

수직증축을 고려한 리모델링기법

Remodeling and Aseismatic Reinforcement Design



윤 병 익^{1)*}

Yoon, Byung Ick

우리나라는 지난 수십년간 개발국가로서 해외로의 수출 증가와 함께 국내적으로는 주택건설산업이 큰 호황을 누려왔다. 경제발전예 따라 대도시로 인구가 집중하게되고 늘어나는 인구의 주거욕구를 충족시켜주기 위한 도시내의 주택건설이 활발해졌고, 도시내의 주택건설부지가 포화상태에 이르자 국민을 위한 주택보급정책의 일환으로 1990년 초부터 여러 신도시가 건설되어 수많은 아파트가 지어졌다. 최근에도 많지는 않지만 꾸준히 새로운 신도시가 조성되고 있으며, 2012년말 국토교통부에서 발표한 주택보급율은 전국평균 102.7%으로서 주택보급율의 이체는 활발한 주택건설을 기대하기는 어려워졌다. 따라서 앞으로 주택정책은 신축보다는 노후화된 아파트를 재건축하거나 리모델링하는 방향으로 나아갈 공산이 크다. 다시 말해서, 20년에서 30년전에 지어진 대표적인 주거시설인 아파트는 설비의 내구연한이 보통 30년인데다가 그동안 삶의 질이 높아져 생활수준에 비해 열악한 주거환경을 제공하고 있기 때문에 주거환경을 개선하기 위해서는 재건축이나 리모델링을 해야 하는데, 세계적으로 지구의 한정된 자원을 지속적으로 유지하려는 친환경정책이 우리나라에서도 재건축을 억제하는 쪽으로 몰아가고 있어 리모델링이 유력한 주거환경개선방법이라 할 수 있다.

그러나 얼마전까지만 해도 2개층 이상의 수직증축을 허

용하지 않아 사업성 때문에 리모델링추진이 원활하지 않았으나 최근에 기존건물의 층수에 따라 차이는 있으나 최대 3개층까지 수직증축할 수 있는 법이 마련되어 사업성이 개선됨으로써 수직증축에 의한 리모델링이 활성화될 수 있는 기반은 다져졌다고 볼 수 있다. 이에 공동주택 수직증축리모델링설계의 사례를 소개하고자 한다.

1. 리모델링 대상 공동주택의 현황과 문제점

첫째로, 리모델링 대상 공동주택의 내진설계 여부이다. 최근 수년간 일본 중국등지에서 규모6.0 이상의 지진으로 많은 인명과 재산상의 피해가 발생하고 있다. 우리나라는 비록 지진이 자주 발생하는 지구의 판과 판 사이가 만나는 위치에 있지는 않지만 여전히 지진에 대해서 안전하다고 할 수 없다. 이에 1988년에 내진설계기준이 마련되어 1989년부터 본격적으로 내진설계가 적용되었다. 그러나 설계에서 준공까지의 기간이 대략 3년으로 가정할 때 1990년대 초 중반 이전에 준공된 건물은 내진설계가 되어 있지 않은 경우가 많다. 따라서 그 이전에 지은 공동주택은 리모델링설계시 내진보강이 필요하게 된다. 그러나 탄성설계가 기반이 되어 있는 현행 구조기준을 따를 경우 보강량이 크게 증가하고 보강의 효과도 불확실할 수가 있다.

둘째로, 수직증축에 따른 기초보강여부 또는 기초보강설계이다. 수평으로만 증축하게 되면 하중의 증감이 크지 않

1) (주)아이맥구조 대표이사

* E-mail : biyoon@aimac.co.kr

기 때문에 보강이 필요없을 수 있으나 입주민의 삶의 질과 편리성 그리고 사업성측면에서 수직증축이 요구된다. 따라서 고정하중과 활하중의 증가 뿐만 아니라 지진하중에 의해서도 기초의 능력이 부족하게 될 수 있다. 지상의 벽체나 슬래브와 달리 기초는 보이지 않는 곳에 있기 때문에 실제 시공현황을 조사하기 어려워 설계도면에 의존하면서 극히 일부구간만 확인이 가능하다. 따라서 보강설계에서 시공까지 철저한 검토와 관리가 요구된다. 이러한 관점에서는 최근에 법으로 3개층만 수직증축을 허용하는 것은 일면 타당하다고 볼 수 있다. 다음은 위에서 제시한 공동주택의 증축에 따른 문제점을 확인하기 위해 실제 리모델링하려는 아파트의 증축층수에 따른 보강부재와 보강범위에 대하여 검토한 결과이다.

