

모듈러 건축의 현황과 활용에 관한 기초연구

- 사례조사 분석을 중심으로 -

A Basic Study on the Application of Modular Construction

- Focused on the Analysis of Case Study -

김재영*

Kim, Jae-young

이종국**

Lee, Jong-kuk

Abstract

This research was for the investigation and analysis of the illustration of modular construction application which is different use by each school facility since modular construction related examples are rare in domestic situation, and it has a limitation because of its being basic research material for generating the basic form of modular construction. The research results are as followings. First, in case of school facility from illustration investigation results, module measurement of class modulation is as similar as 3 m×10 m, but in resident facility the planning of more flexible plane shape can be possible since modules of 6 cases are free and various, and facade form of various types can be appeared by combination of module unit. Second, as a result of the generated characteristics in compared analysis of representative examples, school facilities were highly indicated for movability and duration reduction areas, and the flexibility, economic efficiency, and environment-friendliness was indicated low relatively. Third, the basic planning types of modular construction can be largely divided into layered type, horizontal (straightway) type, and compound type. The layered type has a short traffic line and facility system and is appropriate for the low-rise form unless separate construction method is used since it is susceptible to load. The horizontal type is advantageous for securing an opening since it has wide extent in light but has a long traffic line and facility system. Finally, the compound type can be possible for planning of various forms but needs the combination of various unit modules and traffic line and facility plan for it can be difficult.

Keywords : Modular, Modular Construction, Case Study, Eco-Friendly

주요어 : 모듈러, 모듈러 건축, 사례, 친환경

I. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

모듈러 건축은 공장에서 생산된 박스형태의 완성된 모듈 유닛을 현장으로 운반하고 조립하여 건축물을 완성하는 공법을 말하며 공기단축, 설계비 경감 등의 많은 장점으로 인하여 최근 다양한 건축물에 적용되고 있다. 모듈러 건축은 국외에서 다양한 형태와 구조를 개발하고자 하는 연구가 이미 계속 진행되고 있으며 국내에서도 경제적 이점과 다양한 특성을 만족시킬 수 있는 모듈러 건축

에 대한 연구가 필요한 시점이다. 모듈러 건축은 국외에서 학교, 주택, 병원, 군 시설, 구호시설 등 다양한 유형으로 활용되고 있으나 현재 우리나라에서는 소수의 기업들만이 관련 연구와 모듈개발을 진행하고 있는 현실이다.

모듈러 건축은 국외에서 다양한 형태와 구조를 개발하고자 하는 연구가 계속되고 있으며 국내에서도 경제적 이점과 다양한 파급 효과를 기대할 수 있는 모듈러 건축에 대한 연구가 필요하다.¹⁾

본 논문의 목적은 모듈러 건축이 주로 활용되는 학교 시설과 주거시설의 사례조사를 통한 모듈러 건축 활용 유형 분석을 통해 좀 더 폭넓은 유형에 적용 및 계획하기 위한 기초 연구를 제시함에 있다. 또한, 모듈러 건축 계획 연구를 통해 획일화되고 대량 공급화된 국내 건설의

*정회원(주저자), 계명대학교 일반대학원 건축학과 박사과정
**정회원(교신저자), 계명대학교 건축학대학 건축학과 부교수, 공학박사

Corresponding Author: Jong-Kuk Lee, Dept. of Architecture, Keimyung Univ., 1000 Sindang-dong, Dalseo-Gu, Daegu, Korea 704-701. E-mail: jklee@kmu.ac.kr

이 논문은 2014년도 계명대학교 일반대학원 학술연구논문 지원에 의해 연구되었음.

이 논문은 2013년도 한국주거학회 춘계학술발표대회에 발표한 논문을 수정·보완한 연구임.

1) 모듈러 건축 관련 선행연구에서는 모듈러 유닛의 개별 구조 성능과 기술개발에 대한 연구 및 동향파악에 그치는 연구로 진행되어 있다. 이에 따른 모듈러 하우스의 국내 확대를 위한 다양한 분야로의 연구 및 검토가 필요한 시점이다. 사례조사와 적용방안, 개선방안을 다룬 연구는 많으나 건축계획적 연구는 미비하여 모듈러 적용 시 지침서나 참고자료가 부족한 한계를 보여주고 있다.

현실에서 새로운 출발점을 시사하고자 한다.

