향을 기여할 것으로 예상됨

- 도로건설산업이 침체되는 국내시장에 도로교통안전점검 및 진단 업무라는 새로운 업무 영역이 활성화되어, 새로운 인력시장이 형성될 수 있으며,

○ 국내 수요는 최소 약 30대 이상으로 예측하며, 장비 1대당 가격을 약 6억정도 예상시(현재 외산 MMS 장비의 가격이 약 6억 수준) 국내 수요에서 약 180억원 이상의 시장이 기대됨

- 일본의 경우 2009년 하반기부터 2010년 하반기까지 1년간 판매된 조사차량(모델링 분야)의 경우 약 30여대에 달함

- 만약 민간 사업자가 사용할 수 있도록 본 연구에서 기능별 모듈화를 할 경우 이에 대한 수요는 더 클 것으로 판단됨

- 안전점검뿐 아니라 해당 기능을 이용하여 도로 유지관리 목적으로 활용될

8) 도로안전진단실시에 따른 교통사고 감소효과를 보면, 영국에서는 진단을 시행한 도로에서 교통사고가 1/3 정도 감소한 것으로 나타났으며, 국내에서는 교통사고 감소효과를 추정하기 어려우나 2003년부터 자체적으로 진단을 실시한 고속도로의 경우, 9%의 교통사고 감소효과가 있는 것으로 조사됨(교통안전공단, 2011)

9) 사망비용은 약 420,000,000원/명으로 가정함('07 도로교통 사고비용의 추계와 평가, 2008)

경우 그 수요는 더욱 증대될 것으로 판단됨

○ 현재 외산장비의 경우 장비 캘리브레이션시 외국 기술진이 직접 국내 방문 후 1주일간 수행을 하며, 비용은 약 1,700만원 정도 소요되나, 본 연구 진행 시 자체 장비 캘리브레이션이 가능함

- 개발로 인한 수입대체효과 약 270억원 예측 (6억/대)

- 유지보수 비용의 경우 외산장비 1700만원/회(외국기술자 2박3일)에 비해 국내장비의 경우 200만원/회로 연간30대×(1700-200) = 4억 5천만원의 비용절감)

○ 또한, 첨단 IT관련 산업과 도로의 융복합 시장 확대가 예상되며, 확대된 시장속에서 이루어지는 경쟁은 각종 도로안전의 성능개선을 선도할 수 있는 계기가 될 것으로 판단됨

# 제5장 연구개발결과의 활용계획

## 제1절 연구결과 활용방안

○ 본 연구개발의 성과는 교통안전증진을 위한 다각적 측면에서 활용이 가능하며, 운전자들이 위험하게 운전하는 구간 및 위험내재 구간이 어디인지 판단하며, 어떤 항목이 위험하게 작용하는지 분석할 수 있음

○ 이러한 위험운전에 대한 운전자들의 특성들이 반복적으로 쌓이면 신설도로에 위험 주행특성을 피할 수 있는 설계나 시설물 설치의 가이드라인 제시가 가능할 것으로 판단됨

○ 도로자체의 특성 등에 국한된 안전진단 및 안전성 평가가 아닌 운전자의 주행특성에 기반한 주행안전성 평가를 통해 균형 잡히고 현실적인 도로의 안전성 평가로 활용할 수 있음

○ 특히, 도로안전진단 및 점검을 시행하는 도로관리처에 활용될 것으로 기대되며, 연구된 성과물에 대하여 국가차원의 공동 활용을 위한 성과물 전담기관과 연계해 품질 및 시방기준, 신기술, 특허 등 연구 성과 검증 서비스를 통해 연구 성과의 공동 활용 및 사업화 등 연구 개발 성과를 부가가치 창출에 활용됨을 기대함

○ 모듈형 커넥터(플랫폼 장비의 전원 및 신호 연결용) 사용을 고려하여 플랫폼 장비의 활용성의 증진 및 안전점검 S/W를 플랙스 기반으로 개발하여 인터넷 전환 또는 업그레이드가 가능하도록 구성하여 활용하는 방안을 제시하며, 위험요소 개선시의 효과 분석 기술을 향후 추가하여 활용함

### 1. 도로교통안전 진단・점검시 활용

○ 현재 도로교통안전 점검 및 진단은 점검자의 현장조사를 통한 수작업에 의해 많은 시간이 소요되고 있음. 업무를 크게 나누어 보면 점점자의 공학적 판단이 필요한 부분과 정량적 측량값이 필요한 부분으로 나눌 수 있으며 시설물의 설치, 도로기하구조 현황 등 많은 부분에서 점검자에 의존하고 있음

○ 현재 전국 도로를 대상으로 전문성을 갖춘 점검인력이 도로를 점검하고 있으나 점검을 수행하는데 많은 시간이 소요되고 있어, 신속한 도로정보 취득 및 안전성을 점검할 수 있는 시스템이 요구되고 있음

○ 따라서, 본 차량은 도로안전성 점검을 목표로 도로 정보취득, 시설물 인식, 안전점검 추출 등에 우선순위가 높으므로, 첨단차량의 운영은 이러한 점검자의 단순 수작업 업무를 덜어주고 연속류와 더불어 단속류의 객관적인 점검결과를 신속하게 도출할 수 있도록 하므로 효율성이 매우 높음

## 2. 사고다발지역 문제점 파악시 활용

○ 사고다발지역의 문제점 파악 및 개선은 도로의 기하구조적 문제점 및 도로환경적 문제점 등을 파악하고 개선안을 도출하는 일련의 체계적 과정을 구성하고 있음

○ 교통사고는 임의로 발생하는 특성상 언제 어떻게 발생할지 예측하기 어려운 면이 있으나 동일유형 사고의 반복적 발생은 해당 도로의 기하구조적 또는 교통환경적 문제점이 있는 것으로 유추할 수 있음

○ 첨단차량의 운영은 이러한 기하구조적 설계기준에 미흡한 도로, 사고다발지점의 도로형태 및 교통시설의 설치 문제점을 파악하는데 활용이 가능함

## 3. 도면부재 도로구간에 대한 도면정보 제공에 활용

○ 첨단차량 장비는 국내 도로교통 안전점검 및 진단시 제약요소로 작용하는 도면부재의 문제점을 해소하고 시설물 확인의 신속화를 통한 점검 효율화를 높이는 이동측량 시스템임

○ 첨단차량은 도로시설물에 대한 데이터베이스를 구축, 유지, 관리하기 위해 요구되는 기존의 측량방식보다 비용 및 시간 면에서 효율성이 높고, 향후 다양한 목적으로 활용될 수 있는 첨단정보시스템 구축 장비임

○ 국가에서 직접 관리하는 일반국도의 경우에도 약 2/3정도의 도로구간에 대한 도면이 존재하며, 과거에 건설된 도로의 경우 대부분 도면이 존재하지 않는

실정임. 지자체에서 관리하는 지방도나 시군도의 경우 상황이 더욱 열악하여 도면이 없는 도로구간이 많이 존재함

○ 또한, 도로에 대한 기하구조 정보를 제공하는 도면화 작업과 동시에 첨단 차량이 도로주행 후 안전 취약지점 즉 사고위험지점에 대한 판단을 신속하고 객관적으로 지원을 해줄 수 있는 기술로 활용성이 매우 높음

## 4. 도로관리청 등의 예상 수요

○ 본 연구결과의 수요기관으로는 도로관리기관과 교통안전 관련기관을 주요 수요기관으로 볼 수 있으며, 기타 네비게이션 DB 구축업체, 포털 정보 제공 업체, 도로 측량업체 등도 수요기관으로 볼 수 있음

○ 도로교통 안전검점을 위한 시스템은 국가 교통안전업무에 활용되는 기술로 순수 도로교통 안전점검을 목적으로 개발된 장비는 아직 없는 실정임

○ 동남아 및 중국의 경우 경제 성장과 더불어 SOC 개발이 활발하게 진행 되고 있음

○ 이에 이러한 국가들은 외국에서 차관을 도입하여 선진국에서 도로 등을 개발하고, 유지관리를 해당 국가에 위임하게 되나, 건설 이후 유지관리를 위한 정보인 도면 등의 정보가 상대적으로 빈약하여 이러한 정보 제공을 위해 본 연구 과제 결과물이 활용될 것으로 판단됨

○ 또한, 현재 맵 구축체계를 국토부 국가공간정보통합체계를 활용하기 위하여 관련 전자지도 API를 검토하고 국외(구글), 국내(VWorld)로 구분하여 제공하는 것을 검토하면 활용성의 증가가 예상됨

# 참고문헌


경찰청 (2009), 도로교통법 시행규칙 제11조.

고승곤, 양완연, 오현숙 (2006), 새 일반통계학 General Statistics, 교우사.

교통안전공단 (2010), 2010년도 도로교통안전진단 진단요원 교육훈련교재.

국토해양부 (2008), 도로설계편람.

국토해양부 (2009), 도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙 해설.

국토해양부 (2010), 교통안전진단지침.

권재석 (2009), 강우시 고속도로 물고임 현상에 영향을 미치는 변수규명에 관한 연구, 석사학위논문, 한양대학교.

김경석, 김홍상 (1996), 도로의 기하구조와 안전성의 상호관계분석 연구, 국토연구원, 통권188권, pp.60~61.

김용석, 조원범 (2005), “도로 설계속도, 주행속도, 제한속도의 관계 분석 연구”, 대한교통학회지, 대한교통학회, 제23권 제7호, pp.35~42.

김용석, 조원범, 최재성, 김상엽 (2007), “도로설계 일관성평가를 위한 주행속도 예측모형 개발”, 한국도로학회 2007년도 학술발표회 논문집, 대한도로학회, pp.361~368.

김원철 (2001), 교차로 안전진단수법에 관한 연구, 석사학위논문, 원광대학교.

김원철 (2011), “주행속도선택 기반 주행위험도 평가방법론 개발(차내 교통안전정보 제공 효과 평가를 중심으로)”, 대한교통학회지, 대한교통학회, 제29권, 제1호, pp.95~102.

김상엽 (2011), 차량속도와 교통사고분석을 통한 다차로도로 안전성 평가기준 개발, 박사학위논문, 서울시립대학교.

김진우 (1997), 확장국도상 교차로에서의 교통사고특성에 관한 연구, 석사학위논문, 명지대학교.

노관섭 (2003), “Positive Guidance의 개념과 적용”, 도로정책연구센터, 도로정책 브리프, 제42호.

대한교통안전연구회 (2006), 도로교통법령집, 크라운.

도로교통안전관리공단 (2004), 교통사고 잦은 곳 기본개선계획 및 효과분석, 도로

교통공단.

도로교통공단 (2008), 07도로교통 사고 비용의 추계와 평가.

독일 도로교통학회 (1995), 독일연방 도로설계지침(RAS-L95).

박영진, 서원호, 박창호 (2002), “곡선부 주행차량의 속도변화 추정모형 개발”, 대한토목학회집, 대한토목학회, 제22권 제1호, pp.45～57.

박제진, 이상하, 박관원, 하태준 (2008), “설계일관성을 고려한 도로 곡선반경 산정에 관한 연구”, 한국도로학회논문집, 한국도로학회, 제10권, 제1호, pp.125~133.

박제진, 김용길, 고영선, 하태준 (2008), “횡방향 가속도 모형을 이용한 곡선부 도로의 변이구간 평가에 관한 연구”, 한국도로학회논문집, 한국도로학회, 제10권, 제1호, pp.135~143.

삼성교통안전문화연구소 (2004), 도로안전시설의 사고감소효과도 분석.

손영태, 김철기 (2008), “개별차량의 주행행태를 이용한 설계일관성 평가 방법에 관한 연구”, 대한토목학회논문집, 대한토목학회, 제28권, 제6D호, pp.767~774.

심관보, 윤정호 (1999), “강우량과 포장상태에 따른 습윤노면 사고율 비교분석”, 교통안전연구논집, 도로교통공단, pp.55～70.

심관보, 장석민, 이수범 (2007), “Positive Guidance를 활용한 국도 마을 통과구간 안전성 향상 방법론”, 대한교통학회지, 대한교통학회, 제25권 제2호, pp.51~61.

이수범, 박규영 (2000), “도로안전시설의 교통사고 감소효과 측정에 관한 연구”, 대한토목학회 논문집, 대한토목학회, 제20권, 제2-D호, pp.139～147.

이수범 (2009), 도로교통사고DB 효율적 운영방안, 도로교통사고정보 정책세미나, 도로교통공단.

이수일 (2006), 안전측면의 도로선형 설계일관성 평가기준 개발에 관한 연구, 박사학위논문, 한양대학교.

이용택, 이재석(2001), “스웨덴식 교통상충분석기법의 개발방향”, 대한토목학회논문집, 대한토목학회, 통권251호, pp.48～53.

이점호, 이동민, 최재성 (2000), “평면곡선부의 속도 및 교통사고 영향분석 연구”, 대한교통학회지, 대한교통학회, 제47권, 제1호, pp.35～43.

이점호, 홍다희, 이수범 (2006), “고속도로 교통운영 특성 및 도로선형요소를 반영한 주행속도 예측모형 개발”, 대한교통학회지, 대한교통학회, 제24권 제5호, pp.109～121.

이훈영 (2008), 이훈영교수의 연구조사방법론, 청람.

임강원, 강정규 (1985), “우리나라 고속도로의 기하특성과 교통사고발생률과의 상호관계에 관한 연구”, 대한교통학회지, 대한교통학회, 제3권, 제1호, pp.3～21.

오흥운 (2009), “도로선형설계요소의 표준편차를 이용한 설계일관성과 교통사고와의 상관성”, 한국도로학회 논문집, 한국도로학회, 제11권, 제2호, pp.159～166.

윤재곤 (1996), “AHP기법의 적용 효과 및 한계점에 관한 연구 : MIS 성공요인 평가를 위한 3가지 통계기법 비교중심″, 한국경영과학회지, 한국경영학회, 제21권, 제3호, pp.109～125.

정준화 (2001), 주행속도를 이용한 도로의 평면선형 안전성 평가모형 개발, 박사학위논문, 서울대학교.

최병남 (2010), 고속도로 변화구간의 사고특성에 관한 연구, 석사학위논문, 명지대학교.

최재성 (1998), “도로선형에 대한 설계일관성 평가모형의 개발”, 대한교통학회지, 대한교통학회, 제41권, 제4호, pp.195～211.

최재성, 김상엽, 이점호, 황경성 (2008), “차량 주행속도를 반영한 도로 평면선형설계 기법 연구”, 한국도로학회논문집, 한국도로학회, 제10권, 제1호, pp.57～67.

하태준, 박제진, 김유철 (2003), “가속도를 고려한 도로의 설계일관성 평가기법에 관한 연구” 대학교통학회지, 대한교통학회, 제21권, 제1호, pp.127～136.

한국건설기술연구원 (2005), 도로선형 및 노면 안전성 분석모형개발.

한국건설기술연구원 (2007), 도로선형 및 노면 안전성 분석모형개발.

한국건설기술연구원 (2007), 도로안전 및 기능 향상 설계기술 개발.

한국도로공사 (2004), 영동고속도로 교통사고 예방 및 안전성 제고를 위한 도로안전진단.

한국도로공사 (2006), 고속도로 교통사고 예방 및 안전성 제고를 위한 도로안전진단

한국도로공사 (2007), 고속도로 포장상태 조사 및 분석  보고서.

한국도로공사 (2008), 장수명·친환경 도로포장 재료 및 설계시공기술 개발 연구보고서.

한국도로공사 (2009), 도로설계요령

홍승호, 나병찬 (2001), 도로선형별 미끄럼 저항 특성연구, 한국도로공사 도로교통연구원.

Abbas, S.K.S., Adnan, M. A., and Endut, I.R. (2011), “Exploration of 85th Percentile operating speed model on horizontal curve : A case study for two-lane rural highways”, *Preceding Social and Behavioral Sciences 16*, pp.352~363.

Alberto,M., and Figueroa, M. (2011), “Speed Changes in the Vicinity of

Horizontal Curves on Two-Lane Rural Roads." *Journal of Transportation Engineering,* Vol.133, No.4.

American Association of State Highway and Transportation Officials (2004), *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*, USA.

ASTM E274/E274M - 11.

ASTM E 303 - 93.

ASTM E 867.

ASTM E965 - 96 (2006), *Standard Test Method for Measuring Pavement Macrotexture Depth Using a Volumetric Technique*.

ASTM 1656-06.

ASTM E1845 - 09, *Standard Practice for Calculating Pavement Macrotexture Mean Profile Depth*.

Bissel (1983), *Roadway Safety Benchmarks Over Times*, Transports Canada.

Biztl, F. (1966), The Influence of Road Characteristics on Traffic Safety, *Research Road Construction and Road Traffic laws*, vol.11, Germany, pp.233～238.

Bowman,B.H. (1958), *Ohio Turnpike Accidents Study*, Traffic Engineering, Vol.66, No.9, pp.23～26.

Camacho-Torregrosa, F.J., Perez-Zuriaga, A.M., Campoy-Ungría, J. M., and García-García, A. (2013), "New geometric design consistency model based on operating speed profiles for road safety evaluation.", *Accident Analysis & Prevention*, Vol.61, pp.33~42.

Crisman,B., Marchionna,A., Perco,P., and Roberti,R. (2005), "Operating Speed Prediction Model for Two-Lane Rural Roads".

Department of Transportation (2000), *Evaluation of design consistency methods for two-lane rural highways*, executive summary, FHWA, USA.

Elvik, R. (1994), "The Safety Value of Guardrails and Crash Cushions: A Meta-Analysis of Evidence from Evaluation Studies", *Accident Analysis and Prevention,* Vol.27, No.4, pp.523～549.

FHWA (1996), *A User's Guide to Positive Guidance 3rd Edition.*

FHWA (2001), *A Synopsis of the Current Equipment Used for Measuring Pavement Smoothness.*

Fisco, N. R.(2009), "Comparison of Macrotexture Measurement Methods".

Fitzpatrick, K., Krammes, R.A., and Fambro,D.B., (1997), "Operating speed and posted speed relationships", *ITE Journal.*

Fitzpatrick,K., Elefteriadou,L., Harwood, D.W., Collins,J.M., McFadden,J., Anderson,I.B., Krammes,R.A., Irizarry,N., Parma,K.D., Bauer,K.M., and Pasetti, K., (1999), *Speed Prediction for Two-Lane Rural Highways,* Report FHWA-RD-99-171, Federal Highway Adminstration, Washington, D.C.

Flintsch, G.W., León,E., McGhee,K.K., and Al-Qadi,I.L. (2003), "Pavement Surface Macrotexture Measurement and Application", *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board.*

Gibreel,G.M., Easa,S.M., Dimeery, I.A. (2001), "Prediction of Operating Speed on Three-Dimensional Highway Alignments", *Journal of transportation engineering*, pp.21～30.

Gendy, A. and Shalaby, A. (2007), "Mean Profile Depth of Pavement Surface Macrotexture Using Photometric Stereo Techniques", *J. Transp. Eng.,* 133(7), 433～440.

Glaser, S., Nouveliere, L., and Lusetti, B.,(2007), "Speed Limitation Based on an Advanced Curve Warning System", *Intelligent Vehicles Symposium, 2007 IEEE.*

Gustafson, D., Dowdle, J., and Flueckiger, K., (2010), "A Deeply Integrated Adaptive GPS-Based Navigator with Extended Range Code Tracking," *Position Location and Navigation Symposium, IEEE2000*, pp.118～124.

Gutierrez, N.I. (1997), *A Model for Estimating Operating Speeds on Combined Horizontal and Vertical Alignments on Rural Two lane Highways*, Texas A&M University, USA.

International Journal of Pavement Engineering (2012), *Pavement texture from high-speed laser for pavement management system.*

Islam, M. N. and Seneviratne, P. N. (1994), "Evaluation of Design Consistency

of Two-Lane Rural Highways", *ITE Journal*, USA, pp.28~31.

Krammes, R.A., and Garnham, M.A. (1995), *Review of Alignment Design Policies Worldwide*, Design 1995, Presented at the First International Symposium on Highway Geometric Design Practices, Boston.

Krammes, R.A., (1997), *Interactive Highway Safety Design Model:Design Consistency Module*, Public Roads.

Krebs,H.G. and Kloeckner,J.H. (1977), "Investigations of Effect of Highway and Traffic Conditions Outside Built-up Areas on Accident Rates", *Research Road Construction and Road Traffic Technique,* Minister of Transportation. Bonn, Germany, Vol.223, pp.1~63.

Lamm, R., Psarianos,B. and Mailaender,T. (1999), *Highway Design and Traffic Safety Engineering Handbook*, McGraw-Hill Professional Publishing. USA.

Lee, D. (2006), *A generalized approach for analyzing transportation user perception using fuzzy sets*, The Pennsylvania State University, A Thesis in Civil Engineering.

Losa, M., Leandri, P., and Bacci, R., (2007), "Measurements of Pavement Macrotexture with Stationary and Mobile Profilometers", *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board,* pp. 313~318.

Mark J, K., and Piet, R. (2006), "Climate Change, Adverse Weather Condition, and Transport: A literature Survey".

Martin, J. L. (2001), "Crossover Crashes at Median Stripes Equipped with Barriers on a French Motorway Network", *Transportation Research Record 1758*, TRB National Research Council, Washington D.C, pp.6~12.

McLean J. R.(1981), *Driver Speed Behaviour and Rural Road Alignment Design Traffic Engineering & Control*, Transport Research Laboratory.

Michael Camer (1997), *GPS/INS Integration*, Photogrammetric Week 1997, Institute for Photogrammetry, University of Stuttgart

National Research Council (1995), *The Global Positioning System - A Shared National Asset*, National Academy Press, Washington, D.C.

