

## 공동주택 리모델링 수직/수평증축을 위한 내진보강 기법 및 사례



장동운 쌍용건설(주) R&D팀 부장, 공학박사

### 1. 머리말

우리나라 공동주택 리모델링은 2002년 법적 근거가 마련되어 올해로 11년째를 맞이하고 있다. 그동안 리모델링 활성화를 위한 정부의 정책이 여러 번 발표되었지만(그림1 참조) 공동주택 리모델링 시 수직증축에 대한 논란이 많았고, 주민들은 경제성에 만족하지 않아 공동주택의 리모델링은 매우 위축되어 있었다. 이러한 지지부진한 리모델링 사업을 활성화시키기 위해서 관련유관기관 및 현업에 종사하는 전문가 뿐만 아니라 재건축을 기대하기는 너무 지친 공동주택 주민들의 노력이 끊임없이 있었다. 그 예로 2012년 4월 대한건축학회의 보고서 “리모델링 공동주택 설계사례 검증 및 증축에 따른 구조설계 가이드라인”에서는 건물의 경량화와 전문가에 의한 검증을 통한다면 수직증축에 문제가 없는 것으로 판단하고 있으며 실제 증축 사례를 통하여 검증하였다. 또한, 2012년 9월에 열린 『제4회 리모델링의 날』 국제세미나에서 무조건적인 수직증축 불가 방침은 불합리하며 전문가의 판단을 전제로 한 선별적 허용이 필요하다는 내용이 구체적인 근거를 통해 제시되었다(SH공사 김형근 위원, 2012)

이러한 노력의 결과였는지는 모르겠지만 정부에서는 “안전성 확보가 가능한 범위 내에서 수직증축 리모델링을 허용”하는 내용을 포함한 『서민주거 안정을 위한 주택시장 정상화 종합 대책(4.1 부동산 대책)』을 4월 1일 공식 발표하였고, 그 후속조치로 『리모델링 수직증축 가이드라인(6.6)』을 발표하면서 안전을 우려해 수평증축만으로 리모델링을 수행해야 하는 제한적인 환경이 2~3개층 수직증축 허용과 더불어 15% 이내에 분양을 통한 조합원의 부담금을 낮춰 줌으로

써 리모델링 사업 추진을 보다 수월하게 이루어 질 수 있는 계기를 마련하게 되었다. 그러나, 아직은 법제화가 이루어지지 않은 상황으로 법제화를 통한 제도적 장치가 이루어져야 하는 문제는 여전히 남아 있다. 그동안 안전을 우려해 수평증축만으로 리모델링을 수행해야 하는 제한적인 환경이 수직증축허용으로 통해서 그 범위가 한층 자유롭게 된 것은 매우 고무된 결과라 할 수 있다. 이제 기존의 무조건적인 리모델링 수직증축 불가방침에서는 조금 해방이 되었다 할지라도 무엇보다도 전문가의 판단을 전제로 한 구조적 안정성 검토가 리모델링설계의 기반이 되어야 함은 자명한 일이다.

수직/수평 증축에 따른 구조적 안전성 확보에 대한 연구는 2000년도에 접어들면서 다수의 연구가 진행되었으며, 대상 구조물에 따른 수평/수직 증축부의 구조시스템을 제안하고 그에 따른 증축접합부 및 보강상세 등이 개발되었다. 그러나 구조적 고려사항으로써 매우 중요한 사항은 현재 리모델링 대상건물들이 노후와 되어 있을 뿐만 아니라 내진설계가 이루어지지 않아 증축이 현행의 설계기준인 KBC2009 기준에 맞는 내진설계가 필수적으로 이루어져야 한다. 따라서 증축을 동반하는 리모델링에서는 부족한 내진성능을 보완하기 위한 내진보강방법 및 공법이 요구된다. 그러나 기존 구조체의 내진보강을 위해서는 많은 비용과 공사기간이 소요되며 이는 리모델링의 경제성이 크게 저하될 우려가 있다. 따라서 건물의 구조시스템 및 특성에 적합하며 경제적인 구조보강공법을 제시함과 동시에 기준에서 강화된 내진성능을 만족하는 효과적인 내진보강방법이 제시될 필요성이 있다.