2. 연구의 범위 및 방법

본 연구의 범위는 동일한 평면이 반복되는 모듈러 공법의 특징에 따라 주로 적용되는 대상인 교육시설, 주거시설로 한정하였다. 용도가 상이한 시설을 선정한 것은 아직까지 국내에서 모듈러 건축관련 사례가 적기 때문이며, 기본적인 유닛 모듈을 바탕으로 한 기본계획안 제시에 있다. 교육시설은 최근 학령인구 감소로 인한 폐교 및 교실 유휴공간, 증축에 융통성 있게 대비하거나 수업 일정에 따른 빠른 시공이 요구되고 있다. 또한 주택시설은 가구구성원 및 주택수요의 변화, 부동산 침체, 전세비 증가 등에 따른 대안으로써 모듈러 주택의 수요가 증가하고 있는 추세이다.

모듈러 건축 활용을 위한 기초 연구의 방법은 첫째, 이론고찰을 통해 모듈러 건축의 특성과 모듈러 건축 적용 학교, 주거시설에 대해 정의한다. 둘째, 모듈러 건축의 국내의 현황을 파악한다. 셋째, 유형별로 분류된 대표 사례를 조사 및 분석하고 각 유형의 모듈러 특성을 분석하여 기본 유형을 도출하였다.

II. 이론적 고찰

1. 모듈러건축의 특성

모듈러건축 시스템은 주요 건축자재의 부품화를 통한 생산효율의 향상, 내후성강과 아연도금강관을 이용한 경량철골 구조시스템으로 구성된다. 골조의 내구성 확보, 공장생산 비율의 향상을 통한 현장시공의 최소화, 공기 단축을 위한 시스템 구성, 구조적 안전성 확보, 폐자재 감소 등의 다음과 같은 다양한 장점을 가지고 있다.²⁾

① 공기단축: 기존 건설방식에 비해 평균 50~60%의 공기가 단축된다. 반면 현장조립 전에 보다 많은 준비기간을 필요로 한다. 현장에서의 기존건물 철거 및 기초공사 기간 중 공장에서의 모듈생산이 가능하다.

② 품질의 안정성: 기존 습식 공법이 현장 노무자의 숙련도 등에 의해 품질이 좌우되었다면, 모듈러 건축은 공장생산방식에 의해 일정한 고품질을 얻을 수 있고, 유사한 모듈을 사전에 설계한 경험을 활용 가능하다.

③ 경량화: 경량철골을 주요 자재로 사용하여 경량화가 가능하므로 조적조 건물에 비해 무게가 30% 정도에 불과하다.

④ 내진특성: 모듈의 경량화는 기초에 대한 부담을 경감시켜 초기 공사비를 줄일 수 있으며 지진해충이 감소된다.

⑤ 이동의 용이성: 공장에서 건식공법인 철골조 모듈로 현장에서 쉽게 조립되도록 제작되므로 해체 및 재설치가

가능하며, 도로 사정을 고려하여 설계되어 차량으로 이송되므로 이동이 용이하다.

⑥ 융통성: 철골조 모듈은 수직 또는 수평으로 우수한 구조성능을 지니므로 다양한 평면 조합이 가능하다.

⑦ 친환경성: 모듈로 구성된 건물의 철거 시 유닛단위로 분해해 자재 및 유닛모듈의 재사용이 가능하므로 자원 절약이 가능하다.

⑧ 대량생산: 조립식 유닛을 반복 생산하므로, 표준화 및 학습효과를 얻을 수 있으며, 공장생산을 통해 낭비요소를 줄일 수 있다.

⑨ 유지관리의 편리성: 표준화된 부품의 접합부 디테일 등 경량철골을 사용한 부품화된 건설 자재들을 사용하므로 파손 및 노후 발생 시 교환이 용이하여 유지보수가 편리하다.

2. 모듈러 건축을 적용한 학교시설

국내 교육시설에 대한 개선을 위하여 꾸준히 시설 증축 활동이 추진되어 왔으며, 이에 따른 파급효과도 큰 것으로 나타나고 있다. 그러나 일부 교육현장에서는 여전히 교실이 부족한 실정이며, 이를 위하여 컨테이너와 같은 가설건물 등을 임시 교사로 활용하고 있다. 이러한 가교사 시설에 대한 품질개선과 성능 향상 등의 필요성을 꾸준히 증대되고 있는 실정이다. 그리고 최근 지역 학생 수 변화에 따른 교육시설의 탄력적 활용이 가능하도록 새로운 건축 시스템에 대한 요구가 나타나고 있다. 이를 위하여 시설의 증설과 이전 등이 용이하고 내구성이 보장된 건축 시스템이 요구되어 지고 있다. 이것은 건설인력의 부족과 요구사항의 고급화 등 국내 건설환경의 변화와 더불어 선진화된 건축 기술 도입에 대한 필요성을 증대시키고 있다. 따라서 미래의 교육시설 환경에 대하여 능동적인 대처가 용이하도록 건축물 시스템 개발이 필요하며, 이에 대한 대책으로 모듈러 공법을 활용한 사례 조사 및 분석을 진행하였다.

