

메움벽에 의한 R/C골조의 내진성능 평가에 관한 연구

Experimental Study of Infilled Wall in Reinforced Concrete Structure

김 석 균* 김 정 한** 김 영 문***

Kim, Seok Kyun Kim, Jeong Han Kim, Young Moon

ABSTRACT

Although infilled wall considered as a non-structural element, the infilled applied in reinforced concrete frame structural systems represents an important element influencing the behaviour and the stability of a structure under seismic effect.

This research is performed an experimental investigation of gravity-load designed single-story, single-bay, low-rise nonseismic moment-resisting reinforced concrete frame 2 dimension specimens to evaluate the effect of seismic capacity. For pseudo static test, it was manufactured one half scale specimens of two types(Bare Frame, Infilled Frame) based on typical building. The results of these experiments provided regarding the global as well as the local responses of 1)Crack pattern and failure modes, 2)Stiffness, strength.

1. 서 론

지진 발생시 비내진 설계된 R/C 모멘트저항골조의 경우, 구조물의 거동은 전체 응답에 미치는 효과가 매우 크므로 중요하게 다루어야 한다. 그런데, 우리나라에서는 1988년부터 건축물의 내진설계 규준이 마련되어 시행하고 있는 실정으로 국내 건축물 중에서 중·저층 R/C조는 내진성능면에서 안전하다고 판단되지 않으며, 이에 대한 자료도 불충분한 상태이다. 또한 R/C Frame 면내의 메움벽은 대부분 시멘트 벽돌을 사용하는 조적으로, 이 경우에 시멘트 벽돌로 채운 메움벽의 구조내력 평가는 비내력벽인 단순 장막벽으로 해석하는 것이 일반적이다. 그러나, 조적 메움벽은 내력벽으로서의 강도 및 강성을 가지고 있으나 국내에서는 조적 메움벽의 내진성능 평가에 관한 연구자료는 미흡한 상태이다. 이에 본 실험연구에서는 국내에서 내진설계가 시행되기 이전에 중력하중만에 의해 설계된 중·저층 R/C 건축물인 경찰서 청사 표준설계도면에 근거하여 1층 1경간 2차원 실험체의 유사정적 실험을 통해 Frame 면내(內)를 시멘트 벽돌로 채우지 않은 실험체(이하 Bare Frame이라 한다)와 Frame 면내를 시멘트벽돌로 채운 실험체(이하 Infilled Frame이라 한다)에 대해서 내진성능을 평가하고 구조물의 거동에 대해 알아보려고 한다.

* 전북대학교 건축공학과 석사과정

** 전북대학교 건축공학과 석사과정

*** 전북대학교 건축공학과 정교수

2. 실험 개요

내·외부기둥과 보로 연결되는 1/2 Scale의 1층 1경간 2차원 실험체의 면내를 시멘트벽돌로 매우지 않은 실험체와 면내를 시멘트벽돌로 메운 실험체를 각각 1개씩 그림1과 같이 제작하였다.

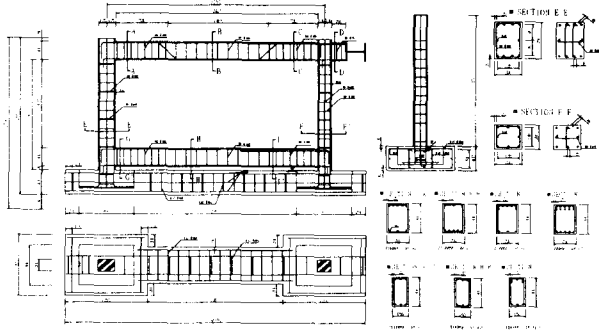


그림 1 실험체 배근도

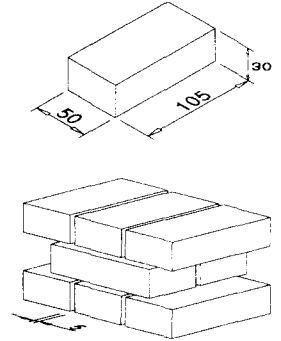


그림 2 시멘트 벽돌과 영식 쌓기

2.1 사용재료

실험체에 사용된 콘크리트의 기준강도는 210kg/cm^2 , 슬럼프는 15cm, 굵은 골재 최대지름은 13mm로 하였다. 철근은 기둥과 보의 주근 D10, 전단보강근과 횡보강근 D6으로 제작하였다. 시멘트 벽돌은 기성시멘트벽돌 크기의 1/2인 $105 \times 50 \times 30$ 를 사용하였고 평균 강도는 195.7kg/cm^2 이며, 사출몰탈의 강도는 195kg/cm^2 으로 두께는 0.5cm 1B 영식쌓기로 하였다.