Table 1은 바닥마감하중과 칸막이하중 등 고정하중을 최소화하고 내진설계가 되어 있지 않은 기존의 지진력저항 부재들의 보강을 최소화하기 위해 댐퍼를 설치하여 검토한 결과로서 1개층 증축시에는 보강량이 적으나 2개층부터는 보강량이 늘어나 3개층 증축부터는 기둥이나 내력벽과 같은 지진력저항부재와 기초에 대한 보강이 급격히 증가하고 있는 것으로 나타나고 있다. 따라서 수직 증축에 의해 발생하는 하중증가에 대한 구조부재의 효과적이고 합리적인 보강방안이 요구된다.

셋째로, 리모델링공사의 설계와 시공 및 감리절차이다. 리모델링공사는 신축공사와 달리 20년내지 30년 이상된 건축물을 대상으로 하기 때문에 기존구조부재에 대한 콘크리트강도와 철근강도 그리고 구조부재 규격과 철근배근상태 등 구조안전성에 직접적인 영향을 주는 정보 외에 중성화등 노후화에 대한 조사가 필수적이며 기존건축물의 구조

적 성능을 평가할 때 이를 반드시 반영해야 한다. 또한 수평증축이나 수직증축에 따른 접합부는 물론 내진보강방안 그리고 기초보강방안 등은 신축공사와는 달리 구조공학적으로 명확하지 않은 점이 있기 때문에 철저한 기술적인 검토 또는 검토시스템이 필요하다.

2. 합리적인 내진보강 설계 기법

내진설계가 되어 있지 않은 리모델링대상 건물을 현행 구조기준에 맞춰 내진보강을 할 경우 무리한 보강방안으로 시공성도 저하되고 그에 대한 내진보강효과도 확실하지 않을 수 있다. 현행 구조기준에서 제시하고 있는 내진설계의 개념은 2400년 재현주기 설계스펙트럼가속도에 대해 인명안전을 목표로 하고 있고 신축건물은 이와 같은 내진성능을 갖도록 구조기준에 명시된 계수들을 적용하여 설계하도록 되어 있다. 그러한 내진설계를 위한 계수들은 다양한 구조의 형식과 성능을 불과 몇 개로 분류하고 있는데 이는 신축시에는 보수적인 관점에서 큰 문제는 없으나 기존건축물의 리모델링하는 경우에는 기존 구조물의 특성을 정확히 반영하지 못하며 내진성능목표인 인명안전의 성능을 명확하게 분별하지 못하기 때문에 보강량이 크게 늘어나게 된다. 따라서 내진성능을 정확하게 평가할 수 있는 성능설계의 도입이 필요하다. 성능설계는 개별부재의 휨성능 또는 축력성능 그리고 전단성능을 비선형구간까지 평가함으로써 정밀한 내진성능평가가 가능하다. 이러한 평가에서는 기존건물의 노후도를 고려한 콘크리트압축강도나 철근강도가 적용되어야 하므로 기존건축물에 대한 정밀안전진단이 선행되어야 한다. 이를 고려할 때 다음과 같은 내진보강설계기법이 효과적이고 합리적이라고 판단된다.

Fig. 1에서 보는 바와 같이 내진보강설계 기법은 정밀안전진단을 통해 기존건축물의 현황을 조사하고 그 자료를 근거로 비선형해석에 의한 내진성능평가를 실시하여 내진보강의 방향과 공법을 선정한다. 그 다음은 선정된 보강공법을 적용하여 설계한 후에 다시 내진성능평가를 하여 목표성능을 만족하는지 확인함으로써 내진보강설계를 완성한다. 다음은 이와 같은 내진보강설계기법에 따라 진행된 리모델링 내진보강설계사례이다.

Step 1. 기존건축물 내진성능평가

비선형정적해석을 통해 기존구조물의 내진성능을 평가

Table 1

	A아파트		B아파트	
규모	지하2층, 지상13층		지하1층, 지상10층	
구조형식	RC라멘구조		RC벽식구조	
기초형식	파일기초		파일기초	
증축검토 조건	1. 기존마감하중과 칸막이벽체를 경량화 2. 내진설계가 되어 있지 않으므로 댐퍼를 적용하여 지진력 최소화			
	부재별 검토결과			
증축층수	기둥	기초	내력벽	기초
1 개층	극히 일부보강	일부 보강	극히 일부보강	보강필요없음
2 개층	하부층 보강	대부분 보강	극히 일부보강	일부보강 +단면증설
3 개층	하부층 보강	보강+단면증설	일부보강	대부분 보강 +단면증설



