

NDT-FEM による鉄筋が腐食した RC はり部材の曲げ耐力評価手法

大阪大学大学院 学生員 ○峯澤 博行

大阪大学大学院 正会員 鎌田 敏郎, 内田 慎哉

大阪大学大学院 学生員 角田 蛍, 山本 健太, 宗像 晃太郎

大阪大学大学院 正会員 大西 弘志

1. はじめに

本研究では、鉄筋が腐食した RC はり部材を対象に、分極抵抗法（NDT）による腐食量の推定結果と実際の鉄筋の腐食量との関係、および電磁パルス法（NDT）による測定結果と引抜き試験による付着力との対応関係から、腐食量および付着力を推定する式をそれぞれ提案し、これらの式に基づいて作成したモデルを対象に有限要素解析（FEM）を行い、腐食した RC はり部材の曲げ耐力を評価する手法について検討することを目的とした。

2. 非破壊試験による鉄筋の腐食量および鉄筋とコンクリートとの付着力の推定手法に関する検討

2. 1 実験概要

(1) 供試体

図-1 に供試体の概要を示す。引抜き試験により付着力を把握するため、鉄筋は突出させている。腐食量にバリエーションを設けるため、積算電流量の異なる 12 体の供試体を電食試験により作製した。

(2) 非破壊試験

鉄筋とコンクリート界面の付着状態を確認するため、電磁パルス法を実施した。鉄筋を加振するための励磁コイルは、鉄筋上においてコンクリート表面から 20mm の位置に非接触で設置した。AE センサは、供試体のコンクリート部分の中央に設置した。評価パラメータには、センサで受振した波形の最大振幅値を採用した。

供試体中の鉄筋の腐食量を推定するため、分極抵抗の計測を供試体のコンクリート部分の中央の鉄筋直上において行った。

(3) 引抜き試験

非破壊試験終了後、土木学会規準(JSCE-G 503)に準じて引抜き試験を行った。

(4) 腐食量の測定

電食による鉄筋の腐食量は、JCI「コンクリート構造

物の腐食・防食に関する試験方法ならびに基準（案）」の中の「コンクリート中の鋼材の腐食評価方法（JCI - SC1）」に準じて測定した。

2. 2 実験結果および考察

図-2 に最大振幅値比と最大付着力比との関係を示す。ここで、最大振幅値比および最大付着力比とは、鉄筋が腐食していない供試体におけるそれぞれの計測値を 1 とした場合の、鉄筋の腐食量の異なる供試体における計測値の比率を示している。図より、両者の関係に対数近似を与えると、高い相関関係が得られることが分かる¹⁾。したがって、電磁パルス法によって測定された最大振幅値から鉄筋とコンクリートとの付着力を推定する式を、次式に示す。