구분	압축강도 (kg/cm^2)	인장강도 (kg/cm^2)	탄성계수 (kg/cm^2)	프와송비 (ν)
콘크리트	221	22.7	1.47×10^5	0.26
철근	종류	항복응력(kg/cm^2)	최대응력(kg/cm^2)	변형률(%)
	D10	4986	5857	8.4
	D6	3275	4934	2.7

표 1 사용재료의 물리적 성질

2.2 실험방법

현대건설 기술연구소 구조실험동에 실험체를 설치하여 유사정적 실험을 실시하였으며, 외부기둥과 내부기둥에 각각 13.8t과 9.77t의 축하중을 실험종료시까지 일정하게 유지하였고, 내부기둥상단 집합부

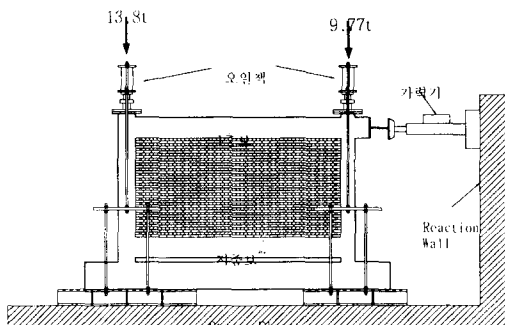


그림 3 실험체 설치상황

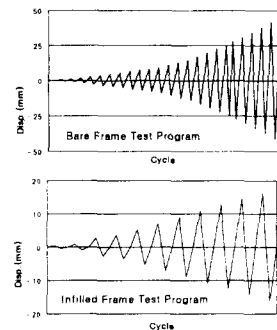


그림 4 테스트 프로그램

에 횡하중을 가력하였다. 실험체 설치상황은 그림3과 같다. 가력은 변위제어 방식으로 그림 4와 같이 Step당 2Cycle씩 하중이 하락하는 단계까지 수행하였는데, Bare Frame은 41.4mm, Infilled Frame은 16.2mm 까지 실시하였다.

3. 실험결과

실험체에 대한 내진성능의 평가는 1) 균열 및 파괴현상, 2) 횡방향 반복하중과 횡방향 변위와의 이력곡선으로부터 강성·강도를 분석하였으며, 세부적인 결과는 다음과 같다.

3.1 균열 및 파괴모드

Bare Frame의 초기균열은 4.5mm변위에서 외부기둥과 보 접합면에서 발생하였으며, 변위 5.4mm에서 내부기둥의 접합면에서 초기 균열이 발생하였다. 변위 17.1mm에서부터 각 접합부의 전단균열이 점점 심화되고 외부 기둥은 19.8mm, 내부기둥은 27.9mm변위에 박피가 발생하였다.(그림5)

Infilled Frame의 초기균열은 변위 2.7mm에서 지중보 접합면과 내부기둥 접합면에 균열이 발생하였고, 1층보에서는 변위 3.6mm에서 초기균열이 발생하였다. 변위 5.4mm에서 조적벽의 균열이 발생되기 시작하고 조적벽 상부 1/4지점에서 수평으로 줄눈균열이 발생하였다. 변위 14.4mm에서 내부기둥은 철근이 노출되며 소성힌지가 발생하고 외부기둥은 하부 접합부 전단균열이 진전되었으며 기둥측면에 휨 균열이 발생하였다. 1층보에서는 횡하중에 의하여 보 1/3지점에 파괴가 집중되어 소성힌지가 발생하였고 조적벽은 내부기둥 상부에 손상이 심화되었다.(그림6)

