

# 장기적 관점에서의 모듈러 주택 공사비 절감기회 분석

김후용<sup>1</sup> · 류국무<sup>2</sup> · 김균태<sup>3</sup> · 전영훈<sup>3</sup> · 김예상\*

<sup>1</sup>성균관대학교 미래도시융합공학과 · <sup>2</sup>현대엔지니어링 · <sup>3</sup>한국건설기술연구원

## An Analysis of Cost Reduction Potentials for Modular Housing from the Long-term Perspective

Kim, Hu Yong<sup>1</sup>, Ryu, Kuk Mu<sup>2</sup>, Kim, Kyoong Tai<sup>3</sup>, Jun, Young Hun<sup>3</sup>, Kim, Yea Sang\*

<sup>1</sup>Department of Convergence Engineering for Future City, Sunkyunkwan University

<sup>2</sup>Building works Division, Research & Development Center, Hyundai Engineering Company

<sup>3</sup>Construction System Research Center, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology

**Abstract :** Despite the many advantages of modular housing, low preference for modular housing for consumers who are familiar with RC structure leads to high construction cost of modular housing. The cost of modular buildings is about 130% of that of RC structures, so it is urgent to secure economical efficiency of modular buildings. Therefore, in this study, after calculating the savings amount of modular housing by type of construction work, economic analysis was conducted from a long-term perspective. In order to carry out the research, the authors compiled and analyzed the material cost, labor cost, and expenses incurred by each type of work by reclassifying the statement of the modular housing into the factory production and the site installation. After that, Pareto diagrams were created to find a core work that is included in the cost ratio of about 80%, and selected it as a cost reduction subject. Based on the assumption that the market size of domestic modular housing is similar to the level of modular advanced countries such as Japan and European countries, six cost reduction methods were set up that reflects the characteristics of the modular construction method and used for the expert interviews. Cost saving potentials in percentage from the interview were converted to the amount of savings that can be achieved by each type of method when applying the method. Finally, the findings of the study are expected to suggest long-term directions for technical development for modular construction and cost savings

**Keywords :** Modular Housing, Pareto Graph, Reducing Construction Costs

## 1. 서론

모듈러 공법이란 RC구조와 달리 건물 내에 필요한 각종 내장재, 기계 설비 등을 미리 공장에서 사전제작하고, 현장으로 운반 후 레고블럭을 쌓듯 조립하는 건축공법이다. 모듈러 공법을 적용한 건축물은 주요 자재의 80%를 재활용할 수 있다는 점에서 건설 산업에서 친환경화를 기대할 수 있게 하고, RC 구조에 비해 단기간에 완성되기 때문에 공기단축 등의 장점을 가지고 있어 모듈러 공법의 활용에 대한 관심이 지속되

고 있다.

해외 모듈러 선진국이라 불리는 미국, 일본, 영국 등은 건설산업의 환경변화에 맞추어 에너지 절감, 부재의 재사용, 이산화탄소 저감, 건설폐기물 저감 등을 해결하기 위한 방안으로 모듈러 공법을 적용한 주거공간 공급이 확대되고 있는 추세이다(McGrawHill, 2011). 특히 일본의 경우, 1960년대에 이미 모듈러 공법에 대한 연구가 진행되었고, 모듈러 공법을 적용한 주택의 사전 제작률은 80%이며, 현재 연간 20만호 이상 건립되고 있다. 또한 일본은 고층 공동주택에 비하여 단독주택에 대한 선호도가 높아 대부분이 3층 이하 단독주택 형식으로 모듈러 공법을 적용한 주택이 공급되고 있다. 뿐만 아니라 90년대 중반 일본 고베 대지진 이후, 모듈러 주택의 내진성능을 인정받아 매출이 급격히 상승했고, 현재 모듈러 공법을 적용한 주택은 고급주택으로 인식되고 있는 등, 국내와는 큰 차이를 보이고 있다(KICT, 2015).

\* Corresponding author: Kim, Yea Sang, College of Engineering School of Civil, Architectural Engineering & Landscape Architecture, Sungkyunkwan University, (16419) 2066, Seobu-Ro Jangan-Gu, Suwon City, Gyeonggi-do, Korea  
E-mail: yeakim@skku.edu  
Received September 6, 2018; revised -  
accepted October 2, 2018

하지만 국내 모듈러 건축산업은 전체 건설시장의 0.2%로 해외 모듈러 시장에 비하면 시장점유율이 매우 낮은 상황이다. 2000년대 초반부터 모듈러 공법을 활용한 건축물이 등장하기 시작했지만 주로 학교 건물과 군 병영시설, 소형주택에 제한적으로 적용되고 있으며 체계화된 대량 생산 프로세스가 갖춰지지 않은 상태이다(Lee, 2012). 또한 아파트와 같이 획일화된 RC구조에 익숙해진 국내 소비자들의 경우, 모듈러 주택에 대한 낮은 선호도가 낮아 이에 대한 수요 역시 적은 형편이다. 이러한 수요 부족은 대량 생산을 위한 설비투자에 장애요소가 되고, 결과적으로 모듈러 공동주택 건설에 높은 공사비를 초래하게 되어 가격 경쟁력이 약화되는 한편, 이것이 다시 시장확대와 인식제고를 저해하는 악순환이 계속되고 있다(Kim, 2017). 그러므로 이러한 문제를 해결하기 위해서는 무엇보다 모듈러 건축물의 경제성 확보가 가장 시급하게 해결되어야 할 과제이다. 이와 관련해 Lim (2015)의 연구에 의하면 시설물의 유형에 따라 편차가 있겠으나 현재 모듈러 건축물의 공사비는 RC구조 대비 대략 130% 전후로 형성되는 것으로 조사되었는데, 과연 그 비용 증가요인과 해결방안이 무엇인가를 분석해볼 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 이러한 분석 및 해결방안의 하나로, 공장제작과 현장설치가 모호한 모듈러 주택의 공사비 내역 체계를 재분류하고 각 분류별 공종에 대해 절감기회가 가장 큰 부분을 도출하여 장기적 관점에서의 경제성 제고 방안을 제시해 보고자 한다. 이를 위한 연구방법은 다음과 같다.

- 첫째, 모듈러 공법에 의한 공동주택의 공사비를 공장제작분 및 현장설치분으로 분개한 내역서를 바탕으로 공종별 발생하는 재료비, 노무비, 경비의 규모와 비중을 비교·분석한다.
- 둘째, 파레토도를 작성하여 비용누계 80% 내외에 포함되는 핵심 공종을 찾아 공사비 절감 대상으로 선정한다.
- 셋째, 공사비 비중이 가장 큰 공종을 도출한 뒤, 모듈러 공법의 특성을 반영한 비용절감 방법을 설정한다.
- 넷째, 비용절감 방법을 적용했을 때의 공종별 절감 가능 금액을 산출하고, 총 절감가능 금액을 산출한다.

이 과정에서 공사비 분석은 2017년 완공된 ○○단지 공동주택 모듈러 시범사업을 대상으로 수행하였다. 본 연구와 같이 서로 다른 시설물의 공사비를 분석할 경우, 보편적이고 평균적인 데이터를 얻을 수 있는 충분한 사례를 수집하여야 하나, 국내 모듈러 주택의 보급수준과 설계, 제작 등의 시스템이 체계화되어있지 않은 상황에서 많은 샘플과 데이터 수집에 어려움이 있을 수밖에 없다. 그러나 본 연구는 전문기술적 관점에서 공사비 절감기회와 방향을 제시하는 데에 큰 목적이 있으므로 선정된 사례를 중심으로 연구를 수행하였다.

