



## 전단연결재를 부착한 각형강관기둥의 구조성능평가

최영한<sup>1</sup> · 김성배<sup>2</sup> · 유덕수<sup>3</sup> · 김상섭<sup>4\*</sup>

<sup>1</sup>박사과정, 한국기술교육대학교, 건축공학과, <sup>2</sup>소장, (주)더나은구조엔지니어링,

<sup>3</sup>차장, (주)더나은구조엔지니어링, <sup>4</sup>교수, 한국기술교육대학교, 디자인·건축공학부

## Structural Performance Evaluation of Square-Shape Steel Column with Shear Connectors

Choi, Young Han<sup>1</sup>, Kim, Sung Bae<sup>2</sup>, Ryu, Deog Su<sup>3</sup>, Kim, Sang Seup<sup>4\*</sup>

<sup>1</sup>Ph.D course, Department of Architectural Engineering, KOREATECH, Cheonan, 31253, Korea

<sup>2</sup>Manager, The Naeun Structural Engineering, Seoul, 07205, Korea

<sup>3</sup>Deputy Manager, The Naeun Structural Engineering, Seoul, 07205, Korea

<sup>4</sup>Professor, School of Design & Architectural Engineering, KOREATECH, Cheonan, 31253, Korea

**Abstract** - Two performance evaluations, about the shape of inner shear connector of the square-shape steel column and about the compressive strength of the square-shape steel column, were implemented in this study. Firstly, as to the ratio of the experimental maximum load on nominal strength of Push-out specimens, rebar-applied specimens got 1.24 in average, and plate-applied specimens got 1.13 in average. Therefore, it is reasonably judged that bearing strength can be used as a standard of evaluating the strength of shear connector using rebar and plate. Secondly, as a result of compressive strength evaluation of the square-shape steel column, as to the ratio of each specimen's maximum load on nominal compressive strength of specimens without vertical and horizontal rebar, the specimens without vertical and horizontal rebar got 1.18 in average, and the specimens with vertical and horizontal rebar got 1.35 in average. It is judged that the vertical and horizontal rebar integrate the square-shape steel column with concrete so it affects the strength-advancement.

**Keywords** - Shear Connector, Push-Out Test, Square-Shape Steel Column, CFT Column, Compressive Strength Test

### 1. 서론

합성구조는 강재와 콘크리트의 일체화 거동을 통해 재료특성을 극대화할 수 있는 구조이므로 대형 건축물에 합성구조를 적용하고 있다<sup>1),2)</sup>. 합성구조는 콘크리트와 강재의 일체화 거동을 위해 전단연결재를 사용하고 있으며, 전단연결재는 강재와 콘크리트 사이의 전단력에 대해 외력을 전달하는 역할을 한다. 일반적으로 전단연결재는 스티드앵커를 주로 사용하고 있으며, 합성보의 신형상 전단연결재에 대한 연구가 일부 진행되어 왔다<sup>3),6)</sup>.

합성기둥은 H형강을 이용한 매입형 합성기둥(SRC기둥)이 주로 사용되었으나, 거푸집공사로 인한 인건비 상승과 공사기간 증가로 최근 강관을 이용한 충전형 합성기둥(CFT기둥)의 적용사례가 증가하고 있다. 강관을 이용한 충전형 합성기둥은 강축과 약축의 구분이 없는 형상적 특징과 강관의 국부좌굴 억제, 콘크리트의 내화성능 향상 등 재료의 상호보완을 통해 구조성능이 향상된 시스템이다. 특히 각형강관을 이용한 충전형 합성기둥은 4면에 동일 형상의 보를 설계·시공하기 용이한 특징을 갖는다<sup>1),7)</sup>.

충전형 합성기둥은 강관과 내부 콘크리트의 접합면의 직접부착강도에 의해 외력을 전달하는 것으로 설계하였다. 그러나 CFT기둥이 큰 내력을 발휘하기 위해서는 강관과 내부 콘크리트 사이에 외력을 전달하는 별도의 전단연결재가 필요하며, 건축구조기준 및 해설(KBC 2016)에서도 이를 규정하고 있다<sup>8)</sup>.

충전형 합성기둥은 내부에 전단연결재가 설치되어야 하므로 합성기둥의 크기와 형상에 따라 다양한 전단연결재가 적용 가능하다. 반면 합성기둥 내부에 설치되는 전단연결재의 종류에 따른

Note.-Discussion open until December 31, 2019. This manuscript for this paper was submitted for review and possible publication on October 31, 2018; revised February 20, 2019; approved on March 25, 2019.

Copyright © 2019 by Korean Society of Steel Construction

\*Corresponding author.

