

コンクリート埋込部が腐食欠損した鋼製柱の非破壊検査に関する研究

東北大学 学生会員 ○佐野善紀
土木研究所 正会員 高橋 実
東北大学 正会員 内藤英樹

東北大学 学生会員 柏 宏樹
土木研究所 正会員 村越 潤
東北大学 フェロー 鈴木基行

1. はじめに

近年、鋼材がコンクリートに埋め込まれる接合箇所において、著しい鋼材腐食(以下、境界部腐食)が生じる事例が報告されている。特に、鋼コンクリート合成構造における境界部腐食は補修が困難であり、かつ構造物の安全性を低下させる要因にもなる。しかし、このような境界部腐食はコンクリート内部にまで及んでいる場合もあり、目視点検のみでは境界部腐食の発見は容易でない。本研究は、境界部腐食に対する非破壊検査の可能性の検討と、基礎的データの収集を目的として、RC フーチングに鋼製柱を埋め込んだ接合部供試体を作製した。そして、電食による段階的な鋼材腐食に対して振動試験と超音波試験を行った。

2. 実験概要

(1) 供試体

供試体の概略図を図-1 に示す。本研究では、鋼製柱(H 形鋼)が RC フーチングに埋め込まれる接合形式として、F20 と F40 供試体の 2 体を作製した。H 形鋼の断面寸法は 200 mm × 200 mm × 8 mm × 12 mm (断面高さ × 断面幅 × ウェブ厚さ × フランジ厚さ) であり、材質は SS400 を使用した。フーチングは、断面幅 1380 mm、断面高さ 1500 mm、フーチング高さ 1250 mm である。H 形鋼はフーチング底面まで埋め込んだ。

(2) 電食試験

コンクリート内部の H 形鋼フランジとウェブに面して金網を埋め込み、濃度 5 % の塩水を供給して直流電流を流した。フーチング上面から深さ 100 mm までの鋼材全面を腐食対象とし、積算電流量から求まる F20 と F40 供試体の目標腐食率(腐食区間における鋼材の平均質量減少率)をそれぞれ 20 % と 40 % とした。

(3) 非破壊試験

加振器を用いて鋼製柱のたわみ振動を測定した¹⁾。振動試験では、図-2 に示すようにフーチング上面から柱高さ 600 mm 位置の H 形鋼フランジ面を水平方向に加振した。このとき、加振点と同じフランジ面に加速度ピックアップを貼付し、供試体の応答加速度から共振曲線(周波数-加速度関係)を得た。

この他に、図-2 に示すように鋼製柱基部を中心にして 24 kHz の発振子と受振子を設置し、フーチング上面の見掛けの超音波伝播速度を測定した。探触子間距離は 400 mm である。

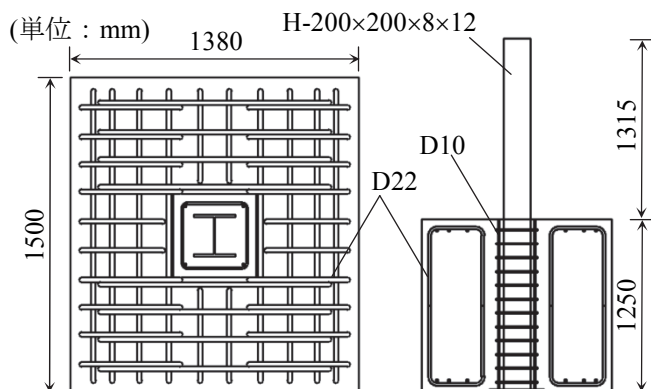


図-1 供試体の概略図

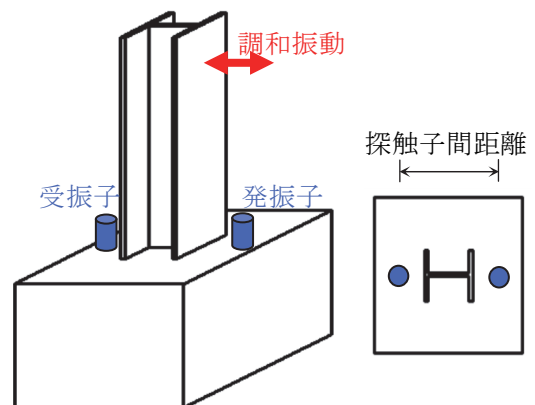
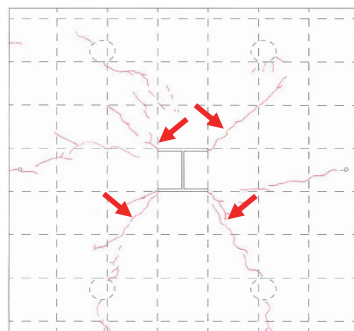


