보안과제( ), 일반과제(○) / 공개(○), 비공개( )
교통물류연구사업 제5차년도 최종보고서

R&D / 19LTRP-C096228-05

도로변 수직구조물 충돌사고 및 도로 작업자 위험도 경감기술 개발 최종보고서

2019. 10. 28.

주관연구기관 / 한국건설기술연구원
공동연구기관 / 공주대학교 산학협력단
다스코(주)
㈜스마트에어챔버
㈜래도
㈜유현시스템즈
위탁연구기관 / 서울시립대학교 산학협력단
한양대학교에리카 산학협력단

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통부 장관 귀하

'도로변 수직구조물 충돌사고 및 도로 작업자 위험도 경감기술 개발' (연구개발 기간 : 2015.05.29 ~ 2019.10.28.) 과제의 최종보고서 제출합니다.

2019. 10. 28.

주관연구기관명 : 한국건설기술연구원 (대표자) 한 [illegible] (인)

공동연구기관명 : 공주대학교 산학협력단 (대표자) 임 경 호(인)

다스코㈜ (대표자) 한 상 원(인)

㈜스마트에어챔버 (대표자) 윤 경 [illegible]

㈜유한시스템즈 (대표자) 천 준 [illegible]

㈜래도 (대표자) 김 철 [illegible]

위탁연구기관명 : 서울시립대학교 산학협력단 (대표자) 김 [illegible] (인)

한양대학교에리카 산학협력단 (대표자) 박 [illegible]

주관연구기관책임자 :	한국건설기술연구원	성 정 곤
공동연구기관책임자 :	공주대학교 산학협력단	고 만 기
	다스코㈜	이 우 희
	㈜스마트에어챔버	박 인 송
	㈜유현시스템즈	천 준 영
	㈜래도	김 철 용
위탁연구기관책임자 :	서울시립대학교 산학협력단	이 수 범
	한양대학교에리카 산학협력단	김 성 호

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제29조에 따라 최종보고서 열람에 동의합니다.

보고서 요약서

과제 고유 번호	19LTRP-C096228-05	해당 단계 연구 기간	2015.05.29.~ 2019.10.28	단계구분	5/5
연구사업명	중사업명	교통물류연구사업			
	세부사업명	-			
연구과제명	대과제명	-			
	세부과제명	도로변 수직구조물 충돌사고 및 도로 작업자 위험도 경감기술 개발			
연구책임자	성정곤	해당단계 참여연구원 수	총:48 명 내부:48 명 외부: - 명	해당단계 연구비	정부: 772,000 천원 민간: 258,000 천원 정부외: - 천원 상대국: - 천원 계: 1,030,000 천원
		총 연구기간 참여연구원 수	총:48 명 내부:48 명 외부: - 명	총 연구비	정부: 9,083,000 천원 정부: 3,038,000 천원 정부외: - 천원 상대국: - 천원 계:12,121,000 천원
연구기관명 및 소속 부서명	한국건설기술연구원 / 인프라안전연구본부			참여기업명 : 공주대학교, 다스코㈜, ㈜스마트에어챔버, ㈜유현시스템즈, ㈜래도	
국제공동연구	상대국명: 해당사항 없음			상대국 연구기관명: 해당사항 없음	
위탁연구	연구기관명: 서울시립대학교 산학협력단			연구책임자: 이 수 범	
	연구기관명: 한양대학교 에리카산학협력단			연구책임자: 김 성 호	

연구개발성과의 보안등급 및 사유	-

9대 성과 등록·기탁번호

구분	논문	특허	보고서 원문	연구시설·장비	기술요약 정보	소프트웨어	화합물	생명자원		신품종	
								생명 정보	생물 자원	정보	실물
등록·기탁번호	Y	Y	N	N	N	Y	N	N	N	N	N

국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설·장비 현황

구입기관	연구시설·장비명	규격 (모델명)	수량	구입연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	NTIS 등록번호
-	-	-	-	-	-	-	-	-

요약	보고서 면수

요약문

<table>
<tr><td>연구의
목적 및 내용</td><td>● 고위험상황(도로 작업구간, 도로변 공작물)에 노출된 도로이용자의 위험도 및 사고 발생 시 부상 심각도를 효율적으로 저감하기 위한 도로 인프라 기반 기술 개발
● 지주, 교각의 충격흡수 성능 향상 기술 개발
– 탑승자 피해 최소화를 위한 지주 개발
– 교각 안전시설 개발
– 도로변 안전매뉴얼(안) 개발
● 도로작업자 안전시설 개발
– 도로작업자 보호용 이동식 방호울타리 개발
– 도로작업자 경고 시스템 개발
● 도로작업자 안전 확보를 위한 자동화 기술 개발
– 이동식 낙하물 수거장비 개발
– 이동식 교대통행 운영시스템 개발</td></tr>
<tr><td>연구개발성과</td><td>● 본 연구를 통해 개발되는 핵심 성과물은 다음과 같음
– 지주, 교각의 충격흡수 성능향상 기술에서는 위험도 저감 지주, 교각충격흡수시설, 도로변 안전매뉴얼(안)
– 도로 작업자 안전시설을 통해, 도로작업자 보호형 이동식 방호울타리 개발, 도로작업자 경고 시스템 개발, 공사구간 작업 매뉴얼 개선(안)
– 도로작업자 안전 확보를 위한 자동화 기술을 통해 도로 낙하물 수거 장비, 이동식 교대통행 운영시스템

<예상되는 연구개발성과 유형>
<table><tr><th rowspan="2">구분</th><th rowspan="2">논문</th><th rowspan="2">특허</th><th rowspan="2">보고서 원문</th><th rowspan="2">연구시설·장비</th><th rowspan="2">기술요약정보</th><th rowspan="2">소프트웨어</th><th rowspan="2">화합물</th><th colspan="2">생명자원</th><th colspan="2">신품종</th></tr><tr><th>생명정보</th><th>생물자원</th><th>정보</th><th>실물</th></tr><tr><td>예상성과(N/Y)</td><td>Y</td><td>Y</td><td>Y</td><td>N</td><td>N</td><td>Y</td><td>N</td><td>N</td><td>N</td><td>N</td><td>N</td></tr></table></td></tr>
<tr><td>연구개발성과의
활용계획
(기대효과)</td><td>● 본 연구 사업에 참여한 참여기업(다스코(주), ㈜스마트에어챔버, ㈜유현시스템즈, ㈜래도)은 개발된 연구 성과물을 국내·외 시장으로 판매 할 전략을 계획하고 있으며, 연구 성과물의 판매를 통해 참여기관의 매출 상승 및 고용 효과 기대
● 본 연구에서 개발된 연구 성과물은 도로관리 기관 및 도로 분야의 민간에서 수요가 있을 것으로 판단됨
● 연구 개발품의 실용화 단계에는 국내 볼모지인 안전시설 및 도로 작업장 관련 장비 시장이 형성될 것으로 기대되고, 나아가 해외 시장 진출까지 추진함으로 도로 분야의 안전성 향상과 관련 분야 경제적 효과 발생
● 또한, 연구 성과물의 상용화를 위한 기초 연구개발이 완료되는 시점부터는 참여기업의 산업인력 고용 창출 효과 기대</td></tr>
<tr><td>국문핵심어
(5개 이내)</td><td>교통 안전시설</td><td>방호울타리</td><td>도로 공사장</td><td>도로변 안전</td><td>안전 매뉴얼</td></tr>
<tr><td>영문핵심어
(5개 이내)</td><td>Traffic Safety Facility</td><td>Safety Barriers</td><td>Road Work Zone</td><td>Road Side Safety</td><td>Safety Manual</td></tr>
</table>

목 차 CONTENTS

1 연구개발의 필요성 1

2 연구수행내용 및 성과 11

3 목표 달성도 및 관련 분야 기여도 237

4 연구개발성과의 활용 계획 등 243

5 부록 252

01 연구개발과제의 개요

1-1 연구개발의 필요성

○ 연구개발의 필요성

- 교통사고 요인(인적요인, 차량요인, 도로환경 요인) 중 도로환경 요인은 교통사고의 약 34%에 직접적인 영향을 미치며 약 57%는 간접적으로 인적단독요인으로 보고 있으나 도로환경요인은 자동차와 도로이용자 모두에게 영향을 줄 수 있는 요소로 안전한 도로환경은 교통안전 향상 기여함
- 도로환경을 효과적으로 관리하기 위하여, 차량 탑승자, 도로 작업자, 보행자 등 도로상 노출된 도로이용자의 위험도 및 사고 발생 시 부상 심각도로 저감은 시급히 해결해야 할 과제임
- 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 작용함

○ 도로변 수직구조물 충격흡수 성능 향상 기술 개발

- 고위험상황으로 인한 운전자의 부적절한 판단/위반에 따라 발생한 교통사고 피해 및 사망사고 감소를 해결할 수 있는 최선의 방법으로서, 시급한 기술 개발 및 보급 필요
- 전주 및 지주에 충돌하여 발생하는 사망자는 연간 약 200여명 수준이며, 치사율은 전체 교통사고의 약 3%전후이나 공작물과 충돌 시 발생하는 치사율은 약 30% 이상으로 정면충돌사고의 약 3.3배, 측면충돌사고의 약2.2배로서 사고건수 대비 치사율이 매우 높음
- 또한, 공작물 충돌사고는 차량의 전도/전복 또는 도로 이탈로 인한 교통사고건수보다 4배 이상 높게 나타나며, 특히, 차량과 도로변 공작물의 충돌사고가 발생시에는 운전자의 사고심각도가 높게 나타남
- 도로변의 공작물과 차량이 충돌하는 경우에는 교통사고 심각도가 10배 이상 높음 (교통사고 치사율(사망자 수/100건)시 2016년에 발생한 전체 교통사고의 치사율은 1.94명/100건, 공작물에 의한 교통사고 치사율은 11.06명/100건)
- 따라서, 공작물과 충돌시 운전자의 안전도를 확보하여 사고 심각도를 감소시키는 연구가 필요함

○ 도로 작업자 보호용 이동식 방호울타리 및 도로작업자 경고 시스템 개발

- 도로 보수나 공사시에 투입되는 도로작업자의 교통사고 발생 현황이 높은 실정이며, 도로작업자는 차량이 주행 중인 도로에 노출되어 있으므로, 고위험군으로 분류된 도로작업자를 보호하기 위한 장비 및 시스템에 대한 기술개발 시급
- 도로점용 공사로 인해 도로의 본질적인 기능 저하로 교통소통뿐만 아니라 도로 이용자의 안전문제와 밀접한 관계가 있으며, 특히 도로작업자의 안전에 큰 위협이 되고 있는 실정임
- 교통안전분야의 저명한 잡지에서도 도로 공사장(work zone)에서의 위험 상황을 2015년 3월의 주요 주제로 선정 했으며, 2시간에 한명 정도로 도로 공사장에서 사망자가 발생하는 것으로 보고하여, 공사장에서의 교통안전에 대한 인식이 세계적으로도 중요한 사항임
- 도로작업자 경고시스템은 자동차 감지와 추적을 통해 사전에 도로 작업장 침입상황을 예측하여 도로작업자에게 경고/회피할 수 있는 시간을 제공하는 기술로써, 기존 장비의 기능 한계로 인한 잠재적 문제점을 개선하여 신뢰성을 확보함

○ 도로작업자 안전 확보를 위한 자동화 기술 개발

- 일반국도 도로 유지관리업무(직영 및 임대) 중 도로소파보수 및 낙하물 수거 작업은 직영으로 운영됨에 따라 도로작업자들의 안전 및 근무환경 개선 필요성 대두
- 과적단속원 및 도로작업자들의 인력부족으로 인해 지속적인 발생되고 있는 순환근무, 안전관리교육 미비 등 열악한 근무환경을 개선하기 위한 업무 환경변화가 필요한 실정임
- 또한, 최근 5년간(‘14년~‘18년) 고속도로 도로작업자 사고건수는 총 135건(사망 43명), 국도 도로작업자 사고건수는 총 18건(사망 4명, 부상 68명)으로 여전히 위험상황에 노출됨
- 이동식 교대통행 운영시스템은 2차로도로의 한 차로 도로점용 공사시 다른 차로에서 양방향 교대 통행을 위한 감응형 교통운영 시스템으로서, 다양한 도로교통 상황에 적용 가능하도록 개발되었으며, 2차로도로에서 한 차로 점용공사로 인해 다른 차로에서 양방향 교대통행 시 교통통제수를 활용했으나, 제한적인 도로작업자로 인해 작업자 안전 확보와 원활한 교통소통 유도하는 데 잠재적 문제(시거확보 불량으로 인한 통제수간 통신 어려움, 비효율적 교통운영 등) 존재
- 따라서 도로 작업 구간에서 차량으로부터 위험 노출된 도로 작업자 안전 확보 및 효율적인 도로작업 수행할 수 있는 도로작업 시간 단축 및 신속처리 할 수 있는 자동화 장비 개발 및 교대통행 운영시스템 개발이 요구됨

국내외 사례

도로변 수직구조물 충격흡수 성능 향상 기술 개발

- 도로시설측면에서 담당할 수 있는 차량 탑승자 안전도 향상기술은 도로안전시설로 방호울타리, 충격흡수시설, 기타 차량 충돌시 항복하여 피해 최소화를 할 수 있는 (breakaway) 시설 등으로 구분될 수 있음

- 도로안전시설은 방호울타리(노측용 Barrier, 교량용 Barrier, 중앙분리대), 충격흡수시설, 단부처리시설, Transition 등을 포함함. 국내의 차량방호 도로안전시설 관련 연구는 “방호책 설치요령(1980, 건설교통부)”의 개정 작업을 수행한 1996년부터 괄목할만하게 발전함

- 도로안전시설설치 및 관리 지침-차량방호 안전시설 편(2001)에 의거하여 차량방호 안전시설의 성능을 평가하기 위한 충돌시험장이 한국도로공사 도로교통연구원과 교통안전공단 자동차성능시험연구소에 설치되어 운영되고 있음. 이들 기관은 건설교통부로부터 차량방호 안전시설 성능시험기관으로 지정을 받았으며, 업무는 건설교통부의 ‘차량방호 안전시설 실물충돌시험 업무편람(2001. 7)’에 따라 수행하고 있음

- 세계적으로 충격흡수시설에 대한 충돌시험 조건 및 평가기준은 각국의 도로여건을 고려하여 적용하고 있음. 미국에서는 도로안전시설 관련 기준으로 NCHRP 350 및 MASH(Manual for Assessing Safety Hardware)를 사용하고 있으며, 유럽에서는 European Committee for Standardization(EN 1317-1~EN 1317-3)을 사용하고 있음

- 충돌피해 최소화를 위해 차량 충돌시 항복하는 형태의 표지주, 가로등, 무인카메라 지주 등은 아직 국내에 기준이 마련되어 있지 않은 상태임
  - 단 현재 소형 지주에 대해서만 충격시 지주 하단부가 빠지거나 부러지는 형태의 지주(slip- based, breakaway pole)가 연구개발 되었으나, 기준 미비 및 적용 범위가 넓지 않아 아직 현장에 적용되지 못하고 있음

도로 작업자 보호용 이동식 방호울타리 및 도로작업자 경고 시스템 개발

- 국내에서는 소형 이동식 방호울타리 개발 및 운용사례가 없음

- 미국은 이동식방호울타리(Mobile Barriers)를 최근 개발하여 현장에 투입하여, 도로유지보수 및 교통사고 처리, 재난통제시설 등으로 활용 중이며, 임대사업을 통해 콜로라도주 중심으로 확산되고 있음

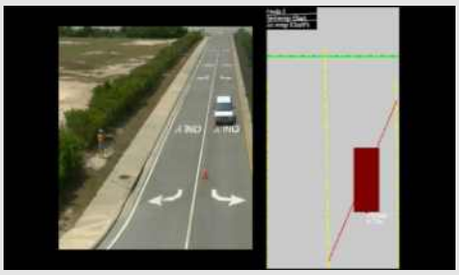
- 우리나라와는 달리 도로작업자 및 이용자를 위한 측면 및 후면추돌사고 예방을 위한 이동식 작업자 보호 안전차 시장이 별도로 형성되고 있음

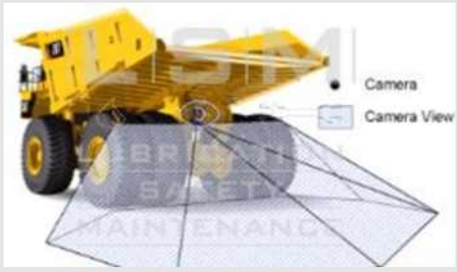
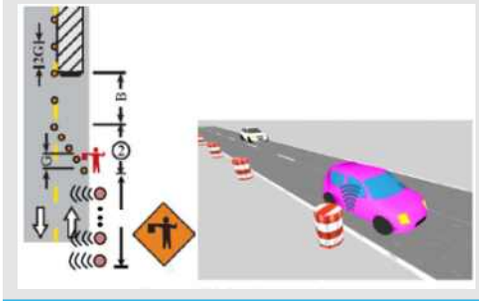


[그림 1-1-1] Mobile Barrier

- 국외에서는 도로작업자 위험상황 경고·회피 장비 및 중장비 차량의 사각지역 검지 장비 개발 및 운영되고 있음

<표 1-1-1> 국외 안전 장비 사례(미국)

사례	제품	특징
	• The Intruding Vehicle Awareness Algorithm	• 영상기반 자동차 검지/추적을 통해 도로 작업장 침입여부 판단하는 결정적(Deterministic) 알고리즘 • 자동차와 주변 물체 구분이 가능하도록 설계
	• Work-zone Intrusion Sensor	• Mechanical system으로 자동차가 검지기를 접촉할 경우 경고 발생하도록 설계
	• Work-zone Intrusion Sensor	• Electronic system(Dual beam)으로 자동차가 빔을 통과할 경우 경고 발생하도록 설계 • 1마일(1.6km) 이상 검지영역 가능
	• Work-zone AFAD Lane Intrusion Safety System	• 자동차단기로 자동차 차로 침범시 경고음이 발생하는 장비
	• Work-zone Intrusion Alarm	• 자동차가 도로 작업장으로 침범할 경우 도로작업자에게 진동 및 소리로 위험상황 제공하는 장치

사례	제품	특징
	• Vehicle Blind Spot Hazards Camera System	• 설치하기가 용이하며 정상적인 기후조건에서는 검지 신뢰성이 높은 반면, 동절기(강우시) 사용시 잠재적 문제 존재
	• Vehicle Blind Spot Hazards Radar System	• 설치하기가 용이하지만 검지/경고 신뢰성 낮음
	• Vehicle Blind Spot Hazards Ultrasonic System	• 가장 신뢰성이 높은 시스템 • 주변 환경(먼지 등)에 따라 거짓 경보 발생 가능성 높음
	• Intelligent Drum Line System	• 도로 공사장 진입전 상류부에서 과속하는 운전자에게 경고음 제공하는 시스템

○ 도로작업자 안전 확보를 위한 자동화 기술 개발

- 국내에서는 서울시설공단과 한국도로공사에서 탈·부착식 원통형 수거함을 차량 전면에 부착하여 사용하고 있으나, 국내 자동차 관리법 규정에 위배되는 부착물로 상용화가 어려움
- 작업 시 차량주행 안전성 등의 Test가 미흡하여 상용화가 어려움
- 해외도 국내 장비와 유사한 형태이나, 탈·부착 장비의 크기의 부피나 무게가 비교적 큰 낙하물까지 수거가 가능하도록 제작되어 있음
- 이와 같이 전 세계적으로 도로 낙하물 수거를 위한 다양한 노력들이 진행되고 있으나, 현재까지의 활용 장비는 상용화 준비가 미흡하거나 외산장비의 경우, 국내 도로교통법과 자동차 안전기준에 부합하지 못하는 것으로 나타남
- 또한, 동물사체의 경우 일반 낙하물과 구분하여 수거하지 못하기 때문에 수거 후 부패 등 위생상의 문제를 노출시킬 수 있는 단점을 가지고 있고, 수거에 있어서 동물사체의 크기나 중량에 제한적임

<표 1-1-2> 국내·외 도로 낙하물 수거 장비 현황

구분	사진	장비명 및 제조사	특징 및 현황
국내		• 서울시설관리공단	• 소용량 원통형 수거함을 이용하여 고속으로 낙하물을 수거 (최대80km/hr로 알려짐) • 수거할 수 있는 낙하물의 종류 및 용량이 제한적임 (예: 타이어 파편, 작은 동물사체 등)
		• 한국도로공사	
해외		• (DRA)Debris Removal Attachment – 2011Y • 미국 AHMCT (Advanced Highway Maintenance and Construction Technology)	• 픽업트럭 차량에 장비를 부착하는 형태로 자동으로 도로 낙하물 수거 쓰레기 백 및 사슴(동물) 사체를 회수하는 장비 • 완전 정지 상태에서만 수거

구분	사진	장비명 및 제조사	특징 및 현황
		• Highway Large Debris Removal Machine - 2011Y • 미국 Gator Industries, Inc.	• 대형 트럭에 장비를 부착하는 형태 • 주행 중 도로 낙하물을 수거 가능 • 수거 시 최대속도 : 최고 80km/h • 대형 낙하물만 수거 가능 (작은 도로 낙하물 수거 불가)
		• (ARDVAC)Automated Roadway Debris Vacuum - 2007Y • 미국 AHMCT (Advanced Highway Maintenance and Construction Technology)	• 대형트럭을 개조하여 전용 장비로 활용 • 부피나 중량이 작은 낙하물 제거 • 진공을 활용 • 도로 청소 시 안전 향상 목적 • 완전 정지 상태에서 진공 수거
		• Super Duty Tow-Behined Magnetic Fod Sweepers • 미국 IPES International, Inc	• 주로 자동차의 뒷부분에 설치 • 금속 재질의 낙하물 수거 • 활주로 및 이면도로에서 주로 사용 • 자석을 이용 • 서행상태에서 수거
		• Road Rake 2000 • 미국 H Barber & Sons, Inc	• 주로 대형트럭의 트레일러 방식으로 설치 및 운용 • 컨베이어 전용 수거 치량 제작 • 서행상태에서 수거 • 서행 속도 : 1km/h~10km/h 수거
		• 850Mini • 이탈리아 DULEVO, INTERNATIONAL	• 주로 트럭을 개조하여 진공으로 • 도로 등을 청소 하는 시스템 • 진공을 활용한 청소 시스템 • 서행상태에서 수거 • 서행 속도 : 1km/h~10km/h 수거

- 국내에서는 교대통행 시 통제수 대신할 수 있는 교대통행 운영시스템 개발은 전무인 반면, 해외 선진국에서는 도로 작업자 안전 확보와 효율적 교통운영 및 도로작업을 위해 2차로도로에서 한 차로로 양방향 교대통행 시 교통통제수 대신 임시 신호기를 적용함
- 대표적인 예로 미국에서는 AFADS(Automated Flagger Assitance Device)를 개발하여 도로 공사구간에서 양방향 교대통행 시 통제수 대신 활용함



<정지/서행 표지판>



<원형 적색/황색 경고등>


<적색/황색 신호등>

[그림 1-1-2] 해외 이동식 교대통행 운영시스템 예

○ 연구 개발의 최종 목표

- 고위험상황(도로 작업구간, 도로변 공작물)에 노출된 도로이용자의 위험도 및 사고 발생시 부상 심각도를 효율적으로 저감하기 위한 도로 인프라 기반 기술 개발이 연구 목적임
  - 지주, 교각의 충격흡수 성능 향상 기술 개발
  - 도로작업자 보호용 이동식 방호울타리 및 도로작업자 경고/회피시스템 개발
  - 도로작업자 안전 확보를 위한 자동화 기술 개발



[그림 1-1-3] 연구과제 최종 목표

전체 연구 내용

구분	지주, 교각의 충격흡수 성능 향상 기술	도로작업자 보호용 이동식 방호울타리 및 도로작업자 경고/회피시스템	도로작업자 안전 확보를 위한 자동화 기술
1차 년도	• 탑승자 피해 최소화를 위한 지주 및 교각 안전시설 대안 설계 • 수요기관 등 의견 조회 및 기술동향 파악 • 도로변 안전매뉴얼(안) 개발(Ⅰ) : 수직구조물 유형별 설치현황 조사	• 기초 문헌/기술현황 조사 • 국내외 유사시스템 분석 및 벤치마킹 요소 도출 • 도로·교통여건 및 공사형태 기반 이동식 방호울타리 기본 설계 • 수요기관 등 의견 조회 및 기술동향 파악 • 도로·교통여건 및 공사형태 기반 도로작업자 경고/회피를 위한 운영 방안 정립 및 설계	• 국내 도로·공사구간 환경을 고려한 교통콘 설치·회수 자동화 장비 설계 • 국내 도로·공사구간 환경을 고려한 이동식 교대통행 장비 운영 및 설계 • 이동식 교대통행 운영시스템 요소 기술 개발 • 주요 수요기관 등 의견 조회 및 기술 동향 파악
2차 년도	• 기본형 노변수직구조물 안전시설 개발(지주) • 60km/h급 교각충격흡수시설 개발 • 도로변 안전매뉴얼(안) 개발(Ⅱ) : 수직구조물 관련 사고 분석	• 이동식 방호울타리 개발(Ⅰ) : 설계, 시뮬레이션, 시작품제작, 1차 충돌실험(자체) • 도로작업장 침입차량 검지 및 주행궤적 추적 알고리즘 개발 • 차량 검지기 시작품 제작	• 국내·외 유사장비 특징 조사·분석 • “도로 낙하물” 정의 정립 및 장비 수요 조사 • 도로 낙하물 수거 장비 기초 연구 및 설계 • 도로 낙하물 수거 장비 핵심 모듈 설계 • 이동식 교대통행 운영시스템 시작품 제작 • 이동식 교대통행 운영시스템 시작품 광학/환경시험
3차 년도	• 가로등 외 수직 구조물 안전시설 개발 • 80km/h급 교각충격흡수시설 개발 • 도로변 안전매뉴얼(안) 개발(Ⅲ) : 도로변 안전처리 대안 마련 • 경량형 표지 표준도(안) 개발	• 이동식 방호울타리 개발(Ⅱ) : 설계, 시작품 제작, 보완 충돌실험(자체) • 도로작업장 침입차량 예측 알고리즘 개발	• 도로 낙하물 수거 장비 운영 방안 정립 • 도로 낙하물 수거 장비 시제품 개발 • 이동식 교대통행 운영시스템 실외실험 • 도로공사장 교통관리지침(안) 마련
4차 년도	• 성능 검증 • 범용지주 충돌실험 및 개선안 도출 • 기타 수직 구조물 개선안 도출 • 감충 지주 성능 시방 마련(검증)	• 이동식 방호울타리 시작품 제작, 충돌시험 • 도로작업자 경고시스템 시작품 제작 • 도로작업자 경고시스템 동작정확도 및 이용자 평가 • 도로공사장 교통관리 지침(안) 마련	• 도로 낙하물 수거 장비 상용화 및 운영 방안 마련 • 도로 낙하물 수거 장비 사용 매뉴얼 개발 • 도로 주행 테스트를 통한 개발 장비 신뢰성 확보
5차 년도	• 현장 설치 • 도로변 안전매뉴얼(안) 개발 및 제안 : 시방서 마련 및 정책 제안	• 기술실시 및 사업화 • 개발 시스템 시제품 생산 및 상용화 시스템 구축 • 도로작업자 경고시스템 TEST-BED 구축	• 도로 낙하물 수거 장비 홍보 전략 마련 • 도로 낙하물 수거 장비 기술확산 전략 마련

02 연구수행내용 및 성과

2-1 지주, 교각의 충격흡수 성능 향상 기술

도로변에 설치된 도로수직 부재인 지주 등은 가드레일 등으로 방호되어야 하나 설치 위치상 방호 시설로 보호 할 수 없어 부득이 노출되어 설치한 곳이 많이 있으며, 이러한 노출 지주와 충돌 시 사고 심각도가 매우 높음. 이를 위해 충돌 시 탑승자 피해를 최소화 할 수 있는 감충형(Crash worthy) 지주를 개발 하게 되었음

가. 탑승자 피해 최소화 지주 개발

○ 연구 성과품 개발 절차 및 개요

- 탑승자 피해를 최소화하기 위한 감충 지주 개발을 위하여 ① 기존 지주의 위험도 평가, ② 감충 지주(연구 성과품)의 설계 목표 설정, ③ 감충 지주 설계, ④ 시뮬레이션을 이용한 성능 평가, ⑤ 실물충돌시험을 이용한 평가 ⑥ 현장적용(표준도, 시방서 작성)을 수행

- ① 기존 지주의 위험도 평가
  - 기존 지주의 위험도를 평가하기 위해 컴퓨터 시뮬레이션을 이용하여 기존 지주의 충돌 성능을 평가 수행
  - 교통 신호기 및 도로 표지판의 지주는 낮은 충돌속도에도 탑승자의 안전을 만족하는 성능을 발휘하지 못하였으며, 차량 충돌시 감충 지주 형태의 대안 제시 필요하다는 결론 도출
  - 연석(경사형, 수직형)의 경우, 실제 연석이 차량 충돌시 충격량에 미치는 영향이 미비하며, 충돌 후 차량 거동이 불안정 한 것으로 나타남

- ② 감충 지주(연구 성과품)의 설계 목표 설정
  - 감충 지주(연구 성과품) 개발을 위한 설계 목표 설정했으며, 차량방호시설 설치 및 관리 지침(국토교통부)에 제시된 탑승자 보호 성능을 평가 지표(THIV, PHD) 로 선정
  - 충돌 속도 : 60 km/h, 80 km/h, 충돌 각도 : 0°, 15°, 설계 풍하중 : 40 m/s
  - 탑승자 보호 성능 : THIV = 44 km/h 이하, PHD = 20 g 이하
  - THIV : Theoretical Head Impact Velocity, PHD : Post-impact Head Deceleration

● ③ 감충 지주 설계

– 감충 지주의 핵심 모듈을 Guide Trough와 에너지 소산재로 구분됨

– Guide Trough는 차량과 지주 충돌시 지주가 이동하는 방향을 잡아주도록 설계되었으며, T형 key → 그립형 → 그립형 + 동판의 형태로 개선되어 개발됨

– 차량 충돌시 에너지를 흡수하는 에너지 소산재는 Pipe 측면 압축(EAP) → Pipe 압착(EAP + EAPI)형태로 개선함

* EAP : Energy Absorbing Pipe, EAPI : Energy Absorbing Pipe Indent

– 구조 검토, 정적 시뮬레이션 및 정적 실험을 통하여 기초의 안정성(풍하중 등)을 검토함

● ④ 시뮬레이션 성능 평가

– 다양한 감충 지주 대안에 대하여, 컴퓨터 시뮬레이션(설계 충돌 속도 및 충돌 각도)을 이용한 탑승자 보호 성능을 평가 및 상세설계를 수행함

· 충돌 속도 : 60 km/h, 80 km/h, 충돌 각도 : 0°, 15°

– 시뮬레이션을 통한 성능 평가 결과를 고려하여, 탑승자 보호 성능이 불만족시 감충 지주(설계)를 개선(EAP 개수, Calibration 등)함

● ⑤ 실물차량 충돌시험 성능 평가

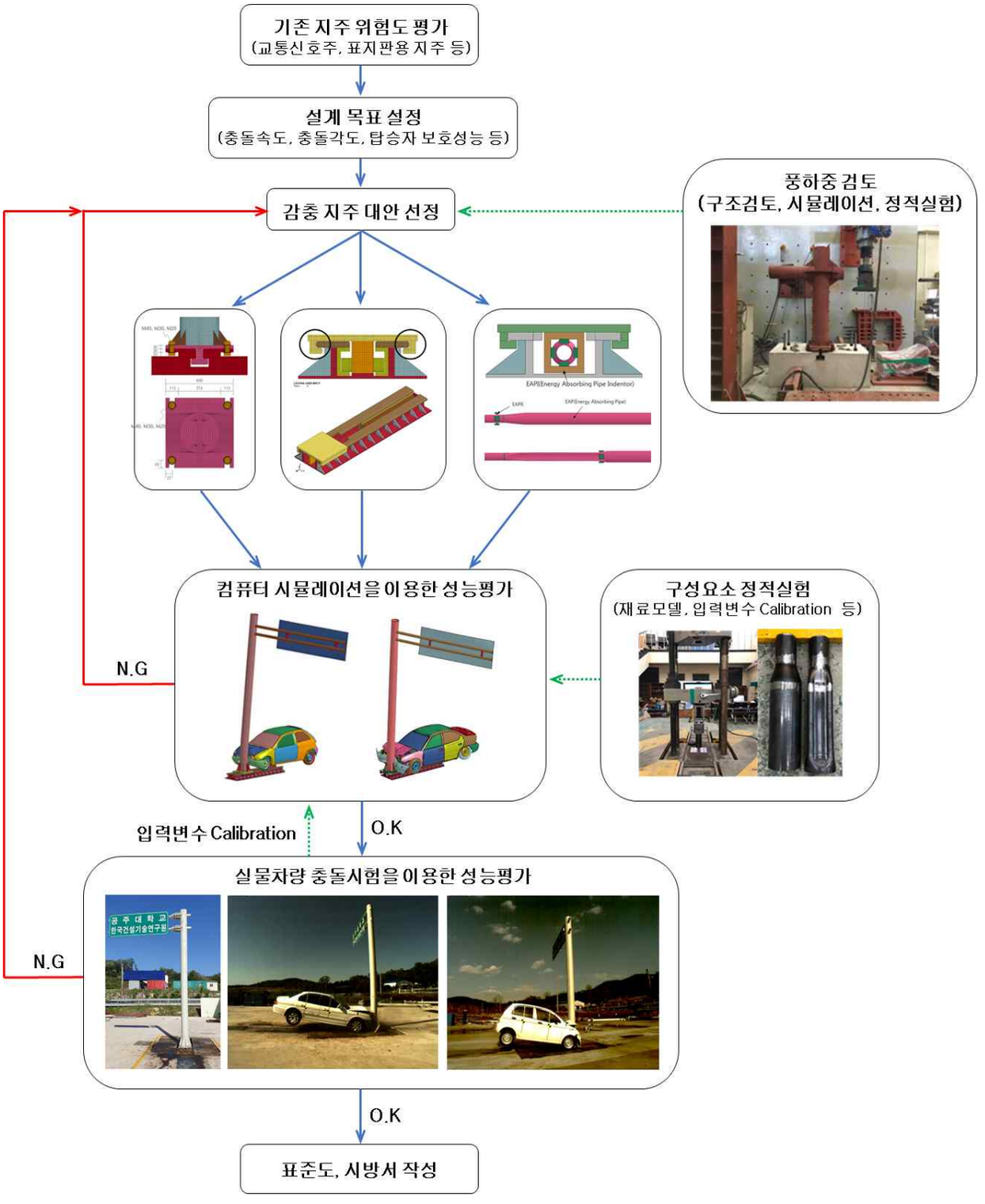
– 실물차량 충돌시험을 이용하여, 감충 지주 대안의 탑승자 보호 성능을 평가

· 충돌 속도 : 60 km/h, 80 km/h, 충돌 각도 : 0°, 15°

· 실험장소 : 공인인증 충돌시험장

● ⑥ 현장적용(표준도, 시방서 작성 등)

– 연구 성과품의 활용성을 높이기 위하여 표준도, 시방서를 작성했으며, 실제 도로변에 감충 지주 현장적용을 완료함



[그림 2-1-1] 감충 지주 연구개발 흐름도

1차년도 연구 주요 내용

- 감충 지주의 개발을 위하여 기존 설치 지주의 규격 및 탑승자 안전도를 시뮬레이션을 통해 평가하고, 감충 지주의 예비 설계를 수행함

(1) 탑승자 피해 최소화를 위한 지주 시설 설계

(가) 구조 및 탑승자 안전지수 검토

- 교통 신호주, 표지판용 지주, 연석에 대한 시뮬레이션 검토 결과, 40km/h 이상의 충돌속도에서 탑승자가 위험한 것으로 나타남
- 지주 단부 Base 변화를 통한 감충형 Base 지주(Guide Trough, T형 Key, Stiffness가 조율된 철재 원형관 구성)의 안전 지수 검토 결과, 900kg-80km/h의 충돌 조건에서 감충 효과 확인
  - THIV(44km/h 이하) : 41.9km/h, PHD(20g 이하) : 13.2g

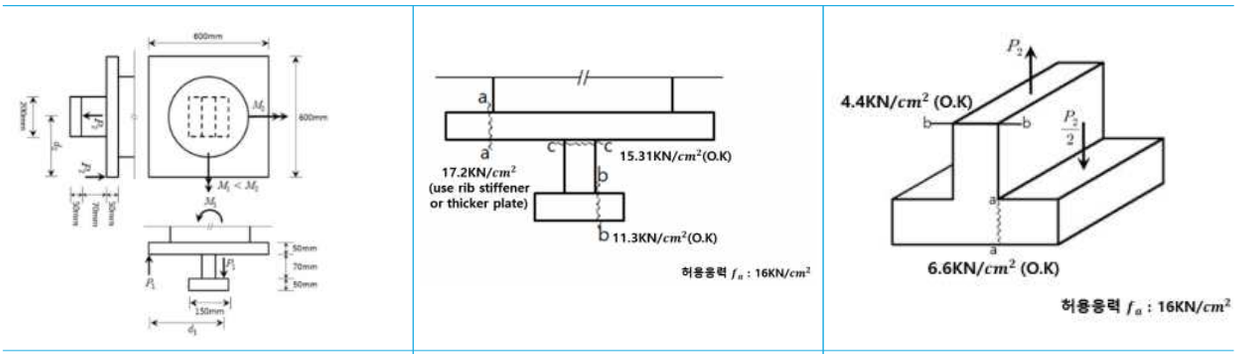


(a) Momentum Change 시점 | (b) THIV 발생 시점 | (c) Energy Absorption 시점 | (d) PHD 발생 시점

[그림 2-1-2] 컴퓨터 시뮬레이션을 이용한 성능평가

(나) 풍하중 검토

- 설계풍하중(40 m/s)에 대한 구조 검토 결과, 모멘트에 대한 허용 응력($16/KN/cm^2$) 만족



(a) 전 단면 | (b) M_1 작용에 대한 단면응력 | (c) M_2 작용에 대한 단면응력

[그림 2-1-3] 단면적에 따른 단면 응력

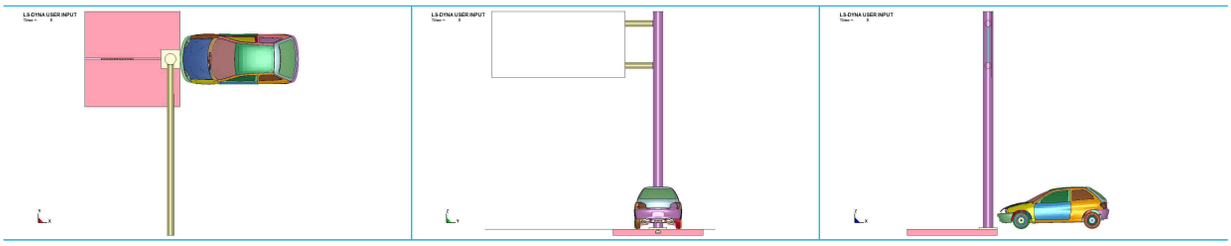
2차년도 연구 주요 내용

- 1차년도에서 검토된 내용을 바탕으로 감충 지주 개발을 위한 2차년도 연구를 수행함
- 2차년도는 실제 제작 및 실험을 위한 테스트 단계로써, 다양한 형태의 지주 Base 및 Guide Trough 대안을 선정하고 시뮬레이션 및 충돌시험을 통하여 성능 평가 및 설계개선을 수행함
- 특히, 차량의 충돌 위치에 따른 지주의 움직임을 검토하기 위하여, 실제 크기인 Full Model과 지주의 무게는 동일하지만 크기가 작은 Reduced Model로 구분함
  - 실제 지주 거동과는 차이가 발생할 수 있으나, 차량 충돌시 지주가 받는 영향력 및 움직임을 다양한 형태로 검토함
- 또한, 지주가 진행하는 방향의 Guide Trough의 형태의 대안(Double Key, Slip Base + Mono Key)을 평가하였으며, 최종 설계로 Slip Base + Mono Key를 선정
- 시뮬레이션 결과에 기초하여, 실제 감충 지주의 실물 충돌 시험 수행

(2) 기본형 노변수직구조물 안전시설 개발

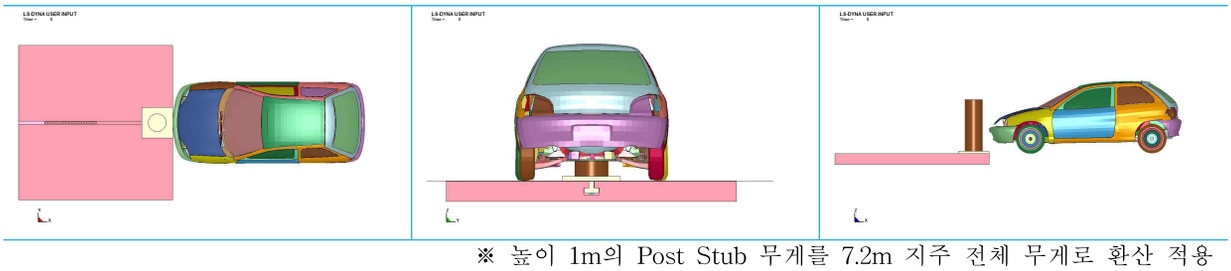
- 지주 크기에 따른 시뮬레이션

① Full Model + 직선형 Guide Trough(0.9ton-80km/h)



[그림 2-1-4] 지주 크기에 따른 시뮬레이션(1)

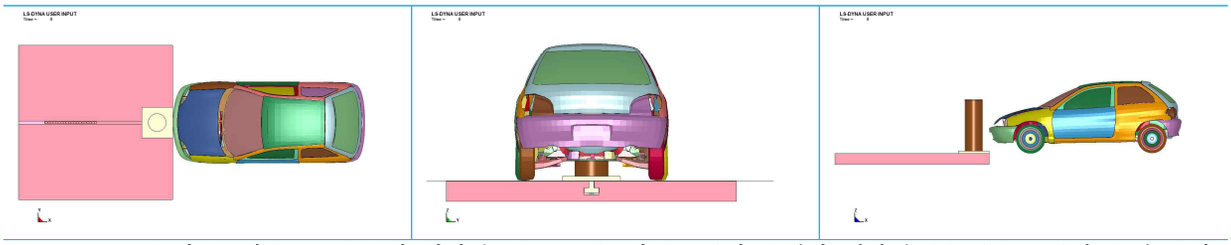
② Reduced Model Ⅰ + 직선형 Guide Trough(0.9ton-80km/h)



※ 높이 1m의 Post Stub 무게를 7.2m 지주 전체 무게로 환산 적용

[그림 2-1-5] 지주 크기에 따른 시뮬레이션(2)

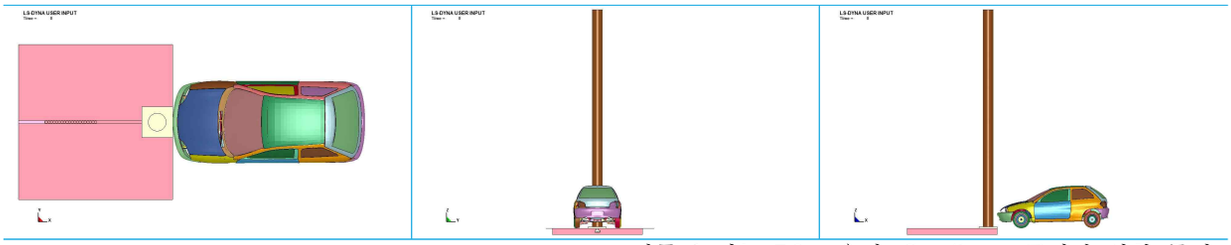
③ Reduced Model Ⅱ + 직선형 Guide Trough(0.9ton-80km/h)



※ 높이 1m의 Post Stub의 최상단 Element(높이10mm)에 무게가 생략된 6.2m(7.2-1m)의 무게 포함

[그림 2-1-6] 지주 크기에 따른 시뮬레이션(3)

④ Reduced Model Ⅲ + 직선형 Guide Trough(0.9ton-80km/h)



※ 지주 높이는 7.2m 유지, Cantilever 표지판 영향 무시

[그림 2-1-7] 지주 크기에 따른 시뮬레이션(4)

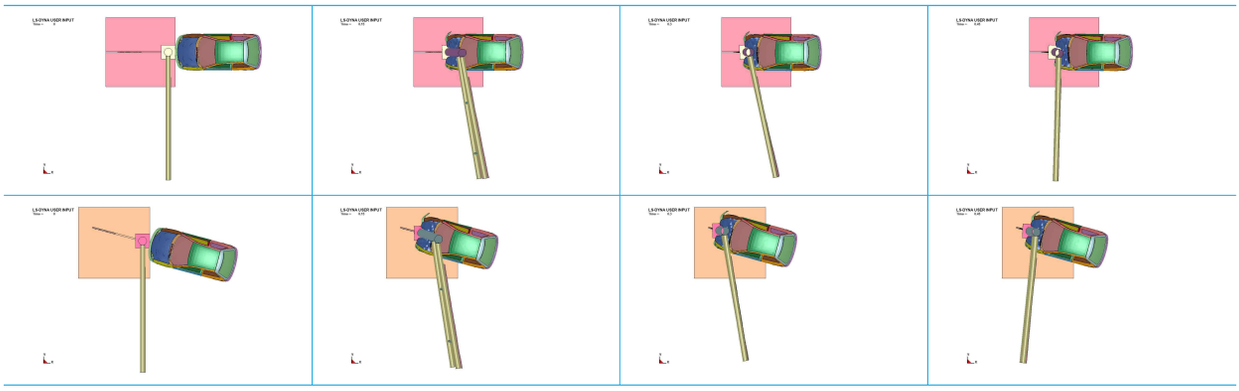
<표 2-1-1> 지주 크기에 따른 시뮬레이션 결과

Type	THIV(44km/h이하)	PHD(20g's이하)
Full Model+직선형 Guide Trough	41.9	13.2
Reduced Model Ⅰ+직선형 Guide Trough	43.4	33.3
Reduced Model Ⅱ+직선형 Guide Trough	43.7	23.2
Reduced Model Ⅲ+직선형 Guide Trough	39.6	20.3

- Reduced Model의 경우 충돌에 대한 전반적인 거동은 Full Model에 대한 충돌 결과와 유사한 결과를 나타냄
- 충돌 시뮬레이션을 통한 성능평가를 수행 하였으며, 감충 지주(Slip Base 형태의 Mono Key)는 탑승자 안전도를 만족하는 것으로 나타남

<표 2-1-2> 탑승자 위험 지수와 지주 이동거리

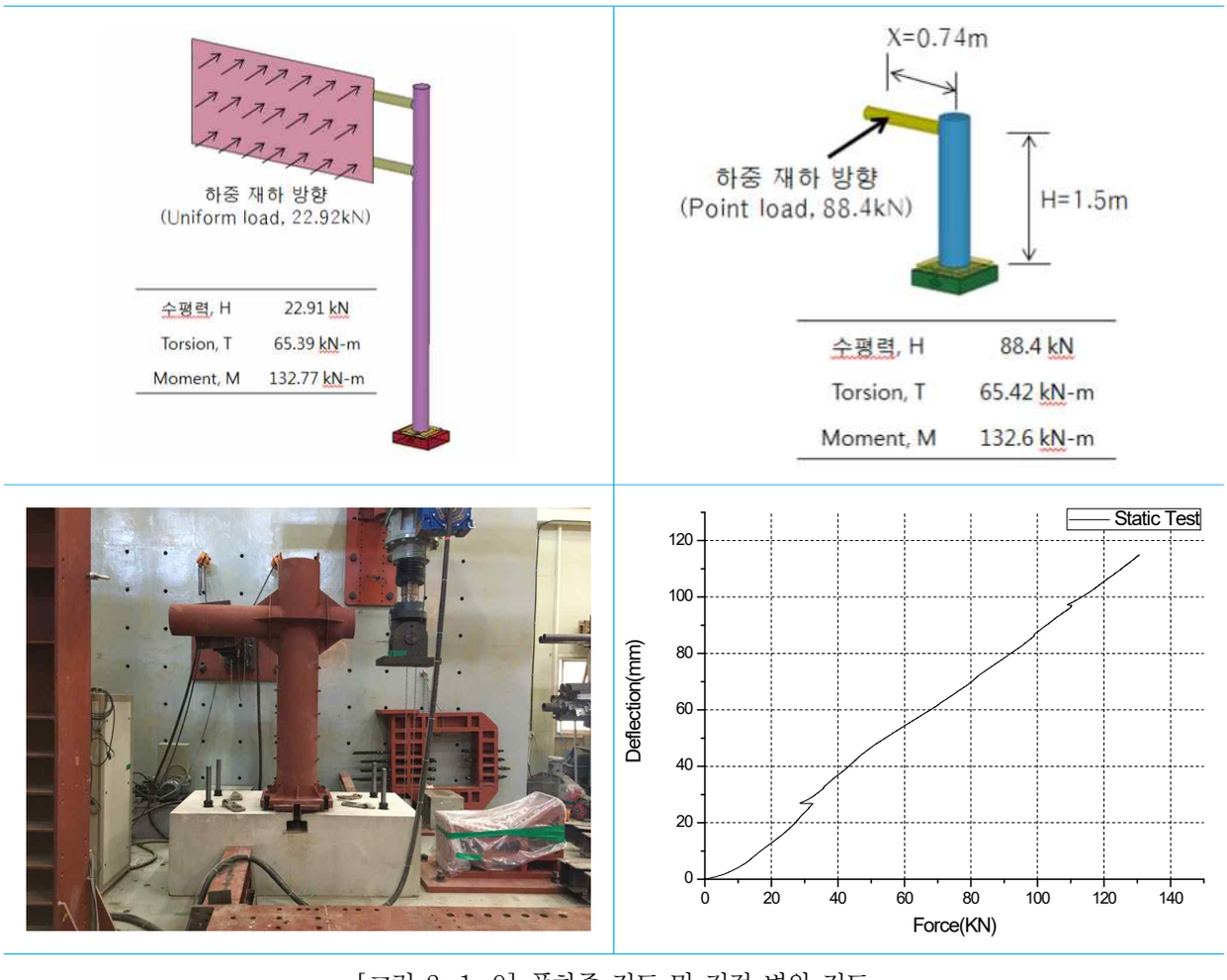
Type	충돌 조건	THIV(44km/h이하)	PHD(20g's이하)
지주 Full Model + 직선형 Guide Trough	0.9ton - 80 km/h - 0°	41.9 km/h	13.2 g
지주 Full Model + 경사형(15°) Guide Trough	0.9ton - 80 km/h - 15°	42.2 km/h	12.4 g



[그림 2-1-8] 감충 지주 Base 충돌시뮬레이션 (상: 직선형, 하: 경사형)

● 충돌피해 최소화 지주 재료 및 구조에 대한 실내 실험을 통하여 개발된 감충 지주 Base(Slip Base형태의 Mono Key)의 풍하중에 대한 구조적 안전성 확인

– 실내정적실험으로 기본형 감충 지주의 풍하중에 대한 구조적 안전성을 확인함

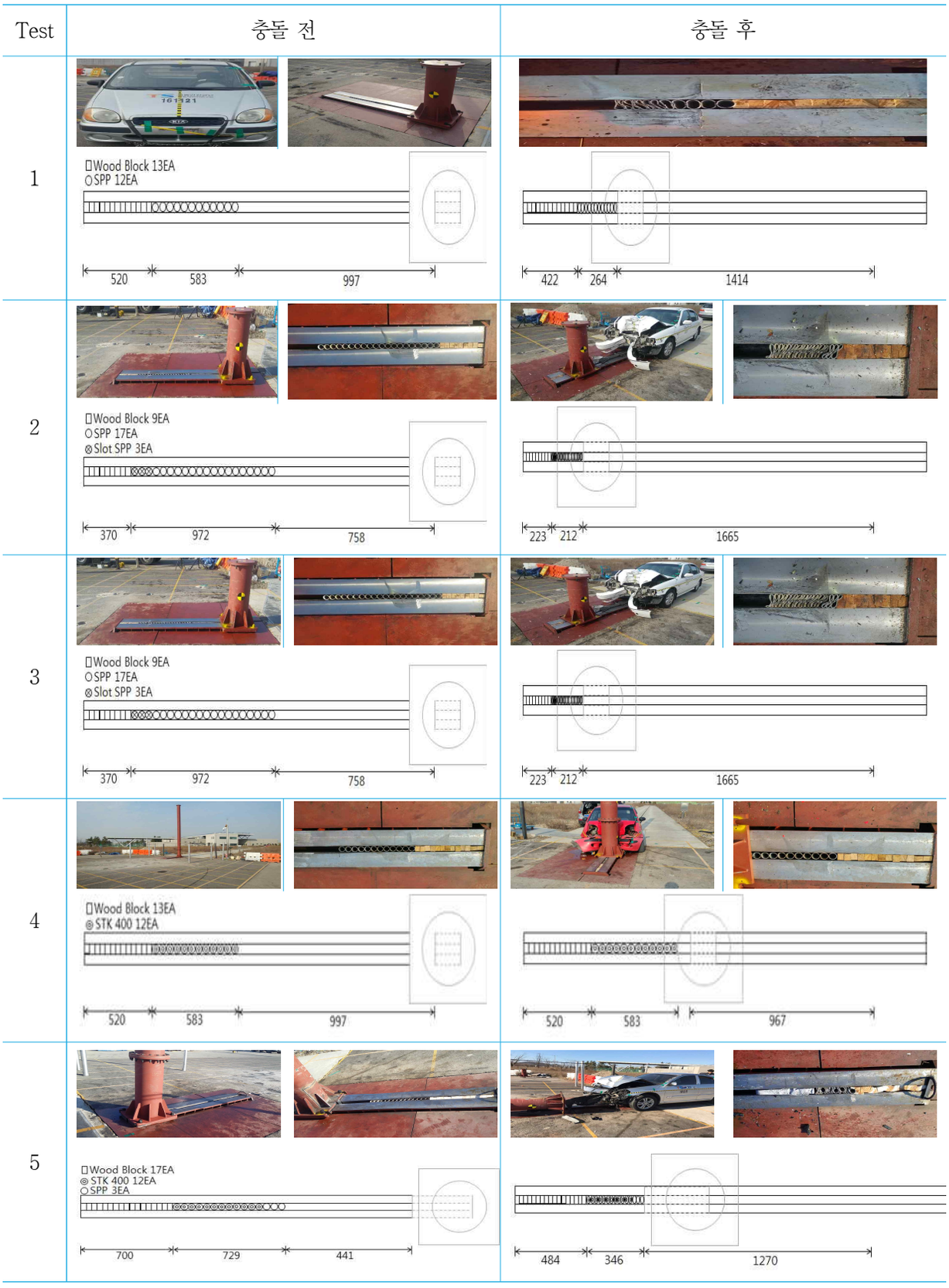


[그림 2-1-9] 풍하중 검토 및 정적 변위 검토

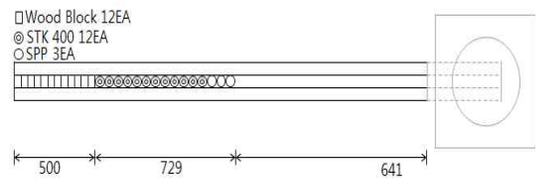
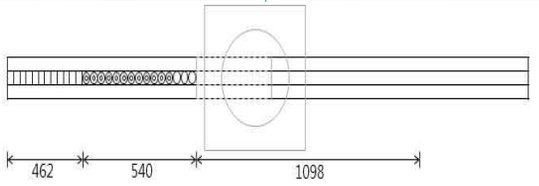
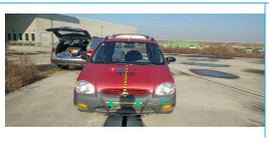
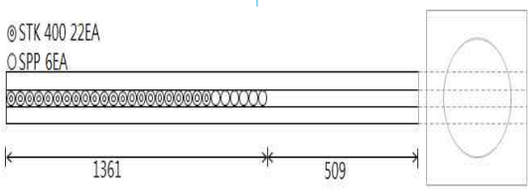
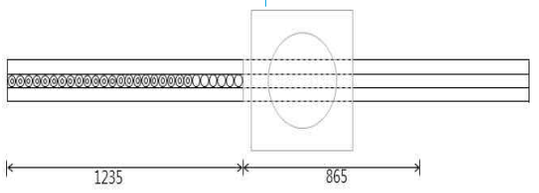
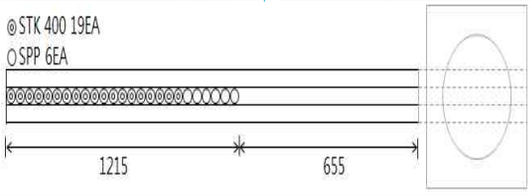
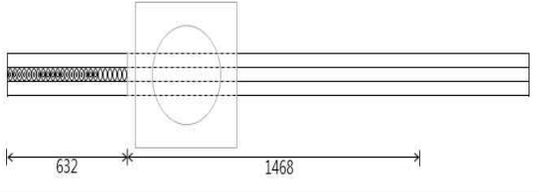
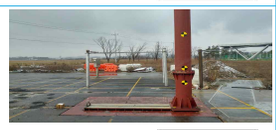
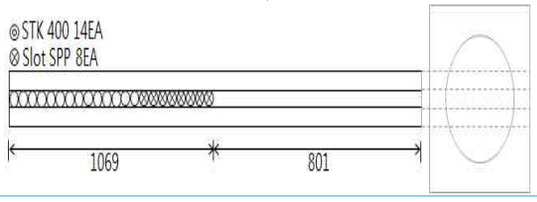
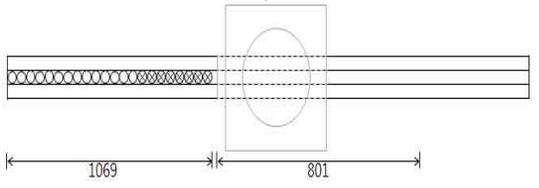
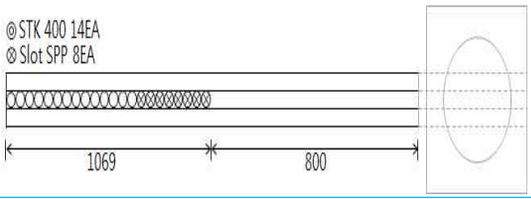
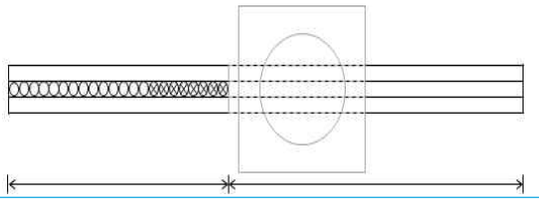
● 감충 지주 Base(Slip Base형태의 Mono Key)의 실물충돌시험을 수행

<표 2-1-3> 실물충돌시험 결과(Mono-Key)

구분		THIV(44km/h이하)	PHD(20g이하)	EAM
Test 1	Reduced Model 0.9ton-80km/h (Guide Key 200mm)	50.2 (0.0746sec)	51.69 (0.1619-0.1719sec)	SPP 12개 (997 mm)
Test 2	Reduced Model 1.3ton-80km/h (Guide Key 200mm)	40.74 (0.0918sec)	30.53 (0.1668-0.1768sec)	Slot SPP 3개 SPP 17개 (758 mm)
Test 3	Monopole Model 1.3ton-80km/h (Guide Key 200mm)	54.69 (0.0943sec)	26.93 (0.0943-0.1043sec)	STK400 12개 (997 mm)
Test 4	Monopole Model 0.9ton-80km/h (Guide Key 200mm)	61.2 (0.0731sec)	31.28 (0.0819-0.0919sec)	STK400 12개 (997 mm)
Test 5	Monopole Model 1.3ton-80km/h (Guide Key 430mm)	56.02 (0.0929sec)	22.28 (0.0935-0.1035sec)	SPP 3개 STK400 12개 (441 mm)
Test 6	Monopole Model 0.9ton-80km/h (Guide Key 430mm)	60.56 (0.0719sec)	25.52 (0.0861-0.0961sec)	SPP 3개 STK400 12개 (641 mm)
Test 7	Monopole Model 0.9ton-60km/h (Guide Key 630mm)	51.79 (0.0883sec)	16.47 (0.0883-0.0983sec)	SPP 6개 STK400 22개 (509 mm)
Test 8	Monopole Model 1.3ton-80km/h (Guide Key 630mm)	48.31 (0.0955sec)	29.81 (0.1465-0.1565sec)	SPP 6개 STK400 19개 (655 mm)
Test 9	Monopole Model 0.9ton-60km/h (Guide Key 630mm)	51.55 (0.0842sec)	15.94 (0.1543-0.1643sec)	Slot SPP 8개 SPP 14개 (801 mm)
Test 10	Monopole Model 1.3ton-60km/h (Guide Key 630mm)	45.64 (0.1042sec)	25.07 (0.1563-0.1663sec)	Slot SPP 8개 SPP 14개 (801 mm)



[그림 2-1-10] 풍하중 검토 및 정적 변위 검토(Test1-5)

Test	충돌 전	충돌 후
6	  	  
7	  	  
8	  	  
9	  	  
10	  	  

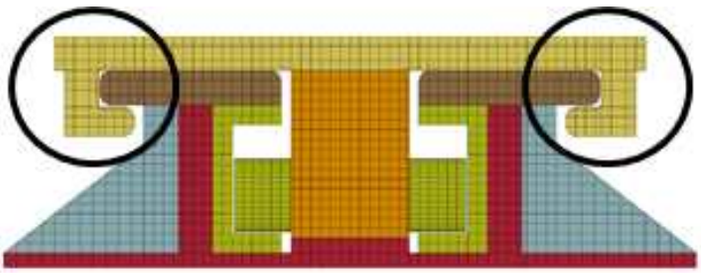
[그림 2-1-11] 풍하중 검토 및 정적 변위 검토(Test6-1)

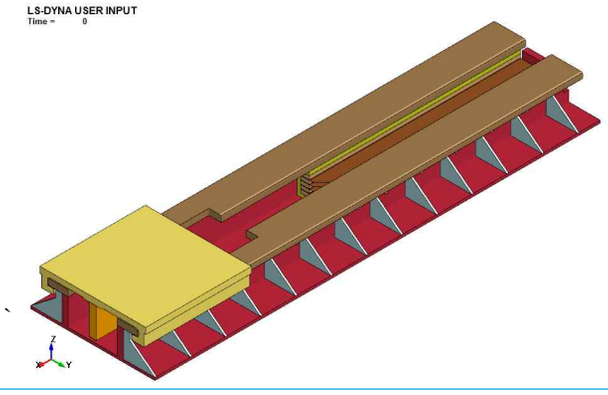
3차년도 연구 주요 내용

- 감충 지주의 성능을 향상시키기 위하여 2차년도에 개발된 Base에 대한 형태(Double Rail)를 개선하여 지주의 이동성을 향상시킴
- 또한, 2차년도의 시뮬레이션 및 실물충돌시험 결과, 탑승자 안전도를 만족하는 결과를 나타냈으나, 지주가 레일을 따라 이동시 흔들림이 발생하여 이를 지지하는 형태로 개선함
- 차량의 충돌시 충격을 완화시켜줄 수 있는 충격 흡수재(EAM)를 개발했으며, 실물충돌시험을 통해 성능을 검증함
- 부가적으로 기존 지주의 형태에서 성능은 동일하나, 지주 형태의 경량화를 제시함

(3) 수직 구조물 안전시설 개발

- 감충 지주의 형태를 Grip형 Slip Base, 강관 압축 변형을 이용한 형태로 대안 선정
  - 동일한 성능 보유 및 현장 적용시의 용이함 : 레일형 Guide Trough 및 Pipe 이용
  - Guide Trough를 Double Rail 형태로 변경하여 지주의 이동성 향상 및 공간 확보





[그림 2-1-12] 감충 지주 설계

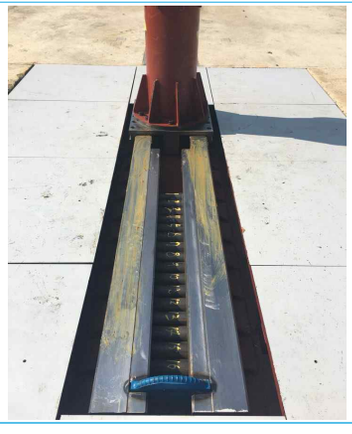
- 실물차량 충돌시험 결과, CC1(900kg-60km/h) 등급의 탑승자 안전지수 만족
  - THIV(44km/h이하) : 33.2km/h, PHD(20g 이하) : 18.7g

<표 2-1-4> 실물차량 충돌시험 결과

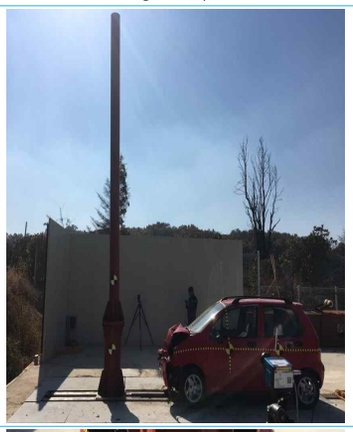
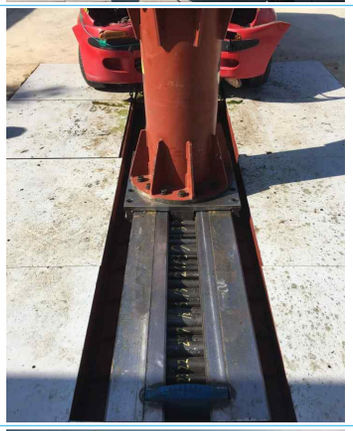
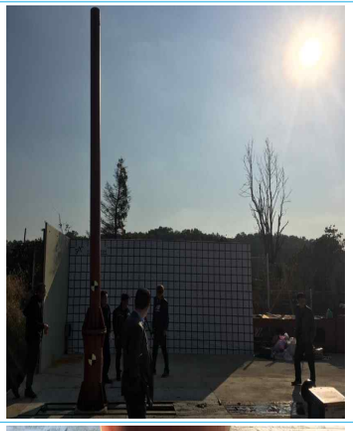
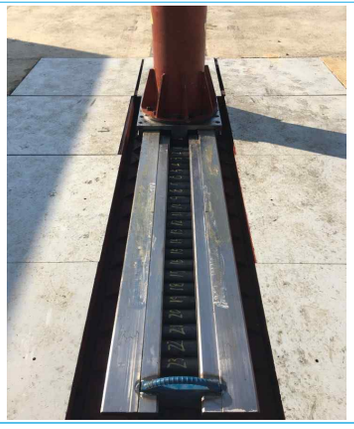
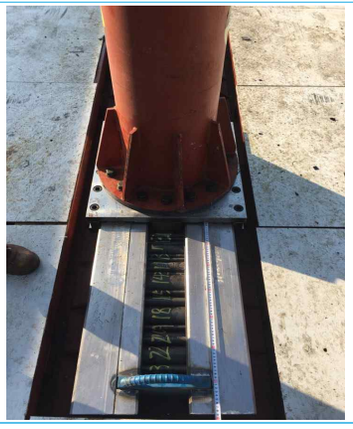
실험날짜	차량	충돌 속도	THIV	PHD	비고
9월 25일	900kg	60.7km/h	32.1km/h	25.8g	EAM 14EA
	1,300kg	61.4km/h	25.8km/h	20.1g	EAM 14EA
10월 17일	900kg	60.75km/h	33.2km/h	18.7g	EAM 17EA 동판설치
	1,300kg	60.26km/h	27.8km/h	18.7g	EAM 17EA 동판설치
10월 31일	900kg	72.4km/h	45.4km/h	23.3g	EAM 24EA 동판설치
	1,300kg	71.9km/h	35.5km/h	27.7g	EAM 24EA 동판설치
11월 2일	900kg	60.6km/h	53.6km/h	15.4g	EAM 24EA 동판설치 상부지주 D355.6 t9mm H6000mm
	1,300kg	60.7km/h	44.5km/h	12.4g	EAM 24EA 동판설치 상부지주 D355.6 t9mm H6000mm

날짜	충돌 전	충돌 후
2017.09.25. (900kg)		
		
2017.09.25. (1,300kg)		
		

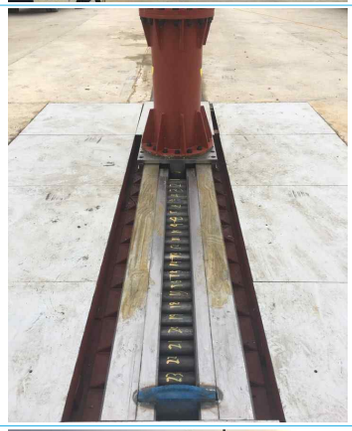
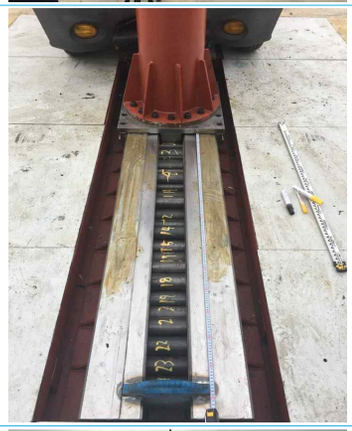
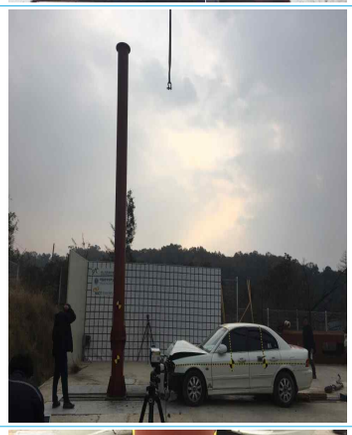
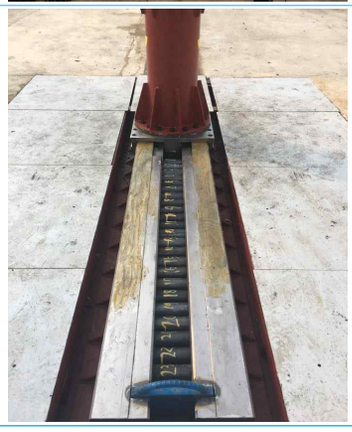
[그림 2-1-13] 풍하중 검토 및 정적 변위 검토(1)

날짜	충돌 전	충돌 후
2017.10.17. (900kg)		
		
2017.10.17. (1,300kg)		
		

[그림 2-1-14] 풍하중 검토 및 정적 변위 검토(2)

날짜	충돌 전	충돌 후
2017.10.31. (900kg)		
		
2017.10.31. (1,300kg)		
		

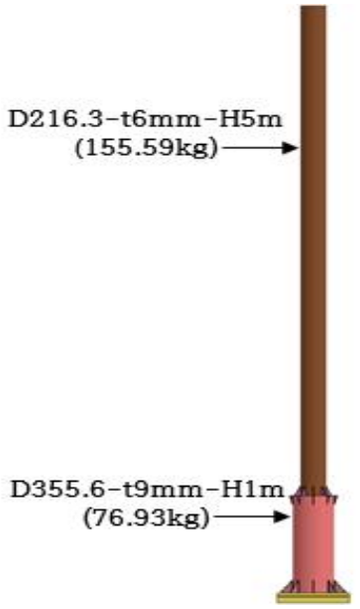
[그림 2-1-15] 풍하중 검토 및 정적 변위 검토(3)

날짜	충돌 전	충돌 후
2017.11.02. (900kg)		
		
2017.11.02. (1,300kg)		
		

[그림 2-1-16] 풍하중 검토 및 정적 변위 검토(4)

(4) 표지 경량화(안)

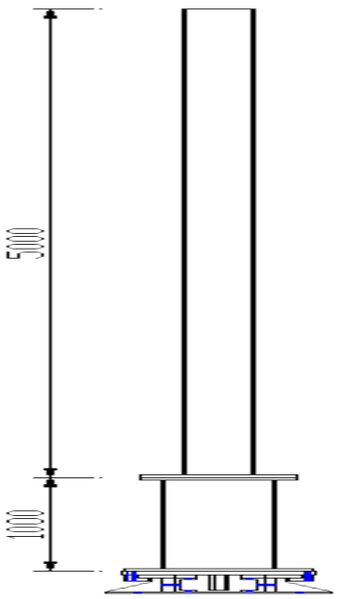
- 실물차량 충돌실험 지주 형태 : 하부지주(직경 355.6mm × 두께9mm × 높이1m) + 상부지주(직경 216.3mm × 두께6mm × 높이5m) 연결 지주(지주 중량 232.52kg)
- 기존 지주의 구조적 안전성 확보가 가능하며, 하부 지주는 범용, 상부 지주는 교체 가능한 형태로 다양하게 적용이 가능함

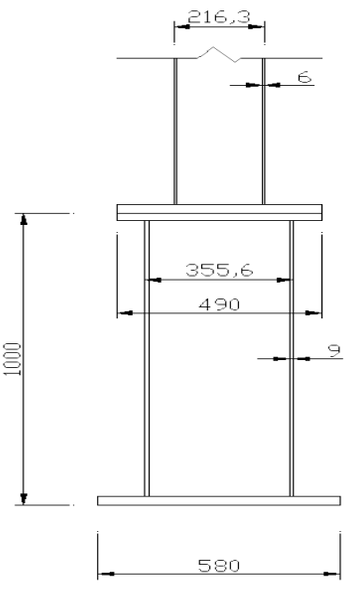


(a) Simulation



(b) Test





(c) 도면-지주

[그림 2-1-17] 표지 경량화(안)

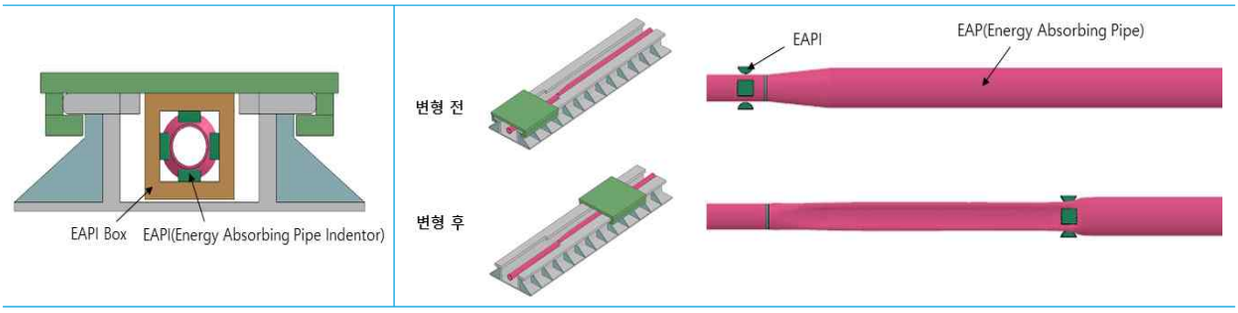
4차년도 연구 주요 내용

- 감충 지주의 성능을 향상시키기 위하여 에너지 소산 방식을 개선하여 감충 지주의 에너지 소산 능력을 향상시킴
- 정·동적 시험 결과를 이용한 Calibration 과정을 통하여 해석모델의 신뢰성을 향상시킴
- 충돌 시뮬레이션을 이용하여 상세설계를 수행하였고 최적 설계를 제시하였음
- 차량의 충돌시 충격을 완화시켜줄 수 있는 EAPI와 EAM를 개발했으며, 실물충돌시험을 통해 성능을 검증함

(5) 감충형 충돌실험 개선안 도출

(가) EAPI(Energy Absorbing Pipe Indentor) 적용(4차년도)

- 에너지가 소산 방식 변경 : 안정적인 에너지 소산을 위하여 EAP(Energy Absorbing Pipe), EAPI(Energy Absorbing Pipe Indentor) 적용



[그림 2-1-18] 범용 감충 지주 Base 대안

(나) EAP 해석모델 Calibration

① 정적 실험과 정적 해석

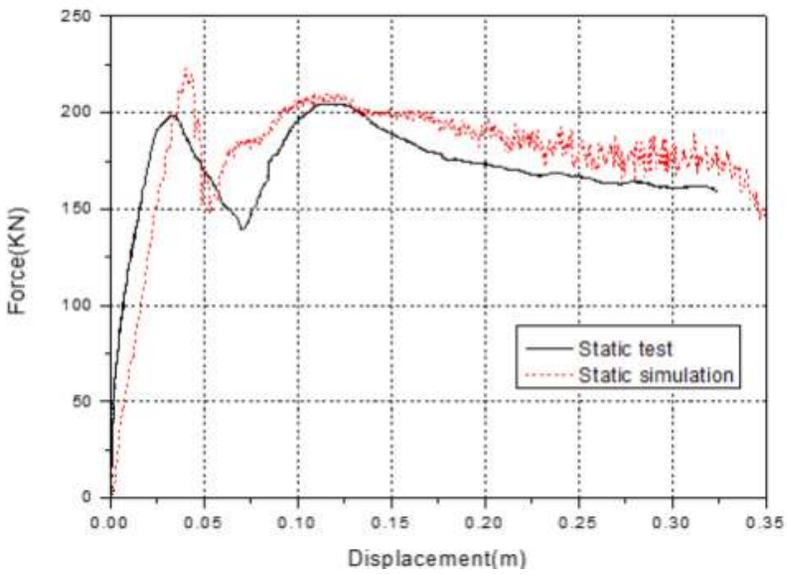
- EAP를 EAPI 안으로 통과시켜 EAP의 정적 하중-변위 관계 도출
- EAPI Box : 180mm×180mm×140mm, EAPI : 45mm×50mm×20mm
- EAP : D76.3-114.3mm, L500mm, t4.2mm



[그림 2-1-19] EAP 정적 실험과 정적 실험(좌: 정적 실험, 우: 정적 해석)

② 해석모델 Calibration

- 정적실험을 통하여 결정된 EAP의 정적 하중-변위 관계를 이용하여 해석모델 Calibration
- EAP 해석요소 : Solid(element form : fully integrated S/R solid)
- EAP 재료모델 : 7-직선 모델(material model : piecewise linear plasticity), F_y=326 MPa
- EAP와 EAPI의 마찰계수 : 0.55(friction model : Node to surface)



[그림 2-1-20] EAP 정적 하중-변위 관계

(다) 실물충돌시험에 대한 전체 해석모델 Calibration

- 입력변수를 적용한 충돌 시뮬레이션이 실물충돌시험의 차량 속도-시간 이력을 정의함
- 충돌조건 : 900kg-60km/h-0°
- 감충 지주 Base 구성요소 사이 마찰계수 : 0.06(friction model : surface to surface)

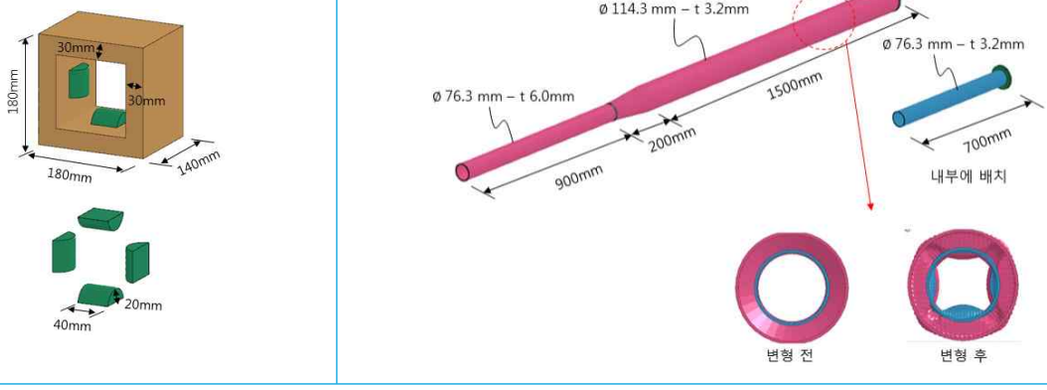
<표 2-1-5> 탑승자 위험 지수와 지주 이동거리

구분	THIV(km/h)	PHD(g)	이동거리(mm)
Test	32.2	22.9	865
Simulation	32.4	26.4	875

(4) 3D 컴퓨터 시뮬레이션을 이용한 상세설계

(가) EAPI과 EAP 상세설계

- 다양한 충돌조건을 적용한 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 EAPI와 EAP의 최적안 결정

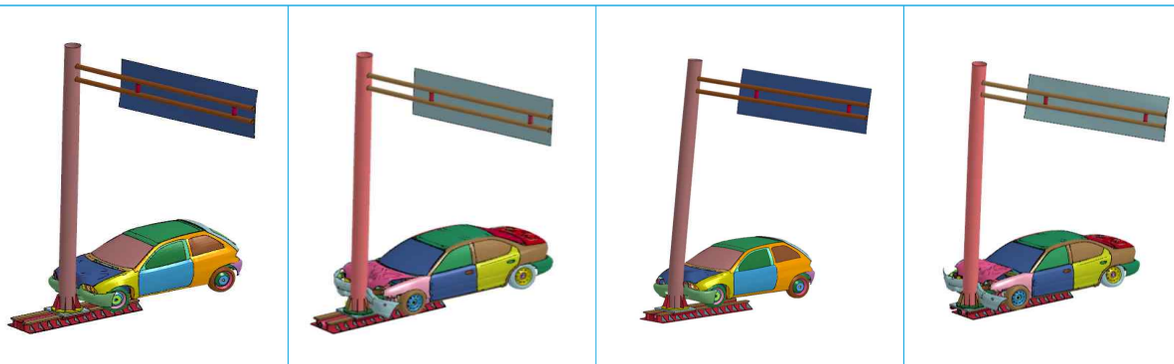


[그림 2-1-21] EAPI와 EAP 최적안(좌: EAPI, 우:EAP)

(나) 3D 컴퓨터 시뮬레이션을 이용한 탑승자 안전도 확인

① 정면 충돌 탑승자 안전도 확인

- 상세설계에서 결정된 EAPI과 EAP 최적안 적용
- 지주 : 직경=318.5 mm, 두께=6 mm, 높이=6.0 m
- Cantilever(표지판) : 폭=3,000 mm, 높이=1,100 mm
- 충돌 속도 60 km/h, 80 km/h와 900kg과 1,300kg 차량의 충돌조건에서 탑승자 안전도(THIV 44km/h, PHD 20g 이하)를 만족하는 결론을 도출함



(a) 900kg/60km/h/0°	(b) 1,300kg/60km/h/0°	(c) 900kg/80km/h/0°	(d) 1,300kg/60km/h/0°

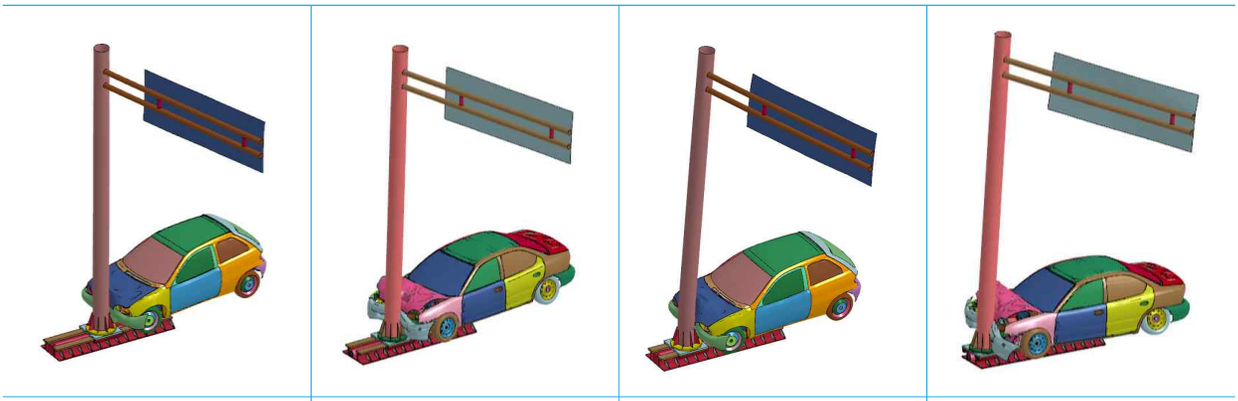
[그림 2-1-22] 정면 충돌 시뮬레이션

<표 2-1-6> 탑승자 위험 지수와 지주 이동거리(정면 충돌)

구분	THIV(km/h)	PHD(g)	이동거리(mm)	비고
900kg-60km/h	38.9	11.8	1,147	만족
1,300kg-60km/h	36.0	9.1	1,388	만족
900kg-80km/h	42.3	15.4	1,559	만족
1,300kg-80km/h	40.6	12.6	2,093	만족

② 15°경사 충돌 탑승자 안전도 확인

- 충돌 속도 60 km/h, 80 km/h와 900kg과 1,300kg 차량의 충돌조건에서 탑승자 안전도(THIV 44km/h, PHD 20g 이하)를 만족하는 결론을 도출함



(a) 900 kg /60 km/h/ 15° (b) 1,300kg/60km/h/15° (c) 900kg/80km/h/15° (d) 1,300kg/60km/h/15°

[그림 2-1-23] 경사 충돌 시뮬레이션

<표 2-1-7> 탑승자 위험 지수와 지주 이동거리(경사 충돌)

구분	THIV(km/h)	PHD(g)	이동거리(mm)	비고
900kg-60km/h	39.9	11.3	1,114	만족
1,300kg-60km/h	35.2	9.6	1,388	만족
900kg-80km/h	43.9	14.4	1,573	만족
1,300kg-80km/h	39.4	15.3	2,022	만족

(5) 실물차량 충돌시험을 통한 탑승자 안전도 확인

(가) 실물차량 충돌시험 시험체 설치

- 지주 : 직경=318.5 mm, 두께=6 mm, 높이=6.0 m
- Cantilever(표지판): 폭=3,000 mm, 높이=1,100 mm



[그림 2-1-24] 편지식 표지판 설치(좌: 정면 충돌용, 우: 15° 경사 충돌용)

(나) 정면 충돌 탑승자 안전도 확인

- 80 km/h 충돌 속도에 대한 차량 탑승자 안전도(THIV 44km/h, PHD 20g 이하) 만족
- 고정 지주와 비교하여 외부 변형이 상당히 감소하였고 내부 변형은 발생하지 않음



(a) 0.0 sec | (b) 0.1 sec | (c) 0.21 sec

[그림 2-1-25] 80km/h 정면 충돌시험(상: 900kg, 하:1,300kg)

<표 2-1-8> 탑승자 위험 지수와 지주 이동거리(정면 충돌)

구분	THIV(km/h)	PHD(g)	이동거리(mm)	비고
900kg-80km/h	42.8	16.3	1,344	만족
1,300kg-80km/h	39.1	18.3	1,896	만족

(다) 15° 경사 충돌 탑승자 안전도 확인

- 80 km/h-1,300kg에 대한 차량 탑승자 안전도(THIV 44km/h, PHD 20g 이하) 만족
- 고정 지주와 비교하여 외부 변형이 상당히 감소하였고 내부 변형은 발생하지 않았음



(a) 0.0 sec | (b) 0.1 sec | (c) 0.23 sec

[그림 2-1-26] 1,300kg - 80km/h 경사 충돌시험

<표 2-1-9> 탑승자 위험 지수와 지주 이동거리(15°경사 충돌)

구분	THIV(km/h)	PHD(g)	이동거리(mm)	비고
1,300kg-80km/h	40.8	14.9	1,603	만족

(라) 고정지주 충돌 탑승자 안전도 확인

- 일반 도로에 설치된 보통의 고정지주의 경우는 충돌시 80 km/h 충돌 속도에 대하여 1,300kg 차량 탑승자 안전도(THIV 44km/h, PHD 20g 이하)가 매우 높으며 탑승자 안전도가 매우 낮음



(a) 0.0 sec | (b) 0.1 sec | (c) 0.2 sec

[그림 2-1-27] 1,300kg - 80km/h 정면 충돌시험

<표 2-1-10> 탑승자 위험 지수와 지주 이동거리(정면 충돌)

구분	THIV(km/h)	PHD(g)	이동거리(mm)	비고
1,300kg-80km/h	82.2	21.0	-	불만족

- 감충 지주와 비교하여 심각한 외부 변형이 발생되었으며 특히 차량 대시보드의 변형이 매우 크게 발생됨









고정 지주: 차량 대시보드 변형량 : 300 mm 이상



감충 지주: 차량 대시보드 변형량 : 없음

[그림 2-1-28] 차량 내·외부 변형

(6) 감충 지주 풍하중 검토

(가) 구조 검토

- 40 m/s 풍하중에 대한 설계 풍하중 검토를 수행함
- STK400 적용시 : 폭 3.0 m x 높이 2.25 m 표지판까지 적용 가능
- STK490 적용시 : 폭 3.4 m x 높이 2.25 m 표지판까지 적용 가능
- STK590 적용시 : 폭 4.0 m x 높이 2.5 m 표지판까지 적용 가능

<표 2-1-11> 설계 풍하중 검토

직경 (mm)	두께 (mm)	표지판			휨 모멘트 (kN·m)	비틀림 모멘트 (kN·m)	비고
		폭 (m)	높이 (m)	면적 (m^2)			
318.5	6	3.65	1.50	5.5	72.6	28.9	STK400 (F_y=275)
		2.50	2.20	5.5	78.5	22.7	
		3.00	2.00	6.0	82.9	27.8	
		3.00	2.25	6.8	94.2	31.2	
		3.00	2.40	7.2	101.2	33.3	STK490 (F_y=355)
		3.40	2.25	7.7	105.3	38.4	
		3.60	2.20	7.9	108.0	41.3	STK590 (F_y=450)
		3.30	2.80	9.2	131.4	45.4	
		4.45	2.20	9.8	130.8	59.4	
		3.50	2.85	10.0	141.4	51.0	
		4.00	2.50	10.0	137.2	56.2	

- 따라서, 국내에서 가장 많이 사용되는 편지식 표지판 크기를 만족할 수 있음
- 도시 지역 : 표지판 폭 4.45 m x 높이 2.2 m
- 지방 지역 : 표지판 폭 4.0 m x 높이 2.5 m

(나) 기초 안정성 검토

- 40 m/s 풍하중에 대한 기초 안정성 검토를 수행함
  * 도로교설계기준, 국토교통부, 2010
  * 도로표지관련 규정집, 국토교통부, 2016

- 기초 안정성 검토
  - 표지판 : 폭 2.5 m x 높이 1.8 m, 폭 3.0 m x 높이 2.0 m
  - 하중조합 : 고정하중 + 풍하중 + 토압

- 전도에 대한 안정
  - 하중의 합력위치는 바닥판 중심으로 바닥판 폭의 1/3이내
  - 저항모멘트는 전도모멘트의 2배 이상

<표 2-1-12> 전도에 대한 안전성 검토

구분	저항모멘트 (kN·m)	전도모멘트 (kN·m)	수직력 (kN)	안전율 (>2.0)	e (m)	허용폭 (m)	비고
2.5 x 1.8	256.2	83.2	173.4	3.08	0.502	1.0	O.K
3.0 x 2.0	257.1	109.4	174.6	2.35	0.655	1.0	O.K

- 활동에 대한 안정 : 허용전단저항력은 전단력의 1.5배 이상

<표 2-1-13> 허용전단저항력 검토

구분	허용전단저항력(kN)	전단력(kN)	안전율 (>1.5)	비고
2.5 x 1.8	63.1	21.9	2.89	O.K
3.0 x 2.0	63.6	25.4	2.51	O.K

- 지지력에 대한 안정

<표 2-1-14> 지지력 검토

구분	수직력 (kN)	e (m)	x (m)	분포	Qmax (MPa)	Qa (MPa)	비고
2.5 x 1.8	173.4	0.502	2.994	삼각형	0.039	0.2	O.K
3.0 x 2.0	174.7	0.655	2.535	삼각형	0.046	0.2	O.K

5차년도 연구 주요 내용

- 성능이 검증된 감충 지주에 대한 현장 시공
- 표지판 크기별 감충 지주에 대한 표준도 및 시방서 작성

(7) 현장적용

(가) 표준도 작성

- 표지판 크기별 감충 지주 표준도 작성

<표 2-1-15> 표지판 규격 검토

표지판 규격 (mm)	지주 규격(mm)	비고
2500 x 1000	264.7(t=6)	1지명 이정표지(402-1)
2500 x 1750		자동차 전용도로 예고표지(409)
2500 x 1800		2지명 이정표지(402-2) 좌우이정표지(402-4)
1350 x 1350 (2EA)		2방향표지
2500 x 2200	318.5(t=6)	3지명 이정표지(402-3)
3000 x 2000		2지명 이정표지(402-2) 관광지표지(406) 2지명 이정표지(413-2) 좌우이정표지(402-4)

(나) 시방서 작성

- 적용범위 : 감충형 도로표지판의 공사에 관한 일반 사항
- 한국산업규격(KS) : KS B 1002 6각볼트, KS D 3503 일반구조용 압연강재
  KS D 3566 일반구조용 탄소강관, KS D 8304 용융아연도금
- 관련기준 : 도로교 표준시방서(국토교통부), 일반국도공사 전문시방서(국토교통부), 도로표지 제작·설치 및 관리 지침(국토교통부), 도로교통법 시행규칙(안전행정부), 교통안전표지 설치 관리 매뉴얼(경찰청)
- 기타관련법규 및 발주자(고객) 요구사항
- 재 료

① 표지판 및 지주 : 표지판과 지주는 일반국도공사 전문 시방서 적용

② 감충 기초 : 감충 기초용 강판은 KS D 3503의 규격품 사용. 볼트는 KS D 3706 STS304 NI-B에 준하며, 그 형상은 KS B 1002의 규격품 사용. 기초에 사용할 시멘트 콘크리트는 일반국도공사 전문시방서 적용

● 시 공

① 제작

– 표지판과 지주는 일반국도공사 전문 시방서 적용

– 각종 강재의 절단 : 자동GAS 절단 및 PRESS에 의한 기계가공, 단부 : 평활하게 끝맺음

– HOLE 가공 : 정확한 위치에 하여야 하며, 직각도는 1/20이하

– 강재 제작 : 휘어지거나 요철 발생 방지, 용접으로 인한 강재의 강도 약화 방지

– 용접 : 공장 용접, 부득이한 경우 감독자의 승인을 받아 현장 용접

– 볼트 : 아연도금, 비틀림과 휨이 없는 것을 사용

– 강재 절단부분 및 용접부분 : 미끈하게 그라인더로 표면처리

② 방식처리

– 방식처리 : KS D 8308 2종 HDZ55 적용에 따르며, 아연도 금 부착량은 550 g/㎡ 이상 (단, 두께가 3.2 mm 이하의 강재 에 해서는 2종 HDZ35에 따르며, 아연도금 부착량은 350 g/㎡ 이상으로 함. 그러나, 용융아연도금이 불가능하거나 소규모의 시설 및 보수공 사에 있어서는 녹막이 페인트 1회, 조합페인트 2회를 실시)

– 용융아연도금 : KS D 9521 적용, 또한 나사부위는 도금 후 홈이 유지되도록 손질

– 도금 후 가공하는 곳은 징크릿치 도장으로 아래의 방법에 따라 현장 끝 마무리를 하여야 함 (방식처리 전 강재 표면의 수분, 유분 등의 부착물은 깨끗이 제거, 도료는 아연분말의 무기질 도료로서 2회 도포, 이때의 표준 도포량은 2회 도포로써 400～500 g/㎡, 두께는 40 ㎛ ～ 50 ㎛, 도장을 계속할 때에는 전회 도장 후 1시간 이상 경과 후에 실시)

– HGI(hot galvanized steel sheet)를 사용할 때의 절단면은 방식처리

● 설 치

– 표지판의 설치의 일반사항 : 일반국도공사 전문시방서 적용

– 굴착 : 비탈면·포장 등 기존 시설물에 손상 방지, 되메우기는 층상으로 다짐을 실시

– 도면을 명확히 검토한 후 발주처 관리 하에 지하 매설물 교차여부를 확인

– 기초 : 수평하게 설치, 도로와 15° 이내의 각도로 설치

(다) 현장 시공

● 지방도 616번 도로상 2지명 이정표지(편지식)에 적용

● 적용지주 : 표지판 규격 : 2500mm x 1800mm, 지주 규격 : 267.4mm (t=6mm)



(a) 터파기



(b) 철근조립



(c) 거푸집 조립



(d) 콘크리트 타설



(e) 지주 설치

[그림 2-1-29] 현장 설치

시 방 서

(감 충 형 도 로 표 지 판)

1. 일 반 사 항

1.1 적 용 범 위

본 시방은 감충형 도로표지판의 공사에 관한 일반 사항을 규정한다.

1.2 각종기준의 적용

1.2.1 한국산업규격(KS)

KS B 1002 6각볼트

KS D 3503 일반구조용 압연강재

KS D 3566 일반구조용 탄소강관

KS D 8304 용융아연도금

1.2.2 관련기준

도로교 표준시방서(국토교통부)

일반국도공사 전문시방서(국토교통부)

도로표지 제작·설치 및 관리 지침(국토교통부)

도로교통법 시행규칙(행정안전부)

교통안전표지 설치 관리 매뉴얼(경찰청)

1.2.3 기타관련법규 및 발주자(고객) 요구사항

2. 재료

2.1 표지판 및 지주

2.1.1 표지판과 지주는 일반국도공사 전문시방서에 따른다.

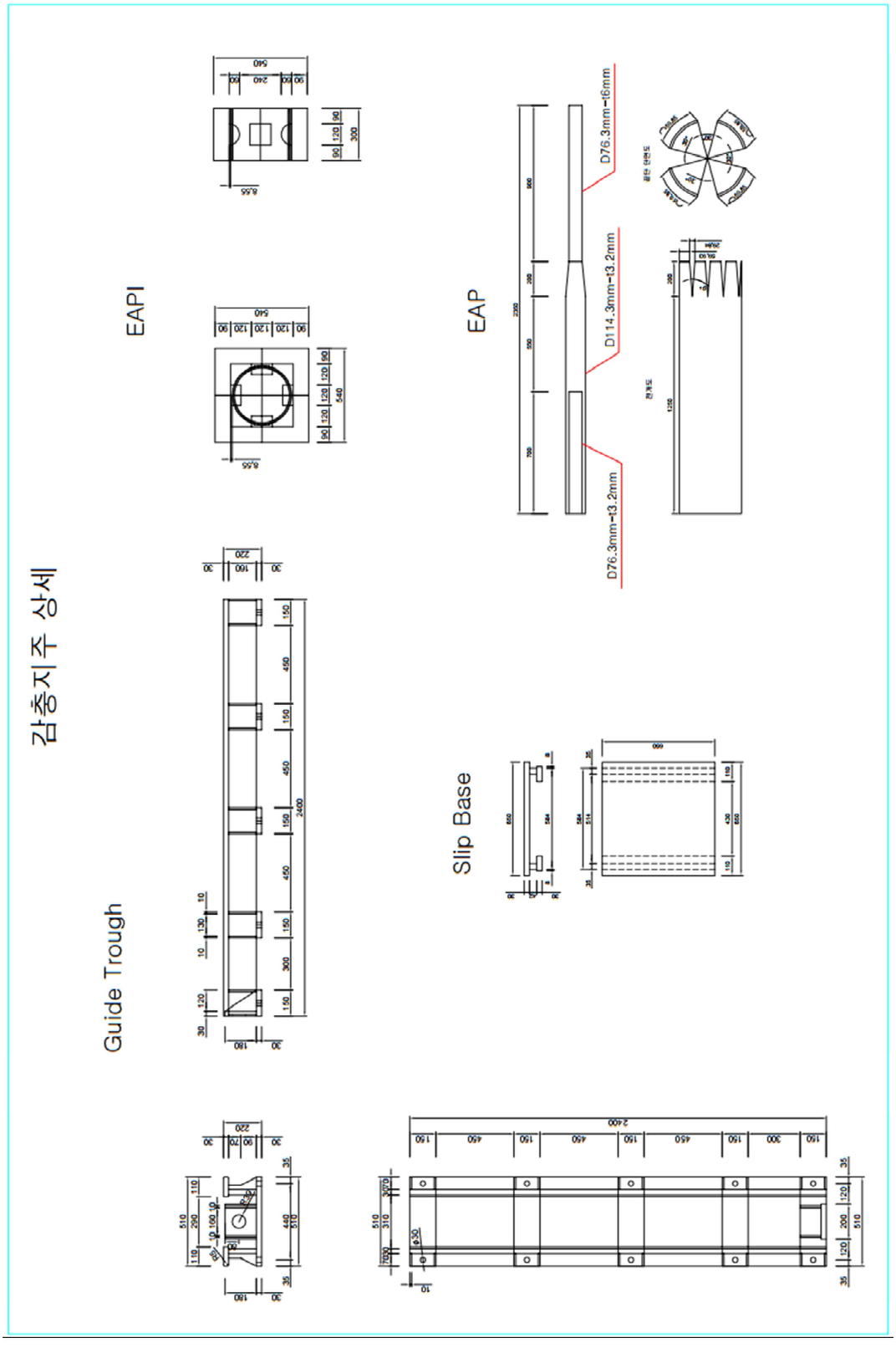
2.2 감충 기초

2.2.1 감충 기초용 강판은 KS D 3503의 규격품을 사용하여야 한다.

2.2.2 볼트는 KS D 3706 STS304 NI-B에 준하며, 그 형상은 KS B 1002의 규격품을 사용하여야 한다.

2.2.3 기초에 사용할 시멘트 콘크리트는 일반국도공사 전문시방서에 따른다.

