

아파트 구조 형식의 변천 및 향후 전망

History of Structural Systems of Apartment and Prospect in the Future



윤영호*
Young-Ho Yoon



박지영**
Ji-Young Park



이수진***
Su-Jin Lee

1. 머리말

근대 산업화에 따른 급속한 경제 성장과 이에 따른 인구의 도시 집중으로 인해, 필연적으로 토지 이용의 효율성이 제기 되었다. 국내에서도 1970년대부터 경제 성장의 시기에 접어들면서 거주자의 편리성, 쾌적성 그리고 보다 많은 인구를 효과적으로 수용할 수 있는 집합 주거의 형식인 아파트가 본격적으로 개발되기 시작하였다.

1980년대 이후, 주택건설은 수도권외의 신도시 개발과 정부의 지속적인 주택공급 확대정책으로 2005년 기준으로 주택보급률은 100%에 육박하였다. 하지만, 양적공급에 우선하여 공동주택의 질적인 측면을 도외시하며 획일화된 공동주택 공급이 이루어졌다. 이 과정에서 발생한 주거 환경적인 문제, 구조성능 저하, 설비의 노후화 등과 이에 따른 유지관리의 부재 등으로 공동주택의 노후화를 초래하게 되었다.

이러한 문제를 해결하기 위해 1988년 주택건설촉진법의 개정으로 준공된 지 20년이 지난 건물을 노후·불량 주택으로 분류하고 재건축이 가능하도록 하였다. 그 후 시공이 편리하며, 개발 이익이 높은 이유 등으로 재건축 추진이 증가하여왔다. 그러나 최근 강남의 부동산 가격의 급등의 문제, 재건축에 대한 기대로 노후화 아파트에 대한 개·보수 하지 않고 방치함으로 조기 노후화를 촉진시키는 등 사회적으로 심각한 문제를 초래하고 있다. 또한, 재건축으로 인한 건축 폐자재 대량 발생 등 국가적 자원낭비 및 환경적 문제까지 대두되고 있다.

한편, 최근 사회전반의 소득수준 향상에 따른 소비패턴의 고급화, 생활양식 및 가치관의 변화로 주거 선호도가 다변화됨에 따라 다양한 주거평면 요구 및 거주자의 생애주기 또는 가족구

성원의 변화에 따른 공간 재구성이 용이한 가변형 평면에 대요구가 증대되고 있다.

하지만, 철근콘크리트 벽식구조는 1980년대 중반부터 적용된 후 지금까지 시공의 간편성, 저렴한 공사비 이유로 아파트의 주요 구조 형식으로 자리매김하였다.

이 구조는 세대간벽과 각 실의 구분이 내력벽으로 되어 있다. 이에 공간의 재구성을 통한 다양한 평면변화 및 고급 인테리어를 추구하는 소비자들의 욕구(needs)에 적절히 대응하지 못하며, 설비시설의 개·보수 어려움 등 한계가 있다. 더욱이 최근에 정책적으로 무분별한 재건축을 억제하고 리모델링을 장려하기 위해 발코니 확장을 법적(05.12, 건축법시행령)으로 허용하고 있으므로 리모델링이 보다 용이하게 이루어질 수 있는 가변형 아파트 구조 형식이 요구되고 있다.

또한, 공동주택의 내진설계 기준 강화(05.4), 바닥 충격음 규제(05.7), 실내 공기질 향상 권장 및 주택성능 등급표시제(06.1) 등 기준이 강화되었다. 이런 변화는 건물 중량 증가에 따른 연직하중 및 지진하중의 증가, 슬래브두께의 증가로 골조 공사비 상승 등으로 새로운 아파트의 구조 형식에 대한 요구가 더욱 증가되고 있는 실정이다.

