

중심축하중을 받는 콘크리트충전 각형강관단주의 내력

Strength of Axially Loaded Concrete-Filled Tubular Stub Column.

강 창 훈¹⁾ · 오 영 석²⁾ · 문 태 섭³⁾

Kang, Chang-Hoon Oh, Young-Suk Moon, Tae-Sup

요 약 : 본 논문은 중심축하중을 받는 콘크리트충전 각형강관 단주의 거동에 관한 연구이다. 총 11개의 실험체가 실험되었고, 실험의 변수는 강관의 폭/두께비와 강재의 항복 응력도에 대한 콘크리트의 압축강도비(응력도비)이다. 폭/두께비의 범위는 20.22에서 91.75이고 응력도비는 0.0680에서 0.0955이다. 본 실험의 변수범위를 초과하는 기존의 실험결과를 수집하고 변수의 범위를 확장하여, 각각의 변수가 미치는 영향을 고찰하였다. 또한, Hajjar가 제안한 다항식 모델을 수정하여 콘크리트충전 각형강관 단주의 내력식을 제안하였고.

ABSTRACT : This paper presents an experimental and analytical study on the behavior of concrete-filled tubular stub columns concentrically loaded in compression to fail. Total eleven specimens were tested and test parameters are the depth-to-thickness ratios of steel tube and the ratio of concrete cylinder strength-to-yield stress of steel tube. Depth-to-thickness ratios of steel tube between $20.22 < B/t < 91.75$, and the ratio of concrete cylinder strength-to-yield stress of steel tube between $0.0680 < (f_{ck}/F_y) < 0.0955$ were limited. And this paper presents the development of a polynomial equation for the cross-section strength of square concrete-filled steel tube. This equation provides an accurate representation of the cross-section strength of concentrically loaded CFT. This expression is verified against experimental tests of short, CFTs available in the references.

핵 심 용 어 : 콘크리트충전 각형강관, 중심축하중, 구속효과, 다항식

KEYWORDS : CFT, concentrically loaded, confinement effect, polynomial equation

1) 한양대학교 STRESS 연구조교수, 공학박사
2) 정회원, 대전대학교 교수, 공학박사
3) 정회원, 한양대학교 교수, 포항제철 석좌교수, 공학박사

본 논문에 대한 토의를 2001년 12월 31일까지 학회로 보내주시면 토의 회답을 게재하겠습니다.

본 연구는 포항제철(주)의 석좌교수기금과 한양대학교 초대형구조시스템 연구센터(STRESS)의 지원으로 수행한 연구입니다.

1. 서론

최근 도시화로 인하여 인구의 집중, 지가 상승 및 용지난 등으로 인한 건물의 고층화, 대형화, 다기능화 및 장스팬화 되어가고 있다. 이러한 고층 건축물은 다양한 용도와 기능을 만족시키기 위해 기존의 구조적 제약을 극복하고, 장스팬가구 및 공간의 효율적 이용을 가능하게 하는 새로운 구조형식을 필요로 한다. 건축물이 고층화, 대형화되면서, 구조 시스템은 연직하중 뿐만 아니라 바람, 지진 등의 수평하중을 더욱 효율적으로 지지하여야 하는데, 구조적인 측면에서와 건축적인 측면에서 기둥부재는 매우 중요한 요소가 된다. 이러한 상황에서 최근 대두되고 있는 구조형식이 콘크리트충전 강관구조이다. 콘크리트충전 강관구조는 콘크리트와 강관의 합성작용에 의한 내력상승과 강관의 국부좌굴 방지효과에 의해 두 재료가 독립적으로 사용된 경우보다 매우 우수한 구조적 성능을 발휘한다.

본 연구는 각형강관 기둥 및 콘크리트충전 각형강관단주의 중심압축실험을 통해 강관의 폭두께비(B/t)와 강제응력도에 대한 콘크리트응력도비(f_{ck}/F_y)의 영향을 파악하고, 내력식을 제안하며, 기존 내력식 및 각국의 표준식과 비교, 검토를 통하여 국내 규준에 이를 반영하고자 하는데 그 목적이 있다.

