

선진 건설신기술(Future Tech) 및 적용 사례 조사 보고서

- 미국 'ENR FutureTech' 컨퍼런스를 중심으로-

(해외건설정책지원센터)

- 동 보고서는 선진 건설신기술 및 적용 사례 조사를 위해 실시한 미국 출장 중 'ENR FutureTech' 컨퍼런스에서 제시한 주요 기술에 대해 조사한 내용을 토대로 작성했습니다.

< ENR FutureTech >

□ 목적

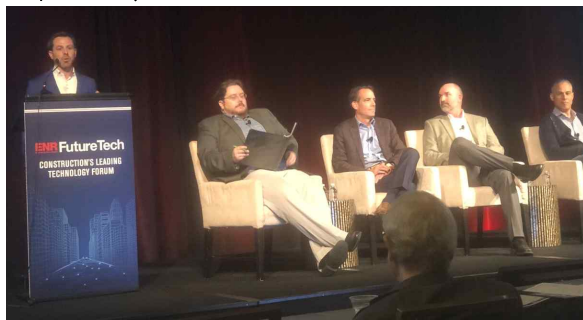
- 선진 건설·엔지니어링 기업들이 미래 비전·신기술·적용 사례 공유를 통해 향후 생산성, 수익, 안전성을 향상시키는 토대 마련
- 건설·로봇·IT 기업 등 글로벌 건설산업 참여자들간 네트워크 구축

□ 기간 / 장소 : 6. 8(수)~10(금) / 미국 샌프란시스코 힐튼 유니언 스퀘어

□ 참석자 : 총 600여명

- 건설사 플루어(Fluor), 벡텔(Bechtel), 제이콥스(Jacobs) 등
- 로봇·IT 기업 IFS, 빌트로보틱스(Built Robotics) 등

□ 주요 사진



1

포스트 코로나 시대 건설산업의 3가지 트렌드 분석

□ 발표자

- IFS Rick Veague, Chief Technology Officer
- ENR Jeff Rubenstone, Deputy Editor 등

□ 주요 내용

○ 건설산업의 생산성 향상을 위한 3가지 혁신 방안 제시

- 코로나19 및 우크라이나-러시아 전쟁은 세계 경제 전반에 예상치 못한 현상을 일으키고 있는데 공급망 붕괴(Supply chain Disruption)는 전 산업에 영향을 주고 있음
- 공급망 붕괴로 공급 지연(Delay)을 경험하고 있는지에 대한 U.S Census Bureau 조사 결과, 건설(Construction) 산업체 중 60%가 물류가 원활하지 않아 어려움을 겪는다고 답했는데, 이 비율은 제조업에 이어 2번째로 높은 수치임

<공급망 붕괴로 인한 산업별 영향>



(출처 : IFS, ENR FutureTech)

<건설 산업의 낮은 이익률>



(출처 : IFS, ENR FutureTech)

- 이러한 어려움 외에도 건설 산업은 낮은 수익성 및 노동생산성 증가율 등으로 혁신의 필요성이 높아지고 있음. McKinsey에 따르

면 건설 산업의 이익률은 4.4% 수준으로 17개 산업군 중 15위임. 건설 산업이 이 상황을 벗어나 수익성 · 노동생산성 향상을 위해서는 3가지 방안을 추진해야 함

<건설 산업의 낮은 노동생산성>



(출처 : IFS, ENR FutureTech)

<향후 건설 산업의 3가지 트렌드>



(출처 : IFS, ENR FutureTech)

- ❶ (Offsite · Modular Construction) 향후 5년 내에 전 현장의 50%는 Offsite · Modular Construction · 3D printing을 통한 공기 단축 및 품질 향상을 이뤄야 함
- E&I Engineering Group은 방식의 전환(Design & Manufacture → Construct & Install)을 통해 현장 인력의 효율적 배치, 안전사고 감소라는 결과를 얻음

<건설 방식의 전환>



(출처 : IFS, ENR FutureTech)

<E&I Engineering의 혁신 결과>



(출처 : IFS, ENR FutureTech)

- ❷ (Digital Transformation) KPMG에 따르면, 혁신 리더(Top 20%)는 BIM(86%), Basic D&A(83%), Drone(72%), VR(59%), Robotics(10%) 등 혁신 기술을 적용하여 생산성 향상을 추진하고 있음

