

개구부를 위해 인위적 손상을 입은 철근콘크리트 장방형 전단벽의 내진거동

Seismic Behavior of Artificially Damaged R/C Rectangular Shear Walls with Opening Configurations

김 선 우^{*} 한 병 찬^{**} 김 효 진^{***} 최 기 봉^{****} 최 창 식^{*****} 윤 현 도^{*****}
Kim, Sun Woo Han, Byung Chan Kim, Hyo Jin Choi, Gi Bong Choi, Chang Sik Yun, Hyun Do

ABSTRACT

This study is an experimental study to investigate the shear behavior of reinforced concrete shear walls with openings and to determine the shear strength of those walls. This paper compares rigidities of walls with opening by different opening types. The experimental results, as expected, show that the crack load, yield load, and limited load are inferior for specimen with larger opening area. The magnitude of axial stress and shear stress had a significant effect on the deformability of shear walls with opening.

1. 서론

현재 우리나라는 1970년대의 급속한 경제성장기에 수많은 공동주택과 상업용 건축물 등의 건설이 지속되면서 주택 및 일반 건축물의 재고가 대량으로 축적되어 재건축 또는 리모델링 수요가 지속되고 있으나 환경오염과 천연자원 고갈 등의 문제를 해결하기 위하여 재건축보다는 리모델링을 정책방향으로 추진하고 있는 실정이다. 이러한 수명이 오래된 아파트의 리모델링에는 크게 세대병합형, 복층형, 확장형 등이 있는데 이 중 세대병합형이나 확장형에는 필연적으로 개구부의 설치가 요구되며 개구부의 설치를 위해 필연적으로 요구되는 부분적인 절단 또는 해체로 인해 구조물의 성능저하가 문제시되고 있으며 이에 적정한 내진성능을 확보하는 것이 매우 시급하다.

리모델링시 전단벽체의 부분적인 절단 또는 해체에 의해 발생하는 개구부로 인해 지진하중에 의한 비탄성 영역의 큰 변형을 경험하게 되는 철근콘크리트 벽체의 거동에 영향을 미치게 된다.

따라서 본 연구에서는 비내진 상세를 갖는 철근콘크리트 전단벽체의 거동에 미치는 개구부의 영향을 분석하고 이에 대한 구조적 문제점을 도출하여 리모델링 공사 후 손상된 전단벽체가 소정의 내진성능을 확보할 수 있는 보강설계기법을 제안하기 위한 기초자료를 제시하고자 한다.

