

공동주택 장수명화를 위해 MHS 공법이 적용된 골조공법 개선방안

The Application of MHS Frames for Apartments of Extended Life in Korea

홍 원 기*	김 진 민**	김 선 국***	김 형 근****	윤 기 준*****
Hong, Won-Kee	Kim, Jin-Min	Kim, Sun-Kuk	Kim, Hyung-Geun	Yoon, Ki-Jun

Abstract

Bearing wall apartments have been introduced to meet the needs of population growth in metropolis since 1980 in Korea. It is extremely difficult to remodel bearing wall apartments. Noises and vibrations generated between floors are also problems to solve. This paper introduces rahmen structures that enable easy remodel. Modularized Hybrid System(MHS) is demonstrated to be effective in terms of material quantity, construction costs, and amount of CO₂ emission compared with those of bearing wall structures. Housings with MHS composite girder ensure the flexibility of architectural plan and easy remodel while the floor heights are maintained the same as bearing wall structures. The reduction of the concrete and reinforcing steels tonnage decreased construction cost of MHS multi-residential housings. The CO₂ emission was also diminished in accordance with the reduction of construction materials. This paper describes new structural system adapting MHS frames to propose the extended life of residential housings and reduce the national resources by preventing unnecessary rebuilding of housings.

키워드 : MHS 합성보, 라멘구조, 장수명화 공동주택, 물량감소, 내진구조

Keywords : MHS(Modularized Hybrid System) Composite Beam, Rahmen Structure, Long-lasting Apartment, Reduction of Materials, Earthquake Resisting Structure

1. 서론

전 세계적으로 자원 및 에너지 고갈은 21세기에 가장 심각한 문제로 대두되고 있다. 따라서 에너지 자원이 부족한 우리나라는 자원 및 에너지를 획기적으로 줄일 수 있는 신기술 개발이 시급한 실정이다. 국내 공동주택에 있어서 구법의 관점에서 본 재건축 연한은 20년으로 수많은 자원과 에너지의 낭비를 유발하고 다량의 건설폐기물을 발생시키고 있다. 따라서 공동주택의 장수명화를 목적으로 리모델링이 가능한 라멘 구조 시스템에 대한 관심이 고조되고 있으며, 이에 관한 정부의 정책 전환 및 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 정부차원에서는 공동주택에서 리모델링이 용이한 구조를 적용할 경우 신축 건물에 대한 용적률 제한을 20% 완화하는 정책을 추진하고 있다. 따라서 라멘구조 공동주택은 시공사 추가적인 분양면적의 확보를 통한 잠재적인 수익성을 기대할 수 있다. 또한 분양가

상한제가 실시될 경우 철골철근콘크리트구조가 사용된 라멘구조 공동주택은 골조공사에 사용된 건축비의 10%를 추가 비용으로 인정받을 수 있는 이점을 가지게 된다. 이와 같이 라멘조 공동주택 건립시 정부차원의 특혜와 더불어 20년 후 허용되는 재건축을 자연스럽게 감소시킬 수 있다. 이로써 리모델링이 수월하게 될 수 있다면 불필요한 재건축을 하지 않아도 될 것이고, 자연히 경제적이고 친환경적인 장수명 공동주택의 실현을 가능하게 될 것이다.

또한 장수명 공동주택의 실현을 위해서는 충분한 구조성능을 보유함과 동시에 유지 및 보수가 용이하여야 한다. 하지만 벽식 공동주택은 내력벽으로 구성되어 있기 때문에 구조변경 및 리모델링에 대해서 구조적으로 고려할 사항이 많고 많은 비용이 발생하게 된다. 따라서 본 연구는 기존 벽식 공동주택이 가지는 한계를 극복하고 공동주택의 장수명화를 목적으로 MHS 합성보가 적용된 라멘조 공동주택을 개발하고자 한다. 또한 구조성능 및 내진성능의 효용성을 분석함으로써 국내 공동주택의 장수명화를 위한 골조공법을 제시하고자 한다.

2. 관련 연구 동향

지금까지 공동주택 장수명화에 대한 관심이 고조되고 그에

* 경희대학교 건축공학과 교수, 공학박사, 주저자
 ** 경희대학교 건축공학과 박사과정, 교신저자
 *** 경희대학교 건축공학과 교수, 공학박사
 **** SH공사 도시연구소, 책임 연구원
 ***** (주)동양건설산업 기술연구소 소장
 이 논문은 2008년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. R11-2008-098-00000-0).

다른 연구는 꾸준히 진행되어왔다. 또한 골조공사의 공기 개선에 대한 연구 및 본 논문에 적용된 MHS 공법에 대한 연구도 지속적으로 연구 중이다.

우선 김선국, 홍원기(2008)의 연구에서는 구조물 검용 흠막이 스트러트 공법의 대안으로 MHS 공법을 적용하였다.¹⁾ 이 논문은 지하부에 국한된 연구이며 본 논문에서는 MHS 공법을 지상부 공동주택에 적용하여 검토하고자 한다.

손영진, 김재준(2008)의 연구에서는 국내·외의 골조공사를 비교하고 적용 기술을 분석함으로써 공기단축을 유도하고 골조공사를 개선하고자 하였다.²⁾ 그러나 국내 골조공사에서 거푸집에 관한 제한적인 가정이라는 제약을 가지게 된다.

이경훈(2007)의 연구에서는 본 논문에 적용되는 MHS 공법에 대하여 실제 적용된 사례를 바탕으로 MHS 공법에 대한 시공성 및 적용성을 검토하였다.³⁾

이보라(2008)의 연구에서는 장수명 공동주택의 활성화에 대한 연구 진행으로 전문가의 의견을 조사하였으며, 제도적·사회적·기술적인 측면으로 나누어 제약요인을 분석하였다.⁴⁾ 또한 한·일간의 장수명 공동주택 관련 문헌조사를 통하여 장수명 공동주택에 대한 제도 개선방안을 제시하였다.⁵⁾

그리고 임석호, 이성욱(2005)의 연구에서는 공동주택의 공간 가변 및 유지관리에 관련한 주택성능 등급 및 지표를 설정하였으며, 이 성능지표를 적용하여 현 시공기술의 수준과 실태를 파악하였다.⁶⁾ 이로서 현 상황을 검토하고 장수명 공동주택의 체계적인 추진 방향을 제시하였다.

