

모듈러 공법 활성화를 위한 개선과제 중요도 및 기대효용 분석 연구

김시연¹ · 이미성² · 유일한³ · 손정욱^{4*}

¹이화여자대학교 건축도시시스템공학과 박사과정 · ²이화여자대학교 건축도시시스템공학과 박사과정 · ³대한건설정책연구원 미래전략연구실 연구실장 ·

⁴이화여자대학교 건축도시시스템공학과 부교수

Analysis of Importance and Expected Utility of Improvement Tasks to Activate Modular Construction Method

Kim, Siyeon¹, Lee, Meesung², Yu, Ilhan³, Son, JeongWook^{4*}

¹Graduate Student, Department of Architectural and Urban Systems Engineering, Ewha Womans University

²Graduate Student, Department of Architectural and Urban Systems Engineering, Ewha Womans University

³Director, Future Strategy Division, Korea Research Institute for Construction Policy

⁴Associate Professor, Department of Architectural and Urban Systems Engineering, Ewha Womans University

Abstract : Despite of the various advantages of modular construction method and the continued growth of related markets, it is difficult to activate them because no specific system has been established in Korea. Accordingly, this study derived improvement areas and tasks for activating modular construction methods through existing literature reviews and preliminary surveys. Then, AHP analysis and expected utility evaluation were conducted for expert groups to derive priority for improvement areas and tasks. In addition, opinions of enterprise and architectural research were compared and analyzed, and the analysis results suggested the direction of policy establishment and system improvement. This study is expected to be used as a basic study for policy decision-making to activate modular construction method.

Keywords : Modular Construction Activation, Construction Policy System, Improvement Task, Analytic Hierarchy Process (AHP)

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

국내 건설산업은 타 산업 대비 낮은 생산성과 저조한 신규 인력 유입 등으로 인한 노동력 부족 문제를 겪고 있다 (Son & Lee, 2019). 최근 이러한 문제를 해결하려는 방안으로 기존의 현장생산방식에서 벗어난 공장생산방식과 ICT 기술을 접목한 건설 자동화 등이 거론되고 있다. 특히 국내 주택 분야 건설 현장에서는 모듈러 공법(Modular Construction) 등을 포함한 Off-Site Construction (OSC) 생산방식을 적용하려는 움직임이 활발히 진행되고 있다.

모듈러 공법은 현장생산방식과 대비되는 OSC 생산방식의 하나로 건설 현장 외부에서 생산한 모듈을 현장으로 운반하

여 설치하는 건설 방법이다. 모듈러 공법은 통제된 환경에서 부재를 생산하기 때문에 외부 요인의 영향이 적고, 부재의 균일한 품질 확보가 가능하다. 또한, 현장 작업인력을 최소화할 수 있고 공사 기간이 단축돼 공사 금액을 절감할 수 있다는 장점이 있다(Ernstsen et al., 2020). 이러한 장점에 기반하여 싱가포르와 영국에서는 모듈러 공법을 국가정책적 차원에서 육성하고 있으며, 관련 시장이 지속적으로 성장할 것으로 전망된다(Smith & Rupnik, 2019; Xu et al., 2020).

반면 국내에서는 모듈러 공법에 관한 내용이 아직 제도에 구체적으로 반영되어 있지 않아 관련 업체 지원과 기술 육성이 미흡한 실정이다. 건설산업의 생산성 향상과 노동력 문제를 해결하기 위한 효과적인 대안이라는 점에서, 모듈러 공법이 건설시장의 새로운 방식으로 자리 잡기 위해서는 관련 제도와 추진 및 개선전략을 새롭게 세워야 할 시점이다.

따라서 본 연구의 목적은 모듈러 공법 적용 활성화를 위한 제도 및 정책을 수립하기 위해 개선해야 할 영역과 과제의 우선순위를 도출하고, 이에 따른 기대효용 평가를 수행하고자 함에 있다. 또한, 분석 결과를 통해 모듈러 공법을 활용한 건설산업의 중장기적인 정책 방향을 제시하고자 한다.

* **Corresponding author:** Son, JeongWook, Department of Architectural and Urban Systems Engineering, Ewha Womans University, 52 Ewhayeodae-Gil, Seodaemun-Gu, Seoul, 03760, Korea

E-mail: jwson@ewha.ac.kr

Received April 13, 2021; **revised** May 28, 2021

accepted June 14, 2021

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 <Fig. 1>에 제시된 바와 같이 진행된다. 첫째, 산업 현황 분석과 문헌 고찰을 통해 현재 국내에서 모듈러 공법이 활성화되지 못하고 있는 이유를 분석한다. 둘째, 예비 조사를 통하여 모듈러 공법 활성화를 위한 주요 개선영역과 영역별 개선과제를 도출한다. 개선영역은 제도, 시장, 기술, 현장 4가지 영역에 초점을 맞추며 개선과제는 개선영역별로 3가지씩 선정한다. 셋째, 모듈러 공법 활성화를 위한 4대 개선영역과 12개 개선과제의 상대적 중요도와 기대효용을 정량적으로 평가하는 설문조사를 실시한다. 설문조사는 건설 관련 전문가를 대상으로 진행되며, 개선영역 및 개선과제의 상대적 중요도를 AHP (Analytic Hierarchy Process) 기법을 활용하여 평가한다. 개선과제의 기대효용은 건설산업의 생산성 향상 측면과 건설산업 글로벌 경쟁력 확보 측면에서 리커트 10점 척도로 평가한다. 넷째, 본 연구에서 시행한 설문조사 분석을 통해 모듈러 공법 활성화를 위한 개선과제의 최종 순위와 기대효용을 도출하고, 이를 통한 시사점 도출 및 건설산업의 중장기적 정책 방향을 제시한다.

