

건설 기능인력부족 문제해결을 위한 대응전략 벤치마킹 연구 - 영국 MMC와 싱가포르 Buildability 중심으로 -

유정호¹ · 손보식^{2*}

¹광운대학교 건축공학과 교수 · ²남서울대학교 건축공학과 교수

A Study on Benchmarking the Countermeasures Strategy for Tackling the Construction Labor Shortage - Focusing UK's MMC & Singapore's Buildability -

Yu, Jungho¹, Son, Bosik^{2*}

¹Professor, Department of Architectural Engineering, Kwangwoon University

²Professor, Department of Architectural Engineering, Namseoul University

Abstract : The continuous aging of the domestic construction industry and the shortage of human resource are no longer a problem for the future, but must be solved for the survival of the domestic construction industry, given the characteristics of the labor-intensive construction industry and the continuing negative image of young people toward the construction industry. It is undoubtedly a prerequisite. This study is aimed to tackle the fundamental problem of the construction labor shortage faced by the domestic construction industry by comparing and analyzing the case of MMC technology development in the UK, which has been preparing fast-track response measures for the past 5 years to solve the labor shortage problem, and the case of Buildability technology development in Singapore, which is seeking mid- to long-term countermeasures for about 20 years. Also, This research provides the initial research & development roadmap for Korean Countermeasures Strategy.

Keywords : Construction Labor Shortage, Modern Method of Construction, Buildability, Productivity

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

인력부족 현상은 여러 선진화된 국가에서 나타나는 공통 현상이다. Forbes 발표에 따르면(Katara, 2022) 미국에서는 현재 건설인력의 약 40%가 향후 10년 안에 퇴직할 예정이며, 2022년 8월 약 43만 명의 건설인력이 부족한 상황이다. 또한 인프라 재건사업을 위해 향후 약 100만 명의 추가 인력충원이 필요한 상황이지만, 건설인력 부족문제를 해결하기 위한 정부차원의 뚜렷한 해결방안을 제시하지 못하는 실정이다.

영국의 경우 2016년 Brexit 국민투표 이후 EU 출신 외국 건설인력 이탈이 가시화되면서 인력부족 문제해결을 위해 정부주도하에 태스크포스팀을 구성하여 범산업적 대응방안을 마련하기 위해 분주하게 움직이고 있는 상황이다. 싱가포르 역시 1990년대 말부터 인력부족 문제로 인해 건설인력 구성에 있어 외국인 근로자 의존도가 매우 높은 상황이기 때문에(Chew, 1995), 이미 2001년부터 Building and Construction Authority(이하, BCA) 주도하에 인력부족 문제를 해결하기 위해 범국가적 노력을 기울이고 있다.

국내의 경우, 최근 고용노동부가 발표한 “2020~2030년 중장기 인력수급 전망”에 따르면 향후 10년간 국내 생산가능인구(15~64세)가 약 320만 명 감소될 것으로 예측된 바 있다. 인력부족 문제는 노동집약적 건설업의 특성에 건설업에 대한 청년층의 부정적 이미지가 더해져서 갈수록 심각성이 더해갈 것으로 예측된다. 따라서 건설기능인력 부족 문제는 국내 건설업의 생존을 위해 꼭 해결해야 할 과제임에 틀림없다.

* **Corresponding author:** Son, Bosik, Professor, Department of Architectural Engineering, Namseoul University, 91, Daehak-ro, Seonghwan-eup, Seobuk-gu, Cheonan-si, Chungnam, Republic of Korea

E-mail: bsson@nsu.ac.kr

Received October 5, 2022; **revised** -

accepted October 13, 2022

본 연구는 건설기능인력 문제해결을 위해 영국과 싱가포르에서 체계적으로 추진하고 있는 전략을 벤치마킹하고 시사점을 도출하여, 국내 건설기능인력 부족 문제해결 전략 수립과 추진 방안을 제시하고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 국내 건설산업이 직면한 건설기능인력 부족의 근원적인 문제점을 조명하고 인력부족문제를 해결하기 위해 최근 5년간 Fast-track 성향의 신속한 대응책을 마련하고 있는 영국의 MMC 사례와 약 20년간의 중장기적인 대응 방안을 모색하고 있는 싱가포르의 Buildability 사례를 비교 분석함으로써 양국이 제시하는 전략적 대응방안의 시사점을 도출하고 국내의 대응전략을 제시하고자 한다(Fig. 1).

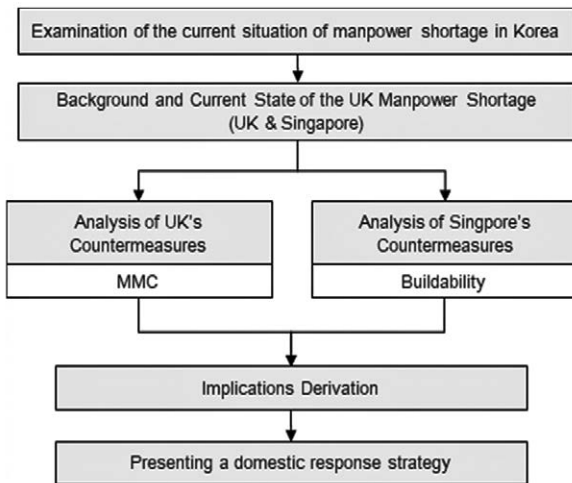


Fig. 1. the scope and method of research

2. 국내 현황 고찰

2.1 인력부족 현상

2.1.1 국내 건설기능인력의 고령화

2020년 말 전체 취업자 중 40대 이상의 비중이 64.6%인 것에 비해 건설기능인력 중 40대 이상의 비중은 79.8%로 조사되었으며, 이는 열악한 근로조건, 직업전망의 부재 등으로 젊은 층의 진입 기피가 지속되면서 고령화가 심각해져 숙련공 인력부족으로 인한 생산물의 품질 및 생산성 저하는 물론 향후 건설산업의 지속 가능성이 불투명해지고 있음을 의미한다(Construction Workers' Mutual Aid Association, 2022).

2.1.2 국내 외국인 건설 노동자 증가

최근 통계청이 발표한 “2016~2021년도 외국인 취업자

수” 자료에 따르면 건설업 외국인 취업자 수는 전체 외국인 취업자수의 약 12%를 차지하고 있으며(Statistical Office, 2022) 이는 건설근로자 공제회에서 제시한 합법체류 대비 약 38%의 불법체류 외국인 근로자 추정치를 제외한 수치다(Construction Workers' Mutual Aid Association, 2022).

