건물 유형별 사례분석을 통한 모듈러 공법 수요창출 방안 수립

A Study on the Strategy for Creating Demand of Modular Construction through Case Analysis by Building Type

김 동 수*
Kim, Dong-Soo

김 경 래**
Kim, Kyung-Rai

차 희 성***
Cha Hee-sung

신 동 우****
Shin Dong-woo

Abstract

It has been seriously difficult to create demand of modular construction because Korean modular method has been considered as container house or lightweight steel house. Actually, barrier factor of modular construction for activation was difficult to produce modular continuously in factories based on stable amount of demands. So, this research found successive factors of modular construction and proposed the method of demand creation through a plethora of case analysis by building types. In addition, this research found the scale of modular potential market. Owners will be able to use this strategy that is proposed in this research when they make a decision about construction system. Also, the modular construction can make potential market in Korea. As a result, modular system producer can make their business strategies and make continuous demand by conjugating the method of creating demand for modular construction which is proposed in this research.

Keywords : *Modular, Case analysis, Creating demand*

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

국토해양부에서는 2010년 크루즈형 주택을 공업화 주택으로 인정 고시하면서 공업화 주택의 활성화의 기초를 제시한바 있다. 더욱이 건설 산업은 기존의 노무 중심의 시스템에 대한 한계를 드러내면서, 새로운 시장의 창출과 건설 산업의 발전을 위한 방안 마련이 필요하다. 모듈러 공법의 활성화를 위해서는 대량생산과 지속적인 생산이 이루어져야 모듈러 공법의 특성인 공기단축과 공사비 절감, 고품질 등의 효과를 볼 수 있다. 모듈러 공법은 건축물의 고품질화, 친환경성 향상, 비용절감

등의 발주자의 다양한 요구를 충족시킬 수 있을 것이라고 평가되고 있으나, 국내에서는 고층화, 생산의 자동화, 공정관리 등 기술적인 측면에서는 다양한 연구가 진행 중이나, 모듈러 공법이 정착된 미국이나 유럽 등에 비해 연구가 미비한 실정이다. 더불어 수요의 부족으로 인한 한시적인 모듈러 생산은 기술 발전을 지속적으로 수행할 수 없는 저해요인이 되고 있으며, 타 공법에 비해 모듈러 공법에 대한 수요자의 인식조차 미흡한 실정이다. 지속적인 수요창출을 위해 해외의 모듈러 공법 성공사례 분석을 통하여 모듈러 공법 성공요인을 도출, 건물 유형별 성공 요인을 분석하여 국내 모듈러 공법의 수요창출 방안을 제안하는데 그 목적이 있다.

* 일반회원, 아주대학교 대학원 건축공학과 석사, harriskd@ajou.ac.kr

** 중신회원, 아주대학교 건축공학과 교수, 공학박사(교신저자), kyungrai@ajou.ac.kr

*** 중신회원, 아주대학교 대학원 건축공학과 교수, 공학박사, hscha@ajou.ac.kr

**** 중신회원, 아주대학교 대학원 건축공학과 교수, 공학박사, dshin@ajou.ac.kr

1.2 연구의 범위 및 방법

모듈러 공법의 활성화를 위해서는 시장, 기술, 정책 부문 등 건설 산업에 관련된 전 분야의 개선이 모두 필요하다고 판단되지만 본 연구에서는 해외 모듈러 성공사례 분석을 통하여 국내 모듈러 시장을 고려한 건물 유형별 수요창출 방안을 제안하고자 한다. 다양한 성공사례 분석을 통하여, 해외 사례의 모듈러 공법 성공요인을 도출하고, 도출된 성공요인의 대표적인 사례를 분석, 우리나라 시장상황에 부합할 수 있는 수요창출 방안을 제안한다.

본 연구는 다음과 같은 절차와 방법으로 진행한다.

- (1) 우리나라 모듈러 시장의 현황을 파악하고, 사례분석을 통한 문제점 도출.
- (2) 미국과 유럽의 사례 조사를 통하여, 모듈러 공법이 적용된 건물 유형과 성공요인 조사
- (3) 건물 유형과 성공요인 분석을 통한 건물 유형별 성공요인 도출
- (4) 우리나라 시장상황을 적용, 우리나라 모듈러 공법의 수요창출 방안을 제안.
- (5) 유형별 시장 규모를 예측하여 적용가능성을 판단.

그림 1. 연구 프로세스

2. 이론 고찰 및 현황 분석

2.1 모듈러 건축의 개요

모듈러 건축시스템은 공기단축, 건축물의 이동 및 재사용, 공사비 정감을 목적으로 미국과 일본 등에서 이미 보급된 공업화 건축 시스템으로서 현장에서 시공하는 기존의 시스템과는 달리 공장에서 다수의 입방체로 구성되는 구조체로 내부에 각종 내장재, 기계설비, 전기배선 등을 미리 시공하고 이를 현장에 운반하고 조립하여 완성하는 건축시스템을 말한다. 모듈러 건축시스템의 적용 시, 기대 효과로는 우선 건축구성재의 부품화, 조립화를 통해 공사기간 단축 및 현장 인건비 절감이 가능한데, 기존의 습식 공법에 비해 모듈러 건축 시스템의 현장 작업률은 약 20%로 공사기간 및 인건비 절감이 가능하다. 또한 총공사비 중 인건비가 50%인 기존 공법에 비해 모듈러 건축시스템은 인건비 20%, 부재 및 설비비 80%로 고기능, 고부가가치 제품으로 수익성 증대를 기대할 수 있다.

