

형상비에 따른 비보강 조적벽체의 전단거동 평가에 관한 연구

A Study on Evaluation of Shear Behavior of Unreinforced Masonry Wall with Different Aspect Ratio

이 정 한* 강 대 언* 양 원 직* 우 현 수** 권 기 혁*** 이 원 호****
Lee, Jung Han Kang, Dae Eon Yang, Won Jik Woo, Hyun Soo Kwan, Ki Hyuk Yi, Waon Ho

ABSTRACT

In general, the shear behavior mode of URM wall expresses four types of modes such as rocking failure, sliding shear failure, toe crushing failure, and diagonal tension failure. From the comparison of each equation according to the shear behavior modes, the failure modes based on the aspect ratio and vertical axial stress can be expected. The objectives of this study is to find out the shear behavior of URM wall with different aspect ratio. The test results show that the aspect ratio is understood as an important variable.

1. 서론

국내 비보강 순수 조적조 주거건물의 경우 대부분이 3층 이하의 저층 구조물로서 내진설계가 이루어지지 않아 국내에 지진이 발생할 경우 비보강 조적조 건물의 붕괴로 인한 막대한 인명 및 재산 피해가 예상된다^{1, 2)}. 그러나 국내 조적조에 대한 연구는 상당히 미비한 상황이며 이에 국내 조적조 벽체의 전단거동에 영향을 주는 변수에 대한 평가가 선행적으로 이루어져야 할 것이다. 일반적으로 조적벽체의 주요 파괴모드는 벽체의 재료적 성질, 형상비, 그리고 작용하중의 크기 및 형태 등에 따라서 4가지로 구분되며^{2, 3, 4, 5)} 벽체의 회전에 의한 Rocking 파괴, 휨과 압축에 의해 모서리에 국부파괴가 발생하는 Toe crushing 파괴, 미끄러짐에 의한 Sliding 파괴, 그리고 대각인장(전단)에 의한 Diagonal tension 파괴 등으로 구분된다. 본 연구에서는 이러한 파괴모드에 영향을 주는 변수 중 벽체의 형상비를 대상으로 실제 스케일의 시험체를 제작, 실험을 수행하여 국내 조적벽체의 형상비의 변화에 따른 전단거동을 평가하고자 한다.

2. 실험

2.1 시험체 계획

형상비를 변수로 1:1 스케일의 시험체를 계획하며 각 시험체 별 일람 및 예상 내력, 파괴모드는 표 2와 같고 시험체 상세는 그림 1과 같다.

* 정회원, 광운대학교 에센스 구조연구센터 연구교수, 공학박사

** 정회원, 광운대학교 대학원 석사과정

*** 정회원, 시립대학교 건축학부 교수, 공학박사

**** 정회원, 광운대학교 건축학부 교수, 공학박사

각 시험체 별 예상 전단응력 및 파괴모드는 FEMA 273, 306^{3), 4)}에 근거하여 산정하였으며 표 1에서 보는 바와 같이 1.0W-CO-NO 시험체는 Rocking, 1.5W-CO-NO 및 2.0W-CO-NO 시험체는 Sliding 파괴모드에 지배받는 것으로 나타났다.

