

충전 각형강관 기둥의 내력 평가에 관한 연구

A Study on the Strength of Concrete Filled Steel Tubular Column

안 형 준*

Ahn, Hyung-Joon

Abstract

A study on the strength of steel tubular column filled with concrete under cocentrically compressed load is presented in this paper. This paper is structured as follows. The first section briefly discusses the M-N relationship formula derived for CFT, highlighting the additional moment effect. Next, the simple superposed method used to generate the strength formula of CFT loaded concentrically is described. In the final portion of this paper, the presented formula is compared to experimental data reported. The applicability of CFT strength formula presented here is limited somewhat by scope of concrete strength but can predict the strength of CFT simply and rapidly. The objective of this paper is to approach the strength of CFT theoretically and to examine the feasibility of presented formula.

Keywords : CFT, simple superposed method, Effect of concrete filled

1. 서 론

H형강을 기둥부재로 사용할 경우, 볼트접합이 유리하고 접합부의 가공이나 조립이 용이하다는 장점이 있지만 단면의 이방성(異方性)때문에 약축에 대한 휨모멘트에 취약할 수밖에 없으며 비틀림에 대한 저항도 강관에 비해 뒤진다는 약점이 두드러진다. 그러나 일반적으로 강관과 같은 폐쇄형 단면은 H형강과 같은 개방형 단면에 비해 비틀림강성이 높고 압축이나 휨을 받는 기둥부재

로 사용할 경우 부재의 중량을 경감할 수 있다는 이점을 갖고 있다. 더욱이 강관 내부에 콘크리트를 충전하므로써 부재의 압축강도가 증가하고 비틀림에 대한 저항능력도 우수해진다. 또한 변형능력면에서도 성능이 향상되고 강관 단면의 증가 없이 내력 상승효과를 기대할 수 있다. 시공성에 있어서 콘크리트에 대한 거푸집공사의 생략으로 비용 절감효과를 가져올 수 있다. 이와 같이 충전강관이 고층건축물에 기둥부재로 사용되어질 경우 구조적으로 유리하다고 할 수 있다. 영국에서는

* 정회원 강남대학교 교수, 공학박사

• 본 논문에 대한 토의를 2000년 6월 30일까지 학회로 보내 주시면 2000년 7월호에 토론결과를 게재하겠습니다.

1960년 후반부터 피복형 합성기둥에 관한 연구가 진행되어 왔고, 미국에서는 ACI63에 피복형에 관한 규정만을 다루고 있다가 ACI71에 충전형에 대한 규정을 새로이 추가하였다. 한편 국제강관 구조 개발 위원회(CIDECT)에서는 1970년 충전형 강관기둥에 관한 모노그래프 NO.1이라는 설계교재를 발간하기도 하였고 계속적으로 연구가 진행 중이다. 이처럼 외국 선진국에서는 기둥부재로서 강관의 효율적인 이용에 관심이 높아지고 있으며 관련된 연구에 의한 기술 발전으로 강관의 이용이 증가하고 있고, 고층건축물에 대형 강관의 적용을 바라보고 있다. 본 연구는 이론적 접근방법을 통해 중심 압축을 받는 충전 각형강관 기둥의 내력식을 유도해 보고, 이 수식의 타당성 여부를 실험 데이터와 비교하여 밝히고자 한다.

2. 휨모멘트-축력의 기본 방정식

기둥의 다양한 하중 조건 가운데 양단에서 각각 다른 휨모멘트를 받고 동시에 중심 축력을 받는 경우에 대해 나타내면 Fig. 1과 같다. 단 이 경우 양단의 주두의 이동은 없다. Fig. 1에서 기둥이 약간 휨 상태에서도 평형을 유지한다는 가정하에 식(1)과 같은 평형방정식을 세울 수가 있다.

$$EI \frac{d^2 y}{dx^2} + N \cdot y + M_1 - (1 - \beta) M_1 \frac{x}{l} = 0 \quad (1)$$

식(1)의 해는 미분2차방정식을 풀면 얻을 수 있고 다시 두 번 미분하면 모멘트를 구할 수 있다.

$$M = -EI \frac{d^2 y}{dx^2} = M_1 \left[\frac{\beta - \cos z}{\sin z} \sin \frac{zx}{l} + \cos \frac{zx}{l} \right] \quad (2)$$

여기서 $z = \sqrt{N/(EI)}$ 이고 이 식을 이용하여 최대 모멘트를 구하기 위해 x 에 대해 미분하여

0이 되는 위치를 계산하여 다시 식(2)에 대입하면 다음과 같다.

