

鉄筋腐食による付着劣化を考慮した RC 部材の構造性能評価に関する基礎的研究

東北大学 学生会員 ○安部誠司 東北大学 正会員 松崎裕 東北大学 フェロー会員 鈴木基行

1. はじめに

コンクリート構造物の維持管理では、供用期間にわたって要求性能を満足する状態を維持するために、点検および劣化予測を行い、その結果を評価・判定して、必要に応じて補修・補強を行う必要がある。しかし、現状の構造性能評価では、ひび割れ幅、錆汁の有無等の外観変状から間接的に材料劣化状態を推定し、構造性能の低下を定性的に評価するのに留まっている。今後、材料劣化状態に関する点検結果から構造性能を定量的に評価する手法を確立するためには、点検で得られる材料劣化状態と構造性能の関係を対応付ける必要がある。

一方で、材料劣化が進展するほど、材料劣化の不均一性の顕在化や、鉄筋とコンクリート間の付着劣化によって損傷モードが変わり得るなど、材料劣化が構造性能に及ぼす影響はより複雑になる。斉藤ら¹⁾、上原子ら²⁾のように、材料劣化が生じたコンクリート構造物の構造性能評価に関する解析的研究はなされてきているが、材料劣化の分布性状のモデル化や材料劣化が生じた部材への構造解析の適用性は十分に整理されていないのが現状である。

そこで、本研究では、鉄筋腐食が生じた RC はり供試体を対象として、鉄筋とコンクリート間の付着劣化を考慮した非線形 FEM 解析を行い、実験で得られた荷重－変位関係と比較し、非線形 FEM 解析の妥当性の評価を行う。その上で、鉄筋腐食が RC 部材の曲げ耐荷性状に及ぼす影響に関する基礎資料を得ることを目的とする。

2. 解析対象およびモデル化

2.1 解析対象とした RC はり

解析対象としたのは、鉄筋の質量減少率も計測されている図-1 に示すせん断補強鉄筋を有しない曲げ破壊型の RC はり (H-S0 シリーズ³⁾) であり、静的 2 点集中荷重による変位制御での曲げ試験が行われている。軸方向鉄筋は、降伏強度 369 N/mm²、引張強度 523 N/mm² であり、コンクリート圧縮強度は 30.9 N/mm² である。健全供試体 1 体、腐食率 10% 供試体 1 体、腐食率 20% 供試体 2 体の合計 4 体を解析対象とした。

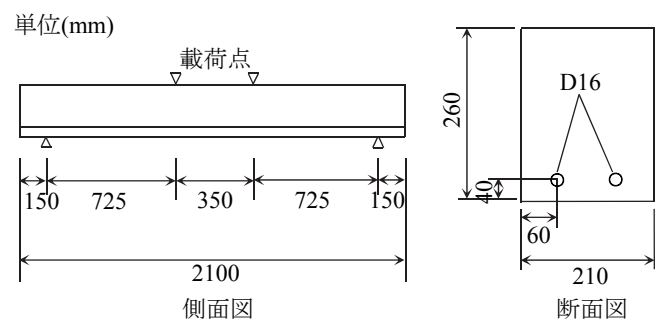


図-1 解析対象供試体

2.2 モデル化

本研究では、非線形 FEM 解析を用いたが、コンクリート要素を四角形メッシュ、鉄筋をはり要素としてモデル化した。鉄筋とコンクリート間の付着劣化を考慮するために、コンクリート要素と鉄筋要素は付着バネ要素を介して接合した。メッシュはコンクリート要素を縦 13、横 84、鉄筋要素を 84 に分割しており、解析結果の収束性を確認している。

鉄筋およびコンクリートの応力－ひずみ関係はバイリニアモデルとした。材料特性のうち、鉄筋降伏強度やコンクリート圧縮強度は参考文献³⁾に示される材料試験結果に基づいて与え、コンクリートのヤング率、ポアソン比については、それぞれ 25000 N/mm²、0.2 とした。鉄筋の腐食程度に対応させて鉄筋断面積および付着強度を低減させるが、付着強度については、腐食鉄筋とコンクリート間の付着特性に関する実験回帰式⁴⁾を用いて鉄筋の質量減少率と付着強度との関係をモデル化した。

$$\frac{\tau_b}{\tau_{b0}} = \exp(-0.0607C) \quad (1)$$

キーワード：RC はり、構造性能評価、鉄筋腐食、付着劣化、曲げ耐荷性状

連絡先：〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06 TEL：022-795-7449 FAX：022-795-7448

