

모듈러 건축의 고도화 방안



글 이지는 / 토지주택연구원 수석연구원 / 전화 042-866-8587 / E-mail jee@lh.or.kr

1. 머리말

모듈러 건축의 역사는 약 100년에 이른다. 제2차 세계대전 후 주택을 저렴하고 신속하게 공급하는 것이 중요한 과제였다. 이 때 오토 바트닝(Otto Bartning)이 설계한 조립식 주택이 등장했다. 오토 바트닝이 속한 근대건축국제회의(CIAM)와 바우하우스에서도 자재의 표준화 및 규격화에 대한 중요성을 강조했다. 바우하우스는 데 사우 퇴르 텐(Dessau-Törten)국영주택 단지개발 프로젝트로 자재의 표준화 및 규격화에 대한 시도를 했으며 근대건축국제회의를 이끈 르 꼬르뷔지에도 “건축은 기계”라는 표현을 하며 건축 구성재의 부품화를 주장했다. 근대의 산업 발달과 함께 공업화 재료의 생산과 보급에 대한 개념이 생겼으며, 전쟁 후 도시를 복구하며 주택난을 해결하는 주요 수단이 되었다. 기계를 활용한 재료의 대량생산과 건식 시공 자동화에 대한 구상안이 발표되기도 했다. 이러한 시공 방식을 적용하기 위해서는 모듈러 디자인과 건축구성재의 부품화가 필요했다.

이후 벅 민스터 폴러도 다이맥시온(Dymaxion)이라는 개념으로 “역학적이고(Dynamic) 최대 효율성(Maximum Efficiency)을 갖는” 주택의 디자인을 선보였다. 그는 이 주택을 디자인하며 주택의 기술수준과 질을 판단하기 위해 성과와 무게의 방정식으로 정의한 척도를 발표했다. 그는 주택의 문제를 산업적인 방식으로 다루었으며, 주택의 무게가 자재의 운반, 시공상의 편의에 결정적인 조건이 되는 것을 주장했다. 그리고 선박으로 수출하기 편리하도록 적합한 형태로 분할되는 것도 제안했다. 그가 주택의 경량화를 위해 사용했던 주요 마감재는 알루미늄이었다.

장 프루베(Jean Prouve)도 빠른 시간안에 조립과 해체가 가능한 부대 막사를 디자인 했는데 경량의 합판, 알루미늄, 플라스틱으로 시공했다. 1948년에 시공한 “철근부리 가능한 주택(Ferembal Demountable House)”을 보면 현재 간담 생활디자인에서 선보인 “Off-site Domicile Module(ODM)주택이나 MUJI에서 상품처럼 판매하고 있는 주택과도 형태가 유사하다. 이와 같이 장 프루베는

건설업에서 제조 기술을 활용하는 시도를 하며 다수의 작품을 남겼다. 비슷한 시기에 마르셀 로드(Marcel Lods)도 시공 과정에서 기계를 조작하는 사람들 외에는 사람의 개입이 불필요한 시기가 올 것이라는 전망을 하였다. 그는 근대건축국제회의에 참여하며 산업화된 건축을 연구했고 공업화 주택의 프로토타입을 만들고자 노력했다.

국내에도 공업화 주택을 도입하고 모듈러 주택이 확산되면서 현재 건설업계에서는 80여년 전의 혁신적 개념을 실현하고자 노력하고 있다. 과거와 같이 공기를 줄여 주택을 공급해야 하는 문제 외에도 다양한 이유가 있다. 이에 본 고에서는 모듈러 건축이 현재 건설업의 문제를 어떻게 개선할 수 있는지 실제 시공 사례를 소개하고 모듈러 주택의 부품화와 기계화 생산 도입의 필요성을 제기하고자 한다.

2. 모듈러 건축의 현황 및 필요성

2.1 국내 모듈러 건축의 필요성

1963년 대한주택공사가 처음으로 PC(Precast Concrete)로 시범 주택을 지은 이후 1990년대 중반까지 성장했던 시장은 더 이상 활성화되지 못하고 크루저형 주택, 모듈러 주택 등 다양한 OSC(Off-Site Construction) 공법의 공업화 주택이 지어졌다. 그러나 이러한 시도 후 2015년까지 약 20년 동안 공업화 주택의 시공 사례는 10건이 되지 않는 극소수였다.

