

部材モデルによる補修後 RC 柱の変形挙動に関する一考察

JR 東日本研究開発センター 正会員 ○小林 薫

JR 東日本研究開発センター 正会員 杉崎 向秀

1.はじめに 地震被災後、補修後した RC 構造物の性能評価は、主として部材レベルの実験的な検討が行われてきた。実験的検討の例では、損傷時と補修後の荷重変位曲線などで性能比較が行われている。このような実験的な検討結果からは、補修後の部材性能として、a) 初期剛性が低下すること、b) 耐力は損傷時の状態に回復すること、c) 曲げ破壊型の RC 部材は変形性能も概ね回復する、といったことが報告¹⁾されている。

一方、構造物の耐震設計では、被災後の復旧性が性能指標²⁾のひとつとして規定されている場合もある。復旧性を指標した性能照査型設計をより高度に発展させるためには、復旧後の構造物に対して、的確に性能評価可能となる手法の構築が必要となる。ここでは、構造物の設計に広く用いられている部材モデルを用いて、補修後 RC 柱部材の変形挙動解析を行った。本検討では、補修後の部材モデルとして、実験結果を参考に曲げ剛性(降伏時の割線剛性)を損傷時より 20% 低減する、耐力向上を修正係数で考慮する(本検討では降伏耐力、最大耐力に 1.2 を採用)などの簡易な方法から検討を行ったので報告する。

2. 解析対象とした正負交番載荷実験の概要 解析対象とした RC 柱は、鉄道高架橋の柱部材を対象に行った実験結果¹⁾を用いた。供試体は、実際の柱の概ね 1/2 程度のスケールを想定して断面寸法が 400mm × 400mm で、曲げ破壊するようにせん断補強鉄筋(帯鉄筋)を配置した。

損傷発生時の載荷条件としては、引張鉄筋が降伏ひずみに達するときの載荷点位置の水平変位を降伏変位(δ_y)とし、 δ_y の 2 倍、3 倍、4 倍、・・・と整数倍の水平変位で 1 サイクル載荷した。供試体に作用する水平荷重が降伏荷重の概ね 80% 程度まで低下した段階で損傷付与時の正負交番載荷試験を終了した。

その後、一旦、載荷試験装置から供試体を取り外し、供試体の補修を行った。補修内容は、コンクリートのひび割れ箇所にエポキシ樹脂注入、断面修復箇所にはエポキシ樹脂モルタルを用いた。ひび割れ補修の施工順序は、注入後の樹脂の流失を防止する目的で 4 面に樹脂を塗布してから注入容器を取付け、低圧で樹脂注入を行った。断面補修については、コンクリートが浮いている部分や細粒化した箇所は全て取り除いてから、断面修復作業を行った。

3. 解析モデルの概要 部材モデルとしては、曲げモーメント(M) - 部材角(θ)で表現されたものを用いた。図 - 1 に検討に用いた部材モデルを示す。本モデルの復元力特性は、既往の検証事例³⁾での確認もある。本復元力特性は、骨格曲線として最大荷重以降の荷重低下を表現可能なテトラリニアモデルとし、履歴特性は除荷時の剛性劣化を考慮した Takeda モデル⁴⁾を用いた。図 - 2 に解析モデルを示す。解析は、実験時における除荷開始点の変位量を一致させた交番載荷解析を行った。

4. 解析結果の概要 (a) 損傷時(補修前) 損傷時(補修前)の解析結果を図 - 3(a)、(b)に荷重変位関係を、図 - 4 に各載荷時における履歴吸収エネルギー値をそれぞれ示す。履歴吸収エネルギーは、各載荷時の荷重変位曲線の面積として求めたものである。荷重変位関係に関しては、解析結果は実験値の傾向をよく捕らえている。履歴吸収エネルギーに関しても、解析結果は概ね実験値の傾向を表現できていると思われる。(b)補修後 図 - 5(a)、(b)に荷重変位関係を、図 - 6 に各載荷時における履歴吸収エネルギー値をそれぞれ示す。荷重変位関係では、正側載荷時の最大荷重を維持する水平変位が実験結果に対して解析の方が若干大きくなった。実験値と全体的な傾向を比較すると概ね対応は取れているものと思われる。また、履歴吸収エネルギーに関しては、実験値は $10\delta_y$ をピークに、それ以降は低下するのに対して、解析結果は水平変位に

キーワード 部材モデル, 履歴特性, RC 柱

連絡先 〒331-8513 埼玉県さいたま市北区日進町 2-0 JR 東日本研究開発センターフロンティアビル研究所 TEL 048-651-2552

比例するように増加している。履歴吸収エネルギーとして、 $10\delta y$ 程度までの水平変位に対して、解析結果は実験結果よりも小さく評価されているが、それ以降の変形領域では実験値より大きくなった。