표 준 도


감충지주 상세
EAPI
EAP
D76.3mm-t6mm
D114.3mm-t3.2mm
D76.3mm-t3.2mm
Guide Trough
Slip Base

나. 교각 안전시설

차량 단독사고의 약 50%는 공작물 충돌사고(치사율 12.8)로 평균 치사율의 5배 이상이며, 고가도로의 건설 등으로 인한 교각들이 다수 존재. 교각은 충돌사고의 위험이 매우 높으나 적용 가능한 도로안전시설이 없어 교각 충돌시 사고의 심각도 높음. 또한, 교각 전용 방호시설의 부재로 폭이 좁은 충격흡수시설 설치시 전체면을 보호하지 못해 둘러싸는 형태의 시설을 개발함

○ 연구 성과품 개발 절차 및 개요

- 탑승자 피해를 최소화하는 교각용 안전시설 개발을 위하여 ① 수요 기관 등 의견 조회 및 기술 동향 파악, ② 교각용 안전시설 설계 목표 설정, ③ 교각용 안전시설 대안 검토, ④ 시뮬레이션 성능 평가, ⑤ 실물차량 충돌시험 성능 평가, ⑥ 현장적용 순으로 연구를 수행함

- ① 수요 기관 등 의견 조회
  - 국내·외에서 교각을 방호하기 위하여 설치·운영되고 있는 사례를 조사하고, 전문가 면담을 통한 요구조건을 분석함

- ② 설계 목표 설정
  - 본 과업에서는 CC2 등급을 만족하는 교각용 안전시설을 개발하는 것으로 목표를 선정함
    * 차량방호시설 설치 및 관리지침(국토교통부)에 제시된 탑승자 보호 성능을 평가 지표로 선정 ; CC2 등급에서의 탑승자 보호 성능은 THIV = 44 km/h 이하, PHD = 20 g 이하
  - 교각용 안전시설의 충돌 속도는 60km/h, 80km/h로써, 도시부 급에서 적용할 수 있는 대안을 개발하여 목표를 설정함
  - 또한, 각 속도에 따른 복귀형, 비복귀형을 고려하여 개발함

- ③ 교각용 안전시설 대안 검토
  - 교각용 안전시설은 가드레일 형태와 가드레일을 사용하지 않은 형태로 대안을 검토함

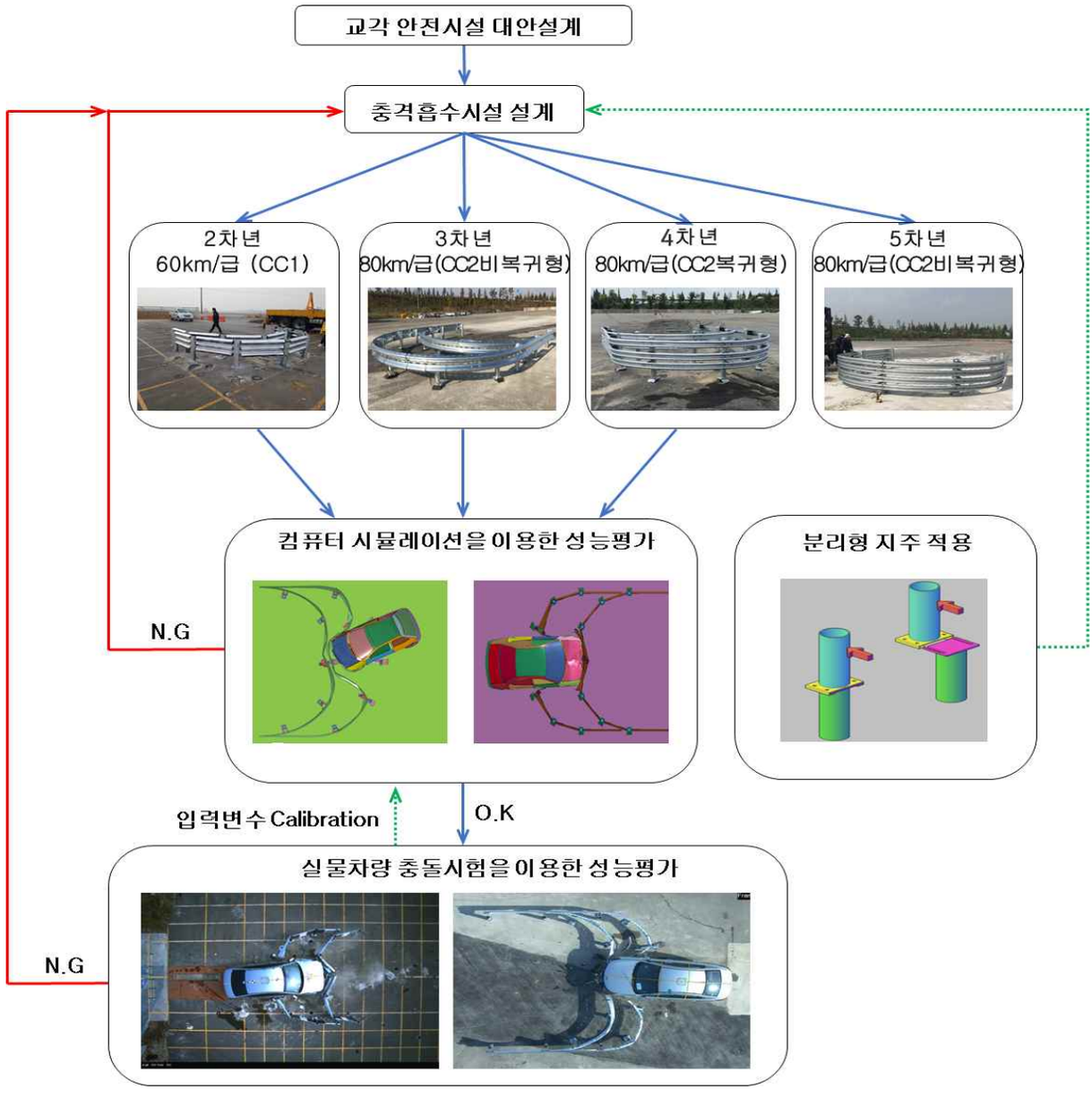
- ④ 컴퓨터 시뮬레이션을 이용한 성능평가
  - 교각 안전시설의 동역학 해석과 충돌테스트 시뮬레이션 수행
  - 설계 충돌 속도와 충돌 각도를 적용한 컴퓨터 시뮬레이션을 이용하여 교각 안전시설 대안의 탑승자 보호 성능을 평가했으며, 결과에 따른 대안을 제시함

● ⑤ 실물차량 충돌시험을 이용한 성능평가

– 설계 충돌 속도와 충돌 각도를 적용한 실물차량 충돌시험을 이용하여 교각안전시설 대안의 탑승자 보호 성능을 평가함

● ⑥ 현장 적용

– 연구 성과품의 활용성을 높이기 위하여 실제 도로변에 교각 안전시설을 설치하여 효과를 검증함



[그림 2-1-30] 교각 안전시설 연구개발 흐름도

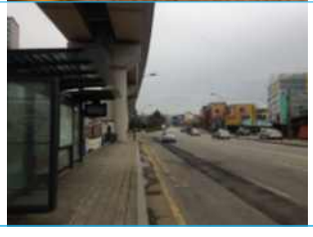
1차년도 연구 주요 내용

- 교각용 안전시설의 개발을 위하여, 기존의 교각 안전시설을 검토하고, 수요기관의 등 의견 조회를 통해 기술동향을 파악함
- 수요기관 등의 의견을 조회하여 교각 안전시설의 형태 및 요구 조건에 대한 대안을 설계함

(1) 수요기관 등 의견 조회 및 기술동향 파악

- 국내 조사 대상구간의 도로에 설치된 교각의 형태는 T형 교각과 횃불형 교각으로 이루어져 있고 교각의 위치가 중앙분리대, 교차로, 인도 또는 도로변 쪽에 위치한 경우가 대부분인데 충격 흡수 장치가 설치되 있는 곳은 없음
- 경전철의 왕복 차선 중앙에 교각이 위치할 경우 직진 차로에선 충격 흡수장치가 설치되지 않았고, 교차로의 경우에는 설치하였지만 교각을 직접적으로 보호해주는 제품은 충격흡수 장치를 30개의 조사지역중 1개정도임
- 3차선 이상의 경우 제한속도는 30~70km/h로 정해져 있고, 교각 지름의 가장자리와 도로 보도블록과의 거리는 약 80mm~500mm정도 매우 좁음
- 따라서, 교각의 보호와 충돌 시 차량 탑승자에 대한 안전을 위해 길이는 짧아도 충격을 최대한 흡수 할 수 있는 다방향성 충격흡수 제품이 필요함

<표 2-1-16> 교각 설치 현황(국내)

위치	현황		
중앙분리대			
교차로			
도로변			

● 국외 지역에 위치한 도로관리 및 안전시설과 관련한 연구 및 개발을 추진한 전문가 및 전문기관(대학)을 방문하여 국내용 교각 보호 및 충돌 차량의 탑승자 보호용 충격흡수 장치를 설계하는데 필요한 기술사항을 조사 분석

<표 2-1-17> 수요 기관 등 의견 조회

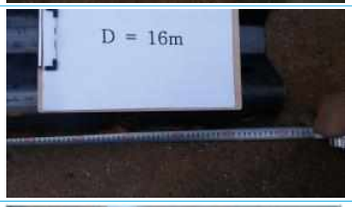
<table>
<tr><th>구분</th><th>내용</th></tr>
<tr><td>방문지</td><td>University of California DAVIS (도로관리 및 항공연구 센터)</td></tr>
<tr><td>면담자</td><td>Prof. BAHRAM RAVANI (도로안전시설 항공연구 전문가)</td></tr>
<tr><td>면담내용</td><td>– 전문기관 방문을 통한 지역의 교각 충격흡수 장치 설치 실태에 대해 인터뷰 및 현황 사례 조사
<table>
<tr><th>구분</th><th>인터뷰 내용 및 전문가 의견</th><th></th></tr>
<tr><td>1</td><td>교각보호 및 추돌차량 탑승자 보호 교각용 충격흡수 안전시설 필요성 질의</td><td>위험한 도로시설물로서 충격흡수장치가 필요</td></tr>
<tr><td>2</td><td>교각 충돌사고로 부터 탑승자를 보호할 수 있는 형태 질의(한국 적용)</td><td>교각을 감싸는 형태(설치 공간 고려)의 충격흡수장치를 설치 필요</td></tr>
<tr><td>3</td><td>충격흡수재로서 에어 챔버의 활용 여부 질의</td><td>흡수성능이 우수하므로, 좋은 아이디어임</td></tr>
<tr><td>4</td><td>충격흡수재로서 스틸부재의 활용 효과 질의</td><td>경제성이 우수하며, 재료의 구조 해석 필요</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>설치 사례 (미국)</td><td colspan="2">   
   
    </td></tr>
</table>

(2) 교각 안전시설 대안 설계

① 가드레일 사용 형태

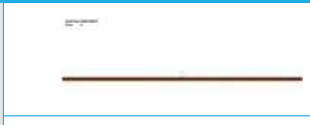
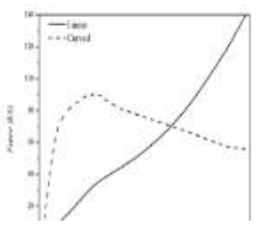
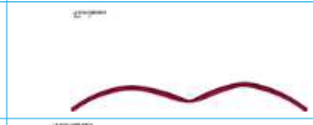
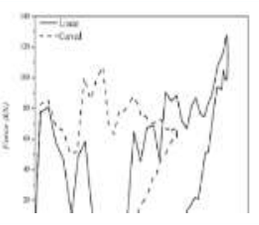
- 가드레일 형태의 교각 안전시설의 경우, 교각을 방호할 수 있는 형태(곡형)로 개발 방향을 설정하였으며, 정·동적 실험을 수행하여 성능을 검증함

  – 10m 직경의 곡형 가드레일 제작했으며, 10m 이하의 직경은 가드레일의 울림이 발생하므로, 이에 대한 보완 형태 개발

직경	정면	계측	
20m			
16m			
10m			

[그림 2-1-31] 곡형 가드레일 계측

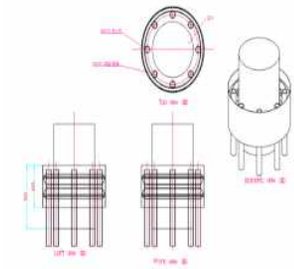
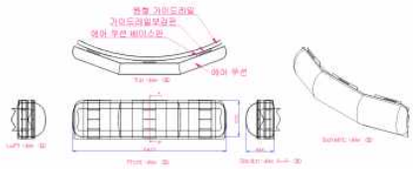
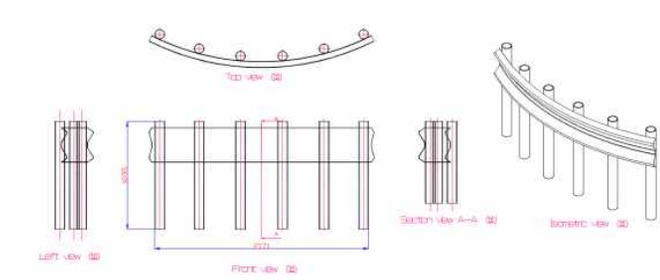
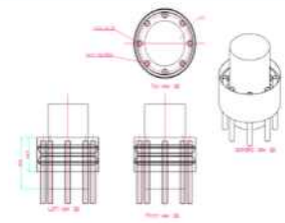
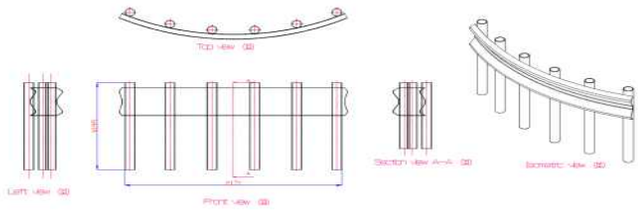
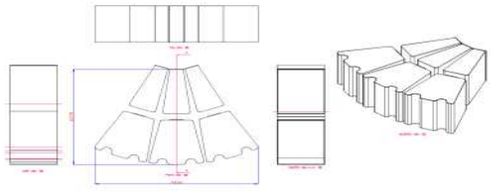
<표 2-1-18> 정적 동적 실험 결과

구분	일반	곡형	변형 그래프
정적 변형			
			
동적 변형			
			

② 가드레일 미사용 형태

- 가드레일을 사용하지 않은 형태는 박판빔형과 에어쿠션형으로 구분하여 설계함

<표 2-1-19> 교각 안전시설 설계(박팜빔형, 에어쿠션형)

구분		설계도
박판빔형	교각보호 프레임 및 교각보호 프레임 고정 포스트	
	탑승자 보호 충격흡수 요소 부재	
	탑승자 보호 충격흡수 요소 부재 포스트	
에어 쿠션형	교각보호 프레임 및 교각보호 프레임 고정 포스트	
	탑승자 보호 충격흡수 요소 부재	
	탑승자 보호 충격흡수 요소 부재 포스트	

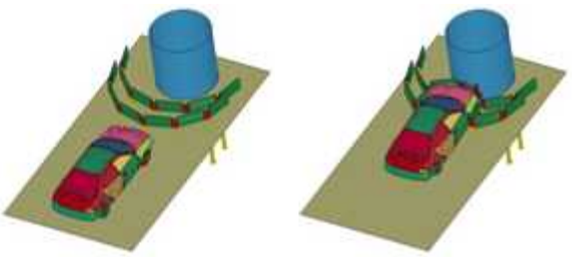
2차년도 연구 주요 내용

- 1차년도에서 교각 안전시설에 대한 설계를 검토하고, 60km/h에서 충격을 흡수할 수 있는 형태의 교각 안전시설을 개발함
- 가드레일을 사용하는 형태에서는 가드레일의 형태를 곡형, 분절형, 블록아웃형으로 구분하여 교각을 방호하는 형태를 설계함
- 또한, 최종 대안에 대한 시뮬레이션 및 실물충돌시험을 수행함

(3) 교각 충격흡수시설 개발(60km/h)

① 가드레일 사용 형태

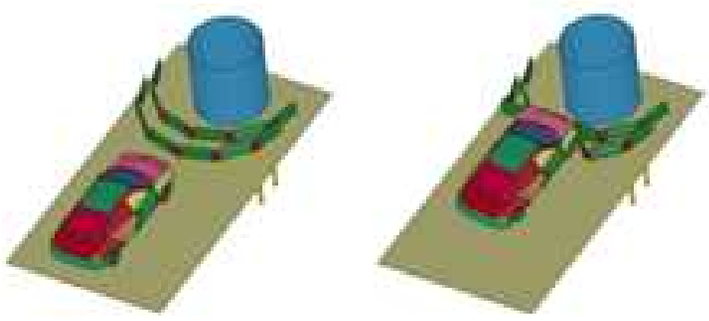
- 3D 동적 충돌해석에 사용되는 LS-DYNA 프로그램을 이용하여 차량의 거동 및 탑승자 안전지수를 시뮬레이션을 이용하여 정면 및 offset에 대하여 분석함
- 시뮬레이션 분석 결과 THIV와 PHD의 기준 값을 만족하는 것으로 나타남

구 분	상세
시뮬레이션 (정면)	
실물충돌시험(정면)	 

[그림 2-1-32] 60km/h 충격흡수시설 개발(정면)

<표 2-1-20> 교각 충격흡수시설 충돌시험 결과(정면)

구분	시뮬레이션		실물충돌시험	
항목	THIV(km/h)	PHD(g)	THIV(km/h)	PHD(g)
기준값	44km/h 이하	20g 이하	44km/h 이하	20g 이하
결과값	35	14	44	14

구 분	상세
시뮬레이션 (정면)	
실물충돌시험(정면)	 

[그림 2-1-33] 60km/h 충격흡수시설 개발(offset)

<표 2-1-21> 교각 충격흡수시설 충돌시험 결과(2)

구분	시뮬레이션		실물충돌시험	
항목	THIV(km/h)	PHD(g)	THIV(km/h)	PHD(g)
기준값	44km/h 이하	20g 이하	44km/h 이하	20g 이하
결과값	39	15	44	17

② 가드레일 미사용 형태

- 박판빔형과 에어쿠션형에 대한 실물충돌시험을 수행한 결과, 기준 값을 만족
- 박판빔형 : THIV(≤ 44) : 29.59km/h, PHD(PHD ≤ 20) : 3.07g
- 에어쿠션형 : THIV(≤ 44) : 31.16km/h, PHD(PHD ≤ 20) : 2.35g



[그림 2-1-34] 교각 충격흡수시설(좌: 박판빔형, 우: 에어쿠션형)

3차년도 연구 주요 내용

- 2차년도에는 60km/h에 대한 교각 안전시설을 개발했으며, 3차년도는 80km/h에 대한 교각 안전시설을 개발함
- 국내외 널리 사용되고 있는 W형/3W형 가드레일과 연결이 가능한 교각방호용 다방향 충격흡수시설 CC2급 성능 검증 시뮬레이션 수행 (주행비복귀형)
- 또한, 실물차량 충돌시험을 수행하여 시설물에 대한 효과를 검증함

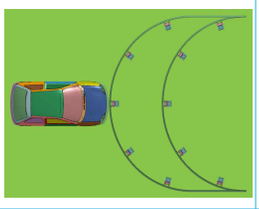
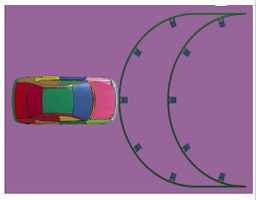
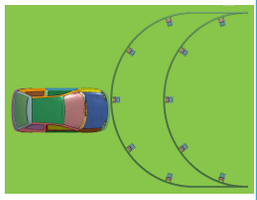
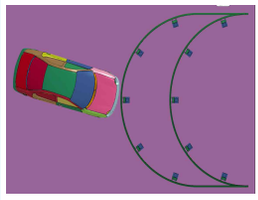
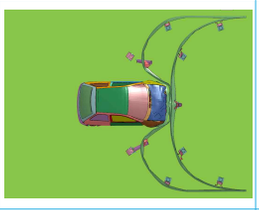
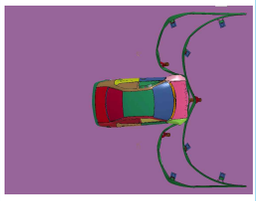
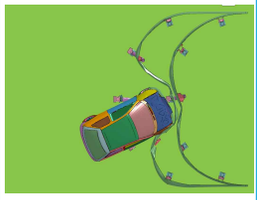
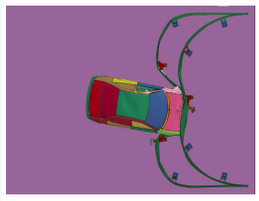
(4) 교각 충격흡수시설 개발(80km/h)

① 가드레일 사용 형태

1) W형 곡형 가드레일을 이용한 다방향 충격흡수시설

- W형 가드레일은 원형 시공이 가능하도록 곡형으로 가공함
- 지주 충돌시의 충돌에너지 감소를 위해 분리형 지주 적용 (W/3W형 공통적용)
- 충격흡수 분리형 지주 적용결과 탑승자안전지수(THIV/PHD) 기준을 충족함

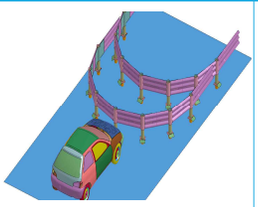
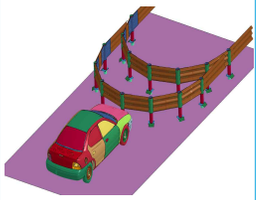
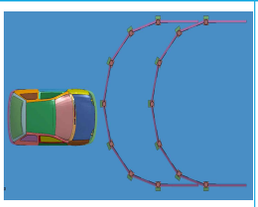
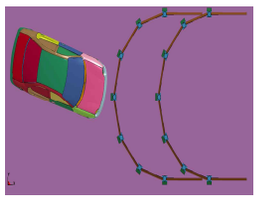
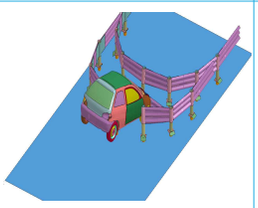
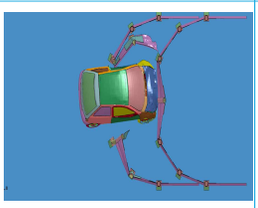
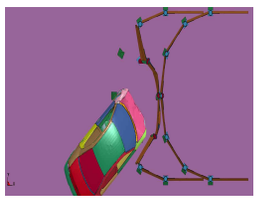
<표 2-1-22> W형 곡형 가드레일 시뮬레이션 해석결과 (1.3톤 – 충돌속도 80km/h - CC2급)

구분	0.9톤 정면	1.3톤 정면	0.9톤 offset	1.3톤 정면 15°
충돌전				
충돌후				
THIV	39.8	35.2	40.3	36.1
PHD	17	14.9	14.9	15.4

2) 3W 분절형 가드레일을 이용한 다방향 충격흡수시설

- 3W가드레일은 제작상의 한계로 레일을 1m단위로 분절하여 시설물을 구성함
- 분절형의 경우 레일간의 연결 강도 저하를 상쇄하기 위해 블록아웃을 전/후면 2중으로 적용함
- 충격흡수 분리형 지주/2중 블럭아웃 적용결과 탑승자안전지수(THIV/PHD) 기준을 충족함

<표 2-1-23> 3W형 분절형 가드레일 시뮬레이션 해석결과 (1.3톤 – 충돌속도 80km/h - CC2급)

구분	0.9톤 정면	1.3톤 정면	0.9톤 offset	1.3톤 정면 15°
충돌전				
충돌후				
THIV	40.9	38.4	40.5	42.1
PHD	15.8	16.5	17.3	16.1

3) W형 곡형 가드레일을 이용한 교각 안전시설물 개발

- 개발시설물에 대한 실물차량 충돌시험 수행
- 주행비복귀형 CC2급 공인인증 취득 (한국도로공사 2017년 11월)

<표 2-1-24> W곡형 – 시뮬레이션 결과 및 실물충돌시험결과

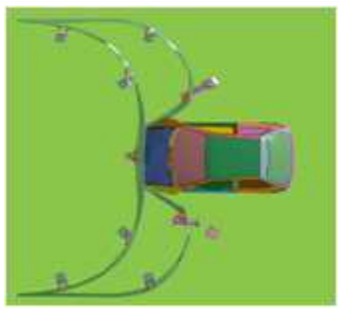
연구 내용	연구 결과

교각용 다방향 충격흡수 시설 개발(W형)

차량무게	충돌속도	충돌조건
0.9톤	80 km/h	정면충돌



Bullnose형 충격흡수시설



시뮬레이션



실물충돌시험

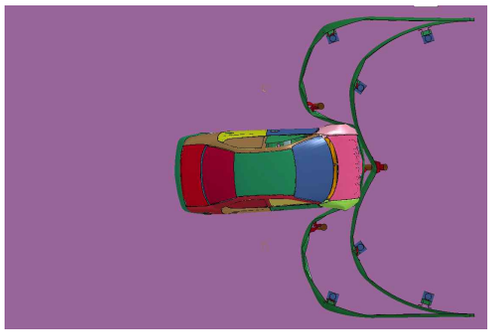
구분	시뮬레이션		실물충돌시험	
항목	THIV(km/h)	PHD(g)	THIV(km/h)	PHD(g)
결과값	39.8	17	34.4	19

<표 2-1-25> W 곡형 - 시뮬레이션 결과 및 실물충돌시험결과

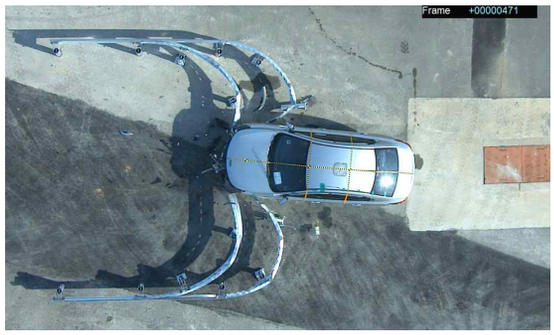
연구 내용	연구 결과

교각용 다방향 충격흡수 시설 개발 (W형)

차량무게	충돌속도	충돌조건
1.3톤	80 km/h	정면충돌



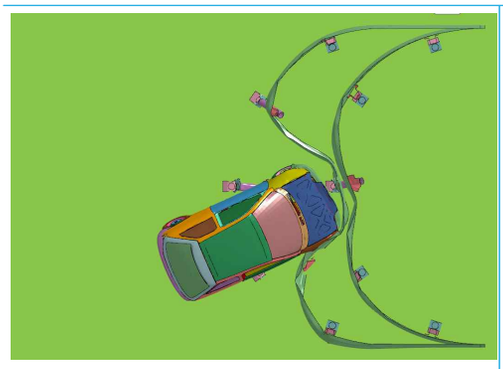
시뮬레이션



실물충돌시험

구분	시뮬레이션		실물충돌시험	
항목	THIV(km/h)	PHD(g)	THIV(km/h)	PHD(g)
결과값	35.2	14.9	33.9	16.3

차량무게	충돌속도	충돌조건
0.9톤	80 km/h	1/4 offset



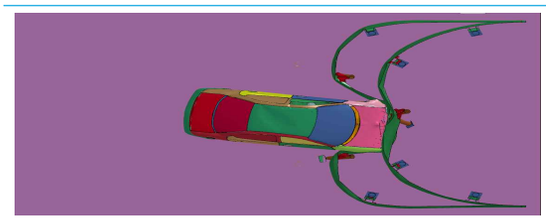
시뮬레이션



실물충돌시험

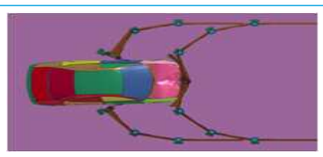
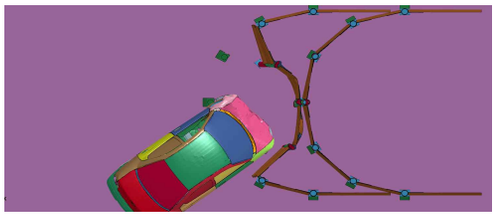
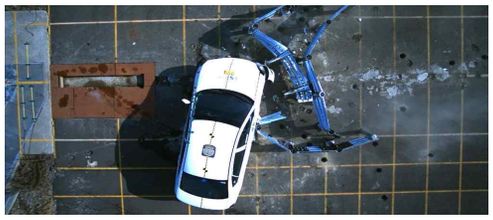
구분	시뮬레이션		실물충돌시험	
항목	THIV(km/h)	PHD(g)	THIV(km/h)	PHD(g)
결과값	40.3	14.9	38.6	16.4

<표 2-1-26> W 곡형 - 시뮬레이션 결과 및 실물충돌시험결과

연구 내용	연구 결과				
교각용 다방향 충격흡수 시설 개발 (W형)	차량무게	충돌속도	충돌조건		
	1.3톤	80 km/h	정면 15°		
	 시뮬레이션		 실물충돌시험		
	구분	시뮬레이션		실물충돌시험	
	항목	THIV(km/h)	PHD(g)	THIV(km/h)	PHD(g)
	결과값	36.1	15.4	33.9	13.2

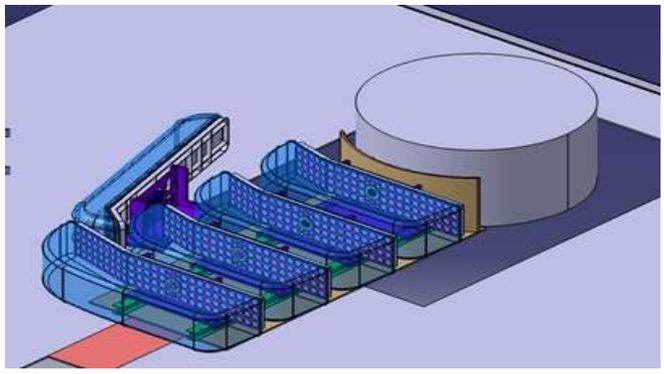
4) 3W형 곡형 가드레일을 이용한 교각 안전시설물 개발

<표 2-1-27> 3W 분절형 - 시뮬레이션 결과 및 실물충돌시험결과

연구 내용	연구 결과				
교각용 다방향 충격흡수시설 개발(3W형)	차량무게	충돌속도	충돌조건		
	1.3톤	80 km/h	정면충돌		
	 분절형 충격흡수시설	 시뮬레이션	 실물충돌시험		
	구분	시뮬레이션		실물충돌시험	
	항목	THIV(km/h)	PHD(g)	THIV(km/h)	PHD(g)
	결과값	38.4	16.5	36.6	17.9
	차량무게	충돌속도	충돌조건		
	1.3톤	80 km/h	정면15°		
	 시뮬레이션		 실물충돌시험		
	구분	시뮬레이션		실물충돌시험	
	항목	THIV(km/h)	PHD(g)	THIV(km/h)	PHD(g)
	결과값	36.1	15.4	39.4	11.9

② 가드레일 미사용 형태

<표 2-1-28> 교각 편도로용 충격흡수시설 설계

연구 내용	연구 결과
교각용 다방향 충격흡수시설 개발 (편도로용)	 교각 편도로용 충격흡수시설 3D 설계
	 교각 편도로용 충격흡수시설 구성도
	 실제 설치 사진

항목	제원
구분/유형/용도	도로시설물/교각충격흡수용/자동차충돌안전
탑승자 안전 지수 기준	CC2급
크기	높이 700mm, 챔버당 길이 845mm, 총 길이 3500mm, 총 폭 2960mm
충격흡수방법	에어챔버 성형품, 슬라이드 운동
에어챔버 개수	정면 4개, 측면 1개

② 충격흡수시설 실차 성능시험

● 개발시설물에 대한 실물차량 충돌시험 2회 수행(50km/h, 80km/h)

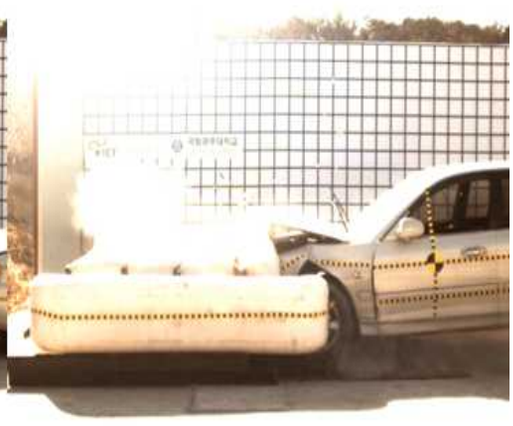
- CC2급 교각용 다방향 충격흡수시설(편도로용) 실차충돌테스트(1.3ton - 50km/h)

<표 2-1-29> 교각 편도로용 충격흡수시설 실차 성능시험(충돌속도 50km/h)

연구 내용	연구 결과
교각용 다방향 충격흡수시설 개발 (편도로용)	 시험 전 교각 충돌차량  시험 후 교각 충돌차량  시험 전 교각 사진  시험 후 교각 사진  충돌 전 사진  충돌 후 사진

● CC2급 교각용 다방향 충격흡수시설(편도로용) 실차충돌테스트(1.3ton - 80km/h)

<표 2-1-30> 교각 편도로용 충격흡수시설 실차 성능시험(충돌속도 80km/h)

연구 내용	연구 결과
교각용 다방향 충격흡수시설 개발 (편도로용)	 시험 전 교각 충돌차량  시험 후 교각 충돌차량  시험 전 교각 사진  시험 후 교각 사진  충돌 전 사진  충돌 후 사진

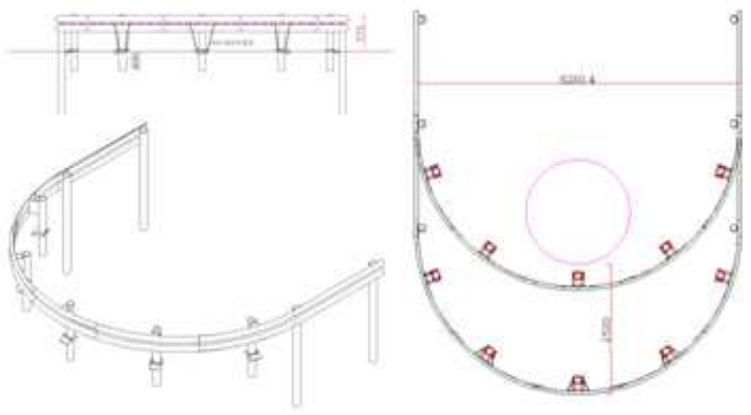
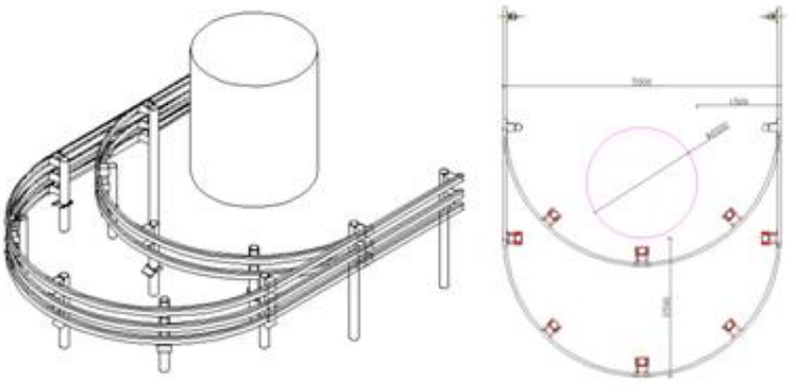
4차년도 연구 주요 내용

- 3차년도에서 개발한 교각 안전시설에 대하여 개선안을 도출함
- 국내외 널리 사용되고 있는 개방형 가드레일과 연결이 가능한 교각방호용 다방향 충격흡수시설 CC2급 성능 검증 시뮬레이션 수행 (주행복귀형)

(5) 교각 충격흡수시설의 개선안 도출

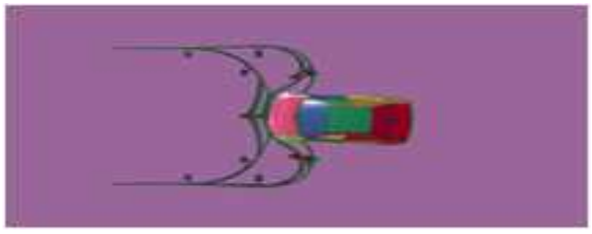
① 가드레일 사용 형태

- 교각 충격흡수시설물 모델의 개선 제품 개발
- 3차년도 주행비복귀형 모델(직경 6.2m) → 4차년도 주행복귀형 모델(직경 5m)

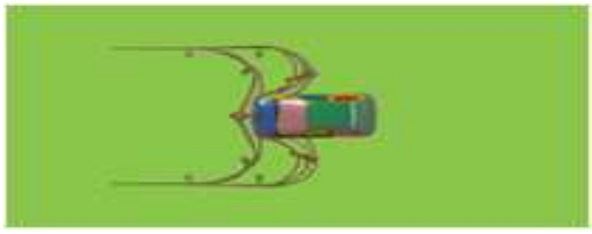
3차년도 주행비복귀형 모델 (직경 6.2m)	
4차년도 주행복귀형 모델 (직경 5m)	

[그림 2-1-35] 주행 복귀형 모델 변형

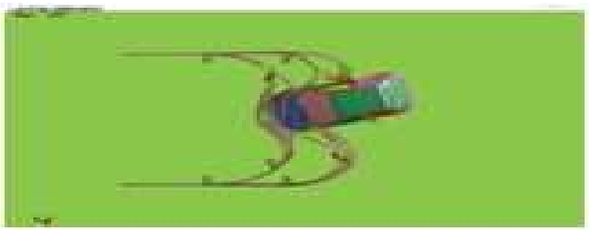
- 개방형 곡형 가드레일을 이용한 다방향 충격흡수시설
  - 개방형 가드레일은 원형 시공이 가능하도록 곡형으로 가공함
  - 지주 충돌시의 충돌에너지 감소를 위해 분리형 지주 적용
  - 충격흡수 분리형 지주 적용결과 탑승자안전지수(THIV/PHD) 기준을 충족함



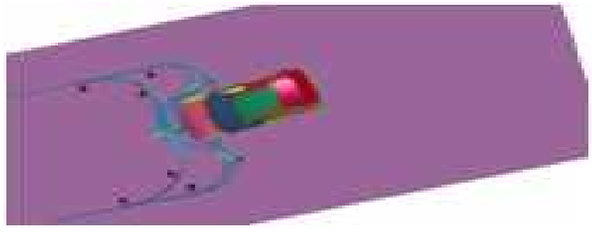
(a) 1,300kg-80km/h-0°
THIV = 37.6 km/h, PHD = 15.2 g



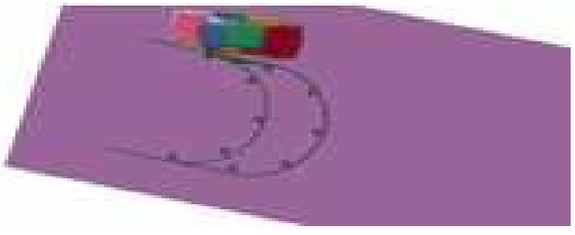
(b) 900kg-80km/h-0°
THIV = 28.9 km/h, PHD = 14.1 g



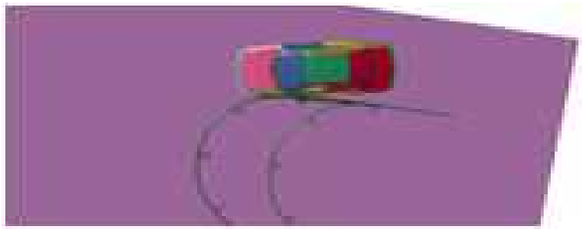
(c) 900kg-80km/h-1/4offset
THIV = 42.1 km/h, PHD = 14.7 g



(d) 1,300kg-80km/h-15°
THIV = 34 km/h, PHD = 17.8 g



(e) 1,300kg-80km/h-15°(side)
THIV = 20 km/h, PHD = 4.6 g



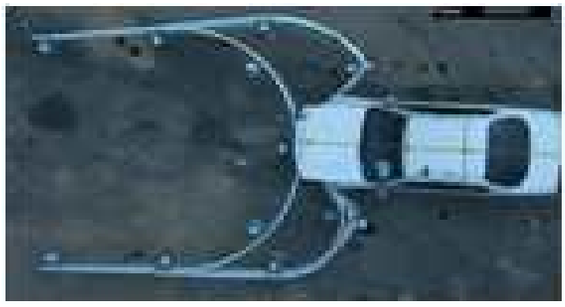
(f) 1,300kg-80km/h-165°(side)
THIV = 14.5 km/h, PHD = 1.1 g

[그림 2-1-36] 주행 복귀형 충돌 시뮬레이션

- CC2급 교각용 충격흡수시설 실물충돌시험을 수행한 결과, 탑승자 안전도(THIV 44km/h, PHD 20g 이하)를 만족
- 성능 검증 : 공인인증기관 성적서

<표 2-1-31> 교각 충격흡수시설 충돌시험 결과(4)

구분	차수	차량중량 (ton)	충돌 속도 (Km/h)	충돌조건	THIV (44km/h 이하)	PHD (20g's이하)	비고
W형 곡형가드레일	1	1.3	80	정면충돌	40	14	-
	2	0.9	80	정면충돌	26	13	-
	3	0.9	80	1/4 Offset	40	13	-
	4	1.3	80	정면 15°	32	20	-
	5	1.3	80	측면 15°	18	4	-
	6	1.3	80	측면 165°	9	1	-



(a) 1,300kg-80km/h-0°
THIV = 40 km/h, PHD = 14 g



(b) 900kg-80km/h-0°
THIV = 26 km/h, PHD = 13 g



(c) 900kg-80km/h-1/4offset
THIV = 40 km/h, PHD = 13 g



(d) 1,300kg-80km/h-15°
THIV = 32 km/h, PHD = 20 g



(e) 1,300kg-80km/h-15°(side)
THIV = 18 km/h, PHD = 4 g



(f) 1,300kg-80km/h-165°(side)
THIV = 9 km/h, PHD = 1 g

[그림 2-1-37] 교각 충격흡수시설 실물충돌시험



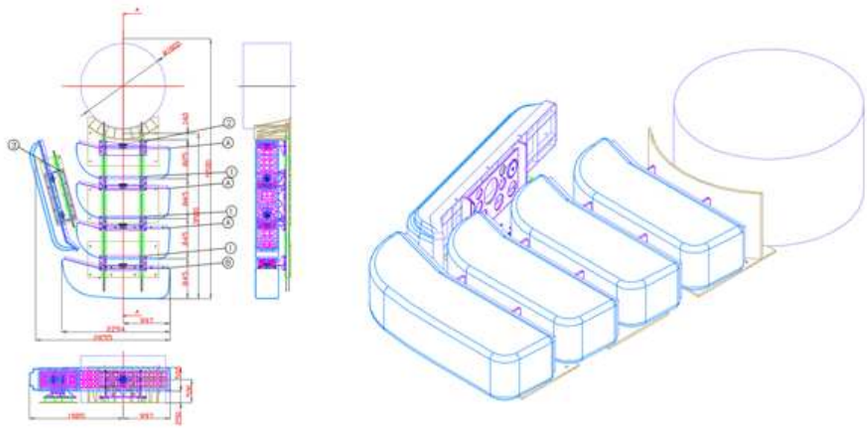
[그림 2-1-38] 교각 충격흡수시설 실물충돌시험(공인인증) 결과서

② 가드레일 미사용 형태

(4) 에어챔버 성형을 이용한 교각용 다방향 충격흡수시설 설계 및 성능검증(CC2급)

① 교각 편도로용 충격흡수시설 설계

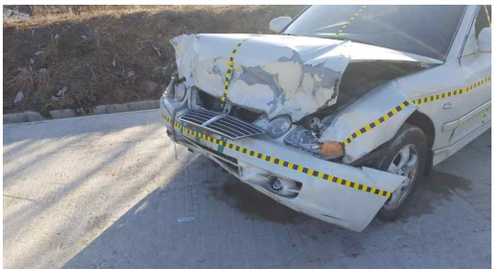
<표 2-1-32> 교각 편도로용 충격흡수시설 설계

<table>
<tr><th>연구 내용</th><th>연구 결과</th></tr>
<tr><td>교각용 다방향 충격흡수시설 개발 (편도로용)</td><td>

교각 편도로용 충격흡수시설 설계 도면

제품 성형 코어 삽입된 단품
<table>
<tr><th>항목</th><th>제원</th></tr>
<tr><td>구분/유형/용도</td><td>도로시설물/교각충격흡수용/자동차충돌안전</td></tr>
<tr><td>탑승자 안전 지수 기준</td><td>CC2급</td></tr>
<tr><td>크기</td><td>높이 700mm, 챔버당 길이 845mm, 총 길이 3500mm, 총 폭 2855mm</td></tr>
<tr><td>충격흡수방법</td><td>에어챔버 성형품, 슬라이드 운동</td></tr>
<tr><td>에어챔버 개수</td><td>정면 4개, 측면 1개</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

② 교각 편도로용 충격흡수시설 실물충돌시험

<표 2-1-33> 충격흡수시설 실물충돌시험(1.3ton 80km/h 정면) 및 결과

연구 내용	연구 결과
교각용 다방향 충격흡수시설 개발(편도로용)	 시험 전 교각 충돌 차량  시험 후 교각 충돌 차량  시험 전 교각 사진  시험 후 교각 사진  충돌 전 사진  충돌 후 사진

구분	THIV ≤ 44	PHD ≤ 20
1.3ton 80km/h 정면	44.0 (0.1089)	14.3 (0.1491 ~ 0.1591)

<표 2-1-34> 충격흡수시설 실물충돌시험(1.3ton 80km/h 15도 측면) 및 결과

연구 내용	연구 결과
교각용 다방향 충격흡수시설 개발(편도로용)	 시험 전 교각 충돌차량  시험 후 교각 충돌차량  시험 전 교각 사진  시험 후 교각 사진  충돌 전 사진  충돌 후 사진

구분	THIV ≤ 44	PHD ≤ 20
1.3ton 80km/h 15도 측면	16.6 (0.1459)	4.2 (0.2185 ~ 0.2285)

<표 2-1-35> 충격흡수시설 실물충돌시험(0.9ton 80km/h 1/4 offset) 및 결과

연구 내용	연구 결과
교각용 다방향 충격흡수시설 개발(편도로용)	 시험 전 교각 충돌차량  시험 후 교각 충돌차량  시험 전 교각 사진  시험 후 교각 사진  충돌 전 사진  충돌 후 사진

구분	THIV ≤ 44	PHD ≤ 20
0.9ton 80km/h 1/4 offset	43.3 (0.1034)	13.9 (0.1999 ~ 0.20999)

○ 5차년도 연구 주요 내용

- 연구에서 개발한 교각 안전시설의 현장설치를 수행함

(6) 현장 설치

- 교각용 다방향 충격흡수시설 현장 설치

  – 위치 : 나주시 봉황면 칠천 교차로



[그림 2-1-39] 교각 충격흡수시설 설치 사례

다. 도로변 안전매뉴얼(안)

(1) 도로변 안전매뉴얼(안)의 필요성

(가) 도로변 안전매뉴얼 개발을 위한 방향 설정

- 안전시설 설치 및 관리지침을 비교·분석함

(나) 공작물 충돌 교통사고 발생특성 분석을 통한 공작물 안전대책 필요성 도출

- 2010년부터 2015년을 대상으로 도로유형별 공작물 충돌사고를 분석한 결과, 공작물 충돌 교통사고 치사율은 총사고 치사율에 비해 3~7배가 높음
- 특히, 2015년 기준 일반국도에서 발생한 공작물 사고는 전체사고 중 4.6%를 차지하며, 사망자수는 104명으로 일반국도 전체 사망자수의 12.1%를 차지하고 있음

(2) 도로변 안전매뉴얼(안) 개발

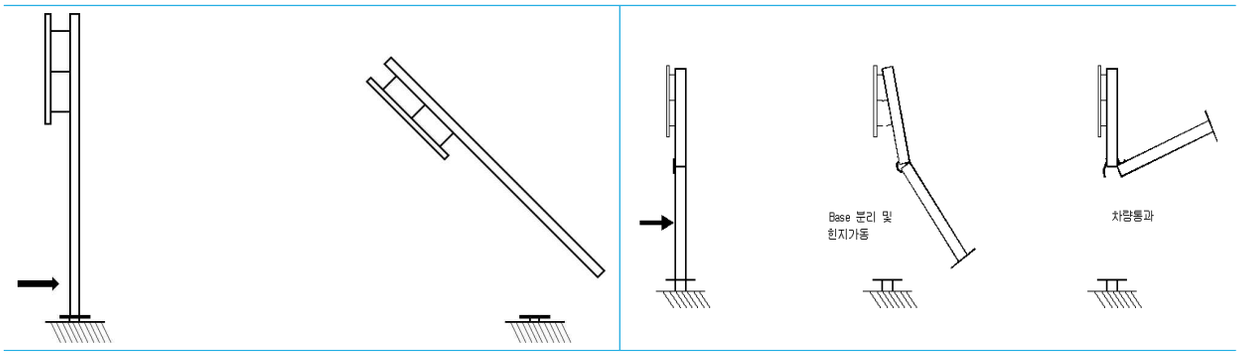
(가) 도로변 지주 안전대책 마련

① 도로변 안전처리 대안 마련

- 국외 Roadside Design Guide의 도로변 수직구조물 안전처리 우선순위는 위험요소 제거, 위험요소 재배치, 부러지는 형태의 시설 등, 위험요소 방호 순임
- 본 연구에서는 국내 도로 현황 및 전문가 자문결과 등을 토대로 지주의 제거 혹은 이격설치, 차량방호 안전시설 설치, 감충성능을 지닌 지주 설치로 우선순위를 정함

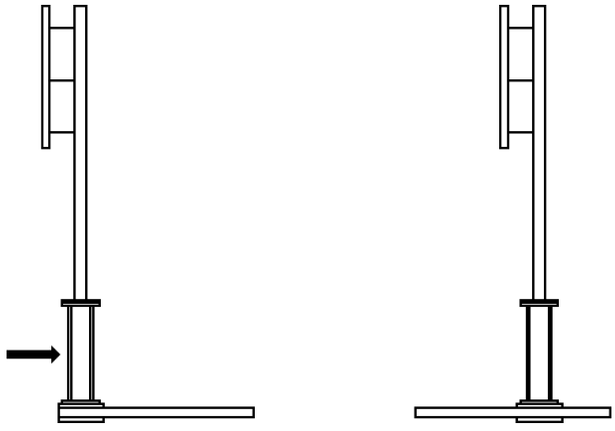
② 지주의 기능 및 종류 정의

- 전 세계에서 사용되고 있는 Energy Absorbing 지주, Breakaway 시설, Breakaway 지지구조와 본 연구에서 개발한 형태의 지주에 대해 포괄적인 정의는 감충성능을 지닌 지주로 함
- 감충성능을 지닌 지주는 차량과 지주와의 충돌시 지주 자체의 변형, 지주의 분리, 충돌 에너지 흡수형 시설 이용 등의 방법으로 탑승자의 피해를 줄일 수 있는 지주를 뜻함
- 감충 성능을 지닌 지주는 에너지를 소산시키는 방법에 따라 부재 자체변형을 통한 감충 지주, 분리식 지주 및 직립식 감충 지주로 구분함
  - 자체변형을 통한 감충 지주란 연한 재질로 이루어져 있어 차량과 충돌시 구조물에 변형이 발생하여 충돌에너지를 흡수하는 지주임
  - 분리식 지주란 슬립베이스(Slip Base)나 Breakaway 등의 구조로 된 것으로, 차량과 충돌시 연결부가 분리되면서 차량의 충격력을 최소화하는 지주임



[그림 2-1-40] 차량 충돌에 따른 분리식 지주 작동

– 직립식 감충 지주란 표준화된 기초, 하부 및 레일로 이루어진 구조물로, 차량 충돌시 지주가 레일을 따라 차량의 진행방향으로 진행하도록 하여 지주의 전도를 막을 수 있는 지주임



[그림 2-1-41] 차량 충돌에 따른 직립식 감충 지주 작동

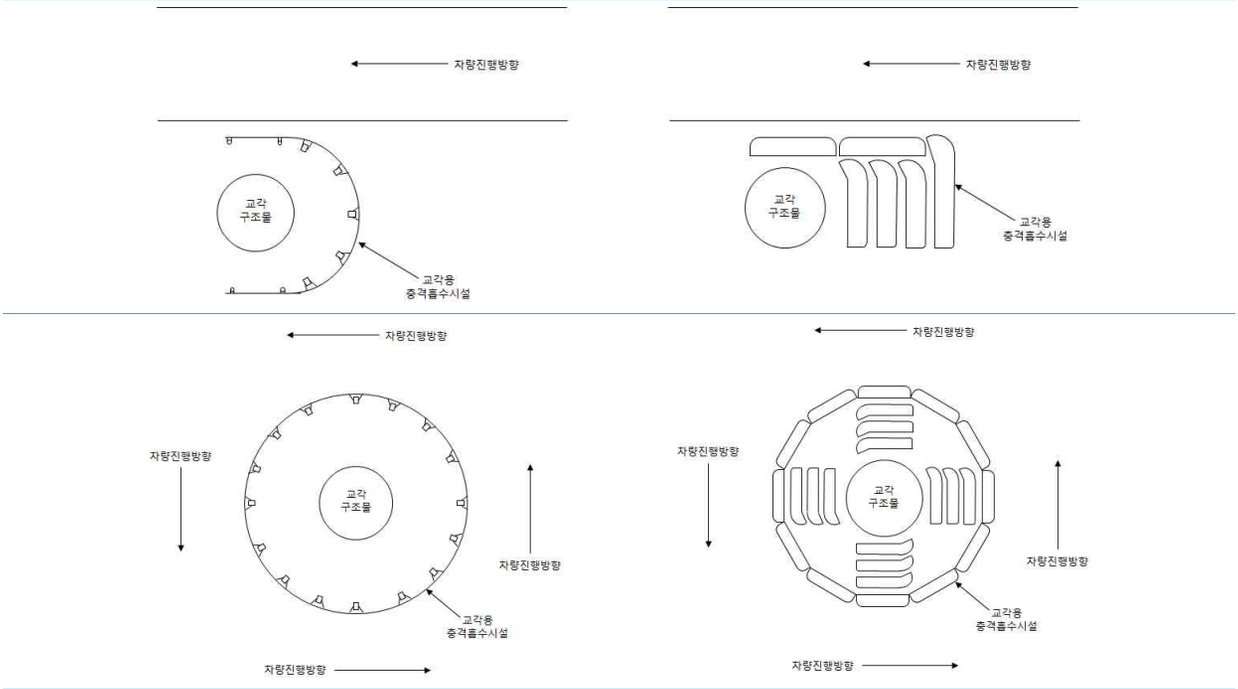
(나) 교각 방호시설(안)

① 설치 장소

- 교각 및 차량 탑승자의 안전을 보다 향상시킬 수 있도록 설치장소를 추가 제시함
  – 기존 : 진행방향 고려하지 않은 설치
  – 개선 : 차량의 진행방향을 고려할 수 있는 시설 설치

② 설치 가능시설의 대안 선정

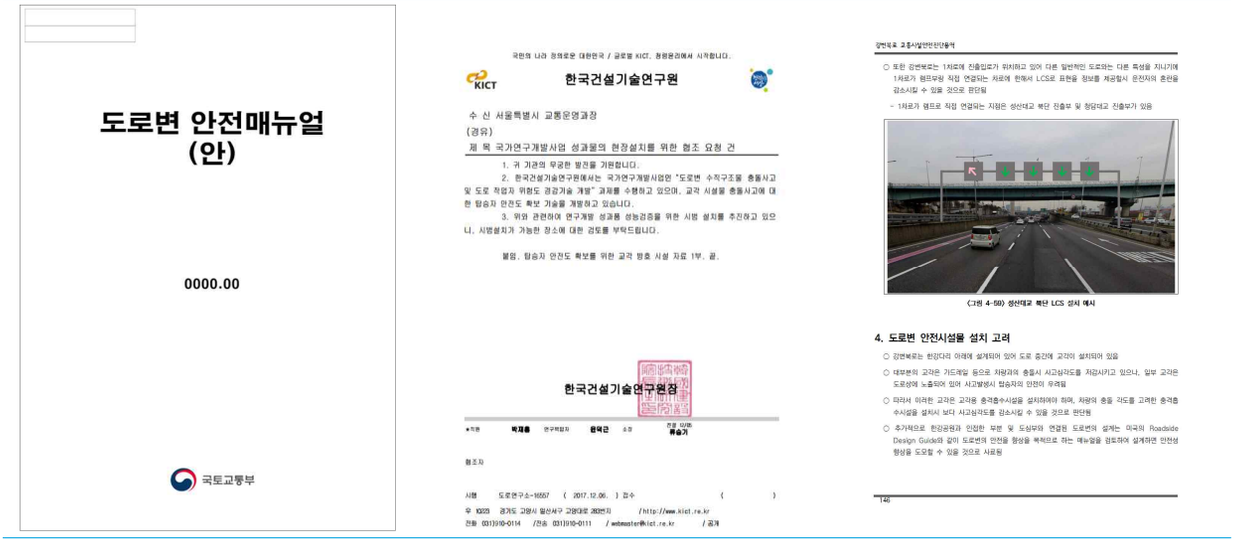
- 단일부와 교차로의 교각 앞에 설치할 수 있도록 설치예시도를 작성함



[그림 2-1-42] 설치 예시도

○ 도로변 안전 매뉴얼(안) 및 정책 제안

- 도시부에 도시고속도로 등으로 인한 교각이 많이 설치되어 있는 서울시에 교각용 충격흡수시설의 설치권장과 함께 도로변의 안전을 향상시킬 수 있도록 매뉴얼의 적용 검토 제안
  - 강변북로 교통시설안전진단시 도로변의 안전을 향상시키기 위하여 매뉴얼을 검토하는 것을 권장하였으며, 도로에 노출되어 사고위험이 있는 교각에는 교각용 충격흡수시설의 설치를 고려하도록 함



[그림 2-1-43] 도로변 안전 매뉴얼(안) 및 정책 제안

2-2 도로 작업자 보호용 이동식 방호울타리 및 도로작업자 경고/회피 시스템 개발

도로 작업시 도로작업자에 대한 위험이 항시 존재하며, 도로 유지 보수 등 작업 시 고위험상황에 노출된 도로 작업자 보호를 위한 이동식 방호울타리 개발이 필요함

가. 도로 작업자 보호용 이동식 방호울타리 개발

○ 연구 성과품 개발 절차 및 개요

- 도로작업자 보호용 이동식 방호울타리 개발을 위하여 ① 이동식 방호울타리(연구 성과품) 설계 목표 설정, ② 이동식 방호울타리 대안 검토 및 설계, ③ 컴퓨터 시뮬레이션을 이용한 성능평가, ④ 실물차량 충돌시험 성능평가, ⑤ 실물충돌시험 평가 순으로 연구를 진행함

- ① 설계 목표 설정
  - 도로작업자 보호용 이동식 방호울타리의 설계 목표는 고규격도로(ex.지방부 도로, 연속류, 고속주행)의 공사구간에서 활용할 수 있는 대형 이동식 방호울타리와 저규격도로(ex.도시부 도로, 단속류, 저속주행)의 공사 구간에서 활용할 수 있는 소형 이동식 방호울타리로 구분
  - 이동식 방호울타리의 설계 목표는 차량방호시설 설치 및 관리지침(국토교통부)에 제시된 탑승자 보호 성능을 평가 지표로 선정
  - 대형 이동식 방호울타리의 최종 설계목표는 SB 3등급, 소형 이동식 방호울타리의 최종 설계목표는 TMA 1등급으로 설정

  1) 대형 이동식 방호울타리

  · 충돌 속도 : 100 km/h, 충돌 각도 : 20° (SB 3등급)

  · 탑승자 보호 성능 : THIV = 33 km/h 이하, PHD = 20 g 이하

  2) 소형 이동식 방호울타리

  · 충돌 속도 : 60 km/h, 충돌 각도 : 0° (TMA 1등급, 시험 ①)

  · 탑승자 보호 성능 : THIV = 44 km/h 이하, PHD = 20 g 이하

- ② 이동식 방호울타리 대안 검토 및 설계
  - 대형 이동식 방호울타리는 고규격도로 대응 사고 심각도 최소화 및 유연한 도로 작업 공간(30m 확장 가능)을 제공할 수 있도록 블록링크형과 텔레스코프형 2가지의 대안을 고안
  - 대형 이동식 방호울타리의 경우, 국내 관련 법에 위배되지 않는 범위 내에서 설계

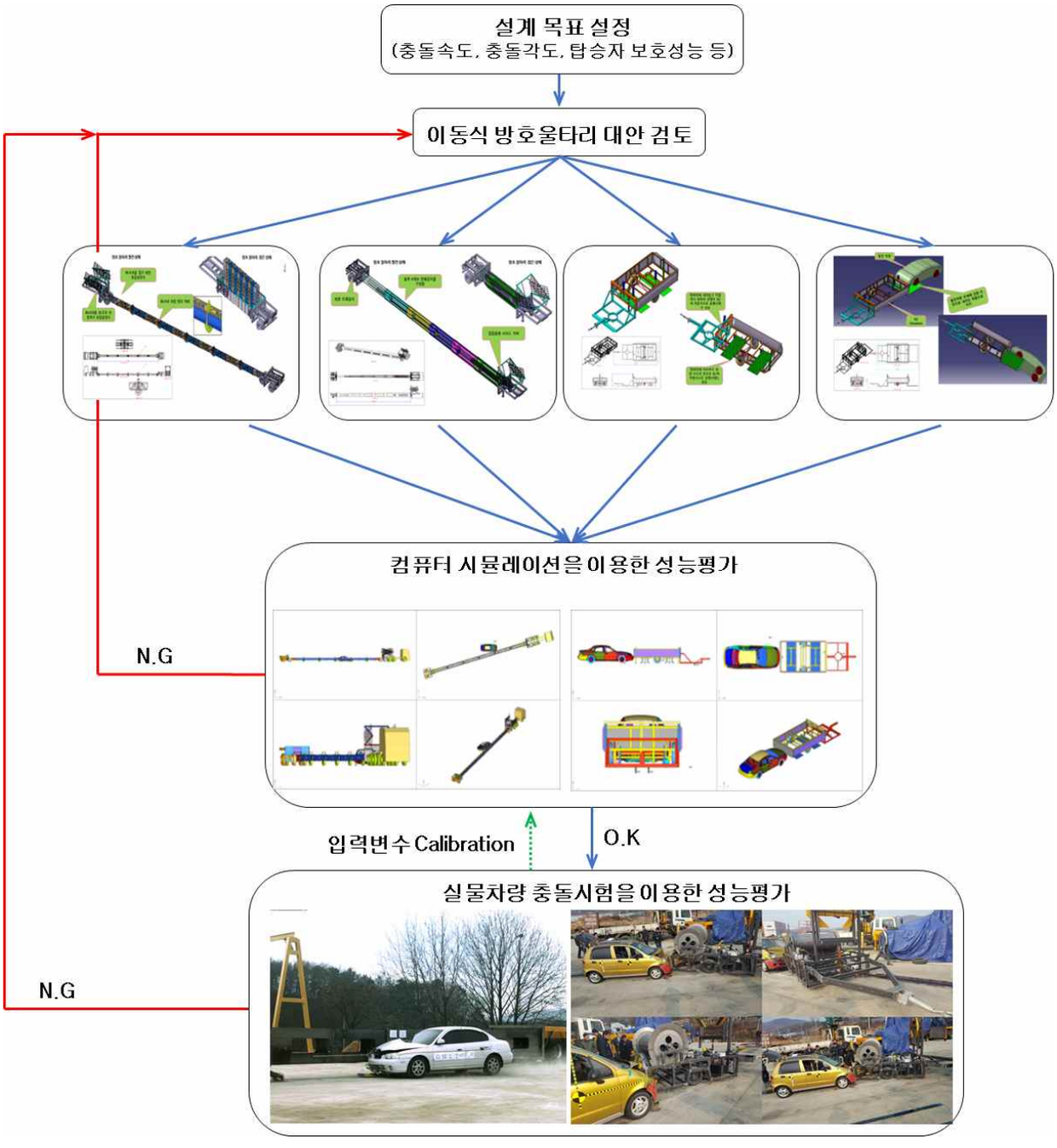
- 소형 이동식 방호울타리는 저규격도로 대응 도로 작업자 보호를 목표로 전면부 마찰형과 후면부 마찰형 2가지의 대안을 고안하였으며, 검토
- 검토 결과, 대형 이동식 방호울타리는 블록링크형을 최종 대안으로 채택하였으며, 소형 이동식 방호울타리는 전면부 마찰형을 최종 대안으로 채택

● ③ 컴퓨터 시뮬레이션을 이용한 성능평가

- 설계된 이동식 방호울타리에 대하여 동역학 해석과 충돌테스트 시뮬레이션 수행
- 설계 충돌 속도와 충돌 각도를 적용한 컴퓨터 시뮬레이션을 이용하여 이동식 방호울타리 대안의 탑승자 보호 성능을 평가
- 탑승자 보호 성능 불만족시 이동식 방호울타리 대안 개선

● ④ 실물차량 충돌시험 성능평가

- 설계 충돌 속도와 충돌 각도를 적용한 실물차량 충돌시험을 이용하여 이동식 방호울타리 대안의 탑승자 보호 성능을 평가
- 탑승자 보호 성능 불만족시 이동식 방호울타리 대안 개선



[그림 2-2-1] 이동식 방호울타리 연구개발 흐름도

1차년도 연구 주요 내용

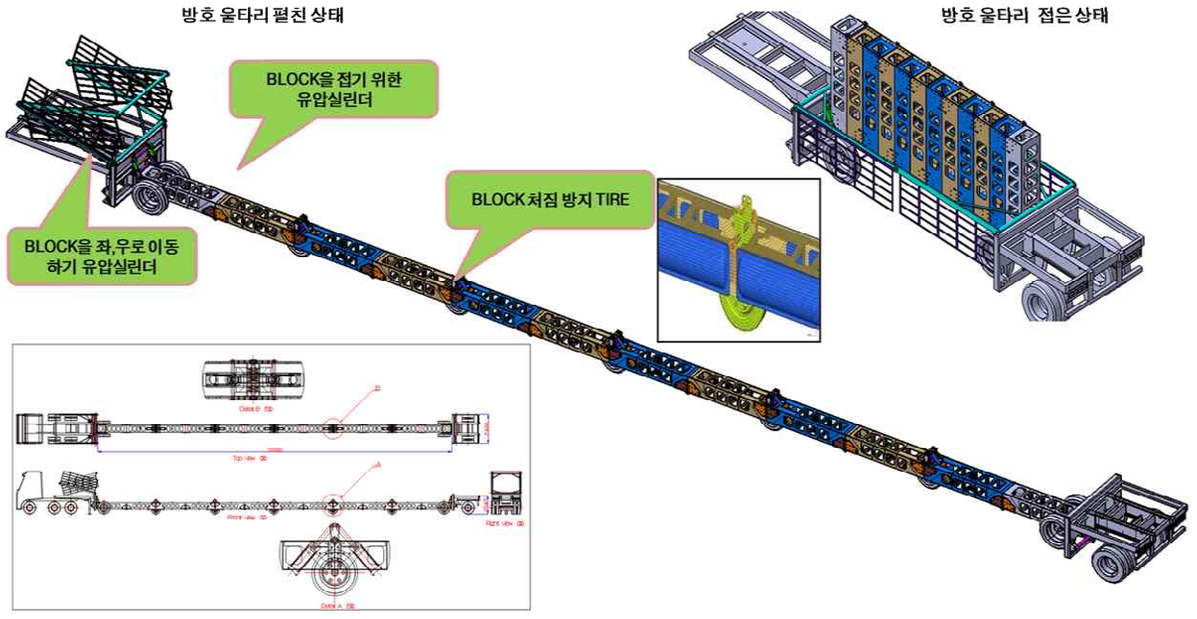
- 이동식 방호울타리의 개발을 위하여 2가지의 대안에 대한 기본 설계를 실시하고, 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 규격 및 탑승자 안전도를 평가함

(1) 도로·교통 여건 및 공사형태 기반 이동식 방호울타리 기본 설계

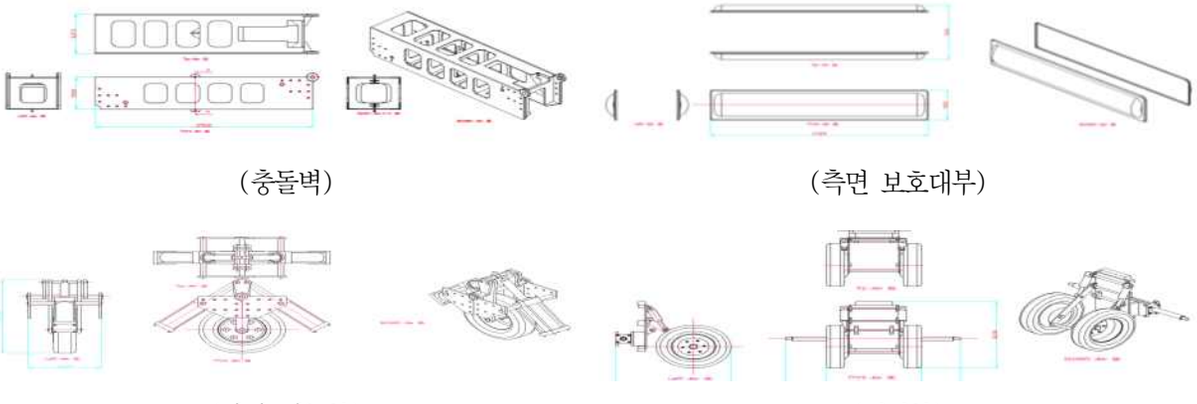
(가) 대형 이동식 방호울타리

① 대형 이동식 방호울타리 기본 설계

- 개발안 : 1. 블록링크형 2. 텔레스코프형
- 블록링크형 대형 이동식 방호울타리는 90 적립에서 180도 수평으로 눕혀져 확장하는 구조

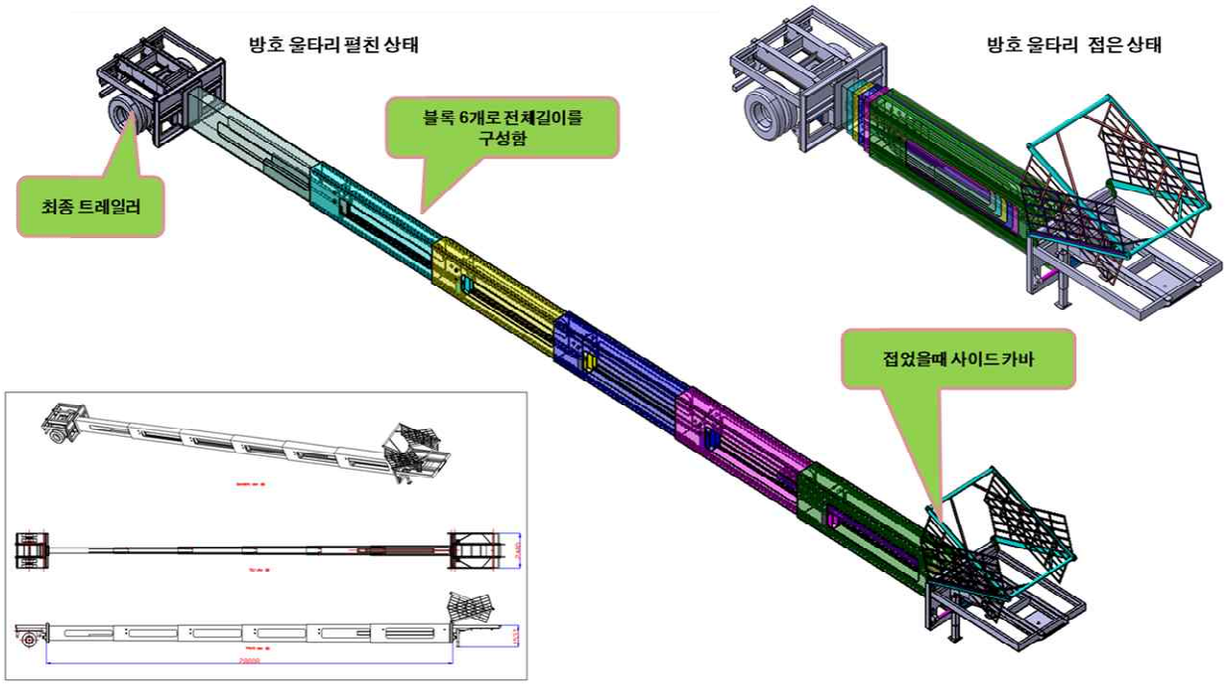


[그림 2-2-2] 블록링크형 대형 이동식 방호울타리

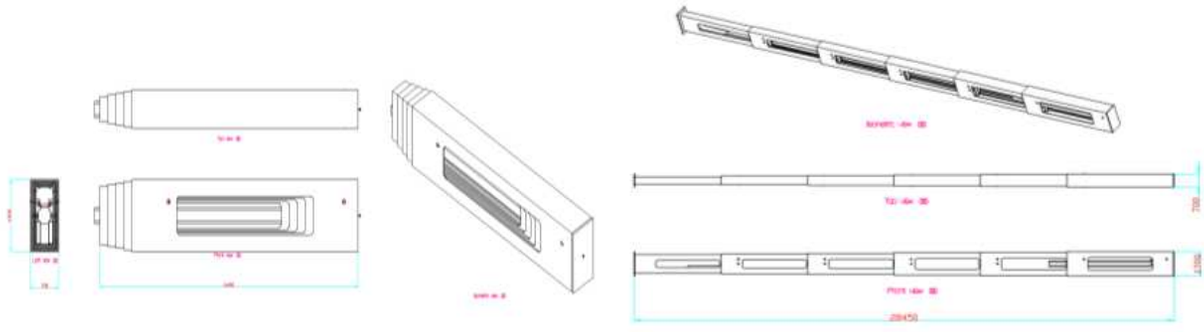


[그림 2-2-3] 블록링크형 대형 이동식 방호울타리의 단품 구성

● 텔레스코프형 대형 이동식 방호울타리는 직선으로 확장하며 확장시 벽의 단면적이 줄어드는 구조



[그림 2-2-4] 텔레스코프형 대형 이동식 방호울타리

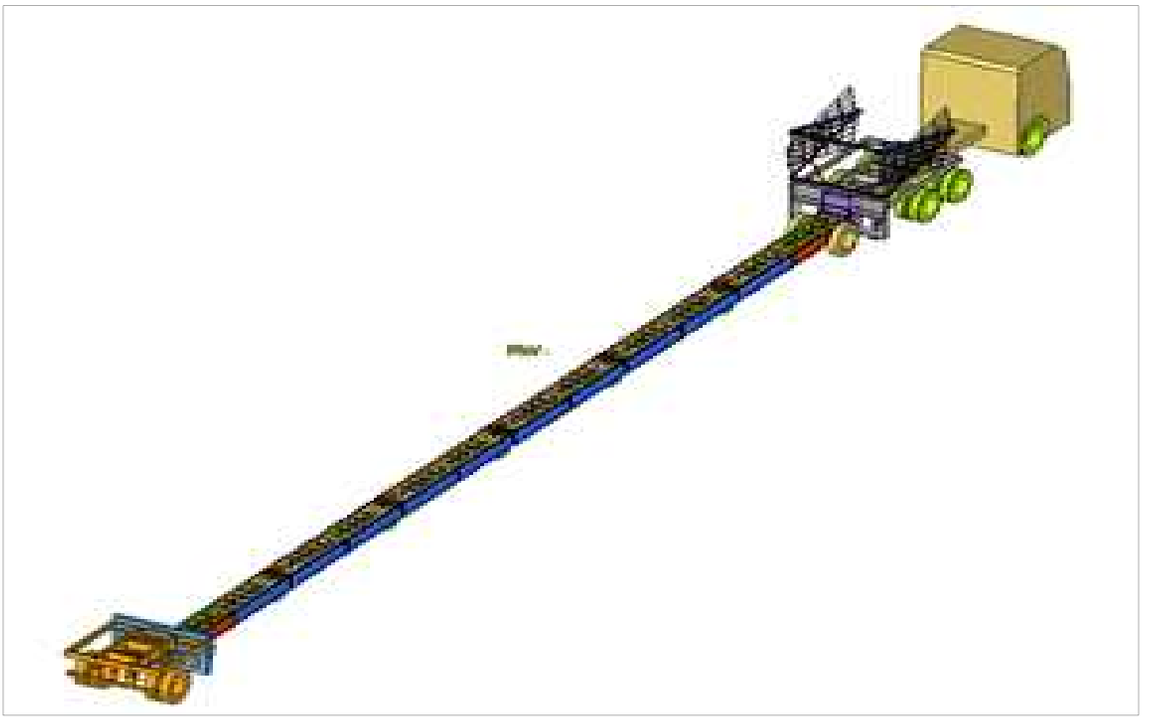


(충돌부) (가변부)

[그림 2-2-5] 텔레스코프형 대형 이동식 방호울타리의 단품 구성

② 대형 이동식 방호울타리 기본 설계에 대한 컴퓨터 시뮬레이션

- 블록링크형 대형 이동식 방호울타리 모델에 8.9ton의 트랙터를 부착하여 모델링 Tool인 Hyper Mesh를 사용하여 모델 생성



[그림 2-2-6] 블록링크형 대형 이동식 방호울타리 모델

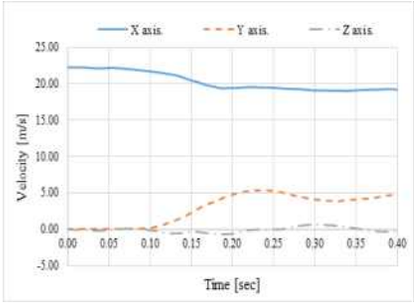


[그림 2-2-7] 차량과 결합된 블록링크형 대형 이동식 방호울타리 모델

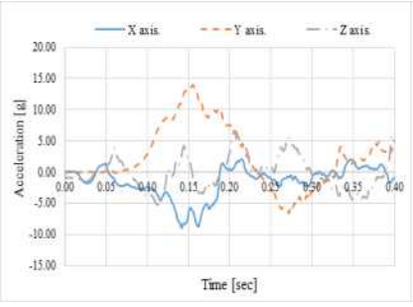
<표 2-2-1> 블록링크형 대형 이동식방호울타리 모델 무게 정보

파트	설계 무게(ton)	해석 모델 무게(ton)	오차(%)
트랙터	8.9	8.9	-
전방 트레일러	1.5	2.1	26.6
후방 트레일러	2.3	1.6	30.4
대형 이동식 방호울타리	23	23.3	1.3
합계	35.7	35.6	0.2

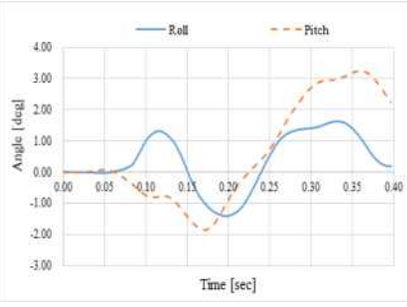
- [그림 2-2-8]~[그림 2-2-10]은 평가 지수를 계산하기 위한 대차의 속도, 가속도, 회전각의 그래프임



[그림 2-2-8]
대차 무게 중심 속도



[그림 2-2-9]
대차 무게 중심 가속도



[그림 2-2-10]
대차 회전각

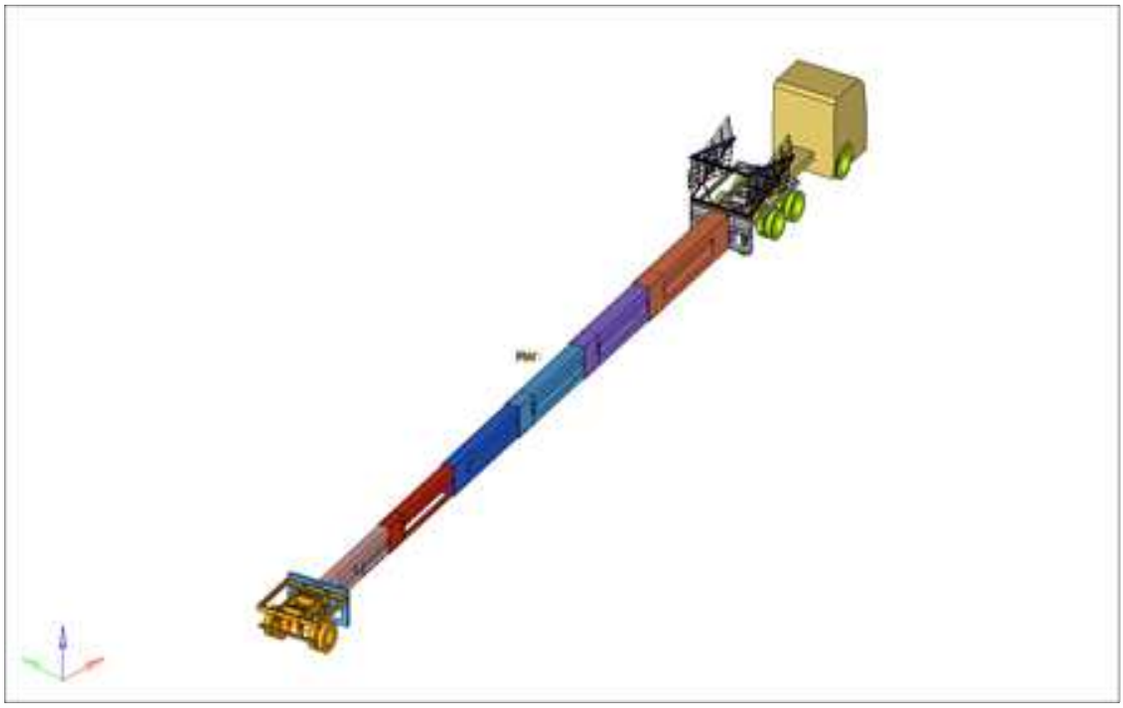
- 해석 결과, THIV는 기준 대비 62%, PHD는 기준 대비 33%, ASI는 기준 대비 74%로 탑승자 안전성능평가는 만족
- 시뮬레이션 과정을 시간대별도 거동을 분석하여 보면 측면 충돌벽은 충돌차량을 매우 안정적으로 방호하였고 작업자를 안전하게 보호 할 수 있는 거동을 보여줌
- 추돌차량 거동은 충돌 이후 평평한 측면 충돌벽에 안착하여 일정한 각도를 유지하면서 서지 현상을 보이지 않고 안정적으로 미끄러지는 거동을 보임

<표 2-2-2> 블록링크형 대형 이동식방호울타리 모델 충돌해석 결과

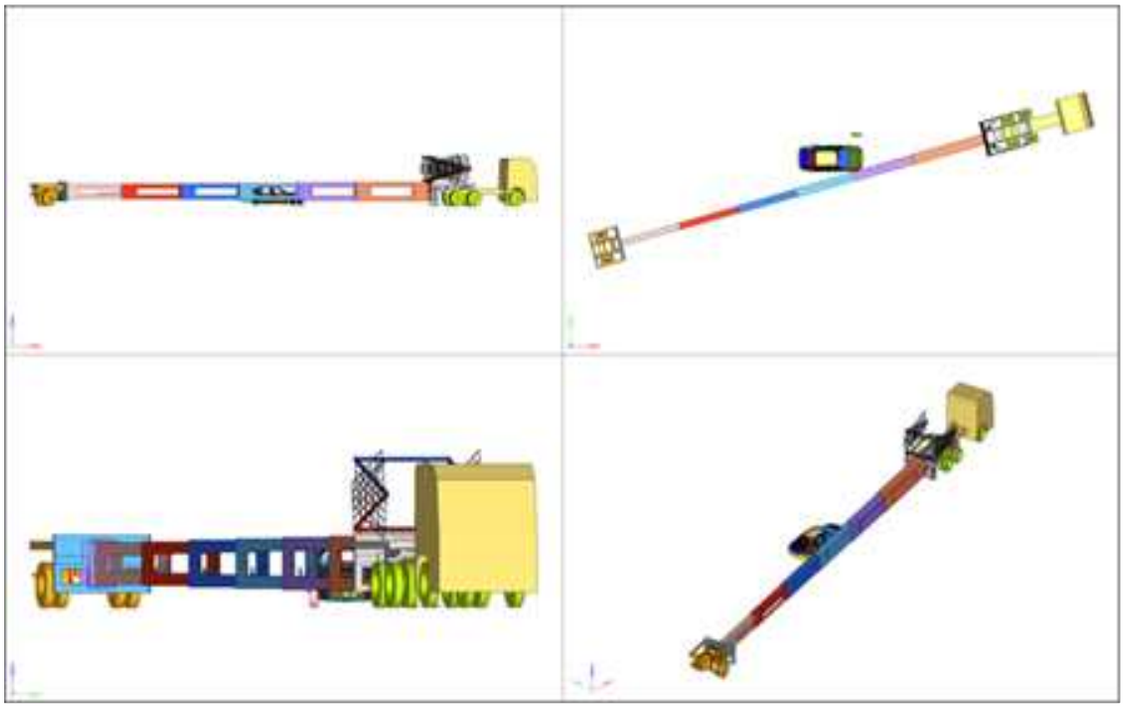
항목	기준	해석결과	적합성
THIV(km/h)	<33	20.3	만족
PHD(g)	<20	6.6	만족
ASI	<1.9	1.4	만족
Roll angle(deg)	-	1.6	-
Pitch angle(deg)	-	3.2	-

※ THIV : Theoretical Head Impact Velocity
PHD : Post-impact Head Deceleration
ASI : Acceleration Severity Index

● 텔레스코프형 대형 이동식 방호울타리 모델은 블록링크형 모델에 중간 Frame 부분을 변경



[그림 2-2-11] 텔레스코프형 대형 이동식 방호울타리 모델

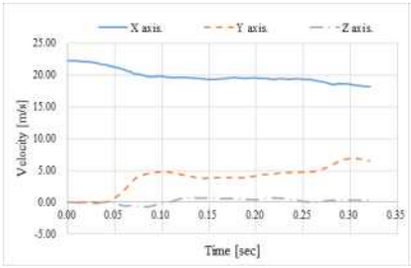


[그림 2-2-12] 차량과 결합된 텔레스코프형 대형 이동식 방호울타리 모델

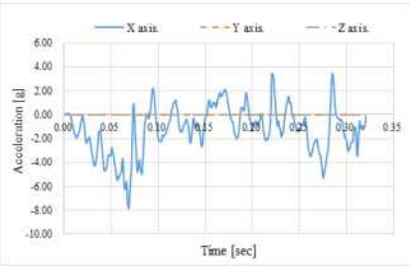
<표 2-2-3> 텔레스코프형 대형 이동식방호울타리 모델 무게 정보

파트	설계 무게(ton)	해석 모델 무게(ton)	오차(%)
트랙터	8.9	8.9	-
전방 트레일러	1.5	2.1	26.6
후방 트레일러	2.3	1.6	30.4
대형 이동식 방호울타리	14.4	14.4	1.3
합계	27.1	27	0.4

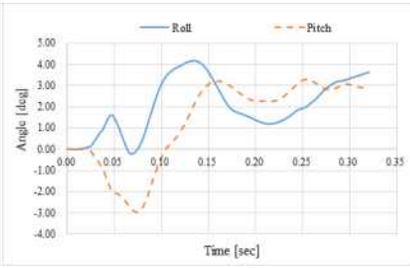
- [그림 2-2-13]~[그림 2-2-15]는 평가 지수를 계산하기 위한 대차의 속도, 가속도, 회전각의 그래프임



[그림 2-2-13]
대차 무게 중심 속도



[그림 2-2-14]
대차 무게 중심 가속도



[그림 2-2-15]
대차 회전각

- 해석 결과, THIV는 기준 대비 53%, PHD는 기준 대비 46.5%, ASI는 기준 대비 84%로 탑승자 안전성능평가는 만족
- 시뮬레이션 과정을 시간대별도 거동을 분석하여 보면 측면 충돌벽은 충돌차량을 매우 안정적으로 방호하였고 작업자를 안전하게 보호 할 수 있는 거동을 보여줌
- 추돌차량 거동은 충돌 이후 측면 충돌벽 요철 부위에 충돌하여 일정한 각도를 유지하면서 충돌되어지며 요청부위로 인해 블록 굴절형에 비해 가속도 값이 변화가 큼

<표 2-2-4> 텔레스코프형 대형 이동식방호울타리 모델 충돌해석 결과

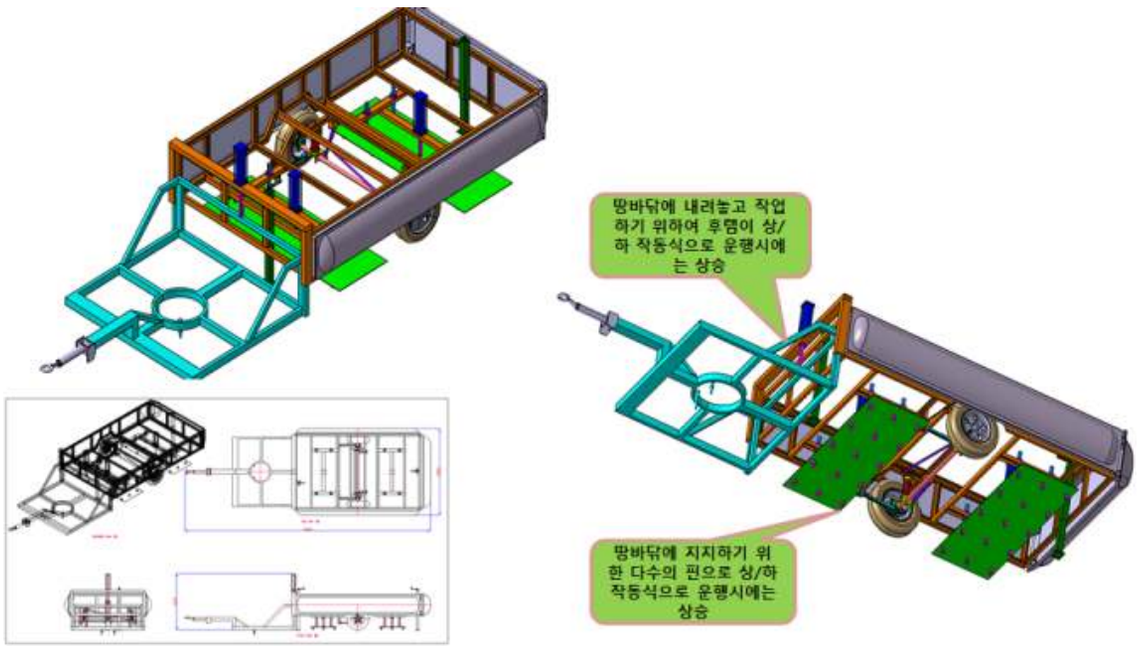
항목	기준	해석결과	적합성
THIV(km/h)	<33	17.6	만족
PHD(g)	<20	9.3	만족
ASI	<1.9	1.6	만족
Roll angle(deg)	-	4.2	-
Pitch angle(deg)	-	3.4	-

※ THIV : Theoretical Head Impact Velocity
PHD : Post-impact Head Deceleration
ASI : Acceleration Severity Index

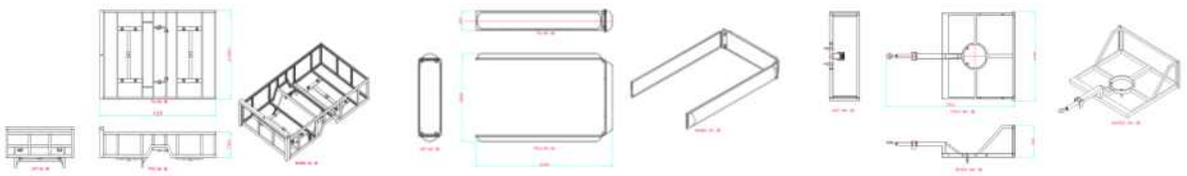
(나) 소형 이동식 방호울타리 개발

① 소형 이동식 방호울타리 기본 설계

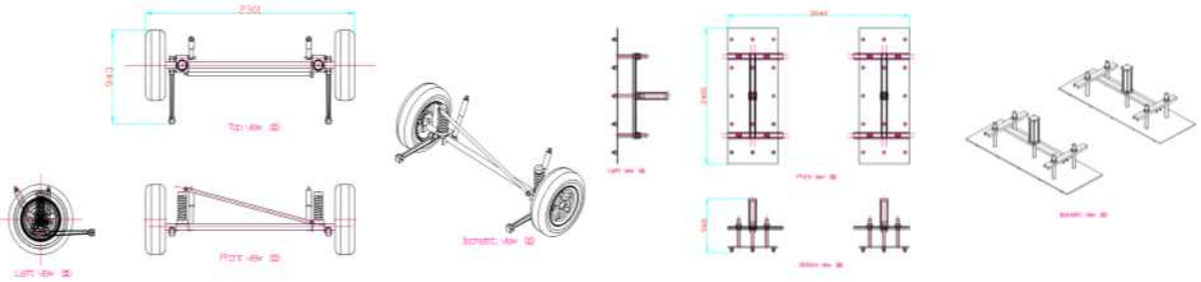
- 개발안 : 1. 전면부 마찰형 2. 후면부 마찰형
- 전면부 마찰형 소형 이동식 방호울타리는 트레일러 무게 중심부에 마찰 핀이 부찰된 플레이트를 설치하는 구조



[그림 2-2-16] 중앙부 마찰형 소형 이동식 방호울타리 개념 설계안



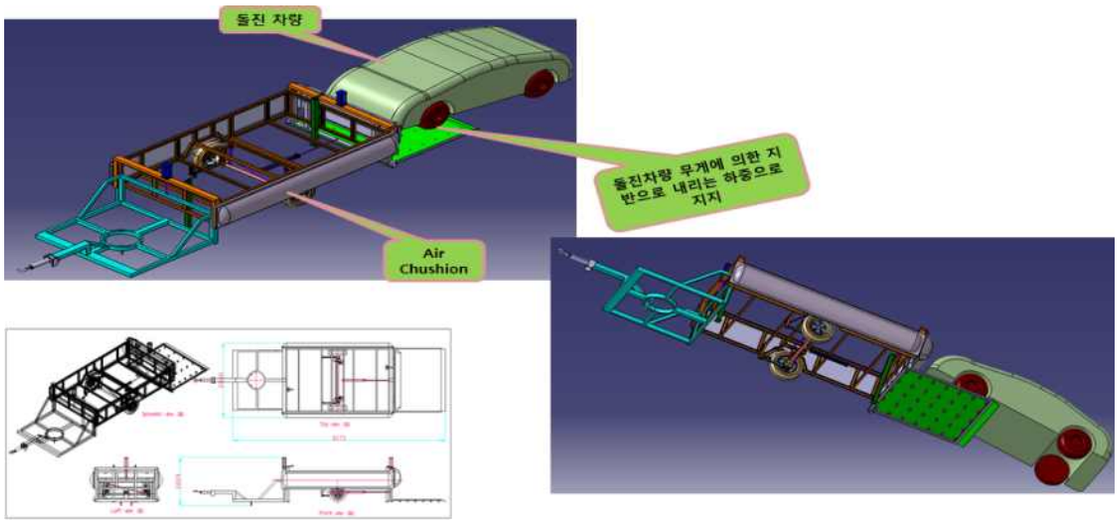
(차체 및 골격부) (충돌벽부 사이드와 후방) (견인부)



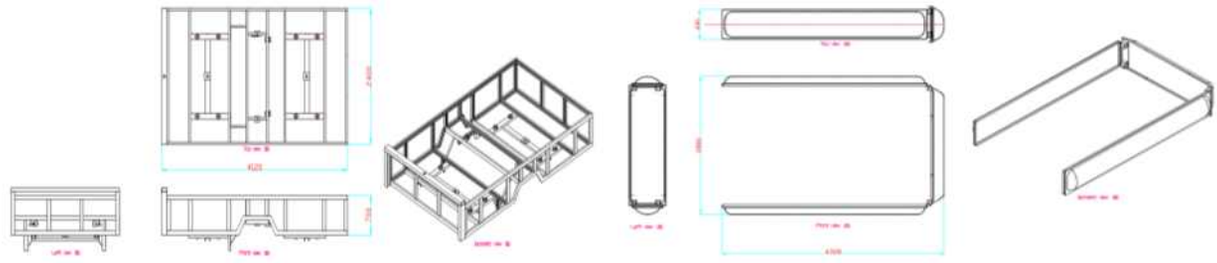
(현가 및 차축부) (마찰플레이트 랜딩부)

[그림 2-2-17] 전면부 마찰형 소형 이동식 방호울타리의 단품 구성

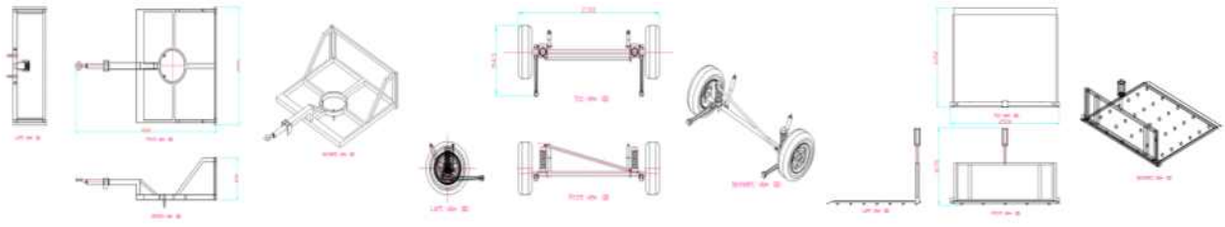
- 후면부 마찰형 소형 이동식 방호울타리는 트레일러 무게 중심부에 마찰 핀이 부찰된 플레이트를 설치하는 구조



[그림 2-2-18] 후면부 마찰형 소형 이동식 방호울타리 개념 설계안



차체 및 골격부 충돌벽부(사이드와 후방)

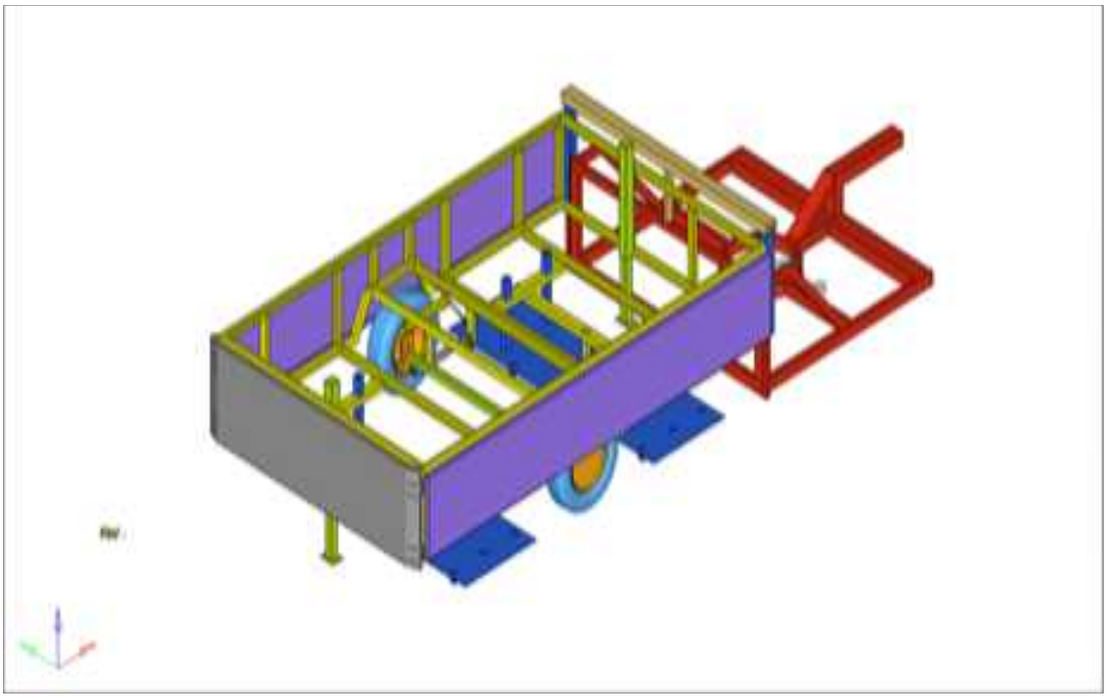


(견인부) (현가 및 차축부) (마찰플레이트 랜딩부, 차량 후방부 설치)

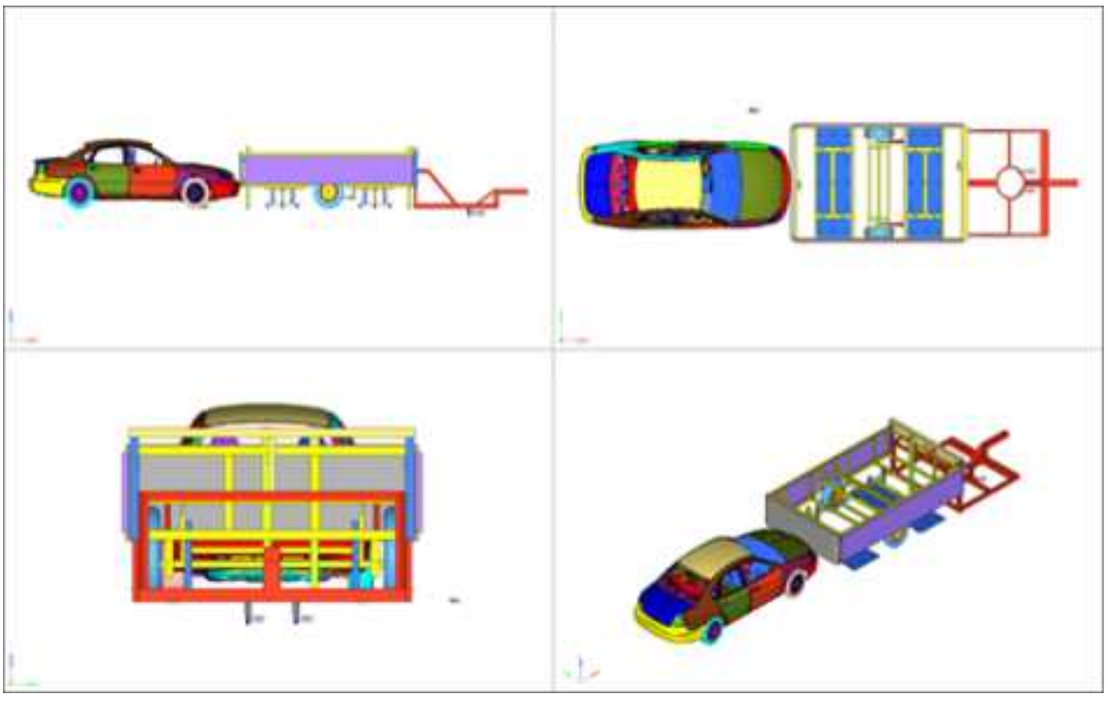
[그림 2-2-19] 후면부 마찰형 소형 이동식 방호울타리의 단품 구성

② 소형 이동식 방호울타리 기본 설계에 대한 컴퓨터 시뮬레이션

- 전면부 마찰형 소형 이동식 방호울타리 모델은 1.5ton의 무게로 모델링 Tool인 Hyper Mesh를 사용하여 모델 생성



[그림 2-2-20] 전면부 마찰형 소형 이동식 방호울타리 모델

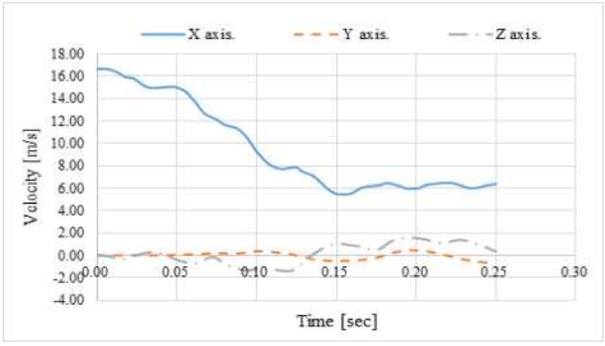


[그림 2-2-21] 차량과 결합된 전면부 마찰형 소형 이동식 방호울타리 모델

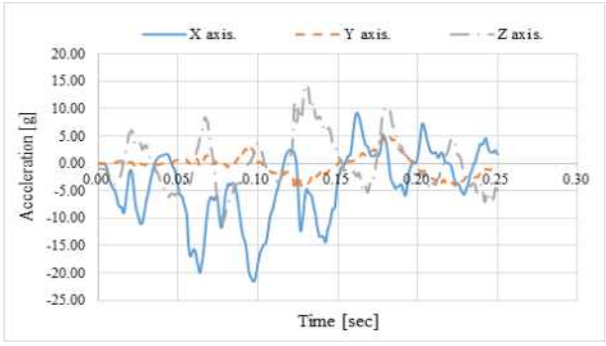
<표 2-2-5> 전면부 마찰형 소형 이동식방호울타리 모델 무게 정보

파트	설계 무게(ton)	해석 모델 무게(ton)	오차(%)
소형 이동식 방호울타리	1.5	1.5	-

- [그림 2-2-22]~[그림 2-2-23]은 평가 지수를 계산하기 위한 대차의 속도, 가속도의 그래프임



[그림 2-2-22] 대차 무게 중심 속도



[그림 2-2-23] 대차 무게 중심 가속도

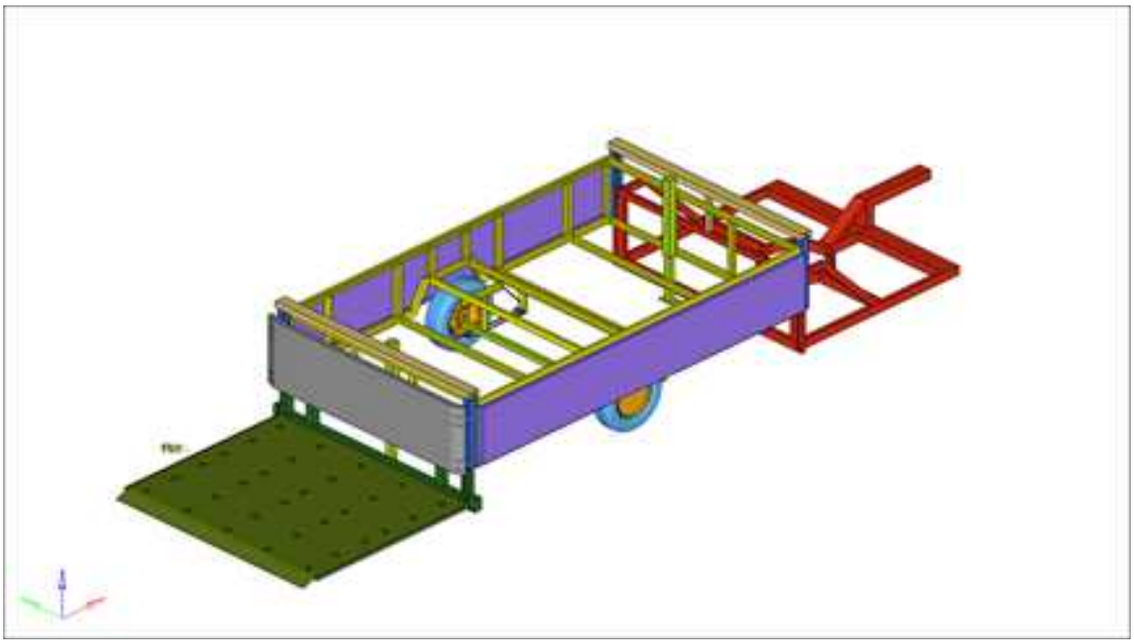
- 해석 결과, THIV는 기준 대비 84%, PHD는 기준 대비 80%, ASI는 기준 대비 63%로 탑승자 안전성능평가는 만족
- 시뮬레이션 과정을 시간대별도 분석하여 보면 후면 충돌벽이 추돌차량의 충격력을 안정적으로 충격을 흡수하여 작업자를 안전하게 보호 할 수 있는 거동을 보여주고 있으며,duration은 약 0.25초임

<표 2-2-6> 전면부 마찰형 소형 이동식방호울타리 모델 충돌해석 결과

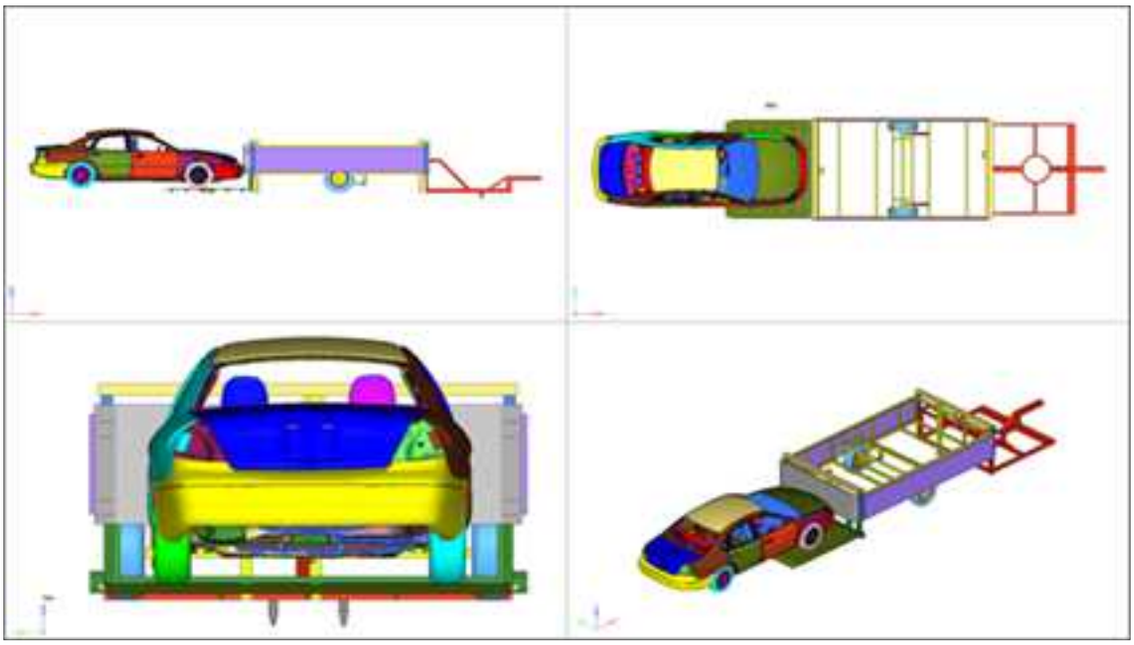
항목	기준	해석결과	적합성
THIV(km/h)	<44	36.8	만족
PHD(g)	<20	16	만족
ASI	<1.9	1.2	만족

※ THIV : Theoretical Head Impact Velocity
PHD : Post-impact Head Deceleration
ASI : Acceleration Severity Index

● 후면부 마찰형 소형 이동식 방호울타리 모델은 2.24ton의 무게로 모델링 Tool인 Hyper Mesh를 사용하여 모델 생성



[그림 2-2-24] 전면부 마찰형 소형 이동식 방호울타리 모델

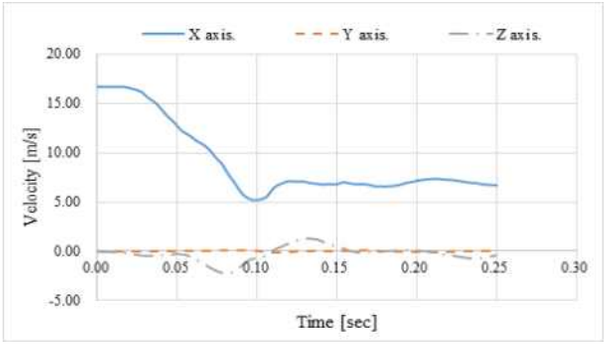


[그림 2-2-25] 차량과 결합된 후면부 마찰형 소형 이동식 방호울타리 모델

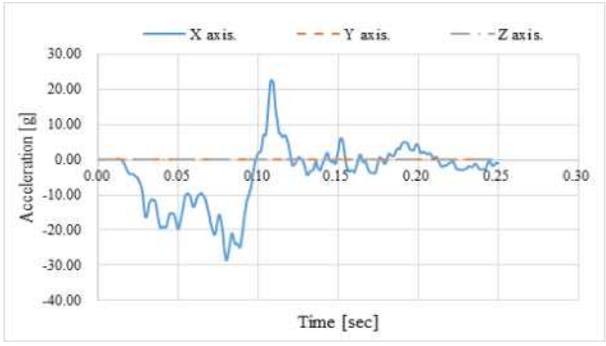
<표 2-2-7> 후면부 마찰형 소형 이동식방호울타리 모델 무게 정보

파트	설계 무게(ton)	해석 모델 무게(ton)	오차(%)
소형 이동식 방호울타리	2.24	2.24	-

- [그림 2-2-26]~[그림 2-2-27]은 평가 지수를 계산하기 위한 대차의 속도, 가속도의 그래프임



[그림 2-2-26] 대차 무게 중심 속도



[그림 2-2-27] 대차 무게 중심 가속도

- 해석 결과, THIV는 기준 대비 80%, PHD는 기준 대비 35%, ASI는 기준 대비 53%로 탑승자 안전성능평가는 만족
- 시뮬레이션 과정을 시간대별도 분석하여 보면 후면 충돌벽이 추돌차량의 충격력을 안정적으로 충격을 흡수하여 작업자를 안전하게 보호 할 수 있는 거동을 보여주고 있으며,duration은 약 0.25초임

<표 2-2-8> 전면부 마찰형 소형 이동식방호울타리 모델 충돌해석 결과

항목	기준	해석결과	적합성
THIV(km/h)	<44	35.4	만족
PHD(g)	<20	7.0	만족
ASI	<1.9	1.7	만족

※ THIV : Theoretical Head Impact Velocity
PHD : Post-impact Head Deceleration
ASI : Acceleration Severity Index

2차년도 연구 주요 내용

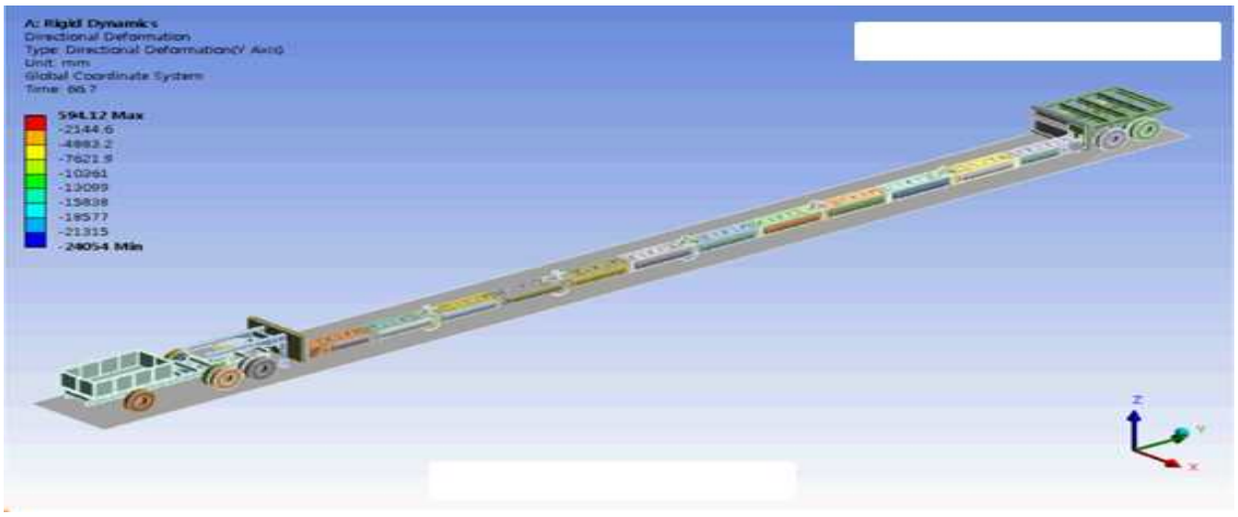
- 1차년도를 통해 검토된 내용을 바탕으로 이동식 방호울타리 개발을 위한 2차년도 연구를 수행함
- 2차년도는 실제 제작 및 실험을 위한 테스트 단계로써, 검토된 이동식 방호울타리 대안들의 시뮬레이션 및 충돌시험을 수행하고 결과를 보완함
- 블록링크형 대형 이동식 방호울타리 2회, 텔레스코프형 대형 이동식 방호울타리 2회, 소형 이동식 방호울타리 1회 충돌시험을 수행

(2) 이동식 방호울타리 개발(Ⅰ) : 설계, 시뮬레이션, 시작품제작, 1차 충돌시험(자체)

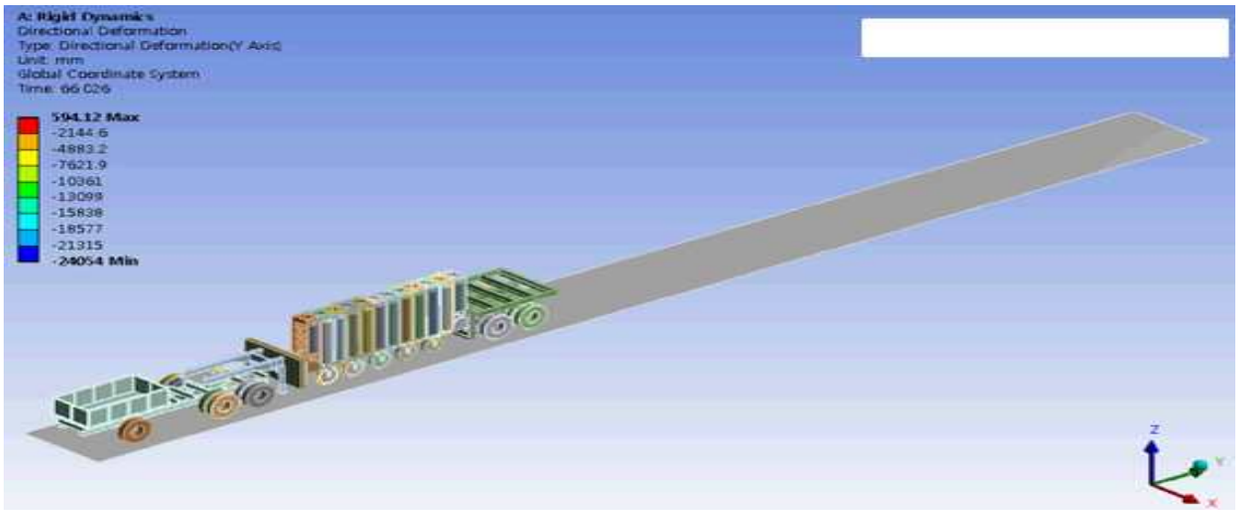
(가) 대형 이동식 방호울타리

① 대형 이동식 방호울타리 컴퓨터 시뮬레이션

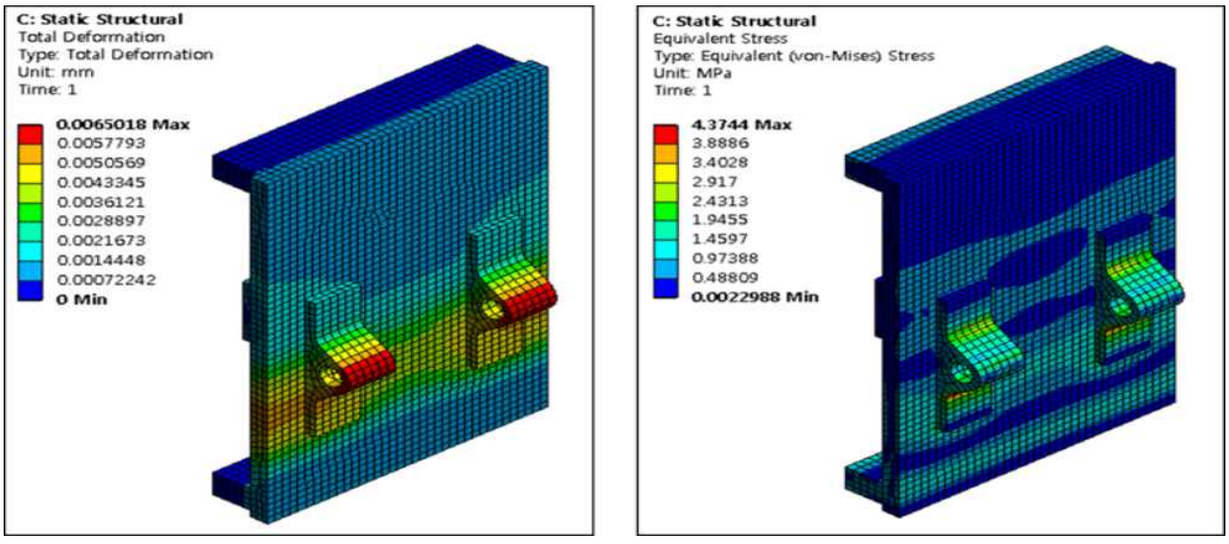
- 블록링크형 대형 이동식 방호울타리에 대하여 동역학 해석을 수행
- 동역학 해석의 목적은 블록링크형 대형 이동식 방호울타리에 구성된 12개의 블록이 모두 접혔을 때, 접힌 힌지와 부재 등에 발생하는 반력을 확인하기 위함임
- Rigid Dynamics Analysis에서는 파트들 간의 연결 특성을 고려한 Joint 설정, 구동 액츄에이터 설정, 자중 및 관성력에 의한 Joint 반력 계산
- Static Structural Analysis에서는 Joint 부의 안정성 확인을 위한 정적해석 수행, 응력 및 변형량 검토



