

벽식 노후 공동주택의 내진성능평가에 관한 연구

Study on Seismic Performance Evaluation of Existing Apartment with Wall Type

정 철 화* 정 란**
Jeong, Chul-Hwa Chung, Lan

Abstract

Before incorporating the earthquake-resistance design in design code(1998), most of existing residential buildings were built without having lateral resistance capacity in addition to their structural peculiarity such as exterior stair ways, exterior elevator room. For these reasons, the retrofitting research demands for existing buildings arise recently and many retrofitting methods are proposed. These tasks are important to reduce the enormous economic loss and environmental issues. In this study, Scaled residential buildings with/without lateral resistance were tested and monitored with external lateral load especially toward the longer side of the building. From these experiments, enhanced retrofitting methods of old shear wall system are proposed and also compared with structural analysis.

1. 서론

지진에 관한 판이론에 의하면 유라시아 대륙 판 내부에 속해 있는 우리나라는 지진에 대해 비교적 안전지역으로 간주되어 왔다. 그러나 우리나라와 같은 유라시아 판내부인 중국 당산지역에서 1976년 진도 8.2의 대규모 지진이 발생하여, 공식 발표만으로도 약 30여만명의 인명 피해를 당한 사실을 살펴 보면 우리나라도 결코 지진에 대하여 안전하다 할 수 없는 실정이다. 이에 대비해서 우리나라에서는 1988년 이후 일정 규모 이상의 건축물에 대하여 내진설계를 의무화하였다.

그러나, 1988년 이전의 건물은 모두 내진설계 규정 도입 이전에 설계된 건축물이므로 거의 내진설계가 이루어지지 않았으며, 우리나라만의 독특한 구조형식인 철근콘크리트 벽식구조로 시공된 공동주택은 많은부분이 터널폼으로 시공되어 장변 방향으로 내력벽이 배치되어 있지 않다. 따라서 장변 방향으로 작용하는 횡력에 대한 저항능력이 거의 없어 지진 발생시 접합부에 소성힌지가 형성되어 쉽게 붕괴 될 우려가 있다. 그러나 이러한 구조물에 있어서 아직까지 지진에 대비한 방안이 마련되어 있지 않으며, 재건축은 경제적 부담이 크고 환경적으로 바람스럽지 않다. 따라서 1988년 이전에 설계된 노후 공동주택에 대해서도 적절하고, 경제적인 내진성능보강 방법이 필요하다. 건축물의 내진성능평가를 위해서는 지표산정법이나 능력스펙트럼법등의 방법으로 내진성능을 평가한 후, 내진성능평가에 적합한 구조물들은 계획적인 리모델링을 진행하고, 내진성능에 미흡한 구조물들은 내진성능평가를 가질수 있도록 적절한 보강을 수행 후 사용해야 한다.

본 연구에서는 내진설계 되어 있지 않은 리모델링 대상 노후 공동주택에 대하여 능력스펙트럼 방법을 이용하여 내진성능을 평가하고, 보강방법에 따른 성능증진 여부를 미리 예측하여 적절한 보강법을 제시하는데 연구의 목적이 있다.

* 단국대학교 건축공학과, 석사과정
** 단국대학교 건축공학과 정교수, 공학박사

2. 실험모델과 해석모델

25년 경과된 서울시 소재의 공동주택을 실험실 여건을 고려하여 70% 축소하여 시험체를 제작하였고, 실험은 그림 1과 같이 진행되었다. 기준시험체는 그림 2와 같이 제작하였고, 사용재료의 물성치는 콘크리트의 압축강도가 273kgf/cm²이고, 철근의 항복강도는 4,034kgf/cm²으로 나타났다. 또한 구조물의 내진성능을 향상하기 위해 기준시험체에 벽체를 증설하여 횡하중 저항 능력을 향상시키기 위한 보강법으로 그림 3과 같이 시험체 양쪽 벽에 30×15cm 벽체를 증타설한 [W-SW-A]와 그림 4와 같이 45×12cm의 벽체를 한쪽에 2개 증타설한 [W-SW-B] 시험체이다.