2. 예비적 고찰

2.1 모듈러 공법 관련 산업 현황

전 세계적으로 건설업은 타 산업과 비교했을 때 생산성 측면에서 경쟁력이 떨어지고 지난 10년간의 산업별 성장률 역시 최하위 수준으로 나타난다(Kevin et al., 2018). 최근 이에 대한 해결책으로 공장 생산방식과 건설 자동화 등이 거론되고 있으며, World Economy Forum (2018) 역시 프리패

브(Prefabrication) 및 모듈러 공법을 건설산업의 미래를 이끌어 갈 핵심 건설기술 중 하나로 예시했다. 모듈러 공법은 공장에서 골조·설비·마감을 포함한 모듈을 생산하여 현장에서 조립하는 건축시공 방식이다. 균일한 품질의 부재 생산, 현장 작업인력 최소화, 공기 단축, 공사비 절감, 건축물의 이동 및 재사용 등 다양한 장점을 갖추고 있어서 향후 건설 현장에 모듈러 공법이 더욱 활발하게 적용될 것으로 예상된다.

국내에서는 2000년대에 들어 모듈러 공법을 도입하기 시작했다. 2000년대 후반까지는 주로 학교시설이나 군 시설 위주로 모듈러 공법이 적용되었으나, 이후부터 현재까지는 오피스, 기숙사, 공동주택 등 그 적용 범위가 확대되고 있다. 모듈러 공법의 도입 이후 신기술, 신소재, 공법개선 등을 통해 지속적인 발전이 이루어졌으며, 2020년 이후로는 국내 모듈러 건축 시장이 약 1.7조 원에서 3.4조 원의 규모가 될 것으로 예측된다(Yu, 2019). 정부 역시 국내 건설업의 한계점과 위기를 극복하기 위한 새로운 추진 방향을 제6차 건설 기술진흥기본계획(2018~2022)을 통해 밝혔다. 현장 의존적인 건설업의 생산체계를 극복하기 위해 첨단공장형 건설기술을 개발하는 것이 해당 계획의 궁극적인 목표이며, 3D 프린터를 활용하여 공장에서 건설 부재를 모듈화로 제작하고 현장에서 조립하는 건설 자동화를 추진하고자 한다.

이처럼 모듈러 공법 관련 분야는 향후 지속적인 발전을 이룰 것으로 예상되며 정부 차원에서도 적극적인 지원책을 마련하고자 하나, 이와 관련된 국내 제도는 아직 체계적으로 마련되어 있지 않은 상황이다. 현시점에서 모듈러 공법은 공업화주택의 범주에 포함되는 것이 적절하다. 주택법 제 51

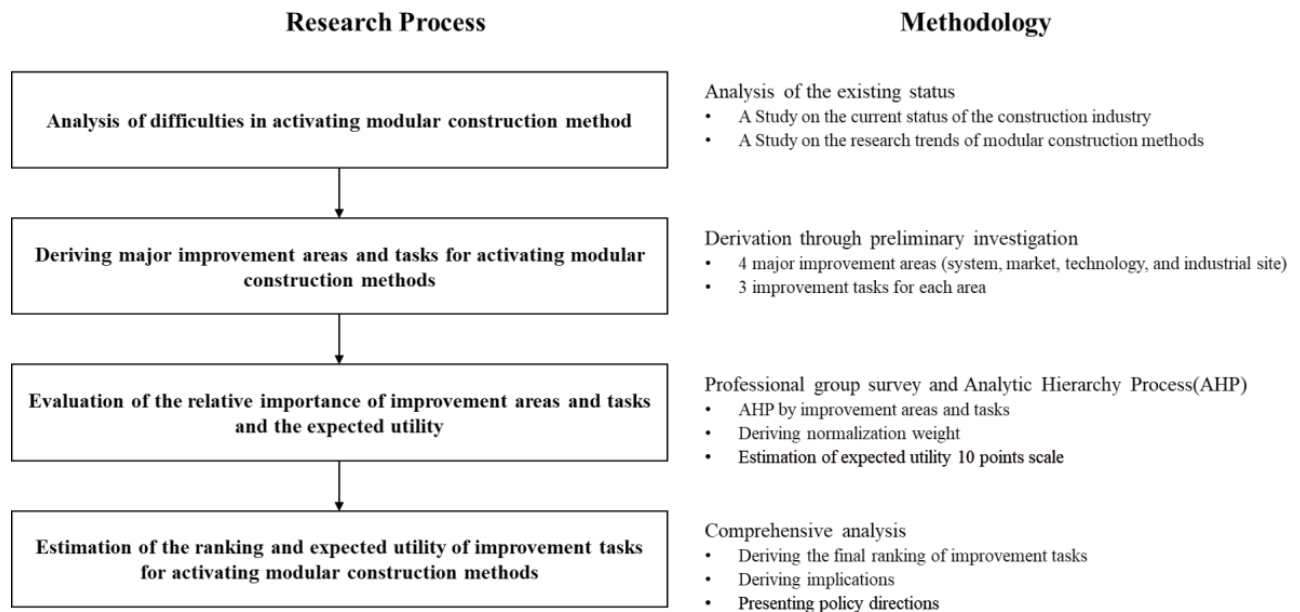


Fig. 1. Research progress

조(공업화주택의 인정 등)에 따르면 공업화주택을 “주요 구조부의 전부 또는 일부, 세대별 주거 공간의 전부 또는 일부(거실·화장실·욕조 등 일부로서의 기능이 가능한 단위공간) 중 해당하는 부분을 국토교통부령으로 정하는 성능기준 및 생산기준에 따라 맞춤식 등 공업화공법으로 건설하는 주택”으로 정의하고 있다. 하지만 모듈러 건축은 기존 시공 방식과 달리 계약 과정에서 공사, 물품, 용역이 혼재되어있기 때문에 기존의 발주방식을 따르는 것에는 한계점이 있다. 미국, 영국, 싱가포르 등에서는 모듈러와 관련된 새로운 제도들을 운영하고 있으며 체계화되어 가고 있는 상황이다. 국내에서도 모듈러 공법이 활성화되기 위해서는 관련 제도의 법제화가 필요할 것으로 보인다.

