

## 반복하중을 받는 수직분할된 철근콘크리트 전단벽의 강성저감효과

황보동선<sup>1</sup>, 손동희<sup>2</sup>, 배백일<sup>3</sup>, 최창식<sup>4\*</sup>

### Stiffness Reduction Effect of Vertically Divided Reinforced Concrete Shear Walls Under Cyclic Loading

Dong-Sun Hwangbo<sup>1</sup>, Dong-Hee Son<sup>2</sup>, Baek-Il Bae<sup>3</sup>, Chang-Sik Choi<sup>4\*</sup>

**Abstract:** The purpose of this study is to experimentally evaluate the stiffness and strength reduction according to the reinforcing bar details of the vertically divided reinforced concrete shear walls. To confirm the effect of reducing strength and stiffness according to vertical division, four real-scale specimens were fabricated and repeated lateral loading tests were performed. As a result of the experiment, it was confirmed that the strength and stiffness were decreased according to the vertical division. In particular, as the stiffness reduction rate is greater than the strength reduction rate, it is expected that safety against extreme strength can be secured when the load is redistributed according to vertical division. As a result of checking the crack pattern, a diagonal crack occurred in the wall subjected to compression control among the divided walls. It was confirmed that two neutral axes occurred after division, and the reversed strain distribution appeared in the upper part, showing the double curvature pattern. In future studies, it is necessary to evaluate the stiffness reduction rate considering the effective height of the wall, to evaluate additional variables such as wall aspect ratio, and to conduct analytical studies on various walls using finite element analysis.

**Keywords:** Vertical division, Reinforced concrete shear wall, Vertical extension, Stiffness reduction effect

## 1. 서 론

2013년 12월 주택법 개정에 의해 세대수 증가를 위한 수직 증축형 리모델링이 허용되어 15층 공동주택에 대해 최대 3개 층 증축이 가능하게 되었다. 3개 층 신설에 의해 기존 건축물에 가해지는 자중 및 건축물의 높이가 증가됨에 따라 전단벽에 가해지는 외력은 증가하게 된다. 뿐만 아니라 기존 노후화된 공동주택의 구조설계 당시의 지진하중과 현행 기준에 따른 지진하중에 차이가 있으며 내진설계기준이 강화되어 기존 전단벽에 가해지는 횡하중은 필연적으로 증가하게 된다.

전단벽 구조물은 증가된 횡하중에 저항해야 하며 강성이 큰 전단벽에 하중 집중 현상이 발생하게 된다. 실제 증축형 리모델링 공사 시 신설 벽체는 부재 크기를 가정하여 가정된 강성에 맞추어 부재력에 맞게 구조설계를 수행하나, 기존 벽체

는 이미 시공이 완료되어 있는 상태이기 때문에 임의로 강성을 줄이지 않고 주어진 강성에 따라 구조해석을 수행하여야 한다. 이런 경우 강성이 큰 벽체는 대부분 보유내력을 초과하기 때문에 전단벽에 대한 보강이 필수적이다.

기존 연구(Cho et al., 2020; Kim et al., 2021; Choi et al., 2022)에서는 휨 및 전단에 대한 보강공법 및 그 성능은 많이 검증되었으며 실무에서도 리모델링 공사 시 해당 공법을 널리 사용하여 기존 벽체의 강도 및 강성을 증진시키고 있다. 그러나 증가된 벽체의 내력을 기초가 부담하게 되는데 기초의 내력이 부족할 경우 기존 기초에 대한 휨 및 전단 보강은 불가능하며 상부 전단벽의 보강 역시 제한적인 요소가 많아 공기 증가의 원인이 된다.

이에 따라 기초 안전성을 확보하고 강성이 큰 벽체에 하중 집중현상을 방지하여 횡하중을 재분배할 수 있는 방안이 필요하다. ACI 318-19에서는 전단벽의 유효 휨강성에 대하여 균열 벽체는  $0.3E_cI_g$ , 비균열 벽체는  $0.7E_cI_g$ 를 적용하고 있으나 이를 모든 벽체에 일괄적으로 적용할 수 없을 뿐만 아니라 임의의 벽체에 하중을 재분배할 수 없게 된다. 본 연구에서는 벽체의 휨 강성을 의도적으로 감소시키기 위해 벽체를 수직방향으로 분할하는 방법을 적용하였다. 수직분할에 대한 개념은 아래 Fig. 1과 같다. 작용하는 횡하중에 대하여 수직분할을

<sup>1</sup>학생회원, 한양대학교 건축공학과 석사과정

<sup>2</sup>정회원, 한양대학교 건축공학과 박사과정

<sup>3</sup>정회원, 한양사이버대학교 디지털건축도시공학과 교수

<sup>4</sup>정회원, 한양대학교 건축공학과 교수, 교신저자

\*Corresponding author: ccs5530@hanyang.ac.kr

Department of Architectural Engineering, Hanyang University, Seoul, 04763, Korea)

• 본 논문에 대한 토의를 2022년 7월 31일까지 학회로 보내주시면 2022년 8월 호에 토론결과를 게재하겠습니다.

