

OSC기반 PC구조 공사비 산정을 위한 품셈개발 및 공사비 분석 - RC공법과 비교 -

이한수¹ · 이치호² · 한희수³ · 이정욱^{4*}

¹(주)현인피씨엠 표준건설원가연구소 소장 · ²(주)현인피씨엠 표준건설원가연구소 이사 ·
³(주)현인피씨엠 표준건설원가연구소 사원 · ⁴(주)현인피씨엠 표준건설원가연구소 차장

A Study on Development of Construction Standard Production Rates and Cost Analysis for Off-Site Construction (OSC)-Based PC Structure Construction Costs - Comparison with RC Method -

Lee, Hansoo¹, Lee, Chiho², Han, Heesu³, Lee, Jeongwook^{4*}

¹Head Director of Research Institute, Standard Construction Cost Research Institute, Hyeonin PCM

²Director, Standard Construction Cost Research Institute, Hyeonin PCM

³Staff, Standard Construction Cost Research Institute, Hyeonin PCM

⁴Deputy General Manager, Standard Construction Cost Research Institute, Hyeonin PCM

Abstract : A construction standard production rates system for the factory built and on-site installation phases of OSC (Off-Site Construction)-based precast concrete (PC) structures in apartment buildings was recently proposed to establish an objective cost standard (Lee et al., 2021). In addition, the Korean government has taken steps to improve the institutional foundation for the systematic calculation of PC construction costs such as revising construction standard production rates for major components that can be applied to the on-site installation phase of PC method. In this study, we analyzed the results of a field survey of apartment building PC structures and collected expert opinions to develop factory-built and on-site installation standard production rates that can be applied to apartment building PC method. We also propose directions for improving the standard production rates so that they can be applied to the site and component of apartment buildings by comparing them with the current standard production rates. This study also derived the cost characteristics and cost reduction measures of PC construction by calculating the construction costs using the developed rates and comparing the construction costs with the RC methods of apartment buildings of the same scale. The construction standard production rates for PC construction derived in this study are expected to contribute to the spread of PC construction by ensuring the objectivity and consistency of the results of PC methods cost estimation.

Keywords : OSC (Off Site Construction), Construction Standard Production Rates, Precast Concrete, Construction cost

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근 OSC (Off-Site Construction)기반 PC공법의 도입이 확대되면서 제도적 기반마련에 대한 요구가 증대되고 있다. 특히, 기존의 RC공법을 대체하는데 있어 공사비 산출을 위

한 원가기준의 부재는 PC공법의 활성화를 저해하는 주요 요인으로 여겨진다. 이에 따라, 최근 2023 건설공사 표준품셈에서 PC부재의 현장설치에 대한 품셈이 제정되는 등 관련기준 정립을 위한 노력이 빠르게 진행되고 있다. PC공법은 공장제작-운반-현장설치의 단계로 수행되며, 각각의 단계별로 공사비를 산출하여 전체 PC공법의 원가를 구성한다. 공장제작은 몰드제작 및 설치, 철근조립, 콘크리트 타설 및 마감의 시공 단계로 구성되는 것이 일반적이며, 최근 부재 종류별로 공장제작 비용의 산출을 위한 품셈 체계를 제안하는 등 관련 연구가 진행되고 있다(Lee et al., 2022). 운반은 PC부재의 특성(중량, 부피 등)과 운반여건(운반거리, 교통 등)을 고려하여야 하며 현재의 품셈 기준을 활용하여 비용 산

* **Corresponding author:** Lee, Jeongwook, Standard Construction Cost Research Institute, Hyeonin PCM, A-1301, Hagui-ro 282, Dongan-gu, Anyang-si, Gyeonggi-do, Republic of Korea

E-mail: jwlee@hipcm.co.kr

Received September 26, 2023: **revised** October 27, 2023

accepted January 13, 2024

출이 가능한 것으로 판단된다. 현장설치는 기능인력과 크레인을 활용한 부재의 배치와 마감작업으로 진행된다. 2023 건설공사 표준품셈에서는 일반적인 현장에서 적용하고 있는 주요 PC부재(기둥/거더/슬래브)를 대상으로 작업조(인력, 장비)의 구성과 규격별 일시공량(ea)을 제시하는 등 적정 공사비 산출을 위한 기준을 제시하고 있다. 또한, 공동주택 PC구조에 사용되는 PC부재를 대상으로 투입자원(인력, 장비)과 일시공량을 포함하는 품셈체계를 제안하는 연구가 진행된 바 있다(Lee et al., 2021).

본 연구에서는 선행 연구에서 제시한 공장제작과 현장설치의 품셈 체계를 보완하여 공동주택 PC공법 적용에 적합한 공장제작-현장설치의 품셈을 개발하였다. 현재의 표준품셈은 대형부재 중심으로 설계 적용한 라멘구조의 지하주차장, 지식산업센터, 물류창고를 주요 대상으로 하고 있어, 부재 규모가 작고 벽체 및 계단 등 다양한 종류의 부재가 적용되는 벽식 구조의 공동주택에 직접 적용하는데 한계가 있다. 공장제작 단계에서는 관련 전문가 의견을 반영하여 몰드의 제작기준과 공장 간접비의 산정기준을 분석하여 품셈 체계를 보완하였다. 현장설치 단계에서는 현장조사 결과를 기반으로 건설공사 표준품셈의 부재별 규격을 세분화하여 제시하였다. 또한, 공동주택 PC공법 적용 현장을 대상으로 공사비를 산출하여 비용발생 구조와 특성을 분석하였으며, 동일 규모의 RC공법과 비교하여 PC공법의 경제성을 확인하였다.

1.2 연구의 범위 및 방법

건설공사의 품셈 개발은 현장조사를 기반으로 품의 체계 구성, 품의 산출, 품의 보정 등 적용성 및 분석의 단계로 진행된다(Lee et al., 2021). 본 연구에서는 공동주택 PC공사를 중심으로 공장제작과 현장설치 품셈을 개발하였다. 또한, 개발 품셈을 적용하여 PC공법 공사비를 산출하여 공사비 영향 요인을 분석하였으며, 동일 규모의 RC공법과 경제성을 비교하였다. 본 연구의 진행 방법은 다음과 같다(Fig. 1).

첫째, 선행 연구 결과와 표준품셈을 분석하여 공동주택 규모의 특성에 적용할 수 있도록 품셈 체계를 보완하였다.

둘째, 현장조사 결과와 전문가 자문의견²⁾을 반영하여 공동주택에 활용이 가능한 PC공법 품셈을 개발하였다.

셋째, 개발된 품셈을 활용하여 공사비를 산출하여 비용구조와 비용발생 특성을 분석하였다.

넷째, 동일 규모의 RC공법과 공사비를 비교하여 PC공법의 경제성을 검토하였다.

1) 공사원가전문가(건설공사 표준품셈관리기관 연구위원 2명), 공장제작전문가(PC제작공장 실무책임자 2명), PC시공전문가(PC공법을 적용한 공동주택의 현장관리자 1명)를 자문위원으로 구성하여 공장제작 및 현장설치 품셈체계(안)에 대한 전문가 자문 수행(2022년)

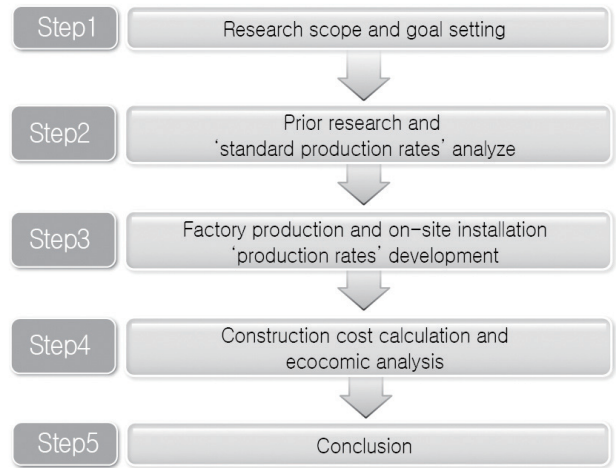


Fig. 1. Research Procedure

2. 선행연구 및 관련기준 분석

2.1 선행연구조사

본 연구에서는 PC공법 품셈개발과 공사비 산정 및 경제성 평가를 수행한 관련 연구를 선행 조사하였다. 품셈개발과 관련하여 기둥 및 거더 부재의 조립대상 현장을 조사하여 소요 품을 도출하고 품셈산출을 위한 시뮬레이션 모델을 제시한 바 있다(Shin & Son, 2014). 최근에는 현장설치와 공장제작을 대상으로 품셈 체계를 제시하는 연구가 진행되었다

