

2025 스마트건설·안전·AI 엑스포

SMART CONSTRUCTION & SAFETY & AI EXPO 2025

한국토지주택공사, 대한토목학회 전문포럼 발표자료집

스마트건설과 AI,
데이터기반 디지털 전환

11.6.(목)
14:00 - 16:30

AI와 함께하는
스마트건설,
더 안전한 미래로

Smart Construction with AI:
The Safer Future

2025스마트건설 엑스포
전문포럼 발표자료집

한국토지주택공사, 대한토목학회

스마트건설과 AI, 데이터기반 디지털 전환

한국토지주택공사, 대한토목학회 공동주관 전문포럼

LH 한국토지주택공사

대한토목학회
Korean Society of Civil Engineers

한국토지주택공사, 대한토목학회 공동주관 전문포럼

스마트건설과 AI, 데이터기반 디지털 전환

일 시 | 11. 6.(목) 14:00 - 16:30

장 소 | 킨텍스 제2전시장 7, 8홀 내 포럼장 1

14:00-14:05	인사말	전주영 LH 토지주택연구원 실장
14:05-14:20	건설기준 디지털화를 통한 스마트인프라 설계검토 체계 구축	지광습 고려대 건축사회환경공학과 교수 장재국 고려대 건축사회환경공학과 연구원
14:20-14:35	AI 엔지니어링을 위한 데이터 파이프라인 구축과 연합학습 전략	심창수 중앙대 사회기반시스템공학부 교수
14:35-14:50	스마트 시공기술 기반 공공건설 혁신방안	송상훈 LH 토지주택연구원 연구위원
14:50-15:05	생성형 AI 기반 지반구조물 설계	심영종 LH 토지주택연구원 팀장
15:05-15:20	생성형 AI기반 첨단 건설안전관리	전정호 부산대학교 건축공학과 조교수
15:20-15:35	매입말뚝 스마트 MG 시범사업 분석	박종배 LH 토지주택연구원 선임연구위원
15:35-15:50	BIM 응용도구 전용 부속ADD-IN S/W개발 및 활용사례	이영호 LH 스마트단지기술처 차장
15:50-16:00	단상정리	-
16:00-16:30	종합토론(스마트건설의 미래방향)	[좌장] 전주영 LH 토지주택연구원 실장 [토론] 심창수 중앙대 사회기반시스템공학부 교수 송상훈 LH 토지주택연구원 연구위원 전정호 부산대학교 건축공학과 조교수 이영호 LH 스마트단지기술처 차장 권미정 국토교통부 기술혁신과장

연사 약력



지광습
고려대 건축사회환경공학과 교수

- 고려대학교 건축사회환경공학부 교수로 재직 중이며, 대한토목학회 해상풍력·해양플랜트위원회 위원장을 역임하고 있음.
- 주요 연구분야는 해상풍력 및 해양플랜트 구조의 개발과 해석기법, 디지털 건설기준 체계 구축, 콘크리트 구조의 장기거동 및 복합열화 내구성 평가임.
- 2020~2024년 Elsevier Data Repository 선정 Top 2% 연구자 및 2018년 Clarivate Analytics 선정 Highly Cited Researcher(HCR)에 이름을 올림.



심영종
LH 토지주택연구원 팀장

- 한국지반공학회 지반IT융합기술위원회 위원장 ('18.3-'22.2)
- 한국터널지하공간학회 이사 ('16.3-'20.4)('22.4-'24.4)



장재국
고려대 건축사회환경공학과 연구원

- 고려대학교 건축사회환경공학과에서 박사과정으로 재학 중임
- 디지털 건설기준의 구조화와 온톨로지 모델링을 통해 기준 간 연계성을 확보하는 연구를 수행하고 있음.
- 구조물의 비선형 거동 해석과 성능기반 안전성 평가를 수행하였으며, 재료 비선형성, 반복하중, 초고속 하중 등 수치적 시뮬레이션 연구를 수행중임.



전정호
부산대학교 건축공학과 조교수

- 부산대학교 조교수 (2023.09-현재)
- 대이튼대학교 조교수 (2022.08-2023.07)
- 퍼듀대학교 연구원 (2018.08-2022.07)



심창수
중앙대 사회기반시스템공학부 교수

- (전) 한국BIM학회 회장
- (현) 대한토목학회 부회장
- (현) 한국교량및구조공학회 부회장



박종배
LH 토지주택연구원 선임연구위원

- 한국지반공학회 기초기술위원장
- 국토교통부 지하안전관리 자문위원
- 국토교통부 철도중앙품질안전관리단 위원



송상훈
LH 토지주택연구원 연구위원

- 한국토지주택공사 토지주택연구원 / 연구위원



이영호
LH 스마트단지기술처 차장

- 공학박사, 토목구조기술사, BIM 정보모델 운영전문가
- 한국도로공사 설계심의위원, 행정안전부 안전기준위원
- LH BIM(단지분야) 기술기준 총괄관리 담당

발표자료집 목차

01. 건설기준 디지털화를 통한 스마트인프라 설계검토 체계 구축 지광습 고려대 건축사회환경공학과 교수 장재국 고려대 건축사회환경공학과 연구원	01
02. AI 엔지니어링을 위한 데이터 파이프라인 구축과 연합학습 전략 심창수 중앙대 사회기반시스템공학부 교수	12
03. 스마트 시공기술 기반 공공건설 혁신방안 송상훈 LH 토지주택연구원 연구위원	22
04. 생성형 AI 기반 지반구조물 설계 심영종 LH 토지주택연구원 팀장	32
05. 생성형 AI기반 첨단 건설안전관리 전정호 부산대 건축공학과 조교수	44
06. 매입말뚝 스마트 MG 시범사업 분석 박종배 LH 토지주택연구원 선임연구위원	59
07. BIM 응용도구 전용 부속ADD-IN S/W개발 및 활용사례 이영호 LH 스마트단지기술처 차장	79

01

건설기준 디지털화를 통한 스마트인프라 설계검토 체계 구축

지광습 | 고려대 건축사회환경공학과 교수
장재국 | 고려대 건축사회환경공학과 연구원



Structural Engineering & Mechanics (SEM)

건설기준 디지털화를 통한 스마트 인프라 설계검토 체계 구축

2025. 11. 06. (목요일)

발표자: 지광습 교수

Structural Engineering & Mechanics Lab <E-mail: g-zi@korea.ac.kr> <Tel: 02-3290-3324>

1/20



Structural Engineering & Mechanics (SEM)

1. 건설기준 디지털 전환 개요

Structural Engineering & Mechanics Lab <E-mail: g-zi@korea.ac.kr> <Tel: 02-3290-3324>

3/20



목차

Structural Engineering & Mechanics (SEM)

1. 건설기준 디지털 전환 개요

2. 디지털 건설기준과 활용기술

3. 디지털 건설기준의 AI 활용

4. 결론

Structural Engineering & Mechanics Lab <E-mail: g-zi@korea.ac.kr> <Tel: 02-3290-3324>

2/20



1.1 건설업계의 디지털 전환

Structural Engineering & Mechanics (SEM)

BIM 의무화 및 디지털트윈 확산



* Autodesk, November, 2021

드론 및 로봇 시공



AI·IoT·자동화 기술의 도입



건설산업 혁신을 위한 정부의 주요 정책



4차 산업 기술 (BIM, 드론·로봇, AI 등)의 확산에 따라, 정부는 건설산업을 대상으로 디지털 전환 정책을 적극 추진중임

Structural Engineering & Mechanics Lab <E-mail: g-zi@korea.ac.kr> <Tel: 02-3290-3324>

4/20

1.2 현재 설계와 시공 검토 체계의 한계

Structural Engineering & Mechanics (SEM)

기존 문서 간의 연계성 부족

❖ 기존 간 조항 내용 상충

KDS 24 14 21 콘크리트 설계기준
(3) 콘크리트 슬래브 바닥판의 피로한계상태에 대한 검토를 수행하지 않아도 된다. 또한, 극단상황하중조합에서 바닥판을 검토하지 않아도 된다.

KDS 24 90 11 교량 기타시설설계기준
(2) 지주의 정적부는 총동역에 의한 작용효과에 대한 검토를 단오멘트로 하여 가산하도록 한다.

• 극단상황하중조합에서의 바닥판 검토 필요 여부의 내용이 기존 간 상충
• KDS 24 14 21 개정 후 해당 문구 삭제

❖ 개정으로 인한 기존 간 참조 불일치

기존 시설물(건축물) 내진성능 평가요령
개정 전
(1) ... 증가속도와 증가응답스펙트럼의 산정절차는 건축구조기준을 참고한다.

개정 후
(1) ... 증가속도와 증응답스펙트럼의 산정절차는 건축물 내진설계기준(KDS 41 17 00)을 참고한다.

• KDS 41 17 00 기준 제정으로 인해 기존의 참조 불일치
• 『기초 시설물(건축물) 내진성능 평가요령』 개정 후 문구 수정

*출처: KDS 24 14 21 : 2025 개정 신구조문대비표

문서 검토 과정의 인적 오류 발생

구조물 설계/시공 절차 및 연계된 기준

구조 계산서 작성

구조 도면 작성

• 수동적인 데이터 순환 및 반복적인 계산 작업에 따른 인적 오류 발생

문서 기반의 건설기준은 내용 상충과 참조 불일치, 인적 오류가 발생함 → 문서기반의 구조적 한계

Structural Engineering & Mechanics Lab <E-mail: g-zi@korea.ac.kr> <Tel: 02-3290-3324>

1.4 건설기준의 AI 활용을 위한 지식구조 전환

Structural Engineering & Mechanics (SEM)

평면적인 지식구조 (엔지니어)

기존문서

2D

Human

복잡한 지식 구조 → 숙련된 엔지니어 必

입체적인 지식구조 (엔지니어+기계)

디지털 기준

Human

AI

2D

온톨로지

자연어 처리

건설기준 디지털화를 통한 AI 및 AGI*로의 환경 조성

*AGI (Artificial General Intelligence): 사람처럼 여러 분야의 지식을 종합적으로 이해하고 응용할 수 있는 지능

Structural Engineering & Mechanics Lab <E-mail: g-zi@korea.ac.kr> <Tel: 02-3290-3324>

1.3 디지털 전환 추세와 국내외 동향

Structural Engineering & Mechanics (SEM)

한국 (세움터)

클라우드 기반 건축행정시스템 (건축 인허가에 BIM 적용)

싱가포르 (Corenet X)

Coordinated BIM 전자 민원 시스템, 설계품질 검토, 건축 및 건설 전반의 정보 관리 및 제공 시스템

호주 (Design check)

건축 법규 준수 여부 검사 자동화 시스템

미국 (REScheck)

주거용 에너지 규정 준수 자동 검토 시스템

홍콩 (ESH)

Building professionals, BD, CFS participants, Central clearing house to process all building plan submissions from the private sector through the CFS

영국 (Digital Built Britain)

디지털 건설 기술 스마트 시티, 빅데이터 활용한 인프라 구축

전 세계적으로 건설 분야의 디지털 전환을 추진 중이나, 기준을 디지털화하여 실무와 연계하는 방안은 초기단계

Structural Engineering & Mechanics Lab <E-mail: g-zi@korea.ac.kr> <Tel: 02-3290-3324>

1.5 건설기준 디지털화의 기대효과

Structural Engineering & Mechanics (SEM)

AS IS

❖ 비효율적인 기준 탐색 및 해석

- 설계자가 관련된 기준을 일일이 탐색
- 설계자 간 해석의 차이 발생
- 숙련된 엔지니어의 의존도가 높음

❖ 3D 성과물 (BIM) 활용의 한계

- 설계 완료 후 3D 성과물을 별도로 작성
- 형상 중심의 단순 모델 생성
- 설계 변경 내용과 BIM의 정보 불일치 발생

❖ 설계 검토의 비체계성

- 구조계산서 등 설계 문서를 수작업으로 검토
- 오류 누락 발생 시 원인 파악이 어려움
- 반복되는 설계 검토 과정에서의 오류 발생

TO BE

❖ 기준 탐색 및 해석의 효율성 증대

- 디지털 건설기준 DB에서 설계와 연계된 기준 검색
- 엔지니어 간 설계/시공 협업 기반 조성

❖ 3D 모델 (BIM) 기반 실시간 검증

- 디지털 기준정보로 BIM 작성과 동시에 기준 검토
- 기준 저촉 여부를 실시간 검증함으로써 오류 최소화

❖ 건설 AI 구축: 지능형 설계 및 검증

- AI가 부재 설계/시공 절차 및 관련 기준 제공
- BIM 성과물을 AI에 제공하여 설계/시공 검증
- 최신 디지털 건설 정보를 생성하여 지속적인 AI 학습 진행

Structural Engineering & Mechanics Lab <E-mail: g-zi@korea.ac.kr> <Tel: 02-3290-3324>

2. 디지털 건설기준과 활용기술

Structural Engineering & Mechanics Lab <E-mail: g-zi@korea.ac.kr> <Tel: 02-3290-3324>

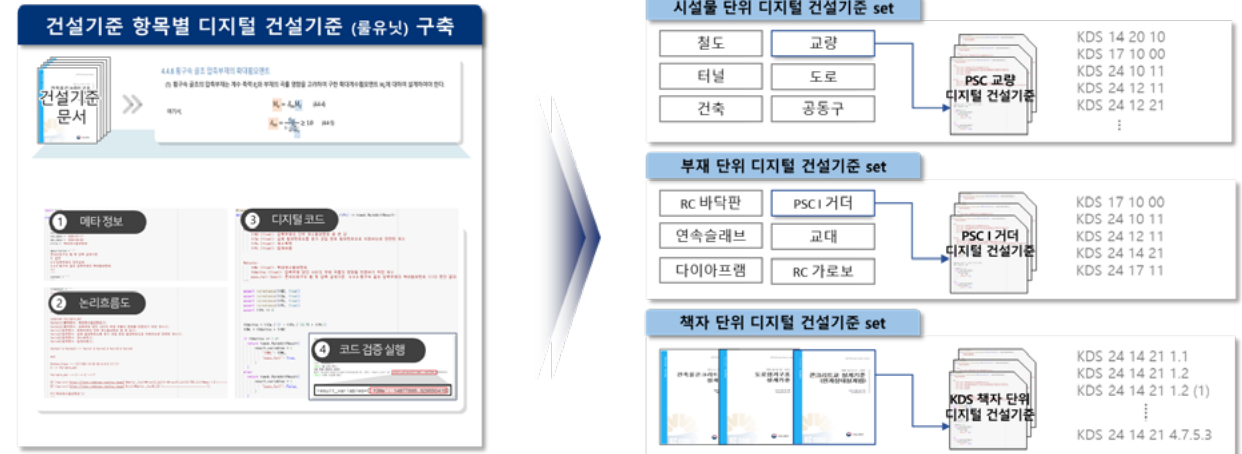
9/20

2.2 문서형 건설기준 → 디지털 건설기준: 룰유닛



룰유닛

문서로 작성된 건설기준을 표준화된 디지털 템플릿으로 작성하여 컴퓨터가 이해하고 실행할 수 있는 형태로 구성됨.
→ 룰유닛은 시설물, 부재, 책자 단위의 여러 형태로 분류 및 취합이 자유롭게 가능하며, 건설기준 구축 및 관리가 용이함.



Structural Engineering & Mechanics Lab <E-mail: g-zi@korea.ac.kr> <Tel: 02-3290-3324>

11/20

2.1 프로젝트별 실무 절차도 구축: 건설기준 라이브러리

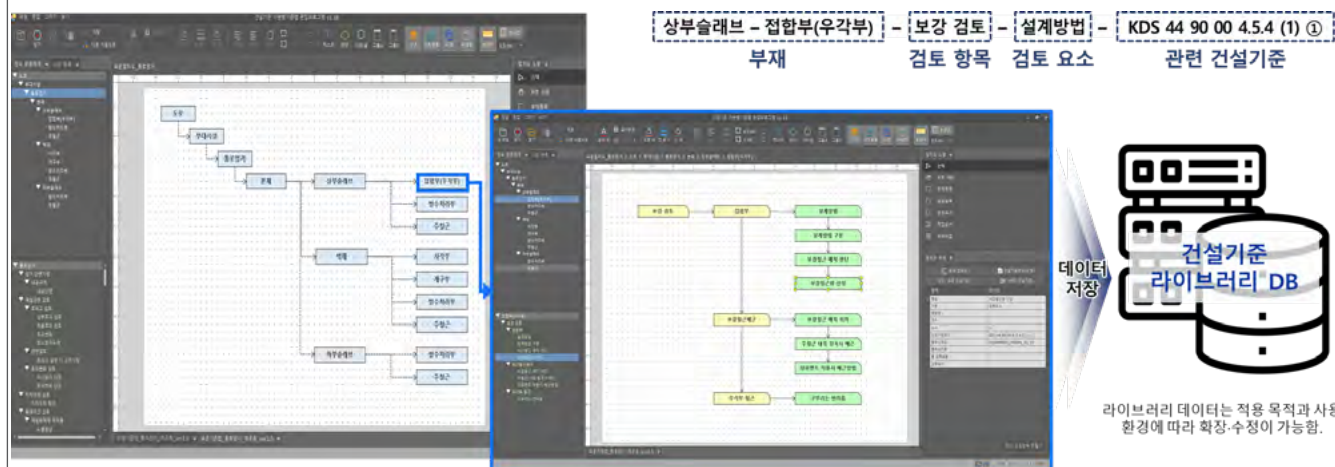


설계·시공 실무 절차도

설계와 시공 과정을 단계별로 도식화한 그림으로, 시설물부재-검토항목-검토요소 등 관련 기준 간 연계 관계를 시각적으로 표현한 도식임.

건설기준 라이브러리

작성된 절차도와 연계된 기준을 전산화하여, 여러 프로그램에서 활용할 수 있도록 구축한 데이터베이스임.



Structural Engineering & Mechanics Lab <E-mail: g-zi@korea.ac.kr> <Tel: 02-3290-3324>

10/20

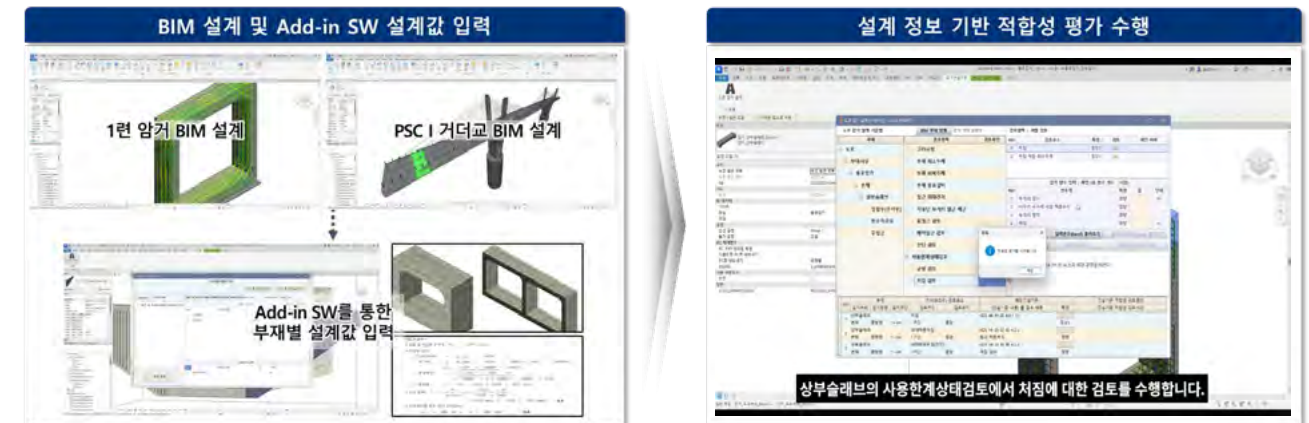
2.3 디지털 건설기준의 활용 예시 [자동검토시스템]

BIM 기반 설계

BIM 모델링 작업 중
설계값 입력

입력된 설계값을 바탕으로
적합성 검토 실행

적합 부재 확인
부적합 항목 재설계



* 2025년도 '건설기준 디지털 전환을 위한 건설기준 라이브러리 및 온톨로지 구축·활용 기술개발 연구'의 시범사업 예시

Structural Engineering & Mechanics Lab <E-mail: g-zi@korea.ac.kr> <Tel: 02-3290-3324>

12/20

3. 디지털 건설기준의 AI 활용

Structural Engineering & Mechanics Lab <E-mail: g-zi@korea.ac.kr> <Tel: 02-3290-3324>

13/20

3.2 선진 AI 기술 사례: 온톨로지 기반 AI

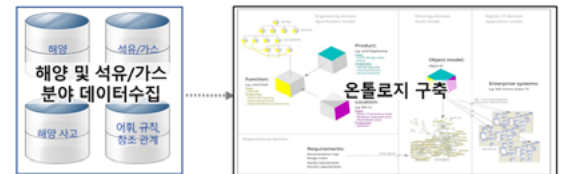
Tampa General Hospital (미국, Florida)



- 온톨로지 기반 의료 관련 데이터 통합 관리 AI 플랫폼 구축
- ✓ 동적으로 변하는 병원 시스템에서의 환자-장비-인력의 신속한 추적
- ✓ 마취 회복 병동에서의 환자 입실-체류 시간 예측 정확도 95% 달성 효과

출처: Palantir

DNV – Ontology engineering (노르웨이, Hovik)



- 온톨로지 기반 검색 도구 및 온톨로지 엔지니어링
- ✓ 해상 사고 조사를 위한 온톨로지 기반 검색으로, 사고 원인 조사
- ✓ 대형 EPC 프로젝트 (80,000개 이상 클래스 규모) 에서 대량 자재 주문 시 약 5%의 비용 절감 효과

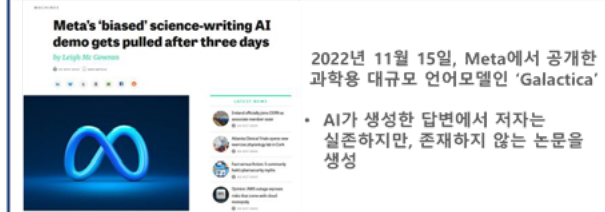
출처: DNV

Structural Engineering & Mechanics Lab <E-mail: g-zi@korea.ac.kr> <Tel: 02-3290-3324>

15/20

3.1 생성형 AI의 한계점

왜곡 및 편향적 정보 생성

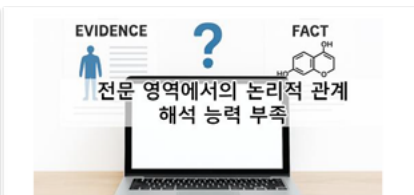
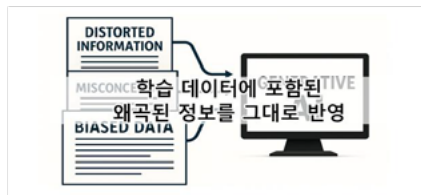


- 2022년 11월 15일, Meta에서 공개한 과학용 대규모 언어모델인 'Galactica'
- AI가 생성한 답변에서 저자는 실존하지만, 존재하지 않는 논문을 생성

허위정보 생성



- 2023년 2월 8일, Google에서 공개한 생성형 AI인 'Bard'
- "제임스 웹 우주망원경이 외계 행성의 최초 사진을 찍었다"는 답변 생성 과정을 광고 영상으로 공개
- > 최초 외계 행성의 사진은 2004년 VLT가 촬영



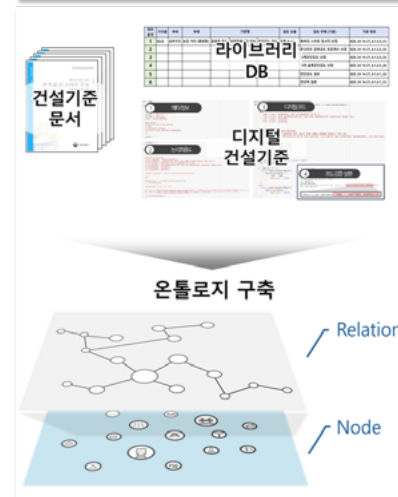
생성형 AI의 왜곡·편향·허위정보 생성의 한계를 극복하기 위해 건설분야 전문 AI 모델이 요구됨

Structural Engineering & Mechanics Lab <E-mail: g-zi@korea.ac.kr> <Tel: 02-3290-3324>

14/20

3.3 디지털 건설기준 데이터 기반 AI 응용 예시

세계 최초 건설기준 온톨로지 구축



(예) 온톨로지 기반 AI: 설계 AI 에이전트



* 본 시연은 2025년도 '건설기준 디지털 전환을 위한 건설기준 라이브러리 및 온톨로지 구축·활용 기술개발 연구'의 데이터를 활용한 예시로, 실제 AI 모델을 개발하거나 운용한 것은 아님.

Structural Engineering & Mechanics Lab <E-mail: g-zi@korea.ac.kr> <Tel: 02-3290-3324>

16/20



Structural Engineering & Mechanics (SEM)

4. 결론

Structural Engineering & Mechanics Lab <E-mail: g-zi@korea.ac.kr> <Tel: 02-3290-3324>

17/20



4.2 결론

Structural Engineering & Mechanics (SEM)

1. 문서 기반의 건설기준을 디지털 형태로 전환하여 건설산업의 새로운 패러다임을 제시
2. BIM에 디지털 건설기준을 적용하여 정부 정책과 연계된 설계·시공 검토체계 구축
3. 디지털 건설기준을 AI 학습 데이터로 활용하여 건설산업의 지능형 환경을 조성
4. 실무·민원·행정 등 다양한 분야에서 AI 기술을 적용하여 스마트 인프라 구현
5. 민간 주도의 AI 기반 기술개발로 건설산업 전반의 디지털 혁신을 가속화

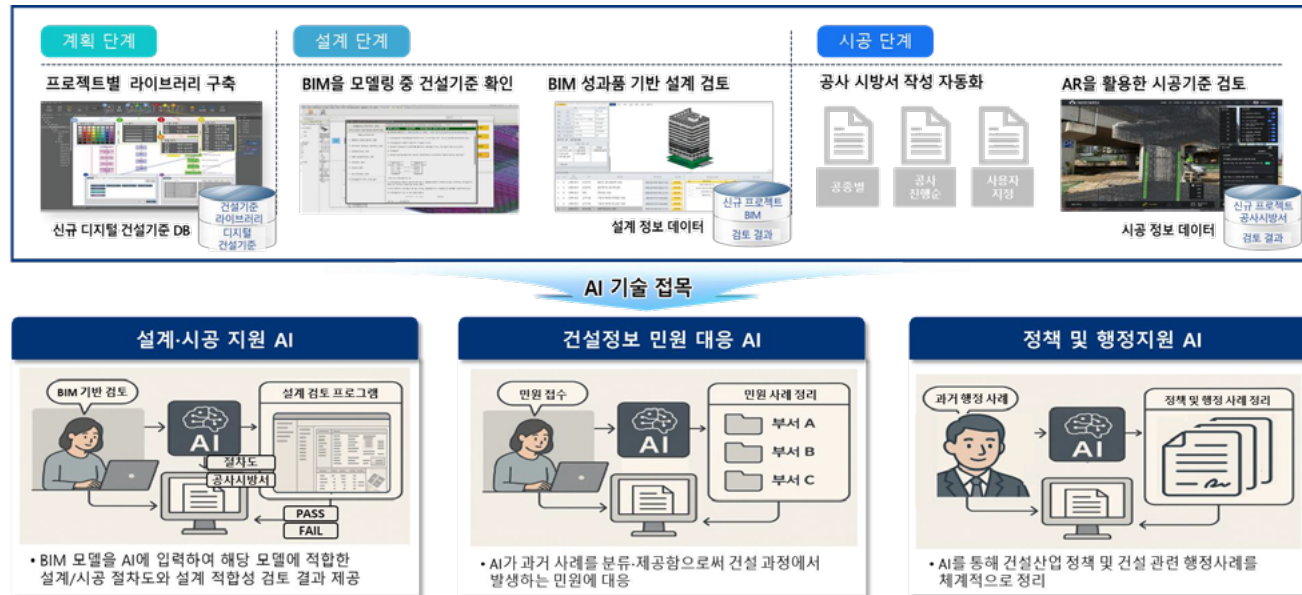
Structural Engineering & Mechanics Lab <E-mail: g-zi@korea.ac.kr> <Tel: 02-3290-3324>

19/20



4.1 디지털 건설기준의 활용기술과 AI기술의 접목

Structural Engineering & Mechanics (SEM)



Structural Engineering & Mechanics Lab <E-mail: g-zi@korea.ac.kr> <Tel: 02-3290-3324>

18/20



Structural Engineering & Mechanics (SEM)

We Go Digital!

경청해주셔서
감사합니다.



본 연구 과제는 국토교통부 발주로 수행된 과제로, 연구진의 사전 동의 없이 사용할 수 없습니다.

