

내부유공판을 사용한 각형 CFT 기둥-보 단순인장 접합부의 실험적 연구

An Experimental Study on Simple Tension Connections for Square CFT Column to Beam Using Internal Plate with Holes

이 성 희¹⁾ · 정 헌 모²⁾ · 양 일 승³⁾ · 최 성 모⁴⁾
Lee, Seong Hui · Jung, Hun Mo · Yang, Il Seung · Choi, Sung Mo

요 약 : 최근 건물이 고층화 됨에 따라 건물의 중량감소와 시공의 효율성 확보를 위해 기존 S, RC, SRC 이외에 새로운 구조시스템이 적용되고 있으며, 그중에서도 CFT 구조는 우수한 구조성과 시공성으로 많은 건설현장에 적용되어 왔다. CFT 구조는 접합부 구성시 보 플랜지 하중을 기둥과 반대편 보에 원활히 전달하기 위한 다이어그램이 필요하며 특히 기둥 좌우에 층이 다른 보가 접합될 때 보의 하부 플랜지 하중전달을 위한 다이어그램 구성과 콘크리트 충전성 확보에 어려움이 있었다. 본 연구에서는 하부 보 플랜지 하중을 기둥에 원활히 전달하기 위해 CFT 기둥 내부에 유공판을 세로로 접합하는 형식의 접합상세를 제안하였다. 이 접합형식은 CFT 기둥 내부에 콘크리트가 충전될 때 콘크리트가 내부 유공판의 구멍을 관통하여 채워짐으로써 보 플랜지 하중전달에 콘크리트의 앵커효과를 이용하는 방법이며 유공판이 수직으로 설치됨으로써 콘크리트 충전성도 향상시킬 수 있다. 제안된 접합부의 구조거동분석을 위해서 내부유공판의 설치방향, 콘크리트의 충전 유/무, 내부유공판의 두께, 전단 구멍의 개수등을 변수로하여 5개의 실험체를 제작하고 실험체의 실험적연구를 진행하였다.

ABSTRACT : As the height of buildings rises, new structural systems are being applied other than the existing S, RC, and SRC to decrease the weight of buildings and to make their construction more efficient, CFT structures had been applied in many building construction projects due to their superior structural performance and construction efficiency. CFT structures need a diaphragm to harmoniously transmit the beam flange load to the column and the opponent beam in connections. Especially, on the right and left sides of the column other beams are connected, The establishment of a diaphragm for the lower part flange load delivery of the beam and guarantee for concrete filling capacity difficulty have (What does this mean?). In this paper, connection details are proposed in the form of a welded vertical plate with a circular hole on the CFT column's interior to harmoniously transmit the lower-part beam flange load to the column and the opponent beam. This diaphragm details use the concrete anchor effect in the beam flange load delivery, with the concrete-filled CFT column interior piercing the hole of the perforated plate, and a perforated board is established vertically to improve the concrete filling capacity. To analyze the structural performance of the proposed connection details, five simple tension specimens were made with the following parameters: with our without vertical and horizontal perforated plates, shear hole number, concrete filled or not, thickness of the perforated plate, etc. Then experimental tests were performed on these specimens.

핵심어 : 내부유공판, 합성효과, 단순인장실험, 냉간성형

KEYWORDS : Internal plate with holes, Composite Effect, Simple Tension test, Cold Forming

1. 서론

최근 건물이 고층화 됨에 따라 건물의 중량감소와 시공의 효

율성 확보를 위해 기존의 S, RC, SRC 이외에 새로운 구조시스템이 적용되고 있으며, 그 중에서도 CFT 구조는 우수한 구조성과 시공성으로 많은 건설현장에 적용되어 왔다. CFT 구조

1) University of Western Sydney, Post-doc(ish@uos.ac.kr)
2) 서울시립대학교 건축공학과 석사과정(hunmo2002@nate.com)
3) 동신대학교 문화건축학부 교수(yang1698@hanmail.net)
4) 교신저자, 서울시립대학교 건축공학과 교수
(Tel: 02-2210-2396 Fax: 02-2248-0382 E-mail: smc@uos.ac.kr)

본 논문에 대한 토의를 2010년 6월 30일까지 학회로 보내주시면 토의 회답을 게재하겠습니다.

는 접합부 구성시 기둥의 전단내력을 향상시키기 위한 다이어프램이 필요하며, 지금까지 내다이어프램, 외다이어프램, 관통형다이어프램 등이 일반적으로 사용되어 왔다. 이중 강관내부에 설치되는 내다이어프램은 최소의 강제사용량으로 보플랜지 하중을 기둥과 반대편 보에 원활히 전달할 수 있어 가장 보편적으로 사용되어온 다이어프램 형식중 하나이다. 그러나 그림 1에 보인바와 같이 기둥 좌우에 춤이 다른 보가 접합될 때 좌우 보의 상부플랜지는 동일 높이가 되지만, 보의 하부플랜지 높이는 달라지게 된다. 이 경우 경사 다이어프램이나 내다이어프램을 여러겹 겹쳐 사용하게 되어 접합부의 구성이 복잡하고 콘크리트 충전성 확보에 어려움이 있었다. 또한 하부 플랜지는 주로 압축력이 작용하지만 구조물에 횡력(풍하중, 지진하중)이 작용할 때 하부 플랜지에는 인장력이 발생할 수 있다.

