

CFCT 단주의 최대내력에 관한 연구

Ultimate Compressive Strength of Concrete Filled Circular Stub Columns

강 현 식¹⁾ · 문 태 섭²⁾

Kang, Hyun Sik Moon, Tae Sup

요 지 : 콘크리트충전 강관 단주의 최대내력은 강관에 의한 내부 콘크리트의 구속효과로 단순누가에 의한 내력보다도 높게 나타난다는 것은 이미 여러 연구자들에 의해 알려져 있다. 본 연구는 강관의 지름-두께비와 콘크리트 강도 그리고 등가 세장비의 변화에 따른 내력 예측식을 여러 연구자들의 실험결과를 이용하여 비교·분석하고 회귀식을 구한다.

ABSTRACT : It is well known that the ultimate compressive strength of concrete filled tubular stub-column is higher than that of the simplified evaluating value because of the confinement effect of infilled concrete. In this paper, It is compared the experimental results of other researchers with estimated ones by using the formulae. Finally, It is shown that the predicted equation is obtained by using the numerical analysis.

핵심용어 : 콘크리트충전 원형강관단주, 최대내력, 콘크리트강도, 지름-두께비

KEYWORDS : CFCT Stub Column, Ultimate Compressive Strength, Strength of Concrete, D/tc

1. 서 론

최근 국내에서도 초고층 건물의 신축이 구체화되고 사회환경의 변화에 따라 고층력 문제를 해결하기 위한 콘크리트충전 강관구조에 관한 연구

가 다수 이루어지고 있다. 콘크리트 충전 강관 기둥이 압축력을 받을 경우 강관과 콘크리트가 단성영역에 있고 강관 기둥이 국부좌굴을 일으키지 않는 범위에서는 강재의 포아송비가 콘크리트보다 크기 때문에 강관 내벽과 콘크리트 사이에 틈이 생기기 때문에 강관과 내부 콘크리트 사이에는 상호작용은 없고 각각 독립적으로 거동한다.

- 1) 정회원, 국립진주산업대학교 건축학과 전임강사, 공학박사, 구조 기술사
- 2) 정회원, 한양대학교 건축공학과 교수, 공학 박사, 포항제철(주) 석좌교수

본 논문에 대한 토의를 1999년 10월 31일까지 학회로 보내주시면 토의 회답을 게재하겠습니다.

한편, 소성역에서의 거동은 강관과 내부 콘크리트의 항복내력, 항복 변형도의 대소 관계, 강관 벽의 구속력, 국부좌굴 강도등이 영향 인자로 되어 강관과 콘크리트 사이에 복잡한 상호 작용을 일으키기 때문에 그 내력 및 변형능력의 예측은 간단하지 않다. 본 연구는 강관과 콘크리트의 단면적 비, 영계수비, 강도비를 주요 변수로한 중심 압축단주의 내력 예측식⁽¹⁾을 국내 및 국외의 실험 결과와 비교해 봄으로써 그 보편성을 통계적인 평가 방법으로 검증하고자 한다.

2. CFCT 단주의 최대내력 예측

2.1 기본가정

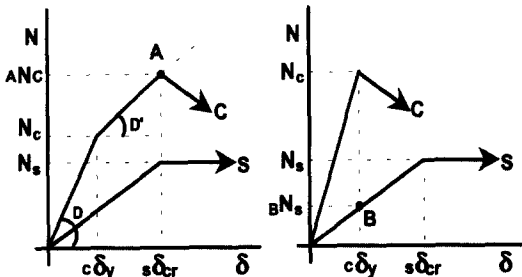
2.1.1 강관의 국부좌굴까지 항복압축력이 콘크리트의 항복압축력 보다 클 때 ($s\delta_{cr} > c\delta_y$, 여기서, $s\delta_{cr}$ 은 강관 국부좌굴 또는 항복시의 압축량, $c\delta_y$ 는 콘크리트 응력도가 f_c 에 도달 할 때의 압축량)

A-1) 콘크리트의 항복 후에도 구속상태가 연속되기 때문에 콘크리트의 내력은 상승한다. 이때에는 다음과 같이 콘크리트 충전 강관의 최대내력을 구한다.

$$N_{max} = A N_c + N_s \quad (1)$$

A-2) 구속효과가 없다고 가정할 때

$$N_{max} = N_c + B N_s \quad (2)$$



(a) (b)

그림 1. 강관과 콘크리트의 누가내력

2.1.2 강관이 먼저 국부좌굴 또는 항복

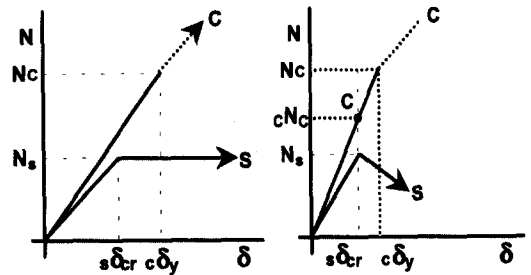
할 때 ($s\delta_{cr} > c\delta_y$)

