

Research Paper

국내 모듈러 건축의 내화구조 제도 현황 및 활성화 방안

Fire Resistant Regulation Status and Activation Plan of Domestic Modular Construction

최윤정 · 안재홍*

Choi, Yun-Jeong · An, Jae-Hong*

Senior Researcher, Department of Construction Test & Certification Center, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, Ilsanseo-Gu, Goyang, 10223, Korea

*Corresponding author

An, Jae-Hong

Tel : 82-31-995-0811

E-mail : rehong@kict.re.kr

Received : October 26, 2022

Revised : November 14, 2022

Accepted : November 14, 2022

ABSTRACT

Modular construction is recognized as a construction method with various advantages, such as shortening the construction duration, achieving quality control through factory production, ease of maintenance, and reduced construction costs due to reduced weight of materials. However, despite efforts by the modular industry and government to activate modular construction, it has rarely been established in the domestic market. Currently, there are technical limitations to the modular construction fire resisting technology applied to general buildings. The lack of access to modular construction fire resistance regulation is considered a major factor. In this study, the current status and problems with modular construction fire resistance regulation, a significant hindrance factor, were considered to activate modular construction. This study is intended to present a direction for institutional improvement in modular construction fire resistance and a direction for research and development.

Keywords : fire resistance, modular construction, activation plan, regulation status

1. 서론

모듈러 건축은 시공 기간의 단축, 공장생산에 따른 품질의 안정성, 유지관리의 용이성, 자재의 경량화로 건축비용 절감 등 다양한 장점을 가진 공법으로 인정받고 있다[1-3]. 이러한 모듈러 건축은 국내에서 2003년 모듈러 학교 시범 건립사업 추진으로 처음 학교 시설에 적용되었으며, 이후 군 시설, 업무 시설, 임시 주거 시설 등에 적용되어 사용 범위가 확대되고 있는 추세이다[4]. 국토교통부는 모듈러 건축 중고층화 및 생산성 향상 기술 개발을 위해 2014년부터 중고층 모듈러 건축설계 및 엔지니어링, 모듈러 건축 공장 제작 최적화, 중고층 모듈러 건축 운송 및 현장시공 효율화의 기술 개발을 목표로 연구 과제를 수행 중에 있다. 이 연구의 결과물로 국내 최초로 13층 이상의 중고층 모듈러 공법을 적용한 민간 임대주택 건축물이 용인 영덕지구에 건설될 예정이다[5].

그러나 모듈러 업계 및 정부의 모듈러 건축 활성화를 위한 이러한 노력에도 불구하고 국내 시장에서 좀처럼 자리를 잡지 못하고 있다. 현재 모듈러 건축 내화기술이 일반 건축물에 적용하고자 개발된 기술을 그대로 적용하고 있는 기술적인 한계도 있으나, 그중에서도 내화구조 제도 접근성이 떨어지는 것을 주요 요인으로 간주하고 있다[6].

국내 건축법상 공동주택은 12층(또는 50m) 이하의 주요구조부의 보와 기둥은 2시간, 13층 이상은 3시간 내화성능을 요구



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

하고 있다. 현재 국내에서는 모듈러 건축의 보와 기둥에 적용할 수 있는 내화구조 인정은 보드 피복으로 인정받은 것이 대부분이며, 3시간 내화성능을 만족하려면 보는 57~77mm, 기둥은 57~68mm의 보드로 피복하여야 한다[7]. 두꺼운 피복재로 인해 실내 공간은 축소될 수밖에 없으며, 단위 유닛 자체의 무게가 무거워져 운반 및 시공도 용이하지 않다. 결국 이러한 문제점은 모듈러의 건축 특성인 건축비용 절감, 현장 시공의 용이성 등의 장점을 상쇄시키는 결과를 초래하게 된다.

따라서 본 연구에서는 국내 모듈러 건축의 내화구조 제도 현황 및 문제점을 파악하고, 모듈러 건축 활성화를 위한 연구개발 방향 및 사회적 로드맵을 제시하고자 한다.