2.2 국내 모듈러 시장의 현황

우리나라는 2003년 학교시설의 증축공사를 시작으로 군시설, 오피스, 주거시설 등의 용도로 모듈러 공법을 활용하고 있다. 하지만 다양한 건축물에 적용되지 못하고 교육시설과 군시설에 집중적으로 적용되고 있음을 알 수 있다.

표 1. 국내 모듈러 건축물 수 (2010년 기준)

유형	건물 수	비율
주거시설	1	6.25%
교육시설	5	31.25%
오피스	3	18.75%
군시설	6	37.50%
공공기관	1	6.25%
합계	16	100%

그림 2와 같이, 2010년부터 성장한 모듈러 시장은 2011년에는 군시설에, 2012년에는 수출용 모듈러에 집중함으로써, 모듈러 시장이 확대되었다. 더욱이 소형 가구의 증가 등에 따라, 도시형생활주택 활성화 정책이 본격 추진됨에 따라, 공기단축의 효과가 뛰어난 모듈러 건축시스템이 민간부문의 소형주택에 적용되는 사례가 늘어날 것으로 예측된다.

그림 2. 국내 모듈러 건축 시장 규모 추정

3. 모듈러 공법의 사례조사 및 분석

3.1 개요

사례 분석은 국내 사례와 해외사례로 구분하여 수행하였다. 국내 사례의 경우 국내 모듈러 기업이 2003년부터 2010년 까지 수행되었던 프로젝트 16건을 바탕으로 수행하였다. 해외 사례의 경우, ENR 자료를 바탕으로 미국 모듈러 기업 중 가장 활성화 되어 있는 기업과 영국의 대표적인 기업을 각 2개씩 선정하여, 총 148건의 사례 분석을 수행하였다.

3.2 조사 내용

3.2.1 모듈러 공법 적용 건물 유형 사례 분석

건물 유형은 미국 모듈러 협회(MBI)의 모듈러 건물 유형의 분류를 따른 것으로, 조사된 건물유형은 주거시설, 교육시설, 오피스, 군 시설, 공공기관, 도서관, 병원시설, 은행시설, 상업시설, 산업시설, 총 10개 유형으로, 각 회사별 모듈러공법이 적용된 건축물의 유형분포는 아래 그림 3과 같다.

그림 3. 국내외 모듈러 공법 적용 건물 유형 분포

국내의 경우, 교육시설(5건, 31.3%)과 군 시설(6건, 37.5%)이 약 68.8%를 차지하고 있다. 반면 미국의 W사의 경우, 병원 시설 오피스 교육시설, 은행시설 순으로 비율이 높게 나타났으며, 영국 Y사는 병원시설 교육시설 상업시설 순으로 높게 나타났다. 미국 M사는 교육시설, 주거시설이 높은 비율을 보였으며, 영국의 C사는 주거시설 상업시설, 교육시설 순으로 비율을 나타내었다. 해외의 경우에는 교육시설과 군 시설, 병원시설과 같이 평면이 반복적인 형태를 보이는 건축물 외에도 오피스, 상업시설, 은행시설 등 다양한 건축물 유형에 모듈러 공법이 적용되고 있음을 알 수 있다.

3.2.2 모듈러 공법 성공 요인 사례조사

여기서 성공요인이라, 발주자의 요구사항을 충족시키기 위한 요인 또는 모듈러 공법을 선택한 이유를 성공요인이라 할 수 있다. 모듈러 공법 성공요인은 148개의 사례를 중심으로 발주자의 인터뷰와 회사의 자체보고서를 바탕으로 분석하였으며, 모듈러 공법의 성공요인은 총 9개로 아래 표 2와 같이 정리되었다.

표 2. 모듈러 공법 성공요인

구분	성공요인	내용
1	이동성능	- 건물의 해체 및 재설치가 용이
2	용 통 성	- 모듈 추가 및 제거가 용이
3	공기단축	- 기존 방식 대비 50% 이상 단축
4	품질관리	- 주요 구성재료의 공장생산으로 인한 고품질 달성
5	설계성능	- 동일한 평면의 반복적 사용
6	안 전 성	- 현장 인력 최소화로 인한 현장 통제가 용이
7	적 용 성	- 층고 및 형태에 의한 제한
8	경 제 성	- 공기단축과 재사용 등을 통한 비용절감 효과
9	친환경성	- 친환경 자재 사용을 통한 에너지 효율 향상, 폐기물 저감 효과

조사한 각 회사별 사례에서 발주자 또는 사용자가 모듈러 공법의 성공요인의 분포는 아래 그림 4와 같다. 모듈러 공법을 선택한 성공요인의 사례 수의 분포를 보여주는 그래프로, 우리나라의 경우 설계성능 즉, 반복적인 평면에 대한 특성이 높은 비중을 차지하였고, 그 다음으로 이동성능과 공기단축이 선정되었다. 해외사례의 경우, 공통적으로 공기단축의 비중이 가장 높았으나, 용통성(증축의 용이성), 이동성능, 친환경성, 경제성 등 다양한 요인들이 성공요인으로 조사되었다.