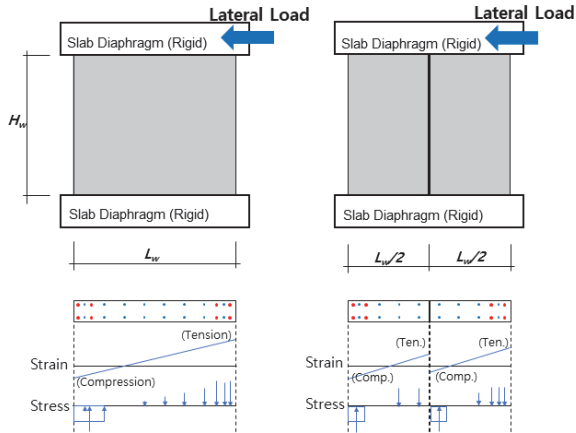


Fig. 1 Specimens plan

하게 되면 두 벽체가 개별적으로 거동하며 두 개의 중립축이 생성되고 단면 이차 모멘트가 감소하여 식(1)과 (2)와 같이 휨 강성을 약 1/4배 저감시킬 수 있다.

$$I_g = bl_w^3/12 \quad (1)$$

$$I_{g,div} = 2I_{div} = 2b(l_w/2)^3/12 = (1/4) \times (bl_w^3/12) = I_g/4 \quad (2)$$

수직분할 시 실제 전단벽 구조물에서는 상, 하부가 슬래브로 고정되어있고 축력이 함께 작용하기 때문에 실제 감소하는 단면 이차 모멘트는 식(1), (2)와는 차이가 발생하게 되며 철근상세에 따라 각 벽체에 작용하는 변형을 분포가 달라지기 때문에 이 또한 영향을 끼치게 된다. 수직분할에 대한 기존 연구(Ireland, 2007)에서는 가력보까지 분할하여 분할된 벽체의 거동을 평가하였으며, 가력보를 분할하지 않고 벽체에 개구부 생성 시 두 개의 벽체가 개별적으로 거동하는 것을 확인하였다(Bae et al., 2010). 본 연구에서는 수직분할에 따른 휨 강성 및 강도 변화에 대해 실스케일 벽체 실험체를 제작하여 실험적으로 평가하고자 한다.

Table 1 Specimens detail

No.	Specimen ID	Specimens detail								
		$h_w \times l_w$ [mm]	$h_w/l_w$	Division Point	$h$ [mm]	$f_{ck}$ [MPa]	$f_y$ [MPa]	Vertical Rebar	Horizontal Rebar	$P_0/P_n$
1	Solid-SY	2600 × 3000	0.87	-	200	18	400	D13@350	D10@300	0.1
2	DIV-SY	2600 × 1500	1.73	1				6-D16 (Added)		
3	Solid-Add	2600 × 3000	0.87	-				D10@200		
4	DIV-Add	2600 × 1500	1.73	1						

$h_w$  : height of wall,  $l_w$  : length of wall,  $f_{ck}$  : concrete compressive strength,  $f_y$  : yield strength of rebar,  $P_0$  : applied axial load,  $P_n$  : nominal axial strength



Fig. 2 Vertical division method

## 2. 실험계획

### 2.1 실험체 설계 및 제작

실험체는 철근상세 및 수직분할 여부를 변수로 총 4개를 계획하였다. 실험체는 높이 2600 mm, 길이 1500 mm, 두께 200 mm의 실물스케일 철근콘크리트 전단벽 실험체이며 실험체 높이는 노후 아파트의 층고를 고려하여 2600 mm로 설정하였다. 실험체에 사용되는 콘크리트는 리모델링 대상 공동주택의 코어 압축강도 시험 결과를 반영하여 설계기준 압축강도를 18 MPa로 설정하였다. 콘크리트 절단기를 이용한 벽체의 수직분할 과정은 Fig. 2에 나타내었다. 절단기 날 크기의 한계로 인해 양 쪽에서 분할을 수행하였으며 수직 분할된 벽체의 틈은 약 5 mm 정도이다.

실험체의 배근은 SY 실험체 군의 경우 수직 철근이 D10@200으로 동일하게 배근되어 있으며 Add 실험체의 경우 단부에 수직 보강근이 6-D16으로 배근되었다. 벽에 사용된 철근의 항복강도는 400 MPa이다. Solid-SY 실험체는 휨 지배를 받는 기존 벽체를 모사하였으며, Solid-Add 실험체는 휨과 전단에 복합적으로 지배를 받는 기존 벽체를 모사하였다. 분할 전 벽체의 형상비는 0.87이고 분할 후 각 벽체의 형상비는 1.73으로 형상비 변화에 따른 전단벽 거동을 확인하고자 하였다. 실험체 상세는 Table 1에 나타내었으며 실험체 도면은 Fig. 3에 나타내었다.