5. まとめ 本検討結果を以下にまとめる。

- 1) 荷重変位曲線に関しては、実験値と解析結果は概ね傾向を捉えていた。
- 2) 補修後解析時の履歴吸収エネルギーは、 $10\delta y$ 程度までの水平変位に対して、実験結果よりも小さく評価されているが、それ以降の変形領域では実験値より大きくなった。

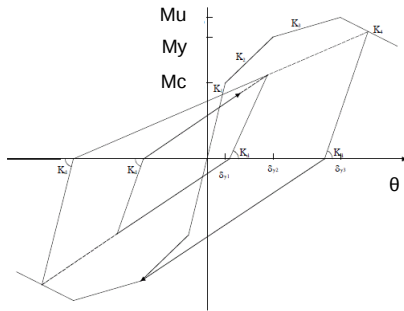


図 - 1 部材モデル

補修後の変形挙動の簡易モデルの検討

柱実験の解析モデル

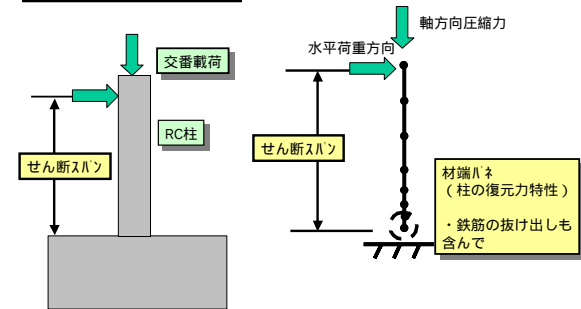
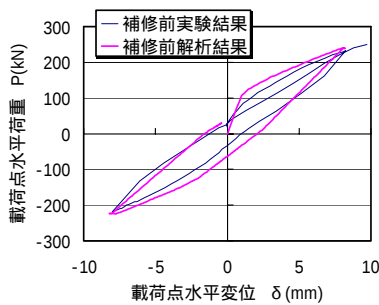
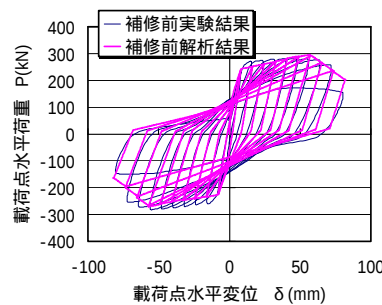


図 - 2 解析モデル



(a)降伏変位時



(b)実験終了まで

図 - 3 荷重変位関係

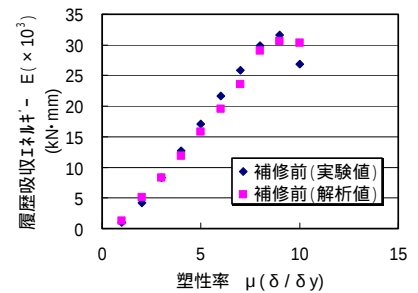
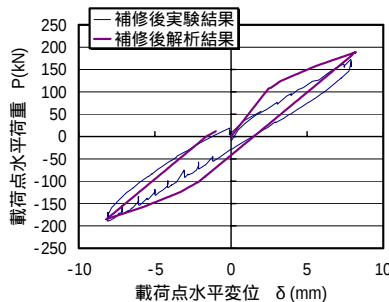
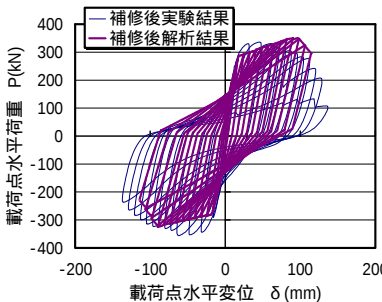


図 - 4 履歴吸収エネルギー



(a)降伏変位時



(b)実験終了まで

図 - 5 荷重変位関係

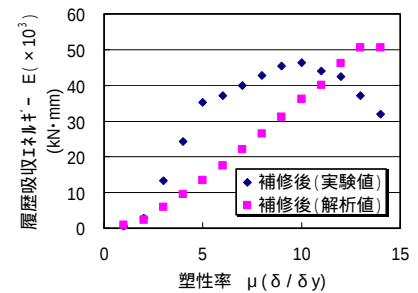


図 - 6 履歴吸収エネルギー

参考文献

- 1) 石橋忠良、津吉毅、小林薫、小林将志：大変形正負交番載荷を受ける RC 柱の損傷状況及び補修効果に関する実験的研究、土木学会論文集、第 648 号/V-48、pp.55-69、2000 年 5 月。
- 2) (財)鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説 コンクリート構造物、丸善、pp.68、2004
- 3) 鉄道総合技術研究所：鉄道総研報告(特集：耐震(3)-橋梁の耐震設計-、第 13 巻第 4 号、1999.4
- 4) Takeda.T., Sozen.M.A.and Nilsen.N.N.:Reinforced Concrete Response to Simulated Earthquakes、Proceeding of ASCE、Structure Division、pp.2557-2573.1970