

용접조립 각형 CFT 단주의 구조특성에 관한 실험적 연구

An Experimental Study on Structural Performance of Welded Built-up Square CFT Stub Columns

이 성 희¹⁾ · 최 영 환²⁾ · 염 경 수³⁾ · 김 진 호⁴⁾ · 최 성 모⁵⁾
Lee, Seong Hui Choi, Young Hwan Yom, Kyong Soo Kim, Jin Ho Choi, Sung Mo

요 약 : 용접조립 각형강관은 얇은 강관을 L형으로 절곡한 4개의 단위 부재를 플레어 용접으로 용접한 강관으로 용접조립 각형강관이 CFT 기둥으로 사용될 경우 콘크리트와 강관 폭의 중앙에 설치된 리브가 국부좌굴을 방지하는 역할을 하며 강관은 내부의 콘크리트의 구속하여 콘크리트의 구조내력을 향상시키는 역할을 한다. 본 연구에서는 용접조립 각형강관기둥의 제작방법을 소개하고 용접조립 각형강관과 용접조립 각형CFT 기둥의 구조성능을 평가하기 위해 강관의 형상(용접조립 각형강관, 일반강관)과 폭두께비($B/t=50, 58, 67$), 콘크리트의 강도($f_c=10\text{MPa}, 40\text{MPa}$)를 변수로 총 15개의 실험체를 제작하여 구조실험을 수행하였으며 용접조립 각형강관의 단면효율과 구조내력의 우수성을 확인하였다.

ABSTRACT : Welded built-up square tubes are manufactured by flare welding at the center of the column width for cold-formed L-shaped four-piece plates and improved composite effect of concrete and steel by vertical inner anchor. Also, the axial resistance of concrete is increased by the thinness of the steel column, and the composite effect of concrete and steel prevents the steel column from local buckling. In this study, we introduced a manufacturing method of built-up square column steel square concrete-filled tubular column with vertical inner anchor and superior structural performance of the square stub column verified by the structural test for 15 specimens with parameters of shape of tube (built-up square tube, general steel tube), width over thickness of the steel tube ($B/t=50, 58, 67$) and the strength of concrete ($f_c=10\text{MPa}, 50\text{MPa}$).

핵심용어 : 콘크리트 충전강관 기둥, 용접조립, 수직내부앵커, 단주

KEYWORD : Concrete Filled Tubular Column, Built-Up, Vertical Inner Anchor, Stub Columns

1. 서론

콘크리트 충전강관(CFT)구조는 강관에 콘크리트를 채운 형태로 내부의 콘크리트가 강관의 국부좌굴을 방지하고 외부의 강관이 콘크리트를 구속함으로써 구조성능이 우수한 구조형식이다. CFT 구조에서 외부의 강관은 콘크리트의 거푸집 역할을 수행하게 되므로 거푸집의 설치 및 제거가 필요없고 콘크리트의 양생과 관계없이 현장시공이 진행되므로 시공성이 우수하여 일본을 비롯한 여러 나라에서 사용이 증가하고 있다. 최근 강재 가격의 증가와 고강도 콘크리트의 개발로 CFT구조에서도 효율적으로 강재를 이용하여 강재량을 절감할 수 있는 방법이 연구되고 있다. 지금까지 각형CFT 기둥에서 얇은 강관의 이용은

폭두께비(B/t)의 범위를 두어 제한하여왔다. 그러나 Webb and Peyton (1990)과 Bridge and O'Shea (1998)는 압축력의 대부분을 콘크리트가 부담하도록 설계된 기둥에 얇은 두께의 강관을 이용하면 매우 경제적인 것으로 보고하였다.

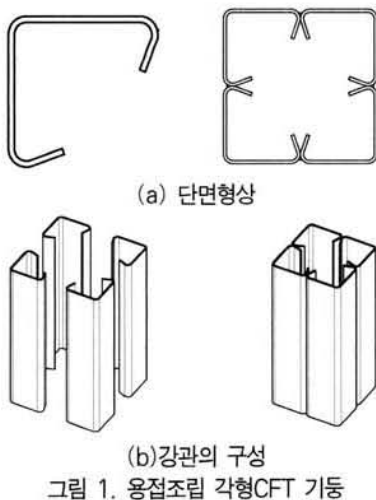
한편, 각형CFT 기둥에 사용되는 강관의 두께가 얇아질수록 국부좌굴 발생이 쉬워지며, 일단 국부좌굴이 발생하면 강관은 콘크리트에 대한 구속효과를 발휘할 수 없게 된다. 이와 관련하여 1990년대 초반부터 강관 내부 또는 외부에 강관 폭의 중앙에 기둥의 길이방향으로 스티프너를 설치한 CFT 기둥에 대한 연구가 시작되었다. Ge and Usami(1992)는 10개의 실험체에 대한 실험을 수행하여 내부 스티프너가 기둥의 강성과 내력을 증가시키는 것을 확인하였다. Mursi and Uy(2003)

1) 정회원, 서울시립대학교 도시과학연구원 연구원, 공학박사(lsh@uos.ac.kr)
2) 정회원, 서울시립대학교 연구교수, 공학박사(choi4u@gmail.com)
3) 정회원, (주)하모니구조엔지니어링 대표(harmonyeng@chol.com)
4) 정회원, (재)포항산업과학연구원, 수석연구원(jinho@rist.re.kr)
5) 교신저자, 정회원, 서울시립대학교 건축학부 교수, 공학박사
(Tel. 02-2210-2396, Fax. 02-2248-0382, E-mail: smc@uos.ac.krt)

본 논문에 대한 토의를 2009년 4월 30일까지 학회로 보내주시면 토의 회답을 게재하겠습니다.

