20SCIP-C146569-03

도로관리 효율화를 위한 건설사업정보 빅데이터 서비스기술 개발 최종보고서

2020

국토교통부 국토교통과학기술진흥원

보안 과제( ), 일반 과제(○) / 공개(○), 비공개( ) 발간등록번호(11-B552989-000395-01)

건설기술연구사업 최종보고서

R&D / 20SCIP-C146569-03

도로관리 효율화를 위한 건설사업정보(건설CALS) 빅데이터 서비스기술 개발 최종보고서

2020. 12. 31.

주관연구기관 / 한국건설기술연구원
공동연구기관 / ㈜오픈메이트
공동연구기관 / ㈜에이티맥스

국 토 교 통 부

국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통부(국토교통과학기술진흥원장) 귀하

'도로관리 효율화를 위한 건설사업정보(건설CALS) 빅데이터 서비스기술 개발'(연구개발 기간 : 2018. 04. 13.~ 2020. 12. 31.) 과제의 최종보고서 7부를 제출합니다.

2020. 12. 31.

주관연구기관명 : 한국건설기술연구원 (대표자) 한 승 헌 (인)

공동연구기관명 : (주)오픈메이트 (대표자) 이 은 영 (인)

공동연구기관명 : (주)에이티맥스 (대표자) 김 정 훈 (인)

주관연구기관책임자 : 김 진 욱

공동연구기관책임자 : 윤 태 호

공동연구기관책임자 : 김 종 우

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제29조에 따라 최종보고서 열람에 동의합니다.

<보고서 요약서>

과제 고유 번호	20SCIP-C146569-03	해당 단계 연구 기간	2018.04.13-2020.12.31	단계구분	3단계 / 3단계
연구사업명	중사업명	건설기술연구사업			
	세부사업명				
연구과제명	대과제명				
	세부과제명	도로관리 효율화를 위한 건설사업정보(CALS) 빅데이터 서비스 기술 개발			
연구책임자	김진욱	해당단계 참여연구원 수	총: 42명 내부: 42명 외부: 명	해당단계 연구비	정부:1,796,000천원 민간: 599,000천원 정부외: 천원 상대국: 천원 계: 2,395,000천원
		총 연구기간 참여연구원 수	총: 55명 내부: 55명 외부: 명	총 연구비	정부:3,347,000천원 민간:1,117,000천원 정부외: 천원 상대국: 천원 계: 4,464,000천원
연구기관명 및 소속 부서명	(주관)한국건설기술연구원/미래융합연구본부			참여기업명 (공동) ㈜오픈메이트 (공동) ㈜에이티맥스	
국제공동연구	상대국명:			상대국 연구기관명:	
위탁연구	연구기관명:			연구책임자:	

※ 국내・외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 갈음

연구개발성과의 보안등급 및 사유	해당사항 없음

9대 성과 등록・기탁번호

구분	논문	특허	보고서 원문	연구시설・장비	기술요약 정보	소프트웨어	화합물	생명자원		신품종	
								생명 정보	생물 자원	정보	실물
등록・기탁 번호	35	10	21	-	-	24	-	-	-	-	-

국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설・장비 현황

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

요약(연구개발성과를 중심으로 개조식으로 작성하되, 500자 이내로 작성합니다)	보고서 면수

<요 약 문>

연구의 목적 및 내용	○ **연구 목적** 건설사업정보시스템(CALS)에서 보유중인 대용량 데이터와 외부정보를 활용하여 과적단속 최적위치 예측, 비탈면 붕괴 위험도 예측, 도로점용(연결) 허가가능 구간 추정, 보상비 추정 등 4종의 빅데이터 서비스를 개발하여 건설CALS포털 시스템을 통해 국토교통부 및 대국민에게 시범서비스 ○ **연구 내용** - 건설분야 빅데이터 현황분석 및 데이터 처리·연계기술 연구 - 건설CALS 빅데이터 서비스 기술 개발 - 건설CALS 빅데이터 서비스 시범적용 및 활용계획 수립
연구개발성과	- 과적단속 최적 위치·시기 예측서비스 기술 개발 - 비탈면 붕괴 위험도예측서비스 기술 개발 - 도로점용(연결) 허가 가능구간 추정서비스 기술 개발 - 보상비 추정서비스 기술 개발 - 중량센서 기반 과적예방기준 개발
연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	- 국내 최초로 빅데이터를 기반으로 과적단속 최적 위치/시기 예측, 비탈면 붕괴 위험도 예측, 도로점용(연결) 허가가능 추정, 보상비 추정 등 기술을 개발하여 지방국토관리청 및 국토관리사무소에 시범적용하여 효과를 검증함으로써 실제 운영을 위한 기반 마련 - 개발기술을 국토교통부/지방국토관리청/국토관리사무소의 운행제한 위반차량 단속업무, 사면관리 업무, 도로점용 업무, 보상업무에 활용 - 개발기술을 활용하여 도로관리 업무처리 방식 개선 등 정책의 효과성을 검증하는 정책의 환류기능에 기여 - 도로관리 사업에서 활용 가능한 빅데이터 분석 및 처리 기술을 개발하여 실제 업무의 검증을 통해 도로관리 업무에 적합한 빅데이터 기반의 예측기술을 선도 - 중량센서 도입에 따른 과적의 사전 예방으로 도로포장 파손의 최소화 및 과적에 의한 교통사고 피해 감소 및 경제적 효과를 검증 - 향후 개발 기술과 서비스를 타부처/지자체 등에도 사용할 수 있도록 활용 및 확대 방안을 제시

국문핵심어 (5개 이내)	도로관리	건설사업정보시스템	빅데이터분석	예측 서비스	건설정보모델
영문핵심어 (5개 이내)	Road Management	Construction CALS	BigData Analysis	Predictive service	Construction Information Model

※ 국문으로 작성(영문 핵심어 제외)

〈 목 차 〉

1. 연구개발과제의 개요 ····· 1

2. 연구수행내용 및 성과 ·····9

3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도 ·····205

4. 연구개발성과의 활용 계획 등 ·····223

붙임1. 사용자 매뉴얼 ·····237

붙임2. 사용자 만족도 조사양식 ·····258

붙임3. 화물차량 중량센서 품질기준(안) ·····262

붙임4. 참고 문헌 ·····272

1. 연구개발과제의 개요

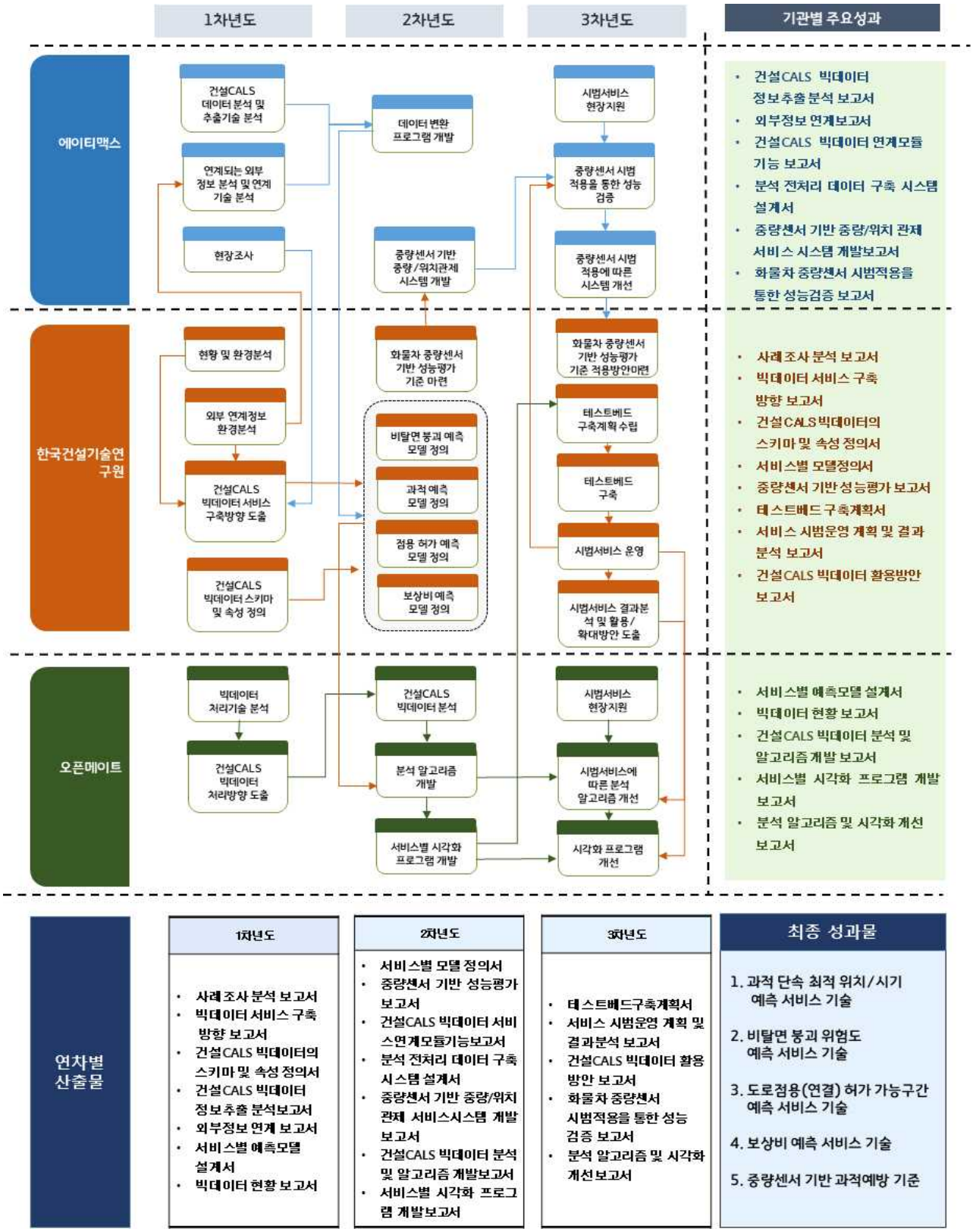
가. 연구개발의 목적

○ 건설사업정보시스템(CALS)에서 보유중인 대용량 데이터와 외부정보를 활용하여 과적단속 최적위치, 비탈면 붕괴 위험도 예측, 도로점용 허가가능구간, 보상비 추정 등 4종의 빅데이터 서비스를 개발하여 건설CALS 포털시스템을 통해 국토교통부 및 대국민에게 시범서비스를 목적으로 한다.

○ 목적 달성을 위해 참여기관이 년차별로 추진한 내용은 다음과 같으며 1차년은 현황분석 및 처리기술 연구, 2차년은 모델정의 및 프로그램 개발, 3차년은 시범적용 및 효과분석에 따른 개선 및 활용방안을 도출하였다.

1차년	주관	한국건설기술연구원	▪ 도로분야 빅데이터 정책, 시장, 기술 등 현황분석 ▪ 서비스별로 관련 법령, 법제도 내용 및 환경 분석 ▪ 건설CALS 빅데이터 서비스 구축방향 도출 ▪ 건설CALS 빅데이터의 스키마 및 속성 정의
	공동	에이티맥스	▪ 건설CALS 보유 데이터 추출 변환 및 데이터 처리기술 분석 ▪ 연계되는 외부시스템의 정보유형 및 연계기술 분석
	공동	오픈메이트	▪ 빅데이터 처리기술(수집, 저장, 처리, 분석, 시각화 등) 분석 ▪ 건설CALS 빅데이터 분석, 시각화 등 처리방향 도출
2차년	주관	한국건설기술연구원	▪ 과적단속 최적 위치/시기 예측 모델 정의 ▪ 비탈면 붕괴 위험도 예측 모델 정의 ▪ 도로점용(연결) 허가 가능구간 추정 모델 정의 ▪ 보상비 추정 모델 정의 ▪ 화물차 중량센서 기반 성능평가 기준 마련 ▪ 과적 서비스 분야 2개 기관 시범적용
	공동	에이티맥스	▪ 빅데이터 분석용 정보추출 데이터 변환프로그램 개발 ▪ 중량센서 기반 중량/위치관제 시스템 개발
	공동	오픈메이트	▪ 건설CALS 빅데이터 분석 및 알고리즘 개발 ▪ 서비스별 시각화 프로그램 개발
3차년	주관	한국건설기술연구원	▪ 테스트베드 구축 계획 수립 ▪ 테스트베드 구축 ▪ 건설CALS포털을 통한 시범서비스 ▪ 전체 시범서비스 결과 분석 및 활용방안 도출
	공동	에이티맥스	▪ 화물차 중량센서 테스트베드 구축 및 시범적용을 통한 성능검증 ▪ 화물차 중량센서 시범적용에 따른 시스템 개선
	공동	오픈메이트	▪ 시범서비스에 따른 분석 알고리즘 개선 ▪ 시범서비스에 따른 시각화 프로그램 개선

○ 연구개발 추진 내용과 산출물 등 연구성과물 달성을 위한 기술로드맵은 다음과 같다.



나. 연구의 필요성

○ 건설사업과 관련된 방대한 정보가 시스템에 축척되어 있으나 이를 근간으로 한 활용 사례 미미

- 국토교통부는 건설사업의 기획, 설계, 시공, 유지관리 등 全 과정에서 생산되는 정보를 발주기관, 관련업체 등이 전산망을 통하여 교환·공유하기 위한 통합 정보화 체계인 건설사업정보화(CALS) 사업을 추진 중
- 건설CALS시스템은 기획재정부의 dBrain 등 총 26개 시스템과 연계하여 운영 중이며 건설사업 전체 단계(Lifecycle)의 디지털화, 건설사업 수행절차 개선, 자료 교환 및 공유 등을 통해 건설사업의 생산성·효율성 향상을 목표로 운영 중임
- 건설CALS시스템은 '03년 개발 이후 건설사업관리 정보, 시설물유지관리 정보, 건설 인허가정보, 용지보상정보, 과적단속정보 등 방대한 양의 건설사업 정보*가 축척되어 있으나 단순보고 및 통계자료로만 활용되고 있는 실정임

* 건설공사 5,500 건, 건설인허가 15만 건, 교량·터널 등 시설물 정보 7,800건, 검차·단속 정보 1,300만 건, 비탈면정보 3만 건 등

- 이에 본 연구에서는 건설CALS에서 보유중인 건설정보 중 과적 정보, 비탈면관리 정보, 도로점용(연결)정보, 보상비 정보 등을 활용한 빅데이터 서비스 기술을 개발하고자 함

○ 과적단속 최적 위치·시기 예측 서비스 기술 개발 및 중량센서 기반 과적예방기준 연구

- 과적차량은 도로 포장파손* 피해 및 교통사고의 주요 요인으로, 과적 단속을 위해 고정식과 이동식 단속**을 실시중이나, 현재는 과적 검차 및 단속실적만 입력·관리하고 있어 과적예방 기능이나 단속지원 기능은 없음

* '16년 기준, 포장파손 피해로 1,243Km (2차로 환산) 도로보수, 1,782억 원 보수비용 발생하며, 10톤 차량은 승용차 7만대의 포장파손 우려

** 일반국도의 경우 472명(45개 반)의 전담인력으로 177개 검문소(고정 26, 이동 151)를 운영 중이며 최근 42개 이동단속지점 추가 설치 중('17년)

- 일본은 과적재방지대책으로 토사 등을 운반하는 대형차량에 자중계 설치를 의무화 후 과적발생 60%이상 감소, 사망사고 75%이상 감소됨
- 건설CALS내 검차 및 단속정보와 교통량정보 등 연계정보를 분석하여 화물차 이동경로 예측모델 개발 등 운행제한 차량의 단속 업무를 지원하는 체계가 필요하며, 일본의 자중계 설치와 같이 과적의 사전 예방을 위한 기준에 대한 연구가 필요함

○ 비탈면 붕괴 위험도예측서비스 기술 개발

- 지구온난화로 인한 이상기후 영향으로 비탈면 붕괴 및 산사태가 반복되는 실정이며, 붕괴발생 내적요인(풍화도, 수리, 지질 등)의 변화와 외부환경(강우, 기온변화 등)의 변화를 종합적으로 반영한 위험도 관리가 필요한 시점으로 재해재난 관리업무 특성상 빠른 응답 및 대응이 요구되는 상황임

- 국도 비탈면의 경우 도로비탈면유지관리시스템(CSMS)을 통해 체계적으로 관리*되고 있는 상황이나, 지도 형태로 관리하는 미국, 대만 등 방재 선진국에 비하여 위험도 예측서비스기술이 취약한 상황임

  * '17년 기준, 일반국도 전체 비탈면 30,434개소, 위험관리그룹 현장 1,437개소

- 기술의 획기적 발전과 스마트 환경 구현이 가능해지면서, CSMS에서 관리 중인 방대한 자료와 기타 내·외부 데이터를 연계한 보다 정확하고 신뢰성 높은 비탈면 붕괴 위험도 예측서비스 개발이 필요함

○ 도로점용(연결) 허가 가능구간 추정서비스 기술 개발

- 민원인이 차량 진출입로 설치 등 도로점용(연결) 허가 신청을 위해서 많은 비용(건당 70~2,000만원)이 소요되지만 불허 비율이 20%이상*으로 행정력과 개인 비용의 낭비가 심한 상황이나, 현재는 허가사례 분석이나 허가가능 예측기능은 없음

  * 최근 5년('12-'16) 도로점용 : 신청 17,550건 중 허가 등 13,937건, 불허 3,613건(21%)

- 지방자치제도 도입에 따라 1990년대 이후 지방도시가 개발됨에 따라 도로를 중심으로 주유소, 공장, 근린생활시설 등 도시화 진행이 활발함에도 불구하고, 진출입로 설치 등에 대한 사례분석이나 허가가능 예측 기술이 없어, 개념적인 도로점용(연결)허가 기준에 근거한 도로관리청 업무담당자의 경험적 재량권 행사에 따라 허가여부가 결정되고 있음

- 특히 교차로 인근의 도로점용(연결) 허가기준 판단은 곡선반지름, 종단기울기, 교차로 선형 등 도로 기하구조에 근거하여 공학적으로 판단할 수 있지만, 도로점용(연결) 허가의 신청구간마다 도로 기하구조가 조금씩 상이하고, 현장 여건이 복잡하여 이를 도로관리청 업무담당자가 일관성 있게 처리하기가 곤란한 실정임

- 이에 공학적 분석알고리즘에 근거한 도로 기하구조 등 빅데이터를 분석하여 도로점용(연결) 허가 가능구간 추정 서비스를 통한 민원행정 지원기술 개발이 필요함

○ 보상비 추정서비스 기술 개발

- 당초 계획 보상비보다 실제 보상비가 상승*할 경우 사업규모 축소 또는 중단 등 사업 진행에 큰 차질을 초래하거나 보상기간이 지연되어 개발사업의 기대효과를 달성하기 어려울수도 있으나, 문제는 관련 시스템이 부족하여 기획단계에서 부정확한 보상금 추정이 이루어진다는 것임

  * 서울-춘천간 고속도로사업(당초 2,241억원 → 실제 4,750억원), 서수원-평택 고속도로사업(당초 652억원→실제 4,800억원

- 정부는 대규모 재정예산이 소요되는 개발 사업에서 사업타당성 검증을 강화하여 예산 수립 및 예산집행의 효율성을 달성하고자 하였으며, 현재는 대규모 개발 사업에 제한적으로 적용되고 있는 상황임

- 사업타당성을 검증하기 위해서는 총사업비를 추정해야 하고, 사업비의 약 1/3이상은 보상비이므로 보상비를 미리 추정하기 위한 기술 개발 및 보상액 산출을 위한 모니터링 및 시뮬레이션 기술이 필요함

○ 따라서 도로 공사 및 유지관리 과정에서 발생하는 많은 양의 데이터를 4차 산업혁명의 핵심기술 중의 하나인 빅데이터 기술을 활용하여 분석하여 업무에 적용함으로써 도로 관리 효율화를 달성하고 국민편익 향상 및 자연재난에 효과적으로 대응하기 위한 도로 관리 체계 구축이 필요

다. 연구의 범위

(1) 과적단속 최적 위치 · 시기 예측 서비스 기술 개발 및 중량센서 기반 과적예방기준 연구

○ 본 과제는 과적예방과 단속업무를 지원하기 위한 화물차량 이동경로 및 과적단속 최적위치 예측 모델 개발과 화물차량 중량센서 기반의 선제적 과적관제 및 예방기술 개발을 목표로 함

○ 과적단속업무와 관련된 검차 및 단속정보, 교통량정보 등 내·외부 연계 데이터 분석을 통해 기초 데이터 연계방안을 도출하여 화물차량 이동경로 및 과적단속 최적위치 예측 서비스의 시범운영 및 효과분석과 더불어 화물차량 중량센서 성능평가 기준을 마련하여 선제적 과적관제기술을 개발하고 실시간 중량과 위치정보에 의한 GIS기반의 과적예방 체계를 구축하며 이를 위해 다음의 핵심기술을 개발 범위로 함

- 운행제한 차량의 단속정보와 연계되는 교통량, 디지털운행기록(DTG) 등 외부데이터 연계 기술 개발
  - 검차 및 단속정보, 교통량정보 등 내·외부 연계 데이터 분석
  - 수집 데이터의 속성정보 분류 및 정제 방안 마련
  - 빅데이터 분석을 위한 기초 데이터 연계 방안 마련
- 화물차량 이동경로 및 과적단속 최적위치 예측 모델 개발
  - 과적단속지점 위치 정보 제공을 위한 현황 조사
  - 화물차량 이동경로 및 과적단속 최적위치 예측 기능개발
  - 화물차량 이동경로 및 과적단속 최적위치 예측서비스 시범운영 및 효과분석
  - 18개 국토관리사무소 시범적용 및 효과분석
- 화물차량 중량센서 기반의 선제적 과적관제 및 예방기술 개발
  - 화물차량용 중량센서 성능평가 체계 및 표준화 연구
  - 실시간 중량, 위치정보에 의한 GIS기반 과적관제 기술 개발

(2) 비탈면 붕괴 위험도예측서비스 기술 개발

○ 국토교통부는 국도의 전체 비탈면에 대하여 도로비탈면유지관리시스템(Cut Slope Management System, 이하 CSMS)을 통해 관리 중이며, CSMS에서는 비탈면 데이터베이스 관리, 비탈면 현황 및 상태 파악, 위험 비탈면 현장조사 및 보수·보강 공법 등의 업무를 수행 중에 있음

○ 본 과제는 비탈면 데이터베이스, 기상자료, 지질도 정보 등 빅데이터 개념의 분석을 통해 상황별 비탈면위험도를 도출하고 분석 결과를 국민에게 제공하여 산사태 및 비탈면 붕괴로부터 안전사고를 미연에 예방하도록 대응 능력을 향상시킴에 목적이 있으며, 세부적인 핵심기술 내용은 다음과 같음

- 비탈면 붕괴 위험도예측서비스 관련 데이터 정의 및 정제 기술 개발
  - 빅데이터 분석의 수행 범위 결정 및 세부 목표 정의
  - 비탈면 붕괴 및 산사태 발생 유발 내외부인자 데이터 분류, 자료 수집 및 연계
  - 빅데이터 추출을 위한 특성 파악, 매시업 등 데이터전처리(data preprocessing) 수행
- 빅데이터 예측을 위한 모델 개발 및 타당성 검증 연구
  - 비탈면 붕괴위험도 예측서비스 빅데이터 모델 검토 및 그래픽 분석 수행
  - 빅데이터 기반 비탈면 위험도 패턴 분류
  - 시범서비스 구간 선정 및 개발 빅데이터 모델 타당성 검증
- 빅데이터 서비스 확대 및 대국민 위험도 경보 체제 구축
  - 시범서비스 구간 확대 및 선행 연구 비교, 우수 빅데이터 분석 모델 확정
  - 비탈면 관리용 웹시스템 및 붕괴 위험 알림 앱서비스 개발
  - 연구성과의 국토교통부 재해재난 기타 관리 분야 확대 재생산 방안 마련 등

(3) 도로점용(연결) 허가 가능구간 추정서비스 기술 개발

○ 진출입로 설치 등 도로점용(연결) 허가는 국민 재산권 행사 및 도로 관리에 영향을 미치는 중요한 민원업무로서 도로여건에 따라 허가기준 적용방법이 다양하여 전문적인 기술과 노하우가 필요한 분야임

○ 본 기술은 도로점용(연결) 허가여부 판단을 위해 필요한 곡선반지름, 종단구배 등 공간정보와 도로점용(연결)허가 신청 시 제출한 설계도면(변속차로, 부가차로 등), 지적정보 등을 활용하여 도로점용(연결) 허가 가능구간을 추정할 수 있는 공학적 민원행적 지원기술을 개발하고자 함

- 도로점용(연결) 관련 도로정보 유형분류 및 생성기술 개발
  - 교차로 유형 관련 규정 및 사례조사를 통한 정형·비정형 교차로 분류 기준 도출

- 도로법 등 도로점용(연결) 허가 판단을 위해 필요한 도로형상 및 기하구조 정보 생성 기술 개발
- 지리정보 등 디지털 도로지도정보 중 도로점용(연결)허가 관련 속성정보 조사

- 도로점용(연결) 허가 여부 판단을 위한 공학적 분석모형 개발
  - 국내외 도로점용(연결) 관련 법·제도·규정 조사
  - 기존 도로점용(연결)허가 정보의 축적 및 관리기술 개발
  - 도로점용(연결) 허가 신청 시 제출도면 중 활용가능 정보 조사
  - 교차로 도로연결허가 금지구간 등 관련 규정 및 공간정보를 고려한 허가여부 판단 알고리즘 개발
- 도로점용(연결) 허가 분석모형에 따른 테스트베드 구축 및 시범적용
  - 개발된 분석모형 기반의 프로토타입 시스템 개발
  - 취득 가능한 도로지리정보 항목을 고려한 분석모형의 현장 적용 적합성 분석
  - 테스트베드를 대상으로 한 시범적용 결과를 고려한 교차로 유형 분류 및 분석모형 개선

(4) 보상비 추정서비스 기술 개발

○ 신규공사에 대한 보상비 산정은 사업수행을 위한 타당성 조사시 소요예산 산정 측면에서 매우 중요한 요소이나 현재는 대부분 공시지가를 기반으로 한 배율보정 방법 등을 통해 개략적인 금액을 산정하고 있어 실제 보상비와의 오차가 발생함에 따라 효율적인 의사결정이 어려움

○ 이에 개략 보상비 산정을 위한 객관적 근거자료 제시, 최적의 사업계획 수립 및 효율적인 의사결정을 위해 건설사업정보시스템에 다년간 축척된 보상데이터를 근간으로 공간정보 및 지적정보 등과 연계하여 빅데이터 분석을 수행하고 이를 근간으로 오차범위를 최소화할 수 있는 보상비 산정 기술을 개발하고자 함

- 현행 보상비 예측방식 기술동향 조사 및 관련 법규 분석
- 보상비 예측서비스 개발을 위한 개발방향 설정 및 세부 추진전략 수립
- 빅데이터 기반의 토지, 지장물, 기타 보상비 산정기술 개발
- 효율적 의사결정을 위한 외부 데이터 연계 및 공간정보 통합 기술 개발
- 시스템 통합 및 테스트베드 적용
- 활용 가이드라인 개발

라. 연구개발 기술 수준

구분		표기	단계별 설명
기초연구 단계	TRL 1	□	【기초실험】 기본원리발견
	TRL 2	□	【개념정립】 기술개념과 적용분야의 확립
실험 단계	TRL 3	□	【기본성능검증】 분석과 실험을 통한 기술개념 검증
	TRL 4	□	【부품/시스템 성능검증】 연구실 환경에서의 Working Model 개발
시작품 단계	TRL 5	□	【장치/시스템 시제품 제작】 유사 환경에서의 Working Model 검증
	TRL 6	□	【시제품 성능평가】 유사 환경에서의 프로토타입 개발
실용화 단계	TRL 7	■	【시제품 신뢰성평가】 실제 환경에서 시제품 데모
	TRL 8	□	【시제품 인증】 상용제품 시험평가 및 신뢰성 검증
양산 단계	TRL 9	□	【사업화】 상용제품생산

○ 본 과제는 4종(과적단속 최적위치, 비탈면 위험도예측, 도로점용 허가가능구간, 보상비 추정 등)의 빅데이터 서비스를 개발하여 건설사업정보포털시스템 테스트베드를 통해 국토교통부의 지방국토관리청과 국토관리사무소 해당 업무의 실제 환경에서 시범 적용해봄으로써

○ 향후 전체 지방국토관리청 및 국토관리사무소에서의 사용가능성 및 성능을 증명하고, 더 나아가 국토교통부뿐만 아니라 전 부처 및 지방자치단체에서도 활용이 가능하도록 기술 기반을 마련하는 TRL 7(시제품 신뢰성 평가) 단계에 해당함

2. 연구수행내용 및 성과

가. 연구 수행 내용

(1) 과적단속 최적 위치 및 시기 예측서비스 기술

(가) 운행제한 위반차량 단속업무 분석

○ 과적단속은 단순히 도로법에서 정하고 있는 축중량, 총중량, 제원(높이, 길이, 제원) 등의 단속 기준을 초과하는 과적재차량을 단속하는데에만 그 목적이 국한되어 있지 않음. 과적은 차량의 단속 제원이 정하고 있는 화물적재의 기준을 초과하여 화물을 적재하는 것으로 이러한 차량의 단속을 통한 근절은 국민의 세금으로 만들어져 전 국민이 이용하는 도로의 조기 파손 및 대형 교통사고의 발생을 미연에 방지하여 안전한 도로환경을 만드는데 그 궁극적이 목적이 있음. 과적단속은 이와 같이 생명보호 · 재산 보호라는 중대한 업무를 수행하는 국가정책 중의 하나임

○ 그러나, 과적차량은 단속회피를 위하여 고정식검문소를 우회하는 경향이 있으며 대안으로 효과적인 단속을 위해 이동식으로 운영하지만 효과적인 단속위치 선정의 어려움이 있어 최적의 단속위치 선정을 통한 효율적인 과적차량 단속이 필요함

○ 우리나라는 도로법(제77조 및 시행령 제79조 차량의 운행 제한 등)에서 도로 구조물을 보전하고 차량 운행으로 인한 위험을 방지하기 위하여 축하중 10톤, 총중량 40톤을 초과하는 차량에 대하여 운행을 제한하고 있으며, 이를 근거로 국토교통부, 지방자치단체, 한국도로공사, 민자도로 관리자 등 각 도로관리청에서는 과적차량에 대한 단속을 적극 시행

○ 차량의 운행제한 근거 및 기준

- 제한근거 : 도로법 제77조 및 동법시행령 제79조에 의거 도로의 구조를 보전하고 차량 운행의 위험을 방지하기 위하여 일정기준을 초과하는 차량(건설기계포함)의 운행을 제한
- 제한기준 : 축하중 10톤, 총중량 40톤, 폭 2.5m, 높이 4.0m(도로관리청이 인정하는 경우 4.2m), 길이 16.7m 초과차량

○ 단속기준 결정배경

- 차량하중과 도로구조물(포장, 교량)건설체계에서 급속한 경제성장 및 자동차 생산기술 향상에 따른 차량의 대형화 및 중량화 추세에 맞추어 도로구조물의 설치기준을 높이는

데는 정부재정형편 등에 한계가 있으며, 도로구조물 설치기준을 중차량 통행능력에 부응하여 상향조정 건설할 경우에도 차량은 동 기준을 훨씬 능가하는 성능의 차량을 제작하는 악순환이 계속됨

< 화물자동차 및 교량설계하중 변천과정 >

기관	‘27 ~‘39	‘40 ~‘62	‘63 ~‘78	‘79~현재
화물자동차(총중량)	10톤	13톤	15톤	40톤
교량(1등교기준 총중량)	12톤	13톤	22.4톤	43.2톤

- 따라서 우리나라의 운행제한차량 기준은 차량하중과 도로구조물의 강성과의 상관관계에서 차량의 대형화 및 중량화 추세에 맞추어 도로시설기준을 무한정 높일 수 없는 실정이므로, 차량의 화물운송능력에 따른 경제성, 차량자체의 주행 안전성, 한정된 정부재정형편에 따른 도로포장 및 교량등급 상향조정 건설 한계, 미국, 영국, 일본 등 선진외국과의 형평성과 사회·경제·국방여건 등을 종합적으로 고려하여 합리적으로 결정하였음

< 운행제한차량 단속기준 외국과 비교표 >

국 명	축중(톤)	총중량(톤)	폭(m)	높이(m)	길이(m)	단속기관
한 국	10.0	40.0	2.5	4.0	16.7	도로관리청
일 본	10.0	36.0	2.5	3.8	12.0	도로관리청(합동)
미 국	9.1(복축14.5)	36.4	2.5	4.0	18.3	합동(주별상이)
독 일	10.0	40.0	2.5	4.0	18.0	경 찰
영 국	–	38.0	2.5	4.0	18.0	합 동
프랑스	13.0(복축19)	38.0	2.5	–	18.0	–
EU통합	11.0	40.0	–	–	–	’99부터 적용

○ 운행제한차량 통행이 도로포장에 미치는 영향

- 축중10톤 : 승용차 7만대 통행과 같은 도로파손
- 축중11톤 : 승용차 11만대 통행과 같은 도로파손
- 측중13톤 : 승용차 21만대 통행과 같은 도로파손
- 측중15톤 : 승용차 39만대 통행과 같은 도로파손
- 축하중의 증가에 따라 포장에 미치는 영향(AASHTO 시험결과)

·축중10톤인 경우 승용차 환산대수

- $影響度 = \left(\frac{實際通過車輛軸荷重}{基準車輛軸荷重}\right)^{4.2} = \left(\frac{貨物車定量積載}{乘用車}\right)^{4.2} = \left(\frac{10톤}{0.7톤}\right)^{4.2} = 70,890臺$

- 과적차량에 의한 포장파손도(축중15톤인 경우)

· $파손도 = \left(\frac{축하중15톤}{축하중10톤}\right)^{4.2} = \left(\frac{15}{10}\right)^{4.2} = 5.5培$

- 축하중별 포장파손 비율(10톤 축하중을 1로 기준)

軸荷重(톤)	1	3	5	10	11	12	13	15	17	19	20
倍	0.00006	0.006	0.06	1	1.5	2.2	3	5.5	9.3	14.8	18.4

○ 현행 국내 과적단속 방식은 차량의 흐름을 통제한 상태에서 중량을 측정하는 고정식 단속 또는 이동단속반원들이 이동식 축중기를 가지고 혐의 차량을 선별적 단속하는 이동식 단속을 사용

- 두 가지 방식의 현행 과적단속체계는 화물차량을 정지 또는 서행 상태에서 단속이 이루어지며, 단속지점 또한 검문소(고속국도의 경우 영업소 축중차로)로 유도하여 검측하고 있음
- 이동단속의 경우 제보를 제외하면 단속원의 자의적 판단에 의하여 과적의심차량을 선별하거나 검측지점을 주행하는 임의의 화물차량을 대상으로 운행을 통제 후 검측을 수행

○ 고속국도의 경우, 과적 단속은 주로 톨게이트에 설치된 고정식 저속 축중기를 활용하여 진입 혹은 진출하는 차량의 중량을 검측하여 고발하는 방식을 사용하며, 일반국도의 과적 단속은 고정식 저속 축중기가 설치된 과적검문소와 이동식 축중기를 활용한 이동식 단속반을 운영하여 검측하여 고발하는 방식을 사용

〈 국내 과적 단속 현황(2014년 기준) 〉

구분	관할주체	고정식 검문소	이동식 검문소	이동식 단속반
고속국도	한국도로공사	330개소 (영업소 진입부)		9개반 (전담인력 1411명)
일반국도	5개 지방국토관리청 및 18개 국토관리사무소	29개소	124개소	42개반 (전담인력 526명)
시군도/ 지방도	지자체(16개 시 · 도)	29개소	159개소	129개반 (전담인력 840명)

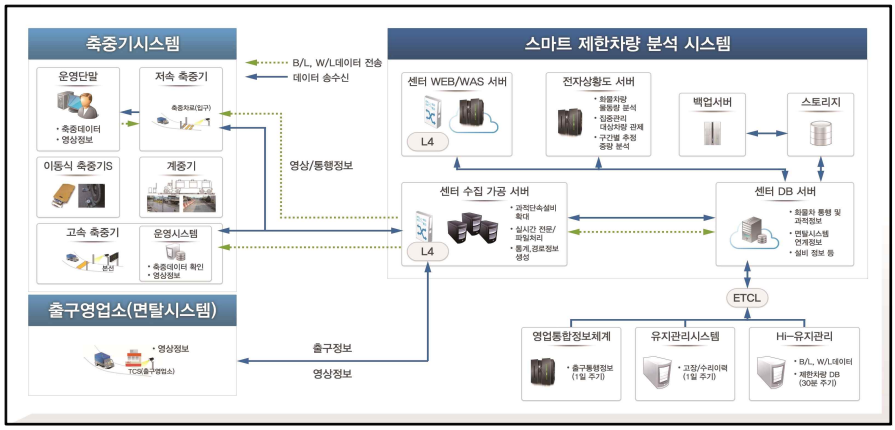
○ 고정식 검문소는 고속형 계근장비와 저속형 계근장비가 설치되어 있으며, 고속형 계근장비는 혐의차량과 도주차량을 적발하는데 사용하며, 저속형 계근장비는 혐의차량에 대한 축중량, 총중량, 제원(높이, 길이, 폭) 등을 정밀계근하여 위반여부를 확인하는 목적으로 사용됨. 도주차량은 도로 상에 설치되어 있는 고속형 계근장비 중 CCTV를 통해 촬영하고 도주차량의 정보와 동영상을 통해 획득한 사진을 첨부하여 과태료를 부과하도록 함

- 고정식검문소 고속형계근시스템은 국토교통부 산하 각 국토관리사무소에 동일한 목적 및 규격으로 설치되어 있으며, 고정식 검문소의 전방 600m지점에 과적차량유도시스템을 설치하여 주행하는 화물차량의 무게를 1차 계측하여 과적 혐의가 있는 차량에 대하여 보조검문소의 근무자에게 알람 및 경고음을 발생하고 저속축중기로 유도하여 정밀 측정을 하도록 하며, 유도에 불응하는 차량에 대하여 도주차량시스템에서 2차 차량의 번호판을 촬영하여 단속하는 시스템으로 구성되어 있음
- 고정식검문소 저속형계근시스템은 고속형계근시스템에서 과적혐의가 있는 차량이 차량 대수분리기로 진입하면 주제어기로 신호를 보내며, 적외선감지기를 이용하여 높이를 측정하며, 차량영상촬영 및 축중검출 PAD를 통한 총중량 및 축중량을 검출하며 제한 차량 발생시 제한차량표시판을 통해 과적차량임을 표시함. 저속형계근시스템의 주요 기능으로는 검측차량의 축중량, 총중량, 속도, 높이 등의 정보를 제공하는 것으로 구성 되어져 있음
- 고속형 계근장비를 통해 혐의차량으로 분류된 차량이 저속형 계근장비의 2차 계근을 통해 과적차량으로 판명이 되면 단속원이 과적적발보고서와 함께 계근표(중량 초과인 경우)/제원표(치수 초과인 경우), 자인서, 사진대장, 진술서, 확인서를 수기로 작성 하게 됨. 이들 문서의 내용으로는 차량번호, 차량소유자/운전자 인적사항, 적발일시, 적발장소, 위반내용, 과적차량 사진 등이 포함. 도주차량인 경우에는 차량의 사진을 붙인 확인서를 작성함

○ 이동식 단속반은 과적혐의차량을 대상으로 이동식 축중계를 사용하여 정밀계근을 실시. 단속원은 과적적발보고서, 단속일지, 도주차량 확인서, 정밀계근 데이터 등 과적적발 관련 실적데이터를 수기로 작성하여 관할 국토관리사무소에 보고하며, 국토관리사무소의 과적담당자는 각 검문소에 보내온 과적적발 데이터를 취합하여 과태료부과시스템에 입력하고 있음
- 이동단속 방법은 이동 단속위치는 국토관리사무소별로 지정한 지점을 기준으로 하되 보안유지를 위해 당일 단속 근무 출동 전에 사무소에서 단속반장에게 지시한 단속지점에서 단속을 원칙으로 하며, 야간 근무 시 당직실로 이동단속 민원제보가 접수되는 경우에는 운행제한차량담당자의 지시에 따라 단속위치 조정
- 단속시간은 국토관리사무소의 관리상황에 따라 2교대 또는 3교대를 원칙으로 하되, 취약시간 단속 및 민원제보 등을 고려하여 단속시간을 탄력적으로 변경 지정하여 단속 정보 등에 대한 사전유출 방지
- 이동단속 반장은 반원들의 연락망을 상시 확보하여, 민원제보 시 신속하게 투입(근거리 : 1시간 이내, 원거리 : 1시간 30분 이내)될 수 있도록 조치
- 탄력근무 적용 시 등 휴식시간에는 차량과 장비를 사무소에 두고(임의 운행 금지), 별도 소내 휴게실에서 휴식을 취하거나, 장비를 점검하고(민원대기), 민원 제보 시 신속하게 출동할 수 있도록 운영하고 있음

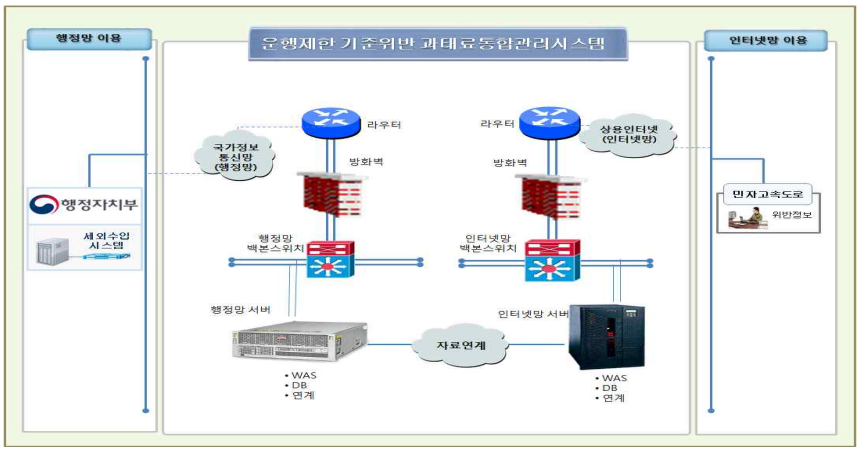
(나) 연구개발 대상 국내·외 기술현황

○ 한국도로공사는 현재 고정식(저속) 축중기 335개소, 고속축중기 7개소, 계중기 11개소에 설치하여 GIS 기반의 전자상황도를 구축하여 화물차 통행현황, 화물차 운행경로, 단속 시스템 현황, 화물차 위반현황, 화물차 관리현황 중심으로 스마트 제한차량 분석 시스템을 구성하여 운영하고 있음



< 한국도로공사 스마트 제한차량 분석 시스템 구성도 >

○ 경기도 건설본부는 현재 수기형태로 관리하고 있는 과적위반차량 DB관리를 위한 통합 관리시스템 구축 예정이며, 경기도내 중차량 운행패턴 분석결과를 이동단속반 배치노선 및 배치지점에 활용하여 단속 효율성 제고를 위한 사업 추진 중에 있음

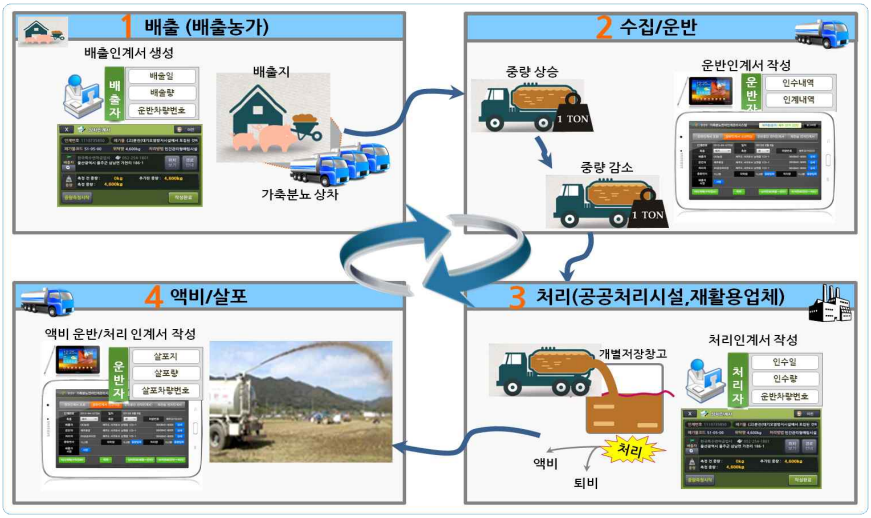


< 경기도 건설본부 '운행제한 기준위반차량 통합관리시스템' 구성도 >

○ 화물차 운전자들이 과적 예방을 위해 사용할 수 있는 차량 장착형 중량센서는 차량의 현가장치에 부착하는 장치가 개발돼 유통 중. 이 장치는 중량 변화에 따른 판스프링 형식을 갖는 현가장치의 경사도 변화를 MEMS(Micro-Electro Mechanical Systems, 미세 전자기계시스템) 경사센서를 이용해 측정하고, 스프링의 각도변화를 측정해 적재 중량으로 환산하여 운전자에게 표시하는 기능을 수행. 이 시스템은 차량의 총중량과 축하중을 각각 표시할 수 있으며, 제조사 발표 오차율은 대략 ±5%정도임

- 판스프링 형태의 현가장치 외에도 에어백을 이용한 현가장치가 있으나, 에어백을 이용한 현가장치는 경사 및 산악지형에서 반응속도가 낮고 가격이 상대적으로 높아 국내에서는 거의 판스프링이 장착된 차량이 압도적으로 많이 판매되고 있음. 이러한 이유로 에어백을 이용한 현가장치가 장착된 차량에 대응할 수 있는 중량센서는 거의 유통되고 있지 않음

○ 환경부 가축분뇨 전자인계제도 : 가축분뇨 배출에서, 운반·처리, 액비살포까지 이동 현황과 양의 변화를 전자적으로 관리하는 제도(가축분뇨법 제37조의2)



< 중량센서에 의한 가축분뇨전자인계시스템 운영사례 >

○ 독일은 2000년부터 전자단속(electronic enforcement)이라는 이름으로 법정 단속이 가능한 전자장비의 도입이 검토되었으며, 과속단속 장비와 동일한 개념의 장치를 도입하고 있음

- 네덜란드에서 개발된 고속계중시스템과 디지털 비디오 카메라 연계시스템 도입하여, 운전자의 운행이력관리시스템(Tacho-Graph)도 병행하려는 정책을 추진 중
- 무인단속시스템의 연구로는 WIM&VIDEO 와 Tacho-Graph의 비교연구가 주류(Delft 공대)이며, 과적단속의 효과와 물류흐름의 효율성을 고려한 시스템 연구가 있으며, 인력에 의한 단속(Rational Inspection) or 무인단속(Network Inspection)을 비교하는 연구가 수행되고 있음
- 그 중 상용화 된 WIM-VID으로는 WIM으로 측정한 트럭 중 과적의심차량의 번호판을 촬영하여 저장하여, 이동단속반에게 통보되어 법정계량기로 재 계근 후 벌금을 부과하는 단계에까지 이르고 있음

○ 체코의 과적차량 무인단속시스템은 차로별로 2개의 WIM 센서(Quartz Piezo)와 2개의 루프센서(Loop Sensor), 차로이탈 감시용 사선형의 축감지 센서, 그리고 노면온도센서 등으로 구성되어 있으며, 이들 시스템 후방에는 과적차량 번호인식 및 동영상 촬영을 위한 AVI 및 CCTV 카메라가 있음

- 과적차량이 WIM 센서위를 통과하면 자동 계중하여 만약 법정기준 이상 중량이 검출되면, 해당 차량의 번호판을 인식하고 일정시간 동영상(전방, 측면)을 녹화함
- 이들 정보를 근거로 다음 그림과 같이 바로 현장에서 적발. 또한, 운전자에게 본인이 운행하고 있는 트럭의 중량정보를 도로전광표지(VMS)를 통해 알려주는 기능이 있음

〈과적운행 적발차량 사진〉

〈트럭중량표시 도로전광표지(VMS)〉

○ 국내에서 주로 유통되는 차량과 달리 화물운송 시장이 가장 발달한 북미, 남미, 호주 시장에서는 주로 에어백을 이용한 현가장치가 장착된 대형 차량이 많고, 이에 대응할 수 있는 시스템이 제조·판매 되고 있음. 해외에서 주로 판매되고 있는 화물차들은 판스프링이 장착된 차량의 비중이 낮은 편이나 일부 소규모 제조사에서 변형율 센서를 판스프링에 장착해 중량을 측정하는 제품도 일부 유통되고 있음

○ 호주에서는 2007년 전 세계에 보급되어 있는 화물차량 중량측정장치 중 호주에 적용되거나 적용 예정인 제품에 대하여 그 성능을 작동환경과 정확도 그리고 비용측면에서 직접 정부시험차량에 설치 운영하여 그 성능을 평가하여 보고서로 제공

〈출처 : Heavy Vehicle On-Board Mass Monitoring - Capability Review (First published August 2007) 〉

Mass sensor type	Loadcell	Loadcell	Loadcell	Loadcell	Loadcell	Loadcell/air pressure*	Air pressure	Air pressure	Air pressure	Air pressure
Supplier**	1	2	3	4	5	6	2	7	3	5
Working temp (°C)	-40 to 85		0 to +50				-40 to 85	-25 to +70	0 to +50	
Accuracy: Vendor	Tare within 140 kg	GVM ± 1.0% Tare ± 0.5%	GVM ± 0.5% lab ± 1% in field	GVM ± 1%	GVM ± 1%	GVM ± 1%	GVM ± 3 to 5%–	GVM ± 2% Tare ± 1%	GVM ± 0.5% test ± 1% in field	GVM ± 2%
Accuracy: GVM = 42 tonnes tare = 20 tonnes	-	420 kg 100 kg	420 kg	420 kg 100 kg per axle group	420 kg	420 kg	1260 – 2100 kg	840 kg 200 kg	420 kg 200 kg	840 kg
Accuracy – third party	-	± 500 kg of weighbridge ± 200 kg average	-	-	-	-	± 500 kg of weighbridge ± 200 kg average	-	-	-
Cost	$1000 – 1500 per axle group	-	$3500 for loadcells / turntable	-	$400-600 per loadcell	-	$1000 – 1500 per axle group	-	$1500 -2000 per unit	-
Installations in Australia	-	30	8000 (incl air sensors)	200	Produces 1000 loadcells/yr	100	30	-	8000 (incl loadcells)	-

○ 일본의 자중계(自重計) 의무화 : 토사 등을 운반하는 대형차량 에 장착된 적재량을 지시하는 계기를 덤프트럭 등에 의한 교통사고의 방지 등을 도모하기 위해 1968년에 설치하는 것을 의무화하는 조치가 취해짐. 덤프트럭의 과적에 의한 사고가 다발하고 적재장치에 보조프레임을 설치하는 등 최대적재량의 증가를 노린 불법개조를 막기 위해

입법된 조치임. 자중계는 화물차의 내부에서 운전자가 과적여부를 확인하고, 단속자의 확인을 위해서 밖의 왼쪽에서 보기 쉬운 위치에 설치해야 함. 또한 1년마다 검사를 받아 교부된 자중계 기술기준 적합증을 자동차에 비치해 두어야 함

<일본의 자중계기술기준 적합여부 검사사례>

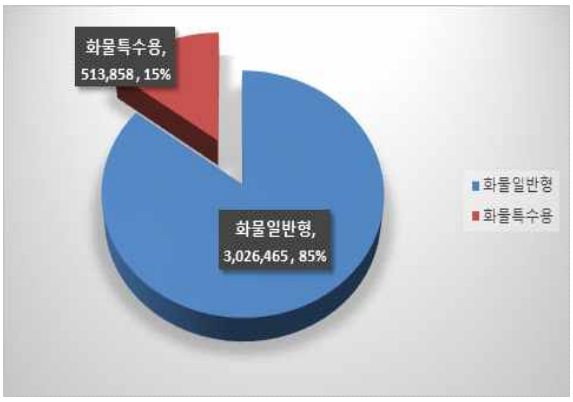
(다) 시장현황

○ 화물차량 증가에 따른 중량센서 시장규모

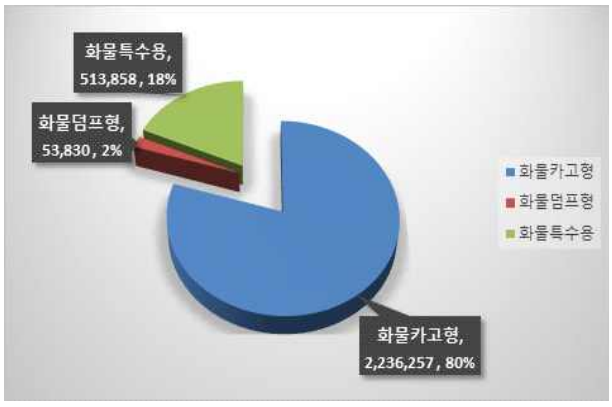
- 2017년 기준으로 국내화물차량 등록대수는 354만 대에 이르고 있으며, 교통사고는 2016년 220,917건의 11.1%인 24,522건 이상 발생하고 있음. 특히 버스나 화물차량 등의 사고는 많은 인명피해와 재산적 피해를 유발하며, 사고 복구에 많은 시간이 소요됨

<연도별 화물차량 등록대수(통계청)>

- 건설현장에서 작업하는 덤프트럭의 경우는 건설기기로 분류되어 별도로 집계되는데, 2017년 건설기계 등록현황 중 덤프트럭은 약 55,000대로 나타났으며, 국내 화물차량의 등록은 매년 약 10~15% 정도의 증가율을 보이는 것으로 분석됨
- 2017년 국내의 시장규모는 아래의 그림과 같이 중대형 차량이 덤프와 카고를 포함하여 약 3백만 대 차량이 화물차량이 등록이 되어 있으며, 국내 On-board Truck Scale 시장 규모를 개략적으로 본다면 전체 시장은 약 1,500억 원 규모로 볼 수 있음



<화물자동차 및 특수자동차>



<차량종류별 현황>
출처 : 국토교통부 통계누리(2017년)

(라) 정책현황

○ 과적 : 도로법[제77조(차량의 운행 제한 및 운행허가)]

- 국내 차량 중량 관련 운행제한규정은 현행 도로법 제77조 및 동법 시행령 제79조 등을 통해 도로구조의보전과 운행위험의 방지 목적으로 축하중 10톤, 총중량이 40톤으로 제정·운영하고 있음. 따라서 국토교통부의 소속기관인 국토관리사무소는 상기한 법령에 의거하여 고정식 검문소와 이동식 단속반을 운영하면서 과적적발업무를 수행하고 있음

① 도로관리청은 도로 구조를 보전하고 도로에서의 차량 운행으로 인한 위험을 방지하기 위하여 필요하면 대통령령으로 정하는 바에 따라 도로에서의 차량 운행을 제한할 수 있다. 다만, 차량의 구조나 적재화물의 특수성으로 인하여 도로관리청의 허가를 받아 운행하는 차량의 경우에는 그러하지 아니하다.

○ 과적 : 도로교통법[제14조제3항]

- 운행제한과 관련된 규정은 「도로교통법」에서도 찾아볼 수 있음. 도로교통법 제14조(차로의설치), 제39조 (승차 또는 적재의 방법과 제한)가 해당됨. 도로교통법 시행령 22조(운행상의 안전기준)에서 자동차 적재중량의 길이와 너비, 높이에 대해 규정하고 있으며 화물자동차의 적재중량은 구조 및 성능에 따르는 적재중량의 110% 이내로 한정하고 있음. 운행제한에 대한 실무지침은 「차량의 운행제한 규정(국토교통부 훈령 2017)에 자세한 내용이 있음

④ 경찰서장은 제3항 단서에 따른 허가를 받으려는 차가 「도로법」 제77조제1항 단서에 따른 운행허가를 받아야 하는 차에 해당하는 경우에는 대통령령으로 정하는 바에 따라 그 차가 통행하려는 도로의 관리청과 미리 협의하여야 하며, 이러한 협의를 거쳐 경찰서장의 허가를 받은 차는 「도로법」 제77조제1항 단서에 따른 운행허가를 받은 것으로 본다.

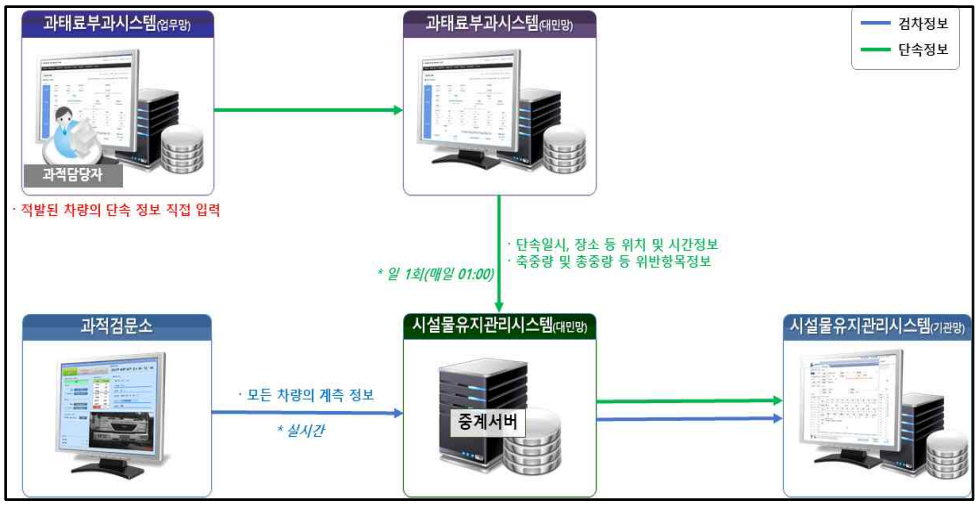
<운행제한 및 과적차량관련 정책동향(2014년 이후)>

기관	보도날짜	내용
국토교통부	2014.07.29	이동식 단속을 늘리고, 과태료를 상향조정, 무인단속 등을 마련하여 과적 근절을 위한 대책을 마련함
	2015.10.06	4.5톤 이상 화물차에 대해서 고속도로 진입시 전용 하이패스를 이용하여 물류 이동을 원활히 함
	2016.08.23	운행제한 위반 과태료관련 정보를 우편이나 문자메세지 뿐만 아니라 모바일 웹으로 확대함
경기도	2014.06.16	경기도 지방도, 국지도, 국도를 중심으로 시·군, 경찰과 합동 단속 실시 보고
	2016.12.	경기도 과적 단속 종합개선 추진계획 실시
	2017.04.27.	시·군 및 민자도로 담당자 100명이 참가한 과적차량 합동 워크숍을 통해 유관기관과의 협력 시스템을 제안함

(마) 연계 대상시스템(정보) 현황

① 건설CALS시스템

○ 시설물유지관리시스템은 국토관리사무소에서 관리하는 교량, 터널 등의 시설물 제원관리, 점검 및 보수보강 관리, 과적단속업무관리 등 일반국도의 유지관리 업무지원을 위한 시스템으로 유지관리 업무를 전자화하여 업무담당자의 업무효율성 제고 및 시설물의 수명연장을 도모하기 위하여 국토교통부 산하 18개 국토관리사무소에서 2005년부터 운영되고 있음. 그 중 과적관리시스템은 검차 및 단속정보를 관리하며 검차정보는 18개 국토관리사무소의 고정식 검문소로부터 데이터를 실시간으로 수집하며, 이동식 검차정보는 주단위로 입력 시스템에 입력. 또한 단속정보는 과태료부과 시스템으로부터 정보를 받음



<검차정보(시설물유지관리시스템) 및 단속정보(과태료부과시스템) 연계 구성도>

② 건설CALS 외부시스템

○ 과태료부과시스템은 도로법 제77조(차량의운행제한)에 따라 차량의 총중량, 축중량, 높이, 길이, 폭 등의 운행제한을 위반한 경우 일반국도,고속국도, 민자고속도로에서 적발된 과적차량에 대한 과태료부과처리를 하는 시스템으로 주요기능은 운행제한관련 규정과 과태료납부안내, 과태료금액안내, 의견제출 이의제기안내, 과태료통합조회 등으로 구성(운영 : 국토교통부)

○ 교통량정보시스템은 도로법 제10조(도로의 종류과 등급)에서 정의한 고속국도, 일반국도, 지방도의 365일 24시간 교통량의 자료(차량대수, 차종, 방향 등)에 대하여 일반국도의 경우 상시지점 544지점, 수시지점 1,050지점, 고속국도의 경우 상시지점 70지점, 수시지점 462지점, 지방도 및 국가지원도로의 경우 수시지점 1,517지점에서 도로교통량 조사업무를 수행하고 있음(운영 : 한국건설기술연구원)

○ 화물DTG(Digital Tacho Graph)는 교통안전법 제 55조(운행기록장치의 장착 및 운행기록의 활용 등)에 따라 자동차 운행기록 및 장치에 관한 관리지침에 따라 자동차의 속도, 위치, 방위각, 가속도, 주행거리 및 교통사고 상황 등을 기록하는 자동차의 부속장치로 현재 버스, 택시, 특수여객자동차, 화물자동차 등에 장착하여 운영중이며 법령에 의해 해당되는 차량의 운행기록장치 장착은 의무화되어 있으며 운행기록의 수집가능한 기간은 최근 6개월에 해당(운영 : 한국교통안전공단)

(바) 과적단속 최적위치·시기 예측 모델 정의 및 개발(1차)

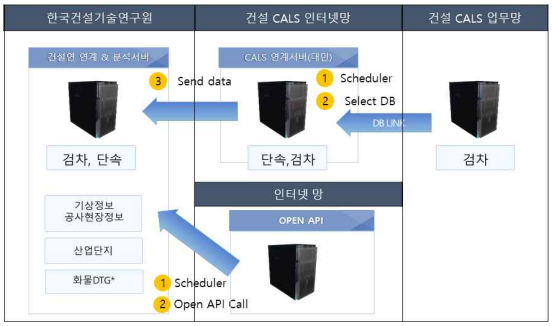
① 과적단속 최적단속위치 및 시기 모델정의

◯ 데이터 분석

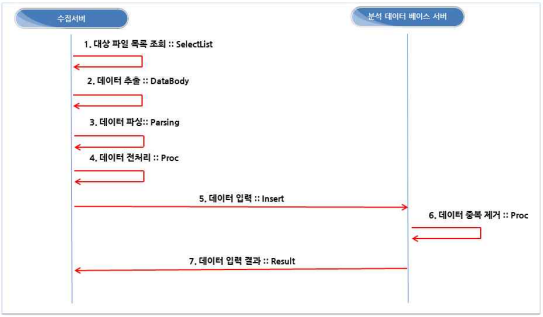
구 분	정보	주요 데이터 항목	수집방식(주기)
CALS	검차	검차일자, 차량번호, 계측정보	연계모듈(수시)
	단속	단속일자, 차량번호, 계측정보, 위반장소, 위반정보	연계모듈(수시)
외부	교통량정보	지점, 년도, 시, 방향, 1~12종	XLSX(년)
	기상정보	지점, 일시, 평균기온, 10분 강수량, 1시간 최다 강수량	API(일)
	화물DTG	일자, 위치정보(위경도), 속도, RPM	CSV(반기)
	공사현장	현장명, 차수명, 착공일, 준공일, 계약일, 계약방식	XLSX(반기)
	산업단지	회사명, 주소, 행정기관, 단지명, 설림구분, 용지면적	XLSX(반기)

◯ 정보수집 및 전처리

- CALS 정보는 업무망에 있는 과적단속 및 검차정보를 일/주/월의 설정 주기별로 자동 수집하며, 외부정보는 엑셀, 오픈API, CSV 형태로 정보를 수집
- 데이터전처리는 기상청 관측 일자(18년), 교통량(17-18년) 등 일자 형태를 통일하였으며, 단속 데이터의 일부 단속 위치 정보가 정확하지 않아 계산이 가능한 단속지점으로 매칭하였고, 이동식 검차정보는 단속 위치 정보가 없어서 근무일지와 단속정보를 활용하여 위치 파악



〈과적 - CALS 및 외부연계 구성도〉



〈전처리 처리과정〉

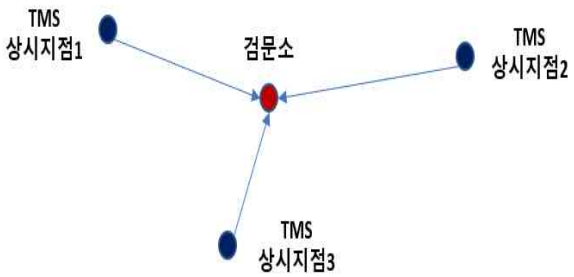
○ 최적 단속위치 및 시기 예측모델

- 검차 및 단속정보(일시, 위치, 위반항목 등), 교통량 정보(화물차량의 지점별·시간대별 교통량), 기상정보(단속지점의 기온, 강수량, 적설량) 등을 분석·활용한 최적 단속 위치 및 시기 예측모델 개발
- 랜덤포레스트(RandomForest) 기법과 Xgboost의 머신러닝 기법 활용하여 단속지점의 단속 가능성을 예측

〈최적 단속위치 및 시기 예측모델〉

- 모형 변수 생성
  - 지점 추천 모델을 생성하기 위해 검문 지점의 과거 단속/검차 실적, 주변 일반/화물차량의 교통량, 시간대 변수 및 기온, 강수량, 적설량의 기상정보를 활용하여 분석
  - 검문소의 교통량은 정확히 알 수 없으므로 주변 3개의 가장 가까운 TMS 상시지점의 교통량을 검문소까지의 거리를 가중 평균하여 추정

〈모형변수 생성〉



〈검문소 교통량 추정〉

- 모형 검증
  - 오분류율 결과로 실제 분류값과 예측 분류값의 분포를 나타낸 것이며 오분류율 나타내는 지수로는 정밀도, 재현율, False Positive Rate, 정확도 등이 존재함
  - 데이터 세트의 종속변수인 0과 1의 비율은 0(검차)이 1(단속)에 비해 3배가 많으므로 실제 1값 중 1로 예측한 비율인 재현율이 높고 실제 1을 0으로 잘못 예측한 비율이 적은 모델(재현율이 높은 모형)이 유리하므로 XgBoost가 더 성능이 우수함

RandomForest

예측값 \ 실제값	1	0
1	31 (TP)	45 (FP)
0	148 (FN)	3999 (TN)

XgBoost

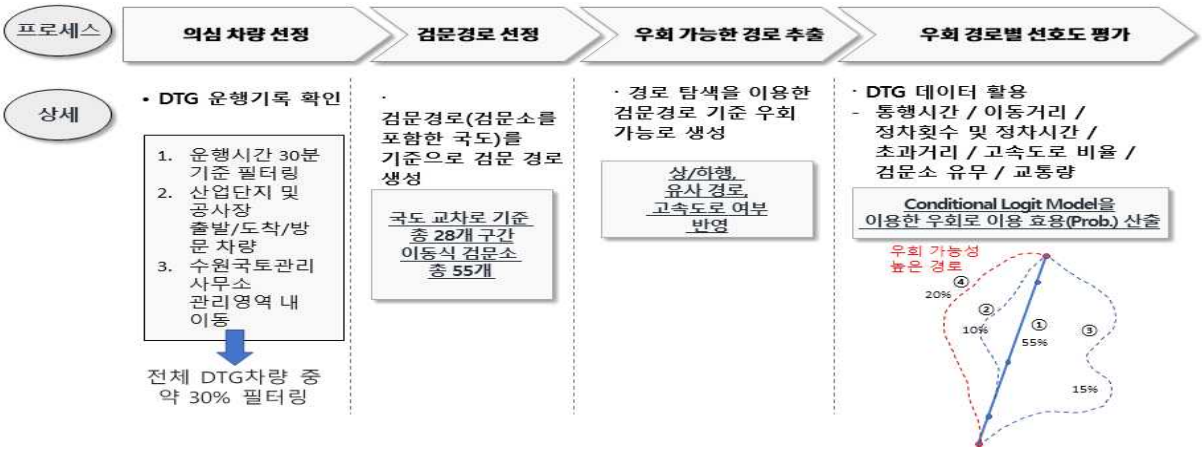
예측값 \ 실제값	1	0
1	14 (TP)	64 (FP)
0	36 (FN)	2702 (TN)

정밀도	0.407	0.217
재현율	0.173	0.28
False Positive Rate	0.011	0.023
정확도	0.954	0.964

② 우회로 예측모델 정의

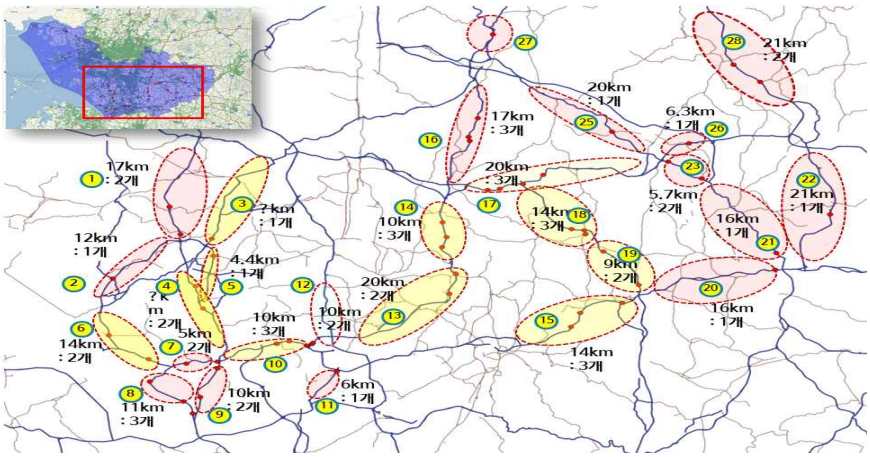
◯ 우회로 예측모델

- 기존 정보와 더불어 화물DTG 정보(화물차량의 통행시간, 이동거리, 정차시간/정차횟수, 위치정보 등), 산업단지 정보(지역별 단지정보, 위치), 공사현장정보(도로공사 시점/종점, 공사착공일/준공일)등을 추가 분석·활용하여 단속지점을 회피하는 화물차우회로 예측모델 개발
- 통행시간 / 이동거리 / 정차횟수, 정차시간 / 고속도로 비율 등의 변수를 활용한 경로 선택모형(Conditional Logit Model)을 적용



<우회로 예측모델>

- 우회로 예측모델을 생성하기 위해 차량의 검문/우회로를 생성하여 활용하며, 검문경로를 생성하기 위해서는 총 57개 검문소(고정식 3개소, 이동식 21개소, 검문가능 추천 지점 33개소) 의 단속 지점 정보를 활용



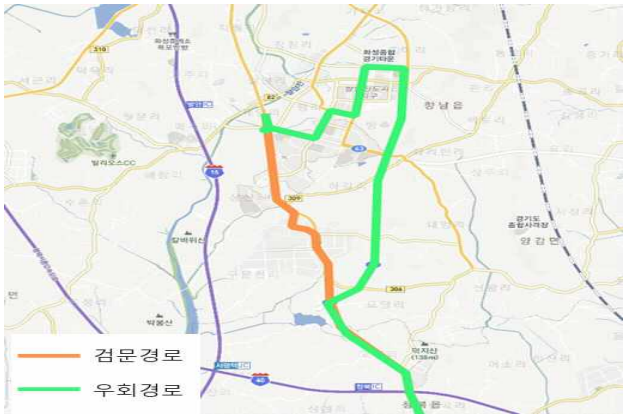
<우회로 예측모델 생성을 위해 근접 검문소 단속지점 통합>

- 우회경로 생성 알고리즘을 적용

• 우회가능지점 생성: 단/중/장거리 표준 거리를 환경에 따라 2km / 6km / 10 km로 설정하며, 우회 가능지점 생성을 위해 검문 경로 기준 표준거리 반경내에 존재하는 도로의 중심점 활용

※ 단, 해당 도로 중 화물차량이 지나갈 수 없는 도로(오솔길, 낙후된 지방도 등)에 대해서는 우회지점을 생성하지 않음.

• OSRM Route Service : 각 검문경로의 시종점과 단/중/장 거리에 위치한 우회지점을 OSRM 경로생성 소프트웨어에 적용



- 유사도로 판별 및 제거 : 각 경로의 유사도를 판별하여 고유한 우회로를 도출한다. 이를 위해 경로의 유사도를 파악할 수 있는 path-size Logic Model을 생성하여 경로의 유사도를 판별

- 우회로 효용 예측 모형은 경로 선택모형(Conditional Logic Model) 적용

- Conditional Logic 모형은 실제의 선택(Revealed Preference)과 선택하지 않았지만 가능한 다른 대안들(Stated Preference) 간의 비교를 통해 대안별 선택 확률을 계산하는 알고리즘임

- Conditional Logic Model 적용 결과 총 5개의 변수 중 5개 변수가 유의하며(p-value < 0.05) R-Square 0.003 로 3%의 설명력을 가지고 있으나 조건부 우도를 기준으로는 최대로 0.54로 54%의 설명력을 지닌 모형을 생성함

```
Call:
coxph(formula = Surv(rep(1, 763413L), case) ~ strata(key) + runtime_sec +
    runtdist_km + stop_time + stop_cnt + highway_ratio - 1, data = rp_with_sp_data,
    method = "exact")

  n= 763413, number of events= 111266

                    coef  exp(coef)   se(coef)       z Pr(>|z|)
runtime_sec    6.410e-05  1.000e+00  4.128e-06  15.527   <2e-16 ***
runtdist_km   -2.649e-05  1.000e+00  9.072e-07 -29.203   <2e-16 ***
stop_time     -5.002e-05  9.999e-01  4.175e-06 -11.980   <2e-16 ***
stop_cnt       5.073e-02  1.052e+00  1.566e-02   3.239   0.0012 **
highway_ratio  2.445e-01  1.277e+00  1.038e-02  23.561   <2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1

              exp(coef) exp(-coef) lower .95 upper .95
runtime_sec      1.0001     0.9999    1.0001     1.000
runtdist_km      1.0000     1.0000    1.0000     1.000
stop_time        0.9999     1.0001    0.9999     1.000
stop_cnt         1.0520     0.9505    1.0202     1.085
highway_ratio    1.2769     0.7831    1.2512     1.303

Rsquare= 0.003   (max possible= 0.54 )
Likelihood ratio test= 2259  on 5 df,   p=0
Wald test            = 2297  on 5 df,   p=0
Score (logrank) test = 2332  on 5 df,   p=0
```

③ 모델 평가 및 결과 분석

○ 지점 추천을 하기 위해 크게 2가지의 분석 모델을 사용하였음

○ 첫 번째는 회귀모형이며 현재 교통량 및 4종부터 12종(이하 화물) 차량의 교통량을 각각 추정하기 위해 사용하였음

- 회귀모형은 각 변수마다 추정값에 얼마나 유의미하게 영향을 주는지 확인할 수 있는데, 일반 교통량에 관한 회귀모형 결과는 다음과 같음

○ 영향력은 t value의 절댓값이 클수록 높고, *의 개수가 그 영향력을 구간별로 나눠 표시한 것임. 위의 표를 통해 대부분 높은 영향력을 확인할 수 있으며, 모든 데이터가

현재 교통량을 추정하는데 중요한 데이터라고 할 수 있음. 전체 모형의 값을 설명해 줄 수 있는 F-statsitc도 크므로 좋은 모형이라고 할 수 있음. 또한 adjusted R-squared(수정된 결정계수로 1에 가까울수록 오차없이 예측할 수 있음을 의미)은 0.964로 높은 값이라고 할 수 있음

<일반 교통량에 대한 회귀분석 결과>

데이터	회귀 모형	t value	Pr(>|t|)	영향력
-	(Intercept)	24.5	< 2e-16	***
특정 tms의 과거 3개년도 평균 시간대별 교통량	traffic_pre	1425.77	< 2e-16	***
특정 tms 주변 과거 3개년도 평균 시간대별 교통량	traffic_sur	4.81	1.50E-06	***
월	월2	-6.19	6.10E-10	***
	월3	-9.81	< 2e-16	***
	월4	-11.99	< 2e-16	***
	월5	-12.71	< 2e-16	***
	월6	-11	< 2e-16	***
	월7	-13.4	< 2e-16	***
	월8	-5.45	5.10E-08	***
	월9	-16.34	< 2e-16	***
	월10	-12.63	< 2e-16	***
	월11	-4.45	8.40E-06	***
	월12	1.31	0.18977	
요일	weekday목요일	-5.77	8.00E-09	***
	weekday수요일	-3.7	0.00022	***
	weekday월요일	-4.87	1.10E-06	***
	weekday일요일	-16.84	< 2e-16	***
	weekday토요일	-15.74	< 2e-16	***
	weekday화요일	3.54	0.00041	***
주/야	time_typetime_02	-15.71	< 2e-16	***
기온	temperature	7.52	5.60E-14	***
강수량	rain	-53.06	< 2e-16	***
적설량	snow	-5.35	8.90E-08	***
F-statistic: 1.82e+05 on 23 and 154842 DF, p-value: <2e-16				

○ 화물 차량의 교통량에 관한 회귀모형 결과는 다음과 같음

<화물 교통량에 대한 회귀분석 결과>

데이터	회귀 모형	t value	Pr(>|t|)	영향력
-	(Intercept)	11.3	< 2e-16	***
특정 tms의 과거 3개년도 평균 시간대별 교통량	traffic_target	746.21	< 2e-16	***
특정 tms 주변 과거 3개년도 평균 시간대별 교통량	trafffic_sur	-17.67	< 2e-16	***
월	월2	-12.59	< 2e-16	***
	월3	-3.35	0.0008	***
	월4	-0.67	0.49994	
	월5	-2.09	0.03621	*
	월6	0.11	0.91082	
	월7	-0.26	0.79328	
	월8	0.27	0.78582	
	월9	-7.37	1.80E-13	***
	월10	-3.81	0.00014	***
	월11	-2.28	0.02281	*
	월12	1.66	0.09636	.
요일	weekday목요일	-2.23	0.0258	*
	weekday수요일	-0.88	0.37676	
	weekday월요일	4.17	3.00E-05	***
	weekday일요일	-7.66	1.90E-14	***
	weekday토요일	-11.87	< 2e-16	***
	weekday화요일	4.14	3.50E-05	***
기온	temperature	-2.95	0.00323	**
강수량	rain	-21.02	< 2e-16	***
적설량	snow	-2.27	0.02323	*
F-statistic: 4.34e+04 on 22 and 77394 DF, p-value: <2e-16				

○ 위의 모형도 adjusted R-squared가 0.925로 역시 높은 값이라고 할 수 있으며, 결과적으로 현재 교통량을 추정하고 있는 두 개의 모델 모두 높은 신뢰도를 가지고 사용할 수 있음

○ 단속지점 예측 모델 구축의 경우 예측 모형을 구성할 시에 종속변수는 `19년도, 독립변수는 과거자료인 '18년도 혹은 종속변수와 같은 시점의 `19년도로 데이터셋을 만들어 완성된 모형은 차후 '20년도의 검문소별 단속 가능성을 예측할 때, 독립변수로 과거자료인 '19년도 혹은 예측된 '20년도의 독립변수 데이터셋을 적용하였음

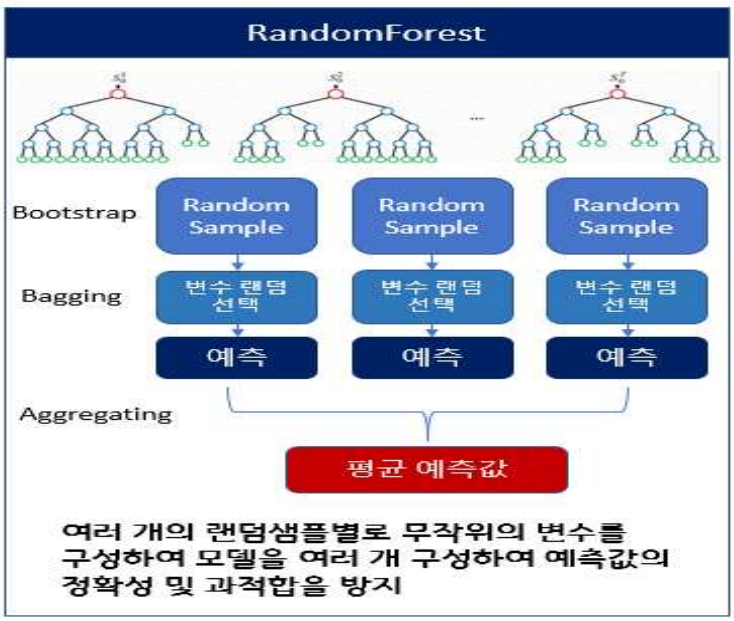
○ 기존 단속확률을 산출하는 서비스에 사용되는 모형은 로지스틱 회귀모형으로서 선형을 가정한 모수적 방법론으로 선형의 로지스틱 회귀모형은 현상을 추론하는 데는 변수별로 해석이 용이해 유용하나 예측의 정확도 측면에서는 다소 덜 유연한 모형이라고 할 수 있음

○ 2차년도의 예측 모형은 비선형의 비모수적인 방법, 즉 보다 유연한 모형을 활용하여 단속 예측력을 높이는 데 주력함. 비선형 모형 적용을 통해 특정 변수의 값이 높아짐에 따라 예측확률이 높아지는 경향성을 탈피할 수 있으며, 앙상블 기법을 활용한 방법론을 차용함으로써 예측 정확성을 높일 수 있어 트리 기반의 랜덤포레스트(RandomForest) 기법을 활용함

○ 3차년도는 위와 같은 지점 추천 모델을 바탕으로 하여 전국 사무소로 확대·적용하였으며, 더 많아진 데이터를 기반으로 모델이 더욱 정교해졌다고 기대해볼 수 있는 부분으로 서비스화 및 서비스 연계를 통해 실제 현장과 차이가 있을 수 있는 부분도 가중치를 조절함으로써 이론과 실제 사이의 괴리를 최소화 함

○ 배깅(bagging) 기반의 랜덤포레스트(RandomForest) 모델을 통해 앞서 구성된 데이터셋으로 적용하여 예측력을 확인하고 분류 모형의 예측력을 검증하는 방법으로는 오차행렬(Confusion Matrix)을 활용함

- 모델의 변수는 다음 그림과 같으며, 회귀 모형을 통해서 추정한 교통량, 검차 및 단속실적, 더미 변수, 기상 API를 통해 획득한 기상정보로 구성



<랜덤포레스트 기법 개념 예시>

○ 해당 변수를 통해 검문소별 단속 확률을 구할 수 있으며, 정확도를 확인할 수 있는 오차행렬은 다음의 표과 같음. 정확도란 단속의 실제값과 예측값이 같은지를 전체값의 비율에 대해 확인해보는 것이며, 정확도는 0.992로 높은 정확도를 보인다고 할 수 있으나, 단속 건수량 자체가 전체 검문소에 이뤄지는 검차량에 비해 적기 때문에 어느 정도 편향성은 고려해야 함

실제값 / 예측값	0	1
0	2671	18
1	5	180

○ 랜덤포레스트 모델은 변수의 중요도를 확인할 수 있음. 즉, 예측값의 확률을 결정하는데 영향을 끼치는 정도를 알 수 있으며 그 결과는 다음의 표와 같으며, 과거 검차 실적이 예측값의 지대한 영향을 주고 있음을 알 수 있음. 그 다음으로 화물 교통량이 중요한 변수로 보임. 즉, 화물 교통량이 많은 곳을 지속적으로 관리해야만 과적으로 인한 위험성을 사전에 차단할 수 있는 것으로 분석됨

〈랜덤포레스트 모델의 변수 중요도, 소숫점 절삭으로 인해 월, 적설량이 0.00으로 표기〉

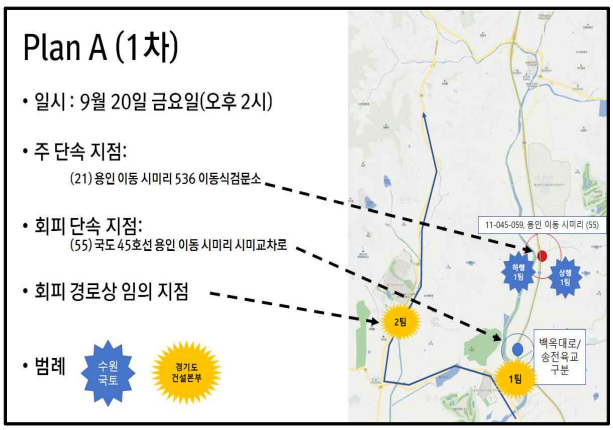
변수	중요도(%)
과거 검차 실적	72.26
화물 교통량	10.98
과거 단속 실적	6.51
일반 교통량	5.95
온도	2.10
요일	1.25
강수량	0.48
주/야	0.46
월(month)	0.00
적설량	0.00

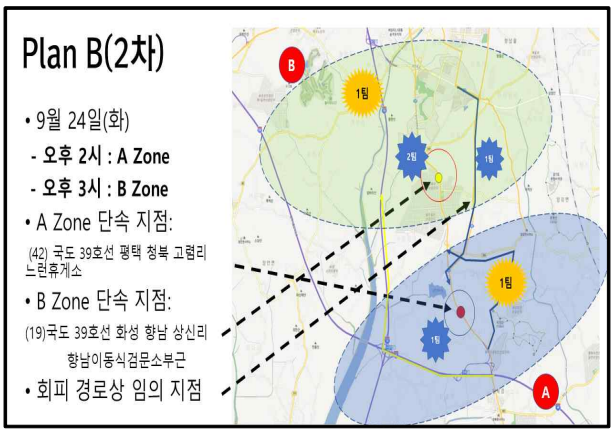
③ 시범적용(1차) 및 효과분석

○ 시범운영

- 수원국토관리사무소(일반국도) : `19.09.02.(월) ~ `19.10.11.(금)
- 경기도 건설본부(지방도) : `19.09.16.(월) ~ `19.10.11.(금)
- 시범운영 기간동안 시스템이 제공하는 단속위치 정보를 공유하고 기관별로 제공되는 위치정보를 토대로 단속 효과를 극대화 할 수 있는 방안 수립을 위한「Pressure Zone*」운영 2회 실시

* Pressure Zone : 시범운영 기간 중 협업단속체계 운영을 통한 우회지역으로 분석되는 지역을 동시에 다차원적으로 강화된 단속체계 운영



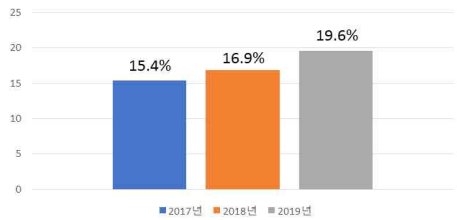


○ 효과분석

- 일반국도 검차 대비 단속 실적

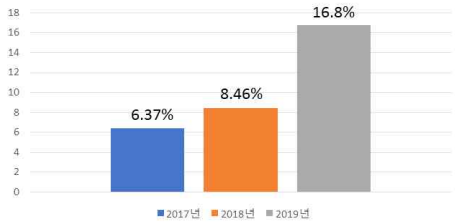
수원국토관리사무소

구분	2017.9.9.~10.4	2018.9.9.~10.4	2019.9.9.~10.4
검차건수	350	261	286
적발건수	54	44	56
검차대비 적발	15.4%	16.9%	19.6%
전년대비 증감률		+9.7%	+15.9%



경기건설본부

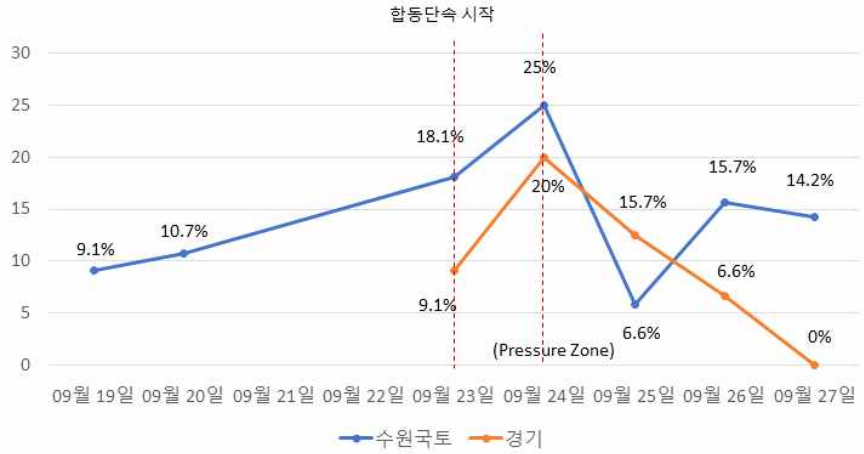
구분	2017.9.11.~9.21	2018.9.10.~9.20	2019.9.23.~10.4.
검차건수	204	189	119
적발건수	13	16	20
검차대비 적발	6.37%	8.46%	16.8%
전년대비 증감률		+32.8%	+98.5%



- 시범운영 지역의 단속률은 과거 2년 대비 ’19년 수원국토관리사무소의 경우 단순증가율 3.6%p, 단속률 대비 약 22.5% 향상되었음
- 경기도건설본부의 경우 단순증가율 9.4%p 향상, 단속률 대비 약 127% 향상되었음

- Pressure Zone 운영 분석결과

- 합동단속 초기시점에 단속효율이 올라가고 특히 유사시간과 유사공간에서의 합동단속은 단속효율을 단기적으로 높이는 효과를 보임



〈2019년 9월 3주차 일별 단속률 추이〉

(사) 테스트베드 구축계획

① 테스트베드 구축배경 및 목적

○ 운행제한 위반차량은 도로 포장파손 및 대형사고의 주요 요인으로, 고정식·이동식 단속 실시중이나 화물차의 검문소 우회운행 등 검문회피 증가 추세

○ 목적 : 연구기간동안 사례조사, 빅데이터 분석, 서비스 개발 후 "과적 최적단속 위치 및 시기 예측서비스"에서 제공되는 화물차량 단속 최적위치, 단속회피를 위한 회피로 조회 등의 서비스 기능 향상 및 성과지표 달성(단속률 5% 향상)을 위한 효과분석을 하고자 함

② 테스트베드 대상지 선정

○ 연구개발의 추진전략·방법 및 추진체계에 부합하는 협의회를 구성하여 추진하였으며, 그 결과 2차년도 당초 계획했던 1개 기관 시범적용을 지자체기관(경기도 건설본부)까지 확대·포함하여 2개 기관에 대하여 시범적용을 진행함

- 운영 목적 : 시스템이 제공하는 단속 위치 정보를 공유하고 기관별로 제공되는 위치 정보를 토대로 단속 효과를 극대화 할 수 있는 방안 수립을 위한 시범운영을 진행하고자 하였음
- 대상기관 : 수원국토관리사무소, 경기도건설본부
- 선정사유 : 수원국토의 경우 이동식단속반원(3개조 편성)이 매일 고정식검문소까지 근무하는 특수한 상황이며, 교통량 및 화물DTG 정보가 타 기관보다 많은 정보를 획득하기에 용이함

○ 3차년도의 경우 당초 계획한 전국으로 확대하여 18개 국토관리사무소에 시범운영을 위하여 권역별 업무특성 분석을 통한 최적의 서비스모델을 확정하기 위하여 국토교통부 도로시설안전과(구 첨단도로안전과)가 주관하는 실무자회의 1회를 실시하고 한국건설기술연구원이 주관하는 권역별 실무자회의 3회를 실시함

③ 테스트베드 구축관련 업무 환경분석

○ 시범운영을 위한 사전조사

- 검문소 위치정보를 파악하고 도로표지판 기준의 검문소방면 명칭 조사와 더불어 이동식 단속반 근무표 작성을 통한 권역별 업무특성을 파악함

국토관리사무소명	검문소명	검문소주소	검문소방향	검문소종류	도로명	도로표지판의 방면
수원	천리 검문소	경기도 용인시 처인구 이동읍 천리 508-7	상행	이동식	지방도501호선	용인방향
수원	비봉 검문소	경기도 화성시 비봉면 청요리 395-11	하행	이동식	일반국도19호선	화성방향
의정부	내방 검문소	경기도 남양주시 수동면 내방리 232-13	하행	이동식	일반국도4호선	장호원, 이천방향
의정부	상천 검문소	경기도 가평군 청평면 상천리 1730-22	상행	고정식		
의정부	월산 검문소	경기도 남양주시 화도읍 월산리 178-11	상행	이동식		
전주	상당 검문소	전라북도 익산시 낭산면 상당리 499-2	상행	이동식		
전주	함열 검문소	전라북도 익산시 함열읍 112-4	상행	이동식		
전주	두여 검문소	전라북도 익산시 여산면 두여리 449-3	상행	고정식		

- 작성요령
1. 검문소명: 검문소명 존재 시 기입 필수
2. 검문소주소: 00리 00번지까지 위치정보로 활용 가능한 상세한 주소 기입 필수
3. **검문소 방향: 홀수번 국도는 남에서 북 방향이 상행 북에서 남 방향이 하행이고 짝수번 국도는 서에서 동 방향이 상행이고 동에서 서 방향이 하행이므로 고려하여 작성**
4. 검문소 종류: 이동식 / 고정식 여부 기입 필수
5. 도로명: 검문소가 위치한 도로 명
6. 도로표지판의 방면: 도로 표지판의 방면 기입

〈검문소 위치정보 조사〉

1. 도로 표지판 기준의 검문소 방면 명칭 조사

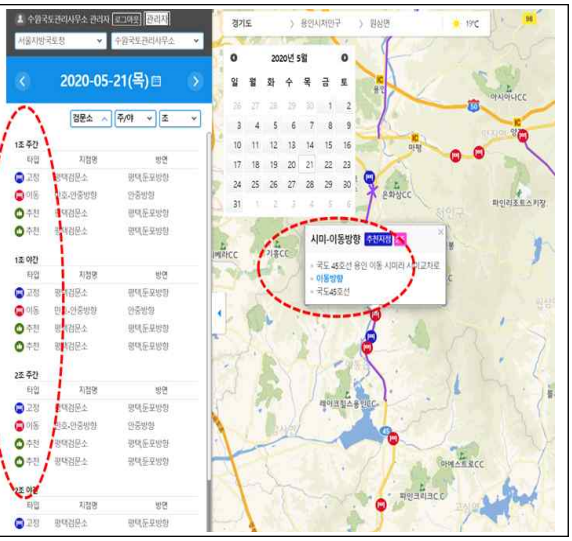
목적: 시스템 화면에서 검문소 식별이 용이하도록 "상행", "하행" 대신 "용인 방향", "아산 방향" 등 구체적 명칭 표시

2. 검문소별 담당 반(팀) 조사

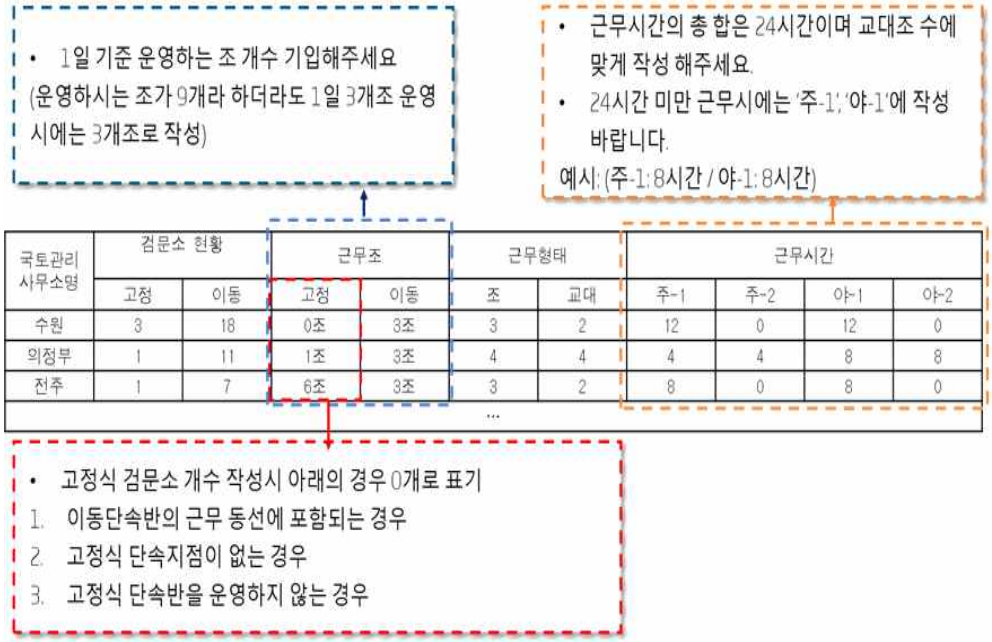
목적: 당일 추천 검문소를 반(팀) 별 배정

- **다음 페이지 화면 예시 참고**
- **엑셀 양식 별첨**

국토관리사무소명	검문소명	검문소방향	검문소종류	도로명	방면명칭	근무조
수원	천리 검문소	상행	이동식	지방도501호선	용인방향	이동 1(A)반
수원	비봉 검문소	하행	이동식	일반국도19호선	화성방향	이동 1(A)반
의정부	내방 검문소	하행	이동식	일반국도4호선	장호원, 이천방향	이동 1(A)반
의정부	상천 검문소	상행	고정식			고정 1(A)반
의정부	월산 검문소	상행	이동식			이동 2(A)반



〈도로표지판 기준의 검문소 방면 명칭 조사〉



<이동식 단속반 근무형태 조사>

○ 전국 검문소 현황 분석 및 국토관리사무소별 업무현황 분석

- 업무현황 분석을 위해 연구수행기관에서 국토관리사무소별 담당자에게 사전조사를 실시하였으며, 그 결과를 토대로 국토교통부에서 관리하고 있는 자료를 제공받아 사전조사 내용 및 국토부 자료를 분석 및 서비스가 가능하도록 데이터를 가공하여 다음과 같이 기관별 검문소현황을 서비스에 반영하였음

○ 고정식검문소 및 이동식 검문소 현황분석(전국 18개 국토관리사무소)

- 사례 : 수원국토사무소 고정식 및 이동식 검문소 현황

검문소ID	검문소명	검문소구분	검문소 방향	검문소ID	검문소명	검문소구분	검문소 방향
11-038-901	송산 검문소	고정식	하	11-042-802	양지 검문소	이동식	하
11-038-902	송산 검문소	고정식	상	11-038-805	오성 검문소	이동식	상
11-003-901	장호원 검문소	고정식	상	11-077-801	우정 검문소	이동식	상
11-003-902	장호원 검문소	고정식	하	11-045-806	이동 검문소	이동식	하
11-045-901	평택 검문소	고정식	상	11-048-805	인화 검문소	이동식	상
11-045-902	평택 검문소	고정식	하	11-037-803	점동 검문소	이동식	상
11-048-804	강화 검문소	이동식	하	11-037-804	점동 검문소	이동식	하
11-048-802	김포 검문소	이동식	하	11-045-802	중부 검문소	이동식	하
11-042-803	남동 검문소	이동식	상	11-043-802	팔탄 검문소	이동식	하
11-042-804	남동 검문소	이동식	하	11-045-803	포곡 검문소	이동식	상
11-037-802	대신 검문소	이동식	하	11-045-804	포곡 검문소	이동식	하
11-017-801	백암 검문소	이동식	상	11-038-803	포승 검문소	이동식	상
11-038-802	삼죽 검문소	이동식	하	11-039-804	향남 검문소	이동식	하
11-038-808	아산만 검문소	이동식	하				

○ 국토관리사무소별 업무현황 분석

- 사무소별로 운영되고 있는 차량, 조 편성 등의 정보를 반영하여 검문소 개수를 조절하여 추천하고 있음
- 그 외 요청사항은 시범사업기간 동안 피드백을 받고 서비스에 반영하였음

〈기관별이동식단속반원 업무현황〉

사무소	조 편성	일별 추천 검문소 개수	법정 공휴일 근무	주말 근무	사무소	조 편성	일별 추천 검문소 개수	법정 공휴일 근무	주말 근무
수원	주간/야간	3	×	○	광주	주간/야간	4	○	○
의정부	주간/야간	2	×	○	전주	주간/야간	2	×	○
홍천	주간/야간	2	×	○	남원	주간/야간	4	×	○
강릉	주간/야간	4	×	○	순천	주간/야간	4	×	○
정선	주간/야간	2	×	○	대구	주간/야간	2	×	×
논산	주간/야간	2	×	○	진주	주간/야간	2	○	○
충주	주간/야간	2	○	×	포항	주간/야간	3	×	×
보은	주간/야간	2	×	○	영주	주간/야간	2	○	○
예산	주간/야간	2	×	○	진영	주간/야간	2	○	○

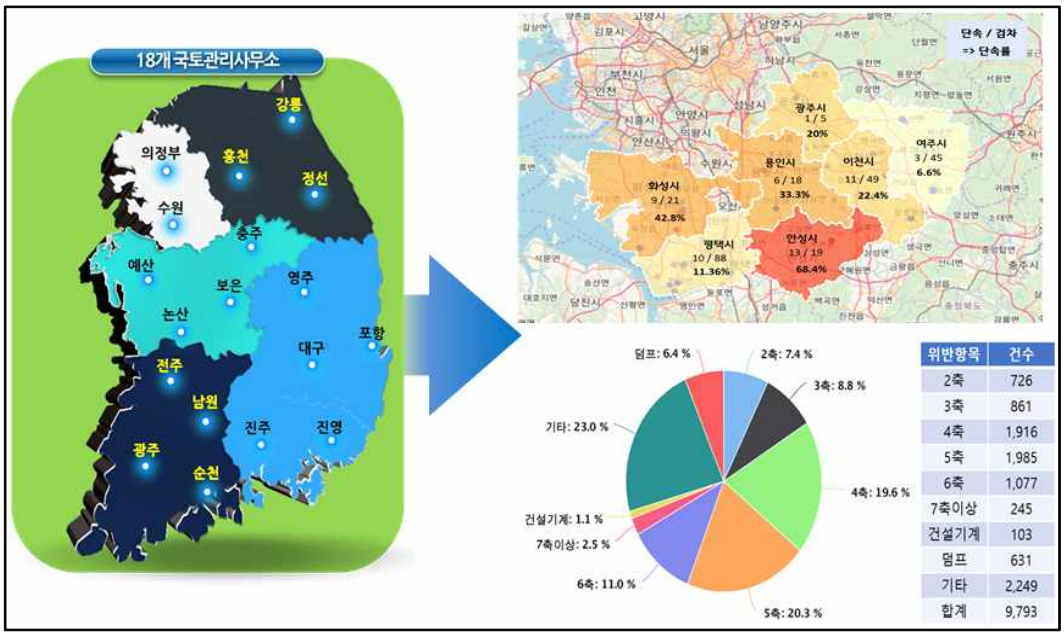
④ 테스트베드 구축관련 시범운영 세부일정 수립

○ 시범운영을 위한 사전준비과정

〈시범운영을 위한 프로세스〉

○ 시범운영 및 효과분석 일정 수립

- 시범운영기간은 20. 08. 03(월) ~ 08.28.(금) 진행하기로 함
- 효과분석의 경우 검차 대비 단속건수의 비교를 통한 성과지표(단속률) 목표 달성여부를 점검하며, 추가로 시범운영기간동안의 기간별, 기관별 단속률 추이, 지역별/단속팀별 단속률 비교, 공간분석 등을 실시

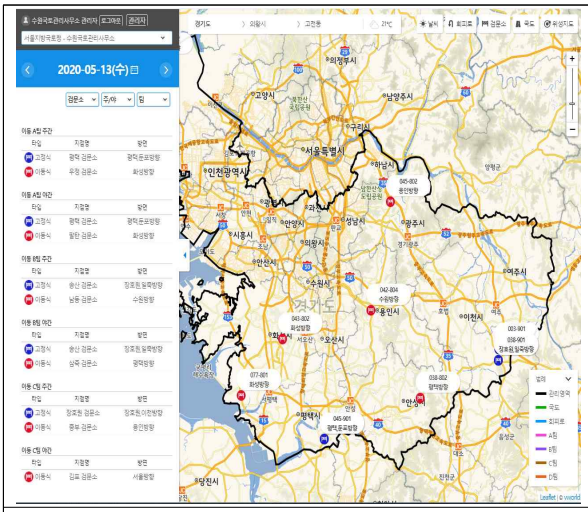


위반항목	건수
2축	726
3축	861
4축	1,916
5축	1,985
6축	1,077
7축이상	245
건설기계	103
덤프	631
기타	2,249
합계	9,793

〈전국 시범운영 이후 기관별, 권역별 단속률 비교 등 효과분석 사례〉

○ 시범운영 방식 정의

- 시범운영 기간동안 18개 국토관리사무소의 과적업무 담당자가 일별로 제공되는 다음의 서비스 정보에 따라 이동식 단속팀을 배치하도록 함



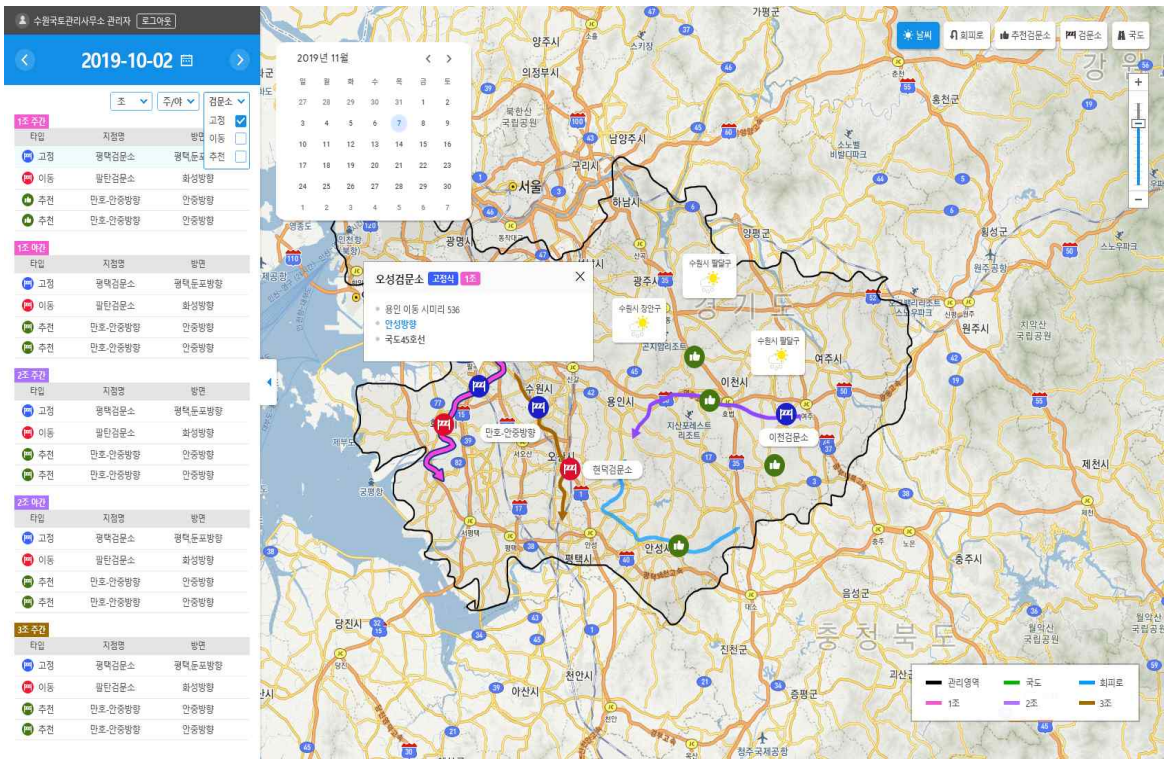
운행제한 위반차량 최적단속 위치 및 시기 예측서비스 화면

단속회피차단을 위한 우회로 조회 서비스 화면

⑤ 과적단속 최적 위치 및 시기 예측서비스 기능정의

○ 서비스 시범운영을 위한 사용자교육

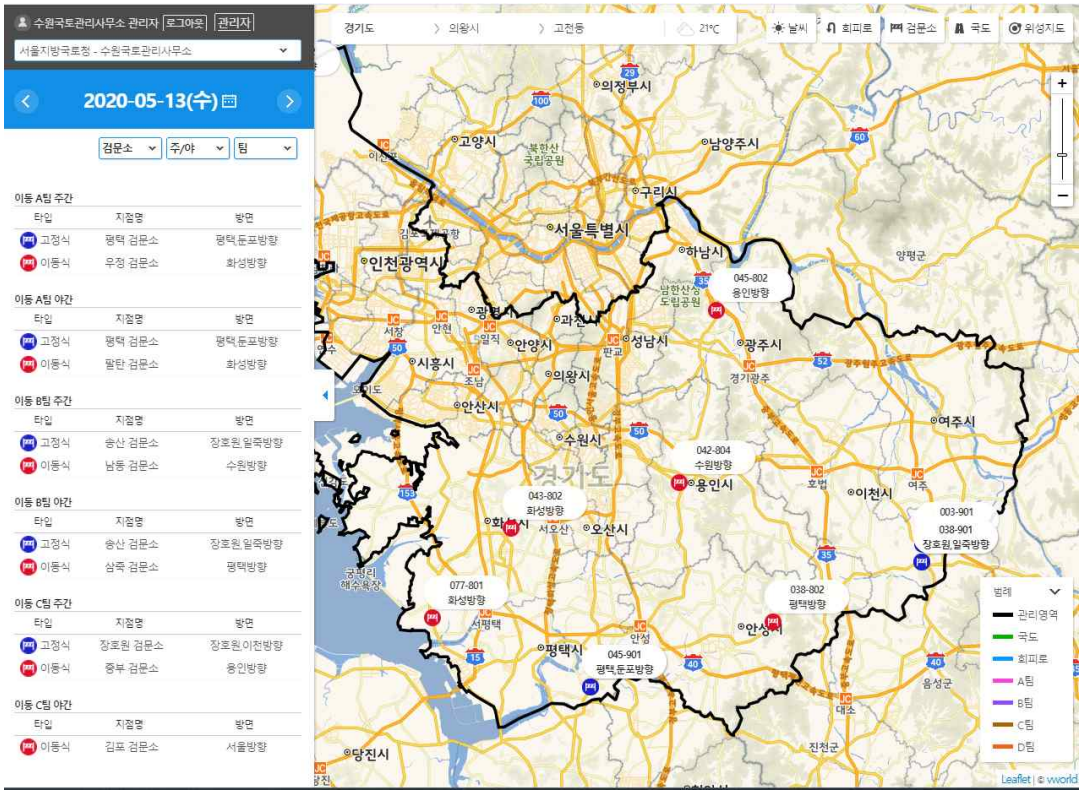
- 사용자교육의 경우 앞에서 언급한 권역별 실무자회의(‘20.07.13. ~ 07.15)를 통해 서비스 접속 방식, 기관별 ID와 패스워드, 빅데이터 서비스 화면구성 및 기능에 대하여 안내교육 진행을 함



〈로그인 및 접속화면〉

○ 빅데이터 서비스 화면구성 및 기능(안)

- 시범운영을 서비스의 각 기능별 항목에 대하여 다음과 같이 정의함



〈화면 구성(안)〉

- 추천 단속지점의 조회기능
  - 날씨 예보에 맞춰 매일 갱신(최대 이틀 내의 정보만 확인 가능)
  - 달력에서 날짜 클릭.
  - 매일 조별 고정식 및 이동식 각각 1개소 추천
  - 검문소를 클릭하여 지도에서 위치를 확인

〈추천 단속지점 세부정보 조회화면〉

- 날씨정보 제공기능 : 기상청의 당일 일기 예보 표시

〈날씨정보 조회화면〉

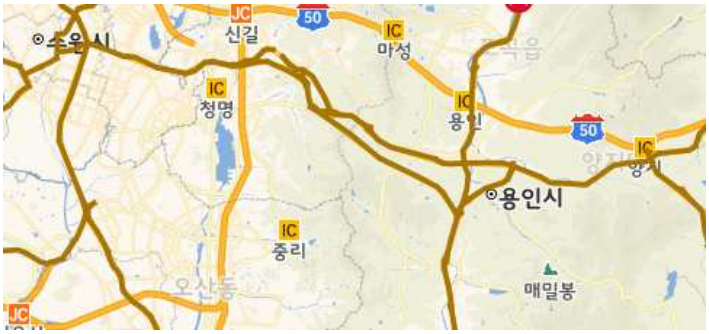
- 우회로 조회기능 : 화물차가 단속을 피해 우회할 것으로 예상되는 경로(파란색 선)