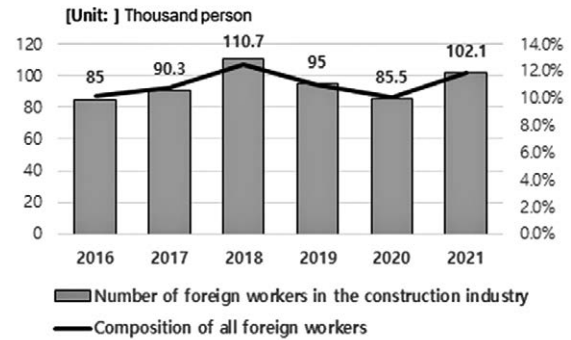


Fig. 2. Statistical Office, “Number of foreign workers in Construction Industry (2016~2021)”

(Fig. 2)에서 COVID-19 발생 전후 국내 외국인 근로자는 전년도인 2018년과 비교하여 약 2.5만 명이 급속히 감소하는 것으로 분석되었다. 이는 향후 또 다른 형태의 2차 3차 팬데믹 문제가 발생할 수 있다는 것을 가정한다면 건설기능인력 부족문제를 외국 근로자 고용확대를 통하여 해결하려는 대응책은 이제 더 이상 합리적인 해법이 아니라는 것을 의미한다. 또한 지속적인 외국 건설인력 의존도 상승은 건설노동생산성 저하와 품질 및 안전문제의 원인이 될 수 있음을 인식할 필요가 있다.

2.2 인력부족으로 인한 파생효과

2.2.1 건설 노동생산성 하락

(Fig. 3)에서 한국생산성본부가 발표한 “산업별 노동생산성 지수”에 따르면 2021년 기준 건설업의 노동생산성 지수는 제조업 대비 약 66% 수준의 노동생산성을 지니고 있는 것으로 분석되었으며, 영국의 사례를 보면 2016년 이후 건설업 숙련공 인력부족 및 외국인 건설인력의 급격한 증가가 이러한 건설노동생산성의 저하의 주요 원인으로 언급되고 있다(Farmer Review, 2016).

2.2.2 안전사고 증가 및 품질 저하 현상

건설근로자 공제회 2022년도 발표에 따르면 건설인력의 고령화 및 숙련공 부족문제로 인하여 건설업 재해율 상승 및 품질하차 발생율이 증가하고 있으며, 특히 60대 이상 현장 근로자의 재해율은 3.55%로 전체 연령 평균 재해율 1.76%보다 약 2배 높게 분석되었다. 마찬가지로, 고령화가 숙련도 저하로 이어지면 품질저하는 물론, 공기지연과 공사

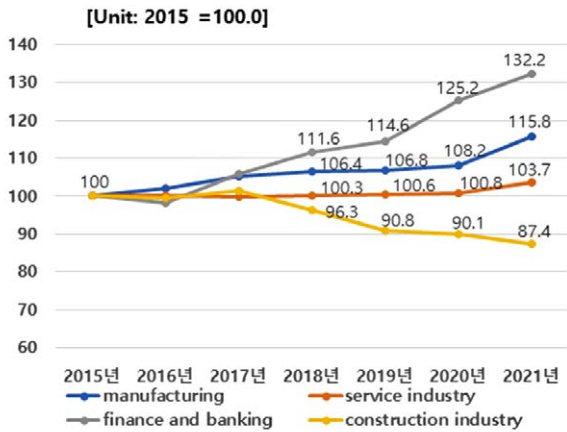


Fig. 3. Korea Productivity Center, "Labor Productivity Index by Industry (2016~2021)"

비 증가 등의 나쁜 결과로 이어진다는 것은 잘 알려진 사실이다.

3. 영국과 싱가포르의 관련 전략

3.1 양국의 건설 인력부족 문제

3.1.1 영국 현황

영국의 Brexit 국민투표 가결이후 대표적인 노동집약적 산업인 건설업계에 건설 기능인력부족 문제가 가장 시급한 당면과제로 부각되기 시작하였다. 영국 통계청 발표¹⁾에 따르면 2020년도 전체 건설인력은 약 230만 명으로 2017년 대비 약 20만 명 감소한 것으로 조사되었으며, 특히 2021년 EU출신 외국인 건설인력은 2017년 대비 약 42% 감소하는 것으로 분석되었다(Fig. 4). 이는 Brexit 이후 건설인력 부족 문제에 대한 우려가 현실이 되고 있다는 것을 의미한다.

영국 Construction Products Association 발표²⁾에 따르면 2011년 대비 2021년도 연령 그룹별 산업인력구조의 가장 큰 변화는 국내와 마찬가지로 20~30대의 청년층 유입감소 및 50~60대의 건설기술인력 증가 추세가 뚜렷이 나타나고 있다는 점이다. 특히, COVID-19 이후 재택근무에 대한 선호도 증가는 영국 건설업에 있어 청년층 유입을 저해하는 가장 큰 원인으로 지목되고 있으며, 전산화 및 자동화에 대한 낮은 의존도 때문에 타 산업 대비 중장년층의 건설업계에 대한 신규 진입장벽이 현저히 낮은 것으로 분석되고 있다. 결과적으로 이러한 건설인력의 노령 가속화는 지속적인 건설노동생산성의 주요 저해요인으로 부각되는 상황이다.

1) The Office for National Statistics (ONS), "Construction Employment Statistics (2020)"

2) Construction Products Association, UK, "Labor Force Survey (2022)"

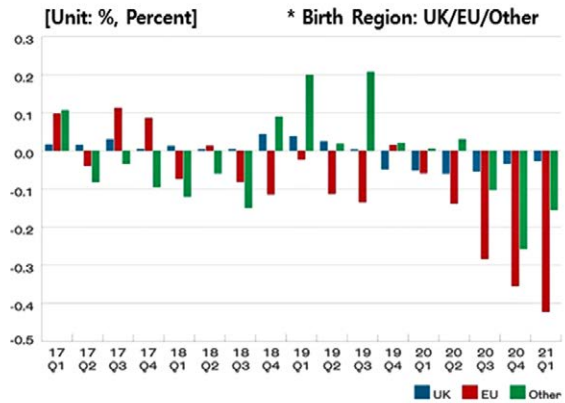


Fig. 4. UK ONS, "Construction Employment Statistics (2020)"

3.1.2 싱가포르 현황

싱가포르의 경우 1990년대부터 급격한 경제성장과 더불어 외국인 건설인력 의존도가 지속적으로 증가하여 2000년대 초반부터 외국인 건설 인력문제가 심각한 사회적 이슈로 대두되었다(Cheong & Gao, 2015). Transient Workers Count Too(이하, TWC2)³⁾의 발표에 따르면, "싱가포르의 건설산업의 경제 규모"는 2007년부터 2015년까지 약 2.5배 증가된 것으로 분석되었으며, 이 기간 동안 "외국인 건설인력 취업허가 현황은, 2007년 약 18.6만 명 대비 2015년 약 32.5만 명으로 약 1.7배 증가하여 최고점을 기록한 후 지속적으로 하락하여 2021년 약 24만 명을 기록하고 있는 상황이다(Fig. 5). 이는 싱가포르 정부 주도하에 외국인 건설인력 의존도를 낮추기 위한 노력이 2015년 이후 서서히 성과를 나타내기 시작했다는 것을 의미하기 때문에, 향후 국내 건설산업도 주목해야 할 부분이다.

