

저층 조적조 건축물의 내진성능 향상에 관한 실험적 연구

최 창 순* · 정 창 용** · 권 기 혁*

(*서울시립대학교 건축공학과, **한림정보산업대학 건축과)

An Experimental Study on The Seismic Capacity Improvement of Low Story Masonry Buildings

Choi, Chang Soon · Chung, ChangYong · Kwon, Ki Hyuk

ABSTRACT

The purpose of this paper is to investigate seismic capacity of reinforced masonry walls subjected to earthquake load, and this research was performed after investigating seismic capacity of unreinforced masonry walls.

The masonry buildings are weak to lateral force. The failure modes of masonry walls under lateral force are principally flexure, shear, sliding, rocking etc.

In this experimental study, total five wall-specimens of three reinforced masonry walls with glass fiber, two reinforced masonry walls with stainless steel wire mesh were tested under cyclic loading. The parameters of this experiment are opening ratio of the masonry walls and reinforcing methods.

On the basis of test results, the seismic capacity of the existing research into unreinforced masonry walls and this research into reinforced masonry walls were compared. It was observed that the reinforced effect was somewhat different according to opening ratio of the masonry walls in low masonry building of two-story.

Key Words : Unreinforced Masonry Wall, Reinforced Masonry Wall, Glass Fiber Sheet, Stainless Steel Wire Mesh

1. 서론

1.1 연구의 목적

저층 조적조 건축물은 우리나라의 주택 부족현상과 더불어 건설시장에서 저자본의 영세건설업자에 의해 비교적 공사비가 적게 들고 시공이 용이한 조적조 공동주택, 일명 연립주택과 조적조 단독 주택이 대규모로 건설되었고, 현재에도 우리나라 저층 주거형태의 많은 부분을 차지하고 있다.

우리나라가 지진영역중 중·약진 지대에 속하므로, 지진발생시 조적조 건축물의 지진피해가 우려되고 주거형식에 많은 부분을 차지하는 조적조 구조물의 피해는 많은 인명피해를 초래할 수 있으며, 조적조 구조물은 저층 주거의 주된 구조형식으로 앞으로도 계속하여 사용될 것으로 판단된다.

바람이나 지진과 같은 횡력에 취약한 구조형식으로 알려진 조적조 건축물은 1970년대 이후 급속도로 건축되기 시작하였는데, 우리나라에 내진규정이 도입된 것은 1988년 이후의 일이며, 이후 건축구조물들의 내진성능은 많은 향상을 이루었으나 현재까지 국내 내진규정에는 이들 조적조 건축물에 대한 내진규정이 마련되지 않은 상황이다.

또한 국내 및 외국에서도 조적조 건축물에 대한 내진성능 평가나 안전성 연구 사례는 아직까지는 충분하지 못하며, 조적구조는 이론적으로 해석하기에도 매우 난해하다.

그러므로, 이 구조형식의 내진성능에 관한 연구는 지속적으로 이루어져야함은 물론이고, 나아가 기존 및 신축 조적조

건축물의 비보강 조적조 형식을 보강 조적조 형식으로 발전 시켜 나아갈 필요가 있다.

따라서, 본 연구는 적절한 실험을 통하여, 조적조 구조물의 지진하중에 대한 구조적 성능평가 및 합리적이고 경제적인 조적조 건축물의 내진보강방안의 기초자료를 제시하고자 한다.

1.2 연구의 방법 및 절차

본 연구는 기존의 비보강 조적벽체 실험연구¹⁾의 후속으로 이루어진 것으로, 보강 조적벽체에 관한 연구이다. 기존의 비보강 조적벽체에 대한 연구에서와 같이, 저층 조적조 구조물의 거동특성을 파악하기 위해 먼저 국내외 조적조 건축물에 대한 내진규정, 내진성능평가, 조적벽체의 파괴메카니즘, 내진보강방식 등에대한 기존연구자료를 조사하였다.

또한, 현재 서울시의 조적조 건축물의 구조적 특징, 종류별 건축연도 및 규모, 분포현황, 표준형식 등에 대한 현황조사를 실시하였으며, 이를 바탕으로 우리나라 조적조 건축물의 평면형태와 벽량 등을 분석하고, 저층 조적조 건축물의 표준형식을 선정하여 개구부의 위치와 크기를 파악하였다.

현재 서울시 조적조 건축물에 대한 현황조사를 실시한 결과 얻어진 표준도면을 바탕으로, 주거용으로 널리 보급되어있는 2층의 조적조 건축물을 연구대상으로 하였다.

