

발간등록번호

11-B552989-000632-11

2021



Korea Agency for Infrastructure
Technology Advancement



국토교통 R&D 동향조사

- 시설물 분야 -



CONTENTS

Korea Agency for Infrastructure
Technology Advancement

보고서 목차

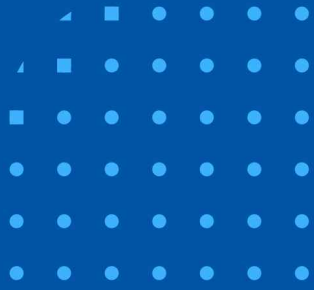
키워드로 보는 정책동향	1
국내외 동향요약	5
제1장 개요	13
01. 정의 및 분야	15
02. 조사의 필요성	17
제2장 정책동향	19
01. 미국	21
02. EU	24
03. 영국	26
04. 일본	27
05. 중국	29
06. 한국	31
제3장 시장동향	39
01. 교량	41
02. 터널/지하공간	45
03. 특수구조물	49
제4장 기술동향	53
01. 교량	55
1-1. 강구조/합성구조 교량	55
1-2. 콘크리트 교량	57
1-3. 신소재 복합재료 교량	60
1-4. 케이블 교량	61
02. 터널/지하공간	62
2-1. 육상	62
2-2. 침매/부유식	64
2-3. 해저/대심도	67
2-4. 지하대공간	69

CONTENTS

Korea Agency for Infrastructure
Technology Advancement

보고서 목차

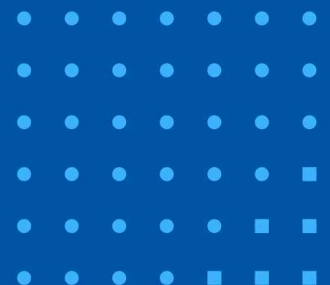
03. 비탈면/지반/기초	71
3-1. 비탈면 보호/보강/유지관리	71
3-2. 지반조사/개량	72
3-3. 육상/해상 기초	74
04. 특수구조물	75
4-1. 방호/방폭 구조물	75
4-2. 우주 구조물	77
05. 시설물 유지관리	81
제5장 사회·환경동향	83
제6장 주요 이슈 및 시사점	91
참고문헌	95

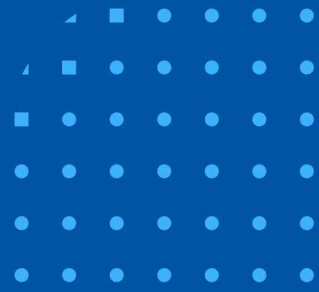


Korea Agency for Infrastructure
Technology Advancement



키워드로 보는 정책동향



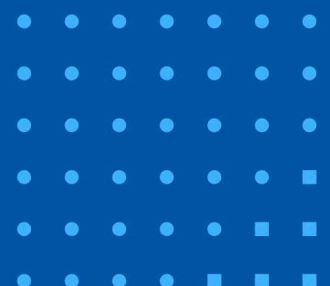


Korea Agency for Infrastructure
Technology Advancement



국내외 동향요약

01. 정책동향	7
02. 시장동향	8
03. 기술동향	9
04. 사회·환경동향	10



국내외 동향요약

01

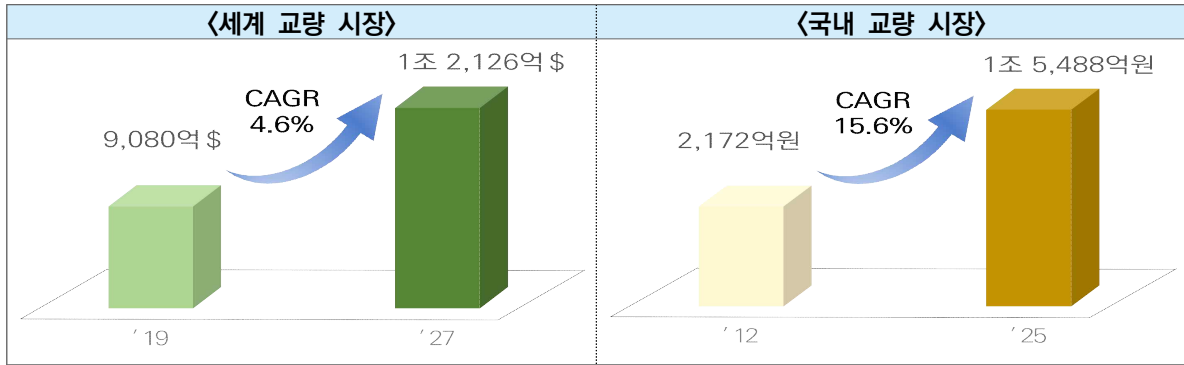
정책동향

구분	내용
 미국	<p>□ 인프라 시설 신규건설 및 유지보수를 위한 국가적 지원</p> <ul style="list-style-type: none"> - 노후화된 인프라 시설물 유지보수를 위한 투자 시급 - 인프라 유지보수 및 일자리 창출을 위한 인프라 투자 계획 법안 통과 - 기반시설 재건을 위한 10억 달러 규모의 보조금 지원 프로젝트 추진 - 달 유인탐사와 기지건설을 위한 아르테미스 프로젝트 진행
 EU	<p>□ EU 회원국 간 교통 인프라 다양화 및 현대화 추진</p> <ul style="list-style-type: none"> - 녹색교통 시스템 확충을 위한 스마트 모빌리티 전략 발표 - 에스토니아 탈린-핀란드 헬싱키 간 해저 철도 터널 건설 추진 - 크로아티아 교통 인프라 현대화 추진을 위한 EU 지원금 지급 예정 - 3D 프린터를 이용한 장기체류형 유인 달기지 건설 계획
 영국	<p>□ 탄소중립과 국내 현안을 동시에 해결하는 인프라 정책 추진</p> <ul style="list-style-type: none"> - 인프라 품질을 개선하여 탄소중립을 달성하기 위한 국가 인프라 전략 발표 - 경제력 격차가 큰 지역 간 공공 교통 인프라 건설 프로젝트(HS2) 진행
 일본	<p>□ 인프라 건설·유지·보수 분야의 탈탄소화, 디지털 전환, 장수명화 추진</p> <ul style="list-style-type: none"> - 지구온난화 완화책을 수립하고 인프라 건설 분야에서 탈탄소화 추진 - 사회자본정비중점계획에 인프라의 디지털 전환 및 탈탄소화 목표 추가 - 인프라 시설물 유지관리 및 갱신을 위한 인프라 장수명화 추진 - 게이트웨이·아르테미스 프로그램에 참여하여 달 탐사 계획 진행
 중국	<p>□ 인프라 현대화 및 고수준 달성을 위한 정부 주도 정책 추진</p> <ul style="list-style-type: none"> - 국가종합입체교통 배치 최적화를 위한 국가종합입체교통망규획요강 발표 - 편리·순탄·경제적·고효율적·녹색집약적·스마트선진적·안전신뢰성 등을 두루 갖춘 국가종합입체교통망 구축 목표 - 정부 주도하에 우주강국 부상을 위한 中-露 국제달연구기지 공동 건설 추진
 한국	<p>□ 인프라 유지관리·성능 개선을 도모하고 미래 첨단기술 전환 대비</p> <ul style="list-style-type: none"> - 인프라의 체계적 유지관리 및 성능 개선을 위한 기반시설관리 기본계획 시행 - 광역자치단체별 기반시설 체계적 유지관리 및 성능 개선 - 한국판 뉴딜 종합계획을 추진하며 핵심 인프라 통합 관리 정책목표 제시 - 미래형 교통체계로의 전환 대비 및 첨단기술 활용 유지관리 고도화 추진 - 유인 달 탐사 아르테미스 프로젝트에 합류 및 국제 우주탐사 프로젝트 참여

02

시장동향

□ (교량) 세계 교량 시장은 아시아를 중심으로 지속적인 성장세를 유지하고 있으며, 국내 교량 시장도 지속적으로 성장



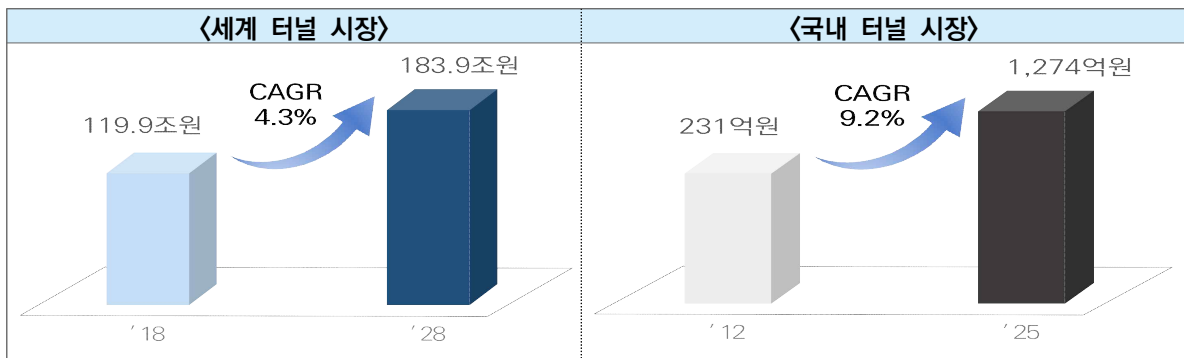
○ (세계시장) '19년 기준 교량 건설시장 규모는 약 9,080억 달러이며, '27년까지 약 1조 2,126억 달러로 증가할 것으로 전망(4.6%↑)

※ 출처 : Allied Market Research, Bridge Construction Market Worth \$1,212.6 Billion, 2020.12

○ (국내시장) '12년 기준 교량 건설시장 규모는 약 2,172억 원이며, '25년까지 약 1조 5,488억 원으로 증가할 것으로 전망(15.6%↑)

※ 출처 : 국토교통과학기술진흥원, 미래환경변화 대응 도로인프라 혁신기술개발 기획 최종보고서, 2020.12.01

□ (터널/지하공간) 터널 시장은 세계적으로 성장세이며, 육상터널 대비 발주 물량은 적지만 대규모로 진행되는 특성을 가진 해저터널의 잠재적 시장 규모 급성장 전망



○ (세계시장) '18년 기준 터널 건설시장 규모는 약 119.9조 원이며, '28년까지 약 183.9조 원으로 증가할 것으로 전망(4.3%↑)

※ 출처 : 국토교통과학기술진흥원, 메가스트럭처 자립건설 기술개발 사업 최종보고서, 2019.05.17

○ (국내시장) '12년 기준 터널 건설시장 규모는 약 231억 원이며, '25년까지 약 1,274억 원으로 증가할 것으로 전망(9.2%↑)

※ 출처 : 국토교통과학기술진흥원, 미래환경변화 대응 도로인프라 혁신기술개발 기획 최종보고서, 2020.12.01

03

기술동향

구분	내용
강구조/합성구조 교량	<ul style="list-style-type: none"> - I형 강재거더가 콘크리트 자중을 부담하고 콘크리트 내 텐던 교차 배치를 통해 프리스트레스트 강합성 거더를 개발 - 도로선형 기반 3D 정보모델을 활용하여 강구조 교량을 설계하고, 프리맵 혁신기술을 활용하여 디지털 가조립 시스템 개발 진행
콘크리트 교량	<ul style="list-style-type: none"> - 건설산업 생산성과 현장인력 효율성 향상을 위해 콘크리트 프리캐스트 기술 및 유관 디지털 기술 개발 - 콘크리트 교량 유지관리를 위해 비파괴 검사 및 자기치유 콘크리트 등 새로운 콘크리트 교량 공법 개발
신소재 복합재료 교량	<ul style="list-style-type: none"> - 콘크리트와 강재를 대체할 수 있는 비부식성·경량·고강도 복합신소재 건설재료 개발 진행 - FRP 복합신소재를 이용한 교량은 선진국을 중심으로 건설 중이며, 국내에서도 복합신소재 응용 연구 진행
케이블 교량	<ul style="list-style-type: none"> - AS 공법은 와이어 단위로 시공하여 보강형을 가설하면서 3차원 형상으로 교량 설계 가능 - 세계 최장 현수교 '터키 차나칼레 1915 대교'를 국내기업이 시공 중이며, 세계 최초 경사 주탑 현수교 '노랑대교'에 AS 공법 적용
육상 터널	<ul style="list-style-type: none"> - 터널굴착 시 지하수 유출에 의한 부식을 방지하여 경제성·안전성을 개선하는 CFT 강관지보재 시공기술 개발 - 터널 갱구부 깎기 비탈면을 배제·최소화하여 터널 안전성·시공성을 향상시키는 친환경 터널 갱구부 공법 개발
침매/부유식 터널	<ul style="list-style-type: none"> - 독일-덴마크 페마른벨트 해저터널, 노르웨이 E39 피오르드 크로싱 프로젝트 등에 침매/부유식 터널 기술 적용/개발 - 우리나라는 한중 해저터널 구상안에 침매공법을 포함한 다양한 시공 방안을 검토하고, KAIST에서는 부유식 터널 공법 연구 진행
해저/대심도 터널	<ul style="list-style-type: none"> - NATM, 지능형 멀티 그라우팅 시스템, 압지보, 슛크리트 공법들을 적용하여 충남 보령해저터널 시공
지하대공간	<ul style="list-style-type: none"> - 자율주행·인공지능을 활용하여 지하공간 위험요소를 감지하는 자동화 점검 로봇 기술개발 - 지하연속벽의 패널 간 연속성을 확보하여 지진을 견딜 수 있는 내진 지하연속벽 공법 개발
비탈면 보호/보강/유지관리	<ul style="list-style-type: none"> - 도로 비탈면의 지반변위를 원격자동으로 측정하고, 측정결과를 실시간 관리자에 통보해 붕괴 위험징후를 사전에 감지, 도로차단 등 응급조치를 통해 피해 예방이나 최소화를 실현
지반조사/개량	<ul style="list-style-type: none"> - 지반 상태와 특성을 면밀히 분석, 침하 예측 시스템을 구축하여 지반 정보 특성, 지반개량, 시공·계측 자료로 관리 및 활용 - 비탈면 지반정보 조사·분석 시 기존의 인력 의존 방식에서 벗어나 휴대용 시추기 개발 등 첨단장비 기반 기술로 선진화
육상/해상 기초	<ul style="list-style-type: none"> - 풍력, 태양광을 비롯한 신재생 에너지 산업을 통해 에너지 전환 추진
방호/방폭 구조물	<ul style="list-style-type: none"> - 방탄방폭 및 EMP 방호까지 동시에 할 수 있는 고성능 복합재료 콘크리트 및 방호구조물 기술을 개발하여 구조물 손상 방지
우주 구조물	<ul style="list-style-type: none"> - 달 지상 탐사를 위한 탑재체와 현지자원 활용 재료 고형화 연구 등 우주건설 핵심기술 개발 진행
시설물 유지관리	<ul style="list-style-type: none"> - 시설물 노후화 분석·평가 기술의 국산화가 추진되고 있으며, 글로벌 선도업체의 유지관리 시뮬레이션 소프트웨어는 이미 전 세계 교량 관리 수행

04

사회·환경동향

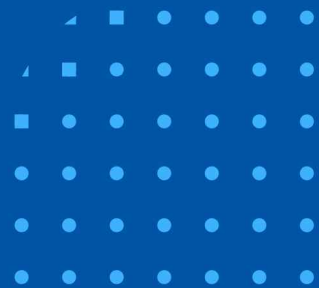
- [경기부양 정책적 SOC 투자] 코로나19로 인해 민간소비가 지속적으로 감소하고 있으며, 이를 해결하기 위해 국내외 SOC 투자를 확대하는 움직임들이 보이고 있는 상황
 - SOC 투자는 경제 성장과 일자리 창출에 큰 효과가 있는 것으로 분석되고 있으며, 미국, 영국 등 주요 국가들은 경기 회복과 경제성장을 위해 SOC 투자 확대
 - 국내에서도 핵심 사회기반시설의 노후화가 빠르게 진행되고 있어 '22년 적정 SOC 투자 규모로 53조 원 예상
 - '지속가능한 기반시설 관리 기본법'에서 정의하고 있는 15종 시설에 대한 데이터를 통합적으로 관리하는 기반시설통합관리시스템 구축 진행
- [인공지능기술 활용] AI 기반 균열 자동탐지 시스템 구축 등 시설물 점검의 첨단화 추진
 - 터널 및 교량 분석을 위한 첨단장비 개선 및 AI 분석기술 고도화로 스마트 구조물 점검 체계 구축
 - AI 분야를 활용한 데이터 기반 열화모델 구축 노력
 - 스마트 진단키트 등을 통한 교량 관리시스템 강화
- [방호 기술 발전] EMP 포함 전자적 침해 대응 방안 마련을 위해 국회를 중심으로 '19년 EMP 방호포럼을 개최하여 정부가 전파법을 강화하며, EMP 방호대책 강구
 - EMP 위협에 대응이 필요한 민수시설로는 운송, 에너지, 방송, 이동통신 및 국가지도 통신망 등 국가 주요 정보통신 기반시설이 있으며, 이 중에서 국가지도 통신망과 일부 에너지 시설에서 EMP 방호시설 보유
 - '정보통신기반 보호법'에 따르면 약 400개의 민수시설이 국가 주요 정보통신 기반시설에 해당
 - 국방 군사시설의 경우 국가방위의 전략적, 기술적 측면에는 EMP 공격에 대한 방호대책을 마련하고 있고, 중장기 계획에 따라 방호시설 구축 추진
 - 현재는 방호소요 중요도에 따라 우선 55개 부대시설에 대해 '39년까지 EMP 방호시설을 구축할 예정이며, 적용 대상 시설은 점차 확대 예정
 - 국방 및 정보통신 보안시설에서 운용 중인 수많은 전력 및 정보통신장치가 EMP 공격에 노출될 경우 국가 방위의 취약성과 사회적 혼란뿐만 아니라 사회기반시설의 블랙아웃(Blackout)을 초래 우려

□ [시설물 노후화] 국가가 관리하는 도로·지하시설물 등 SOC(사회간접자본) 인프라가 과거의 기준으로 설계되어 현재의 이상기후를 버티기 어렵다는 우려 지속

- 시설물통합정보관리시스템(FMS)에 따르면 '20년 기준 '시설물안전법'에 따라 관리되는 1·2·3종 시설물은 총 16만 1,275개, 이 중 2만 7,997개(17.5%)가 준공 30년 경과
 - '70년대 경제성장기에 집중적으로 건설된 기반시설은 이미 30년이 경과한 상태이고, 성수대교 붕괴 이후 개정·시행된 시설물 안전 및 유지관리에 관한 특별법이 적용된 인프라들도 30년 도래
- 노후 인프라는 재난재해에도 무방비 상태로 피해가 계속 증가하고 있으며, 전 지구적인 이상 기후와 기상이변 현상이 발생하며 안전 설계 취약성에 대한 우려 증가
 - 안정적 기후를 자랑하던 서유럽 국가를 비롯하여 이웃 국가인 중국도 폭우와 태풍으로 인프라가 무너지며 우리나라도 급변하는 재난 상황에 대비 필요

□ [기후변화] 급격한 기후변화로 인해 발생하는 홍수, 가뭄, 폭염, 한파 등 재해재난에 대한 대비책으로 시행하는 2050 탄소중립의 목표 달성을 위해 교통 인프라 개선 필요

- 우리나라는 '30년 온실가스 배출량을 '18년 대비 35%로 감축해야 하는 의무를 이행하고 탄소중립 시대에 적극적으로 대응하기 위하여 「2050 탄소중립」 추진전략을 발표하고 연이어 「탄소중립기본법」 의결
 - 인류는 화석 연료를 사용하면서부터는 인간 생활의 모든 것을 화석 연료에 의존해왔으며, 이를 신재생에너지로 전환하게 되면 모든 산업의 제품, 소재 등은 새롭게 개발되어야 하고 새로운 제품 시장을 확보하느냐가 해당 국가의 경제력 좌우
- '50년 탄소중립에 도달하기까지 기후변화로 인한 이상기후의 발생 빈도는 점점 더 증가하는 상황에서 교통 인프라를 어떻게 준비해야 하는지가 중요한 시점

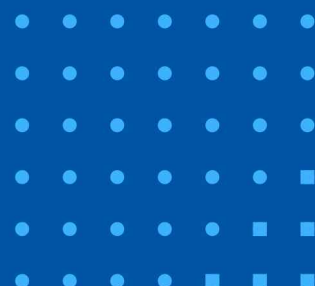


Korea Agency for Infrastructure
Technology Advancement

제1장

개요

01. 정의 및 분야	15
02. 조사의 필요성	17



제1장 개요

01

정의 및 분야

- 시설물은 관련법에서 정의된 시설물의 범위에서 건축물, 상하수도, 해양구조물, 수공구조물을 제외하고 비탈면/지반/기초, 방호/방폭 구조물, 우주 구조물 등을 포함¹⁾
 - 「시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법」에 의하면 시설물은 건설공사를 통하여 만들어진 교량, 터널, 항만, 댐, 건축물 등 구조물과 그 부대시설로서 제1종시설물, 제2종시설물, 제3종시설물로 구분
 - 제1종시설물은 교량, 터널, 방파제, 댐, 건축물, 상하수도 등 공중의 이용편의와 안전을 도모하기 위하여 특별히 관리할 필요가 있거나 구조상 안전 및 유지관리에 고도의 기술이 필요한 대규모 시설물
 - 제2종시설물은 제1종시설물 외에 사회기반시설 등 재난이 발생할 위험이 높거나 재난을 예방하기 위하여 계속적으로 관리할 필요가 있는 시설물
 - 제3종시설물은 제1종 및 제2종시설물 외에 안전관리가 필요한 소규모 시설물
- 시설물 분야는 목적물에 따라 교량, 터널/지하공간, 비탈면/지반/기초, 특수구조물로 구분
 - 교량은 하천, 호소, 해협, 만, 운하, 저지, 강, 개천, 길 등에 가로질러 놓은 토목구조물로 교량 기술은 교량의 계획, 설계, 시공, 유지관리, 해체 기술을 의미
 - 강구조/합성구조 교량 기술은 강구조 또는 합성구조로 이루어진 다양한 형태의 교량을 해석, 설계, 시공, 구현하고 모니터링과 유지관리를 도모하는 기술
 - 콘크리트 교량 기술은 철근콘크리트 및 프리스트레스 콘크리트 구조로 이루어진 교량을 해석, 설계, 시공, 유지관리하는 기술
 - 신소재 복합재료 교량 기술은 FRP 복합재료, 알루미늄 등 신소재를 활용하여 교량을 해석, 설계, 시공, 유지관리하는 기술
 - 케이블 교량 기술은 케이블 구조로 이루어진 교량을 해석, 설계, 시공, 유지관리하는 기술
 - 터널/지하공간은 도로, 철도, 수로 등을 통하게 하기 위해 땅속을 뚫은 통로를 의미하며, 터널/지하공간 기술은 위치, 직경, 구매, 지반조건을 고려한 터널의 설계, 시공, 유지관리를 의미
 - 육상 터널 기술은 도로, 철도, 수로, 전력구 등을 통과시키기 위해 육상에 건설되는 터널의 설계/시공/보수 보강기술

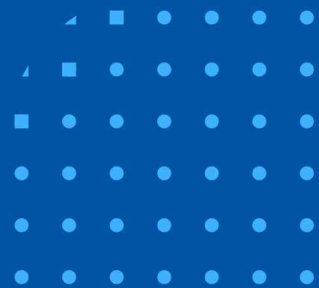
1) 시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법[시행 2021.9.17.] / 시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법 시행령[2021.12.28.]

- 침매/부유식 터널 기술은 침매 및 부유식 터널에 대한 설계, 시공, 모니터링, 보수/보강 및 방재 관련 기술
- 해저/대심도 터널 기술은 지하 30m 이상 심도에 건설되는 지하터널 및 해저에 건설되는 터널의 설계, 시공, 환기, 방재 관련 기술
- 지하대공간 기술은 여러 가지 형태의 지하대공간을 해석하고 설계하며 시공하고 완성된 지하대공간을 유지관리 할 수 있는 기술
- 비탈면/지반/기초는 인공/자연 비탈면의 관리 기술, 지반구조물 설계를 위한 정보조사/분석기술, 각종 구조물의 기초 설계/시공 기술을 포함
 - 비탈면/보호/보강/유지관리 기술은 비탈면 안정화를 위한 비탈면 경사 완화, 비탈면 보강 및 피해 저감을 위한 첨단 계측/모니터링 기술
 - 지반조사/개량 기술은 구조물 건설을 위한 지반의 공학적 특성을 비교, 분석하고 연약한 기초지반의 지지력 증대, 침하 방지 등을 위한 기술
 - 육상/해상 기초 기술은 건축물, 기계 등 각종 구조물에 가해진 하중과 자체 중량을 지반에 전달시키는 구조체를 지반 조건에 최적화하여 설계/시공하는 기술
 - 흙막이 구조물/지하 벽체 기술은 지하공간 조성 시 하중을 지탱하는 흙막이 구조물의 설계/시공 기술
- 특수구조물은 고압/극저온, 폭발, 화재, 저중력, 무산소 등 극한 환경에 대응하기 위해 건설되는 구조물의 설계, 시공, 유지관리 기술을 의미
 - 고압/극저온 구조물 기술은 고압/극저온 상황에서 높은 압력 수준에 놓인 구조물에 대한 설계, 시공, 유지관리 기술
 - 방호/방폭 구조물 기술은 인화성 또는 가연성 물질의 화재 및 폭발물의 폭발로 발생하는 폭발 하중, 충돌하중에 의한 피해 등을 최소화하도록 설계되는 구조물의 설계, 해석, 재료, 시공 기술
 - 우주 구조물 기술은 달 기지 건설과 같이 태양방사선, 고진공, 극한온도, 저중력, 자재 운송 및 하역 제한 상황에서 거주 여건을 건설하기 위한 재료, 현지 재료 획득 및 활용 기술, 설비, 자동화 무인 시공 기술

02

조사의 필요성

- **[기술경쟁 시대의 도래] 전 세계적으로 건설시장이 확대되는 가운데 시장 선점 및 기술우위 확보를 위해 고부가가치 원천기술 개발 시급**
 - 우리나라 글로벌 설계경쟁력은 지속적으로 약화되고 있으나, 건설 공학(ENG)은 고부가가치와 일자리를 창출할 수 있는 대표적인 융·복합 기술 산업이므로 역량 강화 시급
 - 중국, 동남아, 중동 등 신흥국 건설시장 확대에 의해 케이블 교량, 복층·해저터널 등 특수구조물 시장 역시 성장 예상되므로 경쟁력 강화를 통한 시장 선점 전략 마련 필요
 - 고성능, 다기능 건설 新재료 원천 기술력을 확보하여 건설 원가 절감 및 사회적 비용 최소화를 달성하고 세계 건설재료 시장을 선도하려는 노력 필요
 - 지상 공간의 과밀화를 방지하고 교통문제를 해결하기 위한 지하도로, 복층터널 등 지하공간 개발 수요가 꾸준히 증가하고 있어 관련 기술개발 필요
- **[재난재해 예방대책 시급] 재난·재해 증가에 대비하여 구조물의 안전성을 강화하고 기존 노후 시설물 대상 안전진단을 실시하여 국가적 차원에서 사고 예방대책 마련 필요**
 - 최근 국가적으로 지진, 싱크홀 등 재난·재해 발생 빈도가 증가하고 있으며 재난 유형 또한 복잡·다양하여 관련 피해 규모 급증
 - 산업화 시대에 건설된 다수의 SOC 시설물 사용수명이 도래함에 따라 노후 시설물의 급증으로 사회문제 대두
- **[취약분야 기술격차 증대] 특수교량 등 유망 시장 분야 및 특수구조물, 설계·시공 자동화, IoT 기반 시설물 관리 기술 등 취약 분야를 중심으로 기술 수준 향상 필요**
 - 향후 시장 수요가 성장할 것으로 전망되는 특수건축물 분야의 기술격차가 커지고 있으며, 중국의 성장으로 우리나라의 세계 건설시장 진출에 한계 예상
 - 주요 도로 지하화, 특수 장대 교량 및 대심도 터널 등 사회적 요구에 부응하기 위한 시설물 구축 및 기존 시설물의 효과적 개량 관련 기술개발 필요
 - 우주 구조물 기술의 전 단계인 고압·극저온 구조물 및 방호·방폭 구조물 관련 연구를 추진하고 있으나 엔지니어링 및 인프라 수준이 낮아 향후 꾸준한 연구개발 추진 필요
- **[환경에 대한 사회적 책임 대두] 온실가스 배출 저감과 자원 고갈 문제 대응을 위한 친환경 건설 기술 개발 필요**
 - 온실가스 저감 및 에너지 고갈에 대응하기 위한 친환경 건설기술 수요 증가
 - 친환경 건설산업 육성을 위해 환경오염을 최소화하는 시공법과 친환경 재료 개발을 통한 친환경 건설기술 확보 시급