2. 국내 모듈러 건축의 내화구조 제도 현황

2.1 내화구조 인정

「건축법」 제 50조 및 「건축법 시행령」 제 56조에 따라 공동주택 용도의 건축물 중 바닥면적 400 제곱미터 이상에 해당하면 주요구조부(건축법 제2조제7호: 내력벽, 기둥, 바닥, 보, 지붕틀 및 주계단)와 지붕은 내화구조로 하여야 하며, 건축물의 용도 구분에 따라 「건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙」 별표 1에서 요구하는 내화성능 기준을 만족하여야 한다.

내화구조는 건축물의 「건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙」 제3조제1호에서 제7호까지의 법정 내화구조와 동조 제 8호에서 제10호까지 품질인정기관인 한국건설기술연구원이 인정하는 내화구조로 구분할 수 있다. 법정 내화구조는 대부분 습식공법 위주로 되어 있어, 시공기간 단축, 사전 제작 등이 요구되는 모듈러 건축에서 적용하기에는 불리한 공법이다. 따라서 모듈러 건축에 적합한 내화구조를 적용코자 한다면 두 번째 방법인 품질인정기관에 내화구조 인정을 신청하여 인정받는 과정이 필수적이다.

2.2 인정신청 자격

품질인정기관에서 인정하는 내화구조는 품질시험을 통하여 내화성능을 확인받아야 하고, 제조현장의 품질관리를 통하여 시장에 안정적으로 공급할 수 있는지를 확인받아 인정되고 있다. 이때 인정 신청자의 자격은 내화성능을 가진 주요 재료 또는 제품의 제조자로 한정하고 있으며, 제조자가 인정받은 제품에 대해 인정 유효기간 동안 품질 관리를 하여야 한다. 이같이 인정 신청 자격을 주요 재료 또는 제품의 제조자로 한정하는 것은 인정받은 재료 또는 제품의 생산 주체가 원재료 수입점사부터 제품을 생산까지의 제조 단계에서 실질적인 제품성능의 품질관리가 이루어지기 때문이다.

모듈러 제작사는 내화 인정제품의 사용자로, 현재 국내의, 내화구조 인정 규정에서 요구하는 내화재료 또는 제품의 제조자가 아니므로 모듈러에 대한 내화구조 인정신청을 할 수 없다. 따라서 모듈러 제작사는 사용 부재에 대한 내화구조를 인정받기 위해서는 인정업체의 협조가 필수적이며, 인정을 진행하는 주체가 아니므로 모듈러 내화 적용에 대한 적극적인 의사반영이 제한적일 수밖에 없다.

2.3 모듈러 부재의 내화기술 적용 한계

모듈러 공법에는 보와 기둥이 하중을 받는 적층식의 라멘식, 벽체가 하중을 받는 적층식의 내력 벽식, 건축물 골조를 먼저 건설하고 완성된 구조체에 모듈러 단위 유닛을 삽입하는 인필식이 있다[8](Figure 1). 모듈러 건축에서 활용도가 낮은 벽식과 인필식을 제외하고 가장 많이 사용되는 라멘식의 주요 구조 부재는 주로 각형 강관과 C형강을 많이 사용한다. 주요구조부에 해당하는 보와 기둥은 건축법에 따라 내화구조 인정을 받아야 한다. 강재로 구성된 보와 기둥에 대한 내화성능을 확보하기 위해서는 피복을 하여야 하며, 양생시간이 긴 습식피복보다는 건식피복이 모듈러 건축에 적합하다.