3. 모듈러 건축을 적용한 주거시설

현대에는 산업화와 도시화에 따른 생계수단의 변화와 잦은 주거이동으로 과거와는 다른 가족구성과 가족생활의 특성을 보이고 있다. 정보화 시대로 접어들면서 소득의 증대와 여가시간의 증가 따른 생활의 여유와 물질의 풍요를 누리하고자 하는 욕구가 점차 증대되고 있는 등 다양한 가치 추구로 인해 기존의 주거양식은 보다 다양해지고 주거소비 수준도 고도화되어 가고 있다. 이에 따라 안정성, 안락함, 편리성, 개성 등을 극대화한 고기능 중심의 주택에 대한 요구가 증가하고 있다. 이러한 주생활 양식의 변화는 주거공간에 있어 주거이동과 공간개조, 실용도 변경 등 구체적인 주거행위로 나타나며 이는 현실적인 주거의 문제점을 나타내는 대표적인 현상들이다. 물리적 환경으로서의 주거공간은 주생활 양식과 직접적인 관계에 있으므로 주생활 요구의 다양화는 주거공간변화의 근본적

2) Kim, J.(2013). A Study on the Practical Application of Modular Construction for Residential Facilities. Master's thesis, Suncheon University, Jeonnam.

이고 절대적인 영향요소라 할 수 있다.³⁾

모듈러 건축을 적용한 주거시설은 위와 같은 생활양식의 변화 외에 현대인의 라이프 스타일 변화 및 1~2인 가구의 증가에 따른 수요충족, 임대주택 및 공동주택 개발, 재해재난에 따른 임시주거시설 등과 같은 배경으로 활용되고 있다.

특히, 임시주거시설은 재해재난 등에 의해 주거시설을 상실하거나 주거가 불가능할 경우 임시로 거주 할 수 있도록 하는 공공시설이나 임시시설을 말한다. 풍수해대비 이재민 수용시설을 학교, 공공기관 등으로 지정하여 운영하고 있고, 대규모 재해나 장기간 임시주거가 필요할 경우에는 임시주거용 목조형 조립주택을 설치하여 지원하고 있다.

III. 모듈러 건축의 현황

1. 국내 모듈러 건축 현황

<Figure 1>의 국내 모듈러 건축 시장 규모를 살펴보면, 2010년부터 성장한 모듈러 시장은 2011년 군 시설에 집중적으로 적용되면서 크게 성장하였고, 2012년에는 러시아와 호주에 모듈러 수출함으로써 모듈러 시장이 확대되었다. 더욱이 소형 가구의 증가 등에 따라 도시형 생활주택 활성화 정책이 본격 추진됨에 따라 공기단축의 효과가 뛰어난 모듈러 건축시스템이 민간부문의 소형주택에 적용되는 사례가 증가할 것으로 예측된다. 그러나 2010년과 2012년에는 해외 수출프로젝트로 인한 수주가 대부분을 차지하고 있다.⁴⁾

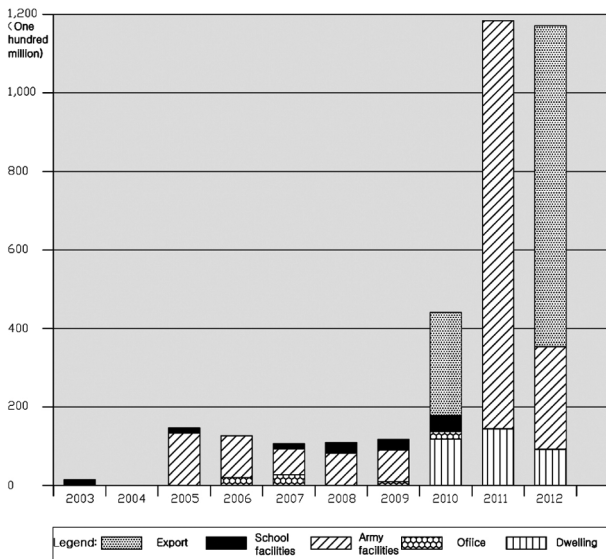


Figure 1. Scale of Modular Architecture in Korea

3) Park, S. (2014). A Study of the Modular Architecture Units for Collective Habitation. Master's thesis, Jeonnam University, Gwangju.

4) Kim, D. (2013). A Study on the Strategy for Creating Demand of Modular Construction through Case Analysis by Building Type. Master's thesis, Ajou University, Suwon.

