



컨테이너 기반 모듈러 건축의 집합 유형별 에너지 성능 분석

A Comparative Analysis on Energy Performance of Modular Housing Based on the Collective System using Container Units

조광* · 한승훈**

Kwang Cho* · Seung-Hoon Han**

* Graduate Student, School of Architecture, Chonnam National Univ., Korea (i-7584@nate.com)

** Corresponding Author, Professor, School of Architecture, Chonnam National Univ., Korea (hshoon@jnu.ac.kr)

ABSTRACT

Purpose: Nowadays, there is an increasing trend of attempts and cases to use containers not only to fulfill the needs of transportation and temporary shelter at the housing level, but also as a major component of modular architecture by grouping or combining single-structured shipping style containers. However, research on several performance factors of the structure, energy performance, etcetera is lacking, as most of the studies conducted on containers of this variety are mainly based on the analysis of their characteristics, cases, and determining their usability in the field of practical use; such processes construct a motivation and purpose of this study. **Methods:** This study was designed to analyze the advantages and disadvantages of shipping container usage in modular housing design and to present the criteria through an analysis of the energy performance of modular housing based on a collective system of containers. **Results:** With settled prototypes as target modular units, as a result, a comparative analysis for energy performance has been performed, and it is turned out that the type and the combination quantity affects it meaningfully and suggests a fundamental guideline for utilizing container modules as spatial units.

© 2020. KIEAE all rights reserved.

KEY WORD

컨테이너
집합방식
모듈러 건축
에너지 성능

Container Units
Collective Types
Modular Architecture
Energy Performance

ACCEPTANCE INFO

Received Sep. 24, 2020
Final revision received Nov. 3, 2020
Accepted Nov. 6, 2020

1. 서론

1.1. 연구의 배경 및 목적

간편하고 비용이 저렴한 임시 주거 및 모듈러 건축에 대해 다양한 연구가 이루어지고 있으며, 특히 컨테이너를 활용한 주거에 대한 연구가 꾸준히 이루어지고 있는 실정이다. 최근 정부는 이런 현상을 반영하여 주거 복지 로드맵을 기획하고 있으며, 따라서 실제 컨테이너를 활용한 모듈러 건축을 진행함에 있어서 필요한 구조, 방식의 효율성 및 환경과 에너지 효율성 등에 대한 연구가 필요하다.

현대 건축에 있어 컨테이너는 단순히 물품의 운송 및 임시주거 수준의 가설건축물로 쓰이던 기준에 관점에서 나아가 단일구조형의 컨테이너를 조합 또는 결합하여 모듈러 건축의 주요 단위로 이용하려는 시도가 증가하고 있다[1]. 하지만 컨테이너와 관련된 대부분의 연구는 특성과 사례를 분석하거나 활용 가능성을 도출하는 연구가 주를 이루고 있으며, 성능 요인에 대한 연구는 태부족한 실정이다. 이에 본 연구에서는 컨테이너 건축이 모듈러 건축으로 활용되기 위해 필요한 에너지 성능 특성을 다루고자 한다.

이 연구는 선행연구 사례를 우선 분석하여 컨테이너의 집합방식 구조를 유형화하고, 각 유형별 에너지 성능을 비교 분석한다. 도출된 내용을 통해 집합 유형별, 주호별 유·불리 조건을 비교하여 분석하고 실제 컨테이너를 이용한 건축 단계에서 유의해야 할 조형 유형

별 에너지 성능 관련 지침의 제시를 목적으로 한다.

1.2. 연구의 방법 및 범위

이 연구는 모듈러 건축에서 이용되는 컨테이너 주호(Main Unit)를 주요 대상으로 한다. 선행연구를 바탕으로 컨테이너 주호를 채택한 2층 이상 건축물을 대상으로 하여 집합방식의 유형화를 진행하고 에너지 성능을 비교한다. 이 연구에서 건축물 에너지 성능 분석의 대상은 모듈 공간의 대표적 조합 유형이며, 일사 및 냉·난방 부하를 주요 변인으로 하여 수행한다.

이 연구는 선행연구가 부족한 컨테이너 집합유형에 따른 에너지 성능의 차이의 검토를 목적으로 하기 때문에 계획 단계에서 고려할 수 있는 범주를 넘어선 구조와 시공, 입주 등 후속 과정에서 고려하여야 할 성능 요소는 분석 범위 밖으로 하며, 이에 따라 사용자 및 설비시스템 등 추가 정보가 요구되는 에너지 성능 요소는 분석 설정에서 제외하였다. 최종 설정된 에너지 성능분석 대상 유형에 대해 냉·난방 부하 비교 분석의 결과를 결론으로 제시한다.

