

육각형 블록을 이용한 채움벽 RC 골조의 채움벽 내진성능평가

Seismic Performance Evaluation of Hexagonal Blocks Infilled RC Frames

장극관¹⁾

서대원^{2)*}

고태현³⁾

Chang, Kug Kwan

Seo, Dae Won

Ko, Tae Hyun

Abstract

RC frames with unreinforced masonry infilled walls are common in worldwide. Since infilled walls are normally considered as non-structural elements, their presence is often ignored by engineers.

In this study, to improve the seismic performance of masonry walls, hexagonal block was developed and the influence of masonry infilled wall on the seismic performance of reinforced concrete(RC) frames that were designed in accordance with current code provisions without the consideration of earthquake loadings are investigated. Two 1/2 scale, single story, single bay, frame specimens were tested. The parameters investigated included that the strength of infilled walls with respect to that of the lateral load history. The experimental results indicate that infilled walls can significantly improve the lateral stiffness and strength of RC frames. The lateral loads developed by the infilled frame specimen is higher than that of the bare frame. It also indicates that infilled walls can be potentially used to improve the performance of existing nonductile frames. For this purpose, methods should be developed to avoid irreparable damage and catastrophic failure.

Keywords : Hexagonal blocks, Masonry structure, Infilled wall, Seismic performance

1. 서론

일반적으로 조적조는 시공이 용이하고 경제적인 구조로서 국내뿐만 아니라 해외에서도 가장 오래되고 광범위하게 사용되는 구조이다. 그러나 수직하중에 대한 저항능력에 비해 수평하중에 대해 매우 취약한 특성을 갖고 있으며 이에 따라 근래에는 일부 저층 구조물을 제외하고는 사용이 줄어들고 있는 형편이다. 그러나 조적벽을 RC 골조에 장막벽으로 사용하는 채움벽 형태의 구조는 시공이 용이하고 경제적이기 때문에 저층 주거용 건물, 학교건물 등에 많이 적용되고 있다.

이러한 골조에서 채움벽의 효과에 대한 연구는 Holmes(1961), Stafford Smith(1962, 1966, 1967), 그리고 Mainstone, Weeks(1970) 등에 의해 채움벽 골조의 횡하중에 대한 거동에 대한 연구가 수행되었으며, 비교적 최근에는 Angel(1994)에 의해 조적채움벽 RC 골조의 거동에 대한 실험연구가 있었다. 이 연구에서는 조적 채

움벽 골조의 횡하중에 대해 형상비, 수직하중 분포 등을 변수로 하였으며, 조적개체 및 줄눈의 강도에 대해 함께 연구되었고, 실험결과를 기초로 해석법을 개발하여 발표하였다. E. Yuksel 등(2010)은 조적 채움벽의 변형능력에 대한 보안을 위해 CFRP 보강에 의한 채움벽 골조의 성능개선에 대해 실험 및 해석 연구결과를 발표하였다. 국내의 경우 신종학 등(2001), 이정환(2004)에 의해 조적채움벽의 구속조건을 변수로 한 실험과 채움벽의 효과 등에 대한 실험연구가 발표되었으며, 최근에는 채움벽 골조의 영향을 고려한 내진성능평가에 관한 연구가 여러 연구자들에 의해 발표되고 있다.

이러한 연구들은 기존 조적개체를 사용한 채움벽 골조의 효과 및 평가에 대한 연구로서 지진하중과 같은 횡하중을 받는 구조물에서 골조 면내에 조적벽이 설치될 경우 내력 및 수평강성이 증대효과에 대해 보고되고 있으며, 보강효과에 따른 장점들이 부각되었다. 그러나 조적채움벽의 영향으로 골조의 파괴모드가 취성적인 거동이 나타

1) 정희원, 서울과학기술대학교 건축학부 교수, 공학박사

2) 정희원, (주)에코닝 지진방재기술연구소 소장, 공학박사

3) 학생회원, 서울과학기술대학교 건축공학과 석사과정

* Corresponding author : dwseo@seoultech.ac.kr 02-970-6581

• 본 논문에 대한 토의를 2011년 8월 31일까지 학회로 보내주시면 2011년 9월 호에 토론결과를 게재하겠습니다.

나며, 지진발생시 설계에서 예측한 거동과는 전혀 다른 거동하게 되어 건물의 안전성에 매우 큰 영향을 미칠 위험성이 있다. 이에 따라 최근 연구에서는 변형능력의 감소 및 골조 등의 주요부재의 설계내용과 상이한 파괴패턴 및 이에 따른 강도예측상의 문제점이 대두되고 있는 실정이다(이정환, 2004). 전술한 바와 같이 기존의 연구에서는 채움벽효과에 대한 연구 혹은 FRP 보강 등에 의한 성능개선 등에 대한 연구가 대부분이며, 조적조의 특징인 횡하중에 대한 취약성을 개선하고자 하는 연구는 거의 없는 상태이다. 따라서 본 연구에서는 횡력에 취약한 기존 조적조의 개선을 위해 개발된 육각형 형태의 블록을 소개하고, 개발된 육각형 중공형 블록을 RC 골조의 채움벽에 사용하였을 때의 횡저항에 대한 효과를 조사하였다. 이는 추후 강도증진을 이용한 내진보강법으로 육각형의 형상을 갖는 PC 조적개체를 활용한 내진보강법의 개발을 위한 기초연구자료를 위한 연구이다.

2. 육각형 블록 채움벽 골조

2.1 육각형 블록의 메카니즘

기존의 사각형 조적개체는 축력에는 강하지만 횡력에 대해 취약한 구조이다. 이는 조적조의 특성상 수평방향으로 통줄눈이 발생하게 되며 이에 따라 횡력을 받게될 때 모르타르 줄눈의 균열에 의해 파괴가 발생하기 때문이다.

