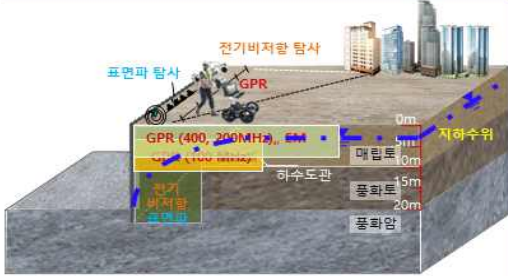


중점분야	핵심기술	구성기술	총연구비* (백만원)
① 건설장비 자동화 및 관제기술	지능형 건설장비 관제 기술 개발	지능형 토공/포장 장비 관제 시스템 개발	7,746
		스마트 네트워크 기반 토공/포장 장비 IoT 운영 및 무인화 기술 개발	4,461
	건설현장 정보 수집 및 분석 기술 개발	자율계측 기반 초정밀 Digital Map 구축 기술 개발	7,829
		CPS 기반 건설 현장정보 분석 및 맵핑 기술 개발	3,904
	디지털 기반 도로 건설장비 자동화 기술 개발	고정밀 작업 가능 자율 작업형 건설 장비 제어 기술 개발	9,659
		시공장비 연동 도로포장 품질관리 및 향상 기술 개발	5,766
② 도로 구조물 스마트 건설기술	디지털 기반 도로 구조물 설계·제작·시공 지원기술 개발	도로구조물 프리랩 구조의 디지털 엔지니어링 모델 개발	5,839
		도로구조물 프리랩 구조 제작 지원 및 조립시공 혁신 기술 개발	7,750
	도로구조물 원격·자동화 시공 기술 개발	로보틱스 기반 도로 교량 고소(高所)/고위험 시공 원격자동화 기술 개발	7,820
		머신러닝 기반 터널 기계화 시공(TBM) 자동화 기술 개발	4,295
	지능형 도로구조물 시공품질 관리 기술 개발	형상계측 기반 시공 중 도로구조물 시공성 판단 및 형상관리 기술 개발	1,940
		복합 센싱정보 기반 도로구조물 운반/시공 중 구조건전성 및 시공품질 모니터링 기술 개발	1,514
③ 스마트 안전 통합 관제기술	스마트 안전 통합 관제 시스템 개발	데이터마이닝 기반의 건설 안전 분석/대응 기술 개발	5,393
		CPS기반의 스마트 안전 통합 관제 시스템 개발 및 테스트베드 운영	10,609
	건설현장 근로자 안전확보 기술 개발	건설현장 근로자 위험요인 인지 기술 개발	2,024
		현장 맞춤형 근로자 위험 예방 및 평가 기술 개발	3,566
	임시구조물 스마트 안전확보 기술 개발	가설기자재 품질관리 기술 개발	3,342
		임시구조물 설치·해체, 운영 시 스마트 안전 확보 기술 개발	5,591
④ 스마트 건설 디지털 플랫폼 및 테스트베드	도로분야 디지털 데이터 통합 표준 기반 건설생산 프로세스 통합관리 및 스마트 지식관리 기술 개발	디지털 데이터 통합 표준화 및 품질검증 기술 개발	2,849
		스마트 지식관리 통합 체계 및 디지털화 인덱스 평가 기술 개발	3,651
		프리랩 생애주기 공정지원 스마트 딜리버리 시스템 개발	3,261
	스마트건설 디지털 플랫폼 및 디지털 트윈 기반 관리 기술 개발	실시간 건설현장데이터 수집 및 관리 기술 개발	3,188
		스마트 건설 디지털 플랫폼 구축 및 운영 관리 기술 개발	1,678
		디지털 트윈 및 AI 기반 건설 시뮬레이션 기술 개발	4,866
		디지털 트윈 모델 기반 건설 공정 정보 시각화 기술 개발	4,578
		스마트 도로 건설 정보제공 기술 개발	2,470
	스마트 건설기술 종합 테스트베드 구축 및 운영기술 개발	도로실증을 위한 스마트 건설기술 종합 테스트베드 확보 및 운영방안 연구	3,263
		스마트 건설기술 종합 테스트베드 적용 및 종합 운영센터 구축	7,312

* 기획보고서 상의 총 연구비 = 정부출연금 + 민간부담금

□ **지반 및 지하시설 안전·유지관리 분야**

연번	과제유형	과제명
1	연구단	지반함몰 발생 및 피해 저감을 위한 지반 안정성 평가 및 굴착·보강 기술 개발
2	연구단	도심지 소단면(Φ3.5m급) 터널식 공동구 설계 및 시공 핵심기술 개발
3	연구단	도심 지하 교통 인프라 건설 및 운영 기술 고도화 연구
4	연구단	지하공간통합지도 갱신 자동화 및 현장 활용 기술 개발
5	일반	지반함몰 및 액상화에 관한 지하안전 위험도 평가 고도화 기술 개발
6	일반	인공지능을 활용한 지반-구조물 상호작용 기반 노후구조물 내진성능평가 기법 개발
7	일반	ICT기반 유지관리 기술을 적용하여 노후 하수관 정밀진단이 가능하고, 지반 함몰을 관측하여 긴급 보수가 가능한 하수관 자동화 보수로봇 개발
8	일반	하수시설 보수를 위한 아민유도체와 이온반응 활용 내황산 보수재료 및 보수 신기술 공법 개발
9	일반	도심지 지반함몰 예방을 위한 지중폐관 및 공동 충전 공법 개발
10	일반	ICT 유지관리가 가능한 팽창시트를 활용한 저다짐 능동 지반함몰 긴급복구 기술
11	일반	대규모 용수공급 관로의 정밀탐상 장비 및 구조적 상태감시 시스템 개발
12	일반	3차원 지하공간통합지도 활용성 제고를 위한 지반정보 정밀도 향상 모듈 개발
13	일반	하수관 누수로 인한 지반함몰 예방 및 긴급복구를 위한 자동화 보수기술 개발
14	일반	재난 재해 대비 및 유지관리를 위한 하수암거 원격 탐사시스템 개발
15	일반	U-City 도시시설물의 지능화 체계 구축을 위한 상수도관의 중앙 누수모니터링 시스템 개발
16	일반	3차원 위치인식 및 무선통신 통합기술을 활용한 친환경 지하구조물 건설현장지원시스템 개발
17	일반	도심지 지반함몰 저감을 위한 지하매설물 설치 기술 개발

과제 1	지반함몰 발생 및 피해저감을 위한 지반 안정성 평가 및 굴착·보강 기술 개발
연구기간 및 연구비	'15.12~'20.1 (총 정부예산 13,342백만원)
연구목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 도심지 굴착 공사시 발생할 수 있는 문제점을 예측·예방하기 위하여, 지반함몰 위험성 예측·평가, 지하매설물 탐사(10m 이상)를 위한 복합탐사시스템 및 긴급 복구·굴착을 위한 요소기술 개발
주요 연구 내용	<p>(1세부) 지반함몰 위험성 예측 및 평가기술 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 굴착시공에 따른 지반변형 해석기법 개발을 통한 지반함몰 예측 및 대응방안 도출 ○ 모형실험을 이용한 지반함몰 발생 및 확장 매커니즘 평가 기법 개발 ○ 굴착에 의한 지하수 유출 및 지반변형 3D 모델 개발 ○ 지하수를 고려한 지반함몰 대응 토류구조물 해석 모델 개발 ○ 굴착공사로 인한 지질특성별 지반함몰 위험성 평가 기술 개발 ○ 지반함몰 위험성 평가기법의 현장 적용성 평가 ○ 도심지 지반함몰 예방을 위한 관리방안 개발 ○ 지질특성별 지반굴착 설계 및 시공 가이드라인 개발 <p>(2세부) 지하공동 및 매설물 탐사(심도 10m 이상)를 위한 복합탐사시스템 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 융복합 분석기법 및 복합탐사 통합해석 시스템 설계·구축 <ul style="list-style-type: none"> - 이동형 탐사장비개발(표면파) 및 정밀추적방법 연구, 복합탐사장비 설계/소규모 T/B 구축, 복합탐사시스템 구축 및 소규모 T/B 현장 실증 등 ○ 복합탐사 자료 분석기법 <ul style="list-style-type: none"> - 복합탐사 해석 모델 구성 및 알고리즘 개선, 복합탐사 모니터링 가능성 및 탐사자료 복합해석 적용성 분석, 복합해석 전략수립 등 <div style="text-align: center;">  </div> <p>(3세부) 지반 굴착시 차수성능 향상을 위한 보강기술 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 도심지 지하굴착 공사 시 발생하는 지하수 유입 사전 방지 및 지반함몰 사고 사전 예방을 위한 차수용 박층 멤브레인 재료 및 시공기술 개발 ○ 굴착면 배면 차수보강을 위한 친환경 고화제와 다중동시주입 펌프를 활용한 시공 기술 개발

과제 1

지반함몰 발생 및 피해저감을 위한 지반 안정성 평가 및 굴착·보강 기술 개발

- [목적] 1~2세부기술에 의해 조사된 취약지반을 대상으로 **지반함몰 발생의 선제적인 예방 기술**
- [세부기술 1 - 차수용 박층 멤브레인] 지하 굴착구간에 대한 비배수(차수·방수) 대책으로서 **지하수의 내부 유입을 사전에 차단하여 지반함몰 억제 (공사 중 ~ 운용 중)**
- [세부기술 2 - 무시멘트 고화제 활용 동시주입 공법] **지반교란과 지하수 오염을 최소화하면서 신속한 지반 사전보강이 가능한 고품질 공법**



(4세부) 충전 재료를 활용한 지반함몰 긴급복구 기술개발

- 수용성 폴리머 기반의 무기질계 혼화재를 이용한 비개착식 지반공동 긴급복구 기술 개발
- 능동적 다변형 지반신소재 포켓 및 팽창재료를 이용한 지반함몰 긴급복구 기술 개발
- 개발된 신소재 기반의 그라우팅 시공기술을 이용한 지반 비개착 공동 주입 기술 개발
- 개발 주입기술을 이용한 긴급 지반보강 효과에 대한 평가 및 분석
- 개발재료 및 주입기술을 활용한 합리적인 긴급복구 설계 및 시공 매뉴얼 구축

(5세부) 대심도(30m 이상) 및 도심지 수직굴착시 지반변위 최소화를 위한 굴착 공법개발

- 대심도(30m 이상) 수직굴착시 지반변위를 제어하여 지반함몰의 위험도를 최소화할 수 있는 CIP-SCW 복합 연직 지지벽체(가칭 CS-H 벽체) 조성 공법 개발 및 실용화
 - 대심도 수직굴착 시공조건에서 지반함몰 위험도 최소화를 위한 CS-H 벽체 조성 공법의 설계 핵심 요소기술 개발, CS-H 공법 적용에 필요한 시공장비 개발 및 설계/시공기술 개발
 - 대심도 굴착 현장의 CS-H 공법 시공 시스크 최소화를 위한 BIM 기반의 공정 및 계측 관리 기술 개발, 대심도 현장 특성이 고려된 CS-H 벽체 단면의 하중지지력 극대화 기술 개발, CS-H 벽체의 성능 및 품질 극대화를 위한 채움재 개발 등
- 도심지 저토포(3.5m 이하) 구간 하부 횡단구조물 설치를 위한 굴착공사의 시공속도 향상을 통해 공사비 절감이 가능한 비개착식 지하횡단공법(SEM 공법) 개발
 - 저토포 구간의 굴착시 이완영역에 대한 침하특성 평가기법, 굴착 지반의 이완과 굴착 상부지반의 초기 침하 억제가 가능한 비개착식 지하횡단공법 개발, 현장시험시공을 통한 개발공법의 성능평가 및 효과분석, 개선된 지하횡단공법 설계·시공 기준 개발 등