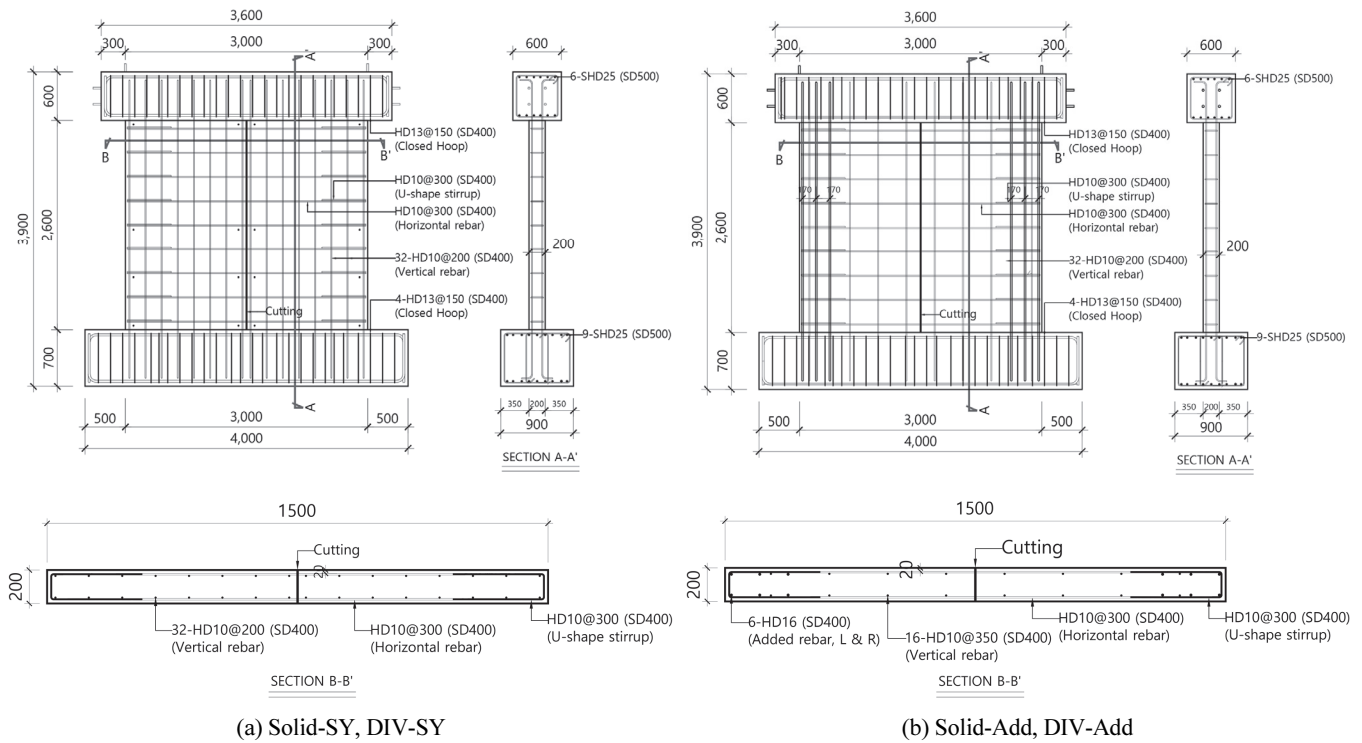


Fig. 3 Specimens plan

## 2.2 재료특성

KS F 2405에 제시된 콘크리트 압축강도 시험을 위해 KS F 2403에 따라  $\Phi 100 \times 200$ 공시체를 제작하였으며 배합비는 Table 2에 나타내었다. 각 실험체별 타설 일자가 다르기 때문에 각 실험체별 압축강도 시험은 구조실험 당일에 수행하였다. Solid-SY 및 DIV-SY 실험체의 압축강도는 23.28 MPa이며 Solid-Add 및 DIV-Add 실험체는 22.9 MPa로 나타나 모두 목표했던 설계기준 압축강도 18 MPa를 상회하는 결과가 나타났다.

실험체 제작에 사용된 철근은 KS B 0802에 의거하여 시험하였으며 모두 KS D 3504에서 제시하는 항복강도 및 인장강도 범위를 충족하였다. 보강에 사용된 D16 및 D19 철근과 기초 및 가력보에 사용된 D22 철근은 공칭 항복강도 500 MPa, 수평철근으로 사용된 D10 철근, 기존 벽체 수직 철근인 D13 철근 및 기초 및 가력보에 사용된 D16 철근은 공칭항복강도

400 MPa이다. 철근 항복강도 및 인장강도는 Table 3에 나타내었다.

## 2.3 실험방법 및 가력계획

본 실험은 전단벽에 일정한 축력을 가한 후 변위제어 방식으로 반복 횡가력 실험을 수행하였다. 전단벽 실험체는 캔틸레버 거동을 유도하였다. 벽체 하부 경계조건은 고정 상태를 유지하기 위해 기초부를 계획하였다. 실제 벽식 구조물에서는 각 층 사이가 슬래브로 되어 있으나 구조해석 시에는 슬래브를 강체로 가정하며 슬래브의 변형을 고려한다. 따라서 본 실험체 역시 상부에 가력보를 설계하여 벽체 상부 슬래브를 완전한 강체로 가정하였으며 횡력 및 축력 적용을 용이하도록 하였다.

전단벽 구조를 갖는 일반적인 공동주택의 축 방향 하중비

Table 2 Mix proportion

W/B [%]	W	Unit weight [kg/m <sup>3</sup> ]					Ad
		Binder			S	G	
		C	FA	BFS			
57.8	168	233	29	29	915	893	2.04

W/B : water/binder ratio, W : water, C : cement, FA : fly ash, BFS : ground granulated blast furnace slag, Ad: admixture

Table 3 Rebar tensile test results

	$f_y$ [MPa]	$f_{ym}$ [MPa]	$\epsilon_y$ [MPa]	$f_u$ [MPa]
D10	400	524.3	0.002622	643.33
D13	400	589.35	0.002947	791.33
D16	400	469.5	0.00235	588.05

$f_y$  : nominal yield strength of rebar,  $f_{ym}$  : yield strength of rebar by test results,  $\epsilon_y$  : yield strain,  $f_u$  : tensile strength of rebar