Tel. +82-41-560-1330 Fax. +82-41-560-1224

E-mail. kimss@koreatech.ac.kr



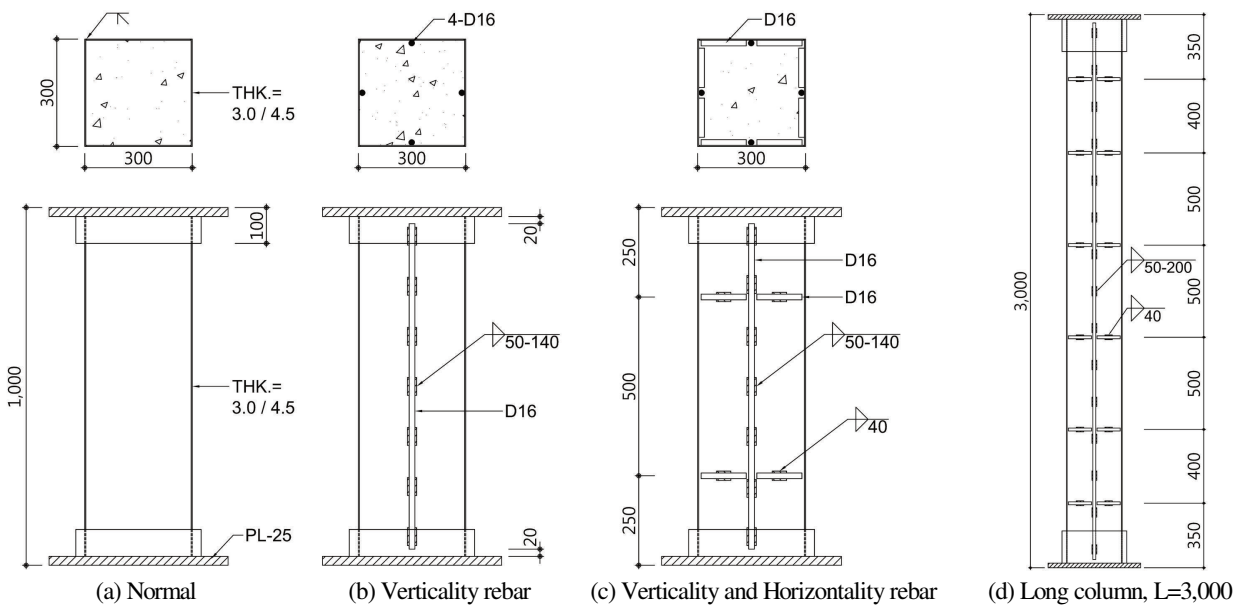
**Table 1.** Push-out test specimens

No.	Specimens	Column size (mm)	Column thickness (mm)	Shear connector type	Material
1	DC6S16	300×300 and SRC-600×600 and length 1,100	6	stud $\phi$ 16	DC6, DC9 : SPSR490
2	DC9S16		9		
3	DC6D25		6	rebar D25	S16 : $\phi$ 16, SS400
4	DC9D25		9		
5	DC6D19		6	rebar D19	D25 : SD400
6	DC9D19		9		
7	DC6P6		6	plate t=6, h=50	D19 : SD500
8	DC9P6		9		
9	DC6P9		6	plate t=9, h=100	P6, P9 : SS400
10	DC9P9		9		

**DC6S16**

Shear connector type  
 - S16 : stud  $\phi$ 16  
 - D25, D19 : rebar D25, D19  
 - P6, P9 : plate (thick. 6mm, 9mm)  
 Column thickness  
 - DC6 : 6mm  
 - DC9 : 9mm

Fig. 1.(a), (c)는 각각 스티드앵커를 적용한 단면과 평면이며, Fig. 1.(b)는 철근 및 플레이트를 적용한 단면이고 Fig. 1.(d), (e)는 각각 철근과 플레이트를 적용한 평면의 실험체 상세이다. Fig. 1.(e)에서 h=50, 100(mm)는 플레이트가 각형강관 바깥으로 돌출한 길이이다. 수직플레이트는 직사각형, 수평플레이트는 삼각형 형상으로 제작하였다.



**Fig. 3.** CFT-column specimens drawing



**Fig. 2.** Installation view of Push-out specimens

전단연결재의 Push-out 실험은 Fig. 2.와 같이 실험체를 설치하고 10MN급의 만능시험기(UTM)를 사용하여 단조가력 하였다. 스티드앵커는 기존 실험체의 전단연결재로 사용되고 있으므로, 본 연구에서는 철근 및 플레이트를 사용한 실험체의 실험결과를 스티드앵커의 실험결과와 비교하였다.

**2.2 CFT 각형강관기둥의 압축강도실험 계획**

각형강관기둥의 압축강도실험은 기둥 내부에 설치한 전단연결재가 압축재의 부재성능에 미치는 영향을 평가하기 위하여 실시하였다. Table 2는 각형강관기둥 실험체 계획이며, Fig. 3.은 각형강관기둥 실험체의 상세이다. 실험체에 사용된 각형강관은 판재에 전단연결재 철근을 부착한 후 300×300×t 로 용접 제작하였다. 수직철근은 전단연결재로 평가하기 위하여 단부에서 20mm 이격하여 설치하였으며, 판재와 일정간격으로 용접하였다.

본 연구에서는 각형강관기둥의 두께 및 길이, 수직 및 수평철근의 유무를 변수로 하였으며, 각형강관기둥의 두께는 3.0, 4.5(mm), 기둥의 길이는 1,000, 3,000(mm)이다. 주요변수는 수직철근의 유무, 수평철근의 유무, 판두께 등을 변수로 8개의 각형강관기둥 실험체를 제작하였다. Fig. 3.(a) ~ (c)는 기둥의 길이가 1,000mm인 실험체의 철근이 없는 경우, 수직철근만 있는 경우, 수직 및 수평철근이 있는 경우이고, (d)는 기둥의 길이가 3,000mm인 실험체이다. 기둥의 길이가 3,000mm인 실험체도 철근이 없는 경우, 수직철근만 있는 경우, 수직 및 수평철근이 있는 경우로 구분하였다.

CFT 각형강관기둥의 압축강도실험은 Fig. 4.와 같이 실험체를 설치하고 10MN급의 UTM을 사용하여 단조가력 하였다.

