

철근콘크리트 프레임면내 조적벽체의 골조 구속에 따른 내진성능 평가 및 개선

Improvement and Evaluation of Seismic Resistant Performance of Reinforced
Concrete Infilled Masonry Frame with Restraining Factor of Frame

신 종 학* 하 기 주** 이 회 종***
Shin, Jong-Hack Ha, Gee-Joo Lee, Hee-Jong

Abstract

Experimental programs were accomplished to improve and evaluate the structural performance of RC frame structures with masonry infilled wall, such as the hysteretic behavior, the maximum horizontal strength, crack propagation, and ductility etc. Test variables are restraining factors of frame, with or without masonry infilled wall, and masonry method. Six reinforced concrete rigid frame and masonry infilled wall were tested and constructed in one-third scale size under vertical and cyclic loads simultaneously. Based on the test results, the following conclusions can be made.

For masonry infilled wall with restraining factors of frame(IFWB-1~3), cumulated energy dissipation capacities were increased by 1.35~1.60 times in comparison with that of masonry infilled wall(IFB-1) at final stage of testing. For masonry infilled wall with restraining factors of frame, maximum horizontal capacities were increased by 1.91~2.24 times in comparison with that of rigid frame.

keywords : Reinforced Concrete Frame, Masonry Infilled Wall, Cut Off Type, Restraining Factors, Seismic Resistant Performance, Energy Dissipation Capacity

1. 서 론

세계도처에서는 지진이라는 자연재해 앞에 큰 위기 의식을 느끼고 있고, 터키, 멕시코, 일본 등을 비롯

하여 특히, 최근에 발생한 대만 지진은 한반도 주위에 지진활동이 활발한 단층이 있음을 단적으로 시사해주는 계기가 되어 모든 국민이 지진에 대한 공포감과 위기의식이 고조되어 가고 있는 실정이다.

* 정희원, 경일대학교 건축공학과 교수, 공학박사
** 정희원, 경일대학교 건축공학과 부교수, 공학박사
*** 정희원, 경일대학교 대학원, 석사과정

• 본 논문에 대한 토의를 2001년 9월 30일까지 학회로 보내 주시면 2002년 1월호에 토론결과를 게재하겠습니다.

국내건축물의 대부분을 차지하는 중·저층 철근콘크리트 구조물들은 내진설계 기준의 적용이 완화된 있어 내진성에 대한 기술적인 연구나 검증이 미흡한 상태이다. 특히 이들 구조물 중에서 구법이 용이하고 경제적인 조적벽(시멘트 벽돌)으로 구조체를 축조하는 내력벽 형식의 구법이 대부분이다. 이때, 조적벽이 프레임면내에 설치되었을 경우, 이들 조적벽은 대부분 단순장막벽으로 간주하여 내력 및 효율성을 무시하고 있지만 실제 조적벽은 바람이나 지진 등의 수평력에 저항할 수 있을 뿐만 아니라 이들의 상호 작용에 의하여 강도와 수평강성이 증대된다는 사실은 최근의 많은 연구자들에 의하여 나타나고 있다. 따라서, 본 연구에서는 수직, 수평하중이 동시에 작용하는 철근콘크리트 프레임면내에 조적벽(시멘트 벽돌)을 설치하였을 때, 프레임과 매움벽의 면내 구속상황에 따른 균열진전상황, 내력, 수평강성, 연성, 및 에너지 소산능력 등을 평가하여 철근콘크리트 프레임면내 조적벽체의 효율성을 제시하고자 한다.

2. 구조성능 실험

2.1 실험계획

Fig. 1과 같이 철근콘크리트 프레임의 기둥상부에 Oil Jack으로 수직하중을 허용축하중($0.15 \cdot f_{ck} \cdot A_{br}$) 범위내에서 일정하게 유지시키면서 Actuator로 3.7mm 씩 일정한 사이클로 정(+)·부(-) 수평하중을 반복적으로 동시에 가력시킬 때, 유형별 실험체의 균열진전 상황, 연성비, 에너지 소산능력 등의 거동특성을 파악하기 위한 실험을 실시한다.