2.2 모듈러 공법 관련 연구 동향

모듈러 공법은 공장과 현장의 이원 생산체계, 기존 물품계약방식 발주체계의 한계, 설계·시공 분리발주 중심의 발주제도, 설계 기준 및 성능 기준 등 관련 제도의 미흡 등의 문제점으로 인해 확산에 어려움이 있다(Park & Son, 2020).

이와 관련하여 KICT (2017)와 RICON (2020)은 모듈러 공법 활성화를 위한 관련 제도 및 정책 개선 방안을 제시하였으며, 이는 1) 업종별 업무 내용 개편, 2) 모듈러 관련 발주제도 개선, 3) 통합 공장생산화 협의회 구성, 4) 부재 다양화 및 제조업 연계의 4개 분야로 요약할 수 있다. 더 자세하게는 모듈러 제작업체의 전문건설업 업종 등록 및 직접발주제도를 통한 적정공사비 확보 도모 등이 있으며, 중장기적으로는 발주자, 설계자, 시공자가 협업할 수 있는 확장형 일괄계약제도의 도입 추진 등 제도적 문제점 개선을 제시하였다.

Kim et al. (2014)과 Hwang et al. (2017)은 전문가 대상 설문조사를 통해 주택 분야에서의 모듈러 공법 활성화를 위한 방향을 모색하였다. Hwang et al. (2017)의 연구 결과, 주택 시장에서 모듈러 공법 확산을 위한 우선순위로는 공업화주택 범위의 확대, 공업화주택 생애단계별 기술 기준 구축, 공업화주택 내화기준 및 구조기준의 현실화 등이 도출되었다. 또한 Kim (2014)의 연구에서는 모듈러 공법의 시장 적용에 있어서 사용성 및 경제성 측면의 특성요인들이 중요하게 평가된 반면 현재의 기술 수준은 상대적으로 중요도가 낮은 시공성 측면에 집중되어 있음을 알 수 있다.

기존 문헌들을 통하여 건설시장에서의 모듈러 공법 현황과 문제점을 파악할 수 있으며 이를 위한 제도 및 정책 개선의 방안 모색이 필요함을 알 수 있다. 모듈러 공법 활성화와 관련하여 공업화 주택에서의 활용에 있어서는 전문가 대상 설문조사를 통한 중요도 조사가 이루어졌으나, 건설시장 전반을 포괄적으로 다룬 경우는 미진한 것을 알 수 있다. 이에 본 연구는 모듈러 공법 활성화를 위한 제도 및 정책상의 개

선 방안을 제도, 시장, 기술, 현장 등의 측면에서 모색하고, 이를 바탕으로 우선순위 개선과제를 도출하여 모듈러 공법 활성화에 기여하고자 한다.

3. 모듈러 공법 적용 활성화를 위한 개선영역 및 개선과제 도출

본 연구의 목표는 모듈러 공법 적용 활성화를 위한 개선영역별 개선과제를 계층화시켜 항목별로 중요도를 평가하고 개선 방향을 제안하는 것이며, 이를 위해서는 개선영역 및 개선과제의 도출이 선행되어야 한다. 이를 위해 모듈러 공법 적용 활성화 방안에 관한 기존 문헌조사와 더불어 건설업계 실무자를 대상으로 모듈러 공법에 관한 인식 및 의견에 대한 사전 조사를 수행하였다. 사전 조사 단계에서는 건설업계 실무자를 대상으로 모듈러 공법 활성화의 필요성 및 이유, 모듈러 공법 활성화를 위한 선결 조건, 모듈러 공법의 장점 및 단점, 그리고 모듈러 공법 활성화를 위한 정책분야에 대해 조사를 진행하였다. 모듈러 공법 적용 활성화의 필요성을 제외한 항목에 대해서는 중복 답변이 가능하게 하였다.

사전 조사 결과, 모듈러 공법 활성화의 필요성에 대해 응답자 중 43.2%가 필요하다, 10.1%가 필요하지 않다, 46.7%가 잘 모르겠다고 답하였다. 모듈러 공법이 향후 활성화될 것으로 생각되는 이유에 대해서는 노무인력 수급의 어려움 및 인건비 상승(27.5%), 건식공법 또는 조립식 복합부재의 지속적인 기술개발(24.9%) 등의 의견이 있었으며(Table 1), 모듈러 공법 활성화를 위한 선결 조건으로는 성능 및 생산기준 등 관련 제도의 정비(30.8%)로 가장 중요하게 꼽혔다(Table 2).