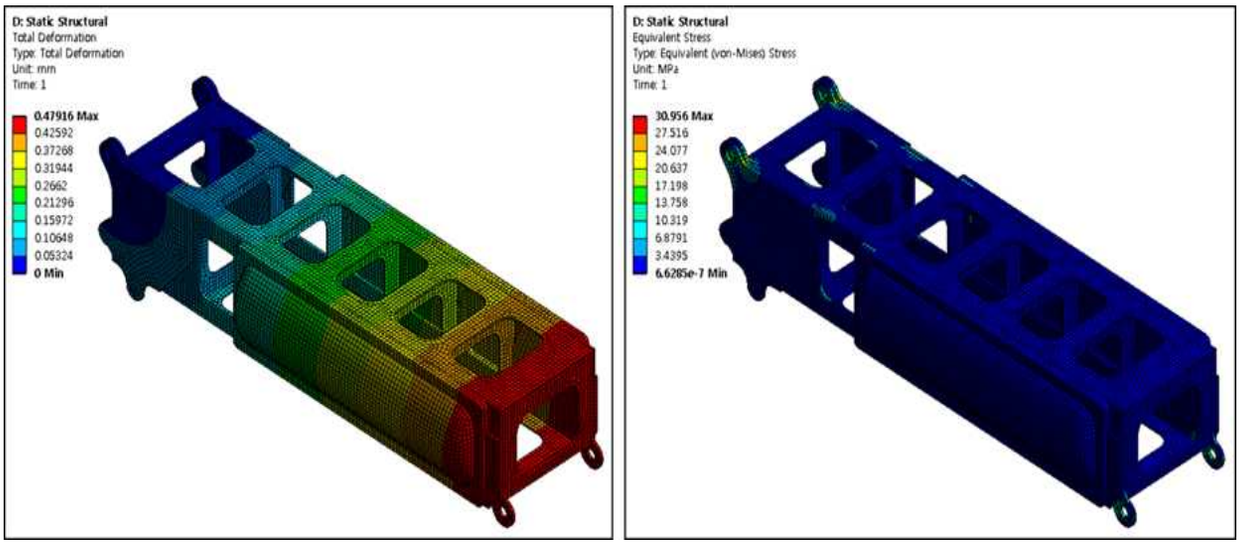
[그림 2-2-28] 블록링크형 대형 이동식 방호울타리 Static Structural Analysis(펼쳤을 때)



[그림 2-2-29] 블록링크형 대형 이동식 방호울타리 Static Structural Analysis(접었을 때)

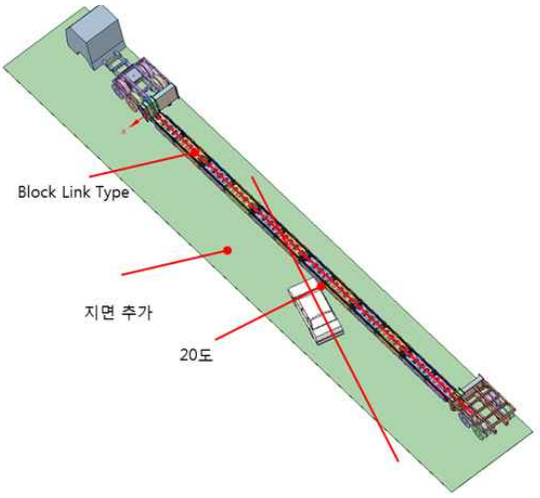


[그림 2-2-30] Joint 파트의 최대 변형량(왼쪽) 및 최대 응력(오른쪽)



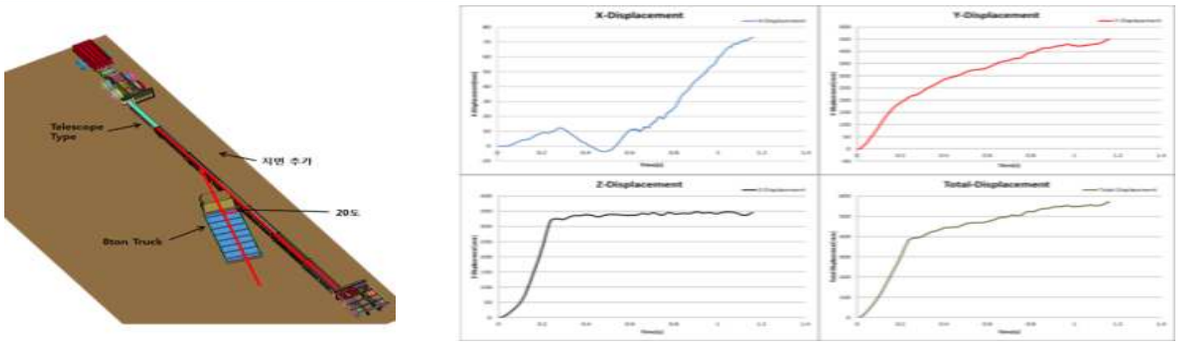
[그림 2-2-31] 방호벽 파트의 최대 변형량(왼쪽) 및 최대 응력(오른쪽)

- 블록이 접히는데 총 66초 소요되며, 중간의 총 10개의 구동 액츄에이터는 331mm 구동
- 접혔을 때의 블록마다 연결해주는 Joint는 13개이며, Joint마다 x축, y축, z축, 전체반력 계산
- Joint 그래프에서는 모든 조인트에서 z축에 대한 오실레이션이 발생
- 블록링크형 대형 이동식 방호울타리에 1,300kg 트럭 충돌 및 운전자의 안정성 평가
- 해석 조건 : 방호울타리 지면 고정, 1,300kg, 80km/h, 20°충돌



[그림 2-2-32] 충돌 해석 조건 세팅

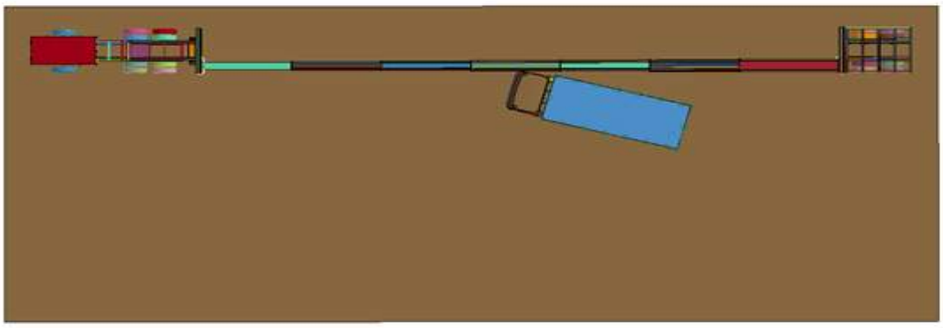
- 충돌 지점에 80km/h의 속도로 최대 힘이 발생되며 약 330mm 변형 발생
- 고속도로 작업자가 텔레스코프형 대형 방호울타리 내부 공간에서 작업할 경우, 작업 공간(차로폭 3.5m)을 고려했을 때 1,300kg 차량과 충돌이 일어나도 도로 작업자를 보호할 것으로 판단
- 텔레스코프형 대형 이동식 방호울타리에 8,000kg 트럭 충돌 및 운전자의 안정성 평가
- 컴퓨터 충돌 시뮬레이션 해석을 통해 실물차량 충돌시 발생할 수 있는 문제점 검토



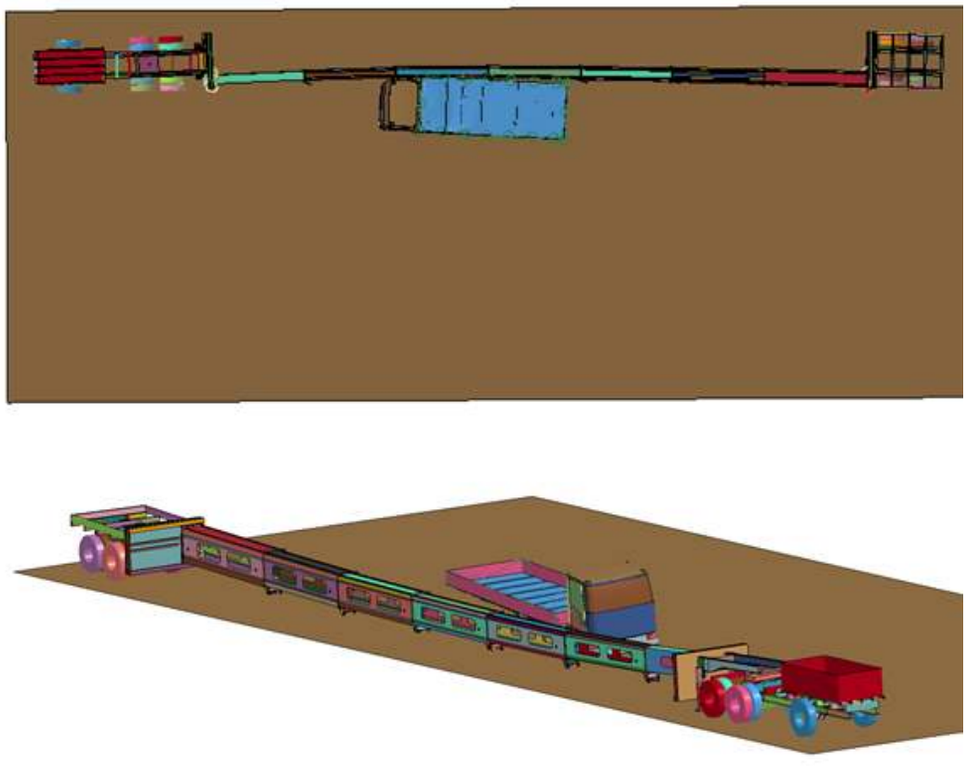
(a) LS_DYNA 세팅 (b) 충돌 지점 x축, y축, z축, 전체 변위

[그림 2-2-33] 텔레스코프형 대형 이동식 방호울타리 8,000kg 트럭 충돌시뮬레이션 세팅 및 결과

- 충돌 지점에 60km/h의 속도로 충돌 시 약 571mm 변형 발생
- 고속도로 작업자가 텔레스코프형 대형 방호울타리 내부 공간에서 작업할 경우, 작업 공간(차로폭 3.5m) 고려시, 8,000kg 트럭과 충돌이 일어나도 도로 작업자를 보호할 것으로 판단
- 텔레스코프형 대형 이동식 방호울타리에 13,000kg 트럭 충돌 및 운전자의 안정성 평가
- 해석 조건 : 방호울타리 지면 고정, 13,000kg, 80km/h, 20°충돌



(a) 13,000kg 화물차 충돌 전



(b) 13,000kg 화물차 충돌 중

[그림 2-2-34] 텔레스코프형 대형 이동식 방호울타리 13,000kg 충돌 시뮬레이션

- 충돌 지점에 80km/h의 속도로 최대 힘이 발생되며 약 1,200mm 변형 발생
- 고속도로 작업자가 텔레스코프형 대형 방호울타리 내부 공간에서 작업할 경우, 작업 공간(차로폭 3.5m)을 고려했을 때 13,000kg 트럭과 충돌이 일어나도 도로 작업자를 보호할 것으로 판단

② 대형 이동식 방호울타리 충돌시험



텔레스코프형 대형 이동식 방호울타리 실차 충돌테스트(bird-view)





블록링크형 대형 이동식 방호울타리 실차 충돌테스트





텔레스코프형 대형 이동식 방호울타리 실차 충돌테스트

[그림 2-2-35] 텔레스코프형 대형 이동식 방호울타리 실차 충돌테스트(2차년도)

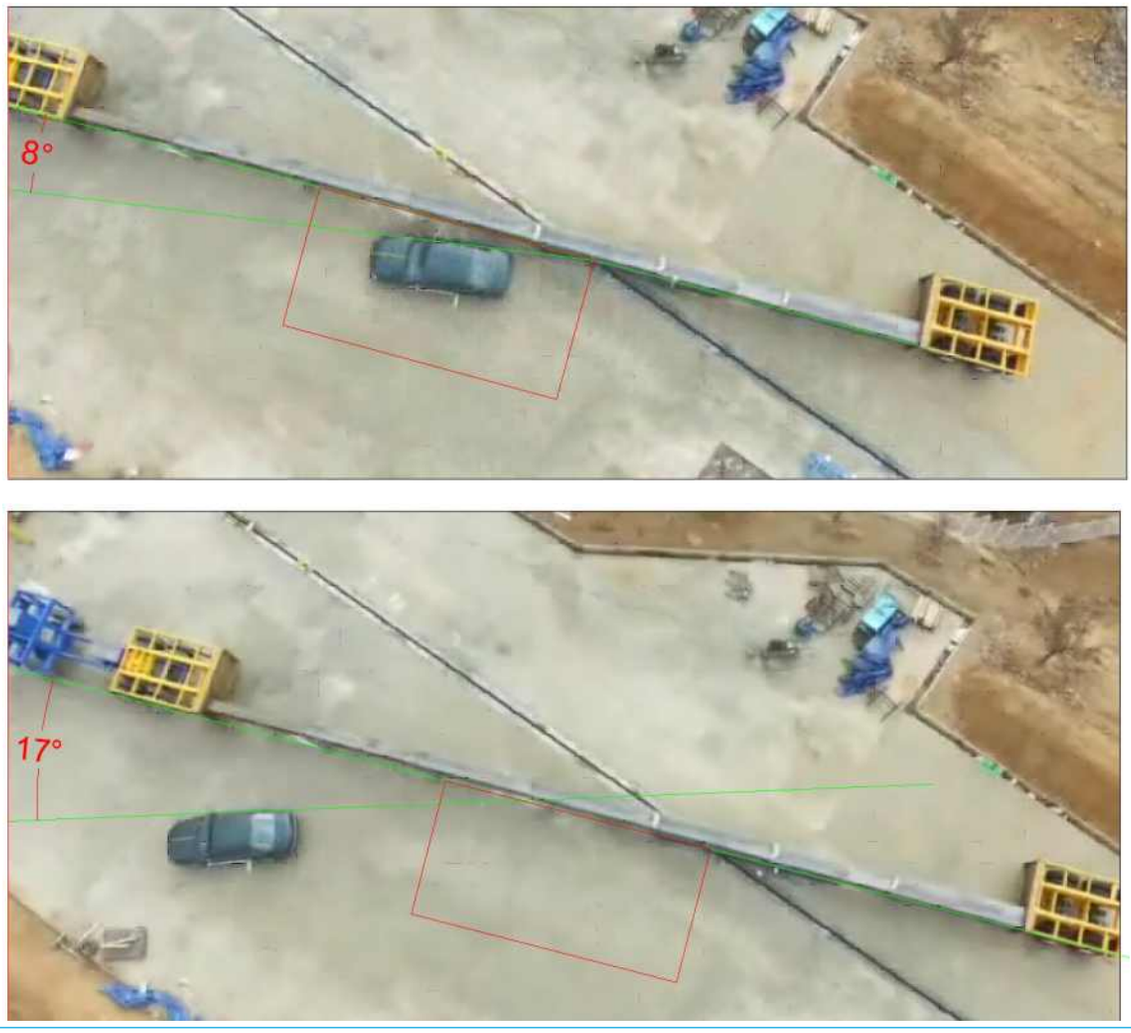
- 블록링크형 대형 이동식 방호울타리 2회, 텔레스코프형 대형 이동식 방호울타리 2회에 대하여 실차 충돌 테스트를 실시
- 블록링크형 대형 이동식 방호울타리는 속도를 변수로 하기 위해 60km/h, 70km/h로 각각 충돌테스트를 실시하였고, 텔레스코프형 대형 이동식 방호울타리는 텔레스코프 블록 사이드에 에어챔버 쿠션 유무를 변수로 두어 실시
- 시험 결과, 대형 이동식 방호울타리 2가지 Type은 모두 탑승자 안전 지수를 만족
- 속도에 변수를 둔 블록링크형 대형 이동식 방호울타리는 약간의 차이는 있지만 속도가 안전 지수에 크게 관여하지 않음을 확인

<표 2-2-9> 대형 이동식 방호울타리 실차 충돌테스트 결과(2차년도)

구분	THIV(km/h)	PHD(g)	ASI
블록링크형 62.72km/h	15.3	1.6	0.4
블록링크형 72.5km/h	15.6	2.2	0.5
텔레스코프형 69.79km/h (에어챔버쿠션 유)	14.2	3.4	0.6
텔레스코프형 69.20km/h (에어챔버쿠션 무)	22.4	13.7	1.1

※ THIV : Theoretical Head Impact Velocity
PHD : Post-impact Head Deceleration
ASI : Acceleration Severity Index

- 대형 이동식 방호울타리 Telescope Type의 Crash Cushion 유무에 따른 충돌차량의 탈출박스 거동을 검토하였음.
- 에어챔버쿠션 유무에 따른 충돌 후 차량 거동은 모두 다 탈출박스 내에서 거동함
- 탈출박스 기준은 차량방호 안전시설 실물충돌시험 업무편람(국토교통부)을 준용함



[그림 2-2-36] 대형 이동식 방호울타리 Telescope Type Crash Cushion 없는 경우



[그림 2-2-37] 대형 이동식 방호울타리 Telescope Type Crash Cushion 있는 경우

(나) 소형 이동식 방호울타리 개발

① 소형 이동식 방호울타리 충돌시험

- 60m/h 충돌 속도, 1,300kg 차량으로 실차 충돌테스트 수행



소형 이동식 방호울타리 충돌 전



소형 이동식 방호울타리 충돌 후

[그림 2-2-38] 소형 이동식 방호울타리 실차 충돌 테스트(2차년도)

- 시험 결과, 소형 이동식 방호울타리는 THIV값이 약간 초과한 것으로 나타났으나, 탑승자 안전도 90% 수준은 만족

<표 2-2-10> 소형 이동식 방호울타리 실차 충돌테스트 결과(2차년도)

구분	THIV(km/h)	PHD(g)	ASI
소형 이동식 방호 울타리 61.43km/h	46.1	0.3	0.7

3차년도 연구 주요 내용

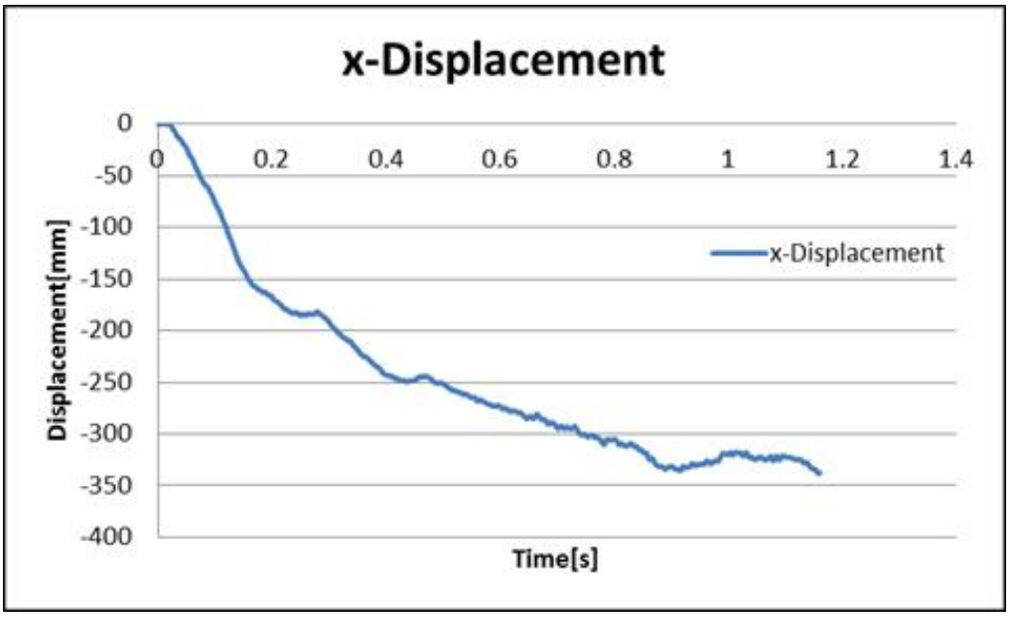
- 2차년도를 통해 검토된 내용을 바탕으로 이동식 방호울타리 개발을 위한 3차년도 연구를 수행함
- 3차년도는 실제 제작 및 실험을 위한 테스트 단계로써, 2차년도에 검토된 이동식 방호울타리 대안중 하나의 대안을 선택하고, 시뮬레이션 및 충돌시험을 수행하고 결과를 보완함
- 블록링크형 대형 이동식 방호울타리 3회, 소형 이동식 방호울타리 1회 충돌시험을 수행

(3) 이동식 방호울타리 개발(Ⅱ) : 설계, 시작품제작, 보완 충돌시험(자체)

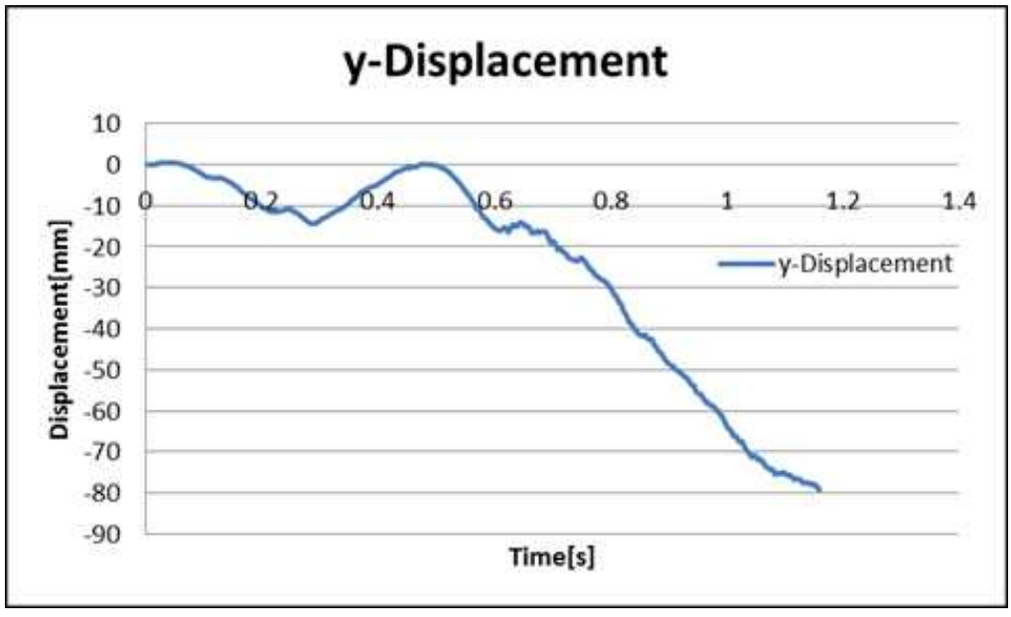
(가) 대형 이동식 방호울타리

① 대형 이동식 방호울타리 컴퓨터 시뮬레이션

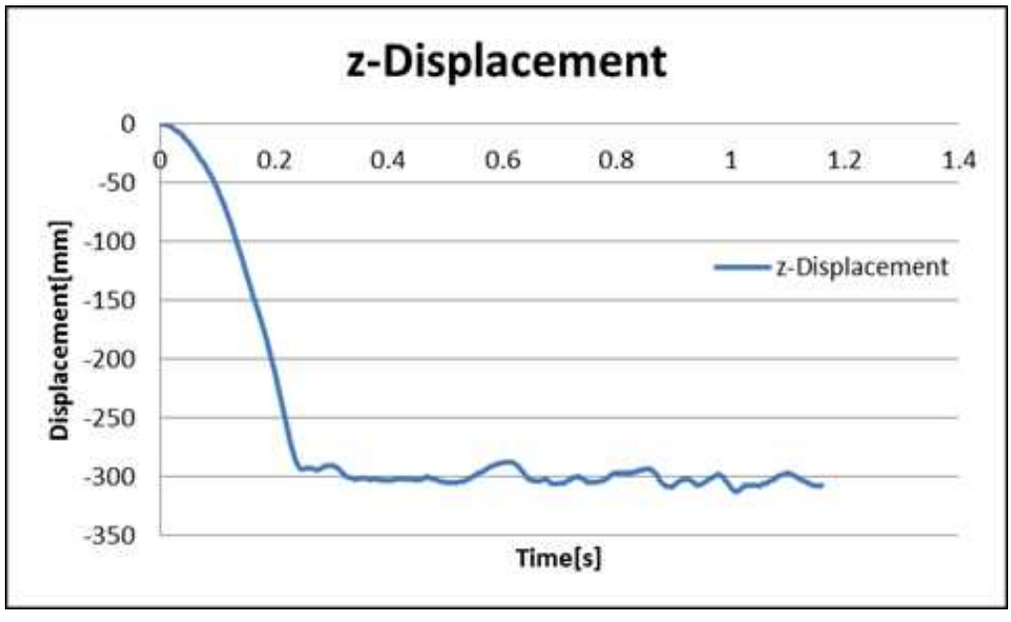
- 블록링크형 대형 이동식 방호울타리에 일반 승용차(1,300kg)을 충돌시켰을 때 방호울타리의 최대 밀림량을 알아봄으로써 방호울타리 내에서 작업중인 도로작업자의 안전성을 판단
- [그림 2-2-39]~[그림 2-2-41]은 대형 이동식 방호울타리 Block Link Type의 x, y, z축 변위그래프이고, 좌표계는 x축은 1,300kg 차량의 진행 방향, z축은 1,300kg 차량 천장 방향임
- 1,300kg 차량의 진행 방향 변위(x축 변위)를 살펴보면 충돌 지점에 80km/h의 속도로 최대 힘이 발생되며 약 330mm정도 밀리는 것으로 확인되었음
- 고속도로 작업자가 Block Link Type 내부 공간에서 작업할 경우, 1,300kg 차량과 충돌이 일어나도 안전할 것으로 판단된다.



[그림 2-2-39] Block Link Type 충돌 지점의 x축 변위



[그림 2-2-40] Block Link Type 충돌 지점의 y축 변위



[그림 2-2-41] Block Link Type 충돌 지점의 z축 변위

② 대형 이동식 방호울타리 충돌시험

- 충돌 속도 80km/h로 900kg 차량 2회, 1,300kg 차량 1회 실차 충돌 테스트 진행
- 900kg 차량 테스트는 사이드 에어챔버 유무로 나누어 진행
- 시험 결과, 대형 이동식 방호울타리 900kg, 1,300kg 테스트의 탑승자 안전 지수 모두 만족
- 3번의 충돌 시험 결과, 최대 밀림량은 300mm으로 나타남

- [그림 2-2-42]~[그림 2-2-45]는 블록링크형 대형 이동식 방호울타리 충돌시험 전후 충돌 차량과 방호울타리를 나타냄



[그림 2-2-42] 시험 전 충돌 차량



[그림 2-2-43] 시험 후 충돌 차량



[그림 2-2-44] 시험 후 방호울타리



[그림 2-2-45] 시험 후 방호울타리

<표 2-2-11> 대형 이동식 방호울타리 실차 충돌테스트 결과(3차년도)

구분	THIV (km/h)	PHD (g)	ASI
대형 이동식 방호울타리 ① (블록링크형, 80km/h, 900kg, 에어챔버 유)	21.6	8.0	1.1
대형 이동식 방호울타리 ② (블록링크형, 80km/h, 900kg, 에어챔버 무)	32.4	6.1	1.3
대형 이동식 방호울타리 ③ (블록링크형, 80km/h, 1,300kg, 에어챔버 유)	22.5	3.8	1.0

- 충돌 후 차량의 거동 분석은 탈출박스 분석을 통해 수행
- 블록링크형 대형 이동식 방호울타리 900kg, 1,300kg 충돌차량의 탈출박스 거동을 검토함 (고속카메라 촬영을 통해 영상 습득)
- 탈출박스 기준은 차량방호 안전시설 실물충돌시험 업무편람(국토교통부)을 준용함

  ·탈출박스 폭 : 2.2(m) + 차량의 폭 + (0.16(m) X 차량의 전장)

  ·탈출박스 길이 : car/pickup 10m, 그 외의 차량 20m



(a) Block Link Type 900kg 탈출박스 거동 ①(사이드 에어 범퍼 유)



(b) Block Link Type 900kg 탈출박스 거동 ②(사이드 에어 범퍼 무)

[그림 2-2-46] 블록링크형 대형 이동식 방호울타리 탈출박스 분석(3차년도)

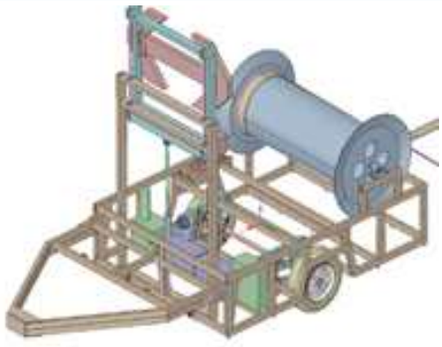
- 차 중량별 충돌 후 차량 거동은 모두 다 탈출박스 내에서 거동하는 것으로 나타남
- [그림 2-2-46] ①의 경우 충돌 후, Block Link Type에 앞 범퍼 쪽이 끼면서 오른쪽 앞 바퀴가 파손되어 Block Link Type 2번 블록에서 곡선의 형태로 탈출

- [그림 2-2-46] ②의 경우 충돌 후, ①의 경우와 유사하지만 사이드 에어 범퍼가 없으므로 튕겨나가지 않고 차량이 한바퀴 돌며 1번 블록에서 멈춤

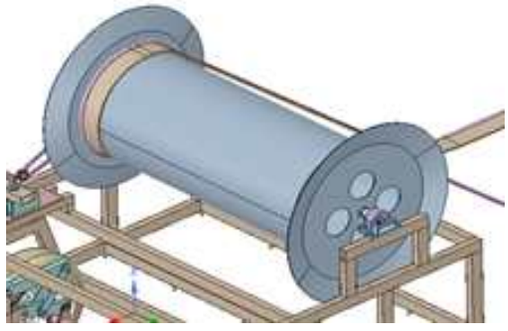
(나) 소형 이동식 방호울타리 개발

① 소형 이동식 방호울타리 시작품 제작

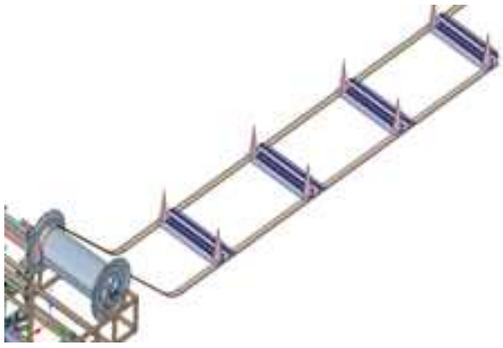
- 소형 이동식 방호울타리의 성능을 향상시키기 위하여 매트형 이동식 과속방지턱을 설계하여 반영
- 과속방지턱 높이 80mm, 매트 폭 120mm, 총 길이 30m, 에어충진형 교통콘 설치

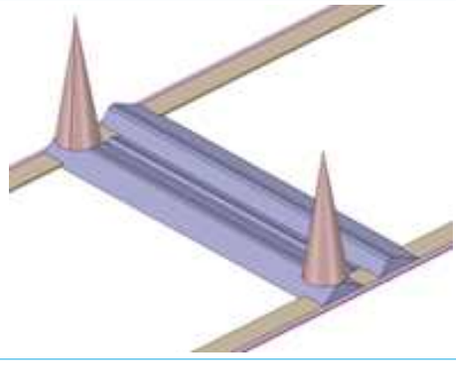


(차체 및 섀시)



(회전터릿 장치)





(매트형 이동식 과속방지턱)

[그림 2-2-47] 소형 이동식 방호울타리 개념도

② 소형 이동식 방호울타리 충돌시험

- 60m/h 충돌 속도, 900kg 차량으로 실차 충돌테스트 수행
- [그림 2-2-48]~[그림 2-2-51]은 소형 이동식 방호울타리 충돌시험 전후 충돌 차량과 방호울타리를 나타냄

<표 2-2-12> 소형 이동식 방호울타리 실차 충돌테스트 결과(3차년도)

구분	THIV(km/h)	PHD(g)	ASI
소형 이동식 방호울타리 _900kg_60.1km/h (에어챔버 유)	34.3	6.4	1.0

- 소형 이동식 방호울타리에는 후부 안전판을 부착하고, 60km/h의 속도로 충돌
- 소형 이동식 방호울타리는 트럭 탈부착형 충격흡수시설(TMA: Truck Mounted Attenuator)로 탑승자 안전지수를 평가(TMA1등급, 시험①)
- 시험 결과, 탐승자 안전지수를 만족



[그림 2-2-48] 시험 전 충돌 차량



[그림 2-2-49] 시험 후 충돌 차량



[그림 2-2-50] 시험 전 방호울타리



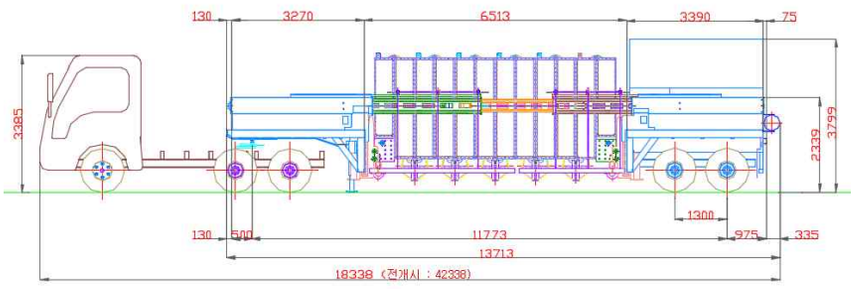
[그림 2-2-51] 시험 후 방호울타리

4차년도 연구 주요 내용

- 3차년도를 통해 검토된 내용을 바탕으로 이동식 방호울타리 개발을 위한 4차년도 연구를 수행함
- 4차년도는 실제 제작 및 실험을 위한 테스트 단계로써, 최종 보완하여 시뮬레이션 및 충돌시험을 수행
- 블록링크형 대형 이동식 방호울타리 5회 충돌시험을 수행

(4) 이동식 방호울타리 시작품 제작, 충돌시험

① 대형 이동식 방호울타리 시작품 제작



항목	제원
길이	13,713(mm)
너비	2,480(mm)
높이	3,799(mm),
무게	30,000(kg)





– 주행 시 리어 트레일러가 흔들리는 것을 방지
– 전용 차대 설계 및 제작 차대(자동차 안전기준 차대 및 차체 제19조 만족)
– 측면보호대 설계 변경 및 제작 (자동차안전기준 차대 및 차체 제19조 만족)









– 방호벽 축을 유압실린더가 직접 당기는 구조(좌)에서 링크를 추가하여 유압 실린더가 링크를 당겨서 접히도록 변경(우), 방호벽을 접을 때 유압실린더가 더욱 힘을 받음



– 상부 충돌벽 설계 및 제작
(도로안전시설 및 관리지침 방호 울타리 만족)



– 후부 추돌사고 방지
(도로안전시설 및 관리지침 충격흡수시설 TMA 장착)





– 좌우 보호벽 이동 실린더의 위치를 힘을 많이 받는 상부로 변경



– 방호벽의 넓이가 60mm 증가
– 방호벽을 지탱하는 바퀴의 지름 증가







– 전용 견인차 및 유압 발생장치 개발

[그림 2-2-52] 대형 이동식 방호울타리 설계 보완

② 대형 이동식 방호울타리 충돌시험

- 60m/h 충돌 속도 900kg/4000kg 차량, 80km/h 충돌 속도 4000kg 차량, 100km/h 충돌 속도, 900kg/1,300kg 차량으로 실차 충돌테스트 수행
- 시험 결과, 대형 이동식 방호울타리 900kg, 1,300kg 테스트의 탑승자 안전 지수 모두 만족
- 4,000kg 차량의 충돌에 이동식 방호울타리의 밀림거리가 약 960mm



[그림 2-2-53] 시험 전 충돌 차량



[그림 2-2-54] 시험 후 충돌 차량



[그림 2-2-55] 시험 전 방호울타리



[그림 2-2-56] 시험 후 방호울타리

<표 2-2-13> 대형 이동식 방호울타리 실차 충돌테스트 결과(4차년도)

구분	THIV ≤ 33	PHD ≤ 20
	km/h	g
대형 이동식 방호울타리 ① (블록링크형, 100km/h, 900kg)	32.5	13.9
대형 이동식 방호울타리 ② (블록링크형, 100km/h, 1,300kg)	26.8	7.8
대형 이동식 방호울타리 ③ (블록링크형, 60km/h, 900kg)	15.3	4.7
대형 이동식 방호울타리 ④ (블록링크형, 60km/h, 4,000kg)	820mm(밀림거리)	
대형 이동식 방호울타리 ⑤ (블록링크형, 80km/h, 4,000kg)	960mm(밀림거리)	

- 충돌 후 차량의 거동 분석은 탈출박스 분석을 통해 수행
- 블록링크형 대형 이동식 방호울타리 900kg, 1,300kg 충돌차량의 탈출박스 거동을 검토함 (고속카메라 촬영을 통해 영상 습득)
- 탈출박스 기준은 차량방호 안전시설 실물충돌시험 업무편람(국토교통부)을 준용함
  - · 탈출박스 폭 : 2.2(m) + 차량의 폭(m) + (0.16(m) X 차량의 전장)
  - · 탈출박스 길이 : car/pickup 10m, 그 외의 차량 20m
- 차 중량별 충돌 후 차량 거동은 모두 다 탈출박스 내에서 거동하는 것으로 나타남
- [그림 2-2-57] ①의 경우 충돌 후, 블록링크형 대형 이동식 방호울타리의 2번 블록에 앞 범퍼 쪽이 끼고, 1번 블록에서 차량이 회전 하면서 탈출박스 범위 내에서 멈춤
- [그림 2-2-57] ②의 경우 충돌 후, 블록링크형 대형 이동식 방호울타리를 따라 직선의 형태로 탈출
- [그림 2-2-57] ③의 경우 충돌 후, 블록링크형 대형 이동식 방호울타리를 따라 직진 하다가 1번 블록에서 곡선의 형태로 탈출
- [그림 2-2-57] ④의 경우 충돌 후, 블록링크형 대형 이동식 방호울타리를 따라 직진 하다가 2번 블록에 우측 앞 범퍼가 찢기면서 1번 블록에서 멈춤
- [그림 2-2-57] ⑤의 경우 충돌 후, ④의 경우와 유사하게 1번 블록에서 멈춤



Block Link Type 900kg 탈출박스 거동 ①



Block Link Type 1,300kg 탈출박스 거동 ②



Block Link Type 900kg 탈출박스 거동 ③



Block Link Type 4,000kg 탈출박스 거동 ④



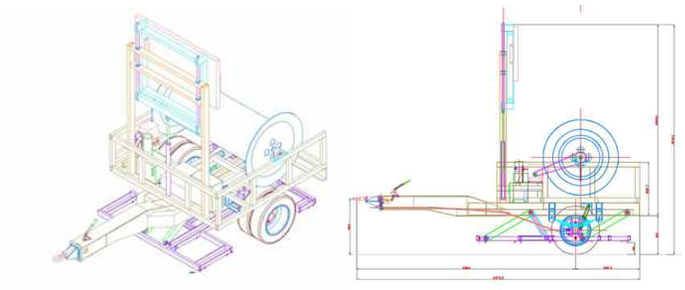
Block Link Type 4,000kg 탈출박스 거동 ⑤

[그림 2-2-57] 블록링크형 대형 이동식 방호울타리 탈출박스 분석(4차년도)

(나) 소형 이동식 방호울타리 개발

① 소형 이동식 방호울타리 시작품 제작

- 매트형 이동식 에어교통콘 : 교통콘 높이 600mm, 매트 폭 2,000mm, 총 길이 15m, 에어 교통콘 개수 : 12개, 에어 충진형 교통콘 설치
- 에어 교통콘 전용 밸브시스템 개발(교통콘별 에어주입 및 차단 기능 부여)
- 15m 에어교통콘 설치 시간 : 1분 30초 소요
- 더블타이어 5톤 차축 및 차대 개발 및 디스크 제동장치 개발
- 추돌시 마찰력 증가를 위한 차체 하부에 간헐타입 밀림방지 스파이크 장치 개발



항목	제원
길이	5,198(mm)
너비	2,287(mm)
높이	3,477(mm)
무게	2,177(kg)



차체 및 섀시



회전터릿 장치



디스크 제동 장치



충격흡수장치



밀림방지 메카니즘



에어 교통콘

[그림 2-2-58] 소형 이동식 방호울타리 설계 보완

○ 5차년도 연구 주요 내용

- 4차년도를 통해 검토된 내용을 바탕으로 이동식 방호울타리 개발을 위한 5차년도 연구를 수행함
- 5차년도는 이동식 방호울타리 관련 매뉴얼(안)과 기술실시 계약, 국내외 전시회 출품 등 사업화 수행

(5) 기술실시 및 사업화

① 이동식 방호울타리 운영 및 적용 범위(안)

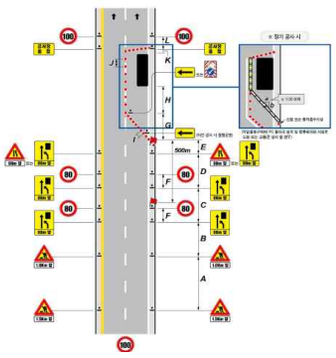
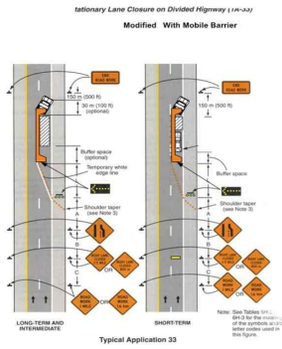
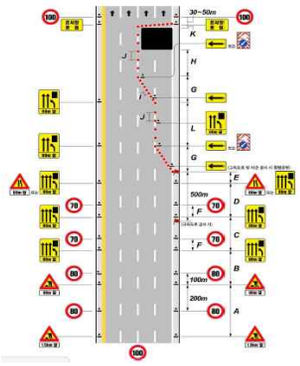
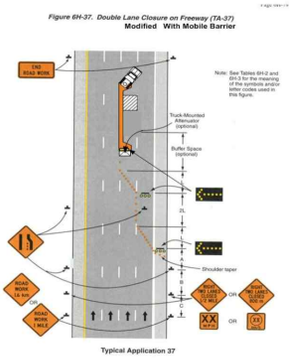
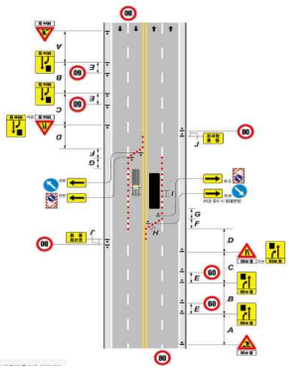
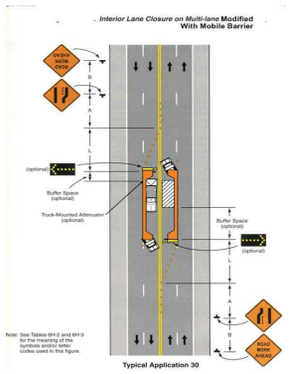
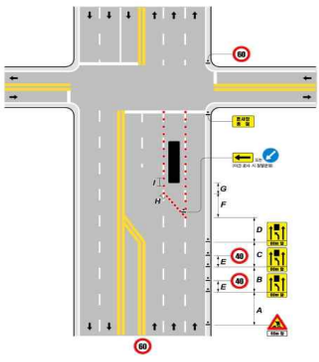
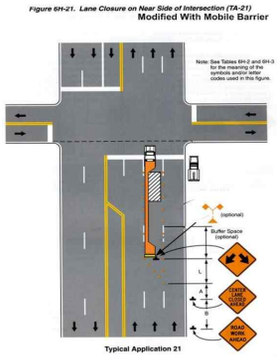
- 도로공사장 교통관리지침(국토교통부, 2018)에서는 도로에서 건설공사 시행시에는 도로 공사장 유형을 중심으로 공사기간, 도로 점용위치, 도로유형별로 교통관리도를 작성하여 관리

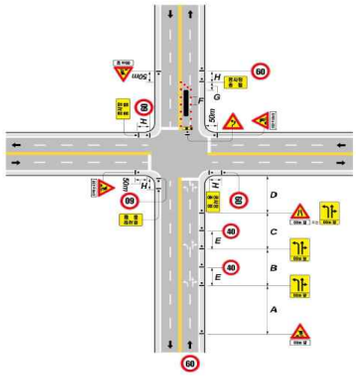
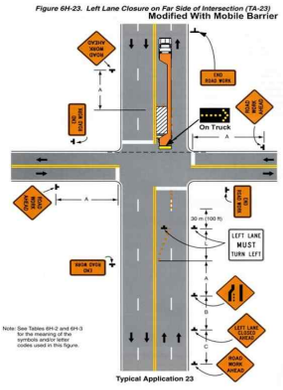
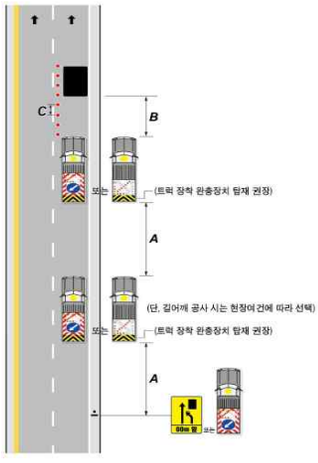
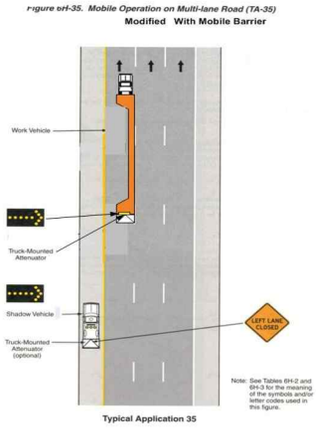
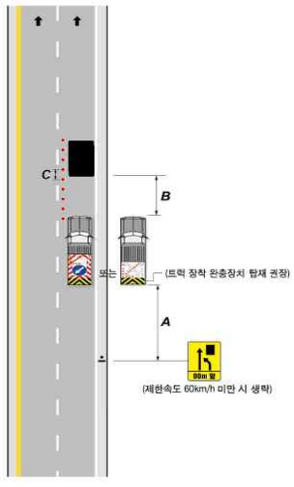
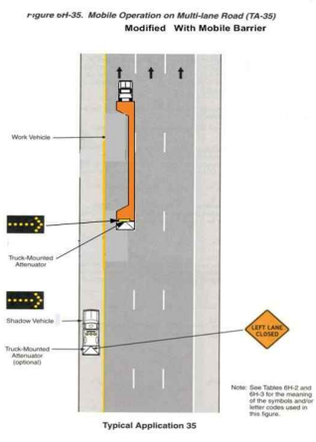
<표 2-2-14> 도로 공사구간 교통관리 예시도 구분

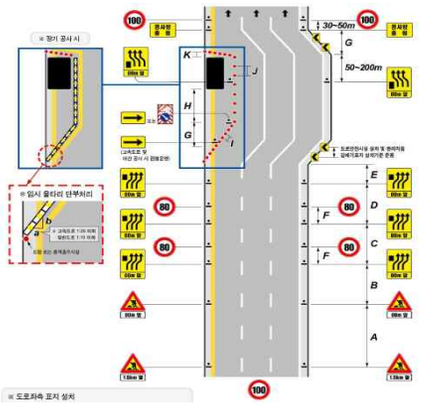
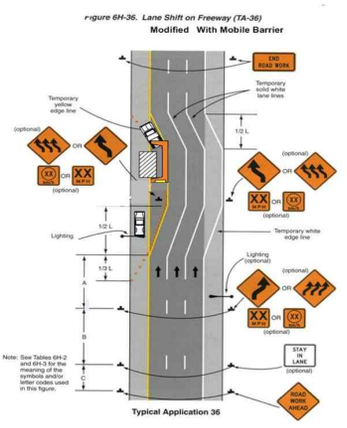
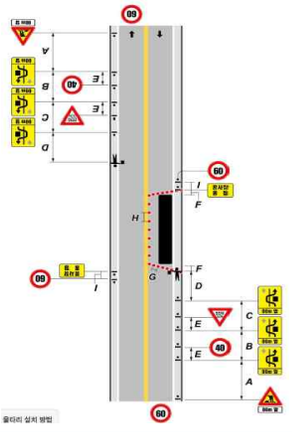
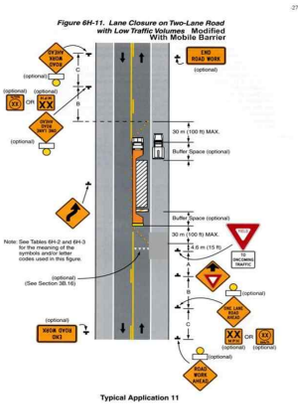
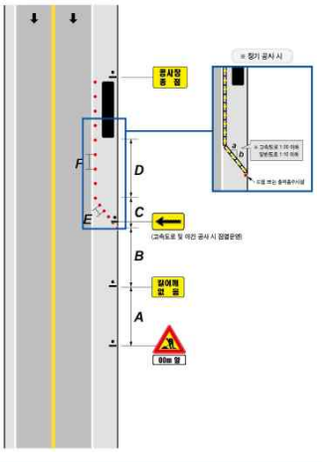
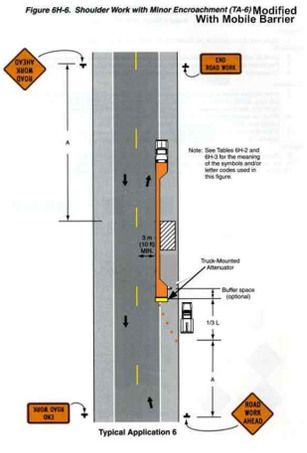
구분	도로점용 위치	도로유형	공사기간
내용	– 단로부, 교차부 – 길어깨	– 고속도로 – 지방 및 도시 지역 일반도로	–장기, 중기, 단기 –단시간

- 공사장 유형으로 구분하면 차로차단, 차로변경, 교대통행, 역방향 통행, 우회, 회전교차로, 2+1차로, 길어깨 차단, 램프공사로 나눌 수 있으며, 이동식 방호울타리의 활용이 가능한 경우를 제시함

<표 2-2-15> 이동식 방호울타리의 활용이 가능한 도로 공사구간 교통관리 예시도

구분	내용	도로공사장 교통관리지침	해외사례
1	차로차단 (1차로)		
2	차로차단 (2차로)		
3	차로차단 (중앙)		
4	차로차단 (교차로진입부)		

5	차로차단 (교차로진출부)		
6	차로차단 (단시간 고속도로)		
7	차로차단 (단시간 일반도로)		

8	차로변경		
9	2차로 교대통행		
10	길어깨 차단		

② 조달청 시범구매 대상 시제품 지정

- 2019년 제1차 시범구매 대상 시제품 지정(조달청 기술혁신 시제품 시범구매 운영 기준 14조)
- 지정기간 : 2019.10.2.~2022.10.1.(3년)
- 대상 시제품 : 도로안전시설물을 특장차에 결합시킨 이동식 에어 방호울타리 특수목적 자동차 (㈜스마트에어챔버)

국민의 나라 정의로운 대한민국

조달청

조 달 청

국민이 지킨 역사
국민이 이끌 나라

수신 수신자 참조
(경유)
제목 2019년 제1차 시범구매 대상 시제품 지정 알림

1. 2019년 제1차 시범구매대상 선정위원회 지정심사 결과, 귀 사의 신청제품이 「기술혁신 시제품 시범구매 운영 기준」 14조에 따라 붙임과 같이 2019년 제1차 시범구매 대상 시제품으로 지정 되었음을 알려드립니다.

가. 지정제품 : 41개 제품(41개사)
나. **지정기간 : 2019.10.2. ~ 2022.10.1(3년)**
다. 지정목록 : 붙임 1 참조

2. 아울러, 시범구매 대상 시제품의 풀(pool) 공개 및 테스트 희망 수요기관 매칭 등 진행 절차를 설명하고자 아래와 같이 설명회를 개최 하오니 참석하여 주시기 바랍니다.

가. 설명회 일시 : **2019.10.4(금) 14:00 ~ 15:20**
나. 설명회 장소 : 대전정부청사 3동 204호(대회의실)
다. 설명회 내용 : 풀(pool) 공개 및 테스트 희망 기관 매칭 등 향후 일정, 전시회 설명
라. 협조 요청 : 설명회 참석 명단 **2019.10.2(수)**까지 아래의 서식을 참조하여 e-mail(sch6024@korea.kr)로 회신(사전 방문등록을 위하여 제출, 미제출시 출입이 불가능)

업체명	성 명	생년월일	연락처(휴대폰)	비 고

붙임 : 2019년 제1차 시범구매 대상 시제품 목록 1부. 끝.

[그림 2-2-59] 2019년 제1차 시범구매 대상 시제품 지정 알림 공문

③ 전시회 참가

- 이동식 방호울타리 홍보를 위해 다음과 같이 1건의 전시회에 참가하여 홍보 및 상담 활동을 수행함
- 기존 도로 작업자 보호용 이동식 방호울타리 분야 뿐만 아니라 국방 관련 시장 진출을 위한 홍보로 의미있는 성과로 판단됨.

<표 2-2-16> 전시회 참가 현황

구분	전시회명	개요	주요 상담내용
1	2018 대한민국방위산업전 (DX Korea 208)	• 일시 : 2019.9.16.~9.19. • 장소 : KINTEX (고양시) • 주관 : 대한민국육군협회	• 이동식 방호울타리 홍보



[그림 2-2-60] 전시회 참가 전경

④ 언론홍보

- KBS(2019. 08. 14)을 비롯한 다수의 언론매체를 통해 이동식 방호울타리를 홍보함


KBS NEWS

건설연, 도로공사 작업자 지키는 '이동식 방호울타리' 개발

입력 2019.08.14 (16:43) 수정 2019.08.14 (16:47)

KBS(2019.08.14)



MBN(2019.08.14.)


연합뉴스

인쇄하기 닫기

도로작업자 보호하는 '이동식 방호울타리' 개발

기사입력 2019/08/14 09:32 송고

차량형 이동식 방호울타리 사진
[한국건설기술연구원 제공]

(서울=연합뉴스) 홍국기 기자 = 한국건설기술연구원(KICT)은 도로작업자를 보호하는 '이동식 방호울타리'를 개발했다고 14일 밝혔다.

연합뉴스(2019.08.14.)


경향신문

도로 보수 작업자 안전 확보...'이동식 방호 울타리' 개발

이정호 기자 run@kyunghyang.com
입력 : 2019.08.14 15:44

한국건설기술연구원이 개발한 이동식 방호 울타리.

도로 보수 작업자가 안전하게 일할 수 있는 이동식 울타리 차량이 개발됐다.

경향신문(2019.08.14.)

[그림 2-2-61] 언론홍보(신문) 보도자료

나. 도로작업자 경고/회피시스템

도로 작업장 교통사고는 매년 꾸준히 증가하고 있으며, 운전자의 졸음 운전, 전방주시 태만 등 부주의로 인해 도로작업장을 침범하는 차량을 사전에 검지하며, 도로작업자에게 경고하는 시스템 개발

○ 연구 성과품 개발 절차 및 개요

- 국내·외 유사시스템 조사 및 수요기관 의견조회
  - 기존 개발 시스템의 높은 오작동 등 신뢰성부족으로 인한 사용률 저하 확인
  - 단시간, 이동공사, 야간공사에 필요한 장비필요
  - 효율적인 경고알람 전달을 위해 시각+청각+촉각 으로 이루어진 정보제공부 필요

- 운영 방안 정립 및 설계
  - 도로작업자 경고시스템은 자료수집, 자료처리, 정보제공으로 3단계로 구분하여 설계
  - 자료수집부 : 영상 검지기, 레이더 검지기를 활용하여 수집 자료의 대한 신뢰성 향상
  - 자료처리부 : 영상 및 레이더 검지기를 통해 수집된 자료를 바탕으로 차량 침범 및 위험 경고 알고리즘 개발
  - 정보제공부 : 운전자와 작업자로 구분하여 효율적인 경고알람을 줄 수 있도록 지향성 스피커, 전광판, 웨어러블장비 개발

- 도로작업장 침입차량 요소기술 개발
  - 영상 및 레이더검지기 검지정보를 실시간으로 확인 가능한 모니터링 프로그램 개발
  - 작업자의 경고알람 감지능력 향상을 위해 시계형 및 밴드타입 웨어러블 장비 개발
  - 이동공사 차량등의 부착 가능한 이동식 경고시스템 개발

- 도로작업자 경고시스템
  - 레이더 검지기와 영상카메라를 활용 야간공사 및 악천후 상황에서 활용 가능한 검지부 개발
  - 설치성 용이를 위해 무선통신이 가능한 정보제공부(스피커, 전광판, 웨어러블) 개발
  - 검지데이터를 활용하여 실시간으로 활용이 가능한 모니터링 프로그램 개발

- 도로작업자 경고시스템 및 이동식 작업자 경고시스템 현장 실험
  - 도로작업자 경고시스템 및 이동식 작업자 경고시스템 실효성 평가를 위해 현장 실험 실시
  - 도로작업자 경고시스템의 90%이상의 동작정확도 확인

<표 2-2-17> 도로작업자 경고시스템 현장실험 결과

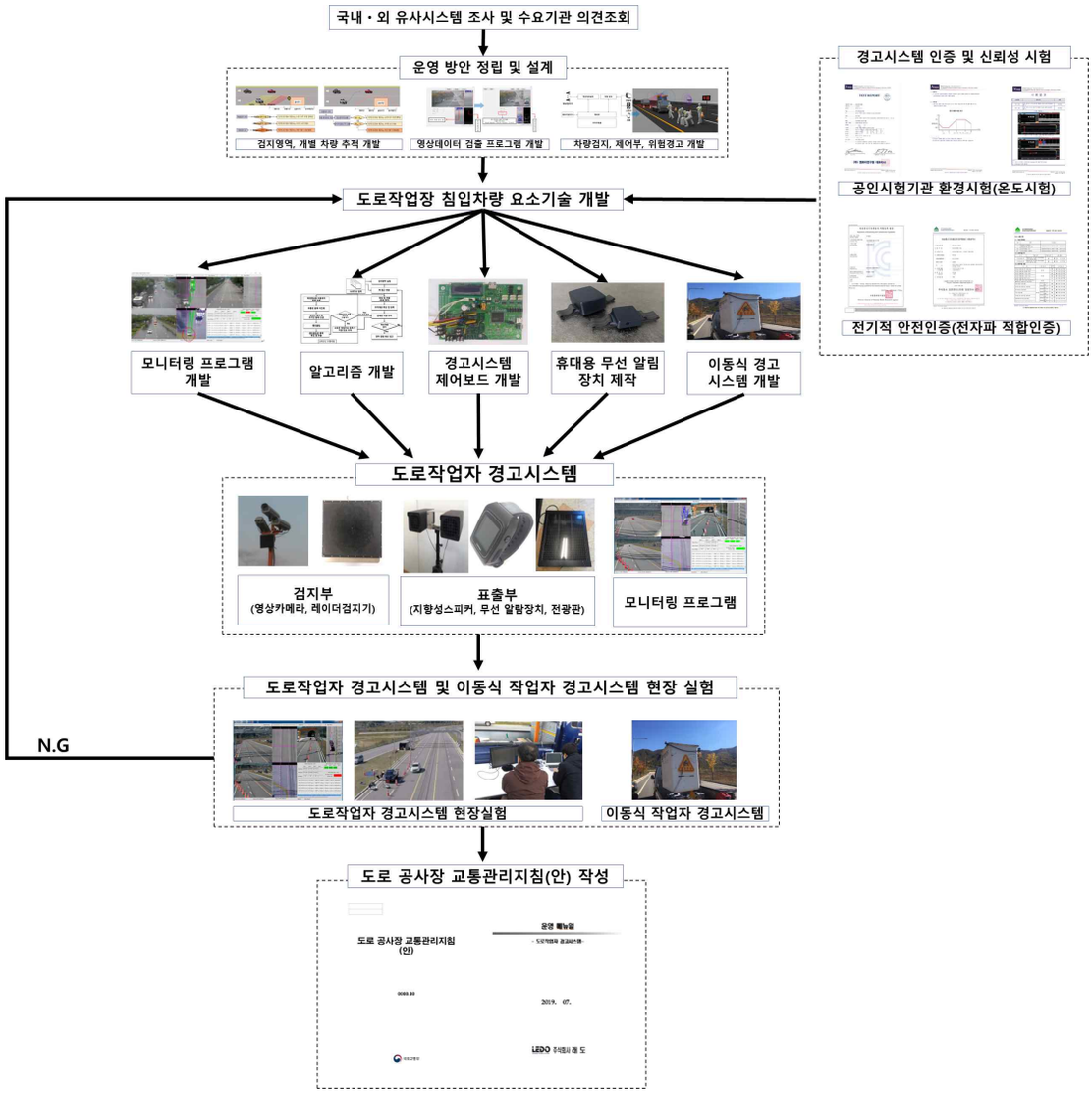
검지기 종류	총 실시횟수	오동작횟수	동작정확도
영상검지기	60	5	91.67%
레이더검지기	48	3	93.75%

– 이동식 작업자 경고시스템 90% 이상의 동작 정확도 확인

<표 2-2-18> 이동식 작업자 경고시스템 실험결과

검지기 종류	총 실시횟수	오동작횟수	동작정확도
이동식 레이더검지기	40	4	90.00%

● 도로 공사장 교통관리지침(안) 작성



[그림 2-2-62] 도로작업자 경고 시스템 개발 흐름도

1차년도 연구 주요 내용

- 도로작업자 경고시스템 개발을 위하여 수요기관의 의견 조회 및 기존 시스템의 국내·국외 기술동향 파악
- 도로·교통여건 및 다양한 형태의 도로작업의 관하여 최적화된 도로작업자 경고/회피 시스템 운영방안 정립 및 설계

(1) 국내·외 유사시스템 분석 및 벤치마킹요소 도출

(가) 국내·외 벤치마킹요소 도출

- 1990년대 중반부터 2010년 초반까지 압력 혹은 충돌 감지 센서가 부착된 교통콘을 통하여 작업 구간에 침입하는 차량 감지
- 저비용으로 위험 상황을 감지할 수 있는 접촉식 센서 방식의 경보 기술 초점
- 기 개발 시스템의 높은 오작동 등 신뢰성 부족, 추가적인 설치 및 정산 작업요구 등 성공적인 활용에 장애 발생
- 도로 작업자 안전 향상을 위한 정확한 위험 상황 감지 및 저비용 비접촉식 센서 방식의 경보시스템 개발 목표

(나) 국내외 도로 작업자 경고정보 유사시스템 조사

- 미국 Minnesota DOT에서는 드럼을 활용하여 도로공사장 상류부에서 과속으로 진입하는 차량 운전자에게 경고정보를 제공함
- 충격감지센서를 부착한 교통콘 설치하여 공사장 내부로 차량이 침범할 때 주변 작업자에게 위험상황정보를 경고음 제공함
- DSRC(Dedicated Short-Range Communications)를 작업자의 Wearable Device와 공사차량에 부착하여 공사차량 또는 장비에서 작업자의 위치 확인이 가능하게 함
- 작업자가 공사작업차량 주변에서 위험상황발생시 Wearable Device에 Emergency 버튼을 누름으로써 주변의 작업차량과 작업자에게 경고 메시지와 함께 위험상황정보를 제공함



[그림 2-2-63] DSRC를 활용한 공사구간 경고 정보 제공

(다) 수요기관 등 의견 조회 및 기술동향 파악시스템 요구조건 및 공사 유형 조사

● 시스템 요구조건 및 공사 유형 조사

– 도로 작업장 침입 차량에 대한 감지/경고 정확성 우선적인 조건으로 선정

– 단시간(4시간 이내), 이동공사, 야간공사에 반드시 필요한 장비

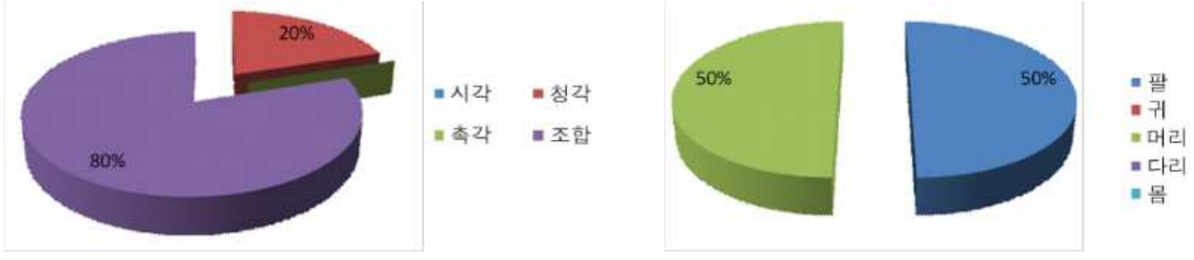


[그림 2-2-64] 시스템 요구조건 및 공사 유형 조사

● 도로 작업자에게 경고 전달 방법

– 시각+청각+촉각 조합 선호

– 부착위치는 팔, 머리의 부착 선호



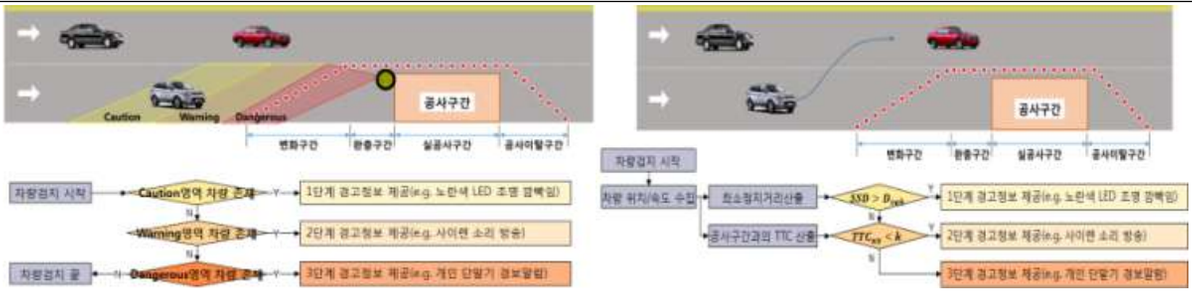
[그림 2-2-65] 도로 작업자에게 경고 전달 방법

(2)도로교통여건 및 공사형태 기반 도로작업자 경고/회피를 위한 운영방안 정립 및 설계

(가) 도로작업자 경고/회피를 위한 운영 방안 정립 및 설계

● 도로 작업구간 침입 자동차 검지 전략 고안

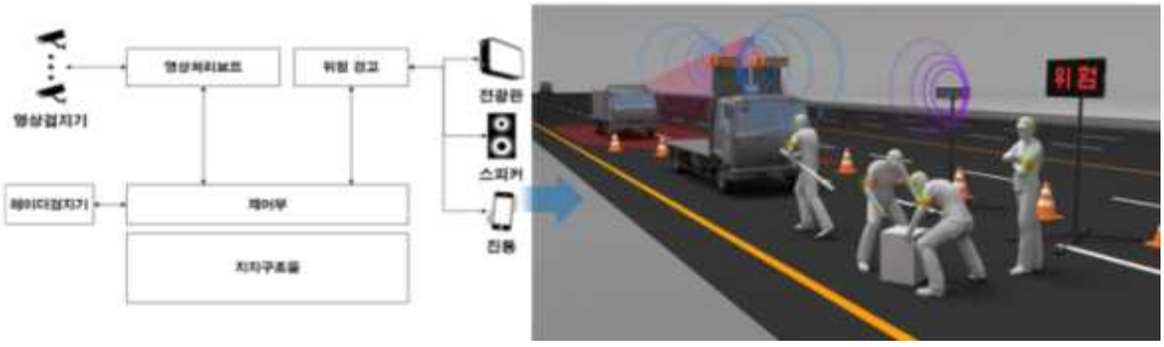
– 2개 대안 제시 : (대안 1) 검지영역, (대안 2) 개별 차량 추적 개발



<대안 1> <대안 2>

[그림 2-2-66] 도로 작업구간 검지 전략 대안

● 도로 작업자 경고 시스템 방안 고안 : 차량 검지, 제어부(침입 차량 판단), 위험 경고 개발



[그림 2-2-67] 도로작업자 경고 시스템 구상도

● 영상으로부터 수집한 속도 검출을 위한 윈도우 프로그램 개발



[그림 2-2-68] 영상모니터링 프로그램

(나) 시스템 기능정립 및 요구사항 도출 및 시스템 기능정립 및 요구사항 도출

● 고속도로 공사구간 경고정보 시스템은 다음 그림과 같이 자료수집, 자료처리, 정보제공의 3단계로 구분할 수 있음



[그림 2-2-69] 고속도로 공사구간 경고정보 시스템 구성요소 개념도

● 자료수집단계에서의 기능적 요구사항

– 공사구간으로 접근하는 차량에 대한 주행궤적자료 수집이 가능해야하며 공사구간을 통과하는 차량에 대해서도 검지해야함

– 공사구간에 접근하는 차량을 검지하기 위한 검지 범위 설정도 중요한 요소임

● 자료처리단계에서의 기능적 요구사항

– 자료처리단계에서는 알고리즘 설계 시 차량 검지 시스템과 경고정보제공 수단의 기술적 수준을 고려해야 하며 적정수준의 위험차량판단 임계값이 필요한데 이는 경고정보의 신뢰도를 결정하게 됨

– 자료처리단계에서 계산 소요시간을 최소화하여 경고정보 제공 시 딜레이가 발생하지 않도록 해야함

● 정보제공 단계에서의 기능적 요구사항

– 경고정보 제공을 받은 대상자인 공사구간을 주행중인 운전자 또는 작업중인 작업자들이 인지하기 쉬워야함

(다) 경고정보 컨텐츠 제공방안 조사

- 다양한 경고정보제공 수단을 고려해야하며, 대표적인 청각/시각/진동에 대한 특징과 장단점을 제시함

<표 2-2-19> 경고알람 컨텐츠 조사

구분			
	진동(Haptic)	청각(Sound)	시각(Visual)
특징	Wearable Device 또는 휴대용 개인 단말기를 통하여 경고정보제공	비프(beep)소리 또는 싸이렌 소리로 경고정보 전달	LED 또는 플래쉬 등을 이용한 경고정보제공
장점	작업자들에게 직접적으로 경고정보 제공이 가능함	작업자들에게 직관적으로 경고 정보제공이 가능함	직관적이며 특히 야간 공사시 효과적으로 경고정보제공이 가능함
단점	개인용 장비를 보급하기 위한 추가적인 비용을 고려해야함	시끄러운 공사현장의 소음이 경고정보 전달을 방해하며 또 다른 소음이 될 수 있음	주간 또는 시거의 제약을 받는 작업시 인지하기 어려움

(라) 운전자 경고 제공을 위한 상용화 지향성 스피커 적용 가능성 평가

① 도로 공사장 상류부 상용화 지향성 스피커 설치 및 효과 평가

- 효과 평가 지표 : 운전자 인지 및 정보 효율성 여부, 차량 접근 속도, 소음

② 분석결과

- 총 94명 운전자를 대상으로 설문조사 결과, 약 60%이상 인지 및 효율성 있는 것으로 나타남
- 음성 경보음 제공시 미 제공 시에 비해 도로 공사구간 접근 차량의 속도 저감 효과
- 생활소음 기준인 80dB 이상에 해당되는 범위가 상류부와 우측방향으로 증가하는 것으로 나타남
- 비록 소음으로 인한 부정적 효과가 나타났지만, 음성경고가 도로공사구간에 접근하는 운전자의 주의 환기를 위해서 긍정적으로 사용될 수 있음을 확인하였음

○ 2차년도 연구 주요 내용

- 검지되는 차량의 관하여 도로작업장 침입여부 및 주행 궤적 추적 알고리즘 개발
- 1차년도의 '시스템 기능정립 및 요구사항 도출 및 시스템 기능정립 및 요구사항 도출'의 따라 차량 검지기 시작품 제작

(1)도로작업장 침입차량 검지 및 주행궤적 추적 알고리즘 개발

(가) 자동차 검지/주행궤적/정보기반 분석을 위한 알고리즘 설계

● 자동차 검지 및 영역 침범, 주행궤적 추적 알고리즘 개발

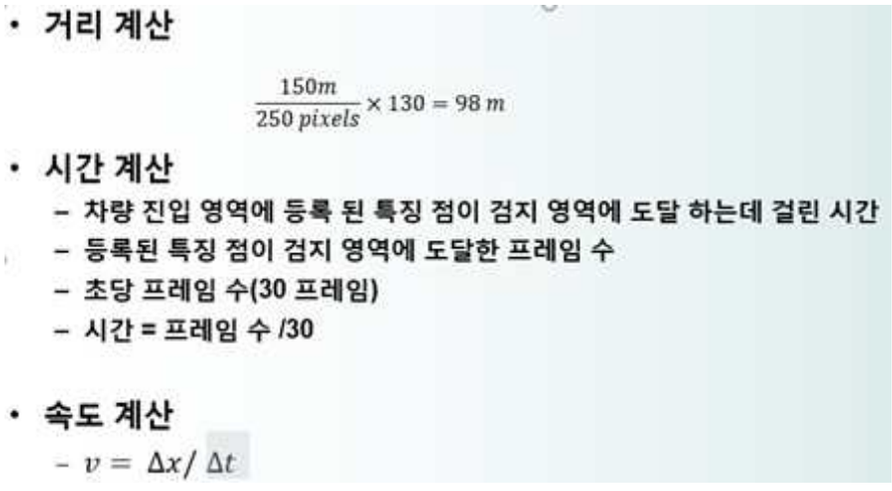


[그림 2-2-70] 역원근 변환 영상

⑴ 역원근 변환: 원거리, 근거리에서의 차량 움직임 거리를 동일하게 함

⑵ 차량특징 추출: 역원근 변환을 수행한 후 형태학적 기울기 알고리즘과 차량모양의 기준점을 잘 나타낼 수 있는 코너점 알고리즘을 적용하여 차량 특징 추출

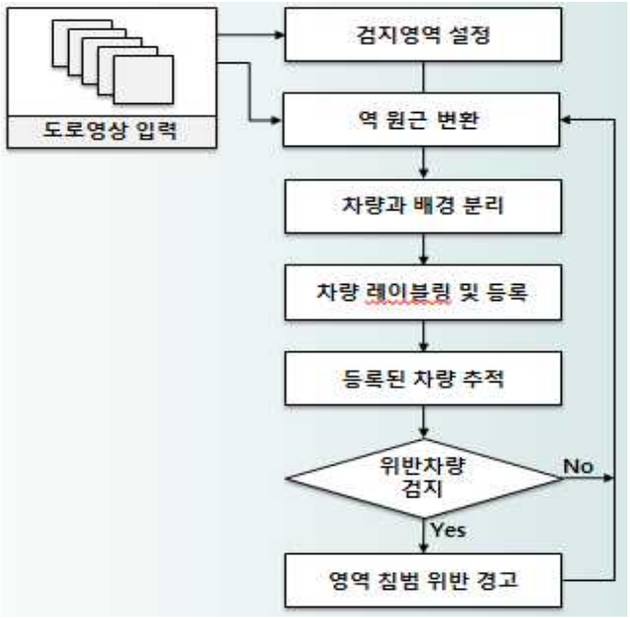
⑶ 차량특징 등록: 영상 윗부분에 가상의 영역을 설정하고, 차량 진입 시 일련 번호와 특징을 등록하여 궤적을 추적



[그림 2-2-71] 거리, 속도 계산식

⑷ 차량특징 추적: 등록된 특징을 추적하기 위한 알고리즘 적용(대상의 밝기, 크기, 회전 변화에 크게 영향을 받지 않는 방법)

(5) 영역 침범: 등록된 차량의 특징을 추적하여 영역에 침범한 차량 검지



[그림 2-2-72] 영역 침범 검출 흐름도

● 영상처리 및 가공 프로세스 개발

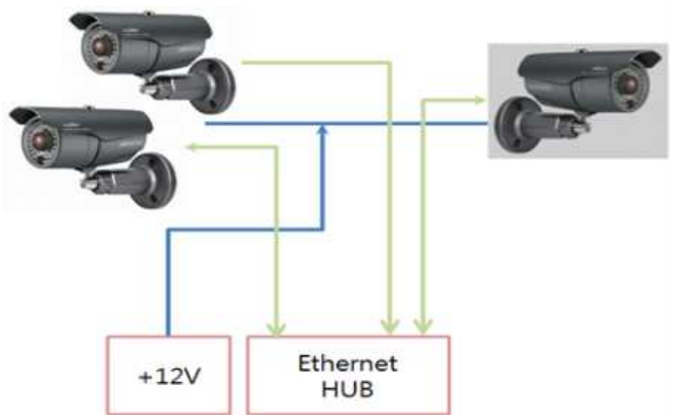
– 역원근 변환 및 형태학적 기울기 알고리즘을 적용한 영상을 처리하고 차량 추적 및 영역침범을 검지하여 제어부로 전송

(나) 도로작업장 침입차량 예측 알고리즘 및 검지기술 개발

① 영상처리부의 구성 및 동작

● 영상기반 군집 및 개별 차량 차량검지 기술 개발

– 군집차량 중 개별차량 분리, 개별차량의 군집차량 병합 판별 알고리즘 개선 : 추적차량의 등록을 전체영역으로 확대

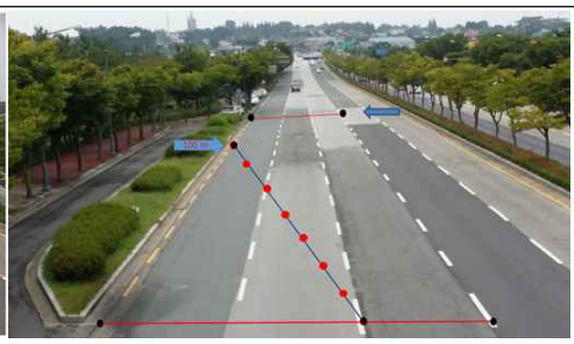


[그림 2-2-73] 카메라 및 허브 구성도

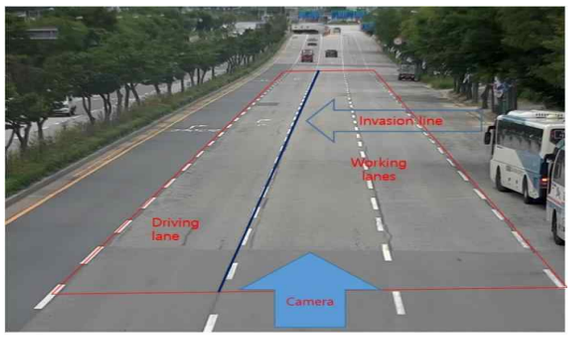
– 영상 수집용 카메라는 3개(150 ~300m를 감시하기위한 원거리 카메라, 50~150m를 감시하기 위한 근거리 카메라, 후방 작업 영역침범 감시를 위한 후방카메라)로 구성됨



– 원거리 –



– 근거리 –

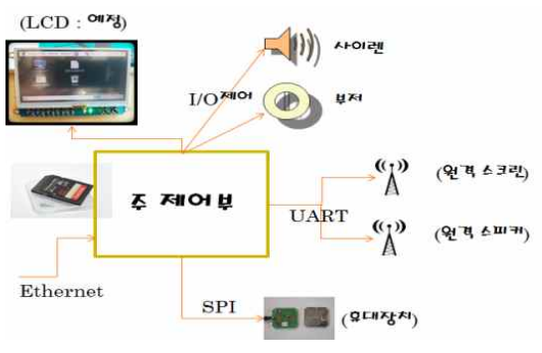


– 후방 –

[그림 2-2-74] 카메라 검지 영역 설정

② 주 제어기의 구성 및 동작

- 주 제어기는 이더넷을 통하여 영상처리장치로부터 전송되어 온 프로토콜로부터 위험 감지 및 예측을 수행하여 작업자 안전에 위해가 되는 상황을 예측하여 경고 메시지를 전송하기 위한 용도를 최종적으로 수행함



–주 제어기 블록도–



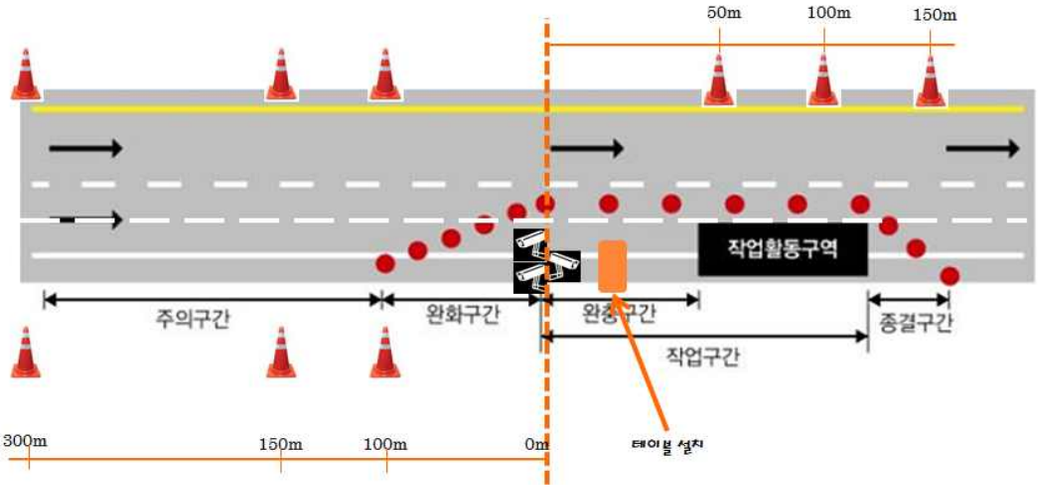
–주 제어기 보드–

[그림 2-2-75] 주 제어기 보드

- 알람이 발생한 경우 SPI를 통해 무선으로 알람을 전송함
- 무선 모듈에는 커넥터와 케이블로 연결되는 외부용 안테나가 있어서 송·수신 기능 저하를 고려하지 않아도 되므로 내부 안테나를 이용하는 모듈 보다 통신 성공률을 높일 수 있음

(다) 현장 시험

- 현장 시험장 위치 및 차량 동선



[그림 2-2-76] 현장시험 계획도

– 현장시험은 2016.11.9.(수) ~ 11.11(금) 3일에 걸쳐서 경기도 연천에 위치한 건설기술연구원 SOC실증연구센터 시험장에서 수행되었음

– 위 그림은 2차선이며 러버콘의 위치를 설명하기 위해 그려졌고, 현장 실험에서는 편도 3차로 중 2차로와 3차로에서 공사가 이루어지고 있는 것을 가정하여 모든 설정이 이루어 졌음

- 시험 환경 구성



[그림 2-2-77] 시험 환경 및 UI

– 영상 수집용 카메라는 3개(150 ~300m를 감시하기위한 원거리 카메라, 50~150m를 감시하기 위한 근거리 카메라, 후방 작업 영역침범 감시를 위한 후방카메라)로 구성됨



[그림 2-2-78] 카메라 세팅 환경

● 시험 시나리오

– 현장 시험에서 이용된 차량은 총 4종류 이며, 이를 이용하여 선택된 9개의 시나리오를 나타내었음. 시나리오 2, 3와 4는 후방침범 횟수를 늘리기 위해 3번 수행되었음

– 9개의 시나리오를 60Km/h, 70Km/h, 80Km/h, 100Km/h로 총 4회 주행함. 이렇게 함으로써 각 시나리오 별로 16개의 데이터가 얻어지고, 시나리오를 구분하지 않는 경우 속도 별로도 차량 4종 x 9개 시나리오로 해서 총 39개의 데이터를 얻게 됨

● 시험 결과

① 원거리 진입 차량 등록 현황

– 원거리 등록 횟수는 원거리에서 속도가 측정되기 위해서는 등록이 우선 되어야 하므로 시험결과 표에서 속도가 측정된 횟수로부터 등록된 횟수를 유추할 수 있음

원거리 등록 현황	총 횟수	성공 횟수
	9 * 16 = 144	144회

– 현장 실험이 이루어지는 당시의 날씨가 바람이 많지 않아 카메라의 흔들림이 적었기 때문에 좋은 결과가 나왔으며, 바람이 세게 부는 경우, 이 값은 낮아 질 수 있음

② 차량 속도별 현황

– 원거리에서의 속도의 측정은 지정된 범위에서 중앙 영역과 종단 영역에서 이루어지며, 추적 대상 차량이 동일 속도로 주행했다고 가정할 때 종단 영역에서 측정된 속도가 더 정확하다. 이는 속도 측정 방법이 등록되는 시점 대비 종단 영역까지 얼마의 시간 간격으로 지정한 거리를 도착했는지를 비교하는 방식이어서 종단 영역에서 분모가 커지기 때문임

– 현장 시험에서 측정된 중앙, 종단 영역에서 측정된 속도를 각 속도 별로 평균하였음

속도기준	중간 측정 속도	종단 측정 속도	샘플 수
60Km/h	68.8	63.4	36
70Km/h	68.2	71.5	36
80Km/h	73.1	78.9	36
100Km/h	97.8	102.2	36

– 측정된 각 기준 속도에 대해 표준편차를 구해보면 아래와 같음

속도기준	중간 측정 속도의 표준편차	종단 측정 속도의 표준편차	샘플 수
60Km/h	23.3	7.6	36
70Km/h	11.5	5.9	36
80Km/h	9.3	5.6	36
100Km/h	18.1	8.7	36

③ 근거리 침범 실험 결과

– 현장 시험에서 얻은 데이터 중에서 영상검지기가 근거리 침범이 있는 총 5개의 시나리오를 대상으로 침범을 검출할 횟수를 계수하였음

구분	총 횟수	성공 횟수
근거리 침범 검출 현황	5 * 16 = 80회	80회

④ 후방 침범 실험 결과

– 현장 시험에서 얻은 데이터 중에서 영상검지기가 후방 침범이 있는 총 3개의 시나리오를 대상으로 침범을 검출한 횟수를 계수하였음

구분	총 횟수	성공 횟수
후방 침범 검출 현황	3 * 16 = 48회	48회

⑤ 기타 특징

– 현장 시험 시 휴대장치 외에 외부의 표출 장치로 전광판과 스피커 장치가 연결되었음. 전광판의 경우, 기본 동작을 잘 수행함은 확인 되었으나, 실제 운용중에는 통신 계통(포트 및 무선 구간)의 문제로 전광판이 동작하지 못하여서, 결과표에는 사운드 장치의 동작만을 기술하였음

– 전광판 장치를 동작하기 위한 통신 설정은 9600, N81로서 아래의 프로토콜을 이용하여 제어를 수행함

프로토콜(따옴표는 설명용)	동작
“$C0\r”	화면 지우기
“$C1\r”	“비상 대피” 화면 표시
“$C2\r”	예약 1
“$C3\r”	예약 2

– 스피커 장치는 동작하기 위한 통신 설정은 115200, N81이며, 아래의 프로토콜을 이용하여 제어를 수행함. 프로토콜은 별도의 줄 바꿈 등의 문자가 필요 없이 동작함

프로토콜(따옴표는 설명용)	동작
“NN”	“–1” 사운도 오프
	01 ~ 42: 지정된 사운드 출력

– 사운드 장치 등 외부 경고 장치는 영역 침범이 발생했을 때 예약된 메시지가 출력되는 형식이며, 실험결과에서 보인 바와 같이 영상 검지기가 근거리 침입 경보를 내준 5개의 시나리오, 그리고 후방 침범이 수행된 3가지 시나리오에서 모두 발생하였음

구분	총 횟수	성공 횟수
사운드 장치 동작 현황	8 * 16 = 96회	96회

– 휴대형 장치는 현장 시험 시 총 4대가 연결되어 있었으며, 침입이 발생했을 때 동시에 15초 동안 울리도록 설정되었음. 이 장치의 동작 결과를 아래에 나타내었음

구분	총 횟수	4대	5대	기타(알수 없음)
휴대형 장치 동작 현황	8 * 16 = 128회	108회	11회	9회

– 침입 경고 시 5대가 기록된 이유는 기록자의 판단 착오로 보이며, “기타”로 구분된 경우는 현장 시험 당시의 영상 제어기의 버그(이후 버그 픽스 되었음)로 인해 주 제어기로 침범 상태가 전달되지 않아서 발생한 문제이며, 이로 인한 건수를 모두 “기타”로 할당하였음

속도기준	중간 측정 속도	종단 측정 속도	샘플 수
60Km/h	68.8	63.4	36
70Km/h	68.2	71.5	36
80Km/h	73.1	78.9	36
100Km/h	97.8	102.2	36

3차년도 연구 주요 내용

- 2차년도 수행 결과로 예상되는 문제점을 파악하여 데이터 수집 및 실험 진행
- 병합되어 진입 후 운행 중 분리 후 침입하는 차량의 추적이 오동작 확인 이에 따른 검출 알고리즘 최적화 및 개선 방법 연구

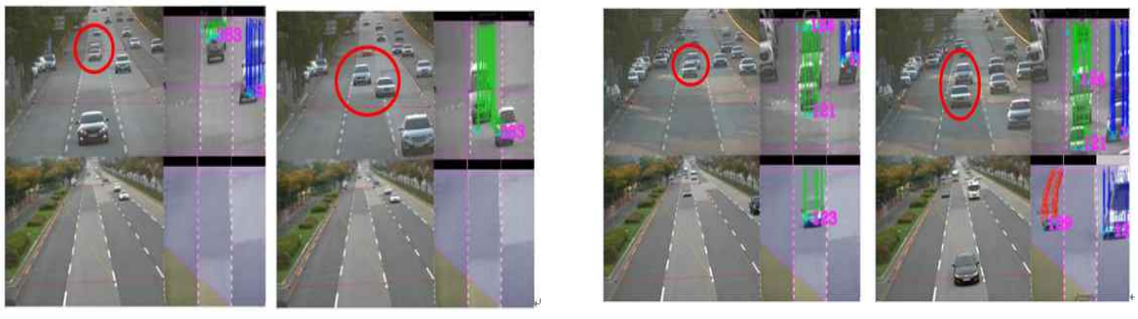
(1) 도로작업장 침입차량 예측 알고리즘 개발

(가) 알고리즘 문제점 및 개선사항

- 2차년도 수행 결과로 예상되는 문제점 파악, 데이터 수집 및 실험
- 병합되어 진입 후 운행 중 분리 후 침입하는 차량 추적이 안되는 문제점 발견
  1) 검출 알고리즘 최적화 및 개선 방법 연구
  2) 알고리즘 수정 및 개선
  3) 배경 영상 추출 방법 적용
  4) 개선된 방법으로 차량 추적 시 고려사항 (주로 날씨 별 영향)
- 관리자 통신프로그램 제작
- 영상처리 UI 개선
- 우천 및 주야간 일몰/일출 데이터 수집 및 분석

(나) 병합되어 진입 후 분리되는 차량의 추적

- 차량 추적 시 크게 두 가지의 문제점이 발생함
  1) 등록 영역 진입 시 병합되어 된 차량이 운행 중 분리하는 경우
  2) 개별적으로 진입하였으나 운행 중 병합하는 경우
- Case 1 : Merging-Separating
  1) 뭉쳐서 진입 후 분리되는 차량 추적
  2) 차량 등록 영역 진입 시 한대 차량으로 인식
  3) 구간 운행 중 분리되어 차량 진행 할 경우
  4) 분리된 각각의 차량을 추적하여 작업 구간 침범여부 판별이 필요



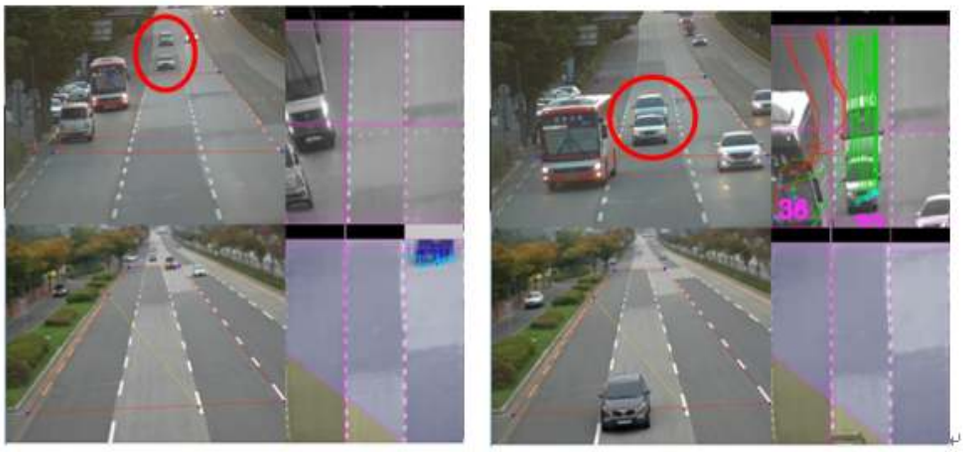
[그림 2-2-79] 진입시 병합, 운행 중 분리되는 차량(왼쪽 1, 2번째), 병합-분리 차량(오른쪽 1, 2번째)

● Case 2: Separating-Merging

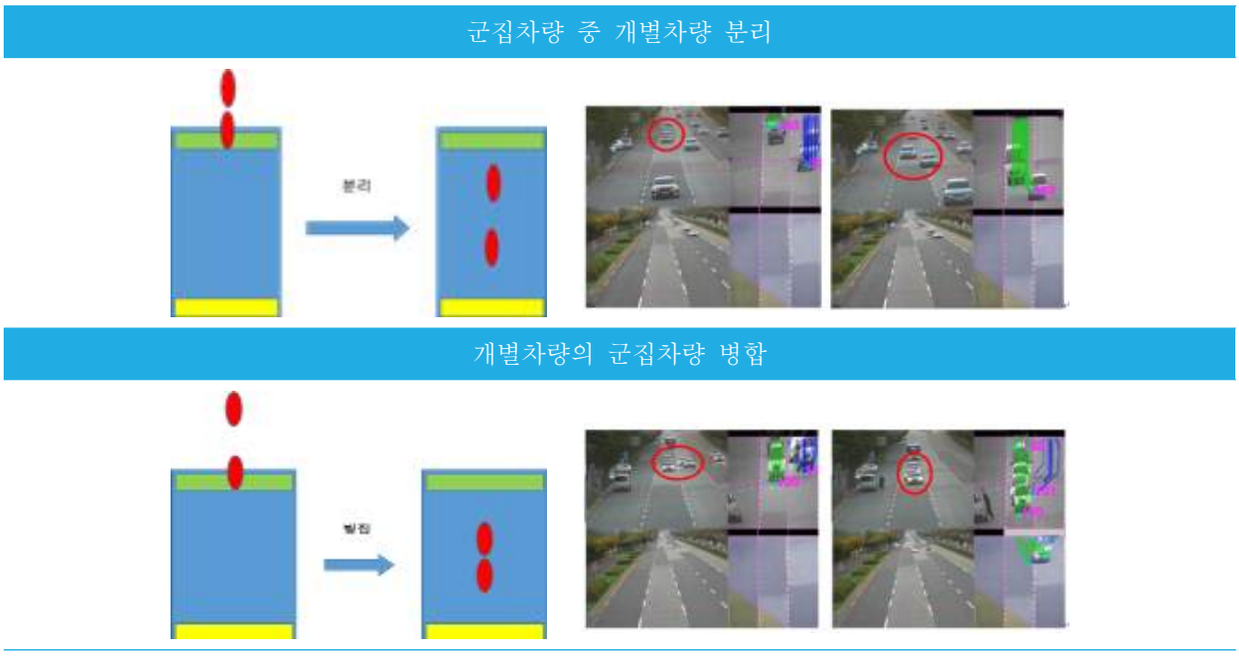
1) 등록영역 진입 시 분리

2) 운행 구간에서 병합되는 차량

3) 분리-병합의 경우는 한대의 차량으로 추적하여도 차량의 침범 여부 판단에 영향 없음



[그림 2-2-80] 분리되어 진입 후 운행 중 병합되는 차량



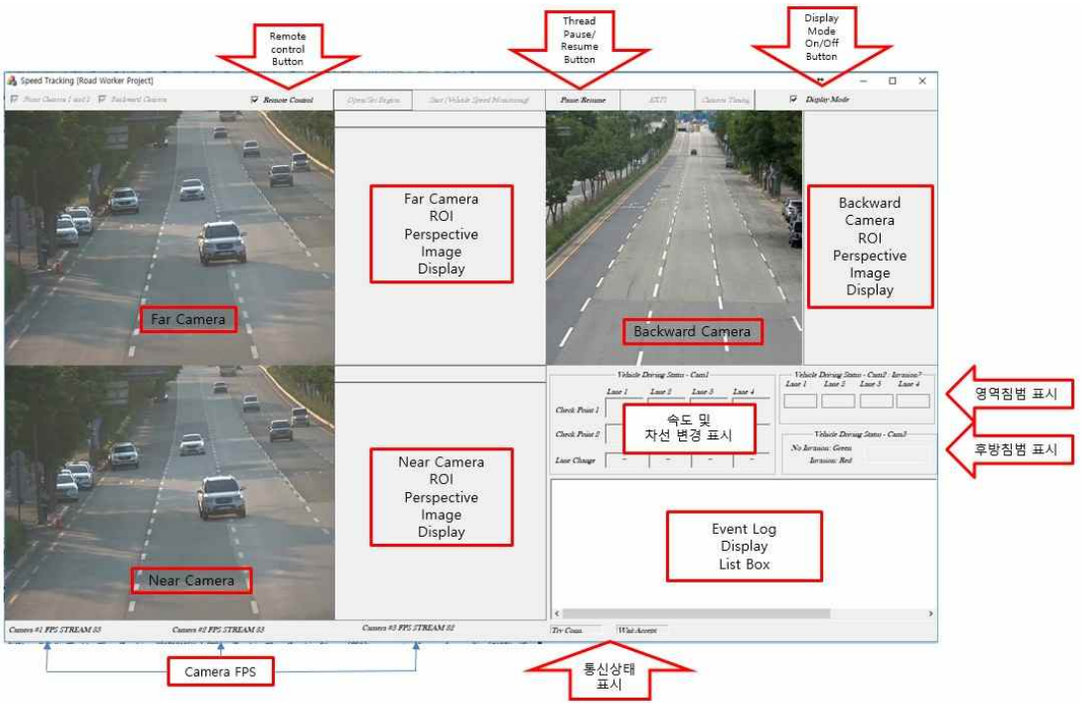
[그림 2-2-81] 군집차량 영상 분석 기술개발

● 군집차량 분리여부 판별 알고리즘

① MoG(Mixture of Gaussian)를 이용한 물체 분리
② 분리된 영역 이진화
③ 분리된 영역 레이블링을 통한 물체 구분
④ 분리된 물체의 코너점 추출
⑤ 박스안의 추적점 판별
⑥ 추적점 있으면 기존 차량으로 판단
⑦ 추적점 없으면 새로운 차량으로 판단
⑧ 새로운 차량 번호 부여

(다) 원격 관리장치 프로그램 구성 및 특징

- 관리장치는 영상처리부의 모든 상태정보를 요구할 수 있으며, 영상통신부에 명령을 내려 프로그램의 중지 및 시작에 관한 모든 프로세서를 관장함
- 영상처리부 프로그램 설명



[그림 2-2-82] 영상제어부를 실행 후 화면과 각 창의 기능 및 버튼

- Remote Control Check Button

1) 버튼 체크

- 원격으로 영상제어부가 관리장치의 제어를 받는다.
- 관리장치와 통신 상태는 하단 통신 상태 표시 항목에 나타냄
- 검지영역 설정 등을 관리장치로부터 받아 설정

2) 버튼 해제

- 영상제어부 독자적으로 검지영역 설정 등
- 관리장치와 상관없이 프로그램 수행

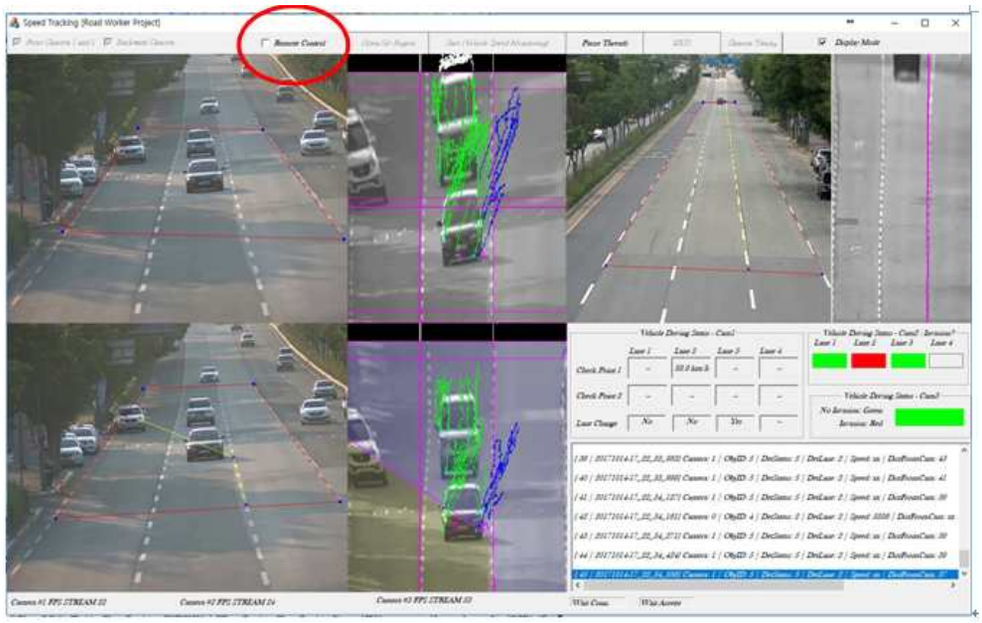
- Pause/Resume Button

1) 토글 형태로 동작 : Resume : 스레드 시작 / Pause : 스레드 중지 상태 / 버튼 클릭 시 상태 반전

- Display Mode Check Button

  1) 버튼 체크 : 추적차량의 추적궤도 및 상태 표시

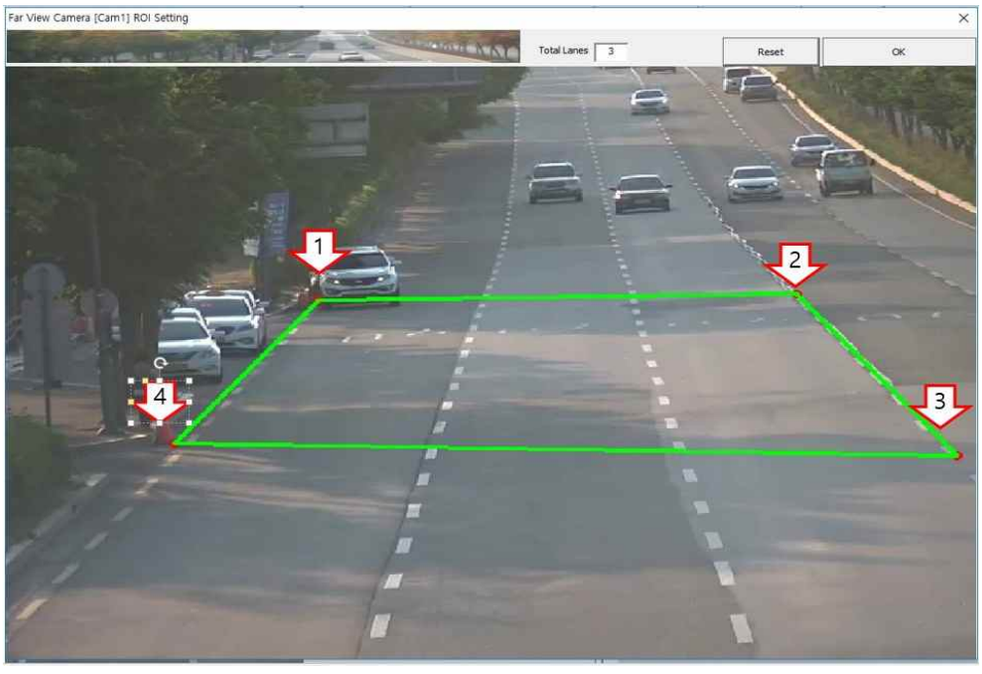
  2) 버튼 해제 : 추적상태 표시 안 함



[그림 2-2-83] Remote Control 버튼 해제시 독자적으로 알고리즘이 운행

- 원거리 카메라 검지 영역 설정 방법

  – 검지 영역을 그림에 나타나 있는 순서대로 4개의 점을 찍은 후 Total Lane 창에 추적 차선수를 입력 후 OK 버튼을 클릭하면 검지영역이 역 원근 변환 되어 표시됨



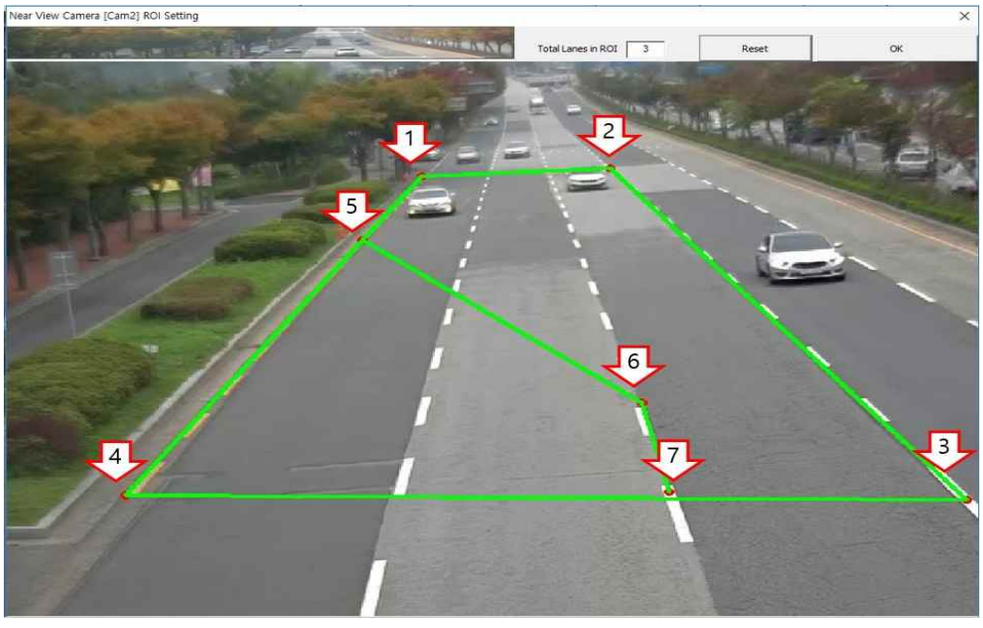
[그림 2-2-84] 원거리 영상 검지 영역 설정 방법



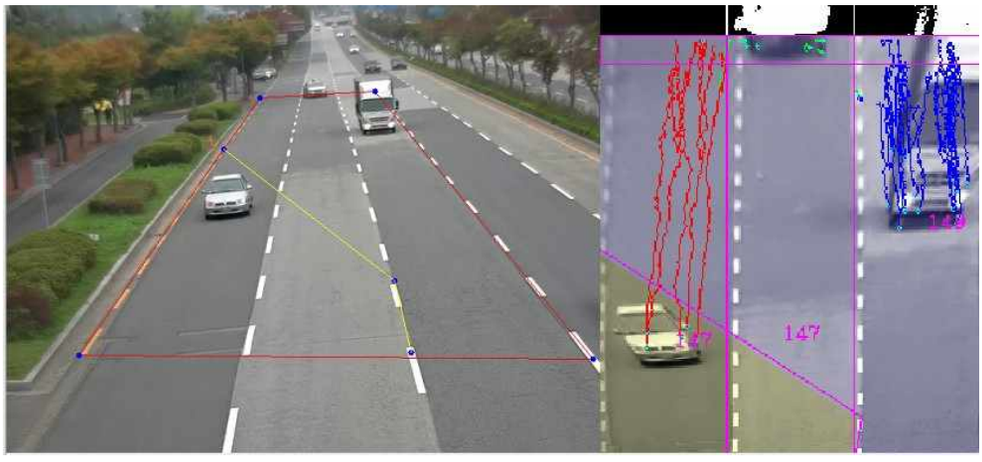
[그림 2-2-85] 검지 영역을 역 원근 변환하여 나타낸 영상

● 근거리 카메라 검지 영역 설정 방법

– 근거리 카메라는 7개의 점을 아래 그림과 같이 순서대로 설정 후 차선 정보를 입력하고 OK 버튼을 클릭하면 검지영역이 역 원근 변환 되어 표시됨



[그림 2-2-86] 7개의 점을 순서대로 설정



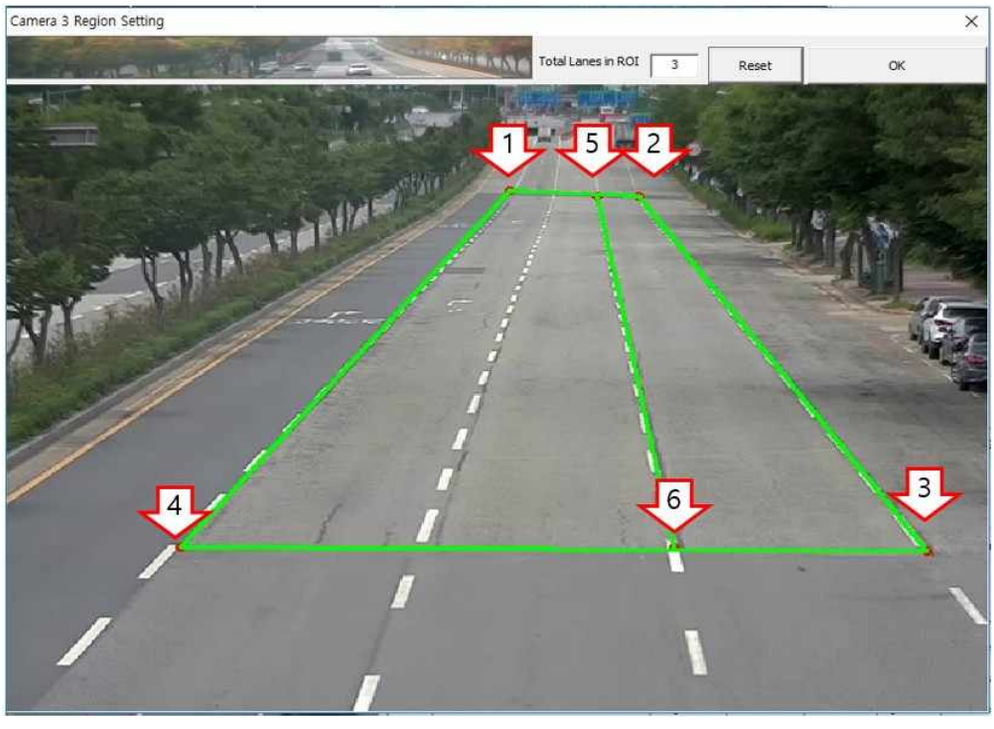
[그림 2-2-87] 근거리 검지 영역 설정 후 역 원근 변환

● 후방 카메라 검지 영역 설정 방법

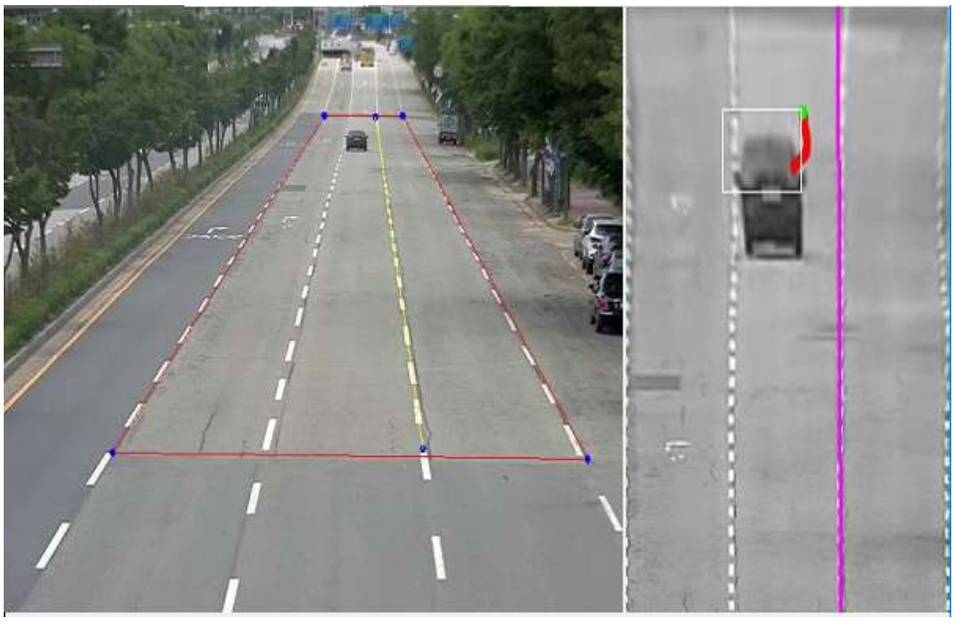
– 후방 카메라 검지 영역은 6점을 아래 그림과 같이 순서대로 설정 후 차선 정보 입력하고 OK 버튼을 클릭하면 검지영역이 역 원근 변환 되어 표시됨

