

V-57

ファイバー解析による高強度 RC 柱の変形性能評価に用いる
コンクリートの平均化応力-ひずみ関係

東北大学大学院 学生会員 ○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 フェロー 鈴木 基行

1. はじめに

著者らは、圧縮強度が 100N/mm^2 を超えたコンクリート、および降伏強度が 1000N/mm^2 以上の鉄筋を用いた RC 部材の実用化を目指した研究を行っている。このような高強度構成材料を地震エネルギーの吸収を期待する部材、例えば橋脚などに応用するためには、曲げ降伏後の非線形挙動を予測する方法を確立する必要がある。著者らは、高強度構成材料を用いた RC 部材（以下、高強度 RC 部材）の一連の実験により、その耐震解析を行う際には、(i) コンクリートの高強度化に伴い、圧縮破壊の局所化が顕著となるため、解析時に用いる要素寸法に依存して荷重-変位関係が顕著に変化する可能性に注意する必要があること、および(ii)材料強度の組み合わせにより、横拘束筋が降伏しない場合があるなど、コンファインド効果やせん断耐力の評価において、横拘束筋降伏強度が設計パラメータとならないことに配慮する必要性を認識している。

本稿では、ファイバー解析により正負交番荷重を受ける高強度 RC 柱の荷重-変位関係を求め、実験結果との比較を行うなどして、高強度 RC 柱の耐震解析手法に関する基礎的検討を行う。

2. 解析概要

解析対象 RC 柱は $510 \times 510 \times 1778\text{mm}$ の角柱供試体であり、その諸元を表-1 に示す¹⁾。なお、横拘束筋拘束形状は両者とも田型であり、軸力のみが大きく異なる供試体である。この RC 柱の再現解析では、RC 柱を二次元はり要素にモデル化し、塑性ヒンジ部とその他に 2 分割し、両者ともファイバー要素とした。ファイバー解析を行う際、コンファインドコンクリート

の平均化応力-ひずみ関係には、著者らが参考文献 2) で提案したモデルを使用する。この平均化応力-ひずみ関係は、圧縮破壊エネルギーを介しており、ひずみの平均化長さに応じて圧縮強度発現後の軟化勾配が変化するため、

要素寸法依存性を軽減できると期待され、さらに、コンファインド効果の評価時に横拘束筋の降伏強度を直接使用しないなど、高強度 RC 柱の耐震解析時に問題となりそうな前記の 2 つの項目に対応できると推察される。比較のため道路橋示方書式³⁾（以下、道示式）、NewRC 総合プロジェクトで提案されている評価式⁴⁾

（以下、NewRC 式）も使用する。なお、道示式は最大応力の 50% を収束応力とした。各平均化応力-ひずみ関係の模式図を図-1 に示す。軸方向鉄筋の応力-ひずみ関係は、Menegotto-Pinto モデルを用いた。また全ての解析でフーチングからの鉄筋の伸び出しは、考慮していない。

3. 解析結果

紙面の都合上、FHC2-0.34 の結果のみを示す。解析結果と実験

表-1 解析対象供試体の諸元

供試体	コンクリート圧縮強度 f_c (MPa)	軸方向鉄筋		横拘束筋		軸力 P (kN)	軸力比
		降伏強度 f_y (MPa)	鉄筋比 ρ_f (%)	降伏強度 f_{yp} (MPa)	体積比 ρ_p (%)		
FHC1-0.2	64.1	473	0.023	445	0.02	3334	0.2
FHC2-0.34	62.1					5373	0.34