¹⁾ 방세용, "반복 하중을 받는 조적벽체의 전단 거동에 관한 실험적 연구" 2001.8. 서울산업대학교 건축공학과 석사학위논문

실험모델의 설정에 있어서는 현황조사 결과를 바탕으로 하여 개구부 비율과 보강방법을 변수로 설정하였으며, 보강방법은 외력에 피해를 전혀 입지 않은 벽체에 대한 보강과 기존연구에서의 실험을 통하여 이미 항복한 벽체에 대한 보강의 두 가지로 하였다.

비보강 조적벽체에 관한 기존연구의 실험결과와 신규의 보강 조적벽체 실험체를 제작하여 실험을 실시한 결과를 통하여 내진성능을 비교·평가하였다.

또한, 기존연구의 비보강 조적벽체 실험결과와 본 연구의 연구대상인 보강 조적벽체 실험결과의 일대일 비교를 위하여, 보강 조적벽체 실험체 계획 및 제작, 그리고 분석방법 등은 기존의 비보강 조적벽체에 관한 연구에서와 동일한 방법으로 실시하였다.

조적벽체의 역학적 거동특성과 파괴양상 그리고 현실적이고 경제적인 내진보강 방안을 고찰하여, 실제벽돌을 1/2로 축소 한 벽돌을 사용하여 실제벽체 크기의 1/2로 축소한 유리섬유 보강 실험체 3개를 제작하였다. 또한, 기존연구시에 이미 실험하여 항복한 비보강 조적벽체 실험체중 2개의 실험체를 스테인레스 스틸 와이어 메쉬로 다시 전면보강하여 2개의 전면보강 실험체를 추가로 제작하였다. 이는 이미 항복에 피해를 입은 벽체에 대한 보강성능을 평가하기 위한 것이다.

이상의 5개의 보강 실험체를 실험계획에 따라 구조실험을 실시하고, 기존연구의 비보강 조적벽체 및 본 연구의 보강 조적벽체의 균열양상, 파괴형태, 최대전단 내력, 강성 등을 비교·평가하였다.

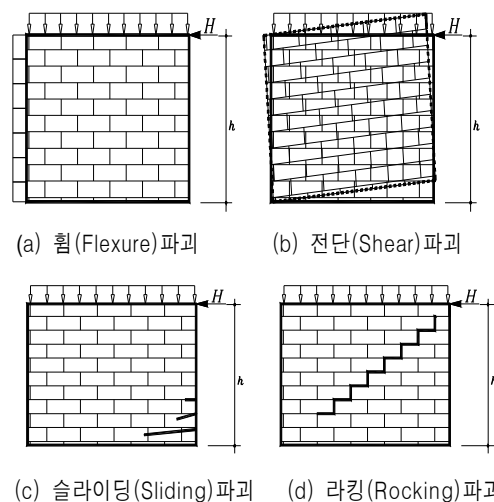
2. 조적벽체의 파괴형상 및 보강방법 고찰

2.1 조적벽체의 파괴형상²⁾

실험에 앞서서 기존연구자료를 이용하여 일반적으로 알려진 조적벽체의 파괴형상에 대해 간략히 살펴보았다.

본 연구에서는 조적벽체의 면내에 작용하는 횡하중에 대한 조적벽체의 면내파괴를 연구대상으로 하며, 이러한 경우에 대한 조적벽체의 주요한 파괴형태는 휨(Flexure)파괴, 전단(Shear)파괴, 슬라이딩(Sliding)파괴, 라킹(Rocking)파괴 등으로 대별될 수 있는데, 이를 <그림 2-1>에 도시하였다.

조적벽체는 이러한 파괴형태중 하나 이상의 파괴형태가 복합적으로 작용하여 파괴에 이르게 된다. 또한 파괴는 주로 슬래브와 조적벽체의 접합부와 조적줄눈을 따라 이루어지게 된다.



<그림 2-1> 조적벽체의 파괴형상

²⁾ 김장훈 외, “비보강 시멘트 벽돌 건물의 내진성능 실험연구”, 2000 춘계한국지진공학회 학술발표회 논문집, pp.298-307

힘과 전단에 의한 파괴는 주로 조적재료와 몰탈의 기계적 성질 및 형상비(Aspect Ratio)에 의하여 지배된다. 조적벽체가 휨이나 전단에 대한 저항력이 충분한 경우에, 조적벽체는 강체와 같이 저항하여 슬라이딩이나 라킹이 발생하게 되는데, 벽체의 형상비 및 작용하는 수직력 등의 영향을 받는다. 슬라이딩은 면내 횡하중에 대하여 몰탈을 사이에 둔 벽돌과 벽돌, 벽돌과 슬래브(또는 기초)사이에서 일어나며, 라킹은 조적벽체가 슬라이딩에 대한 마찰저항이 충분한 경우에 조적벽체와 하부 슬래브(또는 기초)와의 접합부가 파괴되어 일어나는 거동이다.

