

건식조립벽체용 인터락킹 콘크리트 벽돌의 강도특성 연구

이중원
신안산대학교 건축과

A Study on the Strength Characteristics of Interlocking Concrete Bricks for Dry Assembly Walls

Joong-Won Lee
Department of Architecture, Shin Ansan University

요약 기존 습식조적구조는 지진과 같은 수평력을 받는데 취약하고 조적벽돌 사이에 사용되는 모르타르의 균질한 품질 확보가 어렵다. 현재 조적구조 연구동향은 내진성능평가에 대해 활발히 진행되고 있으나 품질개선 및 공기단축을 위한 건식화 조적공법 연구는 미진한 상태이다. 본 연구에서는 습식조적공법의 단점을 개선하면서 지진 시 조적벽체가 면내 강성 및 슬라이딩 연성거동을 하고 면외 전도파괴를 방지할 수 있는 인터락킹 콘크리트벽돌을 이용한 무모르타르 건식조립 벽체공법을 제안하고자 한다. 이를 위해 인터락킹 건식벽돌의 강도특성을 규명하고자 압축강도, 프리즘 압축강도, 전단강도 실험을 수행하였고, 유한요소 구조해석을 통해 실험결과와 비교하여 벽돌 단면형상의 적정성을 검토하였다. 실험결과에 의하면 모르타르를 사용하지 않고 인터락킹 콘크리트벽돌로 조립한 건식 벽체의 압축강도와 전단강도가 기존 습식조적벽체보다 크게 발휘됨을 확인하였고, 해석결과는 실제 벽돌단면의 파괴양상을 예측할 수 있어 벽돌형상설계를 위한 평가기법으로 사용할 수 있다. 추후 다양한 하중과 시공조건에 따른 건식벽돌벽체의 파괴양상 및 구조거동 연구를 통해 제안된 건식공법의 타당성을 입증할 수 있을 것이다.

Abstract Existing wet masonry structures are vulnerable to horizontal forces such as earthquakes, and it is difficult to secure a homogeneous quality of mortar used between the bricks. This study proposes a dry assembly wall construction method using interlocking concrete bricks that can improve the shortcomings of the wet construction method. In addition, the dry assembly wall construction method allows the structural wall to be in-plane rigid and slide in a ductile manner during an earthquake and prevent out-of-plane conduction destruction. To this end, the compressive strength, prism compressive strength, and shear strength were found from experiments conducted to investigate the strength characteristics of interlocking dry bricks. Moreover, the adequacy of the brick cross-sectional shape was also examined using a finite element analysis and compared to the experimental results. The experimental results confirmed that the compressive and shear strengths of the drywall assembled with interlocking concrete bricks without mortar were greater than that of the existing wet masonry structure wall. The experimental results also suggested that the analysis can be used as an evaluation technique for brick shape design. In the future, the validity of the proposed dry construction method can be proved through further research on the destruction pattern and structural behavior of dry brick walls.

Keywords : Interlocking Concrete Brick, Dry Stack Masonry, Mortarless Brick, Assembly, Strength Characteristics

본 논문은 2021년도 과학기술정보통신부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임.(NRF-2021R1F1A1046578)

*Corresponding Author : Joong-Won Lee(Shin Ansan Univ.)

email: jwlee@sau.ac.kr

Received September 23, 2021

Revised November 1, 2021

Accepted January 7, 2022

Published January 31, 2022

1. 서론

벽돌이나 콘크리트블록을 모르타르로 접착하여 시공하는 조적공법은 소규모 건축물의 내력벽이나 칸막이벽 등에 일반적으로 적용하는 대표적인 습식벽체공법으로 그 시공법이 간단하고 내구성이나 내화성 확보에 유리한 장점을 가지고 있다. 하나 벽돌사이에 습식 모르타르 접합부의 균질한 시공품질 확보가 어렵고 벽체의 면외 휨 저항성능이 취약하여 바람이나 지진 등과 같은 수평하중에 붕괴될 수 있는 단점을 가지고 있다.