〈우회로 조회화면〉

- 검문소 조회 기능 : 고정식 및 이동식 검문소 아이콘 색상으로 구분

〈고정식 및 이동식검문소 현황조회〉

- 일반국도 식별 기능 : V-World 기반의 공간정보에서 고속국도, 지방도, 일반국도 중 일반국도(갈색 선)를 식별할 수 있는 기능



〈일반국도 조회 기능〉

- 위성지도 제공 : 위성사진으로 지도를 확인하여 검문소 주변의 산업단지, 화물역 등 주요시설물의 위치정보를 파악할 수 있는 기능을 제공

〈위성지도 조회화면〉

(아) 시범운영(2차) 및 효과분석

① 시범운영 및 효과분석 개요

○ 2차 시범운영은 연구기간동안 사례조사, 빅데이터 분석, 서비스 개발 후 "과적 최적 단속 위치 및 시기 예측서비스"에서 제공되는 화물차량 단속 최적위치, 단속회피를 위한 회피로 조회 등의 서비스 기능향상 및 성과지표 달성(단속률 5% 향상)을 위한 효과 분석을 하고자 함

○ 시범운영 대상기관 : 전국 18개 국토관리사무소

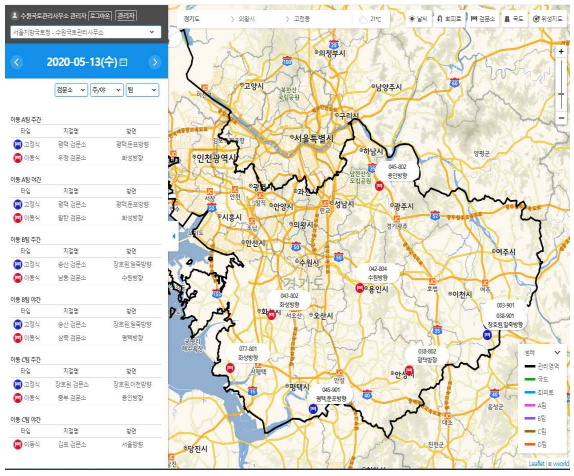
〈시범운영 대상기관〉

지방국토관리청	대상기관(국토관리사무소)
서울지방청	수원, 의정부
대전지방청	충주, 논산, 예산, 보은
원주지방청	강릉, 홍천, 정선
익산지방청	광주, 남원, 순천, 전주
부산지방청	대구, 포항, 영주, 진주, 진영

○ 시범운영 일정

- '20. 08. 03(월) ~ 08.28.(금) : 국토관리사무소 서비스 시범운영 실시
- '20. 09. 11.(금) : 시범운영기간 국토별 검차정보 작성 후 회신
- '20. 09. ~ 10.: 시범운영결과 효과분석
- '20. 11. : 시범운영 결과분석 관련 권역별 실무자회의 실시
- '20. 12. : 서비스 확대방안 마련

○ 시범운영 방식



운행제한 위반차량 최적단속 위치 및 시기 예측서비스 화면

단속회피차단을 위한 우회로 조회 서비스 화면

<운행제한 위반차량 최적단속 위치 및 시기 예측서비스와 단속회피차단을 위한 우회로 조회 서비스 화면>

- 시범운영 기간동안 18개 국토관리사무소의 과적업무 담당자가 일별로 제공되는 다음의 서비스 정보에 따라 이동식 단속팀을 배치하도록 함
- 시범운영 중 서비스 및 작성 양식 관련 문의를 위한 헬프데스크 운영

○ 효과분석의 경우 검차 대비 단속건수의 비교를 통한 성과지표(단속률) 목표 달성여부를 점검하며, 추가로 기간별, 기관별 단속률 추이, 지역별/단속팀별 단속률 비교, 공간분석 등을 실시

- 시범운영 기관에 대하여 효과분석은 시범운영기간의 검차 및 단속실적 등을 성과지표에 맞춰 분석한 결과를 실무자회의 후 결과보고 순으로 진행
- 업무 세부 내용

처리업무	세부 흐름도	기능 설명
단속지점조회	서비스를 통한 당일 추천 검문소 조회	- 추천된 고정식/이동식 검문소를 확인 - 검문소를 클릭하여 위치 및 정보 확인
단속업무 계획	추천 검문소 조회 > 단속최적위치 선정	- 단속최적위치 선정 리스트 : 타입별 (고정식/이동식), 시간대별 (주/야간 등), 팀별 등으로 확인 - 단속최적위치 선정 : 단속 지점 선정

※ 당일 단속지점은 전날 오후4시까지 서비스, 주말 단속지점은 금요일 오전에 서비스 제공

○ 서비스 접속 방식

- 사이트주소 : 건설CALS대민포털시스템(https://www.calspia.go.kr/) 접속 후 건설CALS빅데이터 메뉴 클릭 후 ②번 화면에서 기관별 아이디와 패스워드로 접속
  - ①번 메인화면 하단 좌측에 위치하고 있는 "건설CALS빅데이터서비스 " 클릭
  - 클릭 후 ②번 화면이 나오면 "운행제한차량" 을 클릭 후 기관별 ID와 패스워드로 접속
  - ID와 패스워드는 기관별담당자 메일로 별도 통지

접속 화면

○ 국토관리사무소별 이동식 단속반 일별 검차건수 현황 양식

- 양식

회차	월	화	수	목	금	토	일	비고
1주차								검차건수만 기입
2주차								
3주차								
4주차								

- 작성예시

회차	월	화	수	목	금	토	일	비고
1주차	30	25	25	37	26	20	17	검차건수만 기입

○ 국토관리사무소 단속반 일별 검차 위치정보 현황 양식

- 양식

순번	검차시간	위치정보	비고
1	08-03/검차시간	검문소 id 또는 검차위치	특이사항 작성
2			
·			

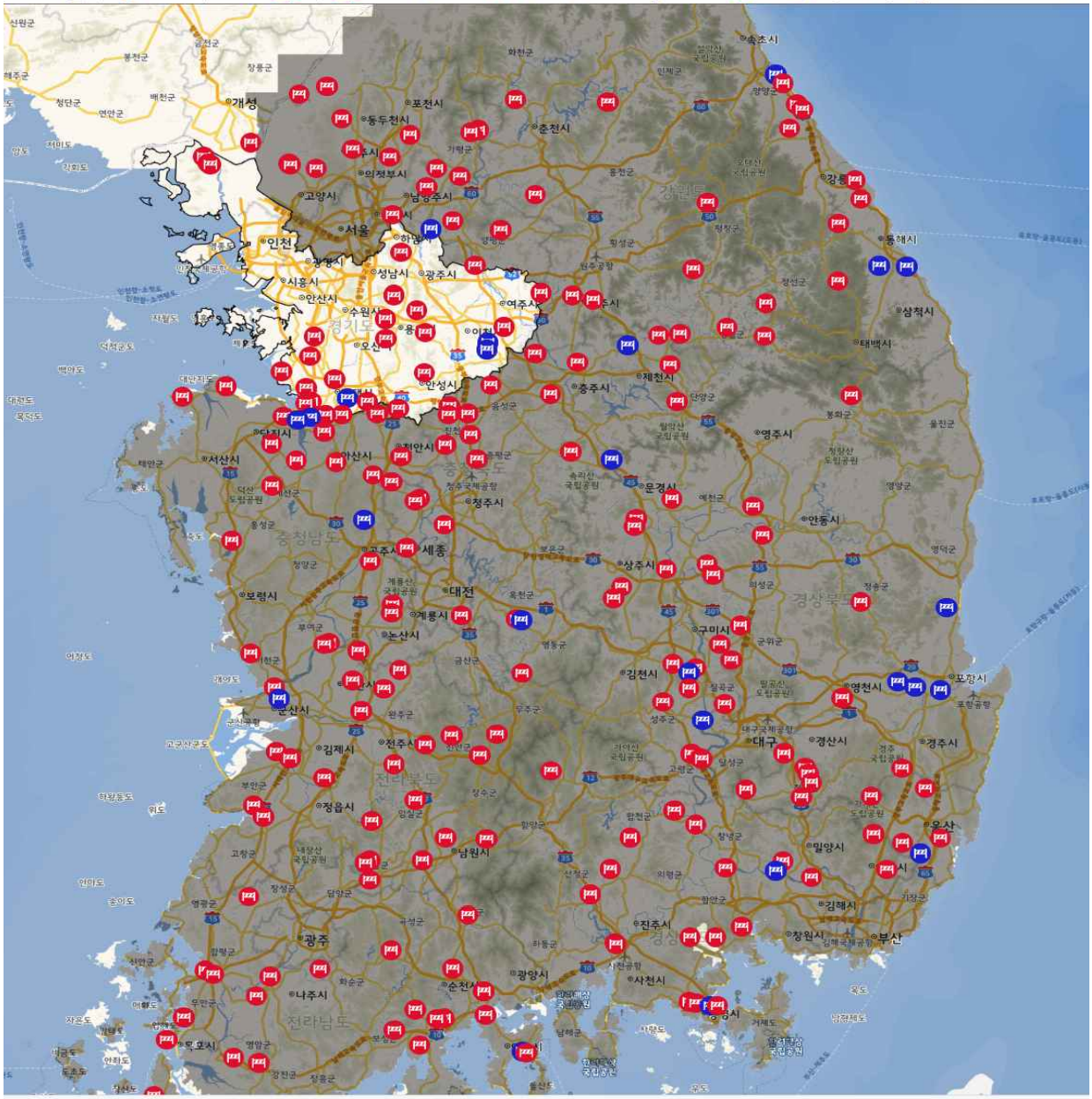
- 작성예시

순번	검차시간	위치정보	비고
1	08-03/13:00 ~ 13:30	예 1)안보 검문소(상)이면 서비스에 표기된 검문소ID인 21-046-091	검문소 ID가 수급시 가장 편한 형태이나 현장 상황에 맞게 표기 바람 (구글지도를 이용한 X, Y좌표/ 최대한 자세한 주소 단위 등)
2	08-03/ 15:30 ~ 16:00	예 2) 경기도 고양시 일산서구 고양대로 283	
·		잘못된 예) 경기도 고양시 일산서구 대화동	구체적인 위치 파악 식별이 불가능한 표기 지양

② 시범운영

○ 시범운영 기간동안 총 314개 지점(고정식 48개소, 이동식 252개소, 추가 14개소)을 서비스에 반영하여 18개 국토관리사무소의 과적 업무담당자가 단속반원이 단속업무를 수행할 수 있도록 지원을 하였음

- 애로사항으로는 8월 1,2주차 기상이변에 따른 장마로 인한 단속업무가 원활하게 진행되지 못하였으며, 3주차는 코로나 격상에 따른 제한적 업무, 4주차는 태풍 '바비'로 인하여 단속반원이 수해복구 지원에 따른 업무 중단 등이 지역적으로 발생함
- 수원/순천국토는 분석에서 제외(사유 : 수원국토 - 코로나관련 비대면 업무 위주로 고정식만 운영함, 순천국토의 경우 장마로 인한 수해복구에 단속반원 투입)



〈전국 국토관리사무소 검문소 현황〉

○ 시범운영 서비스 제공

- 예) 서울지방국토관리청 : 수원, 의정부국토관리사무소 (2개 기관)

수원국토관리사무소

의정부국토관리사무소

③ 효과분석

○ 본 연구에서 효과분석을 위한 정량적 목표중 하나인 단속률을 다음과 같이 정의함

- 단속업무의 방식이 고정식과 이동식으로 이원화되어 있으나, 본 연구에서 제시하는 서비스 대상이 이동식 단속반원에게 제공됨에 따라 이동식 검차업무에서 발생하는 검차 건수 대비 단속건수로 단속률로 정의

$$\text{단속률}(\%) = \frac{\text{단속횟수}}{\text{검차횟수} + \text{단속횟수}} \times 100$$

○ 시범운영은 전국 국토관리사무소에서 진행하였으며, 한 달간의 검차 정보를 사전에 협조 및 요청함. 단속반원에게 다음과 같은 양식을 통해 단속 시간, 위치 등을 기입하게 하였고, 매일 총 검차가 몇 건이 이루어졌는지 종합하여 확인하고자 하였으며 단속 정보는 과태료부과시스템을 통해 데이터 분석을 진행하였음

〈단속 협조 양식1 〉

회차	월	화	수	목	금	토	일	비고
1주차 (8/3 ~ 8/9)								검차건수만 기입
2주차 (8/10 ~ 8/16)								
3주차 (8/17 ~ 8/23)								
4주차 (8/24 ~ 8/28)						–	–	

〈 단속 협조 양식2〉

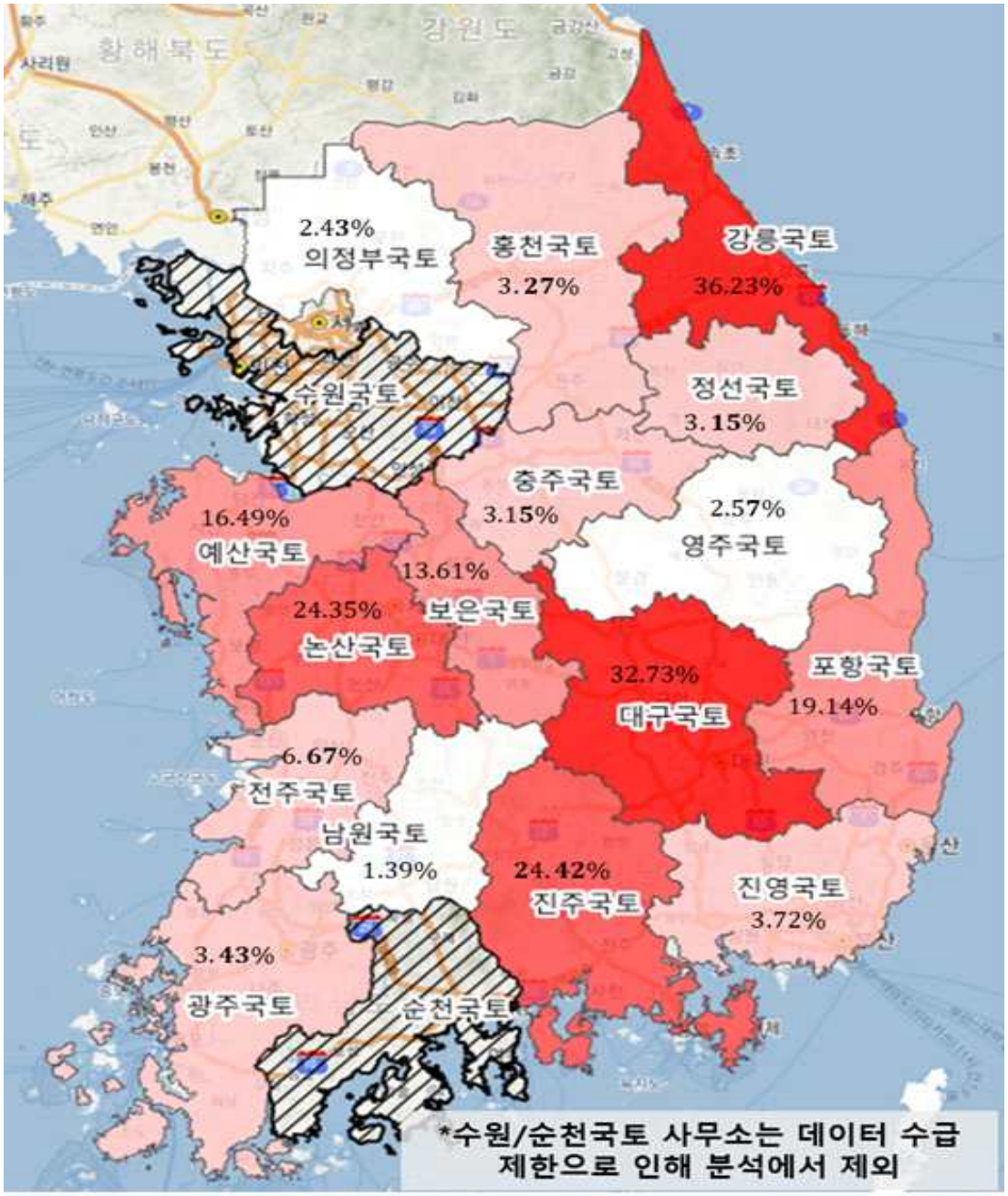
순번	검차시간	위치정보	비고
	예) 8월 3일 1반 주간조 단속업무를 13:30부터 14:00까지 한 경우 작성 예) 08-03/13:30 ~ 14:00(1반 주간)	검문소 ID 또는 검차위치 (기관별 고정식 및 이동식검문소 엑셀 양식을 활용한 ID기재 또는 구글이나 네이버 지도상 위치정보 파악가능한 실제주소를 기입요망)	※작성하기 힘든 경우 시범운영기간 단속근무일지 사본을 메일로 발송요망
1			
2			
…			

○ 시범운영 기간 중간단계에서 국토관리사무소별로 진행 및 애로 사항 등을 확인하였으며 대체적으로 장마, 코로나, 태풍으로 인해 정상적인 단속 활동이 어려운 실정이었음

○ 전국의 단속률은 다음 그림과 같음. 대부분의 관리사무소가 태풍, 코로나19 등으로 인해 능동적인 검차가 사실상 어려운 상태였다는 피드백을 받은 상태임. 다만, 3주차부터 태풍이 끝날 것이 예상되었기 때문에 남은 기간 동안에 대해서 재협조 요청드리면서 지속적인 모니터링을 진행함

○ 효과분석 결과

- 시범운영(2020년)기간 동안의 단속률은 7.09%로 2017~2019년 평균 단속률 5.62%와 비교하여 단속률은 약 26% 향상됨 (단순증가율 : 1.47%p)
- 지역별 단속률 편차가 심한 이유로 단속률이 높은 지역(강릉, 포항, 대구, 진주, 보은, 논산, 예산 등)은 선별적인 단속업무 진행
- 수원/순천 국토사무소는 분석에서 제외(사유 : 코로나, 장마, 태풍등 기상이변 발생)

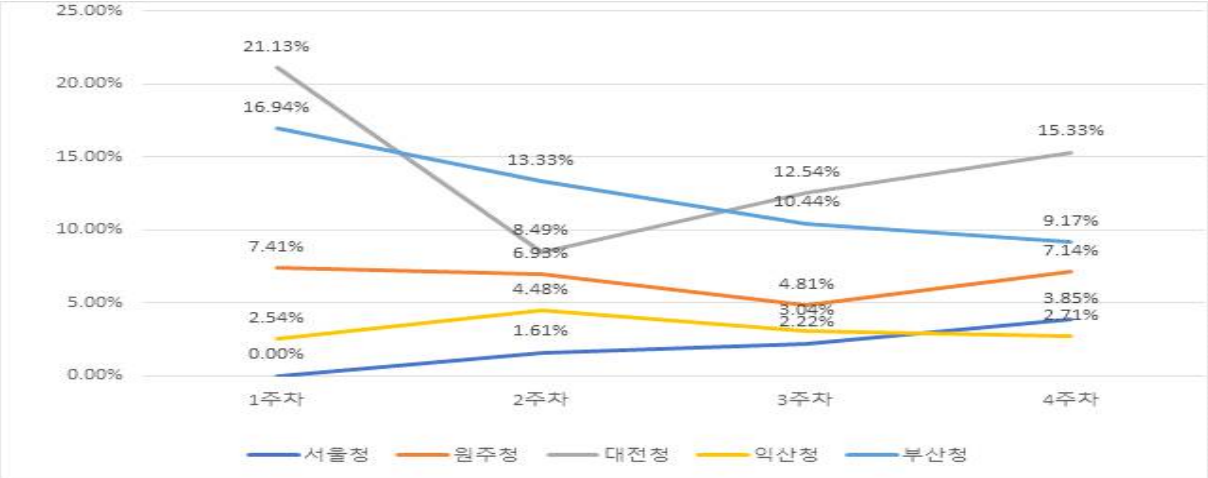


<전국 국토관리사무소 시범운영 단속률 현황>

- 시범운영 기간 3주차를 기점으로 태풍 영향권으로 인해 단속이 어려웠음. 오히려 태풍 바비, 마이삭 등이 한반도 영향권으로 들어와서 다음 표의 결과와 같이 전반적으로 3~4주차의 단속률이 오히려 1~2주차에 비해 떨어지는 것을 확인할 수 있음

〈2020년 시범운영 기간 단속률 주차별 추이〉

주체	구분	8.3~8.9	8.10~8.16	8.17~8.23	8.24~8.28	합 계
전체	검차건수	657	1,095	1,485	1,035	4.272
	적발건수	61	78	95	69	303
	검차대비 적발	9.28%	7.12%	6.40%	6.67%	**7.09%**
	단속률 증감률	-	-2.16%p	-0.73%p	+0.27%p	



〈2020년 시범운영 기간 주차 및 청별 단속률 추이〉

○ **서울지방국토관리청**

- 시범 운영 기간 동안의정부국토관리사무소 검차 횟수는 다음과 같으며, 수원국토관리사무소의 경우 코로나19 여파로 고정식검문소만 운영함

〈의정부국토관리사무소 일별 검차 수 ('20)〉

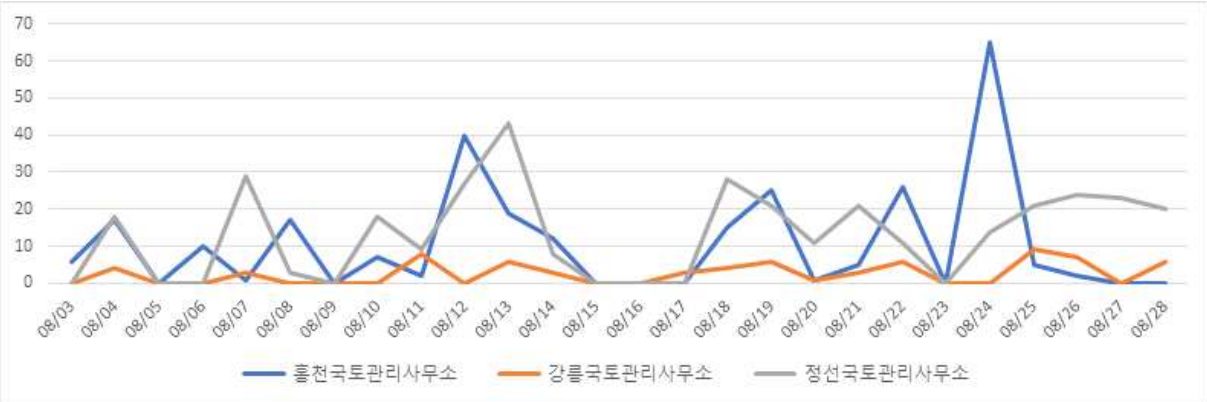
- 전년도 대비 단속률은 다음과 같으며, 시범 운영을 하지 않았던 지난 3년간의 추세(17년 3.67%, 18년 1.57%, 19년 3.68%)나 단속률에 비해 단속률(2.46%)은 낮게 나왔으며 그 배경은 시범운영 기간 동안 코로나 또는 장마 등의 기상악화에 따른 근무 상황에 맞춰 인력을 배치한 것으로 판단됨

- 의정부국토관리사무소 : 시범 운영기간의 단속률 추이 및 전년대비 단속률 비교

주체	구분	20.8.3~8.9	20.8.10~8.16	20.8.17~8.23	20.8.24~8.28
의정부 국토	검차건수	19	62	88	78
	적발건수	0	1	2	3
	검차대비 적발	0.00%	1.61%	2.27%	3.85%
	단속률 증감률	-	+1.61%p	+0.66%p	+1.57%p

○ 원주지방국토관리청

- 시범 운영 기간 동안 국토관리사무소별 검차 횟수는 다음과 같음



〈일별 검차 횟수(원주청)〉

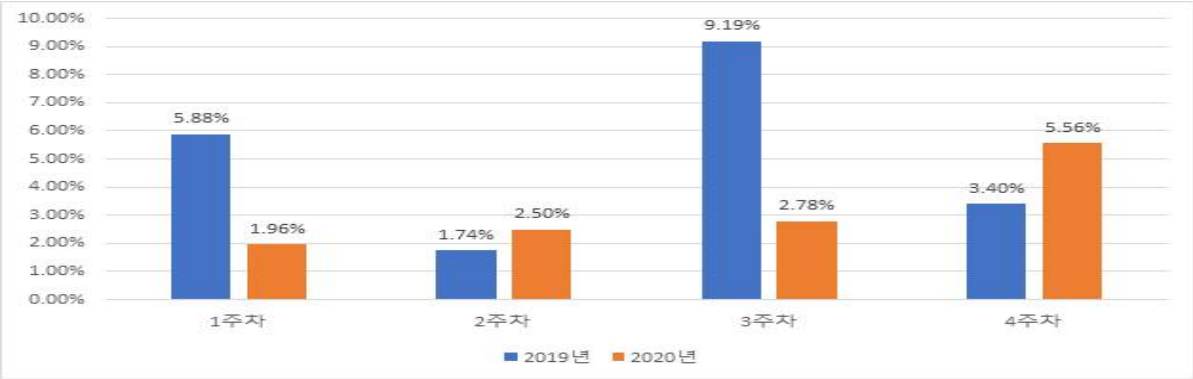
- 원주청의 주차별 검차 및 적발 정보는 다음과 같으며 과거 3년간 실적과 가장 유사한 패턴을 보이고 있음. 즉. 시범 운영을 하지 않았던 작년과 비교시 추세나 단속률에 유의미한 차이는 보이지 않음을 알 수 있으며 반대로 시범운영 기간 동안 원주청의 단속률은 시간이 경과되면서 서서히 감소하는 추세를 보이다가 4주차에 소폭 상승한 것으로 보임

<2020년 시범운영 기간 단속률 주차별 추이(원주청)>

주체	구분	2020.8.3~8.9	2020.8.10~8.16	2020.8.17~8.23	2020.8.24~8.28
원주청	검차건수	108	202	187	196
	적발건수	8	14	9	14
	검차대비 적발	7.41%	6.93%	4.81%	7.14%
	단속률 증감률	–	−0.48%	−2.12%	2.33%

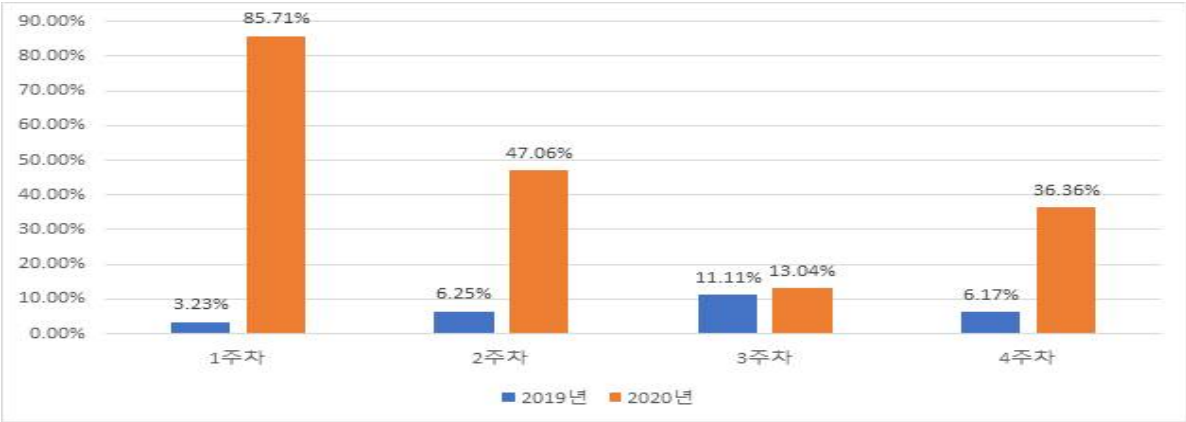
- 홍천국토관리사무소

주체	구분	20.8.3~8.9	20.8.10~8.16	20.8.17~8.23	20.8.24~8.28
홍천 국토	검차건수	51	80	72	72
	적발건수	1	2	2	4
	검차대비 적발	1.96%	2.50%	2.78%	5.56%
	단속률 증감률	–	+0.54%p	+0.28%p	+2.78%p



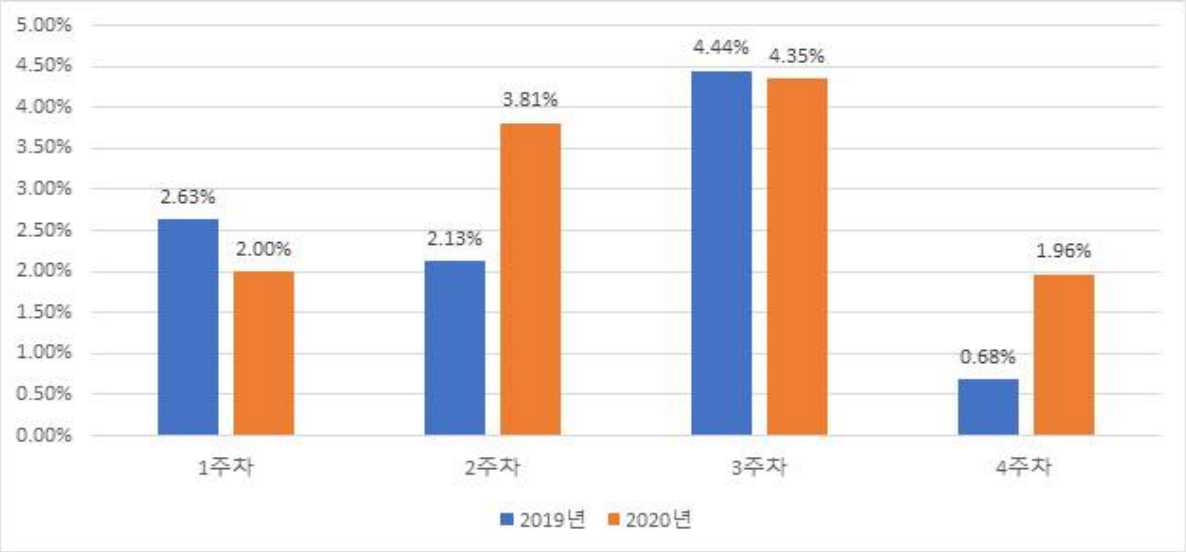
- 강릉국토관리사무소

주체	구분	20.8.3~8.9	20.8.10~8.16	20.8.17~8.23	20.8.24~8.28
강릉 국토	검차건수	7	17	23	22
	적발건수	6	8	3	8
	검차대비 적발	85.71%	47.06%	13.04%	36.36%
	단속률 증감률	–	-38.66%p	-34.02%p	+23.32%p



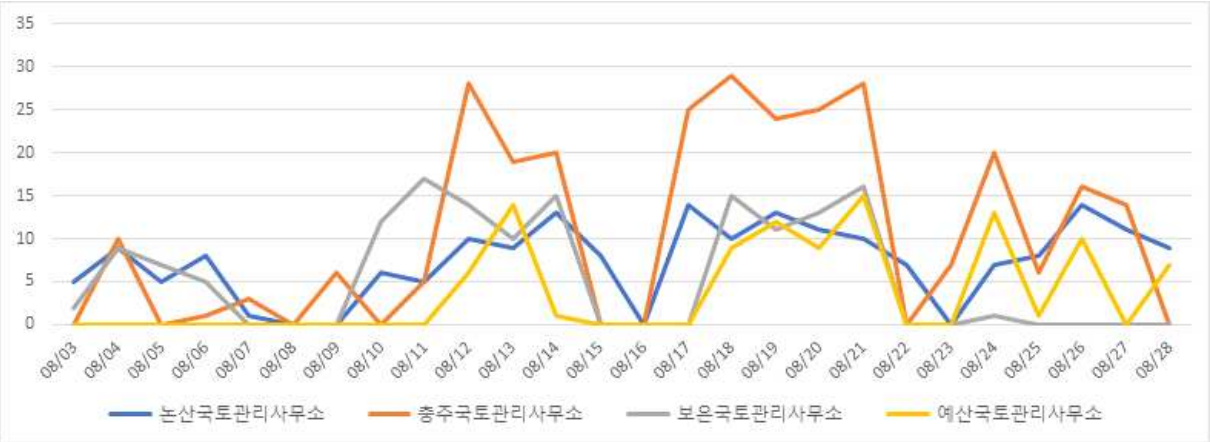
- 정선국토관리사무소

주체	구분	20.8.3~8.9	20.8.10~8.16	20.8.17~8.23	20.8.24~8.28
정선 국토	검차건수	50	105	92	102
	적발건수	1	4	4	2
	검차대비 적발	2.00%	3.81%	4.35%	1.96%
	단속률 증감률	–	+1.81%p	+0.54%p	-2.39%p



○ **대전지방국토관리청**

- 시범운영 기간 동안 각각의 사무소별 검차 횟수는 다음과 같음



〈일별 검차 횟수 그래프(대전청)〉

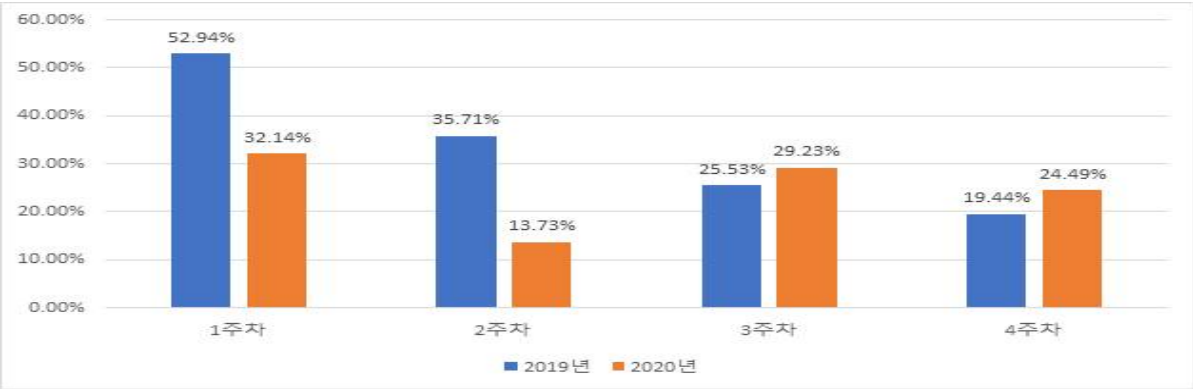
- 주차별 검차 및 적발 정보는 다음과 같으며 2주차를 기점으로 검차건수는 늘었지만 적발건수는 큰 차이가 발생하지 않아 단속률이 급감하였음. 3주차부터 다시 평균이상의 단속률을 보였음. 분석결과 제공되는 서비스에 시범운영 초기에 익숙하지 않았던 담당자들이 3주차부터 보다 효율적으로 활용하여 적정한 위치에 단속반원을 배치하여 안정적인 업무를 수행한 것으로 판단됨

<2020년 시범운영 기간 단속률 주차별 추이(대전청)>

주체	구분	2020.8.3~8.9	2020.8.10~8.16	2020.8.17~8.23	2020.8.24~8.28
대전청	검차건수	71	212	303	137
	적발건수	15	18	38	21
	검차대비 적발	21.13%	8.49%	12.54%	15.33%
	단속률 증감률	–	−12.64%	4.05%	2.79%

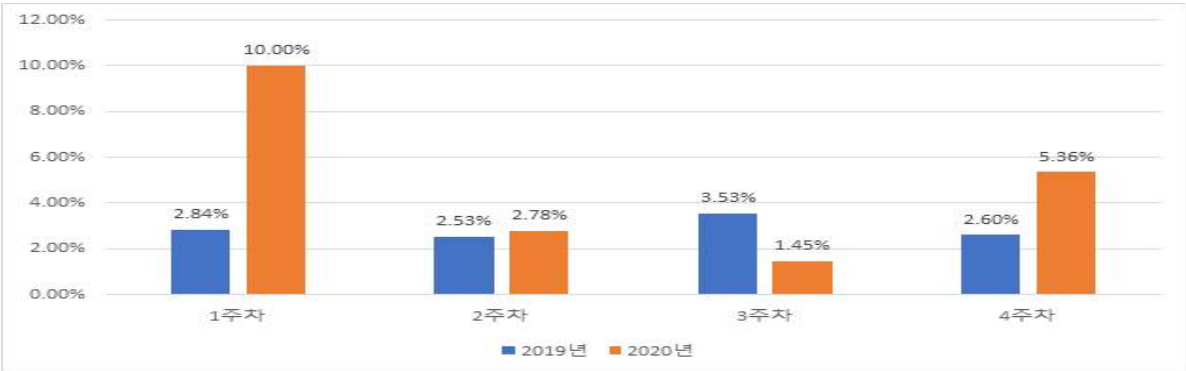
- 논산국토관리사무소

주체	구분	20.8.3~8.9	20.8.10~8.16	20.8.17~8.23	20.8.24~8.28
논산 국토	검차건수	28	51	65	49
	적발건수	9	7	19	12
	검차대비 적발	32.14%	13.73%	29.23%	24.49%
	단속률 증감률	–	-18.42%p	+15.51%p	-4.74%p



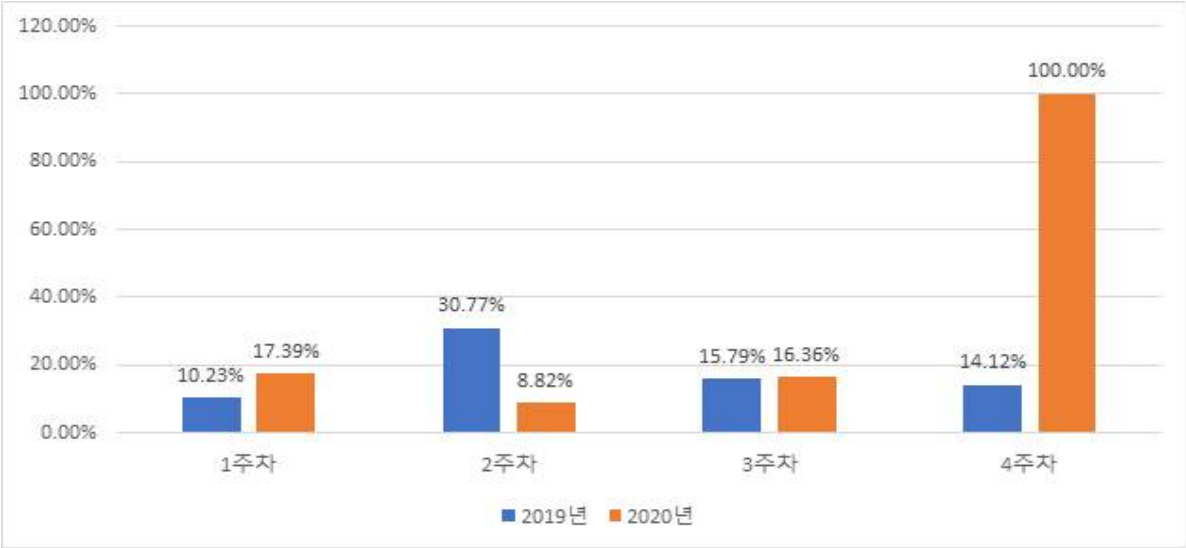
- 충주국토관리사무소

주체	구분	20.8.3~8.9	20.8.10~8.16	20.8.17~8.23	20.8.24~8.28
충주 국토	검차건수	20	72	138	56
	적발건수	2	2	2	3
	검차대비 적발	10.00%	2.78%	1.45%	5.36%
	단속률 증감률	–	-7.22%p	-1.33%p	+3.91%p



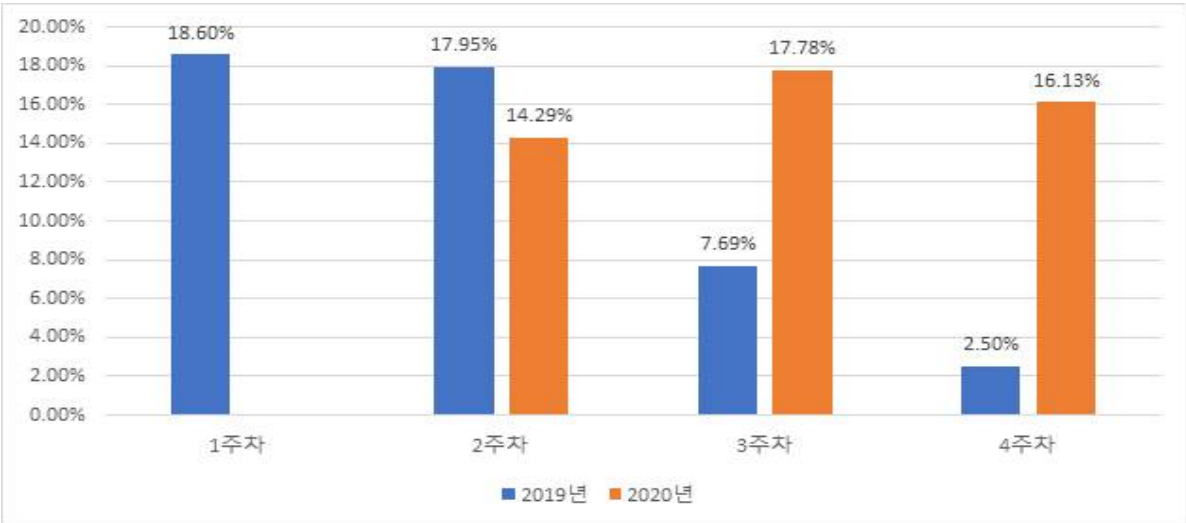
- 보은국토관리사무소

주체	구분	20.8.3~8.9	20.8.10~8.16	20.8.17~8.23	20.8.24~8.28
보은 국토	검차건수	23	68	55	1
	적발건수	4	6	9	1
	검차대비 적발	17.39%	8.82%	16.36%	100.00%
	단속률 증감률	–	−8.57%p	+7.54%p	+83.64%p



- 예산국토관리사무소

주체	구분	20.8.3~8.9	20.8.10~8.16	20.8.17~8.23	20.8.24~8.28
예산 국토	검차건수	0	21	45	31
	적발건수	0	3	8	5
	검차대비 적발	–	14.29%	17.78%	16.13%
	단속률 증감률	–	–	+3.49%p	−1.65%p



○ **익산지방국토관리청**

- 시범운영 기간 동안 각각의 사무소별 검차 횟수는 다음과 같음
- 특이사항으로는 순천국토관리사무소의 경우 코로나와 더불어 시범운영기간동안 장마와 태풍이 집중적으로 발생하여 이동식단속반원이 수해복구업무에 투입되어 단속업무를 진행하지 않았음
- 다른 기관에 비하여 시범운영기간 동안의 단속률이 상대적으로 낮으며, 주차별 추이를 보면 단속률의 증감추세가 큰 변화가 없었음. 분석 결과 기상악화에 따라 화물 차량의 통행량 자체가 낮았음

<일별 검차 횟수 그래프(익산청)>

<2020년 시범운영 기간 단속률 주차별 추이(익산청)>

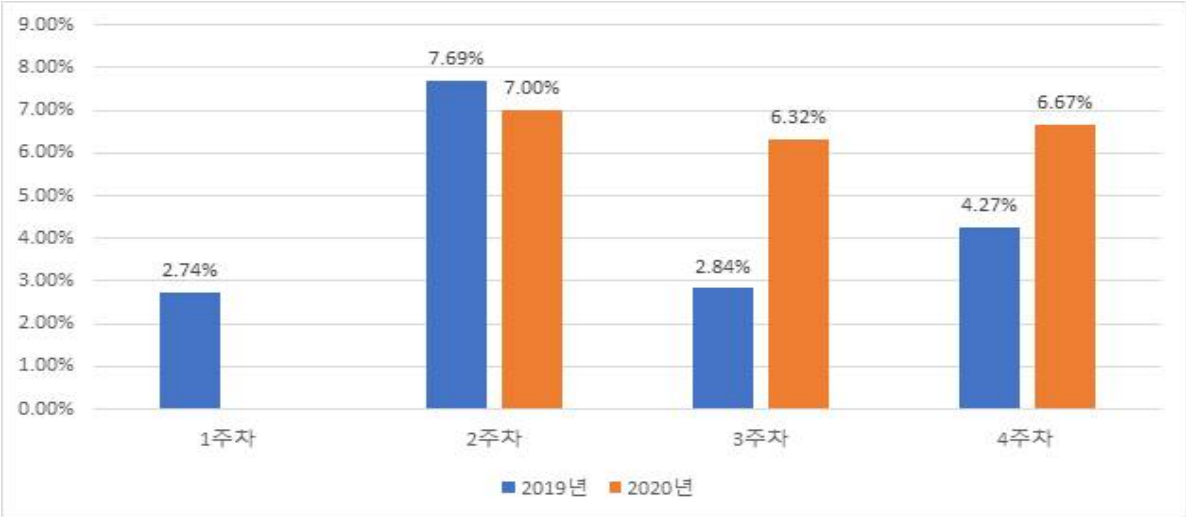
주체	구분	2020.8.3~8.9	2020.8.10~8.16	2020.8.17~8.23	2020.8.24~8.28
익산청	검차건수	276	424	658	406
	적발건수	7	19	20	11
	검차대비 적발	2.54%	4.48%	3.04%	2.71%
	단속률 증감률	-	1.94%	-1.44%	-0.33%

- 광주국토관리사무소

주체	구분	20.8.3~8.9	20.8.10~8.16	20.8.17~8.23	20.8.24~8.28
광주 국토	검차건수	166	228	378	160
	적발건수	6	10	11	5
	검차대비 적발	3.61%	4.39%	2.91%	3.13%
	단속률 증감률	-	+0.77%p	-1.48%p	+0.21%p

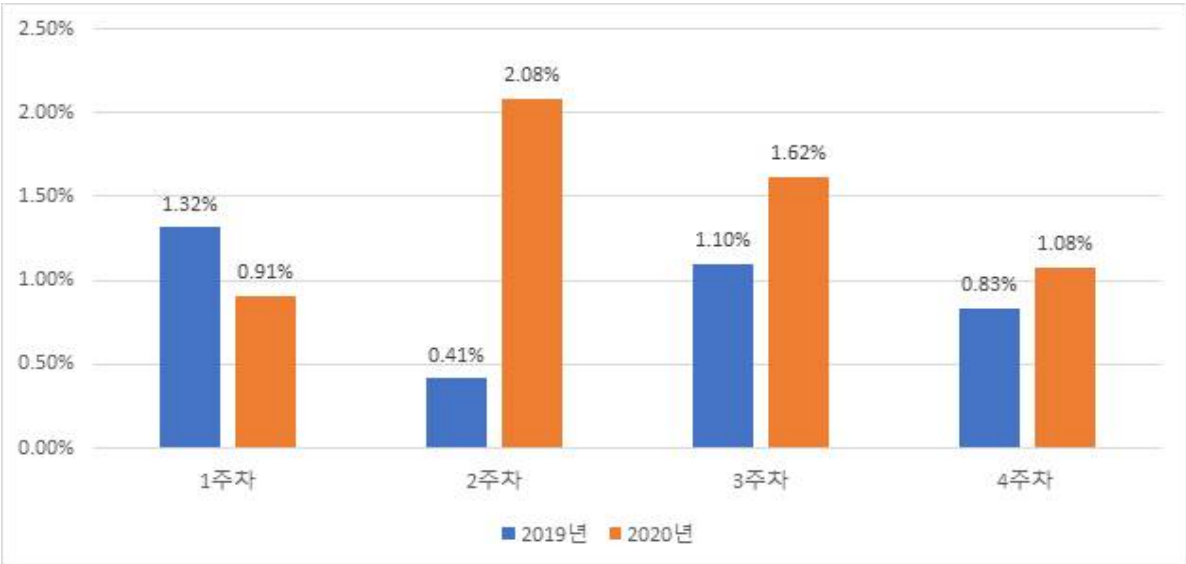
- 전주국토관리사무소

주체	구분	20.8.3~8.9	20.8.10~8.16	20.8.17~8.23	20.8.24~8.28
전주 국토	검차건수	0	100	95	60
	적발건수	0	7	6	4
	검차대비 적발	–	7.00%	6.32%	6.67%
	단속률 증감률	–	–	−0.68%p	+0.35%p



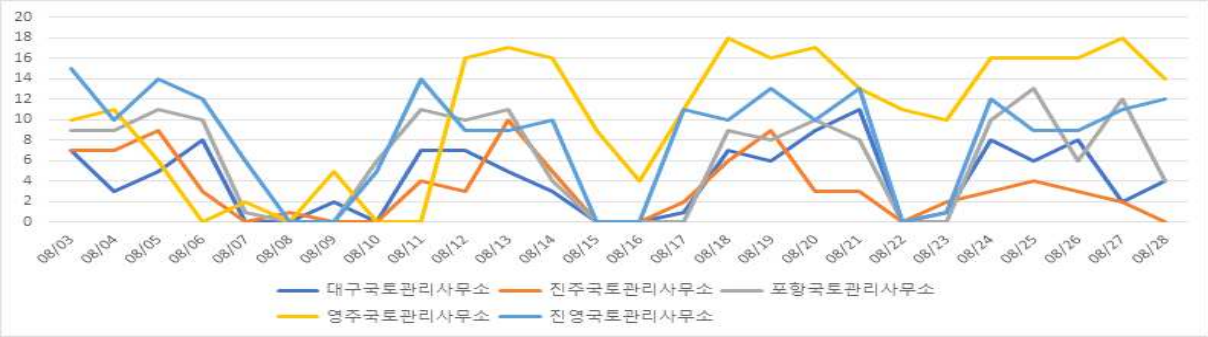
- 남원국토관리사무소

주체	구분	20.8.3~8.9	20.8.10~8.16	20.8.17~8.23	20.8.24~8.28
남원 국토	검차건수	110	96	185	186
	적발건수	1	2	3	2
	검차대비 적발	0.91%	2.08%	1.62%	1.08%
	단속률 증감률	–	+1.17%p	−0.46%p	−0.55%p



○ **부산지방국토관리청**

- 시범 운영 기간 동안 각각의 사무소별 검차 횟수는 다음과 같음



<일별 검차 횟수 그래프(부산청)>

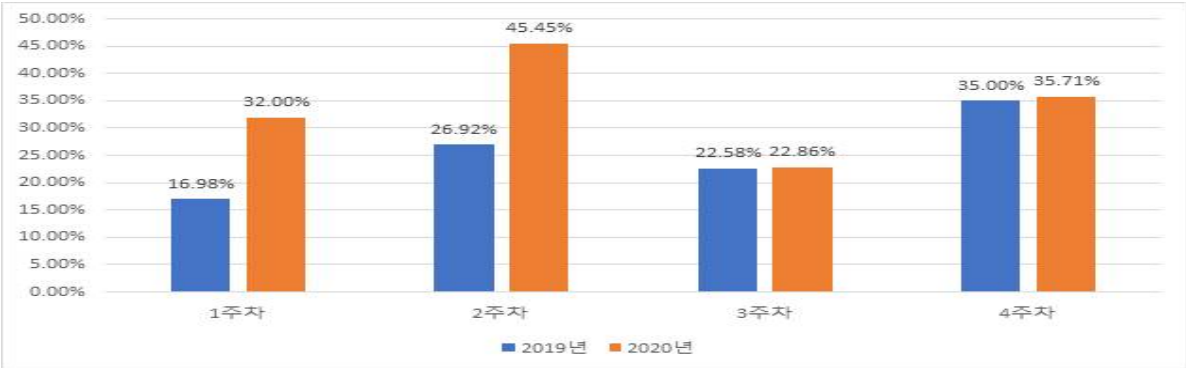
- 주차별 검차 및 적발 정보는 다음과 같으며 원주청과 비슷하게 주차가 지나감에 따라 단속률이 미세하게 감소하는 추세를 보임. 대전청이나 부산청의 경우 다른 기관에 비해 평균 이상의 단속률을 보이는 이유는 단속업무를 수행할 때 보다 선별적인 즉 과적으로 추정되는 차량 위주로 검차를 수행한 결과 단속률이 높게 나온 것으로 분석됨

<2020년 시범운영 기간 단속률 주차별 추이(부산청)>

주체	구분	2020.8.3~8.9	2020.8.10~8.16	2020.8.17~8.23	2020.8.24~8.28
부산청	검차건수	183	195	249	218
	적발건수	31	26	26	20
	검차대비 적발	16.94%	13.33%	10.44%	9.17%
	단속률 증감률	-	-3.61%	-2.89%	-1.27%

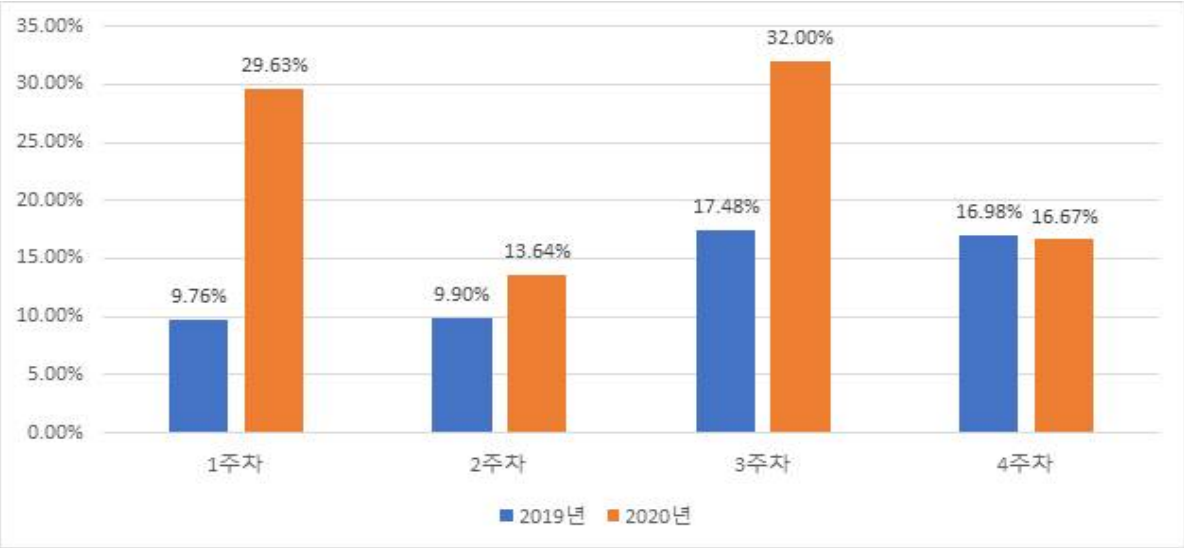
- 대구국토관리사무소

주체	구분	20.8.3~8.9	20.8.10~8.16	20.8.17~8.23	20.8.24~8.28
대구 국토	검차건수	25	22	35	28
	적발건수	8	10	8	10
	검차대비 적발	32.00%	45.45%	22.86%	35.71%
	단속률 증감률	-	+13.45%p	-22.6%p	+12.86%p



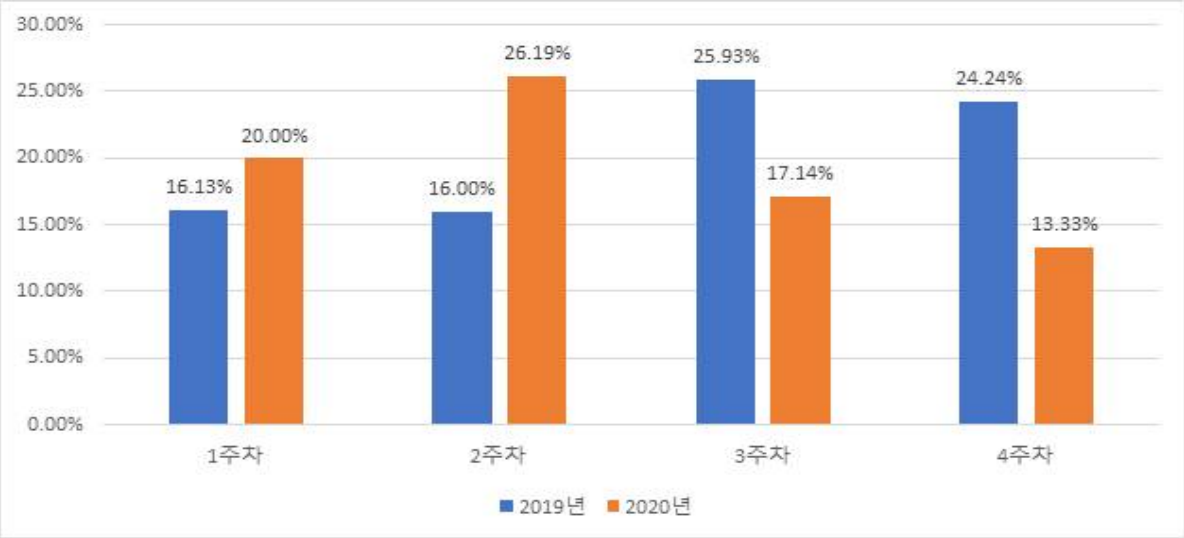
- 진주국토관리사무소

주체	구분	20.8.3~8.9	20.8.10~8.16	20.8.17~8.23	20.8.24~8.28
진주 국토	검차건수	27	22	25	12
	적발건수	8	3	8	2
	검차대비 적발	29.63%	13.64%	32.00%	16.67%
	단속률 증감률	-	-15.99%p	+18.36%p	-15.33%p



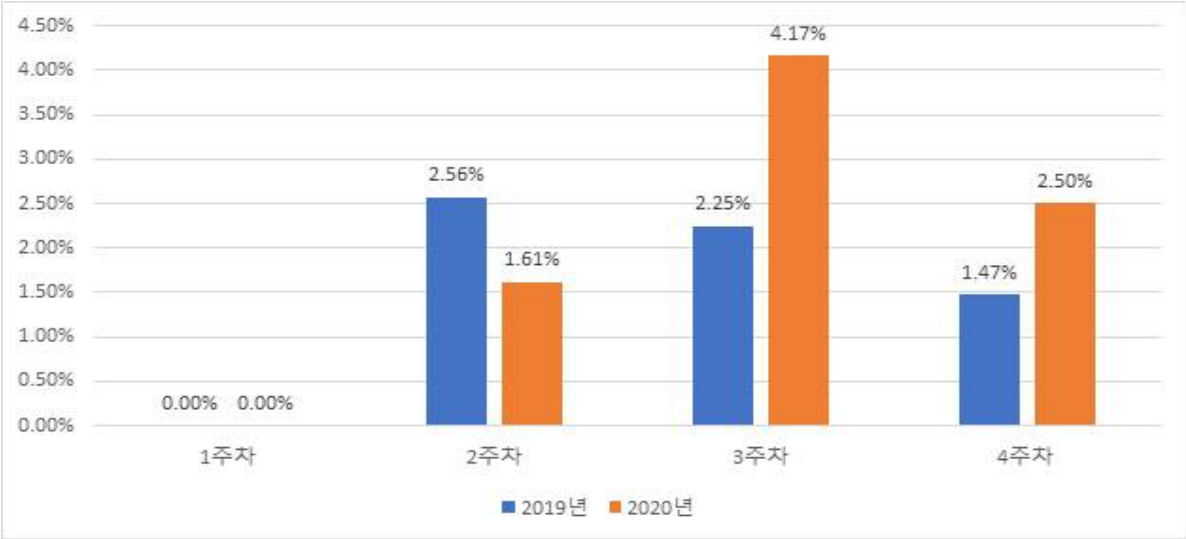
- 포항국토관리사무소

주체	구분	20.8.3~8.9	20.8.10~8.16	20.8.17~8.23	20.8.24~8.28
포항 국토	검차건수	40	42	35	45
	적발건수	8	11	6	6
	검차대비 적발	20.00%	26.19%	17.14%	13.33%
	단속률 증감률	-	+6.19%p	-9.05%p	-3.81%p



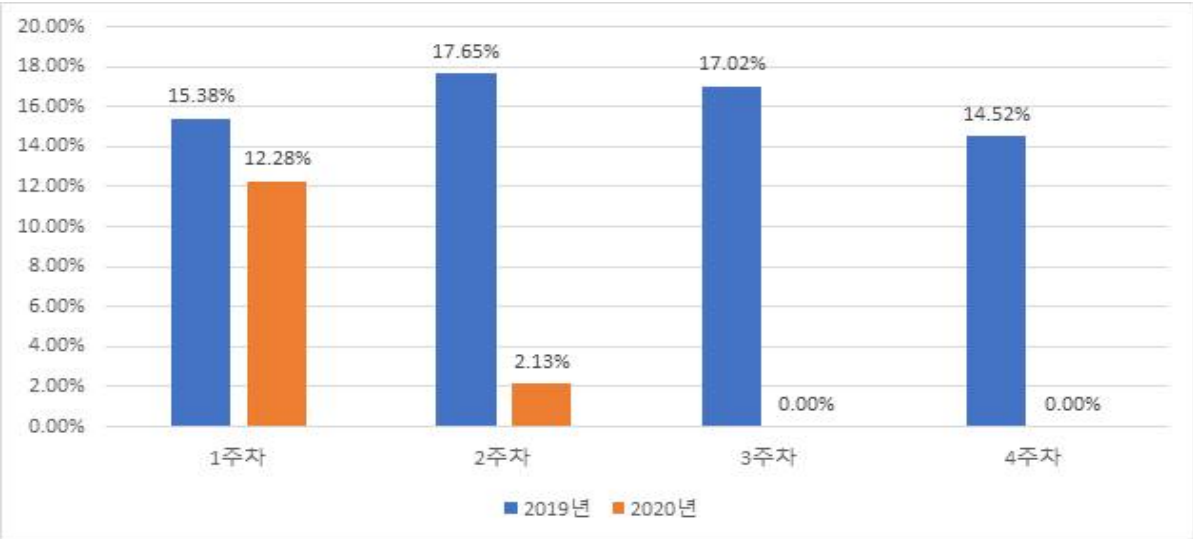
- 영주국토관리사무소

주체	구분	20.8.3~8.9	20.8.10~8.16	20.8.17~8.23	20.8.24~8.28
영주 국토	검차건수	34	62	96	80
	적발건수	0	1	4	2
	검차대비 적발	0.00%	1.61%	4.17%	2.50%
	단속률 증감률	-	+1.61%p	+2.55%p	-1.67%p



- 진영국토관리사무소

주체	구분	20.8.3~8.9	20.8.10~8.16	20.8.17~8.23	20.8.24~8.28
진영 국토	검차건수	57	47	58	53
	적발건수	7	1	0	0
	검차대비 적발	12.28%	2.13%	0.00%	0.00%
	단속률 증감률	-	-10.15%p	-2.13%p	0%p



④ 설문조사

○ 시범운영결과에 대한 참여자들의 설문지 작성을 통한 운영 효과 및 개선사항 의견 수렴

- 조사대상 : 총 29명 (과적단속 업무담당자 6명, 단속반원 23명)
- 조사기간 : 2020년 11월 17일 ~12월8일
- 코로나19로 인한 이메일을 통한 비대면 설문조사 실시

○ 설문 문항

과적단속 최적위치·시기 예측서비스 사용자 만족도 설문조사

※ 빅데이터 기반의 과적단속 최적위치·시기예측서비스의 사용자 의견을 듣고자 하오니 아래의 문항에 대한 설문협조를 요청드립니다.

1. 과적단속최적위치·시기 예측서비스는 전반적으로 만족하십니까?
① 매우 만족 ② 만족 ③ 보통 ④ 불만족 ⑤ 매우 불만족

2. 과적단속최적위치·시기 예측서비스는 사용자에게 유용한 정보를 제공하고 있습니까?
① 매우 만족 ② 만족 ③ 보통 ④ 불만족 ⑤ 매우 불만족

3. [디자인 및 구성] 설계 구성 및 디자인은 어떻습니까?
① 매우 만족 ② 만족 ③ 보통 ④ 불만족 ⑤ 매우 불만족

4. [디자인 및 구성] 제공하는 정보가 보기에 편리하도록 구성되어 있습니까?
① 매우 만족 ② 만족 ③ 보통 ④ 불만족 ⑤ 매우 불만족

5. [콘텐츠 신뢰성] 단속지점 제공결과에 만족을 하십니까?
① 매우 만족 ② 만족 ③ 보통 ④ 불만족 ⑤ 매우 불만족

6. [콘텐츠 신뢰성] 메뉴나 내용에 잘못된 용어나 정보는 없습니까?
① 매우 만족 ② 만족 ③ 보통 ④ 불만족 ⑤ 매우 불만족

7. [관리와 현행화] 시스템 접속속도 및 단속지점 예측결과가 신속하게 제공되고 있습니까?
① 매우 만족 ② 만족 ③ 보통 ④ 불만족 ⑤ 매우 불만족

8. [지속 활용] 화물차량의 과적예방에 문제를 해결하는데 도움이 될 거라 생각하십니까?
① 매우 그렇다 ② 그렇다 ③ 보통 ④ 아니다 ⑤ 전혀 아니다

9. [지속 활용] 단속지점 제공으로 인해 소요되는 업무 부담이 감소되리라 생각하십니까?
① 매우 그렇다 ② 그렇다 ③ 보통 ④ 아니다 ⑤ 전혀 아니다

10. [기타] 향후 과적단속 최적위치·시기 예측서비스를 사용함에 있어 건의사항이 있으시면 작성 부탁드립니다.

○ 설문 결과

순 번	설문 내용	설문평점
1	과적단속최적위치·시기 예측서비스 만족도	2.8
2	사용자에게 유용한 정보를 제공여부	2.9
3	[디자인 및 구성] 설계 구성 및 디자인	3.0
4	[디자인 및 구성] 제공하는 정보가 보기에 편리하도록 구성	2.9
5	[콘텐츠 신뢰성] 단속지점 제공결과 만족도	2.8
6	[콘텐츠 신뢰성] 메뉴나 내용에 잘못된 용어나 정보 여부	2.9
7	[관리와 현행화] 시스템 접속속도 및 단속지점 예측결과가 신속하게 제공여부	2.8
8	[지속 활용] 화물차량의 과적예방에 문제를 해결하는데 도움여부	2.9
9	[지속 활용] 단속지점 제공으로 인해 소요되는 업무 부담이 감소여부	3.0
기타 의견	• 수도권의 경우 우회로가 많고 민원 중심의 단속으로 제공되는 지점에서 단속이 어려움 • 정보 보안 강화(단속지점 유출 방지) • 단속반원 충원 필요	

○ 설문결과 사용자 만족도는 보통(2.89, 백분율 환산시 57.8%) 수준으로 나타남

- 만족도가 보통인 이유는 과거의 선험적인 경험과 직관을 우선시하는 단속업무의 경향에 따라 서비스 자체에 대한 거부감이 주요인으로 판단됨
  - 업무담당자에 비해 단속반원의 경우 사용자교육 부족이거나 서비스에 대한 이해 부족과 더불어 기존의 단속업무에 대한 명확한 근무 규정이 없는 상황에 따른 것으로 분석됨
  - 과적 단속업무는 민원을 최우선으로 고려하는 업무 특성상 근무지시가 있어도 변동될 수 있는 여지가 많으므로 빅데이터 서비스를 통해 지점이 제공된다 하더라도 꼭 제공된 지점에 가는 것이 아님
- 분석결과를 토대로 원활한 서비스가 제공 및 운영되기 위해 다음과 같은 보완이 요구됨
  - 과적단속 최적 위치 및 시기 예측서비스 및 우회로 서비스에 대한 사용자교육 강화
  - 단속지점이나 우회로 서비스 외 상시지점의 교통량정보 제공 등 서비스 확장을 통한 의사결정 지원
  - 향후 단속지점 제공과 더불어 단속반원에 대하여 터치스크린 방식의 정보전달 시스템 체계의 키오스크 단말기 보급이나 모바일을 통한 서비스 등을 통해 단속지점과 우회로 서비스를 제공하는 방식에 대하여 검토가 필요
- 업무담당자의 의견으로, 민원을 제일 중점으로 두고 있는 업무특성을 고려하여 서비스를 통해 의사결정을 지원하는 식으로 서비스 방식이 설정되어하므로 「차량의 운행제한 규정」 등 업무지침에 반영하는 근거를 마련하는 과정에서 의무사항보다는 고려사항으로 반영되어야 함
  - 단속업무 관련 「차량의 운행제한 규정」내용 중 다음과 같은 규정은 있으나, 근무 배치 방식에 대한 구체적인 내용은 현재 없음

제3장 임무
제10조(임무) 제3항
1. 소장의 지시 또는 근무상황을 고려한 검문소 운영
2. 공정한 원칙에 의한 도로관리원 근무배치
제4장 제한차량 단속
제11조(단속계획 수립 및 보고)
① 소장은 고정검문소 운영을 위해 매월 말 이전에 다음 달의 단속계획을 수립 하여야 한다.
② 소장은 이동단속반 운영을 위해 매일 단속계획을 수립하여 근무시작 직전에 근무를 명하여야 한다.
③ 소장은 제1항의 다음 달 단속계획과 제2항에 따른 이전 달 단속 실적 을 매월 5일전까지 청장에게 보고 하여야 한다.

⑤ 효과분석 결과 및 시사점

○ 일반국도 검차 대비 단속 실적

- 공통적으로 시범 운영기간 동안 1, 2주차보다 3, 4주차로 운영기간이 늘어나면서 단속률이 감소하였으며 이 결과가 시사하는 것은 빅데이터 분석에 의해 교통량을 추정하고 실시간 기상 데이터에 의해 과적단속 최적의 위치와 시기를 예측하여 제공함으로써 과적의 사전예방 효과가 있었다고 볼 수 있음

○ 정책, 업무 개선사항

- 향후 서비스를 전면적용하기 위해서 우선적으로 국토교통부의 도로시설안전과와 다음과 같은 내용에 대하여 지속적 협의가 필요함
  - 단속반원들에게 지방도 단속 권한 포괄적 부여와 행정절차 간소화
  - 단속반원의 안전을 고려한 이동식검차공간 확보와 단속인력 정원 확충 필요
  - 화물차량 검차 및 단속정보 차종분류(12종) 데이터 필요

1종 (승용차,미니트럭)	2종 (버스)	3종 (1~2.5톤 미만)	4종 (2.5~8.5톤 미만)	5종 (3축 트럭)	6종 (4축 트럭)
7종 (5축 트럭)	8종 (4축 세미트레일러)	9종 (4축 풀 트레일러)	10종 (5축 세미트레일러)	11종 (5축 풀 트레일러)	12종 (6축 세미트레일러)

구 분	4종	5종	6종	7종	8종	9종	10종	11종	12종
발생확률	8.1	12.2	27.9	14.6	0.0	0.0	13.3	2.5	21.4

<차종별 운행제한 발생확률(100점 만점으로 환산),'16년 기준>

○ 전면적용을 위한 고려사항

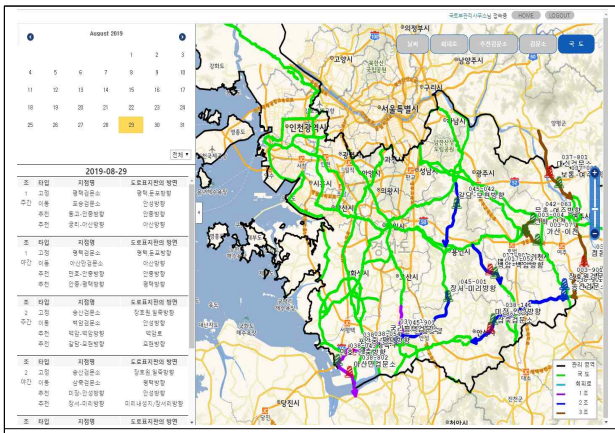
- 국토관리사무소별 근무지 선정 방식과 인력 운영방법 상이함
- 시범운영을 적용한 수원국토의 경우 고정식과 이동식 단속반원을 통합하여 운영함
- 일반적인 상황으로 고정식과 이동식 단속반원을 분리하여 운영하며 이동식단속반의 운영이나 편성이 상이함
- 단속체계, 단속지점의 합리적 배치, 도로관리청별 집중단속체계 구축, 관계법령 개정, 단속반원의 업무환경(단속자원과 권한의 한계) 등

(자) 과적단속 최적 위치 · 시기 예측서비스 기술 고도화

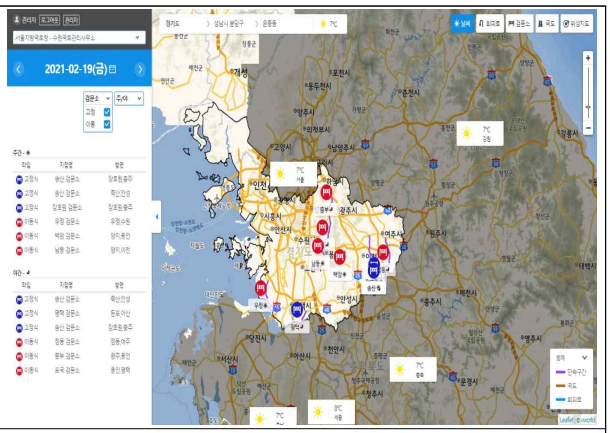
① 기존 대비 개선부분

○ 화물차량 최적단속 위치 및 시기 예측서비스 시각화 개선

- 2차년도 시범서비스 후 사용자 의견수렴 내용을 반영하여 기능개선 후 3차년도 시범운영 서비스를 실시함. 주요 변경내용은 다음과 같음
  - 가독성 높은 폰트를 사용, 아이콘을 적극적으로 활용하여 직관적인 화면 구성
  - 계획적인 컬러 사용으로 좌측 영역과 지도 영역의 명확한 구분
  - 관리자 화면, 로그인 화면 디자인 변경



2019년 시범서비스 화면



2020년 시범서비스 화면

- 좌측 영역의 경우 상단에 큰 영역을 차지하고 있던 달력을 삭제하고 오늘 날짜로 변경하여 일정표를 스크롤 없이 한눈에 볼 수 있게 변경 (달력은 레이어 팝업으로 제공)
- 지도 영역의 경우 지도상의 컬러와 구분되는 시인성 높은 컬러를 사용하여 라인 표시하고 분석 지역 이외의 지역은 쉐도우 표현

② 시범운영 결과를 통한 고도화

○ 일반국도 18개 국토관리사무소 시범확대를 통한 기능고도화

- 2019년 시범서비스를 수원국토관리사무소 관할 지역을 대상으로 실행한 반면 2020년의 경우 전국으로 확대하여 시범서비스 실행하였으며 다음과 같은 고려사항을 서비스에 반영하여 기능을 고도화함
  - 전국 통행량, 화물DTG, 단속정보 등 데이터 수집, 가공 및 적재
  - 국토관리사무소별 근무 현황, 제약 조건 조사 및 서비스 반영
  - 국토관리사무소별 근무표 생성 일일 Batch 프로그램 제작

○ 우회로 알고리즘 개선

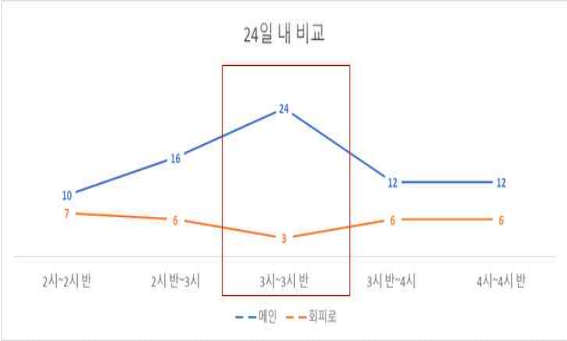
- 2019년 시범서비스 기간 중 합동단속의 효과를 측정하였으며, 국도의 단속을 회피하여 지방도로 운행하는 다수의 차량을 단속하는데 성공하였음

2019년 수원국토관리사무소와 경기도 건설본부 합동단속 계획

- 국도에서 단속중인 정보를 미리 알고 회피하는 것이 사실이라면 DTG 빅데이터 분석을 통해 단속시점에 도로별 화물차 교통량이 변화하는 것을 알 수 있다는 가정을 세우고 2019년 시범서비스 기간의 DTG를 2020년에 수급하여 가정이 맞는지 확인을 위해 분석함
- 2019년 단속 기간의 DTG 데이터를 입수하여 분석한 결과 단속 시점인 24일 3시를 기점으로 단속지점을 통과하는 도로의 교통량(파란색)이 절반 수준으로 감소하고, 일주일 전인 단속을 하지 않은 17일의 교통량(적색)과 확연히 다른 형태를 보임을 확인함

〈 2019년 시범운영기간 중 교통량의 변화 〉

- 17일/24일 우회로의 교통량 분석한 결과 단속지점 인근의 우회 가능한 도로의 교통량은 단속 시작 후 1시간 후 2배 정도의 교통량이 급격히 상승함
- 일주일 전인 17일의 우회 가능한 도로의 교통량은 큰 변화 없이 일정한 모습을 보임

	
2019년 9월 17일 교통량 분석결과	2019년 9월 24일 교통량 분석결과

- 분석결과를 통해 화물차량들이 단속정보를 전파하여 해당 도로를 통과하지 않고 다른 도로로 회피하여 운행하는 것을 확인과 동시에 교통량과 더불어 화물DTG 분석을 통해 회피경로를 알 수 있었으며, 기관간 단속지점 정보공유를 통해 동시 단속을 해야 과적 운행을 효과적으로 줄일 수 있음

○ 2019년 시범운영 결과와 2020년 시범운영 결과를 다음과 같이 분석함

- 2019년은 1개 기관에 적용하였으며, 1차 시범운영 단속률 19.6%와 과거 3년간 동일기간 단속률 16%를 비교하면 단순증가율 3.6%p 향상 및 비교증가율 22.5% 향상됨
- 2020년은 18개 기관에 적용하였으며, 2차 시범운영 단속률 7.09%와 과거 3년간 동일기간 단속률 5.62%를 비교하면 단순증가율 1.47%p 향상 및 비교증가율 26% 향상됨
- 분석결과 과적 차량의 단속 회피방법이 스마트폰을 이용한 단속 정보 공유 등 지능화되고 있는 시점에서 단속률이 향상되었다는 결과를 토대로 과적 및 운행제한 차량의 효과적인 단속이 이루어질 수 있다고 판단됨
- 특히 본 서비스를 시범운영하여 측정 결과를 토대로 예측모형의 현실 적합여부를 파악하여 적용했다는 점과 실제 화물차량 단속결과를 제시하고 있다는 점에서 큰 의미가 있음
- 또한 정부기관의 단속과 화물차량의 회피는 창과 방패의 싸움과 같아서 새로운 단속 규칙을 만들어도 곧 회피방법이 나온다는 점에서 단속의 어려움이 있었으나 DTG데이터를 분석하여 회피 방식, 특히 우회 경로를 파악할 수 있게 된 점은 과학적 단속 방법의 기반을 마련함

(차) 서비스 활용 및 확대 방안

① 향후 운행제한 단속업무 지원시스템의 정책변화

○ 추진배경 및 주요정책 변화

- 화물차 과적 근절 대책(19.3.9)에 따라 경찰청과 협의하여 단속정보 공유를 하여 적재중량 위반차량정보(적재량 10톤이상)을 경찰청 제공('19.8.1~) 중이며, 2020 교통사고 사망자 줄이기 대책(국정현안점검조정회의, '20.4.9)에 따라 대상차량 확대(적재량 4.5톤 이상) 적용을 위한 4.5톤 확대 구축

○ 건설CALS 시설물유지관리시스템의 검차정보관리 변화

- 현재 「검문소 → 한국건설기술연구원 → 국토교통부」로 전송되는 시스템을 「검문소 → 국토교통부 → 한국건설기술연구원(개인정보, 번호판 사진 제외)」 방식으로 변경이 필요
- 사유 : 개인정보위반 및 번호판 사진정보 누락
- 향후 연계구성의 변화가 예상되며, 기존의 방식에서 검차정보관리 및 운영은 국토교통부 도로시설안전과로 하며, 개인정보를 제외한 검차 및 단속정보를 건설CALS(시설물유지관리시스템)로 연계될 예정임

② 빅데이터 서비스 운영방안

○ CALS데이터 : 연계모듈의 경우 검차 및 단속정보에 해당하는 과적단속 위치서비스는 정책변화이후에도 변화없이 연계모듈 개발을 통해 데이터 자동 수집이 가능함

○ 외부데이터 수집은 API를 통한 자동수집, 파일 다운로드를 통한 반자동 수집, 교통량 및 화물DTG 등 수작업 수집과 같이 다양한 방법으로 데이터를 확보 예정

○ 시스템 활용범위 확대방안으로 향후 개발된 서비스를 단속업무에 활용하기 위해서는 단계별 적용이 필요함

- (1단계) 18개 국토관리사무소 전면적용 : 단속업무 지원을 위한 규정(차량의 운행제한 규정 등) 반영
- (2단계) 지자체기관과의 서비스 공유체계 구축 : 형식적인 합동단속체계에서 탈피하여 과적차량 단속을 위한 교통량정보, 단속지점 등을 공유하여 선제적 예방체계 구축
- (3단계) : 일반국도, 지방도, 고속국도의 과적단속업무 통합관리체계 구축

○ 단계별 적용을 위해서 다음과 같은 고려사항에 대비가 필요

- 정 책 : 단속반원 운영 방식 변경, 규정 반영, 원활한 데이터 협조 및 수급을 위한 협조체계 구축 등
- 서비스 : 전체 검문소 운영현황 모니터링체계 구축, 운영 결과 및 데이터 분석을 통한 모델 알고리즘 고도화, 지점 추가 및 도로신설 등 환경변화에 따른 모델 변경
- 예 산 : 모니터링 체계 구축, 모델 고도화, 운영 등에 관련 운영비 확보 등

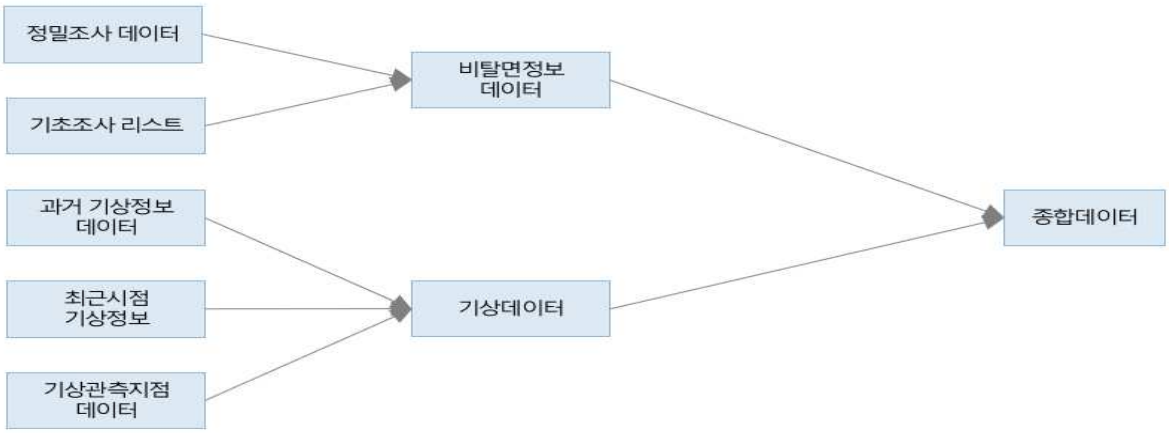
(2) 비탈면붕괴 위험도 예측서비스 기술

(가) 데이터 수집 및 전처리

① 수집 및 전처리 프로세스

○ 비탈면 위험도 예측을 위해서는 기본적으로 비탈면 정보를 알려주는 데이터들과 위험도 예측에 필요한 정보인 기상데이터들이 존재하여야 하는데 이러한 정보들을 수집한 후 데이터 분석을 위해 하나의 종합데이터로 만들어 분석할 수 있도록 가공하는 전처리 과정이 필요함

○ 이런 수집 및 전처리 과정은 아래와 같이 도식화되어있으며 크게는 정밀조사 데이터와 기초조사 리스트를 통하여 비탈면 정보데이터를 얻고, 과거 기상정보와 최근시점 기상정보데이터, 그리고 관측한 지점에 대한 기상데이터를 얻고 마지막으로 비탈면 정보데이터와 기상데이터를 혼합하여 최종적으로 종합데이터를 만든 후 이 데이터를 이용하여 비탈면 위험도예측모형을 구현함



〈데이터수집 및 전처리 프로세스〉

② 비탈면 정보데이터

○ 비탈면 정보데이터는 정밀조사 데이터와 기초조사 데이터를 이용하여 만든 메타데이터 형식으로 구현되어있음

- 이때, 정밀조사 데이터를 우선으로 정밀조사 데이터에서 누락된 부분, 추가정보가 필요한 부분 등을 기초조사 데이터를 통하여 보완하는 방식으로 데이터를 가공함

○ 정밀조사 데이터는 CSMS에 기록 및 관리되고 있는 엑셀 시트 형태의 데이터이며, 기초조사가 이루어진 국도 비탈면 중 잠재적으로 붕괴 위험이 있거나 붕괴 조짐 및 발생된 비탈면을 대상으로 현장 조사가 이루어진 정밀조사 보고서 기반의 데이터임

- 정밀조사 보고서 및 정밀조사 데이터(투자우선순위 산정 자료)에는 기본적인 비탈면의 제원 정보(조사 일자, 위경도 좌표, 현장명, 현장 코드, 사면 길이, 사면 높이, 위험구간 길이 등)가 기록되어 있으며, 기타 붕괴 발생과 유관한 인자(붕괴 이력, 예상파괴유형, 안정해석 결과, 주관적 위험도 및 피해도 등) 또한 기록되어 있음
- 분석 대상 비탈면(정밀조사 건별)은 2010년부터 2018년 기간 동안 정밀조사가 이루어진 경상도 및 강원도 소재 비탈면이다. 2010년 이전 비탈면의 경우 투자우선순위 자료 등의 데이터 형태(format)가 상이하여 즉각적인 분석 투입에 어려움이 있어 제외되었음

○ 정밀조사 보고서에는 조사 구분 정보가 기록되어 있음

- 조사 구분의 경우 크게 해빙기 조사와 그 외 수시조사로 이루어지는데, 수시조사의 경우 정밀조사 필요성이 있는 경우 발견자가 조사를 요청하여 조사 기관에서 조사한 정보임
- 이와 달리 해빙기 조사는 겨울철(주로 11~2월) 기간 해빙기 기상특성으로 인해 붕괴 위험도가 높아진 비탈면을 일괄 파악하여 조사 요청이 들어온 시점에 조사한 정보임

○ 수시조사에 기록된 조사 일자는 이전 특정 기간의 기상 변화가 붕괴에 영향을 미쳤을 것으로 판단할 수 있으나, 해빙기 조사 보고서에 기록된 조사 일자는 해빙기 이후 일괄 조사 일자이므로 기상 정보 반영을 위해 이를 사용하면 기상변수의 영향을 왜곡할 우려가 있음

- 결과적으로 머신러닝 알고리즘 구현에 있어 분석 대상 데이터는 해빙기 조사가 아닌 정밀조사를 대상으로 함

○ 비탈면 붕괴 여부는 1, 2차년도 사전 분석과 동일하게 붕괴 이력 변수를 통해 정의함

- 기록된 값이 비붕괴 또는 낙석만 존재하는 경우 비붕괴(0)로, 붕괴로 기록되어 있는 경우 붕괴(1)로 정의함
- 비탈면 위치정보는 1차년도 분석에서 정확한 위치의 수집/구득에 어려움이 있어 기록된 정보 중 행정동(읍면동, 현장명에 기록된 것과 동일)을 기준으로 정의하여 활용하였으나, 3차년도에서는 에이티맥스 측에서 기초조사 리스트의 위치정보와 코드등의 정보를 텍스트마이닝과 같은 방법을 통해 얻은 정보를 기존 정밀조사 보고서에 누락된 부분과 미흡한 부분을 채워넣어 이를 활용함

정밀조사 요약서

현장명	경상남도 산청군 금서면 지막리 16지구		기초코드	08BC59U19500
관리기관	경상남도도로관리사업소		현장구분	해빙기
조사일자	2014년 05월 28일		조사자	(정)김상민 (부)박기덕
거리표	국도 59호선 (시천→산청) 12km 300m 상			
위경도	(시점)N 35° 23'19.4" E 127° 51'1.2" (종점)N 35° 23'20.2" E 127° 51'2.1"			
도로 현황	차선	왕복 2차선	도로폭	6.6m
	교통량	1,176대/일	선형	요(凹형)
비탈면 현황	주변지형	산악	구성재료	토사
	깎기높이	6m	전체높이	무한
	길이	50m	위험구간(비)	50m(100%)
	경사/경사방향	45/253~290	상부자연비탈면경사	15°
	붕괴이력	표층유실,낙석	예상파괴유형	표층유실,낙석
안정해석	쐐기파괴	-	평면파괴	-
	전도파괴	-	원호파괴	-
	최소안전율	-		
비탈면 특성	- 편마암을 기반으로 하여 '완전풍화~풍화잔류토'의 풍화도를 보이는 토사비탈면. - 전구간에 걸쳐 포획공간은 평균 1.5m 정도이고 상부자연비탈면에는 테일러스 지형이 형성되어 있으며 중규모 이상의 뜬돌이 다수 관찰됨. - 17~22m 구간은 표층유실이 발생하였으며 표층유실 발생부에 뜬돌이 다수 분포하고 포획공간내에는 낙석이 적치되어 있음. - 40m 지점과 45m 지점의 포획공간내에는 낙석이 적치되어 있으며 U형측구가 파손됨.			
조사자 의견	주관적 위험도	낮음	주관적 피해도	보통
대책공법 및 결정배경	대책공법	구 간	물 량	비 고
	낙석방지울타리	0~50m	50m	
	U형측구	0~50m	50m	재설치
	결정배경			
	- 낙석방지울타리 : 상부자연비탈면의 테일러스 지형에서 발생하는 낙석의 도로유입을 차단함. - U형측구 : 노후되고 파손된 U형측구를 재설치하여 노면수의 배수를 원활히 함.			
추정 공사비	18백만원			

< 정밀조사 보고서 예시: 정밀조사 요약서>

③기상데이터

○ 기상 데이터는 기상청에서 제공하는 기상자료개방 포털의 공공데이터와 케이웨더에서 제공받는 기상 콘텐츠를 수집/가공하여 분석에 활용함

- 기상자료개방 포털에서 공개하는 다양한 종류의 기상 공공데이터 중 분석에 활용되는 데이터는 종관기상관측 데이터임
- 종관기상관측 데이터는 전국에 설치된 모든 기상 관측소에서 매일 동일 시각에 실시하는 지상관측 데이터이며, 기온, 강수, 일사 등 기상측정 정보를 제공함
- 그리고 케이웨더에서 제공하는 콘텐츠는 전국 시군구 단위의 기온, 강수 등의 기상측정 정보를 제공함

○ 1, 2차년도와 달리 3차년도에서는 최근 시점의 기상 현상을 반영한 위험도 예측지도가 추가되었는데, 이는 기존 1, 2차년도의 데이터를 통해 만들어진 모형을 최근 시점의 기상 상황을 반영할 시에 위험도 및 피해도에 대한 예측값을 나타낸 지도를 의미함

- 이때, 최근 시점이란 현시점의 1시간 전 정시를 의미함

○ 최근시점 지도를 표현하기 위해서는 최근시점의 기상데이터를 지니고 있어야 함

- 기존에 기상청에서 제공하는 기상자료개방 포털의 데이터의 경우 현시점의 기상 정보는 제공하지 않고 현시점 기준 하루 전날까지만 데이터가 제공되어 최근 시점 위험도 예측에 데이터가 없어 분석할 수 없음
- 이 문제에 대한 해결방법으로 3차년도부터 케이웨더에서 제공하는 기상데이터를 현시점의 데이터로 대용하여 사용함

○ 최근시점 지도를 표현하기 위해서는 최근시점의 기상정보데이터를 지니고 있어야 함

- 기존에 기상청에서 제공하는 기상자료개방 포털의 데이터의 경우 현시점의 기상 정보는 제공하지 않고 현시점 기준 하루 전날까지만 데이터가 제공되어 최근 시점 위험도 예측에 데이터가 없어 분석할 수 없으므로, 이 문제에 대한 해결방법으로 3차년도부터 케이웨더에서 제공하는 데이터를 현시점의 데이터로 대용하여 사용함

○ 종관기상관측 데이터는 분, 시간, 일, 월, 연단위 측정정보로 구성되어 있으며, 본 분석에서는 일 단위 데이터를 활용함

- 일 단위 데이터를 활용한 이유로는 분석의 정밀성을 최대한 확보하기 위해 세밀한 분석 단위를 정할 필요가 있음
- 가장 세밀한 분석 단위는 분, 또는 시간 단위 데이터이나, 정밀조사 보고서 자료에는 조사 시점에 대한 정보가 조사 일자만이 나타나 있고, 이는 정확한 붕괴 시점을 나타낼 수 없어 시간, 또는 분 단위로 붕괴 시점을 특정할 수 없음
- 분 단위로 집계 범위를 설정하는 조작적 정의의 큰 의미가 없으므로 상대적으로 정밀하면서 유의미한 분석 단위로 판단되는 일 단위 데이터 활용을 결정함

○ 최근시점 기상상황을 반영시키기 위해서는 데이터 수급에 있어서 시간 단위가 현실적으로 가장 세밀한 단위이며, 혹여나 분 단위 데이터가 있더라도 최신 현황 결과값을 반영하는데 데이터 수급, 정제 및 코드실행 시간 등의 문제로 인해 시간 단위가 가장 적절하다고 판단되어 매시간단위로 수집함

○ 종관기상관측 데이터의 정밀조사 비탈면별 현실적인 활용을 위해서는 측정 지점별로 관리되는 데이터를 공간적으로 보간하는 작업이 필수적임

- 크리깅*(Kriging) 등 공간 기반 보간 기법을 활용하기 위해서는 점 단위로 구축된 공간정보 데이터가 확보되어야 함

  * 크리깅은 점 데이터 사이의 빈 공간을 측정값과 거리를 기반으로 점진적이며 연속적인 값으로 채워 주는 보간 기법

- 이를 위하여 측정정보가 존재하는 종관기상관측 데이터에 대한 측정지점 좌표 정보를 함께 수급함
- 분석 기간인 2010년부터 2018년 기간에 위치, 코드번호 등 변동이 발생한 기상 관측소의 경우 전처리 과정을 통해 통합 등 정제 작업을 수행함

○ 최근시점 위험도 예측 반영에서 케이웨더의 경우 정확한 관측지점을 제공하지 않는 한계점으로 인해 관련 시군구의 좌표랑 비탈면의 좌표를 연동하여 해당 시군구에 있는 비탈면은 해당 시군구에서 측정되는 케이웨더 기상정보를 반영시켜 작업을 진행하였음

(나) 비탈면 붕괴위험도 예측모델

① 예측모델 데이터 및 개요

○ 3차년도 비탈면 붕괴위험도 예측모델은 전반적으로 1, 2차년도 분석과 비슷한 틀을 공유하는 형태

- 수급 및 전처리된 데이터를 대상으로 기상데이터 크리깅을 통해 비탈면 붕괴분석 및 예측을 위한 머신러닝 알고리즘에 투입하여 기상 데이터 세트를 가공함

○ 기상데이터 크리깅은 정규 크리깅 알고리즘을 통해 수행됨

- 일 단위로 수급된 기상 빅데이터를 측정 지점에 공간적으로 할당하고, 정규 크리깅 알고리즘을 통해 일 단위로 전국에 5km * 5km 셀 단위의 데이터셋을 구현함

○ 정밀조사 보고서 텍스트마이닝은 기상데이터와 비탈면 정밀조사 정보의 결합을 위해 필수적인 분석 과정임

- 정규 크리깅을 통해 생성된 기상 빅데이터 셋과 정밀조사 데이터의 결합을 위해서는 key로서 활용되는 조사 일자, 위치 정보가 필수적
- 또한, 누락정보를 기초조사 리스트에서 보완하기 위한 목적으로 비탈면 관리 코드가 확보될 필요성이 있음
- 정밀조사 보고서에서 필수 정보인 현장 코드, 조사 일자, 위경도 좌표를 추출하여 비탈면 기초조사 정보 및 기상 데이터와의 결합을 수행함

○ 최근시점 비탈면 위험도지도의 경우 기상데이터는 관측소의 위치 정보가 아닌 해당 관측소가 속한 시군구 위치 정보만 주어지는 문제로 인해서 비탈면 위치가 존재하는 행정동 정보와 해당 행정동의 기상정보를 결합하여 수행함

〈 3차년도 비탈면 붕괴위험도 예측모델 개요〉

② 기상데이터 크리깅 알고리즘

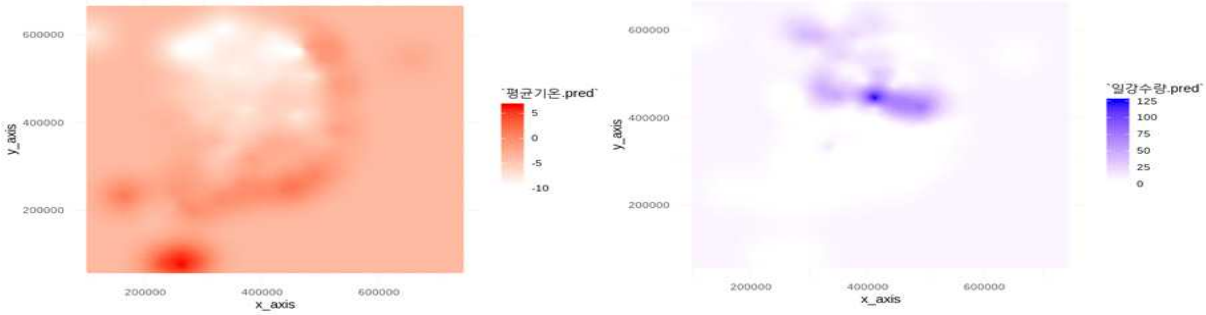
○ 기상데이터는 기상자료개방포털의 공공데이터와 케이웨더 데이터를 수집/가공하여 활용하며, 해당 데이터는 전국 기상측정 지점별 일 단위 기상측정 정보를 제공하는데 기상자료개발포털의 공공데이터의 경우 특정년도 기준의 비탈면 위험도 예측을 위한 데이터로 사용하였으며, 케이웨더 데이터의 경우 최근시점의 비탈면 위험도 예측을 위한 데이터로 사용함

○ 기상측정 지점인 기상관측소 위치와 비탈면이 위치한 지역과의 거리간 차이로 인한 오차를 최대한 저감하고자 정규크리깅(ordinary kriging) 알고리즘을 통해 연속적인 래스터 데이터를 생성하여 비탈면이 위치한 곳의 기상데이터를 구하여 분석에 활용함

○ 비탈면이 붕괴되면 그 자체가 큰 이슈이며, 큰 피해가 예상되므로 좀 더 보수적으로 접근하여 정확성을 좀 더 높이자 하였기에 단순히 비탈면과 인접한 기상관측지점의 기상정보를 불러오기 보다는 상대적으로 무겁더라도 좀 더 정확한 정보를 통해 분석하고자 크리깅 방법을 사용하여 비탈면이 위치한 지역의 기상정보를 반영시키고자 함

○ 기상데이터의 정규 크리깅을 통한 데이터셋 생성은 일 단위 데이터를 변수별로 수급하여 5km * 5km 셀 단위로 전국을 대상으로 정규 크리깅 알고리즘을 통해 진행되었다. 이때, 크리깅이란 보간법의 일종으로 기상관측지점과 비탈면사이의 거리와 고도 등을 이용한 회귀식으로 비탈면 지점의 기상 정보값을 보간하여 나타내는 기법을 의미함

○ 일 단위로 구현된 기상 크리깅 데이터셋을 대상으로 비탈면 정밀조사 건별 조사 시점 및 위치정보로부터 2주 및 4주간 조건(평균, 최대값 등)에 맞는 기상 변수 값을 집계하여 변수를 가공함



〈기상데이터 정규 크리깅 결과 예시〉

〈 기상 데이터 보간을 위한 Grid 생성 예시 (5km * 5km 셀)〉

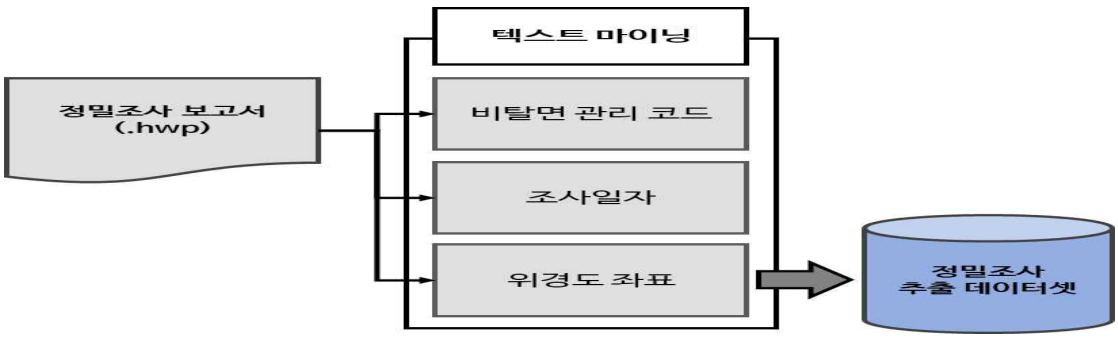
③ 정밀조사 보고서 비탈면 정보 추출

○ 1차년도 분석의 주요 데이터로 활용된 투자우선순위 산정 자료에는 광역시도, 시군구, 읍면동리 단위의 위치 정보만이 기록되어 있어, 위치정보 기반의 정밀한 기상데이터 반영에 어려움이 있음

○ 붕괴의 주요 인자인 강수, 적설, 일교차 등 기상 정보의 붕괴 영향을 정확하게 반영하기 위해서는 미시적 지역 단위로도 큰 차이가 발생하는 기상 정보의 특성상 정밀한 위치 및 기준 시점을 설정할 필요성이 있음

○ 정밀조사 보고서 및 정밀조사 데이터(투자우선순위 산정 자료)에는 기본적인 비탈면의 제원 정보(조사 일자, 위경도 좌표, 현장명, 현장 코드, 사면 길이, 사면 높이, 위험구간 길이 등)가 기록되어 있으며, 기타 붕괴 발생과 유관한 인자(붕괴 이력, 예상파괴유형, 안정해석 결과, 주관적 위험도 및 피해도 등) 또한 기록되어 있음

○ 3차년도 분석에서는 기존 1, 2차년도 대비 정확한 위치정보의 반영을 통해 기상데이터의 분석에 있어서 현실과의 정합성을 향상하고, 분석 결과의 시각화 결과에도 정확성을 제고하고자 함



〈 정밀조사 보고서의 필요 정보 추출 과정〉

○ 2차년도 기준 정밀조사 보고서(hwp 파일) 데이터에서 정규표현식을 통한 텍스트마이닝 결과, 현장 코드, 조사 일자, 위경도 좌표 등 기록된 값이 존재하는 모든 수시조사 정밀조사 건에 대해서는 필요 정보 추출이 성공적으로 수행

- 3차년도에서는 에이티맥스 측에서 위 과정을 진행하여 가공된 데이터를 받아 정보 추출한 결과를 아래 표에 나타냄

〈 비탈면 정밀조사 정보 추출 결과〉

분류	분석 대상 표본 (수시조사)	원주청	부산청
1차년도	208	208	0
2차년도	643	233	410
3차년도	711	249	462
증감	+68 (+10.6%p)	+16 (+6.9%p)	+52 (+12.7%p)

④ 종합데이터 설명

○ 구축된 일 단위 전국 기상정보 크리깅 데이터 및 정밀조사 보고서 텍스트 추출 데이터를 융합하여, 3차년도 비탈면 붕괴위험도 예측모델 분석을 위한 최종 데이터셋을 구축

- 데이터의 구조는 각 정밀조사 건이 분석 단위로 구성되어 있으며, 행(row) 단위 정밀조사 자료에 열(column) 단위의 비탈면 정보, 기상 가공 정보가 첨가된 형태로 구성됨

○ 종합 데이터셋 구축 과정에서 기상정보의 집계 처리에 있어서 2주/4주의 집계 기간을 설정함

- 일반적으로 붕괴, 낙석 등 조사 필요 사유가 발생하고, 이를 현업 담당자가 발견하거나 신고를 통해 조사 필요성을 파악하고, 조사 담당 기관에 조사를 신청하여 실제 조사가 이루어지기까지의 기간소요가 있음

○ 붕괴의 주요 인자인 기상 현상 발생이 비탈면 고유 특성과 상호작용하여 낙석, 붕괴 등 현상을 발생하기까지의 기간 지연(lag)을 감안하여, 조사 시점으로부터 전 2주(14일) 및 4주(28일)간의 기상변수를 추출하여 집계함

- 최종적으로 구축된 데이터셋의 기상정보 특성은 기상특성 변수의 기술통계 아래 표와 같이 나타냄

(다) 붕괴위험도 모델 구축

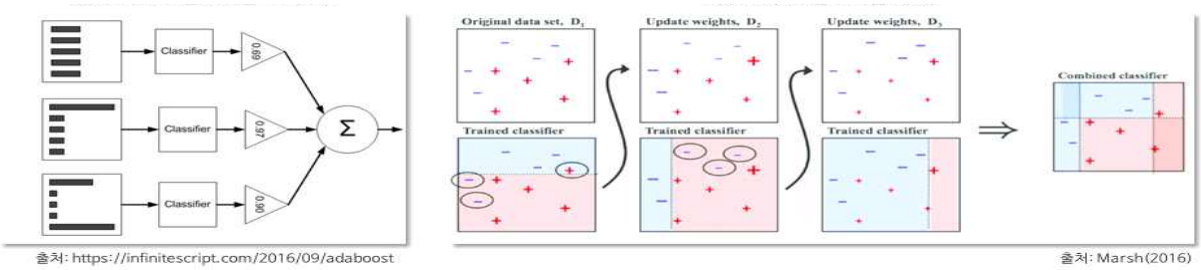
① 분석모형

○ 3차년도 비탈면 붕괴위험도 예측모형은 분류 기반 머신러닝 모형인 Adaptive Boosting (Adaboost) 모형을 통해 구축

- Adaboost 알고리즘은 분류 기반 머신러닝 모형으로, 약한 학습기(weak learner)를 다량 구축하여 예측 성능에 따라 가중치를 통해 합성하는 방법의 알고리즘

○ Adaboost 모형은 일부 변수만을 사용한 모델을 구현하므로, 타 머신러닝 알고리즘에 비해 데이터의 특성을 100% 반영하여 예측 성능이 저하되는 과적합(overfitting) 현상이 적게 발생하고, 신규 데이터에 대한 일반화(generalization)가 잘 이루어지는 장점이 있음

- 본 분석 과제에서는 붕괴 또는 비붕괴를 예측하는 모형 수립이 필요하고, 분석 설계 특성상 표본 수가 많지 않은 점을 감안, 상기의 특성을 보유한 Adaboost 알고리즘을 활용함



출처: https://infinitescript.com/2016/09/adaboost

출처: Marsh(2016)

〈 Adaboost 알고리즘 개요〉

② 비탈면 붕괴위험도 예측모형 추정

○ 3차년도 붕괴위험도 예측모형은 경상도(부산청) 및 강원도(원주청) 지역, 2010~2018년 정밀조사 데이터를 활용하여 분석

- 알고리즘 구축을 위해 설정되는 모델의 hyperparameter는 일반적으로 사용되는 수치를 준용

- 변수 간 상호 작용의 깊이를 의미하는 depth는 2회로 설정하여, 많지 않은 데이터 수로 인해 발생 가능한 과적합 문제를 저감

- 모형 추정 과정에 앞서 Train Data Set과 Test Data Set을 9:1로 분리하여 Train Data Set을 대상으로 모형을 추정하였으며, Train-Test Data Set을 대상으로 한 모형 정확도가 크게 차이나지 않아 과적합 문제가 발생하지 않은 것으로 판단

○ 모형 구현 결과로 최적 iteration 수는 3,154회로 나타남

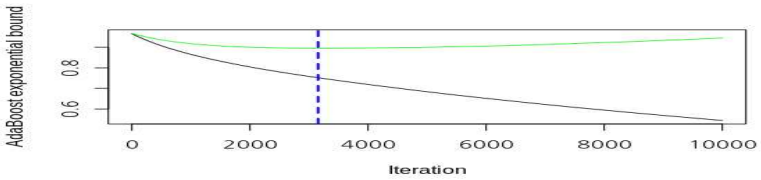
- 최적 iteration 수는 모형에 최종적으로 합성되는 약분류기의 개수와 같으며, 곧 tree의 개수

- Tree 개수의 산정은 매 분석마다 수행되는 Cross-Validation 결과에 의해 test set으로 분리된 데이터에 가장 적용이 잘 되는 tree 개수를 자동적으로 선택하도록 설정됨

○ 모형 구축 결과를 통해 일부 수치형(연속형)으로 이루어진 변수에 대하여 유사 선형 효과를 나타내는 그래프를 시각화함

- 시각화 자료를 통해 검토하면 사면경사, 불연속면종류, 위험구간비율, 구성재료 등 붕괴 발생에 기여할 것으로 추측되는 사면 특성 변수와, 최근 4주간 일교차 최대값,

최근 4주간 일강수량 평균값, 최근4주간 일 최심적설 최대값 등 기상 특성 변수의 효과가 예상되는 대로 붕괴 위험도를 높이는 것으로 분석됨



〈최적 Iteration 수 산정〉

③ 성능 평가 및 결과 해석

○ 붕괴 예측 정확도는 예측값-실제값 비교를 통해 도출됨

- 예측된 위험도 값은 0과 1 사이의 확률 수치로 산출되며, 0.5 미만은 0(비붕괴)으로, 0.5 초과는 1(붕괴)로 환산하여 정밀조사 당시 실제 붕괴 발생 여부와 비교 분석함
- 정확도 산출 결과 모형의 붕괴 예측 정확도(붕괴가 발생한 사면을 붕괴로 예측)는 94.49%로 나타나 붕괴 위험 비탈면을 사전 감지하는 목적의 모형으로서 일정 성능을 만족하는 것으로 판단됨
- 해당 결과는 Confusion Matrix를 통해 확인할 수 있음

○ 예측값 및 실제값에 따라 비붕괴 또는 붕괴로 예측된 정밀조사 건별 예측 위험도의 평균을 계산해 보면, 동일하게 비붕괴 또는 붕괴로 예측된 정밀조사 건이라고 하더라도 실제로 붕괴되었던 정밀조사 건의 예측 위험도가 높게 예측되는 것을 확인할 수 있음

〈 분석 결과의 Confusion Matrix〉

실제 / 예측	비붕괴	붕괴
비붕괴	141	25
붕괴	116	429

〈 유형 별 예측 위험도 평균〉

실제 / 예측	비붕괴	붕괴
비붕괴	0.363	0.444
붕괴	0.624	0.756

○ 모형 추정을 통해 나타나는 변수별 상대적 중요도 측정 결과, 전반적으로 한 변수로의 쏠림 현상이 나타나지 않아 모형이 잘 추정된 것으로 판단됨

- 기상 관련 변수의 경우 중요도가 상대적으로 높지 않게 나타났는데, 이는 향후 데이터의 추가 수급을 통해 더욱 정밀한 기상정보의 반영으로 보완 가능할 것으로 기대됨

〈 붕괴위험도 예측모형 변수별 상대적 중요도〉

변수명	상대적 중요도 (%)
사면경사	11.09
불연속면종류	7.69
위험구간비율	6.47
구성재료	6.20
사면높이	5.71
최근 4 주간 일교차 최대값	5.70
토층심도	5.34
최근 4 주간 일강수량 평균값	4.77
종단형상	3.73
최근 4 주간 일 최심적설 최대값	3.48
토질	3.39
상부사면경사	2.98
최근 4 주간 1 시간 최다강수량 최대값	2.93
최근 2 주간 일교차 최대값	2.61
최근 2 주간 일강수량 평균값	2.18
최근 4 주간 일강수량 총 합	2.06
최근 2 주간 일 강수량 총 합	1.83
지하수	1.69
암종	1.53
최근 2주간 일교차 평균	1.48
최근 4주간 일 강수량 최대값	1.31
최근 2주간 삼일간 강수량 평균값	1.04
최근 4주간 1시간별 최다 강수량값 평균	0.91

<붕괴위험도 예측모형 변수별 상대적 중요도>

변수명	상대적 중요도 (%)
최근 2주간 1시간별 최다강수량 최대값	0.88
최근 2주간 일 강수량 최대값	0.86
최근 2 주간 1시간별 최다 강수량 평균값	0.79
위험구간길이	0.74
최근 2주간 최고기온 평균값	0.69
최근 4주간 최고기온 평균값	0.65
최근 2주 평균기온 평균값	0.55
최근 4주 삼일간 강수량 평균값	0.53
최근 2주 평균기온 평균값	0.51
최근 4주 영상영하 횟수	0.46
최근 4주 일교차 평균값	0.41
최근 4주 최저기온 평균값	0.40
최근4주 일 최심신적설 최대값	0.29
최근 4주 일 최심적설 평균값	0.26
최근 2주 최저기온 평균값	0.22
계곡부 유/무	0.16
최근 2주간 일 최심적설 평균값	0.16
최근 4주간 영상영하여부 총 합	0.15
풍화도	0.14
최근4주 일 최심신적설 평균값	0.05
뜬돌 유/무	0.05
최근 2주 일 최심적설 최대값	0.03
최근 2주간 영상영하여부 합	0.01

○ 변수별 상대적 중요도의 경우 소수점 3째자리에서 반올림했을 때 위 표처럼 수치가 나타나며, 전체적으로 비탈면 특성 정보의 중요도가 상위권에 나타났으며, 그 밑에 기상변수들의 중요도가 나타난 것을 확인 할 수 있으며, 사면경사가 상대적 중요도가 가장 높게 나타남을 알 수 있음

○ 1차년도에는 전반적으로 비탈면 특성 변수의 기여가 높게 나타났으나, 2차년도에서는 기상변수, 마지막 3차년도에서는 비탈면 특성 변수의 기여가 높게 나타났으며, 전체적으로 평균적으로는 기상정보와 비탈면 특성 정보의 중요도가 비슷한 수준으로 나타남

○ 3차년도에서 추가적으로 사용된 기상 인자인 삼일간 강수량의 평균값, 영상/영하 여부와 같은 변수를 추가하여 영향을 미치는 정보를 확인하였지만 크게 영향을 끼치는 모습은 보이지 않음

○ 전반적으로 모형 추정 결과를 검토해 보면 예측 성능이 3차년도에서는 1차년도에 비해 크게 증가하였으며, 2차년도와는 비슷한 모습을 보임

- 1, 2, 3차년도에서 기상정보와 비탈면 특성 정보의 중요도가 조금씩 차이나는 이유는 비탈면 자체의 데이터가 적어 나타나는 문제로 소표본에 의한 과대해석으로 판단됨

○ 다만, 1, 2, 3차년도별 변수별 중요도 차이를 비교해도 급격한 차이는 보이지 않았으며, 정확도 산출 결과 모형의 붕괴 예측 정확도(붕괴가 발생한 사면을 붕괴로 예측)는 94.49%로 나타나 최종적으로 분석 모델의 개발 목적이 제한된 비탈면 유지보수 예산을 투입하기 위한 우선순위 도출에 있음을 감안한다면, 붕괴위험도 예측모델을 통해 상대적으로 실제 붕괴 위험이 큰 비탈면을 그렇지 않은 비탈면에 비해 높은 우선순위를 부여할 수 있어 실무적으로도 활용 가능성이 높은 모형으로 판단됨

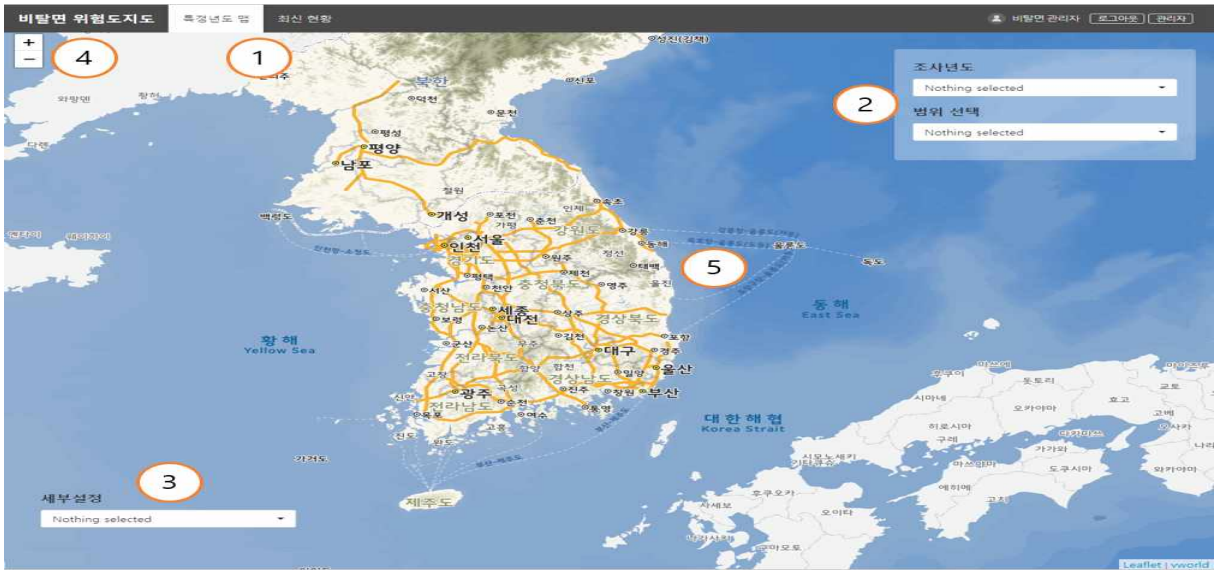
(라) 비탈면 붕괴 위험도 예측서비스 시각화 지도

○ 로그인 화면

〈 로그인 화면〉

- 로그인 아이디 입력. 관리자에게 요청하여 받급 받은 아이디와 암호를 사용.
- 암호 입력
- 로그인 버튼을 클릭하여 로그인. 아이디와 암호가 틀리면 안내 메시지 출력

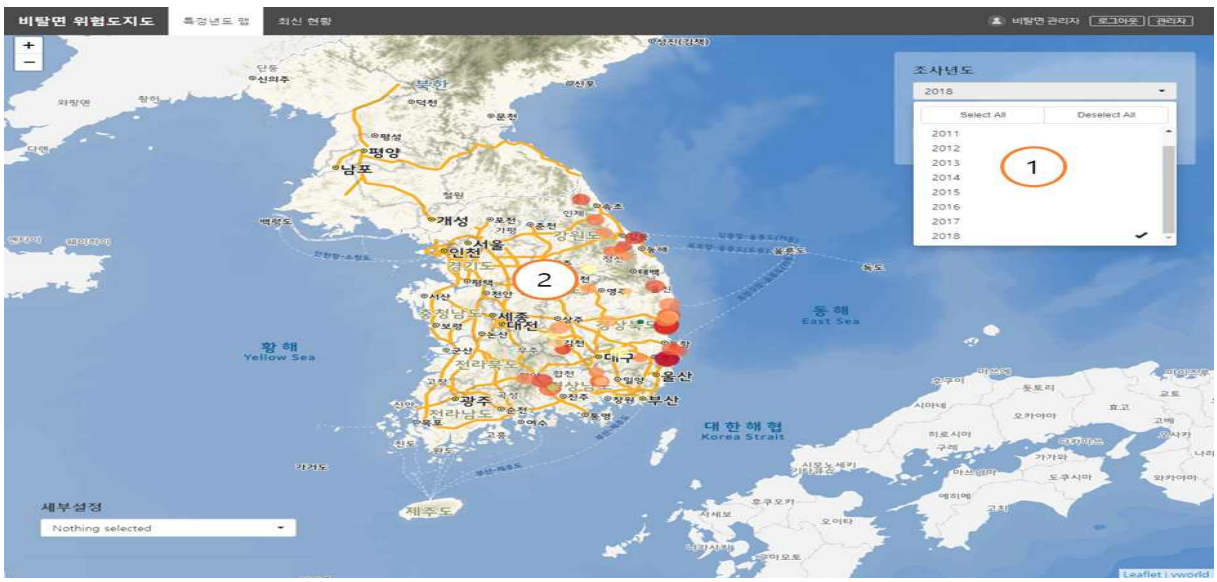
○ 화면 구성



〈 화면 구성〉

- [특정년도 맵], [최신 현황] 선택 메뉴
- [조사년도], [범위 선택] 메뉴. [특정년도 맵]에서만 사용
- [세부설정] 메뉴
- 축척 변경 막대. +를 눌러 Zoom-in, -를 눌러 Zoom-out.
- 지도 화면 마우스 스크롤로 Zoom-in, -를 눌러 Zoom-out.