과제 1 **지반함몰 발생 및 피해저감을 위한 지반 안정성 평가 및 굴착·보강 기술 개발**



최종 연구 성과물

- 《 1세부 과제 : 지반함몰 위험성 예측 및 평가기술 개발 》

 - 지중복합요소 적용 지반거동 분석 의사결정체계
 - 지반함몰 위험도 평가 가이드라인(안) 및 대응방안
 - 지하수/지반변형 3D 통합해석모델
 - 지하수를 고려한 지반함몰 대응 토류구조물 해석모델 개발 등
- 《 2세부 과제 : 지하공동 및 매설물 탐사(심도 10m 이상)를 위한 복합탐사시스템 개발 》

 - 복합탐사결과와 지반물성간의 융·복합 해석기법
 - 탐사심도 10m 이상(최대 20m)가 확보된 복합탐사시스템
 - 복합탐사 해석기법 등
- 《 3세부 과제 : 지반 굴착시 차수성능 향상을 위한 보강기술 개발 》

 - 차수용 박층 멤브레인의 방수 설계패턴 및 시공법
 - 차수용 박층 멤브레인 재료
 - 시공품질을 모니터링하는 다중동시주입용 차수 지반보강 그라우팅 공법
 - 압축강도 15MPa급 무시멘트 고화제 등
- 《 4세부 과제 : 충전 재료를 활용한 지반함몰 긴급복구 기술개발 》

 - 지반신소재(팽창재료) 및 주입시스템
 - 지반신소재 포켓을 이용한 지하공동 긴급보수보강 기술 및 긴급복구매뉴얼(안)
 - 모바일 기반의 긴급복구과정 및 복구후의 정보 유지관리프로그램 등
- 《 5세부 과제 : 대심도(30m 이상) 및 도심지 수직굴착시 지반변위 최소화를 위한 굴착공법개발 》

 - 대심도 굴착현장 적용 CS-H 시공장비개발과 조성공법의 설계 및 시공기법
 - CS-H 벽체 시공 리스크 최소화를 위한 BIM 기반 공정/계측관리 기술
 - 차세대 지하횡단공법(SEM) 및 시공장치 등

과제 2	도심지 소단면(Ø3.5m급) 터널식 공동구 설계 및 시공 핵심기술 개발
연구기간 및 연구비	'15.11~'20.5 (총 정부예산 19,200백만원)
연구목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 도심지 소단면(Ø3.5m급) 터널식 공동구의 급곡구간(R=30m 이하)/특수지반(시공 down time 40% 이하), 수직구 급속(1m/day 이상) 시공을 위한 요소기술 및 장비 개발
주요 연구내용	<p>《 1세부 과제 : 글로벌 표준화 설계법(LRFD) 및 안전관리기술 개발 》</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 글로벌 표준화 설계법(LRFD)을 적용한 설계기준 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 터널식 공동구 글로벌 표준화 설계기준 개정(안) 및 운영관리 가이드라인 도출 - 글로벌 표준화 설계법 적용을 위한 국내 지반 특성값 평가 기법 개발 등 ○ 수용시설별(3종 이상) 설계용량 및 표준단면도 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 공동구 설치 목적 및 도시 유형에 따라 세분화된 도심지 공동구 설치 타당성 평가시스템 구축 및 테스트베드 적용 - 공동구 LCC 최적설계를 위한 경제성 분석 프로그램 개발 - 터널식 공동구 단면 최적설계 매뉴얼 개발 등 ○ 건설단계 및 특성을 고려한 안전관리기법 개발 등 <ul style="list-style-type: none"> - 건설단계(계획·설계·시공)별 시공특성을 고려한 안전관리기준 개발 - 설계안전성검토(DFS)에 활용 가능한 안전관리 매뉴얼 개발 - 도심지 소단면 터널식 공동구 시공 중 대형 건설재해 대응 매뉴얼 개발 등 <p>《 2세부 과제 : 급곡구간(R=30m 이하)/특수지반(downtime 40% 이하) 급속 시공기술 및 장비 개발 》</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 쉘드TBM 토사/암반지반 실굴진율 예측(오차율 20% 이하) 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 국내지반 특성에 맞는 쉘드 TBM 굴진율 제시 - TBM 굴진성능 예측모델 개발 및 설계기준 수립 - TBM 굴진율 예측 프로그램 개발 등 ○ 급곡구간(R=30m 이하) 쉘드TBM 특수장치 및 추진기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 쉘드TBM 특수(방향수정) 장치 개발 및 제작 - 국내지반 특성에 맞는 급곡구간 쉘드 TBM 추진 및 시공가이드 제시 - 급곡구간 세그먼트 시공기술 개발 및 성능실험 - 급곡구간 지수재 설치 및 재질(성능) 선정 가이드라인 제시 등 ○ 특수지반/특수조건 쉘드TBM 급속시공(downtime 40% 이하) 기술 및 장비 개발 등 <ul style="list-style-type: none"> - 특수지반 쉘드 TBM 급속시공기술 개발 및 시공 가이드라인 제시 - 특수지반 쉘드 TBM 설계기준 및 시방서 제시 - 특수지반 쉘드 TBM 디스크커터 개발 등 <p>《 3세부 과제 : 수직구 급속(1m/day 이상) 시공기술 및 장비 개발 》</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 수직구 저소음/무진동 급속굴착(1m/day 이상) 시공기술 및 장비 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 지반 변위와 지하수 유출을 방지하는 수직구 외주면 급속굴착 기술 및 장비 개발

<p>과제 2</p>	<p>도심지 소단면(Φ3.5m급) 터널식 공동구 설계 및 시공 핵심기술 개발</p>
	<ul style="list-style-type: none"> - 저소음/무진동 암반지반 급속굴착 시공기술 및 장비 개발 <ul style="list-style-type: none"> * 천공 후 할암굴착으로 천공 할암, 버력상차를 하나의 장비로 수행 ○ 수직구 하향식 라이닝 현타 급속(1m/day 이상) 시공기술 및 장비 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 수직구 하향식 급속성형장치 기술 및 장비 개발 - 수직구 구조물 슬래브/계단/접속 개구부 개발 - 하향식 현장타설 콘크리트 최적 배합비 개발 - 수직구-수평터널 연결부 성형장치 개발 등 ○ 수직구 접속부 가변구조 보강 및 차수장치 개발(심도 20m 이상) 등 <ul style="list-style-type: none"> - 심도 20m 이상 적용가능한 수직구-터널 접속부 보강/차수 장치 개발, - 10⁻⁸m/s 이하 차수성을 나타내는 친환경 바이오 차수재 개발
<p>최종 연구 성과물</p>	<p>《 1세부 과제 : 글로벌 표준화 설계법(LRFD) 및 안전관리기술 개발 》</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 공동구 설치를 위한 통합프로그램 <ul style="list-style-type: none"> * 지역내 공동구 계획시 설치 가능 노선 분석, 분석 결과 기반 최적 노선 선정을 위한 통합프로그램 ○ 터널식 공동구의 글로벌 표준화 설계기준(LRFD) 및 세그먼트라이닝 설계 매뉴얼 등 <p>《 2세부 과제 : 급곡구간(R=30m 이하)/특수지반(downtime 40% 이하) 급속 시공기술 및 장비 개발 》</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 급곡구간(R30m급) 실드 TBM 추진기술 및 종절장치 ○ 소단면 터널식 공동구 성능검증 시설 구축 등 <ul style="list-style-type: none"> * 실드TBM 관련 신기술 및 신·구 장비의 성능검증과 더불어 실드TBM 운용 교육에 활용 <p>《 3세부 과제 : 수직구 급속(1m/day 이상) 시공기술 및 장비 개발 》</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 공동구용 수직구 저소음/무진동 급속굴착 (1 m/day 이상) 시공기술 및 장비 <ul style="list-style-type: none"> * 수직구 외주면 굴착기(1 m/day 이상), 급속 저소음/무진동 암반 급속(1 m/day 이상) 굴착기 ○ 공동구용 수직구 하향식 라이닝 현타 급속 (1 m/day 이상) 시공기술 및 장비 등

<p>과제 3</p>	<p>도심 지하 교통 인프라 건설 및 운영 기술 고도화 연구</p>
<p>연구기간 및 연구비</p>	<p>'20.4 ~ '23.12 (총 정부예산 13,424백만원)</p>
<p>연구목표</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 입체화* 된 도심지 지하 교통 인프라 여건을 고려한 건설 및 운영기술 고도화를 통해 사고발생 저감 및 안전한 인프라 운영 실현 - (1세부) 지질·지반·지하시설 정보를 바탕으로 지하굴착에 따른 변동요인을 기존 대비 효과적으로 계측/분석하기 위한 조사계측 시스템 고도화 및 최적화 - (2세부) 도심 지하 교통인프라 건설 안전·운영기술 확보를 위한 입체 지하도로 교차로 설계, 지정체 최소화 교통운영 기술, 굴착 및 보강 기술 고도화와 지하수위 안전 관리 기술 개발 <p>* 지하 인프라(도로, 지하철, 전력구, 수로 등) 상호간의 교차, 병행 등 간섭으로 인해 지하 및 상부 인프라(구조물)에 영향을 줄 수 있는 구축 상태</p>
<p>주요 연구내용</p>	<p>(1세부) 지하 교통 인프라 확충을 위한 안전 감시 시스템 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 입체 지하 교통 인프라 안전 건설을 위한 조사 및 계측 고도화 기술 <ul style="list-style-type: none"> - 입체화된 지하 교통 인프라 안전 건설을 위한 최적 지반조사 기술 - 지하-지상, 지하-지하 구조물 상호 연계 계측 표준화 기술 개발 - 도심 지하 조건을 고려한 계측 센서 검증 표준화 기술 개발 - 지하 인프라의 입체화 조건을 고려한 자동 계측 기술 고도화 및 설계·평가 기준 개발 ○ 지하 교통 인프라 건설로 인한 도심 안전 영향 평가 기술 고도화 <ul style="list-style-type: none"> - AI, Big Data 등을 이용한 지반 침하 및 구조물 상호 영향 예측 및 유지관리 계측 기술 - 지하 교통 인프라 건설에 따른 위험도 기준 개발 - 노선, 공법, 지질 등 조건에 따른 영향도 예측 및 위험도 영향 평가기술 고도화 ○ 지하 교통 인프라 통합 안전 모니터링 플랫폼 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 가상현실, BIM 등을 활용한 지하 인프라 전체 상호 영향 연계 가시화 시뮬레이션 기술 - 입체화 된 지하 교통 인프라 3차원(침하, 진동·소음, 지하수) 데이터 분석·예측·경보 통합 관리 시스템 개발 ○ 지하 교통 인프라 구축 안전기반 수립 및 제도 개선 <ul style="list-style-type: none"> - 지하 교통 인프라 안전 확보를 위한 전략수립 및 법·제도·매뉴얼 - 총괄(1, 2세부) 연구성과의 테스트베드 연계운영 및 운영 결과 피드백 <p>(2세부) 지하 교통 인프라 설계·시공 고도화를 위한 핵심기술개발</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 지하 교통 인프라 안전 시공 및 운영을 위한 지하수 관리기술 <ul style="list-style-type: none"> - 입체화 된 지하 교통 인프라 조건을 고려한 지하수 복원, 관리기술 개발 및 설계(안) 도출 - 지하 교통 인프라 지하수 유입 제어 및 지하수위 보존형 배수공법(고효율 그라우팅 패턴 등) 개발 - 안전성 확보를 위한 지하수 관리기준 및 운용 중 경제적인 지하수위 보존형 배수 시스템 개발 ○ 도심지 기존 시설물 진동영향 최소화 굴착기술 <ul style="list-style-type: none"> - 발파 진동 크기별 건축물·인체 영향 평가기술 및 관리기준 - 지반조건, 지하 시설 굴착크기 및 진동크기별 제어발파(진동저감공법) 최적화 기술 - 지하 교통 인프라 건설을 위한 고성능 무진동 암반굴착 시공기술 개발 및 현장 운용을 통한 성능 검증