은 CFT 기둥의 국부좌굴이 기둥을 구성하는 플레이트의 세장비와 구속효과에 영향을 받는다는 것을 강관 외부에 스티프너를 설치한 6개의 실험결과를 분석하여 확인하였다. Tao 등(2005)은 강관 내부와 외부에 스티프너를 설치한 Stub column 실험체 19개를 실험하고 길이방향 스티프너가 강관의 국부좌굴 뿐 아니라 콘크리트 코아에 대한 횡 구속효과를 향상시키며 내부와 외부에 설치된 스티프너가 거의 동일한 성능을 발휘하는 것으로 확인하였다. 그러나 스티프너 설치로 인한 기둥의 연성능력증가는 없는 것으로 분석하였다. 한편, Ellobody(2007)는 내부 스티프너가 설치된 폭두께비 60-160 콘크리트 강도 20-100MPa 범위의 각형CFT 장주 기둥에 대한 유한요소해석을 수행하여 내부 스티프너가 CFT 기둥의 강도와 연성을 향상시키는 것을 확인하였다.

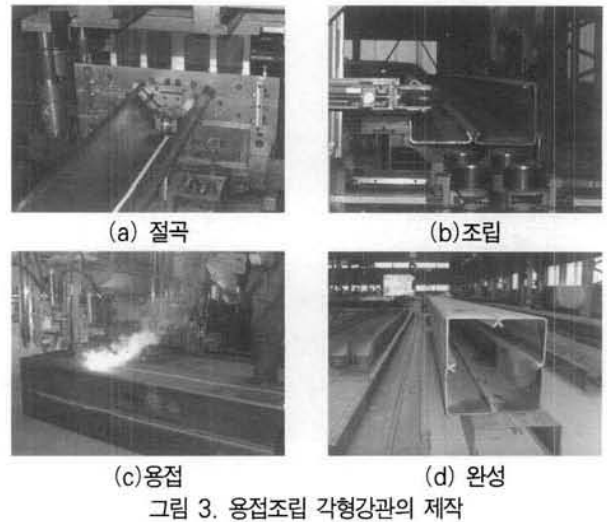
앞에서 살펴보았듯이 강관 내부에 스티프너를 설치하면 보다 효율적으로 강재를 이용할 수 있다. 그러나 기존의 제작방식은 강관을 제작한 후 추가로 스티프너를 설치하게 되므로 용접량이 많아지게 되는 문제가 있다. 본 연구에서는 그림 1과 같이 얇은 강관을 L형으로 절곡한 네 개의 단위 부재를 용접하여 강관을 구성하여 강관폭의 중앙에 설치된 리브가 스티프너 역할을 하도록 하는 용접조립 각형강관을 개발하였다. 이렇게 제작된 강관은 기존의 제작방식과 달리 추가의 용접과정을 생략할 수 있으며 기존의 플레이트를 이용한 스티프너보다 콘크리트와의 부착력이 더 우수한 장점이 있다. 본 논문은 새롭게 개발된 용접조립 각형CFT 기둥의 구조성능과 거동 특성을 평가하기 위해 강관의 형상, 폭 두께 비, 콘크리트 강도를 변수로 실험을 수행하였으며, 실험결과를 EC4, AISC-LRFD 설계식과 비교하였다.



2. 강관의 개발

최근 강재의 가격상승과 고강도 강재와 콘크리트의 개발로

얇은 강관을 이용한 CFT 기둥의 개발의 필요성이 대두되어 왔으며 기존의 얇은 강관의 문제점을 해소한 용접조립 각형강관을 개발하였다. 용접조립 각형강관은 설계기준과 제작성을 고려하여 폭두께비, 절곡 반지름, 리브의 형상을 결정하였다. 강관의 두께는 6-10.5mm이며 모서리 부분의 절곡 내부반지름은 강관두께 10.5mm를 기준으로 그림 2(a)와 같이 12mm로 동일하게 하였다. 강관의 용접은 그림 2(b)과 같이 E7018 ϕ 1.8mm 전극봉을 사용한 Shielded Metal Arc Welding (SMAW) 방식으로 맞댐 홈 플레어용접(Flare Welding)을 이용하였으며 절곡 원의 중심에서 강관 바깥방향으로 5mm 떨어진 위치로부터 강관두께 만큼의 용접 목두께를 확보하였다. 용접조립 각형강관은 폭두께비를 완화하고 강관과 콘크리트의 합성효과를 발휘하도록 강관 내부에 리브를 설치하였으며, 리브의 형상은 그림 2(c)와 같이 내부 절곡 각도는 70°, 단면의 내부면 으로부터 리브 끝까지의 돌출길이는 50mm이다. 용접조립 각형강관의 제작은 그림 3에 보인 바와 같이 절곡, 조립, 용접의 순서로 진행되며, 완성된 용접조립 각형강관의 사진은 그림 3(d)와 같다.



