

# 보수된 전단벽의 강도 및 변형능력 회복 여부에 관한 연구

## Structural Performance Evaluation of Repaired Structural Walls

유 승 욱\*      한 상 환\*\*      이 리 형\*\*  
Yoo, Seung Wook    Han, Sang Whan    Lee, Li Hyung

### ABSTRACT

Structural walls have been favored for the design of reinforced concrete buildings in seismic zone areas because they provide an efficient bracing system and offer great potential for lateral load resistance and drift control. Loads on structures due to earthquakes are not unlikely to reach, if not exceed, the design load levels. Hence, structural damage to walls is inevitable, and it is necessary to repair this damaged walls. Yet, information on repair method and data related to the strength and deformation characteristics of repaired walls is limited.

In this study, specimens which have their aspect ratios of about 1 to 3 will be repaired. For the repairing the damaged walls, new concrete and new reinforcing bar are replaced with cracked concrete and the buckled reinforcing bar, respectively. The objective of this study is to evaluate the performance of the repaired structural walls in the capacity of strength, stiffness, and maximum deformation comparing with the undamaged walls.

### 1. 서론

전단벽은 효과적인 횡력저항 시스템을 제공하고 횡하중과 drift control이 가능하다는 장점으로 인해 지진이 발생하는 지역의 RC 건물 설계에 많이 사용되고 있다. 그러나, 지진이 매우 심한 경우가 아니라면, 지진에 의해 구조물에 가해지는 지진의 하중은 설계 하중 level에 도달하지 않는다. 따라서, 지진이 발생시, 구조체가 붕괴에 이르지는 않더라도 어느 정도의 손상은 예상해야 하며 그에 대한 보수 보강이 빈번히 요구되는 것이다. 하지만, 우리나라에서는 아직 보, 기둥 등의 부재에 대해서만 연구가 진행되고 있고 전단벽의 보수 보강에 대한 적합한 방법과 보수 전·후의 전단벽 강도와 변형의 관계 등을 연구한 자료가 극히 제한되어 있는 실정이다.

본 연구의 목적은 지진 등의 횡하중에 의해 파괴가 발생한 전단벽에 대하여 보수·보강을 실시한 후, 원실험체와 보수·보강된 실험체의 강도, 변형능력, 최대 변위를 비교함으로써, 파괴가 발생한 전단벽의 파괴모드에 따른 적합한 보수·보강방법을 제시하고, 설계지침의 자료를 제시하는 데 그 목적이 있다.

### 2. 전단벽 실험

\* 한양대학교 건축공학과 석사과정

\*\* 정희원, 한양대학교 건축공학과 교수

○ 본 연구는 초대형구조시스템 연구센터의 지원에 의한 것으로, 이에 감사드립니다.

## 2.1 실험체 계획

실험체는 단면에 대한 장변의 길이의 비가 큰 장방형 평면 20층 아파트의 단면방향으로 배치된 전 단벽이다. 주요 실험변수는 단면형상과 단부 횡보강근의 양으로서 단면형상은 장방형, 바벨형 단면으로 변화시키고, 벽체 압축부 콘크리트 강도와 연성을 향상시킬 수 있는 단부 횡보강근의 양에 따른 전 단벽의 이력거동과 구조성능을 평가하는 것을 목적으로 한다.

실험체는 벽체 양단부를 단부보강근으로 보강하며 기둥의 전단 보강량을 기준으로 하여  $20 d_b$  ( $d_b$ 는 철근직경)이상의 정착길이를 가지는 U형 횡보강근과  $6 d_b$ 이상의  $135^\circ$ 의 구부림 각과  $90^\circ$ 의 구부림 각을 가지는 후크철근으로 양단부를 각각 벽체길이 10%에 해당되는 콘크리트를 구속한 장방형 단면으로 계획하였으며 그림 1에 단면형상과 배근상세를 나타내었다. 이 실험체의 전단스팬비는 등가정적 해석과 El Centro 지진의 시간이력해석을 통하여 결정하였으며 그림 2과 같다. 설계시 사용재료 중 철근은 항복강도  $4000\text{kg}/\text{cm}^2$ , 콘크리트의 설계기준강도는  $270\text{kg}/\text{cm}^2$ 으로 가정하였다. 벽체에 가해지는 축력은  $0.1f_c'A_g$ 이며 실험변수는 단부구속효과가 변형능력에 미치는 영향을 규명하기 위해 단부보강근 간격은 기둥의 최소 횡보강근의 간격을 기준으로 하여 이에 대한 증감의 영향을 파악하고자 계획하였다. 실험체의 치수와 단면특성은 표 1에 나타나 있다.