따라서 본고에서는 국내에서 현대식 아파트가 건설된 이래 지금까지의 연도별 공동주택의 구조 형식의 변천을 중심으로 그 변화 과정에 대해서 살펴보고자 한다. 그리고 변화하고 있는 고객의 요구에 대응한 평면변화, 설계기준의 강화 등 시대적 요구에 부응하기 위해 개발·적용되고 있는 구조 형식에 대해 살펴보고, 향후 공동주택의 구조 형식의 변화 방향에 대하여 고찰하고자 한다.

2. 시대별 구조시스템의 변천

2.1 1970년 이전 - 규칙적인 라멘조

1970년 이전에 건설된 대부분 아파트 구조 형식은 적절한 위치에 규칙적으로 기둥을 배열하고, 보를 얹어 바닥을 시공한 후

* 정회원, 대한주택공사 주택도시연구원 수석연구원
vhyoon@jugong.co.kr

** 정회원, 대한주택공사 주택도시연구원 책임연구원

*** 정회원, 대한주택공사 주택도시연구원 사원

시멘트 블록으로 외벽을 쌓고, 필요한 부위에 조적조로 칸막이벽을 설치하는 기둥-보 방식의 규칙 라멘구조가 나타났다(그림 1. (a) 참조⁴⁾). 이런 구조는 1962년 국내 아파트의 효시인 마포 아파트에 6층 I형과 Y형의 주동형태를 가지는 형태로 나타났다

2.2 1970년대 - 불규칙적인 라멘조

1970년대는 국내 경제의 급속한 성장에 따른 중산층 주택수요의 증가, 주택건설을 확대하려는 정부의 공급전략 그리고 철근, 시멘트 등 주요 자재 산업의 본격적인 발전 등의 복합 요인으로 인해 아파트가 보편적 주거로 자리하기 시작한 시기이다.

1970년대 초반에는 1960년대 말부터 적용되기 시작한 보와 기둥으로 이루어진 철근콘크리트 라멘구조가 계단실형 5층 판상형의 중층 아파트로 널리 적용되었다. 초기 철근콘크리트 라멘구조는 기둥의 크기가 커서 기둥과 보가 실내에 노출되어 실내의 가구 배치에 불편함이 있었다. 이를 해결하기 위하여 실내보의 높이를 납작하게 하여 천정 속에 넣어 층고를 낮추었다. 물량을 줄이기 위한 교육책으로 조적조 건물에서 벽의 양끝 또는 꺾이는 부위를 벽두께와 일치하는 작은 기둥을 배열하고 그 사이에 작은 보로 연결하고 나머지 공간을 조적조로 채우는 불규칙한 RC 라멘구조를 적용하였다(그림 1. (b) 참조).

1970년 후반에는 아파트 건설의 기술의 발달에 따라 내국인을 위한 현대식 고층 아파트가 처음 시도되었다. 1976년 잠실 고층아파트를 시작으로 둔촌 및 도곡 지구 등에 고층아파트가 건설되었다. 이들 고층아파트의 건설은 기존의 계단실형을 벗어나 15층의 철근콘크리트 라멘 구조의 편복도형 아파트가 건설되었다.

2.3 1980년대 - 내력벽+슬래브

1980년대는 주택공급 물량확대와 고층아파트가 정착하기 시작한 시기로 개포, 고덕, 과천 등 수도권에 대단위 아파트 단지가 건설되었다. 특히, 1988년도부터 시작된 주택건설 200만호 건설계획에 따라 많은 수의 공동주택이 건설되었다. 이에 대처하기 위하여 대량건설체제의 기반을 구축하고 주택의 품질향상을 위하여 설계 및 공법개선이 활발하게 진행되는 등 아파트의 전성을 이룬 시대이다.

구조 형식 측면에서 종래 기둥-보에 의한 라멘구조에서 벽식구조로 변화가 있었다.