2. 연구의 전개

2.1. 이론적 고찰

1) 컨테이너 건축 기술

컨테이너는 하나의 독립적인 구조체 기능을 위해 사용되기도 하나, 직육면체의 형태를 가지고 있어서 독립적으로 단일 공간으로 사

용하기에는 공간적 한계가 많기 때문에 컨테이너의 수평 또는 수직적 결합이나 복합적 조합을 통해 건축면적을 확장한다[2][3]. 아직까지 국내·외 연구가 미흡한 상황에서 컨테이너 건축의 유형은 기본 구성원리, 구성방식, 집합유형, 공간 구축유형 등 다양한 관점에서 제시되고 있다.

컨테이너 건축과 직접적인 관련을 가지는 특허 현황을 파악한 결과, 가장 높은 비중을 가진 기술로서 컨테이너를 직접 개조하여 건축 계획 측면의 고유 성능을 발휘하도록 유도하는 유형을 들 수 있으며, 컨테이너의 환경성능 증대를 목적으로 물성 및 부재의 집합 등을 바꿔 새로운 컨테이너 구성을 제시하는 기술 유형이 두 번째로 높게 나타났다[4][5].

대분류로는 컨테이너 자체를 개조하여 자체 성능을 증대시키는 기술 내용과 다수의 컨테이너 활용을 위한 구조 및 부차과 관련된 부속물, 컨테이너 건축의 시공 방법에 대한 단계적 적용 기술의 세 가지로 구분되며, 이를 정리하면 Table 1.과 같다[6].

이와 같이 컨테이너를 활용한 새로운 모듈러 주거의 개념은 단순한 임시 거처와 다르기 때문에 환경적, 기술적 요구가 증가하게 되었다[7]. 대표적 조립식 주거 형식의 대안으로서 컨테이너의 활용성이 커지면서 실내 환경 개선을 위한 설비 시스템이나 높게 적용할 수 있는 구조 기술 등에 대한 연구가 활발히 진행 중이다[8].

2) 모듈러 건축 동향

현재 주거정책 및 사회적 흐름에 기인한 모듈러 건축 시장의 규모와 비중은 증가하는 추세이다. 모듈러라는 개념이 정착되어 양질의 환경과 성능을 갖추면서 새로운 건축 시장을 형성하고 있다.

2017년 SH(서울주택도시공사)에서는 서울시 강서구 가양동에 모듈러 행복주택 1호 '라이프'를 준공하여 공급하는 등 모듈러 건축에 대한 관심과 정책 추진 사례가 지속적으로 증가하고 있다[9]. 대한건설정책연구원 제공 자료(2011)에 따르면 모듈러 건축 시장은 2020년 이후 최소 약 9,400억 원에서 최대 3.4조원의 시장 규모로 꾸준히 성장할 것으로 예측되며 Fig. 1.과 같다[10].

Table 1. Types of Technology for Container Implementation

Main Category	Factors	Contents
Container	Planning	• Technology that enables deployment, detachment, etc. to increase the usability of containers
	Performance	• Technology that processed the container body to increase the environmental performance of the container
	Equipment	• Technology that attaches separate facilities for a specific purpose of use of the container
Component	Structure	• Technology that builds a separate structure for construction using multiple containers
	Attachment	• Attachment technology that considers specific performance in container assembly method
	Composition	• Separate structure construction technology that can be attached for the purpose of container protection, etc.
Construction		• Step-by-step application technology for container construction method

3. 분석의 과정

3.1. 분석 대상의 설정

컨테이너 건축 집합방식의 통일된 분류가 없어 집합방식의 특징을 고찰하여 유형화를 진행하였다. 컨테이너 건축의 집합방식 유형 분류를 위해 문헌 조사 및 선행연구 분석을 통해 조사대상의 개요, 현황, 컨테이너 집합방식 등을 파악하여 재분류하였다.