Ogden, K.W. (1996), *Safety Roads : A Guide to Road Safety Engineering*, Cambridge.

Poe, C.M., Tarris, J.P., Mason, and Jr.J.M. (1996), *Relationship of Operating Speed to Roadway Geometric Design Speed*, Report Number PTI 9606, Pennsylvania Transportation Institute.

Roe, P.G., Parry, A.R. and Viner, H.E. (1998), *High and Low Speed Skidding Resistance: The Influence of Texture Depth*, TRL Report 367, Crowthorne, U.K.

Schmidt, G. and Phillips, R. (2003), *INS/GPS Integration Architectures*, Draper Laboratory Report, 4104, Advances in Navigation Sensors and Integration Technology, pp.5-1~5-15.

Schmidt, G.T. (2010), *INS/GPS Technology Trends*, NATO Research and Technology Organization.

Sherretz L.A. and Farhar, B.C. (1978), "An Analysis of the Relationship between Rainfall and the Occurrence of Traffic Accidents", *American Meteorological Society.*

Snyder, M.B. (2006), "Pavement Surface Characteristics : A Synthesis and Guide", *Transportation Research Board.*

Texas Transportation Institute (2006), *Criteria for High Design Speed Facilities*, FHWA Technical Report.

Treat, J.R., N.S.Tumbas,S.T.McDonald, D.Dhinar,R.D.Hume,R.E.Mayer,R.L.Stansifer, and N.J.Castellan. (1979), *Tre-level Study of the Causes of Traffic Crashes:Final report-Executive Summary.* Report No.DOT-HS-034-3-535-79-TAC(S). Institute for Research in Public Safety, Bloomington, IN.

TRB (1997), *Determination of Stopping Sight Distances*, NCHRP report 400.

TRB (1998), *Managing Speed: Review of Current Practice for Setting and Enforcing Speed Limits*, TRB Special Report 254, National Research Council.

TRB (2003), *Design Speed, Operating Speed, and Posted Speed Practices*, NCHRP Report 504.

Twomey,J.M., Heckman, M.L., Hayward, J.C., and Zuk, R. J. (1993), "Accidents

and Safety Associated with Interchanges", *Transportation Research Board 1385*, pp.100～105.

Verhulst (1838), *Verhulst and the logistic equation,*

Watters, P., and O'Mahony, M. (2007), "The relationship between geometric design consistency and safety on rural single carriageways in Ireland.", *Proceedings of the European Transport Conference.*

Zahedi F. (1986), "The Analytic Hierarchy Process - A Survey of the Method and Its Application"

和田敏一(2009), 일본의 교통사고 현황과 사고자료 관리, 도로교통사고정보 정책세미나 자료집, 도로교통공단.

경찰청, 교통사고통계, <http://police.go.kr/>

교통안전공단, <http://tmacs.ts2020.kr/>

국토해양부, 국토해양통계누리, <http://stat.mltm.go.kr/>

도로교통공단, <http://taas.koroad.or.kr>

픽스코리아, <http://www.pixkorea.com/>

ADLINK, <http://www.adlinktech.com/>

ALLIED, <http://www.alliedvisiontec.com/>

FHWA, <http://safety.fhwa.dot.gov/tools/median_barrier.htm/>

NOVATEL, <http://www.novatel.com/>

NOVATEL, <http://www.novatel.com/assets/Documents/Manuals/om-20000124.pdf>

SICK, <http://www.sick-automation.ru/images/File/pdf/LMS%20Technical%20Description.pdf>

SICK, <http://www.sick-automation.ru/images/File/pdf/LMS%20Technical%20Description.pdf>

SICK, <www.mysick.com/saqqara/im0012759.pdf>

SICK, <www.robotsinsearch.com>

# 부록

1. 성과증빙자료

2. 자체평가 의견서

3. 연구개발결과활용계획서

# 성과증빙자료

| 핵심 성과물 | | 단위 성과물 | | 성과검증 기준 | | | | 해당 기관 | 예산 | 가중치 | 양적목표 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 측정방법 | | 목표치 | 검증 방법 | | | | |
| 1 | 도로교통 안전점검 기반정보 수집 장비 개발 | 1-1 | 기하구조 수집 장비 설계서 및 시제품 | ① | 80km/h이상 국도 주행하여 수집된 기하구조 데이터의 누락율 | 일정 거리 혹은 일정 시간별 취득한 기하구조 데이터 누락율 1% 이내 | 발표 (데이터 분석 결과제시) | 건기연 | 630 | 0.1 | 특허출원 : 1건<br>논문 : 1건 |
| | | | 탈부착 가능한 플랫폼 형태의 장비 개발 | ② | 80km/h이상 국도 주행하여 수집된 기하구조 데이터의 누락율 | 일정 거리 혹은 일정 시간별 취득한 기하구조 데이터 누락율 1% 이내 | 발표 (데이터 분석 결과제시) | | | | 특허출원 : 1건 |
| | | | 시스템 운용 매뉴얼 | ③ | 사용자 편리성을 위한 시스템 운용 매뉴얼 | 1식 | 시스템 운영 매뉴얼 자체평가 80점 이상 여부 | | | | 매뉴얼 : 1건<br>(시스템 통합 매뉴얼) |
| | | 1-2 | 선형분석 알고리즘 | ① | 도로안전점검 항목 중 선형정보 | 평면선형 10%, 종단선형, 신설도로 편경사 절대값의 ±0.5% | 발표(데이터 분석 결과) | | | 0.1 | 논문 : 1건 (선형분석 알고리즘에 관한 논문) |
| | | 1-3 | 갈매기표지 기준의 시설물인식 | ① | 실제 현장에서 차량 운행 후 갈매기표지 인식률 | 주간, 맑은 날 인식률 90% 이상<br><br>주간, 흐린날 인식율 80% 이상 | 발표(실제 측량 결과와 취득된 데이터 비교결과 제시) | | | 0.1 | 시설물인지관련 논문 : 1건<br><br>특허출원 : 1건 |
| | | 1-4 | 도로폭 인식 | ① | 국도나 지방도에서 전방향, 횡방향 측정용 레이저스캐너를 이용하여 도로측정후 후처리 과정을 | 실측결과와 분석결과정확도 95% 이상 | 발표 (데이터 비교분석 결과제시) | 언맨드 | 438 | 0.1 | 특허출원/등록 : 1건<br>(레이저 및 영상데이터 기반의 도로폭 측정 기술) |

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 통해 도로폭 계산 | | | | | | H/W 상품화 : 2건 (동기화시스템 및 도로폭 시설물 측정 분석 시스템, 레이저 및 영상데이터 기반의 도로폭 시설물 측정시스템)<br><br>S/W : 1건 (레이저 및 영상데이터 기반의 도로폭 측정 프로그램) |
| | | | 주행차로폭 인식 | ② | 국도나 지방도의 차선설치도로에서 영상데이터 취득 후 주행차선 + 옆차선 폭 측정 | 실측결과와 분석결과정확도 비교 하여 주행차로 99% 이상, 옆차로 90%이상 | 발표 (데이터 비교분석 결과제시) | | | | |
| | | | 동기화시스템 | ③ | 각종 센서의 동일한 참조점(시간 혹은 거리)에서의 데이터취득 | 센서 동기화 95%이상 | 발표 (데이터분석결과제시) | | | | |
| | | 1-5 | 노면 텍스쳐 측정 장비 개발 | ① | 국제 ASTM E1656-06 기준(횡단프로파일)에 의한 측정[10] | 100% 등급(기준)에 의한 부합여부 | 정량적 수치 (등급판단) | (주)로드코리아 | 438 | 0.1 | 논문 2건 |
| | | | 노면안전성 분석 S/W 개발 | ② | 제어장치간 연계성, 활용성, 편의성 체크 매뉴얼 작성 여부 | 1식 | 매뉴얼 작성 여부 | | | | |
| | | | 노면 안전성 시스템 현장적용 보완 | ③ | ASTM E1656-06 기준에 의한 측정 | 100% | 시험운영 | | | | |
| 2 | 도로교통 위험도 판단 기법 개발 | 2-1 | 통합 안전성 분석 모형 개발 | ① | 통합 안전성 분석 모형 개발 | 100% | 보고서(국내 도로 교통환경 주행실험 결과, 안전성기준) | 서울시립 대학교 | 200 | 0.1 | 논문 : 1건 (도로 및 교통환경을 고려한 안전성 분석 방법론 개발, 고속도로 안전성 분석 모형 개발, 국도 안전성 분석 모형 개발, 통합 안전성 분석 모형 개발) |

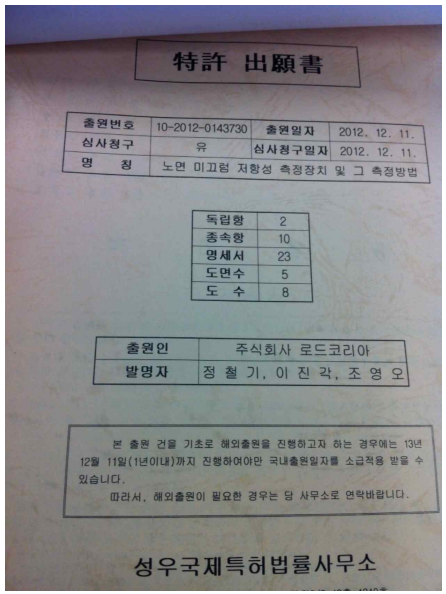
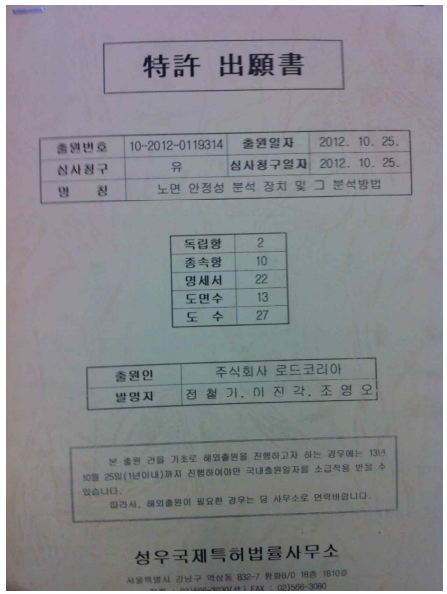
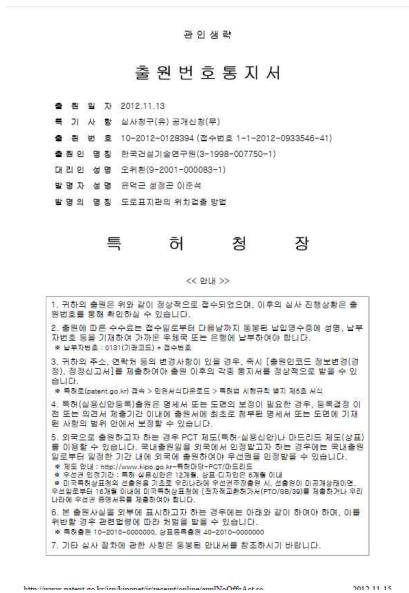
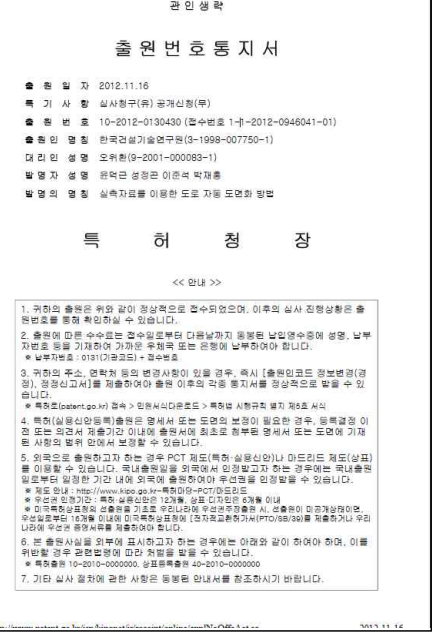
| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 2-2 | 위험요소 표시방법 개발 | ① | Positive Guidance 이론 기반 Hazard profiling 방법론 적용 여부 | 90%이상 | 발표 (Positive Guidance 이론을 적용한 위험요소 표시방법) | 교통 안전 공단 | 120 | 0.1 | |
| | | 2-3 | 도로교통사고 D/B를 위험도 프로파일 적용방안 개발 | ① | 도로교통사고 D/B를 적용한 Hazard profiling 방법론 적용 여부 | 90%이상 | 발표 (도로교통사고 D/B를 적용한 Hazard profiling 방법론) | | | | 학술 논문 : 도로위험도 판단 기법 학술발표 논문 |
| 3 | 도로교통 환경을 고려한 안전성 분석 기법 개발 | 3-1 | 도로교통 환경을 고려한 통합 안전성 분석 S/W 개발 | ① | 도로교통 환경 정보(선형 정보, 시설물 정보)에 대한 도면화의 자동화율 수집된 기하구조 데이터와 선형분석 알고리즘을 통해 분석된 정보에 대한 도면 적용률(정합성) | 적용률 95% 이상 | 선형 정보, 시설물 정보의 취득된 실좌표와 도면상의 위치 정합성 검사 공간분석 중 Overlay(중첩)를 통한 영상 데이터와의 육안검사 | 한국인프라 | 491 | 0.2 | S/W : 1건 (도로환경을 고려한 통합 안전성 분석 S/W) |
| | | | | ② | S/W 단위별 단위시험 계획에 따른 통합 및 시스템 테스트 (오류율) | 10% 이내 | 테스트 결과서 (조치결과) | | | | |
| | | | | ③ | 효율적인 관리 및 적용성 (성능, 기능, 운용 등에 대한 만족도) | 90% 이상 | 시스템 시험 운영 | | | | |
| 4 | 현장 시험운영 및 검증 | 4-1 | 현장 시험운영 및 검증 | ① | 현장 시험운영 보고서 및 정책건의 여부 | | 시험운영 보고서, 정책건의 공문 | 교통 안전 공단 | 30 | 0.1 | 정책건의 : 1건 (국토해양부 '교통안전점검·평가지침'의 점검 방법에 점검장비 활용내용 포함 건의) |

10) 미국시험재료학회(American Society for Testing Materials)에서 규격으로 정해져 발행되고 있는 기준으로서, 소성변형 및 횡단프로파일을 측정하여 물고임의 정도와 위치를 확인함. 이때의 횡단프로파일은 수직변위 측정정밀도(Class 4, ±1mm), 종단샘플링 간격(Class 2, 1m이하 간격조사), 횡단 샘플링 간격(Class 1, 2mm), 측정폭(Class 1, 3.7m 초과) 등으로 구분됨.

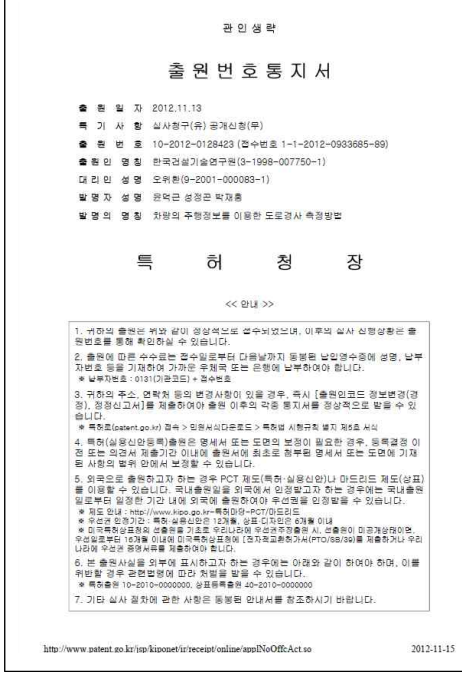
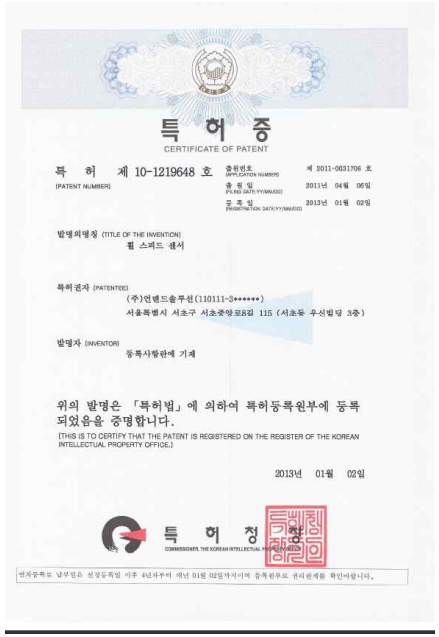
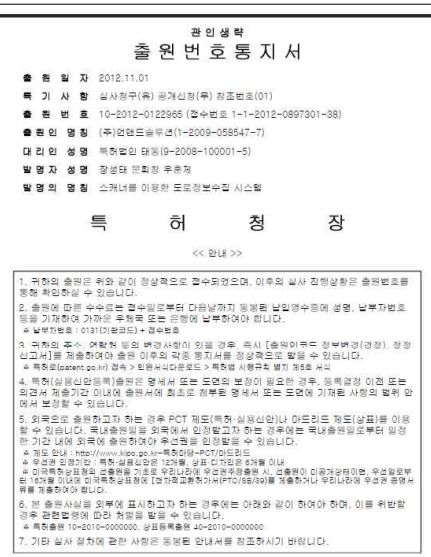
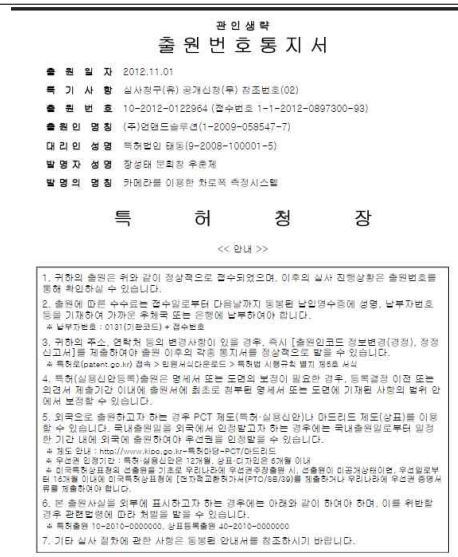
# [양적 목표 검증]

| 종류 | 목표건수 | 달성건수 | 비고 |
|---|---|---|---|
| 특허 출원 및 등록 | 4 | 8 | 초과달성 |
| 논문 | 7 | 12(1건 개제 확정) | 초과달성 |
| 매뉴얼 | 1 | 1 | 달성 |
| H/W상품화 | 2 | 6 | 초과달성 |
| 소프트웨어 | 2 | 4 | 초과달성 |
| 정책건의 | 1 | 1 | 달성 |
| 학술발표회 | - | 4 | 초과달성 |
| 홍보 | - | 2 | 초과달성 |
| 포상 | - | 1 | 초과달성 |
| 인력양성 | - | 1 | 초과달성 |
| 현장적용 | - | 1 | 초과달성 |

# [특허등록 및 출원]

| 노면 미끄럼 저항성 측정장치 및 그 측정 방법 (로드코리아) | 노면 안전성 분석 장치 및 그 분석 방법 (로드코리아) | 도로표지판의 위치검출 방법 (한국건설기술연구원) | 실측자료를 이용한 도로 자동도면화 방법 (한국건설기술연구원) |
|---|---|---|---|
|  |  |  |  |

# [특허등록 및 출원]

| 차량의주행정보를 이용한<br>도로경사 측정방법<br>(한국건설기술연구원) | 휠 스피드센서<br>(언맨드 솔루션) | 스캐너를 이용한<br>도로정보수집 시스템<br>(언맨드 솔루션) | 카메라를 이용한<br>차로폭 측정시스템<br>(언맨드 솔루션) |
|---|---|---|---|
|  |  |  |  |

관인생략

출 원 번 호 통 지 서

출 원 일 자 2012.11.13
특 기 사 항 심사청구(유) 공개신청(무)
출 원 번 호 10-2012-0128423 (접수번호 1-1-2012-0933685-89)
출원인 명칭 한국건설기술연구원(3-1998-007750-1)
대 리 인 성 명 오위환(9-2001-000083-1)
발 명 자 성 명 윤덕근 성정은 박재홍
발명의 명칭 차량의 주행정보를 이용한 도로경사 측정방법

특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다.
2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다.
※ 납부자번호 : 0131(기관코드) + 접수번호
3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [출원인코드 정보변경(경정), 정정신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 발송 수 있습니다.
※ 특허로(patent.go.kr) 접속 > 민원서식다운로드 > 특허법 시행규칙 별지 제5호 서식
4. 특허(실용신안등록)출원은 명세서 또는 도면의 보정이 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 의견서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다.
5. 외국으로 출원하고자 하는 경우 PCT 제도(특허·실용신안)나 마드리드 제도(상표)를 이용할 수 있습니다. 국내출원일을 외국에서 인정받고자 하는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정받을 수 있습니다.
※ 제도 안내 : http://www.kipo.go.kr>특허마당>PCT/마드리드
※ 우선권 인정기간 : 특허·실용신안은 12개월, 상표·디자인은 6개월 이내
※ 미국특허상표청과 선출원을 기초로 우리나라에 우선권주장출원 시, 선출원이 미공개상태이면, 우선일로부터 16개월 이내에 미국특허상표청에 [전자적교환허가서(PTO/SB/30)]를 제출하거나 우리나라에 우선권 증명서류를 제출하여야 합니다.
6. 본 출원사실을 외부에 표시하고자 하는 경우에는 아래와 같이 하여야 하며, 이를 위반할 경우 관련법령에 따라 처벌을 받을 수 있습니다.
※ 특허출원 10-2010-0000000, 상표등록출원 40-2010-0000000
7. 기타 심사 절차에 관한 사항은 동봉된 안내서를 참조하시기 바랍니다.

http://www.patent.go.kr/isp/kiponet/ir/receipt/online/applNoOffcAct.so 2012-11-15

특 허 증
CERTIFICATE OF PATENT

특 허 제 10-1219648 호 (PATENT NUMBER)
출원번호 (APPLICATION NUMBER) 제 2011-0031706 호
등록일 (FILING DATE:YY/MM/DD) 2011년 04월 06일
공고일 (REGISTRATION DATE:YY/MM/DD) 2013년 01월 02일

발명의명칭 (TITLE OF THE INVENTION)
휠 스피드 센서

특허권자 (PATENTEE)
(주)언맨드솔루션(110111-3******)
서울특별시 서초구 서초중앙로8길 115 (서초동 우신빌딩 3층)

발명자 (INVENTOR)
등록사항란에 기재

위의 발명은 「특허법」에 의하여 특허등록원부에 등록되었음을 증명합니다.
(THIS IS TO CERTIFY THAT THE PATENT IS REGISTERED ON THE REGISTER OF THE KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE)

2013년 01월 02일

특 허 청 (COMMISSIONER, THE KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE)

연차등록료 납부일은 설정등록일 이후 4년차부터 매년 01월 02일까지이며 등록원부로 권리관계를 확인바랍니다.

