

Research Paper

국내 모듈러 프로젝트의 활성화를 위한 핵심과제 분석

Analysis of Core Tasks for Activate Modular Construction Projects in Korea

이명도¹ · 이웅균^{2*}

Lee, Myungdo¹ · Lee, Ung-Kyun^{2*}

¹Assistant Professor, Department of Architectural Engineering, Jeju National University, 102 Jejudaehak-ro, Jeju-si, Jeju-do, 63243, Korea

²Associate Professor, Department of Architectural Engineering, Catholic Kwandong University, Gangneung-si, Gangwon-do, 25601, Korea

*Corresponding author

Lee, Ung-Kyun

Tel : 82-33-649-7548

E-mail : uklee@cku.ac.kr

Received : May 20, 2024

Revised : June 9, 2024

Accepted: June 11, 2024

ABSTRACT

As policy support for the modular construction method and measures to expand the market are being prepared, it is time to present and analyze clear tasks for activation. Therefore, this study aims to present core tasks for activating the modular construction method. The tasks were reviewed through analysis of existing research and supplemented through expert interviews to derive 30 core tasks. Following this, a questionnaire survey was conducted to analyze the important and urgent of these core tasks and to determine their priorities. The results of this study can contribute to a strategic approach for solving the core tasks necessary for revitalizing modular construction.

Keywords : off-site construction, modular method, core task, important-urgent analysis

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근 국내 건설산업에서는 탈 현장 시공(Off-Site Construction; OSC)에 주목하고 있다. 국토교통부에서 고시한 제7차 건설기술진흥 기본계획(2023~2027)에서는 OSC 기반 건설산업의 제조화를 주요 추진과제 중 하나로 수립하였으며, 한국토지주택공사에서는 ‘2030 LH OSC주택 로드맵’을 수립하여 점진적으로 모듈러 공법(Modular construction) 및 PC(Precast Concrete) 공법의 주택 발주를 확대(‘23~25년 1천호/년, ‘26~29년 3천호/년)해 나갈 계획을 발표했다. 이와 같은 정책적 방향 및 시장 확대 방안은 OSC 활성화에 대한 기대치를 높이고 있다.

모듈러 공법은 OSC 방식의 대표 공법 중 하나로, 여러 연구를 통해 그 장점이 입증되고 있다[1-3]. 모듈러 공법은 직육면체의 철골조을 기반으로 전체 공정의 약 60~80%를 공장 제작한 모듈러 유닛을 운송하여 현장에서 조립하는 방식이다[2,3]. 현장에서 토공사와 기초공사를 진행하는 동안 모듈러 유닛의 공장 제작이 이루어지기 때문에 공사기간을 20~50%까지 단축할 수 있는 것으로 분석되었고, 안정성 확보 및 친환경성 등의 효과가 있는 것으로 보고 되었다(MBI, 2022). 또한 기술인력 부족 문제의 해결, 비용 확정성 및 품질확보 효과가 입증되었으며[3], 특히 현장의 공사 기간이 짧아 민원 발생 기간이 줄어드는 것은 관리적 측면에서 환영받는 모듈러 공법의 장점으로 인식되고 있다.

그러나 이와 같은 모듈러 공법이 가져다줄 수 있는 장점에도 불구하고, 아직까지 국내 모듈러 건축의 활성화는 전문가의 예상보다 더딘 실정이다[3,4]. 기존의 여러 연구에서 국내 모듈러 건축 프로젝트의 개선 방안을 제시하였으며[5-10], 중점관리요소의 도출[11], 핵심 성공 요인의 제시[12-14] 등의 연구가 수행되어 모듈러 건축의 활성화를 위한 꾸준한 노력이 진행되었다.



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

하지만 구체적인 해결 방안이 마련되지 못하거나, 개선이 요원한 과제들이 여전히 존재하는 실정이다. 예를 들어, 2013년 Kim and Park[6]의 연구에서 제기된 ‘모듈러 유닛의 표준화 수립’은 많은 전문가가 그 중요성을 인지하고 있음에도 불구하고, 10년 이 지난 현재까지도 현업에 본격적으로 적용되지 못하고 있는 대표적인 과제 중 하나이다. 또한 기존의 연구에서 제기한 과제 중에는 ‘합리적인 모듈러 공사비 산정기준 마련’, ‘모듈러에 특화된 제반 기술 기준 마련’ 등과 같이 해결과제의 범위가 모호하거나 명확한 목표가 제시되지 않은 한계도 있다. 모듈러 공법의 장점이 입증되고 있으며, 정책적 지원과 시장 확대의 방안이 마련되고 있는 시점에서, 모듈러 공법의 활성화를 위한 명확하고 구체적인 과제제시와 분석이 필요한 시점이다.

따라서 본 연구에서는 국내 모듈러 건축 프로젝트의 활성화를 위한 핵심과제를 제시하고, 각 요인들의 실제적 추진을 도모하기 위해 그 중요도와 시급성을 분석하는 것을 목적으로 한다. 본 연구의 결과는 모듈러 건축의 활성화 기초가 마련되어 있는 현시점에서 해결해야 할 과제에 대한 전략적인 접근에 도움을 줄 수 있을 것이다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 OSC 방식 중 철골조 모듈러 공법을 대상으로 범위를 한정하였으며, 국내 모듈러 건축 프로젝트의 활성화를 위해 해결해야 할 중요과제 혹은 개선이 필요한 문제들을 핵심과제로 정의하여 도출하고 분석하였다. 이를 위해 기존 연구를 고찰하여 모듈러 건축 프로젝트의 활성화를 위한 방안으로 제시된 과제 혹은 문제점 등을 정리하여 개선과제로 1차 도출하였다. 이를 기반으로 국내 모듈러 전문가를 대상으로 자문을 실시해 개선과제를 정리하였으며, 추가적인 항목을 수집하고 분류하여 핵심과제를 최종 정의하고 도출하였다. 이후 핵심과제에 대한 중요도 및 시급성을 리커트(Likert) 7점 척도로 설문 조사를 실시하였다. 설문 조사 결과를 바탕으로 핵심과제에 대한 중요도-시급성 분석을 스캐터차트(Scatter chart)를 이용한 4분면 분석(Quadrant analysis)으로 수행하여 우선순위를 도출하고 그 결과를 분석하였다. 이를 정리한 본 연구의 흐름은 다음과 같다.