주거용 컨테이너 건축의 집합방식 사례별 기본 현황을 살펴보면 컨테이너 건축의 준공년도는 대개 2000년 이후로써 3층 이하인 경우이며 주택, 펜션 등의 용도로 사용되고 있다. 3층 이상인 경우는 기숙사 8건, 임시숙소 1건, 집합주거 4건으로 6층을 초과하지 않으며, 해상용 컨테이너 40ft (12.192m×2.438m×2.591m)가 주로 사용되었다. 이 연구에서는 컨테이너 집합방식에 따라 적층형(C1), 후퇴형(C2), 교차형(C3), 조합형(C4, 피라미드형 및 복합형 등) 구성으로 분류하여 분석 대상으로 하였으며, 대표 유형에 따른 다이어그램 및 주요 특징은 Table 2.와 같다.

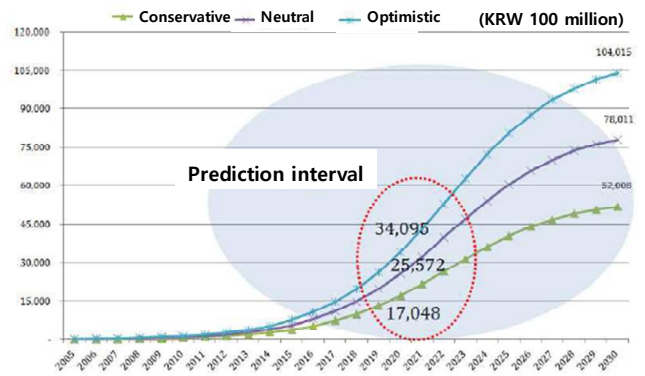


Fig. 1. Estimation for the Industry of Container Architecture by Bass-Model Analysis¹⁾

Table 2. Types of Container Composition

Type	Diagram	Characteristics
Laminated (C1)		• Can be laminated efficiently • Difficult to organize semi-outer space
Setback (C2)		• Structural assistance is required when stacking • Easy to organize semi-outer space
Cross-positional (C3)		• Appears only on the second floor • Semi-outer space configuration possible
Composite (C4)	Pyramid (P)	• Structurally stable • Able to secure a large outside space
	Mixed (M)	• Requires structural assistance • Designer's freedom of expression

3.2. 분석 방법의 설정

1) 분석 프로그램

건축물의 에너지부하는 단열, 축열체, 기후, 유리 특성, 일사 획득, 투과, 내부부하, 기밀성, 설비 등 요인이 종합적으로 반영되어 분석된다. 에너지부하 계산은 복합적 변인에 기인하기 때문에 이를 체계적으로 반영할 수 있는 시뮬레이션 방식으로 분석하는 것이 일반적이다. 이 연구에서는 Grasshopper 플러그인으로 제공되어 건축물의 환경 및 에너지 성능 분석에 최적화된 Ladybug²⁾과 Honeybee³⁾ Series를 활용하여 주요 인자의 분석을 진행하였다.

2) 성능평가 요소

앞서 밝혔듯이 이 연구는 컨테이너 집합 및 주호방식에 따른 에너지 성능의 일차적 비교 분석 연구이기 때문에 최종적으로 다루어야 할 모든 에너지성능 분석 요소를 반영하기에는 한계가 있다. 따라서 연구목적에 부합하는 대표적 에너지성능 인자인 일사 특성 및 그에 따른 냉·난방 부하에 대한 분석을 진행하였다.

에너지부하 분석은 별도의 추가 통제 변인을 요구하며 세부적 환경조건도 설정되어야 하기 때문에 유형적 대상의 분석 과정에 적합하지 않은 요소들은 배제하였다. 아울러 향후 사용추세가 대폭 증가할 것으로 요구되는 컨테이너의 가능한 집합유형별 에너지성능의 비교분석 연구이므로 동일 컨테이너에 대한 보다 세분화된 주호방식을 대상으로 하는 것이 요구된다. 위치, 기후와 좌향 등 대지적 요인과 단열마감, 지지체 등 구조적 요인 및 창호, 설비 등 주요 시스템적 요인은 동일한 것으로 간주하였기 때문에 통제 변인에 대한 에너지성능 분석은 타당성을 확보할 수 있다.