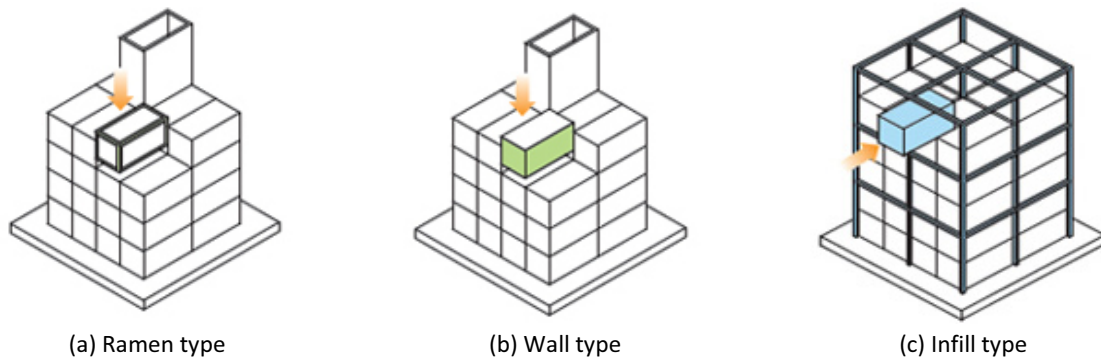


Figure 1. Types of Modular Construction

2015년 가양 실증단지 2시간 내화성능을 확보하기 위해 19mm 이상의 방화석고보드 2겹(총 38mm 이상)으로 피복하여 내화구조 인정을 받았다. 모듈러 건축 특성상 2개의 단위 유닛 또는 4개의 단위 유닛이 만나는 부위에서는 각 유닛에 해당하는 기둥 또한 2개 또는 4개가 만나게 된다. 이때 각 기둥은 내화구조 인정받은 대로 4면 모두 38mm 이상의 방화 석고보드로 감싸야 한다. 이에 따라 실내 공간은 감소 될 수밖에 없으며, 방화 석고보드 시공과 현장에서 조립하는 방법이 까다롭고 많은 시간과 인력이 소비되는 등의 추가적인 문제가 발생한다.

이러한 문제점을 해결하고자 단위 유닛과 유닛을 이어 내화구조 인정을 받고자 하여도 내화구조 인정은 부재 단위로 인정 내용을 적용하므로 모듈러 건축 특성을 반영하기에는 현실적으로 어려움이 있다(Figure 2).