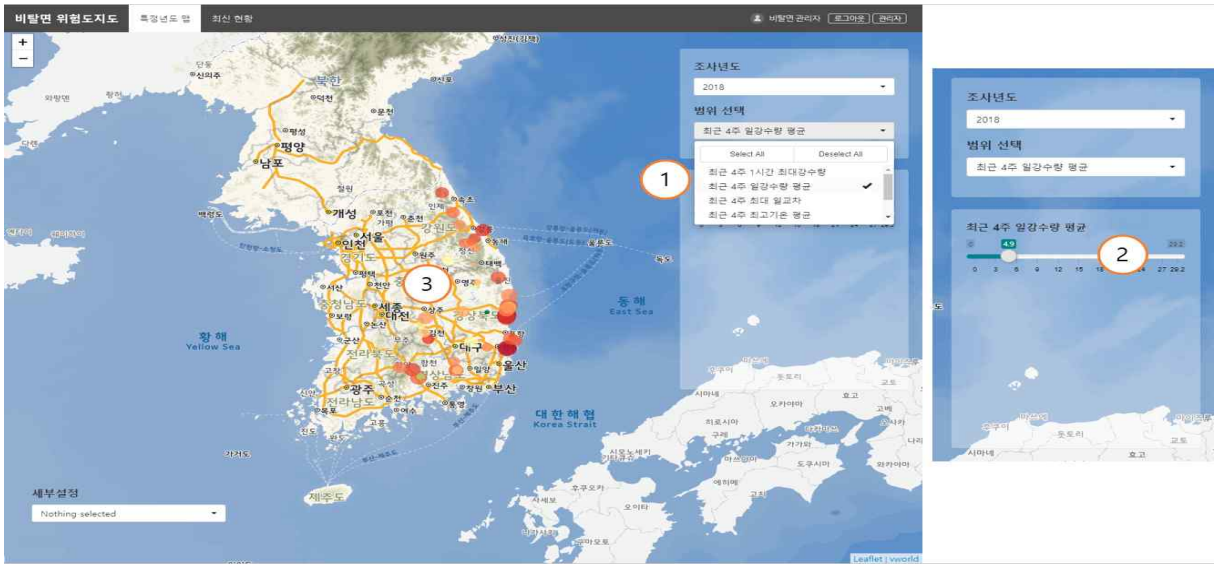
○ 조사년도 선택



〈 조사년도 화면〉

- 조사년도를 선택(중복가능)
- 해당 년도의 자료를 바탕으로 붕괴 위험도 시뮬레이션 시각화

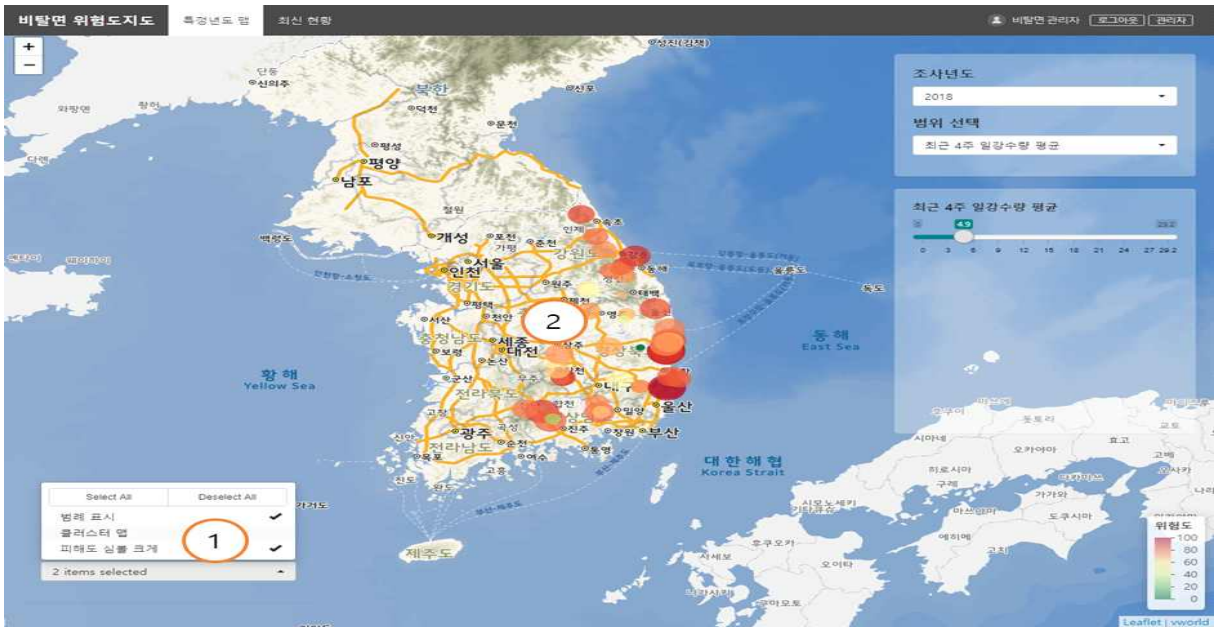
○ 범위 선택



〈 범위 선택〉

- 범위 선택(중복가능)
- 최근 4주 1시간 최대강수량, 최근 4주 일강수량 평균. 최근 4주 최대 일교차, 최근 4주 최고기온 평균, 최근 2주 일강수량 평균, 최근 4주 최심적설
- 범위 선택에서 선택된 변수에 대한 슬라이더를 자신이 변경하고자 하는 값으로 변경
- 슬라이더 바에서 변경한 값이 적용된 붕괴 위험도 시뮬레이션 시각화

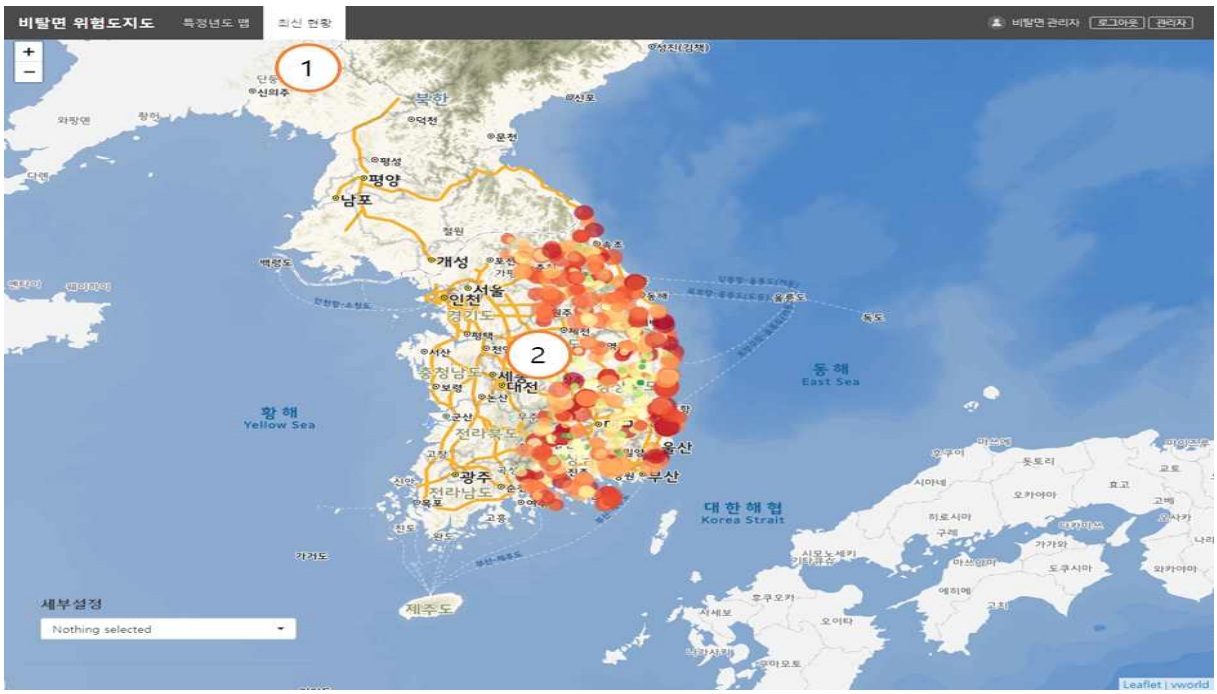
○ “피해도 심볼 크게” 옵션



〈피해도 심볼 크게 옵션 적용 화면〉

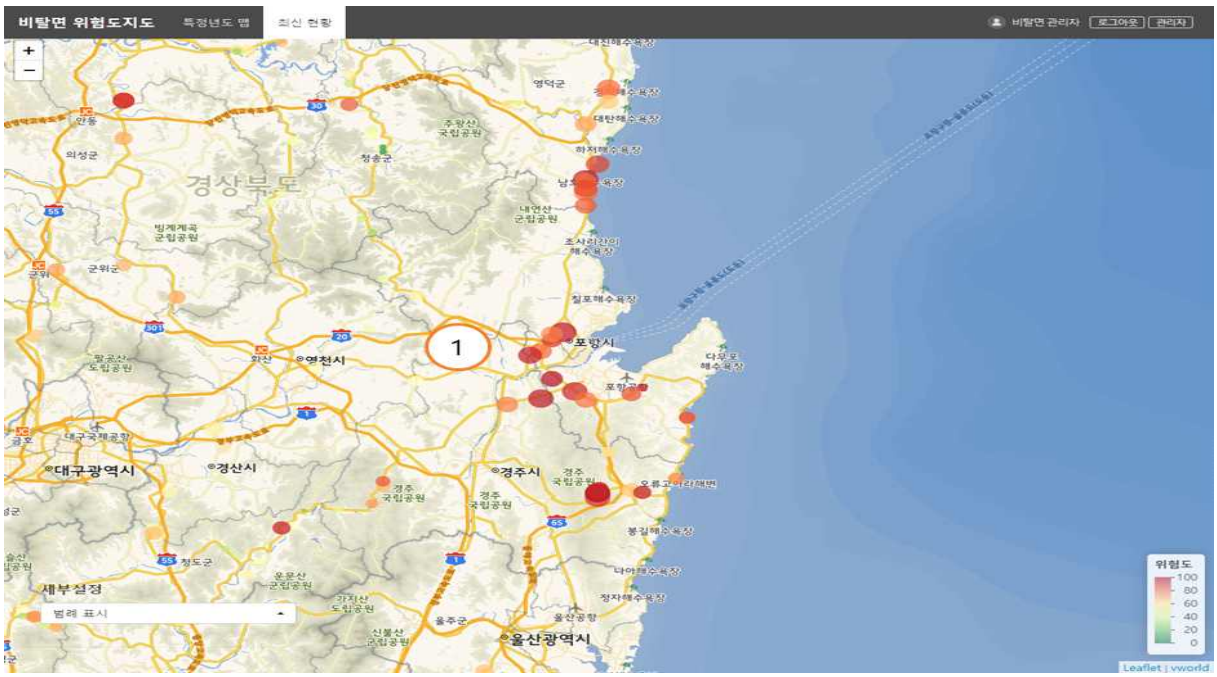
- 피해도 기준으로 심볼 크기를 크게 변경하여 시각화

○ 최근 실제 기상 정보를 반영한 비탈면의 위험도 시각화.



<최신 현황 반영 위험도 시각화>

○ 시각화 해석



<시각화 해석>

- 원의 색상은 비탈면 붕괴 위험도를 나타냄. 위험도가 높을수록 붉은색으로 표시되며, 낮을수록 녹색으로 표시됨. 위험도가 높을수록 붕괴 가능성이 높음
- 원의 크기는 해당 비탈면 붕괴시 예상 피해도를 나타냄

(마) 비탈면 붕괴 위험도 서비스시범운영

① 시범서비스 운영

○ 운영방식

- 비탈면 위험도 지도 서비스는 최소 2개 지방국토관리청(원주,부산청) 내 각 2개 국토관리사무소의 담당자가 해당 서비스를 이용한 비탈면 유지관리 업무에 활용
- 비탈면 유지관리 업무를 수행하는 타 기관(국토관리사무소 제외)의 전문가들도 해당 서비스를 이용하여 유지관리 업무에 활용하게 권장
- 해당서비스의 시범운영기간이 종료되는 시기에 맞춰 해당 서비스를 이용한 담당자, 전문가들에게 설문조사를 통하여 서비스 평가와 확대방안에 대한 의견 수렴
- 시범운영 기간 비탈면 위험지도에 도출된 구간에서 붕괴된 비탈면의 사례자료 취합 예정

○ 시범운영 대상 기관(전문가)

- 부산지방국토관리청(6개소) : 대구, 진영, 진주, 포항, 영주국토관리사무소(일반국도), 경남종합건설소(지자체)
- 원주지방국토관리청(5개소) : 홍천,강릉,정선국토관리사무소, 양양출장소(일반국도), 강원도도로관리사업소 태백지소(지자체)
- 한국시설안전공단 기반시설본부(부산청 권역의 사면을 관리하는 공공기관)
- 산림조합중앙회 산림종합기술본부(원주청 권역의 지방도 관리)

○ 운영일정

- 20.07.15 : 국토교통부 도로운영과 비탈면 붕괴 위험도 지도서비스 운영 보고
- 20.08.03 ~ 20.10.09 : 비탈면 위험지도 서비스 시범 운영
- 20.08.07 : 부산지방국토관리청 관할 내 대구/진영/진주/포항/영주 국토관리사무소, 경남종합건설소 비탈면 관리 담당자 사용자 교육 (부산지방국토관리청 회의실)
- 20.08.10 : 원주지방국토관리청 관할 내 홍천/강릉/정선국토관리사무소, 양양출장소, 강원도도로관리사업소 태백지소 비탈면 관리 담당자 사용자 교육(코로나 19로 인한 대면회의 지양, 해당 서비스 설명서 전송 후 유선 교육)
- 20.08.11 : 한국시설안전공단 기반시설본부 특수시설관리단 비탈면 관리 담당자 사용자 교육(코로나 19로 인한 대면회의 지양, 해당 서비스 설명서 전송 후 유선 교육)
- 20.08.12 : 산림조합중앙회 산림종합기술본부 비탈면 관리 담당자 사용자 육(코로나 19로 인한 대면회의 지양, 해당 서비스 설명서 전송 후 유선 교육)
- 20.09.23 : 산림조합중앙회 산림종합기술본부 비탈면 관리 담당자(김홍균) 서비스 운영 결과 회의

- 20.09.28~29 : 한국시설안전공단 기반시설본부 특수시설관리단 비탈면 관리자 담당자 (배성우,강창규) 서비스 운영 결과 회의 및 사례 현장 견학

〈한국시설안전공단, 산림조합중앙회 서비스 운영 결과 회의〉

- 20.10.05 ~20.10.23 : 해당 서비스 운영 사례자료 수집 및 설문조사 실시, 결과분석

○ 시범운영 협조사항

- 시범운영에 앞서 국토교통부의 협조를 받아 공문시행을 통한 각 국토관리사무소의 비탈면 관리 담당자의 협조를 사전 요청 (20.07.21)

국민의 나라 정의로운 대한민국 / 글로벌 KICT, 창의융합에서 시작합니다.

KICT 한국건설기술연구원

수 신 국토교통부장관(도로운영과장)
(경유)
제 목 도로비탈면 유지관리 업무 효율화를 위한 협조 요청의 건

1. 귀 기관의 무궁한 발전을 기원합니다.

2. 국토교통부 도로비탈면유지관리 업무의 효율성 향상을 위하여 한국건설기술연구원에서 수행하는 국토교통부 국토교통과학기술진흥원 R&D연구사업 "도로관리 효율화를 위한 건설사업정보화(건설CALS) 빅데이터 서비스 기술 개발"의 3차년도 시범적용을 위하여 국토관리청의 협조를 아래와 같이 요청 드립니다.

- 아 래 -

대상 1	부산지방국토관리청 소속 국토관리사무소((대구,진주,포항,영주,진영) 보수과 직원 1명(비탈면 담당)
설명회 시간/장소	추후 세부 협의
대상 2	원주지방국토관리청 소속 국토관리사무소((홍천,강릉,정선,양양출장소) 보수과 직원 1명(비탈면 담당)
설명회 시간/장소	추후 세부 협의
협조기간	2020.08.03.~2020.10.09
협조범위	도로비탈면 붕괴 위험지도 성과품 시범서비스 이용 국토관리사무소 업무담당자 검토 및 협조
활용목적	도로관리 효율화를 위한 국가 R&D수행
연구 책임자	한국건설기술연구원 김승현 도로관리통합센터장 (031-910-0524 / sshkim@kict.re.kr)

붙임 1. 도로비탈면 붕괴 위험지도 활용 계획서 1부.

한국건설기술연구원장

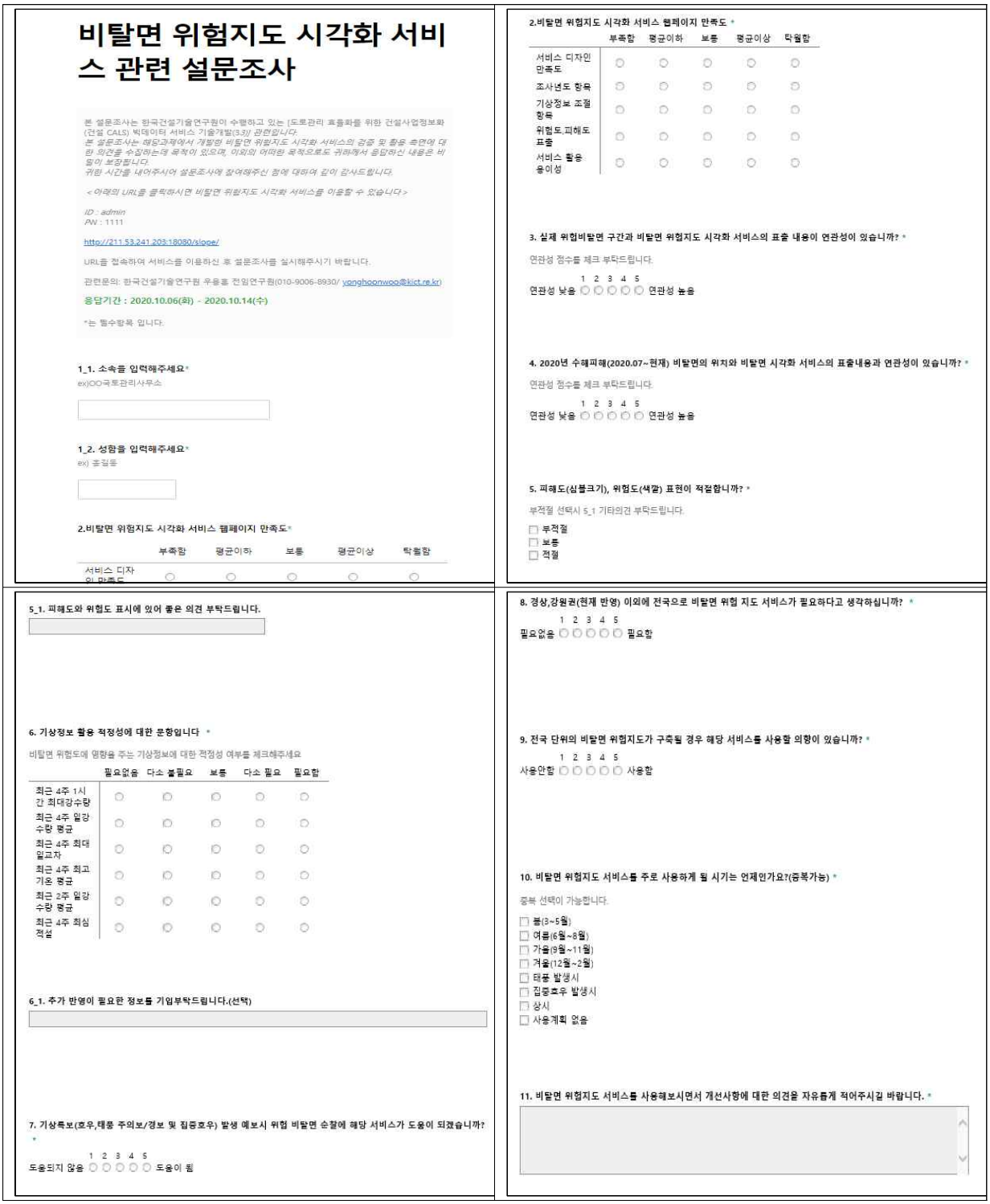
★직원 우용훈 센터장 전결 07/21 김승현
협조자
시행 인프라안전연구본부-1727 (2020.07.21.) 접수 ( )
우 10223 경기도 고양시 일산서구 고양대로 283번지 / http://www.kict.re.kr
전화 031)910-0114 /전송 031)910-0111 / webmaster@kict.re.kr / 공개

〈국토교통부 협조요청 공문〉

② 시스템에 대한 설문조사 및 만족도 분석

○ 시범운영 결과에 대한 참여자들의 설문지 작성을 통한 운영 효과 및 개선사항 의견 수렴 (20.10.06 ~ 10.14) (http://naver.me/5HvwrScr)

- 코로나19로 인한 비대면 온라인 설문조사 실시



비탈면 위험지도 시각화 서비스 관련 설문조사

본 설문조사는 한국건설기술연구원이 수행하고 있는 [도로관리 효율화를 위한 건설사업정보화(건설 CALS) 빅데이터 서비스 기술개발(3.3)] 관련입니다.
본 설문조사는 해당과제에서 개발한 비탈면 위험지도 시각화 서비스의 검증 및 활용 측면에 대한 의견을 수집하는데 목적이 있으며, 이외의 어떠한 목적으로도 귀하께서 응답하신 내용은 비밀이 보장됩니다.
귀한 시간을 내어주시어 설문조사에 참여해주신 점에 대하여 깊이 감사드립니다.

< 아래의 URL을 클릭하시면 비탈면 위험지도 시각화 서비스를 이용할 수 있습니다 >

ID : admin
PW : 1111

http://211.53.241.203:18080/slope/

URL을 접속하여 서비스를 이용하신 후 설문조사를 실시해주시기 바랍니다.

관련문의: 한국건설기술연구원 우용홍 전임연구원(010-9006-8930/ yonghoonwoo@kict.re.kr)

응답기간 : 2020.10.06(화) - 2020.10.14(수)

*는 필수항목 입니다.

1_1. 소속을 입력해주세요*
ex)OO국토관리사무소

1_2. 성함을 입력해주세요*
ex) 홍길동

2.비탈면 위험지도 시각화 서비스 웹페이지 만족도*

	부족함	평균이하	보통	평균이상	탁월함
서비스 디자인 만족도					

2.비탈면 위험지도 시각화 서비스 웹페이지 만족도 *

	부족함	평균이하	보통	평균이상	탁월함
서비스 디자인 만족도					
조사년도 항목					
기상정보 조절 항목					
위험도,피해도 표출					
서비스 활용 용이성					

3. 실제 위험비탈면 구간과 비탈면 위험지도 시각화 서비스의 표출 내용이 연관성이 있습니까? *

연관성 점수를 체크 부탁드립니다.

1 2 3 4 5
연관성 낮음 ○ ○ ○ ○ ○ 연관성 높음

4. 2020년 수해피해(2020.07~현재) 비탈면의 위치와 비탈면 시각화 서비스의 표출내용과 연관성이 있습니까? *

연관성 점수를 체크 부탁드립니다.

1 2 3 4 5
연관성 낮음 ○ ○ ○ ○ ○ 연관성 높음

5. 피해도(심볼크기), 위험도(색깔) 표현이 적절합니까? *

부적절 선택시 5_1 기타의견 부탁드립니다.

☐ 부적절
☐ 보통
☐ 적절

5_1. 피해도와 위험도 표시에 있어 좋은 의견 부탁드립니다.

6. 기상정보 활용 적정성에 대한 문항입니다 *

비탈면 위험도에 영향을 주는 기상정보에 대한 적정성 여부를 체크해주세요

	필요없음	다소 불필요	보통	다소 필요	필요함
최근 4주 1시간 최대강수량					
최근 4주 일강수량 평균					
최근 4주 최대일교차					
최근 4주 최고기온 평균					
최근 2주 일강수량 평균					
최근 4주 최심적설					

6_1. 추가 반영이 필요한 정보를 기입부탁드립니다.(선택)

7. 기상특보(호우,태풍 주의보/경보 및 집중호우) 발생 예보시 위험 비탈면 순찰에 해당 서비스가 도움이 되겠습니까? *

1 2 3 4 5
도움되지 않음 ○ ○ ○ ○ ○ 도움이 됨

8. 경상,강원권(현재 반영) 이외에 전국으로 비탈면 위험 지도 서비스가 필요하다고 생각하십니까? *

1 2 3 4 5
필요없음 ○ ○ ○ ○ ○ 필요함

9. 전국 단위의 비탈면 위험지도가 구축될 경우 해당 서비스를 사용할 의향이 있습니까? *

1 2 3 4 5
사용안함 ○ ○ ○ ○ ○ 사용함

10. 비탈면 위험지도 서비스를 주로 사용하게 될 시기는 언제인가요?(중복가능) *

중복 선택이 가능합니다.

☐ 봄(3~5월)
☐ 여름(6월~8월)
☐ 가을(9월~11월)
☐ 겨울(12월~2월)
☐ 태풍 발생시
☐ 집중호우 발생시
☐ 상시
☐ 사용계획 없음

11. 비탈면 위험지도 서비스를 사용해보시면서 개선사항에 대한 의견을 자유롭게 적어주시길 바랍니다. *

○ 설문조사 분석 : 응답대상자(20인)

연번	소속	성명
1	대구국토관리사무소	윤0중
2	산림조합중앙회	김0균
3	경상북도남부건설사업소	홍0택
4	한국시설안전공단	홍0두
5	진주국토관리사무소	성0훈
6	한국시설안전공단	강0규
7	강원도 도로관리사업소 태백지소	정0수
8	산림조합중앙회 산림종합기술본부	홍0표
9	산림조합중앙회	황0현
10	산림조합중앙회	김0열
11	한국시설안전공단	배0우
12	진영국토관리사무소	정0재
13	포항국토관리사무소	정0환
14	정선국토관리사무소	한0훈
15	양양출장소	김0수
16	강릉국토관사무소	조0준
17	산림조합중앙회	이0우
18	홍천국토관리사무소	서0선
19	영주국토관리사무소	현0욱
20	양양출장소	박0희

- 비탈면 위험지도 시각화 서비스 웹페이지 만족도

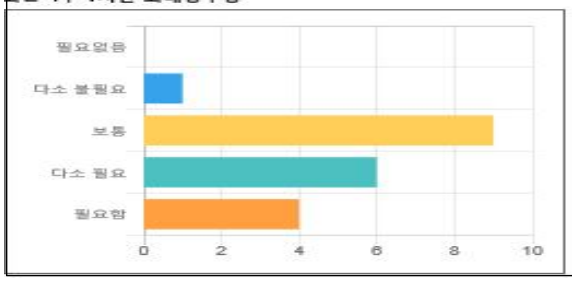
- 실제 위험비탈면 구간과 비탈면 위험지도 시각화 서비스의 표출 내용이 연관성이 있습니까?

- 2020년 수해피해(2020.07~현재) 비탈면의 위치와 비탈면 시각화 서비스의 표출내용과 연관성이 있습니까?

- 피해도(심볼크기), 위험도(색깔) 표현이 적절합니까?

- 기상정보 활용 적정성에 대한 문항입니다.

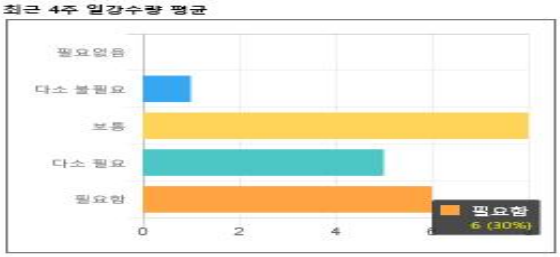
최근 4주 1시간 최대강수량



숨기기 취소 | 정렬 초기화 | 조합

응답	응답수	
필요없음	0	0%
다소 불필요	1	5%
보통	9	45%
다소 필요	6	30%
필요함	4	20%

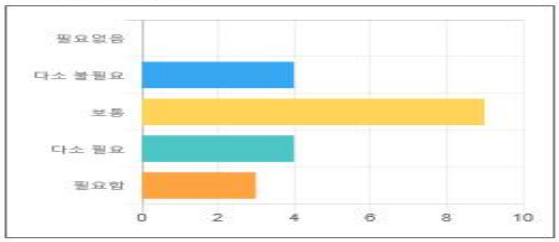
최근 4주 일강수량 평균



숨기기 취소 | 정렬 초기화 | 조합

응답	응답수	
필요없음	0	0%
다소 불필요	1	5%
보통	8	40%
다소 필요	5	25%
필요함	6	30%

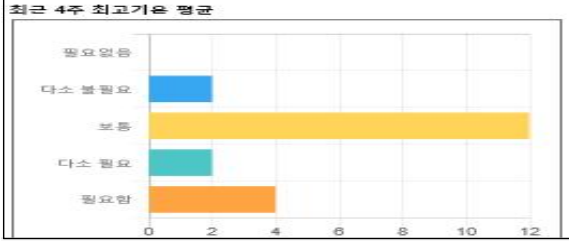
최근 4주 최대 일교차



숨기기 취소 | 정렬 초기화 | 조합

응답	응답수	
필요없음	0	0%
다소 불필요	4	20%
보통	9	45%
다소 필요	4	20%
필요함	3	15%

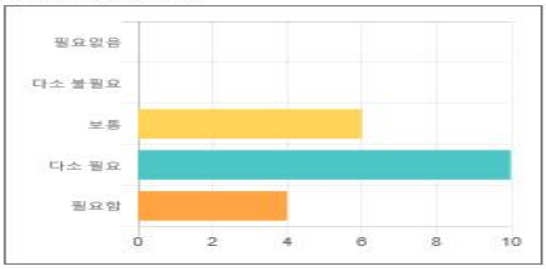
최근 4주 최고기온 평균



숨기기 취소 | 정렬 초기화 | 조합

응답	응답수	
필요없음	0	0%
다소 불필요	2	10%
보통	12	60%
다소 필요	2	10%
필요함	4	20%

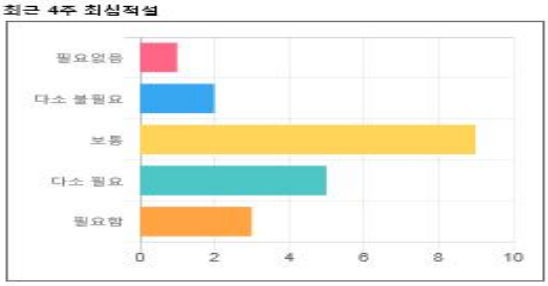
최근 2주 일강수량 평균



숨기기 취소 | 정렬 초기화 | 조합

응답	응답수	
필요없음	0	0%
다소 불필요	0	0%
보통	6	30%
다소 필요	10	50%
필요함	4	20%

최근 4주 최심적설



숨기기 취소 | 정렬 초기화 | 조합

응답	응답수	
필요없음	1	5%
다소 불필요	2	10%
보통	9	45%
다소 필요	5	25%
필요함	3	15%

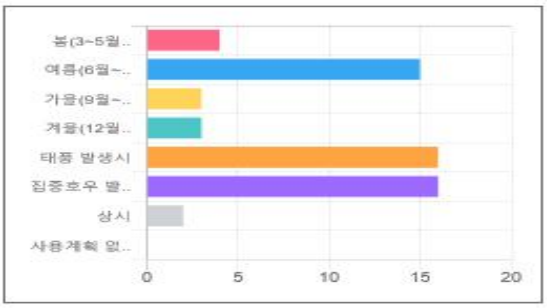
- 기상특보(호우,태풍 주의보/경보 및 집중호우) 발생 예보시 위험 비탈면 순찰에 해당 서비스가 도움이 되겠습니까?

- 경상,강원권(현재 반영) 이외에 전국으로 비탈면 위험 지도 서비스가 필요하다고 생각하십니까?

- 전국 단위의 비탈면 위험지도가 구축될 경우 해당 서비스를 사용할 의향이 있습니까?

- 비탈면 위험지도 서비스를 주로 사용하게 될 시기는 언제인가요?(중복가능)

10. 비탈면 위험지도 서비스를 주로 사용하게 될 시기는 언제인가요?(중복가능)



숨기기 취소 | 정렬 초기화 | 조합

응답	응답수	
봄(3~5월)	4	20%
여름(6월~8월)	15	75%
가을(9월~11월)	3	15%
겨울(12월~2월)	3	15%
태풍 발생시	16	80%
집중호우 발생시	16	80%
상시	2	10%
사용계획 없음	0	0%

- 비탈면 위험지도 서비스의 개선사항에 대한 의견을 자유롭게 적어주시길 바랍니다.

실시간 기상반영이 리얼타임으로는 불가능한건지?가능하면 더 좋은결과물이 될것같다
영동지역 특성상 유용하게 활용될 것임
위험도 및 피해예상도의 등급화가 필요할듯합니다
위험도 및 피해예상도의 차이가 클 경우, (위험도 90, 피해도10) 어떠한 수치가 신뢰도가 높은지 구분 필요할듯 합니다.
1. 조사일자를 써야하는지 2. 소재지가 비어있는 이유 3. (위에서 언급) 붕괴위험도 산정방식(많은 비탈면들이 60%를 넘어가고 있음, 우기시 이정도 확률도 붕괴된다는건지 근거 필요할듯) 4. "최근 4주 최고기온 평균"의 기준은?? 단순 최고기온이나 4주 기온 평균이어야 하지 않나 5. 도움말
기상청 홈페이지와 연계해서 기상조건을 예측하여 위험도를 나타내주었으면 합니다
보다 실효성 있는 서비스가 될 수 있도록 꾸준한 유지관리가 되어야 할 것 같습니다.
호우기간을 사용자가 다양하게 설정할 수 있도록 개선 제안
지속적인 업데이트를 통해 보다 좋은 서비스를 이용하길 바랍니다.
기존 관련 프로그램과의 연계를 통해 다양한 정보활용이 가능하도록 기능의 고도화가 필요할듯
이번 서비스를 준비하면서 나온 피드백인 1. 추후에 변수가 아닌 기상상황(호우 주의보, 경보, 평상시)에서 특수상황을 클릭하였을때 그 부분이 반영된 결과값이 나오는 방향으로 선회되어야함 2. 변수부분 고도화를 통한 현실적 모형설계 및 시각화 3. 전국 대상으로한 시각화 구현 이 부분들이 추후에 반영이 된다면 더욱 좋은 결과가 될 것이라고 생각됩니다.
집중호우나 태풍시 선제적 대응이 가능할것으로 판단됩니다.
누적강우량과 예측강우를 혼합한 모듈의 적용이 필요할것으로 생각됨
전국확대시 사용자 대민공개여부확정

③ 결과 분석

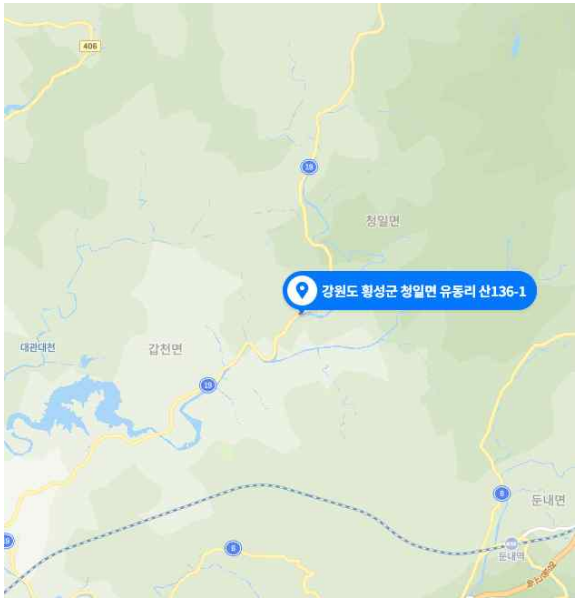
○ 강원권 효과 사례 분석

- 강원도 횡성군 청일면 유동리 (´ 20.08.06 붕괴발생)

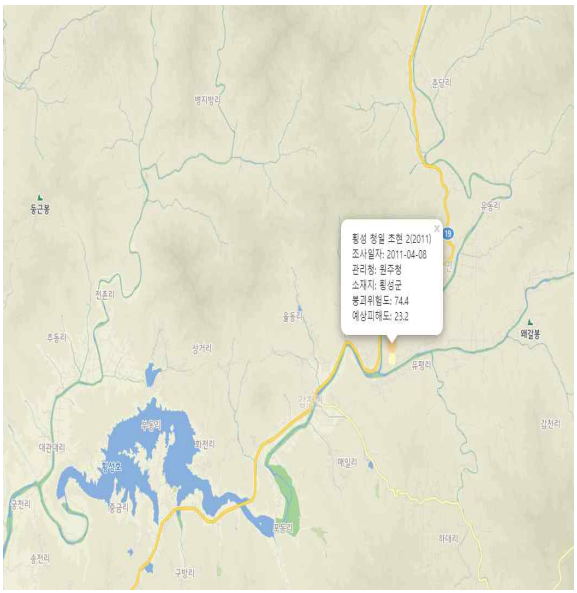
[일극값자료] 청일 561 (221m) / 2020.08.06 / 강원도 횡성군 청일면 유동

월.일	최대순간풍향 /풍속(km/h)(시각)	최저기온 (시각)	최고기온 (시각)	일강우량	최저습도 (시각)	최고습도 (시각)	최저기압 (시각)	최고기압 (시각)
08.06	213.8 / SW 34.9 (08:28)	22.1 (00:11)	25.5 (15:39)	95.0	83 (15:50)	100 (00:27)	(:)	(:)
08.05	303.8 / NW 14.4 (01:18)	21.9 (21:24)	25.3 (14:26)	60.0	92 (14:47)	100 (00:04)	(:)	(:)
08.04	196.9 / SSW 27.7 (14:55)	21.7 (00:11)	28.1 (13:38)	35.0	77 (13:39)	100 (01:18)	(:)	(:)
08.03	258.8 / W 19.4 (11:23)	21.1 (12:51)	25.3 (04:49)	98.5	79 (04:50)	100 (07:03)	(:)	(:)
08.02	196.9 / SSW 24.5 (16:31)	22.3 (04:50)	27.4 (12:46)	26.0	77 (12:50)	100 (00:04)	(:)	(:)
08.01	199.7 / SSW 21.2 (02:58)	21.6 (04:24)	28.7 (13:48)	21.0	67 (12:55)	100 (02:29)	(:)	(:)
07.31	219.4 / SW 19.8 (12:43)	20.0 (05:07)	29.5 (12:42)	0	51 (12:07)	99 (00:13)	(:)	(:)
07.30	253.1 / WSW 19.8 (13:18)	21.1 (23:25)	28.0 (14:33)	1.5	67 (15:27)	100 (00:30)	(:)	(:)
07.29	143.4 / SE 17.3 (07:12)	20.7 (07:00)	28.1 (15:10)	23.5	65 (14:54)	99 (04:56)	(:)	(:)

붕괴 전 일주일 강우량(기상청 제공)



비탈면 붕괴 위치



비탈면 위험지도 서비스 화면 (위험도 74)

(붕괴 지역 최근 2주 일 강수량 평균 30 반영)

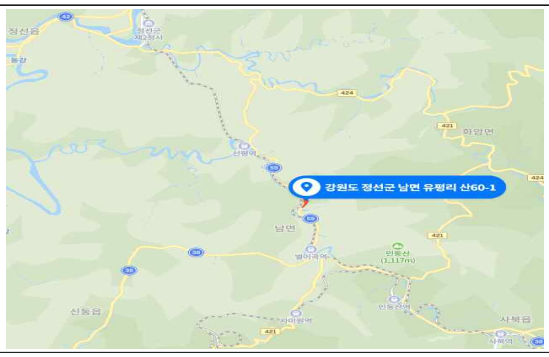
비탈면 붕괴 사진

- 강원도 정선군 남면 유평리 (´ 20.08.09 붕괴발생)

[일극값자료] 신동 527 (392m) / 2020.08.09 / 강원도 정선군 신동읍 예미

월.일	최대순간풍향 /풍속(km/h)(시각)	최저기온 (시각)	최고기온 (시각)	일강우량	최저습도 (시각)	최고습도 (시각)	최저기압 (시각)	최고기압 (시각)
08.09	196.9 / SSW 29.9 (12:27)	21.3 (00:01)	27.8 (16:29)	18.5	74 (13:19)	96 (00:02)	(:)	(:)
08.08	345.9 / NNW 11.9 (15:56)	19.3 (05:56)	23.0 (12:37)	5.0	95 (18:03)	96 (00:02)	(:)	(:)
08.07	39.4 / NE 10.8 (20:46)	19.7 (23:46)	24.6 (13:10)	6.5	79 (13:06)	96 (00:01)	(:)	(:)
08.06	191.3 / SSW 41.8 (13:39)	20.5 (23:52)	24.4 (10:43)	84.5	94 (06:20)	96 (17:32)	(:)	(:)
08.05	188.4 / S 14.8 (15:13)	21.1 (00:07)	25.9 (13:05)	21.5	92 (13:19)	96 (00:01)	(:)	(:)
08.04	205.3 / SSW 27.7 (13:45)	21.2 (23:53)	30.5 (14:21)	40.5	66 (14:19)	96 (00:01)	(:)	(:)
08.03	196.9 / SSW 24.5 (13:37)	21.3 (15:22)	24.6 (11:32)	29.0	94 (14:40)	96 (00:01)	(:)	(:)
08.02	188.4 / S 29.5 (17:24)	21.0 (05:54)	26.7 (13:26)	163.0	84 (14:38)	96 (00:02)	(:)	(:)
08.01	36.6 / NE 28.1 (04:22)	20.2 (06:18)	29.1 (14:18)	18.5	65 (14:01)	96 (04:22)	(:)	(:)

붕괴 전 일주일 강우량(기상청 제공)



비탈면 붕괴 위치

비탈면 위험지도 서비스 화면(위험도84)
(붕괴 지역 최근 2주 일 강수량 평균 30 반영)

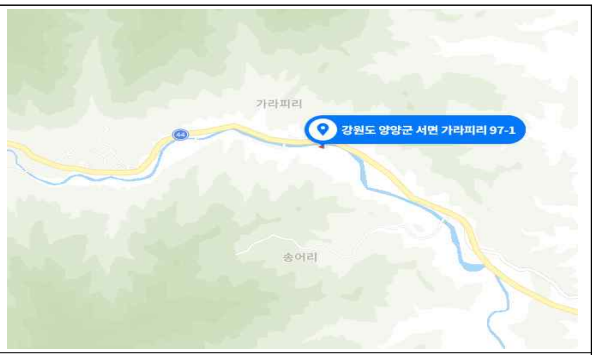
비탈면 붕괴(정선군 남면 유평리, 20.08.09)

- 강원도 양양군 서면 가라피리 (´ 20.09.03 붕괴발생)

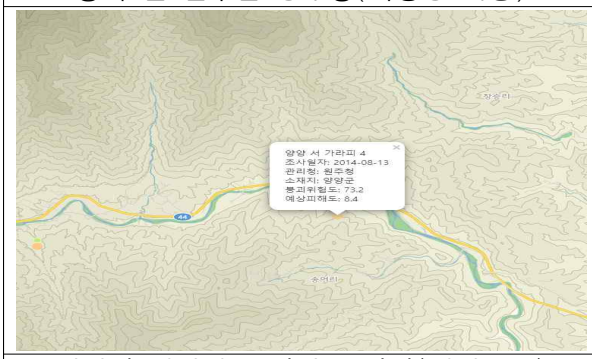
[일극값자료] 양양 670 (4m) / 2020.09.03 / 강원도 양양군 양양읍 송암리

월.일	최대순간풍향 /풍속(km/h)(시각)	최저기온 (시각)	최고기온 (시각)	일강우량	최저습도 (시각)	최고습도 (시각)	최저기압 (시각)	최고기압 (시각)
09.03	239.1 / WSW 58.0 (10:53)	22.8 (23:24)	27.7 (16:00)	66.0	55 (16:55)	97 (00:01)	(:)	(:)
09.02	25.3 / NNE 37.1 (23:45)	22.0 (18:16)	24.1 (10:39)	267.5	97 (00:01)	97 (00:01)	(:)	(:)
09.01	106.9 / ESE 17.6 (13:13)	20.1 (05:44)	27.2 (14:25)	1.0	93 (10:31)	97 (00:01)	(:)	(:)
08.31	45.0 / NE 14.4 (01:05)	21.4 (20:56)	24.5 (13:25)	4.0	97 (00:01)	97 (00:01)	(:)	(:)
08.30	22.5 / NNE 21.2 (06:27)	22.8 (22:14)	25.5 (03:09)	15.0	97 (00:01)	97 (00:01)	(:)	(:)
08.29	354.4 / N 16.2 (10:58)	24.9 (05:47)	33.1 (10:33)	9.0	70 (10:39)	97 (00:01)	(:)	(:)
08.28	36.6 / NE 16.6 (11:35)	25.1 (04:50)	32.8 (12:54)	3.5	76 (12:28)	97 (00:01)	(:)	(:)
08.27	154.7 / SSE 22.3 (11:25)	24.6 (06:08)	33.3 (16:18)	1.0	69 (15:59)	97 (00:01)	(:)	(:)

붕괴 전 일주일 강우량(기상청 제공)



비탈면 붕괴 위치



비탈면 위험지도 서비스 화면(위험도73)
(최신현황 탭 기상 실시간 자료 반영)

비탈면 붕괴 사진

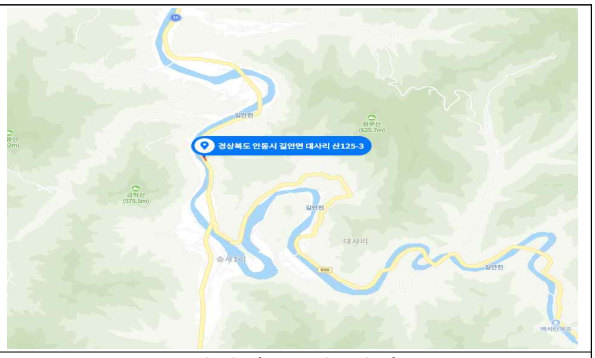
○ 경상권 효과 사례 분석

- 경북 안동시 길안면 대사리 (´ 20.08.12 붕괴발생)

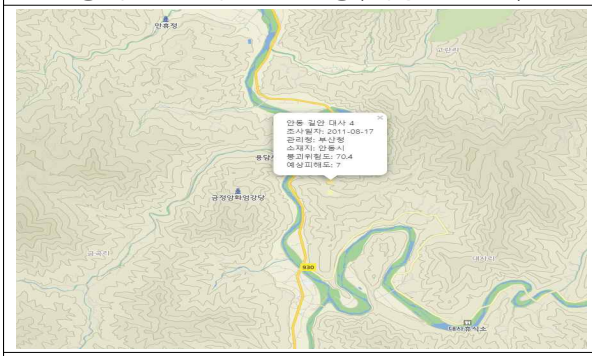
[일극값자료] 길안 839 (129m) / 2020.08.12 / 경상북도 안동시 길안면 천

월.일	최대순간풍향 /풍속(km/h)(시각)	최저기온 (시각)	최고기온 (시각)	일강우량	최저습도 (시각)	최고습도 (시각)	최저기압 (시각)	최고기압 (시각)
08.12	220.4 / SW 16.6 (09:17)	24.0 (04:52)	31.5 (13:26)	4.0	69 (13:27)	100 (03:58)	1011.0 (16:46)	1013.6 (07:01)
08.11	283.0 / WNW 43.6 (13:16)	23.3 (02:23)	32.1 (11:30)	24.0	60 (11:31)	100 (01:13)	1005.4 (03:00)	1012.5 (23:50)
08.10	254.0 / WSW 29.5 (20:47)	23.7 (23:26)	28.4 (12:28)	34.5	82 (15:55)	100 (09:47)	999.9 (18:25)	1006.6 (09:39)
08.09	183.4 / S 38.2 (16:09)	22.2 (05:01)	33.1 (16:23)	1.5	52 (16:34)	100 (00:01)	1002.8 (15:02)	1005.6 (08:32)
08.08	324.9 / NW 12.2 (07:43)	21.6 (02:21)	24.8 (17:03)	66.5	96 (21:11)	100 (01:26)	1002.8 (16:11)	1005.7 (00:03)
08.07	216.4 / SW 17.3 (16:40)	21.1 (17:28)	25.6 (10:43)	37.5	81 (10:58)	100 (18:49)	1005.5 (17:37)	1008.6 (09:55)
08.06	205.3 / SSW 45.0 (09:24)	24.3 (05:18)	30.0 (15:27)	18.5	71 (09:01)	100 (05:25)	1004.4 (08:48)	1010.5 (00:04)
08.05	176.3 / S 28.4 (11:30)	23.0 (05:39)	32.6 (11:43)	0	58 (11:45)	100 (06:18)	1010.5 (23:56)	1013.8 (05:40)

붕괴 전 일주일 강우량(기상청 제공)



비탈면 붕괴 위치



비탈면 위험지도 서비스 화면(위험도70)
(붕괴 지역 최근 2주 일 강수량 평균 30 반영)

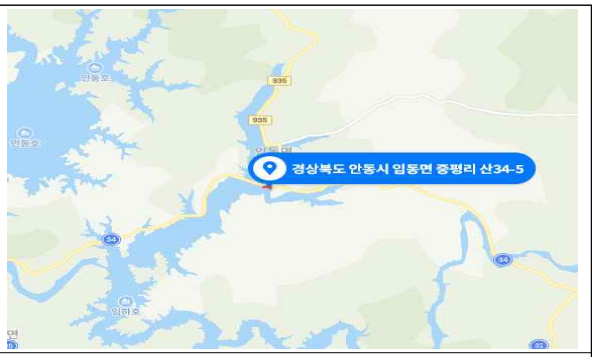
비탈면 붕괴 사진

- 경북 안동시 임동면 중평리 (´ 20.08.14 붕괴발생)

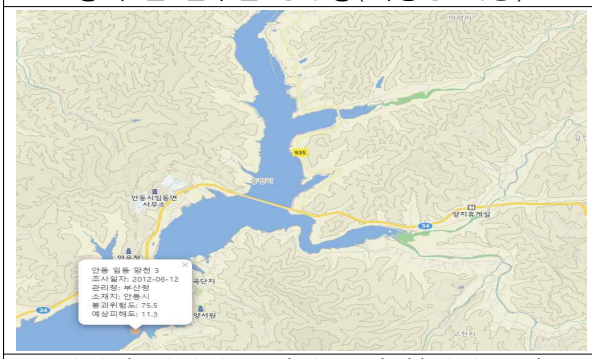
[일극값자료] 안동 136 (141m) / 2020.08.14 / 경상북도 안동시 운안동

월.일	최대순간풍향 /풍속(km/h)(시각)	최저기온 (시각)	최고기온 (시각)	일강우량	최저습도 (시각)	최고습도 (시각)	최저기압 (시각)	최고기압 (시각)
08.14	264.6 / W 29.9 (13:40)	25.2 (05:08)	33.0 (16:38)	0	61 (16:40)	91 (05:18)	1004.5 (16:00)	1007.9 (00:01)
08.13	304.0 / NW 22.0 (10:59)	24.8 (04:50)	32.9 (15:42)	0	60 (15:42)	97 (03:50)	1007.1 (19:27)	1012.8 (02:00)
08.12	247.6 / WSW 14.8 (12:02)	23.6 (04:55)	30.0 (13:35)	2.4	70 (13:33)	98 (06:49)	1011.8 (16:46)	1014.2 (08:29)
08.11	304.0 / NW 40.0 (12:18)	23.3 (12:45)	28.8 (11:45)	20.0	76 (11:47)	98 (06:34)	1006.3 (00:14)	1013.0 (23:03)
08.10	270.2 / W 24.5 (19:53)	23.5 (19:52)	27.2 (13:10)	62.9	81 (00:29)	97 (09:49)	1001.2 (18:14)	1007.4 (10:18)
08.09	199.8 / SSW 32.8 (16:00)	22.4 (06:24)	32.3 (15:44)	2.5	57 (16:08)	98 (03:57)	1003.3 (17:20)	1006.2 (08:08)
08.08	121.0 / ESE 11.5 (09:25)	21.2 (00:13)	23.8 (15:54)	53.4	94 (13:42)	98 (05:54)	1003.5 (17:14)	1006.2 (00:13)
08.07	137.8 / SE 11.5 (17:26)	20.5 (15:49)	24.2 (08:36)	26.0	82 (09:13)	98 (20:16)	1006.0 (23:41)	1009.4 (09:47)
08.06	233.6 / SW 29.9 (11:50)	24.0 (23:09)	27.8 (15:43)	21.0	79 (14:03)	97 (03:07)	1005.3 (08:25)	1011.1 (00:01)

붕괴 전 일주일 강우량(기상청 제공)



비탈면 붕괴 위치



비탈면 위험지도 서비스 화면(위험도75)
(붕괴 지역 최근 2주 일 강수량 평균 30 반영)

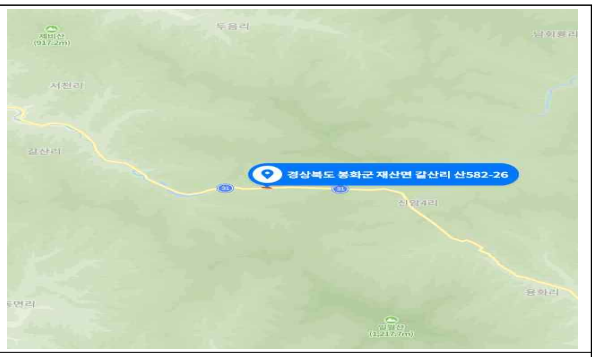
비탈면 붕괴 사진

- 경북 봉화군 재산면 갈산리 (´ 20.09.08붕괴발생)

[일극값자료] 수비 817 (384m) / 2020.09.08 / (산지)경상북도 영양군 수

월.일	최대순간풍향 /풍속(km/h)(시각)	최저기온 (시각)	최고기온 (시각)	일강우량	최저습도 (시각)	최고습도 (시각)	최저기압 (시각)	최고기압 (시각)
09.08	205.3 / SSW 47.5 (00:18)	16.2 (21:32)	25.8 (14:19)	0	50 (14:23)	100 (20:10)	(:)	(:)
09.07	28.1 / NNE 76.0 (10:27)	16.2 (00:12)	22.7 (09:11)	186.0	77 (24:00)	100 (00:01)	(:)	(:)
09.06	67.5 / ENE 58.0 (23:14)	15.8 (06:34)	18.6 (16:35)	19.5	77 (19:32)	100 (00:01)	(:)	(:)
09.05	16.9 / NNE 28.4 (15:06)	14.4 (05:56)	22.7 (10:56)	4.0	68 (11:05)	100 (00:01)	(:)	(:)
09.04	205.3 / SSW 34.6 (03:28)	14.9 (22:25)	25.8 (14:22)	0	47 (15:44)	100 (19:19)	(:)	(:)
09.03	16.9 / NNE 83.5 (04:33)	18.7 (24:00)	25.2 (13:44)	136.0	59 (14:36)	100 (00:01)	(:)	(:)
09.02	75.9 / ENE 55.1 (22:30)	21.1 (00:59)	24.7 (23:02)	44.0	100 (00:01)	100 (00:01)	(:)	(:)
09.01	50.6 / NE 20.9 (11:16)	18.3 (04:05)	26.1 (12:41)	0	80 (12:57)	100 (00:22)	(:)	(:)

붕괴 전 일주일 강우량(기상청 제공)



비탈면 붕괴 위치

비탈면 위험지도 서비스 화면(위험도76)
(최신현황 탭 기상 실시간 자료 반영)

비탈면 붕괴 사진

- 경북 영양군 일원면 용화리 (´ 20.09. 08 붕괴발생)

[일극값자료] 수비 817 (384m) / 2020.09.08 / (산지)경상북도 영양군 수

월.일	최대순간풍향 /풍속(km/h)(시각)	최저기온 (시각)	최고기온 (시각)	일강우량	최저습도 (시각)	최고습도 (시각)	최저기압 (시각)	최고기압 (시각)
09.08	205.3 / SSW 47.5 (00:18)	16.2 (21:32)	25.8 (14:19)	0	50 (14:23)	100 (20:10)	(:)	(:)
09.07	28.1 / NNE 76.0 (10:27)	16.2 (00:12)	22.7 (09:11)	186.0	77 (24:00)	100 (00:01)	(:)	(:)
09.06	67.5 / ENE 58.0 (23:14)	15.8 (06:34)	18.6 (16:35)	19.5	77 (19:32)	100 (00:01)	(:)	(:)
09.05	16.9 / NNE 28.4 (15:06)	14.4 (05:56)	22.7 (10:56)	4.0	68 (11:05)	100 (00:01)	(:)	(:)
09.04	205.3 / SSW 34.6 (03:28)	14.9 (22:25)	25.8 (14:22)	0	47 (15:44)	100 (19:19)	(:)	(:)
09.03	16.9 / NNE 83.5 (04:33)	18.7 (24:00)	25.2 (13:44)	136.0	59 (14:36)	100 (00:01)	(:)	(:)
09.02	75.9 / ENE 55.1 (22:30)	21.1 (00:59)	24.7 (23:02)	44.0	100 (00:01)	100 (00:01)	(:)	(:)
09.01	50.6 / NE 20.9 (11:16)	18.3 (04:05)	26.1 (12:41)	0	80 (12:57)	100 (00:22)	(:)	(:)

붕괴 전 일주일 강우량(기상청 제공)

비탈면 붕괴 위치

비탈면 위험지도 서비스 화면(위험도75)
(최신현황 탭 기상 실시간 자료 반영)

비탈면 붕괴 사진

(바) 비탈면 붕괴 위험도 예측서비스 기술 고도화

① 기존대비 개선부분

구 분	1차년도	2차년도	3차년도
분석대상 표본	- 2010년~2017년 비탈면 정밀 조사결과 * 총 208개소(원주청)	- 2010년~2017년 비탈면 정밀 조사결과 * 총 643개소 (원주청 233, 부산청 410)	- 2010년~2018년 비탈면 정밀 조사결과 * 총 711개소 (원주청 249, 부산청 462)
	- 비탈면 제원에 대한 기초조사 자료 16,824개를 기반영하여 빅데이터 분석 활용 (원주청(6,694개), 부산청(10,130개)) - 조사일자를 통한 붕괴당시 기상정보 파악이 가능한 수시조사 기록만 활용 (총 711개소)		
위치정보 기반	- 광역시도, 시군구, 읍면동리 단위의 행정구역 위치정보	- 비탈면 위경도 좌표	- 비탈면 위경도 좌표
기상변수 활용	- 기상자료개방 포털의 공공데이터 (2010년~2017년)	- 기상자료개방 포털의 공공데이터 (2010년~2017년)	- 기상자료개방 포털의 공공데이터 (2010년~2018년) - 케이웨더 기상 콘텐츠 - 최근시점의 기상현상 반영 (시간단위)
분석모형	- 머신러닝 모형인 Adaptive Boosting (Adaboost)		
기여도 변수	- 비탈면 특성 변수 기여도 높음	- 기상변수 기여도 높음	- 기상정보, 비탈면 특성정보 중요도 비슷

② 시범운영 결과를 통한 고도화

○ 연차별 분석결과와 유형별 예측 위험도 평균 변화를 통한 정확도 향상

- 붕괴 예측 정확도는 예측값-실제값 비교를 통해 도출됨
- 예측된 위험도 값은 0과 1 사이의 확률 수치로 산출되며, 0.5 미만은 0(비붕괴)으로, 0.5 초과는 1(붕괴)로 환산하여 정밀조사 당시 실제 붕괴 발생 여부와 비교 분석함
- 정확도 산출 결과 모형의 붕괴 예측 정확도(붕괴가 발생한 사면을 붕괴로 예측)는 94.49%로 나타나 붕괴 위험 비탈면을 사전 감지하는 목적의 모형으로서 일정 성능을 만족하는 것으로 판단됨
- 해당 결과는 Confusion Matrix를 통해 확인할 수 있음
- 1,2차년도(총 643개소)

〈분석 결과의 Confusion Matrix〉

실제 / 예측	비붕괴	붕괴
비붕괴	133	20
붕괴	107	383

<유형 별 예측 위험도 평균〉

실제 / 예측	비붕괴	붕괴
비붕괴	0.391	0.437
붕괴	0.632	0.733

- 3차년도(총 711개소)

<분석 결과의 Confusion Matrix>

예측 \ 실제	비붕괴	붕괴
비붕괴	141	25
붕괴	116	429

<유형 별 예측 위험도 평균>

예측 \ 실제	비붕괴	붕괴
비붕괴	0.363	0.444
붕괴	0.624	0.756

(사) 비탈면 붕괴 위험도 예측서비스 활용 및 확대방안

① 서비스 활용범위 확대

○ 정보수집 및 전처리

- CALS의 비탈면 제원 및 점검이력은 연계 서버를 통해 수집하며, 기상정보는 기상청의 오픈API 통해 일일 일회 수집
- 비탈면 기초조사자료
  - 신설 국도가 개통함에 따라 형성되는 비탈면에 대하여 기본제원에 대한 전수조사 자료
  - 기초조사의 GPS정보, 관리코드, 사면경사, 연장 등의 기본제원만 빅데이터 분석에서활용
  - 서울청(2,470개), 원주청(6,694개), 대전청(4,269개), 익산청(7,184개), 부산청(10,130개) 등 총 30,747개
  - 과업에 반영된 자료는 원주청, 부산청으로 약 16,000개소 자료 기반영

- 데이터 전처리를 위해 정밀조사 투자우선순위 산정자료, 정밀조사보고서(2010~2018년) 데이터를 대상으로 분석
  - 전체 정제 성공 자료: 1,761건(부산청 및 원주청, 해빙기 및 수시 전체)
  - 전체 분석 대상 표본 711건: 원주청 249건, 부산청 462건(붕괴 시기 파악 가능한 수시 조사만 포함)

<비탈면 정밀안전진단 또는 정밀 진단보고서 전처리>

○ 전국 확대 운영 검토

- 전국 서비스를 위해 3개 국토청(서울, 대전, 익산)의 정밀조사 자료의 전처리에 필요한 추가 비용 발생
- 전국 범위 확대에 필요한 3개 국토청(서울, 대전, 익산) 비탈면 기초조사 정보 추출
  - 기초조사의 GPS정보, 관리코드, 사면경사, 연장 등의 기본제원 활용
  - 서울청(2,470개), 대전청(4,269개), 익산청(7,184개) 총 13,923개 분석 필요
- 데이터 전처리를 위해 정밀조사 투자우선순위 산정자료, 정밀조사보고서(2010~2018년) 데이터를 대상으로 분석필요
  - 전체 정제 필요 자료: 999건(서울,대전 및 익산청, 해빙기 및 수시 전체)

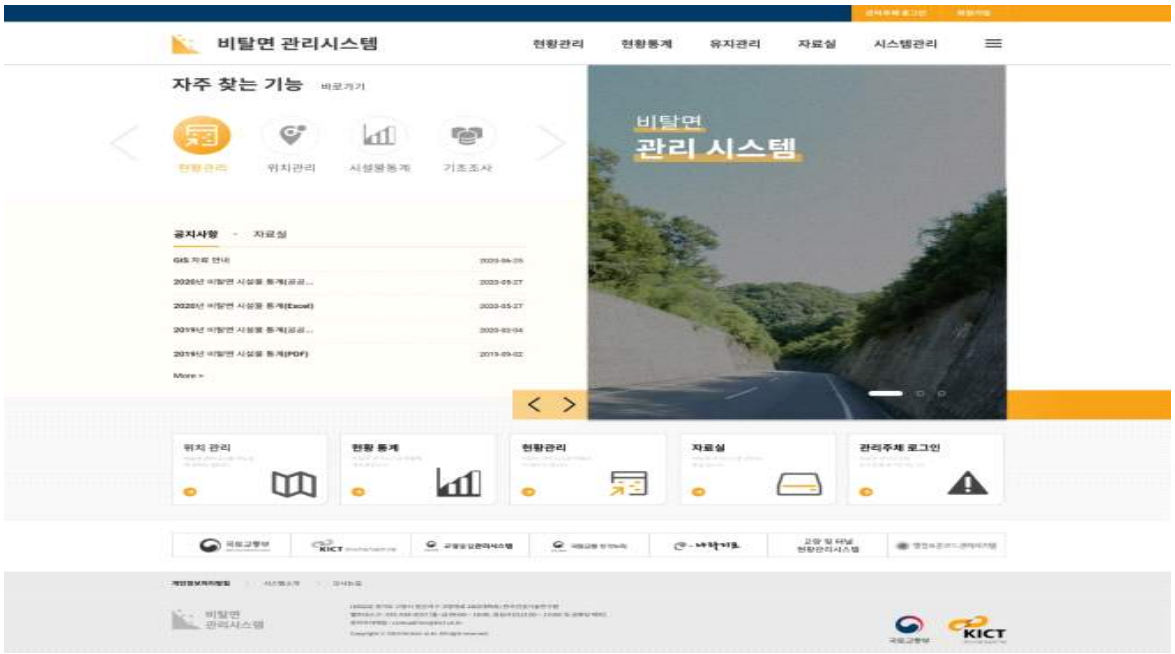
<서울,대전,익산천 정밀조사 보고서 개소수>

기관 \ 년도	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	합계
총 계	133	137	201	117	112	104	57	61	77	999
서울청	15	15	17	21	20	21	14	18	15	156
수원국토	2	8	6	5	2	3	2	2	1	31
의정부국토	12	1	7	14	7	11	12	12	7	83
경기도	1	6	4	2	11	7	-	4	7	42
대전청	36	32	106	48	36	21	19	24	19	341
논산국토	4	-	1	-	7	2	6	1	4	25
충주국토	8	5	16	8	11	12	4	5	9	78
보은국토	11	9	32	21	2	5	5	12	3	100
예산국토	9	9	33	13	9	-	1	1	1	76
충청북도	2	7	2	-	-	-	3	5	-	19
충청남도	2	2	22	6	7	2	-	-	2	43
익산청	82	90	78	48	56	62	24	19	43	502
광주국토	19	24	7	3	6	12	7	4	5	87
전주국토	4	12	14	6	3	5	6	2	9	61
남원국토	34	24	21	20	17	26	6	7	19	174
순천국토	14	17	24	18	27	15	2	4	10	131
전라남도	5	12	10	1	3	3	3	2	-	39
전라북도	6	1	2	-	-	1	-	-	-	10

- 국토교통부 관련부서와 협의 후 전국 서비스 시행
  - 전국 비탈면 자료 반영 후 시각화 지도 추가 업데이트
  - 매년 개최되는 국도유지관리 실무자 워크숍 또는 세미나에서 해당 서비스 시연 및 사용 매뉴얼 배포
  - 전국 확대 운영에 대한 사용자 만족도 및 서비스 향상을 위한 공청회, 설문조사 실시
- 전국 확대 운영시 현재 CSMS 연구업무에서 자체 개발중인 1)도로비탈면유지 관리시스템 DB어플리케이션 고도화, 2)상시계측시스템 고도화 통합관리시스템과 연관하여 체계적인 비탈면 관리시스템으로 확대 운용하여 연계 필요

② 비탈면 데이터의 자동수집을 위해 비탈면관리시스템과의 연계

○ 도로비탈면 유지관리시스템 DB 어플리케이션 연계(CSMS 과제에서 개발중, ~21.03)



- 비탈면 관리시스템 설계 및 개발
  - 비탈면 현황조회 기능 분석 및 설계(정보의 중복 입력 방지를 고려한 타 시스템과의 연계 기능 설계)
  - 비탈면 현장조사를 위한 정보 관리 기반 마련 및 기능 개발
  - 조사자료, 유지보수 관리 기능 설계 및 개발
  - 비탈면 유지관리 정보 이력관리 (정밀점검 결과 및 2종 비탈면 결과 요약서)
  - 국도 및 위임국도, 구국도 관련 데이터 확인
  - 비탈면 조사 데이터 기존 저장 데이터 조회
  - 비탈면 조사 데이터 조건별 검색 및 수정
  - 비탈면 제원 현황 통계 설계 및 개발(일정관리 기능 , 통계정보 미리보기)
  - 비탈면 유지관리 현황 통계 설계 및 개발
- 보고서 관리기능 설계 및 개발
  - 조사자료, 유지보수 관리보고서 작성 및 수정
  - 비탈면 보고서 관리 (저장된 보고서 문서화, 출력, 이메일 및 카톡 클라우드 등)
- GIS를 이용한 비탈면 관리 기능 구현
  - 다음, 네이버, 브이월드 등 지도 open API를 이용한 비탈면 관리시스템 구현
  - open API를 이용한 지적도, 지형도, 위성지도 기반, 국유지 사유지 경계 표출방안 마련
- 위치정보 기반 비탈면 현장 조사 시스템 개발

- 지도상의 사용자 위치정보 설계
- GIS를 이용한 비탈면 현황조회 및 조사데이터 조회
- 신규 현장정보 입력
- 사진관리 기능구현 (촬영, 미리보기, 수정)
- 비탈면 현장조사를 위한 정보 관리 기반 마련 및 조사시스템 구현

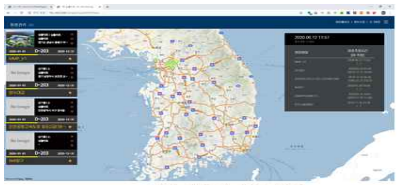
- 연계시스템 개발
  - 실시간 기상정보 및 도로관리기관 위험비탈면 현장 정보전달
  - 상시계측시스템 연계 활용을 위한 설계
  - 전국 120개소 및 상시계측시스템 고도화 현장 데이터 연계

○ 도로비탈면 상시계측 통합시스템 연계

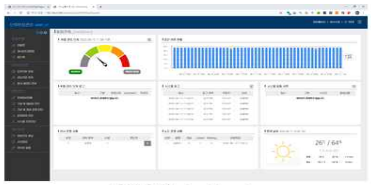
- 현재 국내외적으로 개발되어 적용 중인 여러 모니터링 기법 중, 실시간 감시가 가능한 GPS, 광섬유, AE센서를 조합·설치
- 일정 기간 시범운영을 통해 비탈면 감시에 적합한 설계법, 설치 방법, 센싱 운영 및 유지관리, 문제점 발굴 및 개선방안 등을 도출하는 것이 본 연구 과업의 핵심 내용임
  - 비탈면 모니터링 고도화를 위한 최적 설계, 비탈면 고도화 모니터링을 위한 적정 설치
  - 모니터링 운영 및 유지관리
  - 시범운영 결과 정리 및 개선방안 제시
- 통합관리시스템 개발 및 구축
  - 상시계측시스템(센서 및 DB송수신 장비)시공
  - 도로비탈면의 상시계측시스템을 구성하기 위한 소프트웨어 필요
  - 전국 각지에 설치되어 있는 도로비탈면의 상시계측시스템 데이터를 웹방식을 통해 모니터링 및 분석하는 역할.
  - 통합 DB관리시스템 개발 및 상시계측시스템 운영을 위한 전산인프라 구축
  - 하이브리드 앱 구성으로 모바일 접속 가능

○ 통합관리시스템 향후 추진방향

- 다수 현장의 이기종의 데이터를 받을 수 있는 공동 API 미들웨어가 필요
  - 현재 보다 더 많은 다종의 데이터를 모두 수렴하기 위한 공통 프로토콜 개발 필요, 다수 다종의 센서 데이터 수집 데이터 분석 가능 시 신뢰도 증가
  - 기상, 장비, 상태정보, 다종의 계측기 종류 혼합, 데이터 비교
- 네트워크 보안 구성 및 장비들의 자가진단 관련 기능 마련 필요



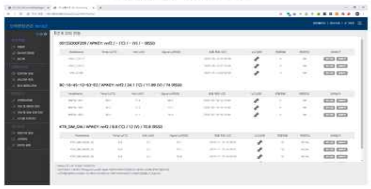
GIS 기반 위치 및 상태 확인



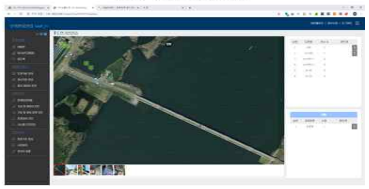
단위 현장 Dashboard

현장 현황 Dashboard

기상과 장비의 상태 조회



장비 측정 빈도 변경 및 조회



도면 기반위 센서 위치 상태표시

(아) 사회적 비용 10% 절감에 대한 성과

①시범적용 기관의 최근 6년간(14~19년) 해빙기 대책공사비 요청금액과 비교

년도	도로관리기관 요청 현장 개소수	요청 금액 (백만원)	CSMS 검토 정비사업비 (백만원)	절감 비율
2014	268	36,850	18,380	50.1%
2015	253	33,194	15,318	53.9%
2016	137	39,967	18,415	53.9%
2017	99	25,095	14,989	40.3%
2018	92	29,934	11,507	61.6%
2019	152	44,264	6,779	84.7%
합계	1,001	209,304	85,388	59.2%

○ 사회적 비용 절감

- 2014년부터 2019년까지 전국의 국도유지관리 담당 기관에서 요청한 해빙기 위험비탈면 현장은 총 1,001개소임
- 이들 기관이 요청한 총 금액은 약209,304 백만원을 요청함
- 해당 현장에 대하여 CSMS 검토를 통한 정비 사업비는 85,388백만원이 집행됨
- 2014년부터 2019년까지 최소 40.3%, 최대 84.7%의 절감 효과를 나타냄
- 6년치에 대한 총 절감 효과는 59.2%로 나타남

○ 비탈면 붕괴 위험도 예측서비스 활용

- 기존 CSMS 검토 정비사업에 비탈면 붕괴 위험도 예측 서비스를 도로관리기관에서 해빙기 및 대국민 안전진단시 위험지구 사전 순찰 및 점검에 활용
- 국도 유지관리 담당자들이 위험도 예측 서비스를 활용하여 사전에 선제적 대응의 위험 비탈면 정비를 통한 대규모 붕괴 및 피해를 방지하여 사회적 비용 절감 효과를 기대

(3) 도로점용(연결) 허가 가능구간 추정서비스 기술

(가) 도로점용(연결) 허가 업무 분석

① 도로점용허가 관련 법제 분석

○ 도로법

- 도로의 공동사용을 능가하고 그것을 침해하는 도로의 사용은 허가를 필요로 한다. 도로의 구역 안에서 공작물·물건 기타의 시설을 신축·개축·변경 또는 제거하거나 기타의 목적으로 도로를 점용하고자 하는 자는 관리청의 허가를 받아야 한다.
  - 도로는 교통에 공용되는 공공시설이므로 특정목적으로 도로구역을 사용하는 것은 극히 제한을 하여야 하는 것이나, 도시발달, 생활환경의 변혁 등 도로의 본래기능이외에 전기·가스·통신시설의 매설 등 도로의 점용이 불가피한 실정이다.

법률	『도로법』 제61조

제61조(도로의 점용 허가)

① **공작물・물건, 그 밖의 시설을 신설・개축・변경 또는 제거하거나 그 밖의 사유로 도로**(도로구역을 포함한다. 이하 이 장에서 같다)**를 점용하려는 자는 도로관리청의 허가를 받아야 한다**. 허가받은 기간을 연장하거나 허가받은 사항을 변경(허가받은 사항 외에 도로 구조나 교통안전에 위험이 되는 물건을 새로 설치하는 행위를 포함한다)하려는 때에도 같다.

② ~ ④ (생략)

<도로점용허가 관련 도로법 연혁>

○ 도로법 시행령

- 도로관리청의 허가를 받아 도로를 점용할 수 있는 공작물 · 물건, 그 밖의 시설의 종류는 도로법 시행령에서 구체적으로 정하고 있다.

법률	『도로법 시행령』 제55조

제55조(점용허가를 받을 수 있는 공작물 등) 법 제61조제2항에 따라 도로점용허가(법 제107조에 따라 국가 또는 지방자치단체가 시행하는 사업에 관계되는 점용인 경우에는 협의 또는 승인을 말한다)를 받아 도로를 점용할 수 있는 공작물 · 물건, 그 밖의 시설의 종류는 다음 각 호와 같다.

1. 전주 · 전선, 공중선, 가로등, 변압탑, 지중배전용기기함, 무선전화기지국, 종합유선방송용단자함, 발신전용휴대전화기지국, 교통량검지기, 주차측정기, 전기자동차 충전시설, 태양광발전시설, 태양열발전시설, 풍력발전시설, 우체통, 소화전, 모래함, 제설용구함, 공중전화, 송전탑, 그 밖에 이와 유사한 것
2. 수도관 · 하수도관 · 가스관 · 송유관 · 전기관 · 전기통신관 · 송열관 · 농업용수관 · 작업구(맨홀) · 전력구 · 통신구 · 공동구 · 배수시설 · 수질자동측정시설 · 지중정착장치(어스앵커) · 암거, 그 밖에 이와 유사한 것
3. 주유소 · 수소자동차 충전시설 · 주차장 · 여객자동차터미널 · 화물터미널 · 자동차수리소 · 승강대 · 화물적치장 · 휴게소, 그 밖에 이와 유사한 것과 이를 위한 <u>진입로 및 출입로</u>
4. 철도 · 궤도, 그 밖에 이와 유사한 것
5. 지하상가 · 지하실(「건축법」 제2조제1항제2호에 따른 건축물로서 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률 시행령」 제61조제1호에 따라 설치하는 경우만 해당한다) · 통로 · 육교, 그 밖에 이와 유사한 것
6. 간판(돌출간판을 포함한다), 표지, 깃대, 현수막, 현수막 게시시설 및 아치. 다만, 현수막 게시시설은 국가 또는 지방자치단체가 설치 · 관리하는 경우만 해당한다.
7. 버스표판매대 · 구두수선대 · 노점 · 자동판매기 · 상품진열대, 그 밖에 이와 유사한 것
8. 공사용 판자벽 · 발판 · 대기소 등의 공사용 시설 및 자재
9. 고가도로의 노면 밑에 설치하는 사무소 · 점포 · 창고 · 자동차주차장 · 광장 · 공원, 체육시설, 그 밖에 이와 유사한 시설(유류 · 가스 등 인화성 물질을 취급하는 사무소 · 점포 · 창고 등은 제외한다)
10. 「장애인 · 노인 · 임산부 등의 편의증진보장에 관한 법률」 제2조제2호에 따른 편의시설 중 높이차이 제거시설 또는 주출입구 접근로, 그 밖에 이와 유사한 것
11. 제1호부터 제10호까지의 규정에 따른 공작물 · 물건 및 시설의 설치를 위하여 일시적으로 설치하는 공사장, 그 밖에 이와 유사한 것과 이를 위한 진입로 및 출입로
12. 제1호부터 제11호까지에서 규정한 것 외에 도로관리청이 도로구조의 안전과 교통에 지장이 없다고 인정한 공작물 · 물건(식물을 포함한다) 및 시설로서 국토교통부령[1] 또는 해당 도로관리청이 속해 있는 지방자치단체의 조례로 정한 것

1) 도로법 시행규칙 제28조(점용허가를 받을 수 있는 공작물 등) 영 제55조제12호에서 "국토교통부령으로 정하는 것"이란 농작물, 수목, 그 밖에 이와 유사한 것을 말한다.

② 도로연결허가 관련 법제 분석

○ 도로법

- 고속도로, 자동차전용도로, 일반국도, 지방도, 4차로 이상 도로에 다른 도로나 통로, 그 밖의 시설을 연결시키려는 경우에는 도로관리청의 허가를 받아야 한다.

법률	『도로법』 제52조

제52조(도로와 다른 시설의 연결)

① 도로관리청이 아닌 자는 고속국도, 자동차전용도로, 그 밖에 대통령령으로 정하는 도로[2]에 다른 도로나 통로, 그 밖의 시설을 연결시키려는 경우에는 미리 도로관리청의 허가를 받아야 하며, 허가받은 사항을 변경하려는 경우에도 또한 같다. 이 경우 고속국도나 자동차전용도로에는 도로, 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」 제60조제1항 각 호에 따른 개발행위로 설치하는 시설 또는 해당 시설을 연결하는 통로 외에는 연결시키지 못한다.

② 제1항에 따라 도로에 다른 도로, 통로나 그 밖의 시설을 연결시키려는 자는 도로에 연결시키려는 해당 시설을 소유하거나 임대하는 등의 방법으로 해당 시설을 사용할 수 있는 권원을 확보하여야 한다.

③ 제1항에 따른 허가(이하 "연결허가"라 한다)의 기준·절차 등 필요한 사항은 고속국도 및 일반국도(제23조제2항에 따라 시·도지사 또는 시장·군수·구청장이 도로관리청이 되는 일반국도는 제외한다)에 관하여는 국토교통부령으로 정하고, 그 밖의 도로에 관하여는 해당 도로관리청이 속해 있는 지방자치단체의 조례로 정한다.

④ 도로관리청은 연결허가를 할 때 도로와 다른 도로, 통로나 그 밖의 시설을 연결하면 대량의 교통수요가 발생할 우려가 있거나 교통체계상 다른 시설의 설치가 필요하다고 인정하는 경우에는 그 연결허가를 받는 자에게 원활한 교통 소통을 위한 시설의 설치·관리 등 필요한 조치를 하도록 할 수 있다.

⑤ 연결허가를 받아 도로에 연결하는 시설에 대하여는 제61조에 따른 도로점용허가를 받은 것으로 본다.

<도로연결허가 관련 도로법 연혁>

2) 도로법 시행령 제49조(도로와 다른 시설의 연결) 법 제52조제1항 전단에서 "대통령령으로 정하는 도로"란 다음 각 호의 도로를 말한다.
1. 일반국도
2. 지방도
3. 4차로 이상으로 도로구역이 결정된 도로

○ 도로연결규칙

- 도로연결규칙은 1999년 도로법 개정으로 일반국도에 마을 · 주유소 · 휴게소등으로 통하는 다른 도로 · 통로 기타의 시설을 연결시키고자 하는 경우 도로관리청의 허가를 받아야 하는 조항을 근거로 도로구조의 보존과 도로의 원활한 소통 및 교통안전을 확보하기 위해 제정되었다.

<도로연결규칙 제개정 연혁 및 주요 변경내용>

시기	구분	주요 변경내용
1999.8.9	제정	• 최초 제정 • 도시계획구역 내 계획적 연결허가, 연결허가 금지구간 지정, 변속차로 등 설치기준 제시
2002.4.27	일부개정	• 부가차로 정의 및 설치기준 • 교차로 설치제한거리 일부 완화
2003.1.1		• 도시계획구역 ➔ 도시지역 변경
2003.10. 8		• 연결허가 절차 간소화, 연결허가 금지구간 예외 포함
2005.12.30		• 소규모 교차로 연결허가 금지 완화, 입체교차로 영향권 및 설치제한거리 기준 제시
2008.5.13		• 시공 중 도로에 대한 근거 제시, 연결허가 금지구간 중 종단 기울기 및 시설물 근접구간 기준 완화
2010.9.23		• 도로연결허가 시 도로점용허가를 득한 것으로 함
2012.4.15	타법개정	• 도시관리계획 ➔ 도시군관리계획 변경
2014.7.15		• 도로법 개정 반영(고속국도법 통합), 진출입로 공동사용으로 인한 비용 공동부담
2014.12.29	일부개정	• 제명 변경(다른도로 ➔ 다른시설), 연결허가 금지구간 기준 완화

③ 도로점용허가와 도로연결허가

- 도로점용허가는 도로법 제정 당시부터 운영되었으며, 도로연결허가는 1990년대에 와서 신설되었다. 도로연결허가 제도가 도입될 당시에는 도로점용허가와 별도로 허가를 받았으나, 현재는 도로법 제52조제5항에 따라 도로연결허가를 받은 경우에는 도로점용허가를 받은 것으로 보기 때문에 별도의 도로점용허가를 받을 필요는 없다.

<도로점용허가와 도로연결허가 구분>

- 도로점용허가와 도로연결허가는 도로구조 및 교통안전을 최우선으로 하는 것은 동일하지만, 도로연결허가는 도로의 이동기능 확보가 중요한 부분을 차지하고 있다. 다음은 도로연결규칙에서 정하는 주요 내용이다.
  - 도로에 다른 도로 등을 연결시키고자 하는 자는 그 신청서에 연결계획서, 설계도면, 도로점용허가서등을 첨부하여 도로관리청에 제출하도록 함 <제4조>
  - 도시계획구역 안에서의 다른 도로 등의 연결은 도시계획에 따라 도로가 정비되어 있거나 연결허가의 신청일 부터 3년 이내에 도시계획사업이 시행될 예정인 경우에는 당해 도시계획에 적합하게 연결하도록 함으로써 도시계획구역 안에서의 다른 도로 등의 무분별한 연결을 방지함 <제5조>
  - 곡선반경, 종단기울기, 설치제한거리, 시거 불량 시설물 인접구간, 교량 등의 시설물 근접구간, 버스 정차대 · 측도 등 주민편의시설이 설치된 구간 등 연결허가 금지구간을 지정하여 다른 도로 등의 연결로 인해 교통안전에 위험을 초래할 경우 연결을 금지함<제6조>
  - 연결로 등의 설계도면 작성방법, 시설별 가 · 감속차로 등의 설치기준, 연결로 등의 포장방법, 분리대 · 배수시설 및 부대시설 등의 설치기준을 구체적으로 정함 <제7조, 제8조, 제9조, 제10조, 제11조, 제12조>
- 이에 따라서 도로의 지역간 이동기능이 약한 시도, 군도 등은 도로연결허가를 받지 않고 도로점용허가로 진출입로 설치가 가능하다.

(나) 도로점용(연결) 허가 업무를 위한 기반데이터 구축

① 기반데이터 목록

구 분	정보	주요 데이터 항목	수집 주기	수집 형태	데이터 제공기관 (시스템명)
내부	인허가 민원정보	기관, 신청일자, 신청자, 접수일, 처리기한, 허가번호, 종료일자(사유), 접수유형	주	연계 모듈	한국건설기술연구원 (건설사업정보시스템)
	도로점용 허가정보	허가번호, 신청번호, 기관, 허가일자, 도로종류, 노선명, 점용장소, 점용목적, 우편번호, 주소, 점용기간	주	연계 모듈	한국건설기술연구원 (건설사업정보시스템)
외부	정밀도로지도	도로(규제선, 도로경계선, 정지선, 차로중심선), 도로시설(중앙분리대, 터널, 교량), 표지시설(교통안전표지, 노면표지)	년	SHP	국토지리정보원 (국토정보플랫폼)
	수치지형도	지표면 위치, 지형, 지물	2년	DXF	국토지리정보원 (국토정보플랫폼)
	도로명지도	도로명, 건축물대장건물명, 읍면동, 고시일자, 이동사유	년	SHP	행정안전부 (공공데이터포털)
	버스, 택시, 화물DTG	차대번호, 자동차유형, 자동차등록번호, 차량속도, 엔진회전수, 브레이크 신호, 차량위치(X,Y), 운행지역	반기	CSV	국토교통부 (한국교통안전공단)
	버스정류소	정류소 X좌표, 정류소 Y좌표, 정류소명, 정류소번호	년	XML	행정안전부 (공공데이터포털)
	교량/터널	명칭, 종류, 연장, 폭, 설치연도, 재질, 기타, 통합코드	년	SHP	행정안전부 (공공데이터포털)
	수치표고 모델	10m간격 x, y, z 좌표정보	2년	IMG	국토지리정보원 (국토정보플랫폼)

○ 정보수집 및 전처리

- CALS 정보는 업무망에 있는 인허가 및 도로점용 정보를 일/주/월의 설정 주기별로 자동 수집하며, 외부정보는 엑셀, SHP, CSV, XML 형태로 정보를 수집
- 데이터전처리를 위해 화물 DTG 데이터는 신호정지선의 가속부, 감속부 영역을 선별하여 전체 데이터 중 해당 영역 안에 있는 차량 정보를 가공하였으며, 허가대장의 도면 유무를 판단하여 관련된 도면정보를 추출

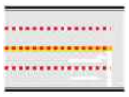
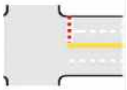
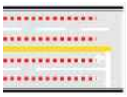
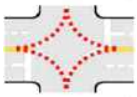
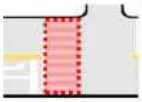
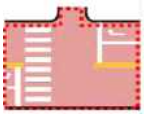
② 정밀도로지도

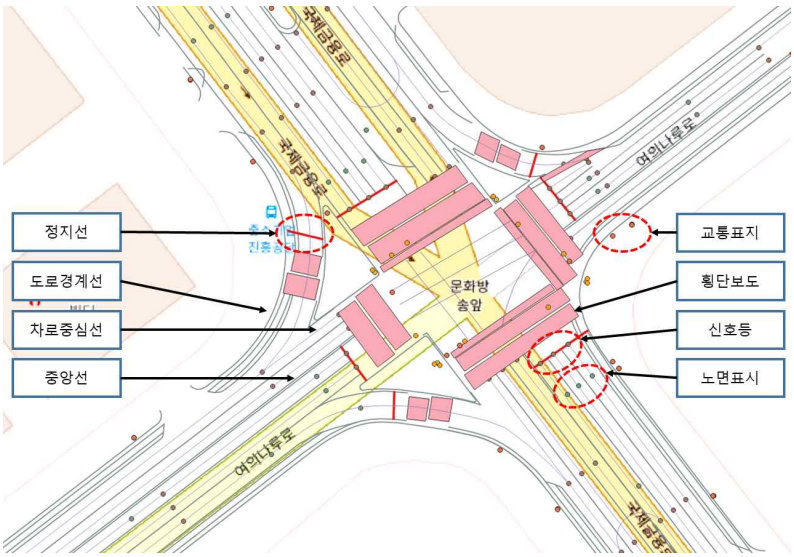
○ 정밀도로지도 개요

- 정밀도로지도는 「공간정보의 구축 및 관리 등에 관한 법률」제12조 및 동법 시행규칙 제8조에 의하여 국토지리정보원이 제작한 지도로, MMS(Mobile Mapping System) 등의 측량기기에 의하여 취득된 영상, 점군데이터, GNSS 위치정보, 취득장치의 자세 등에 대한 정보를 취합하여 세부도화 장치 또는 소프트웨어에서 위치 및 속성 정보를 추출하고 표준화 과정을 거친 지도 정보임
- 자율주행 지원을 위한 통합 주행 환경지도로 기존의 ADAS 지도에 콘텐츠를 확장하여 차량내 센서와 융합한 정밀측위, 객체인식, 자동차제어에 활용될 수 있는 지도임
- 내비게이션지도와 ADAS 지도에 포함된 정보이외에 추가로 차선정보, 면형정보(횡단보도, 과속방지턱, 갓길 등), 노면마크정보(좌·우회전, 유턴 등), 표지판 정보(교통안전 표지판, 도로안내표지판 등), 시설물정보(신호등, 연석, 맨홀 등) 등을 포함하고 있음
- 자율주행에 필요한 차선, 도로경계선, 정지선, 차로중심선 등의 규제선, 중앙분리대, 터널, 교량, 지하차도 등의 도로시설, 교통안전표지, 노면표시, 신호기 등의 표지시설 등을 3차원으로 표현한 정밀 전자지도로 25cm이내의 정확도를 나타냄

<정밀도로지도 특성>

〈정밀도로지도 구축항목〉

목록	구분인자	선정항목	예시	목록	구분인자	선정항목	예시
차선표시	(1)규제선	①중앙선 ②유턴구역선 ③차선 ④버스전용차선 ⑤진로변경제한선 ⑥가변차선	 <차선>  <신호정지선>  <차로중심선>	표지시설	(1)교통안전표지	①주의표지 10종 ②규제표지 27종 ③지시표지 23종	 <유도선>  <횡단보도>  <어린이 보호구역>
	(2)도로경계선	①길가장자리구역선 ②주정차금지표시선 ③정차주차금지표시선 ④자전거도로표시선 ⑤안전지대구역선			(2)노면표시	①차로진행방향표시 10종 ②차로변경 표시 2종 ③유도선 ④정차금지지대 ⑤유도면 ⑥오르막 경사면 ⑦횡단보도 ⑧고원식 횡단보도 ⑨자전거 횡단보도 ⑩과속방지턱	
	(3)정지선	①신호정지선 ②횡단보도정지선			(3)신호기	①신호기 16종	
	(4)차로중심선	①차로중심선					
도로시설	(1)중앙분리대	①녹지대 ②가드레일 ③콘크리트방호벽 ④콘트리트연석 ⑤중앙분리대개구부 ⑥임시구조물 ⑦벽		지주시설물	(1)지주시설물		
				자율주행금지구역	(1)어린이보호구역		
	(2)터널	①터널			(2)장애인보호구역		
	(3)교량	①교량			(3)노인보호구역		
	(4)지하차도	①지하차도					
	(5)고가차도	①고가차도					



〈신호교차로의 정밀도로지도 구축예시〉

○ 정밀도로지도 구축현황

- 정밀도로지도는 2015년에 고속국도 41km, 일반국도 186km, 첨단주행시험로 50km 등 약 277km의 도로구간에 구축되기 시작하여 2019년 말을 기준으로 전국에 약 6,700km의 도로구간에 대해 구축되어 있으며, 국토관리청의 도로연결허가의 대상이 되는 일반국도의 경우 일반국도 1~5구간 총 285km에 구축되어 있음

〈정밀도로지도 구축현황〉

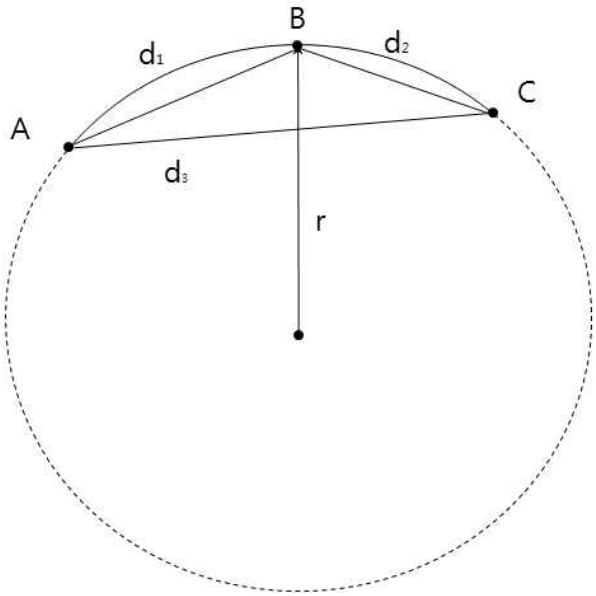
년도	구분		구간	연장
2015년	자율차 시험운행 구간	고속국도	경부선(서울TG-신갈JCT) - 영동선(신갈JCT-호법JCT)	41
		국도1구간	국도42호선 - 39호선 - 77호선 - 38호선(수원, 화성)	61
		국도2구간	국도42호선 - 45호선(기흥, 용인)	40
		국도4구간	국도37호선 - 1호선 - 39호선 - 77호선(파주, 일산)	85
	자동차안전연구원 내 주행시험장		첨단주행 시험로	50
	소계			277
2016년	자율차 시험운행 구간	국도3구간	국도42호선 - 17호선 - 38호선(용인, 안성)	65
		국도5구간	국도3호선 - 45호선(광주, 용인, 성남)	34
	대구 규제프리존		대구국가산업단지외 5개소	74
	여의도		여의도 일대	21
	소계			194
2017년	고속국도	경부선	양재IC - 서울TG, 신갈JCT - 구서IC - 시점	404
		영동선	서창JCT - 신갈JCT, 호법JCT - 강릉JCT	202
		동해선	강릉JCT - 강릉IC	2.5
		광주원주선	경기광주JCT - 원주JCT	56
		중부선	하남JCT - 경기광주JCT	22
		제2중부선	산곡JCT - 경기광주JCT	13
		서울외곽선	전체 구간	128
		연결구간	하남JCT, 경기광주JCT, 판교JCT, 신갈JCT, 원주JCT, 강릉JCT 등 램프구간	12
	평창올림픽 지원 국도		평창올림픽 경기장 인근	1.5
	세종시(행복도시)		BRT 내부간선도로, 세종정부청사 주변	33
	판교제로시티		자율수행 셔틀노선	6
	소계			880
2018년	서울시 C-ITS 실증구간			82
	서울시 자율주행 테스트베드			19
	제주 C-ITS 실증구간			248
	대구 자율주행 특화지역			32
	인천공항 자율주행 셔틀 운행(예정) 구간			33
	고속도로			905
	연결구간(휴게소, 졸음쉼터)			152
	소계			1,471
2019년	고속도로			2864
	연결구간(휴게소, 졸음쉼터)			866
	서울시 C-ITS 실증구간			38
	제주 C-ITS 실증구간			111
	소계			3,879
총 구축 연장				6,700

(다) 도로점용(연결)허가 금지구간 추정모델 개발

① 정밀도로지도 기반의 도로점용(연결)허가 금지구간 추정모델

○ 곡선반지름 산출 알고리즘

- 삼각형의 세변의 길이가 주어졌을 때 삼각형의 면적을 구하는 헤론의 공식(Heron's formula)과 삼각형의 세 꼭짓점을 지나는 외접원의 반경과 삼각형의 면적간의 관계인 사인법칙(Law of sines)을 활용하여 세 점을 지나는 원의 반지름의 크기를 구함



곡선반지름(r)

$$= \frac{1}{4} \times \frac{d_1 \times d_2 \times d_3}{\sqrt{s(s-d_1)(s-d_2)(s-d_3)}}$$

여기서, A, B, C = 세 꼭짓점

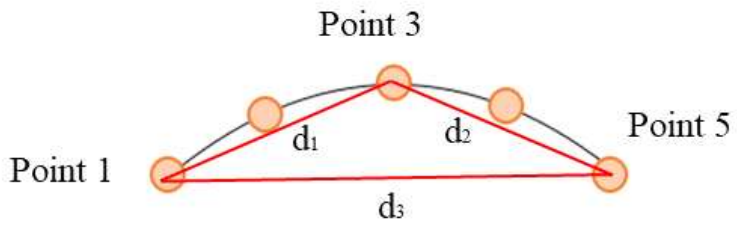
d = 꼭짓점간의 거리

$$s = \frac{d_1 + d_2 + d_3}{2}$$

<곡선반지름 산출 알고리즘 개념도>

- 위 알고리즘의 적용을 통해 곡선반지름을 추정하는 절차는 아래와 같음
  - 각 도로 구간(link) 내에 위치한 3개 point를 선정
  - 선정된 각 point의 (x,y)값을 추출하여 각 point간의 거리를 구함
  - 위 식에 대입하여 선정된 3개 point를 지나는 원의 곡선반지름 추정

- 곡선반지름 산출 시 도로 구간 내 point의 수를 3개, 5개, 7개, 9개 등 홀수 단위로 변경하면서 곡선반지름을 추정하였으며, 그 중에 point의 수를 5개로 하는 것이 가장 적절한 것으로 나타났음
  - 각 도로 구간(link) 내에 위치한 5개 point를 선정
  - 5개 point 중 첫 번째, 세 번째, 다섯 번째 point를 선정
  - 첫 번째 point, 세 번째 point, 다섯 번째 point 각각의 거리 산출
  - 첫 번째 point, 세 번째 point, 다섯 번째 point를 외접하는 곡선의 반지름 산출

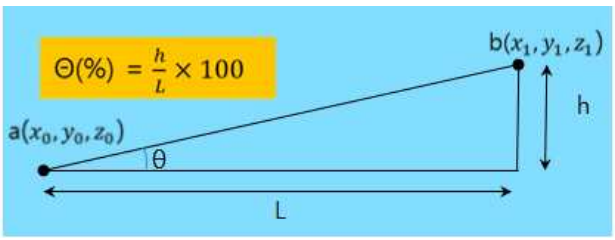


<곡선 Line을 이루는 Point 추출 개념도>

- 정밀도로지도 데이터를 이용하여 곡선반지름을 추정하는 절차는 아래와 같음
  - A1_LANE 레이어에서 Link의 형상정보를 활용하여 5개의 변곡점에 대한 삼각형 설정
  - 삼각형의 외접원 공식을 사용하여 5개 변곡점을 지나는 곡선반지름 산출
- 정밀도로지도 데이터는 곡선구간 안쪽에 위치하는 장애물에 대한 정보를 담고 있지 않으므로 4차로 이상인 도로의 경우 곡선반지름이 280m 이하, 2차로 도로의 경우 곡선반지름이 140m 이하인 구간을 잠재적인 연결 금지구간으로 정밀도로지도상에 표시
- 이러한 금지구간에 연결 허가를 신청하고자 하는 민원인이나 허가 신청서를 검토해야 하는 행정담당자는 안쪽 곡선구간으로부터 장애물까지의 거리를 추정하여 허가 여부를 사전에 검토하는데 활용할 수 있음

○ 종단기울기 산출 알고리즘

- 도로의 두 지점 a, b 간의 고저차를 구하여 종단의 크기를 구함



$$\text{종단의 크기}(\theta) = \frac{(z_1 - z_0)}{\sqrt{(x_1 - x_0)^2 + (y_1 - y_0)^2}} \times 100(\%)$$

<종단기울기 산출 알고리즘 예시>

- 정밀도로지도의 A3_LINK 레이어에 포함된 z 값(해발고도)을 이용하여 정밀도로지도 Link 시종점 단위로 종단기울기를 산출함
  - 도로별 바깥 Link를 구분하여 선택
  - 선택된 Link의 시점노드, 종점노드의 (x,y,z) 값 추출 :
  - Link 길이와 시점노드와 종점노드 z 값의 차이를 활용하여 종단기울기 산출
  - 종단기울기의 크기를 6%이하, 6 ~ 9%, 9%초과 등 3가지로 구분하여 표시

○ 교차로 연결금지구간 산출 알고리즘

- 교차로 연결금지구간 개요

• 교차로 연결 금지구간에 대한 「도로와 다른 시설의 연결에 관한 규칙」에 따르면 평면교차로의 물리적 영역과 제한거리 내에서 다른 시설의 연결을 금지하고 있음

• 이는 교차로를 통과하는 차량과 점용지 진출입 차량간 엇갈림 상충에 의한 사고위험을 줄이기 위해 진출입로를 교차로로부터 일정거리 이상 이격시키고자 하는 데에 그 목적이 있음

• 제한거리는 교차로의 물리적 영역의 경계로부터 산정되며, 그 산출식 및 관련 변수는 다음과 같음

제한거리 산출식	변수	변수명	단위
$L = d_1 + d_2$	L	제한거리	m
$d_1 = \frac{V_0 t}{3.6} - \frac{a_1 t^2}{2}$	d_1	횡방향 감속거리	m
$d_2 = \frac{V^2}{2a_2(3.6)^2}$	d_2	직진 감속거리	m
$t = \frac{V_0 - V}{3.6a_1}$	V_0	주행속도	km/h
	V	직진 감속시 속도	km/h
	a_1	횡방향 감속량	m/s^2
	a_2	직진 감속량	m/s^2
	t	횡방향 감속시간	초

- 미국의 접근관리지침(Access Management Manual)

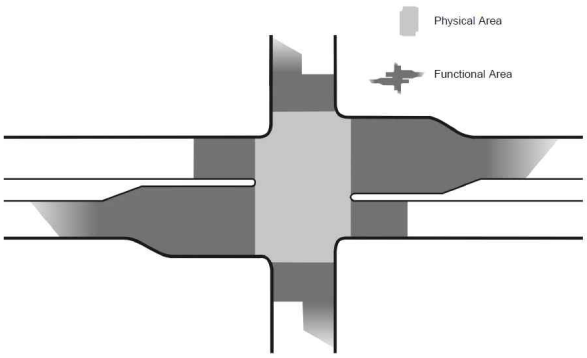
• 교차로의 영향권 및 제한거리는 교차로의 기능 영역 내에 진출입로 설치의 지양을 목적으로 함

• 교차로의 기능영역은 물리적 영역으로부터 상하류부로 확장되며 변속차로의 종단경계를 포함함

• 기능영역은 물리적 교차로 영역보다 범위가 넓으며 일반적으로 상류부가 하류부 보다 그 길이가 긴 것이 특징임

• 상류부의 기능거리는 공주거리, 정지거리, 대기길이 등 3가지의 요소로 구성됨

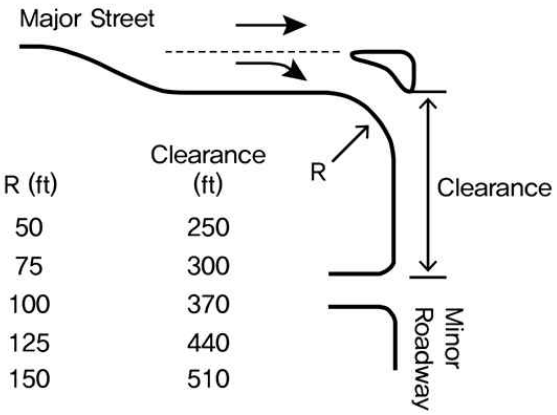
• 하류부의 기능거리는 정지시거로 결정됨



〈교차로의 기능영역〉

- 제한거리 산정 기준점 설정

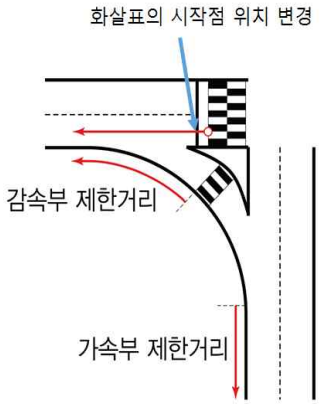
- 제한거리는 교차로의 물리적 영역의 경계로부터 산정되므로 교차로의 다양한 형태를 고려하고 물리적 영역의 경계를 판단하는 기준 설정이 필요함
- 물리적 교차로의 범위는 교차로 내 회전차량 간 교차·분류·합류상충이 발생하지 않는 범위를 표현하고자 함
- 따라서 일반적인 교차로의 물리적 영역은 감속부의 정지선으로부터 가속부의 차로 시작점까지임을 직관적으로 알 수 있음
- 그러나 우회전차로가 도류화된 교차로의 경우 미국의 접근관리지침에서 제시한 바와 같이 곡선반경의 크기에 따라 Corner Clearance의 길이가 아래 그림과 같이 변화하게 됨



