

鋼管によるコンクリートの側方拘束に関する一考察

岐阜大学 正員 小林 和夫

1. まえがき

本報告はコンクリート充填管(鋼管内にコンクリートと充填したもの)が中に軸圧縮荷重を受ける場合の圧縮耐力を検討したものである。この場合、荷重の増加とともに縦ひずみが増大するとコンクリートの横ひずみが鋼管のそれより大きくなり、コンクリートの横変形が鋼管により拘束される。このためにコンクリートは側方より圧縮応力を受けて三軸応力状態となり、一方、鋼管には軸方向応力と同時にフープテンションが作用する。この応力状態における充填管の圧縮耐力は、コンクリートと鋼管の圧縮耐力を単純に加算して求めることは問題が残り、それより大きくなる¹⁾といわれている。ここでは、以上の実を考慮に入れて充填管の圧縮耐力を推定する一つの方法について検討した。

2. 充填管の圧縮耐力の一算定法

いま、コンクリートの横方向変形が鋼管によって拘束されるために生ずる拘束圧を p とすれば、破壊時におけるコンクリートの圧縮応力 σ_c' は次式で与えられる。

$$\sigma_c' = \sigma_c + k p \quad (1)$$

ここで、 σ_c はコンクリートの一軸圧縮強度、 k は側方より圧縮応力を受けた場合の軸方向強度の増加を表わす係数である。

一方、鋼管には軸方向応力 σ_s' と同時に、拘束圧 p による $\sigma_s = \frac{r}{t} p$ (r : 鋼管の半径, t : 鋼管の肉厚)なる大きさのフープテンションが作用している。いま、鋼管の破壊が剪断ひずみエネルギー説に従うものと仮定すれば、 σ_s' と σ_s の間に次の関係が存在する。

$$(\sigma_s' - \frac{r}{t} p)^2 + \sigma_s'^2 + (\frac{r}{t} p)^2 = 2 \sigma_{sy}^2 \quad (2)$$

ただし、 σ_{sy} は鋼管の降伏点強度を示し、 σ_s' は引張応力と正としている。

式(2)より、 σ_s' を求める

$$\sigma_s' = \frac{r}{2t} p \pm \sqrt{\sigma_{sy}^2 - \frac{3}{4} (\frac{r}{t} p)^2} \quad (3)$$

$$k \text{ 値は, } 0 \leq p \leq \frac{2}{\sqrt{3}} \frac{t}{r} \sigma_{sy} \quad (4)$$

なお、この場合のように圧縮荷重を対象とする場合には、拘束圧が存在しない($p=0$)とき $\sigma_s' = -\sigma_{sy}$ であるから式(3)の(±)符号のうち、(−)の方を採用する。

したがって、中に軸荷重を受ける充填管の圧縮耐力(座屈は考えない)は次式で表わされる。

$$P = A_c \sigma_c' - A_s \sigma_s' = \pi r^2 \sigma_c' - 2\pi r t \sigma_s' = \pi r^2 (\sigma_c' - \frac{2t}{r} \sigma_s') \quad (5)$$

式(5)に式(1)、(3)を代入すると、圧縮耐力 P として次式(6)となる。

$$P = \pi r^2 \left[\sigma_c + (k-1)p + \frac{2t}{r} \sqrt{\sigma_{sy}^2 - \frac{3}{4} (\frac{r}{t} p)^2} \right] \quad (6)$$

式(6)のように、充填管の圧縮耐力 P は鋼管による拘束圧 p の函数となるが、いま P を p で微分すると、

$$\frac{dP}{dp} = \pi r^2 \left[\left\{ (k-1) \sqrt{\sigma_{sy}^2 - \frac{3}{4} (\frac{r}{t} p)^2} - \frac{3}{2} (\frac{r}{t} p) \right\} / \sqrt{\sigma_{sy}^2 - \frac{3}{4} (\frac{r}{t} p)^2} \right] \quad (7)$$

k の値は、コンクリートの品質、側方圧等によって変化する。一般には $k=2 \sim 6$ の範囲にあるから式(6)の P は次式(8)の p のとき最大値となり、充填管の圧縮耐力はこの p を式(6)に代入するこ

て求める。

$$p = \frac{2}{3} \frac{f_c (k-1)}{\sqrt{1+(k-1)^2/3}} \bar{\sigma}_{sy} = (0.6 \sim 1.1) \frac{f_c}{f} \bar{\sigma}_{sy} < \frac{2}{\sqrt{3}} \frac{f_c}{f} \bar{\sigma}_{sy} = 1.15 \frac{f_c}{f} \bar{\sigma}_{sy} \quad (8)$$