Table 1. Analysis of prior research

Author (year)	Research contents
Shin & Son (2014)	<ul style="list-style-type: none"> Calculation of parts for assembling members (columns, girders) through on-site inspection of the PCF (Precast Concrete Frame System) method Development of PC construction simulation, a model for calculation of a construction standard production rates system.
Lee et al. (2021)	<ul style="list-style-type: none"> Present application standards and construction standard production rates system suitable for on-site installation of PC method Confirmation of construction procedures and input resources (manpower, equipment, materials) for each PC member through on-site investigation
Lee et al. (2022)	<ul style="list-style-type: none"> Presents the product system required for factory manufacturing of PC members (column, girder, wall, and slab parts) The man-hours per unit (m) by skilled workers (steel plate workers, rebar workers, concrete workers) are presented, and correction coefficients for changes in standard specifications of members are reflected.
Yun et al. (2021)	<ul style="list-style-type: none"> By surveying the opinions of industry experts, we evaluate the importance of each factor in each stage of PC construction design, production/transportation, and construction. The thing that has the highest impact on cost in factory production is the mold production and assembly cost (material standardization, production quantity impact), suggesting that there is a difference in cost in the factory production system.

(Lee et al., 2021; Lee et al., 2022). PC공법의 경제성 분석과 관련하여 PC부재의 설계, 제작, 운송, 시공단계별로 전문가 의견조사를 통해 각 요소별로 공사비에 미치는 영향과 개선점을 도출하였다(Yun et al., 2021). 또한 일부 연구에서는 RC공법과의 비교를 통해 PC공법의 경제성을 확인하는 연구가 진행되었으나, 대부분 계약단가를 대상으로 비용을 산출하고 있어 산출결과의 신뢰성에 대한 확인이 필요한 것으로 조사되었다(Yoo et al., 2006).

Table 2. Analysis of prior research

Author (year)	Research contents
Jo & Kim (2015)	<ul style="list-style-type: none"> Comparative economic feasibility analysis of RC ramen structure and PC system to derive an underground parking structure format suitable for cost-saving, highly durable housing. As a result of the analysis, the two-way PC system showed a 110% to 128% increase in construction cost compared to the RC ramen structure, and the one-way system showed a 98% to 112% increase, which was similar to the RC ramen structure.
Yoo et al. (2006)	<ul style="list-style-type: none"> A comparative study with the RC method was conducted to evaluate the economic feasibility of the PC composite method. Perform construction cost analysis for apartment complex underground parking lots (in case of PC method, construction cost is calculated using contract price) As a result of the study, it was analyzed that the cost of the PC composite method was reduced by about 11% compared to the hypothetical conventional RC method.

2.2 품셈 체계

본 연구에서는 선행연구에서 제시한 공장제작과 현장설치의 품셈체계를 분석하고, PC공사 및 원가 전문가 의견을 반영함으로써 객관적이고 현실적인 공사비 산정이 가능하도록 품의 구성 및 적용기준을 보완하였다.

2.2.1 공장제작

공장제작 품셈은 시공단계를 몰드-철근-콘크리트 타설 및 마감으로 구분하고 있으며, 건설공사 표준품셈을 분석하여 기능공(철근공, 형틀목공, 콘크리트공)에 의한 단위당(㎡) 투입인력(인)으로 제시하고 있다. 각 공종의 적용단위는 몰드(㎡), 철근(ton), 콘크리트(㎡), 면정리(㎡) 등 다양하게 적용되고 있으나, 개별 공종을 PC부재의 공장생산 단위인 체적(㎡)으로 환산하여 동일하게 적용하였다. 또한, 개별 부재의 크기에 따른 보정 기준을 제시하여 공동주택 외 물류공장, 쇼펜센터 등 대형건물 PC부재에 적용할 수 있도록 하였다(Lee et al., 2022) <Table 3>.

본 연구에서는 선행 연구에서 제시한 공장제작 품셈체계의 활용성과 산출비용의 객관성을 확인하기 위해 관련 전문가(공장제작전문가, 공사원가전문가, PC시공전문가) 의견을 수렴하였으며, 다음과 같은 보완이 필요한 것으로 나타났다

<Table 4>.

첫째, 제작비에 영향이 크게 발생하고 있는 몰드 사용회수에 대한 적용기준 검토

둘째, 공장제작 간접비의 산출기준 제시

셋째, 작업범위에 대한 명확한 설명(주기사항 반영)

Table 3. PC member factory production product counting system

Item	WALL	GIRDER	COLUMN	SLAB			
Standard specification (㎡)	1.0more than ~3.0under	1.0more than ~3.0under	1.0more than ~3.0under	1.0under			
L a b o r	Ironsmith	0.37	0.60	0.15	0.16		
	Rebar worker	0.54	0.34	0.46	0.31		
	Concrete worker	0.07	0.11	0.05	0.05		
Premium rate (Slab except)	Item	1.0㎡ under	3.0㎡ under	5.0㎡ under	7.0㎡ under	9.0㎡ under	12.0㎡ under
	Premium rate(%)	122	100	76	58	45	34
Cycle matter	<ul style="list-style-type: none"> material : separate account Factory equipment (lift included) : reflection of expenses 						

Table 4. Expert opinions in factory production

Item	Expert opinion
Hands-on worker in factory	<ul style="list-style-type: none"> Need to change material costs depending on the number of mold uses Need to reflect construction procedure such as additional construction procedure etc.
Production Rates and cost	<ul style="list-style-type: none"> Exact explanation on the construction procedure and the work scope Check the variation of quantity per unit depending on specifications of PC member such as weight, size etc.
PC method	<ul style="list-style-type: none"> Check the Overhead cost basis in factory production Need to repond to changes of factory production system.

2.2.2 현장설치

현장설치 품셈은 주요부재인 기둥-거더-슬래브-벽체를 대상으로 하고 있으며, 작업조(인력/장비)에 의한 일당시공량(ea)으로 제시하고 있다. 품의 적용범위는 본작업(부재 인양 및 설치, 서포트, 보강작업)과 사전작업(안전난간, 패드설치, 다웰바, 임시브라켓) 및 마감작업(연결부위 우레탄 충전)을 포함하여 제시하였다. 품의 보정은 부재별 중량(ton)에 따른 품의 변화가 뚜렷하게 확인되고 있어 부재별 중량변화를 고려하여 5개 급간의 일일작업량 보정치를 제시하였다 <Table 5>. 또한, 독립적으로 시공되는 모르타르 충전작업은 별도 품으로 제시하고 있다(Lee et al., 2021) <Table 6>.

Table 5. PC structure standard production rates

Category		Unit	Dimensions	Qty.	Standard daily construction(ea)		
Column	Form work Carpenter	person	-	3			
	Special worker	person	-	-			
	Common labor	person	-	2			
	Crane	unit	50ton	1			
Beam	Form work Carpenter	person	-	4			
	Special worker	person	-	1			
	Common labor	person	-	2			
	Crane	unit	On-site conditions	1			
	Lift	unit		1			
Wall	Form work Carpenter	person	-	3			
	Special worker	person	-	-			
	Common labor	person	-	2			
	Crane	unit	50ton	1			
Slab	Form work Carpenter	person	-	4			
	Special worker	person	-	1			
	Common labor	person	-	2			
	Crane	unit	On-site conditions	1			
	Lift	unit		1			
Coefficient	Module wight	Less than 2ton	Less than 5ton	Less than 8ton	Less than 11ton	More than 11ton	
	Coefficient	1.15	1.00	0.90	0.80	0.65	
	Calculate criteria	※ Daily construction = Standard daily construction × Coefficient					

Table 6. Mortar grouting standard production rates

Category	Unit	Dimensions	Qty.	Standard daily construction(m)
Plasterer	person	-	2	
Common labor	person	-	1	

현장설치 단계의 품셈체계 보안을 위한 관련 전문가(원가 전문가, PC전문가)의견 수렴결과 첫째, 공동주택의 부재발생 특성을 고려한 규격기준 보완, 둘째, 높이에 따른 품의 변화 확인, 셋째, 양중장비 사용기준(타워크레인 등)에 따른 품의 변화 확인 등의 검토가 필요한 것으로 나타났다<Table 7>.