**Table 2.** CFT-column test specimens

No.	Specimens	Column size (mm)	Column plate thk. (mm)	Shear connector type	Material
1	S3-VN-HN	300×300 and length 1,000	3.0	-	Plate t=3.0, 4.5 : SS400
2	S3-VR-HN			VR	
3	S3-VR-HR			VR, HR	
4	S4-VN-HN	300×300 and length 3,000	4.5	-	Rebar D16 : SD500
5	S4-VR-HR			VR, HR	
6	L3-VN-HN	300×300 and length 3,000	3.0	-	Con'c : 21MPa
7	L3-VR-HN			VR	
8	L3-VR-HR			VR, HR	

\* VR : verticality rebar (D16)  
HR : horizontality rebar (D16)



**Fig. 4.** Installation view of CFT-Column specimens

### 3. 전단연결재의 Push-out 실험 결과

Push-out 실험체 제작에 사용된 콘크리트, 철근, 강재의 소재특성을 파악하기 위하여 소재시험을 실시하였으며, 시험결과는

Table 3, 4와 같다. 콘크리트 압축강도는 25.3 MPa로 나타났으며, 철근과 강재는 모두 KS를 만족하는 것으로 나타났다.

전단연결재의 Push-out 실험 결과는 Table 5와 Fig. 5~7.과 같다. 실험체의 파괴양상은 Fig. 5.와 같으며, 수직방향으로 균열이 발생한 후 수평 전단연결재 위치를 따라 균열이 진전되면서 파괴되었다.

Fig. 6.은 철근과 스티드앵커를 전단연결재로 적용한 실험체의 하중-변위 곡선, Fig. 7.은 플레이트와 스티드앵커를 전단연결재로 적용한 실험체의 하중-변위 곡선이다. 각형강관기둥의 두께를 변수로 비교하면, 철근을 적용한 실험체는 각형강관기둥의 두께가 두꺼울 때 최대하중이 높게 나타났다. 반면 두꺼운 강판에 플레

**Table 3.** Material(concrete) test result of Push-out specimens

Design compressive strength	Test compressive strength
24MPa	25.3MPa

**Table 4.** Material(rebar, steel) test result of Push-out specimens

Division		Yield strength (MPa)	Tensile strength (MPa)	Elongation (%)	
Rebar	D13	529.3	668.0	18.2	
	D19	579.9	697.1	18.0	
	D25	485.1	667.7	25.3	
Steel plate	Column	DC6	407.9	525.1	24.7
		DC9	447.4	544.8	21.5
	Shear connector	P6	305.9	424.9	31.8
		P9	332.4	466.0	25.8

**Table 5.** Push-out test results

No.	Specimens	Column thickness (mm)	Shear connector type	$P_{test}$ (kN)	$P_n$ (kN)	$\frac{P_{test}}{P_n}$
1	DC6S16	6	stud $\phi 16$	1172.1	965.1	1.21
2	DC9S16	9		1183.1	965.1	1.23
3	DC6D25	6	rebar D25	2983.0	2584.3	1.15
4	DC9D25	9		3286.3	2584.3	1.27
5	DC6D19	6	rebar D19	2408.2	1964.1	1.23
6	DC9D19	9		2569.1	1964.1	1.31
7	DC6P6	6	plate t=6 h=50	2663.4	2097.2	1.27
8	DC9P6	9		2461.7	2097.2	1.17
9	DC6P9	6	plate t=9 h=100	4817.6	4681.5	1.03
10	DC9P9	9		4854.6	4681.5	1.04

$P_{test}$  : Maximum test load of the specimens

$P_n$  : Nominal load based on material test results

이트와 스티드앵커를 적용한 실험체의 경우, 강판의 두께가 최대 하중에 영향을 미치지 못했다. 그러므로 모재의 판두께가 용접강도에 영향을 미치는 것으로 판단되나, 본 연구에서는 판두께와 용접강도의 영향 및 상사성을 평가하기는 어려운 것으로 판단된다.

Table 5에서  $P_n$  은 실험체의 소재시험결과를 적용한 공칭강도



(a) DC9D25 (b) DC6P6

Fig. 5. Crack of Push-out specimens

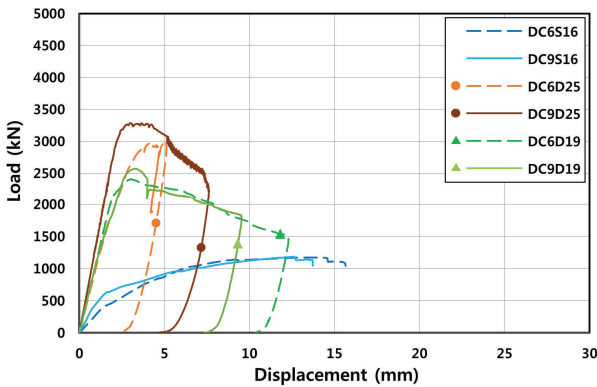


Fig. 6. Load-displacement curve of Push-out specimens (rebar and stud)

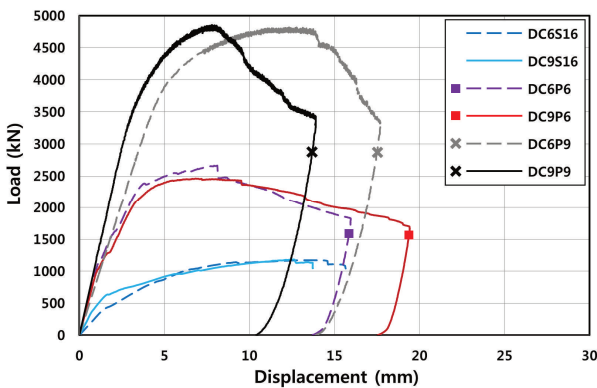


Fig. 7. Load-displacement curve of Push-out specimens (plate and stud)

