

# 내진보강된 치장조적벽의 파괴특성과 전단강도

## Shear Strength and Failure Mode of Architectural Masonry Walls

진 희 종\*      한 상 환\*\*      박 영 미\*\*\*  
Jin, Hee Yong      Han, Sang Whan      Park, Young Mi

### ABSTRACT

This study investigates the shear behavior of architectural masonry veneer wall reinforced with specific reinforcement details proposed by this study. For this purpose, experimental tests were conducted using one un-reinforced masonry(URM) wall specimen and three reinforced masonry(RM) wall specimens under quasi static cyclic loads. Un-reinforced(plain) masonry wall is expressed that behavior and failure mode are different for aspect ratio(L/H) and axial compressive force. The test variables are wall aspect ratio and presence of reinforcement. These specimens are masonry structure for architectural cladding that is not to exist the axial compressive force. thus the axial compressive force is excepted from test variable. Test result, Behavior of specimens are dominated over rocking mode, but final failure modes are combined with different behaviors. And FEMA273 has proposed the equation of shear strength of masonry pier subjected to in-plane loading. Shear strength equations are classified four types of failure mode that is Rocking, and Toe-Crushing, Bed-Joint-Sliding and Diagonal-Tension. FEMA273 equations predict the behavior modes well, but shear strength is shown in different result.

### 요 약

본 연구는 조적조로 구성된 치장벽체의 전단거동에 관한 연구이다. 치장조적벽체의 내진보강상세를 소개하였으며, 본 연구에서 개발한 내진상세를 적용하여 전단거동을 평가하였다. 실험체는 비보강조적벽(URM) 1개 보강조적벽(RM) 3개로 구성하였으며, 준정적 실험을 수행하였다. 비보강 조적벽은 형상비와 축방향 압축력에 따라 다양한 거동 및 파괴가 일어난다. 그러나 본 연구는 조적구조와는 다른 치장조적조를 대상으로 하였으므로, 전단강도의 주요변수로 작용하는 축방향 압축력은 변수에서 제외 되었다. 실험변수로는 벽체의 보강유무와 형상비로 정하였다. 실험결과 실험체의 거동은 강제회전(Rocking)모드가 지배적으로 나타났으나, 최종파괴는 여러 파괴모드가 복합적으로 나타났다. FEMA273에서는 면내조적벽의 전단강도식을 제시한다. 강도식은 조적벽의 거동모드에 따라 4가지로 분류되며, 그 거동모드는 강제회전(Rocking), 단부압괴(Toe-Crushing), 수평줄눈미끄러짐(Bed-Joint-Sliding), 사인장(Diagonal-Tension)파괴로 나타내고 있다. FEMA 273에 의해 전단강도를 평가한 결과 치장조적벽의 거동모드는 어느정도 예측 할 수 있었지만, 전단강도는 매우 다르게 나타났다.

\* 한양대 대학원 석사과정

\*\* 한양대 건축공학부 교수, 공학박사

\*\*\* 한양대 대학원 박사과정

### 1. 서 론

본 연구는 건축물의 외장재로 널리 사용되고 있는 치장조적조에 관한 연구로서 비보강 조적벽체 (URM) 및 보강 조적벽체 (RM)에 대한 준정적실험을 통해 본 연구에서 제시하고 있는 내진보강 상세를 적용한 치장조적벽의 파괴거동과 FEMA273에서 제시한 조적조의 전단강도를 평가하고자 한다.

### 2. 조적구조의 면내 거동 특성

일반적으로 면내하중을 받는 비보강조적조의 거동은 크게 휨 거동과 전단 거동으로 나눌 수 있으며, 거동특성에 가장 큰 영향을 미치는 변수는 벽체의 형상비와 축방향 압축력이라 할 수 있다. 휨 거동은 세장한 형상비( $L/H \leq 1.0$ , L=벽체길이, H=벽체높이)와 작은 축방향 압축력을 지지하는 벽체에서 지배적이며, 축방향 압축력에 따라 강제회전(Rocking) 거동과 단부 압괴(Toe-Crushing) 거동으로 나눌 수 있다. 그리고 전단 거동은 형상비가 1.5 이상인 경우와 큰 축방향 압축력을 지지하는 벽체에서 지배적이며, 수평줄눈 미끄러짐(Bed Joint Sliding) 파괴와 사인장(Diagonal Tension) 파괴 거동을 유발시킨다. 한편, 강제회전 거동과 수평줄눈 미끄러짐 거동은 횡하중 작용시 심각한 강도의 저하없이 큰 비선형 변형을 보이며 안정적 거동을 하는 반면, 사인장 파괴 거동과 양단부 압괴 거동은 매우 작은 변형을 경험하게 되더라도, 갑작스런 파괴가 일어나게 된다.