표3은 그림 4의 회사별 분포를 적용 건축물 유형별 성공요인 분포를 변환하여, 중요도를 파악한 것으로, 전반적으로 공기단축이 가장 큰 성공요인으로 나타났다. 주거시설의 경우 26개 프로젝트 중 23개(88.5%)의 프로젝트가 공기단축을 이유로 모

표 3. 적용 건축물 유형별 성공요인 중요도

	프로젝트 수	이동성능	융 통 성	공기단축	품질관리	설계성능	안 전 성	적 용 성	경제성	친환경성
주거시설	26	7.7%	3.8%	88.5%	3.8%	65.4%	0.0%	15.4%	61.5%	26.9%
교육시설	38	15.8%	36.8%	55.3%	5.3%	7.9%	2.6%	15.8%	47.4%	50.0%
오피스	19	57.9%	10.5%	63.2%	5.3%	26.3%	5.3%	15.8%	68.4%	21.1%
병원시설	45	13.3%	44.4%	48.9%	2.2%	4.4%	2.2%	6.7%	26.7%	24.4%
상업시설	18	38.9%	22.2%	61.1%	5.6%	16.7%	5.6%	5.6%	22.2%	16.7%

그림 4. 국내외 모듈러 공법 성공요인

둘러 공법을 선정하였으며, 교육시설의 경우 공기단축(55.3%)와 친환경성(50.0%)이 높은 이유로 나타났다. 오피스 시설은 공기단축과 경제성, 병원시설은 융통성과 공기단축, 상업시설의 경우 공기단축이 중요도가 높게 나타났다.

3.3 사례 분석 결과

사례 조사 시 분류하였던, 공공시설, 군 시설, 은행, 산업시설은 유형의 특성을 고려하여, 공공시설은 오피스로, 군 시설은 주거시설로, 은행은 오피스로 조정하여 중요도를 도출하였으며, 산업시설의 경우 표본 수가 적어 제외시켜, 146건의 사례에 대해 정리하였다. 건물의 유형과 성공요인의 상관관계에서 공통적으로 공기단축이 가장 높은 상관관계를 보이고 있었으며, 표 3에서 보듯이 공통적으로 높은 공기단축을 제외하고, 건물 유형별로 성공요인이 다른 특성을 보이고 있어, 대표적인 사례분석을 통하여 건물 유형별 성공요인 적용에 관하여 분석의 필요성이 있다고 판단된다.

4. 성공요인에 따른 건물 유형별 사례분석

사례분석에서 가장 많은 분포를 보이며, 우리나라에 적용 가능성이 가장 높은 3개 유형에 대해서만 사례분석을 수행하였다. 모든 건물 유형을 분석하는 것도 의미가 있지만, 적용 가능성이 높은 유형에 대해 전략적인 분석 및 적용이 필요하기에, 주거시설, 교육시설, 병원시설에 대해서만 분석하기로 한다.

4.1 주거시설

주거시설 유형에서 순위가 높은 성공요인은 공기단축, 설계성능, 경제성으로 Indiana Institute of Technology의 Evans Kimmel Hall은 생활공간과 공용공간의 평면을 동일하게 사용함으로써 설계 성능을 향상시켰으며, 설계안 반복 사용과 동일한 평면의 반복사용을 통하여 공기를 단축시켰다. 생산성 향상을 통하여 경제성을 향상시킨 대표적인 주거시설 사례로, 방학 중 공사를 완료하고, 예산 내에서 공사를 수행하고자 하는 학교 측의 요구에 따라 공기단축과 경제성 확보가 가능한 모듈러 공법을 적용하였다. 그림 5에서 보듯이 설계 성능이 높은 Evans-Kimmel Hall 프로젝트의 설계안을 다른 프로젝트에 활용함으로써, 공기단축 효과가 더 크게 나타남을 볼 수 있다. Evans-Kimmel Hall의 설계안이 그대로 적용된 2개의 프로젝트와 내부벽체의 위치변화와 공용공간의 모듈을 다르게 배치한 1개의 프로젝트로 총 3개의 프로젝트에 활용되었다.