현재 국내 건설업에는 다양한 문제가 나타나고 그것을 해결하는 대안으로 공업화 주택을 선택했다. 노동자 평균 연령 증가(<표 1> 참조), 사고 발생률 증가(<그림 1~2> 참조), 생산성 저하(<그림 3> 참조), 국제 경쟁력 하락 등 다양한 현황 자료가 건설산업이 미래의 위기에 대처할 시점인 것을 보여주고 있다. 다른 첨단 산업에 비해 기술자들이 건설업 종사를 선호하지 않고 유입 인력이 감소하여 외국인 노동자 증가 등으로 성장 동력도 저하되고 있다.

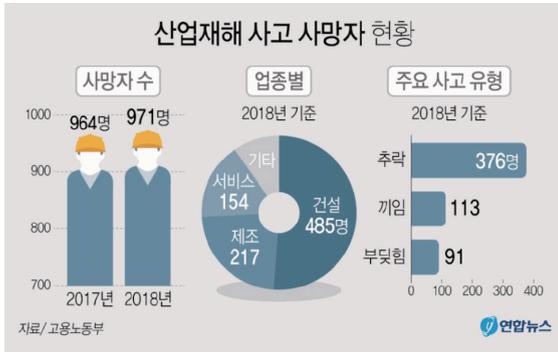
<표 1> 산업별 55세 이상 취업자 비중(%)

산업별	2015년	2016년	2017년
제조업	30.0	32.6	36.0
건설업	53.1	58.5	60.8

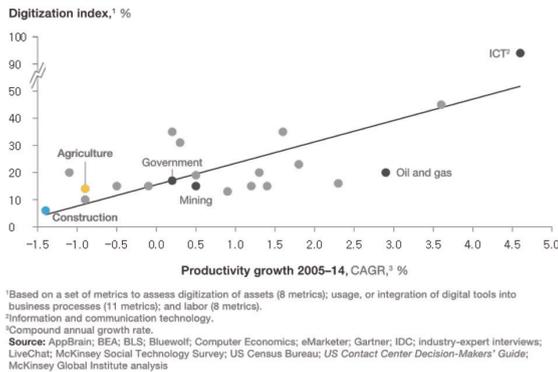
[그림 1] 산업재해 사고사망률 추이('10~'18)



[그림 2] 산업재해 사고 사망자 현황('18)



[그림 3] 산업별 디지털화와 생산성 증가('05~'14)

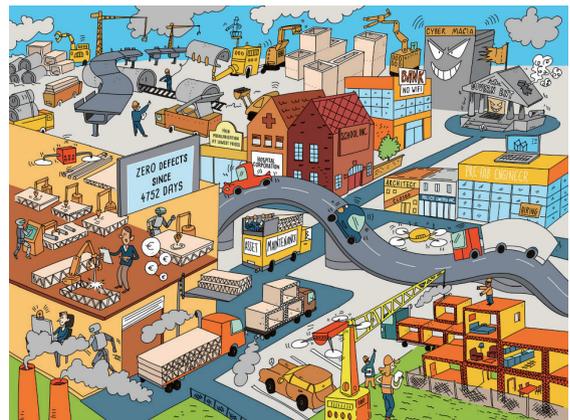


이러한 배경으로 국토교통부에서는 제6차 건설기술진흥기본 계획(2018~2022)를 세워 정부가 중점적으로 추진하고자 하는 내용을 제시했다. 계획의 목표는 노동 생산성을 40% 향상시키되 사망자수는 30% 줄이고, 건설 노동자의 근로시간은 20% 단축하며 건설산업 해외수주는 100% 확대하는 것이다. 이러한 목표를 달성하기 위해 기존의 현장 시공 공법에서 공장 생산 중심으로

전환하고 ICT와 제조업을 접목하여 건설 자동화를 실현하여 생산성을 개선하는 방법을 제시했다. 즉, 현장 의존적인 생산체계 한계를 첨단 공장형 건설기술의 개발 및 적용으로 극복하기 위해 "인프라 BIM을 활용한 가상 시공(Pre-con) 후, 3D 프린터를 활용하여 공장에서 건설 부재를 모듈화로 제작하고, 시를 탑재한 다기능 건설 로봇에 의해 현장에서 조립하는 스마트 건설자동화"를 추진한다는 것이다. 이러한 목표가 실현되면 가격 경쟁력을 개선하고, 기술을 발전시켜 산업을 성장시키고, 첨단 기술을 융·복합하는 미래 지향적 기술혁신으로 돌파구를 마련할 수 있을 것이다. 이러한 국가의 목표를 달성하기 위해서 모듈러 건축은 중요한 역할을 할 수 있다.