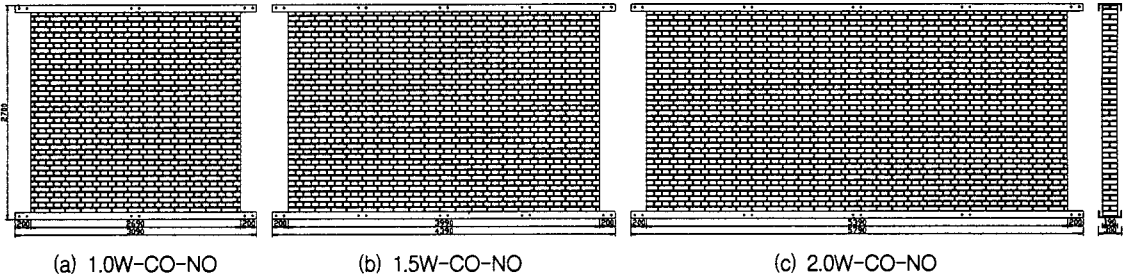


그림 1. 시험체 상세

표 1. 시험체 일람표

시험체명	크기 (l×h, m)	형상비 (l/h)	축응력 (kgf/cm ²)	쌓기 방법	예상전단응력(kgf/cm ²)			
					$\tau_{rocking}$	$\tau_{toe\ crushing}$	$\tau_{sliding}$	$\tau_{diagonal\ tension}$
1.0W-CO-NO	2.7×2.7	1.0	2.54	1.0B	1.14	1.22	1.80	2.99
1.5W-CO-NO	4.0×2.7	1.5	2.54	1.0B	1.70	1.84	1.80	4.44
2.0W-CO-NO	5.4×2.7	2.0	2.54	1.0B	2.29	2.44	1.80	5.99

2.2 시험체 설치 및 가력방법

본 실험은 포항산업과학연구원 강구조연구소에서 수행하며, 재하이력과 시험체의 설치는 다음 그림 2, 그림 3과 같다. 횡력에 대한 재하이력은 그림 2와 같이 시험체 바닥 면에서 가력점까지의 높이 2,700mm의 0.125%를 기준으로 점중 3회 반복가력한다. 시험체 횡방향 가력은 300tf Actuator를 사용하여 변위제어 방식으로 반복가력을 하며, 10tf Actuator 2기를 사용하여 하중제어 방식으로 축하중을 재하한다.

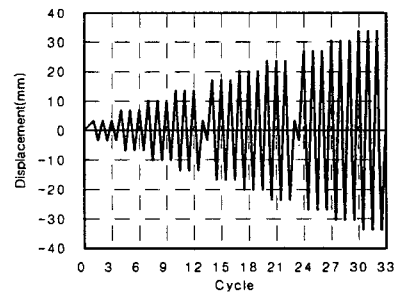


그림 2. 재하이력

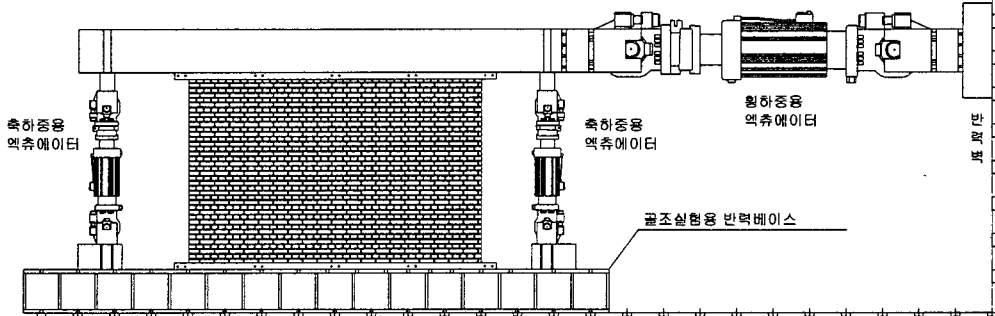


그림 3. 시험체 설치

2.3 재료실험

콘크리트 벽돌 압축강도, 현장배합에 따른 모르타 압축강도, 그리고 프리즘 압축강도에 대한 재료실험을 수행하며, 각 6개씩의 시편에 대한 재료실험 결과는 표 2와 같다.

표 2. 재료실험 결과

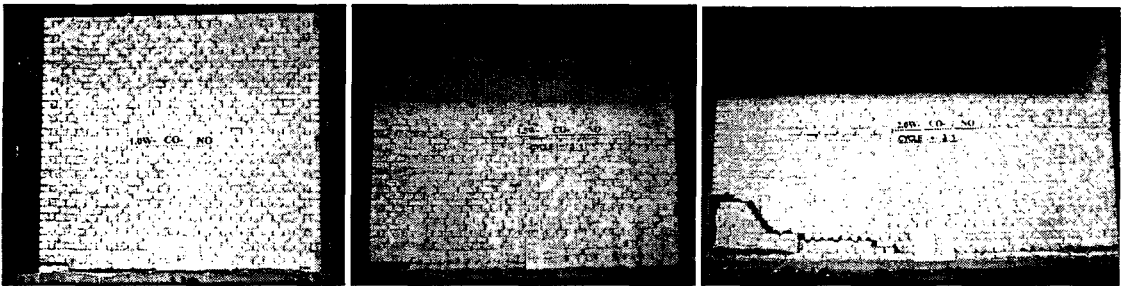
재료시편	치수 (mm)	평균 압축강도 (kgf/cm ²)
콘크리트 벽돌	190×90×57	124.9
모르타	50×50×50	123.4
프리즘	190×90×191	91.3