3) 독립 변인

독립 변인은 앞서 설정한 컨테이너의 집합유형을 대상으로 한다. 집합의 방식에 따라 C1, C2, C3, C4(P), C4(M)으로 구분하였으며, C4(M) 유형의 경우 계획 단계의 대안에 따라 매우 복잡 다양한 구성이 될 수 있으므로 제외하였다. 또한 컨테이너 구조상 4층 이상의 적층이 쉽지 않기 때문에 4층 이하 규모로 집합 가능한 컨테이너 모듈의 개수에 따라 2개(T1), 4개(T2), 8개(T3), 16개(T4) 형식을 독립 변인으로 추가 설정하였다. 단, C3 유형의 경우 모두 2층 구성으로 나타나며, 실제 3층 이상에서는 구조적으로 불안정하기 때문에 T1 형식에서만 분석 진행하였다.

T2, T3, T4의 경우, 가장 대표적 구성인 장방향과 정방향으로 구분하였으며, 수평 C1(H) 및 수직 C1(V) 적층 방식을 고려하여 독립 변인을 설정하였다. 독립 변인의 설정 과정과 구성은 Table 3.과 같다.

Table 3. Setting Process of Independent Variables by Types

Type	T1	T2	T3	T4
Unit Quantity (EA)	2	4	8	16
Target Types	C1(V) through C4(P)	C1, C2, and C4(P)	C1, C2, and C4(P)	C1, C2, and C4(P)

4) 통제 변인

시뮬레이션은 컨테이너 집합 방식에 따른 주호의 조합별 비교를 목적으로 하므로 대지, 구조, 시스템 측면의 기본 구성은 동일한 것으로 간주했다. 즉, 지역(서울), 향, 창호구성, 단열, 축열체, 차양, 내부부하, 환기, 공조설비 등은 동일한 것으로 간주된다. 기본 구성에는 축열체, 차양, 공조 설비 등이 구성되어 있지 않기 때문에 해당 요소들을 제외하고 분석하였으며, 같은 재료로 구성된 밀폐공간으로 가정하여 시뮬레이션을 진행하였다.

따라서 다음에서 기술하는 주요 종속변인 외 요소는 통제 변인으로 설정하였다.

5) 종속 변인

가. 태양 노출 시간 (Sun Exposure Time)

태양은 실내 공간에 입사되어 빛 환경과 온열 환경에 영향을 미치는 요소이다. 특히 태양 노출 시간에 따라 건축물 및 실내 환경에 적용할 수 있는 디자인 요소가 바뀔 수 있음을 우선 감안하여 분석의 주요 종속변인으로 설정하였다. 태양 노출 시간이 과도하게 높은 공간의 경우 루버, 처마 등을 통해 빛을 가려줄 수 있는 패시브 전략 차원의 디자인이 요구되며, 태양 노출 시간이 적은 공간의 경우 광선 반, 천창 등을 이용하여 실내로 빛을 유입할 수 있는 디자인 대안이 필요할 것이다.

나. 일사 (Solar Radiation)

일사란 대기 중에 위치한 어느 점 혹은 지표면에 선정할 수 있는 특정한 점에 도달하는 태양 복사에너지를 말하며, 기상학적인 측면에서 직달일사, 확산일사, 전천일사의 3가지로 구분된다. 직달일사는 지구 표면에 위치한 수평면이 태양일사가 산란 없이 직접적으로 유입된 일사를 의미하며, 대기 중에서 산란하여 지구 표면의 수평면에 도달하는 태양일사를 확산일사라고 한다. 전천일사는 직달일사와 확산 일사를 합한 개념이며, 일반적인 일사량의 정의는 지구 표면의 수평면이 받는 전천일사를 의미하기 때문에 본 분석에서는 전천일사량을 변인으로 하여 진행하였다.

다. 건축물 에너지 (Building Energy)

열부하는 복사, 대류, 전도와 같은 전달방식에 따라 열원으로부터 실내공간으로 유입되는 열에너지의 변동 조건을 설계 단계에서 규정한 조건으로 유지하거나 또는 회복하기 위한 부하를 의미한다. 열부하는 실내공간의 냉방을 위해 제거할 열량을 의미하는 냉방부하와 난방을 위해 실내에 공급되어야 하는 열량인 난방부하로 구분된다. 열부하 발생 요인으로는 실내·외 온도차에 따라 발생하는 전도열, 잠열, 침기와 외기도입에 따른 온도변화 및 태양 복사열 등이 있다. 따라서 냉방부하와 난방부하 분석을 통해 종합적으로 건축물 에너지 추이를 도출하기 위해 주요 종속 변인으로 설정하였다.