<디지털 전환>

<디지털 전환 관련 주요 적용 기술>

Trend #2: Digital Transformation

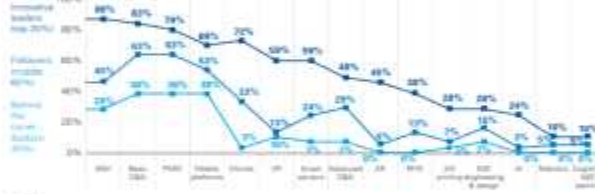


(출처 : IFS, ENR FutureTech)

Trend #2: Digital Transformation

Figure 4: Innovative leaders are ahead in implementing technology

Percentage of companies that implemented each technology



Source: FutureBuilder Index: Leaders and Followers in the engineering & construction industry

Source: IFS, ENR FutureTech

(출처 : IFS, ENR FutureTech)

- **③ (Full Asset Lifecycle Support)** 기존 EPC 개념보다 확대된 전 생애주기에 대한 BIM 적용·활용이 요구됨. 즉 완공 후 운영&관리(O&M) 단계에서도 지속적인 데이터 축적 및 피드백을 통해 적시 유지보수 및 성능향상을 하는 개념이 확산되어야 함

<기존 건설사업에 대한 접근>

<미래 건설산업 전반에 대한 개념>

Construction Project Lifecycle



(출처 : IFS, ENR FutureTech)

Trend #3: Full Asset Lifecycle Support



(출처 : IFS, ENR FutureTech)

2

‘Aqua DNA by Jacobs’ 등 IoT·AI 기술을 활용한 건설 관리

□ 발표자

- Jacobs Chrissy Thom, SVP Growth, Strategy & Solutions

□ 주요 내용

○ IoT·AI 기술을 활용한 건설 관리

- 최근 건설산업은 지정학적 리스크, 노후화된 인프라, 기후 변화 대응 및 탈탄소 압력, 금융 문제, 급상승한 원자재 가격, 전문 인력 부족, 빅데이터 등 복잡 다양한 도전 과제에 직면해 있음
- 이러한 과제를 기회로 전환시키기 위한 게임 체인저(Game changer)는 혁신 기술이 될 수 밖에 없음

<건설산업의 도전 과제>



(출처 : Jacobs, ENR FutureTech)

<교통 분야 주요 혁신 기술>

Technology is Changing the Game for Transportation



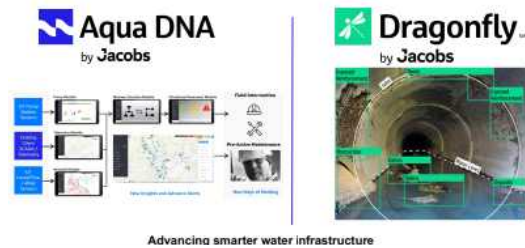
(출처 : Jacobs, ENR FutureTech)

- 이에 Jacobs는 물산업에 특화된 프로그램인 ‘Aqua DNA by Jacobs’ 및 ‘Dragonfly by Jacobs’ 을 개발하여 현장에 적용 중임
- ‘Aqua DNA by Jacobs’ 및 ‘Dragonfly by Jacobs’ 는 IoT pump station sensor, IoT level·flow sensor 등 IT 기술을 적용해 현장 방문을 하지 않고도 실시간으로 펌프의 상태, 수위 및 유속을 측정할 수 있음

- 이를 통해 상하수 등 물 관련 인프라 운영이 정상적으로 진행되는지 여부는 물론 의사결정 모듈(Business Decision Module) 및 상황 인식 모듈(Situational Awareness Module)을 통해 사전 점검·유지보수를 적시에 할 수 있음

<디지털 솔루션을 통한 혁신 프로그램>

Digital OneWater Solutions + Infrastructure Innovation In Action



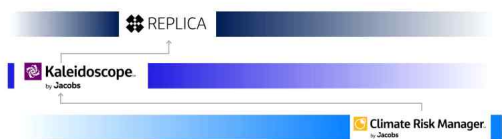
(출처 : Jacobs, ENR FutureTech)

<디지털 솔루션을 통한 혁신 프로그램>

Digital Solutions + Infrastructure Innovation In Action: Resilience

Resilient, sustainable infrastructure requires a connected solutions approach

Securing Funds | Planning & Design | Construction | Operations & Maintenance



(출처 : Jacobs, ENR FutureTech)