$$\zeta = 0.45 \ln(x) + 0.95 \quad (1)$$

ここで、 ζ ：最大付着力比、 x ：最大振幅値比である。

分極抵抗法での測定結果から、鉄筋の腐食を推定するための回帰式は、著者らの既往の研究成果によれば、以下のとおりとなる²⁾。

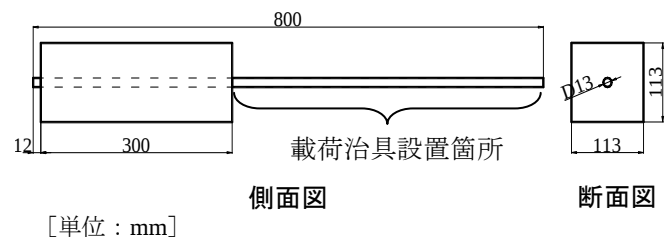


図-1 供試体概要

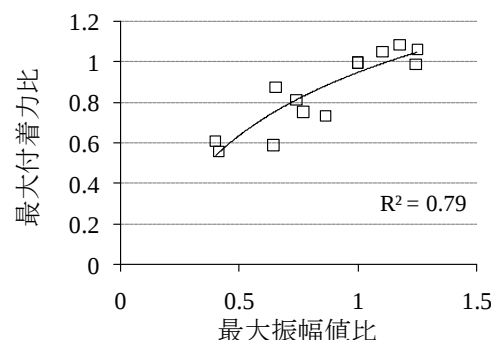
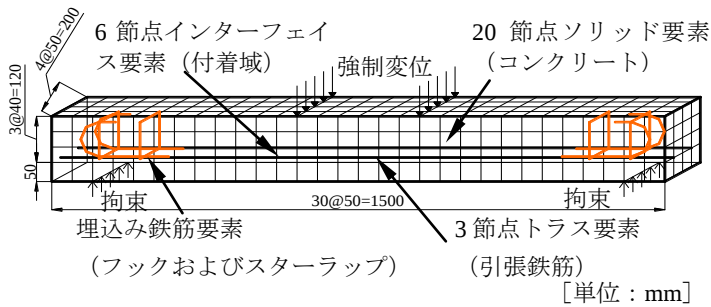
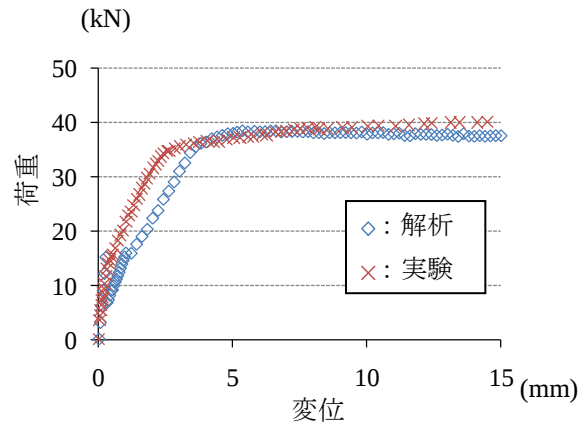
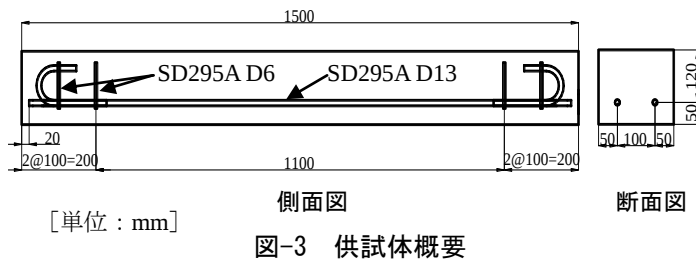


図-2 最大振幅値比と質量減少率との関係

キーワード 鉄筋コンクリート, 鉄筋腐食, 非破壊試験, 有限要素解析, 曲げ耐力

連絡先 〒565-0871 吹田市山田丘 2-1 TEL06-6879-7618



$$W = \gamma' \frac{2.5K \cdot S \cdot T}{R_{ct}} \quad (2)$$

$$\gamma' = 390.14A^{-0.888} \cdot \frac{I'_{cor}}{I_{cor}} \cdot \sqrt{\frac{c}{c'}} \quad (3)$$

ここで、 W ：鉄筋の腐食量(mg)、 K ：鋼材の種類や環境条件により決定する係数(V)、 S ：計測範囲における鉄筋の表面積(dm²)、 T ：電食期間(day)、 R_{ct} ：分極抵抗の計測値($\Omega \cdot \text{cm}^2$)、 γ' ：分極抵抗から鉄筋の腐食量を算出するための係数、 A ：分極抵抗の計測値から算出される腐食速度(mdd)、 I'_{cor} ：電食により通電された電流の電流密度($\mu\text{A}/\text{cm}^2$)、 I_{cor} ：基準となる電流密度($\mu\text{A}/\text{cm}^2$)、 c' ：鉄筋のかぶり(mm)、 c ：基準となる鉄筋のかぶり(mm)である。

3. NDT-FEMによる腐食したRCはり部材の曲げ耐力評価手法に関する検討

3. 1 実験概要

(1) 供試体

RCはり供試体の概要を図-3に示す。供試体作製後、電食試験により供試体中の鉄筋を促進腐食させた。

(2) 非破壊試験

2章と同様、電磁パルス法および分極抵抗法による計測を実施した。いずれも、計測結果を式(1)、(2)および(3)にそれぞれ代入し、鉄筋の質量減少率および鉄筋とコンクリートとの付着力をそれぞれ推定した。

(3) 曲げ載荷試験

載荷スパンを1300mmとした4点曲げ載荷試験を行

った。計測項目は、荷重、支点および載荷点における変位である。

3. 2 NDT-FEMの概要

解析モデルを図-4に示す。分極抵抗法によって推定された鉄筋の質量減少率から鉄筋の断面積に換算し、これを各要素に反映させた。鉄筋とコンクリートとの付着力については、電磁パルス法により推定された付着力比を用いて、付着応力-相対すべりモデルにおける最大付着力を低減させた。

3. 3 結果および考察

図-5に解析および実験結果から得られた荷重－変位曲線を示す。図より、解析および実験結果ともに曲げ引張破壊の進展が見られ、しかも両者において鉄筋が降伏する荷重は良く一致している。さらに、鉄筋の降伏以前については、ひび割れ発生時期までの弾性域の挙動について精度よく再現できていることが明らかとなった。

4. まとめ

本研究では、分極抵抗法から鉄筋の腐食量を、電磁パルス法からは鉄筋とコンクリートとの付着力を推定する式を提案した。提案した式に基づき、NDT-FEMを行った結果、RCはり部材供試体の曲げ耐力を把握できることを明らかにした。

参考文献

- 1) 前 裕史ら：非破壊試験による鉄筋－コンクリート界面の評価手法、コンクリート工学年次論文集、Vol. 30, No. 2, pp.811-816, 2008
- 2) 山本健太ら：分極抵抗法に基づくコンクリート中の鉄筋腐食量の推定手法に関する基礎的研究、平成21年度土木学会関西支部年次学術講演会、2009