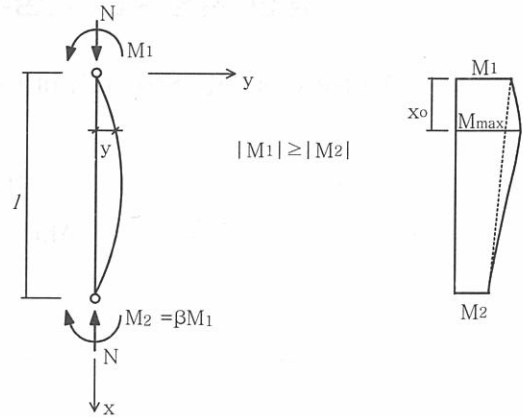


Fig. 1 축력과 휨모멘트가 작용하는 기둥

$$M_{max} = \frac{\sqrt{1 + \beta^2 - 2\beta \cos \pi \sqrt{\frac{N}{N_e}}}}{\sin \pi \sqrt{\frac{N}{N_e}}} M_1 \quad (3)$$

여기서 N_e 는 Euler 좌굴하중($= \pi^2 EI / l^2$)이다. 만약 양단에서 같은 크기의 모멘트 즉, $\beta = 1$ 이라면 최대모멘트는 식(4)로 주어질 것이다.

$$M_{max} = \frac{M_1}{\cos \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{N}{N_e}}} \doteq \frac{M_1}{1 - \frac{N}{N_e}} \quad (4)$$

여기서 주목해야 할 것은 최대모멘트가 부재의 양단의 모멘트가 아니라 내부의 어느 위치라는 점으로 그 크기는 양단의 모멘트 가운데 큰 모멘트에 $(1 - N/N_e)$ 를 곱해 부가모멘트 효과가 있음을 보이는 것이다. 이 식은 세계 각 국에서 축력과 휨모멘트에 관한 규준식에 응용되고 있는 기본적인 식이다.

축력과 휨모멘트가 동시에 작용할 때 응력 계산식으로부터 탄성한계 내력은 식(5)로 표현할 수 있다.

$$M_{prop} = \left(1 - \frac{N}{N_y}\right) M_y \quad (5)$$

여기서 $N_y = f_y \cdot A$ (f_y : 항복강도, A : 단면적)

$$M_y = f_y \cdot Z \quad (Z: 단면계수)$$

식(4)와 식(5)를 등치시키면 탄성 범위 내에 적용할 수 있는 휨모멘트-축력 상관식을 얻을 수 있다.

$$\frac{N}{N_y} + \frac{M_1}{M_y \left(1 - \frac{N}{N_e}\right)} = 1 \quad (6)$$

이 관계식을 소성 범위까지 확대시키기 위해 휨모멘트-곡률 관계가 이상적이라는 가정하에 소성단면계수와 소성모멘트 도입하면 될 것이다. 한 가지 예로 Fig. 2에 나타낸 H형강의 경우 식(7)로서 나타낼 수 있다.

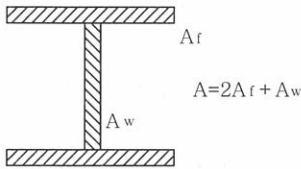


Fig. 2 H형강

$$M_{pl} = \frac{2A}{A + 2A_f} \left(1 - \frac{N}{N_y}\right) M_p \approx 1.14 \left(1 - \frac{N}{N_y}\right) M_p \quad (7)$$

따라서 식(4)와 식(7)을 등치시키면 H형강에 대한 휨모멘트-축력 관계를 표현할 수 있다.

$$\frac{N}{N_y} + \frac{M_1}{1.14 \left(1 - \frac{N}{N_e}\right) M_p} = 1 \quad (8)$$

