

벽식구조 아파트 리모델링을 위한 전단벽 신설공법의 내진성능 분석

An Analysis on the seismic Performance of Additional Shear-Wall
Construction for the Remodeling of Shear-Wall Type Apartment Buildings

홍건호*
Hong, Geon-Ho

정우경**
Jung, Woo-Kyung

Abstract

The purpose of this study is to suggest structural design guidelines in additional shear-wall construction method for apartment remodeling with understanding the effects of the position, length and thickness of the additional walls. The slab-wall frames under seismic loads are analyzed using effective beam width model, which can practically evaluate the structural performance of existing building system. According to the results, proper design guidelines of additional shear-wall construction method(position, length and thickness) is suggested to get the required seismic performance.

요 지

1988년 이전에 건설된 벽식 구조 아파트는 내진규정의 적용을 받지 않아 리모델링을 위해서는 현행법규에 적합한 내진보강이 필요하다. 본 연구에서는 벽체 신설 공법에 의한 내진 보강효과를 분석하기 위하여, 개발된 리모델링 건축 평면 내에서 전단벽의 신설이 가능한 위치별 보강 효과와 벽량 및 벽두께의 변화에 따른 내진 보강 효과를 분석하도록 하였다. 내진성능의 평가는 층간 횡 변위를 이용하여 허용 층간변위의 만족 여부에 의하여 분석하였으며, 건축물의 구조 모델은 슬래브의 횡 방향 기여도를 고려한 유효보 모델을 사용하였다. 본 연구의 결과에 따르면 리모델링 시 단위 모듈별 내진보강이 가능하며, 전단벽의 신설 위치와 벽량에 따라 건물 전체의 거동에 영향을 받는 것을 확인할 수 있다.

Keywords : Remodeing, Seismic performance, Additional shear-wall

핵심 용어 : 리모델링, 내진 성능, 전단벽 신설공법

* 정회원, 호서대학교 건축공학과 교수
** 학생회원, 호서대학교 건축공학과 석사과정

E-mail : honggh@office.hoseo.ac.kr 041-540-5774

•본 논문에 대한 토의를 2007년 2월 28일까지 학회로 보내 주시면 2007년 5월호에 토론결과를 게재하겠습니다.

1. 서 론

우리나라는 1960년대 RC라멘조로 지어진 마포 아파트를 시작으로 70년대 아파트의 본격적인 확산기를 거쳐 1980년대에 이르러 벽식 구조 아파트들이 대량건설되었다. 이후 90년대 후반의 초고층 아파트 및 수상 복합 건축물의 등장이 있기까지 약 20여 년간 국내 공동주택의 주요 구조 형식은 벽식 구조로 이루어져 왔으나, 20여년이 지난 벽식 구조 아파트들은 점차 기능과 공간뿐만 아니라 구조적으로도 노후화가 시작되었다. 이에 따라 주거자들의 욕구를 충족시키기 위한 리모델링에 대한 관심이 증대되고 있는 실정이다.

그러나 리모델링 대상 아파트들은 1988년 내진설계 기준이 적용되기 이전에 시공된 구조물들로서 리모델링을 위해서는 현행 내진규정에 따른 구조적 검토가 필요하며, 이에 따른 내진성능 확보가 주요한 문제점으로 대두되고 있다. 이에 따라 본 연구에서는 2005년 건축구조 설계기준을 사용하여 1988년 이전에 준공된 벽식 구조 아파트의 리모델링을 위한 전단벽 신설 공법 적용시의 내진성능을 검토하였다. 전단벽 신설공법은 건축 계획적으로 개발된 리모델링 평면 안을 이용하여 장변 방향 전단벽을 각 요소에 신설 배치하여 벽량에 의한 층간변위를 해석하였고, 내진 성능의 만족을 위한 신설 벽체의 위치와 벽량의 관계를 파악하였다.

2. 평가대상 아파트 및 평면 계획안

본 연구의 평가 대상 아파트는 준공 후 20년이 경

Table 1 평가대상 아파트의 개요

건축물의 구조	철근콘크리트 내력벽식
콘크리트 강도	21 MPa
철근 강도	400 MPa

과 된 전형적인 80년대 초반 전용면적 84.81㎡(25.7평)의 대전 소재 S아파트를 선정하였다. 대상 아파트는 80년대 초반의 대표적인 2-bay구조 평면을 가진 아파트로서 전단벽체가 단면방향으로는 존재하지만 장변방향으로는 존재하지 않는 특징을 잘 나타내 주고 있다.