Table 7 Expert opinions on field installation

Experts	Opinions
Production Rates and cost	<ul style="list-style-type: none"> It is necessary to calculate the width considering the height(Lifting conditions/Equipment). In apartment complexes where small members occur frequently, it is necessary to reflect the characteristics of the members.
PC construction	<ul style="list-style-type: none"> It is necessary to reflect the construction difficulty of each member. It is necessary to reflect the conditions of use of exclusive equipment(Tower Crane/Lift).

2.3 건설공사 표준품셈

2023 건설공사 표준품셈에서는 현장적용이 급격히 증가하고 있는 PC공법의 적용실태를 반영하여 주요부재(기둥, 거더, 슬래브)에 대한 현장설치 기준을 신규로 제시하였다. 각 부재의 설계유형과 시공특성을 고려하여 작업조(인력/장비)에 의한 일당시공량(ea)을 제시하였으며, 부재별 적용범위와 적용기준을 제시하고 있다. 또한, 부재규격을 세분화하였으며, 높이(30m초과)에 따른 시공량 변화(10%감소)를 제시하였다. 단, 건설공사 표준품셈은 대형 부재가 적용되는 라멘구조의 지하주차장, 지식산업센터, 물류창고 등 현장을 주요 대상으로 하고 있어, 부재의 규모가 작고 표준품셈에 제시하지 않은 부재(벽체)가 발생하는 공동주택 PC공법에 적용하기 위해서는 현재의 표준품셈 적용성을 확인할 필요가 있다<Table 8>.

Table 8. 2023 Construction Standard Production Rates

Items	Work team	Size	Workload per day(ea)	Surcharge
6-7-4 PC column installation	• 3 frame carpenters	5ton under	15	If the construction height exceeds 30m, 10% of the construction amount is cut off.
	• 2 plasterers	10ton under	13	
	• 2 ordinary worker	20ton under	10	
	• 1 crane	30ton under	8	
6-7-5 PC girder installation	• 3 frame carpenters	5ton under	19	
	• 1 special worker	10ton under	17	
	• 2 ordinary worker	20ton under	15	
	• 1 crane	30ton under	12	
6-7-6 PC slab installation	• 3 frame carpenters	5ton under 10ton under	27	
	• 1 special worker		22	
	• 2 ordinary worker			
	• 1 crane			

3. PC공법 품셈개발

3.1 공장제작

본 연구에서는 공장제작 품셈의 보안을 위해 공장제작 단계의 적정공사비를 산출할 수 있도록 몰드의 제작기준을 제시하여 몰드가공과 사용횟수에 따른 비용추정이 가능하도록 하였으며, 일반적인 제작환경에서 적용할 수 있는 제경비율을 추가 반영하였다. 또한, 공장제작의 제작기준(수동식 설비)과 시공범위, 비용산정 적용범위를 주기 사항에 구체적으로 설명하였다.

3.1.1 몰드 재료비

PC제작 단계에서 공사비 영향이 가장 큰 몰드제작 및 사용(Yun et al., 2021) 단계의 비용추정을 위해 몰드의 제작비와 사용횟수에 따른 비용변화를 검토하였다. 재료비 산출을 위한 기준은 다음과 같다<Table 9>.

Table 9. Calculation Standard of mold processing cost

Items		Calculation Standard
Price information		• Price Information Magazine in the first half of 2023 (February issue), Application of the construction workers' wages,, Construction machinery cost
Material Cost	Materials	• Based on the formwork (600x1,200mm) standard, the quantity of materials was calculated by applying cold rolled steel plates (plates, vertical beams, horizontal beams) and high-strength bolts. • Consideration of 10% residual value of materials (cold rolled steel plates)
	Labor overhead	• The input required for processing was calculated using the construction work 1-1 Steel Processing and Assembly of Construction Standard Production Rates. (Factory production).
Material cost by member		• The material costs of mold, rebar, and concrete were calculated based on the PC members of the apartment complex

몰드 재료비는 강재의 수량(잔존가치 10% 포함)에 의한 자재비와 표준품셈을 활용한 가공비를 합산하여 산출하였으며, 산출결과 자재비는 m²당 54,946원의 비용이 발생하였다(Table 10). 가공비는 건설공사 표준품셈 건축 1-1 철골 가공 조립(공장생산)을 활용하였으며, PC구조 공동주택 규모를 고려하여 강재총사용량 60ton이상과 용접길이 80m 이상을 기준으로 인력공수(철관공, 용접공)를 적용하여 m² 당 노무비 37,834원과 제경비 22,700원이 발생하였다(Table 10).

Table 10. Mold Material Cost

Material	Item (Specification)	Qty. (ton)	Unit price (won)	Amount (won)	Composition ratio
Plate	Cold rolled steel plate (T4mm)	0.0226	1,329,200	30,051	69.1%
Vertical beam	Cold rolled steel plate (T3mm)	0.0042	1,333,900	5,654	13.0%
Horizontal beam	Cold rolled steel plate (T3mm)	0.0028	1,333,900	3,770	8.7%
Bolt Nut	High tension bolt (12mm)	-	-	4,033	9.3%
Total		0.297	-	43,507	-
Material cost per m ² (Includes 10% residual value of materials)		0.0412	-	54,946	-

※ Unit weight of cold rolled steel plate : 7.85ton/m²
 (Application of Construction Standard Production Rates / 1-2-4 Unit cost of materials)
 ※ Unit price of material(2023.02 Price Information Magazine)
 - Cold rolled steel plate(0.30<T≤0.35 1,219x2,438mm) : 1,333,900won/ton
 - Cold rolled steel plate(0.40<T≤0.45 1,219x2,438mm) : 1,329,200won/ton
 - High Tension Bolt(12mm/20mm) : 155won/ea

2) 한국토지주택공사-○○○○ A15BL 아파트 건설공사, GANG FORM(H=3m), 119,801원/m²(2022년)
 한국도로공사-○○-○○간 고속도로 건설공사 제5공구, 원형교각(D=1m, H=3m) 114,948원/m²(2021년)

몰드 재료비는 1회 사용기준으로 자재비 54,946원, 노무비 37,834원, 경비(제경비) 22,700원으로 m²당 115,480원이 발생하였으며, 산정된 비용은 주요 공공기관²⁾에서 적용되고 있는 강재거푸집 재료비와 유사한 수준으로 확인하였다.

Table 11. Mold processing cost (Labor cost, Overhead cost)

Items	Size	Labor	Unit	Qty.	Unit price (won)	Amount (won/ton)	Amount (won/m ²)
Basic steelwork input	More than 60ton	Steel worker	person	2.60	230,145	598,089	24,649
Basic welder input	More than 80m	Welder	person	1.281	249,748	319,927	13,185
Total labor cost		-	-	-	-	918,017	37,834
Overhead cost (60% of labor costs)		-	-	-	-	550,810	22,700

※ Application of construction worker wages in the first half of 2023
 - Steelworker : 230,145won/person, welder : 249,748won/person

3.1.2 몰드 사용횟수에 따른 재료비 변화

몰드의 사용횟수는 공사비 절감을 위한 핵심요소로 분석된바 있으며(Yun et al., 2021), 몰드 사용횟수에 따른 PC부재별 재료비의 변화를 확인하기 위해 PC규격별 몰드, 철근, 콘크리트 재료비를 구분하여 산정하고, 사용횟수를 최대 50회까지 10회 단위로 반영하여 재료비 변화를 검토하였다. 동일규격의 PC부재별 재료비는 거더 > 기둥 > 벽 > 슬래브

Table 12. Material cost by PC member

Items		Column (1.0m under)	Girder (1.0m under)	Wall (1.0m under)	Slab (1.0m under)	
		Material cost (won/m ²)	Mold	725,633	1,630,278	306,427
	Rebar	341,923	749,748	271,580	207,064	
	Concrete	97,160	97,160	97,160	97,160	
Composition ratio of material cost(%)		Total	1,164,716	2,477,186	675,168	530,426
	Mold	62.3	65.8	45.4	42.6	
	Rebar	29.4	30.3	40.2	39.0	
	Concrete	8.3	3.9	14.4	18.3	
Change in mold cost by number of uses (won/m ²)	10times (10%)	72,563	163,028	30,643	22,620	
	20times (5.0%)	36,282	81,514	15,321	11,310	
	30times (3.3%)	24,188	54,343	10,214	7,540	
	40times (2.5%)	18,141	40,757	7,661	5,655	
	50times (2.0%)	14,513	32,606	6,129	4,524	

※ () : This is the application ratio of mold material cost according to the number of uses.

