

공간 가변형 공동주택의 복합구조시스템 개선에 관한 연구

A Study on the Improvement of composition structural system for the apartment with space variability

구 교 준* 이정철** 이찬식***
Koo, Kyo-Jun Lee, Jeong-Cheol Lee, Chan-Sik

요 약

경제수준 및 주거수준 향상에 따른 생활양식의 변화로 공동주택 입주자의 가족 구성과 주거 선호도가 다변화되고 있다. 이에 따라 라이프 사이클 및 라이프 스타일 만족을 위한 리모델링과 조기 재건축이 늘어나고 있으며, 공동주택 주거 계획의 핵심요소로써 오픈 하우스의 개념인 “가변성”이 강조되고 있다. 주거공간에 공간 가변성을 채택한 공동주택 들은 점진적으로 증가하고 있지만, 구조 안정성, 경제성 및 거주자 사용성을 만족시키는 최적의 공간 가변형 복합구조 시스템은 개발되지 못한 실정이다. 따라서 본 논문은 기존 공간 가변형 공동주택의 복합구조시스템 개발과정 및 특성을 분석하여 시스템 평가요소를 도출하고, 이것을 기준으로 각 시스템을 비교·분석하여 국내 실정에 맞는 모듈화된 시스템 개발을 위한 현행 가변형 구조시스템의 개선 방향을 제시하였다.

키워드: 공간 가변형 공동주택, 복합구조시스템, 평가요소

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

경제수준 및 주거수준 향상에 따른 생활양식의 변화로 공동주택 입주자의 가족 구성과 주거 선호도가 다변화되고 있다. 이에 따라 오픈 하우스(Open Housing)의 개념인 “가변성”이 다양한 주거평면에 적용되고 있다. 또한 최근 노후화된 공동주택의 조기 재건축으로 인한 부동산 과열 등의 사회적 문제와 건축 폐자재 대량 발생 등의 환경적 문제가 대두되면서 경제적 가치를 지닌 공간 활용 및 리모델링에 대한 요구가 증대되고 있다. 따라서 거주자의 다양한 주거 평면 요구에 대한 대응과 리모델링이 용이한 가변형 공동주택 구조시스템의 적용이 요구된다.

본 연구에서는 현재 적용되고 있는 각 복합구조시스템을 비교·평가하여 공간 가변형 공동주택의 복합 구조시스템에 대한 개선 방향을 제시하였다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구의 대상은 대한주택공사에서 연구·개발한 3가지 복합구조시스템인 무량 건식벽체 시스템, 격간벽 구조시스템, 복합 무량벽체 구조시스템으로 한정하였다. 본 연구의 절차와 방법은 다음과 같다.

1) 오픈 하우스 시스템의 개념 고찰

- 2) 복합 구조시스템에 대한 이론적 고찰
- 3) 시스템 개발과정 및 특성 분석을 통한 평가요소 도출
- 4) 각 시스템 비교·분석
- 5) 현행 복합구조시스템 개선 방향 제시

시스템 평가 및 개선방향 설정은 개발사인 대한주택공사의 성과분석자료 검토와 시스템 적용 건설사 및 관련 구조업체 전문가들과의 자문과 설문을 통해 이뤄졌다.

2 예비적 고찰

오픈 하우스 시스템의 가변 기술은 다양한 주거평면을 창출할 뿐만 아니라 공동주택 건축 구성재의 개·보수 및 리모델링 용이성을 증진시킨다. 이는 장수명 주택 구현이라는 사회적 명제에 대한 부응으로 가변형 복합구조시스템 개발을 가능케 했다. 가변형 복합구조시스템에 적용되는 오픈 하우스에 대한 이해를 돕기 위해 그 개념 및 적용기술을 알아보고, 이를 적용한 각 복합구조시스템의 개발 배경과 특성 및 구조형식에 대해 조사하였다.

2.1 오픈 하우스(Open Housing)

1) 오픈 하우스의 개념

오픈 하우스는 『변화에 대해 수용력을 갖추면서 레벨이론에 따라 보+기둥 구조시스템을 바탕으로 SI를 분리하여 “S(Skelton)1)”의 장기 내구성과 “I(Infill)”의 다양한 거주자 요구의 대응으로 가변성 및 리모델링 용이성을 만족시키는 지속 가능성을 갖춘 주택』이다.2)

1) 건축물의 기본 골조로써, Support라고도 함.