Table 1. The reason why the modular construction method is gradually becoming activate

Item	Number of responses(%)
Difficulty in supply of labor workers and rising labor costs	97(27.5)
Continuous development of dry and prefabricated components	88(24.9)
Increasing demand for eco-friendly construction methods in construction sites	63(17.8)
Necessity of shorten construction period	60(17.0)
Customer demand for modular construction method	34(9.6)
Global trend with increasing modular construction method	8(2.3)
Etc	3(0.8)
Sum	353(100.0)

Table 2. The important prerequisites for activating the modular construction method

Item	Number of responses(%)
Improvement of systems related to performance and production standards	109(30.8)
Fostering and supporting producers	63(17.8)
Optimization of estimating cost and previous bid price	53(15.0)
Reorganization of bidding system focusing on technology proposal rather than the lowest bidding method	53(15.0)
Preparation of standard specifications	48(13.6)
Reorganization of the construction industry system	21(5.9)
Establishment of related organizations such as associations and councils	3(0.8)
Etc	4(1.1)
Sum	354(100.0)

Table 3. The advantage and effect of the modular construction method

Item	Number of responses(%)
Construction cost reduction by mass production method and labor cost reduction	118(32.2)
Construction period reduction by using prefabricated components	114(31.1)
Quality assurance according to standardized factory production	46(12.5)
Easy to change floor plan and structural design and maintain during use	31(8.4)
Eco-friendly construction through reducing of greenhouse gas and waste	28(7.6)
Increase recycling/reuse of components after disposal or demolition	18(4.9)
Reduction of safety accidents at construction sites	8(2.2)
Etc	4(1.1)
Sum	367(100.0)

Table 4. The drawbacks and concerns of the modular construction method

Item	Number of responses(%)
Reduction of the industrial role of contractors as construction industry becomes manufacturing	87(27.1)
Controversy about responsibility between the components producer and the constructor in case of defect	86(26.8)
Reduction of consumers/users satisfaction for living performance, design, etc.	39(12.1)
Decrease in construction profits for contractors	38(11.8)
Insufficient fostering labor worker in construction	33(10.3)
Conflict with the current law system focusing on on-site construction	18(5.6)
Reduction of the industrial role of designers and supervisors	16(5.0)
Etc	4(1.2)
Sum	321(100.0)

Table 5. Policy field that best matches the policy to activate the modular construction method

Item	Number of responses(%)
Construction R&D development such as new technology	60(25.2)
Productivity/efficiency improvement	59(24.8)
Construction production system reorganization	44(18.5)
Encourage eco-friendly construction	41(17.20)
Fostering small and medium-sized enterprises	29(12.2)
Entry into overseas markets	3(1.3)
Etc	2(0.8)
Sum	238(100.0)

모듈러 공법의 장점 및 효과로 대량생산 및 인건비 절감 등에 따른 공사비 절감(32.3%)과 조립식 공법에 따른 공기 단축(31.1%)이 있었으며<Table 3>, 단점 또는 우려로는 제조업화에 따른 시공자의 산업적 역할 축소(27.1%)와 하자 발생 시 자재 생산자와 시공자 간의 책임 논란(26.8%)이 있었다<Table 4>. 또한, 모듈러 공법 활성화 정책과 가장 부합할 수 있는 분야로는 신기술 등 건설 R&D 발전(25.2%)과 생산성 및 효율성 향상(24.8%)이 꼽혔다<Table 5>.

모듈러 공법 활성화와 관련하여 건설업계 실무자를 대상으로 제반 인식조사를 수행한 결과, 다음과 같은 시사점이 제시될 수 있다.

현재 국내 건설업체들도 모듈러 공법 활성화의 필요성을 인지하고 있으나 국내에서는 아직 확산이 어려운 실정이다. 모듈러 공법 활성화에 따라 인건비 절감 및 공기단축 효과가 기대되지만 하자 발생 시 자재 생산자와 시공자 간의 책임 논란이 가장 우려되는 사항이다. 또한, 모듈러 공법 도입은 건설산업 생산체계 개편 문제와 밀접히 연관되어 있어 활성화 정책은 신중하고 단계적 접근이 요구된다. 모듈러 공법 도입을 위해서는 중장기적으로 건설산업기본법상의 업종별 업무 내용 확대가 필요하고, 이를 통해 관련 기술개발 지원을 유도하는 정책이 중요하다고 판단된다. 모듈러 사업을 건설업으로 포함시키는 제도 개선 대안으로는 건설산업기본법 시행령상에 기존 업종명 확대 및 관련 업무 내용 추가가 가장 적합한 것으로 보인다. 또한, 모듈러 공법이 건설공사가 아닌 물품구매 등으로 발주되는 문제점에 대한 개선이 필요하며, 관련 기술 지원 및 기능공 육성이 필요하다.

모듈러 공법과 관련한 산업 현황 분석 및 기존 문헌조사 결과와 건설업계 실무자를 대상으로 한 사전 조사 결과를 종합하여, 모듈러 공법 도입 및 활성화를 위한 포괄적인 대책을 1) 제도: 건설산업 측면 제도 개선, 2) 시장: 시장 확대 및 활성화 지원, 3) 기술: 건설기술 개발 활성화 지원, 4) 현장: 산업 현장 활성화 지원 측면의 개선영역에서 각 3개씩

Table 6. Hierarchical structure

Main Subject	Improvement task
A. System: System improvement in the construction industry	A1. Systematization of modular components ordering as a construction work rather than purchasing products
	A2. Classify modular construction method related tasks into detailed construction sectors
	A3. Establishment of reasonable standards for calculating modular construction costs
B. Market: Support for market expansion and activation	B1. Periodically publish modular construction method market analysis reports
	B2. Securing 10 year order quantities and establishing plans at the public sector level
	B3. Establishment of a modular construction method support policy system specialized for overseas markets
C. Technology: Activation of construction technology development	C1. Establishment of technical standards specialized for modular construction method
	C2. Expansion R&D projects related to small and medium-sized enterprises and foster venture companies
	C3. Promote a pilot project to build a modular production plant by region
D. Industrial Site: Support for activation of industrial sites	D1. Preparation of measures for the establishment of a high-tech factory based production system
	D2. Establishment of construction sector for modular construction method
	D3. Establishment of joint cooperation committee and business model between industries

총 12개의 개선과제를 도출하였다<Table 6>.