Structural Engineering & Mechanics Lab <E-mail: g-zi@korea.ac.kr> <Tel: 02-3290-3324>

20/20

02

AI 엔지니어링을 위한 데이터 파이프라인 구축과 연합학습 전략

심창수 | 중앙대 사회기반시스템공학부 교수



한국토지주택공사 전문포럼

목 차

- 엔지니어링 DX/AX 필요성과 도전과제
- 엔지니어링 AI 서비스
- 데이터 주권과 보안성 제약 극복 전략
- 기업의 AI 도입 가이드라인
- 제언

엔지니어링 DX/AX 필요성과 도전과제

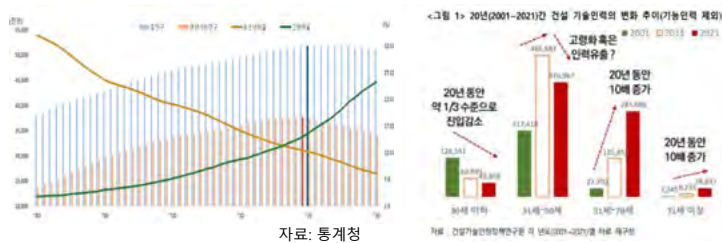
☑ The Crisis of Engineering Insight: Knowledge Erosion & Project Regression

» 건설 엔지니어링의 도전과제: 디지털전환을 통해서도 지키기 힘든 경험자산을 어떻게 미래 세대에겐 전할 것인가?

도전 과제

- 생산가능인구 감소 → 신규 엔지니어 공급 급감
- 경험있는 엔지니어의 퇴직 급증: 개별 엔지니어의 판단력과 경험 자산의 소실
- 시행착오를 통해 얻은 손실의 반복
- 엔지니어링의 품질 저하로 인해 신규 축적 경험자산의 가치 감소

기술의 퇴보



엔지니어링 경쟁력 저하

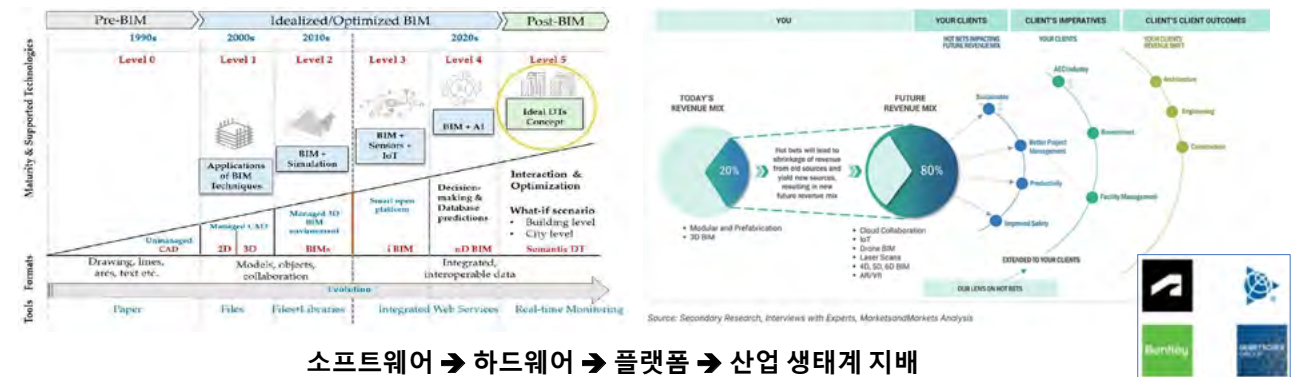
3

중앙대학교 | www.bridgexpert.com

엔지니어링 DX/AX 필요성과 도전과제

☑ 건설 엔지니어링 분야의 국제 표준과 글로벌 SW 기업의 플랫폼 기술 시장 확대

- » 선진국의 새로운 기술장벽 역할과 글로벌 데이터 기업의 시장 장악 우려: 디지털화된 설계 및 엔지니어링은 SW 의존성이 크고 글로벌 솔루션은 국제표준에 좌우
- » BIM에서 디지털 트윈으로 확장: 계획-설계-시공-운영 및 유지관리로 전 생애주기적인 비즈니스 모델로 전환
- » 해외 사업을 위한 기술 및 인적 네트워크: BIM이 포함된 해외 건설사업의 경험자산이 플랫폼을 통해 데이터 자산화



소프트웨어 → 하드웨어 → 플랫폼 → 산업 생태계 지배

중앙대학교 | www.bridgexpert.com

5

엔지니어링 DX/AX 필요성과 도전과제

☑ 건설 엔지니어링의 장벽: 비정형 지식과 맥락 의존성

» 폐쇄적인 국내 건설시장에서 AI 기술이 가지는 의미: 협업과 기술적 의사결정의 신뢰성은 데이터의 투명성과 개방성으로 확보

» 엔지니어링 통찰(Engineering Insight)의 비정형성

- 건설 엔지니어링의 핵심 경쟁력은 개별 국가의 특정 규제, 지질 환경, 시공 경험(시행착오) 등 비정형적이고 맥락에 깊이 의존하는 지식에 기반

» 지식의 인적 의존성

- 경험 많은 엔지니어의 머리와 내부 문서에 파편적으로 축적되어 있어, 해외 기업이 쉽게 접근하거나 이전하기 어렵고 이것이 해외 기업 진출을 막는 비공식적인 장벽 역할

LLM 기반 AI의 파괴적 역할

지식의 형식화 및 범용화: LLM은 방대한 양의 비정형 텍스트 데이터(설계 보고서, 계약서, 법규, 과거 프로젝트 기록 등)를 학습하여, **인간 엔지니어가 수십 년에 걸쳐 체득한 지식의 패턴과 통찰을 디지털 지식 베이스로 형식화**

장벽의 우회: LLM 기반 시스템은 특정 국가의 규정이나 시공 경험을 학습한 후, 이를 언어와 기술적 형식에 구애받지 않고 다른 시장의 엔지니어에게 즉시 제공 가능. 이는 **지식 이전의 시간과 비용을 획기적으로 줄여** 국가 간 엔지니어링 지식 장벽을 무력화하는 핵심 요인

4

중앙대학교 | www.bridgexpert.com

엔지니어링 DX/AX 필요성과 도전과제

☑ 건설산업의 규제가 지배하는 시장: 생산인구 감소에 따른 인력부족과 고용 감소의 영향에 대한 균형 정책

- » 공공사업 전반에서 BIM 의무 도입 가속화 → 건설산업의 디지털 전환의 핵심 역할 및 BIM데이터 가치에 대한 인식 확산
- » 데이터의 환류를 통한 활용성을 높이는 정책 부재 → 데이터 표준에 근거한 데이터 파이프라인과 국가 단위 AI 엔지니어링 서비스 개발 전략 부재 (엔지니어링은 범부처 거버넌스 필요)



중앙대학교 | www.bridgexpert.com

6

엔지니어링 AI 서비스

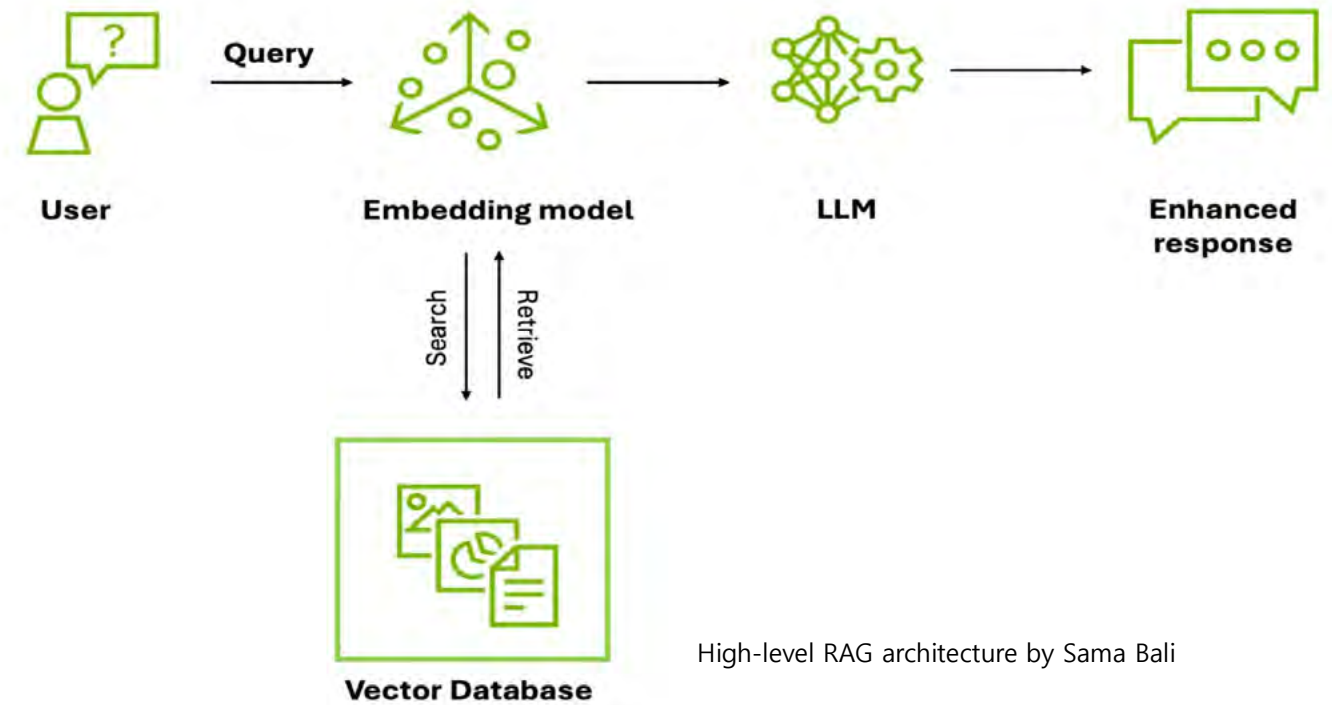
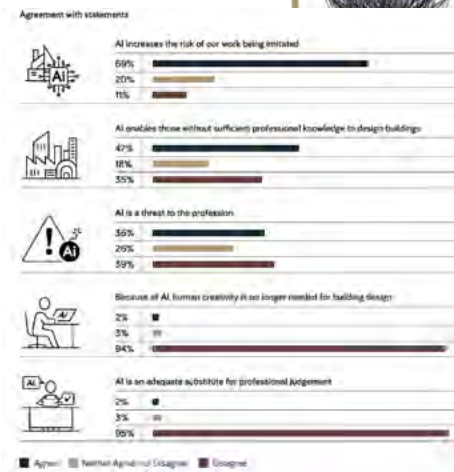
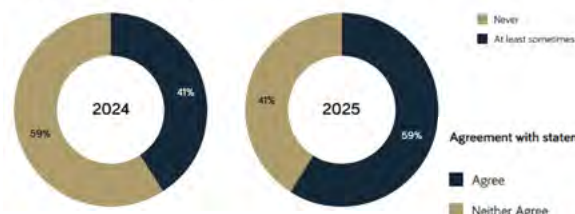
LLM 활용 : 단순 정보 검색, 문서 구성 및 디자인 등 범용적인 서비스 활용

>> 글로벌 설계 엔지니어링사의 AI 활용 → 생산성과 경쟁력 측면에서의 전략 수립

>> 기업과 개별 엔지니어의 관점 차이 → 필요 인력 감소와 핵심 역량의 변화에 대응 필요

[사례] RIBA AI report

AI adoption: percentage of practices using AI for at least the occasional project



엔지니어링 AI 서비스

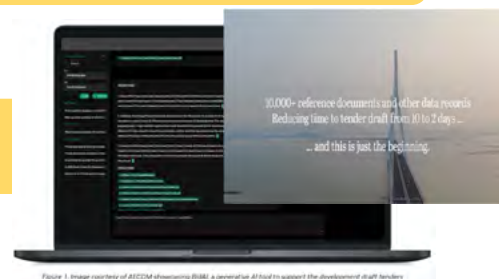
1. 엔지니어링 분야 RAG 시스템 적용 사례

>> 내부 문서 검색 및 규정(기준, 시방, 법, 방침 등) 체크

- 엔지니어링 회사가 수십 년간 축적한 내부 설계 기준, 시방서, 규제 문서(PDF, Word) 등의 방대한 텍스트 데이터를 벡터 DB에 저장하고, RAG를 통해 엔지니어의 질문에 대해 정확한 근거 자료(출처)와 함께 답변하는 시스템을 구축

>> 초기 설계 및 입찰 지원 (가치 창출형 사례)

- AECOM: BidAi
LLM과 RAG를 활용하여 입찰 제안서 작성 프로세스를 개선



>> 도면 및 기술 데이터 관련 대화 (중국 사례)

- Construction-GPT, Zhuo Ling
RAG와 다른 기술을 결합하여 건설 엔지니어링 기술 데이터에 대한 대화, 심지어 엔지니어링 도면과의 지능형 상호 작용을 지원하는 시스템을 개발

엔지니어링 AI 서비스

도면과 성과품 자동 생성 AI 서비스

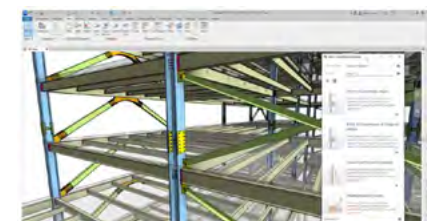
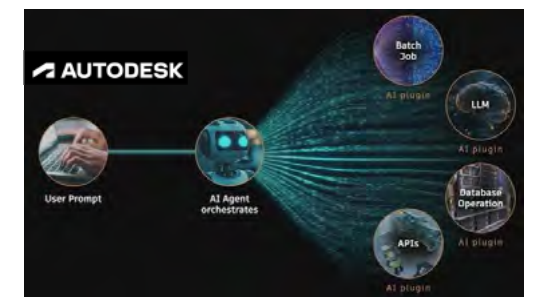
>> Autodesk사의 DWG 관련 AI 기술 개발

>> Autodesk MCP Servers

>> Autodesk SW 데이터에 기반한 계획 및 Agent 기능 제공

>> 도면 생성 기술은 기존 도면의 분석 및 데이터화 기술 의미

Smart by default !!



엔지니어링 AI 서비스

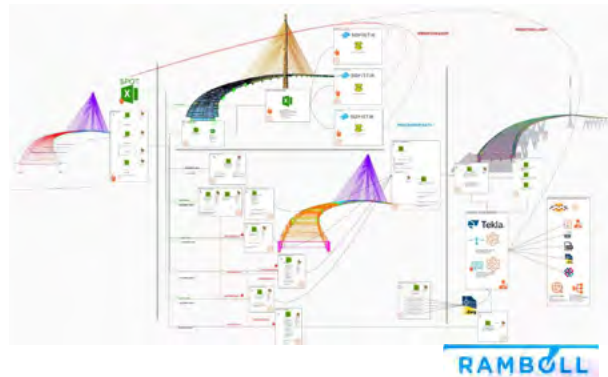
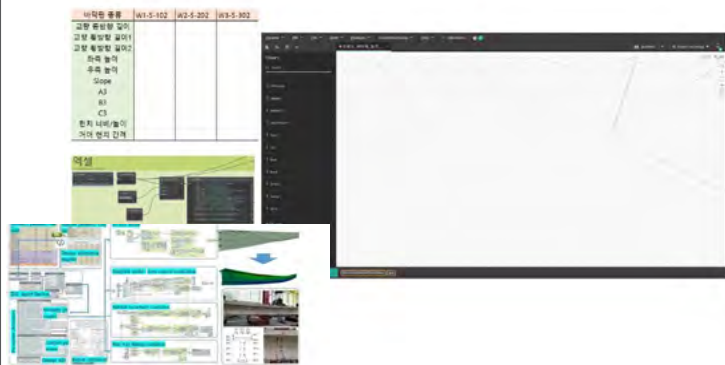
☑ BIM 자동 생성 및 해석 시뮬레이션 자동 연계

≫ 데이터와 알고리즘 기반의 BIM 모델 생성 서비스 → LLM 기반 모델 작성 혹은 설계조건/변수 기반 모델 생성 및 사업단계별 변환

≫ 경험과 검증이 수반되어야 하는 해석 모델 구축 서비스 → 해석 모델링 및 입력 변수 추천

모델기반 설계시스템 설계변수로부터 모델 자동생성 및 업데이트

데이터-모델링-해석-제작 및 시공 형상관리



중앙대학교 | www.bridgexpert.com

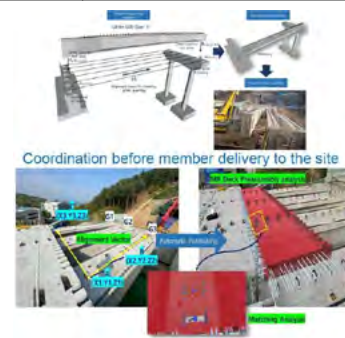
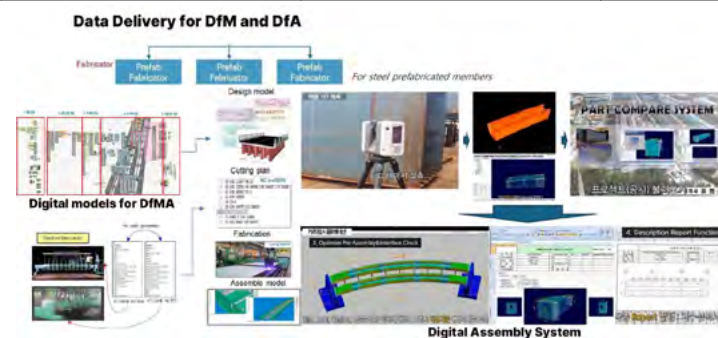
11

데이터 주권과 보안성 제약 극복 전략

☑ AI 기술로 개발된 플랫폼과의 공존 전략 필요

≫ 상용 AI 서비스와 자체 개발 AI 기술의 단계별 활용

1단계: 범용성 활용	일상적/비핵심 작업의 효율 극대화	상용 AI 에이전트 (예: 글로벌 LLM 기반 챗봇, 클라우드 CAD AI 기능)	공개 데이터 또는 비민감성 데이터
2단계: 전문성 확보	핵심 기술 및 데이터 주권 보장	내부 개발/파인튜닝 AI (도메인 특화 LLM, SLM 등)	기업의 독점적 산업 데이터 (DWG, BIM, 설계 노하우 등)



중앙대학교 | www.bridgexpert.com

12

기업의 AI 도입 가이드라인

☑ 기업이 AI를 도입하기 위해 필요한 가이드라인 (초안)

1. 비전 수립 및 단계별 전략

2. 조직 운영 및 인력 전략

3. 교육 및 역량 강화

4. 범용 AI 서비스 활용 및 보안 관리

5. 성과품 데이터화 및 중앙 관리

1) 경영진의 AI·DX·AX 추진 의지 및 비전을 명확히 문서화 및 각 부서 장에게 단계별 전략 제시

2) 신입사원에게 데이터 디지털화 및 문서 정제 등 AI 학습용 데이터 구축 업무를 부여하여 실무와 학습을 병행

3) 우수 AI 활용 사례에 대한 사내 교육 및 워크숍 정기 운영

5) 최종 성과품을 데이터화 하는 것도 중요하지만 엔지니어링 산업의 특성상 성과품의 생성과정(발주처 지시, 협의, 수정 과정 포함)을 이력추적할 수 있도록 데이터화하는 것도 중요

• 사내 클라우드 및 벡터 데이터베이스(Vector DB) 기반의 중앙 문서 관리 시스템 운영

중앙대학교 | www.bridgexpert.com

13

기업의 AI 도입 가이드라인

☑ LLM 서비스 개발 절차 및 기술 전략

- 명확한 비즈니스 목표 및 KPI(정확도, 응답시간, 만족도 등) 설정
- 초기에는 ROI가 명확하고 리스크가 적은 단일 사용 사례(예: 내부 문서 검색, 보고서 초안 작성 등)에 집중

지속가능한
환경 구축

환경 요소	관찰 사항 (소규모/보안 중요)	설명
인프라	클라우드 기반 GPU 인스턴스 또는 로컬 서버	클라우드 : AWS, GCP, Azure 등의 GPU 인스턴스(예: NVIDIA V100, A100)를 임대하는 것이 초기 비용 및 확장성 측면에서 유리 로컬 : 민감한 데이터를 다룰 경우 보안을 위해 고사양 GPU(예: RTX 4090 이상)를 갖춘 로컬 서버 구축을 고려
모델 배포	vLLM 또는 TGI (Text Generation Inference)	LLM의 추론(Inference) 속도를 최적화하고 메모리 사용량을 줄여주는 프레임워크를 사용해야 효율적인 서비스 운영이 가능
RAG 스택	LangChain/LlamaIndex + Vector Database	파이프라인 프레임워크 : LangChain 또는 LlamaIndex 를 사용하여 RAG 워크플로우를 쉽게 구축 벡터 DB : Chroma, Weaviate 또는 클라우드 DB(Pinecone, Amazon Aurora)를 사용하여 회사 문서를 벡터로 저장하고 관리
운영체제 및 환경	Linux (Ubuntu/CentOS) + Docker	모델 배포 및 관리를 용이하게 하기 위해 Docker 컨테이너 환경을 활용하는 것이 일반적
데이터 보안	로컬 저장소 암호화 및 접근 제어	민감한 데이터는 항상 암호화하여 저장하며, 서비스 접속에 대한 엄격한 접근 통제 시스템을 구축

중앙대학교 | www.bridgexpert.com

14

기업의 AI 도입 가이드라인

AI 서비스 구현을 위한 환경

- 데이터 저장 및 관리
- 컴퓨팅 리소스: GPU, TPU
- 네트워크
- ML 프레임워크
- MLOps 플랫폼

AI Infrastructure Key Elements

- Data Storage and Management**
 - Handle vast data (training/analysis)
 - Secure, accessible, scalable storage (Cloud, Data Lakes)
 - Data cleaning, integration, retrieval (high Quality)
- Compute Resources**
 - Process large datasets, train models
 - High-performance GPUs, TPUs
 - Scalable and flexible (Clusters, Cloud-based options)
- Networking and Connectivity**
 - Transfer data between components
 - High-speed networks reduce latency
 - Supports distributed systems and edge computing
- Machine Learning Frameworks**
 - Tools and libraries for model development
 - TensorFlow, PyTorch, Apache MXNet
 - Simplify development, support various algorithms
- MLOps Platforms**
 - Deployment and management in production
 - Automate model versioning, CI/CD
 - Monitoring and alerting features

Data Storage and Management framework

Retrieval-Augmented Generation (RAG):
internal, domain-specific knowledge (like company internal documents, design criteria, and previous project data), rely heavily on dedicated vector storage

Vector Databases
the collected domain-specific documents must be converted into vectors using embedding models. These vectors are then stored in a Vector Database (e.g., Chroma, Weaviate, Pinecone, or Amazon Aurora)

중앙대학교 | www.bridgexpert.com

제언

엔지니어링 분야의 디지털 전환과 더불어 AI 기술 개발 환경과 기반 모델 구축에 국가적 지원 필요

- 정부의 AI 기술 개발 전략과 관련 인프라 및 데이터 파이프라인 제공
- 설계 엔지니어링 기업들의 연합전략 추진 필요

AI agent for engineering

한국엔지니어링 협회의 "엔지니어링 산업 DX 및 AI 활용기반 구축" 연구의 성과로 지원에 감사드립니다.

중앙대학교 | www.bridgexpert.com

기업의 AI 도입 가이드라인

엔지니어링의 디지털 전환을 통한 고품질 설계 엔지니어링 서비스

데이터에 기반한 엔지니어링 기술의 내재화

old

new

Objectives: Material Cost, Structural Efficiency, Aesthetic Quality

1. Bridge: high total loss
2. Bridge: low total loss

By Michael Anton Kraus

중앙대학교 | www.bridgexpert.com

03

스마트 시공기술 기반 공공건설 혁신방안

송상훈 | LH 토지주택연구원 연구위원



CONTENTS	
I	디지털 전환 중심 스마트건설 추진 동향..... 3
II	건설자동화 확산 스마트 시공기술 기반 공공건설 혁신... 9

I

Smart Construction and Digital Transformation

디지털 전환 중심

스마트건설 추진 동향



5 스마트건설 추진 동향

스마트 시공기술 기반 공공건설 혁신방안

2. 스마트건설 관련 내부 주요 동향

토목분야/건축분야 BIM

공공부문 단계별
BIM 전면 적용 준수

고도화, 지능화 병행

- 1 BIM 활성화 로드맵 작성
- 2 BIM 정보관리체계 검토
- 3 Civil-BIM 작업분류체계
- 4 BIM 통합플랫폼 구축 추진
- 5 사용/관리단계 BIM 활용

Drone Works

건설사업 전단계
드론웍스 플랫폼 적용
(보상, 설계, 현장, 기타 분야)



생산혁신 기술

OSC 로드맵 실행
(2030 OSC 주택 로드맵)

MG, 로봇 실증

- 1 모듈러주택 공급 점진적 확대
- 2 발주방식, 공사비, 내역체계 마련
- 3 평면 표준화, 매뉴얼 배포
- 4 PC주택 실증사업
- 5 관련 제도 개정, 제품화 추진

스마트품질/안전장비

공공부문 **품질 향상** 및
현장 **안전성 제고**를 위한
스마트건설기술 활용

- 1 인공지능 기반 하자처리
- 2 메타버스 기반 고객대응
- 3 현장 시공확인 앱 개발
- 4 증강현실 기반 시공확인 효율화
- 5 지능형 CCTV, RPA 적용

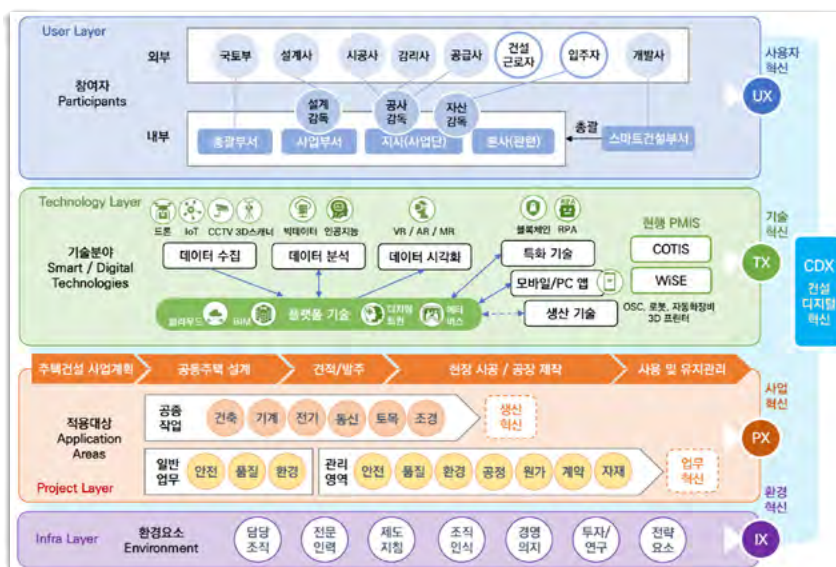
스마트건설 생태계 조성과 디지털 건설 확산을 통해 미래혁신 선도

4 스마트건설 추진 동향

스마트 시공기술 기반 공공건설 혁신방안

1. 총괄 프레임워크와 구성요소

▶ 스마트건설 혁신 프레임워크는 **참여자, 기술분야, 적용대상, 환경요소** 등 4개 차원으로 구성



스마트건설기술 분류

분류	기술명	핵심기능
플랫폼 기술	BIM, 클라우드, 디지털트윈, 메타버스	통합기술
데이터수집 기술	IoT, 드론, 3D스캐너, CCTV, 스마트센서	연결기술
데이터분석 기술	AI, 빅데이터	지능화기술
데이터시각화 기술	AR, VR, MR	공간기술
스마트시공 기술	OSC, 건설로봇, 3D프린팅, 자동화장비	생산기술
특화 기술	RPA, 블록체인, 안전장비	부가기술

6 스마트건설 추진 동향

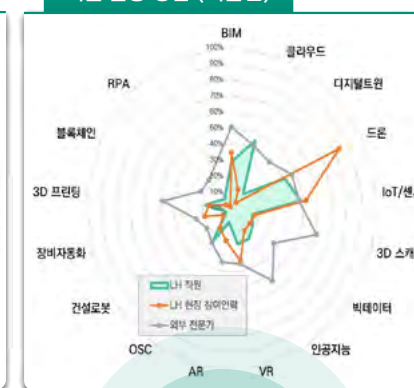
스마트 시공기술 기반 공공건설 혁신방안

3. 스마트건설기술 적용 현황

기술 지식 수준 (기술인)



기술 활용 경험 (기술인)



기술 적용 비율 (현장)



스마트건설에 대한 관심, 기대효과에 비해 실제 적용 비율과 수준에 있어 개선 필요

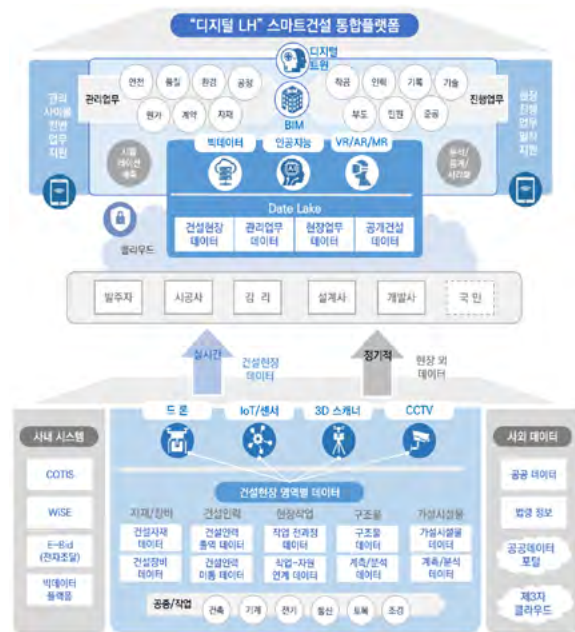
7 스마트건설 추진 동향

4. 단계별 추진 방안 구상 : 플랫폼

- ▶ 디지털 통합플랫폼, 미래생산 플랫폼 구축 추진
- ▶ 지능형 데이터 수집 및 활용 기술 기반 디지털 업무혁신 실현
- ▶ OSC, 로봇, MG/MC, 3DP 기반 탈현장, 탈인력 생산혁신 추진



