

鉄筋の腐食を模擬した RC 柱の構造性能に関する研究

その3 断面解析による曲げ性状の検討

筑波大学	学生会員	○八十島 章	筑波大学	学生会員	齋藤 祐哉
鉄道総合技術研究所	正会員	大屋戸理明	筑波大学	正会員	金久保利之
間組	正会員	村上 祐治	筑波大学	正会員	山本 泰彦

1. はじめに

本研究では、腐食を模擬した切削鉄筋および丸鋼を用いた RC 柱試験体の静的加力実験および数値解析を行い、部材の構造特性である強度および変形能に与える腐食の影響を評価することを主目的としている。本報では、材料試験結果に基づいて切削鉄筋および拘束コンクリートをモデル化し、ファイバーモデルによる断面解析を行い、実験結果と解析結果を比較検討する。

2. 解析概要

解析対象は、前報（その2）で示された No.1, No.4~No.9 の7体の RC 柱試験体で、変動因子は主鉄筋の切削の有無、帯鉄筋の種類および切削位置となっている。解析方法は、平面保持の仮定に基づいたファイバーモデルによる正負交番繰返し载荷の断面解析とし、実験で計測された柱脚部から 320mm の区間における曲率を用いて解析を行った。なお、断面のファイバー分割数は 450 とした。

3. 材料特性

鉄筋のモデルは、材料試験結果に基づき、修正 Menegotto-Pinto モデル¹⁾を用いて表現し、座屈式は文献2)に示される(1)式を使用した。図1に健全鉄筋および切削鉄筋の材料試験結果とモデルの応力-歪関係を示す。歪硬化係数は、材料試験結果から健全鉄筋においては 0.015 とし、切削鉄筋の歪1と歪2の平均歪による歪1-2モデルは 0.035、変位1歪による変形1モデルは 0.025、変位2歪による変形2モデルは 0.017 と設定した。また、座屈長さは柱部材の破壊性状より全試験体共通の 272mm とし、座屈開始時の歪は十分拘束された健全鉄筋が 1.5%、拘束効果が低いと想定される No.9 試験体は 1.2%、切削鉄筋は 1.0%と設定した。なお、座屈後の履歴における軟化勾配は、(1)式と最大経験歪を用いて算出している。

コンクリートのモデルは、既往の研究による多直線モデル³⁾を参照し、柱試験体と同時期に行った中心圧縮実験（断面 180×180、主鉄筋なし、帯鉄筋比 0.646%）の結果を踏まえて表現した。コアコンクリートの最大応力時までは文献3)の(2)式、(3)式を使用し、歪1%までの負勾配は帯鉄筋比に依存しない値として中心圧縮実験結果から算出し、歪4%以降の応力は実験結果を考慮した(4)式で表すこととした。また、かぶりコンクリートは歪1%で応力が0となる点を通る直線とした。さらに、履歴モデルは、長沼らの研究⁴⁾による履歴特性を用い、引張強度を考慮しないモデルとした。なお、側方のみ切削された No.7 については、帯鉄筋比を変動させたモデルを適用した。図2に中心圧縮実験結果とコンクリートモデルの応力-歪関係を示す。

$$\sigma = \sigma_y \cdot \exp\{0.17 \cdot (L/D)^2 \cdot (\varepsilon - \varepsilon_b)\} \quad (1)$$