– 한번 설정된 검지 영역 정보는 "./SampleVid/" 폴더에 텍스트파일 형태로 차선 정보와 각 점의 좌표 값을 저장하여 프로그램 재시작 시 파일에 있는 정보를 읽어 검지 영역 설정을 자동으로 수행함

– 새로운 검지 영역을 설정하고자 할 때는 폴더에 있는 해당 파일을 삭제 또는 다른 이름으로 변경하여 저장하면 새로운 검지 영역을 설정 할 수 있음



[그림 2-2-88] 6개의 점을 순서대로 설정



[그림 2-2-89] 후방 카메라 검지 영역 설정 후 역 원근 변환 영상

(나) 관리자 프로그램 설명

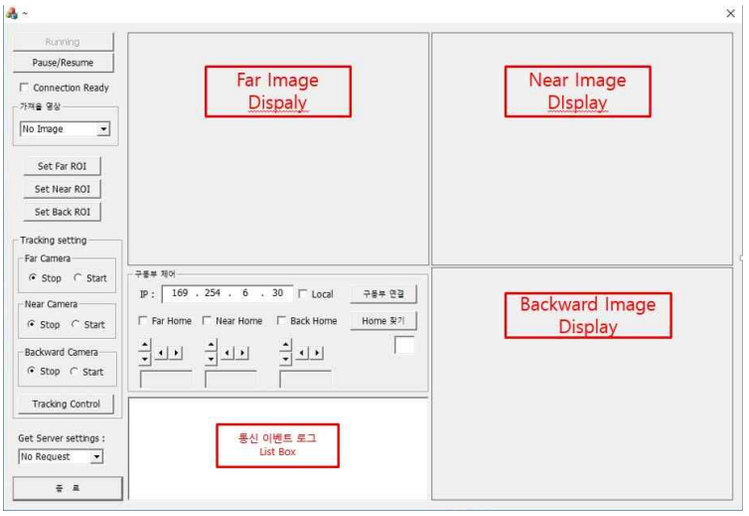
● 영상처리부 프로토콜

```
#pragma    pack(push, 1)
typedef    struct {       // Little Endian
    unsigned short usMagic;   //    0x5AA5
    unsigned short usLen;     //    Total protocol Length
    unsigned short usCmd;     //    Command (짝수 : 제어명령, 홀수 : 응답)
    Unsigned char ucData[];   //    usCmd마다 별도의 구조가 정해짐
}MANAGE_PROTOCOL

typedef    struct {       // Little Endian
    unsigned short usMagic;   //    0x5AA6
    unsigned short usHeight;  //    Image Height(ex : 1024)
    unsigned short usHeight;  //    Image Width(ex : 468)
    unsigned short usChannel; //    No. of Channels (ex : 3 -> RGB, 3바이트 정렬)
    unsigned short usCmd;     //    Command(짝수 : 제어명령, 홀수 : 응답)
    unsigned char ucData[];   //    usCmd마다 별도의 구조가 정해짐
}    IMAGE_PROTOCOL;
#pragma    pack(pop)
```

<표 2-2-20> 관리자 프로그램 프로토콜

Command	방향	명령어 설명 및 기타 포맷
0x0000	관리 -> 영상	준비상태 요청, 항상 응답이 있어야 함
0x0001	관리 <- 영상	데이터 없이 응답
0x0002	관리 -> 영상	원거리 영상 전송시작, 200ms마다 한 프레임씩 전송, 별도 응답 없이 영상전송 시작 (다른카메라 전송 명령이 오면 중단)
0x0004	관리 -> 영상	근거리 영상 전송시작, 200ms마다 한 프레임씩 전송, 별도 응답 없이 영상전송 시작 (다른카메라 전송 명령이 오면 중단)
0x0006	관리 -> 영상	후방 영상 전송시작, 200ms마다 한 프레임씩 전송, 별도 응답 없이 영상전송 시작 (다른카메라 전송 명령이 오면 중단)
0x0007	관리 <- 영상	카메라에서 수산한 한 프레임의 영상을 전송
0x0008	관리 -> 영상	영상전송 중단, 0x0009로 데이터 없이 응답
0x0010	관리 -> 영상	원거리 영역 설정, unsigned short 포맷, 이미지상에서의 위치, 좌상==0,0 / [0] : 차로갯수, [1] : 좌상, [2] : 우상, [3] : 우하, [4] : 좌하
0x0011	관리 <- 영상	0x0021과 동일하게 응답
0x0012	관리 -> 영상	근거리 영역 설정, unsigned short 포맷, 이미지상에서의 위치, 좌상==0,0 / [0] : 차로갯수, [1] : 좌상, [2] : 우상, [3] : 우하, [4] : 좌하, [5] : 테이퍼 좌상, [5] : 테이퍼 우하
0x0013	관리 <- 영상	0x0023과 동일하게 응답
0x0014	관리 -> 영상	후방 영역 설정, unsigned short 포맷, 이미지상에서의 위치, 좌상==0,0 /[0] : 차로갯수, [1] : 좌상, [2] : 우상, [3] : 우하, [4] : 좌하
0x0015	관리 <- 영상	0x0025과 동일하게 응답
0x0016	관리 -> 영상	검출 시작/중단, unsigned short 포맷, 0 : 중단, 0xffff : 시작 [0] : 원거리 검출명령, [1] : 근거리 검출명령 [2] : 후방 검출명령
0x0017	관리 <- 영상	0x0027과 동일하게 응답
0x0020	관리 -> 영상	원거리 영역설정 값 요청
0x0021	관리 <- 영상	원거리 영역설정 리턴, 좌상==0, 0 / [0] : 차로갯수, [1] : 좌상, [2] : 우상, [3] : 우하, [4] : 좌하
0x0022	관리 -> 영상	근거리 영역설정 값 요청
0x0023	관리 <- 영상	근거리 영역설정 리턴, 좌상==0, 0 / [0] : 차로갯수, [1] : 좌상, [2] : 우상, [3] : 우하, [4] : 좌하, [5] : 테이퍼 좌상, [5] : 테이퍼 우하
0x0024	관리 -> 영상	후방 영역설정 값 요청
0x0025	관리 <- 영상	후방 영역 설정, unsigned short 포맷, 이미지상에서의 위치, 좌상==0,0 /[0] : 차로갯수, [1] : 좌상, [2] : 우상, [3] : 우하, [4] : 좌하
0x0026	관리 -> 영상	검출 시작/중단 상태 값 요청



[그림 2-2-90] 관리장치 프로그램을 실행한 UI

- 각 버튼의 기능

1) Pause/Resume : 토글
   - 쓰레드의 정지 및 재시작

2) 가져올 영상 : Combo Box - 영상제어 부에 영상 요청(0.2초 마다 해당 영상 송신)
   - No Image : 요구하지 않음
   - Far : 원거리 영상
   - Near : 근거리 영상
   - Backward : 후방 영상 요청

3) Set Far ROI : 원거리 검지 영역 설정
4) Set Near ROI : 근거리 검지 영역 설정
5) Set Back ROI : 후방 검지 영역 설정
6) Tracking setting : 영역 설정이 끝난 난 후 추적 제어 시작 정지 제어
7) Tracking Control Button : Tracking setting 후 이 버튼을 클릭 후 제어 시작
8) Get Server settings : 콤보 박스 - 영상제어부의 상태 요청
   - No Request : 영상제어 부에 정보 요청하지 않음
   - Far ROI : 원거리 카메라 검지 영역 설정 정보 요청
   - Near ROI : 근거리 카메라 검지 영역 설정 정보 요청
   - Backward ROI : 후방 카메라 검지 영역 설정 정보 요청
   - Camera Status : 현재 각 카메라 상태를 요청

9) List Box
   - 각각의 버튼 클릭 시 영상제어 부와 통신 결과 이벤트를 나타냄
   - 영상제어부는 관리장치의 요청이 있을 때 마다 송신 결과를 관리부에 전송함

(다) 알고리즘 수정 및 개선사항 분석

● 알고리즘 수정 및 개선 방법

1) 수정필요

– 분리 차량 미 추적 경우 발생

- 차량 추적 중 추적 실패

2) 개선 방법

– 추적차량의 등록을 등록구간만이 아니라 전체 영역으로 확대

– 병합차량 차량 분리여부 판별

● 차량 추적시 고려할 사항

– 차량 추적 시 고려할 사항을 5개의 케이스로 분류하여 취약상황의 따른 조사 및 보완을 진행하여 검지기 신뢰성 향상

CASE 1: 추적차량의 특징점이 특정부위만 있는 경우



[그림 2-2-91] 추적 차량의 특징이 차량 위 오른쪽에만 분포

CASE 2: 병합차량이 근거리 침범영역 가까이에 접근 한 후 분리되는 경우



[그림 2-2-92] 병합 차량이 영역 침범영역 가까이 접근 후 분리하는 차량

CASE 3: 근거리 침범영역 오른쪽 끝으로 진입 하는 차량

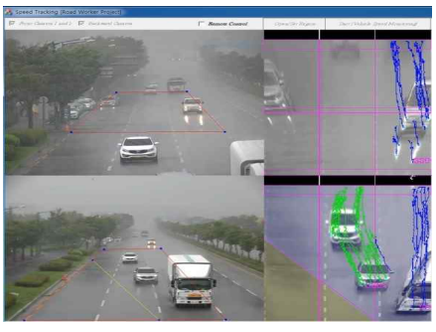


[그림 2-2-93] 침범 영역 하단으로 진입하는 차량

CASE 4: 야간 헤드라이트로 인하여 침범영역 진입 이전의 침범 경보가 발생하는 경우



[그림 2-2-94] 차량 헤드라이트 불빛에 의하여 차량 진입 전 경보 발생(왼쪽), 차량 헤드라이트 추적(오른쪽)



[그림 2-2-95] 우천 시 헤드라이트 추적 불빛 추적

CASE 5: 차량의 헤드라이트 깜박임 또는 그림자를 추적하는 경우



[그림 2-2-96] 침범 영역 내에서 차량의 헤드라이트를 깜박이는 경우(왼쪽), 그림자를 추적(오른쪽)

(라) 우천, 일몰 및 야간 데이터 수집 및 시험 결과

- 영상기반의 차량 검지 기술의 경우 우천으로 인한 검지 영상의 오류가 발생 할 수 있음
- 일몰 및 야간은 차량 검지 시 그림자 및 헤드라이트로 인해 추적차량 특징점 분실의 따른 신뢰성 저하를 확인하기 위하여 조사함

<표 2-2-21> 검지기 검지 취약상황 조사

구분	영상	결과
우천(비)		차량검지 만족 (전조등 노면반사로 인해 차량전방 5m 앞 특징점 인식)
일몰		차량검지 만족
야간		차량검지 만족

(마) 시험 결과

- 일몰 및 야간, 우천시 침범 영역 통과 차량 분석 결과

<표 2-2-22> 검지기 검지 취약상황 조사 결과

날씨 상황	통과차량	알람 발생	성공율
흐름	44	44	100%
비	80	80	100%
일몰 및 야간	134	134	100%
총 통과차량	258	258	100%

4차년도 연구 주요 내용

- 3차년도 까지 수행된 도로작업자 경고 시스템의 시작품 제작
- 도로작업자 경고시스템 동작정확도 확인을 위한 테스트 및 이용자 평가 진행
- 도로공사장 교통관리 지침(안) 마련

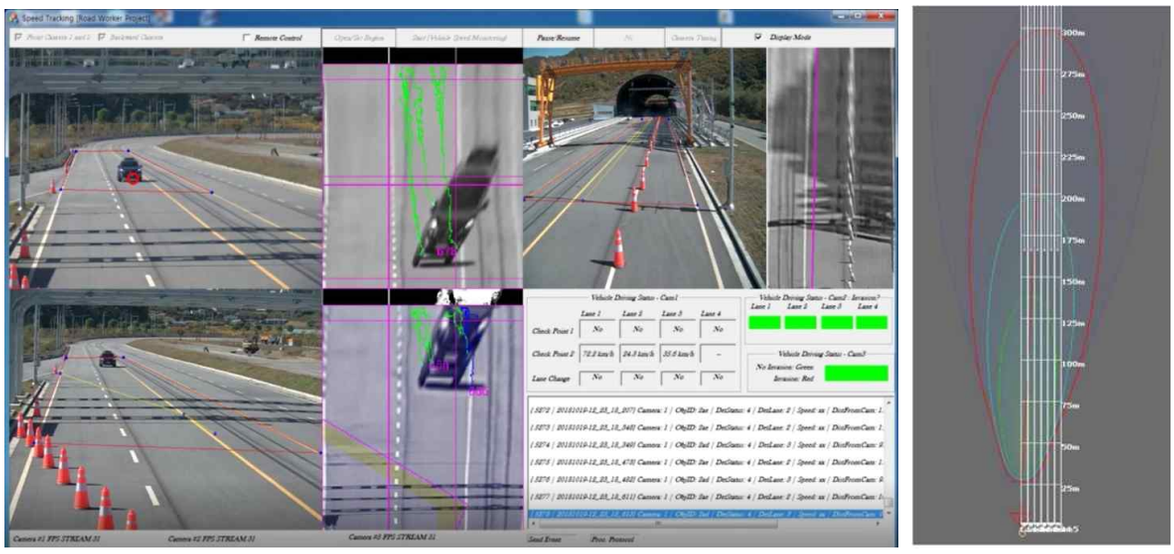
(1) 예측 알고리즘을 적용한 차량검지기 설계, 경고시스템 기구물 설계 및 제작

- 도로영상 수집을 담당하는 영상카메라, 레이더검지기, 수집된 영상 처리알고리즘을 수행하는 영상처리부, 침범상황 및 예측을 위한 주제어기, 그리고 작업자의 신체에 착용 할 수 있는 웨어러블 장치로 구성됨



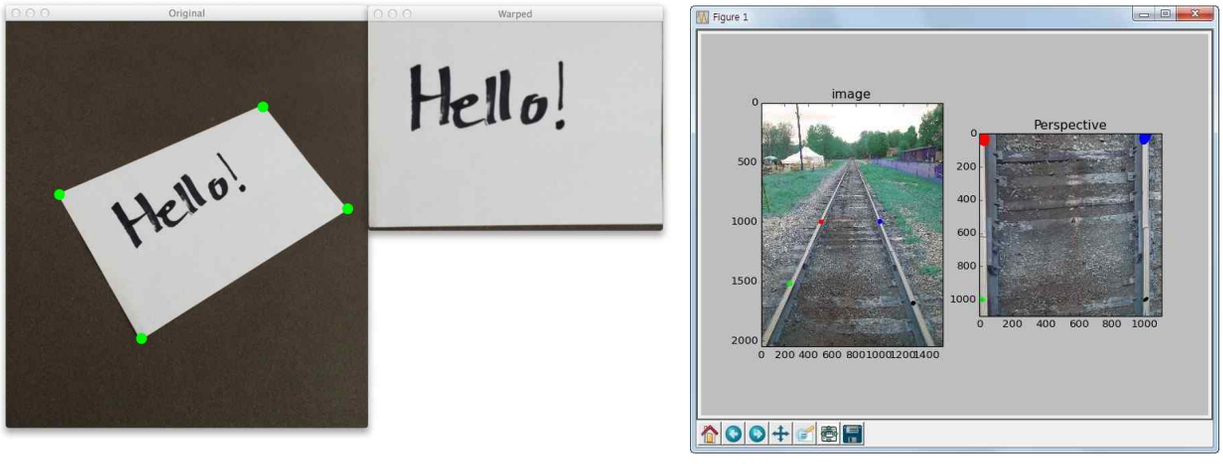
[그림 2-2-97] 도로작업자 경고시스템 구성

- 레이더 정보와 영상화면의 중첩
  - 카메라를 통해 수집된 영상은 원근(Perspective)이 반영되어 입력되며, 원거리에서는 천천히 다가오고, 근거리에서는 빠르게 다가옴
  - 변형된 영상 정보로부터 차량의 속도나 목표 지점까지의 거리를 알기 위해서는 역 원근 변환(Inverse Perspective Transform)을 통해 충분히 높은 곳에서 바라보는 듯한 영상을 좌표 변환하여 차량정보를 추출함
  - 반면 레이더 센서에서 입력되는 거리와 좌표정보는 원근이 적용되지 않는 선형좌표에서 차량정보를 생성함



[그림 2-2-98] 영상 원근변환 및 레이더입력 예시

– 이러한 영상정보와 차량정보의 원근 차이를 융합하기 위하여 레이더센서에서 입력되는 정보를 소스로 하고 영상에서의 거리와 좌표정보를 destination으로 하여 원근변환를 수행하고 변환된 좌표정보를 화면상에 표출함



[그림 2-2-99] OpenCV Perspective Transform 예제

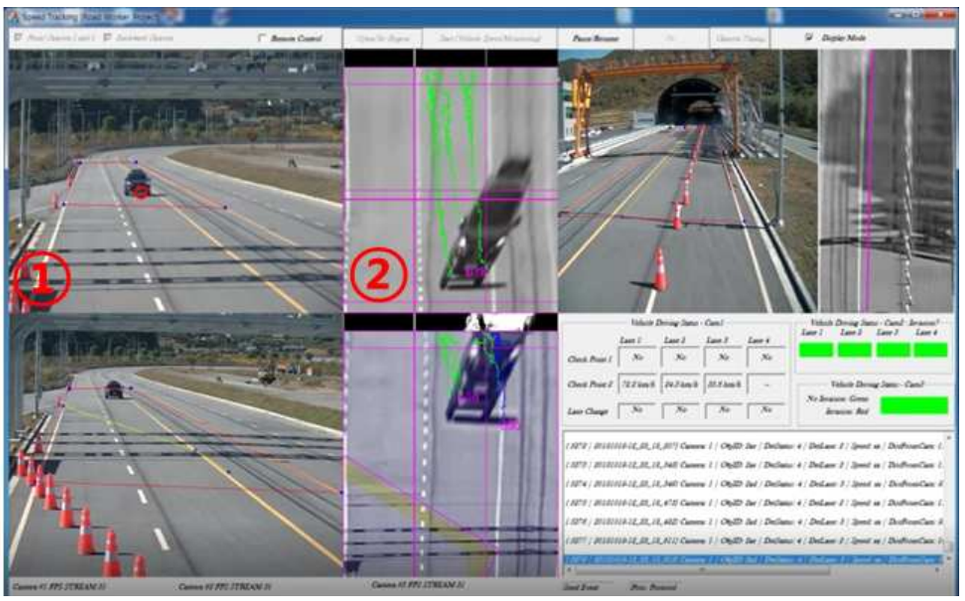
(2)영상과 레이더 기술을 융합하여 악천후 시 차량 속도 및 추적을 위한 차량검지기 제작

● FMCW레이더검지기



장착 높이	6m
센서 방위각	−3˚
센서 고도각	−1˚
최대 검지 거리	350m
통신	RS485, Ethrnet, CAN

– 악천후 시 차량속도 및 검지정확도 향상을 위해 기존의 영상검지기를 이용한 차량검지기에 레이더검지기를 추가로 구성하여 가시거리 미확보 등으로 인해 차량검지가 불가능할 경우 레이더검지기를 이용하여 차량을 검지함



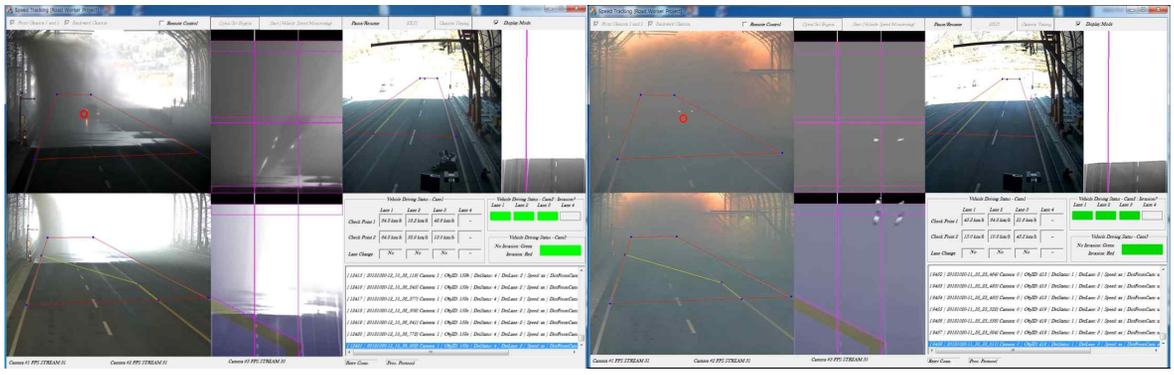
[그림 2-2-100] 모니터링프로그램 화면구성

– 위의 그림에서 1번은 영상검지기를 통해 입력된 영상이며, 2번화면은 영상검지기를 통해 들어온 영상 정보를 OpenCV 라이브러리 Perspective Transform 함수를 통해 영상을 평면화하여 나타냄

– 1번 화면 차량 앞부분의 (‘○’) 표시는 레이더검지기의 차량검지를 나타내며, 2번 화면 차량의 뒷부분의 녹색선은 영상검지기에서 읽어내는 차량 데이터를 나타냄

● 악천후 상황별 현장실험

– 악천후 상황실험을 위하여 강우상황과 짙은 안개상황에서의 위와 같은 영상검지기에서는 차량검지를 못하지만, 레이더검지기의 차량정보는 정상적으로 수집되는 것을 확인함



[그림 2-2-101] 악천후 상황시 레이더를 통한 차량검지

– 악천후 상황별 현장실험을 통하여 기존 차량검지부의 레이더검지기를 추가 장착함으로써, 평상시와 악천후 상황시 전방의 차량검지능력 향상을 기대 할 수 있음

(3) 도로작업자에게 위험 상황 제공을 위한 콘텐츠 개발 및 장치 설계

- 도로작업자에게 위험상황에 따른 경고정보를 제공을 위하여 전광판, 지향성스피커, 무선 알림장치 등을 통하여 정보를 제공함
- 도로작업자에게 시각, 청각, 촉각 등 위험상황을 정보제공 장치를 통해 복합적으로 제공함으로써 위험상황 발생시 신속하고 능동적으로 대응 할 수 있도록 함
- 또한 운전자의 졸음운전이나 전방주시 태만 등 부주의로 인한 사고를 예방하기 위하여 차량운전자용 전광판 및 지향성스피커를 추가로 구성하여 공사구간 접근시나 침범시 시각 및 청각을 통해 경고문구 표출 및 싸이렌 경고 및 경고멘트를 출력할 수 있도록 구성함

- 전광판



기능	경고 문구 및 안전상황 표출	
통신방식	무선 통신(433Mhz, 447Mhz)	
표출 문구	평상시	‘안전’
	위험 상황	‘위험’

● 도로작업자용 지향성 스피커



기능	사이렌 및 경고 음성 출력	
제어부	라즈베리파이	
통신방식	무선 통신(433Mhz, 447Mhz)	
표출 음성	평상시	–
	위험 상황	사이렌 + “신속히 갓길이나 안전지대로 대피하시기 바랍니다.”

● 무선 알림장치(Wearable Device)



무선 주파수	2.4 GHz
무게	60g (안전모 제외)
부착위치	안전모, 팔, 안전조끼 포켓 등
기능	진동, 경고음

● 스마트워치형 무선알림장치



무선 주파수	447 Mhz
크기	60(mm) x 50(mm) x 17(mm)
부착위치	손목
기능	진동, 경고음, 상태표출 화면(위험, 정상)

(4) 단위 테스트

(가) 실험 목표

● 본 실험은 “도로작업자 경고시스템”(이하 “경고시스템”이라 함)의 운전자 경고(전광판, 지향성 스피커) 및 도로 작업자 경고(전광판, 스피커, 무선 알림장치) 시스템의 동작 상태를 기록하여 경고시스템의 통신 정확도를 판단함

(나) 실험장소

● 본 실험은 사내의 공장동에서 장비배치 후 진행함

● 테스트 일시 : 2018년 10월 11일 10:00~12:00

(다) 실험방법

- 무선알람장치 데모장비를 이용하여 알람발생 상황과 알람종료에 따른 경고시스템의 정보제공부(전광판, 지향성 스피커, 무선알림장치, 스마트밴드형 알림장치)의 동작정확도을 판단하기 위하여 실시함
- 총 실험 횟수는 무선 알림장치 데모장비를 통해 알람발생 40회와 알람종료 40회를 교대로 전송하며 각각 전송상황에서 동작여부를 점검함



[그림 2-2-102] 단위테스트 진행

(라) 단위 테스트 실험결과

<표 2-2-23> 단위테스트 분석

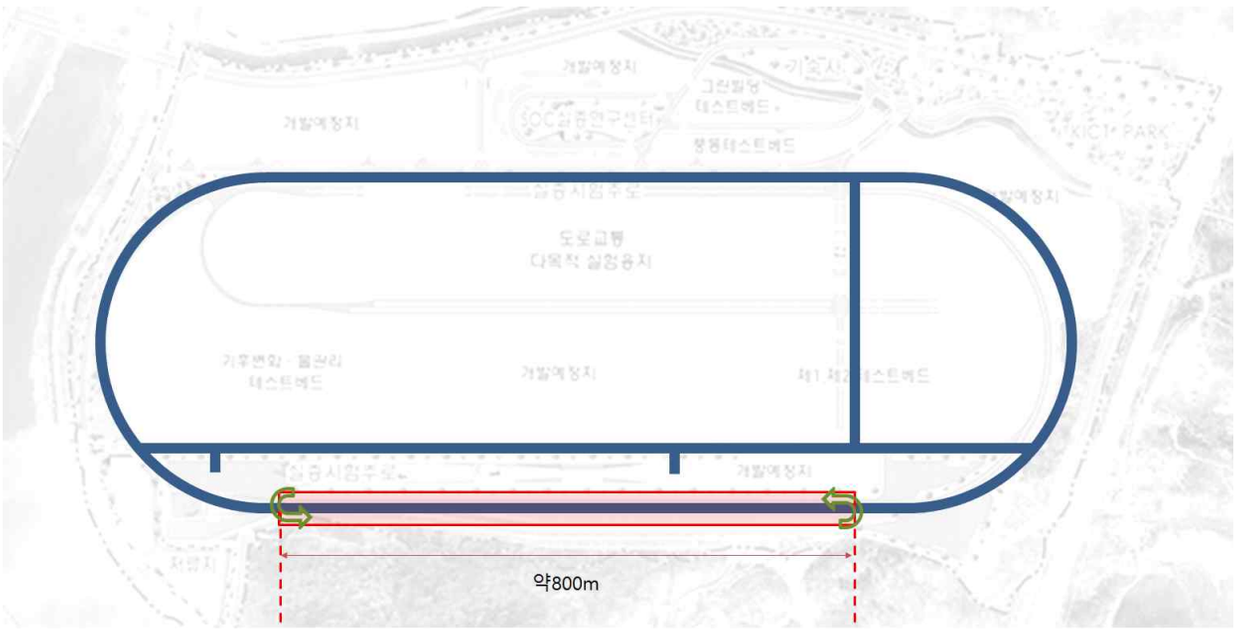
알람 종류	시험 횟수 (회)	운전자 경고시스템 동작				작업자 경고시스템 동작					
		전광판		스피커		전광판		스피커		웨어러블	
		정상	이상	정상	이상	정상	이상	정상	이상	정상	이상
알람발생	40	40	0	40	0	40	0	40	0	40	0
알람종료	40	40	0	40	0	40	0	40	0	40	0
합계	80	80	0	80	0	80	0	80	0	80	0

(5) 현장 테스트 – 도로작업자 경고시스템

(가) 실험 목표

- 본 실험은 “도로작업자 경고시스템”(이하 “경고시스템”이라 함)의 영상검지기와 레이더검지기를 통해 공사구간에 접근하는 차량을 검지하여 위험상황 예측과 공사구간 침범상황에 따라 운전자 및 도로작업자에게 위험경고 기능 수행의 정확도를 측정하기 위하여 실시함
- 경고시스템의 동작정확도를 평가지표로 설정하고 영상검지기 및 레이더검지기의 측정결과에 따라 운전자 경고(전광판, 지향성 스피커) 및 도로 작업자 경고(전광판, 스피커, 무선 알림장치)시스템의 동작 상태를 기록하여 경고시스템의 정확도를 판단함

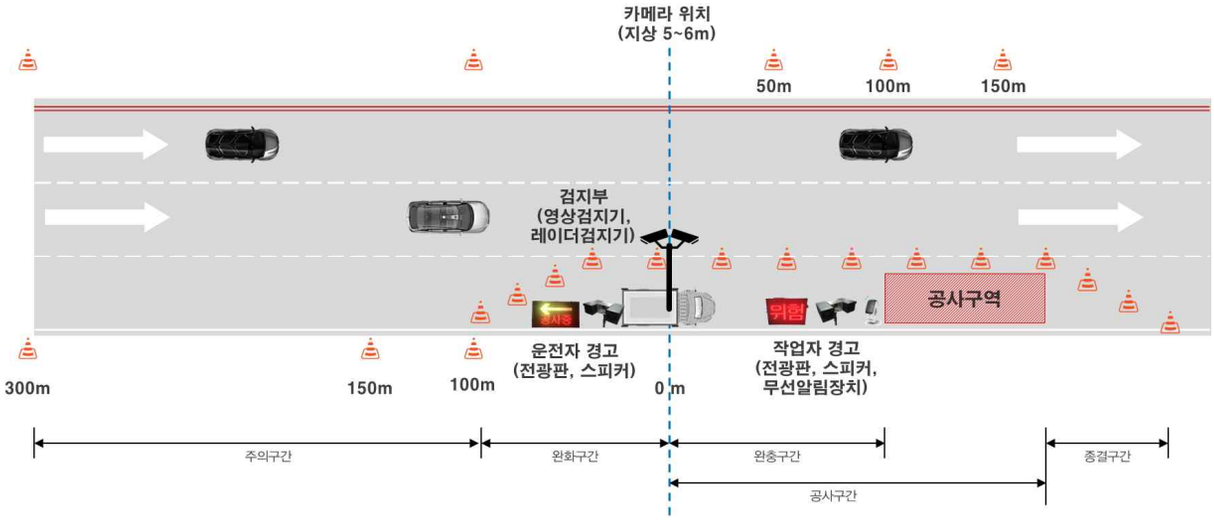
(나) 실험 장소



[그림 2-2-103] 실험장소(연천 SOC실증센터)

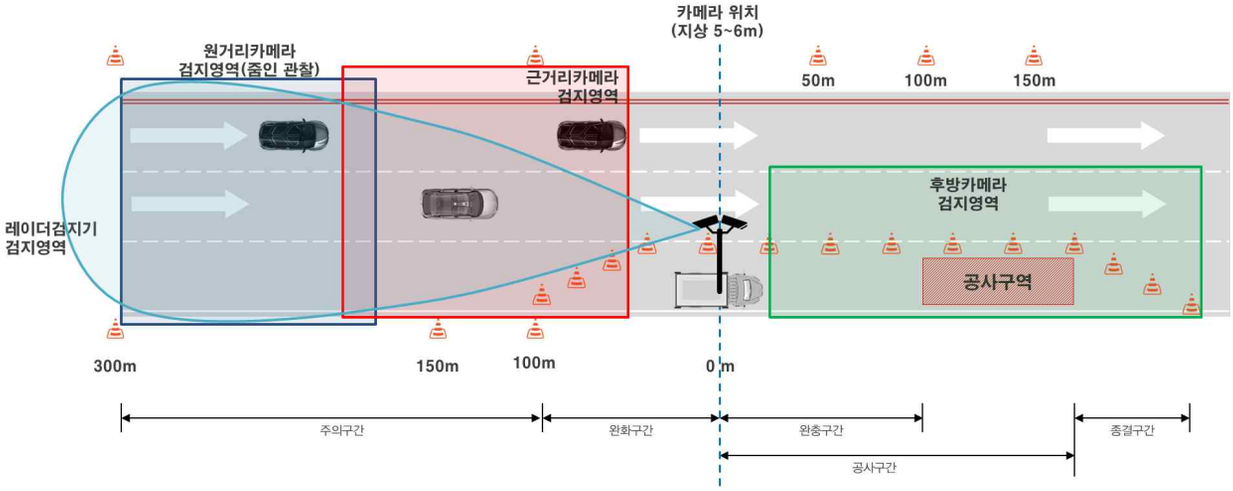
- 주소 : 한국건설기술연구원 SOC실증센터(연천군 연천읍 옥산리 215)
- 도로 : 왕복 4차선도로
- 도로길이 : 4km 트랙
- 테스트 일시 : 2018년 10월 17 ~ 20일(3박 4일) 09:00~18:00

(다) 실험환경 구성



[그림 2-2-104] 현장실험 장비 배치도

- 위의 현장실험 장비 배치도와 같이 도로상에 검지부와 운전자 경고시스템(전광판, 지향성 스피커)과 작업자 경고시스템(전광판, 지향성 스피커, 웨어러블장치)을 배치하고 실험용 차량을 이용하여 시나리오별 주행실험을 통해 시스템의 동작 정확도를 확인함



[그림 2-2-105] 영상검지기 및 레이더검지기 검지 영역

- 검지부에서 검지된 차량정보를 이용하여 침범경고 알고리즘과 침범 위험차량을 예측하는 알고리즘을 통해 위험상황 발생시 운전자 및 작업자에게 위험경고 알람이 정상적으로 이루어지는지 확인함

- 실험은 평상시와 악천후(안개, 강우)상황을 대상으로 실시하며, 평상시 실험은 시나리오에 따라 속도 변화를 통해 알고리즘 정확도를 분석하고, 악천후 상황에서는 시험안전성을 위하여 60km/h의 동일한 속도로 레이더검지기의 검지능력을 파악함
- 실험차량은 SUV차량 2대, 중형차량 2대를 이용하여 실시함
- 현장실험 안전을 위하여 2차선의 교통안전콘(라바콘)설치를 가상으로 가정하고 진행함
- 검지부 차량은 3차선에 위치 하며 검지부의 영상검지기는 전방으로 원거리카메라 1대 근거리 카메라 1대 후방카메라 1대를 지상 5~6M에 위치하며, FMCW레이더검지기는 전방 1대를 설치함

(라) 실험방법

<표 2-2-24> 현장실험 시나리오

시나리오 번호	실험내용	검지기	실험횟수	비고
1	1차로에서 정상주행 차량 검지	영상	각 시나리오당 4회 수행	
		레이더		
2	2차로에서 1차로로 차선을 변경하는 정상주행 차량 검지	영상		
		레이더		
3	2차로에서 공사구간 침범차량 검지	영상		
		레이더		
4	1차로로 주행 후 공사구간 전방에서 2차로로 차선을 변경하는 공사구간 침범차량 검지	영상		
		레이더		
5	1차로로 주행 후 공사구간 후방에서 2차로로 차선을 변경하는 공사구간 침범차량 검지	영상		
		레이더	해당사항 없음	

- 본 실험은 정상주행 상황 2가지와 공사구간을 침범하는 3가지의 상황을 가정하여 위와 같이 5가지 시나리오를 진행함
- 본 실험은 영상검지기와 레이더검지기가 정상주행 차량과 공사구간 침범차량을 구분하여 검지하고 운전자 및 작업자 경고시스템이 정상적으로 동작하는지 확인하기 위하여 실시함
- 각 시나리오는 상이한 차량으로 시속 60Km/h, 80Km/h, 100Km/h 로 영상 검지기와 레이더 검지기 각각에 대하여 테스트를 진행함

(마) 현장실험 결과

● 영상검지기 실험

– 영상검지기를 통한 차량검지 및 경고시스템 동작실험 결과 실험차량이 작업구간을 스쳐지나감에 따른 오경고 외에 모든 동작이 정상적으로 이루어 졌음

– 이더넷 허브의 전송용량이나 영상처리장치의 CPU 점유율에 따라 입력되는 영상의 프레임의 크랙이 발생시 오경고 및 오동작이 발생함

- 영상검지기를 통한 차량검지 및 경고시스템 동작실험 결과 총 60회 중 55회 정상 동작하였으며 91.67%의 동작정확도를 보임

● 레이더검지기 실험

– 레이더검지기를 통한 차량검지 및 운전자 경고는 정상적으로 수행되었음

– 레이더검지기의 Y좌표에 따른 차선 판단 알고리즘의 오동작 및 현장의 차선폭 오차 등으로 인한 주행차선을 오판단하는 문제 발생

– 레이더검지기를 통한 차량검지 및 경고시스템 동작실험 결과 총 48회 중 45회 정상 동작하였으며 93.75%의 동작정확도를 보임

<표 2-2-25> 도로작업자 경고시스템 현장실험 결과

검지기 종류	총 실시횟수	오동작횟수	동작정확도
영상검지기	60	5	91.67%
레이더검지기	48	3	93.75%

● 작업자경고시스템 경고알람 딜레이

<표 2-2-26> 도로작업자 경고시스템 경고알람 딜레이 조사

IP 카메라	알고리즘	Ethernet Tx/Rx	Invasion Prediction	RF serial Tx	Alarm Firing Delay	총 합
400ms	13ms	20ms	200ms	4ms	415ms	1,052ms

– 도로작업자 경고시스템 경고 알람 딜레이 조사 결과 평균 1,000ms(1초)의 딜레이 발생

(6) 이동식 경고시스템(도로 작업차량용) 개발

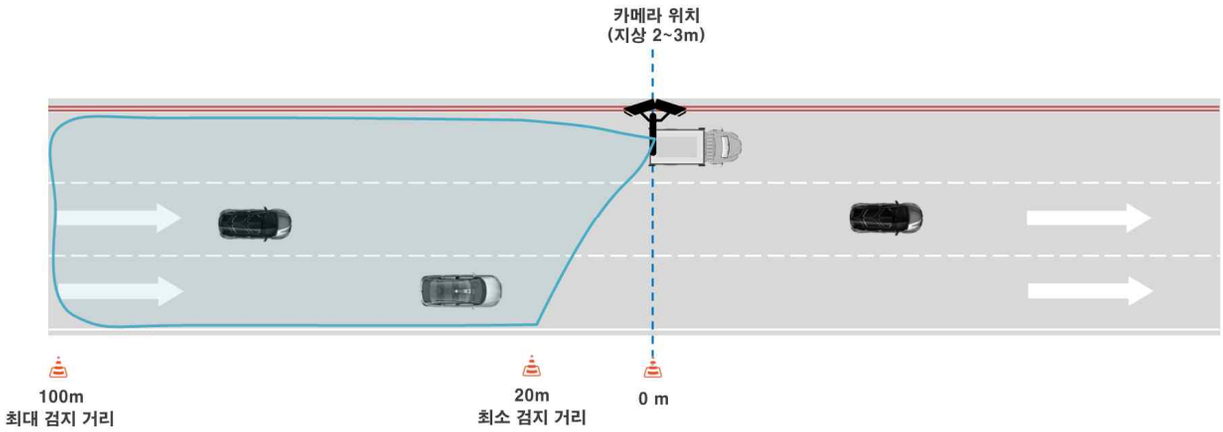
(가) 실험목표

● 본 실험은 이동식 경고시스템에 장착할 차량용 레이더검지기를 작업차량 설치하여 접근차량, 스쳐지나가는 차량, 멀어지는 차량, 주변 지장물 등 차량검지에 대한 성능 및 검지 알고리즘 개선사항을 분석하기 위하여 진행함

(나) 실험장소

- 주소 : 한국건설기술연구원 SOC실증센터(연천군 연천읍 옥산리 191-11)
- 도로 : 왕복 2차선도로
- 테스트 일시 : 2018년 10월 19일 10:00~14:00

(다) 실험 환경 구성



[그림 2-2-106] 이동식 레이더검지기 실험구성도



[그림 2-2-107] 이동식 레이더검지기 현장실험 부착사진

- 레이더검지기를 현장 도로작업에 많이 사용되고 있는 1톤 트럭에 설치하고 실험을 진행함
- 차량 진동 및 차량 주행에 따른 노이즈에 의한 오검출을 예방하기 위하여 최소검지거리 20m를 지정하여 최소검지거리 이내에서 검지되는 정보는 제외하도록 설정함

(라) 실험방법

<표 2-2-27> 실험 시나리오

시나리오 번호	실험내용	검지기	실험횟수	비고
1	부착차량 정지 실험차량 이웃차선 주행(시동 OFF)	레이더	시속(60km/h, 80km/h, 100km/h)각각 4회 수행	
2	부착차량 정지 실험차량 이웃차선 주행(시동 ON)	레이더	시속(60km/h, 80km/h, 100km/h)각각 4회 수행	
3	부착차량 주행 실험차량 이웃차선 주행 지나침	레이더	시속(60km/h, 80km/h, 100km/h)각각 4회 수행	
4	부착차량 주행 실험차량 이웃차선 주행 접근 후 멀어짐	레이더	4회 수행	

- 레이더검지기를 설치한 차량의 시동을 끈 상태와 시동을 켠 상태에서 비교를 진행하고 이후 차량 주행시 실험차량 접근 및 지나침, 멀어짐에 대한 실험 시나리오를 <표 5-17>와 같이 진행함

(마) 결과 및 보완사항

- 레이더 장착차량이 정지한 상태에서 시동 ON/OFF에 따른 레이더검지기의 검지성능 차이는 크게 발생하지 않음(차량 자체에서 발생하는 진동영향 없음)
- 레이더 장착차량 주행으로 인한 진동증가 및 도로 바닥 및 주변 지장물에서 발생하는 레이더 반사파로 인해 검지성능에 영향이 미치는 것으로 나타남
- 레이더 설정 상에서 최소검지거리(20m)로 인하여 레이더 장착차량에 접근하였다가 멀어지는 차량의 정보가 손실되는 문제점이 발생함
- 이동식 경고시스템에 레이더검지기를 적용하기 위해서는 차량진동에 의한 노이즈를 최소화를 위한 검지 알고리즘 보완 및 기구 설계가 필요할 것으로 판단됨
- 최소검지거리로 인해 접근한 차량의 정보를 잃어버리는 문제점 보완을 위해 최소검지거리를 최대한 축소하고 검지주기 등 차량검지 알고리즘 개선이 필요함

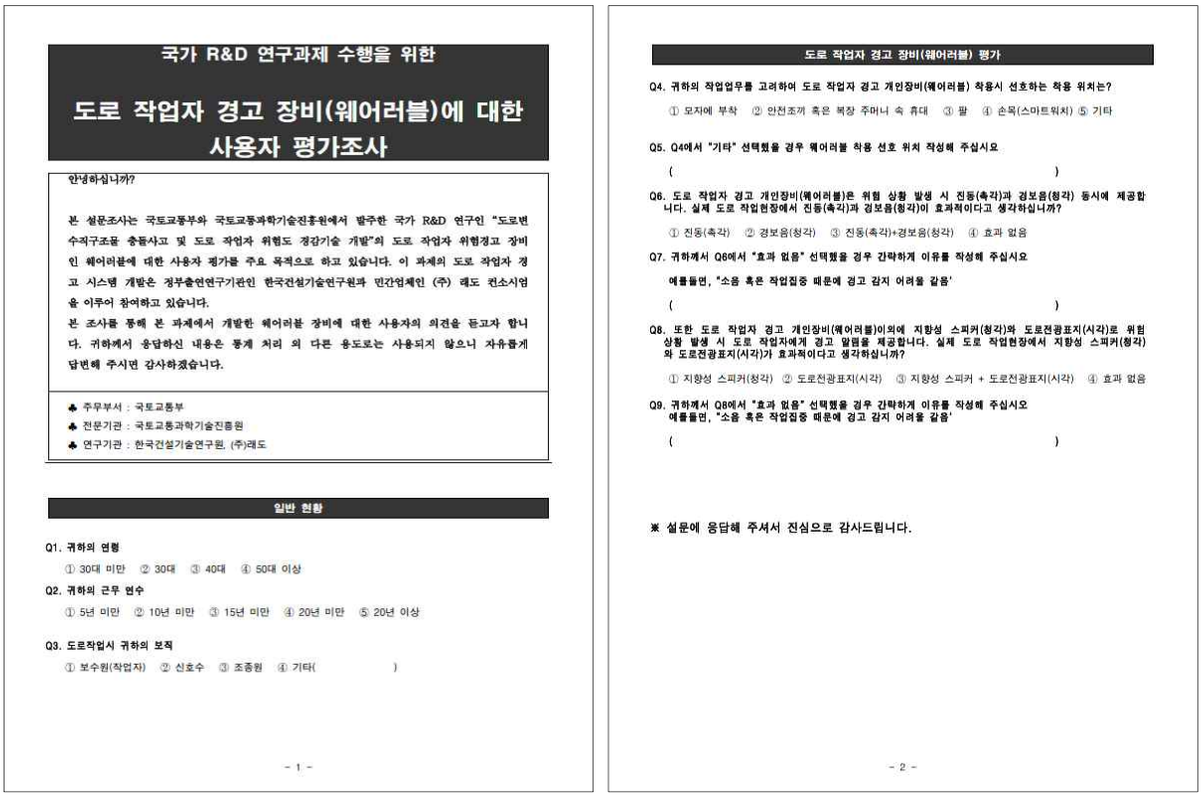
(7) 도로 작업자 경고장비(웨어러블)에 대한 사용자 평가조사

(가) 목표

- 본 설문조사는 도로작업자 경고시스템의 구성요소인 무선 알림장치(워어러블)에 대한 사용자(작업자)의 장착위치 선호도와 작업자 경고 방안(시각, 청각, 촉각)의 선호도 조사를 위하여 실시함

(나) 설문조사 양식

- 설문조사 문항은 일반 현황에 대한 3문항과 도로작업자 경고장비 평가에 대한 6문항으로 구성됨



국가 R&D 연구과제 수행을 위한

도로 작업자 경고 장비(웨어러블)에 대한 사용자 평가조사

안녕하십니까?

본 설문조사는 국토교통부와 국토교통과학기술진흥원에서 발주한 국가 R&D 연구인 "도로변 수직구조물 충돌사고 및 도로 작업자 위험도 경감기술 개발"의 도로 작업자 위험경고 장비인 웨어러블에 대한 사용자 평가를 주요 목적으로 하고 있습니다. 이 과제의 도로 작업자 경고 시스템 개발은 정부출연연구기관인 한국건설기술연구원과 민간업체인 (주) 래도 컨소시엄을 이루어 참여하고 있습니다.

본 조사를 통해 본 과제에서 개발한 웨어러블 장비에 대한 사용자의 의견을 듣고자 합니다. 귀하께서 응답하신 내용은 통계 처리 외 다른 용도로는 사용되지 않으니 자유롭게 답변해 주시면 감사하겠습니다.

♣ 주무부서 : 국토교통부
♣ 전문기관 : 국토교통과학기술진흥원
♣ 연구기관 : 한국건설기술연구원, (주)래도

일반 현황

Q1. 귀하의 연령
① 30대 미만 ② 30대 ③ 40대 ④ 50대 이상

Q2. 귀하의 근무 연수
① 5년 미만 ② 10년 미만 ③ 15년 미만 ④ 20년 미만 ⑤ 20년 이상

Q3. 도로작업시 귀하의 보직
① 보수원(작업자) ② 신호수 ③ 조종원 ④ 기타( )

- 1 -

도로 작업자 경고 장비(웨어러블) 평가

Q4. 귀하의 작업업무를 고려하여 도로 작업자 경고 개인장비(웨어러블) 착용시 선호하는 착용 위치는?
① 모자에 부착 ② 안전조끼 혹은 복장 주머니 속 휴대 ③ 팔 ④ 손목(스마트워치) ⑤ 기타

Q5. Q4에서 "기타" 선택했을 경우 웨어러블 착용 선호 위치 작성해 주십시오
( )

Q6. 도로 작업자 경고 개인장비(웨어러블)은 위험 상황 발생 시 진동(촉각)과 경보음(청각) 동시에 제공합니다. 실제 도로 작업현장에서 진동(촉각)과 경보음(청각)이 효과적이다고 생각하십니까?
① 진동(촉각) ② 경보음(청각) ③ 진동(촉각)+경보음(청각) ④ 효과 없음

Q7. 귀하께서 Q6에서 "효과 없음" 선택했을 경우 간략하게 이유를 작성해 주십시오
예를들면, "소음 혹은 작업집중 때문에 경고 감지 어려울 같음'
( )

Q8. 또한 도로 작업자 경고 개인장비(웨어러블)이외에 지향성 스피커(청각)와 도로전광표지(시각)로 위험 상황 발생 시 도로 작업자에게 경고 알림을 제공합니다. 실제 도로 작업현장에서 지향성 스피커(청각)와 도로전광표지(시각)가 효과적이다고 생각하십니까?
① 지향성 스피커(청각) ② 도로전광표지(시각) ③ 지향성 스피커 + 도로전광표지(시각) ④ 효과 없음

Q9. 귀하께서 Q8에서 "효과 없음" 선택했을 경우 간략하게 이유를 작성해 주십시오
예를들면, "소음 혹은 작업집중 때문에 경고 감지 어려울 같음'
( )

※ 설문에 응답해 주셔서 진심으로 감사드립니다.

- 2 -

[그림 2-2-108] 도로작업자 경고장비 사용자 설문조사 양식

(다) 설문조사 실시

- 설문조사는 도로작업자를 대상으로 실시하였으며, 도로공사, 지방국토관리청, 민간업체 등을 대상으로 설문조사를 실시함



[그림 2-2-109] 도로작업자 경고장비 사용자 평가조사

(라) 설문조사 자료수집

<표 2-2-28> 작업자 경고장비(웨어러블) 사용자 평가조사 결과

구분	설문문항	응답자수	①	②	③	④	⑤	비고
일반 현황	Q1	13	7	3	3	0	–	
	Q2	13	8	2	1	1	1	
	Q3	13	12	–	1	–	–	
도로작업자 경고장비 (웨어러블) 평가	Q4	13	3	4	–	8	–	
	Q5	–						
	Q6	13	–	2	11	–	–	
	Q7	–						
	Q8	13	2	–	11	–	–	
	Q9	–						

(8)도로공사장 교통관리지침 개정안

(가) 도로 공사구간에서는 공사구간을 통과하는 차량과 작업을 수행하는 도로 작업자의 안전을 향상하기 위하여 안전관리자의 적절한 임무 추가

- 도로 공사 사전 안전관리(도로 작업원 및 안전시설) 점검
- 도로 작업 중 교통관리 및 안전관리 점검
- 도로 작업 종료 후 안전관리 점검
- 사고발생시 적절한 구호 및 2차사고 방지를 위한 관련 제반상항 조치

기존	4.3 교통관리도 작성 도로점용 위치(단로부, 교차부, 길어깨 등), 도로유형 .....포함하고 있다. 예시도에 제시된 도로 공사장 유형 이외의 경우는 제시된 예시도와 도로 공사구간 교통관리 원리를 토대로 공사현장 여건에 적합한 교통관리도를 작성한다.
추가	4.3 교통관리도 작성 도로점용 위치(단로부, 교차부, 길어깨 등), 도로유형 .....포함하고 있다. 예시도에 제시된 도로 공사장 유형 이외의 경우는 제시된 예시도와 도로 공사구간 교통관리 원리를 토대로 공사현장 여건에 적합한 교통관리도를 작성한다. 4.4 도로 작업장 안전관리자 도로 공사장에서는 공사장을 통과하는 차량과 작업원의 안전을 위하여 안전관리 책임자는 다음과 같이 임무를 수행하여야 한다. ○ 작업전 도로 작업원·신호수의 복장과 정신적·신체적 건강상태 및 각종 표지 및 안전시설·장비, 기타 안전사항과 관련 제반사항을 사전에 확인하여야 한다. ○ 도로 작업 중에도 교통관리 및 안전관리를 수시로 점검한다. ○ 작업완료 후 도로 작업원 안전한 철수 및 작업장의 환경 정리 정돈 확인한다. ○ 사고발생시 적절한 구호 및 2차사고 방지를 위한 관련 제반상황 조치한다.

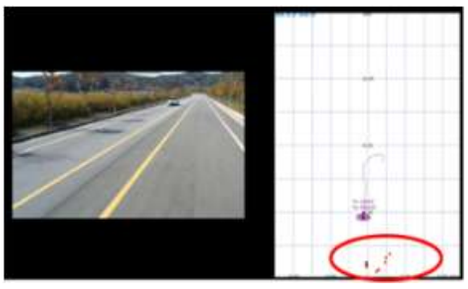
5차년도 연구 주요 내용

- 4차년도의 수행된 이동식 경고시스템(도로 작업차량용)의 검지 알고리즘 보완 및 기구 설계
- 개발 시스템 시제품 생산 및 사용화 시스템 구축
- 도로작업자 경고시스템 TEST-BED 구축
- 기술실시 및 사업화 진행

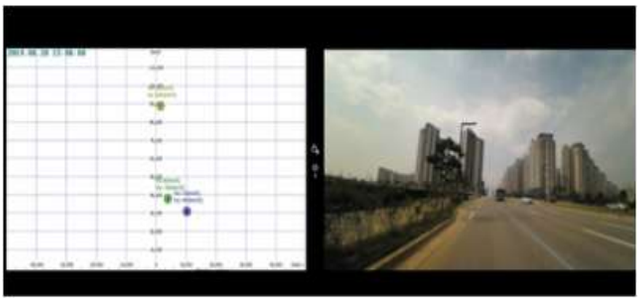
(1) 도로작업자 경고시스템 및 이동식 경고시스템 검지 알고리즘 보완

(가) 레이더검지기 성능보완

- 이동식 검지 알고리즘 세분화를 통한 정확도 향상
  - 불필요한 신호처리 제거 및 검지 데이터 세분화를 통한 정확도 및 신뢰성 향상



알고리즘 수정 전(불필요한 데이터 검지)

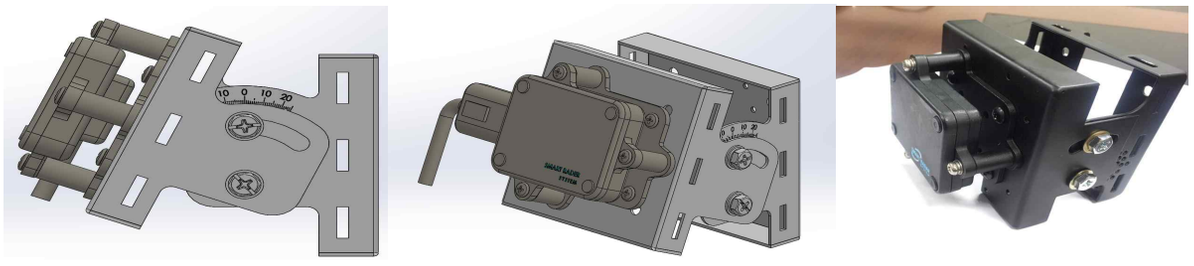


알고리즘 수정 후(불필요한 데이터 제거)

[그림 2-2-110] 이동식 경고시스템 레이더검지기 보완

- 부착차량 주행 시 불필요한 데이터 제거를 위하여 타겟차량의 속도를 바탕으로 4Km/h이하의 값을 제거하여 멈춰 있는 차량 및 주변 사물 검지를 제거하여 정확도 및 신뢰성 향상

- 이동식 작업자 경고시스템 레이더검지기 부착 브라켓 제작
  - 이동식 작업자 경고시스템 레이더검지기는 검지기 차량 후방의 부착하여 사용됨으로써 범용성이 있는 브라켓 제작 필요
  - 레이더검지기 특성상 검지기 각도의 중요성이 높아 상하 각도 변경가능이 하도록 제작



[그림 2-2-111] 이동식 경고시스템 브라켓 제작

(나) 이동식 작업자 경고시스템 알고리즘

- 검지기 부착차량과 주행차량간의 차간거리 및 주행차량의 상대 속도를 바탕으로 Lane Changing Zone(LC-Zone, 차로변경 소요거리)를 산출하여 요구되는 값보다 적을 경우 운전자경고 알람 제공

- 주행 차량의 상대속도와 차간거리를 통해 Time-To-Collision(TTC, 충돌예상시간)을 산출하여 TTC가 4초 아래로 내려갈 경우 작업자 경고를 제공함

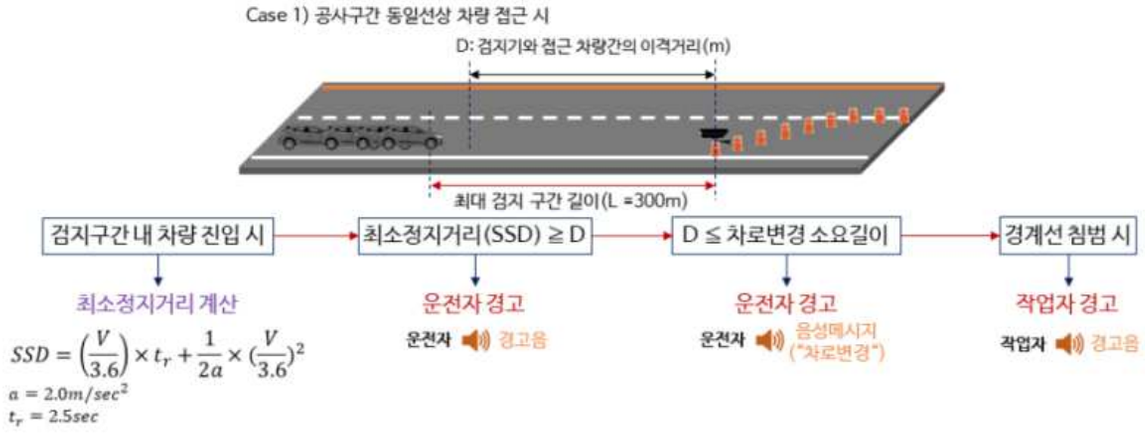
(다) 경고정보 제공 알고리즘 실용화 방안

① 고정형 경고 알고리즘

- 공사장 접근 차량 검지기의 검지 성능과 접근 차량의 주행상태를 고려한 현장 대응형 경고정보 제공 알고리즘 수립 필요

- 고정형 공사의 위험차량 검지 판단은 접근차량이 검지 레이더의 검지 영역 내 진입한 이후부터 차량의 최소 정지거리를 산출하고 요구되는 값이 접근차량과 공사장 완화구간 시점까지의 이격거리 이상인 경우 운전자에게 경고정보를 제공함

- 접근 차량이 동일 방향으로 속도 변화 없이 주행하여 완화구간에 설치된 테이퍼 경사면(검지 경계선)을 침범할 경우 즉각 운전자 및 작업자에게 경고정보를 제공하여 회피를 유도함



[그림 2-2-112] 고정형 공사 위험차량 검지 및 경고정보 제공 알고리즘(Case 1)

- 공사구간 인접차로로부터 차량 접근 시(단, 동일선상에서 접근하는 차량이 없는 경우) 차량의 진입각도, 위치, 속도에 따라 경고정보를 달리 제공함



[그림 2-2-113] 고정형 공사 위험차량 검지 및 경고정보 제공 알고리즘(Case 2)

② 이동형 경고 알고리즘

- 이동형 공사의 경우 고정형 공사 대비 검지 영역의 제약(1/3 축소)이 존재하므로 위험차량 검지 알고리즘 설계 시 엄격한 기준을 적용하는 것이 필요함

- 이동형 공사의 경우 이동형 공사에 수반되는 공사차량 중 최후방 차량(싸인카)의 후미에 검지기를 설치하는 것으로 가정할 때, 후방 접근차량이 검지영역(80m)으로 진입 시 운전자에 경고정보를 제공하도록 함

- 접근 차량이 동일 방향으로 속도 변화 없이 주행하여 최소 차로변경 소요길이 구간 내 진입 시 접근차량의 운전자와 작업차(싸인카)의 운전자에게 동시에 경고정보를 제공하여 회피를 유도함



[그림 2-2-114] 이동형 공사 위험차량 검지 및 경고정보 제공 알고리즘

(2) 테스트베드 구축

(가) 효과평가

- 이동 작업차량 경고시스템 테스트베드 구축 협의 진행되었으나, 지사의 예산문제로 인하여 테스트베드 설치 일정이 2020년으로 변경되어 효과평가를 위해 현장실험으로 진행함
- 현장 실험 시나리오

<표 2-2-29> 도로작업자 경고시스템 추가 현장실험 시나리오

번호	실험 명	실험 내용	검지기	실험 횟수	비고	
					검지기 차량	주행 차량
1	도로작업자 경고 상황	접근차량으로 검지기 부착차량 접근 시 충돌예상시간 알고리즘 동작 정확도 확인	레이더	각 시나리오당 5회 수행	10Km/h	30Km/h
						60Km/h
					20Km/h	30Km/h
						60Km/h
2	도로작업자 경고 해제 상황	접근차량으로 검지기 부착차량의 접근하여 위험 경고 발생 확인 후 점차 속도를 감속시켜 경고해제 상황 정확도 확인	레이더		10Km/h	30Km/h
						60Km/h
					20Km/h	30Km/h
						60Km/h
3	작업자 경고시스템 차로변경 소요거리 알고리즘 확인	2차로 침범 상황과 정상 상황 테스트를 통해 차로변경 소요거리 알고리즘 정확도 확인	레이더	각 시나리오당 5회 수행	검지기 고정	60Km/h
						80Km/h

- 이동식 레이더 검지기 검지데이터 신뢰성 확인 및 이동식 작업자경고시스템 알고리즘 정확도를 확인을 위하여 위와 같이 현장 실험 시나리오를 구성하여 현장테스트를 진행함
- 고정식 작업자경고시스템의 차로변경 소요거리 알고리즘이 추가되어 변경 시스템의 경고 알람 정확도 확인

(나) 현장실험 결과

– 시나리오 1번 결과 총 시험 횟수 20 회 중 1회 검지 오류 발생 및 95%의 검지 정확도 확인

<표 2-2-30> 도로작업자 경고시스템 추가 현장실험 시나리오 1번 결과

검지기차량속도	주행차량 속도	시험 횟수	성공	실패	정확도
차선변경	60Km/h	5	4	1	90%
	80km/h	5	5	0	100%
차선침범	60Km/h	5	5	0	100%
	80km/h	5	5	0	100%
총합		20	19	1	95%

– 시나리오 2번 결과 총 시험 횟수 20 회 중 3회 검지 오류가 발생 및 85%의 검지 정확도 확인

<표 2-2-31> 도로작업자 경고시스템 추가 현장실험 시나리오 2번 결과

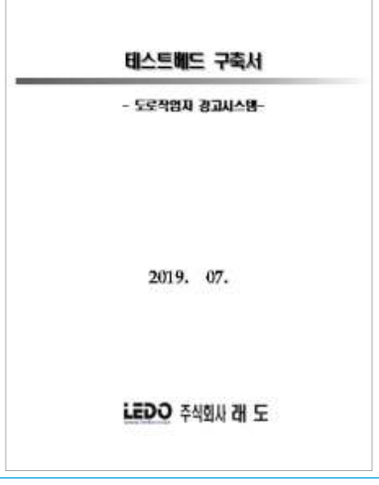
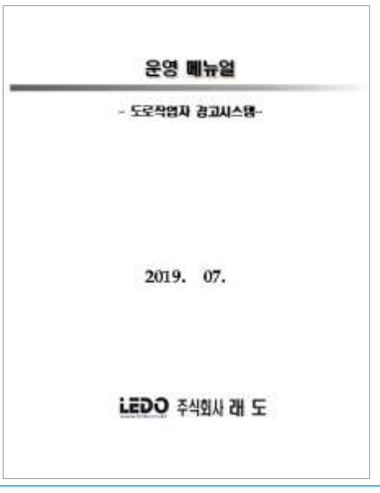
검지기차량속도	주행차량 속도	시험 횟수	성공	실패	정확도
10Km/h	30Km/h	5	4	1	80%
	60km/h	5	5	0	100%
20Km/h	30Km/h	5	4	1	80%
	60km/h	5	4	1	80%
총합		20	17	3	85%

– 시나리오 3번 결과 총 시험 횟수 20 회 중 1회 검지 오류가 발생 하였으며, 95%의 검지 정확도를 확인함

<표 2-2-32> 도로작업자 경고시스템 추가 현장실험 시나리오 3번 결과

시나리오	주행차량 속도	시험 횟수	성공	실패	정확도
차선변경	60Km/h	5	4	1	90%
	80km/h	5	5	0	100%
차선침범	60Km/h	5	5	0	100%
	80km/h	5	5	0	100%
총합		20	19	1	95%

(바) 테스트베드 구축서 및 운영메뉴얼 작성

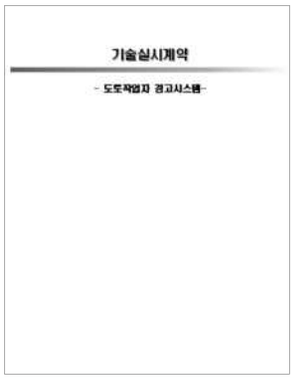
테스트베드 구축서	운영 메뉴얼
	

[그림 2-2-115] 테스트베드 구축서 및 운영메뉴얼

(2) 기술실시 및 사업화(홍보)

- 사업화를 위한 기술실시계약
- 전시회 : 도로작업자 경고시스템 및 이동식 교대통행시스템 홍보

  – 국토교통기술대전(2019. 05. 29 ~ 2019. 05. 31, 일산 킨텍스)

기술 실시계약	도로작업자 경고시스템	이동식 교대통행시스템
		

[그림 2-2-116] 기술 실시계약 및 홍보

- 학술대회 참가

  – 한국ITS학회 춘계학술대회(2019.04.18. ~ 2019.04.20, 제주한라대학교)



[그림 2-2-117] 춘계 학술대회 참가

2-3 도로작업자 안전 확보를 위한 자동화 기술

도로 낙하물(동물사체, 일반 폐기물 등) 수거 작업시 신속한 수거를 통한 도로 작업자 안전 확보 및 낙하물에 따른 2차 교통사고를 예방하기 위한 자동화 장비(ROBOS)를 개발함. 1차년도에는 도로 작업 및 공사를 위한 교통콘 자동 설치 회수 장비를 추진하였으나, 1차년도 연구 성과 점검시 위원들의 의견과 국토부와 현장관리자의 의견들을 반영하여 2차년도부터 도로 낙하물 수거장비 개발로 연구내용을 변경하여 수행함

또한, 2차로도로에서 한 차로에서 점용공사로 인해 다른 한 차로로 양방향 교대통행 시 교통사고 위험에 노출된 교통신호수를 대신하여 자동으로 교통을 제어하는 이동식 교대통행 운영시스템으로 국산화를 목표로 개발 하게 되었음

가. 도로 낙하물 수거 장비 개발

○ 연구 성과품 개발 절차 및 개요

- 도로 낙하물(동물사체, 일반 폐기물 등)의 신속한 수거작업을 위한 도로 낙하물 수거 장비 개발을 위해 ① 개발방향 정립, ② 차량 레이아웃(Layout) 기본 설계, ③ 핵심모듈 설계, ④ 시제품 제작, ⑤ 장비 운영 매뉴얼 작성, ⑥ 현장 시범운영 순으로 연구를 수행함

- ① 개발방향 정립
  - 도로 낙하물 수거 장비의 국내외 기술개발 동향파악 및 잠재적 사용자 요구를 반영한 수요분석을 통해 주요 개발 고려사항을 도출하여 장비의 개발방향을 다음과 같이 설정함

<표 2-3-1> 도로 낙하물 수거 장비 개발방향

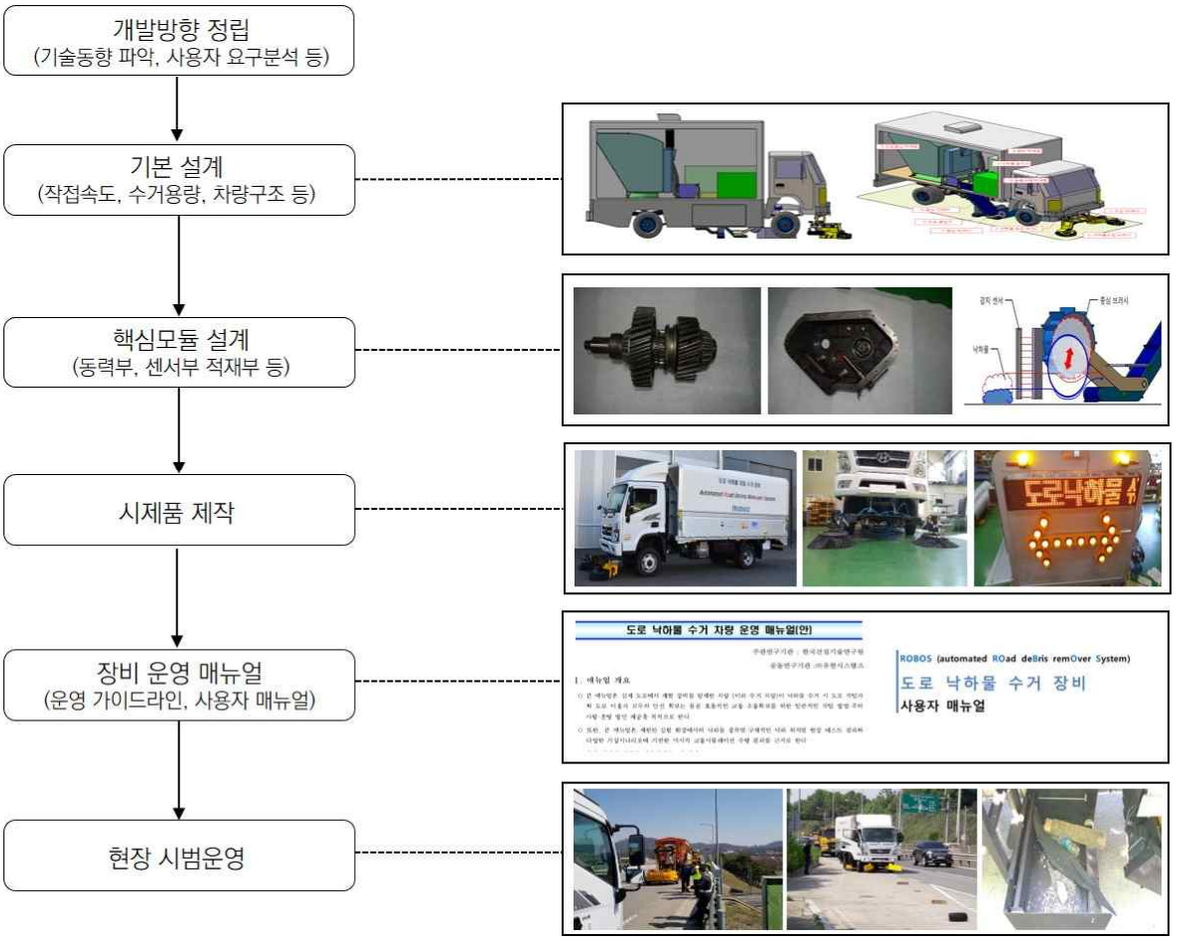
차량종류	- 2.5톤 이상 장축 차량
수거중량	- 일반 낙하물 : 최대 5kg 내외 - 동물 사체 : 10kg 내외
수거용량	- 장비 1회 운영 시 수거 용량 : 1톤 내외
차량구조	- 동물 사체 및 일반 낙하물 모두 수거 가능한 구조 - 동물 사체 및 일반 낙하물을 구분하여 적재가 가능한 구조 - 국내 자동차 안전 기준을 충족 하는 구조
수거대상	- 모래 및 자갈류 - 동물사체 및 교통사고 잔해물류 - 교통소통에 방해되는 낙하물 (예: 플라스틱 박스, 나뭇조각, 종이박스)

- ② 차량 레이아웃 기본 설계
  - 국내·외 유사장비 특징 비교, 주요 수요처 및 전문가 대상 수요조사 결과, 그리고 국내 자동차 안전기준에 관한 규칙을 바탕으로 도로 낙하물 수거 장비에 대한 기본 설계를 제시
- ③ 핵심모듈 설계
  - 도로 낙하물 수거 장비 구동을 위한 동력부 설계도 제시
  - 다양한 낙하물의 높이를 측정하여 수거하기 위한 센서부 설계도 제시
  - 진공 및 일반 낙하물, 동물사체 수거를 위한 적재부 설계도 제시
  - 동력발생장치 및 비상전원 장치 설계

- ④ 시제품 제작
  - 차량 전면 하부에 설치된 프런트 가이드를 통해 본선 차로, 길어깨, 중앙분리대 인근 낙하물 수거
  - 조종원 1인이 운전석에 설치된 제어기(컨트롤러)를 통해 낙하물 수거
  - 조종원이 차량에 설치된 카메라(4기)를 통해 낙하물 수거부터 적재까지 모니터링
  - 로드킬과 일반 낙하물을 제어기를 통해 자동으로 구분·분리하여 적재
  - 인력 수거 시 신속한 처리를 위해 차량 측면(좌·우)에 간이 적재함 설치

- ⑤ 장비 운영 매뉴얼 작성
  - 일반사항 : 도로 낙하물 수거 장비 운영 및 관리와 관련된 일반사항에 대해 제시함
  - 구체적인 작업 방법 : 완전기계수거(Fully Automation), 반기계수거(Semi-Automation), 인력수거로 구분하여 도로 낙하물 수거 장비의 구체적인 운영 방법을 제시함
  - 교통 운영 및 안전상 주의 사항 : 특정 차로 수, 특정 교통량, 낙하지점 위치, 수거차량 접근위치에 따른 교통 운영방법 및 주의사항에 대해 제시함
  - 수거 차량 운영·관리 매뉴얼 : 도로 낙하물 수거 장비의 운영 및 유지관리와 관련된 세부사항들에 대해 제시함

- ⑥ 현장 시범운영
  - 수원국토사무소 관할 구간에 대해 현장 시범운영을 수행함 (2019년 3월~10월)
  - 국도 82호선 (경기도 화성시 팔탄면 가재리)에서 청북 IC 방향 13km 구간
  - 수원국토소 담당 관할 구간의 정기적인 순찰 업무에 투입
  - 순찰 업무 중 발견되는 낙하물 처리를 ROBOS를 통해 수행



[그림 2-3-1] 도로 낙하물 수거 장비 연구개발 흐름도

1차년도 연구 주요 내용

- 잠재적 사용자 수요 분석을 통해 교통콘 자동 설치·회수 장비의 설계 고려사항을 도출하여 국내 도로·공사구간 환경에 적합한 차량장치, 기구장치, 제어장치의 설계를 제시함
- 또한, 자동화 장비의 설계·개발·운영 방안과 별도로 도로 유지관리 전문가 등을 대상으로 수요조사를 통해 도로공사 자동화 기술 및 장비에 대한 선호도 분석을 수행함

(1) 주요 수요기관 등 의견조회 및 기술동향 파악

(가) 국내·외 유사장비 조사 분석

- 현재까지는 국내에 교통콘 설치 및 수거 자동화 장비를 개발한 사례는 없으며, 국외 사례를 다음에 제시함

사 진	제 품 명	특징 / 현황
	네덜란드 : Mobile Automatic Roadblock System (M.A.R.S.®)	·차량·장비 일체형으로 자동으로 교통콘을 설치·회수하는 작업 수행
	호주 : Automated Cone Transfer Machine	·250-500개의 교통콘 처리 가능 ·100% 유압으로 구동 ·30m 간격으로 20km/h 속도로 교통콘 설치
	미국 : Cone Placement and Retrieval Vehicle	·100개의 교통콘 처리 가능 ·300개까지 처리 가능토록 설계(2005년 기준)
	미국: AUTOCONE 500	·원통형으로 구성하여 작동
	유럽: TACHOBLOG 社	·벤츠 트럭을 기반으로 개조한 교통콘 장비(Traffic Cone Machine)는 영국의 교통연구소에서 개발하였으며 시장 규모는 연간 수백 대 정도임
	미국: Centreville Manufacturing, Inc.	·트레일러를 주로 생산하는 업체에서 제작한 특징 있음 – 차량 및 트레일러 타입의 교통콘 설치·회수 자동화 장비 보유

[그림 2-3-2] 해외 교통콘 설치·수거 자동화 장비

(나) 현장조사를 통한 도로작업 및 공사 업무 파악

- 실제로 수행되는 도로작업 또는 공사현장을 직접 견학함으로써, 교통콘 설치 및 회수 자동화 장비 설계 및 개발 시 필요 사항들을 검토함
- 서울지방국토관리청 산하 의정부국토관리사무소 도로 포장정비공사 현장 방문하여, 교통콘 활용 실태를 파악함
- 실제 교통콘 설치·수거 시 최소 3인이 투입되었으며, 공사작업 구간 길이가 1km 정도로 짧았고, 단기작업 이였으므로, 수작업에 따른 문제는 파악되지 않았으나, 차량 통행이 빈번한 구간에 작업자는 위험에 어느 정도 항상 노출되어 있음
- 현장견학 결과, 현장에서 특히 교통콘 회수가 매우 용이해야 하며, 로봇과 같은 개념으로 100% 개발했을 때 현장 적용 시 한계점 등을 면밀히 검토할 필요가 있음



[그림 2-3-3] 교통콘 설치 및 수거 현장

(다) 전문가 의견 조회 및 사용자 요구 분석

- 장비 설계 방향설정 및 활용범위 정립을 위해 사용자 요구분석과 도로관련법 등 기준 검토 및 기술동향 파악 등을 수행함
- 요구분석 결과, 자동화 장비와 일체화된 차량 개발보다는 기존 작업 또는 기관 보유차량에 탑재하는 방식을 선호하는 것으로 나타남
- 교통콘 설치 및 회수 자동화 장비는 시내 도로망 보다는 주요 간선 도로망에 적합한 것으로 조사됨
- 자동화 장비의 활용은 도로작업 또는 공사 구간 길이가 최소 1km 이상 되는 구간부터 적용 가능하며 일체형 자동화 장비의 경우 작업 시 평균 속도는 10~20 km/hr가 적정한 것으로 조사됨
- 최종적으로 전문가 의견조회 및 사용자 수요분석 결과를 기반으로 자동차 관리법상의 “자동차 안전 기준에 관한 규칙”을 고려하여 다음과 같이 최종 설계방안을 도출함

<표 2-3-1> 사용자 수요분석에 따른 설계 검토 방안

- 교통콘 설치 및 수거 자동화 장비의 설치 회수 구조 및 기구부, 로봇 암부, 교통콘 이송부, 교통콘 적재부 4가지 구조로 모듈화 형태로 구성하여 설계
- 자동차의 크기 및 규격에 따라 쉽게 확장 및 변형이 가능하도록 하되, 장비 동력원은 PTO(동력인출장치 : Power Take Off)를 탑재하여 상대적으로 저가의 동력원을 활용
- 주행 중에 유압 실린더 및 유압기어 모터를 운용하여 설치·회수 작동
- 교통콘 설치·회수 자동화 장비는 로봇암에 근거하여 작동하도록 설계
- 로봇암은 체인, 스프라켓, 유압기어모터, 로봇손으로 구성
- 교통콘 설치·회수 동작 시 실린더와 로봇손 사이에 고무(rubber)소재를 사용하여 그립(grip) 정밀도를 극대화
- 작업속도 및 설치간격을 주행속도를 기초로 자동 설치 가능하도록 설계
- 자동화 장비의 작동은 자동 컨트롤 판낼이 차량 내에 설치되어 운전자 또는 보조자가 차량 내에서 작동할 수 있도록 설계
- 운전석에서 모든 기능을 제어할 수 있는 Control Box(조이스틱 또는 Touch 방식) 설치
- 비상 시 모든 기능의 작동(전원)을 멈출 수 있는 비상차단 소프트웨어를 설치하여 차량의 주행안전 확보

(라) 관련 법/기준 검토

- 교통콘 설치·회수 자동화 장비가 개발될 경우 장비 분류체계 상 부수장치로 분류될 것으로 예상되며, 전국 고속국도 및 일반국도 등 주요 간선도로망에서 활용 가능할 것으로 판단됨
- 자동차관리법 자동차안전기준에 관한 규칙 제19조(차대 및 차체) 및 제32조(물품적재장치) 검토 결과 차대는 안전운행을 확보할 수 있는 견고한 구조이어야 하며, 차체는 차대에 견고하게 붙여져서 진동 또는 충격 등에 의하여 이완되지 않도하고, 일반형 및 덤프형 화물자동차의 적재함은 위쪽이 개방된 구조이어야 함
- 교통안전시설 등 설치 및 관리에 관한 규칙 중 공사구간 교통관리 및 안전시설 설치기준에는 라바콘(교통콘)에 대한 규정이 되어 있어 이 규정에 맞게 교통콘 자동 설치 및 회수장비를 설계함

(2) 국내 도로·공사구간 환경을 고려한 교통콘 자동 설치·회수 장비 설계

(가) 차량 선정 및 레이아웃 설계

- 교통콘 자동 설치·회수 장치의 차량 선정 및 레이아웃 설계를 위해 다음과 같이 설계검토를 통해 설계방향 및 설계방안을 도출함
- 교통콘 설치 및 회수 자동화 장비 외에 타 장비에 활용이 가능하도록 설계함(예: 낙하물 수거 장비)
- PTO(Power Take Off)로부터 전달 받은 동력을 파워팩(유압펌프, 리졸브 등으로 구성)에

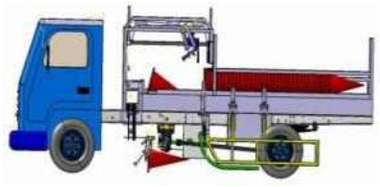
연결하여 각 기구부에 장착된 유압실린더 및 유압기어 모터가 작동되도록 설계함

<표 2-3-2> 교통콘 자동 설치·회수 장비 설계방향

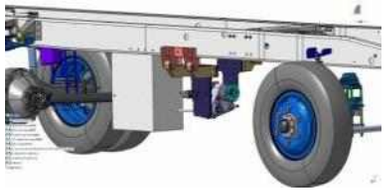
구분	주요 고려사항
설계검토	<소형 차량 : 1톤 이내> • 최대 수용 교통콘 개수 : 80~100개 • 최대 작업 속도는 약 10~16 km/h (설치 간격: 30m 기준, 간격조절 가능) • 최소 운영인원 : 1~2명 <중대형 차량 : 3톤 이상> • 최대 수용 교통콘 개수 : 130~500개 • 최대 작업 속도 : 약 20km/h (설치 간격: 30m 기준, 간격 조절 가능) • 최소 운영 인원 : 1~2명
설계방향	■ 도로작업 및 공사 시 교통콘 사용 회수 및 작업구간 조건을 고려하며 고속도로 장거리 공사인 경우 이송부의 크기는 1,613×1,262mm이 되도록 하며 교통콘은 100개 이상 적재가 가능한 국내 1톤 차량을 선정함 ■ 프로토타입 개발을 위해 국내 도로 여건 및 도로작업 및 공사 환경을 고려함 – 해외 개발 사례의 성능 기준과 동일 혹은 그 이상으로 설정 ■ 국내에서 활용되는 교통콘 종류는 총 8가지이며, 이 중 한국도로공사에서는 3가지 종류의 교통콘을 활용하는데, 교통콘 크기와 상관없이 설치·수거 작업이 가능하도록 설계 – 외산장비의 경우, 다양한 크기의 교통콘보다는 1가지 표준교통콘을 기준으로 설계 ■ 교통콘이 넘어져 있는 경우라도, 수거가 가능하도록 설계함 – 외산장비의 경우, 넘어져 있는 교통콘 수거는 고려하지 않고 설계



1톤 트럭



전체 구성도

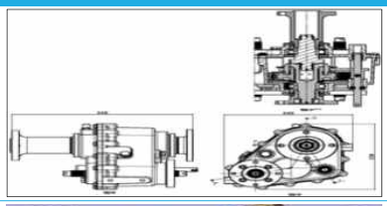
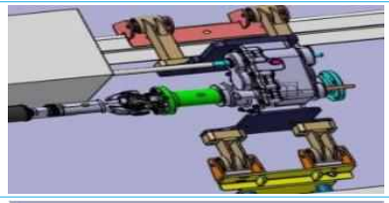
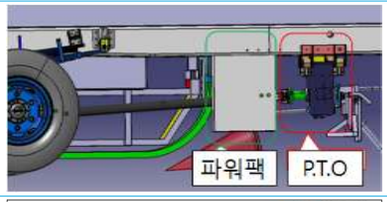
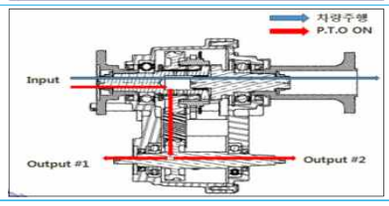


PTO 장착 레이아웃

(나) 동력인출장치(Power Take off)의 적용성 검토

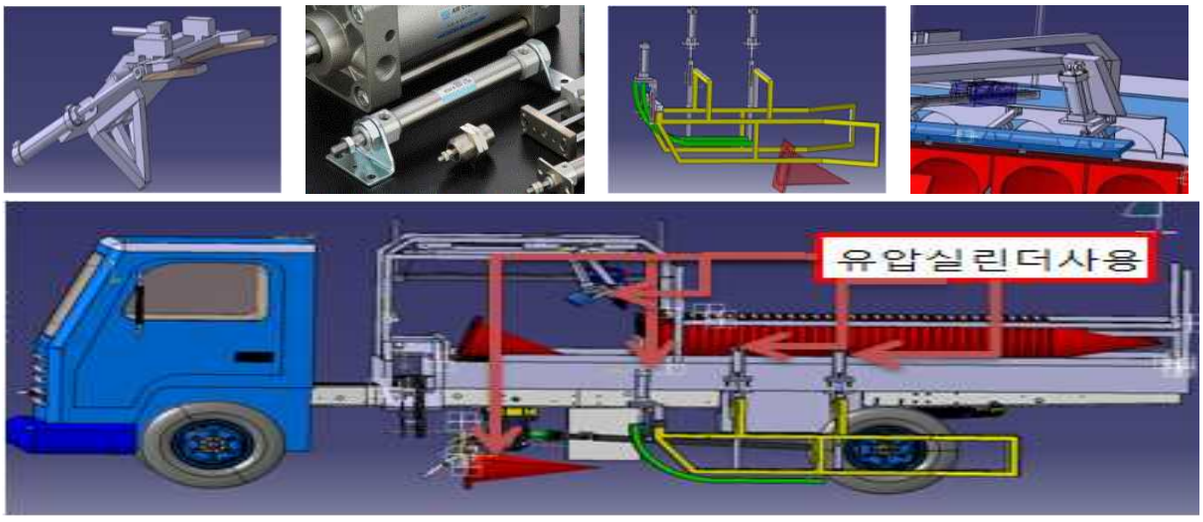
- 교통콘 설치 및 회수 자동화 장비의 경우 기구부 내 여러 지점에 모터와 실린더가 사용됨
- 일반적으로 차량 동력원은 전기배터리를 사용하나 수명의 한계로 본 연구개발 장비에는 적합지 않으므로 유압실린더와 유압 기어모터를 동력원으로 활용하고자 함
- 또한, 본 연구에서는 기존 수동변속기 PTO 방식을 자동변속기용 PTO를 국내 최초 개발하여 차량 주행 중 구동 가능 및 최소 조종원(1명)으로 조종이 가능하므로, 교통콘 회수 장비뿐 아니라 타 장비에도 활용이 가능함

<표 2-3-3> 동력인출장치 적용성 검토

구분	특 징	설계 구성도	비 고
적용방식	수동 및 자동변속기 사용 가능		자동변속기 PTO 국내 최초 개발
설계 고려사항	PTO 장착 소음, 진동 등을 고려하기 위한 Mount 제작		NVH(Noise Vibration Harshness)최적화
파워팩 설계	차량 하부에 설치된 PTO를 차량 동력원으로 하여 파워팩 내에 리졸브나 유압펌프작동		유압펌프,유압탱크 솔레노이드 밸브, 릴리프 밸브, 체크밸브, 스토틀밸브 등으로 구성
무부하 온도측정 시험	차량 주행 및 동작에 문제 발생 요인 생성 여부를 검증하기 위해 PTO 단품 온도 측정 시험조건 및 측정항목을 제시하고 안전함을 입증		온도 측정 결과 78℃ 이상에서 안정적으로 작동하여 PTO에 문제가 없는 것으로 나타남

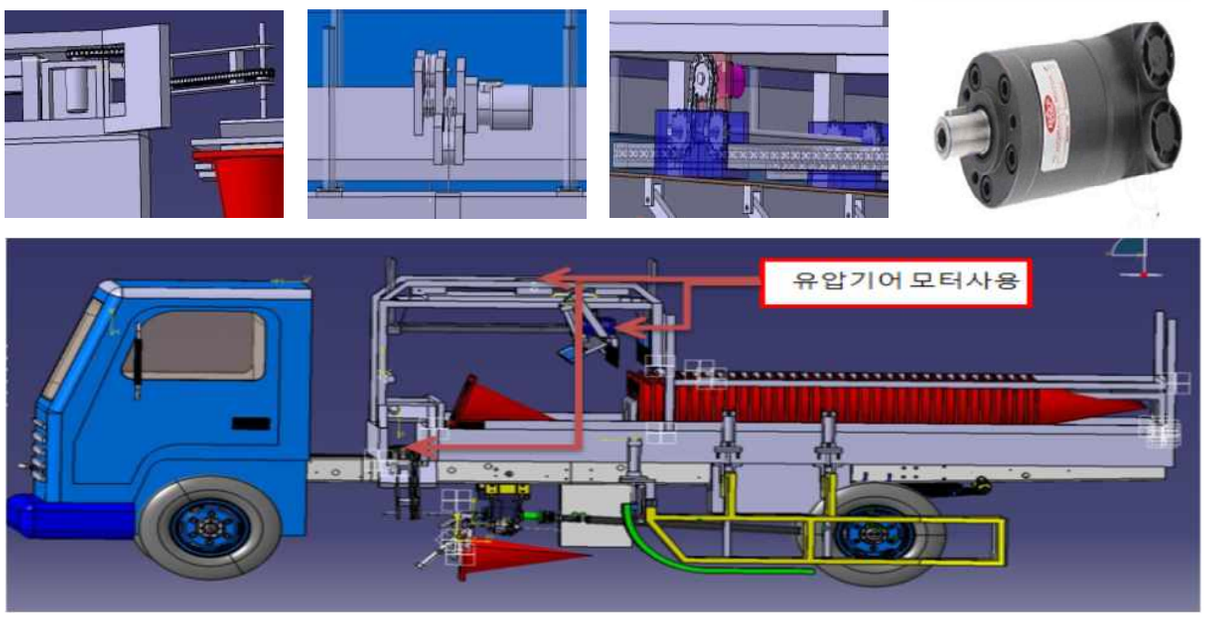
(다) 기계적 성능 분석을 통한 장비 부품 설계

- 유압 실린더는 로봇암 끝단부에 로봇손 부위 및 하부가이드와 차량이 부착되는 부분, 곡률이 있는 가이드의 상단부 그리고 이송부의 5개 교통콘을 한 번에 수거할 수 있도록 하는 부분에서 활용됨



[그림 2-3-4] 유압 실린더 사용 예

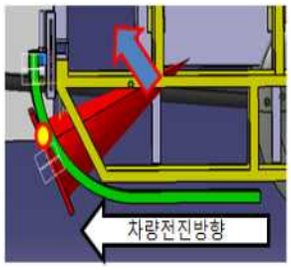
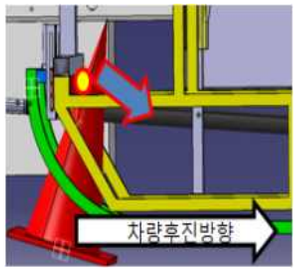
● 유압 기어모터는 로봇암의 회전 동력전달 스프라켓 부위와 이송부의 와이어 로우프 상하 제어 부위 그리고 이송부의 수평이동 스프라켓 박스에 사용됨



[그림 2-3-5] 유압 기어모터 사용 예

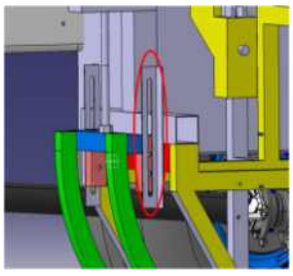
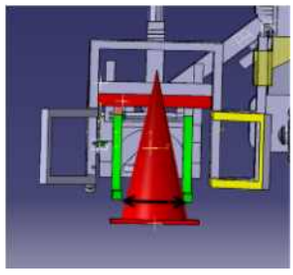
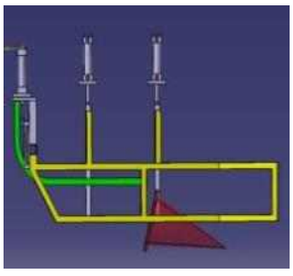
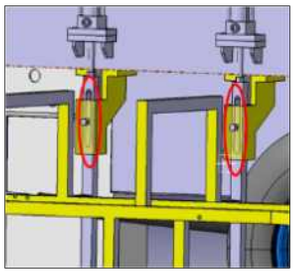
● 하부가이드는 교통콘을 설치 및 수거하기 위해 도로면에 최대한 가까이 위치해서 교통콘을 가이드 할 수 있도록 설계함

<표 2-3-4> 기구부 설계

차량 전진방향		차량 후진방향	
설계 구성도	설계 내용	설계 구성도	설계 내용
	로봇암으로 도로면에 내려놓은 교통콘을 안쪽가이드의 곡률이 적용된 부위에 교통콘 하단과 충돌하며 자동으로 직립 되도록 설계		교통콘 상단부분이 가이드 상당과 충돌하며 도로면에 넘어짐

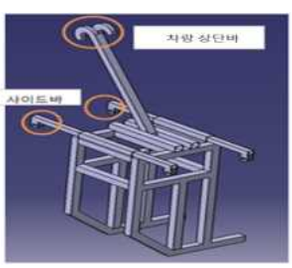
● 하부 가이드 접합 부위에 장공 설계(중앙가이드 : 240mm, 차량 부위 : 160mm)를 통해 여러 종류의 사이즈에 대응 할 수 있으며, 실린더 스트로크의 조절이 가능함

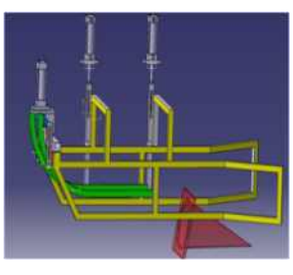
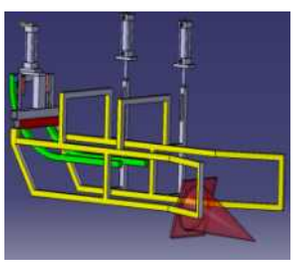
<표 2-3-5> 장공 설계

설계 구성도	설계 내용	설계 구성도	설계 내용
	안쪽 가이드부에 장공을 설계하여 원뿔형태의 교통콘 하단 지름에 적절한 간격을 주는 가이드 높이를 설정 하게 함		역방향으로 넘어진 교통콘을 바로 세우기 위해 안쪽가이드 높이를 설정할 수 있도록 설계
	바깥쪽 가이드의 차량 쪽 실린더 결합부위는 수거방향과 0°~90° 범위 내에 넘어져 있는 교통콘을 가이드로 조정하여 수거방향과 동일하도록 높이 조절이 가능함		안쪽가이드는 교통콘과의 충돌을 방지하기 위해 가장 높은 위치에 있도록 설계

- 고속도로에 자동화 장비를 적용할 때 후진하면서 교통콘을 회수하는 작업에 대한 설계 검토 결과는 다음과 같음

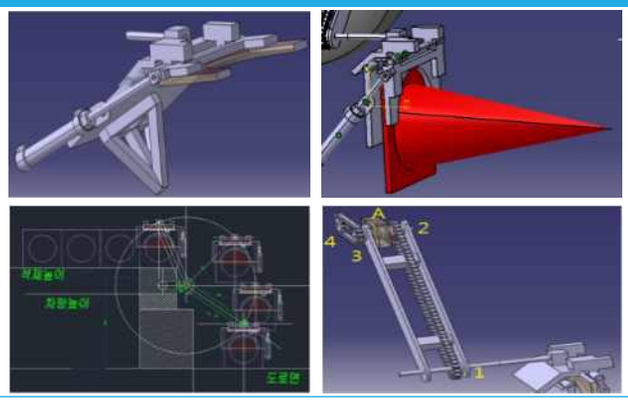
<표 2-3-6> 하부가이드 설계

설계 방향	해외 사례
전·후·좌·우 움직임과 차량에 탈부착이 가능한 가이드 개발에 대한 설계 결과, 하부가이드가 차량 옆 부분에 고정될 수 있도록 하는 홀(hole)이 있는 사이드 바로 연결되고, 차량 적재벽 상단에 바(Bar)로 한 번 더 고정시키는 방식이 타당함 단, 운전자와 작업원 총 2명의 인원으로 운영해야하며, 탈부착 방식을 선택함으로써 가이드의 크기는 작지만 로봇암을 통해 수거한 교통콘을 수동으로 적재	  <고정식 하부가이드 설계> <탈착식 하부가이드 해외사례> (출처: www.omegainfra.com)

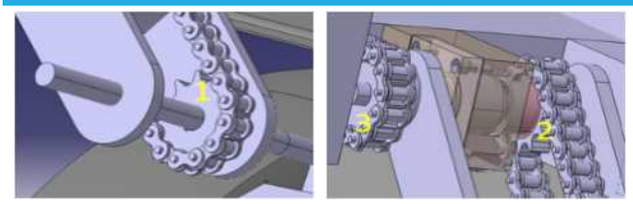
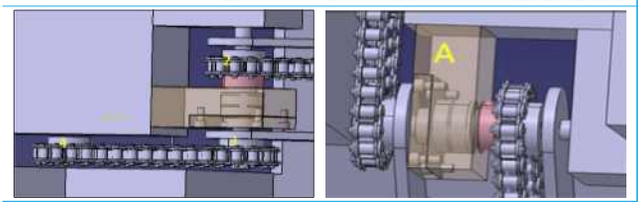
설계 구성도	설계 내용	설계 구성도	설계 내용
	「도로 공사장 교통관리 지침(국토교통부)」에 근거하여 차량 후진을 통한 교통콘 수거를 위해 고정식 하부 가이드로 설계를 변경함		넘어져 있는 교통콘 방향에 관계없이 원활한 회수작업을 위해 하부 가이드 상하로 높이 조절이 가능하도록 하였고, 이를 위해 유압 실린더를 설치함

● 로봇암은 차량에 부착된 로봇손을 포함하며, 교통콘을 수거하여 적재하는 역할을 담당함

<표 2-3-7> 로봇암 설계

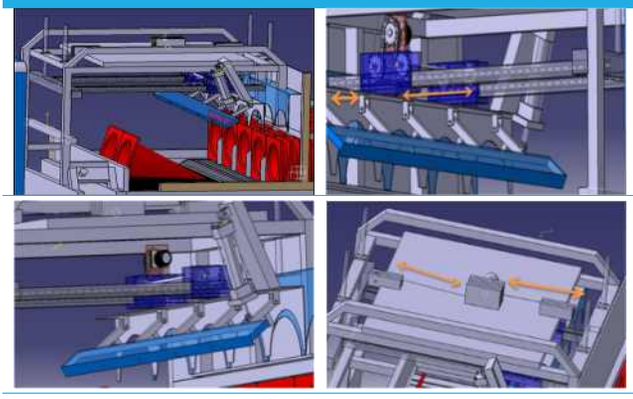
설계 구성도	설계 내용
	· 실린더 스트로크를 고려하여 상단부 각도를 결정하였고, 삼각뿔 구조를 통해 무게중심을 뒷쪽 하부에 설치 · 교통콘 안쪽 부위까지 접촉하여 수거하는 구조로 설계하고, 핀의 길이는 로봇암 폭과 차량적재 시 실린더 끝 부위가 로봇암과 충돌하지 않도록 196mm 이상의 여유 공간 확보 · 로봇암이 교통콘을 집어 회전할 때 교통콘을 잡은 로봇손이 항상 수평상태를 유지해야 하는데, 이때 체인과 스프라켓을 이용함

<표 2-3-8> 로봇암부 설계

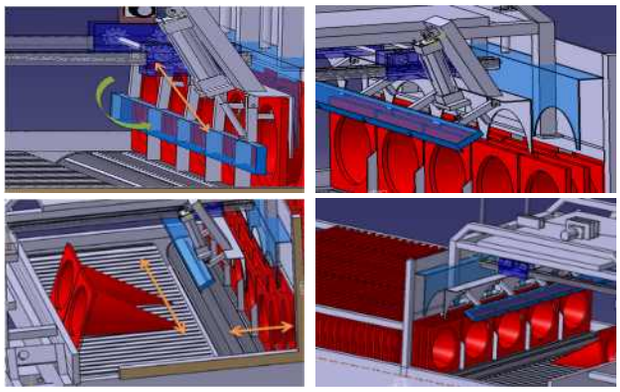
설계 구성도	설계 내용
	· 하부 스프라켓(1)은 로봇손 봉과 고정되어 있고 상부 스프라켓(2)은 차량 측 회전 지지부(A)에 고정 · 로봇암 외부 스프라켓(3)은 로봇암 판(plate)과 고정되어 모터와 연결되어있는 스프라켓으로부터 동력을 전달 받아 전체 로봇팔을 회전
	· A는 고정 회전부로 몸체와 덮개로 이루어져 있고 차량 측에 고정 되어 있음 · 내부에 6304ZZ 베어링 2EA를 써서 차량 쪽 로봇암의 회전 핀을 지지함

● 교통콘 자동 설치·회수 장치의 전체 이송부와 적재부의 설계 구성도는 다음과 같음

<표 2-3-9> 교통콘 이송부 설계

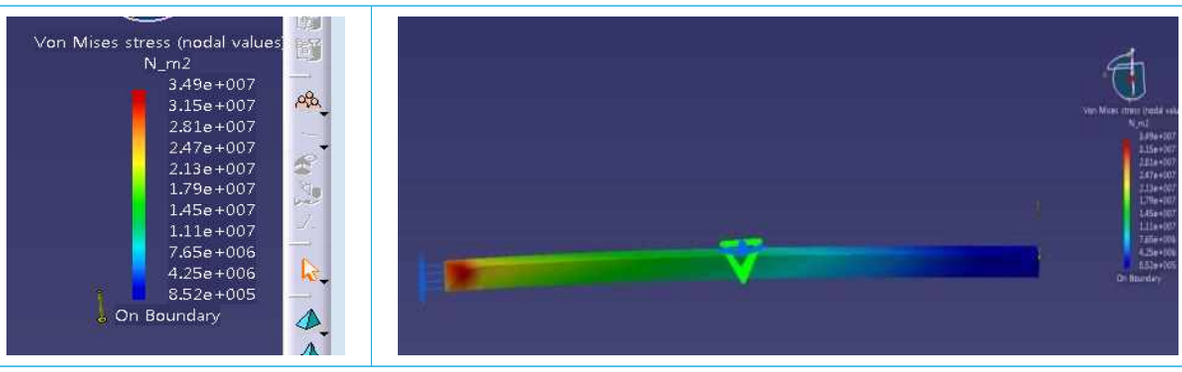
설계 구성도	설계 내용
	· 로봇암과 같이 체인과 스프라켓을 적용하여 오른쪽에는 3개의 스프라켓과 체인을 왼쪽에는 2개의 스프라켓과 체인을 설치하여 전·후진 이송이 가능하도록 설계함 · 이송부의 중량을 줄이기 위해 소형 기어 유압 모터를 사용하였으며, 이송부의 상하 운동을 위해 와이어 로우프를 이용하는데 하나의 유압 기어 모터로 두 방향으로 로우프가 감기도록 설계 · 이송부 유압실린더 집게부는 유압실린더 1개로 5개의 교통콘을 한 번에 수거하여 적재부로 이송함

<표 2-3-10> 교통콘 적재부 설계

설계 구성도	설계 내용
	· 국내에서 가장 많이 활용되는 450×450×780 mm 크기의 교통콘을 기준으로 하여 U자형 집게 지지부가 들어갈수 있도록 설계 · 교통콘 적재부는 이송부에 의해 옮겨진 5개의 교통콘을 컨베이어 벨트시스템으로 후진 작동하여 교통콘을 적재함 · 교통콘 설치 시 5개를 적재부에서 적출하여 도로상에 설치 완료되면, 다시 5개를 적출하여 로봇암이 집을 수 있는 이송부 하단의 컨베이어 벨트에 교통콘이 위치하도록 설계

(라) 강도 해석

- Generative Part Structural Analysis(부품 구조 해석)는 설계자가 3차원으로 설계한 부품의 내부응력, 변위 및 진동을 쉽게 할 수 있는 모듈로 실제의 정밀한 강도해석은 전문가가 전문 해석 소프트웨어를 사용하여 수행하는 것이 일반적임



[그림 2-3-6] 설계부품(3D) 강도해석 결과

(마) 제어장치 설계

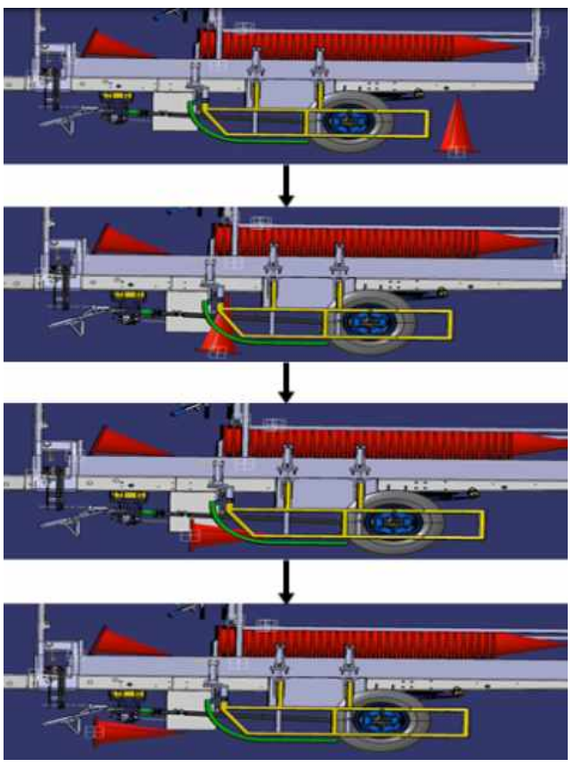
- 운전자(1인)가 운전석에서 각 기구장치를 모니터링하며 자동으로 제어하는 소프트웨어 및 이송부와 적재부의 자동화 제어를 위한 PLC(Programmable Logic Controller) 소프트웨어 설계 및 개발을 수행함
- PLC 소프트웨어는 교통콘의 설치·회수·이송·적재 시 유압실린더, 유압기어모터, 컨베이어벨트 작동 현황을 실시간 모니터링 및 자동제어가 가능함

<표 2-3-11> 제어장치 설계

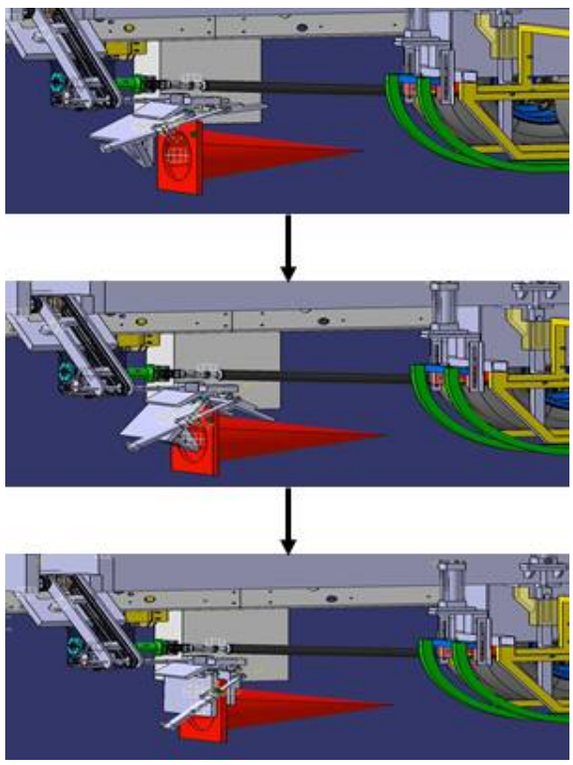
설계 구성도	설계 내용
	• 모니터링(Monitoring) 소프트웨어 – 운전자가 교통콘을 설치·회수 시 로봇암, 이송부, 적재부 기구장치의 작동 현황을 실시간으로 모니터링 가능 • PLC(Programable Logic Controller) 소프트웨어 – 로봇암, 이송부, 적재부 기구장치를 자동으로 제어할 수 있는 소프트웨어(S/W) – 로봇암을 통한 교통콘 설치·회수 시 차량 속도에 적합한 처리속도(간격) 조절 가능 – 로봇암에 의해 교통콘이 이송부에 5개가 적재되면 이를 자동으로 감지하여 적재부로 이송

(바) 시뮬레이션

● 시뮬레이션은 CATIA 내 DMU의 Fitting메뉴와 Kinematics를 이용하였으며, 설계된 3차원 모델을 CATIA 안에서 가상으로 조립한 Digital Mock-up을 이용하여 외형검사(DMU Navigator), 조립성 검사(DMU Fitting), 간섭 및 단면 검사(DMU Space Analysis), 운동성 검사(DMU kinematics) 등의 수행을 통해 설계 품질에 대한 향상이 가능함



<DMU Fitting을 통한 하부가이드 교통콘 수거 과정>



<DMU Kinematics를 통한 집게손 작동 과정>

[그림 2-3-7] 교통콘 자동 설치·회수 장비 시뮬레이션

(3) 자동화 장비 관련 주요 수요기관 등 의견조회

- 자동화 장비의 설계·개발·운영 방안과 별도로 도로 유지관리 전문가 등을 대상으로 도로공사 자동화 기술 및 장비에 대한 선호도 분석을 수행함
- 선호 우선순위 결과에 따라, 2차년도 장비의 개발 방향을 적극 검토하는 것이 목적임
- 1차 설문조사 결과 임시 교통시설 자동 운영 기술은 전체 항목 8개 중 4번째로 응답비율이 높은 것으로 나타났으며, 도로 공사구간 전용 교통운영 기술과 동등한 비율을 나타냄

<표 2-3-12> 1차 설문조사 결과

항 목	응답횟수	응답비율
실시간 운전자 도로공사구간 정보 제공 기술	20	63%
도로 공사구간 전용 교통운영 기술	13	41%
도로 공사구간 전용 임시 도로운영 시설	6	19%
위험 운전자 경고 기술	19	59%
도로 작업자 위험 사전경고 제공 기술	18	56%
도로 작업장 차량 침범 사고 발생 시 도로작업자 보호시설	**14**	**44%**
임시 교통시설 자동 운영 기술	**13**	**41%**
임시 교통제어 자동 기술	10	31%

- 따라서 안전한 도로 작업환경 구축에 필요한 세부기술들의 구체적인 우선순위 도출을 위해 동일한 피설문자를 대상으로 2차 설문조사를 수행함
- 2차 설문조사 결과, 동일한 분류 내에 있는 기술 중 교통콘 설치·회수 자동화 장비보다 낙하물 수거 장비에 대한 시급성이 더 높은 것으로 나타남
- 교통콘 설치·회수 자동화 장비의 경우, 필요성과 당위성은 높은 편이지만, 실제 활용측면에서의 보편성 즉, 중·장기 공사현장에 적합한 특징과 국내 시장 자체가 크지 않은 측면이 작용한 것으로 판단됨