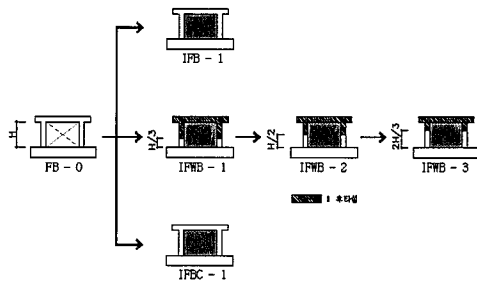


Fig. 1 연구범위

2.2 실험체의 제작

순수강접프레임(FB-0)을 기준으로 철근콘크리트 프레임면내 단순장막벽 형식으로 조적벽을 축조한 매움벽 실험체(IFB-1), 기둥단면을 시멘트벽돌(재래형 1/3)의 반절 크기로 cut off한 후 조적벽을 축조한 매움벽 실험체(IFBC-1), 조적벽체를 쌓은 후 프레임을 후타설한 실험체(IFWB-1~3)등을 구분 채택하여 총 6개의 실험체를 연구하고자 하는 유형에 따라 시물크기의 1/3크기로 제작하였으며, Fig. 2는 기준 프레임의 단면크기 및 철근배근 상세도이다.

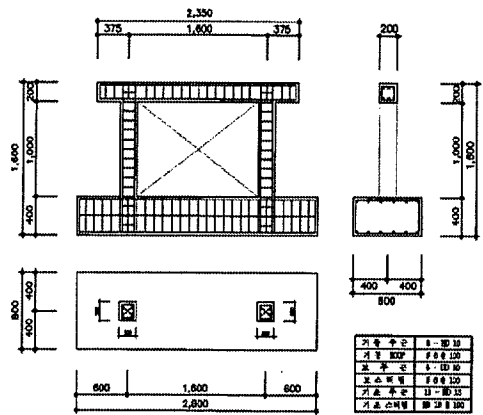


Fig. 2 철근콘크리트 프레임의 표준상세

2.3 사용재료 및 배합설계

실험체에 사용된 철근은 SD 40(D10), MSWR 24(ϕ 6.0)를 사용하였으며 철근과 철선의 물리적 성질은 Table 1과 같다.

Table 1 철근 및 철선의 물리적 성질

항목 종류	단면적 (A) (cm^2)	항복점 (f_y) (kgf/cm^2)	인장강도 (σ_u) (kgf/cm^2)	탄성계수 (E_s) (kgf/cm^2)	ϵ_{max} (%)
HD10	0.71	4,000	5,260	2.05×10^6	22.1
ϕ 6.0	0.28	2,800	4,570	2.3×10^6	32.1

사용 콘크리트의 최대 골재 직경은 19(mm), 슬럼프는 15(cm), 설계기준 강도는 210(kgf/cm²)이다.

콘크리트의 압축강도 실험결과와 Table 2와 같고, 조적벽체에 사용된 시멘트벽돌의 압축강도는 KSF 4004의 규준에 의하여 제작하여 실험을 실시하였다. 시멘트벽돌의 실험결과와 Table 3과 같다.

Table 2 콘크리트 압축강도 실험결과

구분	슬럼프치(cm)	f_{ck} (kgf/cm ²)	$E_c(\times 10^4 \text{kgf/cm}^2)$
28일(제형)	15	210	2.1

Table 3 시멘트벽돌 시험결과

공시체크기 (cm)	f_{bc} (kgf/cm ²)	$E_b(\times 10^4 \text{kgf/cm}^2)$	ν_b
7.0×3.3×2.0	83	1.21	0.14

2.4 실험장치 및 실험방법

실험은 Fig. 3에서와 같이 경일대학교 구조실험실의 반력바다, 반력벽과 스트롱 프레임으로 구성된 입체 실험용 공간을 이용하였고, 철근콘크리트 프레임의 기둥상부에 Oil Jack으로 수직하중을 허용축하중 범위내에서 일정하게 유지시키면서 Fig. 4와 같이 Actuator로 3.7mm씩 일정한 사이클로 증가시키면서 정(+)-부(-) 수평하중을 반복가력하여 중구과괴상태에 도달하도록 하였다.

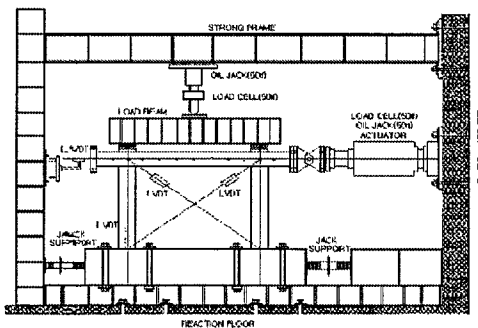


Fig. 3 설치상태 및 가력장치

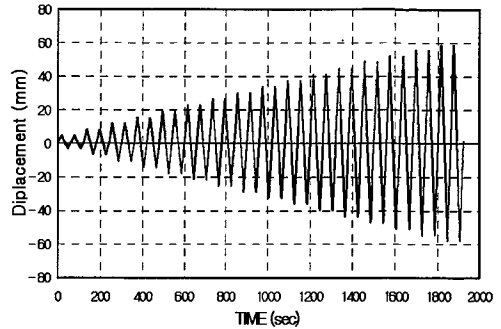


Fig. 4 하중 이력형태(Loading History)