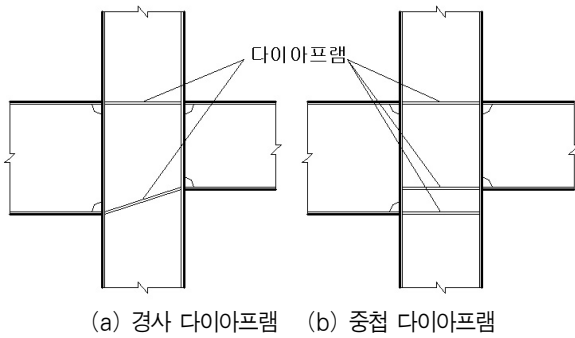


그림 1. 보 춤의 차이에 따른 다이어프램 상태

따라서 최성모(2003)는 그림 2와 같이 수평 T-bar와 스티드 볼트로 보강된 수직플레이트 형태의 접합부를 제안하고 구조성능을 평가하였다. 여기서 수평 T-bar는 보의 하부 플랜지의 압축하중을 사다리꼴 모양의 수평플레이트 끝에 용접된 수직 플레이트가 콘크리트에 분산시키고, 인장하중을 수직플레이트의 앵커효과를 통해 저항하도록 계획하였으며, 스티드 볼트로 보강된 수직플레이트는 플레이트에 보강된 스티드 볼트가 수평 T-bar의 수직플레이트의 역할을 하도록 계획하였다.

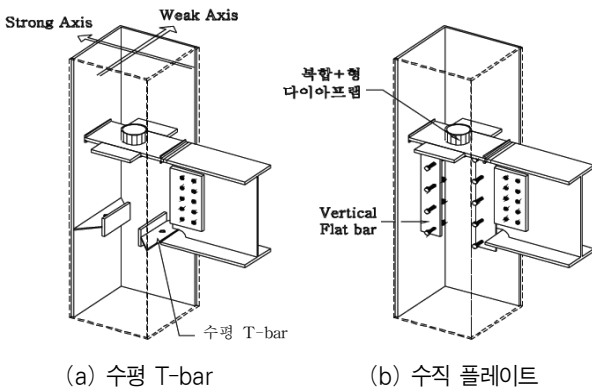


그림 2. 내부앵커형 실험체 (최성모-2003)

한편 Isabel Valente(2004)는 보와 슬래브의 전단연결재로 그림 3과 같은 유공판 형태를 제안하고 콘크리트가 강제플레이트를 관통하도록 함으로써 우수한 전단내력을 확보할 수 있음을 확인하였다. 따라서 본 연구에서는 CFT 기둥 좌우에 춤이 다른 보를 접합부할 때, 보 하부플랜지 하중을 기둥에 원활히 전달하기 위한 방법으로 CFT 기둥 내부에 유공판을 수직, 수평으로 접합하는 형식의 내부유공판 접합부를 제안하였다.

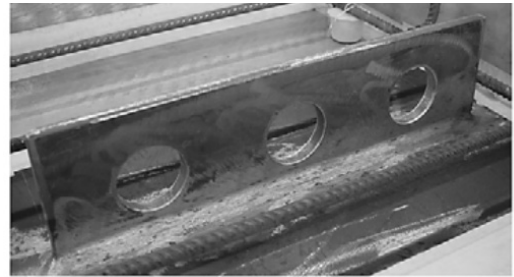


그림 3. 전단연결재 (Isabel Valente-2004)

또한 제안된 수직유공판 다이어프램 형식의 구조성능을 평가하기 위해 유공판의 설치방향(수직, 수평), 콘크리트 유/무, 유공판 두께, 전단구멍 개수 등을 변수로 보의 하부플랜지 접합부를 이상화한 단순인장 실험체 5개를 제작하여 인장 구조실험을 수행하였다.

2. 실험계획과 소재시험

춤이 다른 보가 기둥과 접합 되었을 때 발생하는 하부 보에 대한 구조내력을 평가하기 위해 5개의 상하이형 보의 하부 접합부 실험체를 제작하여 실험을 수행하였다. 또한 기존실험(최성모-2003)의 실험결과와 비교하여 본 연구에서 제안한 유공판 실험체의 구조내력을 평가하고자 한다.

2.1 내부유공판 접합부의 형상

내부유공판 접합부는 CFT기둥 좌우에 춤이 다른 보가 접합될때 하부 보플랜지의 내력을 CFT기둥에 전달하기 위해 제안되었으며 그 형태와 구성은 그림 4와 같다. 여기서 하부 보플랜지의 하중은 내부유공판에 의한 앵커내력과 강관의 인장내력에 의해 CFT기둥에 전달된다.

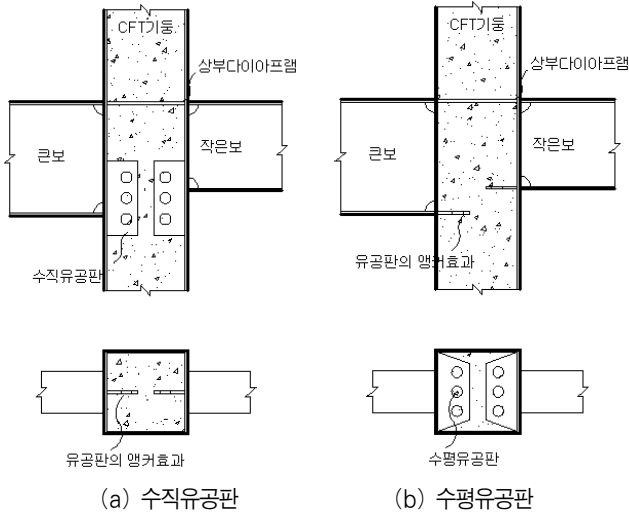


그림 4. 내부유공판 접합부의 형상

2.2 실험체 계획

본 연구에서는 그림 5와 같이 12mm두께의 강판을 ㄷ형대로 냉간성형한후 2개의 냉간성형 ㄷ형강을 용접하여 강관을 제작하였고 냉간성형시의 절곡되는 모서리내부의 반지름은 24mm로 하였다.