<표 2-3-13> 2차 설문조사 결과

항 목	응답횟수	응답비율
도로작업자 보호형 이동식 방호울타리	13	52%
도로작업자에게 위험을 경고하는 시스템	8	32%
도로 작업장에 침입하는 운전자에게 경고를 주는 시스템	11	44%
교통콘 자동 설치·회수 장비	**5**	**20%**
낙하물 수거 장비	**10**	**40%**
이동식 교대통행 운영 시스템	9	36%

2차년도 연구 주요 내용

- 1차년도 수요조사 및 연차 평가결과, 1)기술개발의 시급성, 2)민간·공공부문의 시장 확장성을 종합적으로 고려하여, 2차년도 연구내용을 도로 낙하물 수거 장비 개발로 변경함
- 도로 낙하물(동물 사체, 일반 낙하물 등)의 신속한 수거를 통한 도로 작업자 안전 확보 및 낙하물 수거 작업으로 인해 발생할 수 있는 2차 사고 방지를 위해 낙하물 수거 장비 차량을 개발함

(1) 국내·외 유사장비 조사 분석

- 도로 낙하물 수거장비의 개발방향을 정립하기 위해서 현재의 국내·외 유사장비를 조사· 분석함
- 국내에서는 서울시설공단과 한국도로공사에서 탈·부착식 원통형 수거함을 차량 전면에 부착하여 사용하고 있으나, 작업 시 차량주행 안전성 등의 Test가 미흡하여 상용화와는 거리가 있음
- 해외도 국내 장비와 유사한 형태이나, 탈·부착 장비의 크기의 부피나 무게가 비교적 큰 낙하물까지 수거가 가능하도록 제작되어 있음
- 이와 같이 전 세계적으로 도로 낙하물 수거를 위한 다양한 노력들이 진행되고 있으나, 현재까지의 활용 장비는 상용화 준비가 미흡하거나 외산장비의 경우, 국내 도로교통법과 자동차 안전기준에 부합하지 못하는 것으로 분석됨

<표 2-3-14> 국내·외 도로 낙하물 수거 장비 현황

구분	사진	장비명 및 제조사	특징 및 현황
국내		· 서울시설관리공단	· 소용량 원통형 수거함을 이용하여 고속으로 낙하물을 수거 (최대 80km/hr로 알려짐) · 수거할 수 있는 낙하물의 종류 및 용량이 제한적임 (예: 타이어 파편, 작은 동물사체 등)
		· 한국도로공사	
국외		· (DRA)Debris Removal Attachment – 2011Y · 미국 AHMCT (Advanced Highway Maintenance and Construction Technology)	· 픽업트럭 차량에 장비를 부착하는 형태로 자동으로 도로 낙하물 수거 쓰레기 백 및 사슴(동물) 사체를 회수하는 장비 · 완전 정지 상태에서만 수거

구분	사진	장비명 및 제조사	특징 및 현황
국외		· Highway Large Debris Removal Machine - 2011Y · 미국 Gator Industries, Inc.	· 대형 트럭에 장비를 부착하는 형태 · 주행 중 도로 낙하물을 수거 가능 · 수거 시 최대속도 : 최고 80km/h · 대형 낙하물만 수거 가능 (작은 도로 낙하물 수거 불가)
		· (ARDVAC)Automated Roadway Debris Vacuum – 2007Y · 미국 AHMCT (Advanced Highway Maintenance and Construction Technology)	· 대형트럭을 개조하여 전용 장비로 활용 · 부피나 중량이 작은 낙하물 제거 · 진공을 활용 · 도로 청소 시 안전 향상 목적 · 완전 정지 상태에서 진공 수거
		· Super Duty Tow-Behined Magnetic Fod Sweepers · 미국 IPES International, Inc	· 주로 자동차의 뒷부분에 설치 · 금속 재질의 낙하물 수거 · 활주로 및 이면도로에서 주로 사용 · 자석을 이용 · 서행상태에서 수거
		· Road Rake 2000 · 미국 H Barber & Sons, Inc	· 주로 대형트럭의 트레일러 방식으로 설치 및 운용 · 컨베이어 전용 수거 치량 제작 · 서행상태에서 수거 · 서행 속도 : 1km/h~10km/h 수거
		· 850Mini · 이탈리아 DULEVO, INTERNATIONAL	· 주로 트럭을 개조하여 진공으로 · 도로 등을 청소 하는 시스템 · 진공을 활용한 청소 시스템 · 서행상태에서 수거 · 서행 속도 : 1km/h~10km/h 수거

- 도로 낙하물 수거 장비 개발을 위해서는 일반 상용차량에 대한 개조가 필수적이므로 이와 관련한 법적기준에 저촉 여부를 검토함
- “자동차 및 자동차부품의 성능과 기준에 관한 규칙(국토교통부, 2016.11)”을 검토한 결과 개조 시 필수적으로 고려되는 차량의 최저지상고 및 최대안전경사각도 부분은 법률기준에 위반되지 않는 것으로 나타남

<표 2-3-15> 관련 법령 검토 결과

조항	내 용	검토결과
제5조 (최저지상고)	공차상태의 자동차에 있어서 접지부분외의 부분은 지면과의 사이에 12센티미터 이상의 간격이 있어야 한다. ***다만, 특수작업용자동차, 경주용자동차등 국토교통부장관이 당해 자동차의 제작목적상 필요하다고 인정하는 자동차의 경우에는 그러하지 아니하다.***	개발 가능
제8조 (최대안전경사각도)	자동차(연결자동차를 포함한다)는 다음 각 호에 따라 좌우로 기울인 상태에서 전복되지 아니하여야 한다. ***다만, 특수용도형 화물자동차 또는 특수작업형 특수자동차로서 고소작업·방송중계·진공흡입청소 등의 특정작업을 위한 구조·장치를 갖춘 자동차의 경우에는 그러하지 아니하다.*** 1. 승용자동차, 화물자동차, 특수자동차 및 승차정원 10명 이하인 승합자동차: 공차상태에서 35도(차량총중량이 차량중량의 1.2배 이하인 경우에는 30도) 2. 승차정원 11명 이상인 승합자동차: 적차상태에서 28도	개발 가능

(2) "도로 낙하물" 정의 정립 및 장비 수요 조사

- 국내 도로조건에 적합한 장비 개발을 위해 도로 유지관리 업무를 수행하는 도로관리기관을 대상으로 설문조사를 수행함
- 국내·외 유사장비 특징 비교, 주요수요처 및 전문가 대상 수요조사 결과, 그리고 국내 자동차안전기준에 관한 규칙을 바탕으로 본 연구에서 추진하는 도로 낙하물 수거 장비에 대한 기본 설계 방향 및 최종 정량적 목표를 다음과 같이 제시함

■ 도로 낙하물 수거 장비를 장착한 차량이 최대 10km/h 속도로 주행하면서 작업이 가능하도록 제작
■ 국내 「자동차안전기준에 관한규칙」을 만족할 수 있도록 기술 개발
– 제2장, 제1절, 제4조 (길이·너비 및 높이)
1. 길이 : 13미터 (연결자동차의 경우에는 16.7 미터를 말한다)
2. 너비 : 2.5미터 (중간생략)
3. 높이 : 4미터
– 제2장, 제1절, 제5조 (최저지상고)
지면과의 사이에 12센티미터 이상의 간격이 있어야 한다.
– 제2장, 제1절, 제5조 (차량총중량 등)
자동차의 차량총중량은 20톤, 축중은 10톤, 윤중은 5톤을 초과하여서는 아니된다.
– 제2장, 제1절, 제8조 (최대안전경사각도)
1. 승용자동차, 화물자동차, 특수자동차 및 승차정원 10명 이하인 승합자동차 : 공차상태에서 35도(차량총중량)이 차량중량의 1.2배 이하인 경우에는 30도)
2. 승차정원 11명 이상인 승합자동차 : 적차상태에서 28도
■ 작업 중 안전을 위한 각종 시설물 설치가 가능하도록 제작 (작업 경고등(시각) 또는 경고음(청각) 등)
■ 운전자가 모니터를 통해 차량 하부의 수거 작업 진행 상황을 확인할 수 있도록 제작
■ 운전자 또는 동승자가 낙하물 수거장치를 조작할 수 있도록 제작
■ 차량의 구동안전성 및 작업 효율성을 위해 2.5톤 이상의 차량에 "낙하물 수거장치"를 설치

[그림 2-3-8] 교통콘 자동 설치·회수 장비 시뮬레이션

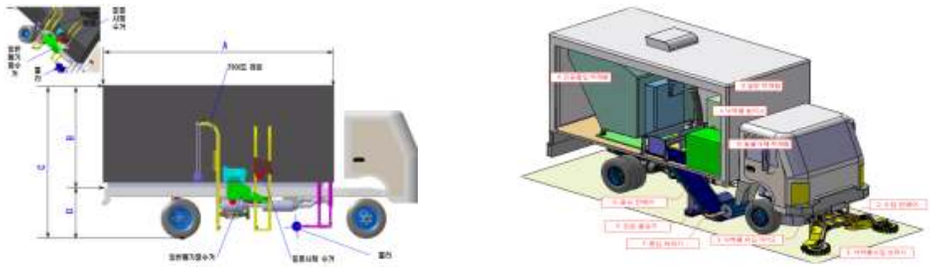
<표 2-3-16> 정량적 목표

차량종류	- 2.5톤 이상 장축 차량
수거중량	- 일반 낙하물 : 최대 5kg 내외 - 동물 사체 : 10kg 내외
수거용량	- 장비 1회 운영 시 수거 용량 : 1톤 내외
차량구조	- 동물 사체 및 일반 낙하물 모두 수거 가능한 구조 - 동물 사체 및 일반 낙하물을 구분하여 적재가 가능한 구조 - 국내 자동차 안전 기준을 충족 하는 구조
수거대상	- 모래 및 자갈류 - 동물사체 및 교통사고 잔해물류 - 교통소통에 방해되는 낙하물 (예: 플라스틱 박스, 나뭇조각, 종이박스)

(3) 도로 낙하물 수거 장비 기초 연구 및 설계

(가) 기본 설계

- 국내·외 유사장비 특징 비교, 주요수요처 및 전문가 대상 수요조사결과, 그리고 국내 자동차안전기준에 관한 규칙을 근거로 본 연구개발에서 추진하는 도로 낙하물 수거 장비에 대한 기본설계를 제시함 (동력인출장치, PLC 제어컨트롤러 등 동일 설계 적용)



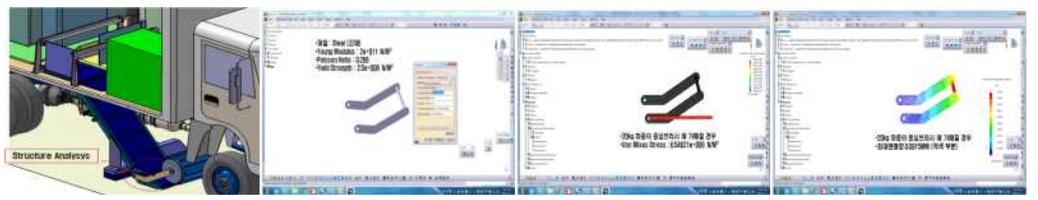
[그림 2-3-9] 도로 낙하물 수거 장비 기본설계 및 3차원 설계

<표 2-3-17> 모듈별 용어 정의

용 어	설 명
낙하물 수집브러시	낙하물을 수거 장치가 있는 위치로 이동시키기 위해 쓸어서 방향을 변환하여 모으는 기구
수집 컨베이어	낙하물을 낙하물 유도 가이드가 있는 위치로 이동시키는 기구
낙하물 유도 가이드	낙하물을 수거 장치가 있는 위치로 유도하는 기구
낙하물 분리소	동물사체와 일반낙하물을 구분하는 기구
진공 흡입구	1차 수거 시 활용되는 진공 형태의 낙하물 흡입구
중심 컨베이어	차량하부에서 수거 시 적재함까지 이송하는 기구
중심 브러시	수거 작업 시 낙하물을 중심 컨베이어로 쓸어 올리는 기구
일반 적재함	수거한 낙하물을 적재하는 공간
진공흡입 적재함	진공흡입 장치로 수거한 낙하물을 적재하는 공간
동물사체 적재함	수거된 동물사체만을 적재하는 공간

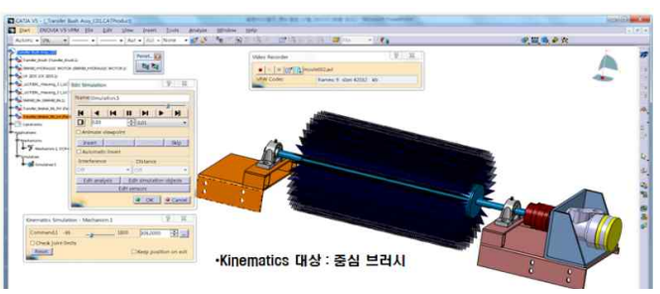
(나) 구조해석 및 시뮬레이션

- 카티아는 항공기 및 자동차 설계 등에 주로 사용되는 3차원 설계 및 해석 솔루션으로 3차원 설계된 부품의 실제 사용조건을(예, 부하 하중, 비틀림 등)을 수치상으로 적용하여, 실제 부품이 받는 물리적 특성을 해석하여 설계된 부품의 기구적 설계 적정성을 평가하는 프로그램으로 유한요소 강도해석 및 시뮬레이션을 위해 사용함
- 따라서 본 연구에서는 카티아로 모델링한 낙하물 수거장치의 구조해석(Structure Analysis)을 통해 설계 단계에서 구조물의 적절한 강도 및 강성을 평가함
- 구조해석은 모든 부품의 재질 별로 수행을 하였으며, 모든 부품의 재질강도에 대한 안전율이 높은 것으로 나타났음. 다음 그림은 중심브러시에 사용되는 강철재질에 대한 구조해석 결과임

구조해석을 위한 적용 기준	• 부품명 : 중심브러시 • 재질명 : 강재(강철재질) • 적용 기준 – Young Modules : 2e+011 N/㎡ –Poisson Ratio : 0.266 –Yield Strength : 2.5e+008 N/㎡ • 적용 하중 : 20kg 적용
구조해석 결과	• Von Mises Stress : 6.54621e+006 N/㎡ • 최대 변형량 : 0.0915mm 

[그림 2-3-10] 중심브러시에 대한 구조해석(Structure Analysis) 결과 예시

- 또한, 카티아로 모델링한 낙하물 수거장치의“DMU(Digital Mock Up) Kinematics” 워크 벤치를 통하여, 중심컨베이어 시험 장치에 대한 시뮬레이션을 진행하여 시험장치의 적절성을 설계 단계에서 평가함

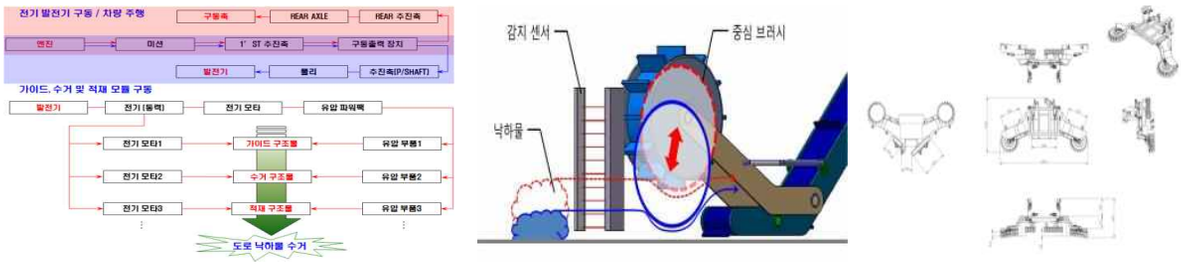
시뮬레이션 준비	• 카티아 상에서 동력부여를 위해 가상의 유압/전동 모터 기능 구현
시뮬레이션 결과	• 다른 부품과의 충돌(Crash), 이격도(Distance), 간섭(Band)에 대한 시뮬레이션 결과 이상 없이 정상적으로 작동되는 것을 확인함 

[그림 2-3-11] 중심브러시에 대한 시뮬레이션 결과 예시

(4) 도로 낙하물 수거 장비 핵심 모듈 설계

(가) 동력부 및 센서부 설계

- 도로 낙하물 수거 작업 시 차량이 저속으로 주행하면서, 수거 장비에 동력을 전달해주는 동력부와 도로 상에 떨어져 있는 다양한 낙하물의 높이를 감지하여 빠르게 수거하기 위한 센서부에 대한 설계를 수행함
- 3차년도 도로 낙하물 수거 장비 시제품 제작을 위해 기구 부품별 상세 설계도(2D 도면)를 작성함



[그림 2-3-12] 동력부 및 센서부 설계

(나) 적재부 설계

- 적재부를 세 가지(진공, 일반낙하물, 동물사체 수거 적재부)로 분리하여 설계함
  - 낙하물 수거 시 운전자 또는 작업자가 CCTV 모니터링을 통해 낙하물 종류에 따라 해당 적재함으로 이송함
  - 적재함은 위생 및 세척이 쉽도록 스테인리스 및 플라스틱으로 설계함



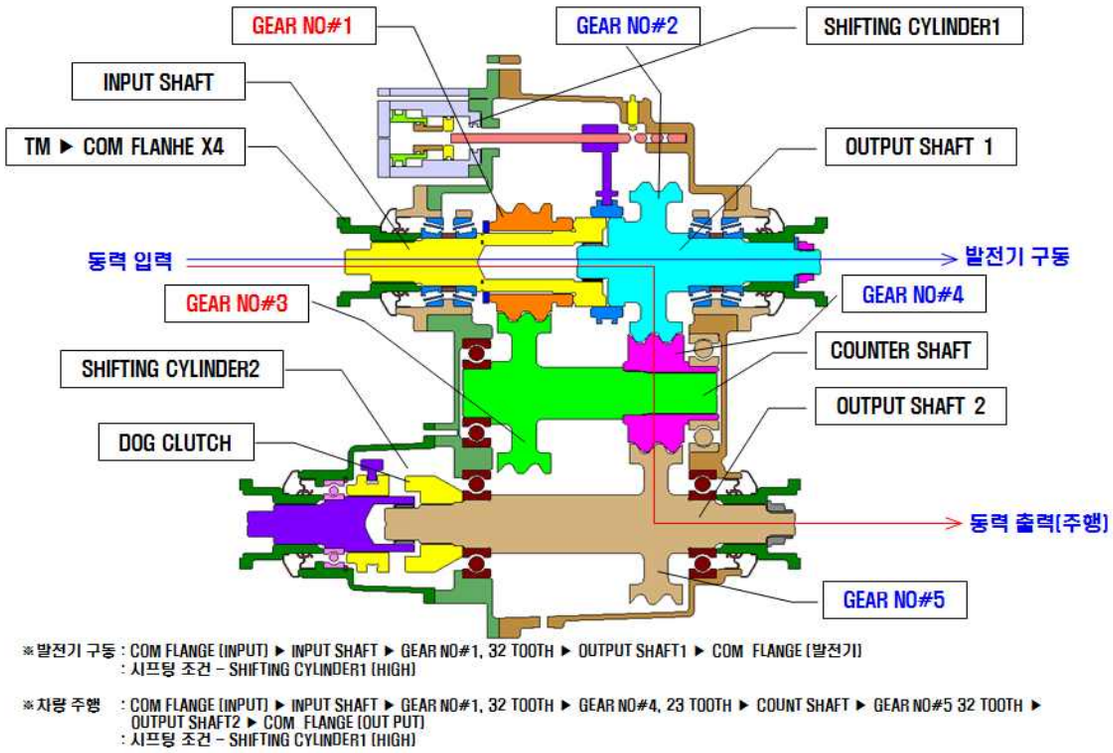
진공적재부		일반 낙하물 적재부		동물사체 적재부	
재질	철재	재질	철재	재질	스테인리스
크기(㎥)	4.2	크기(㎥)	2.8	크기(㎥)	2.2
–		–		서랍형 플라스틱 박스	

[그림 2-3-13] 적재부 설계도 및 세부사양

(다) 동력인출장치 설계 및 개발

- 동력인출장치는 차량거동 이외에 다른 작업을 위해 엔진 등에 동력을 인출하는 장치임

- 개발 장비를 통해 낙하물 수거 시 여러 가지 유압장치와 전동모터가 필요하며, 이러한 기구부를 작동하기 위한 추가 동력인출장치가 필요함
- 본 연구에서는 비용 대비 활용성이 우수한 차량엔진의 동력을 인출하여 사용하는 방안을 활용함



[그림 2-3-14] 동력인출장치 3차원 설계도

- 동력인출장치의 무부하 온도테스트를 통해 개발된 제품성능에 이상이 없음을 검증하였음

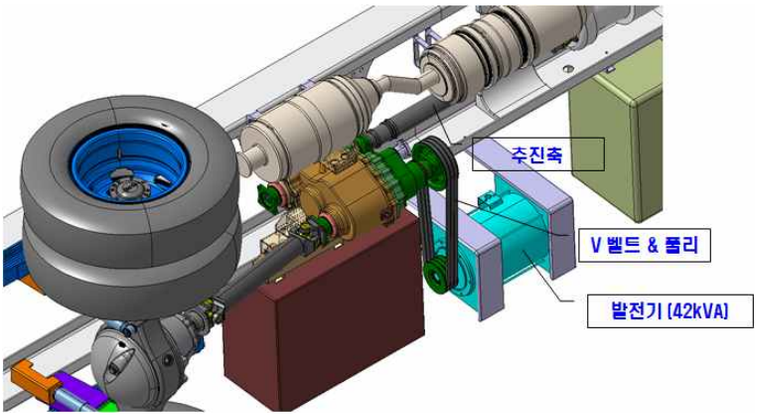


[그림 2-3-15] 동력인출장치

(라) 동력발생장치 및 비상전원 장치 설계

- 비상상황 발생 시 발전기로의 동력전달부분과 비상전원 용량 및 사용 시간 등을 설정하기 위한 목적으로 비상전원 장치를 설계함
- 개발 장비 사용 중 발전기 고장 등에 의하여 비상상황이 발생했을 때 안전 확보를 위하여

(수거장치의 가동 정지 및 수거차량의 정상속도(80km/h) 도달 시까지) 고장 이 후, 약 30분 이상 경광등, 방향 지시등 작업, 알람 방송을 지속하여 비상상황에서 벗어날 수 있도록 함



[그림 2-3-16] 비상상황 시 비상전원을 위한 발전기 설계도

<표 2-3-18> 비상전원 사용 부품 및 구성

구 분	사 진	내 용
작업 시 방향 유도등		· LED 사용 · 전력소모량: 50W · 전압: 12V or 24V · 조작: 운전석 리모컨 · 사이즈: 1600X800mm 1600X600mm
작업 시 주의 경광등		· LED 경광봉 사용 · 전력소모량: 100W · 전압: 12V or 24V · 조작: 운전석 리모컨 · 외부 방송 가능 · 사이즈: 1100mm, 1200mm 1500mm
작업 시 주의 알람 및 앰프		· 작업 경고용 앰프 · 주파수: 610~690Hz · 사이클: 50
비상 전원 구성	· 동시 1시간 사용 전기 소비 용량 : 200Watt (여유량 포함) · 밧데리 구성 : 자동차 전원 별도로 구성 (독립 전원 구성) · 밧데리 용량 : 2kWatt급 별도의 밧데리로 구성 · 차량 전원과 별도로 회로를 구성 · 발전기 구동 시, 여유 전력을 저장	

(마) 진공력 시험장치 개발 및 시험

- 차량의 주행 속도, 도로 낙하물의 종류 및 크기, 형태, 흡기구의 크기, 흡기구의 설치 높이를 고려하여 시작품을 제작하고, 테스트 결과 90% 이상의 정확도를 검증하였음



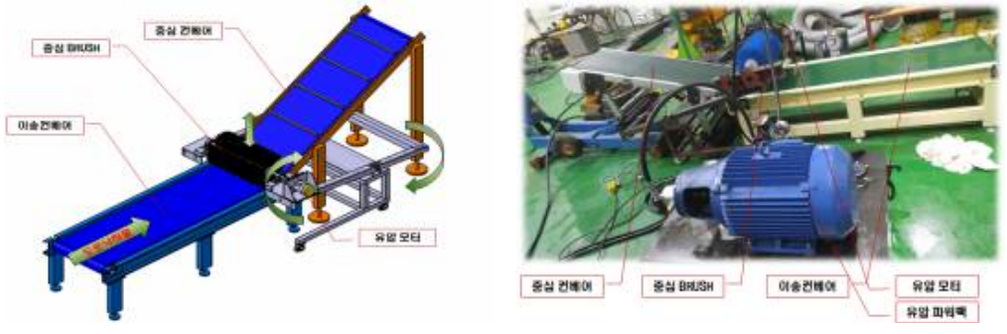
[그림 2-3-17] 진공력 시험장치

<표 2-3-19> 도로 낙하물 수거 진공시험 조건

구 분		조 건
이송 컨베이어	속도	10km/h
유압 파워팩	압력	100bar
	전력	220V 3상
	전동모터	15kW (20HP)
	유압 블록 및 밸브 설치	
진공 흡입구	크기 (mm)	300 X 250
	높이(도로면~바닥면)	70mm
시험 방법	반복 횟수	10회

(바) 낙하물 수거 시험장치 개발 및 시험

- 차량의 주행속도, 도로 낙하물 이송속도, 도로 낙하물의 종류 및 크기, 형태 등을 고려하여 시작품을 제작하였으며, 테스트 결과 90% 이상의 정확도를 검증하였음



[그림 2-3-18] 낙하물 수거 시험장치

<표 2-3-20> 시험조건

구 분		시험조건
이송 컨베이어	속도	10km/h
브러시와 유압모터	압력	30~35bar
	브러시 외경	300mm
	높이	수거물 높이-10%~20%
중심컨베이어	속도	5km/h
	경사각	25°
	거리 (브러시~중심컨베이어)	240mm
	높이 (도로면~바닥면)	25~30mm
시험 방법	반복 횟수	10회

3차년도 연구 주요 내용

- 3차년도에는 도로 낙하물 수거 장비의 낙하물 수거 시 수거속도에 따른 안전 감속거리를 도로유형별·등급별·관리기관별 특성을 고려하여 활용하도록 하기 위한 운영 방안을 수립함
- 또한, 잠재적 수요처 전문가 설문조사 결과(낙하물 1회 수거 시 수거량 : 약 1톤) 및 차량 설치 장비의 무게(약 1.5~2톤)를 고려하여 개발차량 선정을 통해 시제품을 개발함

(1) 도로 낙하물 수거 장비 운영 방안 정립

(가) 국내 도로조건·작업조건에 따른 장비 활용 방안

- 낙하물 수거 작업 시 해당 구간의 교통류에 미치는 영향과 수거 차량 자체의 작업 안전성에 대한 효과 평가를 위해 교통 시뮬레이션 모형인 VISSIM을 활용하여 시나리오별로 평가할 수 있는 환경을 구축함
- 도로 낙하물 수거 장비의 안전·적정 감속거리 산정식 활용을 통해 적정 감속거리를 산정하는데 가장 중요한 요소인 종단경사의 유·무를 고려함 (도로유형별·등급별·관리기관별 특성을 고려)

▸ 종단경사가 없는 경우

$2ad = v^2 - v_0^2$ 에서 $d = \frac{v^2 - v_0^2}{2a}$

여기서,

d : 감속거리, m

a : 감속도, mps^2

v : 초기속도(접근속도), kph, mps^2

v_0 : 나중속도(수거속도), kph, mps^2

▸ 종단경사가 있는 경우

$\frac{1}{2}mv^2 = mgfd + \frac{1}{2}mv_0^2 \rightarrow d = \frac{v^2 - v_0^2}{2gf}$

(종단경사 반영) $\rightarrow d = \frac{v^2 - v_0^2}{2g(f+s)}$

여기서,

m : 차량의 무게, kg

g : 중력가속도, mps^2

f : 노면마찰계수

s : 종단경사, %

[그림 2-3-19] 도로 낙하물 수거 장비의 안전·적정 감속거리 산정식

- 도로 낙하물 수거 장비로 부터 낙하물까지의 접근속도, 수거차량의 감속도, 수거차량의 작업 시 속도에 따른 감속거리 산정은 다음 표와 같음 (단, 종단경사가 없는 경우)

<표 2-3-21> 도로 낙하물 수거 장비의 접근속도, 감속도, 수거 속도에 따른 감속거리 산정

접근속도 80kph		수거속도(kph)			
		5	10	15	20
감속도 (mps2)	2	123.0	121.5	119.1	115.7
	3	82.0	81.0	79.4	77.2
	4	61.5	60.8	59.6	57.9
	5	49.2	48.6	47.6	46.3

접근속도 90kph		수거속도(kph)			
		5	10	15	20
감속도 (mps2)	2	155.8	154.3	151.9	148.5
	3	103.8	102.9	101.3	99.0
	4	77.9	77.2	76.0	74.3
	5	62.3	61.7	60.8	59.4

접근속도 100kph		수거속도(kph)			
		5	10	15	20
감속도 (mps2)	2	192.4	191.0	188.6	185.2
	3	128.3	127.3	125.7	123.5
	4	96.2	95.5	94.3	92.6
	5	77.0	76.4	75.4	74.1

접근속도 110kph		수거속도(kph)			
		5	10	15	20
감속도 (mps2)	2	232.9	231.5	229.1	225.7
	3	155.3	154.3	152.7	150.5
	4	116.5	115.7	114.5	112.8
	5	93.2	92.6	91.6	90.3

(나) 낙하물 수거 장비 운영 시나리오 정립

- 기본적인 낙하물 수거 장비 운영 시나리오를 ① 도로낙하물이 없는 경우, ② 도로낙하물이 있지만 수거차량이 없는 경우, ③ 도로낙하물이 있고, 수거차량이 수거활동을 수행하는 경우로 설정함

<표 2-3-22> 상위개념의 시나리오 구성

구분	상위 시나리오 1	상위 시나리오 2	상위 시나리오 3
도로낙하물	X	O	O
수거차량	X	X	O

- 주요 변수로는 수거차량의 접근속도, 감속도, 수거작업 시 속도, 낙하물이 있는 상태에서의 교통량 조건, 차로수, 도로등급, 도로형식, 도로기하구조, 도로 낙하물이 떨어져 있는 형태를 고려함

<표 2-3-23> 하위 시나리오별 변수

변수		정의 및 범위	
수거차량	접근속도	80,90,100,110km/시	
	감속도	2,3,4,5mps^2	
	수거작업시 속도	5,10,15,20km/시	
교통량		1,000~5,000대/시까지 500대/시	
차로수		편도 2,3,4 차로	
도로등급		고속도로 일반국도	
도로형식		기본구간, 엇갈림구간	
도로기하구조		종단구배 -5~5%까지 1%씩 증가	
도로낙하물의 성격 (크기, 부피)		크기	부피
		단일지점	단일차로
		단일지점	다차로
		연속구간	단일차로
		연속구간	다차로

- 최종 시나리오에 대한 효과척도(Measure of Effectiveness)는 이동성(Mobility)과 안전성(Safety) 으로 설정함
- 이동성(Mobility) 관련 효과척도는 차량 지체(초/대, 시공도를 통한 차량 궤적의 차이 분석 등이 활용될 계획이며, 안전성(Safety)에 대한 효과척도는 충돌에 소요되는 시간 (Time-to-collision)을 활용함



<별도의 교통통제가 필요 없는 경우> <별도의 교통통제가 필요한 경우>

[그림 2-3-20] 도로 낙하물 수거 장비 운영 시나리오(예)

(2) 도로 낙하물 수거 장비 시제품 개발

(가) 차량 선정

- 시제품 제작을 위한 개발차량은 잠재적 수요처 전문가 설문조사 결과(낙하물 1회 수거 시 수거량 : 약 1톤) 및 차량 설치 장비의 무게(약 1.5~2톤)를 고려하여 최종적으로 3.5톤 상용 차량을 개발차량으로 선정함

<표 2-3-24> 3.5톤 상용 트럭의 일반현황 및 개조 현황

구분			마이티 상용 트럭 (3.5톤)		
			개조 전	개조 후	비고
			장축고상	–	–
일반	전장 (mm)		7,020	7,310	+290
	전폭 (mm)		2,180	2,312	+132
	전고 (mm)		2,360	약 3160	+800
	적재부	장 (mm)	4,850	5,006	+156
		폭 (mm)	2,060	2,312	+252
		고 (mm)	380	2,010	+1,630
	축간거리 (mm)		3,950	변경 없음	–
	최대 적재량 (kg)		3,500	변경 없음	–
	엔진명		F170	변경 없음	–
엔진	총배기량(L)		3,933	변경 없음	–
	엔진성능 (PS/kgm)		170/62	변경 없음	–
	연료탱크용량 (L)		150	변경 없음	–
타이어	전축		205/75R17.5-10PR	변경 없음	–
	후축		205/75R17.5-10PR	변경 없음	–

(나) 차량 개조

- 효율적인 낙하물 수거의 공간 확보를 위해 앞 차축을 개조함(기존: 195mm→개조: 300mm)
- 도로 낙하물 수거 장비의 적재 공간을 확보하기 위하여 차량 프레임을 기존 적재부 보다 290mm 더 길게 개조함 (자동차 및 자동차부품의 성능과 기준에 관한 규칙(국토교통부) 기준 만족)

개조 전 (195mm – 공차상태)	개조 후(300mm - 공차상태)
	

[그림 2-3-21] 앞 차축의 개조 전·후 비교

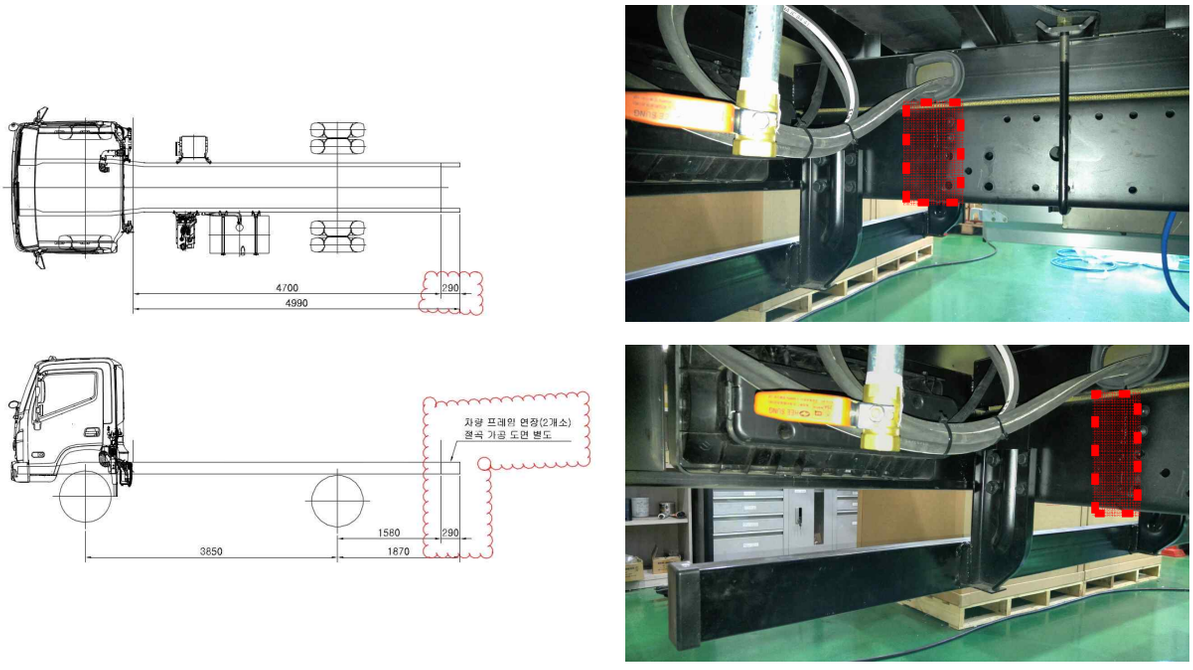
(다) 적재부

- 도로 낙하물 수거 장비의 적재 공간을 확보하기 위하여 차량 프레임을 기존 적재부 보다 290mm 더 길게 개조함
- 자동차 및 자동차부품의 성능과 기준에 관한 규칙(국토교통부, 2017.1.9.)의 자동차 안전 기준을 검토하여 기준에 부합하도록 개조하였음
  - 가장 앞의 차축중심에서 가장 뒤의 차축중심 까지의 수평거리 : 3850mm
  - 가장 뒤의 차축중심 까지의 수평거리의 2분의 1 이하일 것 : 1925mm 이하
  - 프레임 연장 후, 가장 뒤의 차축중심 까지의 수평거리 : 1870mm

<표 2-3-25> 자동차 및 자동차부품의 성능과 기준에 관한 규칙(국토교통부, 2017.1.9.)

제19조(차대 및 차체)

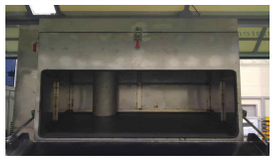
3. 자동차의 가장 뒤의 차축 중심에서 차체의 뒷부분 끝(범퍼 및 견인용장치등을 제외한다)까지의 수평거리(“뒤 오우버행“을 말한다)는 가장 앞의 차축 중심에서 가장 뒤의 차축중심 까지의 수평거리의 2분의 1(경형 및 소형 자동차의 경우에는 20분의 11, 승합자동차와 화물을 차체밖으로 나오게 적재할 우려가 없는 자동차의 경우는 3분의 2)이하일 것



[그림 2-3-22] 적재부 개조를 위한 설계도면 및 사진

(라) 차량과 세부 모듈간 통합(Integration)

- 동력부, 기구부, 적재부, 제어부를 최종적으로 도로 낙하물 수거 장비에 통합(Integration)하는 작업을 수행함
  - 동력부 : 동력부 모듈은 유압 파워팩과 중심 컨베이어를 구동시키며, 후방 작업표시판 작동을 위한 전기를 공급해 주는 역할
  - 기구부 : 기구부 모듈은 차량 전방에 위치한 낙하물을 차량 중심으로 유도하는 장치로 유압모터, 공기 압축기, 에어 실린더, 프레임으로 구성됨
  - 적재부 : 적재부는 일반 낙하물 적재부와 동물 사체 적재부로 구분됨
  - 제어부 : 차량주행 및 작업 시 필요한 안전 모듈을 제어하기 위한 모듈로 구성됨

동력부	기구부	적재부	제어부
			
			

[그림 2-3-23] 도로 낙하물 수거 장비 모듈별 시제품

(마) 도로 낙하물 수거 장비(모듈별) 검증 및 테스트

- 안전 모듈(유도등, 경광등, LED 표시등), 모니터링 시스템, 전방 브러시 모듈, 진공흡입 모듈, 중심 컨베이어 모듈, 동물사체 분리 모듈에 대해 각 10회씩 작동 여부 테스트 결과 작동 성공률 100% 달성함(정성적 성과 목표 : 90% 이상)

<표 2-3-26> 모듈별 테스트 기준

구분	테스트 기준	평가 결과	기여율
안전 모듈	· 스위치 ON :경광등 2개가 정상으로 작동 할 것 · 스위치 OFF :경광등 2개가 꺼질 것	10회 작동 – 성공 33%	33%
	· 유도 방향 지시등 ON :지시등이 정상작동 할 것 · 유도 방향 지시등 OFF :지시등이 꺼질 것	10회 작동 – 성공 33%	33%
	· 작업 표시판 ON : 표시판이 정상 작동 할 것 · 작업 표시판 OFF : 표시판이 꺼질 것	10회 작동 – 성공 33%	33%
	· 모듈 별로 10회씩 테스트 수행 · 정량적 성과 목표 : 90% 이상 달성 여부	100%	100%
모니터링 시스템 모듈	· 스위치 : 정상 작동 여부 · CCTV 1.2.3 및 모니터 1.2.3 화면 출력 : 정상 작동 여부	10회 작동 – 성공 100%	100%
	· 모듈 별로 10회씩 테스트 수행 · 정량적 성과 목표 : 90% 이상 달성 여부	100%	100%
전방 로봇암 및 브러시 모듈	· 수거 준비 : 낙하물 수거 위치로 정확히 전개	10회 작동 – 성공 33%	33%
	· 수거 작업 중 : 전방 로봇암 및 브러시의 정확한 동작 수행	10회 작동 – 성공 33%	33%
	· 주행 준비 : 수거 위치에서 대기위치로 정확한 복귀	10회 작동 – 성공 33%	33%
	· 모듈 별로 10회씩 테스트 수행 · 정량적 성과 목표 : 90% 이상 달성 여부	100%	100%
진공흡입 모듈	· 수거 준비 : 낙하물 수거 위치로 정확히 이동	10회 작동 – 성공 33%	33%
	· 수거 작업 중 : 진공흡입 모듈의 정확한 동작 수행	10회 작동 – 성공 33%	33%
	· 주행 준비 : 수거 위치에서 대기위치로 정확한 복귀	10회 작동 – 성공 33%	33%
	· 10회씩 테스트 수행 · 정량적 성과 목표 : 90% 이상 달성 여부	100%	100%
중심 컨베이어 모듈	· 수거 준비 : 낙하물 수거 위치로 정확히 이동	10회 작동–OK 33%	33%
	· 수거 작업 중 : 진공흡입 모듈의 정확한 동작 수행	10회 작동–OK 33%	33%

구분	테스트 기준	평가 결과	기여율
	· 주행 준비 : 수거 위치에서 대기위치로 정확한 복귀	10회 작동-OK 33%	33%
	· 10회씩 테스트 수행 · 정량적 성과 목표 : 90% 이상 달성 여부	100%	100%
동물사체 분리 모듈	· 동물사체 분리 모듈 ON : 동물사체 적재부로 낙하물 적재	10회 작동-OK 50%	50%
	· 동물사체 분리 모듈 OFF : 일반 적재부로 낙하물 적재	10회 작동-OK 50%	50%
	· 10회씩 테스트 수행 · 정량적 성과 목표 : 90% 이상 달성 여부	100%	100%

안전모듈			모니터링시스템
후방차량유도방향지시등	경광등	작업표시판	
			
전방 브러시 모듈	진공흡입 모듈	중심 컨베이어 모듈	동물사체 분리 모듈
			

[그림 2-3-24] 도로 낙하물 수거 장비 모듈별 검증 및 테스트

4차년도 연구 주요 내용

- 도로 낙하물 수거 작업시 교통안전 및 효율적인 교통 소통확보를 위해 도로 낙하물 수거 장비의 운영 및 관리 방안에 대해 제시함
- 도로 낙하물 수거 장비 시제품의 실제 수거 성능을 확인하기 위하여 다양한 낙하물 더미를 설정하여 실제 도로에서 수거 시험을 수행함

(1) 도로 낙하물 수거 장비 상용화 및 운영 방안 마련

(가) 도로 낙하물 수거 장비 상용화 방안 마련

- 본 연구에서 개발된 도로 낙하물 수거 장비는 수요자 요구에 따라 제품 구성이 가능하도록 함
  - 진공 흡입 기능, 낙하물 분리 적재 시스템, 프런트 가이드 (브러쉬 타입, 블레이드 타입), 단일적재함, 기타 안전시설 등 도로관리 특성에 따라 제품을 구성할 수 있음
- 도로 낙하물 수거 장비는 기능별로 옵션화(option)하여 상용화 시 가격 경쟁력을 확보
  - 기본옵션 : 특장기술, 차량하부 가이드 시스템, 프런트 가이드, 컨베이어 시스템
  - 고급옵션 : 진공흡입, 낙하물 분리 적재 시스템, 프런트 가이드(브러쉬 타입), 자동 동력발생시스템

(나) 도로 낙하물 수거 장비 운영 및 관리 시나리오 제시

- 실제 도로에서 도로 낙하물 수거 장비가 낙하물 수거 시 도로 작업자와 도로 이용자 모두의 안전 확보 및 효율적인 교통 소통확보를 위해 일반적인 작업 방법·주의 사항·운영 방안 등을 “도로 낙하물 수거 차량 운영 매뉴얼”에 별도로 제시함

<표 2-3-27> 도로 낙하물 수거 차량 운영 매뉴얼 주요 내용

구 분	내 용
일반사항	도로 낙하물 수거 장비 운영과 관련된 일반사항에 대해 제시함
구체적인 작업 방법	완전기계수거(Fully Automation), 반기계수거(Semi-Automation), 인력수거로 구분하여 도로 낙하물 수거 장비의 구체적인 운영 방법을 제시함
교통 운영 및 안전상 주의 사항	특정 차로수와 특정 교통량에서 낙하지점 위치가 확인된 경우, 수거차량의 접근 위치에 따라 권장 감속 거리를 제시함
수거 차량 운영·관리 전략	도로 낙하물 수거 장비의 운영 및 유지관리와 관련된 세부사항들에 대해 제시함

(2) 도로 낙하물 수거 장비 매뉴얼 개발

(가) 도로 낙하물 수거 장비의 구조 및 물리적인 작동 방법 제시

- 도로 낙하물 수거 장비의 구조 및 물리적인 작동 방법은 “도로 낙하물 수거 장비 사용자 매뉴얼”에 제시함
- 도로 낙하물 수거 장비의 작동 방법은 컨베이어와 진공흡입으로 구분하여 제시하였으며, 기본적인 작동 순서는 총 13가지로 구성됨

<표 2-3-28> 도로 낙하물 수거 장비의 기본 작동 방법

단계	기본 작동 방법
1	엔진 발전기를 작동 시킨 후 전기 차단기 스위치를 ON으로 조작
2	양측 측면 적재함 및 윙탑 닫음
3	운전석 엔진 시동
4	제어판/모니터 출력 확인 (수동모드 확인)
5	각 전원 및 경고등, 유압펌프 전원, 유압펌프 작동, 컨베이어 전원, 콤프레셔 작동 확인
6	콤프레셔 작동 2~3분 후 낙하물 전방 브러시-펼침 OFF 및 상승 여부 확인
7	중심 브러시-가이드 닫힘 여부 확인
8	컨베이어 상승 및 안전장비 작동 여부 확인
9	낙하물 수거 장소로 이동 (권장 주행속도 80km/h)
10	낙하물 확인 후 차량 감속 (10~25km/h 이하)
11	진공 또는 컨베이어 작동 여부 결정
12	전방 브러시 조작
13	하부 가이드 및 중심 브러시 조작

- 장비 작동은 기본적으로 조종원 1인이 쉽게 조작 가능하도록 통합 제어 컨트롤러(스위치 형태)로 구성됨



[그림 2-3-25] 통합 제어 컨트롤러

(나) 도로 낙하물 수거 장비의 오작동 발생 원인별 조치 사항

- 낙하물 수거 현장에서 발생 가능한 도로 낙하물 수거 장비의 오작동 문제를 검토하여 이에 따른 발생원인 및 조치사항들을 다음과 같이 제시함

<표 2-3-29> 도로 낙하물 수거 장비의 기본 작동 방법

NO	오동작 현상	발생원인	조치사항
1	통합 컨트롤러 조작 오류	수동·자동 모드 선택 오류	수동작업시, 수동모드 자동작업시, 자동모드 확인
2	발전기 작동 중단 현상	냉각수 부족	냉각수 보충
3	유압 파워팩 내의 오일 기포 발생	유압 오일의 온도 상승	유압쿨러 스위치 작동
4	수거장치 거동 지연 현상	에어 콤프레셔 탱크 압력 부족	2~3분 정도 대기 후 재작동
5	유압펌프 작동 지연 현상	발전기 전기 포화 시간 부족	1~2분 정도 대기 후 재작동

(다) 도로 낙하물 수거 장비의 주요 인벤토리(Inventory) 작성

- 도로 낙하물 수거 장비 시제품 개발 시 고 사양의 개별 모듈들을 개발하여 적용함
- 향후 개별 모듈은 유사 상용품 또는 제품 옵션 사양에 따라 적정 모듈로 교체가 가능함

<표 2-3-30> 도로 낙하물 수거 장비의 주요 인벤토리(Inventory)

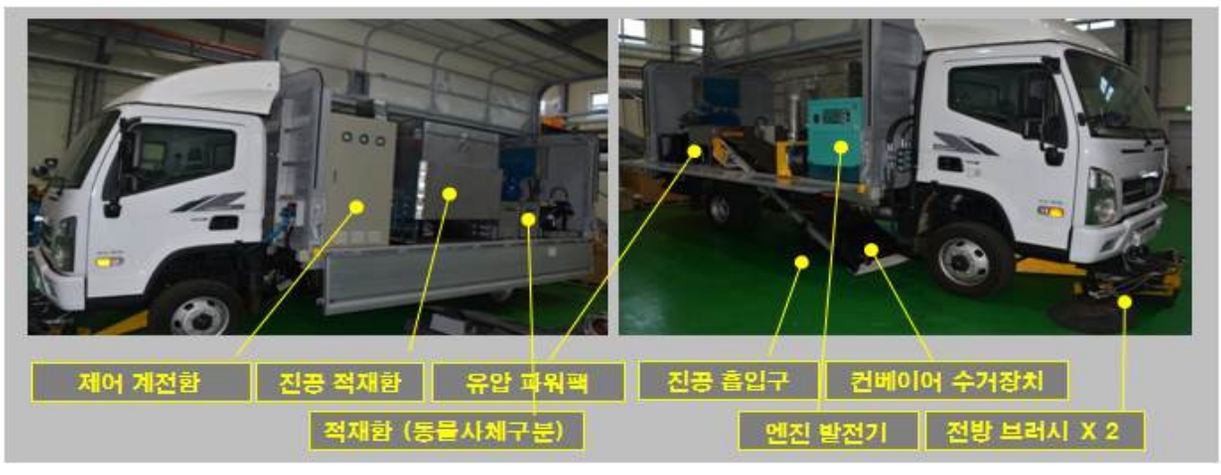
NO	개발 모듈	모델명	규격
2	전축-SPECIAL	-	자체개발
3	마이티 개조 관련 부품	-	자체개발
4	브레이크 허브 외	-	자체개발
5	마이티 드라이브 샤프트	-	자체개발
6	윙탑 및 관련 부품	-	자체개발
7	적재함 관련 구조물 등	-	자체개발
8	컨베이어	-	자체개발
9	컨베이어 장착 프레임	-	자체개발
10	컨베이어 관련 부품	-	자체개발
11	유압 모터 (컨베이어 브러시)	BESKO(득인)	SMR80
12	엔진 발전기	젠스타 GD38S	2000cc 엔진 220V/380V출력 정격 31kVA 출력률:80%
13	유압 모터 (유압 파워팩)	KMH-30HUB	(22kW)30HP-6P
14	유압 펌프 (유압 파워팩)	AH45-세원유압	21.5cc/rev.

15	에어 컴프레셔	에어 컴프레샤	3HP
16	배터리 (비상전원)	SP1000-12V	12V-100AH
17	릴레이 스위치 (비상전원)	VSR	140AMP
18	유압 모터 (진공흡입)	DUELVO	-
19	진공 FAN 어셈블리	DUELVO	2400~2700RPM
20	유압모터 (전방 브러시)	BESKO(득인)	SMR80
21	전방 브러시	PPL	250mm
22	적재함 관련 부품	-	-
23	에어 실린더	-	-

(3) 도로 주행 테스트를 통한 개발 장비 신뢰성 확보

(가) 도로 주행 테스트를 통한 장비의 신뢰성 검증 및 보완

- 도로 주행 테스트는 선정된 낙하물 더미를 제한된 도로환경 내에서 반복(총 10회) 수거시험하고 이를 근거로 수거 성공률을 분석하는 형태로 수행함
- 먼저 도로 낙하물 수거 장비를 제한된 도로 환경에서 주행 시험을 하기 위해 개발된 모듈별로 작동 이상여부를 점검함



[그림 2-3-26] 도로 주행 테스트를 위한 장비 점검

- 도로 낙하물 시험 시 수거 위치는 크게 차로 중앙, 중앙분리대, 길어깨 총 3부분으로 구분하여 낙하물의 수거 위치에 따른 편차를 검증 할 수 있도록 함
- 또한, 도로 낙하물 수거 장비 시제품의 수거 성능을 확인하기 위하여 다양한 낙하물 더미

설정을 통해 수거 시험을 실시하였으며, 도로 낙하물 더미는 동물사체에서부터 캔까지 사이즈 및 중량을 기준으로 구분하여 테스트를 수행함

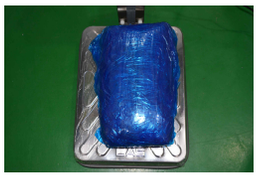


[그림 2-3-27] 낙하물 수거 위치

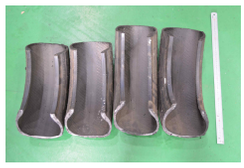
NO1 : 동물사체 더미 (고라니) 9.11kg



NO2 : 동물사체 더미 (고양이) 2.46kg



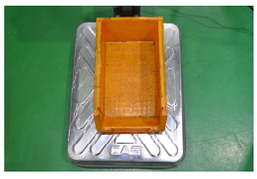
NO3 : 타이어 16인치 조각 5.42kg



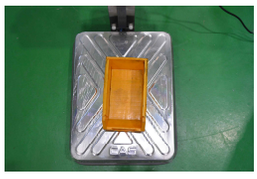
NO4 : A박스 (플라스틱) 0.76kg



NO5 : 부품박스L (플라스틱) 0.6kg



NO6 : 부품박스M (플라스틱) 0.26kg



NO7 : 부품박스(S) (플라스틱) 0.12kg



NO8 : 목재L 1.88kg



NO9 : 목재(S) 0.8kg



NO10 : 1리터 PET병 0.04kg



NO11 : 0.3~0.5리터 PET병 0.02kg



NO12 : 0.3~0.5리터 맥주 캔 0.03kg



NO13 : 신발(안전화) 0.62kg



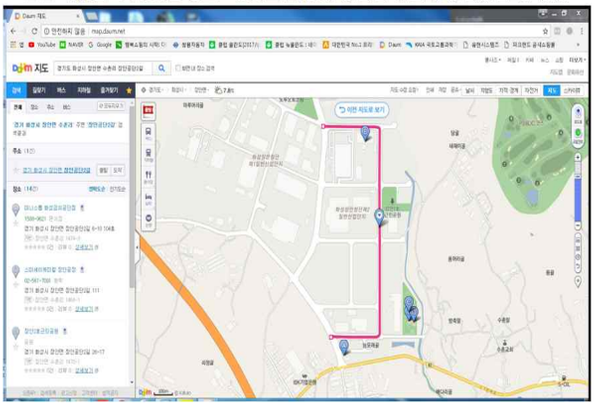
[그림 2-3-28] 도로 낙하물 시험 더미

● 도로 낙하물 수거 장비 시제품의 수거 성능 확인을 위해 다양한 낙하물 더미 설정을 통해 수거 시험을 다음과 같이 실시하였으며, 시험결과 동작 정확도 90% 이상 만족하는 결과를 도출함

<표 2-3-31> 낙하물 수거 시험 방법

시험 장소	경기도 화성시 일원의 공단 도로
시험 방법	10~25km/h 주행속도로 다양한 도로 낙하물 더미 수거
평가 방법	총 10회씩 반복 시험을 통한 성공률 평가
도로 낙하물 낙하 위치	차로중앙, 중앙분리대, 길어깨로 구분하여 실시

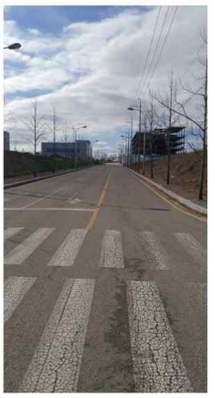
도로 낙하물 수거 시험 장소 : 경기도 화성시 장안면 수촌리 장안공단2길 일원



도로 낙하물 수거 시험 장소 : 경기도 화성시 장안면 수촌리 장안공단2길 일원







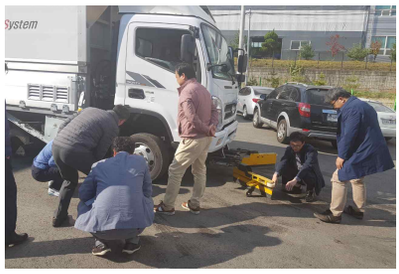
● 도로 낙하물 수거 장비 수거 시험을 통해 도출된 문제점들을 아래와 같이 개선하여 수거 성공률을 향상시킴

<표 2-3-32> 낙하물 수거 시험을 통한 개선내용

항목	개선내용
진공흡입	• 유압모터 공급압력 부족으로 인한 유압 파워팩의 진공흡입 모터 용량 개선
컨베이어 브러시	• 컨베이어 브러시 높이를 약 50mm 하향 조정 • 컨베이어 브러시 재질 개선
컨베이어	• 테프론 추가 설치로 낙하물 쓸어담기 기능 개선
프런트 가이드	• 프런트 가이드 구성 변경 (브러시 타입→가이드 타입)
스프링 추가 설치	• 낙하물 끼임 현상 해결을 위해 스프링 설치

(나) 전문가 합동 검증

- 국토교통부, 민자고속도로, 유관 연구기관 등 잠재적 수요처를 대상으로 도로 낙하물 수거 장비를 소개하고 현장 합동 검증을 통해 개선사항 등을 검토함
  - 도로 낙하물 수거 장비 개요 및 개발현황 설명
  - 도로 낙하물 수거 장비 구조 및 모듈별 작동 현황 검증
  - 도로 낙하물 수거 장비 현장 검증 (낙하물 더미 활용)
  - 전문가 개인 의견 작성 및 도로 낙하물 수거 장비 운영 매뉴얼(안) 검토


[그림 2-3-29] 잠재적 수요처 대상 합동검증

<표 2-3-33> 자문의견 요약

자문위원	자 문 의 견
A	1. 컨베이어 기구 수거 비중을 크게 두고 개발
	2. FRT 블레이드가 너무 약하고, 좌우 이동이 가능 하도록 개선
	3. FRT 블레이드는 과속방지턱을 고려하여 제작
	4. 야간작업이 가능하도록 “라이트” 기능 강화
	5. 전방(100m)을 볼 수 있도록 카메라 설치
	6. 사이즈가 큰 수거물 적재가 가능하도록 후면에 적재함 추가 설치
	7. 차량 후방에 싸인카 견인이 가능 하도록 제작
B	1. 로드킬 처리 시 세척과 관련된 기능 개선 필요
	2. 적재함 용량이 부족해 보임
	3. 가이드 길이가 작고, 하부 고무판 강화 필요
	4. 가이드 부식성 개선 필요
	5. 3.5톤 보다 큰 차량으로 제작을 검토
	6. 수거 가능한 낙하물 범위가 너무 좁음
	7. 차량 관리에 대한 설명 추가 필요 함
	8. 차량을 더블캡으로 개조 가능 하도록 검토 필요 (수 작업시, 추가 인원 탑승 목적)

자문위원	자 문 의 견
C	1. 기 판매중인 상용부품을 사용하여, 비용 점검 필요
	2. 도로 낙하물 가이드로 낙하물을 중분대, 갓길로 이동 가능 하도록 가이드 개선 필요
	3. 가이드, 강도 개선 필요 (고무 등....)
	4. 진공흡입장치-먼지배출감소용 필터링 검토
	5. 충격시 컨베이어 파손방지를 위한 충격흡수장치 추가
	6. 운전석 작동제어판에 단축버튼등을 적용하여 조작이 최대한 단수하게 될 수 있도록 개선
	7. 사이즈가 큰 낙하물을 우선 처리 후, 작은 사이즈의 낙하물을 처리 하는 것이 좋을 듯함
	8. 황색 LED 화살표시판 위치를 높게 변경
D	1. VMS문자 사이즈를 더 크게, 문구를 단순하게 정형화
	2. 견인식 충격흡수장치는 반드시 필요
	3. 안전을 위한 충격흡수장치, VMS, 경광등, 지향성 스피커 반드시 필요 함
	4. 노면이 좋지 않은 도로에서 구간을 선정하여 시험을 할 필요가 있음
	5. 반기계 수거 시 도로보수원이 수거함을 쉽게 여닫을 수 있도록 운영매뉴얼에 사진 추가
	6. 속도 감속 시 감속시점을 단순화 할 필요가 있음
E	1. FRT 가이드 폭을 도로 너비에 맞게 보완 (현재 도로폭 3.6m)
	2. 차량하부 보호를 위하여 하부보호철판 부착
	3. FRT 가이드 강도 보완
	4. 다량의 낙하물 발생시 중분대, 갓길로 유도하기 위하여 가이드 보완 필요
	5. 한국도로공사의 교통관리지침 “이동식 작업기준” 적용 필요
	6. 조정석 내부에서 로드킬 사진촬영을 위한 시스템과 어플리케이션(굿로드)와 연동 필요 함. (로드킬의 경우, 국토교통부의 “동물찻길사고(로드킬) 조사 및 관리지침”에 따라, 현장사진촬영을 해야 함)
	7. 적재함 용량을 효과적으로 사용할 수 있도록 개선 필요
F	1. 도로폭을 감안하여 가이드 폭 수정 필요
	2. 가이드 강도 부족 예상
	3. 가이드 구동 유- 공압>>유압실린더 타입으로 교체
	4. 가이드 하부 고무강도가 약함
	5. 가이드 형태가 “C” 형이 되면 수거확율이 개선 될 것으로 보여짐
	6. 컨베이어 수거 견인력 보완 검토 필요
	7. 낙하물 적재함 공간 적재 방법 개선 필요
	8. 낙하물 수거함 개폐장치 개선 필요

자문위원	자 문 의 견
	(문 열고 닫는 방식 수거에 용이하지 않음)
	9. 차량운행속도, 수거가능 낙하물 종별 구분 필요 함
G	1. 컨베이어와 노면간의 충격이 예상됨
	2. 동물사체 수거 시 비닐봉투에 담기는 구조 검토 필요 (혈흔에 의한 적재함의 오염 예상)
	3. 낙하물수거장치가 공구작업차의 역할을 동시에 수행할 수 있도록 개선 검토 필요
H	1. FRT 가이드 길이 연장 필요
	2. 전면에 중분대, 갓길로 낙하물을 밀어내는 기구 설치 검토
	3. 적재함 용량 부족 예상
	4. 컨베이어 양측 가이드 설치 (낙하물 이탈 방지)
	5. 가이드 실린더의 충격보호장치 설치
	6. 적재함 내부에 마대자루 설치
	7. 낙하물 적재가 용이하도록, 적재함 기울기 조정
I	1. 돌출부가 없도록 구조변경 검토 필요 하며, 인증기관 컨설팅 확인 필요
	2. 윙바디 공간 활용 개선 필요
	3. 차량 하부 에어컴프레샤 위치 변경 필요
	4. 적재함 도어 열리는 방향 및 사이즈 개선 필요
	5. “ROBOS를 이용한 반기계수거” 에 대한 설명 추가
J	1. 개발 장비의 인식성 개선을 위하여 디자인 개선 필요
	2. 상용부품을 최대한 사용하여 유지보수 및 고장 방지
	3. 장비의 사용조건(온도, 기온, 날씨 등)을 구체화 필요함
	4. 작업가능시간, 연속작업시간 등 제시 필요함
	5. 차량 및 장비의 기본구조, 작동원리를 간략히 표현하여 개선
	6. 장비의 구성 및 핵심부품에 대한 시각적인 표현과 구동원리 포함
	7. 완전기계 수거 시 운영방법에 대한 설명이 필요 함

5차년도 연구 주요 내용

- 도로 낙하물 수거 장비 홍보를 위해 전시회 참가 및 언론홍보 등을 추진하였음
- 또한, 일반국도 대상 도로 낙하물 수거 장비 시범운영을 통해 상용화를 위한 기술 검증을 수행함

(1) 도로 낙하물 수거 장비 홍보 전략 마련

(가) 전시회 참가

- 도로 낙하물 수거 장비 홍보를 위해 다음과 같이 2건의 전시회에 참가하여 홍보 및 상담 활동을 수행함

<표 2-3-34> 전시회 참가 현황

구분	전시회명	개요	주요 상담내용
1	2019년 김천지역 동반성장 구매상담회	• 일시 : 2019.4.24 • 장소 : 혁신도시지원센터(김천시) • 주관 : 김천상공회의소, 금오공과대학교	• 도로 낙하물 수거 장비 개발 완료 여부 및 판매 예상 시기 등 • 도로 낙하물 수거 장비 공공조달 (조달청 나라장터) 등록 일정 관련 • PTO를 활용한 발전차량 상담 (1차년도 기술실시계약 연구성과)
2	2019국토교통기술대전	• 일시 : 2019.5.29.~2019.5.31 • 장소 : 킨텍스 10홀 • 주최 : 국토교통부 • 주관 : 국토교통과학기술진흥원 • 참여 기관 : 국토교통기술 관련 공공기관 및 민간기업	• 도로 낙하물 수거의 작동 범위 및 적정 수거용량 • 상용화 시기 및 대략적인 가격 등 • 브러시 모듈 등 소모품에 대한 교체주기 및 비용 등 • 운행 및 작동시 기구 안전성 관련



2019년 김천지역 동반성장 구매상담회



2019국토교통기술대전

[그림 2-3-30] 전시회 참가 전경

(나) 언론홍보

● 언론홍보(신문)

– 건설기술신문을 비롯한 다수의 신문을 통해 도로 낙하물 수거 장비(ROBOS)를 홍보함


건설기술
Construction Technology News
적재차량 서지 저장 수거장치로 구성 '상용화' 눈앞
도로 낙하물 수거장비 개발 – ㈜유현시스템즈

도로 안전을 위협하는 도로 노면의 쓰레기와 동물사체 등 다양한 도로 낙하물들을 운행 중 간편하게 수거할 수 있는 기술이 국내 최초로 개발돼 화제다.

이 기술은 일반 상용트럭 적재함에 낙하물을 제거, 저장할 수 있는 장치를 적용해 차량 운행 중 별도의 인력 투입과 차선변경 없이 작업할 수 있는 장비(Road Debris Remover System, 이하 ROBOS)다.

이 장비는 부피가 큰 쓰레기를 비롯해 교통사고 잔해물이나 플라스틱 박스, 나뭇조각 종이박스 등의 다양한 도로 낙하물 처리는 물론 적재물이나 동물 사체 등의 낙하물을 정확히 분류할 수 있다.

특히, 한국건설기술연구원 양충헌 박사팀의 차별화된 기술력에 국내 최초로 '자동변속기용 PTO' 기술 개발과 양산 판매에 성공하며, 자동차 부품과 건설기계, 시험장비 분야에서 남다른 기술력을 인정받고 있는 ㈜유현시스템즈의 앞선 기술력이 더해지며, 상용화를 눈앞에 두고 있어 눈길을 끌고 있다.

장비 설계 등 시작품 제작 단품·장치 차량탑재 실차시험 연구 추진
컨베이어 전공흡업 시험 총 4차례 실시 보완 개선 후 완성도 높여

'도로 낙하물 수거장비' 기술은 국토교통부와 국토교통과학기술진흥원의 지원 아래 한국건설기술연구원을 중심으로 진행 중인 '도로변 수직구조물 충돌사고 및 도로 작업자 위험도 경감기술 개발' 과제 중 '도로 낙하물 수거 장비' 과제를 통해 개발됐다.

이 장비는 트럭의 적재함에 낙하물을 제거, 저장하는 장치가 구비돼 있어 운행 중 동물의 사체 등 낙하물을 수거할 수 있다.

건설기술신문(2019.04.30)


건설이코노미
고품격 건설전문지
10th ANNIVERSARY
CONSTRUCTION ECONOMY NEWS
전체 헤드라인 종합뉴스 주택/부동산 공사계약 에너지/교통 오피니언
HOME > 에너지/교통 > 신기술/신공법
건설연, 도로 낙하물 자동 수거 장비 'ROBOS' 개발
이태명 기자 | 승인 2019.05.24 10:24 | 댓글 0
낙하물로 인한 1차, 2차 교통 사고 예방 가능
한국건설기술연구원은 도로 낙하물을 자동으로 수거하고 내부 적재할 수 있는 시스템을 탑재한 대형 트럭 'ROBOS'를 개발했다.

건설이코노미(2019.05.24.)

[그림 2-3-31] 언론홍보(신문) 보도자료

● 언론홍보(TV)

– KBS 7시 뉴스(2019. 05. 24)를 비롯하여 총 3개 방송사 뉴스를 통해 도로 낙하물 수거 장비(ROBOS)를 홍보함



KBS2 7시 뉴스
(2019.05.24.)



MBN 8시 뉴스
(2019.05.24.)



YTN 사이언스
(2019.05.24.)

[그림 2-3-32] 언론홍보(TV) 보도자료

(2) 도로 낙하물 수거 장비 기술 확산 전략 마련

(가) 도로 낙하물 수거 장비 상용화를 위한 시범운영(도로관리청 담당자들과의 협의) 및 평가

- 도로 낙하물 수거 장비의 상용화를 위한 검증을 위해 수원국토관리사무소(국토교통부)의 협조로 다양한 도로조건(램프구간, 오르막 구간 등) 하에서 시범운영을 수행함
- 시범운영시 타이어 조각, 목재, 신발, 세제용기(플라스틱), 재/건설 폐기물(벽돌) 등 다양한 종류의 낙하물이 수거되었음

시범운영 기간	시범운영 구간
2019년 3월~8월 (총 5회)	국도 39호선, 77호선, 82호선 (화성~평택 구간, 수원국토관리사무소 관할)
시범운영 방법	



[그림 2-3-33] 시범운영 개요

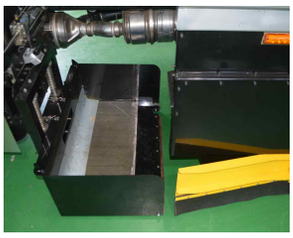


[그림 2-3-34] 시범운영 전경

- 시범 운영시 도로 낙하물 수거 장비 개선 필요사항과 관련하여 현장 도로작업자들의 다양한 의견을 수렴하였음
- 의견수렴 내용은 가능여부 사전 검토 및 테스트를 통해 상용화 시 반영할 계획임

<표 2-3-35> 시범운영을 통한 개선 필요사항 도출 내용

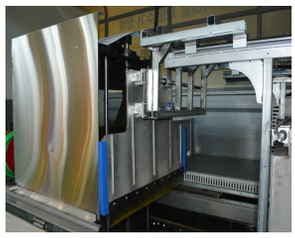
의견수렴 내용	조치 계획	반영여부
도로 낙하물 수거 장비 상용화 시 다양한 크기의 차량을 선택할 수 있도록 개발 요망 (2.5~3.5톤, 5톤, 8톤 이상)	상용화시 차량 적재중량별로 선택할 수 있도록 검토 예정(신규 및 개조 포함)	반영
동물 사체 수거시, 세척을 위한 자동세척기구 추가 필요	시범 운영 기간내 추가 개발·설치를 통해 테스트 검토	반영
작업 공구를 적재할 수 있는 별도의 공간 마련 필요	적재함 부분에 별도로 설치·개발 검토	반영
3인 이상의 도로작업자 탑승을 위한 더블 캡 설치 필요	3.5톤 더블 캡 : 옵션 적용 8톤 더블 캡 : 개조 가능 여부 검토	반영
후방차량 유도방향 지시등을 차량 상부로 이동 필요	상용화시 수정·개선하여 생산	반영

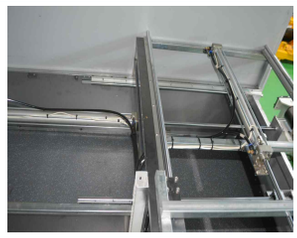


수거 장치 신규 개발 (버킷_볼 스크류 타입 적용)



수거 브러시 신규 개발





낙하물 적재를 위한 이송기구 장치 신규 개발



적재함 용량 확장 개선



물탱크 및 물펌프 기구 장치 신규 설치



낙하물 이탈 방지를 위한 측면 가이드 신규 개발



전방가이드 내구성 및 기구 폭 개선

(나) 낙하물 수거 장비 상용화를 위한 가격경쟁력 확보 방안 수립

① 외국장비와의 경쟁력 비교

- 도로 낙하물 수거 장비는 기본적으로 다음의 기능을 갖추고 있으며, 장비의 성능 및 안전성과 관련하여 외국장비와 비교하였음
  - 차량 전면 하부에 설치된 프런트 가이드를 통해 본선 차로, 길어깨, 중앙분리대 쪽에 위치한 낙하물을 수거
  - 조종원 1인이 운전석에 설치된 제어기(컨트롤러)를 통해 낙하물 수거
  - 조종원이 차량에 설치된 카메라(4기)를 통해 낙하물 수거부터 적재까지 모니터링
  - 로드킬과 일반 낙하물을 제어기를 통해 자동으로 구분·분리하여 적재
  - 인력 수거 시 신속한 처리를 위해 차량 측면(좌·우)에 간이 적재함 설치

<표 2-3-36> 외국장비와의 경쟁력 비교

구분	미국 Gator Model	한국 ROBOS
적재 용량	· 단일 적재 최대 0.45ton/1회	· 적재함 최대 2ton/1회 – 진공 적재함 0.8ton – 로드킬 적재함 0.5ton(3-4개체) – 일반낙하물 0.7ton
법·규제	· 자동차안전기준에 따른 승인 어려움	· 자동차안전기준에 따른 승인 가능
수거 활동	· 본선에 위치한 낙하물을 주로 수거	· 낙하물 위치(본선차로, 길어깨, 중앙분리대)에 상관없이 안정적인 수거 가능
	· 수거가 어려운 낙하물을 안전지역으로 유도 불가능	· 수거가 어려운 낙하물을 안전지역으로 유도 가능
수거 메커니즘	· 수거 작업 후 별도의 낙하물 분류 작업 필요	· 3개 적재함으로 구분하여 적재되어, 수거 작업 후 별도 분류 작업 불필요
수거 효율성	· 낙하물을 쓸어 담는 기능만 존재	· 낙하물을 쓸어 담는 기능과 진공 흡입 기능 동시 수행하여 효율성 높음

② 상용화 전략 수립

- 도로 낙하물 수거 장비의 주요 수요처는 다음과 같으며, 각 수요처별로 1대씩 구매할 경우 약 216대가 필요할 것으로 예상됨 (중복 구매 시 판매수요 증가)

<표 2-3-37> 도로 낙하물 수거 장비의 잠재적 수요처

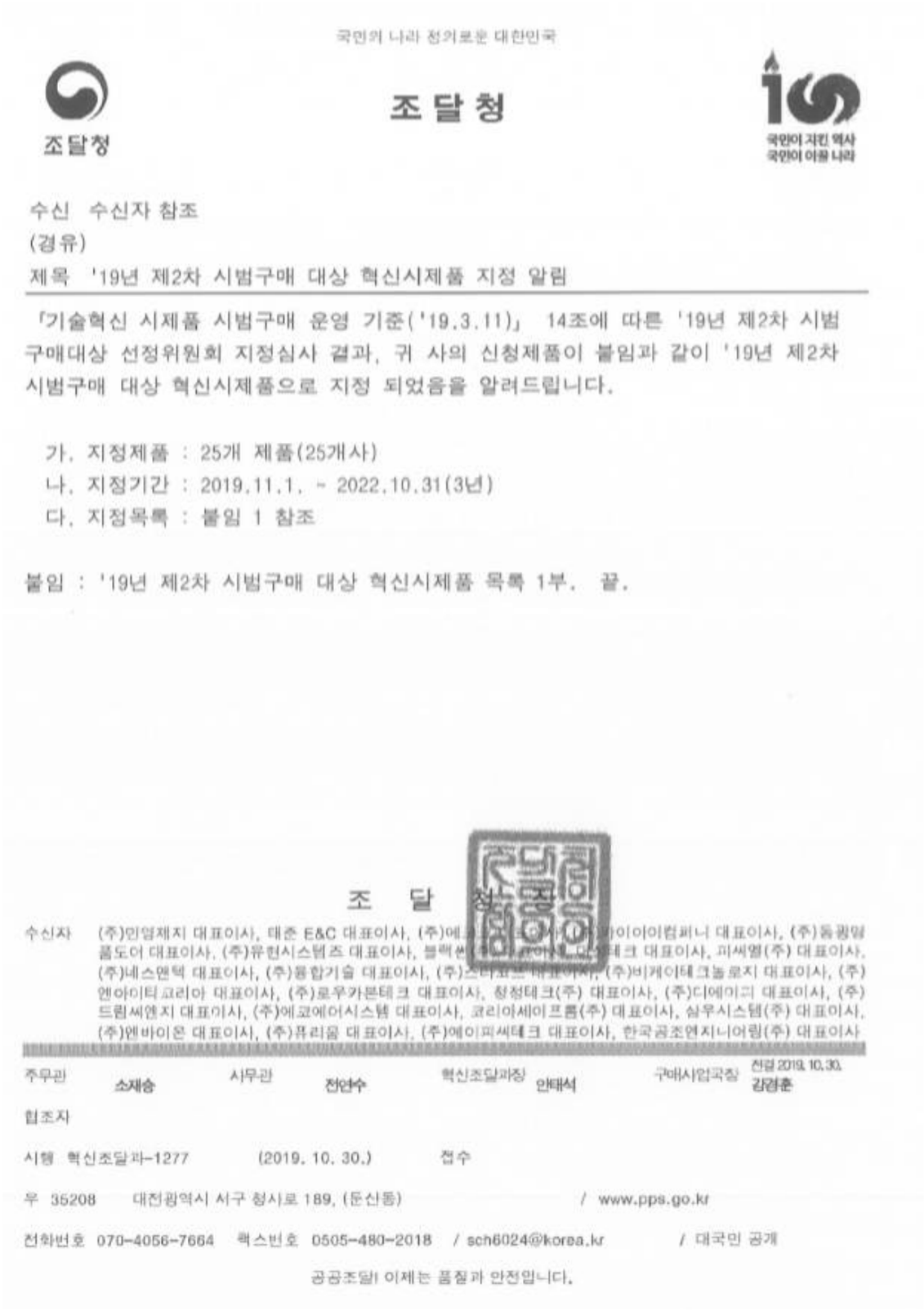
국토교통부	도로공사	민자고속도로	광역시	도	시·군
18 국토소	5지사	18개 노선	7(서울)	9	159

- 도로 낙하물 수거 장비는 3가지 차종에 적용이 가능하며, 장치별로 옵션을 다양화하여 판매하는 것으로 상용화 전략을 수립함

<표 2-3-38> 도로 낙하물 수거 장비 상용화 전략

항목	상용화 전략(안)	비고
적용 차종	① 2.5톤/3.5톤 상용 트럭 ② 5톤 상용 트럭 ③ 8톤 상용 트럭	–
상용화 방안	① 기본 사양 – 차축 개조 (2.5~3.5톤 마이티), 동력장치 (5kW 발전기, 에어컴푸레샤), 제어 시스템 및 안전 시스템, 윙탑 설치, 수거 시스템 (수거 기구부 & 적재함 및 적재 기구부) ② 옵션 패키지 Ⅰ – 기본 사양에서 추가 – 브러시 적용, 자동고압 세척장치, 도로작업용 공구함 및 적재함, 사이드 스커트, 동물사체 분리수거 장치, 보조배터리 및 전원안정장치, 외관디자인(도장, 로고, 데칼 등) ③ 옵션 패키지 Ⅱ – 기본 사양 & 옵션패키지 Ⅰ에서 추가, 진공수거 장치 (옵션)	– 장치별 옵션 적용 – 차량 설치비용 포함
가격 경쟁력 확보 방안	① 기존 상용트럭에 설치하는 방법 ② 장비 구입 수량에 따른 생산성 반영	–

- 개발장비의 최종 상용화를 위해 조달청 시범구매 입찰참가 신청을 하였으며, 심사를 통해 최종적으로 시범구매 대상 혁신시제품으로 지정되었음



국민의 나라 정의로운 대한민국

조달청

조 달 청

국민이 자긴 역사
국민이 이끌 나라

수신 수신자 참조
(경유)
제목 '19년 제2차 시범구매 대상 혁신시제품 지정 알림

「기술혁신 시제품 시범구매 운영 기준('19.3.11)」 14조에 따른 '19년 제2차 시범구매대상 선정위원회 지정심사 결과, 귀 사의 신청제품이 붙임과 같이 '19년 제2차 시범구매 대상 혁신시제품으로 지정 되었음을 알려드립니다.

가. 지정제품 : 25개 제품(25개사)
나. 지정기간 : 2019.11.1. ~ 2022.10.31(3년)
다. 지정목록 : 붙임 1 참조

붙임 : '19년 제2차 시범구매 대상 혁신시제품 목록 1부. 끝.

조 달 청

수신자 (주)민일제지 대표이사, 대준 E&C 대표이사, (주)에[illegible]이아이컴퍼니 대표이사, (주)동광일품도어 대표이사, (주)유헌시스템즈 대표이사, 블랙썬[illegible]테크 대표이사, 피씨엘(주) 대표이사, (주)네스앤텍 대표이사, (주)융합기술 대표이사, (주)스타코[illegible]이사, (주)비케이테크놀로지 대표이사, (주)엔아이티코리아 대표이사, (주)로우카본테크 대표이사, 청정테크(주) 대표이사, (주)디에이피 대표이사, (주)드림씨엔지 대표이사, (주)에코에어시스템 대표이사, 코리아세이프롭(주) 대표이사, 삼우시스템(주) 대표이사, (주)엔바이온 대표이사, (주)퓨리움 대표이사, (주)에이씨테크 대표이사, 한국공조엔지니어링(주) 대표이사

주무관 소재승 사무관 전연수 혁신조달과장 안태석 구매사업국장 김경훈 전결 2019. 10. 30.

협조자

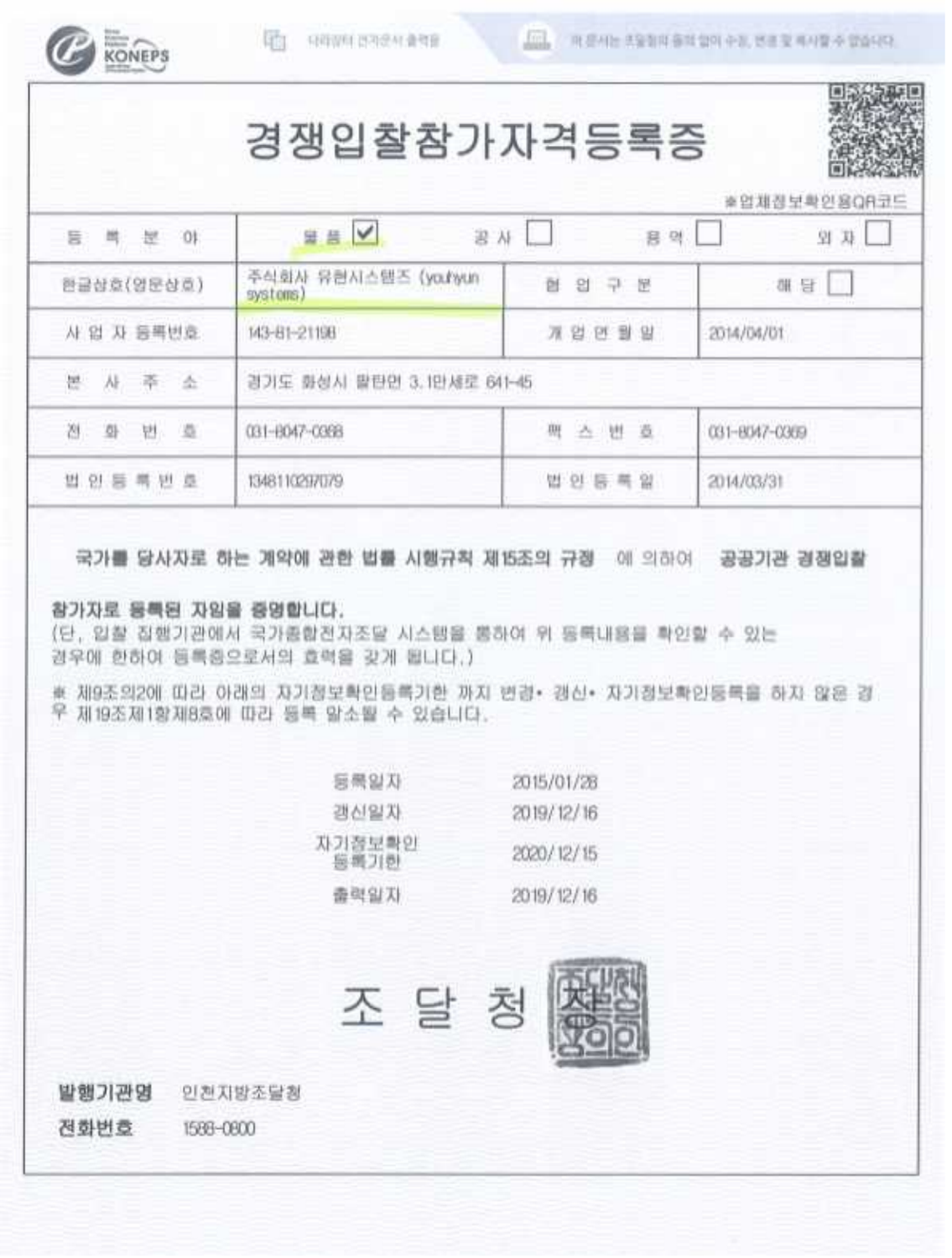
시행 혁신조달과-1277 (2019. 10. 30.) 접수

우 35208 대전광역시 서구 청사로 189, (둔산동) / www.pps.go.kr

전화번호 070-4056-7664 팩스번호 0505-480-2018 / sch6024@korea.kr / 대국민 공개

공공조달! 이제는 품질과 안전입니다.

[그림 2-3-35] 조달청 시범구매 대상 혁신 시제품 선정 공문



KONEPS

경쟁입찰참가자격등록증

※업체정보확인용QR코드

등록분야	물품 ☑	공사 ☐	용역 ☐	외자 ☐
한글상호(영문상호)	주식회사 유윤시스템즈 (youlyun systems)	협업구분	해당 ☐	
사업자등록번호	143-81-21198	개업연월일	2014/04/01	
본사주소	경기도 화성시 팔탄면 3.1만세로 641-45			
전화번호	031-8047-0368	팩스번호	031-8047-0369	
법인등록번호	134811029079	법인등록일	2014/03/31	

국가를 당사자로 하는 계약에 관한 법률 시행규칙 제15조의 규정 에 의하여 공공기관 경쟁입찰

참가자로 등록된 자임을 증명합니다.
(단, 입찰 집행기관에서 국가종합전자조달 시스템을 통하여 위 등록내용을 확인할 수 있는 경우에 한하여 등록증으로서의 효력을 갖게 됩니다.)

※ 제9조의2에 따라 아래의 자기정보확인등록기한 까지 변경• 갱신• 자기정보확인등록을 하지 않은 경우 제19조제1항제8호에 따라 등록 말소될 수 있습니다.

등록일자	2015/01/28
갱신일자	2019/12/16
자기정보확인 등록기한	2020/12/15
출력일자	2019/12/16

조 달 청

발행기관명 인천지방조달청
전화번호 1588-0800

[그림 2-3-36] 조달청 시범구매 입찰참가자격 등록증

나. 이동식 교대통행 운영시스템 개발

○ 연구 성과품 개발 절차 및 개요

- 도로작업자 안전 확보 및 잠재적 교통운영과 안전을 해결하기 위한 이동식 교대통행 운영시스템 개발을 위하여 ① 이동식 교대통행 운영시스템 운영원리 정립 및 설계, ② 이동식 교대통행 운영시스템 요소기술 개발 ③ 이동식 교대통행 운영시스템 시작품 제작 ④ 현장평가 및 운영지침 마련 순으로 연구를 진행함

- ① 이동식 교대통행 운영시스템 운영원리 정립 및 설계
  - 국내·외 기초문헌 및 기술현황 분석을 통해 기존 시스템의 한계점 도출
  - 수요기관의 공사 안전 담당자를 대상으로 의견 조회를 통해 이동식 교대통행 시스템이 갖추어야 할 성능을 분석하였음
  - 기술현황 분석 및 관련 수요기관 의견 조회를 통해 이동식 교대통행 시스템의 구성 설계(구성요소, 운영시스템 개념도, 운영 알고리즘) 도출
  - 특히, 도출된 교대통행의 운영 알고리즘에 대한 시뮬레이션 평가를 통해 교통운영 및 안전효과 평가 수행

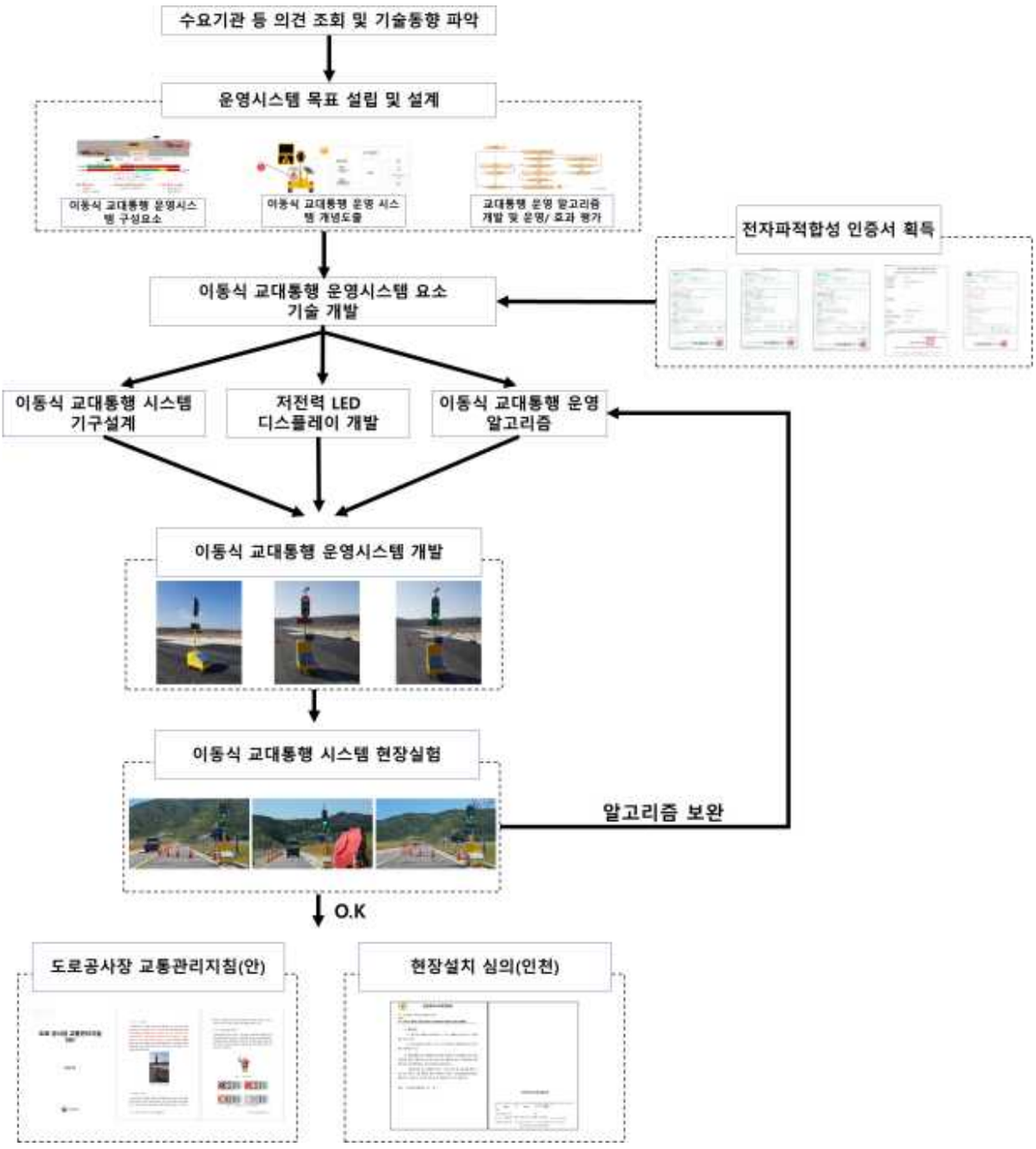
- ② 이동식 교대통행 운영시스템 요소기술 개발
  - 전력 공급이 원활하지 않는 도로 공사장의 특성을 고려하여 이동식 교대통행 운영시스템에 필요한 전원부와 디스플레이 요소기술 도출
  - 대체에너지 및 상용전원을 충전하여 독립적 24시간 운영 가능한 전원부 설계 개발
  - 전력 소비를 최소화하기 위한 저전력 LED 디스플레이 개발

- ③ 이동식 교대통행 운영시스템 시작품 제작
  - 자체 실내 실험 및 공인 시험기관 인증을 통해 시스템의 각 주요 구성요소에 대한 신뢰성 확보하였음. 즉, HIL 시뮬레이션을 통한 제어부 동작 실험, LED 디스플레이에 대한 공인 시험기관 광학실험, 시스템에 대한 전기적 안전성 인증시험을 통해 검증하였음
  - 소형화된 기구물을 기반으로 차량 검지부, 제어부, 보조기능을 갖춘 이동식 교대통행 운영시스템 시작품 제작하였음

- ④ 현장평가 및 운영지침 마련
  - 제작된 이동식 교대통행 운영시스템에 대하여 현장평가를 통해 운영시스템의 문제점을 분

석하고 개선하였음

- 2차로도로에서 한 차로 점용공사, 다른 한 차로로 양방향 교대통행 시 교통통제수 대신 이동식 교대통행 운영시스템을 적용할 경우에 대한 교통관리 방안을 제시하였음



[그림 2-3-37] 이동식 교대통행 운영시스템의 연구 개발 흐름도

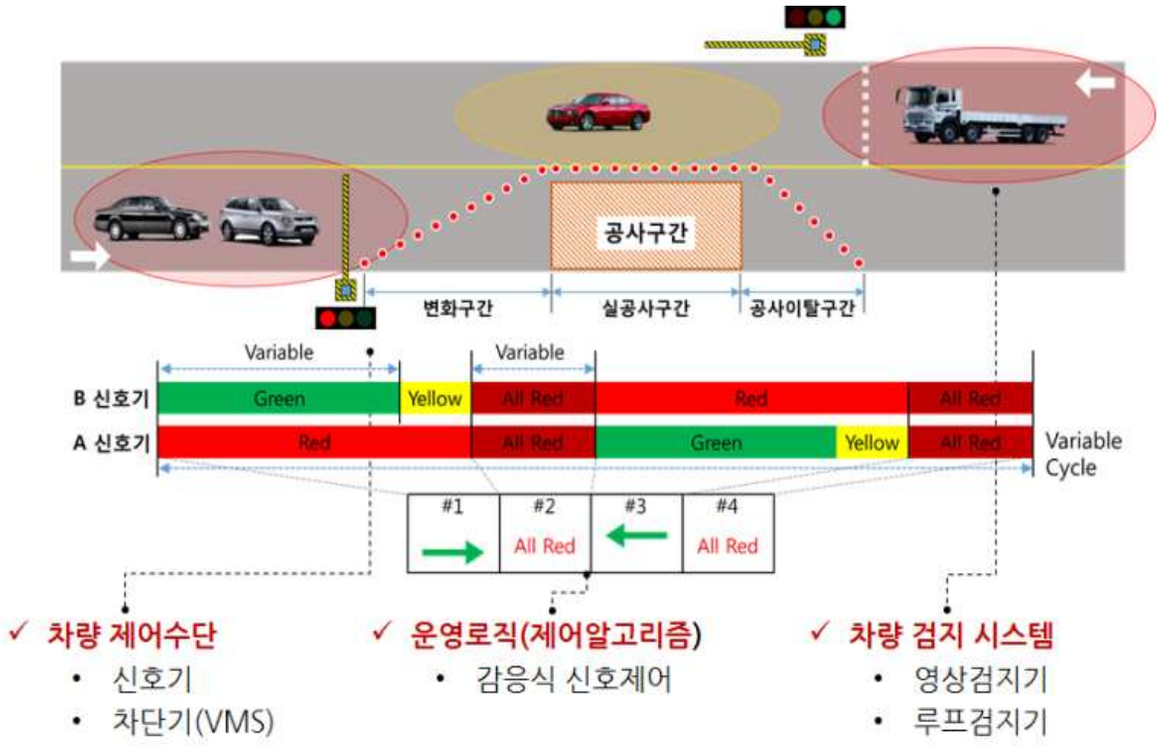
1차년도 연구 주요 내용

- 이동식 교대통행 운영시스템 개발을 위하여 관련 문헌 및 특허동향 분석, 관련 수요기관의 공사 안전 담당자 의견 조회를 통해 시스템의 운영제어 전략 및 설계 구성을 도출하였으며 운영 알고리즘을 설계함

(1) 국내 도로 공사구간 환경을 고려한 이동식 교통통행 장비 운영 및 설계

(가) 교대통행을 위한 교통 운영제어 전략 및 알고리즘 설계

- 이동식 교대통행 운영시스템의 구성요소는 차량 제어수단, 운영로직(제어알고리즘), 차량검지시스템으로 도출하였으며, 각 요소에 대한 요구사항을 정립함



[그림 2-3-38] 이동식 교대통행 운영시스템 구성도

- 차량검지시스템 기능적 요구사항 정립 및 차량검지시스템 두 가지 유형 비교함
  - 공사구간 진입 교통량 또는 대기행렬길이 검지 필요함
  - 공사구간 통행 차로 내 차량의 완전통과(존재) 유무 검지 필요함
  - 안전성 향상을 위한 공사구간 진출부에에 검지기 추가 설치 필요함

<표 2-3-39> 차량검지시스템 유형 비교

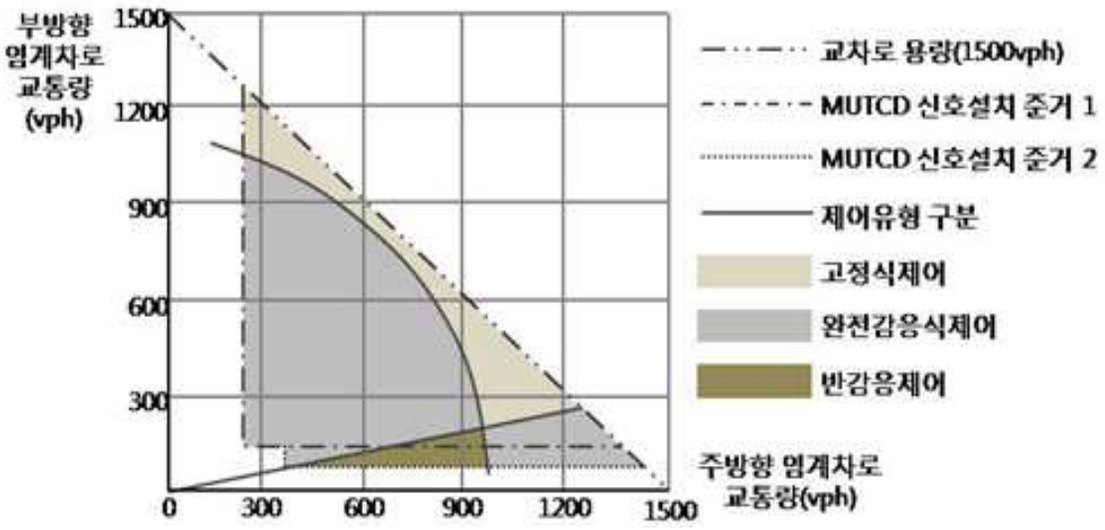
구분	영상 검지기	이동식 루프 검지기
검지자료특징	구간기반 검지(주행궤적 등)	지점기반 검지(속도,대수 등)
시간대	야간에 정확성 떨어짐	영향받지 않음
날씨	악천후 발생시 자료수집 어려움	영향받지 않음
도로유형	곡선구간에 사용 불가	영향받지 않음
설치시 고려사항 및 특징	– 차량의 검지가 정확히 이루어질 수 있도록 설치위치 가이드라인 및 충분한 높이의 지주가 필요 – 다양한 공사환경의 영향을 받지 않는 영상 검지방식이 필요(공사환경에 따라 다른 설치 위치 및 방식이 필요하다면 작업자의 추가 작업부하 발생)	– 공사구간 유형에 따른 설치위치 가이드라인이 필요 – 작업자들이 영상검지기와는 달리 설치시고려해야 할 사항들이 적음 – 검지기 내구성 및 지속성(사용시간) 등이 충분한 조건을 만족해야함

- 차량제어검지시스템 기능적 요구사항 정립 및 차량제어시스템 제어수단 종류 비교함
  - 제어장치의 정보를 운전자들이 인지하기 쉬워야하며 모든 운전자들이 준수해야 함
  - 제어수단 설정시, 신호기는 준수하지 않는 차량들을 통제할 물리적 수단이 필요하며(정면충돌 예방), 차단기는 이를 무시하고 달리는 차량들의 물리적 충돌이 우려됨

<표 2-3-40> 차량제어시스템 제어수단 종류

종류	내 용
신호기	– 인지하기 쉬우나, 설치시지방자치장과 경찰청장의 권한이 필요함
차단기	– 접근하는 모든 차량이 인지하기 어려우며, 차단기를 무시하고 통행하려는 차들로 인한 문제가 발생할 수 있음
VMS	– 운전자들의 순응도가 낮아 사고의 위험이 높아질 수 있음

- 운영알고리즘 기능적 요구사항 정립함
  - 고정식 신호제어 방식이외에 다양한 교통상황별 운영효율성이 고정식 방식보다 뛰어난 감응식 신호제어 방법도 고려함
  - 차량검지 시스템과 제어수단의 기술적 수준을 고려해야 함
  - 운영효율성을 극대화하며 교통안전측면을 고려해야 함



[그림 2-3-39] 방향별 교통량에 따른 신호제어적용 방안

- 이동식 교대통행 운영시스템 알고리즘 제시함
  - 검지시스템, 차량제어수단, 차량제어수단의 운영알고리즘 가정 사항을 설정함
  - 검지시스템 : 접근로 대기행렬 길이, 대기행렬 차량대수, 공사구간 통과차량 존재 유무에 대하여 100% 정확성으로 검지함
  - 차량제어수단 : 신호기를 사용하며 모든 운전자가 신호를 준수함(신호 준수율 100%)
  - 차량제어수단 : 다양한 교통 상황에 동적 대처가 가능한 감응 신호시스템을 사용함
  - 고정식이외에 감응식 신호시스템 운영제어 변수도 검토함

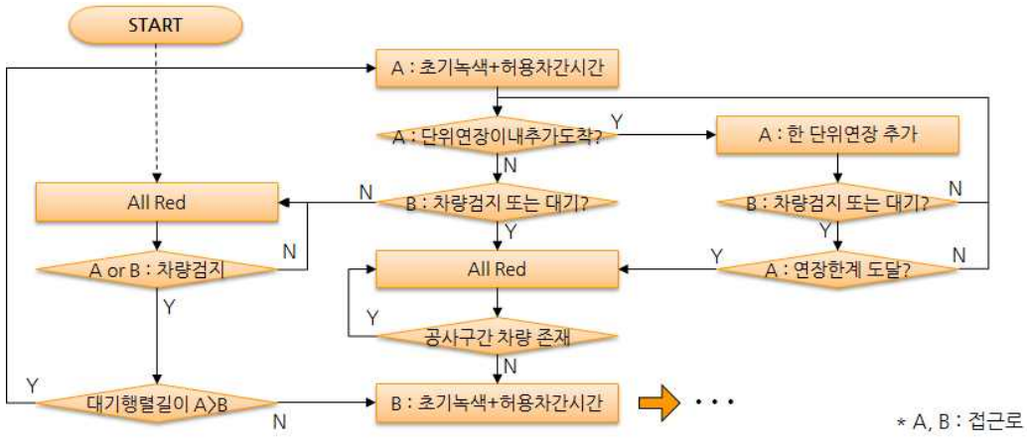
<표 2-3-41> 감응 신호시스템 운영제어 변수

종 류		내 용
녹색시간(Green)		교차로를 통과하기 위한 차량에게 제공되는 시간
초기녹색 (Initial Green)	최소초기녹색시간 (Min. Green Period)	초기대기행렬 소거를 위한 녹색시간
	최대초기녹색시간 (Max. Green Period)	대기행렬에 따라 초기녹색시간 결정
	추가초기녹색시간 (Added Initial)	일반적으로 포화차두시간을 사용
최소녹색시간 (Min. Green)		초기녹색시간(Initial Green) + 허용차간시간(Allowable Gap)
최대녹색시간 (Max. Green)		대향차로에서 차량이 검지된 후, 대기할 수 있는 최대시간

연장시간 (Extension/Passage Period)	최소녹색시간 후, 교차로에 접근하는 차량에게 통과할 수 있도록 제공되는 시간
단위연장시간(Unit Extension)	단위연장시간 내에 차량이 검지될 경우, 단위연장시간 추가
연장한계시간(Max. Extension)	대향차로에서 차량이 검지된 후, 녹색시간을 연장할 수 있는 최대시간
허용차간시간(Gap)	단위연장시간의 연장을 위하여 검지기에서 허용하고 있는 차간시간(Volume Density or Multiple Detector 에서 사용)
황색시간(Yellow)	교차로에 접근하는 차량에게 정지신호를 예고하며, 정지할 수 없는 상황에서는 안전하게 통과할 수 있도록 제공되는 시간
전적색시간(All Red)	황색시간 이후, 교차로에 차량이 안전하게 모두 통과할 수 있도록 제공되는 시간



- 운영제어변수를 고려하여 감응신호시스템 운영알고리즘 정립함
  - 먼저 전적색시간으로 시작을 하게 되며, 차량이 검지될 경우 대기행렬 길이를 판단하여 녹색신호 우선권을 결정하게 됨(여기에서는 A접근에 녹색신호를 먼저 부여했다고 가정함)
  - A접근로의 대기행렬길이(대기차량대수)를 수집하여 초기녹색시간과 허용차간시간을 결정
  - 단위 연장시간이내에 차량이 추가로 도착하였는지 판단을 하며, 도착 시 단위연장시간을 추가하게 됨
  - 이와 동시에 B 접근로에 차량이 검지 또는 대기하고 있는지를 판단하며, 차량이 없다면 계속해서 단위연장시간을 부여하게 됨
  - 그리고 B접근로에 차량이 검지되면, A접근로에서 신호가 연장한계에 도달하였는지를 판단함
  - 연장한계에 도달하였으면 공사구간을 통과하기 위한 전적색시간을 부여하게 되고, 연장한계에 도달하지 않았으면 다시 A접근로에 차량이 접근하는지를 판단함
  - 더 이상 A접근로에 차량이 접근하지 않거나, B접근로에 차량이 Max out 조건을 충족하게 되면 전적색시간을 부여하여 공사구간내 차량이 모두 통과할 때까지 연장하게 됨
  - 그 후, 반대방향 접근로인 B접근로에 녹색신호를 부여함



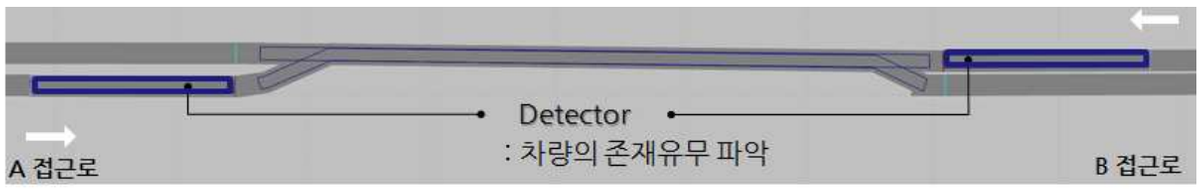
[그림 2-3-40] 감응신호시스템 운영 알고리즘(안)

- 운영알고리즘의 교통안전과 운영효율성 효과를 분석하기 위해 시뮬레이션 수행함
  - 미시적 교통류 시뮬레이션 프로그램인 VISSIM을 사용함
  - 시뮬레이션시간 총 3600초로 설정함
    (Warm-up 시간 600초, 분석시간 2400초(600초간격), Cool-down 시간 600초)
  - 입력교통량은 접근로별로 100대/시부터 1600대/시까지 100대/시간격으로 증가하여 교차입력함
  - 운영효율성(통과교통량, 지체시간)과 안전성(상충분석(정면충돌유무))을 평가 MOE(Measure of Effective, 척도)로 선정함

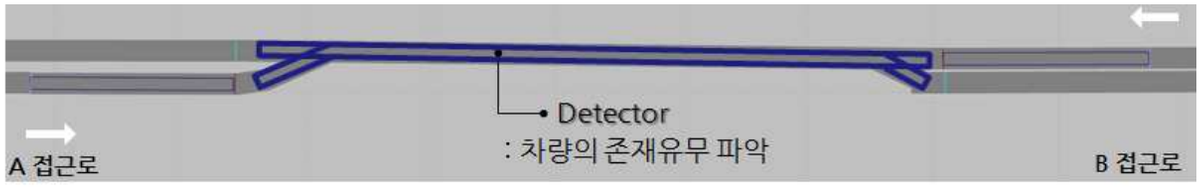
Step 1. 대기차량 검지 및 녹색신호 우선권 결정



Step 2. 단위연장시간 추가, Gap Out, Max Out 결정



Step 3. 전적색신호 시간 결정



[그림 2-3-41] 감응신호시스템관련 VISSIM 제어변수

● 시뮬레이션을 통해 이동식 교대통행 운영시스템에 대한 운영효율성 분석결과를 도출함

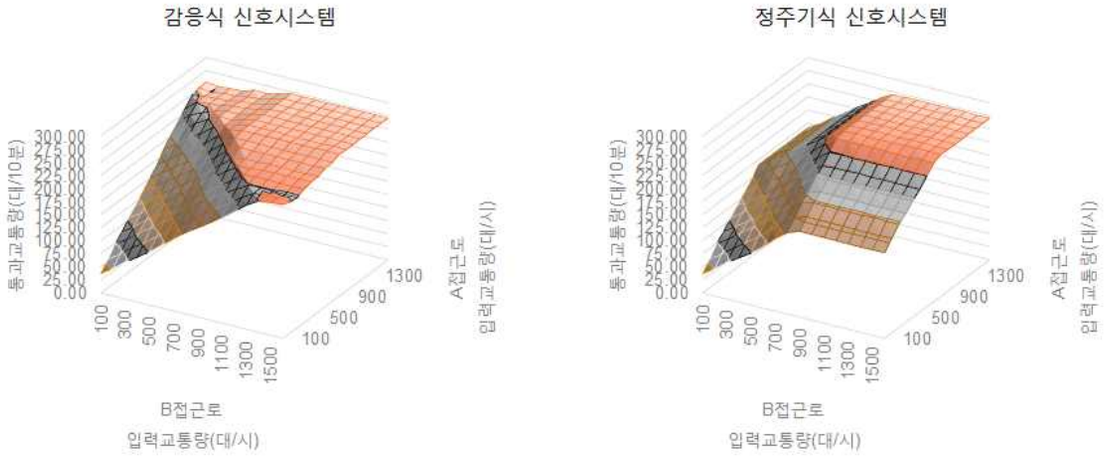
– 통과교통량 비교분석결과, 양방향 접근로 교통량이 800대/시 이상일 경우, 신호 시스템이 처리할 수 있는 한계 교통량(용량)에 도달함을 보임