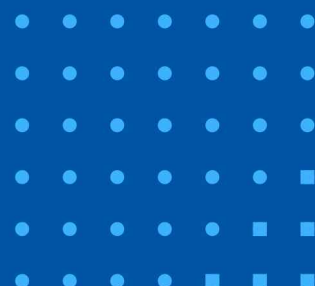


Korea Agency for Infrastructure
Technology Advancement

제2장

정책동향

01. 미국	21
02. EU	24
03. 영국	26
04. 일본	27
05. 중국	29
06. 한국	31



제2장 정책동향

01

미국

□ 美 토목공학회(ASCE)가 4년 주기로 발표하는 미국 인프라 시설물 평가 보고서는 '21년 미국의 인프라 수준을 C- 등급으로 평가²⁾

○ 인프라 시설물 17개 분야 관리자 대상 설문조사를 실시하여 분야별 인프라 수준 평가

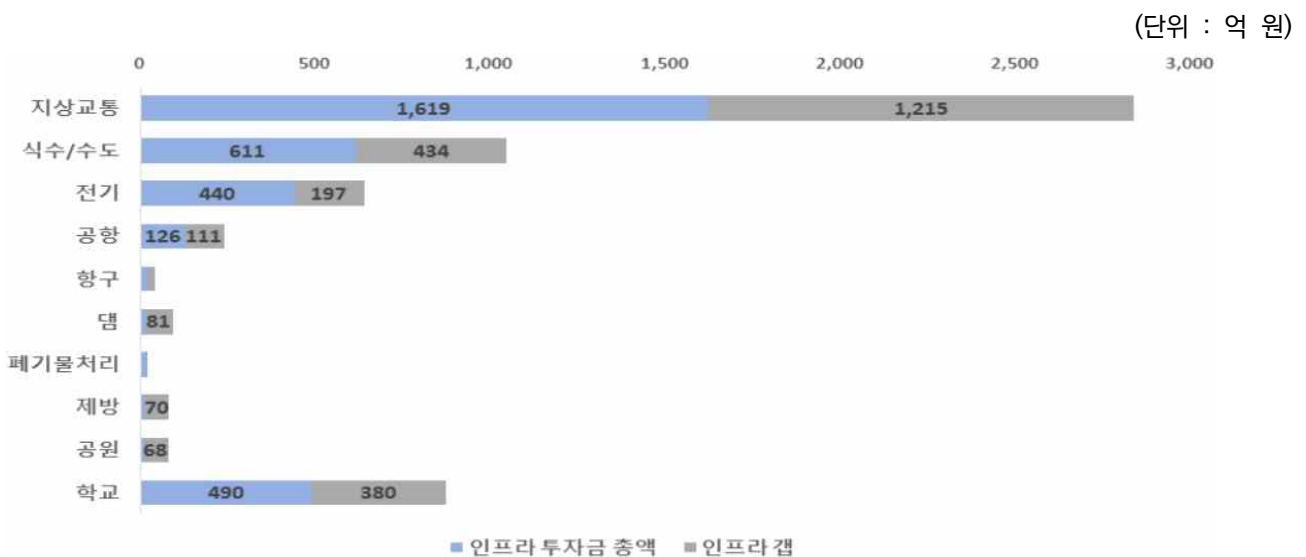
〈표〉 인프라 시설물 17개 분야 대상 ASCE 평가 결과('21)

등급	인프라 시설물 분야
B	· 철도
B-	· 항만
C+	· 고형 폐기물
C	· 교량
C-	· 식수, 에너지
D+	· 공항, 공원, 학교, 유해 폐기물, 내륙 수로, 하수도
D	· 댐, 도로, 상수도, 제방
D-	· 운송

※ 출처 : ASCE, 2021 Report Card for America's Infrastructure, 2021

○ 경제 규모와 인구 성장 등을 고려한 적정 인프라 유지관리 비용에 비해 미국의 연간 공공예산 및 민간투자액이 적어 인프라 갭(Infrastructure gap) 발생

[그림] 미국의 인프라 갭 전망('20~'29)



※ 출처 : ASCE, 2021 Report Card for America's Infrastructure, 2021

2) ASCE, 2021 Report Card for America's Infrastructure, 2021

- 인프라 시설물에 대한 투자를 확충하지 않을 시 미국 경제에 악영향 예상('39년 전망)
 - GDP: 10조 달러 손실
 - 무역: 2조 4,000억 달러 수출 감소
 - 일자리: 300만 개 감소
 - 세금 및 사회적 비용: 가구당 매주 63달러(연 3,300달러)씩 부담

□ 바이든 대통령의 ‘국가 기반시설(도로, 교량, 철도 등) 재건을 위한 「인프라 투자 계획(American Jobs Plan)」’, 美 상원에서 통과³⁾

- 미국의 도로·교량·철도 등 노후화가 심한 물적 인프라를 보수·강화하고, 국민 삶의 질을 높여 고용 창출로 연결하는 것을 목표로 하고 있으며, 5년간 1조 1,000억 달러(기존 인프라 프로그램 재승인 + 신규 투자 5,500억 달러) 규모의 대규모 인프라 분야 투자 예상
 - 이는 역대 최대 규모의 인프라 투자이며, 미국의 도로와 교량, 철도재건, 초고속 통신망 확충, 기후변화 대응, 환경정의 향상, 소외 지역사회에 투자 기대
 - 교통·전력·상수도 등 사회 인프라 현대화에 5,500억 달러 신규 투자하였으며, 도로, 교량 등 육상운송 인프라 개선에 가장 많은 예산(1,100억 달러) 투자

〈표〉 주요 투자분야별 배정예산 및 세부 내용

투자분야	배정예산(달러)	세부내용
육상운송	1,100억	· 고속도로, 주요도로, 교량 등 육상운송 인프라 신규 건설 및 보수 * 교량 보수·재정비(US\$400억), 기타 대형 프로젝트(US\$160억)
철도	660억	· 전국 여객·화물철도 인프라 개/보수, 고속철도 건설지원 등 * 암트랙 운영 효율화, 북동간선철도(NEC) 현대화, 철도안전 강화
인터넷	650억	· 농어촌 등 소외지역 대상 고속인터넷망 보급 확대, 요금 인하 * 미국 인구 중 3천만 명은 고속인터넷 미보급 지역 거주
전력	650억	· 전력 그리드(Grid) 업그레이드 및 재생에너지 연구 지원 * 송전선 인프라 확충, 송배전 효율성 향상 연구기관 설립
상수도	550억	· 가정, 기업, 학교 및 보육센터 등에 깨끗한 식수 제공을 위한 상수도 인프라 개선 * 1천만 가구, 40만 학교 및 돌봄 시설의 상수도 취약 상태
재난대응	500억	· 기후변화로 인한 자연재해(홍수·가뭄·산불) 예방 등 * '20년 자연재해 피해액(US\$10억), 누적피해액(US\$1천억)
공항·항만·수로	420억	· 노후화된 공항, 항만, 내륙 수로 현대화 프로젝트 추진 * 공항(US\$170억), 항만·수로(US\$170억)
대중교통	390억	· 대중교통 인프라 현대화, 노약자·장애인 편의시설 확충 * 친환경버스 보급 확대, 버스·철도 정거장 현대화(US\$17.5억)
환경개선	210억	· 폐광 등 오염지역 복구 및 재개발 프로젝트 추진 * 미국 흑인의 26%, 히스패닉의 29%가 오염지역에 근접 거주

3) 워싱턴무역관, 美 인프라 투자법안 주요 내용 및 시사점, 2021.08.20

투자분야	배정예산(달러)	세부내용
도로안전	110억	· 주정부 및 지방정부의 도로안전 시스템 구축 지원 * 'Safe Street for All' 프로그램(US\$50억), 고속도로 교통사고 예방 지원 등
전기차 인프라	75억	· 미국 주요 고속도로, 커뮤니티 내 전기차(EV) 충전소 건설 * 미국 내 전기차 보급 확대 목적 (현재 중국 전기차 보급률의 1/3 수준)
전기버스	75억	· 스쿨버스·디젤버스 등 전통 버스의 전기버스 전환 지원 * 전기버스로 전환에 지원(US\$50억), 전기페리(Ferry)로 전환에 지원(US\$25억)
지역연결	10억	· 고속도로 등 교통 인프라 확충 통해 교통 접근성 제고 * 교통 인프라 접근이 어려운 소외지역에 집중
기타	100억	· 그 외 기타 인프라 관련

※ 출처 : 워싱턴무역관, 美 인프라 투자법안 주요 내용 및 시사점, 2021.08.20

□ '21년 4월 美 국토교통부(DOT)는 미국 기반 시설 재건을 위해 10억 달러 규모의 보조금 지원 계획 발표⁴⁾

- 국가적 차원에서 실시되는 도로, 철도, 교통 및 항만 등의 인프라 재건 프로젝트에 주정부가 참여 및 지원받을 수 있는 기회 제공
 - 공공기관과 협력하여, 경제, 교통, 사회, 환경 및 형평성에 미치는 영향을 보여주고 목표를 달성 하도록 돕기 위한 투자
 - 미국 전역의 지역사회에서 양질의 일자리를 창출하고 안전을 개선하며 환경을 보호하고 모든 미국인에게 공평한 경제적 기회를 제공하는 국토교통 프로젝트

□ NASA는 달 유인탐사와 기지건설을 위한 아르테미스 프로젝트(달 탐사 계획) 추진⁵⁾

- '24년에 우주인을 달에 보내고 '28년에 지속 가능한 유인 달 기지 건설, 향후 유인 화성 탐사를 위한 기술을 달에서 검증하는 계획 포함
 - 달의 산업적·경제적 가치가 증가하며 우주 강대국 중심으로 활발하게 달 탐사 추진
 - 달에 방문 및 장기 체류를 위한 착륙장, 도로, 거주시설 등 인프라 건설이 필요함에 따라 현지 자원활용(이하 ISRU*) 기술에 기반한 우주 건설 기술에 대한 관심 증대
- * ISRU(In-Situ Resource Utilization): 행성 표면의 현지자원을 활용하여 인간생존에 필요한 자원(물, 산소, 건설 재료 등)을 생산하는 기술
- 아르테미스 프로젝트는 미국 NASA가 추진하는 국제 유인 달 탐사 프로그램으로 영국, 일본, 호주, 캐나다 등이 참여하고 있으며, 우리나라도 '21년 5월 세계에서 10번째로 아르테미스 약정(Artemis Accords)에 서명하고 프로젝트에 참여⁶⁾

4) DOT, U.S. Secretary of Transportation Pete Buttigieg Announces Availability of \$1 Billion to Modernize and Create New American Infrastructure, 2021.04
5) Congressional Research Service, Artemis: NASA's Program to Return Humans to the Moon, 2021.10.25

02

EU

- '20년 12월 유럽연합위원회가 유럽의 녹색 교통시스템 확충을 위해 지속 가능한 스마트 모빌리티 전략을 발표⁶⁾
 - '50년까지 교통부문 온실가스 배출 규모 90% 감축을 목표로 도로, 철도, 해상, 항공교통에 대한 세부 목표를 설정하여 기후중립 달성 계획
 - 무공해 차량 및 충전시설 관련 인프라 확충, 무공해 연료 개발과 보급, 저탄소 연료 사용 촉진 등을 통해 이산화탄소 배출기준을 강화
 - 해·수로 운송 수단과 환적 인프라를 확대하여 운송 효율성을 제고, 다양한 교통수단을 활용하는 도어-투-도어(Door-to-door) 모빌리티 제공을 통해 국가 간 이동 시 철도 이용률을 높이고 자가용 이용률을 줄여 공해 감소 추진
 - 탄소 요금, 세금, 교통 인프라 비용 청구 등 다양한 수단을 통해 친환경 이용자에게는 인센티브를 제공하고 화석연료 이용자에게는 페널티를 부과하여 교통 요금체계 개선
- '21년 4월 에스토니아, 핀란드는 해저 철도 터널 등의 대규모 교통 인프라 프로젝트 추진⁸⁾
 - 에스토니아 경제부 장관과 핀란드 교통통신부 장관이 탈린(Tallinn)과 헬싱키(Helsinki)를 연결하는 해저터널 및 대규모 인프라 구축을 위한 양해각서(MOU) 체결
 - 탈린과 헬싱키를 잇는 약 103km 길이의 해저 철도 터널이 완성되면 터널 내 선로에서 일반 여객 열차가 최고속도 200km/h를 낼 수 있어 약 30분 만에 이동 가능
 - 해저터널의 환기·접근·에너지 공급을 위해 조성할 인공섬 2개를 건설할 때 해저터널 굴착 중에 발생한 화강암을 활용 계획
- 크로아티아 정부는 EU로부터 지원금을 받아 교통 인프라 현대화를 위한 계획 추진⁹⁾
 - 크로아티아 해양교통인프라부는 도로, 철도, 항공, 내륙운하 등 각종 교통 인프라를 현대화 하기 위한 계획 설정
 - '26년까지 철도 인프라 구축 및 재건, 항구의 현대화, 해양 운송 수단을 확충할 계획이며, 이러한 개혁에 따라 도로법 개정안 채택 예정
 - 또한, 새로운 철로를 건설하고 여객선, 전차, 버스 등을 확충한 이후 하이패스와 유사한 비접촉식 지불방식의 시스템을 도입 예정

6) 정책브리핑, 한국, 유인 달탐사 국제협력 '아르테미스 약정' 10번째 가입, 2021.05.27

7) European Commission, Mobility Strategy, 2020.12

8) Euronews, Undersea rail tunnel aims to transform Helsinki and Tallinn into one metropolitan area, 2021.04

9) Total Croatia News, Croatian Recovery Plan Focusing on Modernisation of Ports, Trams, Ships, 2021.05

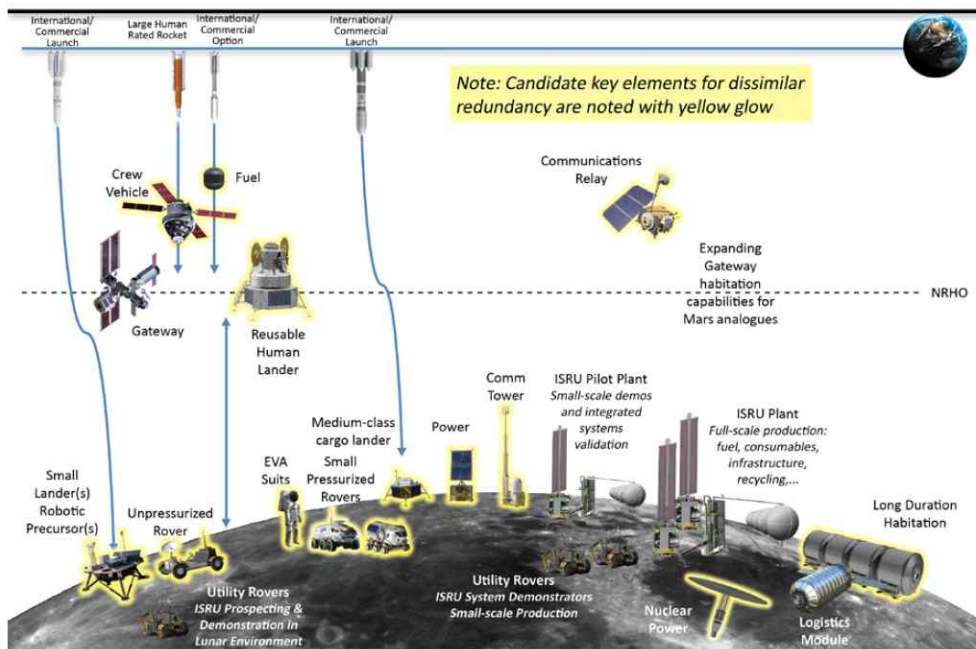
□ '40년까지 우주인들이 달에 장기체류할 수 있도록 3D 프린터를 이용한 유인 달기지(Moon Village) 건설 계획¹⁰⁾

○ 국제우주탐사조정그룹(ISECG*)은 유인탐사와 장기거주를 목표로 중장기 우주 탐사 로드맵 발간

* ISECG(International Space Exploration Coordination Group)은 미국 NASA, 한국 KARI 등 전 세계 26개 기관이 참여하는 우주탐사협의체

- 월면 탐사 로드맵은 1단계 월면 유인 착륙, 2단계 월면 탐사 활동 및 인프라 확대, 3단계 월면 지속 체류 및 활용으로 구성
- ISECG의 기술워킹그룹(TWG)은 달 기지 건설에 필요한 주요 기술 요구사항 분류

[그림] 달 탐사 시나리오 2단계 종료 상태 : 달 탐사 영역 확대 및 인프라 구축



※ 출처 : ISECG, GER Supplement - Lunar Surface Exploration Scenario Update, 2020

10) 한국과학기술기획평가원, KISTEP 기술동향브리프 - 우주탐사, 2020.02.28

03

영국

□ '20년 11월 英 정부는 2050 탄소중립 달성을 위해 인프라 품질을 빠르게 개선하는 인프라 혁명을 이루기 위해 국가 인프라 전략(National Infrastructure Strategy)을 발표¹¹⁾

- 국가 인프라 전략은 정부의 장기적 목표와 코로나19 이후 경제 재건을 위한 단기과제를 모두 고려한 결과물로, 분절적인 공공투자, 신기술 채택 지연, 민간 투자를 저해하는 정책 불확실성, 지연 및 비용 초과 문제와 같이 인프라 개발 시 발생하는 이슈 해결을 위해 다양한 인프라 전략 제시
 - '21년~'22년 중에 경제 인프라 개선에 약 270억 파운드를 투자할 예정이며, 경제회복 지원에 1,000억 파운드 투자 계획
 - 도로, 철도, 통신 및 홍수 대응 인프라에 전례 없는 수준의 투자 등 장기적인 주요 인프라 개선 프로그램을 통해 일자리 창출 촉진
 - 지방 네트워크, 도로·버스·자전거 교통 인프라를 확충하고 4G 모바일 서비스 범위를 95% 수준까지 확장하여 지역단위 포함 英 연방 전체의 성장 및 생산성 제고
 - '50년까지 탄소중립을 달성하기 위하여 탄소 포집·저장, 항만 인프라 및 저탄소 수소 등을 통한 전통산업 지역의 신규 녹색 성장 클러스터 지원 및 재생에너지 발전규모 확대를 위해 해상풍력과 현대적인 항구 및 제조 인프라 투자

□ 런던과 영국 중북부의 경제력 격차 감소 및 인적·물적 자원 연결을 목표로 역대 최대 규모의 공공 교통 인프라 프로젝트인 HS2(High Speed 2) 실시¹²⁾

- HS2 프로젝트는 현재 영국에서 진행되는 대규모 교통 인프라 프로젝트 중 하나로 영국 전역의 도시와 지역을 연결하여 경제적 이익 및 수천 개의 일자리 창출 계획
 - 남부의 런던, 중부의 버밍엄, 북부의 맨체스터·리즈 등을 연결하는 기존 노선의 공간을 확보하여 통근, 지역 및 화물 서비스를 개선할 계획이며, 3단계로 나누어서 프로젝트 진행
 - 전체 네트워크 작동 시 HS2 열차가 하루 30만 명 이상의 승객을 수송할 것으로 예상되며, 자가용 및 트럭 통행량이 감소하여 대기질 개선 예상
 - HS2 열차를 운반하기 위해 새 가교 및 터널 등을 건설할 것이며, 이를 통해 수천 개의 일자리 창출 예상

11) Total Croatia News, National Infrastructure Strategy, 2020.11.25

12) High Speed 2, HS2 in 2021: a year of major moments for Britain's biggest infrastructure project, 2021.12.31

04

일본

□ 日 국토교통성은 '지구온난화 완화책'을 수립하고 인프라 및 건설 분야에서 탈탄소화 추진¹³⁾

- 항만기능의 고도화 등을 통해 탄소중립포트의 형성·추진을 비롯하여 에코 에어포트나 도로, 철도, 댐 등의 인프라 분야에서 탈탄소화 추진
 - 에코 에어포트 가이드 라인의 개정을 포함한 검토, 그래픽처리장치(GPU)의 도입 촉진, 공항 시설의 발광다이오드(LED)화 등 에너지 절약 시스템의 도입 추진 및 공항 차량의 연료전지(FC)화·전동화로 클린에너지 차량의 도입 촉진 등 추진
 - 비행경로 유연 설정 및 공중 대기 억제를 가능하게 하는 운항 개선 실현
 - LED 도로 조명등의 정비, 도로 교통 상황에 따른 도로 조명 제어
 - 철도의 에너지 소비 효율 향상 및 댐 시설의 재생에너지 설비 등의 도입 추진
- 건설시공 분야 탄소중립 실현을 위해 ICT 시공, 혁신적 건설 기계의 도입 및 확대 도모
 - 건설시공 분야의 에너지 절약화 및 기술 혁신(건설기계의 탄소중립 실현 및 사용원칙화, ICT 시공기술 보급 등)

□ 제5차 사회자본정비중점계획에서 인프라 분야의 디지털 전환(DT)과 탈탄소화 목표 추가¹⁴⁾

- '21년 5월에 발의된 제5차 사회 자본 정비 중점 계획은 최근 사회 정세 변화에 따라 기존 4차 계획의 4가지 중점목표*에 인프라 분야의 디지털 전환과 탈탄소화에 관한 2가지 중점 목표** 추가
 - * 기존 4가지 전략목표: 방재·감재, 인프라 유지보수, 지속가능 지역사회 형성, 경제성장 뒷받침 기반정비
 - ** 추가된 2가지 중점목표: (중점목표 5) 인프라 분야의 디지털 전환, (중점목표 6) 인프라 분야의 탈탄소화, 인프라 공간의 다면적인 이익 활용에 의한 생활의 질 향상
- 일본은 '03년부터 9개 사업 분야(도로, 공항, 항만, 하수도, 치수 등)의 SOC 투자계획을 통합한 사회자본정비 중점계획(5년 단위 계획)을 수립 운영
- (중점목표 5) 인프라 분야의 디지털 전환'의 달성을 위한 대응 방향으로 사회 자본 정비의 디지털화·스마트화에 의한 일 방식 개혁·생산성 향상*과 신기술의 사회 구현에 의한 인프라의 新 가치 창조** 설정
 - * 추진 방안: 데이터 플랫폼의 구축, 건설 현장에서의 디지털 전환 추진
 - ** 추진 방안: 스마트 시티나 AI 터미널 등 추진
- (중점목표 6) 인프라 분야의 탈탄소화'의 달성을 위한 대응 방향으로 그린 사회의 실현* 설정
 - * 추진 방안: '50년 탄소 중립을 향한, 지구 온난화 대책(탄소 중립 포트의 형성, 저탄소 도시 만들기)의 추진, 목조 건축물의 보급 촉진, 그린 인프라 등 추진

13) 일본 국토교통성, 国土交通省における 地球温暖化緩和策の取組概要, 2020.12.25

14) 일본 국토교통성, 第5次社会資本整備重点計画の概要①, 2021.05.28

□ 국토교통성은 소관하는 모든 시설을 대상으로 유지관리 및 갱신하기 위한 ‘인프라 장수명화 기본 계획’ 마련¹⁵⁾

- 수선공사에서 발주방식을 탄력적으로 운영해 중소 건설사의 참여를 촉진하고, 예방 보전형 유지관리의 안정운용을 위한 기반을 마련하였으며, ‘30년까지 세계 인프라 시설물 유지관리 시장의 30% 점유 목표 설정
 - 도로와 철도, 항만 등 사회자본을 중점적, 효과적, 효율적으로 정비하기 위한 계획을 세웠으며, 콘크리트가 박리되어 철근이 노출된 교량 등 일정한 관리 수준을 밑도는 구조물에 집중적으로 대책 강구
 - 점검 결과 조기 대책이 필요한 시설의 수선 실시율은 계획기간 내에 도로 10%(‘18년도 69%), 댐 96%(82%), 해안보전시설 87%(84%), 공원시설 100%(36%), 하천 86% (‘20년도 70%), 항만 87%(83%), 항로표지 79%(55%)까지 향상 추진
 - 국토강인화계획과 연계해 수립된 인프라 장수명화 기본계획은 정기적인 점검과 장수명화 계획을 통해 인프라 관리비용을 절감 대책 강구

□ 아르테미스 프로젝트(달 탐사 계획) 참여 등 우주 탐사 미션 추진¹⁶⁾

- ‘20년 6월 일본은 향후 10년간 추진하게 될 우주정책을 담은 우주기본계획을 발표하였으며, 미국·유럽·중국에 비해 부족한 영역인 우주개발 기반 강화에 역점
 - 현재 약 1조 2천억 엔의 자국 우주산업 규모를 ‘30년 초까지 2배 이상 확대 목표
 - 달 탐사와 관련하여 게이트웨이와 아르테미스 참여 방안이 포함되어 있으며, 게이트웨이 사업에서는 거주 모듈 개발 참여 및 화물 수송을 지원, 아르테미스 계획에서는 월면차 개발 등에 참여 계획

15) 국토매일, [건설자재-일본]日, 도로 등 인프라 장수명화에 본격 착수, 2021.06.28

16) 일본 내각부, 宇宙基本計画, 2020.06.30

05

중국

□ 中 정부는 '21년 경제체제 현대화와 사회주의 현대화 강국을 건설을 위한 '국가 종합 입체 교통망 계획요강('21~'35)' 발표¹⁷⁾

- '19년 9월에 발표된 '교통강국건설요강'과 일맥상통하면서도 내용 면에서 더욱 심화되었으며, 국가종합입체교통 배치를 최적화하기 위한 방안으로 운송수단·지역공간·국제교통네트워크·종합교통허브 일체화에 따른 세부 추진계획안 발표
 - 이번에 발표된 계획요강은 교통 관련 기존의 정책과는 차별화되어 국토개념이 포함된 종합 교통망 구축 내용 포함(징진지, 장강삼각주, 웨강아오, 청위 간의 축을 중심으로 6개 주축, 7개 회랑, 8개 통로 계획은 중국 정부의 국토발전 계획의 방향을 나타냄)
 - 계획요강의 발전목표는 '편리하고 순탄', '경제적이고 고효율적', '녹색 집약적', '스마트 선진적', '안전하고 믿을 수 있는' 현대화·고수준의 국가종합입체교통망 구축

〈표〉 국가종합입체교통망 '35년 주요 지표

구분		목표치
편리하고 순탄	1시간 내 쾌속 교통 서비스 이용 인구 비중	80% 이상
	주요도시-중심여객허브 30분 도달률	90% 이상
경제적이고 고효율적	복합운송 환적 1시간 완성률	90% 이상
	국가종합입체교통망 주요 구성 이용률	60~85%
녹색 집약적	주요 통로의 신설 교통인프라의 국토공간 종합 이용률 비율 향상	80%
	교통인프라 녹색화 건설 비율	95%
스마트 선진적	교통인프라 시설 데이터화율	90%
안전하고 믿을 수 있는	중점지역 多통로 연결 비율	95%
	국가종합입체 교통망 안전시설 양호율	95%