마지막으로 홍원기(2007, 2008)의 연구에서는 본 논문에 적용되는 MHS 공법에 대한 시공프로세스를 제시함으로써 MHS 공법 시공에 대한 기틀을 마련하였으며,⁷⁾ 구조설계지침 제정을 위하여 공법의 기반이 되는 사항들을 정리하였다.⁸⁾

이와 같이 여러 연구에서 검토된 MHS 공법을 공동주택에 적용하여 공동주택 장수명화를 위해 MHS 공법을 적용한 골조공법의 개선방안을 제안하고자 하며, 공동주택에 적용 가능한 모듈을 선택하여 그에 적합한 시공 프로세스를 제시하고자 한다.

3. MHS 공동주택의 구성원리

3.1 MHS 합성보 및 기둥의 원리

MHS 합성보는 모듈화된 복합구조 시스템으로써 철골 및 콘크리트 각 재료의 장점을 활용한 합성보이다. MHS 합성보의 콘크리트 부재는 매립된 철골부재의 좌굴을 방지함으로써 부재의 휨성능 및 압축성능을 극대화할 수 있을 뿐 아니라, 별도의 내화피복이 없이 우수한 내화성능을 가지게 한다. MHS 합성보는 단면형상에 따라 매립형과 중공형으로 구분할 수 있

다. 매립형 MHS 합성보는 PC(Pre-cast Concrete) 부분에 추가적인 콘크리트 현장타설을 하여 철골이 완전히 매립되는 형태로서 단면 형상에 따라 그림 1(a)~(c)와 같이 구형, U형, 일자형으로 구분된다. 그림 1(d)는 중공형 MHS 합성보의 PC부재이며 제작시 철골 웹 부분에 비구조재를 충전함으로써 보의 자중을 최소화한 형태이다.

MHS 합성보는 층고 절감이 가능한 합성보로써 층고의 제약이 따르는 고층 구조물, 공장제작에 따른 품질 및 안전성 확보가 요구되는 구조물 등에 적용이 가능하다. MHS 합성보의 층고절감효과는 물량감소에 따른 건물의 지중 및 공사비 절감을 수반함으로써 건물이 고층화될수록 그에 따른 경제성을 극대화할 수 있게 된다. 또한 철골조와 동일한 방식으로 접합되기 때문에 시공성 및 안전성을 확보할 수 있으며 소음과 진동을 최소화할 수 있다.

그림 1은 MHS 합성보의 기본 구성원리를 나타내는 단면도이다. 이는 김선국, 홍원기(2008)의 연구에서 제안된 MHS 합성보를 개선하여 발전시킨 형태이다.¹⁾

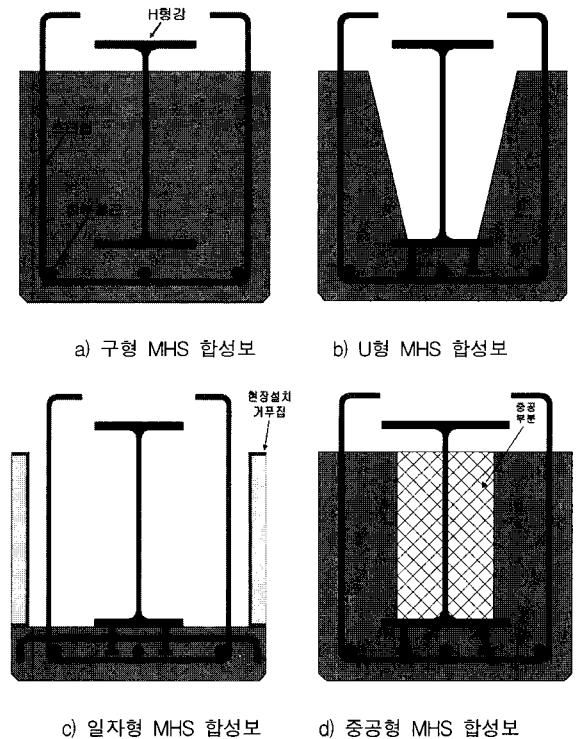


그림 1. MHS 합성보의 기본 구성원리

그림 2~7은 MHS 합성보와 연결되는 기둥을 나타낸 그림으로 철골 기둥을 포함하여 총 9가지의 기둥 조합이 가능하다.

그림 2~4는 MHS 공법의 모듈화시스템에서 적용되는 SRC기둥의 3가지 종류를 나타낸 것이다. 그림 2는 현장 타설용 SRC기둥이며, 그림 3은 SRC 중공 PC형 MHS기둥, 그림 4는 SRC 2면 PC형 MHS기둥을 나타내는 그림이다.

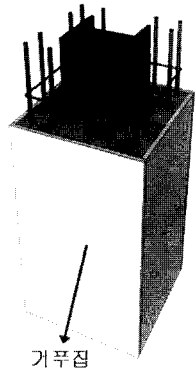
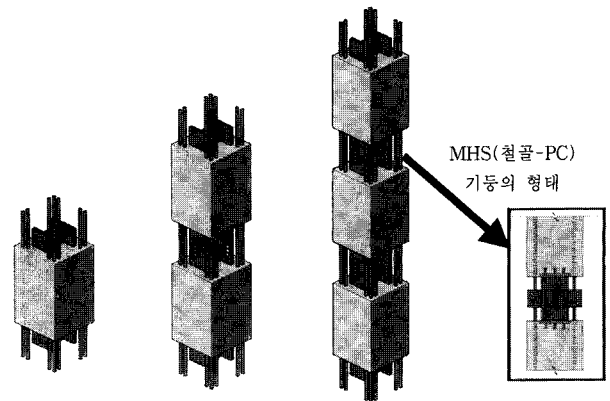


그림 2. SRC기둥 현장 타설용



a) 1절 b) 2절 c) 3절
그림 7. MHS(철골+PC) 기둥

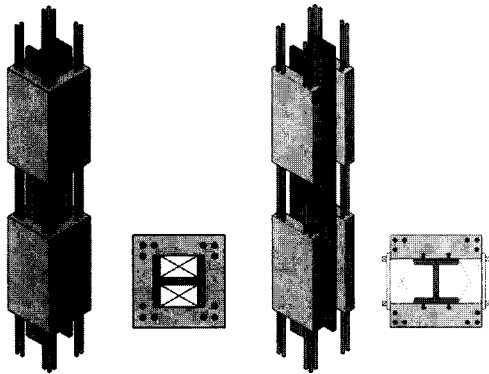


그림 3. MHS기둥 (SRC 중공 PC형) 그림 4. MHS기둥 (SRC 2면 PC형)

그림 5와 그림 6은 MHS 공법의 모듈화 시스템에서 적용되는 RC 및 PC기둥의 2가지 종류를 나타낸 것이다. 그림 5는 현장 타설용 RC기둥, 그림 6은 중공 PC형 기둥을 나타내는 것이다.

