

## V-27

## 一軸圧縮を受ける高強度 RC 柱における横拘束効果の定量化

東北大学 学生会員 ○洪 起男

東北大学 正会員 秋山 充良

東北大学 フェロー 鈴木 基行

## 1. はじめに

普通強度 RC 柱のコンファインドコンクリートは、横拘束筋を配筋することにより、圧縮強度と圧縮強度時のひずみの増加、および圧縮強度後の軟化勾配が改善し、その効果は、横拘束筋の体積比と横拘束筋の降伏強度の積により定量化される。一方、高強度 RC 柱は、その一軸圧縮特性が十分に解明されておらず、特に、通常の RC 橋脚で用いられる横拘束筋の体積比の範囲でのコンファインドコンクリートの応力-ひずみ関係が定量化された例はない。そこで、本研究では、コンクリート圧縮強度 130MPa、横拘束筋の降伏強度 1300MPa 程度であり、横拘束筋の体積比が 0.32~1.92%と小さい高強度 RC 柱の一軸圧縮実験を行い、その横拘束効果と一軸圧縮特性の関係を定量化した。

## 2. 実験概要

実験に用いた全 21 体の供試体諸元の一覧を表-1 に示す。供試体は 250×250×750mm の角柱供試体を用い、変動因子は、コンクリート圧縮強度  $f'_c$  : 46, 85, 128MPa、帯鉄筋の間隔  $S$  : 25, 50, 100, 150mm、帯鉄筋体積比  $\rho_s$  : 0.32~1.92%、および帯鉄筋の降伏強度  $f_{yh}$  : 317, 1028, 1288MPa とした。軸方向鉄筋は SD295 D6-4 本を使用し、軸方向鉄筋比は 0.05%である。また、円柱供試体 ( $\phi 100 \times 200$ mm) による材料実験とは別に、載荷実験に用いた供試体と同寸法の無筋コンクリート供試体も準備し、この最大圧縮強度  $f_{co}$  と最大圧縮強度時のひずみ  $\epsilon_{co}$  を求めることで、横拘束効果を評価する際の基準とした。載荷は変位制御による単調一軸圧縮載荷とし、載荷速度は予想最大荷重の 80%までは毎分 0.5mm、その後は毎分 0.05~0.01mm とした。

## 3. 横拘束効果の定量化

図-2 に、横拘束筋の降伏強度と体積比の積が同じ ( $\rho_s f_{yh} = 29.4$ MPa) で、コンクリート圧縮強度のみが異なるコンファインドコンクリートの応力-ひずみ関係を示す。図-2 より、一軸圧縮を受ける RC 柱の破壊は、強度が高くなるほど非常に脆性的となり、コンクリート圧縮強度 130MPa 程度になると、通常施工される RC 橋脚の横拘束筋の上限値と考えられる  $\rho_s = 1.92\%$  を与えても、ほとんど圧縮軟化挙動が改善されないことが確認される。普通強度材料を用いた柱の横拘束効果は  $\rho_s f_{yh}$  で定量化されるが、高強度材料を用いた柱では、図-2 に示されるように、最大強度時に帯鉄筋が降伏しない場合がある。

そのため、帯鉄筋の降伏強度を使用して横拘束効果を評価すると、最大応力と最大応力時のひずみを過大評価する結果となる。すなわち、高強度コンファインドコンクリートの横拘束効果を定量化する際には、最大応力時に帯鉄筋に生じる応力を正確に推定する必要がある。そこで、本研究では、種々の検討の結果、最大強度時に生じる帯鉄筋の応力 ( $f_s$ ) を Razvi ら<sup>1)</sup>が提案した式(1)を用いて算定することで、高強度コンファ

表-1 供試体諸元

| $f'_c$<br>(MPa) | $S$<br>(mm) | $\rho_s$<br>(%) | $f_{yh}$<br>(MPa) | $\rho_s f_{yh}$<br>(MPa) |
|-----------------|-------------|-----------------|-------------------|--------------------------|
| 46              | 25          | 1.92            | 1288              | 29.4                     |
|                 | 50          | 1.01            | 317               | 4.20                     |
| 85              | 50          | 0.96            | 1288              | 14.7                     |
|                 | 100         | 0.51            | 317               | 2.10                     |
| 128             | 100         | 0.51            | 1028              | 4.80                     |
|                 | 100         | 0.48            | 1288              | 7.34                     |
|                 | 150         | 0.32            | 1288              | 4.90                     |

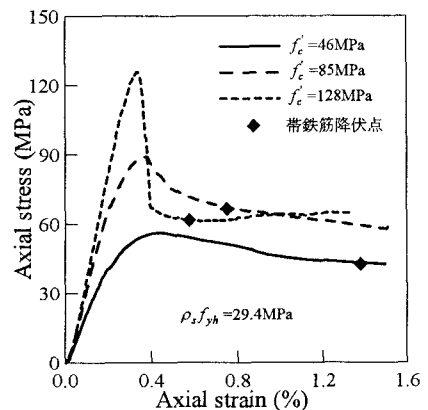


図-2 コンファインドコンクリートの応力-ひずみ関係

インドコンクリートの横拘束効果を  $\rho_s f_s$  を指標として定量化する。

$$f_s = E_s \left( 0.0025 + 0.043 \sqrt{\frac{k_2 \rho_w}{f_{co}}} \right) \leq f_{yh} \quad (1)$$