그간 적용하던 라멘구조는 기둥과 보의 단면으로 인한 공간 점유율이 크고 사용 철근량도 많아서 세대간벽이나 칸막이벽을 콘크리트 구조벽으로 대체한 벽식구조를 개발하였다(그림 1. (c) 참조). 개발 초기에는 내력벽을 주호의 장변 방향에만 적용하였다. 그러나 1987년 7월부터 6층 이상 아파트 설계 시에 내진설계를 적용토록 의무화함에 따라, 종전의 중력하중과 풍하중을 고려한 구조계산에서 지진하중을 추가로 계상하게 됨으로써 장변방향의 콘크리트벽체가 증가하고 철근배근량이 보강되어 공사비가 3% 정도 상승하게 되었다. 이와 함께 지가의 급등은 초고층 아파트의 등장을 촉진했다.

2.4 1990년대 - 다양한 구조 형식 등장(타워형 중심)

1990년대 이후는 1980년대부터 적용되기 시작한 철근콘크리트 벽식 구조가 꾸준히 적용되었으나, 1990년대에 분당, 산본 등의 신도시를 중심으로 20층 이상의 고층 아파트를 비롯하여, 중반 이후에는 30층 이상 초고층 아파트 건설의 증가와 오피스텔, 주상복합의 등장 등 주거형태에 변화가 생기면서 기존 판상형(I형) 철근콘크리트 벽식 구조 아파트에 변화가 나타났다.

1990년대 구조 형식에 있어 가장 큰 변화는 아파트 상부는 주거공간으로 벽식 구조를 적용하며, 1층은 단지의 개방감을

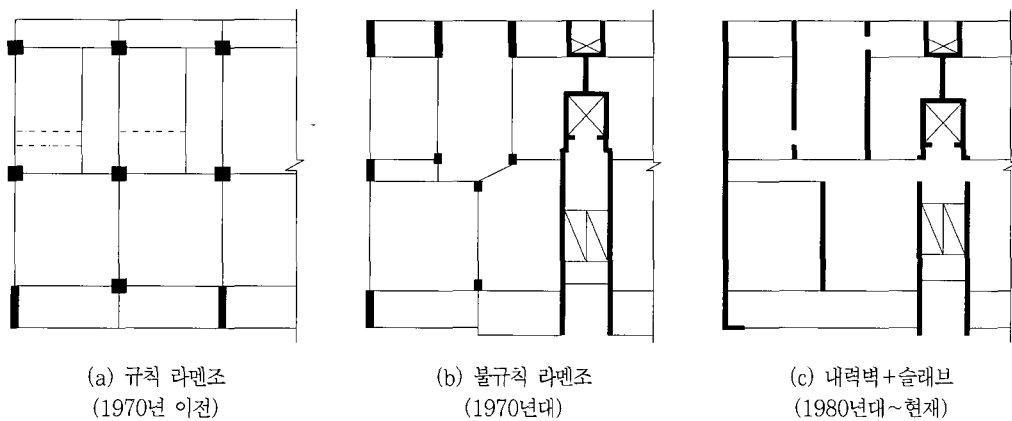


그림 1. 시대별 아파트의 구조 형식

부여하기 위하여 기둥을 적용한 필로티 구조를 채용한 것이다. 이는 1990년대 후반 주상복합형식 아파트의 등장으로 더욱 보편화되었다. 하지만, 상부층과 하부층 사이에 전이층이 필요한 이질 구조 형식은 내진설계 기준 및 해석 방법이 명확하지 않아 안전성이 위험 및 그에 따라 최대한 안전하게 설계하기 위해 과다하게 철근을 배치 등의 문제가 있었다.

동시에 아파트의 고급화 추세와 미적인 요구에 힘입어 다양한 평면에 맞춘 구조 형식이 필요하게 되어 골조형식의 고층 타워형 주거건물의 발달을 촉진시켰다.

결국 전이층을 피하면서 고층화를 위해, 중력하중은 기둥-보 구조, 횡력하중 저항을 위해 아웃리거+전단벽, 이중골조시스템, 가새골조시스템 등을 적용하였다.