* 정회원, 충남대학교 건축공학과 석사과정

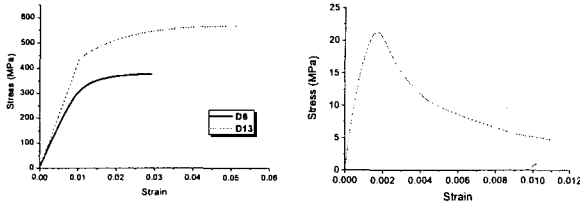
** 정회원, 충남대학교 건축공학과 강사, 공학박사

*** 정회원, (주)동양구조 대표이사, 건축구조기술사

**** 정회원, 경원대학교 건축공학과 교수, 공학박사

***** 정회원, 대진대학교 건축공학과 교수, 공학박사

***** 정회원, 충남대학교 건축공학과 교수, 공학박사



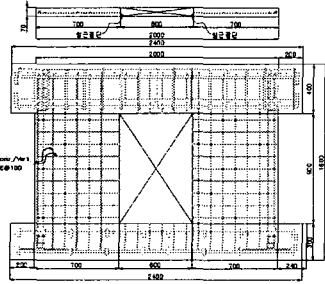
(a) 철근 (b) 콘크리트
그림 1 재료의 응력-변형률 관계 곡선

표 1 철근의 강도 특성

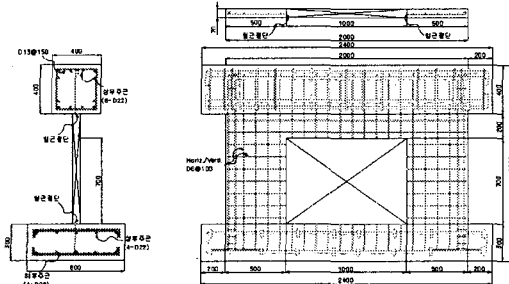
철근의 종류	항복강도 $f_y, N/mm^2$	항복변형률, $\epsilon_y, \times 10^{-6}$	인장강도 $f_u, N/mm^2$
D6	291.19	9,451.10	375.01
D13	444.96	1,1005.08	568.59

표 2 콘크리트의 강도 특성

28일 압축강도 $f_{cu}, N/mm^2$	탄성계수 $E_c, N/mm^2$	극한변형 $\epsilon_u, \times 10^{-6}$	포아송비
21.23	21.92	11,085	0.15



(a) Wall I-0.30



(b) Wall II-0.39

그림 2 시험체 상세

2. 재료시험

본 실험에 사용된 철근 및 콘크리트의 재료 시험은 KSB 0801의 라호 규정 및 KSF 2404에 따라 시험편을 제작하여, KSB 0802 및 KSF 2404 규정에 따라 실시하였으며 재료시험 결과는 그림 1 및 표 1, 2와 같다.

3. 실험개요

3.1 시험체 계획

본 연구에서는 그림 2에 나타난 바와 같이 개구부의 설치면적에 따른 벽체의 거동특성을 평가하기 위하여 손상 전의 전단벽 시험체와 손상을 입은 개구부의 면적비가 각각 30%, 39%인 Wall I-0.30 시험체 및 Wall II-0.39 시험체를 계획하였다.

3.2 실험방법

그림 3에 나타난 바와 같이 시험체는 벽체의 기초부가 완전고정 상태가 되도록 강봉으로 반력바닥에 설치하였으며, 횡방향 하중이 가려지는 동안 축하중에 의한 면외 좌굴이 발생하지 않도록 횡하중 가력선상에 좌굴 방지용 보(Guide beam) 및 볼지그(Ball jig)를 추가적으로 설치하였다. 횡하중은 반