스마트 시공기술 기반 공공건설 혁신방안



II

Smart Work Technology-based Innovation

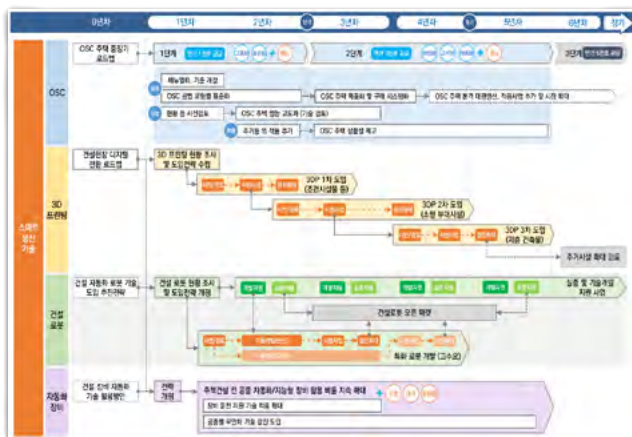
건설자동화 확산

스마트 시공기술 기반 공공건설 혁신

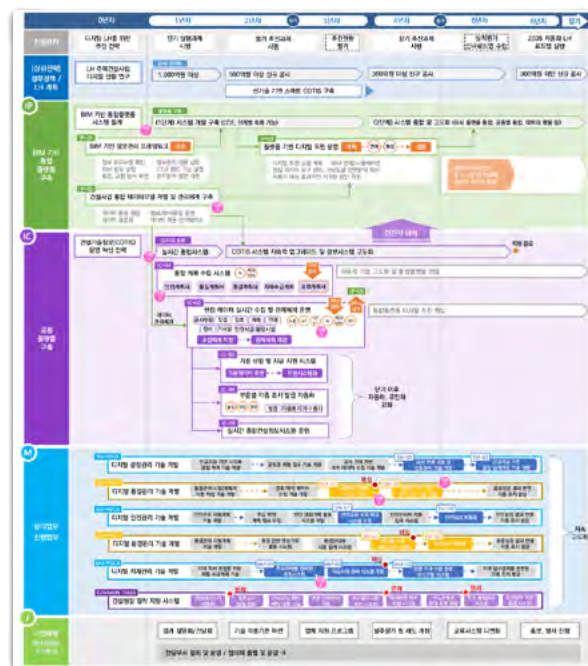
8 스마트건설 추진 동향

5. 단계별 추진 방안 구상 : 로드맵

- ▶ 스마트건설 생태계 조성 및 디지털 가치 창출 비전 실현 추진
- ▶ 디지털 선진관리, 스마트 첨단생산을 위한 중장기 로드맵 작성
- ▶ 로드맵 실행과 전략목표 달성을 위한 “3-3-3 캠페인” 제언



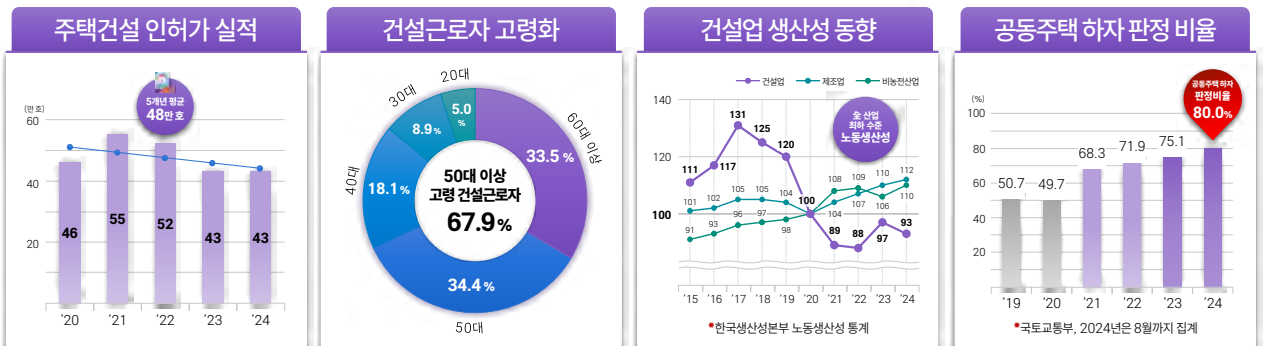
스마트 시공기술 기반 공공건설 혁신방안



10 스마트 시공기술 기반 공공건설 혁신

1. 건설산업 이슈

- ▶ 건설경기 부진으로 주택건설 **인허가 실적**은 감소 추세(5개년 평균 48만 호)
- ▶ 건설근로자 평균 연령 52세, 50대 이상 68% **고령화 가속화** ▶ **숙련인력 부족** ▶ **노동생산성 저하**
- ▶ 외국인 근로자 증가 등에 따른 품질저하로 공동주택 **하자 판정비율 상승 80%**
- ▶ 건설업 **안전재해** 발생 지속 및 타산업 대비 높은 사망사고 비율 개선을 위한 **현장여건, 생산체계, 인식 전환** 요구
- ▶ 탄소중립(Net Zero)에 따른 **건설 패러다임 변화 불가피**(건물·건설분야 탄소배출 비중 34%) [‘24년 유엔환경계획(UNEP) 글로벌 현황 보고서]



11 스마트 시공기술 기반 공공건설 혁신

스마트 시공기술 기반 공공건설 혁신방안

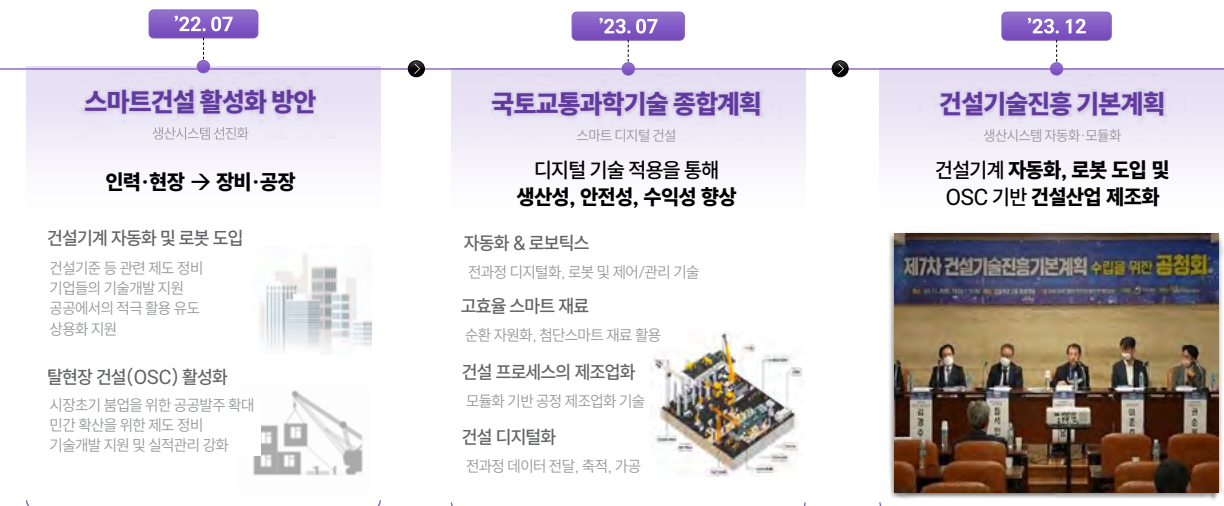
2. 건설환경 변화와 생산혁신 필요성



12 스마트 시공기술 기반 공공건설 혁신

스마트 시공기술 기반 공공건설 혁신방안

3. 스마트건설과 건설자동화 관련 정부 정책



13 스마트 시공기술 기반 공공건설 혁신

스마트 시공기술 기반 공공건설 혁신방안

5. 스마트 시공기술 동향 : OSC

- ▶ **국내 모듈러 건축 시장** 규모는 2023년 **8,064억원**, 2024년 **5,637억원**(추정), **PC 공법 시장**은 연간 **1.5조원** 수준
- ▶ **적용 분야 다양화** | 공공/민간, 건축/토목, 주거/비주거, 아파트동/부대시설, 영구/임시, 국내용/수출용, 재료/공법 복합
- ▶ **고층화/대공간화** | 구조성능 확보에 의한 중고층 사례 확대, 재료와 제작범위를 고려한 요구사항 최적화 실현
- ▶ **한국형 모델 확립** | 바닥난방, 우수한 주거성능 기반으로 K-Modular Housing 발전
- ▶ **공공 주도 활성화** | 공공기관 연간 발주물량 점진적 증대, 표준화 추진, 제품화를 통한 대량생산과 비용절감 기반 마련



14 스마트 시공기술 기반 공공건설 혁신

스마트 시공기술 기반 공공건설 혁신방안

5. 스마트 시공기술 동향 : 건설로봇

- ▶ **국내 건설로봇 시장** 규모는 2030년까지 점진적으로 성장하여 **2,920억원** 수준으로 예측
- ▶ **현장 적용 확대** | 로봇틱스 기술개발, 현장 실증에서 나아가 국내외에서 대형건설사 중심 상용화, 실제 현장 적용 확대
- ▶ **활용 범위 확대** | 단일작업, 반복작업 대체에서 다용도, 보조, 범용로봇 개발 및 적용 노력 확산
- ▶ **로봇 유형 변경** | 인간과 동일 공간에서 협력하는 협동로봇 존재감 확대 및 휴머노이드 적용에 대한 가능성 검토
- ▶ **공공 기대 효과** | 건설생산성 증대, 작업일정 단축, 건설근로자 부족 및 고령화 대응, 안전재해 방지 및 고품질 지향



15 스마트 시공기술 기반 공공건설 혁신

스마트 시공기술 기반 공공건설 혁신방안

5. 스마트 시공기술 동향 : 3D 프린팅

- ▶ **전세계 건설분야 3D 프린팅 시장**은 연평균 111% 이상으로 급격히 성장하여 2030년 **42억달러** 수준의 규모로 예측
- ▶ **적용 사례 증가** | 미국, 유럽 각국, 중국, 두바이 등에서 적극적인 기술개발과 상용화로 주택, 사무실, 교량 등 다양한 사례 증가
- ▶ **초기 관심 단계** | 국내에서는 정부, 산·학·연이 비주거 조형물, 소규모 건축물 중심으로 기술개발과 실증사업 추진
- ▶ **기술 개발 지속** | 프린팅 재료, 장비, 적용 대상, 품질관리 체계 등 측면에서 연구개발 지원
- ▶ **공공 기대 효과** | 시공기간 단축, 인건비·건설비 절감, 친환경 건축, 맞춤형 건축, 설계 및 디자인 혁신

기술 적용 장애요인

- ▶ 적층 소재, 대형장비, 검증 체계 등 **기술적 요소 보완 필요**
- ▶ 법적 구조물 인정을 위한 **건축법, 기술기준, 표준화 미비**
- ▶ 투자비 과다, 수요부족, 생태계 미성숙 등 **경제·사회적 요인 미흡**

3D 프린팅 기술 확산을 위한 제도적 개정 추진

- ▶ **건축법 개정**을 통해 '적층 제조 기반 건축물' 인정
- ▶ 검증기준(강도, 내진), 안전기준(내구성, 화재), 표준 제정
- ▶ **유망기술 정책적 지원, 공공부문 선도 및 생태계 구축**



16 스마트 시공기술 기반 공공건설 혁신

스마트 시공기술 기반 공공건설 혁신방안

5. 스마트 시공기술 동향 : 자동화장비(MG/MC)

- ▶ **완전자동화시스템 기반** 건설기계 전체 작업 수행이 가능한 시점은 **2040~2050년 사이**로 전문가 예측
- ▶ **실증 사업 수행** | 스마트건설기술개발사업에서 디지털 기반 도로 건설장비 자동화 기술 개발 실증 완료
- ▶ **시범 사업 실시** | 스마트시티 국가시범도시(5-1 생활권)에서 스마트건설자동화 시범 사업 실시 및 성과 분석
- ▶ **후속 작업 진행** | 기술 적용 대상 공사 점진적 확대 및 건설기계 통합관리 솔루션 개발 등 고도화 기술 확보
- ▶ **공공 기대 효과** | MG 시범사업 성과를 통해 작업소요시간 단축(표준품셈 대비), 생산성 향상, 원가 절감 효과 검증

기술 적용 관련 보완 요구 사항

- ▶ 원격조종, 완전 자동화 등 무인운전에 대한 제약 해소 필요
- ▶ 대기업 위주의 적용에서 **중소기업, 스타트업 기술력 강화** 도모
- ▶ 현장별 맞춤형 건설자동화 장비 적용 및 통합 관리 기술 개발

자동화장비 기술 고도화를 위한 추진 사항

- ▶ **건설기계 무인운전 특례, 장비 인증 제도** 마련
- ▶ 안정적 장비 운영을 위한 **전문인력 양성**
- ▶ 기업 차원의 현장적용 부담 완화를 위한 **제도적 장치** 제공



17 스마트 시공기술 기반 공공건설 혁신

스마트 시공기술 기반 공공건설 혁신방안

5. 스마트 시공기술 기반 공공건설 생산체계 혁신

- ▶ **생산체계 전환** | 현장 중심의 건설생산을 탈현장, 탈인력, 무인화, 자동화 등이 가능한 **스마트 생산체계**로 전환
- ▶ **연구개발 지속** | 건설로봇, 3D 프린팅 등 도입 초기 기술은 건설특성에 따른 연구개발을 통한 최적화 및 실증 지속
- ▶ **생애주기 고려** | 건설 생애주기 전과정에서의 기술 활용 방안을 전제로 초기 **설계단계**부터 원활한 기술 적용방안 마련
- ▶ **생태계 조성** | 정부, 발주자, 종합건설사, 전문건설사, 기술개발사 등 수요·공급주체들의 **공생** 기반 제공 및 **저변** 확대
- ▶ **제도환경 마련** | 제도적 인프라를 통해 경제적 부담을 완화하고, 적극적 활용주체에 대한 실질적 인센티브 제공
- ▶ **종합계획 제시** | 건설 완전자동화 실현을 위해 중장기적인 마스터플랜 작성 및 전략적 실행과제 추진
- ▶ **통합관리 실현** | 디지털혁신과 생산혁신의 조합을 통해 **BIM·AI 기반의 건설자동화 통합관리시스템** 고도화 실현

OSC (탈현장공법)

- ▶ 초기단계 공공주도 방식
- ▶ 점진적 민간시장 활성화
- ▶ 시설·공법·재료 다양화
- ▶ 표준화, 제품화, 대량생산

건설로봇

- ▶ 상용화, 실증(검증) 지원
- ▶ 기관별, 유형별 수요 반영
- ▶ 유망기술 적용방안 마련
- ▶ 건설로봇 생태계 조성

3D 프린팅

- ▶ 건축(주택) 제도 개정
- ▶ 점진적 활용 확대
- ▶ 안전·성능 기술기준 마련
- ▶ 국외 사례 벤치마킹

자동화장비

- ▶ 현행 기술 적용 활성화
- ▶ 완전자동화 여건 마련
- ▶ 지능형, 통합형 장비 개발
- ▶ 공적차원 민간활용 지원

경청해 주셔서 감사합니다.

· T · H · A · N · K · Y · O · U ·

한국토지주택공사 토지주택연구원

04

생성형 AI 기반 지반구조물 설계

심영종 | LH 토지주택연구원 팀장

생성형 AI 기반 지반구조물 설계

Generative AI-based Geo-structure Design

심 영 종

LH 토지주택연구원

Date: 2025.11.06



목차

1. 연구 배경 및 목적

- 기술 동향 / 연구 필요성 / 기대 효과

2. 생성형 AI 개요 및 적용 가능성

- 대표 모델 구조 / 데이터 유형별 설계 적용 사례

3. 파일럿 연구: 사면 보강 설계자동화

- 대상 선정 / 연구 목표 / 모델 구조 / 결과 및 분석

4. 연구성과 및 향후 전략

- 핵심 성과 요약 / 향후 연구 및 확장 방향

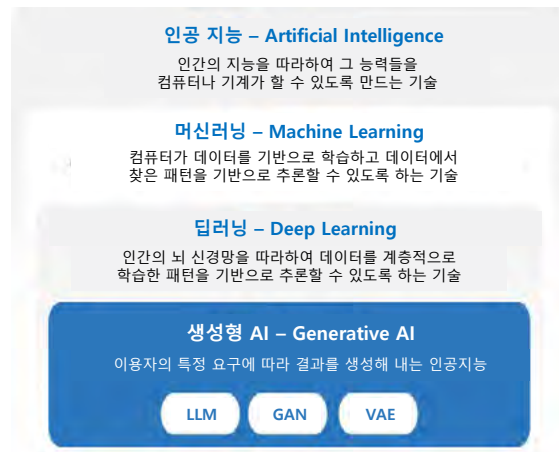
연구 배경: 기술 동향

▶ 생성형 AI

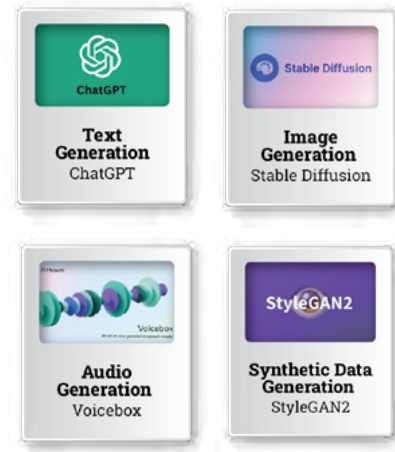
사용자의 특정 요구에 따라 새로운 결과물을 생성하는 인공지능

[인공지능 기술 발전 흐름]

인공지능 → 머신러닝 → 딥러닝 → 생성형 AI



<인공지능 주요 개념과 생성형 AI의 관계>



<생성형 AI의 대표적인 활용 사례>

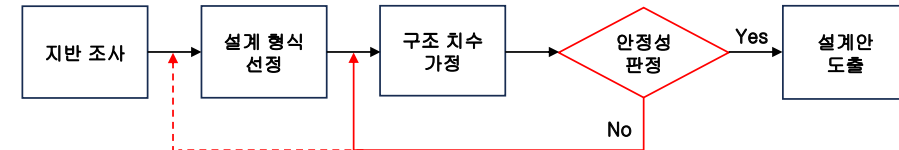
3

연구 배경: 연구 필요성

▶ 지반구조물 설계 현황

[설계 흐름]

지반조사 → 설계 형식 선정 → 구조 치수 가정 → 안정성 판정 → 설계안 수정 → (반복)



[주요 난점]

1. 설계 조건의 복잡성과 다양성
- 지반 물성, 지하수위, 인접 구조물 등 고려 요소가 많고, 지역별 편차가 큼
2. 반복적인 해석 과정
- 설계 → 해석 → 수정의 반복 구조로 이루어져, 시간과 자원 소모가 큼
3. 경험 의존적 설계
- 설계자의 경험에 크게 의존해, 설계 품질의 일관성 저하 및 보수적 설계



5

연구 배경: 기술 동향

구분	판별형 AI	생성형 AI
정의 및 출력	입력 데이터를 분류하거나 판단하는 AI	주어진 조건을 바탕으로 새로운 데이터를 생성하는 AI
학습 방식	데이터와 정답(레이블)을 이용해 학습	데이터 자체의 패턴과 구조를 학습
대표 모델	CNN, MLP, XGBoost 등	VAE, GAN, Diffusion 등
출력 결과	정답 라벨, 예측값 등 명확한 판단	이미지, 텍스트 등 창의적 생성
작동 방식 예시		
설계 적용	설계안 평가 및 성능 예측	다양한 고품질 설계안 생성

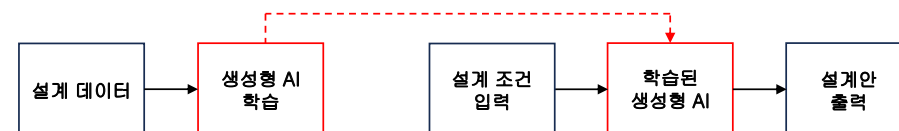
4

연구 목적

▶ 생성형 AI 기반 지반구조물 설계자동화

[생성형 AI 기반 설계자동화 흐름]

1. 설계 데이터 → 생성형 AI 학습
2. 설계 조건 입력 → 학습된 생성형 AI → 설계안 출력



[기대 효과]

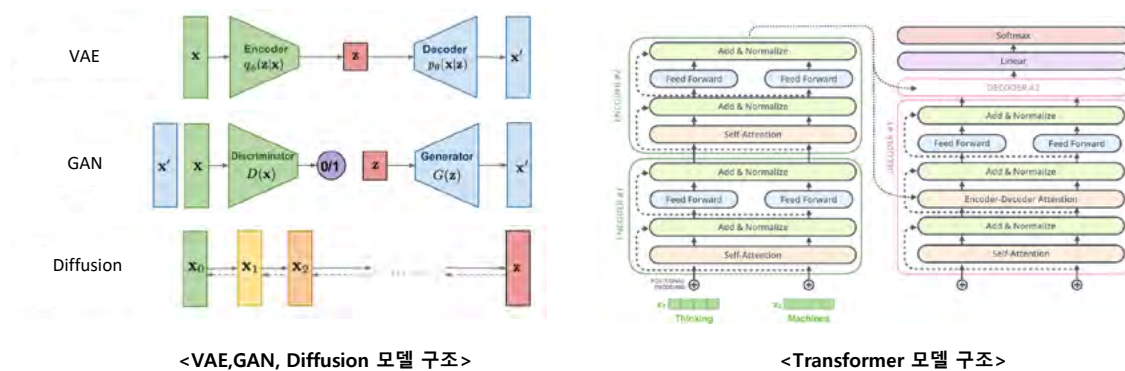
1. 설계 프로세스 효율성 향상
- 해석 및 설계 반복을 줄여 시간과 자원 소모 최소화
2. 설계 대안 다양성 확대
- 다양한 조건에서 폭넓은 설계안 자동 생성
3. 설계 지식 및 데이터 활용 극대화
- 모델 학습을 통해 기존 설계 데이터와 전문 지식 재활용



6

대표적인 생성형 AI 모델

- **VAE** : 데이터를 잠재 공간으로 압축한 후, 확률적으로 복원하여 다양한 생성을 가능하게 하는 신경망 구조
- **GAN** : 생성자와 판별자가 경쟁하며 학습하여, 데이터의 스타일이 반영된 생성을 가능하게 하는 신경망 구조
- **Diffusion** : 데이터에 노이즈를 넣고 제거하는 과정을 학습하여, 고품질 생성을 가능하게 하는 신경망 구조
- **Transformer** : 입력 간 모든 관계를 병렬로 처리하는 어텐션 신경망 구조, 대형 언어 모델(LLM)의 핵심 기반



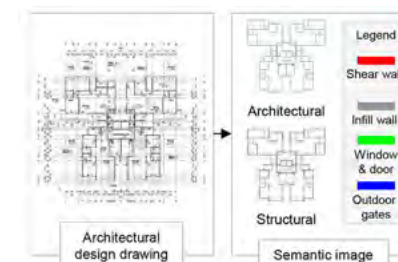
7

설계자동화를 위한 생성형 AI 적용 현황

이미지 기반 설계자동화 연구사례 (2021, Automation in Construction)

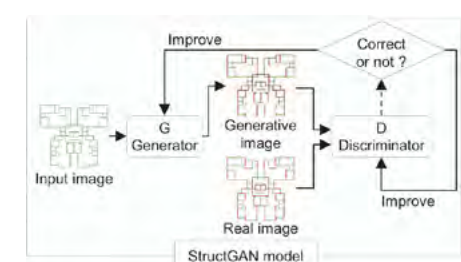
1. 이미지 데이터 기반 설계 표현

(Architectural drawing → Semantic image 변환)



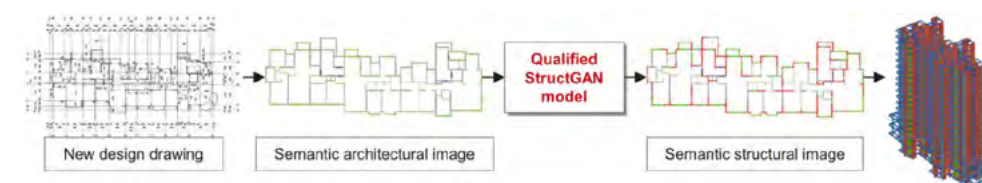
2. StructGAN 모델 학습

(GAN을 활용하여 기존 설계 데이터의 스타일 학습)



3. 학습된 StructGAN 모델의 설계 적용

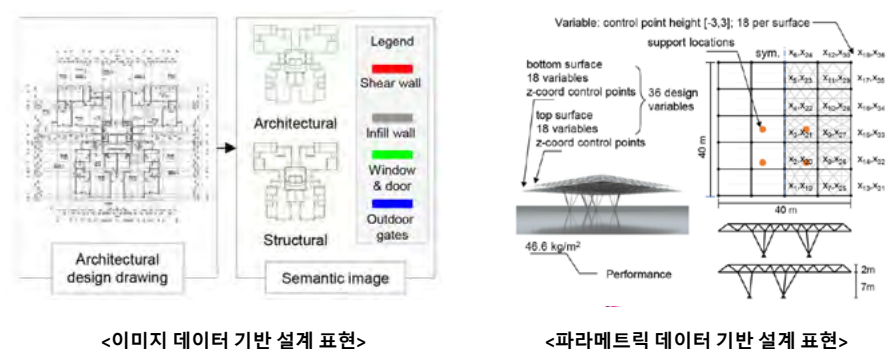
(새로운 Architectural drawing 입력 후 전단벽 배치 자동 생성)



9

입출력 데이터 유형

- **이미지** : 픽셀 기반 2D 설계 표현 (예: 레이아웃, 평면도, 스케치 등), 공간 배치와 형태 생성
- **텍스트** : 설계 지식 및 기준에 대한 검색, 사용자의 자연어 형태 설계 요청을 AI에 전달
- **파라메트릭** : 길이, 면적, 개수 등 설계 파라미터 및 조건을 수치로 표현
- **3D 점군** : 공간 형상을 좌표들의 집합으로 나타낸 3차원 데이터
- **그래프** : 공간 요소 간의 관계나 배치를 노드-엣지 구조로 표현

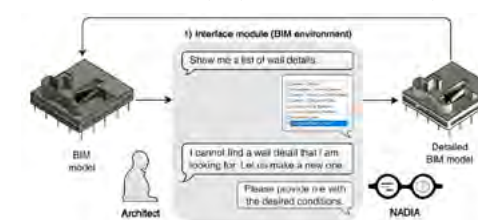


8

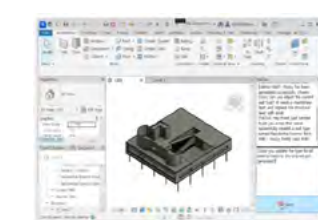
설계자동화를 위한 생성형 AI 적용 현황

텍스트 기반 설계자동화 연구사례 (2024, Advanced Engineering Informatics)

[Natural-language-based BIM detailing]



[Interface connected with BIM]



파라메트릭 기반 설계자동화 연구사례 (2023, Automation in Construction)

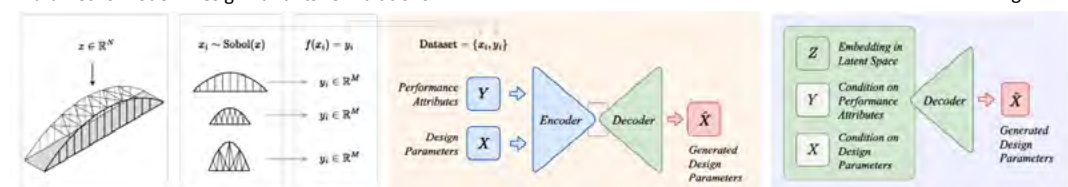
1. Define Parametric Model

2. Sample Design Variants

3. Run Simulations

4. Train VAE Model on Dataset

5. Use Decoder from VAE for Performance-Based Design



10

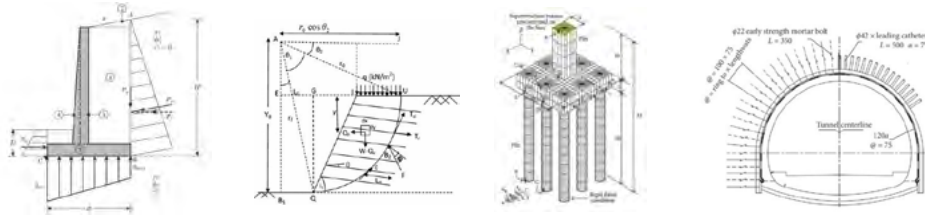
지반구조물 설계에서의 생성형 AI 적용 방향

[접근 방식: 파라메트릭(Parametric) 데이터 중심]