한편, 공사비 절감기회는 국내 모듈러 생산회사의 전문가를 대상으로 설문조사를 통해 도출하였다. 일반 RC공사에 비해 모듈러 공법이 정형화될 수는 있으나, 일본 등과 같이 표준적인 설계에 의해 제작, 조립, 시공되는 것이 아니라 설계 단계부터 많은 변수가 작용하고 건축물의 형태가 다양하여 절감액에 대한 정량적 접근이 어렵기 때문이다.

## 2. 절감가능 공종의 선정

### 2.1 시범사업 공사비 내역 및 공종의 재구성

본 연구의 분석대상으로 선정된 ○○단지 공동주택 시범사업은 2017년 1월부터 약 12개월에 걸쳐 완공되었으며, 대지면적 1,436m<sup>2</sup>, 건축면적 371.65m<sup>2</sup>, 연면적 2,068.12m<sup>2</sup>, 지하 1층(공영주차장), 지상 1층(주민편익시설), 지상 2~6층에는 공동주택으로 총 30세대로 구성되어있다. 이 시범사업의 총 공사비는 1,030,174,759원으로 집계되었으나 설계 단계에서 도출된 공사비 내역은 많은 공종에 있어 공장제작과 현장설치 또는 시공이 구분되어있지 않은 상태였다. 이는 국내 모듈러 공사에 일반적으로 찾아볼 수 있는 관례로, 관련 내역체계가 정착되지 못한데 기인한다. 그러나 공사비 절감기회를 도출하기 위해서는 공장과 현장의 구분이 확실해야 하므로 본 연구에서는 ‘모듈러 공법 내역체계’(Hwang, 2014)에서 제안하였던 ‘공장제작 및 생산분’과 ‘현장설치 및 시공분’으로 기존의 공사비 내역을 재분개하여 사용 내역을 집계하였다.

그 결과, 모듈러 건축 부분만을 대상으로 했을 때 공장제작분은 741,533,800원으로 총 공사비의 72%에 해당되고, 현장설치분은 288,640,959원으로 28%에 해당하는 것을 알 수 있다. 이 중, 공장제작분의 경우 수장공사가 약 3억 원, 철골공사 약 1억 8천만 원으로 총금액이 상대적으로 높은 공종임을 알 수 있었다. 현장설치분에서는 패널공사가 1억 3천만 원으로 총금액이 가장 높은 공종으로 나타났다(Fig. 1).

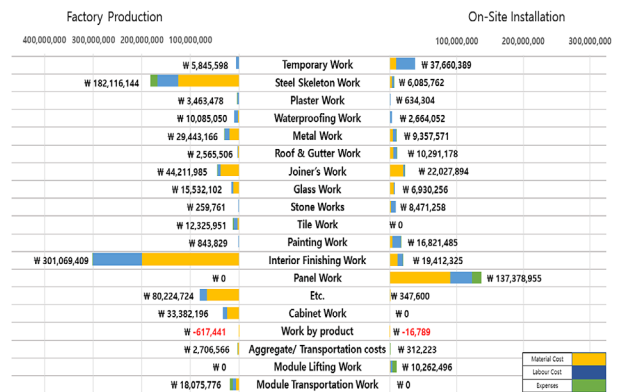


Fig. 1. Reclassification of ○○Complex Construction Cost

## 2.2 파레토도에 의한 공종별 공사비 규모 분석

이상과 같이 재분류된 공종내역을 토대로 ‘공장제작 및 생산분’과 ‘현장설치 및 시공분’ 각각에 대한 공사별 총금액과 노무비, 재료비의 비용내역을 재집계하고 그 중 다양한 공종이 포함되어있는 건축공사와 기계설비 공사에 대해 파레토도를 작성하여 비용누계 80% 내외에 포함되는 핵심 공종을 찾아 공사비 절감 핵심 대상으로 설정하였다(Fig. 2). 한편, 세부공종의 분개가 어렵거나 단순한 공종으로 구성된 기계소방, 전기설비, 전기소방 공사에 대해서는 총 공사금액과 ‘공장제작 및 생산분’과 ‘현장설치 및 시공분’에 대한 재료비, 노무비의 구성을 산출하여 공사비 절감 기회를 분석하였다. 토목공사 부분은 Hwang (2014)의 연구에서 제안되었던 ‘모듈러 공법 내역체계’에서 ‘일반 현장 시공부분’에 해당되기 때문에 본 연구의 분석대상에서 제외하였다.

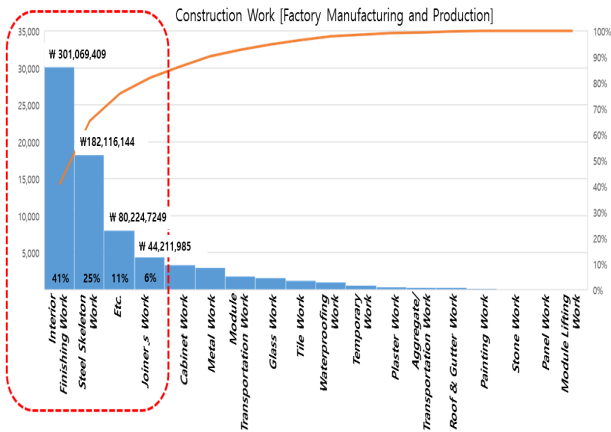


Fig. 2. Example of Pareto Graph for the Sample Project

〈Table 1〉은 파레토도 분석을 통해 나타난 건축공사 및 기계설비 공사 중 공사비 규모 기준의 핵심 공종들을 보여주는 것으로 건축공사의 공장제작 및 생산공사비에서 비용누계 80% 내의 공종에는 수장공사(41%), 철골공사(25%), 기타공사(11%), 창호공사(6%) 등이 포함되는 것으로 나타났다. 재료비를 기준으로 하였을 때, 수장공사(40%), 철골공사(25%), 기타공사(13%), 창호공사(8%) 순으로 나타났으며 노무비를 기준으로 하였을 때, 수장공사(46%), 철골공사(19%), 기타공사(7%), 금속공사(5%)가 비용누계 80% 내에 포함되는 공종임을 알 수 있었다.

건축공사현장설치 및 시공'부분의 공사비 총액 기준 누계치 80% 내에 들어가는 공종에는 패널공사(48%), 가설공사(13%), 창호공사(8%), 수장공사(7%) 등이 포함되며 재료비를 기준으로 했을 때는 패널공사(58%), 창호공사(13%), 수장공사(7%), 가설공사(6%), 노무비를 기준으로 했을 때는 패널공사(30%), 가설공사(26%), 도장공사(12%), 수장공사(7%) 순으

로 누계비용 80% 내에 포함되었다.