* 학생회원, 인천대학교 건축공학과 학사과정
** 일반회원, 인천대학교 건축공학과 대학원 석사과정
*** 종신회원, 인천대학교 건축공학과 교수, 공학박사

오픈 하우스의 기본 개념인 “가변성”은 거주자 라이프 스타일 및 라이프 사이클 변화 등에 대응하여 Skelton 요소가 변화할 수 있는 능력으로 결정된다. 따라서 거주자의 다양한 요구에 따른 다양한 공간구성 변형이 가능해야 한다.

2) 오픈 하우스의 주요 적용 기술

오픈 하우스 시스템 관련 주요 이론은 오픈 빌딩과 SI주택 개념이 있으며, 오픈하우스 시스템의 건축 구성방식 관련 이론으로 오픈 부품화와 호환성의 개념이 있다. 주로 국내 공동주택의 공간 가변에 적용되는 개념은 구조체·내장재 분리기법인 SI 주택 개념이다. SI 주택 개념의 개괄적 이해를 돕기 위해 Skelton과 Infill을 구분하여 구체적 가변 적용 부위를 살펴보면 <표 1>과 같다.

표 1. 구조체(Skeleton)과 내장재(Infill)의 구분

Skeleton과 Infill의 구분		건축 부위
구조체 부분 (Skeleton)	목표 내구연한 100년 (구조체)	· 보 · 기둥 · 기초
	비내력 구조, 주변 요소에 의해 고정·가변 가능, 가변시 주변에 영향을 주는 요소	· 공용 배관
내장재 부분 (Infill)	비내력 구조, 기능상 고정적, 가변성 적음	· 내·외부 벽체 · 바닥, 천정 등
	비내력 구조, 기능상 비고정적, 가변 자유로움	각 주호의 · 마감재 · 설비배관 · 전기배선

2.2 가변형 공동주택의 복합구조시스템

1) 무량 건식벽체 시스템

(FDW, Flat-slab Dry Wall System)

정부의 리모델링 활성화를 위한 관련 입법 제정 및 제도가 정비·추진되면서 그 대책으로 원가절감 및 주택의 장수명화가 동시에 가능케 한 초기 모델로 무량 건식벽체 시스템이 개발되었다. 이 시스템은 공동주택 전·후벽 및 세대간 경계벽을 제외한 내부 칸막이 벽체를 경량건식벽체(Dry Wall)로 설계한 시스템으로 향후 리모델링시 수평방향으로 2세대 통합이 가능하도록 설계되었다. 실내 공간 분할에 융통성 부여와 공정 단순화를 통한 공기 단축 및 시공성 향상을 기대할 수 있으며, 내부 벽두께 감소로 기존 벽식 구조에 비해 유효면적이 2~3% 증가되는 효과가 있다. 시스템 구조를 살펴보면, <그림 1>과 같이 장변방향은 기존 벽식의 전단벽 구조를 대신하여 보와 기둥으로 구성된 연성모멘트골조³⁾와 전단벽의 코아벽체가 수직하중과

횡력을 부담하는 이중 골조이며, 단변방향은 강성이 큰 경계벽으로 구성되는 전단벽 구조이다.