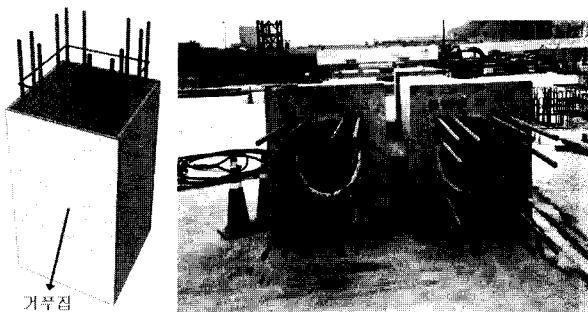


그림 5. RC 현장 타설용 그림 6. 중공 PC형

그림 7은 MHS 공법의 모듈화 시스템에서 적용되는 MHS (철골+PC)기둥의 3가지 종류이다. 그림 7(a)~7(c)는 각각 1~3절 모듈의 MHS(철골+PC)기둥을 나타내는 그림이다. MHS 합성보가 접합되는 부분의 상세는 그림 7(c)의 오른쪽과 같다.

3.2 MHS 합성보 적용 모듈화 시스템

MHS 공법의 모듈은 적용 구조물에 따라 가장 경제적이고 적합한 MHS 합성보와 기둥의 조합을 위해 개발되었다. 그림 9는 MHS 공법을 적용한 모듈화 시스템으로 공사목표에 따라 공사기간 절감형과 공사비 절감형으로 구분된다. 또한 기둥시스템에 따라 철골기둥, SRC기둥(그림 2~그림 4), RC기둥(그림 5, 6)으로 구분되며, 기둥-보 접합부의 철골형태 접합을 위해 개발된 MHS기둥(철골-PC, 그림 7)과의 조합모듈도 개발되었다. 따라서 공사목표에 따라 적합한 모듈을 선택함으로써 경제적이며 최적화된 모듈 조합이 가능하게 된다. MHS 공법 모듈화 시스템은 구조와 공법의 융합이 개발의 핵심적인 동력이며 원천기술로써, 구조배경에서 개발된 복합구조가 철골조, SRC조, RC조, MHS기둥(철골-PC)들과 조립되도록 27가지 조립식 모듈화 공법을 개발한 것이다. 상기 27가지 모듈 조합에 전경간 또는 일부경간 PC 제작을 조합할 경우, 총 54가지 [(3×9)×2]의 모듈 조합이 가능해진다. 그러나 54가지 복합화 구조체의 다양한 적용에도 불구하고 기둥과 보의 접합부는 기존 철골 접합 형태와 동일하므로 현장에서는 큰 어려움없이 시공이 가능하게 된다.

또한 그림 9에서 굵은 선으로 표시된 사각형과 화살표는 MHS 공법의 공동주택 적용시에 대한 모듈이 조합된 사례이며, U형 복합보와 MHS기둥(철골-PC), 그리고 전경간 PC 제작으로 모듈 조합이 형성된다. 이때 접합부는 기존 철골 접합 형태와 동일하며 현장에서의 작업을 간략화함으로써 공사기간을 획기적으로 줄일 수 있다.

3.3 벽식 공동주택과의 층고 비교 및 분석

일반적으로 벽식 공동주택에 대비하여 라멘조 공동주택의 건립시 크게 단점으로 작용하는 것 중 하나가 층고의 문제이다. 라멘조 공동주택의 경우 슬래브 및 보, 설비라멘의 두께를 합할 경우 벽식 공동주택에 비하여 높이가 증가되는 현상을

보이기 때문이다. 하지만 MHS 합성보를 공동주택에 적용할 경우 설비라인이 보를 관통할 수 있기 때문에 벽식 공동주택과 동일한 층고를 유지할 수 있게 된다. 그림 8은 벽식 공동주택과 MHS 공동주택의 층고를 비교한 그림이다.

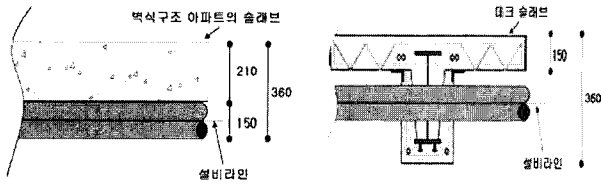


그림 8. 벽식 공동주택과의 층고 비교

중공형 MHS 합성보는 철골부재의 상하부 플랜지 사이에 중량이 작은 비구조재를 충전하여 제작함으로써 중량 감소로 인한 시공성의 향상 및 완공시 구조체의 영구적인 지중감소를 목적으로 한다. 그림 10의 중공형 MHS 합성보는 철골부재의 상부 플랜지와 콘크리트 슬래브 사이에서 발생하는 수평전단에 대한 저항성을 증가시키기 위하여 스티드볼트를 설치하여 제작하였으며, 비구조재 충전에 의한 강성 차이를 검토하기 위해 실험을 수행하였다. 또한 MHS 합성보의 PC 부재인 U형 MHS 합성보에 대한 시공시 안전성을 평가하기 위해 그림 11과 같이 U형 MHS 합성보의 실험을 수행하였다. U형 MHS 합성보는 공장에서 선 제작된 PC부에 데크플레이트를 설치하여 콘크리트를 타설하기 때문에 시공하중에 의한 PC 부분 탈락 여부의 안전성 검토가 필요하다. 따라서 MHS U형 합성보의 PC 상부 측면을 실제 구조물과 동일하게 설정하고 가력함으로써 시공시의 안전성을 확인하였다.