Fig. 1

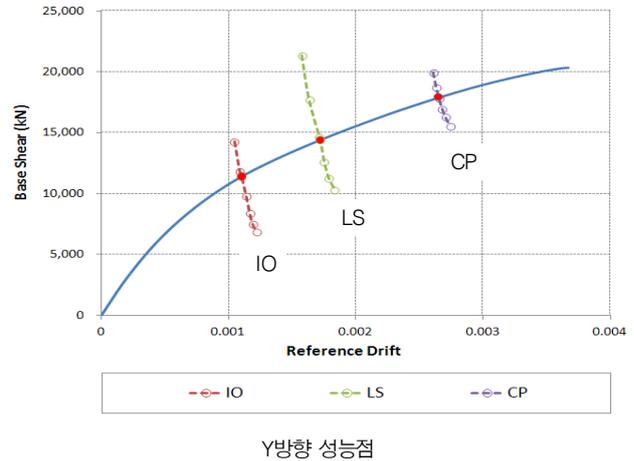
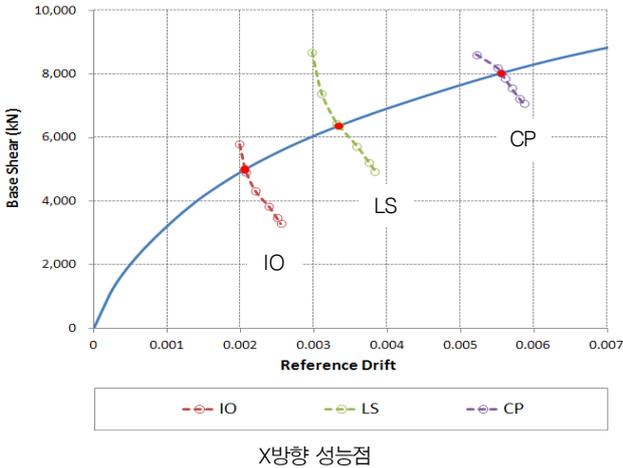


Fig. 2

한 결과 X와 Y방향 모두 허용변형각은 만족하고 있으나 X 방향의 경우는 최대밀면전단력이 상당히 작게 나타나 예상보다 큰 지진이 발생할 경우 붕괴의 우려가 있으므로 보강이 요구된다. (Fig. 2)

Step 2. 내진보강공법 선정

Table 2와 같이 보강공법별로 장단점을 분석하고 내진보강의 방향을 설정한다.

Step 3. 내진보강설계

건물의 동특성과 비선형정적해석 결과로부터 효과적인

내진보강설계방안을 선정하게 되는데 이 사례에서는 단면 방향은 벽체의 양이 많아 내진성능이 충분하기 때문에 일부 벽체에 대해 강도보강방안을 선정하고 장변방향은 벽량이 적어 지진저항능력이 적으므로 제진보강공법을 적용하였다. 이 리모델링은 증축건물이므로 신축시 제진구조물에서 적용해야 하는 규정에 따라 지진력저항시스템이 설계지진력의 75%를 받을 수 있도록 기존벽체와 신설벽체를 보강설계한다. (Fig. 3)

Step 4. 보강 후 내진성능평가

X, Y방향에 대해서 비선형정적해석을 통해 성능수준을 파악하고 비선형동적해석을 이용하여 건물전체의 성능수

Table 2

구 분	강도 보강	제진 보강	면진 보강
공법개요	벽체강도보강 기초지지력보강	댐퍼설치로 강도보강 최소화	면진패드설치
특 성	부재보강으로 실내 사용면적 약간 감소 기초 보강범위 확대	지진에너지 흡수 보강부재 최소화	면진층 필요 기존 건물에 설치할 경우 공사비 과다
구조해석법	선형 해석	비선형 해석	비선형 해석
시공성	보통	우수	나쁨
경제성	보통	우수	나쁨
결 론	시공성과 경제성을 고려하고 구조적특성에 적합하도록 강도보강과 제진보강을 적절히 사용한다.		

