

조적조 건물의 연결철물보강에 따른 내력 및 연성에 관한 실험적 연구

An Experimental Study on Strength and Ductility of Masonry Buildings Retrofitted by Metal Connectors

박 병 태¹⁾ 권 기 혁^{2)*}
Byung-Tae Park Ki-Hyuk Kwon

Abstract

Building using masonry accounts for most of the smaller houses in Korea but due to brittle behavior and low ductility the frequency of usage has decreased in recent years. Despite this, this form of building has been gaining attention overseas for its low cost in construction and environment-friendliness of the materials. As such, many studies are being conducted to resolve the disadvantages in structure. This study produced an specimen for masonry-filled wall and the intersection to confirm the difference in structural movement depends on the existence or lack of expansion joint and verified the reinforcement effect from inserting a connecting steel item (steel plate, stainless steel twist bar). The experiment results show that the specimen with a steel plate inserted saw an increase in durability and an improvement in the strength of the specimens, while the specimen that had stainless steel twists bar inserted saw an increase in ductility that did not cause brittle failure, indicating that the reinforcement effects of inserting a connecting steel item are effective.

Keywords : Masonry, Brittle behavior, Ductility, Steel plate, Stainless steel twist bar

1. 서 론

조적조 건축물은 주변에서 쉽게 재료를 구할 수 있기 때문에 역사적으로 오래전부터 사용되어 왔으며, 국내에서는 1970년대 이후 산업화가 시작되면서 주택건물로 대규모 건설되었다. 그러나 조적조 건축물은 중력에 대해서는 충분한 강성을 보유했으나, 지진과 같은 횡력에 대해서는 고려하지 않았기 때문에 그 취약성은 국내뿐 아니라 국외에서도 중요한 사회 문제로 대두되고 있다. 이러한 이유로 조적조 건물의 건립이 국내·외적으로 줄어들고 있으나, 현재에도 재료의 경제성, 친환경성 때문에 소규모 건축물에는 여전히 시공되고 있다. 조적조 건축물에 대한 국내 연구는 외부보강법에 대한 연구(Kwon et al., 2004; Lee et al., 2014)가 주를 이루고 있으나 영국, 호주를 중심으로 한 국외에서는 조적벽체의 구조적 성능 향상을 위한 보강공법의 연구와 더불어 신축줄눈을 설치

하여 연결철물 활용한 구조적 거동 제어에 대해서도 활발하게 연구되고 있다. 조적조에 설치되는 신축줄눈은 벽돌의 팽창, 수축에 따른 구조물의 거동을 제어하기 위해 설치되며, 신축줄눈 설치시에는 횡력에 저항하고자 연결철물을 설치할 것을 국내·외 시방에서는 권장하고 있다 (AIK, 2006; AIK, 2009; Ken, 2000). 연결철물의 유형은 작용하는 하중 및 철물의 제원에 따라 다양하며, 일반적으로 재료는 철, 스테인리스, 플라스틱을 사용하고, 형태는 철선, 판형으로 제작한다. 연결철물 설치의 벽체의 구조성능에 현저한 영향을 주지만, 이에 대한 구체적인 연구는 전무한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 시공단계에서 조적조 건축물의 거동을 제어하기 위해 시공된 신축줄눈에 간편하고 효율적으로 시공이 가능한 철 재료의 판형 연결철물과 스테인레스 재료의 선형 연결철물을 사용하여 조적조 구조물의 거동변화를 확인에 대한 초기 연구로써 이 재료로 시공된 조적벽체

1) 정회원, 서울시립대학교 건축공학과 박사과정
2) 정회원, 서울시립대학교 건축공학과 교수, 교신저자

* Corresponding author : khkwan@uos.ac.kr

• 본 논문에 대한 토의를 2015년 6월 30일까지 학회로 보내주시면 2015년 7월호에 토론결과를 게재하겠습니다.

및 조적교차부의 부분실험체를 제작하여 수직가력과 반복가력을 통해 연결철물의 효율적 시공을 위한 기초자료를 제시하는 것을 목적으로 수행하였다.

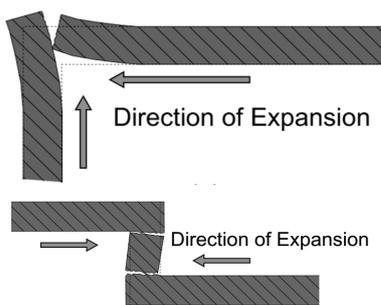
2. 연결철물의 공법개요

조적벽체의 줄눈은 벽돌상호간 접합의 역할을 하며, 내력벽에 사용하여 하중을 균등하게 분포시키는 막힌줄눈과 비내력벽에 설치하여 자중에 대해서만 견디는 통줄눈으로 구분된다. 여기서 Fig. 1(a)와 같이 조적벽체는 건축물의 온도 변화에 따른 팽창, 진동 및 지진시 움직임으로 인해 균열이 발생하고 (BIA, 2006), 이에 대한 대비책으로 통줄눈으로 시공된 신축줄눈이 Fig. 1(b)처럼 10~12mm의 폭으로 시공되어 개구부의 가장자리, 건물의 모서리에 설치된다. 신축줄눈이 시공된 벽체는 바닥단부만 구속되어 있으므로 Fig. 1(c)처럼 연결철물을 설치하여 벽체의 거동을 흡수하고, 횡력으로 인한 벽체의 전도를 방지하기 위해 본 연구에서 사용된 관형 및 선형의 연결철물을 일정한 높이마다 삽입한다.