2.2 조적벽체의 내진 보강방법

건축물의 내진성능을 향상시키기 위해서는, 무엇보다 건물을 정형화시키는 것이 효과적이며, 건물이 비정형이 되었을 경우에는 질량중심과 강성중심의 불일치로 인한 과도한 비틀림 응력이 유발될 수 있으며, 보강공사시에도 경제적 부담이 가중된다.

조적조 건축물에 대한 내진 보강방법으로서 역학적으로 그 효용성이 인정되고, 또한 실제로 사용되어지고있는 사례를 조사·검토하여 정리하면 다음과 같다.

1) 강재 스크류(Screw) 앵커보강

기존 벽체에 스크류된 강재 앵커를 삽입하여 벽체의 전단강도를 증가시킬 수 있으며, 개구부 주변, 벽체 연결부 등에 적용할 수 있다. 내진성능 향상정도가 뛰어나며, 공사비는 다소 비싸다.

2) 앵커 타이(Anchor Tie) 보강

벽체 접합부를 듀벨과 앵커 등을 사용

하여 보강하는 방식으로 구조체 전체의 일체화 및 연성을 증가시킨다. 공사가 간편하여 효과적이나, 내진성능 향상 정도가 낮다.

3) 스틸 타이(Steel Tie) 보강

슬래브 하부에 프리스트레스 강선이나 일반철근을 이용하여 보강하므로써 구조물의 연성을 증가시킨다. 공사비가 저렴하나, 인방보가 없는 경우에는 보강효과가 극히 미미하다.

4) 벽체 전면보강

기존 벽체의 전체 면에 삽입앵커 등으로 새로운 보강콘크리트 벽체를 일체화시켜 시공하여, 강성과 연성을 증가시킨다. 시공기술이 보편화된 전통적 방식이나 자중이 증가하고 공사단가가 비교적 높다.

5) 코어링(Coring) 보강

벽두께가 충분한 구조체에 주로 적용되며, 벽체를 코어링하여 구멍을 낸 후 콘크리트와 철근을 사용하여 보강하므로써 강성과 연성을 증가시킨다. 이 경우 벽체 두께는 30cm이상이 요구된다.

6) 외부 버팀벽 보강

건축물의 외부에 별도의 기초를 갖는 강성이 큰 구조체를 신설하여 건축물의 변형저항능력 및 전단응력을 향상시킨다. 보강효과는 높으나, 여유대지가 있어야 하며 공사비가 비싸다.

7) 철골골조의 설치

기존 건축물의 벽량이 부족하거나 노후정도가 심하여 구조체로서의 역할을 상실하였다고 판단될 경우, 모든 지진하중을 부담할 수 있는 철골골조를 구조체 내부에 신설하는 방법이다. 역학적 분석이 용

이하며, 자중증가로 기초구조에 부담을 준다.

8) 벽체와 슬래브의 연결부위 보강

벽체의 슬라이딩 파괴를 제어하고 슬래브와 벽체의 일체성을 높여 건축물 전체의 연성을 증가시키는 방법이다. 공사는 간편하나, 개체의 강도가 높아야 하며 보강효율은 그다지 높지 못하다.

9) 섬유보강재 보강

기존 벽체에 섬유계 보강재를 부착하여 벽체의 전단강성을 향상시키는 기법으로 최근에 적용되기 시작했으며, 개구부 보강, 연결부위 및 벽체·슬래브 일체성 강화에 적용될 수 있는 방법이다. 공사가 쉽고 벽체 강성 증가에 효과적이긴 하나, 화재에 취약하다.

물론, 내진 보강방법에는 위에서 설명한 방법 이외에도 많은 방법이 있을 수 있으나, 본 연구에서는 위에서 열거한 보강 방법들 중 비교적 효과적이며 경제적인 섬유보강재 보강방법과, 지진피해를 입은 벽체에 적용하기에 보편적이며 합리적이라 판단되는 벽체 전면보강 방법을 채택하였다.

3. 실험

3.1 실험체 계획 및 제작

비보강 조적벽체에 관한 기존연구의 실험결과와 본 연구의 연구대상인 보강 조적벽체 실험결과의 일대일 비교를 위하여 보강 조적벽체 실험체의 계획 및 제작은 기존연구의 실험에서와 동일한 방법으로 실시하였다. 그리고 현재 서울시 조적조 건축물에 대한 현황조사를 실시한 결과 얻어진 표준도면을 바탕으로, 주거용으로

널리 보급되어있는 2층의 조적조 건축물을 연구대상으로 하였다.