설계안을 그대로 적용한 Frank Hall과 Anne Oropeza Hall은 기존 Evans-Kimmel Hall에 비해 모듈 제작 및 공사기간을 90일에서 50일로 줄여 45%가 단축되었음을 알 수 있다. Florida State University의 Rogers Hall은 Evans-Kimmel Hall 규모보다 큰 2,900㎡이나, 모듈 제작 및 공사기간은 90일로 동일하다. 생산성을 비교하면 21㎡/일에서

그림 5. 설계안의 타 프로젝트 활용

53%향상된 32.2㎡/일이 됨을 알 수 있다. 동일한 모듈러 설계안의 반복사용은 설계 성능을 향상시키고, 공기단축을 최대화함으로써 주거시설에 모듈러 공법의 적용가능성을 향상시켰다. 모듈러 공법의 활성화를 위해 설계 성능이 최적화된 설계안을 통한 공기단축과 경제성 향상을 위한 대안이 필요하다고 판단된다.

4.2 교육시설

교육시설의 모듈러 공법의 성공요인은 공기단축, 친환경성, 경제성, 융통성으로 분석되었으며, 그 대표적인 사례로 Old Redford Academy를 들 수 있다. Old Redford Academy는 미국의 대표적인 교육시설의 형태를 보이고 있으며, 지상 2층 규모로 교실은 총 28개 실로 구성되며, 장모듈과 단모듈, 즉 2개 타입의 모듈을 기초로 변형된 모듈과 계단모듈을 활용하여 구성되어 있다. Old Redford Academy의 요구에 따라 단순한 평면을 피하면서, 공기단축과 경제성, 융통성을 가질 수 있도록 모듈러 공법을 설계 모듈 조립 및 시공되었음을 알 수 있다.

그림 6. 모듈 개념 평면도 및 배면도

그림 6 모듈 개념 평면도 및 배면도에서 보듯이, 장모듈과 단모듈, 2개 타입을 기반으로 평면을 구성함으로써, 평면과 입면의 다양성을 부여하면서도, 최대한 모듈을 단순하게 구성하여 모듈의 제작과 시공기간을 단축하여 공기단축을 극대화하였다. 이후, 학교 증축에 대비하여, 가장 외부에 계단 모듈을 위치시켜 모듈의 위치 변경과 새 모듈 접합으로 증축이 가능하도록 설계되었다. 모듈러 공법의 활성화를 위해서는 타입화 된 모듈의 배치와 조합을 통하여, 단순한 모듈러 건축물에 다양성을 부여하면서, 공기단축과 경제성 향상을 위한 방안이 제고될 필요가 있다.

4.3 병원시설

병원시설의 성공요인은 공기단축, 융통성, 경제성 친환경성으로 나타났다. Plainview MRI 프로젝트는 모듈러 공법을 적용한 병원프로젝트 중에서 공기단축과 융통성의 특징을 가장 잘 보여주는 대표적인 사례이다. 기존의 지상2층 규모의 병원시설에 1개층 수평 증축을 통하여, 병원시설 중 부족했던 별도의 MRI실을 시공한 사례이다. 그림 7은 Plainview MRI 프로젝트의 모듈러 개념 평면도와 입면도이다.

그림 7. 모듈러 증축 개념 평면도 및 입면도

미국의 경우에는 2010년 신축된 병원 시설의 49%가 모듈러 공법 또는 프리패브 공법으로 시공되었으며(Smart Market Report 2011), 연구과정에서 조사한 병원시설의 사례는 전체 사례의 28%를 차지하고 있음을 알 수 있다. 모듈이 공장에서 제작되는 동안 기존 건축물 외부에 증축 부분의 기초 작업을 수행하고, 모듈의 현장 반입과 동시에 기존 건축물의 일부를

철거하여, 연결함으로써 기존 건축물 운영 중단을 최소화하고, 공사기간을 단축시켜 경제성까지 확보할 수 있다. 하지만 우리나라의 경우, 수직증축 또는 신축과 다른 형태의 수평증축 사례 있을 뿐, Plainview MRI 프로젝트와 같은 기존 건축물에 부착하는 형태의 증축 사례가 없으며, 증축 기술 또한 부족한 실정이다. 모듈러 공법의 증축시장 진출을 위해서는 기존 건축물의 스펠과 구조형식에 관계없이 적용 가능한 모듈러 증축 기술에 대한 연구가 필요하다고 판단된다.

5. 수요창출 방안 제안

5.1 주거시설

우리나라의 일부 주거형태를 살펴보면, 대학교 주변의 많은 원룸형태의 다세대 주택의 경우 동일한 평면을 가지고 있을 뿐만 아니라, 한명의 건축주가 여러 채의 다세대 주택을 보유하거나 동일한 설계안으로 건물을 짓는 경우가 많아, 설계안의 반복적 활용으로 설계 성능과 경제성을 향상시키고, 공기단축이 가능하다. 또한 대학교 기숙사 시설의 경우 동일한 형태의 건물을 반복적으로 시공하므로 모듈러 공법의 적용 가능성이 높다. 이렇듯 설계 성능이 높은 원룸형태의 다세대 주택이나, 도시형 생활주택, 대학교 기숙사 시설은 모듈러 공법의 타겟 마켓으로 기대할 수 있다.

