

# 建設後 24 年経過した地下道側壁の鉄筋腐食モニタリング結果について

(株)四国総合研究所 正会員 横田 優  
徳島大学工学部 正会員 上田隆雄

## 1. まえがき

鉄筋腐食が懸念されるコンクリート構造物を適切に維持管理するためには、ひびわれや錆汁などの外観変状が現れる前に鉄筋腐食の発生やその進行状況を把握することが重要である。本文では、建設後約 24 年を経過した地下道コンクリート構造物を対象に、自然電位法や分極抵抗法などの電気化学的非破壊検査法の実構造物への適用可能性について検討した結果を報告する<sup>1)</sup>。

## 2. 調査概要

調査した構造物は建設後約 24 年を経過した幅 2.9m、高さ 2.75m の内空断面をする地下道であり、測定部位は壁厚 30cm の側壁面 A および B の 2 箇所(調査面積：約 1m<sup>2</sup>/箇所)である。竣工図書によると縦筋(D16)と横筋(D13)の配筋間隔はいずれも 25cm で、縦筋の設計かぶり厚さは 6cm であった。

現地では、まず電磁波を利用した鉄筋探査器を用いて調査範囲内の鉄筋位置とかぶり厚さの測定を行った。次に四国総研で開発した鉄筋腐食診断器 SRI-CM- を用いて、縦筋と横筋の交差部と非交差部(交差部間の中央)について、それぞれ自然電位と分極抵抗の測定を行った。本診断器では分極抵抗を求めるのに 2 重対極センサによる電流分散抑制機能付の 2 周波交流インピーダンス法<sup>2)</sup>を採用している。具体的には、まず銀塩化銀照合電極を内蔵した 2 重対極センサを鉄筋真上のコンクリート表面に当てて自然電位を測定する(なお自然電位測定値は銅硫酸銅電極(CSE)基準に換算した)。次に、この電位を基準に ± 10mV の高低 2 周波(10Hz, 20mHz)の交流電圧を別々に印加し、それぞれの応答電流と両電気信号の位相差を計測する。これら 2 周波の交流インピーダンス値から見かけの分極抵抗  $R_{ct}'$  ( ) を推定し、これと鉄筋径およびかぶり厚さより決定される被測定面積  $A$ (cm<sup>2</sup>)との積から真の分極抵抗  $R_{ct}$  ( cm<sup>2</sup>)を求めている<sup>1,3)</sup>。さらに、分極抵抗  $R_{ct}$  と腐食速度(腐食電流密度) $I_{corr}$  (A/cm<sup>2</sup>)との間には反比例関係が成立することから、求めた分極抵抗は次式より腐食速度に換算している。

$$I_{corr} = K / R_{ct}, \quad \text{比例定数 } K = 0.026 \text{ (V)} \quad (1)$$

以上、自然電位、分極抵抗の測定から腐食速度の評価までの作業はすべて自動化されている。

上記測定終了後、かぶりコンクリートをはつり取り内部鉄筋の腐食状況を目視により調査した。また、実際の配筋状態を調べたところ、測定位置によっては鉄筋の継手位置などと重なっていることが判明したので、それらの位置(A : 6 点、B : 8 点)では鉄筋の被測定面積を修正して分極抵抗(腐食速度)を求め直した。

## 3. 調査結果

### (1) 内部鉄筋の腐食状況

表 1 にかぶり厚さ実測値、中性化深さ、含有塩分量(全塩分)、圧縮強度試験などの結果を示す。A 地点の横筋下面に数カ所、B 地点の縦筋に 1 カ所錆が見られたが、両地点とも鉄筋位置まで中性化は進行していないこと、また鉄筋位置での塩分量が発錆限界塩分量 0.1% よりも少ないことから、内部鉄筋は腐食を起さしておらず、鉄筋表面に見られた錆はコンクリート打設前からのもので進行性の錆ではないと判定された。

表 1. 各種試験結果

測定項目		地点	A	B
かぶり厚さ (実測値)	縦筋 D16		6.4~7.3	2.3~2.9
	横筋 D13		8.1~8.8	4.0~4.7
中性化深さ(cm)			1.5	1.2
全塩分 含有量 (%)	表面 からの 深さ (cm)	0-2	0.0226	0.0606
		2-4	0.0715	0.0823
		4-6	0.0669	0.0843
		6-8	0.0573	0.0827
コンクリート 含水率	表面 (%)		3.9	4.2
	深さ (cm)	2-4	4.0	4.4
		6-8	4.7	5.7
コンクリート表面温度			13.6	13.5
圧縮強度(N/mm <sup>2</sup> )			23.6	20.2

備考) 気温約 13 、相対湿度約 91%

キーワード：分極抵抗、自然電位、鉄筋コンクリート構造物、腐食速度、非破壊検査

連絡先：〒761-0192 香川県高松市屋島西町 2109-8

Tel : (087)844-9215

Fax : (087)844-9235

## (2) 分極抵抗(腐食速度)および自然電位

図1にA、B両地点で測定された自然電位と分極抵抗から換算した腐食速度との関係を示す。の腐食速度は、現在の電磁波を利用した鉄筋探査器では測定位置が鉄筋の継手部に当るか否かの判定ができないため、縦筋、横筋とも1本としたときの測定値である。の腐食速度は、はつり後確認された実際の配筋状態をもとに鉄筋の被測定面積を修正して求め直した値である。