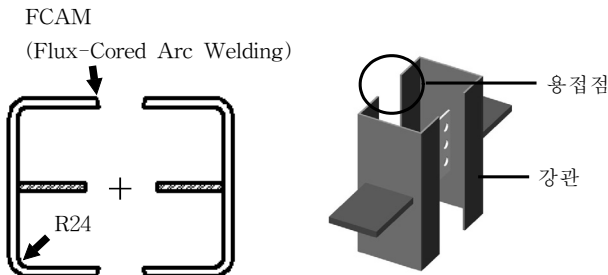


그림 5. CFT 강관 제작법

각형 CFT 단순인장실험체의 변수는 표 1과 같이 유공판의 설치방향(수직, 수평), 콘크리트 유/무, 유공판 두께, 전단구멍의 개수이며 총 5개의 실험체를 제작하였다. 각 실험체별 형상과 상세는 그림 6에 나타났다. 여기서 SH-1은 기본형 실험체로써 내부유공판의 전단구멍의 크기와 개수는 Isabel valente(2004)의 연구에서 제안한 식 1을 이용하여 계획하였다. SH-2는 SH-1 과 동일한 수직유공판을 사용한 콘크리트 무충전 실험체이다. SH-3은 내부유공판의 전단구멍개수를 증가시키기 위해 수직 플레이트의 양단에 반원의 홈을 두어 전단구멍의 개수를 4개로 증가시킨 수직유공판 실험체이며, SH-4는 유공판의 두께를 증가시킨 실험체이다. SH-5는 3개의 전단구멍을 갖는 수평유공판 접합부로 계획하였다. 각 실험체의 예상파괴모드는 표 1에 나타난 바와 같이 SH-1~4는

강관면 파괴 또는 내부콘크리트파괴로 예상하였으며, SH-5는 보플랜지 파괴로 예상하였다.

실험체 계획에서 유공플레이트의 내력이 콘크리트의 퍼포본드 내력보다 커야하므로 식 2와 같이 가정하였으며, 강관기둥의 변형시 수직유공판의 용접부의 강도는 보플랜지의 항복강도 보다 커야 하므로 식 3과 같이 가정하였다.

$$q_u = 3.31nd^2 \sqrt{f_c} \tag{1}$$

$$w_p \geq 3.31nd^2 \sqrt{f_c} / F_y \tag{2}$$

$$\frac{c\sigma_y}{4} \times A_{weld} \geq F_y \times A_{bf} \tag{3}$$

- q_u : perfbond 극한전단내력 d : perfbond 리브 홀 지름
- n : perfbond 구멍개수 f_c : 콘크리트 압축강도
- w_p : 수직유공판 단부의 너비 σ_{wy} : 용접응력(MPa)
- A_{weld} : 용접목두께 면적 A_{bf} : 보플랜지 단면적

실험체 계획에서 수직유공판 접합부의 내력은 식 4에 의한 강관면의 내력(449kN)과 식 5에 의한 콘크리트의 Cone failure내력(333kN)중 작은 값으로 하여 접합부의 내력(333kN)을 산출하였다. 또한 콘크리트의 Cone failure이후의 최대내력은 강관면이 모든 내력을 받는 것으로 하여 식 6을 이용하여 결정하였다.

$$P_{yieldline} = \sigma_t^2 \left(\frac{4x+3t_b}{b_c-w_b} + \frac{b_c-w_b}{2x} + \frac{w_b-t_p}{H_p-t_b} + \frac{H_p-t_b}{w_b-t_p} + \frac{t_p}{2x+t_b} + \frac{b_c-t_p}{A} + \frac{A}{b_c-t_p} \right) \tag{4}$$

$$P_{cone} = \frac{10}{12} \sqrt{f_c} \times (\sqrt{2(L-w_p)^2} \times H_p) \tag{5}$$

$$P_u = \sigma_t^2 \left(\frac{4x+3t_b}{b_c-w_b} + \frac{b_c-w_b}{2x} + \frac{w_b-t_p}{H_p-t_b} + \frac{H_p-t_b}{w_b-t_p} + \frac{t_p}{2x+t_b} + \frac{b_c-t_p}{A} + \frac{A}{b_c-t_p} \right) + \sqrt{f_c} \left[\frac{10}{12} (\sqrt{2(L-w_p)^2} H_p) + 3.31nd^2 \right] \tag{6}$$

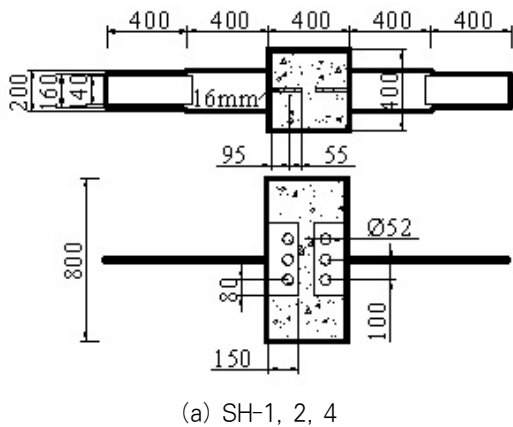
- t_c : 기둥강관의 두께 t_b : 보 플랜지 두께
- b_c : 기둥의 폭 t_p : 유공플레이트 두께
- w_b : 보플랜지 너비 H_p : 유공플레이트 높이
- A : $H_p - t_p - 2x$ L : 유공판 길이
- x : 항복선 상수(70)