작은 축방향 압축력으로 설계되는 조적치장벽체의 경우는 강제회전 거동을 나타낼 것으로 예상된다.

### 3. 실험

비보강 조적치장벽체와 내진보강 철물을 사용하여 시공된 조적치장벽체에 면내하중을 가하는 준정적실험을 수행하였다. 보강된 실험체의 철물 상세는 그림 1와 같고 수직보강 철물 사용에 있어서 기존의 보강방법과 차별된다.

주요 실험변수는 실험체의 형상비와 내진보강 유무로 구성된다. 조적치장벽체는 수직 압축력으로 벽체 자중만을 고려하므로 축방향 압축력은 변수에서 제외하였다.

실험체의 일반사항은 표 1에 정리하여 나타내었고, 그림 2는 실험체의 입면과 보강 실험체의 보강철물 위치를 나타내고 있다. 그림 3는 실험체의 설치상황과 하중이력을 나타낸다. 실험체 상부에 H-200×200×8×12의 가력빔을 에폭시 접착하여 설치하였으며, 실험체의 횡변위는 가력빔의 중앙부에서 측정하였다.

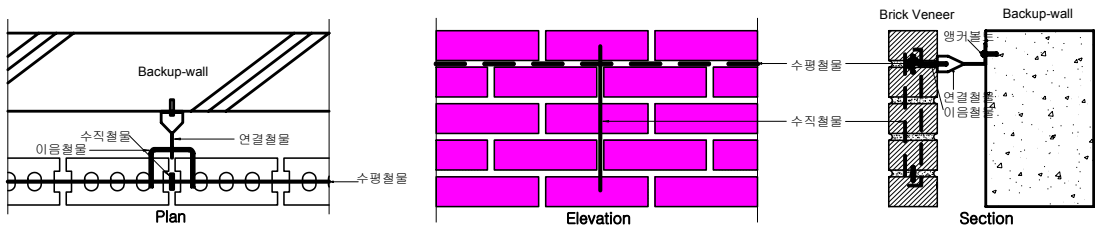


그림 1. 본 연구에서 사용된 내진상세

표1. 실험체 일람

실험체명	보강유무	보강개수(EA)	사용벽돌	크기 (m)	형상비 (L/H)	실험변수	쌓기방법
URM - 1.0	무	-	점토벽돌	2.0 × 2.0	1.0	보강유무	0.5B
RM - 1.0	유	36	D벽돌	2.0 × 2.0	1.0	형상비,보강유무	0.5B
RM - 0.8	유	30	D벽돌	1.6 × 2.0	0.8	형상비	0.5B
RM - 1.2	유	42	D벽돌	2.4 × 2.0	1.2	형상비	0.5B

(URM) - ◇.◇

①

②

① RM : Reinforced Masonry, URM : Unreinforced Masonry

② aspect ratio (L/H)