관인생략

출 원 번 호 통 지 서

출 원 일 자 2012.11.01
특 기 사 항 심사청구(유) 공개신청(무) 참조번호(01)
출 원 번 호 10-2012-0122965 (접수번호 1-1-2012-0897301-38)
출원인 명칭 (주)언맨드솔루션(1-2009-058547-7)
대 리 인 성 명 특허법인 태동(9-2008-100001-5)
발 명 자 성 명 장성태 문희정 우준제
발명의 명칭 스캐너를 이용한 도로정보수집 시스템

특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다.
2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다.
※ 납부자번호 : 0131(기관코드) + 접수번호
3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [출원인코드 정보변경(경정), 정정신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 발송 수 있습니다.
※ 특허로(patent.go.kr) 접속 > 민원서식다운로드 > 특허법 시행규칙 별지 제5호 서식
4. 특허(실용신안등록)출원은 명세서 또는 도면의 보정이 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 의견서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다.
5. 외국으로 출원하고자 하는 경우 PCT 제도(특허·실용신안)나 마드리드 제도(상표)를 이용할 수 있습니다. 국내출원일을 외국에서 인정받고자 하는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정받을 수 있습니다.
※ 제도 안내 : http://www.kipo.go.kr>특허마당>PCT/마드리드
※ 우선권 인정기간 : 특허·실용신안은 12개월, 상표·디자인은 6개월 이내
※ 미국특허상표청과 선출원을 기초로 우리나라에 우선권주장출원 시, 선출원이 미공개상태이면, 우선일로부터 16개월 이내에 미국특허상표청에 [전자적교환허가서(PTO/SB/30)]를 제출하거나 우리나라에 우선권 증명서류를 제출하여야 합니다.
6. 본 출원사실을 외부에 표시하고자 하는 경우에는 아래와 같이 하여야 하며, 이를 위반할 경우 관련법령에 따라 처벌을 받을 수 있습니다.
※ 특허출원 10-2010-0000000, 상표등록출원 40-2010-0000000
7. 기타 심사 절차에 관한 사항은 동봉된 안내서를 참조하시기 바랍니다.

관인생략

출 원 번 호 통 지 서

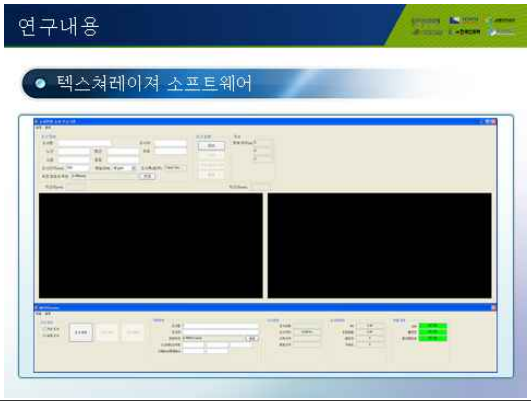
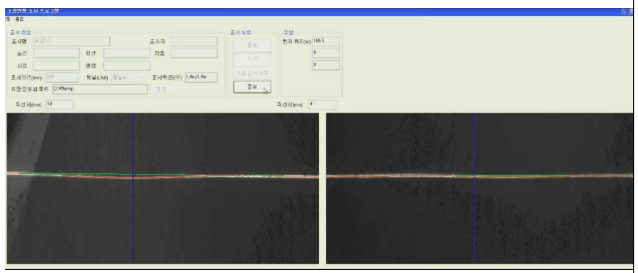
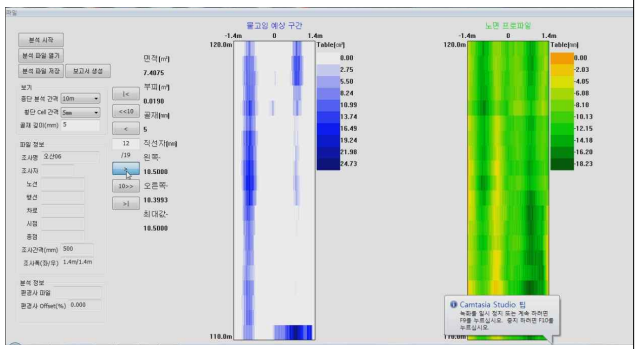
출 원 일 자 2012.11.01
특 기 사 항 심사청구(유) 공개신청(무) 참조번호(02)
출 원 번 호 10-2012-0122964 (접수번호 1-1-2012-0897300-93)
출원인 명칭 (주)언맨드솔루션(1-2009-058547-7)
대 리 인 성 명 특허법인 태동(9-2008-100001-5)
발 명 자 성 명 장성태 문희정 우준제
발명의 명칭 카메라를 이용한 차로폭 측정시스템

특 허 청 장

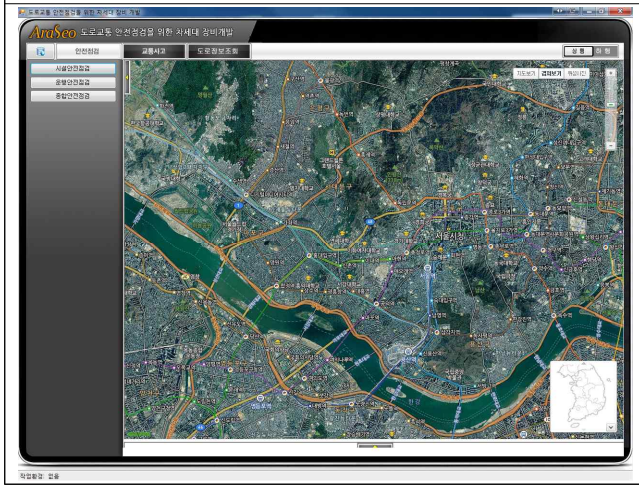
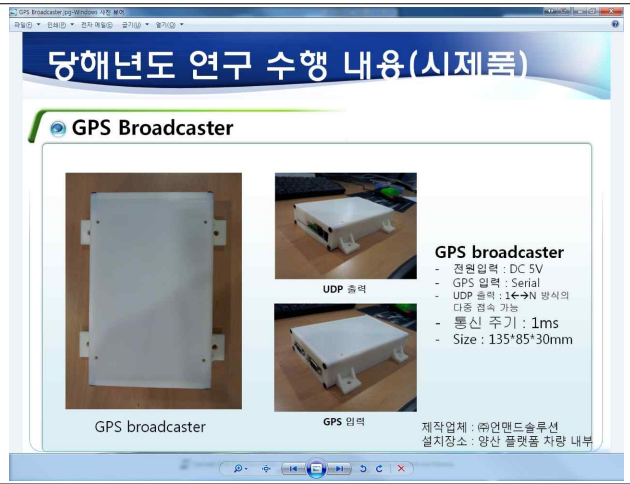
<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다.
2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다.
※ 납부자번호 : 0131(기관코드) + 접수번호
3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [출원인코드 정보변경(경정), 정정신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 발송 수 있습니다.
※ 특허로(patent.go.kr) 접속 > 민원서식다운로드 > 특허법 시행규칙 별지 제5호 서식
4. 특허(실용신안등록)출원은 명세서 또는 도면의 보정이 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 의견서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다.
5. 외국으로 출원하고자 하는 경우 PCT 제도(특허·실용신안)나 마드리드 제도(상표)를 이용할 수 있습니다. 국내출원일을 외국에서 인정받고자 하는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정받을 수 있습니다.
※ 제도 안내 : http://www.kipo.go.kr>특허마당>PCT/마드리드
※ 우선권 인정기간 : 특허·실용신안은 12개월, 상표·디자인은 6개월 이내
※ 미국특허상표청과 선출원을 기초로 우리나라에 우선권주장출원 시, 선출원이 미공개상태이면, 우선일로부터 16개월 이내에 미국특허상표청에 [전자적교환허가서(PTO/SB/30)]를 제출하거나 우리나라에 우선권 증명서류를 제출하여야 합니다.
6. 본 출원사실을 외부에 표시하고자 하는 경우에는 아래와 같이 하여야 하며, 이를 위반할 경우 관련법령에 따라 처벌을 받을 수 있습니다.
※ 특허출원 10-2010-0000000, 상표등록출원 40-2010-0000000
7. 기타 심사 절차에 관한 사항은 동봉된 안내서를 참조하시기 바랍니다.

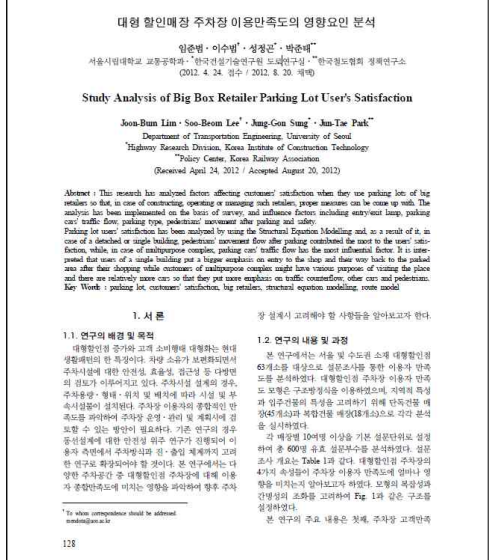
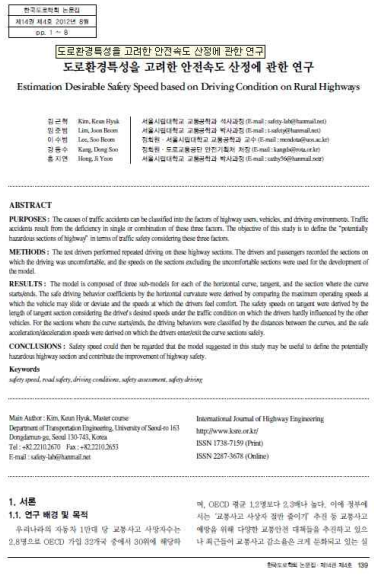
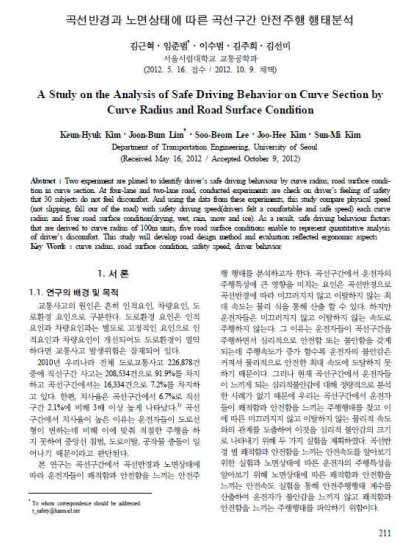
# [시제품 제작]

| 텍스트레이저 장비<br>(로드코리아) | 물고임 측정 장비<br>(로드코리아) | 자동도로조사 분석 및<br>안전점검시스템(ARASEO)<br>(한국건설기술연구원) |
|---|---|---|
| <br> | <br> |  |

# [시제품 제작]

| 도로교통 안전점검 분석 S/W<br>(한국인프라) | GPS Broadcaster<br>(언맨드 솔루션) | Compact 동기화 장치<br>(언맨드 솔루션) |
|---|---|---|
|  |  |  |

# [논문 및 학술발표회]

| 대형 할인매장 주차장 이용만족도의 영향요인 분석<br>(서울시립대학교) | 도로환경특성을 고려한 안전속도 산정에 관한 연구<br>(서울시립대학교) | 곡선반경과 노면상태에 따른 곡선구간 안전주행 행태분석<br>(서울시립대학교) | Study on the improvement of legal system for ensuring the safety of bicycle riders-the case of seoul in korea<br>(서울시립대학교) |
|---|---|---|---|
|  |  |  |  |

대형 할인매장 주차장 이용만족도의 영향요인 분석

임준범 · 이수범† · 성정곤** · 박준태**

서울시립대학교 교통공학과 · †한국건설기술연구원 도로연구실 · **한국철도협회 정책연구소

(2012. 4. 24. 접수 / 2012. 8. 20. 채택)

Study Analysis of Big Box Retailer Parking Lot User's Satisfaction

Joon-Bum Lim · Soo-Beom Lee† · Jung-Gon Sung** · Jun-Tae Park**

Department of Transportation Engineering, University of Seoul

†Highway Research Division, Korea Institute of Construction Technology

**Policy Center, Korea Railway Association

(Received April 24, 2012 / Accepted August 20, 2012)

Abstract : This research has analyzed factors affecting customers' satisfaction when they use parking lot; of big retailers so that, in case of constructing, operating or managing such retailers, proper measures can be come up with. The analysis has been implemented on the basis of survey, and influence factors including entry/exit lamp, parking cars' traffic flow, parking type, pedestrians' movement after parking and safety.

Parking lot users' satisfaction has been analyzed by using the Structural Equation Modelling and, as a result of it, in case of a detached or single building, pedestrians' movement flow after parking contributed the most to the users' satisfaction, while, in case of multipurpose complex, parking cars' traffic flow has the most influential factor. It is interpreted that users of a single building put a bigger emphasis on entry to the shop and their way back to the parked area after their shopping while customers of multipurpose complex might have various purposes of visiting the place and there are relatively more cars so that they put more emphasis on traffic counterflow, other cars and pedestrians.

Key Words : parking lot, customers' satisfaction, big retailers, structural equation modelling, route model

## 1. 서 론

### 1.1. 연구의 배경 및 목적

대형할인점 증가와 고객 소비행태 대형화는 현대 생활패턴의 한 특징이다. 차량 소유가 보편화되면서 주차시설에 대한 안전성, 효율성, 접근성 등 다방면의 필요가 이루어지고 있다. 주차시설 설계의 경우, 주차용량 · 형태 · 위치 및 배치에 따라 시설 및 부속시설물이 설치된다. 주차장 이용자의 종합적인 만족도를 파악하여 주차장 운영 · 관리 및 계획시에 검토할 수 있는 방안이 필요하다. 기존 연구의 경우 동선설계에 대한 안전성 위주 연구가 진행되어 이용자 측면에서 주차빙식과 핀 · 출입 체계까지 고려한 연구로 확장되어야 할 것이다. 본 연구에서는 다양한 주차공간 중 대형할인점 주차장에 대해 이용자 종합만족도에 미치는 영향을 파악하여 향후 주차장 설계시 고려해야 할 사항들을 알아보고자 한다.

### 1.2. 연구의 내용 및 과정

본 연구에서는 서울 및 수도권 소재 대형할인점 63개소를 대상으로 설문조사를 통한 이용자 만족도를 분석하였다. 대형할인점 주차장 이용자 만족도 모형은 구조방정식을 이용하였으며, 지역적 특성과 입주건물의 특성을 고려하기 위해 단독건물 매장(45개소)과 복합건물 매장(18개소)으로 각각 분석을 실시하였다.

각 매장별 10여명 이상을 기본 설문단위로 설정하여 총 600명 유효 설문부수를 분석하였다. 설문조사 개요는 Table 1과 같다. 대형할인점 주차장의 4가지 측정들이 주차장 이용자 만족도에 얼마나 영향을 미치는지 알아보고자 하였다. 모형의 복잡성과 간명성의 조화를 고려하여 Fig. 1과 같은 구조를 설정하였다.

본 연구의 주요 내용은 첫째, 주차장 고객만족

† To whom correspondence should be addressed.
nonlein@uos.ac.kr



한국도로학회 논문집
제14권 제4호 2012년 8월
pp. 1 ~ 8

도로환경특성을 고려한 안전속도 산정에 관한 연구

## 도로환경특성을 고려한 안전속도 산정에 관한 연구

Estimation Desirable Safety Speed based on Driving Condition on Rural Highways

김근혁 Kim, Keun Hyuk 서울시립대학교 교통공학과 석사과정 (E-mail : safety-lab@hanmail.net)
임준범 Lim, Joon Beom 서울시립대학교 교통공학과 박사과정 (E-mail : t.safety@hanmail.net)
이수범 Lee, Soo Beom 정회원 · 서울시립대학교 교통공학과 교수·한국건설기술연구원 도로연구실 (E-mail : nonlein@uos.ac.kr)
강동수 Kang, Dong Soo 정회원 · 도로교통공단 안전기획처 처장 (E-mail : kangds@ts.or.kr)
홍지연 Hong, Ji Yeon 서울시립대학교 교통공학과 박사과정 (E-mail : cathy56@hanmail.net)

ABSTRACT

**PURPOSES :** The causes of traffic accidents can be classified into the factors of highway users, vehicles, and driving environments. Traffic accidents result from the deficiency in single or combination of these three factors. The objective of this study is to define the "potentially hazardous sections of highway" in terms of traffic safety considering these three factors.

**METHODS :** The test drivers performed repeated driving on these highway sections. The drivers and passengers recorded the sections on which the driving was uncomfortable, and the speeds on the sections excluding the uncomfortable sections were used for the development of the model.

**RESULTS :** The model is composed of three sub-models for each of the horizontal curve, tangent, and the section where the curve starts/ends. The safe driving behavior coefficients by the horizontal curvature were derived by comparing the maximum operating speeds at which the vehicle may slide or deviate and the speeds at which the drivers feel comfort. The safety speeds on tangent were derived by the length of tangent section considering the driver's desired speeds under the traffic condition on which the drivers hardly influenced by the other vehicles. For the sections where the curve starts/ends, the driving behaviors were classified by the distances between the curves, and the safe acceleration/deceleration speeds were derived on which the drivers enter/exit the curve sections safely.

**CONCLUSIONS :** Safety speed could then be regarded that the model suggested in this study may be useful to define the potentially hazardous highway section and contribute the improvement of highway safety.

**Keywords**
*safety speed, road safety, driving conditions, safety assessment, safety driving*

Main Author : Kim, Keun Hyuk, Master course
Department of Transportation Engineering, University of Seoul-ro 163 Dongdaemun-gu, Seoul 130-743, Korea
Tel : +82.22102670 Fax : +82.22102653
E-mail : safety-lab@hanmail.net

International Journal of Highway Engineering
http://www.ksre.or.kr/
ISSN 1738-7159 (Print)
ISSN 2287-3678 (Online)

## 1. 서론

### 1.1. 연구 배경 및 목적

우리나라의 자동차 1인대 당 교통사고 사망자수는 2.8명으로 OECD 가입 32개국 중에서 30위에 해당하며, OECD 평균 1.3명보다 2.3배나 높다. 이에 정부에서는 '교통사고 사상자 절반 줄이기' 추진 등 교통사고 예방을 위해 다양한 교통안전 대책들을 추진하고 있으나 최근들어 교통사고 감소율은 크게 둔화되고 있는 실



곡선반경과 노면상태에 따른 곡선구간 안전주행 행태분석

김근혁 · 임준범† · 이수범 · 김주희 · 김선미

서울시립대학교 교통공학과

(2012. 5. 16. 접수 / 2012. 10. 9. 채택)

A Study on the Analysis of Safe Driving Behavior on Curve Section by Curve Radius and Road Surface Condition

Keun-Hyuk Kim · Joon-Bum Lim† · Soo-Beom Lee · Joo-Hee Kim · Sun-Mi Kim

Department of Transportation Engineering, University of Seoul

(Received May 16, 2012 / Accepted October 9, 2012)

Abstract : Two experiment are planed to identify driver's safe driving behaviour by curve radius, road surface condition in curve section. At four-lane and two-lane road, conducted experiments are check on driver's feeling of safety that 30 subject: do not feel discomfort. And using the data from these experiments, this study compare physical speed (not slipping, fall out of the road) with safety driving speed(driven felt a comfortable and safe speed) each curve radius and five road surface condition(drying, wet, rain, snow and ice). As a result, safe driving behaviour factors that are derived to curve radius of 100m unit, five road surface conditions enable to represent quantitative analysis of driver's discomfort. This study will develop road design method and evaluation reflected ergonomic aspects

Key Words : curve radius, road surface condition, safety speed, driver behavior

## 1. 서 론

### 1.1. 연구의 배경 및 목적

교통사고의 원인은 존재 인적요인, 차량요인, 도로환경 요인으로 구분한다. 도로환경 요인은 인적요인과 차량요인에는 별도로 고정적인 요인으로 인적요인과 차량요인이 개선되어도 도로환경이 열악하다면 교통사고 발생위험은 잠재되어 있다.

2010년 우리나라 전체 도로교통사고 226,878건 중에 곡선구간 사고는 208,534건으로 91.9%을 차지하고 곡선구간에서는 16,334건으로 7.2%를 차지하고 있다. 한편, 저사율은 곡선구간에서 6.7%로 직선구간 2.1%에 비해 3배 이상 높게 나타났다.[1] 곡선구간에서 직사율이 높은 이유는 운전자들이 도로선형이 변하는데 비해 이에 맞춰 적절한 주행을 하지 못하여 중앙선 침범, 도로이탈, 공작물 충돌이 일어나기 때문이라고 판단된다.