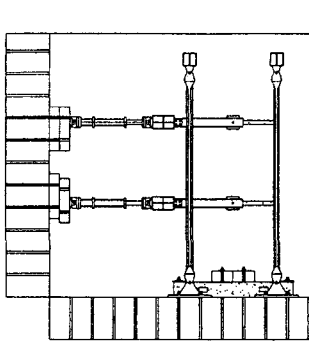


그림 1 시험체 TEST SET-UP

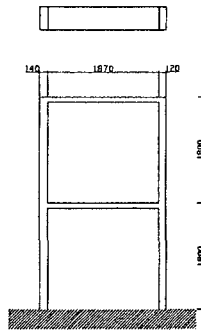


그림 2 W-N
구조물(단위:mm)

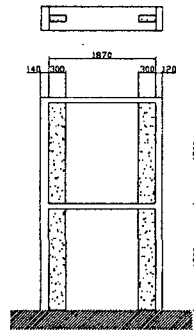


그림 3 W-SW-A
구조물(단위:mm)

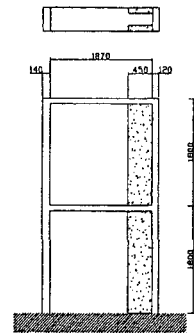


그림 4 W-SW-B
구조물(단위:mm)

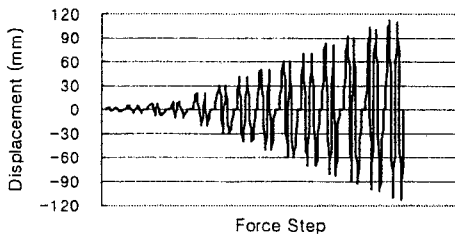


그림 5 2층 변위 가력 History

실험방법은 그림 1과 같이 벽두께 170mm쪽은 25.1tf, 벽두께 140mm쪽은 18.8tf의 축력을 가한 후 횡하중을 층 상부슬래브 중앙에 홀을 뚫어, 이 홀과 Actuator를 연결하는 보조철물을 제작하여 가력하였고, 가력방법은 2층의 하중데이터를 feed back 받아 1층하중은 2층하중의 -86%를 유지하도록 Actuator를 조정한 후 2층의 변위를 먼저 +방향(Actuator에서 미는 방향)으로 가력하고, 다시 Actuator의 변위를 0점으로 정지시킨 후 -방향(Actuator에서 당기는 방향)으로 가력하였다. 이때 가력점에 하중이 집중되어 파손되는 것을 방지하기 위하여 구멍주위로 보강을 실시하였다. 가력단계별 이력을 그림 5에 나타내었다. 실험의 종료시점은 시험체의 변위가 100mm 이상이 되거나, 시험체의 내력이 최대내력의 70%가 되는 점을 종료시점으로 계획하였다. 해석은 구조해석 프로그램을 이용하여 비탄성정적해석(Pushover)을 수행하여 대상 구조물의 성능곡선을 작성하였고, 실험값과 해석값을 비교 분석하였다.

실험의 종료시점은 시험체의 변위가 100mm 이상이 되거나, 시험체의 내력이 최대내력의 70%가 되는 점을 종료시점으로 계획하였다. 해석은 구조해석 프로그램을 이용하여 비탄성정적해석(Pushover)을 수행하여 대상 구조물의 성능곡선을 작성하였고, 실험값과 해석값을 비교 분석하였다.

2.1 W-N 시험체

W-N 구조물의 경우 실험에 의한 항복시 재하된 하중은 1.70tf, 해석에 의한 하중은 1.54tf에서 항복하였다. 또한 최대하중은 1.85tf이며, 해석에 의한 최대하중은 1.68tf도달하였다. W-N시험체의 하중-변위곡선은 그림 6에 나타내었다.