ここで、 $k_2$ ：拘束鉄筋の効率係数、 $\rho_w$ ：帯鉄筋面積比。

横拘束効果によりもたれる高強度 RC 柱の一軸圧縮特性の改善は、無拘束柱に対する圧縮強度比 ( $f_{cc}/f_{co}$ 、 $f_{cc}$ ：コンファインドコンクリートの圧縮強度)、圧縮強度時のひずみ ( $\varepsilon_{cc}$ )、および圧縮強度後の軟化勾配 ( $E_{des}$ ：最大強度と 85% 強度点を結んだ直線の勾配) により表現した。  $\rho_s f_s$  と  $f_{cc}/f_{co}$ 、 $\varepsilon_{cc}$ 、および  $E_{des}$  の関係をそれぞれ図-3-図-5 に示す。

図-3 より、 $f_{cc}/f_{co}$  と  $\rho_s f_s$  には相関が認められ、実験結果を回帰分析した結果、式(2)が得られた。

$$\frac{f_{cc}}{f_{co}} = 1.0 + 1.12 \frac{\rho_s f_s}{f_{co}} \quad (2)$$

同じく、図-4 より、 $\varepsilon_{cc}$  と  $\rho_s f_s$  には線形関係が認められ、回帰分析を行った結果、式(3)が得られた。

$$\varepsilon_{cc} = 0.00290 + 0.00279 \frac{\rho_s f_s}{f_{co}} \quad (3)$$

図-5 は、 $E_{des}$  と  $\rho_s f_s$  の関係を検討した結果である。なお、コンクリート圧縮強度が 128MPa ある高強度 RC 柱では、図-2 に示されるように、 $\rho_s = 1.92\%$  でも圧縮強度後に脆性的に破壊し、その軟化勾配を測定出来なかった。したがって、圧縮強度 128MPa の高強度 RC 柱の結果は図-5 に含まれていない。図より、 $E_{des}$  は  $\rho_s f_s / f_{co}^2$  と反比例の関係にあり、回帰分析を行った結果、式(4)が得られた。

$$E_{des} = 15.8 \frac{f_{co}^2}{\rho_s f_s} \quad (4)$$

以上のように、圧縮強度時に帯鉄筋に実際に作用する応力 ( $f_s$ ) を用いることで高強度コンファインドコンクリートの横拘束効果を普通強度 RC 柱と同様に定量化できた。

#### 4. まとめ

高強度 RC 柱の一軸圧縮実験を行い、横拘束効果によりもたれる一軸圧縮特性の改善を、圧縮強度、圧縮強度時のひずみ、および圧縮強度後の軟化勾配により表現した。その結果、従来の普通強度 RC 柱で用いられてきた横拘束効果の指標 ( $\rho_s f_{yh}$ ) に対し、圧縮強度時に帯鉄筋に作用する実際の応力

$f_s$  を用いた  $\rho_s f_s$  を指標とすることにより、高強度 RC 柱の横拘束効果による一軸圧縮特性の改善を定量化できた。今後は、断面形状による横拘束効果の相違を定量化し、断面形状や圧縮強度に依らず一元的に表現されるコンファインドコンクリートの応力-ひずみ関係の定式化を行う予定である

#### 参考文献

- 1) Razvi, S. and Saatcioglu, M.: Confinement Model for High-Strength Concrete, ASCE, Journal of Structural Engineering, Vol.125, No 3, pp. 281-289, 1999.

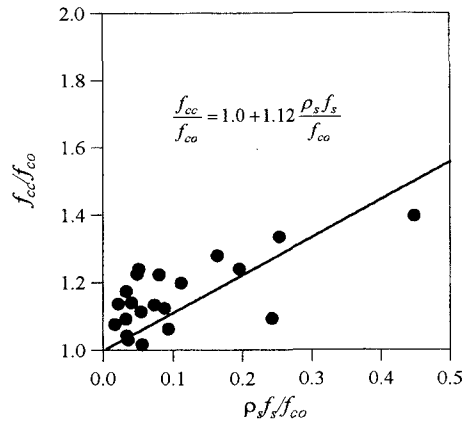


図-3 横拘束効果と最大圧縮強度の関係

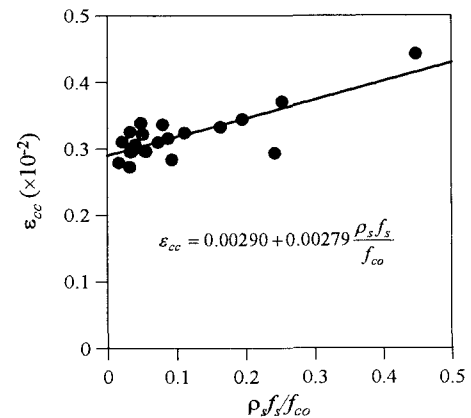


図-4 横拘束効果と最大圧縮強度時のひずみの関係

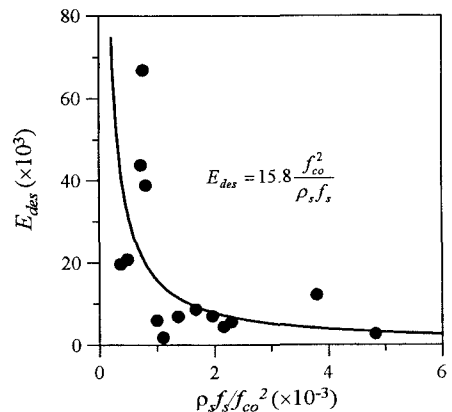


図-5 横拘束効果と下降勾配の関係