3. 실험

용접조립 각형강관을 이용하여 제작된 CFT 기둥은 기존 CFT기둥과 달리 내부에 설치된 리브가 강관의 국부좌굴을 방지하게 되며 이러한 용접조립 각형CFT 기둥의 구조 성능과 거동 특성을 평가하기 위해 강관의 형상, 폭 두께 비, 콘크리트 강

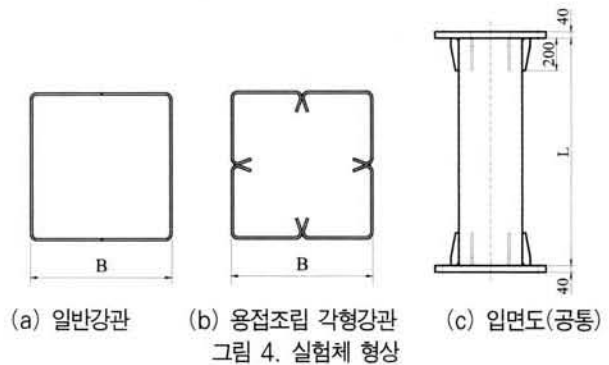
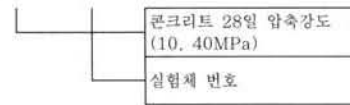
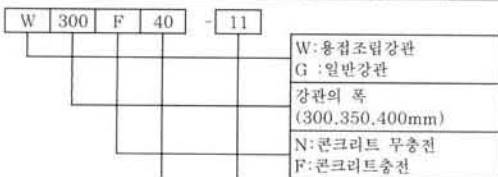
도를 변수로 단주실험체 15개를 제작하여 실험을 수행하였다.

3.1 실험체 계획

용접조립 각형강관은 용접성능이 우수한 SM490강재로 제작이 되며 실험체도 동일하게 SM490 ($F_y=325\text{MPa}$, $F_u=490\text{MPa}$) 강재로 제작하였다. 실험변수는 기존CFT 기둥과 용접조립 각형CFT 기둥의 구조성능을 비교하기 위한 강관의 형상(용접조립 각형강관, 일반강관)과, 리브의 국부좌굴 방지 성능평가를 위한 폭두께비($B/t = 50, 58, 67$), 고강도 콘크리트의 사용에 의한 구조거동 평가를 위한 콘크리트 강도($f'_c=0, 10\text{MPa}, 40\text{MPa}$)로 하였다. 실험체의 크기는 현장에서 직접 사용이 가능한 실대형 크기로 하였다. 강관의 두께(t)는 6mm로 일정하며 단면의 폭(B)을 변화시켜 폭두께비를 조절하였다. 시험체 길이(L)는 좌굴의 영향을 최소화하기 위하여 단면 폭(B)의 3.5배로 제작하였다. 모든 시험체의 보다 자세한 디테일은 표 1에 주어져 있으며 표 1에는 코너부의 곡률과 리브를 고려한 강관단면적(A_s)과 콘크리트 단면적(A_c)도 나타내고 있다. 그림 4(c)에 보인 것처럼 시험체의 양 단부에는 균등한 하중을 작용하기 위한 두께 40mm의 엔드 플레이트와 국부좌굴 방지를 위한 스티프너를 설치하였다. 실험체에 사용된 강재와 콘크리트의 재료특성은 재료시험을 통해 실험체번호 1-10은 $F_y=414\text{MPa}$, $F_u=521\text{MPa}$, $f'_c=10\text{MPa}$, 11-15는 $F_y=369\text{MPa}$, $F_u=431\text{MPa}$, $f'_c=40\text{MPa}$ 의 결과를 보였다.

표 1. 단주 실험체

Model	형상	B (mm)	t (mm)	L (mm)	B/t	A_s (mm ²)	A_c (mm ²)	f_{ck} (Mpa)
W300N-1	일반강관	300	6	1,050	50	9,046	-	-
W350N-2		350	6	1,225	58	10,246	-	
W400N-3		400	6	1,400	67	11,446	-	
W300F10-4	각형강관	300	6	1,050	50	9,046	80,397	10
W350F10-5		350	6	1,225	58	10,246	111,697	
W400F10-6		400	6	1,400	67	11,446	147,997	
G300N-7	일반강관	300	6	1,050	50	6,901	-	-
G400N-8		400	6	1,400	67	9,301	-	
G300F10-9		300	6	1,050	50	6,901	82,820	
G400F10-10	400	6	1,400	67	9,301	150,420		
W300F40-11	각형강관	300	6	1,050	50	9,046	80,397	40
W350F40-12		350	6	1,225	58	10,246	111,697	
W400F40-13		400	6	1,400	67	11,446	147,997	
G300F40-14	일반강관	300	6	1,050	50	6,901	82,820	-
G400F40-15	강관	400	6	1,400	67	9,301	150,420	



