



Steel Modular Buildings in the United States

KICEM



최진욱 Associate Professor, University of Nevada, Las Vegas, jinouk.choi@unlv.edu

1. 서론

미국의 모듈러 분야로 가장 권위 있는 단체인 Modular Building Institute (MBI)와 National Institute of Building Sciences Off-Site Construction Council은 Modular Construction (또는 Off-site Construction)을 ‘the planning, design, fabrication and assembly of building elements at a location other than their final installed location ...’ (International Code Council 2020) 즉, 건축물의 element들을 최종설치되는 장소가 아닌 곳(예를들어 공장, Yard, 또는 현장 옆 부지)에서 제조 및 조립하는 방법으로 정의하고 있다. Modular construction 공법은 근본적으로 현장에서 하던 일을 공장이나 야드로 옮겨와 보다 안전하고 재료와 장비들이 잘 구비된 환경에서(그림 1) 제작 및 조립

한다. 이를 통해 프로젝트 공기를 단축하고, 공사비를 절감하고, 건설 폐기물을 줄이고, 생산성, 품질 및 안전성을 높이는 등의 여러 장점을 지니고 있다(Choi 2014; Choi et al. 2019; Kluck and Choi 2023).

비록 최근까지도 미국의 부동산 개발업자나 건설회사들은 과거의 페러다임에 갇혀 stick-built construction 공법의 내재된 비효율성에도 불구하고 더 새롭고 효율적인 modular construction 공법을 배우거나 적용하는 것을 꺼려해왔다. 하지만 최근들어 미국의 건설산업은 더욱 심화된 숙련 된 노동력 부족, 건설 생산성 감소, 건설 관련 규제 증가, Environmental, Social, and Governance (ESG) 에 대한 관심 증가, 인건비 증가, 주택 및 건설 비용의 전반적인 급상승 등 많은 문제들을 마주하고 있다. 현재 미국에서는 modular construction을 위 문제점들을 타계할 여러 방법



그림 1. 미국 라스베이거스에 있는 한 모듈러 공장(사진: 최진욱)

중 가장 유망한 방법으로 떠오르고 있다(Kluck and Choi 2023).

과거 저자는 건설관리 학회지에 조립식(Prefabrication) 모듈화(Modularization) 관련 연구 동향에 대해 2015년도(Choi 2015)와 2019년도(Choi 2019)에 미국 Construction Industry Institute(CII)나 플랜트 모듈화를 중심으로 학회지를 쓴 바 있다. 올 2월에는 플랜트 모듈화에 대한 책 (Kluck and Choi 2023)을 쓴 바 있다. 이번 글에서는 미국 modular building 회사들과 협업 한 경험을 바탕으로 미국의 modular building 특히 steel modular building이 어떻게 적용되고 있는지를 중점적으로 소개하겠다.

2. 미국의 Modular Building

미국에서는 Modular Construction을 Off-Site Construction에 비해 더 많이 쓰고 있으나 이 둘을 동급 또는 같은 용어로 쓰고 있다. 미국의 MBI나 International Cod Council은 Modular construction (또는 Off-site construction) 을 몇가지 특성들에 따라 분류하는데 이는 아래와 같다(International Code Council 2020).

1) 열린 공법(Open, 2D 또는 non-volumetric construction)

vs. 닫힌 공법(closed, 3D 또는 volumetric construction)

2) 영구적인 공법(Permanent construction) vs 재배치 가능한 공법(relocatable construction)

우선 닫힌 공법(closed construction)은 최종 모듈 유닛을 부해, 손상 또는 파괴 없이 유닛을 설치하는 현장에서 검사 할 수 없는 방법을 뜻 하며 열린(open construction)의 경우 그와 반대로 유닛 또는 제품을 설치하는 현장에서 검사 할 수 있는 방법을 뜻 한다. Closed construction 공법의 경우 현장에서 검사를 할 수 없기에 공장에서 주로 검사를 하며 예시로는 volumetric 모듈들 (호텔/MEP 방), 화장실 pod, 병실 패널화된 벽체, 등이 있다. Open construction 공법의 예로는 패널 벽체, mechanical rack 등이 있다(International Code Council 2020). 보통 열린 공법(Open, 2D 또는 non-volumetric construction)의 경우 높은 수준의 design flexibility가 요구되는 건물 종류에 선호되고 있고 닫힌 공법(closed, 3D 또는 volumetric construction)의 경우 디자인이 표준화 되고 반복적인 유닛이 많은 건물들에 강점을 보이고 있다.