4. 전문가 AHP 분석

4.1 응답자 구성

앞 장에서 제시한 4대 개선영역과 12개 개선과제의 중요도를 비교·분석하기 위해 전문가집단을 대상으로 AHP (Analytic Hierarchy Process) 설문을 수행하였다. AHP 기법은 요인들을 쌍대비교하여 중요도를 산출하는 분석 방법으로 정성적인 상대적 중요도를 정량화하는 기법이다 (Saaty, 1980). AHP는 상대적 중요도를 9점 척도로 평가해 최종 중요도를 도출하며, 다양한 분야에서 의사결정 과정에 사용되어 그 유용성을 인정받고 있다(Lee et al., 2015). 본 연구에서 설문 대상으로 선정된 전문가집단은 전문분야(건축, 토목, 기타), 경력기간(15년 이상, 15~10년, 10~5년, 5년 미만), 소속집단(기업, 대학, 연구기관, 기타)에 따라 구분될 수 있다. 건축 분야 전문가를 중심으로 토목 및 기타 분야를 포함한 전문가의 전반적인 의견을 조사하였고, 경력 15년 이상의 전문가를 중심으로 하되 5년 단위로 구분하여 다양한 경력을 가진 전문가의 의견을 반영하였다. 또한, 기업, 학계, 연구계를 구분하여 각 집단의 의견을 균형 있게 조사하고자 하였다. 총 138부의 설문지를 배포하여 메일 수신 형태로 회수하였다. 138부 중 52부의 설문지를 회수하였으나, 연구의

신뢰도를 위해 CR 지수 0.2 이하의 유효설문 35부를 대상으로 분석을 진행하였다. 유효설문 응답자의 전문분야, 경력기간, 소속집단 구성은 다음과 같다<Table 7>.

Table 7. Respondent overview

Field	Work experience		Job		
	Weight	Rank	Weight	Rank	
Architecture	30(86%)	More than 15 years	20(57%)	Enterprise	13(37%)
Civil	4(11%)	10 to 15 years	7(20%)	University	14(40%)
Etc.	1(3%)	5 to 10 years	6(17%)	Research institute	8(23%)
		Less than 5 years	2(6%)	Etc	0(0%)
Sum	35(100%)	Sum	35(100%)	Sum	35(100%)

4.2 개선영역별·개선과제별 중요도 분석

모듈러 공법 적용 활성화를 위한 4대 개선영역의 중요도를 9점 척도로 쌍대비교하여 분석한 결과, 시장 확대 및 활성화 지원(B)이 0.2794로 가장 크게 나타났다. 이어서 건설 기술 개발 활성화(C), 건설산업 측면 제도 개선(A), 산업 현장 활성화 지원(D) 순으로 중요하게 나타났으나 상위 3개 개선영역의 가중치는 크게 차이 나지 않았다. 기업과 학계/연구계를 나누어 비교·분석한 결과 기업은 시장 확대 및 활성화 지원(B)을 가장 중요한 개선영역으로 꼽았으나 학계/연구계의 경우 건설산업 측면 제도 개선(A)이 가장 중요하다고 응답하였다. 기업과 학계/연구계의 의견 차이가 있으며, 이로 인해 집단을 구분하지 않고 종합적으로 분석한 결과에서는 상위 3개 개선영역의 가중치가 크게 차이 나지 않는 것으로 보인다<Table 8>.

Table 8. Main subject pairwise comparison result

Main subject	All		Enterprise		Architectural research	
	Weight	Rank	Weight	Rank	Weight	Rank
A	0.2724	3	0.1791	4	0.3465	1
B	0.2794	1	0.3238	1	0.2476	3
C	0.2735	2	0.2970	2	0.2504	2
D	0.1747	4	0.2001	3	0.1555	4
Sum	1.000	-	1.000	-	1.000	-

개선과제별 중요도는 개선영역별 가중치와 개선과제별 가중치의 곱으로 표현되며 이를 정규화 가중치라고 한다. AHP를 통한 12개 개선과제의 중요도 평가 결과를 나타내는 정규화 가중치는 <Table 9>와 같다. 전체 응답자를 대상으로 하는 중요도 평가 결과, 공공부문 차원의 10년 단위 발주 물량 확보 및 계획 제시(B2)가 가장 우선적인 개선과제로 조사되었으며, 모듈러에 특화된 제반 기술 기준 마련(C1), 합

리적인 모듈러 공사비 산정 기준 마련(A3), 모듈러 요소기술에 대한 시공 영역의 확립(D2), 물품구매가 아닌 건설공사로써의 모듈러 발주 제도화(A1), 지역/거점별 모듈러 공동생산플랜트 구축(C3) 순으로 중요도가 높게 나타났다. 중요도 상위 3개의 개선영역별 가중치 차이가 크지 않았기 때문에 각 영역에서 고르게 중요한 개선과제가 도출된 것으로 보인다. 이는 모든 영역에 대해 균형 잡힌 개선이 필요한 것으로 해석될 수 있다.