3.2 실험체 세팅 및 하중가력

가로방향 변위측정을 위해 그림 5(a)와 같이 강관의 모서리(D1)와 중앙(D2)에 변위계를 설치하였으며, 수직방향 변위측정을 위해 그림 5(b)와 같이 강관 폭의 2배의 길이를 표점거리(D3)로 하여 변위계를 설치하였다. 변형률 측정은 그림 6과 같이 강관 중앙에 수직방향 5개(S1-S5)수평방향3개(S6-S8)를 설치하였다. 완성된 실험체 세팅은 그림 6과 같다. 10,000kN급 만능시험기(U.T.M)을 사용하여 0.05(mm/s)의 가력속도로 그림 7과 같이 단조가력 하였으며 하중-수직변위 측정은 기둥의 내력이 최대내력의 70%로 떨어질 때 까지 수행하였다.

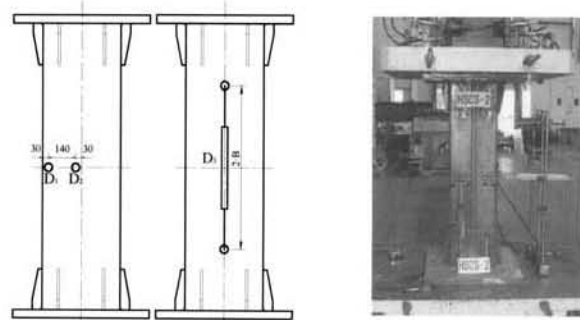


그림 5. 변위계 설치 위치

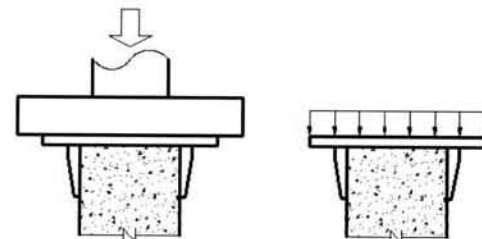


그림 7. 가력 개념도

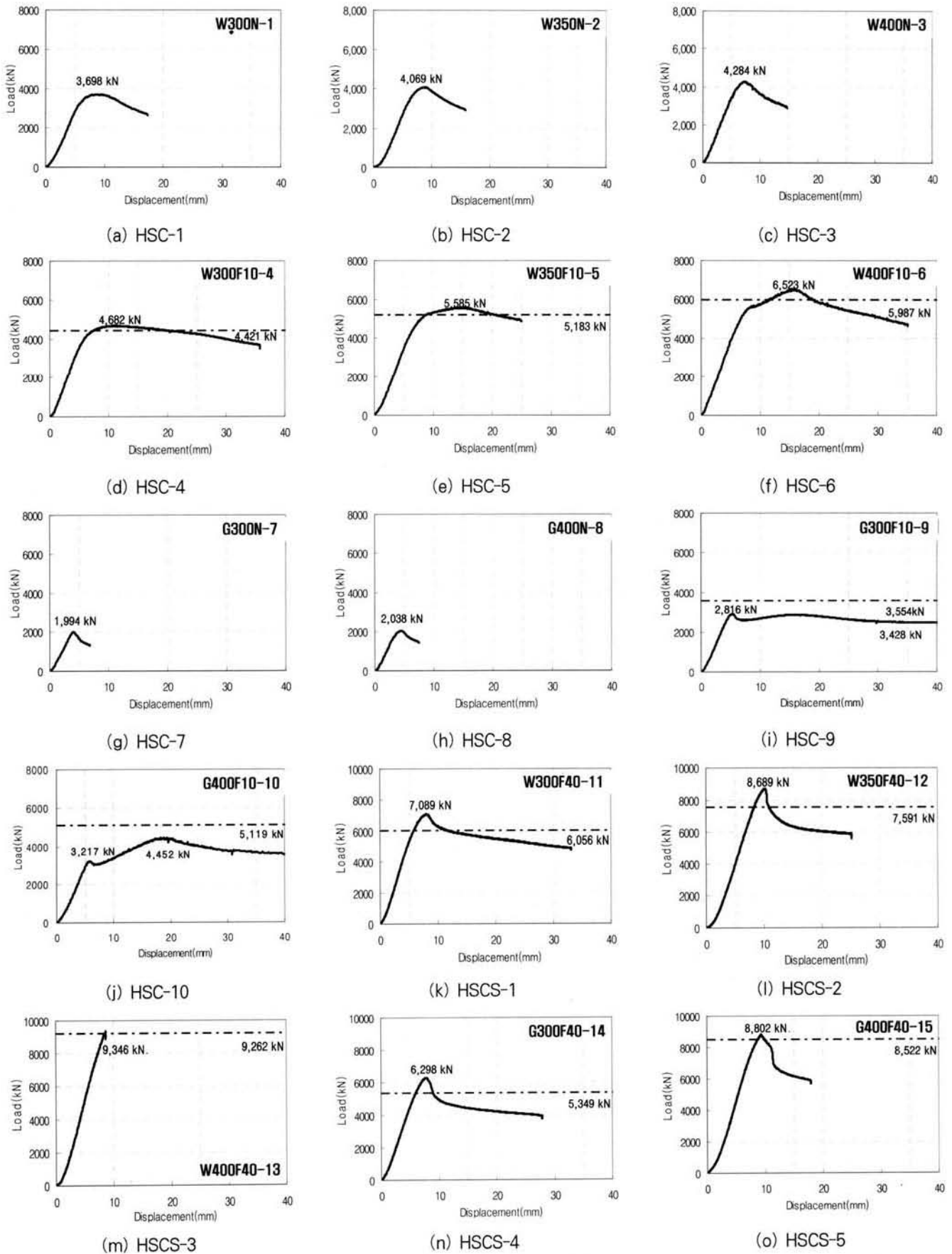


그림 8. 실험체의 하중-수직변위 관계

3.3 실험결과

3.3.1 강성 및 최대내력

실험체의 수직변위는 강관에 국부좌굴이 발생하면 강관면의 변형으로 D3 변위계 양단에 설치된 고정용 스티드 볼트의 각도가 변하므로 D3변위 측정값을 사용할 수 없었으며 만능시험기(U.T.M)의 변위를 사용하였다. 그림 8에 하중-기계)변위관계를 나타냈으며 그래프내의 일점쇄선은 AISC-LRFD(2005)의 계산내력이다. 실험체의 강성은 $P_u/3$ 에서 $2P_u/3$ 까지의 변위로 평가하여 표 2에 나타냈다. W400F40-13은 만능시험기(U.T.M)의 최대 가력하중 제한(10,000kN)으로 9,346kN까지만 가력 하였다.

표 2. 구조실험결과

실험체	강성 (kN/mm)	최대내력 P_u (kN)	실험체	강성 (kN/mm)	최대내력 P_u (kN)
W300N-1	718	3,698	G300F10-9	700	3,428
W350N-2	728	4,069	G400F10-10	697	4,452
W400N-3	759	4,284	W300F40-11	1237	7,089
W300F10-4	826	4,682	W350F40-12	1161	8,689