分極抵抗は調査時点での腐食速度の程度を示す指標であり、式(1)に示すように分極抵抗の値が小さいほど腐食速度が大きいといえる。現在、基準や規格として確立しているものはないが、ヨーロッパコンクリート委員会(CEB)から提案されている分極抵抗測定値による腐食速度判定基準<sup>4)</sup>によると、 $0.2 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ 未満で( $130\text{k cm}^2$ より大きい場合に)は不動態状態(腐食なし)、 $1 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ より大きい( $26\text{k cm}^2$ より小さい)場合には激しい、高い腐食速度と評価される。では、鉄筋継手部における鉄筋の被測定面積を1本分しか考慮していないために、継手部では分極抵抗を過小に、ひいては腐食速度を過大に評価していると考えられる。よって真の値に近いでのA、B両地点で測定された腐食速度を比較すると、かぶり厚さが小さく塩分含有量の多いB地点の方が大きい値を示したが、B地点の1点を除き、いずれも $0.2 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ 未満でありCEBの判定基準によると「腐食なし」と判定される値であった。

一方、自然電位は調査時点での腐食の可能性を示す指標である。A、B両地点での電位測定値を比較すると、かぶり厚さが小さく塩分含有量の多いB地点の方が低い値を示していた。しかし、B地点の2点を除き、いずれも $-0.20\text{V}$ より高くASTMの基準<sup>5)</sup>によると「90%以上の確率で腐食なし」と判定される電位であった。

また、錆が見られた箇所での分極抵抗および自然電位測定値がいずれも他の測定点の値に比べて低いといった傾向が認められないことから、今回測定された分極抵抗および自然電位測定値はいずれも腐食していない鉄筋の値を示していると考えられる。

## 4. 結論

- 1) 分極抵抗法において、鉄筋の継手部などでは分極抵抗を過小に、ひいては腐食速度を過大に評価する傾向がある。
- 2) 腐食していない箇所での分極抵抗値から推定される腐食速度測定値は $0.2 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ より小さい。

謝辞 本調査が(社)四国建設弘済会の技術開発支援制度(H9年度)の助成金で実施できたことに深謝いたします。

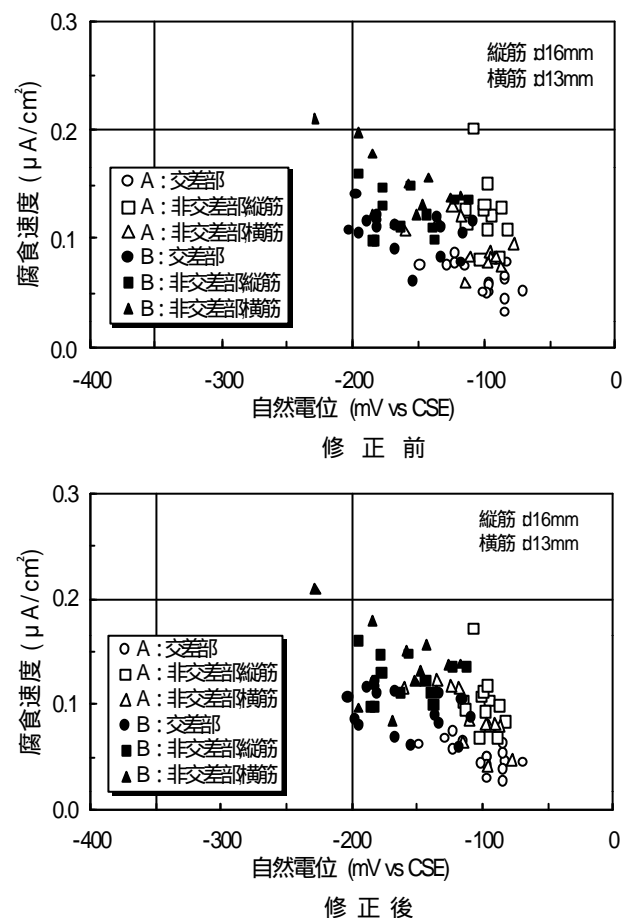


図1 自然電位と腐食速度(分極抵抗)との関係

参考文献 1) 横田優、上田隆雄：分極抵抗法に基づく鉄筋腐食非破壊検査方法の実構造物への適用試験、第2回建設事業の技術開発に関する助成事業成果報告集、(社)四国建設弘済会、pp.49-64、1999.8 2) 土木学会コンクリート委員会腐食防食小委員会報告：鉄筋腐食・防食および補修に関する研究の現状と今後の動向、コンクリート技術シリーズ No.26、pp.112-161、1997 3) 横田優：建設後36年経過したRC造開水路側壁の腐食モニタリング結果について、コンクリート工学年次論文報告集、Vol.20、No.1、pp.185-190、1998 4) CEB Working Party V/4.1 : Strategies for Testing and Assessment of Concrete Structures Affected by Reinforcement Corrosion (draft 4), BBRI-CSTC-WTCB, Dec.1997 5) ASTM C 876 : Half cell Potentials of Reinforcing Steel in Concrete