기계설비공사의 경우, ‘공장제작 및 생산’에는 총공사비 기준으로 보았을 때, 오배수배관공사(38%), 급수배관공사(24%), 난방배관공사(20%), 재료비 기준으로는 오배수배관공사(32%), 난방배관공사(28%), 급수배관공사(22%), 노무비를 기준으로 오배수배관공사(42%), 급수배관공사(25%), 난방배관공사(14%) 등이 주요 공종으로 나타났으며, ‘현장설치 및 시공’부분에서는 총액 기준의 경우, 승강기공사(44%), 급수배관공사(17%), 오배수배관공사(14%), 장비설치공사(5%), 재료비 기준으로는 승강기공사(61%), 급수배관공사(10%), 오배수배관공사(9%), 노무비 기준으로는 급수배관공사(36%), 오배수배관공사(27%), 옥내가스배관공사(10%), 가스배관공사(8%)가 비용 누계치 80% 내에 들어가는 공종임을 알 수 있었다. 즉, 이상의 공종들은 다양한 공종 중에서도 공사별 공사비에서 차지하는 비중이 상대적으로 큰 것들이기 때문에 비용절감 기회를 찾는다면 이 공종들이 우선적인 고려대상이 될 수 있다.

## 3. 전문가 대상 인터뷰 및 설문조사

앞서 언급한 바와 같이 국내 모듈러 시장의 규모와 생산기술 수준 등을 고려할 때 단기적으로 예측 가능한 정량적 공사비 절감 규모를 산출해내기란 쉽지 않다. 따라서 본 연구에서 지향하는 바는 국내 모듈러 건축의 시장규모나 수요가 선진국 수준과 비슷한 수준에 다다랐다는 전제 하에, 현재의 공종별 공사비 구성을 바탕으로 어떤 부분에서, 어떤 방법에 의해 가장 큰 공사비 절감효과를 기대할 수 있는가를 찾아내는 것이다. 이러한 예측은 장기적인 관점에서 접근하여야 하고, 정량적 데이터가 부족한 상황임으로 전문가의 전문가적 판단에 의존할 수밖에 없다. 따라서 본 연구에서는 위에서 분석된 공사비 절감기회가 높을 것으로 예상되는 공종들을 대상으로 국내 모듈러 기술이 당면하고 있는 또는 해결해야 하는 대표적인 문제점들을 해결할 때 얼마나 절감이 가능할지를 전문가들을 대상으로 한 인터뷰와 설문조사를 통해 조사했다.

그러나 이 조사에서도 국내 모듈러 전문회사의 수가 극히 제한적이라는 한계가 있으므로 가장 대표적인 3개 회사에서 각각 2~3명 총 8명의 전문가를 선정하여 2018년 5월부터 총 2개월에 걸쳐 1단계로 설문지에 대한 검토의견 수렴 인터뷰 조사, 그리고 2단계로 2차례에 걸친 설문조사를 진행하였다. 즉, 이 방법은 기존 자료나 참고할만한 자료가 없거나 부족할 때 미래의 불확실한 상황을 예측할 때 많이 사용되는 델파이(Delphi) 기법의 골격을 적용했다 할 수 있다. 이 조사에서 상대적으로 공사비 절감기회가 큰 공종에 대한 비용절감 방법은 다음과 같이 6가지로 제시하였다.

- 1) 조립 부품의 완전 사전제작화: 모듈러 관련 부품을 제작, 생산, 시공함에 있어, 공장 또는 현장에서 절단, 접합, 가공, 소조립(sub-assembly) 등을 배제하고 한 번에 조립이나 시공이 가능하도록 조립부품을 사전 제작하여, 부품·재료 등의 할증률을 제로(0)화 하고 관련 작업절차를 단순화하여 작업기간 단축과 비용절감을 도모.
- 2) 작업방법 및 프로세스의 체계화: 생산·제작·시공 작업의 순서나 내용을 조정하고 생산공정을 라인(line)화 하는 등, 기존의 작업방법과 프로세스를 체계적으로 개선함으로써 비생산적인 작업 투입인력의 축소, 불필요한 작업자 또는 장비 이동의 제거, 작업동선의 효율화를 유도하고 이를 통해 작업기간 단축과 비용절감을 도모.
- 3) 자동화 및 기계화: 공장 또는 현장에서 자재나 조립품의 절단, 접합, 가공, 이동, 운반, 설치 등의 작업에 대해 선진국 수준의 자동화(로봇 포함), 기계화 설비를 도입하여 수작업 공정을 배제하거나 줄여 노무인력을 감축하고 작업 프로세스를 효율화함으로써 작업기간 단축과 비용절감을 도모.
- 4) 설계 및 관련 부품의 규격화·표준화: 건축물 전체의 설

- 계에서부터 모듈러 요소, 부품 등의 설계에 규격화와 표준화를 실현함으로써 자재 및 부품의 로스(loss)을 줄이고 일반 수작업 공정은 물론 자동화 및 기계화 작업의 생산성을 높이는 한편, 대량생산의 기회를 높여 작업기간 단축과 비용절감을 도모.
- 5) 실현함으로써 자재 및 부품의 로스(loss)을 줄이고 일반 수작업 공정은 물론 자동화 및 기계화 작업의 생산성을 높이는 한편, 대량생산의 기회를 높여 작업기간 단축과 비용절감을 도모.
- 6) 설계효율화: 건축물의 평면, 단면, 입면, 상세 등에 있어 모듈러 건축의 장점을 살리기 어려운 요철형(凹凸形), 부정형(不定形), 비정형(比定形) 설계를 배제하고 생산·제작·시공의 효율성을 극대화 할 수 있는 자재 및 재료 선정, 접합 및 시공 방법 등을 고려한 설계로 작업기간 단축과 비용절감을 도모.
- 7) 비경제적 비용이나 불필요한 경비의 절감: 공장제작 및 현장시공의 이상적인 환경과 조건을 가정한 상태에서, 각 공종과 관련된 비경제적이거나 불필요한 비용 및 경비 발생(예를 들어, 경제성이 없는 운반거리, 비규격화

Table 1. Work Types of Modular Construction with Greater Potentials for Cost Reduction by Pareto Analysis

Factory Manufacturing and Production						On-Site Installation and Construction					
Architectural Construction Work						Architectural Construction Work					
Category	Ranking	Type of Work	Cost (1,000 Won)	Ratio to Total (%)	Cumulative total (%)	Category	Ranking	Type of Work	Cost (1,000 Won)	Ratio to Total (%)	Cumulative total (%)
Total Cost	1	Interior Finishing Work	301,069	41	41	Total Cost	1	Panel Work	137,379	48	48
	2	Steel Skeleton Works	182,116	25	66		2	Temporary Work	37,660	13	61
	3	Others	80,224	11	77		3	Joiner's Work	22,027	8	69
	4	Joiner's Work	44,212	6	83		4	Interior Finishing Work	19,412	7	76
Material Cost	1	Interior Finishing Work	199,742	40	40	Material Cost	1	Panel Work	90,614	58	58
	2	Steel Skeleton Works	124,992	25	65		2	Joiner's Work	20,007	13	71
	3	Others	65,949	13	78		3	Interior Finishing Work	11,577	7	78
	4	Joiner's Work	38,347	8	86		4	Temporary Work	9,414	6	84
Labour Cost	1	Interior Finishing Work	101,083	46	46	Labour Cost	1	Panel Work	32,516	30	30
	2	Steel Skeleton Works	42,288	19	65		2	Temporary Work	28,246	26	56
	3	Others	14,274	7	72		3	Painting Work	12,802	12	68
	4	Metal Works	9,936	5	77		4	Interior Finishing Work	7,824	7	75
Mechanical Equipment Work						Mechanical Equipment Work					
Category	Ranking	Type of Work	Cost (1,000 Won)	Ratio to Total (%)	Cumulative total (%)	Category	Ranking	Type of Work	Cost (1,000 Won)	Ratio to Total (%)	Cumulative total (%)
Total Cost	1	Sewage Piping Work	49,509	38	38	Total Cost	1	Elevator Work	51,767	44	44
	2	Water Supply Piping Work	30,580	24	62		2	Water Supply Piping Work	20,529	17	61
	3	Heating Piping Work	25,871	20	82		3	Sewage Piping Work	16,763	14	75
	4	-	-	-	-		4	Equipment Installation Work	6,265	5	80
Material Cost	1	Sewage Piping Work	18,043	32	32	Material Cost	1	Elevator Work	51,767	61	61
	2	Heating Piping Work	15,389	28	60		2	Water Supply Piping Work	8,608	10	71
	3	Water Supply Piping Work	12,196	22	82		3	Sewage Piping Work	8,008	9	80
Labour Cost	1	Sewage Piping Work	31,462	42	42	Labour Cost	1	Water Supply Piping Work	11,909	36	36
	2	Water Supply Piping Work	18,374	25	67		2	Sewage Piping Work	8,753	27	63
	3	Heating Piping Work	10,481	14	81		3	Interior Gas Piping Work	3,292	10	73
	4	-	-	-	-		4	Gas Piping Work	2,742	8	81