W350F10-5	811	5,585	W400F40-13	1368	[9,346]
W400F10-6	828	6,523	G300F40-14	1027	6,298
G300N-7	592	1,994	G400F40-15	1276	8,802
G400N-8	616	2,038			

[] : 측정장비의 용량한계로 실험종료

3.3.2 실험체 파괴형상

실험체의 좌굴발생은 최대내력에 도달한 이후 시작되었으며, 좌굴이 발생하여 내력이 감소할 때 실험체의 내력이 최대내력의 70%에 도달한 상태의 파괴형상을 그림 9에 나타내었다. 무충전 용접조립 각형강관(W300N-1, W350N-2, W400N-3)은 그림 9(a)에서 보듯이 강관 모서리와 중앙 리브를 지점으로 하는 폭 0.5B의 국부좌굴이 발생했으며, 무충전 일반강관(G300N-7, G400N-8)은 그림 9(c)에서 보듯이 강관 모서리를 지점으로 하는 폭 B의 국부좌굴이 발생하였다. 모든 무충전 실험체는 강관의 안쪽방향 좌굴과 바깥방향 좌굴이 동시에 발생하였다. 콘크리트 충전실험체는 내부 콘크리트는 강관 안쪽방향 변형을 방지하므로 용접조립 각형강관(W300F10-4, W350F10-5, W400F10-6, W300F40-11, W300F40-12)은 그림 9(b,e)과 같이 강관 모서리와 중앙 리브를 지점으로 하는 폭 0.5B의 강관 바깥방향 국부좌굴이 발생하였으며, 콘크리트 충전 일반강관(G300F10-9, G400F10-10, G300F40-14, G400F40-15)은 그림 9(d,f)과 같이 강관 모서리를 지점으로 하는 폭 B의 바깥방향 국부좌굴이 발생하였다.

4. 분석 및 고찰

본 장에서는 강관의 형태, 폭두께비, 콘크리트의 강도 등 3가지 변수로 15개의 단주실험을 수행한 결과를 분석하고 기존설계식(KBC-2005, EC4, AISC-LRFD(2005))과 비교하였다.



그림 9. 실험체의 파괴형상

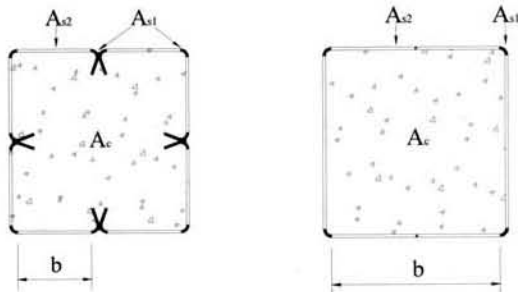
4.1 리브의 효과와 폭두께비

그림 10에 W300N-1과 W300F40-11의 실험체 파괴형상을 나타내었다. 용접조립 각형강관의 국부좌굴은 그림 10(a)에 보인 것처럼 강관 모서리와 중앙 리브를 지점으로 발생하