본 연구는 곡선구간에서 곡선반경과 노면상태에 따라 운전자들이 패적합하 안전함을 느끼는 안전주행 행태를 분석하고자 한다. 곡선구간에서 운전자의 주행특성에 큰 영향을 미치는 요인은 곡선반경으로 곡선반경에 따라 미끄러지지 않고 이탈하지 않는 최대 속도는 물리 식을 통해 산출 할 수 있다. 하지만 운전자들은 미끄러지지 않고 이탈하지 않는 속도로 주행하지 않는다. 그 이유는 운전자들이 곡선구간을 주행하면서 심리적으로 안전할 또는 불안함을 갖게 되는데 주행속도가 증가 할수록 운전자의 불안감은 커져서 물리적으로 안전한 최대 속도에 도달하지 못하기 때문이다. 그러나 현재 곡선구간에서 운전자들이 느끼게 되는 심리적불안감에 대해 정량적으로 분석한 사례가 없기 때문에 우리는 곡선구간에서 운전자들이 패적합하 안전함을 느끼는 주행행태를 찾고 이에 따른 미끄러지지 않고 이탈하지 않는 물리적 속도와의 관계를 도출하여 이것을 심리적 불안감의 크기로 나타내기 위해 두 가지 실험을 계획하였다. 곡선반경 별 패적합하 안전함을 느끼는 안전속도를 알아보기 위한 실험과 노면상태에 따른 운전자의 주행특성을 알아보기 위해 노면상태에 따른 패적합하 안전함을 느끼는 안전속도 실험을 통해 안전주행행태 제수을 산출하여 운전자가 불안감을 느끼지 않고 패적합하 안전함을 느끼는 주행행태를 파악하기 위함이다.

† To whom correspondence should be addressed.
t_safety@hanmail.net



ABSTRACTS

**Methods** Mortality data were obtained from the Ministry of Health, compiled using ICD-10 codes (V01-V89), and organized by GBD type and disaggregated by gender, age, and city.

**Results** The five cities represent 10.4% of total deaths reviewed in reports from 2005 to 2008. Mortality rates varied from 20.0 per 100,000 (Rajshahi) to 42 (Jessore), all above the national rate (12.7). Motorcycles (autos increased by 203.4%, which pedestrian deaths fell by 5.0%, over the decade. The highest pedestrian death rate was observed in Sylhet (6.0/100,000, 39.0% case-fatality). Gross Domestic Product (GDP US$9078). The highest rate of motor-vehicle involvement occurred in Sylhet (33.8 deaths/100,000, 17% motorcycle-bus, GDP US$1004). Disaggregated by age, VRUs between 41 and 50 died at the highest rates.

**Conclusion to the Field** Given high proportion of road traffic fatalities that occur among VRU, policy implications can be gleaned from the results. Based's transit authorities vary from between cities, an analysis of the location of VRU crashes between capitals can be helpful in targeting interventions towards appropriate risk groups.

STUDY ON THE IMPROVEMENT OF LEGAL SYSTEM FOR ENSURING THE SAFETY OF BICYCLE RIDERS--THE CASE OF SEOUL IN KOREA

**Background** The bicycle is emerging as the most alternative green mode. Korea has encouraged bicycle-riding by extending bicycle paths and infrastructure after announcement of the 'Act on Encouraging the Use of Bicycles' in 1995. As the number of bicycle users has been increased, the number of bicycle-related traffic accidents has been increased too. But there are a few studies for bicycle safety.

**Aims/Questions/Purpose** The purpose of this study is improvement of legal systems for bicycle safety.

**Methods** For it, we reviewed the related laws in other countries and reviewed legal studies about safety awareness. Targets of the surveys are bicycle riders group on the bicycle path in the park and normal road. Each questionnaire of group are more than 100 persons.

**Results/Outcomes** We find three main issues with their survey. (1) Compared to 52.1% of riders on the bicycle path in the park, only 12.1% of riders on the normal road put on helmets. (2) Most of them assume they feel annoying for putting on helmets. (3) Even if riders assume they don't know about local region of bicycle. However, female, lower levels of bicycle are country about helmets. For some countries, laws include rules of bicycle safety equipment. The prohibition of rider's behavior and protection. With introducing the laws, Korean legal system should include rules of riders.

**Significance/Contribution to the Field** This study makes foundation of Korea Korean people's attention about bicycle safety. Furthermore we expect that social attitudes will be raised to use bicycle as a safety movement method.

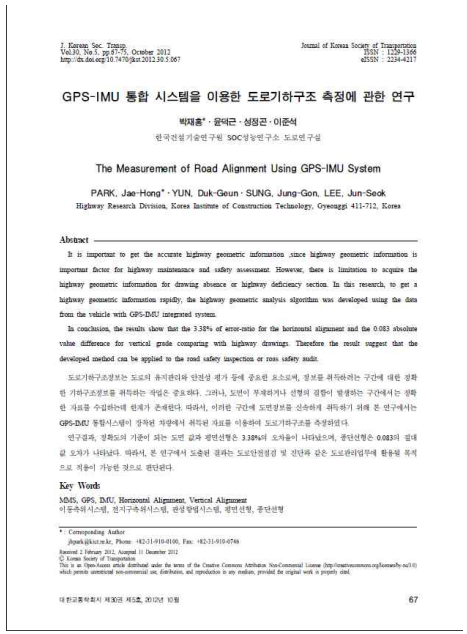
**Acknowledgements** This research was supported by a grant from the Transportation System Innovation Programme (TSIP) funded by the Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs of the Korean government. (10 Transportation System Research)

TOWARDS SUSTAINABLE PEDESTRIAN SAFETY: THE BANGLADESH CONTEXT

**Background** The police-reported recent increase in pedestrian fatality was unsustainable in terms of the annual underreporting of police-reported data.

**Methods** A longitudinal study was conducted based on five months' data during 2009-2010 from the Dhaka Surveillance Hospitals at Uttar Medical-to Bureau registration was used to control the effects of sex, age, and urban-rural. Mortality rate ratio (MRR) was used to quantify the increase in pedestrian fatality.

# [논문 및 학술발표회]

| 도로시설물 측면의 위험요소와 운전자 주행측면의 위험요소가 도로 안전성에 미치는 영향분석 (서울시립대학교) | GPS-IMU 통합 시스템을 이용한 도로기하구조 측정에 관한 연구 (한국건설기술연구원) | Test of Global Positioning System-Inertial Measurement Unit Performance for Surveying Road Alignment (한국건설기술연구원) | 도로시설물 관리를 위한 교통안전표지 인식 및 자동위치 취득 방법 연구 (한국건설기술연구원) |
|---|---|---|---|
|  |  |  |  |

도로시설물 측면의 위험요소와 운전자 주행측면의 위험요소가 도로 안전성에 미치는 영향분석

도로·시설물 측면의 위험요소와 운전자 주행측면의 위험요소가 도로 안전성에 미치는 영향분석

임준빔 · 이수범† · 박진호 · 김다희

The Effect of the Road-Facility Hazard Factor and Driver's Driving Hazard Factor on Road Safety

LIM Joonbeom · LEE Soabeom† · Park Jinho · KIM Dahee

GPS-IMU 통합 시스템을 이용한 도로기하구조 측정에 관한 연구

박재홍* · 윤덕근 · 성정곤 · 이준석

The Measurement of Road Alignment Using GPS-IMU System

PARK, Jae-Hong* · YUN, Duk-Geun · SUNG, Jung-Gon, LEE, Jun-Seok

Test of Global Positioning System-Inertial Measurement Unit Performance for Surveying Road Alignment

JunSeok Lee, DukGeun Yun, and Junggon Sung

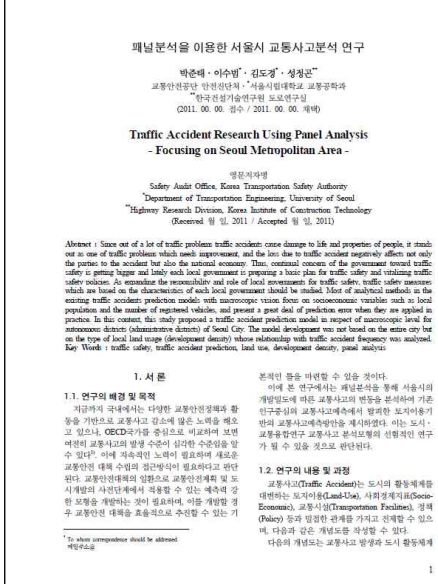
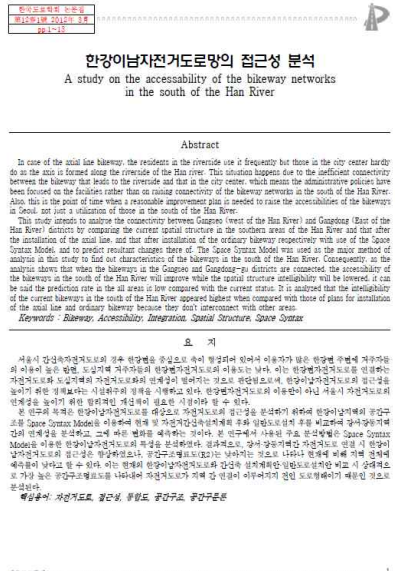
도로시설물 관리를 위한 교통안전표지 인식 및 자동위치 취득 방법 연구

The Road Traffic Sign Recognition and Automatic Positioning for Road Facility Management

이 준 석 Jun Seok, Lee | 정회원 · 한국건설기술연구원 도로연구실 선임연구원 (E-mail: jsalee@kict.re.kr)

윤 덕 근 Duk Geun, Yun | 정회원 · 한국건설기술연구원 도로연구실 수석연구원 (E-mail: dkyun@kict.re.kr)

# [논문 및 학술발표회]

| 패널분석을 이용한 서울시 교통사고분석 연구 (교통안전공단) | 버스전용차로 구간 유형별 버스사고영향요인 분석 기초연구 (교통안전공단) | 한강이남 자전거도로망의 접근성 분석 (교통안전공단) | Micro Simulation을 활용한 도시부 단순입체시설 분합류 구간간격에 관한 실증연구(교통안전공단) |
|---|---|---|---|
|  |  |  |  |

패널분석을 이용한 서울시 교통사고분석 연구

박준태 · 이수범* · 김도경* · 성정곤**

교통안전공단 안전진단처 · *서울시립대학교 교통공학과

**한국건설기술연구원 도로연구실

(2011. 00. 00. 접수 / 2011. 00. 00. 채택)

**Traffic Accident Research Using Panel Analysis - Focusing on Seoul Metropolitan Area -**

영문저자명

Safety Audit Office, Korea Transportation Safety Authority

*Department of Transportation Engineering, University of Seoul

**Highway Research Division, Korea Institute of Construction Technology

(Received 월 일, 2011 / Accepted 월 일, 2011)

Abstract : Since out of a lot of traffic problems traffic accidents cause damage to life and properties of people, it stands out as one of traffic problems which needs improvement, and the loss due to traffic accident negatively affects not only the parties to the accident but also the national economy. Thus, continual concern of the government toward traffic safety is getting bigger and lately each local government is preparing a basic plan for traffic safety and vitalizing traffic safety policies. As streamline the responsibility and role of local governments for traffic safety, traffic safety measures which are based on the characteristics of each local government should be studied. Most of analytical methods in the existing traffic accidents prediction models with macroscopic vision focus on socioeconomic variables such as local population and the number of registered vehicles, and present a great deal of prediction error when they are applied in practice. In this context, this study proposed a traffic accident prediction model in respect of macroscopic level for autonomous districts (administrative districts) of Seoul City. The model development was not based on the entire city but on the type of local land usage (development density) whose relationship with traffic accident frequency was analyzed.

Key Words : traffic safety, traffic accident prediction, land use, development density, panel analysis

## 1. 서 론

### 1.1. 연구의 배경 및 목적

지금까지 국내에서는 다양한 교통안전정책과 활동을 기반으로 교통사고 감소에 많은 노력을 해오고 있으나, OECD국가를 중심으로 비교하여 보면 여전히 교통사고의 발생 수준이 심각한 수준임을 알 수 있다[1]. 이에 지속적인 노력이 필요하며 새로운 교통안전 대책 수립의 접근방식이 필요하다고 판단된다. 교통안전대책의 일환으로 교통안전계획 및 도시개발의 사전단계에서 적용할 수 있는 예측력 강한 모형을 개발하는 것이 필요하며, 이를 개발할 경우 교통안전 대책을 효율적으로 추진할 수 있는 기본적인 틀을 마련할 수 있을 것이다.

이에 본 연구에서는 패널분석을 통해 서울시의 개발밀도에 따른 교통사고의 변동을 분석하여 기존 인구중심의 교통사고예측에서 탈피한 토지이용기반의 교통사고예측방안을 제시하였다. 이는 도시·교통통합연구 교통사고 분석모형의 선형적인 연구가 될 수 있을 것으로 판단된다.

### 1.2. 연구의 내용 및 과정

교통사고(Traffic Accident)는 도시의 활동체제를 대변하는 토지이용(Land-Use), 사회경제지표(Socio-Economics), 교통시설(Transportation Facilities), 정책(Policy) 등과 밀접한 관계를 가지고 진행할 수 있으며, 다음과 같은 개념도를 작성할 수 있다.

다음의 개념도는 교통사고 발생과 도시 활동체제

* To whom correspondence should be addressed.
박준태@소송



검증 스전용차로 구간 유형별 버스사고영향요인 분석 기초연구

박준태 · 김현진 · 김정엽 · 장일운** · 임준빈**

교통안전공단 안전진단처 · *가천대학교 도시계획학과 · **서울시립대학교 교통공학과

(2011. 12. 8. 접수 / 2012. 5. 24. 채택)

**A Basic Study on Analysis of Influencing factor of Bus Accidents in Bus Lane Section**

Jun-Tae Park* · Hyun-Jin Kim · Jung-Yeol Kim · Il-Jun Jung** · Joon-Bum Lim**

Safety Audit Office, Korea Transportation Safety Authority

*Department of Urban Planning, Gachon University

**Department of Transportation Engineering, University of Seoul

(Received December 8, 2011 / Accepted May 24, 2012)

Abstract : Various social problems such as traffic congestion, car accidents and environmental problems(air pollution, noise etc.) have been happening in the Seoul metropolitan area that has the car oriented traffic system providing cars continuously. Along with this, the financial burden caused by current oil price anxiety made paradigm shift from car-oriented to public transportation-oriented. Its typical example is an arterial- branch bus system changing(bus lane through the center of main road) started in Seoul in July, 2004. But study on safety analysis of bus lane and characteristic of accidents are not sufficient enough to now. The bus lanes are expanded to provide roads for better traffic operation and accidents between buses and pedestrians or ordinary vehicles are considered main problem. This study divided each bus route of median bus lane(bus-only lane through the center of main roads) and bus lane at roadside by intersection and collected and analyzed data about influence variables of bus accidents chosen in each section. We constructed a logistic model using collected data. As a result, bus lane at roadside are used by both buses and other kinds of vehicles differently from median bus lane and showed such characteristic in accident influence. Therefore access management to factors causing conflict and improvement of operation management are required. In case of median bus lane, the more buses moving general vehicle lane and traffic volume of section were, the more accidents happened. In case that stop line of center lane is not backward, view blocking of vehicles turning left caused accidents.

Key Words : bus lane, influence factor of bus accidents, transportation safety, logistic regression analysis, odds ratio

## 1. 서 론

### 1.1. 연구의 배경 및 목적

현재 서울시에서는 강남대로, 도봉·마마로, 성산·수색로, 경인·마포로 등 10개 축에서 중앙버스전용차로제를 시행하고 있으며, 왕산로·종로, 장산·역삼구간 등은 가로변버스전용차로제를 시행하고 있다. 서울시의 중앙버스전용차로제 성공[2]으로 경기도 및 대도시광역권도 시행계획이 확충되고 있는 추세이다. 무엇보다 버스전용차로는 안전성을 확보해야 하나 국내의 경우 소통위주의 도로공급에 따라 버스전용차로를 확충하고 있으며, 교통안전측면에서도 교통사고 분석 및 영향요인에 대해 규명 연구는 매우 미흡한 실정이다. 본 연구에서는 서울시를 대상으로, 가로변버스전용차로제를 시행하고 있는 강서·양동구간과 중앙버스전용차로의 버스사고 영향요인을 비교하고자 한다. 이를 위해 다양한 독립변수(설계요소, 교통요소)와의 관계를 로지스틱회귀분석(Logistics Regression)으로 모형화 하고 모형개발 결과를 바탕으로 사고 영향요인을 제시하고자 한다.

* To whom correspondence should be addressed.
jdang@gachon.ac.kr

### 1.2. 연구의 내용 및 과정

본 연구에서는 첫 번째 단계로 문헌고찰을 통하



한국도로학회 논문집
제12권1호 2012년 3월
pp.1~12

한강이남자전거도로망의 접근성 분석

A study on the accessability of the bikeway networks in the south of the Han River

Abstract

In case of the axial line bikeway, the residents in the riverside use it frequently but those in the city center hardly do as the axis is formed along the riverside of the Han river. This situation happens due to the inefficient connectivity between the bikeway that leads to the riverside and that in the city center, which means the administrative policies have been focused on the facilities rather than on raising connectivity of the bikeway networks in the south of the Han River. Also this is the point of time when a reasonable improvement plan is needed to raise the accessibilities of the bikeways in Seoul, not just a utilization of those in the south of the Han River.

This study intends to analyse the connectivity between Gangseo (west of the Han River) and Gangdong (East of the Han River) districts by comparing the current spatial structure in the southern areas of the Han River and that after the installation of the axial line, and that after installation of the ordinary bikeway respectively with use of the Space Syntax Model, and to predict resultant changes there of. The Space Syntax Model was used as the major method of analysis in this study to find out characteristics of the bikeways in the south of the Han River. Consequently, as the analysis shows that when the bikeways in the Gangseo and Gangdong-gu districts are connected, the accessibility of the bikeways in the south of the Han River will improve while the spatial structure intelligibility will be lowered. it can be said the prediction rate in the all areas is low compared with the current status. It is analyzed that the intelligibility of the current bikeways in the south of the Han River appeared highest when compared with those of plans for installation of the axial line and ordinary bikeway because they don't interconnect with other areas.

*Keywords : Bikeway, Accessibility, Integration, Spatial Structure, Space Syntax*

요 지

서울시 간선축자전거도로의 경우 한강변을 중심으로 축이 형성되어 있어서 이용자가 많은 한강변 주변에 거주자들의 이용이 높은 반면, 도심지역 거주자들의 한강변자전거도로의 이용도는 낮다. 이는 한강변자전거도로를 연결하는 자전거도로와 도심지역의 자전거도로와의 연계성이 떨어지는 것으로 판단됨으로써, 한강이남자전거도로의 접근성을 높이기 위한 정책보다는 시설위주의 정책을 시행하고 있다. 한강변자전거도로의 이용만이 아닌 서울시 자전거도로의 연계성을 높이기 위한 합리적인 계획에 필요한 시점이라 할 수 있다.

본 연구의 목적은 한강이남자전거도로를 대상으로 자전거도로의 접근성을 분석하기 위하여 한강이남지역의 공간구조를 Space Syntax Model을 이용하여 현재 및 자전거간선축선계획 추진 단현도로망의 후를 비교하여 강서양동지역 간의 연계성을 분석하고, 그에 따른 변화를 예측하는 것이다. 본 연구에서 사용된 주요 분석방법은 Space Syntax Model을 이용한 한강이남자전거도로의 특성을 분석하였다. 결과적으로, 강서·양동지역만 자전거도로 연결 시 한강이남자전거도로의 접근성은 한강하천보다, 공간구조형태도(2)는 낮아지는 것으로 나타나 현재에 비해 지력 전체 연계성이 낮다고 할 수 있다. 이는 향후의 한강이남자전거도로와 간선축선계획인 단현도로망과 비교 시 상관계수로 가장 높은 공간구조형태도를 나타내어 자전거도로가 지력 간 연결이 이루어지지 않인 도로형태이기 때문인 것으로 분석된다.

*핵심용어 : 자전거도로, 접근성, 통합도, 공간구조, 공간구문론*

한국도로학회 논문집
제14권 제2호 2012년 4월
pp. 63 ~ 72

Micro Simulation을 활용한 도시부 단순입체시설 분합류 구간간격에 관한 실증연구

검증

Empirical Study of Simple Grade Facilities Gap Utilizing Micro Simulation Analysis

김영일 Kim Young Il 산하종합기술(주) 부장 (E-mail : bf01@parat.com)
노정현 Rho, Joong Hyun 한양대학교 도시공학과 교수 (E-mail : jhrho@hanyang.ac.kr)
김태호 Kim, Tae Ho 정회원 · 성균관대학교 시설환경시스템공학과 연구교수 (E-mail : traffic@hanmail.net)
박준태 Park, Jun Tae 정회원 · 교통안전공단 교통안전처 책임연구원 (E-mail : pjt724@naver.com)

ABSTRACT

Current analysis method drives an irrationality a road, signal operation and cause confusion of road such as weaving, bottleneck being not including main traffic flow in analysis subject. Therefore, this research develops analysis method of simple grade facilities to grasp target equipment relationship effect as virtue process to grasp effect of simple grade facilities in city and there is the purpose to apply optimum space of analysis intersection. In this paper, get at effect of simple grade facilities in urban area, as well as, develop new analysis method of simple grade facilities and adapt optimal interval of intersection point. New method of this paper reasonably estimated to optimal interval of the traffic flow(diverge area, merge area). As research result, analysis method to present in this research could clarify vague part of existing analysis method and presume reasonable result. Optimal interval of diverge and merge area with facilities was appeared more then 45m from the main line and more then 45m from the frontage road. Meaning of this paper as follow. First, the effect of simple grade facilities estimate, as consider optimal interval of simple grade facilities in urban can plan efficiently operation planning of road and signal in connection with nearby intersection. Second, new method then previous methods. planner of transportation easily access due to run parallel with existing method. Third, new method is contained through traffic volumes. the existing method did not reflect one. and this new method reduce error to the minimum. when analysis of intersection and link. Fourth, using the new method propose improvement plan with road operation and signal operation.