- 1) 기존문헌을 고찰을 통해 모듈러 공법의 문제점, 개선 사항 등을 정리하여 이를 개선과제로 1차 도출한다.
- 2) 도출된 개선과제를 바탕으로 국내 모듈러 전문가 자문을 통해 항목을 정리하고 추가하여 핵심과제를 도출한다.
- 3) 핵심과제를 대상으로 중요도-시급성 분석을 위한 설문 조사를 리커트 7점 척도를 사용하여 수행한다.
- 4) 설문 조사 결과를 스캐터 차트를 이용한 4분면 매트릭스로 표현하고 분석한다.
- 5) 핵심과제에 대한 중요도-시급성 분석 결과를 통합하여 핵심과제에 대한 통합 우선순위(Comprehensive priority of core task; CPCT)를 산정하고 제시하여 그 결과를 논의한다.

2. 예비적 고찰

2.1 모듈러 공법의 현황

모듈러 공법은 건물의 일부분 혹은 공간을 형성하는 3차원 모듈러 유닛을 공장 제작하고 운송하여 현장에서 조립하는 방식을 의미하며[2], PC 공법과 함께 OSC 방식의 대표 공법으로 불리고 있다[3,4]. 이 두 공법은 공장 제작 중심의 공법이라는 측면에서, 공업화 건축, 조립식 공법, 프리패브리케이션(Prefabrication) 공법의 범위로 불려 왔으나, 철골과 철근콘크리트조라는 재료적 구분에 따라 각각 다른 공법이라는 인식이 있었다. 2010년 중반 이후 OSC 개념이 통용되면서 PC와 모듈러 공법이 OSC로 혼용되었으며, 현재는 PC 모듈러, 철골조 모듈러로 구분되어 사용되고 있다.

모듈러 공법은 맞춤형(Customization), 연결성(Connectivity), 그리고 협업성(Collaboration)의 특성을 잘 발휘할 수 있으며, 디지털화의 접목이 유리하기 때문에 건설산업의 혁신을 도모할 수 있는 중요한 기술로 제시되고 있다[2]. 모듈 유닛의 규격화로 자재의 손실을 최소화하고 균일한 품질을 생산함으로써 제조업의 장점을 가져와 생산성 향상을 가져올 수 있으며, BIM(Building information modeling)을 적용하여 설계, 공장제작, 현장시공의 통합관리를 구현하기에 유리한 공법이다

[1,2]. 특히, 공장제작에서 ICT(Information communication technology)와 연계한 스마트 팩토리(Smart factory)가 구현된다면, 4차 산업에 부합하는 건설산업의 전환을 이룰 수 있을 것으로 예상되고 있다[2].

2.2 기존 연구 분석

국내 모듈러 공법의 활성화를 목적으로 한 연구는 2010년부터 꾸준히 진행되고 있다. 대표적인 연구들을 구분해 보면, 건물 유형별 모듈러 공법의 수요 창출을 위한 연구[5], 주거 시설로써 모듈러 공법 활성화를 위한 연구[6-10], 공공 발주 방식을 제시한 연구[15,16], 공장제작 및 현장시공에서의 관리 개선 대한 연구[17-19], 거주 후 평가에 대한 연구[20] 등이 있다. 각 연구들에서는 모듈러 활성화를 저해하고 있는 문제점 혹은 활성화를 위한 개선과제, 핵심 성공요인 등을 도출하고 있으며, 각 항목들에 대한 우선순위 등을 분석하여 제시하였다. 아래 Table 1은 기존 연구에서 제시된 모듈러 건축 활성화와 관련된 항목들을 재구성하여 개선과제로 1차 정리한 것이다. 기존 연구에서 제시한 항목들을 수집하여 유사한 내용의 항목들은 그 의미를 포괄할 수 있는 단어로 병합하여 항목을 재구성하였으며, 너무 세부적인 혹은 넓은 범주의 항목들을 재정립하였다. 이를 통해 최종적으로 총 22개의 개선과제를 1차 도출하였다.

Table 1. Improvement factors of modular construction method in previous researches

No.	Item	Reference
1	Development of standardized modular units by type	[5], [6], [8], [11]
2	Diversification of modular unit planes	[5], [7], [9], [21]
3	Lightweight modular unit	[9]
4	Development of fire resistance performance technology	[9], [10]
5	Introduction of dry method	[7], [21]
6	Aesthetic improvement of exterior finish	[9]
7	Improve noise, vibration and water resistance	[7], [11], [20], [21]
8	Establishment of cost calculation criteria suitable for modular method	[11]
9	Development of high-rise technologies	[7]
10	Improve factory manufacturing rates	[8], [9]
11	Factory automation facilities	[9], [18]
12	Establishment of a factory production quality control system	[4], [14], [17], [18]
13	Development of damage control technology in transportation	[8], [14]
14	Securing construction precision of joints	[4], [6], [17]
15	Development of hand tools to improve the ease of field assembly	[8]
16	Securing on-site construction quality inspection technology	[4], [14], [17], [19]
17	Improvement of policy for modular methods	[7], [15], [21]
18	Establishing incentive policies	[7], [9], [11], [15]
19	Improvement of ordering system	[8], [9], [15]
20	Establishment of market expansion plan	[8], [15]
21	Promotional plan to improve awareness of modular method	[8], [9], [21]
22	Training of professional personnel	[9], [14]

기존 연구에서 반복적으로 제시되는 대표적인 항목들을 살펴보면, 모듈러 유닛의 표준화, 거주 성능과 관련하여 소음, 진동, 방수 성능 개선, 인센티브 방안 마련 등이 있다. 반복적으로 제시된다는 것은, 그 항목의 중요성이 높음을 의미하지만, 반면에 해결 방안이 제시되지 못하고 있거나, 해결책의 완성도가 산업계의 요구 기준에 못 미친다는 것으로 해석할 수 있다. 이러한 항목들을 파악하여 모듈러 활성화를 위한 핵심과제로 재정립할 필요가 있다.