순으로 높게 발생하였으며, 몰드의 비중은 기둥 62.3%, 거더 65.8%, 벽 45.4%, 슬래브 42.6%으로 나타났다<Table 12>. 다만, 이는 몰드 1회사용 기준의 비용으로 사용횟수에 따른 몰드비용 변화를 반영한 재료비(몰드, 철근, 콘크리트 포함)는 몰드 1회사용 대비 최대 기둥 61%, 거더 65%, 벽 45%, 슬래브 42%까지 감소하는 것으로 확인되었다<Table 13>.

Table 13. Material cost changes depending on number of uses

The number of uses	Column (1.0m under)		Girder (1.0m under)		Wall (1.0m under)		Slab (1.0m under)	
	Material cost(won)	Reduction rate	Material cost(won)	Reduction rate	Material cost(won)	Reduction rate	Material cost(won)	Reduction rate
10times	511,647	56%	1,009,936	59%	399,383	41%	326,844	38%
20times	475,365	59%	928,422	63%	384,062	43%	315,534	41%
30times	463,271	60%	901,251	64%	378,955	44%	311,764	41%
40times	457,224	61%	887,665	64%	376,401	44%	309,879	42%
50times	453,596	61%	879,513	65%	374,869	45%	308,748	42%

3.1.3 공장생산 제경비율 산정

건설공사 표준품셈의 공장제작 관련 항목(철근, 철골 등)에서 공장제작에 따른 제경비는 노무비의 60%를 적용하고 있다. 표준품셈의 제경비는 보험료, 기타경비, 간접노무비, 일반관리비, 이윤 등을 포함하지 않으며, 가동설비 운영비용 등 직접적으로 공장생산에 소요되는 경비만을 반영한다. 공장제작 제경비는 공장생산의 설비 도입 수준과 제작 공장의 운영방식에 따라 상이하게 발생하는 것이 일반적이다. 본 연구에서는 중소규모 공장설비에서 보편적으로 적용하고 있는 수동식 제작설비를 기준으로 제경비를 추정하였으며, 이를 위해 각각의 제작 공종에서 사용되는 주요설비와 투입장비를 대상으로 경비율을 산정하여 반영하였다. 제경비율 적용대상 및 산출기준은 다음과 같다.

- 적용대상 : 운영설비(크레인, 콘크리트 타설장비), 철근가공설비, 야적적재장비, 일반공구류
- 산출기준
 - ① 비용산출 : 2023년 상반기 건설기계경비 반영
 - ② 운영설비/가공설비 : 표준품셈 적용(일 생산량 기준)
 - ③ 적재/야적 : 운반장비(지게차) 반영
 - ④ 일반공구 : 노무비의 3% 반영(표준품셈 기준)

제경비율 산정결과 부재유형 및 규격별로 노무비의 55.7~61.1% 수준으로 발생하고 있는 것으로 나타났으며, 공동주택을 기준으로 부재별 생산규모(m³)를 가중 평균한 결과 59.2% 수준으로 발생함을 확인하였다. 이는 표준품셈의 공장제작에서 적용하고 있는 기준(노무비의 60%)과 동일한 수준이며, PC공법의 공장제작 제경비도 60%를 동일하게 적

용하는 것이 적정한 것으로 분석되었다. 단, 산정비용은 현장조사에서 확인된 주요 운영설비의 가동시간을 적용한 결과이며, 실질적인 제경비의 적용은 공장운영환경(가동시간, 생산능력, 자동화 설비 수준 등)을 고려하여 적용되어야 할 것으로 보인다<Table 14>.

Table 14. Factory production overhead cost

Items		Column (3.0m under)	Girder (3.0m under)	Wall (3.0m under)	Slab (1.0m under)
Labor Cost(won)		158,668	234,434	228,380	122,880
Overhead cost(won)	Main equipment	73,885	127,434	118,135	57,547
	Rebar processing	7,028	5,195	8,250	3,517
	Loading	3,690	3,690	3,690	3,690
	General tools	4,760	7,033	6,851	3,686
	Total	89,333	143,352	136,927	68,441
Ratio of overhead cost to labor costs(%)		56.3	61.1	60.0	55.7
Standards for apartment complexes	Production scale(m ³)	789.2	392.9	186.5	237.4
	Weighted average	59.2%			

3.1.4 공장제작 품셈

본 연구에서는 몰드의 사용기준, 제경비 산정결과를 반영하고, 품의 작업범위 등 적용방안을 구체화하여 공장제작 품셈을 작성하였다. 품셈의 기본 구성은 기둥, 거더, 벽체, 슬래브의 부재별 단위(m³)당 인력공수(철판공, 철근공, 콘크리트공)로 제시하였으며, 부재의 규격변화(1m³미만~12.0m³미만)에 대한 보정계수를 제시하였다. 또한, 주기사항으로 다음과 같은 내용을 포함하여 품의 적용성을 높일 수 있도록 하였다<Table 15>.

- ① 적용기준 : 수동식 제작설비 기준
- ② 작업범위 : 몰드 조립 및 해체, 철근 가공 및 조립, 콘크리트타설 및 양생, 표면마감 작업 포함 (슬래브는 강연선 조립 및 인장 포함)
- ③ 제경비율 계상기준 : 제작공수의 60% 적용
- ④ 기타 : 몰드 개조작업, 몰드 사용횟수 범위 등 재료비 계상기준 제시

3.2 현장설치

2023 건설공사 표준품셈에서는 기둥, 거더, 슬래브를 대상으로 부재별 30ton까지 4개 급간(슬래브 2개 급간)으로 현장설치 기준을 제시하고 있다. 본 연구에서는 PC공법의 적용범위를 확대하고 공사비 산정결과와 객관성을 높이기 위한 방안으로 현재의 표준품셈을 보완하여 공동주택의 부

Table 15. Factory Production Rates

(Per m²)

Items	Unit	Wall	Girder	Column	Slab		
Ironsmith	Person	0.37	0.60	0.15	0.16		
Rebar worker	Person	0.54	0.34	0.46	0.31		
Concrete worker	Person	0.07	0.11	0.05	0.05		
Notes	- The following rates (%) are applied to the basic man-hours according to the PC member specifications.						
	Items	1.0m ² under	3.0m ² under	5.0m ² under	7.0m ² under	9.0m ² under	12.0m ² under
	Premium rate(%)	120	100	75	60	45	35
※ For slabs, rates are not applied as they are based on 1.0m ² .							
Commentary	① This produce rate is based on manual manufacturing equipment.						
	② It includes mold assembly and disassembly, rebar processing and assembly, concrete pouring and curing, and surface finishing work.						
	③ If mold modification work is required, a sheet metal worker is added up to 100%.						
	④ Overhead cost are calculated separately and reflect 60% of the production man-hours.						
	⑤ Industrial accident insurance premiums, other expenses, indirect labor expenses, general management expenses, profits, etc. were not included in the overhead cost						
	⑥ Material costs are calculated separately according to the design quantity.						
	⑦ The number of mold uses can be calculated up to 50 times considering design conditions.						
	⑧ The cost of creating detailed drawings and transportation costs are calculated separately.						

재발생 유형과 설치환경을 고려하여 표준품셈을 보완하여 적용할 수 있도록 하였으며, 주요 보완내용은 다음과 같다 <Table 16>.