3. 내진성능 평가

3.1 이력거동 특성

구축상황에 따른 각 실험체의 이력거동을 규명하기 위하여 유형별 실험체의 기둥 주각 수근에 부착된 스트레인게이지의 측정치가 항복변형에 이를 때 하중 작용점의 변위를 항복변위로 정의하였다. 또한, 반복 수평하중을 유형별 실험체에 가력하였을 때의 이력거동 특성에 대한 하중-변위곡선의 결과는 Fig. 5와 같다. 순수강접포대임 실험체(FB-0)는 반복 수평하중이 작용할 때 가력 전반부는 안정적인 이력거동을 나타내었으나, 가력 후반부에서는 급격한 강도 및 강성의 저하를 가져와 불안정한 이력거동을 나타내었다. 단순장막벽형식의 매움벽 실험체(IFB-1), cut off한 형식의 매움벽 실험체(IFBC-1), 후타설한 매움벽 실험체(IFWB-1~3)등은 전반적으로 안정적인 이력거동을 나타내었다.

3.2 파괴 형태

유형별 실험체의 파괴형태는 Fig. 6과 같다. FB-0 실험체의 경우 전면 좌측 기둥 주두부위에서 초기균열이 발생하여 점차 수평하중이 증가함에 따라 휨균열이 더욱 신전되었으며, 전면 좌측 기둥 주각부에는 사방향 균열의 발생으로 인하여 기둥의 압괴현상과 콘크리트 탈락현상으로 중구과괴에 이르러 되었다. IFB-1 실험체의 경우 초기의 균열은 조적벽면의 높이 1/3

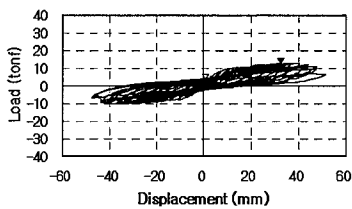
부분에서 사방향 균열이 발생되었고 이후 벽면 상부와 중앙부에서 사방향균열과 함께 벽돌줄눈을 따라 수평 균열이 발생되었다. 기둥에서의 초기균열은 전면 우측 기둥의 주각에서 사방향 균열이 발생하기 시작하였고, 이때 조적벽면에서는 부분적으로 슬립(Slip)현상이 일어났다. 또한, 수평하중이 증가함에 따라 기둥골조와 조적벽면의 경계 접합부에서는 분리현상이 일어났다. 최대 수평하중에 도달하였을 때 기둥골조 주두에서는 주근의 항복과 전단균열로 인하여 콘크리트의 탈락현상이 일어났다. 종국과피시에는 전면 우측 기둥 주두 부위와 전면 좌측 기둥 주각부의 압괴현상과 벽면 벽돌의 이탈현상으로 파괴에 이르게되었다.

IFBC-1 실험체의 경우 초기균열은 벽면의 1/3높이에서 사방향 균열이 발생되었고, 이후 벽면 상단부

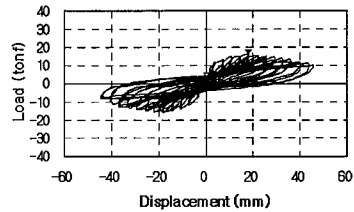
에서 수평 및 사방향균열과 슬립(Slip)현상도 일어났다. 기둥의 초기균열은 주각부위에서 휨균열이 발생되었고, 이후 기둥골조의 중앙부에서 전단균열도 발생되었다.

최대수평하중에 도달하였을 때 전면 우측 기둥 주두 부위에서 다수의 전단균열과 기둥절근의 항복, 수각의 압괴현상, 좌·우 벽면에서의 사방향균열이 계속 증대되었다. 또한, 종국하중에서는 기둥골조의 주두·주각의 압괴현상이 발생되어 파괴되었다.

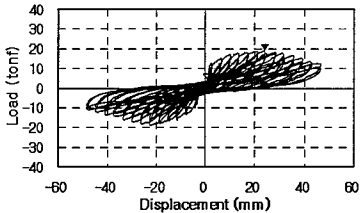
IFWB-1 실험체의 경우 조적벽면 전면 우측 상부에서 사방향으로 초기균열이 발생하여 수평하중이 증가함에 따라 대각선 방향으로 점진적으로 진전되었다. 기둥의 초기균열은 전면 좌측 기둥 주각부에서 사방향 균열이 발생하였다.