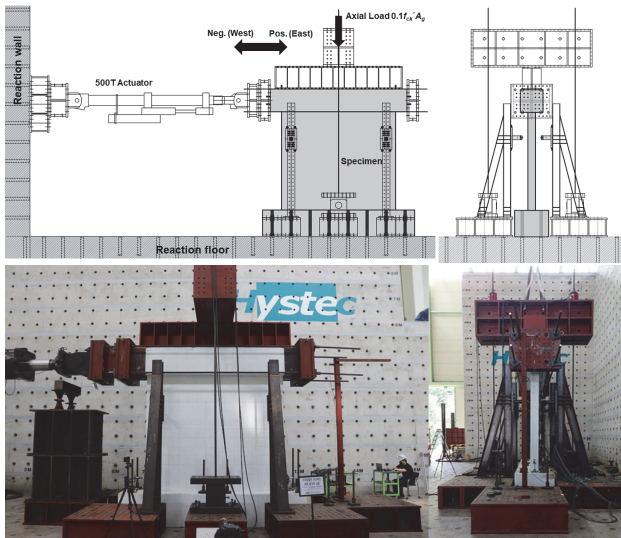


Fig. 4 Test configuration

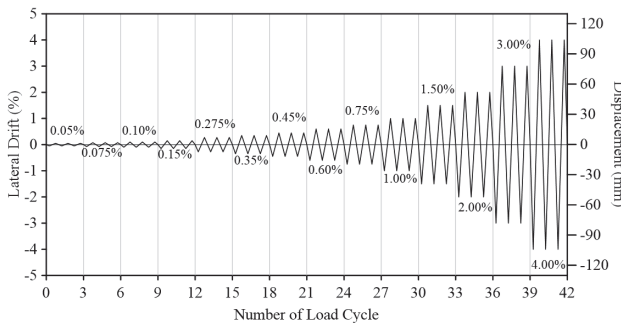


Fig. 5 Loading protocol

는 약 5~6% 정도이며 상부 3개 층을 수직증축 하여도 전단벽에 가해지는 축력이 최대 3% 정도 증가함에 따라 이를 반영하여 10%를 적용하였다. 실험체의 횡가력 실험 세팅도는 Fig. 4에 나타내었다. 1000 kN 오일잭을 사용하여 축력을 가한 후 5000 kN 용량의 Actuator로 횡가력 실험을 진행하였다.

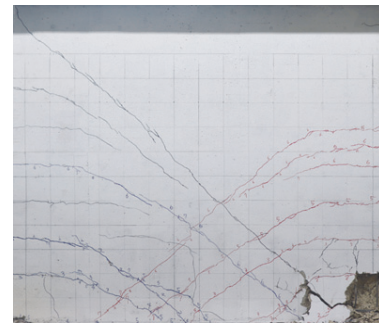
가력계획은 ACI 374.2R-13에서 제시하는 바에 따라 Fig. 5와 같이 목표 변위마다 3번의 정-부가력을 가하도록 하였다. 초기 가력은 0.05%부터 점진적으로 증가시켜 초기 변형 및 강성 변화를 확인하고자 하였다.

### 3. 실험결과

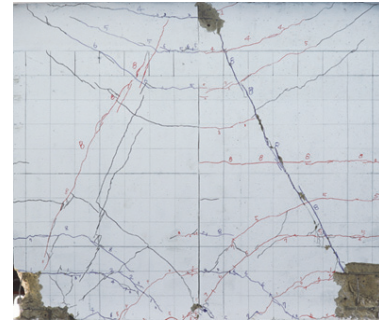
#### 3.1 파괴 및 균열양상

파괴 및 균열양상은 Fig. 6에 나타내었다. 분할되지 않은 모든 실험체는 최종 파괴 양상에서 휨 및 사인장균열이 함께 발생하면서 최종적으로 단부 압괴에 의해 급격하게 하중이 저하되며 파괴되는 휨 파괴 양상이 나타났다.

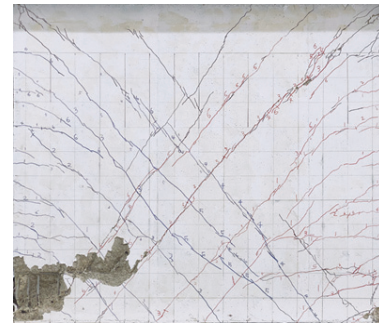
분할된 실험체의 경우 모든 벽체가 분할된 벽체 각각 하부



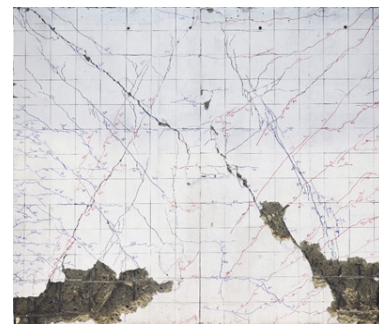
(a) Solid-SY



(b) DIV-SY



(c) Solid-Add



(d) DIV-Add

Fig. 6 Crack patterns

에서 휨 균열이 발생하였으며 철근 상세에 따라 분할된 부분 하부에 휨 균열 발생 시점에 차이가 있었다. 최종 균열양상을 확인하였을 때 벽체가 분할된 경우 두 벽체가 개별적으로 거동하였다. 상부 벽체에서는 분할되지 않은 벽체와는 다르게 휨 균열이 나타난 것을 확인할 수 있었다. 이는 가력보에 의해 두 벽체의 상부가 고정되어 있을 뿐만 아니라 축력에 의해 강

하게 지지되고 있기 때문에 벽체가 이중 곡률을 갖게 되었다. 각각의 벽체에 사인장균열이 발생하였으며 이와 같은 사인장균열은 벽체 횡가력 시 압축을 받는 벽체에서만 발생하였다.

실험체 별로 파괴 및 균열양상을 구분하여 확인한 결과, Solid-SY는 변위각 6% 여덟 번째 Drift까지는 휨균열이 발생하는 것을 확인하였다. 그 후 최대강도 시점인 아홉 번째 Drift에서 휨균열 및 벽체 복부에 사인장균열이 발생하였으며 최종적으로 정가력 시 벽체 단부에 압괴가 발생하면서 급격한 하중 저하 발생 후 최종 파괴되었다.

DIV-SY 실험체는 첫 번째 Drift에서 휨균열이 각 벽체에 동시에 발생하였다. 또한 상부 분할 부분에서도 휨 균열이 발생하는 것을 확인할 수 있었다. 이후 상부 및 하부에서 휨 균열이 진전되었다. 여덟 번째 Drift에서 정가력 및 부가력 시 압축을 받는 우측(East) 벽체에서 사인장균열이 발생하였다. 아홉 번째 Drift에서 중앙 및 단부 압괴가 발생하였으며 열 번째 Drift에서 단부 압괴로 인한 급격한 하중이 저하되어 실험을 종료하였다.