세계 경제포럼(World Economic Forum, 2018)에서 미래 산업에 적용되어야 할 세 가지 시나리오를 제시하였는데, 그 중에 하나는 프리패브 및 모듈러 공법으로 공장 생산되는 건축에 관련된 시나리오였다(그림 4 참조). 이 시나리오는 건설을 빠르고 비용 효율적으로 만들기 위해 조립식 프로세스와 맞춤형 모듈 설계가 필요하다는 내용이었다. 욕실과 사무실 칸막이부터 교량용 부품 등 많은 부분을 표준화하되 고객의 요구에 융통성 있게 대응할 수 있는 전략이 수반되어야 하는 것을 강조한다. 이것은 제조업에서 시도되어 왔던 모듈화 전략과 유사하다. 건설산업은 탄산업 특히, 자동차 산업에서 시도된 것과 같이 수익성을 개선하고 성장의 기회를 만들기 위해 제조업의 방법을 활용해 볼 필요가 있다. 근대 건축 국제회의에 참여했던 많은 건축가들이 제안했던 디자인 방법을 발전시키고 생산 시스템을 효율적으로 구축하는데 제조업에서 노하우를 얻을 수 있을 것이다.

[그림 4] 세계경제포럼의 미래 건설업 시나리오



2.2 국내 모듈러 건축의 현황

최근 3년간 모듈러 건축의 시공 사례가 증가했지만 그 이전 20년간은 시공 사례가 매우 적었다. 그리고 대기업이 모듈러 건축에 참여한 사례는 거의 없었다. 1990년대 초 공업화 주택이 도입되고

인정제도가 운영되기 시작했다. 1996년 삼성물산이 PC패널 시스템으로 공업화주택 인정을 받았지만 유효기간 경과 이후 자격을 상실했다. 이후 긴 공백기 후에 2010년 스타코가 인필(Infill)공법을 적용한 크루저(Cruiser)형 주택으로 인정을 받았고, 10년간 약 10개의 프로젝트를 시공했다. 2014년 금강 공업이 철골조의 모듈러 공법으로 인정을 받은 이후 포스코 A&C, 유창 등 몇몇 건설사가 모듈러 공법으로 기숙사, 주택, 학교 등을 시공했다. 이러한 모든 회사가 공장을 안정적으로 운영하기에는 프로젝트의 수량이 매우 적었다. LH에서 발주한 주택 물량도 2018년과 2019년에 200호를 조금 넘는다.

이러한 상황이 지속되고 있지만 최근 건설사에서 4차산업혁명과 건설업의 위기에 대응하기 위해 적극적으로 혁신을 하고 있다. 특히, 미래 주택 및 건설 자동화의 인프라를 마련하기 위해 대기업이 빠르게 변화하고 있다. 현대건설, GS건설, 대우건설, 포스코건설 등 대형 건설사들은 모듈러 공법, 프리패브 공법 등의 첨단기술을 활용하는 건설 추진팀을 신설했다. 그리고 LH공사, SH공사, 지방 도시공사와 같은 공기업도 모듈러 건축사업을 발주하고 건축 산업의 전면적인 혁신을 지원하고 있다. LH는 2020년에는 모듈러 주택을 이전의 3배 이상을 늘려 600호 정도를 발주할 계획을 세웠다. 경기도시공사는 용인 영덕에 중·고층 모듈러 공공주택 실증 사업을 추진할 예정이다. 더 나아가 이러한 모듈러 주택을 활용하여 건설현장에서의 다양한 사회 문제를 해결하고 조립식 주택으로 해외에 수출할 수 있도록 수요에 적합한 다양한 유형을 개발하는 방안을 모색하고 있다.

