

一軸圧縮を受ける高強度 RC 柱の圧縮軟化挙動に及ぼす部材寸法の影響

東北大学大学院 学生員 ○阿部諭史
 東北大学大学院 フェロー 鈴木基行
 西松建設(株) 正会員 渡邊正俊

東北大学大学院 正会員 秋山充良
 東北大学大学院 学生員 三浦 稔
 前田製管(株) 正会員 前田直己

1. はじめに

著者らは、広範囲な材料強度の組合せからなる RC 柱に適用可能なコンファインドコンクリートの平均化応力-ひずみ関係を提案した¹⁾。提案モデルは圧縮破壊エネルギー G_{fc} ¹⁾により軟化勾配を規定したことで、圧縮変位の測定区間長さが異なる実験結果の再現も可能である。しかし、参考文献1)で参照した実験供試体の寸法(柱長さ、断面寸法)とは異なる小型や大型 RC 柱への適用性の検証は今後の課題とされていた。本稿では、有効横拘束圧 p_e ¹⁾をコンファインド効果の指標とし、供試体寸法が圧縮軟化挙動に及ぼす影響を考察する。さらに、参考文献1)で著者らが提案したモデルを小型・大型 RC 柱にも適用し、その有用性を検証した。

2. 実験概要

供試体諸元の一覧を表-1に示す。実験因子は、コンクリート圧縮強度 σ'_c 、柱長さおよび断面寸法である。横拘束筋降伏強度 $f_{s,y} \approx 1400 \text{ N/mm}^2$ 、横拘束筋体積比 ρ_s はほぼ同程度の値とした。

3. 有効横拘束圧と圧縮破壊エネルギー

横拘束筋からコアコンクリートに与えられる有効横拘束圧 p_e の算定式を式(1)に示す¹⁾。

$$p_e = k_{e,v} \rho_w f_{s,c} \quad (1)$$

ここに、 ρ_w は横拘束筋面積比、 $f_{s,c}$ は圧縮強度発現時の横拘束筋に生じる応力、および $k_{e,v}$ は、横拘束筋による横拘束圧の変化を考慮する修正横拘束係数である。

提案モデルでは、構成材料の強度および有効横拘束圧 p_e が同じ場合、図-1で示される応力-変位曲線下の面積 G_{fc} (圧縮破壊エネルギー)および G_{fc} を吸収する破壊領域長さ L_p は柱長さおよび断面寸法に関わらず一定であり、応力-塑性変位 δ_{inel} 関係は一致すると仮定している。しかし、断面寸法の異なる供試体に関しては、参考文献2)で報告したように、局所ひずみ分布、すなわち、 L_p が異なる結果となった。柱長さおよび断面寸法の異なる供試体の応力-塑性変位関係をそれぞれ図-2および図-3に示した。これらより、局所ひずみ分布は断面寸法により異なっても、それを積分して求めた塑性変位は、断面寸法に関わらず一定であり、応力-塑性変位関係は一致することが確認される。よって、横拘束圧 p_e が同程度の場合、図-1の G_{fc} は、柱高さおよび断面寸法に関わらず一定であると判断され、寸法 $250 \times 250 \times 750 \text{ mm}$ 、 $\phi 300 \times 900 \text{ mm}$ の供試体形状の実験結果のみに基づき提案した参考文献1)のモデルは、異なる断面寸法を持つ部材にも同様に適用可能であると推察される。

キーワード：高強度材料、圧縮破壊エネルギー、有効横拘束圧、塑性変形量、寸法効果

連絡先：〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06 TEL：022 (795) 7449

表-1 供試体諸元の一覧(全25体)

供試体寸法 ^{注)} (mm)	σ'_c (N/mm ²)	ρ_s (%)	拘束形状
200×200×600	43.9～120	約 1.5	
250×250×750	45.8～119		
250×250×1500	45.8～119		
350×350×1050	43.9～66.5		
450×450×1500	43.9～120		
$\phi 300 \times 900$	45.8～66.5	約 0.7	
$\phi 300 \times 1500$	45.8～118		
$\phi 400 \times 1200$	45.8～66.5		
$\phi 500 \times 1500$	42.6～76.2		

注) (断面幅)×(断面高さ)×(柱長さ)