최근 경주나 포항 등에서 발생한 상당한 규모의 지진에 의해 다수의 조적구조에서 벽체 균열이나 전도 등의 피해가 보고되고 있어 지진에 대한 조적구조의 취약함을 알 수 있고 이에 따라 조적구조의 지진 안전성 확보에 대해 사회적 관심이 높아지고 있다.

일반적으로 구조설계 시 조적벽체는 내력벽으로 사용하는 경우를 제외하고 비내력벽으로 간주하여 강성요소보다 고정하중으로 설계에 반영하였으나, 실제로 조적벽체가 지진 등과 같은 수평하중에 상당한 면내강성으로 저항할 수 있어 구조물의 지진거동 분석 시 조적벽체의 정확한 강성평가가 매우 중요하다.

현재 조적벽체의 내진성능평가 연구는 습식조적벽체를 골조 채움벽으로 적용하여 지진과 같은 수평력에 대해 골조와의 복합구조거동과 조적벽체의 강성평가를 중심으로 주로 수행되고 있고 이 연구결과를 반영하여 구조해석 시 사용 가능한 다양한 조적벽체의 수평강성구조 모델도 제시하고 있다[1-4].

건축물 구축 시 균질한 품질확보 및 공기단축을 위해 습식공법을 대체하는 건식화 공법 관련 국내 연구는 보나 기둥, 판재 등 구조부재의 프리캐스트 공법이나 철골 철근콘크리트 복합공법 등에 대해 많은 연구결과가 있으나 조적공법의 건식화 연구는 미진한 상태로 국외에서 다수의 연구가 진행되고 있다.

조적구조의 건식화를 위한 국외 연구동향을 살펴보면 Sanada는 비보강 조적벽체의 내진성능을 개선하기 위해 인터락킹 벽돌을 이용한 건식조적공법을 제안하고 골조 채움벽에 대한 구조연성거동을 규명하였다[5,6]. Totoev는 건식 인터락킹 블록을 이용한 골조 채움벽의 슬라이딩 연성거동과 댐핑효과를 반복수평하중 구조실험과 해석을 통해 파악하였다[7,8].

본 연구에서는 습식조적구조의 단점을 개선하면서 지진 시 조적벽체가 면내방향 강성 및 슬라이딩 연성거동을 하고 면외방향 벽체의 전도파괴를 방지하기 위해, 인

터락킹 형상을 갖는 콘크리트벽돌로 벽체를 상하 조립할 수 있는 무모르타르 건식조립 조적공법을 제안하고자 한다. 이를 위한 기초연구로 인터락킹 벽돌의 다양한 형상 설계와 강도실험을 수행하여 건식조립용 인터락킹 벽돌의 재료물성을 파악하고자 한다.

2. 건식조립용 인터락킹 벽돌 설계

2.1 인터락킹 벽돌의 단면형상

건식 인터락킹 벽돌은 콘크리트를 재료로 하여 제작되며 Fig. 1과 같이 골조의 채움벽으로 시공될 경우를 고려하여 상단형(top type), 중간형(middle type), 하단형(bottom type)과 같이 3가지 유형으로 구분하여 설계하였다.

벽돌형상의 기준 치수는 폭 100 mm x 길이 200 mm를 기본 모듈로 하고 각 벽돌유형에 따라 시공성을 고려하여 높이를 달리 하였으며, Fig. 2와 같이 벽돌의 상, 하간에 인터락킹 접합이 가능하도록 벽돌에 요철모양을 설치하였고 벽체 면내방향으로 수평하중 작용 시 요철을 따라 슬라이딩이 가능하도록 하였다. 또한 상단형은 골조 채움벽의 최상단에 마지막으로 시공될 경우를 고려하여 반절 벽돌도 고안하여 상부에서 벽돌을 옆에서 끼워 넣어 조립이 가능하도록 계획하였다.

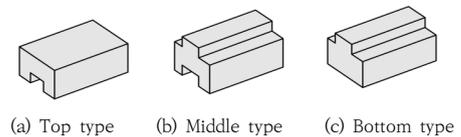


Fig. 1. Types of interlocking concrete bricks.