<p>과제 3</p>	<p>도심 지하 교통 인프라 건설 및 운영 기술 고도화 연구</p>
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지하 교통 인프라 연결부(지상-지하, 지하-지하) 설계·운영 기술 <ul style="list-style-type: none"> - 지하 교통 인프라-지상부 유·출입부 최적 설계 기술 - 지하 교통 인프라간 입체 연계를 위한 최적 설계 기술(연결로, 최적이격거리 등) - 연결로 접속부 교통류 제어 시스템 요소기술 - 교통유고 상황별 우회전략 및 대응 시나리오 절차 구축 - 교통운영 시뮬레이션을 통한 기술 검증 및 실용성 평가
<p>최종 연구 성과물</p>	<p>[1세부과제] 지하 교통 인프라 확충을 위한 안전 감시 시스템 개발(TRL 6~8)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 입체 지하 교통 인프라 최적 지반조사 기술 및 자동 계측 설계·평가 기준(안) ○ 지하 교통 인프라 조건에 따른 지반·구조물 상호 위험도 기준 및 평가 시스템 ○ 입체 지하 교통 인프라 안전관리 가시화 S/W 및 통합 안전 모니터링 플랫폼 ○ 지하 교통 인프라 안전 확보를 위한 정책 및 법·제도·매뉴얼 개선(안) ○ 총괄(1, 2세부) 연구성과 테스트베드 적용 및 검증, 운영 결과 <p>[2세부과제] 지하 교통 인프라 설계·시공 및 고도화를 위한 핵심기술개발(TRL 6~8)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 지하 교통 인프라 안전 시공 및 운영을 위한 지하수 관리기술(시제품, 설계(안)) ○ 도심 지하 굴착조건을 고려한 제어발파 최적 설계기술 및 저비용, 고효율 무진동 암반굴착장비(H/W) ○ 지하 교통 인프라-지상부 유·출입부 및 지하 교통 인프라간 입체 연계 ○ 교통 운영 시뮬레이션 기반 설계 검증, 지하 교통류 제어 기준 및 평가 가이드라인

과제 4	지하공간통합지도 갱신 자동화 및 현장 활용 기술 개발
연구기간 및 연구비	'20.4~'23.12 (총 정부예산 11,800백만원)
연구목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지하공간통합지도 유통체계의 한계성(정확성, 신속성, 활용성) 극복을 위한 갱신 자동화 및 현장 활용 기술 개발 - 지하공간통합지도 갱신 자동화 기술 : 상시(1일) 갱신 체계 구축 - 지하공간통합지도 현장 활용 기술 : 2종 이상 활용 서비스 모델 개발
주요 연구내용	<p>□ (1세부) 지하공간통합지도 갱신 자동화 기술 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 지하정보 변화객체 모니터링 및 탐지·추출 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 지하정보 변화객체 모니터링 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> * 지하정보 관리기관별 DB연계 및 변화정보 자동 인지 기술 개발 등 - 지하정보 변화객체 탐지 추출 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> * 지하시설물, 지하구조물, 지반 정보 등 지하정보의 데이터 특성을 반영한 변화 객체 탐지 추출 기술 개발 등 ○ 지하정보 변화객체 가공 자동화 및 분석 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 지하정보 변화객체 가공 자동화 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> * 변화객체의 3차원 지도 자동 생성 및 서비스 시스템에 자동 탑재 기술 개발 등 - 다중자료중첩 기반 분석 및 가시화 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> * 다양한 형태(벡터, 래스터 등)의 지하정보 다중중첩, 공간분석, 3차원 가시화 기술 개발 등 ○ 지하정보 갱신 자동화 품질관리 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 지하공간통합지도 표준 데이터 모델 개발 <ul style="list-style-type: none"> * 지하정보 연계 및 갱신을 위한 표준 데이터 모델 개발 및 관련 법·제도 제안 등 - 갱신 데이터 품질관리 기술 개발 등 <ul style="list-style-type: none"> * 지하정보 갱신 데이터 정합성 검증 기준 및 품질관리 기술 개발 등 - 지하공간통합지도 갱신 자동화 실증 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> * 행정망 기반 실증 환경 구축 및 지하공간통합지도 갱신 자동화 실증 기술 개발 등 <p>※ 목표 수준 : 지하시설물6종, 지하구조물 6종, 지반정보 3종 총 15종 지하공간정보 대상 갱신 자동화 90% 이상</p> <p>□ (2세부) 지하공간통합지도 현장 활용 기술 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 지하정보 정확도 향상 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 복합데이터 기반의 지하정보 추출 및 구축 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> * 현장 탐사 데이터 융합처리를 통한 지하공간통합지도 구축 기술 개발 등 - 지하정보 정밀탐사 시스템 구축 기술 개발

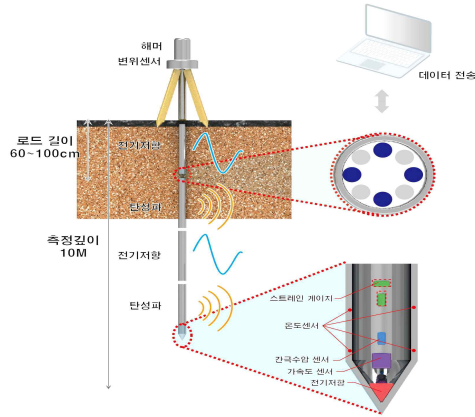
과제 4	지하공간통합지도 갱신 자동화 및 현장 활용 기술 개발
	<ul style="list-style-type: none"> * 경사지형 등 다양한 지형, 심도에 대한 3차원 지하정보 정밀탐사 시스템 구축 기술 개발 등 ○ 모바일 지하공간통합지도 통합관리 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 모바일용 지하공간통합지도 구축 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> * 모바일용 지하공간통합지도 LOD 구축, 가공, 경량화 기술 개발 등 - 대용량 모바일 지하공간통합지도 고속 전송 및 보안 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> * 무선통신 기반 대용량 지하공간통합지도 전송 및 암호화·권한인증 기술 개발 등 - 모바일 기반 지하공간통합지도 현장 활용 지원 통합관리 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> * 현장 생성 지하정보 통합관리체계 DB 반영 및 현장 사용자 위치기반 데이터 제공 기술 개발 등 ○ 지하공간통합지도 현장 활용 및 실증 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 탐사현장 지하공간통합지도 실시간 활용 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> * 탐사 데이터 실시간 처리 결과와 지하공간통합지도 연계 기술 개발 등 - 실시간 지하공간통합지도 연계 서비스 발굴 및 실증 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> * 서비스 기반 테스트베드 구축 및 탐사정확도 분석을 통한 시스템 성능 검증 등 <p>※ 목표 수준 : 기존 지하공간통합지도 대비 70%이상 경량화 및 서비스 모델 2종 이상 제시</p>
최종 연구 성과물	<ul style="list-style-type: none"> □ (1세부) 지하공간통합지도 갱신 자동화 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> ○ 지하정보 변화객체 모니터링 및 탐지·추출 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 지하정보 연계 모듈 및 단계별 설계서 - 지하정보 변화 모니터링 시스템 및 단계별 설계서 - 변경 및 신규정보 탐지·추출 알고리즘 및 개발문서 ○ 지하정보 변화객체 가공 자동화 및 분석 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 변화객체 지하공간통합지도 가공·갱신 알고리즘 및 개발문서 - 다중 지하정보 중첩, 분석, 가시화 SW 및 개발문서 ○ 지하정보 갱신 자동화 품질관리 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 지하정보 표준 데이터 모델, 상세서 및 정책 제안 - 갱신 데이터 정합성 검증 기준 - 지하공간통합지도 품질관리 SW 및 개발문서 □ (2세부) 지하공간통합지도 현장 활용 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> ○ 지하정보 정확도 향상 기술 개발

과제 4	지하공간통합지도 갱신 자동화 및 현장 활용 기술 개발
	<ul style="list-style-type: none"> - 복합 데이터 기반 지하정보 추출 알고리즘 및 개발문서 - 지하정보 정밀탐사 시스템 및 단계별 설계서 ○ 모바일 지하공간통합지도 통합관리 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 모바일용 지하공간통합지도 구축 알고리즘 및 개발문서 - 모바일용 지하공간통합지도 제공·관리 솔루션 및 단계별 설계서 - 현장 생성 지하정보 검증 알고리즘 및 개발문서 - 모바일 기반 지하정보통합관리시스템 및 설계서, 운영 지침 ○ 지하공간통합지도 현장 활용 및 실증 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 지하공간통합지도 현장 활용 서비스 모델 및 시나리오 - 실시간 지하공간통합지도 연계 서비스 실증 - 탐사 데이터 실시간 매핑·가시화 알고리즘 및 개발문서

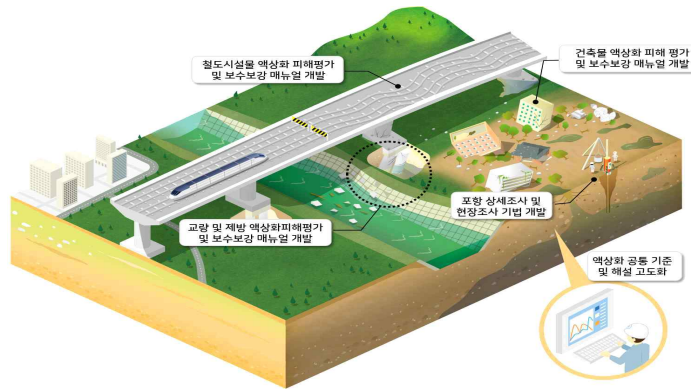
과제 5	지반함몰 및 액상화에 관한 지하안전 위험도 평가 고도화 기술 개발
연구기간 및 연구비	'19.4~'22.12 (총 정부예산 7,649백만원)
연구목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 도심지 굴착공사 주변 지반에 대한 지반함몰 위험도 평가·예측 및 지진시 시설물 안전 확보를 위한 액상화 평가 기술 개발
<p style="text-align: center;">주요 연구내용</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 도심지 흙막이 굴착 시공 중 문제패턴 조기 인식을 위한 실시간 영상 및 이동체 수집정보의 멀티소스 센서패키지 및 동적 데이터 전송 플랫폼 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 문제패턴 인식 멀티소스 센서패키지(흙막이 굴착면 기준 3H(H=최대굴착심도)의 굴착 배면부 영역에서 발생한 굴착 유발 문제패턴신호를 90% 이상 인식 - 멀티소스 데이터의 엣지 데이터처리 및 다이내믹 오프로딩 기술 등 <div data-bbox="555 757 1214 1104" data-label="Diagram"> </div> <ul style="list-style-type: none"> ○ 3D 영상정보 기반 비접촉식 실시간 Full-field measurement 측정 시스템 개발 기술 <ul style="list-style-type: none"> - 측정거리 30m까지 정확도 $\pm 1\text{mm}$, 정밀도 $\pm 0.5\text{mm}$ 이하, 비접촉식 실시간 full-field measurement 현장적용기술개발, 3D 실시간 full-field measurement 시스템 구축 및 영상처리 기술개발 등 <div data-bbox="564 1375 1198 1697" data-label="Diagram"> </div> <ul style="list-style-type: none"> ○ 시공 후 품질관리가 가능한 전도성 그라우팅 재료 및 품질평가기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 시공 후 보강 범위 기준의 품질평가가 가능한 전도성 그라우팅 재료* <ul style="list-style-type: none"> * 전도성 그라우팅 보강 후 40m 이하의 전기비저항을 가지는 보강체 - 전도성 그라우팅 보강체의 모강 범위 기준 품질평가를 위한 소형 현장탐사 시험장비* <ul style="list-style-type: none"> * 30kg 이내 휴대용 장비로 구성된 시험장비, 지표에서 운영되는 비파괴 시험법 대비 품질평가가 정밀도 30% 향상, 현장 특성에 따라 가속도, 전기비저항 센서 등을 활용한 10m 내외의 고심도 탐사 기능 포함