또한, 구조재료 측면에서도 철근콘크리트만을 주로 이용하였으나, 1990년 이후 철골(S), 철골철근콘크리트(SRC), 콘크리트 충전강관(CFT) 등 다양한 재료를 복합적으로 적용한 아파트 시스템이 나타났다.

2.5 2000년대 이후 - 다양한 구조 형식(판상형 중심)

사회전반의 소득수준 향상에 따른 소비패턴의 고급화, 생활양식 및 가치관의 변화로 주거 선호도가 다변화되고 있다. 이러한 추세에 따라 1990년대 후반부터 타워형 아파트를 중심으로 다양한 구조 형식이 개발·적용되어 소비자의 욕구를 조금이나마 충족시켜주고 있다. 하지만, 이러한 변화는 아직 일부 계층을 위한 것이다. 왜냐하면, 아직까지 국내 아파트의 80% 이상이 판상형(I형) 철근콘크리트 벽식구조로 건설되고 있기 때문이다. 벽식구조는 세대간벽과 각 실의 구분이 내력벽으로 되어 있어 공간의 재구성성을 위한 설계 및 시공기술 등이 충분하지 않다.

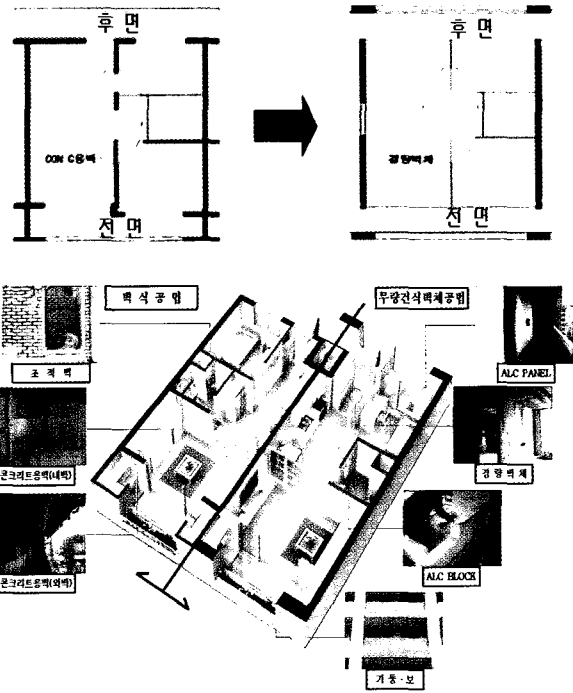


그림 2. 무량간식벽체시스템

이는 다양한 평면 및 고급 인테리어를 추구하는 소비자들의 욕구에 적절히 대응하지 못하며, 설비시설의 개·보수 어려움 등 한계점을 보여주고 있다. 또한, 최근 강남의 부동산 가격의 급등의 문제, 재건축에 대한 기대로 노후화 아파트에 대한 개·보수 하지 않고 방치함으로 조기 노후화를 촉진시키는 등 사회적으로 심각한 문제를 초래하고 있다. 한편, 재건축으로 인한 건축 폐자재 대량 발생 등 국가적 자원낭비 및 환경적 문제까지 대두되고 있다. 또한, 공동주택의 내진설계 기준 강화('05.4), 바닥 충격음 규제('05.7), 실내 공기질 향상 권장 및 주택성능

표 1. 국내 고층 아파트

건물명	규모(층)	구조 재료	형태	구조 형식
나산 스위트	37	S	타워형	이중골조
도곡 아크로빌	46	S	타워형	Core wall+moment 골조
Tower Palace	66	SRC	타워형	Core wall+moment 골조+outrigger girder+belt truss
목동 하이페리온	69	S +SRC	타워형	Core wall+outrigger girder+belt truss
분당 트리폴리스	37	RC	타워형	콘크리트 전단벽+연성골조
해운대 비치빌	54	S +SRC	타워형	core wall+outrigger girder+belt truss
동아 솔레시티	20	S	판상형	철골모멘트연성골조+core wall
장안동 웨르빌	30	S	타워형	Core wall+brace+연성골조
목동 웨르빌	39	S	타워형	Core wall+brace
마북리 웨르빌	24	SRC	판상형	Core wall +내력벽
대우 트럼프월드II	37	RC	타워형	RC wall+RC기둥+outrigger girder
분당 판테온 I	27	RC	타워형	내력벽
포스코 사원아파트	24	S	타워형	Core wall+대형골조 구조