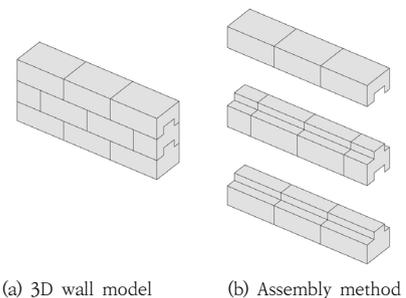


Fig. 2. Configuration of dry-stack brick wall

2.2 인터락킹 콘크리트벽돌의 배합설계

인터락킹 콘크리트벽돌의 실험체 제작을 위해 설계기

준강도 24 MPa를 목표로 Table 1과 같이 콘크리트 배합설계를 하였고 Fig. 3과 같이 다양한 인터락킹 콘크리트 벽돌 형상용 철재 거푸집을 주문제작하여 사용하였다. 벽돌 실험체는 탈형하고 400도 조건에서 1일 증기양생 후 보관하였고 28일 경과 후에 강도실험을 수행하였다. KS F 2405 콘크리트 압축강도 시험방법에 따라 인터락킹 콘크리트벽돌 배합으로 $\phi 100 \times 200$ 공시체를 3개 제작하여 압축강도 실험을 수행한 결과 Table 2와 같이 평균 33.5 MPa로 나타났다.

Table 1. Mix design of interlocking concrete brick

type	Gmax. (mm)	Slump (mm)	Air (%)	W/C (%)	S/A (%)	Weight(kg)				
						W	C	S	G	AE
24	25	100	5	37.7	361	102	272	477	846	1.904

Table 2. Compression strength of cylinder specimen

No.	1	2	3	Average
Compression Strength (MPa)	33.1	33.5	33.8	33.5



Fig. 3. Steel mold for interlocking concrete bricks

3. 실험계획

3.1 벽돌유형별 압축강도 실험

Fig. 4와 같이 건식 인터락킹 콘크리트벽돌의 개별압축강도를 측정하기 위해 상단형, 중간형, 하단형 벽돌 중앙부에 수직방향으로 스트레인이게지를 설치한 후 2,000 kN UTM으로 압축가력실험을 수행하였다.

Fig. 4는 중간형 인터락킹 콘크리트벽돌의 압축강도 실험 전 설치 상태를 나타내며 벽돌의 파괴 후 실험을 멈추고 결과를 기록하였다.



Fig. 4. Compression test of middle type brick

3.2 3단 벽돌실험체의 프리즘 압축강도 실험

프리즘 압축강도 측정실험은 KBC 2016에 근거하여 Fig. 5와 같이 인터락킹 벽돌을 하단형, 중간형, 상단형 순으로 3단으로 쌓아 실험체를 설치하였다. 실험체의 압축변형도를 측정하기 위해 중간형 콘크리트벽돌의 중앙부에 수직방향으로 스트레인이게지를 설치한 후 2,000 kN UTM으로 압축가력실험을 하였다[11].



Fig. 5. Prism test for three layers of bricks

3.3 3단 벽돌실험체의 전단강도 실험

Fig. 6과 같이 인터락킹 콘크리트벽돌의 약축방향 전단강도를 평가하고자 하단형, 중간형, 상단형 순으로 3단 콘크리트벽돌을 쌓고 실험체를 구축하기 위해 평판과 볼트로 상, 하부면을 조여 실험체를 설치하였다. 이후 구축된 실험체를 90도 돌려서 2단계 중간형 벽돌의 옆면을 2,000 kN UTM으로 가력하여 전단강도실험을 수행하였고, 가력 시 하부 수직변위 측정을 위해 LVDT를 중앙부에 1개 설치하였다.



Fig. 6. Shear test for three layers of bricks

4. 실험결과

4.1 벽돌유형별 압축강도

4.1.1 균열양상

벽돌 유형별 압축강도 실험 후 실험체에 발생한 균열 양상을 벽돌의 폭과 길이 면에 따라 Fig. 7과 같이 표현하였고 그림에서 회색부위는 실험체 표면부의 탈락을 검은색은 균열발생으로 파괴된 부위를 나타낸다.

