

コンクリート埋込部で腐食欠損した H 形鋼の強制振動試験

東北大学 学生会員 ○柏 宏樹 東日本旅客鉄道 正会員 岩岸 現
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、橋梁や道路付属物、建物などの鋼材がコンクリートに埋め込まれる接合箇所において、著しい鋼材腐食が生じている例(以下、境界部腐食)が報告されている¹⁾。コンクリートとの境界部腐食は補修・補強が困難であり、鋼材の塗装後の再劣化も懸念されるだけでなく、構造物の使用性や安全性を大きく低下させる要因になる。しかし、通常の見視点検ではコンクリート内部にまで及ぶ境界部腐食の発見が困難であるため、境界部腐食が発見できる簡便なコンクリート埋込部の非破壊試験法の構築が早急に望まれる。そこで本研究は、コンクリート埋込部に生じた境界部腐食を電食により再現し、強制振動試験により鋼材部分の振動特性を得る。そして、鋼材腐食率と振動特性との関係を整理した。

2. 実験概要

供試体の概略図と諸元を図-1に示す。供試体は、トラス橋の床版や地覆等のコンクリートを貫通する斜材を模擬した Truss 供試体と、家屋や道路付属物等の柱部材を模擬した Column 供試体の2種類を作製した。電食試験については、全ての供試体において目標腐食率を20%としており、Truss 供試体は腐食区間100mm、Column 供試体は腐食区間150mmとしている。

強制振動試験では、動電式加振器を用いて境界部腐食が生じた H 形鋼の張出し部の振動試験を行う。図-2に強制振動試験の加振位置と加振方向を示す。Truss 供試体および Column 供試体ともに、H 形鋼材に調和振動を加えた。加振位置は張出し端部から10mmとしており、加振条件は、加速度振幅 2 m/s^2 を一定として、掃引周波数は1次共振峰付近の50Hz幅を基本とした。なお、加振面と同じフランジ面に計測加速度ピックアップを貼付し、H 形鋼材の応答加速度を計測した。張出し端部からの計測加速度ピックアップの貼付け位置は、Truss 供試体では50mm間隔、Column 供試体では100mm間隔とした。さらに電食試験終了後に、供試体を解体してクエン酸水素ニアンモニウム水溶液により H 形鋼材の錆を除去し、腐食状況の確認と腐食率の計測を行った。ここで、腐食率は腐食区間の鋼材質量減少率で定義される。

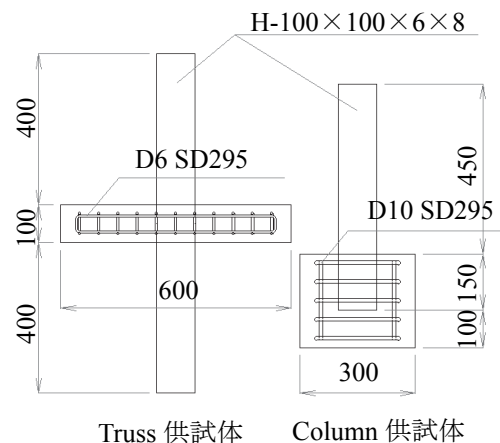


図-1 供試体概略図

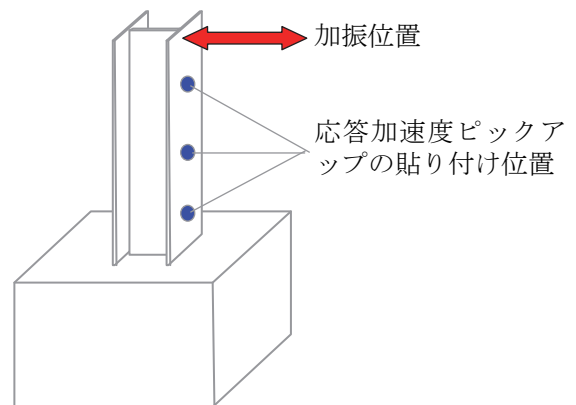


図-2 強制振動試験の概略図

3. 実験結果

Truss 供試体のひび割れ図(腐食率21.3%)を図-3に示す。フランジ端部からひび割れが発生し、さらにフランジとウェブ面に対して直角方向のひび割れが発生した。腐食率は、腐食区間100mmである Truss 供試体では23%と概ね目標値と同程度になったが、腐食区間150mmである Column 供試体では13%と目標腐食率を大きく下回った。

キーワード 合成構造, 鋼材腐食, 電食, 強制振動試験

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

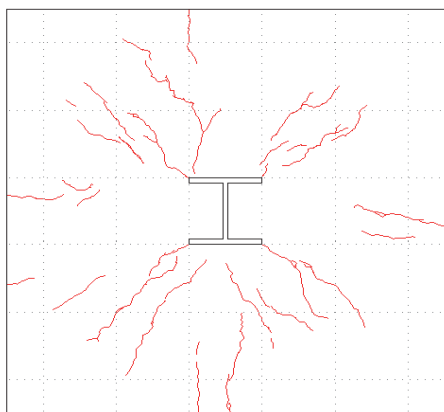


図-3 Truss 供試体のひび割れ図

H 形鋼の曲げ振動試験では, Truss 供試体と Column 供試体の固有振動数はそれぞれ 560 Hz と 643 Hz となり, 片持ちばりのたわみ振動の 1 次固有振動数の理論値 609 Hz と概ね整合した. しかし, 鋼材腐食に伴う H 形鋼の固有振動数の変化率は数 % と小さく, 参考文献 2) と同様に, 固有振動数の変化から腐食率を推定することは困難であると判断された.