Solid-Add 실험체는 초기 휨균열 이후 세 번째 변위각인 0.1%에서 복부 사인장균열이 발생하면서 하중가력에 따라 사인장균열의 폭이 증가하였다. 이후 여섯 번째 변위각인

0.35%에서 압괴가 발생하기 시작하였다. 일곱 번째 Drift에서 정가력 방향으로 단부 보강근으로 인해 가력보 상부에서 비틀림이 발생하였으며, 여덟 번째 Drift 이후 부가력 방향만 가력을 수행하였다.

DIV-Add 실험체 역시 DIV-SY 실험체와 동일한 균열 양상이 나타났다. DIV-Add 실험체도 마찬가지로 상부에 휨균열이 발생하는 것을 확인하였으나 DIV-SY 실험체와는 다르게 최종 파괴 양상에서 상하부가 대칭형상으로 나타나지는 않았다. 하부 휨균열이 집중적으로 발생하였으며 마찬가지로 압축을 받는 벽체에서 사인장균열이 나타났다. 최종적으로 분할된 벽체에 대한 사인장균열 뿐만 아니라 전체 벽체에 대한 사인장균열 및 단부 콘크리트 압괴가 복합적으로 발생되면서 파괴되었다.

### 3.2 하중-변위 관계

하중-변위 관계 및 실험 결과 정리는 Fig. 7과 Table 4에 나타내었다. Solid-SY 실험체의 경우 최대하중은 정가력이 1030.60 kN, 부가력이 1043.75 kN으로 나타났다. 최대강도 발현 이후 다음 변위각에서 압괴에 의해 강도가 급격하게 저하되어 안전상의 이유로 실험을 종료하였다. 유효강성의 계산은 0.75  $P_{max}$  에서 할선을 그려  $P_{max}$  값에 해당하는 변위를 항복점으로

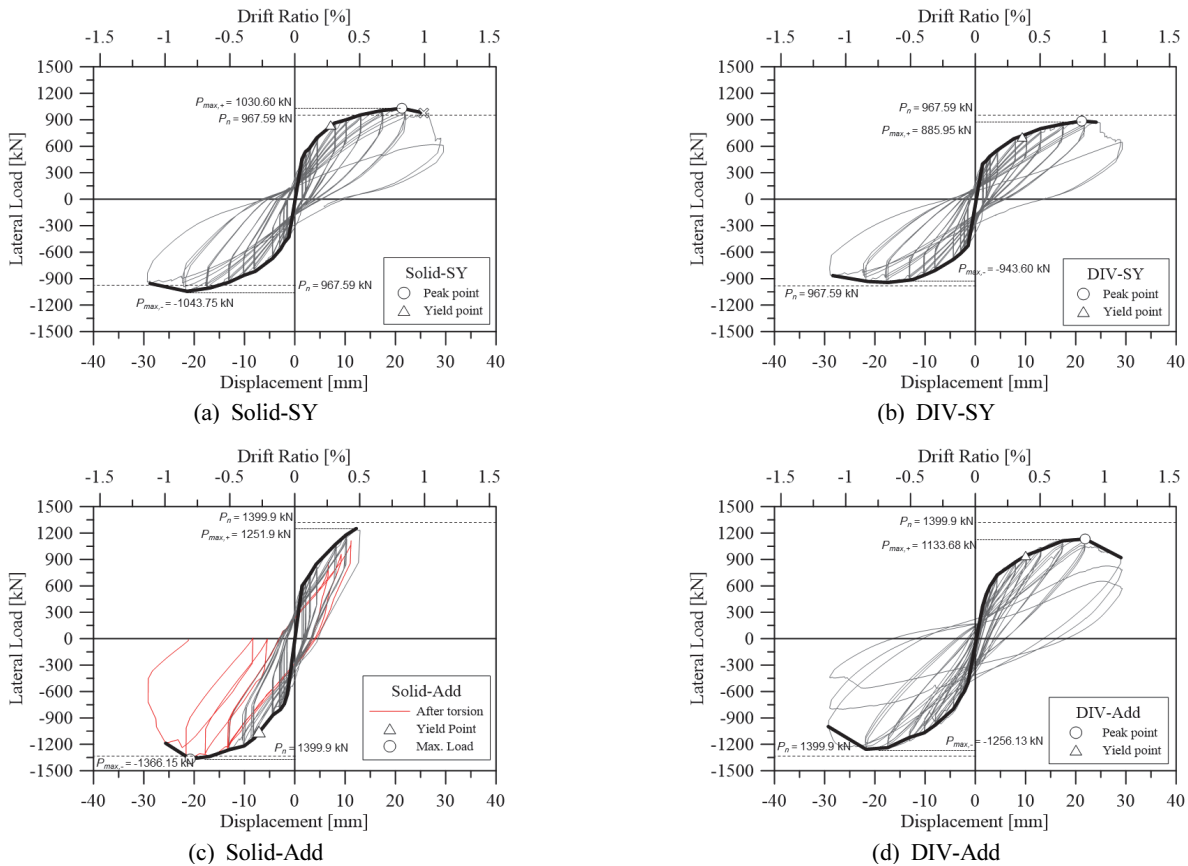


Fig. 7 Load-displacement relationship

**Table 4** Test results

Specimens	$f'_c$ [MPa]	Loading direction	Yield point			Maximum load		
			$P_y$ [kN]	$\Delta_y$ [mm]	$\theta_y$ [%]	$P_{max}$ [kN]	$\Delta_{max}$ [mm]	$\theta_{max}$ [%]
Solid-SY	23.28	(+)	843.95	7.99	0.28	1030.60	21.28	0.73
		(-)	-818.05	-9.38	-0.32	-1043.75	-21.44	-0.74
(+)		726.85	9.52	0.33	885.95	21.18	0.73	
(-)		-763.00	-6.81	-0.23	-943.60	-17.40	-0.60	
Solid-Add	22.9	(+)	-	-	-	-	-	-
		(-)	-1130.05	-8.73	-0.30	-1366.15	-20.78	-0.72
(+)		945.08	9.96	0.34	1133.68	21.87	0.75	
(-)		-1041.36	-9.60	-0.33	-1256.13	-21.79	-0.75	

$P_y$  : load at yield displacement,  $\Delta_y$  : yield displacement,  $\theta_y$  : drift ratio at yield displacement,  $P_{max}$  : maximum load,  $\Delta_{max}$  : displacement at maximum load,  $\theta_{max}$  : drift ratio at maximum load

설정하여 기울기를 산정하였다. 정가력을 기준으로한 유효강성은 105.63 kN/mm로 나타났다.