실험체는 개구부 비율과 보강방법을 변수로 설정하였으며, 보강방법은 앞의 2장에서 의 보강방법들 중 비교적 효과적이며 경제적인 섬유보강재 보강방법과, 지진피해를 입은 벽체에 적용하기에 보편적이며 합리적이라 판단되는 벽체 전면보강 방법을 채택하였다.

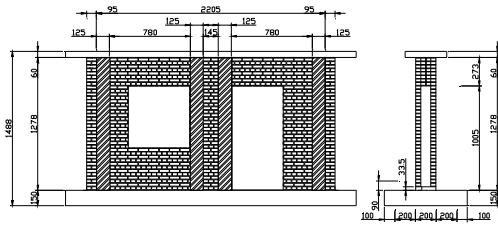
실험체 개요는 <표 3-1>에 나타내었다.

<표 3-1> 실험체 개요

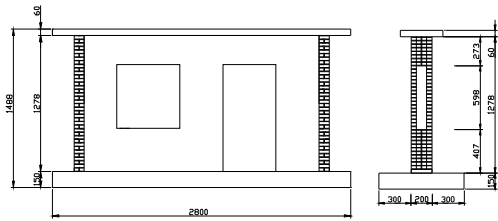
실험체	벽두께	개구부비율 (%)	크기	보강여부
RS1	1.0B	0	실물 의 1/2	유리섬유 보강
RS2		12		
RS3		30		
FS1		0		전면보강
FS3		30		

실험체 제작은 유리섬유 보강 실험체 3개, 이미 실험하여 항복한 2개의 비보강 실험체를 스테인레스 스틸 와이어 메쉬로 다시 전면보강하여 전면보강 실험체 2개의 전체 5개의 실험체를 제작하였다. 실험체의 형태는 각각 개구부가 없는 벽체, 창문이 있는 벽체(개구부 비율 12%), 창문과 출입문이 있는 벽체(개구부 비율 30%)의 세가지 형태로 하였으며, 벽체의 변장비는 2로 하였고, 벽체 상·하부에는 철근콘크리트 슬래브를 설치하였다.

실험체들중 대표적인 실험체인 RS3 실험체와 FS3실험체의 도면을 <그림 3-1> ~ <그림 3-2>에 각각 나타내었다.



〈그림 3-1〉 RS3 실험체



〈그림 3-2〉 FS3 실험체

실험체들은 실험실 상황을 고려하여 벽체 크기, 개구부 크기를 실물의 1/2로 축소하여 제작하였으며, 벽체의 두께는 모두 1.0B로 하였다. FS1실험체와 FS3실험체는 비보강 조적벽체 실험체를 실험한 후 항복한 벽체를 스테인레스 스틸 와이어 메쉬로 다시 전면보강하여 제작했다.

사용된 벽돌의 크기 또한 KS F 4004에서 규정하는 B형 벽돌(190×90×57)을 1/2로 축소 제작한 시멘트 벽돌(95×45×28.5)을 사용하였다.

축소벽돌 제작시 골재는 원형벽돌에 사용되는 골재를 골재크기의 축소 없이 그대로 사용하였으며, 실험에 적용된 몰탈의 배합비는 시멘트:모래 = 1:2.5~3.0정도로 하였다. 이와 같은 경우 원형벽돌에 비하여 축소벽돌에서 강도가 다소 크다.

모든 조적벽체 실험체는 조적공에 의해 제작되었으며, 몰탈의 배합비와 쌓기방식 등은 통상적으로 현장에서 행하여지는 방식을 따랐다. 모든 벽체의 양단부에는 교차되는 벽체를 시공하였고, 개구부에는 창문틀을 설치하였다.

↓28의 구멍을 20cm간격으로 시공하였다. 벽체와 철근콘크리트 슬래브사이의 접합면에는 슬라이딩을 방지하여 횡하중을 조적벽체에 충분히 전달하기 위해, 시멘트 몰탈에 드라이코트(Dry Coat)를 혼합해 조적줄눈을 시공하여 접합력을 증진시켰다.

유리섬유 보강 실험체(RS1, RS2)는 벽체의 한쪽 면에 폭10cm정도의 유리섬유(1겹)로, 응력집중이 예상되는 벽체의 양단부와 개구부 주변을 수직방향으로 보강하였다. 유리섬유는 조적벽체 표면을 바탕처리한 후 프라이머와 접착제를 도포하고, 현장에서 유리섬유와 에폭시를 기계적으로 함침하여 복합재로서 보강부위에 부착하였다.

전면보강 실험체(FS1, FS3)는 기존의 비보강 조적벽체 실험체의 실험을 종료한 뒤 이미 항복한 비보강 실험체의 균열부위를 에폭시로 보강하고, 벽체의 한쪽 면을 밀크몰탈과 침투성 폴리머몰탈로 면처리후, 벽체 한쪽 면의 전면에서 스테인레스 스틸 와이어 메쉬를 설치하고, 밀크몰탈을 도포후 침투성 폴리머몰탈을 사용하여 두께 20mm로 마감하였다.