기존 연구에서 제시된 항목들은 관련 기술의 발전과 사회적 혹은 환경적 변화에 따라 그 중요성과 시급성이 변화될 수 있다. 현재 시점과 기준에서 봤을 때 국내 모듈러 건축 환경을 반영한 핵심과제로 제시하기에는 한계가 있는 항목이 있으며, 혹은 아직까지 미해결된 여전히 중요한 항목으로 제시될 수도 있을 것이다. 또한 최근 실무에서 필요성이 제시되고 있는 상황

이지만 반영되지 않은 항목이 있을 것이다. 따라서 모듈러 활성화를 위한 핵심과제를 재정립하고 그 중요성과 시급성을 분석하는 전략적인 접근이 필요한 시점이다.

3. 핵심과제의 도출 및 분석

3.1 국내 모듈러 공법의 핵심과제 도출

앞서 기존 연구 분석을 통해 국내 모듈러 공법의 개선과제(Table 1)를 정리하였으며, 이를 바탕으로 전문가 자문을 통해 아래 Table 2와 같이 모듈러 공법 활성화를 위한 핵심과제를 도출하였다.

Table 2. Results of establishment of core tasks

Category	Code	Core tasks	
Design	A01	Development of standardized modular units by type	
	A02	Diversification of modular unit planes	
	A03	Lightweight modular unit	
	A04	Improve noise, vibration and water resistance	
Fireproof	A05	Improvement of construction and economic feasibility of fireproof structures	
	A06	Secure a certified fireproof system	
Technology	Manufacturing	A07	Improve factory manufacturing processes and management
		A08	Establishment of factory production automation system
		A09	Establishment of factory manufacturing safety management System
		A10	Establishment of a factory manufacturing quality control system
		A11	Preparation of measures to improve factory production rate
	Construction	A12	Improved joint precision with RC areas
		A13	Development of core section construction technology
		A14	Modularization of piping & MEP technology
		A15	Establishment of a safety management system for lifting work and transportation
		A16	Improve the completeness of the finishing work
		A17	Establishment application plans for smart technologies such as BIM & 3d scanning
Contract	A18	Development of quality inspection technology and system	
	B01	Establishment of cooperation system between client-design-manufacturing-construction	
	B02	Establishment of contract method such as Pre-Con., IPD, DfMA, etc	
	B03	Application of incentives for shortening construction period	
	B04	Application of safety management fees for manufacturing	
Policy and society	B05	Establishment of cost calculation criteria suitable for modular method	
	C01	Establishment of management system linked to off-site and on-site phase	
	C02	Improvement of policy for modular methods	
	C03	Improvement of fireproof structure certification system	
	C04	Promotional plan to improve awareness of modular method	
	C05	Training of professional personnel	
	C06	Expansion of R&D to modular construction method	
C07	Development of mid- to long-term plans to expand modular construction		

핵심과제의 도출은 실무적 관점에서의 접근이 필수적이며, 모듈러 관련 기술에 대한 현황 파악과 이해도가 높은 전문가를 대상으로 진행되어야 할 필요가 있다. 따라서 전문가 자문은 모듈러 프로젝트 실무 경험이 10년 이상이며, 모듈러 R&D 참여 경험이 있는 전문가 4인을 선별하여 수행하였다. 자문의 수행은 먼저 본 연구의 취지를 설명하고 Table 1의 개선과제를 제공하여 각 항목에 대한 의견을 수집하였으며, 총 2회의 피드백 과정을 거쳤다. 이를 통해, 개선과제 항목의 범위가 커져 해석이 달라질 수 있는 항목은 세분화하였으며, 단어의 의미를 명확히 하는 작업을 거쳤다. 특히 기존 항목 중에서 관련된 기술 개발이 진행되었거나 해결 중인 항목은 제외하였으며, 최근 동향에 따라 실무에서 필요성이 제기되고 있는 부분이지만 현

재까지 제시되고 있지 않은 항목들을 정리하여 추가하였다.

최종적으로 핵심과제는 3개 분야, 총 30개 항목으로 도출되었다. 항목은 크게 ‘A. 기술 분야’ 항목이 18개, ‘B. 계약 분야 항목’이 5개, ‘C. 정책 및 사회 분야 항목’이 7개 분야로 도출되었다. 개선과제에서 전문가 자문에 의해 추가된 항목들을 살펴 보면, 최근 고층화 모듈러 주택이 주목됨에 따라 모듈러 유닛의 경량화(A03) 항목이 새롭게 추가되었고, 내화부분에서는 내화 인정 시스템의 확대뿐만 아니라 내화구조의 경제성 및 시공성의 확보(A05)가 중요하게 요구되므로 추가되었다. 공장 제작 관련에서는 현장의 안전관리뿐만 아니라 공장 제작 단계에서의 안전관리 방안(A09)도 필요하다는 의견으로 추가되었으며, 현장 시공 관련에서는 고층화를 위한 코어 시공에 대한 기술개발(A13), 층상 배관 및 설비 유닛화 기술(A14)이 필요하다는 의견으로 추가되었다. 또한 BIM과 3D Scanning 등 스마트 기술의 적용(A17)을 위한 방안이 반드시 고려되어야 한다는 의견으로 항목이 추가되었다. 계약 관련해서는 발주처, 설계사, 제작사, 시공사 간의 협력체계의 구축(B01)을 통해 효율적 업무추진이 요구된다는 의견이 있었으며, 현재의 모듈러 분리발주의 문제점을 해소하고 모듈러 공법의 장점을 항상 시키기 위해서는 프리콘, IPD(Integrated project delivery), DfMA(Design for manufacture & assembly) 등 모듈러 방식을 고려한 계약 방식 및 업무 방식의 도입 확대(B02)가 요구되는 것으로 나타났다. 특히, 모듈러에 맞춤형된 내역체계 및 일위대가 산정기준(B05)이 필요한 것으로 나타났으며, 모듈러 기술개발을 위한 R&D의 확대(C06)가 현시점에서 필요하다는 의견으로 추가되었다.

3.2 핵심과제의 중요도-시급성 분석

3.2.1 설문 분석 개요

전문가 자문을 통해 도출한 핵심과제를 대상으로 중요도-시급성을 분석하기 위한 설문 조사를 수행하였다. 먼저 중요도-시급성 분석에서 핵심과제의 중요도는 모듈러 공법의 성공적 수행을 위한 해당 항목의 영향성의 크기로 정의할 수 있으며, 시급성은 해당 항목의 신속한 해결이 요구되는 정도로 정의하였다.