図-2 振動試験と超音波試験の概略図

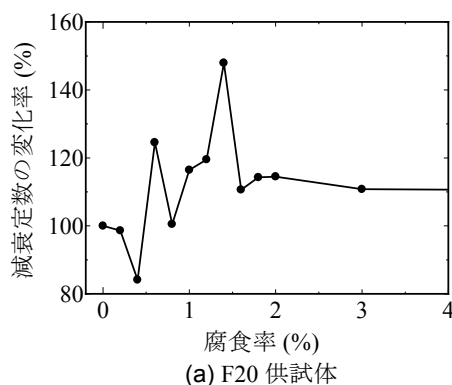
キーワード：合成構造，鋼材腐食，非破壊検査，振動，超音波

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

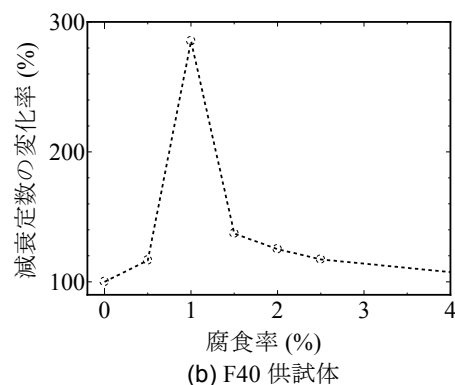


腐食率 1.5 % 程度から矢印のひび割れが発生した。

図-3 腐食ひび割れ(F40)



(a) F20 供試体



(b) F40 供試体

図-4 腐食率と減衰定数の関係

3. 実験結果

(1) 電食試験

電食試験終了時の F40 供試体のひび割れ状況を図-3 に示す。なお、F20 と F40 供試体は積算電流量から推定される腐食率が 1.5 % 程度のときに、図の矢印に示すフランジ端部から斜め方向のひび割れが発生・進展した。

(2) 非破壊試験

腐食率と鋼製柱の減衰定数との関係を図-4 に示す。腐食率が 4 % よりも大きい場合には、減衰定数の変化に特定の傾向が見出せなかったため、図には腐食率 0～4 % の実験結果を示した。縦軸は、健全時の減衰定数を基準とした変化率を表記した。いずれの供試体でも腐食率 0～1.5 % 程度までに減衰定数が健全時の 1.5～3 倍程度に増加する傾向が示唆された。著者ら^{1),2)}は、これまでも様々な寸法・接合形式の供試体に対して同様の実験を行っており、これらの検討でもひび割れが発生・進展する前後までに減衰定数の増加傾向が確認されている。柱基部の腐食生成物によって減衰が増加したと推察される。なお、腐食率の増加に伴う固有振動数の変化はわずかであった。

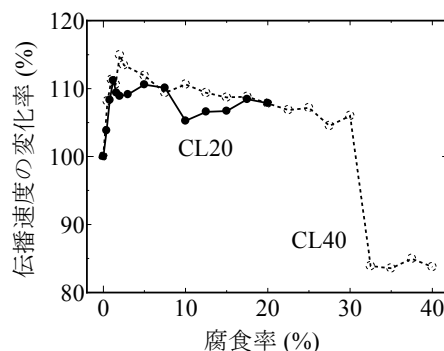


図-5 腐食率と超音波伝播速度

図-5 に腐食率と超音波伝播速度との関係を示す。ここでの超音波伝播速度は、超音波到達時間を探触子間距離で除した見掛けの伝播速度である。2 体の供試体はいずれも腐食率 0～2 % 程度までに超音波伝播速度の増加が見られた。F40 供試体では、その後の腐食率の増加において超音波伝播速度の緩やかな低下傾向が見られた。特に、F40 供試体は腐食率 30 % 程度に達したときに、超音波伝播速度が健全時の 8 割程度まで急激に低下した。鋼材の腐食欠損によって鋼とコンクリートの一体化が失われ、超音波の伝播経路が大きく変化したと推定される。

4. まとめ

本研究では、鋼コンクリート接合部を模擬した供試体を作製し、電食によって段階的に腐食させて振動試験と超音波試験を行った。その結果、フーチングに腐食ひび割れが発生する前後までに鋼製柱の減衰定数が増加することや、腐食率 30 % 程度に達するとフーチング上面・柱基部の超音波伝播速度が急激に低下することなどが示された。今後はこれらの知見を基にして、非破壊試験による鋼材腐食量推定法の構築に取り組む。

謝辞：本研究は、(独) 土木研究所と東北大学による共同研究「コンクリート埋込部における鋼部材の腐食欠損等の共鳴振動評価法に関する研究」(平成 23 年度～24 年度) として実施したものである。ここに記して、関係者各位に謝意を表します。

参考文献：

- 1) 内藤英樹, 伊東知哉, 青木峻二, 鈴木基行: 鋼材腐食が生じた鋼コンクリート接合部の振動特性に関する基礎的検討, 構造工学論文集, Vol. 57A, pp. 1060-1073, 2011.
- 2) 岩岸現, 柏宏樹, 内藤英樹, 鈴木基行: 鋼コンクリート接合部に生じた鋼材腐食量の推定に関する基礎的研究, コンクリート工学年次論文集, Vol. 34, No. 2, pp. 1231-1236, 2012.