4. 분석의 결과

4.1. 태양 노출 시간

집합방식에 따른 유형 구분에 따라 C2 구성의 경우 타 유형에 비

해 약 2~3%대에서 일조면적 비율이 낮으며, 이외의 세 유형은 하지 기준 2~3%, 동지 기준 18~21%의 바닥면적 대비 일조면적 비율을 보이는 분석결과가 도출되었다.

4.2. 태양 일사

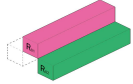
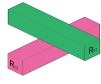
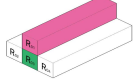
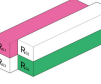
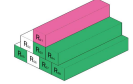
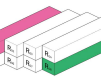
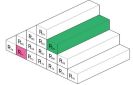
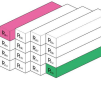
하지 기준 주요 분석의 결과를 요약하면, 주호의 개수에 따른 유형 구분 중 주로 C4 구성이 가장 높은 일사량을 취득하고 있으며, C2 구성이 가장 낮은 것으로 나타났다. C2 구성의 주호 중 하지 시점 일사취득에 가장 불리한 조건을 가지는 주호는 주로 서향의 최상층부에 위치하며, 해당 주호에 대해서는 루버, 차양과 같은 일사 조절장치에 대한 고려가 필요하다 할 것이다.

Table 4. Complete Analysis of Exterior Solar Radiation (kWh/m²)

Type	Period	C1		C2	C3	C4
		Horizontal	Vertical			
T1	Summer Solstice		(13.91)	(13.91)	(14.74)	(13.80)
	Winter Solstice	No Cases Possible	(84.17)	(84.28)	(69.90)	(80.29)
T2	Summer Solstice	(27.86)	(27.91)	(37.87)		(27.29)
	Winter Solstice	(168.37)	(172.29)	(175.38)		(159.75)
T3	Summer Solstice	(55.65)	(55.90)	(86.43)	No Cases Higher Than Three Stories Possible	(55.21)
	Winter Solstice	(336.66)	(344.59)	(358.40)		(324.80)
T4	Summer Solstice	(111.26)	(111.65)	(161.80)		(110.98)
	Winter Solstice	(673.37)	(688.86)	(707.15)		(672.69)


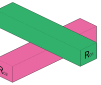
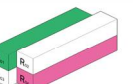
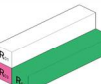

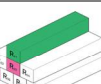

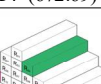
이와 달리, 동지의 경우는 C2 구성이 가장 높은 일사량을 취득하고 있는 반면 C4 구성이 상대적으로 가장 낮았다. C4(P) 구성의 주호 중 동지 시점 일사취득에 가장 불리한 조건을 가지는 주호는 주로 서향의 최하층부에 위치하며, 해당 주호에 대해서는 광선반, 광덕트와 같은 일사 유입장치에 대한 고려 혹은 공간계획 차원에서 개방영역의 속성 부여 등 접근이 요구된다.

Table 5. Analysis Result in Solar Radiation at Summer Solstice

Type	Solar Radiation at Summer Solstice (kWh/m ²)	
	Most	Least
T1	C4 (13.80)	C3 (14.74)
	 (Pink: 6.91, Green: 6.89)	 (Pink: 6.89, Green: 7.85)
T2	C4 (27.29)	C2 (37.87)
	 (Pink: 6.90, Green: 6.64)	 (Pink: 13.31, Green: 5.11)
T3	C4 (55.21)	C2 (86.43)
	 (Pink: 44.06, Green: 40.09)	 (Pink: 13.39, Green: 5.09)
T4	C4 (110.98)	C2 (161.80)
	 (Pink: 6.62, Green: 7.00)	 (Pink: 13.37, Green: 4.49)

Most : Pink - Least : Green

Table 6. Analysis Result in Solar Radiation at Winter Solstice

Type	Solar Radiation at Winter Solstice (kWh/m ²)	
	Most	Least
T1	C2 (84.28)	C3 (69.90)
	 (Pink: 40.07, Green: 44.21)	 (Pink: 40.13, Green: 29.77)
T2	C2 (175.38)	C4 (159.75)
	 (Pink: 47.62, Green: 39.92)	 (Pink: 40.13, Green: 39.39)
T3	C2 (358.40)	C4 (324.80)
	 (Pink: 39.09, Green: 47.67)	 (Pink: 40.09, Green: 40.06)
T4	C2 (707.15)	C4 (672.69)
	 (Pink: 39.88, Green: 47.68)	 (Pink: 44.09, Green: 3 9.40)