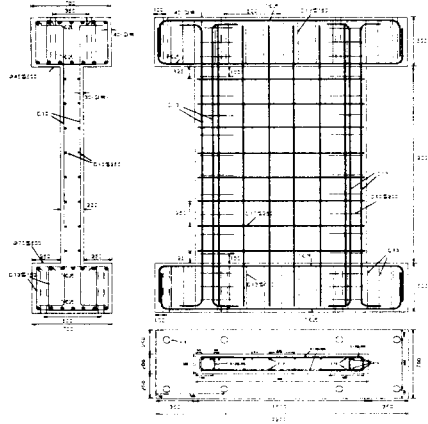


그림 1 기준 실험체의 단면형상과 배근상세

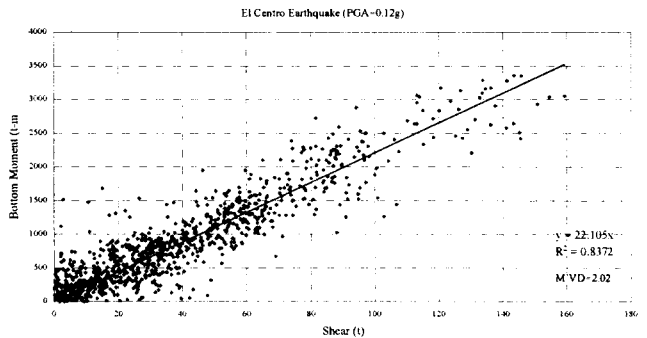


그림 2 시간이력해석에 의한 TW1 1층의 유효 전단스팬비(MVD)

표 1 실험체의 치수와 단면특성

실험체명	벽체길이 $l_w$ (cm)	벽체높이 $h_w$ (cm)	벽체두께 $h$ (cm)	유효 전단스팬비 ( $M/VD$ )	축력 ( $N/A_g f_c'$ )	단부 보강근	수평철근비 $\rho_h$	수직철근비 $\rho_v$	단부 횡보강근
HRI-W2	150	200	20	2.0	0.10	4-D13	0.0028	0.0028	D10@200
HRI-W3	150	200	20	1.0	0.10	4-D13	0.0036	0.0028	D10@200
HRI-W4	150	200	20	3.0	0.10	4-D13	0.0028	0.0028	D10@200
HRI-W5	150	200	20	2.0	0.10	4-D13	0.0036	0.0028	D10@100
HRI-W6	150	200	20	2.0	0.10	4-D13	0.0028	0.0028	없음
HRI-W7	150	200	12.5	2.0	0.10	8-D10	0.0028	0.003	D10@150

## 2.2 실험결과 및 분석

기준형 실험체인 HRI-W2는 부재각 1/75에서 최대내력을 나타내며, 부재각 1/50까지도 큰 내력저하를 보이지 않고 연성적인 거동을 보인다. 단부 횡보강근의배근간격을 1/2로 줄인 HRI-W5는 부재각

1/75에서 최대내력을 나타내며, 부재각 1/33까지도 큰 내력저하가 없었으나, 횡보강근이 배근되지 않은 HRI-W6는 부재각 1/50에서 급격한 내력저하가 나타났으며, 가장 작은 연성비와 변형능력을 갖는 것으로 평가되었다. 바벨형 단면형상을 가진 HRI-W7은 최대내력은 가장 낮았으나 상대적으로 우수한 변형능력을 보여주었다. 유효 전단스팬비가 1인 HRI-W3은 초기강성과 최대내력이 가장 크게 나타났으며 하중-변위 이력곡선에서 완만한 휨거동을 보이지 않고 핀칭현상(pinching effect)이 두드러지게 나타나고 있어 에너지 소산능력이 낮게 나타났으나, 전단스팬비가 3인 HRI-W4는 최대내력과 초기강성은 매우 낮았으나 에너지 소산능력은 가장 크게 평가되었다.