※ 출처 : 한국교통연구원, 동북아북한 교통물류 웹진, 2021.04

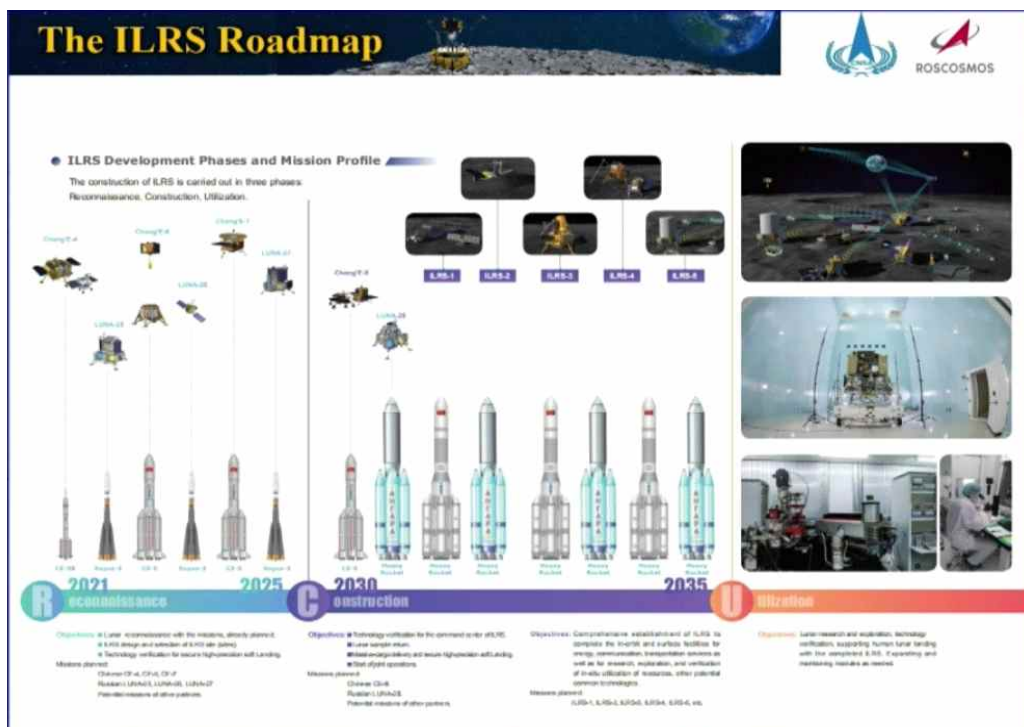
- '35년까지 교통망 선로 규모는 총 70만 km 수준으로, 철도 20만 km, 도로 46만 km, 고등급 항로 2.5만 km, 연해주요 항구 27곳, 내륙수운 주요항구 36곳, 민간공항 400곳, 우편택배 허브 80곳 배치 목표
 - (철도) 고속철도 7만 km, 보통철도 13만 km, 총 20만 km 구축
 - (도로) 국가 고속도로 16만 km, 수도 방사선 7개, 종선 11개, 횡선 18개로 구성, 보통 국도 30만 km, 방사선 12개, 종선 47개, 횡선 60개 구성
 - (수로운송) '4종 4횡 2망'의 국가고등급 항로 2.5만 km, 전국 주요 항구 총 36곳으로 연해 주요 항구 27곳, 내륙운하 주요 항구 36곳

17) 한국교통연구원, 동북아북한 교통물류 웹진, 2021.04

□ 정부 주도하에 독자적인 우주 탐사 계획 수립¹⁸⁾

- '45년까지 세계 최고의 우주 강국으로 부상하기 위한 계획으로 '18년 우주개발 로드맵을 발표, '21년 3월 중국은 러시아와 함께 국제달연구기지(ILRS) 공동 건설을 위한 MOU를 체결하고 6월 로드맵 공개
- 미국은 우주 탐사 경쟁국인 중국을 기술 유출 등의 이유로 아르테미스 계획에서 배제하였으며, 중국은 이를 견제하기 위해 러시아와 협력 추진
- 로드맵은 총 3단계로 구성
 - 1단계(~'25) 데이터 수집 및 고정밀 연착륙 검증
 - 2-1단계('26~'30) 기술 검증, 샘플 귀환, 화물 운송 및 공동 운영에 대한 작업
 - 2-2단계('31~'35) 에너지, 통신, 현지 자원 활용, 궤도 및 지상 기반 시설 완성
 - 3단계('36~) 유인 달 착륙

[그림] 중국과 러시아의 국제달연구기지(ILRS) 로드맵



※ 출처 : CNSA, International Lunar Research Station (ILRS) Guide for Partnership, 2021.06.16

18) CNSA, International Lunar Research Station (ILRS) Guide for Partnership, 2021.06.16

06

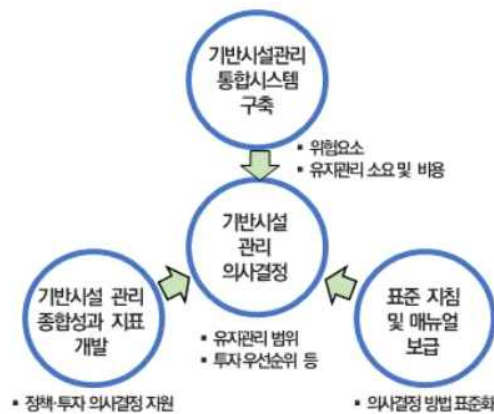
한국

□ 국토교통부는 기반시설의 체계적인 유지관리 및 성능 개선을 위해 제1차 기반시설관리 기본계획을 수립하여 시행¹⁹⁾

- 지하시설물을 포함한 15종 기반시설에 대한 일관된 관리체계를 마련하고, 입체적 이행 체계 구축
 - 시설별 법률 소관 중앙행정기관 및 광역지자체 등의 관리감독기관은 5년 주기의 관리계획을 수립하고 관리계획을 바탕으로 관리주체가 1년 단위의 실행계획을 수립하여 ‘기본계획-관리계획-실행계획’의 입체적 관리체계 구축
 - 시설별 상이한 유지관리 수준을 상향 조정하고 성능개선 적합성을 판단할 수 있는 최소 유지관리* 및 성능개선** 공통기준 설정
 - * 20년 이상 노후 지하관로 정밀점검 실시(5단계 안전등급 부여) 및 정기점검 강화(1회 → 2~3회), 30년 이상 노후관로 교체 또는 개선 원칙 등 포함
 - ** 500억 원 미만 성능개선사업 타당성을 기술적 평가(성능평가 결과), 비용-편익 경제성 평가, 정책성 평가(사회·인구경제·환경적 변화)로 판단
 - 시설물의 점검·진단에 있어 안전성·내구성·사용성을 모두 평가하는 성능평가 매뉴얼을 마련하여 점검 수준 상향
 - 국토안전관리원을 설립하여 건설현장 안전관리, 기반시설 관리시스템 구축·운영, 시설물 유지관리 업체 감독, 전문인력 교육 등의 업무 지원
 - 15종 기반시설 관리 성과지표*를 개발하여 정책·투자 의사결정 지원 자료로 활용

* (예시) 15종 기반시설 평균 안전등급, 관리 미흡으로 발생한 재해율 등

[그림] 기반시설 관리 의사결정 지원체계



※ 출처 : 국토교통부, 제1차 기반시설관리 기본계획, 2020

19) 국토교통부, 제1차 기반시설관리 기본계획, 2020

- 안전유지관리 규정 및 제도를 개선, 지하 시설물을 비롯한 소규모 안전취약시설을 적극적으로 관리하여 안전 사각지대 해소
 - 각 시설별 상이한 유지관리 수준을 상향토록 모든 기반시설 개별 법령 또는 규정에서 정밀점검 및 안전등급 부여를 의무화하며, 관리 상태를 기반으로 시설별 안전등급이 ‘보통’ 이상으로 유지되도록 지속 투자·관리

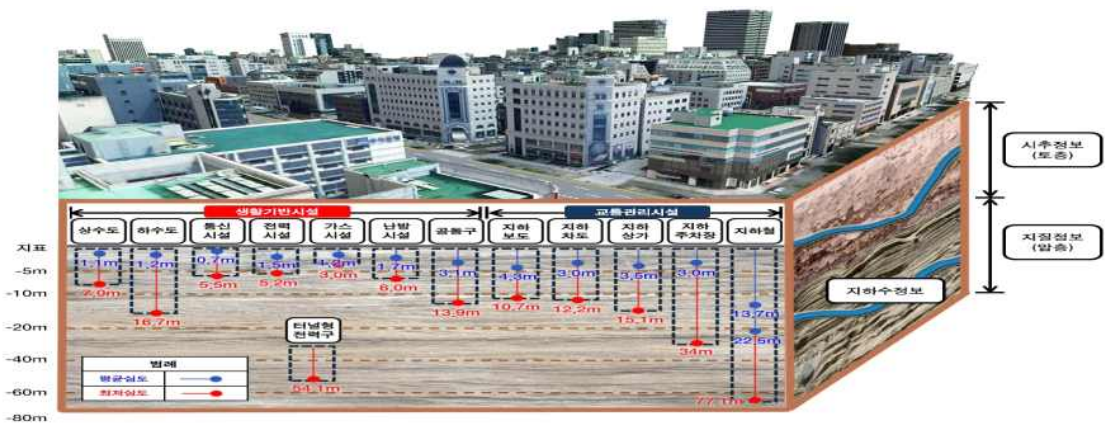
〈표〉 주요 기반시설 유지관리 목표

구분	목표	
교통 SOC	도로	교량·터널 등 주요 시설물 보통 이상으로 관리, 포장상태 양호수준으로 개선
	철도	'22년까지 일반철도 89개 노선(3,421km), 고속철도 1개 노선(693km) 개량
	공항	'21년까지 6개 항행시스템 현대화, '22년까지 20개 공항시설 내진보강 완료
	항만	항만·어항시설물을 보통 이상으로 관리
방재 시설	하천	제방 등 하천시설물 보통 이상으로 관리, 수문 자동화 성능개선 추진
	저수지	보통 이상으로 관리, 30만 톤 미만 소규모 시설 정밀안전진단 시행
	댐	90% 이상을 안전등급 양호 이상으로 관리

※ 출처 : 국토교통부, 제1차 기반시설관리 기본계획, 2020

- 이상기후·지진 대비, 점검 신기술 반영, 기반시설관리법 및 관련 규정에 맞춰 기존 시설별 점검·유지관리 실시지침 마련·정비
 - * 특히, 집중호우·폭설·지진 등으로 지하시설물 주변 지반의 약화로 땅꺼짐 현상 발생 우려가 크므로 이에 대비한 점검·보수 요령 정비
- 소규모 안전취약시설물(안전등급 D·E 등)에 대해 IoT, ICT 기반 원격 모니터링 기술을 도입하여 즉시 대응체계 기반 구축
- 통신구·전력구·송유관 정보도 포함한 전국단위 3차원 지하지도를 구축하여 지하시설물의 체계적 관리 지원하여 지하공간 통합관리시스템 고도화

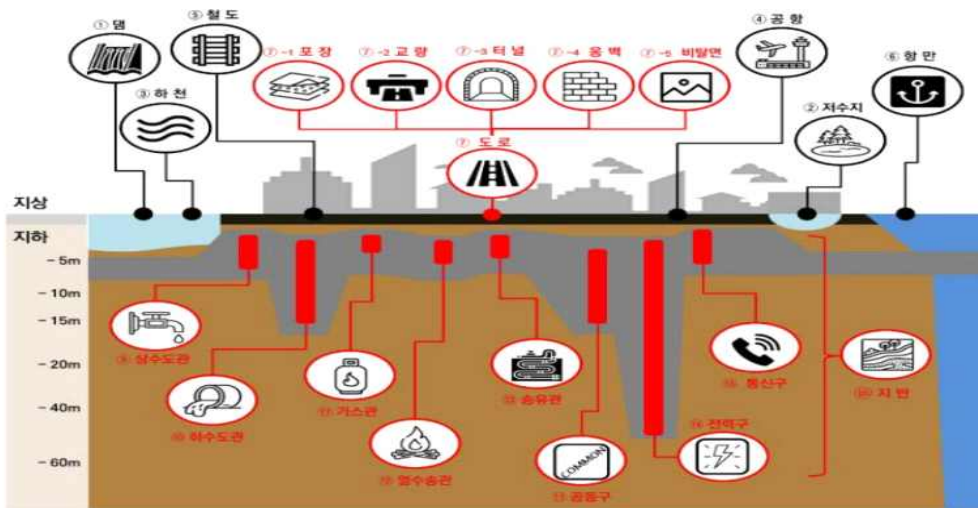
[그림] 지하공간정보 모식도



※ 출처 : 국토교통부, 제1차 기반시설관리 기본계획, 2020

- 빅데이터·3D·미래 기술 등을 활용한 스마트 관리방식을 도입을 통한 기반시설 관리의 저비용·효율화 실시
 - 인프라 총조사*를 통해 시설제원, 노후도, 점검·보수보강 이력 등을 DB화하고, 구축된 자료를 바탕으로 빅데이터 분석 등을 통해 취약 지역·시설요소의 과학적 규명
 - * 우선적으로 중요도가 높은 대표 시설물(7종)을 대상으로 표본조사를 실시하여 기반시설 관리에 필수적인 정보와 분류체계 도출
 - 기반시설의 유지관리·성능개선 현황정보를 체계적으로 수집·관리·활용하기 위해 기반시설 통합관리시스템을 구축·운영
 - 국가가 구축한 기존 시스템*을 지자체 시설물 유지관리에 활용할 수 있도록 일부 시스템에 대해 시범사업 추진 및 행정지원
 - * 교량(BMS), 터널(TIMs), 포장(PMS), 하천(KORIMS, 이산 국토부), 항만(POMS, 해수부), 저수지(RIMS, 농식품부), 상·하수도(국가상·하수도정보시스템, 환경부) 등
 - IoT·드론·로봇 등을 활용한 스마트 유지관리 R&D의 투자 확대로 교량하부·수중 등 안전점검 사각지대 해소
 - 국민 일상생활의 안전과 밀접한 관련이 있는 기반시설 관리 기술*을 개발하여 유지관리 기술 고도화
 - * 지하시설물(가스관, 열수송관, 공동구 등)과 지상시설물(도로 등)을 아우르는 안전 및 유지관리 모니터링, 진단, 성능해석 및 평가, 예측, 장수명화 기술

[그림] 기반시설 관리 기술 개발 대상



※ 출처 : 국토교통부, 제1차 기반시설관리 기본계획, 2020

- 일자리 창출을 위해 기반시설 정보개방*, 기술지원, 창업경진대회, 창업활동 지원 등 기반 시설 유지관리 스타트업 활성화 추진
 - * 스마트 계측, IoT, 빅데이터 등은 정보개방·활용을 통해 고부가가치 창출 가능

- 국가·공공기관·민간의 안전투자 확대 및 투자재원 다각화를 통해 노후 기반시설의 적기 개선을 적극 지원
 - '20~'25년 기반시설 관리 강화에 연평균 13조 원 내외(국비 5조 원 내외, 지방비 5조 원 내외, 공공·민간 3조 원 내외) 투자
 - 기반시설관리위원회에서 관리계획의 관리목표, 중점사업 및 우선순위의 타당성(필요성·적정성·시급성 등)을 종합적으로 판단*하여 '기반 시설 관리 종합투자계획' 수립
 - * 기반시설 관리목표, 중점 추진사업 타당성 검토, 다수 시설의 투자 우선순위 결정을 위한 절차, 기준 및 모델 개발
 - 국가·지자체는 기반시설의 체계적인 유지관리·성능개선을 위하여 관리주체에 비용*을 출자·출연·보조·용자 등으로 지원
 - * 기반시설 실태조사 및 성능평가, 기반시설 유지관리를 위한 조사·진단·연구 및 보수·보강, 기반시설 성능개선 등

□ 제3차 기반시설관리위원회는 '기반시설 관리계획('21~'25)'을 심의·의결하여 광역자치단체별 소관 기반시설의 체계적 유지관리 및 성능 개선 추진²⁰⁾

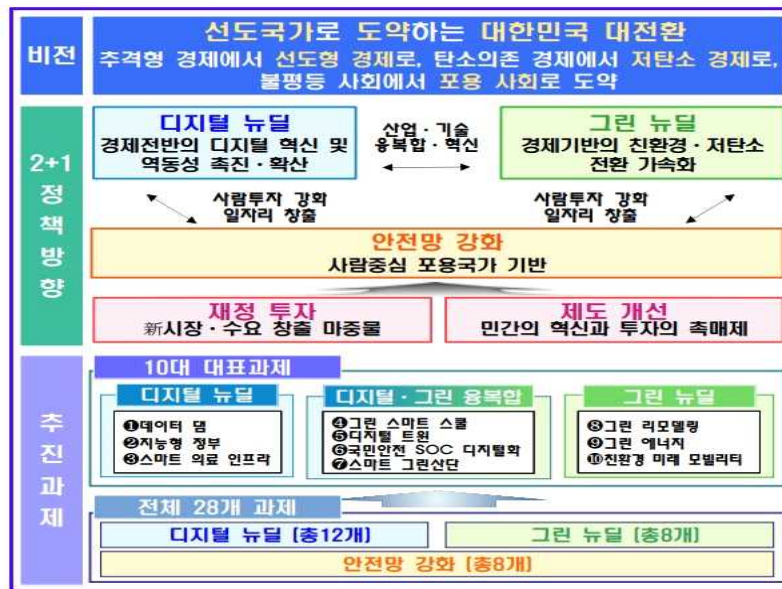
- 관리계획은 목표기간 내 노후 기반시설의 선제적 유지관리 체계를 구축한다는 기본방향과 함께 모든 기반시설 안전등급을 최소 C(보통) 등급 이상으로 관리하는 목표 제시
 - 기반시설 유형별로 국민의 생활과 밀접한 기반시설인 하수도(3조 3,387억, 41.3%), 철도(1조 3,783억, 17.1%), 도로(1조 1,100억, 13.7%), 상수도(1조 697억, 13.2%)에 약 85%의 예산 투자 전망
- 각 관리주체가 노후 기반시설의 상태를 객관적으로 진단·예측할 수 있도록 시설물 유지관리 정보 등을 디지털화하여 제공하고, 이를 통한 관리기법 고도화* 지원 계획
 - * 잔존수명 추정, 최적 보강공법·시기 결정, 소요예산 분석, 투자우선순위 설정 등
- 특히 최소유지관리기준, 성능개선기준 등 기반시설 유지관리 정책 강화 및 투자확대, 그리고 이를 통한 안정적인 관리 추진
- 관리주체별 계획수립 체계를 강화*하고 이행성과를 평가·환류와 연계하여 기반시설 관리 수준의 전반적 향상 유도
 - * 1년 단위 실행계획 수립 추진, 총괄관리 기능 강화, 표준 자산관리시스템 제공 등

20) 국토교통부, 전국의 노후 기반시설, 더 체계적으로 더 꼼꼼히 관리한다, 2021.12.21

□ 국가발전정책으로 ‘한국판 뉴딜 종합계획’을 수립 후 추진 중이며, 국가안전사회간접자본 핵심 인프라의 디지털화를 포함하여 인프라를 통합 관리하는 정책목표 제시²¹⁾

○ ‘20년 발표한 ‘한국판 뉴딜’ 종합계획에 이어 ‘21년 7월 기존 전략에서 한 단계 진화한 ‘한국판 뉴딜 2.0’ 추진 계획 발표

[그림] 한국판 뉴딜 2.0



※ 출처 : 관계부처합동, 한국판 뉴딜 종합계획, 2020

- ‘한국판 뉴딜 2.0’에서는 디지털 뉴딜, 그린뉴딜, 안전망 강화 추진을 기반으로 교육, 의료 등 디지털 인프라 고도화 등 국민이 체감 가능한 성과를 확대하고, 스마트시티 고도화, 스마트 산단 지속 조성 등 국민의 안전하고 편리한 생활 여건 확산에 중점
- 사회간접자본 핵심 인프라를 디지털화하여 안전하고 편리한 국민생활을 도모하고, 도시·산단·물류를 스마트화하여 연관 산업경쟁력을 제고하기 위해 ‘25년까지 총사업비 15.8조 원 투자 계획
 - 4대 분야(교통, 디지털 트윈, 수자원, 재난대응) 핵심 인프라 디지털 관리체계 구축
 - 디지털 트윈 달성을 위한 정밀 도로지도 및 지하구조물 3D 통합지도, 항만 디지털 플랫폼 구축
 - 국가하천, 저수지, 국가관리 댐 원격제어 시스템·실시간 모니터링 체계 구축
 - 친환경·저탄소 등 그린경제 기반으로의 전환을 추진하는 그린뉴딜을 위해 도시·공간·생활 인프라의 녹색전환 및 녹색친화적인 국민의 일상생활 환경 조성 목표

21) 관계부처합동, 한국판 뉴딜 종합계획, 2020

- 핵심 인프라와 산단·물류 등 SOC 디지털화 분야에 '21년 1.8조 원 투자 예정
 - (도로) '27년 완전자율주행 상용화 목표로 국도 45% ITS(지능형교통체계) 구축 및 주요도로 C-ITS(차세대 지능형교통체계) 구축에 5,179억 원 투자
 - (철도) 철도 상태 실시간 감시를 위한 수도권광역·경부고속철도 스마트 유지관리체계 구축 완료에 2,958억 원 투자
 - (디지털 트윈) 전국 도심지 3D 지형도 100% 구축(385억 원), 85개 시 지하공간정보 3D 통합지도 구축(335억 원) 및 일반국도 11,670km에 정밀도로지도 구축(160억 원)
 - (조기경보) 급경사지 65개소, 자연재해위험지구 105개소에 조기경보시스템 구축을 위해 288억 원 투자

□ 제5차 국토종합계획 실천계획('21~'25)은 미래형 교통체계로의 전환을 대비하고 첨단기술 활용 유지관리 고도화 추진 내용 포함²²⁾

- 제5차 국토종합계획 실천계획('21~'25)에서 안심국토 조성과 미래 혁신교통체계 구축 계획을 발표하였으며, 균형 국토, 스마트 국토, 혁신 국토를 3대 목표로 설정하고, 이를 실현하기 위한 6대 전략 제시
 - 6대 실현 전략 중 '인프라의 효율적 운영과 국토 지능화' 달성을 위한 세부 내용으로 네트워크형 교통망의 효율화와 대도시권 혼잡 해소, 인프라의 전략적 운영과 포용적 교통정책 추진 포함
 - 자율주행차, 하이퍼루프, 드론 등장에 대비한 미래형 교통체계 개편을 검토 및 구축
 - 생애주기관리시스템 도입, 적기 투자를 통한 안전 확보, 첨단기술을 활용한 유지관리 고도화를 통해 노후 인프라를 적기에 개량

[그림] 제5차 국토종합계획 실천계획



※ 출처: 국토교통부, 제5차 국토종합계획 실천계획(2021~2025), 2020

22) 국토교통부, 제5차 국토종합계획 실천계획(2021~2025), 2020

□ 한국의 유인 달 탐사 ‘아르테미스 프로젝트’ 참여 선언

- 미국, 영국, 일본, 호주, 캐나다 등이 참여하고 있으며 우리나라도 '21년 6월 세계에서 10번째로 아르테미스 약정(Artemis Accords)에 서명하고 프로젝트 참여
- 국가 필수전략기술 10대 분야에 우주·항공이 포함되어 있고, 제3차 우주개발 진흥 기본 계획에 달과 화성 표면에 영구기지 건설 및 자원활용 기술 확보(~'40) 계획 명시

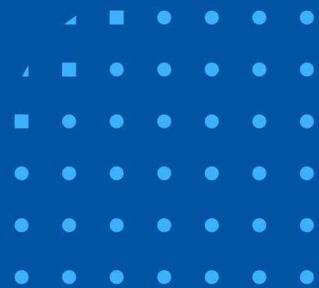
[그림] 달 탐사(기지건설)

대한민국의 새로운 도전
「제3차 우주개발 진흥 기본계획」

□ 다양한 분야의 우주과학 연구 추진

- (행성과학) 유관 출연(연) 사업을 활용한 달·소행성 자원(샘플) 채취 및 현지자원 활용을 위한 기초연구와 지질자원 탐사 기초기술* 확보(~'22)
 - * 극한환경 생명유지지원 장치, 우주공간에서의 방사선 차폐 기술 등
- 달 착륙에서 확보한 기술 및 관련 국제협력 프로그램 참여를 통해 달·화성 표면에서의 영구기지 건설 및 자원 활용 기술 확보(~'40)

※ 출처 : 과학기술정보통신부, 제3차 우주개발 진흥 기본계획, 2021

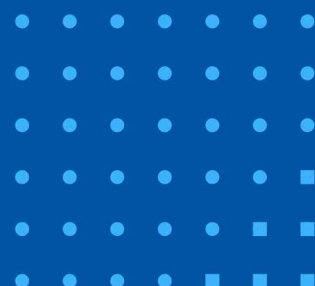


Korea Agency for Infrastructure
Technology Advancement

제3장

시장동향

01. 교량	41
02. 터널/지하공간	45
03. 특수구조물	49



제3장 시장동향

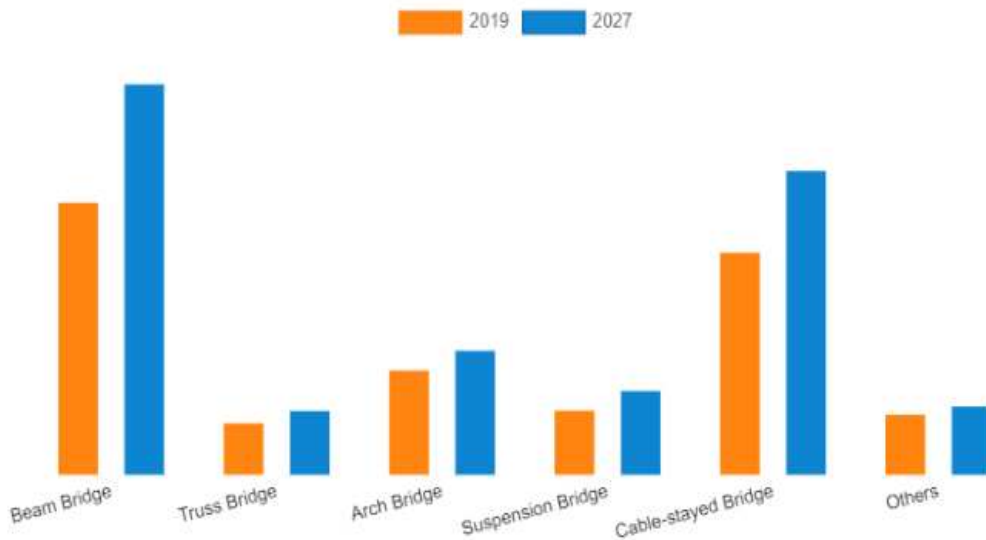
01

교량

□ 세계 교량 시장은 아시아를 중심으로 지속적인 성장세 유지²³⁾

- '19년 세계 교량 건설시장 규모는 9,080억 달러이고, '27년까지 연평균 4.6% 성장하여 1조 2,126억 달러 규모 형성 전망
 - '19년 가장 높은 수익을 창출한 아시아 시장은 '27년까지 연평균 5.3% 성장하며 세계에서 가장 빠르게 성장 전망
 - 인도·중국 등 개발도상국의 도로 및 고속도로 건설산업이 급증하여 신규 교량 수요 증가 전망
 - 자재별로는 콘크리트 교량이 가장 큰 시장 점유율을 차지하고 있으며, 다른 경제 활동 및 국가 간의 연결을 용이하게 하는 철도 네트워크에 널리 사용
 - 유형별로는 빔 브리지가 가장 큰 수익을 창출하였으며 '27년까지 연평균 5.6% 성장 전망

[그림] 유형별 교량 시장 예측 성장률



※ 출처 : Allied Market Research, Bridge Construction Market Worth \$1,212.6 Billion by 2027 at a CAGR of 4.6%– Pre and Post COVID-19 Market Analysis, 2020.12

23) Allied Market Research, Bridge Construction Market Worth \$1,212.6 Billion by 2027 at a CAGR of 4.6%– Pre and Post COVID-19 Market Analysis, 2020.12

□ 美 도로교통건축협회(ARTBA)의 ‘2022 교량 조사(Bridge Report)’에 따르면 미국 내 교량 노후화에 따른 ‘21년 교량 보수 시장은 2,600억 달러로 추산²⁴⁾

- 조사 결과 미국 내 교량의 36%가 ‘상태 나쁨 또는 구조적 결함’ 등급으로 나타나 유지 보수 시급

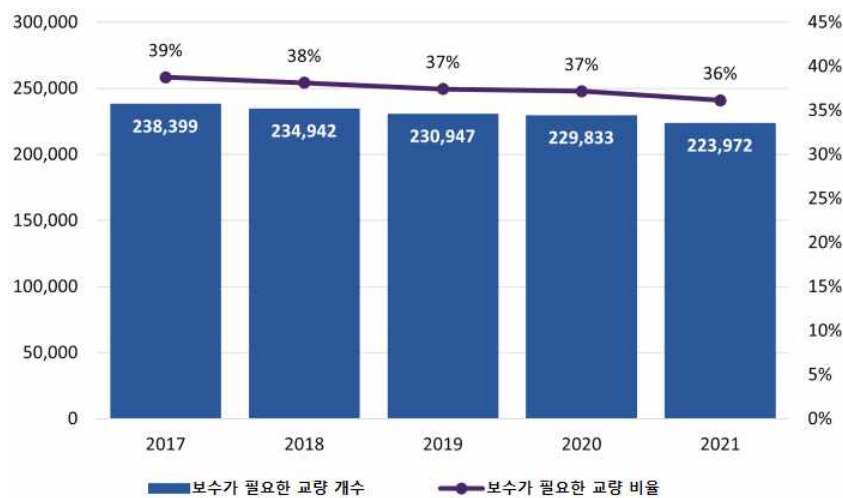
〈표〉 ARTBA 미국 등급별 교량 자산(‘21)