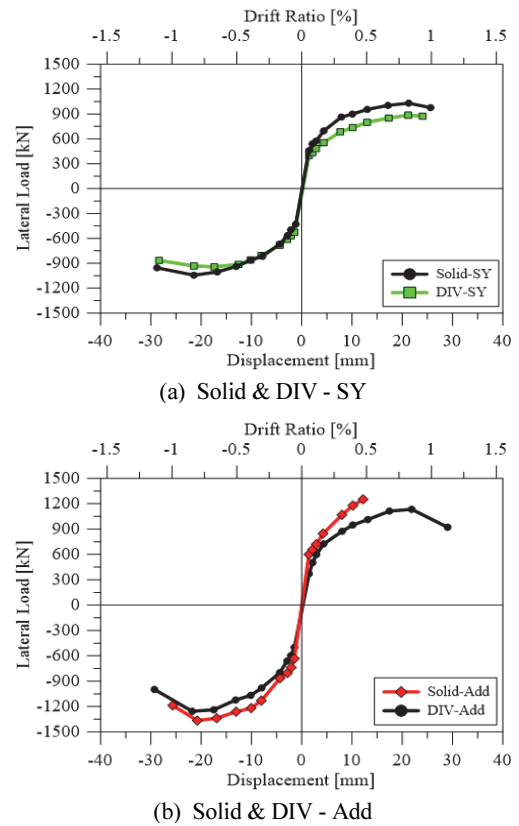
DIV-SY 실험체는 정가력 885.95 kN, 부가력 943.60 kN으로 나타났다. 분할하지 않은 실험체와 비교하였을 때 최대강도는 86~90%로 약 10% 작게 나타났다. 유효강성은 정가력 기준 76.35 kN/mm로 유효강성은 분할 전 벽체인 Solid-SY 실험체 대비 약 72%로 28% 작게 나타났다. 강도 저하율보다 강성 저하율이 작음에 따라 수직분할에 의한 전단벽의 강성저감이 가능하며 안전성 역시 확보할 수 있을 것으로 판단된다.

Solid-Add 실험체는 최대강도 발현 전 정가력 방향으로 비틀림이 발생하였기 때문에 최대강도 및 유효강성은 부가력을 기준으로 평가하였다. 실험체의 최대강도는 단부 보강근의 영향으로 1366.15 kN으로 Solid-SY 실험체보다 크게 나타났다. 부가력 기준 유효강성은 129.44 kN/mm으로 나타났다. 이는 전단벽의 유효강성 산정 시 단면의 형상뿐만 아니라 단부 철근량 또한 주요한 변수라는 것을 의미한다.

DIV-Add 실험체는 부가력 방향으로 최대강도 1256.13 kN으로 나타났으며 이는 분할 전 벽체보다 약 8% 작은 값이다. 유효강성은 정가력 기준 885.95 kN/mm로 분할 전 벽체인 Solid-Add 실험체 대비 약 23% 낮게 나타났다.

실험 결과 분할된 실험체는 벽체의 상, 하부가 가력보 및 기초로 인해 고정되어 있음에도 불구하고 벽체가 분할 거동을 보이며 두 벽체가 개별 거동을 하고 휨 균열이 대칭적으로 발생하여 휨강도 및 부재강성이 저하되었다.

Fig. 8에서 보는 바와 같이 SY 실험체군 및 Add 실험체군 모두 분할 후 휨 강도 및 강성 저하가 나타났으며 강도 대비 강성의 저하율이 큰 것을 확인하였다. 뿐만 아니라 상부가 고정단이며 축력의 영향으로 인해 분할된 벽체는 분할 전 벽체와 달리 이중곡률을 보였으며 가력이 진전됨에 따라 압축을 받



**Fig. 8** Backbone curve

는 벽체에서만 사인장균열이 발생하였다. 이에 따라 분할 후 벽체의 최대강도를 고려함에 있어 분할 거동에 따른 벽체의 휨강도 감소뿐만 아니라 콘크리트 전단기여분의 변화를 검토해야 할 것으로 판단된다. 또한 강성은 저감시키면서 강도는 분할 전 벽체와 동일하게 유지시킬 수 있는 방법에 대한 연구가 필요할 것으로 판단된다.

#### 4. 수직 및 수평철근 변형을 평가

분할거동 및 이중곡률 발생에 대한 근거를 확인하기 위하여 벽체 하부 및 상부에 부착된 변형률 게이지를 이용하여 벽체 단면의 변형률 분포를 확인하였다. 철근에 게이지가 부착되지 않은 위치에서의 변형률 분포는 선형적으로 분포한다고 가정하였다.

Fig. 9에 실험체 별 기초 단부 및 상부에서의 변형률 분포를 나타내었다. Solid-SY 실험체는 실험이 진행됨에 따라 단부 변형률이 급격하게 증가하였고 변형률 분포가 연속적으로 분포하였다. 마찬가지로 상부는 캔틸레버 거동으로 인하여 모멘트가 적게 발생하기 때문에 변형률의 변화가 거의 없는 것을 확인하였다.