2003년 신교영의 3인은 “지방도시 공동주택의 리모델링 타당성 연구”⁽²⁾를 통하여 벽식 아파트 주거자를 대상으로 설문조사를 통해 리모델링의 의식과 타당성을 분석, 세대별 평면 구성 변화를 참고하여 리모델링 평면 안을 개발하였다. 대상 아파트에 적용한 리모델링 유형으로는 소규모 증축 및 확장을 위한 수평 확장형과 인접 세대를 병합하여 규모에 변화를 준 세대 병합형, 독신자 주거를 위한 세대 축소형의 리모델링 유형 등이 있으며 이러한 여러 가지 리모델링 유형 분석 결과 복층형과 세대 확장형, 세대 축소형 리모델링은 비용 면에서 유리하며 대안별로 비용의 차이는 있으나 리모델링의 타당성이 있는 것을 확인 하였다. 특히 수평 확장형 리모델링은 사업비용 면에서 실현가능성이 매우 높은 것으로 분석되었다.

본 연구에서는 실현가능성이 유리한 세대 확장+세대 축소형의 평면 대안과 실현 가능성이 매우 높은 수평 확장형 평면대안을 이용하여 연구를 진행하였다.

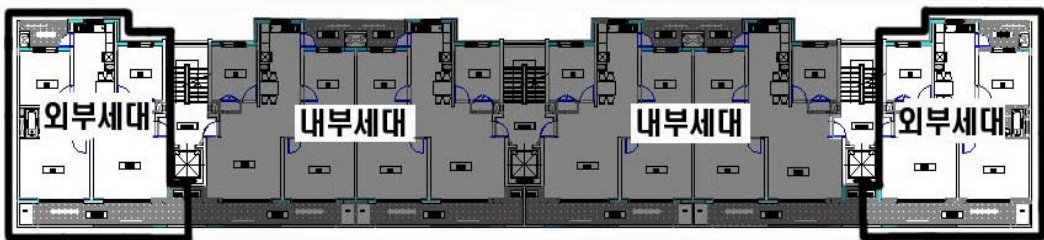


Fig. 1 기존 평면의 세대 구분

리모델링 전 기존세대

리모델링 후 수평 확장형

평면

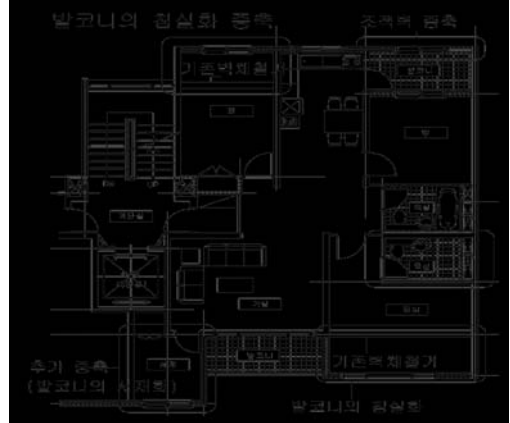
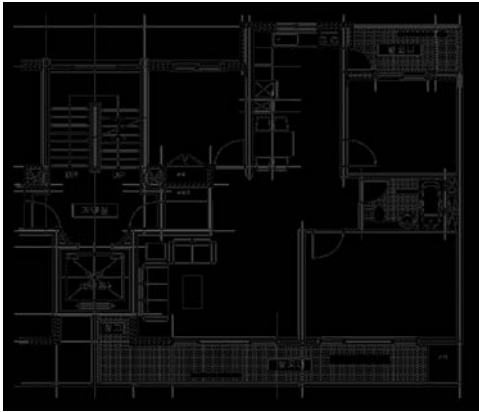


Fig. 2 외부세대의 수평 확장형 리모델링

리모델링 전 기존세대

리모델링 후 세대 병합형 및 세대 축소형

평면

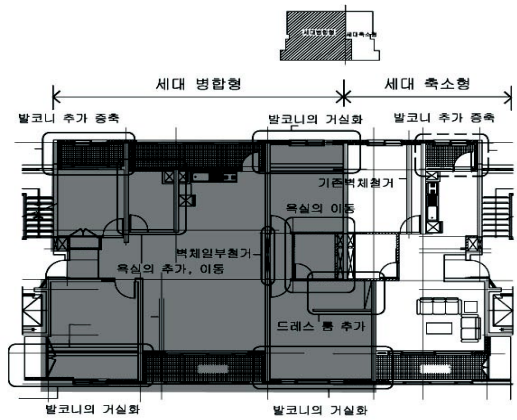
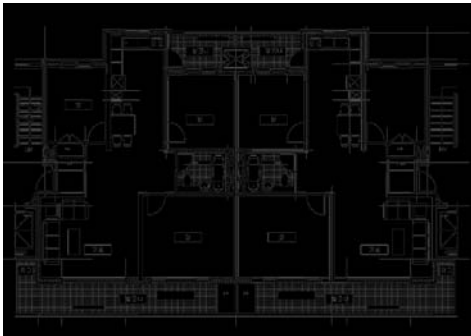


Fig. 3 내부세대의 세대 병합형 및 세대 축소형 리모델링

Fig. 1에서와 같이 기존 건물을 내부와 외부 세대로 나누어 리모델링을 계획 하였다. Fig. 2는 외부 세대의 리모델링 전의 기존 평면과 수평 확장형으로 리모델링 이후의 평면이다. 수평 확장형은 주로 내부에서 발코니로의 확장, 작은 방의 수평적 증축을 위한 확장, 부족한 화장실을 발코니에 추가하는 등의 계획으로서 공간과 기능의 확장과 추가를 위한 철거 및 구조 보강 등이 요구 된다.