등급	‘20	‘21	‘20→‘21 증감(개)	‘20→‘21 증감(%)
좋음	278,427	278,122	-305	-0.1
보통	294,972	297,888	2,916	1.0
나쁨(구조적 결함)	45,023	43,578	-1,445	-3.2
총계	618,422	619,588	1,166	0.2

※ 출처 : ARTBA, 2022 Bridge Report, 2022

- 美 교통부는 ‘21년부터 ‘26년까지 브리지 포물러 프로그램(BFP)의 일환으로 교량 유지보수 지원금 275억 달러, 교량 유지보수 재량 사업 지원금 125억 달러를 주정부에 지원
- ‘22년 회계연도에 주정부에 지원되는 교량 유지보수 프로그램 지원금은 총 590억 달러로, 전년도의 450억 달러 대비 31.1% 증가
- 美 정부는 해마다 교량 포함 SOC 유지보수 시장에 꾸준히 투자하고 노후화된 교량 유지보수 사업을 추진하여, ‘19년 조사 시 50년 후가 될 것이라던 유지보수 완료 시점을 ‘21년 조사 시 30년 후로 앞당김

[그림] 보수작업이 시급한 미국 교량 추이(‘17~‘21)



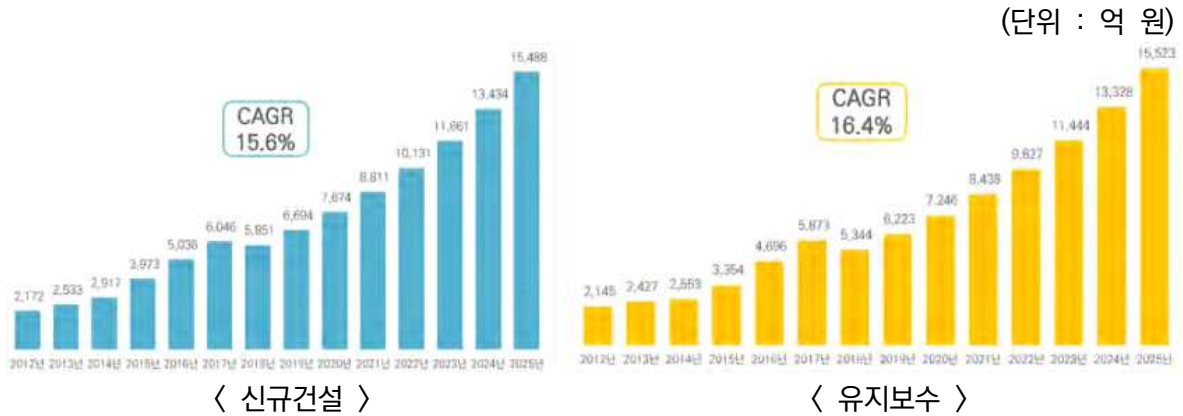
※ 출처 : ARTBA, 2022 Bridge Report, 2022

24) ARTBA, 2022 Bridge Report, 2022

□ 국내 교량시장은 공사수주 실적을 기준으로 '25년 약 3조 1,011억 원 규모로 성장이 예상되며 신규건설 시장과 유지보수 시장 규모가 비슷해질 전망²⁵⁾

- 교량 신규건설 시장 규모는 '12년 2,172억 원에서 '25년 1조 5,488억 원으로 연평균 15.6% 증가 예상
- 교량 유지보수 시장 규모는 '12년 2,145억 원에서 '25년 1조 5,523억 원으로 연평균 16.4% 증가 예상

[그림] 국내 교량 신규건설·유지보수 시장 전망



※ 출처 : 국토교통과학기술진흥원, 미래환경변화 대응 도로인프라 혁신기술개발 기획 최종보고서, 2020.12.01

- 전국 도로교량은 '15년 30,983개소 연장 3,077km에서 '19년 35,902개소 3,667km로 증가하였으나, 평균 사용연수 17.8년, 30년 이상 노후화 비율 12.5%로 증가하여 유지관리·보수 시장 확대 전망

[그림] 국내 교량 연장 및 30년 이상 노후화 현황('15~'19)



※ 출처 : 국토교통과학기술진흥원, 미래환경변화 대응 도로인프라 혁신기술개발 기획 최종보고서, 2020.12.01

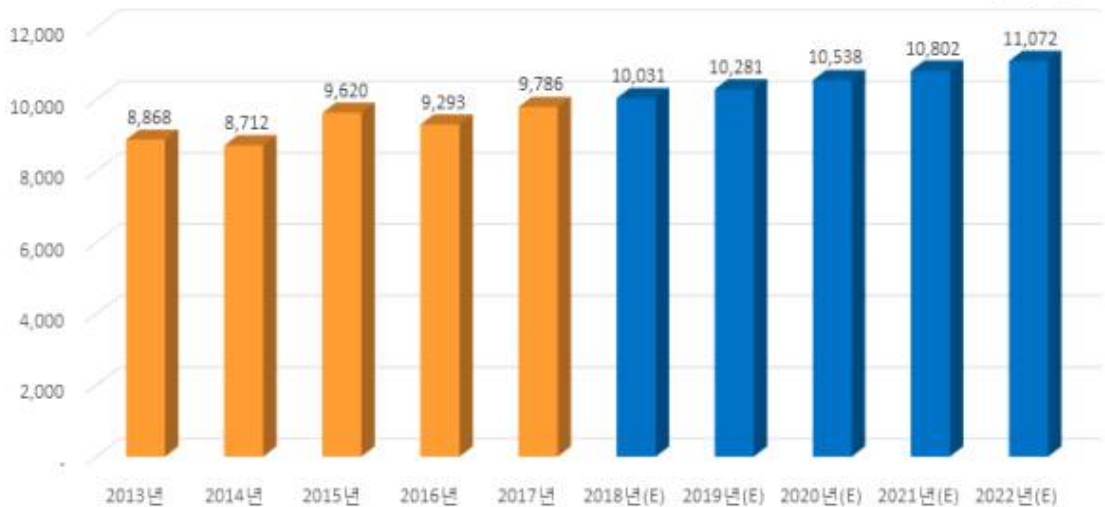
25) 국토교통과학기술진흥원, 미래환경변화 대응 도로인프라 혁신기술개발 기획 최종보고서, 2020.12.01

□ 국내 보링, 그라우팅 및 굴정 공사, 토공사, 강구조물 공사 등의 교량 시장은 완만한 성장세²⁶⁾

- 보링, 그라우팅 및 굴정공사는 지반의 상태를 파악하기 위한 지반조사, 구조물의 보강을 위한 그라우팅 및 앵커 공사, 사면보강공법 등 다양
- 국내 보링, 그라우팅 및 굴정 공사업은 정부의 연약지반 공사 증대, 재개발·재건축 관련 규제 완화 등이 보링, 그라우팅 및 굴정 공사업 시장 성장의 촉진 요소로 작용
 - 정부의 제4차 국토종합계획 수정계획에 따르면 해안매립지 개발과 서·남해안 매립지 개발 계획 등으로 연약지반 공사 증가
 - 통계청에 따르면 국내 보링, 그라우팅 및 굴정 공사업 출하금액은 시장 환경, 업황 등을 감안할 시 연평균 2.5%씩 증가하여 '22년 1조 1,072억 원에 달할 전망

[그림] 보링, 그라우팅 공사업 시장 규모

(단위 : 억 원)



※ 출처 : (주)NICE디앤비, 코리아에스이 소재, 2020.08

- 강구조물 공사는 교량 및 이와 유사한 시설물을 건설하기 위한 철 구조물의 조립·설치에 관한 공사를 하도급받아 시공하는 공사, 그 밖의 각종 철 구조물 공사를 의미
 - 통계청에 따르면 강구조물 공사의 국내 시장규모는 '13년 3조 2,062억 원에서 '17년 3조 4,009억 원으로 연평균 1.48% 증가했으며, 동일 추세를 가정할 때 '22년 3조 6,610억 원에 달할 전망

26) (주)NICE디앤비, 코리아에스이 소재, 2020.08

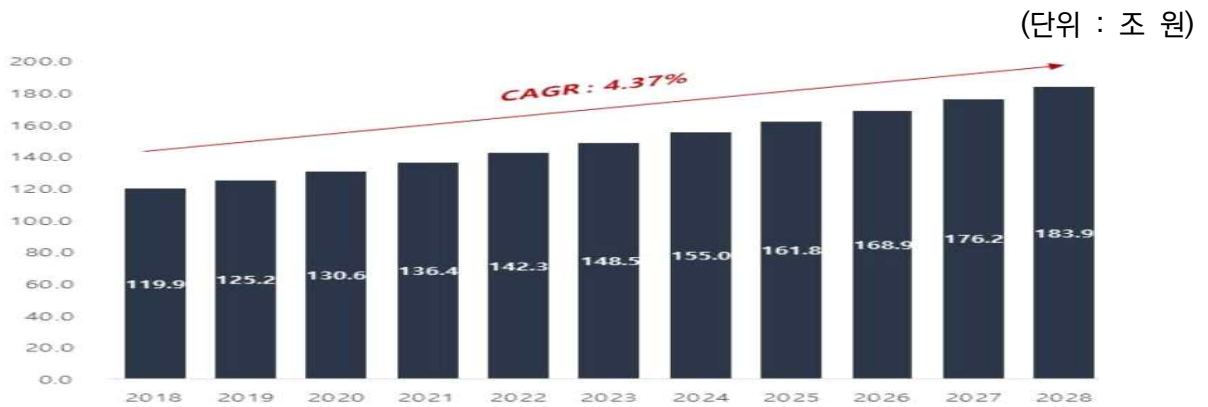
02

터널 및 지하공간

□ 세계 터널 시장은 연평균 4.37% 성장하고 있으며 '18년 119.9조 원에서 '28년 183.9조 원 규모로 성장 전망²⁷⁾

- 경기침체로 인해 육상터널의 시장 전망은 그리 밝지 않으나, 국가-대륙 간 초장대 해저터널 건설 프로젝트가 꾸준히 시공 및 계획
 - 현재 운영 중인 초장대 해저터널은 영불해협, 오레선트(덴마크-스웨덴), 세이칸·동경만(일본), 링컨(미국), 보스포러스(터키), 샤민(중국) 등 7곳이며 노르웨이 E39, 칭다오 지하철 1호선 해저터널(중국) 등 2곳이 시공 중

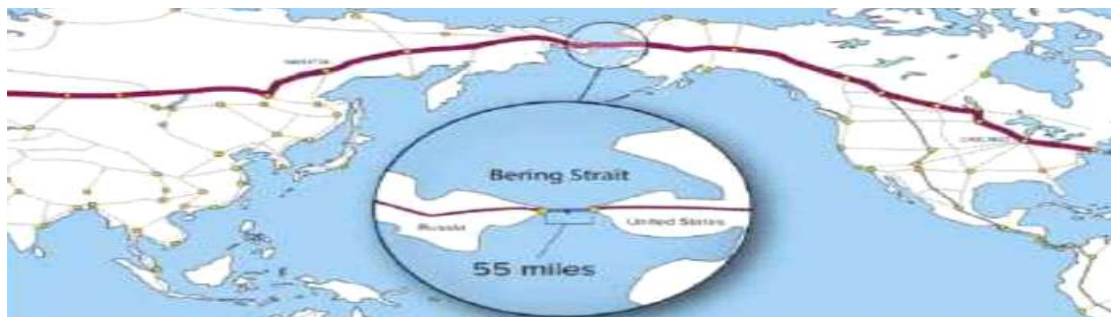
[그림] 세계 터널 시장규모 및 전망(해저터널 포함)



※ 출처 : 국토교통과학기술진흥원, 메가스트럭처 자립건설 기술개발 사업 최종보고서, 2019.05.17

- 세계 해저터널 시장규모는 발주 물량은 적지만, 해저터널의 건설 특성상 대규모 사업 발주가 많아 잠재적 시장규모가 매우 클 전망
 - 향후 발주 예상되는 대규모 해저터널 건설사업으로 대만해협, 지브롤터, 베링해협, 다렌-엔타이 지역에 해저터널 시공 계획

[그림] 베링해협 해저터널 구상(안)



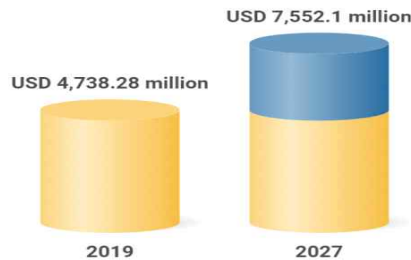
※ 출처 : 국토교통과학기술진흥원, 메가스트럭처 자립건설 기술개발 사업 최종보고서, 2019.05.17

27) 국토교통과학기술진흥원, 메가스트럭처 자립건설 기술개발 사업 최종보고서, 2019.05.17

□ 세계적으로 철도 및 고속도로 인프라 개발의 증가에 따라 탄광 및 터널굴착시에 이용되는 터널 굴착기 시장의 성장을 이끌 것으로 예상되며, 시장 규모 또한 증가 추세²⁸⁾

- 전 세계 터널 보링 머신 시장 규모는 '19년 54억 7,600만 달러였으며, '20년~'27년까지 연평균 6.0% 성장하여 '27년까지 75억 5,210만 달러 예상
 - 물 공급 및 처리, 석유 및 가스 파이프라인, 수력 발전 프로젝트를 위한 터널 보링 머신의 채택 증가는 터널 보링 머신 시장의 성장에 부응할 것으로 예상되며, 최신 개발된 TBM은 기존 공법에 비해 공사에 소요되는 작업시간을 줄여 도입률을 높이고 있는 중
 - 또한 전 세계적으로 파이프라인 철도 및 도로 인프라에 대한 정부 지출의 증가는 세계 터널 보링 머신 시장의 성장 주도 예상

[그림] 글로벌 터널 보링 머신 시장



※ 출처 : Research And Markets, Tunnel Boring Machine Market by Machine Type, Geology Type and End User, 박영환, 2020.12

□ 정부 규제, 도로 사고의 증가로 인해 보안 강화에 대한 높은 수요, 터널 자동화 솔루션에 클라우드와 IoT의 통합 증가 등으로 인한 터널 자동화의 채택 및 시장의 증가가 예상²⁹⁾

- 터널 자동화 시장은 터널 건설 프로젝트의 수가 증가하고 터널 관리를 위한 통합 분석 플랫폼의 수용 증가 등에 따라 '21년~'26년 동안 연평균 8.9% 이상 증가 예상
 - 증가하는 도로 터널 사고로 인해 터널에 자동화 장비가 도입되었으며, 전 세계적으로 터널 자동화 구성 요소에 대한 수요가 증가 추세
 - 특히 아시아지역의 터널 자동화 시장은 예측 기간 동안 가장 높은 연평균성장률을 기록할 것으로 예상되며, 중국과 인도는 향후 몇 년 동안 APAC 지역의 터널 자동화 시장 성장에 주요 기여자가 될 전망
 - 중국 정부의 터널 인프라 투자 증가와 철도, 지하철 및 도로 터널에 대한 터널 자동화 솔루션의 채택이 증가함에 따라 중국에서 터널 자동화 솔루션에 대한 수요가 증가하고 있으며, 인도 또한 터널 건설에 막대한 투자를 하고 있어 터널의 고급 기술 구성 요소에 상당한 투자 예상

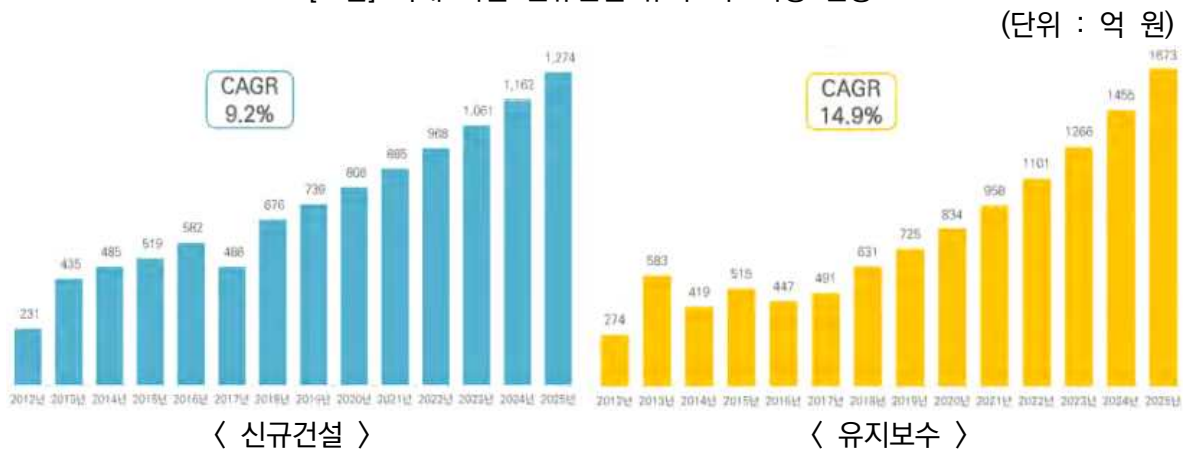
28) Research And Markets, Tunnel Boring Machine Market by Machine Type, Geology Type and End User, 2020.12

29) Research And Markets, Tunnel Automation Market, 2021.01

□ 국내 터널시장은 공사수주 실적을 기준으로 '25년 약 2,947억 원 규모로 성장이 예상되며 신규 건설 시장보다 유지보수 시장 규모가 더 커질 전망

- 터널 신규건설 시장 규모는 '12년 231억 원에서 '25년 1,274억 원으로 연평균 9.2% 증가 예상
- 터널 유지보수 시장 규모는 '12년 274억 원에서 '25년 1,673억 원으로 연평균 14.9% 증가 예상

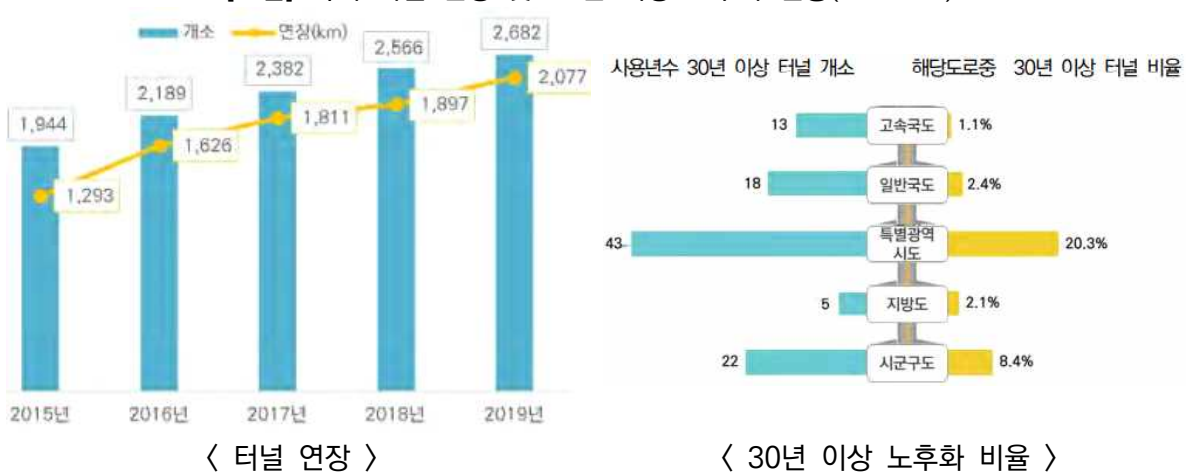
[그림] 국내 터널 신규건설·유지보수 시장 전망



※ 출처 : 국토교통과학기술진흥원, 미래환경변화 대응 도로인프라 혁신기술개발 기획 최종보고서, 2020.12.01

- 전국 도로터널은 '15년 1,944개소 연장 1,293km에서 '19년 2,682개소 2,077km로 증가 하였으나, 평균 사용연수 11.6년, 30년 이상 노후화 비율 3.8%로 증가하여 유지관리·보수 시장 확대 전망

[그림] 국내 터널 연장 및 30년 이상 노후화 현황('15~'19)



※ 출처 : 국토교통과학기술진흥원, 미래환경변화 대응 도로인프라 혁신기술개발 기획 최종보고서, 2020.12.01

- 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」 시행령 개정으로 대규모 개발사업 지역(200만㎡를 초과하는 택지개발사업 지역)에 공동구 설치가 의무화 되어 시장이 급격히 증가 전망³⁰⁾
- 기존의 지하 매설물들을 공동구로 대체할 경우 도시미관의 개선, 자연재해로부터 전력/통신/가스 등의 인프라 네트워크 보호, 그리고 네트워크 운용의 효율성 제고 등 다양한 긍정적 효과를 볼 수 있기 때문에, 공동구의 필요성에 대한 인식 확산 추세
- 우리나라의 대도시 가공 배전선로 지중화율은 매우 낮은 것을 고려하면(서울 52.4%, 런던·파리 100%, 뉴욕 72.2%, 동경 86.3%) 전선 공동구에 해당되는 소단면의 공동구 시장이 더욱 팽창 예상
 - 우리나라 전체 인구 중 도시지역에 거주하는 인구비율은 '05년 이후 약 90% 이상으로 매우 높고 이러한 현상은 지속 전망되며, 이에 따른 사회기반시설 건설 시 집단 민원, 세종시 등에서의 공동구 설치 의무화, 도시 미관에 대한 욕구 증진 및 인식 변화 등으로 공동구의 설치 연장은 꾸준한 증가세
 - '10년 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」시행령 개정으로 대규모 개발사업 지역에 공동구 설치가 의무화, 또한, 공동구 설계기준에서 수용시설의 범위를 4종에서 2종으로 변경 추진
 - 현재 공동구는 신도시에서 적용되는 개착식 공동구와 기존 도심지에 적용되는 개착/터널식 단독구가 주류이며, 기존 도심지 민원대책으로 터널식 단독구 증가 추세
 - 터널식 단독구는 전력구가 가장 큰 시장을 형성하고 있으며, 공동구로 수용될 수 있는 부분이 75%를 차지하여 효율성을 크게 증대 가능
 - 통계청, 한전, 한국감정원 등의 자료를 통해 향후 공동구 건설 수요를 예측해 본 결과 '14년부터 '23년까지 10년간의 공동구 건설시장의 누적규모는 약 6조 2천억 원 추정
 - 보다 장기적으로는 최근의 개발사업 현황 및 경제적 타당성 분석을 통한 설치의무 규모를 50만㎡ 초과로 확대 적용하는 것을 검토하고 있어 관련 수요는 대폭적인 증가 예상
 - 도심지 공동구 수용 용량의 확대에 인하여 단면 직경 6~7m 규모의 선진화 및 대단면화 공동구에 대한 수요가 발생할 수 있으며, 인천 송도 및 새만금과 같은 신도시 개발(시장규모 4,000억 원)에 따른 공동구 신규 수요 증가 예상

30) 국토교통부, 도심지 터널식공동구최적설계용량산정 및 글로벌표준화설계기술 개발 최종보고서, 2020.05.29

03

특수구조물

- 특수구조물 중에서 방폭·화생방·전자기필스(EMP) 등의 방호시설의 수요는 국방과 대테러 위협 요인의 증가에 따라 점차 증가 추세
 - 방호시설의 구축은 대부분 보안시설에 해당되어 정확한 시장 규모를 파악하기 어려워 전체 보안 시장에서 방호구조물이 차지하는 비율 반영 추정
 - 이 중 물리적 보안에 해당하는 시설과 장치를 포함하는 방호시설의 비중은 약 20%에 해당 160억 달러 규모
 - '2021 국내외 보안시장 전망보고서'에 따르면 '22년 국내 보안시장은 6.4조 원이며 향후 사이버 물리시스템의 확장에 따라 매년 5.2% 성장 예측
 - 반면 사이버 물리시스템 시장이 급성장하는 것에 비해 방호구조물 시장은 그리 크게 성장하지 못하여 '22년 방호구조물 시장은 약 8,000억 원 규모³¹⁾
 - EMP 방호시설의 경우 현재는 건설산업에서 말하는 방호구조물이라 분류하기 어려워 시장 규모가 불확실
 - '19년 EMP 방호를 위한 국내 Shielding Room 구조물, 필터 및 EMP 차폐문 등의 부속 자재를 포함하여 총 시장 규모 약 3,000억 원 규모 추정
 - 반면 동일한 품목을 대상으로 '19년 세계시장은 미국과 유럽을 중심으로 시장이 형성되어 약 10억 달러 규모의 시장 형성³²⁾
 - 화생방 방호의 경우 일반적으로 구조물에 부속으로 공기조화기기를 비롯한 장치를 통해 방호성능을 확보하였으며, 대부분이 장비 및 장치 산업으로 확인
 - '19년 기준으로 세계 화생방 방호시설 시장은 제품과 시공을 포함하여 약 70억 달러의 시장 형성 추정
 - 단, 이 시장 규모에 대한 자료는 자유·서방국가를 중심으로 산출된 산업 통계에 따른 것에 한정되며, 비(非)서방국가에 형성된 시장 규모를 감안하면 약 1.5배 이상 추정

31) 씨큐리티월드, 2019

32) 한국전자파학회, 2020 전자파 보안 워크숍, 2020

□ 세계적으로 방호·방폭 관련 산업은 주로 美·英·佛·日 기업이 선도하며 시장의 과반 이상을 점유하고 있어 우리나라도 관련 기술개발 및 시장규모 확대 필요³³⁾

- 美 국방부 산하 공병연구소와 K&C는 방호·방폭 설계 및 해석평가 분야를 선도하고 있으며 주로 국방부에서 발주하는 방폭분야 프로젝트를 진행
- 英 Eruma PLC는 '05년부터 TNT 500kg까지 견디는 대테러·보안 제품을 공급하고 있으며, 우리나라의 디지털영상보안 유통업체 믹스폴과 협업
- 佛 Ductal은 방호·방폭 재료 및 자재 관련 세계 민간시장을 선도하며, 주로 초고성능 건설분야 섬유소재기술이 적용된 제품들을 개발
- 日 종합 건설사를 중심으로 초고강도 콘크리트 내화기술을 보유하여 세계 고강도·초고강도 콘크리트 시장에서 기술력을 인정받고 있으며, 폭발방지 공법에 대한 연구 진행
- 이스라엘 ARPAL Aluminum은 폭탄 및 외부 폭발로부터 최대 300psi를 견뎌내고 건물 내부의 피해를 최소화하는 방폭창·방탄창 생산 능력을 보유하고 있으며, 우리나라의 시스템 창호 제작 업체인 알루텍과 협업
- 선진국은 대형 빌딩 및 교량 등 인프라 시설물 관련하여 자연재해·사고뿐만 아니라 인위적 충격·폭발에 대한 안전성 확보를 위해 투자·연구를 지속하고 있으며, 이에 따른 방호·방폭 등 특수구조물 시장 또한 성장세

[그림] DUCON 방폭·방폭벽 실험



※ 출처 : 국토교통과학기술진흥원, 고성능 섬유보강 시멘트 복합재료를 활용한 방호·방폭 구조물 적용 기술 개발 최종보고서, 2019.07

33) 국토교통과학기술진흥원, 고성능 섬유보강 시멘트 복합재료를 활용한 방호·방폭 구조물 적용 기술 개발 최종보고서, 2019.07

□ 미국은 달 유인탐사, 자원 탐사, 기지 건설 등의 우주 기술은 물론 민간분야의 우주산업 진출 기반 조성³⁴⁾

- 미국 민간기업인 SpaceX와 Orbital Science는 자체 개발한 발사체(Falcon-9, Antares), 화물선(Dragon, Cygnus)을 이용하여 화물을 국제우주정거장으로 수송하는 뉴스페이스 시대 선도
 - SpaceX는 '06년 NASA와 ISS로의 화물 운송 계약을 체결해 28억 달러의 지원금을 확보하여 1톤 이상의 우주화물을 지구 저궤도에 올리기 위해서는 약 200억 원의 비용을 1/10까지 획기적으로 절감하는 재활용 기술개발
 - 달 탐사 사업에 민간 기업의 참여를 유도하기 위해 Lunar CATALYST(Cargo Transportation and Landing by Soft Touchdown) 프로그램과 Lunar COTS 프로그램 기획
 - Lunar COT 프로그램에서는 달 탐사를 위한 저비용 민간기술 개발을 위해 1단계에서는 달 발전소, 통신타워, 자원탐사 로버, 화물수송기술을 개발하고, 2단계에서는 시범 자원생산을 위한 자원채굴기술을 개발하며, 3단계에서는 대규모 자원채굴 및 화물수송, 전력 및 통신 서비스 기술 개발을 단계적 개발
- 우주건설 핵심기술 발굴을 위한 학계와 산업계가 참여한 경연대회 개최
 - NASA의 Centennial Challenge는 '05년부터 달 토양 채취, 달 토양 샘플 귀환, 달 토양기반 산소 생산 기술 개발 등 달 지상 자원탐사 및 추출 기술에 관한 대회 개최
 - 최근에는 3D-Printed Habitat Challenge는 달 표면의 건축물을 짓기 위한 3D 프린팅 기술 경연대회를 개최하여 민간기업 참여 유도