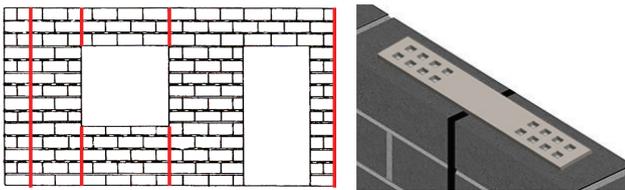
3. 실험의 개요

3.1 실험체 계획

본 연구에서는 연결철물 삽입에 따른 조적벽체의 내력 및 연성, 에너지소산의 변화를 확인하기 위해 조적벽체 및 교차



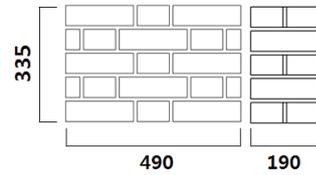
(a) Movement at Joints Without Expansion Joints



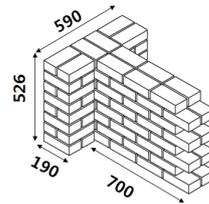
(b) Location of expansion Joint (c) Metal connector

Fig. 1 Expansion Joint & Masonry Anchor

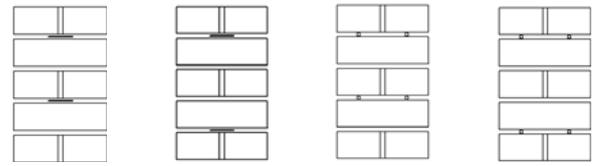
부 실험체를 모사하여 제작하였다. 각 실험체의 크기는 Fig. 2(a), (b)와 같이 벽체실험체는 ASTM C1314의 조적조 프리즘 실험체를 기준으로 소성벽돌을 5단 (490×325mm)으로 제작하였으며, 교차부 실험체는 줄눈에 삽입되는 연결철물의



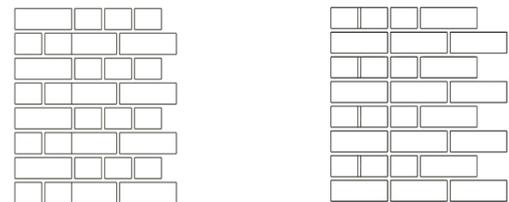
(a) Specimen shape of masonry wall



(b) Specimen shape of masonry joint

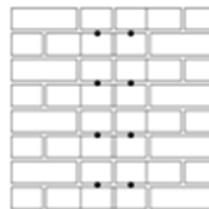


(c) WEJP-1 (d) WEJP-2 (e) WEJT-1 (f) WEJT-2

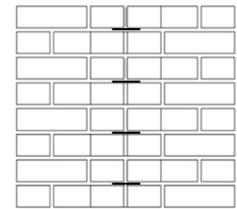


(g) MBJ

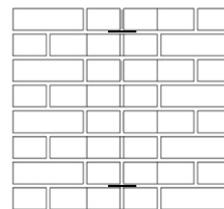
(h) MEJ



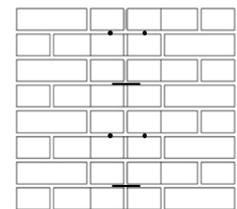
(i) MBJT-1 and MEJT-1



(j) MBJP-2 and MEJP-2



(k) MBJP-4



(l) MEJTP-3

Fig. 2 Masonry specimens

Table 1 Description of the specimens

| Specimens | Reinforcement twist bar (Number) | Reinforcement plate (Number) | Reinforcement interval (each layer) |
|-----------|----------------------------------|------------------------------|-------------------------------------|
| WBJ | - | - | - |
| WEJ | - | - | - |
| WEJP-2 | - | 4 | 2 |
| WEJP-3 | - | 4 | 3 |
| WEJT-2 | 4 | - | 2 |
| WEJT-3 | 4 | - | 3 |
| MBJ | - | - | - |
| MEJ | - | - | - |
| MBJT-2 | 8 | - | 2 |
| MBJP-2 | - | 4 | 2 |
| MBJP-3 | - | 3 | 3 |
| MBJP-6 | - | 2 | 6 |
| MEJT-2 | 8 | - | 2 |
| MEJP-2 | - | 4 | 2 |
| MEJTP-2 | 4 | 2 | 2 |

WBJ : Wall breaking joint, WEJ : Wall expansion joint,
 MBJ : Masonry breaking joint, MEJ : Masonry expansion joint,
 T: Twist bar, P : Plate, Number : Reinforcement interval

보강량을 고려하여 8단 (590×526mm)을 쌓아 제작하였다. 모든 실험체의 두께는 조적조에서 가장 많이 사용하고 있는 1.0B로 동일하게 제작하였으며, 실험체의 변수 및 일람은 Table 1에 나타내었다. WBJ실험체는 막힌줄눈으로 시공된 일반적인 벽체이며, WEJ실험체는 신축줄눈이 시공된 벽체의 부분 실험체이다. 벽체에 시공된 연결철물은 2단 또는 3단마다 설치하였으며, 단면적이 넓은 판형 연결철물은 Fig. 2(c), (d)와 같이 각 단마다 1개씩 설치하고, 단면적이 작은 선형 연결철물은 Fig. 2(e), (f)와 같이 각 단마다 2개씩 설치하였다. 교차부실험체로 제작된 MBJ실험체는 2단마다 반토막씩 물려 쌓기로 시공되었으며, MEJ실험체는 신축줄눈이 시공되었다. MEJT-2와 MEJP-2는 각각 선형과 판형 연결철물을 2단마다 삽입하였으며, MEJTP-2실험체는 2단마다 선형 및 판형 연결철물을 교대로 시공하였다. 선형과 판형 연결철물의 재료는 각각 철과 스테인레스로 제작하였으며, 줄눈과의 부착성을 향상을 위해 판형 연결철물은 단부에 8개의 구멍을 가공하였고, 선형 연결철물은 트위스트 형태로 제작하였다. 실험체는 최대한 일정한 시공품질을 위해 조적숙련공이 제작하였다.

