

OSC기반 PC구조 공동주택의 보급 및 활성화 방안과 핵심 성과 지표 개발 - 주체별 설문조사 분석결과를 중심으로 -

이성호¹ · 차희성^{2*}

¹아주대학교 건축학과 석사과정 · ²아주대학교 건축학과 교수

A Study on Plans for Diffusion & Revitalization, and Developing Key Performance Indicator for OSC based PC Structure Apartment Housing

Lee, Sungho¹, Cha, Heesung^{2*}

¹Graduate Student, Department of Architectural Engineering, Ajou University

²Professor, Department of Architectural Engineering, Ajou University

Abstract : Recently, there have been many changes in the domestic construction industry. OSC (Off-Site Construction) is expected to solve these problems, and it is emerging as a way to inspire innovation in the domestic construction production system. OSC, which has only recently attracted attention again after previous studies have failed, is lacking in research on perception surveys and customized performance measurements compared to overseas. This study investigated the perceptions of construction industry workers on OSC through a survey, and examined differences in perceptions of each subject and the relative importance of performance indicators. In general, the need for introduction and development of OSC was recognized. Also, drivers and obstacles inhibiting more use of OSC were analyzed. The relative importance for performance indicators and differences in perceptions of each subject were identified. Then, this study suggests plans for diffusion and revitalization of OSC, and key performance indicator for OSC based PC structure apartment housing.

Keywords : Off-Site Construction, Key Performance Indicator, Statistical Analysis, Survey

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

OSC (Off-Site Construction)는 국내 건설 산업의 생산성 혁신을 위한 대표적인 방법으로 거론된다(Yu, 2019). OSC는 건축 시설물이 설치될 부지 이외의 장소에서 부재(Element), 부품(Part), 선조립 부분(Pre-assembly), 유닛(Unit, Modular) 등을 생산 후 현장에 운반하여 설치 및 시공하는 건설 방식이다(Son & Lee, 2019). 현재 국내 건설 산업 생산성 저하, 기능 인력 유입 부족 및 저숙련화, 품질저하 및 안전사고 증대 우려, 첨단건축기술 국제 경쟁력 열위 등 많은 문제점들이 나타나고 있다(Son & Lee, 2019). OSC는

이러한 문제점들을 해결해 줄 것이라는 기대를 받고 있으며, OSC의 보급 및 확산을 위한 활발한 연구가 진행되고 있다. OSC의 건축 방식에는 PC (Precast Concrete), 철골, 조립식 복합부재, 건식 공법, 모듈러 시스템 등이 있으며(Yu, 2013), 본 연구에서는 OSC기반 PC구조 공동주택에 초점을 맞춘다.

80년대에도 OSC PC 공동주택에 대한 도입 시도가 있었으나, 기술 개발이 뒷받침되지 않아 주거 성능을 충족시키지 못해 과거의 OSC 연구 개발은 실패로 돌아가고야 말았다. 그러나 최근 건설 환경이 악화되며 OSC의 도입이 대두되고 있다. OSC에 대한 연구가 다시금 주목을 받고 있는 상황에서 국내 OSC에 대한 인식 조사와 OSC의 성과를 측정할 수 있는 핵심 성과 지표(KPI)에 대한 연구는 필수적임에도 불구하고 해외에 비해 부족한 실정이다.

이에 본 연구는 설문조사를 통해 건설 산업 종사자들의 OSC에 대한 인식을 파악하고, 주체별 인식 차이, 성과 지표의 상대적 중요도에 대한 인식을 분석하였다. 이를 통해 OSC의 보급 및 활성화를 위한 방향과 핵심 성과 지표 체계 구축을 위한 방향을 제시하고자 한다.

* **Corresponding author:** Cha, Heesung, Department of Architectural Engineering, Ajou University, 708 Sanhakwon, 206 World cup-ro, Yeongtong-gu, Suwon, Korea

E-mail: hscha@ajou.ac.kr

Received November 19, 2020: **revised** -

accepted Decemer 15, 2020

1.2 연구의 절차

우선 선행 연구 조사를 통하여 OSC PC의 문제점을 도출하였다. 이에 따라 OSC에 대한 기초 지식, 장려하는 이유, 도입 활성화를 위해 극복해야 할 장애 요인, Gap 분석을 위한 성숙도 평가 방법론, 현장타설 방식과의 핵심 성과 비교 방법, 해외 건설 산업의 핵심 성과 지표에 대해 조사를 하였다. 선행 연구 조사를 바탕으로 조사 항목을 도출하고 Web 기반 설문 시스템을 구축하여 건설 산업 종사자들에게 배포하였다. 수집된 data를 분석하여 의미와 결론을 도출하였다 (Fig. 1).