유닛의 운반 등에 따른 비경제적인 운반비, 모듈러 부품의 현장 제작 또는 조립장 설치, 특수 장비의 도입 등을 배제함으로써 작업기간 단축과 비용절감을 도모.

Table 2. Example of Percentage Cost Saving Possibility

Architectural Construction Work (Factory Manufacturing and Production)									
Standard	Rank	Type of Work	Cost ratio (%)	Possible cost savings compared to existing amount by work type (%)					
				I	II	III	IV	V	VI
Material Cost	1	Interior Finishing Work	40	2	3	2	3	2	0
	2	Steel Skeleton Works	25	2	2	2	3	2	0
	3	Others	13	1	0	0	1	0	1
	4	Joiner' s Work	8	0	0	0	2	0	0
Labour Cost	1	Interior Finishing Work	46	2	2	5	1	0	2
	2	Steel Skeleton Works	19	2	2	5	1	0	2
	3	Others	7	1	1	2	1	0	1
	4	Metal Works	5	1	1	3	1	0	1

※ Note: I = Pre-fabrication of assembly parts, II = Organization of work methods & processes, III = Automation & mechanization, IV = Standardization of Design & assembly parts, V = Efficiency of design, VI = Reducing Uneconomical Costs & Expenses

〈Table 2〉는 이상의 공사비 절감 방법들에 의해 공종별 절감 규모를 예측한 설문 답변의 예로, 장기적 관점에서 각 방법에 대해 예상되는 절감 예측치를 백분율(%)로 판단하게 하였다. 전문가들로부터 수집된 예측치는 1차적으로 집계 후 다시 배포하여 이견이 있는지를 확인하였고, 반대 의견이 있을 경우, 그 사유와 변경된 예측치를 요구하였는데, 1차 집계 결과, 항목별 평균값에 대한 전문가 간 이견은 없는 것으로 나타났다.

#### 4. 모듈러 주택 공사비 절감 가능 규모의 분석

이상의 전문가 인터뷰 및 설문조사 결과를 바탕으로 '공장 제작 및 생산분'과 '현장설치 및 시공분' 주요 공종에 대해 재료비, 노무비, 총 공사비 대비 공사비 절감 가능성과 이를 금액으로 환산한 결과를 도출하였다. 표 내용 중 I~VI은 위에서 설정한 여섯 가지 비용절감 방법을 의미한다. 이와 같은 집계표는 각 공사유형별(건축공사, 기계설비공사, 전기설비·전기소방공사) 공장과 현장으로 나누어 작성하였다.

Table 3. Expected Cost Saving Potentials and Amount - Architectural Construction Work (Factory Manufacturing and Production)

Architectural Construction Work (Factory Manufacturing and Production)											
Category	Rank	Type of Work	Cost (1,000 Won)	Possibility / Amount of Cost-Savings	Cost-Saving Method						
					I	II	III	IV	V	VI	
Material Cost	1	Interior Finishing Work	199,42	Possibility (%)	2	3	2	3	2	-	
				Cost (1,000 Won)	3,995	5,992	3,995	5,992	3,995	0	
	2	Steel Skeleton Works	124,992	Possibility (%)	2	2	2	3	2	-	
				Cost (1,000 Won)	2,500	2,500	2,500	3,750	2,500	0	
	3	Others	65,949	Possibility (%)	1	-	-	1	0	1	
				Cost (1,000 Won)	659	0	0	659	0	659	
	4	Joiner' s Work	38,347	Possibility (%)	-	-	-	2	-	-	
				Cost (1,000 Won)	0	0	0	767	0	0	
	Reduction of Standard Cost of Materials (1,000 Won)					7,154	8,492	6,495	11,168	6,495	659
	Saving Potential compared to Total Material Cost (%)					1.43%	1.70%	1.30%	2.24%	1.30%	0.13%
	*Total Material Cost of Factory Manufacturing (1,000 Won): 498,903										
	Labour Cost	1	Interior Finishing Work	101,083	Possibility (%)	2	2	5	1	-	2
Cost (1,000 Won)					2,022	2,022	5,054	1,011	0	2,022	
2		Steel Skeleton Works	42,288	Possibility (%)	2	2	5	1	-	2	
				Cost (1,000 Won)	846	846	2,114	423	0	846	
3		Others	14,274	Possibility (%)	1	1	2	1	-	1	
				Cost (1,000 Won)	143	143	285	143	0	143	
4		Metal Works	9,936	Possibility (%)	1	1	3	1	-	1	
				Cost (1,000 Won)	99	99	298	99	0	99	
Reduction of Standard Cost of Labour (1,000 Won)					3,110	3,110	7,752	1,676	0	3,110	
Saving Potential compared to Total Labour Cost (%)					1.42%	1.42%	3.54%	0.76%	-	1.42%	
*Total Labour Cost of Factory Manufacturing (1,000 Won): 219,106											
Total Saving Cost in Factory Manufacturing of Construction Work (1,000 Won)					10,264	11,602	14,247	12,844	6,495	3,769	
Saving Potential compared to Total Construction Work Cost(%)					1.38%	1.56%	1.92%	1.73%	0.88%	0.51%	
*Total Construction Work Cost of Factory Manufacturing (1,000 Won): 741,533											

※ Note: I = Pre-fabrication of assembly parts, II = Organization of work methods & processes, III = Automation & mechanization, IV = Standardization of Design & assembly parts, V = Efficiency of design, VI = Reducing Uneconomical Costs & Expenses

