

날개벽이 붙는 기둥의 구조적 거동에 관한 실험적 연구

Experimental Research on Structural Behaviour of the Wing Wall Attached Columns

강영웅* 양원직** 강대언*** 송동엽**** 이원호***** 태경훈*****

Kang, Young Ung. Yang, Won gik. Kang Dae Eon, Song, Dong yup. Yi, Waon Ho .Tae, kyung Hoon.

ABSTRACT

A lot of structures built since 1988 do not have efficient seismic design. Current buildings have complex shaped walls where the wing wall system is a popular option. When the wing wall is attached to a column, or a short span is produced due to the wing wall system, the system affects the behaviour of the column such as by increasing the strength and decreasing the ductility of the members. These members affect the structural behaviour of the columns and destruction aspect as the investigation on the damage of the previous earthquakes indicates. To prevent such case, current design installs structural silt on the wing wall to consider the columns and insulating so that it does not affect the internal forces. Calculations for internal shear force and internal bending moment of the vertical members are considered an important matter in design, but currently Korea does not have any studies on the effects of the wing wall on the columns.

요 약

본 연구에서는 1988년 이후 설계된 많은 구조물들이 내진 성능을 갖추지 못하고 있는 실정이다. 기존 건축물에는 용도상 복잡한 형상의 벽이 붙는 경우가 많으며 대표적인 것으로 날개벽이 있다. 날개벽이 붙는 기둥 및 날개벽이 있으므로 인해 단스팬보화가 되는 보가 생기면 강성이 크나 연성이 줄어드는 등 부재의 전반적인 거동에 영향을 주는 경우가 많다. 이런 부재 모두는 대변형시 전단파괴의 가능성이 있으며 내력열화가 발생하기 쉽다. 또한 이들 부재가 기둥의 역학적 거동, 파괴성상에 커다란 영향을 주는 것은 과거의 지진파괴의 조사보고에 의해 지적되고 있다. 이를 위해 현행의 설계에서는 날개벽에 구조 slit를 설치하여 기둥과 절연을 강구하여 기둥내력에는 영향을 미치지 않는 것으로 하여 설계되어지고 있다. 기존 건축물의 내진 성능평가 시 연직부재의 전단내력과 휨 내력의 산정은 가장 중요한 사항으로 간주하여 설계되고 있으나, 현재까지 국내에서는 날개벽이 있는 기둥이 미치는 영향에 대해서는 연구가 전무한 실정이다.

-
- * 정회원, 광운대학교, 구조연구실, 석사과정
 - ** 정회원, 광운대학교, 에센스 구조연구실 연구교수, 공학박사
 - *** 정회원, 장민우 구조컨설팅, 기술연구소 실장, 공학박사
 - **** 정회원, 한국시설안전공단 부장, 공학박사
 - ***** 정회원, 광운대학교, 건축공학과 교수, 국립방재연구소 소장, 공학박사, 구조기술사
 - ***** 정회원, 광운대학교, 구조연구실, 박사과정

1. 서론

기존 건축물에는 용도상 복잡한 형상의 벽이 붙는 경우가 많으며 대표적인 것으로 날개벽이 있다. 그림 1과 같이 날개벽이 붙는 기둥 및 날개벽이 있으므로 인해 단스팬보화가 되는 보가 생기면 강성이 크나 연성이 줄어드는 등 부재의 전반적인 거동에 영향을 주는 경우가 많다. 이런 부재 모두는 대변형시 전단파괴의 가능성이 있으며 내력열화가 발생하기 쉽다. 또한 이들 부재가 기둥의 역학적 거동, 파괴성상에 커다란 영향을 주는 것은 과거의 지진피해의 조사보고에 의해 지적되고 있다. 이를 위해 현행의 설계에서는 날개벽에 구조 slit를 설치하여 기둥과 절연을 강구하여 기둥내력에는 영향을 미치는 않는 것으로 하여 설계되고 있다.

따라서 본 연구에서는 건물이 갖고 있는 원래의 내진성능을 적절하게 평가할 필요가 있으며 날개벽이 있는 기둥에 미치는 영향을 명확하게 할 필요가 있다. 그림에도 불구하고 현재까지 미국과 국내에서는 날개벽이 있는 기둥에 대해서는 연구가 전무한 실정이라서 날개벽이 있는 기둥에 대한 정확한 평가를 위해서 기초적인 연구를 시작으로 출발한다는 목적으로 기본적인 부재를 검토대상으로 하였다.

2. 실험 계획

2.1 시험체 계획

시험체 형상은 다음 <그림 1> 및 <표 1>에 나타난 바와 같이 400×400인 기둥 부재 측면에 전단 부재를 배치하고, 이들 부재를 고정시키기 위하여 상부와 하부에 700×600×2300인 콘크리트 스테이블을 일체로 제작하였다. 모든 시험체의 순 높이는 1600mm이며 시험체에 사용될 콘크리트 강도는 21 MPa 철근의 항복강도는 400 MPa 이며, 총 5개의 시험체를 계획하였고 변수인 전단벽의 두께, 길이만 다른 뿐 모든 조건이 동일하게 계획된 시험체이다.