이다. 스티드앵커를 적용한 실험체의 공칭강도는 식 (1)과 같이 스티드앵커의 전단강도로 산정하였고(KBC2016, 0709.8.3.1), 철근 및 플레이트의 공칭강도는 식 (2)와 같이 직접지압강도로 산정하였다(KBC2016, 0709.6.3.1)<sup>8)</sup>.

$$Q_{nv} = F_u A_{sa} \tag{1}$$

여기서,  $Q_{nv}$  : 스티드앵커의 공칭전단강도(N)

$F_u$  : 스티드앵커의 설계기준인장강도(MPa)

$A_{sa}$  : 스티드앵커의 단면적(mm<sup>2</sup>)

$$R_n = 1.7 f_{ck} A_1 \tag{2}$$

여기서,  $R_n$  : 직접지압강도(N)

$A_1$  : 콘크리트 재하면적(mm<sup>2</sup>)

전단연결재의 종류에 대한 비교는 각 실험체의 공칭강도에 대한 실험 최대하중의 비( $P_{test}/P_n$ )로 분석하였다. 스티드앵커를 적용한 실험체는 평균 1.22, 철근을 적용한 실험체는 1.15~1.31, 평균 1.24, 플레이트를 적용한 실험체는 1.03~1.27, 평균 1.13으로 나타났다. 그러므로 전단연결재 형상에 따른 전단성능평가를 수행한 결과, 실험체의 최대하중 비( $P_{test}/P_n$ )는 평균치를 기준으로 약 1.2배로 확인되었다. 따라서 전단연결재의 내력은 건축구조기준의 스티드앵커 전단강도와 직접지압강도를 기준으로 평가하면 적절한 것으로 판단된다.

직접지압강도는 콘크리트의 지압면적이 내력에 영향을 미치므로 Fig. 8., 9.와 같이 지압면적과 내력의 영향을 상관계수(R)로 평가하였다. Fig. 8.은 지압면적과 실험 최대하중의 관계이며, 상관계수는 0.99이다. Fig. 9.는 지압면적과 하중비( $P_{test}/P_n$ )의 관계이며, 상관계수는 -0.89로 나타났다. Fig. 10.은 공칭강도(직접지압강도) 및 최대하중에 대한 부착강도(수직 철근 및 플레이트를 포함) 비의 관계이며, 상관계수 R은 0.96이다. 그러므로 지압면적이 클수록 최대하중과의 관계성이 높은 것으로 나타났다. 또한 지압강도는 직접부착작용이 소실된 이후 발현된다. 실험결과 실험체 파괴양상에서 수직방향의 균열이 선행되었는데, 이는 수직 철근 및 플레이트가 부착강도에 영향을 미치지 때문이며, 이에 대해서는 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

각 실험체를 동등한 조건에서 비교하기 위하여 Fig. 11.과 같이 전단연결재의 합성율과 하중비( $P_{test}/P_n$ )의 상관계수(R)로 평가하였다. 상관계수는 -0.80이며, 점선은 경향성을 나타낸다. 스티