3. 실험 결과 및 분석

3.1 시험체별 파괴상황 및 하중변위 곡선

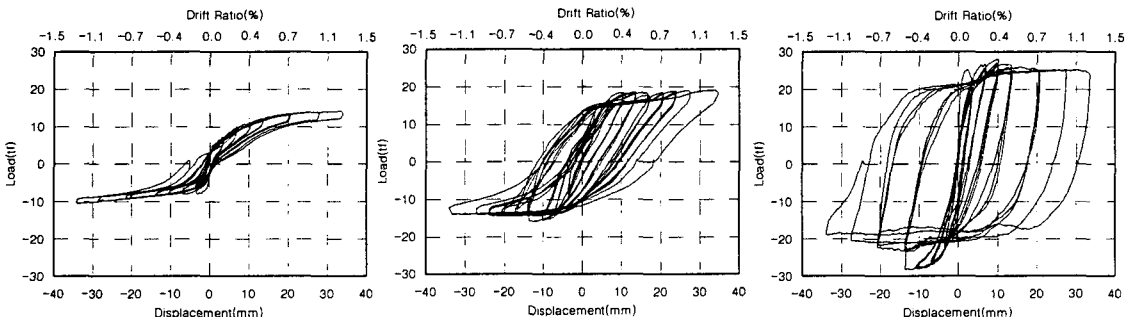
각 시험체별 최종파괴 상황 및 하중변위 곡선은 그림 4, 그림 5와 같다.

1.0W-CO-NO 시험체의 경우 초기 부재각 0.125% (1/800) 가력시 가력방향 하단부에 줄눈을 따라 균열이 발생하였으며 그림 4(a)에서 보는 바와 같이 부재각 0.375% (1/267) 가력시 줄눈을 따라 벽체의 회전(Rocking)과 더불어 양 단부 하단에서 압괴가 발생하였다. 하중변위 관계의 경우 그림 5(a)에서 보는 바와 같이 부재각 0.375% (1/267) 가력 이후 강성이 저감되며 이후 하중이 지속적으로 유지되며 회전 변위가 지속적으로 커지는 것으로 나타났다. 1.5W-CO-NO 시험체의 경우 부재각 0.5% (1/200) 가력시 그림 4(b)의 파괴양상과 같은 바닥으로부터 1/3 지점에서 벽체의 회전과 사인장 및 슬라이딩 균열이 동시에 발생하기 시작하였으며, 이후 슬라이딩 균열이 지속적으로 발생하였다. 하중변위 관계에 있어서 그림 5(b)에서 보는 바와 같이 부재각 0.5% (1/200) 가력 이후 강성이 크게 떨어지는 것으로 나타났다. 2.0W-CO-NO 시험체의 경우 회전각 부재각 0.25% (1/400) 가력시 그림 4(c)에서 보는 바와 같이 1.5W-CO-NO 시험체와 유사하게 하부에서 대략 1m 높이에서 사인장 및 슬라이딩 균열이 발생하기 시작하였다. 이후 발생한 균열을 따라 슬라이딩 균열이 지속적으로 늘어나는 양상을 나타내었다. 하중변위 관계에 있어서 그림 5(c)에서 보는 바와 같이 초기 높은 강성을 나타냈으며 부재각 0.375% (1/267) 가력시까지 하중 및 강성이 유지되었다. 이후 부재각 0.5% (1/200) 가력 이후 강성이 급격히 저감되며 내력이 떨어지는 것으로 나타났다.