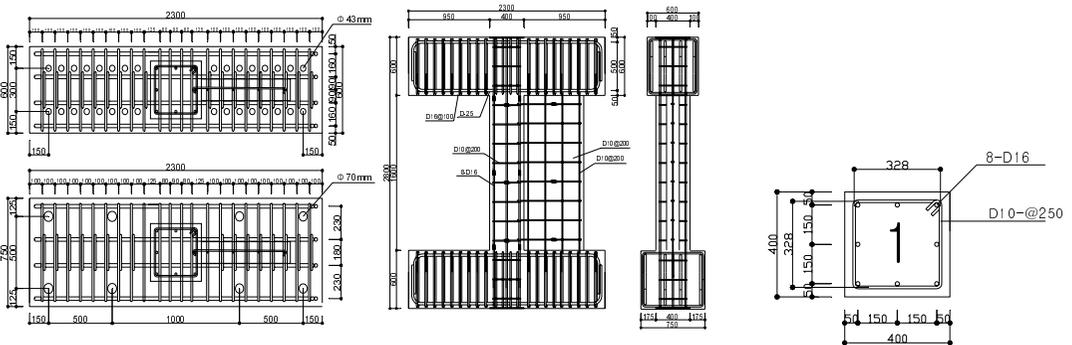


그림 1 시험체 형상 및 치수

표 1. 시험체 일람

| 시험체명 | 공동사항 (단위:mm) | 연직 부재의구성 | 날개벽길이 (mm) | 날개벽두께 (mm) |
|----------------|--|-------------|--------------------------|---------------|
| 01-CWW-No | <ul style="list-style-type: none"> 기둥 크기(b×d = 400×400) 콘크리트 강도 f_{ck} = 21(MPa) 기둥 철근 직경 D16 기둥 띠철근 직경 D10 날개벽 수직·수평철근 직경 D10 철근 항복점 강도 f_y = 400 (MPa) | • 순수기둥 | 0 | 0 |
| 02-CWW-300-100 | | | • 한 쪽 에 날개벽이 있는 기둥 | 300 |
| 03-CWW-300-150 | | 700 | | 150 |
| 04-CWW-700-100 | | 100 | | 100 |
| 05-CWW-700-150 | | 150 | 150 | |

2.3 실험방법

시험체를 슬래브에 고정하고, 바닥 슬래브에 고정된 50tonf actuator 2대를 이용하여 $0.1f_{ck} \cdot A_g$ 에 해당되는 일정축력을 가력 하였다.<그림 2> 또한, 반력 기둥에 설치한 200tonf Oil-jack을 이용하여 반복 수평하중을 가력 하였다. 시험체에 작용하는 반복수평 하중은 가력방향 상부 스티브에 설치된 변위계(LVDT)의 변위량에 따라 변위제어로 가력 하였다. 변위이력 <그림 3>에서 보듯이 시험체의 횡변위를 시험체 높이에 해당되는 1600mm로 나눈 값인 부재각으로 제어하였으며, 수평하중에 의한 강도 및 강성저하에 대한 자료를 얻을 수 있도록 각 사이클마다 3회씩 점증가력 하였다. 시험체의 중앙부에 가력을 하기 위해 체결된 오일잭으로 도입된 반복하중 가력은 하중작용점에 부착된 LVDT를 이용하여 변위제어를 하였다.



그림 2. 시험체 설치상황

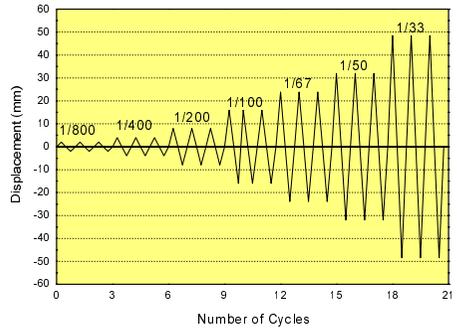
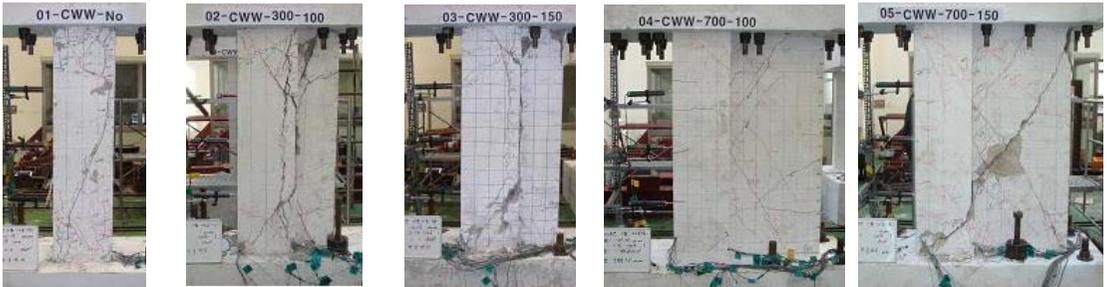


그림 3. 변위 이력

3. 결과 및 고찰

3.1 최종 파괴상황



(a)01-CWW-No (b)02-CWW-300-100 (c)03-CWW-300-150 (d)04-CWW-700-100 (e)05-CWW-700-100