과제 5

지반함물 및 액상화에 관한 지하안전 위험도 평가 고도화 기술 개발



- 국내 액상화 설계기준 개정 및 주요 시설물별 액상화 대책 매뉴얼 개발
 - 국내 액상화 설계 기준 개정(예비평가 및 본평가 개선 기준(안)), 액상화 실내시험(진동삼축시험, 반복직접전단시험 등) 표준화
 - 주요 시설물(철도, 교량, 제방, 건축물)별 액상화 대책 매뉴얼*
- * 주요시설물(철도, 교량, 제방, 건축물)별 액상화 피해 평가기술 및 보수·보강 지침(안)



최종 연구 성과물

- 흙막이 굴착면 기준 3D의 굴착 배면부 영역에서 발생한 굴착 유발 문제패턴신호를 90% 이상 인식 멀티소스 센서패키지
- 전도성 그라우팅 재료 및 품질평가 가능한 휴대용 현장탐사 시험장비
- 국내 액상화 설계기준 개정(안)
- 주요 시설물(철도, 교량, 제방, 건축물)별 액상화 대책 매뉴얼(안) 및 보수·보강 지침(안)

과제 6	인공지능을 활용한 지반-구조물 상호작용 기반 노후구조물 내진성능평가 기법 개발
연구기간 및 연구비	'19.4~'21.12 (총 정부예산 599백만원)
연구목표	<p>인공지능을 활용한 지반-구조물 상호작용 기반 노후구조물 내진성능평가 기법 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 지반-구조물 상호작용 기반 구조물 노후도 평가기법 개발 ○ 인공지능을 활용한 내진 성능 평가기법 개발
주요 연구내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지반-구조물 상호작용 기반 구조물 노후도 평가기법 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 지반 계측 및 영상기반 구조물 모니터링 기술 개발 - 소형 진동대 실내실험 모니터링을 통한 지반-구조물 상호작용 분석 - 지반-구조물 상호작용을 고려한 수치해석 모델 개발 - 실내실험 결과 및 수치해석 모델을 활용한 구조물 노후도 평가기법 개발 - 계측 데이터를 활용한 노후도 평가기법의 검증 - 대형 진동대 및 현장실험을 통한 노후도 평가기법 제품화 ○ 인공지능을 활용한 내진 성능 평가기법 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 데이터 수집을 위한 IoT 디바이스 제작 및 플랫폼 구축 - 소형 진동대를 활용한 내진성능 영향요인 데이터 수집 - 내진성능 평가를 위한 인공지능 기반 알고리즘 개발 및 고도화 - 구조물 노후도를 고려한 인공지능 기반 내진 성능 평가 기법 개발 - 대형 진동대 및 현장 실험을 통한 내진성능 평가기법의 제품화
최종 연구 성과물	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지반 & 구조물 모니터링 기술 <ul style="list-style-type: none"> - 지반과 구조물의 노후화를 평가하기 위하여 영상장비를 사용하여 모니터링 하는 기술 ○ 노후도 평가 소프트웨어 ○ 노후도 평가 모델에 인공지능 기술을 적용한 내진성능 평가 소프트웨어

과제 7	ICT기반 유지관리 기술을 적용하여 노후 하수관 정밀진단이 가능하고, 지반함몰을 관측하여 긴급 보수가 가능한 하수관 자동화 보수로봇 개발
연구기간 및 연구비	'08.4~'19.12 (총 정부예산 400백만원)
연구목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ ICT기반 기술을 적용하여 노후 하수관의 파손상태 및 관 외부 동공을 정밀하게 관측하고, 긴급 보수 또는 예방 유지보수를 통해 지반함몰 예방이 가능한 자동화 시공장비 개발 - ICT기반 노후 하수관 정밀진단 및 긴급 보수가 가능한 자동화 시공장비 개발 - 하수관 내부 지장물 제거와 보수가 가능한 일체형 시공장비 개발 - 하수관 보수 위치(누수, 균열) 자동 센싱을 통한 시공 정밀도 향상 - 하수관 보수 공사시 발생할 수 있는 위험 요소를 사전에 감지하는 센서 설치
주요 연구내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ ICT기반 노후 하수관 정밀진단 및 긴급 보수가 가능한 자동화 시공장비 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 노후 하수관의 파손 정도를 CCTV, 내시경 카메라 촬영 인터페이스 장치를 활용하여 정밀하게 측정하고 보수전·보수후 하수관 상태 정보를 현장에서 직접 작성이 가능하도록 프로그램을 구축하여, 노후 하수관 유지관리 및 예방 유지 보수를 위한 정보 제공 - 파손 부위가 넓은 경우 내시경 카메라를 삽입하여 하수관 외부의 공동을 관측하고 지반침하 등 붕괴 위험 요소를 찾아내어 긴급 보수공사가 필요할 경우 즉시 보수가 가능한 유선 원격제어 보수장비 개발 ○ 하수관 내부 지장물 제거와 보수가 가능한 일체형 시공장비 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 하수관 내 지장물을 제거하고, 정밀진단 및 보수가 가능한 커팅 기술개발 ○ 하수관 보수시 발생할 수 있는 위험 요소를 사전에 감지할 수 있는 IoT기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 하수관 내 유독가스 잔존 유무를 사전 감지하여 상부 작업자에게 알람을 제공함으로써 안전사고 예방 - 여름철, 우기철 하수관 내 각 종 세균, 벌레로 인해 발생할 수 있는 전염병을 예방하기 위해 방역기기를 장착하여 보수와 방역의 일석이조 효과를 창출 - 육안으로 놓칠 수 있는 보수 위치를 정밀하게 찾을 수 있는 센서 설치
최종 연구 성과물	<ul style="list-style-type: none"> ○ ICT기반 노후 하수관 정밀진단 및 긴급 보수가 가능한 자동화 시공장비 ○ 하수관 내부 지장물 제거와 보수가 가능한 일체형 시공장비 제작 ○ 가스누설 탐지, 방역이 가능한 하수관 보수 장비 개발

과제 8	하수시설 보수를 위한 아민유도체와 이온반응 활용 내황산 보수재료 및 보수 신기술 공법 개발
연구기간 및 연구비	'17.4~'19.12 (총 정부예산 600백만원)
연구목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 하수 시설 콘크리트 구조물에서 콘크리트 내부로 침투하는 유해이온(SO₄²⁻, Cl⁻, CO₃²⁻)을 시멘트 매트릭스와 반응하기 전에 선 반응하여 능동적으로 차단하는 내황산 보수 모르타르 및 방청소재를 개발하고, 이를 이용한 하수 시설 콘크리트 구조물의 보수/보강 공법을 개발
주요 연구내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 콘크리트 황산염 침식 메커니즘, 염해 메커니즘, 탄산화 메커니즘 규명 <ul style="list-style-type: none"> - SO₄²⁻ 이온침투 및 반응 메커니즘 정립 및 소재 선정 - Cl⁻ 이온침투 및 고정 메커니즘 정립 및 소재 선정 - CO₂ 침투 및 흡수 메커니즘 정립 및 소재 선정 ○ SO₄²⁻, Cl⁻, CO₃²⁻ 이온 반응 물질을 활용한 시멘트계 보수재료 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 이온반응 물질 혼입 방청제 및 모르타르의 배합설계 - 이온반응 물질 혼입 방청제 및 모르타르의 내구성 성능 및 기본물성 평가 - 수증경화를 위한 고흡수성 소재 선정 - 수증경화형 내황산 보수 모르타르의 성능 및 기본물성 평가 ○ 내황산 보수 모르타르 및 방청제를 활용한 보수 공법 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 내황산 보수 모르타르 및 방청제를 활용한 보수 공법 개발 ○ 시제품 및 공법의 현장적용성 평가 <ul style="list-style-type: none"> - 개발된 내황산 보수 모르타르 및 방청제의 현장적용성 평가 - 해당 연구개발 결과물의 시장성 분석
최종 연구 성과물	<ul style="list-style-type: none"> ○ 하수시설 콘크리트 구조물 보수를 위한 아민유도체와 이온반응을 활용한 보수재 개발 및 보수/보강 공법 개발

과제 9	도심지 지반함몰 예방을 위한 지중폐관 및 공동 충전 공법 개발
연구기간 및 연구비	'19.4~'21.12 (총 정부예산 311백만원)
연구목표	○ 토목섬유튜브, 압력커튼 및 저유동 충전재를 활용하여 최적 충전밀도 확보와 재료 유실방지가 가능한 도심지 지중폐관 및 공동 충전 시공기술 개발
주요 연구내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지중폐관 및 공동 충전용 저유동 충전재 개발, 실물 테스트를 통한 성능 평가 ○ 지중폐관 특성 고려 토목섬유튜브 및 압력커튼 최적설계, 시제품 제작 ○ 현장시험시공을 통한 개발 충전공법 적용성 및 시공성·경제성 평가 ○ 도심지 지중폐관 충전시공을 통한 개발기술 검증 ○ 지중폐관 충전 시공기술 매뉴얼(안) 제안
최종 연구 성과물	<ul style="list-style-type: none"> ○ 저유동 충전재 : 최적 충전밀도 확보 및 체적변화·장기강도 억제 ○ 폐관 재료 유실방지 시스템 <ul style="list-style-type: none"> - 토목섬유튜브 및 압력커튼으로 구성된 폐관 내 충전재 유실방지 메커니즘 ○ 이동식 일체형 압력충진 시공장비 <ul style="list-style-type: none"> - 현장 긴급 이동, 저유성 충전재 자동생산, 공동 및 폐관 충전 시 주입압 및 주입량에 대한 시공품질 관리가 가능한 충전 시공장비 ○ 저유동 충전재를 활용한 공동 및 폐관 충전시공 매뉴얼(안)

과제 10	ICT 유지관리가 가능한 팽창시트를 활용한 저다짐 능동 지반함몰 긴급복구 기술
연구기간 및 연구비	'16.4~'18.12 (총 정부예산 1,173백만원)
연구목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 도심지역에서 확인된 지반공동이나 싱크홀 내부에 지반이완영역 및 교란부위의 압축 가능한 팽창시트재와 관리가 용이하도록 표지기술을 일원화하는 효율적이고 능동적인 자가다짐 지반함몰 보수/보강/복구 기술을 개발 및 사업화
주요 연구내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 1단계 : 팽창매트 개발 <ul style="list-style-type: none"> · 팽창방향의 제어가 가능한 지하공동 보수용 팽창성 매트(채움재) 개발 · 팽창매트의 수화/팽창 복합거동 평가 · 지반공동과 섬유매트, 팽창성 채움재료의 거동연관성 분석 · 지반공동 긴급복구용 팽창매트 및 시멘트 매트 시제품 제작 ○ 2단계 : 팽창 기능제의 특성 파악 및 성능 개선과 적용성 실증 <ul style="list-style-type: none"> · 팽창수지의 물리·역학적 특성 확립 및 지하공동 적용성능 분석 · 지반공동 유형 및 특성에 따라 적용 가능한 팽창수지 결정 및 적용법 제안 ○ 3단계 : 국내여건에 적합한 공동 및 함몰 복구 성능 평가 <ul style="list-style-type: none"> · 국내외 조사를 통한 지반공동 및 함몰의 형상 및 인접부 조건 확립 · 적용가능성이 높은 대표 공동 및 함몰의 실증 모델 구성 · 국내외 환경을 모두 적용한 제품의 성능 평가 및 인증 · 개발 제품의 실대형 실증화 ○ 4단계 : ICT 적용 성능 개선기술의 적용 표준안 및 유지관리 플랫폼 개발 <ul style="list-style-type: none"> · 긴급복구 설계인자 도출 및 검증 · 설계 가이드라인 제시 및 소프트웨어 개발 · 복구 구간의 ICT 적용 표지 기술 및 모바일 관리 기술 개발
최종 연구 성과물	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지반 공동 내부 채움 기능제의 장기 보존이 가능한 팽창매트 및 시멘트매트 개발 ○ 지반 공동 및 함몰구간의 보수/보강/복구에 최적화된 고결 시간 및 능력 지연형 팽창기능제 개발 ○ 국내여건에 적합한 지반공동 및 함몰 복구 성능평가 모델 개발 및 유지관리를 포함한 ICT 적용 표준안 마련