Fig. 3은 내부 세대의 리모델링 전의 기존 평면과 세대 병합형 및 세대 축소형의 리모델링 이후의 평면이다. 세대 병합형은 단위 세대를 주변 세대의 일부 또는 전부를 병합하여 공간을 확장, 실 수의 증대를 도모하는 유형으로서, 인접세대를 병합하여 공간 규모를 확장하는 유형이다. 이는 방의 개수가 늘어나며, 각 공간의 크기를 증대 시킬 수 있어 넓은 규모를 원하는 거주자의 욕구를 충족시킬 수 있는 리모델링 유형이다. 하지만 이를 위해서 인접세대를 구매하여 필요에 따라 철거하고 보강해야 하는 어려움이 있다.

그리고 세대 병합형과 동시에 연계되어 발생하는 대안으로 세대 병합 후 남은 공간을 이용하여 작은 세대로 리모델링하는 세대 축소형이 있다. 원룸 형태의 소형 평형을 필요로 하는 독신자나 신세대 가족들에게 유용한 리모델링 유형으로 규모가 축소되지만 거주에 필요한 시설을 설치하기 위해 교체, 확장, 추가 등의 방법을 이용한다. 세대 간 칸막이 구조 벽을 추가하며, 주방의 발코니를 확장하는 리모델링을 시행하게 된다.

3. 구조 모델링 및 해석 변수

기존 아파트와 리모델링 이후의 내진성능을 평가하기 위하여 장변방향에 대한 신설벽체의 위치와 벽량에 따른 층간 횡변위를 비교 분석하였다. 층간변위 검토 시 사용된 구조 모델은 슬래브의 강성을 고려한 유효 보폭법을 적용하여 건축물의 성능평가 프로그램인 MIDAS /Genw를 이용하여 해석하였다.

3.1 유효보폭법

벽체 측면 슬래브의 비틀림 거동을 무시하고 슬래브와 벽체 사이의 모든 모멘트가 벽체 저면 슬래브의 휨 작용에 의하여 전달된다고 가정한 것으로, 슬래브와 벽체 사이에 전달되는 모멘트 크기를 수치해석 방법으로 계산하고, 이와 등가의 모멘트를 전달하는 보 요소의 폭을 결정하는 방법이다. 결국 유효보폭법은 슬래브를 일정폭을 갖는 유효보와 전단벽체를 이용하여 모델링하는 것으로, 이때 유효보의 폭은 슬래브 폭보다 항상 작은 값을 갖게 된다.

Fig. 4에서 슬래브에 발생하는 모멘트가 벽체 저면의 슬래브에 집중적으로 작용하는 것을 알 수 있으며, Fig. 5는 슬래브가 일정한 유효보로서 역할을 수행하여 등가의 모멘트로 전달되는 것을 표현하고 있다.

최정욱 등이 제안한 유효보폭 계산식은 다음과 같다.⁽³⁾⁽⁶⁾

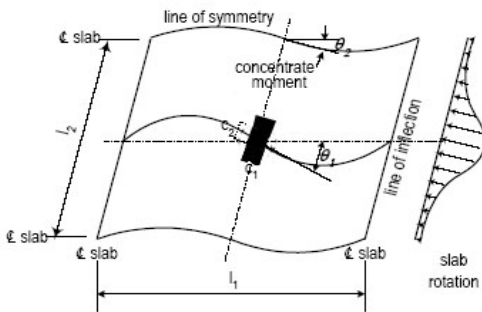


Fig. 4 슬래브- 벽 요소

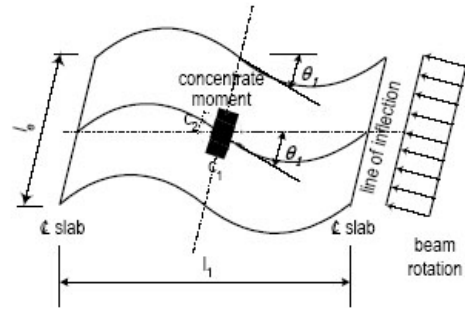


Fig. 5 유효보- 벽 요소

$$l_2' = \beta_L \times \beta_S \times (2c_1 + 0.3l_1 + 0.8[c_2 - c_1]) \quad (1)$$

$$(l_2' \leq \beta l_2)$$

여기서, l_2' : 슬래브 유효보폭

β_L : 장기 강성감소 계수

β_S : 단기 강성감소 계수

c_1, c_2 : 수직부재 단면의 길이 및 폭

l_1 : 수직부재 중심간 거리

(연속 경간일 경우 좌, 우 평균값 사용)