3.2 사용재료

본 연구에서는 KS F 4004d에서 규정한 A형 벽돌 (190×90×57mm)을 사용하였으며, 벽돌의 강도 및 조적벽체의 압

Table 2 Masonry properties

| Section | Number | Compressive strength | Curing method |
|---------|--------|----------------------|------------------------------------|
| Brick | 8 | 56.4MPa | Specimens with the same conditions |
| Prism | 4 | 18.7MPa | |

Table 3 Mortar properties

| Section | Number | Compressive strength | Curing method |
|---------------|--------|----------------------|------------------------------------|
| Masonry joint | 9 | 11.1MPa | Specimens with the same conditions |

Table 4 Results of the reinforcement

| Section | length | Diameter (width) | Section area | Tensile strength |
|-----------|--------|------------------|----------------------|---------------------|
| Twist bar | 400mm | 7.5~8.5mm | 89.37mm ² | 9.65MPa |
| Plate | 300mm | 50mm | 100mm ² | 340.3MPa (130.3MPa) |

축강도 측정을 위해 ASTM C1314에 따른 프리즘 압축강도를 측정하였다. 프리즘 압축강도를 위한 실험체는 총 4개 제작하였으며, 28일 강도를 측정하였다. 측정결과 소성벽돌의 강도는 56.4MPa, 조적벽체의 프리즘 압축강도는 18.7MPa를 보였으며, Table 2에 그 결과를 나타내었다.

줄눈모르타르는 모래:시멘트=3:1비율의 레미탈을 사용, 물-시멘트비는 62% 수준으로 플로어테스트시 20±1cm 내외가 되도록 배합하였다. 50×50×50mm의 공시체를 9개 제작하여 28일 압축강도를 측정하였다. 재료실험 결과는 Table 3에 정리하였다.

시험에 사용된 연결철물은 스테인리스 트위스트 바와 SS400 강재로 제작된 스틸 플레이트이다. 트위스트바는 원형을 중심으로 삼각단면을 갖는 스테인리스 스틸을 일정비율로 꼬아 만든 형태로 녹에 대한 2차피해를 방지할 수 있으며, 스틸 플레이트는 강판에 줄눈과 부착성을 향상시키고자 구멍으로 가공하였다. 연결철물은 줄눈에 삽입되어 외력에 의한 조적개체의 균열방지하며 하중을 분산시키는 역할을 한다. 보강재의 형상 및 인장실험결과는 Table 4와 Fig. 3과 같으며, 판형연결철물의 경우 구멍없는 부분 (a)과 구멍있는 부분 (b)의 강도로 나타내었다.

3.3 실험방법

본 연구에서는 조적벽체 실험체 (WBJ-WEJT-3실험체)는 Fig. 4(a)와 같이 연결철물 주변 벽돌에 하중이 집중되도록 단순 지지로 하였으며, 신축줄눈을 중심으로 가력하기 위해 지점간의

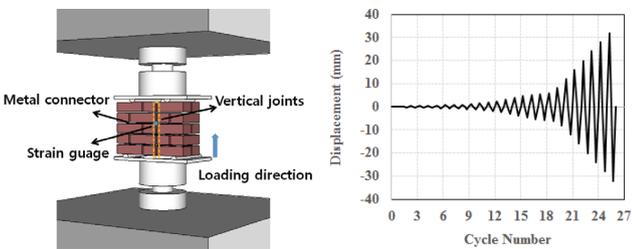


(a) Twisted bar made of stainless



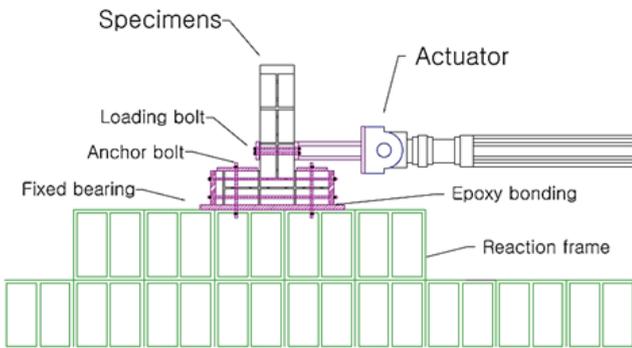
(b) Reinforcement plate

Fig. 3 Reinforcement properties



(a) Masonry wall

(b) Loading history of masonry joint



(c) Masonry joint

Fig. 4 Specimens set-up

거리의 2/5에 2점 가력하였다. 벽체의 가력은 0.05mm/min 속도로 단조가력 하였다. 조적벽체 교차부 실험체 (MBJ-MEJTP2)는 벽체를 바닥부재에 볼트 및 에폭시를 이용하여 고정시켰으며, 액츄에이터 (Actuator)를 이용하여 변위제어방식으로 반복가력하였다. 이때 가력되는 교차부 벽체는 면외방향으로 가력되며, Fig. 4(b)에서와 같이 총 26회의 각 사이클마다 점증가력을 하였고 Fig. 4(c)와 같이 설치되었다. 실험체의 미끄러짐 또는 파괴발생시 실험은 중단하였다.