설문조사는 핵심과제 각 항목에 대한 중요도와 시급성을 리커트 7점 척도로 평가하도록 하였다. 설문조사는 유선 및 이메일 방식으로 수행하였으며, 총 21부가 수집되었다. 응답자의 분야를 살펴보면, 모듈러 제작사 및 시공사의 실무진 16명, 대학 및 연구원 5명으로 응답되었으며, 모듈러 관련 경력은 평균 7.42년이다. 모듈러 실무와 R&D 경력이 있는 전문가를 대상으로 하여 설문 응답의 신뢰성을 충분히 확보한 것으로 판단 된다.

핵심과제에 대한 중요도-시급성 설문 결과는 스캐터 차트를 이용한 4분면 분석으로 우선순위를 도출하였다. 4분면 분석은 X축과 Y축으로 이루어진 공간을 분야별 평균값을 기준으로 4개의 영역으로 나누어 우선순위를 정하여 시각적으로 보여주는 것으로써, 본 연구에서는 X축을 시급성, Y축을 중요도로 하여 4분면 매트릭스로 제시하였다. 본 연구에서는 I 영역(평균이상 중요도-평균이상 시급성)을 단기적 최우선 추진 핵심과제로, II 영역(평균이상 중요도-평균이하 시급성)은 중장기적 추진 핵심과제로, III 영역(평균이하 중요도-평균이상 시급성)은 단기적 관점에서 선택적 추진 과제로, 그리고 IV 영역(평균이하 중요도-평균이하 시급성)은 중장기적 관점에서 선택적 추진 과제로 정의하였다.

먼저 설문 조사의 결과 값에 대한 신뢰성을 확인하기 위해 크론바하 알파계수(Cronbach's alpha) 값을 이용하여 내적 일관성을 확인하였다. 분석은 IBM SPSS Statistics 20을 사용하였다. 알파계수는 0에서 1사이의 값을 가지며, 일반적으로 0.6 이상이면 신뢰성이 있다고 판단하고 1에 가까울수록 내적 일관성이 높다고 할 수 있다[22]. 본 설문 결과에 대한 크론바하 알파 계수는 중요도가 0.874, 시급성은 0.904로 높은 내적 일관성을 확보한 것으로 판단된다.

3.2.2 중요도-시급성 분석 결과

1) 기술 분야

기술분야의 핵심과제는 설계, 내화인증, 공장제작, 현장시공 영역으로 구분되며 A01~A18 항목으로 구성된다. 기술 분야

의 중요도-시급성 분석 결과는, 아래 Figure 1과 Table 3과 같다. 전체 18개의 항목 중에 I 영역과 III 영역에 각각 3개 항목이 도출되었으며, 나머지 12개 항목은 IV 영역에 배치되었다. 높은 중요도와 높은 시급성의 I 영역에는 A03: 모듈러 유닛의 경량화, A05: 내화구조 시공성 및 경제성 개선, 그리고 A06: 내화구조 인정 시스템 확보가 도출되었다.

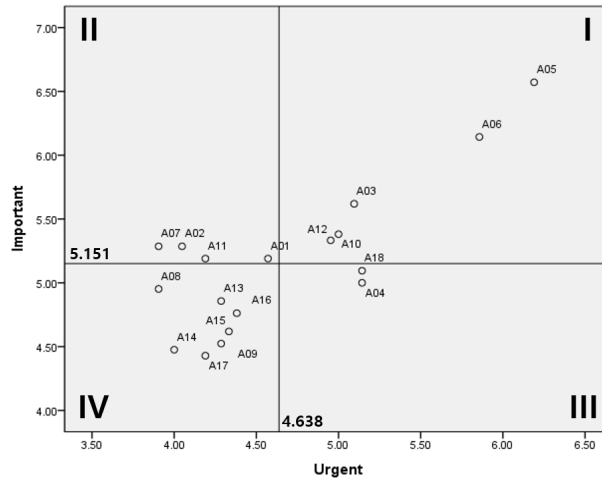


Figure 1. Results of quadrant analysis in technology category

Table 3. Results of important-urgent analysis in technology category

Code	Important			Urgent			Quarterspace
	Mean	SD	Rank	Mean	SD	Rank	
A01	5.190	1.365	8	4.571	1.121	8	IV
A02	5.286	1.007	6	4.048	1.396	15	IV
A03	5.619	1.564	3	5.095	1.758	5	I
A04	5.000	1.517	11	5.143	1.526	3	III
A05	6.571	0.676	1	6.190	1.327	1	I
A06	6.143	1.108	2	5.857	1.108	2	I
A07	5.286	1.347	7	3.905	1.814	18	IV
A08	4.952	1.322	12	3.905	1.609	17	IV
A09	4.524	1.470	16	4.286	1.875	11	IV
A10	5.381	1.532	4	5.000	1.703	6	III
A11	5.190	1.504	9	4.190	1.327	13	IV
A12	5.333	1.592	5	4.952	1.564	7	IV
A13	4.857	1.558	13	4.286	1.454	12	IV
A14	4.476	1.209	17	4.000	1.225	16	IV
A15	4.619	1.499	15	4.333	1.592	10	IV
A16	4.762	1.411	14	4.381	1.687	9	IV
A17	4.429	2.111	18	4.190	1.887	14	IV
A18	5.095	1.578	10	5.143	1.424	4	III
Average	5.151			4.638			

2) 계약 관련 분야

계약관련 분야의 핵심과제는 B01~B05 항목으로 5개 항목으로 구성된다. 계약관련 분야의 중요도-시급성 분석 결과는 아래 Figure 2, Table 4와 같다. 전체 5개의 항목 중에 I 영역에 3개 항목이 도출되었고, IV 영역에 2개 항목이 도출되었다. I 영역의 항목으로는 B01: 발주처-설계사-제작사-시공사 협력체계 구축, B02: 프리콘, IPD, DfMA 등 모듈러 방식을 고려한 계약방식 구축, 그리고 B03 항목으로 공기단축에 따른 인센티브 적용이 도출되었다.