2. 실험계획

2.1 실험체 계획

실험체는 충전콘크리트강도와 각형강관단주의 폭두께비를 주요 변수로 하여 충전형 실험체와 비충전형 실험체로 구분한다.

실험체의 단면은 □-200×200, □-250×250, □-300×300 으로 하고, 길이는 단면외경의 3배로 한다. 두께 9t, 12t 인 실험체는 기성제품인 냉간성형 각형강관을 사용하였으며, 3.2t 인 실험체

는 SS400급 강관을 절곡한 후 맞댐용접하여 실험체를 제작하며, 충전콘크리트의 설계강도(f_{ck})는 210, 300 kgf/cm² 로 계획하였다. 실험체 일람은 표1 과 같다.

표 1. 실험체 일람

실험체명	강관 두께 (mm)	폭 두께비	콘크리트 압축강도 (kgf/cm ²)	강관치수 (mm)	충전 유무
S-E	9	20.22		□200 × 200	비충전
S-F	12	14.67			
SC-2A	3.2	60.50	210	□200 × 200	충전
SC-2B	3.2	76.13		□250 × 250	
SC-2C	3.2	91.75		□300 × 300	
SC-2E	9	20.22		□200 × 200	
SC-2F	12	14.67		□200 × 200	
SC-3A	3.2	60.50		300	
SC-3C	3.2	91.75	□300 × 300		
SC-3E	9	20.22	□200 × 200		
SC-3F	12	14.67			

SC - 3 A

· 폭두께비
A : 60.50 , B : 76.13
C : 91.75 , E : 20.22
F : 14.67
* A, B, C : Built-up 강관
* E, F : 냉간성형 각형강관

· 콘크리트 압축강도
2 : 210 kgf/cm²
3 : 300 kgf/cm²

· 실험체 구분
S : 비충전 실험체
SC : 충전 실험체

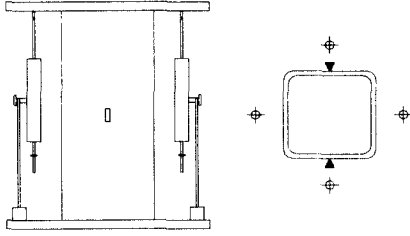


그림 1. 실험체 및 측정기구 위치

2.2 실험방법

실험은 1000 tonf UTM을 사용하여 단순압축 가력 실험을 한다. 변위계는 각형강관 4면에 설치하여 편심이 발생하지 않도록 축하중에 대한 축방향 변위를 측정하며, 실험체 중앙부에 Wire Strain Gauge를 부착하여 중앙부의 변형도 분포를 측정한다. 실험체 및 측정기구 위치는 그림 1과 같다.

3. 소재시험

콘크리트충전 각형강관단주의 실험체 제작에 사용된 강재 및 콘크리트의 역학적 성질을 파악하기 위하여 강재 시험편의 인장시험과 콘크리트 실린더 압축시험을 한다. 강관소재는 8개, 콘크리트는 20개의 공시체에 대하여 시험한다.

3.1 강재의 인장시험

KS B 0801의 금속재료 인장 시험편 규정에 따라 강관두께 3.2t 에서는 강관소재 5개, 나머지 두께에서는 각각 1개씩 평판부에서 절취하여 강재 인장시험을 한다. 강재인장시험 결과는 판두께별로 평균값을 취하였으며 평균항복비는 0.78~0.88로 나타났다.

강관소재시험결과는 표 2와 같다.

3.2 콘크리트 압축강도시험

표 2. 강관 소재시험 결과

시험편	σ_y (tf/cm ²)	σ_u (tf/cm ²)	σ_y / σ_u	ϵ_y ($\times 10^{-6}$)	E_s (tf/cm ²)
PL-3.2	3.18	3.62	0.88	1710	1859
PL-9.0	3.64	4.69	0.78	1882	1934
PL-12	3.63	4.50	0.81	1404	2585

표 3. 콘크리트 압축강도 시험결과

fck(kgf/cm ²)	실험치 (kgf/cm ²)	Ec(tf/cm ²)
210	247.65	170
300	303.78	190

KSF 2404의 규정에 따라, 콘크리트 강도별로 10φ×20h의 공시체를 10개씩 제작하여 콘크리트 실린더 압축시험을 한다. 콘크리트 압축시험결과는 표 3과 같다.