B-1) 강관의 국부좌굴 후의 변형능력이 기대될 때 (그림 2.(a)참조)

$$N_{max} = N_c + N_s \quad (3)$$

B-2) 강관의 국부좌굴 후의 변형능력이 기대될 수 없을 때 (그림 2.(b)참조)

$$N_{max} = c N_c + N_s \quad (4)$$



(a) (b)

그림 2. 강관과 콘크리트의 누가내력

2.1.3 내력 예측식의 유도

$$c\delta_y = \left(\frac{l}{A_c E_c}\right) N_c, \quad s\delta_{cr} = \left(\frac{l}{A_s E_s}\right) N_s$$

$$N_c = f_c A_c, \quad N_s = A_s \sigma_{cr}$$

l : 단주의 길이, A_c : 콘크리트 단면적,
 E_c : 철근콘크리트 계산규준에 의한 계산치,

E_s : 2100 t/cm²,

f_c : 콘크리트 1축압축강도,

σ_{cr} : 강관의 국부좌굴 강도 또는 항복점 강도

A-1) $\left(\frac{\sigma_{cr}}{f_c}\right)\left(\frac{E_c}{E_s}\right) > 1$ 일 때 그림 1(a)를 참조

하여

$$\begin{aligned} A N_c &= N_c + D'(s\delta_{cr} - c\delta_y) \\ &= A_c f_c \left[1 + \frac{D'}{A_c f_c} \left(\frac{l}{A_s E_s} A_s \sigma_{cr} - \frac{l}{A_c E_c} A_c f_c \right) \right] \\ &= A_c f_c \left[1 + a \left(\frac{E_c \sigma_{cr}}{f_c E_c} - 1 \right) \right] \leq B N_c \end{aligned}$$

$$= A_s f_c \cdot \min \left[1 + \alpha \left(\frac{E_c \sigma_{cr}}{E_s f_c} - 1 \right), \beta \right]$$

$$N_{\max} = A_s \sigma_{cr} + A_s f_c \cdot \min \left[1 + \alpha \left(\frac{E_c \sigma_{cr}}{E_s f_c} - 1 \right), \beta \right] \quad (5)$$

여기서, $\alpha = \frac{D'}{D}$, $\beta = \frac{N_L}{N_c}$, N_L 은 N_c 도달 이후 실험적으로 구한 2차 축강성의 한계하중

A-2) $\left(\frac{\sigma_{cr}}{f_c} \right) \left(\frac{E_c}{E_s} \right) > 1$ 일 때(그림 1(b)참조)

$$\begin{aligned} \frac{N_s}{s \delta_y} &= \frac{B N_s}{c \delta_y} \quad B N_s = N_s \frac{c \delta_y}{s \delta_{cr}} \\ &= N_s \left(\frac{l}{A_c E_c} \right) N_c \left(\frac{A_s E_s}{l} \right) \frac{1}{N_s} \\ &= \left(\frac{A_s E_s}{A_c E_c} \right) A_s f_c \end{aligned}$$

$$N_{\max} = A_s f_c \left(1 + \frac{A_s E_s}{A_c E_c} \right) \quad (6)$$

B-1) $\left(\frac{\sigma_{cr}}{f_c} \right) \left(\frac{E_c}{E_s} \right) \leq 1$ 일 때(그림 2(a) 참조)

$$N_{\max} = A_s \sigma_{cr} + A_s f_c \quad (7)$$

B-2) 그림 2(b)를 참조하여

$$\begin{aligned} \frac{N_c}{c \delta_y} &= \frac{c N_c}{s \delta_{cr}}, \quad c N_c = N_c \frac{s \delta_{cr}}{c \delta_{cr}} \\ &= \left(\frac{E_c A_c}{l} \right) \left(\frac{1}{E_c A_s} \right) N_s \\ &= A_s \sigma_{cr} \left(\frac{A_c E_c}{A_s E_s} \right) \\ N_{\max} &= A_s \sigma_{cr} \left(1 + \frac{A_c E_c}{A_s E_s} \right) \quad (8) \end{aligned}$$

표 1. 콘크리트 강도별 계수

	콘크리트 강도	β	α
원형강관	$f_c = 270 \sim 450 \text{ kg/cm}^2$	1.77	0.47
	$f_c = 630 \text{ kg/cm}^2$	1.48	0.30

3. 예측식의 검증

3.1 실험 개요

(1) 문헌 1

문헌 1에 콘크리트충전 강관 단주의 실험결과가 보고되어 있다. 강관 직경 30 cm이며 실험 변수로는 강관 두께(지름-두께비), 강종(SM50, SM58Q), 목표 콘크리트 강도(270, 450, 630 kg/cm²)이다. 시험체명을 읽는 방법은 C : 원형강관, 수치는 공칭 판두께(mm), L, M, H : 콘크리트 강도($f_c = 270, 450, 630 \text{ kg/cm}^2$), B : 강관과 콘크리트 일체로 가력, H : 고장력강(SM58Q)이며 나머지는 SM50강종을 나타낸다.