횡 방향 변위가 발생하는 골조의 횡 방향력 해석을 위해 골조 부재의 강성을 계산할 때에는 철근과 균열의 영향을 고려하여야 하므로 강성감소 계수를 적용하였다. 강성감소 계수는 슬래브의 강성감소 현상을 작용하는 하중의 특성에 따라 구분하였으며, 하중특성에 따른 슬래브의 강성감소 현상이란, 사용하중 또는 시공하중으로 인해 단기적으로 발생하는 슬래브의 강성감소 β_S 와 크리프 및 건조 수축 등의 영향으로 시간 경과와 함께 증가하는 강성감소 현상 β_L 이 있다.

최정욱의 3인⁽³⁾은 flat-plate 건물의 유효보폭 계수 산정을 위한 식을 제안하였고, 유한 요소 해석을 통한 2차원 평면골조를 기준으로 제안 식에 대한 신뢰성을 검증하였다.

또한, 2001년 김철수의 4인⁽⁷⁾은 횡하중을 받는 무량판 건물을 유한요소 기법을 이용하여 하중에 따른 벽-슬래브 접합부의 유효보폭 계수를 산정하였다. 여기서 전단벽을 활용하여 슬래브의 횡 강성을 평가하고 이를 횡 저항요소에 포함시킴으로써 실제 건물의 거동을 예측하고 경제적인 설계에 직접적인 도움이 될 것으로 전망하였다.

Table 2 해석 변수

배 치	길이 (m)	두께(m)
코어 중심 배치형	4~14m (2m)간격	0.18, 0.2, 0.3, 0.4
코어 편심 배치형		
코어 측면 배치형		
단부 분산 배치형		

3.2 해석 변수

본 연구의 해석 변수는 장변방향에 대한 신설벽체의 위치와 벽량을 주요변수로 선정하였다. 이때 코어를 중심으로 양 측면에 위치한 단위세대를 기본 모듈로 벽체의 신설가능 위치를 판단하여 벽체를 계획 하도록 하였다. 위치변수는 신설벽체의 위치를 4부분으로 나누어서 코어의 중앙부분과 코어의 세로중심의 양면, 그리고 2세대를 기준으로 양쪽 단부 부분으로 하였다. 벽량 변수는 신설벽체의 길이와 두께의 값에 변수를 주어 검토하였다. 길이는 2~14m까지 층간변위가 현 내진기준 횡 변위 1%를 만족할 때 까지 해석 하도록 하였으며, 두께는 기존 벽두께 0.18m로부터 0.2m, 0.3m, 0.4m로 두께를 증가시켰을 경우 기본 건축물과 벽체 보강후의 건축물의 층간변위를 해석하도록 하였다. Fig. 6은 기존건축물을 리모델링 한 이후의 구조 평면도이며, Fig. 7~Fig. 10은 각각의 신설벽체 위치와 길이 분배를 나타내고 있다. Fig. 7은 신설 보강벽체를 코어의 날개 부분에 신설하는 배치 형태로 전체 보강 길이를 1/2로 나누어 벽량을 길이와 두께를 증가시켜 배치하였다. Fig. 8~Fig. 9는 코어의 양쪽 면에 배치하는 형태로써 Fig. 8의 코어 편심 배치는 엘리베이터 코어방향의 측면에 배치한 형태고, Fig. 9는 코어 계단실에 배치한 형태이다. 이때, 계단실의 개구부를 고려하여 계단실 개구부 간격 0.8m에는 보강 벽체를 대체하는 연결보를 설치하여 해석하도록 하였다. Fig. 10은 단부분산 배치로 각 모듈별 단부부분에 신설벽체를 배치하였다. 벽체의 전체 길이에 1/4로 각각 분산시켜 배치시켰으며 세대와 세대가 연결되어 있는 부분은 하나의 부재로 해석하였다.

4. 결과 분석

4.1 기본 구조에 따른 모듈 변화 비교

세대수에 따른 동규모를 고려하여 리모델링 이후의 신설벽체가 추가 되지 않은 기본구조물을 중심으로 2세대 기본 모듈로부터 6세대까지의 횡 변위성능을 분석하였다.