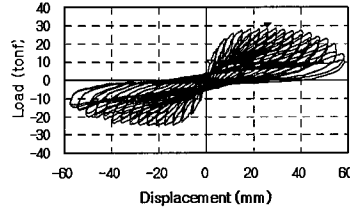
(a) FB-0 실험체



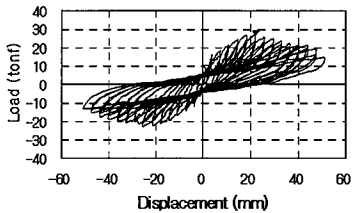
(b) IFB-1 실험체



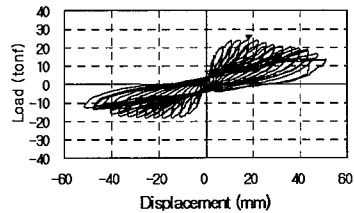
(c) IFBC-1 실험체



(d) IFWB-1 실험체

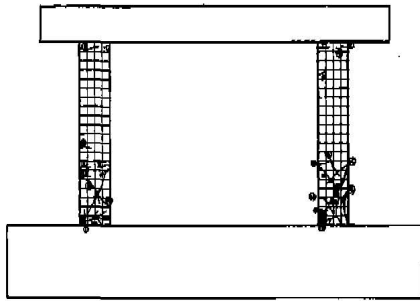


(e) IFWB 2 실험체

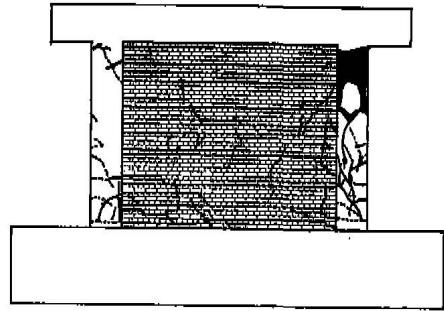


(f) IFWB 3 실험체

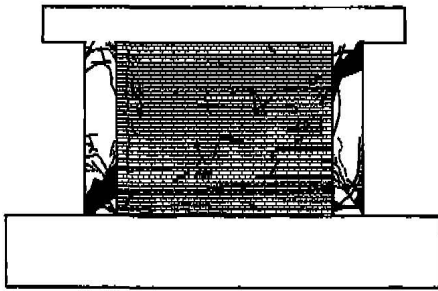
Fig. 5 하중-변위 곡선



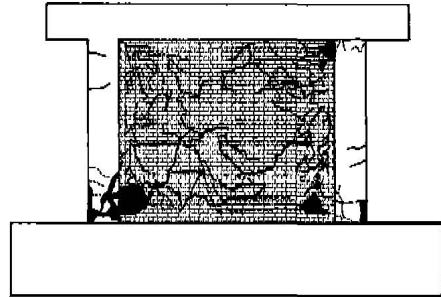
(a) FB-0 실험체



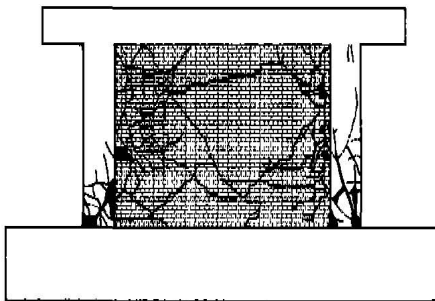
(b) IFB-1 실험체



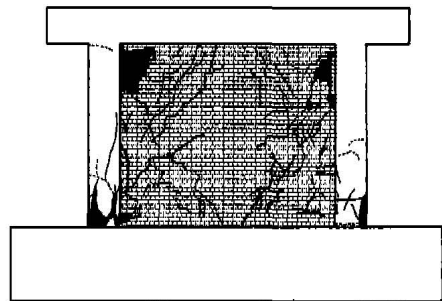
(c) IFBC-1 실험체



(d) IFWB-1 실험체



(e) IFWB-2 실험체



(f) IFWB-3 실험체

Fig. 6 파괴형태

최대 수평하중에 도달한 후 수평하중을 반복적으로 가력하였을 때 수평내력이 감소되고, 프레임과 조적벽 면에서는 크랙이 더욱 진전되어 조적벽면에서는 좌·우측 기둥 주각부위에서 압괴가 발생되었다.