본 고에서는 수직/수평 증축 시 구조검토사항, 내진보강

을 위한 기존 구조물의 내진성능평가, 제진시스템을 이용한 내진보강 및 공동주택 리모델링 수직증축 사례 등에 대해서 살펴보고자 한다.

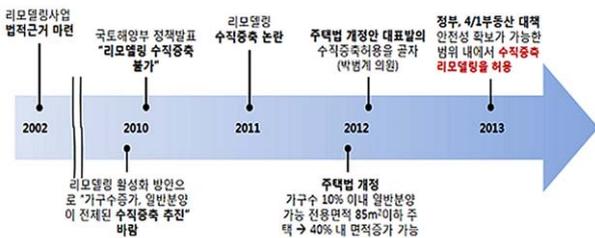


그림 1 공동주택 리모델링 정책의 흐름 (김형근 발표자료 참조, 2012)

## 2. 리모델링 구조보강의 개념

현재 공동주택에 대한 리모델링은 단순한 내·외장재 교체 및 구조부재의 보강에 머무는 리모델링이 아니라 단위세대 및 아파트 전체의 평면 및 입면을 변경하고 지하주차장 및 엘리베이터 코어 등을 신설하여 공동주택으로서의 가치를 높이는 데 주력하고 있다.

기존 건물을 리모델링 구조(내진)보강을 하기 위해서는 먼저 기존 건물이 보유하고 있는 구조성능을 정확하게 평가할 필요가 있다. 평가결과에 따라 구조보강의 필요여부가 결정이 되며 구조(내진)보강의 시점을 나타내는 개념이 그림2에 표현되어 있다. 횡축은 시간의 경과를 나타내고 종축은 그 건물이 가지고 있는 성능레벨을 나타내고 있다. 건물은 준공 후에 시간의 경과에 따라 물리적으로 그 성능이 열화하게 된다. 그러나 건물의 성능에 대한 사회적 요구는 점점 높아지게 되어, 일정시간이 지난 후에는 신축건물에 비해 기존건물은 상대적으로 성능이 열화된 것으로 평가된다. 이러한 성능 열화를 또한 사회적 열화라고 한다. 따라서 물리적 혹은 사회적 열화가 일정수준 이상으로 진행되게 되면, 리모델링을 필요로 한다. 리모델링 시에 물리적 열화를 회복시켜, 준공시의 건물의 성능레벨까지 회복시키는 것을 보수라고 하고, 사회적 열화 및 리모델링 시의 사회적 요구성능 이상을 확보하는 것을 보강이라고 할 수 있다.

특히 지진하중에 대비한 보수 및 보강을 위해서는 기존 건물에 발생한 열화의 정도를 정확하게 평가해야만 보수 및 보강시점을 결정할 수 있으며, 보강량을 정략적으로 제시할 수

있다. 따라서 장래에 발생할 지진에 대비하여 건물의 내진안전성을 확보하기 위해서는 건물의 내진성능을 판정하고, 필요에 따라 내진보강 등의 대책을 강구해야 할 때가 있다. 내진성능 및 보강여부의 판정에 필요한 내진보강계획의 흐름도는 그림3과 같다.