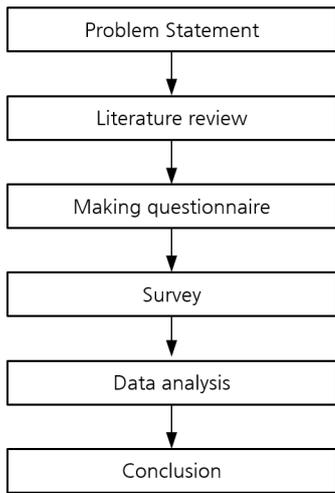


Fig. 1. Research procedure

2. 선행 연구 조사

설문조사 항목들을 도출하기 위해 선행 연구 조사를 실시하였다. 선행 연구 조사는 OSC의 도입 정도에 따른 분류, 장려하는 이유, 도입 활성화를 위해 극복해야 할 장애 요인, Gap 분석을 위한 성숙도 평가 방법론, 현장타설 방식과의 핵심 성과 비교 방법으로 구분된다.

Gibb (2001)은 OSC의 도입 정도에 따른 분류를 다음과 같이 4가지로 하였다; ① Component Manufacture and Sub-assembly, ② Non-volumetric Pre-assembly, ③ Volumetric Pre-assembly, ④ Modular Building. W. Lu et al. (2018)은 OSC의 최적 도입 단계를 연구하며 Level 0 : Cast in-situ를 추가하여 OSC의 도입 단계를 정의했다.

OSC를 장려하는 이유에는 ① 공사 기간 단축, ② 비용 감소, ③ 품질 향상, ④ 숙련공 부족 문제 해결, ⑤ 안전성 향상 등이 있다. OSC의 활성화를 위해 극복해야 할 장애 요인으로는 ① 설계 시 OSC를 반영하지 않는 점, ② OSC에 적합하지 않은 발주 방식, ③ OSC에 적용할 수 없는 프로젝트 유형, ④ OSC 공장 인프라의 부재, ⑤ OSC를 수행할 수 있는 인

력 가용성, ⑥ 과도한 비용 소요, ⑦ OSC를 원하지 않는 발주자, ⑧ 품질검사의 불확실성, ⑨ 품질에 대한 우려 등이 있다. (Dodge Data & Analytics, 2020)

성숙도 평가 방법론으로는 조직의 프로세스 개선 활동을 효율적으로 지원하기 위한 모델인 CMMI (Capability Maturity Model Integration)이 있다. CMMI 모델은 특정 성숙도 레벨로 진입하기 위한 기준을 제시하고 조직의 프로세스 능력을 어떤 방향으로 발전 시켜나가야 하는지에 대한 비전을 단계적으로 제시한다. CMMI는 성숙도 단계를 Level 1 : Initial, Level 2: Managed, Level 3 : Defined, Level 4 : Quantitatively Managed, Level 5 : Optimizing으로 구분한다(CMMI Product Team, 2010).

현장타설 방식과의 핵심 성과 비교를 위해 대체적으로 시간, 비용, 품질, 안전의 지표들을 활용해 비교하는 것으로 파악했다(Wasana, 2019).

3. 연구의 방법

3.1 설문 조사 항목 도출

선행 연구 조사를 바탕으로 설문조사 항목을 도출하였다. ① 설문 응답자의 일반사항, ② OSC기반 PC 공동주택의 인식 정도 및 필요성, ③ 성과 지표 상대적 중요도로 나누어진다. 설문 항목들을 구분하는 기준과 각 항목들을 구성하는 요소들은 <Table 1>과 같다.

응답자의 일반 사항으로는 실무 경력, 회사 규모, 회사 종류를 조사하여 주제별 인식 차이를 분석하고자 했다.

K P I F r a m e w o r k	Criteria	Indicator
	Time	- Speed of construction - Time variation
	Cost	- Unit cost - Percentage of net variations
	Quality	- Number of defects at handover - Time to rectify defects - Cost for rectifying defects
	Productivity	- Labor productivity
	Environment	- Material consumption - Energy consumption - Waste emission
	Satisfaction	- Client - Contractor - Design team - End user - Supplier
	Safety	- Accident rate
	Predictability	- Time index - Cost index

Fig. 2. Framework of key performance indicator for OSC

Table 1. Questionnaire

Classification		Factor
Efficient level of OSC		Level 0 : Cast in-situ
		Level 1 : Component and sub-assembly
		Level 2 : Non-volumetric assembly
		Level 3 : Volumetric assembly
		Level 4 : Modular building
Need of OSC		Likert 5-point scale (Strongly agree / agree / neutral / disagree / strongly disagree)
Drivers of OSC		Improves project schedule performance Decreases construction costs Improves project quality Helps deal with skilled labor shortages Improves project safety
Obstacles inhibiting more use of OSC		Not part of project design Project delivery method Project types not applicable Availability of OSC shop locally Availability of trained workforce for OSC Costs too much Owner doesn't want OSC Inspection uncertainty Concern about quality
Current and future maturity level of OSC	Organization capability	Level 1 : Initial Level 2 : Managed Level 3 : Defined
	Technology & management capability	Level 4 : Quantitatively Managed Level 5 : Optimizing
Performance Indicator for OSC	Time	Likert 5-point scale (Very important / important / moderate / unimportant / very unimportant)
	Cost	
	Quality	
	Productivity	
	Environment	
	Satisfaction	
	Safety	
Predictability		

OSC PC의 인식 정도 및 필요성의 문항 구성은 다음과 같다. ① 공동주택 시공을 위한 OSC PC화의 가장 효과적인 도입 단계는 어느 정도라고 생각하십니까? ② 공동주택 시공 시에 OSC PC 공법의 도입이 얼마나 필요하다고 느끼십니까? ③ OSC PC 공동주택을 장려하는 이유는 무엇이라고 생각하십니까? ④ OSC PC 공동주택 도입 활성화를 위해 극복해야 할 장애 요인은 무엇이라고 생각하십니까? ⑤-1) 국내 OSC PC의 조직 역량 관점의 현재 수준과 향후 5년간 요구 수준은 어느 정도라고 생각하십니까? ⑤-2) 국내 OSC PC의 기술 및 관리 역량 관점의 현재 수준과 향후 5년간 요구 수준은 어느 정도라고 생각하십니까?