R (ft)	Clearance (ft)
50	250
75	300
100	370
125	440
150	510

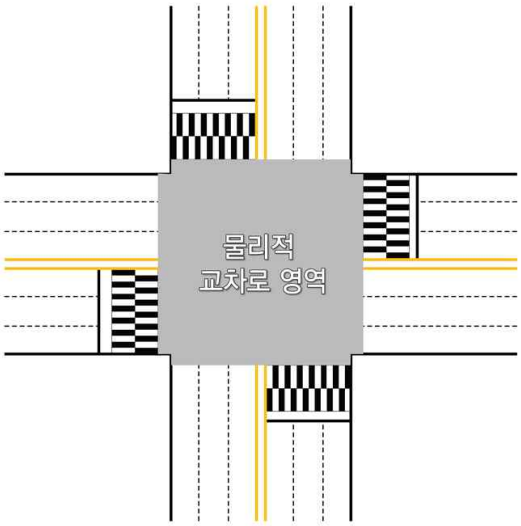
〈도류화된 교차로의 Corner Clearance〉

- 곡선반경이 증가할수록 회전차량이 보다 빠르게 회전을 할 수 있으며, 그에 따라 정지거리도 증가하게 되어 차량이 회전을 마친 지점으로부터 진출입로까지의 거리(제한거리)도 증가함을 알 수 있음
- 즉 도류화 차로를 이용하는 회전차량과 본선 차량 간 상충이 발생하는 지점까지 교차로의 물리적 범위가 확장되며, 변속차로의 설치 없이 우회전 차로가 도류화된 경우 아래 그림과 같이 교차로의 물리적 범위의 확장과 산정 기준점의 수정이 필요함



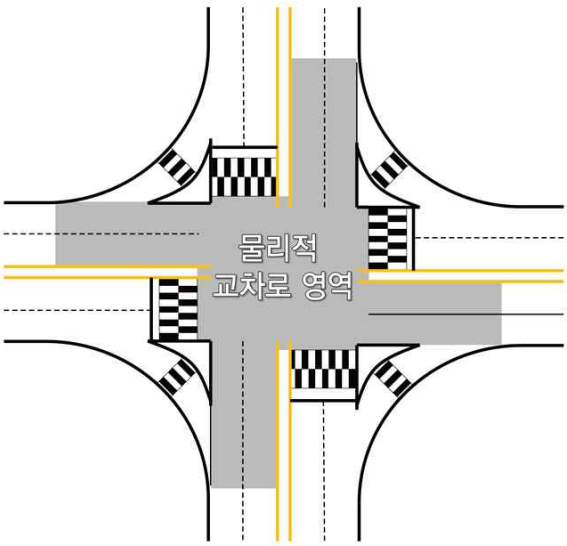
〈도류화된 교차로의 감·가속부 제한거리 산정 기준점 예시〉

- 교차로의 도류화 여부에 따라 평면교차로의 물리적 범위를 재설정하였음
  - 비도류화 교차로 : 감속부의 정지선으로부터 가속부의 차로 시작점까지



〈비도류화 교차로의 물리적 영역〉

  - 도류화 교차로 : 감속부의 정지선으로부터 도류화된 모퉁이의 곡선부 종점까지



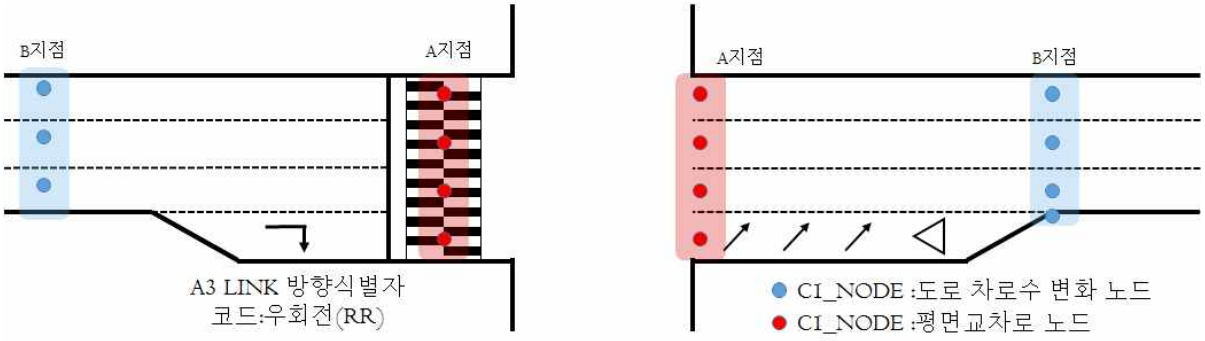
〈도류화 교차로의 물리적 영역〉

- 물리적 교차로의 범위와 그 제한거리 내 연결허가를 금지하는 기준점을 교차로 감·가속부의 도류화 여부에 따라 다음 표와 같이 4개 교차로 유형별로 분류할 수 있음

〈평면교차로 유형 분류〉

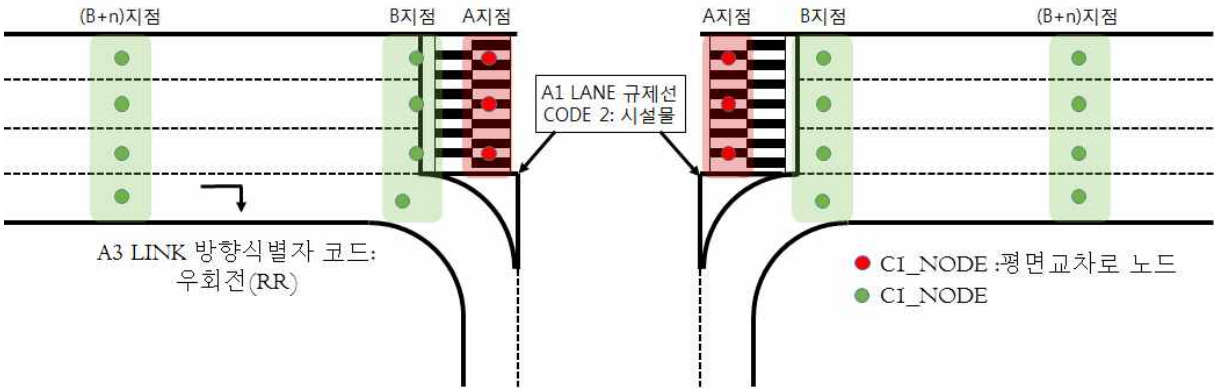
구분	도류화여부	교차로 유형별 기준점 위치			
		변속차로 미설치	변속차로 설치		
			감속부 설치 가속부 설치	감속부 설치 가속부 미설치	감속부 미설치 가속부 설치
상류부	도류화	도류화 차로와 본선이 만나는 지점	테이퍼 시점	테이퍼 시점	도류화 차로와 본선이 만나는 지점
	비도류화	본선 정지선			본선 정지선
하류부	도류화	도류화 차로와 본선이 만나는 지점	테이퍼 종점	도류화 차로와 본선이 만나는 지점	테이퍼 종점
	비도류화	본선 정지선		본선 정지선	

- 변속차로의 정의와 정밀도로지도 기반 분류 알고리즘
  - 「도로와 다른 시설의 연결에 관한 규칙」 제2조(정의) 제1호에 따르면 변속차로란 자동차를 가속하거나 감속하기 위하여 설치하는 차로임
  - 구체적으로 「도로와 다른 시설의 연결에 관한 규칙」 제7(변속차로등의 포장 등) 제1항은 접속되는 도로 부분을 수직으로 잘라낸 부분에 변속차로의 도로포장을 하도록 하고 있음
  - 또한 「도로와 다른 시설의 연결에 관한 규칙」제10조(분리대)제1호와 제12조(부대시설)제2호에 따르면 변속차로는 분리대를 설치하거나 분리대가 설치되지 않은 경우 안전지대 표시를 하도록 규정하고 있음
  - 따라서 교차로 연결금지를 위한 변속차로는 본선에서 수직으로 잘라낸 형태이거나 교차로 인근에 분리대(도로화된 교통섬 등) 또는 안전지대가 설치된 유형으로 정의할 수 있음
- 정밀도로지도를 기반으로 본선에서 수직으로 잘라낸 형태의 구분
  - 교차로 상류부(감속부)는 정밀도로지도 A3_LINK의 LINKID 14자리 중 9~10번째에 해당하는 방향식별자를 활용하여 우회전 차로 구분
  - 예를 들어 LINKID가 211A0001ZZ0103이라면 첫 3자리 211은 권역코드, 다음 5자리는 일련번호, 알파벳 2자리는 방향별식별자, 다음 2자리는 차로, 끝 2자리는 사업차수를 의미함
  - 방향식별자는 LL(좌회전전용), LU(좌회전유턴겸용), UU(유턴전용), LZ(직진좌회전겸용), ZZ(직진전용), RZ(직진우회전겸용), RR(우회전전용), LR(좌측분류후 우회전), RL(우측분류후 좌회전), AA(모든상황) 등 10가지로 구분되어 있음
  - 교차로 하류부(가속부)는 정밀도로지도 C1_NODE의 평면교차로 중 도로차로수 변화 노드로 가속차로 구분



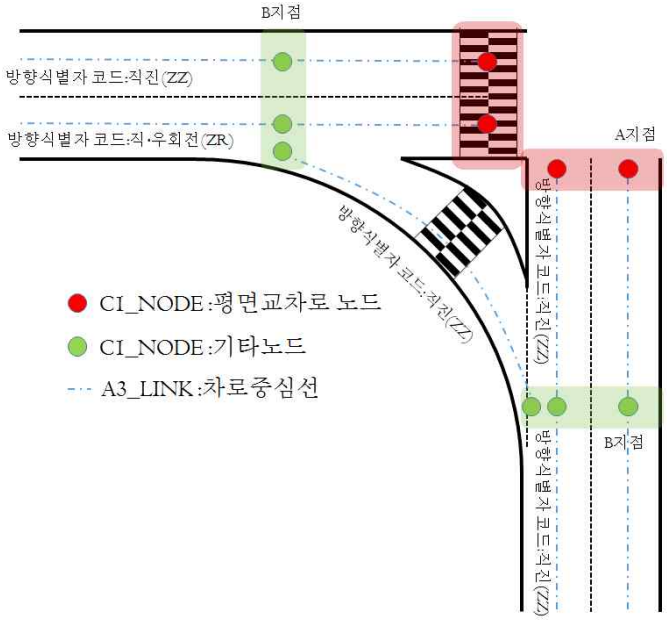
<정밀도로지도를 기반으로 본선에서 수직으로 잘려진 형태의 구분>

- 정밀도로지도를 기반으로 안전지대 또는 분리대 설치 형태의 구분
  - 정밀도로지도 A1_LANE 규제선 중 CODE 2(시설물), LANECODE 11(안전지대 구역선)인 교차로는 안전지대 또는 분리대를 설치한 교차로로 구분한다.
  - 교차로 상류부(감속부)는 LINKID 14자리 A3_LINK의 LINKID 14자리 중 9~10번째에 해당하는 방향식별자(RR)를 활용하여 우회전 차로 구분
  - 교차로 하류부(가속부)는 정밀도로지도 C1_NODE의 평면교차로(NODETYPE = 1)



<정밀도로지도를 기반으로 안전지대 또는 분리대 형태의 구분>

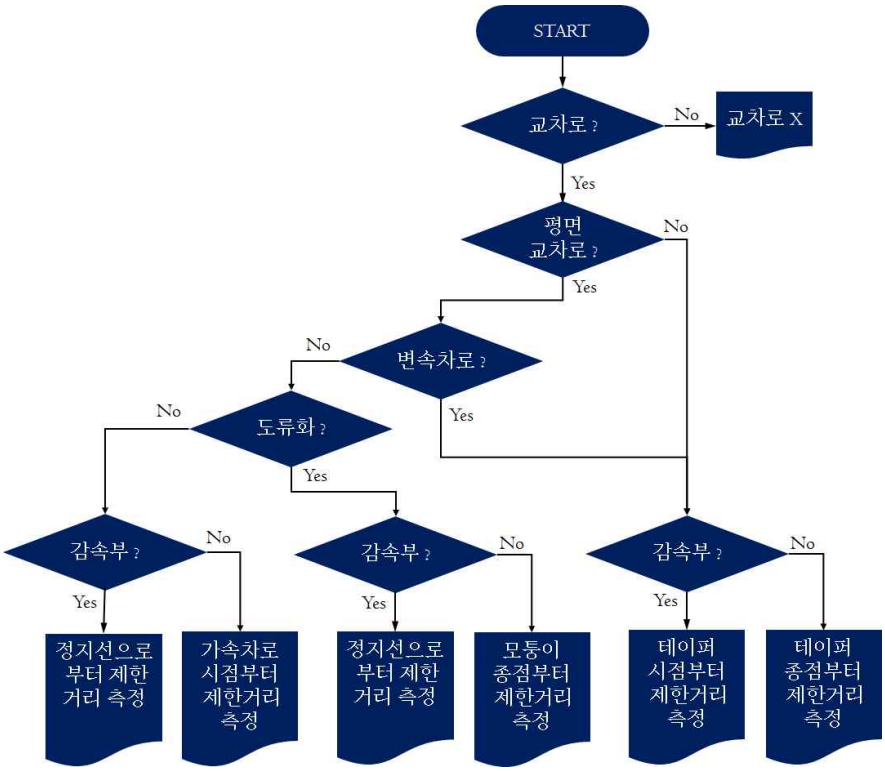
- 교차로 도류화의 정의와 정밀도로지도 기반 분류 알고리즘
  - 변속차로가 설치된 경우 도류화 유무와 무관하게 변속차로와 테이퍼 시종점으로부터의 제한거리를 이용하여 도로연결허가 금지구간을 판단할 수 있음
  - 그러나 변속차로가 설치되지 않고 도류화가 이루어진 경우 제한거리 산정 기준점을 탐색하여야 함
  - 이 경우는 변속차로가 매우 짧은 도류화 교차로와 유사하며 본선에 분류 또는 합류하는 도류화 차로가 존재하게 됨
  - 분리대 또는 안전지재 형태로 변속차로가 설치된 경우 도류화가 이루어져 있으므로 이와 유사하게 본선에 분류·합류하는 노드점을 탐색하고 변속차로 길이를 산정하여 도류화 여부와 변속차로 유무를 판단함



〈정밀도로지도를 기반으로 안전지대 또는 분리대 형태의 구분〉

- 교차로 연결허가 제한거리의 도출

• 교차로의 연결허가 금지구간을 도출하기 위해서는 먼저 교차로의 형태(평면교차로 또는 입체교차로)를 구분하고 평면교차로인 경우 변속차로의 유무를 판단하며 변속차로가 설치되지 않은 교차로의 경우 도류화유무를 판단한 후 감속부와 가속부로 구분하여 제한거리 도출

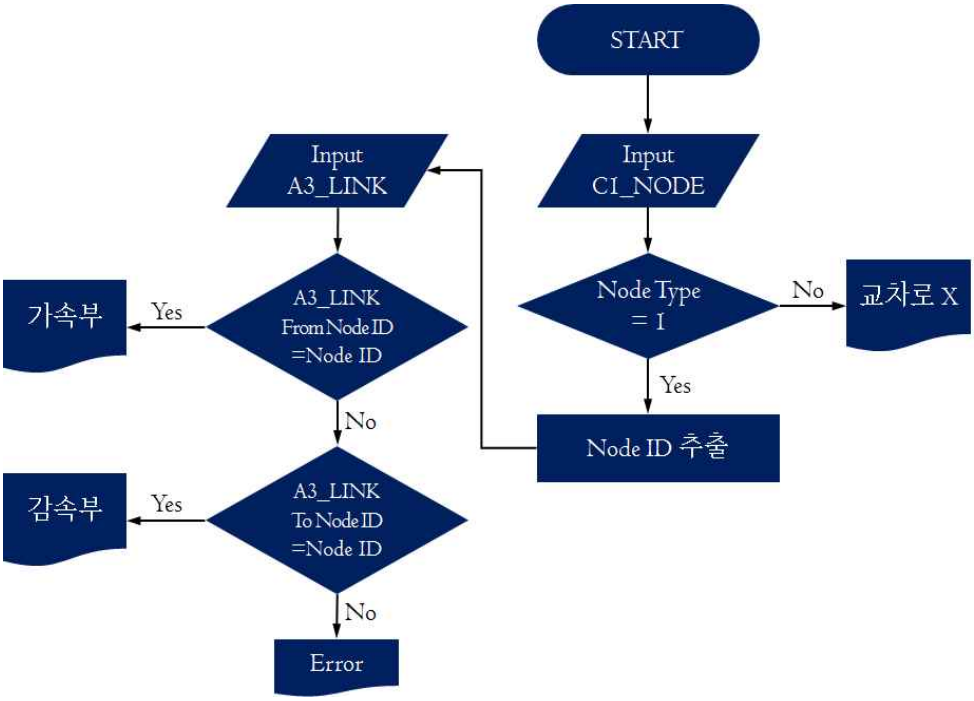


〈교차로 연결허가 제한거리 도출 흐름도〉

- 정밀도로지도의 레이어를 활용한 제한거리의 도출

• 정밀도로지도를 기반으로 도로연결허가 금지구간을 도출하기 위해서는 A3_LINK 레이어와 C1_NODE 레이어가 필요함

• 교차로의 위치와 감속부, 가속부를 분류하기 위하여 NODETYPE이 신호교차로에 해당하는 값인 1이고, 해당 노드를 시점 노드로 하는 Link는 가속부, 종점 노드로 하는 Link는 감속부로 분류함



〈교차로의 감 · 가속부 구분 흐름도〉

• 교차로의 감·가속부 여부를 판단한 후 C1_NODE 레이어를 활용하여 변속차로 설치여부, 변속차로 유형, 도류화 유무를 판단함

• 평면교차로의 노드 개수와 상하류부 노드 개수가 같고, 해당 평면교차로 노드로부터 반경 400m 이내에 바깥차로가 증가하는 차로수 변화 노드가 존재하는 경우 수직으로 잘려진 형태의 변속차로로 판단할 수 있음

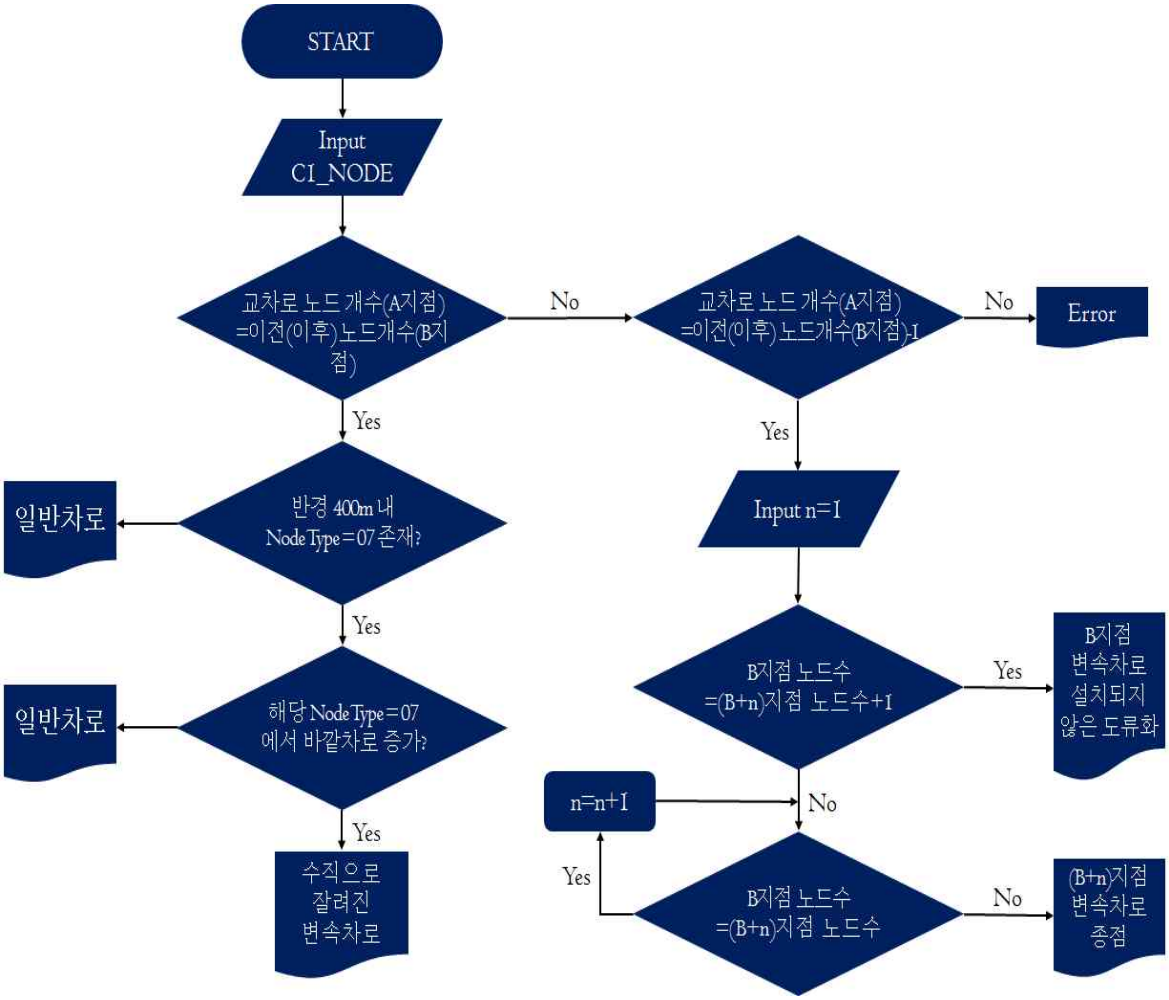
• 평면교차로의 노드 개수보다 상하류부 교차로의 노드 개수가 1개 많을 경우 해당 교차로를 도류화 교차로로 판단할 수 있음

• 이 때 평면교차로의 노드 개수부터 상하류 1개 노드만 노드 개수의 변화가 있을 경우 변속차로 설치 없이 도류화된 교차로에 해당하며, 그렇지 않은 경우 상하류 노드를 반복적으로 탐색하여 변속차로의 종점 노드를 탐색함

• 이와 같이 일반차로와 변속차로, 변속차로가 설치되지 않은 도류화 형태를 분류한 뒤 A1_LANE(규제선) 레이어에 도로연결허가 금지구간을 표출해야 함

• 변속차로가 아닌 일반차로는 C1_NODE Node Type 1(평면교차로)인 지점을 기준으로 해당도로의 설계속도에 따른 연결 제한거리만큼의 버퍼를 생성하여 A1_LANE 레이어와의 교점을 탐색함

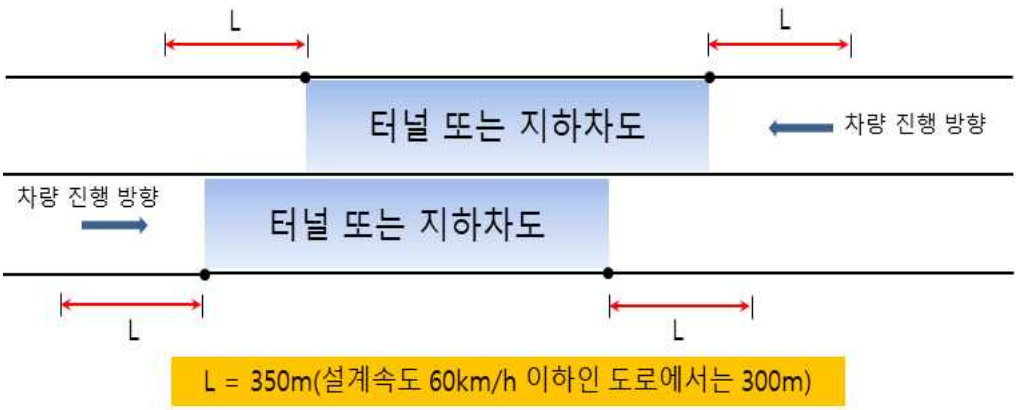
- 변속차로가 설치된 경우 변속차로와 회전차로 내 모든 연결을 금지하고 변속차로 테이퍼 종점으로부터 10m(지구단위계획 구역 또는 제2단계 집행계획 수립구역) 또는 20m(그 밖의 지역)를 도로연결허가 금지구간으로 설정하였음
- 변속차로 테이퍼 종점은 C1_NODE Node Type 7(도로 차로수 변화) 또는 Figure 10에서 제시한 바와 같이 B지점 노드수와 (B+n)지점 노드수간 변화가 발생하였을 때 (B+n-1)지점의 노드가 테이퍼 끝점에 해당함
- 변속차로가 설치되지 않은 도류화 교차로는 감속부일 경우 도류화차로와 본선 차로의 정지선(A2_STOP 레이어)을 모두 검토하여 후방을 기준으로 A2_STOP 레이어와 A1_LANE 레이어의 교점을 탐색하고 해당지점으로부터 설계속도에 따른 제한거리를 도로연결허가 금지구간으로 설정함
- 가속부의 경우는 B지점 노드부터 설계속도에 따른 제한거리의 연결을 금지하였다. 산출된 도로연결허가 금지구간들은 A1_LANE 레이어 Lane Code 07: 길 가장자리 구역선에 시각화 표출함



<변속차로 설치 여부 및 도류화 유무 판단 흐름도>

○ 터널 및 지하차도 연결금지구간 산출 알고리즘

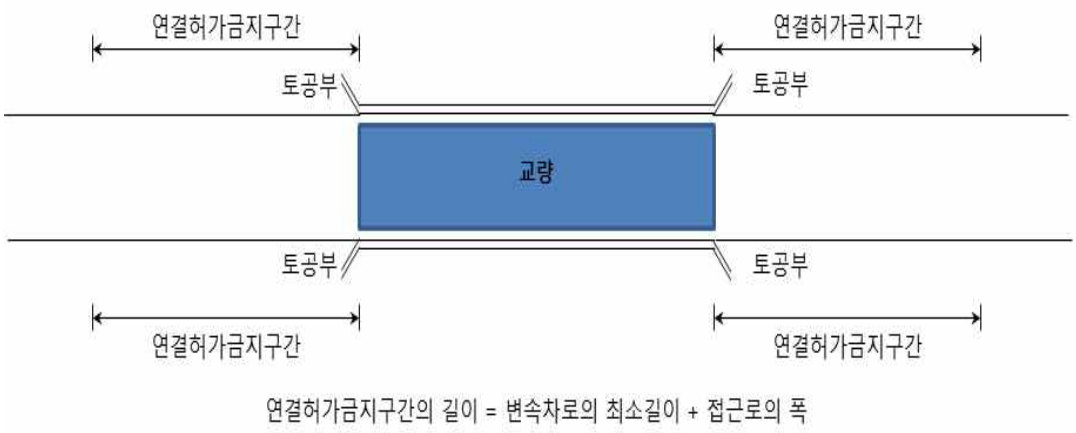
- 정밀도로지도 A3_LINK 레이어의 ROADTYPE에 표기되어 있는 터널(Code = 2), 지하차도(Code = 4)와 해당 시설의 시종점 노드를 기준점으로 하여 연결허가 금지구간을 도출
- A3_LINK 레이어의 속성 중 제한속도(SPEED)를 기준으로 60km/h 초과의 경우 시종점으로부터 350m, 60km/h 이하의 경우 시종점으로부터 300m를 제한거리로 설정함
- 지하차도의 경우 전체 차로가 지하차도일 경우 금지구간을 설정하고, 일부 차로만 지하차도일 경우 금지구간을 설정하지 않음



<터널 및 지하차도 연결 금지구간 예시>

○ 교량 및 버스정차대 위치 도출

- 정밀도로지도 A3_LINK 레이어의 ROADTYPE에 표기되어 있는 교량(Code = 3)의 위치를 파악하되, 「도로와 다른 시설의 연결에 관한 규칙」에 제한거리가 명시되어 있지 않으므로 교량의 위치만 표시함
- 버스정차대의 경우 정밀도로지도에 포함되어 있지 않아 다른 지도데이터에서 수집된 버스정차대 POINT 데이터를 활용하여 버스정차대의 위치를 파악하고 정밀도로지도에 표시함



<교량의 연결 금지구간 예시>

② 도면 기반의 도로점용(연결)허가 금지구간 추정모델

○ 국토지리정보원에서 자율주행 등에 필요한 차선(규제선, 도로경계선, 정지선, 차로중심선), 도로시설(중앙분리대, 터널, 교량, 지하차도), 표지시설(교통안전표지, 노면표시, 신호기) 정보를 3차원으로 제작한 전자지도인 도로정밀지도를 제공하여 정밀도로지도 기반의 도로연결허가 금지구간 개발모형이 산정되었다.

- 하지만 현재 국토지리정보원에서 제공하는 일반국도 3차원 정밀도로지도(Shape file)는 일반국도 1,2,3,5구간이다.
- 현재 정밀도로지도 구축사업은 고속국도, 일반국도, 지방도, 시가지도로의 순서로 순차적으로 구축되고 있다.
- 향후 정밀도로지도 구축 연장이 늘어날 경우 정밀도로지도 기반의 모델을 이용한 도로점용(연결)허가 업무가 가능할 것으로 기대되나, 현재에는 일반국도에 구축된 정밀도로지도의 연장이 짧아 당장 업무에 활용하기에 애로사항이 있다.
- 이에 정밀도로지도가 구축되지 않은 지역에서의 도로연결허가 금지구간 산정 모형이 필요하며. 업무담당자가 직관적으로 『도로와 다른 시설의 연결에 관한 규칙』제6조(연결허가의 금지구간)에 해당하는 구간을 확인할 수 있도록 도로연결허가 민원 신청 시 제출되는 전자도면(CAD의 DWG형식) 파일을 이용하여 산정 모형을 개발하였다.

○ 도로연결허가 단계에서 민원인은 전자도면을 제출해야하며, 이 도면을 작성하는 구체적인 가이드라인을 제시함으로서 도면기반의 도로점용(연결)허가 금지구간 추정을 수행한다.

○ 도로와 다른 시설의 연결에 관한 규칙 시설물 분류

- 『도로와 다른 시설의 연결에 관한 규칙』제4조와 제6조의 항목을 기준으로 도로점용(연결)허가와 관련한 시설물은 크게 도로 점용지, 교차로, 도로(가로), 도로 시설물, 도로 경계 및 기타의 5분류가 가능하다.

<도로와 다른 시설의 연결에 관한 규칙 시설물 분류>

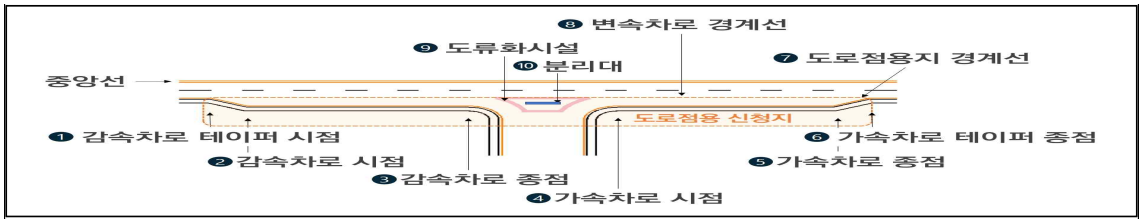
구 분	순 번	시설물	연결 규칙
도로 점용지	1	도로점용 감속차로 테이퍼 시점	연결규칙 제6조
	2	도로점용 감속차로 시점	연결규칙 제6조
	3	도로점용 감속차로 종점	연결규칙 제6조
	4	도로점용 가속차로 시점	연결규칙 제6조
	5	도로점용 가속차로 종점	연결규칙 제6조
	6	도로점용 가속차로 테이퍼 종점	연결규칙 제6조
	7	도로점용지 경계선	-
	8	변속차로 경계선	-
	9	도류화시설	연결규칙 제4조 [별표 1]
	10	분리대	연결규칙 제4조 [별표 1]
교차로	11	도류화차로 중심선	연결규칙 제6조 제3호
	12	평면교차로 감속차로 시점	연결규칙 제6조 제3호
	13	평면교차로 가속차로 종점	연결규칙 제6조 제3호
	14	입체교차로 감속차로 시점	연결규칙 제6조 제3호
	15	입체교차로 가속차로 종점	연결규칙 제6조 제3호
	16	평면교차로 가속부 시점	연결규칙 제6조 제3호
도로(가로)	17	최우측 차로 차로중심선	연결규칙 제6조 제3호
	18	측도	연결규칙 제6조 제3호
	19	정지선	연결규칙 제6조 제3호
	20	포장 끝선	연결규칙 제4조 [별표 1]
	21	길어깨선	연결규칙 제4조 [별표 1]
	22	중앙선	연결규칙 제4조 [별표 1]
도로 시설물	23	터널 및 지하차도	연결규칙 제6조 제5호
	24	교량	연결규칙 제6조 제6호
	25	버스정차대	연결규칙 제6조 제7호
도로 경계 및 기타	26	도로부지 경계선	연결규칙 제4조 [별표 1]
	27	접도구역선	연결규칙 제4조 [별표 1]
	28	해발고도	연결규칙 제6조 제2호
	29	배수시설	연결규칙 제4조 [별표 1]

○ 도로 점용지 시설물 작성기준

- 도로 점용지의 시설물이란 도로 점용을 하고자 할 때 생기는 시설물 또는 변속차로의 생성으로 생기는 각 부분을 말한다.

〈도로 점용지 시설물〉

순 번	시 설 물	설 명
1	도로점용 감속차로 테이퍼 시점	감속차로 테이퍼 시작점
2	도로점용 감속차로 시점	감속차로 시작점
3	도로점용 감속차로 종점	감속차로 종점
4	도로점용 가속차로 시점	가속차로 시작점
5	도로점용 가속차로 종점	가속차로 종점
6	도로점용 가속차로 테이퍼 종점	가속차로 테이퍼 종점
7	도로점용지 경계선	도로점용을 실시하는 면적의 경계선
8	변속차로 경계선	도로를 점용한 변속차로의 경계선
9	도류화시설	도로점용지에서의 도류화 시설
10	분리대	도로점용지 도류화 시설에서의 화단분리대



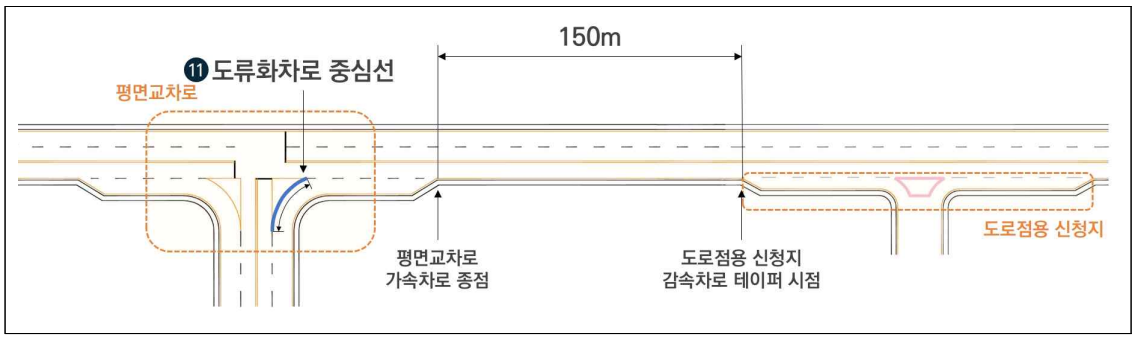
〈도로 점용지 시설물〉

○ 교차로 시설물 작성기준

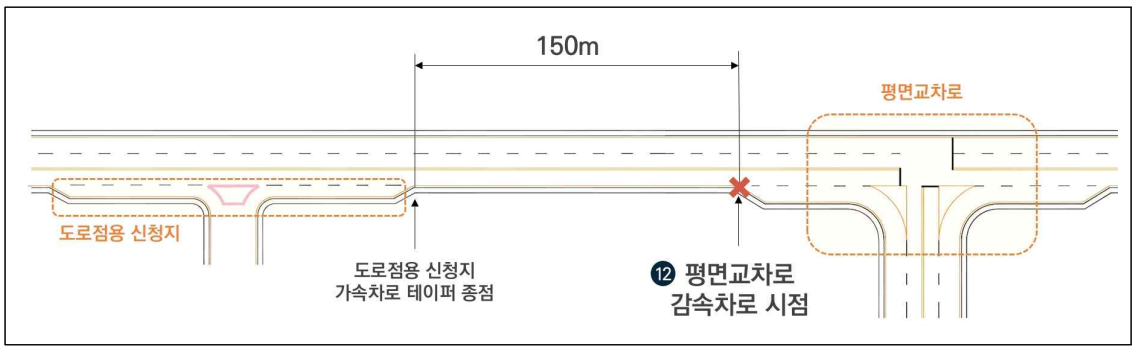
- 교차로란 『도로와 다른 시설의 연결에 관한 규칙』제6조 제3호에 나오는 교차로를 말하며, 교차로 시설물은 해당 교차로에서 '교차로 연결 금지구간 산정 기준'을 정할 때 사용되는 시설물을 말한다.

〈교차로 점용지 시설물〉

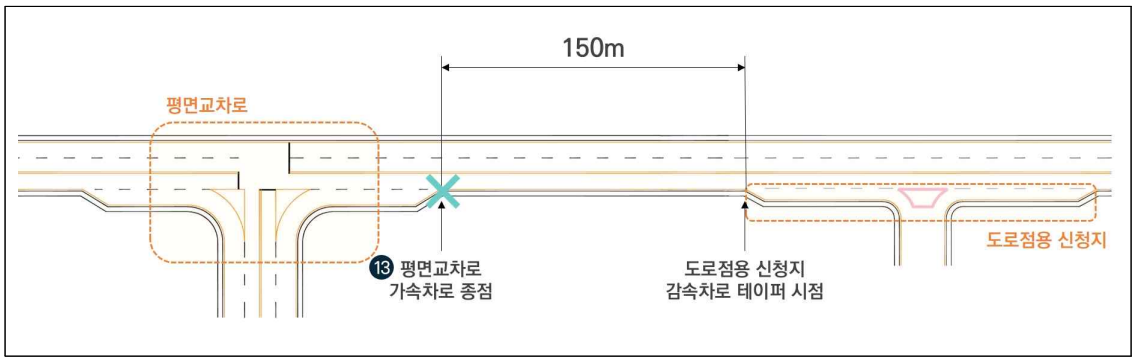
순 번	시 설 물	설 명
11	도류화차로 중심선	도로점용 변속차로 시점 혹은 종점으로부터 150m 이내에 평면교차로의 우회전을 위한 도류화 차로가 있는 경우 해당 도류화 차로들의 중심선
12	평면교차로 감속차로 시점	도로점용 변속차로 시점 혹은 종점으로부터 150m 이내에 평면교차로의 우회전을 위한 감속차로의 시점
13	평면교차로 가속차로 종점	도로점용 변속차로 시점 혹은 종점으로부터 150m 이내에 평면교차로의 우회전을 위한 가속차로 종점이 있는 경우
14	입체교차로 감속차로 시점	도로점용 변속차로 시점 혹은 종점으로부터 150m 이내에 입체교차로의 우회전을 위한 감속차로 시점이 있는 경우
15	입체교차로 가속차로 종점	도로점용 변속차로 시점 혹은 종점으로부터 150m 이내에 입체교차로의 우회전을 위한 가속차로 종점이 있는 경우
16	평면교차로 가속부 시점	평면교차로 가속부 시작점



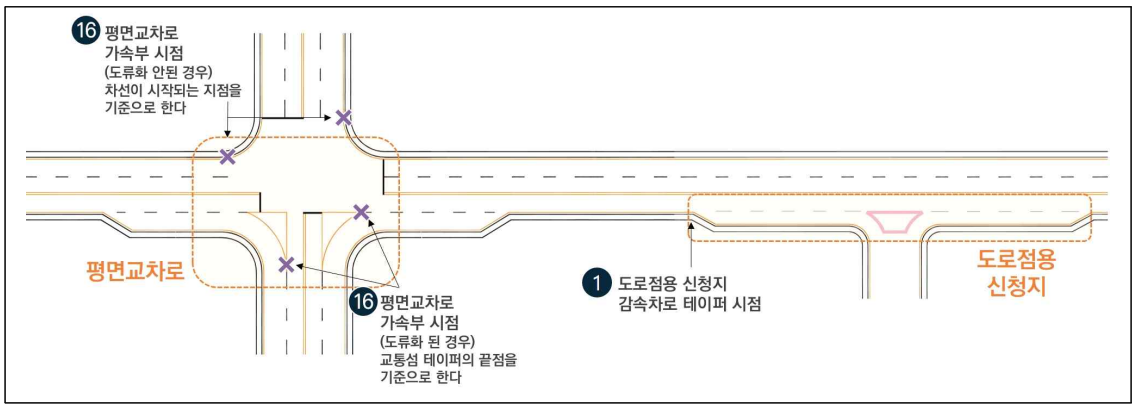
〈도류화차로 중심선〉



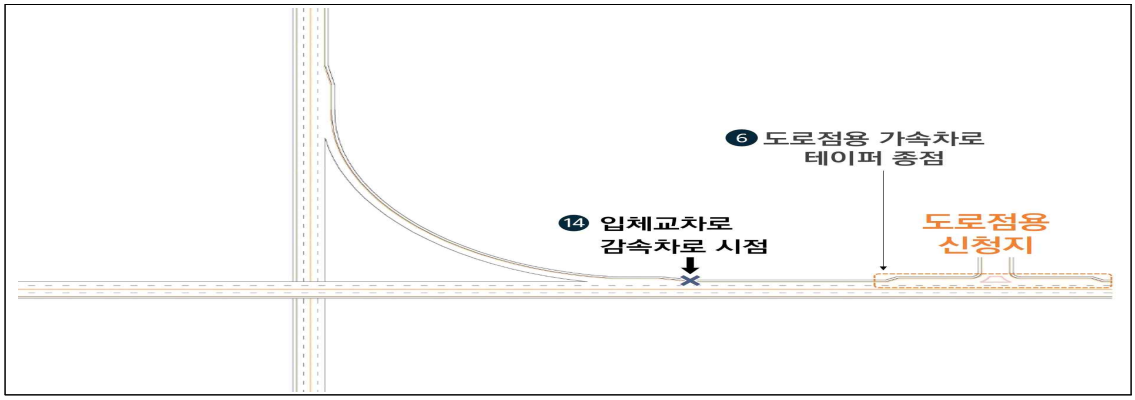
〈평면교차로 감속차로 시점〉



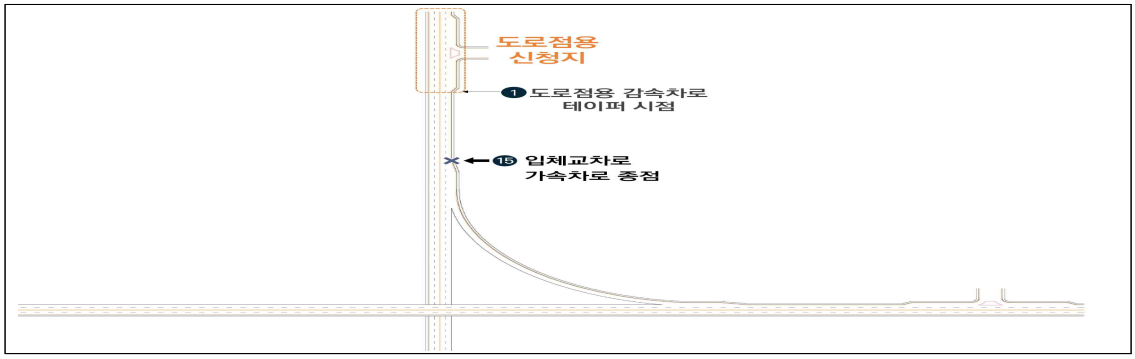
〈평면교차로 가속차로 종점〉



〈평면교차로 가속부 시점〉



〈입체교차로 감속차로 시점〉



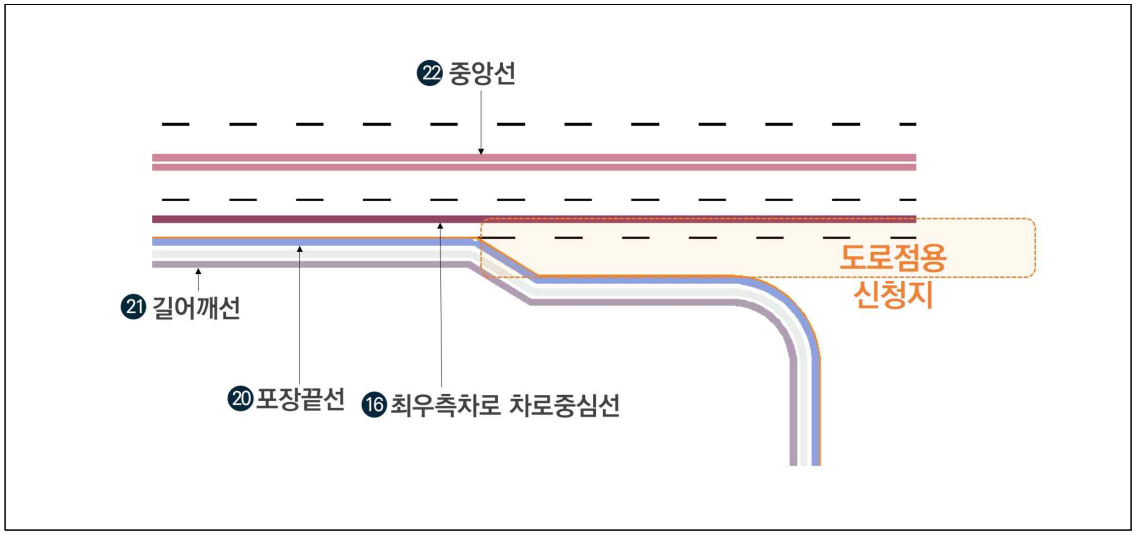
〈입체교차로 가속차로 종점〉

○ 도로(가로) 시설물 작성기준

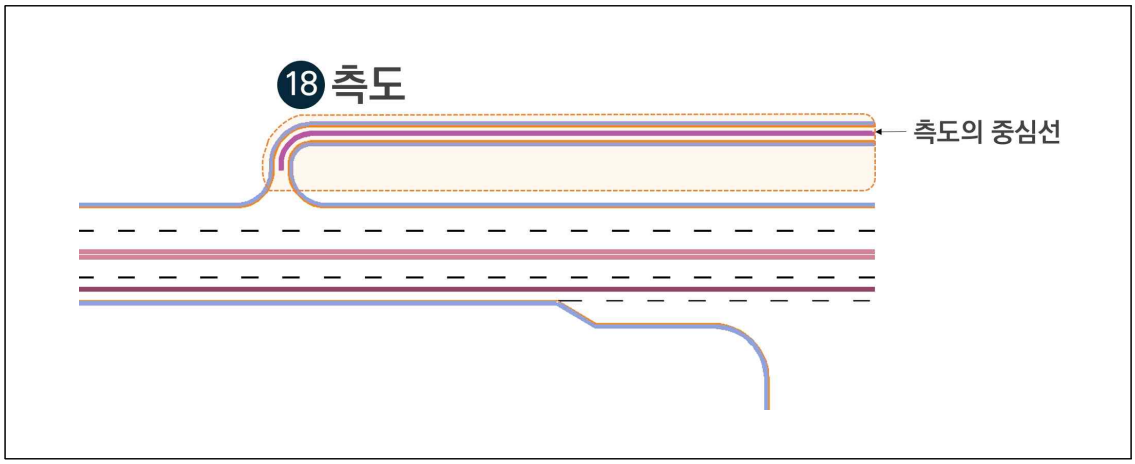
- 도로(가로) 시설물이란 『도로와 다른 시설의 연결에 관한 규칙』제4조, 제6조에 나오는 시설물을 말하며, 도로(가로) 시설물은 '교차로 연결 금지구간 산정 기준'을 정할 때 사용되는 시설물을 말한다.

〈도로(가로) 시설물〉

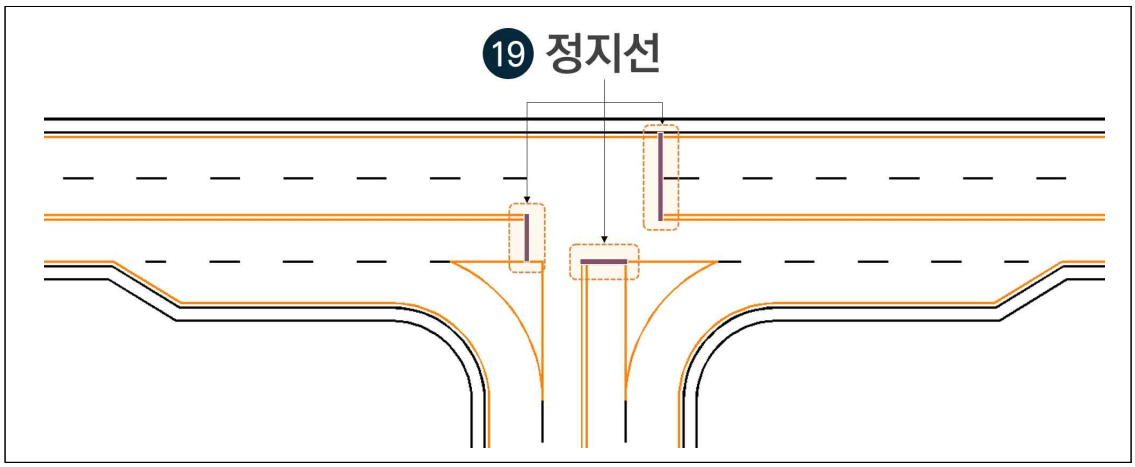
순 번	시 설 물	설 명
17	최우측 차로 차로중심선	도로를 점용하여 변속차로를 설치한 구간에서 변속차로를 제외한 본선의 최우측 차로
18	측도	일반도로 또는 도시지역 도로의 구조가 성토(盛土)와 절토(切土)로 이루어져, 본 도로와 고저차로 인해 자동차가 주변으로 출입이 불가능한 경우 또는 환경 대책상 방음벽을 연속으로 설치하여 도로 주변의 자유로운 출입이 불가능한 경우에 도로 주변으로 출입할 수 있도록 본선 차도에 병행하여 설치하는 도로
19	정지선	차로의 정지선
20	포장 끝선	도로의 아스팔트 부분과 측구의 시멘트 부분의 경계선
21	길어깨선	길어깨의 끝선 (도로와 연석이 직각으로 만나는 부분)
22	중앙선	도로의 중앙선



<도로(가로) 시설물>



<도로(가로) 시설물 중 측도>



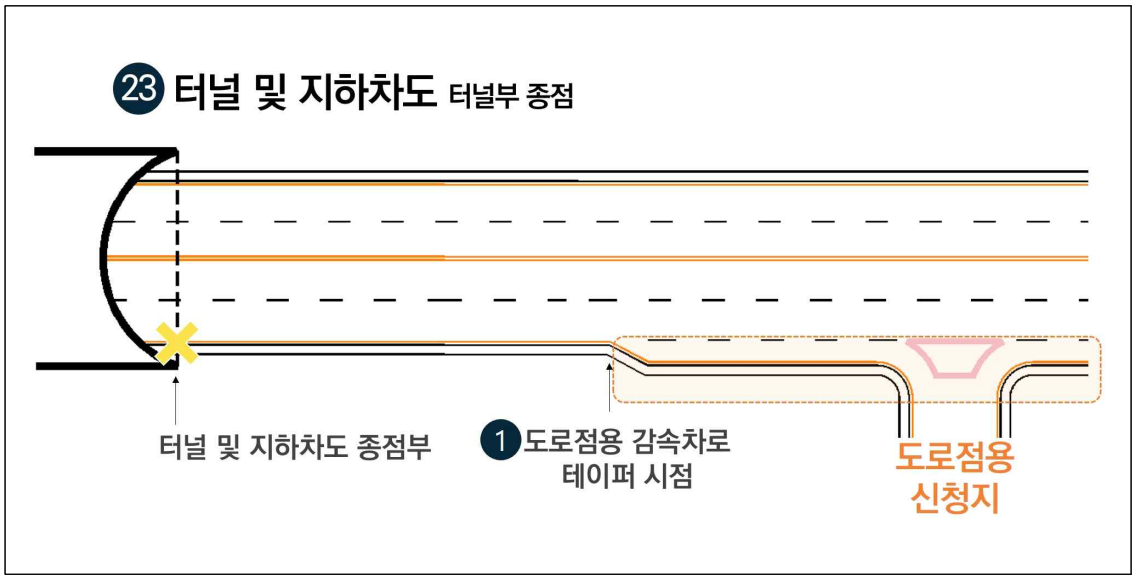
<도로(가로) 시설물 중 정지선>

○ 도로 시설물 작성기준

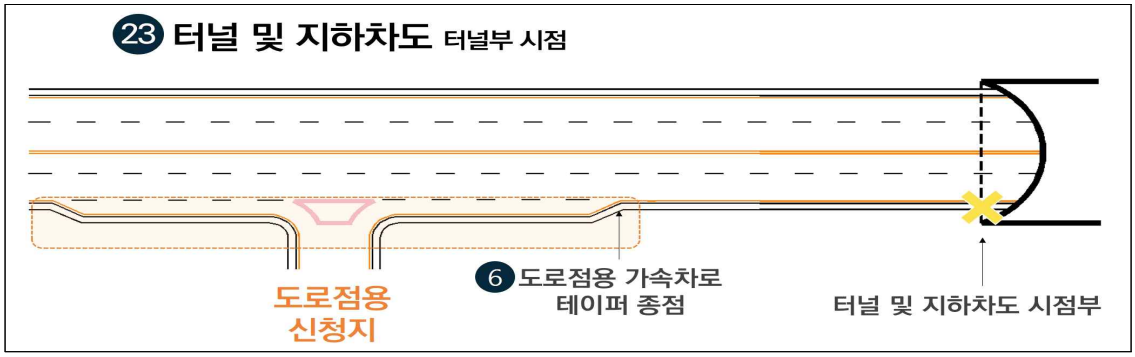
- 도로 시설물이란 『도로와 다른 시설의 연결에 관한 규칙』 제6조 제5,6,7호에 나오는 시설물을 말하며, 도로 시설물은 '교차로 연결 금지구간 산정 기준'을 정할 때 사용되는 시설물을 말한다.

<도로 시설물>

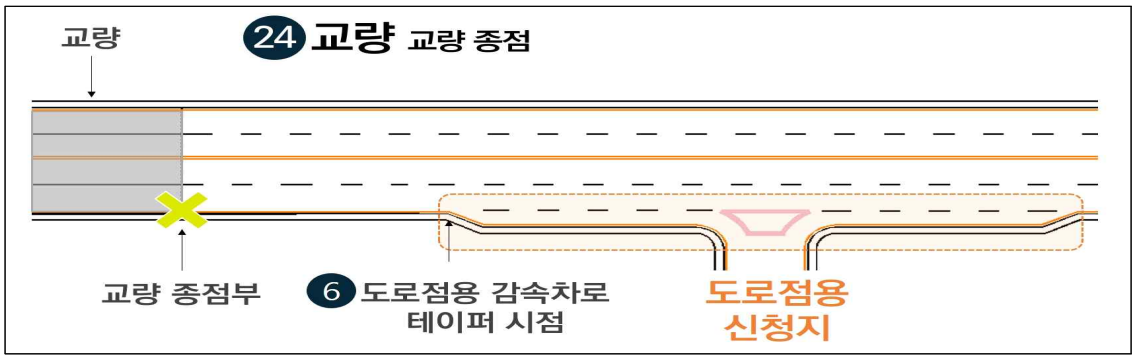
순 번	시 설 물	설 명
23	터널 및 지하차도	도로점용지 변속차로 시점 혹은 종점으로부터 400m 이내의 구간에 터널 혹은 지하차도가 존재하는 경우 차량의 진행방향을 고려하여 터널의 최우측 경계선을 기준
24	교량	도로점용 변속차로 시점 혹은 종점으로부터 400m 이내의 구간에 교량이 존재하는 경우 차량의 진행방향을 고려하여 터널의 최우측 경계선을 기준
25	버스정차대	버스정차대 테이퍼의 시종점 및 정차면 중심부(정차 표지판 앞)



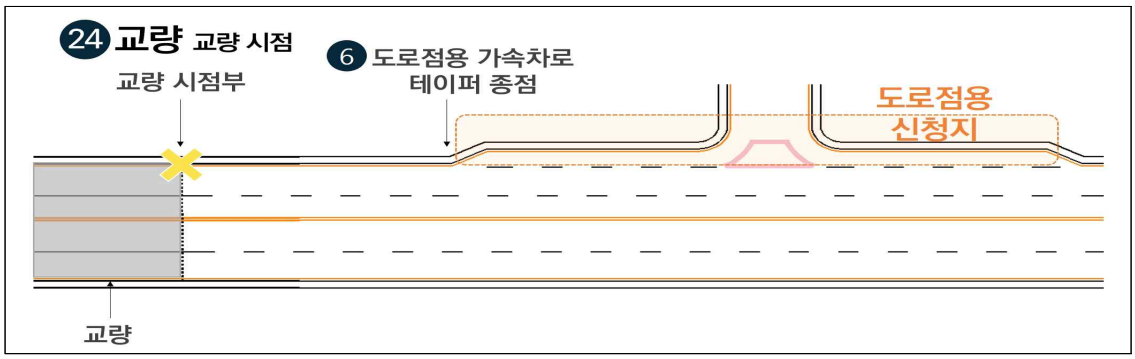
<터널 및 지하차도(터널부 종점)>



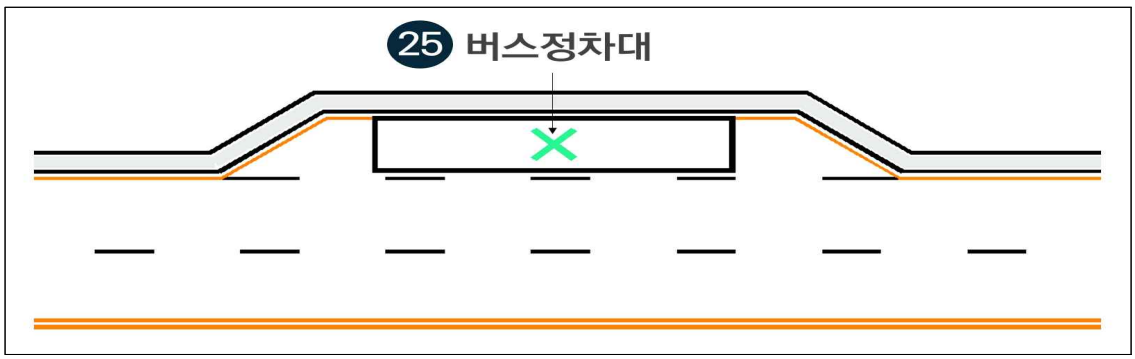
<터널 및 지하차도(터널부 시점)>



<교량(교량 종점)>



<교량(교량 시점)>



<버스정차대>

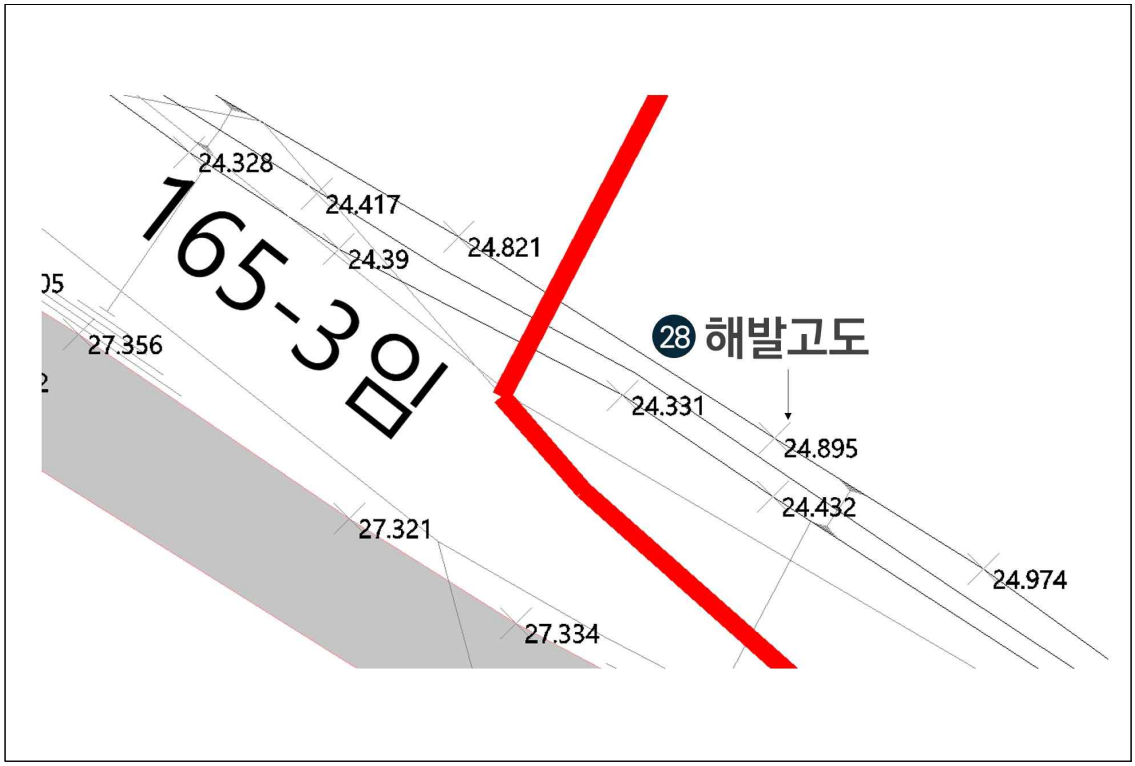
○ 도로 경계 및 기타 시설물 작성기준

- 도로경계 및 기타시설물이란 『도로와 다른 시설의 연결에 관한 규칙』제4조, 제6조에 나오는 시설물을 말하며, 도로 경계 및 기타 시설물은 '교차로 연결 금지구간 산정 기준'을 정할 때 사용되는 시설물을 말한다.

〈도로 경계 및 기타 시설물〉

순 번	시 설 물	설 명
26	도로부지 경계선	지적도 상의 도로부지 경계선
27	접도구역선	접도구역선
28	해발고도	해수면의 수준원점을 기준으로 하여 측정 대상까지의 고도
29	배수시설	표면수의 침투나 지하수유입에 따른 지반 지지력 약화, 비탈면의 유실방지와 포장파손을 방지하는 시설물

〈도로부지 경계선, 접도구역선〉


24.328
24.417
24.39
24.821
165-3임
27.356
㉘ 해발고도
24.331
24.895
24.432
27.321
24.974
27.334

〈해발고도〉

㉙ 배수시설

〈배수시설〉

(라) 도면기반의 도로점용(연결) 허가 금지구간 판단 로직

○ 도면기반 판단 알고리즘은 3단계로 구성되어 있다. 1단계. 설계도면 레이어 중 유효한 레이어를 선별한다. 2단계. 유효한 레이어를 이용하여 곡선, 종단기울기, 교차로, 터널 및 지하차도의 금지구간을 산출한다. 3단계. 각 기준별 허가여부와 사유를 도출한다.

① 유효한 레이어 선별

○ 설계도면에서 사용되는 레이어는 29개 중 14개 레이어를 이용하여 도로점용(연결)허가 금지구간 산정을 수행한다.

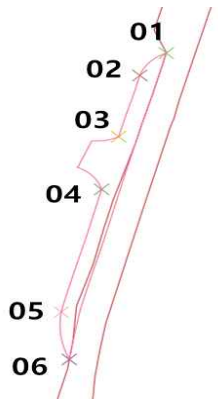
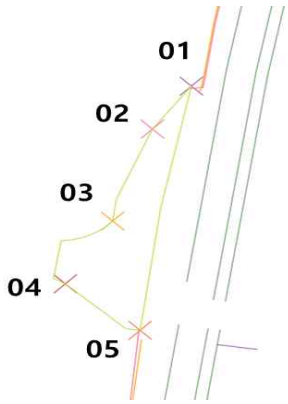
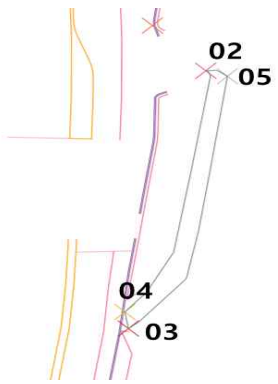
- 유효한 레이어 선별작업에는 20번 포장끝선 레이어를 활용한다.

○ 20번 포장끝선 레이어 선별

- 20번 포장끝선 레이어는 다른 레이어의 유효성을 검증하기 위해 사용되는 레이어이다. 따라서, 20번 포장끝선 레이어가 유효한지부터 검증을 진행해야 하며, 7번 레이어인 도로점용지와 근접한(반경 1m 이내) 20번 포장끝선을 유효한 레이어라고 정의하고 선별한다.

○ 1~6번 도로점용 가감속차로 레이어 선별

- 1~3번 도로점용 감속차로 레이어와 4~6번 도로점용 가속차로 레이어는 허가여부의 판단 기준이 되는 레이어이다. 예를 들어, 교차로 금지구간에 도로점용 감속차로나 가속차로 레이어가 존재한다면 도로연결은 불허된다.
- 도로점용 신청지의 허가 가능 여부를 판단하기 위해서는 1~3번, 4~6번 레이어 중에 각각 하나의 레이어가 반드시 존재하여야 하며, 동시에 7번 도로점용지 레이어와 반경 1m 이내로 맞닿아 있어야 유효한 레이어로 선별된다.

구분	01~06 레이어 모두 존재	일부 레이어 누락	비관할도로에 일부 존재
설계 도면			
알고 리즘	01과 06번 레이어 사용	01번과 05번 레이어 사용	03과 04번 레이어 사용

<도로점용 가감속차로 레이어 예시>

○ 12~16번, 19번 교차로 레이어 선별

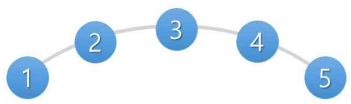
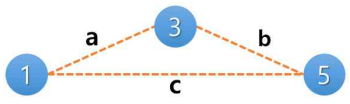
- 12~16번과 19번 레이어는 교차로 제한거리의 기준점이 되는 레이어이다. 이 기준점으로부터 제한거리 반경 내에 1~6번 도로점용 가감속차로가 존재하는지에 따라 도로연결허가 혹은 불허가가 판단된다.
- 교차로는 변속차로가 있는 평면교차로, 변속차로가 없는 평면교차로, 입체교차로로 분류되는데, 변속차로가 있는 평면교차로의 경우 12번과 13번 레이어가 제한거리 기준점이고, 변속차로가 없는 평면교차로의 경우 16번과 19번 레이어가 제한거리 기준점이며, 입체교차로의 경우 14번과 15번 레이어가 제한거리 기준점이 된다.
- 규격에 맞는 레이어만을 선별하기 위해서는 상기의 레이어들이 유효하다고 선별된 20번 레이어와 근접한지(반경 1m 이내) 판단한다.

② 곡선반경 산출

○ 곡선반지름을 산출하기 위해서는 '17번 최우측차로 차로 차로중심선' 레이어가 사용된다.

- 17번 레이어와 같이 line 유형의 shape 파일의 경우 한 개의 선을 이루는 여러 point들의 좌표를 추출할 수 있다. 점들의 좌표를 통해 곡선반경을 산출해 내려면 최소 3개의 점들이 필요하다. 연속된 3개의 점들을 통해 삼각형을 생성하고, 해당 삼각형의 외접원의 반지름을 해당 구간의 곡선반경으로 설정할 수 있다. 삼각형의 세 변의 길이를 각 a, b, c 라고 정한 후 아래와 같은 공식으로 곡선 반경을 구한다.
- 본 분석에서는 홀수개의 점 개수 (3, 5, 7개 등)를 설정하여 시/종점과 중간점으로 곡선반경을 구한 뒤 가능한 최소한의 길이 단위이면서 곡선반지름 값의 왜곡이 적은 5개 단위 점으로 곡선반경 산출을 진행하였다. 아래 그림과 같이 특정 구간에 5개의 점을 추출한 뒤 왼쪽부터 1, 2, 3, 4, 5번 점이라고 정하면, 1번, 3번, 5번 점으로부터 산정된 곡선반경이 해당 구간의 값이 된다.
- 도로점용 감속차로(1~3번 레이어 중 하나) 혹은 도로점용 가속차로(4~6번 레이어 중 하나)와 근접한 구간에서 곡선반경 금지구간이 존재할 경우 이는 불허가로 판단된다.

<곡선반지름 산출 방식>

1. 최우측차로 차로중심선	2. 포인트로 분할	3. 곡선반지름 계산
		

〈곡선반지름 산식〉

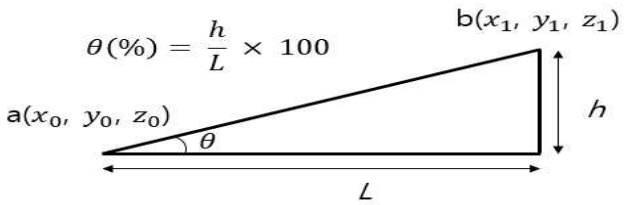
$$S = \frac{(a+b+c)}{2}$$

$$\sqrt{s(s-a)(s-b)(s-c)} = \frac{abc}{4R}$$

③ 종단기울기 산출

○ 종단기울기를 계산하기 위해서는 설계도면의 도로점용 감속차로(1~3번 레이어 중 하나)와 도로점용 가속차로(4~6번 레이어 중 하나), 수치표고모델(DEM)이 사용된다.

- 설계도면 도로점용 감속차로와 도로점용 가속차로의 기울기를 산출한다. 두 지점의 기울기를 산출하는 산식은 아래의 그림과 같으며, x, y, z 값이 필요하다.
- 그러나, 민원인이 제출한 설계도면의 레이어에는 z값이 존재하지 않기 때문에 도로점용지 인근의 수치표고모델(DEM) 데이터를 활용한다.
- 도로점용 감속차로와 도로점용 가속차로와 가장 근접한 수치표고모델(DEM)의 z값을 각각 추출하여, 도로점용 감속차로에서 가속차로까지의 종단기울기를 계산한다. 이 종단기울기 값이 금지구간 기준에 저촉되면 불허가로 판단한다.



〈종단기울기 산식〉

④ 교차로 유형 구분

○ 변속차로가 있는 평면교차로

- 변속차로가 있는 평면교차로 금지구간을 판단할 때, 설계도면의 12 평면교차로 감속차로 시점 레이어와 13 평면교차로 가속차로 종점 레이어를 사용한다.
- 13 평면교차로 가속차로 종점 레이어에 제한거리 만큼의 버퍼를 생성한다. 생성된 버퍼 내에 도로점용 감속차로(1~3번 레이어 중 하나)가 존재하면 불허가이며, 존재하지 않으면 허가로 판단한다.
- 선별 된 13 평면교차로 가속차로 종점 레이어가 존재하지 않을 경우, 13번 레이어는 신뢰할 수 없는 것으로 판단한다.
- 이 경우 12 평면교차로 감속차로 시점 레이어에 제한거리 만큼의 버퍼를 생성한다. 생성된 버퍼 내에 도로점용 가속차로(4~6번 레이어 중 하나)가 존재하면 불허가이며, 존재하지 않으면 허가이다.
- 다만, 선별된 12 평면교차로 감속차로 시점 레이어가 존재하지 않을 경우, 12번 레이어는 신뢰할 수 없는 것으로 판단한다.

○ 변속차로가 없는 평면교차로

- 변속차로가 없는 평면교차로 금지구간을 판단할 때, 설계도면의 16 평면교차로 가속부 시점 레이어와 19 정지선 레이어를 사용한다.
- 16 평면교차로 가속부 시점 레이어에 제한거리만큼의 버퍼를 생성한다. 생성된 버퍼 내에 도로점용 감속차로(1~3번 레이어 중 하나)가 존재하면 불허가이며, 존재하지 않으면 허가로 판단한다.
- 다만, 선별된 16 평면교차로 가속부 시점 레이어가 존재하지 않을 경우, 16번 레이어는 신뢰할 수 없는 것으로 판단한다.
- 이 경우 19번 정지선 레이어에 제한거리 만큼의 버퍼를 생성한다. 생성된 버퍼 내에 도로점용 가속차로(4~6번 레이어 중 하나)가 존재하면 불허가이며, 존재하지 않으면 허가이다.
- 다만, 선별 된 19 정지선 레이어가 존재하지 않을 경우, 19번 레이어는 신뢰할 수 없는 것으로 판단한다.

○ 입체교차로

- 입체교차로 금지구간을 판단할 때, 설계도면의 14 입체교차로 감속차로 시점 레이어와 15 입체교차로 가속차로 종점 레이어를 사용한다.
- 15 입체교차로 가속차로 종점 레이어에 제한거리 만큼의 버퍼를 생성한다. 생성된 버퍼 내에 도로점용 감속차로(1~3번 레이어 중 하나)가 존재하면 불허가이며, 존재하지 않으면 허가로 판단한다.
- 다만, 선별된 15 입체교차로 가속차로 종점 레이어가 존재하지 않을 경우, 15번 레이어는 신뢰할 수 없는 것으로 판단한다.
- 이 경우 14 입체교차로 감속차로 시점 레이어에 제한거리 만큼의 버퍼를 생성한다. 생성된 버퍼 내에 도로점용 가속차로(4~6번 레이어 중 하나)가 존재하면 불허가이며, 존재하지 않으면 허가로 판단한다.
- 다만, 선별된 14 입체교차로 감속차로 시점레이어가 존재하지 않을 경우, 14번 레이어는 신뢰할 수 없는 것으로 판단한다.

○ 교차로 판단

- 상기의 결과로 최대 6개의 판단결과가 산출되며, 이를 기반으로 교차로 구간의 최종 판단결과가 결정된다.
- 이 중 불허가가 1개 이상 존재 시 교차로의 최종 판단결과는 불허가이며, 판단불가가 1개 이상 존재 시 판단불가, 이 외의 경우는 허가로 결과를 표시한다.
- 또한, 작성된 도면상 교차로 레이어가 모두 존재하지 않는 경우도 판단불가로 표출된다.

<교차로 유형별 판단결과>

구분	도로점용 감속차로	도로점용 가속차로
가감속 차로가 있는 평면교차로	허가/불허가/판단불가	허가/불허가/판단불가
가감속 차로가 없는 평면교차로	허가/불허가/판단불가	허가/불허가/판단불가
입체교차로	허가/불허가/판단불가	허가/불허가/판단불가

④ 터널 및 지하차도

○ 터널과 지하차도 금지구간을 판단할 때, 설계도면의 23번 터널 및 지하차도 레이어를 사용한다. 그러나, 23번 레이어의 정보가 올바르지 않아 부정확한 판단 결과를 야기할 수 있어, 국토정보지리원 연속수치지형도의 터널 데이터를 동시에 활용하여 보완한다.

○ 국토정보지리원 연속수치지형도의 터널 데이터(이하 공공데이터)를 활용할 시, 철도노선 상의 터널 형상이 존재한다는 문제가 존재한다. 철도노선상에 존재하는 터널은 부정확한 판단결과를 야기하기 때문에, 도로형상 정보로 이뤄진 표준링크 데이터를 활용하여 도로상에 존재하는 터널만 추출한다.

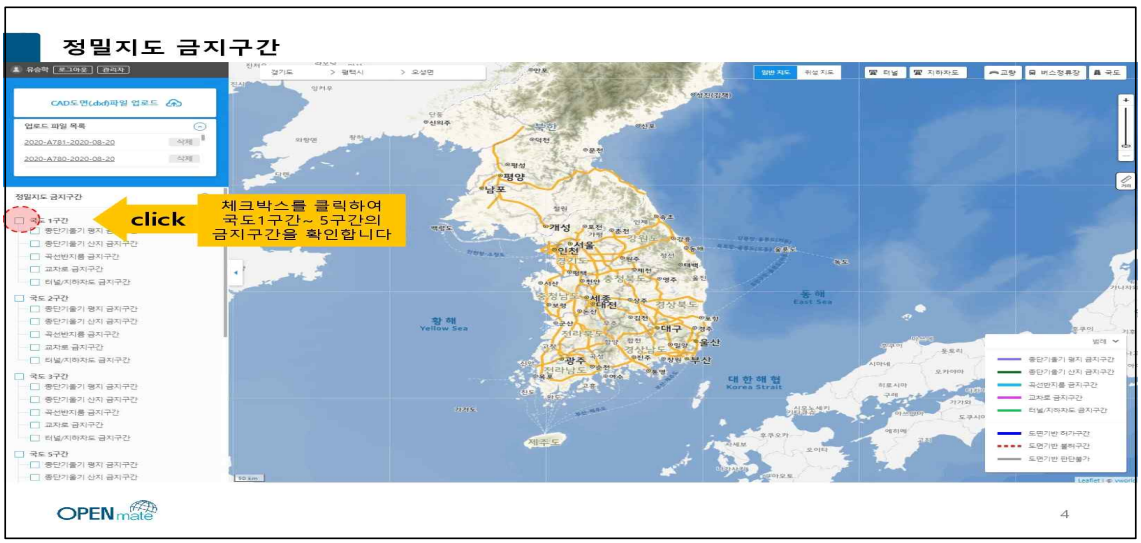
○ 상기 내용과 같이, 23번 레이어와 도로상의 터널/지하차도만 추출된 공공 데이터를 동시에 활용하여 제한거리 기준점을 선정한다. 이 경우는 세 가지로 나뉜다.

- 첫 번째, 23번 레이어가 누락된 경우에는 공공데이터로만 판단한다. 도로점용 감속차로(1~3번 레이어 중 하나)와 도로점용 가속차로(4~6번 레이어 중 하나)에 각각 제한거리(300m 또는 350m) 만큼의 버퍼를 생성하고, 버퍼 구역 내에 공공 데이터의 터널/지하차도가 존재하면 불허가가 된다.
- 두 번째, 23번 레이어가 존재하고 공공데이터 형상과 유사하다면 23번 레이어를 활용하여 판단을 한다. 도로점용 감속차로와 도로점용 가속차로에 각각 제한거리(300m 또는 350m) 만큼 버퍼를 생성하고, 버퍼 구역 내에 23번 레이어가 존재하면 불허가가 된다.
- 세 번째, 23번 레이어가 존재하나 공공데이터 형상과 유사하지 않은 경우에는 23번 레이어를 신뢰하지 못한다고 판단한다. 이 경우, 버퍼 구역 내에 공공데이터와 23번 레이어가 모두 존재하지 않을 때는 허가, 버퍼 구역 내에 23번 레이어만 존재할 때는 판단불가, 버퍼 구역 내에 공공데이터가 존재할 때는 불허가를 표출한다.

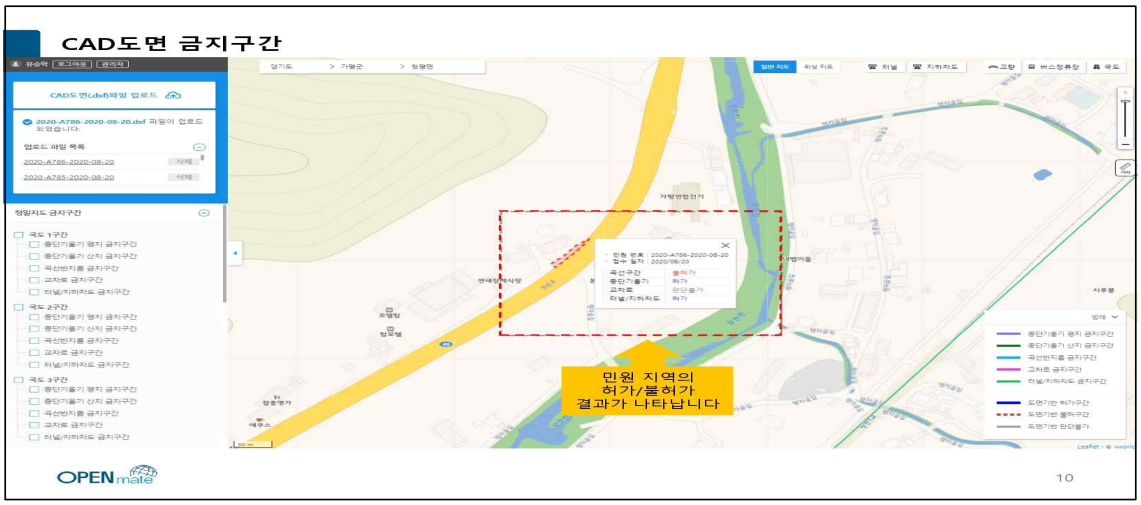
(마) 도로점용(연결) 허가 금지구간 추정 시스템 개발

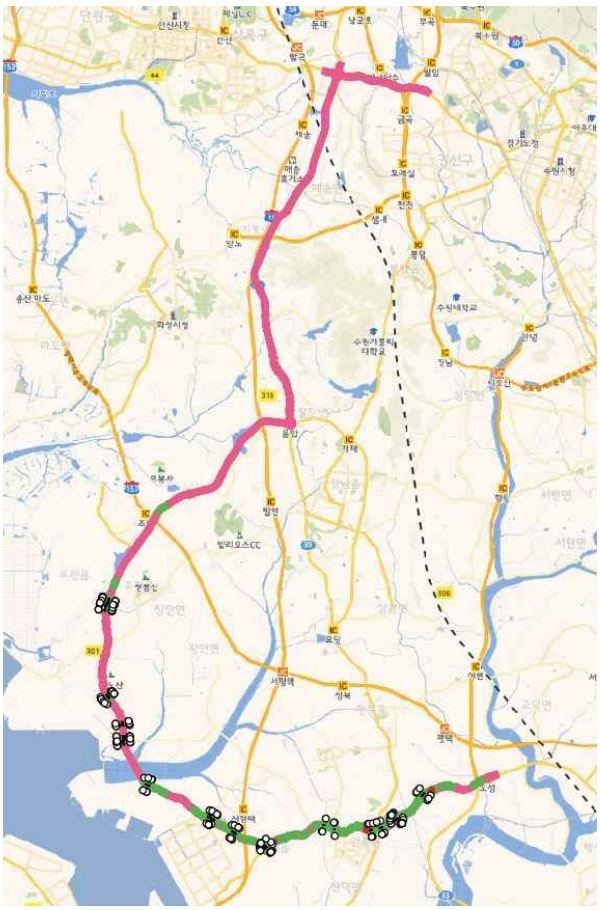
○ 도로점용(연결) 허가 금지구간 추정 서비스 시스템은 정밀도로지도 기반 또는 업로드한 도면을 기반으로 이용할 수 있다.

○ 화면에 표시되는 정밀도로지도 구간을 클릭하면 시각적으로 도로연결허가 금지구간을 유형별로 확인할 수 있다.

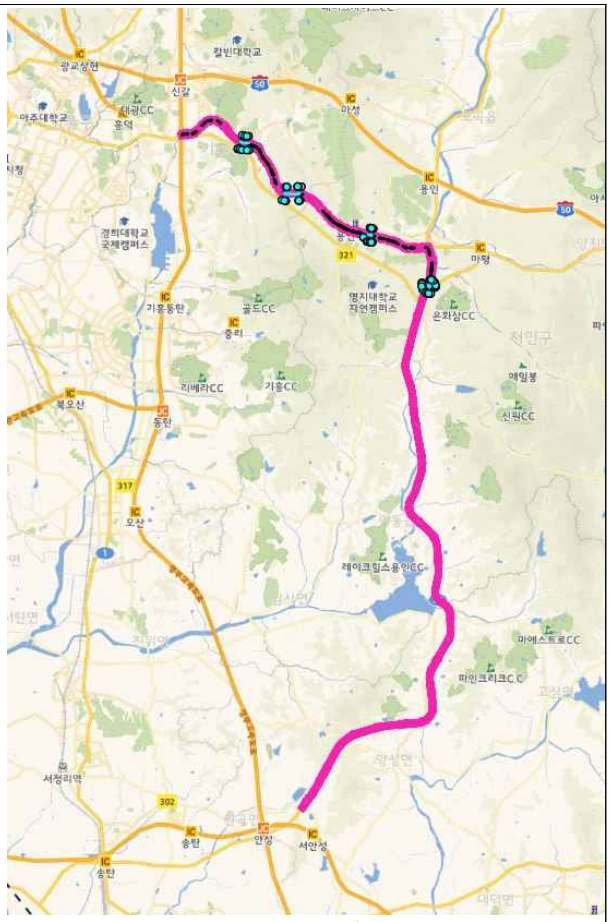


○ 정밀도로지도가 제공되지 않는 지역에 대해서는 도면작성 가이드라인을 준수한 dxf 도면파일을 시스템에 업로드하여 진단결과를 확인할 수 있다.

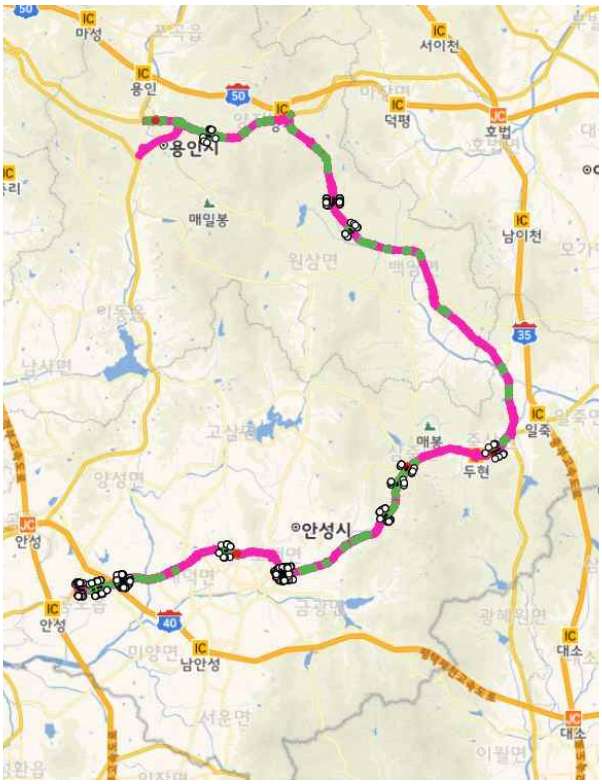




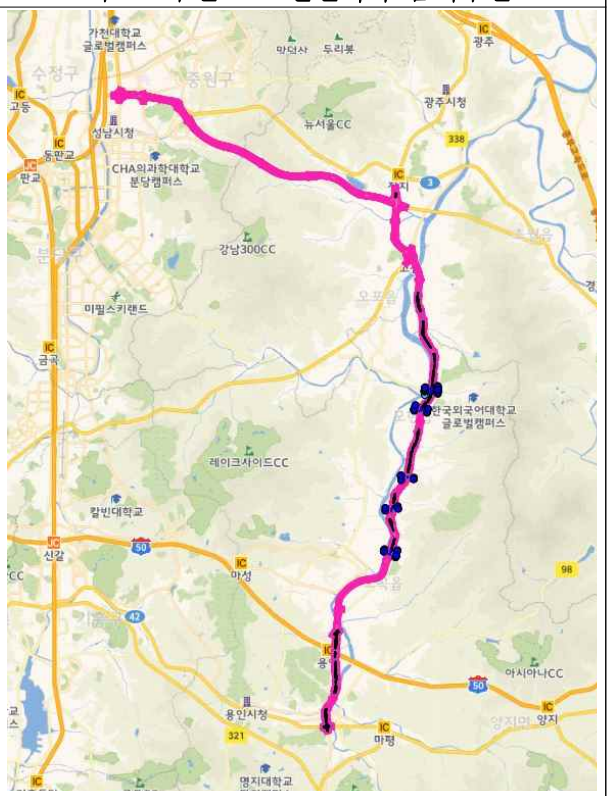
<국도 1구간 도로연결허가 금지구간>



<국도 2구간 도로연결허가 금지구간>



<국도 3구간 도로연결허가 금지구간>



<국도 5구간 도로연결허가 금지구간>

(바) 국토관리청 업무담당 실무자회의 및 시범적용

① 실무자회의

○ 도로점용(연결)허가 금지구간 추정서비스의 보급과 도면작성 가이드라인 등을 수립하기 위하여 국토교통부 및 국토관리청 업무담당자와 수차례 실무자회의를 개최하였다.

날짜	구분	참석기관	주요 내용
19.03.11	실무자회의	국토부 도로운영과, 행안부 지방세입정보관, 전국 국토관리청 및 지자체 도로점용 담당자, 한국도로공사 등 50명	도로점용제도 및 정보시스템 설명회 개최 및 개선방향 소개, 의견청취
19.06.12	국토부협의	국토교통부 도로운영과	GIS기반 도로점용업무 개선 목표와 도로점용(연결)허가 가능구간 추정서비스 협의
19.08.13	국토부협의	국토교통부 도로운영과	정밀도로지도/설계도면의 도로정보를 이용한 연결허가 금지구간 연구방향 논의
19.09.26	국토부협의	국토교통부 도로운영과	첨단기술 도입을 통한 도로점용업무 개선방안 협의
19.10.21	전문가자문	University of North Carolina at Charlotte	공간좌표 정보를 활용한 공간계량모형 개발 및 활용방안 논의
19.11.20	전문가자문	㈜동해종합기술공사	DTG 기반 적정 변속차로 산정방안 및 도면기반 도로연결허가 금지구간 산정방안
20.08.25	실무자회의	수원 국토관리사무소	시범적용 서비스에 대한 사전설명회
20.09.17	실무자회의	의정부 국토관리사무소	시범적용 서비스에 대한 사전설명회
20.10.12	실무자회의	의정부 국토관리사무소	시범적용 서비스에 대한 의견수렴
19.10.13	실무자회의	수원 국토관리사무소	시범적용 서비스에 대한 의견수렴

② 시범적용

○ 도로연결허가 금지구간 추정 서비스의 목표는 국토관리사무소 업무담당자의 과중한 업무를 간소화 하는 것이다.

- 본 서비스의 개발 결과를 업무 담당자와 직접 공유하고, 실제 도로관리청의 도로점용(연결)허가 건과 비교하며, 의견수렴의 과정을 거쳤다.
- 국토교통부 및 국토관리사무소의 업무협조를 통해 시범적용을 수행하였다.

○ 시범적용은 총 2단계(도면수집, 적용)에 걸쳐 수원 국토관리사무소와 의정부 국토관리사무소를 대상으로 실시하였다.

- 시범적용 기간 : 2020. 08. 25 ~ 2020. 10. 13
- 2020.04.17. 전국 5개 국토관리청 및 18개 국토관리사무소에 국토교통부 명의의 시범적용 협조요청 공문을 발송하였다.
- 전국 국토관리청 · 국토관리사무소에서 도로연결허가 관련 도면을 수집하였으며, 개발한 도면작성 가이드라인에 따라 시범적용을 위한 도로연결허가 도면을 작업하였다.

○ 시범운영 일정

- 2020.04.16.(목) : 국토관리청(소) 시범적용 협조요청 공문 발송
- 2020.04.20.(월) ~ 2020.06.05(금): 도로연결허가 사례 도서 수집
- 2020.08.25.(화) : 수원국토관리사무소 시범적용 서비스 사전설명회 개최
- 2020.09.17.(목) : 의정부국토관리사무소 시범적용 서비스 사전설명회 개최
- 2020.08.25.(화) ~ 2020.10.13.(화) : 수원국토관리사무소 시범적용
- 2020.09.17.(목) ~ 2020.10.12.(월) : 의정부국토관리사무소 시범적용
- 2020.10.12.(월) : 해당 서비스 시범운영 결과 의정부 국토관리사무소 업무담당자 의견수렴 및 설문조사
- 2020.10.13.(화) : 해당 서비스 시범운영 결과 의정부 국토관리사무소 업무담당자 의견수렴 및 설문조사

○ 시범운영 협조사항

- 시범운영에 앞서 도로점용 업무 효율성 향상을 위한 도로관리청 및 국토관리사무소의 시범적용 협조요청 공문 시행(2020.04.17.)

국민의 나라 정의로운 대한민국

국토교통부

보다 나은 정부

수 신 수신자 참조
(경유)
제 목 '도로점용 업무 효율성 향상 연구' 관련 업무 협조 요청

1. 귀 기관의 무궁한 발전을 기원합니다.

2. 우리 부에서는 '도로점용 관련 정보시스템 개선방안 마련'을 위한 연구를 한국건설기술연구원과 함께 수행하고 있습니다.

3. 이와 관련, 한국건설기술연구원에서 주요 민원업무 사항인 '도로점용(연결)허가 업무의 효율성 향상' 연구의 원활한 추진을 위하여 '도로점용(연결) 관련한 허가도서(dwg 포함)'의 제출을 요청하였습니다.

4. 각 국토관리청 및 국토관리사무소에서는 성공적인 연구 수행을 위하여 아래와 같이 협조 요청사항에 적극 협조하여 주기기 바랍니다.

- 아 래 -

협조 기관	5개 국토관리청 및 18개 국토관리사무소
대상 기간	2020. 04. 20. ~ 2020. 12. 31.
협조범위 1	'20.5월에 허가된 도로점용(연결) 건*의 허가도서(dwg파일 포함) 제공 *허가된 즉시 관련 자료제공을 원칙으로 하되, 도로관리청과 한국건설기술연구원 담당자간 협의에 따라 회신 도서종류 및 기한 변경가능 (※ '20. 06. 05.까지 반드시 회신)
협조범위 2	도로점용(연결)허가 연구결과에 대한 업무담당자 검토 등 협조
협조회신	한국건설기술연구원 이준형 연구원 (031-910-0602 / junhyunglee@kict.re.kr)

붙임 1. 주요 사업내용(도로점용시스템 개선 추진방안) 1부.
2. 도로점용(연결) 관련 허가도서 회신 샘플 1부. 끝.

<국토교통부 시범적용 협조요청 공문>

③ 시범적용 결과 및 만족도 조사

○ 조사개요

- 시범적용의 효과 분석을 위해 수원/의정부 국토관리사무소 도로점용 업무담당자 12명을 대상으로 정밀도로지도 기반 및 도면 기반의 추정서비스에 대해 설문조사 실시

연번	소속	성명
1	수원국토관리사무소	강0환
2	수원국토관리사무소	강0선
3	수원국토관리사무소	이0택
4	수원국토관리사무소	이0엽
5	수원국토관리사무소	김0원
6	의정부국토관리사무소	이0익
7	의정부국토관리사무소	김0환
8	의정부국토관리사무소	조0나
9	의정부국토관리사무소	장0태
10	의정부국토관리사무소	주0웅
11	의정부국토관리사무소	임0운
12	의정부국토관리사무소	정0국

○ 만족도 조사 양식

도로연결 금지구간 추정서비스
업무담당자 확인서

□ 정밀도로지도 기반 분석 결과 1

구 분	내 용			
허 가 정 보	허가번호	수4849	점용목적	근린생활시설 진·출입로
	노선번호	일반국도 제77호선 (정밀도로지도 1구간)	점용장소	경기 평택시 포승읍 원정리 322-1
대상지 정보1)	지구단위구역	N	왕복2차로	N
	산지여부	N	설계속도	80
화면 사진				
기준별 사유	기 준	판단결과	사유	
	곡선구간	허가	곡선반경 : 12980m	
	종단기울기	허가	기울기 : 0.55%	
	교차로	허가	교차로 변속차로 시점과 20m 내 저촉되지 않음	
	터널/지하차도	허가	해당 지역에 터널/지하차도 없음	
최종 결과	허가			
관리청 담당자 의견	소 속 :	직 책 :	성 명 :	

1) 산지여부와 설계속도 값은 임의로 선택한 값으로 실제와 다를 수 있습니다.

□ 정밀도로지도 기반 분석 결과 2

구 분	내 용			
허 가 정 보	허가번호	수4860	점용목적	단독주택부지 진·출입로 및 우수관로 매설
	노선번호	일반국도 제42호선 (정밀도로지도 3구간)	점용장소	경기 용인시 처인구 양지면 남곡리 222-1, 224-5, 225-1
대상지 정보2)	지구단위구역	N	왕복2차로	N
	산지여부	N	설계속도	80
화면 사진				
기준별 사유	기 준	판단결과	사유	
	곡선구간	허가	곡선반경 : 403~540m	
	종단기울기	허가	기울기 : 0.97%	
	교차로	허가	교차로 금지구간과 저촉되지 않음	
	터널/지하차도	허가	해당 지역에 터널/지하차도 없음	
최종 결과	허가			
관리청 담당자 의견	소 속 :	직 책 :	성 명 :	

2) 산지여부와 설계속도 값은 임의로 선택한 값으로 실제와 다를 수 있습니다.

□ 정밀도로지도 기반 분석 결과 3

구 분	내 용			
허 가 정 보	허가번호	수-4909	점용목적	단독주택 진·출입로
	노선번호	일반국도 제45호선 (정밀도로지도 5구간)	점용장소	경기 용인시 처인구 모현읍 갈담리 377-14, 377-16
대상지 정보3)	지구단위구역	N	왕복2차로	N
	산지여부	N	설계속도	80
화면 사진				

기준별 사유	기 준	판단결과	사유
	곡선구간	허가	곡선반경 : 398~40641m
	종단기울기	허가	기울기 : 2.39%
	교차로	허가	교차로 금지구간과 겨측되지 않음
	터널/지하차도	허가	해당 지역에 터널/지하차도 없음
최종 결과	허가		
관리청 담당자 의견	소 속 :	직 책 :	성 명 :

3) 산지여부와 설계속도 값은 임의로 선택한 값으로 실제와 다를 수 있습니다.

□ 도면기반 분석 결과 1 (변속차로 없는 평면 교차로)

구 분	내 용			
도면 정보	파일명	02. 531300	주소지	경기 남양주시 조안면 삼봉리 산 4-4
	민원번호	2020-A979-2020-10-06	노선번호	일반국도 제45호선
대상지 정보4)	지구단위구역	N	왕복2차로	Y
	산지여부	N	설계속도	70
화면 사진				

기준별 사유	기 준	판단결과	사유
	곡선구간	허가	곡선반경 : 185.85m ~ 6510.64m (140m이상 허가)
	종단기울기	허가	기울기 : 1.51% (6%이하 허가)
	교차로	불허가	도로점용 가속차로 : 85m내 정지선 존재, 평면교차로 가속부 시점이 유효하지 않음
	터널/지하차도	허가	반경 350내 터널/지하차도 없음
최종 결과	불허가		
관리청 담당자 의견	소 속 :	직 책 :	성 명 :

4) 산지여부와 설계속도 값은 임의로 선택한 값으로 실제와 다를 수 있습니다.

□ 도면기반 분석 결과 2 (변속차로 있는 평면 교차로)

구 분	내 용			
도면 정보	파일명	04. 399651	주소지	경기 가평군 설악면 선촌리 370-13
	민원번호	2020-A980-2020-10-06	노선번호	일반국도 제37호선
대상지 정보5)	지구단위구역	N	왕복2차로	Y
	산지여부	N	설계속도	70
화면 사진				

기준별 사유	기 준	판단결과	사유
	곡선구간	불허가	곡선반경 : 97.96m ~ 108.77m (140m이상 허가)
	종단기울기	허가	기울기 : 0.74% (6%이하 허가)
	교차로	판단불가	정지선이 유효하지 않음, 평면교차로 가속부 시점이 유효하지 않음
	터널/지하차도	허가	반경 350내 터널/지하차도 없음
최종 결과	불허가		
관리청 담당자 의견	소 속 :	직 책 :	성 명 :

5) 산지여부와 설계속도 값은 임의로 선택한 값으로 실제와 다를 수 있습니다.

□ 도면기반 분석 결과 3 [입체 교차로]

구 분	내 용			
도면 정보	파일명	03. 396475	주소지	경기 포천시 일동면 길명리 산 10-15
	민원번호	2020-A981-2020-10-06	노선번호	일반국도 제37호선
대상지 정보6)	지구단위구역	N	왕복2차로	N
	산지여부	Y	설계속도	80
화면 사진				

기준별 사유	기 준	판단결과	사유
	곡선구간	허가	곡선반경 : 1283.29m ~ 198868.95m (280m이상 허가)
	종단기울기	허가	기울기 : 5.43% (9%이하 허가)
	교차로	불허가	도로점용 감속차로 : 60m내 입체교차로 가속차로 중점 존재
	터널/지하차도	허가	반경 350내 터널/지하차도 없음
최종 결과	불허가		
관리청 담당자 의견	소 속 :	직 책 :	성 명 :

6) 산지여부와 설계속도 값은 임의로 선택한 값으로 실제와 다를 수 있습니다.

□ 도면기반 분석 결과 4 [교량]

구 분	내 용				
도면 정보	파일명	01. 448648	주소지	경기 가평군 청평면 하천리 333-3	
	민원번호	2020-A-984-2020-10-06	노선번호	일반국도 제46호선	
대상지 정보7)	지구단위구역	N	왕복2차로	N	
	산지여부	N	설계속도	80	
화면 사진					
기준별 사유	기 준	판단결과	사유		
	곡선구간	허가	곡선반경 : 523.45m ~ 1282.36m (280m이상 허가)		
	종단기울기	허가	기울기 : 0.37% (6%이하 허가)		
	교차로	불허가	도로점용 가속차로 : 100m내 정지선 존재		
	터널/지하차도	허가	반경 350내 터널/지하차도 없음		
최종 결과	불허가				
관리청 담당자 의견	소 속 :	직 책 :	성 명 :		

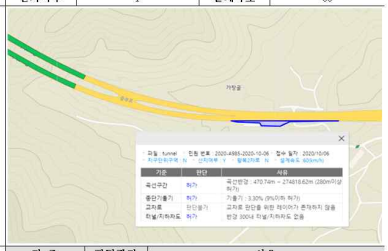
7) 산지여부와 설계속도 값은 임의로 선택한 값으로 실제와 다를 수 있습니다.

□ 도면기반 분석 결과 5 [곡선]

구 분	내 용				
도면 정보	파일명	03. 531927	주소지	경기 가평군 청평면 상천리 1148-2	
	민원번호	2020-A-983-2020-10-06	노선번호	일반국도 제46호선	
대상지 정보8)	지구단위구역	N	왕복2차로	N	
	산지여부	N	설계속도	80	
화면 사진					
기준별 사유	기 준	판단결과	사유		
	곡선구간	불허가	곡선반경 : 136.49m ~ 171.31m (280m이상 허가)		
	종단기울기	허가	기울기 : 3.41% (6%이하 허가)		
	교차로	허가	도로점용 가속차로: 100m내 정지선 없음		
	터널/지하차도	허가	반경 350내 터널/지하차도 없음		
최종 결과	불허가				
관리청 담당자 의견	소 속 :	직 책 :	성 명 :		

8) 산지여부와 설계속도 값은 임의로 선택한 값으로 실제와 다를 수 있습니다.

□ 도면기반 분석 결과 6 [터널]

구 분	내 용				
도면 정보	파일명	tunnel	주소지	충북 괴산군 연풍면 적석리 195-3	
	민원번호	2020-A-985-2020-10-06	노선번호	일반국도 제34호선	
대상지 정보9)	지구단위구역	N	왕복2차로	N	
	산지여부	Y	설계속도	60	
화면 사진					
기준별 사유	기 준	판단결과	사유		
	곡선구간	허가	곡선반경 : 470.74m ~ 274818.62m (280m이상 허가)		
	종단기울기	허가	기울기 : 3.30% (9%이하 허가)		
	교차로	판단불가	교차로 판단을 위한 레이어가 존재하지 않음		
	터널/지하차도	허가	반경 300내 터널/지하차도 없음		
최종 결과	허가				
관리청 담당자 의견	소 속 :	직 책 :	성 명 :		

9) 산지여부와 설계속도 값은 임의로 선택한 값으로 실제와 다를 수 있습니다.

○ 의견을 종합한 결과 현재 본 추정서비스에 대한 만족도와 필요성은 높았으나, 현장 의 도로점용(연결) 허가 업무에 바로 적용되기 위해서는 다음과 같은 사용자 편의기능 보충이 요구됨

- 지번검색 기능 및 곡선구간에서 장애물까지의 최소거리 시각화 표현
- 도면기반의 도로연결허가 금지구간 추정서비스의 경우 필요한 도면작성 가이드라인에 대한 교육

○ 위 사항이 보완될 경우 도로점용(연결) 허가 업무에 큰 도움이 될 것이라는 긍정적 의견을 수렴하였으며, 본 서비스가 민간에 공개된다면 민원인이 도로연결허가 금지구간 해당여부를 사전에 검토할 수 있어 행정편의가 증대될 것이라는 의견

○ 도면기반의 금지구간 산출 서비스는 민원인들의 교육과 제도 정착을 위해 많은 시간과 노력이 투입되어야 하며, 향후 정밀도로지도 구축 연장 확대에 따라 정밀도로지도 중심의 서비스 제공이 요청되었다.

〈정밀도로지도 기반의 도로연결허가 금지구간 만족도 조사, 5점 척도〉

설문 내용	설문평점
정밀도로지도 서비스가 사용하기 편리하다. (정밀도로지도 구간을 클릭하고 금지구간을 확인하는 서비스	3.8
정밀도로지도 서비스의 응답속도는 만족할 수준이다. (정밀도로지도 반응 속도, 지도 이동 속도 등)	3.8
정밀도로지도 금지구간 결과를 이해하기 쉽다	3.4
정밀도로지도의 금지구간 결과를 신뢰할 수 있다	3.4
업무가 간소화되어, 업무 처리가 용이해지거나 업무 처리 능력이 향상될 것이다	4.6
업무 수행에 필요한 기능을 잘 갖추고 있어, 이용도가 높다.	4.4

〈도면 기반의 도로연결허가 금지구간 만족도 조사, 5점 척도〉

설문 내용	설문평점
도면기반 서비스가 사용하기 편리하다. (도면을 업로드하고 결과를 나타내는 서비스)	3.8
도면기반 서비스의 응답속도는 만족할 수준이다. (도면 업로드 속도, 기타 반응 속도)	4.0
도면기반의 판단 결과를 이해하기 쉽다.	4.0
도면기반의 판단 결과를 신뢰할 수 있다.	4.0
업무가 간소화되어, 업무 처리가 용이해지거나 업무 처리 능력이 향상될 것이다.	4.6
업무 수행에 필요한 기능을 잘 갖추고 있어, 이용도가 높다.	4.2

(사) 도로연결허가 금지구간 추정서비스 정확도 분석

① 연결허가 금지구간 정확도 분석 개요

○ 도로연결허가 금지구간은 교차로의 도류화 여부, 변속차로 설치여부, 가속부와 감속부에 따라 총 8개 유형으로 분류될 수 있다.

<연결허가 금지구간 유형>

No.	도류화 여부	변속차로 설치여부	감·가속부
1	도류화	설치	가속부
2	도류화	설치	감속부
3	도류화	미설치	가속부
4	도류화	미설치	감속부
5	비도류화	설치	가속부
6	비도류화	설치	감속부
7	비도류화	미설치	가속부
8	비도류화	미설치	감속부

○ 실제 도로의 선형과 추정 서비스의 판단결과를 상호비교 하였으며, 그 결과는 다음 규칙에 의해 테이블로 정리되었다.

- 방향별 구분은 가속부, 감속부 분류에서 남 동 북 서로 구분
- 해당 레이어에 따라 지도상에 맞게 표현 돼있으면 0 표시
- 해당 레이어에 대하여 교차로 유형을 기입 ex) 도류 변속, 도류 비변속
- '-' (하이픈) 표시는 삼지교차로인 경우 도류, 비도류가 없는 곳. 즉, 진출입부가 없는 곳인데, 레이어가 표시된 경우 표시

<도로연결허가 금지구간 산정 오류 검출 테이블 예시>

구 분	교차로명	시설물				연결 규칙			
		남	동	북	서	남	동	북	서
1	서평택IC사거리		○		도류 변속		도류 변속		도류 변속
2	원삼사거리	○		○		도류 변속		도류 변속	

② 검증결과

○ 국도1구간, 연장 61km, 48개 교차로를 대상으로 검증을 수행한 결과 평균 정확도 96.88%를 나타냈다.

<국도1구간 검증>

구분	교차로명	가속부				감속부			
		남	동	북	서	남	동	북	서
1	죽말교차로	-		0		0		-	
2	마산교차로	도류 변속		0		0		도류 변속	
3	석천사거리	도류 변속		도류 변속		도류 변속		도류 변속	
4	이화사거리	도류 변속		0		도류 변속		도류 변속	
5	노진2사거리	0		도류 변속		도류 변속		도류 변속	
6	노진1사거리	0		0		도류 변속		도류 변속	
7	원정삼거리		0		-		-		도류 변속
8	원정6리7리입구		도류 비변속		비도류 변속		0		비도류 변속
9	포승향남로 568		0		0		0		0
10	신촌마을. 원정2리		0		비도류 비변속		0		0
11	원정교차로		도류 변속		-		-		도류 변속
12	원정교차로 동측		0		0		0		비도류 변속
13	포승읍 도곡리 150-51		0		0		도류 비변속		도류 비변속
14	포승읍 도곡리 323		0		0		0		0
15	거산.도곡1리		0		-		-		비도류 변속
16	서평택IC사거리		0		도류 변속		도류 변속		도류 변속
17	도곡4리		도류 변속		도류 변속		도류 비변속		비도류 비변속
18	무수마을. 김씨갈비		0		0		0		0
19	도곡5리		비도류 변속		도류 변속		비도류 변속		비도류 변속
20	내기삼거리		-		도류 변속		도류 변속		0
21	포승파출소		0		0		0		0
22	부광한의원		0		0		0		0
23	포승읍사무소 입구 교차로		0		비도류 변속		0		비도류 비변속
24	포승읍 서동대로 1232		0		0		비도류 변속		0
25	방림삼거리		0		0		비도류 변속		비도류 변속

구분	교차로명	가속부				감속부			
		남	동	북	서	남	동	북	서
26	포승읍 서동대로 1297		0		비도류 변속		0		0
27	안중읍 서동대로 1325		0		비도류 변속		-		0
28	석정삼거리		0		도류 변속		도류 비변속		0
29	안중읍 서동대로 1434		0		0		0		0
30	현화교차로		도류 비변속		도류 변속		도류 변속		도류 변속
31	안중출장소		도류 변속		비도류 변속		도류 변속		도류 비변속
32	평택 세인트캐슬		0		-		0		0
33	안중로99번길 23-8		-		0		0		-
34	학현사거리		0		0		0		0
35	안중오거리		0		0		도류 비변속		도류 비변속
36	안중읍 안중리 산 30-8		0		0		0		0
37	안중사거리		0		도류 변속		도류 변속		도류 변속
38	안중읍 경성1길 5		비도류 변속		도류 변속		도류 변속		비도류 변속
39	대반교차로		0		0		0		도류 변속
40	안중읍 금곡4길 75		-		비도류 변속		비도류 변속		-
41	강남행복한 요양원		0		비도류 변속		0		0
42	안중농협 직판장		0		0		0		0
43	안중읍 금곡1길 1		비도류 변속		비도류 변속		-		비도류 변속
44	안중백병원		비도류 변속		0		0		0
45	안중읍 용성길 4		비도류 변속		0		비도류 변속		0
46	길음사거리		비도류 변속		0		비도류 변속		도류 비변속
47	오성면 서동대로 2067		-		0		비도류 변속		-
48	숙성삼거리 (오성IC교차로)		0		도류 비변속		도류 변속		비도류 변속

○ 국도 2구간, 연장 40km, 34개 교차로를 대상으로 검증을 수행한 결과 평균 정확도 64.71%를 나타냈다.