KEYWORDS

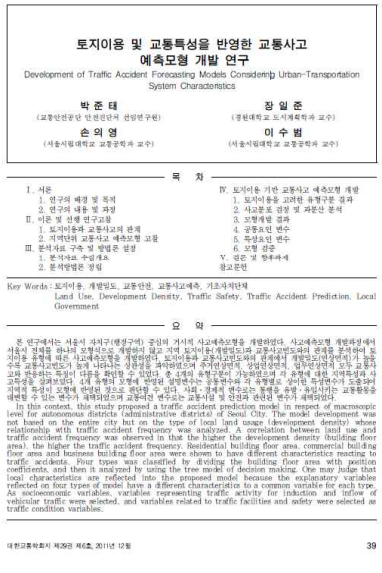
*simple grade facilities, sensitivity analysis, urban street, micro simulation, optimal interval*

요지

가로 및 고차로에 설치된 단순입체시설의 현행 분석기법은 시설을 이용하는 주교통류를 분석대상에 포함시키지 않고 있어 불합리한 도로 및 신호운영을 유도하여 잇감밍현상, 병목현상과 같은 도로의 혼잡을 야기한다. 이러한 여건에도 불구하고 단순입체시설을 이용하는 교통류 분석기법의 연구가 거의 수행된 바 없다. 또한 개략적으로 제시되어 있는 설정기준 역시 여러 가지 도로 및 교통조건을 만족하지 못하고 있는 실정으로, 단순입체시설이 포함된 교차로분석 시 지체증가 과소 추정되는 경향이 있다. 그러므로 본 연구는 도시내 입체시설의 효과를 파악하기 위한 선행과정으로서 대상시설의 효과를 파악할 수 있도록 입체시설의 분석기법을 개발하고 분석교차점의 적정간격을 응용하는데 그 목적이 있다. 본 연구는 다음과 같이 수행하였다. (1) 기존 분석기법의 문제점 제기, (2) 새로운 분석기법의 정의, (3) 시뮬레이션 적용 및 비교검정, (4) 분합류구간의 적정간격에 대한 민감도 분석을 수행한다. 연구결과, 본 연구에서 제시한 분석기법은 기존 분석기법의 모호한 부분을 명확히 하고 합리적인 결과를 추정할 수 있었다. 또한 그 분석기법을 응용하여 분합류구간에 대한 적정간격을 추정한 결과, 분석에서는 65m, 측도에서는 45m로 나타나 최소한 그 이상의 위치에 전속지점을 설치하는 것이 타당하다고 판단된다. 본 연구의 수행으로 얻어지는 가치는 다음과 같다. (1) 당해 시설에 대한 선행연구 또는 분석방법이 없었으므로 대상시설물로 인한 파급효과를 파악할 수 있다. (2) 본 연구의 분석기법은 기존 교차로의 분석방법을 차용함으로써 새로운 분석방법을 숙지하지 않아도 용이한 분석이 가능하다. (3) 본 연구에서 제시한 분석기법에 의하면 기존에 제외된 통과교통량을 포함시켜 분석할 수 있다. 이러한 방법을 통해 교차로 및 가로분석 시에 현황과 동떨어질 수 있는 결과에 대한 오류를 최소화할 수 있다. (4) 새로운 분석기법을 이용하면

# [논문 및 학술발표회]

| 토지이용 및 교통특성을 반영한 교통사고 예측모형 개발 연구 (교통안전공단) | Positive Guidance 기법을 활용한 도로안전성 평가기준 개발에 관한 연구(교통안전공단) | 도로 노면 안전성 분석을 위한 물고임 측정 장비 및 적용성 연구 (로드코리아) |
|---|---|---|



토지이용 및 교통특성을 반영한 교통사고
예측모형 개발 연구

Development of Traffic Accident Forecasting Models Considering Urban-Transportation System Characteristics

박 준 태 (교통안전공단 안전진단처 선임연구원)
장 일 준 (경문대학교 도시계획학과 교수)
손 의 영 (서울시립대학교 교통공학과 교수)
이 수 범 (서울시립대학교 교통공학과 교수)

목 차

I. 서론
1. 연구의 배경 및 목적
2. 연구의 내용 및 과정
II. 이론 및 선행 연구고찰
1. 토지이용과 교통사고의 관계
2. 지역단위 교통사고 예측모형 고찰
III. 분석자료 구축 및 방법론 설정
1. 분석자료 수집개요
2. 분석방법론 정립
IV. 토지이용 기반 교통사고 예측모형 개발
1. 토지이용을 고려한 유형구분 결과
2. 사고분포 검정 및 패턴분 분석
3. 모형개발 결과
4. 공통요인 변수
5. 특성요인 변수
6. 모형 검증
V. 결론 및 향후과제
참고문헌

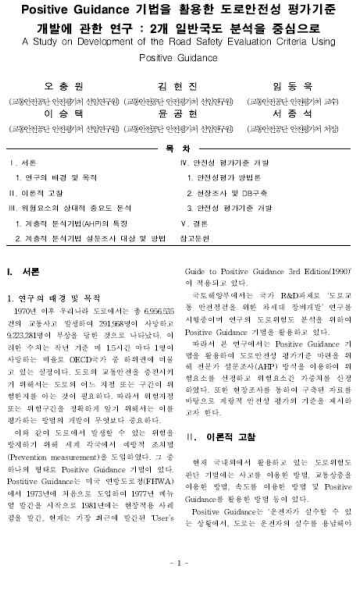
Key Words : 토지이용, 개발밀도, 교통안전, 교통사고예측, 기초자치단체
Land Use, Development Density, Traffic Safety, Traffic Accident Prediction, Local Government

요 약

본 연구에서는 서울시 자치구(행정구역) 중심의 거시적 사고예측모형을 개발하였다. 사고예측모형 개발과정에서 서울시 전체를 하나의 모형식으로 개발하지 않고 지역 토지이용(개발밀도)과 교통사고변수와의 관계를 분석하여 보다 지리적 유형에 따른 사고예측모형을 개발하였다. 토지이용과 교통사고변수와의 관계에서 개발밀도(업무면적)가 높을수록 교통사고변수가 높게 나타나는 상관성을 파악하였으며 주거인구비율, 상업인구밀도, 업무인구밀도 등도 교통사고와 밀접하는 특성이 다양하게 존재할 수 있었다. 즉 신호당 유형구분이 가능하였으며 각 유형에 대한 지역특성과 사고특성을 살펴보았다. 신호 유형의 모형에 반영된 설명변수는 교통량수요 및 유형별로 상이한 특성변수가 도출되어 지역별 특성이 모형에 반영될 것으로 판단할 수 있다. 사회·경제적 변수보다 물리적 요인·유입인자는 교통량등을 대변할 수 있는 변수가 채택되었으며 교육수준 변수보다 교통사고 및 안전과 관련된 변수가 채택되었다.

In this context, this study proposed a traffic accident prediction model in respect of macroscopic level for autonomous districts (administrative districts) of Seoul City. The model development was not based on the entire city but on the type of local land usage (development density) whose relationship with traffic accident frequency was analyzed. A correlation between land use and traffic accident frequency was observed in that the higher the development density (building floor area), the higher the traffic accident frequency. Residential building floor area, commercial building floor area and business building floor area were shown to have different characteristics reacting to traffic accidents. Four types was classified by dividing the building floor area with position coefficients, and then it analyzed by using the tree model of decision making. One may judge that local characteristics are reflected into the proposed model because the explanatory variables reflected on four types of model have a different characteristics to a common variable for each type. As socioeconomic variables, variables representing traffic activity for induction and inflow of vehicular traffic were selected, and variables related to traffic facilities and safety were selected as traffic condition variables.





Positive Guidance 기법을 활용한 도로안전성 평가기준
개발에 관한 연구 : 2개 일반국도 분석을 중심으로

A Study on Development of the Road Safety Evaluation Criteria Using Positive Guidance

오 충 원 (교통안전공단 안전진단처 선임연구원)
김 현 진 (교통안전공단 안전진단처 선임연구원)
임 동 욱 (교통안전공단 안전진단처 과장)
이 승 택 (교통안전공단 안전진단처 선임연구원)
윤 관 현 (교통안전공단 안전진단처 선임연구원)
서 중 석 (교통안전공단 안전진단처 차장)

목 차

I. 서론
1. 연구의 배경 및 목적
II. 이론적 고찰
III. 위험요소의 상대적 중요도 분석
1. 계층적 분석기법(AHP)의 특징
2. 계층적 분석기법 설문조사 대상 및 방법
IV. 안전성 평가기준 기법
1. 안전성평가 방법론
2. 현장조사 및 DB구축
3. 안전성 평가기준 기법
V. 결론
참고문헌

I. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

1970년 대부 우리나라 도로에서는 총 6,996,535건의 교통사고 발생하여 291,568명의 사망하고 9,323,281명이 부상을 당한 것으로 나타났다. 이러한 수치는 적년 기준 에 1.5서곤 아다 1명이 사망하는 매율로 OECD국가 중 최하권에 머물고 있는 실정이다. 도로의 교통안전을 증진시키기 위해서는 도로의 어느 지점 또는 구간의 위험한계를 아는 것이 필요하다. 따라서 위험지점 또는 위험구간을 정확하게 알기 위해서는 이를 평가하는 방법에 개발이 무엇보다 중요하다.

이와 같이 도로에서 발생할 수 있는 위험을 방지하기 위해 세계 각국에서 예방적 조치법(Prevention measurement)을 도입하였다. 그 중 하나의 방법도 Positive Guidance 기법이 있다. Positive Guidance는 미국 연방도로청(FHWA)에서 1973년에 처음으로 도입하여 1977년 예능 일간을 시작으로 1981년에는 해당자들 사례를 발간, 현재는 가장 최근에 발간된 'User's Guide to Positive Guidance 3rd Edition(1990)'이 적용되고 있다.

국도설계부에서는 국가 R&D과제로 '도로교통 안전정책을 위한 차세대 정책개발' 연구를 시행중이며 연구의 도로위험도 분석을 위하여 Positive Guidance 기법을 활용하고 있다.

따라서 본 연구에서는 Positive Guidance 기법을 활용하여 도로안전성 평가기준 마련을 위해 전문가 설문조사(AHP) 방법을 이용하여 위험요소를 선정하고 위험요소간 가중치를 산정하였다. 또한 현장조사를 통하여 구축한 자료를 바탕으로 제공적 안전성 평가의 기준을 제시하고자 한다.

II. 이론적 고찰

현재 국내외에서 활용하고 있는 도로위험도 관단 기법에는 사고를 이용한 방법, 교통상충을 이용한 방법, 속도를 이용한 방법 및 Positive Guidance를 활용한 방법 등이 있다.

Positive Guidance는 '운전자가 실수할 수 있는 상황에서, 도로는 존전자의 실수를 용납해야





도로 노면 안전성 분석을 위한 물고임 측정 장비 및 적용성 연구

Comprehensive Evaluation of Freeway Surface Conditions based on User's Satisfaction

이 진 각 (로드코리아 교통사업본부 이사)
조 영 모 (로드코리아 포장사업본부 차장)
정 철 기 (로드모리아 부사장)
윤 덕 근 (한국건설기술연구원 도로연구실 수석연구원)

목 차

I. 서론
1.연구의 배경
2.연구의 목적
3.연구의 범위
II. 본론
1.기존 문헌 고찰
2.노면 물고임 측정장비
3.현장테스트
III. 결론
참고문헌

I. 서론

1. 연구의 배경
1)연구의 배경

현재, 우리나라는 1983년부터 교통안전기본계획을 수립하고, 교통안전에 대한 지속적인 관심과 노력중에 있다. 특히 포장사고 점관 클이기 운동 등을 통하여 소기의 성과를 거둔 세도 있다.

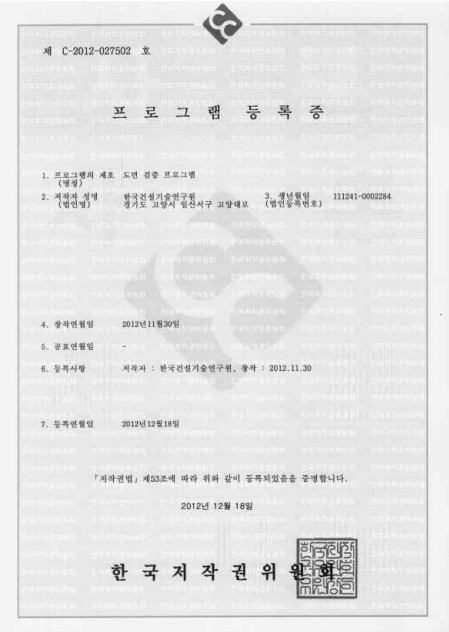
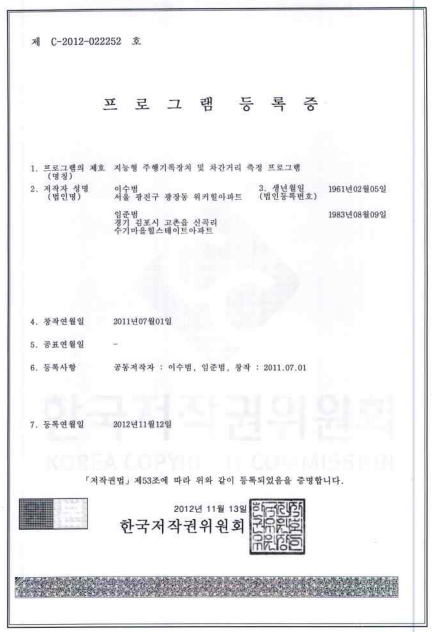
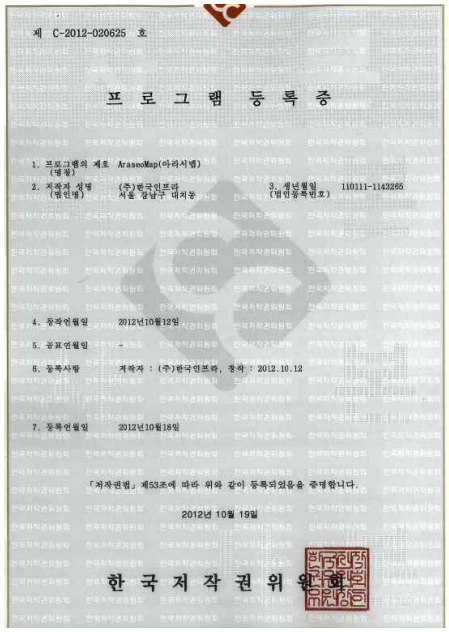
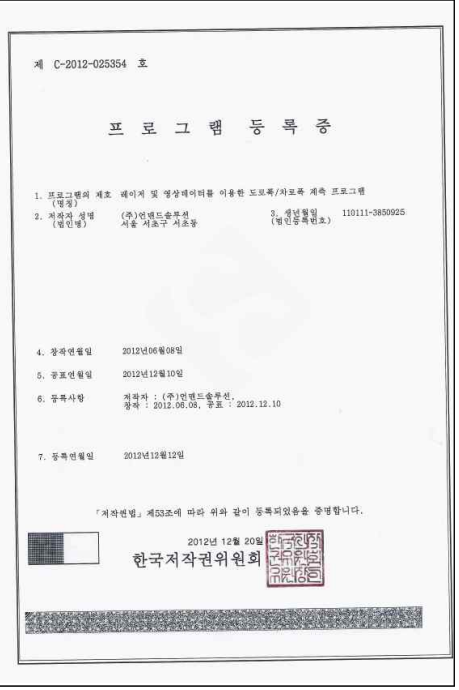
하지만 지난 5년간('06~'10년)간의 교통사고 건수를 살펴보면 전체 교통수단에서 1,105,297건의 사고가 발생하였으며, 이중 31,232명이 사망하고 1,731,154명이 부상하였다. 이는 아직도 하루에 약 85명이 교통사고로 사망하고 있는 것을 한중하는 셈이다. 여기서 주목할 점은 전체사고 중 도로분야에서의 교통사고가 일세 건수의 99.8%, 사망자 수의 95.2%, 부상자수의 99.9%가 차지하고 있다는 것이다.

이는 자동차 1만대 당 사망자수 기준으로 OECD 가입국가와 비교하였을 때 여전히 하위권 수준이며, 2010년 기준 자동차 1만대당 사망자수는 2.64명으로 OECD 가입국가 34개국 중 안전수준이 29위 인 것으로 추정되고 있다.

도로본야의 교통사고는 여러 가지 원인에 따라 나타날 수 있다. 이를 보다 세부적으로 살펴보면, 눈과 비, 안기 등으로 인하여 노면이 상태가 습윤상태에 있거나 노면 물고임 발생 현황, 운전자 시계 등이 결합하여 발생하는 교통사고가 지속적으로 증가하고 있다. 최근 5년('06~'10)간의 사고 발생현황만을 살펴보아도 최시율이 맑은 날씨 비해에 악천후의 경우 약 3배 정도 높은 것으로 나타나, 이에 대한 포장사고 감소대책이 필요한 상태이다.

특히, 이중 도로 노면의 물고임은 소성변형 및 평탄변형이 아라 다양한 형태로 발생하는데, 이때 포장으로 달일 경우, 타이어와 노면 사이에 끼은 물의 막이 생겨 마치 물 위를 떠가듯 같이게 되며, 뒤이어 젖지면과 제동력이 보통 때보다 크게 떨어져 사고 위험을 높이는 수막현상을 일으키고 있다.

# [소프트웨워 등록]

| 도면 검증 프로그램<br>(한국건설기술연구원) | 지능형 주행기록장치 및<br>차간거리 측정 프로그램<br>(서울시립대학교) | 도로교통 안전점검 분석 S/W<br>(한국인프라) | 레이저 및 영상데이터를 이용한<br>도로폭/차로폭 계측 프로그램<br>(언맨드 솔루션) |
|---|---|---|---|
|  |  |  |  |

제 C-2012-027502 호

프 로 그 램 등 록 증

1. 프로그램의 제호 도면 검증 프로그램 (영문)
2. 저작자 성명 (법인명) 한국건설기술연구원 경기도 고양시 일산서구 고양대로 (법인등록번호) 111241-0002284
4. 창작연월일 2012년11월30일
5. 공표연월일 -
6. 등록사항 저작자 : 한국건설기술연구원, 창작 : 2012.11.30
7. 등록연월일 2012년12월18일

「저작권법」 제53조에 따라 위와 같이 등록되었음을 증명합니다.

2012년 12월 18일

한 국 저 작 권 위 원 회

제 C-2012-022252 호

프 로 그 램 등 록 증

1. 프로그램의 제호 지능형 주행기록장치 및 차간거리 측정 프로그램 (영문)
2. 저작자 성명 (법인명) 이수범 서울 광진구 광장동 워커힐아파트 3. 생년월일 (법인등록번호) 1961년02월05일
   임준범 경기 김포시 고촌읍 신곡리 주기마을힐스테이트아파트 1983년08월09일
4. 창작연월일 2011년07월01일
5. 공표연월일 -
6. 등록사항 공동저작자 : 이수범, 임준범, 창작 : 2011.07.01
7. 등록연월일 2012년11월12일

「저작권법」 제53조에 따라 위와 같이 등록되었음을 증명합니다.

2012년 11월 13일

한국저작권위원회

제 C-2012-020625 호

프 로 그 램 등 록 증

1. 프로그램의 제호 AraseoMap(아라서맵) (영문)
2. 저작자 성명 (법인명) (주)한국인프라 서울 강남구 대치동 3. 생년월일 (법인등록번호) 110111-1143265
4. 창작연월일 2012년10월12일
5. 공표연월일 -
6. 등록사항 저작자 : (주)한국인프라, 창작 : 2012.10.12
7. 등록연월일 2012년10월18일

「저작권법」 제53조에 따라 위와 같이 등록되었음을 증명합니다.

2012년 10월 19일

한 국 저 작 권 위 원 회

제 C-2012-025354 호

프 로 그 램 등 록 증

1. 프로그램의 제호 레이저 및 영상데이터를 이용한 도로폭/차로폭 계측 프로그램 (영문)
2. 저작자 성명 (법인명) (주)언맨드솔루션 서울 서초구 서초동 3. 생년월일 (법인등록번호) 110111-3850925
4. 창작연월일 2012년06월08일
5. 공표연월일 2012년12월10일
6. 등록사항 저작자 : (주)언맨드솔루션, 창작 : 2012.06.08, 공표 : 2012.12.10
7. 등록연월일 2012년12월12일

「저작권법」 제53조에 따라 위와 같이 등록되었음을 증명합니다.