- 지반 설계의 핵심: 정량적 변수 조합 탐색 (예: 옹벽 두께, 보강재 위치 및 길이 등)
- **파라메트릭 데이터**: 수치 기반 설계 자동화에 가장 직접적인 형식
- 이미지·텍스트 기반 접근: 향후 통합 설계 연구 단계에서 연계·확장

[연구 전략: 파일럿(Pilot) 연구를 통한 실현성 검증]

- 파일럿 구조물 선정 및 생성형 AI 기반 시범 설계 수행
- 지반구조물 설계에서의 생성형 AI 적용 가능성 및 한계 검증 목표



<지반구조물별 파라메트릭 설계 변수 예시>
(옹벽 / 사면 보강 / 기초 / 터널)

11

사면 보강 설계 사례

[1. 설계적용 지반정수]

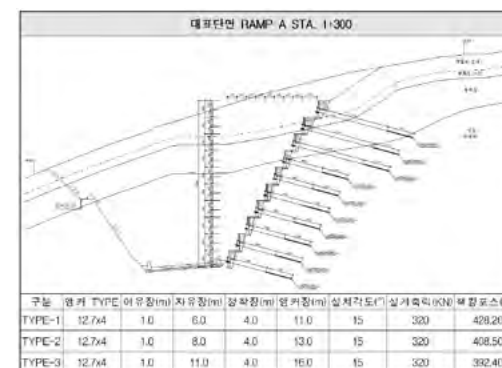
가. 쌓이지한 설계지반정수

구분	단위중량 (kN/m ³)	점착력 (kPa)	내부마찰각 (°)
쌓기재 (토사)	19	15	25

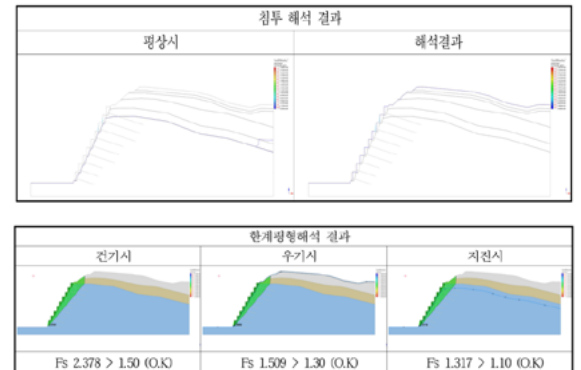
나. 원지반 설계지반정수

구분	단위중량 (kN/m ³)	점착력 (c, kPa)	내부마찰각 (φ, °)	비고
종파토	19.0	23.0	30.0	
종화양	21.0	30.0	32.0	
연암(질리면)	24.0	31.0	34.0	

[2. 설계 단면]



[3. 안정성 검토]



▶ 연구 개요

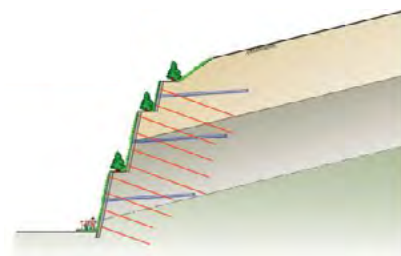
- 기존 설계 방식
설계안 가정 → 안정성 해석 및 수정 → 반복적·경험의존적
- 연구 목표
생성형 AI 활용 → 설계 조건 기반 다중 설계 대안 자동 생성

13

파일럿 연구 대상: 사면 보강

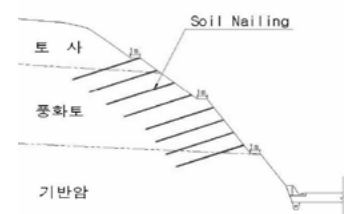
[사면 보강 선정 이유]

1. 명확한 설계 기준 (AI 성능 검증 용이성)
- 안전율(Fs)이라는 정량적 지표 존재 → AI 성능 평가 기준으로 활용 가능
2. 복잡한 변수 상호작용 (AI의 다차원 탐색 능력 검증)
- 사면 형상, 보강재 위치·길이·각도 등 변수 간 비선형 관계 존재
3. 데이터 확보 용이성 (파일럿 구축 효율성)
- 시뮬레이션 기반 데이터 대량 생성 가능 → AI 학습·검증에 유리



구분		적용 최소 안전율	지하수위
쐐기 비탈면	건기	$F_s > 1.5$	지하수위 미고려
	우기	$F_s > 1.3$	침투해석 결과반영
	지진시	$F_s > 1.1$	평상시 수위

<사면 안정 검토시 기준안전율>



<사면 네일 보강 설계 형상>

12

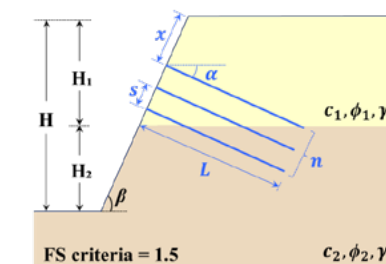
파일럿 연구: VAE 기반 사면 보강 설계자동화

[VAE 모델 입출력 변수]

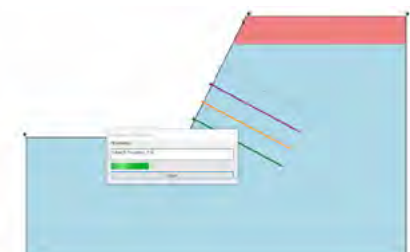
- **입력(설계 조건)**: 사면 층 높이, 층별 지반정수, 사면 각도, 목표 안전율(FS)
- **출력(설계 대안)**: 네일 배치(위치, 개수), 상세(길이, 각도, 간격)

[연구 수행 절차]

1. 데이터셋 구축: 시뮬레이션 자동화(Hyrcan+Python)로 학습 데이터셋 구축
2. VAE 모델 학습: '설계 조건-설계안-안전율'의 관계를 잠재공간(Latent Space)에 매핑
3. 설계안 생성 및 필터링: 설계 조건, 목표 안전율(FS) 입력 → 다중 설계안 자동 생성 및 검증



<사면 네일 설계 VAE 모델 입출력 변수>
(검정: 입력, 파랑: 출력)



<시뮬레이션 자동화를 통한 데이터셋 구축>
(Hyrcan 소프트웨어, Python 연동)

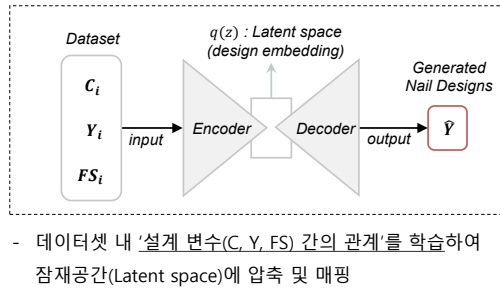
14

파일럿 연구: VAE 설계자동화 프레임워크

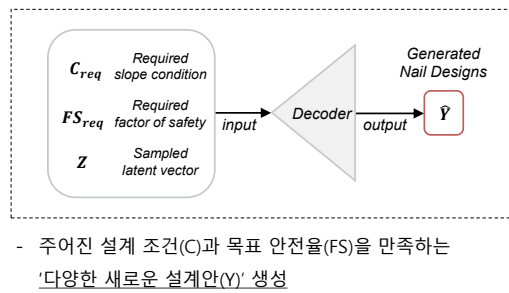
[1. 데이터셋 구축]

Dataset: $\{(C_i, Y_i, FS_i)\}$ for $i = 1, \dots, 6,000$
 C_i : Slope condition vector $[c_1, \phi_1, \gamma_1, H_1, c_2, \phi_2, \gamma_2, H_2]$
 Y_i : Nail design vector $[n, L, \alpha, s, x]$
 FS_i : Factor of safety (computed via LEM)
 - 시뮬레이션을 통해 '설계 조건(C) - 설계안(Y) - 안전율(FS)' 6,000개 케이스 확보

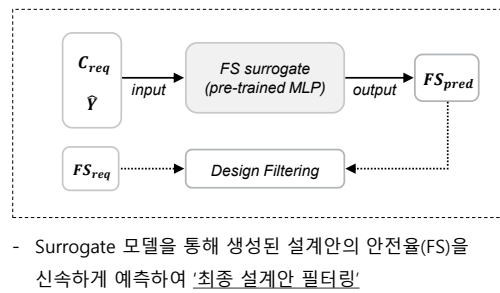
[2. VAE 모델 학습]



[3. 설계안 생성]



[4. 설계안 필터링]



15

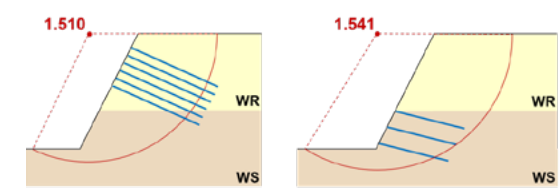
파일럿 연구 결과

▶ Case 1: 상부 풍화암 / 하부 풍화토 (WR-WS)

[실무 기준별 주요 설계안]

Category	α (°)	x (m)	s (m)	n	L (m)	Cost	FS_{pred}	FS_{LEM}
Minimum	14.0	2.1	10.0	3	9.1	27.2	1.47	1.54
Cost (n=L)	10.0	2.1	8.0	3	10.7	32.2	1.46	1.49
Minimum	30.0	2.1	4.2	6	6.7	40.4	1.47	1.55
Length (L)	24.2	1.1	10.0	5	7.7	38.4	1.49	1.58
Maximum	27.3	2.5	5.7	4	8.3	33.3	1.45	1.52
Spacing (s)	16.7	2.4	6.6	3	11.4	34.1	1.50	1.55
Minimum	20.8	1.3	0.5	8	10.5	83.7	1.49	1.47
offset (x)	23.5	1.9	1.1	5	11.1	55.5	1.49	1.48

[주요 설계안 시각화]



- 최종 필터링된 57개 설계안 중, 최소 비용·길이 등 '다양한 실무 기준을 만족하는 대표 설계안'

[핵심 결과 및 의의]

1. 설계 다양성 확보

최소 비용·길이 등 실무 기준별 '다양한 설계 후보안' 자동 생성

2. 설계 생성 성능 검증

정밀한 생성 및 필터링을 통해, '높은 FS 정확도'의 설계안 생성

3. 설계 효율성 향상

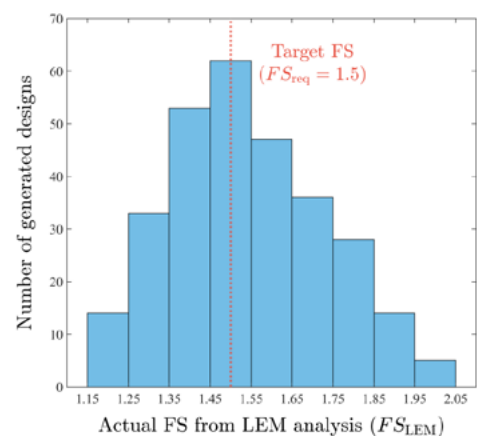
반복 해석 없이, 다수의 설계안을 '신속하게 비교·분석' 가능

17

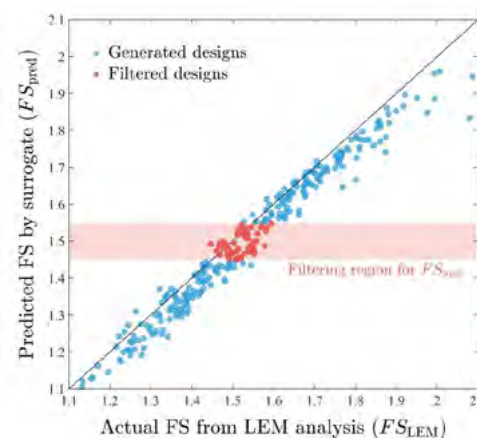
파일럿 연구 결과

▶ Case 1: 상부 풍화암 / 하부 풍화토 (WR-WS)

[1. VAE의 설계안 생성 분포]



[2. Surrogate 모델의 설계안 필터링]

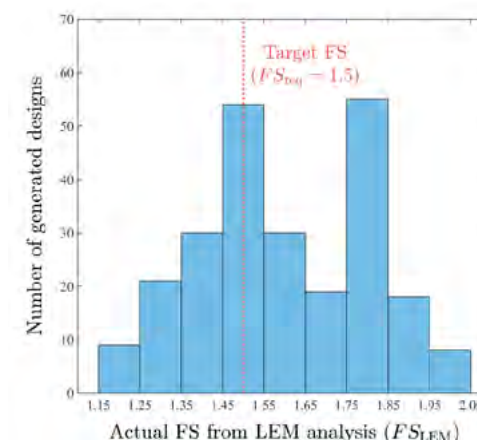


16

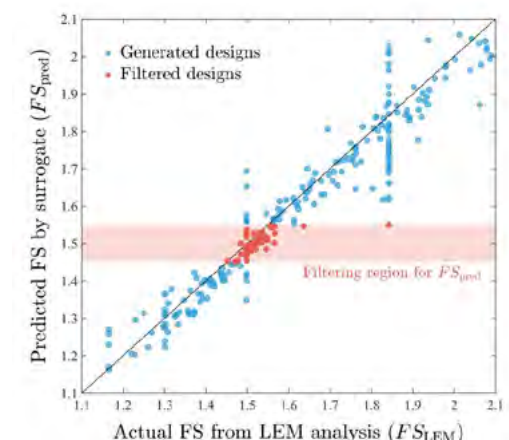
파일럿 연구 결과

▶ Case 2: 상부 풍화토 / 하부 풍화암 (WS-WR)

[1. VAE의 설계안 생성 분포]



[2. Surrogate 모델의 설계안 필터링]



18

파일럿 연구 결과

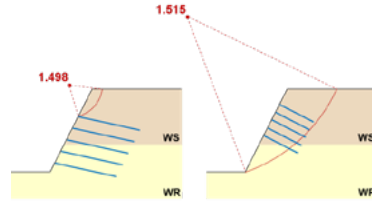
▶ Case 2: 상부 풍화토 / 하부 풍화암 (WS-WR)

[실무 기준별 주요 설계안]

Category	α (°)	s (m)	x (m)	n	L (m)	Cost	FS_{pred}	FS_{LDM}
Minimum	16.7	1.6	3.5	3	7.9	23.6	1.45	1.48
Cost (n=L)	21.3	1.9	4.4	4	6.0	24.0	1.51	1.55
Minimum	15.1	1.9	3.8	5	6.0	30.0	1.55	1.64
Length (L)	27.6	1.4	2.7	5	6.7	33.4	1.53	1.51
Maximum	23.2	2.0	0.0	6	6.0	36.0	1.55	1.56
Spacing (s)	10.9	2.0	5.5	3	9.1	27.4	1.49	1.50
Minimum	10.1	1.8	0.0	4	10.3	41.2	1.54	1.56
offset (s)	11.7	1.6	0.0	7	6.0	42.3	1.45	1.47

- 최종 필터링된 45개 설계안 중, 최소 비용·길이 등 '다양한 실무 기준을 만족하는 대표 설계안'

[주요 설계안 시각화]



- 최종 필터링된 45개의 설계안 중, '대표 설계안 2개 비교' (얕은 파괴 vs 깊은 파괴)

[핵심 분석 및 향후 방향]

- 불연속적 거동 확인**
보강재 위치에 따라 파괴면 급변
→ '설계 변수-안전율(FS)' 간 '불연속적 관계' 발생
- 모델 한계점 인식**
VAE/MLP는 연속 관계 학습엔 우수하나, 다중 분포(Bimodal) 예측 및 생성 한계
- 향후 방향**
불연속 거동 학습을 위해, 다중 분포 학습에 뛰어난 'Diffusion 모델 적용 예정'

19

연구 최종 비전 및 실현 전략

[1. 기반 기술 고도화]

- 파라메트릭(Parametric) 기반의 '설계 생성' 기술 성능 고도화
- 옹벽, 기초 등 타 지반구조물로 적용 대상 확장 및 범용성 확보

[2. 활용 영역 다각화]

- 이미지(Image) 기반의 '상태 평가' 및 텍스트(Text) 기반의 '정보 연계' 기술 개발
- 안전성 검토, 설계 조건 분석 등 다양한 분야로 지원 영역 확대

[3. 지능형 플랫폼 생태계 완성]

- 개발된 AI 엔진을 BIM 등 실무 프로세스 연동
- 설계 전반을 혁신하는 지능형 통합 설계 플랫폼 생태계 구축

21

연구성과 및 향후 추진 방향

[연구성과]

- 생성형 AI 기반 지반구조물 설계 가능성 검증**
 - 파일럿 연구를 통해, 생성형 AI 기반 사면 보강 설계자동화 시범 설계 수행
- 기술적 과제 및 해결책 도출**
 - 지반구조물 전반에서 고려되어야 하는 '불연속적 파괴 거동' → 기존 VAE 모델의 명확한 한계 확인
 - 차세대 Diffusion 모델 도입이라는 기술적 해결 방향 제시

[향후 추진 방향]

- 사면 보강 모델 고도화**
 - (기술 심화) Diffusion 모델 적용 → 불연속 분포 학습 문제 해결
 - (적용 확대) 복잡한 설계 조건(지하수위 등) 반영 → 실무 적용성 강화
 - (실무 검증) 실무 전문가 인터뷰 및 현장 데이터 기반 신뢰성 검증
- 타 지반구조물 적용 방안 탐색**
 - 확보된 핵심 기술을 옹벽, 기초 등 타 구조물로 확장

20

감사합니다

05

생성형 AI기반 첨단 건설안전관리

전정호 | 부산대학교 건축공학과 조교수

생성형 AI기반 첨단 건설안전관리

Generative Artificial Intelligence-centered Advanced Construction Safety Management

전정호 Ph.D.

조교수

부산대학교 건축공학과

CONTENTS

01 연구실 소개

02 생성형 인공지능

03 Text-to-Image

04 Text-to-Video

01 연구실 소개

1-1 Introduction

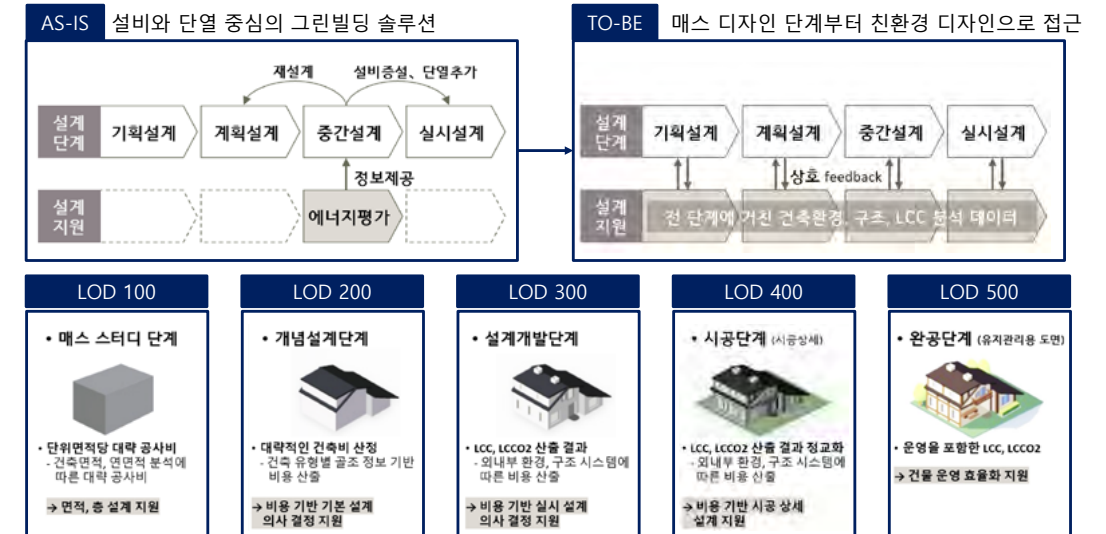
1-2 건설안전 메타버스

1-3 연구실 과제

01 연구실 소개

연구실 과제

BIM기반 설계단계별 그린빌딩계획 통합 의사결정지원시스템 개발



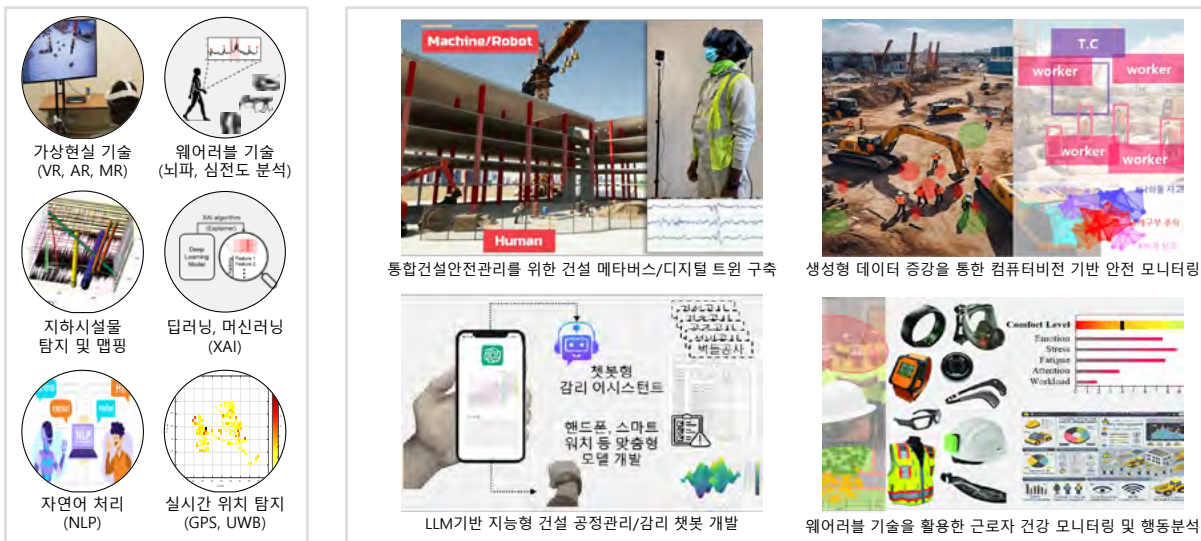
Innovative Construction Technology Lab

5

01 연구실 소개

건설 메타버스

첨단 기술과 건설 메타버스



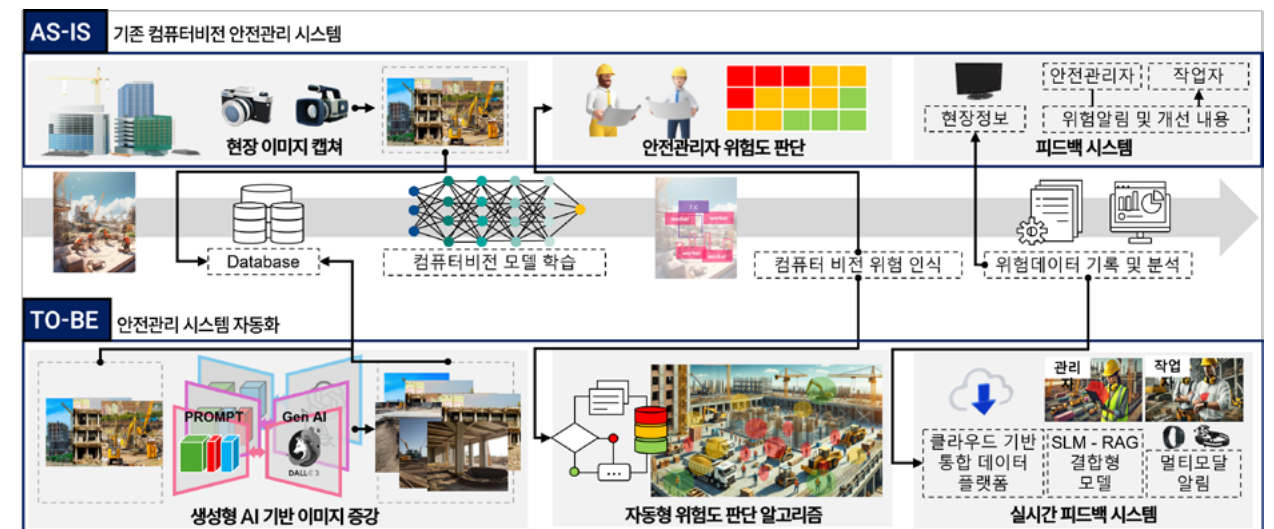
Innovative Construction Technology Lab

4

01 연구실 소개

연구실 과제

생성형 인공지능 기반 데이터 증강을 통한 안전관리 플랫폼 개발



Innovative Construction Technology Lab

6

02

02 생성형 인공지능

2-1 개요

2-2 활용 사례

02 생성형 인공지능 활용 사례

■ 타산업

Using generative AI in just a few functions could drive most of the technology's impact across potential corporate use cases.

<Marketing>

<Healthcare industry>

<Education>

<Fashion>

Innovative Construction Technology Lab
9

02 생성형 인공지능 개요

■ Generative AI Research

Prompt

Describe La Sagrada Familia.

Render the Sagrada Familia in a realistic style, please.

Render the Sagrada Familia in a realistic style, please.