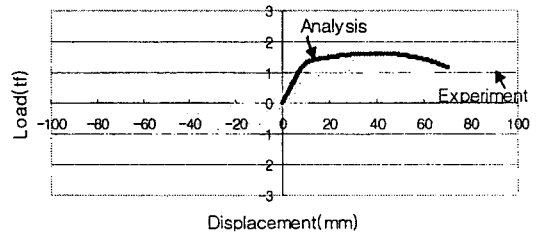


그림 6 W-N 시험체의 하중-변위 이력곡선

2.2 W-SW-A 시험체와 W-SW-B 시험체

W-SW-A 시험체는 기준시험체 양쪽에 전단벽을 증설한 시험체로이며, 실험시 항복 하중은

9.89tf이며, 해석에 의한 항복 하중은 10.3tf로 나타내었다, 또한 실험에 의한 최대하중은 10.59tf이며, 해석에 의한 최대하중은 10.3tf으로 (그림 7 참조) 나타났다. W-SW-B 시험체는 개구부 확보와 평면 사용의 효율성을 가지기 위하여 기준시험체 한쪽에 전단 벽체를 증타설한 시험체로써, 실험에 의한 항복 하중은 9.55tf이며, 해석에 의한 항복 하중은 9.57tf로 나타내었다. 또한 실험에 의한 최대하중은 11.59tf이며, 이론에 의한 최대하중은 9.57tf에 도달하였다. W-SW-B구조물의 하중-변위 곡선은 그림 8에 나타내었다.

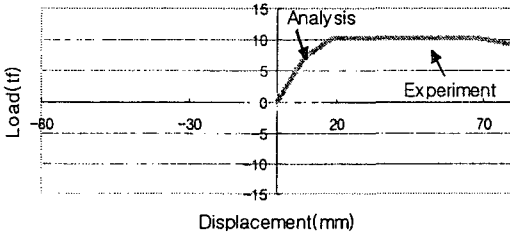


그림 7 W-SW-A 시험체의 하중-변위 이력곡선

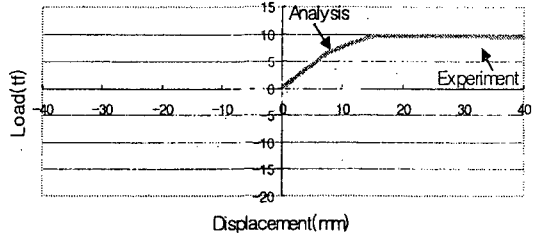


그림 8 W-SW-B 시험체의 하중-변위 이력곡선

3. 결과분석

각 시험체의 하중-이력곡선을 비교하여 보면 표 1과 같이 W-N기준시험체에서 실험값과 해석값의 오차는 항복하중, 최대하중 9%, 9%의 오차를 가지고 있었다. 하지만 전단벽을 보강한 W-SW-A, W-SW-B 보강한 시험체의 실험값과 해석값의 오차는 항복하중의 경우 3%, 0%가 나타났고, 최대하중인 경우 3%, 9%의 오차를 나타내었다. 따라서 W-N 시험체의 경우 항복하중의 오차율이 다소 크게 보인 반면, W-SW-A, W-SW-B의 항복하중은 일치하거나 5%의 범위안에서 나타남을 알 수 있었다. 오차의 원인은 실험방법에 있어서 구조물의 하중상태를 실제구조물과 유사하게 시험체에 작용시키기 위하여 축력과 함께 시험체의 2층과 1층을 이용하여 모멘트와 전단력을 동시에 제어하면서 가력을 하였고, 이론적인 해석으로는 Pushover 방법을 사용해서 해석값을 얻었기 때문에 오차가 발생하는 것을 알 수 있었다. 따라서 Pushover 해석과정에서 차이가 있는것으로 나타났다.

표 1 시험체 최대내력

	실험값(tf)		해석값(tf)		오차율(%)	
	항복하중	최대하중	항복하중	최대하중	항복하중	최대하중
W-N	1.70	1.85	1.54	1.68	9	9
W-SW-A	9.89	10.5f	10.30	10.30	3	3
W-SW-B	9.55	10.57	9.57	9.57	0	9

4. 실제모델의 내진성능평가

해석모델에 사용된 구조물은 서울시에 위치한 25년이 경과된 공동주택으로 그림 9와 같이 장변방향의 횡변위 저항 부재가 매우 부족한 구조물이다. 설계에 적용된 사항은 표 2와 같으며 사용된 철근의 경우 원구조물에는 $\phi 6$, $\phi 9$ 의 원형철근이 사용되었으나, 해석에 사용된 모델구조물에는 D6, D10철근을 사용하였다. 모델구조물의 내진성능을 ATC-40에서 제시한 능력스펙트럼에 의해 평가해 본 결과 그림 10과 같이 매우 낮은 내진성능을 나타내었으며, 이 구조물의 경우 강도보강이 필요한 것으로 나타났다. 강도 보강방법은 평면사용의 효율성 때문에 기존공동주택에 W-SW-B의 방법인 한곳에만 전단벽을 증타설한 경우로 선택하였으며, 전단력이 존재하지 하지 않은곳에 전단벽을 설치하여 능력스펙트럼 방법으로 재해석을 실시하였고, 그림 11과 같이 내진성능 효과가 나타남을 알 수 있었다.