본 연구에서는 내부유공판 접합부의 실험결과를 최성모(2003)의 스티드볼트 보강실험체(VP)와 T-bar로 보강된 실험체(HT)의 실험결과와 비교하여 내부 접합부의 구조성능

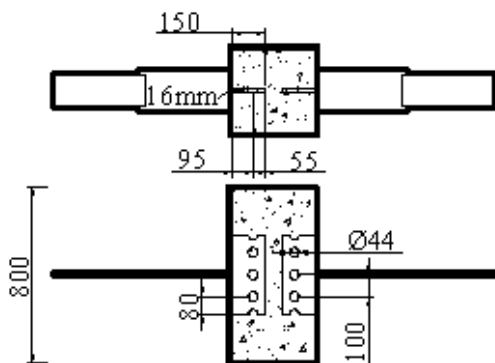
을 평가하고자 하며 VP와 HT의 변수와 형태를 표 1과 그림 6에 나타냈다.

표 1. 실험체 종류

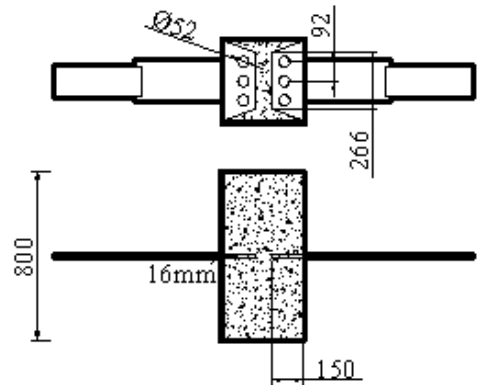
| 실험체명 | 실험변수 | 유공판 설치방향 | | 콘크리트 | | 유공판 두께 (mm) | | 전단 구멍 개수 | | 예상파괴 모드 |
|------|-----------|-------------------|----|------|---|-------------|----|----------|---|---------------|
| | | 수직 | 수평 | 유 | 무 | 16 | 22 | 3 | 4 | |
| SH-1 | 기본형 | ○ | | ○ | | ○ | | ○ | | 강관면파괴, 콘크리트파괴 |
| SH-2 | 콘크리트 충전유무 | ○ | | | ○ | ○ | | ○ | | 강관면파괴, 콘크리트파괴 |
| SH-3 | 내부유공판 개수 | ○ | | ○ | | ○ | | | ○ | 강관면파괴, 콘크리트파괴 |
| SH-4 | 보강판 두께 | ○ | | ○ | | | ○ | ○ | | 강관면파괴, 콘크리트파괴 |
| SH-5 | 유공판 보강방향 | | ○ | ○ | | ○ | | ○ | | 보플랜지파괴 |
| VP | 수직형 | 스터드볼트로 보강된 실험체 | | | | | | | | 강관면파괴, 콘크리트파괴 |
| HT | 수평형 | 수평 T-bar로 보강된 실험체 | | | | | | | | 보플랜지파괴 |



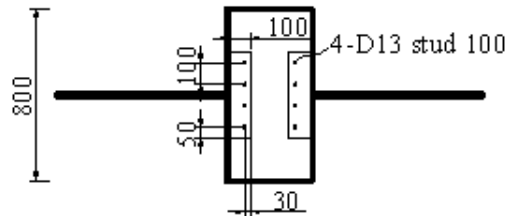
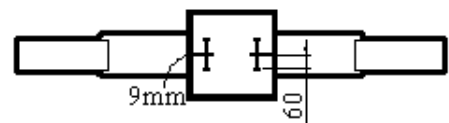
(a) SH-1, 2, 4



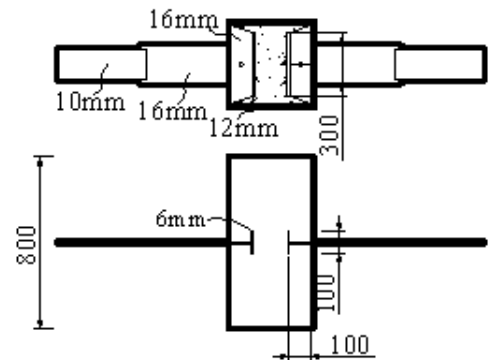
(b) SH-3



(c) SH-5



(d) VP (기존실험)



(e) HT (기존실험)

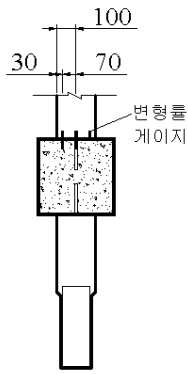
그림 6. 실험체 상세

2.3 실험방법 및 측정계획

실험체의 가력은 RIST(포항산업과학연구소)소재 3000kN 유압식 만능시험기(U.T.M)을 사용하여 인장력을 가하였다. 가력속도는 일정하게 0.016mm/sec의 속도로 가력하였다. 변위 측정은 600mm의 표점거리 사이에 변위계를 설치하여 축방향 변위를 측정하였고, 변형률 게이지(W.S.G)를 그림 7과 같이 설치하여 강관 플랜지 및 보 플랜지, 유공판의 변형률 분포를 측정하였다.