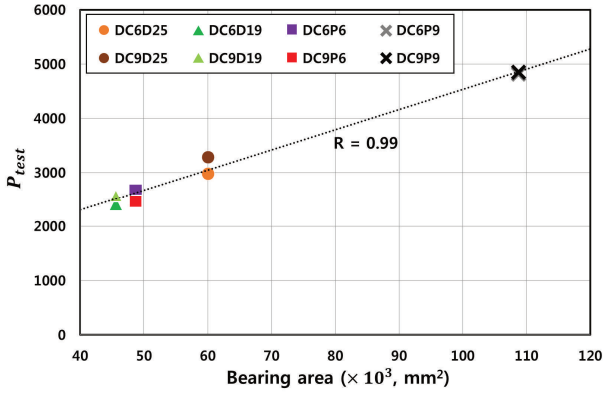


Fig. 8. Relation between Bearing area and Maximum load

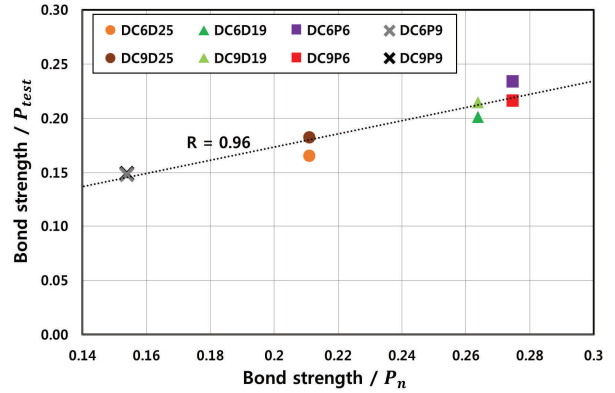


Fig. 10. Influence of Bond strength

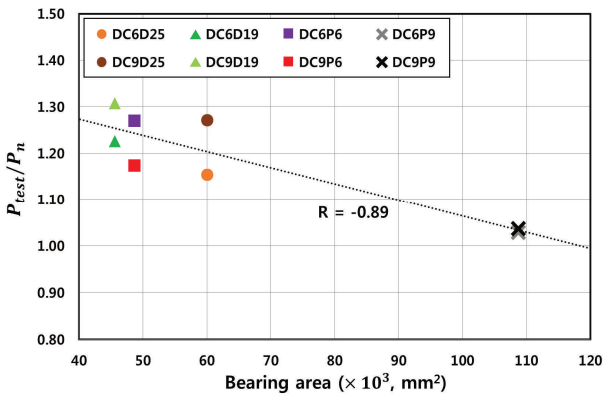


Fig. 9. Relation between Bearing area and Load ratio

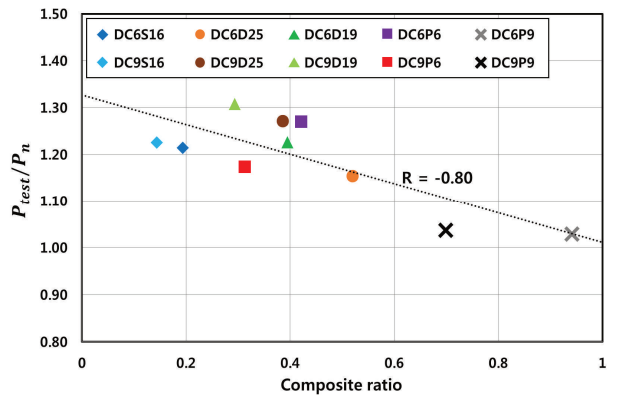


Fig. 11. Relation between Composite ratio and Load ratio

드앵커를 적용한 실험체는 점선 아래에 위치한 반면, 철근 및 플레이트를 적용한 실험체의 경우 점선에 근접하거나 점선 위에 위치한다. 따라서 철근 및 플레이트를 전단연결재로 적용하는 경우, 기존에 적용된 스티드앵커 대비 동등 이상의 성능을 발휘하는 것으로 판단된다.

Fig. 6., 7.에서 철근 및 플레이트를 적용한 실험체 중 DC6D25 실험체를 제외하면 연성적인 거동을 나타냈다. DC6D25 실험체의 경우 전단연결재 부근의 응력집중으로 인한 콘크리트의 파괴로 취성적인 거동을 보인 것으로 판단된다. 동일한 내력을 발휘할 수 있도록 설계한다면 굵은 철근보다 가는 철근을 사용하는 것이 연성거동에 유리할 것으로 판단된다.

#### 4. CFT 각형강관기둥의 압축강도실험 결과

CFT 각형강관기둥의 실험체 제작에 사용된 콘크리트, 철근, 강재의 소재특성을 파악하기 위하여 소재시험을 실시하였으며, 시험결과는 Table 6, 7과 같다. 시험결과 콘크리트의 압축강도는 21.0MPa이며, 철근과 강재는 모두 KS를 만족하는 것으로 나타났

다.

CFT 각형강관기둥의 압축강도실험 결과는 Table 8, Fig. 12.~14.와 같다. CFT 각형강관기둥의 압축강도실험은 Fig. 12.와 같이 모두 국부좌굴로 파괴되었다. 또한 일부 실험체(L3-VN-HN, L3-VR-HN)의 경우 국부좌굴로 각형강관 용접부의 터짐이 발생하였다. Fig. 13., 14.는 기둥의 길이가 1,000, 3,000(mm)인 실험

Table 6. Material(concrete) test result of CFT-column specimens

Design compressive strength	Test compressive strength
21MPa	21.0MPa

Table 7. Material(rebar, steel) test result of CFT-column specimens

Division		Yield strength (MPa)	Tensile strength (MPa)	Elongation (%)	
Rebar		D16	583.9	696.6	16.47
Steel	Column	thk.3.0	297.4	444.3	37.59
		thk.4.5	305.2	393.2	43.4

체의 하중-변위 곡선이다.

Table 8에서  $P_n$  은 소재시험결과를 반영하여 계산한 공칭압축 강도이며, 식 (3)~(5)를 적용하였다. 각형강관기둥의 공칭압축강도는 폭두께비와 세장비에 따라 조밀단면, 비조밀단면, 세장단면으로 구분하여 산정한다<sup>[8],[10]-[12]</sup>.

**Table 8.** Test results of CFT-column specimens

No.	Specimens	$P_{test}$ (kN)	$\delta_{test}$ (mm)	$P_n$ (kN)	$\frac{P_{test}}{P_n}$
1	S3-VN-HN	2671.1	4.09	1947.7	1.37
2	S3-VR-HN	2855.4	4.76	1947.7	1.47
3	S3-VR-HR	2821.5	3.97	1947.7	1.45
4	S4-VN-HN	2894.3	4.38	3092.6	0.94
5	S4-VR-HR	3417.0	4.59	3092.6	1.10
6	L3-VN-HN	2301.2	7.33	1887.8	1.22
7	L3-VR-HN	2269.2	8.49	1887.8	1.20
8	L3-VR-HR	2891.2	7.76	1887.8	1.53

$P_{test}$  : Maximum test load of the specimens

$\delta_{test}$  : Displacement of the specimen under the maximum test load

$P_n$  : Nominal compressive load of non-rebar specimens based on material test results

본 연구에서 수직 및 수평철근은 전단연결재로 적용되었다. 특히, 수직철근은 전단연결재로 평가하기 위하여 Fig. 3.과 같이 단부에서 20mm 이격하여 설치하였으며, 판재와 일정간격으로 용접하였다. 그러므로  $P_n$  의 산정에 수직 및 수평철근은 반영하지 않았다.