– 접근로별 교통량이 비슷한 경우는 통과교통량이 비슷하였으나, 접근로별 교통량의 차이가 클수록 통과교통량은 감응식 신호시스템이 정주기식보다 많음

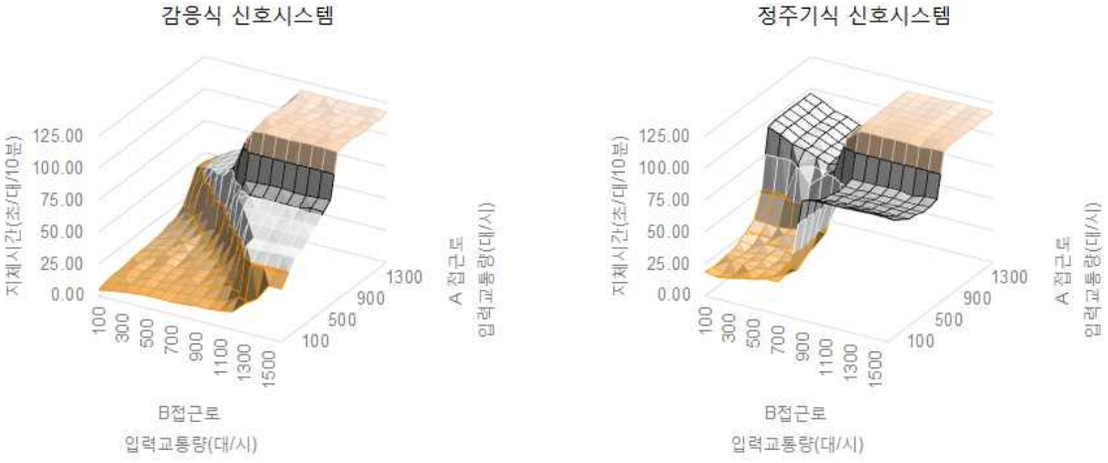
– 지체시간 비교분석결과, 양방향 접근로 교통량이 900대/시 이상일 경우, 통과교통량 분석과 유사한 형태를 보이며 지체시간이 한계에 도달함

– 접근로별 입력교통량의 차이가 일정수준 이상이 나면 지체시간의 변화가 큰 것으로 분석됨

– 특히, 정주기 신호시스템의 경우 교통량의 차이에 따른 지체시간 변화 민감도가 더 큼



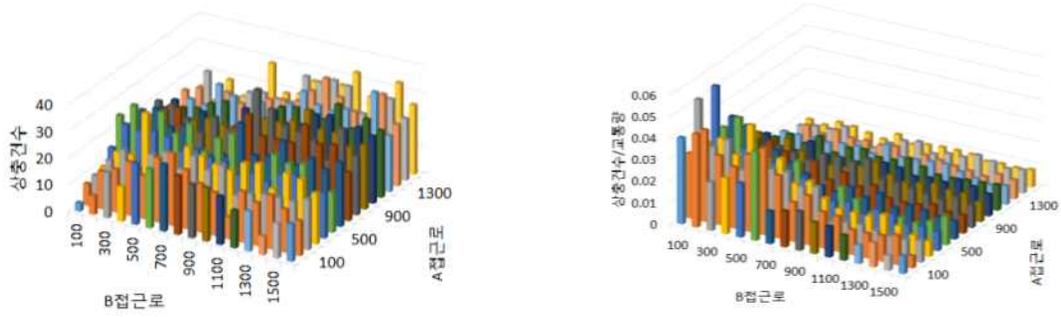
[그림 2-3-42] 신호시스템별 통과교통량 비교분석결과



[그림 2-3-43] 신호시스템별 지체시간 비교분석결과

- 시뮬레이션을 통해 이동식 교대통행 운영시스템의 교통안전성 분석결과를 도출함
  - 시뮬레이션 실험 결과 수집된 개별차량의 주행궤적과 SSAM(Surrogate Safety Assessment Model)을 이용하여 차량간 상충분석을 실시함
  - SSAM은 미국 연방도로국(FHWA)에서 배포하는 프로그램으로 미시교통시뮬레이션모형과 자동화된 상충분석기법이 결합된 모형임
  - VISSIM의 Vehicle record 등을 통하여 상충분석을 개별차량의 trajectory를 통해 Matlab 또는 엑셀연산으로 TTC(Time to Collision)를 산출하여 상충건수 등을 연산할 수 있으나, 장시간 연산 시간 및 번거로운 작업이 요구되어 SSAM 프로그램을 사용함
  - 상충건수 분석결과, 이동식 교대통행 시스템 운영으로 인한 정면충돌은 발생하지 않았으며, 여기서의 상충건수는 후미추돌(충돌각 0도~30도)을 의미함
  - 분석결과 접근 교통량이 증가할수록 상충건수가 증가하나, 이는 교통량이 많아 상충건수가 증가할 개연성이 높아진 것으로 해석할 수 있음
  - 일관성있는 비교를 위하여 교통량 대비 상충건수를 분석한 결과, 접근 교통량이 적을수록 교통량 대비 상충건수가 증가함을 보임

<교통량에 따른 상충건수>	<교통량 대비 상충건수>



[그림 2-3-44] 교통상충건수 분석결과

(나) 이동식 교통 운영제어기 설계 구성(검지기, 제어기, 등기구)

- 관련 규정을 고려한 이동식 교대통행 운영 시스템 설계하는데, 설계 시 제약조건은 다음과 같이 설정함
  - (형태) 도로작업자가 편리하게 이동하고 운영할 수 있는 형태이어야 함
  - (구조) 차량 검지부, 디스플레이, 전원부, 제어부를 포함한 운영 시스템과 유무선 원격제어를 할 수 있는 리모콘 구조이어야 함
  - (재료) 비매설 레이더검지기, LED디스플레이, 24시간 독립적으로 운영 가능한 전원부, 각종 통신과 입출력포트를 내장한 제어부, 유무선 리모콘이 요구됨
  - (안전성) 내한, 내열에 견디는 환경시험, 전기 안전인증 및 전자파 인증 요구됨

● 이동식 교대통행 운영 시스템 개념도 도출함

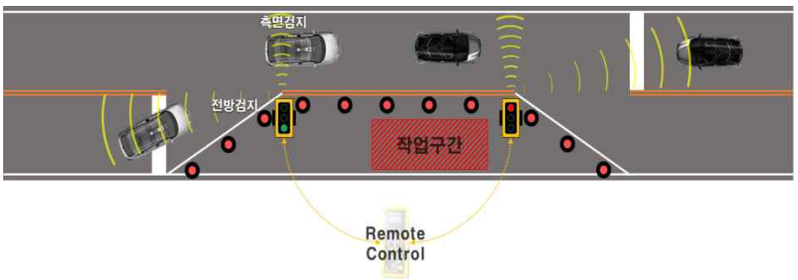
– 현재 국내의 경우 왕복 2차로 도로 공사구간에서 차량을 교대통행을 할 경우 작업자 공사구간 진출입부에 각각 무전기를 통해 수신호로 이루어지고 있음

– 이러한 방식은 무선불량과 작업자의 전문성 부족과 부주의로 인해 차량 통행안전이 미확보 및 교통속도 지체 원인이 됨

– 감응형 이동식 교대통행 운영 시스템의 개발은 왕복 2차로 도로 공사구간에서 차량을 안전하고 신속한 통행을 제공함

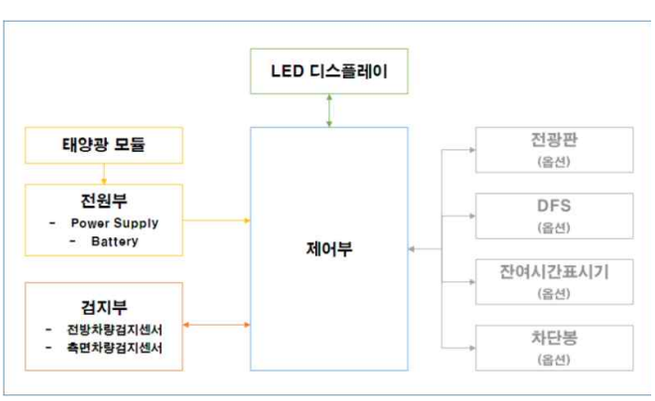
– 이동식 교대통행 운영 시스템은 검지부(전방 차량검지센서인 비매설 레이더검지기와 측면 차량검지센서), LED 디스플레이, 24시간 운영 가능한 독립 전원부, 각종 통신과 입출력포트를 내장한 제어부, 유무선 리모컨으로 구성됨

– 대안으로 이동식 교대통행 운영 시스템에 전광판, DFS, 신호 잔여시간표시기, 차단봉과 연결하는 방안 고려함



[그림 2-3-45] 이동식 교대통행 운영 시스템 개념도

● 저전력 LED 디스플레이 개발의 개념도 도출함





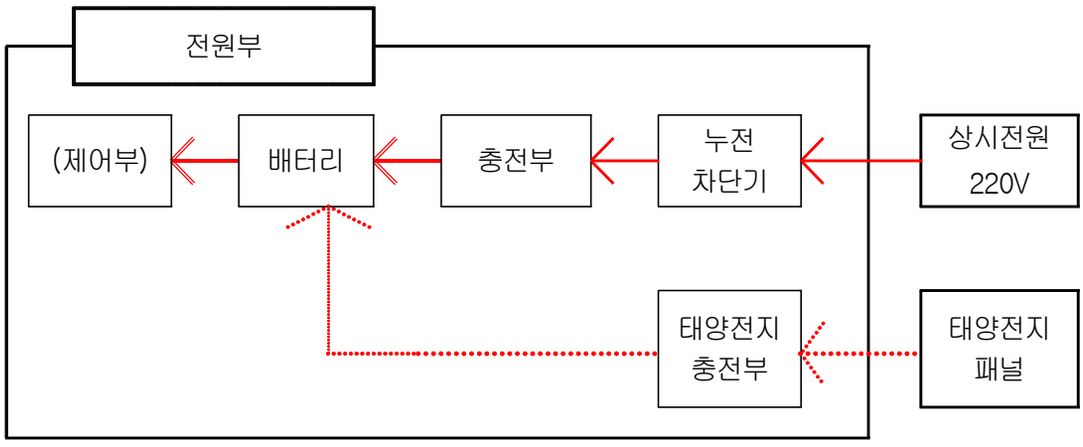
[그림 2-3-46] 시스템 구성요소 및 저전력 LED 디스플레이 개념도

(2) 이동식 교대통행 운영시스템 요소 기술 개발

(가) 대체에너지 및 상용전원을 충전하여 독립적으로 24시간 운영 가능한 전원부 개발

- 대체에너지 및 상용전원을 충전하여 독립적 24시간 운영 가능한 전원부 설계 : 배터리, 태양전지 패널, 태양전지 충전부(MPPT(Maximum Power Point Tracking)방식 적용), 일반 상용전원 충전부, 배터리 전량표시기 구성함
  - 전원부는 대체에너지인 태양광과 일반 상용전원을 이용할 수 있게 설계하였으며, 배터리, 태양전지 패널, 태양전지 충전부, 일반 상용전원 충전부, 배터리 잔량표시기로 구성함
  - 배터리는 리튬이온 전지팩을 사용하였으며, BMS(Battery Management System)회로 내장되어 외부환경에 영향이 없으며, 폭발에 대한 안전성을 확보함. 충전부는 태양전지와 상용전원으로 나눠졌으며, 태양전지 충전부는 MPPT(Maximum Power Point Tracking)방식으로 충전효율 95%이상임

※ MPPT충전방식 : 태양전지가 최적의 발전을 유지할 수 있도록 태양전지의 출력전압을 최대 출력점(Peak Power Voltage)으로 유지하며 배터리에 충전하는 기술



[그림 2-3-47] 이동식 교대통행 운영시스템 전원부 구성도

(나) 저전력 LED신호등 설계 및 개발

- 저전력 LED 디스플레이 개발 : 저전력 LED 디스플레이의 적색과 황색은 고휘도 LED소자 80개/녹색은 고휘도 LED소자 84개 적용, 일반 LED 신호등에 비해 40% 적은 에너지에서 동작 및 외부 배터리 전원 21V~30V까지 구동하여 장수명 보장, 디자인은 경찰청 표준지침의 200mm를 기준/광학 및 관련 안전기준 만족함

(3) 주요 수요기관 등 의견 조회 및 기술동향 파악

- Automated Flagger Assistance Devices(AFADS)
  - 구성요소 : 정지/서행 표지판, 적색/황색 신호등, 차단기, 원형 적색/황색 경고등, 통제기(NEMA Standard 250 Enclosure 3R의 요구조건 만족), 원격제어 수단, 배터리 및 충전 시스템, 트레일러(60mph 바람에 견딤)



<정지/서행 표지판>



<적색/황색 신호등>

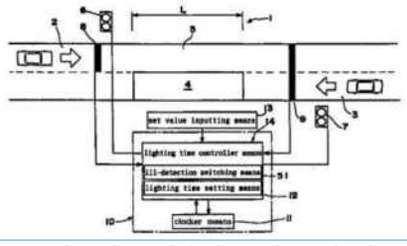


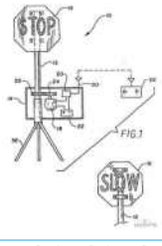
<원형 적색/황색 경고등>


<통제기>

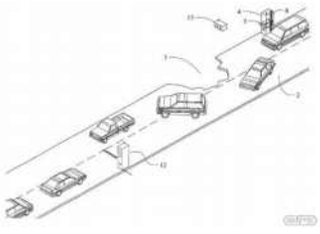
[그림 2-3-48] Automated Flagger Assistance Devices 구성요소

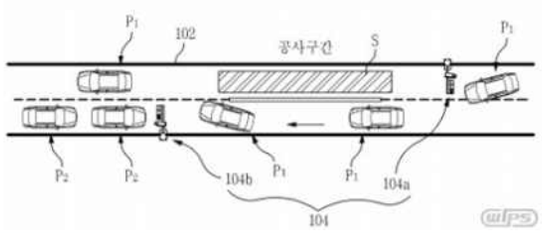
- 교통 신호기를 이용한 교대 통행 시스템
  - 구성요소 : 교통 신호등, 검지기, 통제기(신호 운영 알고리즘 포함)
- 원격 제어 정지/서행 표지판 적용 이동식 교대 통행 시스템
  - 구성요소 : 정지/서행 표지판, 원격 제어기
- 자동 교통 통제 시스템
  - 구성요소 : 교통 신호등, 차단기, 비디오 카메라, 양방향 무선 통신기, 원격 제어기
- 차량 통행 안내 시스템
  - 구성요소 : 교통 신호등, 영상 촬영부, 통시부, 제어부


<교통 신호기를 이용한 교대 통행 시스템>



<원격 제어 정지/서행 표지판 적용 이동식 교대 통행 시스템>


<자동 교통 통제 시스템>



<차량 통행 안내 시스템>

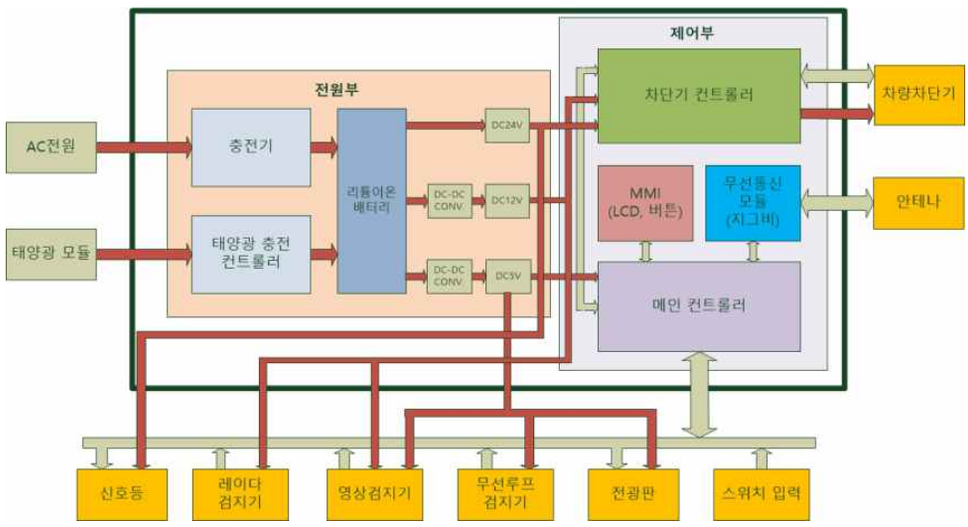
[그림 2-3-49] 기타 교대 통행 시스템

2차년도 연구 주요 내용

- 1차년도를 통해 도출된 운영전략, 구성요소 및 알고리즘을 바탕으로 이동식 교대통행 운영시스템 시작품 제작을 위한 2차년도 연구를 수행함
- 2차년도는 이동식 교대통행 운영시스템 시작품 제작 및 실내실험을 위한 테스트 단계임
- 또한, 1차년도에서 정립된 운영알고리즘은 다양한 교통량 조건을 기반으로 시뮬레이션을 수행하여 도출된 결과에 기초하여 이동식 교대통행 운영시스템의 차량검지방안과 제어변수를 기반으로 고도화하였음

(1) 이동식 교대통행 운영시스템 시작품 제작

- 전원부, 제어부, 표시부, 검지부, 보조기능을 갖춘 시작품 제작함



[그림 2-3-50] 이동식 교대통행 운영시스템 구성도

- 차량검지부 제작함
  - 차량 검지부는 무선루프검지기, 무선루프검지기 중계기(Repeater), 영상검지기, 영상처리장치, 레이다검지기로 구성되어 있음
  - 정확한 차량 검지를 위해 영상 검지기 및 무선루프 검지기를 활용함
  - 영상검지기는 적색신호 시 공사구간에 차량 통과 여부를 확인하기 위해 설치 하며, 이더넷으로 영상 처리부와 연결됨
  - 무선루프 검지기는 공사구간 접근 및 대기, 통과 차량의 유무를 검지하고 검지된 정보를 중계기로 전송함

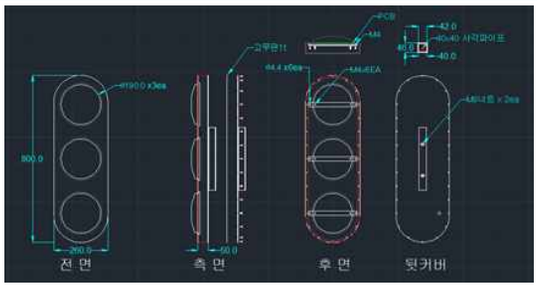
영상검지기		무선루프
		
영상 검지기	카메라 하우징	무선루프검지기
		
		무선루프검지기 중계기

[그림 2-3-51] 교대통행 시스템 차량 검지부

● 표시부 제작함

– 신호등은 운전자가 신호를 확인할 수 있도록 상단의 높이를 3M로 설치 될 수 있도록 설계 함

– 전광판은 240mm x 240mm의 모듈 2개가 연결되어 240mm x 480mm의 크기로 제작되며, 신호등의 녹색신호 시“진행”, 적색신호 시“정지”, 황색신호 시“정지”를 표출 하도록 함

신호등	전광판
	
신호등 도면	전광판 표출면

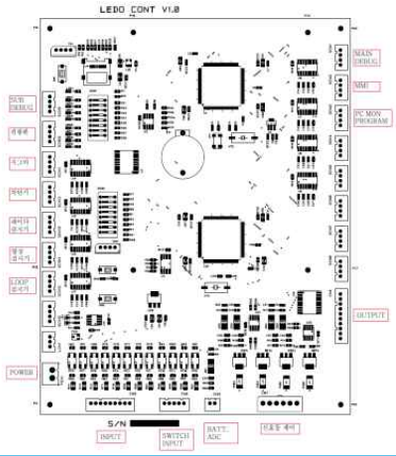
[그림 2-3-52] 교대통행 시스템 표시부

● 제어부 제작함

– 제어부는 이동식 교대통행 운영시스템 알고리즘이 동작하는 메인컨트롤러와 시스템 상태를 표시하는 MMI보드, 시스템간 통신을 위한 무선통신모듈 그리고 차단기를 제어하는 차단기 컨트롤러로 구성되어있음

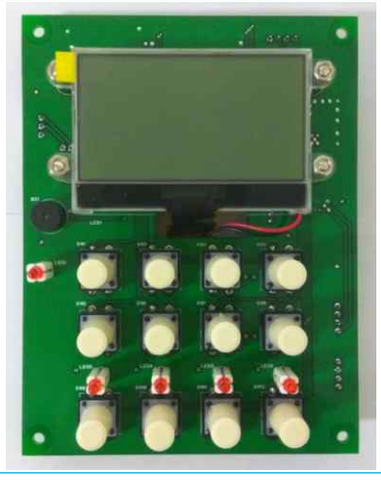
– 메인 컨트롤러 설계 및 제작함





[그림 2-3-53] 메인 컨트롤러

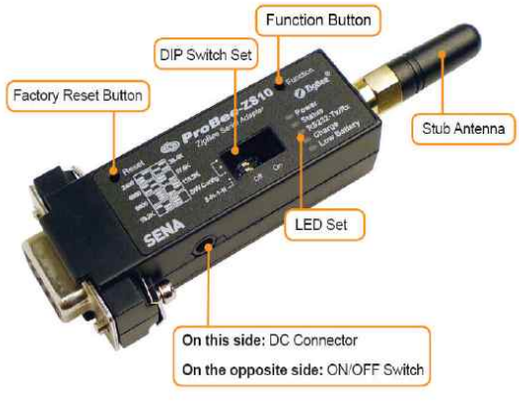
– 시스템 동작모드, 신호상태, 무선루프검지기 상태, 배터리 전압 등을 표시하는 MMI 보드 제작함





[그림 2-3-54] MMI 보드

– 사용자가 상황에 맞게 유무선 통신을 선택할 수 있으며 최대 1.6km까지 통신 가능한 무선통신 모듈 제작함



[그림 2-3-55] 지그비 모듈

● 전원부 제작함

– DC +24V 리튬이온 배터리팩(860W) 2개를 사용하여 24시간 독립적 사용할 수 있도록 하였음

– 배터리를 충전하기 위한 전용 충전기를 장착하여 AC전원 공급이 가능한 환경에서는 배터리를 충전하면서 시스템을 동작시킬 수 있도록 하였음

– 배터리를 효율적으로 사용하기 위해 태양광 충전 컨트롤러 및 태양광 패널을 장착할 수 있음

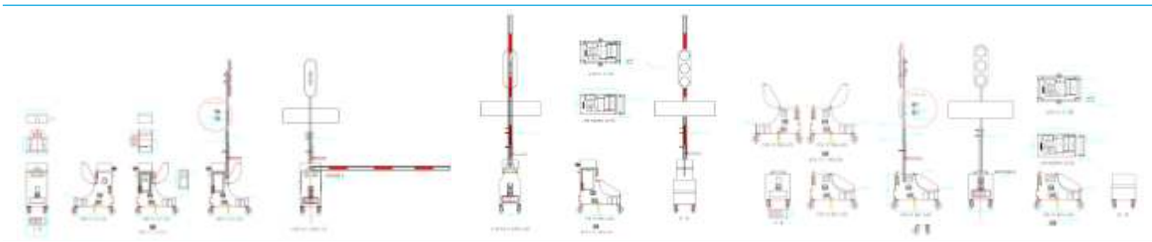
– 시스템의 여러 장치에 전원을 공급하기 위해 +12V용, +5V용 DC-DC 컨버터 2개를 장착하였음. 메인컨트롤러, 전광판, 무선통신모듈, 무선루프검지기 중계기에 +5V전원을 공급하고 영상검지기, 레이다 검지기에 +12V 전원을 공급함. 신호등은 배터리 전원 +24V를 사용함

● 소형화된 기구물 설계 및 제작함

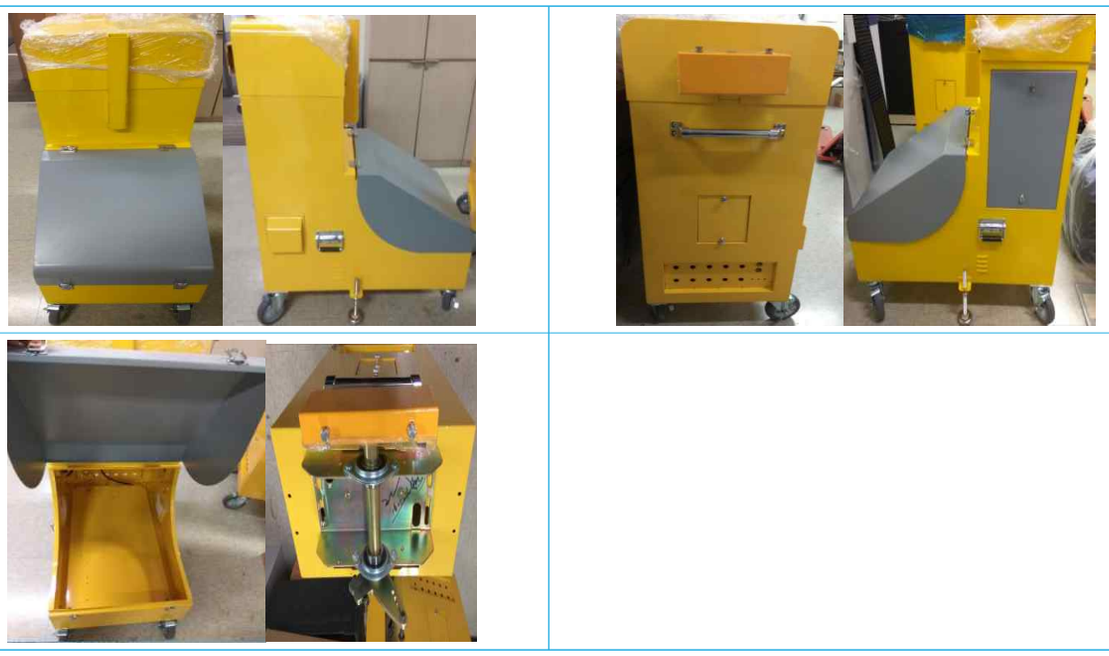
– 외함 기구물은 이동과 설치가 용이하도록 소형, 경량으로 설계하였음

– 외함 후면에 단자대를 배치하여 여러 장치들을 연결할 수 있도록 하였음

– 외함에 신호등, 전광판, 태양광 패널, 영상검지기 등을 설치하기 위한 고정 기구물을 전면 뚜껑 위쪽에 고정할 수 있음. 2단으로 만들어져 있어 조립시 지상으로부터 3m 높이 가능함



[그림 136] 소형화된 기구물 설계도



[그림 2-3-56] 교대통행 시스템 외함 기구물

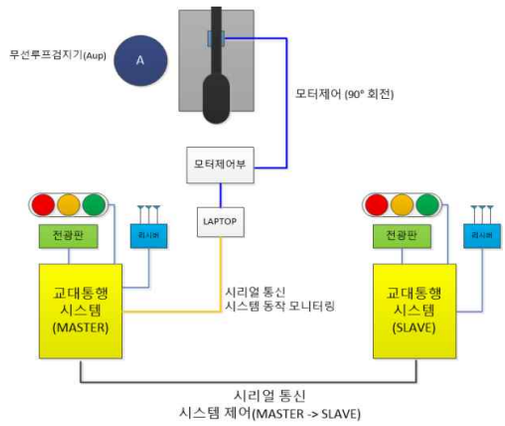
- 전원부, 제어부, 표시부, 검지부, 보조기능을 갖춘 시작품 제작함



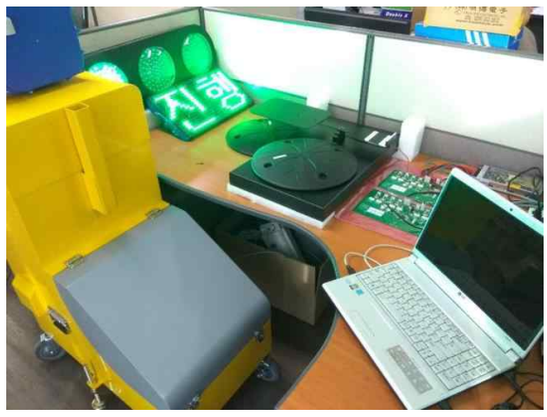
[그림 2-3-57] 이동식 교대통행 운영시스템 시작품

(2) 이동식 교대통행 운영시스템 시작품 광학/환경시험

- HIL 시뮬레이션을 통한 제어부 동작 실험 수행함
  - 시스템 2대 및 무선루프검지기를 이용하여 HIL(Hardware in Loop) 시뮬레이션 환경구축함
  - 동작정확도 : 차량검지 총 500회 중 490회 동작, 신호등 동작 500회 중 500회 동작함



HIL 시뮬레이션 구성도



HIL 시뮬레이션 실험 사진

[그림 2-3-58] HIL 환경 구성도(좌) 및 HIL 시뮬레이션 실험사진(우)

- LED디스플레이 광학실험 공인시험기관(도로교통공단)에 의뢰하여 공인시험성적서 취득함 (시험기준: 경찰청 '가변형 교통안전 표지 표준지침' 광학시험)
- 교대통행 운영시스템 전기적 안전성 평가를 위한 공인시험기관(국립전파연구원)에 의뢰하여 전자파적합성(EMC)인증서 획득함

신호등 적색	신호등 황색	신호등 녹색	전광판	KC 인증서
				

[그림 2-3-59] 교대통행 운영시스템 전자파 시험 인증서



방송통신기자재등의 적합등록 필증

Registration of Broadcasting and Communication Equipments

상호 또는 성명 Trade Name or Registrant	(주)태도
기자재 명칭 Equipment Name	이동식 교대통행 운영 시스템
기본모델명 Basic Model Number	LDPTS
파생모델명 Series Model Number	
등록번호 Registration No.	MSIP-REM-LDO-LDPTS
제조자/제조(조립)국가 Manufacturer/Country of Origin	(주)태도 / 한국
등록연월일 Date of Registration	2016-12-12
기타 Others	

위 기자재는 「전파법」 제58조의2 제3항에 따라 등록되었음을 증명합니다.

It is verified that foregoing equipment has been registered under the Clause 3, Article 58-2 of Radio Waves Act.

2016년(Year) 12월(Month) 12일(Date)

국립전파연구원장

Director General of National Radio Research Agency

[그림 2-3-60] 전자파적합 인증서

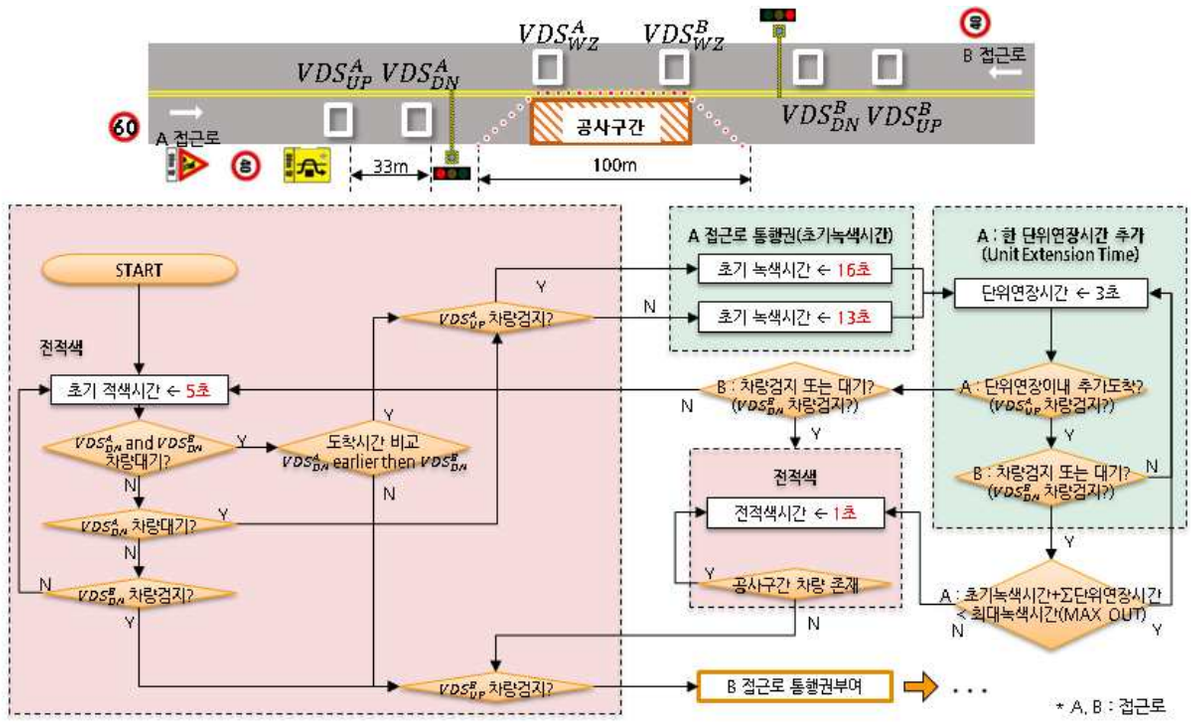
(3) 이동식 교대통행 운영시스템의 운영 알고리즘 고도화

● 이동식 교대통행 운영제어변수 재정립함

<표 2-3-42> 재정립된 이동식 교대통행 운영제어변수

변수	내용 및 산출식
초기전적색시간	■ 시스템 운용 시 초기에 접근로에 접근하는 차량을 대기시키기 위한 안전시간
초기녹색시간	■ 접근로에 대기차량을 통과시키기 위한 시간 ■ 초기녹색시간=인지반응시간(3초)+포화차두시간(2초)×대기차량대수
단위연장시간	■ 초기녹색시간 이후 공사구간에 도착하는 차량을 통과시키기 위한 추가시간 ■ 단위연장시간=검지범위(33m)/접근속도(40kph)
최대허용대기시간	■ 적색신호에 대기하고 있는 차량이 최대로 대기할 수 있는 시간
전적색시간	■ 녹색시간 이후, 공사구간을 통과하는 차량이 안전하게 통과할 수 있도록 제공되는 시간 ■ 전적색시간=공사구간길이/통과속도+여유시간(5초)
최대녹색시간	■ 통행권이 부여된 접근로에 차량의 접근 및 통과할 수 있는 최대시간 ■ 최대녹색시간=최대허용시간-전적색시간

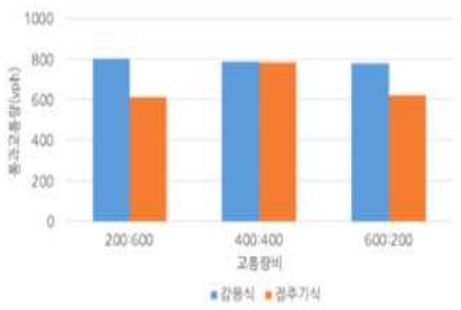
● 이동식 교대통행 시스템의 차량검지방안과 제어변수를 고려하여 고도화된 알고리즘을 제시함



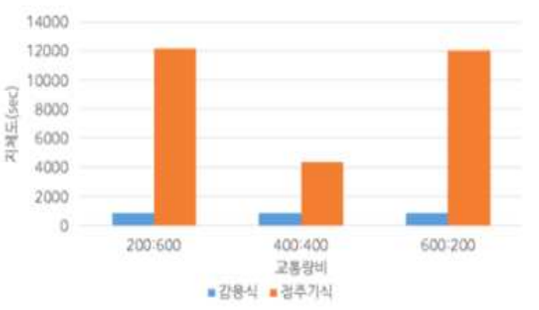
[그림 2-3-61] 이동식 교대통행 운영시스템의 고도화된 운영알고리즘

- 이동식 교대통행 운영제어변수 정립 및 산출식 신호운영방식에 따른 통과교통량과 지체도를 산출하여 이동식 교대통행 운영시스템 알고리즘을 평가함
  - 이를 위한 시나리오는 다음과 표와 같이 정주기식과 감응식 신호운영방식을 고려하였으며 방향별 시간당 교통량은 200대, 400대, 600대로 가정하여 설정함
  - 이동식 교대통행 시스템 알고리즘 평가를 위한 효과평가척도로 통과 교통량(대)과 지체도(초)를 사용함

- 시뮬레이션을 통해 결과를 도출함
  - 교통량 비가 같은 경우에는 통과교통량이 양방향 모두 약 800대/h로 신호운영방식의 영향은 없는 것으로 나타났으나, 교통량 비가 다를 경우에는 접근 교통량 비에 관계없이 감응방식의 통과교통량은 약 800대/h로 나타났으며, 정주기 방식의 통과교통량은 약 600대/h로 나타남
  - 감응방식이 정주기방식보다 운영효율성이 높은 것으로 나타남
  - 정주기식 운영방식은 접근 교통량이 적은 경우에도 감응식 보다 지체도가 큰 것으로 나타났으며, 특히 접근 교통량 비가 차이 날 때 정주기식의 운영효율성은 더욱 떨어지는 것으로 나타남
  - 반면 감응 방식은 교통량에 관계없이 정주기식 보다 지체시간 적으며 운영효율성이 뛰어남



신호운영방식별 통과교통량(대) 시뮬레이션 분석결과



신호운영방식별 지체도(초) 시뮬레이션 분석결과

[그림 2-3-62] 시뮬레이션 결과

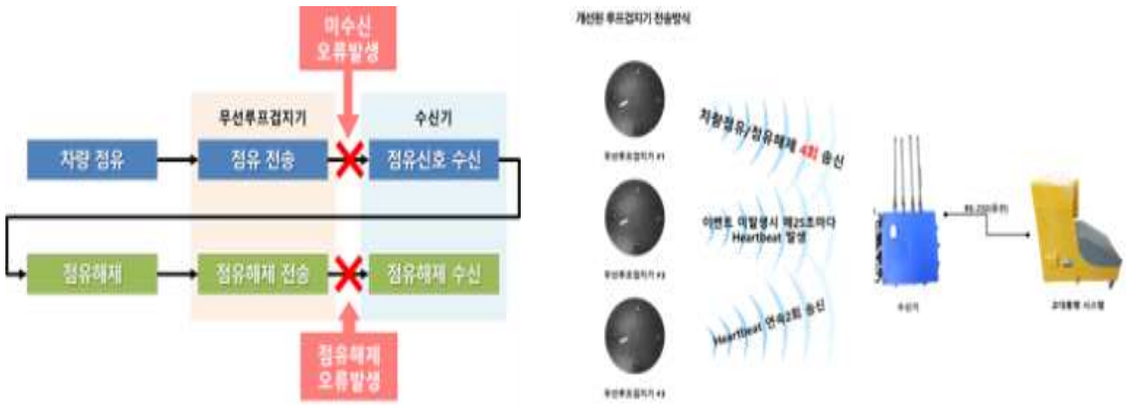
3차년도 연구 주요 내용

- 2차년도에 제작된 이동식 교대통행 운영시스템을 실외실험을 통해 문제점 파악 및 성능을 향상시킴
- 또한, 2차로도로에서 교대통행 시 교통신호수 대신 이동식 교대통행 운영시스템을 적용한 교통관리 방안을 제시함
- 부가적으로 이동식 교대통행 운영시스템을 인천중구청 요청에 따른 인천 홍예문 도로(교대통행이 요구되는 폭이 좁은 도로)에 적용하고자 추진함

(1) 이동식 교대통행 운영시스템 실외실험

(가) 실외실험을 통해 발생한 시스템 오류 및 운영알고리즘 보완

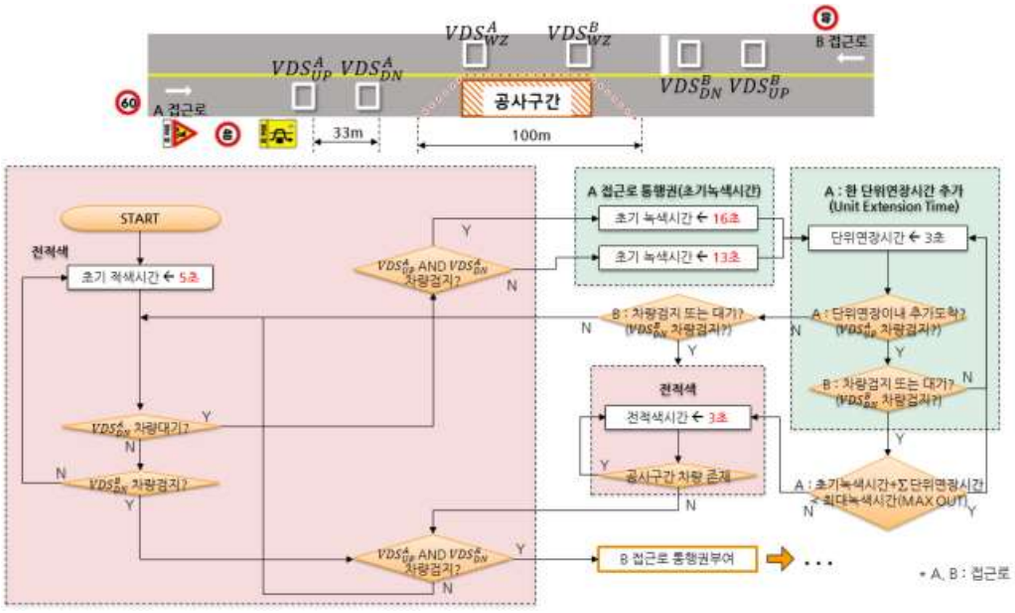
- 본 실외실험은 2차년도에 제작된 이동식 교대통행 운영시스템의 전반적인 통신 및 신호 수신 등 운영체계를 점검하기 위해 실시함
- 본 실외실험은 한양대학교 캠퍼스에서 수행하였으며, 이를 통해 이동식 교대통행 운영시스템의 운영체계 및 알고리즘을 개선함
  - 통신 및 신호관련 오류시 점멸 기능 보완(Error Flashing) 함
  - 시스템 초기 점멸 기능 보완(StartUp Flashing) 함
  - 무선루프검지기의 점유/비점유 이벤트 발생시 수신오류(차제가 낮은 차량에서 자주발생)가 발생하여 기존 송신회수를 2회에서 4회로 증가 및 전송간격(차가 지나간 후 전송)을 조절함



[그림 2-3-63] 이동식 교대통행 시스템 시스템 개선

- 그 밖에, 본 실외실험을 통해 이동식 교대통행 운영시스템의 차량검지방안과 제어변수를 고려하여 운영알고리즘을 추가로 보완함
  - 대기차량 및 통과차량의 안전성 확보를 위한 전적색시간 수정함

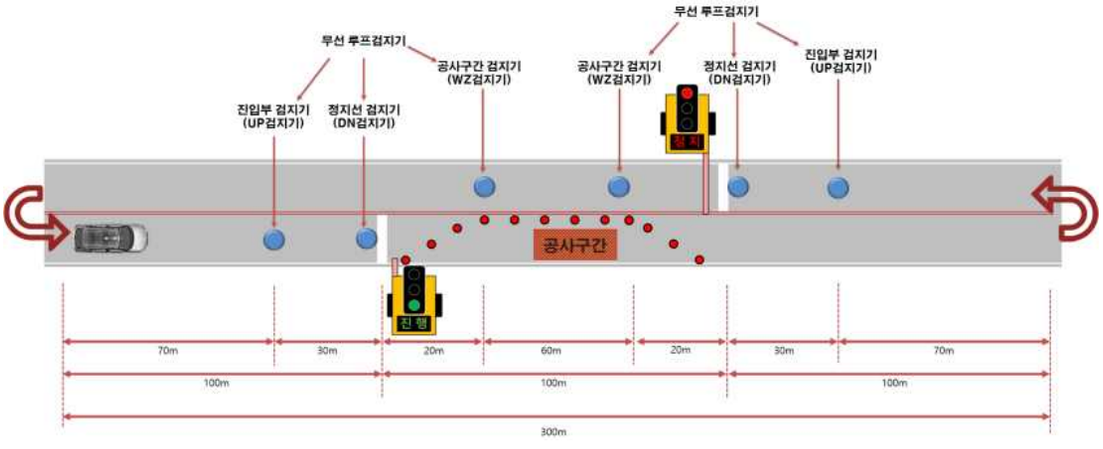
– 초기운영 시 통행권 우선순위 판단을 위한 알고리즘 개선함



[그림 2-3-64] 개선된 이동식 교대통행 운영알고리즘

(나) 운영체계가 개선된 이동식 교대통행 운영시스템 추가 실외실험

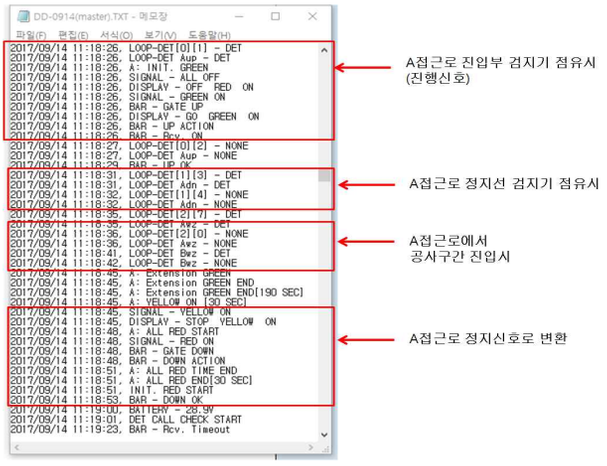
- 본 추가 실험은 개선된 이동식 교대통행 운영시스템의 고정제어와 감응제어에 따른 시스템 동작의 정확도 및 신뢰성을 확보하기 위해 실시(고정제어모드, 감응제어모드 : 기본신호전환, 녹색신호연장)함
- 추가 실험은 한국건설기술연구원 SOC실증연구센터에서 수행하였으며, 이를 통해 도로상에 이동식 교대통행 운영시스템을 정지선구간에 설치하고 루프검지기를 진입부(UP검지기), 정지선(DN검지기), 공사구간(WZ검지기)에 설치한 뒤, 실험용 차량을 이용하여 루프검지기를 점유하여 교통신호 및 전광판이 정상적으로 표출되는지 확인함



[그림 2-3-65] 이동식 교대통행 운영시스템 추가 실외실험 구성도



[그림 2-3-66] 이동식 교대통행 운영시스템 추가 실외실험



[그림 2-3-67] 이동식 교대통행 운영시스템의
로그기록 예

- 추가 실외실험을 통해 결과를 도출함
  - 고정제어모드 : 이동식 교대통행 운영시스템의 신호등, 전광판, 차단기, 검지기의 동작 상태를 육안 및 영상, 로그데이터를 분석한 결과 주행실험 5회 모두 정상 동작한 것으로 확인함
  - 감응제어(기본신호전환) : 20회 주행실험 결과 모두 정상적으로 신호전환된 것을 확인함
  - 감응제어(녹색신호연장) : 10회 주행실험 결과 모두 정상적으로 녹색신호 연장된 것을 확인함

(2) 도로공사장 교통관리지침(안) 마련

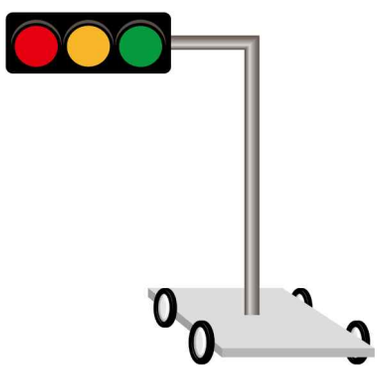
(가) 이동식 교대통행 운영시스템 적용 가능하도록 내용 수정 및 교통관리 방안 추가

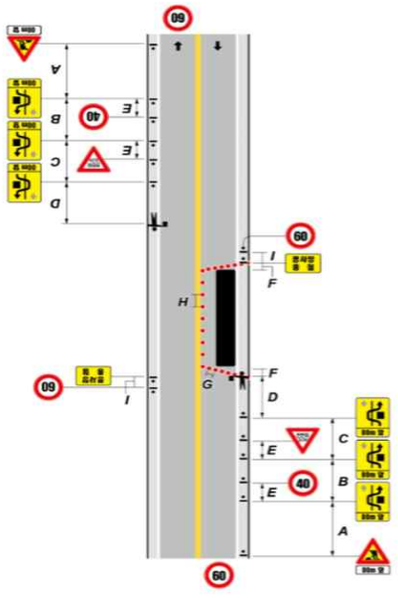
- 『교통안전시설 등 설치관리에 관한 규칙(경찰청)』, 『공사구간 교통관리 및 안전시설설치 기준(경찰청)』에 맞게 현 일반 교통신호기 이외에 이동식 교대통행 운영시스템 운영이 가능하도록 관련 내용을 마련함
  - 이동식 교대통행 운영시스템 사례를 제시함
  - 이동식 교대통행 운영시스템 적용시 교통관리 방안 제시함

(나) 도로 공사장 교통관리지침(안) 마련

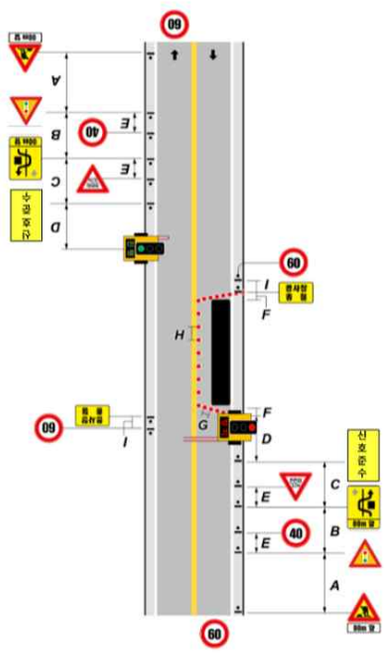
- 이동식 교대통행 운영시스템의 실도로 적용을 위해 도로 공사장 교통관리지침(안)을 마련함

<표 2-3-43> 도로 공사장교통관리 지침 안

현행(2012)	개정안	비고
나. 임시 신호등 2차로도로에서 한 차로를 차단하여 교대 통행하는 도로 공사구간에서 통제 신호수 대신 임시 신호등을 설치하여 운영할 수 있다. 그 밖에 교차로에서 수행되는 공사로 기존 교차로 신호운영 체계가 작동을 멈추었을 때 또는 교통 통제가 필요할 경우(점용공사로 인한 교통량 증가로 차량 및 보행자 횡단 어려움 발생 등) 임시 신호등을 설치하여 운영한다.(<그림 6.19> 참조) 임시 신호등은 우측 도로변에 설치하며, 종단경사가 5% 이상이거나 시거가 100m 미만인 구간에는 임시 신호등 설치를 가능한 금지한다. 임시 신호등도 일반 신호등 기능을 만족하는 것이어야 하며, 상세한 설치 및 관리 기준은 『교통신호기 설치 관리 매뉴얼』(경찰청)을 참고한다.  <그림 6-19> 임시 신호등 예	나. 임시 신호등 2차로도로에서 한 차로를 차단하여 교대 통행하는 도로 공사구간에서 통제 신호수 대신 임시 신호등(혹은 이동식 신호등)을 우측 도로변에 설치하여 운영할 수 있다.(<그림 6.19> 참조) 특히, 장기공사인 경우는 임시 신호등(혹은 이동식 신호등)을 운영한다.(『교통안전시설 등 설치관리에 관한 규칙(경찰청)』, 『공사구간 교통관리 및 안전시설설치기준(경찰청)』 참조) 그 밖에, 교차로에서 수행되는 공사로 기존 교차로 신호운영 체계가 작동을 멈추었을 때 또는 교통 통제가 필요할 경우(점용공사로 인한 교통량 증가로 차량 및 보행자 횡단 어려움 발생 등) 임시 신호등을 설치하여 운영한다.  <그림 6-19> 이동식 신호등 예	『교통안전시설 등 설치관리에 관한 규칙(경찰청)』, 『공사구간 교통관리 및 안전시설설치기준(경찰청)』 기반 내용 보완 혹은 수정



<현 교통관리 방안>

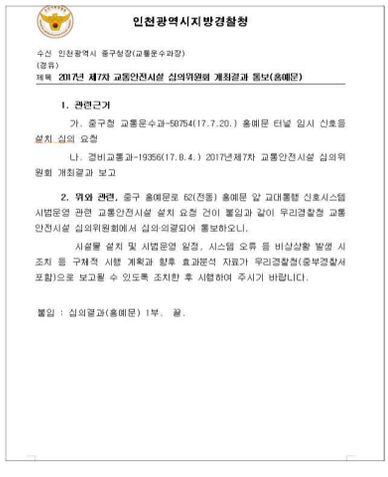


<이동식 교대통행 시스템 적용에 따른 교통관리 방안 추가>

[그림 2-3-68] 이동식 교대통행 시스템 적용에 따른 교통관리 방안

(3) 이동식 교대통행 운영시스템 현장적용 추진

- 인천 중구청 요청에 의해 좁은 도로 폭관계로 양방향 동시 통행이 어려운 인천 홍예문 도로에 이동식 교대통행 운영시스템 적용을 추진하였음
- 현장적용에 앞서서 인천지방경찰청 심의위원회 상정하여 통과하였음
- 홍예문의 특정상황(문화재 구역)에 따른 현장적용이 보류되었음



인천광역시지방경찰청

수신 인천광역시 중구청장(교통운수과장)
(경유)
제목 2017년 제7차 교통안전시설 심의위원회 개최결과 통보(홍예문)

1. 관련근거

가. 중구청 교통운수과-58754(17.7.20.) 홍예문 터널 임시 신호등 설치 심의 요청

나. 경비교통과-19356(17.8.4.) 2017년제7차 교통안전시설 심의위원회 개최결과 보고

2. 위와 관련, 중구 홍예문로 62(전동) 홍예문 앞 교대통행 신호시스템 시범운영 관련 교통안전시설 설치 요청 건이 붙임과 같이 우리경찰청 교통안전시설 심의위원회에서 심의의결되어 통보하오니,

시설물 설치 및 시범운영 일정, 시스템 오류 등 비상상황 발생 시 조치 등 구체적 시행 계획과 향후 효과분석 자료가 우리경찰청(중부경찰서 포함)으로 보고될 수 있도록 조치한 후 시행하여 주시기 바랍니다.

붙임 : 심의결과(홍예문) 1부. 끝.

[그림 2-3-69] 인천지방경찰청 심의통과

03 목표 달성도 및 관련 분야 기여

3-1 목표 및 목표 달성 여부

구분	핵심성과 (level1)		단위성과 (level2)		질적 성과지표		최종 성과점검기준 목표치	측정방법	검증방법	가중치	해당 처	양적 성과목표
1차 년도	A	충돌 위험도 저감 강풍 지수	A-1	감충 지주 대안	①	감충 지주 대안의 적정성	감충 지주 대안 제시	대안 개발 여부	보고서	10	건기연	특허 : 출원 1 건 비SCI(E)급 : 1 건
			A-2	충격흡수 메카니즘을 갖는 충공 빔 부재	②	개발된 단면의 충격흡수능력 및 구조적 강도	풍하중에 대한 휨강도 확보 및 탑승자 안전도 (THIV 44km/h, PHD 20g)이하	컴퓨터 시뮬레이션및 실내실험	보고서	10	공주대	
	B	교각용 다방향 충격흡수시설	B-1	교각 충격흡수시설용 곡형 가드레일 생산기술	①	다양한 반경의 곡형 가드레일 제조	직경 10m	곡형 가드레일 직경	계측	10	동아에스텍	특허 : 출원 1 건
			B-2	교각 충격흡수시설	②	교각 충격흡수시설의 컴퓨터 시뮬레이션을 통한 탑승자 안전성 검토	탑승자 안전도 (THIV 44km/h, PHD 20g)이하	컴퓨터 시뮬레이션을 통한 탑승자 안전성(THIV, PHD)	컴퓨터 시뮬레이션 결과 보고서)	10	스마트에어챔버	
	C	도로작업자 보호용 이동식 방호울타리 (소형, 대형)	C-1	도로작업자 보호용 이동식 방호울타리 기본 설계	①	컴퓨터 시뮬레이션을 통한 탑승자 안전성 검토	현장 적용 가능성 여부 탑승자 안전도 - 대형 이동식 방호울타리 : THIV 33km/h, PHD 20g)이하 - 소형 이동식 방호울타리 : THIV 44km/h, PHD 20g)이하	컴퓨터 시뮬레이션을 통한 탑승자 안전성(THIV, PHD)	컴퓨터 시뮬레이션 결과 보고서)	15	건기연 ㈜스마트에어챔버	특허 : 출원 2 건
	D	도로작업자 회피/경고 시스템	D-1	기존 회피 장비 한계 분석조사 및 도로작업자 회피/경고 시스템 구성 설계안	①	분석조사 결과 및 시스템 구성 설계안	1건	기존 회피장비 한계분석 결과 및 시스템 구성 설계안	보고서	15	건기연 ㈜래도	특허 : 출원 1 건
	E	교통콘 자동 설치·회수 장비 개발	E-1	교통콘 자동 설치·회수 장치	①	수요분석을 반영한 설계	1건	전문가평가	수요분석 보고서	15	건기연	특허 : 출원 1건 비SCI(E)급 : 1건 SW : 2건 언론홍보 : 3건
	F	이동식 교대통행 운영 시스템	F-1	이동식 교대통행 시스템 운영방안 및 알고리즘 설계	①	교대통행 운영 알고리즘 개발	알고리즘 판단정확도 85% 이상	시뮬레이션 효과평가	단위테스트 결과보고서	10	건기연	
					②	이동식 교대통행 운영시스템 구성 설계안	1건	시스템 구성 설계도	보고서	5	㈜래도	
계					-	-	-	-	-	100	-	특허 : 출원 6건 논문 : 비SCI(E)급 2건 SW : 2건 언론홍보 : 3건

구분	핵심성과 (level1)		단위성과 (level2)		최종 성과점검기준					가중치	해당	양적 성과목표
						질적 성과지표	목표치	측정방법	검증방법			
2차 년도	A	충돌 위험도 저감 감충 지주	A-1	충돌 피해 최소화를 위한 기본형 감충 지주 시제품	①	기본형 감충 지주의 충돌시 탑승자 안전도	탑승자 안전도 (THIV 44km/h, PHD 20g)이하	자체 실물차량 충돌실험	충돌실험 결과	5	건기연 동아에스텍	특허 : 출원 1건 등록 1건 비SCI(E)급 : 1건
					②	기본형 감충 지주에 충돌한 차량의 충돌후 거동	충돌 후 차량 및 지주거동은 안전한가	자체 실물차량 충돌실험	충돌실험 결과	5		
			A-2	충돌 피해 최소화를 위한 기본형 감충 지주 설계도	①	개발단면의 충격흡수능력	충돌에너지 흡수(cc1, cc2)	충돌 시뮬레이션 및 Drop Test	보고서	5	공주대	
					②	개발단면의 풍하중에 대한 휨강도	국내 최대 풍하중	구조해석 및 실내정적실험	보고서	5		
	B	교각용 다방향 충격흡수시설	B-1	CC1급 교각용 다방향 충격흡수시설	①	구조물형 시스템의 감충성능	탑승자 안전도 (THIV 44km/h, PHD 20g)이하	자체 실물차량 충돌실험	충돌실험결과	5	건기연 동아에스텍	특허 : 출원 1건 등록 1건 비SCI(E)급 : 1건
					②	구조물형 충격흡수시설 시스템의 강도성능	cc1급 충돌차량의 방호	시뮬레이션 결과	보고서	5	건기연 공주대	
					③	부착형 교각용 충격흡수시설 CC1 급	현장 적용 가능성 여부 탑승자 안전도 (THIV 44km/h, PHD 20g)이하	자체 실물차량 충돌실험 60km/h	충돌실험 결과	5	스마트에어챔버	
			B-2	교각 충격흡수시설용 곡형 가드레일 생산기술	①	다양한 반경의 곡형 가드레일 제조	직경 5m 이하	곡형 가드레일 직경	계측	5	동아에스텍	
	C	도로작업자 보호용 이동식 방호울타리 (대형, 소형)	C	도로작업자보호용 이동식 방호울타리 장비 개발	①	시제품제작 단품 및 실물시험성능분석	기구적작동정확도 90%및 충격흡수성능 90%	장치별 작동시험 및 실물 충격시험	실물시험결과보고서	5	건기연 ㈜스마트에어챔버	특허 : 출원 2건 등록 2건 비SCI(E)급 1건 학술발표 1건
	D	도로작업자 회피/경고 시스템	D-1	차량검지 알고리즘 개발	①	도로작업장 침입차량 검지 및 주행궤적 추적 알고리즘 개발	알고리즘 판단 정확도 90% 이상	시뮬레이션 효과평가	단위테스트 결과보고서	5	건기연 래도	특허 : 출원 1건 비SCI(E)급 1건 S/W : 1건
					②	자동차 주행궤적 추적 알고리즘 개발	알고리즘 판단 정확도 80% 이상	시뮬레이션 효과평가	단위테스트 결과보고서	5		
			D-2	차량검지기술 개발	①	차량 검지기 시작품 제작	공사장 전후 검지영역 85m 이상	실외 단위테스트	단위테스트 결과보고서	5	래도	
	E	도로 낙하물 수거 장비 개발	E-1	도로 낙하물 수거 장비 기초 연구 및 설계도	①	수요분석을 반영한설계	1건	전문가평가	수요분석 보고서	5	건기연 ㈜유현시스템즈	특허 : 등록 1건
					②	낙하물 수거 중량	수거중량 최대 5kg 이내 단 로드컬인 경우 최대 10kg 이내	Dummy 테스트	시험보고서	10		특허 : 출원 1건 등록 1건 비SCI(E)급 2건
			E-2	도로 낙하물 수거 장비 핵심 모듈 설계 및 시험	①	최대 작업 속도	10km/h 이상	Dummy 테스트	시험보고서	5		특허 : 출원 2건 등록 1건 시작품 : 2건
					②	진공력 시험 장치 시작품 제작	시스템 동작 정확도 90% 이상	Dummy 테스트	시험보고서	5		
					③	동력인출장치 시작품 제작	78℃이상에서 작동여부	무부하 온도 테스트	시험보고서	5		
	F	이동식 교대통행 운영 시스템	F-1	이동식 교대통행 운영시스템 개발	①	이동식 교대통행 운영시스템 시작품 제작	시스템 동작정확도 90%이상	실내 단위테스트	단위테스트 결과보고서	5	건기원 ㈜래도	특허 : 출원 1건 비SCI(E)급 1건 시작품 : 1건 S/W : 1건
			F-2	이동식 교대통행 운영시스템 광학, 환경 시험	①	광학/환경시험	1건	공인시험기관 시험	시험결과서	5		
계					–	–	–	–	–	100	–	특허 : 출원 9건 등록 7건 논문 : 비SCI(E)급 7건 학술발표 1건 시작품 : 3건 S/W : 2건

구분	핵심성과 (level1)		단위성과 (level2)		최종 성과점검기준						해당 기관	양적 성과목표
					질적 성과지표		목표치	측정방법	검증방법	가중치		
3차 년도	A	충돌 위험도 저감 감충 지주	A-1	충돌 피해 최소화를 위한 범용 감충 지주 시제품	①	범용 감충 지주의 충돌시 탑승자 안전도	탑승자 안전도 (THIV 44km/h, PHD 20g)이하	자체 실물차량 충돌실험	충돌실험 결과	5	건기연 동아에스텍	특허 : 출원 1건 등록 1건
					②	범용 감충 지주에 충돌한 차량의 충돌후 거동	충돌 후 거동은 안전한가	자체 실물차량 충돌실험	충돌실험 결과	5		
			A-2	충돌 피해 최소화를 위한 범용 감충 지주 설계도	①	개발단면의 충격흡수능력	충돌에너지 흡수(cc1, cc2)	- 충돌 시뮬레이션 - Drop Test	보고서	10	공주대	
	B	교각용 다방향 충격흡수시설	B-1	CC2급 교각용 다방향 충격흡수시설 (Bullnose Barrier System)	①	시스템의 감충성능	탑승자 안전도 (THIV 44km/h, PHD 20g)이하	자체 실물차량 충돌실험	충돌실험결과	5	건기연 동아에스텍	특허 : 출원 1건 등록 1건
			B-2	CC2급 교각용 다방향 충격흡수시설 (부착형)	①	80km/h급 실물차량 충돌실험	현장 적용 가능성 여부 탑승자 안전도 (THIV 44km/h, PHD 20g)이하	자체 실물차량 충돌실험	충돌실험 결과	10	스마트에어챔버	
	C	도로변 안전매뉴얼 (안)	C-1	도로변 안전 매뉴얼 초안 개발	①	도로변 안전 매뉴얼 초안 개발 여부	초안 개발 여부	도로안전매뉴얼(안)	보고서	5	건기연	-
	D	도로작업자 보호용 이동식 방호울타리 (대형,)	D-1	도로작업자보호용 이동식 방호울타리 개발	①	실물차량 충돌실험 결과 안전성 확보 내구성 확보	기구적작동정확도 95%이상 충격흡수성능 100%	장치별 작동시험 및 실물 충격시험	실물시험결과보고서	15	건기연 ㈜스마트에어챔버	특허 : 출원 1건 등록 2건
	E	도로작업자 회피/경고 시스템	E-1	도로작업자 회피/경고 시스템 개발	①	도로작업장 침입차량 예측 알고리즘 개발	알고리즘 판단 정확도 80% 이상	시뮬레이션 효과평가	단위테스트 결과보고서	15	건기연 ㈜래도	특허 : 등록 1건
	F	도로 낙하물 수거 장비 개발	F-1	시제품 제작	①	도로 낙하물 수거 장비 시제품 제작	동작 정확도 90% 이상	시험 테스트	시험 테스트 결과 보고서	10	건기연 ㈜유현시스템즈	특허 : 출원 1건 등록 4건 언론홍보 : 1건
				장비운영방안	②	운영 가이드라인	1건	전문가평가	단위테스트 결과 및 보고서	5	건기연 ㈜유현시스템즈	
	G	이동식 교대통행 운영 시스템	G-1	실외실험	①	실외실험 효과평가	시스템 동작정확도 90% 이상	실외 단위테스트	단위테스트 결과보고서	10	㈜래도	특허 : 등록 2건
			G-2	도로공사장 교통관리 지침(안)	①	정책제안	1건	지침개정 안 도출	교통관리 지침(안)	5	건기연	
계					-	-	-	-	-	100	-	특허 : 출원 4건 등록 11건 언론홍보 : 1건

구분	핵심성과 (level1)		단위성과 (level2)		최종 성과점검기준						해당 기관	양적 성과목표
						질적 성과지표	목표치	측정방법	검증방법	가중치		
4차 년도	A	도로 위험도 저감 지주	A-1	개발지주 인증 실험	①	개발지주 실물차량 인증실험	탑승자 안전도 충돌시 탑승자 안전율(THIV 44km/h, PHD 20g)이하 충돌 후 거동 안전성	개발지주 인증실험	공인 인증 충돌 실험 결과서	10	건기연 ㈜우대	특허 : 등록 1 건
					②	개발단면의 풍하중에 대한 휨강도 + 캔틸레버모에 의한 휨 및 비틀강도	국내 최대 풍하중()	- 구조해석 - 실내정적실험	보고서	10	건기연 ㈜우대	
	B	교각충격 흡수시설	B-1	성능 검증	①	개발 충격흡수시설의 인증	탑승자 안전도 충돌시 탑승자 안전율(THIV 44km/h, PHD 20g)이하 충돌 후 거동 안전성	개발지주 인증실험	공인 인증 충돌 실험 결과서	10	건기연 동아에스텍 ㈜스마트에어챔버	특허 : 등록 1 건
					②	시스템의 강도성능	충돌차량의 방호	시뮬레이션 결과	보고서	10	건기연 ㈜우대	
	C	도로변 안전매뉴얼 (안)	C-1	도로변 안전매뉴얼(안) 개발	①	도로변 안전 매뉴얼 초안 개발 여부	개발(안) 검토 여부	도로안전 매뉴얼 (안)	보고서	10	건기연	-
	D	도로작업자 보호용 이동식 방호울타리 (소형, 대형)	D-1	이동식 방호울타리 양산품제작 및 인증	①	소형 및 대형 이동식 방호울타리 인증실험	탑승자 안전도 충돌시 탑승자 안전율(THIV 44km/h, PHD 20g)이하 충돌 후 거동 안전성	소형 및 대형 이동식 방호울타리 인증실험	공인 인증 충돌 실험 결과서	20	건기연 ㈜스마트에어챔버	특허 : 등록 1건 시작품 : 2건 언론홍보 : 1건
	E	도로작업자 경고 시스템	E-1	도로작업자 경고 시스템 개발	①	도로작업자 경고 시스템 시작품 제작	동작정확도 90% 이상	실내 단위테스트	단위테스트 결과보고서	5	건기연 ㈜래도	특허 : 등록 1건 시작품 : 1건
			E-2	TEST-BED 효과평가	①	동작정확도 및 이용자평가	동작정확도 90%이상	단위테스트 및 설문조사	단위테스트 결과 및 보고서	5	㈜래도	
			E-3	도로공사장 교통관리 지침(안)	①	정책제안	1건	지침개정 여부	교통관리 지침(안)	10	건기연	
	F	도로 낙하물 주거 장비 개발	F-1	장비 성능검증	①	시운전을 통한 성능 검증	동작 정확도 90% 이상	시운전 단위테스트	시운전 테스트 결과 보고서	10	건기연 ㈜유현시스템즈	언론홍보 : 1건
				장비 운영방안	②	장비운영 매뉴얼	1건	전문가평가	보고서	5	건기연 ㈜유현시스템즈	
계					-	-	-	-	-	100	-	특허 : 등록 4 건 시작품 : 3 건 언론홍보 : 2 건

구분	핵심성과 (level1)		단위성과 (level2)		최종 성과점검기준						해당 기관	양적 성과목표
					질적 성과지표		목표치	측정방법	검증방법	가중치		
5차 년도	A	도로 위험도 저감 지주	A-2	현장 설치	①	개발 지주 현장 적용 여부	1건 이상	현장적용	현장적용 여부	10	건설연	특허 : 등록 1건 기술실시 : 1건
			A-3	시방서	①	개발지주 시방서	시방서 1식	시방서 개발 여부	시방서	5	다스코(주)	
	B	굉각충격 흡수지설	B-1	현장적용	①	개발 시설 현장 적용 여부	1건 이상	현장적용	현장적용 여부	10	건설연	신기술 : 1건 기술실시 : 1건
	C	도로변 안전매뉴얼(안)	C-1	도로변 안전매뉴얼(안) 개발	①	정책제안	관련기관 정책제안	도로변 안전매뉴얼 (안) 정책제안	정책제안 판단 가능 여부 서류	15	건설연	정책제안 : 1건
	D	도로작업자 보호용 이동식 방호울타리 (소형, 대형)	D-1	이동식 방호울타리 홍보 및 상용화 전략 마련	①	이동식 방호울타리 홍보 및 상용화 전략 수립	1건	보고서 작성 여부	보고서	20	건설연 ㈜스마트에어챔버	언론홍보 : 2건 기술실시 : 1건
	E	도로작업자 경고시스템	E-1	TEST-BED 효과평가	①	TEST-BED 구축	1건	TEST-BED 구축서	보고서	20	건설연 ㈜태도	-
	F	도로 낙하물 수거 장비 개발	F-1	도로 낙하물 수거 장비 홍보 및 상용화 전략 마련	①	도로 낙하물 수거 장비 홍보 및 상용화 전략 수립	1건	보고서 작성 여부	보고서	20	건설연 ㈜유현시스템즈	언론홍보 : 1건
					-	-	-	-	-	100	-	특허 : 등록 1건 언론홍보 : 3건 정책제안 : 1건 기술실시 : 3건 신기술 : 1건

● 정량적 성과 달성도

구분		목표	달성
국내외 논문 게재	SCI	4	4(2건 심사 중)
	비SCI	16	18
특허 출원	국내	19	28
	국외	–	–
특허 등록	국내	23	24
	국외	–	–
인력 양성	석사	–	1
	박사	–	2
기술 이전	계약 건수	3	6
	계약액	–	–
	징수액	–	–
국제 표준화	기고서 제출	–	–
	기고서 채택	–	–
	표준안 채택	–	–
국내 표준화	기고서 제출	–	–
	기고서 채택	–	–
	표준안 채택	–	–
등록·기탁 대상 성과물	소프트웨어	4	10
	디자인	–	2(출원), 2(등록)
기타	시제품	–	1
	성과 홍보	9	84
	일자리 창출	–	–
	학술발표	5	22
	시작품	6	7
	시험성적서	–	2
	정책제안	1	1
	신기술	1	1(1건 추진 중)
	조달청 등록	–	2

04 연구개발성과의 활용 계획 등

○ 스마트에어챔버(주)

■ 생산 계획

구분		(2020년) 개발 종료 후 1년	(2021년) 개발 종료 후 2년	(2022년) 개발 종료 후 3년
국내	시장점유율(%)	3	10	20
	판매량(단위:대)	22	55	110
	판매 단가(원)	1,300,000,000 / 110,000,000	1,300,000,000 / 110,000,000	1,300,000,000 / 110,000,000
	국내 매출액(백만원)	3,000	7,500	15,000
해외	시장점유율(%)	1	2	5
	판매량(단위:대)	2	10	20
	판매 단가(달러)	90,000	90,000	90,000
	해외 매출액(백만달러)	0.18	0.9	1.8
당사 생산 능력		60%	70%	80%

■ 투자 계획

(단위: 백만원)

항목		(2020년) 개발 종료 후 1년	(2021년) 개발 종료 후 2년	(2022년) 개발 종료 후 3년
매출원가		-	-	-
판매관리비		10	20	50
자본적 지출	토지	-	2천평	-
	건물/구축물	500	500	800
	기계 장치 등	500	1000	1200
자본적 지출 합계		1,000	1,500	2,000

■ 사업화 전략

구분	구체적인 내용
형태/규모	o 상용화 형태 : 신기술 보유를 통한 정부 및 공기업, 사기업 공급 o 수요처 : 국토관리, 도로공사, 민자고속도로, 자자체 시설공단 등 o 예상 단가 : 대형 방호울타리 10억원, 소형 방호울타리 5천만원 o 개발 투입 인력 및 기간 : 약10명, 3년
상용화 능력 및 자원 보유	o 공장 면적 4천평 보유 및 년간 매출 성장률 50%~ 100%
상용화 계획 및 일정	o 코라스 성능 시험 능력 확보 / 2년 이상

■ 사업화 모형 제시

1) 사업화 모형의 목표 및 핵심 경쟁 요인
 - 사업화 모형의 목표 : 도로보수작업자 안전을 위한 메카트로닉스 충돌안전 방호벽 차량화 및 에어챔버형 에어충격흡수 장치의 확대보급
 - 핵심 경쟁 요인 : 자동차안전과 도로안전시설물의 충돌 안전기술 융합 기술제품
2) 목표 시장 구조
 (1) 경쟁 기업 현황
  - 이동식방호울타리 차량 생산 업체 전무하고 컴팩한 충격흡수장치 생산업체 전무/ 국내외 유일의 제품 및 생산기술 보유
 (2) 시장 진입 장벽
  - 국제특허 보유 및 자동차 도로안전시설물 융합기술 보유/에어챔버충격흡수기술 적용으로 시장진입 단계적 진입 차단
3) 수익 확보 전략
  - 국토관리, 고소도로관리, 지장도로관리 등

유현시스템즈(주)

■ 생산 계획 (도로낙하물 수거장비 / 동력 인출장치)

1) 도로낙하물 수거장비

구분		(2020년) 개발 종료 후 1년	(2021년) 개발 종료 후 2년	(2022년) 개발 종료 후 3년
국내	시장점유율(%)	100	100	100
	판매량(단위: 대)	10	13	15
	판매 단가(원)	150,000,000	150,000,000	150,000,000
	국내 매출액(백만원)	150	1,500	3,000
해외	시장점유율(%)	계획 없음	계획 없음	계획 없음
	판매량(단위:)			
	판매 단가(달러)			
	해외 매출액(백만달러)			
당사 생산 능력1)		24대/년	24대/년	24대/년

※판매단가는 3.5톤카고트럭 기준 150,000,000원(차량가격 포함)
※국내 최초 개발, 양산으로 점유율은 100% 임

2) 동력인출장치 (PTO)

구분		(2020년) 개발 종료 후 1년	(2021년) 개발 종료 후 2년	(2022년) 개발 종료 후 3년
국내	시장점유율(%)	100	100	100
	판매량(단위: 대)	50	50	75
	판매 단가(원)	3,000,000	3,000,000	3,000,000
	국내 매출액(백만원)	75	150	225
해외	시장점유율(%)	계획 없음	계획 없음	계획 없음
	판매량(단위:)			
	판매 단가(달러)			
	해외 매출액(백만달러)			
당사 생산 능력1)		500대/년	500대/년	500대/년

※SUT 차량용 국내 최초 개발, 양산으로 점유율은 100% 임
※파생 상품 및 제품 금액은 포함 되지 않음
※생산능력은 2018년 11월 26일 기준 임

■ 투자 계획

(단위: 백만원)

항목		(2020년) 개발 종료 후 1년	(2021년) 개발 종료 후 2년	(2022년) 개발 종료 후 3년
매출원가		-	-	-
판매관리비		50	75	80
자본적 지출	토지	-	3,000평	-
	건물/구축물	-	1,200	-
	기계 장치 등	-	300	300
자본적 지출 합계		-	1,500	300

■ 사업화 전략

구분	분류	구체적인 내용
형태/규모	도로낙하물 수거장치	o 상용화형태 : 2020년 상반기 조달청 우수 조달품 등록 o 수요처 : 국토사무소, 한국도로공사, 지자체 등 o 규모 : 향후 2년 생산시설 및 인프라 구축에 15억 투자 예정
	동력인출장치	o 상용화형태 : 쌍용자동차 ODM 공급 판매 o 수요처 : 일반시장 및 특장차량 시장 대상
상용화 능력 및 자원 보유	도로낙하물 수거장치 및 동력인출장치	o 동력인출장치 쌍용자동차 1차 협력업체 등록 완료 o 동력인출장치 양산체제 완료 및 판매 중 o 도로낙하물 수거장치 조달청 혁신시제품선정 확정 o 자동차제작업체 자격 획득
상용화 계획 및 일정	도로낙하물 수거장치	o 2019년 11월~2020년 2월 혁신 시제품 시범사업 예정 o 2020년 3월 상용화 실시 계획
	동력인출장치	o 2019년 6월1일 상용화 실시

■ 사업화 모형 제시

가. 사업화 모형 수립(BM) 배경
- 도로낙하물 수거는 현재 인력에 의한 수거로 작업자의 안전이 확보가 매우 미흡함
- 도로작업자 안전 확보를 위한 낙하물 수거 장치 필요

나. 사업화 모형의 목표 및 핵심 경쟁 요인
(1) 사업화 모형의 목표
- 차량의 일정한 주행상태에서 도로낙하물을 수거하여 작업자의 안전 확보

(2) 핵심 경쟁 요인
- 차량의 하부로 낙하물을 유도하여 수거하는 방식 채택
- 장치의 모듈화 적용으로 적용 가능 차종 확대

다. 목표 시장 구조
(1) 경쟁 기업 현황
- 국내는 현재 상용화 시도가 없으며, 따라서 생산기업이 전무함

(2) 시장 진입 장벽
- 새로운 제품에 대한 선입견으로 초기 시장진출 어려움이 예상되나, 공공기관의 시범사업을 통하여 시장 확대 계획

라. 수익 확보 전략
(1) 주요 고객군
- 국토교통부 국토관리사무소, 한국도로공사, 지자체 등 정부기관 및 민간 고속도로 등

(2) 사업화 모형(BM)을 통한 수익 창출 방안
- 제품 성능 개선과 모듈화를 통한 향후 제품 유지·관리 효율화를 통한 기술 경쟁력 확보
- 기존차량에 부품 적용 판매로 적용 시장 확대

○ 다스코(주)

■ 생산 계획

구분		(2020년) 개발 종료 후 1년	(2021년) 개발 종료 후 2년	(2022년) 개발 종료 후 3년
국내	시장점유율(%)	3	10	15
	판매량(단위: 개소)	300	1000	1500
	판매 단가(원)	5,000,000	5,000,000	5,000,000
	국내 매출액(백만원)	1,500	5,000	7,500
해외	시장점유율(%)	-	-	-
	판매량(단위: 개소)	-	-	-
	판매 단가(달러)	-	-	-
	해외 매출액(백만달러)	-	-	-
당사 생산 능력1)		100%	100%	100%

■ 투자 계획

(단위: 백만원)

항목		(2020년) 개발 종료 후 1년	(2021년) 개발 종료 후 2년	(2022년) 개발 종료 후 3년
매출원가		-	-	-
판매관리비		40	80	120
자본적 지출	토지	-	200	-
	건물/구축물	100	200	-
	기계 장치 등	200	400	-
자본적 지출 합계		300	800	-

■ 사업화 전략

구분	구체적인 내용
형태/규모	o 상용화 형태 : 지침 변경 후 기존의 시험보고서를 활용하여 시험성적서 획득 o 수요처 : 정부 및 공기업, 사기업 등 현장에 적용 o 사업화 규모 : 3년간 신규 인력 및 제품 생산에 14억가량 투자
상용화 능력 및 자원 보유	o 도로안전 시설물 생산공장 보유 / 임직원 250명 규모
상용화 계획 및 일정	o 제품 개발 완료 / 지침 개정 후 상용화

■ 사업화 모형 제시

가. 사업화 모형 수립
- 교각충돌사고 발생 건수 및 치사율 증가로 인한 수직구조물에 대한 충격흡수시설 개발 필요

나. 사업화 모형의 목표 및 핵심 경쟁 요인
1) 사업화 모형의 목표 : 기존의 충격흡수시설에 비해 방호 범위가 넓은 충격흡수시설물 개발을 통해 교각 뿐만 아니라 도로 진출입로에 폭넓게 활용
2) 핵심경쟁 요인 : 넓은 방호 범위를 통해 적용성 향상

다. 수익 확보 전략
- 넓은 적용성으로 도로의 다양한 요소에 적용하여 수익 창출

㈜래도

■ 생산 계획

구분		(2020년) 개발 종료 후 1년	(2021년) 개발 종료 후 2년	(2022년) 개발 종료 후 3년
국내	시장점유율(%)	-	-	-
	판매량(단위:개소)	7	14	28
	판매 단가(원)	28,000,000	28,000,000	28,000,000
	국내 매출액(백만원)	116	232	464
해외	시장점유율(%)	-	-	-
	판매량(단위:Set)	-	-	-
	판매 단가(달러)	-	-	-
	해외 매출액(백만달러)	-	-	-
당사 생산 능력1)		70%	80%	90%

■ 투자 계획

(단위: 백만원)

항목		(2020년) 개발 종료 후 1년	(2021년) 개발 종료 후 2년	(2022년) 개발 종료 후 3년
매출원가		13	26	52
판매관리비		4	8	16
자본적 지출	토지	-	-	-
	건물/구축물	-	-	-
	기계 장치 등	1	3	5
자본적 지출 합계		1	3	5

■ 사업화 전략

구분	구체적인 내용
형태/규모	o 상용화 형태 : 제품 고도화를 통한 지방국토관리사무소, 도로공사, 민간업체 공급 o 수요처 : 국토관리사무소, 도로공사, 민자고속도로, 도로차단업체, 지자체 등
상용화 능력 및 자원 보유	o 도로공사, 민간협력업체 등 판로 구축 o 표준화, 시험 검사 등 정부 및 유관단체 협력체계 구축
상용화 계획 및 일정	o 제품 개발 완료 / 지침 개정 후 상용화

■ 사업화 모형 제시

가. 사업화 모형 수립(BM) 배경
- 도로작업자 안전확보를 위한 자동화 기술 및 융복합 검지체계의 위험상황 경고체계 필요

나. 사업화 모형의 목표 및 핵심 경쟁 요인
- 교대통행시스템 및 작업자 경고시스템을 통한 현장통제 및 위험상황 경고 등의 자동화 기술 보급 및 확대적용으로 작업자 안전 확보 및 위험상황 예측을 통한 신속한 경고 전달
- 경고 체계 다양화 : 전광판, 지향성 스피커, 작업자 개인장비(웨어러블 기기)

다. 목표 시장 구조
(1) 경쟁 기업 현황 : 이동식 교대통행 시스템 및 작업자 경고시스템의 개발 및 상용화한 국내 경쟁 기업은 전무(2) 시장 진입 장벽 : 기술 개발에 대한 지적재산권 확보 및 유관기관 협력체계 구축을 통한 신뢰성 확보

라. 수익 확보 전략
(1) 주요 고객군
- 한국도로공사, 국토관리사무소, 지자체 등 정부기관 및 민간 고속도로, 유지관리 업체 등 민간업체

(2) 사업화 모형(BM)을 통한 수익 창출 방안
- 검지기술 고도화 및 운용· 유지관리 효율화를 통한 기술 경쟁력 확보 및 기술 및 제품의 우수성 소개 및 전파

경제성 분석

- 연구 성과물의 사업성 분석을 위한 국내 시장규모 분석

<표 4-1-1> 연구 성과물의 시장규모 분석

구분	구체적인 내용
감충 지주	◦ 도로표지안내시스템에 따르면 전국 직경 ø318mm 이하의 편지식 1지명 및 2지명 이정표지 개수는 5,383개임 ◦ 국도 1호선 도시부 및 지방부 20km의 편지식 도로표지판 52개를 조사한 결과 도로에 노출된 도로표지판은 38%(20개)로 전국의 2,046개 편지식 도로표지판에 설치가 가능하며 이는 약 41억원 규모임 * 시스템에 입력되어 있지 않은 도로표지판을 고려하면 보다 큰 규모일 것으로 사료됨
교각용 충격흡수시설	◦ 서울특별시 내부순환로의 교각은 약 50m 간격으로 설치되어 있으며, 도로에 노출되어 사고발생 위험이 높은 교각은 46개로 내부순환로 교각개수의 약 10%임 ◦ 2019년 기준 전국 교각 개수는 116,314개로 10%인 11,631의 교각에 설치가 가능하다고 가정할 시 약 582억원 규모임
도로작업자 경고시스템	◦ 국내 도로 총 연장길이는 110,091km로 15.7km당 1곳[1]에서 도로작업이 수행되고 있다고 가정할 경우 약 7,012곳에서 수행되고 있으며, 이는 약 2,104억원 규모임
이동식 교대 통행시스템	◦ 국내 2차로 이하의 도로 연장길이는 65,343km로 15.7km당 1곳에서 도로작업이 수행되고 있다고 가정할 경우 4,162 지점에서 수행되고 있으며 이는 약 3,330억원 규모임
이동식 방호울타리 및 도로 낙하물 수거 장비	◦ 국토교통부, 도로공사, 민간고속도로, 광역시, 도, 시·군의 수요처별 1대씩 구입할 경우 약 216대가 필요함 ◦ 이 때 이동식 방호울타리의 시장규모는 약 305억원이며, 도로 낙하물 수거 장비의 시장규모는 약 324억원임

- 국토교통부의 교통시설 투자지침과 기획재정부 예비타당성 지침을 참조하여 교통사고 비용 감소편익만을 대상으로 사업성을 분석함

  – 비용편익(B/C) 산정 식을 제시함

$$= \frac{YUBA(\text{등가의 균등한 일년치 편익})}{EUC(\text{등가의 균등한 일년치 비용})} \quad 2)$$

$$= \frac{\text{공사 후 1년의 교통사고 감소에 따른 인적물적 피해액을 금액으로 산정}}{(\text{총사업비} \times \text{자본회수계수}) + (\text{총사업비} \times \text{유지관리계수})}$$

  – 여기서, 자본회수계수 : $\frac{r(1+r)^t}{(1+r)^t-1}$ (r : 이자율, t : 주요 개선시설물의 유효기간), 유지관리계수는 총 사업비의 2%를 적용하였으며, 수요에 따라 시장성 분석 결과는 상이 할 수 있으며, 교통사고 감소효과에 따라 사업성 분석 결과는 상이할 수 있음

1) 통계청 한국도로공사 ROADPLUS의 2019년 7월 9일의 고속도로 작업구간 사전 안내 자료에 따르면 고속도로 도로작업 일평균 횟수는 전국 약 300곳으로 고속도로 연장을 고려할 시 약 15.7km 당 1곳에서 도로작업이 수행되고 있음

2) Hauer, E.,(1997), Observational Before-After Studies in Road Safety, Pergamon. Oxford, UK

<표 4-1-2> 연구 성과물의 시장규모 및 절감효과

구분	시장성 분석 대상	시장규모(억원)	절감효과(천원)	품목 가격(원)
감충 지주	전국 직경 318mm 이하의 편지식 이정표지 중 노출된 표지	41	2,315,412	2,000,000
교각용 충격흡수시설	전국 교각 중 노출된 교각의 수	582	8,148,690	5,000,000
도로작업자 경고시스템	국내 도로작업 수행 예상 지점	2,104	2,315,412	30,000,000
이동식 교대 통행시스템	2차로 이하의 도로 중 도로작업 수행 예상 지점	3,330	1,072,713	8,000,000
이동식 방호울타리	도로공사, 지자체 등	305	2,315,412	1,300,000,000
도로 낙하물 수거 장비	도로공사, 지자체 등	324	207,228	150,000,000

○ 연구 성과 활용을 위한 수요처 의견 수렴 및 홍보

- 연구 성과물의 활용을 위한 예상 수요처를 방문하고 의견 수렴
- 감충 지주, 교각 방호 시설, 이동식 방호울타리, 교대 통행, 낙하물 수거 장비의 현장 설치용 요구 사항 정리 및 검토 의견 논의

<표 4-1-3> 연구 성과물의 예상 수요처 및 주요 면담자

순번	일시	장소	수요처(방문 기관)	주요 면담자
1	2018.11.14	홍천국토관리사무소	홍천국토관리사무소	도로보수원
2	2019.03.22	수원지방국토관리청	수원국토관리사무소	오병원 주무관
3	2019.04.11	한국도로공사(제천지사)	한국도로공사 제천지사	교통팀 이후진 차장
4	2019.05.13	국토교통부	국토교통부 첨단도로안전과	나귀용 사무관 등
5	2019.05.29.-31.	킨텍스	현대자동차 상용특장 한국교통안전공단	장종철 상무, 류지일 선임연구원 등
6	2019.05.30	진주국토관리사무소	진주국토관리사무소	이영우 보수과장 등
7	2019.06.14	부산지방국토관리청	부산지방국토관리청	지동선 도로시설국장 등
8	2019.06.28	서울지방국토관리청 / 수원국토관리사무소	서울지방국토관리청 도로시설국	도로계획과 김호열
9	2019.07.08	원주지방국토관리청	원주지방국토관리청	백봉기 도로보수과장 등
10	2019.08.07	한국도로공사 대구경북본부	한국도로공사 대구경북본부	교통팀 박예은 대리 등
11	2019.09.25	스마트워크센터(서울역)	국토교통부, 국토교통과학기술진흥원	강성습 첨단도로안전과장 등
12	2019.12.20	수원국토관리사무소	고양시, 파주시	오수영 도로운영과장 등

회 의 록

연구기관명 (부서명)	한국건설기술연구원 (인프라안전연구본부)
과 제 명	도로변 수직구조물 충돌사고 및 도로 작업자 위험도 경감기술 개발

회 의 내 용

회 의 명	연구성과 활용 및 계획 점검	참석 인원	8명
회의일자	2019년 09월 25일	회의장소	스마트워크센터(서울역)
회의목적	연구성과 활용 및 계획 점검		
회의내용	■ 연구 성과 활용을 위한 수요처 주요 의견 ○ 감충형 지주 - 감충형 지주 설치를 위한 규정상에 문제 검토 여부 → 일반 지주 형태의기초 부분을 감충형으로 변형한 형태로써, 현장 설치시 문제 발생 하지 않음 - 현장 설치 계획 → 수원 국토관리사무소 관할 도로를 대상으로, 10월 4주차에 설치 예상 - 강풍(태풍 등)에 대한 대책 → 도로표지 규정집에서 제시하고 있는 40m/s의 풍하중에 대한 검토 완료 - 감충형 지주의 이동 범위 → 차량 충돌시 최대 25m의 밀림 거리 확보 ○ 이동식 방호울타리 - 방호울타리 설치(피고 접는) 시간 및 방호거리 → 설치 시간은 4분 이내이며, 40m의 방호거리를 보유함 ○ 교대 통행 및 회피 시스템 - 본 시스템의 현장 설치 계획 → 인천시 및 지자체를 대상으로 현장 설치 계획을 수립 중 ○ 낙하물 수거장치 - 수집된 낙하물이 차량에서 떨어질 가능성 여부 → 차 뒤에 적재되므로 낙하될 가능성은 없으며, 고라니 급의 동물사체 수거가 가능 ○ 기타 - 연구성과물이 시범/본 사업에 들어가는 경우, 발생할 수 있는 문제점 → 중앙기관에서 실용화를 위한 협조(공문 등) 및 예산에 대한 협조 요구		

회 의 록

연구기관명 (부서명)	한국건설기술연구원(인프라안전연구본부)
과 제 명	도로변 수직구조물 충돌사고 및 도로 작업자 위험도 경감기술 개발

회 의 내 용

회 의 명	연구성과 활용을 위한 도로관리청 의견 수렴	참석 인원	18명(진주국토) 4명(건기연)
회의일자	2019년 05월 30일	회의장소	진주국토관리사무소 회의실
회의목적	연구성과 활용을 위한 도로관리청 의견 수렴		
회의내용	○ 연구 성과물 홍보 • 지주 및 교각 방호 시설물, 이동식 교대통행, 이동식 방호울타리, 낙하물 수거장비에 대한 기능 및 효과 설명 • 홍보 자료 첨부 [붙임] ○ 현장 운영 관리자 및 도로 보수원 의견 수렴 • 지주 및 교각 방호 시설물 – 감충형 지주의 재질 설명 필요 → 감충형 지주의 재질은 일반 지주에서 사용하고 있는 탄소강관을 사용. 또한, 본 연구 성과물은 지주의 기초를 변경하여 설치하는 형태로써, 지주 자체의 재질은 변경 없음 – 홍보 자료에는 지주의 하단이 레일로 구성되어 있는데, 타방향에 대한 고려는 없는가 → 하단 레일은 도로 방향을 기준으로 20도 이내로 설계되었으며, 설치 각도는 사고 자료 분석에 근거하여 선정함 • 이동식 교대통행 – 검지 방법 및 현장 활용 사례 여부 → 이동식 교대통행은 레이더와 카메라를 이용하여 공사구간 접근 차량(300m 이내)을 검지하고 있으며, 홍보자료에 악기상 상황에서 차량 검지 상황을 제시. 현장 설치를 위한 협의(2018년) 진행 중 • 이동식 방호울타리 – 연구 성과 홍보 자료에는 이동식 방호울타리가 곡선부에서만 사용 가능할 것으로 판단 → 본 성과물은 링크 형태의 접이식으로 곡선부에서도 활용이 가능하며, 필요시 소형 이동식 방호울타리의 대체 가능		

카드키 / 참석자명단은 813호(스마트워크센터-안내데스크) 반납 必

스마트워크센터 회의 참석자 명단

회의일시 : 2019년 9 월 25 일 14 :00 - 16 :00

센 터 명	서울역센터	회 의 실 명	목련A
회 의 제 목			
예약자 소속/부서	국토교통부	예약자 성명	나귀동
예약자 연락처		회 의 구 분	■대면회의, □영상회의

※ 회의 모든 참석자는 공란 없이 작성 바랍니다.

No	성명	소속	부서	비고
1	강성습	국토부		
2	나귀동	〃		
3	성정곤	건기연		
4	박재룡	〃		
5	김승일	KAIA		
6	박재신	〃		
7	양정석	건기연		
8	박 인욱	SPR		
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				

※ 회의 예약자는 홈페이지 가입필수 – 공무원(admin.smartwork.go.kr), 공공기관/일반인은(www.smartwork.go.kr)
※ 본 자료는 스마트워크센터 시설이용현황을 파악하기 위한 기초자료로 활용되며, 타 목적으로는 제공하지 않습니다.

참석자 서명부

□ 과 제 명 : 도로변 수직구조물 충돌사고 및 도로 작업자 위험도 경감기술 개발
(연구책임자 : 성 정 곤)
□ 일 시 : 2019년 05월 30일
□ 장 소 : 진주국토관리사무소 회의실
□ 회 의 명 : 연구성과 활용을 위한 도로관리청 의견 수렴
[참여인원]

No.	이름	소속	직급	서명
1	배제형	진주국토관리사무소	도로보수원	배제형
2	박준명	〃	〃	
3	노퍼규	〃	〃	
4	김정근	〃	〃	
5	이상훈	〃	〃	
6	박성안	〃	기계운영주사보	
7	서 [illegible]	〃	운전서기	
8	손만원	〃	도로보수원	
9	정광필	〃	운전주사보	
10	이성기	〃	공업주사보	
11	이 인희	〃	기계운영주사보	이인희
12	백민철	〃	공업서기	백민철
13	이보승	〃	기계운영서기	이보승

[그림 4-1-1] 연구 성과물의 예상 수요처 및 검토 의견



[그림 4-1-2] 연구 성과물의 예상 수요처 홍보 및 설명

05 부록

01 감충형 지주 (구조 계산서/표준도/시방서)

구조계산서

(1) 표지판 : 폭 2.5 m x 높이 1.8 m

1. 설계조건

1.1 고정하중 [도로교설계기준 2.1.2]

(1) 강 재 : 78.5 kN/m³
(2) 철근콘크리트 : 25.0 kN/m³
(3) 무근콘크리트 : 23.5 kN/m³
(4) 토 사 : 19.0 kN/m³
(5) 지 주
- 수 직 재 : Φ 267.4 x 6.0 T - 0.387 kN/m
- 수 평 재 : Φ 114.3 x 4.5 T - 0.122 kN/m
- 수평보강재 : Φ 89.3 x 3.2 T - 0.068 kN/m

(6) 표 지 판 : 단위 면적당 중량은 알루미늄판을 사용하는 것으로 가정하고 부속재자재를 포함하여 0.2 kN/m² 으로 한다. [도로표지관련 규정집 P455쪽]

1.2 풍하중 [표지판 설계풍하중 검토, 한국도로공사, 2004.12]

- 설계 풍하중 : 40 m/s

$$P = \frac{1}{2} \times \rho \times V_d^2 \times C_d \times G \times I_w$$

P	: 유효투영면적당 풍하중 (N/m²)
ρ	: 공기밀도 (1.225 kgf/m²)
V_d	: 설계기준풍속 (m/s)
V_{10}	: 기본풍속 (m/s)
C_d	: 항력계수 (판 : 1.2 , 원형강관 : 0.7 , H형강 및 각관 : 1.2)
G	: 거스트 영향계수 (1.9)
I_w	: 중요도계수 (편지식 및 문형식 : 0.9 , 단주식 및 복주식 : 0.66)

- 토공부 표준 설계풍하중

표지판이 설치되는 구간의 대표적인 지표면의 거친 정도가 지표조도 II이고, 표지판 설치높이가 10.0m 이하인 경우 설계풍하중은 다음 표의 값을 사용할 수 있다.

[표] 토공부 표준 설계 풍하중 (kN/m²)

기본풍속 (m/s)	단주식, 복주식		내민식, 문형식		
	판	원형지주	판	지 주	
				원형	각관형
30	0.80	0.40	1.10	0.60	1.10
40	1.40	0.80	2.00	1.10	2.00

표지판이 설치되는 지역의 기본 풍속이 45m/s 이거나, 지표조도 I의 경우 또는 교량에 설치되는 표지판에 작용하는 풍하중은 별도로 계산하여야 한다.

1.3 하중조합

표지판 지주 설계지 하중조합은 다음과 같다.

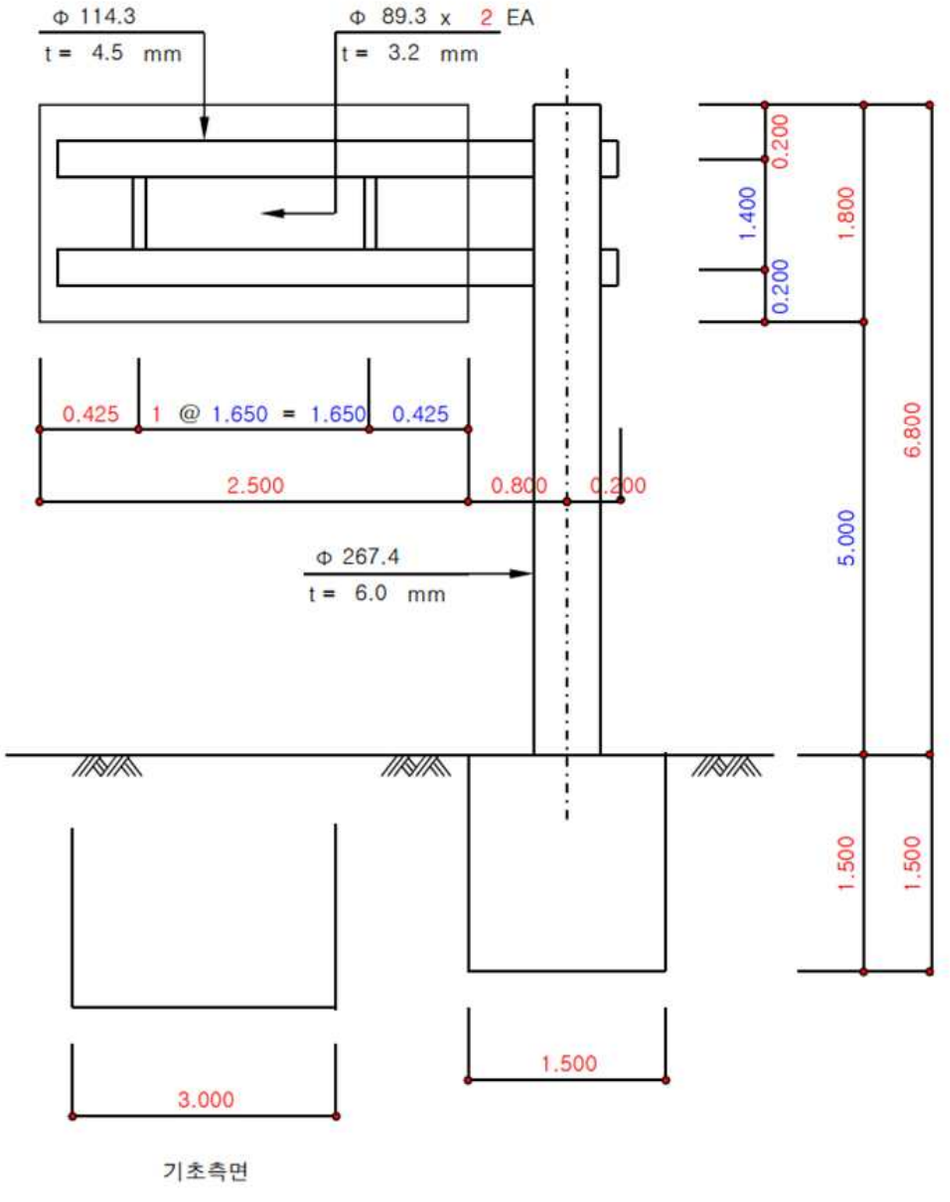
(1) CASE1 - 고정하중 (D)

(2) CASE2 - 풍하중 (W)

(3) CASE3 - 고정하중(D) + 풍하중(W)

2. 단면가정

[표지판 형식 (편지식-250x180)]



기초측면

3. 하중산정

3.1 고정하중

(1) 표 지 판 : (2.50 x 1.800) x 0.200 = 0.900 kN

(2) 수 평 재 : (2.50 + 1.000) x 0.122 x 2 EA = 0.853 kN

(3) 수직지주 : (5.00 + 1.800) x 0.387 = 2.63 kN

(4) 수평재보강재 : 1.80 x 0.06795 x 2 EA = 0.245 kN

(5) 기 초 : (1.50 x 1.500 x 3.000
+ 0.000 x 0.000 x 0.000) x 25 = 168.750 kN

(6) 흙의 자중 : (0.00 x 0.000 x 0.000
- 1.500 x 0.000 x 3.000) x 19 = 0.000 kN

3.2 풍하중

(1) 표 지 판 : (2.50 x 1.800) x 2.00 = 9.000 kN

(2) 내민부 돌출부 : (0.80 x 0.114) x 1.10 x 2 EA = 0.201 kN

(3) 수 직 지 주 : (6.80 x 0.267) x 1.10 = 2.000 kN

3.3 토 압

(1) 토압계수 산정

$$Ka = \frac{1 - \sin 30}{1 + \sin 30} = 0.333$$

(2) 주동토압

$$Pa = \frac{1}{2} \times \gamma_t \times K_a \times h^2 \times B$$

$$= \frac{1}{2} \times 19.0 \times 0.333 \times 1.5^2 \times 1.00 = 7.118 \text{ kN}$$

3.4 수평재 1개소에 작용하는 하중

- 연결재를 무시하고 단일재에 의한 내민보로 계산한다.
- 하중은 상·하 수평재에 등분포로 하여 계산한다.

(1) 고 정 하 중

P_1 = (0.90 + 0.853 + 0.245) / 2 = 0.999 kN

M_{y1} = (0.90 / 2 x (2.50 / 2 + 0.800))
+ (0.25 / 2 x (2.50 / 2 + 0.800))
+ (0.85 / 2 x (3.30 / 2)) = 1.877 kN-m

(2) 풍 하 중

H_1 = (9.00 + 0.201) / 2 = 4.601 kN

M_{x1} = (9.00 / 2 x (2.50 / 2 + 0.800))
+ (0.20 / 2 x (0.80 / 2)) = 9.265 kN-m

(3) 하중조합

구 분	P (kN)	H (kN)	T (kN-m)	My (kN-m)	Mz (kN-m)
CASE1	0.999	0.000	0.000	1.877	0.000
CASE2	0.000	4.601	0.000	0.000	9.265
CASE3	0.999	4.601	0.000	1.877	9.265

3.5 지주하단에 작용하는 하중산정

(1) 고 정 하 중

P_2 = 0.900 + 0.853 + 2.630 + 0.245 = 4.628 kN

M_{y2} = (0.90 x (2.50 / 2 + 0.800))
+ (0.25 x (2.50 / 2 + 0.800))
+ (0.85 x (3.30 / 2)) = 3.755 kN-m

(2) 풍 하 중

H_2 = 9.000 + 0.201 + 2.000 = 11.201 kN

M_{x2} = (9.00 + 0.201) x (5.00 + 1.800 / 2)
+ 2.000 x 6.800 / 2 = 61.086 kN-m

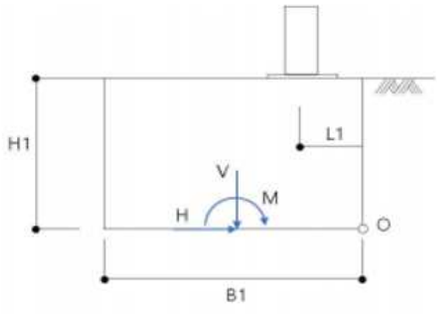
M_T = 9.000 x (2.50 / 2 + 0.800)
+ 0.201 x 0.800 / 2 = 18.530 kN-m

(3) 하중조합

구 분	P (kN)	H (kN)	T (kN-m)	My (kN-m)	Mz (kN-m)
CASE1	4.628	0.000	0.000	3.755	0.000
CASE2	0.000	11.201	18.530	0.000	61.086
CASE3	4.628	11.201	18.530	3.755	61.086

4. 기초의 안정검토

4.1 차량진행방향



B1 = 3.000 m L1 = 0.675 m

H1 = 1.50 m 1.500

(1) 기초하단의 단면력 (0점 기준)

표지판,지주 V1 = 4.628 kN

M1 = 4.628 x 0.675 = 3.124 kN-m

기초 자중 V2 = (3.000 x 1.500 x 1.500) x 25 = 168.75 kN

M2 = 168.75 x 1.5 = 253.125 kN-m

흙의 자중 V3 = (0.000 x 1.500 x 0.000 x 19 = 0.00 kN

M3 = 0.000 x 1.5 = 0 kN-m

풍 하 중 H1 = 11.201 kN

M4 = (9.000 + 0.201) x (1.500 + 5 + 1.800 / 2)
+ 2 x (1.500 + 6.8 / 2)
= 77.887 kN-m

토 압 H2 = 7.118 x 1.500 = 10.677 kN

M5 = 10.677 x 1.50 / 3 = 5.339 kN-m

하중조합 COMB1 : 고정하중+풍하중+토압

구 분		V (kN)	H (kN)	Mr(kN-m)	Mo(kN-m)	M = Mr-Mo
고정하중	표지판,지주	4.628		3.124		3.124
	기초자중	168.750		253.125		253.125
	흙의 자중	0.000		0		0.000
풍 하 중			11.201		77.887	-77.887
토 압			10.677		5.339	-5.339
계		173.378	21.878	256.249	83.226	173.023

(2) 전도에 대한 안정

- 직접기초에 작용하는 하중의 합력이 작용하는 위치는 지진시 또는 폭풍시에는 바닥판 중심으로 부터 바닥판 폭의 1/3이내에 있어야 한다. (도로교설계기준 5.6.2)
- 평상시 전도에 대한 저항모멘트는 전도모멘트의 2.0배 이상이어야 한다.

구 분	Mr(kN-m)	Mo(kN-m)	V (kN)	S.F	e (m)	허용폭	판 정
COMB 1	256.249	83.226	173.378	3.079	0.502	1.000	O.K

여기서, B : 기초의 폭원, M = Mr - Mo, e = B/2 - M/V

S.F = Mr / Mo ≥ 2.0

(3) 활동에 대한 안정

- 직접기초 바닥면에서의 전단지반반역은 바닥면 아래 기초지반의 허용전단 저항력 이내에 있어야 한다.