<국도2구간 검증>

구분	교차로명	가속부				감속부			
		남	동	북	서	남	동	북	서
1	신갈오거리		0		0		도류 비변속		0

구분	교차로명	가속부				감속부			
		남	동	북	서	남	동	북	서
2	상갈파출소 사거리		0		비도류 변속		0		0
3	녹십자사거리		0		0		0		0
4	동부아파트 삼거리		0		0		0		0
5	수원CC사거리		0		0		0		비도류 비변속
6	강남대삼거리		-		도류 변속		도류 변속		-
7	구갈교사거리		0		0		도류 변속		0
8	고인돌마을 사거리		0		0		0		0
9	하나로마트 사거리		0		0		0		0
10	아주냉장삼거리		-		0		0		-
11	대우아파트 삼거리		-		비도류 변속		비도류 변속		-
12	진흥아파트 입구사거리		0		0		0		도류 변속
13	수원동취락마을삼거리		-		비도류 변속		0		-
14	쌍용아파트입구삼거리		0		-		-		0
15	상하동인정프린스A 사거리		0		도류 변속		0		비도류 변속
16	오뚜기식품 삼거리								
17	용인정신병원 삼거리		0		0		0		도류 변속
18	삼가삼거리		도류 변속		0		도류 비변속		0
19	삼가역삼거리		비도류 변속		0		0		비도류 변속
20	행정타운입구 사거리		0		비도류 변속		0		0
21	용인대입구 삼거리		0		0		0		0
22	등기소앞사거리		0		0		도류 비변속		0
23	명지대입구 사거리		0		0		0		0
24	용인시 처인구 역북동 721-3		0		-		-		0
25	삼환아파트 삼거리		비도류 변속		-		-		0
26	통일공원삼거리		0		0		도류 비변속		0
27	문예회관입구 삼거리		0		비도류 변속		0		0
28	처인구청후문 사거리		0		0		0		0
29	터미널사거리	0							0
30	롯데마트삼거리	-		0		비도류 비변속		-	
31	남동사거리	0		0		0		비도류 변속	

구분	교차로명	가속부				감속부			
		남	동	북	서	남	동	북	서
32	용인변전소입구삼거리	0		0		0		0	
33	옥현정류장 삼거리	-		0		비도류 비변속		-	
34	신기마을입구 삼거리	0	0	0		도류 변속	0	0	

○ 국도3구간, 연장 65km, 60개 교차로를 대상으로 검증을 수행한 결과 평균 정확도 67.50%를 나타냈다.

〈국도3구간 검증〉

구분	교차로명	가속부				감속부			
		남	동	북	서	남	동	북	서
1	동부사거리 (처인구 고림로 2)		0		0		0		0
2	마평삼거리 (중부대로 1558)		-		도류 변속		비도류 비변속		0
3	동부동사무소 사거리		비도류 변속		0		0		도류 비변속
4	신흥리입구 사거리		비도류 변속		비도류 변속		0		비도류 변속
5	처인구 마평동 267-6		비도류 변속		0		0		0
6	삼박곡입구 삼거리		비변속 비도류		비도류 변속		0		비도류 변속
7	신평삼거리 (중부대로 1807)		-		0		비도류 변속		-
8	대종휴게소 삼거리		비도류 변속		비도류 변속		비도류 변속		0
9	송문리입구 삼거리		0		비도류 변속		비도류 변속		0
10	신촌가든앞 사거리		0		비도류 변속		0		비도류 변속
11	남곡2리입구 사거리		0		0		0		0
12	용동중학교앞단일로교차로		0		0		0		0
13	용동중학교앞 교차로		비도류 변속		0		0		0
14	양지IC사거리		도류 비변속		도류 비변속		도류 비변속		도류 변속
15	제일사거리		도류 비변속		도류 비변속		도류 비변속		도류 비변속
16	청소년수련원입구삼거리		0		비도류 변속		0		도류 변속
17	평창사거리		0		도류 비변속		0		도류 비변속
18	원삼면 죽양대로 1994		-		0		도류 변속		-
19	원삼사거리	0		0		도류 변속		도류 변속	

구분	교차로명	가속부				감속부			
		남	동	북	서	남	동	북	서
20	가재월사거리		0		비도류 변속		비도류 변속		도류 변속
21	태평촌삼거리		-		0		0		-
22	노동삼거리		비변속 비도류		도류 비변속		도류 비변속		0
23	근곡삼거리		-		도류 비변속		도류 비변속		-
24	근곡사거리		도류 변속		도류 변속		비도류 변속		도류 변속
25	백암사거리		도류 변속		비도류 변속		비도류 변속		비도류 변속
26	국민레미콘앞 삼거리		비변속 비도류		-		비도류 변속		비변속 비도류
27	양양주유소앞 사거리		도류 변속		비도류 변속		0		도류 변속
28	오방삼거리		-		도류 변속		도류 변속		-
29	안성시 죽산면 죽양대로 214-4	비도류 변속		비도류 변속		비도류 변속			0
30	죽산교차로	도류 비변속		도류 비변속		도류 변속			도류 변속
31	죽산삼거리		-		도류 변속		비변속 비도류		-
32	장원산업단지교차로		0		-		-		도류 변속
33	두현교차로 (두현IC)		도류 변속		도류 변속		도류 변속		도류 변속
34	삼죽삼거리		-		도류 비변속		0		-
35	안성시 삼죽면 진촌리 214-4		도류 변속		비도류 변속		0		0
36	안성시 삼죽면 서동대로 6353		0		비도류 변속		0		0
37	동아방송예술대학교교차로		비도류 변속		0		도류 변속		도류 변속
38	도촌교앞교차로		비도류 변속		비도류 변속		비도류 변속		0
39	안성시 삼죽면 미장리 556-5		0		0		0		비도류 비변속
40	안성시 삼죽면 마전리 25-3		-		도류 변속		도류 변속		-
41	이화주유소앞 사거리		0		도류 변속		도류 비변속		비도류 변속
42	안성시 보개면 상삼리 795-1		도류 변속		도류 변속		도류 변속		도류 변속
43	안성시 보개면 상삼리 756-2		도류 변속		도류 변속		도류 변속		도류 변속
44	안성시 보개면 동신리 227-47		0		-		0		비도류 변속
45	안성시 보개면 동신리 276-3		-		0		0		-
46	안성종합버스터미널 옆 교차로		0		0		0		0
47	안성시 가사동 156-9		도류 비변속		도류 변속		도류 비변속		도류 변속

구분	교차로명	가속부				감속부			
		남	동	북	서	남	동	북	서
48	당왕사거리		도류 변속		도류 변속		도류 변속		도류 변속
49	안성시 신소현동 49-5		0		0		비도류 변속		0
50	모산사거리		도류 변속		도류 변속		도류 변속		도류 비변속
51	대덕삼거리		비도류 변속		비도류 비변속		도류 변속		0
52	중앙대학교앞 교차로		도류 변속		도류 변속		도류 변속		도류 변속
53	내리사거리		도류 비변속		비도류 변속		비도류 비변속		도류 변속
54	안성시 공도읍 양기리 156-3		0		-		도류 변속		-
55	대림동산삼거리		0		도류 비변속		비도류 비변속		0
56	마정교차로		0		0		도류 변속		비도류 비변속
57	농협교육원앞 교차로		도류 변속		0		0		비도류 변속
58	부영아파트앞 교차로		0		0		도류 변속		0
59	퍼시스사거리		0		도류 비변속		0		도류 변속
60	만정사거리		0		0		도류 변속		도류 변속

○ 국도5구간, 연장 34㎞, 34개 교차로를 대상으로 검증을 수행한 결과 평균 정확도 80.88%를 나타냈다.

〈국도5구간 검증〉

구분	교차로명	가속부				감속부			
		남	동	북	서	남	동	북	서
1	여수사거리	입체교차로							
2	성남시 중원구 하대원동 455	입체교차로							
3	섬말교차로	입체교차로							
4	태전 JC	입체교차로							
5	경기도 광주시 태전동 140-2	입체교차로							
6	고산 IC	입체교차로							
7	양벌삼거리	0	도류화 비변속	도류화 변속		도류화 비변속	도류화 비변속	0	
8	대성 APT앞 교차로	도류화 비변속		도류화 비변속		도류화 비변속	도류화 비변속	도류화 비변속	
9	매산삼거리 상부 횡단보도	0						0	

구분	교차로명	가속부				감속부			
		남	동	북	서	남	동	북	서
10	매산삼거리	비도류 변속	비도류 비변속	0		비도류 변속	비도류 비변속		
11	모산마을입구 삼거리		비도류 비변속	0		비도류 비변속	비도류 비변속	비도류 변속	
12	장전평앞 삼거리		비도류 비변속	0		비도류 변속		-	
13	외국어대 사거리	0	도류 변속	0	비도류 변속	비도류 변속	비도류 변속	0	도류화 변속
14	왕산초등학교삼거리	비도류 변속		0	비도류 비변속	비도류 변속		0	비도류 비변속
15	만남주유소 앞 사거리	0			도류화 비변속			도류화 비변속	도류화 비변속
16	갈담사거리	도류화 변속		비도류 비변속	도류화 비변속	도류화 비변속		도류화 변속	도류화 비변속
17	청광레미콘삼거리	도류화 변속	0	0	비도류 비변속	0	비도류 비변속	0	도류화 비변속
18	초부리휴게소사거리	0		비도류 비변속	비도류 비변속	0		0	비도류 변속
19	산정주유소 삼거리	0		0	비도류 비변속				비도류 비변속
20	세영철강 삼거리	0		비도류 비변속		0		비도류 변속	
21	태원석재 삼거리	0		0		비도류 변속		0	
22	유운리입구삼거리	0		비도류 변속		비도류 비변속		도류화 변속	
23	도사마을 사거리		도류화 비변속	도류화 비변속		도류화 비변속	도류화 비변속	비도류 변속	
24	동경주유소 사거리	도류화 변속	비도류 비변속	0	도류화 비변속	비도류 변속	비도류 비변속	도류화 변속	도류화 비변속
25	용인 IC	입체교차로							
26	방축동 삼거리	0		0		0		0	
27	중앙교회 삼거리	0		0		0		0	
28	유림농협 삼거리	0		0		0		0	
29	버드실사거리	비도류 변속		비도류 변속		비도류 변속		비도류 변속	
30	유림동행정복지센터교차로	비도류 변속		0		0		비도류 변속	
31	무수교 삼거리	0		0		0		0	
32	스카이주유소삼거리	도류화 비변속		0		도류화 비변속		0	
33	운동장.송담대역 사거리	0		0		0		0	
34	용인사거리	0		비도류 변속		비도류 변속		0	

③ 정확도 분석

○ 3차년도 시범적용의 국도 1~5구간 총 연장 약 251㎞를 대상으로 도로연결허가 금지구간 추정 서비스 예측 정확도를 확인한 결과 종합 정확도 78.18%를 나타남

- 특히, 2차년도에 1구간을 대상으로 정확도 분석을 위해 시범 실시한 도로연결허가 금지구간 추정 서비스 정확도 86.8%에 비하여 3차년도의 1구간 예측 정확도는 96.88%로 크게 향상되었으며, 이는 2차년도 개발 이후 지속적으로 알고리즘에 대한 보완 및 사후 관리가 이루어진 결과로 판단됨

○ 2차년의 1구간의 정확도 86.8%에 비해 3차년 1~5구간 정확도가 78.18%로 하락한 이유는 도로연결 금지구간 추정서비스에 사용되는 원시데이터인 정밀도로지도 데이터의 일부 오류로 인해 정확도가 낮아지는데 기인하며

- 2차년 연구결과 정밀도로지도의 일부 오류나 예외사항으로 인해 도류화 교차로 유형 판단의 정확도를 낮추는 것 등을 발견하여 이를 알고리즘에 반영하여 당초 목표치 60%를 초과한 86.8%를 달성하였으며,
- 3차년에는 도로점용 허가 추정서비스의 지속적 운영을 판단하기 위해 2~5구간의 정밀도로지도상의 오류나 예외사항에 대해 알고리즘에 반영을 최소화하여 시범적용한 결과 2차년에 비해 낮은 정확도를 나타냄
- 원시 데이터에 해당하는 정밀도로지도 데이터상의 문제는 기반 데이터를 직접 구축하지 않는 본 연구의 범위 상 3차년도에서 극복하기 어려운 문제였음

○ 종합적으로 3차년 연구결과 종합 정확도는 78.18%로, 2차년에 상향조정한 목표 85%에 미달하였으나, 당초 목표한 60% 이상을 달성함

- 향후 지속적 유지보수를 통해 2~5구간을 포함하여 추가적으로 구축되는 정밀도로지도에 대한 전반적인 도로연결허가 금지구간 추정 서비스 예측 정확도를 향상할 수 있을 것으로 기대함

〈도로연결 금지구간 추정서비스 종합 정확도〉

구간명	평균 정확도	연장	종합 정확도
1구간	96.88%	61km	78.18%
2구간	64.71%	40km	
3구간	67.50%	65km	
5구간	80.88%	34km	

아) 도로점용(연결) 허가 가능구간 추정서비스 기술 고도화

① 기존 대비 개선부분

구 분	1차년도	2차년도	3차년도
분석대상 주요 기반 데이터	- 도로명지도 - 인허가 민원정보 - 도로점용 허가정보	- 정밀도로지도(국도 1구간 61Km) - 버스, 택시,화물 DTG	- 정밀도로지도 (국도 1~5구간 251Km) - 도로연결허가 DXF 도면 - 수치표고모델(DEM)
주요 개발 사항	- 교차로 유형분석 - 도로점용 허가사례 분석	- 도로연결허가 금지구간 산출 알고리즘 설계 - 정밀도로지도 기반 도로연결 허가 금지구간 시범서비스 개발	- 정밀도로지도 기반 도로연결 허가 금지구간 서비스 확대 및 고도화 - 정밀도로지도 미구축 지역을 위한 도면기반 서비스 개발
시각화 개발	해당사항 없음		
서비스 범위	해당사항 없음	정밀도로지도 구축 일반국도 전국 1개 구간 연장 61km	- 정밀도로지도 구축 일반국도 전국 5개 구간 총 연장 251km - 설계도면 첨부 도로연결허가 신청민원 중 4개 금지유형 (곡선구간, 종단기울기, 교차로, 터널/지하차도)
서비스 제공을 위한 참조물	해당사항 없음		도면작성 가이드라인
개선효과	해당사항 없음	GIS기반 도로연결 금지구간 직관적 확인 및 업무지원	설계도면 작성 활성화 및 정밀도로지도 구축연장 확대와 무관한 서비스 제공 가능

○ 정밀도로지도 기반의 도로연결허가 가능구간의 시각화

- 정밀도로지도가 구축되어 있는 전국 일반국도 총 연장 251km를 대상으로 도로법상 도로연결허가가 가능한 구간을 시각화하였음
- 해당 서비스 개발을 통해 전국 도로관리청의 도로연결허가 업무담당자의 직관적인 연결허가 업무가 가능케 함으로써 업무 효율을 향상하였음
- 향후 자율주행을 위한 도로정밀지도의 전국 연장 확대에 따라 자연스럽게 보다 넓은 범위의 업무지원이 가능해질 것으로 예상됨
- 향후 대민 서비스 제공 등의 확장을 통해 국민의 재산권 행사에도 기여 가능

○ 도면기반의 도로연결허가 금지구간 시각화

- 현재 정밀도로지도의 구축 연장이 매우 낮은 현실을 감안하여, 정밀도로지도가 구축되지 않은 국도에서 도로연결허가 가능구간 추정 서비스 제공이 가능하도록 도면기반의 도로연결허가 금지구간 시각화를 개발하여 지역적 제한성을 해소
- 표준 도면 형식인 dxf로 작성된 도면을 입력하여 도로연결 금지구간 해당여부를 진단

<정밀도로기반 및 도면기반의 도로연결허가 금지구간 시각화>

② 시범운영 결과를 통한 고도화

○ 서비스 화면에서 정밀도로지도 구간별 국도노선번호 명시화

- 정밀도로지도 구간별 국도 노선번호를 화면에 명시화함으로써, 이용자의 이해를 도움

  (예시) 국도 1구간 (42, 39, 82, 77, 38호선)

○ 도면기반 서비스상의 허가/불허가 사유 상세화

- 도면기반 서비스의 판단결과 창에서의 허가/불허가 사유를 상세화. 즉, 도로연결 신청구역에서의 종단기울기와 곡선반지름의 수치를 명시하여 이해를 도움

  (예시) 기울기: 7% (9%이하 허가), 곡선반경: 141~170m (280m이상 허가)

○ 도면기반 화면 결과창 이동 기능 추가

- 도면기반 서비스의 도로연결허가 판단결과를 보여주는 결과창을 자유자재로 움직일 수 있도록 이동기능을 추가함으로써, 이용자의 편리성을 증진

○ 도면기반 터널/지하차도 판단 정확성 향상

- 추가 데이터 가공(국도상에 위치하는 터널 및 지하차도만 추출)을 진행함으로써, 터널/지하차도의 판단 정확성을 향상함

(4) 보상비 추정서비스 기술

(가) 토지 보상 현황

① 보상비 추정 추진 배경 및 방향

○ 토지의 보상이 개인의 재산권에 직접적 영향을 미치기 때문에 정확한 평가와 객관적 기준으로 보상 절차를 진행해야 함. 특히, 신규 건설 공사에 대한 토지 보상비 측정을 위해서는 예비타당성 조사단계에서 보상비는 계획된 사업이 구체화되기 전에 개략적으로 추정한 토지보상비를 실제 사업추진과정에서 보상비로 조정하게 됨

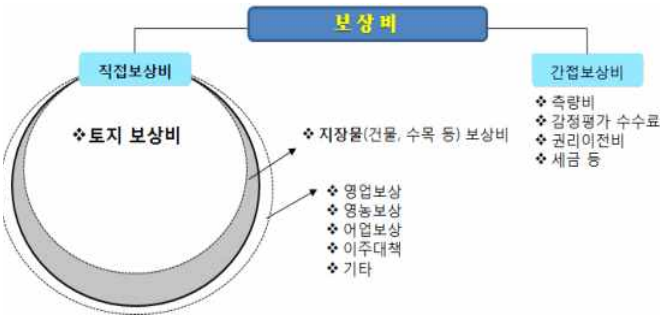
- 대규모 신규 사업에 대한 예산 편성 및 기금운용계획을 수립하기 위해서는 기획재정부로부터 사전에 사업의 타당성을 검증 및 평가를 반드시 진행하게 됨

○ 총사업비관리지침 제2조 제6항에 따르면, 총 사업비의 구성항목은 건설사업, 정보화사업, 연구기반구축 R&D 사업으로 구분함

- 예비타당성조사 대상은 총 사업비 500억원 이상이며, 국가재정지원 규모가 300억원 이상의 신규사업임
- 건설사업의 총사업비는 토목, 건축 등 대부분 건설공사에 소요되는 경비러 1) 공사비, 2) 보상비, 3) 시설부대경비 등으로 구성됨

○ 총사업비관리지침 제 65조에 따르면 보상비를 1) 직접보상비 2) 간접보상비로 구분함

- 직접보상비는 토지보상비 및 같은 법 시행령, 기타 보상 관련 법령을 규정해 의거하여 토지 등의 손실보상액, 이주대책비용, 이주정착금 등 당해 사업 지역에 재산을 소유하거나 주거를 갖고 있는 주민에게 직접 지급되는 보상금액을 말함
- 간접보상비는 분할측량비, 감정평가비, 권리이전비, 이주대책 등의 위탁수수료, 공사구간 내 지장물 이설비, 개발제한구역보전부담금 등 당해 공사에 필요한 토지의 취득 또는 보상업에 소요되는 부대경비를 말함



〈보상비 구성항목〉

(단위 : %)

연도	토지	지장물	영업보상	영농보상	어업보상	이주대책	기타
2002	81.45	12.58	1.22	1.89	0.42	0.31	2.11
2003	83.17	10.68	1.13	1.66	1.32	0.31	1.73
2004	86.86	9.25	1.14	1.09	0.16	0.33	1.17
2005	87.72	8.88	0.96	0.94	0.14	0.24	1.12
2006	89.74	7.59	0.98	0.68	0.13	0.19	0.70
2007	88.86	8.17	1.00	0.95	0.05	0.15	0.83
2008	78.88	17.01	1.30	1.10	0.13	0.22	1.37
2009	85.22	11.23	1.07	0.98	0.15	0.15	1.19
2010	81.92	14.66	0.59	1.40	0.39	0.16	0.88
2011	84.16	11.68	0.74	1.88	0.32	0.29	0.93
2012	81.17	14.74	1.38	0.90	0.28	0.23	1.29
2013	81.53	13.78	1.67	1.18	0.29	0.39	1.15
2014	77.51	18.85	0.91	1.17	0.27	0.24	1.05
2015	84.91	11.12	0.96	1.08	0.75	0.20	0.98
2016	87.54	9.44	0.82	1.00	0.09	0.16	0.94
2017	87.08	8.92	1.04	0.80	0.22	1.38	0.56

〈연도별 보상항목별 보상액 비중 현황 - 국토교통부 (2019)〉

○ 예비타당성조사 수행총괄 지침에 따르면 제34조 제3항에서 용지보상비를 용지보상비와 지장물보상비로 구분됨, 하지만 국토교통부(2019)에 따르면, 지장물의 전체 보상비율은 18.85 %(2014년) 에서 8.92%(2017년)로 점차 감소하고 있는 상황이며, 현재 용지보상 산정방법을 총괄하고 있는 한국개발연구원 공공투자센터의 일반지침(제5판)에서 사용하는 토지보상비 대비 지장물의 비율은 (10~15%)로 조정 하고 있는 상황이므로 보상비 추정 항목에 있어서 토지보상에 대한 추정을 중심으로 지장물 보상은 현 보상비 추정 서비스 기술에 포함시키지 않음

② 현 토지 보상 추정 방법

○ 예비타당성조사 수행 총괄지침 제34조 제3항에 따라 현재 용지보상비를 추정함에 있어 총 3가지 방법으로 진행함

- 감정평가(혹은 표본감정)를 통한 보상비 추정 : 직접 감정평가업자에게 의뢰하여 개발 사업지구에 편입될 토지의 보상액을 산출하는 것으로 비교대상 표준지의 공시지가에 각종 요인을 비교하여 보정하는 방식으로 이루어짐
  - 보상평가액(원/㎡) = 표준지공시지가×시점수정×지역요인비교×개별요인비교×기타 요인비교)
  - 하지만, 감정평가사를 통해 보상비 추정 방식은 감정평가수수료 부담으로 인해 보상 대상 전체를 평가하는 것이 아닌 일부를 표본으로 선정하여 감정하는 것임, 더불어 표본감정은 약식형태로 일정비율로 추출된 표본의 토지평가액에 근거하여 총 보상비를 추정하는 방법으로 사업지구 내에 편입 토지 중 개별 물건별 특성을 고려하여 대표 유형에 대한 표본을 무작위로 추출함

- 감정평가(혹은 표본감정)를 통한 보상비 추정 : 기존 사업자 주변 보상자료를 활용한 방법으로 타당성 조사를 의뢰한 사업시행자에게 사업자 주변에서 기본에 실시한 보상 전례가 있는지 확인하고 이를 제출받아 분석하는 2가지 방법이 있음
  - 첫 번째, 한국감정평가협회의 "감정평가정보시스템"을 통해 등록된 보상평가 필지 현황으로 매년 약 60만 필지 내외의 보상평가정보를 기반으로 확인
  - 두 번째, 사업시행자에 의한 자체적인 보상사례를 토대로 활용(예로, 국토관리청은 도로 혹은 하천관련 사업, 한국토지주택공사는 택지개발, 공공주택 건설 등)

- 공시지가 보상배율을 곱한 보상비 추정 : 토지의 공시지가에 일정배율(보상배율)을 곱하는 방법으로 사업자 혹은 인근의 지목별 표준지 공시지가 평균에 일정배율을 곱하는 방법
  - 개별공시지가가 자료 대신 표준지의 지목별 평균을 적용한 이유는 개별공시지가를 일일이 조사하는 것은 매우 비효율적이기에 지역별 보상배율을 통해 활용

구분	전체	용도지역				이용상황				
		주거상업공업	녹지	관리	농림자보	주거용공업용	상업용주상용	전답	임야	공공기타
서울	1.66	1.59	1.84	-	-	1.23	1.52	1.29	2.77	3.66
부산	1.90	1.87	1.93	-	-	1.86	1.61	1.90	3.00	3.90
대구	2.05	1.90	2.18	2.90	2.78	1.92	1.57	2.05	3.89	4.89
인천	2.10	1.66	1.77	3.13	2.36	1.66	1.11	2.16	2.64	3.89
광주	2.13	1.54	2.71	2.57	-	1.54	1.31	2.18	2.80	3.28
대전	1.59	1.59	1.83	2.00	3.00	1.59	1.57	1.60	2.59	3.81
울산	2.78	2.09	3.04	2.82	3.00	1.91	1.88	2.45	5.00	4.44
세종	2.87	2.55	2.79	3.33	2.75	2.34	2.04	2.70	5.11	4.16
경기	1.85	1.49	1.92	2.08	2.01	1.63	1.57	1.77	2.70	2.88
강원	2.44	1.89	2.65	2.71	2.68	1.90	1.64	2.38	4.46	4.62
충북	2.35	1.37	2.38	2.88	2.61	1.74	1.56	2.31	3.07	5.20
충남	2.49	1.93	2.54	2.96	2.39	2.04	1.63	2.33	3.58	4.06
전북	2.15	1.82	2.22	2.61	2.09	1.95	1.69	2.11	3.42	4.25
전남	2.50	2.03	2.75	2.62	2.47	2.17	1.72	2.40	4.50	5.00
경북	2.64	2.24	2.52	2.99	2.54	2.10	1.82	2.52	4.50	5.31
경남	2.73	1.96	3.08	3.13	2.62	2.13	1.80	2.70	4.50	4.17
제주	2.17	1.73	2.22	2.60	2.71	1.69	1.50	2.43	3.10	4.11

<예바타당성조사 수행 총괄지침상의 보상배율 - 기획재정부(2018)>

③ 현 토지 보상 추정 문제점

○ 현재 예비타당성 조사 단계에서 총 사업비를 추정할 경우 보상비를 산정하는 방식 중 가장 많이 사용하는 것이 공시지가에 보상배율을 곱하여 추정하는 방식임. 하지만, 실제 토지 보상비와 예측된 보상비와의 정확도는 많이 떨어지고 있으며, 보상과 관련된 다양한 시스템들이 존재하고 있지만 기관별 토지보상시스템에 산재되어 있는 데이터를 기반으로 보상비 추정 방식을 활용할 수 있는 상황이 아님

○ 따라서, 빅데이터 기반의 보상비 추정을 위해서는 지역현황 정보, 개발수요 정보, 토지이용규제 정보, 개발계획 정보, 개별편익 예측정보 등을 수집하는 것이 우선적으로 시행되어야 하며, 다양한 보상비 예측 기준과 공시지가 등을 병행하여 건설사업정보시스템(CALS)내에 축적된 빅데이터와 연계하게 될 경우 매우 효과적인 보상비추정이 가능할 것으로 보임

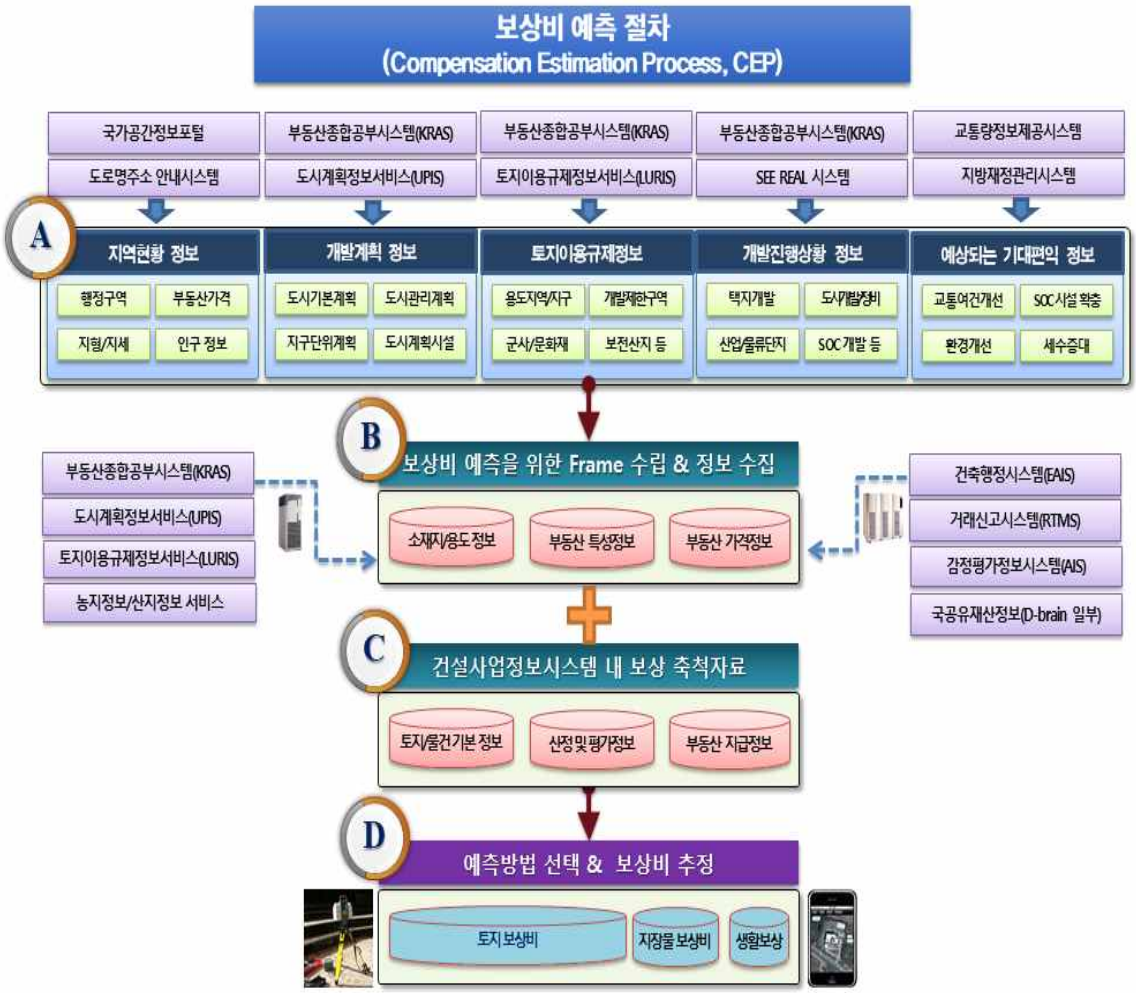
(나) 보상비 추정을 위한 모듈개발

○ 토지보상액 추정 Frame 구성

- 1단계는 사업비 추정을 위한 필요한 정보를 수집하는 단계
- 2단계는 보상비 추정을 위한 기준과 관련 정보를 수집하는 단계
- 3단계는 보상비 추정을 위한 방법을 선택하는 단계
- 4단계는 3단계에서 선택된 방법론을 이용하여 보상비를 추정하는 단계

○ 건설CALS 및 타 시스템 연계 고려 보상비 추정 절차

- 보상비 추정을 위해 타 시스템들과 건설CALS를 접목한 방식의 추정 절차는 다음과 같을 것으로 판단됨



<보상비 추정 프로세스 구성도>

(다) 보상비 추정기술의 법/제도 타당성 검토

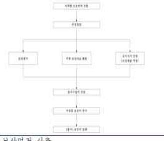
○ <국토교통부 총사업비 조정지침> 제40조에 의거하여 수요예측 재조사의 시행을 요구받은 사업에 대하여 수요예측 재조사의 필요성을 검토한 후 전문성을 갖춘 연구기관 등에 수요예측 재조사를 의뢰할 수 있음

○ 보상비 추정기술의 법규화 가능성

- 보상비 추정기술을 법규화하는 방법은 크게 1) 예비타당성조사 총괄지침에 규정하는 방법 2) 건설공사 타당성조사지침에 규정하는 방법을 검토할 수 있음

현행	개정(안)
제34조(비목별 총사업비 산정원칙)	제34조(비목별 총사업비 산정원칙)
① 공사비라 함은 총사업비 중 보상비와 시설부대경비를 제외한 일체의 경비로서 총사업비관리지침 제61조에 따른다.	① (생략)
② 공사비는 사업유형에 따라 예비타당성조사 단계에서 산출 가능한 수준에서 주요 공종별로 물량과 단가를 구하여 추정하는 것을 원칙으로 한다. 다만 건물 신축사업 등과 같이 공종별 물량집계가 어렵거나 실익이 없는 경우에는 유사사업의 사례, 한국감정원의 「건물신축단가표」의 단가, 전문업체의 자문 등을 통해 추정할 수 있다.	② (생략)
③ 용지보상비는 용지구입비와 지장물보상비로 구분하여 산정하며 예비타당성조사 단계에서는 사업대상지 실사를 통한 엄밀한 보상비 추정이 용이하지 않으므로 조사시점에서 확인이 가능한 선에서 다음 각 호의 방법 중 적용 가능한 방법을 선택하여 적용한다.	③ 용지보상비는 용지구입비와 지장물보상비로 구분하여 산정하며 예비타당성조사 단계에서는 사업대상지 실사를 통한 엄밀한 보상비 추정이 용이하지 않으므로 조사시점에서 확인이 가능한 선에서 다음 각 호의 방법 중 적용 가능한 방법을 선택하여 적용한다.
1. (감정평가에 의한 방법) 감정평가 자료를 사용하며, 필요한 경우 표본감정 적용을 통해 추정한다.	1. (감정평가에 의한 방법) 감정평가 자료를 사용하며, 필요한 경우 표본감정 적용을 통해 추정한다.
2. (주변 보상사례 가격 활용) 보상전례가 있을 경우 이 보상자료를 분석하여 해당 지역에 적용할 보상배율을 추출하여 전체 용지보상비를 산정한다.	2. (주변 보상사례 가격 활용) 보상전례가 있을 경우 이 보상자료를 분석하여 해당 지역에 적용할 보상배율을 추출하여 전체 용지보상비를 산정한다.
3. (보상배율 적용방법) 공시지가에 [별표 1]의 지역별·지목별 보상배율을 적용하여 산출하되, 사업현장 여건에 따라 지장물보상비를 추가하여 전체 용지보상비를 산정한다.	3. (보상배율 적용방법) 공시지가에 [별표 1]의 지역별·지목별 보상배율을 적용하여 산출하되, 사업현장 여건에 따라 지장물보상비를 추가하여 전체 용지보상비를 산정한다.
	4. (보상비 예측시스템 활용) 보상비 예측시스템을 통해 용지보상비와 지장물보상비를 산정한다. 이를 위해 필요한 경우 전문성을 갖춘 전문기관에 의뢰할 수 있다.

<예비타당성조사 총괄지침> 개정(안)>

현행	개정(안)
4. 보상비 가. 용지보상비는 용지구입비와 지장물보상비를 포함하는 비용을 의미한다. 용지 보상비 추정과정은 지목별 소요면적을 산출하고 추정방법을 선정한 후 이를 이용하여 지목별 용지구입비를 추정한다.	4. 보상비 가. 용지보상비는 용지구입비와 지장물보상비를 포함하는 비용을 의미한다. ~~용지 보상비 추정과정은 지목별 소요면적을 산출하고 추정방법을 선정한 후 이를 이용하여 지목별 용지구입비를 추정한다.~~(삭제)
나. 보상비 추정은 아래와 같다. 	나. (삭제)
다. 보상면적 산출 1) 용지보상면적은 수치지형도를 이용하여 구체적인 물량을 산출하는 방법과 일반지형도를 이용하는 두 가지 방법으로 산출한다. 2) 수치지형도를 이용한 전산화 작업의 경우 전산설계 프로그램이 제공하는 총 편입면적을 세분화하여 산정한다.	나. 보상대상 필지 및 보상면적 산출 1) 용지보상 필지와 면적은 수치지형도 혹은 일반지형도를 이용하여 산출한다. 2) 수치지형도를 이용한 전산화 작업의 경우 전산설계 프로그램이 제공하는 총 편입면적을 세분화하여 산정한다.
라. 용지구입비 산출 1) 감정평가 방법 ① 감정평가 방법으로 용지보상비를 추정하는 경우 사업지구 내 편입되는 토지와 지장물 중 지목이나 용도지역 등 개별물건의 특성을 고려하여 대표적인 유형에 대해 랜덤하게 표본을 추출하고(약 10%이내), 이를 기초로 전체 용지보상비를 추정한다. ② 사업시행자는 제1항에 따른 표본의 보상비 산정은 「부동산 가격공시 및 감정평가에 관한 법률」 제2조제9호에 따른 감정평가업자에게 의뢰하여야 한다. 2) 보상자료 활용방법 보상자료 활용방법은 사업지 주변에서 기존에 실시한 보상 전례가 있다면 이를 제출토록 하고, 이 보상자료를 분석하여 해당지역에 적용할 보상배율을 추출하는 방법이다.	다. 용지구입비 산출 1) 감정평가 방법 ① 감정평가 방법으로 용지보상비를 추정하는 경우 사업지구 내 편입되는 토지와 지장물 중 지목이나 용도지역 등 개별물건의 특성을 고려하여 대표적인 유형에 대해 랜덤하게 표본을 추출하고(약 10%이내), 이를 기초로 전체 용지보상비를 추정한다. ② 사업시행자는 제1항에 따른 표본의 보상비 산정은 「감정평가 및 감정평가에 관한 법률」에 따른 감정평가법인등에게 의뢰하여야 한다. 2) 보상자료 활용방법 보상자료 활용방법은 사업지 주변에서 기존에 실시한 보상 전례가 있다면 이를 제출토록 하고, 이 보상자료를 분석하여 해당지역에 적용할 보상배율을 추출하는 방법이다.
3) 보상배율 적용방법 ① 감정평가 자료 및 사업지 주변에 기 보상자료가 있거나 자료로서 가치가 있는 경우에는 표준적 보상배율을 적용한다. 이때 보상배율은 사업지 내 또는 인근의 지목별 표준지 공시지가를 적용한다. ② 지역은 수도권과 수도권 외로 구분한 다음 각각을 다시 시부와 군부로 구분한다. 지목은 전, 답, 대지, 임야로 구분하며 공장용지, 창고용지는 대지에 포함하고 목장용지와 과수원은 전에 포함한다. ③ 용지보상비는 다음표와 같이 전, 답, 임야, 대지, 기타 국공유지(하천 등)를 개략적으로 구분하여 토지 용도별 면적과 공시지가조사표를 작성한다.	3) 보상배율 적용방법 ① 감정평가 자료 및 사업지 주변 보상평가 전례가 있거나 자료로서 가치가 없는 경우, 『예비타당성조사 총괄지침』 별표1의 보상배율을 적용한다. ② (삭제) ③ 다만, 개별 토지의 공시지가를 알 수 없는 경우에는 법정동리 단위 토지용도별 면적과 평균공시지가에 보상배율을 적용한다. 4) 보상비 예측시스템 활용방법 ① 보상비 예측시스템을 이용하여 용지구입비를 산정한다. ② 필요한 경우 보상비 예측을 전문기관에 의뢰할 수 있다.
마. 지장물보상비 등 추가 1) 지장물보상비는 용지구입비의 10~20% 수준으로 하되, 사업여건에 따라 조정한다. 2) 지하보상비 추정 ① 사업의 특성상 지하구간을 통과하는 노선으로 계획되는 경우가 많이 발생하고 있다. 지하부분의 토지사용에 대한 보상비는 해당 지방자치단체의 조례 또는 타 지방자치단체의 조례를 참고하여 보상 규모를 책정한다.	마. 지장물보상비 등 추가 1) 지장물보상비는 용지구입비의 10~15% 수준으로 하되, 사업유형, 사업규모 등에 따라 조정한다. 2) 지하보상비 추정 ① (생략)

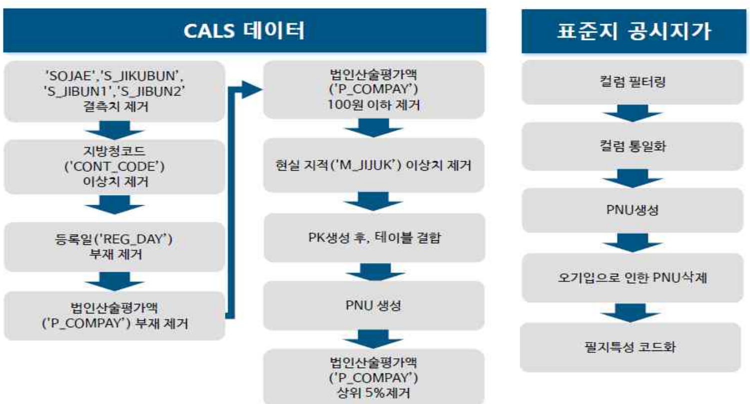
<건설공사 타당성 조사지침> 별표 1 건설공사 분양별 타당성 조사 개정(안)

(라) 데이터 활용

○ 현 건설CALS시스템은 2008년부터 구축되어 데이터가 축적되고 있는 상황으로 보상비 추정서비스 기술을 위해 사용되는 내부데이터로는 2008년부터 2018년까지 누적된 전국 건설CALS 데이터를 바탕으로 활용하였고 외부데이터로 2012년부터 2018년까지 전국 표준지 공시지가와 개별공시지가 데이터를 활용함

① 데이터 전처리 작업

○ 데이터를 사용하기에 앞서 모델의 정확도를 높이기 위해서는 반드시 데이터 전처리 작업이 필요하며, 건설CALS 내부데이터와 표준지 공시지가 외부데이터에 대한 전처리 작업을 아래 그림과 같이 진행함



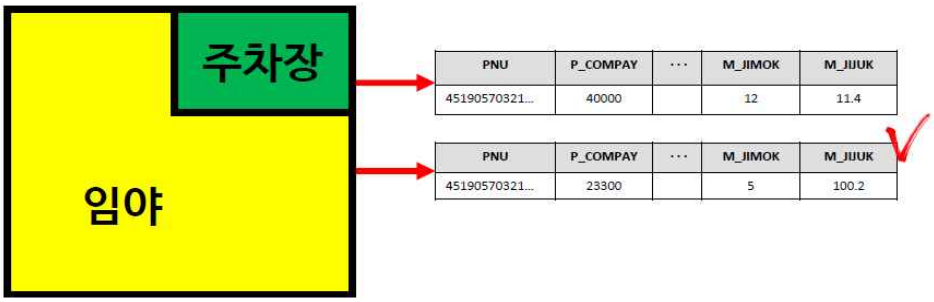
<보상비 추정을 위한 내/외부 데이터 전처리 작업>

② 중복필지 제거

○ 데이터 전처리 작업 이후, 보상비 추정 모델의 고도화를 위해 중복 필지에 대한 제거 작업을 따로 진행함

- 기존 데이터 내에서 한 필지 내에 현실 지목이 2개 이상일 경우, 각각의 현실 지목에 따라 보상비가 다르게 예측되는 현상을 줄이기 위해 반드시 필요한 작업임
- 이에, 현실 지목에 대한 필지의 경우, 필지 내에 많은 면적을 차지하는 현실 지목을 주지목이라 정의하고 이에 대한 산술평가액을 해당 필지의 보상액으로 선정함

○ 아래 그림 예시와 같이, 한 필지 내에 현실 지목이 주차장, 임야로 설정되어 있지만 보상비 측정이 다르게 설정될 수 밖에 없기 때문에 해당 필지 내에서 주 지목으로 확인되는 임야에 대한 지목을 실제 보상액(법인산술평가액)으로 정함



〈중복 필지 제거를 위한 현실 지목 적용 (예시)〉

③ 비교표준지 선정 모듈

○ 행정동별 표준지 평균 값보다는 실제 보상비와 연관성이 높은 표준지를 선정하는 것이 보상비 추정의 고도화를 위해 반드시 필요함

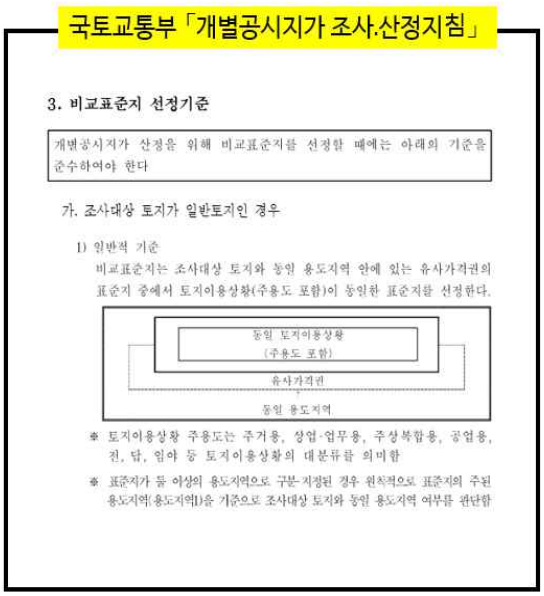
- 따라서, 아래 국토교통부<개별공시지가 조사 및 산정지침>에 의거하여 표준지의 기준을 용도지역 또는 이용상황이 동일 여부를 판단 후 필지의 유사도를 통해 표준지 선택이 적용되야 함

○ 더불어, 당 토지 보상비 추정 개발 기술의 고도화를 위해 국토교통부의 지침에 의거한 비교표준지에 대한 선정 흐름을 통해 모듈을 비교표준지 선정 개발하였음

- 비교 표준지 선정 프로세스는 아래와 같음
  - 비교표준지 선정을 위해 해당 필지가 속한 행정동을 선택함
  - 확인된 해당 행정동 내의 표준 특성과 공시지가 가격을 가져옴
  - 대상 필지와 용도지역, 그리고 토지이용상황이 동일한 표준지만 선별

- 선별된 표준지 중에서 7가지 토지특성(지목, 이용상황, 용도지역1, 도로교통, 형상명, 지세명, 대지구분)을 기준으로 각 특성이 동일할 경우 1점, 그렇지 않을 경우 0점으로 점수화 함
- 총 합산된 점수를 토대로 점수 컬럼에 넣어줌
- 점수가 가장 높은 표준지를 비교 표준지로 선정함
- 비교표준지의 공시지가를 추정 모델에 적용하기 위해 전체 DB내의 한 개의 변수로 지정함

※ 만약, 행정동 내에 비교표준지가 없을 경우, 시/군/구 단위로 넘어가 같은 작업을 반복하여 비교표준지를 선정함


국토교통부「개별공시지가 조사.산정지침」

3. 비교표준지 선정기준

개별공시지가 산정을 위해 비교표준지를 선정할 때에는 아래의 기준을 준수하여야 한다

가. 조사대상 토지가 일반토지인 경우

1) 일반적 기준

비교표준지는 조사대상 토지와 동일 용도지역 안에 있는 유사가격권의 표준지 중에서 토지이용상황(주용도 포함)이 동일한 표준지를 선정한다.

동일 토지이용상황 (주용도 포함)

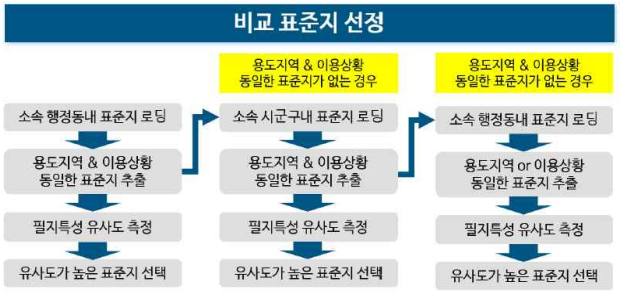
유사가격권

동일 용도지역

※ 토지이용상황 주용도는 주거용, 상업·업무용, 주상복합용, 공업용, 전, 답, 임야 등 토지이용상황의 대분류를 의미함

※ 표준지가 둘 이상의 용도지역으로 구분·지정된 경우 원칙적으로 표준지의 주된 용도지역(용도지역1)을 기준으로 조사대상 토지와 동일 용도지역 여부를 판단함

<국토교통부 <개별공시지가 조사 및 산정지침>>



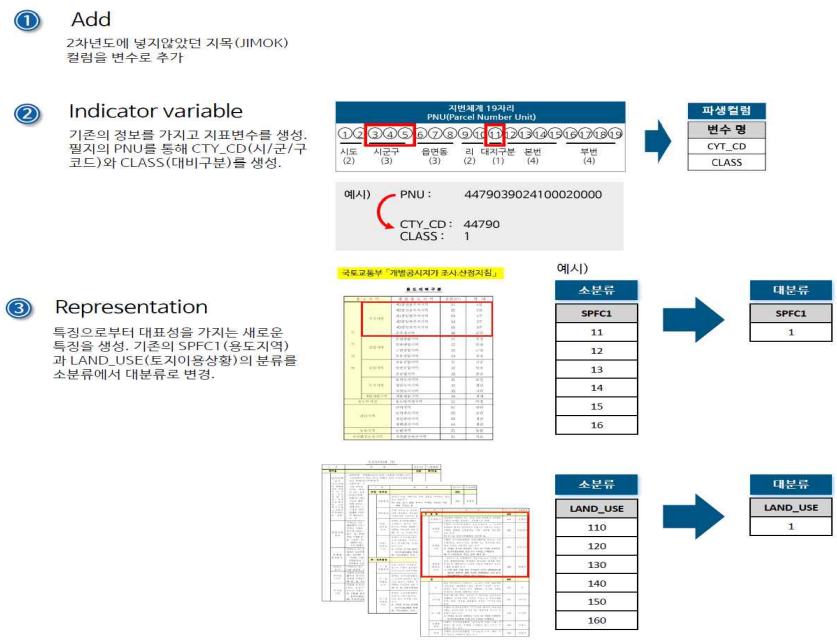
<비교 표준지 선정 흐름도>

<비교 표준지 선정 모듈 (전북 남원지역) 예시>

④ Feature Engineering

○ 모델 고도화를 위해 기존 변수 중 활용 가치가 높은 변수를 선택하여 파생 변수를 생성

- 기존에 선택하지 않았던 지목에 대한 변수를 추가로 지정하고 이에 기존 정보를 가지고 지표 변수 (필지 내 19가지 PNU 코드)를 확인하고 이를 기반으로 시/군/구 코드 (CYT_CD)와 대비 (CLASS) 코드를 생성함
- 더불어, 기존의 SPFC1(용도지역)과 LAND_USE(토지이용상황)의 분류를 소분류에서 대분류로 변경함으로서 기존에 활용되었지만 보다 정확한 분류체계를 통해 모델의 고도화가 가능해짐
- 아래 그림을 통해 특징 추출(기존에 선택되지 않은 변수를 기반으로 파생변수 및 선택된 변수에 대한 변수 변형)에 대한 예시를 보여줌

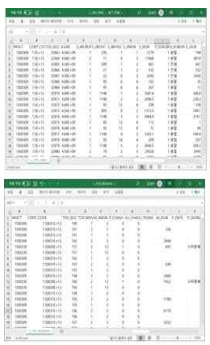


<Feature Generation 적용 예시>

⑤ 최종 데이터 셋 구성

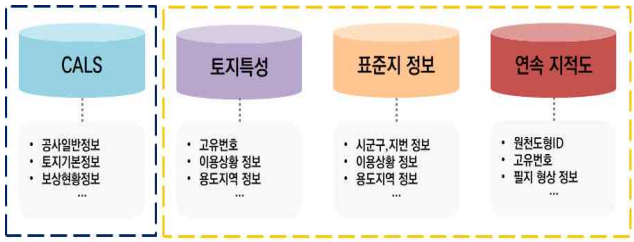
○ 앞서 제시된 (1) 데이터 전처리 작업, (2) 중복 필지 제거, (3) 비교 표준지 선정 모듈, (4) Feature Engineering 을 토대로 보상비 추정 모델에 활용된 최종 데이터를 아래 그림과 같이 선별하였음

- 즉, 해당 토지 보상비 추정 모델 개발을 위해 앞서 설명한 데이터 영역에서 총 12개의 변수를 활용함
- 건설CALS 내부 데이터와 공시지가 토지특성과 표준지 공시지가, 더불어 GIS 기반의 시각화 서비스 프로그램을 적용하기 위해 사용되는 연속지적도 자료는 외부데이터로 분류하여 당 보상비 추정 서비스 기술 개발에 활용되었음



변수명	의미	Type
P_COMPAY	법인산술평가액	Numeric
PL_PAY	비교표준지 공시지가	Numeric
RATIO	기준년도 포함 3개년의 지가변동률 평균	Numeric
CTY_CD	시/군/구 코드	Numeric
CLASS	대지 구분	Factor
JIMOK	지목	Factor
SPFC1_MAIN	용도지역(대)	Factor
LAND_USE_MAIN	토지이용상황(대)	Factor
GEO_HL	지형고저	Factor
GEO_FORM	지형형상	Factor
ROAD_SIDE	도로접면	Factor
CALS_YEAR	기준년도	Factor

<보상비 추정 모델을 위한 최종 데이터 활용 셋>



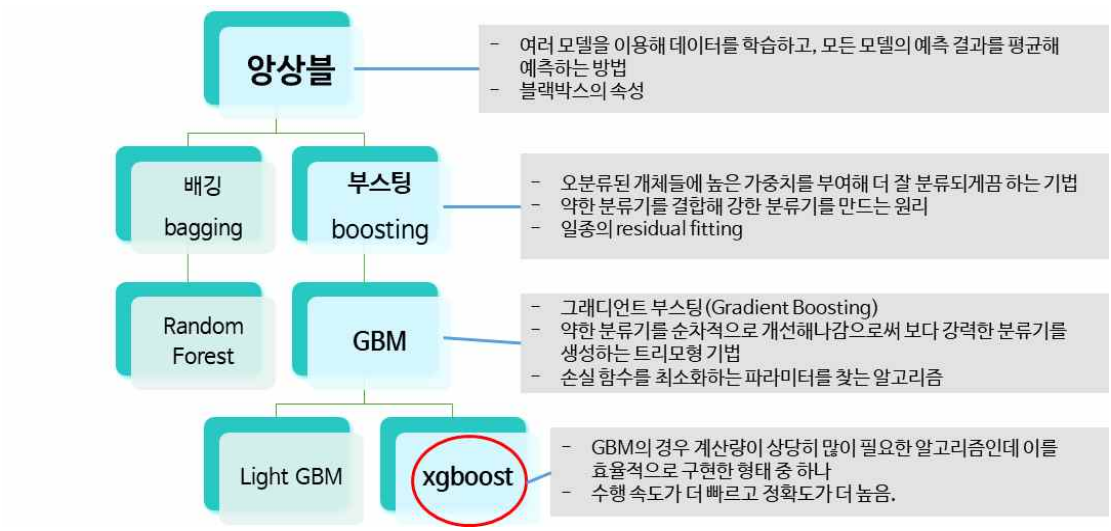
데이터이름	관리기관	제공기간	사용기간	출처	비고
CALS	국토교통부	2007~	2012~	내부DB	내부데이터
공시지가 토지특성	국토교통부	2012~	2012~	http://data.nsdi.go.kr/dataset/12612	공공데이터
표준지 공시지가	국토교통부	1996~	2008~	https://www.data.go.kr/data/15004246/fileData.do	공공데이터
연속지적도형 정보	국토교통부	2015~	2015~	http://openapi.nsdi.go.kr/nsdi/eios/ServiceDetail.do?svcSe=F&svcId=F002	공공데이터

<보상비 추정 기술 개발 (활용 데이터)>

(마) 보상비 추정 알고리즘 개발

① 보상비 추정을 위한 Xgboost 알고리즘 활용

○ 보상비 추정 알고리즘 개발을 위해 기존 선형 모델 또는 의사결정나무 (Tree) 기반의 모델상 과적합 오류를 제거할 경우 매우 유용한 알고리즘으로 Decision Tree 기반의 Xgboost 알고리즘을 데이터 분석 방법론으로 토지 보상비 추정 모델 개발에 활용함



<앙상블 분류 및 Xgboost 알고리즘 설명>

② 통합 데이터 기반 Xgboost 알고리즘 학습

○ 해당 알고리즘 개발을 위한 모델 구축에 활용된 3가지 영역의 데이터를 시간적 범위는 2012년부터 2018년까지이며, 공간적 범위는 전국 전체 필지임

- 더불어, 해당 모델을 구축하기 위해 전체 데이터 32,216개에서 7:3의 비율로 Training 데이터와 Test 데이터로 분리하여 모델을 개발 적용함

③ 하이퍼파라미터 (Hyperparameter) 튜닝

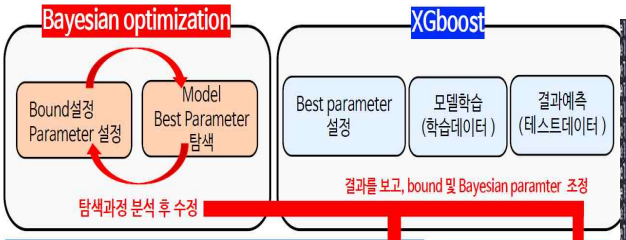
○ 본 모델의 고도화를 위해서 Xgboost 알고리즘에 적용되는 파라미터의 최적화 작업이 반드시 필요함, 따라서, 하이퍼파라미터(Hyperparameter) 튜닝 기법을 통해 최적화된 알고리즘의 설정값을 탐색함

- 하이퍼파라미터 튜닝 방식 중 Grid search와 Bayesian Optimazation 등이 있음, 그 중 Grid search 기법은 하이퍼파리미터를 찾기까지 많은 시간이 걸리며 사용자가 지정한 설정값 이외에 다른 설정값은 찾을 수 없는 단점이 있음

○ 하이퍼파라미터 방식의 Bayesian Optimzation Parameter을 통해 활용하여 모델의 최적화된

파라미터 범위를 정함 (subsample, colsaple_bytree, max_depth, min_child_weight, eta)

- 베이지안 최적화 방식을 통해 하이퍼파라미터 튜닝 결과, 탐색된 파라미터 값 (Subsample (1.0), Colsample_bytree (0.4485), max_depth (10.0), min_child_weight (7.0), eta (0.3397))을 확인함

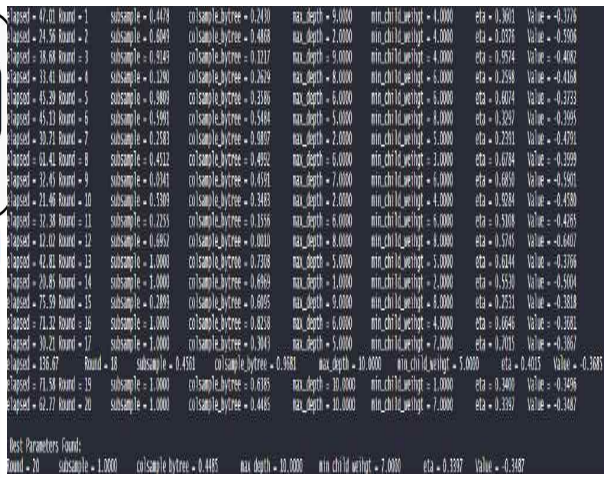


Bayesian Optimization parameter

parameter	meaning	value
init_grid_dt	User specified points to sample the target function	Null
init_points	Number of randomly chosen points to sample the target function	10
n_iter	Total number of times the Bayesian Optimization is to repeated	10
acq	Acquisition function type to be used	ei, ucb
kappa	Tunable parameter kappa of GP Upper Confidence Bound	5
eps	Tunable parameter epsilon of Expected Improvement and Probability of Improvement	0
score	To select the best parameters (User settings)	Mean rmse

Model bound

Parameter	Bound
subsample	(0.001, 1)
colsample_bytree	(0.001,1)
max_depth	(9L, 10L)
Min_child_weight	(6L, 8L)
eta	(0.001,0.999)



<Bayesian Optimization 기반의 파라미터 범위 적용> <Bayesian Optimization 하이퍼파라미터 튜닝 결과값>

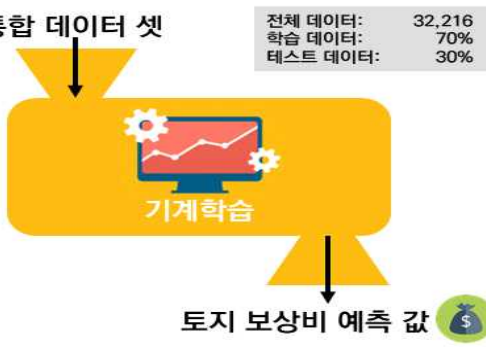
④ Xgboost 알고리즘 기반 보상비 추정 기술 개발 결과

○ 앞서 탐색된 최적의 파라미터를 모델에 적용하여 실제 값과 예측된 값과의 오차율을 확인하기 위해 MAPE(Mean Absolute Percentage Error)와 RMSD(Root Mean Square Deviation)을 통해 확인함

- 분석 결과, 개발한 Xgboost 알고리즘 기반의 토지 보상비 추정 모델의 MAPE는 0.195608 (19.56%)로 종속변수인 실제 법인평가산술평가액의 값과 예측 값의 오차율은 19.56%이며, RMSE(Root Mean Square Error)는 19,903.5원으로 법인평가산술평가액과의 평균 오차값이 약 19,905원 차이 나는 것으로 확인함

통합 데이터 셋

데이터명	데이터 의미 (형태)	Type	구분
P_COMPAY	법인산술평가액	Numeric	종속변수
PL_PAY	비교표준지 공시지가	Numeric	독립변수
RATIO	기준년도 3개년 지가 변동률 평균	Numeric	독립변수
CALS_YEAR	기준년도	Factor	독립변수
CTY_CD	시/군/구 코드	Factor	독립변수
JIMOK	지목	Factor	독립변수
GEO_HL	지형 고저	Factor	독립변수
GEO_FORM	지형 형상	Factor	독립변수
ROAD_SIDE	도로 접면	Factor	독립변수
SPFC1_MAIN	용도지역 대분류	Factor	독립변수
LAND_USE_MAIN	이용상황 대분류	Factor	독립변수
CLASS	대지구분	Factor	독립변수



오차 기준	값
RMSE	19903.5(원)
MAPE	19.5(%)

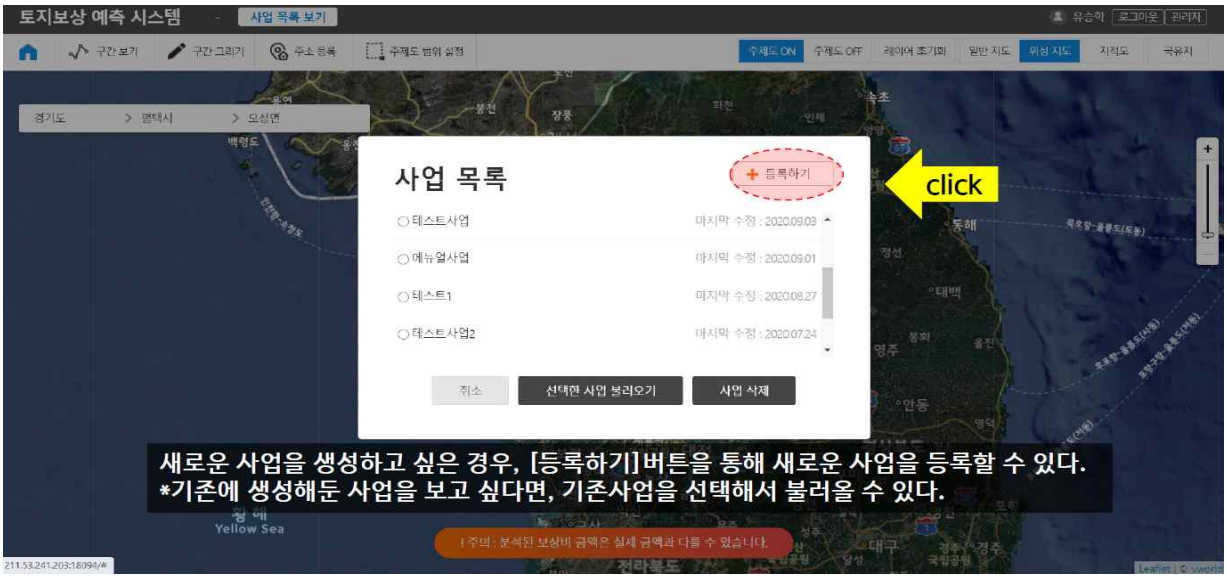
<통합 데이터 기반 모델 분석 결과값>

(바) 보상비 추정 시각화 기술

○ GIS기반 보상비추정시스템 실용화를 위해 UI 설계를 진행하였고, 시스템의 기본 적용 단위로는 사업정보를 등록하고 이를 기반으로 사업>구간>도로 순서 설정을 통해 시스템 진행됨

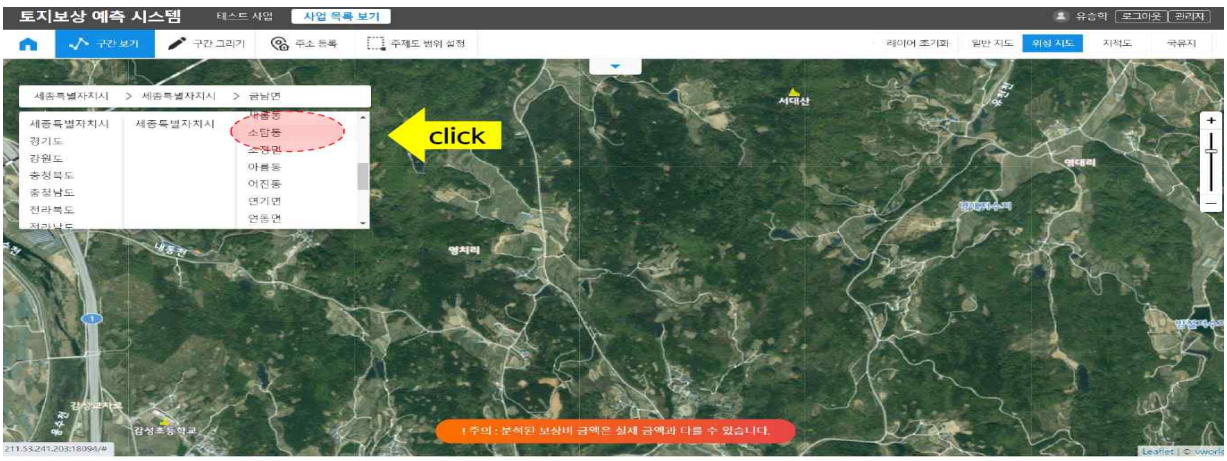
○ 사업등록 : 새로운 사업을 진행하는 경우, 박스 우측상단에 [등록하기] 버튼을 통해 사업 등록이 가능

- 기존사업을 조회하거나 수정하는 경우 목록에서 조회하고자 하는 사업을 선택하고 [선택한 사업 불러오기]를 누르면 해당 사업을 불러올 수 있음



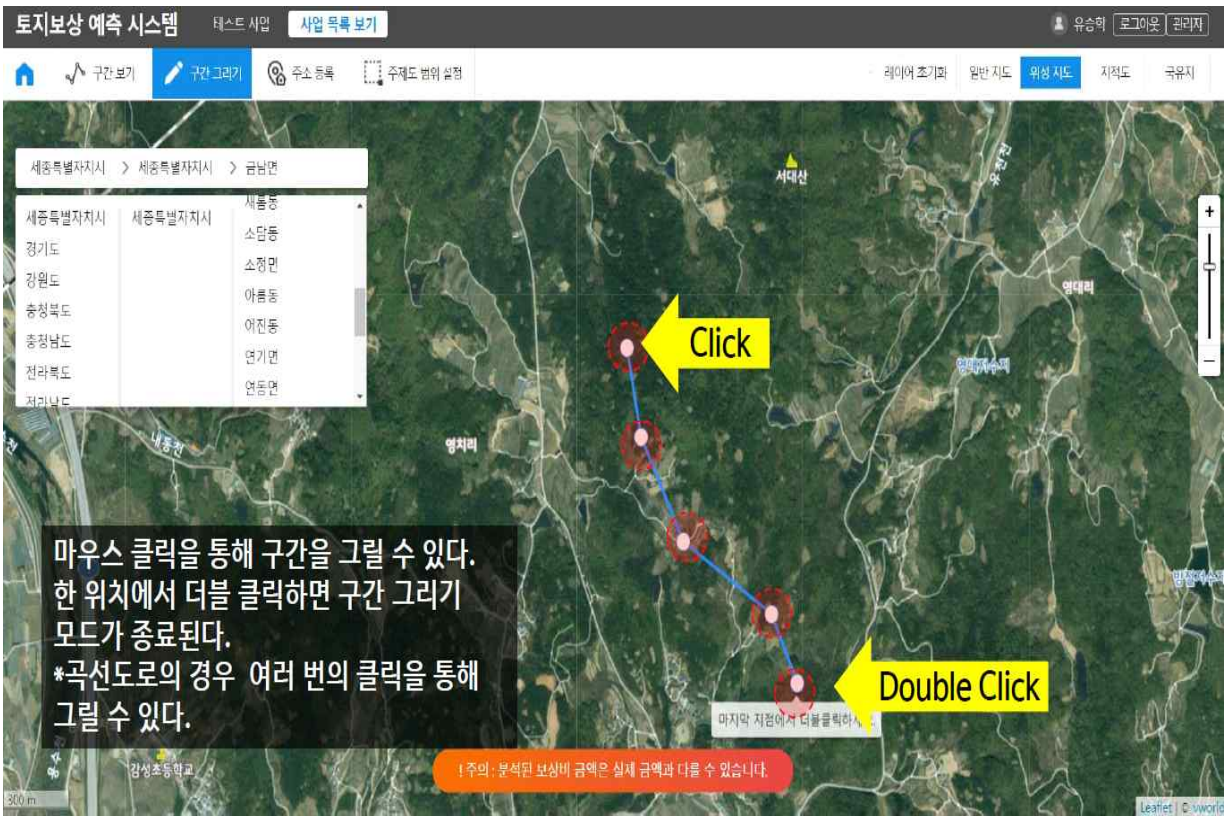
<보상비 추정 적용 사업 목록 보기 및 사업 추가 생성>

○ 위치 이동 : 지도상 도로를 건설한 지역으로 이동하기 위해서는 상단의 바를 이용하여 특정 법정동을 이동하거나 지도상 원하는 위치로 클릭을 통해 이동 가능



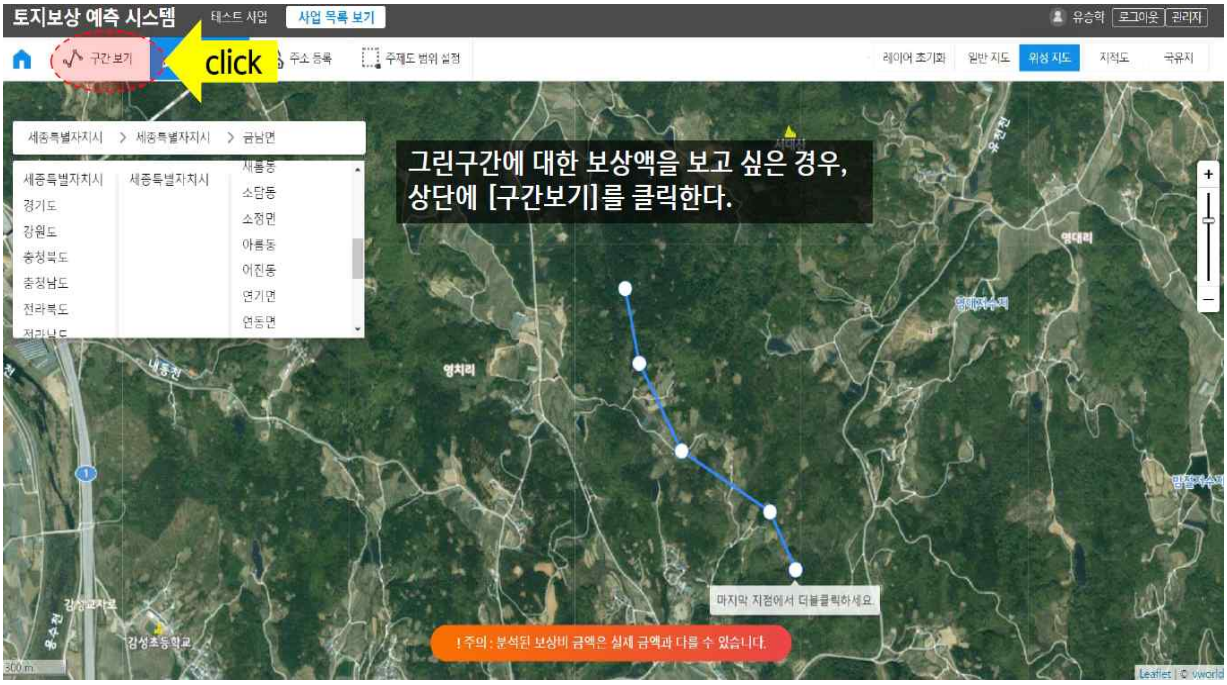
<보상비 추정 적용 사업 위치 이동>

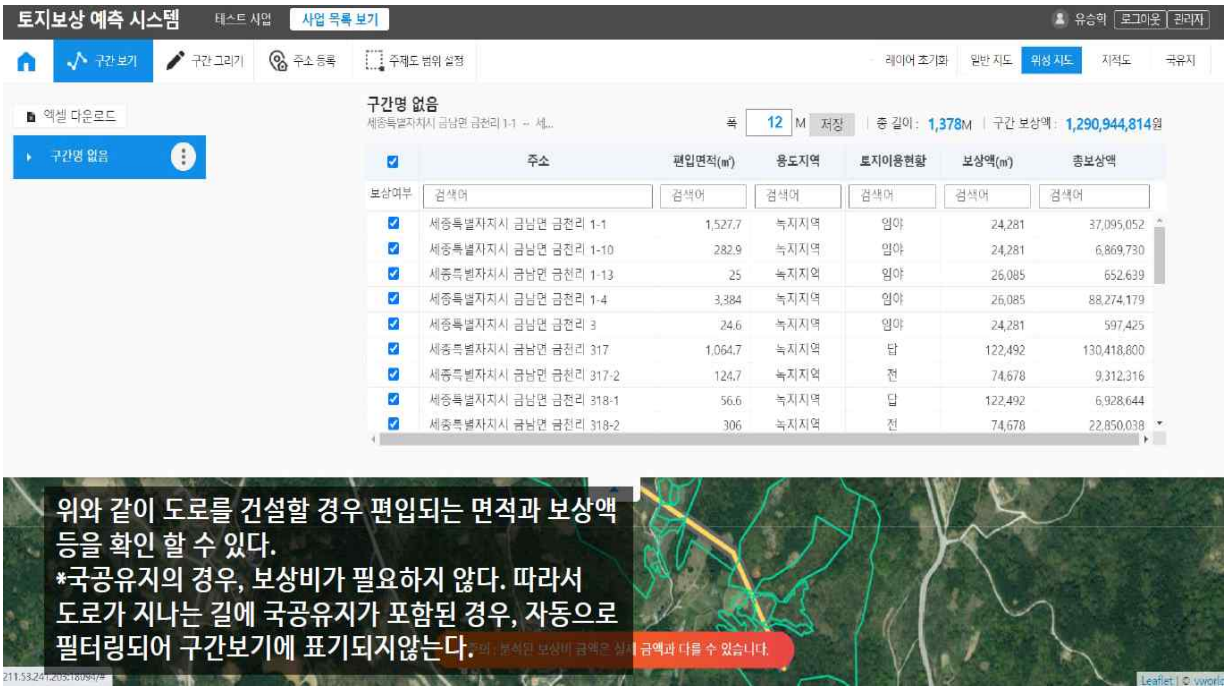
○ 구간 그리기 : 건설하려는 도로를 그릴 수 있는 기능으로 클릭을 통해 다양한 도로를 자유롭게 그릴수 있음

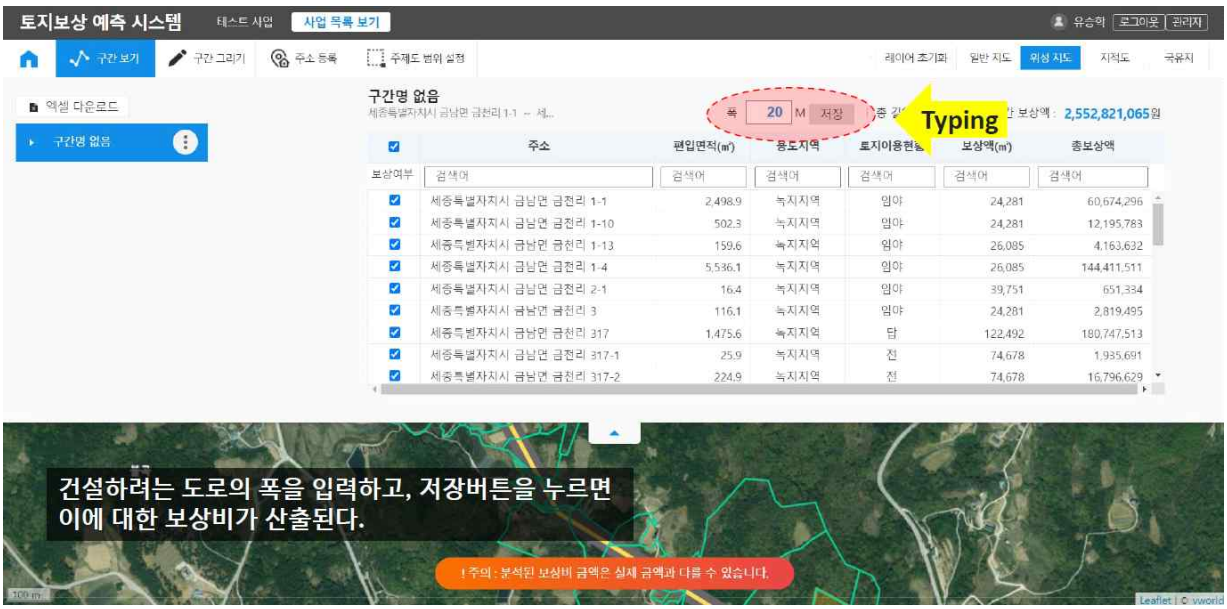


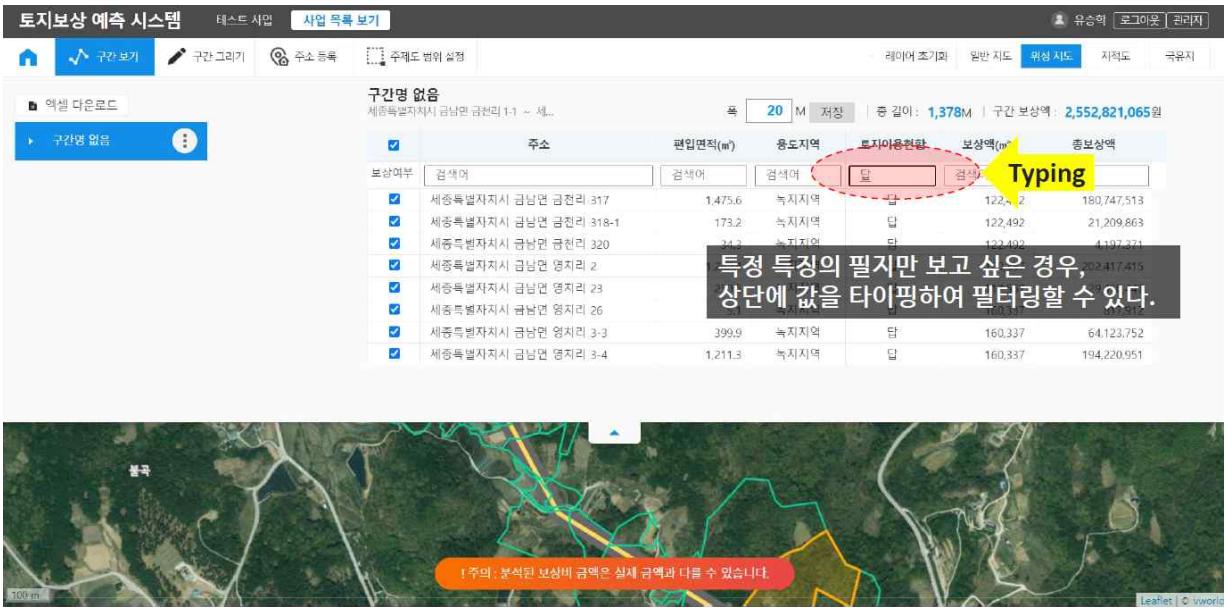
<구간 그리기>

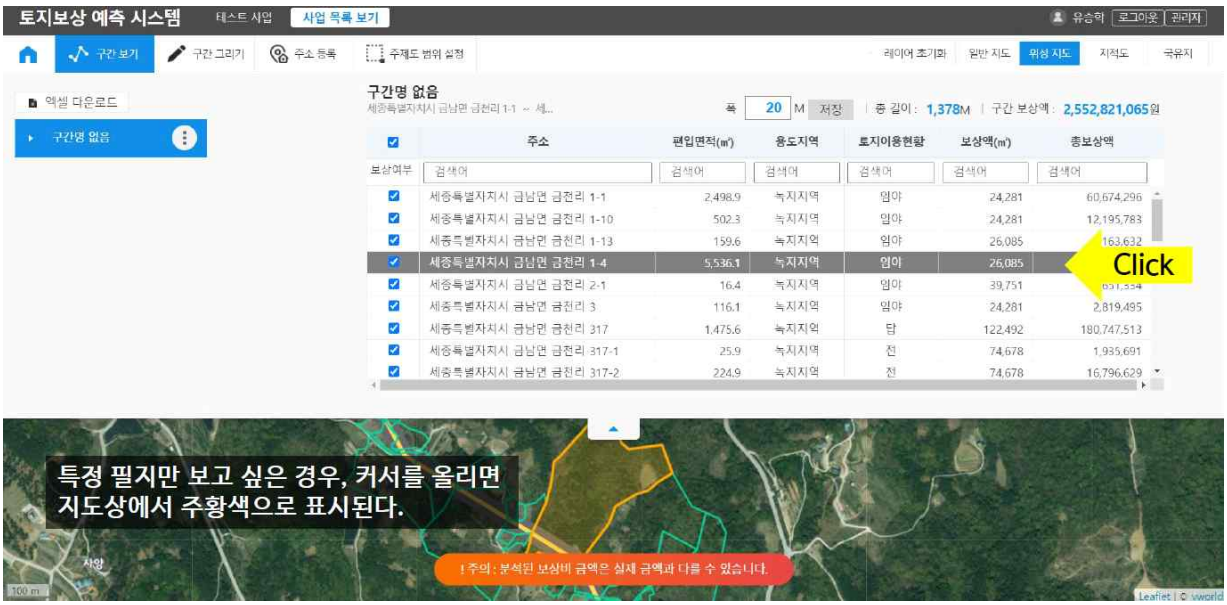
○ 구간 보기 : 사용자가 그린 구간의 보상비를 확인할 수 있는 기능으로 그린 구간이 지나가는 필지의 정보와 추정되는 보상비를 볼 수 있음

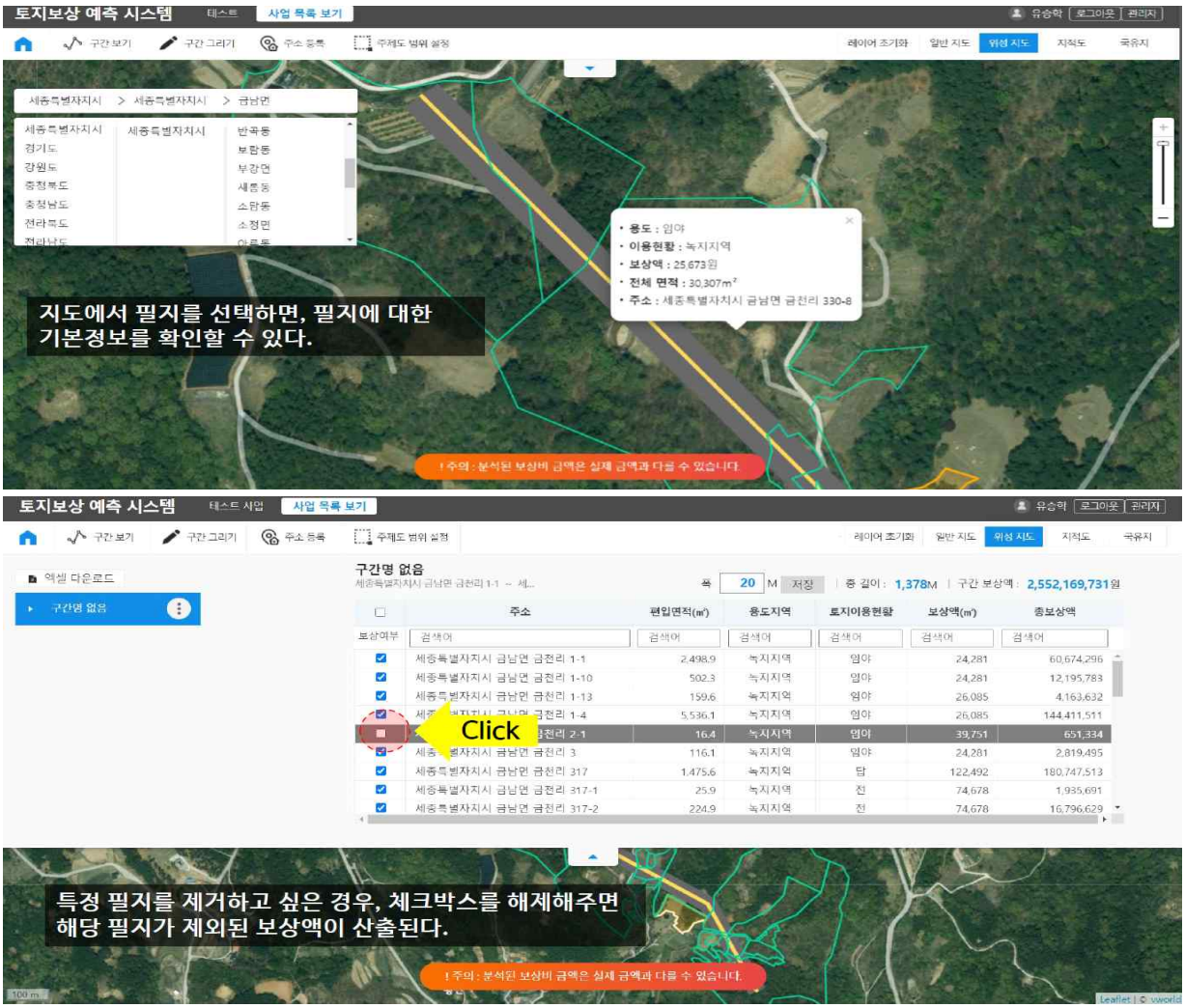





토지보상 예측 시스템
테스트 사업
사업 목록 보기
유승혁 로그아웃 관리자
구간 보기
구간 그리기
주소 등록
주제도 범위 설정
레이어 초기화
일반 지도
위성 지도
지적도
국유지
엑셀 다운로드
구간명 없음
구간명 없음
세종특별자치시 금남면 금천리 1-1 ~ 세...
폭 20 M 저장
Typing
2,552,821,065원
주소
편입면적(㎡)
용도지역
토지이용현황
보상액(㎡)
총보상액
보상여부
검색어
세종특별자치시 금남면 금천리 1-1 2,498.9 녹지지역 임야 24,281 60,674,296
세종특별자치시 금남면 금천리 1-10 502.3 녹지지역 임야 24,281 12,195,783
세종특별자치시 금남면 금천리 1-13 159.6 녹지지역 임야 26,085 4,163,632
세종특별자치시 금남면 금천리 1-4 5,536.1 녹지지역 임야 26,085 144,411,511
세종특별자치시 금남면 금천리 2-1 16.4 녹지지역 임야 39,751 651,334
세종특별자치시 금남면 금천리 3 116.1 녹지지역 임야 24,281 2,819,495
세종특별자치시 금남면 금천리 317 1,475.6 녹지지역 답 122,492 180,747,513
세종특별자치시 금남면 금천리 317-1 25.9 녹지지역 전 74,678 1,935,691
세종특별자치시 금남면 금천리 317-2 224.9 녹지지역 전 74,678 16,796,629
건설하려는 도로의 폭을 입력하고, 저장버튼을 누르면
이에 대한 보상비가 산출된다.
! 주의 : 분석된 보상비 금액은 실제 금액과 다를 수 있습니다.


토지보상 예측 시스템
테스트 사업
사업 목록 보기
유승혁 로그아웃 관리자
구간 보기
구간 그리기
주소 등록
주제도 범위 설정
레이어 초기화
일반 지도
위성 지도
지적도
국유지
엑셀 다운로드
구간명 없음
구간명 없음
세종특별자치시 금남면 금천리 1-1 ~ 세...
폭 20 M 저장
총 길이 : 1,378M
구간 보상액 : 2,552,821,065원
주소
편입면적(㎡)
용도지역
토지이용현황
보상액(㎡)
총보상액
보상여부
검색어
답
Typing
세종특별자치시 금남면 금천리 317 1,475.6 녹지지역 답 122,492 180,747,513
세종특별자치시 금남면 금천리 318-1 173.2 녹지지역 답 122,492 21,209,863
세종특별자치시 금남면 영치리 2
세종특별자치시 금남면 영치리 23
세종특별자치시 금남면 영치리 26
세종특별자치시 금남면 영치리 3-3 399.9 녹지지역 답 160,337 64,123,752
세종특별자치시 금남면 영치리 3-4 1,211.3 녹지지역 답 160,337 194,220,951
특정 특징의 필지만 보고 싶은 경우,
상단에 값을 타이핑하여 필터링할 수 있다.
! 주의 : 분석된 보상비 금액은 실제 금액과 다를 수 있습니다.


토지보상 예측 시스템
테스트 사업
사업 목록 보기
유승혁 로그아웃 관리자
구간 보기
구간 그리기
주소 등록
주제도 범위 설정
레이어 초기화
일반 지도
위성 지도
지적도
국유지
엑셀 다운로드
구간명 없음
구간명 없음
세종특별자치시 금남면 금천리 1-1 ~ 세...
폭 20 M 저장
총 길이 : 1,378M
구간 보상액 : 2,552,821,065원
주소
편입면적(㎡)
용도지역
토지이용현황
보상액(㎡)
총보상액
보상여부
검색어
세종특별자치시 금남면 금천리 1-1 2,498.9 녹지지역 임야 24,281 60,674,296
세종특별자치시 금남면 금천리 1-10 502.3 녹지지역 임야 24,281 12,195,783
세종특별자치시 금남면 금천리 1-13 159.6 녹지지역 임야 26,085
세종특별자치시 금남면 금천리 1-4 5,536.1 녹지지역 임야 26,085
Click
세종특별자치시 금남면 금천리 2-1 16.4 녹지지역 임야 39,751
세종특별자치시 금남면 금천리 3 116.1 녹지지역 임야 24,281 2,819,495
세종특별자치시 금남면 금천리 317 1,475.6 녹지지역 답 122,492 180,747,513
세종특별자치시 금남면 금천리 317-1 25.9 녹지지역 전 74,678 1,935,691
세종특별자치시 금남면 금천리 317-2 224.9 녹지지역 전 74,678 16,796,629
특정 필지만 보고 싶은 경우, 커서를 올리면
지도상에서 주황색으로 표시된다.
! 주의 : 분석된 보상비 금액은 실제 금액과 다를 수 있습니다.



<구간 보기>

(사) 테스트베드 구축계획

① 테스트베드 목표

○ 개발된 토지 보상비 추정기술은 향후 도로사업 등 대규모 SOC사업시 예비타당성 조사를 시행함에 있어 초기 기획 자료로 활용될 것으로 예상됨

- 기존에 축적된 건설CALS 시스템의 토지 보상자료와 토지특성 및 표준지 외부자료를 근간으로 빅데이터 기반의 보상비 추정 서비스 기술 개발을 개발함에 따라 보다 구체적이고 신뢰성 있는 보상비 추정이 가능할 것으로 보임

○ 토지 보상 추정 시스템의 테스트베드 적용성 검증 및 완성도 향상

- 연구 성과물을 테스트베드에 적용함으로써 발생 할 수 있는 보완사항을 조기 도출하고, 이를 개선하여 테스트베드 적용성을 검증토록 추진

- 연구 성과물의 테스트베드 적용에 걸림돌이 되는 이상치 데이터 및 오차율을 도출하고, 시스템 고도화를 통해 완성도를 향상토록 추진

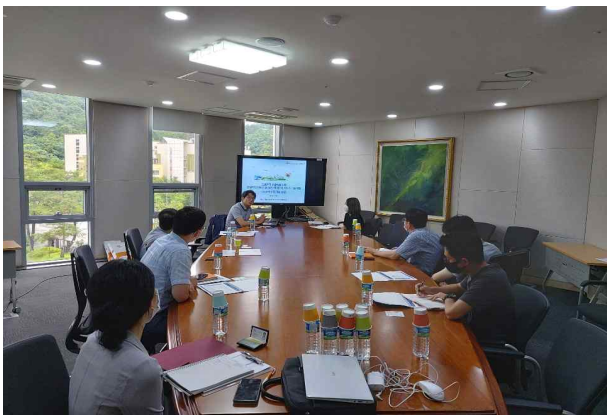
② 테스트베드 대상지 선정

○ 토지보상비 추정모델을 기반으로 개발된 토지보상추정시스템 테스트베드 대상지 선정에 앞서, 개발된 토지보상 추정시스템의 추가 반영에 필요한 의견수렴 및 시스템 필요성을 반드시 확인해야 함

- 이에 따라, 20년 7월, 한국개발연구원과 대전지방국토관리청의 이해관계자와의 회의를 통해 토지보상 추정 시스템의 추가 개선 항목이 필요한지에 대한 의견수렴과 함께 기존 보상 시스템이 가지고 있는 문제점을 당 시스템을 통해 해결할 수 있는지를 확인함

○ 한국개발연구원(KDI) 공공투자관리센터 (의견수렴)

- 개발된 시스템 내에 국가 공유지 표시 및 도로 폭, 곡선도로, 영역지정, 건축물 선택 뿐만 아니라 도로 고도 등에 따른 보상 시스템 적용 필요
- 토지 보상비를 추정하는 시점에 있어, 미래 추정시점으로 보상비를 적용한다면 ROI (투자대비효과)에 대해서는 적절하지 못할 것으로 판단함에 따라 보상비에 대한 미래 시점이 아닌 현재 시점으로 보상비를 추정해야 할 필요



<토지보상 추정 시스템 개발 의견수렴 / 한국개발연구원(KDI) >

○ 국토교통부 대전지방국토관리청 보상과 (의견수렴)

- 대전국토지방청 공사과/사업부에서 선 보상 추정 결정을 기반으로 설계와 사업인정, 그리고 분할과정이 들어간다면 당 시스템을 무리하게 적용할 필요는 없음
- 보상과에서 본 서비스를 사용한다면 상반기/하반기 예산 책정으로 인해 미리 보상비를 추정하는 정도로서, 도로 사업에 대한 우선순위를 정할 때 사용할 수 있을 것으로 예상
- 개발된 토지보상 추정 시스템을 통해 긴 구간 보다는 짧은 구간이나 도로확장에 대한 보상비 추정 시스템 적용 적절할 것으로 판단됨, 이는 긴 구간에 적용할 시 문화적 특성, 정치적 문제 등 많은 변수로 인해 어려울 것으로 예상됨

- 도로공사 예정에 포함된 구역 내에서 문화재 및 도로 옆 건물 등에 대한 추가 추정 적용 필요

<토지보상 추정 시스템 테스트베드 회의 / 대전지방국토관리청 보상과>

③ 테스트베드 최종 대상지 선정(안)

○ 한국개발연구원(KDI) : 한국개발연구원 예비타당성 보고서의 내용 중에서 토지 보상 결과값이 포함된 구간의 건설사업을 필터링함, 그 중 (충남 세종시 금산-북대전IC) 연결도로의 건설 사업에 대한 예비타당성 조사 자료를 활용하여 해당 구간에 대한 보상비와 당 시스템을 토대로 비교 검증 적용 예정

○ 대전지방국토관리청 : 도로건설사업에 진행 예정 중인 곳으로 한정하여 현 토지 감정 평가가 진행된 구간(충남 천안 직산-부성)의 토지보상금 결정 데이터를 토대로 비교 검증 적용 예정

(단위: 백만원)

구 분		사업계획서	예비타당성조사
사업위치		세종시 금남면 영대리 ~ 대전시 유성구 화암동	
사업규모		L=7.30km, B=20m 왕복 4차로 신설 •교차로 3개소(입체 2, 평면 1) •구조물 - 교량: 9개소(1,010m) - 터널: 2개소(620m)	L=7.30km, B=20m 왕복 4차로 신설 •교차로 3개소(입체 2, 평면 1) •구조물 - 교량: 10개소(1,040m) - 터널: 2개소(620m)
총사업비	공사비	118,848	128,135
	시설부대경비	12,380	12,417
	용지보상비	50,500	44,759
	예비비	18,173	18,531
	합계	199,901	203,842
사업기간		2018~2023년	
사업주체		행정중심복합도시건설청(광역도로과)	
재원조달		행복도시건설특별회계(전액 국고)	
B/C		-	0.78
AHP		-	0.408

주: 1) 총사업비는 부가가치세 포함임.
2) 사업계획서의 총사업비는 2013년 말 가격, 예비타당성조사의 총사업비는 2016년 말 가격 기준임.

<KDI 건설사업 예비타당성 (금산 -북대전IC 연결도로) 조사 총괄 요약표>

토지보상금 결정표

○ 확인자 : 사무관대우 박 정 호 (인)
○ 사업명 : 천안 직산-부성 도로건설공사 ○ 작성자 : 행정서기보 김 민 (인)

순번	소 재 지	지 번		지 목		면 적(㎡)		지분	보상금 결정	
		당초	편입	공부	실제	당초	편입		단가	산정금액
46	충청남도 천안시 서북구 직산읍 삼은리	473	473	대	대	100.0	100.0	1/1	1,113,333.33	111,333,330
47	충청남도 천안시 서북구 직산읍 삼은리	287-25	287-25	대	대	16.0	16.0	1/1	637,666.66	10,202,660
48	충청남도 천안시 서북구 직산읍 삼은리	472	472	대	대	24.0	24.0	1/1	637,666.66	15,303,990
49	충청남도 천안시 서북구 직산읍 삼은리	276-11	276-33	대	대	286.0	141.0	1/1	929,333.33	131,035,990
50	충청남도 천안시 서북구 직산읍 삼은리	468	468	창고	창고	91.0	91.0	1/1	1,036,666.66	94,336,660
51	충청남도 천안시 서북구 직산읍 삼은리	276-7	276-32	대	대	109.0	70.0	1/1	812,666.66	56,886,660
52	충청남도 천안시 서북구 직산읍 삼은리	465	465	대	대	55.0	55.0	1/1	1,113,333.33	61,233,330
53	충청남도 천안시 서북구 직산읍 삼은리	276-4	276-31	대	대	482.0	123.0	1/1	1,113,333.33	136,933,990
54	충청남도 천안시 서북구 직산읍 삼은리	276-29	276-29	대	대	16.0	16.0	1/1	1,113,333.33	17,813,330
55	충청남도 천안시 서	276-1	276-1	대	대	11.0	11.0	1/1	1,113,333.33	12,246,660

<토지 (충남 천안 직산-부성) 토지보상금 결정표>

④ 테스트베드 구축 방향

○ 본 토지보상 추정시스템 개발 연구성과를 테스트 베드 구축 및 적용하여 실효성을 검증하고, 보상비 추정 모델 관련 기술 완성도 향상

- 개발된 토지보상 추정 시스템을 테스트베드에 적용시 개발된 모델 기본 오차율과 테스트베드 실제 적용 오차율과의 범위를 고려하여 향후 시스템 고도화 방향 제시

○ 토지보상 추정 시스템 개발 기간 내 기술 예상수요처(한국개발연구원(KDI) 공공투자관리센터와 국토부 대전지방국토관리청 보상과)의 추가 의견수렴 및 관계 기관과의 유기적 협조체계를 구축함으로서 실직 기술수요처 확보

(아) 서비스 시범운영 계획 및 결과 분석서

① 보상비 추정 서비스 개발 시범운영 계획

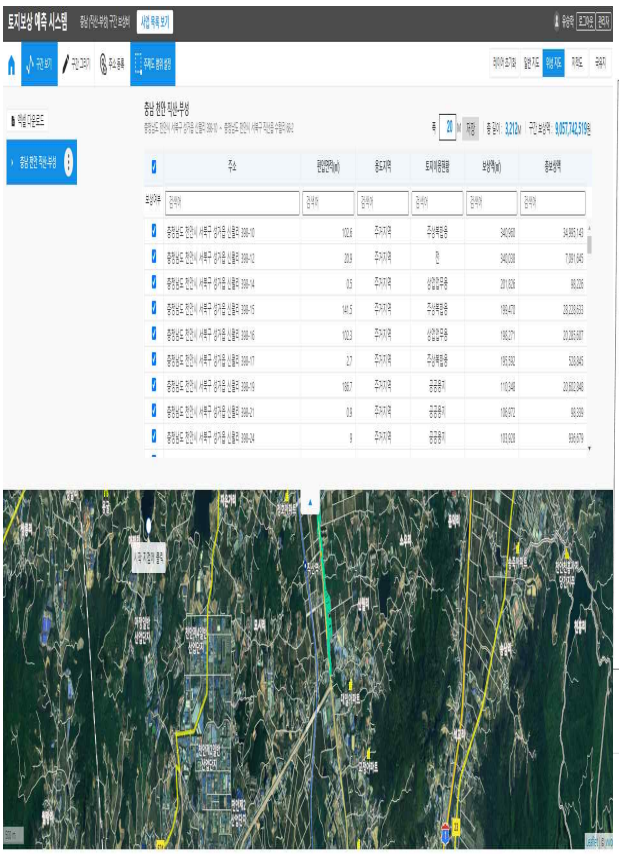
○ 20년 7월 대전지방국토관리청에서 토지보상 추정 시스템에 관한 테스트베드를 위한 회의를 진행한 결과, 대전지방국토관리청의 진행하고 있는 건설사업 관할 구역 내의 토지보상비 예산 책정을 미리 확인할 수 있을 것으로 예상됨에 따라 시범운영을 진행

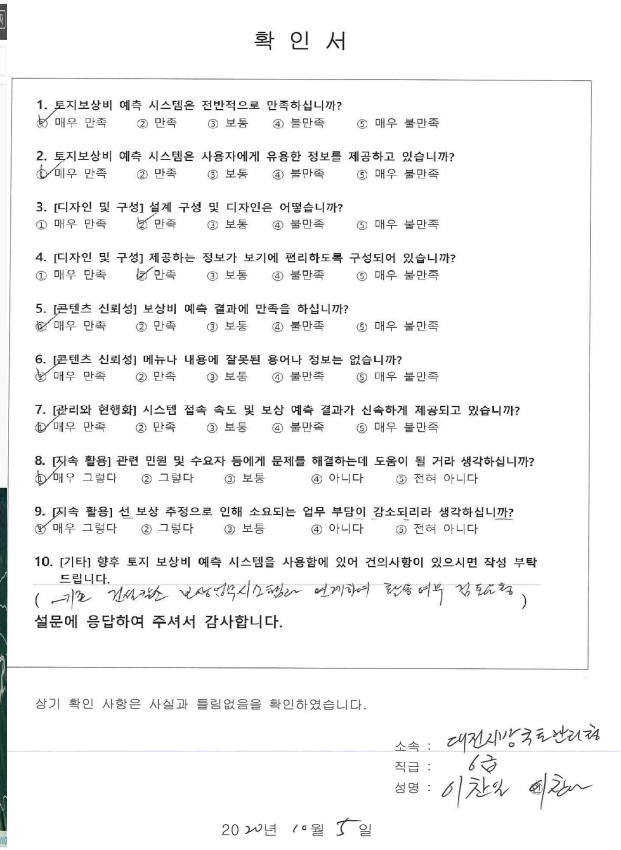
○ 20년 10월 대전지방국토관리청에 방문하여 (충남 직산-부성) 토지보상 비교 검증결과를 토대로 토지 보상비 시스템의 최종 평가 의견과 함께 토지 보상비 추정 서비스에 대한 시범운영 협의 도출

② 보상비 추정 서비스 시범운영 적용 결과

○ 시범운영(20.08.03~20.09.25) : 충남 직산-부성 도로공사구간의 실제 감정평가액과 시스템에서 추정한 보상액을 비교

- 현재 도로건설사업이 진행 중인 충남 천안 직산-부성간의 실제 토지 보상산정금액은 총 96억 5600만원임
- 개발된 보상 추정 기술 서비스를 기반으로 해당 지번과 지목, 면적 등을 고려하여 시스템을 적용한 결과, 폭(20M)를 기준으로 토지 보상액이 약 90억 5700만원으로 예측됨
- 실제 토지보상금액과 시스템의 비교 결과, 오차율은 6.2%로 확인함





확 인 서

1. 토지보상비 예측 시스템은 전반적으로 만족하십니까?
① 매우 만족 ② 만족 ③ 보통 ④ 불만족 ⑤ 매우 불만족

2. 토지보상비 예측 시스템은 사용자에게 유용한 정보를 제공하고 있습니까?
① 매우 만족 ② 만족 ③ 보통 ④ 불만족 ⑤ 매우 불만족

3. [디자인 및 구성] 설계 구성 및 디자인은 어떻습니까?
① 매우 만족 ② 만족 ③ 보통 ④ 불만족 ⑤ 매우 불만족

4. [디자인 및 구성] 제공하는 정보가 보기에 편리하도록 구성되어 있습니까?
① 매우 만족 ② 만족 ③ 보통 ④ 불만족 ⑤ 매우 불만족

5. [콘텐츠 신뢰성] 보상비 예측 결과에 만족을 하십니까?
① 매우 만족 ② 만족 ③ 보통 ④ 불만족 ⑤ 매우 불만족

6. [콘텐츠 신뢰성] 메뉴나 내용에 잘못된 용어나 정보는 없습니까?
① 매우 만족 ② 만족 ③ 보통 ④ 불만족 ⑤ 매우 불만족

7. [관리와 현행화] 시스템 접속 속도 및 보상 예측 결과가 신속하게 제공되고 있습니까?
① 매우 만족 ② 만족 ③ 보통 ④ 불만족 ⑤ 매우 불만족

8. [지속 활용] 관련 민원 및 수요자 등에게 문제를 해결하는데 도움이 될 거라 생각하십니까?
① 매우 그렇다 ② 그렇다 ③ 보통 ④ 아니다 ⑤ 전혀 아니다

9. [지속 활용] 선 보상 추정으로 인해 소요되는 업무 부담이 감소되리라 생각하십니까?
① 매우 그렇다 ② 그렇다 ③ 보통 ④ 아니다 ⑤ 전혀 아니다

10. [기타] 향후 토지 보상비 예측 시스템을 사용함에 있어 건의사항이 있으시면 작성 부탁드립니다.
(기존 건설사업 보상전략시스템과 연계하여 현실 예측 정확도)

설문에 응답하여 주셔서 감사합니다.

상기 확인 사항은 사실과 틀림없음을 확인하였습니다.