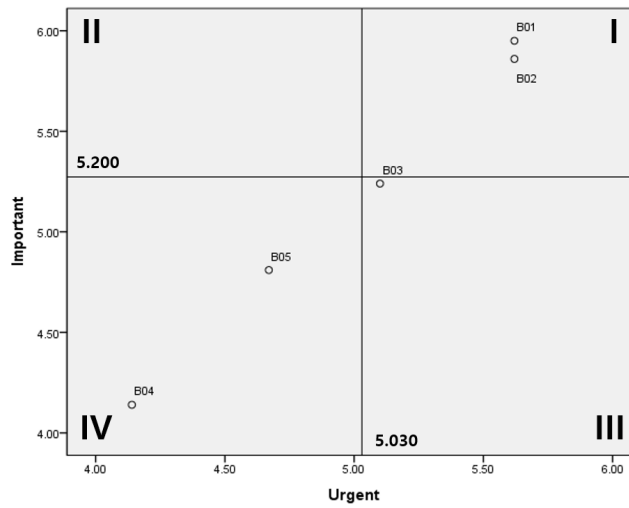


Figure 2. Results of quadrant analysis in contract category

Table 4. Results of important-urgent analysis in contract category

Code	Important			Urgent			Quarterspace
	Mean	SD	Rank	Mean	SD	Rank	
B01	5.952	0.865	1	5.619	1.284	1	I
B02	5.857	1.062	2	5.619	1.532	2	I
B03	5.238	1.972	3	5.095	1.640	3	I
B04	4.143	1.590	5	4.143	1.195	5	IV
B05	4.810	1.632	4	4.667	1.742	4	IV
Average	5.200			5.030			

3) 정책 및 사회 분야

정책 및 사회 분야의 핵심과제는 C01~C07 항목으로 7개 항목으로 구성된다. 정책 및 사회 분야의 중요도-시급성 분석 결과는 아래 Figure 3, Table 5와 같다.

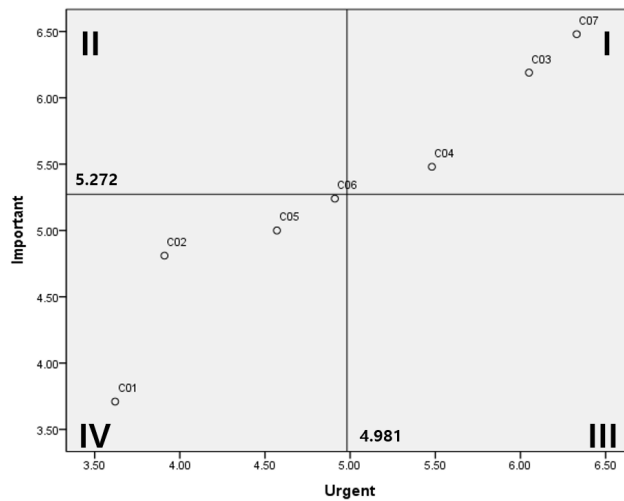


Figure 3. Results of quadrant analysis in policy and society

Table 5. Results of important-urgent analysis in policy and society

Code	Important			Urgent			Quarterspace
	Mean	SD	Rank	Mean	SD	Rank	
C01	3.714	1.521	7	3.619	1.687	7	IV
C02	4.810	1.778	6	3.905	1.513	6	IV
C03	6.190	0.873	2	6.048	1.024	2	I
C04	5.476	1.436	3	5.476	1.537	3	I
C05	5.000	0.949	5	4.571	1.121	5	II
C06	5.238	0.944	4	4.905	1.221	4	II
C07	6.476	0.680	1	6.333	0.730	1	I
Average	5.272			4.981			

전체 7개의 항목 중에 I 영역에 3개 항목이 도출되었고, II 영역에 2개 항목, IV 영역에 2개 항목이 도출되었다. I 영역의 항목으로는 C03: 내화구조 인정 제도 개선, C04: 모듈러 공법에 인식 개선을 위한 홍보 방안, 그리고 C07 항목으로 모듈러 발주확대를 위한 중장기 계획 마련이 도출되었다.

4) 통합 결과분석 및 논의

본 연구를 통해 도출된 30개의 핵심과제에 대한 중요도-시급성 분석 결과를 통합하여 핵심과제에 대한 통합 우선순위 (Comprehensive priority of core task; CPCT)를 산정하였다. 통합 우선순위는 중요도 및 시급성 평균값을 토대로 (0,0) 좌표로 부터의 거리를 계산하여 우선순위로 제시하였으며, 이를 표현하면 아래 식 (1)과 같다.

$$CPCT(\text{Comprehensive priority of core task}) = \sqrt{(\text{Important})^2 + (\text{Urgent})^2} \tag{1}$$

핵심과제의 중요도-시급성 분석결과와 통합 우선순위, 그리고 4분면 분석 결과는 핵심과제로 제시된 항목들에 대한 전략적 대응에 활용될 수 있을 것이다. 이를 반영한 전체 핵심과제의 분석결과는 아래 Table 6과 같다.

Table 6. Final results of important-urgent analysis

Code	Important			Urgent			Quarterspace	CPCT ranking
	Mean	SD	Total rank	Mean	SD	Total rank		
A01	5.190	1.365	15	4.571	1.121	16	II	15
A02	5.286	1.007	11	4.048	1.396	25	II	19
A03	5.619	1.564	7	5.095	1.758	10	I	8
A04	5.000	1.517	18	5.143	1.526	8	III	14
A05	6.571	0.676	1	6.190	1.327	2	I	2
A06	6.143	1.108	4	5.857	1.108	4	I	4
A07	5.286	1.347	12	3.905	1.814	29	II	20
A08	4.952	1.322	20	3.905	1.609	27	IV	24
A09	4.524	1.470	26	4.286	1.875	20	IV	25
A10	5.381	1.532	9	5.000	1.703	12	I	9
A11	5.190	1.504	16	4.190	1.327	22	II	18
A12	5.333	1.592	10	4.952	1.564	13	I	11
A13	4.857	1.558	21	4.286	1.454	21	IV	21
A14	4.476	1.209	27	4.000	1.225	26	IV	28
A15	4.619	1.499	25	4.333	1.592	19	IV	23
A16	4.762	1.411	24	4.381	1.687	18	IV	22
A17	4.429	2.111	28	4.190	1.887	23	IV	27
A18	5.095	1.578	17	5.143	1.424	9	III	12