3. 모듈러 디자인의 개념과 원리

모듈러 디자인이란, 독립된 모듈로 구성한다는 개념으로서 그 모듈들은 따로 만들어진 후 필요한 유닛을 만들기 위해 합쳐진다. 모듈은 개별적으로 작동하고 여러가지 방식으로 조립할 수 있기 때문에 설계 및 개·보수에 무한한 가능성을 허용한다. 레고형 조합설계를 고려하면 제품의 구성요소를 구조단위이자 핵심기능 단위인 모듈로 나눈 뒤 이 모듈들을 조합해 시장의 다양화 요구에 대응하도록 계획하는 것이다. 이것은 표준화의 장점과 개인의 요구에 대한 맞춤형 설계의 장점을 갖도록 디자인하는 방법이다.

모듈러 디자인의 원리는 분할과 조합으로 설명할 수 있다. 분할은 간단히 모듈 내부에서 고정성이 높은 모듈과 변동성이 높은 모듈로 구분할 수 있다. 추가적으로 재활용하는 부분에 대한 고려도 필요하다. 모듈들 간의 독립성을 갖도록 분할되어야 하며 모듈 내 레이아웃을 표준화하는 것도 고려해야 한다. 사용을 고려하여 르 꼬르뷔지에가 제안한 모듈러 척도와 같이 사용자의 신체 및 움직임과

관련된 척도로 모듈러 디자인을 할 수도 있다. 그리고 이러한 모듈은 조합의 방법, 즉 시공 방법도 함께 고려해야 한다. 조합으로 디자인을 다양한 형태로 만들 수 있고 사용자의 요구를 최대한 반영할 수 있도록 결과물을 완성할 수 있다. 조합의 방법은 제작하는 시간이나 가격, 과정 등을 결정할 수도 있다. 모듈러 디자인은 이런 변동성을 효과적으로 관리하여 복잡성을 줄이는 것이 중요하다. 현재 시공된 모듈러 주택은 미리 설계하고 만들어 놓은 기본 모듈과 이를 조합하는 주택의 제작 시점을 분리하여 최소의 자원으로 고객의 요구를 수용하는 방법을 취하고 있다. 수요가 적어 대량 생산은 어려운 상황이므로 다품종 소량 생산하는데 분할과 조합의 방법을 활용한다.

모듈러 디자인은 타분야에 적용된 많은 성공과 실패 사례가 있다. 폭스바겐 자동차의 경우 성공 사례이고 구글이 출시한 스마트폰 아라 프로젝트의 경우 실패 사례라고 할 수 있다. 아라 프로젝트의 경우를 보면 건축에서의 문제를 예견할 수 있다. 개별 회사가 만든 모듈을 조립해 보면 성능 문제가 발생할 수 있다. 반면에 하나의 회사에서 생산할 때는 각각의 부품들이 하나의 성능 목표를 가장 잘 달성할 수 있도록 조합될 수 있다. 그러나 표준화가 되지 않고 특수성을 갖는 것은 복잡성을 증가시켜 효율적인 모듈러 전략을 펼치기 어려운 단점이 있다. 이런 문제들을 잘 통제하여야 성공적으로 제품을 생산할 수 있다. 모듈러의 목적은 다양한 제품을 효과적으로 개발하는데 있기 때문에 모듈러 디자인으로 더 복잡한 시스템을 갖지 않도록 주의해야 한다.

주택에서의 모듈러 디자인은 공업화된 재료를 적용하기 위한 공법이다. 이러한 모듈러 디자인의 방법에 따라 두 가지 방식으로 구분할 수 있다. 첫째, 기존 대량 생산된 자재를 건축에 도입하는 방식, 둘째, 설계 이후 자재를 생산하기 시작하여, 생산된 재료를 현장으로 운반한 뒤 건식으로 시공하는 방식이다. 현재 모듈러 건축에서 적용된 방식은 두 번째 방법에 가깝다. 국내의 모듈러 공장 시스템은 자동화되지 않은 조립 시스템이고, 사용되는 건축 구성재도 표준화 및 부품화되지 않은 경우가 대부분이다. 르 꼬르뷔지에, 발터 그로피우스 등 여러 학자들이 이야기 했던 부품화 및 기계화를 전제하는 모듈러 건축의 방법은 현재 상황과 매우 거리가 멀다. 그러나 해외에는 이러한 방법을 적용하여 공기단축 및 비용절감을 한 사례들이 발표되고 있다. 최근 중국 우한에 신종 코로나 바이러스 환자를 위해 1,000여개의 병상을 10일 만에 건축한 사례도 표준화와 부품화 방법을 활용했다. 현재 국내에서 시공된 모듈러 주택의 사례를 통해 모듈러 디자인과 공업화된 재료를 적용하는 방법에 대해 자세히 살펴보고자 한다.