IFWB-2 실험체의 경우에는 초기균열이 조적벽면 좌·우측 상부에서 발생하였고, 초기균열이후 하중스텝에 따라 하중을 증가시켰을 때 초기균열이 더욱 발전하여 조적벽면에서는 좌·우측 기둥을 따라 사방향

으로 발전하였고 기둥에서는 휨균열이 발생하였다. 또한, 하중이 증가됨에 따라 전면 우측 상부와 전면 좌측 하부에서 크랙이 사방향으로 발전하였고, 전면 우측 기둥 주각에서는 휨균열의 진전으로 사방향 크랙이 발생하였다. 최대 수평하중이후 조적벽면에서는 전면 우측 기둥 접합부 상부근처에서 조적벽이 압괴되기 시작하여 기둥높이의 1/2높이에서 조적벽면의 좌·우측에서 조적벽이 크게 압괴되었고, 전면 좌측 기둥의 주각부가 압괴되어 수평내력이 점차 감소되어 종국파괴에 이르게 되었다. IFWB-3 실험체의 경우에는 초기 균열이 조적벽면 좌·우측 상부에서 발생하여 좌·우측 기둥을 따라 사방향 균열로 진전되는 양상을 나타내었고, 기둥의 초기균열은 전면 우측 중간부에서 휨균열이 발생되었고 하중이 증가함에 따라 전면 좌측 기둥의 주두에서 사인장 균열이 발생되었다. 최대 수평하중에 도달한 후 수평이력은 점차적으로 감소되었지만 초기균열의 진전으로 조적벽면에서는 좌·우측 상부에서 크게 압괴되었고 전면 좌측 기둥의 주각부가 사방향 균열이 형성되어 균열폭의 증가로 압괴되어 수평하중에 대한 저항능력이 감소되어 종국파괴에 이르게 되었다.

3.3 유형별 실험체의 최대수평내력

철근콘크리트 프레임내 조적벽체의 구축에 따른 구조물에 수직하중과 반복수평하중이 동시에 작용할

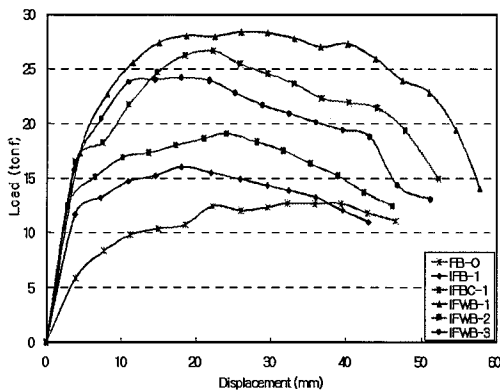


Fig. 7 하중-변위곡선

때 구할 수 있는 중요한 요소 중 하나인 수평내력을 유형별 실험체의 실험결과를 통하여 비교·분석하면 Fig. 7~9와 같이 나타낼 수 있다.

순수강접프레임(FB-0) 실험체를 대상으로 단순 장박형식으로 조적벽을 축조한 메움벽 실험체(IFB-1), 기둥단면을 시멘트벽돌 반질 크기로 cut off한 후 조적벽을 축조한 메움벽 실험체(IFBC-1), 조적벽체를 쌓은 후 프레임을 후타설한 실험체(IFWB-1~3)내력을 비교한 결과, IFB-1 실험체는 1.26배, IFBC-1 실험체는 1.50배, 또한, IFWB-1~3 실험체는 1.91~2.24배 증가함을 알 수 있었다. 조적벽체를 쌓은 후 프레임을 후타설한 실험체(IFWB-1~3)의 경우에는 후타설한 기둥 구축상황에 따라 내력이 증가함을 알 수 있었다.

3.4 유형별 조적벽체의 순수내력

조적벽체의 순수내력을 평가하기 위하여 순수강접 프레임 실험체(FB-0)를 기준으로 동일한 조건하에 순

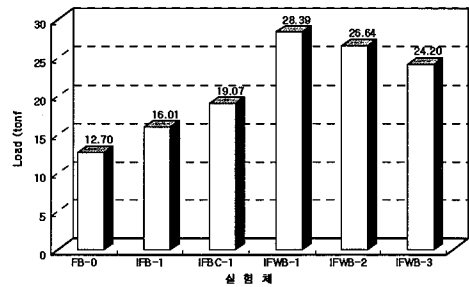


Fig. 8 최대수평내력 비교

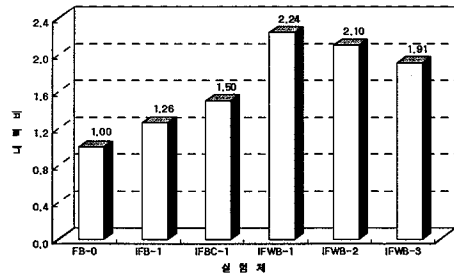


Fig. 9 내력비 비교

수내력을 비교하면 Fig. 10과 같이 단순장막벽 형식의 실험체(IFB-1)는 3.31(tf), 기둥단면을 cut off한 조적조 매움벽 실험체(IFBC-1)는 6.37(tf), 조적벽체를 쌓은 후 프레임을 후타설한 실험체(IFWB-1~3)인 IFWB-1 실험체의 경우 15.69(tf), IFWB-2 실험체의 경우 13.94(tf) IFWB-3 실험체의 경우 11.50(tf) 으로나타났다.