2. 국외 모듈러 건축 현황

1) 일본

일본의 모듈러 주택산업은 미국과는 다른 배경을 지니고 발전하였으며 그 역사도 매우 짧다. 1955년에 심각한 주택난을 해결하기 위하여 일본 정부에서는 주택공단(Japan Housing Corporation, JHC)을 만들었으며, 초기에 주택공간은 중량 콘크리트 패널을 이용한 철근콘크리트조 아파트의 개발에 초점을 맞추었다. 일본의 모듈러 건축은 전체 주택시장의 5~7%를 차지하고, 기본적인 기술은 전통적인 철골조 건축에 기반을 두고 있다. 자투리 모양의 대지조건과 좁은 도로사정으로 일본의 모듈러는 수송용 컨테이너와 동일한 규모로 만들어진다.



Figure 2. Marina Hotel, Japan

2) 영국

영국의 모듈러 공법 시장은 도입기(1945~1960)에는 전후 복구 주택 등의 수요로 시장이 발생하였으며, 1960~1990년에는 시스템의 저품질로 인한 인식 증가로 시장 침체를 맞게 되었다. 1990~2000년에는 디자인의 향상과 인식 개선을 통해 수요가 증가하고 다수의 중견 제작사가 경쟁체제를 구축하여 성장기를 가지게 되었다. 그리고 2000~2007년에는 엔지니어링 기술의 향상과 중대형 업체의 증가로 인해 시장이 확대되어 고층주거, 호텔 등 프로젝트가 대형화 되는 추세에 있다. 현재 영국에서 모듈러 공법의 시장규모는 약 3조원으로 민간부분이 전체시장의 55%를 점유하고 있고 국방시설, Social Housing 등의 공공부분 시장이 확대되어 국내 환경과 유사하다 볼 수 있다. 모듈러 건축 시장의 성장 요인으로는 CO₂ 배출량 저감, 정부의 주택정책 중 친환경(단열성능, 재활용율 등) 건축물에 대한 지원 증가와 비주거시장(교육시설, 병원시설, 체인점 등)의 확대, 정부의 key-worker를 위한 Social Housing(임대주택의 일종) 시장 확대, 적용 가능한 건축물의 범위(디자인 기술 향상, 고층화 기술 개발, 장스팬화 등)의 확대, 영국 내의 숙련공(조적공, 배관공) 부족 문제 해결, 영국 기후의 특성(여름, 겨울철 강우량이 많아 현장공사가 중단되는 경우가 많음), 가격 경쟁력, 도심지 공사의 용이성, 신속 및 증축 등에 모듈러 공법을 적용하고자 하는 수요자 증가 등이 있다.⁵⁾

5) Yeo, M. (2008). A Study on the Dimension of Various Modules in Modular Buildings. Master's thesis, Sungkyunkwan University, Suwon.



Figure 3. Modular House, Murray Groove, England

3) 독일

모듈러 건축이 가장 잘 발달된 국가는 독일이라 할 수 있으며 독일에는 주택용으로 사용되는 모듈러 유닛을 생산하는 다수의 업체가 있다. 이 가운데 가장 큰 모듈러 주택 생산업체는 ALHO이다. 이들은 1세대 주택(Generation House)이라는 시스템을 개발하였는데 4.5 m 폭의 경량철골 조립부재를 보조적인 구조부재로 활용하며 이 시스템은 가족 수의 증가에 따라 유닛의 확장이 자유롭다.

또 다른 모듈러 시스템은 4층 규모의 오피스 빌딩과 은행, 학교, 호텔 등에 적용되었다. 경사지붕과 발코니도 모듈러 유닛으로 생산이 가능하다. 모듈러 유닛은 동일한 폭 2.5 m와 길이 5.0~7.5 m이며 각각의 유닛은 파사드에 롤브라인드와 냉각기유닛을 설치하여 공장에서 제작되었다. 일부 유닛은 대형 오피스공간을 형성하기 위해 측면에 개방된 형태이지만 기본적인 구조는 하나의 보와 SHS 기둥으로 구성되며 경사지붕과 철제 피난계단은 독립된 구조체에 의해 지지된다.⁶⁾

IV. 모듈러 건축 사례조사 및 분석

1. 사례대상 분석의 틀 및 대상지 선정

사례조사의 범위는 서론에서 언급한 바와 같이 학교시설, 주거시설 중 대표사례를 선정하여 조사하였으며 각 사례의 분석은 모듈러 건축의 장점 및 요구 성능에 따라 총 5가지 분류로 구분하여 분석하였다.⁷⁾