2012년 12월 20일

한국저작권위원회

# [홍보 및 정책제안]

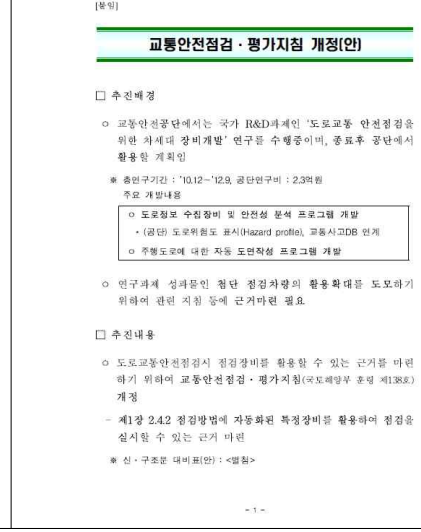
| 2012 국토해양기술대전<br>(한국건설기술연구원) | 첨단 도로조사차량 '아라서' 소개<br>(한국건설기술연구원) | 정책제안<br>(교통안전공단) | |
|---|---|---|---|





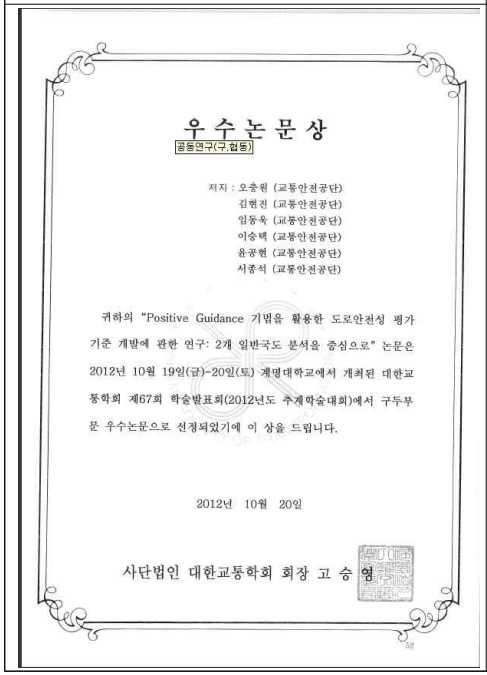




# [포상 및 인력양성 및 현장적용]

| 포상<br>(교통안전공단) | 인력양성<br>(서울시립대학교) | 현장적용<br>(한국건설기술연구원) | 매뉴얼<br>(한국건설기술연구원) |
|---|---|---|---|



우 수 논 문 상

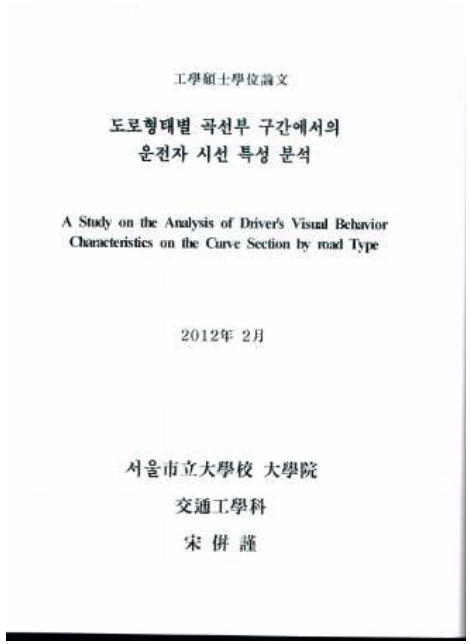
공동연구(구,협동)

저자 : 오충원 (교통안전공단)
김현진 (교통안전공단)
임동욱 (교통안전공단)
이승택 (교통안전공단)
윤공현 (교통안전공단)
서중석 (교통안전공단)

귀하의 "Positive Guidance 기법을 활용한 도로안전성 평가 기준 개발에 관한 연구: 2개 일반국도 분석을 중심으로" 논문은 2012년 10월 19일(금)-20일(토) 계명대학교에서 개최된 대한교통학회 제67회 학술발표회(2012년도 추계학술대회)에서 구두부문 우수논문으로 선정되었기에 이 상을 드립니다.

2012년 10월 20일

사단법인 대한교통학회 회장 고 승 영



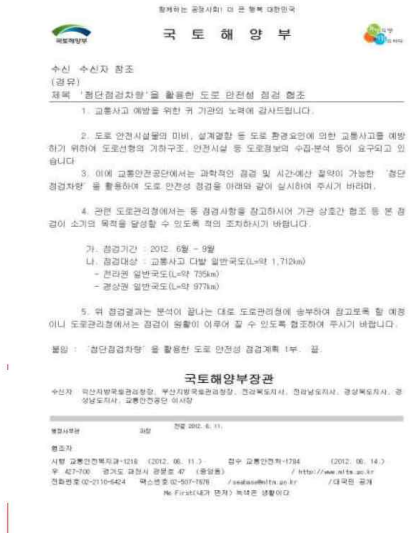
工學碩士學位論文

도로형태별 곡선부 구간에서의
운전자 시선 특성 분석

A Study on the Analysis of Driver's Visual Behavior Characteristics on the Curve Section by road Type

2012年 2月

서울市立大學校 大學院
交通工學科
宋 倂 謹



국 토 해 양 부

수신 수신자 참조
(경유)
제목 '첨단점검차량'을 활용한 도로 안전성 점검 협조

1. 교통사고 예방을 위한 귀 기관의 노력에 감사드립니다.

2. 도로 안전시설물의 미비, 설계결함 등 도로 환경요인에 의한 교통사고를 예방하기 위하여 도로선형의 기하구조, 안전시설 등 도로정보의 수집·분석 등이 요구되고 있습니다

3. 이에 교통안전공단에서는 과학적인 점검 및 시간·예산 절약이 가능한 '첨단점검차량'을 활용하여 도로 안전성 점검을 아래와 같이 실시하여 주시기 바라며,

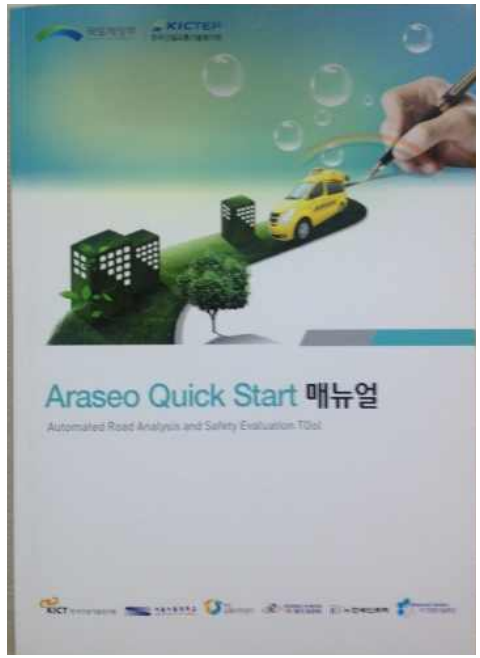
4. 관련 도로관리청에서는 동 점검사항을 참고하시어 기관 상호간 협조 등 본 점검이 소기의 목적을 달성할 수 있도록 적의 조치하시기 바랍니다.

가. 점검기간 : 2012. 6월 ~ 9월
나. 점검대상 : 교통사고 다발 일반국도(L=약 1,712km)
- 전라권 일반국도(L=약 795km)
- 경상권 일반국도(L=약 977km)

5. 위 점검결과는 분석이 끝나는 대로 도로관리청에 송부하여 참고토록 할 예정이니 도로관리청에서는 점검이 원활이 이루어 질 수 있도록 협조하여 주시기 바랍니다.

붙임 : '첨단점검차량'을 활용한 도로 안전성 점검계획 1부. 끝.

국토해양부장관



# 자체평가 의견서

# 자체평가 의견서

1. 과제현황

| 과제코드 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 사 업 명 | 교통체계효율화사업 | | | | | |
| 과 제 명 | 도로교통안전점검을 위한 차세대 장비 개발 | | | | | |
| 연 구 기 관 | 한국건설기술연구원 외 5개 기관 | | 연 구 책 임 자 | | 윤덕근 | |
| 연 구 기 간 연 구 비 (천원) | 연 차 | 기 간 | 정 부 출 연 금 | 기 업 부 담 금 | 정 부 외 출 연 금 | 계 |
| | 1차연도 | 2010.12.14. ~2011.9.29 | 1,430,000 | 480,000 | | 1,910,000 |
| | 2차연도 | 2011.9.30.~ 2012.12.29 | 2,050,000 | 687,000 | | 2,737,000 |
| | 계 | 2010.12.14. ~2012.12.29 | 3,480,000 | 1,167,000 | | 4,647,000 |
| 참 여 기 업 | 로드코리아, 언맨드솔루션, 한국인프라 | | | | | |
| 상 대 국 | | | 상대국 연구기관 | | | |

2. 작 성 일 : 2012.12.21.

3. 평가자

| 소 속 | 성 명 | 서 명 |
|---|---|---|
| 한국건설기술연구원 | 윤덕근 | |

## Ⅰ. 연구개발 실적

| 평 가 항 목 | 가중치 (A) | 평가척도(B) 수 5 | 우 4 | 미 3 | 양 2 | 가 1 | 득점 (A×B) | 평 가 의 견 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **연구수행** | | | | | | | | |
| ① 연구개발 결과의 우수성 및 창의성 | 2 | ○ | | | | | 10 | 창의적이고 우수하며, 목표설정 및 연구대상 설정탁월 |
| ② 연구개발 수행노력의 성실도 | 2 | ○ | | | | | 10 | 성실히 연구가 진행됨 |
| ③ 연구개발 결과에 대한 활용가능성 | 2 | ○ | | | | | 10 | -교통안전을 위한 다양한 분야에서의 활용 가능함<br>-연구결과 활용가능성이 높음<br>-공공기관 활용도가 높으며, 교통사고 예방에 효과적 |
| ④ 연구개발 결과의 파급효과 | 2 | ○ | | | | | 10 | -도로안전진단 및 점검과의 연계성으로 파급효과가 클 것으로 예상 |
| ⑤ 공개 발표된 연구개발 성과 (논문 게제 또는 산업재산권 출원 및 심사 가능성, 발표회개최 등) | 2 | ○ | | | | | 10 | -논문, 특허, S/W, H/W개발 등에서 다수의 연구개발성과를 나타냄 |
| **연구목표 달성도(연구개발계획서상에 기술된 연구목표)** | | | | | | | | |
| ⑥ 총괄 부분 | 2 | ○ | | | | | 10 | -장비개발 및 S/W개발이 사전 설정한 목표를 만족함 |
| ⑦ 도로환경정보 취득 장비 분야 | 3 | | ○ | | | | 12 | -장비 시제품이 충분히 잘 제작되었음 |
| ⑧ 안전성 분석 위험도 판단기법 분야 | 3 | | ○ | | | | 12 | -도로교통위험도 판단기법 개발이 적절함 |
| ⑨ 도면화 및 안전점검 S/W 분야 | 3 | | ○ | | | | 12 | -안전성을 분석할 수 있는 S/W가 잘 개발됨 |
| 소계 전문가 평가점수 (100점 만점) | 20 | 4.8 | | | | | 96 | |

## Ⅱ. 연구개발실적에 관한 의견

### 1. 연구개발결과의 우수성 및 창의성

○ 종합적인 도로안전 측정장비를 국내실정에 맞게 개발하고 분석 S/W까지 제공되어 실용화 가능성이 대단히 높은 연구결과임
○ 차량 주행을 통해 안전성을 점검하는 것은 기존의 방법과 비교시에 시간적, 경제적으로 효과적인면에서 연구개발결과는 우수함

### 2. 연구개발결과의 파급효과

○ 안전점검 및 도로관리에서 본 연구 개발품이 활용 가능하며, 나아가 해외 수출로도 확대가 가능할 것으로 판단됨
○ 도면이 없는 구간에서 도로 정보를 수집 및 분석하고, 도면화로 표출하여 도로관리에도 활용 가능
○ 향후 V2I 분야에 인프라 정보 구축에 활용될 것으로 기대함

### 3. 연구개발결과에 대한 활용가능성

○ 도면이 없는 도로에 대한 기하구조 취득 및 일반 설계기준 안전성 점검
○ 일정기간이 경과한 도로의 교통안전시설 변화 추적
○ 도로에 대해 평균적인 상황에서 위험 구간의 스크린
○ 조건(교통,날씨) 조합별로 특화된 점검자료가 축적될 경우 교통안전진단에 활용

4. 연구개발 수행노력의 성실도

○ 연구개발을 수행하면서 당초 목표보다 기간이 축소됐음에도 불구하고 성실하게 수행하여 당초의 목표를 충실하게 달성한 것으로 판단하여, 성실히 연구개발을 수행함
○ 세부 과제별 협업이 원활하게 이루어짐

5. 공개발표된 연구개발성과(논문·지적재산권·발표회 개최 등)

○ 사전 설정한 연구성과 목표 달성 및 초과 달성함

## Ⅲ. 연구목표 달성도에 관한 의견

1. 총괄

○ 기간이 축소된 상황에서 연구개발 목표를 달성하기 위해 노력을 하였으며, 가시적인 성과가 보임

2. 도로환경정보 취득 장비 분야

○ 도로기하구조 취득과 분리된 차량운행거동을 취득할 수 있는 장비의 활용도가 높을 것으로 예상되므로 적용범위를 정리하여 활용함

3. 안전성 분석 및 위험도 판단기법 분야

○ 교통량 조건 등이 구분되지 않은 평균상황에 대한 위험도를 판단하여, 평균적인 위험구간을 판별하는 성과로 우수함
○ 향후, 교통량, 날씨, 기하구조 조합별로 위험도를 구하는 연구로 확장시에 안전진단 원인과 대책수립에 기여함
○ 주행안전성과 시설안전성은 상호 독립적이라기 보다는 상관성이 높은 관계라 판단됨

4. 도면화 및 안전점검 S/W 분야

○ 도면화 및 안전점검 S/W 분야의 경우 장비로부터 수집된 정보와 분석알고리즘을 반영하여 이를 효과적으로 구현함

## Ⅳ. 종합의견

### 1. 연구개발결과에 대한 종합의견

○ 도로교통안전점검을 수행을 위한 기반 정보 수집 장비를 개발하고 상용화를 위한 Platform장비를 개발함

○ 안전점검 장비에 탑재되어 안전점검 수행을 위한 기반정보를 수집하고 분석할 수 있는 알고리즘은 도로선형분석 알고리즘, 차로폭 분석 알고리즘, 도로폭 분석 알고리즘, 노면물고임 분석 알고리즘을 보완하여 개발함

○ 도로교통 위험도 판단기법 개발의 경우 도로에서의 위험요소 취득을 위한 차량기능을 구성함

○ 도로 주행특성을 반영한 안전기법을 선정하였으며, 이는 도로의 기하구조 특성에 따라 도로 주행특성 및 위험운전 요소를 파악하여 도로환경뿐 아니라 운전자 특성이 반영된 주행특성을 고려한 안전성 분석이 가능하도록 하였음

○ 안전성 기법의 경우 도로환경정보를 이용하여 도면화 S/W 및 위험도 분석 기법을 고려하여 향후 개발한 통합안전점검 S/W를 개발함

### 2. 평가시 고려할 사항

○ 본 연구에서 개발한 차량은 연구종료 후 활용을 위하여 연구기간내에 안전점검에 투입되어 수행하였으며, 정책건의를 통해 추후 장비 활용성을 높임

○ 또한, 안전점검 차량외에 Platform형태의 장비를 개발하여 빠른 실용화 요구에 부응함

○ 도로안전점검에 장비가 활용될 수 있도록 정책제안하여 활용성을 높임

### 3. 연구개발결과의 활용방안 및 향후조치에 대한 의견

○ 장비의 실용화를 위해 실제 도로교통안전진단 및 도로안전점검에 투입하며, 교통안전공단 등의 도로관리기관에 장비를 활용할 계획임

○ 해당 요소기술에 대한 성과도를 높이고자, 특허등록 준비중에 있으며, 분석 알고리즘에 대한 연구논문도 국내·외 학술지에 게재함

○ 현재 신기술 신청중에 있어 신기술 인증시 성과 확산은 더욱 활발해질 것으로 판단됨

# 연구개발결과활용계획서

별지 14. 연구개발결과 활용계획서

# 연구개발결과 활용계획서

| 사 업 명 | 교통체계효율화사업 | | 과 제 번 호 | 10교통체계-미래03 |
|---|---|---|---|---|
| 과학기술표준분류 | Q91 | | 전문분야분류 | W0301 |
| 과 제 유 형 | □기초 ■응용 □개발 | | 실용화대상여부 | ■실용화 □비실용화 |
| 최 상 위 과 제 명 | 도로교통 안전점검을 위한 차세대 장비개발 | | 과제구분 | ■일반 □연구단 □사업단 |
| (핵심·세부)과제명 | 도로교통 안전점검을 위한 차세대 장비개발 | | | |
| 주 관 연 구 기 관 | 한국건설기술연구원 | | 연구책임자 | 윤덕근 |
| 총 연 구 기 간 | 2010년 12월 14일 ~ 2012년 12월 29일( 25개월) | | | |
| 총 연구개발비 (단위 : 천원) | 정부출연금 | 민간부담금 | | 합계 |
| | 3,480,000 | 1,167,000 | | 4,647,000 |
| 협 동 연 구 기 관 | 서울시립대학교, 교통안전공단<br>(주)한국인프라, (주)언맨드솔루션, (주)로드코리아 | | | |
| 참 여 기 업 | (주)한국인프라, (주)언맨드솔루션, (주)로드코리아 | | | |
| 구 분 | 성과활용책임자 | | 성과활용실무자 | |
| 성 명 | 윤 덕 근 | | 이 준 석 | |
| 소속기관/부서 | 한국건설기술연구원/도로연구실 | | 한국건설기술연구원/도로연구실 | |
| E-mail | - | | - | |
| 연락처 | - | | | |

국토해양부소관 연구개발사업 운영규정 제34조(연구개발결과의 보고) 제2항에 의거 연구개발결과 활용계획서를 제출합니다.

붙임 : 성과총람 원고 1부.

2012 년 12 월 29 일

주관연구기관장 : 우 효 섭 (직인)

※ 전자문서로 대체할 수 있음

## 1. 연구개발 개요

| | |
|---|---|
| 연구개발<br>최종목표 | o 본 연구의 최종 목표는 신속하고 객관적으로 수행할 수 있는 도로교통 안전점검 장비를 개발하는 것으로, 도로안전 점검장비가 도로를 주행 후 취득된 데이터를 이용하여 기하구조를 분석하고 이를 도면화 하며, 이를 이용하여 안전성 점검을 수행하는 것임<br>o 안전점검 수행시 기하구조 요인 뿐 아니라 교통환경과 운전자 요소를 고려하여 이를 안전점검에 반영 할 수 있도록 지표를 개발함<br>o 세부 목표는 다음과 같음<br>- 도로교통 안전점검을 위한 기반정보 수집 및 분석 시스템 개발<br>- 도로 및 교통환경을 고려한 도로교통 안전성 분석 시스템 개발<br>- 개발시스템의 현장 시험운영을 통한 안정성 확보 |
| 연구개발<br>개요 | (1) 핵심기술의 정의<br>① 정의<br>o 본 과제는 도로의 안전성을 분석하기 위해 기초자료를 수집하고 분석하여 안전점검에 필요한 정보를 도면화 할 뿐 아니라, 이 정보를 이용하여 도로 및 교통행태를 이용하여 도로의 안전성을 신속하고 객관적으로 분석할 수 있는 차세대 장비를 개발하는 것임<br>o 도로교통 안전점검을 위해 도로교통 안전점검을 수행할 수 있는 장비 및 분석 S/W 등 통합시스템 개발, 취득된 도로환경 정보를 이용하여 도로교통 안전성을 분석할 수 있는 기법개발을 수행함. 또 개발된 시스템을 과제 종료 후 현장에 안정적으로 적용하기 위해 본 과제에서 충분한 현장 시험운영 및 검증을 수행하는 것임<br>② 핵심기술의 범위<br>o 도로교통 안전점검을 위한 장비와 이를 분석할 수 있는 기법 개발을 목표로, 본 연구를 통해 취득되는 핵심기술은 다음과 같음<br>- 도로교통 안전점검 수행을 위한 **기반정보 수집 장비**<br>- 수집정보를 분석하고 안전점검을 수행할 수 있도록 **도면화하는 기술**<br>- 분석된 정보를 이용하여 도로 및 교통환경을 고려한 **도로교통 안전성 종합분석 기법**<br>- 이용자가 쉽게 접근할 수 있도록 도로환경 및 안전성 분석 정보를 구현하는 **S/W 개발**<br>- 현장 시험운영을 통한 안정화된 **도로교통 안전점검 시스템**<br>(2) 연구의 비전<br>① 비전<br>o 연구의 비전은 국가 교통안전증진을 위한 안전성 분석의 효율화, 원천기술의 확보<br>- 도면이 없는 도로가 존재하며, 이러한 도로에 대해 안전점검을 수행할 수 있도록 도로기하구조 및 도로 시설물 정보를 취득하고 도로와 교통환경을 고려하여 이를 신속하게 도면화하고 안전점검 기반 정보를 수집하고 분석 할 수 있는 **도로교통 안전점검 통합시스템 개발**<br>- 분석된 기하구조 및 주변 환경 정보와 운전자를 고려한 교통환경 특성정보를 이용하여 객관적으로 **도로 측면에**서의 안전성을 점검하고, **운전자를 반영한 교통환경 특성**을 분석하며 도로와 교통환경을 고려하여 분석된 도로 안전성 및 기타 요소를 고려하여 도로의 위험 요소를 도로의 위치정보와 함께 표시하여 위험한 지점 정보를 표출할 수 있는 **도로 위험도 프로파일(hazard profile)** 구현하는 **도로 및 교통환경을 고려한 도로교통 안전 분석 기법 개발**<br>- 현장에서 적용이 가능하도록 **다양한 현장의 상태에서 안전 점검을 수행하고 검증하여 안정화된 시스템 개발** |