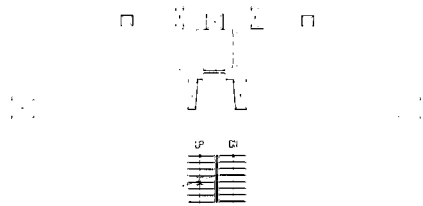
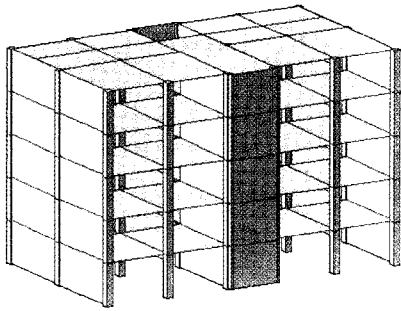


그림 3. 평판구조시스템

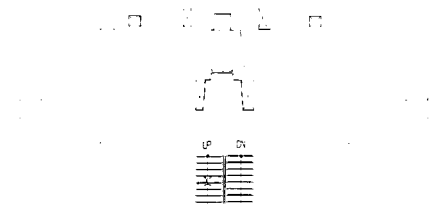
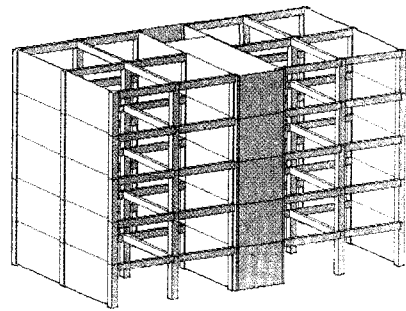


그림 4. 이중골조구조시스템

등급표시제('06.1) 등 기준이 강화되었다. 이런 변화는 건물 층량 증가에 따른 연직하중 및 지진하중의 증가, 슬래브두께의 증가로 골조공사비 상승 등으로 새로운 아파트의 구조 형식에 대한 요구가 더욱 증가되고 있는 실정이다.

따라서 최근 시대 변화에 요구되는 성능확보를 위해 개발된 새로운 아파트 구조에 대해서 살펴보면 다음과 같다.

2.5.1 무량 건식벽체 시스템(FDW)

무량 건식벽체 시스템 일명, FDW(flat long span dry wall system)으로 벽식구조에 기둥과 보 요소를 부분적으로 도입하여 구조 형식을 단순화시키고, 아파트 전·후면 외부 및 세대 내부 조적 및 콘크리트 벽체를 비내력 건식경량화하고 슬래브를 장스팬화시킨 구조 형식이다(그림 2 참조). 세대 내부의 내력 벽을 경량벽체로 대체함으로써 구조체 공사량이 축소됨에 따라, 작업이 간소화되어 기존 벽식구조에 비해 시공성 및 품질향상 효과가 있다. 하지만, 전·후면의 역보 설계로 발코니 유효공간의 축소, 외벽부위 거푸집 조립 시 어려움이 있다.

2.5.2 평판 구조시스템

평판 슬래브 구조는 라멘구조와 비교하여 거푸집 작업이 간단하며, 이로 인해 공기단축 및 노동력 절감이 가능하다. 또한, 보 및 지판(drop panel) 주두(column capital)가 없으므로, 구조물의 높이를 낮출 수 있으며, 슬래브에 장애물도 없으므로, 설비시설 설치의 용이함 등으로 국외에서는 중층의 상업용, 주

거용 구조물에 적용되고 있다.