먼저 상단형 벽돌의 균열양상을 살펴보면 전반적으로 콘크리트 압괴가 발생하였고 상단 압축하중이 폭 면에 2개 짧은 부위로 집중되어 압축파괴가 발생함을 알 수 있다. 둘째로 중간형 벽돌은 폭 면에 3개의 수직단면으로 쪼개지면서 전단파괴가 발생하였고 하중면의 평활도에 따라 편심하중의 영향으로 옆면 실험체 표면이 탈락되었다. 마지막으로 하단형 벽돌은 폭 면에서 상부 압축하중이 하부로 넓게 분포되어 전달되면서 전형적인 압축파괴 양상을 나타냈다.

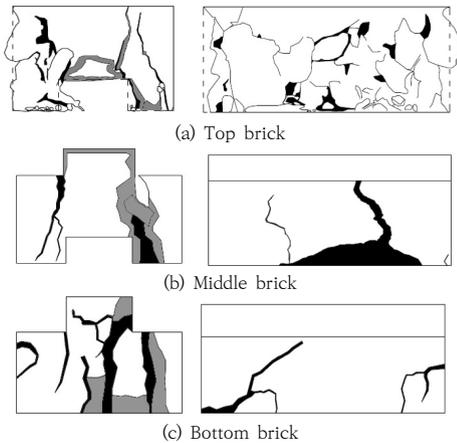


Fig. 7. Crack pattern after brick compression test

4.1.2 압축강도

Fig. 8과 Fig. 9의 벽돌 유형별 하중변위 그래프와 표 3을 살펴보면, 상단형은 최대압축하중 2개 평균값 기준으로 715 kN, 하단형은 496 kN, 중간형은 312 kN를 나타냈고 중간형 벽돌이 가장 작은 압축강도를 보였다. 이는 상단형과 하단형 벽돌의 파괴모드는 압축파괴가 지배적이고 중간형 벽돌의 파괴는 이와 다르게 전단파괴를 나타내면서 벽돌유형별로 압축하중 차이를 보이고 있다. 이에 측정된 건식벽돌 압축강도를 KS F 4004 콘크리트 벽돌 품질기준과 비교하면 1종벽돌 압축강도 13 MPa

이상을 확보하고 있음을 알 수 있다.

Table 3. Compression strength of interlocking concrete bricks

Brick type		Top	Middle	Bottom
Compression Strength (kN)	case 1	717	269	476
	case 2	706	355	515
	average	715	312	496
Stress(MPa)	100x200 section	35.8	15.6	24.8

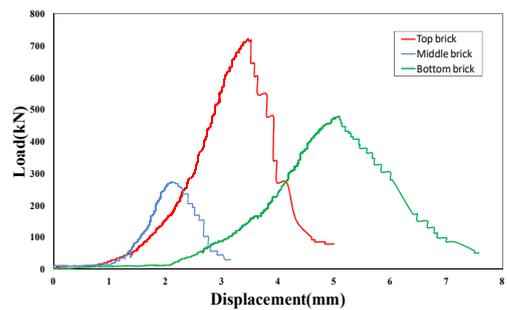


Fig. 8. Load-displacement curve for compression test1

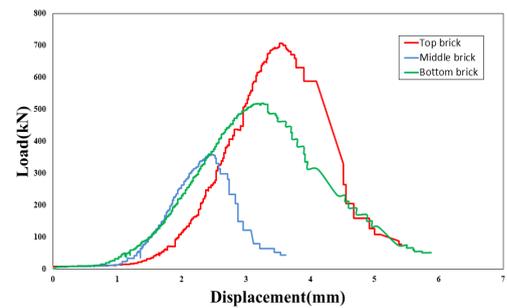


Fig. 9. Load-displacement curve for compression test2

4.2 인터락킹 벽돌의 프리즘 압축강도

4.2.1 균열양상

Fig. 10에 3단 인터락킹 벽돌실험체의 균열양상을 살펴보면, 폭 면에는 중심 단면부분의 좌우 날개 단면이 하중이 증가함에 따라 탈락되면서 3단 벽돌 실험체의 파괴가 진행됨을 알 수 있다. 인터락킹 벽돌의 시공을 위한 요철사이 여유값 1mm에 하중이 증가함에 따라 상, 하 벽돌이 밀착되면서 하부로 하중이 전달됨을 알 수 있다. 길이 면에서는 하중재하 면의 평활도에 따라 한쪽으로

피복탈락 등이 집중되는 현상을 나타냈다.