□ 우주 활동에 대한 국가 차원의 적극적 투자 확대³⁵⁾

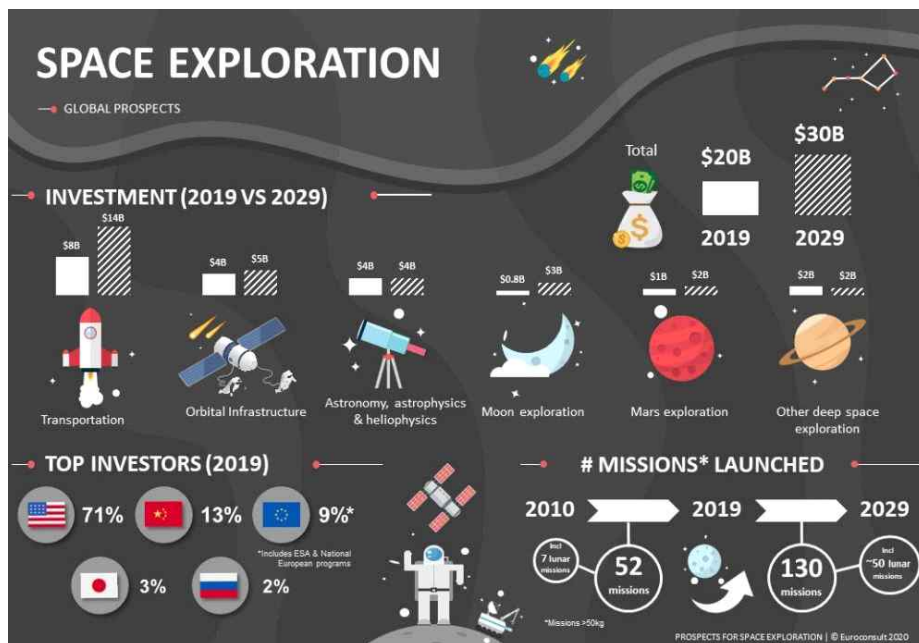
- Euroconsult에서 '20년에 발행한 '우주탐사 전망(Prospects for Space Exploration, 2nd Edition)'에 따르면 우주 탐사 예산은 달 탐사와 운송 및 궤도 기반 시설로 인하여 '29년까지 300억 달러로 증가 전망
 - 우주 탐사에 대한 전 세계 정부 투자는 '19년 약 200억 달러로 전년 대비 6% 증가하였으며, 미국이 전세계 우주탐사 예산의 71% 차지
 - 지난 10년('10~'19) 동안 수행된 52개의 임무와 비교하여 향후 10년('20~'29) 동안 약 130개의 임무가 진행될 것으로 전망되며, 달 탐사는 51개로 전체 임무의 40%를 차지할 것으로 계획되어 있어 이는 달 탐사가 우주 탐사 전략의 핵심이라는 것을 반영
 - 향후 10년 동안 약 50%의 예산 증가가 전망된다는 것은 달 탐사를 핵심으로 현재 실현되고 있는 대규모 계획에 대한 정부의 적극적인 지원

34) 한국산학기술학회논문지, 달 기지 건설을 대비한 국내외 달 탐사 동향 분석, 2018

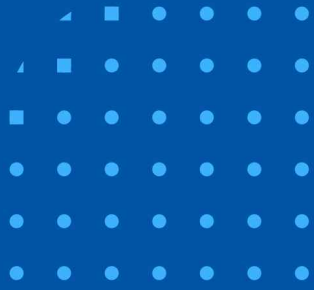
35) Euroconsult, Prospects for Space Exploration, 2020

- 달 탐사는 대부분의 우주 기관들이 앞으로 나아가야 하는 핵심 항목이 됨에 따라 지난 2년간 높은 증가세를 보였으며, '29년 27억 달러에 도달할 때까지 지속 성장 예상

[그림] 우주 탐사 전망



※ 출처 : Euroconsult, Prospects for Space Exploration, 2020

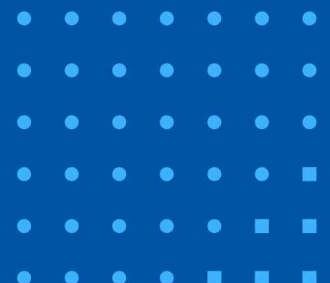


Korea Agency for Infrastructure
Technology Advancement

제4장

기술동향

01. 교량	55
02. 터널/지하공간	62
03. 비탈면/지반/기초	71
04. 특수구조물	75
05. 시설물 유지관리	81



제4장 기술동향

01

교량

1-1. 강구조/합성구조 교량

□ I형 강재거더가 콘크리트 자중을 부담하고 콘크리트 내에 텐던을 교차 배치하는 프리-스트레스 강합성 거더 제작공법 개발³⁶⁾

○ 단순지지된 I형 강재거더에 거푸집이 지상에서 이격되도록 매단 상태에서 콘크리트를 합성시켜 강재 거더가 콘크리트 자중을 부담하게 하고, 콘크리트 내 교축 방향으로 프리스트레스 텐던을 일정 구간 교차 배치한 후, 소요되는 프리스트레스를 도입하는 포스트텐셔닝 공법이 포함된 프리스트레스 강합성거더 개발

- '20년 방재신기술(제2020-3호)로 지정된 건이며, '19년 4개 교량, '20년 1개 교량에 적용한 실적이 있음

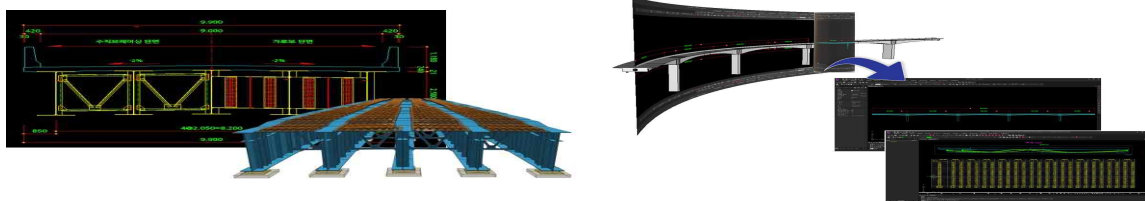
□ 도로선형을 기반으로 강구조 교량의 3D 정보모델 생성과 설계 전과정을 지원하는 교량설계 기술이 개발되고³⁷⁾, 프리팹 제작/시공 혁신을 위한 디지털 모델 기반의 제작 지원 기술 등 개발³⁸⁾

○ 3차원 파라메트릭 기반의 교량설계 기술은 강교량의 적용 비중이 높은 곡선의 도로선형을 갖는 구간에 원활히 적용할 수 있는 기술로, 선형정보를 기반으로 3D 정보모델을 생성하고 구조해석/도면/수량/시공시뮬레이션 연계

- 3D 설계모델은 라이브러리를 선형정보에 할당함으로써 자동으로 생성되고, 이를 바탕으로 구조 해석모델의 생성과 도면성과물의 제작, 수량 산출 자동 구성

- 곡선 교량에 대한 종단면도는 선형 중심선을 기준으로 3차원 형상이 전개된 형태의 곡면 전개도 제작기능을 활용하여 생성

[그림] 강교량 구조도면(좌)과 종단 전개도면(우) 제작 개요



※ 출처: 한국강구조학회지, 3차원 파라메트릭 기반 교량설계 기술, 2020

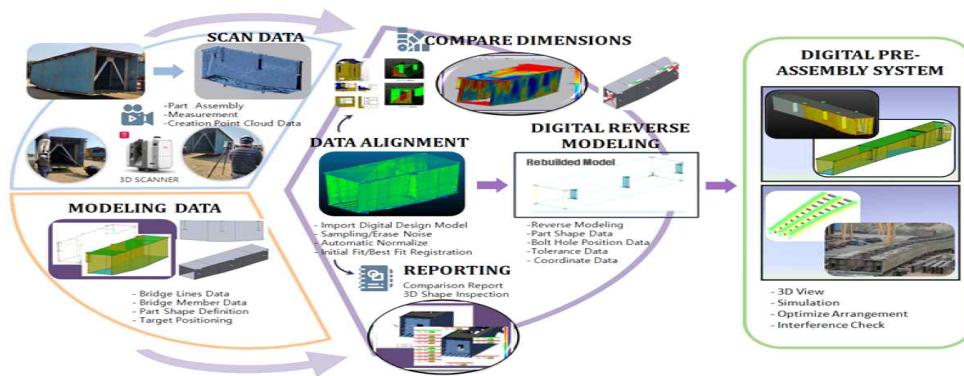
36) 한국방재협회, 2020년 방재신기술요약자료집, 2020.12

37) 한국강구조학회지, 3차원 파라메트릭 기반 교량설계 기술, 2020

38) 공학저널, 도로 구조물 디지털화, 프리팹이 이끈다, 2020.08.20

- ‘강구조 프리캐스트 제작/시공 혁신기술’로 강교량의 품질향상, 제작기간 단축 등을 위해 강교량의 실물 가조립을 배제할 수 있는 디지털 가조립 시스템 개발
 - 디지털 가조립 시스템 개발의 일환으로 디지털 3D 제작도면과 제작된 단품 강박스의 3D 스캔정보와의 오차를 확인할 수 있는 단품 비교 시스템을 개발하여 실증

[그림] 디지털 가조립 시뮬레이션 개념도



※ 출처: 한국강구조학회지, 디지털 가조립 시스템 개발을 위한 단품 비교 시스템 기술, 2021

□ 새로운 강구조/합성구조 교량 기술의 개발이 지속되고 있으며, 새만금 남북도로 건설공사에서는 세계 최초의 리버스 아치교(만경대교) 시공 완료

- 강합성 거더를 이용한 라멘교³⁹⁾, 프리스트레싱이 도입된 합성거더 교량⁴⁰⁾, 온도 프리스트레싱이 도입된 강거더 교량 공법⁴¹⁾ 등 신형식의 강구조/합성구조 교량기술 개발 지속
- 새만금 남북도로 건설공사 1단계(제3공구)의 만경대교 주교량은, 운항중인 군용기 및 민간항공기 운항에 대한 안전성 확보를 위해 높은 주탑을 필요로 하는 사장교 및 현수교 대신, 교량 높이를 제한할 수 있는 세계 최초의 리버스 아치교 형식으로 계획되어 시공⁴²⁾

[그림] 만경대교 리버스 아치교 시공 전경



※ 출처: 한국강구조학회지, 만경대교 리버스 아치교의 설계 및 시공, 2020

39) 동아일보, 합성형 라멘교-조립식 잔교 시장 개척... 자체개발 기술로 업계서 두각, 2021.04.29
 40) 한국강구조학회, PSSC 합성거더 교량의 적용성 검토, 2020
 41) 대한토목학회지, 신개념 다단계 온도 프리스트레싱 공법, 2021
 42) 한국강구조학회지, 만경대교 리버스 아치교의 설계 및 시공, 2020

1-2. 콘크리트 교량

□ 건설산업의 생산성 증대와 현장 인력 최소화의 요구에 대응하여 콘크리트 프리캐스트 구조에 대한 설계, 생산 자동화, 품질관리, 이를 지원하기 위한 디지털 기술들이 개발 중

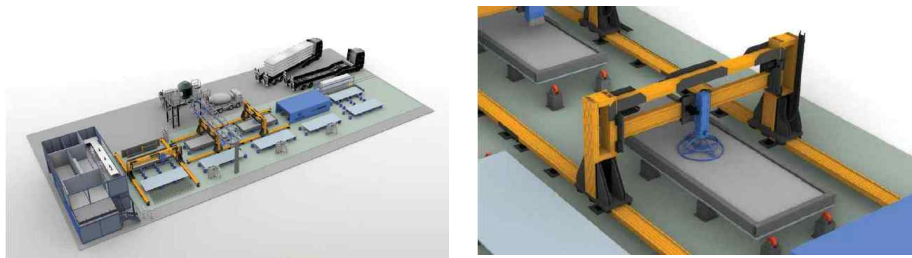
○ '20년에 시작된 「스마트 건설기술 개발사업」*에서 교량 프리캐스트 부재를 대상으로 DfMA(Design for Manufacturing and Assembly)를 위한 설계-제작-시공 단계 간의 정보유통과 설계도구로서 디지털엔지니어링 모델을 개발⁴³⁾

* 스마트건설기술개발사업: 도로 실증을 통한 스마트건설 기술 개발(주관: 한국도로공사), 국토교통부, '20~'25

○ 같은 사업에서 콘크리트 프리캐스트 부재의 제작, 품질관리를 개선하기 위한 생산자동화기술과 디지털엔지니어링 모델 기반의 품질관리 기술을 개발

- 콘크리트 프리캐스트 생산자동화 기술은 자동화 생산라인의 설계와 시스템 플랫폼, 콘크리트 디스트리뷰터, 자동 마감기, 양생챔버 등의 생산자동화 장비를 포함하여 개발⁴⁴⁾

[그림] 자동화 생산라인 레이아웃(좌)과 자동 마감기(우) 개요



※ 출처: 콘크리트학회지, 콘크리트 프리캐스트 생산자동화기술 개발, 2021

- 프리캐스트 스마트 품질관리 기술은 디지털엔지니어링 모델과 3D 스캐닝으로 획득된 제품 모델을 기반으로 제작에서 가설 전 단계까지의 품질관리를 수행할 수 있는 기술로 개발⁴⁵⁾

[그림] 프리캐스트 스마트 품질관리 기술의 신뢰성 검증 과정

1. 바닥판 제작	2. 제작 중 품질 검사 (4세부)	3. 설계 데이터 처리	4. 완성 제품 품질 검사	5. 인양
<ul style="list-style-type: none"> 기존 거푸집: 2기 제작 철근 스트레인이 개이지 매입 콘크리트 매입 개이지 매입 	<ul style="list-style-type: none"> 거푸집 스캐닝 철근 스캐닝 완성품 스캐닝 	<ul style="list-style-type: none"> 4세부 연속 결과와 호환 방식은? 설계도면 정확도 데이터 처리는? 	<ul style="list-style-type: none"> 제작 중 연속 결과와 정확 	<ul style="list-style-type: none"> 인양 중 바닥판 부분별 스트레인이 변화 예측값과 측정값 비교 예측값과 체인장력?
6. 공장 내 운반	7. 야적	8. 현장으로 대 운반	9. 현장 조립	10. 가설 정합 시뮬레이션
<ul style="list-style-type: none"> 트렌스 포터에 상차 공장 내 운반 	<ul style="list-style-type: none"> 3기 야적 모사 변형 스캐닝 / 내부 스트레인이 2중정도 방치 (일별 스트레인이 변화량) Worst situation 모사 	<ul style="list-style-type: none"> 2기 국도 운반 모사 상차 후 변형 스캐닝과 스트레인이 운행 중 내부 스트레인이 Worst situation 모사 	<ul style="list-style-type: none"> 브리온 연구소에 가상 거더 제작 스프링 볼트 위치 변경 가능 거더 위치 변경 가능 	<ul style="list-style-type: none"> 가설 정합 프로그램 개발

※ 출처: 콘크리트학회지, 프리캐스트 정밀 제작 기법과 3D 품질관리 플랫폼 구축 방안, 2021

43) 콘크리트학회지, 프리캐스트 구조를 위한 디지털엔지니어링 모델 기술, 2021

44) 콘크리트학회지, 콘크리트 프리캐스트 생산자동화기술 개발, 2021

45) 콘크리트학회지, 프리캐스트 정밀 제작 기법과 3D 품질관리 플랫폼 구축 방안, 2021

- 비파괴 점검·모니터링 기술과 자기치유 콘크리트 등 콘크리트 교량의 유지관리 및 건전도 유지를 위한 기술 개발이 활발히 이루어지고 있으며, 새로운 콘크리트 교량 공법에 대한 개발 지속
 - 콘크리트 동결융해 검사기법, PSC 교량 내부텐던 모니터링 기술 등의 비파괴 검사기술과 균열을 스스로 치유할 수 있는 자기치유 콘크리트 기술 등 교량의 유지관리 및 건전도 유지를 위한 기술 개발이 활발히 진행
 - 슈미트 해머의 반발경도를 활용하여 콘크리트 구조물의 동해를 초기 시점부터 확인할 수 있는 기법과 음향방출 기법을 적용한 PSC 교량 내부텐던 모니터링 기술 등 노후 콘크리트 교량의 점검을 위한 비파괴 검사 기술의 개발이 활발히 진행⁴⁶⁾⁴⁷⁾
 - 유·무기계 활용 자기치유 기술, 박테리아 활용 자기치유기술, 캡슐 활용 자기치유기술 등 자기치유 콘크리트에 대한 원천기술이 최근 개발되어 시공성 검증과 PC 제품 제조 등 실용화를 위한 연구 진행⁴⁸⁾
 - PSC 교량에 프리스트레스를 도입이 가능하고 노후 콘크리트 교량의 보강에도 활용 가능한 새로운 재료와 인장방식에 대한 원천기술이 개발되는 등 콘크리트 교량에 대한 새로운 공법 개발 지속
 - '00년대 초기부터 PSC 교량에 대한 기술개발이 지속적으로 이루어지는 가운데, 최근 개발된 한국형 철계-형상기억합금 조성과 인장재의 효과가 콘크리트 보에 대한 휨성능 실험을 통해 확인됨으로써 새로운 기법으로 발전 기대⁴⁹⁾

[그림] 철계-형상기억합금(좌)과 이를 이용한 인장재 재긴장(우) 전경



※ 출처: 콘크리트학회지, 철계-형상기억합금의 건설분야 적용에 관한 국내 연구, 2021

46) 비파괴검사학회지, 음향방출 기법을 이용한 PSC 구조물 내부텐던 부식 모니터링 및 진단 기술, 2021

47) 국토매일, 겨울철 콘크리트 동결융해 예방↑...구조물 손상 검출 기법 개발, 2021.12.02

48) 대한토목학회지, 자기치유 친환경 콘크리트 연구센터의 유지관리 최소화를 위한 자기치유 콘크리트 기술개발 및 실용화, 2021

49) 콘크리트학회지, 철계-형상기억합금의 건설분야 적용에 관한 국내 연구, 2021

□ 노후 콘크리트 구조물의 금속 개량 및 성능향상을 목표로 프리텐션 기법을 적용한 신개념 보강공법 연구개발⁵⁰⁾

- (성능 실험 검증) 프리텐션 기법 보강 성능 실험적 검증을 위하여 높이 500mm, 폭 340mm의 직사각형 단면을 가진 길이 7,000mm의 철근콘크리트 보(RC Beam)를 실험변수에 따라 제작
 - 변수는 프리텐션 정도로써, 강연선의 긴장량을 0/30/45/60%를 적용하였으며, 휨 실험 결과를 통해, 프리텐션 보강 효과는 기준 실험체(무보강)의 최대하중보다 약 3.3~4.8배 정도 향상 확인
- (해석적 검증) 프리텐션 기법 보강의 해석적 검증을 위해, Abaqus를 이용하여 3차원 솔리드 요소를 사용하여 RC Beam을 모델링하고, 프리텐션 긴장재와 슛크리트를 구현하여 해석 수행
 - 해석모델의 결과를 통해 강연선의 긴장을 통해 RC Beam에 응력이 도입되는 것을 확인할 수 있었으며, 실험 결과와 비교를 통해, 프리텐션으로 보강된 RC Beam의 초기 강성 및 초기 균열 시점, 철근항복 시점, 각 주요 구간별 휨 강성을 정확히 예측 확인

□ 중소 노후 교량에 대한 교량 성능 및 보수보강 실증 기반 장수명화 연구 개발⁵¹⁾

- 본 연구는 노후 교량 수명 연장을 위한 선순환 체계를 수립하고, 테스트베드를 활용한 성능실험 및 보수보강 전·후 실험검증을 통해 정량적 성능평가 수행
 - 콘크리트 교량에 적용되는 보수보강기술의 보유 성능 및 보수·보강 후 노후교량의 성능 향상에 대한 정량적 평가기법 확보
 - 노후 교량 목표성능 달성에 필요한 최적의 보수·보강기술이 적용될 수 있도록 하는 설계 및 시공기술 확립
- 중소 노후 교량의 공용수명 연장을 목표로 성능평가 및 성능예측 기술을 개발하고, 실증실험 결과를 바탕으로 개발 기술을 검증하여 정량적 성능 기반의 노후교량 유지관리 방안 마련

50) 한국건설기술연구원, 프리텐션을 이용한 기존 콘크리트 구조물의 금속개량 및 성능향상 기술 개발, 2021.12.31

51) 명지대학교, 중소 노후교량 실증 기반 성능 및 보수보강 평가 연구, 2021.12.31

1-3. 신소재 복합재료 교량

- 다양한 기후 변화와 극한 환경 및 지진과 같은 자연재난에 대응할 수 있는 금속, 화공분야 등의 산업 발전에 콘크리트와 강재를 대체할 비부식성·경량성·고강도를 고려한 복합신소재가 새로운 건설재료로 개발⁵²⁾
- 국내 건설분야에서도 복합신소재 응용 실적이 존재하고 있으며, FRP복합신소재(advanced composite materials)를 응용하기 위한 연구들이 국내에서 활발하게 진행
 - 기존 도로 및 철도 횡단을 위한 일체형 교량상부구조 형식이 다양하게 개발되어 건설 및 첨단기술과 경제적 대국을 겨냥한 초대형 건설 프로젝트를 구상하거나 추진 중
 - 금속, 화공분야 등의 산업 발전에 힘입어 콘크리트와 강재를 대체할 장점을 지닌 FRP 복합신소재가 등장하여, 새로운 건설재료로 지속적인 연구개발 진행
 - FRP 복합신소재의 재료중량은 강재중량의 1/4이지만 기존의 콘크리트나 강재로 건설된 구조물에 비해 무게가 1/10로 되어 그만큼 경간을 늘릴 수 있고 층고를 높일 수 있어 초고층 빌딩이나 초장대 교량을 계획할 때는 필수적으로 고려되어야 할 소재
 - 1,000m가 넘는 초고층 빌딩이나 3,000m 이상의 초장대 교량의 건설, 초대형 해양구조물의 건설이나 인공섬, 지하도시, 해저도시의 구상에 이르기까지 모든 대형 프로젝트에서 FRP 복합신소재가 구조재로 더욱더 중요한 비중 차지
 - 유리섬유 또는 탄소섬유를 이용한 복합신소재인 섬유강화플라스틱은 강도와 강성이 좋고 외부환경에서도 저항성이 높은 편으로써 FRP는 거더, 바닥판과 같은 주요구조부재 뿐만 아니라 콘크리트에 합성하는 등의 방법으로 교량에 적용
 - FRP는 기시공된 교량의 보수용으로도 적용할 수 있는 활용범위가 넓어서 미국, 유럽 선진국을 중심으로 FRP 복합신소재를 이용한 교량건설이 상당히 진행되고 있는 추세

[그림] 완전 복합신소재 사장교



※ 출처 : 전라일보, 21C산업에서의 FRP복합신소재, 2021.05.24

52) 전라일보, 21C산업에서의 FRP복합신소재, 2021.05.24

1-4. 케이블 교량

□ 케이블지교량과 같은 특수교량을 포함한 모든 교량사업들이 생기고 있으며 케이블 시스템 자재 공급과 시공, 가설엔지니어링, 특수가설장비 개발과 시설물 유지보수 사업 진행⁵³⁾

- 노량대교, 고군산대교 등 현장의 특수한 조건 요구되는 공정에 직접 제작한 특수 장비의 계획, 설계, 제작과 운영을 할 수 있는 점도 차별화된 기술력
 - 주케이블은 수많은 와이어로 구성돼 있는데 AS공법은 와이어 단위로 시공하고 PPWS 공법은 공장에서 미리 제작된 여러 가닥의 와이어 묶음형태인 스트랜드 단위로 시공하는 것이 큰 차이
- 일반적으로 2차원 형상으로 케이블이 설치되지만 노량대교 케이블은 AS공법이 적용이 되어 보강형을 가설하면서 3차원 형상으로 바뀌게 되는데 이는 주탑 형상과 매우 밀접
 - 노량대교는 고난이도의 기술이 적용된 학익진 케이블 형상과 함께 3차원 케이블 공법으로 세계 최초 경사 주탑 현수교로 AS 공법이 적용된 교량
 - 현재 터키에 시공 중인 차나칼레 교량 케이블 가설공사가 이뤄지고 있으며, 이 교량이 완공 되면 세계에서 가장 긴 현수교(중앙경간장 2,023m)로 기록될 예정

[그림] 세계 최초 경사 주탑 현수교 노량대교



※ 출처 : 공학저널, 기술과 노하우로 한국을 잇다, 2020.04.06

□ 케이블교량의 글로벌 경쟁력 강화를 위한 국가연구개발사업 완료⁵⁴⁾

- 국내 케이블 교량 기술의 해외 케이블 교량 시장 진출확대 및 재난·재해 대비 안전 제고를 위한 고부가 핵심 엔지니어링 기술 확보 목표
 - 케이블 교량 전주기 기술 솔루션, 신뢰도 기반 재난·재해 대응 기술, 교량기초 가설공법 등에 대한 기술 개발 수행

53) 공학저널, 기술과 노하우로 한국을 잇다, 2020.04.06

54) 한국도로공사, 케이블교량 글로벌 경쟁력 강화를 위한 전주기 엔지니어링 및 가설공법 개발, 2021.11

02

지하/터널공간

2-1. 육상 터널

□ 터널 굴착시 경제성과 안전성을 획기적으로 개선한 차세대 터널 보강재 공법인 CFT(Concrete Filled Tube Structure) 강관지보재 시공기술 개발⁵⁵⁾

- 복잡한 시공법으로 많은 인력이 필요하며, 격자 뼈대사이의 틈 때문에 지하수 유출에 따른 부식이 발생할 수도 있었던 기존 공법의 단점을 개선한 강지보재 기술 개발
 - 강관 내부에 경량기포 모르타르를 충전하여 강관지보를 제작하고 강관지보의 지보간 연결부 체결은 소켓삽입 방식과 돌출형 이음부를 볼트로 체결하는 방식
 - 지금까지 터널 격자지보는 트러스트 구조 범주내에서 유사한 특허 제품이 출시되었으나 신기술은 강관에 경량몰탈을 충전하여 그 구속력을 이용하는 CFT 구조
 - 기존 공법은 용접을 통한 생산을 하여 자동생산이 어려우나 신기술은 벤딩의 자동화와 구조적 용접개소를 제로화하여 생산성 향상으로 제작비의 절감뿐만 아니라 제품의 단순화를 통한 품질관리의 용이성으로 터널 지보재의 표준화, 규격화 및 지보재 시스템화 진행

[그림] CFT 강지보재 시공기술의 시공절차 및 방법



※ 출처 : 한국건설교통기술협회, 강관 내부에 경량기포 모르타르를 충전한 터널용 강지보재 제작 및 시공 기술, 2020.06.01

□ 터널 갱구부 깎기 비탈면을 배제 또는 최소화하여 터널 안전성 및 시공성을 향상시키는 터널 갱구부 시공방법(ETPM 공법) 개발⁵⁶⁾

- 터널 갱구부 원지반 사면의 원형을 유지하는 상태에서 미니 파이프루프를 수평방향으로 시공하고 단계적으로 터널을 굴착한 후 매입형 갱구 구조물을 시공해 터널 갱구부를 완성하는 방법으로 공사시간 단축, 내진성능 향상 등의 효과 발생