- 적용범위 : PC벽체 추가반영
- 규격구분 : 5ton미만 부재 규격 세분화
- 모르타르 충전 분리
 - * 벽체부재도 동일한 모르타르 충전 발생
- 높이보정 : 현재 30m이상 할증기준 적정성 확인

Table 16. Comparison of PC construction site installation parts

Items	Construction Standard Production Rates	Construction Standard Production Rate system suggestion(Draft)
Range	• Column, Beam, Slab	• Column, Beam, Slab, Wall
Size	• 5ton under / 10ton under / 20ton under / 30ton under	• 2ton under / 5ton under / 10ton under / 20ton under / 30ton under
Correction	• If the height is over 30m, a 10% surcharge is applied.	• No need for height correction
Etc.	• Including filling of mortar (Column)	• Mortar filling provided separately

3.2.1 현장조사

PC공법 현장설치 품 개발을 위해 공동주택 2개소, 기타건

축물(공장형 빌딩, 물류센터) 2개소의 현장을 조사하여 분석하였다. 현장조사는 건설공사 표준품셈 조사방식과 동일한 방식으로 조사양식지를 활용하여 수행하였으며, 사전준비-본작업-정리 단계의 전 공사과정이 반영될 수 있도록 인력과 장비 투입 및 1일 기준(8시간)의 시공량을 산정하였다. 특히, 공동주택 현장을 중심으로 소규모 부재(5ton미만)의 조사결과를 세분화하여 분석하였으며, 높이(층)에 따른 품의 변화를 확인 할 수 있도록 층별 조사를 수행하였다. 또한, 물류센터 등은 공동주택에서 적용하지 않는 대규모 부재(10ton이상)의 현장설치 조건을 검토하는데 활용하였다 <Table 17>.

Table 17. PC member field installation investigation site

○○○○ A-15BL Apartment construction work	○○○○ A2BL Apartment construction work	○○○○ Knowledge Industry Center New construction	○○○○ distribution center New construction
			
Apartment complex 7floors (37Type, 36houses)	Underground parking lot B1 (18,128m)	Factory-type building 7floors (Total floor area 38,372m)	Distribution center 4floors (Total floor area 37,363m)

현장조사는 부재별 작업조의 구성을 확인하고, 현장별로 3일 이상의 시공량(ea)을 확인하여 반영하였다. 특히, 공동주택의 경우 전체(7개층) 시공량을 전수 조사하여 높이에 따른 품의 변화를 확인하는데 활용할 수 있도록 하였다. 조사결과 작업조 구성은 건설공사 표준품셈과 동일한 수준(부재별 5~6인)으로 확인되어 표준품셈을 준용하는 것이 적정한 것으로 보여진다. 일당시공량(ea)은 동일 규격에서 표준품셈 대비 기동 97~108%, 거더 100~109%, 슬래브 93~100% 수준으로 발생하였다. 특히, 기동과 거더의 2ton미만 규격에

Table 18. Field survey results

Items		Column	Wall	Girder	Slab
Amount of work per day (ea)	2ton under	16	12	21	27
	5ton under	15	11	-	25
	8ton under	13	9	17	-
	10ton under	13	10	-	-
Work team	12ton under	10	7	15	-
	PC installation	• 3 frame carpenters • 2 ordinary worker • 1 crane • 2 aerial work platforms		• 3 frame carpenters • 1 special workers • 2 ordinary workers • 1 crane • 2 aerial work platforms	
	Mortar grouting	• 2 plasterer workers		-	

Table 19. Construction amount per day compared to standard rates

Items		Unit	2ton under	5ton under	8ton under	10ton under	More than 10ton
Column	standard rates	ea	15	-	13	10	10
	survey results	ea	16	15	13	13	10
	contrast ratio	%	108.1	-	97.6	102.1	97.3
Girder	standard rates	ea	19	-	17	-	15
	survey results	ea	21	-	17	-	15
	contrast ratio	%	109.0	-	99.7	-	102.1
Slab	standard rates	ea	27	27	-	-	-
	survey results	ea	27	25	-	-	-
	contrast ratio	%	100.0	92.6	-	-	-

서는 표준품셈 대비 109%까지 시공량이 증가하고 있어 소형부재(2ton미만)의 규격을 분리하여 신설하는 것이 적정한 것으로 나타났다<Table 18, 19>.

3.2.2 조사결과 분석 및 보완

현장조사 결과와 전문가 의견을 수렴하여 건설공사 표준 품셈의 현장설치 품셈을 보완하여 제시하였다. 주요 보완 내용은 다음과 같다.

첫째, PC공법 벽체부재를 반영하였다. 벽체 부재는 공동주택에서 최대 12ton미만까지 발생하였으며, 기둥부재와 동일한 작업조에 의해 시공됨을 확인하였다.

둘째, 5ton미만 규격을 2ton미만, 5ton미만 2개 규격으로 분리하여 적용하였다. 전체 부재중 2ton미만 규격이 43% 발생하였으며, 기둥과 거더에서 표준품셈 대비 108~109%의 생산성이 발생하는 것으로 확인되었다.

셋째, 모르타르 주입 작업을 분리하여 반영하였다. 모르타르 주입은 독립작업조(미장공 2인, 보통인부 1인)에 의해 시공되며, 슬래브와 연결되는 기둥과 벽체부재에서 발생하고 있어, 표준품셈에서와 같이 기둥부재에 포함할 경우 품 적용이 제한될 것으로 판단된다.

넷째, 높이에 따른 품의 보정은 표준품셈 기준(30m초과 10% 할증)을 유지하였다. 현재 공동주택에서 조사된 30m미만(10층 미만)의 현장에서는 동일한 양중장비(크레인 등)의 사용과 층별 반복작업으로 인한 효율증가 등의 원인으로 인해 작업시간의 변화는 미미한 것으로 확인되었다(Lee et al., 2021).

3.2.3 현장설치 품셈

본 연구에서는 건설공사 표준품셈을 보완하여 현장설치 품셈을 작성하였다. 품의 적용 범위는 기둥, 거더, 벽체, 슬래브 부재의 현장설치 전체 시공범위를 대상으로 하였으며 품의 구성은 작업조(인력/장비)에 의한 일당시공량(ea)을 제시하였다. 또한, PC부재 모르타르 주입 품셈을 분리하여 반영

하였다. 현장설치 품셈은 아래 내용을 포함한다.

- ① 적용기준 : PC부재 현장설치
- ② 작업범위 : 각 부재별 작업순서, 포함내용 명시
- ③ 크레인의 적용 : 작업여건(높이, 위치)에 따른 규격적용
- ④ 공구손료 및 경장비의 기계경비 계상기준
- 주요 사용공구 및 경장비의 사용시간을 계상하여 편성인력 노무비의 효율(%)로 반영

PC기둥과 벽체 설치는 설계규격을 고려하여 최대 30ton까지 5개 규격으로 제시하였다. 작업조 구성은 인력(형틀목공과 보통인부) 5인, 크레인의 조합으로 제시하였다. 부재 설치를 위해 별도 작업조에 의해 사전에 시공되는 기초콘크리트, 앵커볼트 설치의 본 품의 작업범위에서 제외하였으며, 부재설치 후 독립된 작업조에 의해 시공되는 모르타르 충전은 별도의 품셈을 개발하여 제시하였다<Table 20, 21, 24>.

Table 20. PC Column in on-site installation

(Per daily)

Items	Unit	Qty.	Unit weight	Number of construction(ea)
Frame carpenters	Person	3	2ton under	16
			5ton under	15
Ordinary worker	Person	2	10ton under	13
			20ton under	10
Crane	Unit	1	30ton under	8

[Commentary]

- ① Based on on-site installation of PC pillars.
- ② Includes support installation and disassembly and verticality verification.
- Foundation concrete and foundation anchor bolt installation work are accounted for separately.
- ③ Crane specifications are applied considering working conditions (construction height, construction location, etc.).
- ④ Tool damage and mechanical expenses for light equipment (self-propelled aerial work platforms, etc.) are calculated as 17% of manpower.

Table 21. PC wall in on-site installation

(Per daily)

Items	Unit	Qty.	Unit weight	Number of construction(ea)
Frame carpenters	Person	3	2ton under	12
			5ton under	11
Ordinary worker	Person	2	10ton under	10
			20ton under	8
Crane	Unit	1	30ton under	7

[Commentary]

- ① Based on on-site installation of PC pillars.
- ② Includes support installation and disassembly and verticality verification.
- Foundation concrete and foundation anchor bolt installation work are accounted for separately.
- ③ Crane specifications are applied considering working conditions (construction height, construction location, etc.).
- ④ Tool damage and mechanical expenses for light equipment (self-propelled aerial work platforms, etc.) are calculated as 17% of manpower.