4. 실험결과 및 분석

4.1 벽체 하중-변위 이력곡선 및 파괴형태

벽체 실험체의 실험결과는 Table 5에 정리하였으며, 실험체의 항복강도 및 변위는 균열발생에 따른 강성저하가 크게 나타나는 하중감소시점을 기준으로 기록하였다. 실험체의 최종파괴형태는 Fig. 5와 같이 균열발생 순서 (①, ②, ③)으로 표시하여 나타내었다.

WBJ벽체실험체는 막힌줄눈으로 시공된 실험체로서 초기 하부지점에서 균열이 발생 후, 줄눈 및 벽돌에 전단균열로 이어지면서 하중감소가 나타났다. 신축줄눈이 시공된 WEJ 실험체는 초기 신축줄눈을 따라 균열이 발생되었고, 이후 단부로 균열이 확장되면서 하중감소가 발생하였다. 신축줄눈 설치에 따른 항복내력은 설치 전 87.2kN, 설치 후 61.1kN을 보여 신축줄눈시공에 따른 약 30%의 하중감소가 나타났으며, 이는 상부하중이 벽돌과 줄눈으로 균열이 분포된 WBJ실험체와 달리, WEJ실험체는 신축줄눈을 중심으로 하중이 집중되었기 때문으로 판단된다. 판형 연결철물이 시공된 WEJP-2 실험체는 보강전 시험체와는 달리 단부지점에서 초기균열이 발생하여, 좌·우측으로 균열이 확장되었으며, 좌측부 균열은 연결철물을 관통, 우측부 균열은 연결철물 삽입부분 외측에서 균열이 발생하면서 일부 탈락이 나타났다. 초기 단부지점에서 발생한 초기균열이 경사방향으로 상부가력지점으로 균열이 확장된 WEJP-2실험체와 달리 WEJP-3실험체는 신축 줄눈방향으로 균열이 진행되면서 내력저하가 발생하였으며, 이때의 최대내력은 각각 168.7kN, 182.8kN을 보여 연결철물 시공전에 비해 약 2.5배 향상되었다. 이는 WEJ실험체는 신축 줄눈에서 균열발생후 파괴가 되었으나, WEJP-2과 WEJP-3 실험체는 전단균열발생후 내부 판형 연결철물의 변형률이 각각 최대 0.0008과 0.0056의 변형률을 보여 판형 연결철물이 벽체의 급격한 파괴 방지와 하중을 증가시켰다. 이때 WEJP-2

Table 5 Results of the masonry wall

| Specimens | Yield Load (kN) | Yield displacement (mm) | Load ratio (Specimen/WEJ) |
|-----------|-----------------|-------------------------|---------------------------|
| WBJ | 87.2 | 2.77 | 1.54 |
| WEJ | 61.1 | 2.99 | 1.00 |
| WEJP-2 | 168.7 | 3.26 | 2.53 |
| WEJP-3 | 182.8 | 3.57 | 2.51 |
| WEJT-2 | 147.4 | 4.29 | 1.68 |
| WEJT-3 | 107.3 | 3.65 | 1.43 |