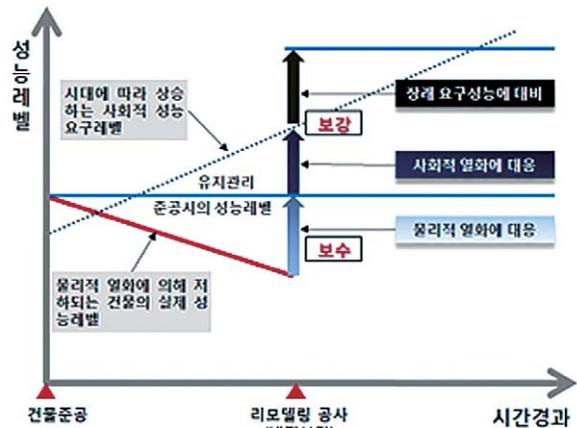


그림 2 성능레벨에 따른 리모델링 공사의 시점 (Hi remodeling 서적, 오상훈 외, 2006)

리모델링시 수직/수평증축에 따라 검토해야 할 구조검토 사항은 추가하중으로 인한 구조안전성 및 강화된 내진설계에 대해서 필수적으로 검토해야 한다(그림3). 즉, 기존구조물의 구조부위철거부터 추가되는 하중, 기존구조체와 신설구조체와의 접합부를 검토해야 하며, 이는 설계하중 및 내진설계와 같은 최신기준을 기반으로 해야 한다.

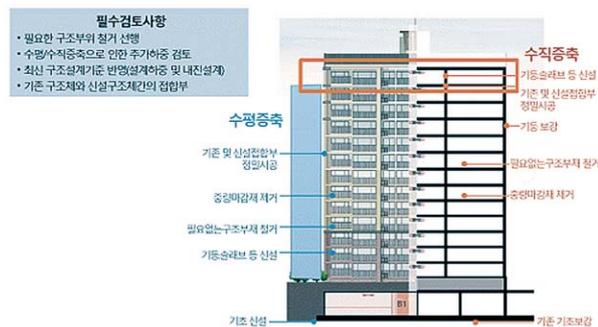


그림3. 공동주택 리모델링 정책의 흐름 (김형근 발표자료, 2012)

내진보강 시 건축물의 내진성능목표를 정하는 것이 중요하며 건물의 성능을 즉시거주(IO) 또는 인명안전(LS) 등의 성능기반의 목표를 설정할 수도 있고, 허용층간변위나 허용가속도 등과 같은 기준의 목표로도 설정할 수 있다. 내진성

능평가에서는 예상되는 지진동에 대해서 필요로 하는 내진 성능, 즉 보강의 여부를 판정하는 기준을 설정하는 것도 중요하다. 판정에서는 건물의 중요도, 지진위험도, 예상되는 지진동의 레벨이 중요한 요인이 된다. 건물에 보강이 필요한 경우, 목표가 되는 내진성능, 구조종별, 지반조건, 보강에 필요한 비용 등을 감안하여 보강공법을 결정하게 된다. 최종적으로는 보강건물의 내진성능을 재평가하고, 보강목표를 만족하는가를 확인하여, 보강건물의 안전성을 재검토하게 된다. 만약 내진보강에 면·제진장치가 적용될 경우에는 동적 시간이력해석과 같은 정밀해석을 통한 검증이 요구된다

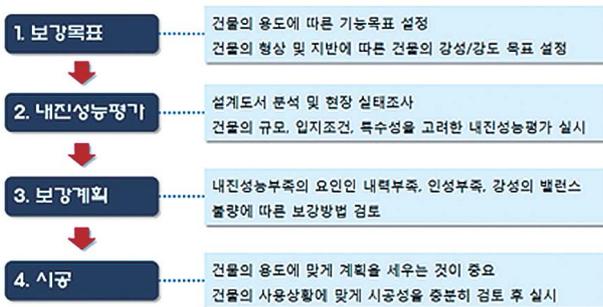


그림4. 내진보강계획 흐름도

일반적으로 내진보강공법은 건물의 내력을 향상하는 방법, 건물의 변형능력을 증진하는 방법 및 입력저감을 위한 응답제어 방법 등으로 구분된다. 그림6은 세가지의 내진보강 공법을 설명하고 있는데, 종축은 내력(강도)을 나타내고 횡축은 연성(변형능력)을 나타낸다. 이 세가지 보강방법 중에서 단순한 비교는 불가하다고 할 수 있으며, 건물의 특성에 가장 적합한 보강공법을 골라 사용하든지 혹은 이러한 보강공법을 혼용하여 사용하면 더 큰 효과를 나타낼 수 있다.