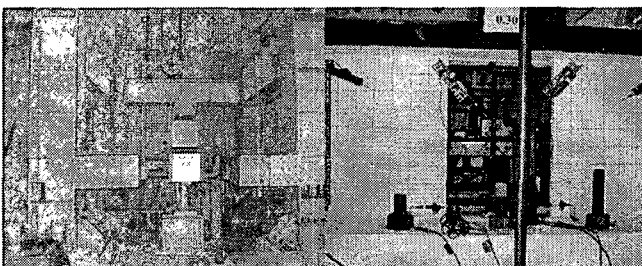


그림 3 시험체 설치 상황



그림 4 측정장치

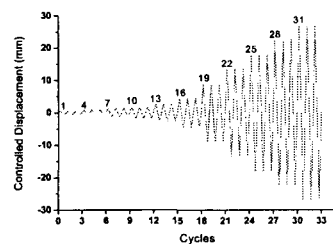


그림 5 변위이력곡선

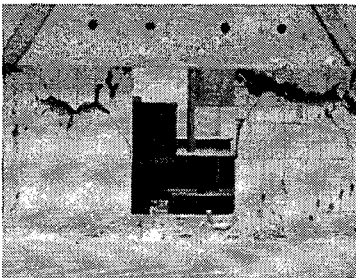
력벽에 설치된 1,000kN 용량의 액츄에이터(Actuator)를 이용하여 변위제어방식으로 가력되었으며, 축력은 1층 벽체에 작용하는 축하중을 재현하기 위하여 반력바닥 하부에 설치된 1,500kN 용량의 오일 잭(Oil jack)을 이용하여 $0.1A_g f'_c$ 의 하중을 실험종료시까지 일정하게 유지하였다. 또한 그림 4에 나타난 바와 같이 시험체의 외부면에 설치된 총 16개의 변위계(SDT & LVDT)는 각 시험체의 층변위, 벽체의 곡률, 휨 및 전단변위를 측정하기 위하여 설치되었다. 또한, 시험체 내부의 응력분포, 철근의 변형상태와 시험체의 항복을 결정하기 위하여 철근게이지(Wire strain gauge)를 주요 수직, 수평철근에 부착하였다. 횡가력 방식은 시험체의 횡변위를 측정점의 높이로 나누어준 부재각으로 제어되었으며, 반복 가력시 강도저하를 평가하기 위하여 각각의 부재각별로 3회씩 반복 가력하도록 제어되었다. 초기 싸이클은 가력 및 계측장치의 점검을 위하여 탄성범위 내에서 가력하도록 계획하였으며, 그림 5에 서는 시험체에 적용된 변위이력을 보여주고 있다.

4. 실험결과 및 분석

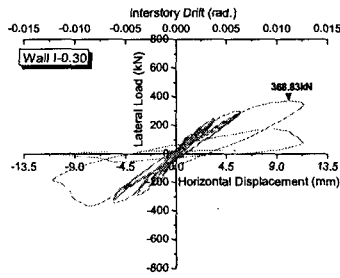
4.1 파괴양상

그림6(a)에 개구부의 면적비가 0.30이며 개구부로 인해 전단벽이 두 개의 벽체로 나뉜 Wall I-0.30 시험체에서의 최종파괴상황을 나타내었다. 부재회전각 0.0005rad.에서 초기균열이 발생하기 시작하였으며 0.002rad.에서 벽체에 사인장균열이 상부에 발생하여 분리된 양쪽 벽체가 각각 휨파괴의 거동을 나타내었다. 0.005rad.에서 벽체의 상부부근에 집중적인 균열이 발생하였으며, 균열폭이 증가하여 피복이 박리되기 시작하였다. 0.001rad.에 이르러 한쪽 벽체의 상부콘크리트가 완전히 분리되어 최종 파괴되었다.

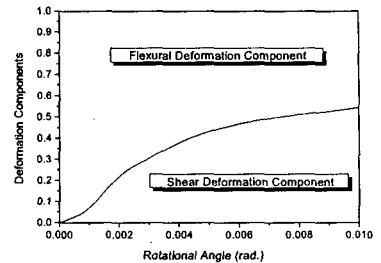
그림7(a)에 개구부의 면적비가 0.39이며 형태가 장방형인 시험체의 최종파괴상황을 나타내었다. 0.0005rad.에서 벽체에 초기균열이 발생하였으며, 0.001rad.에서 사균열이 발생되어 벽전체로 균열이



(a) 최종파괴양상

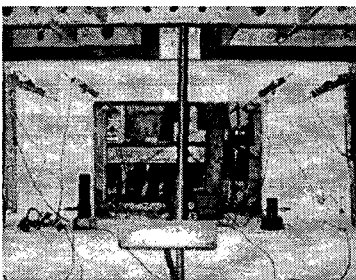


(b) 하중-변위 관계 곡선

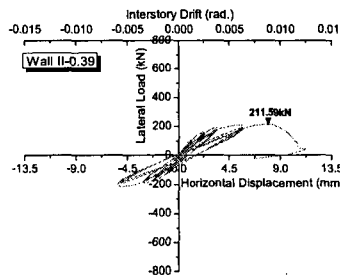


(c) 변형성분분포 곡선

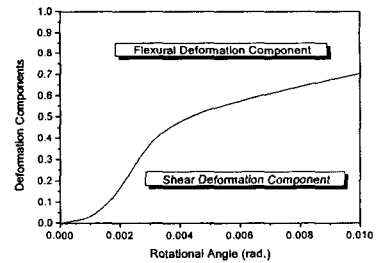
그림 6 Wall I-0.30 시험체의 거동특성



(a) 최종파괴양상



(b) 하중-변위 관계 곡선



(c) 변형성분분포 곡선

그림 7 Wall II-0.39 시험체의 거동특성

확산·진전되었다. 0.002rad.에서는 개구부 상부의 모서리 부분에서 균열이 발생되기 시작하여 균열 폭이 점차 확산되면서 벽체의 내력이 저하되어 최종파괴되었다.