OSC PC의 성과 지표의 상대적 중요도를 측정하기 위해 성과지표 framework를 구축하였다(Fig. 2) (Cao et al.,

Table 2. Maturity level of organization capability of OSC

Maturity level	Details
Level 1 (Initial)	- Recognizing the need to adopt OSC PC. - Not in charge of OSC PC method, but some experienced personnel exist. - Insufficient organizational motivation and support.
Level 2 (Managed)	- Introduction of OSC PC for prior research by project. - At the level of attempting to introduce it with interest within the organization. - Interpretation of the results of the OSC PC method is based on the empirical facts of key personnel.
Level 3 (Defined)	- Repetitive OSC PC application within the project. - There are clear business indicators of the company regarding the purpose of application of OSC PC and the goal of receiving orders for related projects. - Existence of company level experts for effective OSC PC application. - Knowledge base existing based on past performance.
Level 4 (Quantitatively Managed)	- Specialization of OSC PC through experience and training of internal and external projects. - Existence of integrated indicators applicable to all OSC PC projects. - The level of ripple effect by internal best practices.
Level 5 (Optimizing)	- Continuously improve the organization's promotion strategy based on the latest status on the degree of adoption and use of the industry. - All members of the organization have expertise in projects using OSC PC (no need to form a dedicated team). - Develop a process that can continuously improve quality so that best practices in the industry can be applied.

Table 3. Maturity level of technology & management capability of OSC

Maturity level	Details
Level 1 (Initial)	- Only follow-up response to defect cases occurring in the process of applying OSC PC is performed, and documentation and reporting procedures are omitted. - Steps to create a framework for contract management (specifications, guidelines, etc.) suitable for OSC PC.
Level 2 (Managed)	- There is a process to improve the risk factors of defects in OSC PC through feedback. - Apply contract management items suitable for OSC PC based on empirical facts.
Level 3 (Defined)	- Company-wide collection of defects and reconstruction cases occurring in the process of applying OSC PC. - When a defect occurs, personnel are generally aware of the reporting system. - Broadening of contract management work.
Level 4 (Quantitatively Managed)	- Systematic management of quality through quantitative data such as the number of occurrences, frequency, and damage of defect occurrence cases. - The level of operation with a system that not only handles defects, but also improves and develops them. - The level of contract management is continuously monitored, improved, and specialized.
Level 5 (Optimizing)	- Predict possible problems through feedback as well as follow-up and prevent them in advance. - The level of possessing the ability to establish countermeasures in advance by researching cases outside the company. - The level of contract management based on the concept of integrated project delivery. - Steps to continuously apply and develop best practices in the industry.

2015; Chan et al., 2004; Jonsson et al., 2017; Wasana et al., 2019). ① 시간, ② 비용, ③ 품질, ④ 생산성, ⑤ 환경, ⑥ 만족도, ⑦ 안전, ⑧ 예측정확도의 상대적 중요도를 5점 척도로 측정하였다.

OSC PC의 조직 역량과 기술 및 관리 역량의 현재 수준과 미래 요구 수준 차이의 Gap 분석을 통해 현재 수준을 진단하고 산업계가 인식하는 미래 요구수준을 파악하기 위해 성숙도 수준을 구분하고 단계별 세부 내용을 설정했다(Table 2), <Table 3>.

3.2 설문 조사 대상

건설업계 종사자들을 대상으로 실시했으며, 불성실한 응답을 제외한 180명을 분석대상으로 선정했다. 응답자들의 일반 사항은 <Fig. 3>과 같다.