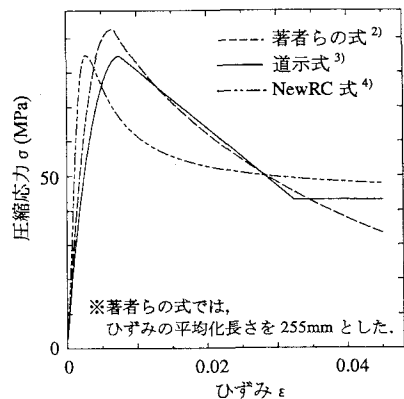


図-1 平均化応力-ひずみ関係の比較

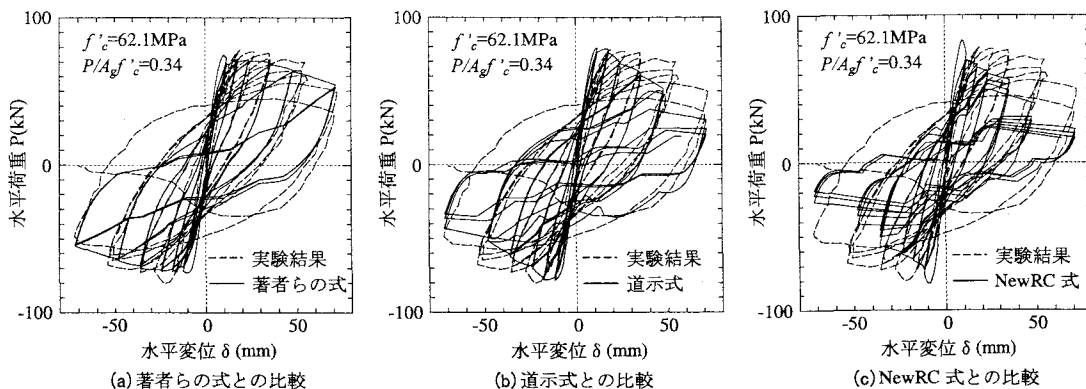


図-2 FHC2-0.34 供試体の荷重－変位関係と解析結果との比較（塑性ヒンジ長 0.5 D(255mm)）

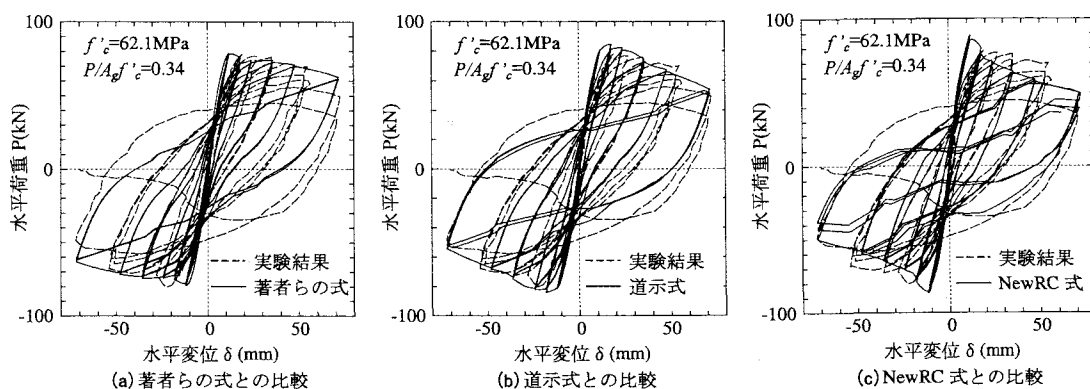


図-3 FHC2-0.34 供試体の荷重－変位関係と解析結果との比較（塑性ヒンジ長 1.0D(510mm)）

結果の比較を図-2 および図-3 に示す。図-2 は、ファイバー解析において、塑性ヒンジ長を 0.5D(D:断面幅(510mm))とした場合、図-3 は同じく 1.0D とした場合である。図-2 と図-3 において、提案したコンファインドコンクリートの平均化応力－ひずみ関係を用いれば、塑性ヒンジ長の設定に関わらず、概ね同程度の精度で実験結果を良好に再現できている。一方、ひずみの平均化長さによらず圧縮強度発現後の軟化勾配を変化させない道示式および NewRC 式では、塑性ヒンジ長の設定により実験結果の再現性が大きく異なっている。塑性ヒンジ長は構成材料の強度や供試体のせん断スパン比、さらには配筋状況により複雑に変化すると思われ、さらには今後、軸方向鉄筋の応力－ひずみ関係に座屈を考慮した軟化型構成則を用いる場合を想定すると、破壊力学的観点から要素寸法にあわせ軟化勾配を変化させる著者らの平均化応力－ひずみ関係は、高強度 RC 柱の耐震解析に大いに活用できる可能性があることが確認された。

4. まとめ

著者らの平均化応力－ひずみ関係は、一軸圧縮実験より得られたもので、それを曲げを受ける部材の挙動予測に適用するには、断面内のひずみ勾配の影響など、詳細な検討を必要とする項目が多数ある。今後、高強度 RC 柱のより多くの実験結果の再現解析を通じて、この種の部材の耐震解析手法の確立に努めたい。

参考文献

- 1) Yan Xiao and Henry W. Yun. : Experimental Studies on Full-Scale High-Strength Concrete Columns, ACI Structural Journal, Vol.99, No.2, pp.199-207, 2002. 2) 秋山充良, 洪起男, 鈴木将, 佐々木敏幸, 前田直己, 鈴木基行: 普通強度から高強度までの構成材料を用いた RC 柱の一軸圧縮実験と圧縮破壊エネルギーを介し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, 土木学会論文集, (2005 年 5 月号, 印刷中). 3) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編, 2002. 4) (財) 国土開発技術研究センター: 建設省総合技術開発プロジェクト報告書, 1993.