

コンクリート埋込部が腐食欠損した H 形鋼柱基部の局所振動特性

東北大学 学生会員 ○佐野善紀 東北大学 学生会員 横手加奈
 土木研究所 正会員 高橋 実 土木研究所 正会員 村越 潤
 東北大学 正会員 内藤英樹 東北大学 フェロー 鈴木基行

1. はじめに

近年、鋼橋のトラス部材等においてコンクリート埋込部に鋼材腐食が発生する事例(以下、境界部腐食)が報告されている¹⁾。この種の鋼コンクリート接合部は補修や取替が容易でないため、深刻な腐食欠損に至る前に早期に発見し、時間的余裕をもって対策することが望ましい。しかし、現状では目視やはつり出しを伴う点検が行われているため、簡便な非破壊検査手法の構築が望まれる。

本研究では、境界部腐食に対する簡便な点検手法を構築するための基礎的検討として、コンクリートフーチングに埋め込んだ片持式鋼製柱供試体を作製し、境界部腐食が鋼材の振動特性に及ぼす影響を検討した。既往の研究でも境界部腐食に伴う固有振動数の変化は小さいことが報告されており、本研究では特に鋼材腐食と減衰特性の関係について整理する。

2. 実験概要

建築構造物の骨組みや道路付属物等の柱部材を模擬した H 形鋼の鋼製柱供試体を 2 体作製した。供試体寸法および配筋図を 図 - 1 に示す。H 形鋼の材料特性は、降伏強度 264 N/mm²、引張強さ 433 N/mm²、伸び 32% である。また、コンクリートの材料特性は、圧縮強度 26.1 N/mm²、静弾性係数 22800 N/mm²、動弾性係数 27400 N/mm²、密度 2250 kg/m³ である。これらの供試体に対して、表 - 1 の腐食性状をパラメータとして電食試験を行った。ここで、腐食率とは、腐食区間における鋼材の平均質量減少率である。電食方法は、フーチング上面から腐食区間に渡って鋼材周囲に金網を埋め込み、その近傍の孔から濃度 5% の NaCl 水溶液を供給して直流電流を流した。この 2 体の供試体では、フランジに対してウェブの 2 倍の電流を流しており、フランジの腐食欠損を大きくしている。このように電食試験によってフーチング内部の鋼材腐食を促進させながら、振動実験を繰り返し行うことで、境界部腐食に伴う振動特性の変化を検討する。写真 - 1 に示すように、振動試験は伝達棒を介して鋼製柱の柱基部に調和振動を与え、フランジの振動を励起した(以下、局所振動試験)。ここで、本実験では、図 - 2 に示すように柱基部のフランジ中央を面内方向に加振することによって共振曲線(周波数-応答加速度関係)を測定した。加振位置は柱基部から高さ 50 mm のフランジ中央として、このときのフランジ端部の応答加速度を柱基部から高さ 50, 100,

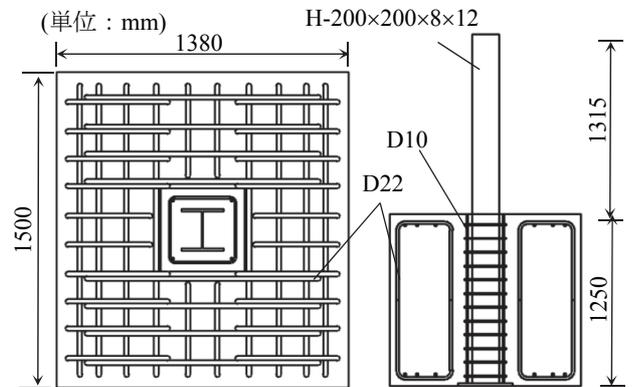


図 - 1 供試体の概略図

表 - 1 供試体パラメータ

供試体名	腐食率	腐食区間	腐食箇所
F50	17.2 %	50 mm	フランジ
F100	8.2 %	100 mm	



写真 - 1 柱基部の振動試験状況

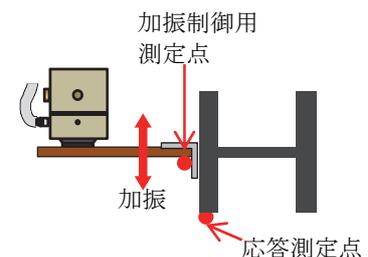


図 - 2 局所振動試験の概略図

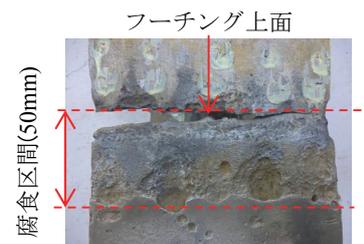


写真 - 2 F50 の腐食性状

キーワード：合成構造，鋼材腐食，振動試験，減衰

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

150 mm の 3 箇所において測定した。周波数スイープ試験では、加速度振幅 1.0 m/s^2 を一定として 2 分間で 10000~15000 Hz まで直線的に周波数を上昇させた。

3. 実験結果

試験終了後、フーチング内部から鋼材を取り出し腐食性状を確認し、質量を測定して腐食率を求めた。除錆後の鋼材を写真 - 2 に示す。写真 - 2 の破断は本検討の後に行った载荷試験によるものである。F50 供試体はフーチング内部でフランジ面の腐食が進行しており、F100 供試体ではフーチング上面にてフランジの腐食が集中していた。F100 供試体の電食終了時のフーチング上面のひび割れ状況を図 - 3 に示す。ひび割れ状況は、いずれの供試体もフランジ端部から斜め方向にひび割れが発生・進展した。