Table 22. PC girder in on-site installtion

(Per daily)

Items	Unit	Qty.	Unit weight	Number of construction(ea)
Frame carpenters	Person	3	2ton under	21
			5ton under	19
Special worker	Person	1	10ton under	17
			Ordinary worker	14
Crane	Unit	1	30ton under	12

[Commentary]

- ① Based on on-site installation of PC pillars.
- ② Includes support installation and disassembly and verticality verification.
- Foundation concrete and foundation anchor bolt installation work are accounted for separately.
- ③ Crane specifications are applied considering working conditions (construction height, construction location, etc.).
- ④ Tool damage and mechanical expenses for light equipment (self-propelled aerial work platforms, etc.) are calculated as 17% of manpower.

Table 23. PC slab in on-site installtion

(Per daily)

Items	Unit	Qty.	Unit weight	Number of construction(ea)
Frame carpenters	Person	3	Less than 2tons	27
			Special worker	25
Ordinary worker	Person	2	Less than 5tons	25
			Less than 10tons	22
Crane	Unit	1		

[Commentary]

- ① Based on on-site installation of PC pillars.
- ② Includes support installation and disassembly and verticality verification.
- Foundation concrete and foundation anchor bolt installation work are accounted for separately.
- ③ Crane specifications are applied considering working conditions (construction height, construction location, etc.).
- ④ Tool damage and mechanical expenses for light equipment (self-propelled aerial work platforms, etc.) are calculated as 17% of manpower.

Table 24. Mortar grouting

(Per daily)

Items	Unit	Qty.	Amount of construction(m ³)
Plasterer workers	Person	2	0.23
Ordinary worker	Person	1	

[Commentary]

- ① It includes formwork installation and dismantling, mortar mixing and grouting, and surface finishing work.
- ② Tool damage and mechanical expenses for light equipment (mortar mixer, etc.) are calculated as 8% of manpower.

PC거더 설치는 최대 30ton까지 5개 규격, PC 슬래브는 최대 10ton까지 3개 규격으로 제시하였다. 작업조의 구성은 인력(형틀목공과 특별인부, 보통인부) 6인, 크레인의 조합으

로 구성하였다. 거더와 슬래브는 자체추진 고소작업대를 활용하여 부재 상부와 하부에서 동시에 시공이 발생하는 특성을 반영하여 특별인부 1인이 추가 반영하였다. 고소작업은 경장비 기계경비의 효율에 반영하여 발생 비용을 산출할 수 있도록 하였다<Table 22, 23>.

4. PC공법 공사비 산정 및 경제성 분석

4.1 PC공법 공사비 산정

본 연구에서는 제안한 PC공법의 표준품셈을 활용하여 공사비를 산출하고 비용의 특성을 확인하였다. 또한, 동일 규모의 RC공법과 비교하여 PC공법의 경제성을 확인하였다.

Table 25. Estimation of Construction Cost of PC Construction

Items	Calculation standard	
Target	• 7th floor apartment building, 37Type, Total floor area 2429,59m ²	
Base date	• Applies unit prices (materials, labor, construction machinery expenses) for the first half of 2023	
Application stage	Factory production	• Number of mold applications per member : Applied 10 times, which is the field average
	Delivery	• Transport distance 50km
	On-site installation	• Includes PC assembly and TOP concrete pouring
ETC	• Reflects PC design cost, etc.	

Table 26. Composition of PC construction costs

Items	Size	Unit	Material cost	Labor cost	Overhead cost	Note
PC design	PC structure and Shop Dwg	m ²	○			Application of design estimate
	Conversion of original structural drawing	m ²	○			
PC manufacturing	Column(3.0m ² under)	m ²	○			Application of developed production rates (Draft)
	Girder(3.0m ² under)	m ²	○			
	Slab(1.0m ² under)	m ²	○			
	Wall(3.0m ² under)	m ²	○			
	Step(3.0m ² under)	m ²	○			
Delivery	50km, Round trip	m ²			○	Estimate
PC assembly	Column(10.0ton under)	ea		○	○	Application of developed production rates (Draft)
	Girder(10.0ton under)	ea		○	○	
	Slab(5.0ton under)	ea		○	○	
	Wall(10.0ton under)	ea		○	○	
	Step(10.0ton under)	ea		○	○	
Top Con'c	Topping Con'c	Set	○	○	○	Application of standard production rates

3) OOOO A15BL 아파트 건설공사 10공구(37Type 36세대, 7층)

4.1.1 PC공법 공사비 산정범위

공사비는 PC공법으로 시공된 공동주택(37Type, 7층)³⁾의 1개동 전체를 대상으로 산출하였다. 비용산정 기준은 2023년도 상반기 노임 및 기계경비를 적용하였으며, 대상 시설의 설계조건을 준용하여 몰드 사용횟수 10회와 운반거리 50km를 적용하였다. 또한, 현장에서 부재설치 후 RC공법으로 시공되는 Top Con'c를 포함하여 전체 PC공법의 시공범위를 RC공법과 동일하게 산정될 수 있도록 하였다<Table 25>. PC공법의 비용 구성은 대상 현장의 설계내역 체계를 준용하여 설계-공장제작-운반-현장설치-Top Con'c의 5단계로 구분하였으며, 산출 비용은 재료비, 노무비, 경비로 구분하여 발생 비용의 성격과 특성을 세부적으로 확인할 수 있도록 하였다<Table 26>.

4.1.2 공장제작 공사비

본 연구에서 제시한 PC 공장제작 품셈을 바탕으로 몰드 사용횟수 10회 기준의 재료비를 포함한 PC부재별 제작비용을 산정하였다. 산정 결과 부재별 단위당(m²)비용은 기둥 > 거더 > 벽 > 슬래브 순으로 나타났으며, 전체 제작비용은 기존 PC공동주택 설계 내역서에서 제시한 견적비용⁴⁾ 대비 약 76.9% 수준으로 산출되었다<Table 27>.

Table 27. PC factory production cost

Items	Column	Girder	Wall	Slab
Standard Size	3.0m ² under	3.0m ² under	3.0m ² under	1.0m ² under
The number of uses	10 times	10 times	10 times	10 times
A. Calculation result(won)	729,422	818,187	534,906	523,453
B. Estimated cost(won)	910,000~1,040,000	830,000~890,000	1,050,000	720,000
Ratio A to B	70.1~80.2%	91.9~98.6%	50.9%	72.7%
Scale of production(m ²)	789.2	392.9	186.5	237.4
Weighted average	76.9%			

견적비용은 제작공장의 일반관리비, 이윤 등 간접비가 포함된 것으로 실질적인 비용발생 수준은 견적비용의 90% 수준으로 판단된다. 단, 기존의 견적비용의 경우 부재별 제작 특성(규격, 몰드사용횟수 등)과 시공난이도를 반영하지 않고 있어 개별부재의 제작비에 대한 직접비교는 불가하였다. 개발 품셈의 적용은 제작비에 가장 큰 영향을 미치고 있는 부재별 제작비 구성과 규격별(1.0m²미만~12.0m²미만) 비용 변화에 대한 확인이 가능하며, 이는 현재 견적가격에 의존하

4) OOOO A15BL 아파트 건설공사 10공구-기둥 1,040,000원, 거더 830,000원, 벽1,050,000원, 슬래브 720,000원
OOOO A2BL 공동주택 건설공사-기둥 910,000원, 거더 890,000원

고 있는 제작비의 검증을 가능하게 할 것으로 판단된다. 또한, 제작원가에 가장 큰 영향을 미치는 몰드의 사용횟수에 따른 비용변화를 확인할 수 있었다. 몰드의 사용횟수를 50회까지 증가하여 적용할 경우 부재별 제작비는 3.2~7.0% 절감되는 것으로 나타났다<Table 28>.