(2) 문헌 2

문헌 2에 콘크리트 충전 강관 기둥의 실험 결과가 보고되어 있다. 사용 강종은 SPS400으로 냉간성형 원형강관이며 공칭 단면은 $\Phi - 76.3 \times 2.4$ ($D/t_c = 32$), $\Phi - 88.5 \times 2.4$ ($D/t_c = 37$), $\Phi - 101.6 \times 4.0$ ($D/t_c = 25$), $\Phi - 101.6 \times 4.2$ ($D/t_c = 24$)의 4종류이며, 콘크리트는 $f_c = 150 \text{ kg/cm}^2$ 의 압축강도를 나타낸다.

(3) 문헌 3

문헌 3에는 콘크리트 강도 $f_c = 270 \text{ kg/cm}^2$, 강관은 고장력강 SM50, HT60, HT80의 3종류를 이용하고 있다. 명확한 항복점이 나타나지 않기 때문에 0.2% off-set법을 이용하여 항복 응력도 σ_y 를 구한다.

(4) 문헌 4

문헌 4에는 시험체 제작시 $\Phi - 101.8 \times 2.94$, 5.7의 두 종류의 강관에 충전된 콘크리트 압축강도 $f_c = 183, 381 \text{ kg/cm}^2$ 를 이용하여 시험체 길이 20 cm의 단주압축시험을 하였다. 시험체명 S 다음의 3, 6은 강관 두께, L은 저강도 콘크리트, H는 고 강도 콘크리트를 나타내며 맨 끝의 A는 강관과 콘크리트를 동시에 가력한 시험체를 나타낸다.

(5) 문헌 5

$H/D=2.0$ 정도의 12개 시험체($H=360mm$)에 고강도 콘크리트($445\sim465kg/cm^3$) 또는 보통강도 콘크리트($226\sim244kg/cm^3$)를 이용하며 강관의 두께를 실험 변수로 정한다. 강관의 지름-두께비는 20, 30 그리고 58이다.

(6) 문헌 6

실험의 주요 변수로는 콘크리트충전 유무, 강관의 세장비(20,40,60,90,120) 그리고 축력 재하방법(단조,반복)으로 한다. 시험체는 STK41의 $\Phi-60.5 \times 2.3$ 의 강관을 이용하고 콘크리트는 $f_c=300 kg/cm^2$ 이며 슬럼프치는 8cm로 조합 설계한다.

(7) 문헌 7

실험의 주요 변수는 강관의 형상(각형,원형), 강관의 폭-두께비 그리고 가력형식이다. 증공강관을 포함한 30개의 시험체를 계획한다. 강관은 SM490 급이며 콘크리트 강도는 $751kg/cm^2$, $1013kg/cm^2$ 의 두 종류를 이용하여 단주시험을 행한다.

(8) 문헌 8

기성제품(P사)인 원형강관(SPS400)을 사용하고, 주요 변수로는 강관의 세장비, 지름-두께비와 콘크리트의 강도($f_c=210, 300, 400 kg/cm^2$)의 3종류로한 콘크리트 충전 강관기둥의 실험 결과이다. 재하방법은 강관과 콘크리트면을 동시에 재하하였으며 충전시험체 27개와 비충전 시험체 9개로 총 36개를 제작한다.

(9) 문헌 9

강관은 지름 165mm, 190mm로 $D/t_c=55,95,123,165, 200$ 의 5가지로 하며 압축강도 $1157kg/cm^2$ 의 고강도 콘크리트를 사용한다. 시험체의 길이와 직경의 비는 3.5로 하여 단주압축 시험을 행한다.

3.2 실험치와 예측치의 비교·분석

국내·외의 콘크리트충전 원형강관 기둥의 중심압축실험 결과와 2.1에서 가정한 내력 예측치

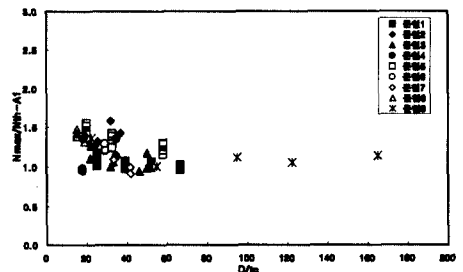
를 표 4에 정리하였다. 시험체는 총 60개로서 보통 강도 콘크리트 $f_c=150\sim387kg/cm^2$ 와 고강도 콘크리트 $f_c=841kg/cm^2$ 각각에 대해 (5)~(8)식의 최대하중 예측치와 실험치의 비와 지름-두께비, 등가 세장비 및 콘크리트 압축강도와 의 관계에 대한 비교·분석을 한다.

