

철근콘크리트 프레임면내 조적벽체의 내진성능 평가 및 개선

Evaluation and Improvement for Seismic Resistant Capacity of Reinforced Concrete Infilled Masonry Frame

신 종 학* 하 기 주** 최 민 권*** 전 하 석****
Shin, Jong-Hack Ha, Gee-Joo Choe, Min-Kwon Jun, Ha-Suk

ABSTRACT

Five reinforced concrete rigid frame and masonry infilled wall and cut off type masonry infilled wall were constructed and tested during vertical and cycle loads simultaneously. Experimental programs were accomplished to evaluate the structural performance of test specimens, such as the hysteretic behavior, the maximum horizontal strength, crack propagation, and ductility etc. Test variables are hoop reinforcement ratio and masonry infilled wall with on without. All the specimens were modelling in one-third scale size.

1. 서 론

국내에서는 구법이 용이하고, 경제적인 조적벽의 일종인 시멘트 벽돌조 벽이 가장 많이 사용되어지고 있다. 이는 비구조재로 간주되어 그 내력은 전혀 무시하고, 단순장막벽으로 취급하고 있는 실정이지만, 조적벽이 프레임면내에 설치 되었을 경우, 조적벽은 바람이나 지진등의 수평력에 저항할수 있을 뿐만아니라, 이들의 상호작용에 의하여 강도와 수평강성이 증대된다는 사실을 묵시적으로 인정하고 있다. 본 연구은 철근콘크리트 순수강점프레임(FB-0)과 철근콘크리트 프레임면내 단순장막벽 형식(IFB-1)실험체와 기둥단면을 CUT OFF한 후 조적벽체를 축조한 (IFBC-1~3)실험체를 대상으로 수직하중을 허용축하중($0.15 \cdot f_c' \cdot A_{GK}$) 범위내로 일정하게 유지시키면서 반복수평하중을 가력하여 조적벽체의 접합부 거동특성과 수평내력·강성, 연성능력, 균열진전상황등을 비교·분석하여 철근콘크리트 프레임면내 조적벽체의 내진성능 평가 및 개선을 통한 기초설계 자료를 제시하고자 한다.

2. 철근콘크리트 프레임면내 조적벽체의 실험

2.1 개 요

반복수평하중을 받는 철근콘크리트 프레임면내 조적벽체의 거동특성과 수평내력 평가를 실시하기

* 경일대학교 건축공학과 교수, 공학박사

** 경일대학교 건축공학과 부교수, 공학박사

*** 계명대학교 건축공학과 교수, 공학박사

**** 경일대학교 대학원 졸업, 공학석사

위하여 그림 1에서와 같이 철근콘크리트 순수강접프레임(FB-0)과 철근콘크리트 프레임면내에 단순장막형식으로 조적벽체를 축조한 (IFB-1)실험체와 기둥단면을 시멘트 벽돌(재래형 1/3)의 반질 크기로 CUT OFF한 후 조적벽체를 축조한 (IFBC-1~3)실험체를 기둥의 띠철근 간격을 변수로(@100, @70, @30)한 총 5개의 실험체를 구분 제작하여 실험을 실시하였다. 실험체에 사용된 철근은 SD40 (D10, 보. 기둥의 주근 보강철근)과 MSWR24 (Ø6.0 기둥 띠철근)를 사용하였으며, 콘크리트의 설계기준강도는 210kg/cm²을 기준으로 하였다.