그런데 식(8)은 앞서 가정한 것과 같이 재료가 이상화된 경우이므로 현실에 맞게 수정될 필요가 있을 것이다. 즉 이 식에 항복 후 비탄성좌굴을 고려해 항복하중 N_y 를 임계하중 N_{cr} 로 바꾸고 잔류응력에 대한 영향 등을 고려해 1.14를 무시하고, 단부 모멘트 M_1 을 내력 M 으로 치환한다면 휨모멘트-축력의 기본 방정식을 얻을 수 있고, 모멘트에 0를 대입하면 중심 축하중을 받을 때의 내력을 산정해 낼 수 있다.

$$\frac{N}{N_{cr}} + \frac{M}{\left(1 - \frac{N}{N_e}\right) M_p} = 1.0 \quad (9)$$

임계하중 N_{cr} 은 각 국의 기준에서 표현하는 방법은 조금씩 다르지만 거의 유사한 값을 갖는다. 우리나라의 강구조한계상태설계법은 다음과 같이 정의하고 있다.

$$N_{cr} = \begin{cases} 0.65^{\lambda_c^2} \cdot f_y \cdot A & (\lambda_c \leq 1.5) \\ \left(\frac{0.85}{\lambda_c^2}\right) \cdot f_y \cdot A & (\lambda_c > 1.5) \end{cases} \quad (10)$$

$$\text{여기서 } \lambda_c = \frac{kL}{\gamma\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}}$$

k : 좌굴길이계수 γ : 단면2차반경

3. 중심 압축을 받는 충전 각형강관 기 등의 내력 계산

3.1 내력 계산을 위한 가정

중심 압축을 받는 충전 강관의 경우 그 내력은 콘크리트와 강관의 구속효과에 의해 향상된다는 점은 널리 인정된 사실이고, 그 효과는 원형강관에 이 각형강관에 비해 탁월하다고 알려져 있다.

구속효과가 발휘되기 시작하는 시점은 충전된

콘크리트가 부서지기 시작할 무렵으로, 이 때의 변형도 수준에서는 콘크리트의 포아송비(Poisson ratio)가 급격히 증가하여 팽창하게 된다. 결국 콘크리트는 삼축응력 상태가 되고 강관의 경우 이축응력 상태가 되어 구속효과가 발휘되는 것이다.

하지만 평활한 면을 갖는 각형강관의 경우, 이와 같은 응력상태를 오래 유지한다는 것은 불가능하여 구속효과에 의한 내력상승은 거의 없지만, 강관 기둥의 국부좌굴에 대한 억제 효과가 발휘되어 콘크리트의 강도가 클수록 연성적 거동을 하며 파괴된다.

따라서 중심압축을 받는 각형강관 기둥의 내력은 콘크리트 부분과 강관 부분의 내력을 단순 누가하여 산정해도 좋은 결과를 얻을 수 있을 것으로 판단된다. 즉 콘크리트만이 받을 수 있는 최대 내력을 기준으로 다음 수식과 같이 내력을 가정한다.

$$N = N_c' + N_s' \quad (11)$$

여기서 첨자 c와 s는 각각 콘크리트와 강관을 의미한다. 즉 N_c' 는 콘크리트 부분이 압축력만을 받을 때의 내력을 나타내고 N_s' 는 강관 부분이 압축력만을 받을 때의 내력이다. 그런데 식(11)에는 직접 나타나 있지 않지만, 콘크리트 부분과 강관 부분은 세장비 혹은 Lk/D 의 영향을 받게 되어 그 내력이 결정되므로 장, 단주의 경우에 대해 각각의 사항을 결정해야 한다.