반면 분할한 벽체인 DIV-SY 실험체의 경우 분할된 벽체 각각 하부에서 인장 및 압축변형에 의해 중립축이 두 개가 발생하면서 불연속적인 변형률 분포가 발생하였다. 붉은색으로 표기된 상부 변형률 분포는 하부 변형률 분포와 다르게 반전된 변형률 분포가 발생하였다. 실험에서는 격막작용을 모사하기 위해 벽체 상부를 가력보로 제작하여 변형 및 파괴가 발생하지 않도록 모사하였다. 그러나 실제 벽식 구조물의 경우 슬래브로 설계되어 있으며 노후 공동주택은 현재 구조기준과는 달리 150 mm미만의 얇은 슬래브를 갖기 때문에 벽체 분할부에서 수평전단력으로 인한 슬래브 변형 및 균열 발생, 강성 저하 여부를 확인해야 할 필요가 있다.

Solid-Add 실험체는 Solid-SY 실험체와 동일하게 연속된

변형률 분포가 발생하는 것을 확인할 수 있었으며 단부 보강근의 영향으로 인해 Solid-SY 실험체 대비 변형률의 증가가 크지 않았다. Solid-SY 실험체와 마찬가지로 상부 벽체에서는 변형률이 크게 발생하지 않았다.

DIV-Add 실험체는 DIV-SY 실험체와 마찬가지로 불연속적인 변형률 분포가 나타났다. 뿐만 아니라 상부에서도 변형률 분포가 불연속적으로 나타나는 것을 확인할 수 있었으며 우측(East) 벽체의 경우 분할된 부분에서의 변형률이 DIV-SY 실험체 대비 크게 나타났다. DIV-SY 실험체의 경우 불연속적인 변형률 분포가 나타났지만 철근이 항복변형률까지는 도달하지 않은 반면, DIV-Add 실험체는 분할된 위치에서의 변형률이 항복변형률을 크게 상회하고 있었다. 이는 DIV-SY 실험체와는 달리 DIV-Add 실험체가 벽체 단부에 철근이 집중되어 있고 반대로 중앙부에는 철근이 상대적으로 적게 배근되어 있기 때문에 철근의 변형률이 급격하게 증가한 것으로 판단된다. 따라서 단순히 철근량에 의한 강성 저감이 아닌 벽체 철근 배근 위치에 따른 강성 변화를 확인해야 할 필요가 있다.

#### 5. 결론

본 연구에서는 노후 공동주택 수직증축 시 발생하는 횡하중 증가에 대하여 보강 없이 하중 재분배를 통해 보강량을 감소시킬 뿐만 아니라 증가하는 휨 모멘트에 대한 기초의 부담을 저감을 위하여 벽체의 수직분할이라는 새로운 개념을 도입하였다. 기존 벽체 수직분할 시 강도 및 강성 저감에 대한 비

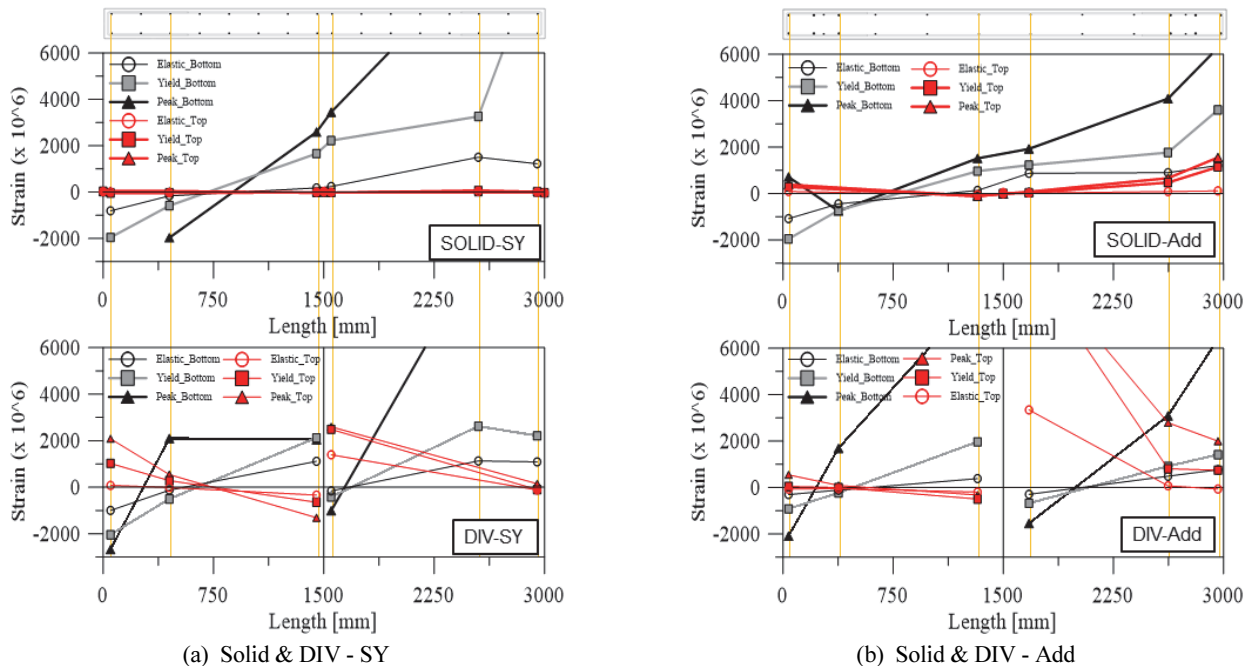


Fig. 9 Strain distribution

을 확인하였으며 벽체 철근 배근량에 따른 벽체의 구조거동을 실험적으로 평가하였다. 수직분할에 따른 벽식 구조물에 작용하는 횡하중에 대한 하중재분배 방안에 대한 가능성을 확인하고자 하였으며 이에 대한 결론은 아래와 같다.