과제 11	대규모 용수공급 관로의 정밀탐상 장비 및 구조적 상태감시 시스템 개발
연구기간 및 연구비	'17.4~'20.12 (총 정부예산 10,478백만원)
연구목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 대규모 용수공급관로의 노후 상태 정밀진단 장비 개발을 통한 과학적, 경제적 개량의사결정과 실시간 구조적 상태 감시 예측 기술의 개발로 선제적 사고 대응 가능한 관로 진단감시 통합운영시스템 구축
주요 연구내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ (1세부) 관내면 첨단 지능형 비파괴 정밀진단 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 관내면 비파괴 상태진단 multi-sensor 기술 개발 - 관외면 비파괴 상태진단 multi-sensor 기술 개발 - 지능형 ILI(In-line Inspection) 이동체 개발 - 관외면 자동화 탐상 장비 개발 - 이동체 투입 회수 기술(장치 등) 개발, Pilot 테스트베드(T/B) 구축 - 이동체 관제기술 개발 ○ (2세부) 비파괴 종합적 성능평가 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 비파괴 3차원 영상화 기반의 구조해석 및 안전성 평가 기술 개발 - 비파괴 종합적 개량 의사 결정 기술 개발 - 탐상정보 상태감시정보 통합운영관리 시스템 개발 - 현장 테스트베드(T/B) 구축, 기술검증 * 매설관로 연장 100m 이상 및 노출관로 현장 T/B 구축, 세부과제성과물 종합 기술검증 ○ (3세부) 구조적 상태감시 예측 고도화 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 실시간 구조적 상태 감시 기술 개발 - 구조적 상태감시를 통한 파손예측 기술 개발 - 실시간 구조적 상태감시운영 시스템 개발
최종 연구 성과물	<ul style="list-style-type: none"> ○ 관 내·외면 비파괴 탐상장비 및 관제시스템 ○ 종합적 개량의사결정시스템, 관로 진단·감시정보 통합관리시스템 ○ 실시간 구조적 상태 감시·예측 시스템

과제 12	3차원 지하공간통합지도 활용성 제고를 위한 지반정보 정밀도 향상 모듈 개발
연구기간 및 연구비	'16.6~'18.6 (총 정부예산 100백만원)
연구목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 3차원 지하공간통합지도의 활용성 제고를 위하여 현재 구축되어진 지반정보의 정밀도를 판단할 수 있는 방법론 및 이를 프로그램화 할 수 있는 모듈을 개발 ○ 기존 설계정수의 경험 식 및 산정지표들을 검토하여 국내 지반조건에 적합한 경험식 및 산정지 표를 제공
주요 연구내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 3차원 지하공간통합지도의 활용성 제고를 위하여 지반정보의 정밀도를 판단할 수 있는 방법론을 제시 ○ 단순히 판단하는 부분에서 그치지 않고 지반조사 과정에서의 발생 가능한 오차를 고려하여 정밀도를 높일 수 있는 모듈을 개발 ○ 지반구조물 설계에 직접적으로 활용될 수 있는 설계정수는 지반정보의 불확실성 및 지반조사의 한계로 인하여 그 부정확성이 설계에 직접적으로 영향을 미치게 되므로 국내 지반정보통합DB센터에 축적된 지반정보와 시험정보를 분석하여 상관성을 제시하고 추정된 설계정보의 적합성 및 한계성을 제시
최종 연구 성과물	○ 지하공간통합지도의 활용성 제고를 위한 지반정보 정밀도 분석 방법 및 정밀도 향상 모듈 개발

과제 13	하수관 누수로 인한 지반함몰 예방 및 긴급복구를 위한 자동화 보수기술 개발	
연구기간 및 연구비	'16.4~'18.1 (총 정부예산 296백만원)	
연구목표	연구개발 목표	<ul style="list-style-type: none"> • 노후 하수관로 누수로 인한 문제를 긴급 보수하여 지반침하를 예방할 수 있는 친환경 자동화 보수시스템 개발
주요 연구내용	연구개발 내용	<ul style="list-style-type: none"> • 친환경 중점도 약액 개발 및 성능 검증 <ul style="list-style-type: none"> - 친환경 약액 성능 개선 및 공인시험기관 성능 검증 - 관경별 약액 최적 소요량 산출 - 팩커 및 자동 로봇 활용으로 약액 주입 성능 검증 • 대형 하수관로 자동화 시공 장비 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 하수관 보수 자동 로봇 제작을 위한 시스템 설계 - 하수관 보수 자동 로봇 시제품 제작으로 현장 적용성 검증 • 자동화 시공 장비 사업화 <ul style="list-style-type: none"> - 디지털 정량 주입장치 개발 - 태양광 전원공급 시스템 개발 - 작업 효율 향상을 위한 전동 원치 개발 - 현장 적용성 검토를 통한 경제성 분석, 사업화 계획 수립
최종 연구 성과물	연구개발성과	<ul style="list-style-type: none"> • 친환경 중점도 약액 개발 및 성능 검증 <ul style="list-style-type: none"> - 시공 성능을 개선한 친환경 중점도 약액 개발 • 대형 하수관로 자동화 시공 장비 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 800mm이상 대형 하수관로 보수가 가능한 자동 로봇 개발 • 자동화 시공장비 사업화 <ul style="list-style-type: none"> - 보수 지원 차량 자동화 시스템 개선 - 경제성 분석을 통한 기술사업화 비즈니스 모델 작성

과제 14	재난 재해 대비 및 유지관리를 위한 하수암거 원격 탐사시스템 개발		
연구기간 및 연구비	'15.4~'17.4 (총 정부예산 825백만원)		
연구목표	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 15%; text-align: center;">연구개발 (사업화)</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> ○ 재난관리를 위한 하수박스 원격탐사 시스템 개발 및 상용화 ○ 하수박스 관리를 위한 정기적인 탐사자료 자동 축적 시스템 구축 ○ 정기적인 하수박스 조사를 통한 국가 물 재난·재해 대비 시설물 유지관리와 자연 재해 대응 시설물 최소화 위한 예방·복구 정보 제공을 통한 시설물 수명연장 ICT 기반 통합 유지관리 시스템 기술 </td> </tr> </table>	연구개발 (사업화)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 재난관리를 위한 하수박스 원격탐사 시스템 개발 및 상용화 ○ 하수박스 관리를 위한 정기적인 탐사자료 자동 축적 시스템 구축 ○ 정기적인 하수박스 조사를 통한 국가 물 재난·재해 대비 시설물 유지관리와 자연 재해 대응 시설물 최소화 위한 예방·복구 정보 제공을 통한 시설물 수명연장 ICT 기반 통합 유지관리 시스템 기술
연구개발 (사업화)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 재난관리를 위한 하수박스 원격탐사 시스템 개발 및 상용화 ○ 하수박스 관리를 위한 정기적인 탐사자료 자동 축적 시스템 구축 ○ 정기적인 하수박스 조사를 통한 국가 물 재난·재해 대비 시설물 유지관리와 자연 재해 대응 시설물 최소화 위한 예방·복구 정보 제공을 통한 시설물 수명연장 ICT 기반 통합 유지관리 시스템 기술 		
주요 연구내용	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 15%; text-align: center;">연구개발 (사업화)내용</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> ○ 관로의 내부 상태를 조사할 수 있는 시스템, 모듈 형의 유/무선카메라를 선정하여 제어 S/W 및 인터페이스 제어보드와 카메라와 연동하는 이송장비 개발 ○ 충전장치 및 센서 인터페이스를 위한 제어 보드 개발 ○ 관로 내부 촬영을 위한, 이송용 레일개발 ○ 계측기, 카메라, 영상과 데이터 확보를 위한 통신장치, H/W, S/W 개발 ○ 자주차에 사용하는 배터리를 충전하기 위한 유도 전류 충전기술 개발 ○ 취득 데이터를 유/무선을 통해 실시간으로 현장제어반을 거쳐 상황실 서버에 전송할 수 있는 운영 S/W, 프레임 개발 ○ 초음파 수위계, 황화수소 측정 데이터 전송을 위한 시스템 개발 </td> </tr> </table>	연구개발 (사업화)내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 관로의 내부 상태를 조사할 수 있는 시스템, 모듈 형의 유/무선카메라를 선정하여 제어 S/W 및 인터페이스 제어보드와 카메라와 연동하는 이송장비 개발 ○ 충전장치 및 센서 인터페이스를 위한 제어 보드 개발 ○ 관로 내부 촬영을 위한, 이송용 레일개발 ○ 계측기, 카메라, 영상과 데이터 확보를 위한 통신장치, H/W, S/W 개발 ○ 자주차에 사용하는 배터리를 충전하기 위한 유도 전류 충전기술 개발 ○ 취득 데이터를 유/무선을 통해 실시간으로 현장제어반을 거쳐 상황실 서버에 전송할 수 있는 운영 S/W, 프레임 개발 ○ 초음파 수위계, 황화수소 측정 데이터 전송을 위한 시스템 개발
연구개발 (사업화)내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 관로의 내부 상태를 조사할 수 있는 시스템, 모듈 형의 유/무선카메라를 선정하여 제어 S/W 및 인터페이스 제어보드와 카메라와 연동하는 이송장비 개발 ○ 충전장치 및 센서 인터페이스를 위한 제어 보드 개발 ○ 관로 내부 촬영을 위한, 이송용 레일개발 ○ 계측기, 카메라, 영상과 데이터 확보를 위한 통신장치, H/W, S/W 개발 ○ 자주차에 사용하는 배터리를 충전하기 위한 유도 전류 충전기술 개발 ○ 취득 데이터를 유/무선을 통해 실시간으로 현장제어반을 거쳐 상황실 서버에 전송할 수 있는 운영 S/W, 프레임 개발 ○ 초음파 수위계, 황화수소 측정 데이터 전송을 위한 시스템 개발 		
최종 연구 성과물	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 15%; text-align: center;">연구개발 (사업화)성과</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> ○ 관로의 내부상태를 원격 모니터링하기 위한 웹 시스템, 유·무선카메라 및 이송 장치 ○ 암거 내부에 설치되는 레일과 유도전류를 이용한 충전장치 개발 ○ 관의 내부 자료를 유·무선을 통해 실시간으로 현장제어반을 거쳐 상황실 서버에 동영상 화면으로 전송할 수 있는 시스템 개발 ○ 초음파 수위계, 황화수소측정기 데이터 로거 및 전송 전송장치 개발 ○ 하수박스 내 영상 자료 전송 방식의 온라인용, 이동형 H/W, S/W 개발 ○ 실시간 모니터링을 통한 주요 운영 소프트웨어개발 </td> </tr> </table>	연구개발 (사업화)성과	<ul style="list-style-type: none"> ○ 관로의 내부상태를 원격 모니터링하기 위한 웹 시스템, 유·무선카메라 및 이송 장치 ○ 암거 내부에 설치되는 레일과 유도전류를 이용한 충전장치 개발 ○ 관의 내부 자료를 유·무선을 통해 실시간으로 현장제어반을 거쳐 상황실 서버에 동영상 화면으로 전송할 수 있는 시스템 개발 ○ 초음파 수위계, 황화수소측정기 데이터 로거 및 전송 전송장치 개발 ○ 하수박스 내 영상 자료 전송 방식의 온라인용, 이동형 H/W, S/W 개발 ○ 실시간 모니터링을 통한 주요 운영 소프트웨어개발
연구개발 (사업화)성과	<ul style="list-style-type: none"> ○ 관로의 내부상태를 원격 모니터링하기 위한 웹 시스템, 유·무선카메라 및 이송 장치 ○ 암거 내부에 설치되는 레일과 유도전류를 이용한 충전장치 개발 ○ 관의 내부 자료를 유·무선을 통해 실시간으로 현장제어반을 거쳐 상황실 서버에 동영상 화면으로 전송할 수 있는 시스템 개발 ○ 초음파 수위계, 황화수소측정기 데이터 로거 및 전송 전송장치 개발 ○ 하수박스 내 영상 자료 전송 방식의 온라인용, 이동형 H/W, S/W 개발 ○ 실시간 모니터링을 통한 주요 운영 소프트웨어개발 		