## 2. 연구개발 결과물

### 2-1. 연구개발 결과(핵심기술 개발 내용)

| | |
|---|---|
| 기술명 | 도로교통 안전점검 분석 S/W 프로그램 등록 |
| 기술개요 | 취득된 도로정보를 이용하여 대상구간의 안전성을 점검하는 분석 프로그램 |
| 기술 실용화단계 | ■실용화 진행 □실용화 완료 □실용화 보류 □실용화 중단 □비대상<br><br>[세부내용]<br>R&D 연구기간내에 실용화를 위한 test작업을 완료하였으며, 실제 도로안전점검에서 활용성 여부를 검토함 |
| 기술 수명주기 | □기술개념 정립기 ■기술 실험기 □기술적용 시작기 □기술적용 성장기<br>□기술적용 성숙기 □기술적용 쇠퇴기 |
| 관련 연구개발 성과<br>(지재권 등) | 논문, 프로그램, 특허 |
| 기대효과 | 도로관리기관의 도로안전점검에 활용될 것으로 기대됨 |

| | |
|---|---|
| 기술명 | Compact 동기화 장치 |
| 기술개요 | GPS-IMU, DMI, CCD 카메라 등의 센서를 동일 위치에서 동시에 취득되도록 동기화 하는 장치 |
| 기술 실용화단계 | ■실용화 진행 □실용화 완료 □실용화 보류 □실용화 중단 □비대상<br><br>[세부내용]<br>R&D 연구기간내에 활용하였으며, 특허 출원을 진행함 |
| 기술 수명주기 | □기술개념 정립기 ■기술 실험기 □기술적용 시작기 □기술적용 성장기<br>□기술적용 성숙기 □기술적용 쇠퇴기 |
| 관련 연구개발 성과<br>(지재권 등) | 논문, 프로그램, 특허 |
| 기대효과 | 자동차 및 측량분야, 제어분야 센서융합기술 분야에 활용될 것으로 기대됨 |

| | |
|---|---|
| 기술명 | 도로교통 안전점검 분석 S/W (도면화 & 도로안전성분석) |
| 기술개요 | 센서를 통해 취득된 자료를 이용하여 자동화를 통해 도면을 생성하는 기술 |
| 기술 실용화단계 | ■실용화 진행 □실용화 완료 □실용화 보류 □실용화 중단 □비대상<br><br>[세부내용]<br>R&D 연구기간내에 실용화를 위한 test작업을 완료하였으며, 실제 도로관리기관의 현장점검에 투입준비 단계 |
| 기술 수명주기 | □기술개념 정립기 ■기술 실험기 □기술적용 시작기 □기술적용 성장기<br>□기술적용 성숙기 □기술적용 쇠퇴기 |
| 관련 연구개발 성과<br>(지재권 등) | 프로그램, 특허 |
| 기대효과 | 도로관리기관의 도로관리, 도로안전점검 및 민간기관 도로정보 수집에 활용될 것으로 기대됨 |

| | |
|---|---|
| 기술명 | 기하구조 수집 장비(ARASEO) |
| 기술개요 | GPS-IMU, CCD 카메라, 레이저 등을 이용하여 도로의 기하구조 정보를 수집하는 장비 |
| 기술 실용화단계 | ■실용화 진행 □실용화 완료 □실용화 보류 □실용화 중단 □비대상<br><br>[세부내용]<br>R&D 연구기간내에 실용화를 위한 test 및 현장점검 수행실적을 도출했으며, 타 지역의 점검을 위해 도로관리기관에서의 활용여부 검토 |
| 기술 수명주기 | □기술개념 정립기 ■기술 실험기 □기술적용 시작기 □기술적용 성장기<br>□기술적용 성숙기 □기술적용 쇠퇴기 |
| 관련 연구개발 성과<br>(지재권 등) | 논문, 프로그램, 특허 |
| 기대효과 | 도로관리기관의 도로안전점검 및 도로안전점검이 필요한 국외 도로기관에 수출효과<br>민간기관 도로정보 수집에 활용될 것으로 기대됨 |

※ 기술별로 작성하되, 여러 기술일 경우 표를 추가하여 작성

## 2-2. 연구개발 성과

| 구 분 | | | 실적(건) |
|---|---|---|---|
| 공공적 성과 | 법 제정 및 개선 | | |
| | 설계기준, 시방서, 지침에 제안 | | |
| | 설계기준, 시방서, 지침에 반영 | | |
| | 정책제안 | | 1 |
| | 정책채택 | | |
| 기술적 성과 | 특허 | 출원 | 7 |
| | | 등록 | 1 |
| | 실용신안 | 출원 | |
| | | 등록 | |
| | 디자인 | 출원 | |
| | | 등록 | |
| | 소프트웨어(S/W) | | 4 |
| | 기타 성과(상표, 서비스 등) | | |
| | 신기술 지정 | | |
| 학술적 성과 | 국내외 학술지 게재 | 일반학술지 | 10 |
| | | SCI(E)학술지 | 2 |
| | 국내외 학술회의 발표 | | 4 |
| 경제적 성과 | 기술실시계약 | | |
| | 사업화/제품화 | | |
| | 현장적용에 의한 비용절감 | | |

## 3. 주요 연구개발 성과 활용계획

| 구 분 | 활용목표 | 활용계획 |
|---|---|---|
| 공공적 성과 | 지침 반영 | 도로설계편람 |
| 기술적 성과 | 시제품 | 기술 사업화 |
| 학술적 성과 | 논문 | 연구성과의 객관성 확보 |
| 경제적 성과 | 사업화 | 기술 사업화 |
| 기타 성과 | | |

## 4. 추적평가시기

| | |
|---|---|
| 희망시기 | □ 과제종료후 3년 □ 과제종료후 4년 ■ 과제종료후 5년 □ 평가면제 |
| 면제신청시 사유 | |

## 【 연구개발 성과 세부 현황 】

### □ 공공적 성과

◎ 법 제정 및 개선

| 순번 | 구분 | 활용구분 | 명칭 | 시행일시 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |

◎ 설계기준, 시방서, 지침에 제안

| 순번 | 구분 | 활용구분 | 설계기준/시방서/지침 명칭 | 제안일시 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |

◎ 설계기준, 시방서, 지침에 반영

| 순번 | 구분 | 활용구분 | 설계기준/시방서/지침 명칭 | 반영일시 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |

◎ 정책제안

| 순번 | 시책명(제안명) | 담당부처·팀 | 제안일시 | 제안내용 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 교통안전점검평가지침<br>개정 협조 요청 | 국토해양부<br>교통안전복지과 | 2012.02.28 | 첨단 점검차량의<br>활용확대를 위한 근거 제안 |
| 2 | | | | |

◎ 정책채택

| 순번 | 시책명 | 담당부처·팀 | 시행일시 | 채택내용 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |

## □ 기술적 성과

◎ 특허

| 순번 | 출원/등록 구분 | 특허 명칭 | 출원일 | 출원번호 | 등록일 | 등록번호 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 출원 | 노면 미끄럼 저항성 측정장치 및 그 측정 방법 | 2012.12.11 | 10-2012-0143730 | | |
| 2 | 출원 | 노면 안전성 분석 장치 및 그 분석 방법 | 2012.10.25 | 10-2012-0119314 | | |
| 3 | 출원 | 도로표지판의 위치검출 방법 | 2012.11.13 | 10-2012-0128394 | | |
| 4 | 출원 | 실측자료를 이용한 도로 자동도면화 방법 | 2012.11.16 | 10-2012-0130430 | | |
| 5 | 출원 | 차량의주행정보를 이용한 도로경사 측정방법 | 2012.11.13 | 10-2012-0128423 | | |
| 6 | 등록 | 휠 스피드 센서 | 2011.04.06 | 2011-0031706 | 2013.01.02 | 10-1219648 |
| 7 | 출원 | 스캐너를 이용한 도로정보수집 시스템 | 2012.11.01 | 10-2012-0122965 | | |
| 8 | 출원 | 카메라를 이용한 차로폭 측정시스템 | 2012.11.01 | 10-2012-0122964 | | |

◎ 실용신안

| 순번 | 출원/등록 구분 | 실용신안 명칭 | 출원일 | 출원번호 | 등록일 | 등록번호 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | | | | | |
| 2 | | | | | | |

◎ 디자인

| 순번 | 출원/등록 구분 | 디자인 명칭 | 출원일 | 출원번호 | 등록일 | 등록번호 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | | | | | |
| 2 | | | | | | |

◎ 소프트웨어(S/W)

| 순번 | S/W 명칭 | 창작일 | 등록일 | 등록번호 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 도면 검증 프로그램 | 2012.11.30 | 2012.12.18 | C-2012-027502 |
| 2 | 지능형 주행기록장치 및 차간거리 측정 프로그램 | 2011.07.01 | 2012.11.12 | C-2012-022252 |
| 3 | 도로교통 안전점검 분석 S/W | 2012.10.12 | 2012.10.18 | C-2012-020625 |
| 4 | 레이저 및 영상데이터를 이용한 도로폭/차로폭 계측 프로그램 | 2012.06.08 | 2012.12.10 | C-2012-025354 |

◎ 기타 성과(상표, 서비스 등)

| 순번 | 구분 | 출원/등록 구분 | 명칭 | 출원일 | 출원번호 | 등록일 | 등록번호 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | |

## □ 학술적 성과

◎ 국내외 학술지 게재

| 순번 | SCI(E)/일반 학술지 구분 | 학술지명 | 논문제목 | 게제일 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 일반학술지 | 한국안전학회 | 대형 할인매장 주차장 이용만족도의 영향요인 분석 | 2012.08 |
| 2 | 일반학술지 | 한국도로학회 | 도로환경특성을 고려한 안전속도 산정에 관한 연구 | 2012.08 |
| 3 | 일반학술지 | 한국안전학회 | 곡선반경과 노면상태에 따른 곡선구간 안전주행 행태분석 | 2012.10 |
| 4 | 일반학술지 | 대한교통학회 | GPS-IMU 통합 시스템을 이용한 도로기하구조 측정에 관한 연구 | 2012.10 |
| 5 | SCI | TRB | Test of Global Positioning System-Inertial Measurement Unit Performance for Surveying Road Alignment | 2012 |
| 6 | 일반학술지 | 한국도로학회 | 도로시설물 관리를 위한 교통안전표지 인식 및 자동위치 취득 방법 연구 | 2013.01 |
| 7 | 일반학술지 | 한국안전학회 | 패널분석을 이용한 서울시 교통사고분석 연구 | 2011.11 |
| 8 | 일반학술지 | 한국안전학회 | 버스전용차로 구간 유형별 버스사고영향요인 분석 기초 연구 | 2012.05 |
| 9 | 일반학술지 | 한국도로학회 | 한강이남자전거도로망의 접근성 분석 | 2012.03 |
| 10 | 일반학술지 | 대한교통학회 | 토지이용 및 교통특성을 반영한 교통사고 예측모형 개발 연구 | 2011.12 |
| 11 | 일반학술지 | 한국도로학회 | Micro Simulation을 활용한 도시부 단순입체시설 분합류 구간간격에 관한 실증연구 | 2012.04 |
| 12 | SCI(E) | KSCE | Development and Identification Algorithm for Horizontal Alignment using Attitude and Positional Data of Vehicle | 2013.05 (개제확정) |

◎ 국내외 학술회의 발표

| 순번 | 국내/국외 구분 | 학술회의 명칭 | 학술회의 개최국명 | 발표일 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 국외 | Safety21012 World conference | New Zealand | 2012.10 |
| 2 | 국내 | 한국안전학회 추계학술대회 | 대한민국 | 2012.10 |
| 3 | 국내 | 대한교통학회 학술발표회 | 대한민국 | 2012.10 |
| 4 | 국내 | 대한교통학회 학술발표회 | 대한민국 | 2012.10 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 국외학술발표 | Safety21012 World conference | Study on the improvement of legal system for ensuring the safety of bicycle riders - the case of seoul in korea - 학술발표 | 2012.10 |
| 2 | 국내학술발표 | 한국안전학회 추계학술대회 | 도로시설물 측면의 위험요소와 운전자 주행측면의 위험요소가 도로 안전성에 미치는 영향분석 | 2012.10 |
| 3 | 국내학술발표 | 대한교통학회 학술발표회 | Positive Guidance 기법을 활용한 도로안전성 평가기준 개발에 관한 연구 | 2012.10 |
| 4 | 국내학술발표 | 대한교통학회 학술발표회 | 도로 노면 안전성 분석을 위한 물고임 측정 장비 및 적용성 연구 | 2012.10 |

## □ 경제적 성과

◎ 기술실시계약

| 순번 | 기술실시계약 명칭 | 기술실시계약체결일 | 실시기업명 | 징수금액(천원) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |

◎ 사업화/제품화

| 순번 | 사업화명 | 업체명 | 사업화형태 | 매출액(백만원) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |

◎ 현장적용에 의한 비용절감

| 순번 | R&D기술 적용현장명 | 공사기간(시작일~종료일) | 시공업체명 | 총 비용절감액(천원) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |

붙 임

# 건설교통기술연구개발사업
# 성과총람 원고

| | |
|---|---|
| 주관연구기관명 | 한국건설기술연구원 |
| 연 구 책 임 자 명 | 윤 덕 근 |

## Ⅰ. 과제 기본정보

| | | |
|---|---|---|
| 사업명 | □건설교통R&D정책인프라 □건설기술혁신 ■교통체계효율화 □미래도시철도 □미래철도 □지역기술혁신 □첨단도시개발 □플랜트기술고도화 □항공선진화 | |
| 최상위과제명 | 도로교통 안전점검을 위한 차세대 장비 개발 | |
| (핵심·세부) 과제명 | 도로교통 안전점검을 위한 차세대 장비 개발 | |
| 연구책임자 정보 | (성 명) 윤 덕 근<br>(전 화) -<br>(이메일) -<br>(소 속) 한국건설기술연구원 도로연구실 | (사 진) |

## Ⅱ. 연구개발 배경 및 목표

### 1. 연구배경

○ 본 과제는 도로의 안전성을 분석하기 위해 기초자료를 수집하고 분석하여 안전점검에 필요한 정보를 도면화 할 뿐 아니라, 이 정보를 이용하여 도로 및 교통행태를 이용하여 도로의 안전성을 신속하고 객관적으로 분석할 수 있는 차세대 장비를 개발하는 것임

○ 도로교통 안전점검을 위해 도로교통 안전점검을 수행할 수 있는 장비 및 분석 S/W 등 통합시스템 개발, 취득된 도로환경 정보를 이용하여 도로교통의 안전성을 분석할 수 있는 기법개발을 수행함. 또 개발된 시스템을 과제 종료 후 현장에 안정적으로 적용하기 위해 본 과제에서 충분한 현장 시험운영 및 검증을 수행하는 것으로 구성함

### 2. 연구목표

○ 본 연구의 최종 목표는 신속하고 객관적으로 수행할 수 있는 도로교통 안전점검 장비를 개발하는 것으로, 도로안전 점검장비가 도로를 주행 후 취득된 데이터를 이용하여 기하구조를 분석하고 이를 도면화 하며, 이를 이용하여 안전성 점검을 수행하는 것임

○ 안전점검 수행시 기하구조 요인 뿐 아니라 교통환경과 운전자 요소를 고려하여 이를 안전점검에 반영 할 수 있도록 지표를 개발함

○ 세부 목표는 다음과 같음

- 도로교통 안전점검을 위한 기반정보 수집 및 분석 시스템 개발
- 도로 및 교통환경을 고려한 도로교통 안전성 분석 시스템 개발
- 개발시스템의 현장 시험운영을 통한 안정성 확보

## Ⅲ. 연구개발 내용 및 결과물

### 1. 주요 연구내용

**(1) 도로교통 안전점검 기반정보 수집 장비 개발**

○ GPS-INS, 영상카메라, 레이저센서, 동기화 장치를 이용한 도로 정보 수집 장비 시제품 및 설계서 제작

○ 시스템 운영 매뉴얼, 도로 조사 매뉴얼, 센서 캘리브레이션 방법 연구 및 매뉴얼 작성

○ 도로 선형 분석 알고리즘 개발

○ 쾌청일 기준으로 90% 이상의 갈매기 표지 등 시설물 인식을 할 수 있는 도로시설물 정보 분석 알고리즘을 개발

○ 도로폭 인식, 주행차로폭 인식, 노면 물고임 및 마찰력 측정 시스템 개발

○ 각종 센서를 통합하고 거리별 시간별 동기화하는 시스템 개발

○ 노면 안전성 분석 시스템의 현장 시험운영, 적용 및 보완

**(2) 도로 교통 위험도 판단 기법 개발**

○ 교통환경을 고려한 안전성 분석 방법론 개발

○ 국도 및 지방도의 통합 안전성 분석 모형 개발

○ 도로교통사고 DB와 위험도 프로파일과의 연계, 적용방안 개발

○ 개발된 시스템의 현장 시험 운영 및 문제점 분석, 정확도 검증

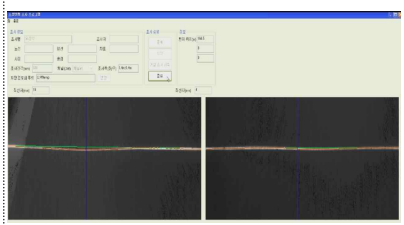
**(3) 도로환경을 고려한 안전성 분석 기법 개발**

○ 점검 차량으로부터 취득된 선형, 도로폭, 차로폭, 시설물 인식 결과를 이용한 도면화 S/W 개발 및 개발된 선형 알고리즘을 구현하는 알고리즘 분석 모듈 개발

## 2. 연구개발 결과

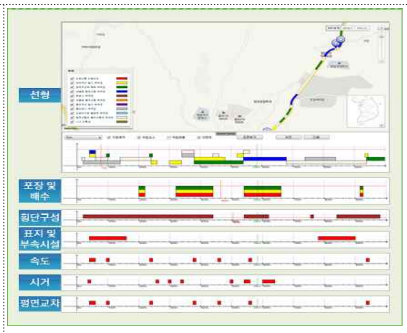
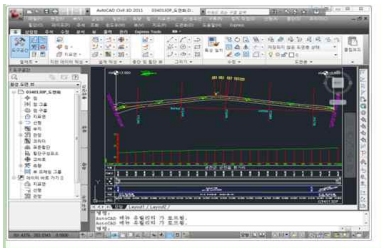
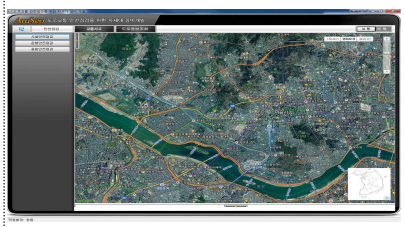
※ 관련사진을 반드시 첨부하고, 캡션으로 설명

### (1) 도로교통 안전점검 기반정보 수집 장비 개발

| | | |
|---|---|---|
| ○ 자동도로조사 분석 및 안전점검시스템 | ○ GPS-INS, 레이저, CCD 카메라 등이 설치된 차량으로써, 도로안전점검시 활용됨 |  |
| ○ Compact 동기화 장치 | ○ 각종 센서에서 수집되는 자료를 PPS 신호를 이용하여 동기화시켜 주는 장치 |  |
| ○ GPS Broadcaster | ○ Serial통신을 랜통신으로 바꾸게 만들어 주는 기계 장비 |  |
| ○ 텍스트레이저 장비 | ○ 노면 마찰력을 계측하는 장비 |  |
| ○ 물고임 측정 장비 | ○ 노면 물고임 측정장비 |  |

### (2) 도로 교통 위험도 판단 기법 개발

| | |
|---|---|
| ○ 국내·외 학술논문 | ○ 도로교통 위험도를 판단하기 위한 연구논문 |

| | | |
|---|---|---|
| ○ 도로 및 주행특성을 반영한 위험도 판단기법 | ○ 차량으로부터 취득한 정보를 위험하여 도로 및 주행특성을 고려한 위험도 판단기법을 개발하여 위험도 프로파일 및 안전주행속도 도출 | <br><위험도 프로파일> |
| **(3) 도로환경을 고려한 안전성 분석 기법 개발** | | |
| ○ 도면화 S/W | ○ 차량으로부터 취득한 정보를 이용하여 자동으로 일정간격(500m) 단위로 도면을 생성하는 S/W로 도로선형분석 알고리즘이 탑재 |  |
| ○ 도로교통 안전점검 분석 S/W | ○ 위험도 분석기법을 이용하여 대상노선의 안전성을 자동적으로 분석하는 S/W |  |

## 3. 연구개발 성과

### (1) 공공적 성과

○ 도로관리자는 주행안전성 자료를 가지고 도로개선, 안전시설 개선 등에 활용할 수 있음

○ 연구를 통해 개발된 표지판, 노면표지 자동 인식 모듈은 도로 시설물 유지관리를 위한 DB 생성에 유용하게 활용됨

○ 위험운전에 대한 운전자들의 특성들이 누적되면 도로 설계시 위험 주행특성을 피할 수 있는 설계나 시설물 설치의 가이드라인 제시가 가능할 것으로 판단됨

### (2) 기술적 성과

○ 본 연구에서 개발된 MMS 시스템(이동측량 차량시스템)을 도로분야에 적용하여 도면화 및 안전성 분석을 수행하는 기술개발은 새로운 분야의 시장을 개척

○ 외산에 의존하는 GPS- IMU 후처리 모듈이나 레이저와 영상 합성 모듈을 국산화 가능

### (3) 학술적 성과

○ 한국형 도로위험도 판단을 위한 기초분야인 위험요소에 대한 정의 및 분석 알고리즘을 개발하였음

○ 본 연구를 통해 개발된 주행 안전성 평가기준을 통해서 운전자가 도로를 주행할 나타나는 인간공학적 특성과 그것이 반영된 주행행태를 분석함으로써 좀 더 현실적인 운전자로 인한 사고원인 해명이 가능함