이런 시공적인 장점에도 불구하고 연직방향에 대한 저항뿐만 아니라 수평하중에 대한 저항성과 해석 방법이 매우 복잡하다. 즉, 연직하중과 수평하중으로 인하여 평판 구조물의 슬래브와 기둥에 전단력과 휨모멘트가 발생하며, 이러한 전단력과 불균형 모멘트는 슬래브에 전단력과 휨모멘트 및 비틀림모멘트를 발생시킨다. 이로 인하여 기둥 부근의 높은 전단응력으로 기둥 부근에 취성적 파괴가 발생할 수 있다.

그러므로 슬래브와 기둥접합부의 전단강도와 연성은 설계 시 주의 깊게 고려되어야 한다. 특히 횡력에 저항하기 위한 적당한 강성을 가지고 있어야 한다.

최근 대한주택공사를 중심으로 벽식구조에 기둥요소를 도입하여 구조 형식을 단순화시키고 하중을 슬래브에서 기둥으로 직접 전달하는 구조시스템으로 결국, 콘크리트벽+기둥+플랫 슬래브 구조 형식인 복합(무량벽체)구조 시스템 일명, FPWS(flat plate wall system)이 개발·적용되고 있다.

본 시스템은 최근 가변형 주택에 대한 요구 증가에 대응하면서, 벽식구조에 비해 층고와 공사비가 크게 증가하지 않아, 민간건설 업체들이 적극적으로 적용 검토 또는 시공 중에 있다.

하지만, 상기 언급된 문제에 대한 보다 상세 해석, 검토가 꾸준히 이루어져야 할 것이다. 또한, 리모델링을 보다 적극적으로 고려하기 위해서는 인접세대 간에 수직 및 수평으로 전체 또는 부분통합이 가능하여야 하는데, 본 시스템의 경우 수직으로 통합에 한계가 있을 것으로 판단된다.

2.5.3 전단벽+라멘(이중골조)구조시스템

이중골조구조시스템은 세대 내부는 보, 기둥으로 되고, 외측은 전단벽으로 된 시스템이다. 이 구조는 수직하중은 기둥과 보가 저항하며, 수평하중은 전단벽이 부담하는 구조이다. 단, 고층 아파트의 경우 상부의 골조가 수평하중을 부분 분담할 수 있다. 또한, 강성이 매우 큰 전단벽은 종국적으로 취성적 파괴를 일으킬 수 있으므로, 이러한 경우 연성이 비교적 큰 골조가 횡력의 일부를 지지하여, 구조물의 급속한 붕괴를 방지할 수 있는 장점이 있다.

또한, 세대 내부의 벽체를 없애고, 기둥과 춤이 낮은 보(역보 등)로 이루어진 형태이므로, 내부공간을 분할하는 벽체를 이동 또는 해체가 가능한 건식벽체로 설치하여 추후 발생하는 요구에 손쉽게 대응할 수 있으며, 최근 하루가 다르게 발전하는 통신 및 기계 설비의 업그레이드도 가능해 지는 것이다.

하지만, 세대 내부 기둥에 고강도 콘크리트를 적용하여야 하며, 세대 내부의 기둥과 세대간 전단벽의 부등변위 발생할 수도 있는 문제가 있다. 내부기둥과 인접 수직부재간의 강성차이로 인해 발생하는 수직부재의 부등변형은 슬래브와 보와 같은 수평부재에 상당한 양의 추가적인 부재력을 유발시키게 되므로 설계에 합리적으로 반영하여야 하나, 실제적으로 발생하는 축소량은 예측에 어려움이 많으므로 가장 불리한 경우를 예상하여 설계에 반영하여야 한다.

