

# 지진피해가 심한 벽체의 보수 후 구조성능 평가

## Structural Performance Evaluation of Severely Damaged Walls After Repaired

오 창 학\*      유 승 욱\*\*      한 상 환\*\*\*      이 리 형\*\*\*  
Oh, Chang Hak    Yoo, Seung Wook    Han, Sang Whan    Lee, Li Hyung

### ABSTRACT

The objective of this study is to evaluate the performance of the repaired structural walls which were severely damaged. After damaging the wall specimens by experimental test, the walls were repaired and retested to destruction. For the repairing the severely damaged walls, new concrete and new reinforcing bar are replaced with cracked concrete and the buckled reinforcing bar, respectively. The performance of repaired wall specimens are compared with that of undamaged walls.

#### 1. 서론

현재 국내에서 건설되고 있는 아파트 건물은 대부분 벽식구조로 이루어져 있다. 이러한 벽식구조의 전단벽이 중·강진에 의해 심각한 손상을 입게 되면 보수 혹은 보강을 하여야 하는데 아직 심하게 손상된 전단벽의 보수 후의 거동에 대한 연구나 내력 및 변형능력이 기존실험체의 어느 정도까지 회복되는지에 대한 자료가 극히 제한되어 있다.

이 논문은 구조물 내의 전단벽이 강진에 의해 심하게 손상을 입은 경우, 보수를 실시한 전단벽의 성능에 대하여 평가한 후, 지진 등의 횡하중에 의해 파괴가 발생한 전단벽의 보수 후 거동 및 보수효과에 대한 자료를 제공하는데 그 목적이 있다.

#### 2. 실험

##### 2.1 실험체의 보수

압축부 콘크리트의 압괴와 철근의 파단이나 좌굴 등에 의해 파괴된 전단벽을 보수하기 위해서 치환공법이 사용하였다. 실험체의 보수작업은 파괴가 발생한 기존 실험체의 균열폭을 조사한 후 균열폭이 0.2 mm 이상되는 부분까지의 콘크리트를 털어낸 후 기존 실험체의 철근에 설치한 와이어 스트레인 게이지로 측정된 값으로 철근의 항복 여부를 판단한 후 항복되었다고 판단되는 철근에 대하여 절단한 후 겹침이음 길이가 확보되는 철근에 대해서는 겹침이음으로 겹침이음 길이가 확보되지 않는 철근에 대해서는 용접이음으로 보수를 실시하였다. 용접이음으로는 용접길이를 10 cm로 하는 양면 모살 용접을 실시한 후 기존 실험체와 동일한 강도의 콘크리트를 타설하였다. 균열폭이 0.2 mm 이하인 미

\* 정회원, 한양대학교 건축공학과 박사과정

\*\* 한양대학교 건축공학과 석사과정

\*\*\* 정회원, 한양대학교 건축공학과 교수

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

제한 균열에 대해서는 에폭시 주사기 주입 공법을 이용하여 전단벽에 대한 보수를 실시하였다. 표 1은 실험체의 치수와 단면특성이다. 보수된 실험체명은 기존 실험체명의 끝에 R을 붙여 정하였다.

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 $\rho_v$	단 부 횡보강근
HRI-W2R	150	200	20	2.0	0.10	4-D13	0.0028	0.0028	D10@200
HRI-W3R	150	200	20	1.0	0.10	4-D13	0.0028	0.0028	D10@200
HRI-W4R	150	200	20	3.0	0.10	4-D13	0.0028	0.0028	D10@200
HRI-W5R	150	200	20	2.0	0.10	4-D13	0.0036	0.0028	D10@100
HRI-W6R	150	200	20	2.0	0.10	4-D13	0.0028	0.0028	없음
HRI-W7R	150	200	12.5	2.0	0.10	8-D10	0.0028	0.003	D10@150

## 2.2 실험체의 설치상황 및 실험방법

실험체의 설치상황은 그림 1에 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. 면외좌굴을 방지하기 위해 가력부의 양단부에 좌굴 방지용 기구를 설치하였다. 실험체의 외부 변형을 측정하기 위하여 실험체 외부에 설치된 총 15개의 LVDT는 각 층변위, 벽체의 곡률, 휨 및 전단변위를 측정하기 위하여 설치되었고, 실험체 내부의 응력분포, 철근변형상태와 실험체의 항복을 결정하기 위하여 Wire Strain Gage를 주요 수직, 수평철근에 부착하였다.

횡력의 가력방식은 실험체의 횡변위를 가력점의 높이로 나누어준 부재 회전각(1/600, 1/400, 1/300, 1/200, 1/150, 1/100, 1/75, 1/50, 1/33)으로 제어되었으며, 각각의 부재각별로 3회의 변위 사이클이 진행되도록 제어되었다. 실험이 진행되는 동안 발생하는 균열은 가력방향에 따라 구분하여 표시하였다.