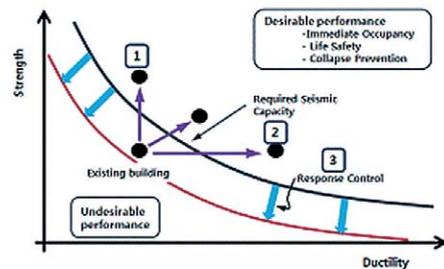


그림6. 내진보강공법

### 3. 공동주택 리모델링 내진보강공법

기술의 발전과 더불어 사회·경제적인 측면이 선진국의 수준과 비슷해질수록 관련 제도도 발전하게 된다. 그림8은 국내 내진설계기준의 변천사를 나타내는데, 1988년에 내진 기준이 도입되어 적용된 이후 내진기준은 더욱 강화되어져 왔다. 즉, 지진하중이 점점 증가하는 추세이다. 따라서 1988년 이전에 건설된 공동주택은 물론이고 이 후에 지어졌다 할 지라도 기존 건축물의 경우 내진성능이 현재의 기준을 만족하지 못하는 경우가 많다. 특히, 현재 리모델링의 대상이 되는 공동주택은 1988년 이전에 지어진 것이 다수이기 때문에 리모델링 시 반드시 내진보강이 필요하다고 할 수 있다. 내진보강 시에 구조물의 안전이 기본적으로 확보되어야 하지만, 공동주택 리모델링 사업의 특성상 경제성과 분리하여 진행할 수가 없다. 즉, 내진성능을 만족하면서 경제적인 내진보강공법이 필요하다는 것이다

년도	1988년 이전	1997년	2000년	2005년	2009년
개요	내진기준 최초도입	내진기준 이원화 (상위계진 기준제정)	내진기준 1차개정	내진기준 2차 개정	내진기준 3차 개정
내용	6층이상 건물에 전면 적용, 이력2등급으로 분류, 지진규모 500배	6층이상 아파트를 내진1등급으로 상향분류	5층이상 건물, 15층이상 아파트를 2등급으로 상향분류	3층이상 건물과 확대 적용, 지진하중 상향조정, 지진규모 600배	15층이상 아파트와 오피스텔이 1등급으로 조정

그림 5. 국내 내진설계기준 변화

표1. 내진보강공법

내진보강공법 종류	내진보강공법 특징
1. 건물의 내력을 향상하는 방법(강도보강)	건물의 강도/강성은 증가하나 변형능력은 크지 않다. 지진력의 증가로 기초보강 비용이 추가된다. 습식공법으로 각종 작업을 고려하면 공기가 증가한다. 열을가새의 경우는 좌굴에 의해 급격한 내력저하가 발생한다.
2. 건물의 변형능력을 증진하는 방법 (연성보강)	부재단면지수의 변화가 크지 않아 공면계좌에 영향이 적다. 경량 및 고강도의 특징으로 건물 중량에 미치는 영향이 적다. 보강개소가 많기 때문에 공기가 길어지며 비용상승이 크다.
3. 입력저감을 위한 응답제어 방법 (제진보강)	에너지흡수능력이 커서 건물의 안정성을 증대시킨다. 건물의 응답을 저감시켜서 강도/연성보강의 개소가 감소된다. 보강개소가 적어서 타 보강공법에 비해 건물의 중량이 감소된다.

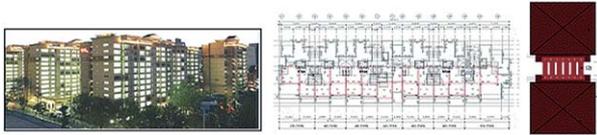
### 4. 공동주택 리모델링 수직증축사례

본 절에서는 상세한 보강절차보다는 보강결과를 간략히 기술하였다.