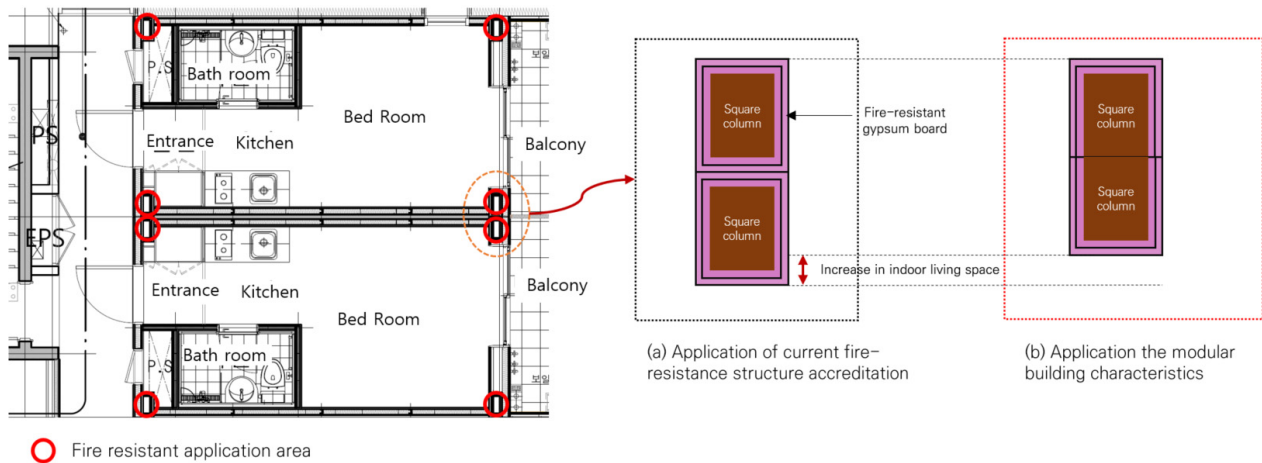


Figure 2. Problem with Modular Construction

2.4 모듈러 건축의 적정 시공의 확인절차 현황 및 문제점

「건축법」 제25조에 따라 대통령령으로 정하는 용도·규모 및 구조의 건축물을 건축하는 경우 건축사나 공사감리자를 지정하여 공사관리를 하도록 하고 있다. 공사감리자는 이 법에 따라 시공자가 설계도서대로 공사하는지를 감리하고 공사의 공정마다 감리일지를 기록 유지하여야 한다. 내화구조는 「건축법 시행령」 제62조에 따라 건축자재의 제조업자, 유통업자, 공사시공자가 품질관리서를 작성하여 공사감리자에게 제출되고, 공사감리자는 품질인정 받은 내화구조가 인정 세부내용(특기시방)에 따라 적정하게 시공됐는지 확인하여 허가권자에게 제출토록 하고 있다.

일반적으로 모듈러는 공장에서 내화구조 시공이 이루어지고 실내 마감 시공까지 완료된 상태에서 건설현장에 반입되므로 감리자가 적정 시공여부를 확인할 수 없는 문제가 발생된다. 현재는 적정시공 여부 확인을 위해 실내 마감 미시공 상태로 현장에 반입되어 현장에서의 작업량도 많아 모듈러 건축의 특성인 시공기간 단축, 품질향상 및 비용 절감 등의 장점이 제대로 나타나기 어려운 실정이다.

3. 모듈러 건축 활성화를 위한 개선 방향 제안

3.1 모듈러 건축의 내화구조 제도 개선 방향

3.1.1 현행 내화구조 인정 제도상 모듈러 건축의 유연성 확보

일반 건축물 현장 시공 대상으로 운용되는 제도와 기술은 건설 현장과 공장생산이라는 시공 조건의 차이를 극복하지 못하고 있으며, 공장 대량 생산과 현장 조립 시공이라는 모듈러 건축의 특성을 제대로 담아내지 못하고 있다. 이는 건축물의 과도한 설계와 적정한 성능 미확보 우려 등 태생적인 문제를 가지고 있기 때문이다. 그렇다고 모듈러 건축에 적합하도록 기존 인정제도 내용이나 기준을 확대 해석하여 불안정한 내화성능을 확보하는 것은 기존 인정구조와의 형평성 문제 등이 논란이 될 수 있다. 모듈러 건축물이 가설 건축물로 간주되는 사회적 인식이 팽배한 상황에서 일반 건축물 대비 화재 안전 성능 하향화로 비취질 경우, 모듈러 활성화에 반하는 사회적 이슈가 될 수 있으므로 동일 수준의 내화성능 확보가 가능하도록 관계자(정부부서, 인정기관, 전문가 등)의 논의가 우선시 되어야 한다. 국내 건축시장의 기준, 제도, 기술의 운영 환경은 사회적 상황과 이해관계자의 합의가 녹아져 있는 복잡한 영역이므로 장기적인 방향성 확보와 전략이 필요하나, 모듈러를 대상으로 맞춤형 핀셋 대책은 현재 조건에서도 가능할 것으로 사료된다. 다만 시간과 비용 등의 효율적 투입과 운영 가능한 자원의 집중을 위해서는 민간 영역에서의 수행은 한계가 있으므로 정부 주도의 단기 전략 마련과 추진이 필요하다 할 수 있다.

또한 내화구조 인정제도의 목적과 기능을 벗어나지 않는 범위에서 적용성을 확대하기 위해 모듈러 건축에 한하여 별도 지침을 마련하는 것을 검토해 볼 필요가 있다. 모듈러 건축을 대상으로 별도 지침 마련을 통하여 인정신청 자격의 확대 및 모듈러 특성을 고려한 추가 내화성능 확인 수행 등의 다양한 대책을 검토하여 내화성능 확보의 기술적 근거를 최대한 확보하여야 한다. 예를 들어 내화성능 확인시 현재 구조당 2회 시험을 하고 있으나 모듈러 특성을 반영하여 추가적으로 요구되는 시험에 대하여 수행하는 것을 고려해 보는 것도 좋을 것이다.