Table 9. Main subject pairwise comparison result

Main subject		12 Improvement task		
Subject	Weight	Improvement item (code)	Normalization weight	Rank
A	0.2724	A1	0.0923	5
		A2	0.0539	8
		A3	0.1262	3
B	0.2794	B1	0.0399	11
		B2	0.1936	1
		B3	0.0458	9
C	0.2735	C1	0.1377	2
		C2	0.0543	7
		C3	0.0815	6
D	0.1747	D1	0.0426	10
		D2	0.0961	4
		D3	0.0361	12
Sum	1.000	-	1.000	-

개선과제별 중요도를 기업과 학계/연구계의 의견을 나누어 비교·분석한 결과에서는 기업과 학계/연구계 공통으로 공공부문 차원의 10년 단위 발주물량 확보 및 계획 제시(B2)를 가장 중요한 개선과제로 응답한 것으로 나타났다. 또

Table 10. Normalization weight (Enterprise, Architectural research)

Enterprise					Architectural research				
Main subject		12 Improvement task			Main subject		12 Improvement task		
Subject	Weight	Item	Normalization weight	Rank	Subject	Weight	Item	Normalization weight	Rank
A	0.1791	A1	0.0382	11	A	0.3465	A1	0.1469	2
		A2	0.0318	12			A2	0.0696	6
		A3	0.1091	4			A3	0.1300	4
B	0.3238	B1	0.0441	9	B	0.2476	B1	0.0362	10
		B2	0.2130	1			B2	0.1760	1
		B3	0.0667	6			B3	0.0353	11
C	0.2970	C1	0.1196	3	C	0.2504	C1	0.1390	3
		C2	0.0501	8			C2	0.0530	8
		C3	0.1273	2			C3	0.0583	7
D	0.2001	D1	0.0520	7	D	0.1555	D1	0.0365	9
		D2	0.1070	5			D2	0.0869	5
		D3	0.0412	10			D3	0.0321	12
Sum	1.000	-	1.000	-	Sum	1.000	-	1.000	-

한, 기업과 학계/연구계 모두 모듈러에 특화된 제반 기술 기준 마련(C1), 합리적인 모듈러 공사비 산정 기준 마련(A3), 모듈러 요소기술에 대한 시공 영역의 확립(D2)을 중요도 상위 항목으로 꼽았다. 그러나 기업의 경우에는 지역/거점별 모듈러 공동생산플랜트 구축(C3)과 해외시장에 특화된 모듈러 지원정책 체계 수립(B3) 등을 상위 개선과제로 응답하였으며, 학계/연구계의 경우 물품구매가 아닌 건설공사로써의 모듈러 발주 제도화(A1)와 모듈러 관련 업무를 건설 세부업종으로 반영되도록 조치(A2) 등을 상위 개선과제로 평가하여 서로 다른 의견을 보였다(Table 10).

5. 개선과제별 기대효용 평가

설문조사를 통해 분석한 정규화 가중치 분석과 더불어 12개의 개선과제에 대하여 (1) 건설산업의 생산성 향상 측면과 (2) 건설산업 글로벌 경쟁력 확보 측면의 기대효용평가를 수행하였다. 가중치 순위평가가 개선과제별 중요도를 평가하기 위한 목적인 데 반해 기대효용 평가는 건설산업의 생산성 향상 측면과 건설산업 글로벌 경쟁력 확보 측면에서 각 개선과제의 실제 개선효과를 평가하는 것에 목적이 있다. 기대효용평가는 10점 리커트 척도로 조사되었으며, 각 개선과제 평가점수의 산술평균값을 적용하여 기대효용점수를 산정하였다. 가중치와 기대효용점수의 곱을 통하여 각 기대효용 측면에 따른 각 개선과제의 최종 중요도 순위를 도출하였다(1).

$$Score_{priority} = Score_{nw} \times Score_{eu} \quad (1)$$

Score_{priority} : 개선과제의 최종중요도 점수
 Score_{nw} : 정규화가중치점수
 Score_{eu} : 기대효용평가점수

5.1 건설산업의 생산성 향상 측면 기대효용 평가

최종 도출된 개선과제의 중요도 점수와 우선순위를 분석한 결과 기대효용 측면에 따른 순위 변동이 발생하였다. 중요하게 평가된 상위 6개 항목에 대해서는 순위 변동이 없었으나, 건설산업의 생산성 향상 측면에서는 모듈러 관련 업무를 건설 세부업종으로 반영되도록 조치(A2)가, 건설산업 글로벌 경쟁력 확보 측면에서는 해외시장에 특화된 모듈러 지원정책 체계 수립(B3)이 일곱 번째로 중요한 항목으로 평가되었다(Table 11)(Table 12).

반면, 기업과 학계/연구계를 나누어 분석한 결과, 기존 분석 결과에서 가장 중요하게 평가되었던 공공부문 차원의 10년 단위 발주물량 확보 및 계획 제시(B2)의 순위에는 변화가 없었으나 다른 항목의 중요도 평가에서는 일부 상반된 의견 차이가 나타났다(Table 13).

Table 11. The priority evaluation result of improvement item (Aspects of improving productivity in the construction industry)

Improvement task	Normalization weight	Normalization weight rank	Average of expected utility	Priority score	Priority rank
A1	0.0923	5	6.865	0.634	5
A2	0.0539	8	6.118	0.330	7
A3	0.1262	3	7.118	0.898	3
B1	0.0399	11	5.020	0.200	12
B2	0.1936	1	7.647	1.481	1
B3	0.0458	9	5.333	0.245	10
C1	0.1377	2	7.039	0.969	2
C2	0.0543	7	5.922	0.322	8
C3	0.0815	6	6.255	0.510	6
D1	0.0426	10	6.412	0.273	9
D2	0.0961	4	7.373	0.708	4
D3	0.0361	12	5.922	0.214	11

Table 13. The priority evaluation result of improvement item (Enterprise, Architectural research)