였으며 그림 10(b)에서 보듯이 콘크리트의 파괴위치는 강관의 국부좌굴과 일치하는 것으로 나타났다. 따라서 콘크리트에 매입된 길이방향 리브는 압축력을 받는 CFT 기둥에서 콘크리트 파괴가 나타난 이후에도 지점의 역할을 하는 것으로 나타났다. 그러므로 용접조립 각형강관의 폭두께비(b/t)는 강관 모서리와 중앙리브를 지점으로 하여 그림 11(a)와 같이 계산할 수 있다고 판단된다. 한편 일반강관 실험체의 국부좌굴은 강관모서리를 지점으로 발생하였으며 폭두께비(b/t)는 그림 11(b)와 같이 강관 모서리를 지점으로 하는 것이 타당하다 판단된다. 각 실험체의 폭두께비(b/t)는 표 3에서 보듯이 용접조립 각형강관은 19, 23, 27이 되며, 일반강관은 44, 61이 된다.



(a) 무충전 강관기둥(변위 17mm) (b) CFT 기둥(변위 33mm)
그림 10. 리브의 지점거동



(a) 용접조립 각형강관 (b) 일반강관
그림 11. 폭두께비 산정을 위한 폭(b)

표 3. 용접조립 각형강관의 폭두께비

실험체	B (mm)	t (mm)	B/t	b (mm)	b/t
W300N-1, W300F10-4 W300F40-11	300	6	50	114	19
W350N-2, W350F10-5 W350F40-12	350	6	58	129	23
W400N-3, W400F10-6 W400F40-13	400	6	67	164	27
G300N-7, G300F10-9 G300F40-14	300	6	50	264	44
G400N-8, G400F10-10 G400F40-15	400	6	67	364	61

4.2 기둥단면의 효율성

AISC-LRFD(1999) "Load and Resistance Factor Design Specification for Steel Hollow Structural Sections"의 유효길이 계산공식(식 1)을 이용하여 강관의 유효단면적(A_{se})을 계산하였다. 강관의 유효단면적은 절곡부와 평판부로 구성된다. 절곡부(A_{s1})는 강관의 모서리부와 리브부의 합이며, 평판부는 그림 11에 나타난 폭(b)를 (식 1)에 적용하여 계산된 유효폭(b_e)으로 하여 계산된 단면적이다.

$$b_e = 1.9lt \sqrt{\frac{E}{f}} \left[1 - \frac{0.381}{(b/t)} \sqrt{\frac{E}{f}} \right] \leq b \quad (1)$$

$$f = \frac{P_u}{A_g} \quad (2)$$

$$\frac{P_u}{A_s F_y + A_c F_{ck}}$$

유효폭 계산결과는 표 4에서 보듯이 용접조립 각형강관은 전단면이 유효단면적으로 나타났으며 일반강관은 G300N-7, G400N-8에서 각각 90%와 79%가 유효단면적인 것으로 나타났다. 또한 일반강관과 용접조립 각형강관 단면의 효율성을 (식 2)로 평가하여 표 4에 나타내었다. 각 실험체 단면의 효율성은 용접조립 각형강관 강관 실험체 W300N-1, W350N-2, W400N-3 이 각각 99%, 96%, 90%로 나타났으며 일반강관인 G300N-7, G400N-8은 각각 70%, 53%로 나타났다. 또한 콘크리트 충전강관 기둥의 단면효율은 용접조립 각형CFT 기둥인 W300F10-4, W350F10-5, W400F10-6 및 W300F40-11, W350F40-12에서 각각 103%, 104%, 105%, 108%, 105%로 나타났으나 G300F10-9, G400F10-10 및 G300F40-14, G400F40-15에서 각각 93%, 83%, 107%, 93%로 나타나 용접조립 각형강관은 강재의 단위면적당 효율을 증가시킬 수 있는 우수한 단면 형태로 판단된다.

4.3 콘크리트 강도증가에 따른 구조내력

콘크리트 강도를 10MPa에서 40MPa로 증가 시킬 때 그림 12 및 표 5에서 보듯이 용접조립 CFT 기둥의 강성은 용접조립 각형 CFT기둥에서 약 1.3배, 일반 CFT기둥에서 약 1.5배 높게 나타났으며, 최대내력(P_u)은 용접조립 각형CFT 기둥에서 약 1.5배, 일반 CFT기둥에서 약 1.9배 로 나타났다. 한편 강관의 국부좌굴은 콘크리트 강도 40MPa에 비해 10MPa일 때 더 낮은 하중에서 발생하였고, 10MPa기둥에서 국부좌굴 후 강도가 발휘되는 반면, 40MPa기둥은 강관에 국