① 조밀단면

$$P_{no} = P_p = F_y A_s + F_{yr} A_{sr} + 0.85 f_{ck} A_c \quad (3)$$

여기서,  $F_y, F_{yr}$  : 강재 및 철근의 항복강도(MPa)

$f_{ck}$  : 콘크리트의 압축강도(MPa)

$A_s, A_c, A_{sr}$ : 각 재료의 단면적(mm<sup>2</sup>)

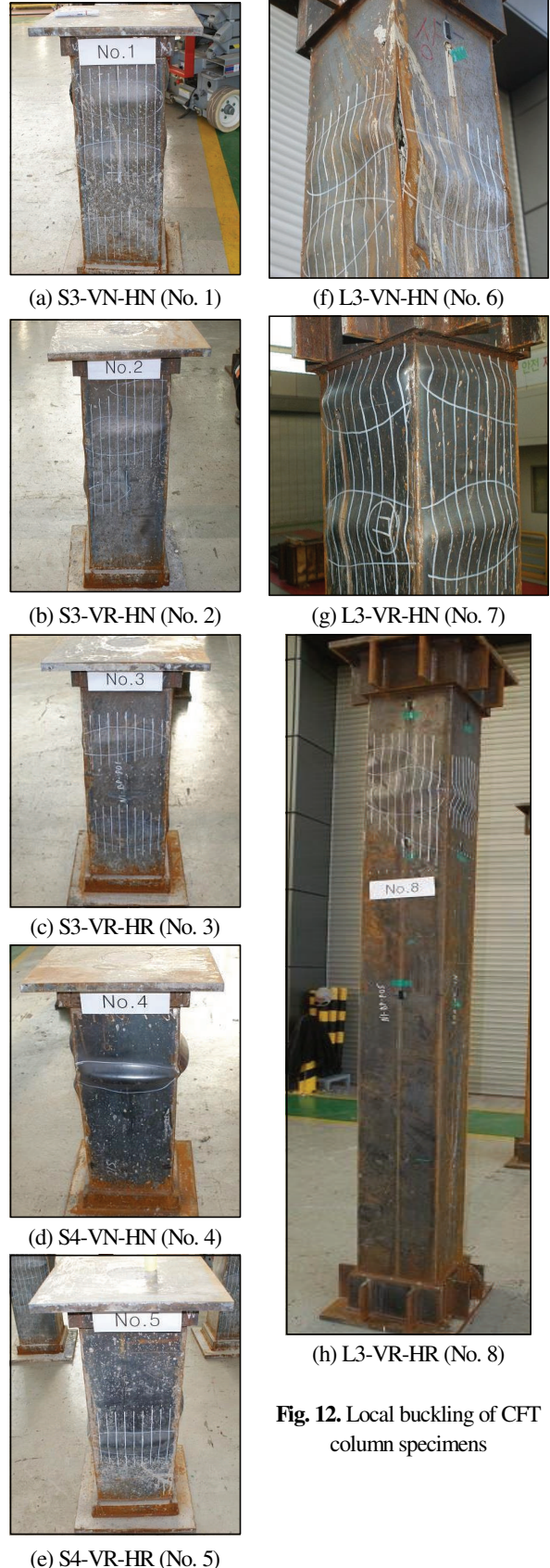
② 비조밀단면

$$P_{no} = P_p - (P_p - P_y) \left( \frac{(\lambda - \lambda_p)^2}{(\lambda_r - \lambda_p)^2} \right) \quad (4)$$

여기서,  $P_y = F_y A_s + 0.7 f_{ck} (A_c + A_{sr} E_{sr} / E_c)$

$\lambda, \lambda_r, \lambda_p$  : 부재의 폭두께비 및 폭두께비 제한값

$E_{sr}, E_c$  : 철근과 콘크리트의 탄성계수(MPa)



**Fig. 12.** Local buckling of CFT column specimens

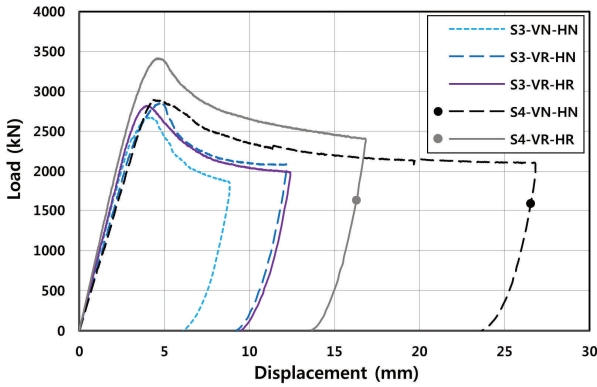


Fig. 13. Load-displacement curve of CFT-column specimens (length 1,000)

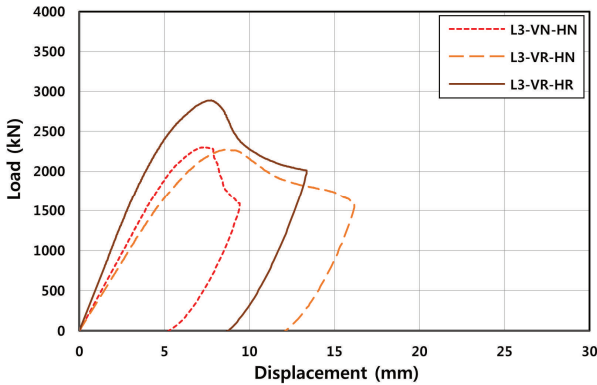


Fig. 14. Load-displacement curve of CFT-column specimens (length 3,000)

③ 세장단면

$$P_{no} = F_{cr}A_s + 0.7f_{ck}(A_c + A_{sr}E_{sr}/E_c) \quad (5)$$

여기서,  $F_{cr} = 9E_s/(b/t)^2$

$$\therefore P_n = \begin{cases} P_{no}/P_e \leq 2.25 \text{인 경우} & P_{no}[0.658^{P_{no}/P_e}] \\ P_{no}/P_e > 2.25 \text{인 경우} & 0.877P_e \end{cases}$$

$$P_e = \pi^2(EI_{eff})/(KL)^2$$

각 실험체의 공칭압축강도에 대한 최대하중의 비( $P_{test}/P_n$ )는 전체 실험체의 경우 0.94~1.53, 평균 1.29이고, 수직 및 수평철근이 없는 실험체는 0.94~1.37, 평균 1.18, 수직 및 수평철근이 있는 실험체는 1.10~1.53, 평균 1.35로 나타났다.