3.2 강관 부분의 내력

강관 부분의 내력은 기준화한 세장비의 함수로 나타낸 식(10)의 강구조한계상태설계법 규준식 (sN_{cr}), Euler좌굴하중(sN_e), 그리고 항복하중(sN_y)을 산정하고 비교하여 작은 값을 취하도록 한다. Fig. 3에서 알 수 있듯이 이렇게 비교한 값 가운데 sN_{cr} 값이 제일 작아 이 값으로 결정됨

을 알 수 있다. 이 수식에는 이미 부재의 세장비에 대한 영향이 포함된 상태로 각국마다 표현에 약간씩 차이가 있지만 거의 유사한 수식을 사용하고 있다.

$$N_s' = \begin{cases} sN_{cr} = \text{식(10)} \\ sN_e = \pi^2 E_s I_s / L_k^2 \text{ 중 작은 값} \\ sN_y = A_s \cdot f_y \end{cases} \quad (12)$$

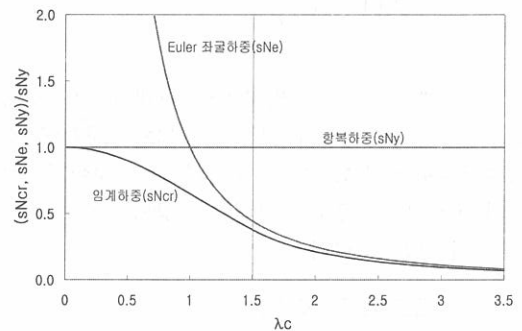


Fig. 3 강관 부분의 내력 산정

3.3 콘크리트 부분의 내력

콘크리트 부분의 내력 평가도 강관부분과 마찬가지로 세장비와 무근 콘크리트 기둥의 관계를 나타낸 수식 Euler좌굴하중 그리고 항복하중을 비교해야 하지만 무근 콘크리트에 대한 실험 연구 자료는 구하기 매우 어려운 실정이다. 결국 Euler 좌굴하중 항복하중만의 비교로 결정해야 하는데 이는 세장비의 영향을 콘크리트 내력에 포함시키기 위해 강관 내부의 콘크리트가 휨모멘트와 축력을 동시에 받고 있다는 Fig. 4와 같은 상태에서 힘의 평형조건을 이용하여 모멘트-축력의 상관관계를 유도하여 구할 수 있다. 단 콘크리트는 인장력을 받지 못하는 것으로 가정한다.

$$N_c = \alpha f'_c \cdot D_c \cdot x_n \quad (13a)$$

$$M_c = \alpha f'_c \cdot D_c \cdot x_n \cdot \frac{1}{2} (D_c - x_n) \quad (13b)$$

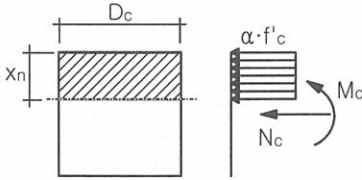


Fig. 4 콘크리트 부분의 내력 산정 조건

여기서 α 는 등가응력블록 계수로 단주의 범위 ($L_k/D \leq 12$)에서는 콘크리트의 압축면적 전체에 걸쳐 균등한 응력을 받는 것으로 판단하여 1.0을 사용했으며, 장주의 범위($L_k/D > 12$)에서는 초기 휨 등의 영향으로 전체에 걸쳐 균등한 응력을 받기 힘들 것으로 생각하여 0.85를 대입하여 계산하였다.

위 두 식에서 중립축까지의 거리를 제거하면 휨모멘트와 축력의 관계를 얻을 수 있지만 이 관계식에는 단면의 휨모멘트-축력 관계로 부재의 길이에 따른 부가모멘트 효과가 고려되지 않은 것이다. 따라서 이 점을 고려하기 위해 단면의 휨모멘트 M_c 를 축력 N_c 에 대해 나타내고 여기에 $(1 - N_c/N_e)$ 를 곱하면 다음과 같다.

$$M_c = \frac{D_c}{2} N_c \left(1 - \frac{N_c}{\alpha N_y}\right) \left(1 - \frac{N_c}{\alpha N_e}\right) \quad (14)$$

여기서 $\alpha N_y = \alpha f'_c (D_c - 2t)^2$ (t :강관의 두께)

$$\alpha N_e = \pi^2 E_c I_c / L_k^2$$

그런데 식(14)로부터 휨모멘트가 0이 되는 경우에는 콘크리트가 압축력만을 받을 때의 내력, 즉 N_c' 를 구할 수 있다.