Improvement task	Enterprise				Architectural research			
	Aspects of improving productivity in the construction industry		Aspects of securing global competitiveness in the construction industry		Aspects of improving productivity in the construction industry		Aspects of securing global competitiveness in the construction industry	
	Priority score	Priority rank	Priority score	Priority rank	Priority score	Priority rank	Priority score	Priority rank
A1	0.256	9	0.261	11	1.069	2	0.975	3
A2	0.198	12	0.201	12	0.411	6	0.380	6
A3	0.823	3	0.865	4	0.875	4	0.916	4
B1	0.224	11	0.295	9	0.163	12	0.232	10
B2	1.721	1	1.606	1	1.304	1	1.296	1
B3	0.390	6	0.564	6	0.172	11	0.286	9
C1	0.801	4	0.883	2	1.036	3	1.068	2
C2	0.304	8	0.335	8	0.313	8	0.340	8
C3	0.852	2	0.881	3	0.326	7	0.350	7
D1	0.348	7	0.388	7	0.229	9	0.222	11
D2	0.782	5	0.823	5	0.671	5	0.577	5
D3	0.231	10	0.279	10	0.172	10	0.169	12

Table 12. The priority evaluation result of improvement item (Aspects of securing global competitiveness in the construction industry)

Improvement task	Normalization weight	Normalization weight rank	Average of expected utility	Priority score	Priority rank
A1	0.0923	5	6.569	0.606	5
A2	0.0539	8	6.020	0.324	9
A3	0.1262	3	7.333	0.926	3
B1	0.0399	11	6.392	0.255	11
B2	0.1936	1	7.549	1.462	1
B3	0.0458	9	7.804	0.358	7
C1	0.1377	2	7.333	1.010	2
C2	0.0543	7	6.431	0.349	8
C3	0.0815	6	6.314	0.515	6
D1	0.0426	10	6.784	0.289	10
D2	0.0961	4	6.784	0.652	4
D3	0.0361	12	6.118	0.221	12

5.2 건설산업 글로벌 경쟁력 확보 측면 기대효용 평가

건설산업의 생산성 향상 측면에서 기업의 경우 지역별/거점별 모듈러 공동생산플랜트 구축(C3)을, 학계/연구계의 경우 물품구매가 아닌 건설공사로서의 모듈러 발주 제도화(A1)를 두 번째로 중요하게 꼽았다. 또한, 기업은 합리적인 모듈러 공사비 산정 기준 마련(A3)을 세 번째로 중요한 개선과제로 꼽은 반면, 학계/연구계는 모듈러에 특화된 제반 기술 기준 마련(C1)을 꼽았다.

글로벌산업 경쟁력 확보 측면에서는 기업과 학계/연구계 모두 모듈러 공법에 특화된 제반 기술 기준 마련(C1)을 두 번째로 중요한 항목으로 꼽았다. 세 번째로 중요한 개선과제로 기업은 지역별/거점별 모듈러 공동생산플랜트 구축(C3)을, 학계/연구계는 물품구매가 아닌 건설공사로서의 모듈러 발주 제도화(A1)를 꼽았다. 이때 기업이 세 번째로 중요하게

평가한 항목에 대하여 학계/연구계는 7순위를 주었으며 학계/연구계가 세 번째로 중요하게 평가한 항목에 대하여 기업은 11순위를 주어 기업과 학계/연구계 사이에 의견 차이가 있음을 알 수 있다.

6. 결론

본 연구는 모듈러 공법과 관련한 산업 현황과 연구 동향을 고찰하고, 건설업계 전문가를 대상으로 모듈러 공법에 관한 인식 및 의견에 대한 사전 조사를 수행하였다. 이를 통해 모듈러 공법 적용 활성화를 위한 4대 개선영역과 12개의 개선과제를 도출하였다. 도출된 개선영역과 개선과제의 중요도 및 우선순위를 평가하기 위해 전문가 집단을 대상으로 AHP 분석을 수행하였다.

기업, 학계/연구계 전문가 35명의 의견을 종합하여 분석한 결과, 4대 개선영역 중에서 시장 확대 및 활성화 지원(B)의 중요도가 가장 높게 나타났다. 또한, 기대효용평가를 반영하여 개선과제별 우선순위를 분석한 결과, 건설산업의 생산성 향상 측면과 건설산업 글로벌 경쟁력 확보 측면 모두에서 공공부문 차원의 10년 단위 발주물량 확보 및 계획 제시(B2)의 중요도가 가장 높게 나타났다. 이어 모든 개선영역에 걸쳐 모듈러에 특화된 제반 기술 기준 마련(C1), 합리적인 모듈러 공사비 산정 기준 마련(A3), 모듈러 요소기술에 대한 시공 영역의 확립(D2) 순으로 중요도가 높게 나타났다.

분석 결과와 같이 모듈러 공법 적용 활성화를 위해서는 시장의 확대 및 활성화를 위한 정책 수립 및 제도 개선이 우선적으로 이루어져야 하며, 제도, 시장, 기술, 현장의 4가지 개선영역별 핵심 개선과제를 선정하여 이를 중심으로 검토할 필요가 있다.

또한, 기업과 학계/연구계를 나누어 개선영역과 개선과제의 중요도 및 우선순위를 평가한 결과 서로 다른 견해를 가지고 있는 것을 확인할 수 있었다. 기업의 경우 모듈러 공법 활성화를 위해 시장 확대 및 활성화 지원(B)을 가장 중요하게 꼽았지만, 학계/연구계는 건설산업 측면 제도 개선(A)이 가장 중요하다고 보았다. 건설산업의 생산성 향상 측면과 건설산업 글로벌 경쟁력 확보 측면에서의 기대효용평가를 반영한 개선과제 중요도 평가에서 기업과 학계/연구계 모두 공공부문 차원의 10년 단위 발주물량 확보 및 계획 제시(B2) 항목이 가장 중요하다고 답하였다. 이 외에도 공통으로 모듈러에 특화된 제반 기술 기준 마련(C1), 합리적인 모듈러 공사비 산정 기준 마련(A3), 모듈러 요소기술에 대한 시공 영역의 확립(D2)을 상위 개선과제로 꼽았다. 하지만 기업은 지역별/거점별 모듈러 공동생산플랜트 구축(C3)과 해외시장에 특화된 모듈러 지원정책 체계 수립(B3)을 상위 개선과

제로 평가한 반면, 학계/연구계는 물품구매가 아닌 건설공사로서의 모듈러 발주 제도화(A1)와 모듈러 관련 업무를 건설 세부업종으로 반영되도록 조치(A2)를 상위 개선과제로 응답하였다.