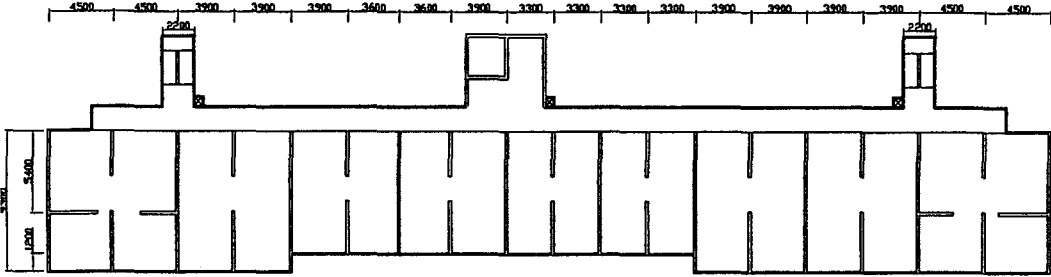


그림 9 모델구조물의 구조평면도 (단위 : mm)

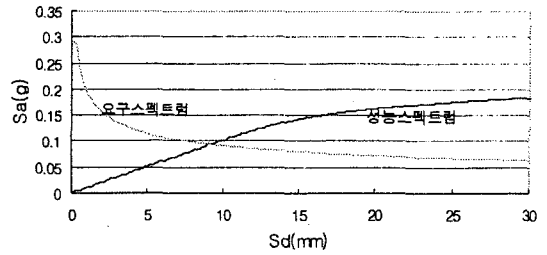
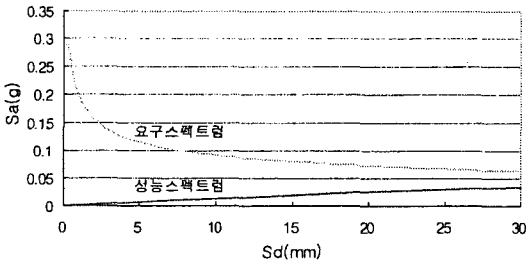


그림 10 기존 구조물의 5%탄성스펙트럼 적용시 성능점

그림 11 W-SW-B으로 보강한 5%탄성스펙트럼 적용시 성능점

5. 결론

위와 같이 벽식구조 노후공동주택의 내진평가에 대하여 해석한 결과 다음과 같은 결론을 얻을수 있었다.

1. 내진설계가 적용되지 않은 공동주택중 X방향의 벽량이 부족한 구조물의 경우 내진성능이 매우 부족한 것으로 나타났고, W-SW-B의 실험에 의해 강성이 크게 향상됨을 통해서 실제모델에 W-SW-B 방법 적용시 내진성능이 나타남을 알수 있었다.
2. 실험에 의한 결과와 이론에 의한 결과를 비교분석한 결과 W-SW-A, W-SW-B 구조물의 경우 항복하중이 거의 일치하거나, 오차율이 10% 범위내에 있어서 해석값을 실제 구조물에 적용하여 사용할수 있는 것으로 나타났다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부 국가지정연구실사업(과제번호 : M1-0203-00-0608)의 연구비 지원으로 수행되었으며 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

1. ATC-40, "Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings".
2. FEMA-273, "NEHRP Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings."
3. 정란, 박태원, 노공기, 정철화 "벽식 노후 공동주택의 강도보강형 내진성능향상에 관한 연구" 한국지진공학회 논문집 제8권 1호 2004 pp.197-204.
4. 정란, 우운택, 박태원, 나승욱 "전단벽 구조시스템의 내진성능평가 지표 선정" 한국지진공학회 제 6 권 1호 pp.223-230.
5. 이리형, 오창학, 서수연 "벽식구조 건물에서 벽체의 변형능 력에 관한연구" 대한건축학회 논문집 제 16권 10호 2000. pp.19-24.