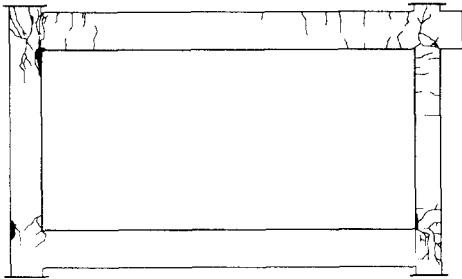


그림 5 Bare Frame 최종 변위후 균열도

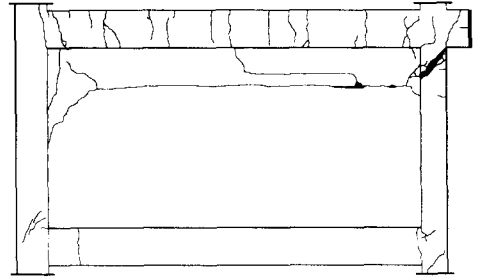


그림 6 Infilled Frame 최종 변위후 균열도

3.2 하중-변위 관계

동일한 초기변위에서 비교해 볼 경우 Infilled Frame은 Bare Frame에 비해서 초기강성이 크기 때문

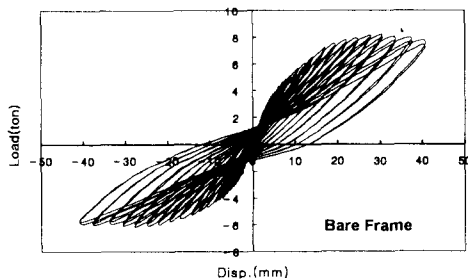


그림 7 Bare Frame 하중-변위 곡선

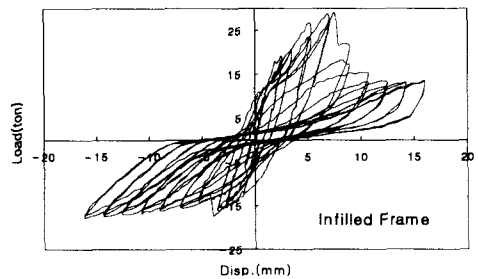


그림 8 Infilled Frame 하중-변위 곡선

에 적은 변위에서 급격한 강성의 증가와 하락 형태를 보이고 있고, Bare Frame은 완만한 강성저하 곡선을 보이고 있다. Infilled Frame의 최대 강성은 Bare Frame에 비해 약 10배 정도 크게 나타났음을 알 수 있다. 또한 동일한 변위에서 인장측보다는 압축측에서 강성이 약간 하락하는 현상을 나타내고 있다. 강도면에서 Bare Frame은 완만한 곡선의 형태를 보이고 있지만, Infilled Frame은 골조와 조적의 상호작용으로 인해 증가·감소를 반복하며 서로 기울기가 다른 비선형 거동을 나타내고 있다.

4. 결 론

본 실험에서 중력하중만에 의해 설계된 현존하는 중·저층 R/C 건축물의 1층 1경간 Frame을 1/2스케일로 제작한 실험체에 대해 유사정적 실험을 하여 비교, 분석한 내용은 다음과 같다.

(1) 균열 및 파괴모드

Infilled Frame과 Bare Frame의 지중보에서 눈에 띄는 균열은 발견되지 않았고, Bare Frame은 주로 보와 기둥이 만나는 접합부에서 집중적인 파해가 발생하였고 휘과 연성거동을 나타냈다. 이러한 접합면의 심한 손상은 접합부에 횡보강근이 배근되지 않았기 때문이라고 판단된다. Infilled Frame은 먼저 조적에서 균열이 발생하면서 비선형 거동을 보였다. 이 균열은 가력면 상부에서 압축으로 작용할 때 약 45°로 발생, 조적벽 상부 약 1/4지점 높이에서 수평 Sliding 균열로 진전되었으며, 1층보에서는 횡하중에 의한 다수의 휨 균열과 위로 약간 휘어지는 현상이 관찰되었다. Infilled Frame은 조적 Sliding 균열을 기준으로 변위를 증가시킬수록 상부와 하부가 따로 거동하는 현상이 나타났고 그 후 내부기둥 상부에서의 심한 전단파괴로 발전되었다.

(2) 강도, 강성

Infilled Frame은 Bare Frame에 비해 월등한 결과를 보이고 있다. 강도곡선에서 Bare Frame은 완만한 곡선의 형태를 보이고, Infilled Frame은 골조와 조적의 상호작용으로 증가·감소를 반복하며 서로 기울기가 다른 비선형 거동을 나타내고 있다. 강도면에서는 실험체 인장측 최대 강도를 비교해 보면, Bare Frame을 기준으로 Infilled Frame은 약 3배 증가하였다. 또한 Infilled Frame의 최대 강성은 Bare Frame에 비해 약 10 배 정도 크게 나타났다.

이와 같이 골조 내에 시멘트벽돌로 메운 매움벽은 강성 및 강도의 증가에 상당한 영향을 미치고 있다.

참고문헌

1. P. Gavrilovic & V. Sendova, "Experimental and analytical studies of infill walls in reinforced concrete structures.", Earthquake Engineering, Tenth World Conference, 1992 Balkema, Rotterdam.
2. D. P. Abrams, "Strength and behavior of unreinforced masonry elements.", Earthquake Engineering, Tenth World Conference, 1992 Balkema, Rotterdam.
3. Armin B. Mehrabi, P. Benson Shing, Michael P. Schuller & James L. Noland, "Experimental evaluation of masonry-infilled RC frames", Journal of Structural Engineering, ASCE, 1996, 3, pp.228-237
4. 신종학, 김현삼, "Frame 면내 매움벽의 내력평가에 관한 실험적 연구", 대한건축학회 학술발표논문집, 제7권, 제1호, 1987