Table 28. PC construction costs in factory production by the number of mold uses

Items	Number of uses							
	20 times		30 times		40 times		50 times	
	cost (won)	Reduction rate	cost (won)	Reduction rate	cost (won)	Reduction rate	cost (won)	Reduction rate
Column	703,610	3.5%	782,424	4.4%	524,125	2.0%	512,143	2.2%
Girder	695,005	4.7%	770,503	5.8%	520,531	2.7%	508,373	2.9%
Wall	690,703	5.3%	764,542	6.6%	518,734	3.0%	506,488	3.2%
Slab	688,122	5.7%	760,966	7.0%	517,656	3.2%	505,357	3.5%

4.1.2 현장설치 공사비

PC 현장설치는 2023년 상반기 건설직종노임 및 건설기계 경비를 반영하여 산정하였다. 개소당 비용은 동일규격에서 벽 > 기둥 > 거더 > 슬래브 순으로 나타났으며, 표준품셈 설치비용 대비 91.8~108% 수준의 비용이 발생하였다<Table 29>. 개발 품셈을 적용할 경우 2ton미만 규격에서 기존 5ton미만 규격으로 통합하여 산출한 결과대비 약 3~8%의 비용이 감소됨을 확인하였으며, 기둥부재에서는 모르타르 주입 작업을 분리함으로 인하여 4~8%의 비용이 증가하는 것으로 분석되었다.

Table 29. Cost of installing a PC on site

Items	Unit	Construction cost by size of members					
		2ton under	5ton under	10ton under	20ton under	30ton under	
A. Development product Production Rates	Column	won / ea	199,295	212,581	245,286	318,872	398,590
	Girder	won / ea	161,617	178,629	199,645	226,264	282,830
	Wall	won / ea	265,727	289,884	318,872	398,590	531,453
	Slab	won / ea	125,702	135,758	154,271	-	-
B. Mortar grouting	won / m ²	3,017,700					
C. Construction Standard Production Rates	Column	won / ea	-	249,762	288,187	374,643	468,304
	Girder	won / ea	-	178,629	199,645	226,264	282,830
	Slab	won / ea	-	125,702	154,271	-	-
contrast ratio ((A+B)/C)	Column	%	99.7	105.0	102.4	102.8	99.3
	Girder	%	90.5	100.0	100.0	100.0	100.0
	Slab	%	100.0	108.0	100.0	-	-

* Mortar grouting amount into column : 0.017m³/ea

4.1.3 PC공법 공사비 산정

PC구조 공동주택(37Type, 7층)의 내역서를 기준으로 제작-운반비를 산정한 결과 PC공사비는 20.6억원 산정되었으나, 기존 내역에서는 PC공법의 전환설계 비용(5.5억원, 구성비 27%)이 반영되고 있어 합리적인 공사비 영향요인 확인을 위해 설계비를 제외하고 비용을 분석하였다. PC공법 공사비 산정결과 전체 15.2억원이 산정되었으며, 단계별 발생비중은 제작비 65.4%, 운반비 5.7%, 현장 조립비 19.4%, Top Con'c 9.4%로 나타났다<Table 30>.

Table 30. PC method direct construction cost calculation results

Items	Description	Construction cost (One thousand won)				Composition ratio
		Material cost	Labor cost	Overhead cost	Total	
Total of PC cost		1,645,686	144,212	270,618	2,060,517	
PC design	PC structure and ShopDwg	508,151	-	-	508,151	-
	Conversion of structural drawing	40,170	-	-	40,170	
PC manufacturing	Column	118,428	-	-	118,428	65.4%
	Girder	321,416	-	-	321,416	
	Slab	124,274	-	-	124,274	
	Wall	397,889	-	-	397,889	
	Step	27,553	-	-	27,553	
Delivery	11ton truck, 50km	-	-	86,538	86,538	5.7%
PC assembly	Column	-	24,171	24,660	48,832	19.4%
	Girder	-	22,139	36,156	58,296	
	Slab	-	25,470	41,594	67,064	
	Wall	-	35,583	67,657	103,240	
	Step	-	5,622	10,690	16,312	
Top con'c		107,803	31,225	3,320	142,348	9.4%

4.2 PC공법 경제성 분석

본 연구에서는 PC구조 공동주택의 공사비를 산정결과와 동일 규모의 RC구조 공동주택의 공사비를 비교하여 PC공법의 적용성 및 경제성을 확인하였다. 공사비 비교를 위한 수행단계는 다음과 같다(Fig. 2).

4.2.1 공사비 비교군 선정

PC공법 공사비 분석을 통하여 PC공법 직접공사비 및 구성을 확인하였으며, 공사비 비교를 위해 동일 규모의 RC구조 공동주택(37Type, 7층) 1개동을 대상으로 설계내역을 구성하고 공사비를 산출하였다<Table 31>. PC공법과 대비되는 RC구조 공사비의 범위는 거푸집(유로폼, 합판거푸집, 갱폼, 알폼), 철근(가공 및 조립), 콘크리트 타설로 구성하였으며, 산출된 설계수량에 건설공사 표준품셈을 활용하여 각 공

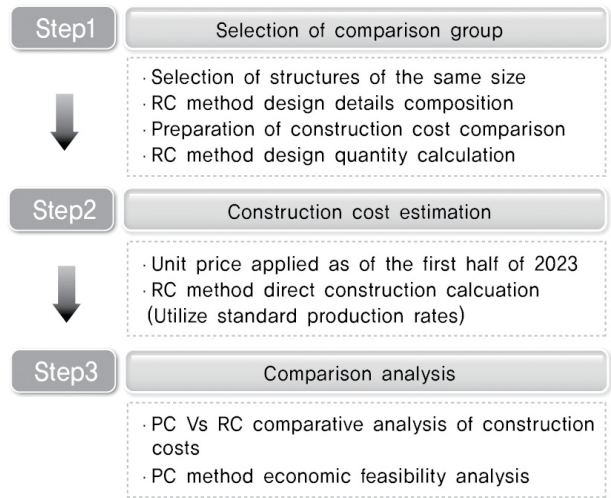


Fig. 2. Economic feasibility analysis performance steps

종별 자재비, 노무비, 경비를 산출하여 적용하였다<Table 32>.

Table 31. Construction cost comparison range

Items	PC construction	RC construction
Reinforced concrete construction	<ul style="list-style-type: none"> PC production cost Transportation cost PC assembly cost Topping Con'c 	<ul style="list-style-type: none"> Formwork(Euroform, al-form, Gangform, etc.) Rebar (Factory processing and assembly) Concrete pouring Material cost (Including transportation cost)

Table 32. Composition of RC construction costs

Items	Size	Unit	Material cost	Labor cost	Overhead cost	Note
Euroform	Average/Complex	m ²	○	○	○	Application of Construction Standard Production Rates
Plywood formwork	3 times, Complex	m ²	○	○	○	Application of Construction Standard Production Rates
Rebar processing, assembly	Type-II	ton	○	○	○	
Pump car pouring	300m ³ under, Steel structure	m ³	○	○	○	
Gangform Installation, disassembly	Setting layer/General layer/Finishing layer	m ²	○	○	○	
ALform Installation, disassembly	Setting layer/General layer/Finishing layer	m ²	○	○	-	

4.2.2 RC공법 공사비 산정

RC공법에서도 PC공법과 동일한 비교를 위해 설계비(시공도 제작)는 제외하였으며, 공사비 산정결과 전체 14.6억원(재료비 46.2%, 노무비 52.4%, 경비 1.4%)이 산정되었다. 공종별 비용구성은 거푸집 56.0%, 철근 26.8%, 콘크리트 17.2%로 발생함을 확인하였다<Table 33>.

Table 33. Direct construction cost of RC method

Items	Description	Construction cost (One thousand won)				Composition ratio
		Material cost	Labor cost	Overhead cost	Total	
Total of RC cost (Composition ratio)		672,434 (46.2%)	764,432 (52.4%)	20,377 (1.4%)	1,457,243	
Formwork	Euroform	18,547	115,041	3,449	137,038	56.0%
	Plywood formwork	23,301	58,418	583	82,302	
	Gang form	66,910	65,095	1,341	133,348	
	Alform	89,382	373,829	-	463,211	
	Total	198,142	612,383	5,375	815,901	
Rebar	Rebar processing and assembly	259,701	121,412	9,920	391,034	26.8%
Concrete	Pump truck pouring	214,589	30,635	5,082	250,307	17.2%

4.2.3 공사비 비교 분석

설계비를 포함한 PC공법의 공사비 비교결과 RC공법 대비 41.2% 공사비가 증가되는 것으로 나타났으며, 기존 RC설계를 PC구조로 전환하는 설계비용(5.5억원)을 제외할 경우 RC공법 대비 약 3.8% 공사비가 증가되는 것으로 확인되었다. 이는 PC공법의 65.4%를 차지하고 있는 PC제작비의 영향이 크게 반영된 것으로 제작비를 제외한 PC공사 시공비와 지급 자재비(철근, 콘크리트)를 제외한 RC공사 시공비를 비교하면 53.2% 수준으로 발생하여 현장작업을 최소화하는 PC공법의 특성이 반영됨을 확인하였다<Table 34>.