4. 단주압축실험 결과

4.1 하중-변위관계

표 4 는 콘크리트충전 각형강관단주의 실험결과이다. 그림 2, 3, 4 는 실험체의 하중-변위관계를 나타낸다. 그림으로부터 폭두께비가 감소할수록, 콘크리트강도가 높아질수록 최대내력은 증가한다.

그리고, 폭두께비가 감소할수록 콘크리트충전시 내력저하 현상이 작아지고, 콘크리트를 충전하지 않은 실험체에서 내력저하 현상이 커짐을 그래프를 통해 발견할 수 있다.

이로부터 콘크리트충전시 최대내력이후의 내력저하현상이 줄어들음을 알 수 있다. 그리고, 폭두께비 A,B,C (Built-up) 인 실험체에서는 최대내력이후 용접부의 파단으로 인하여 내력저하현상이 두드러졌다.

그림 5는 콘크리트 충전 각형강관단주의 단순누가 강도에 대한 실험치 내력비이다. SC-2 Series의 경우는 0.82~1.16, SC-3 Series의 경우는 1.20~1.27임을 통해 최대 27% 강도가 증가한다.

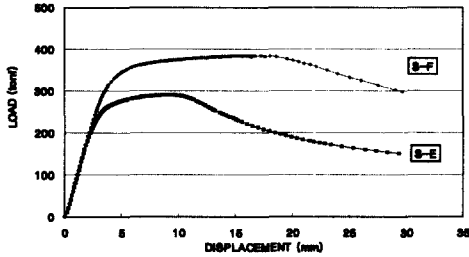


그림 2. 하중-변위관계 (S Series)

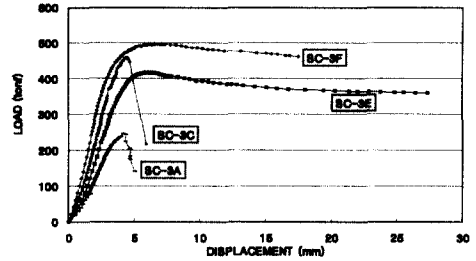


그림 4. 하중-변위관계 (SC-3 Series)

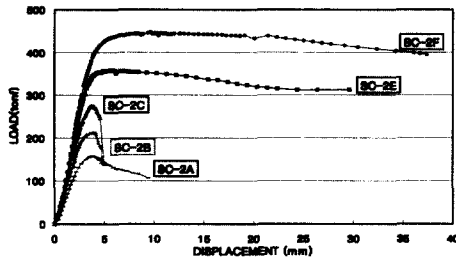


그림 3. 하중-변위관계 (SC-2 Series)