Gen-AI

Text-to-Text

자연어를 기반으로 글, 요약, 시나리오 생성 (e.g., ChatGpt, Cluade)

Text-to-Image

텍스트 설명을 바탕으로 이미지 생성 (e.g., Dall-E, Midjourney)

Text-to-Video

자연어를 기반으로 글, 요약, 시나리오 생성 (e.g., Runway Gen-3, Sora)

Innovative Construction Technology Lab
8

02 생성형 인공지능 활용 사례

■ 건설업: SKANSKA

Input Data

<Skanska 내부 안전 매뉴얼>

<OSHA 사고 보고서>

Image & Text Prompt

1. Please provide a check list for Skanska ~

2. Can you list OSHA-approved PPE for ~

Output Data

<Checklist for ~>

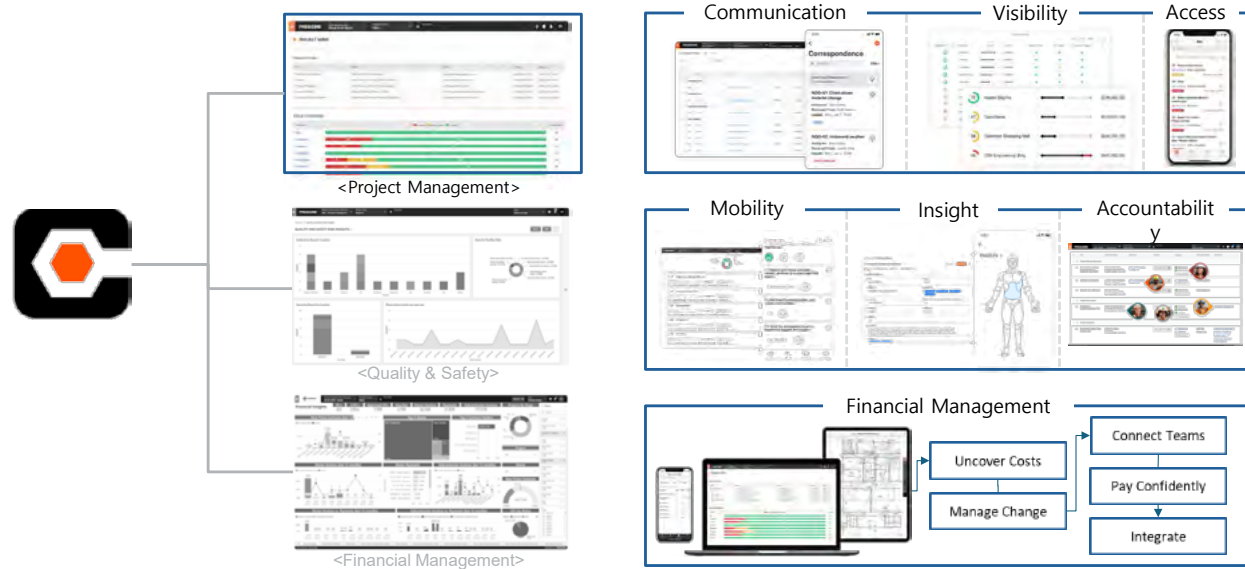
<List of Approved PPE>

Innovative Construction Technology Lab
10

02 생성형 인공지능 활용 사례



■ 건설업: Procore



Innovative Construction Technology Lab

11

03 Text-to-Image 개요 및 예시



■ Text-to-Image 연구



■ 작동원리



Innovative Construction Technology Lab

13

03 Text-to-Image

3-1 개요

3-2 착시형 건설안전표지 개발

3-3 이미지 증강을 통한 건설현장 객체 탐지 성능 향상

03 Text-to-Image Development and Effectiveness Verification of 3D Optical Illusion Safety Signs Using Generative AI



■ 배경 및 필요성

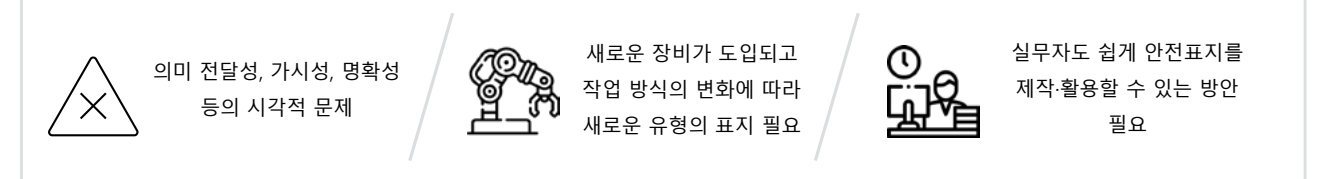
■ 안전표지의 중요성



■ 기존 안전표지



■ 기존 안전표지의 한계점



Innovative Construction Technology Lab

14

03 Text-to-Image

Development and Effectiveness Verification of 3D Optical Illusion Safety Signs Using Generative AI



연구 방법론

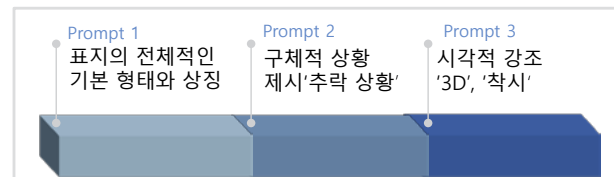
1. 데이터 수집



2. 안전표지 구성요소 분석



3. 프롬프트 엔지니어링 적용



4. 효과 검증



03 Text-to-Image

Generative AI-driven Data Augmentation for Enhanced Construction Hazard Detection



배경 및 필요성

건설 현장 위험 감지 방법



컴퓨터비전 기반 위험 감지로 현행 방법의 시간 소모성, 주관성, 부정확성 문제 해결 가능 (S. Taneja et al. 2011)

컴퓨터 비전 한계점



모델을 학습시킬 양적·질적 요구 조건을 만족하는 이미지 데이터의 확보 문제가 존재

03 Text-to-Image

Development and Effectiveness Verification of 3D Optical Illusion Safety Signs Using Generative AI



Results & Discussion

Category		Generated optical illusion construction safety signs (Each number corresponds to prompts in Table 5)				
		1	2	3	4	5
Fall	Sign					
	Optical illusion effect (Avg.)	4.2	4.2	3.6	4.0	4.0
	Hazard recognition effect (Avg.)	4.1	4.2	4.2	4.1	4.0
Struck by	Image					
	Optical illusion effect (Avg.)	4.1	3.9	4.2	3.8	4.3
	Hazard recognition effect (Avg.)	4.0	3.7	4.2	4.2	3.9
Caught-in-between	Image					
	Optical illusion effect (Avg.)	4.2	3.9	3.9	3.9	3.9
	Hazard recognition effect (Avg.)	4.1	3.5	3.8	4.0	3.9
Caught-in-between	Rank	2	1	5	3	4
	Rank	3	5	1	4	2
	Rank	1	5	4	2	3

Type	Existing Sign	Alternatives		
	Sign1	Sign2	Sign3	
Fall				
Struck-by	Sign4	Sign5	Sign6	
Caught-in-between	Sign7	Sign8	Sign9	

생성형 AI 기술을 활용하여 건설 안전표지 개선의 실효성과 확장 가능성 입증

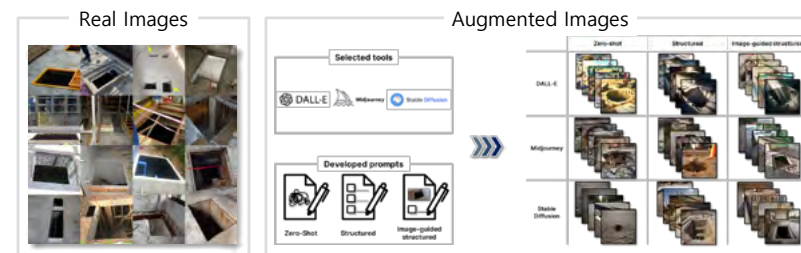
03 Text-to-Image

Generative AI-driven Data Augmentation for Enhanced Construction Hazard Detection

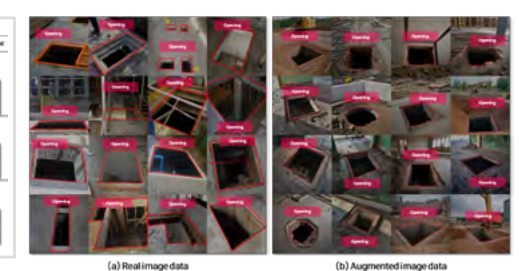


연구 방법론

1. 데이터셋 확보



2. 데이터 라벨링



3. 객체 탐지 모델 구현



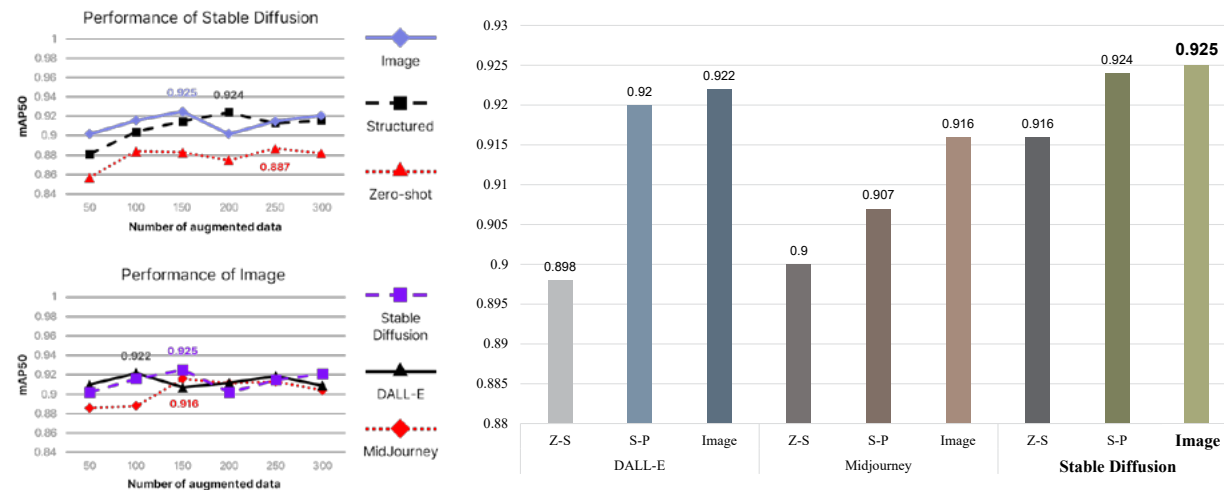
03

Text-to-Image

Generative AI-driven Data Augmentation for Enhanced Construction Hazard Detection



Results & Discussion



Innovative Construction Technology Lab

19

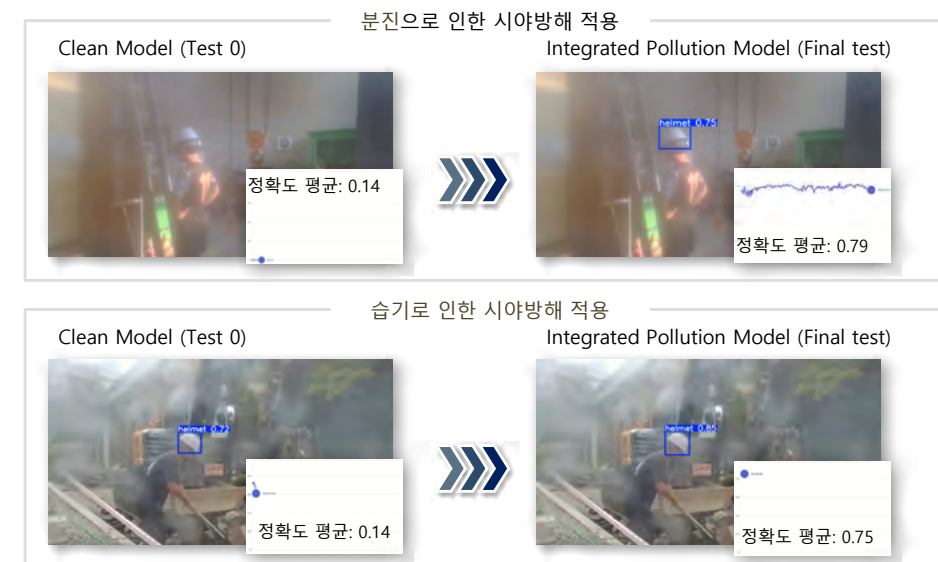
03

Text-to-Image

Generative AI and Computer Vision for Advanced Object Detection in Construction Sites



Results & Discussion



Innovative Construction Technology Lab

21

03

Text-to-Image

Generative AI and Computer Vision for Advanced Object Detection in Construction Sites



배경 및 필요성



Innovative Construction Technology Lab

20

04

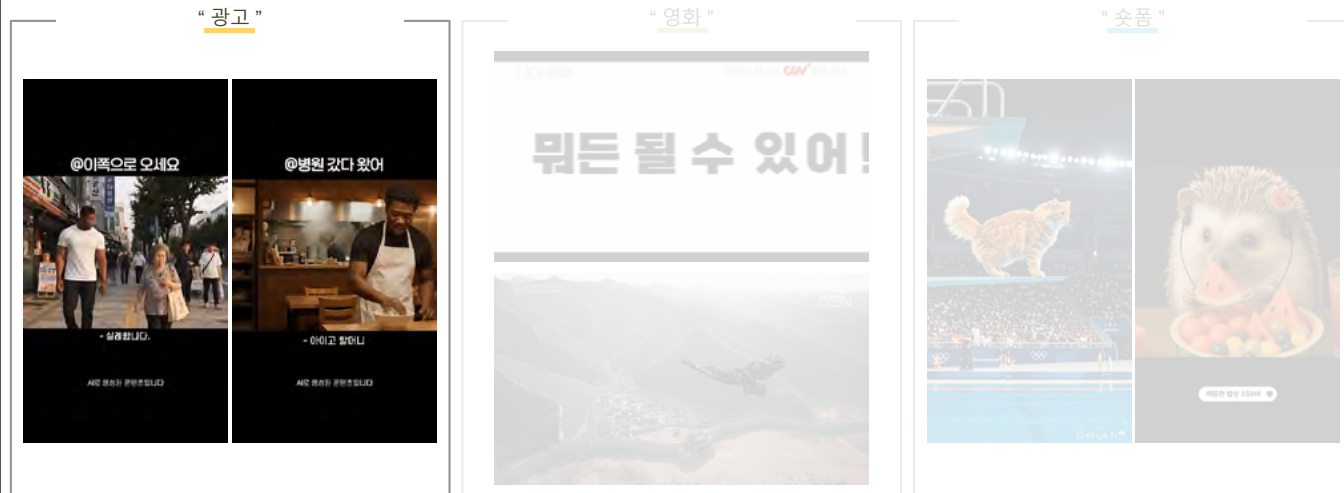
04 Text-to-Video

4-1 개요

4-2 사고영상교육 내용

04 Text-to-Video 개요

활용사례

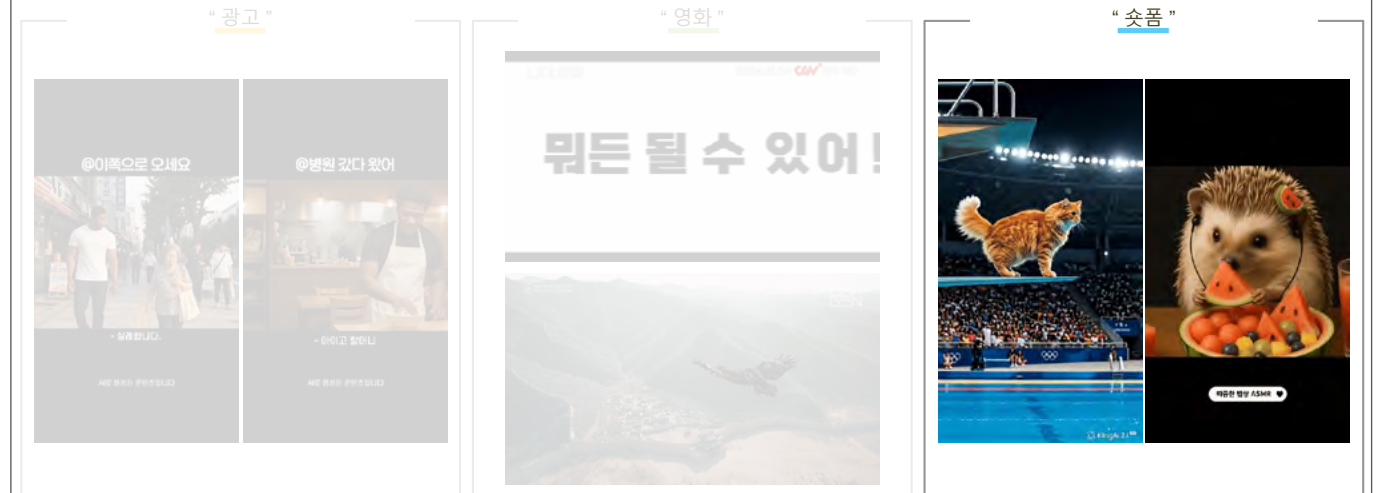


Innovative Construction Technology Lab

23

04 Text-to-Video 개요

활용사례

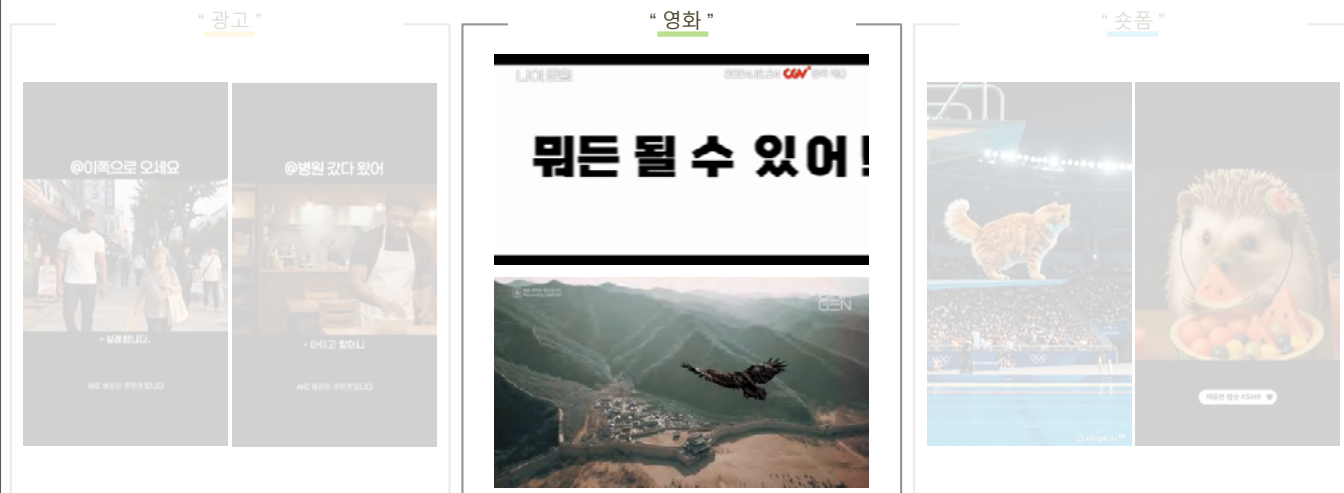


Innovative Construction Technology Lab

25

04 Text-to-Video 개요

활용사례



Innovative Construction Technology Lab

24

04 Text-to-Video Text-to-Video 기반의 아차사고 영상을 활용한 맞춤형 건설안전교육

사고교육영상 제작 과정



Innovative Construction Technology Lab

26



04

Text-to-Video

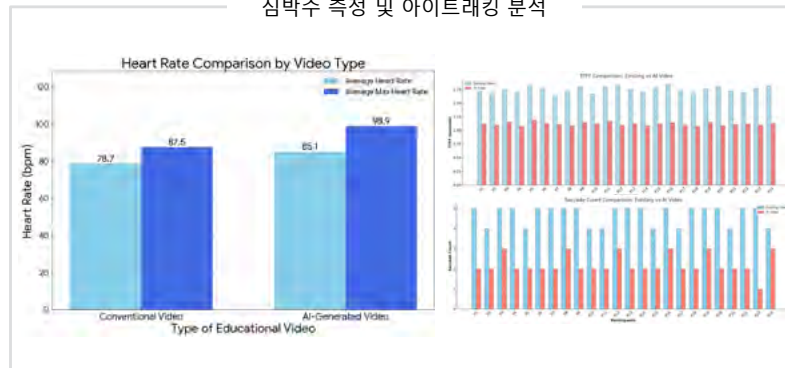
Text-to-Video 기반의 아차사고 영상을 활용한 맞춤형 건설안전교육

사고교육영상 결과 및 분석

설문조사 결과

	매우 그렇다		그렇다		보통이다		그렇지 않다		매우 그렇지 않다	
	인원	비율	인원	비율	인원	비율	인원	비율	인원	비율
이전 교육과 비교하여 교육에 대한 이해도가 높아졌는가?	11명	46%	9명	38%	4명	8%	0명	0%	0명	0%
이전 교육과 비교하여 교육 몰입도가 향상했는가?	12명	50%	8명	33%	3명	13%	1명	4%	0명	0%
이전 교육과 비교하여 안전의식 변화가 뚜렷해졌는가?	9명	38%	10명	42%	5명	20%	0명	0%	0명	0%
이전 교육과 비교하여 안전사고 예방에 도움이 되었는가?	10명	42%	11명	46%	3명	12%	0명	0%	0명	0%

심박수 측정 및 아이트래킹 분석



감사합니다

Thank you

06

매입말뚝 스마트 MG 시범사업 분석

박종배 | LH 토지주택연구원 선임연구위원



매입말뚝 스마트 MG 시범사업 분석

2025. 11. 6

박 중 배

제1장

- 연구개요 -

연구개요

■ 추진 배경 및 필요성

- LH 건설혁신방안 발표(건설문화혁신 5대 전략 + Innovation 44과제, 2024.1.21)등 CEO의 부실시공 근절 방향과 의지 반영 관련 과제수행 필요
- 인천 검단 지하주차장 붕괴등 중대재해사고 발생에 따른 스마트 기술을 이용한 사전·사후 안전시스템 현장 적용 필요
- BIM의 설계분야 확대 적용이후 건설 시공에 대한 스마트 건설기술 활성화 정책 강력 추진(Smart Construction 2025) 중이므로 국내 스마트 건설기술 발굴 및 선도 요구
- 선행연구에서 LHRI는 매입말뚝 스마트 MG 모니터링 장비를, KICT는 원격 최종관입량 측정 장비를 개발하였고, 매입말뚝의 시공/품질관리를 위해서는 두 장비를 통합한 시스템을 구축하고 이를 검증하고 실무에서 적용하기 용이하게 하는 것이 필요함.

■ 연구 목적

- LH-KICT의 성과물(품질관리 MG) 통합 검증
- 최종 관입량등 매입말뚝 시공 데이터 기반 현장 지지력 산정법 및 Machine Learning 분석에 의한 말뚝 지지력 산정식 제안

3

연구개요

MG, MC 현황(LH 단지기술처, 2020)



MG(Machine Guidance)



MC(Machine Control)



건설장비 자동화 대상

- MG(보조장비+수동 운용) :

건설장비에 부착된 센서와 디스플레이를 통해 장비 기사의 작업을 보조 · 가이드하는 유인 시스템

- MC(시스템+반자동 운용) :

건설장비에 부착된 센서, 고정밀 GPS 및 자동 유압제어기술 등을 이용하여 컴퓨터가 작업을 도와주는 반자동 시스템



국내 자동화 건설장비(MG, 토공)

4

연구개요

항타 기록부(LH)

[illegible]

최종 관입량 측정법(LHCS 11 50 15 05)

말뚝의 최종관입량은 자립식의 측정대 또는 자동항타
검측기등을 사용하여 정밀하게 측정하여야 한다.

문제점 :

- ① 업무 과다로 인해 말뚝 굴착 심도에 대한 전수 조사 곤란
- ② 시공업체 제출 서류에 대한 신뢰성 제기
- ③ 향후 리모델링, 유지보수등을 위한 시공자료 영구 보존 불가
- ④ 사실상 항타업체 양심에 달려있음
- ⑤ 굴착깊이와 말뚝관입깊이가 동일 시공 → 슬라임 상황을 알 수 없음

5

연구개요

- 연구 내용

- **현황 조사 및 분석**
 - ✓ 최종관입량 원격·자동 측정 장치들의 개발현황 분석
 - ✓ Machine Learning에 의한 지지력 예측법 개발 현황
- **통합시스템 구축**
 - ✓ 공동연구 성과 적용 MG 시스템 통합 구축
 - ✓ 말뚝 지지력 산정을 위한 Machine Learning DB 구축
 - ✓ 말뚝 지지력 DB와 Machine Learning을 활용한 말뚝 지지력 예측법 개발
- **시범사업**
 - ✓ 매입말뚝 대상 스마트 MG 시스템 시범사업 수행(3회)
 - ※ 발주상황 및 현장상황에 따라 시범사업 횟수는 유동적일 수 있음.
 - ① 통합시스템의 검증
 - ② 시공/설계 검증 데이터 획득(최종관입량, 말뚝지지력, 전류치 등)
 - ③ Machine Learning 기반 말뚝 지지력 예측법의 검증
 - ④ 매입말뚝 스마트 MG 통합시스템의 적용성 종합평가
- **기준 및 시방 개정**
 - ✓ LH-KICT 연구결과를 반영한 LHCS, KCS등 국가기준 및 시방서 제안
 - ✓ 매입말뚝 스마트 MG의 활용성 제고 방안 제시

1

연구개요

연직도계



연직도계 센서(IMU)

IMU Sensor (차량 기울기 보정)

- ▶ 센서 측정 : 가속도, 각속도, 지자기
- ▶ 자세 및 센서값 : 100Hz까지 출력
- ▶ 여러 센서간 구분이 용이하도록 센서별로 ID부여
- ▶ Data ready 인터럽트 출력
- ▶ 저전력 Sleep Mode 지원

*IMU : Inertial Measurement Unit, 관성측정장치)

심도계



심도계 센서

- ▶ 내구성, 외부 환경 노이즈에 영향없음
- ▶ 정전시 위치인식 가능한 Absolute + Incremental Type 엔코더 사용
- ▶ 정밀도 : 0.25mm 이내



심도계 센서(와이어 타입)



심도계 센서(레이저)

6

연구개요

- 기대성과

- ✓ 국가기술표준 및 LH 표준시방서 개정 및 신규 제정으로 관련분야 스마트 기술 표준선도
- ✓ 안전사고 방지 및 실시간 데이터 관리를 통한 감독 업무 경감
- ✓ 스마트 기술에 의한 말뚝 정밀품질관리 가능
 - ① 정밀한 매입말뚝 시공으로 시공품질 향상
 - ② 스마트폰에 의한 상시 감독으로 시공품질 향상 및 설계변경 최소화
 - ③ 자동화 기록에 의한 항타기록부 자동작성으로 작업간소화 및 기록오류 방지
 - ④ Machine Learning에 의한 현장 말뚝 전수에 대한 최종지지력 예측으로 설계검증 고도화

- 활용계획

- ✓ KCS(국가기술표준), LHCS 11 50 15 05(기성말뚝기초) 개정 및 제정

1

제2장

- 스마트 MG 시범사업 -

시범사업

■ 시범사업 목적

- ✓ 매입말뚝 대상 스마트 MG 시스템 통합 검증을 위한 시범사업(1차는 파주, 총3회 예상)을 연구원, 현장(파주사업본부)과 관련 부서(설계검증처) 협업을 통해 실시하고 실무적용성과 LHCS 제정을 위한 신뢰성 검증
- ✓ 공동연구기관인 KICT의 최종관입량 측정장치의 실무적용성 검증

■ 시범사업 내용

- ✓ 매입말뚝 시공관리 통합시스템 설계 및 구축
- ✓ 시공/설계 검증 데이터 획득(최종관입량, 말뚝지지력, 전류치 등)
- ✓ Machine Learning 기반 말뚝 지지력 예측법의 검증
- ✓ 매입말뚝 스마트 MG 통합시스템의 적용성 종합 평가
- ✓ 공동연구 기관인 KICT의 최종관입량 측정 장치의 실무적용성 검토

10

시범사업

■ 개요

- ✓ 장 소 : 파주운정3 A20BL 아파트(401동, 주차장 일부)
- ✓ 일 시 : 2024년 10월
- ✓ 매입말뚝 개요 : D600mm, L=9 ~ 12m, 200여본
- ✓ 시범사업 관련 부서·회사명 역할
 - 1) 시범사업 총괄 관리 : 토지주택연구원 건설기술연구실, 한국건설기술연구원
 - 2) 현장 업무지시 및 시범사업 관련 시공비 설계변경 : 파주사업본부 주택품질 1팀
 - 3) 성과분석 협조 : 설계검증처 설계검증 3팀
 - 4) MG 시스템 설치 및 교육 : 외부 전문기관
 - 5) 시범사업 현장 협조 : 신동아건설
 - 6) MG 시스템 운용 : 향타업체
 - 7) 최종관입량 측정 및 분석 : 한국건설기술연구원(KICT)
- ✓ 부서별 협조사항
 - 1) 토지주택연구원 : 시범사업 총괄, 매입말뚝 스마트 MG 장비 제공, 스마트 MG 장비운용 확인 등 성과분석
 - 2) 파주사업본부 : 시범사업 현장 제공, 스마트 MG 장비를 활용한 매입 말뚝 시공관리, 스마트 MG 탈부착 관련 비용(설계변경)

11

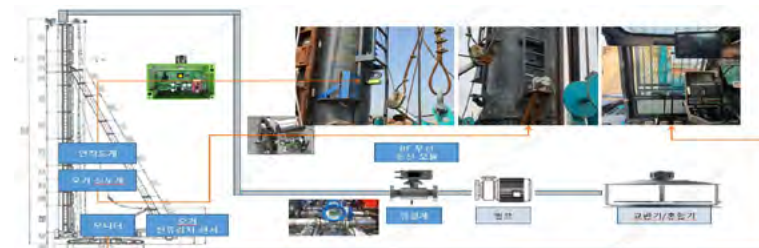
시범사업

■ 스마트 MG 시스템 설치 및 측정

✓ 측정항목

스마트 MG(LHRI)	원격 최종관입량(KICT)
굴착심도	최종관입량
말뚝근입심도	
오거 전류저항치	
장비 연직도	
시멘트풀 주입량(일주입량)	

✓ 매입말뚝 스마트 MG 시스템 구성



매입말뚝 스마트 MG 개요도



최종관입량 측정장치(KPM)

12

시범사업

- 스마트 MG 시스템 + KPM 설치 및 측정



심도계 등 장착



운전석 모니터 설치



영점세팅



시멘트풀량 측정기



최종관입량 원격측정
(제안방법 : KPM)



최종관입량 근접측정
(기존방법)

13

시범사업

- **스마트 스마트 MG 시스템 + KPM 시스템 통합(운전석 및 스마트폰 앱 동일확인)**



측정및표시항목

- 1) 굴착심도
- 2) 전류량
- 3) 연직도
- 4) 시멘트풀량
- 5) 최종관입량 (KPM)

14

시범사업

- 시공데이터 비교(1차 시범사업 401동 93개 말뚝 데이터 비교 : LH 향타기록부)

굴착 시멘트 배이스트 주입 후 최종항타 기록부(2호기)

[illegible]

수기록 데이터

[illegible]

스마트 MG 데 이타

15

시범사업

- 시공데이터 비교(2차 시범사업 : 101동, 102동 등 49개 말뚝 데이터)