유리섬유나 스테인레스 스틸 와이어 메쉬를 이용한 벽체보강시 벽체의 양면을 보강하지 않고 한쪽 면만을 보강한 것은 실제 사용되는 건물에 있어서 일반적으로 한쪽 면만을 보강하기 때문이다.

실험체에서 사용한 유리섬유는 유리섬유와 에폭시를 기계적으로 함침시켜 현장 제작한 TYFO SEH51 복합재(에폭시+유리섬유)이며, 또한 스테인레스 스틸 와이어 메쉬는 2.4↓(RC-A0301)를 사용하였는데, 이 공법은 조적조 및 콘크리트 구

조물 등에 사용할 수 있는 보수·보강공법 (건설교통부 지정 신기술 제222호)이다.

보강재료들의 물성치를 각각 <표 3-3> ~<표 3-4>에 나타냈다.

<표 3-3> TYFO SEH51 복합재의 기본물성치

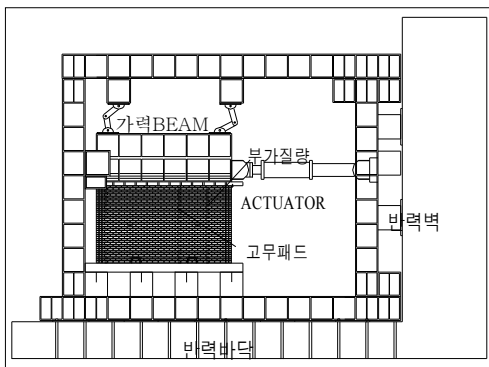
TYFO SEH51 복합재(에폭시+유리섬유)	
설계파단인장강도	5000 kg/cm ²
인장탄성계수	252000 kg/cm ²
파단변형률	2.0~3.0 %
두께	1.3 mm

<표 3-4> 스테인레스 스틸 와이어 메쉬 물성치
(2.4↓, RC-A0301)

직경	2.2 mm
공칭 단면적	2.933 mm ²
파단강도	500 kg
인장응력도	17047.4 kg/cm ²
탄성계수	1200000 kg/cm ²

3.2 실험체 설치 및 가력

보강 조적벽체 실험을 실시하기 위하여 비보강 조적벽체에 관한 기존연구에서와 동일한 방법으로 실험용 구조프레임을 설치 및 가력하였으며, 실험체 설치도면을 <그림 3-3>에 나타내었다.



<그림 3-3> 실험체 설치도면

실험체 하단부의 슬래브에는 ↓27의 원형강관을 삽입하고 볼트를 사용하여 실험체와 구조프레임 및 가력빔을 체결하였다.

또한 실험체 상하 양단부의 슬래브에는, 슬라이딩을 방지하여 횡하중을 조적벽체에 충분히 전달하기 위한 앵글을 설치하였다.

수직 및 수평하중은 모든 실험체에 동일하게 적용되었다.

수직하중은 표준도면에서, 조적조 2층 주택의 1층 외벽을 기준으로 고정하중을 산정하여 1.4tf를 가력하였으며, 실험체 상부에 설치된 가력빔의 자중(500kg/1개)과 부가질량(10kg/1개)으로 가력하중을 확보하여 가력하였다. 가력빔 상부에는 가력빔의 면외방향 전도방지용 힌지를 2개소 설치하였으며, 실험체 상부슬래브 단부에도 실험체의 면외방향 전도방지를 위해, 면내방향으로는 구속력이 없도록 롤러(Roller)를 이용하여 레터럴 프레임(Lateral Frame)을 설치하였다.

수평하중은 변위제어로 반복가력하였으며, 가력빔과 같은 높이에 액추에이터(Actuator)를 설치하여 가력하였다. 각 싸이클(Cycle)별 가력변위는 <표 3-5>에 나타내었다. 가력속도는 5싸이클까지는 0.05mm/s로 서서히 가력하고, 6싸이클부터는 속도를 조금씩 증가시켰다.

<표 3-5> 싸이클별 가력변위

싸이클	1	2	3	4	5	6
변위증분(%)	0.125	0.25	0.375	0.5	0.625	0.75
횡변위(mm)	1.92	3.84	5.77	7.69	9.61	11.54
싸이클	7	8	9	10	11	12
변위증분(%)	0.875	1	1.125	1.25	1.375	1.5
횡변위(mm)	13.46	15.38	17.3	19.23	21.15	23.07

실험으로부터 각부 변위를 취득하기 위하여 전체 8개의 변위계를 설치하여, 2초마다 데이터를 취득하였다. 또한 각 실험체들의 변위계 설치위치는 동일하다.