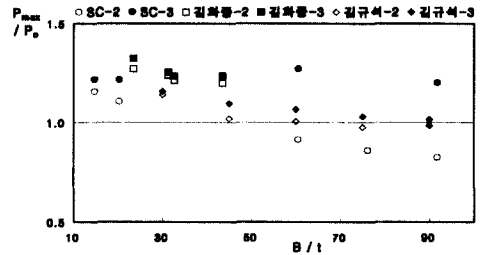


그림 5. 충전실험체의 무차원 최대내력의 비교

표 4. 콘크리트충전 각형강관단주의 실험결과

실험체명	폭두께비	P_h (tf)	sP_y (tf)	cP_s (tf)	P_o (tf)	P_{max} (tf)	P_{max}/P_o	P_o' (tf)	sP_s $/P_o$	P_{max}' $/P_o'$	P_{max}' $/P_h$	$(P_{max}'-sP_y)$ $/cP_u$
S-E	20.22	290.95	242.68	-	242.68	290.95	1.20	-	-	-	-	-
S-F	14.67	383.90	314.10	-	314.10	383.90	1.22	-	-	-	-	-
SC-2A	60.50	-	80.10	92.82	172.93	157.85	0.91	-	0.46	-	-	0.84
SC-2B	76.13	-	100.46	146.96	247.41	212.41	0.86	-	0.41	-	-	0.76
SC-2C	91.75	-	120.81	213.48	334.28	275.11	0.82	-	0.36	-	-	0.72
SC-2E	20.22	290.95	242.68	82.03	324.71	358.93	1.11	372.98	0.75	0.96	1.23	1.42
SC-2F	14.67	383.90	314.10	76.71	390.82	451.88	1.16	460.61	0.80	0.98	1.18	1.80
SC-3A	60.50	-	80.10	113.86	193.96	246.40	1.27	-	0.41	-	-	1.46
SC-3C	91.75	-	120.81	261.86	382.67	459.25	1.20	-	0.32	-	-	1.29
SC-3E	20.22	290.95	242.68	100.62	343.30	417.12	1.22	391.57	0.71	1.07	1.43	1.73
SC-3F	14.67	383.90	314.10	94.10	408.20	496.54	1.22	478.00	0.77	1.04	1.29	1.94

4.2 최대내력

본 실험에서 얻은 실험결과에, 기존의 김규석, 김화중의 stub column 실험결과 중 본 실험에 적용된 충전콘크리트와 유사한 강도를 갖는 실험체

를 추가하여, 분석한다. 김규석의 실험체는 SS400 급의 강판을 절곡한 후, 일면이음 용접하여 제작되었고, 김화중의 실험체는 SPSR400급의 냉간성형 각형강관을 이용하여 제작되었다. 두 연구자의 실험체의 충전콘크리트의 압축강도는 본 실험과 동

일한 210과 300 kg/cm²이다.

4.2.1 폭두께비와 내력과의 관계

그림 6의 횡축은 폭두께비를, 종축은 콘크리트충전에 의한 내력상승율을 나타내고 있다. 폭두께비가 증가할수록 충전실험체는 비충전실험체와 비교하여 최대내력비가 SC-2 실험체의 경우 1.18~1.23, SC-3 실험체의 경우 1.29~1.43로 나타났고, 비교적 폭/두께비가 큰 김화중의 실험체는 210 kg/cm²의 콘크리트를 충전한 경우, 1.64~2.30이고, 300 kg/cm²의 콘크리트를 충전한 경우, 1.88~2.73으로 나타났다. 따라서, 충전콘크리트의 강도에 관계없이, 폭/두께비가 증가할수록 콘크리트 충전에 의한 내력상승율이 증가함을 알 수 있다.

그림 7의 횡축은 무차원 폭두께비를, 종축은 단순누가강도에 대한 최대내력비를 나타낸 것으로 강관의 폭두께비를 만족하는 실험체에서는 내력비가 1.11~1.22이다. 비충전강관 폭두께비 제한치의 1.5배를 상회하는 실험체에 있어서는 0.82~1.27로 나타났고 제한치의 1.5배를 만족하는

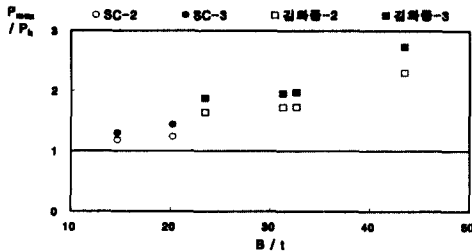


그림 6. 충전에 의한 내력 상승율

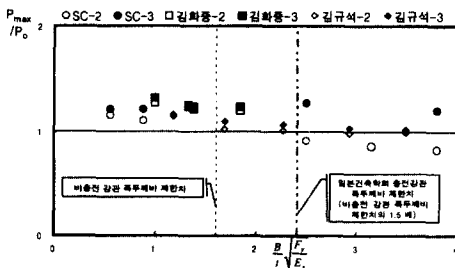


그림 7. 종국내력과 무차원 폭두께비의 관계

실험체에 있어서 실험체의 최대내력비는 평균적으로 1.0을 상회하고 있다.

즉 평균적으로 최대내력이 단순누가강도를 상회하므로, 충전강관부재의 폭두께비 제한치를 완화시킬 수 있을 것으로 사료된다. 설계압축강도 210 kg/cm²인 SC-2 실험체는 단순누가강도를 확보하지 못하고 있는데, 이는 충전콘크리트의 충전성과 품질에 이상이 있는 것으로 사료된다.