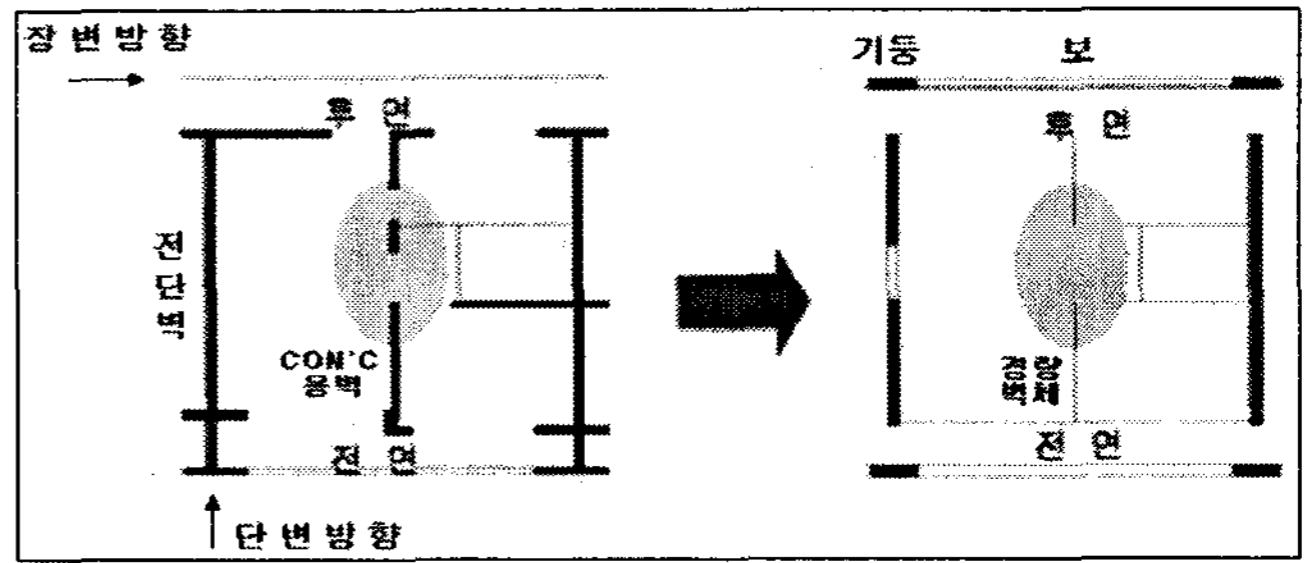


그림 1. FDW의 구조형식⁴⁾

2) 격간벽 구조시스템 (STG, STaGgered System)

격간벽 구조시스템은 무량 건식벽체 시스템보다 발전된 개발안 제시를 위해 향후 상하 또는 좌우 2~3세대 통합이 가능한 리모델링의 범위를 확대시킨 시스템이다. 골조 형식의 단순화로 원가 절감과 시공성 및 품질의 향상을 기대할 수 있다. 이 시스템 또한 세대내 칸벽을 경량건식벽체를 사용함으로써 내부 벽두께 감소로 기존 벽식 구조에 비해 유효면적이 2~3% 증가되는 효과가 있다. 시스템 구조를 살펴보면, <그림 2>와 같이 2가구를 하나의 스패인으로 계획하였고, 상하층 세대 경계벽을 층마다 엇배치하였다. 장변 방향은 하중을 전·후면 기둥으로 전달하는 구조로써 이중 골조이며, 단변 방향은 전단벽 구조이다.

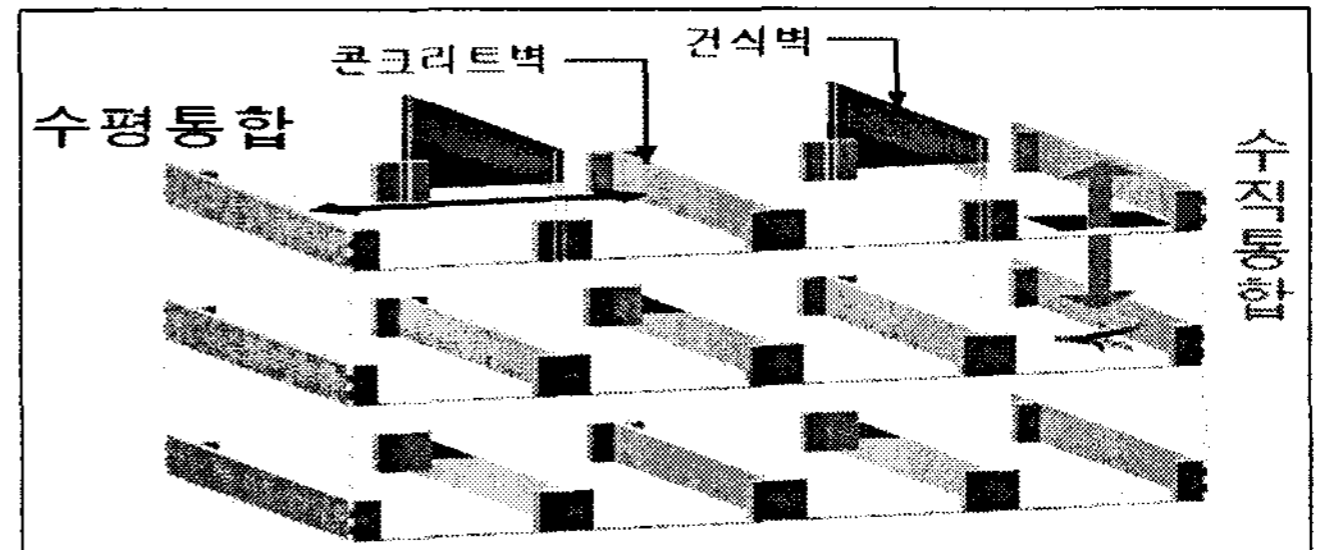


그림 2. STG의 구조형식⁵⁾

3) 복합 무량벽체 구조시스템

(FPWS, Flat Plate Wall System)