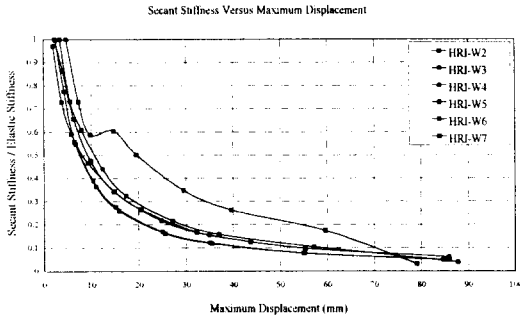


그림 3 실험체의 최대내력 포락선 비교

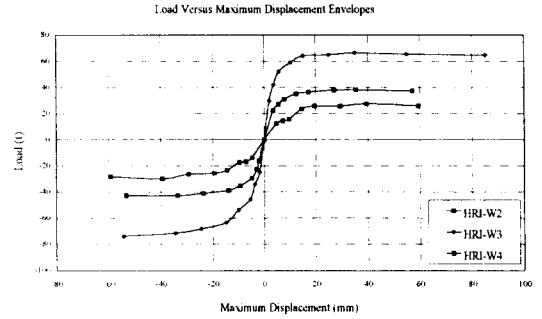


그림 4 유효 전단스팬비에 따른 최대내력과 변형능력 비교

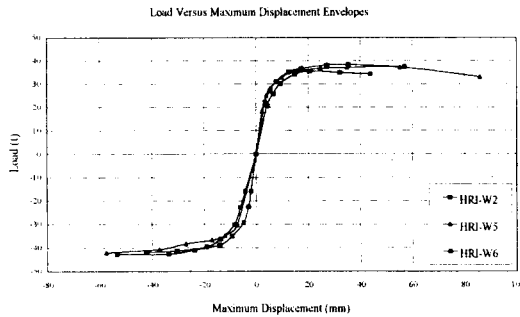


그림 5 단부 횡보강근양에 따른 최대내력과 변형능력 비교

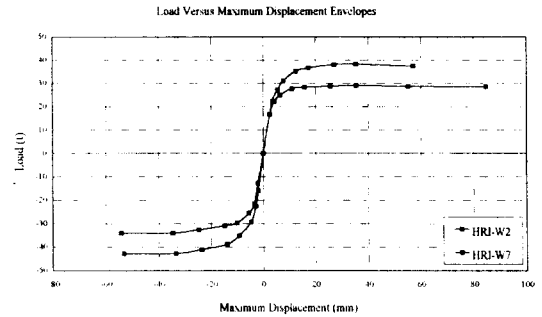


그림 6 단면형상에 따른 최대내력과 변형능력 비교

### 3. 보수된 전단벽의 실험

#### 3.1 전단벽의 보수

압축부 콘크리트의 압괴에 의해 파괴된 전단벽을 보수하기 위해서 치환공법이 사용하였다. 실험체의 보수작업은 우선 균열이 발생한 콘크리트를 털어낸 후 파괴가 발생한 주근에 대하여 좌굴 또는 파단된 부분을 절단하고 겹침이음길이가 확보되는 부분은 겹침이음을 겹침이음길이가 확보되지 못하는 부분에 대해서는 용접이음을 실시한 후 콘크리트를 털어낸 부분에 대하여 원실험체의 콘크리트와 동일한 강도( $270\text{kg/cm}^2$ )의 콘크리트를 새로 타설하였다.

#### 3.2 실험 계획

실험체의 설치상황은 그림 7에 나타나 있으며 20층 아파트 1층의 고정하중에 해당하는 수직하중이 2개의 Actuator를 통해 가해지며 반복적인 수평하중은 반력벽에 설치된 1개의 Actuator로 실험체 상부에 설치된 하중 가력보를 통해 실험체에 가력된다. 면외 좌굴을 방지하기 위해 실험체 양단부에 좌굴 방지용 기구를 설치하였다. 실험체의 외부변형을 측정하기 위해 설치된 LVDT와 내부의 변형상태

를 측정하기 위한 Wire strain gage의 설치상황은 그림 8과 같다.