55) 한국건설교통기술협회, 강관 내부에 경량기포 모르타르를 충전한 터널용 강지보재 제작 및 시공 기술, 2020.06.01

56) 한국건설교통기술협회, 미니 파이프루프 수평보강 구조와 매입형 갱구구조물을 이용한 터널 갱구부 시공방법, 2020.08.25

[그림] ETPM 공법의 시공절차 및 방법



※ 출처 : 한국건설교통기술협회, 미니 파이프로프 수평보강 구조와 매입형 갱구구조물을 이용한 터널 갱구부 시공방법, 2020.08.25

- 갱구부의 토공 및 돌출되는 갱문 면적을 최소화함으로써 환경 친화적인 갱구부를 형성시켜 기존 터널 갱구부의 문제점을 대부분 해결
- 갱구부 원지반 강도 유지 및 수목의 표토 지지력 활용으로 터널 안전성 증대시켰으며, 운영중 유지관리비가 거의 발생되지 않고 운전자의 주행안전성이 크게 개선되어 현장 적용성이 크게 증가 예상

<표> 주요 투자분야별 배정예산 및 세부 내용

구분	기존 터널 갱구부 공법	친환경 터널 갱구부 공법(ETPM)
환경성	비탈면 절취에 따른 환경훼손 과대	갱구 비탈면 절취 배제 또는 최소화
안전성	지반이완 및 운용중 비탈면 붕락가능성 상존	원지반 강도유지, 운용 중 비탈면 붕락가능성 배제
시공성	과도한 토공 및 시공공정 복잡	토공 최소화 및 시공공정 단순
경제성	용지매입, 토공, 비탈면보강 공사비 과대	용지매입, 토공, 비탈면 보강공사비 최소화
유지관리	운용중 유지관리비용 증가	운용중 유지관리비용 미소
공사기간	용지매입 협의, 비탈면절취 및 보강 공사기간 과대	갱구부 토공 최소화로 공사기간 단축

※ 출처 : 한국건설교통기술협회, 미니 파이프로프 수평보강 구조와 매입형 갱구구조물을 이용한 터널 갱구부 시공방법, 2020.08.25

2-2. 침매/부유식 터널

□ 침매 터널 공법을 활용하여 독일과 덴마크를 연결하는 세계 최대 터널(페마른벨트 터널) 공사 추진⁵⁷⁾

- 독일과 덴마크간 발트해협 해저 40m 깊이에 길이 18km로 건설돼 '29년 개통할 계획인 페마른벨트 터널은 침매 터널 공법*이 적용되는 터널로 완공 시 세계 최장 침매공법 터널로 기록될 예정
 - * 가장 최근에 등장한 첨단 수중 터널 건설기술이며, 바닷물이나 강물의 바닥을 뚫는 것이 아니라 사전에 제작한 구조물을 해저나 하저 밑에 설치하여 연결하는 공법
- 현재 세계에서 가장 긴 침매터널인 미국 샌프란시스코의 바트 터널은 5.8km인데, 덴마크와 독일 간 수중 터널이 완공되면 바트 터널보다 3배 이상 긴 터널로 기록
- 총 공사비만 82억 달러(약 9조 2,000억 원)가 책정된 초대형 인프라 프로젝트로 '93년 완공된 영블 해저터널에 들어간 건설비는 155억 달러(약 17조 5,000억 원) 수준
- 이 해저터널이 완성되면 터널 안에 설치될 철도와 4차선 고속도로를 이용해 현재 배로 45분 걸리는 거리를 기차와 자동차로 각각 7분, 10분 만에 돌파 가능

[그림] 페마른벨트에 적용되는 침매공법 터널



※ 출처 : The Science Times, 육지와 육지 잇는 '수중 터널' 전성시대, 2020.06.10

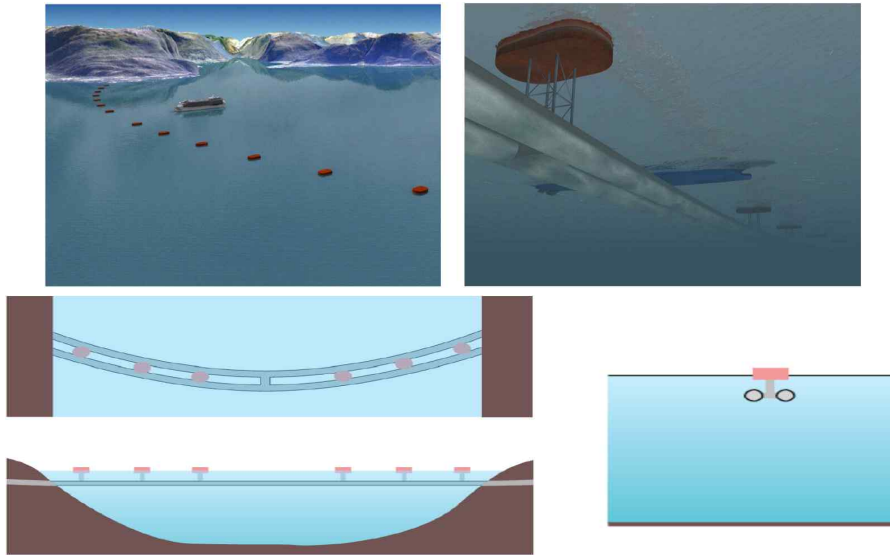
□ 노르웨이 E39 피오르드 크로싱 프로젝트의 일환으로 송내 피오르드(Sognefiord) 현장에 부유식 터널 공법 적용 타당성 검토 연구 진행⁵⁸⁾

- E39 프로젝트의 궁극적인 목적은 Kristiansand와 Trondheim 사이의 8개 구간을 페리를 타고 건너는 대신 교량 포함 부유식 터널을 건설하여 피오르드 지형 극복
- 송내 피오르드는 수심 1.3km, 폭 3.7km의 규모로서 고정식 앵커는 비효율·비경제적이며, 부유식 터널로 크로싱하기 위해서 수평강성을 충분히 확보하고 변형을 최소화하는 특별한 설계 필요
 - (대안 1) 수평강성 증가 및 터널 탈출시설 확보를 위해 폰툰과 교차터널을 사용하고, 곡선을 이루는 이중 터널을 설치하여 유지보수 및 사고 시 교통흐름 보장

57) The Science Times, 육지와 육지 잇는 '수중 터널' 전성시대, 2020.06.10

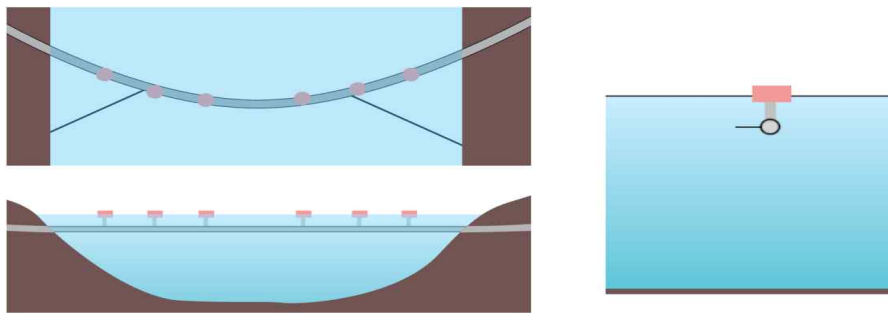
58) 한국터널지하공간학회, 부유식 교량 또는 부유식 터널 어떻게 넓고 깊은 피오르드를 건널 것인가, 2020

[그림] (대안 1) 폰툰과 교차 터널을 이용한 곡선형 이중 부유식 터널



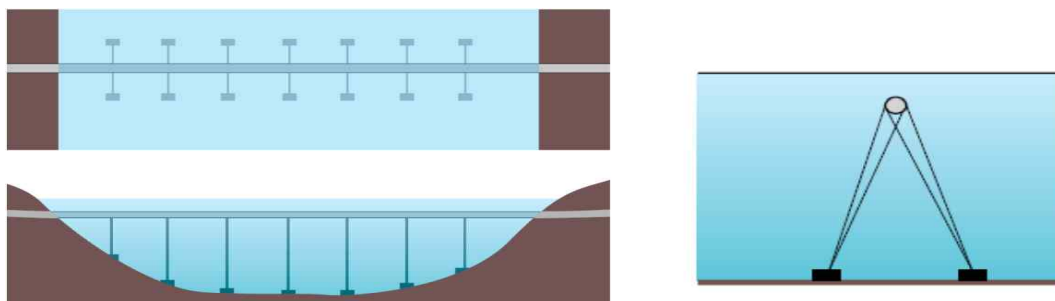
※ 출처 : 한국터널지하공간학회, 부유식 교량 또는 부유식 터널 어떻게 넓고 깊은 피오르드를 건널 것인가, 2020
 - (대안 2) 해안과 1/4 지점에 폰툰과 수평 앵커를 설치하는 단일 부유식 터널로서 폰툰으로부터 수직 방향 강성을, 앵커케이블과 곡선의 형태에서 수평 강성을 확보할 수 있어 최대 2km를 횡단하는 현실적 대안으로 급부상

[그림] (대안 2) 수평 앵커를 설치한 단일 부유식 터널



※ 출처 : 한국터널지하공간학회, 부유식 교량 또는 부유식 터널 어떻게 넓고 깊은 피오르드를 건널 것인가, 2020
 - (대안 3) 가장 도전적인 환경인 송내 피오르드와 달리 노르웨이 서해안의 피오르드는 수심과 폭 등 공사 난이도가 낮아, 해저에 앵커를 설치하여 교차점을 구성하고 폰툰을 배제한 부유식 터널도 가능

[그림] 텐더와 앵커를 사용한 단일 터널



※ 출처 : 한국터널지하공간학회, 부유식 교량 또는 부유식 터널 어떻게 넓고 깊은 피오르드를 건널 것인가, 2020

□ 韓-中 해저터널을 건설하여 인천과 웨이하이 사이의 바다를 연결하는 프로젝트 구상안에 침매공법 적용 검토

- 한중 해저터널은 총연장 370km, 공사기간 약 15~20년이 소요될 것으로 예상되며 침매공법을 포함하여 다양한 시공방안 검토
 - 서해안의 지질상태는 주로 대륙붕에 속하므로 수심이 얇고 단층대도 존재하지 않아 비교적 안정적인 상황
 - 해저구간의 지형적 특성을 고려하여 침매공법을 포함한 해저터널, 해중터널, 침매터널 등 모든 가능성에 대하여 검토
- 양국 간 급격한 무역량 및 관광객 증가를 해결하는 대안적 운송수단이 될 수 있으며, 활발한 무역 및 투자를 통한 경제 활성화 가능
 - 터널 건설 시 해외기술 도입이 아닌 국내기술에 의한 건설로 해저터널 건설 경험이 많은 선진국과 동일한 기술 선점 가능 및 부가가치 극대화

[그림] 한중 해저터널



※ 출처 : 국토교통과학기술진흥원, 메가스트러처 자립건설 기술개발 사업 최종보고서, 2019.05.17

□ 부유식 터널 공법에 대한 최근 연구 시도

- KAIST에서는 부유식 터널과 육상부 연결부에 대한 안정성 분석 시도와 최적 연결 방법에 대한 연구 및 부유식 터널의 진동 특성에 대한 수해석적 연구 시도
- 부유식 터널 주변에서 발생될 수 있는 상황들을 고려한 터널 거동 해석에 대한 연구 시도가 국내외에서 시도

2-3. 해저/대심도

□ 현대건설은 세계적 수준의 기술력과 세계 최초로 개발한 시험 장비들을 보유해 국내외 많은 해저 터널 공사를 성공적으로 수행⁵⁹⁾

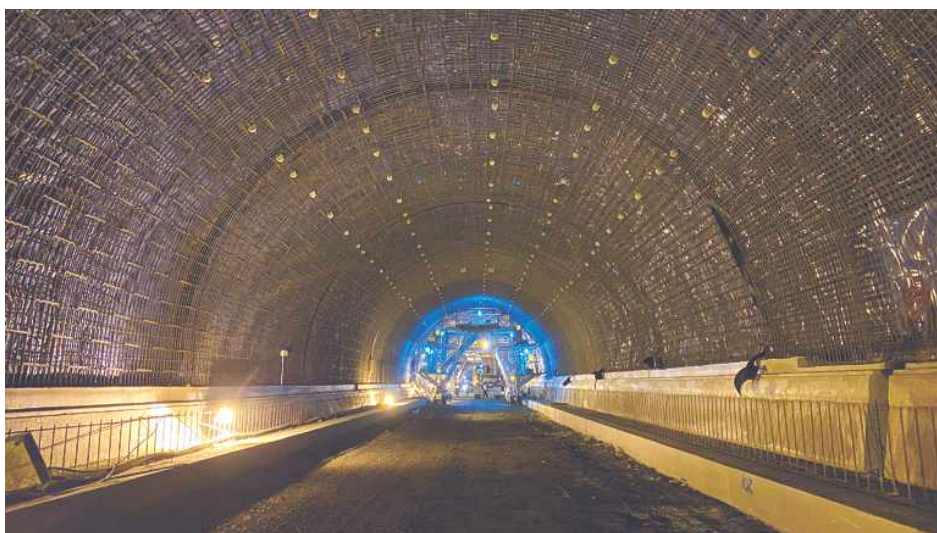
- NATM(New Austrian Tunneling Method)은 발파로 굴진하면서 암반 또는 지반 중 지하 공간 주변에 링(Ring) 모양의 지지 구조체를 형성하는 시공법
 - 슛크리트(압축 공기를 이용해 시공면에 분사하는 모르타르나 콘크리트)와 록볼트를 설치해 지반이 무너지지 않도록 고정
 - 시공할 때 지반 조건에 크게 제약받지 않고 시공 중 계측을 통해 주변 지반을 파악하고 대책을 마련할 수 있음
 - 보령~태안 해저터널, 별내선(암사~별내) 복선전철, 서부간선 지하도로, 서울제물포로 지하화, 이천~문경 간 철도, 중앙선 도담~영천 복선전철, 소사~원시 복선전철 등에 적용

〈표〉 NATM 공법속에 숨겨진 현대건설만의 특허 및 신기술

구분	기술	내용
1	지능형 멀티 그라우팅 시스템	6개 공을 동시 주입할 수 있는 기술로 지반이 갈라지거나 들뜨지 않도록 주입 압력 등을 정밀하게 제어
2	압지보 터널공법	작업공간 내부에 보강 구조체를 형성해 굴착 시 지반침하 억제 및 복원 가능, 기존 상부 도로나 철도를 그대로 운용하면서 그 아래에 터널을 뚫을 때 사용
3	슛크리트 공법	콘크리트 공급량에 맞게 급결제를 일정 비율로 자동 투입해 고품질의 슛크리트를 균일하게 분사 발전 가능

※ 출처 : 현대건설, 오늘 출근길, 당신이 만난 현대건설의 기술은 무엇인가요?, 2020.12.09

〔그림〕 페마르벨트에 적용되는 침매공법 터널



※ 출처 : 현대건설, 오늘 출근길, 당신이 만난 현대건설의 기술은 무엇인가요?, 2020.12.09

59) 현대건설, 오늘 출근길, 당신이 만난 현대건설의 기술은 무엇인가요?, 2020.12.09

- TBM(Tunnel Boring Machine)은 원통형 굴착기로 굴착과 버력(잡돌) 처리를 반복적으로 수행하면서 터널을 완성하는 공법
 - 도심지 터널, 하·해저터널, 장대 산악터널 등을 만들 때 사용하며 지하수의 수위 저하를 막고 분진, 오염물질 발생이 거의 없어 친환경적이고 안전한 공법
 - 대곡~소사 복선전철, 싱가포르 MRT동부선 T308공사, 주암댐 도수터널, 싱가포르 MRT6 C931, 싱가포르 남부 전력구 NS3 공사, 베트남 하노이 메트로 3호선 등에 적용

〈표〉 TBM 공법속에 숨겨진 현대건설만의 특허 및 신기술

구분	기술	내용
1	디스크 커터 마모 시험기	TBM 디스크 커터 마모도 측정을 통해 정확한 커터 교체 시기와 위치 예측
2	회전식 암석 절삭 시험기	TBM의 디스크 커터가 암반을 굴착할 때의 메커니즘을 모사해 실제 암석을 굴착할 수 있도록 설계한 장비
3	Micro EPB(토압 균형식) TBM	EPB TBM을 약 1/10 크기로 축소한 장비. 실제와 비슷한 조건의 실험을 통해 주요 굴진 변수 예측
4	토사 지반 EPB TBM 모사 장비	TBM이 토사 지반을 굴착하는 메커니즘을 모사한 굴진 장비, TBM 굴진 성능, 마모도 평가 장치 및 배출 토사의 전단강도 측정 장치를 특허로 등록
5	암반용/토사용 TBM 최적운전시스템 및 최적운전 방법	굴진 데이터를 실시간으로 분석해 최적의 굴진변수 변화값을 TBM 운전자에게 전달

※ 출처 : 현대건설, 오늘 출근길, 당신이 만난 현대건설의 기술은 무엇인가요?, 2020.12.09

□ **충남 보령시 신흑동 대천항에서 오천면 원산도를 연결하는 보령해저터널이 착공 11년 만에 개통⁶⁰⁾**

- 보령해저터널의 길이는 국내에서는 가장 긴 6.9km로, 세계에서 다섯 번째로 긴 터널이며 그 중 순수 해저구간이 5.2km, 해수면으로부터는 최대 80m 하부에 위치
 - 상·하행 2차로 분리터널로 대천항과 원산도 양방향에서 각각 굴착을 시작해 '19년 6월 10일 바다 한가운데서 관통을 완료한 이후 터널 내부의 구조물과 부대공사를 통해 마무리
 - 해저구간 공사 시 국내 최초로 단단한 암반에 구멍을 내 화약을 장착한 후 폭발시켜 암반을 뚫는 공법인 발파 굴착 방식인 NATM을 도입하였으며, 공사 중 터널 내 해수유입을 효과적으로 차단하기 위해 IMG(지능형멀티그라우팅) 시스템 개발
 - 또한, 터널의 안정성과 내구성을 확보하기 위해 일반 육상 터널보다 콘크리트 라이닝의 두께를 30cm → 40cm로 강화하고 강도도 24~27MPa → 40MPa로 강화하고 부식 방지용 록볼트 적용 등 터널의 안전을 최우선 고려 시공

60) 조선일보, 국내 최장 '보령해저터널', 착공 11년만에 개통, 2021.11.29

2-4. 지하대공간

□ 자율주행 기능과 영상 센서 기반 인공지능을 활용하여 지하공간의 위험을 감지할 수 있는 ‘자동화 점검 로봇 기술’ 개발⁶¹⁾

- 균열자와 균열 현미경으로 시설물을 점검하는 기존 기술과는 달리 콘크리트 표면에 생긴 균열을 영상 센서 기반 인공지능을 활용하여 균열을 감지하고 분석 가능
 - 새롭게 개발된 인공지능 기술은 적은 수의 영상 데이터만으로도 명확한 균열 탐지 가능
 - 두 대의 카메라로 동시에 촬영하는 스테레오 비전 기술을 통해 3차원 균열 측정 기술을 개발하여 구조물의 정확한 상태 진단이 가능하도록 구현
 - 자율 주행이 가능한 소형 이동체를 활용하여 터널 입구를 기준으로 균열 지점에 대한 정확한 위치를 가늠할 수 있어 보다 정확하게 균열의 진행 상태 관리 가능
 - 터널 내부의 주행 경로상에 존재하는 장애물을 인식하고 극복할 수 있는 기술을 개발하여 주행 성능 향상

[그림] 지하공간에서의 자율주행형 점검 로봇 테스트 모습



※ 출처 : 서울신문, 지하공간 위험 감지해내는 지중점검 AI 로봇 개발, 2021.12.17

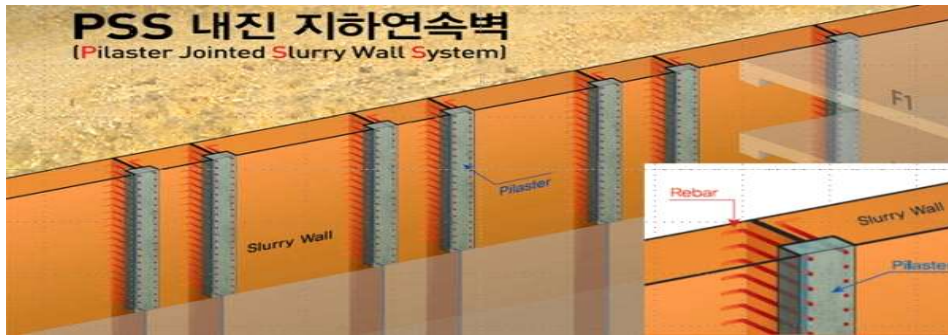
□ 한화건설은 지하연속벽(Slurry wall)의 패널간 연속성을 확보하여 지진에 저항할 수 있는 PSS(Pilaster Jointed Slurry Wall System) 내진 지하연속벽 공법 개발⁶²⁾

- 지하연속벽에 적용할 수 있는 PSS 내진 지하연속벽 공법을 개발하여 '21년 2월에 특허출원 성공
 - 한화건설은 이에 (주)CWS엔지니어링, (주)범양이엔씨와 공동으로 지하 구조물의 내진보강 공법에 대한 개발 꾸준히 진행
 - PSS공법은 벽체기둥(Pilaster)을 패널 간 연결부에 설치함으로써 지하연속벽의 내진성능 확보
 - 시공된 벽체기둥과 지하연속벽이 일체화되어 지진으로부터 구조물의 피해 방지 가능
 - 기존에 개발중인 공법들과 달리 지하연속벽 형성시 패널간 연결부에 별도의 추가 가설부재 설치가 필요없어 공사기간에 영향을 미치지 않으며, 지중(地中) 공사단계에서 발생할 수 있는 품질확보 문제와 공사비 상승 문제 개선

61) 한국건설기술연구원, 로봇 기술로 지하 공간을 점검하다, 2021.12.30

62) 국토일보, 한화건설, 침하와 지진을 동시에 'PSS 내진 지하연속벽 공법' 개발, 2021.07.29

[그림] PSS 내진 지하연속벽



※ 출처 : 국토일보, 한화건설, 침하와 지진을 동시에 ‘PSS 내진 지하연속벽 공법’ 개발, 2021.07.29

□ 지하공간 증축 방법은 건설사, SPS·DBS 등 역타 공법 선호하며 흠막이 공사로 지하층을 단단히 지탱⁶³⁾

- 기존 건물 하부에 영향을 최소화해주는 공법이 필요하며, 여기엔 흠막이 변위 최소화와 지상층 작업공간 조기 확보를 위해 역타공법(Top-Down) 사용
 - 건설사들이 선호하는 공법으로는 삼성중공업이 개발한 ‘SPS(지하구조물을 이용한 흠막이용 스트러트공법, 건설신기술 249호)’와 바로건설기술의 ‘DBS(이중격자보 시스템, 건설신기술 727호)’가 대표적
 - SPS공법은 흠막이벽을 영구 구조체로 쓴다는 점에서 DBS공법은 슬래브로 흠막이를 지지한다는 점에서 차별화
 - 두 공법 모두 지하공사와 지상층 리모델링 공사를 동시에 수행하는데 효과적이며 최근에는 지하주차장 철거해체공사 때 되메우기가 필요없는 공법(PPS: Prestressed Pipe Strut)도 많이 사용

63) e대한경제, 앞·뒤·옆으로 세대면적 증축... 신·구 바닥판 안정적 접합이 관건, 2021.07.21

03

비탈면/지반/기초

3-1. 비탈면 보호/보강/유지관리

□ 도로 비탈면 모니터링시스템 ‘스마트화’ 및 재해 재난 ‘통계분석’ 오류를 최소화하여, 국민의 안전을 향상시킬 수 있는 최신 모니터링 시스템 기술 개발⁶⁴⁾

- IoT 자동화장비 통신기술 활용 상시계측시스템 고도화 연구를 추진하여 전국 설치 ‘데이터’ 웹 방식으로 모니터링 분석시스템 개발 박차
 - 현재 국토상에는 총 3만 747개소에 달하는 깎기비탈면이 존재하고 있으며, 그 중 붕괴 위험성이 매우 높은 현장에 한해 상시계측시스템이 설치, 운영 중
 - 최신 스마트 IoT 자동화장비와 통신기술 등을 활용한 상시계측시스템 고도화 연구를 진행하여 스마트 신기술을 접목하여 모니터링 방식 변화 도모
 - 현재 국내외적으로 개발, 적용 중인 다양한 모니터링 기법 중 실시간 감시가 가능한 GPS, 광섬유, 음향방출센터(AE)를 조합, 기존 상시계측시스템의 고도화 방안 마련
- 상시계측시스템은 도로비탈면의 지반변위를 원격자동으로 측정하고, 측정결과인 거동상태를 실시간으로 관리자에 통보해 붕괴위험징후를 사전에 감지, 도로차단 등의 응급조치를 통해 피해 예방이나 최소화를 실현할 수 있는 최첨단 시스템 개발
 - 현재 운영 중인 상시계측시스템은 고전적인 측정 방식인 신축계, 경사계, 강우계 등으로 구성돼 있어 측정 한계가 뚜렷하고, 기기 특성상 외부에 노출될 수밖에 없어 잦은 파손과 오작동 등이 반복적으로 발생하는 것을 보완하기 위한 연구 수행
 - 해외에서는 시스템에 적용되는 신축계, 경사계 기술의 한계점 극복을 위해 토털스테이션을 비롯한 LiDAR, GPS, 광섬유센서, 드론, 음향측정 등 다양한 방식을 통해 한계점들을 보완하는 상황

[그림] 상시계측시스템 활용



※ 출처 : 건설기술신문, 도로 비탈면 모니터링시스템 ‘스마트화’... 재해재난 ‘통계분석’ 오류 없앤다, 2020.09.28

64) 건설기술신문, 도로 비탈면 모니터링시스템 ‘스마트화’... 재해재난 ‘통계분석’ 오류 없앤다, 2020.09.28

3-2. 지반조사/개량

□ GIS 기반의 항만 설계, 시공, 운영, 유지관리 단계에서 생성된 다양한 지반정보를 취합 및 표준화해 데이터베이스화하고, 이를 활용한 지반상태와 특성을 더욱 면밀하게 분석하여 침하 예측 시스템 구축⁶⁵⁾

○ 항만이 구축되는 지반에 대한 조사자료만 관리되고, 시공정보나 운영 중 계측자료 등은 체계적으로 관리되지 못하고 있으나 설계와 시공 및 운영·유지관리 단계에서 발생하는 각종 지반정보와 특성, 지반개량, 시공·계측자료 등의 관리 및 활용 추진

- 스마트 지반정보관리 및 침하예측시스템을 통해 국가 기반시설인 항만의 안전한 운영 도모
- 싱가포르 등 해외에서는 항만 개발 후 항만시설을 안전하게 유지 관리하기 위해 지반에 대한 관리시스템을 구축하고 지속적으로 모니터링 실행

[그림] 통합지반관리시스템 개념도



※ 출처 : 중도일보, 첨단기술로 항만 지반정보 똑똑하게 관리·예측한다, 2021.04.05

□ 비탈면 현장에서 간편하게 토층심도 등 지반정보를 조사·분석할 수 있는 장비 개발을 통해 인력에 의존하던 기존의 비탈면 조사 및 점검 기술을 첨단장비 기반 기술로 선진화⁶⁶⁾

○ 한국건설기술연구원 주관 ‘비탈면 대상 조사·점검개선 및 보강시설 노후화 대응 기술’ 연구를 통해 비탈면 지반조사용 휴대용 시추기 장비 개발

- 기존의 비탈면 지반정보 조사 장비는 대부분 100kg 이상으로 무거워 휴대성이 취약하고, 초소형 경량 장비는 조사 심도가 얇아서 활용성 취약
- 연구를 통해 휴대용 시추기를 개발하고 비탈면 현장에서 굴진성능시험 실시 결과 목표심도 6m 달성
- 융합센서 탑재 휴대용 시추기 활용으로 비탈면 점검자의 주관에 의존하던 조사의 신뢰성 개선
- 산지 및 급경사지 등 난접근 지역에 대한 지반정보를 획득하고 토사재해 정보관리의 질적 수준 향상 도모

65) 중도일보, 첨단기술로 항만 지반정보 똑똑하게 관리·예측한다, 2021.04.05

66) 한국건설기술연구원, 비탈면 대상 조사·점검개선 및 보강시설 노후화 대응 기술 개발 최종보고서, 2022.01.25

[그림] 휴대용 시추기 성능 현장검증



※ 출처 : 한국건설기술연구원, 비탈면 대상 조사·점검개선 및 보강시설 노후화 대응 기술 개발 최종보고서, 2022.01.25

○ 휴대용 시추기가 측정한 데이터를 분석 및 종합하여 저장

- 지반정수 분석기술이 시추기에 탑재된 드릴링 파라미터 측정 센서와 시추공에 탑재된 복합 계측센서가 보내는 데이터의 상관성 분석
- 현장 통합단말장비가 모든 장비를 제어하며 수집·분석한 데이터를 무선모듈을 통해 CSMS4 서버로 전송