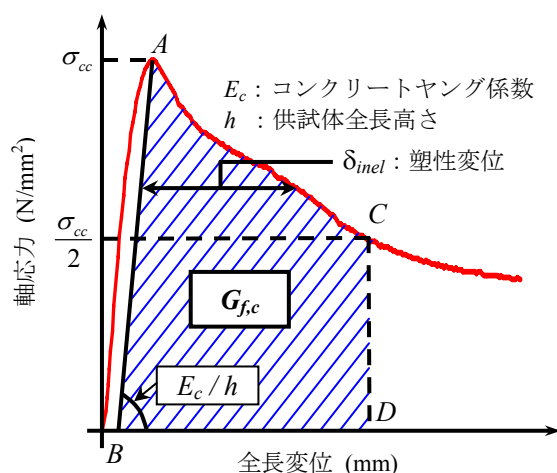


図-1 圧縮破壊エネルギーと塑性変位

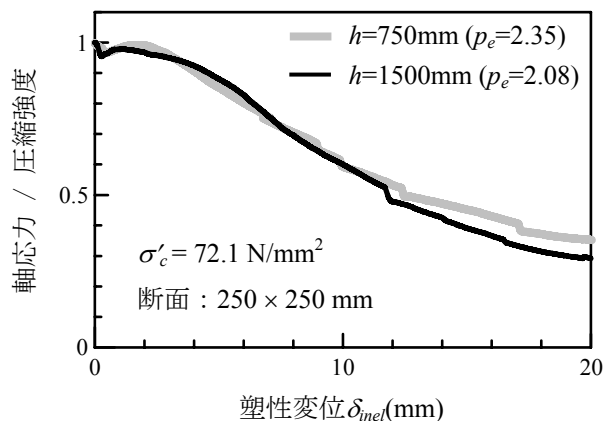


図-2 柱長さの異なる高強度 RC 柱の
応力－塑性変位関係

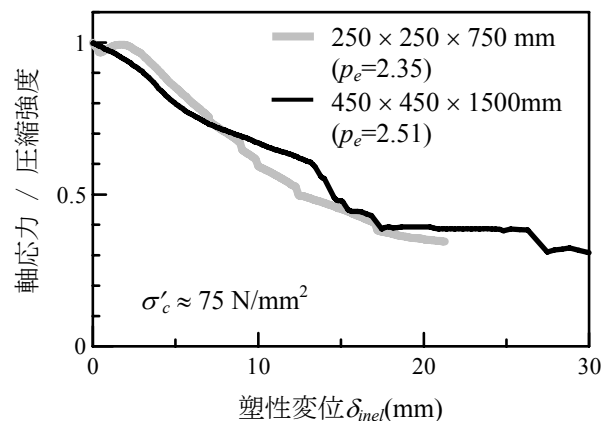


図-3 断面寸法の異なる高強度 RC 柱の
応力－塑性変位関係

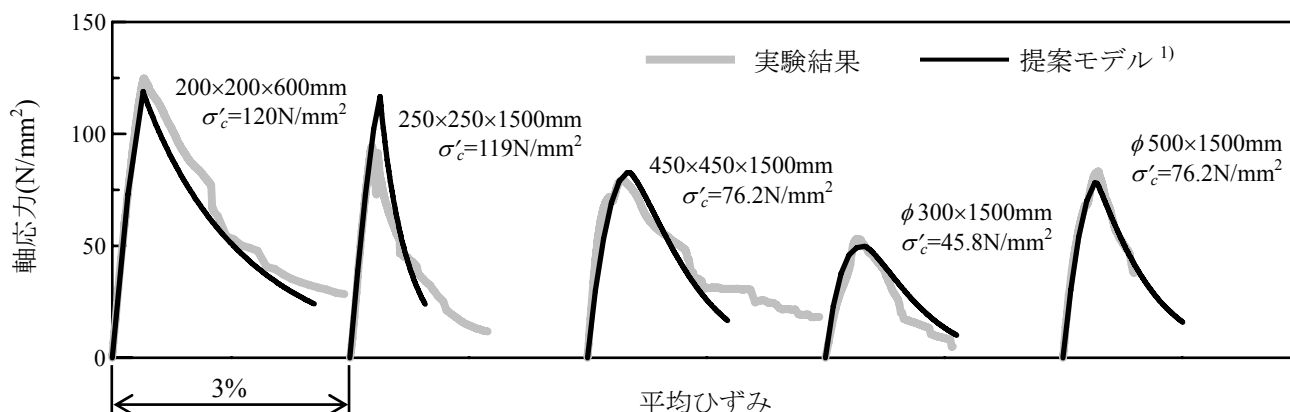


図-4 供試体寸法の異なる供試体への著者らのモデルの適用

4. 小型・大型 RC 柱の実験結果の再現解析

提案モデルは、圧縮強度点(ϵ_{cc} , σ_{cc})と横拘束筋の破断やせん断すべり面の形成前と見なせる点(ϵ_{50} , $0.5\sigma_{cc}$)を通る関数で表され、応力上昇域は Fafitis and Shah³⁾のモデル、圧縮強度発現後の軟化曲線は Cusson and Paultre⁴⁾のモデルを用いている。提案モデルを用いて、表-1の小型 RC 柱から大型 RC 柱の実験結果の再現を試みる。実験結果と計算結果の比較の一例を図-4に示す。横軸は、柱長さに対する平均ひずみである。250×250×1500mm 供試体のように、実験結果と計算結果に差がある供試体も含まれるが、それらのばらつきは参考文献 1)で示した類似の結果と同程度であり、提案モデルは、柱長さ(600mm～1500mm)、断面寸法(一辺200mm～450mm、直径 ϕ 300mm～ ϕ 500mm)やコンクリート圧縮強度(42.6～120N/mm²)の大きさに関わらず、横拘束筋による横拘束を受けるコンクリートの平均化応力－ひずみ関係を再現できることを確認した。

5. まとめ

構成材料の強度および有効横拘束圧 p_e が同じ場合、局所ひずみ分布は断面寸法の大きさにより変化するものの、柱長さおよび断面寸法に関わらず圧縮破壊エネルギーは一定となる。この実験事実から、参考文献 1)で提案したモデルは、供試体寸法に関わらず適用できることになり、小型から大型 RC 柱の平均化応力－ひずみ関係を再現できることを確認した。

参考文献 1) 佐々木敏幸ら：コンクリート圧縮強度 120N/mm²と横拘束筋降伏強度 1400N/mm²までを用いたコンファインドコンクリートの平均化応力－ひずみ関係の定式化，土木学会第 60 回年次学術講演会，5-496，pp.991-992，2005。 2) 三浦稔ら：高強度構成材料を用いた大型 RC 柱の一軸圧縮実験，土木学会第 61 回年次学術講演会，投稿中，2006。 3) Fafitis, A. and Shah, S. P.: Lateral Reinforcement for High-Strength Concrete Columns, High-Strength Concrete, SP-87, ACI, Detroit, Mich., pp.213-232, May.1985。 4) Cusson, D. and Paultre, P.: Stress-Strain Model for Confined High-Strength Concrete, Journal of Structural Engineering, ASCE, Vol.121, No.3, pp.468-477, Mar.1995。