(a) 1.0W-CO-NO 시험체 (b) 1.5-CO-NO 시험체 (c) 2.0-CO-NO 시험체

그림 4. 각 시험체별 파괴상황



(a) 1.0W-CO-NO 시험체 (b) 1.5-CO-NO 시험체 (c) 2.0-CO-NO 시험체

그림 5. 각 시험체별 하중변위 곡선

3.2 시험체별 전단거동 평가

각 시험체별 실험결과는 다음 표 3과 같다. 표 3에서 보는 바와 같이 FEMA 306⁴⁾에 의한 각 시험체별 예상 전단거동 결과와 실험을 통한 실제 전단거동 결과를 비교해보면 먼저 1.0W-CO-NO 시험체의 경우 Rocking 및 Toe Crushing 전단강도가 낮게 예측하였으며 파괴결과 역시 동일하게 나타났지만 전단응력 결과 값에 대해서는 대략 2배가량의 차이를 나타내고 있다. 1.5W-CO-NO 시험체의 경우 Rocking, Toe Crushing 그리고 Sliding의 전단강도 값이 비슷한 경향을 나타내고 있으며 파괴결과 역시 비슷한 경향을 나타낸 것으로 사료된다. 하지만 전단응력 결과 값에 있어서 Sliding 전단응력으로 비교할 경우 최대 1.5배 가량 과소평가하는 것으로 나타났다. 2.0W-CO-NO 시험체의 경우 Sliding 전단강도 값이 제일 낮은 것으로 나타났으며 파괴결과 역시 Sliding 파괴가 지배한 것으로 나타났다. 하지만 위 2개의 시험체와 마찬가지로 전단응력 값의 예측에 있어서 최대 1.5배 가량 과소평가하는 것으로 나타났다. 따라서 각 전단내력식이 각 변수에 따른 전단거동을 적절히 예측하고 있는 것으로 나타났지만 전단응력의 평가에 있어서는 1.5배~2.0배 가량의 오차가 발생하였으며 향후 각 전단거동에 대한 전단내력식을 국내 실정에 맞게 제시할 필요가 있는 것으로 나타났다.

표 3. 시험체별 실험결과

시험체	예측결과(전단응력, kgf/cm ²)				실험결과(전단응력, kgf/cm ²)		
	TC	R	Vs	DT	정가력	부가력	평균
1.0W-CO-NO	1.22	1.14	1.80	2.99	2.65	1.99	2.32
1.5W-CO-NO	1.84	1.69	1.80	4.44	2.48	1.86	2.17
2.0W-CO-NO	2.44	2.29	1.80	5.99	2.60	2.76	2.68

5. 결론

- 1) 각 시험체 모두 초기 부재각 0.125% (1/800) 가력시 초기균열이 발생하였으며 이후 균열의 진전과 더불어 하중과 강성이 저감되는 것으로 나타났다.
- 2) 형상비(l/h) 1.0 시험체의 경우 Rocking 파괴모드 발생 이후 및 Rocking 및 Toe Crushing 파괴모드가 발생하였으며, 형상비 1.5 시험체의 경우 Diagonal Tension 파괴를 제외한 나머지 3개 파괴모드가 동시에 발생하였다. 형상비 2.0 시험체의 경우 Sliding 파괴모드가 지배적인 것으로 나타났다.
- 3) 각 전단내력식이 각 변수에 따른 전단거동을 적절히 예측하고 있는 것으로 나타났지만 FEMA 306²⁾ 식으로 평가하는 전단응력 값의 경우 1.5배~2.0배 가량의 오차가 발생하였다. 이에 따라 향후 각 전단거동에 대한 전단내력식을 국내 실정에 맞게 제시할 필요가 있는 것으로 나타났다.

참고문헌

1. 권기혁 외, “조적조 건축물에 대한 내진 보강 방안”, 서울특별시, 2001. 6
2. 이원호, 이정환, 오상훈, 양원직, 강대연, “비보강 조적벽체 전단내력 평가에 관한 연구”, 대한건축학회 논문집 21권 10호, 2005. 10
3. FEMA 273, NEHRP Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings, Washington, D.C., October 1997
4. FEMA 306, “Evaluation of Earthquake Damaged Concrete and Masonry Wall Buildings”, Washington, D.C., May 1999
5. G. M. Calvi, G. R. Kingsley, and G. Magenes, “Testing of Masonry Structures for Seismic Assessment”, Earthquake Spectra, Vol. 12, No.1, pp145-162, February 1996