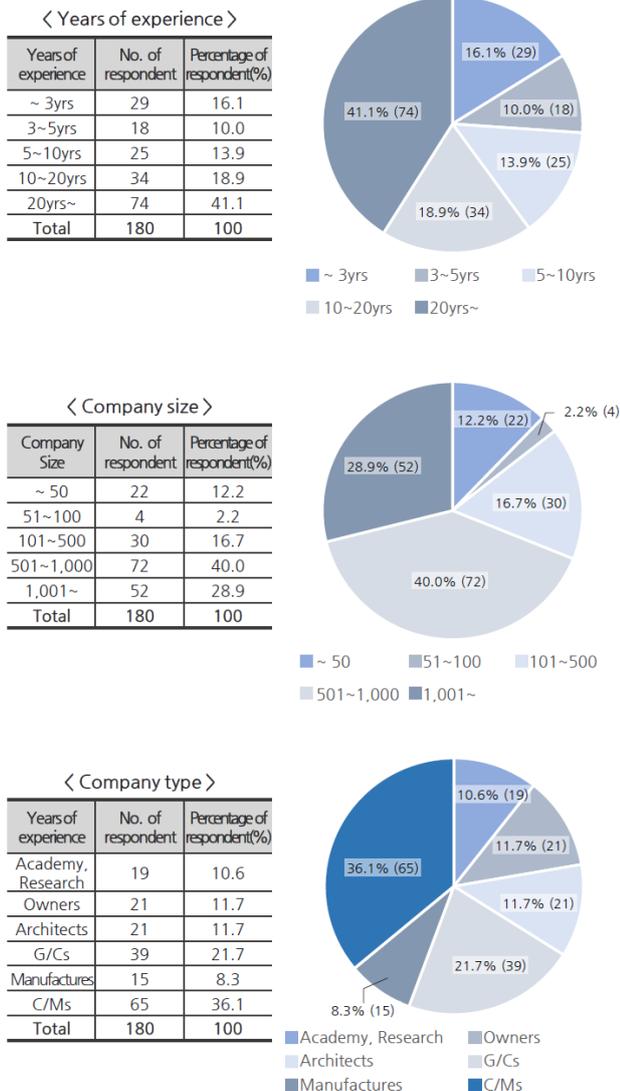


Fig. 3. Distribution of respondents

3.3 조사 및 분석 방법

Web기반 설문 시스템을 구축하여 온라인 설문조사를 실시하였으며, 2020년 9월부터 두 달간 실시하였다(Fig. 4). 주제별 인식차이와 성과 지표간 상대적 중요도를 분석하기 위해 문항별 빈도 분석 및 교차분석을 실시하였다. Kolmogorov-Smirnov와 Shapiro-Wilk 검정을 통해 정규성 검정을 하였고, 정규성을 만족하지 않았다. 응답의 주제별 평균 차이의 통계적 유의함을 검증하기 위해 Kruskal-Wallis 비모수적 검정을 실시하였다. 신뢰수준은 95%로 시행했다. 분석 도구는 SPSS v.25와 Excel 2016을 사용하였다.

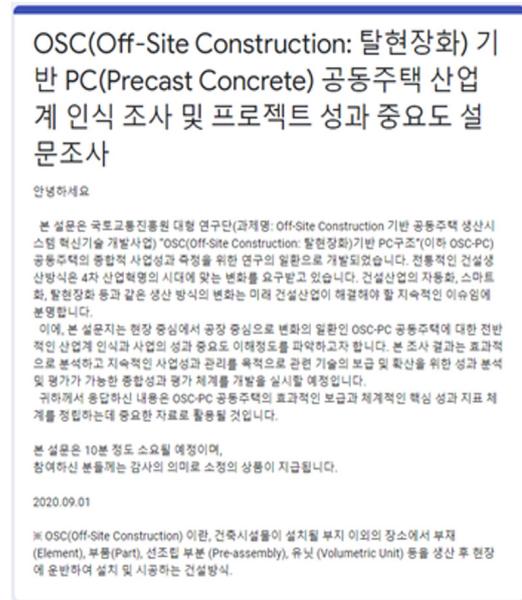


Fig. 4. Web based online survey system

4. 분석 결과

문항별 교차분석, 빈도분석 등 다양한 분석방법을 활용하여 설문 조사 결과를 분석하였다.

4.1 OSC의 효과적인 도입 단계

공동주택 시공을 위한 OSC PC의 가장 효과적인 도입 단계의 분석 결과는 <Table 4>와 같다.

Table 4. Efficient Level of OSC

Level of OSC	No. of respondent	Percentage of respondent (%)
Level 0 : Cast in-situ	1	0.6
Level 1 : Component and sub-assembly	15	8.3
Level 2 : Non-volumetric assembly	84	46.7
Level 3 : Volumetric assembly	44	24.4
Level 4 : Modular building	36	20.0
Total	180	100
Mean		2.55
Standard deviation		0.923

대체적으로 Level 2 : Non-volumetric assembly, 비볼륨 형태의 OSC가 효과적이라고 인식하고 있었다. Non-volumetric assembly는 평면 단위 조립을 뜻하며, 2D PC 벽면 패널, PC 부품, 구조 프레임 등에 활용되고 있다. 24.4%의 응답률을 보였던 Level 3 : Volumetric assembly는 입체 단위 조립을 뜻하며, 3D 모듈화에 활용되고 있다.

주체별 인식 차이를 확인하기 위하여 회사 종류와 효과적인 도입단계의 교차분석을 실시했다<Table 5>. 다른 주체들은 응답이 평균치와 비슷하게 분포하고 있는 반면에, 제작사의 응답은 Level 4 : Modular building 과 Level 3 : Volumetric assembly에 집중되어 있는 것을 확인할 수 있었다. 이는, 제작사들은 OSC 공법의 부재들을 제작하고 있는 주체로서 더 높은 단계의 도입 단계가 효과적이라고 인식하고 있다고 볼 수 있다.