4.2.2 콘크리트강도와 내력의 관계

CFT기둥의 각국 기준에서 적용하고 있는 충전콘크리트의 강도저감계수에 대한 평가를 위하여, 실험치 최대내력에서 강관 단면의 내력을 제거한 값에 대한 콘크리트 단면의 내력의 비를 그림 8에 나타내었다.

그림 8에서, 비충전 강관의 폭/두께비 제한치를 만족시키는 실험체에 대한 그 비는 1.42~1.94이고, 강관의 폭/두께비의 1.5배를 만족시키는 실험체에서도 그 비는 1.0을 상회하고 있다. 따라서, 일본(AIJ)이나 미국(AISC-LRFD) 등 대부분의 기준에서 적용하고 있는 콘크리트의 강도저감계수 0.85는, Eurocode 4에서 적용하고 있는 1.0을 적용하여 충전콘크리트의 강도를 저감시키지 않아도 무방할 것으로 판단된다.

CFT단면에 대한 강관의 내력비가 최대내력에 미치는 영향을 파악하기 위하여, 실험치 최대내력에 대한 단순누가 강도에서 강관의 항복내력을 비충전 강관의 실험치 최대내력으로 치환한 값에 대한 비와 강관의 내력비와의 관계를 그림 9에 나타내었다. 그림에서와 같이, 최대내력비는 강관의 내력분담비가 증가할수록, 감소하는 경향을 나타내고 있다. 이는 강관이 지나치게 높은 하중을 부담하여 충전콘크리트의 내력을 충분히 활용하지 못하고, 또한 구속효과도 발휘하지 못하기 때문으로 사료된다. 따라서, CFT기둥의 합성작용에 의한 구속효과를 기대하고, 강관과 충전콘크리트의 내력을 충분히 활용하기 위해서는, 강관과 충전콘크리트의 내력분담비를 적절히 조절하여 설계하는

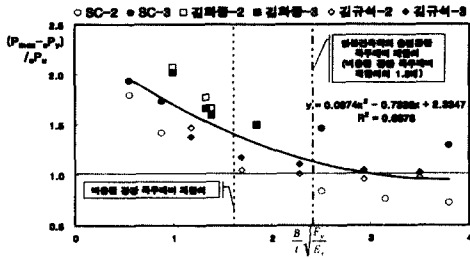


그림 8. 무차원 폭두께비에 따른 콘크리트강도 저감계수

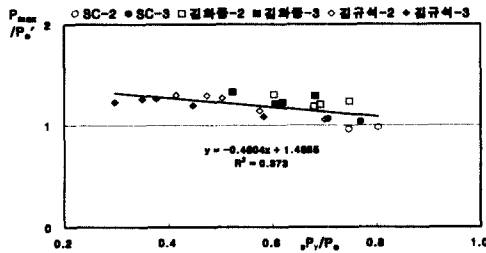


그림 9. 강관단주와 콘크리트의 상호작용에 의한 내력상승비

것이 바람직할 것으로 판단된다.

김화중(참고문헌7), 김규석(참고문헌8)의 실험치와 본실험치에 대한 강관단주와 콘크리트의 상호작용에 의한 내력비는 0.96~1.33으로, 강관단주의 내력분담비가 증가할수록 강관의 내력분담 상승효과가 떨어진다.

4.2.3 실험치와 각국 설계식과의 비교

폭두께비에 따른 각국 설계식에 대한 실험치의 비가 그림10에 나타난다. KSSC¹⁰의 설계식에 따른 실험치의 비는 1.11~1.66, AIJ¹¹의 설계식에 따른 실험치의 비는 0.91~1.39, AISC¹²의 설계식에 따른 실험치의 비는 0.91~1.40이다. 콘크리트 설계기준강도 210 kgf/cm²인 실험체들은, AISC, AIJ 설계식에 의한 최대내력산정에 있어 폭두께비가 작을수록 최대내력을 과소평가하고 있고, 폭두께비가 클수록 최대내력을 과대평가하는 경향을 보이고 있다. AIK 설계식은 다른 기준보다 최대내력을 보다 더 과소평가하고 있는 데, 이는