실험결과 각형강관기둥의 판두께가 4.5mm인 S4-VN-HN, S4-VR-HR 실험체의 최대하중은 각형강관기둥의 두께가 3.0mm인 S3-VN-HN, S3-VR-HR 실험체 보다 높으나, 공칭강도에 대한 실험하중의 비( $P_{test}/P_n$ )는 낮다. 각형강관기둥의 길이가 1,000

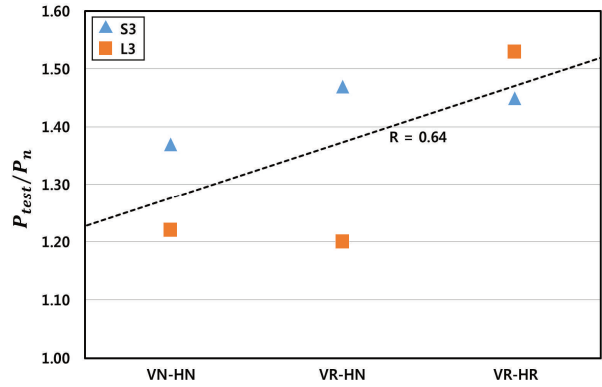


Fig. 15. Relation between Presence of rebar and Load ratio (thickness 3.0)

mm인 S3-VN-HN, S3-VR-HN, S3-VR-HR 실험체의 최대하중이 길이가 3,000mm인 L3- VN-HN, L3-VR-HN, L3-VR-HR 실험체 보다 높아서 단주의 영향으로 강도가 상승하는 것으로 나타났다.

수직 및 수평철근의 유무를 변수로 보면, 각형강관기둥의 길이가 3,000mm인 경우, 수직철근만 있는 L3-VR-HN 실험체의 최대 하중은 수직철근과 수평철근이 없는 L3-VN-HN 실험체 보다 약간 낮으며, 수직철근과 수평철근이 있는 L3-VR-HR 실험체의 최대하중은 L3-VN-HN, L3-VR-HN 실험체보다 높게 나타났다.

각형강관기둥의 길이가 1,000mm인 경우, 수직철근과 수평철근이 있는 S3-VR-HR, S4-VR-HR 실험체의 최대하중이 수직철근과 수평철근이 없는 S3-VN-HN, S4-VN-HN 실험체 보다 높게 나타났으며, 수직철근과 수평철근이 있는 S3-VR-HR 실험체의 최대하중이 수직철근만 있는 S3-VR- HN 실험체 보다 약간 낮게 나타났다.

수직 및 수평철근의 유무가 내력증가에 미치는 영향을 Fig. 14. 와 같이 상관계수로 평가하였다. 각형강관기둥의 두께가 3.0mm 인 실험체를 함께 비교한 것이며, 수직 및 수평철근의 유무와 내력증가의 상관계수는 0.64로 나타났다. 따라서 수직 및 수평철근이 내력에 미치는 개별 영향은 명확하지 않지만, 수직철근과 수평철근이 모두 있는 경우 내력증가에 영향을 미친다. 수직 및 수평철근이 각형강관과 콘크리트를 일체화하여 내력향상에 영향을 미친 것으로 판단되며, 향후 연구결과가 축적되면 각형강관기둥의 전단연결재로 수직 및 수평철근을 적용할 수 있을 것으로 판단된다.

5. 결론

전단연결재를 부착한 각형강관기둥의 성능평가를 위하여 전단연결재의 Push-out 실험과 CFT 각형강관기둥의 압축강도실험을 실시하였으며, 실험결과를 정리하여 다음과 같은 결론을 도출하



였다.

- 1) Push-out 실험체의 공칭강도는 직접지압강도로 산정하였으며, 공칭강도에 대한 최대하중의 비( $P_{test} / P_n$ )는 철근을 적용한 실험체의 경우 평균 1.24, 플레이트를 적용한 실험체의 경우 평균 1.13으로 나타났다. 그러므로 철근과 플레이트를 이용한 전단연결재의 내력평가는 직접지압강도로 산정하면 적합한 것으로 판단된다.
- 2) 전단연결재의 Push-out 실험결과, 철근과 플레이트를 전단연결재로 적용하는 경우, 합성율과 하중비의 관계로 비교하면 기존에 적용된 스티드앵커와 동등 이상의 전단성능을 발휘하는 것으로 나타났다.
- 3) 철근을 전단연결재로 적용할 경우, 동일한 내력을 발휘할 수 있도록 설계한다면 굵은 철근보다 가는 철근을 사용하는 것이 연성거동에 유리할 것으로 판단된다.
- 4) CFT 각형강관기둥의 압축강도실험 결과, 수직 및 수평철근이 없는 실험체의 공칭압축강도에 대한 각 실험체의 최대하중비 ( $P_{test} / P_n$ )는 전체 실험체의 경우 평균 1.29, 수직 및 수평철근이 없는 실험체는 평균 1.18, 수직 및 수평철근이 있는 실험체는 평균 1.35로 나타났다.
- 5) 수직 및 수평철근의 유무와 내력증가의 상관계수(R)는 0.64로 나타났다. 수직 및 수평철근이 각형강관과 콘크리트를 일체화하여 내력향상에 영향을 미친 것으로 판단된다.