사례 대상 시설 중 학교시설은 2003년 8월에 건립된 신기 초등학교 교사와 국내 최초로 수직 모듈러 증축이 이루어진 대조초등학교를 대상으로 하였다. 주거시설은 국내 기업이 2012년 7월 국내 최초로 준공한 모듈러 주택 ‘MUTO 청담’과 연평도 임시주거시설, 국외 사례인 독일 단독주택, 영국의 다세대 주택 ‘Murray Groove’, 네덜란

6) Thomas B., Thomas L., Bae B. (2013). 한국 모듈러 건축사업을 위한 독일 모듈러 건축의 착안에서는 독일에서는 모듈러 건축이 새롭거나 특별한 건축이 아니라 일반적인 건축방법 중 하나이다. 독일의 모듈러 건축 시발점은 사용자의 선택이 아니라 필요에 의해 자연적인 활성화가 이루어졌고, 독일의 각 회사들마다 주력상품을 발전시켜왔으며 현재 오피스, 병원, 기숙사 등 유럽전역과 러시아, 아시아까지 활발히 사업영역을 넓혀가고 있다고 밝혔다.

7) <Table 1>에서 제시한 사례 분석 유형 (이동성, 융통성, 공기단축, 경제성, 친환경성)은 모듈러 건축의 일반적인 특징들이며, 선행연구 조사에 의해 분석 유형을 크게 5가지로 제시하였다.

Table 1. The Frame of Case Analyses

Analytical type	Analytical content
Mobility	Domolition and reinstallation of buildings
Flexibility	Addition and removal of modules
Reduction of the duration of construction	More than 50% than that of the existing methods
Economics	Cost cutting of reduction of the duration of construction and reuse
Environment-friendly	The effect to improve energy efficiency by using environmental-friendly materials and reduce waste

Table 2. Summary of Case Study

Facility type	Case study object	Module (m)
School facility	Singi elementary school	3×10
	Daejo elementary school	3×10
	MUTO Cheongdam	3×7
Housing facility	Yeonpyeongdo Temporary Housing	3×6
	Detached house in Germany	4.25×11.6×10
	Murray Groove	3.2×8
	University of Utrecht dormitory	6.3×2.8

드의 ‘위트레흐트 대학 기숙사’로 선정하여 분석을 진행하였다.

2. 사례조사

1) 학교시설

국내의 모듈러 공법을 적용한 학교시설은 대표적으로 2003년 모듈러 학교 시범건립으로 추진된 신기초등학교 교사와 2005년 기존 교사동 상부에 1개 층을 증축한 대조 초등학교 사례를 들 수 있다.

(1) 신기초등학교

신기초등학교는 국내에 시범 건립된 모듈러 건축물로서 2층 규모이며, 건축면적 362.84 m²에 연면적 717.57 m²인 건물로서 서울시 양천구에 소재한 서울 신기초등학교에 일반교실 6 학급과 4개의 화장실이 신축되어 별동형 증축 건축물로 시범 건립하였다.

기존의 초등학교를 대상으로 한 증축 프로젝트이므로 학생들의 안전을 고려하여 여름방학 기간 중 현장 공사를 끝내도록 하는 것이 해당 교육청의 요구였으며, 현장 조립공사는 약 1.8개월 정도의 단기간에 이루어졌다.

모듈의 디자인은 1개 교실의 크기가 9 m×10 m(교실 7.5 m, 복도 2.5 m)이므로 3 m×10 m 크기의 3개 모듈을 조합하여 1개 교실을 제작하였으며, 화장실 모듈의 크기는 6 m×3 m 모듈 2개를 사용하여 제작하였다. 사용된 총 모듈의 수는 일반교실 6개 학급에 18개 모듈과 4개 화장실에 4개 모듈, 계단실에 4개 모듈로 전체 26개의 모듈을 제작하여 설치하였다.

(2) 대조초등학교

노후화 된 기존 3층 교사동 상부에 1개 층을 증축한 사례로서 건축면적 913.5 m²에 컴퓨터실 2개, 상담실, 도

Table 3. Summary of Case

Category	Related picture	Area	Size	Module	Etc.
Scool		Sinjeong 3-dong, Yangcheon-gu, Seoul, Korea	Second floor	3 m×10 m	Classroom: 7.5 m×9 m Width of corridor: 2.5 m Number of classroom: Six classroom
		Daejo-dong, Eunpyeong-gu, Seoul, Korea	Extend the school of one floor on the existing school	3 m×10 m	Number of classroom: Eight classroom
Housing facility		Cheongdam-dong, Gangnam-gu, Seoul, Korea	Forth floor	3 m×7 m	Total floor area: 513 m ² The number of households: 18 households
		Yeonpyeongmyeon, Ongjingun, Incheon-si, Korea	First floor	3 m×6 m	Total floor area: 18 m ² The number of households: 33 households
		-	Second floor	4.25 m×11 m, 6 m×10 m	Total floor area: 76.2 m ² , 101.8 m ² First floor: Living room, Kitchen, Entrance Second floor: Two bedroom, Bathroom
		Shepherdress walk, London, England	Fifth floor	Bedroom: 3.2 m×8 m The inside: 5.15 m×3 m	One bedroom type: Two module Two bedroom type: Three module
		Utrecht in Netherlands	Third floor	6.3 m×2.8 m	External facing: Continue to use of Module

