

報告書の要約

指定課題に申請する場合は、右欄に『指定』と記入して下さい。

指定

助成番号 平成２６年５月９日付 第１４－２号	研究開発テーマ名		鋼コンクリート接合部に鋼材腐食が生じた港湾・海岸及び空港施設の健全度評価手法の構築	
	助成研究者	ふりがな 氏名	すずき もとゆき 鈴木 基行	印
		所属	東北大学大学院 工学研究科	

1. はじめに

港湾などの著しい塩害環境下において、鋼製支柱とコンクリート基礎との境界部近傍や埋込部で鋼材が局部腐食する事例が報告されている。このような局部腐食はコンクリート基礎の内部にまで及んでいる場合もあり、目視点検が容易ではない。港湾構造物の中には、構造上重要な柱部材にこのような基礎への埋込み接合を用いている場合もあり、簡便な非破壊検査手法の活用が期待されている。

本研究では、これまでに H 形鋼柱とコンクリート接合部に生じた鋼材腐食に対する非破壊検査法の検討を行ってきた。本研究では、特に、円形鋼管柱を模擬した供試体を作製し、電食によってコンクリート基礎内部の鋼材腐食を段階的に促進させ、２つの非破壊試験（強制加振試験と超音波試験）の適用性を検討した。

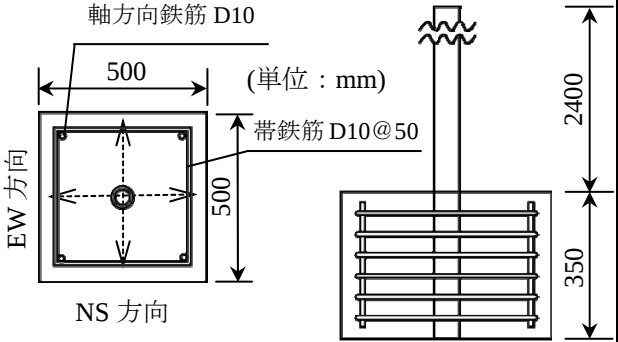
2. 実験概要

(1) 供試体

供試体の概略図を図－１に示す。腐食区間がフーチング上面からの深さがそれぞれ 50 mm と 100 mm である HK50 と HK100 の２つの供試体を作製した。鋼管の断面寸法は 60.5 mm × 3.2 mm（外径 × 鋼管厚さ）であり、コンクリート基礎から張り出した支柱の高さは 2400 mm である。鋼管は STK400 を使用し、基礎の底面まで埋め込んだ。コンクリート基礎は、幅 500 mm，奥行 500 mm，高さ 350 mm である。鋼管の材料特性は、降伏強度 396 N/mm²，引張強度 442 N/mm² である。コンクリートの材料特性は、圧縮強度 30.5 N/mm²，静弾性係数 24200 N/mm²，動弾性係数 31400 N/mm²，密度 2280 kg/m³ である。

(2) 電食試験

本研究では、コンクリート内部の鋼管に面して金網を埋め込み、塩水を供給して直流電流を流した。HK50 と HK100 供試体の鋼管の腐食深さは、それぞれ基礎上面から 50 mm と 100 mm とし、この区間の鋼管全面を腐食させた。腐食率は積算電流量で管理し、本研究に先立って行われた予備供試体の実験による知見から、腐食率 80 % 相当の積算電流量となるまで電食試験を継続した。



図－１ 供試体の概略図

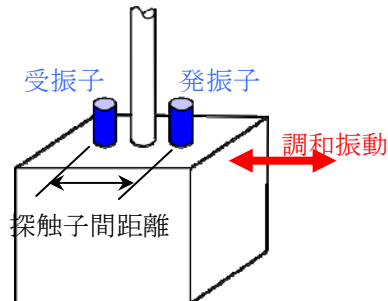


図-2 振動試験と超音波試験の概略



写真-1 鋼管の腐食状況 (HK100)

(3) 非破壊試験

図-2に示すように、小型加振器を用いてコンクリート基礎の側面を加振し、加振点近傍に貼付した加速度センサによって基礎の共振曲線（周波数－応答加速度関係）を得た。強制加振試験では、加振器の加速度振幅 1.0 m/s^2 を基本とし、5 分間で $1000 \sim 5000 \text{ Hz}$ まで周波数を連続的に上昇させた。また、図-2に示すように支柱基部を中心にして 24 kHz の受振子と発振子を基礎上面に接触させ、コンクリート基礎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 200 mm である。上記の強制加振試験と超音波試験は、コンクリート基礎の NS 方向と EW 方向のそれぞれに対して所定の積算電流量ごとに行った。