### 4.1 공장제작 및 생산분 공사비 절감가능성

#### 4.1.1 건축공사

건축공사 공장제작 및 생산분의 경우, 재료비 측면에서는 '설계 및 관련 부품의 규격화'(재료비 기준 2.24%), 노무비 측면에서는 '자동화 및 기계화'(노무비 기준 3.54%)가 비용 절감 효과가 가장 클 것으로 평가되었으며 금액으로 산정하면 총 금액기준으로 '자동화 및 기계화'(총 건축공사 금액 기준 1.92%, 14,247천원), '관련부품의 규격화'(1.73%, 12,844천원), '작업방법 및 프로세스의 체계화'(1.56%, 11,602천원) 순으로 효과가 나타났다. 이중 '관련부품의 규격화'는 노무비 기준으로는 0.76% 밖에 절감기회가 없다고 평가된 반면, 재료비 기준으로는 2.24%로 가장 가능성이 큰 방법으로 평가되었다. 한편, '비경제적 불필요 비용 및 경비 절감'은 재료비 차원에서 0.13%, '설계효율화'는 노무비 차원에서 0%로 전자의 경우 모듈러 공사현장의 위치나 상황에 따라 좌우되는 방법이라 이해할 수 있는 측면이 있으나, 후자의 경우에는 비용 비중이 높은 수장, 철골, 기타, 금속 공사 등의 특성을 고려할 때 다소 의외의 결과가 도출되었다. 즉, 좀 더 단조롭고 단순한 설계가 이들 공사의 노무비 절감에는 큰 영향을 미치지 않을 것으로 전문가들은 판단한 것이다. 공사 유형별로 보면, 역시 비용규모가 가장 큰 수장공사에서 절감가능액이 재료비, 노무비 모두 포함하여 총 36,100천 원으로 가장 크고, 그

다음으로 철골공사에서 18,824천 원의 절감이 가능할 것으로 평가되었다. 건축공사의 공장제작 및 생산분의 공사금액인 741,533천 원 기준으로 보면 파레토도 분석을 통해 선정된 5개 공사(수장, 철골, 기타, 창호, 금속공사)에서 약 8%의 절감이 가능할 것으로 예측된다<Table 3>.

#### 4.1.2 기계설비공사

공장에서 이루어지는 기계설비공사의 경우, 비용절감 기회나 금액 모두 비용절감 방법들이 미치는 영향은 크지 않은 것으로 평가되었다. '자동화 및 기계화'가 노무비에 4.06%의 절감기회를 가져다 줄 것으로 평가되었지만, 공장제작 기계설비 총 공사금액 130,029천 원에서는 2.32%, 3,016천 원으로 건축공사에서 가장 낮았던 '비경제적 불필요 비용 및 경비 절감' 방법의 3,769천 원보다도 그 효과는 낮게 나타났다. 특히 '설계 효율화'는 재료비, 노무비 측면에서 절감 효과가 전혀 없을 것으로 평가되었다(0%). 그런데 '조립제품 사전 제작화'나 '자동화 및 프로세스 체계화'의 경우 재료비에서의 절감 효과가 오배수배관공사, 난방배관공사, 급수배관공사 모두에 걸쳐 0%로 평가된 것은 의외의 결과이다. 즉, 이들 공사의 경우, 전문가들이 예상한 재료비 절감효과가 노무비의 절감효과보다 낮게 평가된 것에 대해서는 현재의 기술로 문제해결이 불가능한 것인지, 아니면 현재 방식으로부터의 변화가 필요한 것인지에 대한 심도있는 분석이 필요하다고 판단된다. 중

Table 4. Expected Cost Saving Potentials and Amount – Mechanical Equipment Work (Factory Manufacturing and Production)

Mechanical Equipment Work (Factory Manufacturing and Production)										
Category	Rank	Type of Work	Cost (1,000 Won)	Possibility / Amount of Cost-Savings	Cost-Saving Method					
					I	II	III	IV	V	VI
Material Cost	1	Sewage Piping Work	18,043	Possibility (%)	-	1	-	1	-	-
				Cost (1,000 Won)	0	180	0	180	0	0
	2	Heating Piping Work	15,389	Possibility (%)	-	1	-	1	-	-
				Cost (1,000 Won)	0	154	0	154	0	0
	3	Water Supply Piping Work	12,196	Possibility (%)	-	1	-	1	-	-
				Cost (1,000 Won)	0	122	0	122	0	0
Reduction of Standard Cost of Materials (1,000 Won)					0	456	0	456	0	0
Saving Potential compared to Total Material Cost (%)					-	0.82%	-	0.82%	-	-
*Total Material Cost of Factory Manufacturing (1,000 Won): 55,696										
Labour Cost	1	Sewage Piping Work	31,462	Possibility (%)	1	2	5	1	-	1
				Cost (1,000 Won)	315	629	1,573	315	0	315
	2	Water Supply Piping Work	18,374	Possibility (%)	1	2	5	1	-	1
				Cost (1,000 Won)	184	367	919	184	0	184
	3	Heating Piping Work	10,481	Possibility (%)	1	2	5	1	-	1
				Cost (1,000 Won)	105	210	524	105	0	105
Reduction of Standard Cost of Labour (1,000 Won)					603	1,206	3,016	603	0	603
Saving Potential compared to Total Labour Cost (%)					0.81%	1.62%	4.06%	0.81%	-	0.81%
*Total Labour Cost of Factory Manufacturing (1,000 Won): 74,320										
Total Saving Cost in Factory Manufacturing of Mechanical Equipment Work (1,000 Won)					603	1,663	3,016	1,059	0	603
Saving Potential compared to Total Mechanical Equipment Work Cost(%)					0.46%	1.28%	2.32%	0.81%	-	0.46%
*Total Mechanical Equipment Work Cost of Factory Manufacturing (1,000 Won): 130,029										

\* Note: I = Pre-fabrication of assembly parts, II = Organization of work methods & processes, III = Automation & mechanization, IV = Standardization of Design & assembly parts, V = Efficiency of design, VI = Reducing Uneconomical Costs & Expenses

합해보면, 공장에서 이루어지는 기계설비 공사의 경우, 여섯 가지의 방법을 동원했을 때, 총 공사금액 130,029천 원을 기준으로 오배수배관공사, 난방배관공사, 급수배관공사에 걸쳐 재료비, 노무비 모두 포함해 5.34%, 6,944천 원의 절감이 가능할 것으로 예측된다<Table 4>.

#### 4.1.3 전기설비 · 전기소방공사

단순한 공종으로 이루어진 전기설비 · 소방공사에서는 각 공사에 대해 동일한 결과가 도출되었는데, ‘자동화 및 기계화’ 방법을 적용했을 때 재료비와 노무비 모두 5%, ‘설계 및 관련 부품의 규격화 · 표준화’의 경우, 재료비 기준 2%, 노무비 기준 1%, ‘작업방법 및 프로세스 체계화’방법은 노무비에서만 2% 절감가능하다고 평가되었다. ‘설계 효율화’(재료비, 노무비 모두 0%)를 비롯해 다른 방법들을 적용 시 특히 재료비 차원에서는 효과가 없을 것으로 판단되었다. 전문가들의 판단에 의해 예상되는 비용 절감액은 공장제작 전기설비 · 소방공사 총금액 82,772천 원 중, 7,877천 원, 9.52%로 나타났다<Table 5>.