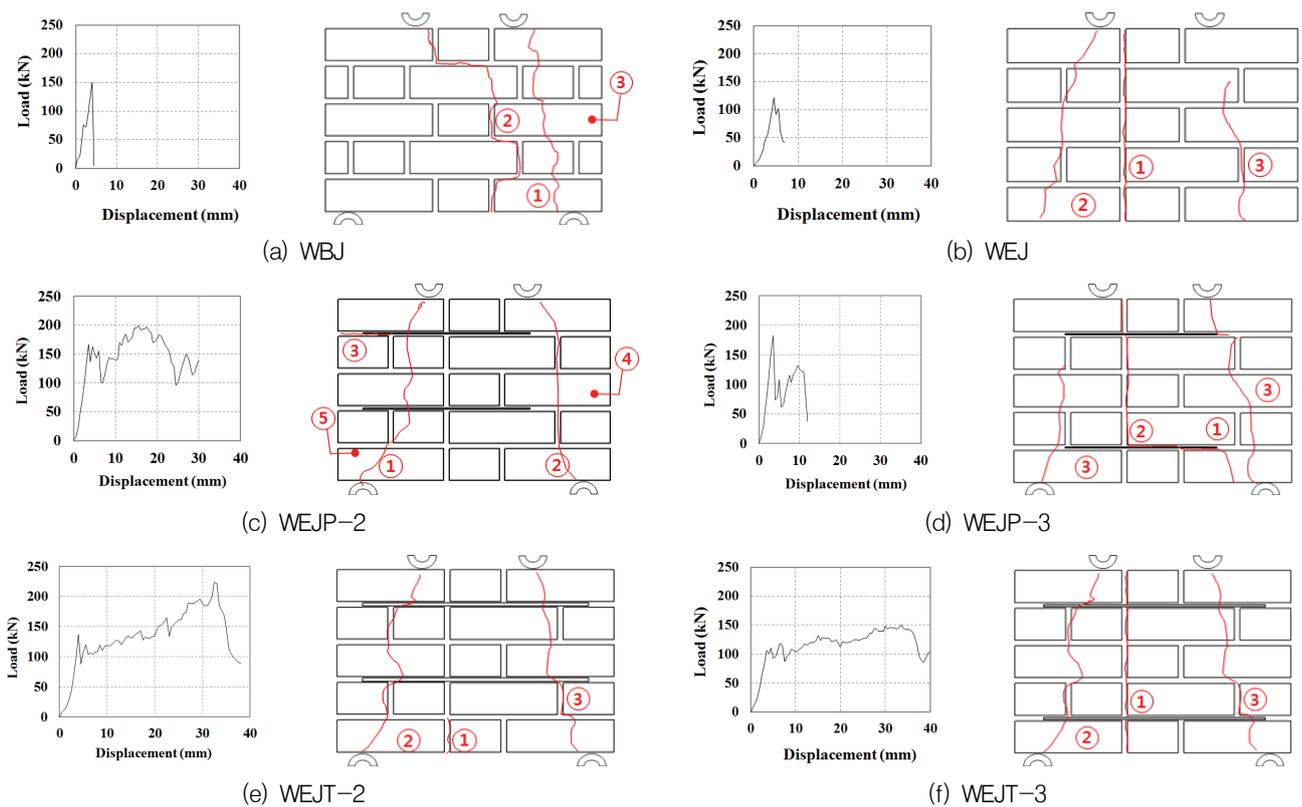


Fig. 5 Crack occurrence and failure mode

보다 WEJP-3 실험체의 연결철물이 지점에 더 가까이 있어 가력에 따른 하중집중이 연결철물에 더 크게 걸리면서 더 큰 변형과 하중감소가 발생하였다. 판형 연결철물과 달리 선형 연결철물인 트위스트바가 시공된 WEJT 실험체는 WEJ 실험체와 같이 신축줄눈에서 초기균열이 발생후 지점균열로 확산되었으며, 항복내력은 WEJT-2와 WEJT-3 실험체 각각 147.4kN, 107.3kN을 보여 설치전에 비해 1.68배, 1.43배 증가한 것으로 나타난다. WEJT 실험체는 WEJP 실험체와 달리 급격한 하중의 감소는 나타나지 않고 균열발생후에도 안정적인 하중-변위 이력곡선이 나타나 항복내력 증가에는 판형 연결철물이 유리하고 파괴후 안정적 거동에는 선형연결철물이 유리함을 확인하였다.

4.2 벽체 유효강성 변화

유효강성은 하중-변위 그래프의 직선 기울기로 일반적으로 가력되는 변위가 증가 될수록 감소하는 경향을 보이며, 여기서는 항복내력시 하중-변위의 기울기를 유효강성으로 보았다. 실험결과는 Fig. 6에 나타냈으며, 신축줄눈 설치에 따른 강성의 변화는 WBJ는 31.5kN/mm, WEJ는 20.4kN/mm를 보

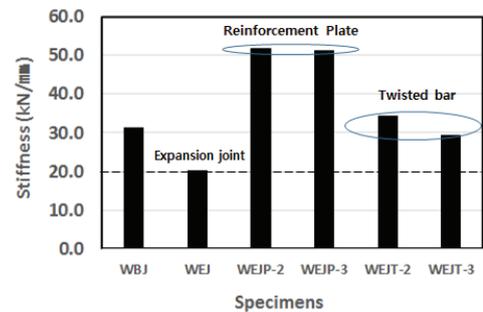


Fig. 6 Relationship between effective stiffness of specimens

Table 6 Results of the masonry joint

| Specimens | Ultimate load (kN) | Ultimate displacement (mm) | Load ratio (Specimen/MBJ) | Load ratio (Specimen/MEJ) |
|-----------|--------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|
| MBJ | 47.8 | 2.4 | 1 | 1.56 |
| MEJ | 30.6 | 3.0 | 0.64 | 1 |
| MBJT-2 | 62.4 | 6.3 | 1.31 | 2.04 |
| MBJP-2 | 85.8 | 6.2 | 1.79 | 2.80 |
| MBJP-3 | 75.7 | 4.9 | 1.52 | 2.43 |
| MBJP-6 | 56.0 | 4.8 | 1.17 | 1.83 |
| MEJT-2 | 45.2 | 6.3 | 0.94 | 1.47 |
| MEJP-2 | 50.6 | 6.4 | 1.06 | 1.65 |
| MEJTP-2 | 36.9 | 3.2 | 0.77 | 1.21 |

여 신축줄눈설치로 35.3%의 강성감소가 나타났으나, 판형 및 선형 연결철물 설치시 WEJP-2, WEJP-3, WEJT-2, WEJT-3 는 각각 51.7kN/mm, 51.2kN/mm, 34.4kN/mm, 29.4kN/mm 를 보여 설치전에 비해 최소 1.44배, 최대 2.53배 강성이 증가하여 판형연결철물이 강성증가에 유리함을 확인하였다.

4.3 교차부 하중-변위이력 곡선 및 파괴양상

교차부 실험체의 실험결과는 Table 6에 정리하였으며, 실험체의 하중-변위이력곡선 및 최종파괴형태는 Fig. 7, 포락이력곡선은 Fig. 8에 나타내었으며, 이때의 그림은 실험체가 파괴 또는 미끄러짐이 발생하기 전을 기준으로 기록되었다.