4. 모듈러 건축의 사례

4.1 소형 단독주택

해외에도 소형 목조주택의 시공 사례는 급증하고 있다. 자연이 풍부한 곳에 자연을 훼손하지 않으면서 매우 짧은 공사기간으로 작은 주택을 시공하는 경우가 대다수이다. 예를 들면 무인양품(MUJI)과 같이 제품으로 출시한 경우도 있고 캐나다 'Trim Studio'에서 제작한 'Galiano-100', 폴란드의 'Bookworm Cabin' 등과 같이 소비자의 취향에 맞춰 제작한 집도 있다. 국내에도 'ODM'과 같이 제품으로 출시하여 장소와 상관없이 정해진 디자인 제품을 설치하는 모듈러 주택 회사가 있고, '공장제작소'와 같이 소비자의 취향에 맞춰 제작하는 회사도 있다.

대표적으로 간삼 종합건축사무소에서 설계·제작한 ODM의 특징을 살펴보면 다음과 같다. 너비는 3m, 높이는 3.8m로 동일하고 길이는 6.6m가 기본형이고 8.1m까지 확장할 수 있다. 구조는 경량 목구조이고 선반, 가구는 빌트인 되어있다. 가전 중 냉장고와 김치냉장고는 선택하여 포함시킬 수 있다. 난방 방식은 바닥난방이나 공기순환식 냉난방이 가능하다. ODM주택의 경우 제조업의 방식을 취하고 있지만 모듈러 디자인의 개념을 갖고 있지 않다. 그래서 주택의 일부 디자인 및 부재를 교체할 경우, 기존의 시공 방법과 유사한 방법으로 임의로 개보수를 해야 한다.

[그림 5] 간삼 ODM 주택 시공사례-남양주



소비자의 요구사항을 수용하며 다양한 대안을 효과적으로 생산하기 위해서는 단순화, 표준화, 공용화 이 세 가지 전략이 필요하다. 단순화는 구성요소, 즉 모듈의 종류를 줄이는 것이고, 표준화는 표준 부품과 표준 공정 및 표준 모듈 등을 설정하여 불필요한 과정을 줄이는 것이며, 공용화는 디자인은 달라지되 일부 요소를 공동으로 활용하여 새로운 요소가 생기는 것을 줄이는 방법이다. 이것은 운영상의 효율성을 결정하는 중요한 전략이다. 폭스바겐 자동차가 이런 공용화 전략을 효율적으로 활용하여 다양한 자동차 디자인 생산을 하고 있는 대표적인 사례이다.

소형 단독주택을 상품처럼 판매하는 경우 이러한 방법으로 다양한

디자인을 양산하여 기존 건축과 차별화된 장점을 갖는 주택으로 혁신할 수 있을 것이다. 일본의 경우에는 소형 평형의 단독주택을 공업화 주택으로 특화시켜 공장 자동화를 실현하고 있다. 구조체, 설비, 배관, 조명, 온돌 등 전체 공정 중 80%를 공장에서 진행하며 내진설계가 잘된 튼튼한 주택을 생산하고 있다. 이러한 결과로 소비자들은 모듈러 주택을 맞춤형 제작 서비스가 가능한 고급 주택으로 인식하고 있다. 국내에서도 모듈러 주택에 대한 수요를 늘리기 위해서는 이러한 인식의 전환이 필요하다.