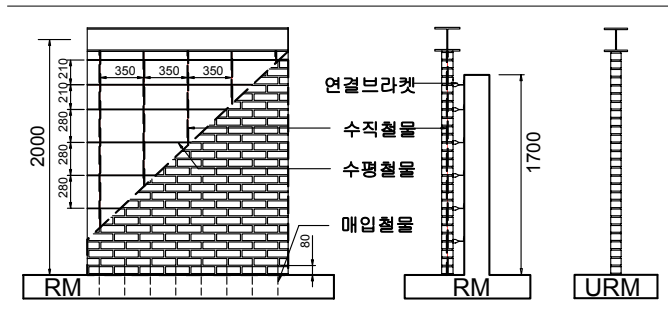


그림2 실험체 입면 및 상세특징

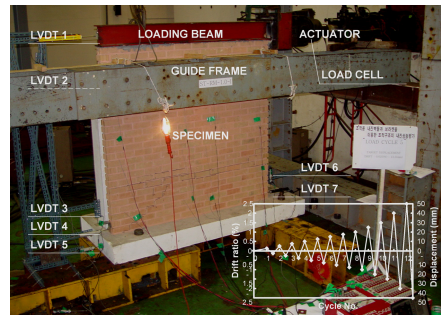


그림3 가력변위이력 및 실험세팅상황

#### 4. 실험결과 및 분석

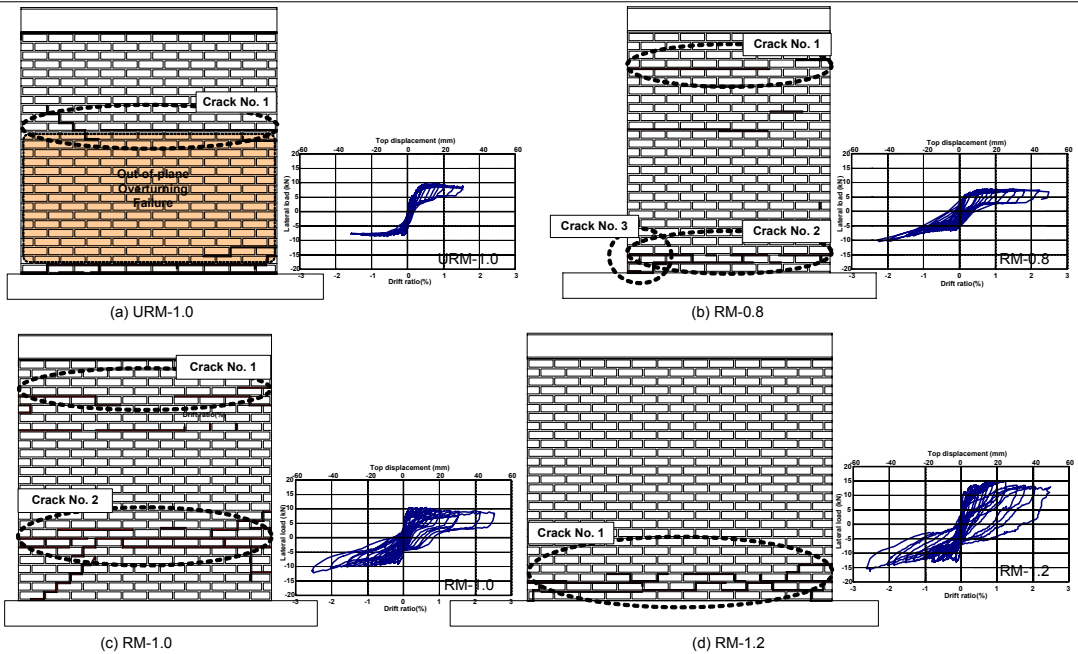


그림4. 균열발생 양상과 최종파괴 상황

표2. 실험결과 정리

실험체 명	최대변위(mm)	예측최대하중(kN)	실제최대하중(kN)	예상파괴모드	실제파괴모드
URM-1.0	+30.8 -30.8	1.8	+9.8 -8.6	Rocking	Rocking+Overturning
RM-0.8	+39.2 -38.4	1.4	+8.0 -9.8	Rocking	Rocking+ToeCrushing
RM-1.0	+50.5 -50.6	1.8	+10.5 -12.1	Rocking	Rocking+B.J.S*
RM-1.2	+55.7 -52.5	1.4	+15.2 -16.3	Rocking	Rocking+B.J.S*

\* Bed-Joint-Sliding

그림 4은 각 실험체의 최종 파괴 및 균열발생 상황을 보여주고 있으며, 각 실험체의 하중-변위 응답곡선을 함께 나타내었다.