### 4.2 현장설치 및 시공분 공사비 절감가능성

#### 4.2.1 건축공사

전문가들은 건축공사 부문의 현장설치 및 시공분에서 여섯 가지 개선 방법에 대한 효과를 높게 보고 있지 않았다. 특히 재료비 측면에서는 ‘설계 및 관련 부품의 규격화(현장설치 건축공사 재료비 총액 기준 0.84%)을 제외하면 공사비 비중이

큰 패널공사, 창호공사, 수장공사, 가설공사 모두에 걸쳐 공사비 절감효과가 없을 것으로 판단했고(0%), 노무비 측면에서도 ‘조립부품 사전 제작화’, ‘자동화 및 기계화’방법과 ‘설계 효율화’방법에 의한 효과는 없을 것으로 예상했다. 이는 공사 자체는 현장에서 이루어지지만 공사의 내용이 현장조립에 의존하는 경향이 크고, 본 연구에서는 토목공사나 RC공법에 의한 하부구조 공사를 제외했기 때문에 발생한 결과라 판단된다. 비용구분으로 보면 ‘작업방법 및 프로세스의 체계화’가 현장설치 건축공사 총 노무비의 1.48%에 해당하는 1,628천 원으로 절감효과가 가장 크며, ‘설계 및 관련 부품의 규격화’에 의한 1,316천 원이 그 다음을 잇고 있다. 요약하면, 현장에서 이루어지는 건축공사의 경우, 작업방법 및 프로세스의 체계화, ‘설계 및 관련 부품의 규격화’, ‘비경제적 불필요 비용 및 경비 절감’등의 방법에 국한하여 현장시공 건축공사 총 공사금액 288,640천 원을 기준으로 약 1.58%, 4,572천 원의 절감이 가능할 것으로 예측되었다. 이때 가장 기회가 큰 공종은 패널공사로 재료비, 노무비 모두 포함해 2,207천 원의 비용절감이 가능하다<Table 6>.

#### 4.2.2 기계설비공사

현장설치 및 시공분 기계설비공사에서도 공사비 절감기회는 낮은 수준으로 평가되었다. ‘조립부품 사전 제작화’, ‘자동화 및 기계화’방법과 ‘설계 효율화’방법에 의한 효과는 현장 건축공사에서처럼 효과가 없을 것으로 평가되었고, 해당 공사의 공사금액과 비교하면 ‘작업방법 및 프로세스 체계화’,

Table 5. Expected Cost Saving Potentials and Amount - Electrical Equipment and Fire-protection Work (Factory Manufacturing and production)

Electrical Equipment & Fire-protection Work (Factory Manufacturing and Production)										
Category	Rank	Type of Work	Cost (1,000 Won)	Possibility / Amount of Cost-Savings	Cost-Saving Method					
					I	II	III	IV	V	VI
Material Cost	Electrical Equipment	10,596	Possibility (%)	-	-	5	2	-	-	
			Cost (1,000 Won)	0	0	530	212	0	0	
	Electrical Fire-protection	2,770	Possibility (%)	-	-	5	2	-	-	
			Cost (1,000 Won)	0	0	139	55	0	0	
Reduction of Standard Cost of Materials (1,000 Won)					0	0	669	267	0	0
Saving Potential compared to Total Material Cost (%)					-	-	5.01%	2%	-	-
*Total Material Cost of Factory Manufacturing (1,000 Won): 13,366										
Labour Cost	Electrical Equipment	46,748	Possibility (%)	1	2	5	1	-	1	
			Cost (1,000 Won)	467	935	2,337	467	0	467	
	Electrical Fire-protection	22,658	Possibility (%)	1	2	5	1	-	1	
			Cost (1,000 Won)	227	453	1,133	227	0	227	
Reduction of Standard Cost of Labour (1,000 Won)					694	1388	3470	694	0	694
Saving Potential compared to Total Labour Cost (%)					1%	2%	5%	1%	-	1%
*Total Labour Cost of Factory Manufacturing (1,000 Won): 69,406										
Total Saving Cost in Factory Manufacturing of Electrical Equipment & Fire-protection Work (1,000 Won)					694	1388	4139	961	0	694
Saving Potential compared to Total Electrical Equipment & Fire-protection Work Cost(%)					0.84%	1.68%	5.00%	1.16%	-	0.84%
*Total Electrical Equipment & Fire-protection Work Cost of Factory Manufacturing (1,000 Won): 82,772										

※ Note: I = Pre-fabrication of assembly parts, II = Organization of work methods & processes, III = Automation & mechanization, IV = Standardization of Design & assembly parts, V = Efficiency of design, VI = Reducing Uneconomical Costs & Expenses

Table 6. Expected Saving Amount – Architectural Construction Work (On-Site Installation and Construction)

Architectural Construction Work (On-Site Installation and Construction)										
Category	Rank	Type of Work	Cost (1,000 Won)	Possibility / Amount of Cost-Savings	Cost-Saving Method					
					I	II	III	IV	V	VI
Material Cost	1	Panel Work	90,614	Possibility (%)	-	-	-	1	-	-
				Cost (1,000 Won)	0	0	0	906	0	0
	2	Temporary Work	20,007	Possibility (%)	-	-	-	1	-	-
				Cost (1,000 Won)	0	0	0	200	0	0
	3	Joiner's Work	11,577	Possibility (%)	-	-	-	1	-	-
				Cost (1,000 Won)	0	0	0	116	0	0
	4	Interior Finishing Work	9,414	Possibility (%)	-	-	-	1	-	-
				Cost (1,000 Won)	0	0	0	94	0	0
Reduction of Standard Cost of Materials (1,000 Won)					0	0	0	1,316	0	0
Saving Potential compared to Total Material Cost (%)					-	-	-	0.84%	-	-
*Total Material Cost of On-site Installation (1,000 Won): 157,393										
Labour Cost	1	Panel Work	32,516	Possibility (%)	-	2	-	1	-	1
				Cost (1,000 Won)	0	650	0	325	0	325
	2	Joiner's Work	28,246	Possibility (%)	-	2	-	1	-	1
				Cost (1,000 Won)	0	565	0	282	0	282
	3	Interior Finishing Work	12,802	Possibility (%)	-	2	-	1	-	1
				Cost (1,000 Won)	0	256	0	128	0	128
	4	Temporary Work	7,824	Possibility (%)	-	2	-	1	-	1
				Cost (1,000 Won)	0	156	0	78	0	78
Reduction of Standard Cost of Labour (1,000 Won)					0	1,628	0	814	0	814
Saving Potential compared to Total Labour Cost (%)					-	1.48%	-	0.74%	-	0.74%
*Total Labour Cost of On-site Installation (1,000 Won): 109,999										
Total Saving Cost in On-site Installation of Construction Work (1,000 Won)					0	1,628	0	2,130	0	814
Saving Potential compared to Total Construction Work Cost (%)					-	0.56%	-	0.74%	-	0.28%
*Total Construction Work Cost of On-site Installation (1,000 Won): 288,640										

\* Note: I = Pre-fabrication of assembly parts, II = Organization of work methods & processes, III = Automation & mechanization, IV = Standardization of Design & assembly parts, V = Efficiency of design, VI = Reducing Uneconomical Costs & Expenses

‘설계 및 관련 부품의 규격화·표준화’, ‘비경제적 불필요 비용 및 경비 절감’ 등의 나머지 방법에 대해서도 절감기회가 각각 1%를 넘지 못하는 수준이다. 한편, 현장 기계설비공사 중 승강기 공사가 재료비 기준으로 보았을 때는 비중이 가장 크고 다른 공종들에 비해서도 전체 비용이 가장 큰 것으로 분석되었음에도 이 공종에 대해서 전혀 절감기회가 없다고 평가된 것은 매우 아쉬운 결과로, 향후 기술적인 개선이 필요할 것으로 판단된다. 현장시공에 의한 기계설비공사의 경우 총 공사금액 118,177천 원에 대해 승강기 공사를 제외한 네 개 공종에 대해 기준으로 0.82%, 967천 원의 절감이 가능할 것으로 예측되었다(Table 7).