그림 8. 유사한 형태의 A대학교 기숙사

설계안의 반복적 활용을 위해서는 표준화 모듈의 생산이 필요하다. 표준화 모듈은 회사 자체적인 모듈의 규격을 규정하고, 설계 전 단계에서 기본적인 구조체를 생산하고, 설계 후에 설계안에 맞도록 그 외 공정을 진행하는 것을 의미한다. 기존의 방식은 주문-생산에 의한 클로즈드 생산방식이었으나, 표준화 모듈의 생산은 오픈 생산방식으로 구조체 생산을 미리 수행함으로써 1개 모듈 생산시간 600분 중 구조체 생산시간 185분으로 단축이 가능하다. 그림8은 소형 주거시설의 표준화 모

그림 9. 소형 주거시설 표준화 모듈

그림 10. 소형 주거시설 표준화 모듈 적용 결과

듈로 설계 전 단계의 기본적인 구조체 생산물이 되겠다.

그림10은 그림9의 표준화 모듈을 기본으로 도시형 생활주택과 기숙사에 적용 가능한 모듈을 구성한 것이다. 여기서 표준화 모듈이 갖는 의미는 모듈의 생산과정에 있어서, 동일한 규격의 모듈의 반복적인 생산은 노동자의 숙련도를 향상시켜 생산성향상을 통한 공기단축에 효과가 있을 뿐 아니라, 동시에 품질의 향상이 가능하다.

우리나라의 모듈러 생산 및 시공 공정을 간략히 정리하면, 설계 모듈 생산 조립 및 시공으로 정리 할 수 있다. 기존 설계안의 활용은 첫 번째 단계인 설계 단계의 기간을 줄여주고, 기존 설계안을 활용함으로써 설계비용을 절감할 수 있는 장점이 있다. 또한 이러한 표준화 모듈을 통한 설계안의 반복사용은 공기단축 뿐만 아니라, 설계 성능을 향상 시키고, 이에 따라 경제성 향상이 가능하다. 모듈러 공법의 장점을 부각시킬 수 있는 이 방안은 발주자의 인식을 바꿀 수 있는 계기가 될 것이라고 생각한다.

5.2 교육시설

교육시설에서 모듈러 공법 활성화를 위해서는 앞서 도출된 성공요인인 공기단축, 친환경성, 경제성, 융통성 향상방안으로 단모듈 장모듈 형식의 타입별 모듈의 개발이 필요하다. 단모듈 장모듈 타입의 모듈은 단순한 모듈러 건축물의 평면과 입면

에 다양성을 부여하면서, 기존 공법 대비 공기를 단축시키고, 공기단축을 통한 경제성 향상이 가능하다. 그림 11은 서울의 S 초등학교 모듈 개념 평면도와 입면도로 모듈러 수평증축의 대표적인 사례이다. 하지만 기존 건축물에 측면에 신축의 형태로 시공되고, 신축된 모듈러 건축물과 기존 건축물을 브릿지로 연결한 형태로 수평증축이라 하기에는 한계점이 있다. 총24개의 모듈로 구성된 교육시설로, 기존 교육시설의 형태와 동일하게 단순한 입면과 평면 형태이다.

그림 11. 서울 S초등학교

그림 12는 서울 D 초등학교 지상 4층의 수직증축 사례로, 총 30개의 모듈로 구성되어 있으며, 기존 건축물의 스패를 고려하여 기존 건축물과 동일한 스패로 모듈의 규격이 설정되었다. 기존 건축물과의 통일성은 가지되, 기존 건축물의 입면과 평면을 그대로 사용함으로써 상당히 단순한 형태이다. 하지만 최근 교육시설의 설계안은 기존의 교육시설의 형태와는 달리, 입면과 평면에 상당한 다양성을 가지고 있어, 이러한 동향에 부합하는 모듈러 공법 교육시설 설계방안이 필요하다. 다양한 평면과 입면을 표현할 수 있는 모듈러 설계안은 이전보다 교육시설에 대한 적용가능성이 높아질 것이며, 그에 따라 수요의 증가도 기대할 수 있을 것이라 판단된다.

그림 12. 서울 D초등학교

그림 13은 현재 공사 진행 중인 거제 J중학교 BTL 사업 도면으로 연면적 7,056㎡의 교육시설로, 총 공사기간 360일, 총 공사금액 140억 원의 프로젝트이다. 평면도와 입면도에서 보듯이 기존 교육시설과는 달리 평면과 입면이 다양함을 알 수 있다.

그림 13. J중학교 평면도 및 입면도

그림 14는 모듈러 공법을 적용한 J중학교의 모듈러 개념 평면도 및 입면도로 타입화된 모듈(단모듈 : 4.2m 8.4m, 장모듈 : 4.2 11.1m)의 적용하였다. Old Redford Academy의 시공생산성(34.68㎡/일)을 적용한 공사기간은 기존 공법 대비 43.61% 감소한 203일, 기존 문헌의 모듈러 공법 비용의 비율(김균태 2007)로 계산한 결과는 1.705% 증가한 142.38억 원으로 산출되었다.