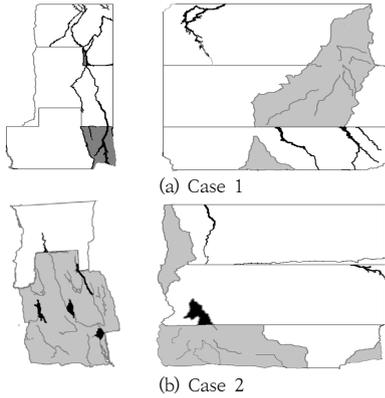


Fig. 10. Crack pattern after brick prism test

4.2.2 프리즘 압축강도

Fig. 11과 Table 4와 같이 프리즘 압축강도 실험에서 작성된 하중변위곡선을 살펴보면 최대압축하중은 2개 평균 366 kN(100 mm x 200 mm 단면응력 16.8 MPa)으로 나타났고 기존 습식조적조 연구결과에 의하면 모르타르 1:3 배합비로 제작된 내력용 콘크리트 벽돌의 프리즘 압축강도는 평균 13 MPa를 보이고 있어 습식 프리즘 강도 대비 약 1.3배 이상 초과하여 강도가 발휘됨을 알 수 있다[9].

또한 하중변위곡선을 살펴보면 압축강도가 1차 최대점을 나타내고 떨어지다가 다시 올라가 2차 최대압축강도를 나타냄을 알 수 있다. 이는 벽돌 설계 시 조립시공 여유치 1mm 갭을 요철부위에 고려하였고 하중이 증가함에 따라 중앙부에 상하 벽돌이 밀착되면서 추가적으로 벽돌실험체가 힘을 받게 되어 2개의 최대점을 보이는 것으로 판단된다.

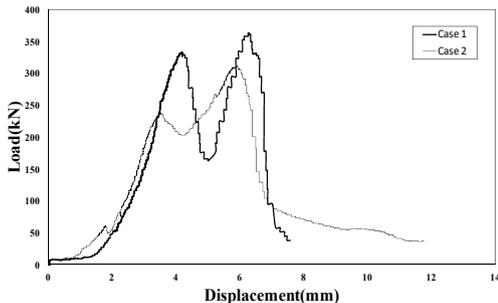


Fig. 11. Load-displacement curve for brick prism test

Table 4. Prism compression strength of interlocking concrete brick

Peak time		1st Peak	2nd Peak
Compression Strength (kN)	case 1	334	363
	case 2	236	309
	average	285	336

4.3 인터락킹 벽돌의 전단강도

4.3.1 균열양상

상단형, 중간형, 하단형 벽돌을 이용하여 3단으로 설치된 건식 인터락킹 벽돌벽체의 전단실험 후 실험체에 발생한 균열양상은 Fig. 12와 같다. 2개의 실험체의 파괴는 공통적으로 상단형과 하단형 벽돌에 사인장 균열이 발생하면서 최종적으로 인터락킹 콘크리트 요철단면이 파괴되었다.