Table 6. Final results of important-urgent analysis(Continued)

Code	Important			Urgent			Quarterspace	CPCT ranking
	Mean	SD	Total rank	Mean	SD	Total rank		
B01	5.952	0.865	5	5.619	1.284	5	I	5
B02	5.857	1.062	6	5.619	1.532	6	I	6
B03	5.238	1.972	14	5.095	1.640	11	I	10
B04	4.143	1.590	29	4.143	1.195	24	IV	29
B05	4.810	1.632	23	4.667	1.742	15	IV	17
C01	3.714	1.521	30	3.619	1.687	30	IV	30
C02	4.810	1.778	22	3.905	1.513	28	IV	26
C03	6.190	0.873	3	6.048	1.024	3	I	3
C04	5.476	1.436	8	5.476	1.537	7	I	7
C05	5.000	0.949	19	4.571	1.121	17	IV	16
C06	5.238	0.944	13	4.905	1.221	14	I	13
C07	6.476	0.680	2	6.333	0.730	1	I	1
Average	5.187			4.783				

전체 핵심과제를 중요도 평균 5.187, 시급성 평균 4.783을 기준선으로 한 4분면 분포를 살펴보면, 전체 핵심항목 30개 중에서 I 사분면에 12개 항목으로 전체의 40%가 도출되었고, II 사분면에 4개로 13.33%, III 사분면에 2개로 6.67%, 그리고 IV 사분면에 12개로 40%가 배치되었다.

① I 영역 항목(평균이상 중요도-평균이상 시급성): 단기적 최우선 추진 핵심과제

통합 우선순위에서 I 사분면에 배치된 항목은 총 12개 항목이다. 전체 1순위는 C07 항목으로 모듈러 발주확대를 위한 중장기 계획 마련이다. 공장제작이 중심이 되는 모듈러 공법은 경제성 확보를 위해서 대량생산이 필수적이다. 하지만 현재 모듈러 프로젝트의 발주량은 기대에 못 미치고 있는 실정으로, 이는 모듈러 프로젝트의 공사비 증가로 이어지게 된다. 모듈러 공법의 장점이 발휘되기 위해서는 대량생산을 통해 평당 단가를 낮추고 이를 기반으로 시장의 활성화를 도모할 필요가 있다. 전체 2순위, 3순위, 4순위는 모두 내화와 관련된 것으로서, A05: 내화구조 시공성 및 경제성 개선, C03: 내화구조 인정 제도의 개선, 그리고 A06: 내화구조 인정 시스템의 확보이다. 현재 모듈러 건축은 중대형화 및 고층화를 목표로 하고 있다. 이를 위해서는 3시간 이상 내화성능 확보가 요구되는데, 이는 공사비 상승과 시공성 저하를 유발하고 있다. 모듈러 공법의 시장확대를 위해서는 주택시장으로의 확장이 필수적이며, 이를 위해서는 고층화를 위한 내화구조의 개선이 필수적으로 요구되고 있는 것이 반영된 결과로 판단된다. 전체 5순위는 B01: 발주처-설계사-제작사-시공사 협력체계 구축이다. 프로젝트를 진행하다 보면 각 주체에서 모듈러 공법과 프로젝트 진행에 대한 이해도가 부족한 것을 알 수 있으며, 이에 따라 의사소통에 어려움이 있어 비효율적인 업무의 진행이 있는 것으로 나타났다. 즉 모듈러 공법과 일반 공법과의 차이를 인지한 업무진행이 요구되나, 이를 고려하지 않고 일반 프로젝트 방식으로 업무를 이해하고 진행하여 여러 시행착오가 발생되고 있다. 따라서 각 주체간의 유기적인 협력체계가 마련되어 시행착오를 줄이고 생산성을 높이는 방안이 요구되는 것이 반영된 결과로 해석된다. 전체 6순위는 B02: 프리콘, IPD, DfMA 등 모듈러방식을 고려한 계약방식의 구축이다. 다양한 연구에서 모듈러 프로젝트에 프리콘, IPD, DfMA의 적용을 주장하고 있으며, 이러한 계약 방식의 적용을 통해 전체 프로젝트의 일원화된 관리와 협업체계를 구축해나가면서 모듈러 공법의 장점을 극대화하고자 하는 것이다. 전체 7순위는 C04: 모듈러 공법의 인식 개선을 위한 홍보 방안 마련이다. 아직까지 모듈러 공법에 대한 이해도는 높지 않은 실정이며, 소음과 진동이 크다는 공업화주택, 조립식 공법이라는 단어에서 오는 부정적 인식이 높은 실정이다. 모듈러 공법의 활성화를 위해서는 이와 같은 인식의 개선이 필수적이라는 의견이 반영된 결과로 해석된다. 전체 8순위는 A03: 모듈러 유닛의 경량화이다. 국내 주택의 특성상 습식공법의 난방이 적용되어야 하며 이는 모듈러 유닛의 하중에 큰 영향을 미친다. 이는 국내 모듈러 프로젝트의 고층화 및 현장 시공의 생산성 저하를 가져오는 중요 원인 중 하나이다. 모듈러 유닛의 경량화를 통해 현장 생산성을 향상 시킬 필요가 있

다는 의견이 반영된 결과로 판단된다. 이후 순위로는 A10: 공장에서의 품질관리 방안의 수립, B03:공기단축에 따른 인센티브 방안 마련, A12: RC 골조 부분과의 접합부 시공성 향상, 그리고 C06: 모듈러 관련 R&D 확대가 나타났다.