구 분	μ	V	H	S.F	판 정
COMB 1	0.364	173.378	21.878	2.885	O.K

여기서, μ = tan (⅔Φ)

S.F = μ x V / H ≥ 1.5

(4) 지지력에 대한 안정

구 분	V (kN)	e (m)	x (m)	분포	Qmax (MPa)	Qa (MPa)	판 정
COMB 1	173.378	0.502	2.994	삼각형	0.039	0.200	O.K

여기서, x : 저판반력의 작용폭, x = 3(B/2-e) > B 사다리꼴분포 , x < B 삼각형분포

x = 3(B/2-e) > B : 사다리꼴분포 , x < B : 삼각형분포

하중의 작용위치가 저면 핵 내에 있는 경우 (사다리꼴 분포)

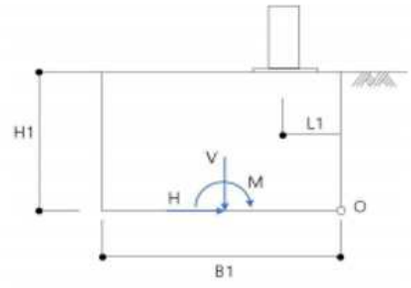
$$Qmax = \frac{V}{B\,L}\left(1 + \frac{6e}{B}\right) \qquad Qmin = \frac{V}{B\,L}\left(1 - \frac{6e}{B}\right)$$

하중의 작용위치가 저면 핵 외에 있는 경우 (삼각형분포)

$$Qmax = \frac{2\,V}{L\,x}$$

5. 기초 단면검토

5.1 차량진행방향



B1 = 3.000 m L1 = 0.675 m

H1 = 1.50 m 1.500

(1) 기초하단의 단면력 (0점 기준)

표지판,지주 V1 = 4.628 kN

M1 = 4.628 x 0.675 = 3.124 kN-m

기초 자중 V2 = (3.000 x 1.500 x 1.500) x 25 = 168.75 kN

M2 = 168.75 x 1.5 = 253.125 kN-m

흙의 자중 V3 = (0.000 x 1.500 x 0.000 x 19 = 0.00 kN

M3 = 0.000 x 1.5 = 0 kN-m

풍 하 중 H1 = 11.201 kN

M4 = (9.000 + 0.201) x (1.500 + 5 + 1.800 / 2)

+ 2 x (1.500 + 6.8 / 2)

= 77.887 kN-m

토 압 H2 = 7.118 x 1.500 = 10.677 kN

M5 = 10.677 x 1.50 / 3 = 5.339 kN-m

하중조합 COMB1 : 1.3고정하중+1.3풍하중+1.7토압 (극한하중)

구 분		하중계수	V (kN)	H (kN)	Mr (kN-m)	Mo (kN-m)	M = Mr - Mo
고정하중	표지판,지주	1.3	6.016		4.061		4.061
	기초자중		219.375		329.063		329.063
	흙의자중		0.000		0.000		0.000
풍 하 중		1.3		14.561		101.253	-101.253
토 압		1.7		18.151		9.076	-9.076
계			225.391	32.712	333.124	110.329	222.795

하중조합 COMB2 : 고정하중+풍하중+토압 (사용하중)

구 분		하중계수	V (kN)	H (kN)	Mr (kN-m)	Mo (kN-m)	M = Mr - Mo
고정하중	표지판,지주	1.0	4.628		3.124		3.124
	기초자중		168.750		253.125		253.125
	흙의자중		0.000		0.000		0.000
풍 하 중		1.0		11.201		77.887	-77.887
토 압		1.0		10.677		5.339	-5.339
계			173.378	21.878	256.249	83.226	173.023

(2) 지반반력 산정

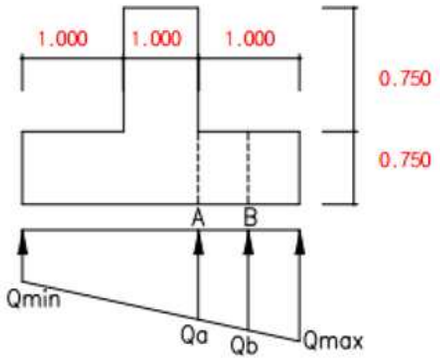
구 분	V (kN)	e (m)	x (m)	분포	Qmax (kN)	Qmin (kN)
COMB 1	225.391	0.512	2.964	사다리꼴	152.064	-1.803
COMB 2	173.378	0.502	2.994	사다리꼴	115.817	-0.231

여기서, e = B/2 - M/V

x : 저판반력의 작용폭, x = 3(B/2-e) > B 사다리꼴분포 , x < B 삼각형분포

x = 3(B/2-e) > B : 사다리꼴분포 , x < B : 삼각형분포

(3) 단면력 계산



- 기초 자중에 의한 단면력

Sb = 0.750 x (1.000 - 0.750 / 2) x 25 = 11.719 kN

Ma = 0.750 x 1.000 x 25 x 1.000 / 2 = 9.375 kN-m

- 토사 자중에 의한 단면력

Sb = 0.750 x (1.000 - 0.750 / 2) x 19 = 8.906 kN

Ma = 0.750 x 1.000 x 19 x 1.000 / 2 = 7.125 kN-m

- 지반반력에 의한 단면력

Sb = Qb x 0.63 + (Qmax - Qb) / 2 x 0.63

Ma = Qa x 1.000^2 / 2 + (Qmax - Qa) / 2 x 1.000^2 x 2 / 3

- 설계단면력 산정

구 분	지반반력			지반반력에 의한 단면력		계수단면력	
	Qmax (kN)	Qa (kN)	Qb (kN)	Sb (kN)	Ma (kN-m)	Vu (kN)	Mu (kN-m)
COMB 1	152.064	100.775	120.008	85.023	67.484	58.211	46.034
COMB 2	115.817	77.134	91.640	64.83	51.461	44.205	34.961

U = 1.3고정하중 + 1.3풍하중 + 1.7토압 : 지반반력에 의한 단면력(극한하중)

U = 고정하중 + 풍하중 + 토압 : 지반반력에 의한 단면력 (사용하중)

(4) 철근량 검토

▷ 검 토 조 건

fck = 21.0 MPa　　fy = 300.0 MPa

β1 = 0.850　　Øf = 0.85　　Øv = 0.80

pb = (0.85 × β1 × fck / fy) × [600/(600+fy)] = 0.03372

pmax = 0.75 × pb = 0.02529

pmin = max(0.25√(fck)/fy, 1.4/fy) = 0.00467

계수 모멘트 Mu = 72.848 KN·m　　계수 전단력 Vu = 54.485 KN

단면의 두께 H = 1000.000 mm　　단 면 폭 B = 1000.000 mm

유 효 깊 이 D = 900.000 mm　　피 복 두 께 Dc = 100.000 mm

▷ 휨모멘트 검토

- 휨강도 검토

사용철근량 = D19 ×2.00 EA (Dc = 100.00 mm)

= 573.000 ㎟　　∴ P = As/(B·D) = 0.00064

공칭강도시 등가응력깊이 a = (As·fy) / (0.85·fck·B) = 9.630 mm

ØMn = Øf·fy·As·(D - a/2) = 130799900.000 N·mm

= 130.800 KN·m ≥ Mu = 72.848 KN·m ..... ∴ O.K

- 필요철근량 및 철근비 검토

소요등가응력깊이 a = 5.351 mm로 가정

As = Mu /{Øf·fy·(D-a/2)} = 318.367 ㎟

a = (As·fy) / (0.85·fck·B) = 5.351 mm　　∴ 가정과 비슷함 O.K

Preq = [Mu /{Øf·fy·(D-a/2)}] / (B·D) = 0.00035　⇒ 4/3 Preq = 0.00047

∴ 필요철근량 req.As = Preq × (B·D) = 318.367 ㎟ ≤ 사용철근량...O.K

철근비검토 : 4/3 Preq ≤ P ≤ Pmin　　.....　　∴ O.K

▷ 전단력 검토

Øv·Vc = Øv·1/6·√fck·B·d / 1000 = 549.909 KN

1/2·Øv·Vc = 274.955 KN > Vu = 54.485 KN ... ∴전단철근 필요없음.

▷ 사용성 검토 (균열 검토)

Mo = 54.946 KN·m (사용하중 모멘트)

n = Es/Ec = 200000 / (4700 √(fck)) = 9

p = As/(B·D) = 0.00064

k = -np + √((np)² + 2np) = 0.101 j = 0.966

x = k·d = 91.327 mm

fc = 2·Mo / (B·x·(D - x/3)) = 1.384 MPa

fs = Mo / (As ·(D - x/3)) = 110.277 MPa

fs = 110.277 MPa ≤ 0.6 fy = 180.00 MPa ∴ O.K

dy = 100.000 mm dc_min = 100.000 mm

A = (2·dy·B) / 철근개수 = 100000.000 ㎟

균열폭 검토(콘크리트 구조설계기준 p76)

Wa = 0.005 ×tc = 0.453 mm (습윤 환경)

여기서.. tc = dc_min - 주철근 직경/2 = 90.50 mm

W = 1.08 × β ×fs ×³ √(dc_min ×A) / 100000 = 0.288 mm

여기서.. β = (H - k·D) / (D - k·D) = 1.124

∴ Wa = 0.453 mm ≥ W = 0.288 mm ..... O.K

(2) 표지판 : 폭 3.0 m x 높이 2.0 m

1. 설계조건

1.1 고정하중 [도로교설계기준 2.1.2]

(1) 강 재 : 78.5 kN/m³

(2) 철근콘크리트 : 25.0 kN/m³

(3) 무근콘크리트 : 23.5 kN/m³

(4) 토 사 : 19.0 kN/m³

(5) 지 주

- 수 직 재 : Φ 318.5 x 6.0 T - 0.462 kN/m
- 수 평 재 : Φ 139.8 x 4.5 T - 0.150 kN/m
- 수평보강재 : Φ 89.3 x 3.2 T - 0.068 kN/m

(6) 표 지 판 : 단위 면적당 중량은 알루미늄판을 사용하는 것으로 가정하고 부속재자재를 포함하여 0.2 kN/m² 으로 한다. [도로표지관련 규정집 P455쪽]

1.2 풍하중 [표지판 설계풍하중 검토, 한국도로공사, 2004.12]

- 설계 풍하중 : 40 m/s

$$P = \frac{1}{2} \times \rho \times V_d^2 \times C_d \times G \times I_w$$

P	: 유효투영면적당 풍하중 (N/m^2)
ρ	: 공기밀도 (1.225 kgf/m^2)
V_d	: 설계기준풍속 (m/s)
V_{10}	: 기본풍속 (m/s)
C_d	: 항력계수 (판 : 1.2 , 원형강관 : 0.7 , H형강 및 각관 : 1.2)
G	: 거스트 영향계수 (1.9)
I_w	: 중요도계수 (편지식 및 문형식 : 0.9 , 단주식 및 복주식 : 0.66)

- 토공부 표준 설계풍하중

표지판이 설치되는 구간의 대표적인 지표면의 거친 정도가 지표조도 II이고, 표지판 설치높이가 10.0m 이하인 경우 설계풍하중은 다음 표의 값을 사용할 수 있다.

[표] 토공부 표준 설계 풍하중 (kN/m^2)

기본풍속 (m/s)	단주식, 복주식		내민식, 문형식		
	판	원형지주	판	지 주	
				원형	각관형
30	0.80	0.40	1.10	0.60	1.10
40	1.40	0.80	2.00	1.10	2.00

표지판이 설치되는 지역의 기본 풍속이 45m/s 이거나, 지표조도 I의 경우 또는 교량에 설치되는 표지판에 작용하는 풍하중은 별도로 계산하여야 한다.

1.3 하중조합

표지판 지주 설계지 하중조합은 다음과 같다.

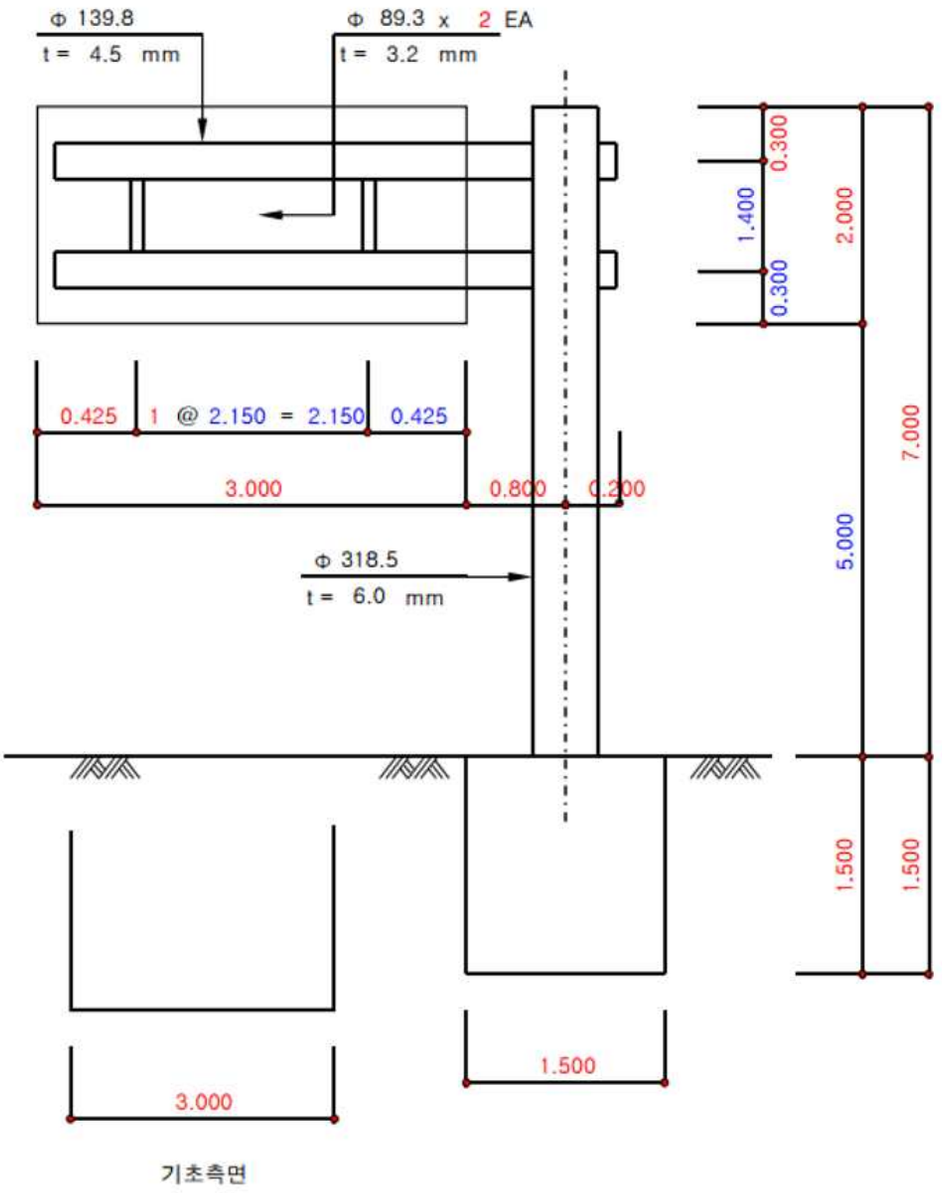
(1) CASE1 - 고정하중 (D)

(2) CASE2 - 풍하중 (W)

(3) CASE3 - 고정하중(D) + 풍하중(W)

2. 단면가정

[표지판 형식 (편지식-300x200)]



3. 하중산정

3.1 고정하중

(1) 표 지 판 : (3.00 x 2.000) x 0.200 = 1.200 kN

(2) 수 평 재 : (3.00 + 1.000) x 0.150 x 2 EA = 1.201 kN

(3) 수직지주 : (5.00 + 2.000) x 0.462 = 3.237 kN

(4) 수평재보강재 : 2.00 x 0.06795 x 2 EA = 0.272 kN

(5) 기 초 : (1.50 x 1.500 x 3.000
+ 0.000 x 0.000 x 0.000) x 25 = 168.750 kN

(6) 흙의 자중 : (0.00 x 0.000 x 0.000
- 1.500 x 0.000 x 3.000) x 19 = 0.000 kN

3.2 풍하중

(1) 표 지 판 : (3.00 x 2.000) x 2.00 = 12.000 kN

(2) 내민부 돌출부 : (0.80 x 0.140) x 1.10 x 2 EA = 0.246 kN

(3) 수 직 지 주 : (7.00 x 0.319) x 1.10 = 2.452 kN

3.3 토 압

(1) 토압계수 산정

$$Ka = \frac{1 - \sin 30}{1 + \sin 30} = 0.333$$

(2) 주동토압

$$Pa = \frac{1}{2} \times \gamma_t \times K_a \times h^2 \times B$$

$$= \frac{1}{2} \times 19.0 \times 0.333 \times 1.5^{2} \times 1.00 = 7.118 \text{ kN}$$

3.4 수평재 1개소에 작용하는 하중

- 연결재를 무시하고 단일재에 의한 내민보로 계산한다.
- 하중은 상·하 수평재에 등분포로 하여 계산한다.

(1) 고 정 하 중

P_1 = (1.20 + 1.201 + 0.272) / 2 = 1.337 kN

M_{y1} = (1.20 / 2 x (3.00 / 2 + 0.800))
+ (0.27 / 2 x (3.00 / 2 + 0.800))
+ (1.20 / 2 x (3.80 / 2)) = 2.834 kN-m

(2) 풍 하 중

H_1 = (12.00 + 0.246) / 2 = 6.123 kN

M_{x1} = (12.00 / 2 x (3.00 / 2 + 0.800))
+ (0.25 / 2 x (0.80 / 2)) = 13.849 kN-m

(3) 하중조합

구 분	P (kN)	H (kN)	T (kN-m)	My (kN-m)	Mz (kN-m)
CASE1	1.337	0.000	0.000	2.834	0.000
CASE2	0.000	6.123	0.000	0.000	13.849
CASE3	1.337	6.123	0.000	2.834	13.849

3.5 지주하단에 작용하는 하중산정

(1) 고 정 하 중

P_2 = 1.200 + 1.201 + 3.237 + 0.272 = 5.910 kN

M_{y2} = (1.20 x (3.00 / 2 + 0.800))
+ (0.27 x (3.00 / 2 + 0.800))
+ (1.20 x (3.80 / 2)) = 5.668 kN-m

(2) 풍 하 중

H_2 = 12.000 + 0.246 + 2.452 = 14.698 kN

M_{z2} = (12.00 + 0.246) x (5.00 + 2.000 / 2)
+ 2.452 x 7.000 / 2 = 82.058 kN-m

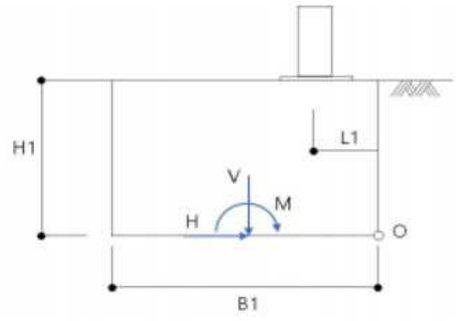
M_T = 12.000 x (3.00 / 2 + 0.800)
+ 0.246 x 0.800 / 2 = 27.698 kN-m

(3) 하중조합

구 분	P (kN)	H (kN)	T (kN-m)	My (kN-m)	Mz (kN-m)
CASE1	5.910	0.000	0.000	5.668	0.000
CASE2	0.000	14.698	27.698	0.000	82.058
CASE3	5.910	14.698	27.698	5.668	82.058

4. 기초의 안정검토

4.1 차량진행방향



B1 = 3.000 m L1 = 0.675 m

H1 = 1.50 m 1.500

(1) 기초하단의 단면력 (0점 기준)

표지판,지주 V1 = 5.91 kN

M1 = 5.91 x 0.675 = 3.989 kN-m

기초 자중 V2 = (3.000 x 1.500 x 1.500) x 25 = 168.75 kN

M2 = 168.75 x 1.5 = 253.125 kN-m

흙의 자중 V3 = (0.000 x 1.500 x 0.000 x 19 = 0.00 kN

M3 = 0.000 x 1.5 = 0 kN-m

풍 하 중 H1 = 14.698 kN

M4 = (12.000 + 0.246) x (1.500 + 5 + 2.000 / 2)

+ 2.452 x (1.500 + 7 / 2)

= 104.105 kN-m

토 압 H2 = 7.118 x 1.500 = 10.677 kN

M5 = 10.677 x 1.50 / 3 = 5.339 kN-m

하중조합 COMB1 : 고정하중+풍하중+토압

구 분		V (kN)	H (kN)	Mr(kN-m)	Mo(kN-m)	M = Mr-Mo
고정하중	표지판,지주	5.910		3.989		3.989
	기초자중	168.750		253.125		253.125
	흙의 자중	0.000		0		0.000
풍 하 중			14.698		104.105	-104.105
토 압			10.677		5.339	-5.339
계		174.660	25.375	257.114	109.444	147.670

(2) 전도에 대한 안정

- 직접기초에 작용하는 하중의 합력이 작용하는 위치는 지진시 또는 폭풍시에는 바닥판 중심으로 부터 바닥판 폭의 1/3이내에 있어야 한다. (도로교설계기준 5.6.2)
- 평상시 전도에 대한 저항모멘트는 전도모멘트의 2.0배 이상이어야 한다.

구 분	Mr(kN-m)	Mo(kN-m)	V (kN)	S.F	e (m)	허용폭	판 정
COMB 1	257.114	109.444	174.660	2.349	0.655	1.000	O.K

여기서, B : 기초의 폭원, M = Mr - Mo, e = B/2 - M/V

S.F = Mr / Mo ≥ 2.0

(3) 활동에 대한 안정

- 직접기초 바닥면에서의 전단지반반력은 바닥면 아래 기초지반의 허용전단 저항력 이내에 있어야 한다.

구 분	μ	V	H	S.F	판 정
COMB 1	0.364	174.660	25.375	2.505	O.K

여기서, μ = tan (⅔Φ)

S.F = μ x V / H ≥ 1.5

(4) 지지력에 대한 안정

구 분	V (kN)	e (m)	x (m)	분포	Qmax (MPa)	Qa (MPa)	판 정
COMB 1	174.660	0.655	2.535	삼각형	0.046	0.200	O.K

여기서, x : 저판반력의 작용폭, x = 3(B/2-e) > B 사다리꼴분포 , x < B 삼각형분포

x = 3(B/2-e) > B : 사다리꼴분포 , x < B : 삼각형분포

하중의 작용위치가 저면 핵 내에 있는 경우 (사다리꼴 분포)

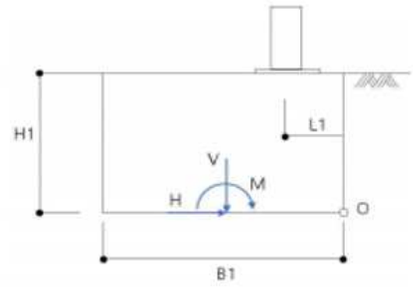
$$Qmax = \frac{V}{B\,L}\left(1 + \frac{6e}{B}\right) \qquad Qmin = \frac{V}{B\,L}\left(1 - \frac{6e}{B}\right)$$

하중의 작용위치가 저면 핵 외에 있는 경우 (삼각형분포)

$$Qmax = \frac{2\,V}{L\,x}$$

5. 기초 단면검토

5.1 차량진행방향



B1 = 3.000 m L1 = 0.675 m

H1 = 1.50 m 1.500

(1) 기초하단의 단면력 (0점 기준)

표지판,지주 V1 = 5.91 kN

M1 = 5.91 x 0.675 = 3.989 kN-m

기초 자중 V2 = (3.000 x 1.500 x 1.500) x 25 = 168.75 kN

M2 = 168.75 x 1.5 = 253.125 kN-m

흙의 자중 V3 = (0.000 x 1.500 x 0.000 x 19 = 0.00 kN

M3 = 0.000 x 1.5 = 0 kN-m

풍 하 중 H1 = 14.698 kN

M4 = (12.000 + 0.246) x (1.500 + 5 + 2.000 / 2)
+ 2.452 x (1.500 + 7 / 2)
= 104.105 kN-m

토 압 H2 = 7.118 x 1.500 = 10.677 kN

M5 = 10.677 x 1.50 / 3 = 5.339 kN-m

하중조합 COMB1 : 1.3고정하중+1.3풍하중+1.7토압 (극한하중)

구 분		하중계수	V (kN)	H (kN)	Mr (kN-m)	Mo (kN-m)	M = Mr - Mo
고정하중	표지판,지주	1.3	7.683		5.186		5.186
	기초자중		219.375		329.063		329.063
	흙의자중		0.000		0.000		0.000
풍 하 중		1.3		19.107		135.337	-135.337
토 압		1.7		18.151		9.076	-9.076
계			227.058	37.258	334.249	144.413	189.836

하중조합 COMB2 : 고정하중+풍하중+토압 (사용하중)

구 분		하중계수	V (kN)	H (kN)	Mr (kN-m)	Mo (kN-m)	M = Mr - Mo
고정하중	표지판,지주	1.0	5.910		3.989		3.989
	기초자중		168.750		253.125		253.125
	흙의자중		0.000		0.000		0.000
풍 하 중		1.0		14.698		104.105	-104.105
토 압		1.0		10.677		5.339	-5.339
계			174.660	25.375	257.114	109.444	147.670

(2) 지반반력 산정

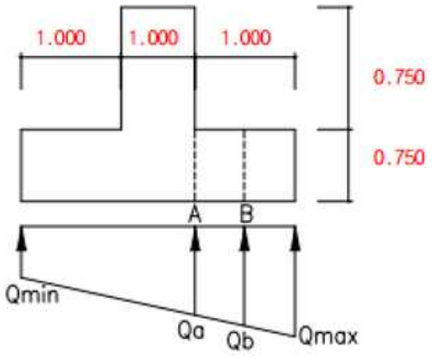
구 분	V (kN)	e (m)	x (m)	분포	Qmax (kN)	Qmin (kN)
COMB 1	227.058	0.664	2.508	사다리꼴	176.197	-24.825
COMB 2	174.660	0.655	2.535	사다리꼴	134.488	-18.048

여기서, e = B/2 - M/V

x : 저판반력의 작용폭, x = 3(B/2-e) > B 사다리꼴분포 , x < B 삼각형분포

x = 3(B/2-e) > B : 사다리꼴분포 , x < B : 삼각형분포

(3) 단면력 계산



- 기초 자중에 의한 단면력

Sb = 0.750 x (1.000 - 0.750 / 2) x 25 = 11.719 kN

Ma = 0.750 x 1.000 x 25 x 1.000 / 2 = 9.375 kN-m

- 토사 자중에 의한 단면력

Sb = 0.750 x (1.000 - 0.750 / 2) x 19 = 8.906 kN

Ma = 0.750 x 1.000 x 19 x 1.000 / 2 = 7.125 kN-m

- 지반반력에 의한 단면력

Sb = Qb x 0.63 + (Qmax - Qb) / 2 x 0.63

Ma = Qa x 1.000 ^{2} / 2 + (Qmax - Qa) / 2 x 1.000 ^{2} x 2 / 3

- 설계단면력 산정

구 분	지반반력			지반반력에 의한 단면력		계수단면력	
	Qmax (kN)	Qa (kN)	Qb (kN)	Sb (kN)	Ma (kN-m)	Vu (kN)	Mu (kN-m)
COMB 1	176.197	109.190	134.317	97.036	76.931	70.224	55.481
COMB 2	134.488	83.643	102.710	74.124	58.770	53.499	42.270

U = 1.3고정하중 + 1.3풍하중 + 1.7토압 : 지반반력에 의한 단면력(극한하중)

U = 고정하중 + 풍하중 + 토압 : 지반반력에 의한 단면력 (사용하중)

(4) 철근량 검토

▷ 검 토 조 건

fck = 21.0 MPa　　fy = 300.0 MPa

β1 = 0.850　　Øf = 0.85　　Øv = 0.80

pb = (0.85 × β1 × fck / fy) × [600/(600+fy)] = 0.03372

pmax = 0.75 × pb = 0.02529

pmin = max(0.25√(fck)/fy, 1.4/fy) = 0.00467

계수 모멘트 Mu = 72.848 KN·m　　계수 전단력 Vu = 54.485 KN

단면의 두께 H = 1000.000 mm　　단 면 폭 B = 1000.000 mm

유 효 깊 이 D = 900.000 mm　　피 복 두 께 Dc = 100.000 mm

▷ 휨모멘트 검토

- 휨강도 검토

사용철근량 = D19 ×2.00 EA (Dc = 100.00 mm)

= 573.000 ㎟　　∴ P = As/(B·D) = 0.00064

공칭강도시 등가응력깊이 a = (As·fy) / (0.85·fck·B) = 9.630 mm

ØMn = Øf·fy·As·(D - a/2) = 130799900.000 N·mm

= 130.800 KN·m ≥ Mu = 72.848 KN·m ..... ∴ O.K

- 필요철근량 및 철근비 검토

소요등가응력깊이 a = 5.351 mm로 가정

As = Mu /{Øf·fy·(D-a/2)} = 318.367 ㎟

a = (As·fy) / (0.85·fck·B) = 5.351 mm　　∴ 가정과 비슷함 O.K

Preq = [Mu /{Øf·fy·(D-a/2)}] / (B·D) = 0.00035　⇒ 4/3 Preq = 0.00047

∴ 필요철근량 req.As = Preq × (B·D) = 318.367 ㎟ ≤ 사용철근량...O.K

철근비검토 : 4/3 Preq ≤ P ≤ Pmin　　.....　　∴ O.K

▷ 전단력 검토

Øv·Vc = Øv·1/6·√fck·B·d / 1000 = 549.909 KN

1/2·Øv·Vc = 274.955 KN > Vu = 54.485 KN ... ∴전단철근 필요없음.

▷ 사용성 검토 (균열 검토)

Mo = 54.946 KN·m (사용하중 모멘트)

n = Es/Ec = 200000 / (4700 √(fck)) = 9

p = As/(B·D) = 0.00064

k = -np + √((np)² + 2np) = 0.101 j = 0.966

x = k·d = 91.327 mm

fc = 2·Mo / (B·x·(D - x/3)) = 1.384 MPa

fs = Mo / (As ·(D - x/3)) = 110.277 MPa

fs = 110.277 MPa ≤ 0.6 fy = 180.00 MPa ∴ O.K

dy = 100.000 mm dc_min = 100.000 mm

A = (2·dy·B) / 철근개수 = 100000.000 ㎟

균열폭 검토(콘크리트 구조설계기준 p76)

Wa = 0.005 ×tc = 0.453 mm (습윤 환경)

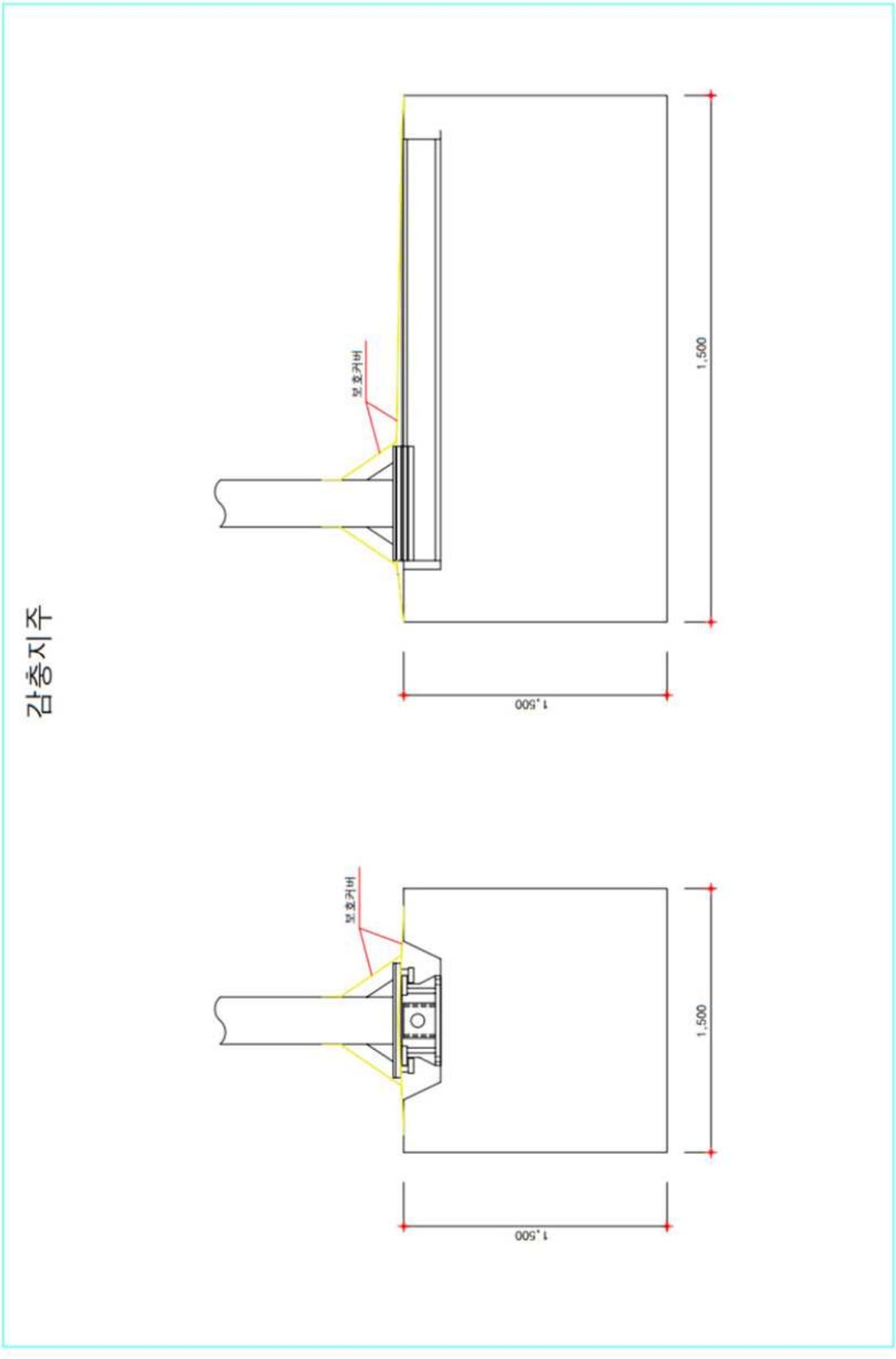
여기서.. tc = dc_min - 주철근 직경/2 = 90.50 mm

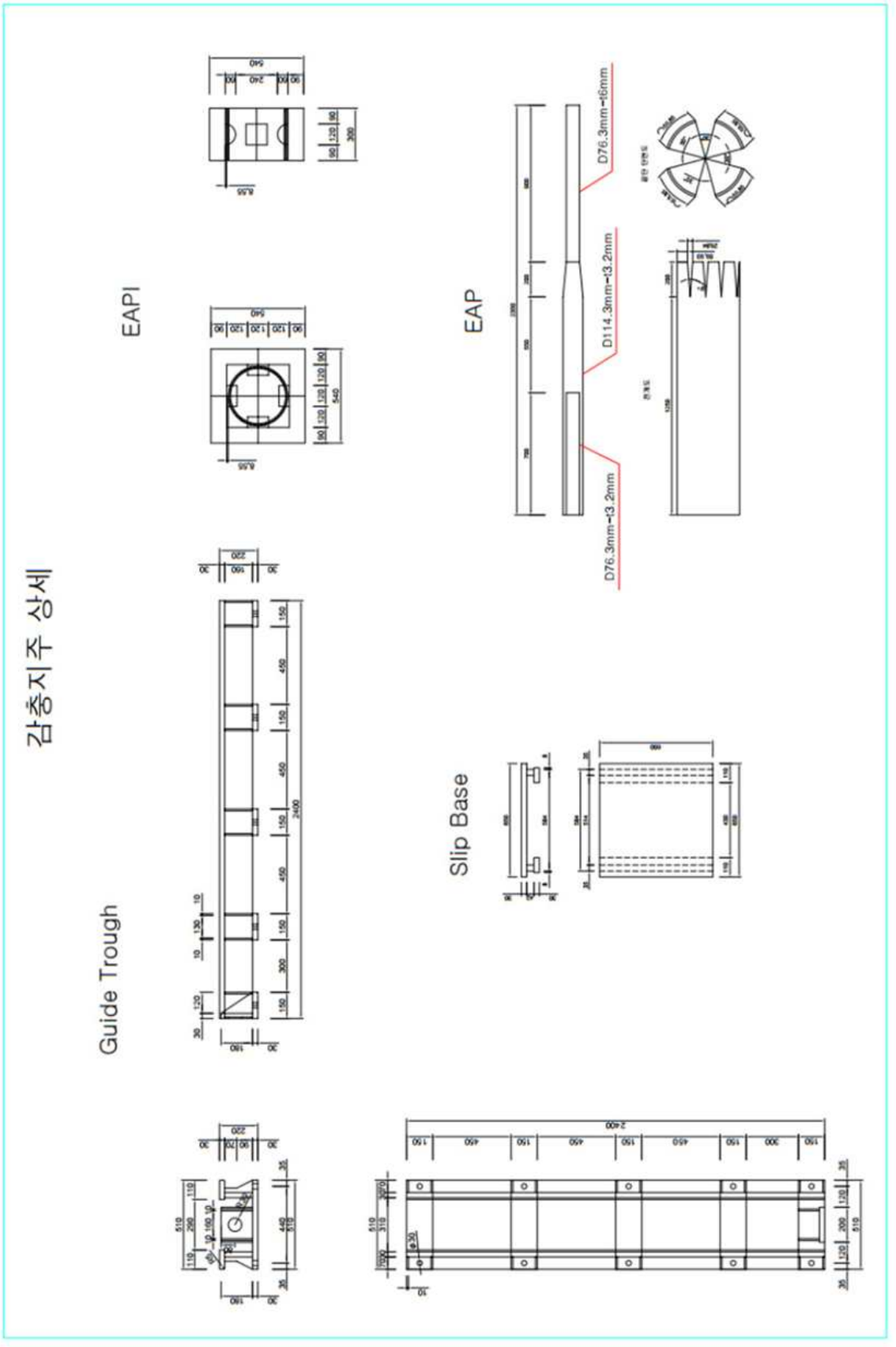
W = 1.08 × β ×fs ×³ √(dc_min ×A) / 100000 = 0.288 mm

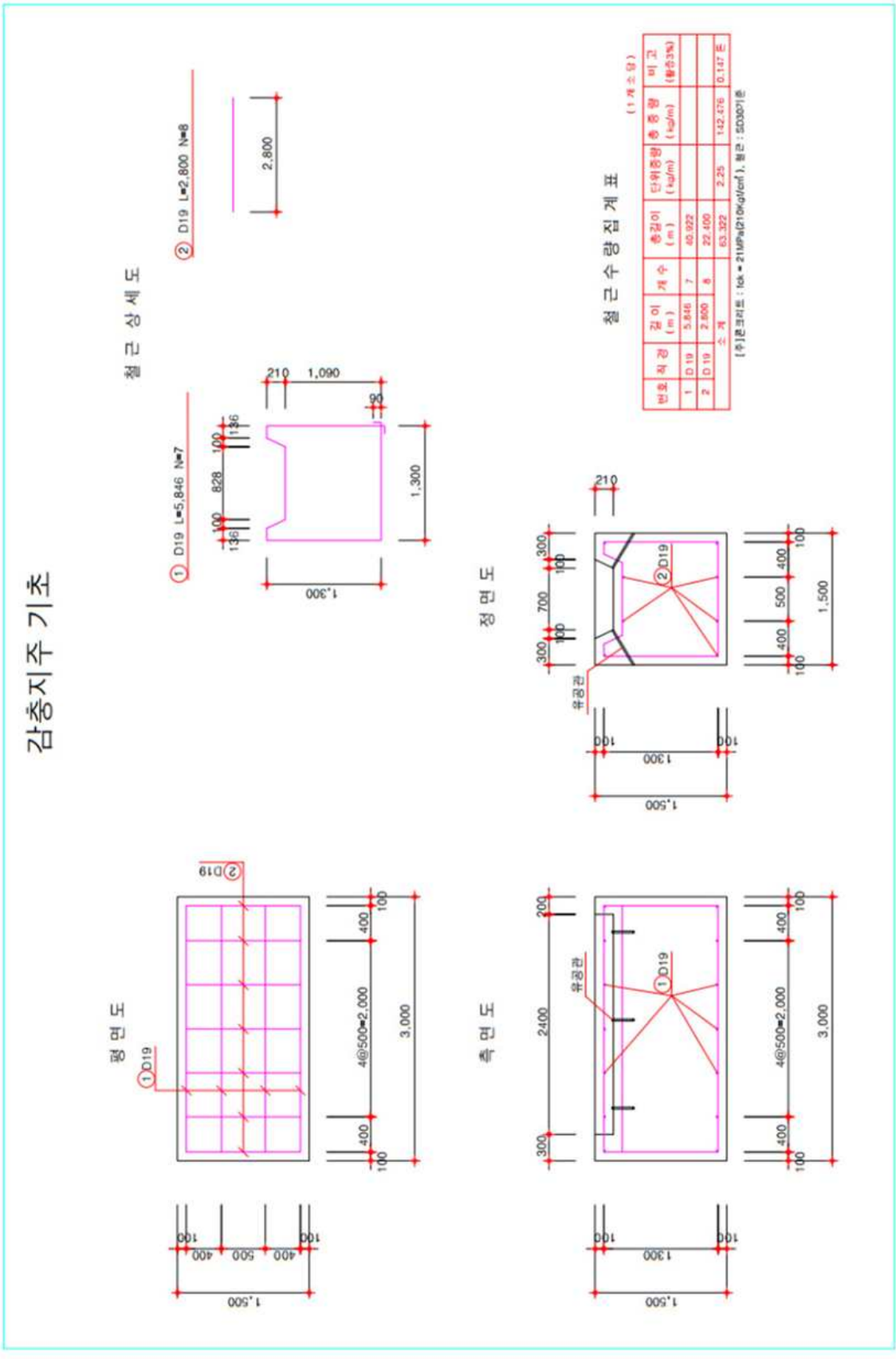
여기서.. β = (H - k·D) / (D - k·D) = 1.124

∴ Wa = 0.453 mm ≥ W = 0.288 mm ..... O.K

표준도




감충지주 상세
EAPI
EAP
D76.3mm~t6mm
D114.3mm~t3.2mm
D76.3mm~t3.2mm
Guide Trough
Slip Base


감충지주 기초
철 근 상 세 도
① D19 L=5,846 N=7
② D19 L=2,800 N=8
2,800
210
1,090
90
136
100
828
1,300
1,300
철 근 수 량 집 계 표
(1 개 소 당)
번호 직경 길이 (m) 개수 총길이 (m) 단위중량 (kg/m) 총중량 (kg/m) 비고 (할증3%)
1 D19 5.846 7 40.922
2 D19 2.800 8 22.400
소계 63.322 2.25 142.476 0.147 톤
[주]콘크리트 : fck = 21MPa(210kg/cm²), 철근 : SD30이상
정 면 도
210
300
700
100
300
유공관
D19
1,500
1,300
500
400
100
측 면 도
200
2400
300
유공관
D19
1,500
1,300
평 면 도
D19
D19
46@500=2,000
3,000
400
100
1,500
1,300
400
500
400

■ 시방서

시 방 서

(감 충 형 도 로 표 지 판)

1. 일 반 사 항

1.1 적 용 범 위

본 시방은 감충형 도로표지판의 공사에 관한 일반 사항을 규정한다.

1.2 각종기준의 적용

1.2.1 한국산업규격(KS)

KS B 1002 6각볼트
KS D 3503 일반구조용 압연강재
KS D 3566 일반구조용 탄소강관
KS D 8304 용융아연도금

1.2.2 관련기준

도로교 표준시방서	- 국토교통부
일반국도공사 전문시방서	- 국토교통부
도로표지 제작·설치 및 관리 지침	- 국토교통부
도로교통법 시행규칙	- 안전행정부
교통안전표지 설치 관리 매뉴얼	- 경찰청

1.2.3 기타관련법규 및 발주자(고객) 요구사항

2. 재료

2.1 표지판 및 지주

2.1.1 표지판과 지주는 일반국도공사 전문시방서에 따른다.

2.2 감충 기초

2.2.1 감충 기초용 강판은 KS D 3503의 규격품을 사용하여야 한다.

2.2.2 볼트는 KS D 3706 STS304 NI-B에 준하며, 그 형상은 KS B 1002의 규격품을 사용하여야 한다.

2.2.3 기초에 사용할 시멘트 콘크리트는 일반국도공사 전문시방서에 따른다.

3. 시공

3.1 제작

3.1.1 표지판과 지주는 일반국도공사 전문시방서에 따른다.

3.1.2 각종 강재의 절단은 원칙적으로 자동GAS 절단 및 PRESS에 의한 기계가공으로 하고 단부는 평활하게 끝맺음을 해야 한다.

3.1.3 HOLE 가공은 정확한 위치에 하여야 하며, 직각도는 1/20이하로 한다.

3.1.4 모든 강재는 제작 도중 휘어지거나 요철이 생겨서는 안 되며, 용접으로 인하여 강재의 강도가 약화되어서는 안 된다.

3.1.5 모든 용접은 공장 용접을 하여야 하며, 부득이한 경우 감독자의 승인을 받아 현장 용접을 시행할 수 있다.

3.1.6 볼트는 아연도금이 되고, 비틀림과 휨이 없는 것이어야 한다.

3.1.7 강재 절단부분 및 용접부분은 미끈하게 그라인더로 표면처리 하여야 한다.

3.2 방식처리

3.2.1 방식처리가 필요한 경우에는 KS D 8308 2종 HDZ55에 따르며, 아연도 금 부착량은 550 g/㎡ 이상으로 한다. 단, 두께가 3.2 mm 이하의 강재 에 해서는 2종 HDZ35에 따르며, 아연도금 부착량은 350 g/㎡ 이상으 로 한다. 그러나, 용융아연도금이 불가능하거나 소규모의 시설 및 보수공 사에 있어서는 녹막이 페인트 1회, 조합페인트 2회를 실시하여야 한다.

3.2.2 용융아연도금의 작업은 KS D 9521에 따른다. 또한 나사부위는 도금 후 홈이 유지되도록 손질하여야 한다.

3.2.3 도금 후 가공하는 곳은 징크릿치 도장으로 아래의 방법에 따라 현장 끝 마무리를 하여야 한다. (1) 방식처리 전 강재 표면의 수분, 유분 등의 부착물은 깨끗이 제거하여야 한다. (2) 도료는 아연분말의 무기질 도료로서 2회 도포하여야 한다. 이때의 표준 도포량은 2회 도포로써 400~500 g/㎡, 두께는 40 ㎛ ~ 50 ㎛로 한다. (3) 도장을 계속할 때에는 전회 도장 후 1시간 이상 경과 후에 하여야 한다.

3.2.4 HGI(hot galvanized steel sheet)를 사용할 때의 절단면은 방식처리를 하여야 한다.

3.3 설치

3.3.1 표지판의 설치의 일반사항은 일반국도공사 전문시방서에 따른다.

3.3.2 표지판 설치를 위한 굴착을 할 때에는 비탈면·포장 등 기존 시설물에 손상을 주지 않도록 시공하여야 하며, 되메우기는 층상으로 다짐을 실시 하여 붕괴의 원인이 되지 않도록 특별히 유의하여야 한다.

3.3.3 시공자는 공사를 시행하기 전에 명시된 도면을 명확히 검토한 후 발주처 관리 하에 지하 매설물 (배수관, 통신관로, 가스관로, 가로등 전선관, 전력 선로 등)의 교차여부를 확인 하여야 한다.

3.3.4 감충 기초는 수평하게 설치하여야 하고 도로와 15° 이내의 각도로 설치하여야 한다.

02 도로변 안전매뉴얼(안)

1. 총칙

1.1 목 적

본 지침은 도로변에 위치한 지주의 설치 및 설계 방법 등을 제시하여, 도로변에서 발생하는 사고의 위험성을 낮추고자 하는데 목적이 있다.

【설 명】

본 지침은 도로변에서 사고 발생시 위험성을 낮추고자 행해지는 지주에 대한 안전대책의 세부사항을 규정함으로써, 도로 관리자가 도로변의 설계를 적합하게 이행하고 도로 이용자는 보다 안전하게 도로를 이용할 수 있도록 함을 목적으로 한다.

1.2 적용 범위

본 지침은 실무자들이 도로변의 지주를 안전하게 처리하기 위한 설계, 시공 및 유지관리 업무를 수행하는 경우에 적용한다.

본 지침은 「도로법」 제10조에서 정하고 있는 도로에 적용함을 원칙으로 하되, 기타 도로에도 적용할 수 있다.

【설 명】

본 지침은 도로변의 수직 구조물 중 지주의 안전대책에 관하여 기준을 제시한 것이다. 핵심적이고 표준적인 사항은 사각형 내에 고딕체로 제시하였고, 구체적인 사항은 "【설명】"에 제시하였다. 따라서 본 지침의 표준적 사항과 구체적 사항은 동일한 효력을 갖는 것으로, 각 도로관리기관에서는 이를 토대로 하고 도로의 기능, 도로 조건, 지형 등을 감안하여 현장에 맞게 설치하도록 한다.

1.3 용어의 정의

지주에 대한 안전대책은 도로변에서 발생하는 사고의 위험성을 낮추기 위한 지주의 설계 및 설치 방법 등을 말한다.

【설 명】

본 지침에서 사용되는 주요 용어의 정의는 다음과 같다.

- **차량방호 안전시설** : 주행차로로부터 차량의 이탈이나 정면충돌 등과 같은 교통사고의 피해를 줄이기 위해 설치하는 시설물로 방호울타리, 전이구간, 단부처리시설, 충격흡수시설, 트럭탈부착용 충격흡수시설 등이 있다.
- **지주** : 압축 하중을 받는 기둥으로, 표지판, 가로등, 신호등 등을 설치시 지지하는 수직 형태를 갖춘 기둥이다.
- **감충성능을 지닌 지주** : 지주와 차량의 충돌시 지주의 변형, 분리 등으로 충돌에너지를 감소시켜 탑승자의 피해를 줄이는 기능을 지닌 지주를 말한다.

1.4 도로변 지주에 대한 안전대책의 우선순위

차량이 주행차로를 이탈할 시 사고피해를 줄이기 위한 대책을 우선순위별로 나열하면 다음과 같다.

가. 지주 제거 혹은 이격 설치
나. 차량방호 안전시설 설치
다. 감충성능을 지닌 지주 설치

【설 명】

차량이 주행차로를 벗어났을 경우 도로변에 지주가 없도록 하여 주행차로로 복귀할 수 있도록 하는 설계가 가장 좋다. 그러나 지주의 제거 혹은 이설이 도로 상황상 불가능할 경우 차량방호 안전시설을 설치하여 지주와의 충돌을 차단하여야 한다. 만일 차량방호 안전시설의 설치가 어려울 경우 감충성능을 지닌 지주를 설계하여 사고 심각도를 낮춰야 한다.

가. 지주 제거 혹은 이격 설치

도로변에 지주를 제거 혹은 이격 설치시 차량이 회피할 수 있는 공간을 제공하기에 사고발생 가능성을 저하시킬 수 있다. 이격 설치 시에는 정보제공 효과가 저하될 수 있으므로 도로 조건 및 지형 등을 감안하여야 하며, 지침 혹은 매뉴얼을 통해 설치위치를 규정하고 있는 교통안전표지 및 도로표지판은 설치 기준 내에서 적용하여야 한다.

나. 차량방호 안전시설 설치

차량방호 안전시설은 지주와의 충돌을 방지하기 위해 차량방호 안전시설의 최대충돌변형거리 만큼 이격하여 설치하여야 한다. 도로안전시설 설치 및 관리지침 차량방호 안전시설편에 따르면 연성 방호울타리의 최대 충돌변형거리는 지주를 흙속에 매입할 경우 1.0m 이하, 콘크리트 기초에 설치할 경우 0.3m 이하이어야 한다. 차량방호 안전시설의 설치와 관한 자세한 사항은 도로안전시설 설치 및 관리지침 차량방호 안전시설편의 2장 방호울타리편을 참고한다.

부득이하게 지주가 연성 방호울타리의 충돌변형거리 내에 설치되는 경우 방호울타리의 강성을 키워서 충돌 시 지주와의 간섭이 없도록 하여야하며, 이 경우 강성전이(Transition)가 필요할 수 있다.

다. 감충성능을 지닌 지주 설치

감충성능을 지닌 지주의 설치는 위의 대안이 모두 불가능하여 사고에 노출된 지주에 한하여 설치를 고려하여야 하며, 설치 방법 등 자세한 사항은 본 지침의 2장을 참고한다.

2. 감충성능을 지닌 지주

2.1 기능 및 종류

2.1.1 기능

감충성능을 지닌 지주는 차량이 주행차로를 이탈하여 지주에 충돌하였을 시 지주의 변형, 분리, 지주의 강체 이동 등의 방법으로 탑승자의 피해를 줄일 수 있는 지주를 말한다.

【설 명】

감충성능을 지닌 지주는 차량과 지주와의 충돌 시 지주 자체의 변형, 지주의 분리, 가이드 기초를 이용 등의 방법으로 충돌 에너지를 감소시킴으로써 탑승자 안전을 도모하고, 2차사고 피해 혹은 시설물 피해를 줄이는 등의 성능을 갖는 지주를 말한다.

2.1.2 종류

감충성능을 지닌 지주는 형식에 따라 다음과 같이 분류할 수 있다.

가. 자체변형을 통한 감충지주

나. 분리식 지주(Breakaway Post)

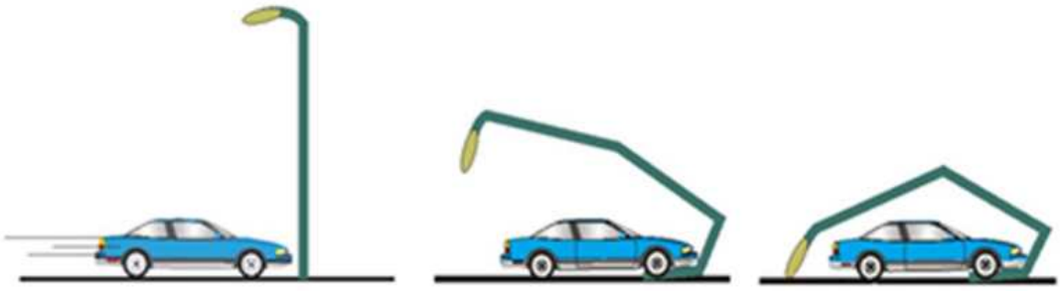
다. 직립식 감충지주(Non-Overturning Crashworthy Post)

【설 명】

감충성능을 지닌 지주는 에너지를 소산시키는 방법에 따라 자체변형을 통한 감충지주, 분리식 지주와 직립식 감충지주로 구분된다. 모든 형태의 감충지주는 기본적으로 설계하중(자중, 풍하중)에 대한 지지력을 확보하여야 하고 감충성능은 충돌시험을 통하여 입증하여야 한다.

가. 자체변형을 통한 감충지주

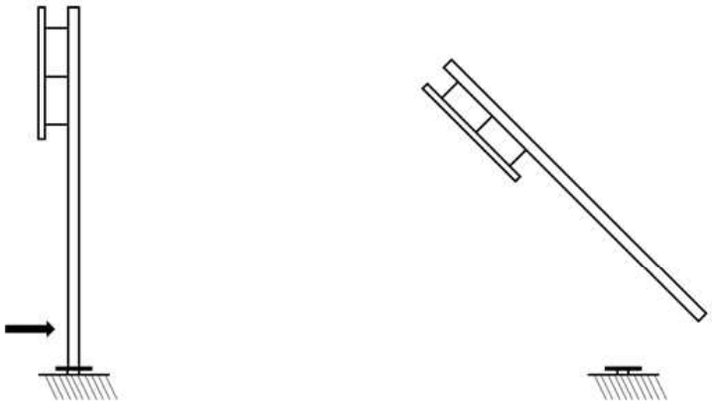
최대한 지주가 지탱하는 구조로 된 것으로, 연한 재질로 이루어져 차량과 충돌시 구조물에 변형이 발생하여 충돌에너지를 흡수한다.



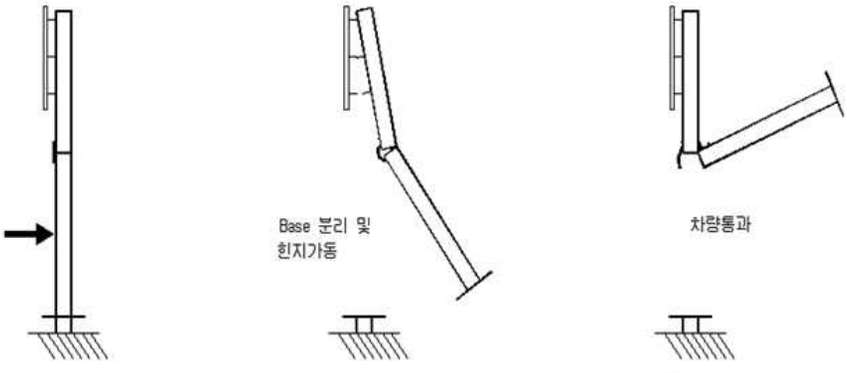
<그림> 차량 충돌에 따른 자체변형을 통한 감충지주의 작동

나. 분리식 지주

슬립 베이스(Slip Base) 등의 구조로 된 것으로, 차량과 충돌시 연결부가 분리되면서 차량의 충격력을 최소화한다.



<그림> 차량 충돌에 따른 분리식 지주 작동(1)

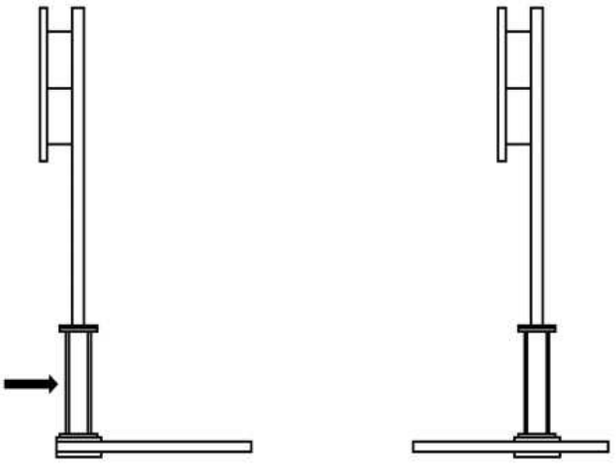


<그림> 차량 충돌에 따른 분리식 지주 작동(2)

다. 직립식 감충지주

표준화된 기초, 하부 및 레일로 이루어진 구조물로, 차량 충돌시 지주가 레일을 따라 차량의 진행 방향으로 진행하도록 하여 지주의 전도를 막을 수 있으며, 다양한 크기와 형태의

지주를 조립하여 사용할 수 있다.



<그림> 차량 충돌에 따른 직립식 감충지주 작동

2.1.3 적용대상

도로변에 위치한 사고 발생위험이 있는 다음 각 항의 시설물에는 감충성능을 지닌 지주의 적용을 고려하여야 한다.

가. 표지판

나. 가로등

다. 신호등

라. 전주, 통신주 등

【설 명】

감충성능을 지닌 지주는 적용 대상에 따라 지주의 형식이 다를 뿐 표지판뿐만 아니라 가로등, 신호등 등 모든 종류의 지주에 적용이 가능하다. 그러나, 가로등, 신호등과 같이 전기 시설물에 분리식 지주를 적용할 시에는 지주가 기초에서 분리될 때 전기가 즉시 차단되도록 하여 충돌 후 노출된 전선에 의하여 감전되지 않도록 하여야 한다.

2.1.4. 형식 선정

감충성능을 지닌 지주 형식 선정에 있어서는 성능, 도로 환경, 적용 대상 등을 충분히 고려한다.

【설 명】

감충성능을 지닌 형식에 따라 지주의 전도, 분리 혹은 레일을 따라 이동하기에 주변 토지 이용 등 도로의 환경 등을 고려하여 설계하여야 한다.

가. 도심부

주변에 장애물이 많은 도심부의 경우 전도 혹은 분리된 지주로 인해 2차사고가 발생할 수 있기에 직립식 감충지주를 설치하는 것이 좋으나, 지주의 규격, 측방 여유폭 등에 대한 충분한 고려가 필요하다.

나. 자동차 전용도로, 국도

지주와 충돌 후 지주의 변형으로 인한 2차사고의 발생가능성이 적은 자동차 전용도로, 국도 등은 분리식 지주를 설치하는 것이 좋으나, 한계 변형거리 등의 충분한 고려가 필요하다.

2.2 설치 장소

차량과 충돌시 탑승자의 사고 심각도를 낮추기 위하여 다음 각 항에 해당하는 도로 구간에는 도로 및 교통 상황에 따라 감충성능을 지닌 지주를 설치하는 것을 고려할 수 있다.

가. 도로 폭 및 선형 등과의 관련으로 위험한 구간

(1) 곡선 반경이 500m 미만인 도로에서 전후 선형을 고려하여 필요하다고 인정되는 구간

(2) 내리막 경사가 4% 이상인 도로에서 감충성능을 지닌 지주를 설치하는 것이 효과가 있다고 인정되는 구간

나. 구조물과의 관련으로 필요한 구간

(1) 수직 구조물 밀도가 10m당 2개 초과인 구간 중 감충성능을 지닌 지주를 설치하는 것이 효과가 있다고 인정되는 구간

(2) 도로와 이격거리가 3m 미만인 구간 중 감충성능을 지닌 지주를 설치하는 것이 효과가 있다고 인정되는 구간

【설 명】

감충성능을 지닌 지주는 도로 조건 등을 고려하여 차량과 충돌시 사고의 심각도를 감소시킬 수 있다고 판단되는 경우에 설치하는 것을 고려한다.

가. 도로 폭 및 선형 등과의 관련으로 위험한 구간

1) 곡선반경이 500m 미만인 구간

곡선반경이 작은 경우 차량이 주행차로를 이탈하여 사고 심각도가 큰 사고가 발생할 가능성이 크기에 감충성능을 지닌 지주의 설치를 검토하여야 한다.

2) 내리막 경사가 4%인 이상인 구간

내리막 경사인 도로를 주행할시 차량의 속도가 증가하여 제어하기 힘들 경우가 생긴다. 차량의 속도가 증가하면 사고의 심각도가 커지기에 감충성능을 지닌 지주의 설치를 검토하여야 한다.

나. 구조물과의 관련으로 필요한 구간

1) 수직 구조물 밀도가 10m당 2개 초과인 구간

도로에 수직 구조물이 좁은 간격으로 설치되어 있을 경우 차량과의 충돌 가능성이 증가한다. 통합지주로 도로변의 수직 구조물을 최소화하는 것을 우선으로 하나, 이러한 설계가 어려워 10m당 2개 초과로 수직 구조물이 설치될 경우 지주에 한하여 감충성능을 지닌 지주의 설치를 검토하여야 한다.

2) 이격거리가 3m 미만인 구간

도로로부터 떨어진 거리가 짧을수록 주행차로에서 차량이 이탈시 도로로 복귀할 수 있는 공간이 협소하기에 사고발생 확률이 높아진다. 따라서 지주의 제거, 이설 및 차량방호 안전시설로부터의 보호가 어려워 도로 가장자리로부터 3m 미만으로 이격되어 설치되어 있는 경우 감충성능을 지닌 지주의 설치를 검토하여야 한다.

2.3 설계 및 성능 기준

2.3.1 설계 기준

감충성능은 실물충돌시험을 통해 평가한다.

【설 명】

실물충돌시험은 실제 차량의 충돌을 고려하여 감충성능을 지닌 지주의 성능을 평가하는 것이다.

감충성능을 지닌 지주는 등급에 따라 충돌 속도가 구분되며, 탑승자의 안전성을 평가하기 위하여 등급에 따라 시험을 수행한다.

등급은 표 2.1과 같이 분류하여 기술의 진보에 따라 높은 수준의 감충성능을 지닌 지주가 개발되고, 경제성 및 충돌 위험의 심각도에 따라 도로 관리자가 선택적으로 활용할 수 있도록 한다.

<표> 탑승자 보호 성능 평가를 위한 조건

등급	충돌속도(km/h)	차량중량(kg)	충돌각도	세부 등급
C1	60	900 1300	정면 + 15°	C11
			정면 + 20°	C12
C2	70		정면 + 15°	C21
			정면 + 20°	C22
C3	80		정면 + 15°	C31
			정면 + 20°	C32
C4	90		정면 + 15°	C41
			정면 + 20°	C42

2.3.2 성능 기준

감충성능을 지닌 지주는 등급별로 주어진 시험조건에 따라 실물차량 충돌시험 시 구조 성능, 탑승자 보호성능 기준 및 지주의 충돌 후 거동의 성능 기준을 만족해야 한다.

【설 명】

가. 구조 성능

한계 변형거리란 차량과 감충성능을 지닌 지주가 충돌할 때 차량의 충돌로 인해 감충성능을 지닌 지주가 원위치에서 이동한 거리 중 최대값을 말한다. 충돌시 지주에 변형이 발생할 경우 다른 차로 및 보도 등으로 침범하여 2차사고가 발생할 가능성이 있기에 허용할 수 있는 한계 변형거리를 규정한다.

나. 탑승자 보호성능 기준

탑승자 보호성능 평가기준은 국내에서 사용하고 있는 THIV(Theoretical Head Impact Velocity, 탑승자-컴파트먼트 충돌속도)와 PHD(Post-impact Head Deceleration, 탑승자-컴파트먼트 충돌 후 최대 가속도)를 사용하며, 충격흡수시설의 평가기준을 만족하여야 한다.

<표> 탑승자보호성능 평가기준

구분	단위	한계 값
탑승자-컴파트먼트 충돌속도 (종·횡방향) THIV	km/h	44
탑승자-컴파트먼트 충돌 후 최대 가속도(종·횡방향) PHD	g	20

주) g : 9.8 m/s^2

다. 지주의 충돌 후 거동

감충성능을 지닌 지주는 차량과 충돌시 탑승자를 보호하고, 다른 시설물과 도로 이용자에게 피해를 주지 않으며 계획된 감충성능이 발휘되는지를 충돌시험을 통하여 입증하여야한다.

- 감충성능을 지닌 지주는 설계된 것과 같이 변형, 분리 혹은 레일을 따라 이동되어야 한다.
- 감충성능을 지닌 지주는 충돌시 탑승자를 보호하기 위하여 차량의 내부 공간을 관통하지 말아야 한다.

2.4 설치

감충성능을 지닌 지주는 한계 변형거리 등을 고려하여 감충성능이 충분히 발휘될 수 있도록 설치한다.

【설 명】

감충성능을 지닌 지주는 충돌시 탑승자를 보호하여 사고 심각도를 낮출 수 있는 지주본체, 고정 장치, 기초 등을 말한다. 감충성능을 지닌 지주는 어느 경우나 설계 풍하중을 지지하도록 설계되어야하며 충돌시 계획된 성능을 발휘하여야한다.

감충성능을 지닌 지주는 차량의 충격력을 감소시키기 위해여 전도, 분리 혹은 레일을 따라 이동하게 되기에 이 때 다른 도로 이용자 및 시설물에 영향을 끼치지 않도록 설치 장소의 교통량, 설계속도, 측방여유폭 등을 고려하여 설치하여야 한다. 또한 충돌시 사고 심각도를 최소화할 수 있도록 차량의 진행 방향을 고려하여야 한다.

2.5 유지관리

주기적인 점검을 통하여 감충성능을 지닌 지주가 제 기능을 다 할 수 있도록 하여야 하며, 그 기능을 발휘할 수 없을 때는 반드시 보수를 하여야 한다.

【설 명】

감충성능을 지닌 지주의 외관을 정기적으로 점검하며, 성능의 이상 유뮤를 확인하기 위한 정기적인 검사 외에도 호우, 강설 등 재해가 발생한 후에는 즉시 점검을 실시한다.

점검시 보수나 대체가 필요한 경우 신속히 대응 및 처리한다.

교각 방호시설(안)

3. 충격흡수시설

3.1 기능 및 종류

3.1.1 기능

충격흡수시설은 주행 차로를 벗어난 차량이 도로상의 구조물 등과 충돌하기 전에 차량의 충격에너지를 흡수하여 정지토록 하거나, 차량의 방향을 교정하여 본래의 주행차로로 복귀시켜주는 기능을 한다.

【설 명】

충격흡수시설은 운전자의 과실 등에 의해, 차량이 주행차로를 벗어나 도로상의 구조물과 충돌할 위험이 있는 곳에 설치한다. 충격흡수시설의 기능은 차량의 충격에너지를 흡수하여 차량을 정지토록 하거나, 방향을 교정하여 안전하게 주행차로로 복귀시켜주는 것이다. 또한, 운전자가 위험물의 위치를 쉽게 파악하여 차량의 주행속도를 줄이거나, 차로 변경 등의 적절한 행동을 취할 수 있도록 하는 등의 부수적인 기능도 있다.

3.1.2 종류

충격흡수시설의 종류는 용도에 따라 일반적인 충격흡수시설, 방호울타리 단부처리시설, 트럭 탈·부착용 충격흡수시설 등이 있다.

충격흡수시설은 기능에 따라 주행 복귀형과 주행 비복귀형으로 구분된다.

【설 명】

충격흡수시설의 종류는 용도에 따라 일반적인 충격흡수시설(Crash Cushion), 방호울타리 단부처리시설(End Treatment), 트럭탈부착형 충격흡수시설(Truck Mounted Attenuator : TMA) 등으로 구분할 수 있다.

충격흡수시설은 최근 기능성이 우수한 다양한 시설물이 개발되어 왔으며 성능 인증을 통한 적합한 제품 개발과 이의 적절한 활용이 필요하다. 충격흡수시설은 기능상 차이에 따라 주행 복귀형과 주행 비복귀형으로 구분한다. 주행 복귀형은 중앙분리대 단부나 분기점 등의 구조물 앞에 측면 충돌에도 주행의 연속성이 요구되는 지점에 설치하며, 주행 비복귀형은 교각, 교대, 요금소 등의 구조물 앞에 차량을 안전하게 정지시켜야 하는 지점에 설치한다. 충격흡수시설이 설치된 장소는 감속된 차량이 안전하게 정지할 수 있도록 충분한 여유공간이 있어야 한다.

방호울타리 단부처리시설은 차량이 방호울타리의 끝 부분을 충돌할 때 차량의 거동이 불

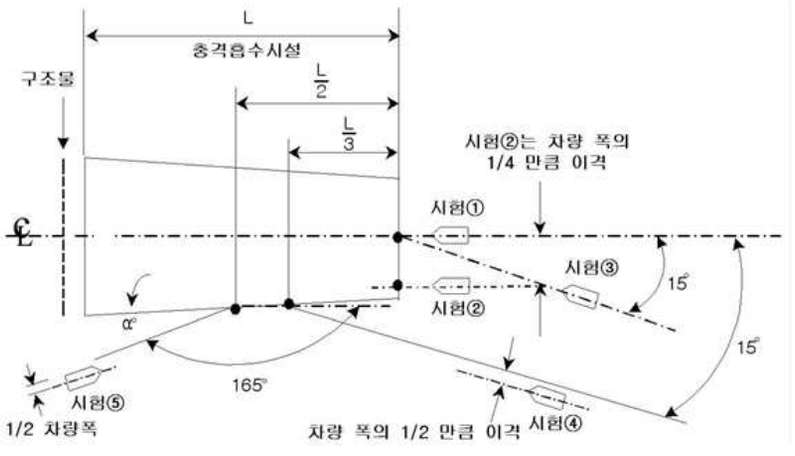
안하게 되거나 방호울타리의 단부가 차체를 관통할 수 있으므로 소형차 탑승자를 보호하기 위한 방호울타리와 연결하여 설치하는 충격흡수시설이다.
트럭탈부착형 충격흡수시설은 도로상의 공사구간, 사고처리 및 청소 등의 구간에 한시적으로 설치하며, 위험구간을 인지하지 못한 차량이 충돌할 경우 차량의 충격에너지를 흡수하여 차량을 안전하게 멈추게 하거나 차량의 방향을 복귀시켜 주는 기능을 갖추어야 한다.

3.2 설계 및 성능 기준

3.2.1 설계 기준

충격흡수시설은 탑승자와 충돌 차량을 효과적으로 보호할 수 있는 기능을 가져야 하며, 이러한 기능은 실물 충돌시험에 의해 평가한다. 실물 충돌시험은 시설을 설치하고자 하는 도로의 설계속도와 기술수준 등을 고려하여 시설물의 등급을 정하고, 이에 따른 충돌시험 방법에 따라 시험을 실시한다.

【설 명】
충격흡수시설에 대한 충돌 시험은 그림 3.1, 표 3.1과 같이 CC1, CC2, CC3, CC4의 4개의 등급으로 구분하여 충돌시험을 실시한다.
구체적인 실물충돌시험 방법은 "차량방호안전시설 실물충돌시험 업무편람"을 참고한다.



*α<5°인 경우 시험 ⑤ 생략

<그림> 충돌 차량의 충돌 위치 및 충돌 방향(시험 ①~시험 ⑤)

주행 비복귀형(시험①, ②, ③ 합격제품)은 교각, 교대, 요금소 등의 구조물 앞에 차량을 안전하게 정지시켜야 하는 지점에 설치한다. 주행 복귀형(시험①, ②, ③, ④ 합격제품)은 분기점, 노측의 구조물 앞에 측면 충돌에도 주행의 연속성이 요구되는 지점에 설치하며, 주행복귀형(시험①, ②, ③, ④. ⑤ 합격제품)은 중앙분리대의 구조물과 연결방법을 검토한 후 중앙

분리대 단부처리로 설치할 수 있다. 충격흡수시설이 설치될 장소는 감속된 차량이 안전하게 정지할 수 있도록 충분한 여유공간이 있어야 한다.

<표> 충격흡수시설 충돌 시험 조건

등 급	충돌 속도 (km/시)	차량 중량 (kg)	충돌 방법
CC1	60	900 1,300	시험 ① 시험 ④
CC2	80	900 1,300 900 1,300 1,300 1,300	시험 ① 시험 ① 시험 ② 시험 ③ 시험 ④ 시험 ⑤
CC3	100	900 1,300 900 1,300 1,300 1,300	시험 ① 시험 ① 시험 ② 시험 ③ 시험 ④ 시험 ⑤
CC4	120	900 1,300 900 1,300 1,300 1,300	시험 ① 시험 ① 시험 ② 시험 ③ 시험 ④ 시험 ⑤

주) 1. CC : Crash Cushion
2. 위 표는 주행 복귀형 충격흡수시설에 적용하며, 주행 비복귀형 충격흡수시설은 시험 ④, ⑤를 생략하지만, 주행 비복귀형 충격흡수시설로서 측면 충돌을 고려할 때에는 시험 ④를 수행한다.
3. 대향차로 주행차량이 중앙선을 넘어올 수 없는 구간에 설치할 경우에는 시험 ⑤를 생략한다.

3.2.2 성능 기준

충격흡수시설의 성능은 탑승자 보호성능, 충격흡수시설의 거동, 충돌 후 차량의 거동 등의 3가지 사항에 대하여 평가한다.

【설 명】

충격흡수시설이 제 기능을 올바르게 수행하기 위해서는 실물 차량 충돌 시험을 통해 성능을 검증받아야 하는데, 충격흡수시설의 성능은 탑승자 보호성능, 충격흡수시설의 거동, 충돌 후 차량의 거동 등의 3가지 사항에 대하여 평가한다.

구체적인 성능 평가 기준은 '차량방호 안전시설 실물충돌시험 업무 편람'에 따른다.

3.3 설치 장소 및 설치

3.3.1 설치 장소

충격흡수시설은 다음과 같은 차량의 충돌이 예상되는 장소 중 사고의 위험이 높은 곳에 설치한다.

가. 교각, 교대 앞
나. 연결로 출구 분기점의 강성구조물 앞
다. 강성 방호울타리 혹은 방음벽 기초의 단부
라. 요금소 전면
마. 터널 및 지하차도 입구
추가로 도로관리자가 사고의 위험이 높다고 판단되는 장소에 설치할 수 있다.

【설 명】

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 설치한다. 이처럼 차량의 충돌이 예상되는 장소에서는 충격흡수시설을 설치할 뿐만 아니라 차량을 구조물로부터 안전하게 유도하여 차량 충돌 사고를 예방할 수 있는 관련 시설의 설치가 필요한데, 이러한 장소에 설치하는 시인성 증진 관련 시설의 설치 방법은 통합 지침 제1편 시선유도시설 편의 5장을 참고한다.

가. 교각, 교대 앞

도로상의 교각, 교대에는 충돌하는 차량의 탑승자를 보호하고, 교량의 구조적 안전성을 유지하기 위하여 충격흡수시설을 설치한다.

교각의 폭은 다양하므로, 폭에 적합하면서 필요한 수행도가 발휘될 수 있는 시설물을 선정하여 설치한다. 단, 차량의 주행 차로와 충격흡수시설 사이의 측방 여유는 가능한 충분히 확보한다. 또한, 교각에 설치하는 충격흡수시설의 경우 차량의 진행방향을 고려 할 수 있는 시설을 설치해야 한다.

나. 연결로 출구 분기점

연결로 출구, 고가도로 등의 분기점은 설치 장소의 평균 주행속도를 고려하여 충돌 차량의 충격에너지를 흡수할 수 있도록, 시설물의 설계에 유의한다. 특별히 도로의 분기점은 운전자의 판단착오에 의해 구조물과의 잦은 충돌 사고가 예상되므로, 설치 장소별 도로·교통 특성을 충분히 고려하여 충격흡수시설을 설치한다. 그러나 분기점이라 해도 특별히 충돌시 탑승자의 안전에 위험이 되는 물체가 없고, 방호울타리의 변형공간이 충분한 경우 방호울타리 자체로 충격흡수능력을 발휘하도록 한다.

다. 강성방호울타리 혹은 방음벽 기초의 단부

강성 방호울타리나 방음벽 기초의 단부는 차량의 충돌시, 탑승자의 심한 부상이 발생할 소지가 높으므로, 충격흡수시설을 설치한다.

라. 요금소 전면

도로의 통행료를 징수하는 요금소 진입로는 차량들의 무리한 차로 변경 등으로 차량이 요금소 앞 구조물에 충돌하는 사고가 많다. 이런 장소에서는 비교적 차량들이 저속으로 주행하므로 이에 적합한 시설을 설치한다. 그러나 통행료 자동징수기가 설치되는 구간에서는 차량이 고속으로 주행하므로 주행속도를 고려하여 시설을 설치한다.

마. 터널 및 지하차도 입구

터널 및 지하차도 입구에 충격흡수시설을 설치하는 경우, 설치할 여유 공간이 확보되는지를 검토하고, 이에 따라 적합한 시설을 선정한다. 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 있다.

3.3.2 설치

충격흡수시설은 다음의 사항을 고려하여 설치한다.

가. 충격흡수시설의 설치 공간
나. 설치 방향
다. 설치 장소의 시선유도

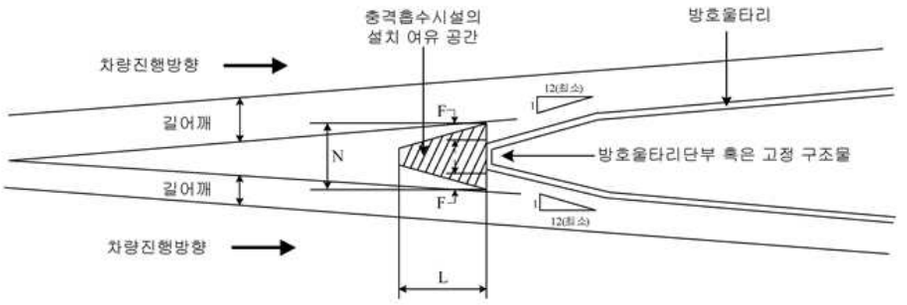
【설 명】

가. 설치 공간

충격흡수시설의 수행도를 보장하기 위해서는 도로나 구조물의 설계단계에서 충격흡수시설의 설치를 위한 충분한 여유 공간의 확보가 필요하다. 외국의 경우를 참고하여 충격흡수시설의 설치를 위한 여유 공간을 제시하면, 그림 3.2, 표 3.2와 같다.

그림 3.2는 연결로 출구 분기점에서 충돌 설계속도에 따라 충격흡수시설이 설치될 여유 공간의 길이와 폭을 제시하고 있으며, 이 값은 충격흡수시설이 설치될 수 있는 기타의 장소에서도 적용될 수 있다.

표 3.2의 설치 공간 제약 지점은 시설을 설치할 충분한 공간의 확보가 어려워 추가로 노력이 요구되는 지점을 말하며, 설치 공간 확보 지점은 해당 구간에 시설을 설치하기에 충분한 공간을 확보한 지점이다. 충격흡수시설의 수행도 측면에서는 표 3.2의 추천값을 취하는 것이 바람직하다.



출처 : Roadside Design Guide (AASHTO, 1996)

<그림> 연결로 출구 분기점에서의 시설 설치 여유 공간

<표> 충돌 설계속도에 따른 시설 설치 여유 공간

(단위 : m)

충돌 속도 (km/시)	충격흡수시설 설치를 위한 여유 공간								
	최 소 값						추 천 값		
	설치 공간 제약 지점			설치 공간 확보 지점					
	N	L	F	N	L	F	N	L	F
50	2	2.5	0.5	2.5	3.5	1	3.5	5	1.5
60	2	3.5	0.5	2.5	5.0	1	3.5	7	1.5
80	2	5	0.5	2.5	7.5	1	3.5	10	1.5
100	2	7.5	0.5	2.5	11.5	1	3.5	15	1.5
110	2	8.5	0.5	2.5	13.5	1	3.5	17	1.5

주) 1. 충돌속도 50, 80, 110km/시에서의 값들은 Roadside Design Guide (AASHTO, 1996)의 인용 내용임

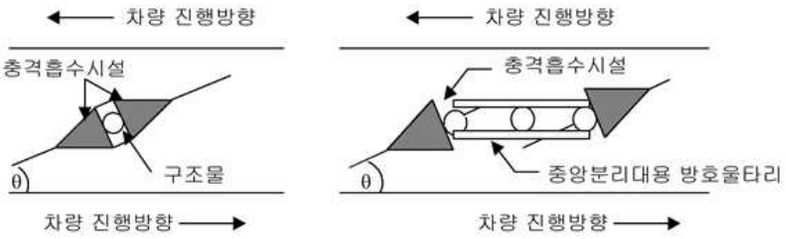
2. 충돌속도 60, 100km/시에서의 값들은 보간법으로 산정

또한, 설치 공간은 충격흡수시설의 거동과 구성부재의 비산정도 및 충돌후 차량의 거동 등을 파악하여 후속차량, 인근차로 또는 대향차로의 주행차량에 영향을 미치지 않도록 설치 형식과 변형거리, 탈출거리 등급 선정에 주의하여야 한다.

나. 설치 방향

평탄한 지형의 광폭 중앙분리대 안에 있는 고정 물체나 중앙분리대용 방호울타리와 같은 시설물이 방호 대상물인 경우에는 그림 3.3의 (a)와 같이 설치하고, 노측에 있는 교각이나 교대, 노측용 방호울타리의 단부에 충격흡수시설을 설치할 경우에는 (b)와 같이 설치한다. 충격흡수시설이 설치되는 각도는 예상되는 충돌 각도와 같도록 하는 것이 바람직하며, 본 지침은 외국의 사례[1]를 참고하여 차량 진행방향으로 10°이하의 값을 제시하였다.

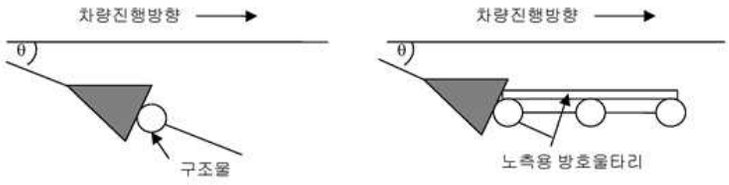
1) New Jersey DOT, Design Manual-roadway, 1994.



(1) 단일구조물인 경우 (2) 방호울타리와 연계하여 설치한 경우

※ θ는 10°이하

(a) 중앙분리대에 설치한 경우



(1) 단일구조물인 경우 (2) 방호울타리와 연계하여 설치한 경우

※ θ는 10°이하

(b)노측에 설치한 경우

<그림> 충격흡수시설의 설치 방향

다. 설치 장소의 시선 유도

충격흡수시설은 기능상 운전자와 도로구조물을 보호하는 기능을 수행하지만, 경우에 따라 주행하는 운전자에게 장애물로 간주될 수 있다. 따라서 장애물 표적표지, 교통안전표지 등과 같은 적합한 시설을 충격흡수시설과 구조물 전방에 설치하여 운전자가 충분한 여유를 가지고 적절히 대응할 수 있도록 한다. 구체적인 적용에 대해서는 본 통합 지침 제1편 시선유도시설 편의 5장을 참고하도록 한다.

3.3.3 시설 선정

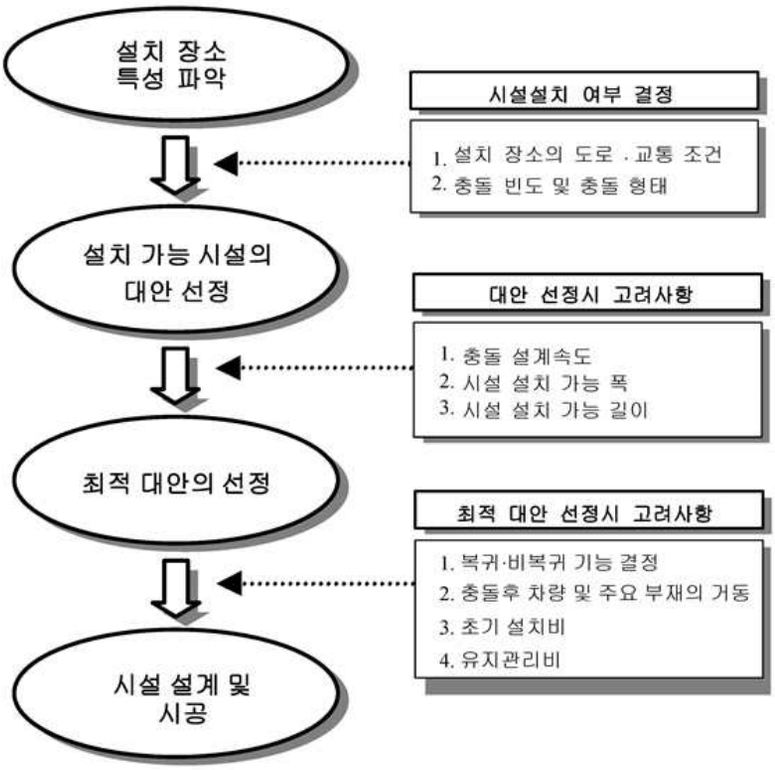
충격흡수시설은 다음 사항을 고려하여 선정한다.

가. 설치장소의 도로 · 교통 조건
나. 설치장소의 길이와 폭
다. 충격흡수시설의 수행도
라. 경제성(초기 설치비, 유지관리비 등)

【설 명】

충격흡수시설은 도로 선형 등과 같은 도로 조건, 충돌 설계속도 등과 같은 교통 조건, 설치 장소의 길이와 폭 등의 여유 공간, 충격흡수시설의 수행도, 초기 설치비, 유지관리비 등의 경제성을 면밀히 검토 후 행한다.

충격흡수시설의 선정 과정은 그림 3.4와 같다.



<그림> 충격흡수시설의 선정 과정

가. 설치장소 특성 파악

충격흡수시설 선정의 1단계로, 충격흡수시설을 설치할 장소의 도로·교통 조건 등을 조사한다.

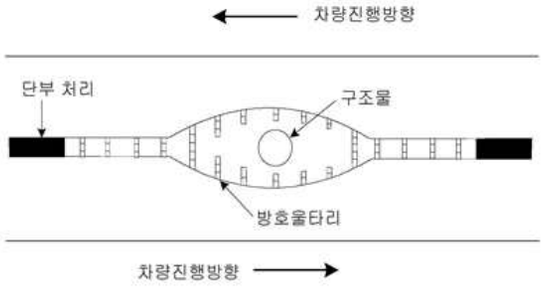
설치 장소의 도로·교통 조건이란 도로의 선형이나 경사 등과 같은 도로의 기하구조 특성과

설치 구간의 충돌 설계속도를 예상하기 위한 주행속도 등과 같은 교통특성을 말한다.
특히, 차량 주행속도 등의 교통 조건은 설치할 충격흡수시설의 수행도를 결정할 때 고려되는 중요한 요소 가운데 하나이다.
다음으로 고려될 요인은 충돌 빈도와 충돌 형태이다. 충돌 빈도가 높은 곳에서는 유지관리 및 보수가 용이한 시설을 선정하는 것이 유지관리에 드는 비용을 줄일 수 있다. 일반적으로 사고의 빈도가 높은 장소에서는 차량을 복귀시켜주는 기능을 가진 충격흡수시설의 설치가 바람직하다. 또한, 차량과의 경미한 접촉이 잦은 장소에서도, 가능한 한 주행 복귀형 충격흡수시설을 설치하는 것이 유지관리비의 절감 측면에서 바람직하다.

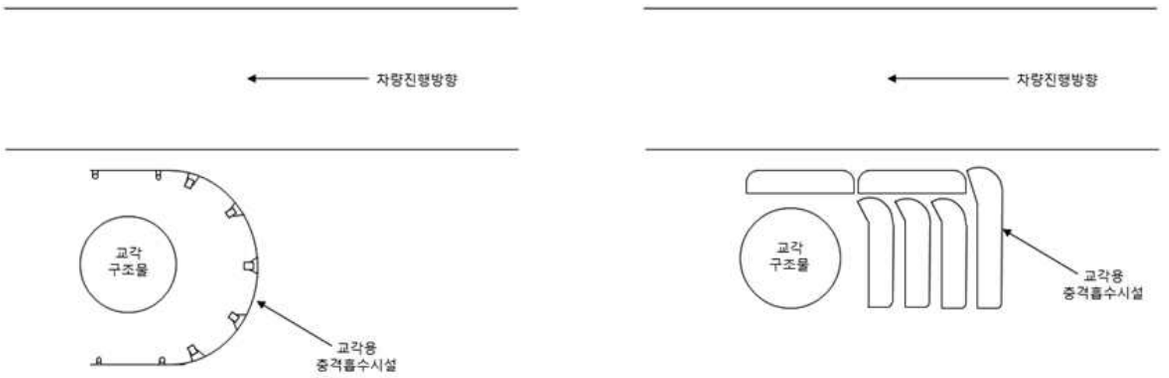
다음으로 고려될 요인은 충돌 빈도와 충돌 형태이다. 충돌 빈도가 높은 곳에서는 유지관리 및 보수가 용이한 시설을 선정하는 것이 유지관리에 드는 비용을 줄일 수 있다. 일반적으로 사고의 빈도가 높은 장소에서는 차량을 복귀시켜주는 기능을 가진 충격흡수시설의 설치가 바람직하다. 또한, 차량과의 경미한 접촉이 잦은 장소에서도, 가능한 한 주행 복귀형 충격흡수시설을 설치하는 것이 유지관리비의 절감 측면에서 바람직하다.

나. 설치 가능 시설의 대안 선정

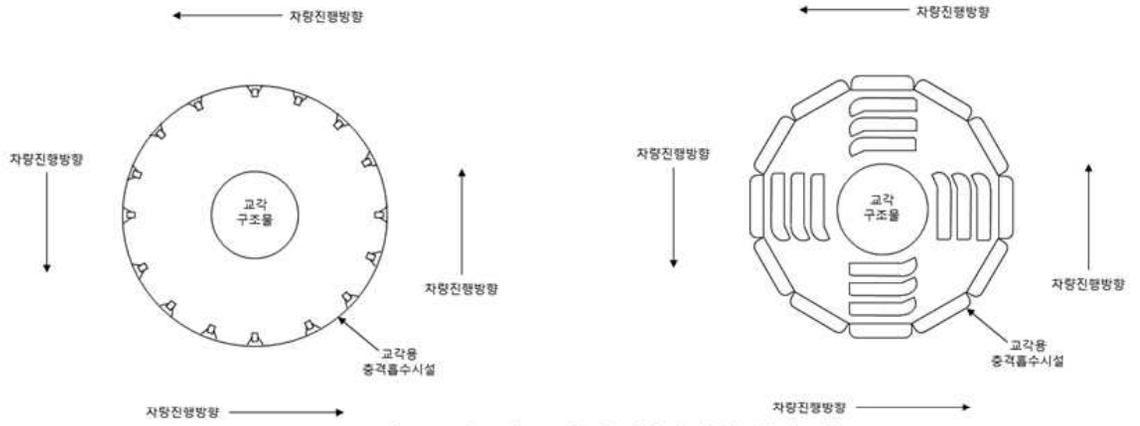
충격흡수시설의 선정 2단계로, 충격흡수시설이 설치될 장소의 길이나 폭 등의 여유 공간을 확인하고 시설의 대안들을 선정한다.
우리나라와 같이 충격흡수시설의 설치를 위해 충분한 공간이 확보되지 못한 경우에 있어서는, 시설을 설치할 장소의 폭과 길이를 정확히 파악하는 것이 중요하다. 예를 들어, 고속도로 분기점 등 충격흡수시설을 설치할 여유 공간이 확보된 경우는 다양한 시설을 선정할 수 있으며, 충돌속도에 따라 설치 장소에 적합한 시설을 설계할 수 있다.
그러나, 도시부 도로 등과 같이 충격흡수시설을 설치할 충분한 여유 공간이 확보되지 못한 곳에서는 그림 3.5와 그림 3.6에 제시된 설치 사례와 같이 방호울타리를 설치하여 차량의 탑승자와 방호 대상물을 보호하는 방안이 고려될 수 있다.



<그림> 폭이 좁은 곳에서의 방호울타리 설치 예



<그림> 단일로의 교각 충격흡수시설 설치 예



<그림> 교차로의 교각 충격흡수시설 설치 예

다. 최적 대안의 선정

충격흡수시설이 설치될 장소의 설치 공간 특성 등 여러 조건을 고려하여 대안들을 선정한 후에는, 최적의 대안을 선정한다. 최적의 대안을 결정할 때에는 앞서 조사된 설치 장소의 도로·교통 조건, 설치 장소의 길이나 폭 등의 설치 공간 특성, 충돌 빈도 및 형태 등을 종합적으로 고려한다.

라. 시설 설계 및 시공

설치할 시설을 선정한 후, 도로관리자가 충격흡수시설을 설치할 때에는 해당 제품의 제작사에서 제시한 시방서를 토대로 현장 여건에 적합하게 특별 시방서를 작성하고, 시공자는 이에 부합하도록 시공한다.

시설의 설계 예로, 복귀형 충격흡수시설들 가운데는 충돌 설계속도에 따라 시설의 길이를 조정할 수 있는 시설이 있으며, 이러한 길이의 조정은 충격흡수시설 내 완충능력을 가진 단위체들을 조정함으로써 가능하다. 이와 같이, 설치 장소의 충돌 설계속도에 따라 충격흡수시설의 설계와 시공에 차이가 있으므로, 시설 설치 후 설치 장소 특성과의 적합성 여부를 면밀히 검토한다.

3.4 시공

3.4.1 일반 사항

충격흡수시설을 시공할 때는 교통의 안전과 다른 구조물에 대한 영향에 유의하여, 안전하고 확실하게 해야 한다.

【설 명】

충격흡수시설은 각 제품별 표준설계도와 시방서대로 시공해야 하는 것은 물론이고, 본래의 충격흡수시설 기능을 충분히 발휘할 수 있도록 주의를 기울여 안전하고 확실하게 시행한다. 공용중인 도로에서 시공할 때는 작업원의 안전과 현 통행 교통에 지장을 초래하지 않도록 교통처리를 하면서 시공을 한다.

3.4.2 품질 관리 및 검사

충격흡수시설의 규격 및 품질은 설계도서와 본 지침에 적합하도록 하여 완전한 시공이 되도록 한다.

적용되는 재료의 규격 및 시험 방법은 한국산업규격(KS) 적용을 원칙으로 한다.

시공 완료후 점검과 아울러 그 형식, 치수, 도장, 외관 및 수량 등에 대하여 검수를 하고, 제품의 성능 등급, 설치 연도 · 월 · 일 및 도로 관리기관 등을 표시한다.

【설 명】

가. 품질관리 및 검사

충격흡수시설의 품질관리 및 검사는 외관검사, 치수검사 등을 설계도서에 규정한 바에 따라 수행한다.

제품의 포장, 운반 중에 일어나는 형상, 치수의 변화는 방지하여야 하며, 시공시 이를 바로잡아야 한다. 또한 도금에 손상을 입히지 않도록 주의해야 하며, 미관상 유해한 결정이 있는 것은 즉시 교환하여야 한다.

현장 반입 재료의 검수는 제품 선정시의 품질 검사 결과를 준용한다. 그러나 현장 재료에 대한 미비점이 있을 것으로 판단될 경우에는 품질 관리의 규정에 따라 시험을 다시 수행할 수 있다.

나. 설치 표시

충격흡수시설의 제품 표시는 시설물의 상단 또는 옆면 중 눈에 잘 뜨이고 충돌시 파손이 일어나지 않는 곳에 부착한다.

크기는 5cm×15cm×0.1cm의 사각형 알루미늄 판넬로 하고 기재할 때는 위로부터 제품의 모델명, 성능 등급, 제작회사, 설치 년·월·일, 도로 관리기관 등을 순서대로 각인하고, 글

자의 크기는 각각 22포인트 이상으로 하며, 부착방법은 각 모서리 등에 리벳으로 처리한다.

【예 시】

모델명 : ○○○
성능등급 : CC1
제작회사 : ○○산업 주식회사
설치 년·월·일 : 2008. ○. ○.
● 도로 관리기관 : ○○ 국도관리사무소

3.5 유지 관리

충격흡수시설이 제 기능을 발휘할 수 있도록 주기적인 점검·유지 보수를 하고, 관련 기록을 유지한다.
점검 결과에 따라 보수나 대체가 필요한 경우 신속히 대응, 처리한다.

【설 명】

설치된 시설의 손상 여부를 확인하기 위해서는, 주기적인 점검을 실시한다.

가. 점검

점검은 시설물의 외관을 수시로 점검하고, 성능의 이상 유무를 확인하기 위하여 정기적인 점검을 실시하며, 호우, 강설 등 재해가 발생한 후에는 즉시 점검을 실시한다.
점검은 다음 사항에 유의하여 실시한다.

- 충격흡수시설의 손상 정도
- 충격흡수시설의 상태(방향, 높이)
- 시선유도시설 등 관련 시설의 이상 여부

나. 유지 관리 및 보수

충격흡수시설이 사고 또는 자연 재해에 의해 변형 또는 파손 등 기능 수행상 문제가 있다고 판단되었을 경우에는 즉시 복구한다.
충격흡수시설은 차량과의 충돌 후, 보수 및 교체가 있어야 수행도를 제대로 발휘할 수 있다. 파손이 경미한 경우에는 보수하고, 보수가 곤란한 경우엔 철거 후 다시 시공한다.
특히, 모래채움통과 같이 차량과 충돌 후 시설의 재활용이 불가능한 경우는, 반드시 시설을 교체하고, 보행자나 사람들에 의해 시설이 파손되었을 경우에는, 즉시 보수를 실시한다. 또한, 물을 이용하여 충격을 흡수하도록 제작된 제품은 동절기에 물이 결빙하지 않도록 소금을 첨가하는 등의 적절한 조치를 취한다.
카트리지로 충격을 흡수하도록 제작된 제품들은 각 카트리지의 소실, 파손 여부와 완충 패

널의 충돌 여부를 확인하여, 시설이 적정 수행도를 발휘할 수 있도록 한다.
충격흡수시설의 시선유도를 위한 관련 시설의 도색 상태가 현저히 나빠졌을 때는 재 도색을 통해 시인성이 항상 유지될 수 있도록 한다.
충격흡수시설 주위의 예고 표지, 조명 시설 등이 파손된 경우에는 즉시 교체한다.
동절기의 제설 작업시 충격흡수시설이 손상을 입지 않도록 주의한다.

다. 기록

충격흡수시설의 시공 및 보수에 관한 기록을 유지한다. 충격흡수시설이 파손 또는 변형된 경우에는 파손 위치, 정도, 원인 등을 면밀히 조사하여 기록·관리하고, 다음 시공시 이를 반영하도록 한다.
시공시의 기록 사항은 다음과 같다.

- 시공 위치 및 간단한 주변 도로 현황
- 시공 일시, 시공 개시 및 종료 시각
- 충격흡수시설의 형식, 길이, 높이, 너비
- 교통량, 평균 주행속도(주간 1시간 정도)
- 기타 시공상 특이 사항

점검 및 보수시의 기록 사항은 다음과 같다.

- 위치, 점검 일시
- 파손 내용과 사유 및 변형 상태
- 도색 상태(탈색, 휘도 저하)
- 보수 일시

정기적으로 충격흡수시설 설치 장소에서 발생한 교통사고 기록을 파악하여, 해당 시설의 개선 여부를 검토하고 시행한다.

이동식 방호울타리(안)

이동식 방호울타리는 도로의 공사구간이나 임시적인 보수공사시 도로의 주행차량으로부터 작업자를 보호하기 위하여 임시적으로 설치하는 방호울타리를 말하며, 사용장소의 주행속도 등을 고려하여 등급을 정하고 실물충돌시험에 의해 성능을 평가한다.
이동식 방호울타리는 자동차관리법 및 자동차안전기준에 관한 규칙에 따라야 한다.

이동식 방호울타리는 도로의 공사구간이나 임시적인 보수공사 등이 있을 경우, 이동하여 도로의 주행차량으로부터 작업자를 보호하기 위한 방호울타리이다.
이동식 방호울타리는 이동성과 방호성능을 모두 갖추어야 하고, 방호성능을 평가하기 위한 실물차량 충돌시험은 크게 구조적인 안전성을 평가하기 위한 강도 성능시험과 탑승자의 안전성을 평가하기 위한 탑승자 보호성능시험으로 나눈다.
방호울타리는 강도가 높아질수록 대형차의 방호에 효과적이지만, 충격 흡수 능력이 상대적으로 저하되어 탑승자의 안전성 측면에서는 바람직하지 못하다. 따라서, 적절한 등급을 선정하여 차량의 방호와 탑승자의 안전을 균형 있게 고려한 시험을 실시하는 것이 필요하다. 따라서 공사구간이나 작업구간의 주행속도를 고려하여 각 등급에 부합하는 이동식 방호울타리를 설치하는 것이 중요하다.

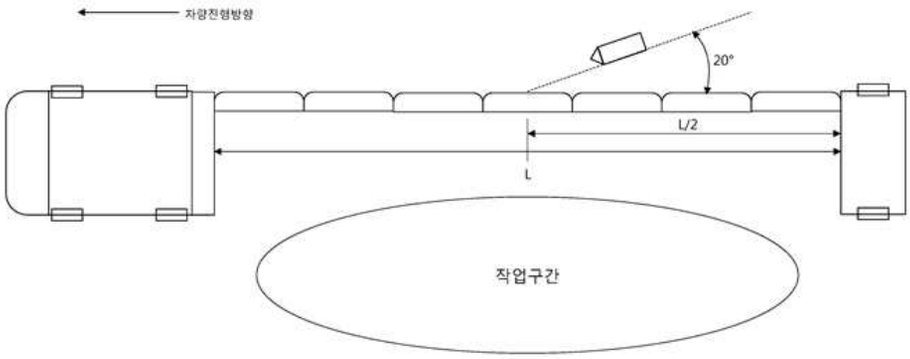
1.1 충돌시험 조건

이동식 방호울타리의 성능 평가를 위한 충돌시험 조건은 표 1에 나타낸 바와 같이 작업구간의 주행속도별로 각 시설의 성능에 적합한 동급의 조건에 따라 시험한다. 그림 1은 이동식 방호울타리의 충돌방향을 나타낸 것이다.

<표> 이동식 방호울타리 시험조건

등 급	충돌 속도(km/시)	차량 중량(kg)	충돌 각도(°)
MB1	60	900 1,300	20
MB2	80	900 1,300	20
MB3	100	900 1,300	20

주) MB : Mobile Barrier



<그림> 이동식 방호울타리 충돌방향

충돌 시에 차량이 받는 가속도는 차량의 중량 등과 관련하여 일반적으로 작은 차일수록 커지고 위험하므로, 성능 평가를 위한 시험 조건에서도 탑승자의 안전성을 고려하여 900kg 차량과 1,300kg 차량을 대상차량으로 한다. 차량의 충돌 각도는 일반적으로 20° 내외이므로 탑승자의 안전성 측면과 외국의 기준을 참고하여 20°를 기준으로 한다. 충돌속도는 탑승자의 안전도를 높이기 위해서 설계속도를 그대로 적용하여 시험을 하도록 한다.

1.2 성능 평가 기준

실물 차량 충돌시험 후 방호울타리의 성능은 구조 성능, 탑승자 보호 성능, 충돌 후 차량의 거동 등의 3가지 항목에 대해 객관적이고 공정한 평가를 실시한다.

(1) 구조 성능

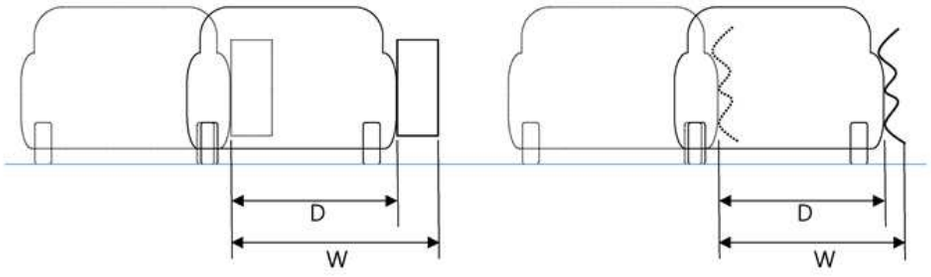
주행차량의 작업구간 침입 방지를 위한 구조 성능은 방호울타리가 갖추어야 할 주요한 성능 가운데 하나이다. 이러한 구조 성능의 만족 여부의 확인은 방호울타리의 부재나 결합부위의 파손 등으로 차량이 방호울타리를 돌파하지 않는 것을 확인하는 것으로 한다.

이동식 방호울타리에 과다한 변형이 발생했을 경우 차량이 작업구간으로 침범할 우려가 있기 때문에 허용할 수 있는 최대 충돌변형거리를 규정한다.

여기서 최대충돌변형거리란 차량이 방호울타리와 충돌할 때 차량의 충돌로 인해 방호울타리면이 원위치로부터 바깥 방향으로 밀려나온 거리(차도와 직각방향) 중 최대값을 말한다.

이동식 방호울타리의 경우는 최대 충돌변형거리가 1.0m 이하이어야 한다.(여기서 충돌변형거리는 충돌시험 후 측정한 변형량)

그림 2는 동적최대 변형거리(D)와 최대 점유폭(W)을 나타낸 것이다.



<그림> 동적최대 변형거리(D)와 최대 점유폭(W)

충돌시험에서 이동식 방호울타리의 충돌로 인한 변위가 어떻게 일어나는지와 이동식 방호울타리의 모차를 포함한 전체가 어느 방향으로 얼마나 이동되었는지를 정확히 기록하여 사용처로 하여금 객관적으로 결정할 수 있게 하여야 한다. 이는 작업구간의 작업자 안전과 밀접한 관계가 있기 때문이다. 따라서 이동식 방호울타리의 동적최대변형거리(D)와 차량 혹은 방호울타리의 최대 점유폭(W; Working Width)를 정확히 기록하여 도로 설계자가 이동식 방호울타리와 작업구간 사이에 얼마간의 간격을 두어야하는지 알 수 있게 하여야 한다. D와 W는 충돌 시 고속촬영 기록으로부터 구할 수 있으며, 촬영 각도에 따라 정확한 영상을 확보하지 못한 경우 시험책임자가 획득 가능한 영상자료를 분석하여 결정한다.
이동식 방호울타리와 차량의 충돌 시 방호울타리의 구성 부재가 도로 상이나 도로 밖으로 비산하여 탑승자나 제3자에게 피해를 주는 일이 없음을 확인하여야 한다. 개별중량 2kg 이상의 비산물이 충돌시험품의 앞쪽에서 2m 이상 비산하지 않아야 한다.

(2) 탑승자 보호 성능

탑승자의 보호 성능은 표 2의 기준에 따라 평가한다.

<표> 탑승자보호성능 평가기준(방호울타리)

기준 항목	단 위	한계 값
탑승자 충돌속도(종.횡방향) THIV	km/시	33
탑승자 가속도(종.횡방향) PHD	g	20

주) g : 9.8 m/s^2

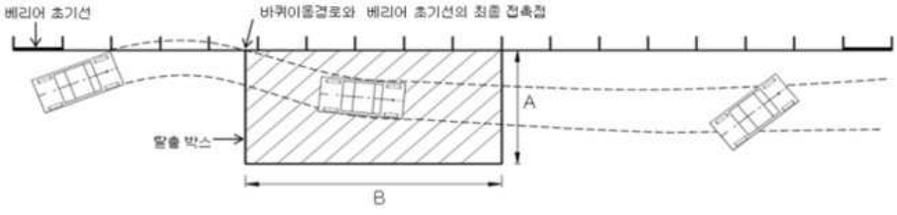
차량 충돌 시 이동식 방호울타리의 구성 부재가 차량 안으로 침범함으로써 탑승자에게 피해를 줄 가능성이 없음을 확인한다.
차량과 시설물의 직접적인 충돌로 인한 차량내부공간의 변형을 다음과 같이 제한하여 과다한 변형으로부터 탑승자를 보호한다.

- 차량의 지붕 변형은 충돌 후 100mm 이하여야 한다.
  - 차량의 전면유리(Windshield)가 시설물과의 직접 접촉으로 깨지지 않아야 하며, 충돌 후 변형이 75mm 이하여야 한다.
- 충돌 측 창문이 시설물과의 직접접촉으로 깨지지 않아야 한다.
- 차량의 앞문 측방향 내부변형이 230mm 이하여야 한다.

(3) 충돌 후 차량의 거동

차량이 이동식 방호울타리에 충돌했을 때, 충돌 차량의 거동이 후속차량에 미치는 영향은 충돌 차량과 후속 차량과의 차간 거리나 회피할 수 있는 측방 여유의 유무 등에 따라 다르다. 이때 충돌 차량이 이동식 방호울타리와 충돌하여 급정지하거나, 전도되어 차도 안에 정지하지 않아야 하며, 또한 대향차나 병행하여 주행하는 차량에 큰 영향을 미치는 거동도 일어나지 않도록 다음을 만족해야 한다.

- 충돌 후 차량의 Roll 및 Pitch의 최대 회전각은 75°이하이어야 한다.
- 충돌 후 충돌시험 차량의 바퀴는 탈출박스 경계 B선을 침범하지 않아야 한다.
- 충돌차량이 탈출박스안에 멈추는 경우 차량이 최외측 차선을 침범하지 않아야 한다.



차량 종류	A(m)	B(m)
Car/Pickup	$2.2+V_d+0.16V_L$	10.0
그 외의 차량	$4.4+V_d+0.16V_L$	20.0

V_d : 차량의 폭
V_L : 차량의 전장

<그림> 이동식 방호울타리의 탈출박스

03 이동식 방호울타리 운영 매뉴얼(안)

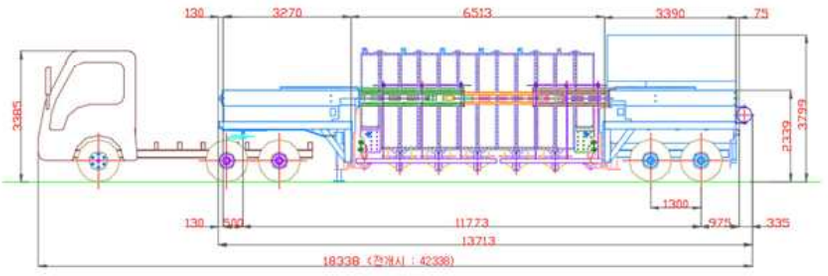
■ 이동식 방호울타리 운영 매뉴얼(안)

이동식 방호울타리 운영 매뉴얼(안)

1. 매뉴얼 개요

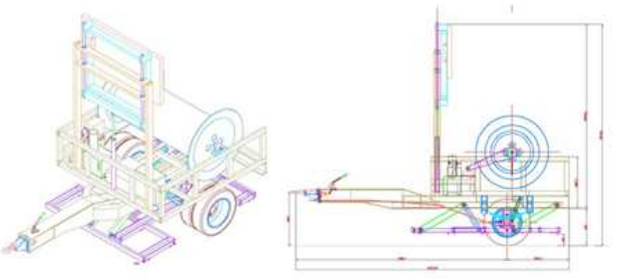
○ 본 매뉴얼은 실제 도로에서 개발 장비를 활용하여 운영시도로 작업자와 도로 이용자 모두의 안전 확보는 물론 효율적인 교통 소통확보를 위한 일반적인 작업 방법·주의 사항·운영 방안 제공을 목적으로 한다.

○ 이동식 방호울타리의 일반사항은 다음과 같다.



항목	제원
길이	13,713(mm)
너비	2,480(mm)
높이	3,799(mm),
무게	30,000(kg)

<그림> 대형 이동식 방호울타리 일반사항



항목	제원
길이	5,198(mm)
너비	2,287(mm)
높이	3,477(mm)
무게	2,177(kg)

<그림> 소형 이동식 방호울타리 일반사항

2. 이동식 방호울타리 운영 및 관리전략

○ 일반적인 이동식 방호울타리의 운영은 도로공사장 교통관리지침(국토교통부, 2018)을 참조한다.

○ 도로에서 건설공사 시행시에는 도로 공사장 유형을 중심으로 공사기간, 도로 점용위치, 도로유형별로 교통관리도를 작성하여 관리한다.