[그림] 현장 통합단말기 기능 및 구성



※ 출처 : 한국건설기술연구원, 비탈면 대상 조사·점검개선 및 보강시설 노후화 대응 기술 개발 최종보고서, 2022.01.25

3-3. 육상/해상 기초

□ 국제적인 기후 변화 대응의 하나로 진행돼오던 온실가스 감축 노력이 탈탄소를 향한 탄소 중립 (Net-Zero) 정책으로 강화하면서 풍력, 태양광을 비롯한 신재생 에너지 산업을 통한 에너지 전환이 빠르게 확산⁶⁷⁾

- 코로나 팬데믹으로 침체한 경기를 극복하기 위한 국내외 대규모 투자가 필요한 시점에서 미국과 유럽연합(EU), 일본 등 주요 선진국과 중국 등 그린에너지 확대를 경기부양 정책 수단의 우선순위로 두면서 신재생에너지 발전 시장이 다시 주목
 - 신재생 에너지 산업 분야 가운데 풍력 발전은 누적 설비 용량 세계 1위의 중국을 시작으로 미국, 독일, 스페인 등 선진국은 물론 아시아 신흥국인 인도에서도 빠르게 도입되고 있으며, 세계 풍력 시장은 '40년까지 약 326조 원(\$280bn)/년 규모로 확대 예상
 - 해상풍력은 높은 성장세를 보일 것이라는 전망이 주를 이루며, 최근 10년('10년~ '19년)간 육상 풍력을 13.7% 성장, 해상풍력은 28.7%라는 고성장을 보여줬으며 이런 흐름은 더 확대 전망
 - 영국, 대만, 일본, 중국 등 주요국이 연이어 해상 풍력 육성 로드맵을 발표하고 있으며 우리나라도 '30년까지 12GW의 해상 풍력 단지 보급을 시작으로 '50년 탄소중립을 이루기 위한 해상 풍력 발전 단지 확대 추진
 - 해상 풍력의 경우 수심이 깊은 환경 조건에 적용할 수 있는 부유식 해상 풍력 발전 시스템에 대한 관심이 높아지고 있는데, 이는 조선 산업과 플랜트 산업 등에서 글로벌 경쟁력을 갖춘 우리에겐 새로운 사업 기회 기대

[그림] 통합지반관리시스템 개념도



※ 출처 : 대한민국정부, 지속가능한 녹색사회 실현을 위한 대한민국 2050 탄소중립 전략, 2020

67) 대한민국정부, 지속가능한 녹색사회 실현을 위한 대한민국 2050 탄소중립 전략, 2020

04

특수구조물

4-1. 방호/방폭 구조물

□ 새로운 개념이 적용된 방탄방폭 및 EMP 방호까지 동시에 할 수 있는 고성능 복합재료 콘크리트 및 방호구조물 기술 개발⁶⁸⁾

- 방탄·방폭 및 EMP 방호까지 동시에 할 수 있는 고성능 복합재료 콘크리트 기술, 방폭 및 관통 해석 기술을 기반으로 한 방탄·방폭 구조물 설계·시공 기술을 개발 성공
 - 폭발 충격을 측정하는 동적충격강도 실험에서 압축은 300MPa 이상, 인장(당김)은 45MPa 이상 견디는 것으로 나타났으며, 일반 콘크리트와 비교하여 방호능력이 약 3배 정도 우수
 - 방탄 실증실험에서는 일반 철근콘크리트 대비 최소 2.5배 이상의 관통 저항 성능을 확인하였으며, TNT 125kg 폭발 시 일반 철근콘크리트는 완파되었지만 새로운 방호구조물은 거의 손상되지 않아 뛰어난 방폭 성능 확인

[그림] 방탄 실증실험 도비 방지 구조물



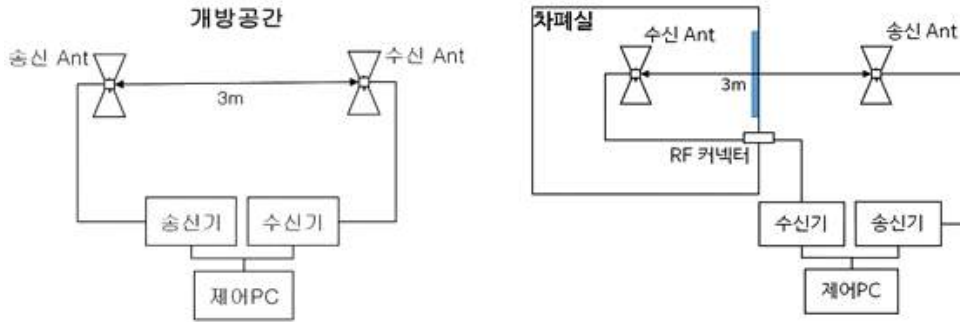
※ 출처 : 한국건설기술연구원, 신개념 방탄·방폭·EMP 복합기능 방호구조물 기술 개발, 2020.03.09

- 새로운 방호구조물에 전자파 차폐가 가능한 EMP 방호기능을 부여하는 데에도 성공
 - 고성능 콘크리트 복합재료 구성성분 중 일부를 금속성분이 포함된 슬래그 골재와 탄소소재로 대체
 - EMP 방호성능에서 차폐 콘크리트 두께 200mm 기준 60dB의 전자파 차폐 성능을 확인
 - 건설연은 여기에 더하여 탄소나노소재가 포함된 차폐도장재 등을 적용하여 군사시설의 EMP 방호 요구수준인 80dB 이상 달성

68) 한국건설기술연구원, 신개념 방탄·방폭·EMP 복합기능 방호구조물 기술 개발, 2020.03.09

- 새로운 복합기능 방호구조물 기술은 군사시설물뿐만 아니라 민간 분야에도 응용 가능
 - 국가기간통신망, 방송국, 금융네트워크 등의 정보통신기반시설이나 생명유지에 꼭 필요한 전자 기기가 많은 대형 병원 등을 테러나 전자전(Electronic Warfare) 등 유사시 공격으로부터 보호 가능

[그림] 콘크리트 시험체 EMP 차폐성능 시험구성도



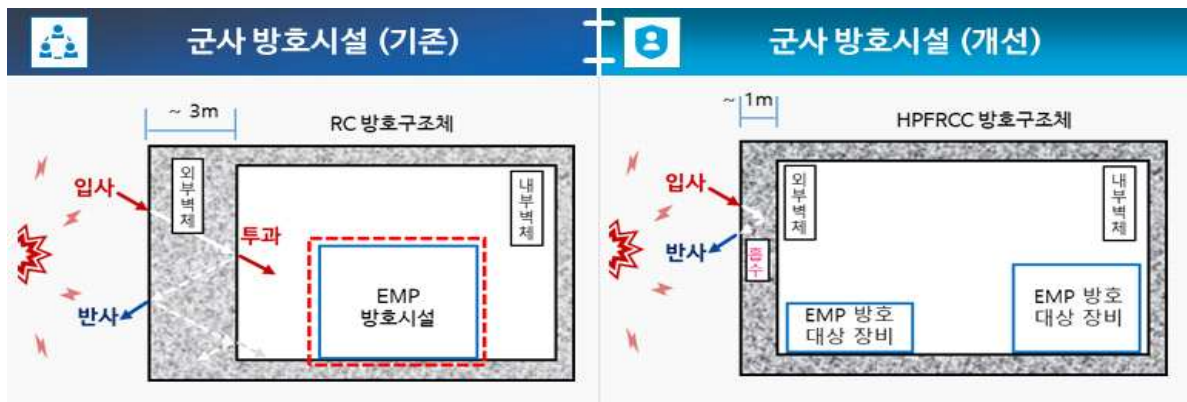
※ 출처 : 한국건설기술연구원, 신개념 방탄·방폭·EMP 복합기능 방호구조물 기술 개발, 2020.03.09

[그림] 복합기능 방호구조물 적용 개념도 1



※ 출처 : 한국건설기술연구원, 신개념 방탄·방폭·EMP 복합기능 방호구조물 기술 개발, 2020.03.09

[그림] 복합기능 방호구조물 적용 개념도 2



※ 출처 : 한국건설기술연구원, 신개념 방탄·방폭·EMP 복합기능 방호구조물 기술 개발, 2020.03.09

4-2. 우주 구조물

□ 한국건설기술연구원에서는 인공 달이라 불리는 지반열 진공 챔버 구축하여 달 탐사에 필요한 기술 장비 검증할 수 있는 기술을 제공⁶⁹⁾

○ 인공 달이라 불리는 지반열 진공 챔버를 통해 달 탐사 장비들의 성능과 내구성을 검증할 수 있는 기술을 구축

- 달의 토양 월면토를 인공 제작하여 건설재료로 활용할 수 있는 소결 기술 개발이 진행 중
- 달 표면 조건에서 실시간으로 3차원 지형정보 구축하는 기술을 개발 중
- 50W의 전력으로 지하 지층을 1m 시추하는 무반력 무인 시추기 개발 및 시추기를 활용해 지하 지반 강도를 추정하는 기술을 개발 중

□ 우주미션 선진국에서는 달 지상탐사를 위한 탐재체와 현지자원활용 재료 고형화 연구 착수

○ NASA, Honeybee Robotics社は Icebreaker drill 시추장비에 오거를 이용한 달 토양 수집 방법 채용

- 자원 조사 목적을 위한 장비이며, 건설재료 확보를 위한 대량의 달 토양 수집 및 이송, 선별 기능은 고려되지 않음
- Pneumatic 시스템의 기본은 흡입력으로 구멍을 만들어서 달 표토를 굴착하는 방식으로 NASA는 신개념 시추, 자원수집, 이송장비의 메커니즘으로 공압을 이용한 방법에 대한 연구도 현재 진행 중
- NASA는 저중력에서 효율적으로 달 토양을 수집할 수 있는 장치(Regolith Advanced Surface Systems Operations Robot, RASSOR) 프로토타입을 제작하였으며, 무게 20kg 이하, 700kg/일의 수집을 목표로 제시

[그림] NASA RASSOR



※ 출처 : 한국건설기술연구원, [공간의 과학] 지구에 내려온 달, 지반열진공챔버, 2020.06.15

69) 한국건설기술연구원, [공간의 과학] 지구에 내려온 달, 지반열진공챔버, 2020.06.15

- 미국의 University of Wisconsin-Madison에서는 태양풍 volatiles (H₂, 4-He, 3-He, CO₂, CH₄, N₂, H₂O 등)의 추출을 위해서 대량의 달 토양 수집 및 다양한 volatiles 추출이 가능한 Mark-III 컨셉 디자인 제시
 - 미국의 NASA Marshall Space Flight Center와 University of Alabama에서는 월면토로부터 황을 추출하고, 이를 바인더로 이용하여 황 콘크리트를 제조하는 방안 제안
 - 분말 상태의 황을 인공월면토와 혼합한 후 가열하여 녹인 뒤 틀에 부어 굳힌 블록 형태의 황 콘크리트 제작이 가능하며, 압축 장비를 활용하여 다양한 형태의 구조물 제작 가능
 - 진공 조건에서 황의 승화 현상으로 인하여 강도, 내구성이 저하되기 때문에 실제 우주 환경 적용에 한계 존재
 - 분말 상태의 월면토는 고분자 바인더에 의해 강하게 결합될 수 있으며 월면토와 고분자 바인더를 혼합한 후 열을 가하여 사출·적층하는 3D 프린팅 기술을 통해 단시간 내에 다양한 형태의 구조물 제작 가능
 - 폴리우레탄 수지, 폴리에틸렌, 에폭시 레진 등이 바인더로 사용된 연구가 있으며, NASA의 ‘센테니얼 챌린지-3D 프린팅 우주 거주지 건설 대회’에서는 우주 탐사 중 폐기 되는 고분자를 바인더로 재활용하는 방안을 제안하여 경연 진행
 - 고분자 바인더를 달로 운송하기 위하여 많은 비용이 소요된다는 점과 달의 극심한 온도 변화에 대한 고분자 바인더의 안정성 확보되지 않아 현실적으로 불가능하다는 한계점 존재
- ExoMars drill 시추장비는 자원탐사를 목적으로 코어 드릴을 이용한 달 토양 코어 샘플 (Core Sample, 지름 Ø10mm, 길이 30mm)을 수집하는 기능을 구현하였으나 대량 수집 기능까지는 구현 불가능

[그림] ExoMars drill 및 코어 샘플

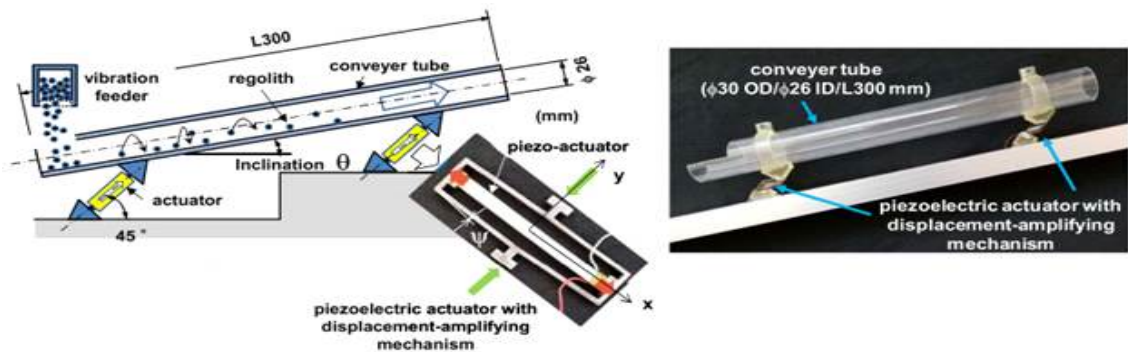


※ 출처 : EESA, EXOMARS DRILL TESTS, 2019.09.01

- 유럽의 Regolith 프로젝트에서는 건설현장의 일반적인 굴착방법인 버킷 방식을 사용하여 대량의 Regolith를 수집하는 연구 진행

- 영국의 Monolite社에서 분말 재료 위에 액체 바인더(염화마그네슘 포화용액)를 분사하여 굳히고 분말 재료를 위에 덮는 과정을 반복 후 마지막에 굳지 않는 부분을 제거하여 구조물을 제작하는 D-Shape 시스템 개발
- 오스트리아와 유럽우주국에서는 인산이 인공월면토와 반응하여 단단한 암석과 같은 물질이 형성된다는 것을 확인하였으며, 인산과 인공월면토를 혼합하고 프린터 헤드를 통해 압출하는 방식으로 다양한 형태의 구조물 제작
- 일본 와세다 대학교에서는 경사진 진공관에 액추에이터를 결합하여 3종의 입경으로 분리할 수 있는 시스템 개발

[그림] 진동 액추에이터를 이용한 월면토 선별 장치



※ 출처 : Journal of Aerospace Engineering, Particle-Size Classification of Lunar Regolith through Inclined Vibrating Tube, 2021

□ 국내에서는 학계와 출연연 중심의 우주건설 핵심기술 개발 착수

- 바인더를 활용한 고힘화 기술
 - 한양대학교에서는 고분자를 바인더로 활용하여 3D 프린팅을 통한 적층 시공 기술 개발⁷⁰⁾
 - 인공월면토(KOHLs-1)와 고분자를 바인더로 활용하여 제작한 시험체는 일반적인 콘크리트 이상의 압축강도, 휨강도를 발현하였으며, 3D 프린팅을 통해 지름 3m, 높이 2m의 구조물 제작

[그림] 고분자 바인더 활용 3D 프린팅을 통해 제작된 지름 3m, 높이 2m 구조물



70) 대한토목학회논문집, 행성탐사를 위한 거주지 건설 연구 : 현지자원 활용과 3D 프린팅 기술을 중심으로, 2020

- 한국건설기술연구원에서는 멀티모드 캐비티 방식의 마이크로파 소결 기술을 활용하여 인공월면토 고형화 연구 수행⁷¹⁾
 - 2.45GHz의 주파수와 1kW의 최대 출력을 가지는 마이크로파 소결 장비를 활용, 다양한 온도 조건에서 고형화를 수행하여 20MPa 이상의 압축강도를 발현하는 지름 10mm, 높이 20mm 크기의 소결체 제작
 - 2.45GHz의 주파수와 9kW의 최대 출력을 가지는 대형 마이크로파 소결 장비를 활용하여 지름 50mm, 높이 50mm 크기의 인공월면토 소결체를 제조하였으며, 실제 건설에 적용될 수 있는 크기의 인공월면토 블록 제조 연구 수행

[그림] 마이크로파 소결 기술로 제작된 인공월면토 소결체(KLS-1)



※ 출처 : 헤럴드경제, 달기지 만드는데 '전자레인지'가 필요하다고?, 2020.07.22

71) Ceramics International, Microstructural, mechanical, and thermal properties of microwave-sintered KLS-1 lunar regolith simulant, 2021

05

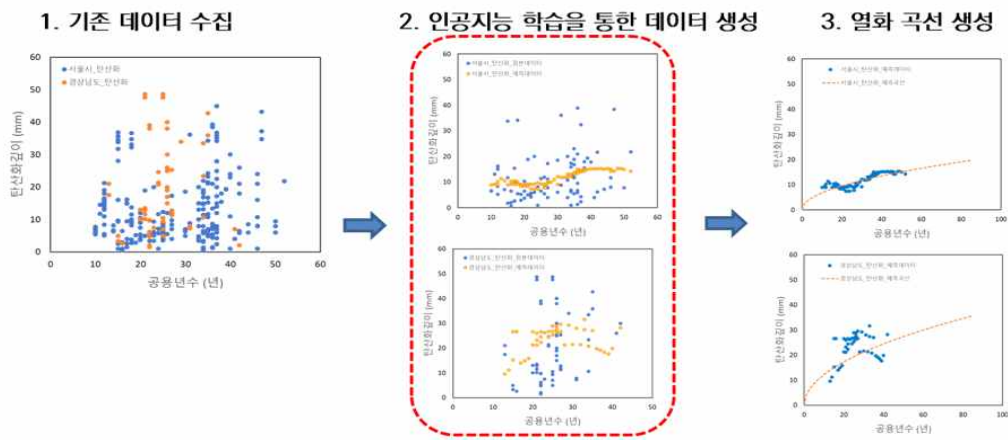
시설물 유지관리

□ 노후화 데이터 기반 분석·평가 기술

- 바인더를 활용한 고형화 기술
- 데이터 기반 열화모델 정확도 향상 및 AI 기반 가상모델 구축 기술

- (AI 기반 교량 노후화 열화 가상모델 구축 기술) AI 기반 교량 열화 모델에 관련 국내·외적으로 연구 시작 단계에 있으며, 기존에 개발된 AI 기반 모델의 대부분은 상태 평가에 기반을 두어 시계열적 분석보다는 제한적인 열화 지표들간의 상관관계 분석에 초점

[그림] 인공지능 활용 열화곡선 생성 예시



※ 출처 : 한국건설기술연구원, DNA 기반 노후교량 구조물 스마트 유지관리 플랫폼 활용기술 개발, 2021.12

○ 열화모델 기반 노후도 평가 및 미래 예측 정확도 향상 기술

- 교량의 노후도 평가를 위해 수집된 열화 지표별 데이터를 인공지능을 활용하여 추가 생성하고 이를 바탕으로 열화곡선 도출 및 추가로 열화 환경 (동결융해, 제설제, 중차량, 비래염분 환경)이 고려되며, 이를 바탕으로 교량의 노후도 평가 실시

[그림] 열화모델 곡선을 활용한 교량의 노후도 평가



※ 출처 : 한국건설기술연구원, DNA 기반 노후교량 구조물 스마트 유지관리 플랫폼 활용기술 개발, 2021.12

□ 스마트 유지관리 플랫폼 기반 유지관리 서비스 기술

○ 스마트 유지관리 플랫폼

- 미국의 AgileAssets社는 정부 및 민간 분야의 교량, 도로 등 인프라 자산 관리용 소프트웨어를 제공하는 글로벌 선도 업체이며, 25년 이상 경력의 전문 기업으로서 현재 1백만 마일 도로 및 7만 7,000개의 전 세계 교량 관리 진행
- 교량의 보수·보강 및 교체 방법 및 비용을 부재별로 설정하여, 복수의 시나리오에 따른 보수·보강 시뮬레이션을 편리한 사용자 인터페이스를 통해 수행할 수 있으며, 단기 유지관리 계획 서비스 제공

[그림] 미국 AgileAssets社의 서비스 현황

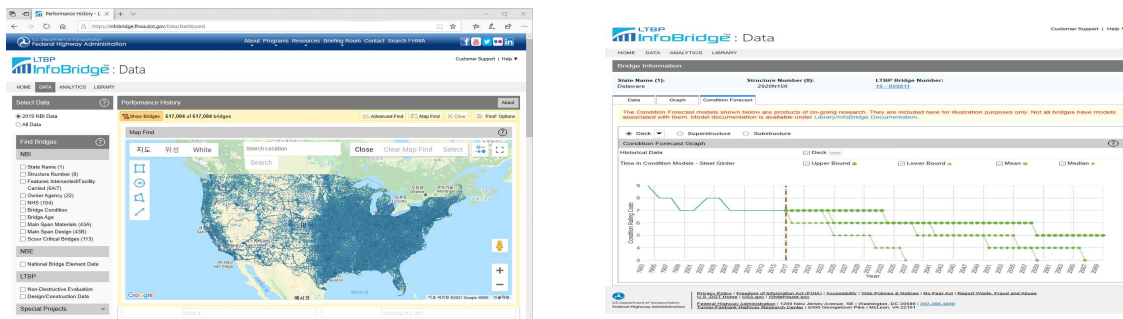


※ 출처 : AgileAssets(<https://www.agileassets.com>)

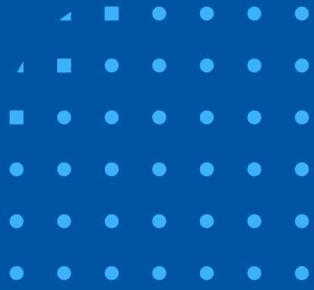
○ InfoBridge™ 시스템 기술

- FHWA(미국)는 InfoBridge™를 개발하여 617,084개의 교량 제원, 관리기관, 상태 및 성능이력정보를 제공하고 있으며, 이를 이용한 성능예측 결과 제공
- National Bridge Inventory(NBI)의 기본정보와 교량 등급, National Bridge Elements(NBE)의 부재단위 상태정보와 교통량 및 동결융해 횟수, 강설일수의 기상데이터를 제공하고 있으며, 일부 교량에 대해서는 Long-Term Bridge Performance(LTBP) 자료 공유

[그림] FHWA(미국) InfoBridge™ 교량검색 및 상태변화 추정 기능



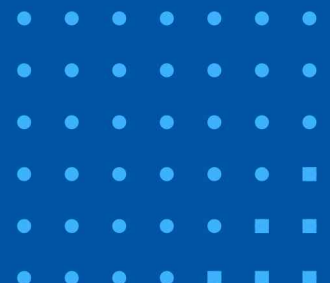
※ 출처 : Infobridge(<https://infobridge.fhwa.dot.gov/>)



Korea Agency for Infrastructure
Technology Advancement

제5장

사회·환경동향



제5장 사회·환경동향

□ 교량, 터널 등 시설물의 규모는 지속적으로 증가하고 있으며, 시설물의 수는 고속국도, 일반국도 순으로 조사⁷²⁾

- '20년 8월에 발간된 도로 교량 및 터널 현황조사에 따르면 30년 이상 노후화된 교량수가 4,482개소, 20년 이상, 30년 미만 교량수는 9,614개소로, 현재 시점 기준 10년이 경과된 '31년이 되면 전체 교량 35,902개소의 약 39%가 30년 이상 노후화 교량이 될 전망
- 교량 외의 다른 시설의 경우도 유사한 현상을 나타내고 있으며, 이러한 인프라의 급격한 노후화에 대비하기 위해 정부에서는 '18년 12월에 지속가능한 기반시설관리기본법을 제정하고 '20년 1월부터 시행하는 정책적 유지관리 방향을 제시
- (교량) 교량의 95.2%(16,551개)가 안전등급 A, B등급을 유지
 - 고속국도는 A, B등급 교량이 98.8%를 차지했으며, 특히 '문제점이 없는 최상의 상태'인 A등급은 32.9%
- (터널) A, B등급의 터널은 95.3%(1,686개), A등급이 42.4%(750개)로 높은 수준으로 관리 중
 - 고속국도 터널은 99.1%가 A, B등급으로 관리되고 있으며, A등급은 56.9%를 차지
 - 상대적으로 일반국도 터널은 A등급의 비율이 낮으며(21.2%, 152개), C등급 이하의 터널이 유일하게 10%를 초과
- 도로시설물 노후화율은 3~15% 수준이며, 도로 교량은 10년 내 노후화율 46% 전망

□ (인공지능기술 활용) AI 기반 균열 자동탐지 시스템 구축 등 시설물 점검의 첨단화 추진

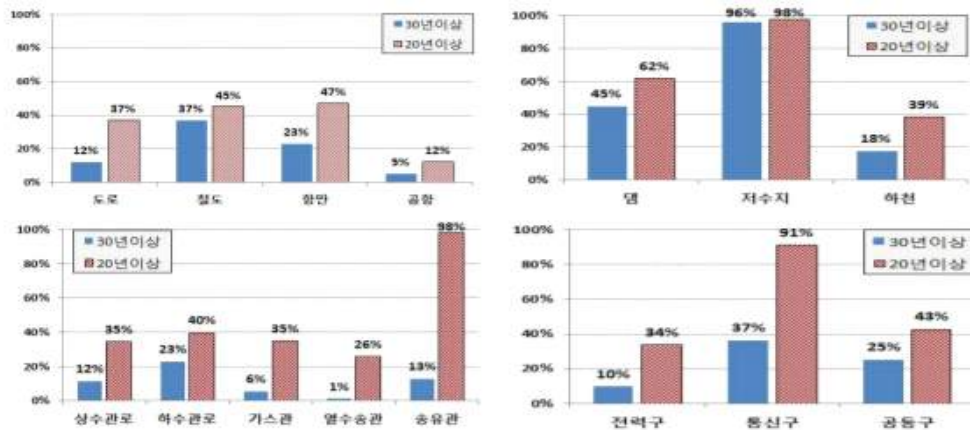
- 터널 및 교량 분석을 위한 첨단장비 개선 및 AI 분석기술 고도화로 스마트 구조물 점검 체계 구축
 - 터널 스캐너 장비 개선 및 AI 자동분석 기술 고도화(~'21년)
 - 교량의 첨단장비 점검 결과를 종합한 교량 상태등급 자동판정 시스템 개발(~'23년)
- AI 분야를 활용한 데이터 기반 열화모델 구축 노력
 - 기존 영상을 중심으로 한 AI 활용 기술 외에 노후도 평가에 가장 핵심적인 시간 이력 대비 손상 및 환경 열화 변화 추이를 예측하기 위해 AI기술을 활용 추진
- 스마트 진단키트 등을 통한 교량 관리시스템 강화
 - 교량관리시스템(BMS) 축적 데이터를 활용한 빅데이터 분석으로 교량 손상에 관한 스마트 진단키트를 개발해 점검 신뢰성 강화

72) 국토교통부, 2019년도 도로 교량 및 터널 현황조사, 2020.06

□ (경기부양 정책적 SOC 투자) 코로나19로 인해 민간소비의 감소로 지속되고 있으며, 이를 해결하기 위해 국내외 SOC 투자를 확대하는 움직임들이 보이고 있는 상황⁷³⁾

- SOC 투자는 경제 성장과 일자리 창출에 큰 효과가 있는 것으로 분석되고 있으며, 미국, 영국 등 주요 국가들은 경기 회복과 경제성장을 위해 SOC 투자 확대
 - 영국 재무부('21.3)는 공공 자본스톡의 10% 증가는 부분적인 생산성 향상을 통해 GDP를 1~2% 증가시킬 수 있는 것으로 분석하였으며, 국회예산정책처는 SOC 투자가 경제 성장 및 일자리 창출에 효과가 큰 것으로 분석
 - 미국의 SOC 예산(명목가격 기준)은 '56~'17년까지 '11년(-0.4%)을 제외하고 모두 전년 대비 지속적인 증가세, '21년에는 대규모의 인프라 투자 계획 발표
 - 영국은 향후 5년간 총 6,000억 파운드 이상의 공공부문 투자를 목표로 학교, 병원 등 기존 프로젝트, 지역 균형 발전, 녹색 산업 혁명, 기후 변화 대응 분야에 투자 계획
- 국내 정부 발표 자료에 따르면 핵심 사회기반시설의 노후화가 빠르게 진행
 - 특히 국민 생활편의 및 안전과 밀접하게 관련되는 지하구와 지하관로, 댐·저수지 등의 노후화 정도 심화 진행

