

栈橋上部工コンクリートにおける鉄筋腐食モニタリング実証実験

(独) 港湾空港技術研究所 正会員 ○岩波 光保 加藤 絵万 川端 雄一郎

1. 背景および目的

港湾構造物の維持管理では、まず点検診断あるいはモニタリングを実施することで、構造物の劣化や変状に関するデータを取得し、これに基づいて構造物の残存性能を定量的に評価・予測した上で、適切な対策を講じる。現状における港湾構造物の点検診断は、構造物外観の目視調査に依ることがほとんどであり、必ずしも定量的で信頼性の高いデータが取得されているとはいえない。目視調査により得られるデータは定性的で、調査実施者の主観によって結果が異なってしまう点が課題である。

一方、非破壊試験技術は電気・機械分野および医療分野のみならず、土木分野においても広く普及しており、コンクリート構造物や鋼構造物の劣化・変状の検出手法として活用されている。しかしながら、港湾構造物の点検診断においては、非破壊試験技術はあまり活用されていない上に、より高度な維持管理のために不可欠な常時モニタリングもほとんど行われていない。

そこで、塩害によるコンクリート内部の鉄筋腐食を対象として、その非破壊モニタリング技術を確立することを目的として、供用中の栈橋上部工コンクリートに埋設した自然電位測定用センサを用いて、7年間にわたって鉄筋腐食モニタリングを行った。

2. 実証実験概要

横浜港内のある栈橋の上部工コンクリートを対象として、鉄筋腐食モニタリング実証実験を実施した。建設後約25年が経過した鋼管杭式横栈橋（-12m）の上部工（鉄筋コンクリート製）において、比較的劣化が進行していない法線直角方向はりを選び出し、図-1に示すように、コンクリート中に鉄筋腐食モニタリングセンサ¹⁾を埋設した。はり底面からH. W. L. までの距離は約0.5mであり、はりの断面寸法は、幅0.8m、高さ1.0mである。港湾の施設の維持管理技術マニュアル²⁾に基づいて判定された劣化度は、実証実験開始時点では「d」であった。すなわち、コンクリート表面に劣化や損傷等の変状は見られない状態であった。

モニタリング対象のはりの側面の3ヶ所において、鉄筋近傍までドリル削孔（直径24mm）を行い、孔の先端にあらかじめフレッシュモルタルを奥行き2cm程度充填しておき、その中にセンサを埋め込んだ。センサと鉄筋の距離は約10mmとした。その後、孔の残りの部分を無収縮モルタルで埋め戻した。あわせて、自然電位の測定に必要な鉄筋短絡用ケーブルについても、コンクリートの一部をはつり取って、鉄筋に接続した。

センサ等のケーブルを栈橋上に延長し、携帯型の鉄筋腐食診断器と接続することで、鉄筋の自然電位の測定を行った。これにより、従来のように測定のたびにセンサを直接コンクリートに設置しないで済むようになるため、洋上作業および栈橋下の足場が不要となる。

なお、鉄筋のかぶりは130mmであり、鉄筋短絡用ケーブルを接続するためにコンクリートをはつった箇所鉄筋の状態を確認したところ、鉄筋は健全な状態で腐食は発生していなかった。また、ドリル削孔と同時に採取した試料を用いて、鉄筋近傍のコンクリート中における塩化物イオン含有量を測定したところ、 0.47kg/m^3 であった。