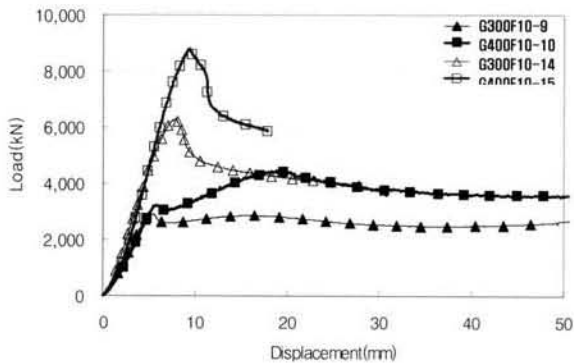
표 4. 용접조립 각형CFT 기둥 단면의 효율성

실험체	강관 단면적 As (mm ²)	강관의 유효단면적 Ae (mm ²)	콘크리트 단면적 Ac (mm ²)	실험체 Pu (kN) [B]	AsFy + AcFck (kN) [C]	단면의 효율성 [B / C]
W300N-1	9,046	9,046 (100%)	-	3,698	3,745	0.99
W350N-2	10,246	10,246 (100%)	-	4,069	4,242	0.96
W400N-3	11,446	11,446 (100%)	-	4,284	4,739	0.90
W300F10-4	9,046	-	80,397	4,682	4,549	1.03
W350F10-5	10,246	-	111,697	5,585	5,359	1.04
W400F10-6	11,446	-	147,997	6,523	6,219	1.05
G300N-7	6,901	6,209 (90%)	-	1,994	2,857	0.70
G400N-8	9,301	7,372 (79%)	-	2,038	3,851	0.53
G300F10-9	6,901	-	82,820	3,428	3,685	0.93
G400F10-10	9,301	-	150,420	4,452	5,355	0.83
W300F40-11	9,046	-	80,397	7,089	6,554	1.08
W350F40-12	10,246	-	111,697	8,689	8,249	1.05
W400F40-13	11,446	-	147,997	(9,346)	10,143	-
G300F40-14	6,901	-	82,820	6,298	5,859	1.07
G400F40-15	9,301	-	150,420	8,802	9,449	0.93

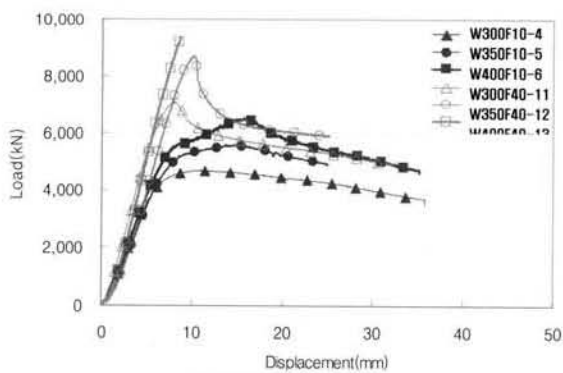
부좌굴 발생 후 내력이 급격히 감소하면서 변형능력이 증가하는 것으로 나타났다. 따라서 고강도 콘크리트의 사용으로 높은 강성과 축력을 발휘할 수 있을 것으로 판단된다.

표 5. 실험체의 강성 및 최대내력비

실험체	강성 (kN/mm)	최대 내력 Pu(kN)	실험체	강성 (kN/mm)	최대 내력 Pu(kN)	강성비	최대 내력비
W300F10-4	662	4,682	W300F40-11	922	7,089	1.39	1.51
W350F10-5	609	5,585	W350F40-12	686	8,689	1.13	1.56
W400F10-6	727	6,523	W400F40-13	915	(9,346)	1.26	-
G300F10-9	512	3,428	G300F40-14	785	6,298	1.53	1.84
G400F10-10	500	4,452	G400F40-15	779	8,802	1.56	1.98



(a) 일반강관



(b) 용접조립 각형강관

그림 12. 콘크리트 강도변화에 따른 하중-변위 관계

4.4 기존설계식과의 비교

KBC-S 2005의 콘크리트 충전강관 설계식은 AISC-LRFD(1999)를 기반으로 제정되었으며 합성항복강도(F_{ym}) 계산시 AISC-LRFD(1999)는 콘크리트의 강도를 0.85f_c로 계산하는 반면 KBC-S 2005는 0.6f_c를 사용하도록 규정되어 있다. 이러한 이유로 KBC-S 2005는 CFT 구조의 구조내력을 상당히 안전측으로 예측하고 있으며 콘크리트 단면적과 강도가 높아짐에 따라 그 편차는 더욱 크게 나타나게 된다. 따라서 표 6에서 보듯이 KBC-S 2005와 AISC-LRFD(2005)의 공칭 압축강도는 W300F10-4, W350F10-5, W400F10-6, G300F10-9, G400F10-10에서 약 0%-6%, W300F40-11, W350F40-12, W400F40-13, G300F40-14, G400F40-15에서 약 13-17%의 차이를 나타냈다. 한편 KBC-S 2005의

한계 폭깨비는 $\sqrt{\frac{3E}{F_y}}$ 으로 SM490 (F_y=325MPa)의 경우 43이며, AISC-LRFD(2005)의 한계 폭두께비는 $2.26\sqrt{\frac{E}{F_y}}$ 으로 SM490의 경우 56으로 제한 되어있다. 일반 CFT기둥인