3.2 노동력 부족 해결을 위한 영국 전략

3.2.1 MMC 도입 및 발전 현황

2016년 10월에 발표된 "Farmer Review" 보고서⁴⁾는 영국 건설산업이 Brexit 이후 "건설기술인력 부족문제"라는 심각한 국가적 위기상황에 당면할 수 있으며, 향후 이에 대응하기 위해 과거처럼 지속적인 외국인 근로자 증가로 일관한다면, 이는 되돌릴 수 없는 건설산업 전반의 근원적인 노동생산성 저해 원인이 될 수 있다는 심각성을 지적하고 있

3) Transient Workers Count Too (TWC2) "Construction Sector GDP", TWC2는 싱가포르 민간 노동인권단체임.

4) Farmer Review Report는 2016년 초 영국 정부의 의뢰로 CLC (Construction Leadership Council) 및 건설 컨설턴사인 Cast의 CEO Mark Farmer가 공동 수행한 "건설노동모델"이란 제목의 보고서이며, 부제가 "영국 건설산업을 현대화하느냐 아니면 죽을 것인가"라고 불릴 만큼 영국 건설산업 발전의 저해요인을 가장 직설적이며 합리적으로 분석했다는 평가를 받고 있음.

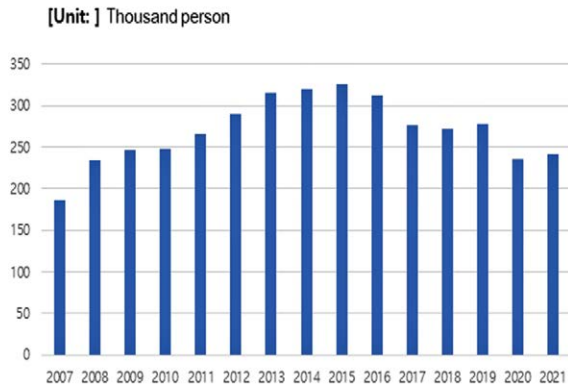


Fig. 5. TWC2, "Number of Construction Work Permit in Singapore"

다. 또한, 이를 해결하기 위한 효과적인 대응책으로 Modern Method of Construction(이하, MMC)⁵⁾ 도입의 필요성을 제기하고 있다(Farmer Review, 2016). 해당 보고서가 발표된 후 영국 건설업계도 역시 건설 기능인력부족 문제해결을 위한 해법으로써 MMC의 효과에 주목하기 시작하였다(Table 1).

이후 영국 정부 역시 건설인력부족에 대응하기 위한 해법으로써 MMC 적용의 가능성을 높게 평가하고 신속하게 기술적용을 위한 로드맵 작성에 착수하게 되었다. 이러한 결과물로서 2019년 MMC Framework⁶⁾가 발표되었으며, 2020년 영국 정부는 "The Construction Playbook"을 통하여 향후 MMC 적용을 위한 정책적 가이드라인을 제시하였으며, 2021년에는 MMC의 현장적용을 통한 효과검증 및 지속적인 모니터링을 위한 정부 최초의 지원책으로 총사업비 약 15.8조원 규모의 저소득층을 위한 주택보급사업에 MMC 적용을 채택하였다. 향후 해당 프로젝트에 MMC를 적용함으로써 전체 사업참여주체들(설계/제작/시공업체 등)에 대한 다양한 인센티브 정책을 위한 가이드라인을 마련할 예정이다.

5) 건설 현대화 기술의 한 부류이며, 사전 공장 제작된 건설자재의 적용을 통하여 현장 노동력 투입을 최소화함으로써 건설사업의 비용절감 및 품질향상을 극대화하는 것을 목표로 함.

6) Farmer Review의 영향으로 2018년 영국 정부는 범산업적인 "Industry Working Group"라는 명칭의 Task-force팀이 구성하여 Pipe-line 프로젝트를 발굴 및 적용을 통하여 2019년 MMC 기술적용을 위한 세부 기술기준을 정의하고 이를 적용하기 위한 프레임워크를 구축 내용을 발표함.

Table 1. Introduction and development of MMC

No	Policy Paper or Report	Main Content
1	Farmer Review (2016.10)	<ul style="list-style-type: none"> • Identification of impediments to UK housing and infrastructure development • Suggested the necessity of introducing the MMC concept to respond to the shortage of construction technical manpower after BREXIT • The starting point for the formation of a national task force team in the future
2	Housing white paper (2017.12)	<ul style="list-style-type: none"> • Identification of the main factors behind the collapse of the UK housing business • Finding solutions to supply housing for the low-income class • Emphasis on the necessity of the initial pipeline site for MMC development
3	MMC Framework (2019.03)	<ul style="list-style-type: none"> • Building a framework for the introduction of MMC • Minimizing the input of construction technical manpower through the PMV concept and maximizing the ratio of pre-manufactured application Laying a strategic foundation
4	The Construction Playbook (2020.10)	<ul style="list-style-type: none"> • Presenting policy guidelines for the future application of MMC led by the government • Continuous updates of MMC guidelines in the future are planned
5	Proposal for a New Approach to Building (2020.10)	<ul style="list-style-type: none"> • P-DfMA construction plan for logistics management for digital-based real-time MMC pre-assembly • Including mid- to long-term support plans of various government agencies for the establishment of P-DfMA
6	MMC for Affordable Homes Programme (2021~2026)	<ul style="list-style-type: none"> • First Government Support for MMC's Pilot Testing • Use as a tool for continuous MMC monitoring and effectiveness verification in the future

3.2.2 MMC의 측정지표 및 주요 프로세스

1) MMC의 PMV 값
PMV⁷⁾란 전체공사비 대비 사전제작 부품의 총공사비 비율을 의미하며, 산출식은 아래 식(1)과 같다.

$$PMV\% = \frac{Pre_Manufactured\ value\ [C]}{Gross\ Consturction\ Cost\ [C]} \quad (1)$$

Pre_Manufactured value Cost : 사전제작 부품의 총 공사비
Gross Construction Cost : 전체 공사비

MMC 적용에 있어 PMV값이 높아진다는 것은 현장 내에 사전제작부품의 적용비율이 높아진다는 것을 의미하며, 이는 곧 건설현장 인력투입 감소와 동시에 작업의 생산성 및 품질 향상을 기대할 수 있다는 것을 뜻한다. 더불어 현장작업 보다 사전제작부품의 공장생산이 작업효율 및 손실율에 있어 우위에 있다는 점을 고려할 때 지속적인 PMV 평균값

7) Pre-Manufactured Value(이하, PMV)는 정부 지원하에 건설 전문 컨설팅 회사인 Cast에 의하여 고안된 전체 사업비 중 사전제작 부품의 총 공사비 비율을 산정하기 위한 산출식을 의미함.