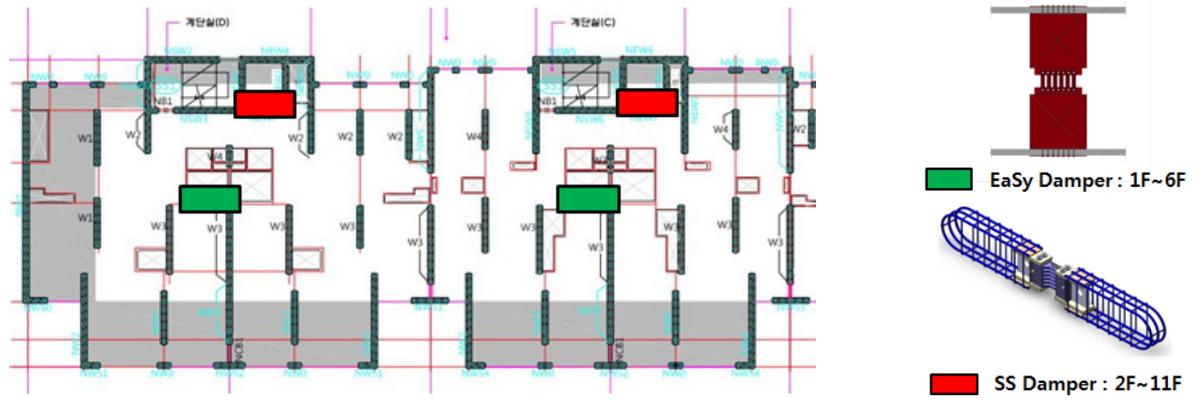


Fig. 3

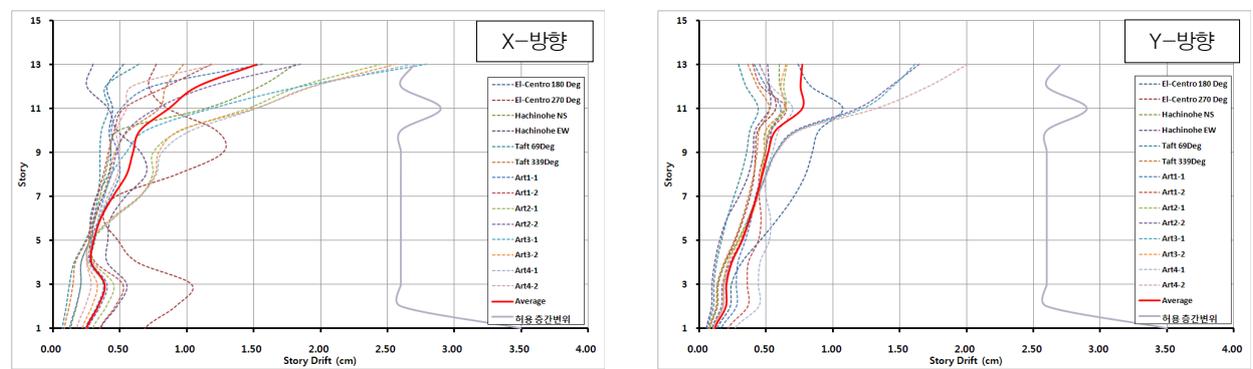


Fig. 4

준은 물론 부재성능수준도 검증한다. Fig. 4는 7개지진파에 대해 비선형동적해석을 실시하여 검증한 층간변위 검토 결과이다.

Step 5. 제3전문가 검토

위와 같은 비선형해석에 의한 내진성능평가는 비선형해석프로그램의 적절한 선정에서부터 부재성능모델의 적정

성등이 해석결과에 영향을 크게 미치기 때문에 제3전문가에 의한 검토를 통해 내진성능평가의 정확성과 신뢰성을 높이는 것이 필요하다. 현재 개정 중에 있는 건축구조기준에서도 성능설계에 대한 규정이 일부 삽입되고 아울러 제3전문가에 의한 검증을 필수적으로 하도록 하고 있다. 아래 표는 성능설계기법을 사용한 내진성능평가에 대한 제3전문가가 검토한 예 중에서 그 일부이다. (Table 3)

Table 3

항 목		설계 자료			기술검토 (AC: ACceptable, MC: Minor Comment, RR: Revision Required)		
		내용			□ AC □ MC □ RR		
구조물 레벨의 해석결과	최대 응답값	최대 층간변형각	DBE 레벨	MCE 레벨	Comments: 적절함		
			0.45%@ROOF	0.68%@ROOF			
		최대층속도	DBE 레벨	MCE 레벨			
			39.6cm/sec@ROOF	48.3cm/sec@ROOF			
		최대 층가속도	DBE 레벨	MCE 레벨			
			330cm/sec ² @ROOF	390cm/sec ² @ROOF			