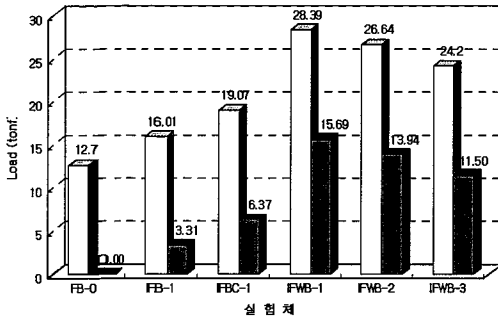


Fig. 10 조적벽체의 순수내력비교

3.5 유형별 실험체의 최대변위 및 연성능력

내진설계에서 “연성(Ductility)”은 부재가 지나친 강도의 저하없이 반복된 비탄성변형을 경험할 수 있는 성능을 말하며, 그 값은 최대변위와 항복변위의 비로 표현한 연성비로 나타내어진다. 여기서 부재의 항복변위는 콘크리트에 초기균열이 발생한 이후, 부재내에 있는 인장철근이 항복한 시점을 말한다.

부재의 연성은 보통 처짐으로 표현되어지며, 연성을 평가하는데 있어서는 인장철근 항복시의 처짐을 기준으로 하여 부재의 변형능력을 표현하는 처짐연성계수로 평가할 수 있다.

본 연구에서는 부재 변형능력인 연성을 부재의 항복시의 변위, 부재 최대하중시의 변위 (δ_{max}), 최대하중(Vmax), 최대하중의 80%에서의 변위량(δ_u)을 이용한 다음의 식 (1)을 사용하여 유형별 조적조 매움벽 실험체의 연성능력을 비교·평가하였다.

$$\mu = \frac{\delta_u}{\delta_y} \quad (1)$$

여기서, μ : 연성비

δ_y : 항복시의 변위

δ_u : 최 하중이후 최대하중의 80% 일 때의 수평변위

Fig. 11과 같이 단순 장막벽형식으로 조적조를 축조한 매움벽 실험체(IFB-1)보다는 기둥 단면을 시멘

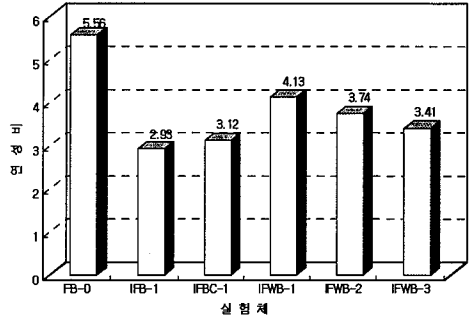


Fig. 11 연성비 비교

트 벽돌 반절크기로 cut off한 후 조적조를 축조한 매움벽 실험체(IFBC-1)의 경우 연성비(μ)가 1.06배 증가하였고, 조적벽체를 쌓은 후 프레임을 후타설한 실험체(IFWB-1~3)의 경우 연성비(μ)는 1.16~1.41배 증가함을 알 수 있었다.

또한, 조적벽체를 쌓은 후 프레임을 후타설한 실험체(IFWB-1~3)의 경우 IFWB-1 실험체는 $\mu = 4.13$, IFWB-2 실험체는 $\mu = 3.74$, IFWB-3 실험체는 $\mu = 3.41$ 이었으며, 후타설한 면적에 따라 연성비가 증가함을 알 수 있었다.

3.6 전단응력과 최대 수평내력 비교·분석

3.6.1 전단응력

Fig. 12와 같이 철근콘크리트 프레임면내 구속상황에 따른 유형별 실험체의 실험결과, FB-0 실험체의 경우 초기 전단균열시 $\tau_{cr}/f_{ck}=0.056$, 최대하중시 $\tau_{max}/f_{ck}=0.076$, IFB-1 실험체의 경우 초기 전단균열시 $\tau_{cr}/f_{ck}=0.069$, 최대하중시 $\tau_{max}/f_{ck}=0.098$, IFBC-1 실험체의 경우 초기 전단균열시 $\tau_{cr}/f_{ck}=0.081$.

최대하중시 $\tau_{max}/fck=0.113$, IFWB-1~3 실험체의 경우 초기 전단균열시 $\tau_{cr}/fck=0.106\sim 0.150$, 최대하중시 $\tau_{max}/fck=0.144\sim 0.169$ 로 나타났다.