#### 4.1 도곡 아파트와 당산 아파트 리모델링

그림 7은 공동주택 리모델링시 수직증축을 실시한 두 단지의 사례를 나타낸다.

그림의 우측에는 적용된 제진장치의 형상을 나타낸 것이



(a) 도곡 쌍용에가클래식아파트



(b) 당산 쌍용에가클래식아파트

그림7. 수직증축 리모델링 사례

다. 도곡 쌍용에가클래식아파트의 경우 지하3층, 지상12~13층 규모의 5개동이며, 준공연도는 1989년이다. 리모델링 공사는 2008년 11월에 시작하여 2011년 5월 종료로 약 30개월이 소요되었다. 본 리모델링 공사 시 1개동은 2개층 증축을 하였고, 지하1층은 주차장공간을 위해 신설하였다. 세대내부의 주요구조부재인 슬래브, 기둥, 보, 기초 등의 부분 철거를 진행하여, 건물중량을 저감하도록 경량벽체 및 재료를 사용하였다. 또한 KBC2009의 지진하중에 대한 내진보강을 위해 전단벽식 강재댐퍼를 적용하여 수직부재의 강도/연성보강개소를 다소 저감하였다.

당산 쌍용에가 클래식 아파트는 지하1층, 지상12~13층 규모로 1978년에 준공되었다. 본 아파트 리모델링의 특징은 1층 거주민의 삶의 질향상을 위해 1층을 필로티로 전환하고, 대신 수직으로 1개층 증축하였다. 또한 주차장을 확보하기 위해서 지하 2개층을 신설하였다. 이 건물로 리모델링 시에 건물의 자중경감을 위해서 바닥과 벽체의 재료를 경량재료(사운드제로플러스, 경량간막이벽체)를 사용하여 수직하중을 처리하였다. 지진하중인 수평하중은 Y방향은 신설벽체가 부담하도록 하고, X방향의 경우 벽체가 매우 적으므로 제진장치가 저항하도록 하였다. 대부분의 기둥부재의 경우 기존 기둥내력으로 어느 정도 중력하중은 저항하였으나 일부 상층부 기둥에 대해서는 철판보강이 요구되었다.

#### 4.2 마포 아파트 리모델링

밤섬 쌍용에가 클래식 아파트는 리모델링 공사(그림8)의 사업성을 고려할 때 어느 정도의 수직증축이 필요할 수 있는데 이때 가장 많은 보강공사비를 필요로 하는 부분이 기초이다. 따라서 수직증축 시 증가되는 수직하중을 최대한 감소시켜 기초 보강비를 최소로 해야 한다. 다행히도 리모델링 대상이 되는 아파트의 기존 바닥마감이나 벽체 등은 현재 적용

하는 자재에 비해 무겁다. 이러한 마감재의 하중을 최대한 경량화하여 기초 보강 범위를 감소시켜야 한다. 표2는 밤섬 쌍용에가클래식 아파트 리모델링 시 하중을 경량화할 때의 하중 변화를 보여주고 있다. 여기서 고정하중은 감소하는 반면, 설계기준과 주거생활의 변화로 활하중이 약간 증가하였다.

기존 건물 설계 시 내진설계가 되지 않았기 때문에 지진하중을 고려하면 벽체뿐만 아니라 비용이 고가인 기초 보강도 필요할 것으로 예상되는바 여러 내진보강 방안을 검토하여 내력벽구조에 적합한 보강방안을 마련한다.