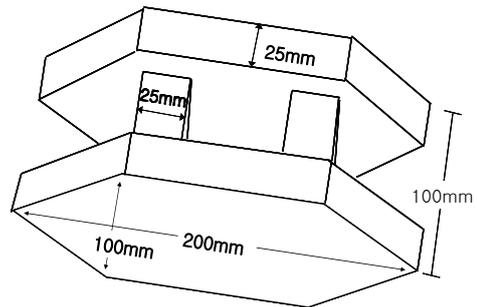
이러한 문제점을 해결하기 위해 본 연구에서는 Fig. 1(a)와 같은 육각형 형상의 블록을 개발하였다. 육각형 블록은 기존 사각형 형태의 조적조에서 발생하는 가로·세로 통줄눈 발생을 방지함으로써 조적벽체의 줄눈 미끄러짐 파괴에 있어 지연효과가 발생하여 횡력에 대한 저항성을 높여 횡력에 취약한 조적조의 단점을 보완해 줄 수 있으며 외관상으로도 심미적인 효과도 있다.

Fig. 1(b)는 개발된 육각형 블록을 사용한 조적벽체의 파괴모습으로, 비보강 육각형 조적개체를 사용한 벽체의 성능 실험결과 기존의 사각형블록을 사용한 경우보다 1.2~1.9 배의 높은 전단저항능력을 나타내었으며, 변형능력의 증가와 거동의 안정성 등이 확인되었다(장극관 등, 2010).

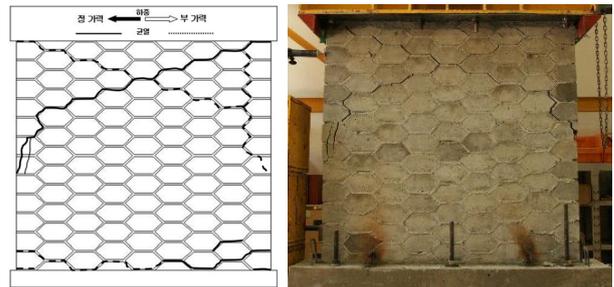
2.2 조적조 채움벽 골조의 메카니즘

일반적으로 지진하중과 같은 횡하중을 받는 채움벽골

조의 파괴유형은 골조와 조적조 채움벽의 경계에서의 구속정도에 따라서 결정되며, 파괴형태는 Fig. 2에서와 같이 골조의 파괴와 채움벽의 파괴로 분류할 수 있다. 조적조 채움벽의 파괴유형은 대각인장파괴(C), 줄눈 미끄러짐에 의한 전단파괴(D), 코너압축파괴(E)와 같이 구분할 수 있다. 대각인장파괴(C)는 조적조 채움벽이 있는 골조의 면내 횡하중이 작용할 때, 조적조의 대각선 방향으로 높은 압축응력이 발생하게 되며, 이에 의해 대각선 방향의 균열이 발생하게 된다.



(a) Shape of hexagonal block



(b) Failure mode of hexagonal block wall

Fig. 1 Hexagonal block

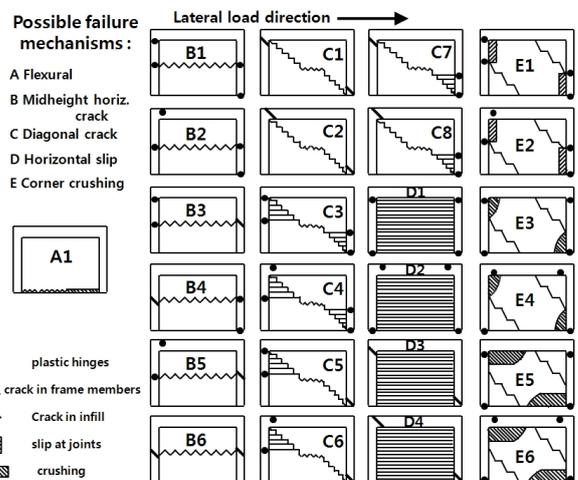


Fig. 2 Failure mechanism of infilled frame(Mehrabi et al, 1996)

줄눈 미끄러짐에 의한 전단파괴는 골조가 강하고 휨강성이 클 때 일어나기 쉬우며, 조적조 채움벽에서 높이에 대한 길이의 비가 클 때 발생한다. 모르타르 줄눈이 상대적으로 조적개체에 비해 약하다면 수평면을 형성하며 균열이 발생하고 줄눈 미끄러짐에 의해 기둥에서의 전단파괴를 일으키게 된다. 코너압축파괴는 횡하중이 작용할 때 채움벽의 코너에서 높은 응력집중에 의해 발생하며, 강한 기둥과 보에 대해서 코너파괴가 상대적으로 작은 영역에서 발생하고, 약한 골조에 대해서는 넓게 형성되어 손상이 골조에까지 영향을 미친다. 이러한 파괴는 대개 연성적 파괴이다. 이외에 벽체의 면외 방향으로 파괴가 발생할 수 있으며, 일반적인 높이-두께의 비를 가지는 조적벽 채움벽이 파괴되기 위해서는 큰 진동이 있어야 한다. 고층건물의 경우 상부층에서는 지진동의 증폭에 의해, 하부층에서는 높은 면내 층전단력에 의해 발생할 수 있다.