또한, 조적벽체를 쌓은 후 프레임을 후타설한 실험체(IFWB-1~3)의 경우 후타설한 면적이 증가함에 따라 IFWB-3 실험체에 비해 IFWB-1~2 실험체가 초기 균열시 전단응력은 1.39~1.42배, 최대하중시 전단응력은 1.10~1.17배 증가함을 알 수 있었다.

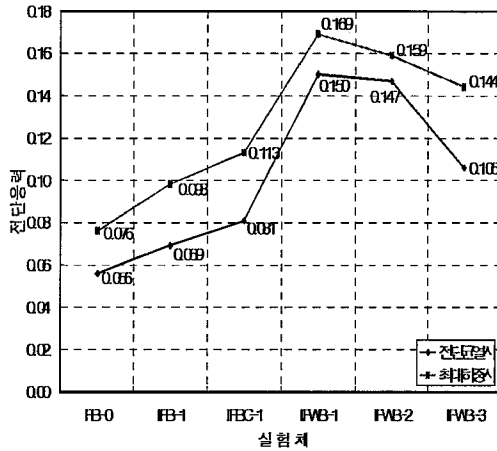


Fig. 12 전단응력 비교

3.6.2 최대수평내력의 실험값과 이론값의 비교·분석
유형별 실험체의 최대수평내력을 Chern과 Smith의 제안식을 이용하여 실험결과와 비교한 결과 Fig. 13과 같이 IFB-1 실험체는 Chern식과 비교하면 1.24배, Smith식과 비교하면 0.98배로 나타났으며, IFBC-1 실험체는 Chern식과 비교하면 1.48배, Smith식과 비교하면 1.17배로 나타났으며, IFWB-1~3 실험체는 Chern식과 비교하면 1.88~2.20배, Smith식과 비교하면 1.49~1.75배로 나타났다.

유형별 실험체의 최대수평내력 실험값이 절근콘크리트 프레임면내 구속상황에 따라서는 차이를 나타내었지만 Chern과 Smith의 제안식에 적용시키면 차이가 없는 것을 알 수 있는데 이는 제안식에서 구속상황에 대한 고려가 되지않은 상태의 결과로 이에 대한 연구가 지속적으로 필요한 것으로 사료된다.

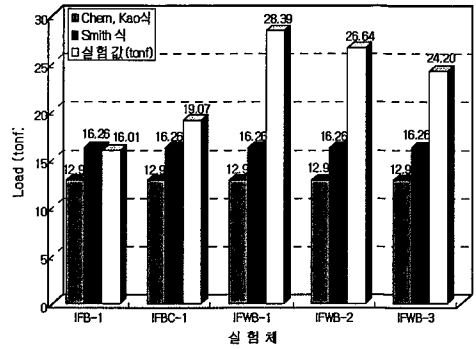


Fig. 13 각 실험체의 실험값·이론값 비교

3.7 에너지 소산능력

반복수평하중을 받는 프레임면내 조적조 메움벽의 비탄성적 거동은 강성과 강도의 큰 저하없이 하중을 자신의 비탄성 범위에서 안정하게 거동할 수 있는 능력이 있어야 함으로 이를 평가하는 방법으로 에너지 소산능력을 말할 수 있다. 그러므로 에너지 소산능력은 강도 및 상성과 밀접한 관계가 있다. 지진과 같은 수평방향의 하중으로 탄성 범위를 넘어서면 구조물에는 변형이 발생할 것이며, 그로인해 강성과 강도는 저하될 것이나, 비탄성 범위에서도 강성과 강도를 어느 정도 유지하면서 파괴된다면 연성파괴로써 큰 위험은 방지할 수 있을 것이다. 그러기 위해서는 에너지 소산량이 클수록 유리하다. Fig. 14는 유형별 실험체의 에너지 소산능력을 24Step을 중심으로 비교하여 보

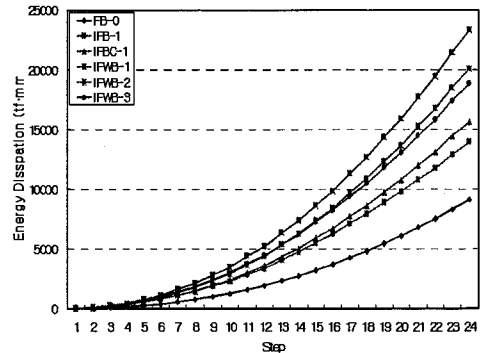


Fig. 14 에너지 소산능력 비교

면, 전체적으로 5~6Step까지는 탄성범위내에 있었으나 7Step이후 각 실험체 미다 소성범위에 이르렀다.