Table 4

Floor	기존 바닥하중	신설 바닥하중	기준칸막이하중 (분포하중으로 환산)	신설칸막이하중 (분포하중으로 환산)	신설내력벽 (분포하중으로 환산)	활하중(기준변경)	
						기 준	신 설
지붕층	-	9.33	-	-	-	-	2.0
지상12층	-	6.15	-	2.2	2.66	-	2.0
지상11층	7.89	6.15	-	2.2	2.66	1.3	2.0
지상10층 ~지상3층	59.44	49.20	27.2	17.6	-	10.4	16.0
지상2층	7.43	7.08	3.4	-	-	1.3	2.0
지상1층	7.43	7.08	3.4	-	-	1.3	2.0
합 계	82.19	84.99	34	22	5.32	14.3	26 (26×0.8=20.8)
	㉠	㉡	㉢	㉣	㉤	㉥	㉦

$$= \frac{㉠ + ㉡ + ㉢ + ㉣ (\text{증축후})}{㉠ + ㉢ + ㉥ (\text{증축전})} = \frac{84.99 + 22 + 5.32 + 20.8}{82.19 + 34 + 14.3} \approx 1.02 \text{ (거의 변동 없음)}$$

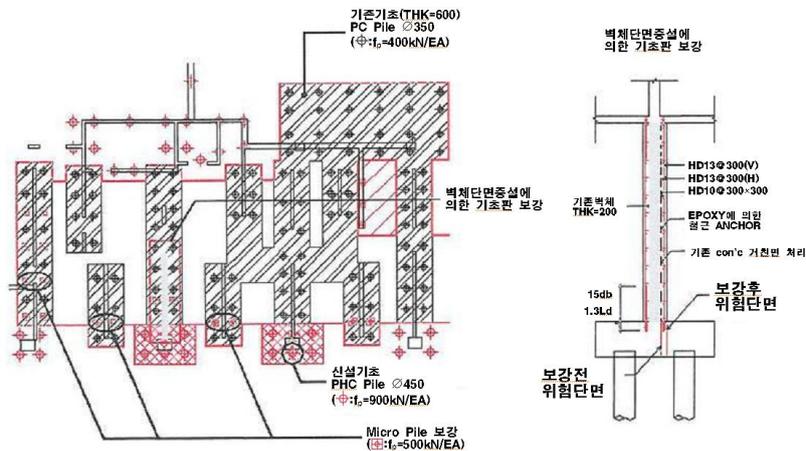


Fig. 5

3. 적절한 기초보강설계방안 도출

리모델링공사에서 기초보강은 공사비를 크게 증가시키는 요인이 되므로 사업성측면에서 매우 민감한 문제로서 기초보강을 최소화하는 증축방안이 요구된다. 마포현석아파트 리모델링 공사의 사례에서는 바닥마감하중을 최소화

하고 칸막이를 조적에서 경량칸막이로 변경하여 고정하중을 감소시킴으로써 2개층 증축임에도 Table 4에서 보는 바와 같이 기초하중이 증가하지 않았다.

그러나 최종적으로는 리모델링시 평면이 변경됨에 따라 하중의 분포가 바뀌고 지진하중을 고려해야 하기 때문에 Fig. 5처럼 기초보강을 하게 되었다.

다만, 기초가 파일기초일 때는 기존파일과 기존파일 주변에 위치한 보강파일간의 구조공학적인 관계가 명확하지 않아 아직은 논란의 대상이 되고 있다. 이것은 리모델링 건물의 안전성에 영향이 크므로 공사비가 증가하더라도 보수적인 방법을 선택하는 것이 바람직하며 실제로 이번에 3개층 수직증축을 허용하면서 기초보강에 대한 검토규정이 매우 명확하게 만들어지는 것으로 알고 있다.

4. 맺음말

리모델링은 이번 사례에서도 보았듯이 기존구조물과 신축구조물이 결합되어 이루어지기 때문에 신축건물을 대상으로 하는 기존의 건축구조기준으로는 미흡한 부분이 많다. 그동안 성능설계는 외국기준을 근거로 수행하는 경우가 대부분이었으나 2014년 초에 성능설계를 뒷받침해주

는 기준이 제정되고 활발한 비선형해석의 수행과 여러보강 기법에 대한 실험적, 이론적 검증으로 구조전문가들의 경험의 쌓여지면 보다 경제적이고 합리적인 내진보강설계가 될 것을 기대하고 있다.

참고문헌

1. 이원호, 윤병익, 오상훈, “리모델링 공동주택 설계사례 검증 및 증축에 따른 구조설계 가이드라인-현석아파트를 중심으로-”, 2012.03.

담당 편집위원: 오상훈
(부산대학교 건축공학과 부교수)
osh@pusan.ac.kr