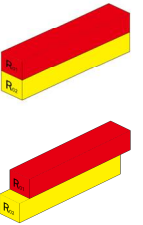
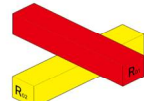
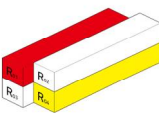
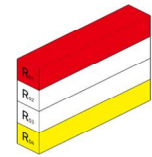
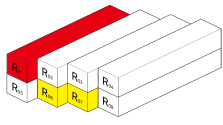
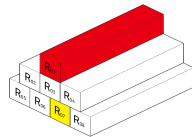
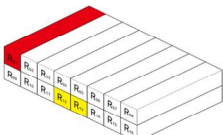
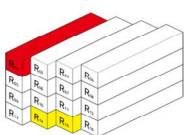
Most : Pink - Least : Green

4.3. 건축물 에너지

주호 개수에 따른 집합유형의 규모 변화에 따른 건축물 에너지 측면의 비교 분석 결과를 요약하면, 규모가 증가함에 따라 수직 구성에서 수평 구성 순으로 냉방 에너지 부하가 적게 나타났으며, 반면 C2 구성의 경우 집합방식에 따른 유형 중 냉방 에너지 부하가 비교적 높게 나타났다. 일반적 다층 구성에서 가장 높은 냉방에너지 소모량을 가지는 주호는 서향의 최상층에 위치하며, 단열 및 축열 등 열부하를 상쇄시킬 수 있는 재료 측면의 구성 전략이 요구된다.

난방의 경우, 집합방식에 따른 유형 분류 중 규모 증대에 따라 C1 대비 C4 구성의 에너지 요구량이 늘어나고 있으며, C4 구성이 가장 불리한 추이를 보이고 있었다. C2 구성의 경우 난방 에너지 부하가 점진적으로 증대하는 양상이 나타났다. 난방에 가장 취약한 주호는 주로 상부층에 위치하여 난방 에너지 유지를 위한 기밀성 등 측면의 보완 조치 요구가 상대적으로 크다.

Table 7. Analysis Result in Building Energy for Cooling Load

Type	Cooling Load (kWh/m ²)	
	Most	Least
T1	C1 (117.40), C2 (117.40)	C3 (136.00)
		
	(Red: 51.14, Yellow: 66.26)	(Red: 73.43, Yellow: 62.57)
T2	C2 (199.40)	C1(V) (223.18)
		
	(Red: 58.59, Yellow: 40.71)	(Red: 65.54, Yellow: 50.58)
T3	C2(362.59)	C4(388.85)
		
	(Red: 57.93, Yellow: 32.84)	(Red: 65.65, Yellow: 33.56)
T4	C1(H)(689.29)	C2(705.27)
		
	(Red: 57.92, Yellow: 31.85)	(Red: 58.24, Yellow: 32.59)

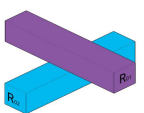
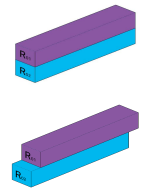
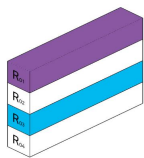
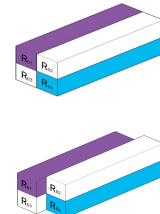
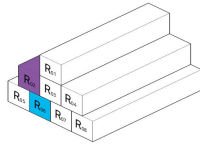
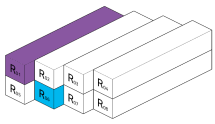
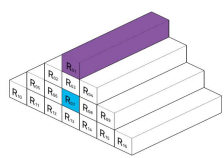
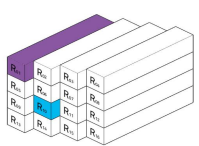
Most : Red - Least : Yellow

5. 결론

이 연구는 최근의 모듈러 시장 확대 동향에 따라 컨테이너를 활용한 모듈러 건축물의 에너지 성능에 대한 계획적 단서 마련을 목표로 에너지 성능에 영향을 미치는 여러 요인 중 냉·난방부하의 유·불리 조건에 대해 비교 분석하여 대표 유형별 에너지 측면 개선을 위한 고려 요소와 실제적 지침을 제시하고자 하였다.