② II 영역 항목(평균이상 중요도-평균이하 시급성): 중장기적 추진 핵심과제

통합 우선순위에서 II 사분면에 배치된 항목은 총 4개 항목이다. 첫 번째 항목은 A01: 모듈러 유닛의 표준화 타입의 개발이다. 이 항목은 공장제작 측면에서 효율성을 확보하고 자재의 로스율을 줄이기 위한 방안으로 꾸준히 제기 되어온 과제이다. 그러나 설계의 다양성과 각 제작사 마다의 제작 방식이 다르기 때문에 그 필요성은 인지하지만 시급성 측면에서는 낮은 것으로 나타났다. 두 번째 항목은 A11: 공장 제작물의 향상 방안 마련이다. 모듈러 유닛의 공장제작 비율은 프로젝트 특성과 각 제작사의 방식, 운송 상황 등 매우 다양한 요인에 의해 다르게 나타난다. 공장 제작율을 높이는 것은 결국 현장시공 비율을 낮추는 것으로, 중요한 항목으로 인식되고 있지만 여러 요인에 의한 복잡성으로 시급성은 낮은 해결과제로 나타났다. 그리고 A02: 모듈 평면의 다양화, A07: 공장 제작 프로세스 및 관리 방안의 향상으로 나타났다. 이 두 과제 역시 기존 연구에서 지속적으로 제기되고 있는 과제로서 중요시되고 있는 부분이지만, 시급성 측면에서는 다른 과제에 비해 후순위로 인식되는 과제로 나타났다.

③ III 영역 항목(평균이하 중요도-평균이상 시급성): 단기적 관점에서 선택적 추진 과제

III 사분면에 배치된 항목은 2개 항목이다. 첫 번째 항목은 A18: 현장시공의 품질 및 검측관리 기술 개발, A04: 소음, 진동, 방수 성능의 향상이다. 이 두 과제는 모듈러 공법의 오랜 과제이다. 따라서 이를 위한 지속적인 개선의 노력이 이루어지고 있기 때문에 그 중요성이 상대적으로 낮게 반영된 것으로 보이나, 모듈러 공법의 인식 개선 측면에서 중요한 항목으로 시급성은 평균 이상으로 나타난 것으로 판단된다.

④ IV 영역 항목(평균이하 중요도-평균이하 시급성): 중장기적 관점에서 선택적 추진 과제

IV 사분면에 배치된 항목은 I 사분면 항목과 마찬가지로 총 12개의 항목이 나타났다. CPCT 순으로 살펴보면, C05: 모듈러 관련 전문가 양성, B05: 모듈러에 맞춤형된 내역체계 및 일위대가 산정기준, A13: 고층화를 위한 코어 시공에 대한 기술 개발, A16: 마감공사 완성도 향상, A15: 양중 및 운송에 대한 안전관리 방안 마련, A08: 공장제작 자동화 설비 마련, A09: 공장 제작 단계에서의 안전관리 방안, C02: 모듈러 관련 정책개선, A17: BIM과 3D Scanning 등 스마트 기술의 적용, A14: 층상 배관 및 설비 유닛화 기술, B04: 공장제작단계 안전관리비 적용기준 마련, 그리고 C01: 공장제작 및 현장시공을 연계한 관리 시스템 마련 등으로 나타났다. 이 항목들은 향후 모듈러 공법의 확대를 대비해 중장기적 관점에서 추진되어야 할 과제로 인식하는 것으로 판단된다. 모듈러 관련 전문가 양성 부분에서는 건설기술교육원에서 2022년부터 모듈러 건축 전문인력 양성과정 사업을 진행하고 있으며, BIM과 3D Scanning 등 스마트 기술의 모듈러 적용에 대한 필요성은 지속적으로 제기되고 있는 실정이다[1,2]. 이중 A13, A15, A08, A14 등은 모듈러 프로젝트의 고층화 및 대형화를 통한 모듈 유닛의 대량생산의 시점을 고려한 것이며, B05, B04 등은 최근에 그 중요성이 제기되고 있는 문제로서 모듈러 프로젝트에 특성을 반영한 내역 체계로의 개선이 요구되는 현실이 반영된 결과로 판단된다.

4. 결론

본 연구에서는 모듈러 건축 프로젝트의 활성화를 위한 핵심과제를 도출하고 그 중요도와 시급성을 분석하였다. 이를 위해 기존 연구들에서 제시된 모듈러 공법의 문제점 및 활성화 방안 등을 정리하여 22개의 개선과제를 도출하고, 이를 기반으로 전문가 자문을 실시하여 개선과제를 추가하고 재분류하여, 기술 분야, 계약 관련 분야, 그리고 정책 및 사회 분야 등 3개 분야의 30개 핵심과제로 최종 제시하였다. 이후 도출된 핵심과제를 대상으로 각 항목의 중요도와 시급성에 대한 설문 7점 척도로 진행하고 그 결과를 4분면 분석 및 CPCT로 표현하여 우선순위를 논의하였다.

본 연구 과정에서의 개선과제의 검토와 전문가 자문 및 피드백을 통한 핵심과제의 도출은 기존에 반복적으로 제시되는

모듈러 공법의 고질적이고 중요한 문제를 현재 관점에서 재정리하고, 기존에 명확하게 제시되지 못했던 과제를 분류하여 제시한 것에 의미가 있다. 특히 모듈러 프로젝트의 고층화 및 공동주택으로의 확대에 대응하기 위해 새롭게 제시된 핵심과제는 산업계의 요구사항을 파악하고 중장기적 관점에서 공법 개선의 방향성을 제시하는데 기여할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 중요도-시급성의 분석은 핵심과제 해결을 위한 전략적 접근의 가이드로 활용될 수 있을 것이며, 나아가 국가 R&D의 기획에도 도움을 줄 수 있을 것이다.

본 연구의 핵심과제는 중요도-시급성으로 분석하였기 때문에, I 영역 외에 배치된 항목이 그 중요도와 시급성이 낮다는 것을 의미하는 것은 아니며, 과제 해결을 위한 전략적인 접근 순위로 해석할 필요가 있다. 향후 연구에서는 핵심과제를 보다 세분화하고 보완할 예정이며, 중요도와 시급성 뿐만 아니라 각 항목에 대한 KPI(Key performance indicator) 및 기대 효과 등을 분석하는 연구를 진행할 예정이다.

요약


모듈러 공법에 대한 정책적 지원과 시장 확대의 방안이 마련되고 있는 실정으로 활성화를 위한 명확한 과제 제시와 분석이 필요한 시점이다. 이에 본 연구는 모듈러 공법의 활성화를 위한 핵심과제의 제시를 목적으로 하였다. 기존 연구 분석을 통해 개선과제를 고찰하고 전문가 자문을 통해 보완하여 30개의 핵심과제를 도출하였다. 이후 설문조사를 실시하여 핵심과제에 대한 중요도-시급성 분석을 수행하고 우선순위를 도출하였다. 본 연구의 결과는 모듈러 건축의 활성화에 필요한 핵심과제의 해결을 위한 전략적인 접근에 도움을 줄 수 있을 것이다.


