

一軸圧縮を受ける高強度 RC 柱の横拘束効果の定量化

東北大学大学院 学生員 ○ 鈴木 将 東北大学大学院 正会員 秋山充良
 東北大学大学院 フェロー 鈴木基行 オリエンタル建設(株) 正会員 佐藤成禎
 前田製管(株) 正会員 前田直己 東北大学大学院 学生員 洪 起男

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、我が国の通常の 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、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、横拘束筋の間隔 S : 25, 50, 100, 150mm、横拘束筋体積比 ρ_s : 0.32~1.92%、および横拘束筋の降伏強度 σ_{sy} : 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、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 σ_{c0} と最大圧縮強度時のひずみ ε_{c0} 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-1 に、一軸圧縮実験より得られた横拘束筋の降伏強度と体積比の積 $\rho_s \sigma_{sy}$ (3.20~5.24MPa) が概ね等しい供試体の応力-ひずみ関係を示す。図-1 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、横拘束筋体積比 $\rho_s=1.01\%$ を与えても、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 $\rho_s \sigma_{sy}$ で定量化されるが、高強度材料を用いた柱では、最大強度時に横拘束筋が降伏しない場合がある。そのため、横拘束筋の降伏強度を用い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、最大応力時に横拘束筋に生じる応力 σ_s 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、

表-1 供試体諸元

f'_c (MPa)	S (mm)	ρ_s (%)	σ_{sy} (MPa)	$\rho_s \sigma_{sy}$ (MPa)
46 85 128	25	1.92	1288	29.4
	50	1.01	317	3.20
	50	0.96	1288	12.4
	100	0.51	317	1.62
	100	0.51	1028	5.24
	100	0.48	1288	6.18
	150	0.32	1288	4.12

* 円柱供試体 ($\phi 100 \times 200$ mm) 3 本の材料試験の平均値

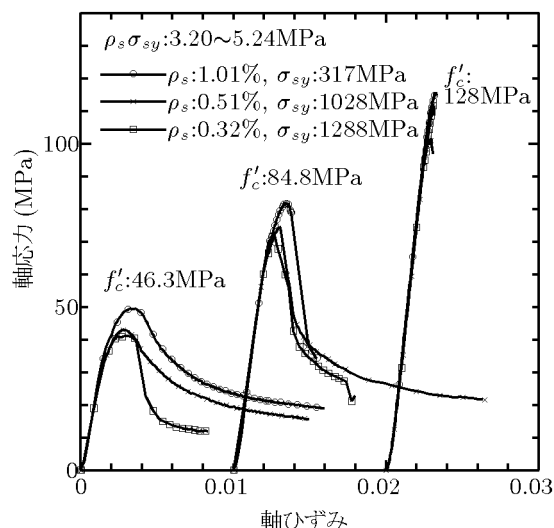


図-1 応力-ひずみ関係の一例

Key Words: 一軸圧縮実験, 高強度コンクリート, 高強度鉄筋, 横拘束効果, RC柱

〒 980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉 06 TEL 022(217)7449 FAX 022(217)7448

Razvi らの提案式より得られる σ_s と有効拘束力の釣合いに基づく有効拘束圧 $\sigma_{le}^{1)}$ を用いて、高強度コンファインドコンクリートの横拘束効果指標 λ を式 (1) で定義する。

$$\lambda \equiv \sigma_{le} / \sigma_{c0} \quad (1)$$

ここに、 σ_{c0} ：無補強供試体の最大圧縮強度、横拘束効果は、最大圧縮強度 σ_{cc} 、最大圧縮強度時のひずみ ε_{cc} 、および最大圧縮強度後の下降勾配 E_{des} に着目し、式 (2)~(4) に示されるように λ により定量化した。なお、下降勾配については、コンクリート圧縮強度の影響を受けることから、 E_{des} は λ と σ_{c0} の指数関数の積とした。

$$\sigma_{cc} / \sigma_{c0} = 1 + 1.76\lambda^{0.57} \quad (2)$$

$$\varepsilon_{cc} / \varepsilon_{c0} = 2.33\lambda^{0.12} \quad (3)$$

$$E_{des} = 0.095\lambda^{-0.31}\sigma_{c0}^{2.55} \quad (4)$$

ここに、 ε_{c0} ：無補強供試体の最大圧縮強度のひずみ。実験より得られた最大圧縮強度時のひずみと下降勾配を基に、本提案式と Razvi らの提案式の算定精度を比較した結果を図-2 および図-3 に示す。両図より、最大圧縮強度時のひずみや下降勾配を本提案式は妥当に評価していることが確認される。また、式 (2)~(4) により算出される σ_{cc} 、 ε_{cc} 、 E_{des} を介し、Hoshikuma ら²⁾の関数形を用いてコンファインドコンクリートの応力-ひずみ関係を定式化した。図-4 に本提案式と実験より得られた応力-ひずみ関係の比較を示す。本提案式は、実験結果を概ね再現しており、普通強度材料から高強度材料まで一元的にコンファインドコンクリートの応力-ひずみ関係を評価可能であることが確認される。