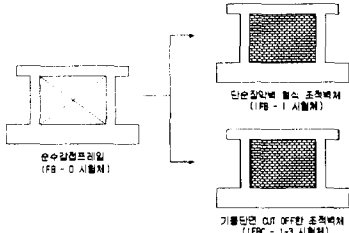


그림 1. 연구 범위

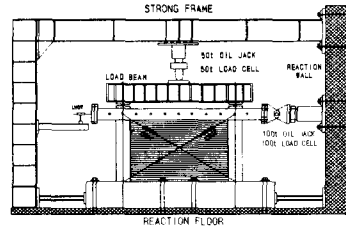


그림 2. 실험체의 설치상황 및 가력장치

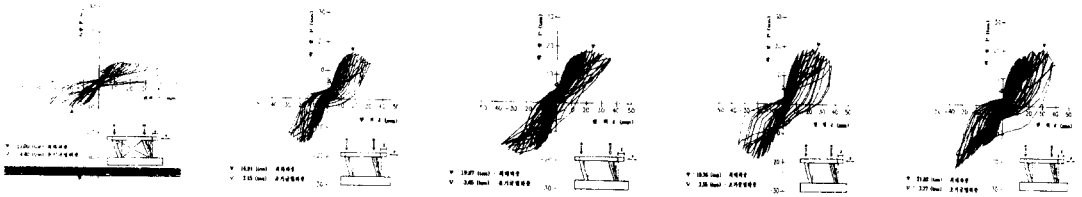
2.2 실험방법

경일대학교 구조실험실의 반력바다, 반력벽과 스트롱 프레임으로 구성된 입체 실험용 공간을 이용하였고, 그림 2에서와 같이 반복수평하중은 수평 유압잭 100(ton)을 반력벽에 설치하여 가력하였으며, 수직하중은 좌우 기둥에 균등하게 축하중($0.15 \cdot f_c' \cdot A_{be}$)이 일정하게 작용하도록 하였다. 변위량의 측정에는 LVDT를 설치하여 측정하였고, 실험체의 표면에 응력이 작용하는 위치를 설정하여 스트레인 게이지를 부착하였다. 외력에 의한 변위 및 변형은 System 4,000에 의해 자동으로 측정하였다.

3. 철근콘크리트 프레임면내 조적벽체의 내진성능 평가

3.1 이력거동 특성

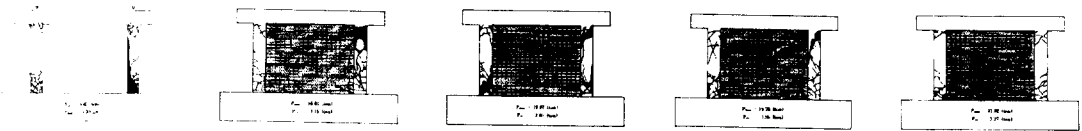
FB-0 실험체의 경우 그림 3(a)에서와 같이 수평하중이 4.16(t)일 때까지 탄성거동상태를 나타내었고, 수평하중이 4.4(t)에 도달하였을 때 우측기둥주각, 주두 부근에서 초기균열이 발생하였다. 또한 최대수평하중이 11.00(t)이었을 때 사방향 균열이 좌우 주각을 중심으로 형성되었다. IFB-1 실험체의 경우 그림 3(b)에서와 같이 2.4(t)까지는 탄성거동상태를 나타내었다. 초기균열은 수평하중이 3.15(t)일 때 조적벽체 하단부에서 사방향으로 발생되었다. 수평하중이 13.61(t), 수평변위가 14.33(mm) 일 때 가력축 기둥의 주근이 항복되었고, 최대수평하중이 16.01(t)에 도달했을 때는 벽체에 사방향균열이 밴드(Band)를 형성되었다. IFBC-1 실험체의 경우 그림 3(c)에서와 같이 수평하중이 3.45(t)까지는 탄성거동상태를 나타내었고, 초기균열은 수평하중이 3.65(t)일 때 가력축 조적벽체의 1/3높이에서 사방향으로 발생되었다, 수평하중이 16.05(t) 수평변위가 11.52(mm)일 때 기둥 주근이 항복되었고, 최대하중이 19.07(t)에 이르렀을 때 콘크리트 탈락현상과 대각선의 사방향균열의 밴드(Band)를 형성하였다. IFBC-2 실험체의 경우 그림 3(d)에서와 같이 수평하중이 3.35(t)까지 탄성거동상태를 나타내었고, 초기균열은 수평하중이 3.55(t)일 때 조적벽체의 상단부에서 수평균열과 사인장 균열도 발생되었다. 수평하중이 14.11(t), 변위가 10.19(mm)일 때 기둥 주근이 항복되었고, 최대하중이 19.76(t)에 도달하였을 때 콘크리트 탈락과 기둥의 압괴현상이 발생되었다. IFBC-3 실험체의 경우 그림 3(e)에서와 같이 수평하중이 3.48(t)까지는 탄성거동상태를 나타내었다. 초기균열은 수평하중이 3.27(t)일 때 조적벽체의 1/3높이에서 사방향으로 진전되었고, 수평하중이 15.75(t) 일 때 변위가 9.08(mm)일 때 기둥 주근이 항복되었고, 최대하중이 21.82에 도달했을 때 사방향 균열의 밴드(Band)를 형성하며 벽체의 사방향 균열이 진전되었다.