4. MHS 합성보 구조성능 실험

4.1 MHS 합성보 실험 계획

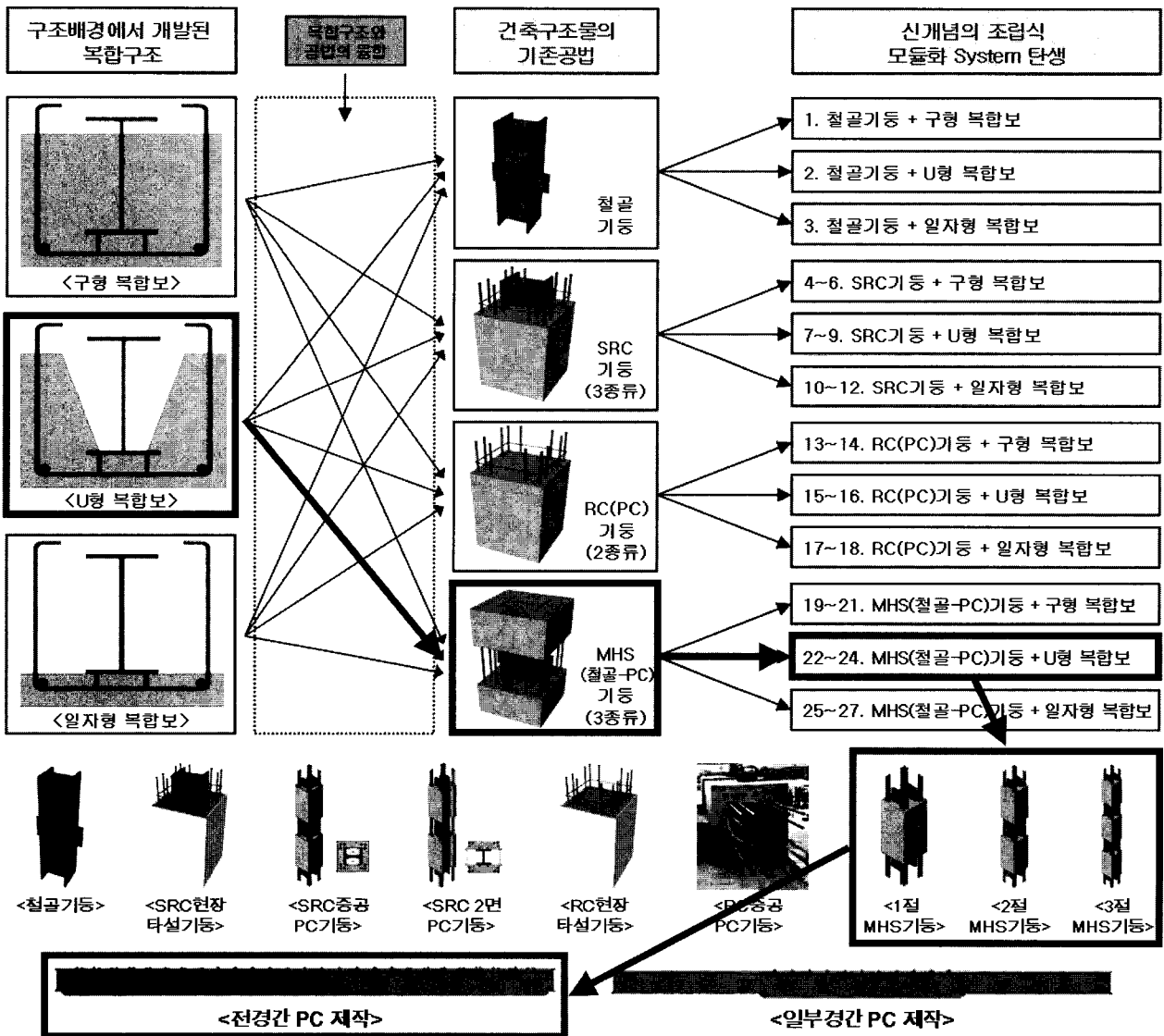


그림 9. MHS 공법 적용 모듈화 시스템

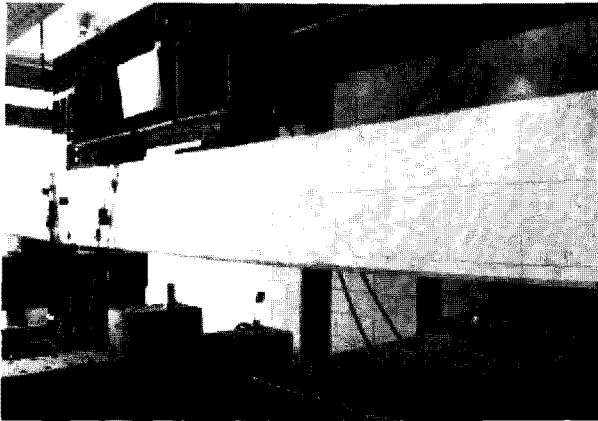


그림 10. 중공형 MHS 합성보의 구조성능 실험

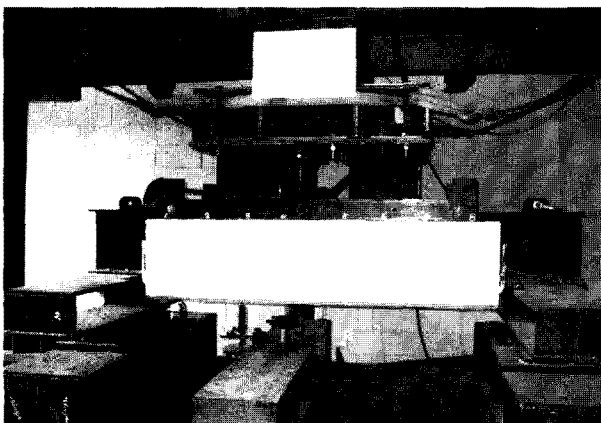


그림 11. U형 MHS 합성보의 구조성능 실험

4.2 MHS 합성보 실험 결과

중공형 MHS 합성보 실험은 보 중앙부의 처짐이 90mm에 도달할 때까지 5mm 변위제어로 loading과 unloading을 반복하여 수행하였으며, 90mm 이후에는 시험체 파괴시까지 일정한 변위 증가로 하중을 가력하였다. 그림 12는 단계별 하중-변위 포락선을 나타낸 그래프로서 하중과 변위가 증가됨에 따라서 중공형 MHS 합성보의 철골부재 및 인장철근의 항복상태와 콘크리트의 극한상태를 그래프로 나타내었다. 중공형 MHS 합성보에 사용된 철골의 종류는 SS400으로 변형률이 0.0012일 때 항복상태에 도달하며, 그 때의 하중은 568.4kN, 변위는 13.8mm로 측정되었다. 철골 하부플랜지의 항복 이후의 거동은 철골부재의 하부플랜지에서 소성영역이 확대되면서 인장철근은 변형률이 0.002로 항복상태에 도달하였으며, 이 때의 하중은 630.0kN, 변위는 16.1mm로 측정되었다. 시험시 철골의 하부플랜지가 항복한 후 근소한 차이로 인장 철근이 항복하였으므로 이 시점을 항복 한계상태로 정의하였다. 하중을 더 증가시키에 따라 압축 측 콘크리트의 변형률이 극한변형률인 0.003에 도달하였으며, 동시에 철골보 상부플랜지의 변형률이 0.0012로 항복상태에 도달하였다. 시험체의 처짐이

50.66mm에 도달했을 때의 하중은 810.9kN으로 이 때의 하중 크기가 시험체의 최대하중으로 측정되었으며, 최대하중의 약 80% 정도로 강성이 저하된 647.9kN의 하중과 그 때의 변위를 각각 극한하중과 극한변위로 설정하였다. 각 한계 상태별 실험방법과 해석방법은 표 1과 같이 정리된다.