그림 14. J중학교 모듈러 개념 1층 평면도 및 입면도

표 4. 기존공법과 모듈러 공법 적용 결과

구분	기존공법	모듈러 공법	증감비율
연면적	7,056㎡	7,056㎡ 총172개 모듈	-
공사기간	360일	203일	-43.61%
공사금액	140억 원	142.38억 원	+1.705%

BTL사업임을 감안할 때, 단축된 공기는 증가된 공사금액에 비해 큰 효과가 있을 것이라 판단된다. 이렇듯 교육시설의 단 모듈 장모듈 타입을 적용은 공기 단축이 가능하고, 차후 학생 수의 증가로 인한 증축이 가능하며, 학생 수 미비로 인한 학교 규모 축소 시에도 일부 모듈을 철거함으로써 학생 수 변동에 대해 기존 공법에 비해 유연하게 대처할 수 있을 것이다. 따라서 최근 교육시설 설계에 적용 가능한 단모듈 장모듈 타입의 설계안은 모듈러의 특성을 활용한 교육시설의 신축이나 증축에 대해 활용가능성이 충분하며, 공기단축, 융통성, 경제성 측면에서 보다 향상된 결과를 예상할 수 있다.

5.3 병원시설

해외의 경우 병원 건축물 신축 또는 증축에 모듈러 공법 적용이 활발하나, 우리나라의 경우 미비하다. 우리나라에서 신축되는 병원 건축물 경우에는 규모가 상당하여 현재 기술수준으로는 모듈러 공법의 적용이 어려운 상태이다. 하지만 기존 병원 건축물의 협소한 공간으로 인하여 증축 소요가 많아지고 있는 추세이며, 부족한 기술력의 확보를 통한 모듈러 공법 증축 기술에 대한 개발이 필요하다.

대표사례에서 보듯이, 증축에 모듈러 공법을 적용할 경우, 병원을 지속적으로 사용하면서, 증축할 부분에 대해 기초공사를 수행하면서 모듈을 제작하여, 연결할 부분에 대해 단기간에 철거하고, 모듈을 조립함으로써 병원의 지속적인 운영에 전혀 피해를 주지 않고 증축을 할 수 있다. 그림15에서 보듯이 기존방식은 모듈러 건축물을 시공하고 현장시공을 통해 연결하였으나, 해외의 경우에는 증축부분과 기존건물을 직접 연결하여 증축을 수행하고 있으며, 이러한 방식에 대한 기술개발이 필요한 실정이다.

그림 15. 기존 증축방식과 해외 사례의 증축방식

기존 해외 사례를 보면 면내 접합방식을 통하여 접합하였으나, 이 방식은 별도의 마감공정이 필요하다. 이에 본 연구에서는 보와 보를 연결하는 접합에서 인접접합 방식을 통한 접합방식을 제안한다.

그림 16. 인접 접합을 활용한 접합 방식

인접 접합을 활용한 접합 방식은 모듈러 구조체의 보를 캔틸레버 보로 접합하여 연결되는 부분의 마감공정을 공장 제작 시에 시공할 수 있도록 하여, 현장 마감공사 기간을 최소화 하고, 기존 건축물의 사용을 지속적으로 할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 모듈러 공법을 활용한 건축물의 증축은 기존 공법에 비해 기존 건축물에 대한 운영 측면이나 구조적 측면에서 영향이 적다는 장점이 있다. 모듈러 공법 증축시장의 활성화를 위해서는 지속적으로 위와 같은 기존 건축물과 증축모듈러의 접합에 관한 기술이나, 모듈러 공법을 활용한 증축 공사 프로세스에 대한 연구가 필요하다.

6. 모듈러 공법 적용을 위한 잠재시장 파악

6.1 주거시설

그림 17에서 보듯이, 도시형 생활 주택의 경우, 2011년 4월부터의 인허가 실적을 확인한 결과, 월별 증가율의 편차는 크나, 전월 대비평균 증가율 3.67%로 지속적인 증가 추세를 보이고 있다. 신축되는 도시형 생활 주택의 10% 정도만이 모듈러 공법을 적용한다고 가정하였을 때, 약 12,000호의 도시형 생활 주택 시장형성이 가능하다고 기대할 수 있다.

그림 17. 월별 도시형 생활주택 인허가 실적 및 증가율

또한 대학교 기숙사 시설의 경우 2012년 착공되었거나, 2013년 착공예정인 대학교 기숙사의 시장은 표 5에서 보듯이 총 1,515억 원의 규모를 보이고 있다. 최근 많은 대학교들의 주거시설 개선을 위한 노력을 비추어 볼 때, 대학교 기숙사에 대한 모듈러 공법의 시장 형성은 충분히 가능할 것이라고 판단된다.