우선 선행연구 사례를 분석하여 컨테이너 집합방식의 유형화를 시도하여 4종의 분석 대상을 설정하고, 다시 기본 모듈의 투입 개수와 구성 형식에 따라 유형별 4가지로 세분하여 총 16개의 독립 변인을 적용하였다. 또한, 시뮬레이션을 위한 통계 변인과 종속 변인을 정하고 알고리즘을 구성하여 에너지 성능 시뮬레이션을 통해 유형별 집합방식에 따른 주호별 유·불리 조건 파악 및 상대적 에너지 성능의 비교 분석을 시도하였다. 분석의 결과를 요약하면 다음과 같다.

Table 8. Analysis Result in Building Energy for Heating Load

Type	Heating Load (kWh/m ²)	
	Most	Least
T1	C3 (305.51)	C1 (216.11), C2 (216.11)
		
	(Purple: 171.37, Blue: 134.14)	(Purple: 124.97, Blue: 91.14)
T2	C1(V) (387.61)	C1 (295.17), C2 (295.17)
		
	(Purple: 125.35, Blue: 85.42)	(Purple: 91.10, Blue: 56.38)
T3	C4 (759.78)	C2 (449.33)
		
	(Purple: 131.22, Blue: 61.09)	(Purple: 86.93, Blue: 28.41)
T4	C4(844.79)	C2(702.22)
		
	(Purple: 120.37, Blue: 19.58)	(Purple: 86.40, Blue: 20.32)

Most : Purple - Least ; Blue

첫째, 집합방식 유형 중 C2(후퇴형) 구성이 타 유형에 비해 약 2~3%대에서 일조면적 비율이 낮으며, 기타 유형은 하지 기준 2~3%, 동지 기준 18~21%의 바닥면적 대비 일조면적 비율을 확보할 수 있다.

둘째, 하지를 기준으로 주요 개수에 따른 집합유형 구분 중 주로 C4(조합형) 구성이 가장 높은 일사량을 취득하여 여름철에 불리했으며, 특히 하지 시점 일사취득이 가장 많은 주호는 서향의 최상층부에 위치하므로 일사 조절장치와 같은 고려가 필요하다.

셋째, 동지를 기준으로 주요 개수에 따른 집합유형 구분 중 주로 C4(조합형) 구성이 가장 낮은 일사량을 취득하여 겨울철 열취득에 불리했으며, 특히 동지 시점의 일사취득이 가장 적은 주호는 서향의 최하층부에 위치하여 채광 및 일사 유입장치에 대한 고려 혹은 공간 계획 차원의 개방성 부여가 요구된다.

넷째, 주요 개수에 따른 집합유형의 규모 증대에 따라 C2(후퇴형) 구성의 경우 냉방에 필요한 에너지가 가장 높아 불리하게 나타났으며, 후퇴형 구성에서 가장 높은 냉방에너지 소모량을 가지는 주호는 서향의 최상층에 위치하여 열성능 축적과 방출을 위한 구멍 및 재료 측면의 고려가 요구된다.

다섯째, 난방의 경우 집합유형의 규모 증대에 따라 C4(조합형) 구성의 경우 난방 에너지 요구량이 점진적으로 증대하는 양상으로 불리하게 나타났으며, 난방에 가장 취약한 주호는 주로 상부층에 위치하여 기밀성 등의 보완 조치가 요구된다.

이상의 결과를 바탕으로 컨테이너 집합방식의 유형별 에너지 성능 비교 분석을 통해 주요 구성형식별 에너지 성능 측면의 우·불리함을 판단할 수 있었다.

이 연구는 집합방식에 따른 에너지 성능 비교 분석이라는 목적에 부합하는 종속변인을 우선 설정하고 컨테이너의 물성과 구조, 환경과 설비 등은 통제 변인으로 한정하여 분석을 실시한 점, 집합방식의 유형 변화를 가장 대표적인 형식으로 제한한 점은 이번 연구의 일차적 범위에 기인한 한계이다. 후속연구에서는 보다 확장된 종속 변인을 대상으로 하고 가장 보편적 활용성을 염두에 둔 계획 측면의 유형을 설정하여 분석의 다양성을 더하고자 한다.

Acknowledgement

This research was supported by the R&D Program for Core Technology of Renewable Energy (Transparent Photovoltaic Cells Based on Nanophotonic Structures for Near-Infrared Control) through the Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning (KETEP) funded by Ministry of Trade, Industry and Energy in Korea (20193020010440).