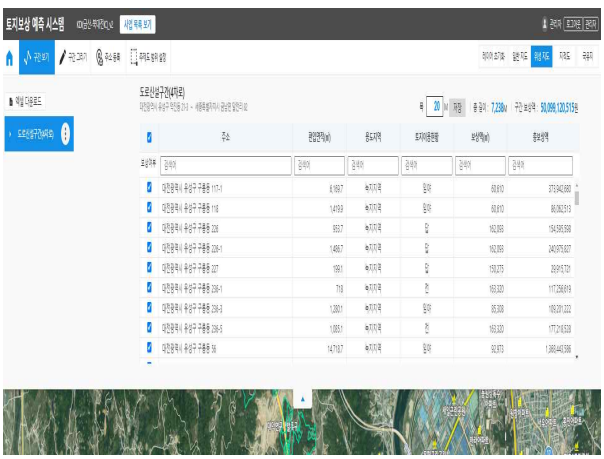
소속 : 대전지방국토관리청
직급 : 6급
성명 : 이찬우 (서명)

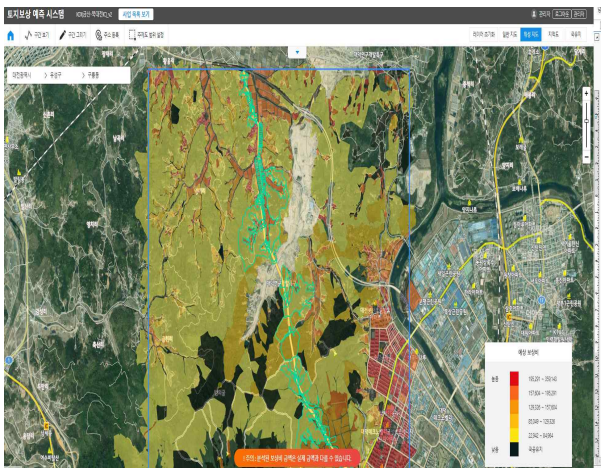
2021년 10월 5일

〈토지보상 추정 시스템 적용 결과 (충남 직산-부성)〉 〈토지보상 추정 시스템 활용 확인서 (대전지방청)〉

○ 검증결과 1 : 금산-북대전IC 도로공사구간의 예비타당성 결과 및 보상비 추정 시스템 비교

- 금산-북대전IC 도로건설사업 예비타당성 자료에 따르면, 용지보상비 산정금액은 총 447억 5900만원임
- 개발된 보상 추정 기술 서비스를 기반으로 당 구간의 도로 건설 위치도를 고려하여 시스템을 적용한 결과, 폭(20M)를 기준으로 토지 보상액이 500억 9900만원으로 예측됨
- 실제 토지보상금액과 시스템의 비교 결과, 오차율은 11.9%로 확인함

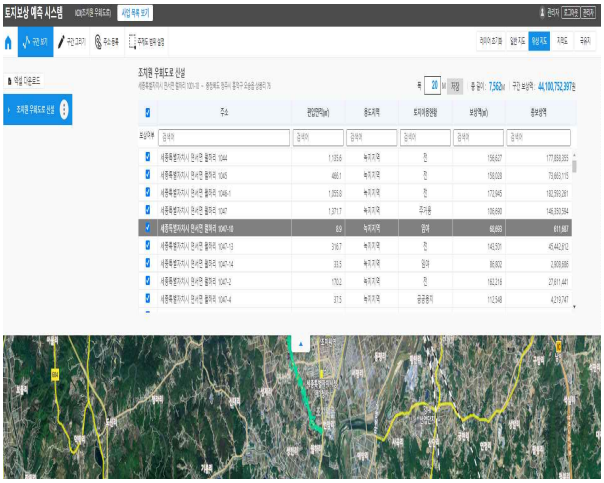


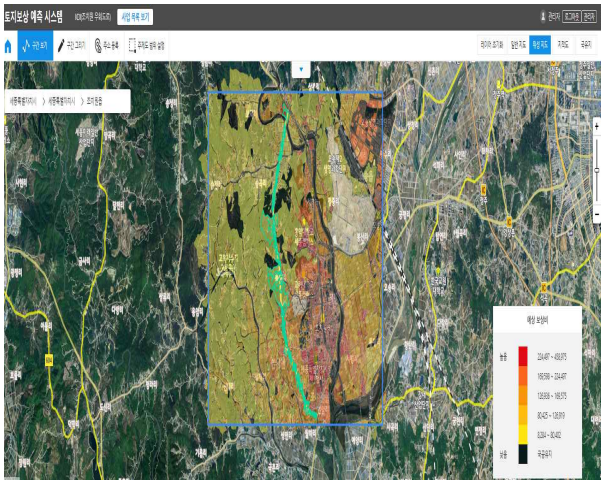


〈토지보상 추정 시스템 적용 결과 (금산-북대전IC 연결도로)〉

○ 검증결과 2 : 조치원 우회도로 공사구간의 예비타당성 결과 및 보상비 추정 시스템 비교

- 조치원 우회도로건설사업 예비타당성 자료에 따르면, 용지보상비 산정금액은 총 402억 9700만원임
- 개발된 보상 추정 기술 서비스를 기반으로 당 구간의 도로 건설 위치도를 고려하여 시스템을 적용한 결과, 폭(20M)를 기준으로 토지 보상액이 441억 75만원으로 예측됨
- 실제 토지보상금액과 시스템의 비교 결과, 오차율은 9.4%로 확인함



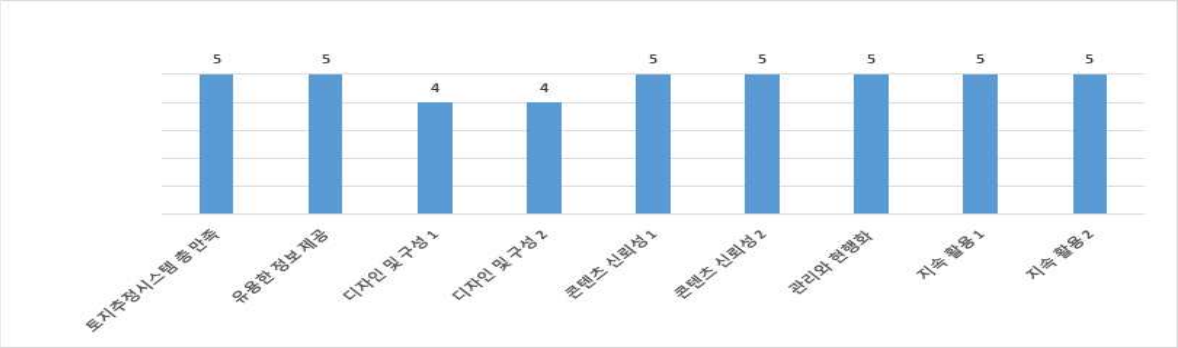


<토지보상 추정 시스템 적용 결과 (조치원 우회도로)>

○ 이해관계자의 시스템 만족도 결과, 20년 10월 대전청과의 협의를 통해 건설CALS 기반의 보상비 추정 서비스 시범운영을 지속적으로 운영하기 위해서는 당 시스템의 (1) 사용 만족도, (2) 디자인 및 구성 (3) 콘텐츠 신뢰성 (4) 관리 및 현행화 (5) 지속 활용성 (6) 기타 건의 사항에 대한 보상과 담당자의 담당자 설문의견을 진행함

- 전반적인 토지보상비 추정 시스템의 사용 만족성 여부 (전반적 사용 만족도)
- 토지보상비 추정 시스템이 사용자에게 유용한 정보 제공 여부 (유용한 정보 제공)
- 시스템 설계 구성 및 디자인 만족성 여부 (디자인 및 구성 1)
- 시스템 제공 정보 시각적 편의성 여부 (디자인 및 구성 2)
- 토지보상비 추정 결과 만족성 여부 (콘텐츠 신뢰성 1)
- 토지보상비 시스템 용어 및 정보의 일치성 여부 (콘텐츠 신뢰성 2)
- 토지보상비 시스템 접속 속도 및 결과 신속 제공 여부 (관리의 현행화)
- 토지보상비 시스템 지속적 사용 가능성 여부 (지속 활용 1)
- 토지보상비 시스템 사용에 따른 향후 업무 부담 감소 여부 (지속 활용 2)
- 기타 의견 (기존 건설CALS 보상업무 시스템과의 연계를 통한 지속 활용 여부 필요)
- 위 설문의견은 객관문항(5점 척도) 9개, 주관문항 1개로로서 진행하였음
- 설문결과, 평균 4.78점으로 보상비 추정 시스템에 대한 높은 만족도로 사용된 것으로으로 나타남

- 다만, 설문인원을 매우 한정적으로 구성하였기에 통계학적 의미보다는 실질 수요자의 전문가적 의견로서 향후 시스템 방향성으로 바라보아야 할 것으로 판단함



<보상비 추정 시스템 만족도 인터뷰 설문 결과 (대전지방국토관리청 관계자)>

③ 향후 계획

○ 시스템 만족도 및 활용도 업그레이드 필요

- 대전지방국토관리청에서 토지보상비 추정 시스템과의 지속 가능한 활용을 위해서는 반드시 시스템 사용자의 편의성 및 신속한 업무 지원에 도움이 되어 하는 점이 검토되어야 함

○ 잠재적 수요 기관 확보 및 홍보 필요

- 주요 수요기관(국토부 소속 지방국토관리청, 한국개발연구원 관리센터, 한국지방행정연구원 등)에 보상비 추정 서비스를 시범 운용할 수 있도록 지속적으로 홍보가 필요함
- 더불어, 기존 보상 추정 업무를 대체할 수 있는 새로운 시스템으로 정착될 수 있도록 관련 기관과의 협의를 이어 나가야 함

④ 토지 보상비 추정 기술 적용 기대효과

○ 기존에 축척된 건설CALS 시스템의 토지 보상자료와 토지특성 및 표준지 외부자료를 근간으로 빅데이터 기반의 보상비 추정 서비스 기술 개발을 개발함에 따라 보다 구체적이고 신뢰성 있는 보상비 예측이 가능할 것으로 보임

○ 특히, 기계학습 기반의 Xgboost 알고리즘 활용 및 Bayesian Optimization 기반의 하이퍼파라미터 튜닝을 통해 보다 정제된 데이터 셋을 기반으로 매년 고도화된 보상비 예측 모델 개발이 가능해 짐

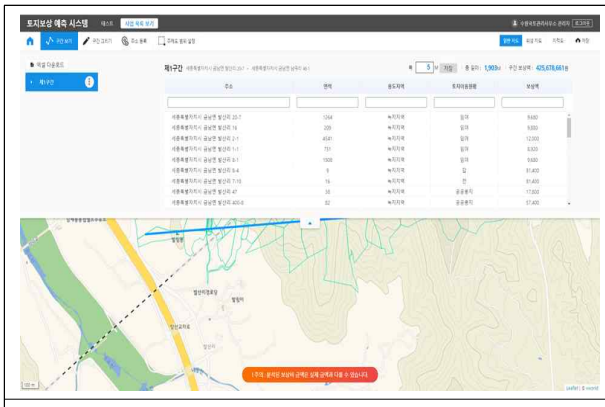
○ 결국, 개발된 보상비 예측 기술은 향후 도로사업 등 대규모 SOC 사업시 예비타당성 조사를 시행함에 있어 초기 기획 자료로 활용될 것으로 예상됨

자) 보상비 추정서비스 기술 고도화

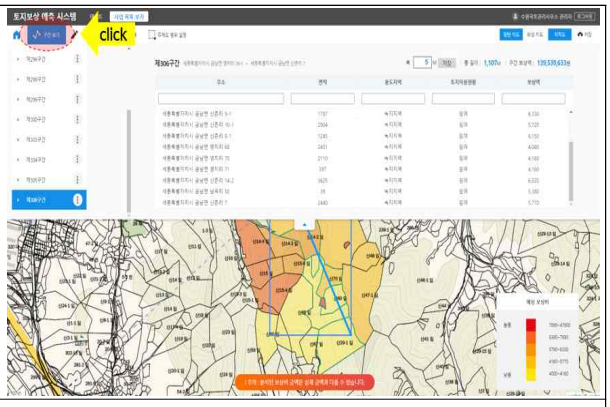
① 기존 대비 개선부분

○ 사용자 편의를 위한 보상비 추정 서비스 시각적 이해도 개선

- 시범서비스 이전 개발된 보상비 추정 시스템을 다양한 이해관계자의 의견수렴을 통해 개선하였고, 이를 기반으로 사용자 편의성을 위한 보상 추정 시스템을 개발함



시범적용 이전의 보상비 추청시스템 (화면)



시범적용 이후 개선된 보상비 추정시스템 (화면)

- 토지이용현황필터링 개선 : 특정 필지의 특징을 확인하기 위해서 키워드 검색을 통해 필터링 가능
- 구간보기 개선 : 구간그리기를 통해 결과값으로 보여진 보상에서 필요하지 않는 국공유지를 제외한 해당 토지의 면적과 보상액을 한눈에 확인할 수 있음
- 보상비 주제도 개발 : 사용자가 원하는 해당 보상 구역 내에서 보상비 범례를 기준으로 보상비 비교 확인이 가능함, 이를 통해 상대적으로 보상비가 낮은 필지의 지역에 도로 건설을 계획할 경우, 해당 구간 내에 레벨을 확인하면서 보상비를 그릴 수 있기에 전체 보상비를 줄일 수 있는 장점이 있음
- 보상비 추정 결과 추출 : 보상비 추정결과를 쉽게 활용할 수 있도록 보상구간 데이터를 엑셀파일로 다운로드 및 추출 가능함

② 시범운영 결과를 반영한 모형의 추가 검증

○ 시범운영을 위해 도로건설사업이 진행 중인 충남 천안 직산-부성간에 적용하여 실제 토지 보상금액과의 오차율은 6.2%로 확인

○ 시범운영 이후 보상비 추정 모형의 정확도 검증 및 신뢰성 확보를 위해 2건의 표본을 확보하여 추가검증 수행

- 금산-북대전IC 도로건설사업 예비타당성 자료에 적용 결과 오차율은 11.9%로 확인
- 조치원 우회도로건설사업 예비타당성 자료에 적용 결과 오차율은 9.4%로 확인

(5) 중량센서 기반 품질기준 및 중량/위치 관제서비스 시스템

(가) 화물차량용 중량센서의 품질기준

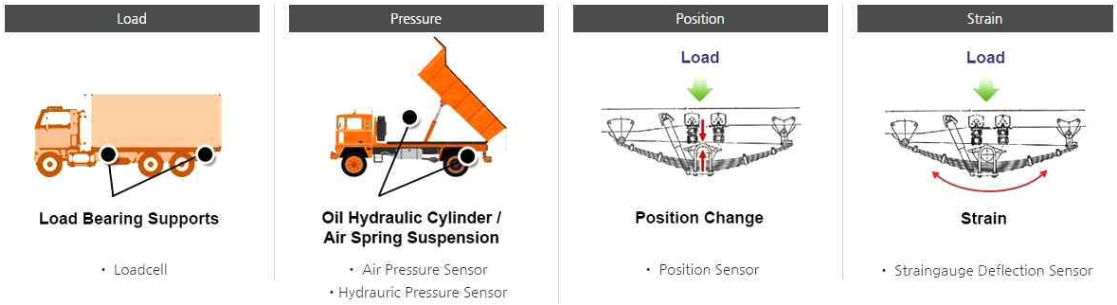
① 중량센서 : 온보드스케일(Onboard Scale)은 화물차량의 차체 또는 현가장치 등 주요 차량 구조부에 센서를 부착하여, 총중량 및 축중량 또는 적재중량을 측정하며, 화물 적재 시 운전석에서 실시간으로 중량을 확인할 수 있는 장비를 말한다. 본 연구에서는 편의상 앞으로 관련 제품들을 '중량센서'로 통칭.

<중량센서의 기본 개념도>

② 중량센서 기술조사 결과

○ 중량센서 기술 구분

- 차량의 중량을 측정하는 중량센서는 로드셀 방식, 에어서스펜션 압력측정방식, 적재함 실린더 유압측정 방식의 세 가지 제품군으로 크게 구분할 수 있다. 중량센서는 초기에는 로드셀과 압력계(유압, 공압) 등에 의한 방식이 영국, 미국, 일본 등에서 개발하였으나, 가격 및 차량 구조상의 제한적인 적용으로 인해 국내에는 아직까지 널리 활용되고 있지 못한 실정이다.



<중량센서의 기본 구분>

- 그 이외의 중량센서 방식은 변형율센서를 축에 설치하는 방식과 스트레인게이지를 판스프링이나 프레임에 부착하는 방식, 그리고 축과 프레임의 높이 변화를 포텐셔미터 방식으로 측정하는 것 등이 있다

- 로드셀 방식은 저울과 같은 원리로 중량측정 로드셀을 화물차량의 적재함 밑에 설치하여 짐을 저울에 올리는 것처럼 측정하는 방식이다. 이를 위해서는 고가의 로드셀을 차체를 분해하여 용접 및 볼트 작업을 통해서 차체 프레임에 설치해야 하기 때문에 비용과 시간이 많이 든다. 대신에 고정밀도의 로드셀을 사용함으로써 적재무게에 대해 오차율 1% 이내의 높은 정확도를 확보할 수 있다.
- 유압계식은 트럭의 적재함을 들어 올리는 유압실린더에 유압계를 설치하는 방식이며, 아래 그림처럼 계량기형의 아날로그 유압계(최근에는 디지털 유압계 방식으로 변화중임)를 통해서 적재하중을 간접적으로 측정하므로 기계식이라 부를 수 있고, 이러한 방식은 덤프실린더가 있는 차량에서만 사용가능하다. 즉, 무게를 적재한 후 유압실린더에 압력을 살짝 넣어서 적재함을 약간 들어 올릴 때의 유압을 적재무게로 보는 방식이기 때문에, 카고 트럭, 트레일러 차량에서는 적용이 어려우며, 계량기를 통해 눈금을 읽음으로써 오는 읽기 오차 이외에도 유압은 온도 팽창률에 따라 달라져 계절적인 오차가 발생될 수 있기 때문에 저가의 정확도가 낮은 제품으로 볼 수 있다.
- 또한, 유압계식은 운전자가 짐을 실을 때마다 차에서 내려서 무게를 확인해야 하는 번거로움도 있으며, 덤프실린더의 압력만을 측정하다 보니 총중량만 추정이 가능하고 경사나 요철 노면에 따른 보정이 불가능하다. 과적 단속기준인 축중량의 확인이 불가능하기 때문에 국내시장에는 널리 퍼지지 못한 방식이다. - 에어압력센서식은 에어서스펜션의 에어스프링에 에어 압력센서를 연결하여 에어 압력을 측정하여 무게로 변환하는 방식이다. 에어서스펜션은 보통 1개의 에어챔버에서 4개의 에어 스프링에 공기를 주입하기 때문에 에어압력센서 1개로 대략적인 무게 변화를 확인할 수 있으나, 이 방식 역시 정확한 축중량을 측정하기는 어려우며, 대부분의 화물차량은 판스프링과 에어스프링이 조합된 경우가 많아 결국에는 판스프링 축의 축중량 측정방법에 대한 해결방법이 있어야 한다.
- 화물차량의 적재중량측정장치에 대한 기존 국내연구는 1995년부터 자동차생산업체 등에서 차량 축(軸)하중에 작용하는 무게를 측정하는 기술적인 개념은 발표되고 있으나, 이를 적재화물에 대한 축(軸)중량을 운전자가 확인할 수 있는 시스템으로 개발한 곳은 아직 없으며, 적재중량 측정의 핵심인 차량현가장치 중 겹판스프링에 대한 연구는 기계공학 및 자동차공학 분야에서 오래 전부터 지속적으로 연구되어 오고 있던 주제였다. 이 주제에 관한 여러 아이디어들은 1980 ~ 2000년대에 여러 방향의 특허 출원이 이뤄졌으나, 현실적으로는 화물차량 판스프링의 난해한 구조 거동 특성과 현장적용에서 해결해야할 여러 가지 문제들 -차량의 각종 전자기적 노이즈의 제거방법, 열악한 사용환경에 의한 높은 내구성 센서의 요구 등의 해결이 쉽지 않아 실제 제품화된 아이디어는 거의 없었다.
- 국내 적용되고 있는 경사계를 이용한 중량센서는 기존 해외에서 사용하던 세가지 대표 제품군과는 차별화된 특징을 가진 네 번째 제품군이라 할 수 있다. 기존의 중량센서는 적재 중량 또는 차량의 총중량 만을 측정할 수 있는 한계를 가지고 있으며, 경사계를 이용한 제품은 축중량을 측정하여 표시해주는 제품으로는 최초라 할 수 있다.

○ 중량센서 품질 비교평가 결과

- 해외에서 사용되는 제품들을 실제로 적용하여 평가하기란 쉽지 않다. 다행히도 온보드

스케일의 적용이 활발한 호주에서는 Transport Certification Australia (www.tca.gov.au)에서 주도하여 여러 종류의 중량센서를 비교 검증하는 연구를 진행하였다. 여기에서는 호주의 TCA에서 진행한 중량측정센서 비교 보고서의 결과를 요약하여 리뷰하고자 한다.

- 호주 TCA는 화물차량에 대한 관리를 IT기술과 접목하여 고도화하기 위해서 트럭의 운행정보를 관리하는 IAP(Intelligent Access Program)를 구축하였으며, IAP에 중량 정보를 추가하여 진행하기 위한 사전단계로서 온보드 중량 모니터링에 대한 가능성과 적용성 등을 종합적으로 연구하여 보고서를 발행하였다.
- 중량모니터링에 대한 연구는 2007년 발행한 대형트럭 중량 모니터링 가능성 리뷰(Heavy Vehicle On-Board Mass Monitoring - Capability Review)에서부터 시작되었음을 알 수 있다. 2007년에 실시한 이 연구에서는 호주 내의 중량측정센서 업체들과 협의하여 7개 업체의 협조를 받아 각 센서 들의 정확도와 가격, 특징 들을 비교분석하였다.
- 호주 TCA에서는 1차로 진행한 가능성 리뷰를 바탕으로 2008~2009년 본격적인 연구를 진행하였다. 이 프로젝트에서는 온보드 중량 모니터링의 기술적인 타당성을 증명할 수 있는 결과를 얻을 수 있도록 증거를 갖춰 시험 수행하여 분석하였다. 프로젝트는 2008~2009년 6월까지 18개월 동안 진행되었으며, 13개의 중량측정센서 시스템을 9개의 대표차량에 설치하여 장기모니터링하여 결과를 도출하였다. 이 결과를 바탕으로 "On-Board Mass Monitoring Test Report (Final)" 을 발행하였다.

<호주의 중량센서 품질비교(On-board mass monitoring sensors in Australia)>

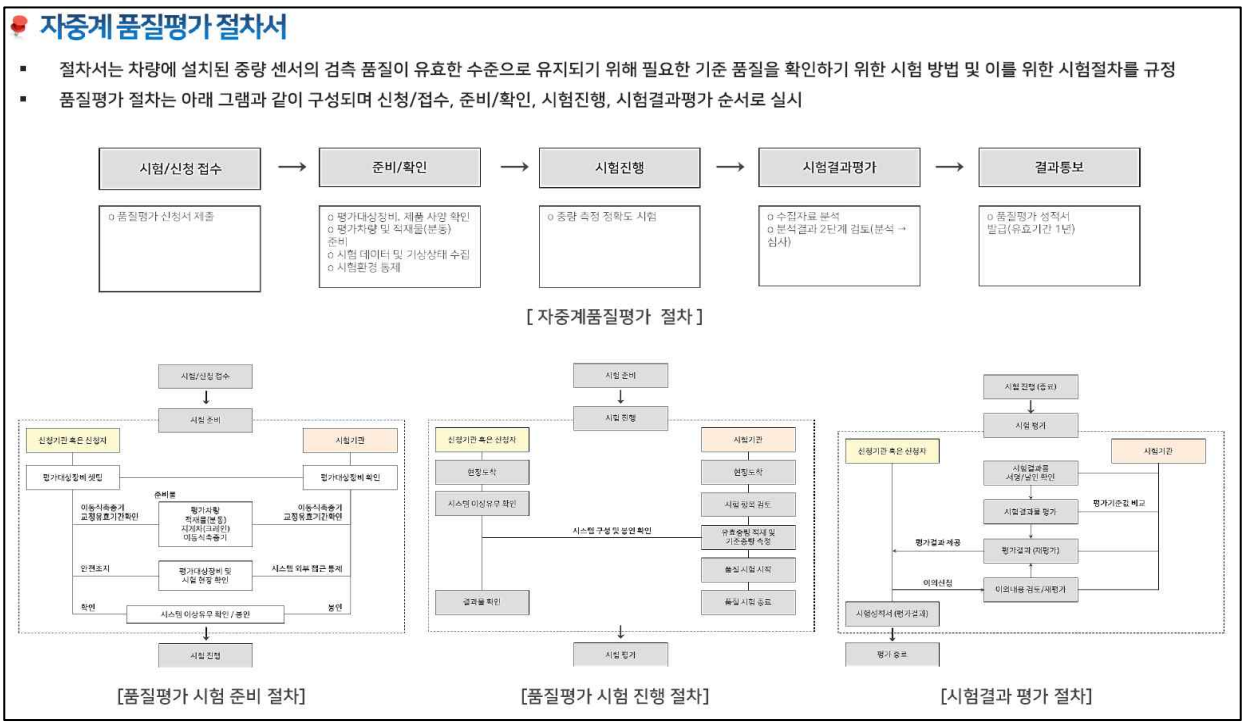
Mass sensor type	Loadcell	Loadcell	Loadcell	Loadcell	Loadcell	Loadcell/air pressure*	Air pressure	Air pressure	Air pressure	Air pressure
Supplier**	1	2	3	4	5	6	2	7	3	5
Working temp (°C)	-40 to 85		0 to +50				-40 to 85	-25 to +70	0 to +50	
Accuracy: Vendor	Tare within 140 kg	GVM ± 1.0% Tare ± 0.5%	GVM ± 0.5% lab ± 1% in field	GVM ± 1%	GVM ± 1%	GVM ± 1%	GVM ± 3 to 5%–	GVM ± 2% Tare ± 1%	GVM ± 0.5% test ± 1% in field	GVM ± 2%
Accuracy: GVM = 42 tonnes tare = 20 tonnes	-	420 kg 100 kg	420 kg	420 kg 100 kg per axle group	420 kg	420 kg	1260 – 2100 kg	840 kg 200 kg	420 kg 200 kg	840 kg
Accuracy – third party	-	± 500 kg of weighbridge ± 200 kg average	-	-	-	-	± 500 kg of weighbridge ± 200 kg average	-	-	-
Cost	$1000 – 1500 per axle group	-	$3500 for loadcells / turntable	-	$400-600 per loadcell	-	$1000 – 1500 per axle group	-	$1500 -2000 per unit	-
Installations in Australia	-	30	8000 (incl air sensors)	200	Produces 1000 loadcells/yr	100	30	-	8000 (incl loadcells)	-

* - Supplier 6 provides details of its combined system only.
** - For confidentiality, supplier names have been removed
- Information not available/supplied

③ 중량센서 품질기준

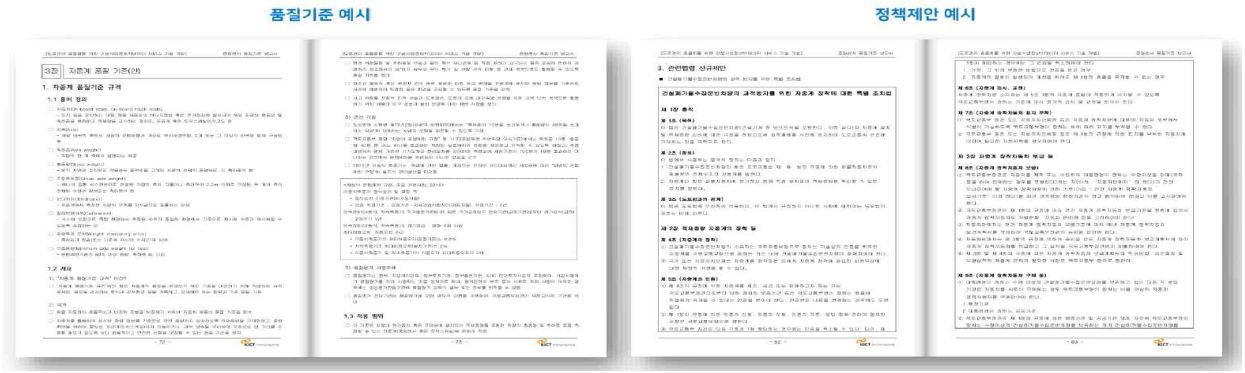
○ 화물차 중량센서를 활용하여 과적의 사후단속이 아닌 예방차원의 정책적 접근이 필요함에 따라 자중계 제품의 확대 설치를 위한 초석을 마련하고 설치 차량의 데이터 활용 방안을 제시하기 위하여 화물차량 중량센서 품질기준(안)을 마련함 (붙임 3)

○ 품질기준을 마련하기 위해 국외(일본 의무장착, 호주 TCA, 미국, 유럽 등)의 자중계 제품에 대한 국가 표준 및 성능 평가/인증/운영 방법에 대한 조사를 실시하고 국제계량법 규격과 국내외 자중계 제품에 대한 성능 규격을 참조하였음



<화물차량 중량센서 품질기준(안) 중 품질평가 절차서>

- 위의 그림과 같이 2차년도에 제시한 자중계 성능 평가 절차서를 바탕으로 3차년도의 경우 활용 정책제안을 하였으며, 자발적인 신고제나 이동식단속반의 단속업무와 연계 등의 활용방안을 모색하였음

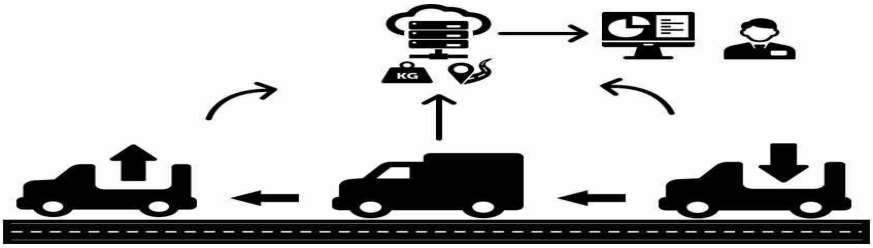


<화물차량 중량센서 품질기준(안) 및 정책제안 예시>

(나) 화물차량 중량/위치 관제서비스

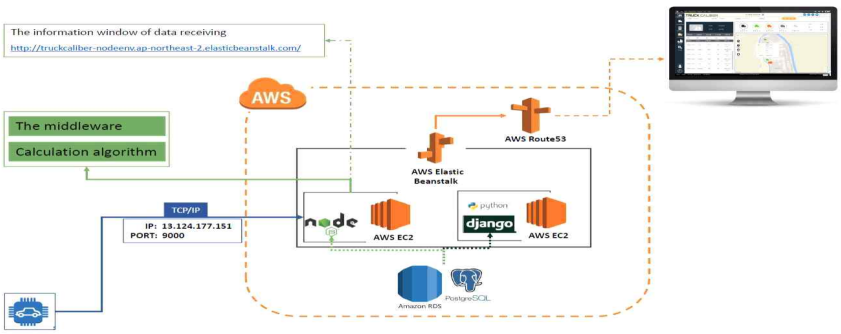
○ 중량/위치 모니터링 시스템

- 중량센서가 시범 장착된 차량으로부터 위치 및 중량 데이터를 수신하고 이를 분석할 수 있는 모니터링 Tool을 개발
- 모니터링 Tool에서 수신된 데이터를 활용하여 중량센서 시범 장착의 과적예방 효과 분석 및 중량센서 기반 과적 예방정책 도출에 활용



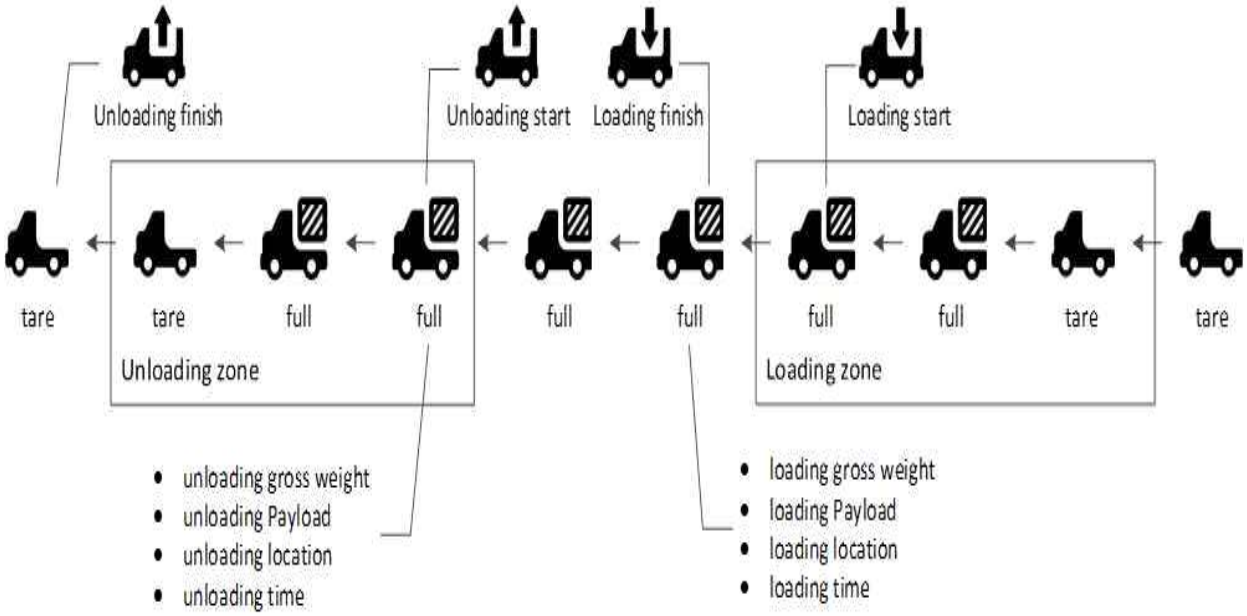
<중량센서 시범장착 차량 모니터링 Tool>

- 차량에 설치된 중량 센서의 네트워크 모듈에서 데이터(중량, 위치, 속도 등)를 획득하고 중량 센서에 연결된 LTE 모뎀을 이용하여 서버로 중량/위치정보 송신
- 서버는 AWS의 미들웨어로, 통신 포멧은 Json 타입을 이용하고 AWS에서는 관계형 DB인 Pg-SQL로 변환하고 백그라운드 소프트웨어를 구동시켜 상태 판정 및 결과 데이터를 웹 플랫폼 형태로 제공



○ 화물차량의 상태판정 알고리즘

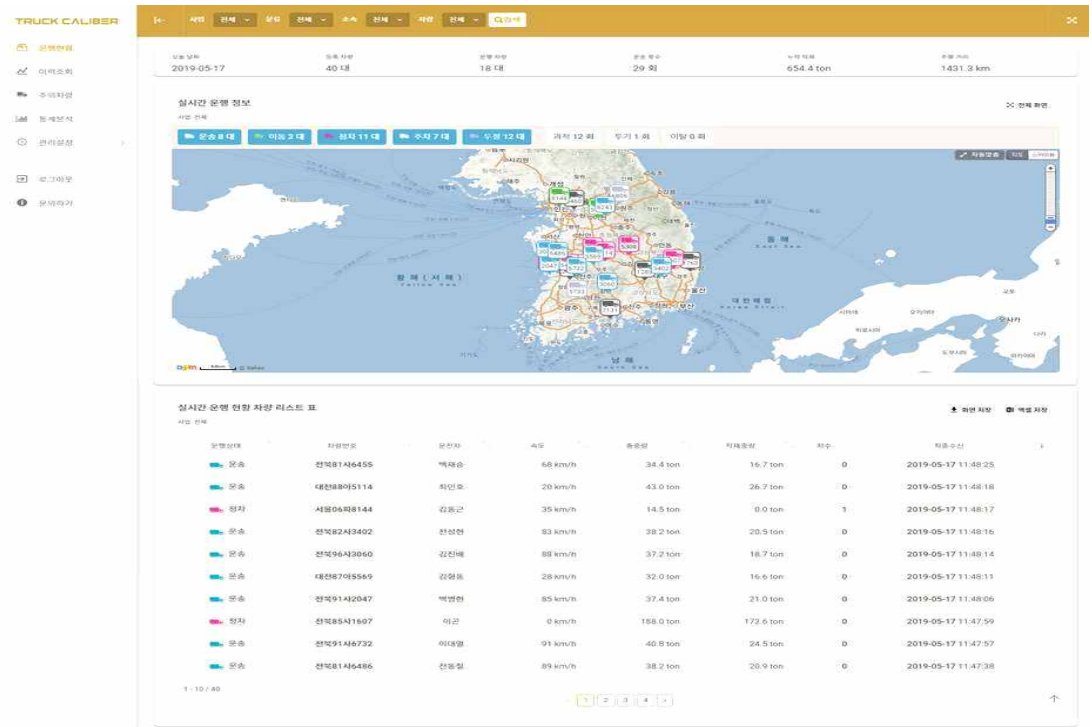
- 웹 플랫폼에서는 차량의 운행 상태를 파악하기 위하여 '상태판정 알고리즘'을 수행하는데 여기서 판별해야 하는 차량의 운행 상태는 `운송, 이동, 주차, 두절` 등으로 분류되며 차량의 위반 상태는 `정상, 과적, 투기, 이탈` 등으로 분류
- 운행 상태 판별을 위하여 상/하차 판별이 필요하며, 보조적으로 사용되는 파라미터로는 '축하중, 총중량, 공차상태, 공차중량, 만차상태, 상차시작, 이탈시작, 상차종료, 상차총중량, 상차적재중량, 상차지, 상차시간, 하차종료, 투기종료, 하차시작, 하차총중량, 하차적재중량, 하차지, 하차시간' 등이 있음



〈화물차량의 정상운행 시나리오〉

○ 화물차량 중량/위치 관제서비스 화면구성

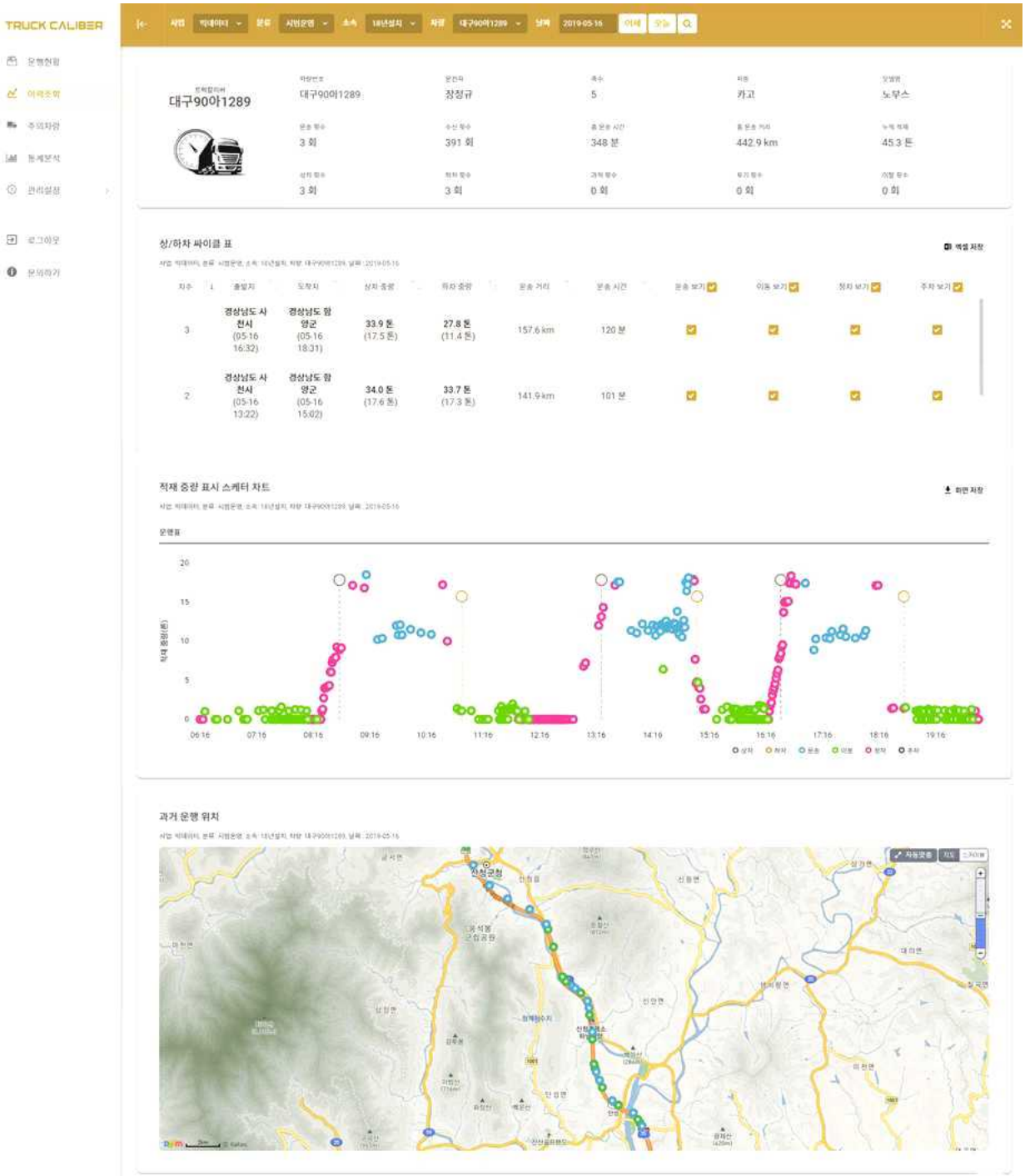
- 실시간 운행 차량의 현황 요약 통계표 및 운행 상태 별 실시간 지도 위치 표시
- 운행 차량들의 실시간 최신 데이터 표를 표출



〈운행현황 화면〉

○ 화물차량 중량/위치 관제 이력조회

- 차량 1대에 대한 1일 데이터 조회 및 일일운행결과 데이터 요약표와 상/하차 싸이클에 대한 운송 결과표 표시
- 시간에 따른 운행상태 및 중량 그래프 및 지도상 운행상태에 따른 운행 경로 표시
- 날짜 기간에 따른 주의 차량 데이터 조회 및 운송정보 통계표 표시
- 주의 운행 상태별 차량 순위 표시 및 선택된 주의 운행 상태별 상/하차 싸이클 표시



○ 중량/위치 관제서비스의 통계조회

- 날짜 기간에 따른 통계 데이터 조회 및 운송정보 누적통계표 표시
- 날짜별 누적 운송횟수 그래프 및 차량별 운송량 및 운송횟수 그래프 표시

(다) 중량센서 시범적용을 통한 과적예방 효과검증

○ 중량센서 시범적용

- 1차, 2차 연구에서 선정된 센서와 효과검증에 적합한 차량을 선정 한 후 선정된 차량에 중량센서를 장착하여 이를 모니터링 함으로써 중량센서의 과적예방 효과를 분석하도록 계획
- 중량센서의 과적 예방효과 검증을 위한 최적 차량 선정 및 중량센서 장착 차량의 실시간 위치/중량 모니터링시스템 운영

○ 시범적용을 위한 대상차량의 선정

- 기존 건설CALS시스템의 과적 및 단속정보를 분석하여 어떤 유형의 차량이 과적을 많이 하는지, 어떤 화물을 운반하는 차량이 과적에 많이 노출되어 있는지 등을 검토하였으며 그 결과를 토대로 중량센서 시범 장착 모니터링을 진행할 대상차량을 선정

- 2014년부터 2018년까지 수원국도관리청의 중량 단속건수는 총 8,153건으로 검문 방식별 분포는 다음 표와 같다. 최근 들어 고정식검문소(저속축중계, LSWIM) 보다는 이동식 단속을 많이 하는 추세를 반영

〈 중량단속건수(2014~2018) 〉

구분	2014		2015		2016		2017		2018		소계	
	건수(대)	비율(%)	건수(대)	비율(%)	건수(대)	비율(%)	건수(대)	비율(%)	건수(대)	비율(%)	건수(대)	비율(%)
고정식검문소(LSWIM)	47	11.8	55	10.8	73	7.7	637	12.6	193	15.6	1,005	12.3
이동식검문소(MSWIM)	116	29.2	158	31.1	153	16.2	3,229	63.8	815	65.8	4,471	54.8
기타단속(NOWIM)	234	58.9	295	58.1	718	76.1	1,199	23.7	231	18.6	2,677	32.8
총계	397		508		944		5,065		1,239		8.153	

- 과적 단속 차량의 적재물 종류는 800종이 넘을 정도로 다양하며, 흙 또는 모래, 암석 혹은 골재, 건설장비, 건축폐기물 혹은 각종 폐기물, 고철, 곡물 등이 주요 품목이다. 향후 빅데이터 분석을 위해서는 다양한 물품을 포괄할 수 있는 분류 기준을 정하여 보급하는 과정이 필요할 것으로 보임
- 차종분석을 위해서는 건설CALS의 과태료부과시스템 내의 중량단속 자료를 추출하여 분석을 진행하였으며, 여기서의 차종 분류기준은 국토교통부에서 정한 통합 12종 차종 분류를 채용하지 않고 자체적인 코드를 다음과 같이 부여하여 DB화한 것으로 보인다. 이는 중량단속 집중 대상인 덤프트럭 및 중장비들을 따로 분류하기 위해 코드를 추가 생성한 것으로 추측

과태료부과시스템 차종분류 코드	
코드	값
01	2축
02	3축
03	4축
04	5축
05	6축
06	7축이상
07	덤프
08	건설기계
09	일반
10	기타
11	11종
12	12종

〈 통합 12종 차종 분류 기준 〉

- 국내에서 적용하고 있는 화물차의 구분은 교통량조사 시 규정된 차종 분류기준을 기본으로 사용하는 것이 일반적이다. 고속국도, 일반국도, 지방도의 차종별 교통량 자료는 도로의 계획과 건설, 유지관리, 교통류 분석 및 도로 행정에 필요한 기본 자료이며, 각종 연구에 필요한 기초 자료로 활용되어 지는데 그 근거 규정은 도로법 제 76조의2 (도로에 관한 조사 등) 및 도로법 제9조 제3항 제2호, 동법시행령 제 9조의 2 제1항을 들 수 있음.
- 차종 분류 기준은 시대별로 분야별 차종 분류 방법이 다르게 활용됐으며, 1973년까지는 JEEP차 등 세분류하여 7종 분류 방법 사용하다가 1974년부터 보통 트럭을 세분류하여 총 8종으로 분류하였고, 1995년에는 11종 분류(일반국도 대상)로 확대되어, 2006년 도로 등급별로 여러 분야에서 활용할 수 있도록 통합 12종 분류 기준을 정립하여 현재까지 사용하게 되었음.

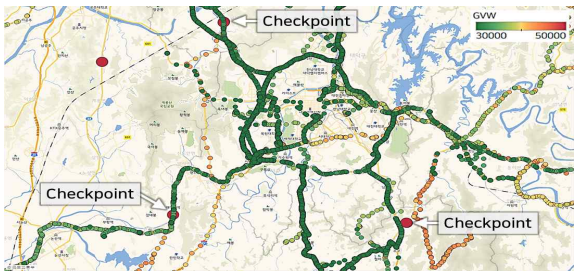
○ 시범적용 대상차량 선정

- 중량센서를 통한 시범차량 중량/위치 실시간 모니터링 시험은 화물차량이 적재중량을 스스로 알지 못한 상태에서 이로 인한 과적운행을 하게 되는 실태를 체계적으로 조사하고 다양한 종류의 화물차에서의 일상적인 운행패턴과 적재중량 현황을 파악.
- 또한 중량센서 설치를 통해서 자기 중량을 인지하게 된 이후의 차량 운행패턴의 변화와 과적운행 빈도를 조사하여 중량센서가 의무적으로 설치가 된다는 것을 가정하여 이 결과를 통한 과적 예방효과 분석의 기초 자료를 확보하고자 하는 것이 목적

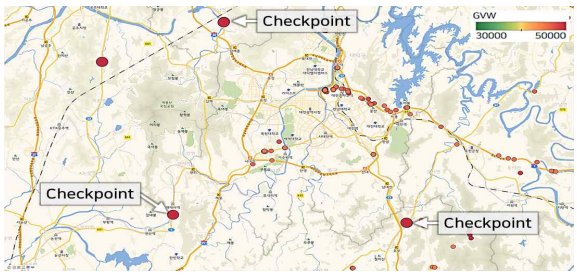
○ 시범차량 운행패턴

- 모니터링 데이터를 분석을 통하여 과적상태에서 자중계 시범 장착차량의 운행경로를 분석하였는데 국토교통부, 지방자치단체, 한국도로공사, 민자도로 관리자 등 각 도로관리청에서 관리하는 고정식 혹은 이동식 단속지점의 GPS 좌표를 획득한 후, 이를 시험차량의 운행경로와 같은 지도상에 맵핑하여 중량에 따른 운행경로 변화를 분석함
- 실제 화물차량 운전자들은 총중량 44톤을 기준으로 상차를 하기 때문에 현장 실정을 반영하여 법정기준이 아닌 단속기준에 맞춰서 과적상태를 분류.
- 운행경로의 비교분석을 위하여 아래 그림과 같이 좌측은 정상 운행상태, 우측은 과적 운행상태로 필터링한 후 지도상에 맵핑하였으며, 시험 차량의 운행경로는 중량에 따라 색상의 변화를 준 작은 원으로, 단속지점은 붉은색 큰 원으로 지도상에 표기하였음.
- 분석결과, 정상상태의 운행경로는 아래 그림의 좌측과 같이 이동식 단속지점(Checkpoint)와 고정식 단속지점(Weighing station)을 모두 지나서 운행하는 경우가 대다수 포함되어 있었으나, 과적상태에서의 운행경로는 이러한 단속지점을 대부분 회피하여 주행하는 것으로 나타남.
- 특히 고정식 단속지점의 경우, 거의 모든 시험차량이 과적상태의 운행경로에 포함되지 않았으며, 고정식 단속지점을 거친 경로로 운행하는 경우엔 모두 안전 중량까지만 상차한 후 운행을 하는 것을 확인할 수 있었음.

- 한편 이동식 단속지점의 경우에는 때때로 과적 운행상태에서 경로에 포함되는 경우가 있었는데, 이는 이동식 단속이 상주 인원이 없이 간헐적으로 단속이 이루어지는 것이 주요 원인으로 판단됨.
- 또한 이동식 단속은 고정식 단속처럼 모든 차량에 대한 검측이 이루어지는 것이 아니라 단속원의 자의적 판단에 의하여 과적의심차량을 선별하거나 임의의 화물차량을 대상으로 운행을 통제 후 검측을 수행하기 때문에 운전자들이 단속될 확률이 낮다고 판단하는 것으로 보임.
- 과적상태의 운행도로는 고속도로보다는 주로 국도 혹은 지방도가 많았으며, 국도보다는 지방도나 시군도를 이용하는 경우가 많았는데 이는 고속도로의 경우 한국도로공사에서 영업소 톨 게이트에 설치된 고정식 축중기를 이용하여 단속을 수행하기 때문에 운전자들이 경로로 선택할 때 기피하는 경향이 큰 것으로 보이며, 국도의 경우 국토교통부 국도관리청 예하 이동단속반 전담인력을 운영하며 단속을 수행하고 있으나 상대적으로 단속이 적은 지방도 및 시군도도 우회하면서 국도를 운행하는 것이 단속회피에 좀 더 용이한 경로라고 생각하기 때문으로 판단됨.

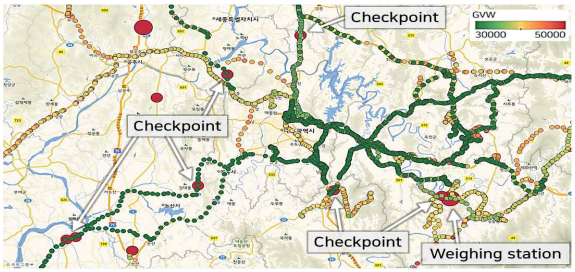


〈 정상상태의 운행경로 〉

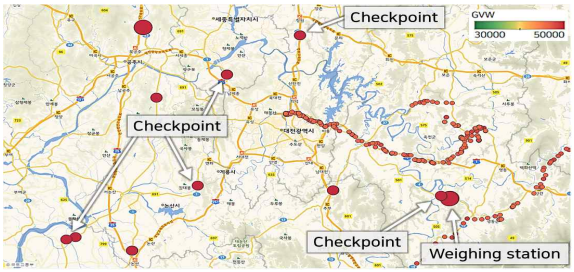


〈 과적상태의 운행경로 〉

〈 과적여부에 따른 운행경로 - 차량번호 265X 〉

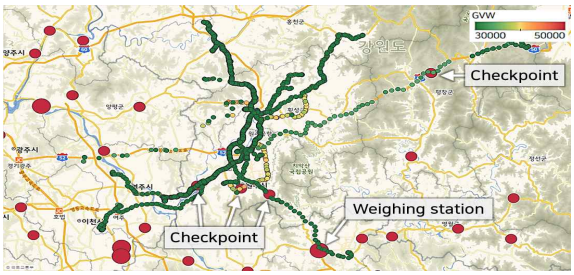


〈 정상상태의 운행경로 〉

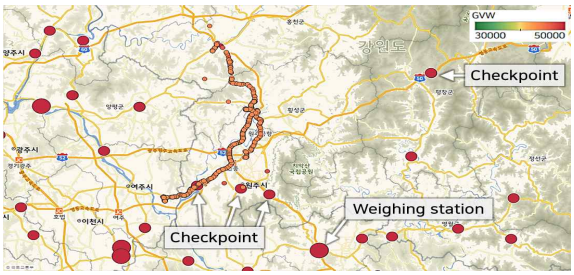


〈 과적상태의 운행경로 〉

〈 과적여부에 따른 운행경로 - 차량번호 511X 〉



〈 정상상태의 운행경로 〉



〈 과적상태의 운행경로 〉

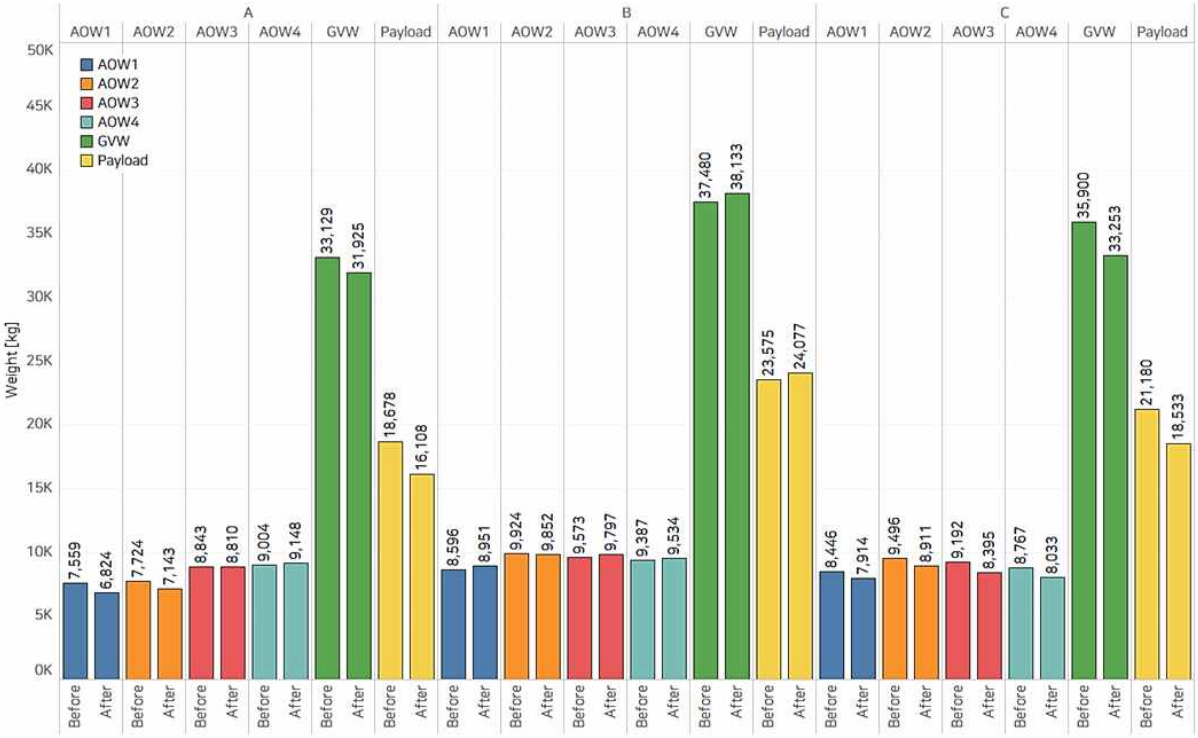
〈 과적여부에 따른 운행경로 - 차량번호 824X 〉

○ 과적 운행패턴

- 과적을 하지 않은 정상상태에서의 중량 및 운행거리, 운행 시간의 평균값과 과적상태에서의 평균값을 비교하였으며, 또한 이를 중량인지 전과 후로 비교하여 어떤 변화가 생기는지 분석함.
- 정상 운행 시의 분석결과는 아래 표와 그림과 같다. 장거리 운행을 주로 하며 부피가 정형화된 원재료나 목재 같은 적재물을 주로 운송하는 그룹 A의 경우, 평균 총중량(GVW)은 중량 인지 전(Before) 33,129kg, 중량 인지 후(After) 31,925kg으로 나타남.
- 그러나 오히려 단거리 운행을 주로 하며 부피가 비정형화된 토사나 골재를 주로 운송하는 그룹 B의 경우, 평균 총중량은 중량 인지 전은 37,480kg, 중량 인지 후는 38,133kg으로 중량 인지 후에 더 높게 나타났는데 이는 적재중량이 거리에 비례하기보다는 적재물의 종류에 따라 좌우된다는 것을 알 수 있으며, 비정형화된 적재물의 경우 정형화된 적재물에 비해 정확한 적재중량을 유추하기가 어렵기 때문으로 판단됨
- 타 그룹의 경우, 1개월을 운행한 중량인지 전에 비하여 중량인지 후 정상 운송횟수가 크게 늘어나고 저 중량의 적재물을 운송한 결과가 합쳐져 평균 운송중량이 감소하였다. 그러나 비정형화된 적재물을 운송하는 그룹 B의 경우에는 다른 그룹과는 다르게 중량인지 전보다 중량인지 후 적재중량이 502kg이 증가하는 것을 확인하였으며, 이는 자중계 설치 후 유추하기 어려웠던 비정형화된 적재물의 중량을 인지하면서 운송 효율이 더 좋아진 것으로 추측됨.
- 이것으로 볼 때 자중계는 특히 적재물을 중량을 유추하기가 어려운 비정형 적재물, 즉 토사 및 골재 등을 운송하는 건설기계 차량에 설치된다면 운송효율을 높일 수 있을 것으로 판단됨

<정상상태의 운행패턴 분석결과>

Group	Index	GVW [kg/cycle]	AOW1 [kg/cycle]	AOW2 [kg/cycle]	AOW3 [kg/cycle]	AOW4 [kg/cycle]	Payload [kg/cycle]	Distance [km/cycle]	Time [min/cycle]
A	Before(a)	33,129	7,559	7,724	8,843	9,004	18,678	243	315
	After(b)	31,925	6,824	7,143	8,810	9,148	16,108	194	322
	Increase (b-a)	-1,204	-735	-581	-33	144	-2,570	-49	6
B	Before(a)	37,480	8,596	9,924	9,573	9,387	23,575	67	74
	After(b)	38,133	8,951	9,852	9,797	9,534	24,077	80	83
	Increase (b-a)	653	355	-72	224	147	502	13	9
C	Before(a)	35,900	8,446	9,496	9,192	8,767	21,180	152	488
	After(b)	33,253	7,914	8,911	8,395	8,033	18,533	462	146
	Increase (b-a)	-2,647	-532	-585	-797	-734	-2,647	311	-342

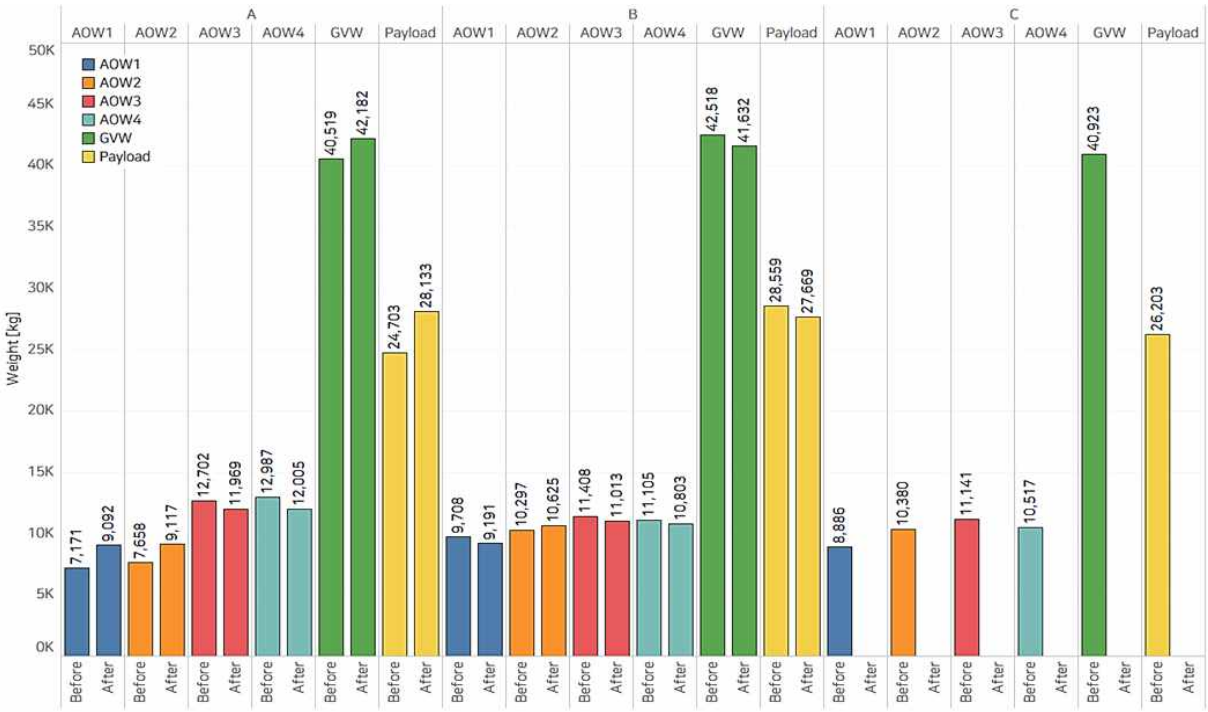


〈 그룹별 정상상태의 평균중량분포 〉

- 과적상태로 운행시 운행거리 및 운행시간 모두 정상상태 운행보다 증가한 것을 확인할 수 있었으며, 그룹 A는 중량인지 전 평균 주행 거리가 13km로 증가한 것에 비해 평균 주행시간은 238분으로, 그룹 B는 중량인지 전 평균 주행 거리가 6km로 증가한 것에 비해 평균 주행시간은 123분으로 크게 증가 하였다. 이는 과적상태에서는 정상상태보다 운송 중에 주차를 오래 하였으며, 저속으로 주행하였다는 것을 알 수 있는데, 단속 회피를 위하여 단속원 근무시간 외에 운행하기 위하여 대기하였거나 고속도로가 아닌 주로 국도 혹은 지방도 및 시군도를 이용하여 운행하였기 때문으로 판단됨.
- 과적상태 평균중량의 경우 총중량은 모든 그룹에서 44톤 이하로 양호한 결과가 나타났지만, 축하중은 특히 3,4축에서 11톤을 초과하였으며, 특히 그룹 A의 경우엔 중량인지 전 평균 축하중 3축(AOW3)은 12,702kg, 4축(AOW4)은 12,987kg으로 12톤을 초과하는 결과도 나타났는데 이는 과적상태는 총중량 초과하는 과적보다는 3축 혹은 4축의 축하중을 초과하는 경우가 더 많은 것으로 분석할 수 있으며, 동일한 중량을 싣더라도 차량별 구조 특성상 3, 4축으로 무게중심이 쏠리는 현상이 발생하여 축하중 과적에 많이 노출되고 있다는 결과를 나타냄.
- 중량인지 전과 후를 비교하면, 그룹 C는 중량인지 후 과적이 발생하지 않았고, 그룹 A와 B는 모두 중량 인지 전에 비하여 중량 인지 후 3, 4축에서 평균 축하중이 302~982kg이 감소했는데 자중계를 설치 후 고의 과적으로 운행하더라도 중량을 인지하기 때문에 과적에 많이 노출되는 3, 4축 축하중을 조절함으로써 초과중량을 최대한 줄여서 만일 단속되더라도 과태료 등급을 낮추고자 하는 것으로 판단됨.

〈 과적상태의 운행패턴 분석결과 〉

Group	Index	GVW [kg/cycle]	AOW1 [kg/cycle]	AOW2 [kg/cycle]	AOW3 [kg/cycle]	AOW4 [kg/cycle]	Payload [kg/cycle]	Distance [km/cycle]	Time [min/cycle]
A	Before(a)	40,519	7,171	7,658	12,702	12,987	24,703	256	553
	After(b)	42,182	9,092	9,117	11,969	12,005	28,133	216	464
	Increase (b-a)	1663	1,921	1,459	-733	-982	3430	-40	-90
B	Before(a)	42,518	9,708	10,297	11,408	11,105	28,559	73	197
	After(b)	41,632	9,191	10,625	11,013	10,803	27,669	103	181
	Increase (b-a)	-886	-517	328	-395	-302	-890	30	-16
C	Before(a)	40,923	8,886	10,380	11,141	10,517	26,203	152	50
	After(b)	-	-	-	-	-	-	-	-
	Increase (b-a)	-	-	-	-	-	-	-	-



〈 그룹별 과적상태의 평균중량분포 〉

(라) 자중계에 의한 과적 예방효과 분석

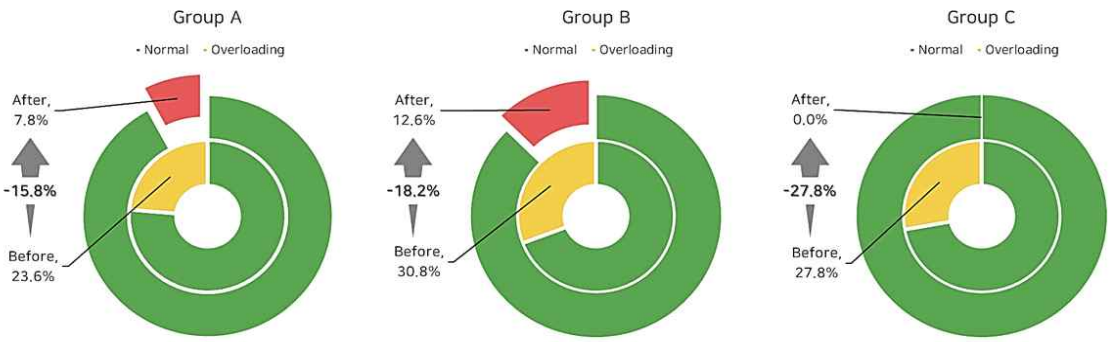
○ 과적비율 및 운송효율의 변화

- 자중계 설치 전후 과적 예방효과의 분석을 위하여 모니터링 기간 동안 운행한 전체 운송횟수에서 정상상태로 운행한 운송횟수와 과적상태로 운행한 운송횟수를 추출하여 과적비율을 계산하였으며, 이를 중량인지 전(Before)과 후(After)로 기간을 분류하여 분석을 수행한 결과, 자중계를 시범 설치한 모든 차량에서 중량인지 후 과적비율이 감소하는 것을 확인할 수 있었음.

- 그룹 C의 경우 중량 인지 후 운송횟수가 25회로 적고 과적 운행을 하지 않아 통계적으로 의미 있는 감소율을 나타냈다고 보기 어렵지만, 그룹 A와 그룹 B는 각각 817회, 3,800회의 운송횟수를 분석한 결과로 확실히 의미가 있는 결과로 볼 수 있다. 과적비율의 감소는 중량인지 전에 비하여 중량인지 후 운송 데이터의 신뢰구간 95% 내에서 총 -17.6% 비율로 감소한 것으로 나타났으며, 그룹 A는 -15.8%, 그룹 B는 -18.2%의 비율로 감소한 것으로 나타남.
- 특히 그룹 B의 과적비율 감소가 제일 높게 나타났는데, 원인은 비정형 적재물 특성상 토사 및 골재를 운송하는 그룹 B의 경우 중량을 확인하며 적재량을 조절하기가 비교적 쉽기 때문으로 판단됨.

〈 설치전/후 과적율 변화 분석결과 〉

Group	Index	Total cycle	Normal cycle	Overloading cycle	Overloading rate
		[ea]	[ea]	[ea]	[%]
A	Before(a)	254	194	60	23.6%
	After(b)	817	753	64	7.8%
	Increase(b-a)				-15.8%
B	Before(a)	1007	697	310	30.8%
	After(b)	3800	3323	477	12.6%
	Increase(b-a)				-18.2%
C	Before(a)	248	179	69	27.8%
	After(b)	25	25	0	0.0%
	Increase(b-a)				-27.8%



〈그림〉 그룹별 설치 전/후 과적율 변화

○ 과적비율 및 운송효율의 변화

- 본 연구에서는 자중계와 GPS, 모뎀을 연동한 IoT 관제시스템을 시험차량에 설치 후 원격 모니터링을 통하여 과적운행패턴을 규명하고, 자중계 설치 시 과적 예방효과와 운송 효율성에 대하여 분석하고자 함.

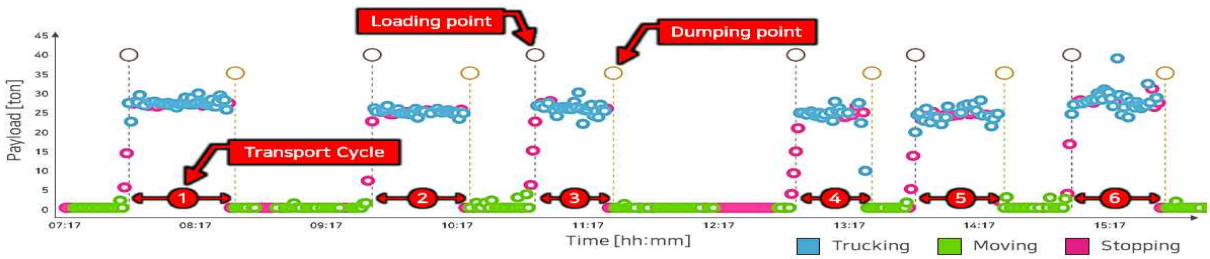
- 장기 모니터링을 통하여 화물차 운전자가 적재중량을 인지하게 됨으로써 운송 효율을 높이되 과적은 방지하게 되는 효과를 정량적으로 분석하고 혹은 화주 등의 요구로 과적 주행을 하게 되는 경우, 단속 회피경로 등의 과적 운행패턴을 분석하여 향후 화물차량의 과적예방정책의 기초 자료로 활용할 수 있는 분석결과를 확보하고자 함.
- 과적상태에서 자중계 시범장착 차량의 운행경로를 분석 결과, 정상 운행상태의 운행경로는 이동식 단속지점와 고정식 단속지점을 모두 지나서 운행하는 경우가 대다수 포함되어 있었으나, 과적 운행상태에서의 운행경로는 이러한 단속지점을 대부분 회피하여 주행하는 것으로 나타남.
- 정상상태 및 과적상태에서의 운행패턴 변화를 분석한 결과, 정상상태에서는 장거리 운행을 주로 하며 부피가 정형화된 적재물을 주로 운송하는 그룹 A보다 단거리 운행을 주로 하며 부피가 비정형화된 적재물을 운송하는 그룹 B이 평균 총중량이 중량인지 전 4,351kg, 중량 인지 후 6,208kg이 더 높은 결과가 나타났으며, 이를 통하여 적재중량은 거리에 비례하기보다는 적재물의 종류에 따라 좌우됨.
- 또한 비정형화된 적재물을 운송하는 그룹 B의 경우에는 자중계 설치 후에 유추하기 어려웠던 비정형화된 적재물의 중량을 인지하면서 중량인지 전보다 중량인지 후 적재중량이 502kg이 증가하여 운송 효율이 더 좋아진 것을 확인.
- 과적상태에서는 운행거리 및 운행시간 모두 정상상태 운행보다 증가한 것을 확인할 수 있었으며, 평균 중량의 경우 총중량은 모든 그룹에서 44톤 이하로 양호한 결과가 나타났지만, 축하중은 특히 3,4축에서 11톤을 초과하는 결과를 확인고 중량인지 전과 후를 비교하면, 그룹 A와 B는 모두 중량 인지 전에 비하여 중량 인지 후 3, 4축에서 평균 축하중이 302~982kg이 감소한 것을 확인할 수 있었음.
- 자중계 설치 전후 과적 예방 효과를 분석한 결과, 자중계를 시범 설치한 모든 차량에서 중량인지 후 과적 비율이 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 그룹 A와 그룹 B는 각각 817회, 3,800회의 운송횟수를 분석한 결과로, 과적 비율의 감소는 중량인지 전에 비하여 중량인지 후에 그룹 A는 -15.8%, 그룹 B는 -18.2%의 비율로 감소
- 본 연구를 통하여 자중계 설치 시 토사 및 골재 등과 같이 중량을 유추하기가 어려운 비정형 적재물을 운송하는 차량의 경우에는 자중계로부터 제공받은 자가 중량을 인지함으로써 운송 효율이 높아질 수 있다는 것을 확인하였다. 운전자는 총중량 과적보다 비조향축인 3, 4축에서 축하중 과적에 더 많이 노출되고 있는 것으로 보여 지는데, 자중계 설치 시 과적상태의 평균 축하중을 낮출 수 있다는 것을 확인함.
- 결정적으로 자중계를 시범 설치한 모든 차량에서 중량인지 후 과적 비율이 감소하는 것을 확인할 수 있었으며, 그 효과는 중량을 확인하며 적재량을 조절할 수 있는 토사 및 골재 등 비정형 적재물을 운송하는 건설기계 차량에서 가장 효과적
- 단속에 치중한 정책보다는 자중계 도입을 통한 사전예방으로의 페러다임 전환이 필요할 것으로 판단되며, 건설기계 차량의 의무장착을 위하여 실제 과적 예방효과 및 비용절감 효과를 정량적으로 추출할 수 있는 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단됨.

○ 2020년도 과적 예방효과 분석결과

- 2020년도의 시험차량은 건설폐기물 수집운반업을 하는 4개사로부터 총 30대의 차량을

섭외하였고 적재물 중 골재와 토사는 주로 건설폐기물 운반 차량이 운송하게 되는데, 이 두 적재물의 과적분포는 무려 36.55%로 압도적인 주요 과적 적재물로 나타나 건설폐기물 수집운반 차량을 시범설치 대상으로 선정하는 것이 타당할 것으로 판단함.

- 섭외차량 운전자에게는 IoT 자중계의 시범설치에 대한 연구목적을 설명하고 운행데이터 및 개인정보 수집에 대한 동의서를 획득한 후 설치를 진행하였고 시험차량은 설치 후 약 1개월간 자중계로부터 측정된 중량확인 없이 통상적인 운행데이터를 수집하였으며, 1개월 이후에 자중계로부터 측정된 중량을 확인할 수 있는 스마트폰 앱을 배포하여 자중계 설치 전후 효과에 대하여 비교 분석함.
- 2020년 6월 1일부터 7월 31일까지 2달간 30대의 IoT 자중계 설치차량의 운행데이터를 서버로 실시간 수신하는데 IoT자중계로부터 측정된 운행데이터는 AWS 서버로 1분 간격으로 송신되어지며 누적 확보된 데이터 칼럼수는 974,119개, 필드수는 6,100,968개로 방대한 양의 데이터를 수집할 수 있었는데 건설폐기물 수집운반 차량의 하루 최대 운행시간을 9시간으로 간주하면, 약 15.7일 동안 무휴로 운행한 것과 같은 양으로 빈번하게 운행이 이루어졌음.
- 분석 방법으로는 아래 그림과 같이 먼저 수신된 원시 운행데이터로부터 적재중량 변화 그래프 파형을 구하고 공차에서 만차로 적재중량이 증가하는 시점을 상차시점(Loading Point)으로 당시의 중량값을 상차중량(Tranportation volume)으로 추출하였으며, 다시 공차로 적재중량이 감소하는 시점을 하차시점(Dumping point)으로 인식하고 상차시점에서 하차시점까지의 과정을 하나의 싸이클로 추출하여 운송횟수(Transportation cycle)를 추출.
- 하나의 싸이클에서 수집된 GPS 데이터의 전후 좌표 사이의 거리를 합산하여 운송거리(Transportation distance)를 계산하였으며, 하나의 상차시점에서부터 하차시점까지 하나의 운송 싸이클이 완료되는 시간을 운송시간(Transportation time)으로 산정하였는데 수집된 건설폐기물 수집운반 차량의 운행데이터를 분석한 결과, 총 운송횟수는 아래 표와 같이 6,706회로 나타났으며, 운송량은 163,984톤으로 운송거리는 338,409km로 집계됨.
- 이를 정상상태의 운행 싸이클과 총중량 혹은 축하중 과적상태의 운행싸이클로 분류한 결과, 전체 운송횟수 중에 과적은 941회인 전체 운송의 약 14.0%로, 건설폐기물 수집운반 차량의 10대 중 약 1.4대는 과적운행을 하고 있는 것으로 나타났는데 이렇게 매우 높은 과적 비율이 나타나는 것은 고의적인 과적이라기보다는 건설폐기물 특성상 부피가 비정형화된 적재물로서 상차 후 총중량 및 축하중을 유추하기 어렵기 때문으로 판단됨.



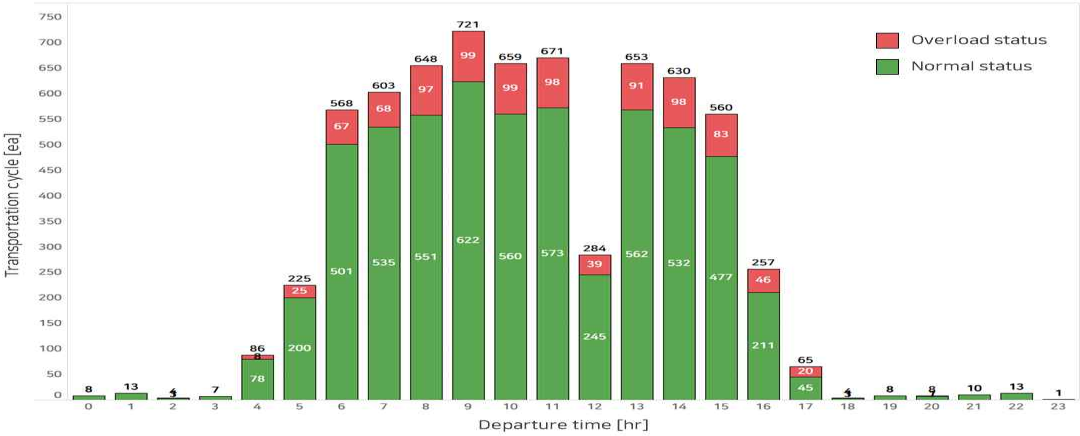
〈 적재중량 그래프 파형과 분석방법 예 〉

〈 2개월간 원격 모니터링 운행 데이터 요약 〉

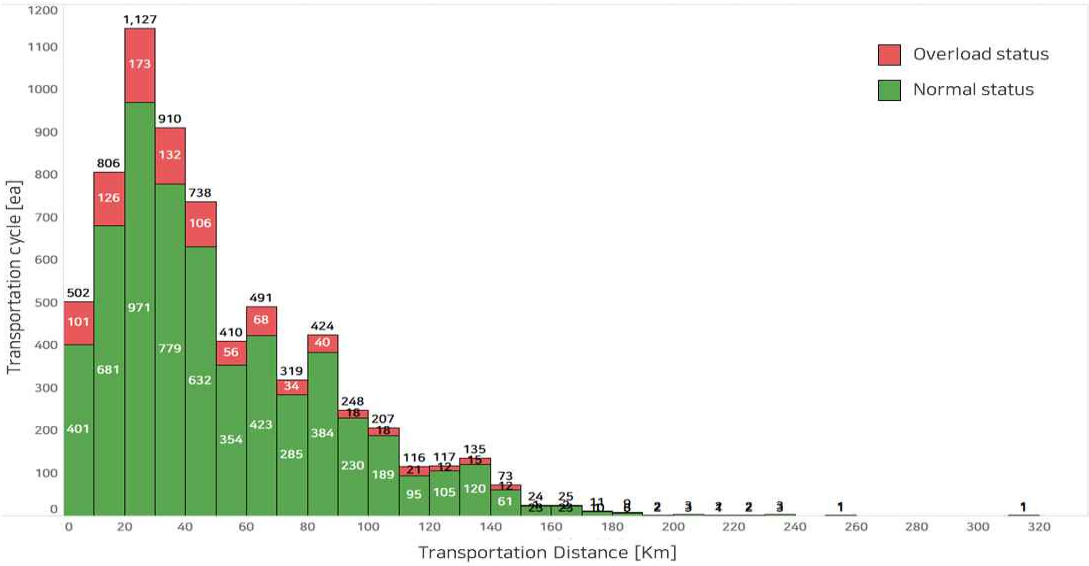
Index	Transportation cycle	Transport volume	Transport distance	Transport time
Total	6,706 cycle	163,984 ton	338,409 km	357,660 min
Normal status	5,765 cycle (86.0%)	137,676 ton (84.0%)	294,815 km (87.1%)	310,794 min (86.9%)
Overload status	941 cycle (14.0%)	26,309 ton (16.0%)	43,594 km (12.9%)	46,866 min (13.1%)

○ 건설폐기물 수집 운반 차량의 운행패턴

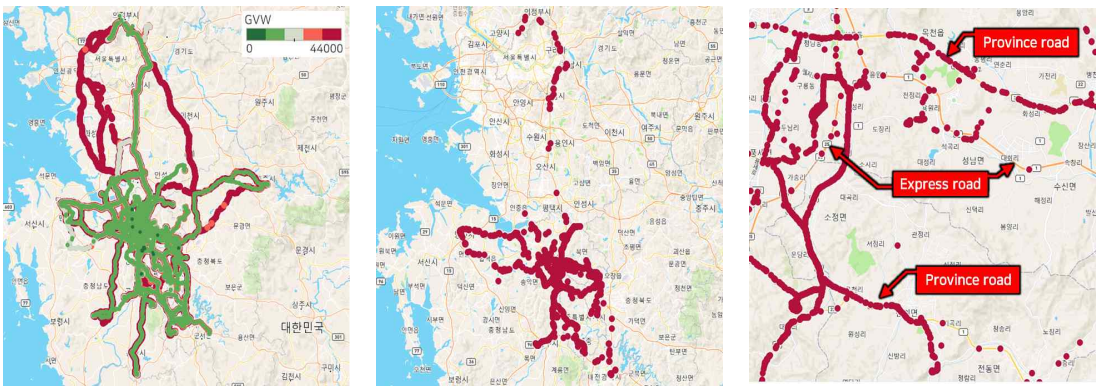
- 먼저 시범운영 데이터를 활용하여 건설폐기물 수집운반 차량의 주요 운행시간에 대하여 분석한 결과, 주요 운행시간대는 새벽 6시부터 오후 4시까지가 전체 운행의 94.2%로 나타났으며, 심야시간대에는 거의 운행을 하지 않는 것으로 나타남.
- 과적운행의 경우에도 어느 시간대에 치중하는 것이 없이 주요 운행시간대에 고르게 나타났다. 건설폐기물 수집운반 차량의 운행거리를 분석한 결과는 아래 그림과 같으며, 주요 운행거리는 100km 이내의 단거리 운행인 경우가 전체의 92.2%로 나타났다. 과적운행의 경우에도 운행이 제일 빈번한 10~40km 구간 내에서 638회로 전체 과적운행의 67.8%가 집중되어있는 것으로 나타남.
- 운행경로 분석을 위하여 수집된 운행데이터 중 GPS 데이터와 총중량 데이터를 활용하여 지도에 맵핑하였으며, 정상운행과 과적운행, 그리고 과적운행 시 운행경로를 확대한 결과는 아래 그림과 같은데 과적상태의 운행도로는 고속도로보다는 주로 국도 혹은 지방도가 많았으며, 국도보다는 지방도나 시군도를 이용하는 경우가 많음.
- 이는 고속도로의 경우, 영업소에 설치된 고정식 축중기에 의해 적발될 우려가 있으므로 운전자들이 기피하는 경향이 큰 것으로 보이며, 국도의 경우, 국토교통부 국도관리청 예하 이동단속반을 운영하므로 상대적으로 단속이 적은 지방도 및 시군도의 도로로 우회하면서 국도를 운행하는 것이 단속회피에 좀 더 용이한 경로라고 생각하기 때문으로 판단됨.



〈 시험차량의 운행 출발시간별 운행횟수 〉



〈 시험운행차량의 운송거리별 운행횟수 〉



(a) 정상상태 (b) 과적상태 (c) 과적상태-세부

〈 운행경로 분석결과 〉

○ 건설폐기물 수집·운반 차량의 과적예방 효과

- 설치 후 1개월간 통상 운행 시 수집된 데이터와 자중계 앱 배포하여 자가중량을 인지 후 운행 시 수집된 1개월간의 데이터를 비교하여 자중계 설치 전후에 대한 과적 예방 효과에 대하여 분석.
- 자중계 설치 전 과적운행 비율은 전체의 17.3%에서 설치 후 11.2%로 6.1%가 감소한 것을 확인할 수 있었으며, 주로 총중량 44톤 이하에서 축하중 과적이 줄어든 것을 확인.
- 또한 전체 운송량 중 과적운행으로 운반된 운송량이 설치 전 전체 운송량의 20.2%였던 것에 비해 설치 후 12.3%로 7.9%가 감소된 것을 확인할 수 있었다. 이는 자중계로부터 제공받은 중량 데이터를 통해 자가중량을 인지하여 상차 시 적재중량과 축하중 분배를 적절히 조절하여 과적운행이 되지 않도록 사전 예방한 결과로 판단.

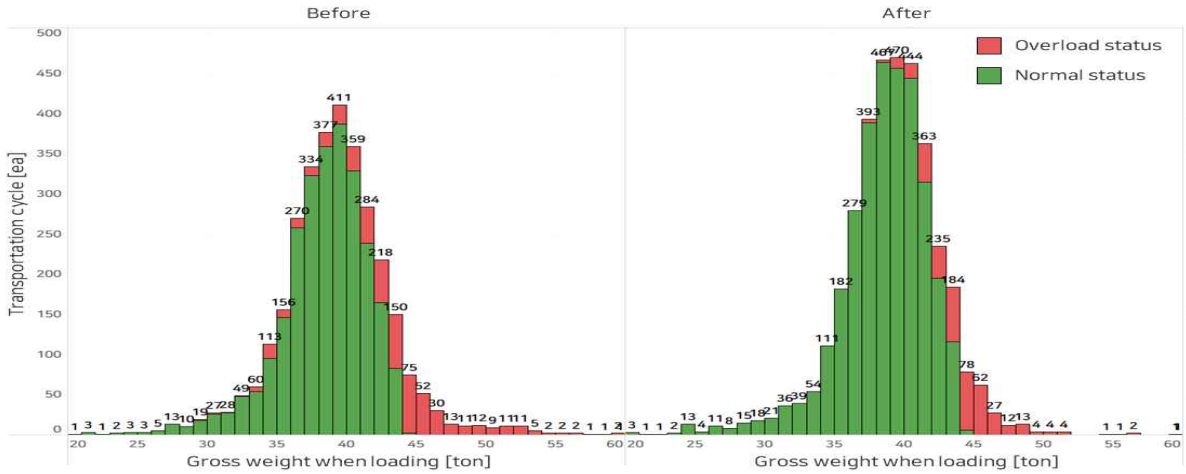
- 반면에 정상운행 시에는 적재중량은 증가하면서도 운송거리와 운송시간이 줄어들어 운송효율이 증가하였는데, 설치 전 평균 23.65ton을 싣고 52.98km를 54.22min으로 운행하였던 것에 반하여, 설치 후 평균 24.07ton을 싣고 49.63km를 53.65min로 운행하여 적재중량은 0.43ton이 증가하였고, 운송거리와 시간은 각각 3.35km, 0.57min 줄어든 것으로 나타남.
- 이는 운전자들이 운행 전 적재량을 인식하게 됨으로써 1회 운송량을 과적기준에 미치지 않은 범위에서 극대화할 수 있고, 운행 전 계근대에서 과적여부를 확인하거나 단속을 우려하여 원거리로 우회 주행을 할 필요가 없어 운송거리와 시간이 줄어들었기 때문으로 판단됨.

〈 설치 전/후 운송 누적값의 변화 〉

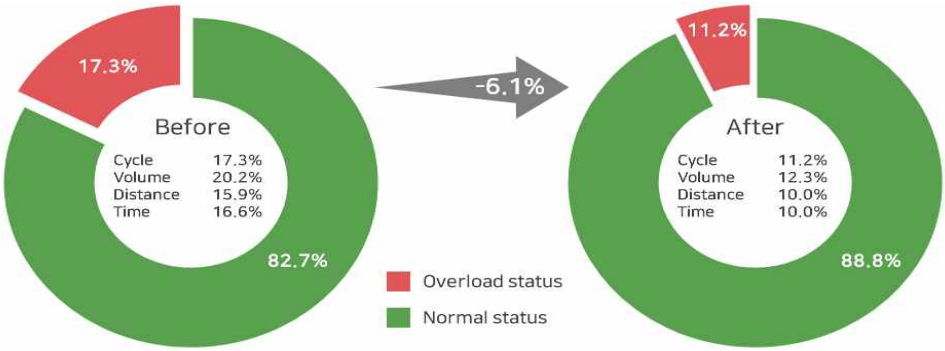
Index	Loading Pattern	Summation	Before	After	Change
Transportation cycle	Normal [cycle]	5,765	2,600	3,165	+565
	Overload [cycle]	941	542	399	-143
	Overload rate [%]	14.0%	17.3%	11.2%	-6.1%
Gross weight	Normal [ton]	221,886	99,519	122,367	+22,848
	Overload [ton]	41,254	23,646	17,608	-6,038
	Overload rate [%]	15.7%	19.2%	12.6%	-6.6%
Transport volume	Normal [ton]	137,676	61,481	76,195	+14,714
	Overload [ton]	26,309	15,604	10,705	-4,899
	Overload rate [%]	16.0%	20.2%	12.3%	-7.9%
Transport distance	Normal [Km]	294,815	137,743	157,072	+19,330
	Overload [Km]	43,594	26,118	17,476	-8,642
	Overload rate [%]	12.9%	15.9%	10.0%	-5.9%
Transport time	Normal [min]	310,794	140,982	169,812	+28,830
	Overload [min]	46,866	27,990	18,876	-9,114
	Overload rate [%]	13.1%	16.6%	10.0%	-6.6%

〈 설치 전/후 1회 운송 평균값의 변화 〉

Index	Loading Pattern	Before	After	Change
Gross weight	Normal [ton]	38.28	38.66	+0.39
	Overload [ton]	43.63	44.13	+0.50
Transport volume	Normal [ton]	23.65	24.07	+0.43
	Overload [ton]	28.79	26.83	-1.96
Transport distance	Normal [km]	52.98	49.63	-3.35
	Overload [km]	48.19	43.80	-4.39
Transport time	Normal [min]	54.22	53.65	-0.57
	Overload [min]	51.64	47.31	-4.33



〈 설치 전/후 총중량 분포별 운송횟수 변화 〉



〈 설치 전/후 과적율 변화 〉

- 현행 대면 과적단속체계의 인력적 한계를 보완하고, 축 조작 행위, 주행 중 과적행위 그리고 단속 회피 등에 효과적으로 대응하여 과적발생을 획기적으로 줄이기 위해서는 사후단속에 치중한 현재 과적방지 정책을 사전 예방으로의 패러다임으로 전환할 필요가 있는데 화물차량에 탑재하여 운전자에게 자가중량 측정이 가능하게 하는 자중계를 도입하여 운전자가 미연에 과적을 예방하도록 하는 것이 필요.
- 자중계는 축조작 및 주행 경로 및 위치에 상관없이 언제든지 과적상태를 측정하고 궁극적으로 운행 전 상차시 적재중량을 조절하여 과적을 예방할 수 있는 유일한 장비로, 화물차 운전자들이 자신의 화물무게를 인지하지 못함에서 오는 부득이한 과적을 방지하기 위해서 반드시 필요한 기술임.
- 골재와 토사가 과적 적재물로 차지하는 비율이 36.55%로 나타났으며, 이 적재물을 주로 운반하는 30대의 건설폐기물 수집·운반차량을 선정하여 시범설치 및 원격모니터링을 수행
- 시험차량은 설치 후 약 1개월간 자중계로부터 측정된 중량 확인없이 통상적인 운행 시 데이터를 수집하였으며, 1개월 이후에 자중계로부터 측정된 중량을 확인 할 수 있는 스마트폰 앱을 배포하여 자가중량을 인지 시 운행데이터를 수집하여 자중계 설치 전후 효과에 대하여 비교 분석.

- 먼저 운행횟수를 비교한 결과, 자중계 설치 전 과적운행 비율은 전체의 17.3%에서 설치 후 11.2%로 무려 6.1%가 감소한 것을 확인할 수 있었으며, 또한 전체 운송량 중 과적운행으로 운반된 운송량이 설치 전 전체 운송량의 20.2%였던 것에 비하여 설치 후 12.3%로 7.9%가 감소된 것을 확인.
- 반면에 정상운행 시에는 적재중량은 증가하면서도 운송거리와 운송시간이 줄어들어 운송효율이 증가하였는데, 설치 전에 비해 설치 후 적재중량은 0.43ton이 증가하였고, 운송거리와 시간은 각각 3.35km, 0.57min 줄어든 것으로 나타났는데 운전자들이 운행 전 적재량을 인식하게 됨으로써 1회 운송량을 과적 기준에 미치지 않은 범위에서 극대화할 수 있고, 자중계로부터 제공받은 중량 데이터를 통해 상차시 적재중량과 축하중 분배를 적절히 조절하여 과적운행을 사전예방한 결과로 판단됨.
- 또한 운행 전 계근대를 들러 과적여부를 확인하거나 단속을 우려하여 원거리로 우회주행을 할 필요가 없어 운송거리와 시간이 줄어들었기 때문으로 판단됨.

(마) 과적예방에 따른 경제적 효과 분석

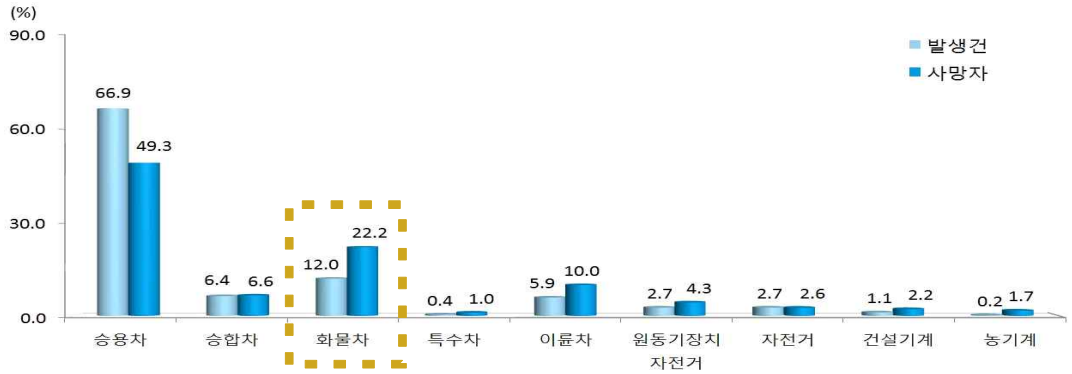
○ 과적에 의한 도로포장 손상의 연구사례 분석

- 과적차량이 유발하는 포장손상과 이에 따른 경제적 손실을 분석하기 위하여 기존 연구사례인 운행제한차량 통행 핸드북(국토교통부, 2005)을 살펴보았다. 이 보고서에서는 현재 우리나라의 과적차량 단속대상의 과적차량 운행이 미치는 영향으로 교량수명 단축, 도로포장 파손 및 교통사고 치사율 상승을 제시하고 있다. 교량수명 단축에 대해서는 40톤 화물차가 50톤을 싣고 지나가는 경우 교량수명이 약 36개월 단축되고 이를 금액으로 환산하면 전국적으로 약 10조원에 달하고, 도로포장 파손에 대해서는 차량 1대의 축하중이 1톤만 초과하여도 승용차 11만대가 지나갔을 때와 같은 정도로 도로포장을 파손시키고, 이로 인해 평상시보다 2.5배의 도로 유지보수비용이 필요하다고 밝히고 있다. 따라서, 과적차량 운행시 우리나라 고속도로, 국도, 지방도로의 도로포장 유지보수비가 현재보다 약 2조 7천억원 증가하는 결과를 나타내고 있으며, 이외에, 교통사고 발생시 총중량 45톤 이상인 중차량에 의해 사망자가 발생하는 비율은 승용차에 비해 4배 이상이고, 교통사고를 발생시킨 차량 중 중차량의 구성비는 4%에 불과하나, 전체 교통사고 사망자 중 중차량에 의한 사망자는 12.5%에 달한다고 밝힘.

○ 과적에 의한 교통사고 비용의 연구사례 분석

- 교통사고비용을 분석한 기존 연구사례 중 건설기술연구원의 “운행제한차량의 운행허가 활성화 방안연구, 2013”의 내용을 참조하면, 교통사고의 사회적 비용을 추계하는 방법을 노동생산력 손실정도에 따른 접근방법, 교통사고 억제측면에서의 접근방법, 교통사고위험변화의 가치계산방법 등으로 분류하였다. 본 연구에서는 한국교통연구원에서 매년 교통사고비용을 산출하고 있으나 아래표에서 보는 바와 같이 도로교통안전관리공단에서 시행하는 교통사고요인 분석에는 과적으로 인한 사고발생 항목이 나타나지 않아 과적으로 인한 교통사고비용을 추정하는 것은 불가능함을 알 수 있다.

- 과적차량으로 인한 교통사고비용을 추정하기 위해 화물차량의 사고비율과 치사율의 곱이 전체에서 차지하는 비율을 구하였다. 차종별 교통사고의 심각도를 반영하기 위함이며, 도로교통 공단에서 배포하는 2016년 교통사고 통계분석 자료를 활용하였다.



〈 교통사고 차종별 발생건 및 사망자 구성비(도로교통공단, 2016년 교통사고 통계분석, 2017) 〉

○ 과적 예방에 의한 경제적 효과 분석

- 본 연구에서는 화물차량의 자중계 도입으로 인하여 과적감소 효과를 시범운영으로 확인하였으며, 앞서 과적에 의하여 발생되는 포장손실액과 사회적 비용에 대하여 기존 연구사례를 조사하였다. 과적운행으로 인한 포장손상 비용은 2조 7,000억원, 사회적 비용 중 교통사고 비용은 1조 421억원, 대기오염 및 온실가스 비용은 3,876억원, 소음비용은 2,972억원으로 나타나 전체 과적운행에 의한 경제적 손실 총액은 총 4조 4,269억원으로 추정

- 본 연구의 자중계 시범설치 운영결과에서 분석한 자중계 설치에 따른 과적운행절감 비율을 도입하면 과적 예방에 따른 경제적 효과를 분석할 수 있다. 운행이력이 많이 수집된 2019년과 2020년의 IoT 자중계 설치차량의 시범운영 결과에서 자중계 설치에 따른 과적율 변화를 평균하여 분석한 결과는 아래 표와 같다. 과적운행 비율은 전체의 21.09%에서 설치 후 11.46%로 9.64%가 감소한 것을 확인할 수 있었다. 만일 국내 화물차량에 대입하여 같은 비율의 과적율 변화가 초래된다고 가정하면, 이를 과적운행에 의한 경제적 손실액에 대입하여 계산할 수 있으며, 따라서 자중계 도입에 의한 경제적 효과는 약 4,267억원으로 산출.

〈 자중계 도입에 따른 과적율 변화 〉

		2019	2020	합계
자중계 설치전	정상운행 [cycle]	1,070	2,600	3,670
	과적운행 [cycle]	439	542	981
	과적율 [%]	29.09%	17.25%	21.09%
자중계 설치후	정상운행 [cycle]	4,101	3,165	7,266
	과적운행 [cycle]	541	399	940
	과적율 [%]	11.65%	11.20%	11.46%
과적율 변화 [%]		- 17.44%	- 6.05%	**- 9.64%**

〈 자중계 도입에 따른 과적예방의 경제적 효과 추정 〉

구분		추정비용
포장손상 비용		2조 7,000억원
사회적 비용	교통사고 비용	1조 421억원
	대기오염 및 온실가스 비용	3,876억원
	소음 비용	2,972억원
과적운행에 의한 경제적 손실 총액		4조 4,269억원
자중계 도입에 따른 과적예방의 경제적 효과		**4,267억원**

(바) 과적예방 정책의 제안

○ 본 연구를 통하여 자중계 설치 시 토사 및 골재 등과 같은 건설폐기물 수집운반 차량의 경우에는 자중계로부터 제공받은 자가 중량을 인지함으로써 과적운행이 줄어들고, 운송 효율이 높아질 수 있다는 것을 확인하였음.

○ 현장에서 빈번하게 발생되는 과적운행을 적발하기 위하여 이동단속반과 고정식 단속 장비를 무분별하게 늘려가며 사후단속을 위한 정책에 혈세를 쏟아붓는 것보다는 과적에 대한 원천적인 인식변화와 자중계 도입으로 인한 사전예방으로 과적 패러다임을 전환할 필요가 있음.

○ 고의 과적을 단속하기에 앞서 먼저 자가중량을 인지하여 운전자가 스스로 과적을 예방할 수 있도록 자중계를 확대 보급하는 것이 필요하며, 이를 위해서는 환경부의 ‘가축분뇨법’과 같이 중량센서의 장착을 법제화하여 그 시행령에서는 화주, 운송사, 단속반 모두에게 유용한 활용방법을 구체적으로 명시할 수 있어야 함.

○ 먼저 자중계 설치비용에 대한 국가보조금을 지급하거나 보험가입시 안전운행 후보자로 선정하여 혜택을 주는 등의 도입 독려에 대한 적극적인 정책도입도 필요.

○ 나아가 화주가 부당한 과적요구를 하지 못하고 향후 운송요금에 대한 분쟁이 생기지 않도록 자중계 데이터를 활용한 전자운송장의 도입이나 운행시 측정 데이터를 외부 인디케이터를 통해 안전운행으로 표출하여 단속반의 임의검차대상에서 제외하는 방법 등을 고려가능.