減衰定数の算定に際して, 1 次モードに着目した Truss 供試体の健全時と腐食率 23.4 % 時のナイキスト線図を図-4 に示す. ナイキスト線図は共振峰付近の実部と虚部を表したものであり, 真円を描くことから振動試験の精度が確認できた. ナイキスト線図を用いてハーフパワー法により減衰定数を算出する.

$$\zeta = (f_2 - f_1) / 2f_0 \quad (1)$$

ここで, ζ は減衰定数, f_0 は固有振動数, f_1 と f_2 は図-4 のナイキスト線図から得られる周波数である.

腐食率 23.4 % においてもナイキスト線図が真円を描くことから, 鋼材腐食が生じた場合でも精緻に減衰定数が評価できると判断された. Truss 供試体および Column 供試体の腐食率と減衰定数比の関係を図-5 に示す. ここで, 減衰定数は健全時の値を基準として正規化した. ウェブとフランジのひび割れが発生する腐食率 2 % 程度までに減衰定数は大きく増加した. ひび割れ発生後には減衰定数が一時的に低下したが, その後も鋼材腐食の増加に伴って減衰定数は緩やかに増加傾向を示した. 接合形式が異なる Truss 供試体と Column 供試体を比べると, コンクリート部の大きい Truss 供試体ではひび割れ発生後の一時的な減衰定数の低下が小さい. また, 腐食区間が大きい Column 供試体では, Truss 供試体に比べて減衰定数が大きく増加しており, 健全時の 2 倍程度にまで達している. このような接合形式による差異は見られるが, Truss 供試体と Column 供試体では鋼材腐食率と減衰定数に同様の関係が見出せた.

4. まとめ

本研究は, 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鋼材腐食を促進させた. さらに強制振動試験を行い, 腐食率と振動特性の関係を整理した. その結果, いずれの供試体でも腐食率の増加に伴って減衰定数が増加傾向を示すことが確認できた.

参考文献:

- 1) 加藤光男: 他人事ではない木曽川大橋の斜材破断, 日経コンストラクション 7 月号, pp. 64-67, 2007.
- 2) 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.

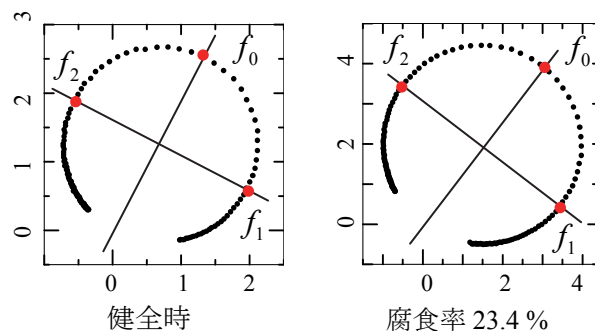


図-4 Truss 供試体のナイキスト線図

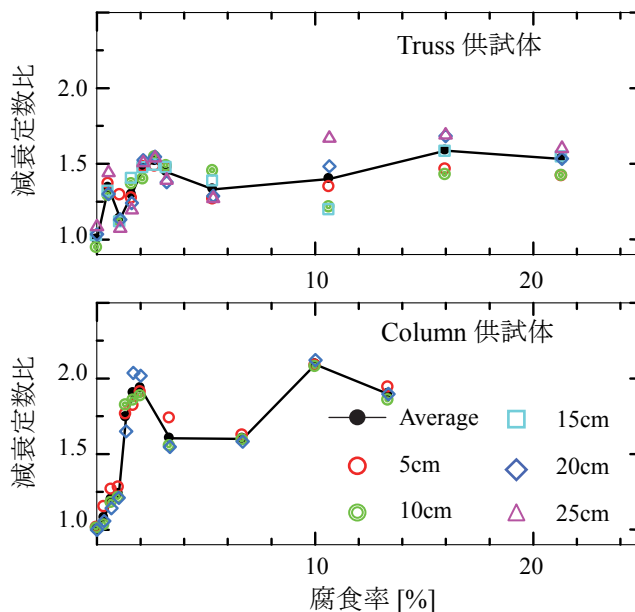


図-5 腐食率と減衰定数比の関係