공작 시범트레이스트 투입 후 결과 기록부				2025-06-12													
시공일차:																	
말뚝구멍 및 재질:																	
시범트레이스트 배합비(W/B비):																	
향타장비(장비, 낙하고 및 염충량):																	
굴착 장비 및 용량:																	
전류치(시험시공시)(지저층/현공선):																	
최종관입량:																	
말뚝 번호	시공 시간	말뚝길이	굴착 심도	낙하고	경타량	말뚝 관입 심도	굴착심도 말뚝선단 고저차	잔량	위치 편차	재하 시범 결과	전류치 (현공선)	레이 스트 유량					
		설계	시공			횡수	최종 관입량										
102동 2	2025-06-12 7:15	22	24	22.13	1.5	5	2.28	22.92	-0.79	1.08		573	6				
102동 1	2025-06-12 7:45	22	24	23.12	1.5	6	11.44	22.97	0.15	1.03		570	6				
102동 15	2025-06-12 8:06	22	24	23.19	1.5	5	3.23	22.96	0.23	1.04		600	89				
102동 8	2025-06-12 8:25	22	24	23.22	1.5	5	1.82	23.05	0.17	0.95		600	82				
102동 14	2025-06-12 8:47	22	24	23.21	1.5	5	2.92	22.92	0.29	1.08		566	62				
102동 6	2025-06-12 9:18	22	24	23.05	1.5	5	1.8	22.89	0.16	1.11		600	50				
102동 7	2025-06-12 9:37	22	24	23.24	1.5	5	2.29	23.03	0.21	0.97		600	86				
102동 31	2025-06-12 9:58	22	24	23.15	1.5	7	2.73	22.96	0.19	1.04		599	73				
102동 24	2025-06-12 10:20	22	24	23.18	1.5	5	0.99	22.97	0.21	1.03		535	47				
102동 25	2025-06-12 10:37	22	24	23.17	1.5	5	1.47	22.97	0.2	1.03		600	78				
102동 26	2025-06-12 10:56	22	24	23.21	1.5	6	2.8	22.95	0.26	1.05		600	35				
102동 29	2025-06-12 11:27	22	24	23.18	1.5	7	1.68	22.98	0.2	1.02		600	101				
102동 30	2025-06-12 13:31	22	24	23.11	1.5	8	4.74	22.96	0.15	1.04		483	78				
102동 32	2025-06-12 14:12	22	24	23.16	1.5	5	1.36	22.97	0.19	1.02		600	50				
102동 39	2025-06-12 14:53	22	24	23.22	1.5	0	0	22.97	0.25	1.03		600	10				
102동 38	2025-06-12 15:11	22	24	23.24	1.5	5	1.78	22.96	0.28	1.04		600	73				
102동 37	2025-06-12 15:29	22	24	23.22	1.5	6	2.53	23	0.22	1		600	82				
102동 33	2025-06-12 15:54	22	24	23.22	1.5	5	1.19	23.07	0.15	0.93		585	70				
102동 36	2025-06-12 16:17	22	24	23.22	1.5	5	1.11	23.07	0.15	0.93		600	41				
102동 34	2025-06-12 16:35	22	24	23.21	1.5	5	2.9	22.89	0.32	1.11		600	36				
102동 35	2025-06-12 16:56	22	24	23.25	1.5	6	1.82	22.95	0.3	1.05		600	38				
발전기실 1	2025-06-16 7:32	22	24	23.29	1.5	5	2.41	22.02	0.27	1.98		600	30				
발전기실 1	2025-06-16 7:57	22	24	23.31	1.5	8	1.61	23.66	-1.35	0.34		600	33				
발전기실 1	2025-06-16 8:19	22	24	23.32	1.5	0	0	7.18	0	24		0	0				
발전기실 1	2025-06-16 8:20	22	24	23.35	1.5	6	3.12	22	0.35	2		600	5				
발전기실 1	2025-06-16 8:40	22	24	23.33	1.5	5	2.47	22.06	0.27	1.94		600	37				
발전기실 1	2025-06-16 9:05	22	24	22.41	1.5	5	3.25	21.96	0.45	2.04		600	14				

16

시범사업

- 시공데이터 비교(3차 시범사업 : 403동 91개 말뚝 데이터 비교)

스마트 MG 자동기록 항타기록부 : 굴착심도, 최종관입량, 슬라임량, 잔량, 전류치, 페이스주입량 자동측정기록

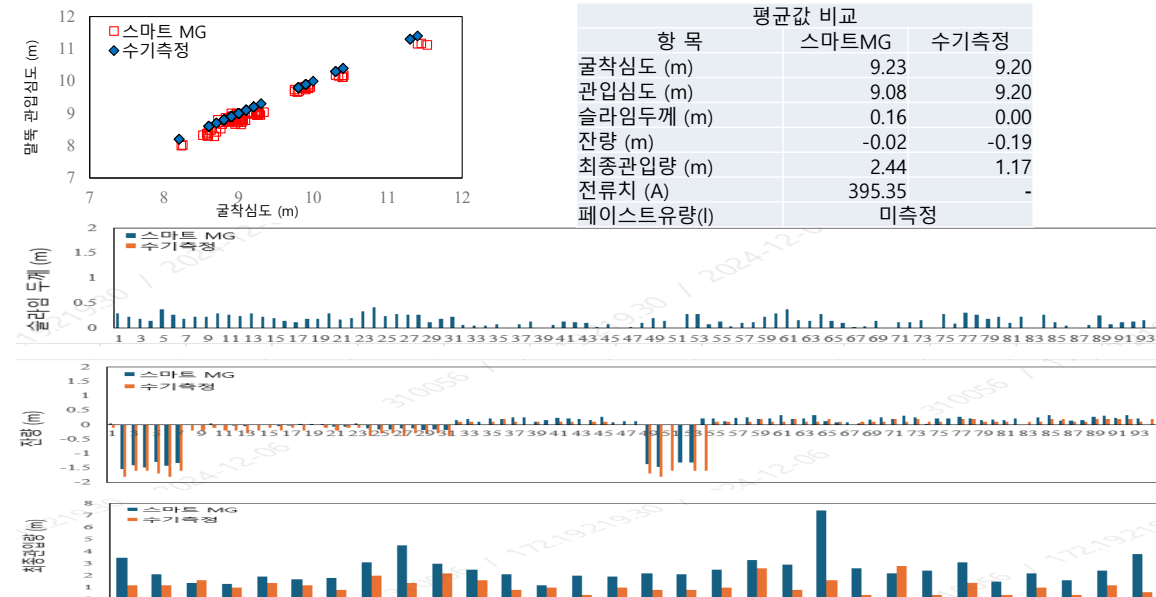
[illegible]

A 사 항타기록부 : 최종관입량 자동기록

[illegible]

시범사업

- 1차 시범사업 시공데이터 비교(401동 93개 말뚝 데이터 비교 : LH 향타기록부)



시범사업

- 2차 시공데이터 비교(101동, 102동 49개 말뚝 데이터)

(1) 101동(21개)

항 목	평균값 비교
굴착심도 (m)	13.77
관입심도 (m)	13.69
슬라임두께 (m)	0.08
잔량 (m)	1.31
최종관입량 (m)	2.37
전류치 (A)	525.71
본당페이스트유량 (l)	40.29 / 2.93
/ m당 유량(l/m)	



개량T4(파주)

(2) 102동(28개)

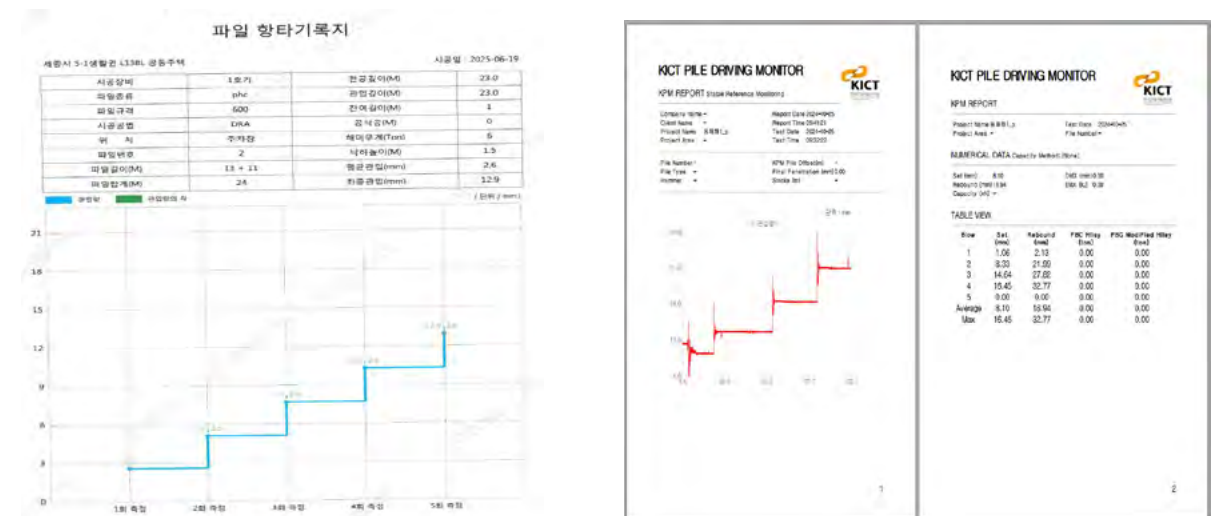
항 목	평균값 비교	
	스마트MG	수기측정
굴착심도 (m)	23.15	22.96
관입심도 (m)	22.91	22.96
슬라임두께 (m)	0.25	0.00
진량 (m)	1.06	1
최종관입량 (m)	2.40	2.83
전류치 (A)	585.07	-
본당페이스트유량 (l) / m당 유량(l/m)	59.82 / 2.59	-



일반오거(세종)

시범사업

- 시공데이터 비교

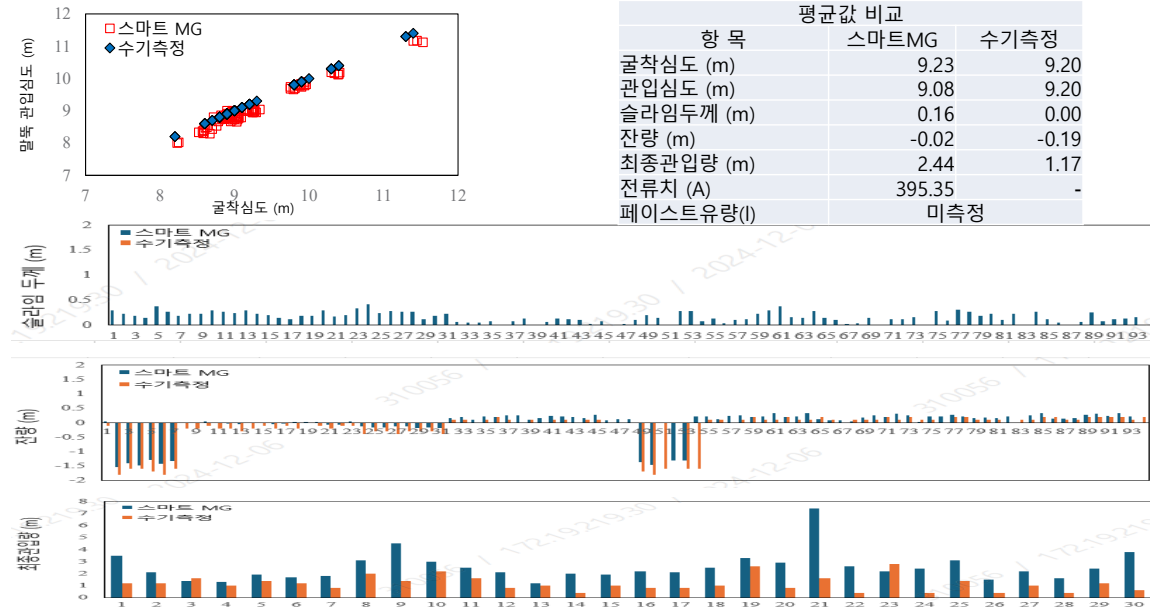


A사 항타기록부 및 최종관
입량 측정결과 보고서

KPM 최종관입량
측정보고서

시험사업

파주 시공데이터 비교(401동 93개 말뚝 데이터 비교 : LH 향타기록부)



21

시험사업

시험사업 결과

- ✓ 스마트 MG와 수기측정 데이터는 굴착심도와 최종관입량은 전반적으로 비슷하게 나타남
- ✓ 스마트 MG는 자동측정으로 작업효율이 좋고, 말뚝 잔량측정이 쉬운 장점이 있음. 쉽고(특히, 공사공일때)
- ✓ 슬라임 두께 측정은 스마트 MG 값이 실제와 가까움 : 수기측정은 슬라임을 0으로 처리
- ✓ 최종관입량은 KPM 수기 측정값보다 다소 크게 나타났으나, 수기측정값 보다 신뢰성이 있다고 판단됨.
- ✓ 시멘트풀량은 파주현장에서는 측정하지 못하였으나, 세종현장에서는 측정하였고 보완이 필요함.
- ✓ 말뚝길이를 향타기사가 잘 입력하여야고, 잘못 입력하면 근입심도와 슬라임두께 잘못 계산됨.

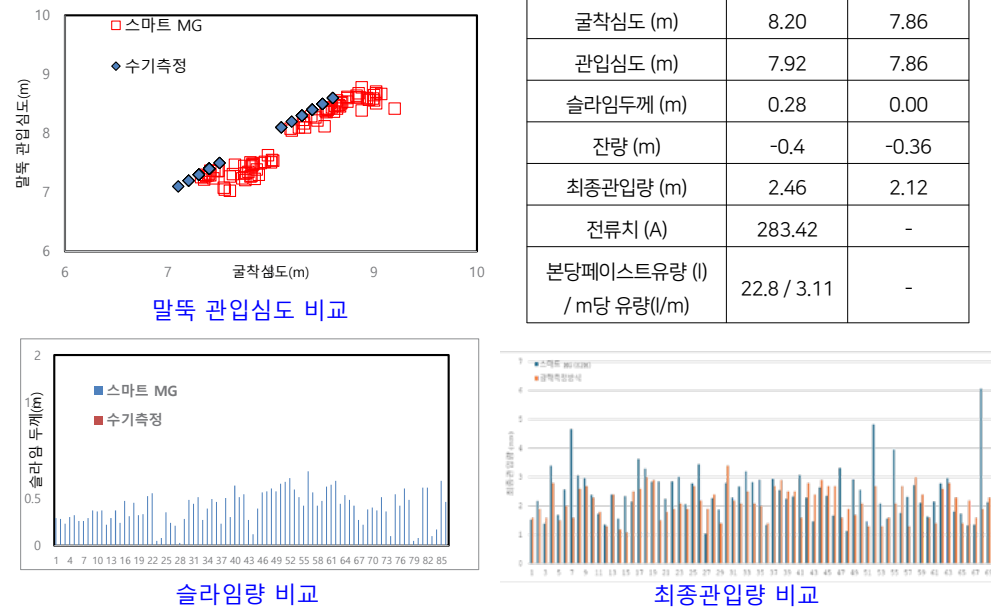


- ✓ 영점 셋팅은 스마트 MG 장비 최초 설치 후 영점 셋팅하고 영점 셋팅을 임의로 하면 오류가 날 수 있음.
- ✓ 굴착심도 시 연직이 되어야 정확한 측정이 되므로 연직도 잘 맞추어야 함.
- ✓ 스마트 MG는 굴착 중 전류치를 잘 기록하였으나 수기측정은 전류계 바늘이 불안정하여 기록치 못함.
- ✓ 개량 T4를 사용한 파주에서는 393.35A를 오거스크류를 사용한 세종현장에서는 525.71~585.07A를 기록함.
- ✓ 장비특성별 전류치 DB 분석을 통하여 적정 지지층 기준 제시 가능

23

시험사업

3차 시공데이터 비교



22

시험사업

LHCS 관련 기준

LHCS 11 50 15 10 기성말뚝기초(매입공법)

3.4.5.4 경타

- (1) 안착된 말뚝은 수준기로 수직상태를 확인한 다음 오거에 부착된 드롭해머로 경타하여 말뚝선단부 천공 깊이가 하단부로부터 말뚝 직경의 2배 이내에 도달되도록 한다. 굴착깊이와 말뚝 선단부의 고저차가 허용 범위를 초과할 경우는 말뚝을 인발한 후 재굴진하여 허용범위 내에 시공되도록 한다.

LHCS 11 50 15 5 기성말뚝기초(타입공법)

3.4.5 말뚝박기 종료

- (1) 말뚝의 최종 관입량은 자립식의 측정대 또는 자동 향타 검측기 등을 사용하여 정밀하게 측정하여야 하며, 최종관입량의 산정은 특기가 없는 한 토질의 종류별로 아래의 기준 타격 횟수의 평균 값으로 한다.
- ① 일반 풍화토 지반 : 10회
 - ② 사질지반 : 15회
 - ③ 점성토지반 : 20회

LHCS 11 50 15 10 기성말뚝기초(매입공법)

3.3 시험말뚝

- (3) 기초시공 자료의 설계심도까지 일정한 속도로 천공하면서 RPM치와 전류치(A)의 변화를 관찰하여 기록을 유지하고, 오거선단의 토사를 지반조사시료 또는 지반조사 시료 사진과 대조하여 지지층을 확인한다.

24

시범사업

■ 관계자 의견(파주)

- [감독]
 - 공사관리 측면에서 관리자가 핸드폰 등으로 향타 관련 모니터링이 가능한 점에서 활용성이 높음
 - 최종관입량 및 시멘트 페이스트 유량 확인이 가능하므로 편리하고 추후 정확한 정산이 가능할 것으로 판단됨
- [시공사]
 - 안전사고 발생 시 현장이 한 달도 정지 될 수 있으나 본 장비가 도입이 된다면 안전사고로 인한 현장피해 최소화 것임
 - 스마트 MG 장비 사용에 따라 하도급 단가가 상승한다면, 부담이 있음
 - 현장에서는 관리하는 관리자의 업무를 경감시켜 효율성이 증대될 수 있음
- [향타업체]
 - 스마트 MG 장비 영점 셋팅, 향타기 각도 조정 및 파일길이가 달라짐에 따라 발생하는 오차가 발생함
 - 또한, 현장여건(향타 장비가 다닐 수 있도록 바닥에 까는 철판, 오거 종류(T4 등)에 따라서도 오차가 발생할 수 있음
 - 기존 최종관입량 측정은 파일 잔량이 최소 50cm 이상이어야 하나 제안 방법은 잔량이 거의 필요없어 말뚝재료 절감 및 잔량 커팅 후 폐기물 처리 비용 절감 가능
 - 굴착심도, 전류량, 연직도 등이 모니터를 통해 일목요연하게 확인할 수 있어 작업의 편리성 증대됨
- [감리]
 - 기록·관리가 편리하고, 스마트폰 앱으로 모든 작업상황 상시확인 할 수 있어 효율적 인력활용 가능
 - 향타 작업 시 해머(6t) 무게가 상당하므로 최종관입량 측정 시 작업자 사망과 같은 안전사고 방지도도 효과적임
- [공동연구진] 건설기술연구원
 - 현장 지지력 측정값과 KPM 장비 활용에 따른 지지력 예측값과 유사한 값을 나타냄(XGB)
 - 사업화를 위해서 KPM 장비의 간소화 및 내구성 향상 등이 필요해 보임. 또한, 향타 시 표적지의 흔들림에 따른 오류를 수정할 수 있는 방안이 필요할 것으로 판단됨

25

시범사업

■ 관계자 의견(세종) 및 조치사항(2)

- 잦은 전원 OFF로 세팅값 초기화(초기설정 반복) 현상 보완 필요
 - > 기본적으로 설정 완료후 해당 설정값을 다음 프로그램 실행시 자동으로 입력되어 있도록 세팅 됨
- 작업 종료후 이메일 전송 문제(전산서버없음) 해결이 필요
 - > 작업 종료후 설정된 작업자 메일 리스트로 작업 내역이 전송 되도록 구성 되어있지만 현장 인터넷 환경에 따라 전송에 문제가 발생할 가능성이 있음. 최종 작업리스트 전송시 메일 전송이 완료되었는지 확인절차가 필요할 것으로 판단됨
- 핸드폰 실시간
 - > 시공 시작시 입력된 파일번호를 이용하여 작업 파일을 즉시 생성하기 때문에 시공중 파일 넘버링을 변경할 수 없음. 시공전에 파일명 을 정확하게 입력하는 주의가 필요함
- 굴착심도 오류 발생에 대한 보완 필요
 - > 굴착심도가 정확하지 않을 시 '심도 보정' 기능을 통해 현재 상황의 실제 심도를 입력하여 보정이 가능함. RESET은 기본값으로 변경되고, SET은 심도를 입력하여 새롭게 적용이 됨
- 향타 기록부 전일 작업내용 중첩 현상 보완이 필요함
 - > 향타 기록부는 프로그램이 실행되면 당일 작업내역을 자동으로 찾아 리스트에 표출함. 만약 해당 리스트를 삭제하고 싶다 '작업닫기'를 이용하여 리스트 삭제가 가능함. 반대로 기존 리스트에 연속으로 작업이 필요할 경우, '작업열기' 를 통해 리스트를 불러올 수 있음
- 핸드폰 실시간 화면 전송이 느림
 - > 작업현장 인터넷 속도에 영향을 받으므로 인터넷 품질을 확인해야 함
- 파일 최종 깊이 확인(오거로 파일 상단 터치) 작업으로 인한 작업 시간 지연이 발생함
 - > 해당 작업은 근입심도를 측정하기 위한 과정으로 필요한 작업임

27

시범사업

■ 관계자 의견(세종) 및 조치사항(1)

- [향타업체]
 - 심도 측정 시 오류가 발생함
 - > 스마트 MG 장비 설치 시 와이어 절단을 예방하고자 와이어를 느슨하게 하였음. 이로 인한 와이어 슬립 현상으로 오류가 발생했을 가능성이 있음. 오거 최대 상승치보다 높게 올렸을 경우, 와이어 절단 등 파손이 발생되는데, 최대 상승치를 높게 재 설치하여 와이어 파손 현상을 차단함. 와이어 턴버클을 이용해 장력을 조절하면 와이어 슬립 현상이 일어나지 않음
- 사용자 입력 미흡으로 인한 "파일 내용 중복 " 상황이 발생함
 - > 시공전 작업정보를 정확하게 입력하지 않고 시공시 파일명 중복현상이 발생하게 됨. 작업자는 도면상에 나와 있는 파일 번호를 정확하게 입력해야 함
- 사용자 입력 미흡으로 "파일 길이 입력 오류"에 따른 수정불가 보완
 - > 시공 시작시 입력된 파일번호를 이용하여 작업 파일을 즉시 생성하기 때문에 시공중 파일 넘버링을 변경할 수 없음. 시공전에 파일명을 정확하게 입력하는 주의가 필요함
- 굴착심도 오류 발생에 대한 보완 필요
 - > 굴착심도가 정확하지 않을 시 '심도 보정' 기능을 통해 현재 상황의 실제 심도를 입력하여 보정이 가능함. RESET은 기본값으로 변경되고, SET은 심도를 입력하여 새롭게 적용이 됨
- 향타 기록부 전일 작업내용 중첩 현상 보완이 필요함
 - > 향타 기록부는 프로그램이 실행되면 당일 작업내역을 자동으로 찾아 리스트에 표출함. 만약 해당 리스트를 삭제하고 싶다 '작업닫기'를 이용하여 리스트 삭제가 가능함. 반대로 기존 리스트에 연속으로 작업 리스트 작성이 필요할 경우, '작업열기' 를 통해 리스트를 불러올 수 있음

26

제3장

- 스마트 MG 기준화 -

스마트 MG 국가건설기준 제정

■ 추진 사유

- 중대재해처벌법 시행, 숙련공의 대거 은퇴, 근로시간 단축, 안전의식 강화등 건설환경 변화에 대응하기 위해 개발되는 스마트 건설기술의 활성화 및 조기 정착을 위한 국가기준 제개정 필요
- 매입말뚝 스마트 MG 시스템 개발(1차 연구, 2023)와 시범사업 성과분석(2차 연구, 2025) 결과를 국가기준인 KCS 110 50 15(기성말뚝)를 반영하고 이후, LHCS 개정과 KS 제정하여 말뚝공사 현장에 확산 촉진

■ 추진 일정

- 2024.11 : 매입말뚝 자동화 시공관리 시스템의 KCS 11 50 15 기성말뚝 기준 반영여부 협의 (KICT 국가건설기준센터)
- 2024.12 : KCS 11 50 15 개정안 제출 및 추가 협의(KICT, 지반공학회)
- 2025.07 : 국가건설기준센터와 한국지반공학회 최종 협의
- 2025.08 : 한국지반공학회에 매입말뚝 스마트 MG 연구성과 KCS 반영 요청 공문발송 (연구관리처-10411호, 25.8.11)
- 2025.말 : 국토교통부 중앙건설기술심의위원회 상정

29

스마트 MG 국가건설기준 제정

■ 주요 개정내용

- 3.1.5 시험시공 말뚝(신설) : 사. 시공 중 천공 연직도, 천공심도, 말뚝 근입심도, 오거 전류치, 시멘트풀 주입량 및 최종관입량 등은 스마트 기술을 이용한 시공관리 자동화 시스템을 활용할 수 있다.
- 3.2.7 시공기록(신설) : (3) 매입말뚝의 시공기록은 스마트 기술을 이용한 자동화 시스템을 활용하여 작성할 수 있다.
- 3.5.4 매입말뚝 자동화 시공관리(신설)
 - (1) 스마트 기술을 활용한 자동화 시스템으로 매입말뚝의 시공관리를 수행할 경우에는 별도의 계획을 공사감독자에게 승인을 받아야 한다.
 - (2) 자동화 시스템은 측정장치, 입력장치, 출력장치, 모니터 등으로 구성한다.
 - ① 매입말뚝 자동화 시공관리 시스템은 시험시공시 적용하여 성능을 검증하고 본항타의 전체 말뚝에 대한 시공관리 및 기록에 적용한다
 - ② 측정장치는 천공 연직도, 천공심도, 말뚝 근입심도, 오거 전류치, 시멘트풀 주입량 및 최종관입량 등 매입말뚝을 시공하는 항타기의 작업 진행상황 등을 측정하기 위한 것으로 측정 목적에 따라 요구되는 허용오차 이내의 정밀도를 가져야 한다.

31

스마트 MG 국가건설기준 제정

■ 주요 개정내용

- 개정 방향 : 매입말뚝 자동화 시공관리(스마트 MG)를 이용한 매입말뚝의 항타기록부 작성을 위해 용어, 시공계획서, 일일 작업보고서, 시험시공 말뚝, 시공기록, 매입말뚝 자동화 시공관리 항목을 신설, 보완
- 1.3 용어의 정의(신설) : 매입말뚝 자동화 시공관리 - 스마트 기술을 이용하여 매입말뚝의 연직도, 천공심도, 말뚝 근입심도, 오거 전류치, 시멘트풀 주입량 및 최종관입량 등을 자동으로 측정, 입력, 출력하는 장치와 모니터링 시스템을 활용하는 **스마트 건설기술**
- 1.4.1 시공계획서(보완) : ⑦ 시공기록은 수작업 이외에 자동화 시공관리 시스템에 의해 작성할 수 있으며 작업일 마다의 기록 외에 개개의 기초 시공상황 전체가 쉽게 이해될 수 있도록 하여야 한다.
- 1.4.4 일일 작업보고서(말뚝 시공작업 기록)(신설) : (2) 매입말뚝은 일일 항타기록부를 작성할 때 스마트 기술을 이용한 자동화 시공관리 시스템을 이용할 수 있다.

30

스마트 MG 국가건설기준 제정

■ 주요 개정내용

- ③ 입력장치는 시공현황 관련 정보를 작성하고 측정장치로부터 계측된 위치, 천공심도, 천공 연직도, 오거 전류, 시멘트풀 주입량 등이 모니터에 실시간으로 표시되어야 한다.
- ④ 출력장치는 모니터링이 가능한 무선 네트워크 통신으로 구축하여 매입말뚝 시공정보를 공사감독자, 수급인, 전문업체 등 공사관련자가 관련 서버에 실시간으로 접속할 수 있어야 한다.
- ⑤ 모니터는 터치형으로 천공기 조정석에 설치하며 매입말뚝의 시공과정으로 실시간으로 표시하여야 한다.
- ⑥ 시공 데이터는 소정의 항타기록부 양식으로 저장되고 출력할 수 있어야 한다.
- ⑦ 항타기의 운용 빈도, 운용 기간 등에 따라 자동화 시스템의 성능 및 정밀도가 현저히 감소하는 것으로 확인된 경우, 공사감독자에게 보고 후 즉시 교체하여야 한다.
- (3) 제출물
매입말뚝 자동화 시공관리 시스템에 의해 기록된 항타기록부와 데이터 파일은 공사감독자에게 제출하여야 한다.

32

스마트 MG 국가건설기준 제정

- 실무실용화 협의회 개최(연구관리처-8197, 25.6.26)
 - 일 시 및 장소 : 25년 6월 27일, 연구동 1회의실
 - 실무 참석자 : 스마트주택기술처장(박영남), 팀장(엄기태), 과장(이환희)
 - 실용화 방안 논의 내용
 - 기존에는 목측으로 관측된 내용을 수기로 향타기록부를 작성하였으나, 정밀센서에 의해 측정된 내용이 자동으로 향타기록부로 작성되니 정밀도가 높고, 현장업무 효율화에 기여할 것임.
 - 말뚝 시공작업의 정밀성과 안전성을 높이기 위해서는 본 MG의 적용이 필요한 것으로 판단됨.
 - 스마트 MG의 적용을 위해서, 현장 현장의 스마트안전관리비를 활용하는 방법이 있겠고, 보다 본격적인 적용을 위해서는 스마트 MG가 국가기준화가 되면 좋을 것임. 스마트 주택기술처에서도 매입말뚝 스마트 MG의 적용 방법에 대해 고민하겠음.
 - LH 제도화 및 적용을 위한 연구성과 실무부서 제공 : 연구관리처 10433(25.8.11), 스마트주택기술처
 - 스마트 MG의 적용을 통해 시공품질, 안전성이 증가하고, 설계변경의 여지가 줄어들겠지만, 적적적인 원가절감이 가능한지 검토하면 좋을 것임.
 - 3차 시범사업(대전둔곡)에 스마트 주택기술처에서 보다 적극적으로 참여하여 실제 적용을 위한 제도화 작업 등을 할 수 있도록 할 예정임.
 - 3차시범사업 시행 및 협조 공문 발송 : 연구관리처-10749, 10750(25.8.19) 대전본부

33

결 론

▪ 매입말뚝 스마트 MG의 개선

- 본 연구에서 매입말뚝 스마트 MG(LHRI 개발)와 KPM(KICT 개발) 두 시스템이 연동이 되게 하여, 향타기사는 말뚝 시공데이터(스마트 MG)와 최종관입량(KPM)을 한 모니터로 보면서 효율적으로 말뚝 시공 및 품질 확인이 가능하게 됨.
- 스마트 MG와 KPM의 연동시스템을 특허출원함.
 - 출원번호 : 10-2023-0187983
 - 특 허 명 : 매입말뚝 시공 품질관리 시스템, 방법 및 상기 방법을 실행시키기 위한 컴퓨터 판독 가능한 프로그램을 기록한 기록 매체

35

제4장

- 결 론 -

결 론

▪ 시범사업을 통한 스마트 MG의 적용성

- 스마트 MG+KPM은 모든 센서에 의한 측정값이 자동기록되므로 목측에 의한 측정 보다 정밀하고 수기에 의한 오기 및 조작 문제를 최소화하여 신뢰성 있는 현장품질관리가 이루어질 것으로 기대
- 스마트 MG는 장비와 영점 셋팅이 정상적으로 된 상태에서는 굴착심도가 정확하게 측정/기록됨. 단, 향타기사가 말뚝 재료길이를 잘못 입력하면, 굴착심도는 제대로 측정되나, 근입심도와 슬라임두께 값이 잘못 산정될 수 있으므로 말뚝 재료길이를 제대로 입력하는 것이 필수임.
- 특히, 시공비 정산과 관련된 항목인 굴착심도 및 근입심도 등의 항목들이 스마트 MG는 정밀측정과 자동기록이 되므로 신뢰성을 증대시킬 것임.