통계적 유의함을 확인하고자 정규성 검정을 실시하였고, 정규성을 만족하지 못했다. 이후, Kruskal-Wallis 검정을 통해 OSC의 효과적인 도입단계의 분포는 회사 종류의 범주에서 동일하다는 귀무가설을 기각하고 통계적으로 유의함을 확인했다(chi-square=20.388, p=0.001, df=5).

Table 5. Cross-tabulation of efficient level of OSC by company types

Efficient level of OSC	Company Types						
	Academy, Research	Owners	Architects	G/Cs	Manufacturers	C/Ms	Total
Level 0	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.5%	0.6%
Level 1	0.0%	9.5%	4.8%	7.7%	0.0%	13.8%	8.3%
Level 2	78.9%	33.3%	57.1%	69.2%	13.3%	32.3%	46.7%
Level 3	10.5%	38.1%	19.0%	15.4%	33.3%	29.2%	24.4%
Level 4	10.5%	19.0%	19.0%	7.7%	53.3%	23.1%	20.0%
Total	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Mean	2.32	2.67	2.52	2.23	3.40	2.58	2.55
S.D.	0.671	0.913	0.873	0.706	0.737	1.044	0.923

4.2 OSC 공법의 필요성

공동주택 시공 시에 OSC PC의 도입의 필요성의 분석 결과는 <Table 6>과 같다.

Table 6. Need of OSC

Need of OSC	No. of respondent	Percentage of respondent (%)
Strongly agree (5)	45	25.0
Agree (4)	100	55.6
Neutral (3)	31	17.2
Disagree (2)	1	0.6
Strongly disagree (1)	3	1.7
Total	180	100
Mean		4.02
Standard deviation		0.773

80.6%의 응답자가 긍정적인 답변을 했다. 대체적으로 공동주택 시공 시에 OSC PC의 도입이 필요하다고 인식하고 있다.

주체별 인식 차이를 확인하기 위하여 회사 종류와 OSC 공법의 필요성의 교차분석을 실시했다<Table 7>. 대부분의 주체들이 OSC 공법 도입의 필요성에 대해 강하게 느끼고 있는 반면에 발주사의 평균(3.62)이 조금 낮은 것으로 보아 발주사들은 압도적으로 필요하다고 느끼지 않는다고 보인다.

통계적 유의함을 확인하고자 정규성 검정을 실시하였고, 정규성을 만족하지 못했다. 이후, Kruskal-Wallis 검정을 통해 OSC의 공법의 필요도는 회사 종류의 범주에서 동일하다는 귀무가설을 기각하고 통계적으로 유의함을 확인했다(chi-square=22.746, p=0.000, df=5).

Table 7. Cross-tabulation of the need of OSC by company types

Need of OSC	Company Types						Total
	Academy, Research	Owners	Architects	G/Cs	Manufacturers	C/Ms	
Strongly disagree	0.0%	4.8%	0.0%	0.0%	0.0%	3.1%	1.7
Disagree	0.0%	0.0%	0.0%	2.6%	0.0%	0.0%	0.6
Neutral	0.0%	28.6%	14.3%	12.8%	6.7%	24.6%	17.2
Agree	47.4%	61.9%	52.4%	59.0%	53.3%	55.4%	55.6
Strongly agree	52.6%	4.8%	33.3%	25.6%	40.0%	16.9%	25.0
Total	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Mean	4.53	3.62	4.19	4.08	4.33	3.83	4.02
S.D.	0.513	0.805	0.680	0.703	0.617	0.821	0.773

4.3 OSC PC 공동주택을 장려하는 이유

OSC PC 공동주택을 장려하는 이유 문항은 복수응답이 가능했으며 결과 분석은 다중반응(Multiple response analysis) 빈도분석 및 교차분석을 시행했다<Table 8>. 각 응답자가 선택한 항목과 선택하지 않은 항목에 대하여 0과 1로 이분형으로 코딩하여 분석했다. 장려하는 이유는 공사 기간 단축(70.0%), 숙련공 문제 해결(65.0%) 품질 향상(51.7%) 순으로 중요하다고 꼽혔다.

주체별 인식 차이를 확인하기 위하여 회사 종류와 OSC PC 공동주택을 장려하는 이유의 교차분석을 실시했다

Table 8. Drivers of OSC

Drivers	Frequency	Percentage of frequency (%)
Improves project schedule performance	126	70.0
Decreases construction costs	34	18.9
Improves project quality	93	51.7
Helps deal with skilled labor shortages	117	65.0
Improves project safety	60	33.3
Total	180	-

<Table 9>. 발주사는 다른 주체에 비해 안전성 향상(9.5%)와 비용 감소(14.3%)에 적은 응답률을 보였다.