3. 구조실험

3.1. 실험체 계획

실험체는 골조 내에 육각형 조적벽체의 채움벽에 의한

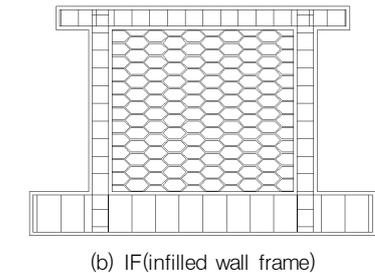
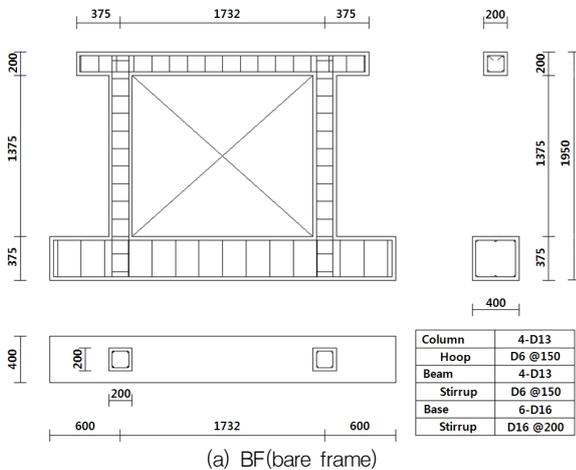


Fig. 3 General geometry of the specimens

효과를 변수로 Fig. 3과 같이 철근콘크리트 프레임만으로 구성된 실험체와 육각형 조적개체를 프레임 사이에 축소된 채움벽 실험체로 구분하여 계획되었다. 골조실험체의 경우 내진상세가 적용되지 않은 저층 골조로 설계되었으며, 실험체는 1/2 스케일로 축소 제작되었다. 실험체의 명칭은 순수 골조 실험체는 BF(bare frame), 채움벽 실험체는 IF(infilled wall frame)로 명명하였다.

3.2 사용재료

실험체에 주근으로 사용된 철근은 SD 40 철근이 사용되었으며, 기초의 경우 D16, 보와 기둥의 주근은 D13, 띠철근과 스티럽근은 D6 철근을 사용하였다. 콘크리트는 설계기준강도 24MPa를 기준으로 하였으며, 최대골재직경이 19mm, 슬럼프 15cm의 레드믹스트 콘크리트가 사용되었다. 채움벽에 사용된 블록은 본 연구에서 개발된 육각형 형상의 블록이며(그림 1(a)), 1/2축소한 형태로 실험실에서 제작하여 양생 후 사용하였다. 채움벽에 사용된 줄눈용 몰탈은 시멘트와 모래 중량비 1:4의 조적용 레미탈을 사용하였다. 실험에 사용된 각각의 재료성질은 Table 1, 2와 같다.

3.3 실험방법

실험방법은 Fig. 4와 같이 횡방향에 대해 정(+).부(-) 하중을 실험체의 바닥에서부터 상부 보까지를 층고로 한 층간변위를 기준으로 0.2~4.0%까지 그림 3과 같이 변위제어에 의해 각 사이클마다 3회씩 반복가력 하였다. 실험은 변위 및 하중의 증가에 따라 부재의 항복에 의한 내

Table 1 Material properties of reinforcing bar

Reinforcement	Area (mm ²)	Yield Strength (MPa)	Tensile Strength (MPa)	Modulus of Elasticity (GPa)
D6	31.6	510	580	189
D13	126.7	460	550	220
D16	198.6	440	530	215

Table 2 Material properties of concrete, block and mortar

Materials	Compressive Strength (MPa)	Modulus of Elasticity (GPa)
Concrete	27.6	21.0
Blocks	11.7	12.1
Mortar	12.8	14.9

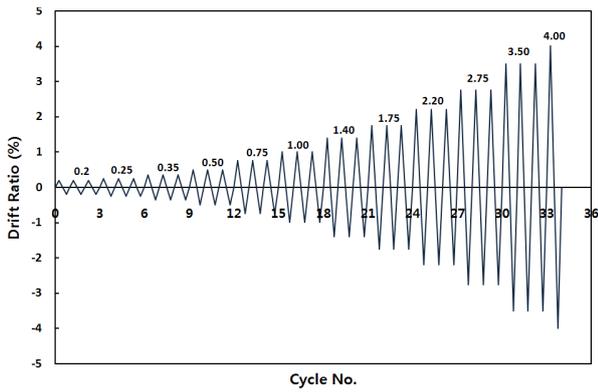


Fig. 4 Lateral loading history

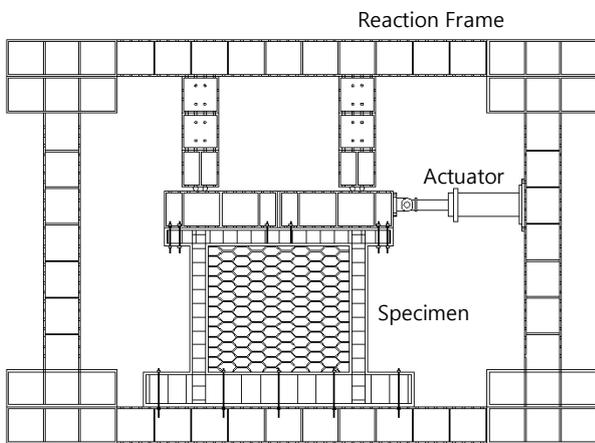
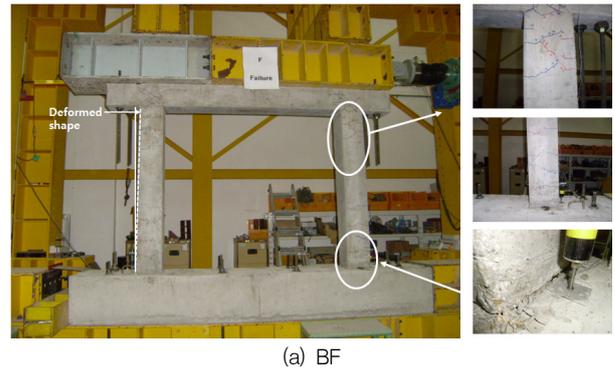
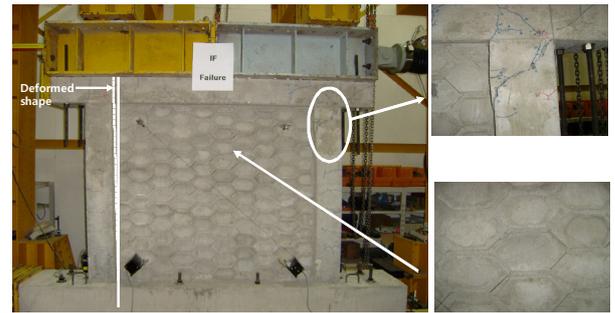