이처럼 모듈러 공법 활성화를 위한 개선영역 및 개선과제에 대한 기업과 학계/연구계의 전반적인 시각차가 존재하지만, 우선순위가 높은 개선과제들에 대해서는 일정 수준의 합의를 이룰 수 있으므로, 관련 주체 간의 충분한 토론을 통해 의견을 교환하고 수렴한다면 관련 정책 수립 및 제도 개선이 합리적으로 이루어질 것이다.

본 연구는 기업 측 응답자 비율과 학계/연구계 측 응답자 비율 사이에 다소 차이가 있어 전반적인 건설업계 실무자들의 인식과 다를 수 있다는 한계점이 있으나, 분석 결과를 바탕으로 향후 추가적인 설문조사 및 연구를 통해 이를 보완할 수 있을 것으로 생각된다.

본 연구는 제도, 시장, 기술, 현장 등 여러 측면에서 모듈러 공법 활성화를 위한 개선과제를 도출하였고, 상대적 중요도를 평가하여 우선순위를 분석하였으며, 이를 바탕으로 정책 수립 및 제도 개선의 방향성을 제시하였다는 점에서 의의가 있다. 또한, 본 연구는 모듈러 공법 활성화를 위한 정책적 의사결정을 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호 21ORPS-B158109-02).

References

- Ernstsen, S.N., Whyte, J., Thuesen, C., and Maier, A. (2021). "How Innovation Champions Frame the Future: Three Visions for Digital Transformation of Construction." *Journal of Construction Engineering and Management*, 147(1), 05020022.
- Hwang, E.K., Lee, J.H., and Jung, Y.H. (2017). "Improvement Direction of Legislation for the Modular Building Activation." *Journal of the Architectural Institute of Korea*, 37(2), p. 1099.
- Kevin, L., PA, R.N., and Paolo, S. (2018). "How OEMs can seize the high-tech future in agriculture and construction." *McKinsey and Co*.
- KICT (2017). "A Study on the Improvement of the Registration and Ordering System for Modular Specialized Construction Industry." 2017.12.
- Kim, D. (2014). "Marketing Strategy and Influential Factors based on the Attributes of Unit Modular System using

- IPA.” Master thesis, Hanyang University, Korea.
- Kim, D., Lee, J., Kim, J., and Kim, J. (2014). “Marketing strategy and influential factors based on the attributes of unit modular system.” *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, KICEM, 15(1), pp. 78-86.
- Lee, J.S., Cho, H.B., Son, K., and Yoo, J. (2015). “Order of Priority Analysis of Internal Marketing Factors in Construction Company by Using AHP Method.” *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, KICEM, 16(1), pp. 44-51.
- Park, H.D., and Son, T.H. (2020). “Modular construction and direction of enterprise business model.” *CERIK ISSUE FOCUS 2020*, pp. 1-26.
- RICON (2020). “Research on introduction and activation of modular production method for specialized construction.” 2020.2.
- Saaty, T.L. (1980). “The Analytic Hierarchy Process” McGraw Hill, New York. *Agricultural Economics Review*, 70.
- Smith, R.E., and Rupnik, I. (2019). “10 Productivity, innovation and disruption.” *Offsite Production and Manufacturing for Innovative Construction: People, Process and Technology*, 223.
- Son, J.W., and Lee, J.S. (2019). “Off-Site Construction: Innovation of Construction Production System.” *Construction Engineering and Management*, 20(5), pp. 3-7.
- Xu, Z., Zayed, T., and Niu, Y. (2020). “Comparative analysis of modular construction practices in mainland China, Hong Kong and Singapore.” *Journal of Cleaner Production*, 245, 118861.
- Yu, I.H. (2019). “Revitalization of OSC industry and change and development direction of specialized construction industry.” *Construction Engineering and Management*, 20(5), pp. 12-18.

요약 : 모듈러 공법이 지닌 다양한 장점과 관련 시장의 지속적인 성장에도 불구하고, 국내에서는 아직 이와 관련한 구체적인 제도가 확립되어 있지 않아 활성화가 어려운 실정이다. 이에 따라 본 연구는 모듈러 관련 산업 현황과 연구 동향을 고찰하고, 사전 조사를 통해 건설업계 실무자들의 의견을 반영하여 모듈러 공법 활성화를 위한 4대 개선영역과 12개의 개선과제를 도출하였다. 이후 전문가집단을 대상으로 AHP 분석을 수행하여 개선영역 및 개선과제의 상대적 중요도를 평가하였으며, 기대효용평가를 수행하여 이를 반영한 개선과제의 최종 우선순위를 도출하였다. 또한 응답자를 기업과 학계/연구계로 나누어 의견을 비교·분석하여 모듈러 공법에 대한 시각차를 확인하였고, 분석 결과를 통해 정책 수립 및 제도 개선의 방향을 제시하였다. 본 연구에서 도출된 우선순위 개선과제들은 향후 모듈러 공법 활성화를 위한 정책적 의사결정을 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

키워드 : 모듈러 공법 활성화, 건설제도 개선, 개선과제, 계층분석과정(AHP)