MBJ 및 MEJ 실험체는 교차부 줄눈에서 균열발생과 함께

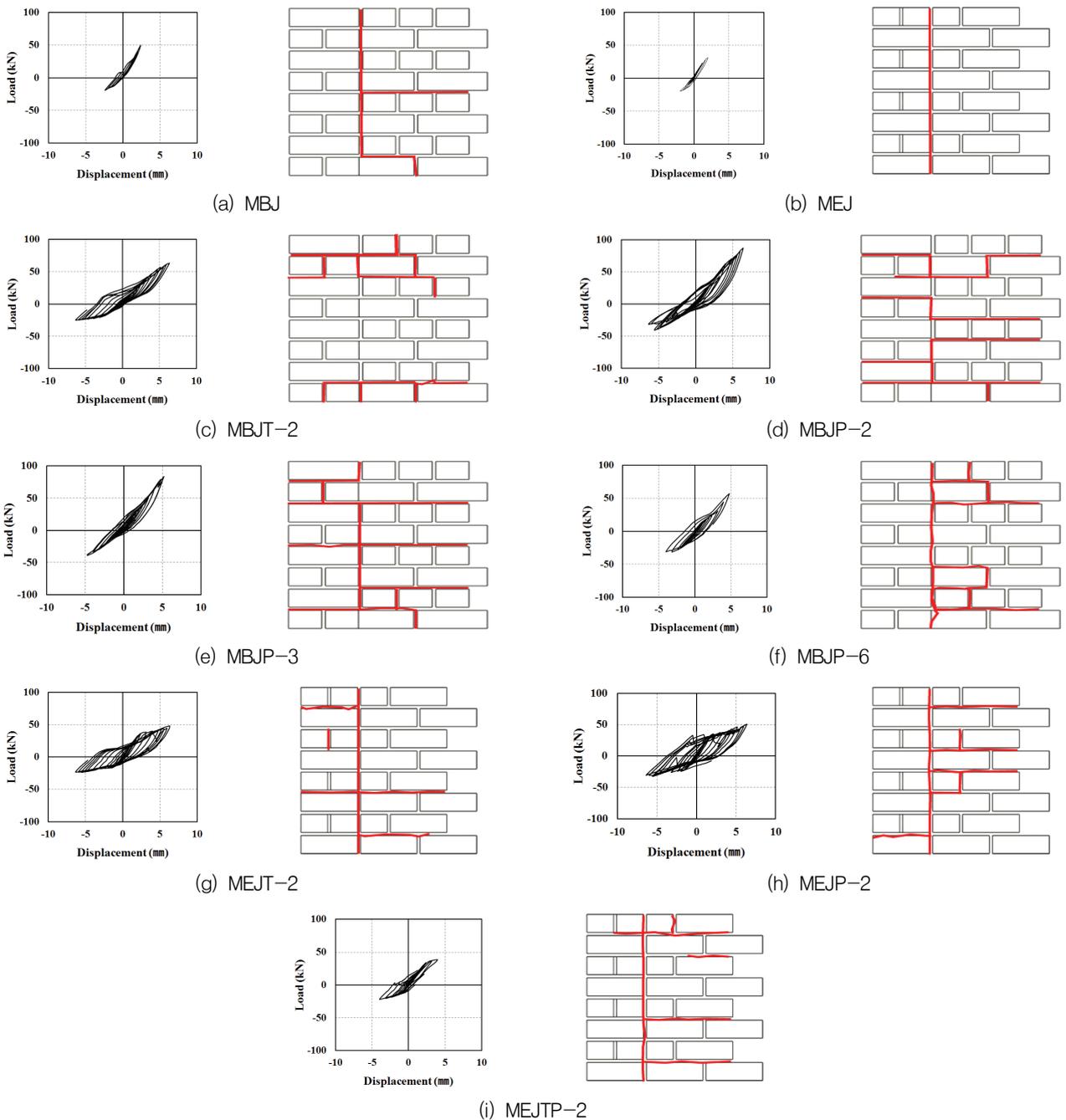


Fig. 7 Relationship between lateral force and drift ratio

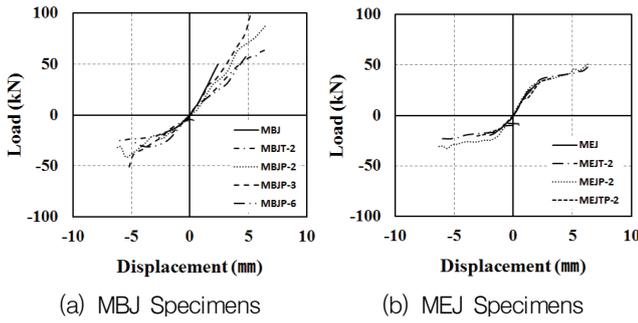


Fig. 8 Envelope Curves

파괴가 되었으며, 신축준 시공전에 비해 시공후 하중이 약 0.64배를 보여, 면외방향 외력에 대한 저항능력 감소를 확인했다. MBJ실험체에 판형 연결철물과 트리스트바를 삽입시 최소 1.17배, 최대 1.79배의 내력증가가 나타났으며, 특히 판형 연결철물을 6단, 3단, 2단마다 삽입시 각각 56kN, 75.7kN, 85.8kN을 보여 삽입양을 증가시킬수록 가력에 따른 높은 내력향상이 관찰되었다. 교차부의 내력이 향상된 MBJP-2, 3, 6실험체는 판형 연결철물 삽입부위에서 균열이 발생되었으나, MBJT-2실험체는 양단부의 준눈부위 균열이 발생하면서 파괴가 나타나, 판형 연결철물이 선형 연결철물보다 더 많은 균열을 발생시켰다.