$$\frac{D_c}{2} N_c \left(\frac{N_c}{\alpha N_y} - 1\right) \left(\frac{N_c}{\alpha N_e} - 1\right) = 0$$

$$N_c^2 - (\alpha N_y + \alpha N_e) N_c + \alpha N_y \cdot \alpha N_e = 0$$

$$N_c' = \begin{cases} \alpha N_y = \alpha f'_c (D_c - 2t)^2 \\ \alpha N_e = \pi^2 E_c I_c / L_k^2 \end{cases} \quad \text{중 작은 값} \quad (15)$$

N_c' 는 두 가지 값을 갖지만 작은 쪽을 선택한다. 지금까지 계산한 각각의 내력을 이용하여 식(11)을 정리하여 표현하면 식(16)과 같다.

i) 단주인 경우 : ($\lambda_c \leq 1.5$)

$$\begin{aligned} N &= {}_s N_{cr} + N_c' \\ &= 0.65 \lambda_c^2 \cdot f_y \cdot A_s + (\alpha N_y \text{ or } \alpha N_e) \end{aligned} \quad (16a)$$

ii) 장주인 경우 : ($\lambda_c > 1.5$)

$$\begin{aligned} N &= {}_s N_{cr} + N_c' \\ &= \left(\frac{0.85}{\lambda_c^2}\right) \cdot f_y \cdot A_s + (\alpha N_y \text{ or } \alpha N_e) \end{aligned} \quad (16b)$$

4. 실험 결과

이상의 연구를 실험 결과와 비교하여 그 타당성을 살펴보고자 한다. 비교에 사용할 실험 데이터는 참고문헌 [2]와 [3]에서 발췌한 것이다.

실험은 \square -125×125×4.5(mm)의 각형강관을 대상으로 L/D (L : 실험체 길이, D : 단면 폭)를 4, 8, 12, 18, 24, 30의 6가지 타입에 대해, 비충전, 보통강도 콘크리트 충전, 그리고 고강도 콘크리트를 충전한 실험을 수행하였다. 각 실험체의 치수 및 결과는 Table 1에 정리하였으며, Fig. 5에 가력 방법을 나타내었다.

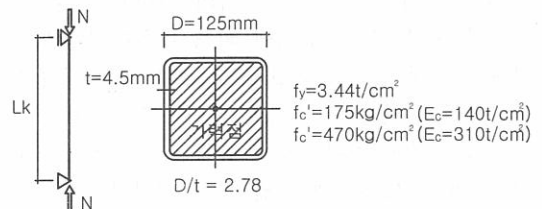


Fig. 5 가력 방법

Table 1 실험체 치수 및 결과

| 실험체명 | L (cm) | L/D | L _k (cm) | λ _c | P _u (ton) | 충전강도 |
|-------|--------|-----|---------------------|----------------|----------------------|------|
| S4-0 | 50 | 4 | 69.16 | 0.182 | 72.98 | - |
| S8-0 | 100 | 8 | 120.71 | 0.318 | 71.46 | - |
| S12-0 | 150 | 12 | 171.24 | 0.451 | 65.51 | - |
| S18-0 | 225 | 18 | 246.81 | 0.650 | 58.53 | - |
| S24-0 | 300 | 24 | 322.15 | 0.846 | 57.89 | - |
| S30-0 | 375 | 30 | 397.00 | 1.046 | 49.59 | - |
| N4-0 | 50 | 4 | 69.16 | 0.182 | 105.82 | 175 |
| N8-0 | 100 | 8 | 120.71 | 0.318 | 100.73 | 175 |
| N12-0 | 150 | 12 | 171.24 | 0.451 | 92.2 | 175 |
| N18-0 | 225 | 18 | 246.81 | 0.650 | 87.52 | 175 |
| N24-0 | 300 | 24 | 322.15 | 0.846 | 79.04 | 175 |
| N30-0 | 375 | 30 | 397.00 | 1.046 | 61.66 | 175 |
| H4-0 | 50 | 4 | 69.16 | 0.182 | 144.68 | 470 |
| H8-0 | 100 | 8 | 120.71 | 0.318 | 142.36 | 470 |
| H12-0 | 150 | 12 | 171.24 | 0.451 | 135.27 | 470 |
| H18-0 | 225 | 18 | 246.81 | 0.650 | 112.36 | 470 |
| H24-0 | 300 | 24 | 322.15 | 0.846 | 97.52 | 470 |
| H30-0 | 375 | 30 | 397.00 | 1.046 | 69.07 | 470 |