Fig. 5 Testing setup

력저하 또는 조적 채움벽의 파괴에 의한 내력저하 등 강도가 저하되는 것으로 판단될 때까지 실험을 진행하여 거동을 조사하였으며, 급격한 내력감소가 발생하지 않은 경우 4.0%의 층간변위비까지 실험을 진행하였다. 실험체는 Fig. 5와 같이 회전을 구속하였으며, 강재빔을 사용하여 횡방향의 변위만을 허용하도록 하였다. 실험체의 변위를 측정하기 위해 가력점과 같은 높이에 200mm LVDT를 설치하였으며, 기둥의 회전 및 기초의 밀립을 측정하기 위해 기둥하부와 기초부에 LVDT를 각각 설치하였다. 조적 채움벽의 전단변형을 측정하기 위해 양 대각선 방향으



(a) BF



(b) IF

Fig. 6 Final failure patterns of tested walls

로 LVDT를 설치하였다. 또한, 기둥의 주근과 스테리프에는 스트레인 게이지를 설치하여 실험이 진행되는 동안의 철근 변형을 측정하였다.

4. 실험결과 및 분석

4.1 균열 및 파괴양상

각 실험체의 실험결과는 Table 3과 같으며, 파괴형태를 Fig. 6에 나타내었다. RC 골조 실험체인 BF 실험체는 내진보강되지 않은 골조로서 연성적인 거동을 보였으며, 상부 보-기둥 접합부에서 전단균열이, 기둥에서는 휨균열이 주로 발생하였다. 기둥 하부와 기초의 경계면에서 0.25% 변위에서 초기균열이 발생하여 변위가 증가함에 따라 휨균열이 기둥 하부와 상부에서 진전되었다. 실험체

Table 3 Test results

Specimens	First crack on infill wall				Maximum load				Maximum displacement	
	Positive(+)		Negative(-)		Positive(+)		Negative(-)		Positive(+)(mm)	Negative(-)(mm)
	Load (kN)	Displacement (mm)	Load (kN)	Displacement (mm)	Load (kN)	Displacement (mm)	Load (kN)	Displacement (mm)		
BF	11.0	2.1	9.0	2.0	66	57.5	67	59.6	63.0	-55.1
IF	25.2	2.5	33.0	2.8	200	34.5	92	34.6	43.3	-34.6

상부의 실험체의 회전을 방지하였기 때문에 보와 기둥의 상부 접합부에서는 45°의 전단에 의한 경사균열이 발생하였으나, 기둥에서는 휨균열만이 관찰되었고, 최종적으로 기둥 주근의 항복 및 기둥 하부의 콘크리트의 균열 및 콘크리트의 탈락현상으로 실험이 종료되었다.

육각형 블록을 사용한 채움벽 골조 실험체인 IF의 경우 0.25% 변위에서 조적벽체와 보와의 경계면에서 균열이 발생하였다. RC 골조의 초기균열은 변위비 0.25%에서 기둥하부와 기초의 경계에서 발생하였다. 조적 채움벽의 경우 변위비 0.25%에서 모서리부분의 줄눈에서 균열이 발생한 이후 변위가 증가함에 따라 조적조의 줄눈에서 균열이 대각방향으로 진전되었으며, 골조와 조적벽체의 경계에서 분리현상이 발생하였다. 기둥의 균열은 초기에는 휨균열이 진전되었으나 변위의 증가에 따라 기둥 상부와 하부에서 전단균열이 발생하였으며, 최종파괴는 기둥 우측 상부의 전단파괴에 의해 실험이 종료되었다. 이러한 조적벽체의 균열양상은 약한골조와 강한 채움벽의 경우에 발생하는 형태이며, 육각형 형상의 효과에 의해 줄눈 미끄러짐 등은 초기이력에서는 관찰되지 않았다.

4.2 하중-변위 및 강성

각 실험체의 하중-변위곡선을 Fig. 7에 나타내었다. BF 실험체는 6cycle(0.25%)까지 탄성거동을 보이며, 기둥하부와 상부에 휨균열이 발생하였다. 변위비 1.4%에서 기둥 주근이 항복한 이후에도 하중의 증가없이 변형이 증가하는 소성적인 거동을 나타내었으며, 변위비 4%에서 실험이 종료되었다.

IF 실험체의 경우 하중-변위 곡선에서 확인할 수 있는 바와 같이 채움벽에 의해 강성이 4배 이상 증가하였으며, 벽체의 거동이 전단벽과 유사한 양상을 나타내었다. 최종 파괴는 BF 실험체에 비해 40% 감소된 변위비 2.75%에서 발생하였으며, 취성적인 파괴양상을 나타내었다. 이는 조적조의 줄눈의 균열이 진전된 이후에 기둥에 하중이 가해져 기둥에서 전단파괴가 발생하였기 때문이며, 이러한 파괴를 방지하기 위해서는 육각형 조적채움벽과 골조의 구속 및 줄눈의 분리를 방지하기 위한 보강이 필요할 것으로 판단된다.