신축준눈부위에 판형 및 선형 연결철물을 시공한 MEJT-2, MEJP-2, MEJTP-2실험체는 각각 45.2kN, 50.6kN, 36.9kN을 보여 시공전에 비해 최소 1.21배, 최대 1.65배의 내력향상이 관찰되어 교차부에서도 판형 연결철물이 내력향상이 유리 하였다. 신축준눈부위에만 균열이 발생한 MEJ실험체와 달리 연결철물 삽입시 변형이 증가하면서 수평방향으로도 균열이 확산되었다.

4.3 교차부 연성도 비교

구조물의 구조성능평가의 중요한 평가지표가 되는 연성은 크게 변위연성 (Displacement Ductility)과 에너지연성 (Energy Ductility)으로 구분하며, 일반적으로 연성도는 변위연성도를 의미한다. 변위연성도는 구조물의 항복변위 (Δ_y)와 극한변위 (Δ_{max})의 비로 계산한다. 항복변위는 최대내력 (V_{max})의 75%에 해당하는 하중과 곡선이 만나는 교점을 항복변위로 결정하였으며, 극한변위는 최대내력시 변위를 극한변위로 정의하였다 (Ko, 2013).

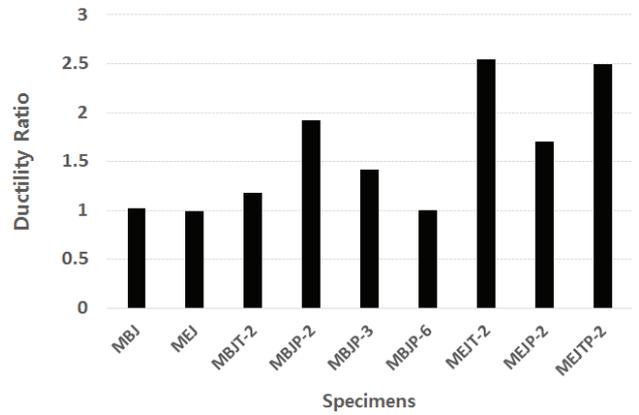


Fig. 9 Comparison of ductility

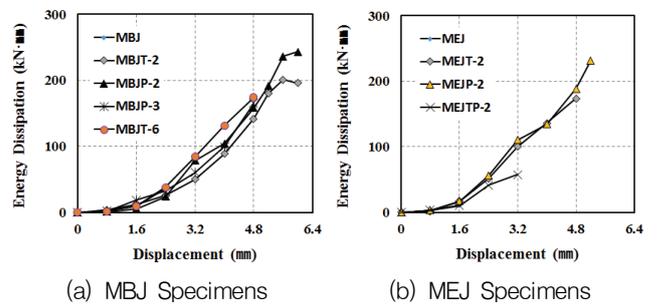


Fig. 10 Energy dissipation

$$\mu_{\Delta} = \frac{\Delta_{max}}{\Delta_y} = \frac{\text{극한변위}}{\text{항복변위}} \quad (1)$$

Fig. 9에 나타난 바와 같이 연결철물이 삽입되지 않는 MBJ실험체와 MEJ실험체의 정 (+)방향 가력 연성도는 두 실험체 모두 1.0으로 나타나, 조적조 교차부의 균열발생 이후 낮은 연성능력을 보임을 확인하였다. MBJ실험체에 선형 및 판형 연결철물을 2단마다 삽입한 MBJT-2, MBJP-2실험체는 삽입전에 비해 각각 1.2배, 1.9배의 연성증가를 보여, 교차부의 강성이 큰 막힌준눈으로 시공된 벽체에는 판형 연결철물이 연성향상에는 효과적이었다. 신축준눈이 설치된 실험체에 선형 및 판형 연결철물을 각각 2단씩 삽입한 실험체는 각각 2.6배, 1.7배의 연성도 향상을 보여 신축준눈에서는 선형 연결철물이 연성향상에 유리한 것으로 나타났다.

4.4 소산에너지 비교

Fig. 10은 변위에 따른 실험체의 소산에너지를 비교하여 나타내었다. 가력이 진행되는 초기에는 MBJ실험체와 MEJ 실험체의 보강유·무에 관계없이 소산에너지는 비슷한 수준

이었으나, 최종 변위시의 소산에너지는 신축줄눈 설치전이 3.5배 높게 나타났다. MBJ실험체에 선형 및 판형 연결철물 삽입시 최소 4.5배, 최대 6.6배로 소산에너지가 증가하였으며, MEJ에 연결철물 설치시 최소 5.4배, 최대 21.9배로 설치전에 비해 소산에너지가 증가하는 것으로 나타났다. 또한 MBJT-2보다 MBJP-2실험체가 1.2배, MEJT-2보다 MEJP-2 실험체가 1.3배의 소산에너지가 높게 나타나 선형보다는 판형 연결철물이 에너지를 흡수하는데 효과적인 것으로 확인되었다.