3.1.2 모듈러 맞춤형 표준 내화구조 개발

국내 상황 대비 모듈러 건축이 활성화된 국외 사례와의 비교는 사회적 환경, 건설 기준 운영 환경과 제도의 차이 등이 있어 국외의 일반화된 구조를 바로 적용하기는 불가능하지만, 정부 주도의 모듈러 맞춤형 표준 내화구조 개발 및 보급이 그 대안이 될 수 있다. 표준 내화구조는 현재 내화구조 제도에서도 적용되고 있으므로 정부 주도의 연구 개발을 통하여 보급 가능하며, 국외의 적용 사례 등을 국내 실정에 맞게 최적화 하는 방향으로 진행할 경우 모듈러 맞춤형 표준 내화구조 개발이 좀더 용이할 것이라 판단된다.

3.1.3 모듈러용 평가기법 개발

모듈러 건축물의 화재 안전 확보를 위해서는 내화구조, 마감재료 난연성능, 방화구획 등 공간 구성 피난성능 감지(모니터링) 및 소방(진압) 등의 다양한 분야에서 상호 보완과 협력이 필요하다. 그러나 화재안전 분야에서 현재 수행되었거나 수행 중인 연구개발 등은 모듈러 건축의 활성화를 위한 기술 고도화를 위한 토대 마련을 외면한 채 의무사항인 내화구조만 대상으로 하였으며, 이로 인해 내화구조 부분도 단기 성과물과 실용화만 추진한 현실적 한계가 있다. 개발 기술의 적용을 위해서

는 제도 운영 환경의 개선 추진과 적용성 확보가 필수적이거나 이에 대한 시도는 거의 전무한 상태이다. 예를 들어 단기 전략상 현행 제도 개선도 필요하나 장기적으로는 최신 해석기술(Fire Simulation)을 활용한 모듈러 맞춤형 새로운 평가 방법의 개발 등 세계적으로 모듈러 화재 안전 기술을 선도할 수도 있는 방향에 대한 고민은 못하고 있는 실정이다.

3.2 모듈러 건축의 기술 연구개발 방향

3.2.1 고층 모듈러 건축을 위한 안전 기술 개발(성능 향상 기술)

국내 여건상 각종 사회 경제적 자원이 집중된 도시 밀집화, 토지 활용성 극대화 등 여러 상황을 고려할 경우 모듈러 건축의 고층화는 필수 사항으로 판단된다. 고층화는 건축물 이용자의 증가로 재난 발생 시 국가적 대형 재난으로 확대될 가능성이 높은 점 등을 고려하여 안전 기술 확보가 필수적이다. 대표적인 안전 기술로는 구조 안전과 화재 안전 등을 들 수 있다. 저가형 주거 공간이라는 선입견이 높은 상황에서 안전 기술을 확보하지 않는 것은 모듈러 기술 분야의 발전을 왜곡할 가능성이 크다.

구조안전 분야는 고층화에 적합한 접합부 경계조건 성능 확보, 지진에 대응하는 내진성능 확보 등 다양한 요소 기술 개발에 집중할 필요가 있으며, 세부 개발 내용에 대하여는 관련 구조분야 전문가 그룹의 논의가 필요하다. 화재안전 분야는 모듈러 맞춤형 내화구조 등 화재시 구조물 안전 확보, 공장 생산 적합형 재료 개발, 화재 확산 방지 기술, 화재 감지 및 대응 기술(감지, 피난, 진압/소방) 등 다양한 영역에서 모듈러 특성을 극대화 할 수 있는 방법의 접근이 필요하다. 해외에 비해 상대적으로 기술 경쟁력이 있는 IT 기술을 활용한 상시 모니터링 등 화재 발생전 대응 기술과 화재 발생 후 재사용을 고려한 진단 및 보강기술 개발도 필요하다.