과제 15	U-City 도시시설물의 지능화 체계 구축을 위한 상수도관의 중앙 누수모니터링 시스템 개발
연구기간 및 연구비	'12.4~'15.2 (총 정부예산 434백만원)
연구목표	U-city 도시시설물 지능화 체계구축에 필요한 상수도관의 중앙 누수 모니터링 시스템 개발
주요 연구내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 해외 실용화 제품 벤치마킹 <ul style="list-style-type: none"> - 해외 우수제품을 도입하여 분석하고, 국내 실용성을 확인 - 해당 제품은 해외에서 검증된 제품을 분석하고, 국내 실정에 맞게 변경이 가능한 모델을 설정 - 해외벤치마킹 제품 도입시 보다 정확한 근거를 위해 방문/ 현황을 확인 ○ 누수센싱유닛 설계 <ul style="list-style-type: none"> - 국내/외 우수 Piezo 센서 분석을 통해 국내 상수도 환경에 맞게 제품을 설계 및 적용 - 누수센싱유닛 설계 ○ 데이터 로거 HW 와 프로세서 설계 <ul style="list-style-type: none"> - 데이터 수집, 저장, 데이터 분석이 가능한 프로세스를 설계하고 적용계획을 마련. - 정확한 프로세스 설계를 통한 시뮬레이션으로 개발 성공 가능성을 높인다.
최종 연구 성과물	<ul style="list-style-type: none"> ○ 누수센싱유닛 개발(누수센싱유닛은 센서, 신호증폭장치 및 데이터저장시스템) ○ 기존통신망을 이용한 원격 전송시스템 ○ 누수여부/위치를 판단하는 분석/판정 소프트웨어 개발

<p>과제 16</p>	<p>3차원 위치인식 및 무선통신 통합기술을 활용한 친환경 지하구조물 건설현장지원시스템 개발</p>
<p>연구기간 및 연구비</p>	<p>'12.4~'15.2 (총 정부예산 644백만원)</p>
<p>연구목표</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지하구조물 시공시 건설시공의 열악한 환경에 최적화된 MEMS기반의 VI-GNSS(Voice Integrated - Global Navigation Satellite System) 작업자 지원 시스템 및 유비쿼터스 기술 기반의 통합 관제시스템 개발을 통한 지하구조물 건설 현장지원시스템 구축
<p>주요 연구내용</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지하구조물 현장 내 작업자 위치인식 및 무선통신 통합기술 연구 ○ VI-GNSS 기반의 작업자 및 이동차량 단말시스템 개발 ○ 데이터 및 음성 정보 게이트웨이 중심의 현장서버시스템 구축 ○ 유비쿼터스 환경의 위험발생 상황인지 및 대응기술 연구 ○ Ubi-GIS 기반의 지하구조물 현장 관제시스템 구축 ○ 시스템 성능 실험 및 인증 프로세스구축 ○ 지하구조물 현장 적용 및 시스템 보안을 통한 친환경 지하구조물 현장지원시스템 구축
<p>최종 연구 성과물</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 위치인식 및 음성 ? 데이터 통신이 가능한 MEMS기반의 작업자용 단말기 ○ 위치인식 및 데이터 통신이 가능한 차량용 단말기 ○ 데이터 및 음성 통신 게이트웨이 기반의 현장서버시스템 ○ Ubi-GIS기반의 관제시스템


과제 17	도심지 지반함몰 저감을 위한 지하매설물 설치 기술 개발
연구기간 및 연구비	'14.12~'16.6 (총 정부예산 400백만원)
연구목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 도심지 지역에서 지하매설물과 연관된 지반함몰 발생을 저감시키기 위하여 지하매설물 설계, 시공 및 유지관리 전반에 관련된 건설 기술의 고도화를 위한 기획연구를 수행하고자 함. 그리고 지하매설물로 인한 지반함몰 발생의 가장 큰 원인으로 알려진 채움재의 품질 향상을 위하여 관련 분야 기술을 개발
주요 연구내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 안전한 도심지 지하매설물 설치기술 개발을 위한 연구 기획 <ul style="list-style-type: none"> - 국내·외 지하매설물 설계 및 시공 기술 동향 분석 - 도심지 지하매설물 설치를 위한 뒤채움 기준 분석 - 도심지 지반함몰 발생저감을 위한 지하매설물 전주기 기술개발 로드맵 작성 - 지하매설물에 의한 지반함몰 발생원인 및 생애주기 메커니즘 분석 - 지반함몰 징후 예측·사후관리 가이드라인 마련 및 관련 기술 개발 방향 도출 ○ 지하매설물 주변 지반함몰 저감을 위한 고유동성채움재 및 설계시공기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 신설 및 보수용 고유동성채움재 개발 - 지반함몰 최소화를 위한 지하매설물 뒤채움 설계기법 개발 - 도심지 환경에 적합한 고유동성채움재의 시공기법 개발 - 시험시공을 통한 검증 및 설계/시공 지침(안) 제시 - 고유동성채움재를 이용한 지반함몰 복구 기술 제시
최종 연구 성과물	


□ 도로시설 안전·유지관리 분야

연번	과제유형	과제명
1	일반	BIM 기반 도로, 하천 시설물의 건설사업정보 통합관리기술 개발
2	일반	도로관리 효율화를 위한 건설사업정보(건설CALS) 빅데이터 서비스 기술 개발
3	일반	무인검사장비 기반 교량구조물 신속진단 및 평가기술 개발
4	연구단	노후 도로시설(교량, 터널, 사면, 옹벽)의 내진성능관리 의사결정 기술 개발
5	일반	비탈면 대상 조사·점검 개선 및 보강시설 노후화 대응 기술 개발
6	연구단	ICT기반 교량 수명연장을 위한 부분교체 및 저탄소 소재 활용 기술 개발
7	연구단	중소 노후교량 실증기반 성능 및 보수보강 평가 연구
8	연구단	압축강도 80~180MPa급 맞춤형 SUPER 콘크리트 재료 및 구조물 기술 개발
9	일반	드론을 활용한 비탈면 및 도로포장 관리 효율화 기술 개발
10	연구단	도로수명 연장을 위한 고기능성 콘크리트 포장 유지보수 실용화 기술 개발

과제 1	BIM 기반 도로, 하천 시설물의 건설사업정보 통합관리기술 개발
연구기간 및 연구비	'16.09~'21.12 (총 정부예산 5,534백만원)
연구목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 도로·하천 시설물의 생애주기 건설사업정보 통합관리를 위한 플랫폼 기반의 3차원 BIM 작성, 납품 및 검증과 공정-공사비 통합관리 체계 개발 * BIM(Building Information Modeling) : 시설물 생애주기 과정에서 생성·관계되는 다양한 정보의 활용이 가능하도록 구현한 정보모델
주요 연구 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 도로하천 BIM 표준분류체계 및 운영 가이드라인 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 인프라 BIM 표준분류체계 활용 시스템 프로토타입 개발 - BIM 표준분류체계 운영 가이드라인 개발 ○ 하천시설 BIM 형상표준 및 설계도서 납품검증기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - BIM 성과품 납품체계의 현장검증을 위한 계획 수립 및 건설사업정보시스템과의 연계방안 마련 - 하천분야 BIM 형상표준 검증을 위한 시범적용 및 가이드라인 개발 - 통합 플랫폼과 건설사업정보시스템과의 연계를 통한 BIM 실증시험 및 효과분석 ○ 도로하천 BIM 수량-공정 공사비 연계활용기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 인프라 BIM 비정형 객체 물량산출 자동화 모듈(Module) 개발 - 인프라 BIM 수량-공정-공사비 연계활용 자동화 기술 개발 - 모바일 기반 공정-공사비 Viewer개발 ○ 도로하천 BIM 통합플랫폼 및 공정-공사비 BIM Dashboard 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 인프라 BIM기반의 통합플랫폼 개발 및 공정-공사비 BIM Dashboard 설계 - 인프라 BIM기반의 통합플랫폼 모듈 개발 및 연계기술 개발 - 인프라 BIM기반의 통합플랫폼 테스트베드 현장 적용 및 운영 ○ 인프라 BIM 형상표준 지원소프트웨어 개발 <ul style="list-style-type: none"> - IFC커널에 따른 인터페이스 기본 구조설계 - 하천분야 BIM 형상표준 컨버터, 뷰어, 체커 구축 - 하천분야 BIM 형상표준 납품형상 검증 및 통합 테스트 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>※ 인프라 BIM : 도로 및 하천 시설을 대상으로 하는 BIM 기술</p> <ul style="list-style-type: none"> - 도로 시설 : 도로, 터널, 교량, 옹벽, 사면, 배수 및 부대시설 등 - 하천 시설 : 댐, 제방, 보, 우수지시설, 취수시설 및 하상유지공 등 </div>
최종 연구 성과물	<ul style="list-style-type: none"> ○ 도로 및 하천 시설물의 BIM 표준 객체 분류체계 개발('18.4) ○ 하천 시설물의 BIM 형상표준 1차 데이터 스키마(안) 컨셉 모델 개발('18.4) ○ 인프라 BIM 성과품 납품 운영 가이드라인 개발('18.4) ○ 솔리드 기반 비정형 객체 물량산출 자동화 모듈 개발('18.4) ○ 도로, 하천분야 BIM 통합 플랫폼 프로토타이핑 개발('18.4)

과제 2	도로관리 효율화를 위한 건설사업정보(건설CALS) 빅데이터 서비스 기술 개발
연구기간 및 연구비	'18.04~'20.01 (총 정부예산 3,347백만원)
연구목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 건설사업정보시스템(건설CALS*)에서 보유중인 대용량 데이터를 활용한 4개(과적, 비탈면, 점용, 보상)의 서비스를 개발하여 건설CALS 포털시스템을 통해 시범서비스 <ul style="list-style-type: none"> * 건설CALS(Continuous Acquisition & Life-cycle support) : 건설사업의 기획·설계·시공·유지관리 등 소과정의 정보를 관리·지원하는 온라인 시스템 - 과적단속을 위한 최적 위치·시기 예측 기능 개발로 과적차량 단속율 5% 향상 - 비탈면 붕괴 위험도 예측 기능 개발로 해빙기 대책공사비 10% 절감 - 도로점용 허가 가능 여부 예측 기능 개발로 허가 구간 예측 정확도 60% 이상
주요 연구 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 건설분야 빅데이터 현황분석 및 데이터 처리·연계기술 연구 <ul style="list-style-type: none"> - 도로분야 빅데이터 정책, 시장, 기술 등 현황분석 - 건설CALS에서 보유중인 데이터의 추출, 변환 등 데이터 처리기술 연구 - 건설CALS와 연계되는 외부정보 분석 및 연계기술 연구 ○ 건설CALS 빅데이터 서비스 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 과적단속 최적 위치·시기 예측 서비스 기술 개발 및 중량센서 기반 과적예방기준 연구 - 비탈면 붕괴 위험도예측서비스 기술 개발 - 도로점용(연결) 허가 가능구간 예측서비스 기술 개발 - 신규 보상지역 보상비 예측서비스 기술 개발 ○ 건설CALS 빅데이터 서비스 시범적용 및 활용계획 수립 <ul style="list-style-type: none"> - 빅데이터 서비스 테스트베드 구축계획 수립 - 국토관리청 등을 대상으로 테스트베드 구축 및 시범적용 - 시범서비스 결과 분석, 활용 및 확대 발전방안 도출
최종 연구 성과물	<ul style="list-style-type: none"> ○ 과적단속 최적위치·시기 예측서비스 ○ 비탈면 붕괴 위험도 예측서비스 기술 ○ 도로점용(연결) 허가 가능구간 추정 서비스 기술 ○ 중량센서 기반 과적예방기준 ○ 보상비 추정서비스 기술 <p style="text-align: center;"><최종서비스 개념도></p>