5. 결론

본 연구에서는 조적벽체 및 벽체교차부에 연결철물 삽입 유·무에 따른 벽체의 거동을 확인하고자 실험체를 제작하여 가력시험을 실시하였다. 판형 및 선형 연결철물을 이용한 보강효과 검증은 통해 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 막힌줄눈으로 시공된 실험체 (WBJ, MBJ)는 신축줄눈이 시공된 실험체 (WEJ, MEJ)보다 수직하중에 대한 내력 및 면외방향 거동에 대한 교차부내력 모두 1.5배 높게 나타나 외력에 따른 하중저항성에 있어 막힌줄눈 시공이 유리함을 확인하였다.
- (2) 신축줄눈이 있는 벽체 실험체에 연결철물 삽입시 수직하중에 대해서는 설치전에 비해 최소 1.43배, 최대 2.53배 높게 나타났으며, 선형 연결철물 보다는 판형 연결철물이 높은 내력 저항능력을 보였다. 균열발생 후 하중감소에 대해 판형 연결철물 보다는 선형 연결철물이 낮게 나타났다.
- (3) MBJ실험체에 연결철물 삽입시 최대내력은 1.12~1.72 배 증가하였으며, 판형 연결철물의 경우 삽입수량을 증가시킬수록 내력향상이 나타났다. 또한 MEJ실험체도 연결철물 삽입 따른 최대내력이 1.28~1.63배 증가하였으며, 두실험체모두 선형 연결철물보다는 판형 연결철물이 내력향상이 크게 나타났다.
- (4) 연결철물 삽입에 따른 실험체의 연성도는 MBJP-6을 제외하고 삽입전에 비해 증가하였으며, MBJ실험체보다는 MEJ실험체의 연성도가 높아, 외력에 따른 변형능력이 우수한 것으로 나타났다. 또한 교차부가 막힌 줄눈으로 시공된 벽체에는 판형 연결철물이 신축줄눈이 설치된 교차부에는 선형 연결철물이 연성향상에 효과적인 것으로 나타났다.

- (5) 신축줄눈 설치 유·무에 관계없이 초기 소산에너지는 비슷하였으나, 최종 소산에너지는 신축줄눈이 설치되기 전 실험체가 3.5배 높게 나타났으며, 선형 연결철물 보다는 판형 연결철물 삽입시 소산에너지가 1.2~1.3배 높게 나타나 판형 연결철물이 에너지흡수능력이 더 우수한 것으로 나타났다.

본 연구를 통해 연결철물을 이용하여 신축줄눈은 물론 물려쌓기로 시공된 벽체에 삽입시 내력 및 연성향상을 확인하였다. 그러나 이러한 보강플레이트 및 트위스트바 삽입에 의한 조적조 보강공사에 대해서는 면외 거동 뿐만아니라 면내 거동에 관한 연구도 지속적으로 이루어져야 하며, 적절한 적용을 위해서는 이론연구가 수반되어야 한다.

감사의 글

이 논문은 2013년도 서울시립대학교 교내학술연구비에 의하여 연구되었습니다.

References

1. American Society for Testing and Materials (2014), Standard Test Method for Compressive Strength of Masonry Prisms.
2. Applied Technology Council (ATC-43 Project), Evaluation of Earthquake Damaged Concrete and Masonry Wall Buildings (FEMA306), Federal Emergency Management Agency.
3. Architectural Institute of Korea (2006), Architectural Engineering Guide II.
4. Architectural Institute of Korea (2009), Korean Architectural Standard Specification.
5. Brick Industry Association (2006), Accommodating Expansion of Brickwork.
6. Ken Nolan (2000), Masonry & Concrete concrete construction, Craftsman Book Company.
7. Kim, T. W., Min, C. G., and Lee, H. M. (2011), Seismic Performance Evaluation of Unreinforced Masonry Buildings By Using a Three-Step Procedure, *Journal of the Earthquake Engineering Society of Korea*, EESK, 15(3), 57-64 (in Korean, with English abstract).
8. Ko, S. H. (2013), Displacement Ductility of Circular RC Column According to the Spacing of Spirals, *Journal of the Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection*, KSMI, 17(2), 71-82 (in Korean, with English abstract).
9. Kwon, K. H. (2007), An Experimental Study on the Shear Behaviour of Face Brick Wall Tied with the Screw Connector, *Journal of the Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection*, KSMI, 11(2), 145-154 (in Korean, with English abstract).
10. Kwon, K. H., Choi, S. M., Lee, S. C., and Cho, S. M.

(2004), Seismic Capacity Strengthened by GFS of Masonry Buildings with Earthquake Damage, *Journal of the Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection*, KSMI, 8(1), 231-237 (in Korean, with English abstract).

11. Lee, J. H., Kim, K. M., Kim, H. W., Kim, J. S., Oh, S. H., and Lee, S. H. (2014), Seismic Retrofitting Effects of Retrofitted Unreinforced Masonry Walls Using Metal Laths and Steel Plates, *Journal of the Korean Society of Hazard*

Mitigation, KOSHAM, 14(3), 63-70 (in Korean, with English abstract).

Received : 08/11/2014

Revised : 09/18/2014

Accepted : 02/25/2015

요 지

조적조 건축물은 국내 소규모 주택의 많은 부분을 차지하지만 취성적 거동 및 낮은 연성능력으로 현재에는 사용빈도가 많이 낮아졌다. 그럼에도 불구하고 조적조 건축물의 낮은 건축비, 재료의 친환경성은 국외를 중심으로 새롭게 각광 받으면서 구조적 단점을 해결하고자 많은 연구가 진행 중이다. 본 연구에서는 조적벽체 및 교차부 실험체를 제작하여 신축줄눈 유·무에 따른 구조적 거동의 차이를 확인하고, 연결철물 (스틸플레이트, 스테인리스 트위스트바) 삽입에 따른 보강효과를 검증하였다. 실험결과를 통해 스틸플레이트를 삽입한 실험체는 내력이 증가되어 실험체의 강성이 향상되었으며, 스테인리스 트위스트바를 삽입한 실험체는 연성능력이 향상되어 취성파괴가 발생하지 않아, 연결철물 삽입에 따른 보강효과는 우수한 것으로 나타났다.

핵심 용어 : 조적조, 취성, 연성, 스틸플레이트, 스테인리스 트위스트바