3

Deep learning, Machine learning을 활용한 리스크 예측

□ 발표자

- Suffolk Technologies Wan Li Zhu, Co-Founder and Managing Director
- nPlan Dev Amratia, CEO

□ 주요 내용

○ 인간의 낙관론적 편향 오류를 제거하기 위한 Deep learning 기술

- nPlan에 따르면, 2005~2021년 기간 중 대형 프로젝트의 14.5%만이 공사 기간을 준수한 것으로 조사되었는데, 이는 상당수 프로젝트의 사업 관리가 인간의 낙관론적 편향(Optimism bias)에 의해 사업 관리가 소홀했던 것으로 판단하고 있음

<대형 프로젝트의 공기 준수 비중>

Only one out of every seven large-scale projects finishes on time



(출처 : Suffolk, nPlan, ENR FutureTech)

<팬데믹 기간 공기 연장 일수>

The median large-scale project delay increased by 167% during the pandemic



(출처 : Suffolk, nPlan, ENR FutureTech)

- 그리고 코로나 팬데믹 기간 동안에는 공기연장 일수가 과거 80일에서 214일로 무려 167%가 증가하는 등 향후 납기 준수가 핵심 이슈로 대두되고 있음
- nPlan이 분석한 납기 준수 실패 사유 중 인간의 낙관론적 편향이 주요 요인으로 판단되며, 이를 근본적으로 해결하기 위해서는 인공지능(AI)을 통한 리스크 예측 및 문제점 해결이 필요함

<인간의 낙관론적 편향 비중>

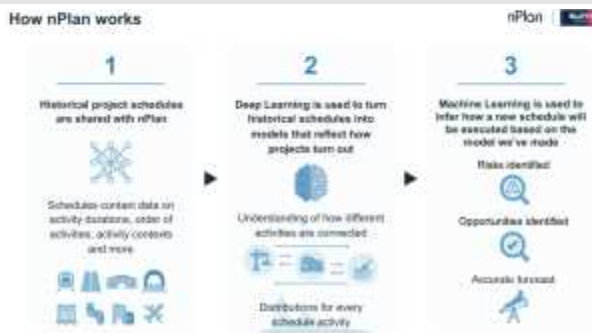


(출처 : Suffolk, nPlan, ENR FutureTech)

(출처 : Suffolk, nPlan, ENR FutureTech)

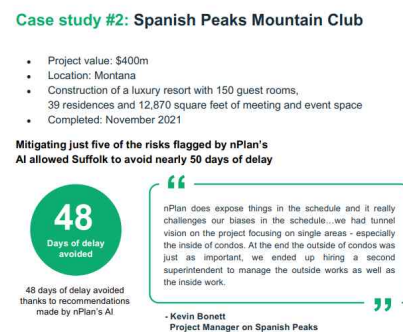
- nPlan 프로그램은 공정별 기간 및 순서 등(activity duration, order of activities, activity contexts and more)을 데이터화→딥러닝(Deep learning)→머신러닝(Machine learning) 과정을 거쳐 적합한 스케줄 및 기회/위험 요인을 제시해 줌

<사업 관리 성공 사례>



(출처 : Suffolk, nPlan, ENR FutureTech)

<사업 관리 성공 사례>



(출처 : Suffolk, nPlan, ENR FutureTech)

4

VR Training을 통한 혁신적인 안전 향상 기술

□ 발표자

- Fluor Sean Manning, Director
- Room Scale Labs Matthew Vitti, XR Architect, Founder and CEO

□ 주요 내용

○ VR을 활용한 Training의 효용성 및 활용

- 미국 NCBI*에 따르면, 건설 현장에서 발생하는 부상 관련 평균 비용(Average cost of injury)은 사고당 4.4만불이며, 사망 관련 평균 비용(Average cost of fatality)은 131만불로 나타남

* National Center for Biotechnology Information

- 이처럼 현장 내 빈번히 발생하는 사고를 현저히 줄이기 위한 방안으로 가상현실(VR)을 활용한 훈련(Training)이 주목받고 있음

<VR의 효용성 관련 기사>



(출처 : Room Scale Labs, ENR FutureTech)