[그림] 우리나라 주요 사회기반시설 노후화 비율



※ 출처 : 관계부처 합동, 지속가능한 기반시설 안전강화 종합대책, 2019

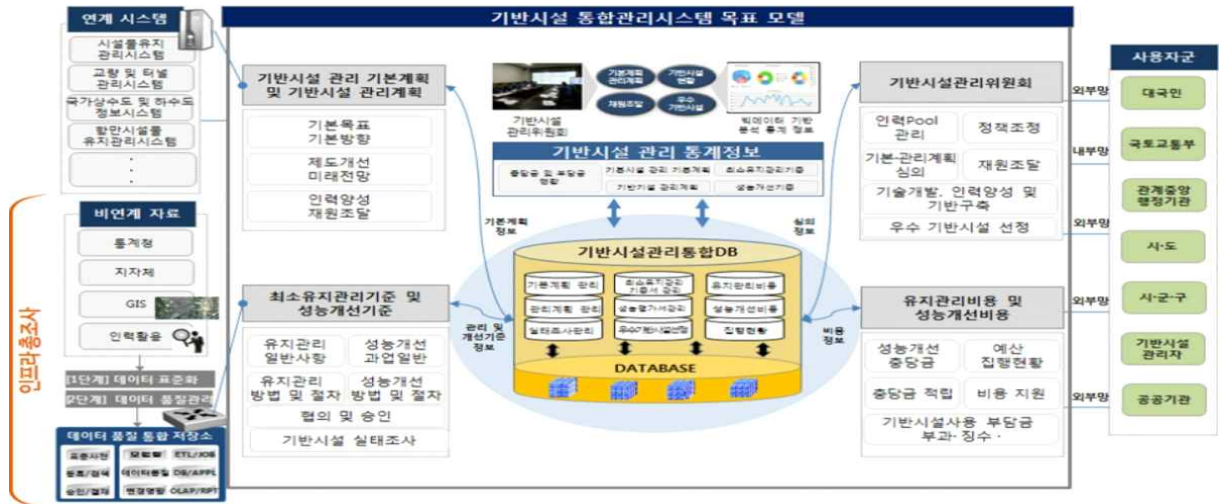
- 기반시설관리기본법에서 정의하고 있는 15종 시설에 대한 데이터를 통합적으로 관리하는 기반시설통합관리시스템(일명 기반터) 구축이 진행 중이며, 현재 데이터 구축을 위한 인프라총조사 사업 진행⁷⁴⁾
 - 인프라총조사 사업은 '20년도에 시작하여 '24년도에 종료 예정으로, 국토안전관리원이 주관하여 건설연, 철도연 등과 함께 구축 진행

73) 한국건설산업연구원, 건설동향브리핑 809호, 2021.06.07

74) 국토교통부, 국토부, 국가 기반시설의 체계적 관리를 위해 인프라 총조사 사업 시행, 2020.06.02

- 1차년도('20)에는 전산화 정형자료, 2차년도('21)에는 전산화 비정형 및 비전산화 정형자료 중심으로 진행되었으며, 3~4차년도('22~'23)에는 비전산화 비정형자료 중심으로 구축 예정
- 본 사업은 국가 주요기반시설에 해당하는 15종의 데이터 관리와 관련하여 표준화를 도모하기 위한 작업의 일환으로 본 사업이 원활하게 진행되는 경우 향후 국가 기반시설 유지관리 정책 수립에 효과적으로 활용 예상

[그림] 인프라 총조사 및 기반시설통합관리시스템 개요도



※ 출처 : 국토교통부, 국토부, 국가 기반시설의 체계적 관리를 위해 인프라 총조사 사업 시행, 2020.06.02

□ 4차산업의 급속한 발전에 따라 보안의 중요성은 매우 강조되지만 정보통신 분야의 물리적인 전자파 침해에 대한 하드웨어 손상과 보안대책 미비

- 여러 가지 형태의 사이버 물리시스템 기반에서 인터넷, 클라우드 컴퓨팅, 빅데이터, AI 및 메타버스의 산업이 급속히 발전
 - 이러한 4차산업 산업 및 IoT 중심의 사이버 공간 산업의 발전에서 가장 중요시 되는 것은 정보보안
 - 정보보안 중심의 보안 기술은 대부분 소프트웨어 중심의 코딩과 소형 장치에 중점을 두고 있으나 전자파 침해와 같이 정보통신기기에 직접적으로 물리적인 손상 및 파괴를 주는 수단에 대한 방호 기술은 등한시
 - EMP는 군사적 측면에서는 전자전에서 가장 충격이 높은 공격 수단으로서 전략적, 전술적 자산을 공격하는 효과적인 수단
 - 반면 우리의 일상에서 정상적 사회시스템 운용에 필요한 주요정보통신기반시설과 장치는 보이지 않는 전자기파의 공격에 쉽게 노출
 - 이러한 전자적 공격에 대한 방호수단은 EMP 방호구조물과 EMP 차폐 장치 및 기기가 될 것이므로 하드웨어 방호수단의 구축은 정상적인 사회시스템의 운용에 반드시 필요한 사항

□ (방호 기술 발전) EMP를 포함한 전자적 침해에 대한 방안을 마련하기 위해서 국가 정책적 측면의 방호대책과 사회적 관심 필요

- EMP 공격은 사회시스템을 한순간에 마비시킬 수 있는 무서운 위협
 - EMP 방호가 필요한 민수시설로는 운송, 에너지, 방송, 이동통신 및 국가지도 통신망 등 국가주요정보통신기반시설 등이 대표적
 - 이 중에서 국가지도 통신망과 일부 에너지 시설에 EMP 방호시설을 일부 갖추고 있는 실정이며, 점차 확대 적용 절실
 - 민수시설 중 국가주요정보통신기반시설은 약 400개에 시설이 해당하며 이를 각 단위 시설물로 보면 약 2,000개 이상의 시설물에 EMP 방호조치 필요
 - 그러나 EMP 공격은 눈에 보이는 조짐과 징조가 없어 공격 전 사전 방어가 어려운 특성이 있기 때문에 잠재적인 위협이라는 인식 부족
 - 또한, EMP 공격의 수단은 핵, EMP탄 및 EMP 발생장치 등 다양하며, 테러의 수단으로 편히 활용이 가능한 위협이지만 사회 전반적인 인식은 매우 취약
- 미래 전장에서는 승패를 좌우할 수 있는 위협
 - 최근 군사용 무기체계에서 전자무기는 급속한 발전 진행
 - 이미 전자무기는 국지전과 대테러전에 이미 사용된 예가 있으며, 그 효과는 상대의 방공 체계와 보안체계를 무력화시킨 결과를 보여주었음
 - 국방 군사시설에는 방호 소요 중요도에 따라 55개 부대시설에 대해 '39년까지 점차 EMP 방호시설 구축 추진
 - 그러나 킬체인 및 집합적 초연결 방어 작전을 수행하기에는 지휘시설을 중심으로 더 많은 방호구조물의 건설 필요
- 국방 및 정보통신보안시설에서 운용 중인 수많은 전력 및 정보통신장치가 EMP 공격에 노출될 경우 사회적 혼란뿐만 아니라 사회기반시설의 Black-out 초래

□ (시설물 노후화) 국가가 관리하는 도로·지하시설물 등 SOC(사회간접자본) 인프라가 과거의 기준에 맞게 설계되어 현재의 이상기후를 버티기 어렵다는 우려 지속⁷⁵⁾

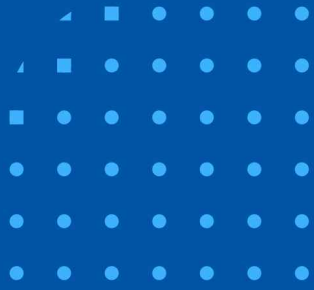
- 시설물통합정보관리시스템에 따르면 '20년 기준으로 '시설물안전법'에 따라 관리되는 1·2·3종 시설물은 모두 16만 381개로, 이 중 준공 후 30년 이상 된 시설물은 2만 7,997개(17.5%)

75) 아주경제, '국가 관리' SOC도 불안...시설물 노후화 급속 진행중, 2021.08.02

- 국토교통부 자료를 보면 '19년 기준으로 30년 이상 기반시설 노후화 비율은 저수지(96%)가 가장 심각했으며, 댐(45%), 철도(37%), 항만(23%) 등도 높은 수준
 - 지하시설물의 경우 30년 이상 노후화 비율은 통신구(37%), 공동구(25%), 하수관로(23%) 외에는 낮지만 20년 이상 비율은 높은 편
 - 이처럼 '70년대 경제성장기에 집중적으로 건설된 기반시설은 이미 30년이 경과한 상태이고 성수대교 붕괴 이후 개정·시행된 시설물 안전 및 유지관리에 관한 특별법이 적용된 인프라들도 30년 도래
- 노후 인프라는 재난재해에도 무방비 상태여서 계속해서 피해가 증가하고 있으며, 특히 전 지구가 최근 이상기후와 기상이변 현상을 겪으면서 안전 설계에 취약한 노후 인프라에 대한 우려 증가
- '21년 8월 충북에서는 저수지 4곳이 무너졌는데 대부분은 축조된 지 50년 이상 경과
 - 안정적 기후를 자랑하던 서유럽 국가를 비롯하여 이웃 국가인 중국이 폭우와 태풍으로 인프라가 무너지면서 우리나라도 급변하는 재난 상황 대비 필요
- 30년 이상의 시설물은 전체 시설물의 17.2%('19.9기준)이며, 10년 후 41.8% ('29), 20년 후 74%('39)로 급격히 증가
- (기후변화) 급격한 기후변화로 홍수, 가뭄, 폭염, 한파 등 재해재난이 발생하고 있으며, 이를 대비 하기 위해 시행하는 2050 탄소중립의 목표 달성을 위한 교통 인프라 개선 필요⁷⁶⁾
- 우리나라는 '30년 온실가스 배출량을 '18년 대비 35%로 감축 의무를 이행하고 탄소 중립시대 대응을 위해 '2050 탄소중립' 추진전략 발표 및 「탄소중립기본법」 의결
- 유럽연합(EU)은 가장 먼저 '50년 탄소중립을 목표로 '유럽 그린딜'을 발표하여 그린 산업을 육성하고 있으며, 탄소국경조정제도(Carbon Border Adjustment Mechanism, CBAM) 등을 추진하면서 탄소 경제 구축 진행
 - 미국 역시 바이든 정부가 파리협정에 재가입하면서, 신재생에너지 육성을 비롯한 탄소경제 활성화에 적극 대응
- '50년 탄소중립에 도달하기까지 기후변화로 인한 이상기후의 발생 빈도는 점점 더 증가하는 상황에서 교통 인프라를 어떻게 준비해야 하는지가 중요한 시점
- 첫 번째 방안으로는 도로, 철도, 항공 등의 교통시설 인프라의 건설 및 운영 단계에서 발생하는 이산화탄소 발생량에 대한 평가 및 모니터링 필요
 - 두 번째는 건설 소재, 부품, 장비 등을 대상으로 CO2 발생을 최소화하기 위한 혁신적 기술 개발 및 해외 제품들과 비교 평가하여 국내 산업의 국제적 경쟁력 제고

76) 한국교통연구원, 월간교통 2021-09, 2021.09.03

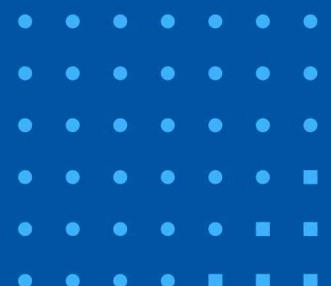
- 세 번째는 기존에 구축된 교통 인프라는 노후화가 많이 진전되어 있을 뿐 아니라 새로운 기후변화의 조건을 반영하지 못한 설계를 적용하였기 때문에 향후 다가올 이상기후에 시설물의 수명을 보장할 수 없을뿐더러 교통 인프라 이용자들의 안전을 확보할 수 없는 실정으로 이에 대한 기존 교통 인프라에 대한 평가 및 개선이 마련 시급
- 환경부는 “21년 탄소중립 이행계획”을 발표하고 전체 정부 정책에 대한 명확한 방향성을 제시하였고, 탄소중립을 위해 공공기관 및 공공건물의 선제적인 탄소중립 실현 추진
 - 공공기관은 기존의 '50년보다 10년 앞선 '40년까지 선도적으로 탄소중립을 달성할 수 있도록 탄소중립 추진전략을 수립 및 발표
 - 탄소중립 선언 이행을 위해 공공건물·시설·관용차 등 기관 특성에 맞는 탄소중립 본보기를 구축하고 이에 대한 설계 및 설치 지원
 - 공공건물(시흥정수장)에 건물일체형 태양광(BIPV) 등 녹색기술을 선제적으로 적용하여, 이를 민간시설로 확산 추진



Korea Agency for Infrastructure
Technology Advancement

제6장

주요 이슈 및
시사점

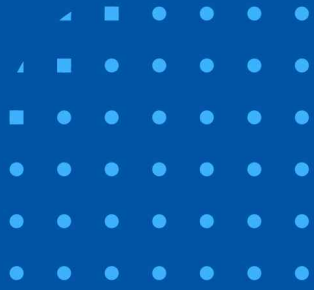


제6장 주요 이슈 및 시사점

- [경기부양 정책적 SOC 투자] 각 국에서는 국가 기반시설(도로, 교량, 철도 등) 재건을 위한 대규모 투자가 이루어지고 있으며, 이를 통해 경제성장 및 탄소중립의 목표를 달성하기 위한 노력 진행
 - 미국 바이든 대통령은 도로·교량·철도 등 노후화가 심한 물적 인프라를 보수·강화하여 경제 성장 및 기후변화로 인한 자연재해(홍수·가뭄 등) 예방 추진
 - 유럽연합은 2050 탄소중립을 달성하기 위해 철도, 해상, 교통 등의 세부목표를 설정하고 이를 통해 경제성장 도모
 - 영국도 코로나19로 인해 무너진 경제재건을 위해 국가 인프라전략을 세우고 대규모투자 진행
- [시설물 노후화] 노후화된 교량, 사회기반시설 등을 유지보수 및 신규 건설 등을 통해 국내외 건설 시장 확대
 - 일본은 ‘인프라 장수명화’기본계획을 마련하여 ‘30년까지 세계 인프라 시설물시장을 점유하겠다는 목표를 세웠으며, 계획 기간 내에 인프라시설 유지보수 및 갱신 예정
 - 중국에서는 ‘35년까지 선로, 철도, 도로 등의 신규 교통망을 건설하여 현대화 고수준의 국가 종합입체교통망을 구축할 것이며, 세계 시장규모를 확장 추진
 - 미국 토목학회는 ‘17년 인프라 평가 보고서에서 향후 10년간 2조 달러의 투자가 부족하다고 발표하였으며, 이를 극복하기 위하여 ‘25년까지 미국 GDP의 2.5~3.5% 규모의 투자 필요 예상⁷⁷⁾
 - ‘16년 영국 정부는 인프라 총괄 조질 체계를 정비하여 IPA와 NIC를 발족, IPA는 기존의 인프라 총괄 수행기관인 IUK와 국무조정실 산하 Major Projects Authority를 통합하여 영국의 인프라 관리의 컨트롤 타워 기능 강화, NIC는 미래 인프라 수요 파악을 통한 인프라의 독립적인 분석과 장기적 전략 수립
 - 인프라 관리에 대한 정부 내 거버넌스 확립, 컨트롤 타워 기능을 수행하는 조직을 발족하고 이를 제도화 노력 필요
 - 선진 국가는 인프라의 실태를 분석한 보고서를 주기적으로 발행하여 국민과의 소통수단으로 이를 활용하고 있으며, 중앙정부와 지방정부와의 대화 채널로 활용
 - 중앙정부는 지자체의 노후 인프라에 대한 보조금 지원 등과 같은 재정 지원 방안을 수립하는 이른바 ‘확장적 재정 투자’ 정책 추진
 - 인프라의 장수명화를 목표로 하는 성능평가 기반의 자산관리 체계 구축을 바탕으로 제한된 재원을 전략적으로 분배하는 방법 활용
 - 저성장 기조를 타개할 수 있는 신뉴딜 정책으로 인프라 투자 정책을 채택하여 일자리 창출과 내수 활성화에 적극 활용

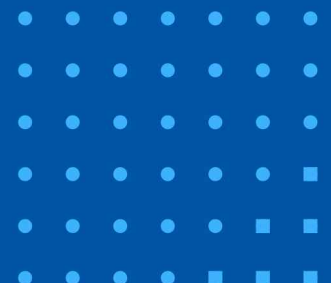
77) ASCE, 2017 Infrastructure Report Card, 2017

- **[고효율·친환경 기술 개발] 경제적이고 고효율적, 친환경적인 기술 개발을 통해 안전하고 내구성이 있는 인프라 시설 구축**
 - 국내에는 ‘기반시설 관리계획’, ‘국토교통 정보화 기본계획’ 등을 수립하여 국민들이 안전하고 편하게 교통시설을 이용할 수 있도록 발전방향을 제시하고 있으며, 유지관리·성능확보를 위한 체계 구축 추진
 - 세계적으로도 교량, 터널 등에 DfMA, TBM 등과 같은 지원 기술을 개발하여 현장에 적용 중이며, 환경친화적이고 안전한 공법들이 계속해서 개발되고 있는 추세
 - 다양한 기술 개발이 이루어짐으로 도시, 국가간에 연결하는 대규모 인프라 또한 성공적으로 이루어지고 있으며, 이를 통한 경제 성장 기대
- **[우주개발 참여] 국제우주국은 달 자성탐사와 기지화를 중심으로 활발하게 협력하고 있으나, 우리나라는 관련 기술 개발 및 국제협력 역량이 미흡하여 경제발전 대비 우주 진출 후진국으로 전략 위기**
 - 국제적으로 달 유인탐사와 에너지자원 채취를 위한 기지 건설로 우주산업의 패러다임이 전환되고 있어 대응전략 수립 시급
 - 우리나라는 '19년에 아르테미스 프로그램 참여를 선언하였으나, 선진국 달 탐사 미션을 중심으로 중복성을 회피한 제한적인 기술 개발과 달 과학 탐사 목적의 소형 탑재체 개발에 국한되어 국제 우주 미션 참여 제한
 - 달기지 건설 태동기에 선제적으로 우주라는 초극한의 환경에서 건설이 가능한 혁신적 기술개발 착수로 우주 건설기술을 선점하여 국제 우주미션 리더형으로 성장 기반 조성



Korea Agency for Infrastructure
Technology Advancement

참고문헌



참고문헌

1. 시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법[시행 2021.9.17.] / 시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법 시행령[2021.12.28.]
2. ASCE, 2021 Report Card for America's Infrastructure, 2021
3. 워싱턴무역관, 美 인프라 투자법안 주요 내용 및 시사점, 2021.08.20
4. DOT, U.S. Secretary of Transportation Pete Buttigieg Announces Availability of \$1 Billion to Modernize and Create New American Infrastructure, 2021.04
5. Congressional Research Service, Artemis: NASA's Program to Return Humans to the Moon, 2021.10.25
6. 정책브리핑, 한국, 유인 달탐사 국제협력 '아르테미스 약정' 10번째 가입, 2021.05.27
7. European Commission, Mobility Strategy, 2020.12
8. Euronews, Undersea rail tunnel aims to transform Helsinki and Tallinn into one metropolitan area, 2021.04
9. Total Croatia News, Croatian Recovery Plan Focusing on Modernisation of Ports, Trams, Ships, 2021.05
10. 한국과학기술기획평가원, KISTEP 기술동향브리프 - 우주탐사, 2020.02.28
11. Total Croatia News, National Infrastructure Strategy, 2020.11.25
12. High Speed 2, HS2 in 2021: a year of major moments for Britain's biggest infrastructure project, 2021.12.31
13. 일본 국토교통성, 国土交通省における 地球温暖化緩和策の取組概要, 2020.12.25
14. 일본 국토교통성, 第5次社会資本整備重点計画の概要, 2021.05.28
15. 국토매일, [건설자재-일본]日, 도로 등 인프라 장수명화에 본격 착수, 2021.06.28
16. 일본 내각부, 宇宙基本計画, 2020.06.30
17. 한국교통연구원, 동북아북한 교통물류 웹진, 2021.04
18. CNSA, International Lunar Research Station (ILRS) Guide for Partnership, 2021.06.16
19. 국토교통부, 제1차 기반시설관리기본계획, 2020
20. 국토교통부, 전국의 노후 기반시설, 더 체계적으로 더 꼼꼼히 관리한다, 2021.12.21
21. 관계부처합동, 한국판 뉴딜 종합계획, 2020
22. 국토교통부, 제5차 국토종합계획 실천계획(2021~2025), 2020
23. Allied Market Research, Bridge Construction Market Worth \$1,212.6 Billion by 2027 at a CAGR of 4.6%- Pre and Post COVID-19 Market Analysis, 2020.12
24. ARTBA, 2022 Bridge Report, 2022
25. 국토교통과학기술진흥원, 미래환경변화 대응 도로인프라 혁신기술개발 기획 최종보고서, 2020.12.01
26. (주)NICE디앤비, 코리아에스이 소재, 2020.08
27. 국토교통과학기술진흥원, 메가스트럭처 자립건설 기술개발 사업 최종보고서, 2019.05.17

28. Research And Markets, Tunnel Boring Machine Market by Machine Type, Geology Type and End User, 2020.12
29. Research And Markets, Tunnel Automation Market, 2021.01
30. 국토교통부, 도심지 터널식공동구최적설계용량산정 및 글로벌표준화설계기술 개발최종보고서, 2020.05.29
31. 씨큐리티월드, 2019
32. 한국전자파학회, 2020 전자파 보안 워크숍, 2020
33. 국토교통과학기술진흥원, 고성능 섬유보강 시멘트 복합재료를 활용한 방호·방폭 구조물 적용 기술 개발 최종보고서, 2019.07
34. 한국산학기술학회논문지, 달 기지 건설을 대비한 국내외 달 탐사 동향 분석, 2018
35. Euroconsult, Prospects for Space Exploration, 2020
36. 한국방재협회, 2020년 방재신기술요약자료집, 2020.12
37. 한국강구조학회지, 3차원 파라메트릭 기반 교량설계 기술, 2020
38. 공학저널, 도로 구조물 디지털화, 프리팹이 이끈다, 2020.08.20
39. 동아일보, 합성형 라멘교-조립식 잔교 시장 개척... 자체개발 기술로 업계서 두각, 2021.04.29
40. 한국강구조학회, PSSC 합성거더 교량의 적용성 검토, 2020
41. 대한토목학회지, 신개념 다단계 온도 프리스트레싱 공법, 2021
42. 한국강구조학회지, 만경대교 리버스 아치교의 설계 및 시공, 2020
43. 콘크리트학회지, 프리팹 구조를 위한 디지털엔지니어링 모델 기술, 2021
44. 콘크리트학회지, 콘크리트 프리팹 생산자동화기술 개발, 2021
45. 콘크리트학회지, 프리팹 정밀 제작 기법과 3D 품질관리 플랫폼 구축 방안, 2021
46. 비파괴검사학회지, 음향방출 기법을 이용한 PSC 구조물 내부텐던 부식 모니터링 및 진단 기술, 2021
47. 국토매일, 겨울철 콘크리트 동결융해 예방 ↑...구조물 손상 검출 기법 개발, 2021.12.02
48. 대한토목학회지, 자기치유 친환경 콘크리트 연구센터의 유지관리 최소화를 위한 자기치유 콘크리트 기술개발 및 실용화, 2021
49. 콘크리트학회지, 철계-형상기억합금의 건설분야 적용에 관한 국내 연구, 2021
50. 한국건설기술연구원, 프리텐션을 이용한 기존 콘크리트 구조물의 급속개량 및 성능향상 기술 개발, 2021.12.31
51. 명지대학교, 중소 노후교량 실증 기반 성능 및 보수보강 평가 연구, 2021.12.31
52. 전라일보, 21C산업에서의 FRP복합신소재, 2021.05.24
53. 공학저널, 기술과 노하우로 한국을 잇다, 2020.04.06
54. 한국도로공사, 케이블교량 글로벌 경쟁력 강화를 위한 전주기 엔지니어링 및 가설공법 개발, 2021.11
55. 한국건설교통신기술협회, 강관 내부에 경량기포 모르타르를 충전한 터널용 강지보재 제작 및 시공 기술, 2020.06.01
56. 한국건설교통신기술협회, 미니 파이프로프 수평보강 구조와 매입형 갱구조물을 이용한 터널 갱구부 시공방법, 2020.08.25

57. The Science Times, 육지와 육지 잇는 ‘수중 터널’ 전성시대, 2020.06.10
58. 한국터널지하공간학회, 부유식 교량 또는 부유식 터널 어떻게 넓고 깊은 피오르드를 건널 것인가, 2020
59. Hindawi, Numerical Simulation of Dynamic Response of Submerged Floating Tunnel under Regular Wave Conditions, 2022.01.04
60. 현대건설, 오늘 출근길, 당신이 만난 현대건설의 기술은 무엇인가요?, 2020.12.09
61. 조선일보, 국내 최장 ‘보령해저터널’, 착공 11년만에 개통, 2021.11.29
62. 한국건설기술연구원, 로봇 기술로 지하 공간을 점검하다, 2021.12.30
63. 국토일보, 한화건설, 침하와 지진을 동시에 ‘PSS 내진 지하연속벽 공법’ 개발, 2021.07.29
64. e대한경제, 앞·뒤·옆으로 세대면적 증축…신·구 바닥판 안정적 접합이 관건, 2021.07.21
65. 건설기술신문, 도로 비탈면 모니터링시스템 ‘스마트화’…재해 재난 ‘통계분석’ 오류 없앤다, 2020.09.28
66. 중도일보, 첨단기술로 항만 지반정보 똑똑하게 관리·예측한다, 2021.04.05
67. 한국건설기술연구원, 비탈면 대상 조사·점검개선 및 보강시설 노후화 대응 기술 개발 최종보고서, 2022.01.25
68. 대한민국정부, 지속가능한 녹색사회 실현을 위한 대한민국 2050 탄소중립 전략, 2020
69. 한국건설기술연구원, 신개념 방탄·방폭·EMP 복합기능 방호구조물 기술 개발, 2020.03.09
70. 한국건설기술연구원, [공간의 과학] 지구에 내려온 달, 지반열진공챔버, 2020.06.15
71. 대한토목학회논문집, 행성탐사를 위한 거주지 건설 연구 : 현지자원 활용과 3D 프린팅 기술을 중심으로, 2020
72. Ceramics International, Microstructural, mechanical, and thermal properties of microwave-sintered KLS-1 lunar regolith simulant, 2021
73. 국토교통부, 2019년도 도로 교량 및 터널 현황조사, 2020.06
74. 한국건설산업연구원, 건설동향브리핑 809호, 2021.06.07
75. 국토교통부, 국토부, 국가 기반시설의 체계적 관리를 위해 인프라 총조사 사업 시행, 2020.06.02
76. 아주경제, ‘국가 관리’ SOC도 불안…시설물 노후화 급속 진행중, 2021.08.02
77. 한국교통연구원, 월간교통 2021-09, 2021.09.03
78. ASCE, 2017 Infrastructure Report Card, 2017



Korea Agency for Infrastructure
Technology Advancement

2021 국토교통 R&D 동향조사

- 시설물 분야 -

Korea Agency for Infrastructure Technology Advancement



발행인 박승기

발행처 국토교통과학기술진흥원

발행일 2022년 10월

문의처 경기도 안양시 동안구 시민대로 286(관양동 1600) 송백빌딩 2~7F, 9F / TEL. 031-389-6313

이 책의 판권은 국토교통과학기술진흥원에 있습니다.

이 곳에 담긴 모든 내용 및 자료는 허가 없이 어떠한 형태로든

무단으로 복사, 전재하거나 변형하여 사용할 수 없습니다.

이 책의 내용은 우리원 홈페이지 조사/분석 보고서에서 보실 수 있습니다



9 791198 022554
ISBN 979-11-980225-5-4
ISBN 979-11-980225-0-9 (세트)