서실, 다목적실 각 1개, 계단실 3개, 화장실 2개(현장설치)를 소요하여, 3 m×10 m 모듈을 총 30개 소요하였고, 향후 기존건물 재건축시 증축부의 모듈 재사용을 계획 중이다.

대조초등학교는 모듈러 공법을 이용해 기존 학교 상부에 1개 층을 수직 증축한 최초의 사례로 학교 사용자들에 대한 피해를 최소화하면서 방학 중 공사가 가능한 모듈러 공법의 특징을 잘 보여준 예라 할 수 있다.

3) 주거시설

현재까지 국내에서 모듈러 건축을 적용한 주거시설의 사례는 미비하며 모 기업에서 모듈러 주택 연구 및 준공에 박차를 가하고 있는 현실이다. 따라서 국내 최초로 준공한 모듈러 주택 사례와 임시주거시설, 국외의 사례를 문헌적으로 조사하였다.

(1) MUTO 청담

최근 국내의 모듈러 주택 인기에 힘입어 국내 대형 건

설업체들도 모듈러 주택 공급 사업에 뛰어드는 추세이다. 그 중 2012년 7월 서울 강남구 청담동에 국내 최초로 민간주택을 장기 임대해 유닛을 수직으로 쌓아 올리는 친환경 방식으로 ‘MUTO 청담’이 준공되었다.

MUTO 청담은 연면적 513 m²(약 155평), 지상 4층 규모의 원룸형 주택 18세대로 이루어졌으며, 가구별 전용면적은 약 21 m²(6.4평)이다. 지난해 5월 말 착공한 후 한 달 반만에 공사를 마쳤다. 세라믹 외벽에 천연 섬유 단열재를 사용해 열 차단 성능을 높였으며, 태양광 발전과 지열 냉·난방 시스템을 적용해 단독주택의 최대 난적인 난방비를 최대 80%가량 줄였다.

(2) 연평도 임시주거시설

지난 2010년 11월 23일 발생한 북한의 연평도 포격사건으로 760명이 대피하고 인천으로 긴급대피한 390명은 친인척집에 거주하였다.

연평도는 도서지역 특성상 교통이 어렵고 면적이 좁아 주거시설로 활용 가능한 평지는 기존 시설물로 모두 사용되고 있었기 때문에, 피해주민을 위한 단지조성 부지확보가 어려웠다. 그러나, 연평초등학교 관사부지(15동)와 테니스장(24동)을 활용하여 3×6 m의 주방, 화장실 등을 갖춘 조립식 경량 목조형 주택 39동을 33세대에 보급하였으며, 전국재해구호협회의 창고에서 조립 및 제작 후 트럭과 화물선을 통해 현장에서 설치되었다.

(3) 독일 단독주택

기본 모듈을 적용한 주거용 건축으로 2층 단독주택과 합벽식 2층 연립주택용으로 설계 제작된 모듈에는 모두 4가지 타입의 기본 모듈이 있는데 모듈의 치수는 4.25 m×11 m에서 6 m×10 m까지로 기본 모듈은 지상 층과 2층으로 구성되며 상하좌우로 조합하여 단독주택 또는 연립주택을 구성하게 된다. 면적은 약 76 m²에서 약 101 m²에 이르는 규모를 설정할 수 있다.

(4) Murray Groove

런던의 Hackney에 위치한 Murray Groove 아파트는 5층 규모의 도심형 공동주택으로 호텔용 모듈을 공동주택용으로 개발하여 적용되었다. 건물이 건축적으로 흥미를

유발하고 유지관리비의 절감 및 현장에서의 공기단축이라는 건축주의 요구에 따라 모듈러 건축이 적용되었다. 공장에서 완전히 제작이 완료된 상태로 현장에 반입되어 현장에서는 모듈의 조립만이 이루어졌다. 지붕에는 철제 패널이 적용되었으며 평면구성은 1침실형은 2개의 모듈, 2침실형은 3개의 모듈로 이루어진다. 각각의 주호에는 외측 도로에 면하여 공장에서 생산된 프리캐스트 콘크리트 발코니가 부착되어 있으며 외벽 마감은 테라코타 외장재로 부착하는 형식이다. 주동의 연결부에 설치된 계단실과 엘리베이터 역시 공장 생산된 부품의 형태로 현장에 반입하여 조립되었다. 외벽 마감은 테라코타 타일로 이루어져있으며 도심에서의 주택건설의 가능성을 보여주는 사례라고 할 수 있다.⁸⁾