3.2.2 다양한 활용을 위한 특수 목적용 모듈러 개발

모듈러 건축은 주거 공간으로 활용되는 것이 일반적이지만 상업용 건축물(호텔, 오피스 등)로도 동시에 활용될 수 있도록 관련 요소 기술도 동시에 개발하는 것이 필요하다. 그리고 일반적인 용도(주거용, 상업용) 이외에 의료용 모듈러, 산업 플랜트용 모듈러 등 특수 목적용 모듈러 개발도 필요하다. 각종 의료 장비의 사용성을 고려한 전기, 통신 부분의 원활한 시공과 코로나 등 의료 재난에 대응 가능한 음압 병동용 모듈러, 긴급 의료 재해 발생 지역에 신속 투입이 가능한 포터블 형태의 모듈러 등 다양한 활용이 가능할 것이다. 또한 화학 플랜트 등 폭발성 화재 발생이 우려되는 특정된 공간(지역)에 설치하여 가스 누출시 안전 확보, 폭발에 대한 안전 확보를 위한 대피용 모듈러[9](Figure 3) 등 고부가가치의 특수 목적형 모듈러 개발도 검토해볼 필요가 있다.



Figure 3. Blast resistant modular unit

3.2.3 성능설계 기반 모듈러 내화성능 평가기술 개발(제도 접근성 확보)

내화구조 기술개발의 최종 단계는 제도권 진입을 통한 모듈러 건축물에 실제로 적용하는 것이며, 이를 위해서는 기존의 일반 건축물과는 다른 모듈러 건축에 맞는 새로운 평가기술 및 설계기술 개발이 필요하다. 성능설계를 기반으로 단위 모듈의 화재하중 제시, 모듈러용 화재강도(화재온도) 개발[10](Figure 4) 등 성능설계를 위한 요소기술을 개발하고 이를 기반으로 모듈러 건축에 적합한 성능설계법을 마련하여 새로운 평가기준을 정립할 필요가 있다. 모듈러 화재 안전도 지수 개발, 빅데이터를 활용한 화재하중 및 화재강도 개발도 융복합 기술 분야로 성공 가능성이 높으며, 이 분야의 개발은 세계적인 선도 기술 확보로 대외적으로 모듈러 기술 분야 국가 경쟁력 향상도 가능할 것이다.