4.2 적층식 공법의 공동주택 유닛

적층식 공법은 공간 유닛을 적층하여 두 개층 이상의 주택을 만들거나 여러 세대가 모인 공동주택을 만드는데 활용된다. 공간 유닛을 만드는 구조는 목구조, 철골조, 프리캐스트 콘크리트, 콘테이너 박스 등 다양하다. 앞에서 소개한 목구조로 된 소형 단독 주택의 유닛도 2개를 적층하여 시공한 사례도 많다. 철골조의 경우, 여러 유닛을 나열하고 적층하여 기존의 아파트 또는 도시형 생활주택을 대신하는 공동주택 형태로 구성한다. 1992년 공업화 주택 관련 법령이 생긴 이후 가장 일반적인 방식이다. 적층식 공법을 활용한 모듈러 주택은 신축 외에도 수직·수평 증개축에도 적용하면 기존의 습식 공법과 비교하여 기존의 구조에 부담을 적게 가할 수 있을 것이다. 그리고 거주자의 이주, 공사 중 폐기물 발생 등의 문제를 쉽게 해결하며 빠르게 시공할 수 있는 장점이 있다.

국내 사례 중 최대 규모인 LH 웅진백령 공공임대주택에 대해 살펴보고자 한다. 규모는 전체 152세대, 지하1층, 지상4층 총 4개동으로 설계되어 있으며, 2020년 상반기 준공 예정이다. 현재 공사가 거의 마무리 된 상태이다. 완공된 유닛을 군산 공장에서 제작하여 해상으로 백령도까지 운송했다. 이후 항구에서 시공현장까지 약 3.5km 되는 거리를 트럭으로 운반하여 현장에서 적치하지 않고 트럭에 적재된 모듈러 유닛을 타워크레인에 연결해 차례차례 배치하여 건물을 완성했다. 운송하는데 많은 경비와 시간, 노력이 수반되었지만 현장의 상황은 습식 공사와 매우 다르다. 폐기물, 먼지 등의 오염물질 배출이 적고 건설 노동자들의 사고 위험도 적다. 운반의 방법만 잘 갖춰지면 모듈러 주택은 이속도 용이하고 재활용 비율을 높일 수 있을 것이다.

운송의 시스템과 방법이 잘 갖춰지면 운송시 품질의 변화가 적겠지만, 현재로서는 모듈러 운송시 발생하는 진동으로 인하여 모듈러 내부 부착물이 탈락하거나 변형될 우려가 있다. 그러한 경우를 대비하여 BIM도면을 활용하여 누락없이 공장에서 품질체크를 할 수 있다. 우려되는 부분은 BIM 360 등의 프로그램을 활용하여 현장에서 설치하기 전에 운송시 주요 파손부위 체크리스트에 대해 한번 더

확인하는 것이 필요하다. 그리고 현장 시공을 위해 여러 가지 계획이 사전에 철저하게 준비되어 있어야 한다. BIM 시뮬레이션을 활용하여 시공 계획을 정확하게 세울 수 있다. 예를 들면, 양중 크레인의 용량 및 작업반경 등이 반영된 시뮬레이션으로 정확한 양중 계획을 수립해야 하고, 4D시뮬레이션으로 디지털 목업(Digital Mock-up)을 활용해 공사 수행 전에 현장 시공 계획의 수립 및 검토를 철저히 해야한다. 적층식 공법의 경우 BIM설계도면은 공간 유닛의 전 생애주기 관리를 위해 매우 유용하게 활용될 수 있다.

[그림 6] LH 웅진백령 공공임대주택



해외 모듈러 주택이 성공하는 사례를 보면 공통적으로 폐자재를 줄이고, 유닛을 재활용할 수 있는 장점을 잘 활용한다. 이와 더불어 공기단축, 품질관리, 대량생산으로 공사비 절감 등에 경쟁력을 갖고 있다. 국내에서 수요가 적기 때문에 대량생산으로 공사비를 낮추는 것은 어렵다. 공기단축 또는 품질관리를 경쟁력을 갖추고 자체, 시공방법 등 폭넓은 기술개선을 가격에 점차 낮출 필요가 있다.

