

東海道新幹線のコンクリート構造物における非破壊鉄筋腐食診断

東海旅客鉄道㈱	正会員	○森川昌司
東海旅客鉄道㈱	正会員	大脇規孝
東海旅客鉄道㈱	正会員	堤 要二
東海旅客鉄道㈱	正会員	筑摩 栄

1. はじめに

東海道新幹線は、日本経済を支えるいわば大動脈である。その土木構造物は、安全・安定輸送に対して極大影響を与えないことはもとより、大規模な補強工事等は、ぐや上施工間合いが取りづらいことから、半永久的な構造物として維持管理していくことが重要である。

その中でコンクリート構造物は高速鉄道に対する畏敬の念から丁寧な施工がなされており、また塩害及び7割の骨材反応といったコンクリート素材に伴う早期劣化現象もほとんどなく安定した状態に維持されている。しかし、コンクリート構造物の長期的な保守の課題として、中性化とそれに伴う鉄筋腐食は将来的に無視できなくなる可能性がある。

そのため今回、鉄筋腐食の非破壊検査手法として広く活用されている自然電位法に着目し、鉄筋腐食程度の評価を目的とし、東海道新幹線コンクリート構造物への適用の検討を行ったのでその結果について報告する。

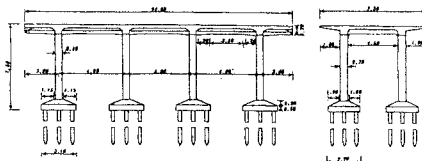


図-1 東海道新幹線標準高架橋

2. 調査内容

(1) 概要

調査対象は、東海道新幹線のコンクリート橋りょうの大半を占める 図-1 東海道新幹線標準高架橋
標準型単高架橋(図-1参照)を全約40007ノックから、無作為に抽出し、高架橋スラブ下面を対象とした。

調査方法は、高架橋全面に枠組足場を組み、橋軸方向及び直角方向に20cm²程度格子状に自然電位測定を行った。測定に際しては、スラブ表面の測定環境を同条件とするため、噴霧器により散水し表面に十分吸湿させ、散水後約15分程度時間をおき、表面半乾燥湿潤状態で測定を行った。今回使用した機材の仕様は表-1に示すとおりであり、1電極方式の鉄筋腐食計を採用したため、鉄筋から7-φを取る必要があり、はつり調査箇所を兼ねて鉄筋を露出させ目視による錆程度の判定も行った。

項目	仕様
本体型式	鉄筋コンクリート腐食度測定用一体型メモリ付電位差、抵抗率計 型式：TRICON model TR-01（1997年仕様）
センサー部	電位差計：回転式鉛照合電極方式（型式：PE-01） 抵抗率計：交流4電極方式（型式：RD-01）
測定範囲	電位差：-2000mV～+2000mV 抵抗率：500Ω～200,000Ω
電位差測定	測定間隔：1cm～99cm 1cm間隔で任意設定可能 測定点数：最大12,000点/回（最大） 記憶容量：400×30 （最大400点×30ファイルまたは12,000×1ファイル） 照合電極：硫酸銅照合電極（鉛照合電極測定値は内部で硫酸銅に換算） 内部抵抗：1000Ω以上
データ通信	RS-232C 2400ボーレート
使用温度	0℃～40℃
電源	単2型アルカリ乾電池4本
外形寸法	182（H）×200（W）×72（D）mm

表-1 鉄筋腐食計の仕様

項目	仕様
本体型式	鉄筋コンクリート腐食度測定用一体型メモリ付電位差、抵抗率計 型式：FRICON model TR-01 (1997 年仕様)
センサ一部	電位差計：回転式鉛照合電極方式 (型式：PE-01) 抵抗率計：交流 4 電極方式 (型式：RD-01)
測定範囲	電位差：-2000mV～+2000mV 抵抗率：500Ω～200,000Ω
電位差測定	測定間隔：1cm～99cm 1cm 間隔で任意設定可能 測定点数：最大 12,000 点/回 (最大) 記憶容量：400×30 (最大 400 点×30 ファイルまたは 12,000×1 ファイル) 照合電極：硫酸銅照合電極 (鉛照合電極測定値は内部で硫酸銅に換算) 内部抵抗：1000Ω以上
データ通信	RS-232C 2400 ボーレート
使用温度	0℃～40℃
電源	単 2 型アルカリ乾電池 4 本
形状 重量	188(H)×300(W)×72(D) 3.5kg
表示	5 層液晶モノクロ表示
製造・販売	日本防蝕工業株式会社