본 내력벽식 아파트를 수직 증축할 경우 보강 범위를 예측함으로써 사업성을 고려한 리모델링 안이 되도록 하였다. 이

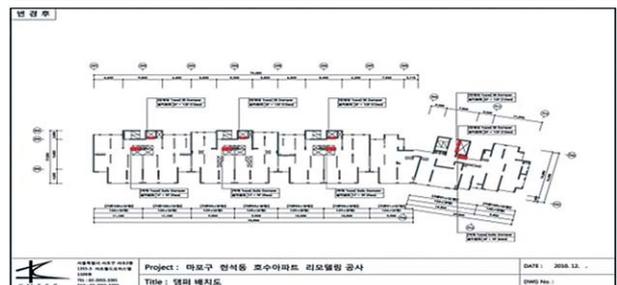


그림 8 밤섬 쌍용에가클래식아파트 3D뷰 및 구조평면도

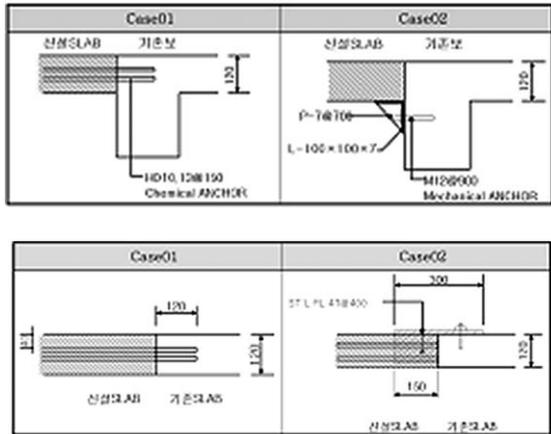
때 검토조건으로는 첫째, 하중경량화를 위해 경량벽체와 경량 마감재적용을 원칙으로 하고 둘째, 리모델링 건물에 효과적인 내진보강이 될 수 있는 제진댐퍼를 사용하는 것을 전제로 한다. 표2는 수직증축에 따라 검토한 보강범위를 나타낸 것이다.

그림 9(A)~(d)는 수평증축에 따른 접합상세, 슬래브 보강, 벽체보강 및 기초보강 등의 상세를 나타낸 것이다. 그림 9(f)~(g)는 제진보강을 위해 사용된 제진장치의 형상을 나타낸 것이다. 본 아파트 리모델링 내진보강에는 수평증축의 특성을 이용하여 기존 전단벽식 제진장치 이외에 커플링보 제진장치를 적용한 것이 특징이라고 할 수 있다. 이는 구조물의 형상 및 특성에 맞게 제진장치도 다양하게 적용할 수 있

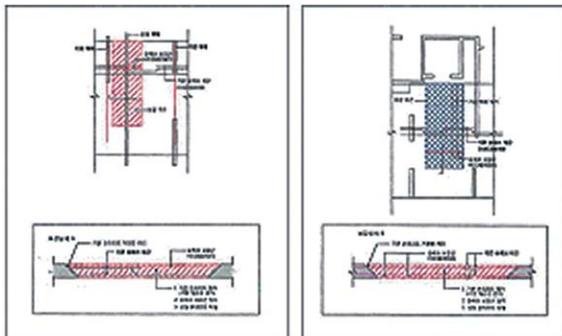
음을 시사하고 있다. 또한 제진장치가 지진하중 저항능력이 우수하다고 하더라도 수직부재의 강도/연성보강의 기반위에 적용해야 할 것이다. 본 공동주택 리모델링의 경우, 이러한 강도보강 및 제진보강을 효과적으로 적용한 사례라고 할 수 있다. 그림10은 내진보강 후의 비선형 정적해석결과를 나타내었으며, 성능점 산정결과 내진성능이 현 기준을 잘 만족하는 것을 보여주고 있다.

