

# GLOBAL MAESTRO NEWS BRIEFING

## 건설 표준화(Standardization) 연구 소개



CII 2018 Annual Conference and Innovation Showcase

2017년에 발간된 McKinsey Global Institute (MGI) 보고서에 따르면, 우리나라 건설의 노동시간당 부가가치는 USD13로, 벨기에(USD48), 네덜란드(USD42), 영국(USD41), 스페인(USD41) 등 유럽 선진국의 현황과 비교하였을 때 1/3 수준인 것으로 나타났습니다. 한국생산성본부의 부가가치 노동생산성 지수를 살펴봐도 국내 건설업의 종업원 1인당 부가가치 증가율이 2010년부터 2017년까지 연평균 -4.66%로, 제조산업 평균 2.51%에 비해 현저히 낮은 실정입니다. 건설부문 생산성을 타 산업 평균 수준으로만 향상시켜도 연간 45조원 수준의 부가가치 창출 효과가 기대되는 만큼(MGI, 2017), 국내에서는 건설업 생산성 제고를 위해 많은 노력을 기울이고 있습니다.

최근 건설 생산성 혁신 및 산업 경쟁력 강화 등을 목적으로 주요 생산활동을 현장이 아닌 공장에서 이루어지도록 패러다임을 전환하는 "Off-Site Construction (OSC)"에 대한 검토가 국내외에서 활발히 이루어지기 시작하였습니다. 건설분야 전문가 다수의 의견에 의하면 건설업 생산체계가 제조업의 대량생산 시스템과 같이 표준화(standardization), 사전조립(prefabrication), 모듈화(modularization) 등에 기반을 둔 경우 생산성 증가는 물론, 품질 일관성 확보, 기술력 축적 및 국가경쟁력 제고 등의 효과가 나타날 것으로 전망됩니다. 이에 본 고에서는 건설 표준화, 사전조립, 모듈화 등과 관련된 다양한 연구 사례를 소개하겠습니다.

### Construction Industry Institute (CII) 표준화 연구

#### 표준화 연구 소개

우리나라에서는 최근에서야 건설부문의 표준화, 모듈화, 사전조립 등 관련 기술분야에 주목하기 시작한 한편, 미국의 경우 Construction Industry Institute (CII; 건설산업연구원)를 비롯하여 McKinsey & Company, Autodesk, Construction Users Roundtable (CURT) 등 저명한 단체들이 오래 전부터 건설 표준화와 모듈화 분야에 주목하고, 이들의 장점을 강조하며 현장 내 적용을 추천하였습니다. 과거에는 건설부문의 표준화란 '건설공사의 설계, 자재생산, 시공 등 관련 분야에서 치수, 성능, 절차 등에 관한 통일된 기준을 정하는 것'으로 정의되었으며, 주로 설계기준의 표준화, 자재 및 부품의 규격화 등 제한적인 분야에서 추진되었습니다. 그러나 현재는 공동주택 표준모델이 제시되는 등, 프로젝트 차원에서 생산 전 범위에 대한 표준화가 검토되고 있습니다.

현재 University of Nevada, Las Vegas의 최진욱 교수 (본 원고 집필자), Iowa State University의 Jennifer Shane 교수, George Washington University의 광영훈 교수는 CII의 지원 하에 표준화 관련 연구를 진행하고 있습니다. 해당 연구진에서는 표준화를 "돈, 시간, 그리고 가치를 얻거나 최적화하기 위한 프로젝트 이해당사자들, 목적들, 그리고 범위를 일치시킬 수 있는 일관된 방법의 개발 및 시행"로 정의하고, "건설 생애주기 관점에서 높은 수준의 시설물 설계 표준화 달성 (Achieving Higher Levels of Standardized Facility Design in the Upstream, Midstream, and Mining (UMM) Commodity Market)"이라는 연구과제를 2017년 4월부터 수행하고 있습니다.

#### 연구 배경

건설업의 생산물(즉 프로젝트)이 ① 각기 다른 디자인을 가지며 맞춤 생산(customization)되고, ② 현장에 직접 건설(stick-built)되며, ③ 대규모의 단일 생산물을 완성하는 과정에서 옥외생산 한다는 측면에서 일반적인 제조업과 구분됩니다. 건설업은 생산물의 성격이나 생산방식 측면에서 타 산업과 뚜렷한 차이를 보이는데, 이와 같은 건설업의 고유 특성은 산업 내 기술 및 기준의 표준화가 정착되고 작업생산성을 향상시키는데 큰 걸림돌이 되고 있습니다. 이에 CII는 과거 연구를 통해 제조업과 조선업의 생산성이 혁신적으로 향상될 수 있었던 데의 핵심은 표준화와 모듈화에 있었으며, 건설업 역시 표준화 전략을 적극 수용해야 함을 밝혔습니다.