영구적인 공법(permanent construction)은 말 그대로 초기 설치장소에 영구적으로 남아 있도록 제조 및 조립한 방법이

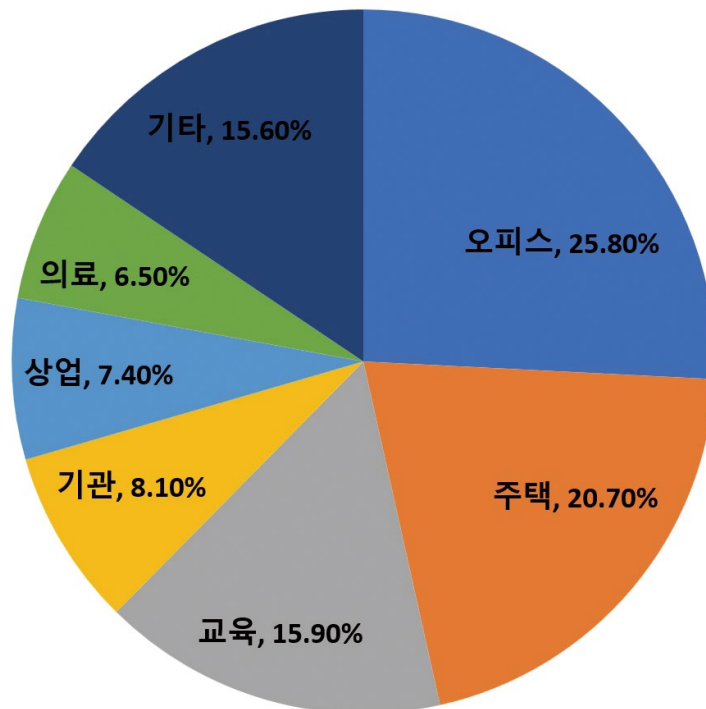


그림 2. 미국 MBI 소속 모듈러 회사들이 2021년에 지은 모듈러 빌딩 종류 분포.
Source: Adapted using source data from Modular Building Institute (MBI) (2021)

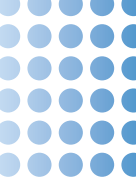


그림 3. Steel Modular building 제조 및 조립 (왼: 실내; 오른: 실외; 사진: 최진욱)

며 재배치 가능한 공법(relocatable construction)은 International Building Code Chapter 31, Section 3113을 따르는 재사용 및 다른 현장으로 옮길 수 있는 건물들이 속한다(International Code Council 2020). MBI에 따르면 영구적인 모듈러 공법(permanent construction)의 경우 60에서 90프로 정도의 모듈들이 공장이나 컨트롤 된 환경에서 만들어진다고 한다. 한번 지어지면 다시 옮겨지지 않기에 장기간 한 장소에서 쓰일 건물들이 이 공법을 주로 쓰며 그 예로는 호텔, 병원, 다주택(아파트), 학교, 등이 있다(Modular Building Institute (MBI) 2023). 재배치 가능한 공법은 단기간 또는 임시로 건물이 필요한 경우에 주로 쓰이고 있으며 예시로는 임시학교, 임시 오피스, 임시 병원 팝업 상점, 노동자 캠프, 재난 임시 수용소, 등이 있다. 이들에 대한 예시들은 MBI 웹사이트(<https://www.modular.org/markets-served/>)에서 확인할 수 있다.

MBI의 2021 리포트 (Modular Building Institute (MBI) 2021)에 따르면 미국 모듈러 회사들이 가장 많이 짓고 있는 건물 종류로는 Office, 다주택, 교육, 기관, 상업시설, 병원이 있다(그림 2). 그 이외에도 호텔, 데이터 센터, 재난 대피소 등이 있다. 모듈러로 다주택이나 기관시설을 더 많이 짓는 것으로 알려진 유럽 모듈러 시장과 달리 현재 미국 시장은 오피스 건물을 모듈러로 가장 많이 짓고 있다. MBI의 리포트에 따르면 앞으로도 교육시설은 수요가 높을 것이며 호텔과 다주택 분야가 강세를 이룰 것이라 내다보고 있다

MBI에 따르면 현재 250개 이상의 모듈 제조 회사들이 북미 MBI에 소속되어 있으며 이 회사들은 평균 18,812 m² 정도의 규모의 모듈들을 2020년에 생산했다고 한다(Modular

Building Institute (MBI) 2021). 모듈 제조는 미국 이외에도 캐나다, 멕시코, 한국, 폴란드, 중국 등의 나라에서 모듈 유닛들을 제조해 미국에 가져와 미국 현장에 지은 바 있다고 한다.