4. 실험결과 및 분석

4.1 실험체의 균열형상

본 연구에서의 보강 실험체의 균열양상은 <그림 4-1>~<그림 4-5>와 같다.



<그림 4-1> RS1 실험체



<그림 4-2> RS2 실험체



<그림 4-3> RS3 실험체



<그림 4-4> FS1 실험체



<그림 4-5> FS3 실험체

기존연구 및 본연구의 실험결과자료를 바탕으로 비보강 조적벽체 실험체의 파괴양상과 보강 조적벽체 실험체의 파괴양상을 비교해보면 다음과 같다.

보강여부에 관계없이, 개구부가 없는 실험체들은 벽체내부에는 거의 균열이 발생하지 않고 벽체와 슬래브 접합면에서 균열이 발생하고 진전되어, 결국 균열부위에서의 슬라이딩과 벽체전체가 회전하게 되는 라킹거동에 의한 파괴양상을 보였다.

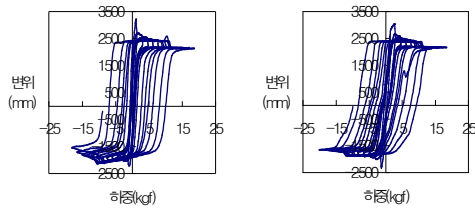
개구부가 있는 실험체들은 응력이 집중하는 개구부주위에서 경사방향으로 균열이 진전되어 전단파괴 되었다. 개구부 주위를 유리섬유로 보강한 실험체들은 보강하지 않은 실험체보다 유리섬유의 영향으로 균열의 진전이 느리고 다소 억제되었으며, 벽체를 전면보강한 실험체에서는 보강전 파괴양상과 반드시 일치하지는 않았으나, 개구부 주위로부터 균열이 발생하는 일반적인 경향을 따랐다. 또한 벽체내부에 경사방향 균열이 발생한 경우에도, 벽돌자체의 파괴는 발생하지 않고, 벽체와 슬래브 접합면 및 몰탈줄눈을 따라 균열이 발생하였다.

이상과 같은 균열양상의 관찰로부터 조적벽체의 파괴형태는 휨파괴, 전단파괴, 슬라이딩 파괴, 라킹파괴 등이 복합적으로 영향을 미치고 있음을 확인하였고, 개구부 유무에 따라 균열의 양상이 매우 다르며, 개구부 비율이 적을수록 슬라이딩과 라킹에 의한 거동이 지배적이며, 개구부 비율이 클수록 전단파괴가 지배적임을 알 수 있었다. 또한 벽체보강을 통하여 보강하지 않은 경우보다 균열의 진전은 제어할 수 있음을 확인하였다.

4.2 하중-변위 관계분석

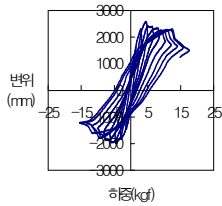
보강 조적벽체에 관한 하중-변위 이력곡선을 <그림 4-6>~<그림 4-10>에 나

타내었다. (부호 : PUSH(+), PULL(-))

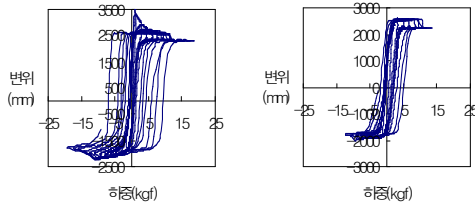


<그림 4-6> RS1 실험체

<그림 4-7> RS2 실험체



<그림 4-8> RS3 실험체

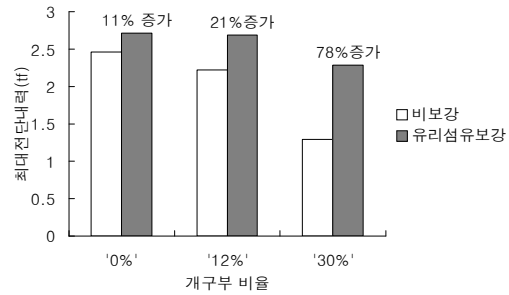


<그림 4-9> FS1 실험체

<그림 4-10> FS3 실험체

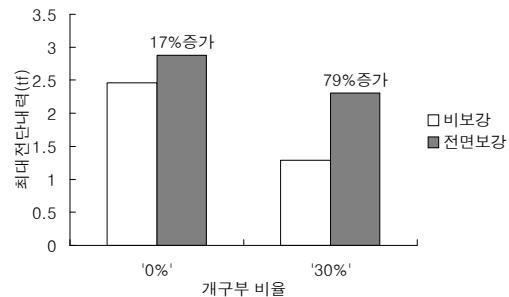
비보강 및 보강 조적벽체에 관한 실험 결과를 비교·분석하기 위하여 비보강 조적벽체에 관한 기존연구 및 본 연구인 보강 조적벽체의 실험에서 취득한 하중-변위 관계로부터 각 실험체의 실험결과를 비교해 보았다.