6.2 교육시설

교육시설은 교육과학기술부 교육통계서비스의 자료를 바탕으로 시장규모를 확인하였다. 교육시설은 매년 2.59%의 증가율을 보이면서 2012년도에는 누적 건축면적이 98,051,829㎡를 보이고 있다.

그림 18. 초·중·고등학교 전체 건축면적 및 증가율(누적)

주거시설에 비해 교육시설에 타입화된 모듈의 적용 가능한 시장의 규모가 작으나, 교육시설의 경우 주거시설에 비해 평면의 반복정도가 높아, 모듈러 시장의 형성이 가능할 것이라고 판단된다.

6.3 병원시설

병원시설도 마찬가지로 병원 증축에 관한 통계자료의 부재로 인하여, 2012년 착공한 병원 증축공사의 연면적과 공사금

액을 조사하여, 잠재적 시장에 대해 확인하였다. 표 5에서 보듯이, 2012년에는 총 1044.7억 원 규모의 병원 증축공사가 이루어 졌다.

표 5. 2012년 착공 병원 증축 공사 현황

구분	연면적(㎡)	공사금액(억 원)
김해중앙병원	9,256.0	115.7
포천병원	7,840.0	98.0
고려대학교 안산병원	16,000.0	200.0
창원산재병원	12,560.0	157.0
충주노인전문병원	4,495.0	56.0
청주성모병원	4,950.0	62.0
건양대병원	1,425.6	18.0
아주대병원	26,884.0	338.0

2012년 증축 공사 현황으로 추론해보건대, 기존 건축물과 모듈러 접합기술 개발을 통한 모듈러 공법의 증축기술은 병원 증축 시장에 대해 잠재적인 시장의 형성 가능하다고 생각한다.

7. 결론

7.1 연구 결과

안정적인 수요를 창출하는 것은 모듈러 공법 활성화를 위한 필수적인 요소로, 안정적인 수요를 창출하기 위해서는 기존에 군 시설과 교육시설에 집중되었던 적용의 범위를 확장하여, 주거시설, 병원시설 등 다양한 건물 유형에 적용해야 한다. 다양한 건물 유형으로 적용 범위를 넓히기 위해서는 해당 건물 유형에 적용 가능한 전략적인 기술개발이 필요하다. 이에 본 연구에서는 해외 모듈러 공법의 사례분석을 통하여, 모듈러 공법의 건물 유형별 성공요인을 도출하고, 건물 유형별 대표적인 사례 분석을 통하여 건물 유형별로 필요한 기술개발을 제안, 최종적으로는 모듈러 공법의 활성화를 통한 수요창출 방안을 제안하였다. 주거시설의 경우, 주거시설 표준화 모듈개발을 통하여 설계 안의 반복적인 활용이 공기단축과 설계 성능 향상, 그리고 경제성을 확보할 수 있는 방안으로 제시하였고, 원룸형 주택과 기숙사에 적합한 표준화 모듈을 제안하였다. 교육시설의 경우 장모듈 - 단모듈의 타입화 된 모듈 기술 개발이 공기를 단축시키고, 경제성을 확보하면서도 추후 증축소요에 대해 유연하게 대처할 수 있는 융통성을 확보할 수 있는 방안이다. 병원시설의 경우, 신축보다 증축의 소요가 많아, 증축기술에 대해 제안하였다. 기존 접합 방식인 면내 방향 접합을 개선하여, 일부 부재의 형태를 바꾼 인접 접합 방식을 통하여, 기존 건축물과 증축 모듈 간의 현장 시공을 최소

화, 기존 건축물을 지속적으로 사용하고, 사용자의 불편함을 줄일 수 있도록 제안하였다.

잠재적 시장 형성을 통한 기술 개발은 주거시설, 교육시설, 병원시설에 대한 모듈러 공법의 적용을 통한 활성화가 가능하며, 기존에 적용하지 않았던 상업시설이나 업무시설 등 다양한 건물 유형으로 확대하여 적용함으로써, 모듈러 공법의 활성화를 도모할 수 있을 것이다.

7.2 기대효과 및 연구의 한계점

우리나라 모듈러 3개 기업이 1일 생산량 10개 모듈을 250일 동안 생산한다고 가정하였을 때, 연간 7,500개의 모듈을 생산할 수 있다. 예측된 도시형 생활주택에 대한 모듈러 시장이 12,000호 규모일 때, 공장의 지속적인 생산이 가능하며, 지속적인 생산은 지속적인 투자를 가능하게 할 것이다. 이러한 지속적인 투자와 생산은 모듈러의 고품질화와 경제성 확보, 친환경 경성 향상을 기대할 수 있으며, 더불어 공장의 지속적인 가동은 고정적인 노무인력의 수요로 이어져 건설 산업 고용 안정화에 기여할 것이다.