<표> 도로 공사구간 교통관리 예시도 구분

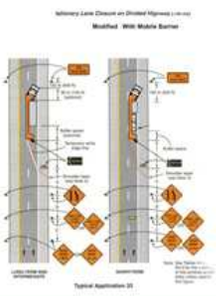
구분	도로점용 위치	도로유형	공사기간
내용	- 단로부, 교차부 - 길어깨	- 고속도로 - 지방 및 도시 지역 일반도로	-장기, 중기, 단기 -단시간

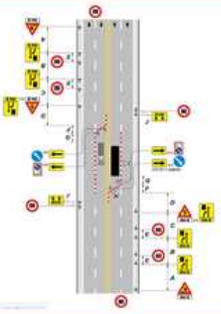
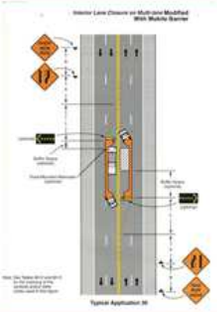
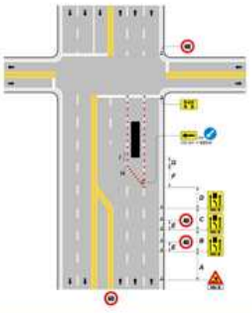
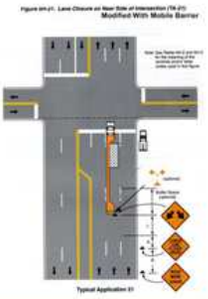
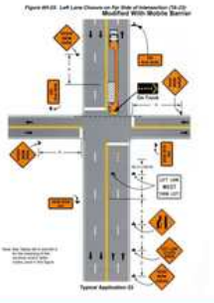
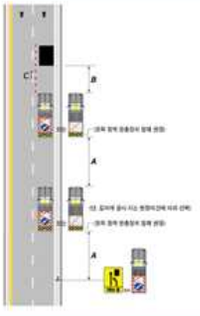
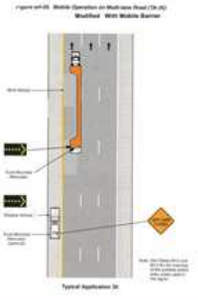
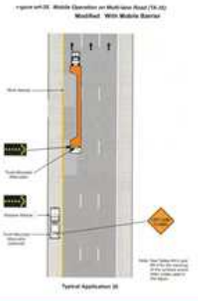
○ 도로공사장 교통관리지침(국토교통부, 2018)에서는 23개의 도로 공사구간 교통관리 예시도가 제시되어 있으며, 공사장 유형으로 구분하면 차로차단, 차로변경, 교대통행, 역방향 통행, 우회, 회전교차로, 2+1차로, 길어깨 차단, 램프공사로 나눌 수 있다.

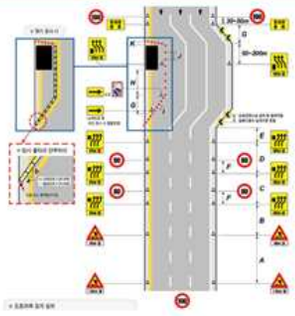
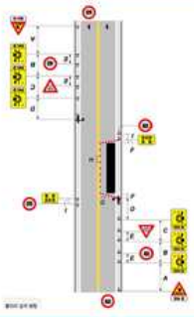
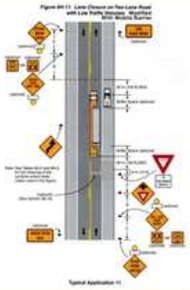
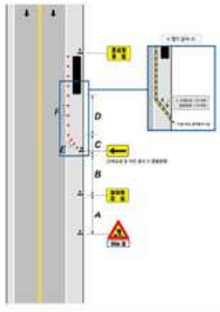
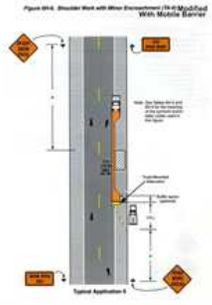
○ 국외의 사례를 참조하여 23개의 도로 공사구간 교통관리 예시도 중 이동식 방호울타리의 활용이 가능한 경우를 아래와 같이 제시하였다.

○ 주행속도가 높은 구간에서는 이동식 방호울타리 뿐만 아니라, 각종 안전장치(지향성스피커, 운전자보호형 장비 등)을 추가로 설치하는 것을 권장한다.

<표> 이동식 방호울타리의 활용이 가능한 도로 공사구간 교통관리 예시도

구분	내용	도로공사장 교통관리지침	해외사례
1	차로차단 (1차로)		
2	차로차단 (2차로)		

3	차로차단 (중앙)		
4	차로차단 (교차로진입부)		
5	차로차단 (교차로진출부)		
6	차로차단 (단시간 고속도로)		
7	차로차단 (단시간 일반도로)		

8	차로변경		
9	2차로 교대통행		
10	길어깨 차단		

○ 일반적인 이동식 방호울타리의 관리전략은 도로 공사장 교통관리지침(국토교통부, 2018)를 참조한다.

○ 원활한 이동식 방호울타리 관리를 위하여 조종원 및 관리원 교육을 최소 연 1회 실시한다.

○ 도로공사가 완료한 후 이동식 방호울타리는 기본적으로 물세척을 실시해야 한다.

○ 단, 물세척시 각종 전기장치에 직접 물이 닿지 않도록 주의한다.

○ 이동식 방호울타리의 주행 속도는 장비의 구조적 안전을 감안하여 저속주행을 원칙으로 한다.

04 도로작업자 경고시스템 운영 매뉴얼

개요

- 도로작업자 경고시스템은 접근차량 움직임 예측 알고리즘을 통해, 작업장 침범상황 및 예측을 하여, 고위험상황에 노출된 도로작업자의 위험도 및 사고 발생 시 부상 심각도를 효율적으로 저감하기 위한 도로 인프라기반 기술이다.

구성

- 도로작업자 경고시스템은 주행차량 정보를 수집하는 차량검지부, 수집된 데이터를 통해 침범상황 및 예측을 위한 주제어부, 운전자 및 도로작업자에게 경고 알람을 위한 정보제공부로 구성되어 있다.



<그림> 도로작업자 경고시스템 구성도

구성품 및 사진

(1) 차량검지부

- 근거리용 렌즈



모델명	네오텍 NL-0560M
렌즈초점거리	5~60mm
조리개	1/1.6
크기	Φ39X87.39X51
무게	160±3g
시야각	48°~ 4.6°

- 원거리용 렌즈



모델명	네오텍 NL-05100M
렌즈초점거리	5~100mm
조리개	1/1.6
크기	Φ37X87.4X57.4
무게	164±3g
시야각	D65°~H52°XV39°~48°~ D3.5°~XH2.8°XV2°

- 후방용 렌즈



모델명	CS5014D5
렌즈 초점거리	5~50mm
조리개 줌 수치	1/1.4
크기	Φ66.2X44.5X50.8
무게	155g
시야각	63°~ 6.9°

● 전방검지용 레이더



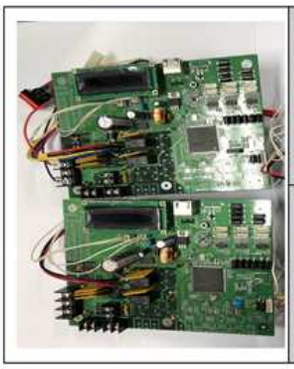
모델명	N1000 TYPE40
장착 높이	6m
센서 방위각	-3°
센서 고도각	-1°
최대 검지 거리	350m
통신	RS485, Ethrnet, CAN



<그림> 차량 검지부 장착사진

(2) 주제어부

● 제어보드



기능	검측데이터 분석 및 제어명령
통신방식	무선 통신(433Mhz, 447Mhz)

● 운전자 및 도로작업자 정보제공부 통신장비

	기능	정보제공부와 통신
	통신방식	무선 통신(433Mhz, 447Mhz)

(3) 정보제공부

● 차량 및 도로작업자 상황 표출 전광판

	기능	경고 문구 및 안전상황 표출	
	통신방식	무선 통신(433Mhz, 447Mhz)	
	표출 문구	평상시	'안전'
		위험 상황	'위험'

● 차량 및 도로작업자용 스피커

	기능	사이렌 및 경고 음성 출력	
	제어부	라즈베리파이	
	통신방식	무선 통신(433Mhz, 447Mhz)	
	표출 음성	평상시	-
		위험 상황	사이렌 + "신속히 갓길이나 안전지대로 대피하시기 바랍니다."

● 무선 알림장치(Wearable Device)

	무선 주파수	2.4 GHz
	무게	60g (안전모 제외)
	부착위치	안전모, 팔, 안전조끼 포켓 등
	기능	진동, 경고음

● 스마트워치형 무선알림장치

	무선 주파수	447 Mhz
	크기	60(mm) x 50(mm) x 17(mm)
	부착위치	손목
	기능	진동, 경고음, 상태표출 화면(위험, 정상)

■ 소프트웨어 운영

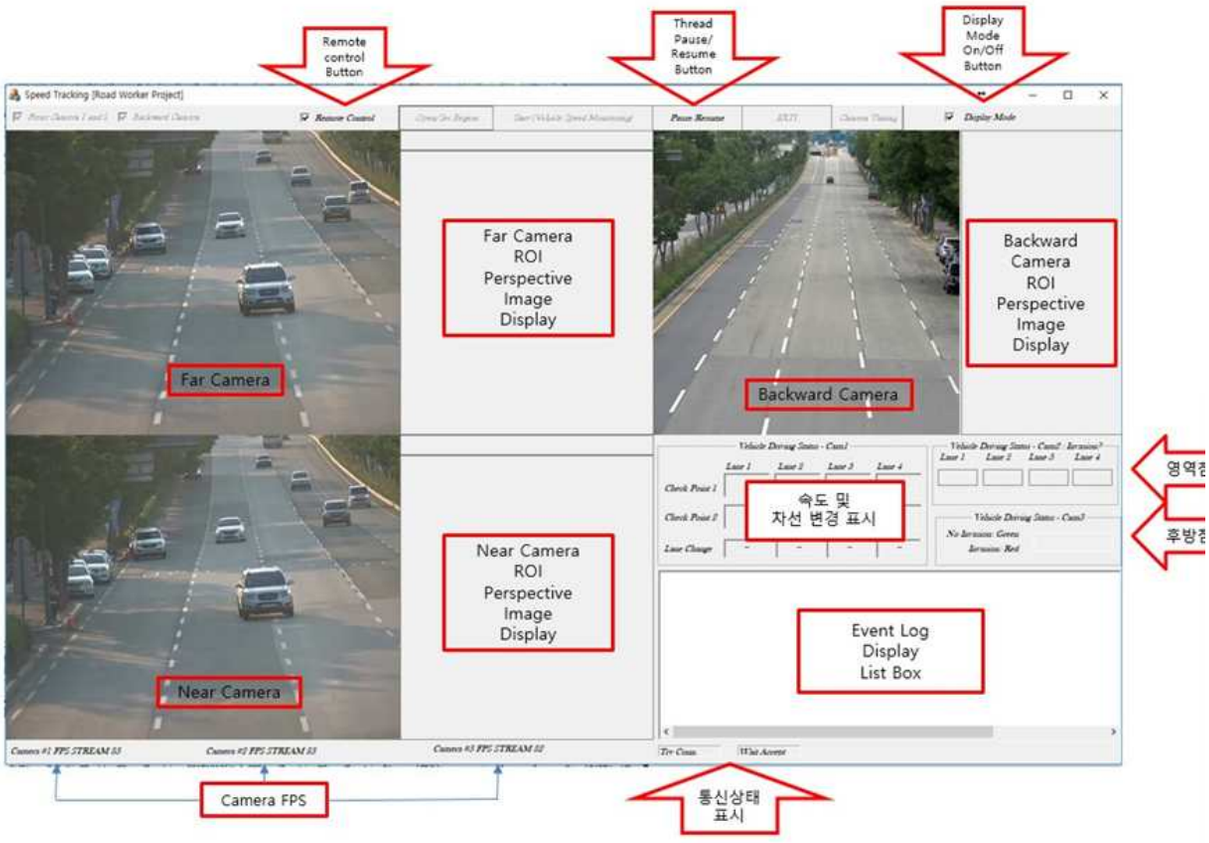
● Speed Tracking 프로그램

- Speed Tracking 프로그램은 카메라 와 레이더 센서를 이용하여 차량의 도로작업장 침범상황 및 예측을 하여, 고위험상황에 노출된 도로작업자의 위험도 및 사고 발생시 부상 심각도를 효율적으로 저감하기 위한 도로 인프라기반 기술이다.

● 차량검지부 세팅

- Speed Tracking 프로그램의 주된 기능은 카메라 와 레이더 센서를 통해 침범상황 및 예측을 하는것이며, 이를 위해 카메라의 검지 영역을 세팅해주어야 한다.
- 한번 세팅된 값은 저장되며, 검지영역 변경 및 검지부 차량 이동시 값을 초기화 해야한다.
- 검지영역 초기화시 저장된 세팅정보를 삭제해주어야 한다.
- 레이더 검지기는 별도의 세팅을 하지 않으며, 영상검지기의 검지 정확도 향상의 도움을 준다.

● Speed Tracking 버튼 안내



<그림> 도로작업자 경고시스템 구성도

① 소프트웨어 실행 시 위와 같은 화면이 나타난다.

② 각각의 버튼의 기능을 설명한다.

- Remote Control Check Button

(1) 버튼 체크

- 원격으로 영상제어부가 관리장치의 제어를 받는다.
- 관리장치와 통신 상태는 하단 통신 상태 표시 항목에 나타냄
- 검지영역 설정 등을 관리장치로부터 받아 설정

(2) 버튼 해제

- 영상제어부 독자적으로 검지영역 설정 등
- 관리장치와 상관없이 프로그램 수행

- Pause/Resume Button

(1) 토글 형태로 동작 : Resume : 스레드 시작 / Pause : 스레드 중지 상태 / 버튼 클릭

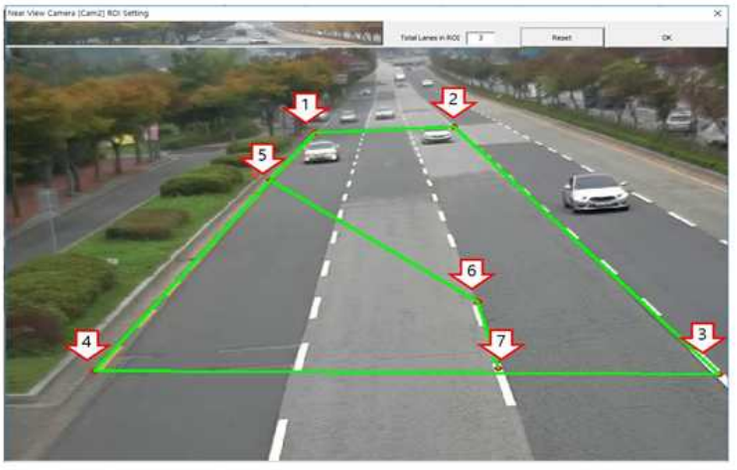
시 상태 반전

- Display Mode Check Button

(1) 버튼 체크 : 추적차량의 추적궤도 및 상태 표시

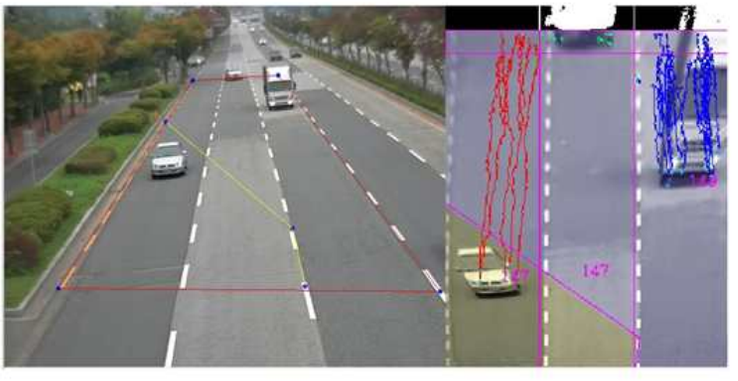
(2) 버튼 해제 : 추적상태 표시 안 함

● 근거리 카메라 검지 영역 설정 방법



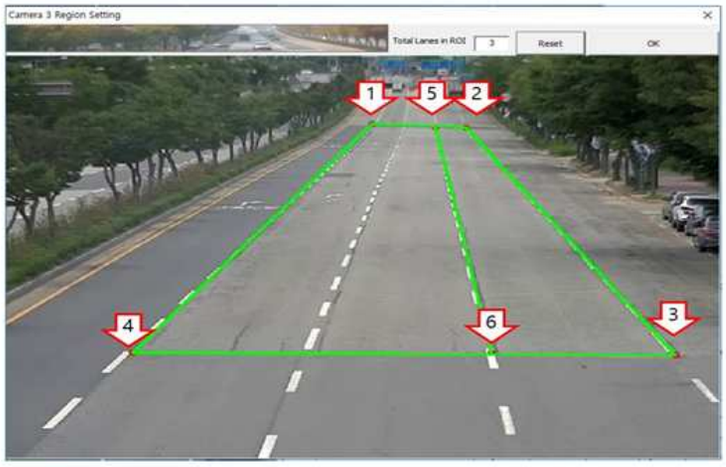
<그림> 근거리 카메라 검지 영역 설정 방법 1

① 근거리 카메라는 7개의 점을 위의 그림과 같이 순서대로 설정 후 차선 정보를 입력하고 OK 버튼을 클릭하면 검지영역이 역 원근 변환 되어 표시됨

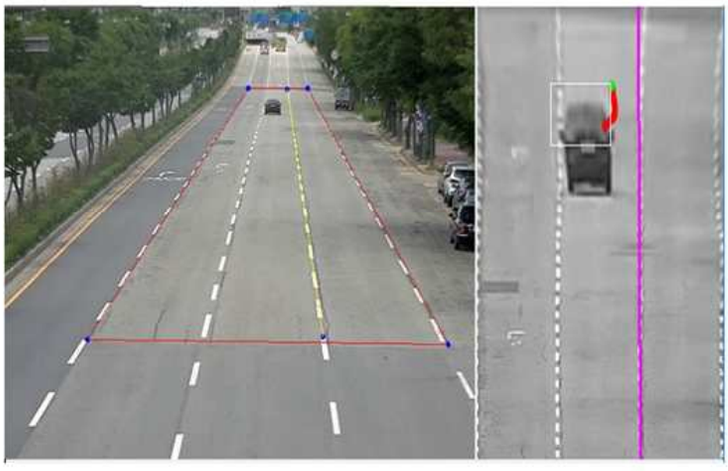


<그림> 근거리 카메라 검지 영역 설정 방법 2

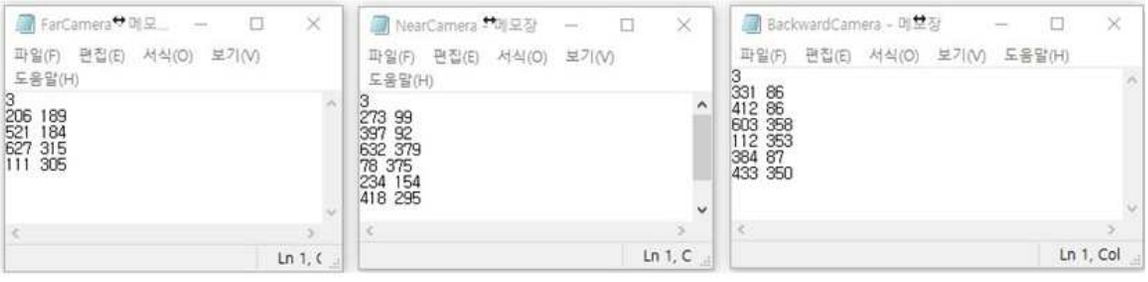
● 후방 카메라 검지 영역 설정 방법



<그림> 근거리 카메라 검지 영역 설정 방법 3



<그림> 근거리 카메라 검지 영역 설정 방법 4



<그림> 설정 정보 파일

① 후방 카메라 검지 영역은 6점을 아래 그림과 같이 순서대로 설정 후 차선 정보 입력하고 OK 버튼을 클릭하면 검지영역이 역 원근 변환 되어 표시됨

② 한번 설정된 검지 영역 정보는 "./SampleVid/" 폴더에 텍스트파일 형태로 차선 정보와 각 점의 좌표 값을 저장하여 프로그램 재시작 시 파일에 있는 정보를 읽어 검지 영역 설정을 자동으로 수행함

③ 새로운 검지 영역을 설정하고자 할 때는 폴더에 있는 해당 파일을 삭제 또는 다른 이름으로 변경하여 저장하면 새로운 검지 영역을 설정 할 수 있음

- Speed Tracking 프로그램 데이터 확인



<그림> 프로그램 데이터 확인

- 위의 프로세스를 통해 Speed Tracking 프로그램의 검지영역 설정을 완료하면, 프로그램 데이터 확인 안내 와 같은 검지영역이 지정된 것을 확인 할 수 있다.

① 프로그램 데이터 확인 안내에서 '①' 은 도로의 차선별 주행차량의 정보를 나타낸다.

② 프로그램 데이터 확인 안내에서 '②' 은 영상검지용 카메라 세팅위치의 침범 및 예측상황을 나타내며 위험상황시 '적색' 메시지를 평상시 및 위험 상황 종료 시 '녹색' 메시지를 나타낸다.

③ 프로그램 데이터 확인 안내에서 '③' 현재 검지되고 있는 차량의 상태 정보를 나타낸다.

④ ②과정에서 위험상황 발생시 아래와 같은 문구 표출 명령을 전송한다.

전광판 정보제공	스마트워치을 통한 정보제공
	

<그림> 평상시 및 알람 종료 시 표출

전광판 정보제공	스마트워치을 통한 정보제공
	

<그림> 위험상황 발생 시 표출

도로공사장 교통관리지침 개정안

(1) 도로 공사구간에서는 공사구간을 통과하는 차량과 작업을 수행하는 도로 작업자의 안전을 향상하기 위하여 안전관리자의 적절한 임무 추가

- 도로 공사 사전 안전관리(도로 작업원 및 안전시설) 점검
- 도로 작업 중 교통관리 및 안전관리 점검
- 도로 작업 종료 후 안전관리 점검
- 사고발생시 적절한 구호 및 2차사고 방지를 위한 관련 제반상항 조치

기존	4.3 교통관리도 작성 도로점용 위치(단로부, 교차부, 길어깨 등), 도로유형 .....포함하고 있다. 예시도에 제시된 도로 공사장 유형 이외의 경우는 제시된 예시도와 도로 공사구간 교통관리 원리를 토대로 공사현장 여건에 적합한 교통관리도를 작성한다.
추가	4.3 교통관리도 작성 도로점용 위치(단로부, 교차부, 길어깨 등), 도로유형 .....포함하고 있다. 예시도에 제시된 도로 공사장 유형 이외의 경우는 제시된 예시도와 도로 공사구간 교통관리 원리를 토대로 공사현장 여건에 적합한 교통관리도를 작성한다. 4.4 도로 작업장 안전관리자 도로 공사장에서는 공사장을 통과하는 차량과 작업원의 안전을 위하여 안전관리 책임자는 다음과 같이 임무를 수행하여야 한다. o 작업전 도로 작업원·신호수의 복장과 정신적·신체적 건강상태 및 각종 표지 및 안전시설·장비, 기타 안전사항과 관련 제반사항을 사전에 확인하여야 한다. o 도로 작업 중에도 교통관리 및 안전관리를 수시로 점검한다. o 작업완료 후 도로 작업원 안전한 철수 및 작업장의 환경 정리 정돈 확인한다. o 사고발생시 적절한 구호 및 2차사고 방지를 위한 관련 제반상황 조치한다.

(2) 도로 작업전 및 현장 안전관리 Check List(단시간 및 이동공사) 제시

<도로 작업전 및 현장 안전관리 Check List>

도로 작업전 안전관리 Check List		현장 안전관리 Check List	
Check 항목	내용	Check 항목	내용
1	공사유형 구분	1	통행차량에 대한 안전
2	작업구간 교통관리 및 안전관리 계획 적절성	2	교통통제시설 설치·상태
3	안전시설·장비 유지관리 적절성	3	교통 통제·서행·유도 신호수
4	투입 작업원 정신적·신체적 건강상태	4	작업준비, 작업중, 작업 철거 시 안전
5	관할 경찰서 협조 여부		

관리번호 :			담당 보수과장 : (인)			
작 업 명 :			총투입인원	도로 작업원	신호수	조장원
노 선 명 :	구 간 : ~		작업시간 :		기상상태 :	
1. 공사유형 구분			**4. 투입 작업원 및 신호수 상태 (양호: Y, 비양호: N)**			
1일이내 단기작업	본 선 □	( )차로 중 ( )차로	작업원 및 신호수 건강 상태		□Y □N	
	길어깨 □		작업원 및 신호수 안전장구	복장 (안전조끼)	□Y □N	
이동작업	본 선 □	( )차로 중 ( )차로		안전모	□Y □N	
	길어깨 □			안전화	□Y □N	
해당 작업구간 교통관리 방안 번호 기입 (도로작업구간 안전 매뉴얼 참조)				안전장구 경고물품	□Y □N	
2. 작업구간 교통관리 및 안전관리 계획 적절성 (적절:Y, 부적절:N, 해당없음:X)				안전장구 기타	□Y □N	
작업구간 교통관리 방안		□Y □N	**5. 관할 경찰서 협조 여부**			
교통관리	안전표지	□Y □N □X	도로 점용 신고 여부		□Y □N	
	작업보호자동차	□Y □N □X	협조 필요 없는 사유			
	도류화시설 (교통콘)	□Y □N □X	**6. 기타소견**			
	신호수	□Y □N □X				
	로봇신호수	□Y □N □X				
투입인원 적절성		□Y □N				
3. 안전시설·장비 유지관리 적절성 (양호: Y, 비양호: N, 해당없음:X)						
안전표지 상태 (오염, 파손, 망실 등)		□Y □N □X				
도류화 시설 상태 (파손, 망실 등)		□Y □N □X				
작업보호자 동차	트럭 장착 완충시설 상태(파손 등)	□Y □N □X				
	점멸차단판(싸인보드) 작동 여부	□Y □N □X				
	경고등 작동 여부	□Y □N □X				
	기타 시설 상태	□Y □N □X				
기타장비(경고물품, 깃발 등) 상태		□Y □N □X				

<table>
<tr><td colspan="4">관련번호 :</td><td colspan="4">현장 안전관리 책임자 :</td></tr>
<tr><td colspan="4">작업시간: ~</td><td colspan="4">날짜:</td></tr>
<tr><td colspan="4">1. 통행차량에 대한 안전</td><td colspan="4" rowspan="2">3. 교통 통제·서행·유도 신호수
(로봇 신호수 포함)</td></tr>
<tr><td colspan="3">도로 작업에 대한 사전 위험 경고 제공 적절성</td><td>☐Y ☐N</td></tr>
<tr><td colspan="3">추가 안내표지 및 교통통제시설 설치 필요</td><td>☐Y ☐N</td><td colspan="3">신호수 위치 적절성</td><td>☐Y ☐N ☐X</td></tr>
<tr><td colspan="3">불필요한 교통통제시설 존재여부</td><td>☐Y ☐N</td><td colspan="3">적절한 복장(안전조끼) 및 필요한 안전장구(경고물품(호루라기 등)) 소지</td><td>☐Y ☐N ☐X</td></tr>
<tr><td colspan="4">2. 교통통제시설 설치·상태</td><td colspan="4">4. 작업준비, 작업중 및 작업 철거 시 안전</td></tr>
<tr><td rowspan="4">작업보호 자동차</td><td colspan="2">점멸 차단판 정상 상태</td><td>☐Y ☐N ☐X</td><td rowspan="3">작업 준비</td><td>갓길 대기</td><td colspan="2">작업보호자동차 후미 배치</td></tr>
<tr><td colspan="2">경고등 정상 상태</td><td>☐Y ☐N ☐X</td><td>통제시설 설치시</td><td colspan="2">후미 작업보호자동차 및 서행 신호수 배치</td></tr>
<tr><td colspan="2">기타 장비 상태</td><td>☐Y ☐N ☐X</td><td colspan="3">작업보호차량과 작업구간 간격 적정유지</td></tr>
<tr><td colspan="2">설치 적절성</td><td>☐Y ☐N ☐X</td><td rowspan="3">작업중</td><td colspan="3">차량주행에 방해 요소 존재</td></tr>
<tr><td rowspan="2">도류화 시설</td><td colspan="2">양호 상태</td><td>☐Y ☐N ☐X</td><td colspan="3">교통통제시설 상태 정기적 확인</td></tr>
<tr><td colspan="2">설치 및 이격거리 적절성</td><td>☐Y ☐N ☐X</td><td colspan="3">신호수 적절한 역할</td></tr>
<tr><td rowspan="2">안내표지</td><td colspan="2">양호 상태</td><td>☐Y ☐N ☐X</td><td>작업 마무리</td><td colspan="3">통제시설 철거시 후미 작업보호자동차 및 서행 신호수 배치</td></tr>
<tr><td colspan="2">설치 및 이격거리 적절성</td><td>☐Y ☐N ☐X</td><td colspan="4">5. 특이사항 및 기타소견</td></tr>
<tr><td>기타시설</td><td colspan="2">상태 및 설치 적절성</td><td>☐Y ☐N ☐X</td><td colspan="4" rowspan="2"></td></tr>
</table>

(3) 도로 작업전 및 현장 안전관리 Check List(고정공사) 제시

<도로 작업전 및 현장 안전관리 Check List>

Check 항목	내용	Check 항목	내용
1	공사유형 구분	7	작업보호자동차 설치
2	교통관리 적절성	8	기타시설 설치
3	표지 설치	9	유지관리 적절성
4	도류화시설 설치	10	임시 우회도로
5	충격흡수시설 설치	11	터널/교량 공사
6	교통통제수 설치		

관리번호 :			안전관리자 :	
노 선 명 :		이 정 : ~	날 짜 :	
제한속도 :		차 로 수 :	기상상태 :	
도로유형	고속도로 □	자동차 전용도로 및 고속국도 □	본 선 □ 교차로 □ 길어깨 □ 터 널 □ 교 량 □ 램 프 □ 기 타 □	
		도 시 고 속 도 로 □		
	일반도로 □	지 방 지 역 □		
		도 시 지 역 □		

가. 공사유형 구분		
고정공사 □	장기 □ 중기 □ 단기 □	
이동공사 □	단시간□ 이동 □	
주간 □ 야간 □		
도로 점용 차로	( )차로 중 ( )차단	

나. 교통관리구간 적절성(적절 : Y, 부적절 : N)		
주의구간	주의구간 길이	□Y □N
	교통안전표지 설치 간격	□Y □N
완화구간	최소 테이퍼 길이	□Y □N
	도류화 시설 간격	□Y □N
작업구간	완충구간 길이	□Y □N
	도류화 시설 간격	□Y □N
종결구간	테이퍼 길이	□Y □N
	도류화 시설 간격	□Y □N

다. 표지 설치(적절 : Y, 부적절 : N)		
도로 공사중 표지		□Y □N
도로공사구간 전용 주의 표지	통행방법(도로우측)	□Y □N
	통행방법(중분대측)	□Y □N
	종점안내	□Y □N
	길어깨 없음	□Y □N
	우회구간 경로안내	□Y □N
	우회구간 종점	□Y □N
규제표지(속도제한)		□Y □N
지시표지	(점멸)화살 표지판	□Y □N
	갈매기표지	□Y □N
	싸인보드	□Y □N
보조표지		□Y □N
안내표지	공사장 전방안내	□Y □N
	작업차량 출입로	□Y □N
	공사안내	□Y □N
노면표지		□Y □N

라. 도류화시설 설치(적절 : Y, 부적절 : N)	
임시울타리	□Y □N
교통콘	□Y □N
트럼	□Y □N
시선유도봉	□Y □N
수직 시선유도관	□Y □N

마. 충격흡수시설 설치(적절 : Y, 부적절 : N)	
고정식 충격흡수시설	□Y □N
트럭 장착 완충시설	□Y □N

바. 교통 통제수 설치(적절 : Y, 부적절 : N)	
통제 신호수	□Y □N
서행 신호수(로봇)	□Y □N
유도 신호수(로봇)	□Y □N
임시 신호등	□Y □N

사. 작업 보호자동차 설치(적절 : Y, 부적절 : N)	
작업중 표지	□Y □N
싸인보드	□Y □N
기타 장비	□Y □N

아. 기타시설 설치(적절 : Y, 부적절 : N)	
시선유도시설	□Y □N
경고등(점멸등)	□Y □N
이동식 도로전광표지	□Y □N
외부조명	□Y □N
차광판	□Y □N
도로 작업자 경고 장비	□Y □N

자. 유지관리 적절성(적절 : Y, 부적절 : N)	
표지 상태(오염, 파손, 망실 등)	□Y □N
도류화 시설 상태(파손, 망실 등)	□Y □N
충격흡수시설 상태(파손 등)	□Y □N
기타시설 상태(오염, 망실 등)	□Y □N

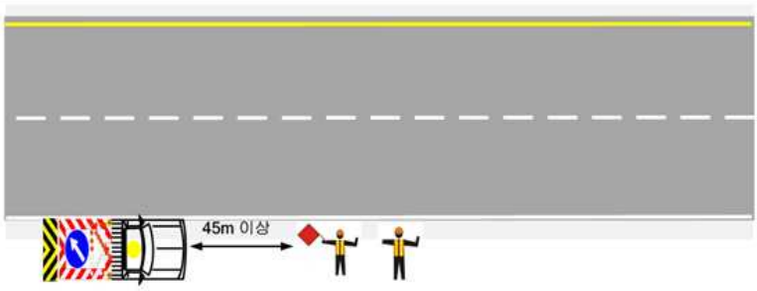
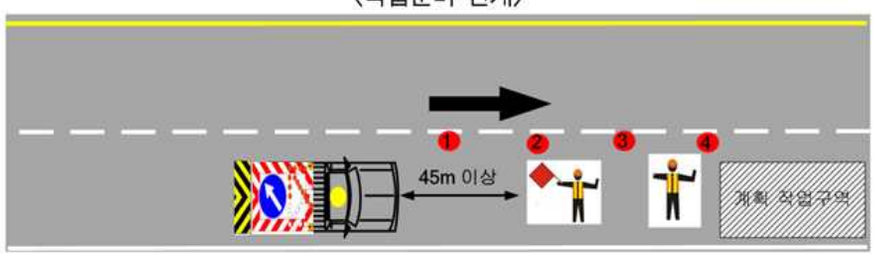
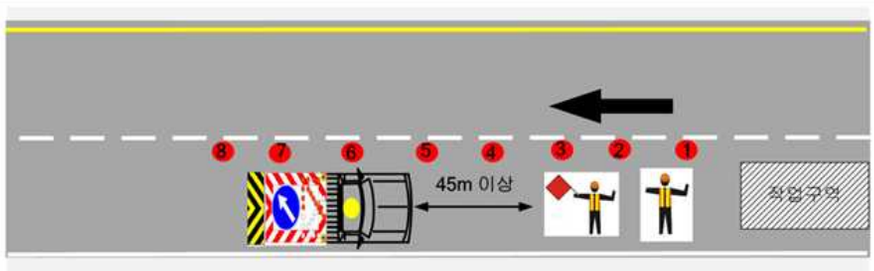
차. 임시우회도로 (적절 : Y, 부적절 : N)	
변이구간 적절성	□Y □N
제한속도 적절성	□Y □N
임시교통통제시설 적절성	□Y □N

카. 터널/교량 공사(적절 : Y, 부적절 : N)	
터널 명순응 소요거리	□Y □N
교량 임시 방호울타리	□Y □N

타. 기타소견

(4) 작업준비 및 마무리 시 도로 작업자 안전 향상을 위해 '5.2.8 설치, 유지관리 및 회수'에서 관련 안전관리 내용 보완 및 교통관리도 추가

작업준비 관련 안전관리 내용	기존	임시 교통통제시설은 도로 공사구간에서 멀리 떨어진 곳에서부터 설치한다.
	보완	도로 작업준비를 위해 갓길에 대기하며, 반드시 후미에 작업보호차량을 배치시킨다. 임시 교통통제시설은 도로 공사구간에서 멀리 떨어진 곳에서부터 설치하며, 반드시 후미 선두에 작업보호차량, 그 다음에 서행 신호수를 배치하여 함께 이동한다.
작업 마무리 관련 안전관리 내용	기존	교통통시설을 제거할 때에는 설치 할 때의 역순으로 제거한다. 제거 작업 시 임시 교통통제시설로 점멸 차단판을 부착한 작업보호자동차를 이용한다.
	보완	교통통시설을 제거할 때에는 설치 할 때의 역순으로 제거한다. 제거 작업 시 임시 교통통제시설로 점멸 차단판을 부착한 작업보호자동차를 후미 선두에 배치하며 그 다음에 서행 신호수를 배치하여 함께 이동한다.

작업준비 및 통제시설 설치	 〈작업준비 단계〉  〈통제시설 설치〉
작업 마무리 및 통제시설 철거	 〈통제시설 철거〉

<작업준비 및 마무리 관련 교통관리도 안>

(5) 도로 공사구간내 안전관리 강화를 위해 '5.2.5 교통 통제수, 임시 신호등, 로봇 신호수'에서 작업장내 교통감시원 행동요령 보완

- 항상 주행차량의 상황을 주시하며 본인 안전에도 유의하여야 한다.
- 공사구간내 작업차·장비 이동상황(후진 등)을 주시한다.
- 위험상황 대비 작업원 대피경로를 파악한다.
- 신호수 역할을 병행할 경우 신호동작을 숙지한다.

기존	5.2.5 교통 통제수, 임시 신호등, 로봇 신호수 서행 신호수 이외에 차량으로부터 작업자 및 신호수의 안전에 관하여 항상 감시가 필요로 하는 도로 공사구간에서는 교통 감시원을 배치한다. 도로 공사장 진입·출 구간에는 작업자동차를 안전하게 유도하기 위한 유도 신호수를 배치한다.
보완	5.2.5 교통 통제수, 임시 신호등, 로봇 신호수 서행 신호수 이외에 차량으로부터 작업자 및 신호수의 안전에 관하여 항상 감시가 필요로 하는 도로 공사구간에서는 교통 감시원을 배치한다. 교통 감시원은 항상 주행차량의 상황을 주시하며 본인 안전에도 유의하여야 한다. 또한 공사구간내 작업차와 장비 이동상황(후진 등)을 주시하며, 위험상황 대비 작업원 대피경로를 파악한다. 만약 신호수 역할을 병행할 경우는 신호수 신호 방법을 숙지해야 한다. 도로 공사장 진입·출 구간에는 작업자동차를 안전하게 유도하기 위한 유도 신호수를 배치한다.

(6) 주행환경 변화(차량 대형화, 주행속도 고속화 등)에 따른 도로 작업자 안전 향상을 위해 도로 공사장에서 적용 가능한 새로운 안전시설 '5.2.7 기타시설'에서 추가

- 지향성 스피커
- 도로 작업자 경고 웨어블러

기존	-
보완	5.2.7 가타시설 사. 경고 시스템 도로 작업자와 운전자 안전 향상을 위해 경고 시스템을 설치·운영할 수 있다. 도로 작업자 보호를 위한 대표적인 예로, 도로 작업장 침입시 경고음을 제공하는 센서, 촉각과 청각으로 도로 작업자에게 위험상황을 경고하는 웨어러블 착용 등이 있다. 또한 전방주시 태만, 졸음운전으로 인한 사고 예방 및 작업 상황을 제공하기 위해 도로 공사장으로 접근하는 차량에게 제한적으로 음성형태로 위험 경고하기 위한 지향성 스피커를 설치·운영할 수 있다.  <그림 5.18> 지향성 스피커 예  <그림 5.19> 작업자 웨어러블 착용 예

05 낙하물 수거 장비 운영 매뉴얼(안)

■ 도로 낙하물 수거 장비 매뉴얼 개발

(1) 도로 낙하물 수거 장비의 구조 및 물리적인 작동 방법 제시

● 도로 낙하물 수거 장비의 구조 및 물리적인 작동 방법은 "도로 낙하물 수거 장비 사용자 매뉴얼"에 제시하였음

① 도로 낙하물 수거 장비 작동 방법

- 도로 낙하물 수거 장비의 작동 방법은 컨베이어와 진공흡입으로 구분하여 제시하였으며, 기본적인 작동 순서는 총 13가지로 구성됨
- 장비 작동은 기본적으로 조종원 1인이 쉽게 조작 가능하도록 통합 제어 컨트롤러(스위치 형태)로 되어 있음



<그림> 통합 제어 컨트롤러

<표> 도로 낙하물 수거 장비의 기본 작동 방법

순서	기본 작동 방법
1	엔진 발전기를 작동 시킨 후 전기 차단기 스위치를 ON으로 조작
2	양측 측면 적재함 및 윙탑 닫음
3	운전석 엔진 시동
4	제어판/모니터 출력 확인 (수동모드 확인)
5	각 전원 및 경고등, 유압펌프 전원, 유압펌프 작동, 컨베이어 전원, 콤프레셔 작동 확인
6	콤프레셔 작동 2~3분 후 낙하물 전방 브러시-펼침 OFF 및 상승 여부 확인
7	중심 브러시-가이드 닫힘 여부 확인
8	컨베이어 상승 및 안전장비 작동 여부 확인
9	낙하물 수거 장소로 이동 (권장 주행속도 80km/h)
10	낙하물 확인 후 차량 감속 (10~25km/h 이하)
11	진공 또는 컨베이어 작동 여부 결정
12	전방 브러시 조작
13	하부 가이드 및 중심 브러시 조작

<표> 컨베이어 작동 방법

순서	컨베이어 작동 방법
14	컨베이어 조작
15	중심 브러시 조작
16	권장 수거속도로 작업 실시
17	낙하물 수거 후, 복구는 역순으로 조작

<표> 진공흡입 작동 방법

순서	진공흡입 작동 방법
14′	진공흡입 장치 조작
15′	진공흡입 장치 작동
16′	권장 수거속도로 작업 실시
17′	낙하물 수거 후, 복구는 역순으로 조작

(2) 도로 낙하물 수거 장비의 오작동 발생 원인별 조치 사항

- 낙하물 수거 현장에서 발생 가능한 도로 낙하물 수거 장비의 오작동 문제를 검토하여 이에 따른 발생원인 및 조치사항들을 제시함

<표> 도로 낙하물 수거 장비의 오작동 발생 원인별 조치 사항

NO	오동작 현상	발생원인	조치사항
1	통합 컨트롤러 조작 오류	수동·자동 모드 선택 오류	수동작업시, 수동모드 자동작업시, 자동모드 확인
2	발전기 작동 중단 현상	냉각수 부족	냉각수 보충
3	유압 파워팩 내의 오일 기포 발생	유압 오일의 온도 상승	유압쿨러 스위치 작동
4	수거장치 거동 지연 현상	에어 콤프레셔 탱크 압력 부족	2~3분 정도 대기 후 재작동
5	유압펌프 작동 지연 현상	발전기 전기 포화 시간 부족	1~2분 정도 대기 후 재작동

(3) 도로 낙하물 수거 장비의 주요 인벤토리(Inventory) 작성

- 도로 낙하물 수거 장비 시제품 개발 시 고사양의 개별 모듈들을 개발하여 적용하였음
- 향후 개별 모듈은 유사 상용품 또는 제품 옵션 사양에 따라 적정 모듈로 교체가 가능함

<표> 도로 낙하물 수거 장비의 주요 인벤토리(Inventory)

NO	개발 모듈	모델명	규격
2	전축-SPECIAL	-	자체개발
3	마이티 개조 관련 부품	-	자체개발
4	브레이크 허브 외	-	자체개발
5	마이티 드라이브 샤프트	-	자체개발
6	윙탑 및 관련 부품	-	자체개발
7	적재함 관련 구조물 등	-	자체개발
8	컨베이어	-	자체개발
9	컨베이어 장착 프레임	-	자체개발
10	컨베이어 관련 부품	-	자체개발
11	유압 모터 (컨베이어 브러시)	BESKO(득인)	SMR80
12	엔진 발전기	젠스타 GD38S	2000cc 엔진, 220V/380V출력 정격 31kVA, 출력률:80%
13	유압 모터 (유압 파워팩)	KMH-30HUB	(22kW)30HP-6P
14	유압 펌프 (유압 파워팩)	AH45-세원유압	21.5cc/rev.
15	에어 컴프레셔	에어 컴프레샤	3HP
16	배터리 (비상전원)	SP1000-12V	12V-100AH
17	릴레이 스위치 (비상전원)	VSR	140AMP
18	유압 모터 (진공흡입)	DUELVO	-
19	진공 FAN 어셈블리	DUELVO	2400~2700RPM
20	유압모터 (전방 브러시)	BESKO(득인)	SMR80
21	전방 브러시	PPL	250mm
22	적재함 관련 부품	-	-
23	에어 실린더	-	-

도로 낙하물 수거 차량 운영 매뉴얼(안)

도로 낙하물 수거 차량 운영 매뉴얼(안)

주관연구기관 : 한국건설기술연구원

공동연구기관 :㈜유현시스템즈

1. 매뉴얼 개요

○ 본 매뉴얼은 실제 도로에서 개발 장비를 탑재한 차량 (이하 수거 차량)이 낙하물 수거 시 도로 작업자와 도로 이용자 모두의 안전 확보는 물론 효율적인 교통 소통확보를 위한 일반적인 작업 방법·주의사항·운영 방안 제공을 목적으로 한다.

○ 또한, 본 매뉴얼은 제한된 실험 환경에서의 낙하물 종류별·구체적인 낙하 위치별 현장 테스트 결과와 다양한 가상시나리오에 기반한 미시적 교통시뮬레이션 수행 결과를 근거로 한다.

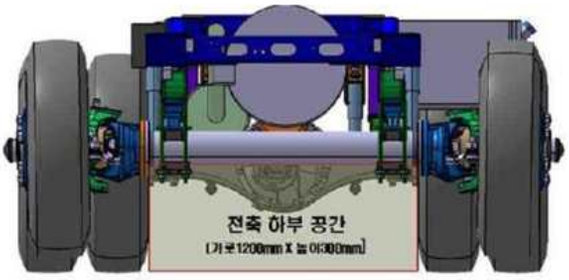
○ 수거 차량과 관련한 「일반사항」과 같다.

일반사항

· 기본적으로 모든 도로에 수거 차량 활용 가능

- 단, 이면도로 및 골목길 제외
- 단속류에서는 차량 중량 2.5~3.5톤 권장 (일반국도, 시·군도, 지방도)
- 연속류에서는 차량 중량 3.5톤 권장 (고속국도, 자동차전용도로)

· 수거차량 전면 하부의 낙하물 통과 허용 면적은 높이 30cm, 가로 120cm 임



[수거 차량 전면부 하부 공간]

· 차도의 시설한계높이가 4미터 미만인 구간 권장 (도로법시행령 제22조(운행상의 안전기준) 4항)

· 낙하물 수거 작업 시 요철구간(맨홀, 과속방지턱 등)이 포함된 경우, 수거 차량의 전방 가이드 및 하부 가이드 조작에 주의

· 관련 참고문헌

- 국도유지·보수운영에 관한 규정 (2017, 국토교통부)
- 도로 공사장 교통관리지침 (2012, 국토교통부)
- 도로작업구간 안전매뉴얼(2014.12, 국토교통부)
- 야생동물 사체처리 기준 (2012,한국도로공사)
- 도로분진청소 등 작업 매뉴얼, (2015, 서울특별시)

2. 구체적인 작업 방법 분류

2-1. 완전기계수거(Fully Automation)

○ 완전기계수거는 기본적으로 운전자(조종원) 1인이 할 수 있는 수거 작업을 의미한다.

① 하부컨베이어를 이용한 단독 수거

- (중량 기준) 일반 낙하물 : 최대 5kg 내외, 로드킬 : 최대 11kg 내외
- (체적 기준) 높이 300mm 미만, 가로 600mm 미만, 세로 600mm 미만

② 진공흡입장치를 이용한 단독 수거

- (중량 기준) 일반 낙하물 : 최대 0.5kg 미만
- (체적 기준) 높이 100mm 미만, 가로 100mm 미만

③ 하부컨베이어와 진공흡입 장치를 조합한 수거

- ①과 ②의 기준에 준하여 수거함

○ 완전기계수거 시 유의사항

- 상세 내용은 수거 차량 장비 작동 매뉴얼 참조



〔운전석 작동 제어판〕

- 2 -

○ 완전기계수거가 가능한 낙하물 종류

완전기계수거가 가능한 낙하물 종류

· 하부컨베이어 및 진공흡입

타이어	동물사체 (고양이, 고라니 등)	부품박스 (소형, 중형, 대형)	목재 (소형, 대형)
			
벽돌	신발	PET병 (소형, 대형)	음료수 캔
			

※ 단, 교통안전상 문제가 예상될 때는 교통정리 및 수거 작업 알림을 위해 추가적인 작업자를 투입할 수 있음.

2-2. 반기계수거(Semi-Automation)

○ 반기계수거는 운전자(조종원) 1인 외에 항시적으로 추가 인력(도로보수원)을 투입하여 할 수 있는 수거 작업을 의미한다.

○ 반기계수거는 기본적으로 도로 낙하물을 안전하게 수거할 수 있는 장소 (예: 중앙분리대 방향 또는 길어깨 방향)로 이동시킨 후 수거하는 것을 의미한다.

① 완전기계수거가 어려운 낙하물 (예: 부피·중량·비산된 낙하물 등)

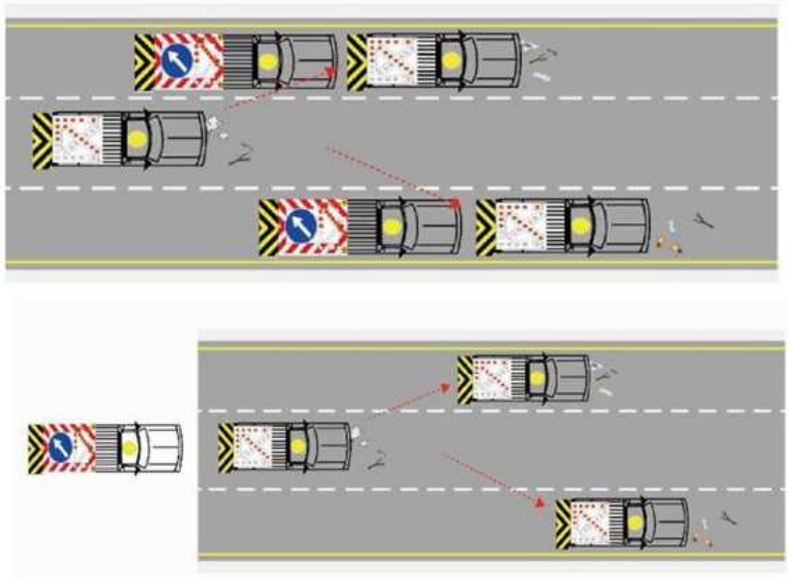
② 수거시간이 장기화될 것으로 판단되는 낙하물

○ 수거 차량 하부로 통과가 어렵거나, 추가 인력 (도로보수원)이 쉽게 수거할 수 있는 낙하물은 인력 수거 후 수거 차량 양쪽에 설치된 보조 수거함에 적재하도록 함

- 중앙분리대 쪽으로 밀어낸 낙하물은 운전자 쪽의 보조함에 수거
- 길어깨 쪽으로 밀어낸 낙하물은 보조석 쪽의 보조함에 수거



〈보조 수거함〉



〈ROBOS를 이용한 반기계수거〉

○ 반기계수거가 가능한 낙하물 종류

반기계수거가 가능한 낙하물 종류
· 가로 및 세로 600mm 이상인 낙하물 · 높이가 300mm 이상인 낙하물 - 예: 교통콘, 대형 플라스틱 용기, 대형차량 타이어, 화물차 적재물 덮개(끈, 담요 등), 쓰러진 나무, 교통사고 사고 잔해(대형)

- 4 -

2-3. 인력수거

○ 인력수거는 현재와 같이 기본적으로 낙하물 수거를 도로보수원이 100% 수행해야 하는 것 또는 중앙분리대 및 길어깨 쪽으로 이동이 어려운 낙하물을 수거하는 것을 의미한다.

○ 수거 차량 하부로 통과가 어렵거나, 추가 인력 (도로보수원)이 쉽게 수거할 수 있는 낙하물은 인력수거 후 수거 차량 양쪽에 설치된 보조 수거함에 적재하도록 함

○ 교통통제 여부를 확인해야 하며, 수거 차량을 보호차량과 동일한 역할로 활용할 수 있음

○ 인력수거가 가능한 낙하물 종류

인력수거가 가능한 낙하물 종류
· 완전기계수거 및 반기계수거가 어려운 낙하물 · 훼손이 심한 동물사체 · 도로에 밀착되어 있는 철판, 합판 등 · 도로 외 (측구) 또는 중앙분리대/길어깨 외에 위치한 낙하물

3. 수거차량 작업 투입 시 교통 운영 및 안전상 주의 사항

일반사항
· 수거 차량 투입 시 교통 운영 및 안정상 예상되는 문제점들을 파악하기 위해 수거 차량 투입에 따라 교통류에 미치는 영향을 미시적 교통시뮬레이션 분석을 통해 정립함 · 기본적으로 시뮬레이션을 위한 분석 시나리오는 현실에서 발생할 수 있는 상황 중 열악한 조건을 가정함 - 도로 낙하물은 1차로 (추월차로)에 위치, 연속류 도로 고려 (편도 2차로, 3차로, 4차로), 총 4가지 분석시나리오 정립 ☞ Case 1 : 낙하물 없음, 수거활동 없음 ☞ Case 2 : 낙하물 존재, 수거활동 없음 ☞ Case 3 : 낙하물 존재, 도로 보수원을 통한 수거활동 ☞ Case 4 : 낙하물 존재, 수거 차량을 통한 수거활동 · 차로별·교통량 수준별 특성을 고려하여 분석한 경우 교통량이 적고, 교통류 속도가 높은 상황에서 발생한 도로 낙하물 수거 시 위험도가 가장 높게 분석됨 · 특정 차로수와 특정 교통량에서 낙하지점 위치가 확인된 경우, 수거차량의 접근위치에 따라 권장하는 감속 거리를 제시함 - 수거차량이 80km/hr로 주행하다가 10km/hr까지 안전하게 속도를 줄일 때 필요한 거리

· 개별 차로별·교통량별 낙하물을 기준으로 수거차량이 감속해야 하는 시작 시점(m)

교통량 (대/시)	2차로	3차로	4차로
1,000	280m	200m	200m
1,500	380m	250m	250m
2,000	2,000m	220m	220m
2,500	3,600m	260m	240m
3,000	4,000m	320m	230m
3,500	-	1,000m	270m
4,000	-	2,500m	260m
4,500	-	4,000m	300m
5,000	-	4,500m	500m
5,500	-		1,500m
6,000	-		2,800m
6,500	-		4,000m
7,000			4,000m

· 본 결과를 토대로 차로별·교통량 수준별 수거 차량 투입 시 보호차량과 트럭 장착 완충시설 사용을 권장할 수 있음

4. 수거 차량 운영·관리 전략

○ 원활한 도로 낙하물 수거 작업을 위해 조종원 교육 (예: 수거장비 작동 및 안전수칙 등)을 최소 연 1회 실시한다. (예: 매년 개최되는 국토부 도로관리실무자 워크숍과 연계 가능)

○ 동물사체 수거작업을 완료한 수거 차량은 기본적으로 적재함, 하부 컨베이어, 전방·하부 가이드, 중심 브러시에 대해 물세척을 실시해야 한다.

- 단, 물세척 시 각종 전기장치에 직접 물이 닿지 않도록 주의한다.
- 동물사체의 경우 위생문제가 발생하지 않도록 잘 밀봉하여 폐기처리 한다. 또한, 전염병 예방을 위해 1회용 비닐장갑 및 수거도구를 사용한다. (야생동물 사체처리 기준(2012, 한국도로공사))
- 작업자는 적재함 내부의 낙하물 수거량을 주기적으로 모니터링 한다.

○ 고속도로 공사와 야간 공사에서는 안전향상을 위해 황색 LED를 사용하여 화살 표지판을 점멸 운영한다. (도로 공사장 교통관리지침(2012, 국토교통부) p.62 참조)

- 교통류 속도가 높은 구간에서는 수거 차량에 각종 안전장치(예: 지향성스피커, 운전자보호형 장비, 견인식 충격흡수 장치 등)를 추가로 설치하는 것을 권장한다.(단, 지향성스피커는 수거 작업 시에만 작동하여 민원발생 최소화)



〔인재 양양터널에 설치된 고출력 스피커〕



〔언양 영천 공사구간에 설치된 지향성 스피커〕



〔운전자와 사고구조대원 보호형 통제장비〕



〔견인식 충격흡수 장치 〕

○ 수거 차량의 작업 속도는 장비의 구조적 안전을 감안하여 10km/h 내외로 하되 낙하물의 종류 및 도로 조건에 따라 다소 증감하면서 수거 작업을 수행할 수 있다.

○ 낙하물이 도로상에 비산된 경우, 수거 차량은 상위차로에서부터(1차로→2차로) 수거 작업을 실시한다.

○ 수거 차량의 실도로 투입 후 수거 작업은 낙하물의 종류·낙하 위치·교통량·낙하물의 양에 따라 수거 차량 투입 또는 수거 차량과 보호 차량 투입여부를 결정할 수 있다.

○ 많은 낙하물로 수거작업에 시간이 소요될 경우 교통안전을 위해 교통콘을 설치하거나 다수의 보호 차량 및 견인식 충격흡수 장치 등을 사용할 것을 권장한다.

○ 수거 차량과 보호 차량의 조합으로 수거 작업을 실시하는 경우 수거 차량이 선행하고 보호 차량이 뒤따르는 대형을 유지하는 형태로 작업을 실시한다.

○ 수거 작업 시 곡선구간, 후방차량 과속, 졸음, 음주 및 전방시야 확보곤란 등으로 사고가 예상될 때에는 반드시 보호 차량을 동행 등 안전 조치를 최우선으로 하도록 권장한다.

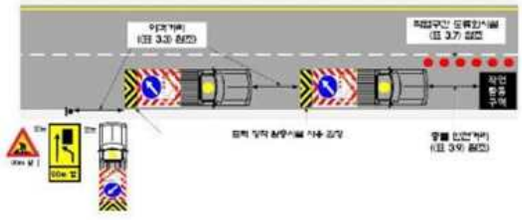
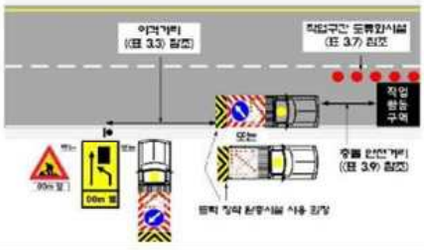
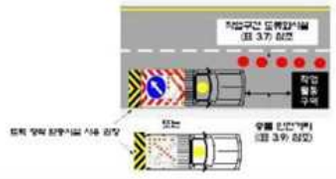
○ 수거 차량의 세부 운영 전략은 「도로 공사장 교통관리지침(2012, 국토교통부)」 중 "단시간 및 이동 공사의 교통관리"를 참조한다.

○ 터널 내부 수거작업의 세부 운영전략은 「도로 공사장 교통관리지침(2012, 국토교통부)」 중 "교통관리 일반사항의 터널구간"을 참조한다.

○ 「도로 공사장 교통관리지침(2012, 국토교통부)」 참조한다.

5. 참조 사항

○ 「도로 공사장 교통관리지침(2012, 국토교통부)」은 다음과 같다.

구분		임시 교통통제시설 설치 기준
고속도로		
지방지역 및 도시지역 일반도로	제한속도 80km/h 이상	
	제한속도 80km/h 미만 ~ 60km/h 이상	
	제한속도 60km/h 미만	

도로 공사장 교통관리지침 (2012.9), 국토교통부

<표 5.1> 도로유형 및 제한속도에 대한 도로 공사구간 전용 주의표지 설치 간격

도로 유형	제한 속도 (km/h)	간격 (m)	도로 유형	제한 속도 (km/h)	간격 (m)	도로 유형	제한 속도 (km/h)	간격 (m)
자동차 전용도로 및 고속국도	110	300	지방지역 일반도로	80	300	도시지역 일반도로	70	150
	100						60	100
	90			70	200			
	80						50	
도시 고속도로	80	300		60 이하	150		40 이하	50
	70	200						

<표 5.2> 작업구간 도류화시설 설치 간격

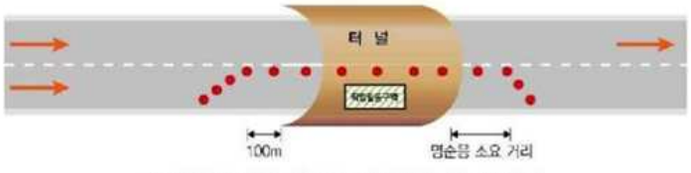
제한속도(km/h)	110	100	90	80	70	60	50	40	30
도류화시설 설치간격(m)	60	55	50	45	40	35	30	20	15

<표 5.3> 제한속도별 충돌 안전거리(이동 공사)

제한속도(km/h)	90 이상	90 미만~70 이상	70 미만
간격(m)	85 이상	60 이상	45 이상

○「도로 공사장 교통관리지침(2012, 국토교통부)」 중 "교통관리 일반사항의 터널구간"의 참조사항은 다음과 같다.

- 차로 변경이 허용되지 않는 터널에서 낙하물 수거 작업 시, 관련 주의표지를 전방에 설치
- 차로 차단은 터널 입구로부터 100m 전방에서 완료
- 운전자의 명순응 소요 거리를 고려하여 종결구간은 터널 출구를 지나서 설치(그림 참조)

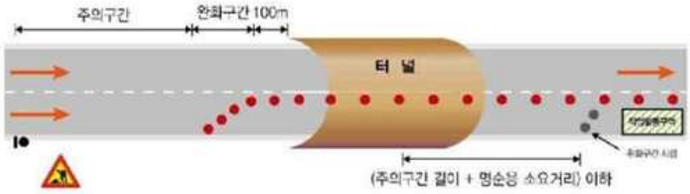


〈그림5.1〉 터널 내 도로 점용공사 시 교통관리

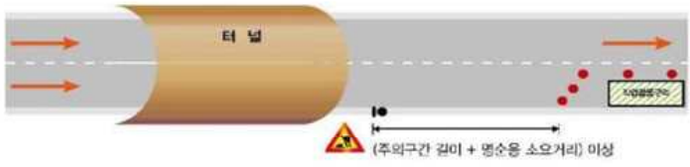
○ 터널 출구의 하류 지점에서 낙하물 수거 작업 시 완화구간 시점에서 터널 출구 사이의 거리가 주의구간 길이와 명순응을 위한 거리를 확보하지 못하면 터널 입구에서부터 도로 점용공사 해당 차로를 차단한다.

〈표5.4〉 제한속도별 명순응 소요 거리(3초 동안 이동한 거리)

제한속도(km/h)	110	100	90	80	70	60	50	40	30
길이(m)	95	85	75	70	60	50	45	35	25



〈그림 5.2〉 터널 출구에서 주의구간 길이와 명순응 소요 거리를 확보하지 못한 경우



〈그림 5.3〉 터널 출구에서 주의구간 길이와 명순응 소요 거리를 확보한 경우

도로 낙하물 수거 장비 사용자 매뉴얼(안)

ROBOS (Automated *RO*ad de*B*ris rem*O*ver *S*ystem)

도로 낙하물 수거 장비

사용자 매뉴얼

2018

KICT 한국건설기술연구원 YOUHYUN SYSTEMS

< 목 차 >

1. 시스템 구조 및 제원 ····· 1
1.1. 시스템 구조 ····· 1
1.2. 시스템 제원 ····· 2
1.2.1. 차량 크기 ····· 2
1.2.2. 전측 하부 공간 ····· 2
1.2.3. 프런트 가이드(FRONT GUIDE) 장치 ····· 2
1.2.4. 하부 가이드 장치 ····· 3
1.2.5. 컨베이어 수거 장치 ····· 3
1.2.6. 진공 흡입 수거 장치 ····· 3

2. 조작 방법 ····· 4
2.1. 작업 준비 ····· 4
2.2. 작업 시작 ····· 5
2.3. 작업 종료 및 이동 ····· 5
2.4. 사용 종료(정차 시) ····· 5
2.5. 개별 수동 조작 방법 ····· 6
2.5.1. 프런트 가이드 장치 ····· 6
2.5.2. 하부 가이드 장치 ····· 6
2.5.3. 컨베이어 수거 장치 ····· 6
2.5.4. 진공 흡입 수거 장치 ····· 6

3. 안전주의사항 ····· 7
3.1. 위험 ····· 8
3.2. 경고 ····· 9
3.3. 주의 ····· 10

1. 시스템 구조 및 제원

1.1. 시스템 구조



- 도로낙하물 수거장치 (마이티 3.5톤 차량 BASE 제작) 주요 제작사양 -

▷ 마이티 3.5톤 (배기 가스 환경 규제 - 유로 6)

▷ 윙바디: 좌,우 윙도어 개폐

▷ 디젤 발전기: 38KVA 3상 380V

▷ 유압 유닛: 22kW(30HP), 280ℓ

▷ 에어 콤프레샤: 1.5kW(2HP)

▷ 안전장치: 방향 유도등, 경광등, 작업표시판

▷ CCTV : 전·후방, 윙바디 내부, 컨베이어 총 4개

▷ 컨베이어 : 길이 L=3000mm 폭 B = 500mm / 모터 작동 견인, 롤러 직경 Φ200mm, Φ160mm

- 세부 구성 장치 -

▷ 차량 기본 구성 장치 : 차량 프레임, 윙 탑, 전축구조변경 등... 차량 기본 골격을 구성

▷ 제어 기본 장치 : 세부 구성 장치를 작동 하고 제어 하는 전기 계장 장치

▷ 동력발생 장치 : 장비에서 사용되는 주요 동력(전기,유압,공압)을 발생하는 장치

▷ 프런트 가이드 장치 : 전방에서 도로상의 낙하물을 모아 자동차 하부로 유도

▷ 차량 하부 가이드 장치 : 전방에서 모아진 도로 낙하물을 컨베이어 수거 장치로 유도

▷ 컨베이어 수거 장치 : 도로 낙하물을 들어 올려 적재 장치로 이송

▷ 진공 흡입 수거 장치 : 컨베이어로 들어가지 못하거나, 가벼운 낙하물을 진공으로 흡입하여 수거

▷ 수거 선별 장치: 수거된 낙하물을 동물사체/일반 날하물로 분류하는 장치

▷ 적재 장치: 컨베이어, 진공흡입 적재함으로 구성되며, 컨베이어용 적재함은 동물사체, 일반 낙하물로 구분하여 적재

적재함의 구성		
컨베이어 적재함		진공 흡입 적재함
일반 낙하물 적재함	동물사체 적재함	



- 주요 인벤토리(Inventory)장치 -

2

NO	개발 모듈	모델명	규격
2	전축-SPECIAL	-	자체개발
3	마이티 개조 관련 부품	-	자체개발
4	브레이크 허브 외	-	자체개발
5	마이티 드라이브 샤프트	-	자체개발
6	윙탑 및 관련 부품	-	자체개발
7	적재함 관련 구조물 등	-	자체개발
8	컨베이어	-	자체개발
9	컨베이어 장착 프레임	-	자체개발
10	컨베이어 관련 부품	-	자체개발
11	유압 모터 (컨베이어 브러시)	BESKO(득인)	SMR80
12	엔진 발전기	젠스타 GD38S	2000cc 엔진 220V/380V출력 정격 31kVA 출력률:80%
13	유압 모터 (유압 파워팩)	KMH-30HUB	(22kW)30HP-6P
14	유압 펌프 (유압 파워팩)	AH45-세원유압	21.5cc/rev.
15	에어 컴프레셔	에어 컴프레샤	3HP
16	배터리 (비상전원)	SP1000-12V	12V-100AH
17	릴레이 스위치 (비상전원)	VSR	140AMP
18	유압 모터 (진공흡입)	DUELVO	-
19	진공 FAN 어셈블리	DUELVO	2400~2700RPM
20	유압모터 (전방 브러시)	BESKO(득인)	SMR80
21	전방 브러시	PPL	250mm
22	적재함 관련 부품	-	-
23	에어 실린더	-	-

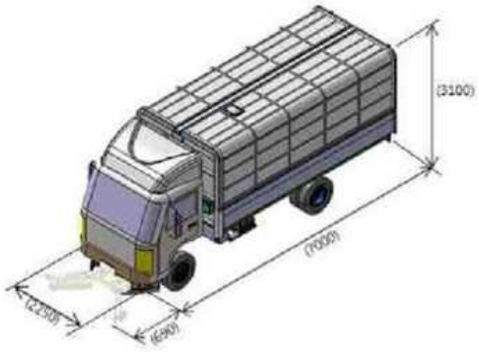
- 수거 대상 -

일반 낙하물(10kg 이하) : 교통사고 잔해물, 벽돌, 타이어 조각, 시멘트 조각, 캔, 음료수 병, 신발 등

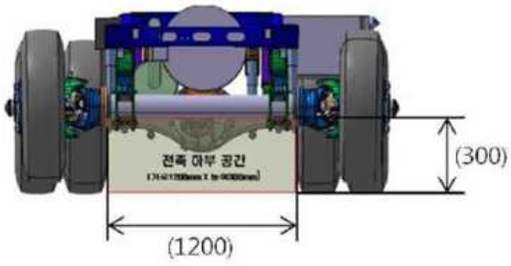
동물 사체 : 고양이 ~ 고라니 등

1.2. 시스템 제원

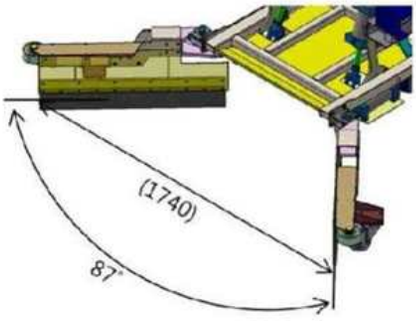
1.2.1. 차량 크기



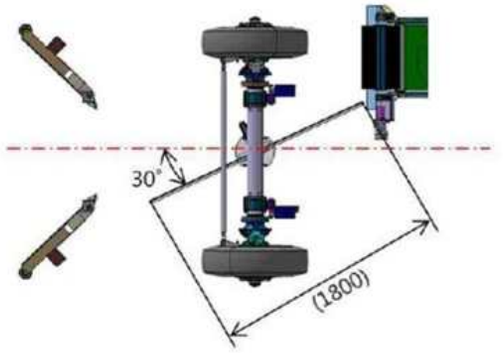
1.2.2. 전측 하부 공간



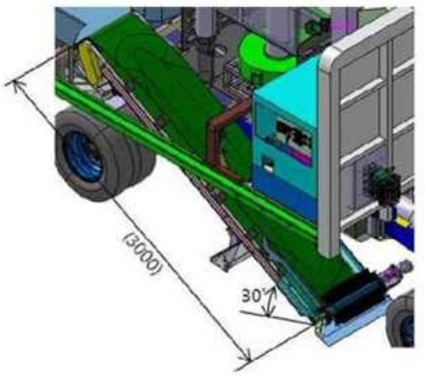
1.2.3. 전방 수거 유도 장치



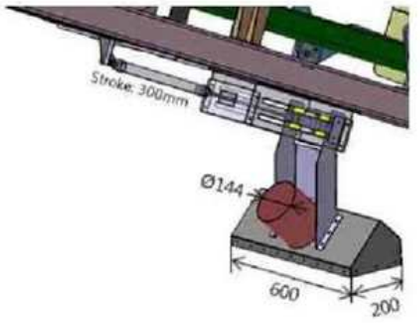
1.2.4. 하부 수거 유도 장치



1.2.5. 컨베이어 수거 장치



1.2.6. 진공 흡입 수거 장치



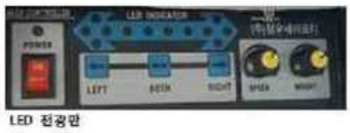
2. 조작 방법



메인 컨트롤러



발전기



LED 전광판

2.1. 작업 준비

1. "차량 시동" ON
2. "엔진시동" → "AC 380V 3Φ", "AC 220V" 차단기 스위치 ON [엔진발전기 제어 판넬]
3. "AC POWER" ON (조작 콘트롤러)
4. "DC POWER" ON (조작 콘트롤러)
5. "경광등 전원", "지시등 전원", "LED 전광판 전원" ON (LED 안전장비 제어 판넬)
6. [LED 전광판]: INDICATOR 방향 설정, 속도 및 밝기 조절 (LED 안전장비 제어 판넬)
7. [CAMERA 전원]: "전·후방 CAMERA", "MONITOR CAMERA" ON (LED 안전장비 제어 판넬)
8. [모드]: "수동", "유압펌프 전원", "유압펌프 작동", "컨베어 전원", "콤프레샤 작동" ON

6

2.2. 작업 시작

1. 전방 수거 유도 장치: [낙하수거물 브러시] "하강" → "펄침ON"
2. 하부 수거 유도 장치: [중심 브러시] "하강"
3. 컨베이어 수거 장치: [컨베어] "하강" → "컨베어 작동" ON → [중심 브러시] "ON"
4. 진공 흡입 수거 장치: [진공흡입구] "하강" → "ON"

※비상정지 : 비상시 모든 작업을 멈추고 장비를 정지, 해지는 오른쪽으로 가볍게 돌리면 됨

2.3. 작업 종료 및 이동

1. 진공 흡입 수거 장치: [진공흡입구] "OFF" → "상승"
2. 컨베이어 수거 장치: [중심 브러시] "OFF" → "컨베어 작동" OFF → [컨베어] "상승"
3. 하부 수거 유도 장치: [중심 브러시] "상승"
4. 전방 수거 유도 장치: [낙하수거물 브러시] "펄침OFF" → "상승"

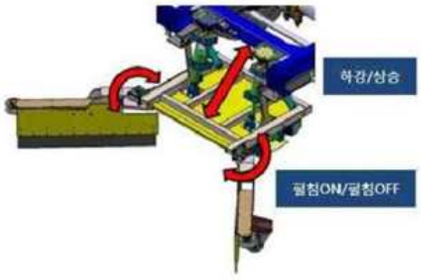
2.4. 사용 종료(정차 시)

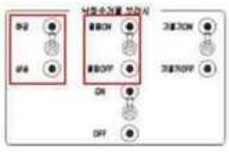
***위 [작업종료] 절차를 모두 완료하고 진행**

5. "콤프레샤 작동", "컨베어 전원", "유압펌프 작동", "유압펌프 전원" OFF
6. [CAMERA 전원]: "전·후방 CAMERA", "MONITOR CAMERA" OFF
7. "경광등 전원", "지시등 전원", "LED 전광판 전원" OFF
8. "DC POWER" OFF
9. "AC POWER" OFF
10. [발전기] "AC 380V 3Φ", "AC 220V" OFF → "OFF"
11. "차량 시동" OFF

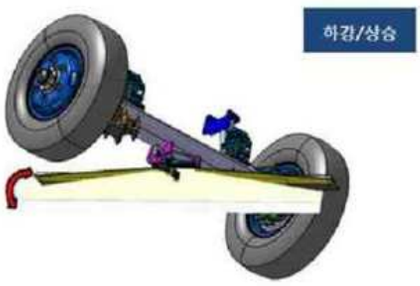
2.5. 개별 수동 조작 방법

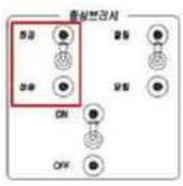
2.5.1. 전방 수거 유도 장치





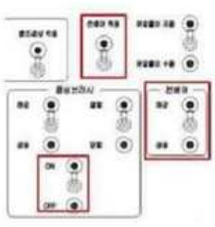
2.5.2. 하부 수거 유도 장치



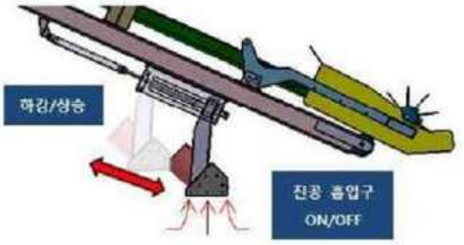


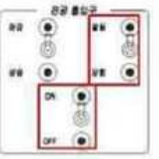
2.5.3. 컨베이어 수거 장치





2.5.4. 진공 흡입 수거 장치





2.6. 도로 낙하물 수거장비의 오작동 발생 원인별 조치사항

NO	오동작 현상	발생원인	조치사항
1	통합 컨트롤러 조작 오류	수동-자동 모드 선택 오류	수동작업시, 수동모드 자동작업시, 자동모드 확인
2	발전기 작동 중단 현상	냉각수 부족	냉각수 보충
3	유압 파워팩 내의 오일 기포 발생	유압 오일의 온도 상승	유압쿨러 스위치 작동
4	수거장치 거동 지연 현상	에어 콤프레셔 탱크 압력 부족	2~3분 정도 대기 후 재작동
5	유압펌프 작동 지연 현상	발전기 전기 포화 시간 부족	1~2분 정도 대기 후 재작동

3. 안전주의사항

장비는 사용 및 관리를 잘못했을 때 사고와 고장의 원인이 될 수 있습니다.
그러므로 사용하시기 전 반드시 안전 주의 사항을 숙지하시기 바라며,
이를 지키지 않아 발생한 사고에 대하여 당사는 책임지지 않습니다.

▶ 이 사용자 메뉴얼은 차내에 보관하여 주십시오.

▶ 본 장비는 자동차에 결합된 장치이므로 차량에 관한 취급방법, 운행 전 점검, 일상 점검 및 정비요령에 대해서는 자동차 메이커에서 발행한 취급설명서를 참고하시기 바랍니다.

▶ 장비를 양도하실 경우에는 다음소유자를 위해 사용자 매뉴얼을 장비와 함께 인도하여 주십시오.

안전주의사항은 취급에 따라 위험정도를 3가지 등급으로 분류하고 있습니다.

위험 이 표시를 위반할 시 사망 또는 심각한 장비 고장의 위험이 있는 경우

경고 이 표시를 위반할 시 중상 또는 장비 고장이 발생할 가능성이 있는 경우

주의 이 표시를 위반할 시 경미한 상해 또는 장비 고장이 발생할 가능성이 있는 경우

매뉴얼에 기록된 모든 내용 및 제원은 본 책자 발간 당시의 최신 자료로서, 추후 당사가 필요한 경우에는 사전 통보 없이 임의로 사양을 변경할 수 있으며, 이에 따라 기 출고된 차량에는 사양변경에 의해 본 책자의 내용과 일치하지 않은 경우도 있으며 이에 대한 해당 설계변경 적용의무가 없으니 미리 양해 부탁드립니다.
또한 사용 설명 부분에 따라 차량과 그림이 일치 하지 않는 경우도 있으나 사용방법은 같습니다.

3.1. 위험

위험

■ 낙하물 수거 작업 전 경광등, 지시등, LED 전광판을 켜고 교통안전을 충분히 확보한 후에 작업 하시오.
교통안전을 충분히 확보하지 않을 경우, 교통사고 및 교통혼란이 발생할 수 있습니다.

■ 매뉴얼을 충분히 숙지하고 이해한 작업자 외에 절대로 조작하지 마시오.
미숙한 조작은 장비 고장 및 사고의 위험이 있습니다.

■ 작동중인 장비(컨베이어 또는 브러쉬 등)에 접근하지 마시오.
회전체에 옷이나 손 등이 빨려 들어가 심각한 상해 및 장비 고장의 위험이 있습니다.

■ 작동중인 장비가 오작동을 일으킬 경우, 비상정지를 누르고 임의로 작동하지 마시오.
오작동 및 치명적인 사고가 발생할 수 있으니, 안전한 장소에 주차한 후 A/S 번호로 연락하여 주십시오.

■ 본 장비를 임의로 분해하거나, 수리 또는 개조 하지 마십시오.
오작동 또는 치명적인 사고가 발생할 수 있습니다.

■ 사체 적재함 및 쓰레기 적재함 외에 물로 세척하지 마시오.
전자장비 및 기계 내부에 물이 들어갈 경우, 감전 및 심각한 장비 손상이 발생할 수 있습니다.

■ 천둥, 번개 칠 때에는 작업하지 마시오.
감전 및 기계고장 또는 내부 화재 발생할 수 있습니다.

3.2. 경고



■ 정차되어 있는 차를 이동할 시, 눈으로 모든 장비를 직접 보고 확인하여 주십시오.
필요에 따라 "작업 준비" → "작업종료 및 이동" 까지 조작하십시오. (작업 시작은 생략)

■ 작업 시작 전 매뉴얼에 따라 순서대로 장비를 조작하여 주십시오.
순서대로 작동하지 않을 경우, 오작동 및 기계고장이 발생할 수 있습니다.

■ 작업 중에는 10km/h 내의 속도로 일반적인 낙하물(20kg 이하)만 수거하여 주십시오.
주행속도 및 무게가 과도한 경우, 낙하물이 수거되지 않을 수 있습니다.

■ 운전 중에 메인컨트롤러를 조작할 때, 수시로 주변을 확인하고 서행하여 주십시오.
수시로 사방을 확인하여 교통사고를 예방하고, 교통안전을 준수하여 주십시오.

■ 요철이 심하지 않고, 비교적 평탄한 도로에서만 작업하여 주십시오.
요철 및 도로 상황에 따라 장비손상이 발생하거나, 낙하물이 수거되지 않을 수 있습니다.

■ 윙바디 도어 개폐 시 잠금장치를 풀었는지 확인하고, 반드시 안전공간을 확보하시오.
잠금장치에 걸려 고장 날 수 있으며, 윙바디 개폐 시 사람이나 물건 등에 부딪혀 사고가 발생할 수 있습니다.

■ 장비를 장시간 작동했을 경우, 장비에 접촉하지 마시오.
사용조건에 따라 유압라인 및 장비가 뜨거울 수 있습니다. 충분히 식히기 전에는 화상의 위험이 있습니다.

3.3. 주의

⚠주의

■ 전방 수거 유도장치 및 하부 수거 유도장치에 달린 고무판은 확인하여 주십시오.
고무는 소모품이므로 마모되어 많이 닳았을 경우 교체하여 주십시오. (약 5cm 이상)

■ 유압탱크의 유량게이지를 주기적으로 확인하여 주십시오.
작업 조건에 따라 조금씩 소모될 수 있으며, 누유가 있을 경우 A/S센터로 연락하시기 바랍니다.

■ 작업 후에는 이물질이나, 구동부위의 먼지 및 모래 등을 제거하여 주십시오.
구동부위에 이물질이 들어가면 오작동 및 고장의 원인이 될 수 있습니다.

■ 낙하물 수거 작업시 10km/h의 속도를 유지하고, 항상 전방 및 주변을 살펴 주행 하십시오.
10km/h로 정속주행 시 올바른 수거 작업이 이뤄지며, 항상 사방을 살펴 사고를 예방하십시오.

도로 낙하물 자동 수거 장비의 A/S 보증 기간은 1년이며, 보증 기간이 지난 후에는 유상 A/S으로 전환됩니다.
사용 도중 오작동이나 문의사항은 아래의 연락처로 연락해주시기 바랍니다.

(주)유현시스템즈
YOUHYUN SYSTEMS Co., Ltd

주식회사 유현시스템즈
- 홈페이지 : www.yhsystems.co.kr
- 주소 : 경기도 화성시 팔탄면 3.1만세로 641-45
- 연락처 : 031 - 8047 - 0368
- 팩스 : 031 - 8047 – 0369

06 이동식 교대통행 시스템 운영 매뉴얼(안)

개요

- 이동식 교대통행 운영시스템은 2차로도로의 한 차로 도로점용 공사 시 다른 차로에서 양방향 교대 통행을 위한 감응형 교통운영 시스템으로서, 다양한 도로교통 상황에 적용 가능하도록 하는 시스템이다.
- 본 시스템은 교통 통제 작업자의 안전 확보 및 감응형 알고리즘을 통한 원활한 교통소통 유도, 교통통제 자동화를 통한 인력 확보 효과로 효율적인 작업시간 배분을 가능하도록 한다.



- [표준 교통신호 설치·운영사례]



- [통제신호수 설치·운영사례]





- [시거확보 불량으로 인한 통제수간 통신 어려움 사례]

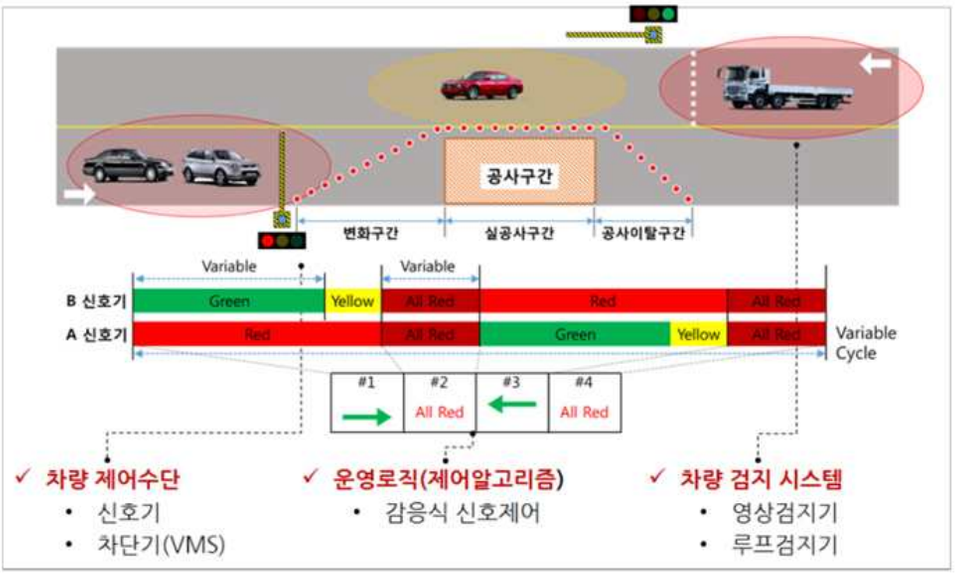




- [시거확보 불량으로 인한 통제수 3명 배치 및 비효율적 교통운영 사례]

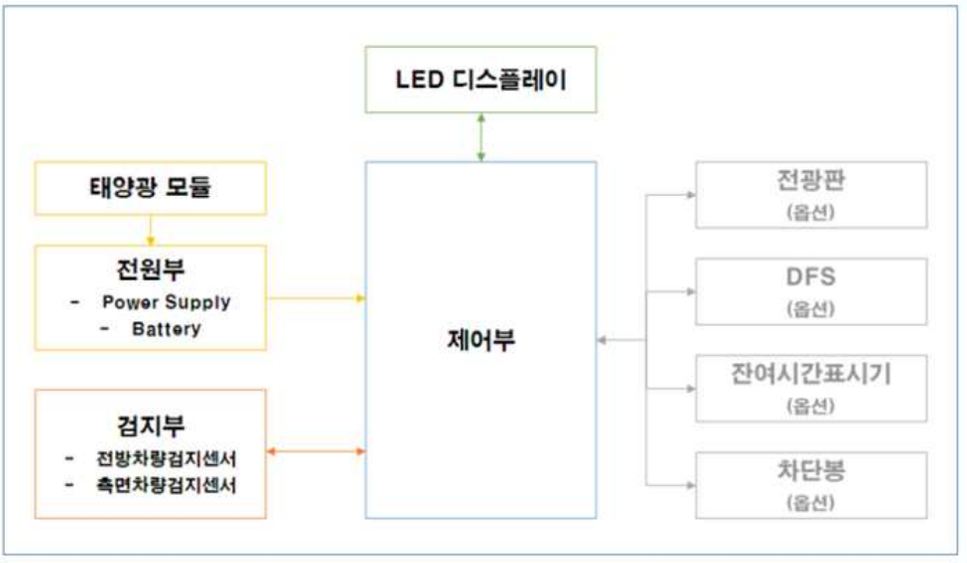
구성

- 이동식 교대통행 운영 시스템 구성도



<그림> 이동식 교대통행 운영시스템 구성도

- 이동식 교대통행 시스템의 구성요소는 차량제어수단, 운영로직(제어부), 차량검지시스템으로 이루어 져있다.



<그림> 이동식 교대통행 시스템 구성요소

- 이동식 교대통행 시스템은 함체 내부의 전원부, 검지부, 제어부, 표출부로 구성되어 있으며, 함체의 바퀴가 달려있어 이동성 및 설치성이 용이 하다.
- AC 220V 및 태양광 패널을 통해 배터리를 충전하며, 태양광 패널은 이동식 교대통행 함체의 설치된다.



<그림> 이동식 교대통행 경고시스템 함체 구성도

■ 구성품 및 사진

(1) 검지부

● 영상검지기



모델명	네오텍 NL-0560M
렌즈초점거리	5~60mm
조리개	1/1.6
크기	Φ39X87.39X51
무게	160±3g
시야각	48°~ 4.6°

● 무선루프검지기



기능	건전지를 이용하여 전원을 공급하며, 원격으로 차량 검지 및 전송

● 무선루프검지기 수신기

	기능	루프검지기에서 검지된 정보 수신 하여 제어 컨트롤러의 전송

(2) 주제어부

● 컨트롤러

	기능	신호제어 알고리즘 수행 컨트롤러	
	모드	수동	수동으로 신호를 제어
		정주기	일정 간격을 세팅하여 신호제어
		감응식	교통량의 따른 신호제어

● 임베디드 제어보드

	기능	이동식 교대통행 제어기의 현재 세팅 정보 확인

(3) 외함

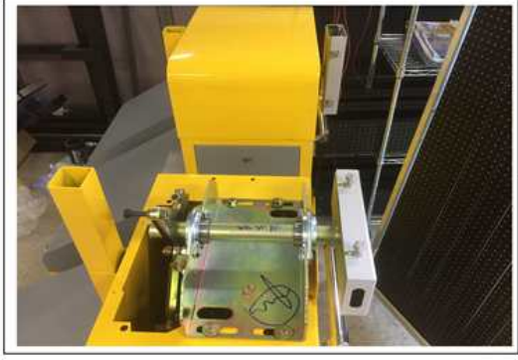
- 기본형

	기능	기본형 외함
	통신방식	무선 통신(433Mhz, 447Mhz)

- 확장형

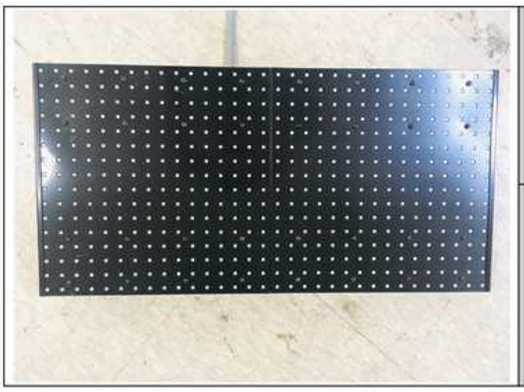
	기능	차량 차단기 장착
	통신방식	무선 통신(433Mhz, 447Mhz)

- 차량 차단기

	기능	정지 신호시 차량 통제	
	통제 기능	정지	차단
		교대	-
		진행	차단 해제

(4) 정보제공부

- 문자 표출 전광판

<table>
<tr><td rowspan="4">  </td><td>기능</td><td colspan="2">검측데이터 분석 및 제어명령</td></tr>
<tr><td rowspan="3">표출</td><td>정지</td><td>“정지”</td></tr>
<tr><td>교대</td><td>-</td></tr>
<tr><td>진행</td><td>“진행”</td></tr>
</table>

- 차량 신호등

<table>
<tr><td rowspan="4">  </td><td>기능</td><td colspan="2">운전자 신호 알림</td></tr>
<tr><td rowspan="3">표출</td><td>정지</td><td>적색</td></tr>
<tr><td>교대</td><td>황색</td></tr>
<tr><td>진행</td><td>녹색</td></tr>
</table>

이동식 교대통행 전체 조립 사진



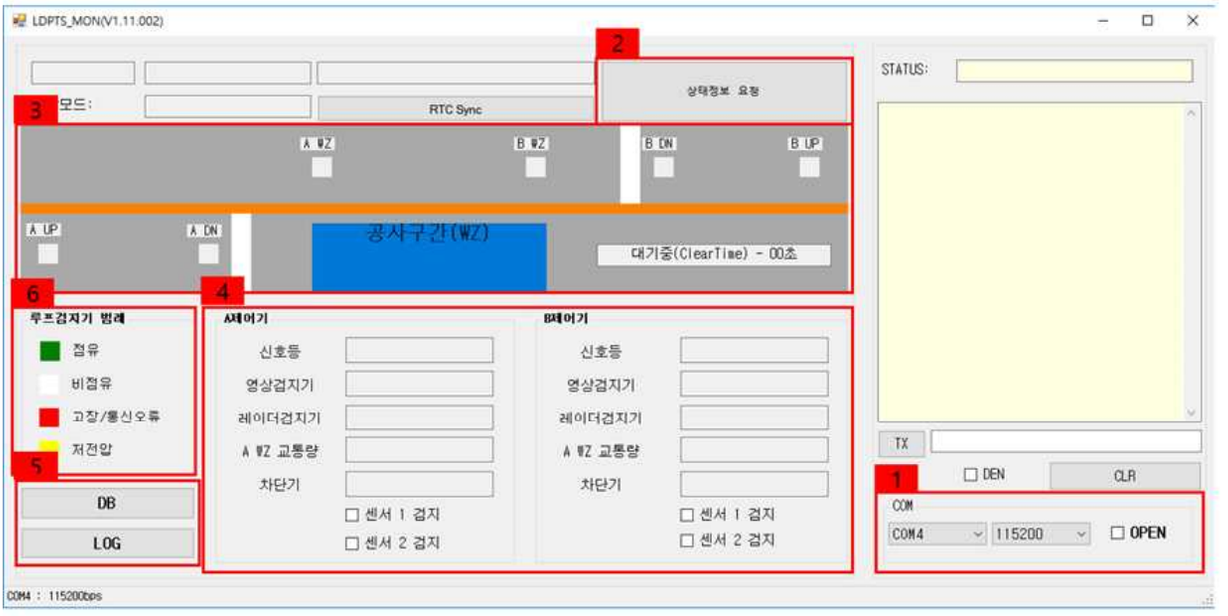
<그림> 위험상황 발생 시 표출

소프트웨어 운영

- LDPTS_MON 프로그램 설명

  - LDPTS_MON 프로그램은 이동식 교대통행 시스템 모니터링 프로그램으로써, 표출부의 세팅정보(표출 밝기, 동작시간 등)를 설정 할 수 있으며, 로그데이터를 활용 하여 설치 지점의 통행량 등을 확인 할 수 있다.

- LDPTS_MON 프로그램 실행 및 DB세팅 방법



<그림> LDPTS_MON 프로그램 실행화면

- LDPTS_MON 프로그램 실행화면 설명

① 포트열기 : PC와 이동식교대통행 시스템을 연결 해준다.

② 상태정보 요청 : 연결된 이동식 교대통행 시스템으로부터 데이터를 받는다.

③ 상태정보화면 : 현재 연결된 이동식 교대통행 제어기 및 루프검지기 상태 정보, ClearTime 상태를 나타낸다.

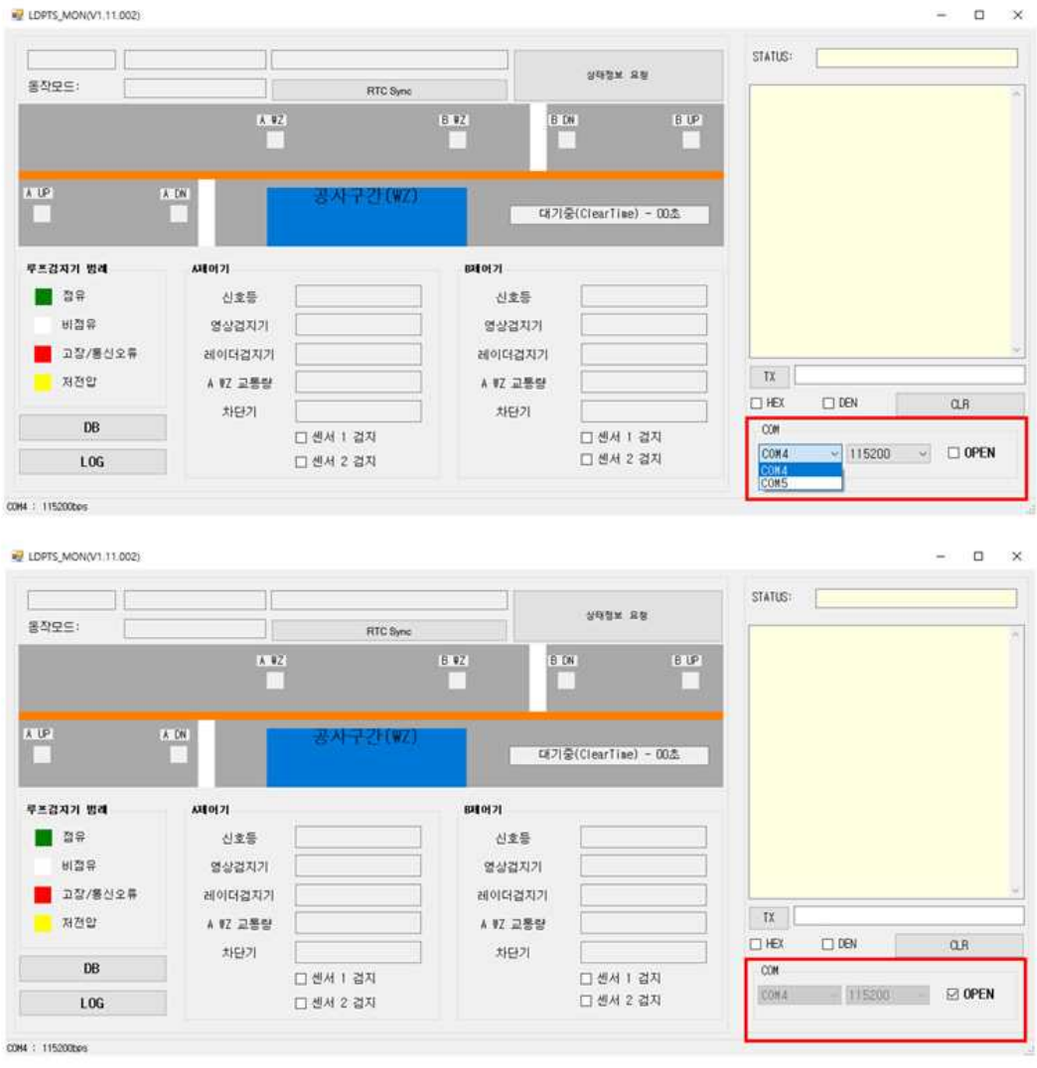
④ 제어기 상태정보창 : 각각의 이동식 교대통행 시스템의 상태를 나타낸다.

⑤ DB 및 LOG확인 : DB설정 및 LOG데이터 확인을 한다.

⑥ 루프검지기 상태알림창

● 기능별 상세 설명

① 포트열기 : PC와 연결시 이동식교대통행 시스템과 연결하는 것으로 시리얼 통신을 통해 컴포트를 연결하고 통신속도 '115200'를 설정 후 'OPEN' 버튼을 클릭하여 포트를 열어준다.



<그림> LDPTS_MON 포트연결 화면

포트 설정(port)	통신속도(Baud rate)
교대통행 시스템 연결시 목록이 표시됨	115200

② 상태정보 요청 : 연결된 이동식 교대통행 시스템으로 데이터 요청을 통해 제어기의 현재 정보 확인 및 DB수정 LOG데이터 확인 등을 할 수 있도록 한다.



<그림> LDPTS_MON 상태정보 요청 화면

③ 상태정보화면 : 현재 연결된 이동식 교대통행 제어기 및 루프검지기 상태 정보, ClearTime 상태를 나타낸다.



<그림> LDPTS_MON 시스템 상태 이미지 화면

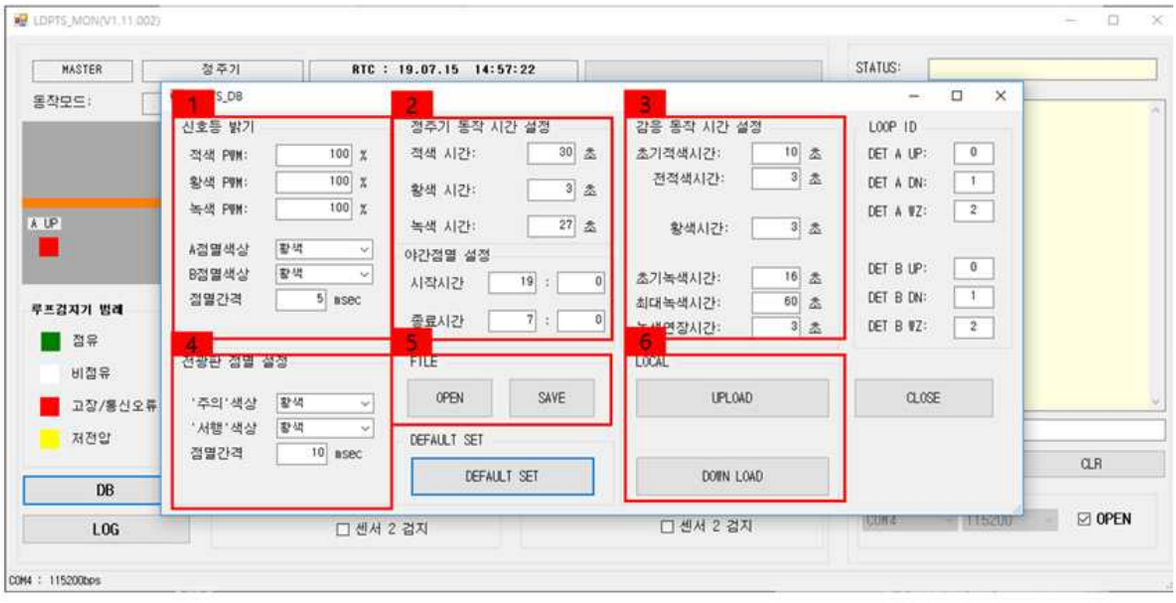
- 이동식 교대통행 시스템의 전체 상태 창으로 각각의 루프검지기 및 신호등 상태를 나타낸다.
- 공사구간(WZ) 클리어타임은 정주기 모드 사용 시 교대 신호 시간을 나타낸다.

④ 제어기 상태정보 창 : 각각의 제어기의 상태정보를 나타내며, 방향 별 교통량 및 표출 신호등 상태를 나타낸다.



<그림> LDPTS_MON 제어기별 상태정보 화면

⑤ DB 및 LOG확인 : DB설정 및 LOG데이터 확인을 한다.



<그림> LDPTS_MON DB설정 화면

1) 신호등 밝기 및 표출 정보 변경 : 적색,황색,녹색에 대한 각각의 밝기 제어 및 점멸색상, 점멸 간격을 수정한다.

2) 정주기 동작 시간 설정 : 정주기 모드 운영 시 각신호의 시간을 수정한다.

3) 감응 동작 시간 설정 : 감응 알고리즘 적용을 위한 설정으로써, 최대 녹색시간 설정 및 연장시간 등을 수정하여 교통량의 따른 효율적인 신호 배정이 가능하다.

4) 전광판 점멸 설정 : 문구표출 전광판의 색상 과 점멸 간격을 수정한다.

5) FILE : 이미 설정된 DB값을 불러들이거나 저장한다.

6) LOCAL : 수정된 DB값을 <DOWN LOAD>를 통해 이동식 교대통행 시스템의 적용 혹은 적용되어져 있는 DB값을 <UPLOAD>를 통해 받는다.

참고문헌

- 교통개발연구원(1999), 도로변 장애물 안전처리기준 개선방안.
- 국토교통부(2011), 안전지향형 교통환경개선 기술개발.
- 국토교통부(2012), 도로 공사장 교통관리지침.
- 국토교통부(2016), 교통안전사업 투자평가지침.
- 국토교통부(2013), 교통사고 및 사망자 최소화를 위한 사고없는 안전교통 로드맵 수립(기획보고서)..
- 삼성교통안전문화연구소(2015), 도로변 공작물 충돌 교통사고 예방 및 피해경감 방안.
- AASHTO(2011), Roadside design guide, AASHTO, Washington, D.C.
- AASHTO(2011), A policy on geometric design of highways and streets.
- Andrew, W. and Daniel, C. (2013), Roadside utility poles. keeping victorians connected, RDN 06-03A, pp. 1-10.
- Allen, B.L., Shin, B. T., Cooper, P.J.(1978), Analysis of traffic conflicts and collisions, No. HS-025 846.
- Azevedo, C. L., I. C. Cardoso, and M. E. Ben-Akiva(2015), Probabilistic safety analysis using traffic microscopic simulation, Presented at 94th annual meeting of the Transportation Research Board, Washington, D.C.
- Bascunana, J. L.(1995), Analysis of lane change crash avoidance. Proceedings of the Future Transportation Technology Conference and Exposition, SAE Technical Paper, Society of Automotive Engineers, Costa Mesa, CA, Vol. 951895, pp. 34-41.
- Cooper, D. F., Ferguson, N.(1976), Traffic studies at T-junctions 2, a conflict simulation record, Traffic Engineering and Control, 17(Analytic).
- David, M. A. (1988), Design review of breakaway sign supports used by Michigan Department of Transportation, Federal Highway Administration Michigan Division.
- Evans, J. (1997) Road crashes involving bridges and culverts, Australian Road Research Board Research Report ARR 303, ARRB Transport Research Ltd, Australia.
- Evans, L.(1994), Driver injury and fatality risk in two-car crashes versus mass ratio inferred using Newtonian mechanics, Accident Analysis and Prevention, Vol. 26, No. 5, pp. 609-616.
- Farah, H., and C. L. Azevedo(2017), Safety analysis of passing maneuvers using extreme value theory, International Association of Traffic and Safety Sciences Research, Vol. 41, No. 1, pp. 12-21.
- Gardoni, P.(2017), Risk and reliability analysis: theory and applications., USA.
- Gettman, D., Head, L.(2003), Surrogate safety measures from traffic simulation models, Publication FHWA-RD-03-050, FHWA, U.S., Department of Transportation, Washington, D.C.
- Gettman, D., L. Pu, T. Sayed, and S. G. Shelby(2008), Surrogate safety assessment model and validation, Publication FHWA-HRT-08-051, FHWA, U.S., Department of Transportation, Washington, D.C.
- Hansson, A.(1975), Studies in driver behavior, with application in traffic design and planning: two examples, Lund, Univ. of California, No. Bulletin 9 Monograph.
- Hayward, J.(1971), Near misses as a measure of safety at urban intersections, Pennsylvania Transportation and Traffic Safety Center
- Huang, H.Z., Yuan, X., Yao, X.S.(2000), Fuzzy fault tree analysis of railway traffic safety, Traffic and Transportation Studies(ICTTS), held in China, pp.107-112.
- Hupfer, C.(1997), Deceleration to safety time (DST)—a useful figure to evaluate traffic safety, In ICTCT Conference Proceedings of Seminar.
- Hydén, C.(1987), The development of a method for traffic safety evaluation: the Swedish Traffic Conflicts Technique, Bull. Lund Inst. Technol.
- Hauer, E. (1997), Observational before-after studies in road safety, Emerald Group Publishing Limited, West Yorkshire, UK.
- Joo, S., Oh, C.(2013), A novel method to monitor bicycling environments, Transportation Part A, Vol. 54(C), pp. 1-13.
- Jula, H., E. B. Kosmatopoulos, and P. A. Ioannou(2000), Collision avoidance analysis for lane changing and merging, IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol. 49, No. 6, pp. 2295-2308.
- Joshua, S.C., Garber, N.J.(1992), A causal analysis of large vehicle accidents through fault-tree

analysis, Risk Analysis, Vol.12 No. 2, pp.173-188.
- Kim, K.S., Lee, H.P., Kim, S.H., Namkoong, S.(2013), Introduction to an expressway traffic data monitoring system using traffic quality information and visualization, Transportation Technology Policy, Vol. 10 No. 3, pp. 69-76.
- Kronprasert, N., Thipnee, N.(2016), Use of evidence theory in fault tree analysis for road safety onspection, International Conference on Belief Functions, Springer International Publishing, pp. 84-93.
- Kurucz, C.N.(1984), An analysis of the injury reduction capabilities of breakaway light standards and various guard rails. Accident Analysis and Prevention, Vol. 16 No. 2, pp.105-114.
- Kuzminski, P., Eisele, J.S., Garber, N., Schwing, R., Haimes, Y.Y., Li, D., Chowdhury, M., (1995), Improvement of highway safety I: Identification of causal factors through faulttree modeling, Risk Anal, Vol. 15, No. 3, pp.293-312.
- Lee, C., P. Y. Park, and M. Abdel-Aty(2011), Lane-by-lane analysis of crash occurrence based on eriver's lane-changing and car-following behavior, Journal of Transportation Safety and Security, Vol. 3, No. 2, pp. 108-122.
- Miaou, S. (2001), Estimating roadside encroachment rates with the combined strengths of accident and encroachment-based approaches, FHWA-RD-01-124, FHWA, U.S. Department of Transportation, Washington, D.C.
- Minderhoud, M.M., Bovy, P.H.(2001), Extended time-to-collision measures for road traffic safety assessment. Accident Analysis and Prevention, Vol. 33, No. 1, pp. 89-97.
- National Academy Press(1993), Recommended Procedures for the Safety Performance Evaluation of Highway Features, NCHRP Report, 350, Transportation Research Board, Washington, D.C.
- Oh, C., Park, S., Ritchie, S.G.(2006), A method for identifying rear-end collision risks using inductive loop detectors, Accident Analysis and Prevention, Vol. 38, No. 2, pp. 295-301.
- Oregon Department of Transportation(2015), ODOT Traffic Sign Design Manual(3rd Edition), USA.
- Pande, A., and M. Abdel-Aty(2006), Assessment of freeway traffic parameters leading to lane-change related collisions, Accident Analysis and Prevention, Vol. 38, No. 5, pp. 936-994.
- Passive Safety UK(2010), Passive safety UK guidelines for specification and use of passively safe street furniture on the UK road network.
- South Dakotaa DOT(2013), Sign and Delineator design guidelines for local roads.
- Songchitruksa, P., and A. P. Tarko(2006), The extreme value theory approach to safety estimation, Accident Analysis and Prevention, Vol. 38, No. 4, pp. 811-822.
- Schubert, R., K. Schulze, and G. Wanielik(2010), Situation assessment for automatic lane-change maneuvers, IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, Vol. 11, No. 3, pp. 607-616.
- Steve, K. & Roger, T. (2006), Investigation of breakaway light standards, Research Report R-1474, Michigan DOT.
- Van Winsum, W., Brookhuis, K.A., de Waard, D.(2000), A comparison of different ways to approximate time-to-line crossing(TLC) during car driving, Accident Analysis and Prevention, Vol. 32, No. 1, pp. 47-56.
- Wang, C., Stamatiadis, N.(2013), Surrogate safety measure for simulation-based conflict study, Transportation Research Record 2386, pp. 72-80.
- Wang, C., Stamatiadis, N.(2014), Derivation of a new surrogate measure of crash severity, Transportation Research Record 2432, pp. 37-45.
- Wbeber R., Matena S. (BASt) (2005), RiPCORD-iSEREST Final Report, TRIMIS.
- Xiang, W., Yan, X., Weng, J., and Li, X.(2016), Effect of auditory in-vehicle warning information on drivers' brake response time to red-light vehicles during collision avoidance, Transportation Part F, Vol. 40, pp. 56-67.
- Xu, G., L. Liu, Y. Ou, and Z. Song(2012), Dynamic modeling of driver control strategy of lane-change behavior and trajectory planning for collision prediction, IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, Vol. 13, No. 3, pp. 1138-1155.
- Zheng, L., K. Ismail, and X. Meng(2014), Freeway safety estimation using extreme value theory approaches: a comparative study, Accident Analysis and Prevention, Vol. 62, pp. 32-41.
- Zegeer, C. V. et. al.(1988), Accident effects of sideslope and other roadside features on two-lane roads, Transportation Research Record 1195, pp. 33-47.

주 의

1. 이 보고서는 국토교통부에서 시행한 교통물류연구 사업의 연구보고서입니다.

2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 교통물류연구사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.

3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안됩니다.