복합 무량벽체 구조시스템은 기존 복합구조시스템 적용 평형의 한계를 극복하기 위해 중대형 평형에 대한 적용성 향상과 정부의 층간소음 기준강화 정책에 따른 공사비 상승 최소화 방안으로 개발된 시스템이다. 지하 콘크리트 벽체가 없어 지하공간을 주차장 및 주민 공동시설로 활용이 가능하며, 강화된 내진설계기준에 따른 평면계획상의 필로티 계획과 발코니 확장에 있어 자유로운 설계가 가능하다. 시스템 구조를 살펴보면, <그림 3>과 같이 구조시스템 단순화를 위해 실내에 기둥 요소를 도입하여 보 없이 직접 내·외부 기둥이 슬래브를 지지하는 무량판 구조이며, 실내 가변을 위해 경량벽체가 적용되었다.

2) 김수업, “장수명 주택의 가변성 및 리모델링 대응 계획 수립 사례 분석”, 한국생태환경건축학회 학술발표대회 논문집 제6권 제1호 p.14, 2006

3) 횡력에 대한 저항능력을 증가시키기 위해 부재와 접합부의 연성을 증가시킨 모멘트골조방식

4) 양지수, 천영수, 주인돈, “관상형 무량판 아파트 시스템 개발 및 적용”, 대한건축학회 학술발표대회 논문집, 제25권 제1호, 2005, p.102