(a) 실험체 세팅



(b) 변형률게이지 설치위치

그림 7. 실험체 가력 및 측정방법

2.4 소재시험결과

본 연구에서 사용된 강재의 재료특성을 알아보기 위하여 KS B 0801 규준에 따라 각각 3개의 1호 인장시험편을 절취하여 인장시험을 수행하였다. 본 시험에 사용된 재료는 표 2와 같이 SS400의 16mm강재와 SM490의 12mm강재이며, 3번의 평균을 구하여 얻은 소재시험결과를 나타내었다. 설계강도 30MPa인 콘크리트 공시체에 대한 총 3번의 7일, 14일, 28일 압축강도 시험을 행한 결과를 표 3에 나타냈으며, 28일 콘크리트 압축강도는 42.7MPa로 나타났다. 또한 VP, HT시험체 제작에 사용된 소재시험결과도 표2와 3에 포함되어 나타냈다.

표 2. 강재의 소재시험 결과

| 구분 | 강종 | 두께 (mm) | 항복응력 F_y (MPa) | 인장응력 F_u (MPa) | 항복비 F_y/F_u (%) | 연신율 (%) | |
|---------|----------|---------|------------------|------------------|-------------------|---------|------|
| 유공판 실험체 | 강관 | SM 490 | 12 | 334 | 508 | 65.7 | 27.7 |
| | 기타 | SS 400 | 16 | 298 | 423 | 70.4 | 31.5 |
| 기존 실험체 | 강관 | SM 490 | 12 | 463 | 604 | 77 | 26 |
| | 보 플랜지 | SS 400 | 10 | 346 | 451 | 75 | 28 |
| | 다이아 프램 | | 16 | 342 | 478 | 72 | 32 |
| | 수평 T-Bar | | 6 | 231 | 365 | 63 | 29 |
| | 수직 T-Bar | | 9 | 330 | 476 | 69 | 26 |

표 3. 콘크리트의 소재시험 결과

| 콘크리트 시험체 | 7일강도(MPa) | 14일강도(MPa) | 28일강도(MPa) |
|----------|-----------|------------|------------|
| 유공판 실험체 | 26 | 34 | 43 |
| 기존 실험체 | - | - | 51 |

3. 실험결과

하부 보플랜지의 하중을 CFT기둥에 원활히 전달시키기 위한 내부유공판 접합부의 개발을 목적으로 5개의 실험체에 대한 실험을 수행하여 다음의 결과를 얻었다.

3.1 초기강성과 최대내력

항복내력 결정을 위해 그림 8과 같이 하중-변위 곡선의 초기 기울기와 그 각도를 1/3로 하여 얻은 접선과 만나는 점을 항복내력(P_y)으로 하는 접선법을 사용하였다.

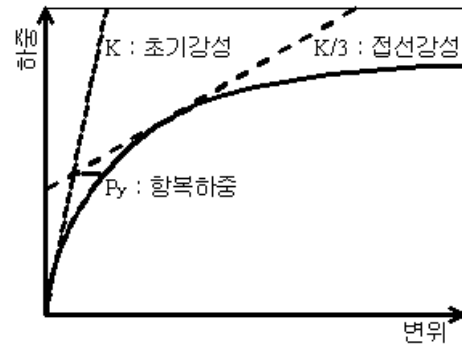


그림 8. 접선법에 의한 항복강도 산출

본 실험에서 얻어진 실험체의 초기강성, 항복내력, 최대내력을 표 4에 나타냈으며 각의 실험체에 대한 하중-변위 곡선은 그림 9와 같다. 그림 9에서 실험결과를 보플랜지의 내력과 비교하기 위해 보 플랜지의 항복하중($P_{by}=954, P_{by} = F_y \times A_{bf}$)과 극한하중($P_{bu}=1,354kN, P_{bu} = F_u \times A_{bf}$)를 각각 일점쇄선과 이점쇄선으로 나타냈다

표 4. 실험체의 하중과 초기강성

| 실험체 | 초기강성 (kN/mm) | 항복내력 (kN) | 최대내력 (kN) |
|------|--------------|-----------|-----------|
| SH-1 | 329 | 246 | 976 |
| SH-2 | 34 | 192 | 596 |
| SH-3 | 280 | 272 | 1020 |
| SH-4 | 309 | 224 | 1052 |
| SH-5 | 314 | 270 | 1365 |

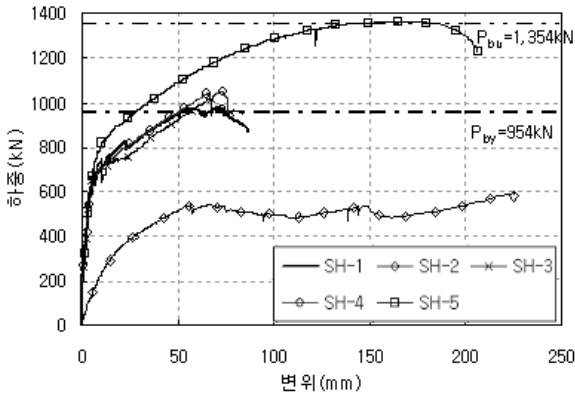
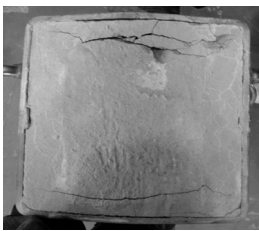


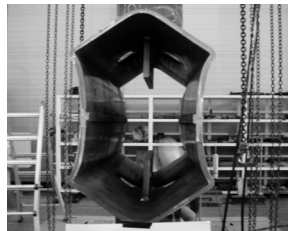
그림 9. 실험체 하중-변위 곡선

3.2 파괴유형

각 실험체에 대한 파괴유형을 그림 10과 그림 11에 나타냈다. 수직유공판 실험체인 SH-1, 3, 4는 내부 콘크리트의 파괴 후 강관면이 찢어지며 파괴되었고, SH-2는 그림 10(b)와 같이 변형이 진행된 후 기둥면이 파괴되었다. 그리고 수평유공판 실험체인 SH-5는 네킹현상에 의한 보 플랜지 인장파괴를 나타냈다.