의 상승은 건설 프로젝트의 비용절감 효과를 가장 극대화할 수 있는 방안으로 인식되고 있다, 현재 영국정부는 지속적인 MMC의 현장적용을 통해 PMV 평균값 상승이 영국 건설업에 전반에 미치는 경제적 과급효과를 면밀히 검토중에 있다.

2) MMC의 주요 프로세스

영국은 런던 지원 하에 2019년 Cast사를 통해 “Prism 2.0”이라 불리는 MMC 설계도구를 개발하여 초기 설계단계에서 사전제작 조립품의 현장적용 계획을 고려하기 위한 설계 시스템으로 제공하고 있으며, 정부 지원 하에 주택건설현장 PMV값을 산정하기 위한 “PMV Estimator”를 개발 후 지속적인 현장적용 사례 확대를 위해 홍보 및 보급에 심혈을 기울이는 중이다. PMV 평가도구는 사전제작 부품을 적용하지 않은 일반적인 건설현장의 평균값을 약 40%로 정의하고 사전제작 부품의 적용 비율이 증가함에 따라 최대 약 87%까지 올라갈 수 있는데, 향후 영국산업의 PMV 평균값을 70% 수준으로 향상시키는 것을 목표로 관련 MMC 관련 기술 개발을 다각적으로 진행하고 있다(Fig. 6).

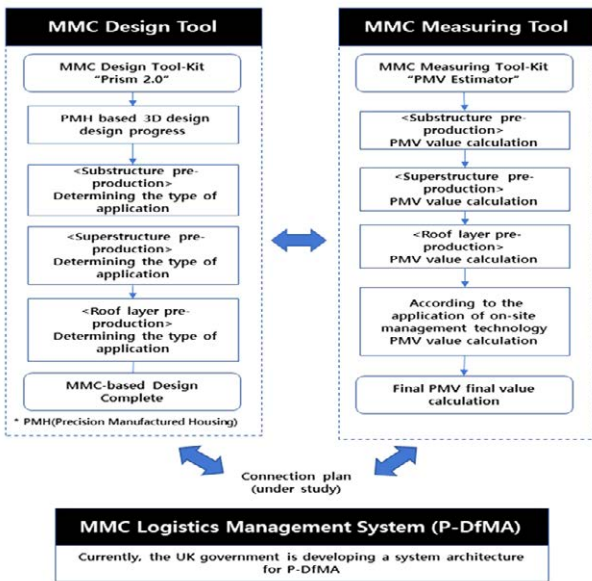


Fig. 6. MMC process conceptual diagram

MMC 설계도구 및 측정도구와 더불어 영국 정부는 “Proposal for a New Approach to Building” 보고서⁸⁾ 발표를 통하여 향후 디지털 기반 실시간 MMC 사전조립품에 대한 물류관리를 위한 Platform for Design for Manufacture

8) Infrastructure and Projects Authority, “Proposal for a New Approach to Building : Call for Evidence (Oct, 2020)”

and Assembly(이하, P-DfMA) 구축 계획을 발표하였다. 이는 MMC 프로세스가 물류관리 모니터링 시스템으로 확장되는 것을 의미하며, 현재 P-DfMA시스템에 대한 구체적인 아키텍처 및 개발 범위는 발표되지 않은 상황이다. 향후 P-DfMA 개발에 따른 MMC 프로세스 확장의 세부내용은 “The Construction Playbook”에 지속적으로 업데이트될 예정이라고 언급되었으며, 다양한 정부 부처들의 중장기 지원 방안이 향후 계속해서 발표될 예정이다.

3.3 노동력 부족 해결을 위한 싱가포르 전략

3.3.1 Buildability의 도입 및 발전 현황

싱가포르 정부는 1998년 영국의 “Rethinking Construction” 운동을 벤치마킹하여 타 산업 대비 건설산업의 성과(품질/생산성/안전)가 크게 뒤처지는 근본적인 원인 규명을 위한 연구를 범국가적 전문가로 구성된 태스크포스 팀에 의뢰하였다. 그 결과물이 바로 1999년 “Construction 21” 보고서이며, 여기서 싱가포르 건설노동생산성의 가장 큰 저해원인으로 외국 건설인력 의존도 증가를 지적하였다. 2001년 BCA는 이러한 외국인 노동인력 의존도 증가로 발생하는 건설노동생산성 저하를 해결하기 위해 “Building Control 법안”을 시행하게 되며, 이에 대한 최초의 세부 가이드라인에 바로 “Code of Practice on Buildability, 2001”⁹⁾이다. 해당 지침은 Buildable Design Score(이하, B-Score) 최저 기준점 및 요구사항과 이를 산출하기 위한 방법 및 제출 절차를 포함하고 있다. 2011년 BCA는 “Code of Practice on Buildability”, 2011의 발표와 함께 Constructability Score(이하, C-Score) 제출을 의무화하였으며, 이후 지속적인 “Code Practice on Buildability” 가이드라인 업데이트를 통해 Buildability의 현장 적용성 및 효과를 향상시키기 위해 노력 중이다(Table 2).

3.3.2 Buildability의 측정지표 및 프로세스

1) B-Score

B-Score 값은 설계단계에서 건설 현장인력의 작업량을 최소화하기 위해 고안되었으며, 전통적인 현장 작업방식 대비 특정 시스템 또는 사전제작 조립품 적용을 통한 노동력 투입의 절감효과를 수치화하여 점수로 환산하는 방식이다. 이러한 B-Score Formula는 3가지 요소로 구성된다. ① 구조 시스템 설계점수(최대 45점), ② 벽 시스템 설계점수(최대 45점), ③ DfMA 기술적용 설계점수(최대 20점)등의 총 합계 점수로 최대 120점으로 평가되며, 건물 유형 및 연면적에 따라 최저 기준 점수가 다르게 설정되어 있다. 산출식은 아래

9) Code of Practice on Buildability 싱가포르 건설사업청(BCA)가 2001년 제정한 Building Control 법안의 세부 가이드라인을 담고 있음

Table 2. Introduction and development of Buildability

No	Policy Paper or Report	Main Content
1	Construction 21 (Re-inventing Construction, 1999)	<ul style="list-style-type: none"> Pointing out the continuous increase in dependence on foreign construction workers Identification of the cause of the large difference in the performance (quality/productivity/safety) of the construction industry compared to other industries
2	Code of Practice on Buildability, 2001	<ul style="list-style-type: none"> Implementation of Building Control Act to increase productivity in the construction sector and reduce dependence on foreign workers Mandatory submission of Building Design Score Establishment of minimum B-Score reference point, calculation method, preparation and submission procedure
3	Code of Practice on Buildability, 2011	<ul style="list-style-type: none"> Mandatory submission of Constructability Score Establishment of C-Score minimum reference point, calculation method, preparation and submission procedure
4	Code of Practice on Buildability, 2014, 2015, 2017, 2019	<ul style="list-style-type: none"> Extends DfMA design from BDAS to Structural, Architectural, and MEP Continuous B-Score and C-Score Minimum Base Score Increase
5	Integrated Digital Delivery (IDD) System Development 2018~2022	<ul style="list-style-type: none"> DfMA-based modular and prefabricated assembly design system for buildability optimization Digital process progress check, document submission and drawing review system (CORENET) Real-time logistics status monitoring system for pre-manufactured assemblies Communication platform for various business participants

식(2)와 같으며, BCA는 2001년부터 B-score의 제출을 의무화¹⁰⁾하고 있다.