Table 9. Cross-tabulation of drivers of OSC by company types

Drivers of OSC	Company Types					
	Academy, Research	Owners	Architects	G/Cs	Manufacturers	C/Ms
Improves project schedule performance	57.9%	61.9%	85.7%	74.4%	60.0%	66.7%
Decreases construction costs	21.1%	14.3%	38.1%	15.4%	20.0%	15.4%
Improves project quality	47.4%	57.1%	66.7%	35.9%	46.7%	56.9%
Helps deal with skilled labor shortages	84.2%	52.4%	61.9%	74.4%	73.3%	56.9%
Improves project safety	47.4%	9.5%	42.9%	28.2%	33.3%	36.9%

4.4 OSC PC 공동주택 활성화를 위해 극복해야 할 장애요인

OSC PC 공동주택의 도입 활성화를 위해 극복해야 할 장애요인 문항 또한 복수응답이 가능했으며 결과 분석은 다중 반응(Multiple response analysis) 빈도분석 및 교차분석을 시행했다<Table 10>. 각 응답자가 선택한 항목과 선택하지 않은 항목에 대하여 0과 1로 이분형으로 코딩하여 분석했다. 설계 시 OSC PC를 반영하지 않음(53.9%)가 대표적인 장애요인으로 꼽혔으며, OSC PC에 적합하지 않은 발주 방식(35.6%), 품질에 대한 우려(32.8%), PC 공장 인프라의 부재(31.1%), OSC PC를 원하지 않는 발주자(29.4%) 또한 주요한 장애요인으로 인식되고 있다.

Table 10. Obstacles inhibiting more use of OSC

Obstacles	Frequency	Percentage of frequency (%)
Not part of project design	97	53.9
Project delivery method	64	35.6
Project types not applicable	45	25.0
Availability of OSC shop locally	56	31.1
Availability of trained workforce for OSC	47	26.1
Costs too much	43	23.9
Owner doesn't want OSC	53	29.4
Inspection uncertainty	32	17.8
Concern about quality	59	32.8
Total	180	-

주체별 인식 차이를 확인하기 위하여 회사 종류와 OSC PC 공동주택 활성화를 위해 극복해야 할 장애요인의 교차 분석을 실시했다<Table 11>. 설계사는 OSC PC에 적용할 수

없는 프로젝트 유형(52.4%)의 높은 응답률을 보였다. 이는, 직접 설계를 하며 OSC 프로젝트 설계 시 부재의 단순화 등의 작업을 수행하며 느꼈던 한계점이 응답률에 드러난 것으로 보인다. 또한, 제작사의 과도한 비용 소요(46.7%)의 응답률이 높았는데 이는 OSC 부재를 생산하며 비용을 투입한 경험이 응답률에 드러난 것으로 보인다.

Table 11. Cross-tabulation of obstacles inhibiting more use of OSC by company types

Drivers of OSC	Company Types					
	Academy, Research	Owners	Architects	G/Cs	Manufacturers	C/Ms
Not part of project design	47.4%	42.9%	57.1%	53.8%	46.7%	56.5%
Project delivery method	42.1%	33.3%	38.1%	28.2%	53.3%	33.3%
Project types not applicable	10.5%	19.0%	52.4%	17.9%	26.7%	23.2%
Availability of OSC shop locally	21.1%	38.1%	23.8%	25.6%	20.0%	37.7%
Availability of trained workforce for OSC	57.9%	38.1%	19.0%	15.4%	40.0%	18.8%
Costs too much	15.8%	28.6%	23.8%	33.3%	46.7%	13.0%
Owner doesn't want OSC	31.6%	14.3%	33.3%	17.9%	53.3%	30.4%
Inspection uncertainty	26.3%	14.3%	4.8%	15.4%	20.0%	21.7%
Concern about quality	47.4%	33.3%	23.8%	30.8%	60.0%	23.2%

4.5 조직역량과 기술 및 관리역량의 현재 수준과 미래 요구 수준 분석

<Table 12>은 조직역량과 기술 및 관리 역량의 현재 수준과 미래 요구 수준을 보여준다. 조직역량과 기술 및 관리역량 모두 현재 수준과 미래 요구 수준의 Gap 차이는 통계적으로 유의하였다. 대응표본 t-검정 결과, 조직역량의 현재 수준(M=1.81, SD=.076)과 미래 요구 수준(M=3.57, SD=0.95)은 유의미한 차이를 보였다; $t(179) = -25.37, p=0.000$. 또한, 기술 및 관리 역량의 현재 수준(M=1.67, SD=.076)과 미래 요구 수준(M=3.61, SD=0.98)은 유의미한 차이를 보였다; $t(179) = -24.37, p=0.000$.

Table 12. Descriptive statistics of maturity level of OSC

Maturity level	Organization capability			Technology & management capability		
	Current level	Future level	Gap	Current level	Future level	Gap
Mean	1.81	3.57	1.77	1.67	3.61	1.94
Standard deviation	0.76	0.95	0.93	0.76	0.98	1.05

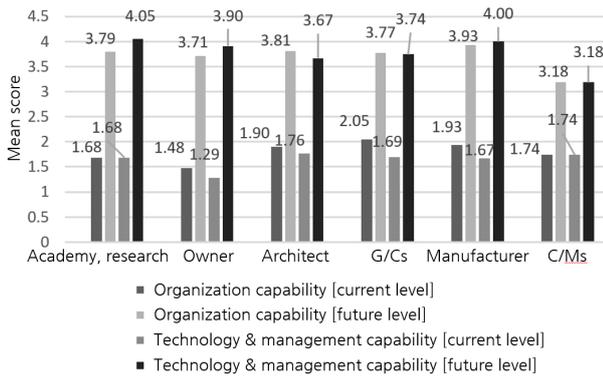


Fig. 5. Current and future maturity level of OSC

조직역량(M=1.81, SD=.076)과 기술 및 관리 역량(M=1.67, SD=.076)의 현재 수준은 통계적으로 유의미한 차이를 보였다; $t(179)=2.990$ $p=0.003$. 이를 통해, 기술 및 관리 역량의 현재 수준이 더 낮다고 진단하고 있음을 확인했다.