채움벽의 유무에 따라 초기 강성은 큰 차이를 나타내었으며, 강성의 저하도 차이를 나타냈다. 강성저하를 비교하기 위해 두 실험체의 균열강성(K_{cr})과 각 사이클의 할

선강성(K , secant stiffness)과의 비로 나타내었다.

Fig. 8은 실험체의 강성저하를 나타낸 것이다. 채움벽의 유무에 따라 실험체의 강성의 차이는 크게 나타났으며, 비교를 위해 균열강성에 대한 비로 나눈 결과 육각형 조적채움벽 골조 실험체인 IF 실험체의 경우 강성저하가 더 크게 나타났으며, 이는 순수골조 실험체 BF의 경우 강성은 매우 작았지만 이후 안정적인 이력곡선을 나타내었기 때문

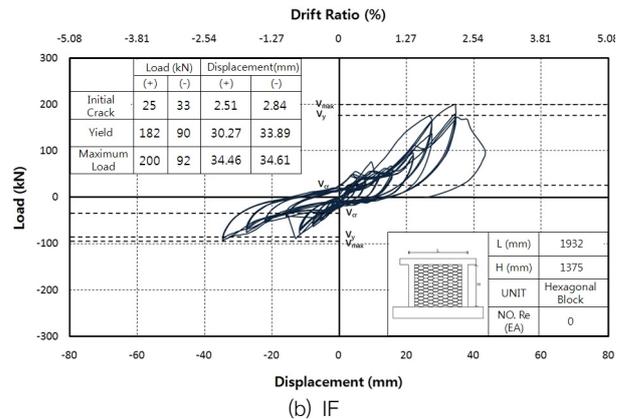
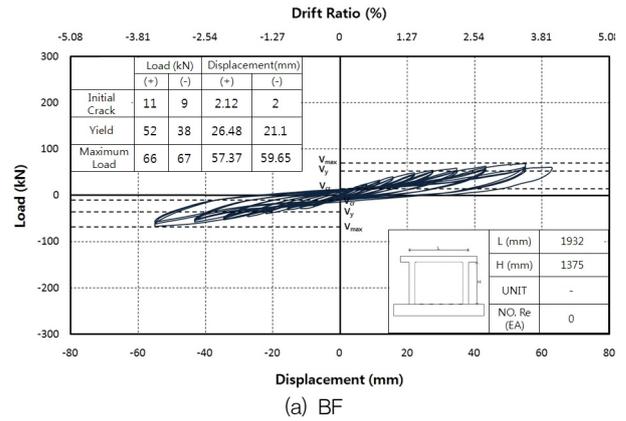


Fig. 7 Load-displacement curve of specimens

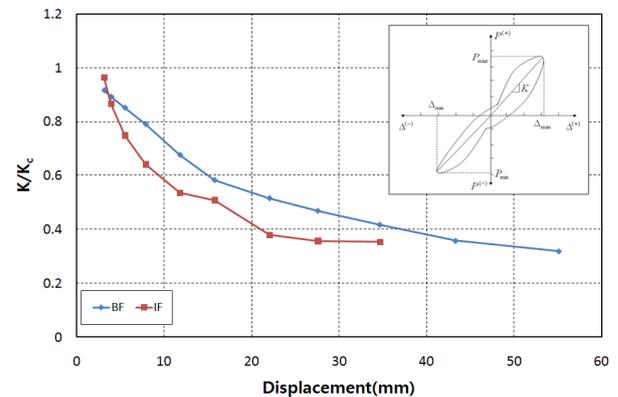


Fig. 8 Stiffness degradation of specimens

으로 판단된다. 또한 육각형 조적 채움벽 IF 실험체는 초기강성이 2.9배 크게 나타났으나 조적벽의 손상에 따라 이력곡선의 강성저하가 크게 나타났기 때문에 강성저하가 순수골조 실험체에 비해 크게 나타났다. 이러한 강성저하를 방지하기 위해서는 육각형 조적채움벽의 경우 골조와의 구속을 위한 추가의 보강이 필요할 것으로 판단된다.

4.3 연성 및 에너지

연성은 구조물의 에너지 소산능력을 평가하는데 사용되는 지표이며, 항복변위(곡률)와 극한변위(곡률)의 비를 말한다. Table 4는 BF, IF 실험체의 연성을 비교한 것으로 휨거동을 한 BF 실험체에 비해 IF 실험체가 50 % 연성이 감소되었다. 이는 채움벽의 효과에 의한 강도 및 강성의 증가로 골조의 항복이 2배 이상 지연됨에 따라 연성비가 적게 산출되었다. 순수 골조 실험체 BF의 연성비가 채움벽 실험체에 비해 매우 크게 나타났지만 수평내력이 30% 이하이며, 기둥의 항복 또한 IF 실험체의 30% 정도의 횡하중하에서 발생하여 안정성이 우수하다고 할 수는 없다. 일반적으로 건축물은 외장재 및 비구조부재들의 손상 및 탈락 등을 이유로 층

간변위를 제한하게 된다. Table 4에서는 1% 변위비에 대해 항복변위에 대한 비를 비교하였으며, BF, IF 실험체 1% 층간변위 이후에 항복을 하는 양호한 거동을 나타내었다.