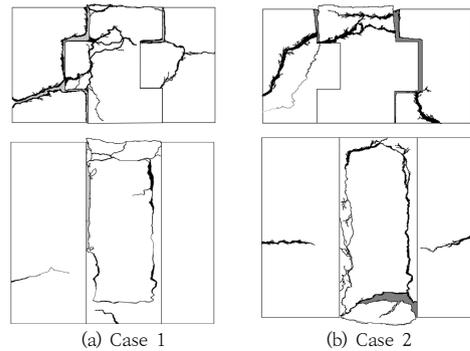


Fig. 12. Crack pattern after brick shear test

4.3.2 전단강도

Fig. 13과 Table 5와 같이 3단 전단실험체에 작용한 최대하중은 평균 116 kN 로 단면 100mm x 200mm

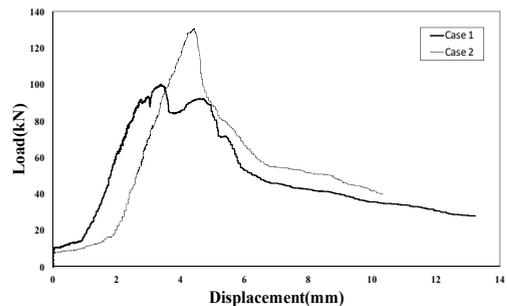


Fig. 13. Load-displacement curve for brick shear test

에 응력 5.8 MPa를 나타내고 있어 기존 습식조적조 연구결과에서 보고된 모르타르 부착강도 실험값 0.6 MPa에 비해 9.7배 큰 값을 나타내고 있다. 이에 인터락킹으로 조립된 건식벽체가 약축 방향으로 상당한 전단강성을 확보했음을 알 수 있어 지진과 같은 수평하중 발생 시 벽체 전도 등을 방지할 수 있을 것이다[9,10].

Table 5. Shear strength of interlocking concrete brick

Case		Peak value
Shear Strength (kN)	case 1	100
	case 2	131
	average	116

5. 유한요소해석

5.1 인터락킹 벽돌의 해석 모델링

본 연구에서는 인터락킹 벽돌의 유형별 압축강도의 변화를 해석방법으로 살펴보기 위해 건축범용구조해석 프로그램인 MIDAS-GEN를 이용하여 유한요소해석을 수행하였다. 상단형, 중간형, 하단형 인터락킹 벽돌을 8개 절점을 가진 3차원 Solid 입체요소로 모델링하고 유한요소해석을 수행하여 압축하중 전달시 하중수준에 따라 단면부위의 파괴양상을 평가하고자 하였다.

하중은 실험과 같은 조건으로 각 벽돌상부 재하면에 수직압력하중으로 입력하고 경계조건은 각 인터락킹 벽돌의 하부면이 각 방향 변위에 모두 구속되고 회전에 대해서는 구속되지 않은 것으로 가정하여 모델링하였다.

5.2 해석결과분석

인터락킹 벽돌의 유한요소해석 결과는 실제 실험체의 파괴사진과 비교하여 압축응력과 전단응력 관점으로 Fig. 14, 15, 16 으로 나타내었다.

상단형 벽돌의 해석결과인 Fig. 14를 살펴보면, 실제 파괴사진과 같이 압축하중이 상부에 작용하여 하부 2개의 요철부위 단면으로 집중되어 압축파괴 양상을 보였고, 파괴 시 벽돌 하부면에 24 MPa를 초과하는 가장 큰 압축응력을 나타내었다.

중간형 벽돌의 해석결과인 Fig. 15를 살펴보면, 실제 파괴사진과 같이 2개의 수직면으로 절단되는 전단파괴를 보였으며 해석결과의 전단응력 분포도에서 볼 수 있듯이 수직 파괴단면에 전단응력(빨강색과 파랑색 부위)이 가

장 크게 나타났다. 하나 벽돌 파괴 시 압축응력은 하중 작용부와 하부 지지부 일부 단면에서 24 MPa를 초과하는 압축응력을 나타내어 압축파괴 전에 전단파괴가 선행했다고 판단된다.