나. 연구개발 추진전략 및 추진체계

(1) 추진전략 및 방법

○ 국토교통부 담당부서(기술정책과, 도로관리과, 도로시설안전과, 토지정책과 등) 및 소속기관(지방국토관리청, 국토관리사무소) 등 기술수요처와 국토교통부 산하기관, 관련기관, 국토교통 빅데이터 포럼 등 관련분야 전문가가 참여하는 협의회를 구성 및 운영

- 협의회는 각 단위기술별로 10인 내외로 구성하며, 실무현황과 연구개발 방향을 공유하여 관련 기술검토 및 요구사항 수렴이 지속적으로 이루어지도록 운영
- 연구결과에 대한 의견수렴 및 검증을 수행하고 연구성과를 지방국토관리청 및 국토관리사무소에 시범적용시 지원체계 구축

○ 관/산/학/연의 전문가로 구성된 자문그룹을 구성

- 과적, 사면관리, 도로점용, 보상, 빅데이터 등 개발기술에 대한 전문가를 적극 활용하여 품질향상을 유도
- 연구내용의 적정성, 연구 방향 및 진행상황, 연차별 연구성과 및 연구결과에 대한 자문 및 검증을 수행

○ 연구개발 기간 중에 개발기술을 시범적용하여 문제점을 보완하고, 연구 종료 후에도 소관부처 업무에 원활한 적용이 가능하도록 지원

○ 현장에 적합한 연구결과 도출을 위하여 3차년도에는 실제 사용자인 지방국토관리청, 국토관리사무소의 실무자 참여하에 테스트베드를 구축

- 과적단속 최적 위치/시기 예측서비스 : 전체 18개 국토관리사무소
- 비탈면붕괴 위험도 예측서비스 : 2개 지방국토관리청
- 도로점용(연결) 허가 가능구간 추정서비스 : 2개 국토관리사무소
- 보상비 추정서비스 : 1개 지방국토관리청

○ 국토부 담당부서와 시범적용기관 실무자의 의견을 수렴하여 현장 활용성을 강화하고 분야별 전문가 참여로 연구질 향상

- 연구결과를 국토교통부 업무 및 제도에 반영하기 위하여 국토교통부 담당자와 지속 협의
- 현장에 적합한 연구결과 도출을 위하여 4개 기술별로 시범적용기관 실무자 등과 시범적용에 따른 의견수렴, 서비스 개선방안, 업무 적용방안, 데이터 수급방안 등에 대해 검증하고, 시범적용 결과를 피드백하여 알고리즘 및 시각화 프로그램의 개선으로 최종 성과물의 질을 향상

(2) 추진체계

다. 연구 성과

(1) 정성적 연구 성과

○ 정성적 성과목표 및 달성도

구 분		목 표	달 성	달성도(%)	비 고
건설기술연구원	기술개발 보고서	8건	8건	100	
오픈메이트	기술개발 보고서	5건	5건	100	
에이티맥스	기술개발 보고서	7건	8건	114	수집/연계 보고서 추가

○ 기술개발보고서

연 차	기 관	기술보고서 명
1차년	건설기술연구원	• 사례조사 분석 보고서 • 빅데이터 서비스 구축방향 보고서 • 건설CALS 빅데이터의 스키마 및 속성 정의서
	오픈메이트	• 서비스별 예측모델 설계서 • 빅데이터 현황 보고서
	에이티맥스	• 건설CALS 빅데이터 정보추출 분석 보고서 • 중량센서 예비 성능평가 보고서 • 외부정보 연계 보고서
2차년	건설기술연구원	• 서비스별 모델 정의서 • 중량센서 기반 성능평가 보고서
	오픈메이트	• 건설CALS 빅데이터 분석 및 알고리즘 개발 보고서 • 서비스별 시각화 프로그램 개발 보고서
	에이티맥스	• 건설CALS 빅데이터 연계 모듈 기능 보고서 • 분석 전처리 데이터 구축 시스템 설계서 • 중량센서 기반 중량/위치 관제 서비스 시스템 개발 보고서
3차년	건설기술연구원	• 테스트베드 구축 계획서 • 서비스 시범운영 계획 및 결과분석 보고서 • 건설CALS 빅데이터 활용방안 보고서
	오픈메이트	• 분석 알고리즘 및 시각화 개선 보고서
	에이티맥스	• 화물차 중량센서 시범적용을 통한 성능검증 보고서 • 건설사업정보 데이터 연계 모니터링 시스템 보고서(추가)

(2) 정량적 연구 성과

○ 정량적 성과목표 및 달성도

구 분		목 표	달 성	달성도(%)	비 고
기술개발	국외 SCI(E) 게재 논문건수	0	2		추 가
	학진등재지 게재 논문건수	8	11	137	
	국제학술대회 발표 논문건수	5	3	60	코로나로 인해 3차년 미수행
	국내학술대회 발표 논문건수	15	19	127	
	특허출원	3	6	200	
	특허등록	1	4	400	
	소프트웨어 등록 건수	6	24	400	
성과활용	현장시험_지방국토관리청 수	3	3	100	
	현장시험_국토관리사무소 수	20	20	100	
정책지원	정책(업무매뉴얼) 제안 건수	4	4	100	업무매뉴얼* 이동
	정책(국가계획) 반영 건수	1	2	200	국가계획* 추가

* KAIA의 사업관리시스템에 업무매뉴얼 및 국가계획 항목이 없어 유사항목으로 포함

○ 국외 SCI 논문

연차	번호	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCI	게재일	등록번호*
2차년	1	Preventing Capacity Drop at Isolated Merging Bottleneck through Variable Speed Limit Control	Sensors and Materials	이준형	31-10	Japan	MYU	SCIE	2019.10	
	2	Spatial Clustering of Seoul's Elderly Captive Riders Using Smart Card Spatial Autocorrelation Analysis	Sensors and Materials	이준형	31-11	Japan	MYU	SCIE	2019.11	

○ 학진 등재지 논문

연차	번호	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCI	게재일	등록번호*
1차년	1	화물차량 중량센서 적용을 통한 운행패턴 및 과적예방 효과 분석	한국ITS학회 논문지	김종우	17-6	한국	ITS학회	비SCI	18.12.	
	2	단순입체교차 도로의 진출입로 설치 금지구간 개선방안	한국산학기술학회 논문지	김영진	19-12	한국	한국산학기술학회	비SCI	18.12.	
2차년	1	정밀도로지도 기반의 평면교차로 도로연결허가 금지구간 추출방법론 연구	국토연구	이준형	103	한국	국토연구원	비SCI	19.12	
	2	Design and Implementation of a Big Data Analytics Framework based on Cargo DTG Data for Crackdown on Overloaded Trucks	한국컴퓨터정보학회 논문지	김범수	24-12	한국	한국컴퓨터정보학회	비SCI	19.12	
	3	자중계 적용을 통한 화물차량 운행패턴 및 운송효율성 분석	ITS학회 논문지	김종우	18-6	한국	ITS학회	비SCI	19.12	
3차년	1	도로연결 시설 진출차량의 합류속도에 따른 본선 유발 총 지체 분석	ITS학회 논문지	이준형	19-2	한국	ITS학회	비SCI	20.04	
	2	토지보상비 결정요인 분석 - 건설CALS 데이터 중심으로	한국산학기술학회 논문지	이상규	21-10	한국	한국산학기술학회	비SCI	20.10	
	3	기상정보와 Adaboost 모델을 이용한 깎기비탈면 위험도 지도 개발 연구	대한지질공학회 논문지	우용훈	30-4	한국	대한지질공학회	비SCI	20.12	
	4	IoT 자중계 시스템을 활용한 건설폐기물 수집·운반 차량의 운행 및 적재패턴 분석	TS학회 논문지	김종우	19-6	한국	ITS학회	비SCI	20.12	
	5	자중계를 활용한 건설폐기물 수집·운반 차량의 과적 예방효과 연구	건설순환자원학회 논문지	김종우	8-4	한국	건설순환자원학회	비SCI	20.12	
	6	로지스틱 회귀분석을 이용한 도로비탈면관리시스템 데이터 활용 검토 연구	대한지질공학회 논문지	우용훈	30-4	한국	대한지질공학회	비SCI	20.12	

○ 국제학술대회 논문

연차	번호	회의 명칭	발표자	발표 일시	장소	국명
1차년	1	2018 SNAMS	김진욱	2018.10.15	발렌시아	스페인
2차년	1	12th Asian Regional Conference of IAEG	김승현	2019.09.23	제주	한국
	2	42nd Annual Applied Geography Conference	이준형	2019.10.23	Charlotte	USA

○ 국내학술대회 논문

연차	번호	회의 명칭	발표자	발표 일시	장소	국명
1차년	1	한국컴퓨터정보학회 하계학술대회	김진욱	2018.07.17	제주	한국
	2	대한토목학회	김종우	2018.10.18	경주	한국
	3	대한국토도시계획학회 추계학술대회	이정훈	2018.10.27	충주	한국
	4	대한지질공학회 추계학술대회	김승현	2018.11.08	광주	한국
	5	한국산학기술학회 추계학술대회	김태학	2018.11.30	창원	한국
2차년	1	대한지질공학회 춘계학술대회	우용훈	2019.04.04	청주	한국
	2	한국컴퓨터정보학회 하계학술대회	김범수	2019.07.12	제주	한국
	3	한국CDE학회 2019년 하계학술대회	이상규	2019.08.19	제주	한국
	4	대한토목학회 정기학술대회	김종우	2019.10.17	평창	한국
	5	대한국토도시계획학회 추계학술대회	신선화	2019.10.26	부산	한국
	6	한국ITS학회 추계학술대회	이준형	2019.11.14	강릉	한국
3차년	1	한국컴퓨터정보학회 하계학술대회	이상규	2020.07.17	제주	한국
	2	대한토목학회 학술대회	우용훈	2020.10.21	제주	한국
	3	대한토목학회 학술대회	이준형	2020.10.21	제주	한국
	4	대한토목학회 학술대회	김종우	2020.10.21	제주	한국
	5	한국통신학회 추계학술대회	김태학	2020.11.13	온라인	한국
	6	대한지질공학회 추계학술대회	김승현	2020.11.17	온라인	한국
	7	한국산학기술학회 추계학술대회	김진욱	2020.11.27	대천	한국
	8	한국건설순환자원학회 추계학술대회	김종우	2020.11.27	제주	한국

○ 특허 출원 및 등록

번호	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국명	출원				등록			
			출원인	출원일	출원번호	등록 번호	등록인	등록일	등록번호	등록 번호
1	화물차량 관제 시스템 및 그 방법	대한민국	㈜에이티맥스	18.10.18	10-2018-0124375		㈜에이티맥스	20.04.07	10-2100301	
2	화물차량 이동단속 시스템 및 그 방법	대한민국	㈜에이티맥스	19.10.08	10-2019-0124790		㈜에이티맥스	20.04.23	10-2106104	
3	화물차량 단속 회피경로 판단 시스템 및 그 제어방법	대한민국	㈜오픈메이트	19.11.15	10-2019-0146809		㈜오픈메이트	20.12.07	10-2190164	
4	정밀도로지도 기반 평면교차로 도로연결허가 금지구간 추출장치 및 방법	대한민국	한국건설기술연구원	19.12.09	10-2019-0162542		한국건설기술연구원	20.03.23	10-2094342	
5	차량제원정보 제공시스템 및 방법	대한민국	한국건설기술연구원	19.12.06	10-2019-0161325					
6	도로연결허가 판단 시스템 및 그 제어방법	대한민국	㈜오픈메이트	20.10.28	10-2020-0141040					

○ 소프트웨어 등록

연차	번호	저작권명	창작일	등록 번호	저작권자명
1 차년	1	중량센서 모니터링 프로그램	18.10.05	C-2018-031372	에이티맥스
	2	관계형 DBMS 기반의 주소정제 데이터 출력을 위한 연계 시스템	18.10.24	C-2018-029816	오픈메이트
2 차년	1	운행제한 단속 최적 위치 · 시기 예측 서비스	19.10.02	C-2019-028584	오픈메이트
	2	건설사업정보화(CALS) 시스템 빅데이터 API 연계 클라이언트	19.09.20	C-2019-037232	에이티맥스
	3	건설사업정보화(CALS) 시스템 빅데이터 CSV 전처리 모듈	19.09.20	C-2019-037233	에이티맥스
	4	건설사업정보화(CALS) 시스템 빅데이터 DTG 전처리 모듈	19.09.20	C-2019-037234	에이티맥스
	5	건설사업정보화(CALS) 시스템 빅데이터 DB 연계 서버	19.09.27	C-2019-037230	에이티맥스
	6	건설사업정보화(CALS) 시스템 빅데이터 DB 연계 클라이언트	19.10.04	C-2019-037231	에이티맥스
	7	Postgresql(포스트그레스큐엘)용 PL/Python(피엘파이썬) 좌표변환	19.12.06	C-2019-043767	오픈메이트
	8	Postgresql(포스트그레스큐엘)용 PL/Python(피엘파이썬) 주소정제 Connector(커넥터)	19.11.22	C-2019-043768	오픈메이트
	9	건설CALS 빅데이터분석 - 비탈면 위험도 예측 프로그램	19.12.18	C-2019-043646	오픈메이트
	10	건설CALS 빅데이터분석 - 비탈면 붕괴 위험도 시각화 프로그램	19.12.18	C-2019-043647	오픈메이트
	11	건설CALS 빅데이터분석 - 도로연결 금지구간 산출 알고리즘	19.12.18	C-2019-043648	오픈메이트
3 차년	1	DXF-SHP File converter	20.07.01	C-2020-023914	에이티맥스
	2	도로점용 허가 가능구간 추정 서비스	20.09.17	C-2020-033923	오픈메이트
	3	보상비 추정 웹서비스	20.09.17	C-2020-034092	오픈메이트
	4	날씨별 운행제한 단속 최적 방법 추천 프로그램	20.09.17	C-2020-034093	오픈메이트
	5	비탈면 최근 시점 위험도 예측 프로그램	20.09.17	C-2020-034094	오픈메이트
	6	도로점용 허가 가능구간 판단 프로그램	20.09.17	C-2020-033924	오픈메이트
	7	보상비 예측 프로그램	20.09.17	C-2020-034095	오픈메이트
	8	DEM Converter(수치표고모델변환기)	20.07.01	C-2020-035391	에이티맥스
	9	케이웨더 현재/예보 날씨 연계모듈	20.07.01	C-2020-035627	에이티맥스
	10	버스정류소 연계프로그램	20.10.05	C-2020-037357	에이티맥스
	11	건축물대장 연계프로그램	20.10.05	C-2020-037358	에이티맥스

○ 현장시험 : 적용 지방국토관리청 및 국토관리사무소

연차	번호	적용기술	적용기관	적용기간	비 고
2차년	1	과적단속 최적 위치/시기 예측	1개 기관 (수원 국토사무소)	19.09.12~ 19.10.11	경기도 건설본부 추가 적용
3차년	1	과적단속 최적 위치/시기 예측	18개 기관 (전체 국토사무소)	20.08.03~ 20.08.28	
	2	비탈면붕괴 위험도 예측	2개 기관 (부산/원주 지방국토청)	20.08.28~ 20.10.09	한국시설안전공단 산림조합중앙회 추가적용
	3	도로점용(연결) 허가 가능구간 추정	2개 기관 (수원/의정부 국토사무소)	20.08.25~ 20.09.24	
	4	보상비 추정	1개 기관 (대전지방국토청)	20.08.03~ 20.09.25	

○ 정책 제안 및 반영

번호	구 분	정 책 명	주무기관	제안(반영)일	비 고
1	반영	2019 건설사업정보화 시행계획 (건설기술진흥법 시행령 제41조 제2항 관련)	국토교통부 기술정책과	19.01.23	국가계획 (추가)
2	반영	2020 건설사업정보화 시행계획 (건설기술진흥법 시행령 제41조 제2항 관련)	국토교통부 기술정책과	20.03.11	국가계획 (추가)
3	제안	변속차로등의 설계도면 작성 요령 (별표 1 관련)	국토교통부 도로관리과	20.10.30	도로와 다른 시설의 연결에 관한 규칙
4	제안	변속차로 금지구간의 산정 기준 (별표 4 관련)	국토교통부 도로관리과	20.10.30	도로와 다른 시설의 연결에 관한 규칙
5	제안	적재량 측정이 가능한 중량센서 설치 (법 제78조 제3항 관련)	국토교통부 도로시설안전과	20.11.23	도로법
6	제안	설계도면 작성 유의사항	국토교통부 도로관리과	20.11.20	도로관리실무 국토부 업무매뉴얼

3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

3-1. 목 표

가. 최종 목표

구 분	내 용
최종 목표	건설사업정보시스템(CALS)에서 보유중인 대용량 데이터와 외부정보를 활용하여 과적단속 최적위치 예측, 비탈면 붕괴 위험도 예측, 도로점용 허가가능구간 추정, 보상비 추정 등 4종의 빅데이터 서비스를 개발하여 건설CALS 포털시스템을 통해 국토교통부 및 대국민에게 시범서비스
세부 목표	• 과적단속 최적 위치/시기 예측 서비스로 과적차량 단속율 5% 향상 • 비탈면 붕괴 위험도 예측 서비스로 산사태 및 비탈면 붕괴에 의한 사회적 비용 10% 절감 • 도로점용(연결) 허가 신청에 대한 연결허가 금지구간 추정 정확도 85% 이상 달성 • 신규공사 보상비 추정 정확도 75% 이상 달성

나. 1차년 목표 및 결과

○ 1차년 목표

참여 형태	기관	1차 년도 개발 목표
주관	한국건설기술연구원	• 도로분야 빅데이터 정책, 시장, 기술 등 현황분석 • 서비스별로 관련 법령, 법제도 내용 및 환경 분석 • 건설CALS 빅데이터 서비스 구축방향 도출 • 건설CALS 빅데이터의 스키마 및 속성 정의
공동	에이티맥스	• 건설CALS 보유 데이터 추출 변환 및 데이터 처리기술 분석 • 중량센서 실차시험을 통한 예비 성능평가 • 연계되는 외부정보 분석 및 연계기술 분석
공동	오픈메이트	• 빅데이터 처리기술(수집, 저장, 처리, 분석, 시각화 등) 분석 • 건설CALS 빅데이터 분석, 시각화 등 처리방향 도출 • 건설 CALS 빅데이터 기초분석 및 분석방법론 설계

○ 연구내용 및 결과

구분(연도)	세부 연구 목표	연구개발 수행 내용	연구 결과
1차 연도 (2018)	현황·환경에 대한 조사·분석(1-1) <주관: 건설기술연구원>	과적단속 최적 위치·시기 예측의 현황·환경 분석	• 국내 · 외 법제분석, 기술동향, 시장동향, 시스템 현황 등을 분석 • 화물차량의 단속 회피 패턴에 주목하여 회피 경로를 차단하고자 분석한 결과를 토대로 주경로와 보조경로 등 인근지역을 입체적으로 단속할 수 있도록 고정식을

구분(연도)	세부 연구 목표	연구개발 수행 내용	연구 결과
			배제한 화물차량의 이동식 단속지점에 집중하고자 함
		비탈면 붕괴 위험도 예측의 현황·환경 분석	• 업무현황, 국내·외 법제분석, 기술동향 등을 분석함 • 정확성과 신뢰성을 겸비한 활용도 높은 자료를 구축하기 위하여는 국도비탈면의 다양한 자료와 기상 자료 등을 결합시켜, 산사태 재해 위험도(Landslide Vulnerability Map) 형태로 제공할 필요가 있으며, 비탈면 붕괴와 관련된 주요인자들에 대한 각각의 상대적 중요도를 도출하여 이에 대한 반복적인 검증에 집중하고자 함
		도로점용(연결)허가가능 구간 추정의 현황·환경 분석	• 도로정보, 허가정보 등 조사와 관계 법령, 질의사례, 현장 조사 및 판단모형을 분석함 • 도로연결규칙 중 연결허가의 금지구간에 관한 항목에 대해 도로와 주변 주요시설(POI)에 대한 지리정보를 바탕으로 공학적 분석을 통해 사전에 민원인이나 도로관리청 업무담당자가 허가 가능 여부를 검토할 수 있는 민원행정 지원기술 개발에 집중하고자 함
		보상비 추정의 현황·환경 분석	• 유형별 보상비 추정실태 및 사례, 법제분석, 기술동향, 시스템 현황 등을 분석함 • 보상 빅데이터 분석을 위해 다양한 보상비 예측기준과 공시지가 등 주요인자들에 대한 각각의 상대적 중요도를 도출하여 이에 대한 반복적인 검증 등 예측의 정확도 향상에 집중하고자 함
	빅데이터 서비스 구축방향(1-2) <주관: 건설기술연구원>	서비스별 구축 방향	• 과적단속 최적위치·시기 예측 서비스 구축 방향 • 비탈면 붕괴 위험도예측 서비스 구축 방향 • 도로점용(연결) 허가 가능구간 추정 서비스 구축 방향 • 보상비 예측 서비스 구축 방향
		개발 시스템 설계	• 데이터 수집 및 예측 분석 모델링 개발 환경 설계 방안
		서비스 운영 방안 도출	• 건설CALS 시스템 환경 기반의 서비스 운영 방안 마련
	스키마/속성 분류(2-1) <주관: 건설기술연구원>	건설CALS 스키마/속성 분석	• 건설CALS시스템에 축적된 과적정보, 비탈면정보, 점용정보, 보상비정보 중 빅데이터 분석에 사용될 정보의 자료구조, 자료의 표현, 자료간의 관계 형식 등을 분석
		외부의 연계시스템 스키마/ 속성 분석	• 건설CALS정보와 조합되어 서비스별 빅데이터 분석에 사용될 외부 정보에 대한 자료구조, 자료의 표현, 자료간의 관계 형식 등을 분석
	건설CALS 데이터 분석/추출/변환기술(5-1) (공동:에이티맥스)	건설CALS 보유데이터(텍스트/도면/통계정보 등) 유형 분석	• 건설CALS 현황 분석 보고서 • 건설CALS 도면 분석

구분(연도)	세부 연구 목표	연구개발 수행 내용	연구 결과
		데이터 최적 DB화를 위한 CALS 데이터 추출 및 변환방안 도출	• 빅데이터 데이터베이스 설계서 • 건설CALS 데이터 추출 및 변환방안 도출
		건설CALS 내부 자료수집 및 외부연계기관 자료처리기술 개발	• 건설CALS 내부 및 외부 자료 추출 시스템 구성도 • 건설CALS 내부 및 외부 자료 항목 정의서
	연계외부정보 분석/ 연계 기술(5-2) <공동:에이티맥스>	빅데이터 예측정보 추출에 필요한 외부정보 추출 및 변환기술 개발	• 외부 정보 추출 방안 조사 분석 • 외부정보 추출 및 변환 프로세스 구성
		데이터 수집 및 추출 진행 절차	• 외부연계 자료 추출 아키텍처 구성 • 외부 데이터 추출 절차 프로세스 구성
		수집 데이터 변환	• 외부 데이터 변환 프로세스 구성
	중량센서 예비 성능 평가(6-1) <공동:에이티맥스>	국내외 상용 중량센서 실차시험을 통한 예비 성능평가	• 국내외 상용 중량센서 조사 분석 • 대표적 중량센서 로드셀, 에어압력센서, 경사계 센서의 예비 성능평가 실시 • 중량센서 최적 센서로 경사계형 선정
		상습과적차량의 선별 및 대표차량의 운행패턴 모니터링 기술개발	• 과적유형별 선정한 4~5축 시범차량 10대 선정 • 경사계형 중량센서 시범 설치 • 시범 차량 모니터링 시스템 구현 • 중량 및 위치 데이터 모니터링 및 분석
		이동식 과적검문 위치 현장조사를 통한 적용성 검증	• 교통량 및 단속정보를 활용한 현장 적성성 검토
		중량센서 기반 과적예방기술분석 및 과적유형별 대표 차량 선정	• 국내외 중량센서 기술조사 분석 • 호주 및 일본의 중량센서를 활용한 과적예방 정책 분석 완료 • 과적운행패턴 분석 및 과적 유형별 대표 차량 선정 완료
	서비스별 예측모델 설계(7-1) <공동:에이티맥스>	CALS, 외부데이터 등 분석에 활용 가능한 데이터 파악	▪ 본 과업의 연구분석 주제인 화물차 이동경로 및 과적단속 최적위치·시기,비탈면 붕괴위험도,도로점용(연결)허가, 보상비 예측모델의 연구 목적에 부합하며, 모델의 변수에 활용할 필요데이터 도출
		서비스별 알고리즘 개발 방향 도출 및 설계	▪ 화물차 이동경로 및 과적단속 최적위치·시기 예측모델-화물차량 이동의 빅데이터 분석으로 경로를 도출해 우회 가능한 패턴을 사전에 찾을 수 있는 예측모형 설계 ▪ 비탈면 붕괴위험도 예측모델-변화하는 기후 및 사면 정보의 반영이 가능한 형태로 예측모형 설계 ▪ 도로점용(연결)허가 예측모델-공학적 분석 알고리즘에 근거한 도로 기하구조 등 빅데이터 기반의 도로점용(연결)허가 가능구간 예측모델 설계 ▪ 보상비 예측모델-기존에 집행된 보상정보와 신규 보상대상 토지의 현재 상태 자료를 비교분석하여 보상비 예측모델 설계

구분(연도)	세부 연구 목표	연구개발 수행 내용	연구 결과
	빅데이터 처리기술 현황(8-1) <공동:오픈메이트>	빅데이터 기술/시장 동향분석	▪ 국내 빅데이터 시장은 민간기업의 투자와 정부의 빅데이터 산업 육성 의지에 따라 2014년 22.5%, 2015년 30.5%, 2016년 31.3%의 높은 성장을 기준으로 매년 30% 이상의 성장하여 2020년에는 약 11,730억원 이상의 시장 규모를 갖출 것으로 예상되며, 세계 빅데이터 시장은 연평균 약 14% 성장
		연구주제와 유사한 빅데이터 분석사례 조사	▪ 본 과업의 연구분석 주제인 화물차 이동경로 및 과적단속 최적위치·시기,비탈면 붕괴위험도,도로점용(연결)허가, 보상비 예측모델 관련 유사한 국내·국외 데이터 분석사례 조사 완료
		서비스별 빅데이터 분석방법론 탐색	▪ 화물차 이동경로 및 과적단속 최적위치·시기 예측모델 -.신호 데이터 경로를 시각화 서비스 구조 파악, 화물차량 데이터의 GPS 신호 활용방안 검토, GPS 신호를 도로에 매핑하는 방법론 점검, 도로의 방향성, 폭, 연결성 등의 정보화 과정 검토 ▪ 비탈면 붕괴위험도 예측모델 - .비탈면 붕괴 예측 모형 추정 사례 검토 및 분석 이후 결과물의 표현 방법론 검토 ▪ 도로점용(연결)허가 예측모델- 도로점용 허가 기준 중 곡선반경, 종단기울기, 교차로,터널 및 지하차도, 교량, 버스정차대 등 기준에 관한 연구내용 분석 ▪ 보상비 예측모델- 유형별 보상비 산정에 영향을 미치는 데이터들을 변수로 활용하여 보상비를 예측모델 방법론 탐색

다. 2차년 목표 및 결과

○ 2차년 목표

참여 형태	기관	2차 년도 개발 목표
주관	한국건설기술연구원	• 과적단속 최적 위치/시기 예측 모델 정의 • 비탈면 붕괴 위험도 예측 모델 정의 • 도로점용(연결) 허가 가능구간 추정 모델 정의 • 보상비 추정 모델 정의 • 화물차 중량센서 기반 성능평가 기준 마련 • 과적 서비스 분야 1개 기관 시범적용
공동	에이티맥스	• 빅데이터 분석용 정보추출 데이터 변환프로그램 개발 • 중량센서 기반 중량/위치관제 시스템 개발
공동	오픈메이트	• 건설CALS 빅데이터 분석 및 알고리즘 개발 • 서비스별 시각화 프로그램 개발

○ 연구내용 및 결과

구분	세부 연구 목표	연구개발 수행 내용	연구 결과
2차 연도 (2019)	서비스별 모델 정의(2-2) <주관: 건설기술연구원>	과적단속 최적 위치·시기 예측 모델	• 최적 단속위치 및 시기 예측모델 • 우회로 예측모델 • 수원국토관리사무소/경기도건설본부 시범 적용 및 효과분석
		비탈면 붕괴 위험도 예측 모델	▪ 위험도 예측모델
		도로점용(연결)허가가능 구간 추정 모델	▪ 교차로연결금지구간 모델 ▪ 곡선반지름 금지구간 모델 ▪ 종단기울기 금지구간 모델 ▪ 터널 및 지하차도 금지구간 모델 ▪ 교량 및 버스정차대 금지구간 모델
		보상비 추정 모델	▪ 토지보상비 추정모델 ▪ 지장물보상비 추정모델
	중량센서 기반 품질기준 마련(4-1) <주관: 건설기술연구원>	현황조사	▪ 과적 단속 기준 ▪ 국내외 단속 기술
		중량센서 기술 및 품질 기준 조사	▪ 중량센서 기술 조사 ▪ 중량센서 활용 사례 ▪ 중량센서 현장 성능평가 ▪ 중량센서 품질기준 조사
		중량센서 품질 기준(안)	▪ 중량센서 품질기준 규격 ▪ 중량센서 품질평가 절차서 ▪ 관련법령 신규제안(안)
	빅데이터 연계모듈 기능 개발(5-3) <공동: 에이티맥스>	건설CALS 데이터 및 외부정보 연계 모듈	▪ 건설CALS 데이터 연계 모듈 ▪ 외부 데이터 연계 모듈
	분석 전처리 데이터 구축 개발(5-4) <공동: 에이티맥스>	빅데이터 분석을 위한 건설CALS 데이터와 외부데이터 전처리	▪ 건설CALS 데이터 전처리 모듈 ▪ 외부 데이터 전처리 모듈
	중량/위치 모니터링 도구 개발(6-2) <공동: 에이티맥스>	과적차량 관제용 최적중량센서 도출 및 현장 성능평가	▪ 최적 중량센서 성능평가 ▪ 최적중량센서 도출 및 현장 성능시험 보고서
		중량센서 시범 차량의 위치중량관제 시스템 개발	▪ 차량상태 판정알고리즘 ▪ 중량센서 기반 중량/위치 관제서비스시스템
	분석 알고리즘 개발(7-2) <공동: 오픈메이트>	과적단속 최적 위치·시기 예측 알고리즘	• 지점추천 알고리즘 개발 • 우회로 예측 알고리즘 개발 • 모델검증
		비탈면 붕괴위험도 예측 알고리즘	▪ 위험도 예측모델 • 모델검증
		도로점용(연결) 허가 추정 알고리즘	▪ 교차로연결금지구간 알고리즘 개발 ▪ 곡선반지름 금지구간 알고리즘 개발 ▪ 종단기울기 금지구간 알고리즘 개발 ▪ 터널 및 지하차도 금지구간알고리즘 개발 ▪ 교량 및 버스정차대 금지구간 알고리즘 개발

구분	세부 연구 목표	연구개발 수행 내용	연구 결과
		보상비 추정 알고리즘	▪ 토지보상비 추정 알고리즘 개발 ▪ 지장물보상비 추정 알고리즘 개발 • 모델검증
	서비스별 시각화 프로그램 개발(8-2) <공동: 오픈메이트>	최적 단속 위치 및 통행량 예측 시각화 서비스	• 화면 설계 • 지점추천 및 우회로, 검문소 위치, 기상정보 등 시각화 개발 • 수원국토사무소 및 경기도건설본부 대상 시범서비스
		비탈면 붕괴위험도 예측 시각화 서비스	• 화면설계 • 붕괴위험도 및 피해도 개발 • 시범서비스 실시
		보상비 추정 시각화 기획	• 화면설계(안)

라. 3차년 목표 및 결과

○ 3차년 목표

참여 형태	기관	3차 년도 개발 목표
주관	한국건설기술연구원	▪ 테스트베드 구축 계획 수립 ▪ 테스트베드 구축 ▪ 건설CALS포털을 통한 시범서비스 ▪ 전체 시범서비스 결과 분석 및 활용방안 도출
공동	에이티맥스	▪ 화물차 중량센서 시범적용을 통한 과적예방효과 검증 ▪ 화물차 중량센서 시범적용에 따른 시스템 개선
공동	오픈메이트	▪ 시범서비스에 따른 분석 알고리즘 개선 ▪ 시범서비스에 따른 시각화 프로그램 개선

○ 연구내용 및 결과

구분	세부 연구 목표	연구개발 수행 내용	연구 결과
3차 연도 (2020)	빅데이터 서비스 확대 방안(1-3) <주관: 건설기술연구원>	시스템 운영 계획	• 과제 종료 후 빅데이터 서비스 제공계획 마련 • 연계모듈, API자동연계, 파일 다운로드를 통한 반자동, 수작업 수집 등 데이터 수집계획 마련
		연구개발 성과의 활용 방안	• 각 기술별로 국토부 업무에 적용하기 위한 방안 마련 • 지자체/관련단체 등에서 활용 가능성 검토
	시범적용 구축계획(3-1) <주관: 건설기술연구원>	과적단속 최적 위치·시기 예측 기술	• 시범적용을 위해 국토부 담당자 협의 및 국토관리사무소 권역별 교육 • 18개 국토관리사무소에 시범적용

구분	세부 연구 목표	연구개발 수행 내용	연구 결과
		비탈면 붕괴 위험도 예측 기술	• 시범적용을 위해 국토부 담당자 협의 및 부산/원주 지방국토청 담당자 교육 • 부산/원주 지방국토관리청에 시범적용 • 한국시설안전공단, 산림조합중앙회 추가적용
		도로점용(연결)허가가능 구간 추정 기술	• 시범적용을 위해 국토부 담당자 및 수원/의정부 국토관리사무소 담당자 협의 • 수원/의정부 국토관리사무소에 시범적용
		보상비 추정 기술	• 시범적용을 위해 국토부 담당자 및 대전지방국토청 담당자 협의 • 대전지방국토관리청에 시범적용
	시범운영 및 결과분석(3-2) <주관: 건설기술연구원>	4개 빅데이터 기술별 시범운영 및 결과 분석	• 시범적용 후 효과검증을 위해 해당기관 담당자의 의견 수렴 • 각 기술별 모델 검증 및 사용자 피드백을 통한 시각화(시스템) 개선 • 당초 목표 대비 효과 분석
	빅데이터 연계모듈 기능 개발(5-3) <공동: 에이티맥스>	건설CALS 데이터 및 외부정보 연계 모듈	• 건설CALS 데이터 연계 모듈 • 외부 데이터 연계 모듈
	분석 전처리 데이터 구축 개발(5-4) <공동: 에이티맥스>	빅데이터 분석을 위한 건설CALS 데이터와 외부데이터 전처리	• 건설CALS 데이터 전처리 모듈 • 외부 데이터 전처리 모듈
	화물차 중량센서 시범적용을 통한 과적예방 효과검증(6-3) <공동: 에이티맥스>	화물차 중량센서 시범적용을 통한 과적예방 효과검증	• 화물차 중량센서 시범적용을 통한 과적예방효과 검증 • 화물차 중량센서 시범적용에 따른 시스템 개선
	분석 알고리즘 개발 및 고도화(7-2) <공동: 오픈메이트>	과적단속 최적 위치·시기 예측 기술	• 실시간 기상 정보를 활용한 단속 지점 추천 및 시각화 • 건설현장 정보 데이터 검토 • DTG 데이터를 통한 회피 예상 경로 및 확률 도출 • 회피 경로 반자동화를 통한 분석 시간 단축 • 전국 확대 적용(작년 수원사무소)-> 금년 전국사무소
		비탈면 붕괴 위험도 예측 기술	• 1개년도(2018년) 데이터를 추가 적용한 붕괴 위험도 예측모델 고도화 • 기상변수 추가로 위험도 예측모델 고도화
		도로점용(연결)허가가능 구간 추정 기술	• 도면기반 도로연결 허가여부 판단 알고리즘 개발 • 도면기반 에러사유 및 판단사유 표출 알고리즘 개발 • 도면기반 유효레이어 선별 알고리즘 개발 • DEM(수치표고모델) 데이터 기반 종단기울기 분석 개발 • 정밀도로지도기반 교차로 금지구간 예외처리 추가
		보상비 추정 기술	• 토지보상현황 중복필지 전처리 개발 • 비교 표준지 선택모듈 알고리즘 개발 • 토지보상비 예측모델 파라미터 및 변수 최적화 등 고도화 • 전국단위 토지보상비 예측값 산출

구분	세부 연구 목표	연구개발 수행 내용	연구 결과
	시범적용 결과를 반영한 프로그램 고도화(8-3) <공동: 오픈메이트>	과적단속 최적 위치·시기 예측 기술	• 과적 서비스 전국 확대 및 시범 운영 • 국토관리사무소 협의를 통한 검문소 추천수 합리적 조정 • 지점 연일 추천시 해당 지점 확률값 축소 조정
		비탈면 붕괴 위험도 예측 기술	• 최근시점 기상 정보를 반영한 붕괴 위험도 시각화 • 웹서비스 UI 개선
		도로점용(연결)허가가능 구간 추정 기술	• 도면기반 허가여부 판단 웹서비스 개발 • 정밀도로지도 금지구간 시각화 웹서비스 개발 • 시범서비스 통한 사용자 편의 기능 추가
		보상비 추정 기술	• 토지보상비 예측모델 서비스 제작 • 전국단위 토지보상비 주제도 시각화 개발 • 시범서비스 통한 사용자 편의 기능 추가

3-2. 목표 달성여부

가. 성과점검 기준표 (1차~3차 년도)

구분	핵심성과물 (level1)		단위성과물 (level2)		최종 성과목표					해당 기관	예산 (백만원)	양적 성과목표
						질적목표(측정방법)	목표치	검증방법	가중치(%)			
주관	1	건설CALS 빅데이터 구축방향	1-1	현황/사례 조사·분석	①	현황/사례 분석의 적정성 (전문가자문)	보고서 1건	자문 의견서	6	건설연	100	논문 : 4건
			1-2	빅데이터 서비스 구축 방향	①	개발/운영의 활용성 (전문가자문)	보고서 1건	자문 의견서	2	건설연	39	
			1-3	빅데이터 서비스 확대 방안	①	확대방안의 적정성 (전문가자문)	보고서 1건	자문 의견서	7	건설연	130	
					②	성과홍보 (지자체의견)	1건	지자체 담당자	3	건설연	38	
	2	4개 서비스별 모델	2-1	스키마/속성 분류	①	개발 적용성 (전문가자문)	보고서 1건	자문 의견서	6	건설연	100	논문 : 8건 사무소적용 :1건
			2-2	서비스별 모델 정의	①	개발 적용성 (전문가자문)	보고서 1건	자문 의견서	22	건설연	360	
					②	시범적용 기관수 (적용기관수)	사무소 1	확인서	2	건설연	40	
	3	시범적용	3-1	시범적용 구축 계획	①	시범적용의 활용성 (전문가자문)	보고서 1건	자문 의견서	5	건설연	80	논문 : 6건 정책:제안 2건 채택 1건 매뉴얼적용: 1건 지방청적용 :3건 사무소적용 :19건
			3-2	시범운영 및 결과 분석	①	시스템 적용의 효과성 (전문가자문)	보고서 1건	자문 의견서	6	건설연	100	
					②	시범적용 기관수 (적용기관수)	지방청 3 사무소 19	확인서	30	건설연	500	
					③	제도화 (시행안)	4건	지침 등	3	건설연	50	
	4	화물차 중량센서 기준	4-1	화물차용 중량센서 품질 기준	①	보고서의 적정성 (전문가자문)	보고서 1건	자문 의견서	4	건설연	70	논문 : 1건
					②	기준의 적정성 (전문가자문)	1건	자문 의견서	4	건설연	66	
공동	5	데이터 변환 프로그램	5-1	건설CALS 데이터 분석/추출/변환기술	①	데이터 추출/정제 적절성 (전문가자문)	보고서 1건	자문 의견서	4	에이티 맥스	54	논문 : 3건 S/W : 1건
			5-2	연계외부정보 분석/연계 기술	①	정보연계 방법의 적절성 (전문가자문)	보고서 1건	자문 의견서	3	에이티 맥스	40	

구분	핵심성과물 (level1)		단위성과물 (level2)		최종 성과목표					해당 기관	예산 (백만원)	양적 성과목표
						질적목표(측정방법)	목표치	검증방법	가중치 (%)			
			5-3	빅데이터 연계모듈 기능 개발	①	연계모듈 설계서 (전문가자문)	보고서 1건	자문 의견서	2	에이티 맥스	27	
					②	기능 모듈 구축	1건	동영상	7	에이티 맥스	71	
					③	통합 프로그램 개발	1건	시연	14	에이티 맥스	192	
			5-4	분석 전처리 데이터 구축 개발	①	전처리 모듈 설계서 (전문가자문)	보고서 1건	자문 의견서	2	에이티 맥스	27	
					②	기능 모듈 구축	1건	동영상	8	에이티 맥스	81	
					③	통합 프로그램 개발	1건	시연	13	에이티 맥스	178	
	6	중량/위치 관제 프로그램	6-1	중량센서 예비 성능 평가	①	평가결과 타당성 (전문가자문)	보고서 1건	자문 의견서	6	에이티 맥스	81	특허:출원 1건 논문 : 4건 정책:제안 1건 S/W : 1건
			6-2	중량/위치 모니터링 도구(tool) 개발	①	프로그램 개발보고서 (전문가자문)	보고서 1건	자문 의견서	6	에이티 맥스	60	
					②	기능 모듈 구축	1건	시연	14	에이티 맥스	141	
			6-3	화물차 중량센서 시범적용을 통한 과적예방 효과검증	①	과적예방 효율성 (전문가자문)	보고서 1건	자문 의견서	12	에이티 맥스	165	
					②	중량센서 의무장착 정책제안 (시행안)	1건	지침 등	9	에이티 맥스	123	
공동	7	4개 서비스별 분석 알고리즘	7-1	서비스별 예측모델 설계	①	4개 예측모델 적정성 (전문가자문)	보고서 1건	자문 의견서	3	오픈 메이트	45	논문 : 1건 S/W : 1건
					②	성과홍보 (논문)	1건	논문 발표	2	오픈 메이트	22	
					③	S/W 모듈 (S/W 등록)	1건	S/W 등록	7	오픈 메이트	111	
			7-2	분석 알고리즘 개발	①	4개 분석 알고리즘 적정성 (전문가자문)	보고서 1건	자문 의견서	8	오픈 메이트	133	특허:출원 2건 등록 1건 논문 : 1건
					②	분석 알고리즘 연관 특허 (특허 출원/등록)	3건	특허	27	오픈 메이트	436	
					③	성과홍보 (논문)	1건	논문발표	4	오픈 메이트	50	
	8	4개 서비스별 시각화 프로그램	8-1	빅데이터 처리기술/ 현황	①	보고서 내용 적정성 (전문가자문)	보고서 1건	자문 의견서	3	오픈 메이트	45	
			8-2	서비스별 시각화 프로그램 개발	①	보고서 내용 적정성 (전문가자문)	보고서 1건	자문 의견서	5	오픈 메이트	85	S/W : 1건
					②	S/W 모듈 (S/W 등록)	1건	S/W 등록	11	오픈 메이트	166	
					③	시각화 시스템 활용성	1건	동영상 시연	4	오픈 메이트	50	
			8-3	시범적용 결과를 반영한 프로그램 고도화	①	보고서 내용 적정성 (전문가자문)	보고서 1건	자문 의견서	8	오픈 메이트	137	S/W : 2건
					②	S/W 모듈 (S/W 등록)	2건	S/W 등록	13	오픈 메이트	200	
					③	시각화 시스템 활용성	1건	동영상 시연	5	오픈 메이트	83	
계												특허:출원 3건 등록 1건 논문 : 28건 정책:제안 3건 채택 1건 매뉴얼적용: 1건 지방청적용 :3건 사무소적용 :20건 S/W : 6건

나. 정량적 목표 달성도

○ 연구개발의 질적 성과물로 기술개발보고서 20종을 계획하여, 1차년 8종, 2차년 7종, 3차년 6종 등 전체 21종의 보고서를 작성하여 목표를 초과 달성하였으며, 기술보고서는 전문가의 자문에 의한 평가를 수행하여 보고서를 검증

○ 연구개발의 양적 성과물로 국외 SCI(E) 논문, 등재지 논문, 국내학술논문, 특허출원, 특허등록, 소프트웨어 등록, 현장시험, 정책제안, 정책반영 등에서 당초 목표를 달성 또는 초과달성하였으나, 국제학술논문은 당초 목표에서 미달함. 이는 2020년에 계획했던 국제학술발표 참가가 코로나19로 인해 취소됨에 따라 목표를 미달성

- 국외 SCI(E) 논문은 당초 계획에 없었으나 연구 성과의 우수성을 국제적으로 홍보하기 위해 2건을 추가 달성
- 학진 등재지 논문은 당초 8건을 계획하여 11건 달성으로 목표를 초과 달성
- 국제학술발표 논문은 당초 5건을 계획하였으나, 코로나19로 인해 3차년도에 계획했던 2건의 국제학술발표에 참석하지 못해 총 3건을 달성하여 목표에 미달
- 국내학술발표 논문은 당초 15건을 계획하여 19건 달성으로 목표를 초과 달성
- 특허 출원은 3건을 계획하여 6건 달성으로 목표를 초과 달성
- 특허 등록은 1건을 계획하여 4건 달성으로 목표를 초과 달성
- 소프트웨어 등록은 6건을 계획하여 24건 달성으로 목표를 초과 달성
- 개발시스템의 현장적용을 검증하기 위해 4개 기술과 관련된 업무를 수행하는 국토부 소속기관에 시범적용 하였으며, 과적단속 최적 위치·시기 예측기술은 전체 18개 국토관리사무소에 적용하였고 특히 2차년에는 지방도에서 과적차량 단속업무를 수행하는 경기도건설본부에 우회로 예측기술을 추가하여 시범적용하여 효과를 검증함. 비탈면 붕괴 위험도 예측기술은 부산/원주 지방국토관리청에 시범적용하였으며 추가적으로 부산 지방국토관리청 사면업무를 위임받은 한국시설안전공단과 강원권에서 지방도에 대해 사면관리 업무를 지원하는 산림조합중앙회에서도 시스템을 사용하여 효과 검증에 참여하였으며, 도로점용(연결) 허가가능 구간 추정기술은 수원/의정부 국토관리사무소에 시범적용 및 보상비 추정 기술은 대전지방국토관리청의 보상공사에 시범적용하여, 당초 계획했던 3개 지방국토관리청 및 20개 국토관리사무소에 시범적용 목표를 달성하였고 또한 개발기술의 효과를 검증
- 또한, 과적차량 단속을 사전에 예방하기 위하여 중량센서 기반 중량/위치관제 시스템 개발하였고 이를 측정하기 위한 중량센서를 실제 차량에 장착하여 운행하여 결과를 분석함으로 예방효과를 검증
- 정책제안은 국토부 업무매뉴얼을 포함하여 4건을 계획하여 4건 달성으로 목표를 달성하였으며, 이중 「도로와 다른 시설의 연결에 관한 규칙」의 별표 1 제안내용은 21년 1월에 입법예정임
- 정책반영은 당초 계획에 없던 국가계획을 포함하였으며 1건을 계획하여 2건 달성으로 목표를 달성함. 국가계획으로 반영한 ‘건설사업정보화 시행계획’은 건설기술진흥법

제19조에 따른 ‘건설공사 지원 통합정보체계의 구축에 관한 기본계획’을 체계적으로 추진하기 위하여 같은법 시행령 제41조에 따라 만들어지는 법정 계획으로 ‘2019년 건설사업정보화 시행계획’과 ‘2020년 건설사업정보화 시행계획’에 본 과제에서 추진중인 과제의 개발 내용을 제시하여 반영

○ 종합적으로 본 과제에서 계획했던 양적성과와 질적 성과 모두 목표를 달성함

다. 정성적 목표 달성도

(1) 과적단속 최적 위치 및 시기 예측서비스 기술

(가) 과적단속 최적 위치/시기 예측모형의 정확도

○ 3차년 시범운영 기간의 과적 위반차량의 단속률은 7.09%로 분석됨

- 2017~2019년의 전체 국도에서 진행된 과적 단속업무 중 본 모델의 시험운영 기간에 해당하는 과적 평균 단속률 5.62%과 모형 적용을 통한 단속률 7.09%와 비교하면 모형 적용시 **단속률이 26% 향상**(단순증가율 1,47%p)되어 당초 계획한 단속률 5% 향상은 달성함

〈2017~2019년 동일기간의 단속률 (출처, 검차정보: 건설사업정보시스템, 단속정보: 과태료부과시스템)〉

구 분	검차건수	단속건수	단속률
2017년	5,853	247	4.22%
2018년	7,003	421	6.01%
2019년	8,045	507	6.30%
3년간 평균 단속률	**5.62%** (총 검차건수 20,901건 대비 단속건수 1,175건)		

〈 2020년 시범운영 기간 단속률 〉

구 분	8.3~8.9	8.10~8.16	8.17~8.23	8.24~8.28	합 계
검차건수	657	1,095	1,485	1,035	4.272
적발건수	61	78	95	69	303
검차대비 적발	9.28%	7.12%	6.40%	6.67%	**7.09%**

(나) 우회로 예측모형의 정확도 (2차년)

○ 2차년에 추가적으로 진행한 우회로 모델의 경우 작년 진행한 시범운영 기간 동안의 교통량 변화 및 추세의 변화를 분석한 결과 단속기간 중 단속지점 일대의 교통량은 감소하고 우회로의 교통량은 평소 교통량의 2~3배 증가하는 추세를 보였음

- 2019년 9월 20일과 24일 두 차례에 걸쳐 수원국토와 경기도 건설본부와 합동단속을 진행하였으며, 실제 화물차량이 우회로로 회피하는지 여부를 검증하고자 하였음
- 분석결과 다음과 같이 시범운영 해당되는 시간의 교통량 변화 및 추세를 파악한 결과 단속 시작 전보다 우회로 구간의 교통량이 2~3배 상승하는 것으로 분석됨

<2019년 9월, 수원국토관리사무소와 경기도건설본부 합동단속 시범운영 계획>

○ 시범운영(20.09.20)과 평소 교통추세(20.09.27)과의 회피로 교통량 비교

- 단속 시작 1시간 정도 뒤 우회로 구간에서 2~3배 정도의 교통량이 상승하였음
- 그에 반해 27일의 우회로 구간에서 큰 변동 없이 교통량이 일정한 모습을 보임

- 단속기간과 일반적인 기간 비교를 통해 단속경로/우회경로 교통량에 대해서 명확히 다른 추세를 보임
- 즉, 단속시 단속 지점 일대의 교통량은 감소하고 회피로를 통해 우회하려는 경향을 확인할 수 있었음

(다) 사용자 만족도 조사

○ 시범운영결과에 대한 참여자들의 설문지 작성을 통한 운영 효과 및 개선사항 의견 수렴

- 조사대상 : 총 29명 (과적단속 업무담당자 6명, 단속반원 26명)
- 조사기간 : 2020년 11월 17일 ~ 12월8일
- 코로나19로 인한 이메일을 통한 비대면 설문조사 실시

○ 총 29명의 설문결과, 5점 만점에 **2.89점의 만족도**를 보임

- 본 서비스에 대하여 실제 업무를 담당하고 있는 업무담당자와 근무지시를 받는 단속반원과 만족도의 편차가 발생함. 즉 업무담당자의 만족도가 단속반원의 만족도보다 상대적으로 높음

〈 만족도 조사, 5점 척도 〉

설문 내용	설문 평점
과적단속최적위치·시기 예측서비스 만족도	2.8
사용자에게 유용한 정보를 제공여부	2.9
[디자인 및 구성] 설계 구성 및 디자인	3.0
[디자인 및 구성] 제공하는 정보가 보기에 편리하도록 구성	2.9
[콘텐츠 신뢰성] 단속지점 제공결과 만족도	2.8
[콘텐츠 신뢰성] 메뉴나 내용에 잘못된 용어나 정보 여부	2.9
[관리와 현행화] 시스템 접속속도 및 단속지점 예측결과가 신속하게 제공여부	2.8
[지속 활용] 화물차량의 과적예방에 문제를 해결하는데 도움여부	2.9
[지속 활용] 단속지점 제공으로 인해 소요되는 업무 부담이 감소여부	3.0

(2) 비탈면 붕괴 위험도 예측서비스 기술

(가) 모형의 정확도

○ 모형구축(모델링)으로 붕괴 혹은 비붕괴에 대하여 예측하였을 때, **80.17%** 확률로 모형 분류 정확도를 구사함

- 모형 검증을 위해 2010~2018년 부산/원주청에서 전체 711개의 위험비탈면으로 개발한 모형을 예측 검증 결과, 실제로 붕괴인 것을 붕괴로 예측, 비붕괴인 것을 비붕괴로 예측한 확률이 80.17%임. 여기서 붕괴는 원호파괴, 쐐기파괴, 평면파괴 등 비탈면이 실제 붕괴된 비탈면이며 비붕괴는 소규모 낙석으로 정의하였다.

- 또한, 실제붕괴 454건에 붕괴예측 429건으로 **붕괴를 붕괴로 예측한 확률은 94.49%**

〈 분석 결과의 Confusion Matrix 〉

예측 \ 실제	비붕괴	붕괴
비붕괴	**141 (19.83%)**	25 (3.51%)
붕괴	116 (16.32)	**429 (60.34%)**

○ 유형별 예측 위험도 평균 분석의 경우 비탈면의 예측 위험도값이 0.5보다 크면 붕괴, 0.5보다 작으면 비붕괴로 판단하며, 0.5에 멀어질수록 예측성능이 우수

- 비붕괴 예측이 실제 비붕괴 : **2차년 0.391 → 3차년 0.363**
- 비붕괴 예측이 실제 붕괴 : 2차년 0.437 → 3차년 0.444
- 붕괴 예측이 실제 비붕괴 : 2차년 0.632 → 3차년 0.624
- 붕괴 예측이 실제 붕괴 : **2차년 0.733 → 3차년 0.756**
- 2차년도는 2010년~2017년 정밀조사자료 총 643건, 3차년도는 2010년~2018년 정밀조사자료 총 711건을 활용하였으며, 3차년도 분석에서는 기존 1, 2차년도 대비 정확한 위치정보의 반영을 통해 기상데이터의 분석에 있어서 현실과의 정합성을 향상하고, 분석결과의 시각화 결과에도 정확성을 제고함
- 결과를 종합하면, 예측 위험도 값이 2차년도에 비해 비붕괴의 경우는 예측 위험도 값이 더 낮게, 붕괴의 경우 예측 위험도 값이 더 높게 나타났으며, 이는 개선한 모형이 예측 위험도를 2차년도에 비해 더 정학하게 예측하였다고 판단

〈유형 별 예측 위험도 평균 (괄호()안의 값은 2차년도 결과값)〉

예측 \ 실제	비붕괴	붕괴
비붕괴	**0.363(0.391)**	0.444(0.437)
붕괴	0.624(0.632)	**0.756(0.733)**

(나) 사용자 만족도 조사

○ 시범적용의 효과 분석을 위해 국토관리사무소, 한국시설안전공단, 산림조합중앙회의 업무관련자 20명을 대상으로 설문조사 실시하였으며, 5점 만점에 **3.89점의 만족도**를 보임

〈 만족도 조사, 5점 척도 〉

설문 내용	탁월	평균 이상	평균	평균 이하	부족	평점
시각화 서비스 웹페이지 만족도 (서비스디자인)	15%	60%	25%			3.90
시각화 서비스 웹페이지 만족도 (조사년도항목)	15%	30%	50%	5%		3.55
시각화 서비스 웹페이지 만족도 (기상정보 조절 항목)	20%	45%	35%			3.85
시각화 서비스 웹페이지 만족도 (위험도,피해도 표출)	25%	55%	20%			4.05
시각화 서비스 웹페이지 만족도 (서비스 활용 용이성)	20%	30%	50%			3.70
전국 위험지도 필요성 여부	40%	35%	25%			4.15
전국 확대 시 사용여부	35%	35%	30%			4.05

(3) 도로점용(허가) 가능구간 추정서비스 기술

(가) 모형의 정확도

○ 3차년도 시범적용의 국도 1~5구간 총 연장 약 251㎞를 대상으로 도로연결허가 금지구간 추정 서비스 **예측 정확도는 78.18%**를 나타남

- 특히, 2차년도에 1구간을 대상으로 정확도 분석을 위해 시범 실시한 도로연결허가 금지구간 추정 서비스 정확도 86.8%에 비하여 3차년도의 **1구간 예측 정확도는 96.88%**로 크게 향상되었으며, 이는 2차년도 개발 이후 지속적으로 알고리즘에 대한 보완 및 사후 관리가 이루어진 결과로 판단됨

〈 도로연결 금지구간 추정서비스 종합 정확도 〉

구간명	평균 정확도	연장	종합 정확도
1구간	**96.88%**	61㎞	**78.18%**
2구간	64.71%	40㎞	
3구간	67.50%	65㎞	
5구간	80.88%	34㎞	

○ 2차년의 1구간의 정확도 86.8%에 비해 3차년 1~5구간 정확도가 78.18%로 하락한 이유는 도로연결 금지구간 추정서비스에 사용되는 원시데이터인 정밀도로지도 데이터의 일부 오류로 인해 정확도가 낮아지는데 기인하며

- 2차년 연구결과 정밀도로지도의 정지선 등을 표현하는 내부 속성정보의 일부 오류나 예외사항으로 인해 도류화 교차로 유형판단의 정확도를 낮추는 것 등을 발견하여 이를 알고리즘에 반영하여 당초 목표치 60%를 초과한 86.8%를 달성하였으며,
- 3차년에는 도로점용 허가 추정서비스의 지속적 운영을 판단하기 위해 2~5구간의 정밀도로지도상의 오류나 예외사항에 대해 알고리즘에 반영을 최소화하여 시범적용한 결과 2차년에 비해 낮은 정확도를 나타냄
- 원시 데이터에 해당하는 정밀도로지도 데이터상의 문제는 기반 데이터를 직접 구축하지 않는 본 연구의 범위 상 3차년도에서 극복하기 어려운 문제였음

○ 종합적으로 3차년 연구결과 종합 정확도는 78.18%로, 2차년에 상향조정한 목표 85%에 미달하였으나, 당초 목표한 60% 이상을 달성함

- 향후 지속적 유지보수를 통해 2~5구간을 포함하여 추가적으로 구축되는 정밀도로지도에 대한 전반적인 도로연결허가 금지구간 추정 서비스 예측 정확도를 향상할 수 있을 것으로 기대함

(나) 사용자 만족도 조사

○ 시범적용의 효과 분석을 위해 수원/의정부 국토관리사무소 도로점용 업무담당자 12명을 대상으로 정밀도로지도 기반 및 도면 기반의 추정서비스에 대해 설문조사 실시

- **정밀도로지도 기반 서비스 만족도**는 5점 만점에 **3.9점**, **도면기반 서비스는 4.1점**의 사용자 만족도를 보임
- 본 서비스에 대하여 수원, 의정부 국토관리사무소 업무 담당자들은 업무 간소화와 업무 수행에 필요한 기능구성에 높은 점수를 부여하였음
  - 업무 간소화 및 업무수행 필요 기능 구성 항목에 높은 만족도 점수를 받은 것으로 보아 현 과업이 추후 연구개발을 통해 정식 서비스를 시행할 경우 도로점용(연결)허가 업무효율 향상에 기여할 것으로 기대됨
- 다만, 도로점용(연결) 허가 실무업무에 바로 적용되기 위해서는 다음과 같은 사용자 편의기능 보충이 요구되었음
  - 지번검색 기능
  - 도면기반의 도로연결허가 금지구간 추정서비스의 경우 필요한 도면작성 가이드라인에 대한 교육
  - 곡선구간에서 장애물까지의 최소거리 시각화 표현

〈 정밀도로지도 기반의 도로연결허가 금지구간 만족도 조사, 5점 척도 〉

설문 내용	설문평점
정밀도로지도 서비스가 사용하기 편리하다. (정밀도로지도 구간을 클릭하고 금지구간을 확인하는 서비스	3.8
정밀도로지도 서비스의 응답속도는 만족할 수준이다. (정밀도로지도 반응 속도, 지도 이동 속도 등)	3.8
정밀도로지도 금지구간 결과를 이해하기 쉽다	3.4
정밀도로지도의 금지구간 결과를 신뢰할 수 있다	3.4
업무가 간소화되어, 업무 처리가 용이해지거나 업무 처리 능력이 향상될 것이다	4.6
업무 수행에 필요한 기능을 잘 갖추고 있어, 이용도가 높다.	4.4

〈 도면 기반의 도로연결허가 금지구간 만족도 조사, 5점 척도 〉

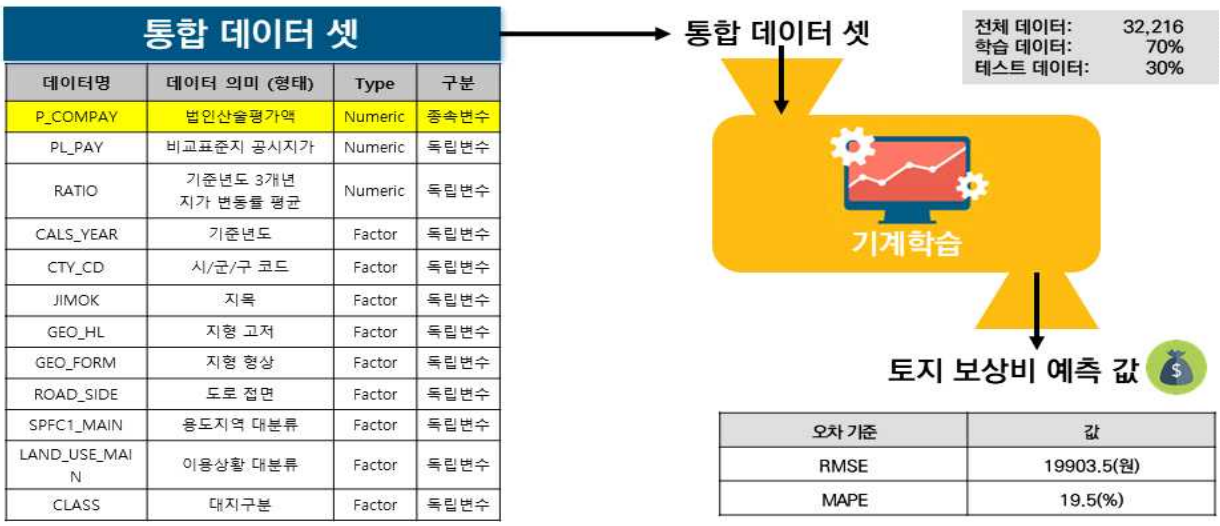
설문 내용	설문평점
도면기반 서비스가 사용하기 편리하다. (도면을 업로드하고 결과를 나타내는 서비스)	3.8
도면기반 서비스의 응답속도는 만족할 수준이다. (도면 업로드 속도, 기타 반응 속도)	4.0
도면기반의 판단 결과를 이해하기 쉽다.	4.0
도면기반의 판단 결과를 신뢰할 수 있다.	4.0
업무가 간소화되어, 업무 처리가 용이해지거나 업무 처리 능력이 향상될 것이다.	4.6
업무 수행에 필요한 기능을 잘 갖추고 있어, 이용도가 높다.	4.2

(4) 보상비 추정서비스 기술

(가) 모형의 정확도

○ 3차년도 최적의 파라미터를 모델에 적용하여 실제 값과 예측된 값과의 오차율을 확인하기 위해 MAPE(Mean Absolute Percentage Error)를 통해 확인함

- 분석 결과, 개발한 Xgboost 알고리즘 기반의 토지 보상비 추정 모델의 MAPE는 0.195608 (19.56%)로 종속변수인 실제 법인평가 산술평가액의 값과 예측 값의 정확도는 **80.44%**로 당초 목표했던 추정 정확도 75% 이상은 달성함



데이터명	데이터 의미 (형태)	Type	구분
P_COMPAY	법인산술평가액	Numeric	종속변수
PL_PAY	비교표준지 공시지가	Numeric	독립변수
RATIO	기준년도 3개년 지가 변동률 평균	Numeric	독립변수
CALS_YEAR	기준년도	Factor	독립변수
CTY_CD	시/군/구 코드	Factor	독립변수
JIMOK	지목	Factor	독립변수
GEO_HL	지형 고저	Factor	독립변수
GEO_FORM	지형 형상	Factor	독립변수
ROAD_SIDE	도로 접면	Factor	독립변수
SPFC1_MAIN	용도지역 대분류	Factor	독립변수
LAND_USE_MAIN	이용상황 대분류	Factor	독립변수
CLASS	대지구분	Factor	독립변수

오차 기준	값
RMSE	19903.5(원)
MAPE	19.5(%)

<통합 데이터 기반 모델 분석 결과값>

○ 개발된 모델을 기반으로 대전지방국토관리청 공사(충남 직산-부성) 및 예비타당성 결과에 적용하여 모형을 검증 결과 **오차율은 9.16%**로 확인

- 도로건설사업이 진행 중인 충남 천안 직산-부성간의 실제 토지 보상산정금액은 총 96억 5600만원이며, 개발된 보상 추정 기술 서비스를 기반으로 해당 지번과 지목, 면적 등을 고려하여 시스템을 적용한 결과, 폭(20M)를 기준으로 토지 보상액이 약 90억 5700만원으로 예측하였으며, 실제 토지보상금액과의 오차율은 6.2%로 확인

- 금산-북대전IC 도로건설사업 예비타당성 자료에 따르면, 용지보상비 산정금액은 총 447억 5900만원이며, 개발된 보상비 추정 기술을 당 구간의 도로 건설 위치도를 고려하여 시스템을 적용한 결과, 폭(20M)를 기준으로 토지 보상액이 500억 9900만원으로 예측하여, 실제 토지보상금액과 시스템의 비교 결과, 오차율은 11.9%로 확인

- 조치원 우회도로건설사업 예비타당성 자료에 따르면, 용지보상비 산정금액은 총 402억 9700만원이며, 개발된 보상비 추정 기술을 기반으로 당 구간의 도로 건설 위치도를 고려하여 시스템을 적용한 결과, 폭(20M)를 기준으로 토지 보상액이 441억 75만원으로 예측하여, 실제 토지보상금액과 시스템의 비교 결과, 오차율은 9.4%로 확인

(나) 사용자 만족도 조사

○ 시범적용의 효과 분석을 위해 대전지방국토관리청청 보상과 담당자와 설문 진행 결과, 전반적으로 토지보상비 추정 시스템을 사용함에 있어 **만족도는 4.78점**으로 보상비 추정 시스템에 대한 높은 만족도로 사용된 것으로 으로 나타남

- 다만, 설문인원을 매우 한정적으로 구성하였기에 통계학적 의미보다는 실질 수요자의 전문가적 의견으로서 향후 시스템 방향성으로 바라보아야 할 것으로 판단함

<보상비 추정시스템 만족도 조사, 5점 척도>

설문 내용	설문평점
전반적인 토지보상비 추정 시스템의 사용 만족성 여부 (전반적 사용 만족도)	5.0
토지보상비 추정 시스템이 사용자에게 유용한 정보 제공 여부 (유용한 정보 제공)	5.0
시스템 설계 구성 및 디자인 만족성 여부 (디자인 및 구성 1)	4.0
시스템 제공 정보 시각적 편의성 여부 (디자인 및 구성 2)	4.0
토지보상비 추정 결과 만족성 여부 (콘텐츠 신뢰성 1)	5.0
토지보상비 시스템 용어 및 정보의 일치성 여부 (콘텐츠 신뢰성 2)	5.0
토지보상비 시스템 접속 속도 및 결과 신속 제공 여부 (관리의 현행화).	5.0
토지보상비 시스템 지속적 사용 가능성 여부 (지속 활용 1)	5.0
토지보상비 시스템 사용에 따른 향후 업무 부담 감소 여부 (지속 활용 2)	5.0

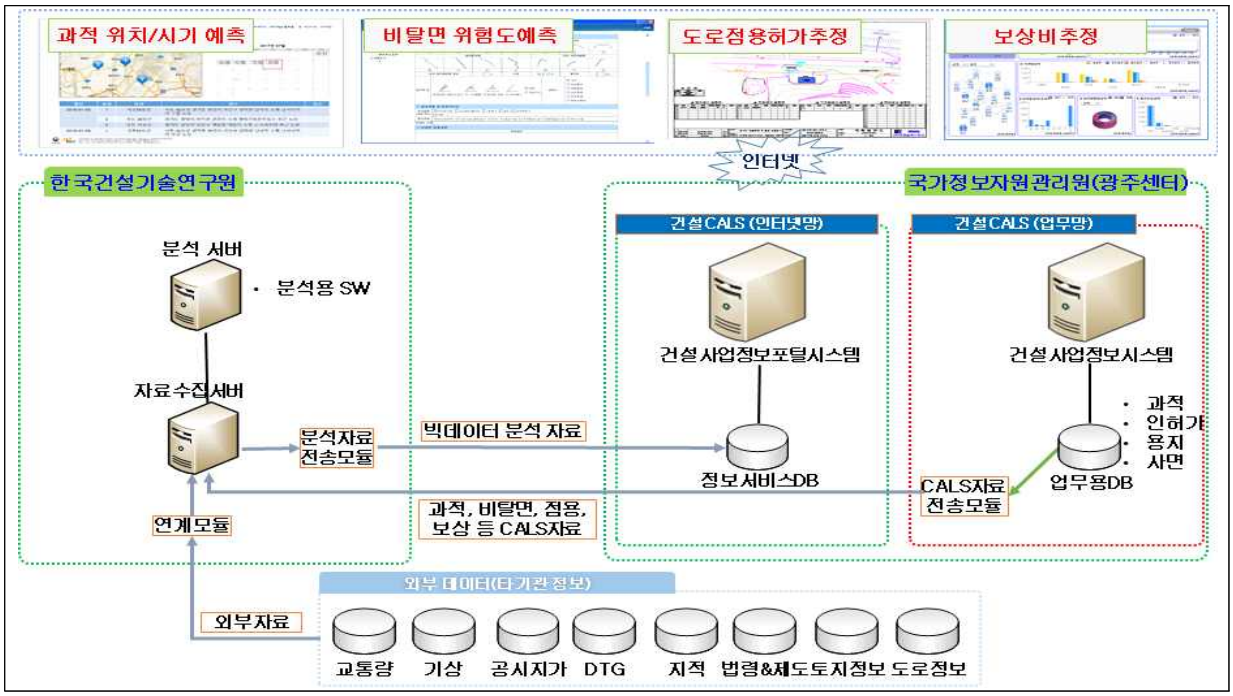
3-3 목표 미달성 시 원인(사유) 및 차후대책(후속연구의 필요성 등)

○ 해당사항 없음

4. 연구개발성과의 활용 계획 등

가. 시스템 운영 계획

(1) 과제 종료 후 빅데이터 서비스 제공 계획



○ 4종의 빅데이터 서비스의 주사용자는 국토부와 국토부 소속기관인 지방국토관리청, 국토관리사무소사무소 직원이며, 향후 지방도를 관리하는 지자체는 물론 예측기술의 정확도를 향상하여 일반국민에게도 서비스를 확대할 계획임

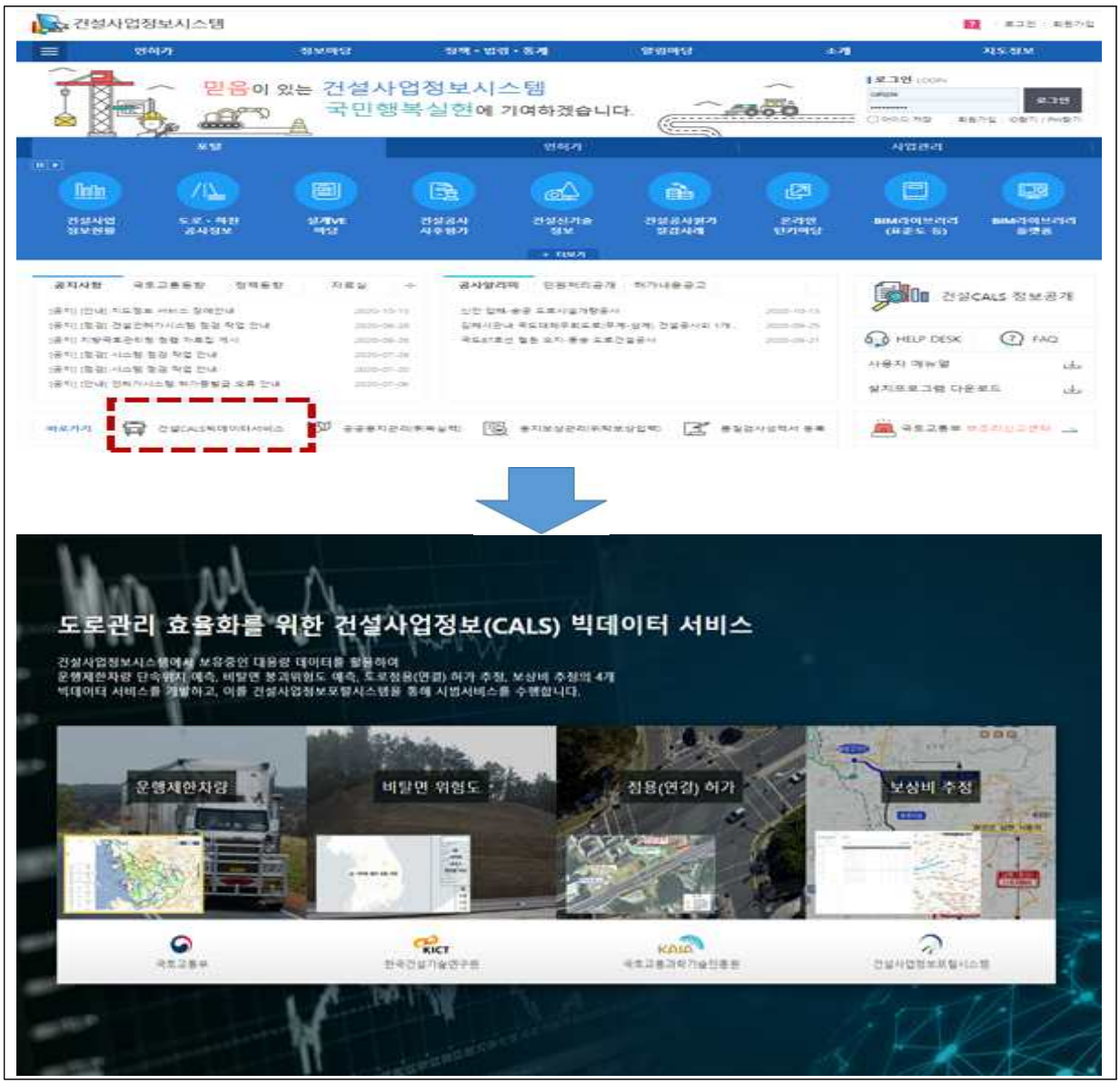
서비스명	서비스 대상	표출정보	제공형식
과적단속 최적위치 예측	국토부/국토관리사무소 (지자체 등 과속업무 단속기관)	• 단속 최적 위치 정보 • 단속회피(우회로) 정보	Web
비탈면붕과 위험도 예측	국토부/국토관리사무소 (지자체 등 사면관리기관, 국민)	• 비탈면 붕괴 위험도 정보 • 붕괴시 예상피해도 정보	Web
도로점용(연결) 허가가능 추정	국토부/지방청/국토관리사무소 (점용허가 기관/민원인)	• 점용 불허 위치정보 • 불허사유 정보	Web
보상비추정	국토부/지방국토관리청 (공공발주기관, 예타조사기관)	• 공사구간별 보상액 정보 • 공사 편입면적/보상액 정보	Web

○ 빅데이터 서비스의 지속적 운영 및 데이터 수집의 용이성 확보를 위해 데이터 수집 및 연계를 위한 프로그램을 추가 개발함

○ 2021년에는 개발된 시스템으로 운영하며, 모델 갱신, 데이터 가공 등을 위해 2021년에 서비스 운영비를 확보 후 2022년부터 본격 운영

- 과적단속 최적 위치/시기 예측서비스 : 단속반원 운영 방식 변경, 도로신설 등 환경 변화에 따른 모델 변경이 필요시 이를 반영
- 비탈면 붕괴 위험도 예측서비스 : 본 과제를 통해 2개 지방국토관리청(원주, 부산)의 비탈면 정밀조사 자료를 자동변환(HWP→XLSX), 수작업 전처리, 모델적용 후 사용자에게 정밀조사 지역의 붕괴위험도 및 피해예상도를 서비스하였으며, 전국 서비스를 위해 3개 국토청(서울, 대전, 익산)의 정밀조사 자료의 전처리에 필요한 추가 비용 발생
- 도로점용(연결) 허가 가능구간 추정서비스 : 정밀도로지도 구축구간은 확대 적용이 가능하나, 미구축 지역은 「도로와 다른 시설의 연결에 관한 규칙」의 설계도면 작성 요령의 개정 후 개정된 작성 기준으로 도면 제출시 서비스 가능

○ 건설사업정보포털시스템을 통한 빅데이터서비스 활용



(2) 데이터 수집 계획

○ CALS 데이터

- 과적단속 위치, 도로점용 허가, 보상비 추정 등 CALS 내부데이터는 연계모듈 개발을 통해 데이터 자동 수집
- 비탈면 위험도 예측을 위해 비탈면유지관리시스템(CSMS)에서 자료를 취득하며, CSMS는 파일형태(XLSX, HWP)의 자료 관리로 시스템간 연계가 불가능하나, 동일 기관에서 해당 시스템을 운영하므로 데이터 수집은 용이

○ API를 통한 외부데이터 자동 수집

- 기상정보, 버스정류소 정보, 건축물 정보 등은 데이터 제공기관에서 API*를 제공하므로 API를 통한 시스템간 연계로 데이터 자동 수집

  * API(Application Programming Interface) : 정보 공유를 쉽게 하기 위해 서비스 업체가 자신의 서비스에 접근할 수 있는 방법 및 접근 규칙을 제공

- 주 데이터 공급원인 공공데이터포털의 서비스 정책이 API를 통한 제공으로 확대됨에 따라 본 시스템에서 파일 다운로드로 활용하는 데이터의 API 제공시 즉각 반영 예정

○ 파일 다운로드를 통한 외부데이터 반자동 수집

- 외부데이터는 주로 공공데이터포털 정보를 활용하며, 다운로드 편리성, 수집의 용이성, 데이터 갱신 주기(반기, 년)를 고려하여 파일 다운로드를 외부데이터의 주요 수집 방법으로 활용
- 운영의 편리를 위해 데이터 다운로드 위치로 한 번에 접근할 수 있는 인터페이스를 추가 개발하였으며, 향후 API 제공시 시스템에 반영하여 자동수집 체계를 구축

○ 외부데이터의 수작업 수집

- 건설기술연구원의 교통량정보시스템에서 실시간 수집한 교통량의 보정 교통량(매년 5월) 정보를 수집하며, 동일 기관에서 해당 시스템을 운영하므로 데이터 수집 용이
- 빅데이터 서비스시스템과 한국교통안전공단에서 관리하는 화물DTG의 시스템간 연계를 위해 공단에 요청하였으나, 보안 정책으로 시스템간 연계는 불가하다는 통보로 향후에도 국토교통부 공문 등을 통해 수작업 수집

○ 과적단속 최적 위치·시기 예측서비스

구분	정보	수집 주기	수집 형태	데이터 제공기관 (시스템명)	외부데이터 연계 방법	비고
CALS	검차 정보	주	연계 모듈	건설기술연구원 (건설CALS)	자동연계	
	단속 정보	주	연계 모듈	건설기술연구원 (건설CALS)	자동연계	
	공사 현장	주	연계 모듈	건설기술연구원 (건설CALS)	자동연계	
외부	교통량 정보	년	CSV	건설기술연구원 (교통량정보시스템)	교통량정보시스템에서 년별(익년 5월초) 보정한 교통량 데이터를 수작업 수집 후 시스템에 업로드	동일기관(건설연)에서 교통량 시스템 관리로 데이터 수급 용이
	기상 정보	일	API	기상청 (기상자료개방포털)	공공데이터포털 내 기상자료개방포털을 통해 일단위로 데이터 자동연계	
	화물 DTG	년	CSV	한국교통안전공단 교통빅데이터센터	국토교통부 공문를 통해 한국교통안전공단에 요청한 데이터를 수작업 수집하여 시스템에 업로드	보안 정책으로 시스템 연계불가
	산업 단지 정보	반기	SHP	국토부 (국가공간정보포털)	공공데이터포털 내 국가공간정보포털에서 제공하는 데이터를 수작업 다운로드 후 시스템에 업로드	다운로드 편의성 및 자동연계 불가

- 건설CALS 내부 데이터로 검차정보, 단속정보, 공사정보를 받아 분석에 활용하며, 건설CALS 정보는 연계모듈을 이용하여 자동연계하며, 운영시스템에 미치는 영향을 최소화하기 위해 당초 매일 연계에서 매주 일요일 주1회 연계로 변경
- 건설 CALS 정보는 연계모듈을 이용하여 자동연계하며, 운영시스템에 미치는 영향을 최소화하기 위해 당초 매일 연계에서 매주 일요일 주1회 연계로 변경
- 교통량 정보는 지점의 차량 통행 정보로 승용차, 버스, 화물 차량으로 구분되어 있으며, 이 중에 화물 차량 정보를 활용
- 기상정보는 기상자료개방포털에서 제공하는 정보를 수집하며 기상이 단속에 미치는 영향을 분석에 활용
- 화물DTG는 교통안전공단에서 제공하며, 데이터의 보안 정책과 방대한 자료로 인해 API로 받지 못하고 수작업으로 수집하여 수집된 정보를 통해 화물 차량의 운행 패턴 및 우회로 알고리즘 분석에 활용
- 산업단지 정보는 공공데이터포털에서 제공하는 정보 수집. 산업단지 지역을 운행한 화물DTG와 함께 분석에 활용
- 매년 개최되는 국도유지관리 실무자 워크숍 또는 세미나와 건설CALS 실무자회의에서 해당 서비스 시연 및 사용 매뉴얼 배포

○ 비탈면 붕괴 위험도 예측서비스

구분	정보	수집 주기	수집 형태	데이터 제공기관 (시스템명)	외부데이터 연계 방법	비고
CALS	비탈면 제원 정보	년	XLSX	건설기술연구원 (CSMS)	CSMS에서 관리하는 Excel자료를 년 단위로 수작업 수집	자동연계를 위해 CSMS의 시스템화 필요(21년 구축예정)
	비탈면 점검이력정보	년	HWP	건설기술연구원 (CSMS)	CSMS에서 관리하는 HWP자료를 년 단위로 수작업 수집	자동연계를 위해 CSMS의 시스템화 필요(21년 구축예정)
외부	기상 정보	일	API	기상청 (기상자료개방포털)	공공데이터포털 내 기상자료개방포털을 통해 데이터 자동연계	
		시간	API	케이웨더	케이웨더와 데이터 자동연계	

- 일차적으로 비탈면 붕괴 위험도 예측을 위해 CSMS의 기초조사자료(비탈면 제원정보)와 정밀조사자료(비탈면점검이력 정보)를 수작업으로 수집하여 빅데이터 분석에 활용
- 21년에 구축되는 도로비탈면유지관리시스템 DB어플리케이션 및 웹을 통하여 기존의 CSMS 비탈면 기초조사 및 정밀조사 자료(Excel, Hwp 자료)를 자동수집 할 수 있도록 연계모듈 개발 예정
- 또한, 22년에 구축 예정인 비탈면 통합모니터링 시스템에 본 과제의 성과품인 비탈면 위험도 예측서비스를 연동하여 재해재난 발생 시 유지관리 측면에서 추가 활용
- 외부정보는 기상정보를 사용하며 기상청에서 제공하는 기상정보는 일 단위로 자동수집하여 붕괴위험도와 피해예상도의 예측과 시뮬레이션에 사용하며, 케이웨더에서 제공하는 기상정보는 시간단위로 자동수집하여 비탈면 위험도의 실시간 예측에 활용
- 본 과제를 통해 부산/원주 지방국토관리청 관할의 강원권, 영남권 국도비탈면에 예측서비스를 적용하였으나 향후 전국적 서비스를 위해 서울/대전/익산 지방국토관리청 자료에 대한 수집 및 전처리 필요
  - 기초조사 자료의 GPS정보, 관리코드, 사면경사, 연장 등의 기본제원 활용을 위해 서울청(2,470개), 대전청(4,269개), 익산청(7,184개) 총 13,923개 기초조사 자료의 분석 필요
  - 데이터 전처리를 위해 정밀조사 투자우선순위 산정자료, 정밀조사보고서(2010~2018년) 데이터 999건(서울,대전 및 익산청, 해빙기 및 수시 전체) 대상으로 분석 필요
- 국토교통부 관련부서와 협의 후 전국 서비스 시행
  - 전국 비탈면 자료 반영 후 시각화 지도 추가 업데이트
  - 매년 개최되는 국도유지관리 실무자 워크숍 또는 세미나에서 해당 서비스 시연 및 사용 매뉴얼 배포

○ 도로점용(연결) 허가 가능구간 추정서비스

구 분	정보	수집 주기	수집 형태	데이터 제공기관 (시스템명)	외부데이터 연계 방법	비고
CALS	인허가 민원	주	연계 모듈	건설기술연구원 (건설CALS)	자동연계	
	도로점 용허가	주	연계 모듈	건설기술연구원 (건설CALS)	자동연계	
외부	정밀 도로 지도	월	SHP	국토교통부 국토지리정보원 (국토정보플랫폼)	공공데이터포털 내 국토정보플랫폼에서 수작업 다운로드 후 시스템에 업로드	다운로드 편의성 및 자동연계 불가
	도로명 지도	년	SHP	행정안전부 주소정책과 (민원행정기관전 자지도)	공공데이터포털 내 민원행정기관전자지도에서 수작업 다운로드 후 시스템에 업로드	다운로드 편의성 및 자동연계 불가
	버스,택 시,화물 DTG	반기	CSV	한국교통안전공단 교통빅데이터센터	국토교통부 공문를 통해 한국교통안전공단에 수작업 수집하여 시스템에 업로드	보안 정책으로 시스템 연계불가
	버스 정류소	년	API	행정안전부 (공공데이터포털)	공공데이터포털에서 제공하는 API를 통해 자동연계	
	교량/ 터널	년	SHP	국토교통부 (국가공간정보포털)	공공데이터포털 내 국가공간정보포털에서 수작업 다운로드 후 시스템에 업로드	다운로드 편의성 및 자동연계 불가
	수치표 고모델 (DEM)	2년	DEM	국토교통부 국토지리정보원 (국가공간정보포털)	국토지리원으로부터 데이터 수령	다운로드 편의성 및 자동연계 불가

- 도로점용(연결) 허가 가능구간은 건설 CALS 정보 중 인허가 민원정보와 도로점용허가 정보를 이용하며, 외부정보로는 정밀도로지도, 도로명지도, 화물DTG, 버스정류소, 교량/터널, 수치표고모델(DEM) 정보를 이용
- 건설 CALS 정보는 연계모듈을 이용하여 자동연계하며, 운영시스템에 미치는 영향을 최소화하기 위해 당초 매일 연계에서 매주 일요일 주1회 연계로 변경
- 도로점용(연결)은 정밀도로지도를 이용하여 허가 가능구간 여부를 판단하며, 정밀도로지도는 국토정보플랫폼에서 제공하는 데이터 사용함. 정밀도로지도는 지속적으로 구축중으로 현재 구축되지 않은 구간은 신청도면, 도로명지도, 화물DTG, 버스정류소, 교량/터널, 수치표고모델(DEM) 정보를 이용하여 허가 가능구간 여부를 판단
- 도로명지도는 민원행정기관전자지도에서 제공하는 정보로서 1년에 한번 수작업으로 다운 받아 시스템에 적용하고, 화물DTG는 반기마다 교통안전공단으로부터 수집하여 도로점용(연결) 허가 지역의 차량이 도로의 변화에 운행하는 패턴을 분석함
- 버스정류소는 공공데이터포털에서 제공하는 API를 통해 자동연계하며, 교량/터널 정보는 공간정보포털을 통해 년단위로 수집 후 교량 및 터널 인근 도로점용(연결) 허가 금지구간 판단 알고리즘에 활용
- 수치표고모델은 국가공간정보포털에서 제공하는 정보로서 전체 데이터는 약 50억 정도로 방대하여, 2년에 마다 수집하여 시스템에 적용함. 데이터 형태는 위도/경도/고도로 구성하며, 고도를 통해 종단경사 정보을 얻어 금지구간을 판단함
- 매년 개최되는 국도유지관리 실무자 워크숍 또는 세미나와 건설CALS 실무자회의에서 해당 서비스 시연 및 사용 매뉴얼 배포.

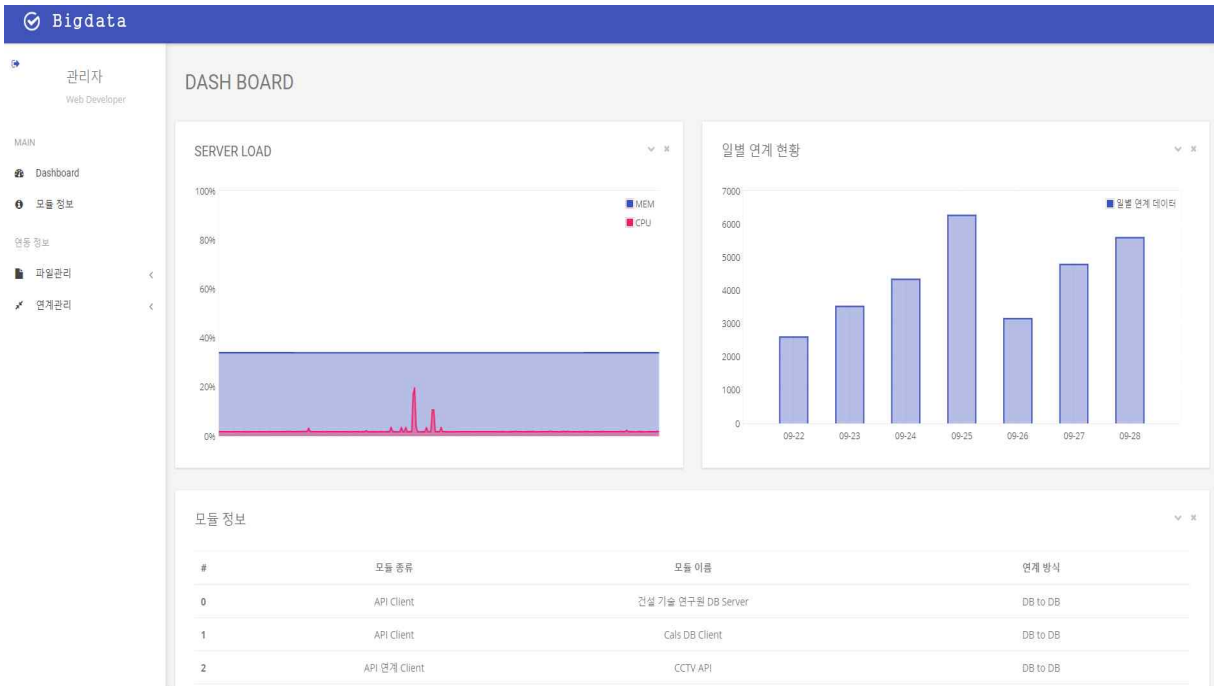
○ 보상비 추정서비스

구 분	정보	수집 주기	수집 형태	데이터 제공기관 (시스템명)	외부데이터 연계 방법	비고
CALS	공사 정보	주	연계 모듈	건설기술연구원 (건설CALS)	자동연계	
	토지 정보	주	연계 모듈	건설기술연구원 (건설CALS)	자동연계	
	보상 정보	주	연계 모듈	건설기술연구원 (건설CALS)	자동연계	
	지장물 평가정보	반기	연계 모듈	건설기술연구원 (건설CALS)	자동연계	
	이주 정보	반기	연계 모듈	건설기술연구원 (건설CALS)	자동연계	
외부	개별 공시 지가	년	XLSX	국토교통부 국가공간정보센터 (국가공간정보포털)	공공데이터포털 내 국가공간정보포털에서 제공하는 데이터를 수작업 다운로드 후 시스템에 업로드	다운로드 편의성 및 자동연계 불가
	표준지 공시 지가	년	CSV	국토교통부 국가공간정보센터 (국가공간정보포털)	공공데이터포털 내 국가공간정보포털에서 제공하는 데이터를 수작업 다운로드 후 시스템에 업로드	다운로드 편의성 및 자동연계 불가
	건축물 대장	년	API	행정안전부 (공공데이터포털)	공공데이터포털에서 제공하는 API를 통해 자동연계	
	토지 이용 규제 정보	년	CSV	국토부 도시정책과 (국가공간정보포털)	공공데이터포털 내 국가공간정보포털에서 제공해주는 데이터를 수작업 다운로드 후 시스템에 업로드	다운로드 편의성 및 자동연계 불가

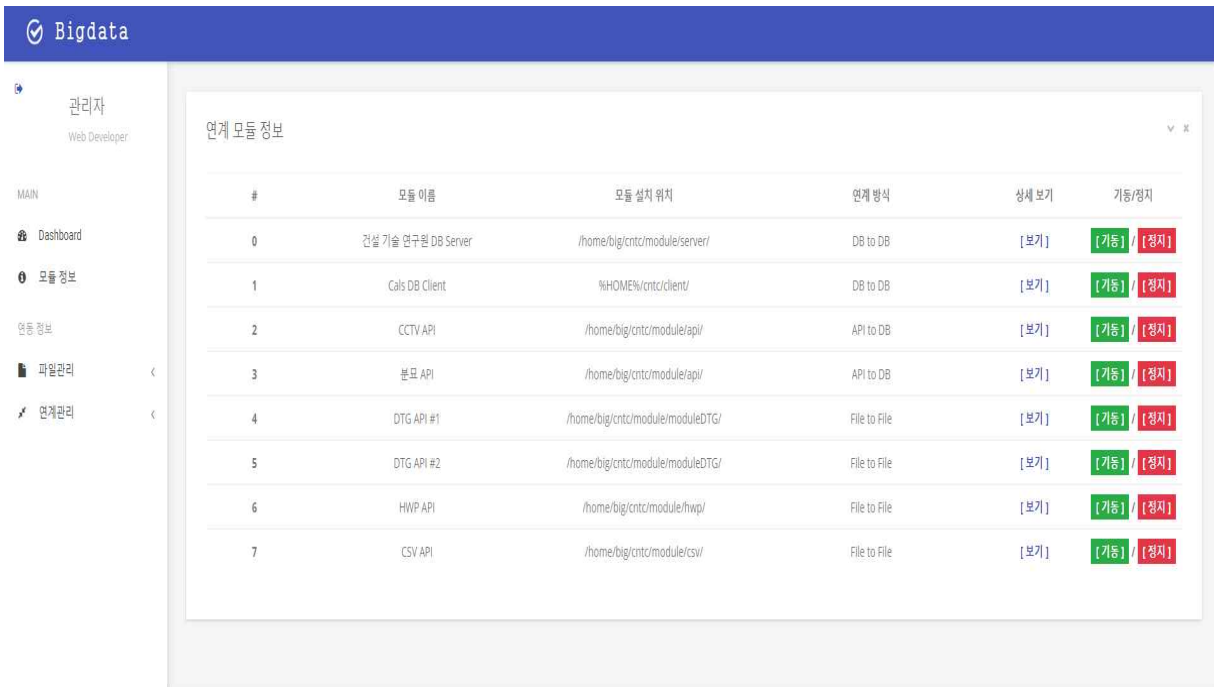
- 보상비 추정은 건설 CALS 정보 중 공사정보, 토지정보, 보상정보, 지장물평가정보, 이주정보를 이용하며, 외부정보로는 개별공시지가, 표준지공시지가, 건축물대장, 토지이용규제정보를 이용
- 건설 CALS 정보는 연계모듈을 이용하여 자동연계하며, 운영시스템에 미치는 영향을 최소화하기 위해 공사정보, 토지정보, 보상정보는 당초 매일 연계에서 매주 일요일 주1회 연계로 변경하며, 지장물평가정보 및 이주정보는 원 데이터 갱신주기를 고려하여 반기별 수집을 유지
- 외부데이터는 주로 공공데이터포털 정보를 기반으로 다운로드 방식을 사용하고 있으나, 공공데이터포털의 서비스 정책이 API를 통한 자동연계를 확대됨에 따라 보상비 추정에서 사용하는 외부정보에서 API 제공시 즉각 반영 예정
- 전국 단위의 도로건설 공사를 대상으로 보상비 추정 서비스를 적용할 수는 있지만, 일부(서울, 제주 등) 지역은 보상 데이터의 부족으로 인한 데이터 학습의 한계로 인해 관련 지역의 예측 정확도가 보상비 추정 모델 평균 오차율에 비해 다소 떨어질 것으로 예상

○ 데이터 수집 및 연계 모니터링시스템

- 메인화면(Dash Board) : 통계 및 연계모듈(모듈종류, 이름, 연계방식) 정보



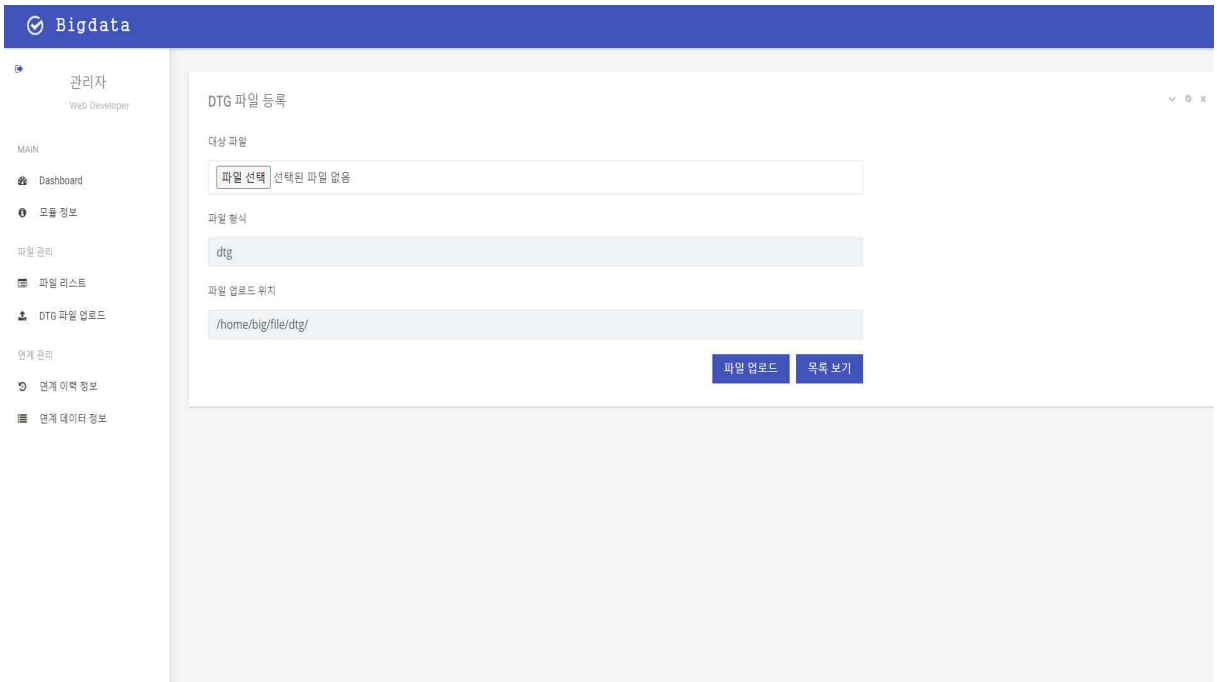
- 연계모듈 정보 : 모듈명, 모듈설치 위치, 연계방식 등 제공



- 다운로드를 위한 데이터 수집/등록을 위한 파일 리스트

#	구분	데이터 명	관리기관(시스템명)	수집 경로	데이터 등록
1	보상	개별공시지가	행정안전부(국가공간정보포털)	https://www.data.go.kr/data/15044080/fileData.do	[데이터 등록]
2	보상	표준지공시지가	행정안전부(국가공간정보포털)	https://www.data.go.kr/data/15004246/fileData.do	[데이터 등록]
3	보상	연속지적	한국국토정보공사(국가공간정보포털)	http://openapi.nsdi.go.kr/nsdi/eios/ServiceDetail.do	[데이터 등록]
4	보상	토지이용규제정보	행정안정부(공공데이터포탈)	http://openapi.nsdi.go.kr/nsdi/eios/ServiceDetail.do?svcSe=F&&svcId=F109&gubun=F&provOrg=UPI	[데이터 등록]
5	과적	DTG	한국교통안전공단	직접 수령	[데이터 등록]
6	과적	산업단지	행정안정부(공공데이터포탈)	http://openapi.nsdi.go.kr/nsdi/eios/ServiceDetail.do?svcSe=F&svcId=F011	[데이터 등록]
7	점용	정밀도로지도	국토지리정보원(국토정보플랫폼)	http://map.ngii.go.kr/ms/pblictn/preciseRoadMap.do	[데이터 등록]
8	점용	도로명지도	행정안전부(공공데이터포탈)	https://juso.go.kr/addrlink/addressBuildDevNew.do?menu=fclts	[데이터 등록]
9	점용	교량/터널	행정안정부(공공데이터포탈)	http://data.nsdi.go.kr/dataset/20180927ds0004	[데이터 등록]
10	점용	교량/터널	행정안정부(공공데이터포탈)	http://data.nsdi.go.kr/dataset/20180927ds0008	[데이터 등록]

- DTG 등 수작업으로 수집한 데이터 등록



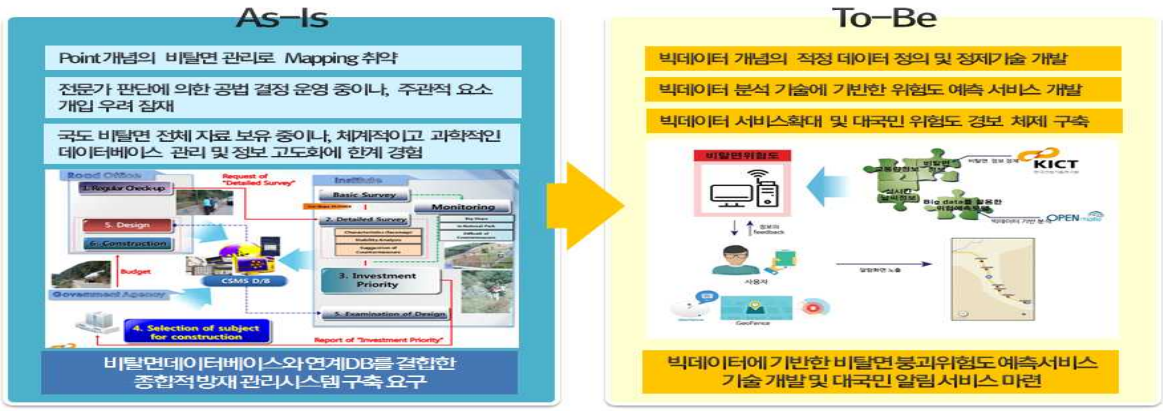
나. 연구개발 성과의 활용방안 및 기대효과

(1) 연구결과의 활용 방안

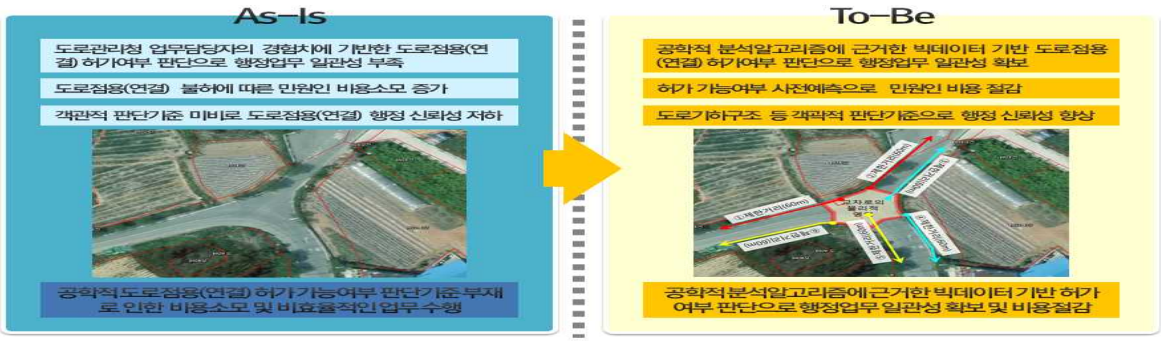
○ 도로관리 효율화를 위한 4종의 빅데이터 서비스 기술을 국토교통부 및 소속기관(지방국토관리청, 국토관리사무소)의 도로관리 업무에 활용

- 과적단속 최적 위치/시기 예측기술 : 국토관리사무소의 과적단속 업무를 지원하며, 최적 과적단속 시기와 위치의 제공으로 도로포장 파손의 최소화 및 국민 안전 향상을 도모

- 비탈면붕괴 위험도 예측기술 : 국토관리사무소의 사면관리 업무를 지원하며, 비탈면 붕괴위험도를 예측하여 보수·보강에 활용하고, 재난피해에 효과적 대응



- 도로점용(연결) 허가가능구간 추정기술 : 국토관리사무소의 도로점용 허가업무를 지원하며, 최적의 점용위치 및 연결허가 금지구간의 사전 안내로 점용불허 예방, 비용절감 등 민원인의 부담을 완화



- 보상비 추정기술 : 지방국토관리청의 보상업무에 활용하며, 보다 정확한 보상비 산정으로 최적의 보상계획 수립을 지원

○ 시범적용 결과를 분석하여 도로점용 업무처리방식, 과적예방 등 제도개선에 활용

- 도로연결허가 설계도면 작성과 관련된 연결규칙 및 국토부 업무매뉴얼 개정을 통해 도로관리기관의 업무일관성 확보 및 불필요한 구비서류 요구 방지 등 대민서비스 개선
- 중량센서 기반 과적예방 기준의 제시로 향후 도로법 개정을 위한 정책반영 시 중량센서 도입 전, 후의 과적절감 및 운송효율 개선효과를 정량적으로 제시하는데 활용

○ 개발 기술 및 서비스를 향후 타 부처 및 지자체 등에도 사용할 수 있도록 과제 종료 후에도 지속적으로 홍보를 강화

- 화물차 이동경로의 정확한 예측을 위해 국도에 적용한 과적단속 위치정보뿐만 아니라 지자체(지방도)에도 회피차량 단속을 위한 우회로 정보를 제공 가능
- 지자체에서 관리하는 지방도의 비탈면관리 및 도로점용(연결) 허가업무에도 적용 가능

○ 데이터 연계 및 전처리 기술의 개발로 향후 4개의 빅데이터 서비스 본격운용 시 기초 분석자료의 자동 업데이트 및 데이터베이스 구축에 활용

- 빅데이터 서비스의 지속적 운영 및 데이터 수집의 용이성 확보를 위해 데이터 수집 및 연계를 위한 프로그램의 추가 개발
- 공공데이터포털 등 외부데이터의 API 제공시 즉각 반영하여 자동연계를 점차 확대 예정

(2) 연구 개발의 기대효과

(가) 공공적 효과

○ 다년간 축척된 건설사업정보와 외부 정보를 결합한 빅데이터를 분석하여 건설사업과 관련된 정보를 제공함으로써 효율적인 의사결정 지원

- 경험과 직관에 의한 과적 단속인원 배치에서 → 데이터 분석을 통한 적시적소의 효율적 과적단속 위치 제공
- 도로관리청 업무담당자의 경험에 기반한 도로점용(연결) 허가여부 판단에서 → 공학적 근거에 의한 허가가능 판단으로 도로점용 행정업무의 신뢰성 및 만족도 향상
- 공시지가 기반 배율보정 방식의 개략적 보상금액 산정에서 → 보상 빅데이터 및 공간정보 기반의 보상비 추정액 산정 및 신규사업 선정시 다양한 노선의 보상비를 실시간으로 검토하여 효율적인 사업계획 수립 및 의사결정을 지원
- 붕괴발생 내적요인(풍화도, 수리, 지질 등)의 변화와 외부환경(강우, 기온변화 등)의 변화를 종합적으로 반영한 비탈면 위험도 관리로 재해재난 관리 업무의 특성상 빠른 응답 및 대응이 가능
- 과적차량 단속 등 사후 관리에서 → 과적을 예방하기 위한 중량센서 품질기준 규격 등 선제적 과적 예방정책을 제시

○ 국내 최초로 빅데이터를 기반으로 과적단속 최적 위치/시기 예측, 비탈면 붕괴 위험도 예측, 도로점용(연결) 허가 추정, 보상비 추정 등 기술을 개발하여 지방국토관리청 및 국토관리사무소에 시범적용하여 효과를 검증함으로써 실제 운영을 위한 기반 마련

- 교통량정보시스템, 정밀도로지도, 지가정보 등 건설관련 정보시스템과 서비스 연계 및 활용기술을 개발하여 국토교통부 정보시스템 활용도 제고

○ 향후 지자체, 관련기관 등으로 기술을 확장하여 전체 도로의 효율적인 도로관리 및 업무 생산성을 제고하고, 데이터의 지속적 축적으로 예측기술의 정확도를 향상 후 일반국민에게도 서비스를 확대함으로써 산사태 등 재난에 신속하게 대응

- 과적단속의 효율을 제고하기 위해 국도에 적용한 과적단속 최적 위치정보뿐만 아니라 지자체에도 회피차량 단속을 위한 우회로 정보를 제공하여 지자체(지방도)와 협업단속 가능
- 지자체에서 관리하는 지방도의 비탈면관리 및 도로점용(연결) 허가 업무에도 적용 가능

○ 개발기술을 활용하여 도로관리 업무처리 방식 개선 등 정책의 효과성을 검증하는 정책 환류기능에 기여

- 도로연결허가 설계도면 작성의 규칙 개정을 통해 도로관리기관의 업무일관성 확보 및 불필요한 구비서류 요구 방지 등 대민서비스 개선
- 중량센서 기반 과적예방 기준의 제시로 향후 도로법 개정을 위한 정책반영 시 중량센서 도입 전, 후의 과적절감 및 운송효율 개선효과를 정량적*으로 제시하는데 활용

* 자중계 시범설치 운영(19~20년) 결과, 과적율이 설치 전 21.09%에서 설치 후 11.46%로 9.64%p 감소하였으며, 과적운행에 의한 경제적 손실액에 대입하면 경제적 효과는 약 4,267억원으로 추정

〈 시범적용 결과 : 자중계 도입에 따른 과적율 변화 〉

		2019	2020	합계
자중계 설치전	정상운행 [cycle]	1,070	2,600	3,670
	과적운행[cycle]	439	542	981
	과적율 [%]	29.09%	17.25%	**21.09%**
자중계 설치후	정상운행 [cycle]	4,101	3,165	7,266
	과적운행 [cycle]	541	399	940
	과적율 [%]	11.65%	11.20%	**11.46%**
과적율 변화 [%]		- 17.44%	- 6.05%	**- 9.64%**

〈 자중계 도입에 따른 과적예방의 경제적 효과 추정 〉

구분		추정비용
포장손상 비용		2조 7,000억원
사회적 비용	교통사고 비용	1조 421억원
	대기오염 및 온실가스 비용	3,876억원
	소음 비용	2,972억원
과적운행에 의한 경제적 손실 총액		4조 4,269억원
자중계 도입에 따른 과적예방의 경제적 효과		**4,267억원**

(나) 기술적 효과

○ 도로관리 사업에서 활용 가능한 빅데이터 분석 및 처리 기술을 개발하여 실제 업무에 시범적용 및 검증을 통해 도로관리 업무에 적합한 예측기술 개발을 선도

- 국내 최초로 빅데이터를 기반으로 과적차량 최적위치 예측, 비탈면 붕괴 위험도 예측, 도로연결허가 추정, 보상비 추정 등 효율적 도로관리 업무처리를 위한 기술 개발
- 다양한 빅데이터 분석기술 중 각 예측서비스에 적합한 RandomForest, Xgboost 알고리즘 적용 및 정확도 향상을 위한 파라미터 튜닝 등을 통해 최적의 분석모델을 개발

○ 데이터 연계 및 전처리 기술의 확보로 빅데이터 분석을 위한 기초 데이터의 가공시간 절감, 분석시간 단축 및 데이터 신뢰성 확보

- 데이터 수집 및 연계를 편리하게 하는 데이터 수집/연계 모니터링 시스템 개발

○ 화물차량의 중량과 위치를 실시간으로 모니터링 할 수 있는 공간정보(GIS) 기반의 과적 관제시스템을 개발하여 선제적 과적예방 기술을 확보

- 화물차량용 중량센서를 이용한 과적예방 효과에 대한 객관적인 시험 검증 및 시범차량 적용을 통한 실험적 검증자료를 제시하여 객관적이고 정량적인 과적 예방효과를 제시

(다) 경제적 효과

○ 중량센서 도입에 따른 과적의 사전 예방으로 도로포장 파손을 최소화하고 과적에 의한 교통사고 피해 감소 및 경제적 효과를 검증

- 일본은 과적재방지대책으로 토사 등을 운반하는 대형차량에 자중계 설치를 의무화한 후 과적발생 60%이상 감소, 사망사고 75%이상 감소

- 자중계 시범설치 운영(19~20년) 결과, 자중계 설치 후 단속률이 21.09% → 11.46%로 9.64%p 감소 및 경제적 효과는 약 4,267억원으로 추정

○ 국토청 관할 일반국도의 도로연결허가 금지구간 해당여부 사전파악으로 민원신청도면 작성비용 등 매년 약 3.6억원 절감 가능할 것으로 기대

- 3.6억 = 100만원/건 × (3,613건 × 50%) / 5년

- 설계도면 작성 등 대행비용 1건당 100만원 추정 (실제 1건당 70만원~2,000만원)

- 도로점용허가 불허 비율 20% 중 절반에 해당하는 10% 정도가 허가금지 구간에 해당하는 것으로 추정함

* 지난 5년('12-'16)간 도로점용 : 신청 17,550건 중 허가 등 13,937건, 불허 3,613건(21%)

붙임 1	사용자 매뉴얼

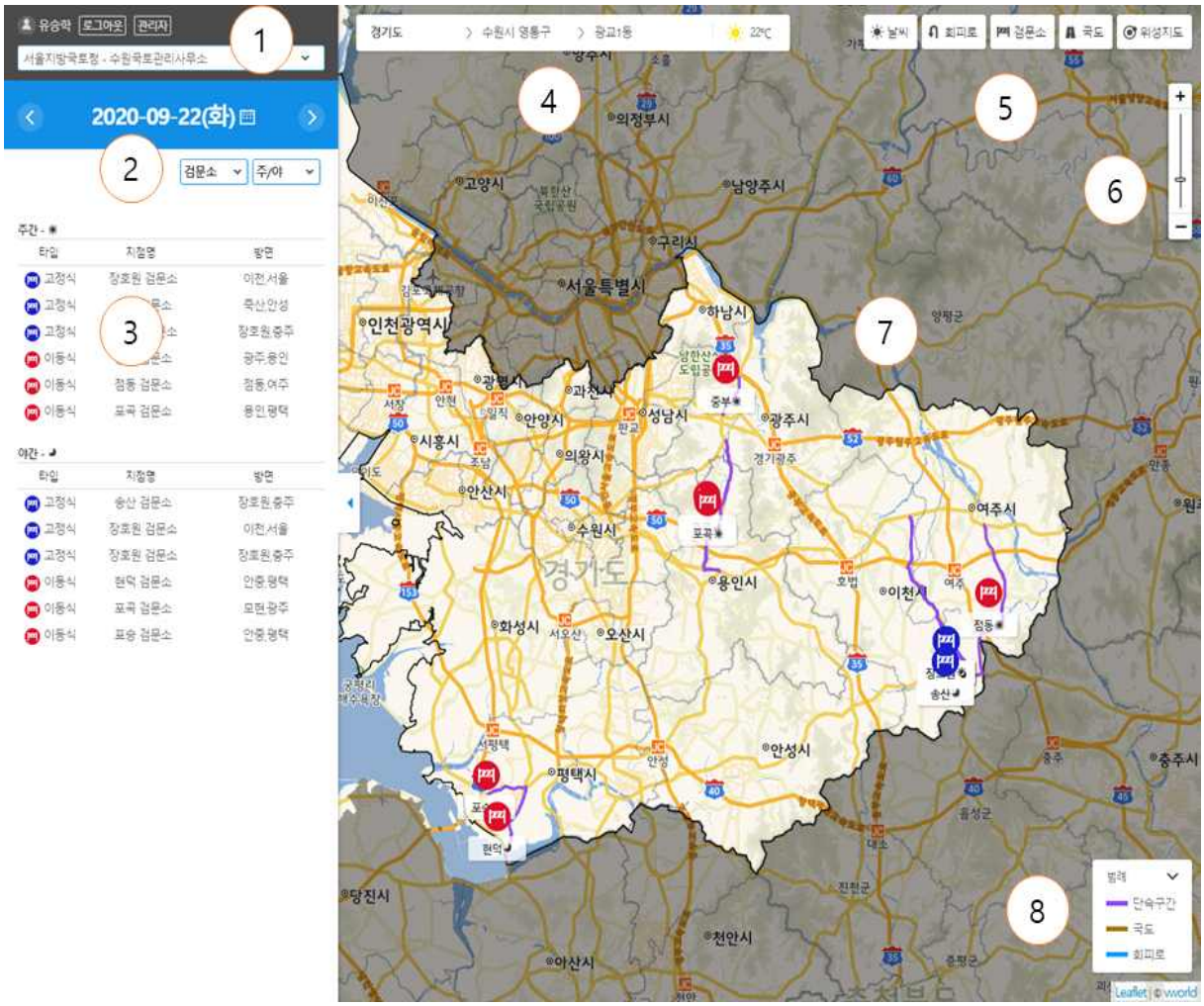
1. 초기화면

① 건설사업정보포털시스템(calspia.go.kr)에서 건설CALS빅데이터서비스 아이콘을 클릭하여 빅데이터서비스 초기화면으로 접근

② 빅데이터서비스 초기화면에서 해당 서비스 클릭

2. 과적단속 최적 위치/시기 예측서비스

□ 메인 화면 구성



① 로그인한 사용자의 국토관리사무소 표시하며, 관리자로 로그인 한 경우 다른 국토관리사무소를 선택할 수 있음

② 날짜 선택기: 현재 날짜를 표시하며 다른 날짜 선택 기능

③ 검문소 선택 필터

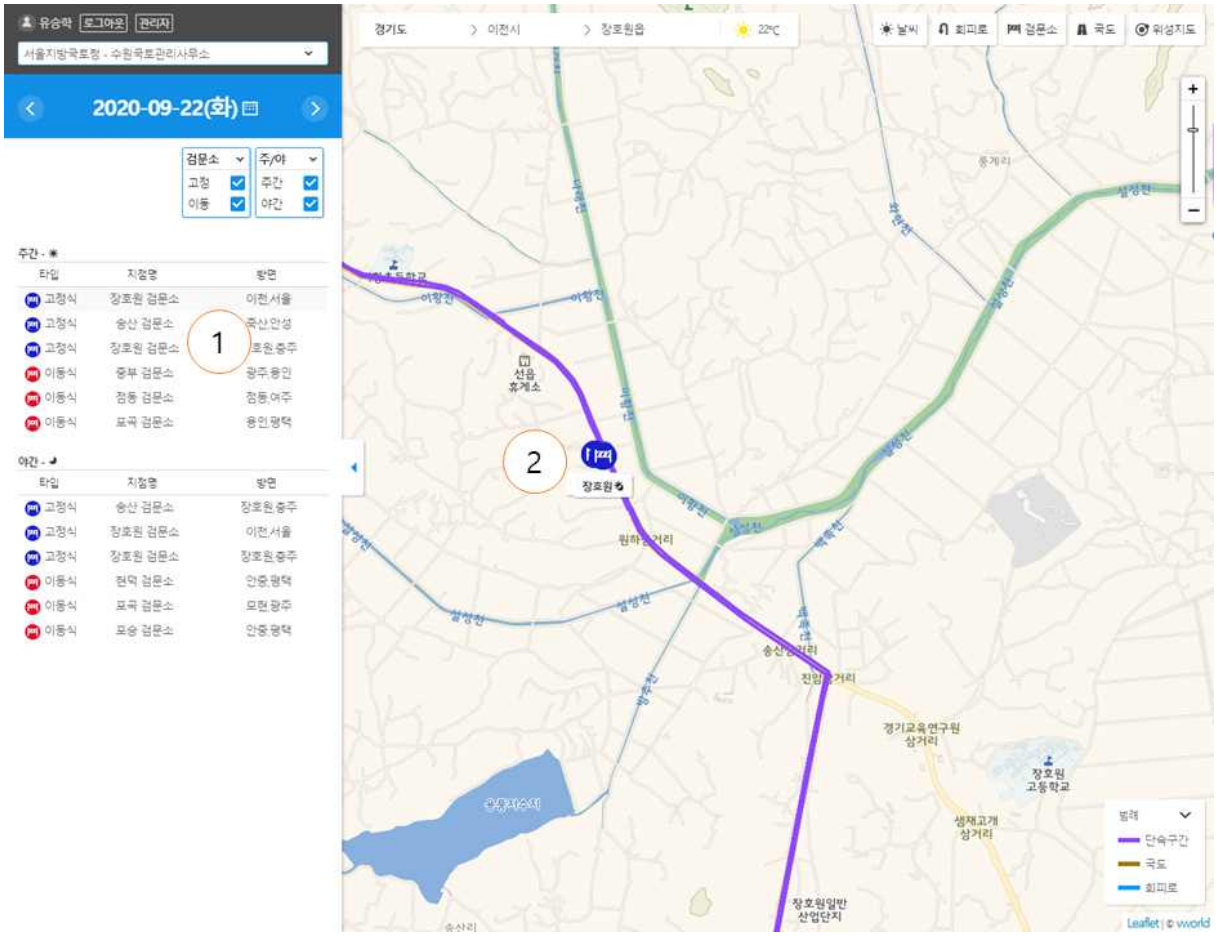
④ 현재 지도 중심점의 행정구역과 기상 정보 표시: 지도를 이동하면 자동으로 갱신

⑤ 메뉴: 날씨, 회피로, 검문소, 국도, 위성지도 조작

⑥ 축척 변경 막대: +를 눌러 Zoom-in, -를 눌러 Zoom-out

⑦ 지도 화면: 현재 로그인 한 국토관리사무소의 영역 바깥은 회색으로 표시되며, 마우스를 드래그 하여 다른 위치로 이동, 마우스 스크롤로 Zoom-in, Zoom-out

□ 검문 추천 목록



① 검문 추천 목록: 주간과 야간으로 구분하며 각 시간대에 검문소 타입, 검문소 명칭, 방면 표시

② 목록에서 검문소를 클릭하면 해당 검문소 위치로 지도가 이동하며 적절한 축척으로 변경하며 조회 가능, 검문소 명칭과 검문 시간대 아이콘을 표시

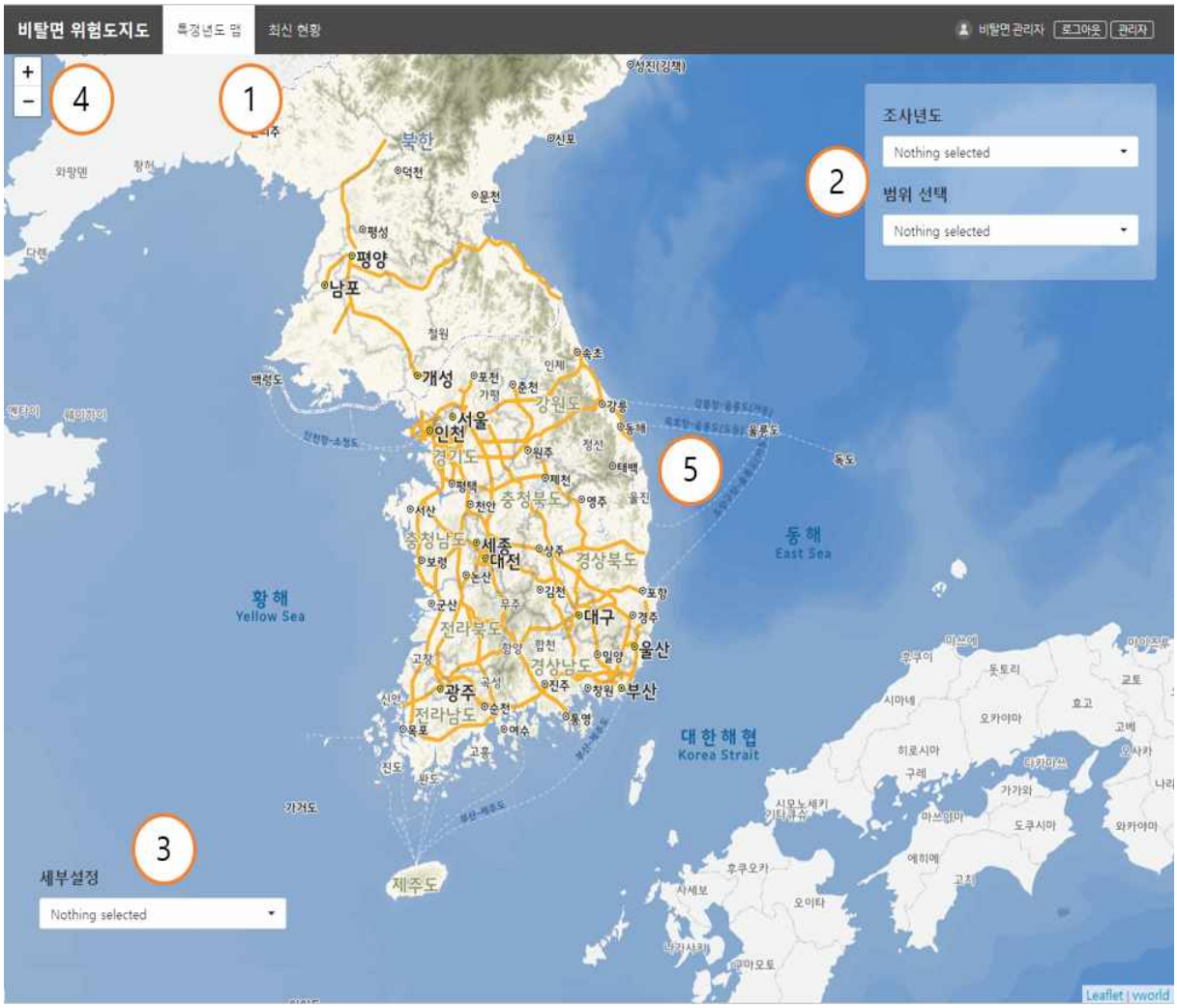
□ 검문소 상세 보기

① 검문소 아이콘을 클릭

② 검문소의 명칭과 고정식/이동식 유형, 주소, 방면 명칭, 도로 이름을 표시

3. 비탈면 붕괴 위험도 예측서비스

□ 화면 구성



① [특정년도 맵], [최신 현황] 선택 메뉴

② [조사년도], [범위 선택] 메뉴, [특정년도 맵]에서만 사용

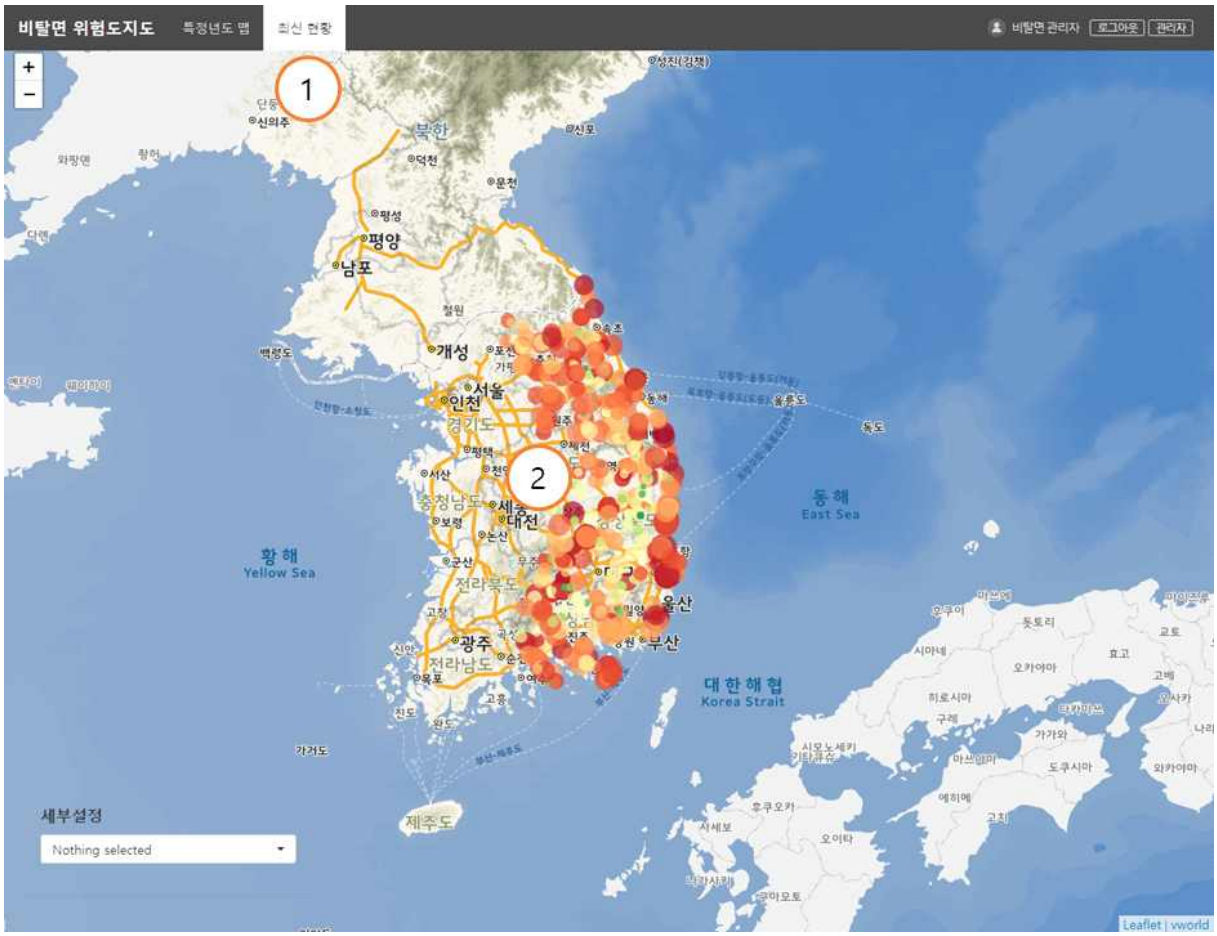
- 해당 년도의 자료를 바탕으로 붕괴 위험도 시뮬레이션 시각화
- 범위 선택에서 선택된 변수에 대한 슬라이더를 자신이 변경하고자 하는 값으로 변경
- 슬라이더 바에서 변경한 값이 적용된 붕괴 위험도 시뮬레이션 시각화

③ [세부설정] 메뉴

④ 축척 변경 막대. +를 눌러 Zoom-in, -를 눌러 Zoom-out.