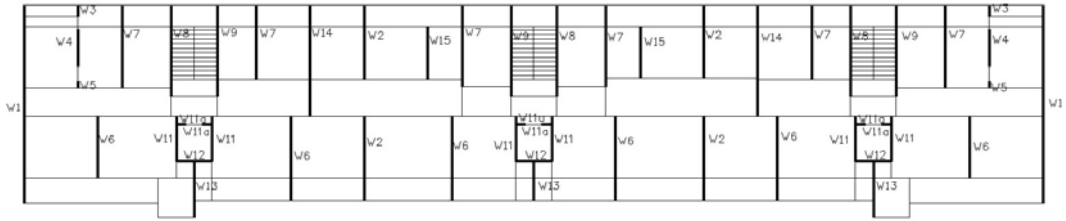


Fig. 6 리모델링 이후 기본 구조 평면도

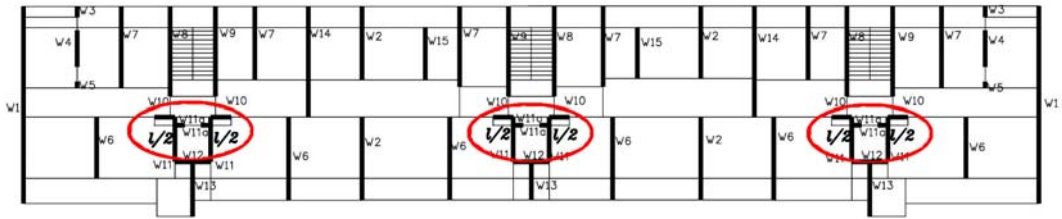


Fig. 7 코어 중심형 구조 평면도



Fig. 8 코어 편심 배치형 구조 평면도

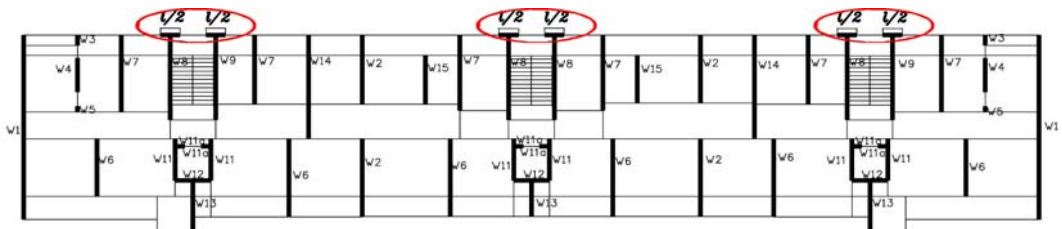


Fig. 9 코어 측면 배치형 구조 평면도

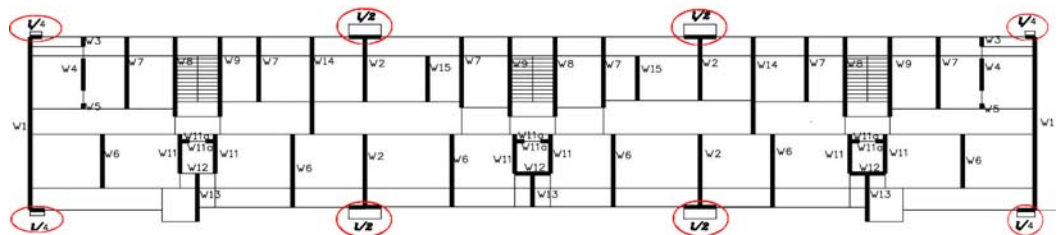


Fig. 10 단부 분산 배치형 구조 평면도

Fig. 11은 세대수에 따라 모델을 분석한 그래프이다. 그래프에서 나타나듯이 2세대부터 6세대의 층간변위 성능은 거의 같게 나타나고 있으며, 이에 따라 동일 모델이 동 규모에 따라 확대되는 것은 구조물의 횡변위 성능과 큰 관계가 없다고 판단할 수 있다.

또한 기본 구조의 리모델링 아파트는 현 내진기준 횡 변위 1%를 만족하지 않음을 보이고 있어 장변방향으로 신설벽체를 추가함으로써 보강이 필요로 함을 알 수 있다.

4.2 신설벽체 위치에 따른 성능분석

4.1절의 모듈변화에 따른 구조물 횡변위 성능의 평가결과에 따라 6세대 1동으로 구성된 4가지 해석 모델의 층간변위를 Fig. 12~Fig. 14에 정리하였다. 모

델 별로 장변방향의 벽체의 위치를 선정하고 벽량에 변화를 주어 횡 변위 저항성능을 분석하였다. 이때, 벽체의 두께는 0.18m로 기존 벽체 두께로 하였으며, 보강벽체의 길이를 변수로 하여 위치를 변화시킴에 따른 층간 횡변위 성능을 분석하였다.

해석 결과, 코어 중심형은 4m의 벽체 보강 시에 횡 변위 1%기준의 값을 만족 하였으며, 코어 측면과 코어 편심형은 6m 보강 시 만족하는 것으로 나타났다. 단부 분산의 경우 최고 14m의 벽체 보강 시 횡변위 기준 값을 만족하는 것으로 분석되었다.