모든 주체가 현재 수준 보다 미래 요구 수준이 높아야 된다고 평가했다(Fig. 5). 다만, CM사는 미래 요구 수준에 대하여 다른 주체보다 조금 낮게 평가하는 점을 알 수 있다.

통계적 유의함을 확인하고자 정규성 검정을 실시하였고, 정규성을 만족하지 못했다. 이후 Kruskal-Wallis 검정을 통해 조직역량(chi-square=16.236, $p=0.006$, $df=5$)과 기술 및 관리역량(chi-square=27.406, $p=0.000$, $df=5$)의 현재 수준과 미래 요구 수준의 Gap 차이는 회사 종류의 범주에서 동일하다는 귀무가설을 기각하고 통계적으로 유의함을 확인하였다.

4.6 OSC 성과 지표의 상대적 중요도

OSC PC 공동주택 도입 시 중요한 성과 지표의 상대적 중요도는 <Table 13>와 같다. 품질(4.53), 안전(4.42), 공기(4.34), 생산성(4.28), 비용(4.27), 예측정확도(4.02), 만족도(3.97), 환경(3.79) 순으로 중요하다고 인식되고 있다.

OSC의 성과 지표의 주체별 인식차이를 알아보기 위해 교차분석을 실시했다(Table 14). 다른 주체에 비해 발주사가

Table 13. Mean score ranking of performance indicator of OSC

Performance indicator	Mean	Standard deviation	Ranking
Time	4.34	0.66	3
Cost	4.27	0.76	5
Quality	4.53	0.66	1
Productivity	4.28	0.65	4
Environment	3.79	0.81	8
Satisfaction	3.97	0.78	7
Safety	4.42	0.68	2
Predictability	4.02	0.75	6

Table 15. Kruskal-Wallis test summary of performance indicator of OSC

Null hypothesis	Chi-square	Sig.	Decision
Time	1.813	0.874	Fail to reject
Cost	7.964	0.158	Fail to reject
Quality	7.168	0.208	Fail to reject
Productivity	7.766	0.170	Fail to reject
Environment	5.984	0.308	Fail to reject
Satisfaction	4.896	0.429	Fail to reject
Safety	2.268	0.811	Fail to reject
Predictability	5.389	0.370	Fail to reject

품질을 더 중요시 하는 경향 등 주체별 인식차이들이 보였으나, Kruskal-Wallis 검정의 귀무가설을 기각하지 못해 통계적 유의는 없는 것으로 나타났다(Table 15). 이를 통해, 성과 지표의 상대적 중요도는 주체별 인식 차이가 없어 성과 측정 시, 일률적인 성과 지표를 적용해도 무방하다는 분석을 할 수 있다.

5. 결론

건설 산업 종사자들의 대부분(80.6%)이 OSC 공법 도입이 필요하다고 응답하였으며, OSC의 성숙도 수준은 미래에 요구 수준보다 현재 수준이 현저히 낮다고 인식하고 있다는 것을 확인할 수 있었다. OSC 공법의 효과적인 보급 및 확산

Table 14. Cross-tabulation of performance indicator of OSC by company types

Performance indicator	Company Types													
	Academy, Research		Owners		Architects		G/Cs		Manufacturers		C/Ms		Total	
	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.
Time	4.52	0.611	4.24	0.831	4.30	0.733	4.33	0.662	4.33	0.816	4.34	0.570	4.34	0.664
Cost	4.00	0.817	4.45	0.686	4.52	0.602	4.33	0.806	4.40	0.737	4.15	0.786	4.27	0.767
Quality	4.68	0.478	4.85	0.366	4.57	0.598	4.41	0.715	4.60	0.507	4.45	0.775	4.54	0.665
Productivity	4.42	0.692	4.30	0.657	4.48	0.680	4.21	0.570	4.50	0.650	4.17	0.656	4.28	0.648
Environment	3.84	0.688	3.70	0.733	4.05	0.973	3.56	0.821	3.87	0.915	3.83	0.773	3.79	0.811
Satisfaction	3.78	0.855	4.25	0.639	4.14	0.793	3.90	0.788	4.00	0.756	3.92	0.795	3.97	0.781
Safety	4.47	0.612	4.45	0.686	4.48	0.680	4.46	0.720	4.53	0.640	4.33	0.691	4.42	0.678
Predictability	3.63	0.955	4.05	0.826	4.19	0.750	4.10	0.754	3.93	0.799	4.06	0.639	4.03	0.755

을 위해서는 OSC 프로젝트에 대한 다양한 측면의 연구가 필요할 것으로 보인다.