#### 4.2.3 전기설비·전기소방공사

현장시공에 있어서도 전기설비, 전기소방공사는 세부 공종의 내역 분개가 이루어지지 않고 단순한 공종으로 다루어지고 있는데, 절감방법과 절감기회의 양상은 기계설비공사의 결과와 동일하게 나타났다. 전기설비공사와 전기소방공사를 합하면, ‘작업방법 및 프로세스 체계화’를 통해 노무비의 1%, 89,000원, ‘설계 및 관련부품의 규격화·표준화’를 통해 재료비, 노무비를 합쳐 1.44%, 230,000원, ‘비경제적 불필요 비용

및 경비 절감’을 적용했을 경우 노무비에서 총 1%, 89,000원의 공사비 절감이 예상된다(Table 8).

#### 4.3 공사별 모듈러 주택 공사비 절감 가능 규모

결과적으로 모듈러 공법의 특성을 적용한 총 6가지 비용절감 방법을 적용했을 때의 공사별 총 절감가능금액은 (Table 9)와 같다. OO단지 모듈러 주택 공사비는 비용절감 방법 중 ‘자동화 및 기계화’방법이 적용됐을 때 절감기회가 가장 컸으며, 절감가능 금액은 약 2,140만 원으로 총 공사금액 대비 1.54% 절감 가능한 것으로 나타났다. 특히 건축공사에서 크게 절감 가능한 것으로 보아 공장 또는 현장에서 자재나 조립품의 절단, 접합, 가공, 이동, 운반, 설치 등의 작업에 대해 선진국 수준의 자동화 및 기계화 설비가 갖춰진다면 수작업으로 진행되는 공정 감소 및 작업 프로세스를 효율화를 기대할 수 있다.

또한 ‘설계 및 관련 부품의 규격화·표준화’ 방법은 총 공사금액 대비 1.29%, ‘작업방법 및 프로세스 체계화’ 방법 적용 시 총 공사금액 대비 1.20% 절감가능하다. 이는 향후에 모듈러 주택의 시공방법이나 생산공정을 체계적으로 개선함으로써 작업동선이 효율적으로 갖춰지고, 모듈러 건축물 전체 작업



Table 7. Expected Cost Saving Potentials and Amount – Mechanical Equipment Work (On-Site Installation and Construction)

Mechanical Equipment Work (On-Site Installation and Construction)										
Category	Rank	Type of Work	Cost (1,000 Won)	Possibility / Amount of Cost-Savings	Cost-Saving Method					
					I	II	III	IV	V	VI
Material Cost	1	Elevator Work	51,767	Possibility (%)	-	-	-	-	-	-
				Cost (1,000 Won)	0	0	0	0	0	0
	2	Water Supply Piping Work	8,608	Possibility (%)	-	-	-	1	-	-
				Cost (1,000 Won)	0	0	0	86	0	0
	3	Sewage Piping Work	8,008	Possibility (%)	-	-	-	1	-	-
				Cost (1,000 Won)	0	0	0	80	0	0
Reduction of Standard Cost of Materials (1,000 Won)					0	0	0	166	0	0
Saving Potential compared to Total Material Cost (%) *Total Material Cost of On-site Installation (1,000 Won): 85,005					-	-	-	0.20%	-	-
Labour Cost	1	Water Supply Piping Work	11,909	Possibility (%)	-	1	-	1	-	1
				Cost (1,000 Won)	0	119	0	119	0	119
	2	Sewage Piping Work	8,753	Possibility (%)	-	1	-	1	-	1
				Cost (1,000 Won)	0	88	0	88	0	88
	3	Interior Gas Piping Work	3,292	Possibility (%)	-	1	-	1	-	1
				Cost (1,000 Won)	0	33	0	33	0	33
	4	Gas Piping Work	2,742	Possibility (%)	-	1	-	1	-	1
				Cost (1,000 Won)	0	27	0	27	0	27
Reduction of Standard Cost of Labour (1,000 Won)					0	267	0	267	0	267
Saving Potential compared to Total Labour Cost (%) *Total Labour Cost of On-site Installation (1,000 Won): 32,941					-	0.81%	-	0.81%	-	0.81%
Total Saving Cost in On-site Installation of Mechanical Equipment Work (1,000 Won)					0	267	0	433	0	267
Saving Potential compared to Total Mechanical Equipment Work Cost(%) *Total Mechanical Equipment Work Cost of On-site Installation (1,000 Won): 118,177					-	0.23%	-	0.37%	-	0.23%

\* Note: I = Pre-fabrication of assembly parts, II = Organization of work methods & processes, III = Automation & mechanization, IV = Standardization of Design & assembly parts, V = Efficiency of design, VI = Reducing Uneconomical Costs & Expenses

Table 8. Expected Cost Saving Potentials and Amount – Electrical Equipment and Fire Protection Work (On-Site Installation and Construction)

Electrical Equipment & Fire-protection Work (On-Site Installation and Construction)										
Category	Type of Work	Cost (1,000 Won)	Possibility / Amount of Cost-Savings	Cost-Saving Method						
				I	II	III	IV	V	VI	
Material Cost	Electrical Equipment	6,069	Possibility (%)	-	-	-	2	-	-	
			Cost (1,000 Won)	0	0	0	121	0	0	
	Electrical Fire-protection	989	Possibility (%)	-	-	-	2	-	-	
			Cost (1,000 Won)	0	0	0	20	0	0	
Reduction of Standard Cost of Materials (1,000 Won)					0	0	0	141	0	0
Saving Potential compared to Total Material Cost (%) *Total Material Cost of On-site Installation (1,000 Won): 7,058					-	-	-	2%	-	-
Labour Cost	Electrical Equipment	4,545	Possibility (%)	-	1	-	1	-	1	
			Cost (1,000 Won)	0	45	0	45	0	45	
	Electrical Fire-protection	4,379	Possibility (%)	-	1	-	1	-	1	
			Cost (1,000 Won)	0	44	0	44	0	44	
Reduction of Standard Cost of Labour (1,000 Won)					0	89	0	89	0	89
Saving Potential compared to Total Labour Cost (%) *Total Labour Cost of On-site Installation (1,000 Won): 8,924					-	1%	-	1%	-	1%
Total Saving Cost in On-site Installation of Electrical Equipment & Fire-protection Work (1,000 Won)					0	89	0	230	0	89
Saving Potential compared to Total Electrical Equipment & Fire-protection Work Cost(%) *Total Electrical Equipment & Fire-protection Work Cost of On-site Installation (1,000 Won): 15,984					-	0.56%	-	1.44%	-	0.56%

\* Note: I = Pre-fabrication of assembly parts, II = Organization of work methods & processes, III = Automation & mechanization, IV = Standardization of Design & assembly parts, V = Efficiency of design, VI = Reducing Uneconomical Costs & Expenses

의 설계에서부터 부품 등까지를 표준화시킨다면 결과적으로 작업기간의 단축과 공사비용절감을 기대할 수 있음을 의미한다고 볼 수 있다. 이러한 방법에 대해 눈여겨 볼 또 다른 부분은 어떤 공종에서 기회가 가장 큰가 하는 것이다. 일반적으로 파레토 분석을 통해 가장 비용규모가 큰 공종에 절감기회가 집중되어있지만, 그렇지 않은 공종에 대해서도 절감기회를 찾아내고 실현시킬 수 있는 기술개발이 필요하다.