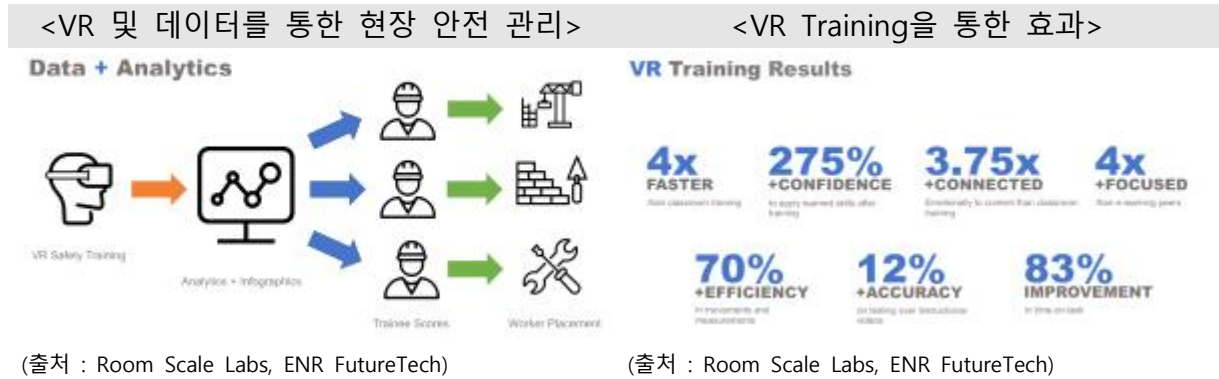
<VR을 통한 안전 트레이닝>



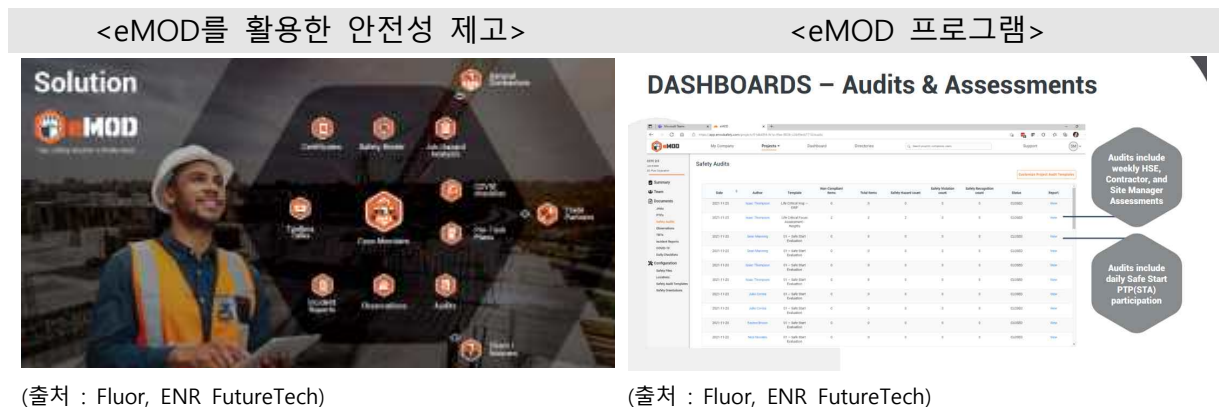
(출처 : Room Scale Labs, ENR FutureTech)

- 가상현실 훈련을 통한 안전 체험은 기존 전통 교육(강의, 시청각 자료)보다 실제로 건설 근로자의 안전 의식 고취·업무 효율 향상을 일으키는 것으로 판단됨

- 특히 전통 교육 대비 근로자의 현장 내 자신감 275% 향상, 업무 효율 70% 향상, 작업 시간 내 업무 완료율 83% 향상 등의 결과로 나타남



- Fluor는 eMOD라는 안전 솔루션을 통해 작업 전 계획(Daily pre-task planning), 안전 감사 및 평가(Audits, Assessments) 등을 통해 안전 관련 데이터를 측정함. 그 데이터에 기반한 근로자 행동 패턴 분석 및 현장 개선을 통해 근로자의 안전·건강 향상 및 안전 관련 비용 저감을 추진하고 있음



5

로봇공학을 접목한 건설기술(Integrating Robotics)

□ 발표자

- Bechtel Keith Churchill, Chief Innovation Officer

□ 주요 내용

○ 로봇 친화적 설계 등 Bechtel의 로봇 적용 사례

- Bechtel은 1898년 이래, 160개국에서 25,000건 이상의 프로젝트를 수행하고 있음
- 코로나19 팬데믹 기간 동안 수익률 저하 등의 어려움을 겪었으나, 생산성 향상을 위한 노력을 지속하고 있으며 로봇을 활용한 혁신을 현장 곳곳에서 실천하고 있음