현재 모듈러 공법이 가장 활발한 주는 캘리포니아, 뉴욕, 그리고 텍사스 주이다. 특히 캘리포니아나 뉴욕 주는 과도하게 높은 인건비로 인해 많은 부동산 개발업자들이 모듈러에 높은 관심을 가지고 있다. 이 두 주의 경우 도심의 다주택 건축물이나 호텔 건물들이 모듈러로 주로 지어지고 있으며 텍사스 주의 경우 타주에 비해 높은 노동 생산성을 바탕으로 노동력이 부족한 지역에 적용하는 낮은 건물 위주로 모듈러 공법이 적용되고 있다.

3. 미국의 Steel Modular Building

미국에서는 한국과 다르게 일반적인 주거용 건물의 경우 단독 주택이 대세이며 주 재료로 나무를 쓰고 있다. 모듈러 빌딩 건설 산업의 경우에도 이러한 미국의 일반 건축 재료 선호 경향에 따라 많은 모듈러 빌딩의 모듈 유닛들이 나무를 주재료로 만들어지고 있다. 하지만 최근 뉴욕 주와 캘리포니아 주를 중심으로 중고층 주거 및 상업 건축물들을 steel frame을 이용해 짓는 사례들이 늘어나고 있다. MBI 에 보고된 바에 따르면 2022년에 지어진 호텔, 학교, 도서관, 교도소, 소방서, 오피스, 상가, 연구소, 교육센터, 아파트, 엘리베이터 건물, 노숙자 주택, 톨게이트 부스, 경주부속 건물, 병원, 인력 임시 캠프, 등의 다양한 건축물들이 steel chassis/frame로 지어지고 있다.

미국에서 steel module의 경우 알려진 four-sided modules, corner-supported modules, open-ended module, panel, frame, hybrid등과 같은 다양한 타입의 steel module들이 다양하게 적용되고 있는 것으로 파악되고 있다. Steel chassis 또는 frame의 경우 로봇이 자동으로 용접을 하는 공장을 저자가 직접 방문한 바 있고 실내와 야외에서 둘 다 module들을 제조 및 조립 하고 있다(그림 3). 하지만 미국 공장들 대부분은 모듈을 한 곳에서 제조하는 static production단계에 머물러 있으며 다음 단계인 linear production 이나 automated production과는 아직 거리가 멀다.

최근 1~2년 사이 미국에서 지어진 steel modular building들 중 저자의 주관적인 기준으로 뽑은 주목할 만한 모듈러 빌딩들은 아래와 같다.

1) Seattle South Lake Union Hotel

- 위치: 시애틀, 워싱턴 주
- 빌딩 타입: 호텔
- 사이즈: 약 7600 m²
- 층수: 8층
- 모듈 제조사: Polcom Modular(미국 Volumetric Building Companies에 2022년에 인수)
- 참조: <https://www.modular.org/awards-seattle-south-lake-union-hotel/>

2) CitizenM Washington DC NoMa

- 위치: 워싱턴 DC
- 빌딩 타입: 호텔
- 사이즈: 약 7400 m²
- 층수: 9층
- 모듈 제조사: Volumetric Building Companies

최신 빌딩 이외에는 461 Dean Street(과거 B2 Atlantic Yards Building; 주거용 아파트; 32층), CitizenM New York Bowery Hotel(호텔; 19층), AC Hotel New York NoMad Marriott(호텔; 26층), Carmel Place(아파트; 9층) 등이 steel frame으로 10년 내에 지어진 빌딩들로 주목할 만하다.

미국 내 Steel module 회사로 주목할 만한 회사는 필라델피아, 펜실베이니아 주에 베이스를 두고 있는 Volumetric Building Companies (VBC)를 꼽을 수 있다. 이 VBC 회사는 최근 유명했던 Kattera의 공장 일부를 인수하여 현재 미국에서 가장 모듈 생산력이 높은 회사들 중 하나라 볼 수 있다.

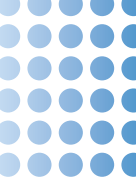
원래는 목조 모듈을 주로 제조하는 회사였으나 위에서 말한 최근 주목할 만한 모듈러 빌딩들의 모듈들을 제조한 steel modular system의 강자인 폴란드에 베이스를 둔 Polcom Modular를 작년 2022년도에 인수하여 미국 동부와 서부 그리고 유럽에 모듈러 빌딩들을 활발하게 만들고 있다. 참고로 Polcom Modular의 경우 Marriott, Hilton, Citizen M, IHG와 같은 세계적인 호텔 체인들에 호텔들을 Steel modular 로 만들어 주고 있던 유명한 모듈 제조사이다(Volumetric Building Companies and Polcom 2022). VBC성공 및 투자금 확보는 Kattera가 건설시장 이해부족과 잘못 된 투자로 인한 실패 한 이후에도 미국에서 모듈러에 대한 투자자들의 관심이 식지 않았다는 것을 보여 주는 좋은 예이다.