실험체들의 균열양상을 평가한 결과 다양한 메커니즘으로 파괴되었다. 모든 실험체는 수평 또는 수직 줄눈에서의 균열이 집중하는 현상이 발생하였다. 모든 실험체의 줄눈 모르타르가 미끄러짐(Bed

Joint Sliding)이 발생하였으며, 전단거동에 영향을 주는 자중이외의 축방향 압축력이 없으므로 사인장 균열은 발생하지 않았다. 보강이 없는 URM 실험체는 초기에 강체회전거동을 보였으며, 하중이 점차 증가하며 몰탈과 접착력이 상실된 부위에서 벽돌개체 탈락현상이 일어났다. 강체상부의 균열[그림 4(a)Crack No.1]이후 갑작스런 면외-전도를 일으키며 파괴되었다. 이에 반해 RM 실험체는 수직, 수평 보강으로 인해 균열이 분산되어 진행되었고, 실험체가 파괴된 후에도 벽체가 전도되지 않았다. 그리고 실험체 하단부를 제외한 부분에서의 벽돌개체 탈락이 일어나지 않았다. 철물 보강된 RM-0.8 실험체는 초기에 강체회전 거동[그림 4(b)Crack No.1,2]을 보인 후 실험체 하부에 단부 압괴[그림 4(b)Crack No.3]가 나타났다. RM-1.0과 RM-1.2 실험체는 초기에 강체회전[그림 4(c)Crack No.1,2], [그림 4(d)Crack No.1]을 보인 후 실험체 하부에 균열이 집중적으로 일어났다.

각 실험체의 하중-변위 관계 역시 2개 이상의 거동모드를 보이고 있다. 철물보강된 RM 실험체들은 초기강체 거동과 함께 각기 다른 거동이 복합적으로 일어났음을 보여준다. RM-1.0 실험체는 동일한 형상비(1.0)를 갖는 URM-1.0 실험체와 최대강도는 거의 동일하나, 최대변위는 RM-1.0 실험체가 비보강 실험체(URM)보다 약 1.5배정도 우수하게 나타났다.

표 2는 각 실험체의 최대변위와 최대강도 및 파괴양상을 정리하였다. FEMA 273에서 제시한 조적 구조의 강도식으로 벽체의 파괴모드는 어느정도 예측할 수 있었으나, 실험체들의 실제강도는 예측하기 어려운 것으로 나타났다.

## 5. 결 론

본 연구에서는 일반 점토벽돌을 사용한 치장벽체와 철물보강된 치장벽체의 실험적 연구를 통하여, 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 조적치장벽체의 거동모드는 강체회전거동(Rocking)이 지배적이며, 초기 강체거동 이후 형상비에 따라서 단부 압괴 (Toe-Crushing) 및 수평줄눈 미끄러짐(Bed-Joint-Sliding) 거동이 복합적으로 일어났다. 그러나 사인장파괴(Diagonal Tension)는 나타나지 않았는데, 이는 자중이외의 축하중이 존재하지 않았기 때문이라고 사료된다.
- (3) URM-1.0 실험체의 경우는 강체회전거동의 특성인 비선형탄성응답을 나타내고 있다. 그러나 RM 실험체들은 형상비가 커질수록 소성변형이 증가하는 경향을 보이며, 최대하중과 최대변위가 증가하였다. 따라서 본 실험에 사용된 보강상세를 적용한 치장벽체는 보강으로 인하여 연성과 에너지소산능력 모두 우수할 것으로 예상된다.
- (4) FEMA 273에서 제시하고 있는 비보강 조적조의 전단강도식으로 축하중이 존재하지 않는 치장조적벽체의 파괴모드는 예측 할 수 있었지만, 전단강도는 큰 오차를 보이고 있었다. 따라서 치장조적조의 전단강도산정에 관한 연구가 필요 할 것으로 판단된다.

## 감사의 글

본 연구는 한국과학재단 특정기초연구(R01-2006-000-10722-0) 지원과 과학기술부 우수연구센터육성사업인 한양대학교 친환경건축 연구센터(R11-2005-056-04000-0)의 지원으로 수행되었음.

### 참고문헌

1. FEMA 273. NHERP Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings. Washington, DC : Federal Emergency Management Agency. October 1997
2. Building code requirements for anchored veneer : ACI 530-05, Reported by Masonry Standard Joint Committee, 2005
3. Guido Magenes and Michele Calvi "In-plane seismic response of brick masonry walls" Earthquake Engng. Struct. Dyn., 26, 1901-1112, 1997