Table 9. Total Cost Savings and Possibility of Savings

Category	Savable amount using cost-saving method (1,000 Won)					
	I	II	III	IV	V	VI
Architectural Construction Work	10,264	13,229	14,247	14,974	6,495	4,583
Mechanical Equipment Work	603	1,930	3,016	1,493	0	870
Mechanical Fire-Protection work	0	26	0	202	0	26
Electrical Equipment Work	467	980	2,867	846	0	513
Electrical Fire-Protection work	227	497	1,271	346	0	270
Total savings (1,000 won)	11,561	16,662	21,401	17,861	6,495	6,262
Total savings (%)	0.83%	1.20%	1.54%	1.29%	0.47%	0.45%

※ Note: I = Pre-fabrication of assembly parts, II = Organization of work methods & processes, III = Automation & mechanization, IV = Standardization of Design & assembly parts, V = Efficiency of design, VI = Reducing Uneconomical Costs & Expenses

## 5. 결론

모듈러 주택은 여러 가지 장점이 있음에도 많은 주택 소비자들이 RC구조에 익숙해 있고, 무엇보다 시장의 상황이나 생산체계의 수준 등이 상대적으로 높은 비용을 유발하고 있으므로 경쟁력이 떨어지고 있다. 따라서 본 연구에서는 RC 구조 대비 130% 전후로 형성되어 있어 모듈러 건축물의 경제성 확보가 시급하다는 판단아래, 장기적 관점에서 공사비 절감 기회와 그 방법의 효과를 분석하고자 하였다.

연구 진행을 위해 먼저 ○○단지 공동주택 시범사업을 대상으로 모듈러 주택의 내역서를 공장제작분 및 현장설치분으로 분개하였고, 공종별 발생하는 비용을 재료비, 노무비, 경비로 분류했다. 그 후 효율적인 공사비 절감을 위해 파레토도를 작성하여 비용 누계 80% 내외에 포함되는 핵심 공종을 찾아내고 주요 공사별, 절감 방법별 공사비 절감 기회를 전문가 인터뷰와 설문조사를 통해 분석했다.

그 결과, 공사별, 공종별, 그리고 공장제작에 해당하는 공종인지 또는 현장 작업인지에 따라 서로 다른 양상이 나타났고, 특히 비용절감 방법 중 ‘자동화 및 기계화’방법을 적용했을 때의 절감가능성이 1.54%로 가장 크게 나타났다. 특정 사

업을 대상으로 한 결과이기는 하나, 본 조사를 통해 절감기회를 모두 합산하면 건축공사, 기계설비공사, 전기설비·전기소방공사에 걸쳐 총 80,242천 원의 절감이 가능할 것으로 판단되었고, 이 공종들의 총 공사비인 1,388,584천 원의 5.78%에 해당한다. 이 결과는 실증적인 데이터보다 전문가의 의견에 의존하고 있지만 모듈러 건축의 공사비 절감에 대해 중요한 지향점을 제시하고 있다. 즉, 본 연구의 결과는 특히 집중해야 할 개선방법은 무엇이며, 그 대상 공종은 무엇이어야 하는 가를 보여주고 있다. 따라서 모듈러 건축 관련 기술의 개발과 진행은 단기적이고 기술적인 부분에만 집중할 것이 아니라 장기적인 차원에서 접근하여야 하고 이때 특히 비용절감과 관련된 목표를 설정함에 있어 본 연구의 결과를 활용할 수 있을 것으로 기대한다.

## 감사의 글

본 연구는 국토교통부 주거환경 연구사업 수요자 맞춤형 조립식 주택 기술개발 및 실증단지 구축 사업의 연구비지원 (17AUDP-C068788-05)에 의해 수행되었습니다.

## References

Hwang, J. S., Choi, S. H., Lee, J. S., and Kim, Y. S. (2014). “Development of Bill of Service Framework for Modular Housing Construction.” *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, KICEM, 15(5), pp. 138–146.

KICT (2015). A Study on Activation Plan of Factory Production in Construction field, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology Report.

Kim, D. M., Lee, J. S., Kim, J. H., and Kim, J. J. (2014). “Marketing Strategy and Influential Factors based on the Attributes of Unit Modular System.” *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, KICEM, 15(1), pp. 078–86.

Kim, H. Y., and Kim, Y. S. (2017). “An Analysis of Cost Reduction Potentials for Modular Construction in Korean Housing Market.” *The Architectural Institute of Korea*, AIK, 37(1), pp. 903–904.

Kim, J. W., Kim, Y. S., Kim, Y. S., and Kim, S. B. (2008). “WBS Development for Acquisition and Analysis of Public Housing Productivity Data.” *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, KICEM, 9(5), pp. 86–94.

- KPMG International (2016). How offsite manufacturing can transform our industry, Smart Construction Report, 2016.04.
- Lee, C. J., Wang, W. C., Lee, W. H., and Lim, S. H. (2012). "Study on Modular Construction of Economic Analysis," *The Architectural Institute of Korea, AIK*, 32(2), pp. 99–100.
- Lim, S. H., and Baek, J. H. (2015). "Modular Apartment Housing based on Manufacturing Industry." *Journal of the Korea Institute of Building Construction, JKIBC*, 15(4), pp. 11–23.
- McGraw Hill Construction (2011). Increasing Productivity in the Construction Industry, Prefabrication and Modularization Report, 2011.04.
- Park, K. J. (2005) "The Cost Saving Method on Each Building Phase by Analyzing the Cost Structure." *Journal of the Korea Institute of Building Construction, JKIBC*, 5(1), pp. 97–103.

---

**요약 :** 모듈러 주택은 많은 장점이 있음에도 불구하고, RC구조에 익숙한 소비자들의 모듈러 주택에 대한 낮은 선호도가 모듈러 주택의 높은 공사비를 초래하고 있다. 모듈러 건축물의 공사비는 RC 구조 대비 130% 전후로 형성되어 있어 모듈러 건축물의 경제성 확보가 시급하다. 따라서 본 연구에서는 모듈러 주택의 공종별 절감가능 금액을 산출한 후, 장기적 관점에서의 경제성 분석을 진행하였다. 연구 진행을 위해 모듈러 주택의 내역서를 공장제작분 및 현장설치분으로 분개하여 공종별 발생하는 재료비, 노무비, 경비를 비교·분석을 진행했다. 그 후 파레토도를 작성하여 비용 누계 80% 내외에 포함되는 핵심 공종을 찾아 공사비 절감 가능 대상으로 선정하였다. 국내 모듈러 건축의 시장규모가 일본, 유럽 국가 등 모듈러 선진국 수준과 비슷하다는 가정하에 전문가 인터뷰를 통해 모듈러 공법의 특성을 반영한 비용절감 방법을 설정하였고, 모듈러 업체 전문가를 대상으로 한 설문조사를 통해 비용절감 방법을 적용했을 때의 공종별 절감 가능 금액을 산출하고, 총 절감가능 금액을 산출했다. 비용절감 방법 중 '자동화 및 기계화'방법을 적용했을 때의 절감가능성이 1.54%로 가장 큰 것을 알 수 있었고, 국내 모듈러 생산 과정이 전자동화 및 기계화가 된다면 공사비 절감 뿐만 아니라 공기 단축도 기대해 볼 수 있다고 판단한다.

**키워드 :** 모듈러 공법, 파레토도, 공사비 절감

---