미국에서 VBC이외에도 뉴욕 주에 베이스를 둔 과거 뉴욕의 461 Dean Street를 지은 FullStack Modular 회사 나 캘리포니아 주에 베이스를 둔 Factory OS도 눈여겨 볼 만하다.

4. 맺음말

이번 글에서는 미국에서 modular building특히 steel modular building이 어떻게 적용되고 있는지를 중점적으로 소개 하였다. 미국의 경우 목재를 건축물 중 특히 단독주택에 선호하여 아직 콘크리트나 철골 모듈러의 케이스가 많지 않지만 최근 뉴욕 주와 캘리포니아 주를 중심으로 중고층 주거 및 상업 건축물들을 steel frame을 이용해 짓는 사례들이 늘어나고 있다. 앞에서 말한 MBI 에 보고된 steel frame 을 이용해 2022년에 지은 건축물들(호텔, 학교, 도서관, 교도소, 소방서, 오피스, 상가, 연구소, 교육센터, 아파트, 엘리베이터 건물, 노숙자 주택, 톨게이트 부스, 경주로 부속 건물, 병원, 인력 임시 캠프, 등)은 올 2023년 3월 29일에서 4월 1일 사이 MBI가 주최하고 라스베가스에서 열릴 2023 World of Modular Annual Conference & Tradeshow에서 소개 될 예정이다. Steel modular building에 관심 있는 분들에게 참석을 추천드린다.

한국의 경우 현재 콘크리트와 철골을 주 재료로 하는 OSC 또는 모듈러 관련 연구나 실증 프로젝트들이 활발한 것으로 알고 있다. 이는 매우 환영할 만한 일이다. 현재 미국 바이든 정부에서 주택가격 안정을 위한 방법의 일환으로 모듈러 공법을 정책적으로 지원하고, 파이낸싱을 돕거나, R&D에 더 공격적으로 투자하고 있다(The White House 2022). 한국 정부도 더욱 더 모듈러 공법의 연구개발에 투자하고 현장에



서의 적용을 돕는 정책들 더 활발하게 퍼는 것을 제안한다. 저자는 최근 폴란드나 중국에서 모듈들을 만들어서 미국으로 보내는 것 처럼 가까운 미래에 한국에서 모듈유닛들을 제조해 미국으로 보내어 새로운 수출 효자 품목으로 자리잡기를 기원하며 이 글을 마친다.

news-releases/volumetric-building-companies-and-polcom-group-complete-merger-solidifying-a-global-leadership-position-in-modular-construction-technology-301459032.html> (May 2, 2023).

5. 참고문헌

1. Choi, J. O. (2014). 'Links between Modularization Critical Success Factors and Project Performance.' Ph.D. Dissertation, The University of Texas at Austin, Austin, TX.
2. Choi, J. O. (2015). '조립식 (Prefabrication) 및 모듈화 (Modularization) 관련 연구 동향.' 건설관리 (Construction Engineering and Management), 16(3), 44-47.
3. Choi, J. O. (2019). '모듈화 (Modularization) 관련 연구 동향.' 건설관리 (Construction Engineering and Management), 20(1), 45-48.
4. Choi, J. O., Chen, X. B., and Kim, T. W. (2019). 'Opportunities and challenges of modular methods in dense urban environment.' International Journal of Construction Management, 19(2), 93-105.
5. International Code Council. (2020). FAQs on Off-Site Construction.
6. Kluck, M., and Choi, J. O. (2023). Modularization: The Fine Art of Offsite Preassembly for Capital Projects. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ.
7. Modular Building Institute (MBI). (2021). 2021 Permanent Modular Construction Report. Charlottesville, VA.
8. Modular Building Institute (MBI). (2023). 'Markets Served.' <<https://www.modular.org/markets-served/>> (May 2, 2023).
9. The White House. (2022). 'President Biden Announces New Actions to Ease the Burden of Housing Costs.' <<https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2022/05/16/president-biden-announces-new-actions-to-ease-the-burden-of-housing-costs/>> (May 2, 2023).
10. Volumetric Building Companies, and Polcom. (2022). 'VOLUMETRIC BUILDING COMPANIES AND POLCOM GROUP COMPLETE MERGER, SOLIDIFYING A GLOBAL LEADERSHIP POSITION IN MODULAR CONSTRUCTION TECHNOLOGY.' <<https://www.prnewswire.com/>