## 3. 실험결과 및 분석

### 3.1 하중-변위 곡선

기준형 실험체인 HRI-W2R은 부재각 1/136 rad.에서 최대내력을 보이며, 부재각 1/76 rad.까지도 큰 내력저하없이 연성적인 거동을 보였다. 전단스팬비가 1인 HRI-W3R은 1/75 rad.에서 최대내력을 나타내었고, 부재각 1/50 rad.에서 급격한 내력저하를 보이며 취성적인 파괴를 보였다. 전단스팬비가 3인 HRI-W4R은 1/145 rad.에서 최대내력을 보였고, 부재각 1/74 rad.까지도 큰 내력저하없이 연성적인 거동을 보였다. 단부 횡보강근의 배근간격을 1/2로 줄인 HRI-W5R 실험체는 부재각 1/105 rad.에서

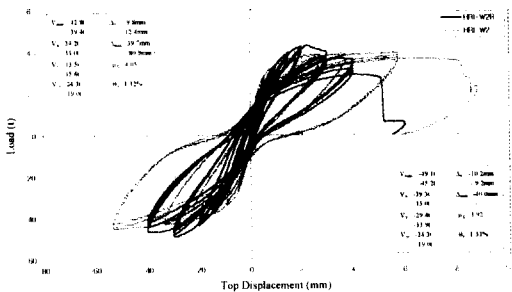


그림 1 HRI-W2R, HRI-W2 실험체의 하중-변위 곡선

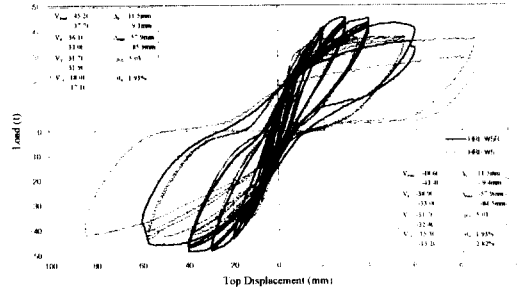


그림 2 HRI-W5R, HRI-W5 실험체의 하중-변위 곡선

최대내력을 보였고, 부재각 1/50 rad까지도 큰 내력저하없이 연성적인 거동을 보였다. 단부 횡보강단이 배근되지 않은 HRI-W6R은 부재각 1/104 rad.에서 최대내력을 나타내며, 부재각 1/79 rad.에서 급격히 내력이 저하되는 취성적인 파괴를 보였다. 바벨형 단면을 가진 HRI-W7R은 부재각 1/101 rad.에서 최대내력을 보였고, 부재각 1/88 rad.에서도 큰 내력저하없이 연성적인 거동을 보였다.

### 3.2 최대내력, 강성 및 변형능력 비교

기준 실험체인 HRI-W2R은 기존 실험체인 HRI-W2와 거의 유사한 42.8 t의 최대강도를 보였다. 정가력시 초기강성은 기존 실험체의 66 %인 4.31이었고, 부가력시에는 기존 실험체의 64.7 %인 3.76으로 나타났으며, 변형능력은 기존 실험체에 비해 약 38 %가 감소한 1.33 %였다. HRI-W3R은 최대강도가 72.5 t이었고, 초기강성은 기존 실험체의 25.3 %인 3.76으로 5.63으로 현저히 낮은 초기강성을 보였으며 변형능력은 기존 실험체에 비해 약 30 %가 감소한 1.99 %였다. HRI-W4R은 최대강도는 29.4 t으로 HRI-W4 실험체의 92 %인 최대강도를 보였고, 초기강성은 기존 실험체의 73.6 %인 1.97이었고, 변형능력은 기존 실험체에 비해 약 15 %가 감소한 1.47 %였다. HRI-W5R은 최대강도가 45.2 t으로 기존 실험체인 HRI-W5에 비하여 약 20 % 향상하였고, 초기강성도 기존 실험체와 거의 유사한 3.78이었다. 그러나 변형능력에 있어서는 약 30 % 감소한 1.93 %로 매우 높은 변형능력을 보였다. HRI-W6R은 최대강도가 45.7 t, 초기강성은 기존 실험체의 55.8 %인 3.83이었고, 변형능력은 기존 실험체의 74 %에 해당하는 1.25 %였다. HRI-W7R은 최대강도가 41.9 t, 초기강성은 기존 실험체의 43.2 %인 3.61이었고, 변형능력은 기존 실험체에 비해 약 80 %가 감소한 1.84 %였다.

그림 3~6은 보수된 실험체와 기존실험체의 구조적 성능을 비교한 것이다. 표 2는 보수된 실험체와 기존실험체의 정가력시 실험결과이다.