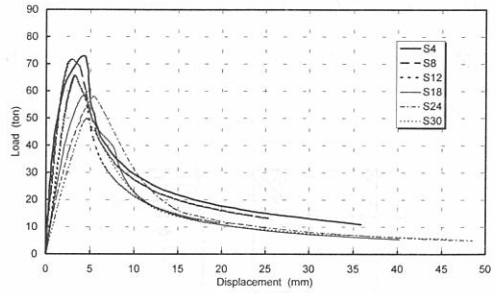
H12-0
 ┌───┐
 │ │
 └───┘
 ┌───┐
 │ │
 └───┘
 ┌───┐
 │ │
 └───┘

관심거리(cm)
 L/D
 충전여부 (S : 비충전, N : 보통강도 충전, H : 고강도 충전)

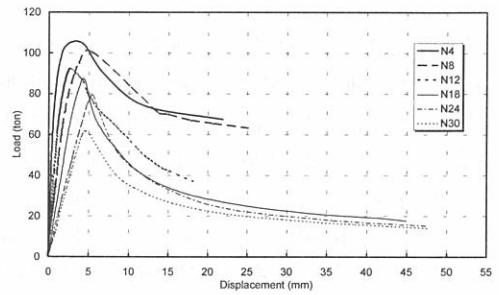
L : 실험체 길이 D : 각형강관 폭
 L_k : 유효좌굴길이 λ_c : 기준화한 강관만의 세장비

Fig. 6은 L/D에 따른 비충전 시험체와 충전 시험체의 좌굴하중의 변화를 나타내고 있다. 비충전 시험체와 충전 시험체 모두 L/D 증가함에 따라 좌굴하중이 감소하는 것으로 나타났지만, 비충전 시험체의 경우 L/D와 관계없이 대부분의 실험체에서 유사한 내력감소 양상을 나타내고 있으나, 충전시험체는 L/D 8이하에서 비교적 완만한 내력감소를 나타내고 있다.

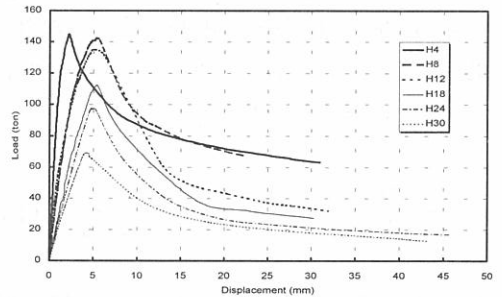
이러한 현상은 L/D 8이하의 시험체는 강관의 항복과 콘크리트의 압괴에 의해서 최대내력에 도달한 이후에 강관에 대한 콘크리트의 국부좌굴 억제효과가 발현되어 내력의 감소를 완만하게 하고 있으나, L/D 12이상의 시험체는 휨좌굴이 지배적이므로 최대내력에 도달한 후 급격한 내력감소가 나타나는 것으로 판단된다.



(a) 비충전 실험체



(b) 보통강도 충전 실험체



(c) 고강도 충전 실험체

Fig. 6 기둥 실험체의 하중-축변위 관계

5. 비교 · 분석

5.1 비충전 실험체의 내력 비교

비충전 실험체의 경우 그 내력은 앞서 밝히 것처럼 식(12)의 3가지 수식 값 가운데 가장 작은 값을 선택하도록 한다.

Table 2 비충전 실험체의 내력 계산

| 실험체 | P_u (tf) | sN_{cr} (tf) | sN_e (tf) | sN_y (tf) |
|-------|------------|----------------|-------------|-------------|
| S4-0 | 72.98 | 71.79 | 2192.60 | 72.82 |
| S8-0 | 71.46 | 69.72 | 719.75 | 72.82 |
| S12-0 | 65.51 | 66.71 | 357.65 | 72.82 |
| S18-0 | 58.53 | 60.70 | 172.16 | 72.82 |
| S24-0 | 57.89 | 53.50 | 101.68 | 72.82 |
| S30-0 | 49.59 | 45.46 | 66.54 | 72.82 |

실험장치에 대한 보정을 거쳐 계산한 λ_c 의 계산결과, L/D=30인 경우도 1.046으로 단주 영역에 속하는 것으로 나타났다. 비충전 실험체의 경우 -8.3~+3.7%정도의 오차를 보일 정도로 규준식의 계산값이 좋은 대응을 보이고 있고, 확인해 본 바 일본의 규준식보다도 오히려 좋은 결과를 낳고 있다.