표2. 수직증축에 따른 보강범위

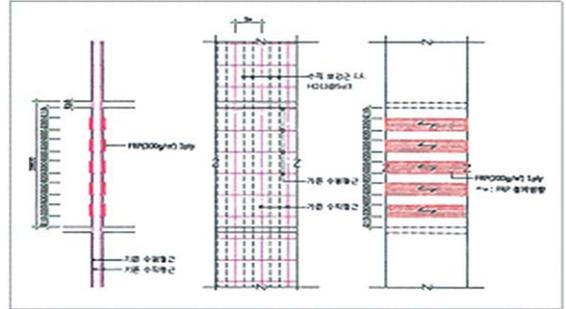
구분	1개층 증축		2개층 증축		3개층 증축	
	D+L	D+L+E	D+L	D+L+E	D+L	D+L+E
내력벽체	보강필요없음	대부분 벽체 보강 필요없음	보강필요없음	일부 벽체 보강	일부 벽체 보강	일부 벽체 보강
과일내력	과일보강필요없음	일부와일부가	일부와일부가	과일추가설치	과일추가설치	과일추가설치
기초판	대부분 기초 보강필요없음	일부 기초판 보강	일부 기초판 보강	일부기초판 두께 확대	일부기초판 두께 확대	일부기초판 두께 확대



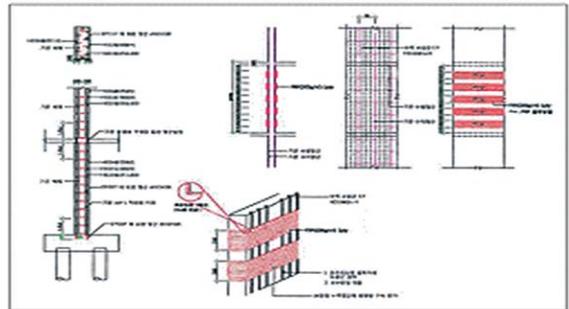
(a) 신설슬래브와 기존보 및 슬래브 접합상세



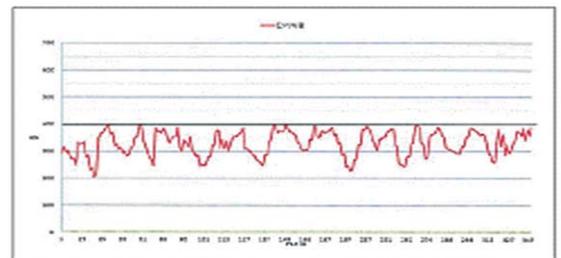
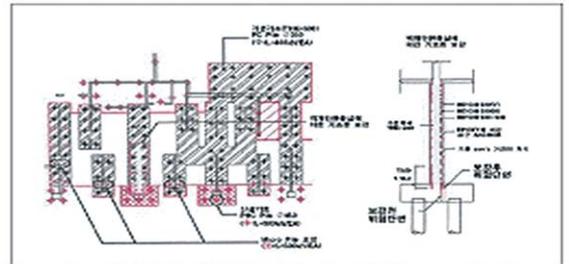
(b) 슬래브 보강안(A, B)



(c) 벽체보강방안(철근+FRP보강)



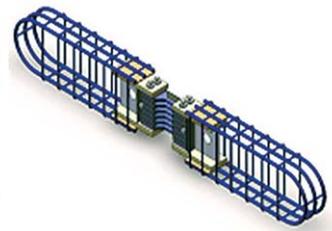
(d) 벽체보강(단면증설, 철근+FRP보강)



(e) 기초보강(2개층 증축) 및 기존파일반력경도(D+L+E)