(a) 콘크리트 충전실험체



(b) 콘크리트 무충전 실험체

그림 10. 실험체 파괴유형 - A



(a) SH-1 : 기둥면 파괴



(b) SH-2 : 기둥면 파괴



(c) SH-3 : 기둥면 파괴



(d) SH-4 : 기둥면 파괴



(e) SH-5 : 보플랜지 파괴

그림 11. 실험체 파괴유형 - B

3.2.1 SH-1 실험체

기본형인 SH-1 실험체는 620kN에서 1차적으로 내부콘크리트가 파괴되면서 내력이 다소 떨어지는 현상을 보였으나 다시 내력이 상승하였다. 842kN일때 실험체에서 콘크리트가 파괴되는 소리가 1차보다 더 크게 나면서 내력이 떨어졌고 다시 강관의 변형이 생기기 시작하면서 내력이 상승하였으며 최종적으로 976kN에서 최대내력을 발휘한 후 보 플랜지와 기둥이 맞는 면이 찢어지면서 실험체가 파괴가 되었다.

3.2.2 SH-2 실험체

콘크리트를 충전하지 않은 SH-2는 SH-1와 동일한 실험체이다. SH-1에 비하여 실험초기에 강관의 변형이 크게 나타났으며, 596kN에서 보 플랜지와 기둥이 맞는 면이 찢어지면서 실험이 종료가 되었다.

3.2.3 SH-3 실험체

내부유공판의 전단구멍개수를 증가시키기 위하여 수직 플레이트의 양단에 반원으로 홈을 판 SH-3 실험체는 732kN에서 1차적으로 콘크리트 파괴가 발생하였고, 다시 내력 증가 후 788kN에서 2차적으로 파괴가 생기면서 내력이 저하되었다. 이후 지속적으로 내력이 증가하다가 1,020kN의 최대내력을 발휘한 후 보플랜지와 기둥의 맞는 면이 찢어지면서 실험체가 파괴되었다.

3.2.4 SH-4 실험체

유공판의 두께를 22mm로 증가시킨 SH-4 실험체는 605kN에서 미소한 콘크리트 파괴를 보였으나 SH-1, SH-3 실험체와 달리 지속적으로 내력이 증가하였다. 1052kN에서 최대내력을 발휘한 후 보 플랜지와 기둥이 맞는 면이 찢어지면서 실험체가 파괴가 되었다.

3.2.5 SH-5 실험체

수평유공판을 설치한 SH-5 실험체는 콘크리트 파괴없이 지속적인 내력증가와 함께 1365kN에서 최대내력을 발휘한 후 보 플랜지 파괴가 발생하였다.

4. 분석 및 고찰

4.1 내부유공판 설치방향(수직, 수평)의 영향

내부유공판의 방향에 따른 영향을 평가하기 위해 수직유공판 실험체 SH-1을 기준으로 수평유공판 실험체 SH-5를 표 5와 그림 12에 비교하여 나타내었다. SH-5는 SH-1에 비해 초기강성은 5% 낮게 나타났지만 항복내력은 10%, 최대내력은 40% 높게 나타났다. 이는 수평유공판 실험체 SH-5의 경우 수평유공판이 보 플랜지와 동일높이에 설치됨으로써 발생하는 인장응력을 효과적으로 강관 내부의 콘크리트에 전달하기 때문에 나타난 현상으로 판단된다. 따라서 수평유공판 다 이아프램이 수직유공판에 비해서 보 플랜지 내력전달에 효과적인 접합형태로 판단된다.

표 5. 내부유공판 설치방향성에 따른 영향

| 실험체 | 초기강성 (kN/mm) | 초기 강성비 | 항복내력 (kN) | 항복 내력비 | 최대내력 (kN) | 최대 내력비 |
|------|--------------|--------|-----------|--------|-----------|--------|
| SH-1 | 329 | 1 | 246 | 1 | 976 | 1 |
| SH-5 | 314 | 0.95 | 270 | 1.10 | 1,365 | 1.40 |

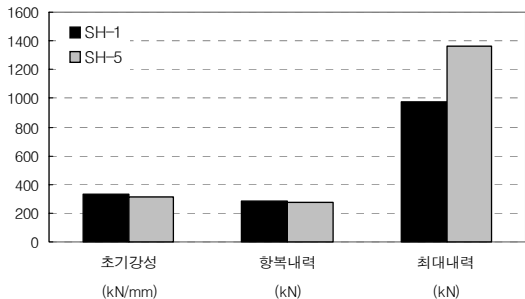


그림 12. 내부유공판 설치방향성에 따른 영향

4.2 콘크리트 충전 유/무의 영향

콘크리트 충전 유/무에 따른 영향을 알아보기 위해서 SH-1, 2를 비교 분석하여 표 8과 그림 13에 나타내었다. 콘크리트충전 실험체인 SH-1은 무충전 실험체인 SH-2에 비해 초기강성이 965%로 높게 나타났다. 이는 강관의 초기 변형을 구속하는 콘크리트가 없었기 때문이라 판단된다. 또한 항복내력과 최대내력도 각각 28%, 64% 높게 나타났다.