⑤ 지도 화면 마우스 스크롤로 Zoom-in, -를 눌러 Zoom-out.

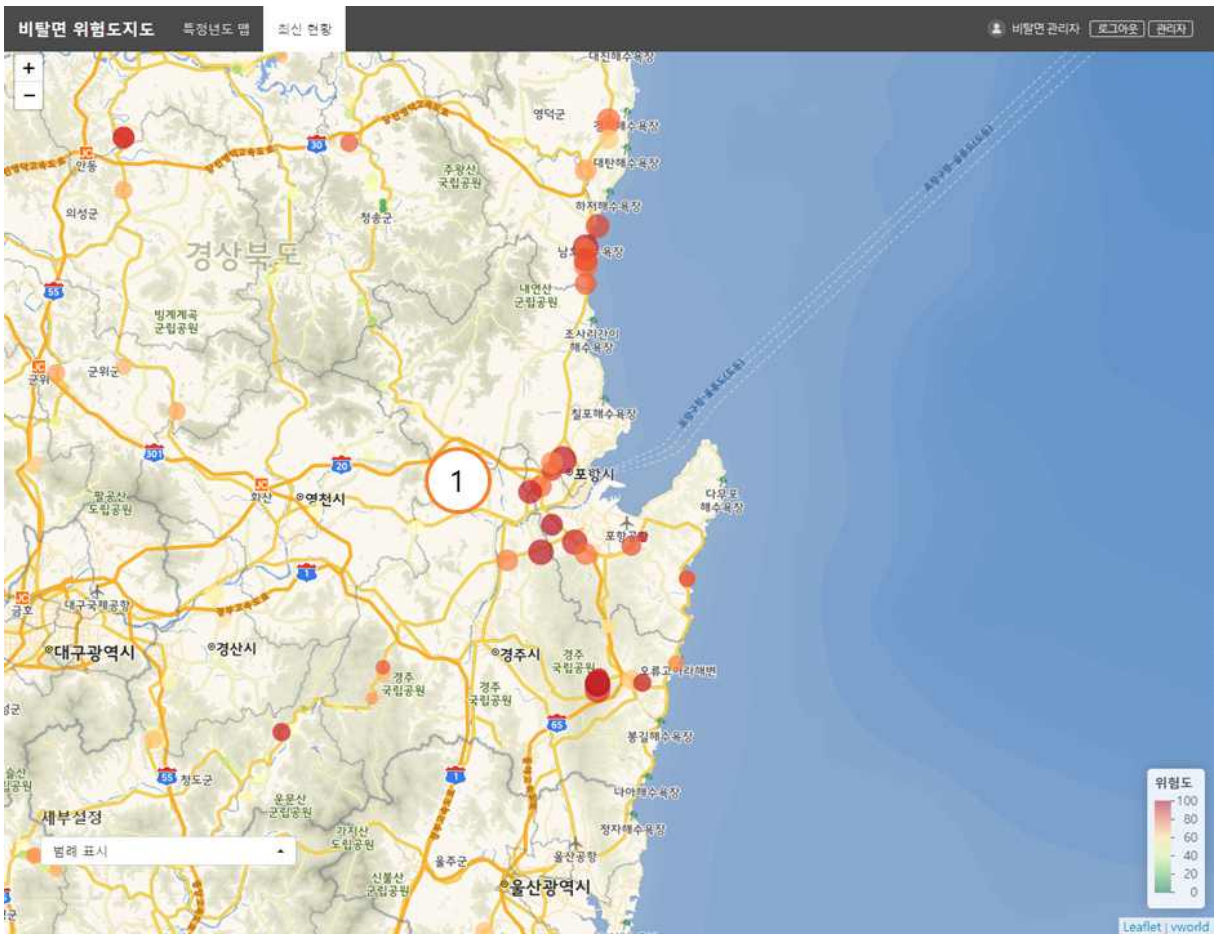
□ 최신 현황 : 최근 실제 기상 정보를 반영한 비탈면의 위험도 시각화



① [최신 현황] 선택

② 최근 기상 정보를 반영한 위험도 시각화

□ 시각화 해석

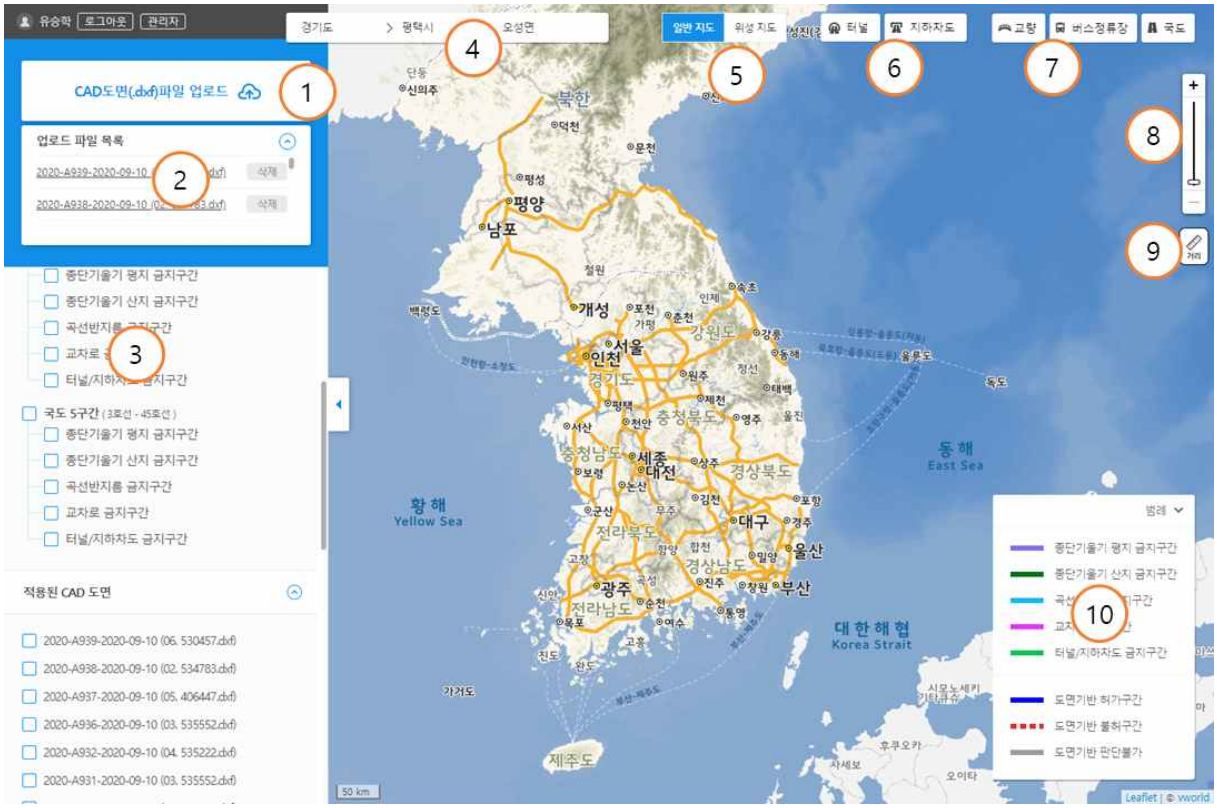


① 원의 색상은 비탈면 붕괴 위험도를 나타냄. 위험도가 높을수록 붉은색으로 표시되며, 낮을수록 녹색으로 표시됨. 위험도가 높을수록 붕괴 가능성이 높음

② 원의 크기는 해당 비탈면 붕괴시 예상 피해도를 나타냄

4. 도로점용(연결) 허가 가능구간 추정서비스

□ 화면 구성



① 도면 파일(.dxf)을 업로드하는 버튼

② 업로드 된 도면파일을 확인 및 삭제하는 기능

③ 정밀도로지도의 금지구간과 업로드 된 도면파일을 확인하는 기능

④ 지도상의 읍/면/동 위치를 보여주며 원하는 위치를 선택하여 이동 할 수 있음

⑤ 원하는 지도의 형태를 선택하는 버튼

⑥ 터널과 지하차도의 위치를 확인하는 버튼

⑦ 교량, 버스정류장, 국도의 위치를 확인하는 버튼

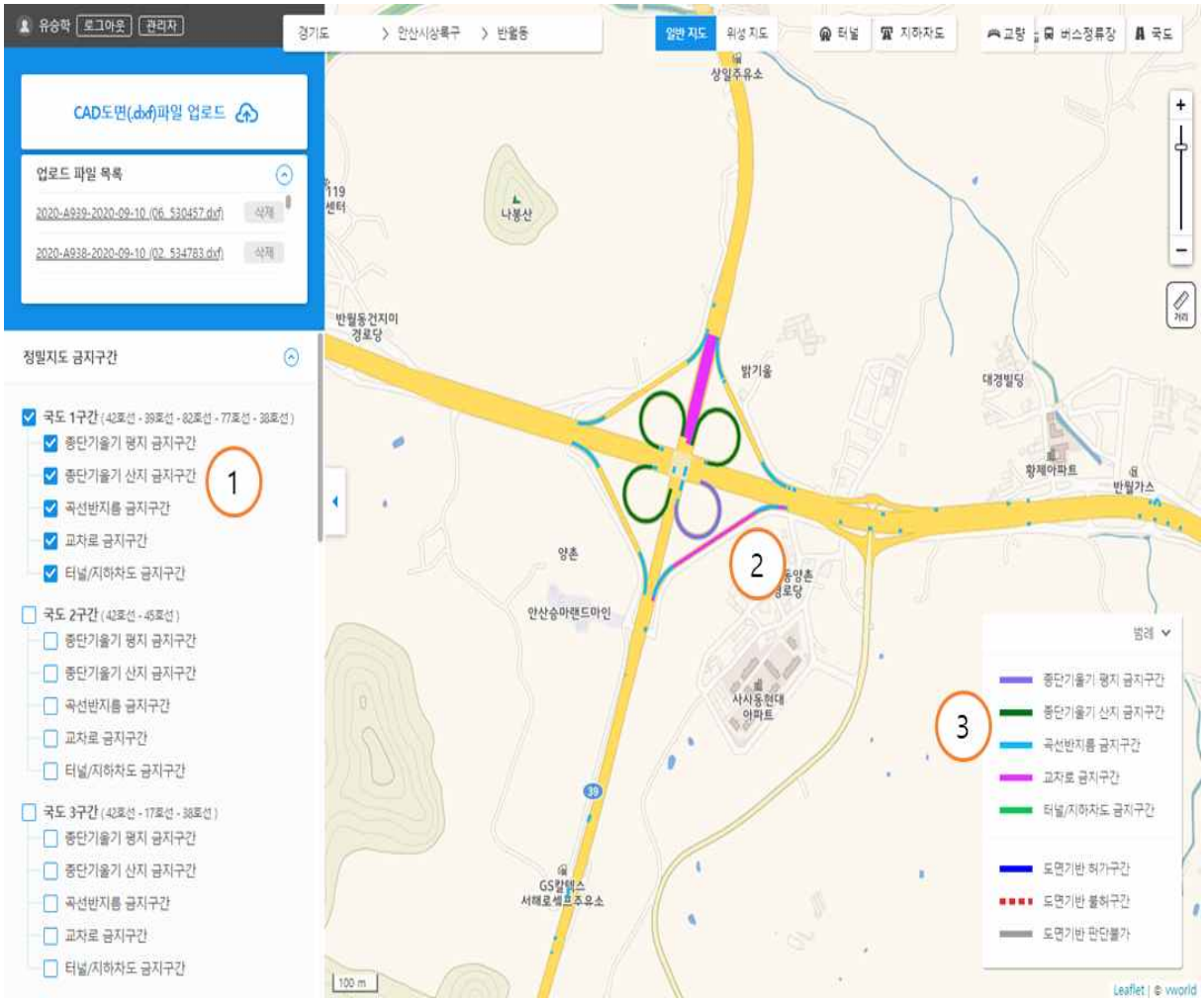
⑧ 지도를 확대하거나 축소할 수 있는 기능

⑨ 실제 거리를 지도상에서 측정할 수 있는 줄자 기능

⑩ 정밀도로지도 금지구간과 도면파일의 허가/불허가 구간의 색상 범례를 나타냄

□ 정밀지도 금지구간

- 도로점용 서비스는 정밀도로지도 기반 금지구간과 도면기반 금지구간 서비스를 제공하며, 첫 번째 서비스인 정밀도로지도 금지구간은 정밀도로지도 1, 2, 3, 5구간에 대한 금지구간을 표시함



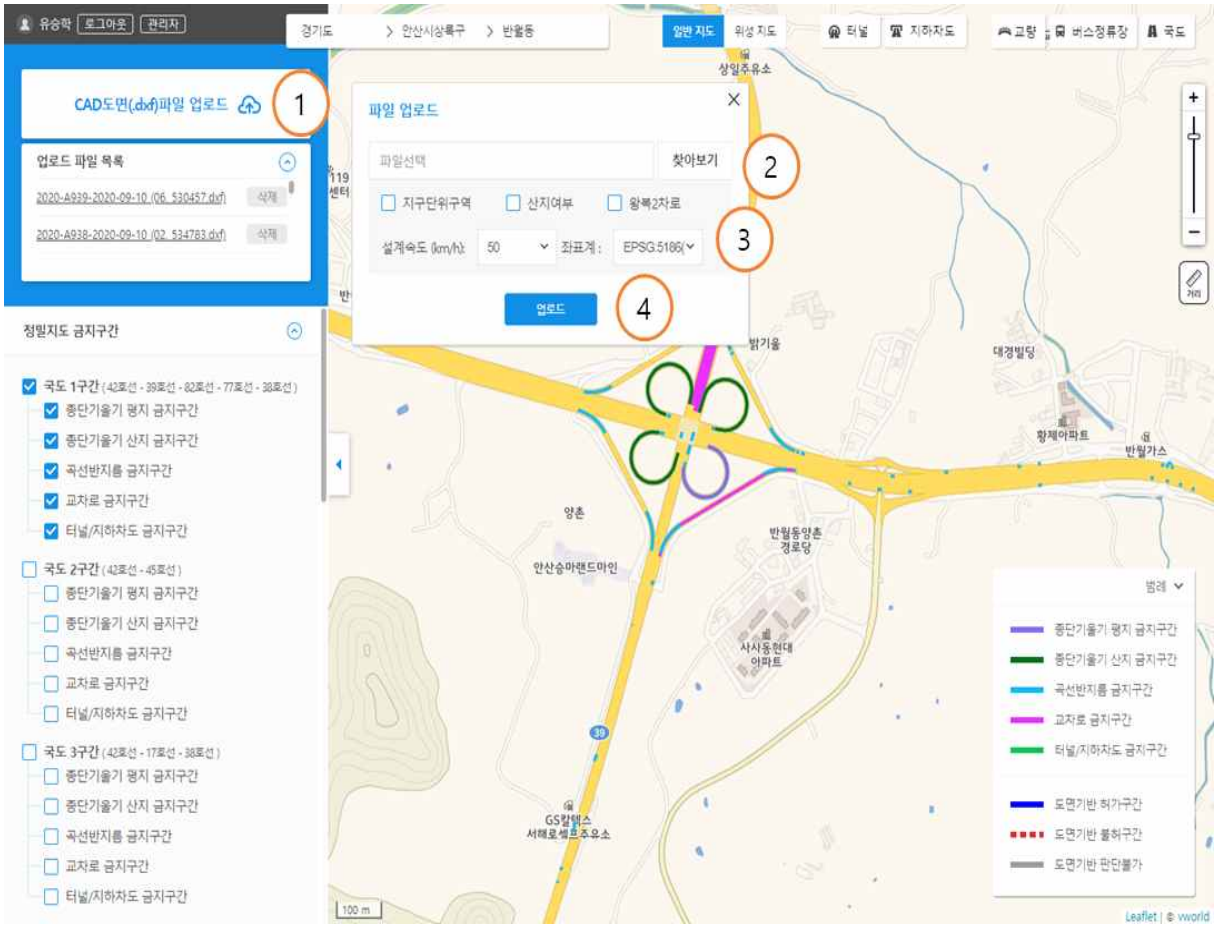
① 좌측 [정밀지도 금지구간] 리스트에서 원하는 구간과 금지구간을 클릭

② 국도 1구간 클릭 시, 국도 1구간의 종단기울기, 곡선, 교차로, 터널 및 지하차도 금지구간이 표시

③ 각 금지구간의 색상은 우측하단의 범례로 확인

□ CAD도면 금지구간

- 도면기반 금지구간은 설계도면(CAD파일)을 업로드하여 도로점용 신청지역의 허가여부를 확인



① 좌측상단의 [CAD도면(.dxf)파일 업로드] 버튼 클릭

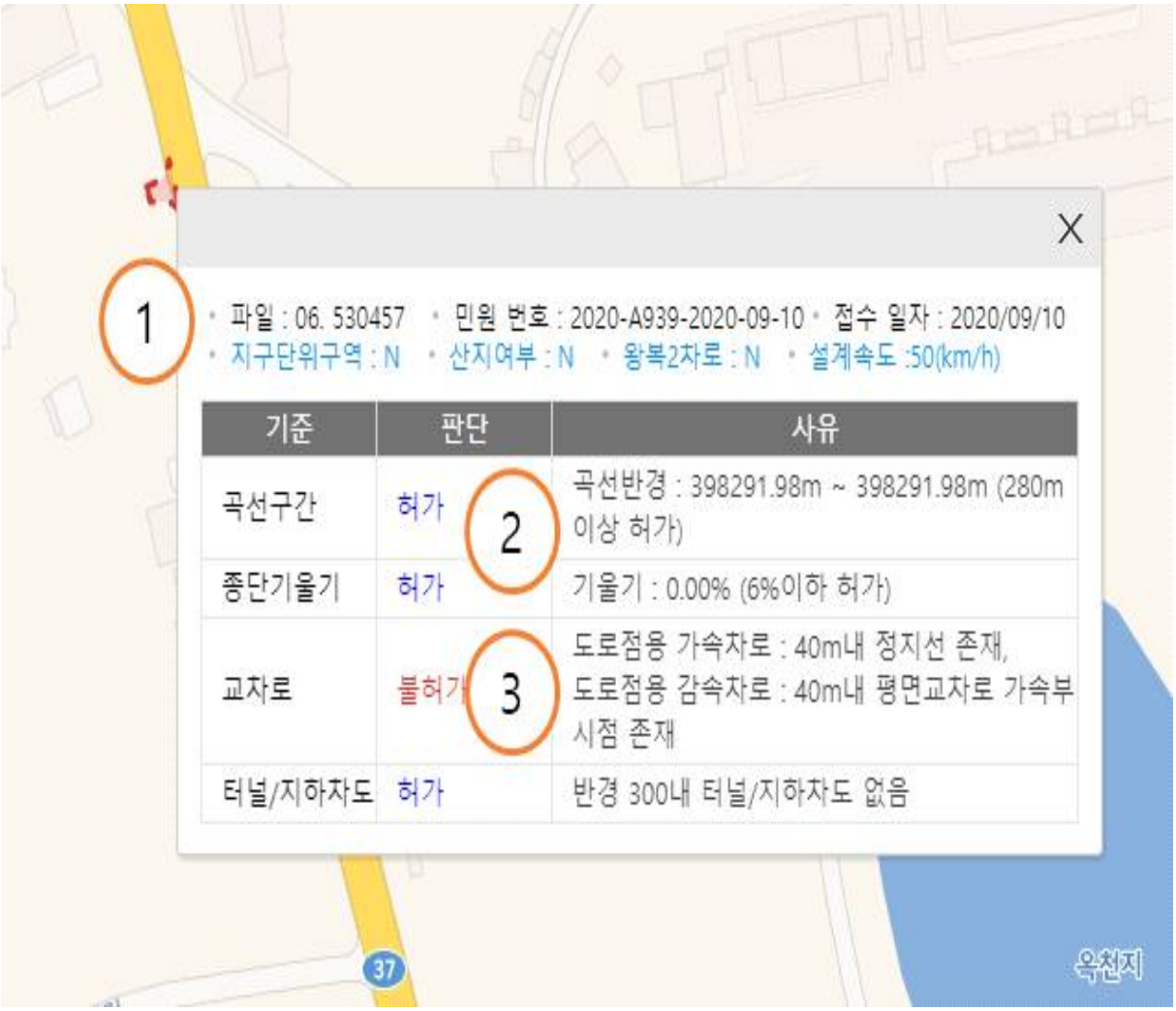
② 팝업창에서 [찾아보기] 버튼 클릭하여 민원인이 신청한 도면 파일을 업로드

③ 점용허가 신청 지역의 특성 값을 입력

④ [업로드] 버튼 클릭

□ CAD도면 금지구간 판단 결과

- CAD파일 업로드 후, 민원지역의 허가/불허가 판단결과가 표출됨



① 점용허가 신청 도면의 정보와 사용자가 입력한 특성값 표시

② 기준에 따른 판단 결과와 허가 사유 표시

③ 기준에 따른 판단 결과와 불허가 사유 표시

5. 보상비 추정서비스

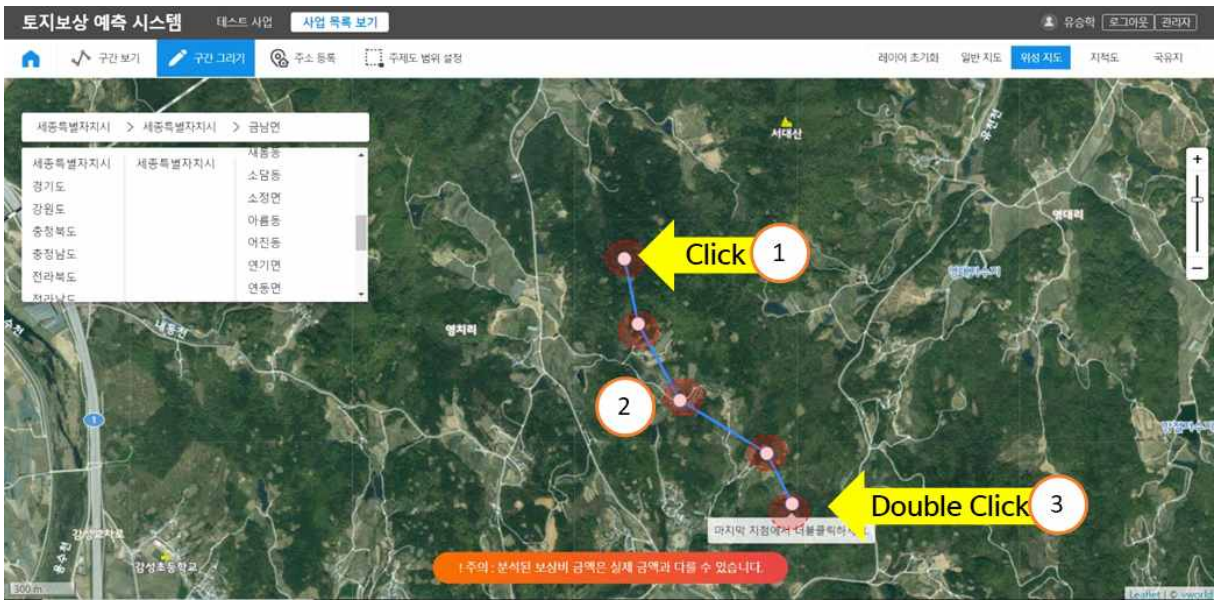
□ 지적도, 국유지 보기

① 상단의 [지적도] 선택

② 지도위에 지적도 레이어가 형성

③ 국유지는 토지 보상액 산정을 하지 않는다. 국유지 보기 기능을 통해 확인

□ 마우스로 구간 그리기

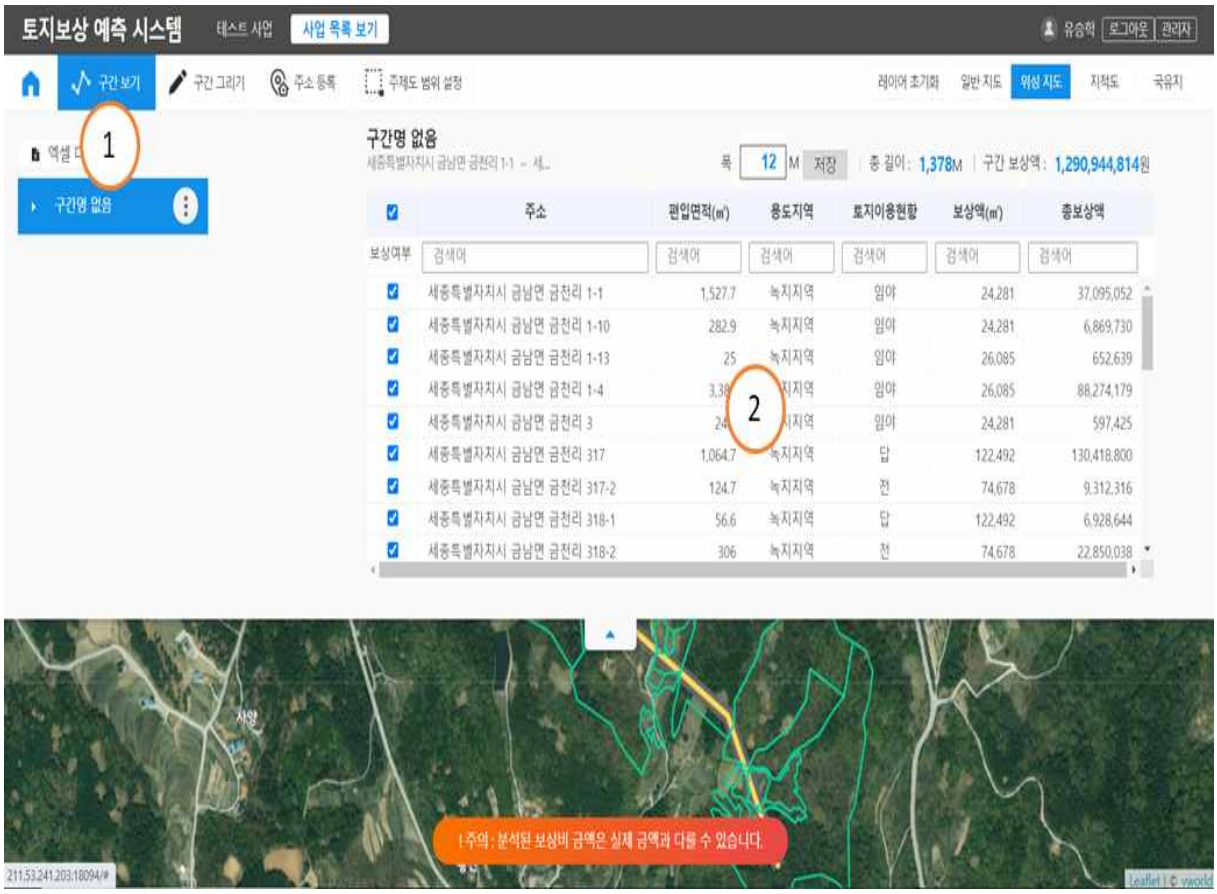


① 마우스 클릭을 통해 구간을 그리기 시작

② 도로 구간을 따라 여러 번의 클릭을 통해 입력

③ 한 위치에서 더블 클릭하여 구간 그리기 모드 종료

□ 구간 보기

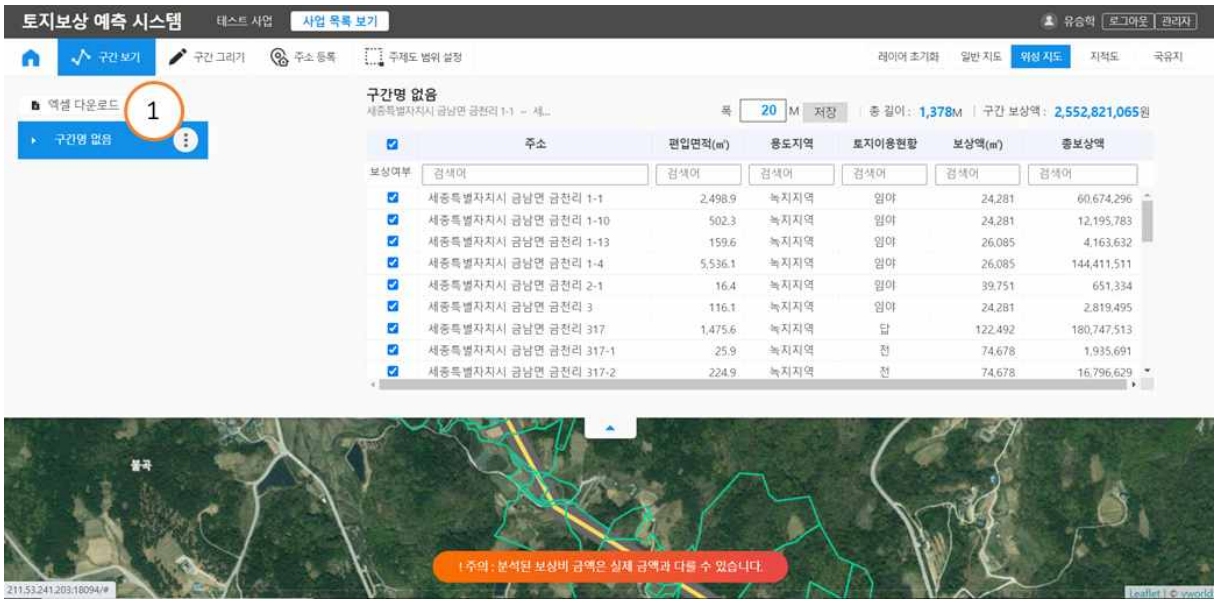


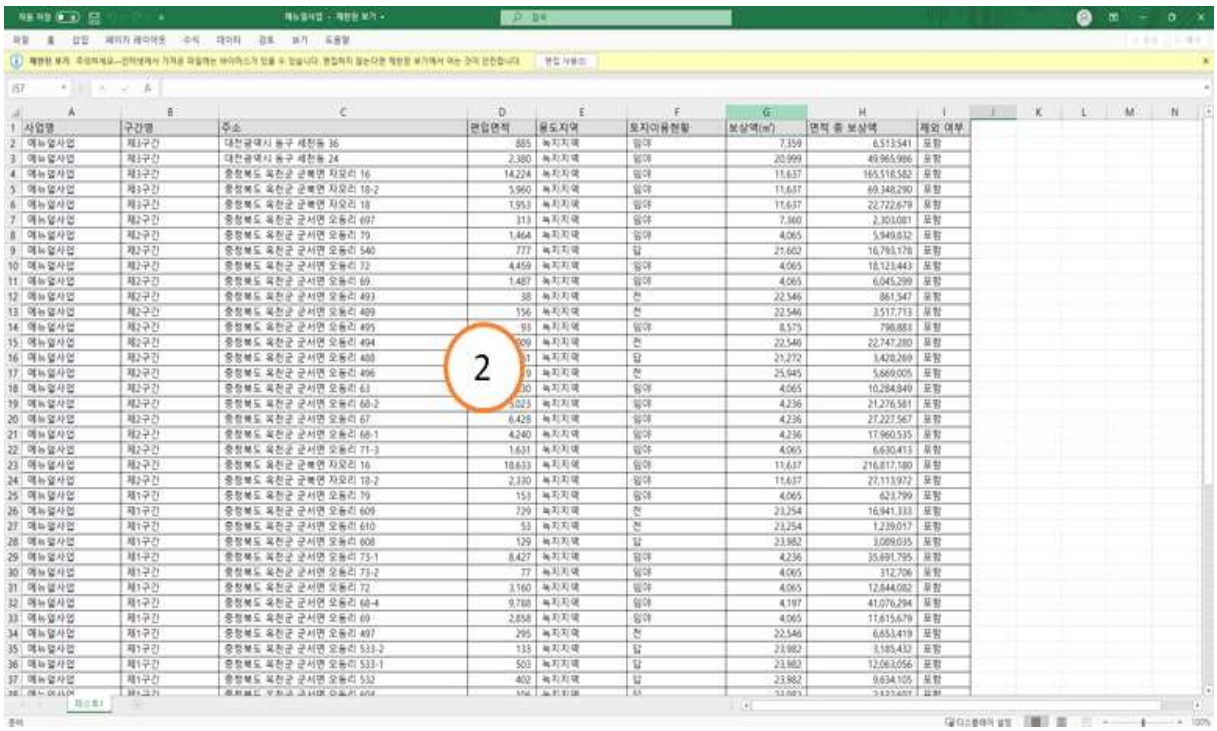
① 구간 보상액을 보고 싶은 경우, 상단의 [구간보기] 클릭

② 위와 같이 도로를 건설할 경우 편입되는 면적과 보상액 등을 확인

□ 결과 다운로드

- 화면에 그린 구간들은 서버에 저장되고 사용자는 사업목록을 통해 이를 확인할 수 있으며, 사용자가 결과물 자료를 직접적으로 필요로 하는 경우 엑셀로 다운로드가 가능.





① [엑셀 다운로드] 버튼 클릭

② 다운로드 한 파일을 엑셀로 열기

□ 보상비 주제도

- 상대적으로 보상비가 낮은 필지가 있는 지역에 건설할 경우, 전체 보상비를 줄일 수 있음. 이 기능은 사용자가 예측보상비를 참고하여 도로를 그릴 수 있는 기능. 주제도 사용 시, 더 적은 예산으로 도로 건설 가능.

① [주제도 범위 설정] 클릭

② 영역 시작점 클릭

③ 영역 끝점 클릭

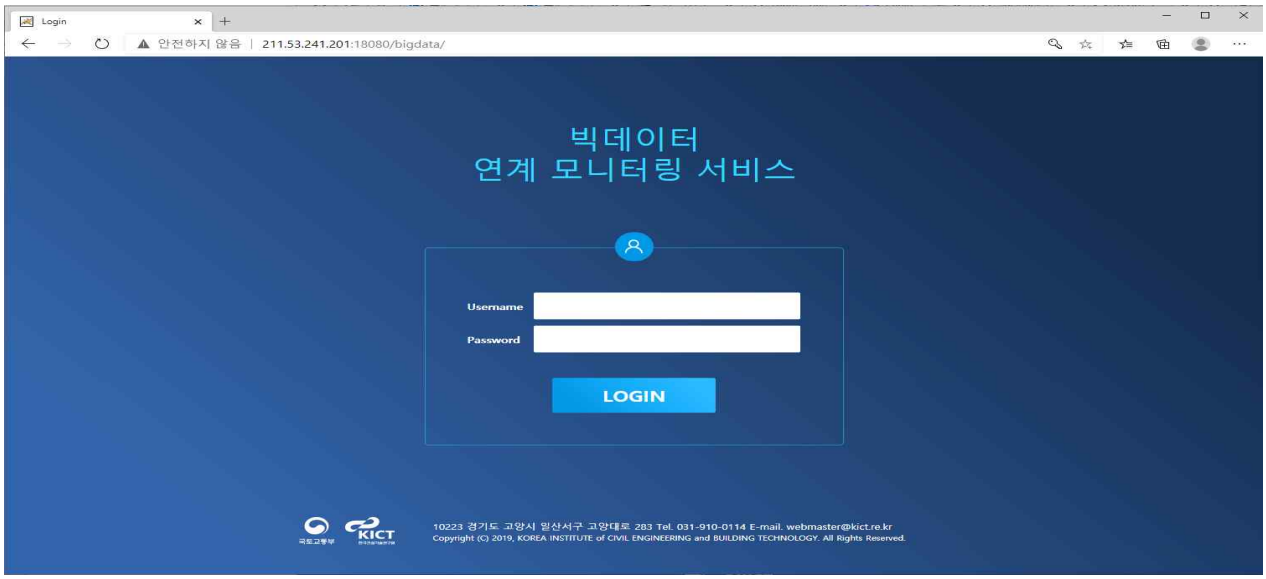
④ 클릭 완료 시, 해당 영역에 포함되는 모든 필지의 예측비가 주제도로 노출

⑤ 가격에 따라 다른 색으로 주제도를 표현 (*국공유지의 경우, 보상액 산출에 포함되지 않으므로 주제도를 그렸을 때, 회색으로 표시)

6. 데이터 수집 및 연계시스템 매뉴얼

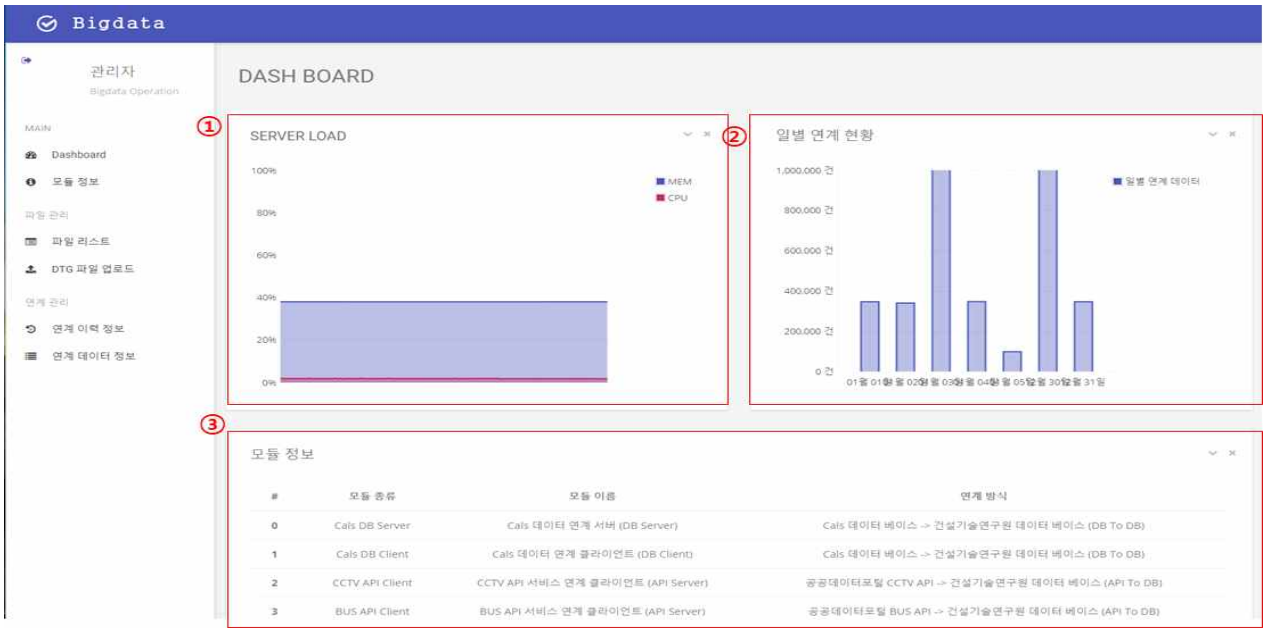
□ 접속 정보 및 접속

- 접속 경로: http://211.53.241.XXX:XXXXX/bigdata로 데이터 수집/연계 초기화면 접근



① [아이디] 입력 및 [비밀번호] 입력 후 [LOGIN] 클릭

□ 모니터링 메인화면

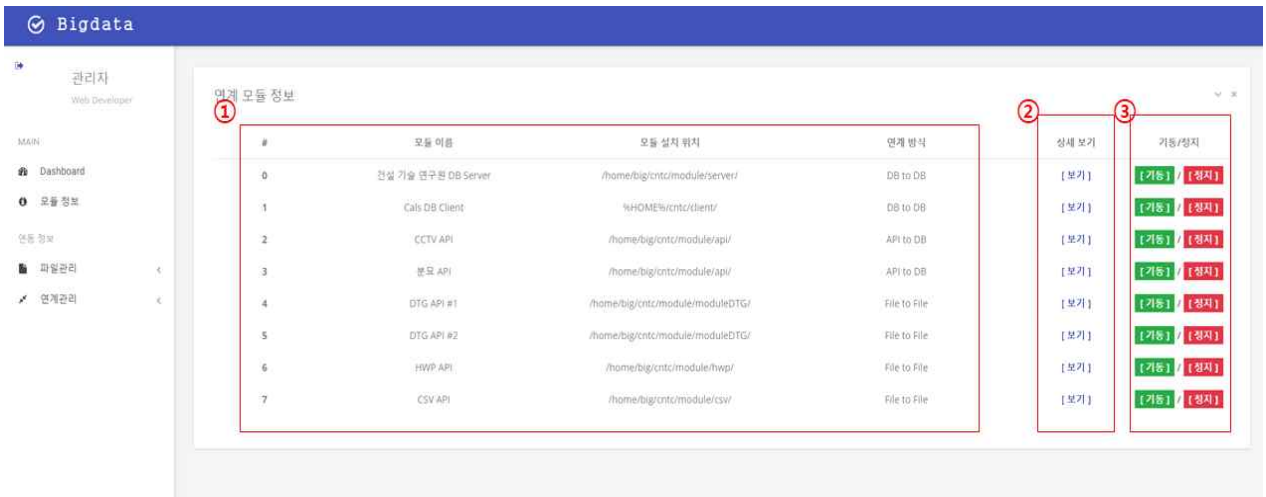


① 연계 서버의 CPU, Memory 정보를 수집하여 실시간으로 제공

② 일별 연계 현황 차트 : 7일 이전 연계 데이터 총 건수를 제공

③ 모듈 정보 리스트 : 모듈 종류, 이름, 연계 방식 등 기초 정보를 제공₩

□ 연계모듈 정보



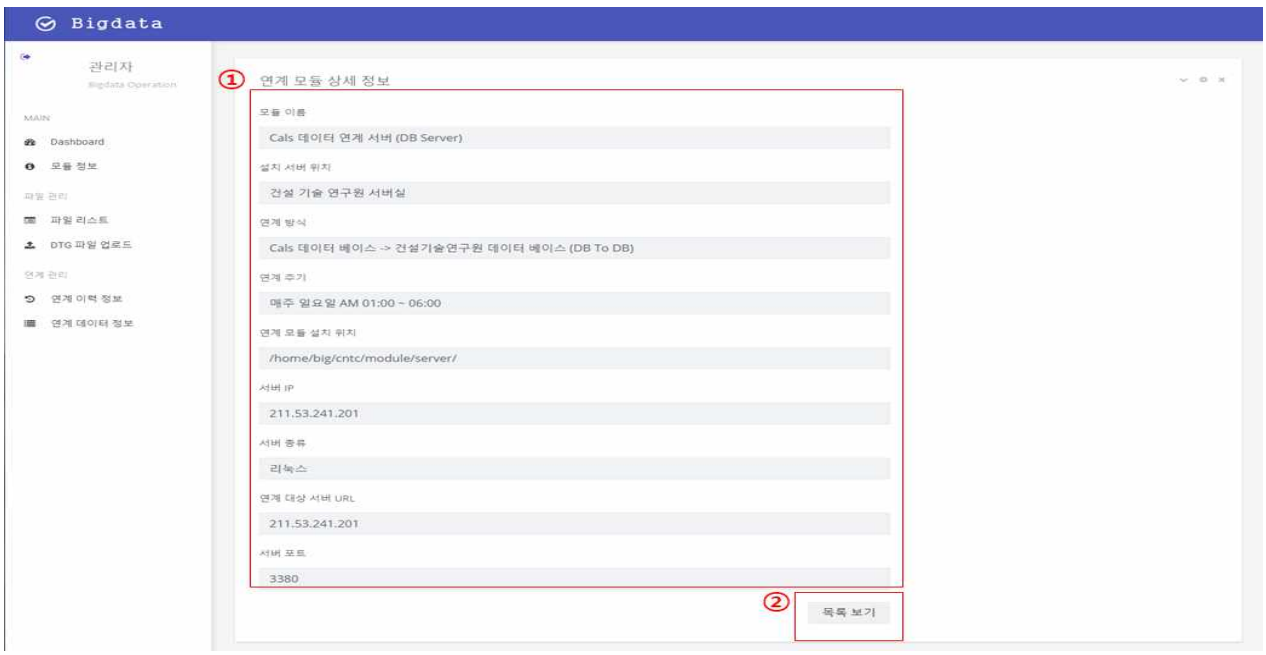
① 연계 모듈 정보 화면은 연계 모듈에 대한 대표 정보를 표시

- 모듈 명, 모듈 설치 위치, 연계 방식, 상세보기, 기동/정지 정보를 표시

② 상세보기 버튼을 클릭하여 연계 모듈 상세 정보 페이지로 이동

③ 기동 버튼을 클릭하여 모듈에 기동 신호를 전송, 정지 버튼을 클릭하여 모듈에 정지 신호를 전송

□ 연계모듈 상세정보



① 연계 모듈 상세 정보 화면은 연계 모듈에 대한 상세 정보를 표시

- 모듈 명, 서버 위치, 연계 방식, 연계 주기, 연계 모듈 설치 위치, 서버 IP, 서버 종류, 연계 대상 서버 URL, 서버포트 정보를 표시

② 목록 보기 버튼을 클릭하여 연계 모듈 정보 화면으로 이동

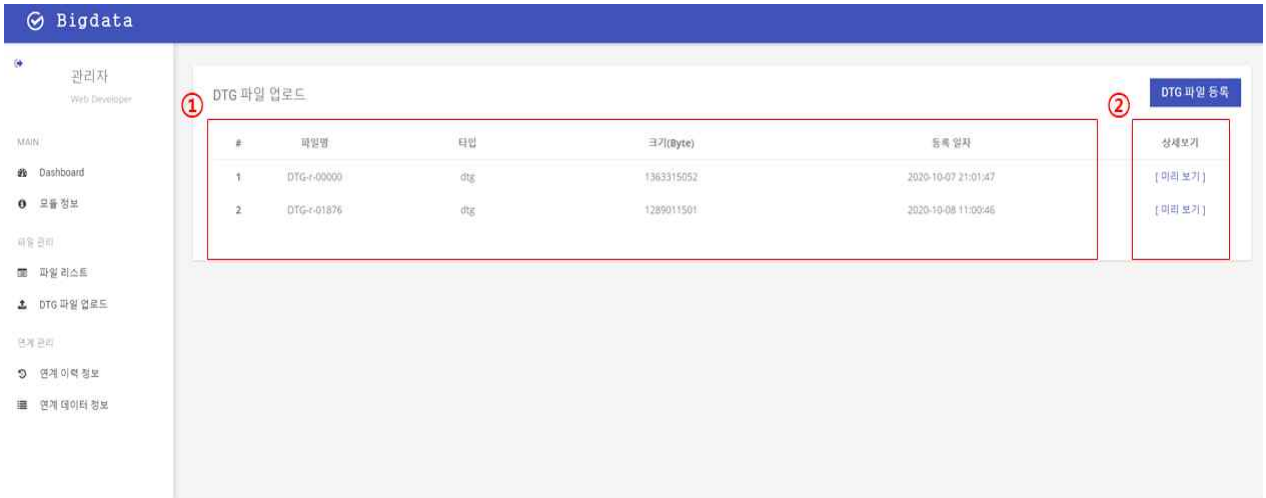
□ 파일리스트

① 파일 리스트는 파일 업로드 정보 리스트가 표시

- 구분, 데이터 명, 관리기관(시스템명), 수집 경로, 데이터 등록 정보를 표시

② 데이터 등록 버튼을 클릭하여 파일 데이터를 등록

□ DTG 파일 리스트



① 업로드한 DTG 파일명, 타입, 크기, 등록 일자, 상세보기를 표시

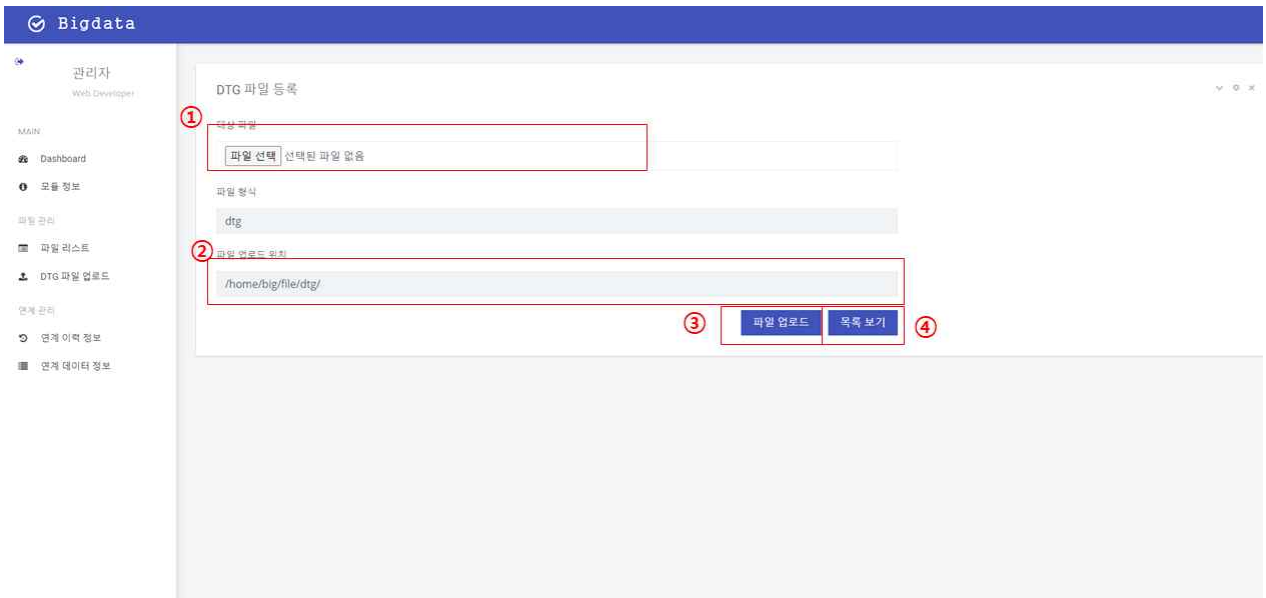
② DTG 파일 등록 버튼을 클릭하여 DTG 파일 등록 화면으로 이동

- 상세 보기의 미리보기 버튼을 클릭하여 업로드한 파일의 일부 내용을 확인

③ [아이피 변경] 버튼을 클릭합니다.

④ 다시 로그인 화면으로 이동하셔서 로그인하세요.

□ DTG 파일등록



① DTG 대상 파일을 컴퓨터에서 선택

② 서버 측 파일 업로드 위치는 고정

③ 파일 업로드 버튼 선택 시 파일 업로드 진행

④ 목록 보기 버튼 선택 시 DTG 파일 업로드 페이지 이동

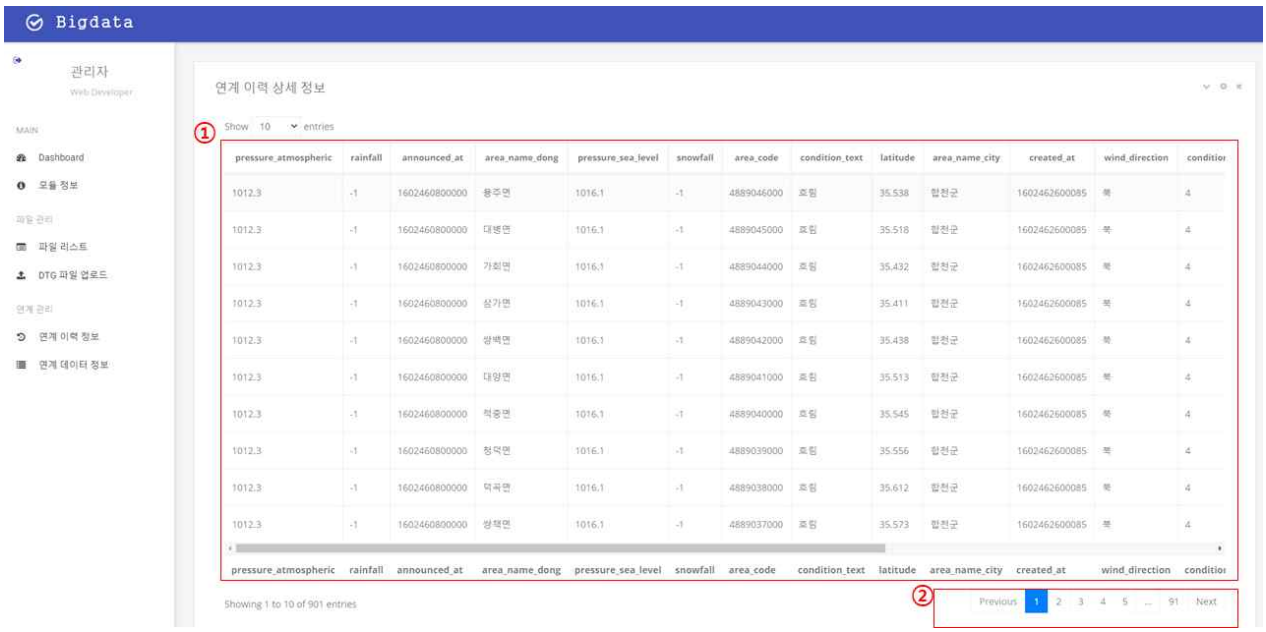
□ 연계 이력정보

① 연계 이력 정보를 리스트로 보여주는 화면

- 순번, 이름, 테이블 명, 연계 건수, 연계 일시, 상세 보기를 표기

② 상세 보기 버튼을 선택하여 해당 연계 이력 상세 정보 페이지로 이동

□ 연계이력 상세정보

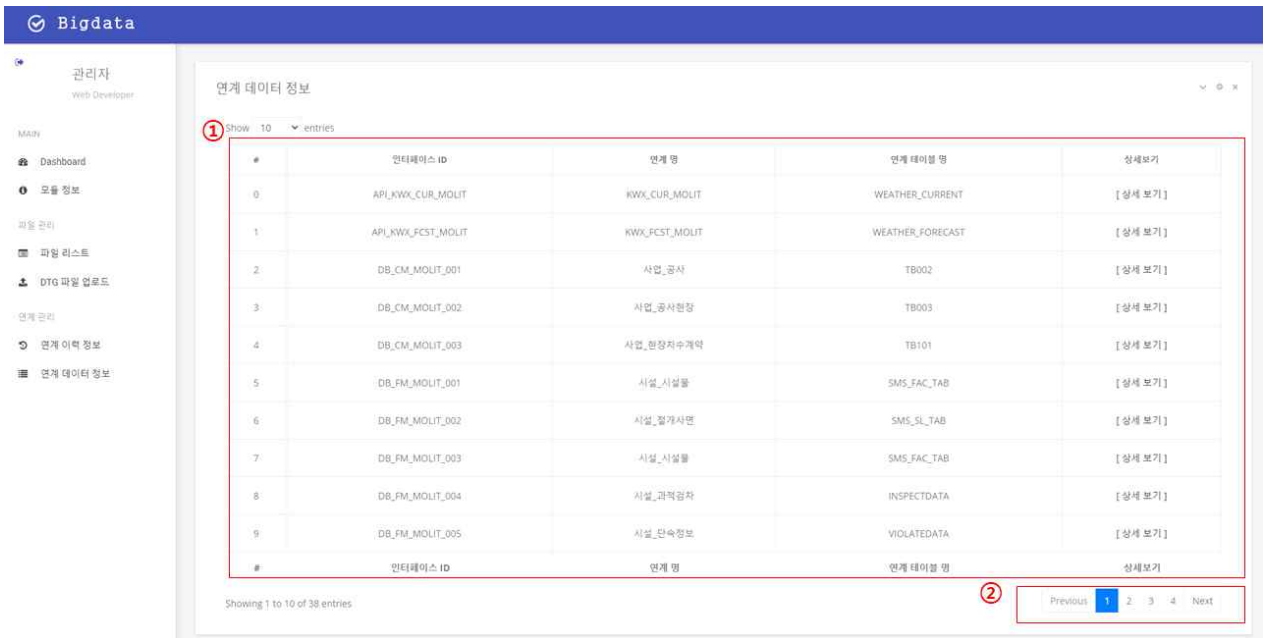


① 연계 이력 상세 정보를 리스트로 보여주는 화면

- 선택한 연계 정보의 컬럼을 조회해 데이터를 보여줌

② 한 번의 인터페이스 트랜잭션 연계에 대한 이력 데이터를 조회

□ 연계 데이터 정보

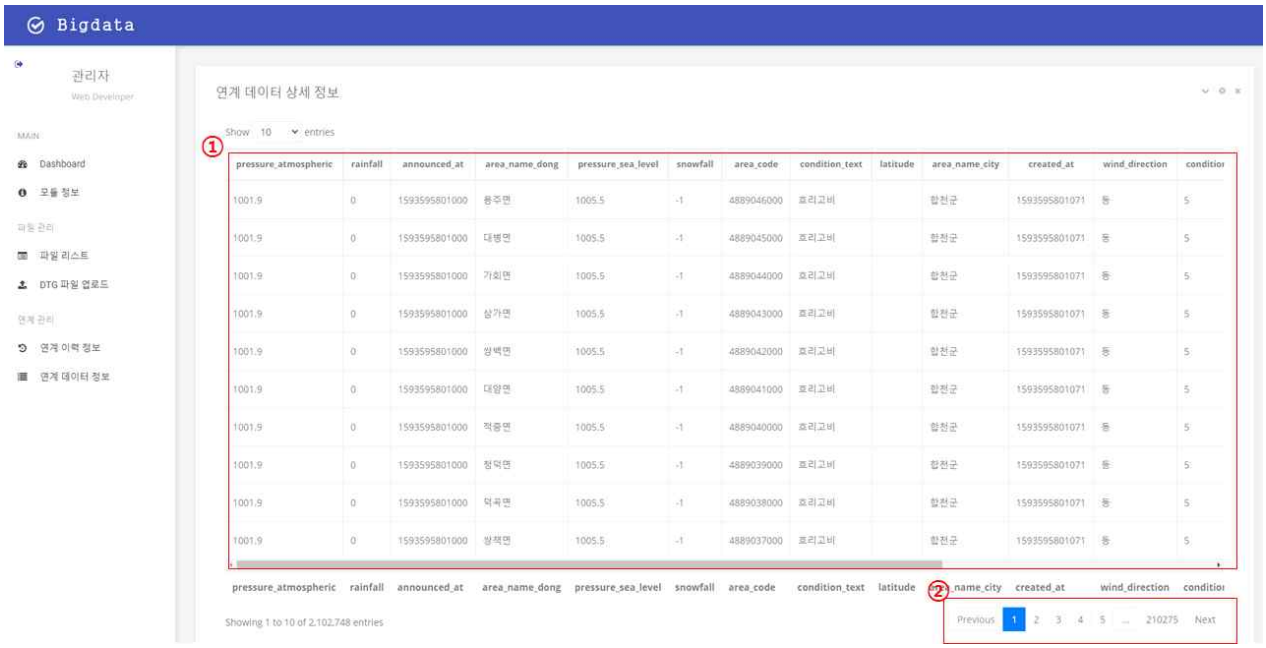


① 연계 데이터 정보를 리스트로 보여주는 화면

- 인터페이스 ID, 연계 명, 연계테이블 명을 표기

② 상세보기를 클릭하여 연계 데이터 상세 정보 페이지로 이동

□ 연계데이터 상세정보



① 연계 데이터 상세 정보를 리스트로 보여주는 화면

- 선택한 연계 데이터 정보의 컬럼을 조회해 데이터를 보여줌

② 페이지 이동

붙임 2	사용자 만족도 조사양식

1. 과적단속 최적 위치/시기 예측서비스

과적단속 최적위치·시기 예측서비스 사용자 만족도 설문조사

※ 빅데이터 기반의 과적단속 최적위치·시기예측서비스의 사용자 의견을 듣고자 하오니 아래의 문항에 대한 설문협조를 요청드립니다.

1. 과적단속최적위치·시기 예측서비스는 전반적으로 만족하십니까?

① 매우 만족 ② 만족 ③ 보통 ④ 불만족 ⑤ 매우 불만족

2. 과적단속최적위치·시기 예측서비스는 사용자에게 유용한 정보를 제공하고 있습니까?

① 매우 만족 ② 만족 ③ 보통 ④ 불만족 ⑤ 매우 불만족

3. [디자인 및 구성] 설계 구성 및 디자인은 어떻습니까?

① 매우 만족 ② 만족 ③ 보통 ④ 불만족 ⑤ 매우 불만족

4. [디자인 및 구성] 제공하는 정보가 보기에 편리하도록 구성되어 있습니까?

① 매우 만족 ② 만족 ③ 보통 ④ 불만족 ⑤ 매우 불만족

5. [콘텐츠 신뢰성] 단속지점 제공결과에 만족을 하십니까?

① 매우 만족 ② 만족 ③ 보통 ④ 불만족 ⑤ 매우 불만족

6. [콘텐츠 신뢰성] 메뉴나 내용에 잘못된 용어나 정보는 없습니까?

① 매우 만족 ② 만족 ③ 보통 ④ 불만족 ⑤ 매우 불만족

7. [관리와 현행화] 시스템 접속속도 및 단속지점 예측결과가 신속하게 제공되고 있습니까?

① 매우 만족 ② 만족 ③ 보통 ④ 불만족 ⑤ 매우 불만족

8. [지속 활용] 화물차량의 과적예방에 문제를 해결하는데 도움이 될 거라 생각하십니까?

① 매우 그렇다 ② 그렇다 ③ 보통 ④ 아니다 ⑤ 전혀 아니다

9. [지속 활용] 단속지점 제공으로 인해 소요되는 업무 부담이 감소되리라 생각하십니까?

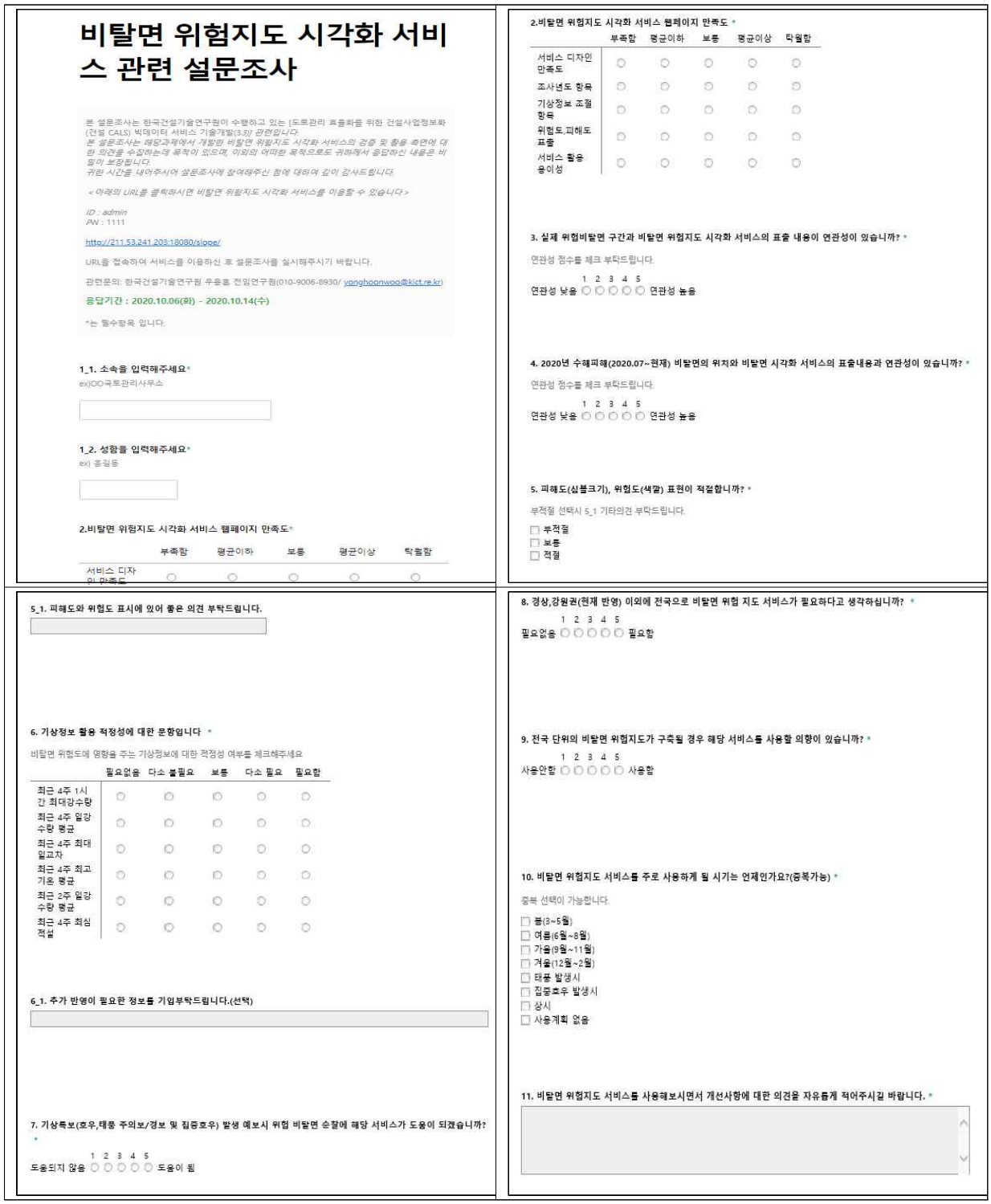
① 매우 그렇다 ② 그렇다 ③ 보통 ④ 아니다 ⑤ 전혀 아니다

10. [기타] 향후 과적단속 최적위치·시기 예측서비스를 사용함에 있어 건의사항이 있으시면 작성 부탁드립니다.

2. 비탈면 붕괴 위험도 예측서비스

○ 시범운영 결과에 대한 참여자들의 설문지 작성을 통한 운영 효과 및 개선사항 의견 수렴 (20.10.06 ~ 10.14) (http://naver.me/5HvwrScr)

- 코로나19로 인한 비대면 온라인 설문조사 실시



비탈면 위험지도 시각화 서비스 관련 설문조사

본 설문조사는 한국건설기술연구원이 수행하고 있는 (도로관리) 효율화를 위한 건설사업정보화(건설 CALS) 빅데이터 서비스 기술개발(3.3)) 관련입니다.
본 설문조사는 해당과제에서 개발된 비탈면 위험지도 시각화 서비스의 검증 및 활용 측면에 대한 의견을 수집하는데 목적이 있으며, 이외의 어떠한 목적으로도 귀하께서 응답하신 내용은 비밀이 보장됩니다.
귀한 시간을 내어주시어 설문조사에 참여해주신 점에 대하여 깊이 감사드립니다.

< 아래의 URL을 클릭하시면 비탈면 위험지도 시각화 서비스를 이용할 수 있습니다 >

ID : admin
PW : 1111

http://211.53.241.203:18080/slope/

URL을 접속하여 서비스를 이용하신 후 설문조사를 실시해주시기 바랍니다.

관련문의: 한국건설기술연구원 우용호 전임연구원(010-9006-8930/ yonghoonwoo@kict.re.kr)

응답기간 : 2020.10.06(화) - 2020.10.14(수)

*는 필수항목 입니다.

1_1. 소속을 입력해주세요*
ex)OO국토관리사무소

1_2. 성함을 입력해주세요*
ex) 홍길동

2.비탈면 위험지도 시각화 서비스 웹페이지 만족도*

	부족함	평균이하	보통	평균이상	탁월함
서비스 디자인 만족도					

2.비탈면 위험지도 시각화 서비스 웹페이지 만족도 *

	부족함	평균이하	보통	평균이상	탁월함
서비스 디자인 만족도					
조사년도 항목					
기상정보 조절 항목					
위험도,피해도 표출					
서비스 활용 용이성					

3. 실제 위험비탈면 구간과 비탈면 위험지도 시각화 서비스의 표출 내용이 연관성이 있습니까? *

연관성 점수를 체크 부탁드립니다.

1 2 3 4 5
연관성 낮음 ○ ○ ○ ○ ○ 연관성 높음

4. 2020년 수해피해(2020.07~현재) 비탈면의 위치와 비탈면 시각화 서비스의 표출내용과 연관성이 있습니까? *

연관성 점수를 체크 부탁드립니다.

1 2 3 4 5
연관성 낮음 ○ ○ ○ ○ ○ 연관성 높음

5. 피해도(심볼크기), 위험도(색깔) 표현이 적절합니까? *

부적절 선택시 5_1 기타의견 부탁드립니다.

☐ 부적절
☐ 보통
☐ 적절

5_1. 피해도와 위험도 표시에 있어 좋은 의견 부탁드립니다.

6. 기상정보 활용 적정성에 대한 문항입니다 *

비탈면 위험도에 영향을 주는 기상정보에 대한 적정성 여부를 체크해주세요

	필요없음	다소 불필요	보통	다소 필요	필요함
최근 4주 1시간 최대강수량					
최근 4주 일강수량 평균					
최근 4주 최대 일교차					
최근 4주 최고 기온 평균					
최근 2주 일강수량 평균					
최근 4주 최심 적설					

6_1. 추가 반영이 필요한 정보를 기입부탁드립니다.(선택)

7. 기상특보(호우,태풍 주의보/경보 및 집중호우) 발생 예보시 위험 비탈면 순찰에 해당 서비스가 도움이 되겠습니까? *

1 2 3 4 5
도움되지 않음 ○ ○ ○ ○ ○ 도움이 됨

8. 경상,강원권(현재 반영) 이외에 전국으로 비탈면 위험 지도 서비스가 필요하다고 생각하십니까? *

1 2 3 4 5
필요없음 ○ ○ ○ ○ ○ 필요함

9. 전국 단위의 비탈면 위험지도가 구축될 경우 해당 서비스를 사용할 의향이 있습니까? *

1 2 3 4 5
사용안함 ○ ○ ○ ○ ○ 사용함

10. 비탈면 위험지도 서비스를 주로 사용하게 될 시기는 언제인가요?(중복가능) *

중복 선택이 가능합니다.

☐ 봄(3~5월)
☐ 여름(6월~8월)
☐ 가을(9월~11월)
☐ 겨울(12월~2월)
☐ 태풍 발생시
☐ 집중호우 발생시
☐ 상시
☐ 사용계획 없음

11. 비탈면 위험지도 서비스를 사용해보시면서 개선사항에 대한 의견을 자유롭게 적어주시길 바랍니다. *

3. 도로점용(연결) 허가 가능구간 추정서비스

□ 정밀도로지도 기반의 도로연결허가 금지구간 추정서비스

순 번	확인 내용	전혀 그렇지 않다	그렇지 않다	보통	그렇다	매우 그렇다
1	정밀도로지도 서비스가 사용하기 편리하다. (정밀도로지도 구간을 클릭하고 금지구간을 확인하는 서비스)	1	2	3	4	5
2	정밀도로지도 서비스의 응답속도는 만족할 수준이다. (정밀도로지도 반응 속도, 지도 이동 속도 등)	1	2	3	4	5
3	정밀도로지도 금지구간 결과를 이해하기 쉽다.	1	2	3	4	5
4	정밀도로지도의 금지구간 결과를 신뢰할 수 있다.	1	2	3	4	5
5	업무가 간소화되어, 업무 처리가 용이해지거나 업무 처리 능력이 향상될 것이다	1	2	3	4	5
6	업무 수행에 필요한 기능을 질 갖추고 있어, 이용도가 높다.	1	2	3	4	5
7	의견:					

□ 도면기반의 도로연결허가 금지구간 추정서비스

순 번	확인 내용	전혀 그렇지 않다	그렇지 않다	보통	그렇다	매우 그렇다
1	도면기반 서비스가 사용하기 편리하다. (도면을 업로드하고 결과를 나타내는 서비스)	1	2	3	4	5
2	도면기반 서비스의 응답속도는 만족할 수준이다. (도면 업로드 속도, 기타 반응 속도)	1	2	3	4	5
3	도면기반의 판단 결과를 이해하기 쉽다.	1	2	3	4	5
4	도면기반의 판단 결과를 신뢰할 수 있다.	1	2	3	4	5
5	업무가 간소화되어, 업무 처리가 용이해지거나 업무 처리 능력이 향상될 것이다.	1	2	3	4	5
6	업무 수행에 필요한 기능을 질 갖추고 있어, 이용도가 높다.	1	2	3	4	5
7	의견:					

4. 보상비 추정서비스

토지 보상비 추정 시스템 사용자 설문조사

※ 빅데이터 기반의 보상비 추정 시스템의 사용자 의견을 듣고자 하오니 아래와 같이 답변을 부탁드리겠습니다.

1. 토지보상비 추정 시스템은 전반적으로 만족하십니까?
① 매우 만족 ② 만족 ③ 보통 ④ 불만족 ⑤ 매우 불만족

2. 토지보상비 추정 시스템은 사용자에게 유용한 정보를 제공하고 있습니까?
① 매우 만족 ② 만족 ③ 보통 ④ 불만족 ⑤ 매우 불만족

3. [디자인 및 구성] 설계 구성 및 디자인은 어떻습니까?
① 매우 만족 ② 만족 ③ 보통 ④ 불만족 ⑤ 매우 불만족

4. [디자인 및 구성] 제공하는 정보가 보기에 편리하도록 구성되어 있습니까?
① 매우 만족 ② 만족 ③ 보통 ④ 불만족 ⑤ 매우 불만족

5. [콘텐츠 신뢰성] 보상비 추정 결과에 만족을 하십니까?
① 매우 만족 ② 만족 ③ 보통 ④ 불만족 ⑤ 매우 불만족

6. [콘텐츠 신뢰성] 메뉴나 내용에 잘못된 용어나 정보는 없습니까?
① 매우 만족 ② 만족 ③ 보통 ④ 불만족 ⑤ 매우 불만족

7. [관리와 현행화] 시스템 접속 속도 및 보상 추정 결과가 신속하게 제공되고 있습니까?
① 매우 만족 ② 만족 ③ 보통 ④ 불만족 ⑤ 매우 불만족

8. [지속 활용] 관련 민원 및 수요자 등에게 문제를 해결하는데 도움이 될 거라 생각하십니까?
① 매우 그렇다 ② 그렇다 ③ 보통 ④ 아니다 ⑤ 전혀 아니다

9. [지속 활용] 선 보상 추정으로 인해 소요되는 업무 부담이 감소되리라 생각하십니까?
① 매우 그렇다 ② 그렇다 ③ 보통 ④ 아니다 ⑤ 전혀 아니다

10. [기타] 향후 토지 보상비 추정 시스템을 사용함에 있어 건의사항이 있으시면 작성 부탁드립니다.

( )

설문에 응답하여 주셔서 감사합니다.

붙임 3	화물차량 중량센서 품질기준(안)

1. 자중계 품질기준 규격

1.1 용어 정의

- ❍ 자중계(On-board scale, On-board truck scale) : 토사 등을 운반하는 대형 화물 자동차의 바디프레임 혹은 현가장치에 설치되어 해당 차량의 총중량 및 축하중을 측정하고 적재량을 표시하는 장치로, 자중계 혹은 트럭스케일이라고도 함
- ❍ 차축(Axle) : 차량 바퀴의 축으로 차량의 진행방향과 가로로 위치하였으며, 2개 또는 그 이상의 바퀴와 함께 구성된 축
- ❍ 축하중(Axle weight) : 차량의 한 개 축에서 발생되는 하중
- ❍ 총중량(Gross weight) : 오직 지면과 수직으로 작용하는 중력만을 고려된 차량의 전체의 중량으로, 각 축하중의 합
- ❍ 조합축하중(Group axle weight) : 하나의 공통 서스펜션으로 연결된 차량의 축의 그룹이나 축간격이 2.2m 이하로 구성된 두 개의 축의 전체에 의하여 발생되는 축하중의 합
- ❍ 인디케이터(Indicator) : 자중계에서 측정한 차량의 무게를 지시값으로 표출하는 장치
- ❍ 칼리브레이션(Calibration) : 시스템 보정으로 특정 환경에서 측정된 수치가 동일한 환경에서 기준으로 제시된 수준과 유사해질 수 있도록 조정하는 것
- ❍ 중량측정 오차(Weight measuring error) : 측정값과 참값(또는 기준에 제시된 수치)간의 차이
- ❍ 유효중량(Minimum axle weight for test) : 운행제한기준의 80% 이상 중량, 축하중 8t 이상

1.2 개요

1) “자중계 품질기준 규격” 이란?

- ❍ “자중계 품질기준 규격”이라 함은 자중계의 품질을 판단하기 위한 기준을 마련하기 위해 작성하는 규격 문서로, 품질을 검사하는 방식과 검사환경 등을 기록하고, 검사해야 하는 항목과 기준 등을 기재

2) 목적

- ❍ 화물 자동차의 효율적이고 안전한 운행을 보장하기 위하여 자중계 제품의 품질 기준을 정의
- ❍ 자중계를 활용하여 표시된 중량 정보를 기준으로 안전 중량까지 상차하도록 적재중량을 극대화하고, 중량 확인을 위하여 별도로 계근대(트럭스케일)까지 이동하거나, 과적

단속을 우려하여 우회로로 먼 거리를 주행할 필요가 없도록 보다 효율적이고 안전한 운행을 보장할 수 있는 품질 기준을 정의

- ❍ 환경 위험물질 및 유해물질 수송과 같이 특수 재난관제 등 적정 처리가 요구되는 물류 운송에 한하여 지정처리 장소에서의 상/하자 유무와 무단 투기 및 관할 권역 이탈 등 관제 목적으로도 활용할 수 있도록 품질 기준을 정의
- ❍ 화주와 물류사 혹은 운전자 간의 운반 중량에 따른 요금 분쟁을 자중계에 표시된 중량 정보를 기준으로 사전에 예방하여 투명한 물류 환경을 조성할 수 있도록 품질 기준을 정의
- ❍ 사고 위험를 포함한 인적 손실과 도로파손, 도로의 공용 내구수명 연장을 위한 과적 단속 목적으로 활용하기 위한 제품의 요구 성능과 설치 운영에 대한 제반 사항을 정의

3) 관련 규정

- ❍ 도로법에 시행령 제79조2항(차량의 운행제한)에서는 “축하중이 10톤을 초과하거나 총중량이 40톤을 초과하는 차량”에 대해서는 차량의 운행을 제한할 수 있도록 규정
- ❍ 국토교통부 훈령 “차량의 운행제한 규정” 제 11조(운행제한 위반차량 단속기준)에서는 축하중 10톤, 총중량 40톤 중 어느 하나를 초과하는 차량은 도로에서의 운행을 제한하고 단속할 수 있도록 하였고, 측정 과정에서 발생 가능한 기기오차와 환경오차를 감안하여 측정값이 제한기준의 100분의 10을 초과하지 아니하는 경우에는 운행제한을 위반하지 아니한 것으로 간주
- ❍ 2015년 이동식 축중기는 「계량에 관한 법률」 개정으로 인하여 관리대상에서 제외됨에 따라 “차량의 운행제한 규정”에 별도의 관리방안을 마련됨

<차량의 운행제한 규정, 주요 개정사항, 2015>

이동식축중기 형식승인 및 검정 득

* 형식승인 지정기관(비자동저울)
* 검정 지정기관 : 검정기관・자체검정사업자(비자동저울), 유효기간 : 2년

단속장비(이동식, 저속축중기)「국가표준기본법」에 따른 국가교정업무 전담기관(교정기관)로부터 정기검사(교정) : 교정주기 1년

단속장비(이동식, 저속축중기) 정기점검 : 매월 1회 이상

최대허용오차, 사용오차 관리

* 이동식축중기의 최대허용오차(검정기준)는 0.5%
* 저속축중기의 최대허용오차(설치기준)는 2%
* 이동식축중기 및 저속축중기의 사용오차 최대허용오차의 2배

4) 품질평가 시행주체

- ❍ 품질평가는 정부, 지방자치단체, 정부투자기관, 정부출연기관, SOC 민간투자사업자 포함하며, 사업시행자가 품질평가를 자체 시행하는 것을 원칙으로 하되, 평가인력의

부족 등의 사유로 자체 시행이 어려운 경우에는 성능평가전담기관에 품질평가 업무의 일부 또는 전부를 위탁할 수 있음

❍ 품질평가 전담기관은 품질평가에 대한 업무의 대행을 수행하며, 국토교통부장관이 지정·고시한 기관을 의미

1.3 적용 범위

❍ 이 기준은 차량의 현가장치 혹은 프레임에 설치되어 적재중량을 포함한 차량의 총중량 및 축하중 등을 측정할 수 있는 자중계(중량센서 혹은 트럭스케일)에 한하여 적용

1.4 주요 성능지표

❍ 구조 및 외관: 제품의 구조 및 외관에 대한 만족 여부

❍ 제품 성능: 중량 측정 정확도, 측정 범위 및 평가주기 등의 제품 성능 척도

❍ 내구 성능: 전기용품안전기준 적합성 여부 및 온도 및 기계적 위험으로부터 보호 여부

1.5 평가항목 특성 및 기준

< 평가항목 특성 및 기준 >

<table>
<tr><th colspan="2">시험항목</th><th colspan="2">판정기준</th></tr>
<tr><td colspan="2">구조 및 외관</td><td colspan="2">1.5.1 의 기준을 만족할 것</td></tr>
<tr><td rowspan="7">제품 성능</td><td rowspan="3">허용 오차</td><td>CLASS A</td><td>총중량 < ±5% / 축하중 < ±10%</td></tr>
<tr><td>CLASS B</td><td>총중량 < ±10% / 축하중 < ±20%</td></tr>
<tr><td>CLASS C</td><td>총중량 < ±20% / 축하중 표시 가능</td></tr>
<tr><td>측정 범위</td><td colspan="2">최대 적재량의 80 ~ 150%의 중량이 측정 가능할 것</td></tr>
<tr><td>분해능</td><td colspan="2">측정 분해능은 500kg 이하 일것</td></tr>
<tr><td>평가 주기</td><td colspan="2">1년</td></tr>
<tr><td>칼리브레이션</td><td colspan="2">1.5.3의 칼리브레이션 기능을 만족할 것</td></tr>
<tr><td>내구 성능</td><td>온습도, 진동, 방수시험 등</td><td colspan="2">1.5.4의 기준을 만족할 것</td></tr>
</table>

1.5.1 자중계의 구조 및 외관

❍ 차량의 현가장치 혹은 프레임에 설치할 수 있는 타입으로 차량의 구조적인 결함이 발생하지 않는 형태로 설치할 수 있어야 하며, 설치된 센서는 주행 중에 쉽게 탈락하거나 분리되지 않도록 견고하게 고정할 수 있어야 한다. 조향 및 제동성능, 그 외의 운행상의 안전성을 저해하지 않아야 한다.

❍ 차량의 총중량과 적재중량 등을 표출할 수 있어야 하며, 표출 지시값의 숫자와 단위를 명확히 확인할 수 있어야 한다.

1.5.2 자중계의 허용 오차 및 측정 범위

- ❍ 차량의 중량을 표출함에 있어 활용 목적에 의해 정의된 CLASS에 따라 중량 오차 범위 내에 동작 성능을 만족하여야 한다.
- ❍ CLASS A인 경우, 총중량 오차는 ±5% 이내, 축하중 오차는 ±10% 범위 이내로 동작하여야 한다.
- ❍ CLASS B인 경우, 총중량 오차는 ±10% 이내, 축하중 오차는 ±20% 범위 이내로 동작하여야 한다.
- ❍ CLASS C인 경우, 총중량 오차는 ±20% 이내, 축하중은 표시되어야 한다.
- ❍ 중량 측정 범위는 장착된 차량의 적재량의 적어도 80% 이상, 최대 150% 이하의 무게가 측정 가능하여야 한다.
- ❍ 중량 측정의 분해능은 500kg 이하여야 한다.
- ❍ 자중계의 허용오차 정기 검사 주기(교정 주기)는 1년으로 한다.

1.5.3 자중계의 칼리브레이션 기능

- ❍ 칼리브레이션을 위한 변수 설정값의 입력 및 수정 기능을 제공하여야 한다.
- ❍ 칼리브레이션 값을 정기 검사 권한자가 아닌 임의로 수정한 경우, 인디케이터에서는 이를 식별할 수 있는 표식이 있어야 한다.

1.5.4 내구 성능

- ❍ 센서류 등 실외 설치품의 경우, 외기에 노출되는 온도 및 습도 조건을 극복할 수 있어야 하며, 눈/비와 같은 기상 조건을 극복할 수 있도록 방수 성능을 만족하여야 한다.
- ❍ 실내 및 실외 설치품은 운행 중인 차량에서 발생되는 진동 및 온도 조건을 극복할 수 있어야 한다.
- ❍ 이하 내구 성능을 확인할 수 있는 시험으로는 온도복합 랜덤진동시험, 먼지방치시험, 먼지작동시험, 도포시험, 침액시험, 내수시험, 염수분무시험 등이 있다.

2. 자중계 품질평가 절차서

2.1 목적

- ❍ 이 절차서는 차량에 설치된 중량 센서의 검측 품질이 유효한 수준으로 유지되기 위해 필요한 기준 품질을 확인하기 위한 시험 방법 및 이를 위한 시험절차를 규정하는 것을 목적으로 함

2.2 시험절차

○ 품질평가 절차는 아래 그램과 같이 구성되며 신청/접수, 준비/확인, 시험진행, 시험결과평가 순서로 실시함

< 자중계의 품질시험절차 >

○ 시험 신청/접수는 다음 사항을 포함함

- 신청기관 증빙서류, 시험참여자 확인서 등
- 시험대상 시스템/장비(사진)과 사양명세(사진대지)
- 시험대상 시스템 구성도 등
- 기타 시험기관 요구자료

○ 시험 준비/확인은 다음 사항을 포함함

- 시험은 신청기관의 신청을 통해 시험기관에서 실시하며, 신청기관은 시험기관에서 요구한 시험준비 사항과 신청기관에 의해서 설치되는 시스템의 품질확인을 위한 기능 및 규격 정보와 시험진행과 관련된 제반서류를 제출
- 신청기관에 의해서 설치되는 시험대상시스템의 현장점검 내용
- 시험기관에 의해서 정의되는 시험절차와 시험방법의 내용을 시험항목과 시험조건의 정의, 그리고 시험항목에 대한 시험의 목적과 방법, 이의 준비사항으로 구성된 시험셋(Set) 결정에 관한 내용

○ 시험 진행은 다음 사항을 포함하며 시험기관은 원활한 시험진행을 위해 다음과 같은 내용을 수립·적용하여 이를 준수토록 함

- 전체 시험일정에 대한 각 시험항목별 시험계획 수립
- 시험 진행 사항
- 준수사항 및 제출사항
- 안전관리사항

○ 시험 결과 평가는 다음 사항을 포함함

- 도로 및 환경 등 시험조건에 대한 내용 정의
- 각 시험항목에 대한 시험의 결과에 대한 평가기준과 평가방법에 관한 내용 정의
- 시험결과 평가에 대한 처리기준 정의

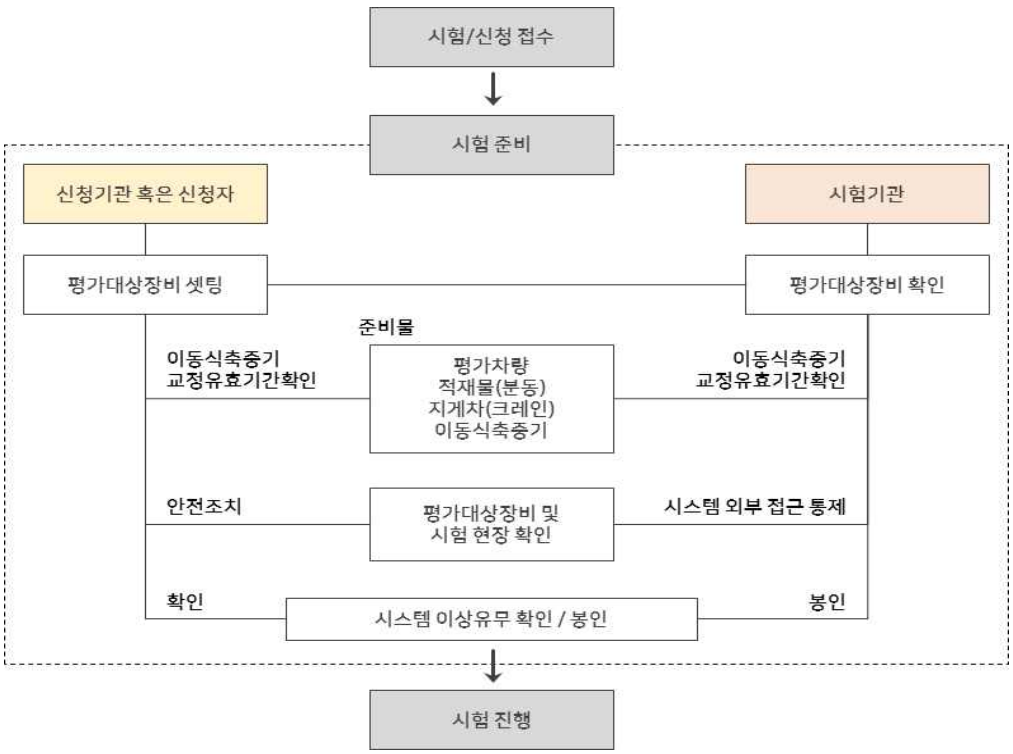
○ 품질평가의 종류는 설치평가, 정기평가, 변경/이설평가로 구분함

- 설치평가: 설치 완료 후 및 설차된 시스템에 대해 기능, 품질 요구수준을 만족하는지 여부를 판단하기 위한 평가임
- 정기평가: 기설치 운영 중인 시스템, 서비스가 차량의 노후나 센서환경 등으로 인해 발생할 수 있는 품질수준저하 여부를 판단하기 위하여 정기적으로 수행하는 평가임
- 변경/이설평가: 운영 중인 시스템의 이전 장착 및 설정 변경, 시스템 및 서비스 개선 등에 따른 변경 시, 해당하는 장비 및 시스템, 서비스가 품질 요구수준을 만족하는지 여부를 판단하기 위한 평가임

2.3 시험 준비 및 확인

1) 시험 준비 절차

○ 품질평가의 시험 준비 절차는 아래 그림과 같음



< 자중계의 품질평가 시험 준비 절차 >

2) 시험 방법 정의

① 평가차량 준비

② 평가차량 하중 적재방법

- 평가차량의 각 축별 유효중량이 8톤 이상 되도록 적재함
- 조합축의 경우, 조합축내 개별축하중의 편차는 조합축내 최대하중의 10% 이상 차이가 나지 않도록 적재함

③ 적재중량 범위

- 평가차량의 적재중량은 과적 오차범위 최대량과 최소량 범위(36톤~44톤) 기준내에서 감독관이 평가대상 장비 봉인 후 결정함
- 적재중량에 대한 기준값은 이동식축중기를 이용하여 신청인 입회하에 측정하여 결정함

④ 기준값 측정방법

- 기준값 측정은 검/교정 받은 (이동식)축중기를 사용하고 평탄한곳에서 기준값을 측정함
- 기준값 측정은 시험 시작 전 2회 측정하여 평균값을 사용함
- 단, 2회 측정시, 평균값에서 각 회수별 측정값 하중의 편차가 총중량 2%, 각 축하중 4% 이상 발생시 노면이 평탄하지 않은 것으로 간주하여 다른 장소로 이동하여 기준값을 재측정함
- 측정단위는 톤(ton)으로 하며 소수점 3째 자리에서 반올림한 값을 사용하고, 증거자료 확보를 위해 영상자료를 별도로 수집함. 여기서 사용되는 이동식축중기는 국가 교정기관에서 교정 받은 이동식축중기를 사용함(단, 교정 유효기간을 확인하여 유효기간 이내 장비를 사용하여야 함)

⑤ 자중계 측정결과 획득방법

- 자중계의 측정결과는 인디케이터가 있는 경우, 표출되는 중량 지시값을 사진으로 기록하고, 인디케이터가 없는 경우 중량 지시값을 확인할 수 있는 별도 장치에 연결하여 사진으로 기록

⑥ 시험항목 및 시험내용

- 측정된 기준값과 자중계로부터 획득한 측정중량 지시값을 비교하여 중량 정확도를 산정
- 1차 측정 후 2차 측정 시에는 적재물의 양이나 적재물의 적재위치를 조절하여 1차 측정된 기준 총중량 대비 5% 이상 차이가 나도록 조절하여 시험을 진행함

⑦ 시험결과물

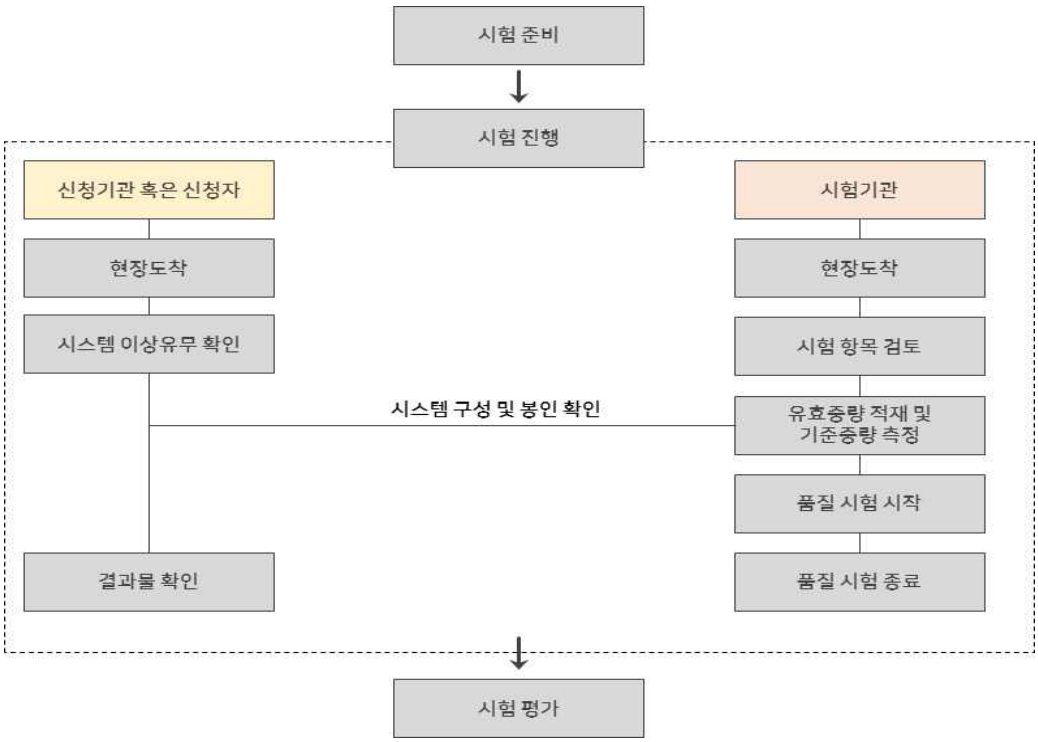
- 측정일시 : 축중기에서 수신한 년월일시분 표시
- 차량번호 : 평가차량의 차량번호를 표시
- 일련번호 : 시험횟수별 측정순서대로 번호를 부여
- 축수 : 평가차량의 축수를 표시
- 총중량 및 축하중 : 단위는 (ton)이며 진입방향을 기준으로 좌·우 윤중의 소수점이하 2자리까지 표현, (예 11,100 kg ⇒ 11.10)

사진 화면							
측정일시				일련번호			
차량번호				축수			
구분	총중량	1축 축하중	2축 축하중	3축 축하중	4축 축하중	5축 축하중	6축 축하중
1차							
2차							

< 품질평가 결과(예시) >

2.4 시험 진행

1) 시험 진행 계획 수립



< 자중계의 품질평가 시험 진행 절차 >

2) 시험 진행 지침

① 일반사항

- 품질시험은 항목별 시험방법에 따라 진행되며, 시험 항목은 시스템 봉인 후 결정하여 통보함
- 시스템 봉인 후 시험이 시작되면, 이후 발생되는 시스템의 장애 등 시스템 오류 문제는 신청자의 책임이며, 더 이상 평가가 곤란한 경우 시험은 종료하고, 재시험은 재시험 절차를 따름
- 적재중량과 중량정확도 기준값은 평가당일 시스템 봉인 후 결정하며, 기준값 측정시 입회하여 기준값 측정과정을 확인하고, 적재물이 평가차량 이동시 움직임이 없도록 고정되어 있는지 등 적재물 탑재 상태를 확인하여야 함
- 평가 종료 후 출력된 결과물은 신청기관 현장책임자 및 감독관이 서명, 날인하여 시험기관에서 보관함

② 준수사항

- 시험시작 전 충분한 자체점검을 실시 · 완료하여야 하며, 시험기간 중 조정은 불가능함. 다만 시스템 이상 등으로 조정이 필요한 경우 감독관의 허가를 받은 후 실시하며 허가를 받지 않고 시스템을 조정한 경우 해당 시험은 Fail로 처리함
- 신청기관의 직원은 감독관의 지시 및 통제에 따라야 하며 이를 위반할 경우 감독관은 그 직원의 교체를 해당업체에 요구할 수 있음
- 신청기관에서 제출한 참여인원 명단에 포함되지 않는 직원은 현장출입을 할 수 없으며 필요한 경우 감독관의 사전 승인을 받아야 함
- 시험결과 출력 시에는 출력을 위해 필요한 조작 이외의 어떠한 조작도 해서는 안되며 인위적 조작이 인정 될 때에는 당해 시험 모두를 Fail로 처리함

③ 제출사항

- 신청기관은 품질평가 참여인원 명단을 제출하여야 하며 그 중에서 현장책임자와 안전관리자를 선임하여야 함
- 신청기관은 예비용(시험기관에서 준비 요구한 이외의 수량) 차량 및 적재물을 준비할 수 있으며, 이 경우 시험시작 이전에 감독관에게 통보하여야 함. 감독관에게 통보되지 않은 차량과 적재물은 품질평가에 사용할 수 없음

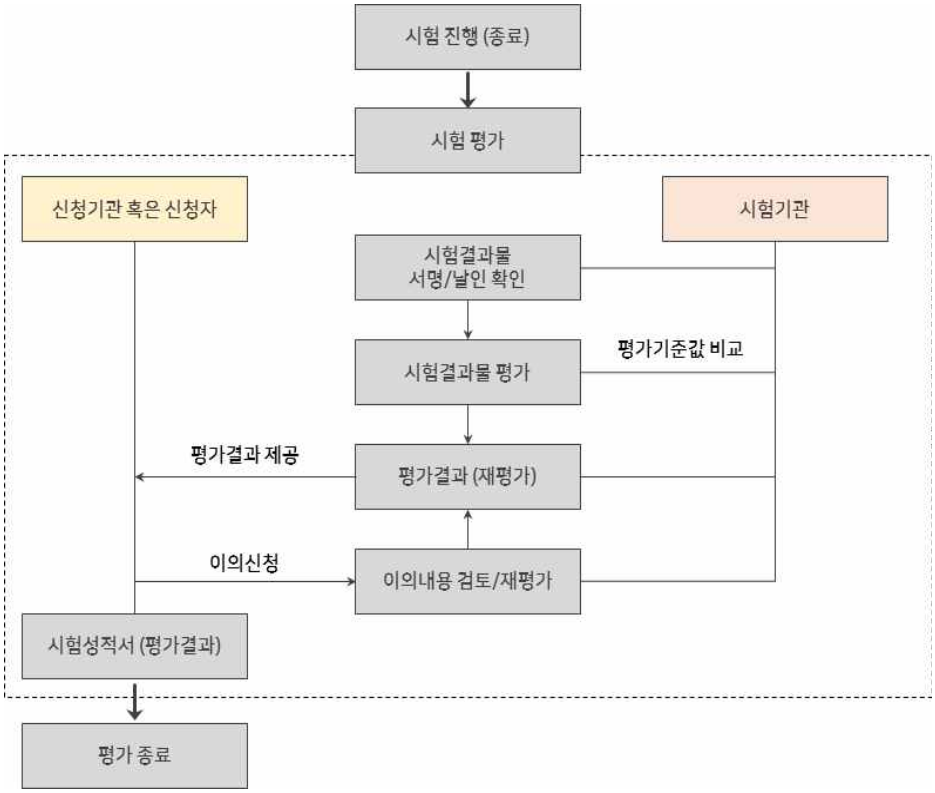
④ 안전관리 사항

- 신청기관은 안전관리자를 선임하여 시험 중 안전관리를 담당하도록 함
- 신청기관은 품질시험 구간의 모든 도로 시설물을 훼손 및 파손하지 않도록 하여야 하며, 신청기관의 귀책사유로 발생되는 시설물의 훼손 및 파손에 대하여는 각 업체의 책임하에 원상 복구하여야 함
- 신청기관은 자신의 시스템 및 인원에 대한 파손 및 안전사고 등을 책임지며, 시험기관 및 감독관은 별도의 책임을 지지 않음
- 감독관은 품질시험의 원활한 추진을 위하여 신청기관에 안전관리인원 및 안전과 관련한 제반사항의 지원을 요청할 수 있으며, 해당업체에서는 요구에 응해야 함

- 기타 필요한 사항은 감독관과 각 업체 현장책임자와의 협의에 의해 시행되며, 이에 따른 최종결정권은 감독관에게 있음

2.5 시험 결과 평가

1) 시험 결과 평가 절차



< 시험결과 평가 절차 >

- ❍ 시험결과 평가는 시험기관에서 주관하여 평가하며, 평가대상 자료는 품질평가 종료시 신청기관에서 제출한 결과물을 근거로 평가차량의 측정값과 평가기준값을 비교하여 평가함
- ❍ 중량정확도 평가는 평가차량의 측정값과 평가기준값을 비교하여 "품질평가 기준"에서 정한 품질기준의 각 평가항목별로 정확도를 분석하여 평가를 수행함
- ❍ 평가결과가 도출되면 평가결과를 "품질평가 기준"에서 정한 시험성적서 양식을 준용하여 평가결과를 신청기관에 제공함. 신청기관은 평가결과에 이의가 있을 경우, 이의제기를 할 수 있으며, 시험기관은 이의제기 내용을 검토하여 재평가를 할 수 있으며, 재평가 사유에 해당되지 않을 경우 해당내용의 의견만 회신함
- ❍ 평가결과는 "품질평가 기준"에서 정한 양식을 준용하여 시험성적서 형태로 신청기관에 제공하며, 정해진 양식이 없을 경우에는 평가결과보고서 형태로 제공함

붙임 4 참고문헌

경기연구원, 2017,「경기도 운행제한 위반화물차의 이동단속지점 선정 연구」

서울도시연구 제7권 제1호, 2006, 「중차량 통행지표 분석 및 과적단속 업무시 활용방안」

윤길선, 1986,「화물수송체계 개선에 관한 연구」, 교통개발연구원

한국건설기술연구원, 2004, 「도로등급별 차종 분류 체계재정립에 관한연구」

한국건설기술연구원, 2015, 「운행제한 위반차량 근절 방안 기획 연구」

Winter・von Hirschhausen, 2006, 「Environmental HDV Road Charging for Berlin」

과태료부과시스템, http://roadfine.go.kr

교통량정보시스템, http://www.road.re.k

공공데이터포털, http://www.data.go.kr

국토해양부, 2011, 도로비탈면유지관리실무매뉴얼, 한국건설기술연구원, 344p.

김승현, 2013, 국내 도로비탈면의 거동특성과 체계적인 유지관리에 관한 연구, 부산대학교 박사논문, 363p.

한국건설기술연구원, 2018, 2017년도 도로비탈면 유지관리시스템 운용, 국토교통부, 557p.

국토교통부, 2018, “도로와 다른 시설의 연결에 관한 규칙”.

경기도 등, 2018, “도로와 다른 시설의 연결에 관한 조례”.

국토교통부, 2013, “도로의 구조·시설기준에 관한 규칙 해설집”.

국토교통부, 2018, “도로법”.

국토교통부, 2015, “지방부 도시 연접지역 도로의 연결허가기준 개선방안 연구”.

김용성외, 2011, 「해외 사전타당성조사 제도 운영현황과 사례검토」, 한국개발연구원.

김강수외, 2014, 「예비타당성제도의 현황과 발전방안에 대한 국제비교 연구」, 한국개발연구원.

박성규외, 2017, 「국유재산 재산분류기준 및 실태조사의 합리적 개선연구」, 한국자산관리공사.

박성규외, 2018, 「손실보상 업무편람」, 서울주택도시공사.

정용관외, 2016, 「타당성조사에서 용지비용에 관한 연구」, 한국개발연구원.

기상청, 2015, 기상관측 지상 종관기상관측 2015.

국가공간정보포털오픈마켓, 2018, 연속수치지형도 데이터 설명서.

QGIS, https://ko.wikipedia.org/wiki/QGIS

건설산업지식정보시스템(KISCON), 표준연계시스템메뉴얼.doc

용도지역지구도, 공공데이터포털, https://www.data.go.kr/dataset/3046384/openapi.do

교통량정보제공, http://www.road.re.kr/main/main.asp

도로교통량 통계연보상의 통계 자료,『국토교통부 예규 제2015-116호, 도로교통량 조사 지침, 2015. 10』

건물정보(GIS건물통합정보),https://www.data.go.kr/dataset/3048047/openapi.do
OGC 표준 Web Service, 국가공간정보포털, http://www.nsdi.go.kr/lxportal/?menuno=2926
토지이용규제정보서비스, http://luris.molit.go.kr/web/guide/land/LandUseRegUse.jsp
초보자를 위한 UML객체지향설계, 인포북, 2003
'17 건설사업정보시스템 운영 및 기능개선(Ⅰ) 최종보고서,
'17 건설사업정보시스템 운영 및 기능개선(II) 최종보고서
ESB 기반의 데이터 서비스 연결방식, http://www.dator.co.kr/yjna/textyle/90302
보건복지분야 데이터 연계필요성 및 활용방안 오미애 한국보건사회연구원
데이터 정제, http://opendatahandbook.org/glossary/ko/terms/data-cleaning/
국내 지역별 강우강도 분포, https://www.data.go.kr/dataset/3048658/fileData.do
산업단지 한국산업단지공단, http://www.femis.go.kr/
정밀도로지도 국토정보플랫폼, http://www.femis.go.kr/poex/ftm/popupSearch.do
전국개별공시지가정보 표준데이터, https://www.data.go.kr/dataset/15029071/standard.do
장사관련시설 전체현황, https://www.data.go.kr/dataset/3076777/openapi.do
토지이용규제정보 오픈API, http://openapi.nsdi.go.kr/nsdi/eios/ServiceDetail.do?svcSe=F&svcId=F109
도로중심선 국가공간정보포털 오픈마켓, http://data.nsdi.go.kr/dataset/20180927ds0062
도로경계선 국가공간정보포털 오픈마켓, http://data.nsdi.go.kr/dataset/20180927ds0061
수치표고모델(DEM) 국가공간정보포털 오픈마켓, http://data.nsdi.go.kr/dataset/20001
김용성외, 2011, 「해외 사전타당성조사 제도 운영현황과 사례검토」, 한국개발연구원.
김강수외, 2014, 「예비타당성제도의 현황과 발전방안에 대한 국제비교 연구」, 한국개발연구원.
김인중 외, 2017, 「딥러닝과 통계 모델을 이용한 T-커머스 매출 예측」, 정보과학회논문지 제44권 제8호.
이종민 외, 2017, 「뉴스 빅데이터를 이용한 전세 가격 예측」, 한국부동산학회
최열 외, 2013, 「Ridge Regression(능형회귀)을 이용한 지가변동 결정요인 분석」, 한국부동산학회
김진영, 2002, 「도시고속도로 곡선부에 따른 주요 교통변수 변화에 관한 연구」, 경기대학교
권성대, 2014, 「단지 내 진출입 불허구간 길이 산정에 관한 연구」, 전남대학교
문재필, 2016, 「회전교차로의 접근로 중심선 방향 편형(Deflection)에 따른 진출입 차로폭의 영향 연구」, 한국도로학회
Ayalew, L., Yamagishi, H., 2005, The application of GIS-based logistic regression for landslide susceptibility mapping in the Kakuda-Yahiko Mountains, Central Japan, Geomorphology, 65, pp. 15-31.
Chen, S.C., Ferng, J.W., Wang, Y.T., Wu, T.Y., Wang, J.J., 2008, Assessment of disaster resilience capacity of hillslope communities with high risk for geological hazards, Engineering Geology, 98, pp. 86-101.

Cruden, D.M. and Varnes, D.J., 1996, Landslide types and process. In: Turner, A.K., Schuster, R.J. (Eds.), Landslides: Investigation and Mitigation, Special Report 247. Transportation Research Board, National Research Council, National Academy Press, Washington, DC, pp. 36-75.

Eshghabad, S.M., Solaimani, K., Omidvar, E., 2012, Landslide susceptibility mapping using multiple regression and GIS tools in Tajan Basin, North of Iran, Environmental and Natural Resources Research, 2(3), pp.43-51.

Pierson, L.A., 1991, The rockfall hazard rating system, Oregon Department of transportation, 15p.

Varnes, D.J., 1984, Landslide hazard zonation: a review of principles and practice, UNESCO, 63p.

Wyllie, D.C. and Norrish, N.I., 1996, Stabilisation of Rock Slopes. In: Landslides: Investigation and Mitigation. Eds. A.K. Turner and R.L Schuster. Transport Research Board, National Research Council Special Report 247, pp. 474-504.

Asian Development Bank, 2017, Guidelines for the Economic Analysis of Projects.

Australia Transport and Main Roads, 2011, Cost-benefit Analysis manual -2. Theoretical guide.

Rajaram, Anand, et. al. 2014, The Power of Public Investment Management, World Bank Group.

Rajaram, Anand, 2014, “Public Investment Management Systems: An Overview and an Agenda,” MOSF-KDI-IMF-WB PIM Conference, Seoul, South Korea.

주 의

1. 이 보고서는 국토교통부에서 시행한 건설기술연구사업의 연구보고서입니다.

2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 건설기술연구사업 연구결과임을 밝혀야 합니다.

3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.