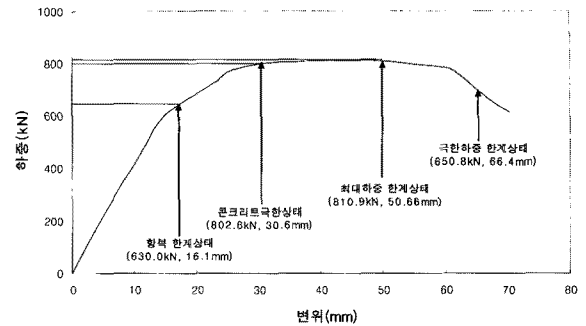


그림 12. 중공형 시험체의 하중-변위 포락선과 단계별 상태

표 1. 각 한계상태별 실험방법과 해석방법

		정 의
항복 한계상태	시험시	실험에서 측정된 하부인장 철근의 변형률이 항복한 지점에서의 하중과 변위. (철근 ($\epsilon_y = 0.002$) 항복시 철골 하부플랜지 ($\epsilon_y = 0.0012$)도 동시에 항복)
	해석시	하부 인장철근의 항복변형률이 0.002일 때, strain diagram을 도시하고 철골 하부플랜지의 변형률을 계산하여 하중과 변위 결정.
최대하중 한계상태	시험시	최대 내력이 측정된 순간의 하중과 변위.
	해석시	최대 내력이 측정된 순간의 철골 하부플랜지와 상부플랜지의 변형률을 사용하여 계산.
극한하중 한계상태	시험시	최대하중 한계상태시 하중의 80%에 대응하는 하중과 변위를 극한하중 한계상태로 결정.

그림 13은 U형 MHS 합성보 실험의 하중-변위 그래프를 나타낸 것으로 최대하중은 199.6kN이며, 그 때의 변위는 1.5mm이다. U형 MHS 합성보 실험은 등분포 하중으로 대칭 가력하였으며, 그 결과 슬래브 두께 150mm부터 250mm 시공시의 시공하중까지 안전성이 확보됨을 확인하였다. U형 MHS 합성보 시험체는 1.6m 길이의 콘크리트로 제작되었으며, 슬래브 두께 150mm 시공시의 시공하중인 45.25kN에 대하여 약 4.4배의 안전성이 확인되었으며, 슬래브 두께 250mm 시공시의 시공하중인 64.08kN에 대하여는 약 3.1배의 안전성이 확인되었다. 극한하중 한계상태에서의 U형 MHS

합성보 파괴는 철골부재 하부플랜지 인접부의 콘크리트 지압 (Bearing) 파괴(그림 14)와 측면 콘크리트 회전에 의한 콘크리트 하부면의 길이방향 압축파괴(그림 15)가 발생하였다.

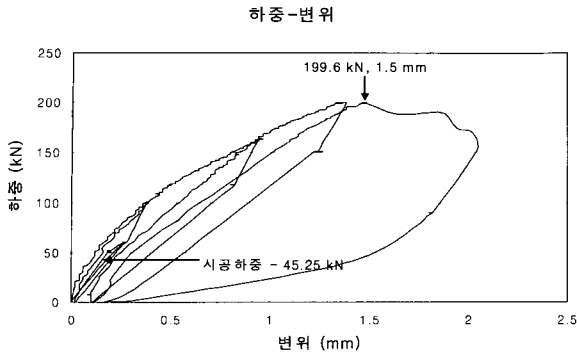


그림 13. U형 MHS 합성보의 하중-변위 그래프

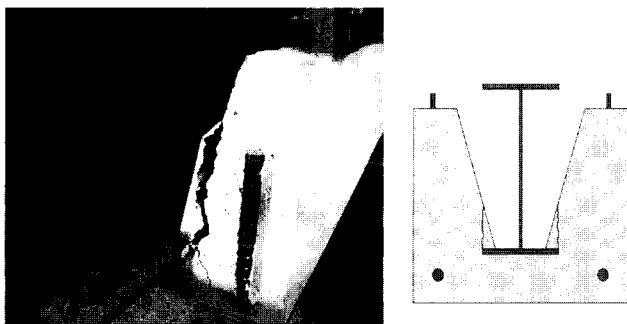


그림 14. 철골부재 하부플랜지 인접부의 지압파괴

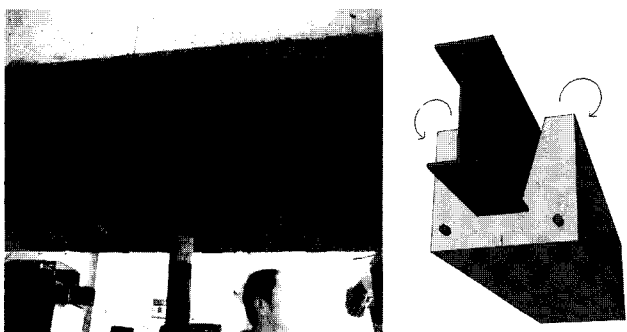


그림 15. 시험체 하부의 압축파괴

4.3 MHS 합성보 실험 분석

중공형 MHS 합성보는 응력분포가 작은 중립축 주위의 철골웹 부분을 비구조재료로 충전하기 때문에 영구적인 자중 감소 효과가 있다. 하지만 매입형 MHS 합성보와 비교하여 단면 2차모멘트(I_y)의 감소가 발생하기 때문에 강성저하로 인한 처짐 증가가 예상되었다. 그러나 항복 한계상태에서의 하중 630kN을 적용하여 단면 형태에 따른 처짐 계산값을 산정하고

비교한 결과 보의 강성저하로 인한 처짐값의 차이는 미미한 것으로 판단되었다. 표 2는 매입형 및 중공형 MHS 합성보의 단면 형태에 따른 최대 처짐값을 비교한 것이다.