유리섬유 보강 조적벽체인 경우, 비보강 조적벽체에 비해 최대전단내력이 다소 증가하였으며, 개구부 비율이 클수록 최대전단내력의 증가폭이 커졌는데, 특히 개구부가 30%인 벽체에서는 비보강 벽체에 비하여 최대전단내력이 1.8배 가량 증가하여, 가장 큰 보강효과를 보였다. 비보강에 대한 유리섬유 보강시의 최대전단내력 증가율을 <그림 4-11>에 나타내었다.



<그림 4-11> 유리섬유보강 최대전단내력 증가율

기존연구시 실험을 통하여 이미 항복한 비보강 벽체를 전면보강한 조적벽체의 최대전단내력은 처음의 파괴이전의 상태를 충분히 회복하였으며, 오히려 최대전단내력이 항복이전보다 다소 증가하는 양상을 보였는데, 이는 개구부가 있는 벽체에서 더욱 더 그러하였다. 비보강에 대한 전면보강시의 최대전단내력 증가율을 <그림 4-12>에 나타내었다.



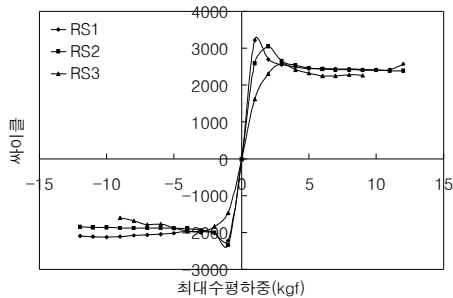
<그림 4-12> 전면보강 최대전단내력

비보강 조적벽체에 대한 보강 조적벽체의 거동을 비교·분석하기 위하여 비보강 조적벽체에 대하여 기존연구시에 분석하였던 방식과 유사한 방법으로, 보강 조적벽체 실험체들의 사이클별 최대수평하중의 증감을 파악하였다.

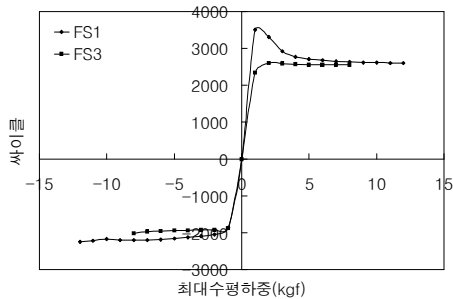
각 실험체들의 사이클별 최대수평하중은, 비보강에관한 기존연구에서와 같이 보강시에도 대부분의 실험체가 가력초기의 3사이클 이내에 최대수평내력에 도달하여 항복하고, 이후 변위가 증가하여도 수평내력의 증감이 거의 없이 일정한 선

도를 보여주고 있다.

이와 같은 양상은 보강 조적벽체 실험체의 파괴형상이 수평하중의 작용으로 벽돌과 몰탈간의 접촉력의 상실로 인한 슬라이딩과 라킹거동에 의해 지배되기 때문인 것으로 사료되며, 또한 비보강 조적벽체에서도 그러하였다. 보강 조적벽체 실험체들의 사이클별 최대수평하중을 <그림 4-13>~<그림 4-14>에 나타내었다. (부호 : PUSH(+), PULL(-))



<그림 4-13> 사이클별 최대수평하중
(유리섬유 보강)



<그림 4-14> 사이클별 최대수평하중
(전면보강)

4.3 강성평가

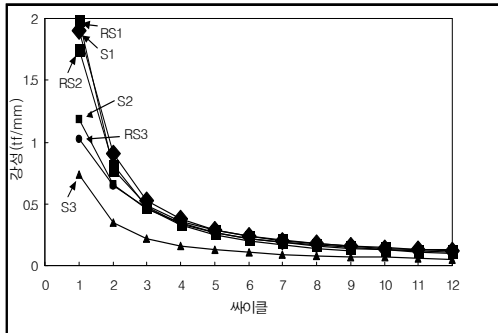
본 연구에서는 기존의 비보강 조적벽체에 관한 연구에서와 같이 하중-변위 관계를 바탕으로 실험체들의 강성(stiffness)을 산정하여 비보강 및 보강 조적벽체에 대하여 비교·평가해 보았다.