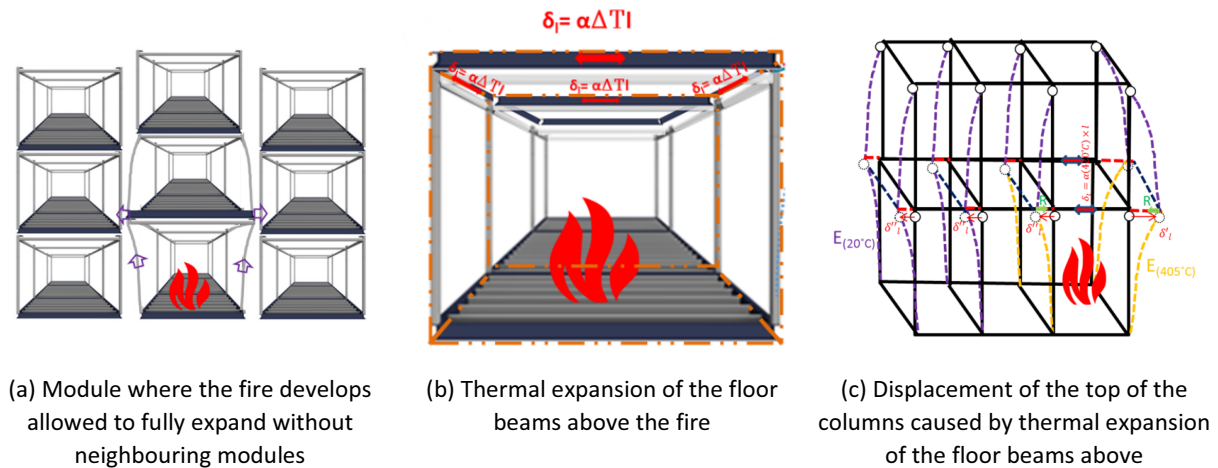


Figure 4. Fire resistant analysis of modular unit

3.2.4 모듈러 건축 발전 방향에 대한 사회적 로드맵 작성

건축 시장은 국가별로 주거환경, 사회적 조건, 경제력, 생활 패턴, 기후 등 자연 조건의 차이로 인한 독특한 차별성을 가지고 있으며, 정부 주도의 정책 방향 결정도 이러한 특성을 고려한 사회적 논의나 합의가 전제되어야 한다. 따라서 국내 건설시장에서 모듈러 건축의 방향에 대한 거시적인 로드맵을 작성하여 수직방향 고층화, 수평방향의 설계 다양성과 범위의 확대 등 방향성을 결정하는 것이 좋을 것이다.

또한 변화하는 국제 환경에 대응하는 새로운 대안에 대한 필요성도 검토해볼 필요가 있다. 기후 협약에 따라 탄소저감 요구에 대응이 가능한 비(非)강재 재료의 적용도 고려하여 기존 획일화된 모듈러 제작 기술 환경의 변화를 유도하기 위해서 콘크리트, 강재 등의 대안으로 탄소 저장능력이 우수한 목재를 구조부재로 활용하는 등 새로운 대안 등을 추진하여야 할 필요가 있다.

4. 결론

국내 모듈러 건축업계와 정부의 모듈러 건축 활성화 노력에도 불구하고 모듈러 건축이 건설시장에서 성장하지 못하는 주요 원인을 파악하여 해결방안을 제시하고자 하였다.

먼저 모듈러 건축의 주된 저해 요인으로 손꼽고 있는 내화구조 제도 현황 및 문제점을 파악하였다. 현재 내화구조 제도에 서는 모듈러 제작사가 인정신청 자격이 주어지지 않아 모듈러 내화기술 적용에 대해 적극적인 대응에 제한이 따르며, 현 제

도에서 요구하고 있는 일반 건축물의 내화기술을 모듈러에 적용코자 할 시 모듈러 건축의 장점이 상쇄되는 결과를 초래한다. 또한 공장에서 내화구조 시공이 이루어지고 마감 시공까지 이루어진 상태에서 건설 현장에 반입되는 모듈러 특성은 현 제도상에서는 내화구조 적정 시공여부를 감리자가 직접 파악할 수 없는 문제점을 가지고 있다.

이를 해결하기 위해 다음과 같이 모듈러 건축의 내화구조의 제도 개선 방향을 제시하고, 모듈러 건축 활성화를 위한 연구 개발 방향 등을 제시하고자 한다.

- 1) 현행 내화구조 인정제도의 목적과 기능을 벗어나지 않는 범위 내에서 모듈러 건축의 별도 지침을 마련하거나 모듈러 맞춤형 표준 내화구조를 개발하여 국내 실정에 맞게 최적화하는 것이다. 이를 위해서는 정부 주도의 전략적 추진이 필요하며, 장기적으로는 모듈러 화재성능을 평가할 방법을 모색할 필요가 있다.
- 2) 도시 밀집화, 토지 활용성 극대화 등 국내 상황을 고려할 경우 모듈러 건축물 또한 고층화는 필수적이다. 따라서 중고층 모듈러 건축물 적용시 필수적인 우수한 내화성능의 모듈러 맞춤형 내화구조 등 화재시 구조물 안전 확보, 화재 확산 방지 기술 등의 화재 안전 기술 연구가 필요하다.
- 3) 모듈러 건축 활성화를 위해서는 주거 목적뿐만이 아니라 의료용 모듈러, 산업 플랜트용 모듈러, 폭발에 대한 안전 확보를 위한 대피용 모듈러 등 특수 목적으로 활용될 수 있도록 관련 요소 기술 개발을 고려해 볼 수 있다.
- 4) 다양한 여건의 건축시장에 걸맞게 정부의 모듈러 건축 방향 또한 사회적 합의가 전제되어야 한다. 따라서 정부가 주도적으로 거시적인 사회적 로드맵을 작성하여 변화하는 국제 환경에 대응하는 새로운 대안을 추진하는 것이 필요하다.