- $B\text{-Score}[\text{점}] = \textcircled{1} \text{ Buildable Design Score of Structural System} + \textcircled{2} \text{ Buildable Design Score of Wall System} + \textcircled{3} \text{ Buildable Design Score of DfMA Technologies}$
- *Buildable Design Score of Structural System* : 구조시스템 설계 점수 (2)
- *Buildable Design Score of Wall System* : 벽 시스템 설계 점수
- *Buildable Design Score of DfMA Technologies* : DfMA 기술 적용 설계 점수

2) C-Score

C-Score 값은 건설업자가 특정 시스템 및 노동 효율이 높은 기술 및 제품을 사용함으로써 현장 작업자의 생산성을 향상시키기 위해 고안되었으며, 기존 작업방식 대비 시공 기술 및 방법의 우수성으로 인한 현장 시공인력투입 절감효과를 수치화하여 점수로 환산하는 방식이다. 이러한 C-Score

10) B-score 제출 의무: 건축계획 승인신청/구조계획 승인신청/임시착업허가신청/준공완료신청/기존 B-Score 설계계획이 현장진행계획과 차이가 있는 경우

는 세 요소로 구성된다. ① 구조시스템 시공점수(최대 60 점), ② 건축/기계/전기 및 배관(AMEP) 시스템 시공점수(최대 45점), ③ 우수 기업 제품적용에 따른 시공점수(최대 15 점)등의 합계점수로 최대 120점으로 평가된다. 최소 적용요건은 연면적 5,000㎡ 이상인 신축 건물에 적용하는 것을 원칙으로 하며, B-score와 같이 건물 유형 및 연면적에 따라 최저 기준점을 명시하고 있다. 산출식은 아래 식(3)과 같다. BCA는 2011년부터 C-score의 제출을 의무화¹¹⁾하고 있다.

- $C\text{-Score}[\text{점}] = \textcircled{1} \text{ Constructability Score of Structural System} + \textcircled{2} \text{ Constructability Score of AMEP System} + \textcircled{3} \text{ Constructability Score of Good Industry Practices}$ (3)

- *Constructability Score of Structural System* : 구조시스템의 시공점수
- *Constructability Score of AMEP* : 건축, 기계, 전기 및 배관설비의 시공점수
- *Constructability Score of Good Industry Practices* : 우수기업 제품 적용의 시공점수

3) Buildability의 적용 주요 프로세스

싱가포르는 2001년 BCA가 처음 Buildability를 도입한 후 지난 약 20년 동안 도입에 부정적인 건설업계를 설득하는 과정부터 현재의 안정적인 Buildability의 정착기에 도달하기까지 많은 여러 단계를 거쳐 Buildability 프로세스를 지속적으로 업데이트하였다. 현재는 B-Score와 C-Score의 산출 방식, 작성양식 및 제출 절차가 체계적으로 구축되어 있으며, CORENET 시스템¹²⁾의 e-Submissions 시스템을 통하여 관련 모든 문서의 제출, 검토 및 승인이 온라인 기반으로 처리되고 있다.

BCA는 B-Score Index(이하, BS지수)와 C-Score Index(이하, CS지수)을 개발하여 Buildability 적용을 통한 효과를 지속적으로 모니터링하고 있다. BS지수는 설계단계에 참여하는 설계사들의 성과지표로 활용되며, CS지수는 시공단계에 참여하는 시공사 및 하도급 업체들의 성과지표로 매년 측정결과를 발표하고 있다, 이와 더불어 매년 BS섹터와 CS섹터의 1~3위 업체를 선정하여 베스트상을 수여하고 우수사례 및 기술 홍보에 활용하고 있다.

11) C-score의 제출 의무 : 건축허가 신청(허가서 발급 후 3-6개월 이내)/준공완료신청 /C-score 시공계획이 현장에서 채택된 공법 및 기술과 차이가 있는 경우

12) CORENET (CONstruction and Real Estate NETwork)은 싱가포르 건설사업청 및 국가개발부의 지원 하에 운영되는 e-정보 공유 시스템임

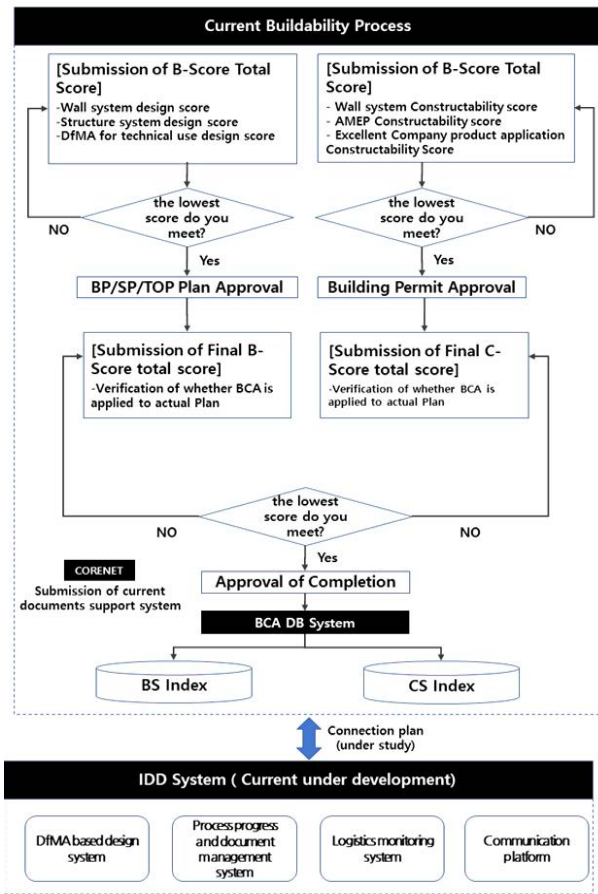


Fig. 7. Buildability Process conceptual diagram

이와 더불어 2018년부터 BCA는 Integrated Digital Delivery¹³⁾ 시스템의 도입을 발표하였다. IDD 도입의 목적은 건설작업의 효율성 향상, 현장 재작업의 최소화 및 스마트 빌딩 구현을 위한 디지털 물류관리 및 협업시스템 구축하는 것이다. IDD 시스템의 주요 개발범위는 ① Buildability 최적화를 위한 DfMA 기반 설계시스템 개발, ② 디지털 공정 진행률의 실시간 체크, 문서제출 및 도면검토 시스템, ③ 사전 제작 조립품의 실시간 물류현황 모니터링 시스템, ④ 사업참여자 간의 원활한 의사소통 플랫폼 등을 포함하고 있다. 현재 파일럿 테스트 현장을 통해 IDD 프로토타입 시스템 관련 연구 및 개발을 진행 중에 있다. 향후 IDD 개발 완료 후 싱가포르의 Buildability 프로세스는 현재보다 한 단계 더 도약할 수 있을 것으로 예상된다(Fig. 7).