4.3 인필 공법의 공동주택 유닛

인필공법은 주택용 내부 벽체와 싱크대, 화장실 등을 공장에서 조립한 후 현장에서 완공된 골조에 삽입하여 완성하는 공법으로 주요 구조부와 분리되어 있는 것이 적층식 공법과 다르다. 이 경우 크루저형 주택이라는 용어를 사용하기도 하는데, 크루저의 객실과 유사한 시공방법이기 때문이다. 해외의 20층 이상 고층 모듈러 건축인 경우 대다수가 인필공법으로 시공을 한다. 인필 공법의 경우 공간 유닛의 벽에 무리한 구조성능을 요구하지 않으므로 단열 및 내화 성능을 갖도록 일체형 패널로 공장에서 제작한 후 조립하여 완성한다. 습식 공법의 시공방법 및 자재와 현저한 차이가 있으며 벽체 시공과 화장실 시공을 간소화할 수 있는 장점이 있다. 그러나 모듈러 디자인 및 건축 구성재의 부피화를 적용한 것은 아니다. 공동주택, 호텔, 기숙사와 같이 여러 유닛을 집합으로 시공하는 경우 프로젝트의 디자인이나 발주처의 요구사항은 습식 공법으로 시공한

건물과 유사하고 기존의 습식 공법을 대체하는 방법으로 적용해 왔기 때문에 크게 혁신하기는 어려웠다. 모듈러 디자인을 적용하기 위해서는 발주 제도, 시공법, 설계 프로세스 등 모든 건축의 과정이 최적화 되어야 한다.

인필공법의 공동주택 유닛은 컨테이너 건축과 같이 공간 유닛 단위로 조합하여 상대적으로 넓은 평형의 주택을 구성하기에 적합한 시공 방법이다. 2개 또는 3개의 공간유닛을 수평으로 배치하여 오피스텔의 세대 평형을 다양하게 시공한 사례를 살펴보면 다음과 같다.

<표 2> 스타코 오피스텔 세대 내부 및 구성재



스타코에서 시공한 부산 신화동에 위치한 오피스텔은 저층부 3개층은 습식공법으로 시공한 후 77세대의 주거시설은 모듈러 건식공법으로 생산하여 주요 구조체 사이에 끼워 넣는 방식으로 완성했다. 주거시설만 7개층이며 전체 10층 규모의 오피스텔이다. 12층 이상의 건축인 경우 건축법 시행령에 따라 주요 구조부 내화시간 3시간을 충족해야 하므로, 2시간 내화 시간을 적용 받도록 11층 이하로 시공했다. 현재 12층 이상의 공동주택이 시공된 사례가 없는 것은 3시간 내화 기준을 만족할 수 있는 패널이나 벽체의 구성이 부피 및 중량 증가로 여러 문제를 야기하기 때문이다. 한 유닛의 중량은 타워크레인으로 운반할 수 있는 범위 내에서 시공해야 하는 제약이 있다. 스타코 오피스텔의 주거공간은 벽체가 철판으로 제작된 패널로 마감되어 유지관리 하기 용이하며 내구성이 좋은 장점이 있다. 공간을 효율적으로 사용하도록 빌트인 가구는 유닛과 함께 시공하여 별도의 가구가 불필요하다. 가구의 점유 면적을 줄여 실제 사용 면적을 늘릴 수 있다. 모듈러 주택의 경우 뜬 바닥구조로 시공하기 때문에 층고가 높아지는 단점은 있지만 기존 공법에 비해 층간 소음을 저감하는데 유리하다. 그리고 방수제도 공장에서 외부의 영향을 받지않고 시공할 수 있으므로 시공 결함에 따른 누수의 문제도 적다(<표 2> 참조).

천안 두정지구 행복주택의 경우 코어를 중심으로 한쪽은 적층형

공법으로 시공하고, 한쪽은 인필 공법으로 시공했다. 이러한 공법의 차이로 외관이 자연스럽게 달라지는 것을 확인할 수 있었다. 각각의 공법에 장점과 단점이 있으므로 입면 디자인, 층수, 공사비, 현장여건 등을 고려하여 합리적인 공법을 선택하여 공업화 주택을 시공할 수 있을 것이다. 천안 두정지구 행복 주택은 이러한 특징을 비교할 수 있도록 SH, LH, 한국건설기술연구원 등 여러 기관의 협업으로 실증사업을 한 프로젝트였다. 모듈러 건축의 기술적 발전을 위해서는 천안두정지구와 같은 실증 사업이 많이 필요하다. 현재 모듈러 건축이 습식 공법과 같은 성능을 보유하면서 차별화된 장점을 갖기 위해서는 모듈러 디자인 외에도 자재의 경량화, 주택성능, 건설자동화 시공장비 개발 등 다양한 면에서 기술력을 향상시키는 것이 필요하다.