표 6. 콘크리트 충전 유/무에 따른 비교

| 실험체 | 초기강성 (kN/mm) | 초기 강성비 | 항복내력 (kN) | 항복 내력비 | 최대내력 (kN) | 최대 내력비 |
|------|--------------|--------|-----------|--------|-----------|--------|
| SH-1 | 328 | 9.65 | 246 | 1.28 | 976 | 1.64 |
| SH-2 | 34 | 1 | 192 | 1 | 596 | 1 |

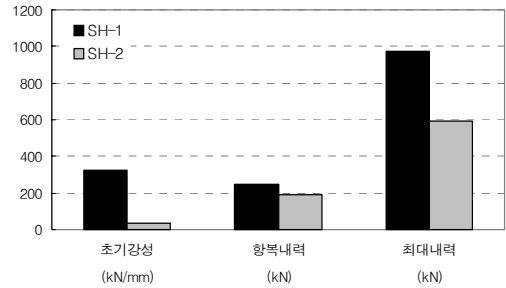


그림 13. 콘크리트 충전 유/무에 따른 비교

4.3 내부유공판 두께의 영향

내부유공판의 두께에 따른 영향을 비교하기 위해 유공판 두께 16mm인 기본형 실험체 SH-1을 유공판 두께 22mm인 실험체 SH-4와 비교하여 표 7과 그림 14에 나타내었다. SH-4는 SH-1에 비해 초기강성은 6%, 항복내력은 9% 낮게 나타났으나 최대내력은 8% 증가하는 것으로 나타났다. 이는 내부유공판의 두께가 증가하여 내부유공판에 의해 구속되는 콘크리트의 매설 깊이가 깊어짐에 따라 최대내력이 증가한 것으로 사료된다. 따라서 유공판 두께의 증가는 전단구멍의 콘크리트의 접촉면을 증가시켜 하부 플랜지 인장접합부의 내력을 향상시키는 것으로 판단된다.

표 7. 내부유공판 두께에 따른 영향

| 실험체 | 초기강성 (kN/mm) | 초기 강성비 | 항복내력 (kN) | 항복 내력비 | 최대내력 (kN) | 최대 내력비 |
|------|--------------|--------|-----------|--------|-----------|--------|
| SH-1 | 329 | 1 | 246 | 1 | 976 | 1 |
| SH-4 | 309 | 0.94 | 223 | 0.91 | 1052 | 1.08 |

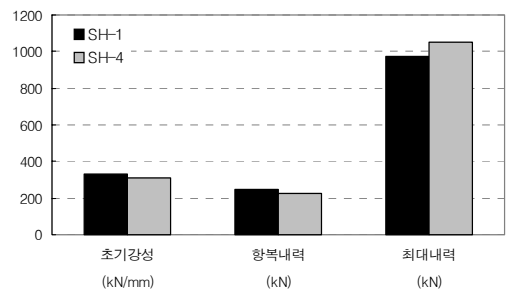


그림 14. 내부유공판 두께에 따른 영향

4.4 전단구멍 개수의 영향

수직유공판의 전단구멍개수에 따른 영향을 비교하기 위해 전단구멍이 3개인 기본형 실험체 SH-1과 4개인 실험체 SH-3을 표 6과 그림 15에 비교하여 나타내었다. SH-3은

SH-1에 비해 초기강성은 15% 낮게 나타났으나 항복내력은 10%, 최대내력은 5% 높게 나타났다. 또한 전단구멍에 의한 콘크리트 기여도는 3.2 파괴유형에 설명된 것처럼 SH-1은 842kN, SH-3은 788kN에서 끝나는 것으로 판단하였다. 따라서 전단구멍 개수의 증가는 유공판의 강재단면을 감소시켜 초기강성은 감소시키지만 유공판과 콘크리트 접촉면을 증가시키므로 하부 플랜지 인장접합부의 항복내력 증가에 효과적인 것으로 판단된다.

표 8. 전단구멍 개수에 따른 영향

| 실험체 | 초기강성 (kN/mm) | 초기 강성비 | 항복내력 (kN) | 항복 내력비 | 최대내력 (kN) | 최대 내력비 |
|------|--------------|--------|-----------|--------|-----------|--------|
| SH-1 | 329 | 1 | 246 | 1 | 976 | 1 |
| SH-3 | 280 | 0.85 | 272 | 1.10 | 1,020 | 1.05 |

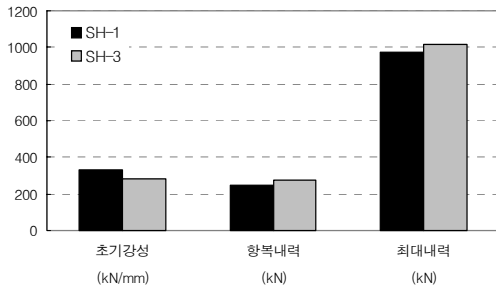


그림 15. 전단구멍 개수에 따른 영향

4.5 기존 접합부와 내부유공판 접합부의 비교

기존접합부와 유공판 접합부의 최대내력을 각 실험체에 사용된 플랜지의 내력($A_f \times F_y$)으로 무차원화하여 표9에 나타냈다. SH-1의 최대내력비는 VP에 비해 45% 높은 최대내력을 발휘하였으며, SH-5는 HT에 비해 70% 높은 최대내력을 발휘하였다.