(式(4)より $p \leq \frac{2}{\sqrt{3}} \frac{f_c}{f} \bar{\sigma}_{sy}$)

一方、コンクリートと鋼管の圧縮耐力を単純に加算した場合の耐力は次式で与えられる。

$$P = \pi r^2 \left(\sigma_c + \frac{2f_c}{f} \bar{\sigma}_{sy} \right) \quad (9)$$

3. 計算例と試験値との比較

ここでは、文献(3)に報告されているデータに基づいて上記の式(6)および(9)から充填管の圧縮耐力を計算し、試験値と比較することにする。試験値はコンクリートならびにモルタルを充填した2種類について報告されており、各々次のようである。

$$\begin{cases} \text{コンクリートの場合: } \phi 10 \times 20^{\text{cm}}, t = 0.28^{\text{mm}}, \bar{\sigma}_{sy} = 29.6 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2} \\ \text{モルタルの場合: } \phi 5 \times 10^{\text{cm}}, t = 0.28^{\text{mm}}, \bar{\sigma}_{sy} = 29.1 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2} \end{cases}$$

各々に対する数値計算の結果を表-1に、また計算値と試験値と比較したものを図-1に示す。

表-1から、鋼管によるコンクリートの横変形の拘束と考慮した充填管の圧縮耐力は k の値で相異なることわかる。コンクリートの k の値に関しては種々報告されていて前記のよう²⁾に $k=2 \sim 6$ の範囲にあるが、一般に側方圧が小さい場合には $k=5 \sim 6$ といわれている。

ここで取上げた試験体に対する拘束圧 p の計算値(式(8)による)は表-1のよう²⁾に 20 kg/cm^2 程度となり、図-1に示すように $k=6$ と仮定すると式(6)の計算値は試験値とかなり良く合致する。一方、コンクリートと鋼管の耐力を単純に加算した式(9)の値は安全側にすぎようである。

表-1 (1) コンクリート充填の場合

拘束を考慮した場合			拘束を考慮しない場合
k	p (式(8)) (kg/cm^2)	$P/\pi r^2$ (式(6)) (kg/cm^2)	$P/\pi r^2$ (式(9)) (kg/cm^2)
2	9.5	$\sigma_c + 38$	$\sigma_c + 33$
3	14.4	$\sigma_c + 51$	
4	16.5	$\sigma_c + 66$	
5	17.5	$\sigma_c + 83$	
6	18.0	$\sigma_c + 101$	

(2) モルタル充填の場合

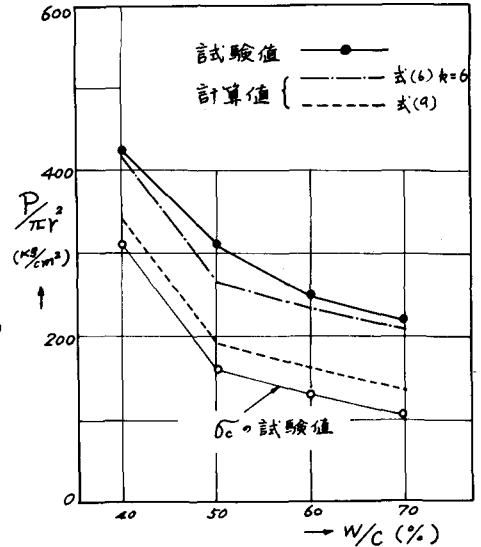
拘束を考慮した場合			拘束を考慮しない場合
k	p (式(8)) (kg/cm^2)	$P/\pi r^2$ (式(6)) (kg/cm^2)	$P/\pi r^2$ (式(9)) (kg/cm^2)
2	18.7	$\sigma_c + 7.5$	$\sigma_c + 65$
3	28.4	$\sigma_c + 99$	
4	32.5	$\sigma_c + 130$	
5	34.5	$\sigma_c + 164$	
6	35.5	$\sigma_c + 198$	

文献:

- 1) P.K.Neogi: The structure engineer, No.5, Vol.47, May 1969
- 2) C.W.Martin: ACI Journal, October 1968
- 3) 南橋城: セメント技術年報, XXIII, 1968

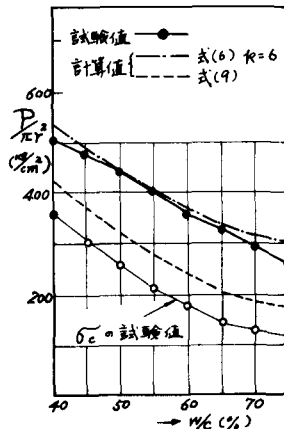
図-1 充填管の圧縮耐力

(1) コンクリート充填の場合



(2) モルタル充填の場合

(i) 空气中養生



(ii) 水中養生