Fig. 10은 실험체의 누적소산에너지를 비교하고 있다. IF 실험체의 경우 변위비 2.2%에서 파괴가 발생할 때까지의 소산에너지를 누적하였을 때 그림에서와 같이 BF 실험체의 소산에너지의 약 3배의 증가가 있었다. 이는 채움벽에 의해 변형능력은 저하되지만 채움벽에 의해 강도 증가가 정방향(+)에서 3.03배 증가한 효과에 의한 것으로 강도와 강성의 증가에 의해 순수골조에 비해 육각형 블록의 채움벽을 사용한 경우 횡하중에 대해 저항성능이 향상된다고 할 수 있다. Fig. 11은 Fig. 9에 나타난 바와 같이 하중-이력곡선을 이용하여 실험체의 변위단계에서의 등가점성감쇠(ζ)를 나타낸 것이다. 탄성단계인 1사이클(변위비 2%)에서 BF 실험체는 22%, 채움벽 골조 실험체 IF는 30%로서 BF 실험체가 약 8% 크게 나타났으며 BF 실험체의 경우 변위가 증가함에 따라 등가점성감쇠비가 증가하는 양상을 나타내었으며 IF 실험체의 경우는 변위증가에 따라 증가하는 양상이 초기에 나타났으나 이후에는 특별한 추세가 나타나지 않았다. 이는 변위가 증가할수록 기둥의 손상에 의해 강성저하가 나타나기 때

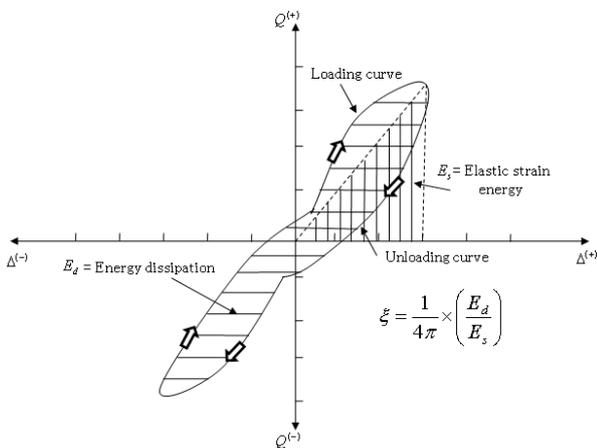


Fig. 9 Energy dissipation and equivalent viscous damping

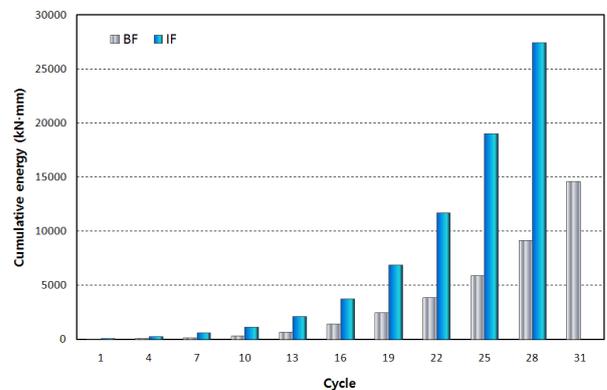


Fig. 10 Cumulative energy dissipation

Table 4 Ductility of specimens

Specimen	Direction	Displacement (mm)			Displacement ductility (μ_{Δ})					
					At 1% drift		At maximum load		At failure	
		Δ_y	Δ_u	Δ_f	$\mu_{\Delta 1\%}$	% drift	$\mu_{\Delta u}$	% drift	$\mu_{\Delta f}$	% drift
BF	Positive(+)	26.4	57.3	63.0	0.59	1.00	2.16	3.65	2.39	4.00
	Negative(-)	21.1	59.6	59.6	0.74	1.00	2.82	3.79	2.82	3.50
IF	Positive(+)	30.2	34.4	43.3	0.52	1.00	1.13	2.19	1.43	2.75
	Negative(-)	33.8	34.6	34.6	0.46	1.00	1.02	2.19	1.02	2.20

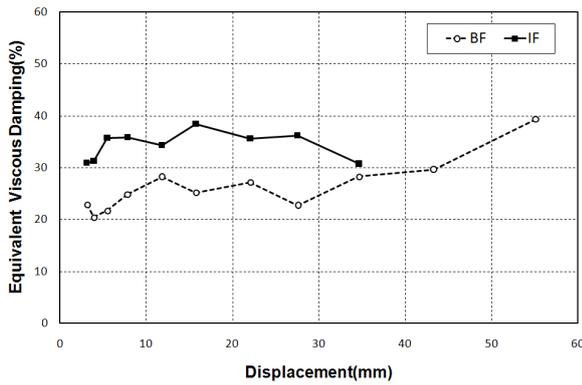


Fig. 11 Equivalent viscous damping ratio

문에 감쇠비의 증가추세가 나타난 것으로 판단된다.