<벡터의 로봇 활용>	<로봇 활용의 예>
 <p>Bechtel is leveraging robotics.</p> <ul style="list-style-type: none"> Improving Productivity External Partnerships with Established Tech Internal Development with Integrators Autonomous Design Project Optimizations 	 <p>Pilot: Utility Scale Solar</p> <p>In late 2021, Bechtel deployed Built Robotics autonomous technology on the Utility Scale Solar project in Texas to excavate MV trench.</p> <p>Key objectives:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ensure safety: Demonstrate efficacy of robot safety architecture for implementation on site • Validate ROI: Determine cost and productivity benchmarked to traditional excavation methods • Verify quality: Ensure trench produced meets quality standards and is suitable for burying AC cable

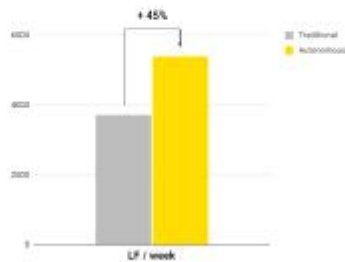
(출처 : Bechtel, ENR FutureTech)

- 로봇 친화적 설계(Robotic friendly design), 로봇 · IT 기업과의 협업을 통해 전통 방식의 공법을 끊임없이 개선하고 있음. 특히 굴착(excavator)작업, 파이프 절단, 볼팅(Bolting), 드릴링(Drilling)에 특화된 로봇을 통해 작업 효율화 · 안전성 제고를 이루고 있음

- 이를 통해 로봇 적용 작업에서는 전통 건설 방식 대비 45%에 달하는 생산성 향상을 이끌어 냄

<전통 방식 VS 자동화 생산성 비교>

Production Comparison



(출처 : Bechtel, ENR FutureTech)

<Key learnings>

- 1 **Adjust digging for different materials:** Developed a stronger bucket stop to empty sticky clay
- 2 **Increase labor productivity:** Opportunity to reallocate craft hours for experienced operators and survey crews to higher value activities while improving productivity.
- 3 **Reduce survey requirements:** Robot's ability to pull survey data directly from the model eliminates the potential for manual calculation errors and minimizes traditional survey support.
- 4 **Level up craft:** Achieve consistent quality results even though REO traditionally might not be able to deliver that. Critical in areas with limited craft availability and/or skill sets.
- 5 **Extended operations:** Potential to adopt a 24-hour excavating shift on greenfield projects where adequate artificial light can be provided and personnel access can be controlled.
- 6 **Increased equipment utilization:** Provide better and more consistent utilization thus reducing maintenance cost

(출처 : Bechtel, ENR FutureTech)

6

로봇 적용을 통한 Image based 프로젝트 관리 기술

□ 발표자

- Nextera Robotics Lana Graf, Partner and CEO

□ 주요 내용

○ 로봇 적용을 통한 Image based 프로젝트 관리 방안

- 건설 산업에서 로봇은 하드웨어(Hardware)로 분류됐으나, 이제는 소프트웨어(Software) 탑재 · 연결에 집중한 로봇만이 그 역할을 제대로 할 것임
- Nextera Robotics가 개발한 Zero-Touch Robots는 탑재된 카메라를 통해 자동 스캔 기능 등을 갖고 있어 통제(Control) 및 유지보수(Maintenance)를 필요로 하지 않음
- 즉 Lidar, HD 360도 카메라, 3D 장애물 감지 장치, 컴퓨터 기능을 통해 건설 현장의 구조물을 인식하고 촬영하여 근로자에게 공유하게 됨

<건설 및 로봇공학 관련 트렌드>

Trends in Robotics & Construction

Construction:

- A need for productivity growth is well-articulated
- Breakthroughs in 3D design and planning over the past decade, but little progress "in the field", with physical tools

Robotics:

- Commoditization of "hardware" – abundance of robotic arms and mobile robots at ever-decreasing cost
- Growing need for sophisticated control software
- Abundance of "tools" but lack of "solutions": deficit of integrated, scalable, problem-focused offers

(출처 : Nextera Robotics, ENR FutureTech)

<Zero-Touch Robots 특징>

"Zero-Touch" Robots

- Leave on site for the entirety of the construction project
- Does not require "control" or "maintenance"
- Performs autonomous scans on a regular schedule without any input
- Automatic images upload to the user-facing part of the platform
- Sophisticated fleet management infrastructure, swarm intelligence, high-definition remote technical support