ここで、

σ_y : 降伏強度
 L : 座屈長さ
 D : 鉄筋径
 ε_b : 座屈開始時の歪

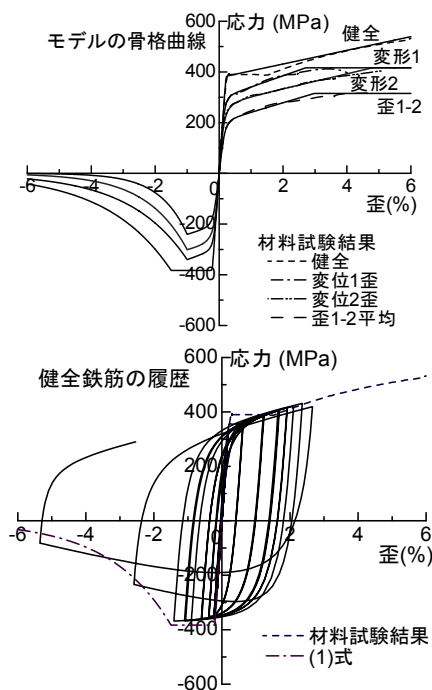


図1 鉄筋の応力-歪関係

キーワード 断面解析, ファイバーモデル, 曲率, 腐食

連絡先 〒305-8577 茨城県つくば市天王台 1-1-1 筑波大学 Tel 029-853-5462

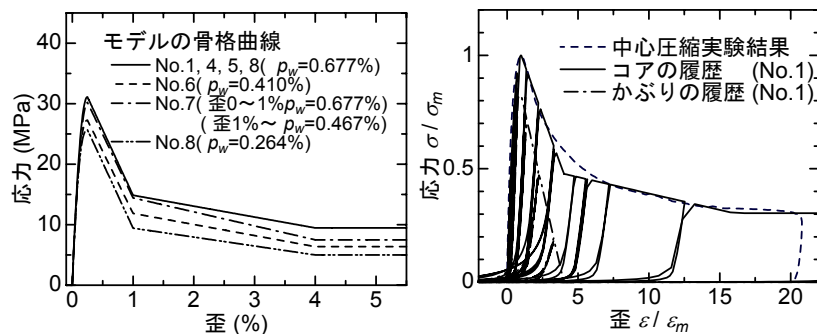


図2 コンクリートの応力-歪関係

4. 解析結果

解析結果および実験結果のモーメント-曲率率関係を図3に示す。実験結果のモーメントは、主鉄筋に健全鉄筋を用いた試験体では柱脚部位置とし、切削鉄筋を使用した試験体では二次切削部位置とした。主鉄筋に健全鉄筋を用いた試験体 No.1, No.6~9 は、解析結果と実験結果が良い対応を示し、腐食の影響を帯鉄筋による拘束効果と対応させることで、部材の強度および変形能を断面解析により評価可能であることがうかがえる。また、主鉄筋に切削鉄筋を使用した試験体 No.4 では、主鉄筋に変形1モデルを用いた解析値は実験値よりも全体的に大きくなっており、歪1-2モデルを用いた解析値は降伏荷重まで概ね一致しているが、それ以降において実験値より小さくなっている。一方、変形2モデルを用いた解析値は降伏荷重以降においても実験値と比較的良好な対応を示していることから、主鉄筋の挙動は局所的降伏からグローバルな挙動に変化していくことが考えられる。そのため、主鉄筋モデルにはある程度の長さの平均的な歪性状を用いるべきである。なお、帯鉄筋による拘束効果は今後の課題である。

5. まとめ

材料試験結果から得られた応力-歪関係を用いた断面解析の解析結果は、実験結果を良い精度で表現できることを示した。また、断面解析で腐食した部材の強度および変形能の評価が可能であることを確認した。

参考文献

1)堺ら：部分的な除荷・再載荷を含む履歴を表す修正 Menegotto-Pinto モデルの提案，土木学会論文集，No.738/I-64，pp.159～168，2003.7 2)中村ら：鉄筋の座屈が RC 構造のポストピーク挙動に及ぼす影響，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.14，No.2，pp.337～342，1992.6 3)金久保ら：高強度人工軽量骨材コンクリートを用いた鉄筋コンクリート部材の耐震性能に関する研究，日本建築学会構造系論文報告集，第 441 号，pp.63～72，1992.11 4)長沼ら：繰返し応力下における鉄筋コンクリート板の解析モデル，日本建築学会構造系論文集，第 536 号，pp.135～142，2000.10

$$\text{最大応力: } \sigma_m = \sigma_B \cdot (0.77 + 0.37 \cdot p_w) \quad (2)$$

$$\text{最大まで: } (\sigma_m - \sigma) / \sigma_m = \{(\varepsilon_m - \varepsilon) / \varepsilon_m\}^a \quad (3)$$

$$\text{歪 4\%以降: } \sigma_+ = 0.5 \sigma_m \cdot (0.25 + 0.53 \cdot p_w) \quad (4)$$