(f) 전단벽식 보강



(g) 커플링댐퍼 보강

그림9. 적용된 공법 및 제진장치

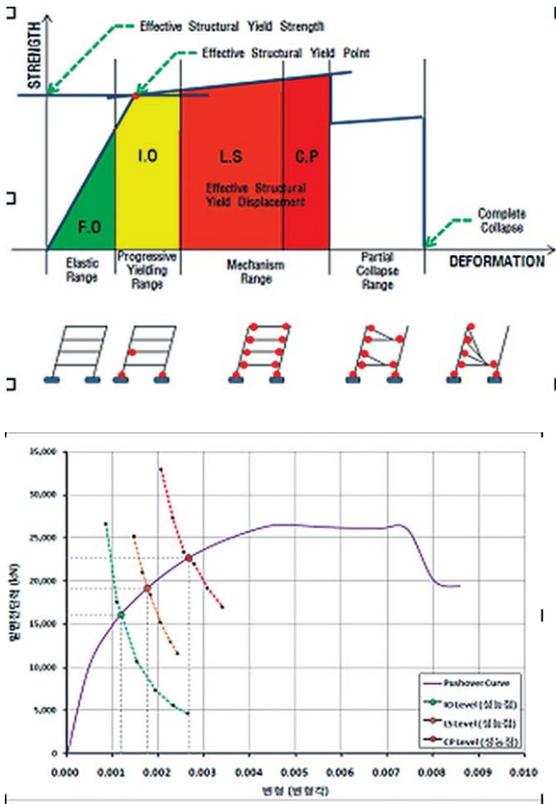


그림10. 비선형 정적해석에 의한 성능점 산정(내진보강 후)

### 5. 맺음말

공동주택의 리모델링 수직증축과 관련한 기존구조체의 안전성 확보문제는 어느 하나만의 기술만으로 요약하기는 매우 복잡한 사안이라고 할 수 있다. 본고에서 살펴본 바와 같이 수직/수평증축 리모델링을 하게 되면 기존 구조물의 내진성능평가를 명확히 하여야 하고, 또한 현재의 내진기준을 만족하도록 해야 한다.

공동주택의 리모델링 사례, 2~3개층 수직증축에 따른 수직하중의 증가와 내진설계기준강화 등에 따른 수평하중의 증가 등을 고려하여야 한다. 본 고에서는 이에 따라 현실적으로 실시 가능한 구조시스템으로 기존 구조체의 경량화 및 제진장치를 병용시키는 공법을 제안하였다. 본고에서 제안한 공법은 매우 제한된 경험과 실적을 바탕으로 한 것으로 추가적인 설계 및 연구가 필요하지만, 검토결과 벽식구조 공동주택의 2~3개층 수직증축 구조시스템으로 실현 가능성을 보였고, 아울러 경제성도 확보할 수 있는 것으로 판단되었다.

끝으로 현재 공동주택의 리모델링 사례가 있지만 이러한 공사의 절차가 각각이고 구조안전여부도 검토방법이 모두

상이다. 따라서 공동주택 리모델링 설계절차를 명확히 확립할 필요가 있다.

### 참고문헌

1. 이원호외, 리모델링 공동주택 설계사례 검증 및 증축에 따른 구조설계 가이드라인, 대한건축학회, 2013.4
2. 김형근, 리모델링 수직증축을 위한 기술현황 소개 및 정책 제언, 제9회 리모델링 국제기술세미나, 한국리모델링협회, 2012
3. T. OKADA, 학교건축물의 내진성능 향상을 위한 내진보강 공법 및 설계기술; 일본 학교건축물의 내진보강 기법, 제1회 국제기술세미나 및 토론회, 한국면진제진협회, 2012
4. 포항산업과학연구원, 동경대학교, 동경공업대학교, 광운대학교, 구조 내진성능 평가에 관한 기술지침(안), 2002
5. 국토부, 기존 건축물이 내진성능평가 요령의 개정보완, 2011
6. 장동운외, 전단벽 제진시스템의 반복가력실험, 한국강구조학회 논문집, 2013.2
7. 장동운외, 본진의 크기와 여진을 고려한 전단벽 제진시스템에 관한 실험, 대한건축학회 구조계논문집, 2012. 제28권 제8호
8. FEMA 310, Handbook for Seismic Evaluation of Buildings—a Prestandard”, Federal Emergency Management Agency, 1998
9. FEMA 356, Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Existing Buildings, Federal Emergency Management Agency, 2000
10. FEMA-440, Improvement of nonlinear static seismic analysis procedure, Department of Homeland security, Federal Emergency Management Agency, June, 2005