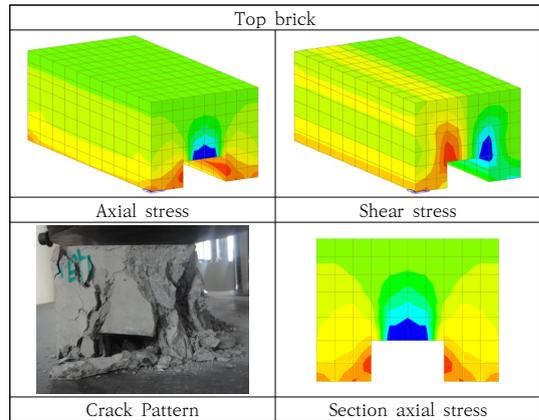


Fig. 14. Solid stress analysis result for top brick

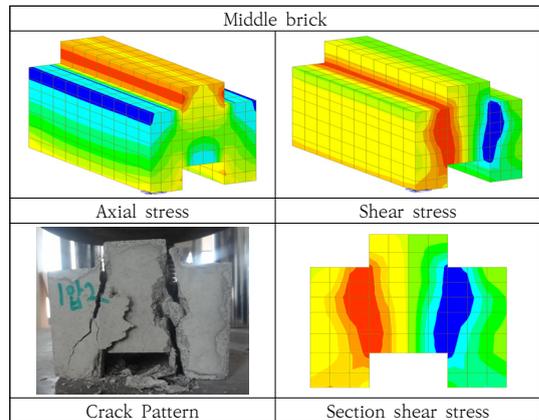


Fig. 15. Solid stress analysis result for middle brick

하단형 벽돌의 해석결과인 Fig. 16을 살펴보면, 실제 파괴사진과 같이 압축경사파괴를 나타냈으며 해석결과의 압축응력 분포도에서 볼 수 있듯이 상부 압축하중이 하부 단면으로 경사지게 전달되면서 압축저항 함을 알 수 있고 벽돌 파괴 시 하중재하면 아랫방향으로 경사지게 24 MPa를 초과하는 압축응력을 나타내었다.

모든 유형의 벽돌에서 공통적으로 벽돌 폭 단면 해석 결과는 균열사진과 비교하여 파괴양상을 잘 예측하고 있으나 길이 면으로는 해석결과가 실제 파괴양상과 차이를 보이고 있는데, 이는 실험체 재하면의 평활도에 따라 편심이 작용하여 왜곡되는 것으로 판단되어 다양한 벽돌

평활도 조건에 따른 벽돌의 압축강도 변화를 검토하여 적절한 벽돌형상과 크기의 결정이 필요하다.

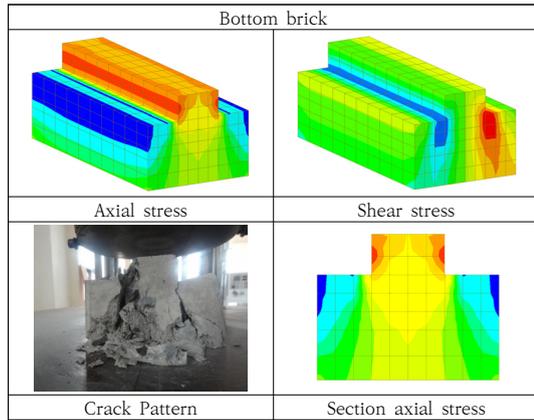


Fig. 16. Solid stress analysis result for bottom brick

6. 결론

본 연구에서 인터락킹 콘크리트벽돌을 이용하여 건식 조적공법을 개발하기 위한 벽돌의 강도특성을 파악하고자 실험 및 해석연구를 통해 얻은 결론은 다음과 같다.

첫째로, 인터락킹 벽돌 유형별로 압축강도를 실험한 결과, 상단형, 하단형, 중간형 순으로 35.8 MPa, 24.8 MPa, 15.6 MPa 크기의 압축강도를 나타냈고, 프리즘압축강도는 16.8 MPa를 나타내어 기존 습식벽돌구조에 비해 큰 압축성능을 보였다. 또한 3단 건식벽돌 실험체의 전단강도 실험결과, 5.8 MPa에서 전단파괴 되어 건식벽체의 약축방향 수평저항능력이 습식벽돌구조에 비해 인터락킹 접합으로 크게 향상됨을 확인할 수 있었다.

둘째로, 인터락킹 벽돌의 3차원 유한요소해석방법은 벽돌의 형상에 따라 단면의 압축 및 전단파괴 양상을 예측할 수 있어 적절한 벽돌 형상 결정을 위한 평가방법으로 사용될 수 있으나 벽돌 재하면의 평활도에 따라 파괴양상이 달라지는 경향이 있어 해석 시 이에 대한 고려가 필요하다.