## 감사의 글

이 논문은 2019년도 한국기술교육대학교 교수 교육연구진흥 과제 지원에 의하여 연구되었음.

## 참고문헌(References)

- [1] 대한건축학회(2004) 콘크리트충전 강관구조(요설), 기문당. Architectural Institute of Korea (2004) *Concrete Filled Tube (CFT) Structures*, Kimoonang, Korea (in Korean).
- [2] Kim, S.B., Lee, E.T., Kim, J.R., and Kim, S.S. (2016) Experimental Study on Bending Behavior and Seismic Performance of Hybrid Composite Beam with New Shape, *International Journal of Steel Structures*, KSSC, Vol.16, No.2, pp.477-488.
- [3] 신현섭(2005) 합성보 전단연결부의 구조거동에 대한 비교 분

- 석, 한국강구조학회논문집, 한국강구조학회, 제17권, 제6호, pp.737-747.
- Shin, H.S. (2005) Analysis of a Load Carrying Behavior of Shear Connection at the Interface of the Steel-Concrete Composite Beam, *Journal of Korean Society of Steel Construction*, KSSC, Vol.17, No.6, pp.737-747 (in Korean).
- [4] 김상섭, 박동수, 부윤섭(2011) 직봉의 기능을 포함한 합성보의 전단연결재 개발과 성능평가, 한국강구조학회논문집, 한국강구조학회, 제23권, 제6호, pp.725-736.
- Kim, S.S., Park, D.S., and Boo, Y.S. (2011) Development and Performance Evaluation of the Shear Connector of Composite Beam with Vertical Bars, *Journal of Korean Society of Steel Construction*, KSSC, Vol.23, No.6, pp.725-736 (in Korean).
- [5] 김성배, 황보찬, 이태규, 조한술, 김상섭(2014) Push-out 실험을 통한 신형상 전단연결재의 전단내력평가, 한국방재학회 논문집, 한국방재학회, 제14권, 제1호, pp.1-10.
- Kim, S.B., Hwangbo, C., Lee, T.G., Cho, H.S., and Kim, S.S. (2014) The Shear Strength Evaluation of the New Shear Connector by Push-out Test, *Journal of Korean Society of Hazard Mitigation*, KOSHAM, Vol.14, No.1, pp.1-10 (in Korean).
- [6] 김영주, 배재훈, 안태상, 최종권(2015) 앵글을 전단연결재로 사용하는 합성보의 휨성능, 한국강구조학회논문집, 한국강구조학회, 제27권, 제1호, pp.63-75.
- Kim, Y.J., Bae, J.H., Ahn, T.S., and Choi, J.G. (2015) Flexural Capacity of the Composite Beam Using Angle as a Shear Connector, *Journal of Korean Society of Steel Construction*, KSSC, Vol.27, No.1, pp.63-75 (in Korean).
- [7] Kim, S.-B., Kim, S.-S., and Shim, H.-J. (2014) A Study on Flexural Buckling Strength  $F_{cr}$  of Inelastic Buckling for Compressive Members, *International Journal of Steel Structures*, KSSC, Vol.14, No.1, pp.103-115.
- [8] 대한건축학회(2016) 건축구조기준 및 해설, 기문당. Architectural Institute of Korea (2016) *Korean Building Code and Commentary*, Kimoonang, Korea (in Korean).
- [9] European Committee for Standardization (2004) *Eurocode 4: Design of Composite Steel and Concrete Structures, Part 1-1: General Rules and Rules for Building* (EN 1994-1-1: 2004), Belgium.
- [10] 한국강구조학회(2016) 강구조설계, 구미서관. KSSC (2016) *Steel Structures Design*, Goomiseoguan, Korea (in Korean).
- [11] Segui, W.T. (2013) *Steel Design* (5th Ed.), Thomson Learning, USA.

- [12] Salmon, C.G., Johnson, J.E., and Malhas, F.A. (2009) Hall, USA.  
*Steel Structures: Design and Behavior* (5th Ed.), Prentice

---

**요 약**: 본 연구에서는 각형강관기둥 내부에 설치하는 전단연결재의 형상에 대한 성능평가와 각형강관기둥에 대한 압축강도성능 평가를 실시하였다. 실험결과 첫째, Push-out 실험체의 공칭강도에 대한 실험최대하중의 비( $P_{test}/P_n$ )는 철근을 적용한 실험체는 평균 1.24, 플레이트를 적용한 실험체는 평균 1.13으로 나타났다. 따라서, 철근과 플레이트를 이용한 전단연결재의 내력평가는 직접지압강도를 기준으로 산정하여도 적절한 것으로 판단된다. 둘째, 각형강관기둥의 압축강도실험 결과, 수직 및 수평철근이 없는 실험체의 공칭압축강도에 대한 각 실험체의 최대하중 비( $P_{test}/P_n$ )는 수직 및 수평철근이 없는 실험체는 평균 1.18, 수직 및 수평철근이 있는 실험체는 평균 1.35로 나타났다. 수직 및 수평철근이 각형강관과 콘크리트를 일체화하여 내력향상에 영향을 미친 것으로 판단된다.

**핵심용어**: 전단연결재, Push-out실험, 각형강관기둥, CFT기둥, 압축강도실험

---