(a) FB-0 실험체 (b) IFB-1 실험체 (c) IFBC-1 실험체 (d) IFBC-2 실험체 (e) IFBC-3 실험체
 그림 3. 유형별 실험체의 이력거동 곡선

3.2 파괴형태

FB-0 실험체의 경우 그림 4(a)에서와 같이 주각부에서 발생하여 점차 수평하중이 증가함에 따라 휨균열이 더욱 진전되었으며, 기둥의 압괴현상과 콘크리트 탈락현상이 발생되었다. IFB-1 실험체의 경우 그림 4(b)에서와 같이 기둥과 벽체에서 슬립(Slip)현상으로 인하여 최대 10(mm)의 접합부 분리현상이 일어났다. 최대 수평하중에 도달했을 때에는 기둥상부의 주근 항복으로 인한 전단균열과 함께 압괴현상이 발생하였다. IFBC-1 실험체의 경우 그림 4(c)에서와 같이 최대수평하중에 도달하였을 때 가력측 기둥 주두부에서 다수의 전단균열로 인하여 기둥이 항복되고 반대측 기둥 주각부에서도 전단균열이 진전되어 압괴현상이 일어나고, 좌·우 벽체에서는 사방향균열이 계속 증대되었다. IFBC-2 실험체의 경우 그림 4(d)에서와 같이 최대하중에 도달하였을 때 기둥의 주두에서 중앙부까지 전단균열의 증대와 함께 주두·주각부에 압괴현상이 나타나고, 벽체에서는 사방향 균열이 크게 진전되고 균열폭도 증대되어 콘크리트 탈락현상과 조적 이탈현상이 발생하며 파괴되었다. IFBC-3 실험체의 경우 그림 4(e)에서와 같이 최대하중에 도달하였을 때 주각부의 탈락현상과 벽체의 사방향 균열이 밴드(Band)를 형성하며 파괴에 이르렀다.



(a) FB-0 실험체 (b) IFB-1 실험체 (c) IFBC-1 실험체 (d) IFBC-2 실험체 (e) IFBC-3 실험체
 그림 4. 유형별 실험체의 파괴형태

3.3 최대변위 및 연성능력

부재의 연성은 구조물에 발생한 처짐 또는 처짐각을 이용하여 평가하기도 하지만, 본 연구에서는 부재 항복시의 처짐량을 기준으로 하여 최대하중 이후에서 최대하중의 80%에서의 변위를 이용하여 각 실험체의 연성능력을 평가하였고, 유형별 조적벽체 실험체의 연성능력은 표 1과 같다.

표 1 실험체의 강도 및 연성

구분 실험체	δ_y (mm)	V_y (ton)	δ_{max} (mm)	V_{max} (ton)	$\delta_{0.8 max}$	$0.8 V_{max}$	$\mu = \frac{\delta_{0.8 max}}{\delta_y}$
IFB-1	13.61	14.33	17.95	16.01	27.01	12.81	1.98
IFBC-1	11.52	16.45	24.00	19.07	34.00	15.26	2.95
IFBC-2	10.19	14.11	25.91	19.76	33.15	15.81	3.25
IFBC-3	9.08	15.75	30.28	21.82	37.54	17.45	4.12

3.4 내력 및 전단응력 비교

철근콘크리트 프레임면내 조적벽체에 반복수평하중이 작용할 때 단순장막벽 형식으로 조적벽체를 축조한 (IFB-1)실험체와 기둥단면을 CUT OFF한 후 조적벽체를 축조한 (IFBC-1~3)실험체의 내력비와 전단응력은 표 2, 표 3과 같다.