그림 4. 시험체별 최종파괴상황

<그림 4> 및 <표 2>에 각 시험체의 파괴상황 및 최대강도를 나타내었다. <그림 4>에서 보는 바와 같이 01-CWW-No 시험체는 각변위 1/1600에서 시험체의 우측 상부 전면에 초기 휨균열(폭 0.05mm)이 발생하였으며, 이후, 각변위 1/50에서 시험체의 중앙부에 우측 상부에서 좌측 하부로 대각선 방향의 전단균열(폭 5mm)이 발생하였다. 02-CWW-300-100 시험체는 각변위 1/1600에서 시험체의 기둥 좌측 하부에서 초기균열(폭 0.05mm)이 발생하였으며, 이후, 변위가 증가함에 따라 기둥, 날개벽의 상·하부균열이 증가하고 각변위 1/33에서 시험체의 최대내력이 약 50%이하로 떨어져 실험을 종료하였다. 03-CWW-300-150 시험체는 각변위 1/1600에서 시험체의 기둥 좌측 상부에서 초기균열(폭 0.05mm)이

발생하였으며, 이후, 각변위 1/200에서 균열이 서서히 진행되었고, 각변위 1/50 에서 시험체의 최대내력이 약 50%이하로 떨어져 실험을 종료하였다. 04-CWW-700-100 시험체는 각변위 1/1600에서 시험체의 날개벽 우측 하부에서 초기균열(폭 0.05mm)이 발생하였으며, 각변위 1/400에서부터 서서히 균열이 증가하였고, 각변위 1/67에서 실험을 종료하였다. 05-CWW-700-150 시험체는 각변위 1/1600에서 시험체의 날개벽 우측 하부에서 초기균열(폭 0.05mm)이 발생하였으며, 이후, 각변위 1/67 (변위 +24.00mm)로 가력도중 전단균열의 급격한 진행으로 각변위 1/67에서 취성과파괴 되는 양상을 보였다.

표 2 실험 결과에 따른 최대강도 및 최대변위

| 시험체명 | 최대강도 (kN) | 최대변위 (mm) | 파괴 사이클 | 각 변위 |
|----------------|-----------|-----------|--------|------|
| 01-CWW-NO | 305.95 | -32.1 | 18- | 1/50 |
| 02-CWW-300-100 | 302.82 | -47.96 | 19- | 1/33 |
| 03-CWW-300-150 | 329.96 | -31.8 | 18- | 1/50 |
| 04-CWW-700-100 | 465.69 | -23.9 | 15- | 1/67 |
| 05-CWW-700-150 | 520.57 | +24.01 | 12+ | 1/67 |

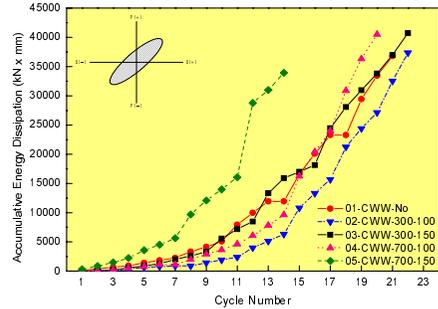


그림 5. 시험체별 에너지소산능력 비교

3.2 에너지소산능력

각 시험체의 내진성능을 정량적으로 평가하기 위한 방법으로 각 사이클별 누적 에너지 소산능력을 <그림 5>에 나타내었다. 05-CWW-700-150 시험체는 초기의 에너지 소산능력은 가장 높았으나, 취성적인 파괴로 인하여 다른 시험체에 비하여 최종파괴시의 누적에너지 소산능력이 낮은 것을 알 수 있다. 04-CWW-700-100 시험체는 초기의 에너지소산능력은 낮았으나 초기 균열이후 벽체의 철근이 전단력을 지지하여 점차 에너지 소산능력이 증가하였다.

4. 결론

기둥에 붙는 날개벽의 길이 및 두께를 다르게 배근한 기둥의 시험체의 거동에 관한 연구를 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 날개벽의 두께를 100mm와 150mm로 제작한 시험체에서 나타난 결과 날개벽 두께의 영향은 기존식의 값이나 실험결과 값이나 모두 벽 두께가 미치는 영향은 크게 차이가 나타나지 않았다.
- 2) 날개벽의 길이를 300mm로 제작한 2개의 시험체는 기둥만 있는 시험체와 같이 비슷한 균열패턴을 보이며 파괴양상을 나타내었다.
- 3) 강도비교를 통하여 05-CWW-700-150 시험체가 다른 시험체에 비하여 가장 높은 최대강도를 나타내는 것을 알 수 있다. 그러나 최대강도이후 강도가 급격히 떨어지면서 취성적인 파괴를 하였다.

감사의 글

이 논문은 2008년 한국시설안전공단 연구비 지원에 의해 수행되었습니다. 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. ACI-318R-05, Chapter 11, pp.147-152.
2. 재단법인 일본건축방재협회, “기존 철근콘크리트구조 건축물의 내진진단 기준 동해설”, 2004, pp.64-70.