셋째로, 제안된 인터락킹 건식조립 벽돌공법은 건식화에 따른 품질개선과 모르타르를 사용하지 않고 조립식으로 시공이 가능하여 공기를 단축시키는 효과를 얻을 수 있다고 판단되며, 추후 다양한 하중과 시공조건에 따른 건식벽돌벽체의 파괴양상 및 구조거동 연구를 통해 제안된 건식조립 벽체공법의 타당성을 입증할 수 있을 것이다.

References

- [1] M. S. Kim, H. S. Choi, S. E. Song, Y. H. Lee, "Seismic capacity of reinforced concrete frames retrofitted with H-beam frame", Journal of the Earthquake Engineering Society of Korea, Vol.17, No.3, pp.127-132, 2013.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5000/EESK.2013.17.3.127>
- [2] T. W. Kim, C. G. Min, "Analytical study of the effect of full and partial masonry Infills on the seismic performance of school buildings", Journal of the Earthquake Engineering Society of Korea, Vol.17, No.5, pp.197-207, 2013.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5000/EESK.2013.17.5.197>
- [3] C. M. Kim, E. J. Yu, M. J. Kim, "Finite element analysis of reinforced concrete masonry infilled frames with different masonry wall thickness subjected to in-plane loading", Journal of the computational structural engineering institute of Korea, Vol.29, No.1, pp.85-93, February 2016.
DOI: <http://dx.doi.org/10.7734/COSEIK.2016.29.1.85>
- [4] J. K. Hong, "A seismic performance of concrete masonry unit (CMU) infills in reinforced concrete moment framing system", Journal of the Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection Vol.23, No.1, pp.19-26, January 2019.
DOI: <https://doi.org/10.11112/jksmi.2019.23.1.19>
- [5] Y. Sanada, Y. Nakamura, N. Yamauchi, Y. Nakano, "Seismic performance of masonry walls using interlocking units", First European Conference on Earthquake Engineering and Seismology, Geneva, Switzerland, 3-8 September 2006.
- [6] Y. Sanada, N. Yamauchi, E. Takahashi, Y. Nakano, Y. Nakamura, "Interlocking block infill capable of resisting out-of-plane loads", The 14th World Conference on Earthquake Engineering, Oct. 2008.
- [7] Totoev, Yuri Zarevich, Lin, Kun, "Frictional energy dissipation and damping capacity of framed semi-interlocking masonry infill panel", 15th Int'l Brick and Block Masonry Conference, 2012.
- [8] K. Lin, Y. Z. Totoev, H. J. Liu, A. W. Page, "Modeling of dry-stacked masonry panel confined by reinforced concrete frame", Archives of Civil and Mechanical Engineering, Vol.14, No.3, pp.497-509, 2014.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/i.acme.2013.12.006>
- [9] W. H. Yi, J. H. Lee, D. E. Kang, W. J. Yang, "An experimental study of material characteristics of brick masonry", Journal of the Architectural Institute of Korea : Structure & Construction, Vol.20, No.12, pp.45-52, 2004.
- [10] J. S. Heo, S. H. Lee, "Analytical study on the seismic capacity for existing masonry building in Korea", Journal of the Korea Institute for Structural Maintenance Inspection, Vol.13, No.6, pp.75-87, 2009.

- [11] Architectural Institute of Korea, "Korean Building Code and Commentary", pp.619-622, 2016.
-

이 중 원(Joong-Won Lee)

[정회원]



- 1991년 2월 : 연세대학교 건축공학
학과 (공학석사)
- 2009년 8월 : 연세대학교 건축공학
학과 (공학박사)
- 1991년 3월 ~ 2001년 8월 : 쌍용
건설, SK건설 과장
- 2001년 9월 ~ 현재 : 신안산대학교
건축과 교수

<관심분야>

건식 조적조 내진거동, 철근콘크리트 내화성능