5) 양지수, 천영수, 주인돈, 전게서, p.107

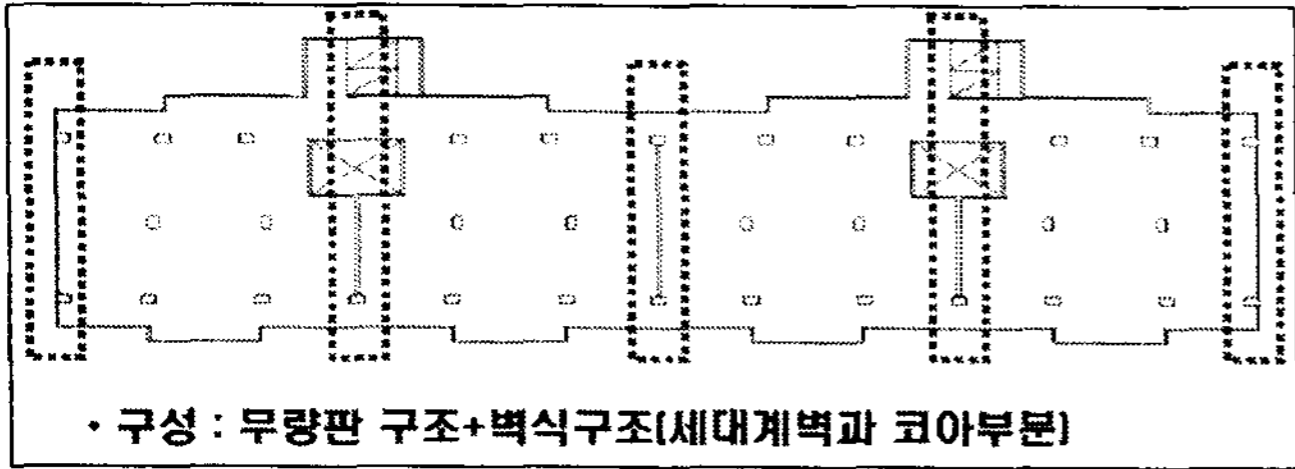


그림 3. FPWS 구조 형식6

3. 복합구조시스템 비교·분석

3.1 시스템 개발과정 및 특성 분석

공간 가변성 향상을 유도하기 위한 공동주택 복합구조시스템의 개발과정은 다음과 같다. 먼저 1단계 모델 개발로써 무량판 시스템 도입에 대한 내부 안정성을 고려하여 내부 경량벽체 및 실내외 기둥의 적정 위치를 설계한다. 2단계는 지진 및 풍하중에 대한 구조 안정성을 고려하여 가변구조로 인한 층간 변위 및 최상층 변위를 분석하는 등의 구조성능 실험을 실시한다. 3단계는 공사비 및 공사기간 분석을 통해 벽식 구조와 유사 복합구조시스템을 비교하여 공사비 증감 및 공기단축 상황을 확인한다. 4단계는 사용성(MOCK-UP) 실험을 통해 거주자 사용 안정성 확인 과정으로써 바닥처짐 및 균열에 관한 사항과 바닥 충격음에 대한 만족도를 검증한다. 마지막 5단계는 대한건축학회 공동제정과 가변형 구조시스템 및 평면 계획 등의 관련 세미나들을 통해 설계 지침을 제정하여 해당 구조 시스템에 대한 공신력을 확보한다. 시스템 비교·분석을 위해 각 개발 단계 분석과 기존의 각 시스템의 특성을 분석하여 <그림 4>와 같이 예상 평가 요소를 도출하였다.