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らさ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 $\rho_s \sigma_{sy}$ に対し、横拘束筋量と最大圧縮強度時に横拘束筋に作用する応力 σ_s の積 $\rho_s \sigma_s$ 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。また、式 (2)~(4) により得られる

σ_{cc} 、 ε_{cc} 、 E_{des} を Hoshikuma らの関数形に代入してコンファインドコンクリートの応力-ひずみ関係を定式化することで、材料強度に関わらず、実験結果を概ね再現できることを確認した。

参考文献

- 1) Razvi, S. and Saatcioglu, M. : Confinement Model for High-Strength Concrete, Journal of Structural Engineering, ASCE, Vol.121, No.3, pp.281-289, 1999.
- 2) Hoshikuma, J., Kawashima, K., Nagaya, K. and Taylor, A.W. : Stress-Strain Model for Confined Reinforced Concrete in Bridge Piers, Journal of Structural Engineering, ASCE, Vol.123, No.5, pp.624-633, 1997.

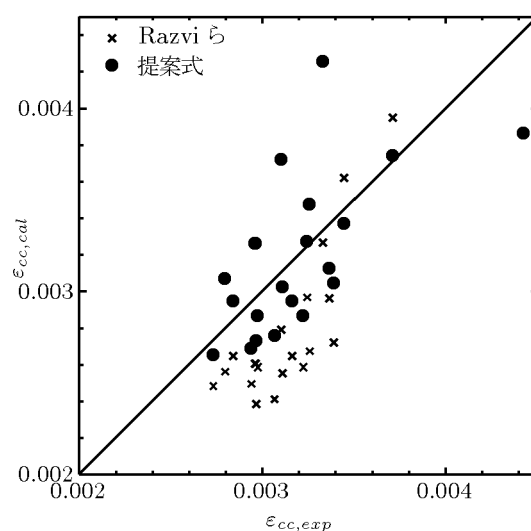


図-2 最大圧縮強度時のひずみの算定精度

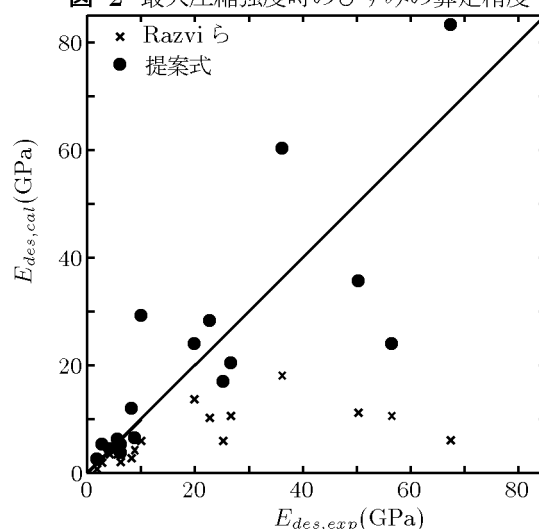


図-3 下降勾配の算定精度

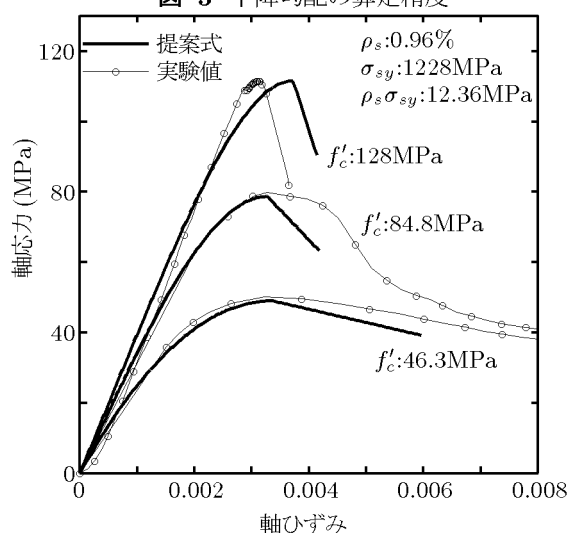


図-4 提案モデルの適用性