13) Integrated Digital Delivery(이하, IDD)은 싱가포르의 Buildability 관련 DfMA 기반 디지털 통합관리시스템으로 현재 파일럿 현장으로 건축분야: "JTC CleanTech Two Block B @ CleanTech Park", "JTC Logistics Hub / 토목부분: "PSA Tuas Port Maintenance Base" 에 테스트를 적용 중에 있음

4. 영국 및 싱가포르의 전략 비교분석 및 국내 적용방안

4.1 양국의 전략 비교분석

양국의 전략 비교는 크게 3가지 ① 전략개요, ② 측정지표 및 측정방법, ③ 특징 및 한계점 등으로 구분하여 분석하였으며, 이에 대한 세부내용은 <Table 3>과 같다.

건설기능인력 부족문제를 해결하기 위한 근원적인 대응방안을 마련하기 위해 영국은 약 5년, 싱가포르는 무려 20년 동안 많은 시행착오를 겪으며, 각각 현재의 MMC와 Buildability라는 전략을 마련하였다. 해당 전략을 개발하기 위한 접근법 및 세부 개발내용은 향후 국내 건설산업이 추진해야할 전략의 개발기간 단축 및 완성도 향상을 위한 좋은 참고가 될 수 있다.

4.2 국내 전략 개발을 위한 주요 적용방안

4.2.1 전략 개요

MMC와 Buildability 전략의 개요로부터 우리 전략개발에서 참고할 수 있는 시사점은 아래와 같다. 시행착오를 겪을수록 기술 완성도는 더욱 견고해질 것이다.

1) 영국은 민관합동으로 MMC를 개발하고 있고, 싱가포르는 정부주도로 Buildability 전략을 만들어 왔다. 물론 싱가포르에서의 전략개발에 기업 등 민간영역의 참여가 분명히 있었지만, 싱가포르의 특성상 정부가 주도한 것으로 이해할 수 있다. 국내에서는 민관합동 전담조직 구성을 통한 전략개발이 필요하다. 2021년 기준 건설수주 자료에 따르면 공공수주는 56조원이고 민간수주는 156조원으로서, 민간부문 건설사업에서의 인력감축 효과가 더욱 클 것임을 짐작할 수 있다. 따라서 전략개발에 민간부문의 적극적 참여가 요구되지만 정부의 참여 또한 반드시 필요한데, 그 이유는 이 전략이 정부정책과 맞물려 작동되어야 하기 때문이다. 또 다른 이유는 건설산업은 국가 기간산업이기도 하며, 산업인력과 관련된 문제는 정부차원에서 적극적으로 개입되어야 할 사안이기 때문이다.

2) 몇몇 실증사업을 미리 지정하여, 해당 사업의 전 과정에 걸친 정보수집과 병행해서 전략개발이 추진되어야 한다. 이렇게 해야 각종 평가체계(측정지표, 도구, 절차 등)나 평가 결과의 활용에 대한 여러 문제점들이 현실적으로 해결될 수 있고, 개발 기간도 단축할 수 있다.

3) 한편, 이러한 과정에 정부차원의 전폭적인 지원이 있어야, 전략개발 과정이 지속될 수 있고, 이를 통해 정부가 산업에 보내는 변화의 신호가 강력히 전달될 수 있을 것이다.

4.2.2 측정지표 및 측정방법

MMC와 Buildability 전략의 측정지표와 측정방법 등으

Table 3. Comparative analysis of strategies and implications of the two countries

No.	UK case	Singapore case	Implication
1.1	Strategy name	Modern Method of Construction (MMC)	Buildability
1.2	Introduction time	2017	2001
1.3	Background and Purpose	<ul style="list-style-type: none"> Introduced as a practical response to the issue of a decrease in foreign construction workers after Brexit 	<ul style="list-style-type: none"> Introduced as a countermeasure to improve construction productivity and reduce dependency on foreign workers led by BCA
1.4	Task force team	CLC(Construction Leadership Council) & CAST	C21 Steering Committee
1.5	Early research support	about 10 Million €	Amount unknown (by BCA)
1.6	Development entity	Government and private collaboration	Government-led (BCA)
1.7	Current level	In the mid of development	Periodic updates
2.1	Metrics	• PMV (Design)	• B-Score (Design) & C-Score (Construction)
2.2	Formula	• PMV Formula, Percent (Pre-manufactured cost ÷ Total cost, %)	• B-Score & C-Score Formula, (Score)
2.3	Measurement procedure	• PMV Technical Manual	• Code of Practice on Buildability Guide-line
2.4	Measurement process	<ul style="list-style-type: none"> Simple and intuitive Advantageous for compatibility and interworking with other systems 	<ul style="list-style-type: none"> The scoring process is complicated and it is divided into design and construction stages. No computerization
2.5	Measuring tool	• PMV Estimator (under free distribution)	• None
2.6	Obligation	• None	• Obligated to submit B-Score & C-Score measurement results
3.1	Main Features	<ul style="list-style-type: none"> Easy to expand and update the system in the future by various business participants. By improving the average PMV value of the entire construction project by 60%, 	<ul style="list-style-type: none"> Quantification of labor reduction index by specific system and pre-manufactured parts Improve buildability applicability through periodic detailed guideline updates Dissemination and promotion of excellent technology through the statisticalization of BS and CS index.
3.2	Limits	<ul style="list-style-type: none"> MMC Framework coverage is ambiguous Insufficient standards and guidelines for PMV measurement procedure and preparation method Insufficient standards and guidelines for PMV measurement procedures and preparation methods Insufficient Object Library DB for MMC-based pre-production parts. 	<ul style="list-style-type: none"> Insufficient computerization & automation of B-Score and C-Score calculation process Need to classify the BS and CS indexed companies by grade and induce technological competition by giving additional points during public bidding for each grade. M-Score needs to be considered for pre-production manufacturers Efforts are needed to reflect the new needs of various participants by converting buildability-related technology development into a public-private partnership.
3.3	linkage system	<ul style="list-style-type: none"> MMC-based design tool "Prism 2.0" Logistics management and monitoring system for MMC expansion "P-DfMA" (on developing) 	<ul style="list-style-type: none"> Online-based document submission system "CORENET" Integrated digital management system related to buildability "IDD system" (Being developed)
3.4	Incentive	• In the process of establishing detailed incentive grant plan	• Best Award & Promotion of best practices

로부터 우리 전략개발에서 참고할 수 있는 시사점은 아래와 같다.