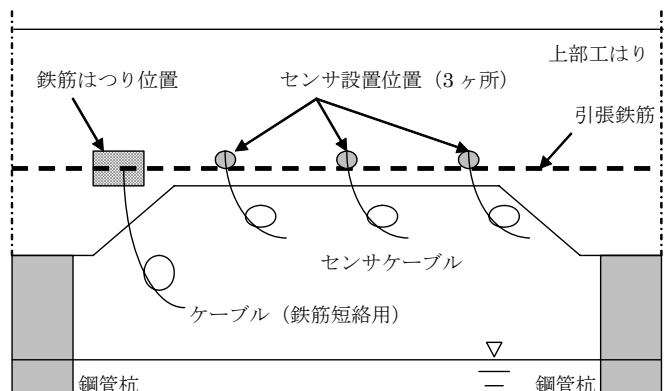


図-1 センサ埋設方法

キーワード 非破壊試験, モニタリング, 鉄筋腐食, 自然電位, 栈橋上部工

連絡先 〒239-0826 横須賀市長瀬 3-1-1 (独) 港湾空港技術研究所 構造研究チーム TEL 046-844-5059

3. 結果および考察

(1) 自然電位の推移

モニタリング開始から約7年間の自然電位の測定結果を図-2に示す。ここで、自然電位は、飽和硫酸銅電極に対する値に換算してある。図中のNo. 1～No. 3は自

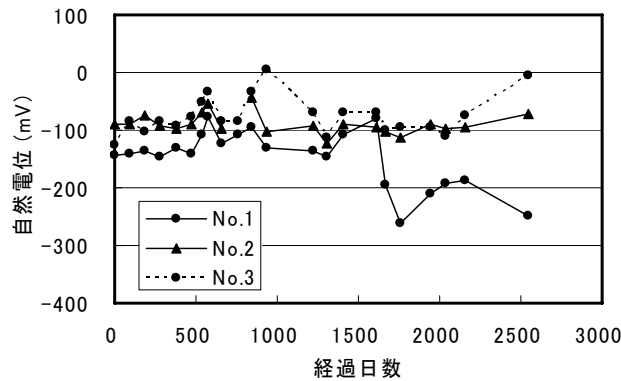


図-2 測定結果

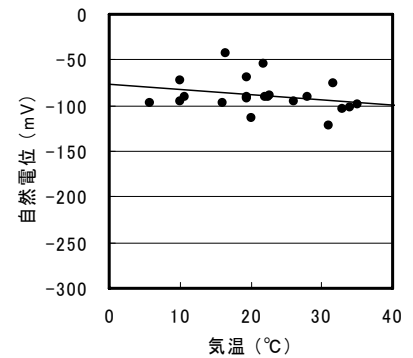


図-3 気温の影響

然電位の測定箇所であり、No. 1が海側、No. 3が陸側を示している。モニタリング開始当初は、鉄筋の自然電位は-150～70mVで推移しており、自然電位測定に基づく鉄筋の腐食可能性を判定するASTM基準³⁾によれば、腐食は始まっていない状態であることが推測された。これは、上述の鉄筋のはつり調査結果とも合致していた。

しかし、モニタリング開始から約5年が経過した頃から、測定箇所No. 1の自然電位が卑な方向にシフトした。ASTM基準と比較すると、腐食が開始しているか不確定な状態であったが、それまでの季節変動を含む測定結果の経時変化や他のモニタリング箇所での測定結果とは明らかに異なる傾向を示した。そこで、栈橋上部工下面の目視調査を行った。その結果、測定箇所No. 1近傍のはり底面において、鉄筋腐食に起因すると思われる錆汁の滲出が認められた。よって、測定箇所No. 1における自然電位の卑化傾向は、この鉄筋腐食を捉えたものであると考えられることから、自然電位測定による鉄筋腐食モニタリングの有効性が確認された。

(2) 測定結果のばらつき

図-2から分かるように、自然電位の測定結果にはばらつきがみられた。自然電位のばらつきの1つの要因として温度の影響が考えられる。気温とコンクリート内部の温度は同一ではないが、気温の変動が自然電位の測定結果に及ぼす影響を調べた。モニタリング期間中、比較的安定した測定結果が得られた測定箇所No. 2における自然電位と気温の関係を図-3に示す。これによれば、気温が高くなるほど、自然電位は卑になる傾向が見られたが、温度以外にもばらつきを生じさせる要因が存在することが分かる。これについては今後の検討課題であるが、本実験の範囲では、測定値のばらつきの範囲は50～100mV程度であった。自然電位の測定結果に基づく鉄筋腐食の判定の際には、このばらつきの範囲を十分に考慮しなければならない。

(3) 鉄筋腐食判定基準

自然電位の測定結果と実際の鉄筋腐食状況の比較から、本実験では、前述のASTM基準の妥当性が示された。かぶりが比較的大きく、塩化物イオンや水分を多く含む港湾コンクリート構造物ではASTM基準により鉄筋腐食を適切に判定できない場合があるが、本実験では、鉄筋の近傍にセンサを設置したため、これらの影響が小さかったものと考えられる。よって、栈橋上部工コンクリートの鉄筋腐食モニタリングを行う際には、本実験で実施したように、センサを鉄筋のできるだけ近傍に設置することが望ましいと言える。

4. まとめ

自然電位の測定による栈橋上部工コンクリートの鉄筋腐食モニタリングを行った結果、鉄筋腐食の発生を捉えることができた。この栈橋は、鉄筋腐食が顕在化したために、現在補修が行われており、鉄筋腐食モニタリングにより補修時期の最適化が実現できる可能性が示されたと言える。

謝辞 本実験の実施にあたっては、(財)横浜港埠頭公社の協力を得た。ここに記して、謝意を表する。

参考文献

- 1) 永山勝, 田村博, 下澤和幸: 腐食電流計および埋設ミニセンサーを併用した鉄筋腐食試験方法, コンクリート工学年次論文報告集, Vol. 18, No. 1, pp. 807-812, 1996.
- 2) 港湾空港技術研究所 編著: 港湾の施設の維持管理技術マニュアル, 沿岸技術研究センター, 2007.
- 3) ASTM: Standard Test Method for Half-Cell Potentials of Uncoated Reinforcing Steel in Concrete, ASTM C876-09, 1977.