3.2.1 예측치에 대한 실험치의 최대내력비와 지름-두께비(D/t_c) 관계

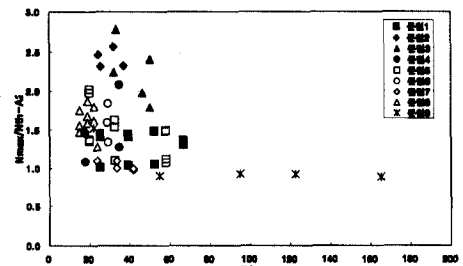
표 2는 (5), (6), (7), (8)식으로 구한 예측치와 실험치 최대하중비의 평균 및 표준편차로서 구속효과를 고려하기 위한 계수 α, β 를 콘크리트 강도에 따라 적용한 A-1식이 평균 1.20, 표준편차 0.17로 따라 적용한 A-1식이 평균 1.20, 표준편차 0.17로 나타났으나 안정적인 조건으로 본다면 A-1식의 적용이 타당하리라 본다.

표 2. 실험치/ 예측치 의 평균 및 표준편차

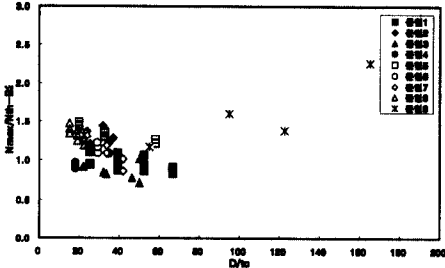
예측식	통계치	평균	표준 편차
A-1(5 식)		1.20	0.17
A-2(6 식)		1.53	0.51
B-1(7 식)		1.25	0.19
B-2(8 식)		1.20	0.27



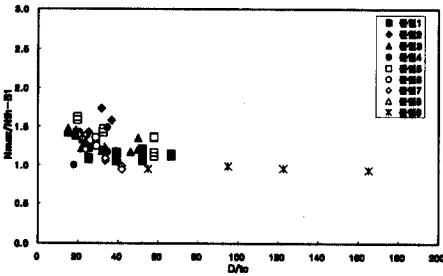
(a)



(b)



(c)



(d)

그림 3. 최대내력비와 지름-두께비(D/t_c) 관계

그림 3은 (5) ~ (8)식으로 구한 예측치로 실험치 최대하중을 기준화한 종축과 지름-두께비를 횡축으로 한 그래프이다. 그래프에서 알 수 있듯이 정확하게 지름-두께비의 한계를 말하기는 어렵고 그것은 추가적인 실험적 연구로 종합적인 판단을 요한다고 말할 수 있다.

3.2.2 예측치에 대한 실험치 최대내력비와 등가 세장비(λ_{eq}) 관계

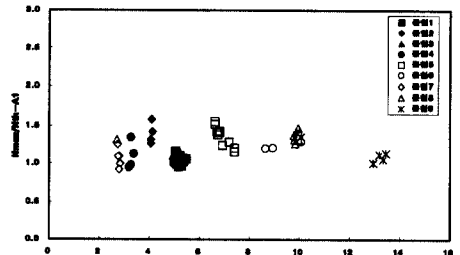
그림 4는 예측치에 대한 실험치의 비로 무차원화된 종축과 등가 세장비를 횡축으로 비교한 그래프이다. 여기서 등가 세장비 λ_{eq} 는 아래식으로 결정된다.

$$\lambda_{eq} = \frac{l_k}{i_{eq}} \quad (\text{유효세장비}) \quad (9)$$

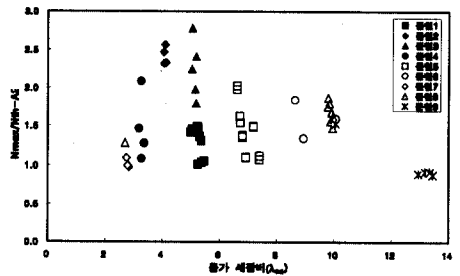
$$i_{eq} = \sqrt{\frac{E_s I_s + E_c I_c}{E_s A_s + E_c A_c}} \quad (10)$$