과제 3	무인검사장비 기반 교량구조물 신속진단 및 평가기술 개발
연구기간 및 연구비	'18.04~'20.01 (총 정부예산 3,347백만원)
연구목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 무인검사장비(드론)를 활용하여 접근이 힘든 대형 교량의 외관상태 신속진단 및 평가 기술 개발
주요 연구 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 무인검사장비(드론)를 활용한 교량 외관조사 검사기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 교량 외부환경(풍속, 통신거리, 비행시간 등)에서 외관 조사를 위한 무인 검사장비 개발 - 외부환경 자율운행을 위한 플랫폼 개발 - 무인검사장비의 수집데이터 저장 및 처리 운용 지상관제장치(Ground Control Station) 개발 등 ○ 무인검사장비 수집데이터를 이용한 교량상태진단 및 평가기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 이종영상(2D/3D, 초분광 카메라 등) 데이터 융합 기반 교량 비접촉식 상태검사 기술 개발 - 강재(표면 도막 두께, 부식, 균열 등) 및 콘크리트(균열, 백태, 박락 등) 손상 검출 정량화 기술 개발 - 수집 데이터와 기존 BMS 연계를 통한 성능등급 산정 기술 개발
최종 연구 성과물	<ul style="list-style-type: none"> ○ 교량 외관조사용 무인검사장비 시작품 <ul style="list-style-type: none"> * 최대풍속(10m/s) 기준 비행안정성 확보 및 통신거리(3km)를 위한 형상 개선형(모터, 프로펠러, 짐벌 장치 등) 무인검사장비 시작품 제작 ○ 외부환경에서의 자율운동 플랫폼 ○ 무인검사장비의 운영 및 원격통제가 가능한 지상관제센터 시작품 ○ 강재균열 정량화 및 볼트연결부 손상 진단 기술 ○ 콘크리트 균열, 백태, 박락 정량화기술  <p style="text-align: center;"><최종서비스 개념도></p>

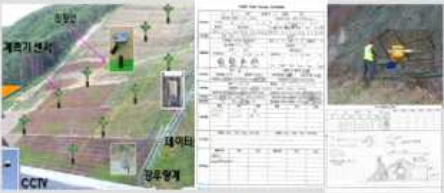

과제 4	노후 도로시설(교량, 터널, 사면, 옹벽)의 내진성능관리 의사결정 기술 개발
연구기간 및 연구비	'18.04~'20.01 (총 정부예산 9,565백만원)
연구목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지진재난의 사전예방·대비 체계 구축을 위하여 노후화된 도로시설물(교량, 터널, 사면, 옹벽)의 지진취약도 분석을 통한 내진성능관리(보수·보강) 의사결정지원 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 내진성능 수준(기능수행, 즉시복구, 장기복구, 붕괴방지)별 부재손상수준 정량화 - 노후화된 도로시설물(교량, 터널, 사면, 옹벽)의 지진취약도 분석 <ul style="list-style-type: none"> * 지진취약도 함수 : 지진의 강도에 따라 구조물이 일정 수준 이상의 피해를 입을 확률 함수 - 도로시설 및 도로망의 사회·경제적 지진피해를 고려한 내진성능관리(보수·보강) 의사결정지원 기술 개발
주요 연구 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ (1세부) 도로시설의 노후도를 고려한 물리적 지진취약도 평가기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 도로의 중요도(등급)에 따른 내진성능수준 및 부재손상수준 결정 기술 개발 - 도로시설물의 지진취약도 평가 기술 개발(노후도 및 보수보강 효과 고려) - 도로 시설물 대표재료의 노후화 및 보강 특성 모델 개발 - 도로 시설물의 구성요소별, 손상모드별 내진 보수보강 공법 라이브러리 구축 ○ (2세부) 도로망의 지진복원력 평가를 통한 노후 도로시설의 내진성능관리 의사결정지원 기술 개발 및 시범적용 <ul style="list-style-type: none"> - 노후 도로시설 내진성능관리 의사결정지원 시스템 Test Bed 실증 - 노후 도로망의 확률론적 내진성능평가 및 보수보강 의사결정지원 기술 개발 - 도로시설 노후도를 고려한 도로망 내진성능 저하 및 회복 평가 기술 - 노후 도로시설 및 도로망의 사회·경제적 복원력 유형 분석 및 평가 기술 개발
최종 연구 성과물	<ul style="list-style-type: none"> ○ 내진성능수준에 대한 시설물 및 부재별 손상수준(안) ○ 교량의 지진취약도 평가 절차서 ○ 터널, 사면, 옹벽의 지진취약도 평가 기술 절차서 ○ 콘크리트 시설물 노후화 평가 매뉴얼 ○ 내진성능 의사결정 제도 ○ 교량부재별 내진 해석 모델 ○ 내진성능 보수보강 공법 매뉴얼 ○ 보수보강 의사결정지원 S/W <div style="text-align: center;">  <p><내진성능 의사결정지원 S/W></p> </div>

과제 5	비탈면 대상 조사·점검 개선 및 보강시설 노후화 대응 기술 개발
연구기간 및 연구비	'19.04~'21.12 (총 정부예산 4,780백만원)
연구목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 인력에 의존하던 비탈면 조사·점검 기술의 선진화를 위하여, 비탈면 지형정보 3차원 도면화 및 유지관리 이력정보의 체계적 관리를 위한 기술 개발
주요 연구 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 비탈면 지형정보 3차원 도면화를 통한 위험·취약부 자동추출 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 2차원 영상자료를 이용한 비탈면 지형정보(붕괴위험범위 포함) 3차원 도면화 기술 개발(알고리즘 및 자동화 프로그램, 비탈면 실측 제원 오차율 5% 이하) - 비탈면 위험·취약부 자동추출 정확도 90% 이상 기술 개발(인력기반 현장조사 결과와 본 기술 개발 결과간의 정확도 비교) ○ 토사층 대상 자가 굴진이 가능한 휴대용 시추기 및 지층정보 자동분석 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 토층심도까지 시추·조사 가능(최소 심도 3m 이상)한 장비 - 비탈면 지층정보, 강도 및 함수비 수집·분석 가능 장비(신뢰도 90% 이상) ○ 유지관리 이력정보 기반의 관리대상 비탈면 보호·보강시설 성능 평가기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 국내 도로(고속·일반국도, 지방도) 및 철도 비탈면 보호·보강시설 성능평가 현황 및 관리실태 조사 연구 - 주요 보강시설별 정량적 성능평가기준 및 최적 유지관리 방안 제시 - 비탈면 보호시설(낙석방지망, 낙석방지울타리, 측구 등) 설치 조건을 고려한 성능등급 및 성능평가 방법(안) 제시 ○ 비탈면 계측·모니터링 장비의 사용 성능평가 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 유지관리를 고려한 계측기기 성능평가 방법 및 매뉴얼 제시 ○ 비탈면 관리대상 중 시범적용 구간(테스트베드)을 선정 및 개발기술 활용성 검증 ○ 노후 도로시설 및 도로망의 사회·경제적 복원력 유형 분석 및 평가 기술 개발
최종 연구 성과물	<ul style="list-style-type: none"> ○ 비탈면 위험/취약 분석 기법 및 프로토 타입 평가표 개발 ○ 3차원 영상자료 위험/취약 인자 자동추출 기술 개발 ○ 지층정보 계측 센서 검증 ○ 휴대용 시추기 시제품 ○ 비탈면 보호/보강시설 손상도 자동 추출 기술 개발 ○ 비탈면 보호/보강시설 성능 평가기준 정량화 ○ 주요 계측기 환경조건별 성능평가 ○ 주요 계측기 장기공용성 평가

과제 6	ICT기반 교량 수명연장을 위한 부분교체 및 저탄소 소재 활용 기술 개발
연구기간 및 연구비	'13.6~'18.12 (총 정부예산 21,920백만원)
연구목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 교량 생애주기에서 발생하는 탄소발생량의 30% 절감 및 공용수명 100년을 보장하기 위한 중경간(경간장 200m 이내) 교량 기술 개발
주요 연구 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ (1세부) 부분 조립 및 교체가 가능한 지능형 급속시공 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 부분교체용 프리캐스트 바닥판 급속시공 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> * 경간장 60m 강박스 교량 바닥판 기준 5일 → 4일 공기단축 - 지능형 교각 급속시공 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> * 기존 현장타설 교각 대비 공기단축 50% 향상(높이 10m 교각 기준) - 교량 바닥판 친환경 급속 부분해체 기술 개발 등 ○ (2세부) 저탄소 소재활용 친환경 교량 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 저탄소 소재를 활용하여 철근이 절감이 가능한 PSC 거더 개발 <ul style="list-style-type: none"> * 산업부산물 50% 치환 및 철근사용 70% 이상 절감 - 고성능 내후성강(장수명 강재) 이종 강재 혼용을 통한 하이브리드 거더 개발 - 내진성능 향상 복합교각 개발 - 장수명 FRP 보강근 콘크리트 바닥판 개발 등 ○ (3세부) 예방적 유지관리를 위한 지능형 친환경 통합 관리 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - ICT 기반 국부손상(피로균열, 텐던 긴장력 저하) 감지기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> * 강교량 용접부 폭 30μm 피로균열 감지 및 PT텐던 긴장력 50kN 완화 감지 - 센싱 기반 형상관리 및 정밀시공 관리기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> * 조립부재 형상계측 오차 50mm 이내 및 실시간 부재위치 측정오차 30mm 이내 - 저탄소 고성능 환경부하 저감형 보수·보강 기술(산업부산물 활용 보수 모르타르) 개발 등
최종 연구 성과물	<ul style="list-style-type: none"> ○ 비정형 프리캐스트 바닥판 시제품 ○ 콘크리트 다천공 장치 시제품 ○ Headed FRP 보강근이 적용된 바닥판 ○ 조립부재 정밀시공가이드 통합시스템 ○ 조립식 교각 설계/시공지침 기준(안) ○ 내후성강 하이브리드 거더 ○ 강교량 대상 장기 모니터링 통합시스템

과제 7	중소 노후교량 실증기반 성능 및 보수보강 평가 연구
연구기간 및 연구비	'17.04~'21.01 (총 정부예산 20,000백만원)
연구목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 국내의 철거(예정) 및 폐교량을 활용하여, 안전 사각지대에 있는 중소 노후교량의 수명연장을 위한 보수·보강기술, 유지관리 제도 개선 방향 도출 및 장수명화를 위한 요소기술 확보 * 중소 노후교량 : 경간장 80m 이내, 공용연수 30년 이상 또는 안전등급 C이하의 콘크리트 교량
주요 연구 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ (1세부) 중소 노후 콘크리트교량 성능 및 보수보강 실험검증 연구 <ul style="list-style-type: none"> - 국내 중소 노후 철거(폐) 교량을 활용한 성능실험 및 보수·보강 전·후 실험 검증 - 보수·보강 성능평가 기준 및 보수·보강 적용 이후 노후 교량의 성능 향상에 대한 정량적 평가 기술 개발 - 노후교량의 최적 보수·보강 방법 및 시기 등 의사결정 지원시스템 개발 및 노후교량 전용 DB구축 ○ (2세부) 중소 노후교량 성능평가 기술개발 및 개선방안 제시 <ul style="list-style-type: none"> - 중소 노후교량의 성능평가 및 장기 성능예측 기술 개발 - 정량적 성능기반의 합리적인 노후교량 유지관리 방안 개발
최종 연구 성과물	<ul style="list-style-type: none"> ○ 노후교량 현장 파괴 실험 시스템 시작품 제작 ○ 탄소섬유 내장 데이터 획득장치(DAQ) ○ 신뢰도기반 교량 내하력평가 및 다중데이터 성능평가 기술 ○ 노후화에 따른 성능저하 모델 및 부재 수준 성능저하 평가 기술 ○ 공용중 노후교량 운행 차량 하중 장기 모니터링 및 상시계측시스템 ○ 보수보강기술 평가시험법 및 요구성능 ○ 중소 노후교량 전용 CAD 도면 및 BIM 파일을 자동 생성 가능한 3D 스캔 도면 생성 미들웨어 시스템