표 2. 단면 형태에 따른 처짐값 비교
(중공형 항복 한계상태 실험하중 630.0kN 적용)

변위	형태 매입형 계산값	중공형	
		실험값	계산값
최대처짐	12.45mm	16.12mm	12.84mm

표 3은 U형 MHS 합성보 시공시의 적용성을 슬래브 두께에 따라 검토한 것이다. U형 MHS 합성보 실험 결과 슬래브 두께 150mm 시공시의 시공하중 45.25kN에 대하여 약 4.4 배, 슬래브 두께 250mm 시공시의 시공하중 64.08kN에 대하여 약 3.1배의 안전성이 확인되었다. 따라서 U형 MHS 합성보의 시공하중에 대한 안전성 검토 결과 시공하중 이상의 충분한 내력을 보유하고 있음이 확인되었다.

표 3. U형 MHS 합성보의 최대 하중시
슬래브 두께에 따른 적용성 유무

최대 가력하중	대칭가력 시 슬래브 두께	시공하중	적용 가능성
199.6kN	슬래브 150mm 시공시	45.25kN	OK
	슬래브 250mm 시공시	64.08kN	

5. 내진성능 비교 분석

국내 공동주택의 고층화 경향에 따라 횡하중에 대한 고려는 필수적이라고 할 수 있다. 또한 78년 이후 공식적인 국내 지진 발생 빈도를 살펴보면 그 횡수가 크게 증가하는 경향을 보이고 있다. 국내 지진 연구 결과에 따르면, 서울에서 2010년 안에 지진규모 6이 넘는 강진이 발생할 확률이 57% 이상이라고 전문가들은 분석하고 있다. 따라서 앞으로 재실율이 높은 공동주택 설계시 내진 설계 및 내진 성능에 관한 고려는 필수가 될 것으로 전망한다. 따라서 본 장에서는 MHS 라멘조 공동주택의 적용에 따른 구조시스템의 변경과 그에 따른 내진 성능을 분석하기 위해 동일 층수의 벽식 공동주택을 선정하였으며, 그 결과 OO 아파트를 대상으로 지진하중 결정요소를 비교하였다.

5.1 질량(Mass) 분석

MHS 라멘조 공동주택과 벽식 공동주택의 질량을 비교·분

석한 결과, MHS 라멘조 공동주택의 단위면적당 질량은 10.5kN/m², 벽식 공동주택은 17.8kN/m²로 분석되었다. MHS 라멘조 공동주택은 콘크리트의 단위면적당 비율이 감소함으로써 단위면적당 질량이 크게 감소하게 된다. MHS 라멘조 공동주택은 벽식 공동주택 대비 단위면적당 질량 비율이 1: 1.7로 단위면적당 질량이 작게 산출되었다.

5.2 지반 가속도 (Input Ground Acceleration) 분석

MHS 라멘조 공동주택과 표준 벽식 공동주택의 지반 가속도를 분석한 결과, MHS 라멘조 공동주택의 고유주기는 약 2.28초로 설계 스펙트럼 상에서 Spectral Value는 0.025이며, 벽식 공동주택의 고유주기는 약 1.55초로 Spectral Value는 0.044이다. MHS 라멘조 공동주택의 경우 벽식 공동주택에 비해 고유주기가 길어짐으로써 Spectral Value가 감소하는 것으로 분석되었다. 그림 16은 MHS 라멘조 공동주택과 표준 벽식 공동주택의 Spectral Value를 비교한 것이다.

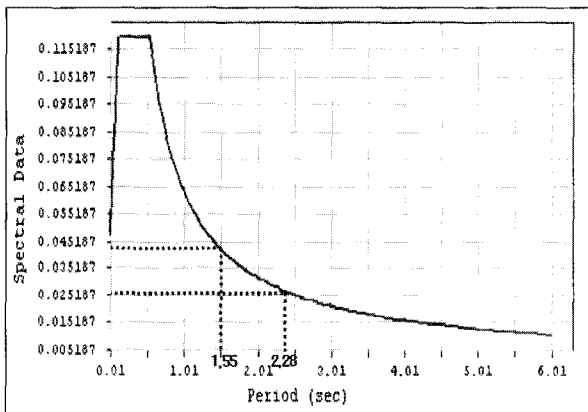


그림 16. Spectral Data 비교

5.3 내진성능 비교 결과

MHS 라멘조 공동주택과 벽식 공동주택의 지진하중 결정요소를 분석한 결과, MHS 라멘조 공동주택은 벽식 공동주택 대비 단위 면적당 질량이 감소하며, 또한 지진력 저항시스템이 변화하기 때문에 강성이 감소하게 된다. 결과적으로 MHS 라멘조 공동주택은 벽식 대비 단위면적당 질량이 감소하지만, 구조 시스템이 벽식에서 MHS 라 멘조로 변화함에 따라 강성이 감소하게 되며 그 결과로 고유주기가 증가하게 된다. 이는 Spectral Value의 감소로도 이어지게 된다. 결과적으로 MHS 라멘조 공동주택은 벽식 공동주택 대비 질량이 감소하고 지반 가속도 또한 감소하게 되어 지진하중이 감소하게 되며, 이에 따른 경제적인 설계가 가능하게 된다. 표 4는 MHS 라멘조 공동주택과 표준 벽식 공동주택의 지진하중 결정요소를 비교한 것이다.

표 4. 지진하중 결정요소의 비교 분석

구분		MHS 라멘조 공동주택	표준 벽식 공동주택
질량 분석	단위면적당 질량	10.5kN/m ²	17.8kN/m ²
지반가속도 분석	주기(Period)	2.28sec	1.55sec
	Spectral Data	0.025	0.044

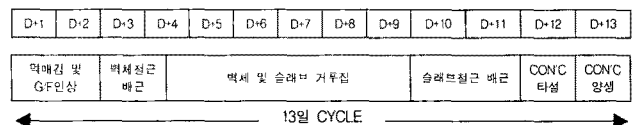
6. MHS 공동주택의 시공성 검토

6.1 MHS 공동주택의 시공성 비교

MHS 공법을 적용한 장수명 라멘조 공동주택의 건립은 노동집약적(Labor Intensive)인 시공에서 탈피하여 자본집약적(Capital Intensive)인 시공을 가능하게 한다. 결과적으로 시공성이 향상되며, PC로 인한 건식공법이 가능할 뿐만 아니라 공기의 단축도 가능하다. 따라서 본 장에서는 MHS 공동주택과 의 시공성 비교를 위하여 OO 아파트를 비교 대상으로 하였다.