5.2 보통강도 충전 실험체

보통강도 충전 실험체의 경우 충전용 콘크리트의 설계기준 압축강도를 210kgf/cm²으로 계획하고 타설하였으나 시험결과 175라는 비교적 낮은 압축 강도 결과를 가져왔다. 이 실험체의 경우 계산 근거는 Table 3과 같다.

Table 3 보통강도 충전 실험체의 내력 계산

| 실험체 | P_u (tf) | N'_s sN_{cr} (tf) | N'_c | | $N'_s + N'_c$ |
|-------|------------|--------------------------|-------------|-------------|---------------|
| | | | cN_y (tf) | cN_e (tf) | |
| N4-0 | 105.82 | 71.79 | 25.41 | 435.88 | 97.20 |
| N8-0 | 100.73 | 69.72 | 25.41 | 143.08 | 95.13 |
| N12-0 | 92.2 | 66.71 | 25.41 | 71.10 | 92.12 |
| N18-0 | 87.52 | 60.70 | 21.60 | 34.23 | 82.30 |
| N24-0 | 79.04 | 53.50 | 21.60 | 20.21 | 75.10 |
| N30-0 | 61.66 | 45.46 | 21.60 | 13.23 | 67.06 |

Table 3에서 L/D가 8 이하인 단주 영역에 속하는 기둥의 경우 계산값과 약간의 오차가 있다. 이것은 앞서 각 실험체의 결과에서 거동상의 특징에서 언급했던 강관의 국부좌굴 억제효과에서 기인하는 것이라 생각한다.

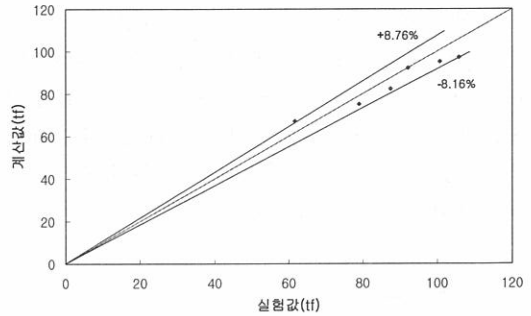


Fig. 7 실험값과 계산값의 비교(보통강도 충전)

5.3 고강도 충전 실험체

마지막으로 고강도 충전 실험체의 내력을 비교하고자 한다. 충전한 콘크리트의 강도가 높을수록 합성기둥의 거동은 연성적인 거동의 특징을 보이지만 본 연구의 비교 대상 실험체의 경우 몇몇 실험체에서 충전 불량에서 오는 강관의 성급한 국부좌굴로 전체의 내력이 결정된 경우도 있음을 알 수 있었다. 내력 산정은 Table 4와 같다.

Table 4 고강도 충전 실험체의 내력 계산

| 실험체 | P_u (tf) | N'_s sN_{cr} (tf) | N'_c | | $N'_s + N'_c$ |
|-------|------------|--------------------------|-------------|-------------|---------------|
| | | | cN_y (tf) | cN_e (tf) | |
| H4-0 | 144.68 | 71.79 | 68.25 | 965.17 | 140.04 |
| H8-0 | 142.36 | 69.72 | 68.25 | 316.83 | 137.97 |
| H12-0 | 135.27 | 66.71 | 68.25 | 157.44 | 134.96 |
| H18-0 | 112.36 | 60.70 | 58.01 | 75.79 | 118.71 |
| H24-0 | 97.52 | 53.50 | 58.01 | 44.76 | 98.26 |
| H30-0 | 69.07 | 45.46 | 58.01 | 29.29 | 74.75 |