현재 CII의 Upstream, Midstream, and Mining 위원회는 "어떻게 높은 수준의 시설물 표준화를 달성할 수 있을 것인가? (How can higher levels of facility standardization be achieved?)"에 대한 질문의 해답을 찾기 위해 노력하고 있습니다. 제조업과 조선업은 모듈화나 표준화 등의 전략으로 생산성을 향상시킨 반면, 왜 건설산업은 최근까지 동일한 전략을 수용하지 못하였는지에 대해 CII 연구팀은 Upstream, Midstream, and Mining 부문을 중심으로 분석하고 있습니다. CII 연구팀은 건설산업 내에서 표준화에 대한 인식 제고 및 표준생산 활성화가 이루어질 경우 달성 가능한 가치에 주목하여 시설물의 (디자인) 표준화와 관련된 경제적 가치들을 분석하고, 더 높은 수준의 시설 표준화 달성을 위한 해법들을 찾고 있습니다.

현재 표준화에 대한 연구를 수행하고 있는 CII 연구팀은 ConocoPhillips, ONEOK, TransCanada, Oxy (Occidental Petroleum) 등의 Owner/회사, Burns & McDonnell, Worleyparsons, KBR, M&H Industrial 등의 Contractor/Service Provider 업체, 그리고 University of Nevada, Las Vegas, Iowa State University, George Washington University 대학 소속의 전문가 총 16 명으로 구성되었습니다. 참여 연구원 모두 평균 27년 이상의 건설산업 관련 경력이 있으며, 최소 2에서 최대 5개의 표준화 관련 프로젝트를 수행한 경험이 있는 전문가들입니다.



#### 표준화 연구진행 현황

표준화 연구팀은 다음과 같이 총 6개 연구 목표를 설정하고, 각 목표 별 연구계획을 수립하였습니다: 1) 실제로 기 수행된 프로젝트를 대상으로 시설물 표준화의 경제적 장단점을 실증한다; 2) 향후 수행할 프로젝트를 대상으로 표준화 실행가능성에 대한 분석을 지원하고, 표준화 전략 수용 여부에 대한 결정에 도움을 주는 의사결정 모델을 개발한다; 3) 모범 사례(best practices)나 과거 교훈(lessons learned)들을 축적하여 향후 성공적인 표준화 적용을 돕는다; 4) 표준화의 결정적 성공요인(Critical Success Factors)을 체계화한다; 5) 건설산업에서 표준화를 정착시키는데 도움이 될 수 있는 타 산업 분야의 혁신기술 및 경영기법을 검토한다; 그리고 마지막으로 6) CII 벤치마킹 DB 및 실제 프로젝트 수행결과 데이터를 통한 건설 표준화 현황을 모니터링한다.

2019년 9월 연구중료를 앞둔 현 시점, 대다수 연구목표는 달성되었으며 일부는 현재 진행 중에 있습니다. 연구진행 현황 및 성과에 대해 다음과 같이 간략히 정리하겠습니다.

- 1) 표준화의 경제적 분석의 경우, CII 회원 기관들로부터 총 45개 표준화 프로젝트 수행결과를 바탕으로 데이터 분석 중에 있습니다. 현재 연구팀은 13개 이점과 6개 트레이드오프를 도출하였는데, 우선 사례 분석을 통해 표준화 전략 적용 시 일반 프로젝트 대비 평균적으로 수명주기비용 (life cycle cost) 25% 절약과 공사기간15% 단축의 효과가 있음을 확인하였습니다. 특히 Engineering (35%)과 Procurement (25%)에서 가장 큰 폭의 비용 절감 효과가 있으며 운영 및 유지(Operation and Maintenance)의 경우 대략 10% 비용 절감 효과를 확인하였습니다.
- 2) 표준화 적용 여부에 대한 의사결정 모델의 경우, 모델 이용자가 표준화나 맞춤 생산 여부에 편향되지 않은 채 약 80여 개 요소들을 객관적으로 고려하고 올바른 의사결정을 할 수 있도록 구축되어 있습니다. 현재 모델 시제품(prototype)의 개발은 완료되었으며 검증 단계에 있습니다.
- 3) 표준화 모범사례 연구 및 결정적 성공요인 연구의 경우 2가지 설문을 진행하여 총 15개 성공요인을 도출하였으며, 이 요인들이 가능하게끔 하는 52가지 인자를 함께 찾았습니다. 가장 대표적으로 영향력 있는 표준화 결정적 성공요인 5개는 아래와 같습니다:

- |                              |                         |
|------------------------------|-------------------------|
| a) 이해당사자들의 표준화 전략 지지/동조 및 승인 | b) 표준화 전략에 대한 빠른 인식 확산  |
| c) 표준 유지를 위한 규율/노력           | d) 운전 및 유지단계 고려         |
|                              | e) 기본 엔지니어링 디자인 데이터 체계화 |

4) 건설 표준화 정착을 도울 수 있는 타 산업 분야의 혁신기술 및 경영기법 연구의 경우, 현재 CII소속 전문가 250여명으로부터 설문을 받아 결과를 분석하고 있습니다. 우선, 세부 건설 표준화에 가장 영향력이 있고 향후 5년 이내 실현가능성이 높은 기술은 다음과 같으며, 분석된 혁신기술 및 경영기법은 향후 상세히 공개될 예정입니다.