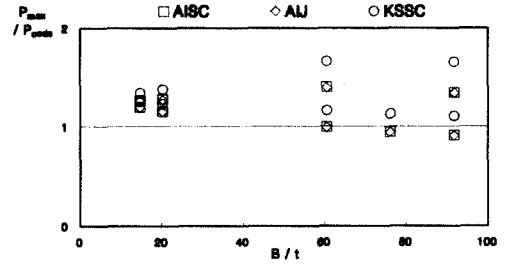


그림 10. 각국 설계식과의 비교

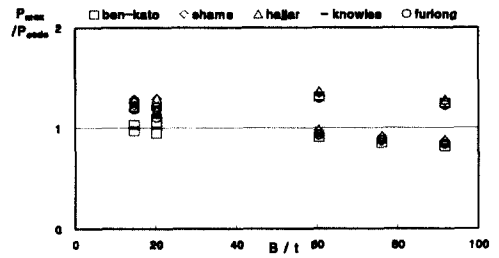


그림 11. 기존내력식과의 비교

CFT 단면의 내력 산정시, 콘크리트의 기여도 계수가 0.6으로 AIJ나 AISC의 0.85보다 작게 설정되어, 충전콘크리트의 기여도를 과소평가하기 때문으로 사료된다. 300 kgf/cm² 일 경우에는, 모든 설계식들이 최대내력을 과소평가하고 있으며 특히 폭두께비가 증가할수록 그 성향이 두드러진다.

4.2.4 실험치와 기존 내력식과의 비교

기존의 제안내력식과 본 실험결과를 비교하여 그림 11에 나타내었다. Kato의 내력식에 대한 실험치의 비는 0.82 ~ 1.31, Shams의 내력식에 대한 비는 0.87 ~ 1.36, Hajjar의 내력식에 대한 비는 0.88 ~ 1.36, Knowles의 내력식에 대한 비는 0.82 ~ 1.27, 그리고 Furlong의 내력식에 대한 비는 0.84 ~ 1.29이다.

모든 기존내력식이 유사한 예측내력을 제공하고 있으나, 비충전 강관의 폭/두께비의 제한치를 만족시키는 실험체의 경우, 구속효과를 고려한 kato의 내력식이 실험치와 좋은 대응을 나타내고 있다. 그리고, 폭/두께비가 비충전 강관의 폭/두께비의 제

한치를 상회하는 실험체의 경우, 모든 기존내력식이 충전콘크리트의 강도가 300 kgf/cm² 인 실험체의 최대내력을 과소평가하고 있다. 비록, 충전콘크리트의 강도가 210 kgf/cm² 인 실험체의 최대내력은 제안내력식과 좋은 대응을 보이고 있으나, 실험결과에 대한 고찰에서 언급했던 것과 같이 상기 실험체는 충전콘크리트의 이상에 의해 내력이 다소 낮게 나타났던 점을 고려하면, 폭/두께비가 비충전 강관의 제한치를 상회하는 실험체의 대한 제안내력식의 평가는 다소 안전측으로 되어있음을 알 수 있다.

4.2.5 제안내력식

기존의 제안내력식 중 폭/두께비(B/t)와 강관의 응력도에 대한 콘크리트의 응력도비(f_{ck}/F_y)를 변수로 채택한 다항방정식의 형태를 취하는 hajjar의 제안식을 모델로 하여 내력식을 제안하고자 한다. Hajjar는 CFT단면에 대하여 축하중, 강축 휨, 그리고 약축 휨에 대한 3차원($P-M_y-M_z$) 단면내력식을 다항식 모델을 이용하여 제안하였다. 본 연구에서는 Hajjar의 3차원 단면내력식에서 휨의 영향을 제외한 축하중에 대한 내력식 모델을 이용하여 CFT단면의 최대내력을 예측하고자 한다. CFT단면의 축하중에 대한 hajjar의 내력식 모델은 다음과 같다.

$$1. C_2 p^2 = 1 :$$

$$x = \frac{B}{t}, \quad y = \frac{f'_c}{f_y}$$

$$C_2 = b_1 + b_2x + b_3y + b_4xy + b_5x^2 + b_6y^2$$

$$2. P_o = A_s \sigma_y + A_c f'_c :$$

$$\phi = \frac{A_c(f'_c - f_y)}{2P_o}$$

$$3. P_{cal} = P_o(p + \phi)$$

제안내력식을 유도하는 과정은 다음과 같다.