36

결론

■ 시범사업을 통한 스마트 MG의 적용성

- 기존에 목적과 수기에 의해서는 나타나지 않았던 슬라임두께와 모터 전류치가 정확하게 측정되고 LH 향타기 록부 양식으로 자동기록되어 매입말뚝의 품질관리에 필요한 기초 데이터들이 축적되므로 향후 매입말뚝의 품질향상에 도움이 될 것으로 판단됨.
 - 굴착방식에 따른 슬라임양 데이터 분석에 따라 최적 굴착방식 선택이 가능
(지반의 토질/암 분포 및 슬라임 발생량 고려하여 최적 굴착방식 선택)
 - 설계지지 지층에서의 굴착방식 별 전류치 데이터 분석에 의하여 설계지지층 판단 가능
- 최종관입량 측정 시 낙하물 또는 해머 타격 중 말뚝 파손으로 인한 측정자의 부상이 발생할 수 있는데, KPM의 원격측정은 더 정밀하면서도 부상의 위험을 원천적으로 차단할 수 있음.
- 또한, 스마트 MG 센서에 의한 측정과 품질관리로 향타장비와 말뚝 주변으로의 접근을 줄여서 안전사고 확률을 낮출 수 있음. 중대재해법과 최근의 건설사고에 대한 국민들의 인식과 대처안을 보면 대형장비와 높은 타격에너지가 작용하는 말뚝 작업에 대한 스마트 장비 도입에 의한 안전성 개선이 반드시 필요한 것으로 판단됨.

37

07

BIM 응용도구 전용 부속 ADD-IN S/W개발 및 활용사례

이영호 | LH 스마트단지기술처 차장



KOREA LAND & HOUSING CORPORATION
Construction BIM standards team

건설 데이터의 효율적 디지털 전환 및 활용을 위한

BIM 응용도구 전용 부속^{ADD-IN} S/W 개발 및 활용사례

2025. 11.



한국토지주택공사

Contents

01

LH BIM
기본 개념

02

LH BIM
기술 표준

03



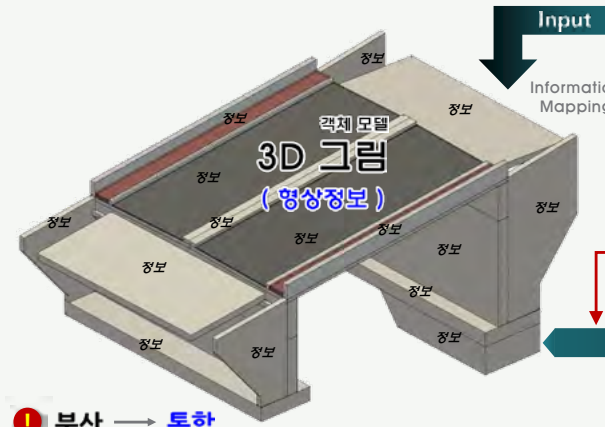
Civil Design System
LH BIM
부속 S/W





LH BIM(단지분야) 개념

❖ 건설정보 모델링 (BIM, Building Information Modeling)



입력
Information Mapping

건설정보 (속성정보)

1 표준분류체계	2 공통정보	3 세부정보
WBS Code (1~7단계) → 3D 객체 고유 I.D. → 문자, 숫자의 조합	사업명, 사업규모, 수행사, 관리주체 등	자재규격, 재료종류, 기준위치, 기타 등 → Pset (속성정보세트)

Key Operator
(핵심역할 수행)

출력

- 공사물량 계산 (수량산출서)
- 공사비용 계산 (예산내역서)
- 공사공정 관리
- 시설물 건설정보 공유/관리
- 시설물 관리정보 생산/유통

목적
스마트 건설 실현
자동화
지능화

❗ 분산 → 통합
도면/물량/내역 BIM 모델

❗ WBS → DB
분류코드 검색/분류/집계/분석...

❗ BIM = "형상정보 + 속성정보" → 통합 연동

3D 객체 모델을 통한 건설사업관리 시스템

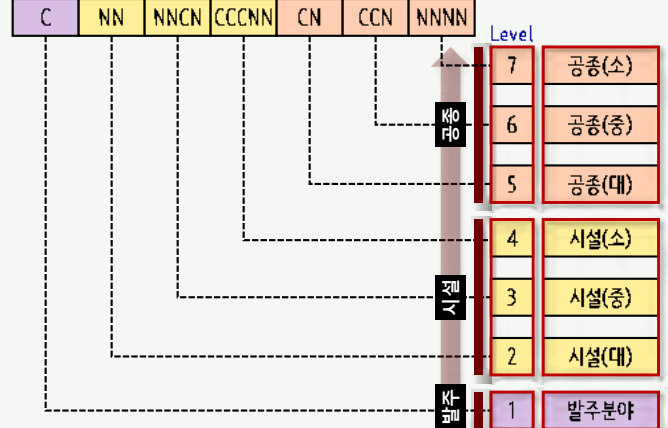


작업분류체계(WBS) 구성

LH BIM 적용지침(토목)

● C(character); 문자(A~Z) or 숫자(0~9), N(Number); 숫자(0~9)

Level	1	2	3	4	5	6	7
발주분야	단조성	오수시설	대토2류	A~21 관로	오수토공	터마기	토사
단조성	C	05	02L2	EA021	D1	D10	0103



Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5	Level 6	Level 7
발주분야	단조성	오수시설	대토2류	A~21 관로	오수토공	터마기
단조성	05	02L2	EA021	D1	D10	0103

단지분야 작업분류체계 정의서

LH BIM 적용지침(토목)

사전 형태

단위명	단위코드	단위명	단위코드	단위명	단위코드	단위명	단위코드
단위명	단위코드	단위명	단위코드	단위명	단위코드	단위명	단위코드

편집 형태

단위명	단위코드	단위명	단위코드	단위명	단위코드	단위명	단위코드
단위명	단위코드	단위명	단위코드	단위명	단위코드	단위명	단위코드

작업분류체계 코드 생성 예

단지조성

Lv.1	단지조성	C
Lv.2	토공시설	02
Lv.3	단독주택용지	02A1
Lv.4	단독1	B0001
Lv.5	토공(철축)	A1
Lv.6	터파기	A60
Lv.7	토사	0103

오수시설

Lv.1	오수시설	05
Lv.2	관로1류	05M1
Lv.3	관로명A-21	EA022
Lv.4	오수관	D2
Lv.5	오수관(분관)	D50
Lv.6	VR관	0304
Lv.7	원형맨홀	0404

부속Add-in 소프트웨어 S/W 개발

BIM 응용도구용 NAVISWORKS

» LH BIM 모델 데이터 운영을 위한 부속ADD-IN S/W 개발

속성정보 입력

정보입력 방식 제고

- ✓ 問, 정보 입력방식 상이
- ✓ 解, 정보 입력방법 통일

객체별 속성정보

정보표시 기능 제고

- ✓ 問, 정보표시 제어 불가
- ✓ 解, 사용자 중심 기능 개발

설계 예산서

설계 예산서 작성 제고

- ✓ 問, 기존 S/W 기능 부재
- ✓ 解, 가격 DB 연동 기능 개발

5D 공정계획

BIM 기반 공정계획 작성

- ✓ 問, 별도 S/W 활용 필요
- ✓ 解, 통합 S/W 기능 개발

부속Add-in 소프트웨어 S/W 개발

BIM 응용도구용 NAVISWORKS

부속Add-in 소프트웨어 S/W 개발

작업분류체계 (WBS)별 모델분류

속성정보(Pset) 검토결과

성과품 폴더 생성

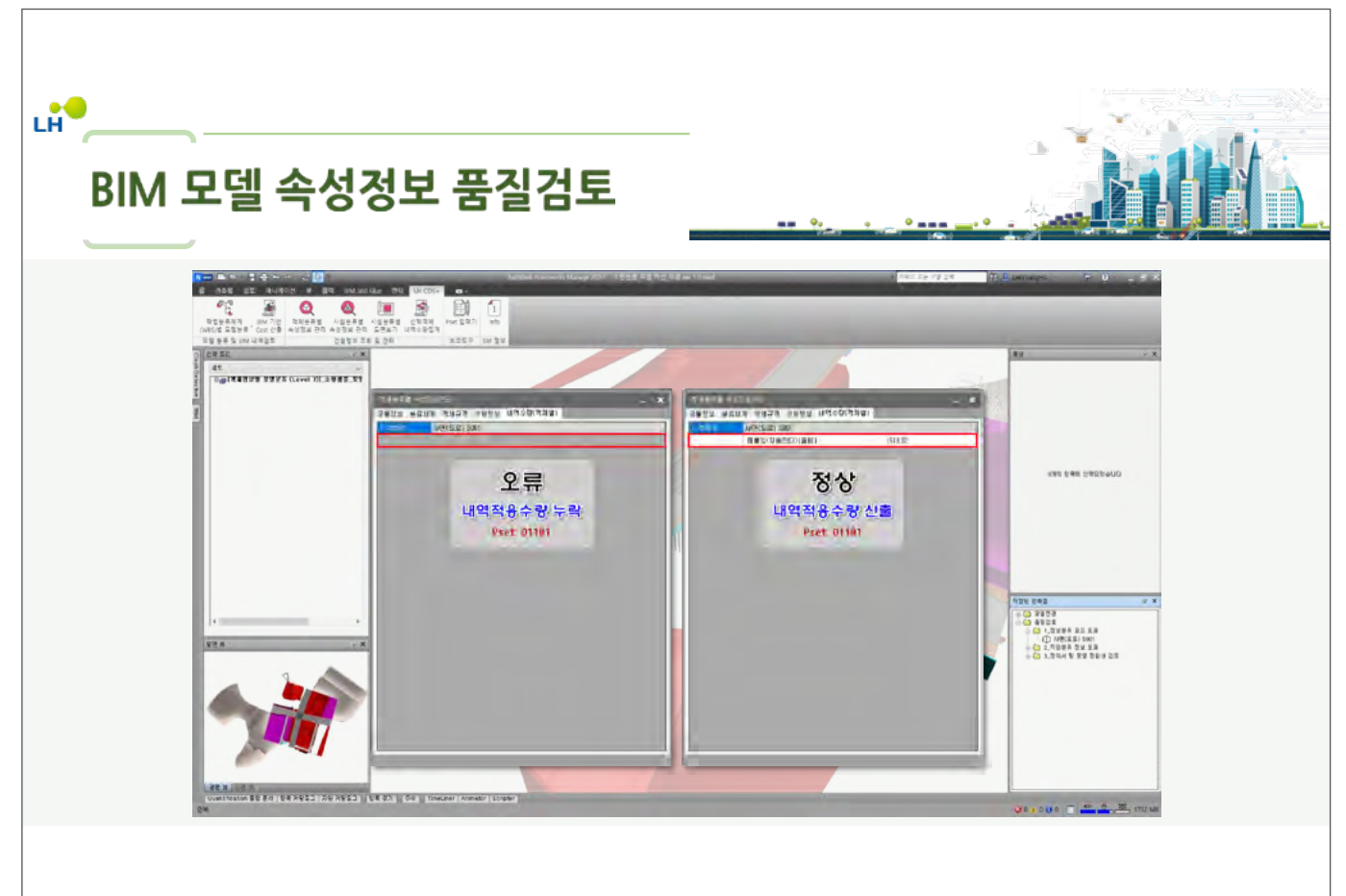
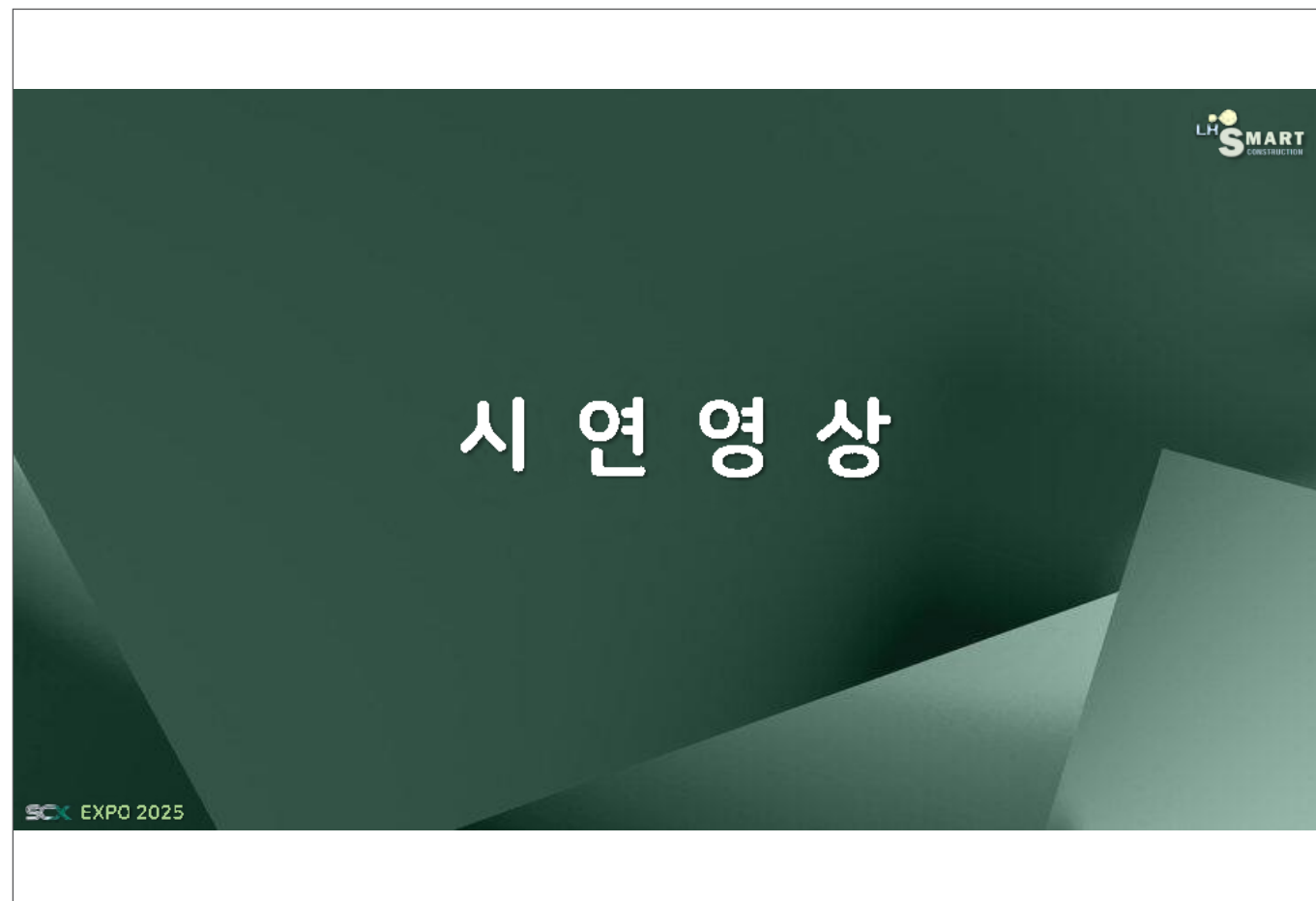
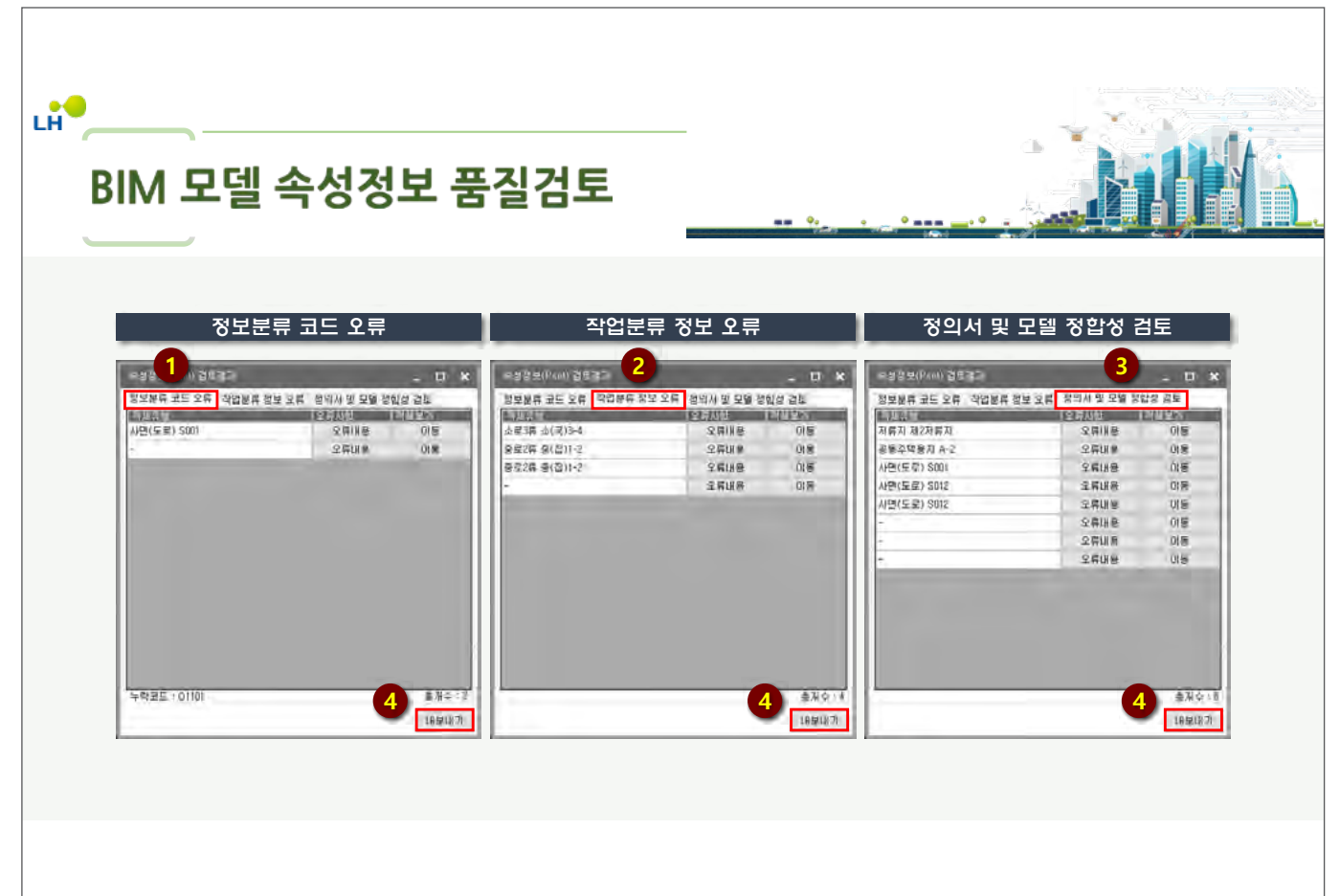
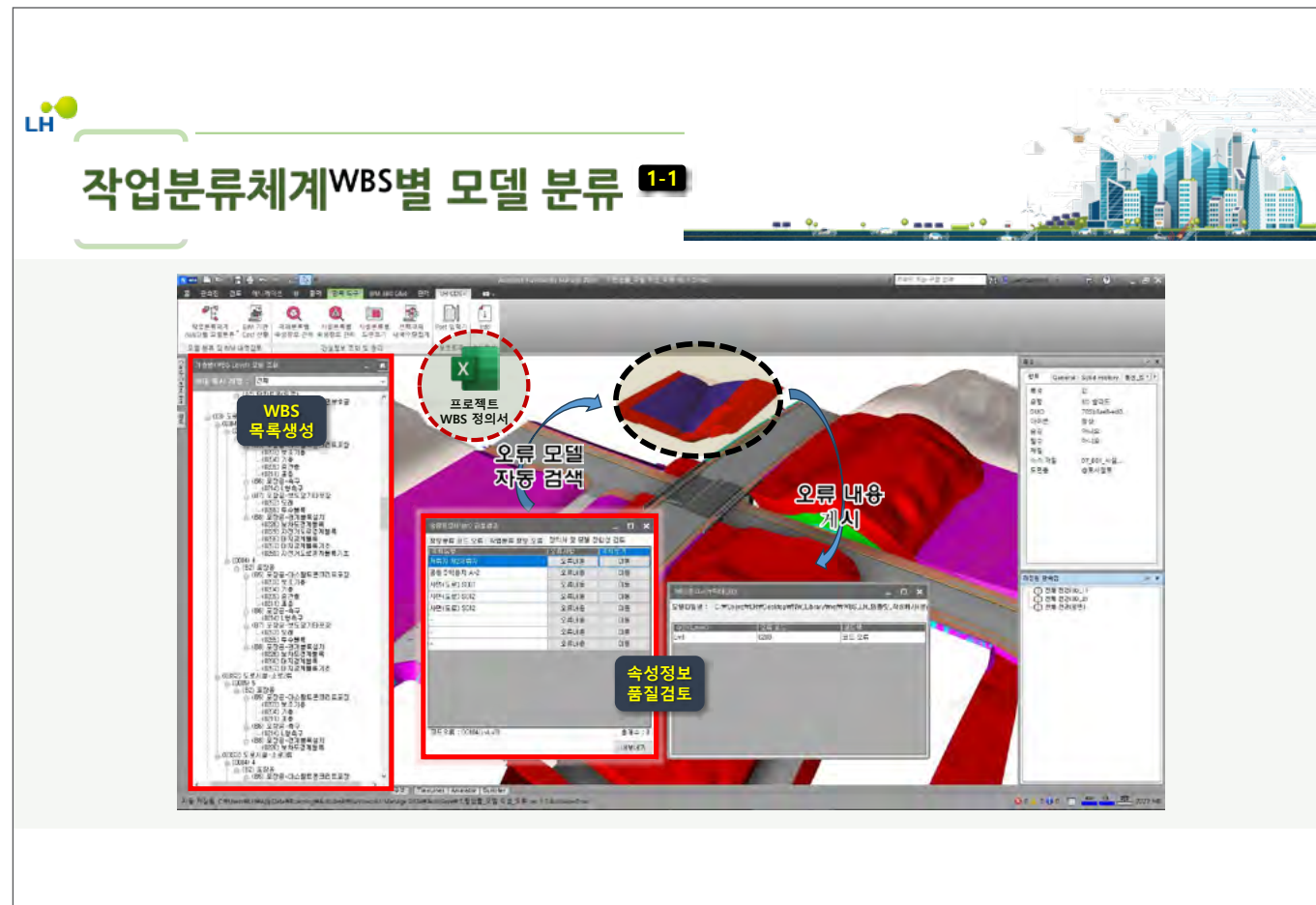
계층별(WBS Level) 모델 조회

BIM 성과품

WBS 목록서 (별첨 형태)

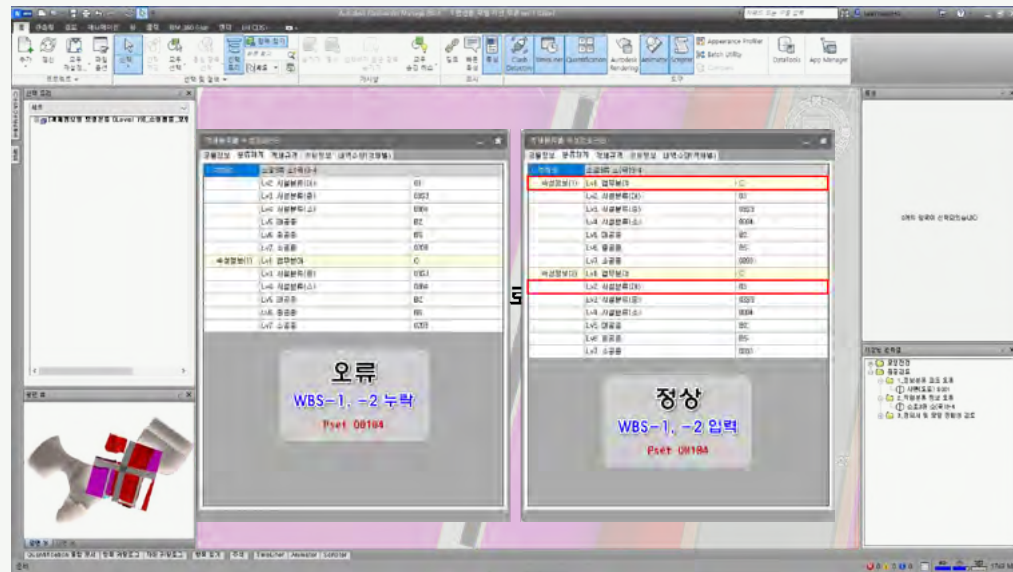
BIM 설계예산서 (내역서)