키워드 : 탈현장 공법, 모듈러 공법, 핵심과제, 중요도-시급성 분석

Funding

This paper was supported by the Shinsung A&E Research Grant, 2023.

ORCID

Myungdo Lee,  <https://orcid.org/0000-0001-7030-0058>

Ung-Kyun Lee,  <https://orcid.org/0000-0001-8625-3305>

References

1. Lee MD, Lee DM, Kim, TH, Lee UK. Practical analysis of BIM tasks for modular construction projects in South Korea. *Sustainability*. 2020 Aug;12(17):6900. <https://doi.org/10.3390/su12176900>
2. Korea institute of civil engineering and building technology. Smart, speedy and sustainable modular building. Goyang (Korea): CNEWS; 2020. 23 p.
3. Wuni IY, Shen GQ. Critical success factors for modular integrated construction projects: a review. *Build Research & Information*. 2019 Sep;48(7):763-84. <https://doi.org/10.1080/09613218.2019.1669009>
4. Shin HK, Ahn YH. Modular building construction process development by benchmarking international best practices. Korea Institute of Construction Engineering and Management. 2016 Nov;17(6):3-12. <https://doi.org/10.6106/KJCEM.2016.17.6.003>
5. Kim DS, Kim KR, Cha HS, Shin DW. A study on the strategy for creating demand of modular construction through case analysis

- by building type. Korea Institute of Construction Engineering and Management. 2013 Sep;14(5):164-74. <https://doi.org/10.6106/KJCEM.2013.14.5.164>
6. Kim JH, Park IM. The practical application of modular construction for residential facilities. Journal of the Korean Housing Association. 2013 Jun;24(3):19-26. <https://doi.org/10.6107/JKHA.2013.24.3.019>
 7. Mun YA, Kim MK, Park MJ. Domestic and foreign case studies for the improvement of unit modular housing. Journal of the architectural institute of korea planning & design. 2013 Oct;29(10):65-73. https://doi.org/10.5659/JAIK_PD.2013.29.10.65
 8. Lee DH, Kim KT. A fundamental study for applying of Unit modular housing production system in the domestic. Korea Institute of Construction Engineering and Management. 2013 Sep;14(5):3-11. <https://doi.org/10.6106/KJCEM.2013.14.5.003>
 9. Kim CH, Sim UJ, Hyung WG. A study on the deduction of important factors for modular system application in apartment house vertical-extension constructions. Journal of the regional association of architectural institute of korea. 2014 Oct;16(5):163-70.
 10. Yoon JS, Shin DW, Cha HS, Kim, KR. A business model for application of the modular building in the rental market. Korean Journal of Construction Engineering and Management. 2015 Nov;16(6):3-11. <https://doi.org/10.6106/KJCEM.2015.16.6.003>
 11. Kim SY, Lee MS, Yu IH, Son JW. Analysis of importance and expected utility of improvement tasks to activate modular construction method. Korean Journal of Construction Engineering and Management. 2021 Jul;22(4):11-9. <https://dx.doi.org/10.6106/KJCEM.2021.22.4.011>
 12. Jung SY, Yu JH. A Study on Critical Success Factors of Off-Site Construction - By Importance Performance Analysis. Korean Journal of Construction Engineering and Management. 2023 Mar;24(2):24-36. <https://doi.org/10.6106/kjcem.2023.24.2.024>
 13. Jung SY, Yu JH. A study on the critical success factors of off-site construction through keyword frequency analysis - A literature review of overseas research -. Korean Journal of Construction Engineering and Management. 2021 Jan;22(1):13-26. <https://doi.org/10.6106/KJCEM.2021.22.1.013>
 14. Kim SE, Lim HC. Analyzing key management factors during the construction phase of modular system-based buildings with ipa method. Journal of the Architectural Institute of Korea. 2024 Feb;40(2):285-92. <https://doi.org/10.5659/JAIK.2024.40.2.285>
 15. Nam SH, Kim KR. Development of project delivery system in public sector for modular building. Korean Journal of Construction Engineering and Management. 2016 Jul;17(4):49-56. <https://doi.org/10.6106/KJCEM.2016.17.4.049>
 16. Kim DM, Lee JS, Kim JY, Kim JJ. Marketing strategy and influential factors based on the attributes of unit modular system. Korean Journal of Construction Engineering and Management. 2014 Jan;15(1):78-86. <http://doi.org/10.6106/KJCEM.2014.15.1.078>
 17. Shin HK, Kim SY, Ahn YH. Decision model of construction errors management based on modular method construction process. Korean Journal of Construction Engineering and Management. 2017 Nov;18(6):98-108. <https://doi.org/10.6106/KJCEM.2017.18.6.098>
 18. Choi OK, Lee HS, Park MS, Hyun HS. Quantity management model for manufacturing and assembly of large-scale modular construction projects during construction phase. Korean Journal of Construction Engineering and Management. 2018 Jan;19(1):43-53. <https://doi.org/10.6106/KJCEM.2018.19.1.043>
 19. Lee KB, Kim KR, Shin DW, Cha HS. A proposal for optimizing unit modular system process to improve efficiency in off-site manufacture, transportation and on-site installation. Korean Journal of Construction Engineering and Management. 2011 Nov;12(6):14-21. <https://doi.org/10.6106/KJCEM.2011.12.6.14>
 20. An HY, Lee HM, Jang OY. Analysis on the POE Result of the Rental Modular Housing-Focus on the Dormitory of Gongneungdong and Cheonyeondong. Journal of The Korean Society of Living Environmental System. 2015 Dec;22(6):898-911. <https://doi.org/10.21086/ksles.2015.12.22.6.898>
 21. Seo WK, Lee IH, Kang YC. Social acceptability of modular construction through the case study of education facilities. Journal of the Architectural Institute of Korea. 2023 Aug;39(8):255-66. <https://doi.org/10.5659/JAIK.2023.39.8.255>
 22. Field A. Discovering statistics using SPSS. 3rd ed. London: Sage; 2009. 854 p.