먼저, 실험결과를 이용하여 표 5와 같이 ϕ , p , C_2 를 결정한다. 다음, 표 5의 6개의 실험결과에 기초한 C_2 값을 기본으로, 표 6과 같이 최소자승법을 이용하여 cubic 방정식의 계수 b_1, b_2, b_3, b_4, b_5 , 그리고 b_6 을 결정한다. 본 수정제안식과 기존 연구자들을 실험결과를 본 실험결과와 함께 비교하여 그림 12와 표 7에 나타내었다. 본 수정제안식에 대한 실험치의 비는 0.81 ~ 1.19로 양호한 대응을 보이고 있어, 본 수정제안식을 이용하여 CFT단면의 내력을 예측할 수 있을 것으로 판단된다. 본 제안식의 적용범위는 $20.22 < B/t$ (폭/두께비) < 91.75 , $0.0680 < f'_{ck}/F_y$ (강재에 대한 콘크리트의 응력도비) < 0.0955 이다.

표 5. 실험결과를 통한 계수 산정값

실험체명	x	y	ϕ	p	C_2
SC-2A	60.50	0.0779	0.2348	0.6780	2.1752
SC-2C	91.75	0.0779	0.2793	0.5437	3.3835
SC-2E	20.22	0.0680	0.1105	0.9949	1.0103
SC-3A	60.50	0.0955	0.2603	1.0100	0.9803
SC-3C	91.75	0.0955	0.3035	0.8966	1.2438
SC-3E	20.22	0.0835	0.1300	1.0850	0.8494

표 6. Cubic 방정식의 계수 산정값

b_1	b_2	b_3	b_4	b_5	b_6
1.5209	0.1583	-56.8611	-1.7127	-9.04×E-5	535.0593

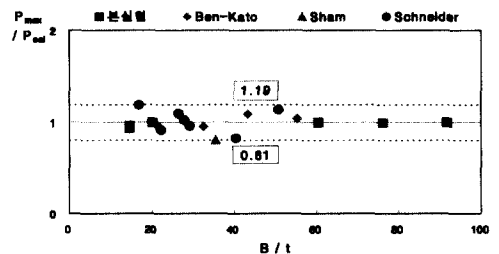


그림 12. 제안식과 기존 실험결과와의 비교

표 7. 제안식과 기존 실험결과와의 비교

실험체명	x	y	P_{max} (tf)	P_{cal} (tf)	P_{max}/P_{cal}
SC-2A	60.50	0.0779	157.85	157.85	1.00
SC-2C	91.75	0.0779	275.11	275.11	1.00
SC-2E	20.22	0.0680	358.93	358.93	1.00
SC-3A	60.50	0.0955	246.40	246.40	1.00
SC-3C	91.75	0.0955	459.25	459.25	1.00
SC-3E	20.22	0.0835	417.12	417.12	1.00
SC-2B	76.13	0.0779	212.41	213.28	1.00
SC-2F	14.67	0.0682	451.88	482.04	0.94
SC-3F	14.67	0.0837	496.54	513.58	0.97
SF5-0 ^y	25.00	0.0881	85.00	87.27	0.97
R04LB ¹	55.31	0.0841	362.00	349.19	1.05
R06LB ¹	43.40	0.0778	409.00	376.38	1.09
R08LB ¹	32.68	0.0839	475.00	496.93	0.96
R12MBH ¹	21.53	0.0747	796.00	827.69	0.96
5.24×15.24 ^z	35.44	0.0931	130.90	162.13	0.81
S1 ^o	40.40	0.0855	91.70	110.56	0.83
S2 ^o	29.20	0.0730	109.50	113.90	0.96
S3 ^o	27.90	0.0739	111.30	108.63	1.03
S4 ^o	22.30	0.0763	120.20	131.02	0.92
S5 ^o	17.00	0.0686	206.90	173.53	1.19
R1 ^o	50.80	0.0708	81.90	72.12	1.14
R5 ^o	26.50	0.0735	133.50	121.46	1.10