IFB-1 실험체를 대상으로 에너지 소산능력을 비교한 결과, 24Step을 중심으로, IFBC-1 실험체는 1.12배, IFWB-1~3 실험체는 1.35~1.60배 증가함을 알 수 있었다.

4. 결 론

본 연구에서는 철근콘크리트 프레임내내 조적벽체의 골조 구속상황에 따른 내진성능을 평가하기 위하여 실험을 실시하고 실험결과를 비교·분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 순수강접프레임 실험체(FB-0)를 대상으로 최대수평내력을 비교한 결과, 단순 장막벽 형식의 실험체(IFB-1)의 경우 1.26배, 기둥 단면을 cut off한 실험체(IFBC-1)의 경우 1.50배, 조적벽체를 쌓은 후 프레임을 후타설한 실험체(IFWB-1~3)의 경우는 1.91~2.24배 증가하였다.
- 2) 순수강접프레임 실험체(FB-0)를 대상으로 조적벽체만의 순수내력을 비교한 결과, 단순장막벽 형식의 실험체(IFB-1)는 3.31(tf), 기둥단면을 cut off한 조적벽 메우벽 실험체(IFBC-1)는 6.37(tf), 조적벽체를 쌓은 후 프레임을 후타설한 실험체(IFWB-1~3)는 IFWB-1 실험체의 경우 15.69(tf), IFWB-2 실험체의 경우 13.94(tf), IFWB-3 실험체의 경우 11.50(tf)으로 나타났다.
- 3) 단순장막벽 형식의 실험체(IFB-1)를 대상으로 연성비(μ)를 비교한 결과, 기둥단면을 cut off한 실험체(IFBC-1)의 경우 연성비(μ)가 1.06배 증가하였고, 조적벽체를 쌓은 후 프레임을 후타설한 실험체(IFWB-1~3)의 경우 연성비는 1.16~1.41배 증가하였다.
- 4) 순수 강접 프레임(FB-0) 실험체를 대상으로 전단응력 비교한 결과, 단순 장막벽 형식의 실험체(IFB-1)의 경우 초기전단응력은 1.23배, 최대전단응력은 1.29배, 기둥 단면을 cut off한, 실험체(IFBC-1)의 경우 초기전단응력은 1.45배, 최대전단응력은 1.49배, 조적벽체를 쌓은 후 프레임을

후타설한 실험체(IFWB-1~3)의 경우 초기전단응력은 1.89~2.68배, 최대전단응력은 1.89~2.22배 증가하였다.

- 5) 단순장막벽 형식의 실험체(IFB-1)를 대상으로 에너지 소산능력을 비교한 결과, 기둥 단면을 cut off한 실험체(IFBC-1)의 경우는 1.12배, 조적벽체를 쌓은 후 프레임을 후타설한 실험체(IFWB-1~3)의 경우는 1.35~1.60배 증가하였다.
- 6) 유형별 실험체의 파괴양상을 비교한 결과 IFB-1 실험체의 경우는 골조와 조적벽면의 경계접합부의 비일체 거동으로 경계접합부의 분리현상이 발생되었다고, IFBC-1 실험체의 경우는 기둥골조와 조적벽면의 경계접합부의 영향으로 경계접합부의 분리현상이 억제되었다. 또한, IFWB-1~3 실험체의 경우는 골조와 조적벽면의 경계접합부 분리현상이 억제되어 프레임과 조적벽면이 일체화된 거동을 나타내었다.

참 고 문 헌

1. Chen C.C and Kao C.C, "The Experimental Structural on Seismic Behavior for the R.C. Frame Filled with Brick Wall," The First East-Asian Conference on Structural Engineering and Construction, Jan., pp. 644-656, 1986.
2. Stafford Smith, B., "Behaviour of square infilled frames," Proc. ASCE, Vol.92(ST1), Feb., pp.381-403, 1966.
3. 신중학, 하기주, 권중배, 전관목, "반복하중을 받는 철근콘크리트 전단벽체의 집합방식에 따른 구조성능평가", 한국콘크리트학회 기술학술논문집 제9권21호, pp.513-518, 1997, 11.
4. 전하석, "반복수평하중을 받는 철근콘크리트 프레임내내 조적벽의 기동특성에 관한 연구", 경일대학교 석사학위논문, 1999, 2.
5. 신중학, "수평력을 받는 프레임내내 조적벽의 내력에 관한 실험적 연구", 명남대학교 대학원 박사학위 논문, 1989, 12.

(접수일자 : 2001년 2월 23일)