l_k = 유효좌굴길이

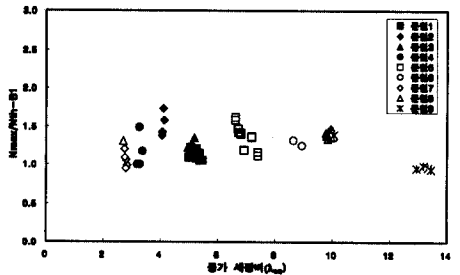
그림 4의 (a)는 $\left(\frac{\sigma_{cr}}{f_c}\right)\left(\frac{E_c}{E_s}\right) > 1$ 의 경우로 콘크리트 항복 후도 구속상태가 연속되고 콘크리트 내력은 상승한다. 변형이 강관의 항복변형에도 도달하면 구속은 내부 콘크리트 강도가 저하하기 때문에 이 점을 한계점으로 하여 계산된 예측치로 실험치를 기준화한 것으로 유효세장비가 증가함에 따라서 점점 감소하는 것을 알 수가 있다. 유효세장비가 5이하인 경우는 직경의 3배 이하의 시험체 길이를 갖는 전형적인 단주 시험체로서 강관의 구속효과가 크게 나타나고 있다.



(a)



(b)



(c)

그림 4. 최대내력비와 등가세장비(λ_{eq}) 관계

그림 4의 (b)는 $s\delta_\alpha > c\delta_y$ 의 경우로 구속효과를 기대할 수 없을 경우의 예측치를 나타내고 있기 때문에 유효세장비 83의 장주에 대해서도 실험치에 대한 예측치의 비가 1을 상회하고 있다. 그림 4의 (c)는 $s\delta_\alpha \leq c\delta_y$ 의 경우로 콘크리트가 먼저 항복변형에 도달하기 때문에 구속효과를 기대할 수 없다고 가정한 예측식으로 강관과 콘크리트의 단순누가 내력치($N_s + N_c$)를 나타내고 있다.

3.2.3 예측치에 대한 실험치 최대내력비와 콘크리트 강도(f_c) 관계

그림 5는 (5)~(8)식으로 구한 예측치에 대한 실험치의 비를 종축으로 하고 사용된 콘크리트의 압축강도를 횡축으로 한 비교 그래프이다. 그림에서 알 수 있듯이 보통강도 콘크리트와 고강도 콘크리트를 사용한 실험결과를 각각의 예측치로 비교한 결과 강도의 증가에 비해서 내력의 상승 폭은 그다지 크게 나타나지 않고 있음을 알 수 있다.

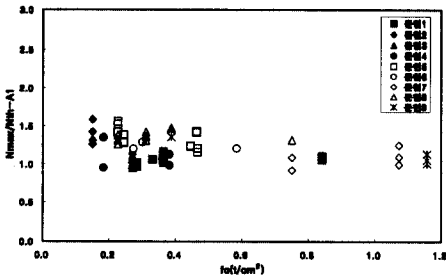
3.2.4 예측치에 대한 실험치 최대내력비와 지름-두께비(D/t_c)의 회귀식

그림 6은 예측치 (5)식~(8)식에 대한 실험치 최대내력비와 지름-두께비의 회귀식을 문헌 9의 실험 데이터를 이용하여 3차식과 4차식으로 회귀한 결과로 아래 (11)식~(12)식과 같다. 상관계수는 3차 회귀식의 경우 0.84, 4차 회귀식의 경우 1.0으로서 신뢰도는 다소 높게 나타났다.

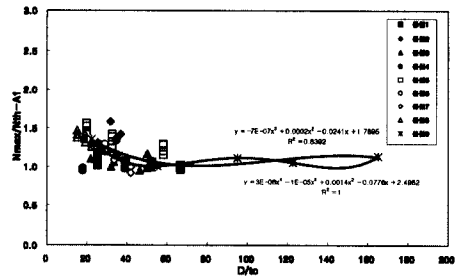
$$\left(\frac{N_{\max}}{N_{th-A1}}\right) = -7E-07\left(\frac{D}{t_c}\right)^3 + 0.0002\left(\frac{D}{t_c}\right)^2 - 0.0241\left(\frac{D}{t_c}\right) + 1.769 \quad (r^2 = 0.84) \quad (11)$$

$$\left(\frac{N_{\max}}{N_{th-A1}}\right) = 3E-08\left(\frac{D}{t_c}\right)^4 - 1E-05\left(\frac{D}{t_c}\right)^3 + 0.0014\left(\frac{D}{t_c}\right)^2 - 0.0776\left(\frac{D}{t_c}\right) + 2.4962 \quad (r^2 = 1.0) \quad (12)$$

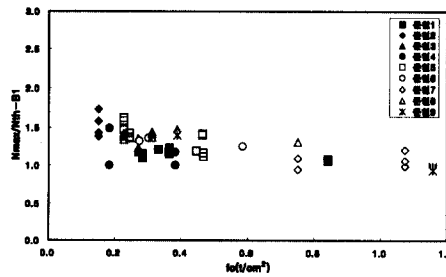
$$\left(\frac{N_{\max}}{N_{th-A2}}\right) = -1E-06\left(\frac{D}{t_c}\right)^3 + 0.0005\left(\frac{D}{t_c}\right)^2 - 0.0471\left(\frac{D}{t_c}\right) + 2.3494 \quad (r^2 = 0.99) \quad (13)$$