F50 供試体において得られた共振曲線を図 - 4 に示す。フランジ要素の面内方向(張り出し方向)の振動を励起した際に、縦振動の 1 次の固有振動数は次式により算定される。

$$f = \frac{c}{2L}$$

ここで、 f は固有振動数、 L はフランジ幅、 c は縦波速度である。フランジ幅 ($L = 200 \text{ mm}$) と鉄の縦波速度 ($c = 5000 \text{ m/s}$) より、固有振動数の理論値は 12500 Hz となる。この値を参考に、健全時の共振曲線から得られる最大応答加速度の振動モードを基準として実験結果を整理した。各腐食率の共振曲線におけるこの振動モードの応答加速度の大きさと腐食率の関係を図 - 5 に示す。図の縦軸は健全時を基準とした変化率を示した。図より、腐食率の増加に伴って応答加速度が低下する(減衰が増加する)傾向が見出せた。本実験の範囲では、測定位置が異なる 3 つの応答加速度の低下傾向に大きな差異が無いため、局所振動の範囲は柱基部から 150 mm 以上である。なお、F100 の腐食率 8.2% では、測定高さ 100 mm と 150 mm の応答加速度が増加した。加振位置は高さ 50 mm であり、これら 2 つのデータは加振位置と応答測定位置の高さが異なるために、フランジの面内方向の縦振動以外の振動モードの影響を含んだものと推察される。

4. まとめ

本研究では、コンクリートフーチングに埋め込んだ片持式鋼製柱供試体を作製し、電食により鋼材腐食を促進させ、強制振動試験を行った。その結果、H 形鋼柱基部におけるフランジの局所振動試験において、腐食率の増加に伴い応答加速度が低下する傾向が見出せた。今後、簡易点検手法につなげていきたい。

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) 名取暢, 西川和廣, 村越潤, 大野崇: 鋼橋の腐食事例調査とその分析, 土木学会論文集, No. 668/I-54, pp. 299-311, 2001.

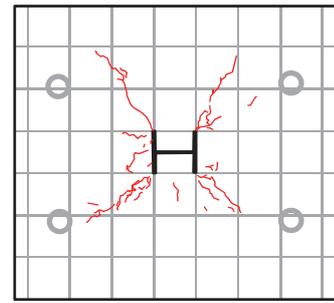


図 - 3 F100 のひび割れ図

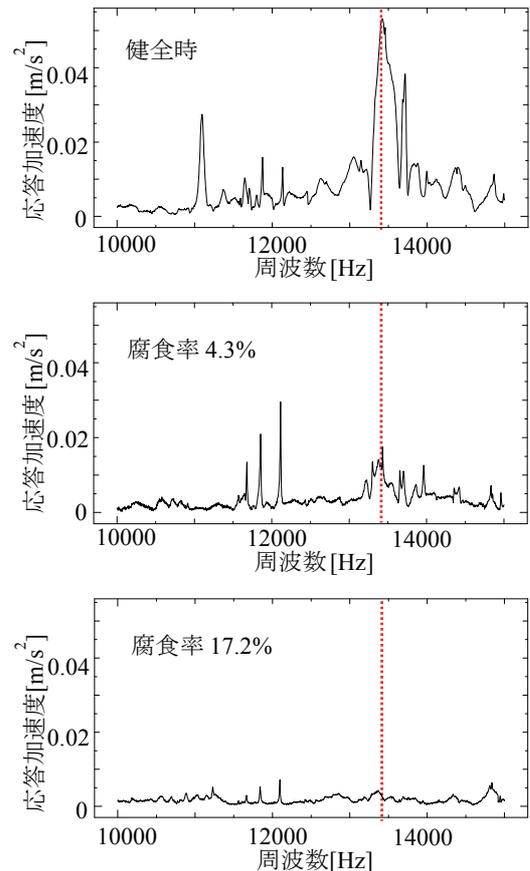


図 - 4 F50 の共振曲線(150mm 位置)

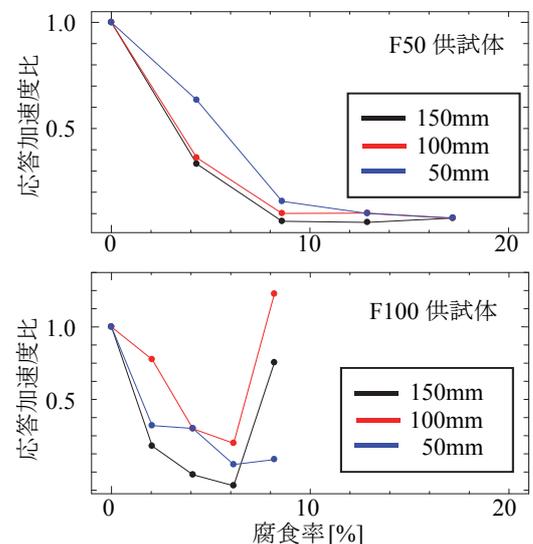


図 - 5 腐食率-フランジ応答加速度比関係