성공적인 OSC공법의 도입을 위해서는 초기 단계의 건설 사업 관리가 중요하다. OSC PC 공동주택의 활성화를 위해 극복할 장애요인으로 설계 시 OSC PC를 반영하지 않음(53.9%)과 OSC PC에 적합하지 않은 발주 방식(35.6%)가 꼽힌 만큼 OSC PC 기반 기획 설계, 부재의 단순화 및 표준화 등 초기 단계에서의 개선 방안이 마련되어야 한다.

OSC PC 도입 단계의 고도화 및 최적화가 필요하다. 효과적인 OSC 도입단계로 46.7%의 응답자가 Level 2 : Non-volumetric assembly를 선택한 만큼 OSC PC 고도화를 위한 지속적인 연구개발이 필요하다고 볼 수 있다. 이러한 과정에서 과거 사례에서 지속적으로 제기되었던 OSC PC의 접합부 시공의 기밀성과 주거 성능 확보 기술 개발을 통한 품질 향상이 요구된다. 또한, Level 3 : Volumetric assembly(24.4%)와 Level 4 : Modular building (20.0%)의 응답률도 높은 것으로 보아 프로젝트 성격별 OSC PC화의 최적화 정도를 정립하는 연구도 필요하다.

아울러 OSC 도입 여부의 의사 결정 과정에서 선택 기준과 성과 측정을 통한 사후 평가를 할 수 있는 OSC 단계별 맞춤형 성과 지표의 개발이 요구된다. 핵심 성과 지표를 통해 기존의 현장 타설 방식과의 성과를 정량적으로 측정 및 비교하여 OSC의 효율성을 검증한다면 발주자의 인식개선을 통해 OSC PC의 보급 및 확산이 이루어질 수 있을 것으로 판단된다.

이와 같이 정부, 산업계, 학계, 연구기관 차원에서 제도 개선, 기술 향상이 복합적으로 이루어져야 하며, 다양한 측면에서의 중장기적 로드맵 및 확산 정책을 수립하여 OSC PC가 지속적으로 보급되고 활성화될 수 있는 기반 마련이 필요하다고 판단된다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호 20ORPS-B158109-01).

References

- Cao, X., Li, X., Zhu, Y., and Zhang, Z. (2015). "A comparative study of environmental performance between prefabricated and traditional residential buildings in China." *Journal of Cleaner Production*, 109, pp. 131-143.
- Chan, A.P., and Chan, A.P. (2004). "Key performance indicators for measuring construction success." *Benchmarking: an international journal*.
- CMMI Product Team. (2010). "CMMI® for Development, Version 1.3, Improving processes for developing better products and services." *Software Engineering Institute*.
- Dodge Data and Analytics. (2020). "Prefabrication and Modular Construction 2020."
- Jonsson, H., and Rudberg, M. (2017). "KPIs for measuring performance of production systems for residential building." *Construction Innovation*.
- Gibb, A.G. (2001). "Pre-assembly in Construction (CRISP)."
- Lu, W., Chen, K., Xue, F., and Pan, W. (2018). "Searching for an optimal level of prefabrication in construction: An analytical framework." *Journal of Cleaner Production*, 201, pp. 236-245.
- Son, J.W., and Lee, J.S. (2019). "Off-Site Construction: Innovation of construction production system." *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, KICEM, 20(5), pp. 3-7.
- Wasana, K.H.I., Gunatilake, S., and Fasna, M.F.F. (2019). "Performance Comparison of Prefabricated Building Construction Projects vs. Traditional On-site Construction Projects." In *2019 Moratuwa Engineering Research Conference (MERCOn)* pp. 169-174. IEEE.
- Yu, I.H. (2013). "Plan to revitalize industrialized construction." *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, KICEM, 14(2), pp. 28-32.
- Yu, I.H. (2019). "Activation of OSC industry and change and development direction for specialized contractors." *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, KICEM, 20(5), pp. 12-18.

요약 : 최근 국내 건설 산업에는 많은 변화들이 있다. OSC는 이러한 문제점들을 해결해 줄 것이라는 기대를 받고 있으며, 국내 건설생 산시스템의 혁신을 불러일으킬 방안으로 대두되고 있다. 과거의 연구가 실패로 돌아간 뒤, 최근에서야 다시금 주목을 받고 있는 OSC는 해외에 비해 인식 조사와 맞춤형 성과 측정에 대한 연구는 부족하다. 본 연구는 설문조사를 통해 건설 산업 종사자들의 OSC에 대한 인식을 파악하고, 주제별 인식 차이, 성과 지표의 상대적 중요도에 대한 인식을 분석하였다. 대체적으로 OSC의 도입 필요성과 발전의 필요성은 인지하고 있었으며, 장려하는 이유와 활성화를 위해 극복해야 할 장애요인을 분석하였다. 성과 지표의 상대적 중요도와 주제별 인식차이를 확인하였으며, 이를 통해 OSC PC 공동주택의 보급 및 활성화 방안과 핵심 성과 지표를 제시한다.

키워드 : 공업화건축, 핵심 성과 지표, 통계 분석, 설문 조사