Fig. 12~Fig. 14로 부터 보면 신설 벽체의 위치가 횡 변위 성능에 영향을 미치고 있음을 알 수 있으며, 장변방향의 전단벽 신설을 통하여 횡 변위 성능이 가장 좋은 위치는 코어 중심 배치, 코어 측면배치, 코어 편심 배치 순으로 분석되었다.

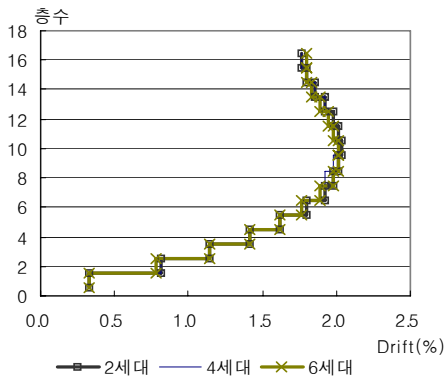


Fig. 11 단위 세대수의 비교

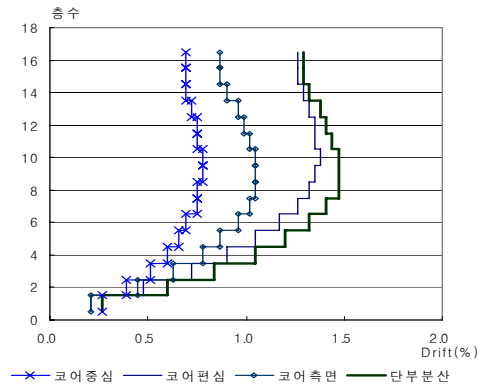


Fig. 13 길이 4m 보강 시 층간변위(%)

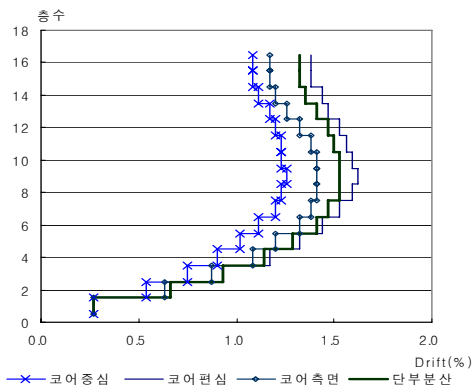


Fig. 12 길이 2m 보강 시 층간변위(%)

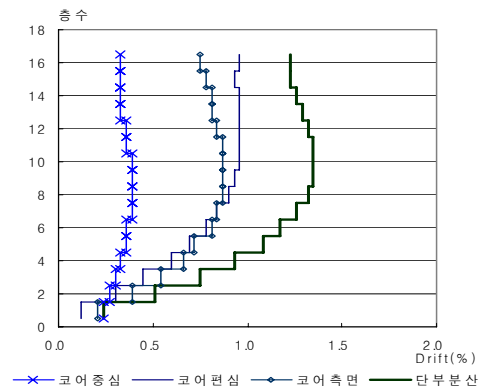


Fig. 14 길이 6m 보강 시 층간변위(%)

4.3 신설벽체 길이에 따른 성능 분석

4.2절에서 분석한 위치에 따른 성능 결과를 바탕으로 신설벽체의 위치와 벽량과의 관계를 비교 분석하였다.

Table 3 THK 0.18m 신설 벽체의 최대 층간변위(%)

보강벽체 길이 위치	2m	4m	6m	8m
코어 중심	1.26	0.78	0.39	0.32
코어 편심	1.62	1.38	0.96	0.7
코어 측면	1.41	1.05	0.67	0.37
단부 분산	1.53	1.47	1.35	1.17

Table 4 THK 0.2m 신설 벽체의 최대 층간변위(%)

보강벽체 길이 위치	2m	4m	6m	8m
코어 중심	1.14	0.72	0.36	0.31
코어 편심	1.47	1.26	0.87	0.68
코어 측면	1.32	0.96	0.65	0.35
단부 분산	1.35	1.23	1.08	0.9

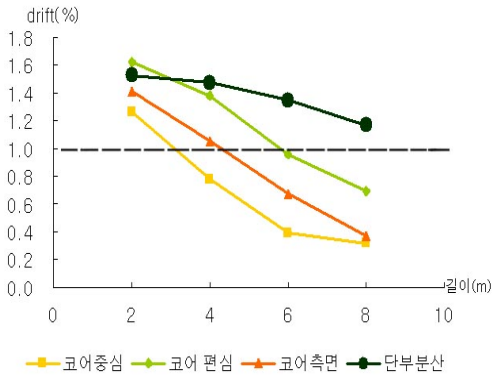


Fig. 15 THK 0.18m 신설 벽체의 최대 층간변위(%)