- 1) 수직분할에 따른 벽체의 구조거동을 확인한 결과, 상하부가 강체임에도 불구하고 분할된 두 벽체가 개별적으로 거동하여 각각의 벽체에 휨균열이 발생하는 것을 확인할 수 있었다.
- 2) 분할된 두 벽체는 각각 상하부에 휨균열이 발생하였다. 또한 최대강도 발현 이전 압축을 받는 벽체에서 사인장 균열이 발생하였다. 수직분할에 따른 벽체가 이중곡률을 가짐에 따라 유효높이가 변화하며 전단경간비의 변화로 인해 벽체의 거동 양상이 변화하였다.
- 3) 변형률 분포를 확인한 결과 분할된 벽체는 두 개의 중립축을 가지며 분할거동을 하였으며, 두 벽체의 균열양상이 동일하게 나타나지 않았다. 또한 철근 배근 상세에 따라 변형률 분포에 차이가 있는 것을 확인하였다.
- 4) 상부의 변형률 분포는 이중곡률 발생으로 인해 변형률 분포가 반전되어 나타나고 분할된 부분에서 불연속적 변형률 분포로 인한 수평전단력이 문제 될 것으로 예상된다. 추후 연구에서는 이를 고려하여 실제 슬래브가 있을 경우 강도 및 강성저감 효과를 평가해야 한다.
- 5) 본 연구에서는 철근비 변화에 따른 강도 및 강성 저감효과를 확인하였다. 추후 연구에서는 벽체의 형상비, 벽체 배근타입에 따른 수직분할 후 강성 변화를 확인해야 한다. 또한 다양한 벽체에 대한 강성 저감을 평가하기 위해 유한요소해석 프로그램을 활용하여 해석적 연구가 필요하다. 추가적으로 강성은 감소시켜면서 휨강도는 유지시킬 수 있는 보강공법에 대한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

## 감사의 글

이 연구는 국토교통부 주거환경연구사업 중 “저비용·고효율의 노후 공동주택 수직중축 리모델링 기술개발 및 실증”

과제(21RERP-B099826-07)의 지원 및 2021년도 정부 (과학기술정보통신부) 연구비 지원에 의한 결과의 일부임. (과제번호 : NRF-2020R1A4A1019074)

## References

1. Cho, U., Kim, S. Y., Bae, B. I., and Choi, C. S. (2020), Evaluation of Flexural Performance of Reinforced Concrete Shear Walls According to Flexural Retrofit by Wall End Excavating, *Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction*, 36(4), 123-133.
2. Kim, S. Y., Cho, U., Chung, J. H., Bae, B. I., and Choi, C.S. (2021), Seismic Performance of Existing RC Structural Walls Retrofitted in Flexure by Wall End Plate. *Sustainability*, 13.
3. Choi, C. S., Bae, B. I., Bae, S., and Son, D. H. (2022), Flexural retrofit of existing reinforced concrete structural walls with various boundary element details under cyclic loading. *Journal of Building Engineering*, 52, 104468.
4. Ireland, M. G. (2007), The Development of a Selective Weakening Approach for the Seismic Retrofit of Reinforced Concrete Structural Walls. ME Thesis. Department of Civil Engineering, University of Canterbury, Christchurch.
5. Bae, B. I., Choi, Y. C., Choi, C. S., and Choi, H. K. (2010), Shear Strength Reduction Ratio of Reinforced Concrete Shear Walls with Openings, *Journal of the Korea Concrete Institute*, 22(4), 451-460.
6. Committee ACI. Building code requirements for structural concrete (ACI 318-19) and commentary. Farmington Hills, MI: American Concrete Institute; 2019.
7. ACI 374.2R-13. Guide for testing reinforced concrete structural elements under slowly applied simulated seismic loads. ACI committee 374; 2013.
8. KS F 2405. Standard test method for compressive strength of concrete. Korean Standard Information Center; 2010.
9. KS F 2403 Standard test method for making concrete specimens. Korean Standard Information Center; 2019.
10. KS B 0802. Method of tensile test for metallic materials. Korean Standard Information Center; 2013.
11. KS B 3504 Steel bars for concrete reinforcement. Korean Standard Information Center; 2021

Received : 04/19/2022

Revised : 06/16/2022

Accepted : 06/23/2022

**요 지 :** 본 연구의 목표는 수직분할된 철근콘크리트 전단벽의 철근상세에 따른 강성 및 강도 저감에 대해 실험적으로 평가하는 것이다. 본 연구에서는 수직분할에 따른 강도 및 강성 저감효과를 확인하기 위해 실 스케일 실험체 4개를 제작하여 반복 횡하중 실험을 수행하였다. 실험 결과, 수직분할에 따라 강도 및 강성이 감소되는 것을 확인하였다. 특히 강도 저하율보다 강성 저하율이 큼에 따라 수직분할에 따른 하중 재분배 시 극한강도에 대한 안전성을 확보할 수 있을 것으로 기대된다. 균열양상을 확인한 결과, 분할된 벽체 중 압축지배를 받는 벽체에서 사인장 균열이 발생하였기 때문에 강도 평가 시 휨 강도 뿐만 아니라 전단저항 메커니즘을 같이 고려해야 한다. 벽체 단면 수직철근의 변형률 분포 분석 결과, 분할 후 두 개의 중립축이 발생하며 상부에서는 반전된 변형률 분포가 나타나 이중 곡률을 갖는 벽체의 양상을 보였다. 추후 연구에서는 벽체의 유효높이를 고려한 강성 저감을 평가가 필요하며 추가로 벽체 형상비 등 추가 변수에 대한 평가 및 유한요소해석을 이용한 다양한 벽체에 대한 해석적 연구가 필요하다.

**핵심용어 :** 수직분할, 철근콘크리트 전단벽, 수직중축, 강성저감효과