(5) 위트레흐트 기숙사

선박과 항공기를 만드는 데 사용한 소재를 사용하여 가볍고 견고한 유닛을 조합하여 기숙사를 만들었으며 내구성이 강한 특성을 가지고 있다. 한 유닛 당 크기는 6.3 m×2.8 m로서 그 면적이 약 18 m²이며 1.2인이 사용하는 기숙사에 적합한 크기를 가진다. 전면창은 2.3 m×1.8 m 크기로 일조량을 높였으며 난방은 기구를 사용하였다. 또한 모듈러 건축의 특징인 쉽게 조립하고 해체 가능하며 외부 마감이 필요없이 모듈 자체로 형태를 완성하였기 때문에 현장조립에 걸리는 시간을 단축하였다.

3. 사례의 비교 분석

사례로 선정된 시설을 제시한 분석의 틀에 따라 <Table 3>과 같이 비교 분석하였으며 특성, 형태, 기능을 기준으로 세 가지 평가지표(●: 높음, ◐: 보통, ○: 낮음)로 제시하였다<Table 4>.

사례의 비교 분석에서 도출된 특징을 살펴보면 모듈러 건축의 장점을 기본적으로 가지면서 이동성이 특히 높게 나타났고, 융통성과 친환경성 부분에서는 비교적 낮게 평가되었다. 유형별 분석결과를 살펴보면 학교시설은 이동성과 공기단축 부문이 가장 높게 나타났고 주거시설은 이동성과 공기단축, 경제성 부문이 비교적 높게 분석되었다.

Table 4. Comparison Analysis of Case Studies

Case study object	Criteria of analysis					
	Mobility	Flexibility	Reduction of the duration of construction	Economics	Environment-friendly	
School	Singi elementary school	●	◐	●	○	○
	Daejo elementary school	●	◐	●	○	○
Housing facility	MUTO Cheongdam	◐	○	●	●	●
	Yeonpyeongdo Temporary Housing	●	○	●	◐	◐
	Detached house in Germany	●	○	●	◐	○
	Murray Groove	●	●	◐	◐	○
	University of Utrecht dormitory	●	◐	●	●	◐

8) Youn, J. (2005), A Study on Adaptation Potential of Modular Construction for Temporary Housing for Refugees from Disaster. Master's thesis, Yonsei University, Seoul.

학교시설의 경우 융통성 부문은 공간의 가변성을 보완하여 교육과정에 따른 다양한 기능의 수용을 가능하게 하는 것이 좋으며 학생 수의 변화에 따라 함께 모듈의 변화도 필요하다.

주거시설의 경우는 최근 증가하는 국내 1~2인 가구 수용 증가에 따라 중소형 단독주택 확대를 위해 공기단축과 경제성 부문이 중요한 것으로 평가된다.

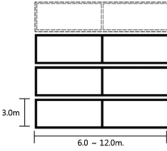
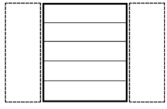
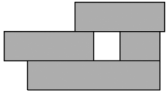
4. 모듈러 건축의 계획유형

모듈러 건축의 유닛은 도로교통법에 의한 운송조건에 의해 제한되며 모듈의 폭은 3.0~3.3 m 이하, 길이는 차량전장의 영향을 받으므로 6~12 m 이내로 하여야 한다. 육교 등의 제한 높이인 4.3 m와 Low-Bed트레일러⁹⁾의 적재함까지의 높이 0.7~0.9 m를 고려하면 모듈러 유닛의 최고 높이는 3.4~3.6 m 이하로 해야 한다. 일반 5t트럭의 적재함 높이는 1.16~1.17 m 정도이므로 모듈러 유닛의 높이는 3 m 이하로 해야 한다. 5t 트럭은 트레일러에 비하여 경제적이고 다량의 차량확보가 가능하나 길이의 한계가 있기 때문에 모듈 유닛 폭은 최대 3.3 m까지 가능하지만, 적재나 이동을 고려하여 3.0 m 이하, 길이는 6~12 m, 높이 3.0 m 이하로 계획되어야 한다.