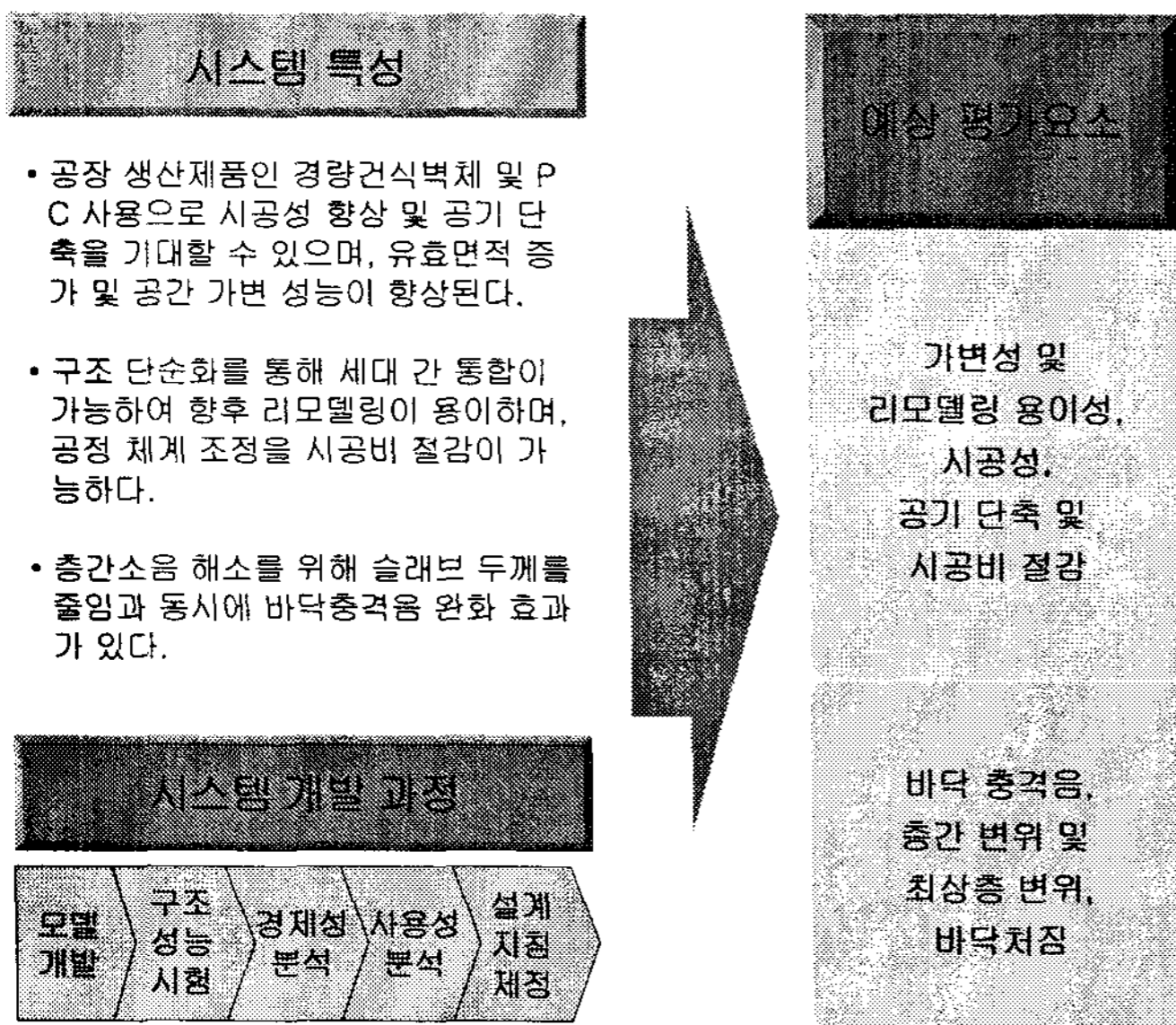


그림 4. 복합구조시스템 예상 평가요소

6) 천영수, "판상형 무량벽체 구조시스템의 구조성능 평가", 국내 공동주택 모델 및 구조시스템의 변화와 전망 토론회 자료, 2005

3.2 시스템 평가요소 도출

상기 두 과정에 의한 예상 평가요소 도출의 객관성을 검증하기 위해 시스템 개발자 3명, 구조 전문가 3명에게 자문을 받았으며, 가변형 시스템 전문가에 한하여 설문 실시하였다. 설문지 35부 배포에 총회수지 19부로 설문회수율은 54.28%이다. 자문을 통해 평가요소 선정에 있어 각 평가요소를 포괄하는 객관적 지표 설정이 우선적으로 필요함을 알 수 있었고, "구조 안정성, 경제성, 사용성" 3가지 지표로 정리할 수 있었다. 가변형 복합구조시스템 비교·분석에 있어 중요 지표를 구별하기 위해 각 지표당 3점 척도로 배점하였고, 전문가 설문을 통해 얻어진 점수를 합산하여 지표 중요도를 산출하였다. 각 평가지표에 대해 설문 응답한 전문가들이 제시한 평가요소들은 다음과 같다.

- 1) 구조 안정성 : 층간변위, 최상층변위, 접합부 전단 보강, 철근배근 상세, 부재 중량, 내화성 등
- 2) 경제성 : 공사비 절감, 공기 단축, 설비 배치 용이성, 작업 용이성, 폐건자재 사용성, 인건비 절감, 유지·보수 비용 고려 등
- 3) 사용성 : 가변성, 리모델링 용이성, 바닥충격음, 바닥 처짐, 마감 재료와의 접합성, 미관 등

시스템 개발사인 주택도시연구원과 관련연구를 시행한 D구조회사에서 자문을 받아, 시스템 개발과정 및 특성을 분석하여 도출된 평가요소와 전문가들이 제시한 상기 평가요소를 종합하였다. 이를 토대로 최종적으로 <표 2>와 같이 공간 가변과 관련된 시스템 평가요소를 정리하였다.

표 2. 최종 시스템 평가요소

지표	지표 중요도	평가 요소
구조 안정성	48	층간변위
경제성	30	공사비 절감, 공기 단축
사용성	36	바닥 충격음, 바닥 처짐, 리모델링 용이성

3.3 시스템 비교·분석

대한주택공사의 성과분석 자료 및 전문가 자문 내용을 토대로 기존 벽식 구조시스템을 기준하여 <표 3>과 같이 각 시스템을 평가요소별로 비교하였다. 평가요소 내용 분석을 통해 다음과 같이 각 시스템의 적용성을 분석할 수 있다.

1) FDW : 실내 경량벽체 및 장스팬 슬래브 도입을 통해 유효면적 증가 및 공간 가변성 창출로 리모델링 용이성을 제공하는 반면 실내 중심내력벽 및 기둥 요소부재로 인한 슬래브 두께 증가와 중·대형 평형 적용시 슬래브 처짐 증가 및 바닥 충격음에 대한 원만한 해결이 어려움으로 리모델링 범위의 한계성을 갖고 있다.

2) STG : 수평 통합뿐만이 아닌 수직 통합을 통해 복층 구조로의 리모델링 효과를 가져올 수 있는 시스템이다. 하지만 고층 건물 적용시 수직 일체성에 대한 구조적 문제 및 바닥 충격음 미해결로 인해 아직까지 시공상의 적용이 어려운 실정이다. 따라서 이를 보완하기 위해 거주자 사용성 증진을 위한 추가적인 신기술 개발이 필요하다.