4.2 하중-변위 관계곡선

그림6(b)와 그림 7(b)에 시험체의 하중-변위 관계 곡선을 나타내었다. 전단벽 시험체의 경우 737.80kN의 최대내력을 보였으나 급격한 강도저하를 보여 취성적인 거동특성을 나타내었다. 반면 개구부가 설치된 Wall I-0.30과 Wall II-0.39 시험체에서는 동일 내력에서 전단벽시험체보다 연성적인 거동을 보였으나 내력이 368.83kN과 211.59kN으로 나타나 전단벽 시험체에 비해 각각 50.1%와 71.3%의 강도저하를 나타내었다.

4.3 변형성분 분포

그림 6(c)와 그림 7(c)에 인위적으로 개구부가 설치되어 손상을 입은 Wall I-0.30 시험체와 Wall II-0.39 시험체의 변형성분 분포를 나타내었다. 초기에는 두 시험체 모두 휨변형이 지배적으로 나타났으나 부재 회전각 0.003rad.에 이르러서는 Wall II-0.39 시험체에서의 전단변형성분이 급격히 증가하여 최종적으로는 전체 변형성분의 70.4%를 나타내어 Wall I-0.30 시험체에 비해 29.85% 증가하는 양상을 나타내었다. 이는 개구부의 설치로 인해 Wall I-0.30 시험체의 전단벽체가 두개의 독립된 벽체로 분리되면서 휨이 지배적인 요소로 작용하였기 때문인 것으로 사료된다.

5. 결 론

개구부 설치를 위해 인위적으로 손상을 준 전단벽 시험체를 개구부의 면적과 형태를 변수로 실험을 실시한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) Wall I-0.30 시험체와 Wall II-0.39 시험체의 파괴양상을 확인한 결과 개구부의 설치로 인해 손상을 입은 전단벽은 독립된 두개의 벽체로 거동을 함으로써 내력저하와 동시에 휨파괴의 특성을 나타내었다.
- 2) 개구부가 설치된 Wall I-0.30과 Wall II-0.39 시험체에서는 368.83kN과 211.59kN의 내력을 나타내어 개구부의 면적이 30% 증가한 Wall II-0.39 시험체가 Wall I-0.30 시험체에 비해 약 14% 내력저하를 보였다.
- 3) 개구부의 설치로 인해 손상을 입은 Wall I-0.30 시험체의 전단벽체가 두개의 독립된 벽체로 분리되면서 휨이 지배적인 거동을 하는 것으로 나타났다.

감사의 말

본 연구는 건설교통부에서 시행한 2003 건설핵심기술연구개발사업 「철근콘크리트 벽식 구조 아파트의 환경친화적 리모델링 기술개발」(과제번호 :03산학연 A07-09) 연구과제의 일환으로 수행되었으며, 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

- 1) 日本建築學會(1998), “鐵筋콘크리트構造設計基準同解説”
- 2) 小野正行, 徳廣育夫, 鐵筋콘크리트造耐震壁の開口の影響による耐力低減率の提案, 日本建築學會構造系論文報告集 第 435 号, 1992. 5.
- 2) ACI Committee 318(2002), “Building Code Requirements for Structural Concrete(ACI318-02) and Commentary (ACI318R-02)”, American Concrete Institut, Michigan.
- 3) AIJ.(1993), “AIJ standard for structural calculation of reinforced concrete structures”, AIJ, version6, pp.221-239
- 4) Hirosawa(1975), “Past Experimental Results on RC Shear Wall and Analysis on Them” BRI
- 5) 윤현도, 최창식(2003), “고강도 콘크리트 전단벽의 전단강도”, 대한건축학회 논문집, 19(5), pp.53-60