1) 전략의 가장 핵심적인 부분은 현장인력 최소화를 위한 설계와 시공을 유도하는 것이므로, 이를 계량화 할 수 있는 측정 지표와 측정 프로세스 그리고 측정 도구가 매우 중요하다. 측정은 프로젝트 단위에서 진행되어야 하고(예; 싱가포르의 B-Score, C-Score), 이러한 측정결과는 기업 단위에서 집계될 수 있어야 한다(예; 싱가포르의 BS지수, CS지수).

2) 현재 국토교통부에서 제시한 BIM로드맵이 있으므로, 이에 부합시켜 BIM 기반의 측정과 평가가 진행될 수 있도록 고려하는 것이 바람직하다. 그리고, 세움터나 KISCON 등 건설행정시스템과의 연계를 사전에 고려하면서 개발하는 것이 필요하고, 기업단위 평가의 결과의 활용도 기준 제도와 연계하여 계획되어야 한다.

3) 측정지표의 종류는 싱가포르처럼 설계와 시공계획을 대상으로 하는 지표 외에도 공장생산이나 물류를 대상으로

하는 측정지표로 확장하는 것이 바람직하다. 이는 DfMA의 기본 개념에도 부합하는 것으로, 현장생산 작업과 그 소요인력의 최소화는 공장생산과 물류와도 연관성이 매우 높기 때문이며, 궁극에는 공장생산이나 물류 과정의 투입인력 감소 또한 고려되어야 할 요소이기 때문이다.

4.2.3 건설산업정책과의 연계

MMC와 Buildability 전략의 특징과 한계점으로부터 우리 전략개발에서 참고할 수 있는 시사점은 아래와 같다.

1) 영국은 PMV를 70%까지 향상시킨다는 목표를 설정하고 있고, 싱가포르에는 B-Score과 C-Score를 인허가 과정에 연계해서 활용하고 있다. 국내도 관련 측정지표를 개발해서 장기적인 지표를 통한 목표관리 계획을 수립하는 것이 필요하다. 아울러 인허가 제도 등 각종 행정절차와 연계하여 강제성을 가진 추진이 필요하다.

2) 지표의 체계적인 관리 및 행정절차와의 연계 활용을 위해서는 정보시스템화를 추진해야 한다. 영국의 경우 설계단계에서 사전 평가를 위한 전산도구(PMV Estimator)나 MMC전략 수행 전 과정을 전산화하기 위한 플랫폼(P-DfMA) 개발하고 있다. 싱가포르의 경우 평가도구 전산화는 다소 미흡하나 e-Submission 등 행정시스템과의 연계는 진행되어 있는 상황이다. 국내의 경우 개발 초기부터 전산화를 염두에 두고 앞서 언급한 BIM로드맵과 연계해서 추진하는 것이 바람직하다. 그리고, 세움터나 KISCON 등 행정 관련 정보시스템과의 연계활용을 사전에 고려하여 개발하는 것이 필요하다.

3) 산업에서의 조기정착과 함께 인력을 적게 사용하는 설계 및 건설기술의 개발을 적극적으로 유도하기 위해서는 입찰제도와 연계한 인센티브 제도를 병행해서 추진하는 것이 바람직하다. 예를 들어, 설계공모에서 설계안을 평가할 때 싱가포르의 B-Score와 같은 지표값이 우수한 설계안에 가점을 주거나, 시공자 선정과정에 C-Score가 우수한 시공자에게 가점을 주는 방식 등이 있을 수 있다.

4) 이상의 여러 내용을 통합적으로 관리하고 장기적으로 모니터링할 수 있는 정보플랫폼의 개발이 반드시 필요하다. 수많은 프로젝트들이 따로따로 관리되는 것이 아니라 하나의 정보플랫폼에서 관리되도록 함으로써, 빅데이터의 축적과 분석을 통한 지속발전 가능한 체계 구축이 가능하기 때문이다. 특히, 설계기술이나 시공기술개발을 유인할 수 있는 좋은 실마리를 제공할 수 있고, 각종 행정처리 등의 효율성을 향상시킬 수 있을 것이다.

4.2.4 활용 예시

이상에서 영국과 싱가포르 사례로부터의 시사점을 통해 도출한 국내의 전략개발 방향을 기반으로, 한국형 건설사업 수행모델의 실시설계단계 운용 예시를 간략히 제시하면 아

래와 같다(Fig. 8).

실시설계 승인을 위해 초기 “인증 및 등급관리시스템”을 통해 해당 건물 유형 및 연면적별 최소 기준값이 제공된다. 해당 정보를 기반으로 “설계도구”를 활용하여 해당 최소 기준점이 충족되는 B-Score(설계점수), M-Score(제조점수), P-Score(조달점수), C-Score(시공점수) 등이 고려된 설계안을 작성한다. “측정도구”는 해당 설계안을 활용하여 전체 지표값이 “인증 및 등급관리 시스템”이 제시한 최소기준점을 충족하는지 검증하게 되며, 최소기준을 충족할 경우 자동으로 해당 발주자에게 최종 지표값 관련 문서 발송 여부를 선택하게 한다. “문서제출 및 승인시스템”을 통해 발주처 담당자에게 전달되며, 발주처 관련 담당자들은 최종값에 대한 검증 후 실시설계 승인을 시공자에게 통보한다. 시공자는 “조달관리시스템”을 통해 사전제작부품 및 관련 시스템에 대한 공장제작도와 함께 발주를 시작한다. 제조사들은 이후 생산 가능 일정 및 상세산출내역을 “조달관리시스템”을 통해 개별 현장으로 통보한다. 현장에서는 지속적으로 현장 작업 진행 및 시공 시 문제점을 “현장관리시스템”을 통해 본사 및 협력사와 소통하며 현장 투입인력을 최소화하며 궁극적으로 현장의 작업생산성 향상을 프로젝트에 참여한 모든 주체와 실시간으로 공유한다. 정부는 “인증 및 등급관리시스템”을 통하여 매년 설계, 제조, 조달, 시공부문의 평균값 최우수 업체 1~30위 업체에게 인센티브로 공공입찰 시 차등하여 가산점을 부여함으로써 지속적인 기술경쟁구도를 유도한다.