표 3. 각 구조시스템의 평가요소별 비교

시스템	구조 안전성	경제성		사용성		
	층간 변위	공사비 절감 (10평형 기준)	공기 단축	바닥 처짐	바닥 충격음 (슬래브 두께)	리모델링 용이성
FDW	2.2cm < 0.015*260 = 3.9cm (O.K)	250천원/세대	3일/층	슬래브 중앙부 처짐 : 0.74mm < 1.57mm (O.K)	경량 : 56~58dB ≤ 58dB (O.K) 중량 51~54dB > 50dB (X) (160~180mm)	소형 (최대 45㎡) 평형에 한정
STG	3.45cm < 3.9cm (O.K)	480천원/세대	3일/층	세대간 경계벽 ⁷⁾ 최대처짐 : 0.6mm < 7.36mm (O.K) 잔류처짐 : 0.1mm < 1.84mm (O.K)	경량 : 61~63dB > 58dB (X) 중량 51~54dB > 50dB (X) (160~180mm)	소형 평형 한정 / 수직·수평 통합 가능
FPWS	1.5cm < 3.9cm (O.K)	440천원/세대	1.5~3일/층	슬래브 중앙부 처짐 : 1.06mm < 1.25mm (O.K)	경량 : 40~58dB ≤ 58dB (O.K) 중량 40~44dB < 50dB (O.K) (180~260mm)	중·대형 평형 적용 가능

3) FPWS : 가변 평면의 적용 평형규모 확대를 위해 타워형의 주상복합건축물에 쓰였던 Flat-Plate 구조시스템과 FDW 시스템의 장점을 살려 중·대형의 판상형 평면 적용이 가능하다. 리모델링 및 조기 재건축에 대한 사회적·환경적 문제에 대한 대응 효과가 타 구조시스템에 비해 크며, 벽식 구조에 비해 슬래브 두께를 3cm 줄이면서 바닥 충격음을 약 3dB 이상 완화시킬 수 있다. 하지만 실내에 투입되는 다양한 내부 자재의 시공 요건으로 인해 타 복합구조시스템에 비해 공기 단축일이 다소 줄어들므로 공정체계 개선 및 시공법 개발이 요구된다. 또한 Flat-Plate 시스템 및 타 복합구조시스템에 비해 기둥 요소의 수직 일체성이 부족하므로 슬래브 처짐 및 기둥과 슬래브와의 접합부 안정성에 대한 개선이 필요하다.

4. 공동주택 복합구조시스템 개선 방향

1) 기술적 측면

최근 리모델링 및 조기 재건축으로 인해 국내에 가장 많은 점유율을 보이고 있는 판상형 공동주택에 대한 가변형 구조시스템의 적용은 매우 시급한 실정이다. 이에 따라 복합 무량벽체 구조시스템의 적용은 계속해서 늘어가고 있다. 하지만 Flat-Plate 시스템에 비해 층간 골조로써 기둥 요소의 수직 일체성 측면에서 안정성 부족에 대한 기술적 대안이 미비한 실정이다. 향후 가변형 구조시스템 개발의 진보를 위해 우선적으로 내진성능 향상을 위한 보강기법 등 구조 안전성 해석기법과 이질자재 접합에 대한 안정성 확보를 위한 구조체 보강 기술의 연구·개발이 필요하다. 또한 해외 의존도가 높은 경량 건축벽체, PC 등의 실내 가변형 자재 제작기술 개발 및 확충과 자재 내구성능 향상을 위한 기술 개발 및 내구성 평가기법 확립이 요구된다.

2) 계획적 측면

모듈화되어 있는 오픈 하우스 기술은 선진국의 적용 기술로써 국내에 도입되어 적용된 기간이 길지 않다. 리모델

링 및 조기 재건축의 대안으로 선진국의 오픈 하우스 기술을 적용한 국내 공동주택들은 기술 자체는 기존의 SI 주택 개념의 모듈과 유사하나 적용되고 있는 가변 평면 및 기술 모듈은 국내 실정에 적합하지 않은 편이다. 따라서 현 국내 시장 및 향후 시대적 대안을 고려한 가변평면계획과 구조시스템 모듈화가 시급하다. 또한 설계 단계에서부터 기획 의도에 맞는 모듈화된 오픈 하우스 시스템 적용이 필요하며, 가변평면계획과 구조시스템의 연계성 제고를 위한 개발 프로그램 개선 및 확충이 요구된다.