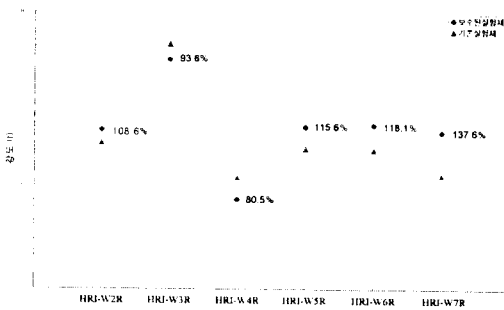


그림 3 실험체별 최대하중의 비교

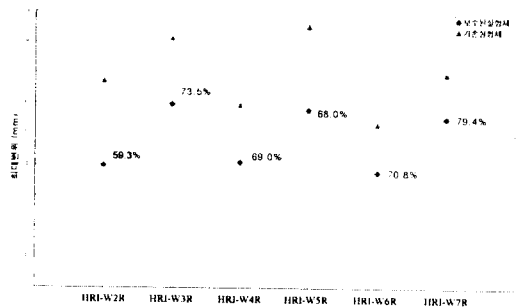


그림 4 실험체별 최대변위의 비교

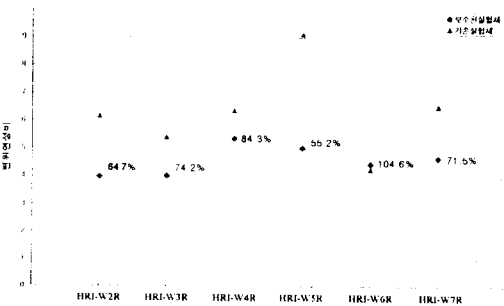


그림 5 실험체별 변형능력의 비교

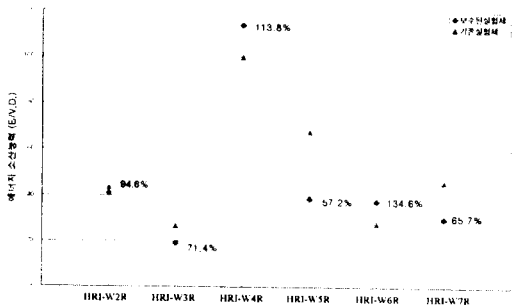


그림 6 실험체별 에너지소산능력의 비교

표 2 보수된 실험체와 기존실험체의 정가력시 실험결과 비교

실험체명	항복하중(t)	항복변위(mm)	최대하중(t)	최대변위(mm)	변위연성비	최상부변위각	Et/VyDy
HRI-W2R	33.50	9.8	42.80	39.7	4.05	1.32	39.12
HRI-W2	35.57	12.4	39.43	80.9	6.52	2.70	35.92
W2R/W2	94%	79%	109%	49%	62%	49%	109%
HRI-W3R	54.10	14.9	72.50	59.7	4.01	1.99	19.77
HRI-W3	64.57	15.2	67.25	85.2	5.61	2.84	26.11
W3R/W3	84%	98%	108%	70%	71%	70%	76%
HRI-W4R	14.50	8.1	29.40	42.0	5.19	1.40	111.28
HRI-W4	19.48	9.8	31.81	59.6	6.08	1.99	89.86
W4R/W4	74%	83%	92%	70%	85%	70%	124%
HRI-W5R	31.70	11.5	45.20	57.9	5.03	1.93	38.72
HRI-W5	31.93	9.3	37.70	85.9	9.24	2.86	68.61
W5R/W5	99%	124%	120%	67%	55%	67%	56%
HRI-W6R	28.90	9.5	45.70	37.9	3.99	1.26	34.80
HRI-W6	31.31	13.9	37.10	64.4	4.63	2.15	24.93
W6R/W6	92%	68%	123%	59%	86%	59%	140%
HRI-W7R	38.00	15.0	41.90	50.7	3.38	1.69	23.77
HRI-W7	29.52	11.0	30.18	84.7	7.70	2.82	44.92
W7R/W7	129%	136%	139%	60%	44%	60%	33%

#### 4. 결론

이 본문의 자료는 심하게 손상된 전단벽에 대하여 보수 후 강도 및 변형능력을 기존실험체와 비교한 것이다. 이상과 같이 보수된 전단벽의 강도 및 변형능력을 기존실험체의 특성과 비교하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 보수한 실험체는 최대하중에 있어서는 기존실험체의 80.5%~137.6%로 기존실험체의 최대하중만큼 회복되었다고 판단된다.
- (2) 최대변위와 변형능력에 있어서는 각각 기존실험체의 59.9%~79.4%, 55.2%~104.6%로 기존실험체에 비해 약 25%~30% 감소된 결과를 보였다.
- (3) 보수된 실험체의 최대변위와 변형능력의 감소와 각 실험체의 변수에 따른 관계는 보이지 않았고, 따라서 보수를 실시하였을 때는 감소된 최대변위와 변형능력을 고려하여 충분한 안전율을 확보하여야 할 것으로 판단된다.

#### 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. Kotsovovs, 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