4.4 기둥 주근의 변형률

Fig. 12는 순수골조 실험체와 채움벽 실험체의 기둥 주

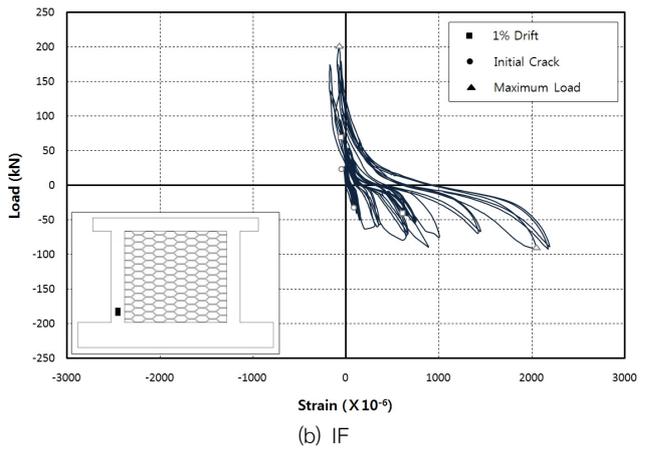
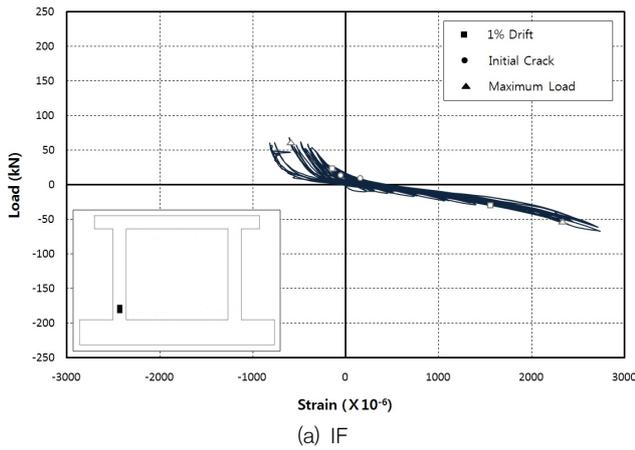


Fig. 12 Strains of column main bar

Table 5 Comparison between effects of hexagonal and rectangular block infilled wall

Specimen	크기(mm)	Bare Frame		Infilled Wall		Strength ratio Maximum load of infilled wall / Maximum load of frame	Displacement ratio Maximum drift of infilled wall / Maximum drift of frame	
		Maximum load (kN)	Drift (%)	Maximum load (kN)	Drift (%)			
Chang et al.(2011)	1830×1575	67	4.0	200	2.7	3.03	0.68	Hexagonal block(hollow)
Shin et al. (2001)	1800×1200	127.0	4.2	160.1	1.5	1.26	0.35	Rectangular(solid)
Lee (2005)	4600×3900	312.2	2.0	681.6	1.1	2.39	0.55	Rectangular(solid)
Mehrabi et al.(1996)	2640×1650	23.89	3.9	34.5	0.4	1.44	0.10	Rectangular(hollow)
				52.2	0.9	2.18	0.23	Rectangular(solid)
Yuksel et al (2010)	1333×1000	40	5.0	82	5.0	2.05	1.00	Rectangular(solid)
Kaltakci et al.(2008)	843×1603	12.97	5.10	23.64	2.4	1.82	0.47	Rectangular(solid) steel frame
	843×823	32.37	9.9	41.42	2.4	1.27	0.24	
	1643×823	27.15	7.2	45.50	2.4	1.67	0.33	

근의 변형률을 비교하여 나타낸 것이다. 그림에 나타난 바와 같이 순수골조 실험체 IF의 좌측 기둥 주근이 항복하였을 때 채움벽 골조의 동일 위치 주근 변형률은 33%에 해당하는 660×10^{-6} 를 나타내었다. 또한, 주근의 최대 변형률은 순수골조 실험체의 경우 좌측 기둥 하부에서 최대 변형률이 2800×10^{-6} 이었으며, 채움벽 골조 실험체의 경우 2190×10^{-6} 을 나타내어 약 20%의 감소되었다. 이는 벽체와 기둥의 경계에서 분리가 발생하기 전에는 육각형 조적 채움벽이 하중을 대부분 분담하며, 경계면에서의 분리 이후에도 횡력저항을 일부 부담하였기 때문으로 판단된다.

4.5 육각형 조적 채움벽의 효과

Table 5는 기존의 사각형 벽돌, 블록을 사용한 채움벽의 골조에 대한 수평내력 증가를 나타낸 것이다. 표에서

나타낸 바와 같이 기존의 사각형 조적벽체에 별도의 보강이 되지 않은 채움벽의 경우 1.26~2.3배의 강도 증진 효과가 있었으나, 육각형 블록을 사용한 IF 실험체의 경우 3.03배의 수평내력 증가가 있었으며 육각형 조적벽체의 형상이 횡력저항에 효과적인 것으로 판단된다. 따라서, 조적채움벽이 RC 골조에 보강되었을 때 일반적으로 중력 하중하에서의 안정을 위한 고려는 무시될 수 있으나 지진 하중의 효과적인 설계를 위해 채움벽에 의한 기여가 고려가 되어져야 할 것으로 판단되며, 이를 위해 조적조의 거동을 안정적으로 하기 위해 골조경계면과의 효과적인 구속이 필요하다. 최대변위에 있어서는 육각형조적 채움벽을 사용한 IF 실험체의 경우 순수골조 실험체에 비해 약 32%의 최대변위가 감소하였다. 이는 기존 연구에서 발표된 사각형 조적개체를 사용한 경우 45~90%의 변형능력의 감소에 비해 양호한 값으로 판단되며, 이는 육각형 조적개체의 경우 수평방향 줄눈이 형성되지 않기 때문에 수평방향에 대해 미끄러짐 파괴 등이 억제되어 기둥에서 전단에 의한 취성적 파괴가 지연될 수 있었기 때문으로, 골조와의 구속에 의해 보다 거동을 개선시킬 수 있을 것으로 판단된다.

5. 결론

본 연구에서는 기존의 사각형 조적개체의 횡력에 대한 취약성을 개선하기 위해 개발된 육각형 블록을 RC 골조 채움벽에 적용할 때의 구조성능 개선에 대한 효과를 평가하고자 하였다. 순수 골조 실험체와 육각형 조적 채움벽 실험체에 대한 구조성능 실험을 수행하였으며 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

육각형 블록을 사용한 채움벽 골조 IF 실험체의 경우 순수골조 실험체 IF에 비해 3.03배 이상의 수평내력의 증가가 있었으며, 기존 연구자들에 의해 실험된 사각형 조적채움벽의 내력증가를 비해 30% 이상의 강도 증가효과가 있었다. 따라서 기존 조적조에 비해 본 연구에서 사용된 육각형 블록이 횡하중에 대한 성능향상이 큰 것으로 판단된다.