5. 맺음말

모듈러 건축은 현재 건설현장에서 일어나는 다양한 문제와 산업의 침체, 국제 경쟁력 약화 등 건설업의 위기를 전환하기 위한 효과적인 해결책으로 주목되고 있다. 그러나 이러한 성장 가능성에도 불구하고 활성화되지 못하고 있다. 국내 모듈러 주택을 포함하는 공업화 주택은 습식공법으로 시공하는 건물보다 공사비가 높고, 수요가 적어서 기술개발 및 제도개선이 속도를 내기 어렵고, 중소기업의 역량 강화 및 성장도 어려운 악순환이 지속되어 왔다. 발주제도, 법제도, 관련 기술 산업 육성 정책 등 많은 보완이 필요하며, 기술의 발전, 비즈니스 전략, 스마트 팩토리과 같은 생산기술의 발전도 필요하다. 각각의 부품을 생산하는 중소기업의 역량강화와 기업간 상생협력을 강화하는 것도 성공적인 사업모델을 만드는데 중요하다.

모듈러 디자인의 효과는 일부분에서 나오는 것이 아니라 사례에서 확인한 바와 같이 건축의 전 생애주기, 즉 기획-설계 및 개발-생산-시공-유지관리-재생에 걸쳐 나타날 수 있다. 유지관리하는 과정에서 노후 자재의 교체 및 재활용을 용이하도록 하여 비용을 절감하며, 건물의 품질을 우수한 상태로 관리하고 건물의 지속가능성을 높일 수 있다.

거의 100년에 가까운 시간동안 건축 구성재의 부품화 및 표준화를 이루기 위한 모듈러 디자인에 대한 시도가 있었다. 주로 설계 및 개발 단계의 변화에만 집중하여 전 생애주기에 걸쳐 맥을 이어 발전하지 못했고, 건설업의 발전에 기여하지 못했다. 이제는 공장생산, 스마트 팩토리과 연계하여 OSC 방식이 도입될 수 있는 환경을 조성하고 지속적으로 함께 발전하도록 기술개발·실증·상용화의 기반을 구축하는 과감한 혁신이 필요하다. 건설업이 4차 산업혁명을 선도하는 산업 생태계를 만들도록 건축 디자인과 시공방법이 보다 고도화 되어야 한다.

※ 참고문헌

1. 모듈러주택 공정관리 표준화기법 발굴에 관한 연구, LH토지주택연구원, 2019
2. 수요자 맞춤형 조립식 주택 기술개발 및 실증단지, 국토교통과학기술진흥원/한국건설기술연구원, 2019
3. 라이프스타일 기반의 주택 디자인을 위한 가변적 모듈러 시스템 제고, 서울대학교 석사학위/손지민, 2019
4. 주택의 공업화된 재료에 의한 신체적인 자각에 관한 연구, 서울대학교 석사학위/김정연, 2016
5. ODM simple enough, GHED, 2019
6. 컨테이너를 활용한 모듈러 건축의 유형특성 연구, 건국대학교 박사학위/김진업, 2015
7. 고객 맞춤형 제품을 생산하는 모듈러 디자인, 한연/김진희, 2016
8. 지속적인 성장을 위한 모듈화 전략, 한연/김진희, 2018
9. 제6차 건설기술진흥기본계획, 국토교통부/기술정책과, 2017
10. Future Scenarios and Implications for the Industry, World Economic Forum, 2018
11. Off-Site Construction: 건설생산 시스템의 혁신, 한국건설관리학회지 제20권 제5호/손정욱, 이준성, 2019.10

WRITER INTRODUCTION

이지은 수석연구원은 LH토지주택연구원 미래기술연구실, 도시건축연구실, 계획설계연구실 등에서 근무하였다. 현재 도시재생-공간 연구실에 재직 중이며 모듈러 및 미래주택 계획연구를 담당하고 있다.