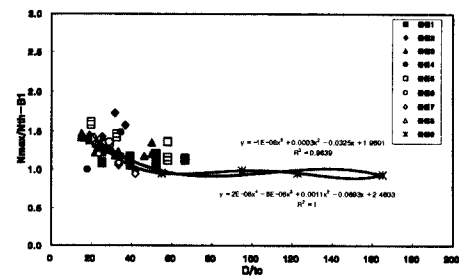
(a)



(a)



(b)



(b)

그림 5. 최대내력비와 콘크리트강도 (f_c) 관계

표 4. 실험치와 예측치의 비교

	시험채형	D	t	D/tc	σ_y	fc	Ec	Nth-A1	Nth-A2	Nth-B1	Nth-B2	Nmax	Nmax/Nth-A1	Nmax/Nth-A2	Nmax/Nth-B1	Nmax/Nth-B2	ieq	λ_{eq}
		cm	cm		t/cm ²	t/cm ²	t/cm ²	ton	ton	ton	ton	ton	ton	ton	ton	ton	ton	cm
1	C04LB	30	0.45	67	3.89	0.283	250	407	288	351	402	393	0.97	1.37	1.12	0.84	8.51	5
	C06LB	30	0.57	52	4.08	0.283	250	464	311	402	534	463	1.00	1.49	1.15	0.87	8.65	5
	C08LB	30	0.77	39	3.92	0.283	250	510	347	456	572	502	0.98	1.45	1.10	0.88	8.82	5
	C12LB	30	1.19	25	3.55	0.283	250	591	425	551	635	603	1.02	1.42	1.09	0.95	9.03	5
	C04MB	30	0.45	67	3.89	0.363	283	454	354	404	511	464	1.02	1.31	1.15	0.91	8.41	5
	C06MB	30	0.57	52	4.08	0.330	270	492	352	432	569	523	1.06	1.49	1.21	0.94	8.59	5
	C08MB	30	0.77	39	3.92	0.362	280	555	420	506	611	594	1.07	1.42	1.17	0.97	8.72	5
	C12MB	30	1.19	25	3.55	0.363	283	632	507	599	688	737	1.17	1.45	1.23	1.10	8.93	5
	C06HB	30	0.57	52	4.08	0.841	431	765	767	766	763	810	1.06	1.06	1.06	1.06	8.24	5
	C08HB	30	0.77	39	3.92	0.841	431	804	824	811	787	856	1.07	1.04	1.06	1.09	8.39	5
C12HB	30	1.19	25	3.55	0.841	431	865	945	886	818	958	1.11	1.01	1.08	1.17	8.60	5	
2	CF-1	7.63	0.24	32	3.08	0.150	182	25	16	23	28	40.2	1.58	2.56	1.73	1.44	2.33	4
	CF-2	8.85	0.24	37	3.15	0.150	182	32	19	29	35	45.4	1.42	2.33	1.58	1.28	2.68	4
	CF-3	10.16	0.40	25	3.34	0.150	182	56	32	51	61	73.2	1.31	2.32	1.43	1.20	3.13	4
	CF-4	10.16	0.42	24	3.71	0.150	182	63	32	58	70	80.2	1.26	2.47	1.38	1.15	3.14	4
3	C1	30.05	0.60	50	4.10	0.270	244	468	305	404	539	548	1.17	1.79	1.36	1.02	8.71	5
	C2	30.11	0.65	46	5.91	0.270	244	659	316	532	803	625	0.95	1.98	1.18	0.78	8.77	5
	C3	30.17	0.94	32	6.14	0.270	244	830	370	700	978	831	1.00	2.24	1.19	0.85	8.99	5
	C4	30.03	0.60	50	7.80	0.270	244	745	305	609	1024	735	0.99	2.41	1.21	0.72	8.70	5
	C5	20.05	0.60	33	7.80	0.270	244	419	161	361	539	446	1.06	2.78	1.23	0.83	5.96	5
	C6	20.13	0.92	22	7.83	0.270	244	560	200	506	674	619	1.10	3.10	1.22	0.92	6.10	5
4	S3LA	10.18	0.29	35	3.26	0.183	201	47	31	43	52	64.0	1.35	2.09	1.49	1.22	3.07	3
	S3HA	10.18	0.29	35	3.26	0.381	270	60	53	57	62	67.3	1.13	1.28	1.17	1.08	2.97	3
	S6LA	10.18	0.60	18	3.11	0.183	201	69	45	65	73	97.2	1.41	2.18	1.49	1.34	3.14	3
	S6HA	10.18	0.60	18	3.11	0.381	270	79	72	78	81	99.0	1.25	1.38	1.27	1.22	3.06	3
5	L-20-1	17.8	0.90	20	2.89	0.226	223	191	147	184	200	298	1.56	2.03	1.62	1.49	5.45	7
	L-20-2	17.8	0.90	20	2.89	0.226	223	191	147	184	200	291	1.52	1.98	1.59	1.46	5.45	7
	H-20-1	17.8	0.90	20	2.89	0.463	320	229	239	231	227	328	1.43	1.38	1.42	1.45	5.30	7
	H-20-2	17.8	0.90	20	2.89	0.463	320	229	239	231	227	324	1.41	1.36	1.40	1.43	5.30	7