최근 인접 세대와 수직 및 수평으로 전체 또는 부분 통합이 가능하며, 개별 세대 내에서 공간의 가변성과 구성재의 호환성 확보가 가능하도록 하는 구조 측면으로 리모델링을 고려한 공동주택의 건축기준이 제정되고 있는 것을 고려하였을 경우, 향후 이중골조시스템이 가장 능동적으로 대처할 수 있을 것으로 판단된다.

3. 맺음말


국내 공동주택은 우리나라의 급속한 경제성장과 함께 양적공급에 우선하여, 질적인 측면을 도외시하며 획일화된 공동주택의 공급이 이루어졌다. 이 과정에서 발생한 주거 환경적인 문제, 구조성능 저하, 설비의 노후화 등과 이에 따른 유지관리의 부재 등으로 공동주택의 노후화를 초래하게 되었다.

특히, 국내 공동주택의 주요 구조 형식인 철근콘크리트 벽식 구조는 1980년대 중반부터 도입된 후 시공의 간편성, 저렴한 공사비 이유로 지금까지 적용되고 있다.

그러나 철근콘크리트 벽식구조는 사회적 환경 변화에 따른 거주자의 다양한 요구에 대응한 공간의 재구성 및 내진 설계 기준 강화, 바닥 충격음 강화 등 구조체의 성능강화 요구에 융통성 있게 대처하는데 한계점을 나타내고 있다. 또한, 노후화된 설비시설 개·보수의 어려움이 있어 공동주택의 노후화를 더욱 촉진시킨 결과를 낳았다.

공동주택 노후화 해결 방법으로 시공의 편리성, 높은 개발이익을 낳는 재건축이 진행되었다. 하지만, 사회적·환경적 문제 등을 유발하고 있는 실정이다. 따라서 최근 이러한 사회적인 환경을 반영하여, 무량벽체시스템, 이중골조시스템 등 리모델링 및 유지관리 용이성을 고려할 수 있는 새로운 구조시스템의 개발이 활발히 이루어지고 있다. 그러나 아직까지 실용화가 활발히 이루어지지 못하고 있는 실정이다. 이런 이유의 가장 큰 원인이 경제성 때문일 것이다. 현재 가장 저렴한 상태로 시스템이 갖춰진 벽식구조에서 새로운 구조시스템으로 전환 시 들어가는 추가비용을 공급자 측면에서 선호하고 있지 않기 때문이다.

그러나 최근 정책적으로 재건축을 규제하고, 리모델링을 장려하기 위해 “리모델링 대비한 특례 등”을 신설한 건축법 개정('05.11.08), 발코니 확장을 법적('05.12, 건축법시행령)이 이루어지고 있다. 리모델링 대비 특례 신설을 위한 건축법은 향후 리모델링이 용이한 구조의 공동주택의 건축을 촉진하기 위해 대통령이 정하는 비율로 기준을 완화해 주는 것이다. 이때 리모델링이 용이한 구조를 위해서는 인접 세대와 수직 및 수평으로 전체 또는 부분 통합이 가능, 개별 세대 내에서 공간의 가변성과 구성재의 호환성이 확보될 수 있도록 하여야 한다.

한편, 2006년부터 시행되는 주택성능등급표시제도의 구조 관련 등급은 가변성, 수리용이성(리모델링 및 유지관리), 내구성에 초점이 맞춰서 평가된다. 이런 측면을 고려할 경우, 향후 가변형을 고려한 아파트의 새로운 구조시스템의 개발이 더욱 활발히 이루어지며, 실용화 될 것이라 판단된다. 

참고문헌

1. 대한주택공사, 국내 공동주택 모델 및 구조시스템의 변화와 전망, 대한주택공사, 2005.
2. 윤영호 외 10인, 건축구조, 토질기초의 A to Z, 기문당, 2005.
3. 이창남, 아파트 구조방식 변천과 심의에 얽힌 이야기, 대한건축학회지, 50권 1호, 2006.
4. 이창남, 건축구조 뿌리에서 새순까지, 기문당, 1998.