순수골조 실험체에 비해 연성비는 약 50%가 감소되었으나, 순수골조 실험체의 경우는 강도가 채움벽 골조 실험체의 30% 정도로 낮고 작은 변위비에서 기둥이 항복함으로써 인해 연성비가 증가한 것으로 구조적 안정성에 대한 비교는 어려우며, 육각형 조적채움벽 골조의 최종변위가

변위비 2.75%로서 양호한 변형능력을 나타내었다. 다만, 추후 육각형 조적식 채움벽을 강도증진형 내진보강용으로 사용하기 위해서는 비보강된 육각형 조적 채움벽 골조의 파괴양상이 기둥의 전단파괴에 의해 취성적인 파괴가 나타났기 때문에 채움벽 골조의 연성능력 확보 및 면외하중에 대한 안정성을 위해 채움벽과 골조의 구속 및 보강이 필요할 것으로 판단된다.

감사의 글

이 연구는 2010년도 한국연구재단 기초연구비지원사업의 연구비지원에 의한 결과의 일부임 (과제번호 : 2010-0025200)

참고문헌

1. 대한건축학회, 건축구조기준(KBC 2009), 2009.
2. 권기혁, 나선형, 긴결철물을 이용한 조적치장벽체의 전단거동에 대한 실험연구, 한국구조물진단학회지, 11(2), 2007.
3. 신종학, 하기주, 이희중, 철근콘크리트 프레임내 조적벽체의 골조구속에 따른 내진성능 평가 및 개선, 한국구조물진단학회지, 5(3), 2001.
4. 이정환, 중저층 건축물의 내진성능 및 내진보강, 광운대학교 대학원 박사학위 논문, 2004.
5. 장극관, 서대원, 한태경, 반복하중을 받는 육각형 블록벽체 전단내력평가, 한국구조물진단학회지, 14(6), 2010.
6. Angel, J. E., Abrams, D., Shapiro, D., Uzarski, J., Webster, M., Behavior of reinforced concrete frames with masonry infills, Rep. UILU-ENG-94-2005, Dept. of Civ. Engrg., Univ. of Illinois, Urbana Champaign, Ill. 194.
7. Armin B. Mehrabi, P. Benson Shing, Michael P. Schuller, Experimental Evaluation of Masonry Infilled RC Frames, Journal of Structural Engineering, ASCE, March, 1996.
8. Arturo Tena-Colunga, Artemio Juarez-Angeles, Victor H. Salinas-Vallejo, Cyclic Behavior of Combined and Confined Masonry Walls, Engineering Structures, 31, 2009.
9. E. Yuksel, H. Ozkaynak, O. Buyukozturk, C. Yalcin, A. A. Dindar, M. Surmeli, D. Tasstan, Performance of alternative CFRP retrofitting schemes used in infilled RC frames, Construction and Building Materials, Elsevier, 24, 2010.
10. G. Michele Calvi, Davide Bolognini, Andrea Penna, Seismic Performance of Masonry Infilled R.C. Frames: Benefits of Slight Reinforcements, 6th Congresso Nacional de Sismologia Engenharia Sismica, 2004.
11. Holmes, M., Steel Frames with Brickwork and Concrete Infilling, Proc. Inst. Civ. Engrs. 19, 1961.
12. Marwan T. Shedid, Robert G. Drysdale and Wael W. El-Dakhkhni, Behavior of Fully Grouted Reinforced Concrete Masonry Shear Walls Failing in Flexure:

-
- Experimental Results, Journal of Structural Engineering, ASCE, November, 2008.
13. M. Paz, W. Leigh, Structural Dynamics—Theory and Computation, Kluwer Academic Publishers, 2001.
 14. M. Y. Kaltakci, A. Koken, H. H. Korkmaz, An experimental study on the behavior of infilled steel frames under reversed cycling loading, Iranian Journal of Science & Technology, 32(B2), 2008.
 15. Stafford Smith, B., Lateral Stiffness of Infilled Frames, J. Struct. Div, ASCE, 88(6), 1962.
 16. Stafford Smith, B., Behavior of the square infilled frame, J. Struct. Div, ASCE, 92(1), 1966.
 17. Stafford Smith, B., Method for predicting the lateral stiffness and strength of Multi-story infilled frames, Build, Sci. Pergamon Press, Oxford, U.K. 2, 1967.
 18. T. Paulay, M. J. N. Priestley, Seismic of Reinforced Concrete and Masonry Buildings, John Wiley & Sons, Inc., 1992.
- (접수일자 : 2011년 3월 6일)
(수정일자 : 2011년 5월 8일)
(심사완료일자 : 2011년 5월 13일)

요 지

일반적으로 조적조는 시공이 용이하고 경제적인 구조로서 국내뿐만 아니라 해외에서도 가장 오래되고 광범위하게 사용되는 구조이다. 조적벽을 RC 골조에 장막벽으로 사용하는 채움벽 형태의 구조는 시공이 용이하고 경제적이기 때문에 저층 주거용 건물, 학교건물 등에 많이 적용되고 있으나, 설계시에는 비구조부재로 취급되어 채움벽의 효과를 반영하지 않고 있다. 본 연구에서는 기존의 사각형 조적개체의 횡력에 대한 취약성을 개선하기 위해 개발된 육각형 블록을 RC 골조 채움벽에 적용한 채움벽 골조에 대한 구조실험을 수행하여 육각형블록 조적채움벽의 효과를 평가하고자 하였다.

핵심 용어 : 육각형 블록, 조적조, 채움벽, 내진성능