그림 17은 기존 벽식 공동주택과 MHS 공동주택의 층당 Cycle을 비교한 그림이다. 기존 벽식 공동주택의 경우 거푸집 작업에 5.5일이 소요되며, 한 개층의 골조공사 완료시까지 총 13일 Cycle을 가지고 있다. 반면 MHS 공동주택의 경우 PC 기둥 및 보의 사용으로 한 개층의 골조공사 완료시까지 총 9 일 Cycle을 가진다. 이로써 골조공정을 31%까지 절감할 수 있게 된다.

▶ 기존 RC 적용시



▶ MHS 보 적용시

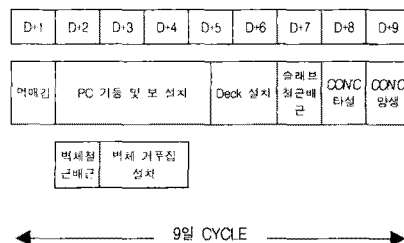


그림 17. 공동주택 층당 Cycle 비교

그림 18과 그림 19는 기존 벽식 공동주택과 MHS 공동주택의 공정표이며, OO아파트를 기준으로 작성한 것이다. 기존 벽식 공동주택의 전체 공정은 20개월이며, MHS 공동주택의 전체 공정은 18개월로 기존 벽식 공동주택 대비 10%의 공기 절감이 가능하다.

OO 아파트 및 부대시설 건설 공사(103동)

▶ 기존 RC 적용시

구분	보합	공사기간																		비고					
		D+1	D+2	D+3	D+4	D+5	D+6	D+7	D+8	D+9	D+10	D+11	D+12	D+13	D+14	D+15	D+16	D+17	D+18		D+19	D+20			
건축공사	공통기설공사	3.17%	0.16%	0.16%	0.16%	0.16%	0.16%	0.16%	0.16%	0.16%	0.16%	0.16%	0.16%	0.16%	0.16%	0.16%	0.16%	0.16%	0.16%	0.16%	0.16%				
	토공사 / 기초공사	0.73%	2.18%	2.18%	2.18%	2.18%																			
	철근콘크리트공사	10.33%	기초 및 지하층				지상 1층~2층				지상 3~15층														
	조적공사	0.42%																							
	방수공사	0.66%																							
	미장공사	1.38%																							
	타일공사	2.81%																							
	수경공사	12.35%																							
	석공사	3.18%																							
	창호 및 유리공사	3.71%																							
	도장공사	0.48%																							
	금속공사	0.76%																							
	지붕 및 흙공공사	0.10%																							
	부대토목공사	3.05%																							
전기설비	전기공사	9.61%																							
	기계공사	12.88%																							
조경공사	시설물공사	3.40%																							
	조경식재공사	3.06%																							
간접비		11.06%																							
계	보합	100.00%	2.89%	2.89%	2.89%	4.26%	3.91%	3.91%	3.91%	3.91%	3.96%	3.96%	4.23%	4.23%	6.28%	6.39%	5.24%	5.94%	6.48%	6.38%	6.27%	6.07%			
	누계	100.00%	2.89%	5.79%	8.68%	12.94%	16.85%	20.75%	24.68%	28.57%	32.53%	36.43%	40.72%	44.95%	51.23%	57.62%	62.86%	68.80%	78.28%	87.66%	96.93%	100.00%			

그림 18. 기존 벽식 공동주택의 공정표 (OO아파트)

OO 아파트 및 부대시설 건설 공사(103동)

▶ MHS보 적용시

구분	보합	공사기간																		비고				
		D+1	D+2	D+3	D+4	D+5	D+6	D+7	D+8	D+9	D+10	D+11	D+12	D+13	D+14	D+15	D+16	D+17	D+18					
건축공사	공통기설공사	3.17%	0.18%	0.18%	0.18%	0.18%	0.18%	0.18%	0.18%	0.18%	0.18%	0.18%	0.18%	0.18%	0.18%	0.18%	0.18%	0.18%	0.18%	0.18%	0.18%			
	토공사 / 기초공사	7.73%	2.58%	2.58%	2.58%																			
	철근콘크리트공사(PC부사)	20.83%	기초 및 지하층				지상 1층~2층				지상 3~15층										파일수장 장소또한 공사(단속 11개월) PC기둥으로 인한 공기단축(1.5주함)			
	조적공사	0.37%																						
	방수공사	0.66%																						
	미장공사	0.88%																						
	타일공사	2.81%																						
	수경공사	14.85%																						
	석공사	2.84%																						
	창호 및 유리공사	3.37%																						
	도장공사	0.14%																						
	금속공사	0.42%																						
	지붕 및 흙공공사	0.10%																						
	부대토목공사	3.28%																						
전기설비	전기공사	9.27%																						
	기계공사	12.54%																						
조경공사	시설물공사	3.06%																						
	조경식재공사	2.66%																						
간접비		11.06%																						
계	보합	100.00%	3.37%	3.37%	4.77%	4.65%	4.65%	4.65%	4.70%	4.70%	6.35%	6.81%	6.81%	6.22%	5.62%	5.98%	8.01%	8.05%	8.68%	8.61%	100.00%			
	누계	100.00%	3.37%	6.73%	11.51%	16.16%	20.80%	25.45%	30.10%	34.80%	41.15%	47.76%	54.37%	60.53%	66.21%	72.15%	81.06%	89.71%	98.39%	100.00%				

그림 19. MHS 공동주택의 공정표 (OO아파트)

6.2 MHS 공동주택의 시공 프로세스

MHS 라멘조 공동주택의 시공 프로세스는 그림 20과 같다. 그림 20은 한 개 베이(bay)에 대하여 기둥설치부터 콘크리트 타설까지의 공정을 표현한 것이며, MHS 공동주택에서는 MHS(철골+PC)기둥을 사용하는 것으로 가정되어 있다. 우선

그림 20(a)는 2절 모듈의 MHS(철골+PC)기둥을 설치해놓은 모습이며, 그림 20(b)는 MHS 합성보를 설치하여 접합해 놓은 모습이다. 그림 20(c)는 보 결합을 위해 일부 비워져 있는 PC 부분에 거푸집을 설치해 놓은 모습이며, 그림 20(d)는 데크플레이트를 설치해 놓은 모습이다. 마지막으로 그림 20(e)

처럼 보 상부철근 및 슬래브 배력근을 설치하고, 콘크리트를 타설하면 1개 층의 MHS 공동주택 시공이 마무리된다.