표 2. 유형별 실험체의 내력비

CASE (i)	실험체	최대하중 (t)	내력비
1	FB-0	11.00	1
2	IFB-1	16.01	1.45
3	IFBC-1	19.07	1.73
4	IFBC-2	19.76	1.80
5	IFBC-3	21.82	1.98

표 3. 유형별 실험체의 전단응력

실험체	전단 균열시		최대 하중시	
	P_{cr}	τ_{cr}	P_{max}	τ_{max}
IFB-1	11.72	14.65	16.01	20.63
IFBC-1	13.72	17.15	19.07	23.84
IFBC-2	14.63	18.28	19.76	24.70
IFBC-3	16.13	20.16	21.82	27.27

4. 결 론

본 연구는 수직하중과 반복수평하중이 동시에 작용하는 철근콘크리트 순수강접프레임(FB-0)과 철근콘크리트 프레임면내 단순장막벽 형식을 조적벽체를 축조한 (IFB-1)실험체와 기둥단면을 CUT OFF한 후 조적벽체를 축조한 (IFBC-1~3)실험체로 구분하여 기둥의 띠철근비를 변수로 하여 총 5개의 실험체를 실제 구조물 크기의 1/3로 축소 모델화하여, 철근콘크리트 프레임면내 조적벽체의 내진성능 평가를 위한 실험을 실시하여 비교·분석한 결과 아래와 같은 결론을 얻었다.

- 1) 순수강접프레임 (FB-0)실험체를 중심으로 최대수평내력을 비교한 결과, 단순장막벽형식 조적벽체 (IFB-1)실험체의 경우 1.45배, 기둥단면을 시멘트벽돌 반질 크기로 CUT OFF한 조적벽체 (IFBC-1~3)실험체의 경우 1.73~1.98배의 수평 내력의 증가를 나타내었다.
- 2) 기둥단면을 시멘트벽돌 반질크기로 CUT OFF한 후 조적벽체를 축조한 (IFBC-1~3)실험체의 경우 기둥 띠철근비가 증가될수록 단순장막벽 형식으로 조적벽체를 축조한 (IFB-1)실험체에 비하여 연성비가 1.48~2.08배 증가되었다.
- 3) 기둥단면을 시멘트벽돌 반질 크기로 CUT OFF한 후 조적벽체를 축조한 (IFBC-1~3)실험체의 경우 단순장막벽 형식으로 조적벽체를 축조한 (IFB-1)실험체에 비하여 초기전단응력은 1.17~1.39배, 최대전단응력은 1.15~1.31배로 증가되었다.
- 4) 단순장막벽 형식으로 조적벽체를 축조한 (IFB-1)실험체의 경우 골조와 조적벽체의 경계면에서 완전한 일체가 되지않아 수평하중이 작용할 때 경계면을 따라 최대 10mm 정도의 분리현상이 발생되었고, 기둥 단면을 시멘트벽돌 반질 크기로 CUT OFF한 후 조적벽체를 축조한 (IFBC-1~3)실험체의 경우 골조와 조적벽체가 일체화가 되어 수평하중일 작용시 분리현상은 나타나지 않고 수평하중에 대한 저항능력이 증가되어 내력증가의 결과를 나타내었다.

참 고 문 헌

- 1) 신중학, "수평력을 받는 프레임면내 조적벽의 내력에 관한 실험적 연구", 영남대학교 대학원 박사학위 논문, 1989.12
- 2) 전하석, "반복수평하중을 받는 철근콘크리트 프레임면내 조적벽의 거동특성에 관한 연구", 경일대학교 대학원 석사학위논문, 1999.2
- 3) 안준석, "철근콘크리트 내진벽의 구조성능평가 및 개선", 한국콘크리트 학회 학술발표논문집 제11권 1호(통권 제20권), 1999.5
- 4) Stafford Smith, B., "Behaviour of square infilled frames," Proc. ASCE, Vol.92(ST1), Feb, 1966