표 6. 각국의 CFT 설계식 비교

실험체	B (mm)	T (mm)	b/t	F_y (MPa)	F_{ck} (MPa)	P_u (kN)	$P_{n,KBC}$ (kN) [KBC 2005]	$P_{n,AISC}$ (kN) [AISC-LRFD 2005]	$\frac{P_{n,KBC}}{P_{n,LRFD}}$	$\frac{P_u}{P_{n,AISC}}$
W300F10-4	300	6	19	414	10	4,682	4,220	4,421	95	1.06
W350F10-5	350	6	23	414	10	5,585	4,904	5,183	95	1.08
W400F10-6	400	6	27	414	10	6,523	5,618	5,987	94	1.09
G300F10-9	300	6	50	414	10	3,428	3,555	3,554	100	0.96
G400F10-10	400	6	67	414	10	4,452	5,122	5,119	100	0.87
W300F40-11	300	6	19	369	40	7,089	5,258	6,056	87	1.17
W350F40-12	350	6	23	369	40	8,689	6,450	7,559	85	1.15
W400F40-13	400	6	27	369	40	(9,346)	7,762	9,230	84	(1.01)
G300F40-14	300	6	50	369	40	6,298	4,527	5,349	85	1.18
G400F40-15	400	6	67	369	40	8,802	7,031	8,522	83	1.03

G400F10-10과 G400F40-15의 폭두께비는 67로서 한계폭두께비를 넘어서게 되며 최대내력도 AISC-LRFD2005 공칭 압축하중의 87%, 103%를 나타내었다. 그러나 동일폭의 용접 조립각형 CFT기둥인 W400F10-6과 W400F40-13은 AISC-LRFD 2005 공칭압축하중의 109%와 (1.01)%를 나타냈다.

5. 결론

본 연구에서는 용접조립 각형CFT 기둥의 구조내력과 거동 특성을 평가하기 위해 강관의 형상, 폭두께비, 콘크리트 강도를 변수로 단주실험체 15개를 제작하여 구조실험을 수행하였으며 도출된 결론은 다음과 같다.

- (1) 용접조립 각형강관은 강관의 전단면이 유효단면이 되므로 동일 폭의 일반강관 기둥에 비해 단면효율이 높은 것으로 나타났다.
- (2) 단주실험결과에서 콘크리트 파괴위치는 강관의 국부좌굴 위치와 일치하는 것으로 나타나 리브는 강관의 국부좌굴을 지연시키며 폭두께비를 결정하는 지점역학을 하는 것으로 나타났다. 따라서 얇은 강판을 이용하는 용접조립 각형CFT 기둥은 강관의 모서리와 리브사이를 폭으로 하는 완화된 폭두께비를 적용할 수 있다고 판단된다.
- (3) 강관의 국부좌굴은 콘크리트 강도 40MPa에 비해 10 MPa일 때 더 낮은 하중에서 발생하였고, 10MPa기둥에서 국부좌굴 후 강도가 발휘되는 반면, 40MPa기둥은 강관에 국부좌굴 발생 후 내력이 급격히 감소하는 것으로 나타났다. 따라서 (용접조립 각형CFT 기둥에서) 고강도 콘크리트의 사용으로 높은 강성과 축력을 발휘할 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

이 논문은 2008년도 정부(과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. R0A-2007-000-10047-0)

참고 문헌

대한건축학회(2005), 건축구조설계기준(KBC-S 2005), 건설교통부

AISC(1999), Specification for Structural Steel Buildings

AISC(2005), Specification for Structural Steel Buildings

European Committee for Standardization(1992), Eurocode 4(draft): Design of Composite Steel and Concrete Structures

Bridge, R.Q., and O'Shea, M. D.(1998), Behaviour of thin-walled steel box sections with or without internal restraint. J. Constr. Steel res., 47(1-2), pp.73-91

Ehab Ellobody(2007), Nonlinear behavior of concrete-filled stainless steel stiffened slender tube columns, Thin-Walled Structures, vol.45, pp.259-273

Hanbin Ge, and Tsutomu Usami(1992), STRENGTH OF CONCRETE-FILLED THIN-WALLED STEEL BOX COLUMNS: EXPERIMENT, ASCE J., vol. 118, no.11, pp.3036-3054

Mohanad Mursi and Brian Uy(2003), Strength of Concrete Filled Steel Box Columns Incorporating Interaction Buckling, ASCE J., vol.129, n.5, pp.626-639

Webb., and Peyton, J.J.(1990), A design method for concrete-filled, hollow section, composite columns. Struct. Eng., 75, pp.368-373

Yaochun Zhang, Chao Xu, Xiaozhe Lu(2007),
Experimental study of hysteretic behaviour for
concrete-filled square thin-walled steel tubular
columns, Journal of Constructional Steel
Research, vol. 63, pp.317-325
Zhong Tao, Lin-Hai Han, Zhi-Bin Wang(2005),
Experimental behaviour of stiffened concrete-
filled thin-walled hollow steel structural (HSS)
stub columns Journal of Constructional Steel

Research, vol.61, pp.962-983
Zhang YaoChun, Xu Chao and, Lu Xizozhe(2006),
HYSTERETIC BEHAVIOR OF CONCRETE FILLED
THIN-WALLED STEEL TUBULAR COLUMNS,
Steel Construction, vol. 21, Supplement, pp.202
-208

(접수일자 : 2007. 10. 17 / 심사일 2008. 1. 29 /
게재확정일 2008. 5. 7)