	L-32-1	17.9	0.55	33	2.53	0.226	223	130	114	126	136	185	1.42	1.63	1.47	1.37	5.37	7
	L-32-2	17.9	0.55	33	2.53	0.244	232	134	120	130	138	185	1.38	1.54	1.42	1.34	5.35	7
	H-32-1	17.9	0.55	33	2.53	0.445	313	167	188	175	160	208	1.24	1.11	1.19	1.30	5.21	7
	H-32-2	17.9	0.55	33	2.53	0.445	313	167	188	175	160	207	1.24	1.10	1.19	1.30	5.21	7
	L-58-1	17.4	0.30	58	2.71	0.244	232	104	90	98	110	134	1.29	1.49	1.37	1.22	5.02	7
	L-58-1	17.4	0.30	58	2.71	0.244	232	104	90	98	110	133	1.28	1.48	1.36	1.21	5.02	7
	H-58-1	17.4	0.30	58	2.71	0.466	321	142	153	147	135	164	1.16	1.08	1.12	1.21	4.87	7
	H-58-2	17.4	0.30	58	2.71	0.466	321	142	153	147	135	171	1.21	1.12	1.16	1.26	4.87	7
6	TCW00	6.04	0.21	29	3.95	0.273	245	24	16	22	27	29	1.20	1.84	1.32	1.09	1.81	9
	TCS00	6.04	0.21	29	3.95	0.584	359	31	28	30	32	37	1.21	1.34	1.25	1.16	1.75	9
	BS1	6.04	0.21	29	3.20	0.300	257	21	17	20	22	27	1.29	1.59	1.36	1.22	1.81	10
7	C04MF	20.0	0.48	42	4.47	1.073	486	434	441	437	426	431	0.99	0.98	0.99	1.01	5.51	3
	C06MF	20.0	0.60	34	3.91	1.073	486	426	466	440	394	466	1.09	1.00	1.06	1.18	5.58	3
	C09MF	20.0	0.84	24	3.71	1.073	486	454	518	471	414	567	1.25	1.10	1.20	1.37	5.68	3
	C04MU	20.0	0.48	42	4.47	0.751	407	355	328	345	378	326	0.92	1.00	0.95	0.86	5.60	3
	C06MU	20.0	0.60	34	3.91	0.751	407	351	349	351	352	382	1.09	1.09	1.09	1.08	5.67	3
C09MU	20.0	0.84	24	3.71	0.751	407	383	394	386	377	505	1.32	1.28	1.31	1.34	5.78	3	
8	ALX	6.05	0.40	15	2.78	0.226	223	25.3	20.0	24.6	26.1	35.0	1.20	1.75	1.42	1.34	1.86	10
	AMX	6.05	0.40	15	2.78	0.311	262	26.8	24.4	26.5	27.2	38.1	1.21	1.56	1.44	1.40	1.84	10
	AHX	6.05	0.40	15	2.78	0.387	292	28.1	28.1	28.1	28.1	41.4	1.29	1.47	1.47	1.47	1.82	10
	BLX	7.63	0.40	19	3.19	0.226	226	39.2	27.6	37.3	41.4	51.6	0.99	1.87	1.38	1.25	2.34	10
	BMX	7.63	0.40	19	3.19	0.311	262	41.9	34.1	40.4	43.6	57.1	1.09	1.68	1.41	1.31	2.31	10
	BHX	7.63	0.40	19	3.19	0.387	292	44.1	39.5	43.2	45.2	62.6	1.25	1.59	1.45	1.38	2.29	10
	CLX	8.91	0.40	22	3.22	0.226	223	48.9	34.4	46.1	52.1	61.8	0.92	1.80	1.34	1.19	2.72	10
	CMX	8.91	0.40	22	3.22	0.311	262	52.7	42.7	50.5	55.2	69.1	1.09	1.62	1.37	1.25	2.68	10
CHX	8.91	0.40	22	3.22	0.387	292	55.9	49.7	54.4	57.6	75.9	1.32	1.53	1.39	1.32	2.66	10	
9	S30CS10A	16.5	0.30	55	3.71	1.157	505	271	303	286	234	273	1.01	0.90	0.95	1.17	4.46	13
	S20CS10A	19.0	0.20	95	2.77	1.157	505	408	371	347	214	343	1.12	0.92	0.99	1.60	5.01	13
	S16CS10A	19.0	0.16	123	3.21	1.157	505	315	362	347	241	332	1.05	0.92	0.96	1.38	4.96	13
	S12CS10A	19.0	0.12	165	1.88	1.157	505	274	353	333	138	312	1.14	0.88	0.94	2.26	4.91	13
	S10CS10A	19.0	0.10	200	2.15	1.157	505	280	349	334	156	313	1.12	0.90	0.94	2.01	4.89	14