5. 결론

- (1) 콘크리트가 충전된 폭두께비가 작은 실험체 일수록 최대내력이후의 내력저하현상이 작아진다. 그리고, 콘크리트충전 각형강관단주의 단순누가강도에 대한 실험치내력비가 0.82~1.27로 관측되어, 콘크리트충전 각형강관단주에 있어서, 콘크리트 충전으로 인한 최대내력상승이 크지 않은 것으로 사료된다. 강관단주와 콘크리트의 상호작용에

의한 내력비는 0.96~1.33 이고, 강관단주의 내력분담비가 증가할수록 강관의 내력분담상승효과가 떨어지게 된다.

- (2) 비충전강관 폭두께비 제한치를 만족시키는 실험체에 대한 콘크리트 강도저감계수는 1.42~1.94이고, 폭두께비가 클수록 강도저감계수는 작아진다. 그리고 비충전강관 폭두께비 제한치의 1.2배로 완화한 경우, 현재 충전강관에 대한 각국 규준에서 사용하고 있는 강도저감계수 0.85보다 큰 값인 1을 취하여, 콘크리트의 역할분담율을 높여 주는 것이 적절하다고 판단된다.
- (3) 각국규준식 및 기존연구자들의 내력식은 다소 안정적인 평가를 하고 있다.
- (4) 본수정식과 실험치와의 비가 $0.81 \leq P_{max}/P_{cal} \leq 1.19$ 로, $0.0680 < f_{ck}/F_y < 0.0955$ 사이에 속하는 실험체의 최대내력을 예측하기에 본수정식이 적용가능하다고 사료된다.

참 고 문 헌

1. 加藤 勉 (1995), 콘크리트 충전鋼管短柱의 壓縮強さ, 變形能力 (콘크리트 충전鋼管短柱의 耐力, 變形能力의 研究, I), 日本建築學會構造系論文集
2. M. Shams and M.A. Saadeghvaziri (1999), Nonlinear Response of Concrete-Filled Steel Tubular Columns under Axial Loading, ACI Structural Journal
3. Jerome F. Hajjar, and Brett C. Gourley (1996), Representation of Concrete-Filled Steel Tube Cross-Section Strength, Journal of Structural Engineering.
4. Robert B. Knowles, and Robert Park (1970), Axially Load Design for Concrete Filled Steel Tubes, Journal of Structural Division
5. Weizi Zhang, and Bahram M. Shahrooz (1999), Comparison between ACI and AISC for Concrete-Filled Tubular Columns,

부 록

- Journal of Structural Engineering
6. Stephen P. Schneider (1998), Axially Loaded Concrete-Filled Steel Tubes, Journal of Structural Engineering
7. 김화중 (1997), 콘크리트충전각형강관단주의 구조적 거동에 관한 연구, 대한건축학회논문집
8. 김규석 (1997), 콘크리트충전 각형강관단주의 내력에 관한 연구, 대한건축학회논문집
9. 강창훈 (1997), 중심축압력을 받는 콘크리트 충전 각형강관기둥의 거동, 한양대학교
10. 한국강구조학회 (KSSC), 콘크리트충전 강관 구조 설계 및 시공지침, 2001
11. Architectural Institute of Japan (AIJ), Recommendation for Design and Construction of Concrete Filled Steel Tubular Structures, 1997
12. American Institute of Steel Construction (AISC), Manual of Steel Construction, Load & Resistance Factor Design(LRFD), 2nd edition, 1994

- P_h : 비충전실험체의 최대내력
 sP_y : 강재의 단면내력, ($= A_s F_y$)
 cP_u : 콘크리트의 단면내력, ($= A_c f_{ck}$)
 P_o : 단순누가강도, ($= A_s F_y + A_c f_{ck}$)
 P_o' : $P_h + cP_u$
 σ_y : 항복강도
 σ_u : 인장강도
 f_{ck} : 콘크리트 압축강도
 f_r : 콘크리트 활열(인장)응력도
 $(= 0.623\sqrt{10f_{ck}})$ (kgf/cm²)

(접수일자 : 2000년 12월 4일)