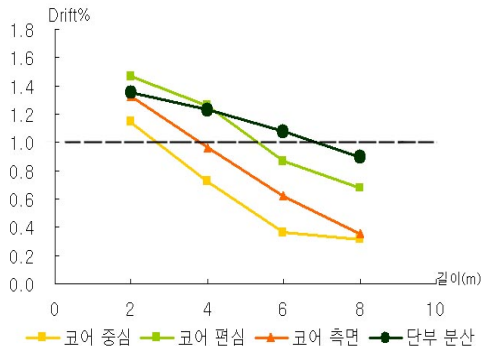


Fig. 16 THK 0.2m 신설 벽체의 최대 층간변위(%)

그 해석 값을 Table 3~Table 6과 Fig. 15~Fig. 18로 정리 하였다. Table 3~Table 6까지의 값은 각 변수에 대한 최대 횡 변위 값을 기준으로 산정하였으며, 보강 벽체의 길이와 두께와의 관계를 분석할 수 있다.

Table 5 THK 0.3m 신설 벽체의 최대 층간변위(%)

보강벽체 길이 위치	2m	4m	6m	8m
코어 중심	0.87	0.54	0.27	0.25
코어 편심	1.11	0.93	0.63	0.42
코어 측면	0.99	0.72	0.48	0.32
단부 분산	1.21	1.07	0.96	0.85

Table 6 THK 0.4m 신설 벽체의 최대 층간변위(%)

보강벽체 길이 위치	2m	4m	6m	8m
코어 중심	0.72	0.45	0.21	0.17
코어 편심	0.93	0.75	0.51	0.43
코어 측면	0.84	0.63	0.43	0.37

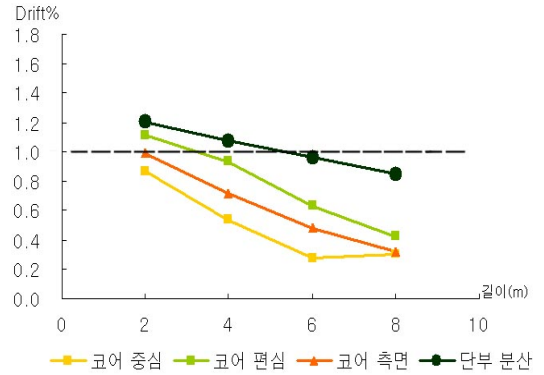


Fig. 17 THK 0.3m 신설 벽체의 최대 층간변위(%)

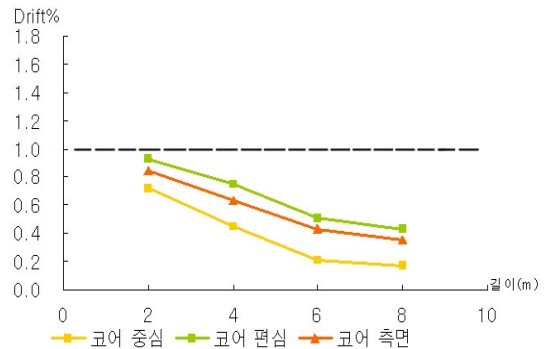


Fig. 18 THK 0.4m 신설 벽체의 최대 층간변위(%)

Table 7 코어 중심형의 두께에 따른 최대 층간변위(%)

두께 \ 길이	2m	4m	6m	8m
0.18m	1.26	0.78	0.39	0.32
0.2m	1.14	0.72	0.36	0.31
0.3m	0.87	0.54	0.27	0.25
0.4m	0.72	0.45	0.21	0.17

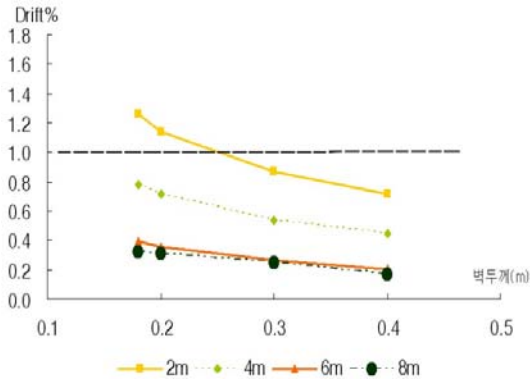


Fig. 19 코어 중심형의 두께에 따른 최대 층간변위(%)

신설 벽체의 보강길이에 따른 효율성을 고려하여 볼 때, 단부 분산배치형을 제외한 코어중심형, 코어 편심형 및 코어 측면형에서는 보강길이 6m까지 비교적 선형적 그래프 형태를 보이며 성능이 향상되지만, 보강길이 8m 이상에서는 성능 향상 폭이 둔화되어 보강효율이 떨어짐을 알 수 있다. 단부 분산형의 경우에는 보강길이 8m 이후까지 비교적 선형적 성능향상을 나타내기는 하였으나, 그 기울기가 상당히 작아 보강길이에 따른 효율성이 크지 않음을 알 수 있다.