사례조사에서 제시된 모듈러 건축의 계획 유형을 살펴보면 <Table 5>와 같다. 모듈러 건축 유닛은 크게 적층형, 수평(직렬)형, 복합형으로 구분할 수 있다. 적층형은 짧은 동선과 설비시스템을 가지며 하중에 취약하므로 별도의 공법을 사용하지 않는 이상 저층형에 적합하다. 수평형은 빛을 받는 면적이 넓지만 긴 동선과 설비시스템을 가지고, 개구부 확보면에서 유리하다.

복합형은 다양한 형태의 계획이 가능하지만 보다 다양한 유닛모듈의 조합이 필요하고, 동선 및 설비계획에 어려움이 있다.

Table 5. The Plan Type of the Modular

Type	Example	Note.
Laminated		The short line of flow and equipment system The area caught the light is small The suitability in the lower floor building
Horizontal		The area caught the light is wide The long line of flow and equipment system The advantageous to the opening
Complex		The various shape possibilities The various unit modules is necessary Circulation and equipment plan is difficult

9) LBT (Low Bed Trailer). 무진동 저상형 트레일러

V. 결론 및 제언

본 연구에서는 모듈러 건축 활용 확대를 위한 기초연구로서 국내외 모듈러 건축 현황 파악과 모듈러 건축을 적용한 학교시설, 주거시설의 대표 사례를 분석하였으며 그 내용은 다음과 같다.

첫째, 모듈러 건축의 사례조사 결과 학교시설의 경우 교실 모듈화에 의한 모듈치수가 3 m×10 m로서 일정하였으나 주거 시설의 경우 6가지 사례의 모듈이 자유롭고 다양하기 때문에 보다 융통성 있는 평면 형태를 계획 할 수 있고, 모듈 유닛의 조합으로 다양한 유형의 입면 형태가 나타날 수 있다.

둘째, 대표 사례의 비교 분석에서 도출 된 특징을 살펴 보면 학교시설은 이동성과 공기단축부문이 높게 나타났으며 융통성, 경제성, 친환경성은 상대적으로 낮게 나타났다. 학교시설의 경우 융통성 부문은 공간의 가변성을 보완하여 교육과정에 따른 다양한 기능의 수용을 가능하게 하는 것이 좋으며 학생 수 변화에 따라 모듈의 변화가 필요하다. 주거시설의 경우는 최근 증가하는 국내 1~2인 가구 수용 증가에 따라 중소형 단독주택 확대를 위해 공기단축과 경제성 부문이 중요하게 평가되었다.

셋째, 모듈러 건축의 기본계획 유형은 크게 적층형, 수평(직렬)형, 복합형으로 구분할 수 있다. 적층형은 짧은 동선과 설비시스템을 가지며 하중에 취약하므로 별도의 공법을 사용하지 않는 이상 저층형에 적합하다. 수평형은 빛을 받는 면적이 넓지만 긴 동선과 설비시스템을 가지고, 개구부 확보면에서 유리하다. 마지막으로 복합형은 다양한 형태의 계획이 가능하지만 보다 다양한 유닛모듈의 조합이 필요하고, 동선 및 설비계획에 어려움이 있다.

본 연구에서는 아직까지 국내에서 모듈러 건축관련 사례가 적기 때문에 용도가 서로 다른 학교시설과 주거시설의 모듈러 건축적용 사례를 조사 및 분석하였으며, 기본적인 모듈러 건축의 유형을 도출하기 위한 기초 연구 자료임에 한계가 있다. 향후 연구에서는 정부의 소형가구 증가 등에 따른 도시형 생활주택 및 행복주택 등에 모듈러 도입 검토 공약에 따라 주거용 모듈러의 활성화를 위한 연구를 진행하고자 한다.

REFERENCES

- Kim, D. (2013). *A Study on the Strategy for Creating Demand of Modular Construction through Case Analysis by Building Type*. Master's thesis, Ajou University, Suwon.
- Ko, G. (2007). *A study on the establishment of housing performance criteria for modular building*. Master's thesis, Incheon University, Incheon.
- Lee, G., & Lim, S. (2010). A Study on the Standardization of the Built-in Wardrobe by Housing Inside Dimension. *Journal of Architectural Institute of Korea*, 21(6), 53-60.
- Lee, G., & Lim, S. (2011). A Study on Unit Modular Design Method of Urban-type Housing. *Journal of the*

- Housing Association*, 22(5), 101-110.
5. Park, S. (2014). *A Study of the Modular Architecture Units for Collective Habitation*. Master's thesis, Jeonnam University, Gwangju.
6. Yeo, M. (2008). *A study on the dimension of various*

modules in modular buildings. Master's thesis, Sungkyunkwan University, Suwon.

접수일(2014. 3. 28)
수정일(1차: 2014. 6. 13, 2차: 2014. 8. 6)
게재확정일자(2014. 8. 14)