과제 8	압축강도 80~180MPa급 맞춤형 SUPER 콘크리트 재료 및 구조물 기술 개발
연구기간 및 연구비	'13.12~'18.08 (총 정부예산 23,181백만원)
연구목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 80~180MPa급 SUPER 콘크리트 재료 및 구조물 핵심 설계·제작·시공 기술의 융·복합을 통하여, 세계 최고 수준의 콘크리트 구조물 건설기술 확보
주요 연구 내용	<ul style="list-style-type: none"> ○ (1세부) 80~180MPa급 맞춤형 SUPER Concrete 제조기술 및 재료모델·지침 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 80~120MPa급 굵은골재 사용 SUPER Concrete, 120~180MPa급 섬유보강 SUPER Concrete 개발 등 ○ (2세부) SUPER Concrete 구조 성능검증 및 설계지침 개발 <ul style="list-style-type: none"> - SUPER Concrete 구조의 성능을 실험적으로 검증, 실증적이고 물량절감이 가능한 SUPER Concrete 구조설계지침 개발 등 ○ (3세부) SUPER Concrete 활용 저비용·장수명·고품질 구조물 개발 <ul style="list-style-type: none"> - SUPER Concrete 활용 200~1,000m 사장교 상부구조, 40~60m 하이브리드 교량 상부구조 시스템 및 건축구조요소 설계·시공기술 개발 등
최종 연구 성과물	<ul style="list-style-type: none"> ○ 80~180MPa급 SUPER Concrete 구성재료 최적화 및 배합설계기술 ○ SUPER Concrete 내구성능 및 수명 평가 기술 ○ 해외 맞춤형 SUPER Concrete 제조기술 ○ SUPER Concrete 제조지침(안) 및 시방서(안) ○ SUPER Concrete 구조 거동별 성능평가 및 설계지침 개발 ○ SUPER Concrete 구조 실험 및 상세설계지침 개발 ○ SUPER Concrete 활용 교량 상부구조 개발 및 실용화 ○ SUPER Concrete 활용 프리캐스트 풍력타워 개발 ○ SUPER Concrete 활용 부유식 구조물 개발 ○ SUPER Concrete 활용 건축 구조요소 및 시공기술 개발

<p>과제 9</p>	<p>드론을 활용한 비탈면 및 도로포장 관리 효율화 기술 개발</p>
<p>연구기간 및 연구비</p>	<p>'18.04 ~ '20.12 (총 정부예산 4,309백만원)</p>
<p>연구목표</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 드론을 활용한 도로 비탈면 및 포장 관리의 효율성과 안전성 향상을 위한 도로 비탈면 변위, 포트홀, 포장상태지수(PCI, Pavement Condition Index) 측정 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> * 드론은 국토교통 7대 신성장 동력에 해당하고, 첨단기술 도입을 통한 SOC 시설물 유지관리 효율화는 부처 중점 추진과제임 - (목표성능) 변위측정 정확도 : 5cm, 포트홀(직경 15cm 이상) 검지율/오검지율 : 80%/10%, PCI 측정 상관도 : 0.7 - (개발효과) 도로 조사시간 1/15 단축(개소당 조사시간 15일→1일), 기존 비탈면 측정시스템 1/40(40개소/드론 1식) 예산절감(약 58억원*) <ul style="list-style-type: none"> * 상시계측시스템 60억원(40개소×1.5억원/개소) - 2억원(드론1식) = 58억원
<p>주요 연구 내용</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 드론 장착 SAR* 센서를 활용한 비탈면 변위 측정기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> * 합성 개구 레이더(Synthetic Aperture Radar) : 전파 반사·수신으로 대상물 방향, 거리 확인 가능 - 드론 촬영 SAR 영상 기반 비탈면 3D 프로파일링 기술 개발 - 시계열 SAR 자료 해석 및 GIS 맵 기반 위험 비탈면 가시화 기술 개발 - 비탈면 변위 측정 및 가시화 결과 평가·검증 기술 개발 ○ 드론 장착 영상(E0*) 센서를 활용한 포트홀 탐지기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> * 전자광학 장비(Electro Optical Equipment) : 촬영된 영상을 전기신호로 바꿔 실시간 전송 가능 - 드론 촬영 영상 분석 기반 포트홀 탐지 및 면적 산출 기술 개발 - GIS 맵 기반 포트홀 데이터 가시화 기술 개발 - 포트홀 탐지 및 가시화 결과 평가·검증 기술 개발 ○ 드론 장착 초분광(Hyperspectral*) 센서를 활용한 포장 노후화 상태 측정기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> * 최대 1,000개 정도의 좁은 스펙트럼 밴드 촬영 가능하여 물체의 반사특성을 기록, 지형·지물 구분 - 초분광 데이터와 포장상태지수(PCI) 기준값 매칭 라이브러리 구축 - 포장관리시스템(PMS, Pavement Management System) 및 이동형매핑시스템(MMS, Mobile Mapping System) 맵 기반 PCI 데이터 가시화 기술 개발 - 포장 노후화 상태(PCI) 측정 및 가시화 결과 평가·검증 기술 개발
<p>최종 연구 성과물</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 비탈면 변위 측정을 위한 SAR(L밴드) 센서 장착 드론 시스템(H/W, S/W) <ul style="list-style-type: none"> * (목표성능) 변위측정 정확도 : 5cm, 비탈면 변위위치 가시화 정확도 : 2m <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div data-bbox="363 1608 853 2004" style="border: 1px solid gray; padding: 5px;"> <p style="text-align: center;">기존 시스템</p> <p>ASIS</p> <p>• 도로 비탈면 유지관리시스템</p>  <ul style="list-style-type: none"> • 도로비탈면유지관리 시스템, 현재 146개소 현장 관리 • 유선 센서를 활용한 사면변위 관리시스템 적용(개소당 1.5억원) • 센서 미설치 지역의 경우 인력에 의한 현장 조사 수행 </div> <div data-bbox="874 1608 1380 2004" style="border: 1px solid gray; padding: 5px;"> <p style="text-align: center;">드론 기반 비탈면 관리 시스템</p> <p>TOBE</p> <p style="text-align: right; color: blue;">드론 활용</p> <p>✓ 드론 항공 영상 (SAR-L) 기반 사면 위험도 분석</p>  <ul style="list-style-type: none"> • 무인 시스템을 활용한 접근 위험 사면 관리 가능 • 센서 설치 Free로 경제적인 사면관리 시스템 구축 • 시계열 비탈면 변위 분석을 통해 장단기 위험도 분석 가능 </div> </div> <p style="text-align: center;">[비탈면 변위 측정 드론]</p>

○ 영상 센서 기반 포트홀 사전/사후 탐지 드론 시스템(H/W, S/W)

* (목표성능) 포트홀 검지율 : 80%, 포트홀 오검지율 : 10%, 포트홀 위치 가시화 정확도 : 2m



[포트홀 탐지 기술]

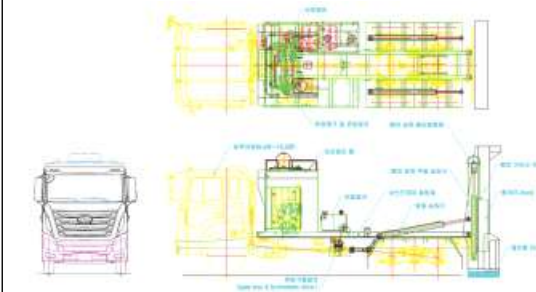
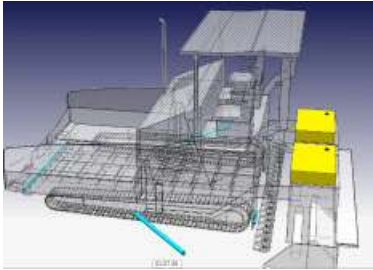
○ 초분광 센서 기반 포장상태 지수(PCI) 측정 드론시스템(H/W, S/W)

* (목표성능) 기준 값 대비 PCI 측정 상관계수 : 0.7, PCI 측정위치 가시화 정확도 : 2m



[포장 노후화 상태 측정기술 개발]

과제 10	도로수명 연장을 위한 고기능성 콘크리트 포장 유지보수 실용화 기술 개발														
연구기간 및 연구비	'18.04~'22.12 (총 정부예산 12,925백만원)														
연구목표	<p>○ 노후화된 무근콘크리트 줄눈포장(JPCP) 도로* 대상으로, 신설 도로품질에 준하는 효과적인 유지관리 방안(평가기준, 보수설계법 등) 제시, 시멘트 및 아스팔트 콘크리트 계열의 최적 유지보수 실용화 기술(시공법, 장비, 재료 등) 개발</p> <p>* 무근콘크리트 줄눈포장도로 : 고속도로 전체 포장 중 60.45%에 해당('15년 국토부 도로현황조사)</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>단면파손</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>부분단면보수</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>보수부위 재파손</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>파손부 확대</p> </div> </div> <p style="text-align: center;">[도로 파손의 확대]</p>														
주요 연구 내용	<p>○ (1세부) 도로효율 재창출을 위한 JPCP 유지보수 공법 적용 기준 및 품질관리 향상방안 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> - (목표) 노후도로의 효과적 유지관리를 위한 Total Solution 제공 - (개발기술) 포장파손 유형별 원인규명을 통한 유지보수 공법 적용논리 개발, 유지보수 품질관리 향상을 위한 평가기법 및 기준개발, 현장 실무형 유지보수 설계법 개발 <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>SH</td> <td>UV</td> <td>MIRA</td> <td>CTS</td> <td>GPR</td> <td>IE</td> <td>CRM</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table> <p style="text-align: center;">첨단 비파괴 장비를 활용한 콘크리트 포장 열화 진단법 개발</p> <p>○ (2세부) 사용자 중심 시멘트 콘크리트 계열 덧씌우기 실용화 공법 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> - (목표) 20년 도로수명연장/5 dB(A)소음 저감형 고기능성 시멘트 콘크리트 유지보수 실용화 공법 개발 - (개발기술) 연장 수명 20년 목표 유지보수형 콘크리트 포장 덧씌우기 실용화 기술 개발, 사용자 중심-고기능성(저소음, 5dB 저감 이상) 표층 유지보수 재료 및 공법 개발 <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">    </div> <p style="text-align: center;">자주식 페이버를 이용한 연속철근 콘크리트 포장 덧씌우기 공법 개발</p>	SH	UV	MIRA	CTS	GPR	IE	CRM							
SH	UV	MIRA	CTS	GPR	IE	CRM									
															

<p>과제 10</p>	<p>도로수명 연장을 위한 고기능성 콘크리트 포장 유지보수 실용화 기술 개발</p>
	<ul style="list-style-type: none"> ○ (3세부) 노후 콘크리트 기층화를 통한 아스팔트 콘크리트 계열 덧씌우기 장수명화 공법 개발 <ul style="list-style-type: none"> - (목표) 반사균열 60%저감/부착성능 50%향상목표 아스팔트 콘크리트 포장 유지보수 실용화 공법 개발 - (개발기술) 아스팔트 콘크리트 덧씌우기 효과 최적화를 위한 반사균열(60%) 저감형 전처리 시공 기술 개발, 고성능(부착강도 50% 향상) 저비용 아스팔트 덧씌우기 포장 택코팅 공법 개발 <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>반사균열 60 % 저감형 전처리 장비</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>부착성능 50%향상 택코팅 동시포설 장비</p> </div> </div>
<p>최종 연구 성과물</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 첨단 비파괴 장비를 활용한 콘크리트 포장 열화부 평가 기술 ○ 콘크리트 포장 열화부 제거확인/평가/시공품질 관리기법 ○ One-lane Paving 개념 콘크리트 포장 덧씌우기 공법 <ul style="list-style-type: none"> - 한 차로만을 이용한 급속 콘크리트 재포장(Renewal) 기술 개발 ○ 반사균열 저감형 전처리 기술/급속경화 택코팅 관련 기술 <ul style="list-style-type: none"> - 길러틴 해머 방식 전처리 장비 및 택코팅 동시포설장비 개발