요약


모듈러 건축은 시공 기간의 단축, 건축비용 절감 등의 여러 가지 장점에도 불구하고 국내 건설시장에서 좀처럼 탄력을 받지 못하고 있다. 이러한 원인에는 모듈러 내화 기술 적용의 한계도 있으나 무엇보다도 내화구조 제도에 대한 접근성이 쉽지 않은 것이 주요 요인으로 간주되고 있다. 따라서 모듈러 건축 활성화를 위해 주요 저해요인인 내화구조 제도 현황과 문제점에 대해 고찰하였으며, 내화구조 제도적 개선 및 연구개발 방향에 대해 제시하고자 한다.


키워드 : 내화구조, 모듈러 건축, 활성화 방안, 제도현황

Funding

Not applicable

ORCID

Yun-Jeong Choi,  <https://orcid.org/0000-0001-9415-7575>

Jae-Hong An,  <https://orcid.org/0000-0003-0680-9233>

References

1. An JH, Yeo IH, Park JS. A experimental study on fire resistance performance of board encased steel frame used in modular house. Journal of the Korean Society of Hazard Mitigation. 2015 Feb.;15(1):223-9. <https://doi.org/10.9798/KOSHAM.2015.15.1.223>

2. Lee MD. Analysis of BIM utilization for on-site construction planning in modular construction project. Journal of the Korea Institute of Building Construction. 2019 Jun;19(3):263-72. <https://doi.org/10.5345/JKIBC.2019.19.3.263>
3. Lee JH. Application of activity-based costing(ABC) for modular construction quality management. Journal of the Korea Institute of Building Construction. 2022 Oct;22(5):485-96. <https://doi.org/10.5345/JKIBC.2022.22.5.485>
4. Kim JH, Lee JK. A basic study on the application of modular construction – Focused on the analysis of case study-. Journal of the Korean Housing Association; 2014;25(4):39-46. <https://doi.org/10.6107/JKHA.2014.25.4.039>
5. Choi YH. Gyeonggi House & Urban Development Corporation, Korea's first mid-to-high-rise modular demonstration project in Yongin [Internet]. Seoul (Korea); Newsworks; 2020 Jan 20. Available from: <https://www.newsworks.co.kr/news/articleView.html?idxno=427006>
6. Lee JH, Hwang EK, Kim EY. A study on the factors than hinders the revitalization of modular building – Based on the accreditation system for fireproof construction. Proceedings of th 30th Annual Conference Korean Society of Steel Construction; 2019 May 29-31; Busan, Korea. Seoul (Korea): the Korean Society of Steel Construction; 2019. p. 175-6.
7. Overall status of accreditation/certification/Fire-resistance structure Accreditation status [Internet]. Goyang (Korea): Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology; 2022. Available from: <https://www.kict.re.kr/governmentWeb/getGovernmentContentList.es?mid=a10602050000&pid=92&keyField=&keyWord=>
8. Validation of 3 construction methods by 3 representatives of Modular house construction [Internet]. Seoul (Korea): Seoul Housing & Communities Corporation; 2022. Available from: <http://modular.i-sh.co.kr/page.do?link=sub03/sub04.jsp>
9. Blast Resistant Modules [Internet]. Dubai United Arab Emirates: Specialist Services a Centurion Company; 2022. Available from: <https://specserve.com/products/modular-hire/blast-resistant-modules/>
10. Carlo Paneni. Development of Fire Engineering Solutions for Modular Construction [dissertation]. [Brisbane (Australia)]; The University of Queensland; 2018. 126 p.