4.4 신설벽체 두께에 따른 성능 분석

4가지의 해석 모델 중 가장 좋은 성능을 보인 배치형태인 코어 중심 모델의 벽체 두께와 Drift값을 분석하여 관계를 비교해 보았다. 4.3절에서 기존 아파트의 보강길이에 따른 허용층간변위 만족여부를 검토한 내용을 바탕으로, 보강길이에 따른 벽체 두께에 따른 보강벽체의 성능을 분석하였다.

그림에서 나타나듯이, 벽체 두께의 증가는 구조물의 최대 층간변위와 반비례하여 구조물의 내진성능을 향

상시키게 됨을 알 수 있다. 또한, 기울기에 의한 보강효율을 살펴보면, 벽체두께를 0.18m에서 0.2m로 증가시킨 초기의 기울기가 가장 급하게 나타나고, 이후 기울기가 둔화되어 보강효율은 점차 감소하고 있음을 알 수 있다.

벽체 두께에 따른 증가효율을 백분율로 환산하여 보면, 벽체의 두께를 0.18m에서 0.2m로 증가할 경우에는 60%이상의 효율을 나타내는 반면, 0.2m이후에는 두께에 따른 층간변위 감소율이 50% 이하로 떨어지며 점차 효율이 감소됨을 알 수 있다.

5. 결 론

본 연구를 통하여 벽식 아파트의 장변방향 신설벽체의 위치와 벽량에 대해 분석한 결과, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다.

- 1) 80년대 벽식 구조 아파트는 장변방향에 대한 내력 벽체가 부족하여 슬래브의 휨 강성을 고려하더라도 내진 기준에 대한 횡 변위를 만족할 수 없으므로 이에 대한 장변방향 보강이 필요하다.
- 2) 장변 방향 보강벽체 위치에 따라 건축물의 전체거동에 영향을 미치며, 코어중심 배치형과 코어측면 배치형이 가장 효율적인 거동을 하는 배치임을 확인 하였다.
- 3) 벽체의 보강 시 보강길이 6m까지는 보강 길이와 횡변위 성능이 선형적으로 비례하는 것으로 나타났다, 8m이상에서는 성능 향상이 둔화되는 것으로 나타났다.
- 4) 벽 두께가 증가함에 따라 횡 변위성능이 향상되었으나, 기존 아파트의 벽두께 0.18m에서 0.2m로 증가하였을 경우에는 효율이 큰 반면, 이후 벽두께가 증가함에 따른 횡 변위성능효율은 점차 둔화되는 것으로 나타났다.

감사의 글

“이 논문은 2006년도 호서대학교의 재원으로 학술연구비 지원을 받아 수행된 연구임” (과제번호 : 20060108)

참고문헌

1. 건설교통부, “노후 공동주택의 구조성능 개선을 위한 신기술 개발”, 2001.11.
2. 신교영외 2인, “지방도시 공동주택의 리모델링 타당성 연구- 대전광역시 S아파트를 중심으로 ”한국주거학회 논문집, 제 14권, 5호 2003.10. pp129~149.
3. 최정욱외 3인 “ 횡하중을 받는 Flat-Plate 구조의 유효보폭계수”, 대한건축학회논문집 ,제 17권, 제 6호, 2001, p.77-86.
4. 이정수외 2인, “구조적 성능 평가를 통한 공동주택 리모델링 설정에 관한 연구 - 전용 25.7평형 세대병합 및 축소형을 중심으로”, 대한건축학회논문집 계획계, 제 21권 11호 2005.11.
5. 최정욱, “철근콘크리트 무량판 구조의 횡 하중 해석 모델”, 전남대학교 박사학위 논문, 2003. 2.
6. 최정욱, “ 사각형 단면을 갖는 수직 부재와 접합되는 슬래브의 탄성유효보폭”, 대한건축학회논문집 구조계, 제 21권 1호 2005. 1.
7. 신교영,“공동주택 리모델링 단위평면 위형의 실증적 연구”, 충남대학교 박사학위 논문, 2004.
8. 신교영외 2인, “공동주택 리모델링 유형별 적용 가능한 공법에 관한 연구”,한국주거학회논문집, 제 14권, 6호 2003.12.
9. 김철수 외 4인, “횡하중을 받는 벽-슬래브 접합부의 유효보폭 계수”, 대한건축학회 학술 발표회 논문집 제 21권, 제 2호 , 2001.10.
10. Alexander Newman, “structural renovation of buildings”, McGraw Hill, 2001.

(접수일자 : 2006년 10월 10일)