Table 34. Comparative analysis of construction costs

Items	Construction cost	Except design cost	Except manufacturing cost and supplied materials cost
A. PC construction	2,060,517	1,512,196	522,633
B. RC construction	1,459,674	1,457,243	982,952
Ratio A to B(%)	141.2	103.8	53.2

위와 같은 결과는 분석대상 현장에서 발생하는 비용발생요소를 반영한 결과로 PC공법 공사비 절감을 위한 세부요소로 제작비와 운반비의 절감기준을 제안하였다. 직접 시공비(제작 및 설치에 소요되는 노무비, 장비비)의 경우 최근 품

질, 안전기준이 강화되는 추세로 제시한 품셈기준을 준용하는 것이 적절한 것으로 판단하였다. 제작비에서 비중이 높은 몰드의 사용횟수를 확대하여 50회까지 적용할 경우 제작비의 4.8%가 절감되는 것으로 분석되었다. 또한, 전체비용의 5.7%를 차지한 운반비 절감을 위해 운반거리를 30km까지 단축할 경우 운반비의 10%이상 절감이 가능한 것으로 분석되었다<Table 35>. 위 2개 요소의 반영으로 RC공법과 동일한 수준의 공사비가 발생함을 확인하였으며 이를 위한 거점별 생산인프라 확보, 설계 표준화, 시장확대 등의 PC공법의 활성화를 위한 기반조성을 통해 PC공법의 경제성을 확보할 수 있을 것으로 보여진다.

Table 35. Construction cost reduction cost change

Items	Existing	Development(Draft)		Reduction rate
	Construction cost (A thousand won)	Items	Construction cost (A thousand won)	
PC cost (Except design cost)	1,512,196	PC cost (Except design cost)	1,456,342	3.7%
PC production cost (Use 10 times)	989,562	PC production cost (Use 50 times)	942,362	4.8%
PC transportation cost(50km)	86,538	PC transportation cost(30km)	77,884	10.0%
PC assembly cost (Including topping)	436,095	PC assembly cost (Including topping)	436,095	-

5. 결론

OSC (Off-Site Construction)기반의 PC구조는 시공환경 개선과 더불어 생산성 증대가 가능한 공법으로 기대되고 있으며, 공동주택에서도 최근 PC구조에 대한 시범사업을 수행하는 등 PC공법 활성화를 위한 적극적인 시도를 하고 있다. 그러나 PC구조 공동주택의 공사비 산정기준의 부재는 객관화된 적정공사비의 산출 및 검증을 어렵게 하여 PC공법의 활성화에 장애가 되고 있는 실정이다. 이에 본 연구에서는 PC구조 공동주택 공사비 산정을 위한 기준으로 공장제작 및 현장설치에 대한 품셈을 제시하였다.

첫째, 선행 연구결과와 표준품셈을 분석하여 공동주택 규모의 특성에 적용할 수 있도록 품셈 체계를 보완하였다.

둘째, 현장조사 결과와 전문가 의견을 수렴하여 PC공법에 대한 품셈(안)을 개발하였다.

- 몰드 사용횟수별 재료비 변화 검토

- 공장제작에 따른 제경비 기준 확인(노부비의 60%)
- 공장제작 : 단위물량(m³)당 인력공수(인) 기준 제시
- 현장설치 : 작업조 구성의 일당시공량(ea) 기준 제시

셋째, 개발된 품셈을 활용하여 PC공법 공사비를 산출하여 공사비 구성과 비용변화 요소를 분석하였다.

- PC제작, 운반, PC현장설치 공사비 산출

넷째, 동일 규모의 RC공법 공사비를 비교하여 경제성을 확보할 수 있는 대응방안을 확인하였다.

- PC공사는 RC공사 대비 104.0% 공사비 증가
- PC제작비, PC운반비의 공사비 절감요소 확인

본 연구에서는 PC구조 공동주택 공사비에 관련하여 공장 제작 및 현장설치의 직접공사비 산정에 필요한 품셈을 제시하였다. 본 연구의 결과는 PC공사의 투입요소와 직접비 추정을 용이하게 함으로써 현재 견적가격에 의존하고 있는 PC공법 공사비를 객관적으로 검증할 수 있는 토대를 마련하였으며, 이를 통하여 PC공법의 활성화, 표준화에 일조할 수 있을 것으로 기대된다. 단, 본 연구는 인력중심의 수동식 생산 시스템과 PC공동주택 시범사업 대상의 생산성 기준을 반영한 한계점을 지니고 있어, 향후 공장생산 시스템(자동화 등) 발전, PC공법 기술개발, 기술인력 확보, 시장 확대 등 변화에 따른 지속적인 연구와 품의 보완이 필요할 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호 23ORPS-B158109-04)

References

Jo, M.J., and KIM, J.S. (2015). "Economic Evaluation of Underground Parking Lot PC Structural System that is Suitable for Long-Life Housing." *Journal of the Korean Housing Association*, KHA 26(2), pp. 103-110.

Lee, J.W., Lee, H.S., Lee, C.H., and Noh, H.S (2022). "A

Study on the Development of Construction Production Rates System for Estimating Proper Construction Expenses of Off-Site Construction (OSC) Based PC Structure Factory-Built Assembly." *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, KJCEM, 23(6), pp. 89-100.

Lee, H.S., Lee, C.H., Lee, J.W., and Noh, H.S (2021). "A study on the Composition of the Production Rates System to Prepare Standards for Calculating the Construction Cost of PC Structure Apartments Based on Off-Site Construction (OSC)." *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, KJCEM, 22(6), pp. 96-106.

Ministry of Land, Infrastructure and Transport (MOLIT), Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology (KICT) (2022, Dec 31). Standard of Cost Estimation in Construction.

Shin, W.S., and Son, C.B. (2014). "Analyzing of the Construction Standard Production Unit(CSPU) and Developing of the Simulation Model on PC Project." *Journal of the architectural institute of Korea*, JAIK, 30(11), pp. 89-96.

Yoo, D.H., Lee, H.B., Ahn, J.C., and Kang, B.H. (2007). "A Study on the Economical Analysis of the Composite Precast Concrete Method." 2007 Proceedings of KICEM Annual Conference, BUSAN, KOREA. pp. 113-118.

Yun, W.G., Shin, E.Y., and Kang, T.K (2021). "Analysis of Factors for Improvement of Economic Feasibility of Construction Cost to Spread Application of OSC Construction Method for Apartment Housing." *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, KJCEM, 22(6), pp. 55-63.

요약 : 최근 공동주택에서의 OSC (Off-Site Construction)기반 PC구조의 객관적인 원가기준 마련을 위해 공장제작-현장설치 단계의 공사비 산정을 위한 품셈 체계를 제안하였다(Lee et al., 2021). 또한, 건설공사 표준품셈에서도 보편적인 PC공사의 현장설치 단계에 적용할 수 있는 주요 부재의 표준품셈을 제시하는 등 PC공사의 공사비를 체계적으로 산출할 수 있는 제도적 기반이 마련되는 추세이다. 본 연구에서는 공동주택 PC구조의 현장조사 결과를 분석하고 전문가 의견을 수렴하여 공동주택 PC공법에 적용할 수 있는 공장제작-현장설치 품셈을 개발하였으며, 현행 표준품셈 기준과 비교하여 공동주택의 현장 및 부재특성에 적용할 수 있도록 표준품셈의 보완 방향을 제시하였다. 또한, 개발 품셈을 활용하여 공사비를 산출하고 동일규모의 공동주택 RC공법과 공사비를 비교함으로써 PC공법의 비용발생 특성 및 원가절감 방안을 도출하였다. 본 연구에서 도출한 PC공법의 표준품셈은 PC공법 공사비 산출결과의 객관성과 일관성을 확보함으로써 PC공법 적용 확산에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

키워드 : 공업화 건축, 표준품셈, PC공법, 공사비