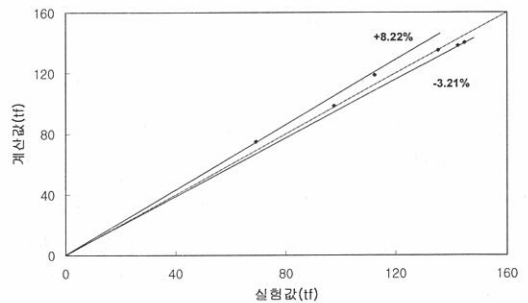


Fig. 8 실험값과 계산값의 비교(고강도 충전)

계산한 결과 오차는 +8.22~-3.21% 정도에서 좋은 대응을 보이고 있다. 보통강도 실험체의 L/D 8 이하에서의 거동의 특징은 다소 덜한 것으로 나타났다. 이것은 앞서 언급한 것과 같이 성급한 강관의 국부좌굴에 의해 전체 내력이 결정되었기 때문으로 사료된다.

6. 결 론

압축력을 받는 충전형 각형강관 기둥의 내력을 단순누가 방식으로 구해 실험값과 비교해 좋은 대응을 보이는 결과를 가져왔다. 이와 같은 사실을 통해 다음과 같은 연구 결과를 얻을 수 있었다.

- 1) 충전 각형강관의 경우 구속효과는 원형강관에 비해 대단히 떨어지며, 길이가 길어질수록 그 효과는 무시할 정도로 작아진다.
- 2) 압축력을 받는 콘크리트의 내력 계산시 등가 응력블럭 계수로 단주의 영역($L/D \leq 12$)에서는 1.0으로 하고, 장주의 영역($L/D > 12$)에서는 0.85를 취하는 것이 합리적인 것이다.
- 3) 콘크리트 충전 각형강관 기둥에서 구속효과를 무시하고 강관부분과 콘크리트 부분의 내력을 각각 계산하여 단순누가 하여 평가해도 좋은 대응을 보인다.
- 4) 비록 일본의 「콘크리트충전 강관구조 설계시 공지침」을 참고로 L/D의 값에 따라 장단주를 구분했지만 내력산정 과정 중 장단주 부분의 기준이 각각 따로따로 정해져 있어 모순됨을 알 수 있었다.

본 연구의 범위는 아니지만 편심을 받는 충전 각형강관 기둥의 모멘트-축력 상관관계를 유도하기 위해서 본 연구 결과를 적용하는 것이 가능하다고 생각하지만 이 경우 Euler 좌굴하중에 대한 수식에 있어서 합성된 상태의 휨강성(EI)을 단순 누가가 아닌 보다 정확히 평가하는 것이 우선일 것이다.

참고문헌

1. 강현식(1993), 充填콘크리트 圓形 및 角形鋼管柱의 最大耐力에 關한 實驗的 研究, 한양대 석사학위 논문.
2. 최영환(1995), 편심축압력을 받는 콘크리트 충전 각형강관 기둥의 거동에 관한 실험적 연구, 한양대 석사학위 논문.
3. 이상섭(1996), 편심 압축력을 받는 고강도 콘크리트 충전 각형강관 기둥의 거동에 관한 연구, 한양대 석사학위 논문.
4. R. W. Furlong(1967), Strength of steel-encased concrete beam-columns, Jour. of Str. Div, ASCE, 93(5).
5. M. Tomii, C. Matsui and K. Sakino (1974), Concrete-filled steel tube structures, Arch. Inst. Japan, Tokyo.
6. 日本建築學會(1992), 鋼構構造設計施工指針·同解説(1990년 개정판)
7. W. F. Chen and T. Atsuta(1976), Theory of Beam-Column, McGraw Hil.
8. W.F. Chen(1987), Strucrural Stability, ELSEVIER.
9. Robert B. Knowles & Robert Park(1970), Axial Load Design for Concrete Filled Steel Tubes, Jour. of Str. Div. Proc. of the ASCE, Vol96, No.ST10.
10. AISC(1994), LOAD & RESISTANCE FACTOR DESIGN, second edition
11. 일본건축학회(1997), 콘크리트 충전 강관 구조 설계 시공지침, 1997년 제정

(접수일자 : 2000. 3. 31)