표 9. 기존실험체 비교

| 실험체 | $A_f \times F_y$ (kN) | 최대내력 (kN) | 최대내력비 |
|------|-----------------------|-----------|-------|
| SH-1 | 954 | 976 | 1.02 |
| VP | 1,056 | 598 | 0.57 |
| SH-5 | 954 | 1,365 | 1.43 |
| HT | 739 | 539 | 0.73 |

5. 결론

CFT기둥-보 접합부 하부 측에 사용가능한 내부유공판 접합부에 대한 단순인장 실험을 수행한 후 분석 및 고찰을 통

하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 수평유공판 실험체 SH-5는 수직유공판 실험체 SH-1에 비해 초기강성은 5% 낮게 나타났지만 항복내력은 10%, 최대내력은 40% 높게 나타났다. 이는 수평유공판 실험체 SH-5의 경우 수평유공판이 보 플랜지와 동일 높이에 설치됨으로써 발생하는 인장응력을 효과적으로 강관 내부의 콘크리트에 전달하기 때문에 나타난 현상으로 판단된다. 따라서 수평유공판 다이어프램이 수직유공판에 비해서 보 플랜지 내력전달에 효과적인 접합형태로 판단된다.
- (2) 전단구멍의 개수가 4개인 실험체 SH-3은 전단구멍이 3개인 실험체 SH-1에 비해 초기강성은 15% 낮게 나타났으나 항복내력은 10%, 최대내력은 5% 높게 나타났다. 따라서 전단구멍의 개수증가는 유공판의 강재단면을 감소시켜 초기강성은 감소시키지만 유공판과 콘크리트 접촉면을 증가시키므로 하부 플랜지 인장접합부의 항복내력 증가에 효과적인 것으로 판단된다.
- (3) 내부유공판의 두께를 22mm로 증가시킨 실험체 SH-4는 SH-1($t=16mm$)에 비해 초기강성은 6%, 항복내력은 9% 낮게 나타났으나 최대내력은 8% 증가하는 것으로 나타났다. 따라서 유공판 두께의 증가는 전단구멍의 콘크리트의 접촉면을 증가시켜 하부 플랜지 인장접합부의 내력을 향상시키는 것으로 판단된다.
- (4) 콘크리트 충전 실험체 SH-1은 강관의 초기변형을 구속하는 콘크리트가 없었기 때문에 SH-2에 비해 965%의 초기강성을 나타냈으며 항복내력은 28% 최대내력은 64% 높게 나타났다.
- (5) 수직유공판 실험체 SH-1의 최대내력비는 VP에 비해 45% 높은 최대내력을 발휘하였으며, SH-5는 HT에 비해 70% 높은 최대내력을 발휘하였다.

감사의 글

본 논문은 과학기술부 국가지정 연구실 사업인 “초고층 구조시스템 선정 평가 기술” (Roa-2007-000-10047-0) 3차년도지원에 의해 이루어졌으며, 이에 깊은 감사를 드립니다.

참고 문헌

최성모, 윤여상, 김요숙, 김진호 (2003) 이형 하부다이어프램으로 보강된 각형 CFT 기둥-보 접합부의 내진성능에 관

- 한 연구, 한국강구조학회논문집, 한국강구조학회, 제15권, 제5호, pp.579-589.
- 최성모, 홍성덕, 김요숙, 김진호 (2004) 복합심자형 다이아프램으로 보강한 각형 CFT 기둥-보 인장측 접합부의 구조 성능에 관한 연구, 대한건축학회 논문집(구조계), 대한건축학회, 제20권, 제1호, pp.23-32.
- 최성모 (2006), 중약진 지역인 우리나라에 적합한 보-기둥 접합부 개발에 관한 연구 -CFT를 중심으로-, 연구보고서, 서울시립대학교.
- Choi S. M., Hong S. D., Kim D. G., Kim J. H. (2004) Structural Capacities of Tension Side for CFT Square Column-to-Beam Connections with Combined -Cross-Diaphragm, *PSSC*.
- Hong S. D., Kim Y. S., Kim J. H., and Choi S. M. (2002) Simple Tension Testing for CFT Column-to-Beam Connections at Tension Side with New Diaphragm, *Internatoinal Symposium on Steel Structure*, Second Symposium, KSSC, Korea.
- Isabel Valente, Paulo J. S. Cruz (2004) Experimental analys is of Perfobond shear connection between steel and lightweight concrete, *Journal of Construction Steel Research*, Vol. 60, No. 3-5, pp.465-479
- Kim, H. Y., Jeong, Y. J. (2006) Experimental investigation on behavior of steel-concrete composite bridge decks with perfobond ribs, *Journal of Constructional Steel Research*, Vol 62, No. 2, pp.463-471.
- P.C.G. da S. Vellasco, S.A.L. de Andrebe L.T.S. Ferreira, L.R.O. de Lima (2007) Semi-rigid composite frames with perfobond and T-rib connectors Parts 1 : Full scale tests, *Journal of Construcion Steel Research*, Vol. 63, No. 2, pp.263-279
- S.A.L. de Andrebe, P.C.G. da S. Vellasco, L.T.S. Ferreira, L.R.O. de Lima (2007) Semi-rigid composite frames with perfobond and T-rib connectors Parts 2 : Design models assessment, *Journal of Construction Steel Research*, Vol 63, No. 2, pp.280-292
- (접수일자 : 2008. 11. 28 / 심사일 2008. 12. 22 / 게재확정일 2009. 10. 9)