ここで，

σ_B : コンクリート圧縮強度

p_w : 帯鉄筋比 (%)

ε_m : 最大応力時の歪 (=0.25%)

a : $E \cdot \varepsilon_m / \sigma_m$ (E : ヤング係数)

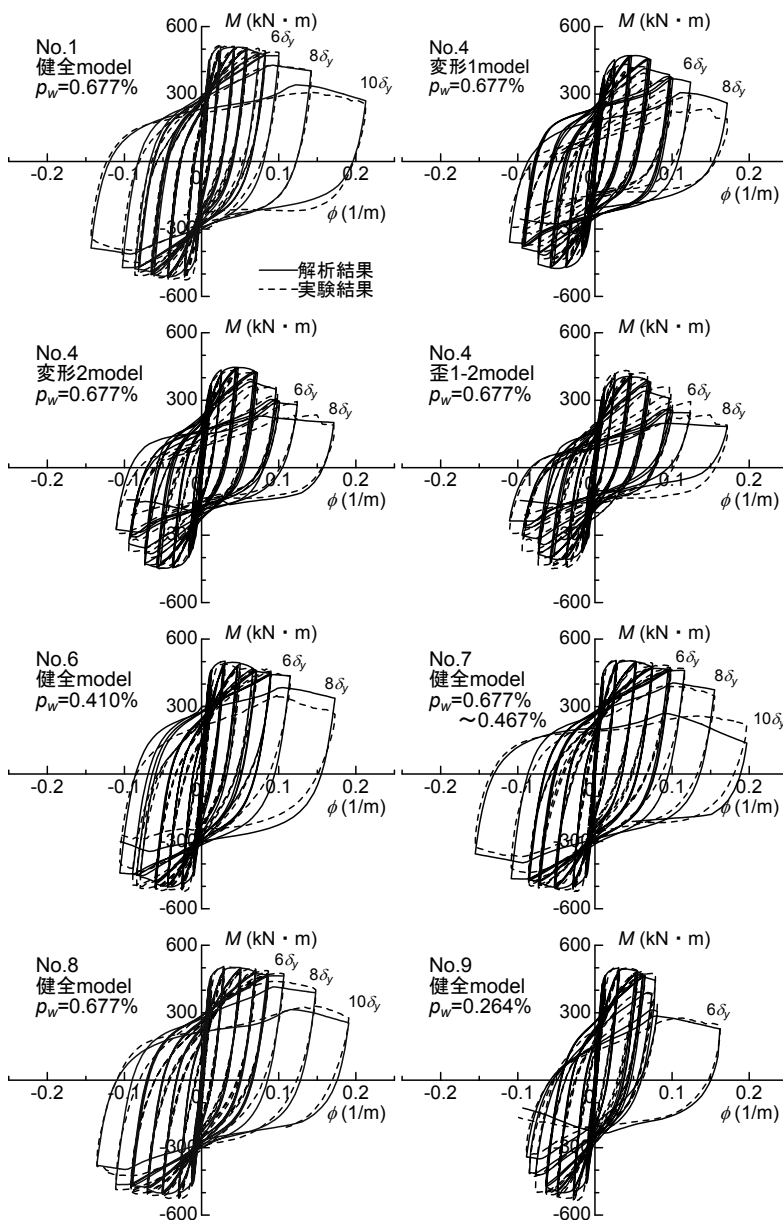


図3 解析結果と実験結果の比較