Reference

[1] 문영아, 김미경, 임시주거의 개발과 적용을 위한 컨테이너 활용 학생 기숙사 사례연구 : 암스테르담의 학생기숙사 '키트보넨(Keetwonen)' 사례를 중심으로, 대한건축학회논문집 계획계, 제29권 제7호, 2013, pp. 135-143. // (Y.A. Moon, M.K. Kim, A Case Study of Amsterdam Student Housing Using Container Architecture for the Development of

Temporary Dwelling Space - Focused on the Student Housing of "Keetwonen", Journal of Architectural Institute of Korea, 29(7), 2013, pp.135-143.)

[2] 강승모, 선적용 컨테이너를 활용한 해외 건축물의 환경친화적 특성에 관한 연구 : 자원절약 영역을 중심으로, 기초조형학연구, 제16권 제1호, 2015, pp.15-29. // (S.M. Kang, A Study on the Environmentally Friendly Characteristics of the International Architecture Using Shipping Containers - Focus on the Resource Saving Areas, Journal of Basic Design & Art, 16(1), 2015, pp.15-29.)

[3] 김휘연, 컨테이너를 활용한 지속가능한 공간 디자인 연구 : Eco Simulation Center 계획 중심으로, 한세대학교 석사학위논문, 2007. // (H.Y. Kim, A Study on Sustainable Space Design Using Container: Focused on the Design of Eco Simulation Center, Doctoral Thesis, Hanse University, 2007.)

[4] 김미경, 현대 컨테이너 건축에 나타난 공간건축특성 및 적용가능성, 생활과학연구논총, 제15권 제2호, 2011, pp.177-185. // (M.K. Kim, The Characteristics of Space Construction for Container Architecture and Its Application, Journal of Human Ecology, 15(2), 2011, pp.177-185.)

[5] 이종찬, 강윤도, 김병선, 해상컨테이너를 이용한 대학생기숙사 거주 활용 계획 연구, KIEAE Journal, 제14권 제6호, 2014, pp.59-64. // (J.C. Lee, Y.D. Kang, B.S. Kim, The Planning of Schematic Design for Student Housing Using Shipping Containers, KIEAE Journal, 14(6), 2014, pp.59-64.)

[6] 김진엽, 컨테이너를 활용한 모듈러 건축의 유형분석 연구, 건국대학교 박사학위논문, 2015. // (J.Y. Kim, A Study on the Type Analysis of the Modular Architecture Based on Container, Master's Thesis, Konkuk University, 2015.)

[7] 유혜연, 박연정, 조종주, 해외 컨테이너 하우스의 계획 특성 연구, 대한건축학회논문집 계획계, 30(1), 2014, pp.15-22. // (H.Y. Yoo, Y.J. Park, J.J. Jo, A Study on the Planning Characteristics of Aboard Container Housings, Journal of Architectural Institute of Korea, 30(1), 2014, pp.15-22.)

[8] 조태훈, 진경일, 가변적 평면이 가능한 컨테이너 모듈형 조립식 공동주택의 건축계획, KIEAE Journal, 제17권 제4호, 2017, pp.95-100. // (T.H. Jo, K.I. Jin, Variable Apartment Building Planning by Using Combinable Container House Module, KIEAE Journal, 17(4), 2017, pp.95-100.)

[9] 박종일, 컨테이너 건축의 환경성능 개선에 관한 연구, 전남대학교 석사학위논문, 2017. // (J.I. Park, Improving the Environmental Performance of Container Construction, Master's Thesis, Chonnam National University, 2017.)

[10] 대한건설정책연구원, 전문건설업 발전을 위한 공업화건축 활성화 방안, 2011. // (Korea Research Institute for Construction Policy, A Study on the Activation of Engineered Architecture for Improvement of Professional Construction Industry, 2011.)

1) 대한건설정책연구원, 전문건설업 발전을 위한 공업화건축 활성화 방안, 2011, p.41.

2) Ladybug: EPW Data를 활용하여 주로 외부공간의 빛, 열환경 분석 및 기후 데이터가 반영된 환경분석 그래프를 작성하는 프로그램.

3) Honeybee: 실내공간 영역을 구성하여 해당 공간의 빛, 열환경에 대한 세부분석 및 에너지 시뮬레이션을 진행하는 프로그램.