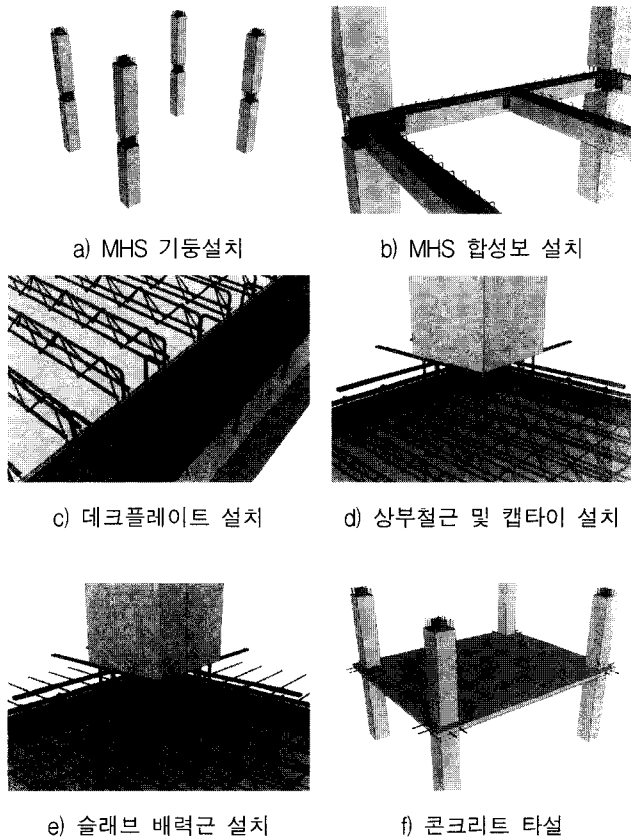


그림 20. MHS 공동주택의 시공 프로세스

7. 결론

본 논문에서는 기존 벽식 공동주택의 층고를 유지하면서 가변형이고 리모델링 기능이 향상된 MHS 공동주택을 소개하였다. MHS 합성보를 적용한 장수명 라멘조 공동주택은 기존 벽식 공동주택에 비하여 동일한 층고를 유지할 수 있을 뿐만 아니라 사용자의 기호에 따른 자유로운 평면구성이 가능하다. 또한 라멘조 공동주택으로써 리모델링이 수월하기 때문에 장기적인 관점에서 재건축의 감소 및 건물의 장수명화를 추구할 수 있으며, 건식공법 채택으로 인하여 콘크리트의 현장 타설을 최소화함으로써 건설폐기물 등을 감소시킬 수 있어 환경 친화적이면서도 경제적이라 할 수 있다.

기존 벽식 공동주택 대비 MHS 공동주택은 골조공기를 약 30% 단축할 수 있으며, 전체 공기는 약 10% 단축이 가능하다. 공기 단축으로 인한 금융비용의 절감이 예상되며, 특히 후분양제도가 실시될 경우에는 골조의 80% 진행시에 분양이 가능하기 때문에 유리하다고 볼 수 있다. 또한 벽식 공동주택과 골조 공사비 측면에서 비교할 경우 본 논문에서 제시하는

라멘구조는 MHS PC 공사 및 내부 칸막이 공사의 공사비 항목이 추가되지만, 콘크리트 벽량 및 슬래브 벽량 감소, 거푸집 사용량 및 미장공사의 감소 등에서 벽식 공동주택의 공사비보다 절감되므로 전체적으로 볼 때 유사한 공사비가 소요될 것으로 예상된다. 추가적으로 분양가의 10% 및 용적률의 20% 추가 인센티브 등의 정부 제공 인센티브를 모두 확보하는게 가능하다면 기존 벽식 공동주택보다 유리한 경제성을 확보할 수 있다.

MHS 공동주택에 적용된 MHS 합성보는 철골철근콘크리트 구조로써 장방향과 단방향 모두 내진성능이 향상되는 장점을 가지고 있다. 그 결과 세미 철골 아파트의 구현이 가능하며 경제적인 내진설계가 가능하게 된다. 따라서 국내 공동주택의 장수명화를 위한 MHS 라멘조 공동주택의 적용은 구조적 안전성의 확보 및 사용자 기호에 따른 자유로운 평면구성을 가능하게 할 뿐 아니라, 장기적 관점에서 공동주택에 사용되는 총체적 LCC(Life Cycle Cost, 생애주기 비용)의 감소를 가능하게 할 것으로 판단된다.

참고 문헌

1. 김선국, 홍원기, 구조물 겸용 흙막이 스트러트 공법의 개선 연구, 한국건설관리학회논문집, 9권, 5호, pp.186-193, 2008, 10
2. 손영진, 김재준, 국내 골조공사 공기단축의 기술개발 방향에 관한 연구, 한국건설관리학회지, 9권, 1호, pp.10-18, 2008, 2
3. 이경훈, 박선치, 김점한, 이호찬, 홍원기, 내화피복공정이 생략된 MHS(Modularized Hybrid System) 합성보의 실무적용 사례고찰, 대한건축학회 학술발표대회 논문집, pp.25-28, 2007, 10
4. 이보라, 김수암, 황은경, 장수명 공동주택의 활성화를 위한 전문가 의견 조사, 대한건축학회 논문집, 24권 2호, pp.3-11, 2008, 2
5. 이보라, 김수암, 황은경, 장수명 공동주택의 활성화를 위한 제도 개선 방안에 관한 연구, 대한건축학회 논문집, 24권 3호, pp.3-10, 2008, 3
6. 임석호, 이성욱, 장수명 공동주택을 위한 성능지표 설정 및 평가에 관한 연구 -공간가변계획 및 유지관리의 용이성을 중심으로-, 대한건축학회 논문집, 21권, 12호, pp.37-46, 2005, 12
7. 홍원기, 박선치, 이경훈, 김점한, 이호찬, 황윤하, 친환경 층고 절감형 합성보의 시공 Process 및 시공사례, 한국생태환경건축학회 논문집, 7권 6호, pp.107-112, 2007, 12
8. 홍원기, 김진민, 이경훈, 박선치, 김점한, 내화피복이 생략된 합성보의 구조설계지침 제정을 위한 고찰, 한국생태환경건축학회 논문집, 8권 1호, pp.93-98, 2008, 2

(접수 2008. 9. 23, 심사 2008. 11. 30, 게재확정 2008. 12. 7)