유리섬유 보강 조적벽체의 경우에는 비보강 조적벽체에 비하여 강성이 다소 증가하였으며, 개구부가 있는 실험체가 개

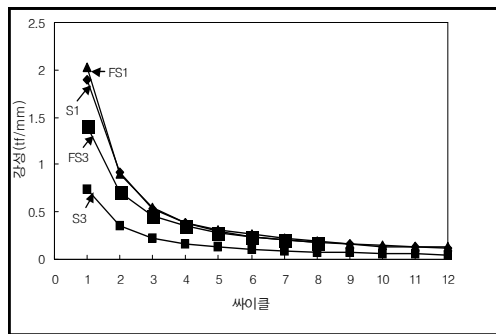
구부가 없는 경우에 비하여 강성의 증가 폭이 커지는 경향을 보였다. 비보강에 비하여 유리섬유 보강 조적벽체에서, 초기 1사이클에서 강성 증가율은 개구부가 없는 경우 5%, 개구부가 12%인 경우 48%, 그리고 개구부가 30%인 경우는 38%증가하였다.

또한, 이미 실험을 실시하여 항복한 비보강 벽체를 스테인레스 스틸 와이어 메쉬로 벽체를 전면보강하여, 재 실험한 실험체의 강성은 항복이전의 상태로 충분히 회복하였으며, 오히려 항복이전의 비보강 실험체 보다 다소 높은 강성을 보였다. 이러한 현상은 개구부가 있는 벽체에서 더욱 그러하였다. 비보강시에 대한 전면보강시의 초기 1사이클에서 강성 증가율은 개구부가 없는 경우 5%, 그리고 개구부가 30%인 경우 91% 증가 하였다.

비보강 조적벽체에 관한 기존연구에서 실험체들의 강성변화의 추이를 살펴보면, 대부분의 실험체들이 2사이클에서 실험체의 강성이 초기의 1/2가량으로 급격히 저하되었고, 이후 완만한 강성의 감소를 보여, 취성재료로 구성된 전형적인 조적구조의 특성을 보여주었다. 이와 같은 거동은 비보강에서 뿐만 아니라 본 연구에서의 보강 조적벽체에서도 유사한 양상을 보였다. 기존연구에서의 비보강 실험체와 유리섬유 보강 실험체 및 전면보강 실험체들의 사이클별 강성변화를 비교하여 <그림 4-17>~<그림 4-18>에 나타내었다. (S1, S2, S3는 보강 실험체에 대응하는 비보강 실험체를 나타냄)



〈그림 4-24〉 비보강 및 유리섬유 보강 실험체의 사이클별 강성비교



〈그림 4-25〉 비보강 및 전면보강 실험체의 사이클별 강성비교

5. 결 론

본 연구에서는 개구부 비율 및 보강방법 등을 변수로 한 5개의 보강 실험체들의 실험결과로부터, 기존연구의 비보강 조적벽체 및 본 연구의 보강 조적벽체의 균열형상, 파괴형태, 최대전단내력, 강성 등을 비교·평가하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1) 비보강 조적벽체에 대하여 유리섬유 보강시 최대전단내력 및 강성은 현저히 증가하였다.

2) 항복한 비보강 벽체를 스테인레스 스틸 와이어 메쉬로 전면보강시 최대전단내력 및 강성은 항복이전의 상태로 충분히 회복할 수 있고, 오히려 항복이전 보다 다소 증가한다.

3) 조적벽체 보강시 개구부가 없는 벽체보다 개구부가 있는 벽체의 최대전단내력 및 강성의 증가율이 더 크게 나타나, 개구부가 있는 벽체가 없는 벽체 보다 보강효과가 더욱 더 컸다.

본 연구에서는 2층의 조적조 건축물을 대상으로 하였으나, 향후 수직하중을 달리하는 2층이상의 조적조 건축물에 대한 연구가 요구되며, 또한 보강방법을 달리하여 보다 경제적이고 합리적인 조적벽체 보강방법에 대한 연구가 지속적으로 이루어져야 할 것으로 사료된다.

<참 고 문 헌>

1. 방세용, "반복 하중을 받는 조적벽체의 전단 거동에 관한 실험적 연구" 2001.8. 서울산업대학교 건축공학과 석사학위논문
2. 김장훈, "비보강 시멘트벽돌 건물의 내진성능 실험연구", 2000 춘계한국지진공학회 학술발표회 논문집 pp.298-307
3. 김희철, "지진하중을 고려한 비보강 조적조의 재료특성 평가에 관한 실험연구", 2001 한국지진공학회 논문집 제5권 제2호, pp.93-101
4. Felix. Y. Yokel, "Failure Hypothesis for Masonry Walls", 1976, ASCE Vol.102, No. ST3, pp.61-67