3. 実験結果

(1) 電食試験

電食試験後に供試体を解体して鋼管を取り出し、クエン酸水素二アンモニウムで錆を除去した上で質量を測定した。写真-1に示すように、鋼管は基礎内部の腐食区間において孔が空いていた。実際の腐食率は、HK50 が 46.5% 、HK100 が 38.5% であり、目標腐食率の半分程度であった。

(2) 非破壊試験

コンクリートのテストピースの物性とコンクリート基礎の断面寸法より求められた基礎の 1 次固有振動数（縦振動）は 3710 Hz であり、共振曲線の測定値のうち近傍にある 3200 Hz 近辺のピークに着目して、固有振動数の変化を整理した。その結果、図-3に示すように、腐食率の増加に伴ってわずかに固有振動数の低下傾向が見られた。しかし、その低下率は最大で 10% 程度であった。また、この低下傾向は腐食区間が大きいほど顕著であった。

腐食率と超音波伝播速度との関係を図-4に示す。HK100・NS 方向では、腐食率 9.6% において伝搬速度が健全時の 7 割程度まで急激に低下した。腐食による鋼とコンクリートの付着の損失やコンクリート基礎の腐食ひび割れにより、超音波の伝搬経路が大きく変化したものと推察される。なお、複数回の測定のうち半数以下ではあったが、HK100・EW 方向の腐食率 38.5% でも、伝搬速度が健全時の 7 割程度の値を示す場合があった。これは、腐食率 28.9% 以降では付着が損失する過程にあり、測定値が不安定になったためであると考えられる。一方、腐食深さ 50 mm の供試体では、超音波伝搬速度に大きな低下は見られなかった。

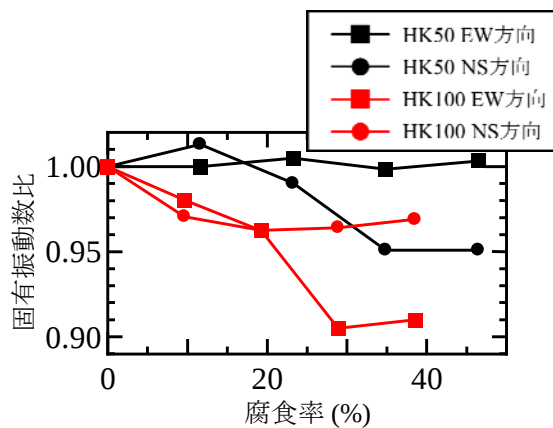


図-3 腐食率と固有振動数の関係

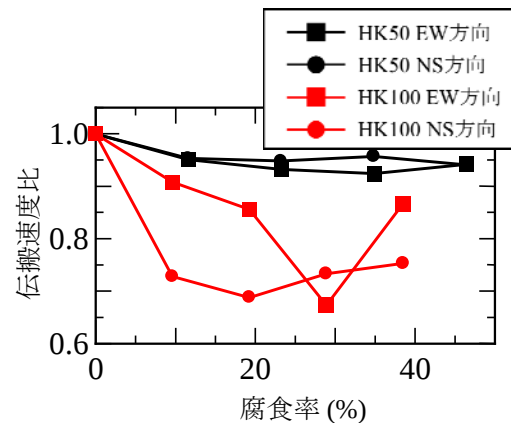


図-4 腐食率と超音波伝搬速度の関係

4. まとめ

鋼とコンクリート接合部の鋼材腐食に対する非破壊検査手法の構築のために、接合部供試体を作製し、電食による鋼材腐食量と振動特性の関係を整理した。

- 1) 振動試験では、腐食の進展に伴って固有振動数の低下が見られ、その傾向は腐食深さが大きいものでより顕著だった。本実験での固有振動数の低下は、健全時から最大で 10 % 程度であった。
- 2) 超音波試験では、100 mm の供試体において局部腐食の進展に伴って基礎上面・支柱周辺の伝搬速度に低下傾向が見出せた。このときの低下率は健全時から 30 % 程度の低下が見られた。一方、腐食深さ 50 mm の場合には超音波伝搬速度の顕著な低下はなかった。

これらの実験結果から、円形鋼管柱をコンクリート基礎に埋め込んだ形式では、埋め込み深さ 100 mm 程度まで腐食している場合に超音波試験や振動試験によって腐食を検出できる可能性が示唆された。

なお、上記の知見は限られた実験条件から得られた。今後、汎用的な非破壊試験に発展させるためには、広範な供試体諸元や多様な損傷状況に対して追加実験を行い、基礎データの収集・分析が必要である。