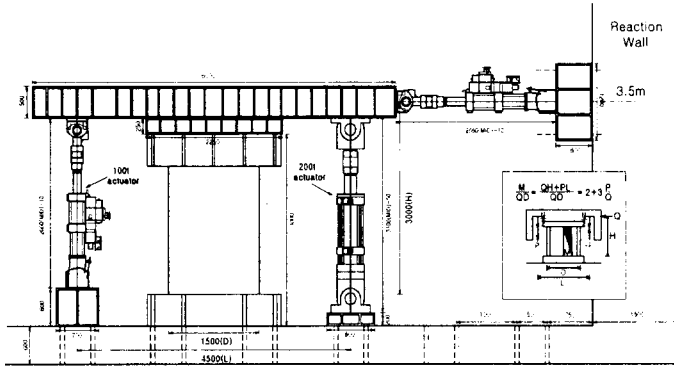


그림 7 실험체 설치상황

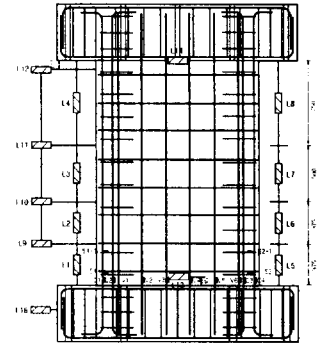


그림 8 실험체 측정장치 설치상황

#### 4. 결론

이상과 같은 벽식구조 아파트건물의 최하부층을 대상으로 선정된 실험체의 강도와 변형능력의 평가로부터 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 기둥의 최소 횡보강근 요건을 만족하는 벽체 단부의 횡보강근은 연직하중에 의한 압축력과 횡력에 의한 전도모멘트에 저항해야 하는 벽체의 양단부에 시공함으로써 양단부 콘크리트의 구속효과를 발휘할 수 있으며, 횡력저항요소로서 요구되는 전단벽의 구조성능을 충족시킬 수 있다고 판단된다.
- (2) ACI에서는 폐쇄형 스티럽을 사용하도록 하고 있으나, 국내 시공실정을 감안하여 U형 횡보강근과 타이철근으로 벽체의 양단부를 기둥식으로 보강할 경우 압축부의 구속효과는 적정 수준이라고 판단되며, 아울러 단부 횡보강근의 간격이 조밀해짐에 따라 변형능력과 연성비가 크게 향상되는 결과를 보여주었다.
- (3) 벽체 단부의 콘크리트를 기둥의 최소 횡보강근양에 의해 보강한 기준형 실험체(HRI-W2)는 경계 기둥을 설치하지 않았지만 시공성과 배근상세의 경제성을 감안할 때 더 효과적인 횡력저항시스템이라고 평가할 수 있다.
- (4) 보수된 전단벽은 원실험체의 주근과 치환된 철근과의 결속상태, 원실험체의 콘크리트와 새롭게 타설된 콘크리트 사이의 부착성 저하 등으로 인해 강도, 강성, 연성 등에 있어서 원실험체보다는 낮게 평가될 것으로 예상된다.

#### 참고문헌

1. A.E. Fiorato, R.G. Oesterle, W.G. Corley, Behavior of Earthquake Resistant Structural Walls Before and After Repair, ACI Journal, Proceedings V.80, No. 5, Sept.-Oct. 1983, pp. 403-413
2. R.G. Oesterle, A.E. Fiorato, W.G. Corley, Reinforcement Details for Earthquake-Resistant Structural Walls, ACI Journal, Proceedings V.87, No. 6, Nov.-Dec. 1990, pp. 716-726
3. I.D. Lefas, M.D. Kotsovos, Strength and Deformation Characteristics of Reinforced Concrete Walls under Load Reversals, ACI Journal, Proceedings V.87, No. 1, Jan.-Feb. 1990, pp. 23-31
4. 이희동, 한상환, 이리형, 「철근콘크리트 벽체의 초과강도와 변형능력에 관한 평가」, 대한건축학회 학술발표회 논문집, 제18권 제1호, 1998. 4., pp.571-578
5. 이희동, 한상환, 이리형, 「전단벽의 단부보강효과에 따른 변형능력의 평가」, 한국콘크리트학회 학술발표회 논문집, 제10권 제2호, 1998. 11., pp. 525-528