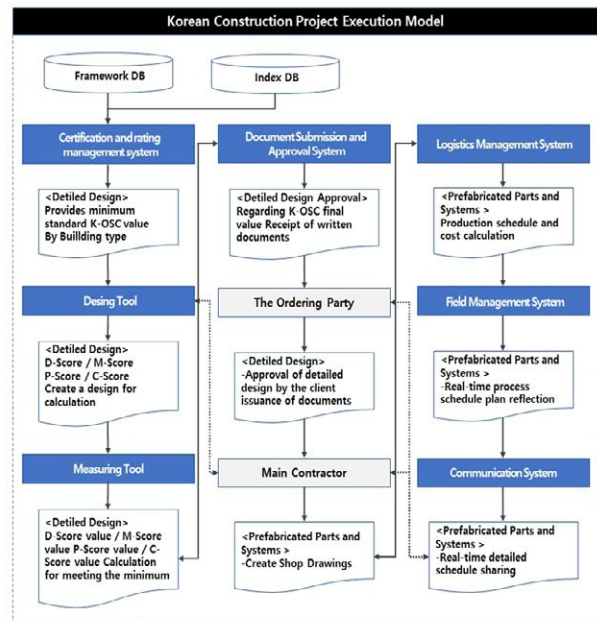


Fig. 8. <Detailed Design Approval Stage> An example of how to use the Korean construction project implementation model

5. 결론

본 연구는 국내 건설산업이 직면한 건설기능인력부족의 근원적인 문제점을 조명하고, 인력부족문제를 해결하기 위해 최근 5년간 신속하게 대응책을 마련하고 있는 영국의 사례와 약 20년간에 걸쳐 대응방안을 모색하고 있는 싱가포르의 사례를 비교분석 하였다. 양국은 대동소이한 전략을 보여주고 있는데, 그 핵심은 현장에 투입되는 기능인력을 최소화할 수 있는 설계와 시공을 유도하는 것이다.

이를 위해, 설계단계에서 투입인력을 얼마나 줄일 수 있는지를 설계도서를 기반으로 계량적으로 따져서 지표화하거나, 또는 전체 공사 중에서 공장생산화를 얼마나 이루었는지를 비용적으로 산정해서 지표화하는 방법을 사용하고 있다. 그리고 이 지표들을 산정하는 구체적인 방법이나 전환화 방법, 지표를 행정절차와 연계시키는 방법, 기업평가와 연계시키는 방법 등을 제시 및 활용하고 있다. 나아가, 이러한 과정을 정보시스템화하고, 기존의 행정정보시스템과 연계시키고 있다.

국내의 건설기능인력부족은 심각한 수준이나 아직 영국이나 싱가포르와 같은 접근을 통한 대응전략 수립이 없는 실정이다. 본 연구에서는 영국과 싱가포르의 전략(MMC와 Buildability)를 비교분석 및 벤치마킹해서 국내에서 유사한 전략을 구사하기 위한 방안을 제안하였다. 그리고 실시설계 단계에서 제안한 내용이 어떻게 활용될 수 있는지의 사례를 프로세스 다이어그램으로 제시하여, 향후 전략개발의 방향성을 명확히 제시하고자 하였다.

영국 “Farmer Review (2016)” 보고서는 “국내 건설업 이 대로 죽느냐?, 아니면 현대화 하느냐?”라는 부제를 가지고 있다. 국내 건설산업에서의 인력부족과 생산성 저하 문제가 이처럼 심각하게 받아들여져야 할 것이며, 이러한 문제를 해결하기 위한 전략개발에 본 연구의 제안내용이 기여할 것으로 기대한다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호 22ORPS-B158109-03).

이 논문은 2022년도 광운대학교 우수연구자 지원 사업에 의해 연구되었음.

References

Building and Construction Authority (BCA), Singapore. (2020). Policy Paper, "Code Practice on Buildability,

2001~2019.
 Cabinet Office, UK. (2020). Policy Paper, "The Construction Playbook"
 Chew, S.-B., & Chew, R. (1995). "Immigration and foreign labour in Singapore." ASEAN Economic Bulletin, pp. 191-200.
 Construction Products Association, UK. (2022). Labor Force Survey.
 Construction Workers' Mutual Aid Association, Korea. (2022). Construction worker supply and demand status and training survey.
 Korea Productivity Center, Korea. (2022). "Labor Productivity Index by Industry, 2016~2021."
 Cheong, K.Y., and Gao, S. (2015). "Strategies to reduce the reliance of foreign workers." FARU Proceedings, pp. 293-305.
 Infrastructure and Projects Authority, UK. (2020). Proposal for a New Approach to Building : Call for Evidence.
 Mark Farmer, Founding Director and CEO, Cast Consultancy, Published by the Construction Leadership Council (CLC), UK. (2016). The Farmer Review of the UK Construction Labour Model : Modernise or Die, Time to decide the industry's future.
 Ministry of Housing, Communities & Local Government, UK. (2017). Policy Paper, Housing white paper : Fixing our broken housing market.
 Ministry of Housing, Communities & Local Government, UK. (2019). Policy Paper, Modern Methods of Construction working group: developing a definition framework.
 Ministry of Manpower and Ministry of National Development, Singapore. (1999). Policy Paper, Construction 21 Steering Committee, Re-Inventing Construction.
 Si Katara, Technology Council, Forbes Article (Aug 18, 2022). Replenishing The Construction Labor Shortfall.
 Statistical Office, Korea. (2022). Number of foreign workers in Construction Industry, 2016~2021.
 The Office for National Statistics, UK. (2020). Construction Employment Statistics.
 The Office for National Statistics, UK. (2020). The number of workers in UK construction, 2016~2021.
 Transient Workers Count Too (TWC2), Singapore. (2017). Construction Sector GDP.
 Transient Workers Count Too (TWC2), Singapore. (2017). Number of Construction Work Permit in Singapore.

요약 : 국내 건설산업의 지속적인 노령화 및 인력부족 문제는 노동집약적 건설업의 특성과 지속되는 청년층의 건설업계를 향한 부정적 이미지가 증가하는 현실을 감안할 때 더 이상 미래의 문제가 아니라 국내 건설업의 생존을 위해 꼭 해결해야할 선결과제임에 틀림없다. 본 연구는 국내 건설산업이 직면한 건설 인력부족의 근원적인 문제점을 조명하고 인력부족문제를 해결하기 위해 최근 5년간 패스트트랙 성향의 신속한 대응책을 마련하고 있는 영국의 MMC 사례와 약 20년간의 중장기적인 대응방안을 모색하고 있는 싱가포르의 Buildability 사례를 비교분석함으로써 양국이 제시하는 전략적 대응방안의 시사점을 도출하고 유사한 전략을 구사하기 위한 방안을 제안하였다. 그리고 본 연구가 제시한 대응전략을 프로세스 다이어그램으로 제시하여, 향후 전략개발의 방향성을 명확히 하였다.

키워드 : 건설기능인력 부족, MMC, Buildability, 생산성