3) 제도적 측면

현재 국내 민간 건설사에게 있어 가변형 복합구조시스템 적용은 상업성과 직결된다. 공사비 절감이 불가하거나 소비자 수요치를 높일 수 없는 구조시스템은 민간 건설사가 적용하기 어렵다. 우선 민간 건설사의 가변형 시스템 적용 시, 주택성능등급과 관련된 행위 허가 완화 및 사업비 일부에 대한 세금 감면을 통한 분양가 할인 적용 등의 제도적 완화장치가 필요하다. 또한 가변형 시스템 적용 공동주택 구입자에게 주택 구입자금의 이자에 대한 소득공제 및 용자액 상한 또는 이자율 인하 등 인센티브 적용에 관한 제도적 개선이 요구된다.

5. 결론

2006년 1월부터 시행되고 있는 “주거성능평가제” 도입에 따라 리모델링이 용이한 가변형 공동주택으로의 전환은 불가피하다. 특히 층간소음기준 강화에 따른 공사비 상승을 최소화시키기 위한 무량판 도입의 가변형 복합구조시스템에 대한 필요가 증가되고 있다. 최적의 구조는 시대마다 다르며 변화하는 사회적 요구에 따라 계속적으로 변천하므로, 현재 타워형 공동주택의 Flat-Plate 시스템이나 판상형 공동주택의 FPWS가 결정적인 해답이라 볼 수는 없다. 따라서 현 국내 공동주택 시장에 적합한 새로운 공간 가변형 복합구조시스템 개발이 필요하다.

이 연구에서는 현행 공간 가변형 공동주택의 복합구조시스템을 평가를 위한 평가요소를 도출하였고 이를 기준으로

7) 격간벽 구조시스템 특성인 세대 경계벽의 엇갈림 배치에 대한 안정성 분석을 위해 경계벽체의 바닥 처짐을 분석한다.

각 시스템을 비교·분석하여 시스템 개선 방향을 제시하였다. 공간 가변형 구조시스템의 개선 방향은 첫째, 시스템 적용 인센티브 확대를 포함한 제도 제정 및 개선 둘째, 평면계획과 구조시스템의 연계성을 위한 프로그램 및 구조 안정성 해석기법 개선 셋째, 가변형 자재 내구성능 향상을 위한 기술개발 등을 들 수 있다. 향후 시대적 요구에 부응하고 국내 공동주택 주거성능 향상을 위해 적극적인 정부 지원과 함께 장수명 및 실용 성능이 우수한 가변형 구조시스템에 대한 연구·개발이 지속적으로 진행되어야 할 것이다.

참고 문헌

1. 이찬희, 오세규, “리모델링을 고려한 가변형 아파트 주호 공간 계획법에 관한 연구”, 대한건축학회 논문집 제20권 제9호, 2004, pp.75-82
2. 손덕길, “무량건식벽체(FDW) 아파트”, 건축구조기술사회지, 제11권 2호, 2004, pp.45-48
3. 양지수, 천영수, 주인돈, “판상형 무량판 아파트 시스템 개발 및 적용”, 대한건축학회 학술발표대회 논문집, 제25권 제1호, 2005, pp.95-154
4. 이도범, 김옥중, 이지웅, “무량판 아파트 구조시스템 해석”, 대림기술정보, 2005, pp.46-57
5. 정주현, “공동주택의 가변성능 향상을 위한 Support 구조 형식 연구”, 대한건축학회 논문집 제22권 제7호, 2006, pp.19-26
6. 윤영호 외 8명, “장수명 아파트 개발 및 공급활성화 방안 예비연구”, 주택도시연구원 연구 자료, 2003, pp.33-49
7. 이보라, 황은경, 김수암, “공동주택의 지속가능한 개발을 위한 제도 개선방안에 관한 연구”, 한국생태환경건축학회 학술발표대회 논문집, 제6권 제1호, 2006, pp.183-188

Abstract

The Apartment resident's make-up of a family and residing preference are diversified by the change of lifestyle through the elevation of economy level and residing level. Accordingly, the remodeling and the early rebuilding for the satisfaction of a life cycle and a life style are increasing, and "Variability" that is the concept of Open Housing was emphasized as a central of residing plan in the apartment. Although apartments which select the space variability to the residing space are increasing gradually, the optimum composition structural system with space variability that satisfies the structure stability, the economical efficiency and the resident usability is not developed. The method of a study was progressed by a comparison and an analysis on each system with estimation elements through analyzing the development process and the special quality of existing composition structural system with space variability in the apartment. This paper offered the improvement direction on the current composition structural system with space variability for the development of modularizing system that is correct in domestic real condition.

Keywords : Apartment with space variability, Composition structural system, Estimation element