(출처 : Nextera Robotics, ENR FutureTech)

- 이를 통해 근로자가 현장을 가지 않고도 현장 상황을 파악할 수 있고, 이를 통해 작업 계획도 수립할 수 있음

<Zero-Touch Robots의 활용>



(출처 : Nextera Robotics, ENR FutureTech)

<로봇을 활용한 프로젝트 추진>



(출처 : Nextera Robotics, ENR FutureTech)

7

현장의 안전성 제고를 위한 자율주행 중장비 개발

□ 발표자

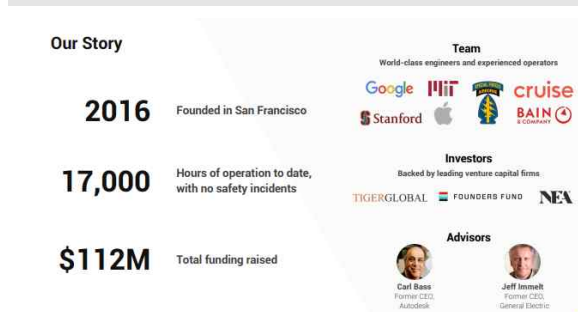
- Built Robotics Gaurav Kikani, VP of Strategy, Operations, and Finance

□ 주요 내용

○ 자율주행 중장비 개발 및 적용

- 빌트로보틱스의 핵심 기술은 불도저를 비롯한 중장비에 센서 (Sensor), 카메라 등이 탑재시킨 자율주행 차량으로 개조 · 생산하여 건설현장에 적용하는 것임

<Built Robotics 개요>



(출처 : Built Robotics, ENR FutureTech)

<자율주행 포크레인>



(출처 : Built Robotics, ENR FutureTech)

- 장점은 기존 장비를 활용한다는 점인데, 기존 장비에 라이다 (Lidar), 센서, 카메라 및 자율주행 시스템을 통해 건설 현장의 환경을 인식하게 됨
- 또 인근 기지국과 인공위성을 활용한 GPS 서비스까지 사용함. 건설기업은 자율주행 변화 장비 및 서비스를 구매하여, 자율주행 장비, 차량을 현장에 적용할 수 있음

- 기대 효과는 자율주행 및 GPS 서비스를 통해 센티미터(cm) 수준 까지 위치 서비스를 활용할 수 있게 되고, 이를 통해 장비, 차량이 스스로 현장 근로자의 위치를 파악하여 주행을 멈추고 재개할 수 있어, 안전사고 예방 효과도 있음



8

BIM을 통한 지속가능한 교통 인프라 확충

□ 발표자

- Utah DOT George Lukes, Standards and Design Engineer

□ 주요 내용

○ 교통 인프라의 지속가능성을 위한 BIM 적용 활성화

- 미국 교통부 및 고속도로청은 BIM(Building Information Modeling) 적용 활성화를 지속적으로 추진 중임
- 이를 통해 안전성 · 생산성 및 의사결정 능력을 향상시키고자 함. 단, 중소기업 등 다양한 이해관계자들의 상황을 고려해 Open BIM 적용을 검토 중임

<BIM 적용에 대한 공감대>



(출처 : UDOT, FHWA, ENR FutureTech)

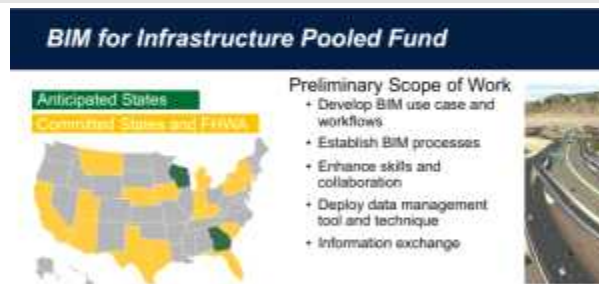
<BIM을 통한 디지털화>



(출처 : UDOT, FHWA, ENR FutureTech)

- 향후 주요 주(State)를 중심으로 BIM 정보를 공유하고, BIM을 적용하는 도로 등 교통 인프라를 확대하는 전략을 수립 중임

<지역간 BIM 정보 공유>



(출처 : UDOT, FHWA, ENR FutureTech)

<BIM 적용 사례>



(출처 : UDOT, FHWA, ENR FutureTech)