(2) はつり箇所による内部電位と表面電位の測定

コンクリート中の自然電位をかぶりコンクリートを介してコンクリート表面で測定すると、測定値が鉄筋腐食位置の真の電位と異なる結果を招く。①この差が生じる原因は、かぶりコンクリートのW/C、含水量、塩分濃度、 pH 濃度などが考えられるが、含水量に関しては測定の際に散水によりほぼ均一化しているため、主体はかぶり及び中性化によるコンクリート内部の pH 濃度の違いが支配的と考えられる。そのため鉄筋近傍電位(以下内部電位と称す)とコンクリート表面の電位(以下表面電位と称す)の差を確認するため、はつり箇所(27箇所)において、コンクリート内部の鉄筋近傍と表面電位を測定した。

自然電位法

東京都中央区日本橋3丁目1番17号 Tel 03-3278-5910 Fax03-3278-5976

3. 調査結果

(1) 自然電位と錆程度の相関性

鉄筋の錆状態は、はつり箇所における目視による判定とした。判定基準は、表-2に示す。鉄筋に新幹線建設時の少量の錆が発生していることが予想されるため、目視には新旧の判定も盛り込んだ。調査の結果、次のような結果が得られた。

- ① -100mV より貴な値では、全てSランク（鉄筋腐食無し）であった。
- ② $-100\text{mV} > E > -350\text{mV}$ の範囲においても、ほとんどがSランクであったが、わずかにB, Cランクの箇所があった。
- ③ -350mV より卑な電位は今回測定されなかった。

(2) 測定結果における内部電位と表面電位の相関性

各はつり箇所における内部電位(E_n)と表面電位(E_i)の値を図-3に示す。相関関係を分析したところ次の2次曲線で回帰できた。

$$E_n = 0.181E_i - 0.0025E_i^2 - 85$$

相関係数は0.912と高い値を示した。

(3) 調査対象高架橋における結果

上記に基づき、今回対象とした高架橋で測定した自然電位の結果を図-4に示す。

錆が存在する可能性のある -100mV よりも卑な値が7%以下という結果となり、現状では錆の発生はごくわずかと想定される。

4. 考察

自然電位法は現時点の錆の活性状態を推定するものであるため、現在の錆の程度と電位値の間には必ずしも相関性があるわけではない。²⁾しかし今回の調査で錆の程度が電位値である程度判別できた理由としては、錆程度が比較的進行しておらず、活性状態を過ぎ去ったものがないためと考える。

東海道新幹線は同年代に標準設計を基本に建設されたため、自然電位測定時に含水量の調整を行うことにより、かぶりコンクリートに大きく左右されず内部電位の推定が高い精度で行うことができると考える。

今後とも判別の精度向上のためにはデータの蓄積が必要と考える。

5. まとめ

今回の結果により東海道新幹線のコンクリート構造物へ、自然電位法を適用した鉄筋腐食の推定は、設計・施工・環境条件などが比較的均一であることを考慮すると、今後のデータ蓄積により、高い精度で適用が可能と考えられる。

今後、ますます安全で安定な輸送を確保するため、構造物の劣化把握に努める。

参考文献

- 1) 小林一輔ほか：鉄筋腐食の診断，森北出版
- 2) 鉄筋腐食・および補修に関する研究の現状と今後の動向，土木学会

表-2 鉄筋腐食判定

判定ランク	鉄筋の腐食状況	新旧判定
S	腐食なし	茶色の錆や、コンクリートの付着があり、錆による界面剥離の傾向がない
C	斑点状または部分的な赤錆がある	
B	全体的な赤錆がある	
A	黒錆、浮き錆があるかそれ以上の腐食状態	

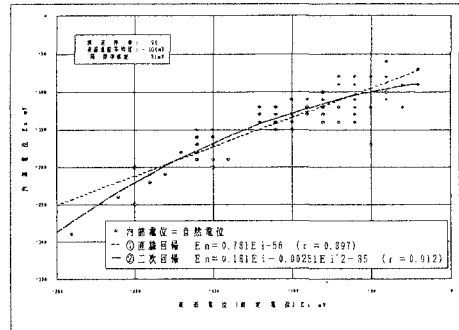


図-3 表面電位と内部電位の相関関係

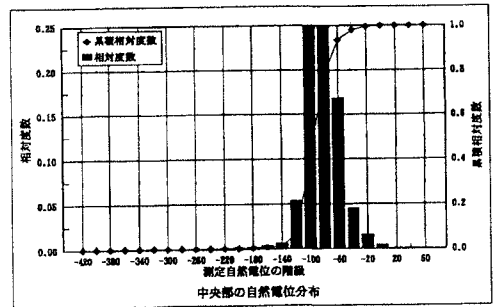


図-4 自然電位分布