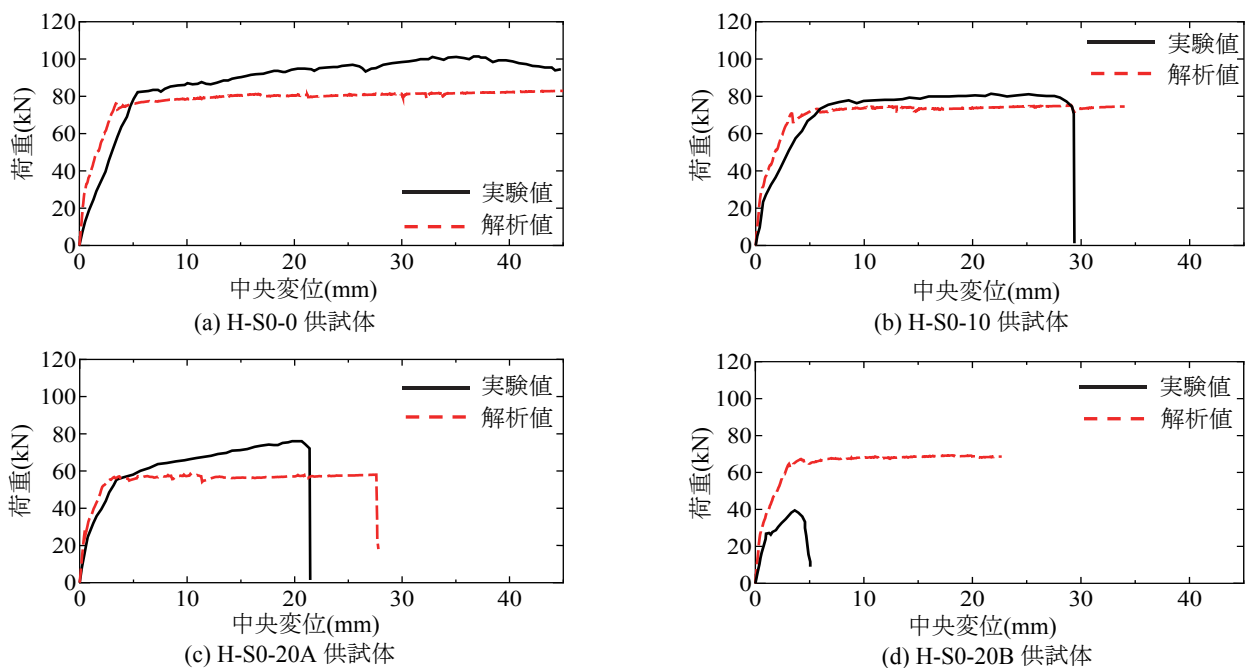


図-2 荷重－中央変位関係

ここに、 τ_b/τ_{b0} は付着強度比、 C は質量減少率(%)である。

なお、参考文献³⁾では、平均断面減少率に対応する質量減少率が50mm間隔で計測されている。本研究における解析では、計測箇所に対応する50mm区間毎に均一な断面減少率を与えることで鉄筋の腐食分布をモデル化した。また、急激な荷重変化が生じた場合に、解析終了としている。

3. 解析結果

解析で得られた荷重－中央変位関係を実験で得られたものと比較する形で図-2に示す。H-S0-20B供試体以外については、解析では変形性能がやや大きめに評価される場合もあるものの、健全供試体から腐食率20%供試体まで、解析結果は実験結果と概ねよく対応している。一方で、H-S0-20B供試体に対する解析結果については、耐荷力も変形性能も実験結果と大きく異なっている。H-S0-20B供試体では、部材端部の鉄筋近傍に発生したひび割れに起因した付着性能の低下によって軸方向鉄筋の引き込みが生じており³⁾、こうした定着に影響を与えるような鉄筋腐食が生じた場合には、定着不良をモデル化しなければ構造性能を適切に評価することができないことが確認される。

4. まとめ

本研究では、鉄筋腐食が生じたRC部材の構造性能評価に関する基礎的研究として、鉄筋とコンクリート間の付着劣化を考慮した非線形FEM解析により、腐食鉄筋を有するRCはりの載荷実験に関する再現解析を行った。その結果、部材端部の定着に影響を及ぼさない鉄筋腐食であれば、質量減少率が20%程度であっても、荷重－変位関係を概ね再現できることが示された。一方で、定着が不良になるほどの材料劣化が生じた場合には、単に付着劣化を考慮するだけでなく、鉄筋の引き抜きについても考慮しなければ、構造性能評価が困難になる場合があることが示された。

参考文献

- 1) 斉藤成彦, 高橋良輔, 檜貝勇: 鉄筋の腐食分布がRCはり部材の曲げ耐荷性状に及ぼす影響, 土木学会論文集E, Vol. 64, No. 4, pp. 601-611, 2008.
- 2) 上原子品久, 岩城一郎, 鈴木基行: 著しい塩害を受けて劣化した道路橋PC上部工の鋼材腐食を考慮した構造解析, 土木学会論文集E2, Vol. 67, No. 3, pp. 333-350, 2011.
- 3) 村上祐貴, 董衛, 大下英吉, 鈴木修一, 堤知明: 鉄筋腐食により定着不良を生じたRCはり部材の耐荷性状評価, 土木学会論文集E2, Vol. 67, No. 4, pp. 605-624, 2011.
- 4) (社)日本コンクリート工学協会: コンクリート構造物のリハビリテーション研究委員会報告書, 1998.