- |  |  |
|--|--|
| a) 모듈화 (modularization)                                  | b) 지능형 데이터 자동 수집 기술 (intelligent automated data collection technology) |
| c) 사전 시뮬레이션 기술 (construction simulation technology)      | d) 모바일 인터페이스 장치 (mobile interface device)                              |
| e) 무선 네트워크 장치 (wireless networks for construction sites) | f) LiDAR (Light Detection And Ranging)                                 |

#### 맺음말

본 고에서는 CII의 Upstream, Midstream and Mining 연구팀에서 진행 중인 건설 표준화 연구를 간략하게 소개해 드렸습니다. 본 연구과제에 대한 상세정보는 CII 홈페이지에서 찾아보실 수 있으며, 더 자세한 연구결과에 대해서는 [5] (Choi et al. 2018) 에서 찾아실 수 있습니다. 본 연구의 최종 결과물은 2019년 8월 5일부터 8일까지 San Diego에서 열리는 2019 CII Annual Conference에서 최초 공개될 예정입니다. CII Annual Conference는 매해 800명에서 1200명의 건설산업을 이끄는 전문가들이 참석하고 있습니다.

#### Acknowledgment

본 원고는 University of Nevada, Las Vegas의 최진욱 교수님이 집필하였습니다.

※ Construction Industry Institute (CII)란?

CII는 건설산업의 지속 발전 및 가치 창출을 목적으로 1983년에 설립된 단체로, 공공 및 민간분야에서 건설 프로젝트의 발주, 설계, 시공 단계 등에 참여하는 130여 개 회사들로 구성되었습니다. CII의 미션은 산업계(발주자, 건설기업)와 학계 간의 협업을 통해 자본 효율성과 작업 안전성을 제고하고, 혁신적인 솔루션을 개발하는 것입니다.

## Off-Site Construction (OSC) 건설프로젝트 수행 사례: Katerra社

미국 건설회사 Katerra는 off-site construction 기반의 새로운 비즈니스 모델을 도입하여 크게 성공을 거두었습니다. Katerra는 2015년에 설립된 다세대주택 프리패브 전문회사로 2017년에 약 1,700억원 순이익을 올렸으며, 2018년에는 소프트뱅크에서 약 1조원 투자를 받은 유니콘 기업을 성장하였습니다. Katerra는 주택 등을 고객으로부터 주문 받을 때 각 부재를 공장에서 생산하여 운반하고, 이를 현장에서 최종 조립하는 방식을 통해 전 프로세스에 걸쳐 작업시간 단축, 작업자 수 감소, 품질 향상, 고객 만족 극대화 등을 달성하였습니다. 또한 회사 내 "Integrated Factory"를 구축하여 공장—운반—현장이 분절되지 않도록 연결하여 협업이 이루어질 수 있는 환경을 조성하였고, off-site 공장 내에 첨단 제조라인 및 생산 시스템, 자동화 설비를 구축하여 작업 효율성을 크게 향상시켰습니다. Katerra의 off-site construction 시도는 4차 산업혁명 시대에 따른 건설의 비즈니스 모델 다양화, 생산성 혁신 등을 이룬 대표적 사례입니다.



<https://katerra.com/en.html>

### 스마트 공장생산 사례: Straits Construction 社

싱가포르 건설회사인 Straits Construction은 프리캐스트 콘크리트(PC) 사용에 대한 정부 정책 기조에 맞춰 PC 생산 자동화 공장을 건설하였습니다. 해당 공장에서는 벽, 바닥 등의 단순 부재 뿐 아니라 욕실, 주방 등의 모듈까지 생산이 가능하데, 공장생산을 통해 주택 48채를 인력 60명 투입을 통해 작업기간 10일 이내에 건설하였습니다. PC 생산을 통해 기존 현장 대비 작업자 수는 70%, 작업시간은 50% 감소되는 등, 작업 생산성이 크게 향상되었습니다.



<https://www.nbmcw.com/tech-articles/precast-construction/38021-singapore-promotes-precast-concrete-elements.html>

### 스마트 관리기술 및 표준화 사례: Finalcad 社

프랑스의 Finalcad는 iOS, android, Windows 기반의 모바일 플랫폼을 개발하여 건설 프로젝트의 공사진행 현황 및 의사전달을 모두 디지털화하였습니다. 애플리케이션 형태의 플랫폼 상에서 특정 제품의 상세화된 및 품질 점검이 가능하며, 과거 현상으로부터 기 구축된 데이터를 기반으로 단계별 문제점 예측 및 대응방안 마련이 이루어집니다. Finalcad에서 현재 현장 작업의 단순화, 전체 공정의 디지털화 및 표준화를 목표로 꾸준히 노력하고 있습니다.



<https://www.finalcad.com/news/finalcad-android-app-launched-to-support-growth-in-asia> // <https://www.captera.com/p/151128/FINALCAD/>