### (4) 경제적 성과

○ 레이저와 영상과의 합성 기술은 도로의 3차원 GIS Data생성에 활용될 수 있으며 관련 장비의 국산화를 통한 비용 절감 효과

○ 연구된 성과물에 대하여 국가차원의 공동 활용을 위한 성과물 전담기관과 연계해 품질 및 시방기준, 신기술, 특허 등 연구 성과 검증 서비스를 통해 연구 성과의 공동 활용 및 사업화 등 부가가치 창출에 기여

### (5) 기타 성과

○ 도로교통안전점검 및 도로교통안전진단 등 도로교통안전사업 시행시 활용할 수 있는 기술개발로 도로업무를 수행하는 기관 및 사업체에 기술보급이 가능하여 새로운 시장 형성에 기초자료로써 활용

## Ⅳ. 활용계획 및 기대효과

### 1. 활용계획

○ 본 연구에서 개발된 안전점검 차량은 도로관리기관(교통안전공단)에서 시행하고 있는 도로안전성점검에 활용(2012.06)되었으며, 본 시제품의 홍보를 위해 국토해양대제전 등에도 참여하였음

○ 연구 종료 후(2013년), “도로안전성 분석연구 관련” 현장점검 투입(국토교통부 간선도로과 요청 전국지방 국도, 국지도 2013.3 ~ 2013.5 약1,400km) 예정이며, 해외 시장으로의 진출을 위해 지속적인 대외활동 참여(EASTS, 대만) 등의 홍보 계획을 수립함

○ 본 연구의 성과물의 홍보 및 기술적 검증을 위하여 교통신기술 신청 및 평가를 계획함

○ 도로관리기관 및 교통안전관련기관에서는 특별안전진단 및 도로안전점검을 지속적으로 추진 중이며, 이에 본 연구의 성과물이 활용될 것으로 기대됨

○ 또한, 상용화를 위하여 추가적으로 개발된 Platform장비에 대하여 공공기관 및 민간업체에 도로관리를 위하여 활용 가능함

### 2. 기대효과

○ 기존 도로안전점검에 안전성분석 차량을 이용한 도면화 S/W 및 안전성 분석 S/W를 활용하여 투입되는 인력 및 시간소요를 감소 시킬 수 있음

○ 국내 기술력으로 개발된 차량은 수입품 대비 경쟁력 확보, 수입 대체 효과 및 다양한 도로 및 교통환경을 반영 할 수 있는 평가시스템 기술력 확보

○ 개도국 중심의 해외에 도로정보 구축 및 안전점검 분석을 위한 시스템으로 활용 가능

### 3. 선진 기술수준과의 기술격차 해소

※ 구체적인 수치로 설명(예:년,%)

○ 장비를 이용하여 도로의 자산관리 목적으로 포장상태 점검, 시설물 정보 취득 등은 선진국과 대등한 수준(선진국 대비 100%)을 나타내고 있어 수입품 대체 효과를 기대할 수 있음

○ 그러나 자동으로 선형을 분석하고, 도면화 형태로 표시, 취득된 정보를 이용하여 안전점검을 수행한 기술은 선진국보다 먼저 시작하여 자동으로 도로선형정보 등의 분석기술은 선진국의 기술력을 넘어선 것으로 판단함

[붙임]

# 최종평가결과 및 평가위원 의견사항 보완대비표

## □ 과제정보 및 평가결과

| 과제명 | 주관연구기관 | 연구책임자 | 평가결과 | | | 판정 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 위원회 중위평균 | 진도점수 | 최종점수 | |
| 도로교통 안전점검을 위한 차세대 장비개발 | 한국건설기술연구원 | 윤덕근 (인) | 80.43 | 7.85 | 80.24 | 성공 |

## □ 종합의견

| 구분 | 보완요청내용 | 보완답변 (해당 보고서 페이지 기재 또는 보완 증빙서류 별도 제출) | 보완불가사유 |
|---|---|---|---|
| 수정.보완사항 | ■ *아래 의견을 중간보고서 및 차년도 연구개발계획서에 반영* | | |
| | ○ 연구목표는 달성한 것으로 판단되나, 다음 내용을 보완하여 연구의 완성도를 높일 것 | | |
| | ○ 기존 개발된 장비와 차별화되는 사항들을 중요도 또는 우선순위에 근거하여 도출하고 현장에서의 활용방안과 연계하여 제시 필요 | ○ 기존 개발된 장비는 도로포장조사가 주된 목적이지만, 본 연구에서 개발된 장비는 도로안전성 점검을 목표로 기하구조 정보취득, 시설물 인식, 노면상태 점검 등의 도로안전점검에 우선순위가 있으며, 이를 활용한 연계방안을 제시함(p.669~669) | |

| 구분 | 보완요청내용 | 보완답변<br>(해당 보고서 페이지 기재 또는 보완 증빙서류 별도 제출) | 보완불가사유 |
|---|---|---|---|
| | ○ 제품의 상세 사양 및 성능, 여러 장비 및 센서의 통합에 따른 장점 외 제약요건이나 한계점을 보고서에 추가할 것 | ○ 해당 내용은 최종보고서 제1-4절(p.177)과 차량 매뉴얼에 제시함 | |
| | ○ 플랫폼 장비의 해외진출을 위하여 기술적 문제(차량 종류별 플랫폼 장비 탈부착 방안, 보정, 케이블 연결 등) 보완방안 제시 필요 | ○ 루프케리어를 활용하여 차량 종류에 대한 제약조건을 완화함(p.194)<br>○ 케이블 연결 : 차량 내부와 상부 플랫폼과의 전원 및 신호 연결을 위하여, 각 신호에 맞는 모듈형 커넥터를 향후 고려중임<br>- 모듈형 커넥터 : IP등급 67 이상으로 산업전반에 사용 중인 커넥터를 의미하며, 커넥터 내부에 모듈화된 단자를 조립하여 사용함으로써 다양한 전원 및 신호를 한번에 연결함(p.673) | |
| | ○ 개발된 장비는 도로의 정보 수집뿐 아니라 전반적인 도로 이력관리 및 점검 유지에도 활용할 수 있으므로 이러한 점을 부각시켜 장비의 활용성을 기술할 것 | ○ 장비의 활용성을 '제5장 연구개발결과의 활용계획'에 제시함(p.673~675) | |
| | ○ 경제적 기대효과의 산정근거를 구체적으로 제시하고, 경제성 분석 시, 인력 대체 효과와 정확한 안전진단을 통한 사고 감소 효과를 포함시켜 계량화 할 것 | ○ 사회·경제적 효과에 제시하였으며, 경제적 기대효과의 산정근거는 기존 보고서에 제시된 내용에 근거하여 효과를 제시함(p.669~671) | |

## □ 평가위원별 검토의견

| 구분 | 보완요청내용 | 보완답변<br>(해당 보고서 페이지 기재) | 보완불가사유 |
|---|---|---|---|
| 평가위원(A) | ○ 전체적으로 연구개발의 수행과정이 비교적 성실하고 과업목표에 대한 달성치가 평가기준에 모두 달성하고 있어서 전반적으로는 우수한 보고서라고 생각함 | | |
| | ○ 시제품의 상용화를 위한 현실적인(제원, AS 등) 계획의 구축필요 | ○ 시제품에 설치된 각 센서의 제원은 '제3-1절' 에 제시(p.233~274)했으며, 상용화를 위해서는 차종에 구분없이 부착이 가능해야하며, 이에 대한 차량개조, 장비설치, 구동 방안을 '제1-5절'에 제시함(p.188~194) | |
| | ○ 플랫폼 형태의 장비시스템의 개량에 대한 계획 필요 | ○ 플랫폼 형태 장비 개량에 대해서는 추가 연구를 추진중임(p.673) | |
| | ○ 안전속도의 계산법에 대한 객관적 신뢰방법의 제시가 있으면 좋겠음 | ①구간별 안전속도 추정방법을 제시하면서 기존연구에서 이용된 식을 제시하였고, 본 연구에서는 수많은 실험을 통해 운전자들의 주행행태를 추가하여 최종 계산법을 산출함<br>②다양한 실험을 통해 제시되는 계수값이므로 객관적인 신뢰검증은 통계적분석을 통하여 정규성을 검증함<br>③최종모형은 보편적으로 사용되어져왔던 Lamm분석과 비교를 통해서 객관적 검증을 수행함(p.390~395) | |

| 구분 | 보완요청내용 | 보완답변<br>(해당 보고서 페이지 기재) | 보완불가사유 |
|---|---|---|---|
| 평가위원(B) | ○ 전체적인 연구 성과는 달성된 것으로 판단됨 | | |
| | ○ 경제성 분석 시, 인력 대체 효과와 정확한 안전진단을 통한 사고 감소 효과를 포함시켜 계량화하는 것이 바람직함 | ○ 사회·경제적 효과에 제시하였으며, 경제적 기대효과의 산정근거는 기존 보고서에 제시된 내용에 근거하여 효과를 제시함(p.699~671) | |
| | ○ 안정성 분석 결과로 도출된 특정구간의 안전성 위협요소들을 계량적으로 보여줄 수 있는 기능을 추가하고 향후 위협요소를 제거할 경우, 안정성 향상 정도를 요인간의 상관관계를 고려하여 추정할 수 있는 기능이 추가되기 바람 | ○ 종합안전성 분석 S/W에서는 시설안전점검, 운행안전점검, 종합안전점검기능을 보유하고 있어, 위험요소별로 점검이 가능하며, 각 안점점검 항목별로 세부위험요소를 선택할 수 있어 안정성 향상 정도 추정이 가능함(p.616) | |
| 평가위원(C) | ○ 향후 iRAP 등의 국제 기준을 준용하여 본 연구에서 제안한 종합안전점검 기준에 대한 객관적인 검증이 필요하다고 판단됨 | ○ iRAP은 국제 기준이 아닌 하나의 프로그램이며, 본 연구에서는 실제 사고가 발생한 구간과의 매칭을 통한 안정성 평가 결과를 제시함으로써 성능을 검증함(p.361) | |
| | ○ 향후 본 연구에서 분석한 연속류 외에 교차로, 횡단보도, 신호등 등이 복잡하게 얽힌 실제 도로상황에서의 도로교통 안전점검 방법에 대한 추가 연구가 필요함 | ○ 본 연구과제의 연구개발계획서에는 연속류도로를 대상으로 과제를 수행하는 것으로 제시했으며, 교차로, 횡단보도 등의 안점점검은 이벤트 기능을 사용하여 수행함(p.73~74) | |

| 구분 | 보완요청내용 | 보완답변<br>(해당 보고서 페이지 기재) | 보완불가사유 |
|---|---|---|---|
| 평가위원(D) | ○ 연구의 목표 달성도, 연구의 수행과정, 성과등을 종합적으로 평가해 볼 때, 전반적으로 연구결과의 활용성이 큰 우수한 연구라고 판단됨 | | |
| | ○ 연구 성과에 대한 학술적, 기술적 contributions를 체계적으로 정리하여 제시할 필요 | ○ 본 과제를 통해 16건 이상의 학술적 성과가 발생 했으며, 노면측정, 주행안전성평가, Positive Guidance, 시설물 인식 등의 다양한 분야의 논문 성과를 발생한 점에 의미가 있음<br>○ 또한, 국내 기술로 도로 안전성을 점검하는 차량을 개발한 점에서 기술적 기여도가 있으며, 목표 달성도 및 관련분야에의 기여도에 제시함(연구개발결과 활용계획서에 제시함) | |
| | ○ 기존 장비와 차별화되는 사항들을 중요도 또는 우선순위에 근거하여 도출하고 현장에서의 활용방안과 연계하여 제시할 필요 | ○ 기존 개발된 장비는 도로포장조사가 주된 목적이지만, 본 연구에서 개발된 장비는 도로안전성 점검을 목표로 기하구조 정보 취득, 시설물 인식, 노면 상태 점검 등의 도로안전점검에 우선순위가 있으며, 이를 활용한 연계방안을 제시함(p.673~675) | |
| | ○ 향후 추가로 개발할 필요가 있는 기술들을 정리하고 future research directions 제시할 필요 | ○ 위험요소 개선시의 효과 분석 기술 들이 향후 추가 개발 기술로 정리됨(p.673) | |
| | ○ 노면정보 추출 항목 중 '물고임'을 detection하는 것은 도로교통안전점검/진단시 대단히 유용하게 활용할 수 있는 내용으로 판단됨 | | |
| | ○ 위험도분석을 위해 도출한 '안전속도'라는 개념을 정립하고 주행속도와 비교하여 위험구간을 추출하고자 한 노력은 학술적으로도 대단히 의미있는 작업이라고 생각함. 다만, 본 연구의 안전속도 개념이 기본적으로는 운전자의 perceived comfort를 바탕으로 제시된 것이므로, 단순히 안전속도라고 표시하는 것은 불필요한 오해를 초래할 가능성도 있다고 생각합니다. 대체 용어 제시 또는 충분한 background 설명이 필요할 것으로 판단됨 | ○ 안전속도는 평가위원의 의견처럼 편안함을 느끼는 주행속도의 의미가 맞음. 이에 대한 정의와 설명을 보고서에 기재함(p.281~282) | |

| 구분 | 보완요청내용 | 보완답변<br>(해당 보고서 페이지 기재) | 보완불가사유 |
|---|---|---|---|
| 평가위원(E) | ○ 본 장비는 도로의 사양과 제원 평가에도 유리하나 전반적인 도로 이력관리 및 점검유지에 필요한 사항으로 판단함 | ○ 본 장비의 도로안전점검을 통해 도로에 대한 안전성평가가 가능하며, 평가 결과 및 도로기하구조 정보에 대한 DB를 구축하여 도로 이력관리 및 점검유지도 가능함 | |
| | ○ 경쟁사 대비 항목별 비교 평가가 가능한 부분이 있으면 상세히 표시 바람 | ○ 도로 안전성 점검 차량의 기능별 활용사항을 정리하여 첨부함(p.34) | |
| | ○ 성능평가를 위한 표준시험조건의 제안 가능여부 판단하기 바람(가용 예산 대비) | ○ 차량의 주행속도 80㎞/h에서 기하구조 수집 장비의 취득율을 검정했으며(p.123), 영상에 대한 수집은 맑은날씨와 흐린 날씨로 구분하여 시험조건을 제시함(p.164)<br>○ 또한, 물고임 및 노면 거칠기 관련하여 센서 자체에 대한 기준(ASTM)을 제시 하였으며, 속도별 조사결과를 제시함(p.277~279) | |
| | ○ 종합안전성 평가를 위한 모형개발 시 다양한 인자별 원인이 고려되어야 함. 예를 들면 위험도 평가 시 구간별 사고발생 원인이 반영되어야 할 것으로 판단됨, 이를 반영할 때 결과가 상이할 것으로 판단되는데 가능여부 검토요망 | ○ 종합 안전성 평가 모형에서는 사고와 관련된 주행특성요인(감/가속도, 주행속도 등), 도로시설요인(시설물, 기하구조 등)이 반영되어 있으며, 기상 조건,노면 상태에 따른 결과를 비교 제시함(p.356~358) | |

| 구분 | 보완요청내용 | 보완답변<br>(해당 보고서 페이지 기재) | 보완불가사유 |
|---|---|---|---|
| 평가위원(F) | ○ 연구 수행 내용의 충실도와 목표 달성도가 꽤 높은 연구사업으로 평가할 수 있겠음 | | |
| | ○ 연구 성과에 대한 표면적 달성 결과 외에 기획시 3차년도 사업이 2년으로 조정됨에 따라, 당초 목표로 가져갔으나 제약을 받거나 후속 과제로 남겨두게 된 사항들도 보고서에 기술되었으면 좋겠음 | ○ 플랫폼장비의 추가 보완부분에 대한 내용을 제시함(p.673) | |
| | ○ 해외시장을 겨냥한 제품 상용화에 따른 기술적 해결 이슈(차량 별도 플랫폼화에 따른 탈부착 방안, 캘리브레이션 간편화, 케이블 연결, 내구성 테스트 등) | ○ 플랫폼 형태 장비 개량에 대해서는 추가 연구를 추진중임(p.673) | |
| | ○ 여러 장비 및 센서의 통합에 따른 장점 외 제약 요건이나 한계점 | ○ 해당 내용은 최종보고서 제1-4절(p.177), 최종보고서 부록( '차량 운영 매뉴얼' 2장)에 제시함 | |
| | ○ 점검 항목 감지 최적 운행 요건[기타 미세한 사항] | ○ 해당 내용은 최종보고서 제1-4절에 제시함(p.177) | |
| | ○ 보고서 요약서 내 연구비 금액 단위 오류(천원 -> 백만원) | ○ 수정함 | |
| | ○ '안전속도' 명칭이 법적 설계(제한)속도와 혼동됨 -> '쾌적속도' 와 같이 운전자가 심리적으로 편안하게 느끼는 속도임을 명시 | ○ 안전속도와 설계속도 등 다른 속도의 정의와 설명을 추가함. 본 연구에서 제시한 속도는 물리적으로 안전한 속도값과 직선부에서의 제동거리 행태 등이 반영되었으므로, 운전자의 쾌적성만을 고려했다고 할 수는 없다고 판단됨 | |
| | ○ 안전점검 S/W용 GIS 웹맵 플랫폼 현재 네이버 기반 -> 향후 국토부 국가공간정보통합체계(오픈플랫폼) 활용해야함 | ○ 오픈플랫폼 활용 계획을 마련 중이며, 관련 전자지도 API 검토중임<br>○ 판매 시장 확대와 서비스 데이터 품질을 고려하여 계획중 해외시장 -> 구글 기반, 국내시장 -> VWorld 기반(p.675) | |
| | ○ 안전점검 S/W 경우 클라이언트별 Stand-alone형 -> 상용화 방식과 배포 및 업그레이드 방안 고려 | ○ 안전점검 S/W를 플렉스 기반으로 개발하여 향후 인터넷 환경으로 전환 또는 업그레이드가 가능하도록 기반을 구성하였으며, 데이터베이스도 상용화하는데 문제가 없도록 MS-SQL 2008 Express 버전을 사용함 | |

## □ 전문기관 검토의견

| 보완요청내용 | 보완답변<br>(해당 보고서 페이지 기재 또는 보완 증빙서류 별도 제출) | 보완불가사유 |
|---|---|---|
| <최종보고서><br>○ 본 과제는 전반적인 수행체계 및 성과가 무난히 진행된 것으로 판단되나, 개발된 기술의 실용화 및 성과의 활용 방안을 구체적으로 제시할 필요가 있음 | ○ 연구개발의 활용계획에 수정하여 제시함(p.673) | |
| ○ 최종보고서의 다음 사항들은 보완 필요<br>- 보고서의 구성 체계 수정 필요(각 기관별 보고서를 단순 취합하지 말고 최종보고서 목차에 맞게 재구성) | ○ 최종보고서 목차에 맞게 재구성함 | |
| - 매뉴얼 및 조사 시트/내용 등은 별권(부록)으로 구성 | ○ 로드코리아(매뉴얼), 시립대(조사서), 공단(AHP설문)은 부록으로 별권 처리함(부록) | |
| - 2차년도 수행 내용으로 update 요망(시립대 p.154 등은 1차년도 중간보고서 copy & paste) | ○ 2차년도 내용으로 수정하여 반영함<br>○ 경제적편익을 산출하여 제시함 | |
| - 각 기관 별 제시한 연구개발 결과의 활용계획 및 기대효과는 구체적으로 수치화 시키고, 향후 실용화 계획 및 개발된 장비의 활용 계획을 수록 할 것 | ○ 2차년도 보고서 중 연구개발결과의 활용계획에 제시함 | |
| - 본 과제 결과물로 얻어지는 경제적 편익을 제시할 것(개발된 장비를 활용하여 안전점검을 수행할 경우 인력, 기간 단축 및 수입대체효과 등) | ○ 2차년도 보고서 중 연구개발결과의 활용계획에 제시함 | |

| 보완요청내용 | 보완답변<br>(해당 보고서 페이지 기재 또는<br>보완 증빙서류 별도 제출) | 보완불가사유 |
|---|---|---|
| - 개발된 장비의 현장 시험운영 상세 내용 및 현장 시험 결과 보완사항, 기능개선 사항 등을 최종보고서에 수록 요망 | ○ 2차년도 보고서 중 첨단점검차량을 이용하여 전라권, 경상권 일반국도 현장시범운영계획 및 결과에 대하여 제시함(p.537~553) | |
| 다음의 성과점검기준표 상의 계획대비 실적치에 대한 평가위원회의 상세 검토 필요<br><br>- 시스템 운영 매뉴얼의 자체평가 80점 이상 여부 판단<br><br>- 시설물 인식, 도로폭/차로폭 측정 정확도 달성여부 검증<br><br>- 통합 안전성 분석모형의 적정성 여부 | ○ 자체평가 심사의견서를 첨부하여 반영함<br><br>○ 시설물 인식 정확도 달성여부는 보고서에 제시함<br><br>○ 통합안전성 모형의 적정성 여부는 보고서에 제시함(p.359~365) | |
| <연구개발결과활용계획서><br>○ 연구개발결과 활용계획을 국토부, 지자체 및 운영관리기관 등 각 활용주체의 관점에서 보다 구체적으로 제시할 필요가 있음<br><br>- 현재 활용계획서에는 향후 '전국 도로안전점검에 활용' 및 '개도국 중심 수출 가능' 정도로 기술되어 있음<br><br>- 해외 실용화를 위한 계획(홍보, 전시, 설명회 등)의 구체화 필요 | ○ 연구개발활용계획서에 수정하여 제시함 | |

주 의

1. 이 보고서는 국토해양부에서 시행한 '교통체계효율화' 사업의 연구보고서입니다.

2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토해양부에서 시행한 '교통체계효율화' 사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.

3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.