BIM 품질검토 보고서





BIM 모델 속성정보 품질검토

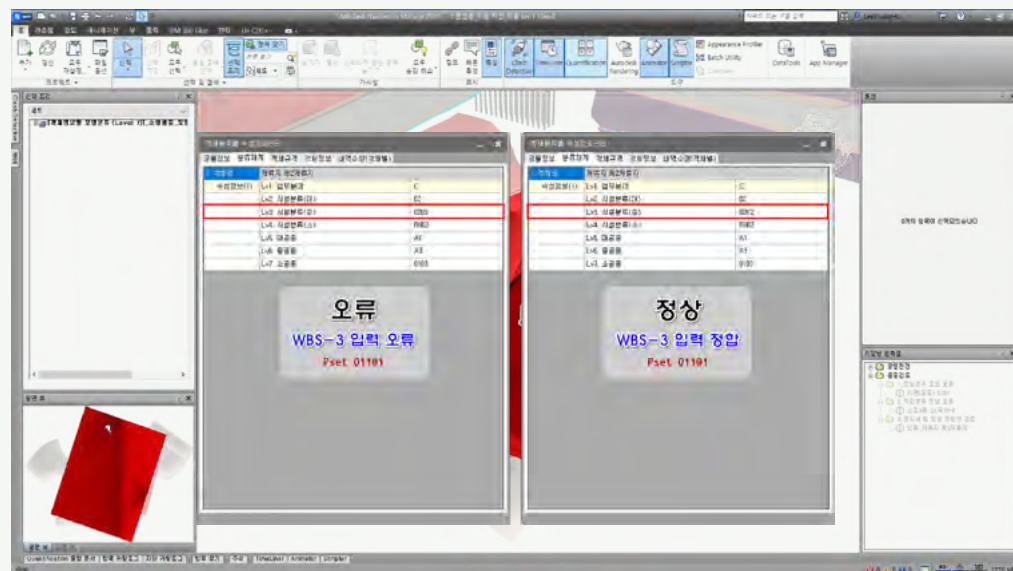


시연 영상

SCX EXPO 2025



BIM 모델 속성정보 품질검토



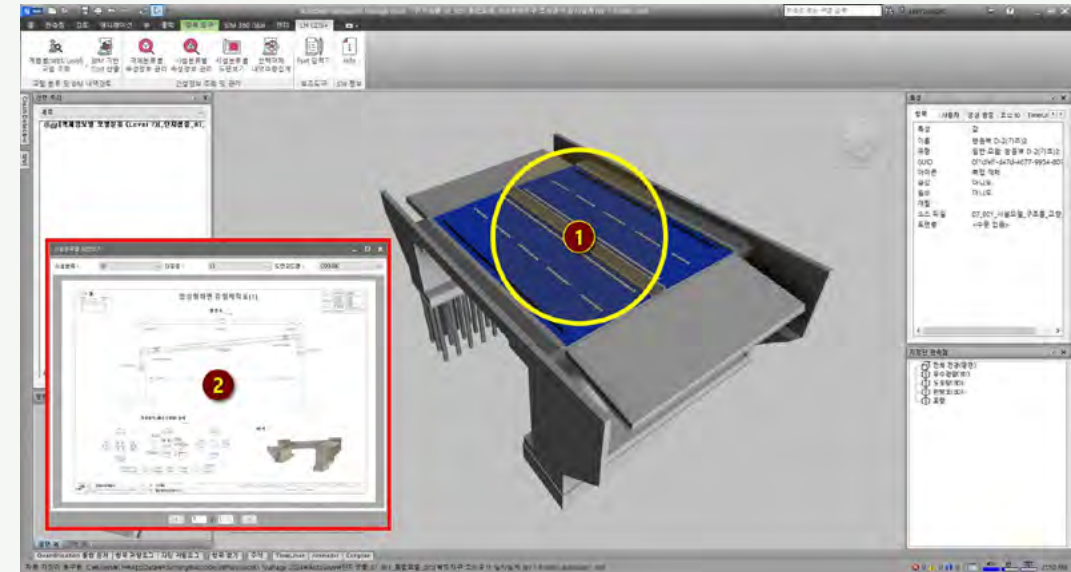
객체 분류별 속성정보 관리 2-1



시연 영상



시설 분류별 도면 보기 2-3

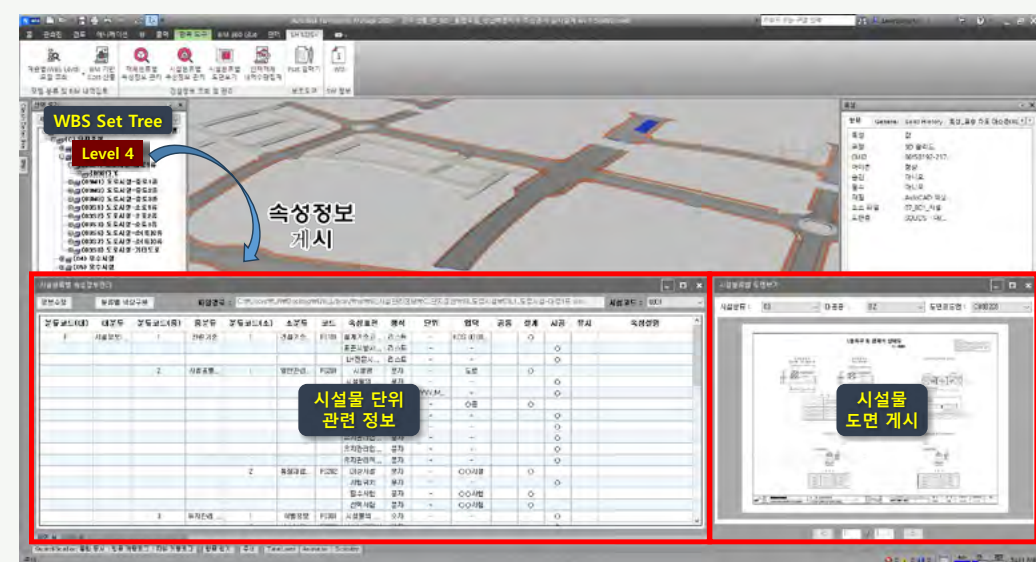


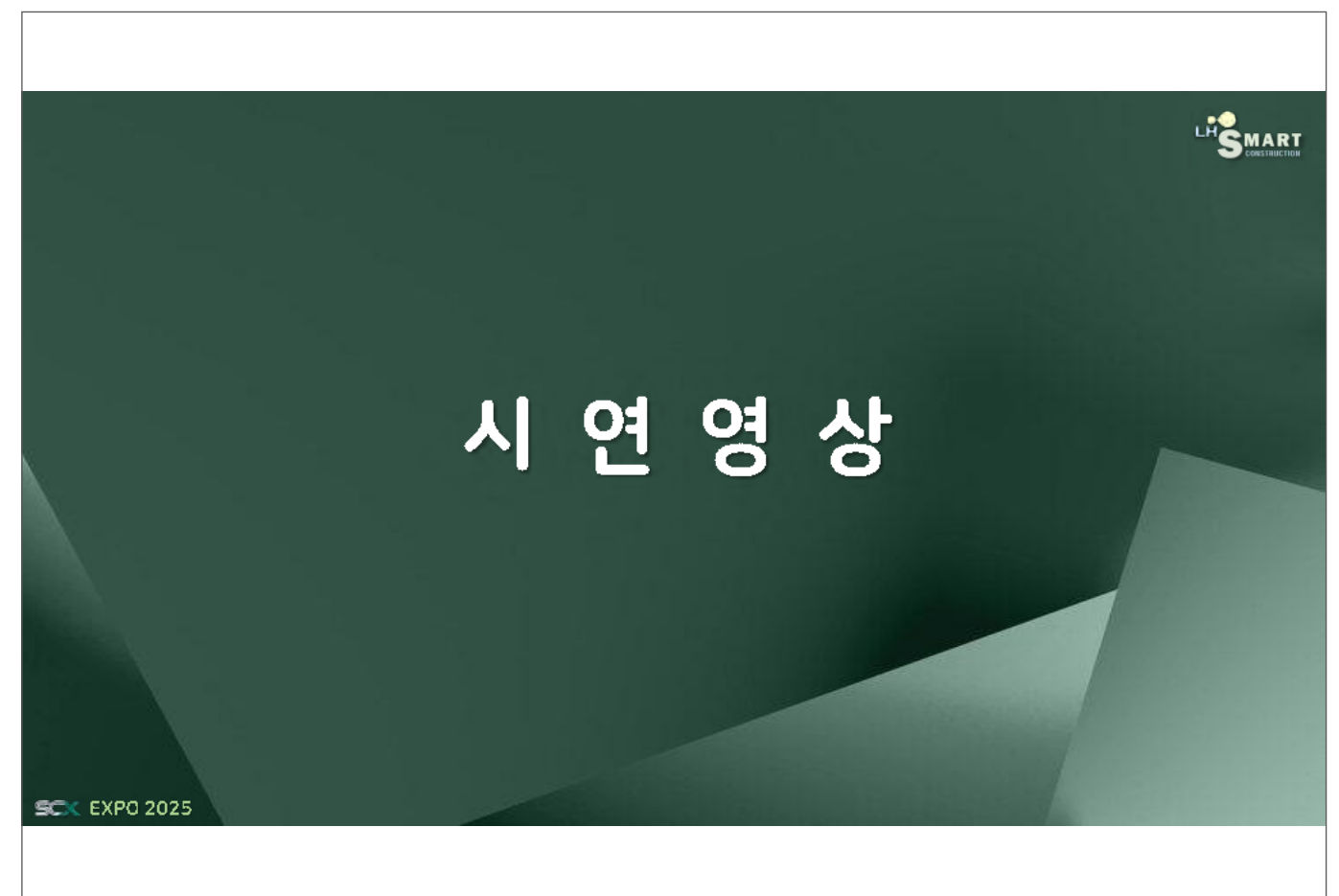
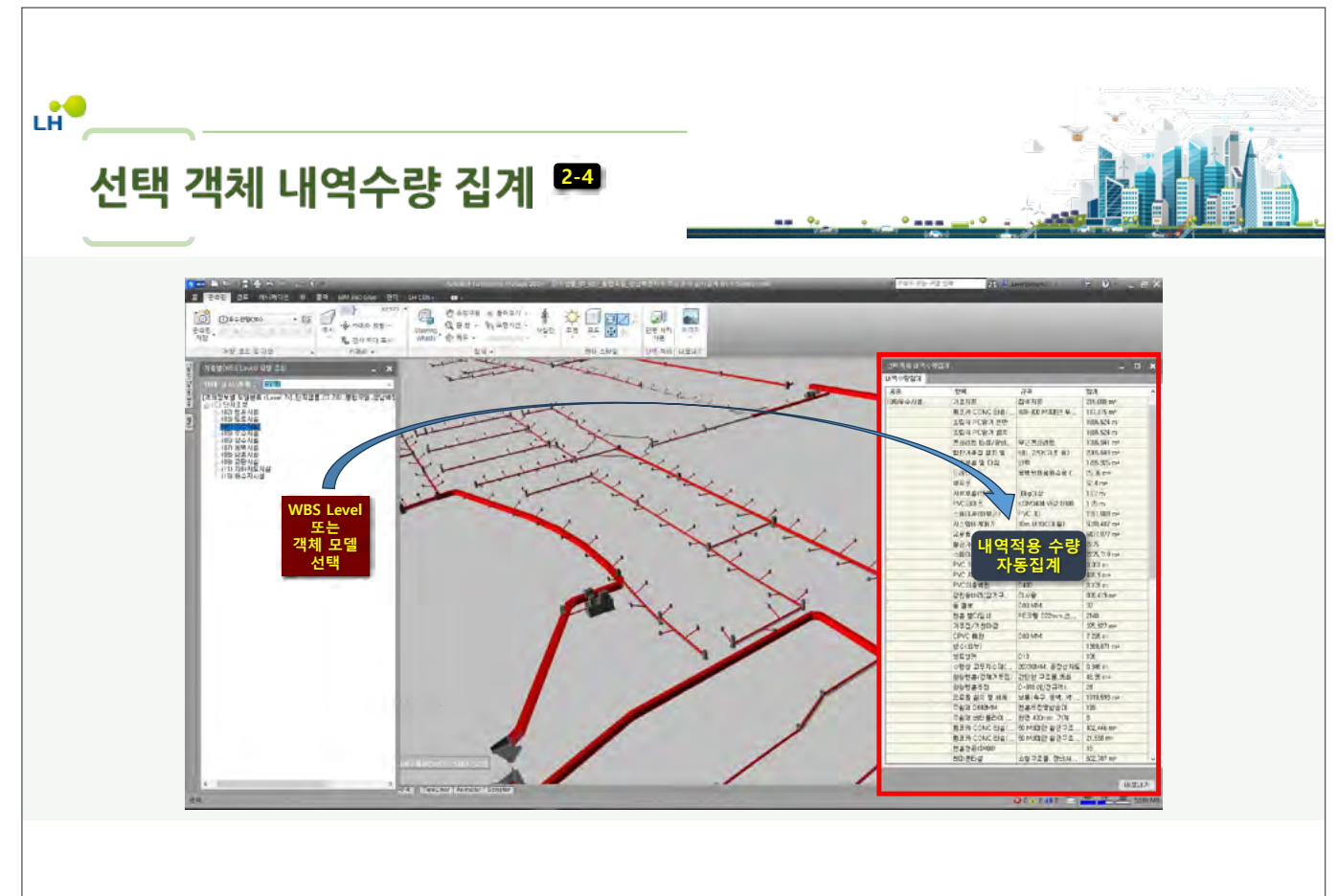
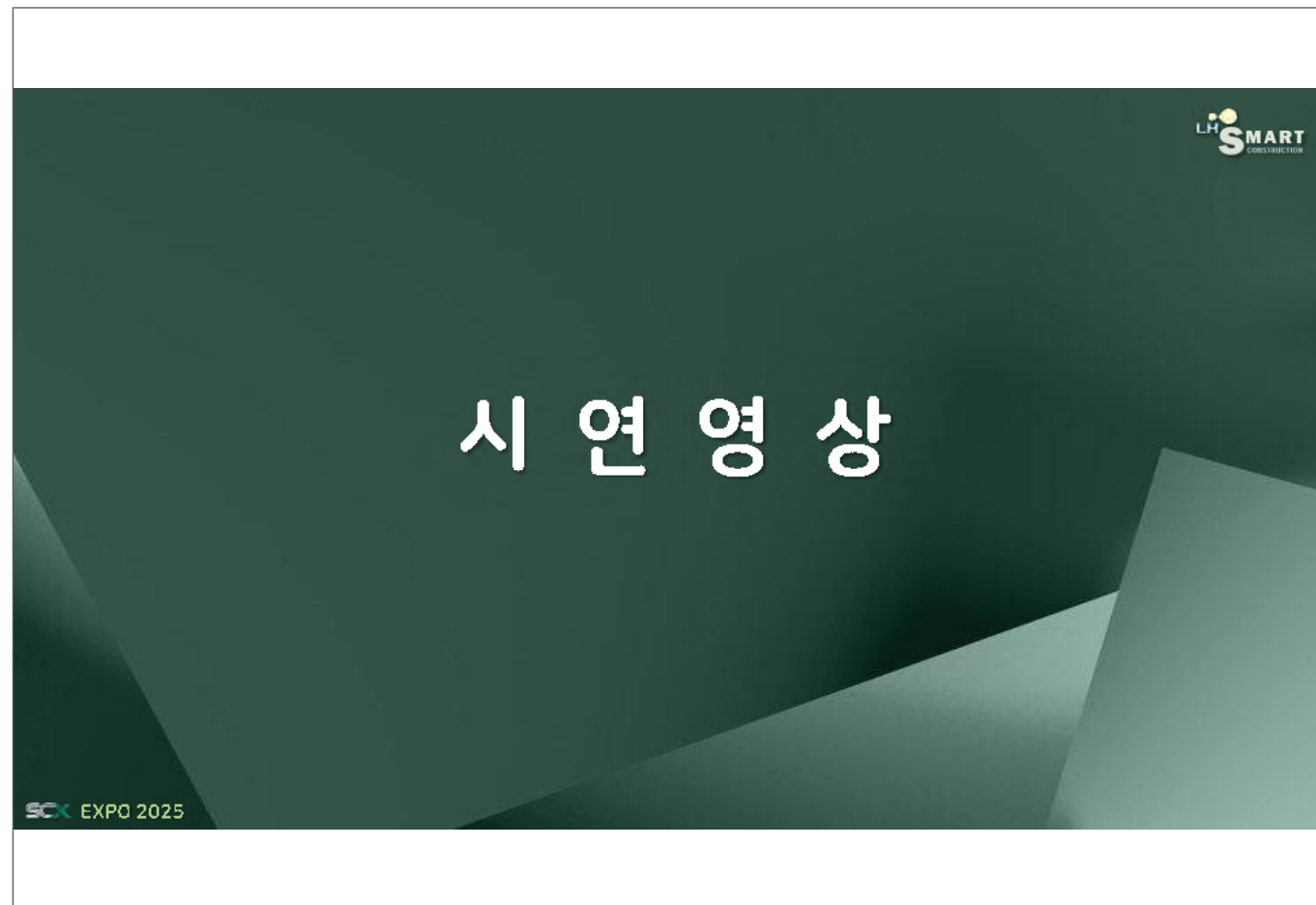
시설 분류별 속성정보 관리 2-2

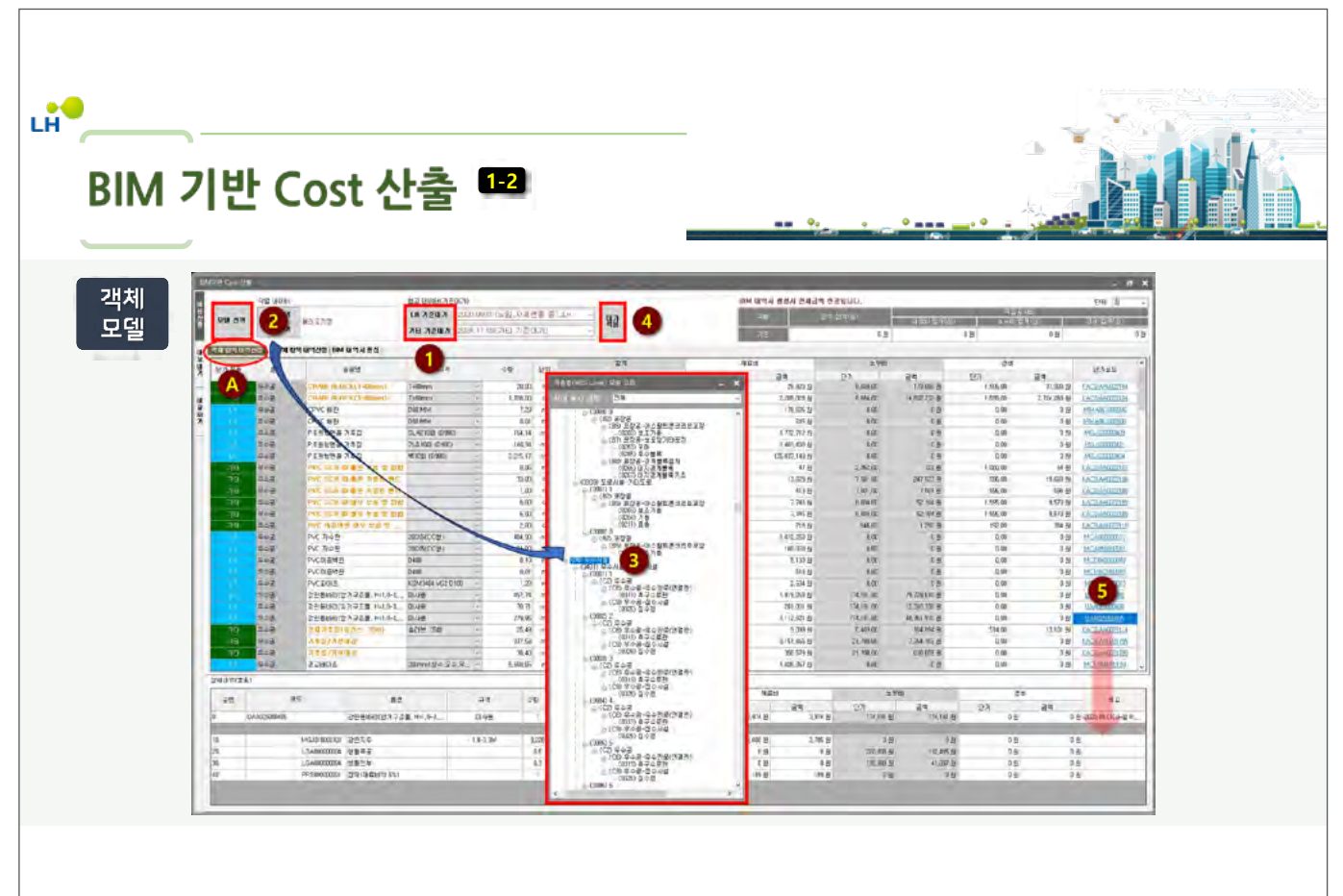
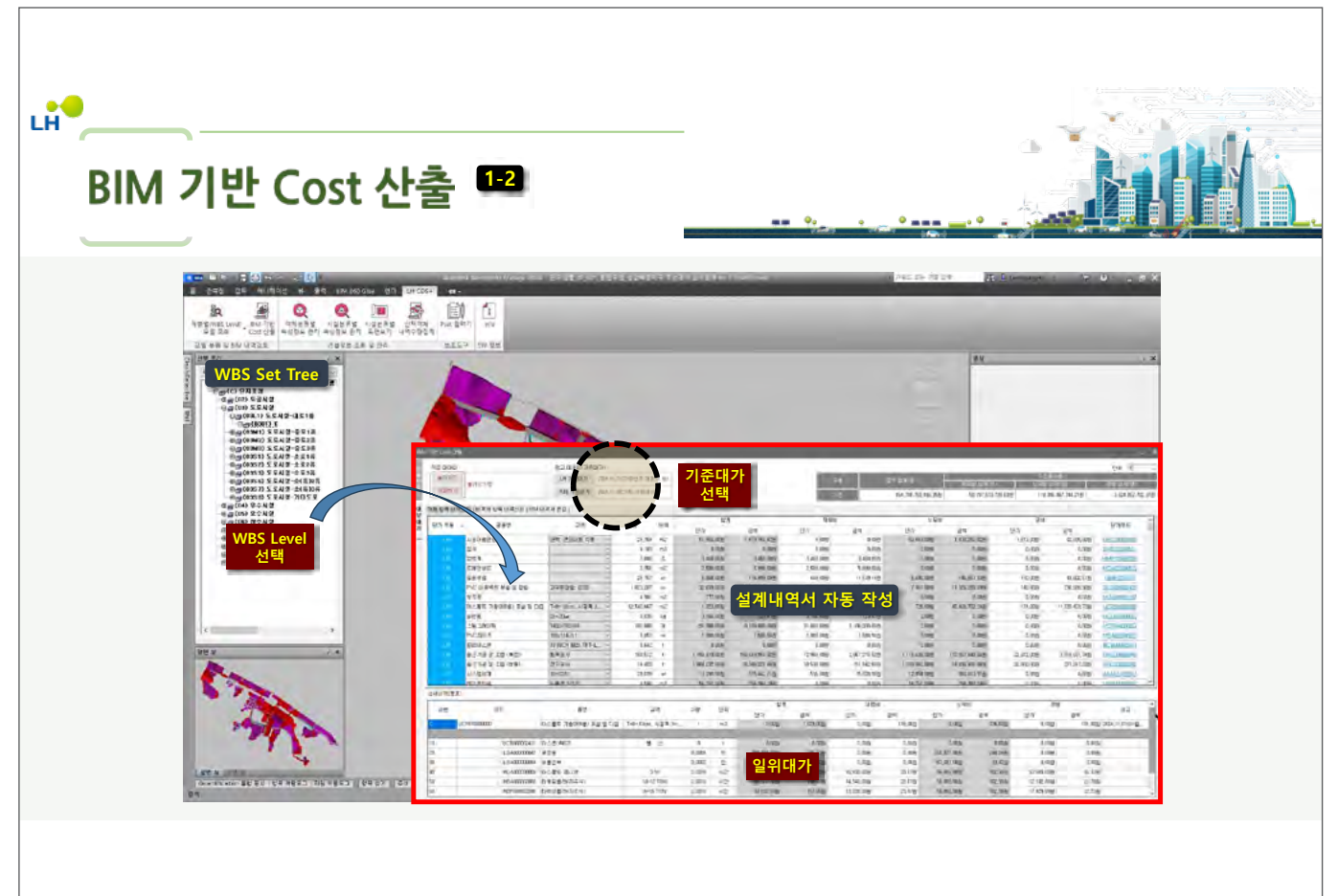
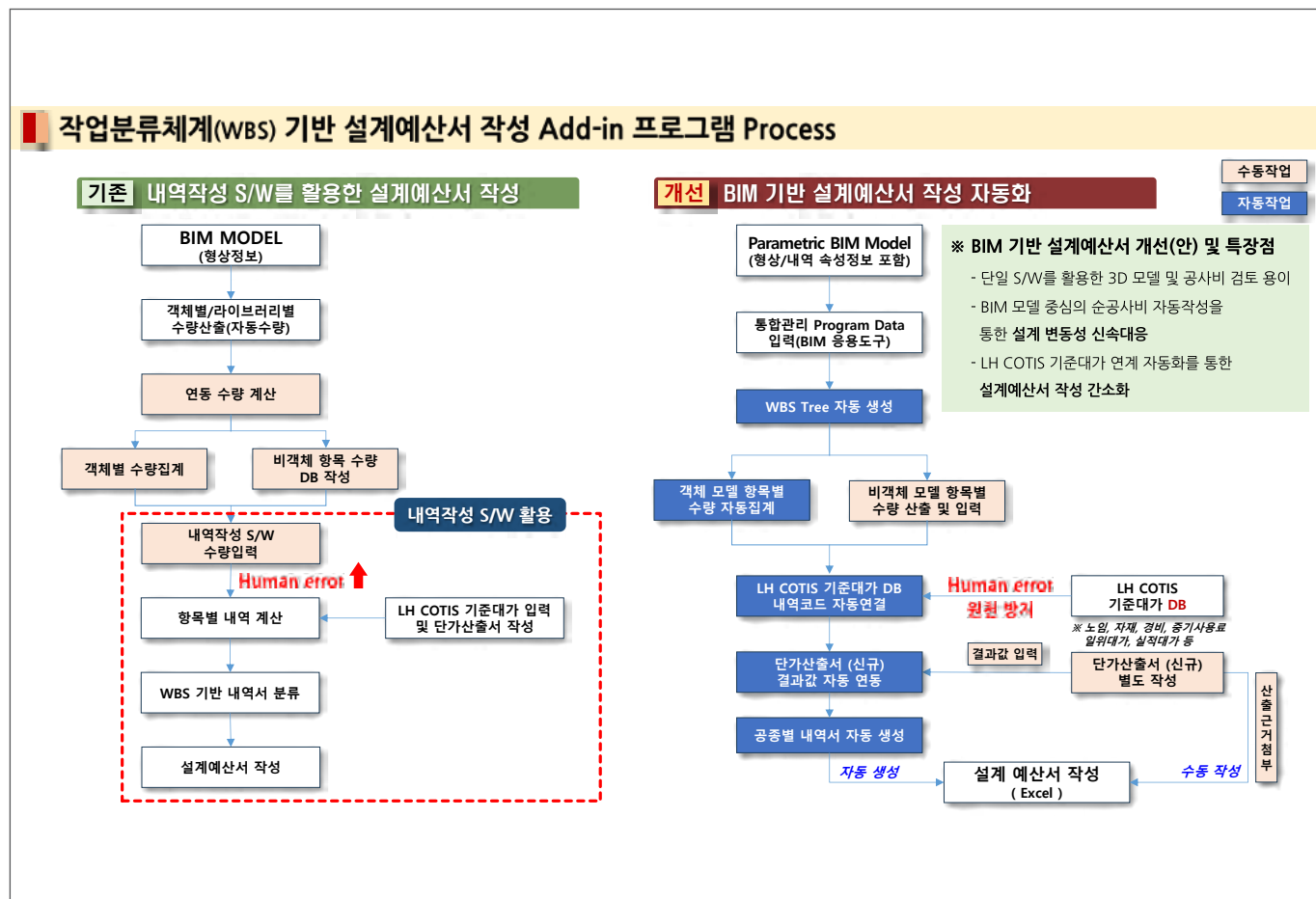
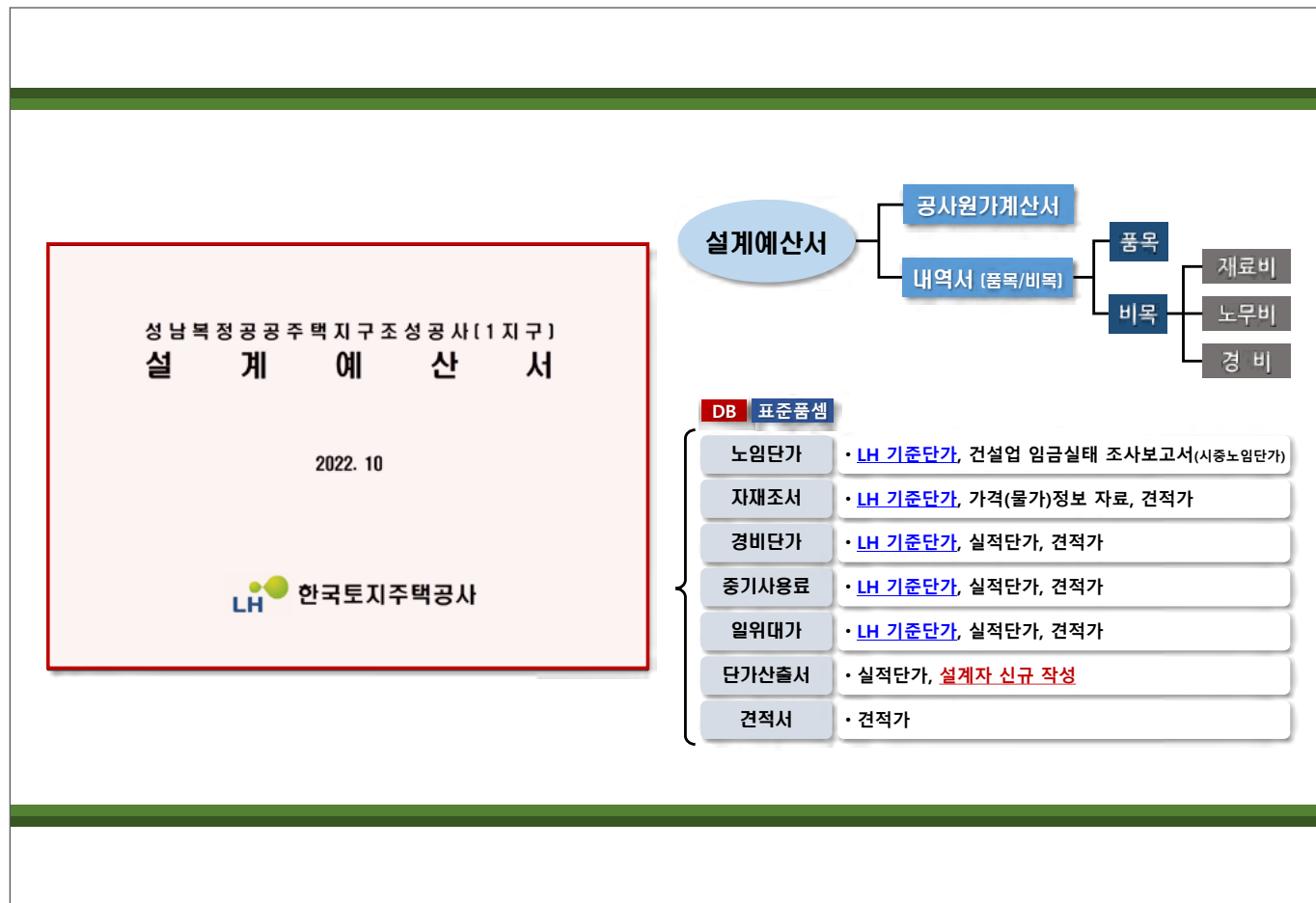
[illegible]

WBS-4
속성정보

시설 분류별 속성정보 관리







시연 영상

SCX EXPO 2025

시연 영상

SCX EXPO 2025



감사합니다

LH SMART
CONSTRUCTION

SCX EXPO 2025

MEMO



스마트건설·안전·AI 엑스포
SMART CONSTRUCTION & SAFETY & AI EXPO 2025