본 연구에서는 미국과 영국의 대표적인 모듈러 기업의 사례를 조사하였으나, 일부 건물 유형의 사례가 충분하지 않아, 분석 과정 중 제외시키고 분석을 수행하였다. 모듈러 공법의 근본적인 수요창출 방안을 제안하기 위해서는 해외 모듈러 건축물에 대한 전반적인 사례조사가 뒷받침 되었을 때, 보다 정확한 수요창출 방안이 제시될 수 있을 것이라고 생각된다. 더불어 건물유형에 대한 통계자료의 부족으로 정확한 잠재적 시장 예측 제한적으로 수행된 부분이 한계점으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 한국 연구 재단 기본 연구 지원 사업 (2010-0023896) 결과의 일부임.

참고문헌

- 김갑득 (2009). “OSM 공법을 적용한 저비용 주택시스템 개발 연구”. 대학건축학회 논문집, 제25권 제6호
- 김균태 · 이영호 (2007). “생애주기비용 분석을 통한 유닛모듈러 공법의 경제성 평가”. 대한건축학회 논문집, 제27권 제12호, pp. 208~209
- 박재식 · 박태근 (2006). “모듈러 공법의 적용한 군시설 공사의 개선방안에 관한 연구”. 정기학술발표대회, 제6권, 한

국건설관리학회, pp. 643

박재식 · 박태근 (2006). “모듈러 공법을 적용한 군시설공사의 초기투자비 분석에 관한 연구”. 대한건축학회 학술발표대회 논문집, 제26권 제1호(구조계), pp. 590~592

이광복 · 김경래 · 신동우 · 차희성 (2011). “유닛 모듈러 공법의 효율성 확보를 위한 공장제작, 운반, 현장설치의 최적 공정 제안”. 한국건설관리학회 논문집, 제12권 제6호, 한국건설관리학회, pp. 19~20

조봉호 · 이재승 · 차희성 (2010). “식스-시그마를 이용한 군독신자 숙소용 모듈러 건축 시스템 개발”. 한국건설관리학회 논문집, 제11권 제6호, 한국건설관리학회, pp. 90~91

MBI (2011). PERMANENT & RELOCATABLE MODULAR CONSTRUCTION 2011 ANNUAL REPORT, United States, pp. 10~13

논문제출일: 2013.03.11

논문심사일: 2013.03.15

심사완료일: 2013.08.08

요 약

우리나라의 모듈러 공법은 컨테이너하우스나 경량스틸 하우스로만 인식되고 있어, 수요창출에 상당한 어려움이 있다. 실제로 모듈러빌딩 활성화에 가장 큰 장애요인은 안정된 수요에 근거한 지속적인 공장 생산이 거의 어렵다는 것이다. 본 연구는 모듈러 공법의 대표적인 미국과 영국의 모듈러 기업의 사례 조사를 통하여, 건물 유형별로 모듈러 공법의 성공요인을 우선적으로 도출하였다. 10개의 건물유형과 9개의 성공요인으로 정리하여 조사한 결과, 주거시설은 공기단축, 설계성능, 경제성 순으로 중요도가 높았으며, 교육시설의 경우에는 공기단축, 친환경성, 경제성, 융통성 순으로 나타났다. 병원시설은 공기단축, 융통성, 경제성, 친환경성이 주요 성공요인으로 나타났으며, 이러한 성공요인들이 확보될 경우 우리나라에서도 모듈러 공법의 성공 가능성은 충분히 있다고 생각된다. 주거시설의 경우 표준화된 모듈 설계안의 반복적인 활용을 통하여, 성공요인을 확보할 수 있으며, 교육시설의 경우, 단모듈-장모듈의 타입화된 모듈의 설계안을, 병원시설의 경우 증축기술의 개발을 통한 성공요인이 확보할 수 있을 것이다. 모듈러공법의 수요창출 방안을 적용할 수 있는 잠재적인 시장의 규모는 주거시설의 경우, 연간 약 12,000호 규모의 시장이 형성 가능하며 기숙사의 경우, 2012년 1,515억 원 정도의 시장규모를 볼 때, 모듈러 공법의 시장 확보가 충분히 가능하다. 교육시설의 경우, 주거시설보다 평면의 반복정도가 더 높기 때문에 충분한 시장형성이 가능하다. 병원시설의 증축시장은 2012년 1,045억 원 정도의 규모로 모듈러 공법이 적용된 사례가 전무하지만 앞으로의 진출 가능성은 충분하다. 본 연구에서 제안한 건물 유형별 수요창출 방안은 발주자가 공법을 선정할 때, 건물 유형에 맞는 전략을 수립하는 데에 조언으로서 활용할 수 있으며, 잠재적 시장을 파악한 결과 충분한 시장 규모를 확보할 수 있을 것이라고 기대할 수 있다. 또한 모듈러 설계 및 제조업체는 본 연구에서 제안한 방안을 사업전략으로 활용함으로써 전략적으로 건물 유형에 맞는 사업 방향을 설정하여 지속적인 수요창출을 기대할 수 있을 것이라고 생각한다.

키워드 : 모듈러, 사례 분석, 수요창출