N_{th}-A1 : (5)식에 의한 예측치 N_{th}-A2 : (6)식에 의한 예측치
 N_{th}-B1 : (7)식에 의한 예측치 N_{th}-B2 : (8)식에 의한 예측치 N_{max} : 실험치 최대내력

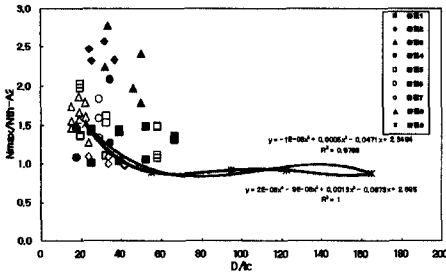
감사의 말

본 연구는 국립진주산업대학교 산업과학기술연구소의 지원을 받아 수행된 연구입니다.

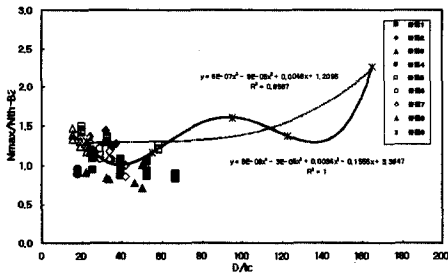
참고 문헌

- (1) 加藤 勉 : 1995. 2., “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, 제468호, pp. 183~191.
- (2) 姜賢植 : 1993. 6., “충전형콘크리트 角形 및 圓形鋼管柱의 最大耐力에 關한 實驗的 研究”, 漢陽大學校 大學院 碩士學位論文.
- (3) 木村 衛外 2人 : 1988. 10., “충전형鋼管 콘크리트 短柱 壓縮性狀”, 日本建築學會大會學術講演梗概集, pp. 1351~1352.
- (4) Kenji Sakino外 2人 : 1988. 5., “Sustaining Load Capacity of Plain Concrete Stub Column Confined by Circular Steel Tube”, Department of Architecture Faculty of Engineering Kyushu University, pp. 1~8.
- (5) Hiroyuki Hayashi外 1人 : 1991. “BEHAVIOR OF CONCRETE FILLED STEEL TUBULAR STUB COLUMNS UNDER CONCENTRIC LOADING”, ICCS-3, pp 25~30.
- (6) 河野昭彦外 1人 : 1987. 12., “繰返し軸方向力を受ける 콘크리트 충전鋼管部材의 彈塑性性狀에 關する 研究”, TAKENAKA 研究報告書, 721~728.
- (7) 岡本達雄外 8人 : 平成5年, “高強度 콘크리트 충전鋼管短柱(RUC柱)의 中心軸 壓縮實驗”, 日本建築學會近畿支部研究報告書, 2012~2017.
- (8) 朴正旻 : 1995. 12., “콘크리트 충전鋼管 部材를 利用한 複合構造 開發에 關한 研究”, 慶北大學校 大學院 博士學位論文.
- (9) M.D. O'SHEA外 1人 : 1995. 10., “CIRCULAR THIN WALLED CONCRETE FILLED STEEL TUBES”, PSSC-4, 53~58.

(접수일자 : 1998년 6월 27일)



(c)



(d)

그림 6. 최대내력비와 지름-두께비의 회귀

4. 결 론

(1) 아래식으로 계산한 콘크리트 강도에 따른 충전강관 단주의 최대내력 예측치와 실험치를 평가한 결과 평균 1.20, 표준편차 0.17, 분산 0.03으로 나타났다.

$$N_{max} = A_s \sigma_{cr} + A_s f_c \cdot \min \left[1 + \alpha \left(\frac{E_c \sigma_{cr}}{E_s f_c} - 1 \right), \beta \right]$$

(2) 예측치에 대한 실험치의 최대내력비와 지름-두께비 (D/t_c)의 관계는 분명하지가 않고 좀 더 추가적인 연구가 필요하리라 사료된다.

(3) 예측치에 대한 실험치 최대내력비와 지름-두께비 관계는 다항식(11~13)을 이용한 회귀결과 상관계수가 0.8~1.0으로 나타났다.

(4) 예측치에 대한 실험치 최대내력비와 콘크리트 강도(f_c) 관계에서는 강도의 증가에 비해서 하중비의 상승폭은 그다지 크게 나타나지 않고 있음을 알 수 있다.