

V-14 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

(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。コンクリート中の鉄筋腐食状況を簡便で精度良く判定できる非破壊検査方法の確立を目的に、実構造物を対象に分極抵抗法に基づく非破壊検査方法の適用性について検証した結果を報告する。

2. 実施概要

調査は建設後約 24 年を経過した地下道コンクリート構造物の 2 個所で実施した。

1 個所当りの調査面積は約 1m^2 である。竣工図書によると、縦鉄筋(D16)と横鉄筋(D13)がそれぞれ 25cm ピッチで配筋されており、縦筋の設計かぶり厚さは 6cm である。各調査地点における調査試験項目と測定点の概略図を図 1 に示す。

(1)非破壊検査

まず、電磁波を利用した鉄筋位置探査器を用いて、調査範囲内の鉄筋の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を用いて、縦筋と横筋の交差部と非交差部について、それぞれ自然電位、コンクリート抵抗および分極抵抗(腐食速度)の測定を行った。自然電位測定には銀塩化銀照合電極を用いているが、測定値は銅硫酸銅電極基準に換算し整理した。分極抵抗測定には電流分散抑制機能を有する 2 周波交流インピーダンス法を採用している。周波数が 10Hz と 20mHz の $\pm 10\text{mV}$ の交流電圧をそれぞれ印加した時のインピーダンス値(応答電流と位相差)から、コンクリート抵抗(Ω)と見かけの分極抵抗 $R_{ct}'(\Omega)$ を測定した。分極範囲 $A(\text{cm}^2)$ は、かぶり厚さを d とすると、 $d \leq 5\text{cm}$ のとき 4cm 内の鉄筋の表面積、 $d > 5\text{cm}$ のとき $\{2(d-5)+4\}\text{cm}$ 内の鉄筋の表面積とした。すなわち、分極抵抗 $R_{ct}(\Omega \text{ cm}^2)$ は R_{ct}' と A の積として求めた。さらに、分極抵抗 R_{ct} と腐食電流(腐食速度) $I_{corr}(\text{A/cm}^2)$ 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た。

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

その他、気温、湿度、コンクリートの表面温度および含水率の測定を行った。なお、コンクリート表面での含水率測定には高周波容量式水分計を、内部での測定には電気抵抗式水分計を用いた。

(2)はつり等による破壊調査

非破壊検査終了後、簡易ボーリングマシンによって $\phi 100\text{mm}$ のコアを 4 本採取し、うち 3 本を圧縮強度試験に、1 本を含有塩分量分析試験に供した。また、すべてのコアについて中性化深さの測定を行った。また、かぶりコンクリートをはつり取り、実際のかぶり厚さと内部鉄筋の腐食状況を調査した。

3. 実施結果

各種の調査・試験結果の概要を表 1 に示す。また 図 2 に鉄筋探査器によるかぶり厚さ測定値(推定値)と

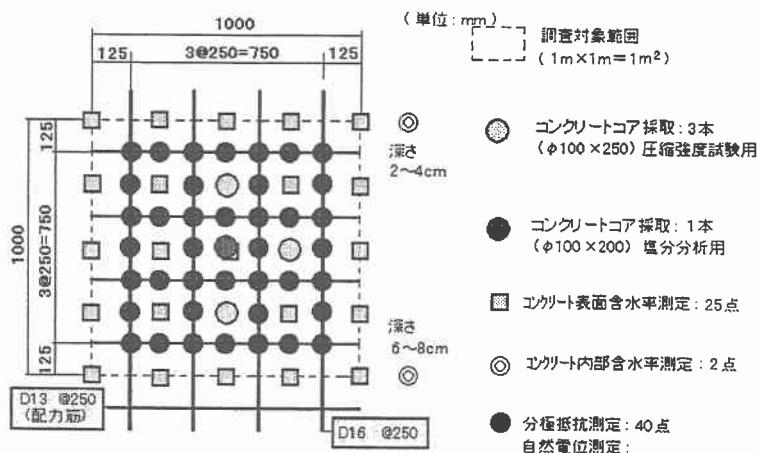


図 1 地下道調査試験位置模式図

はつり後の実測値との関係を、図3にA、B両地点で測定された自然電位、コンクリート抵抗および分極抵抗から換算した腐食速度の関係をそれぞれ示す。

(1)鉄筋位置およびかぶり厚さ

鉄筋位置については数 mm 程度のずれはあったが、かぶり厚さは最大で 8mm(約 10%)程度の差が認められた。

(2)内部鉄筋の腐食状況

調査地点 A では、かぶり厚さが小さい縦鉄筋には全く腐食が認められず、奥に配筋されている 4 本の横筋のうち上側 3 本の下面の一部に錆が見られた。また、B 地点では縦横いずれの鉄筋にも腐食は認められなかった。

一方、表 1 より、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、鉄筋位置での塩化物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こしていないものと考えられる。すなわち、A 地点の横筋下面に見られた錆はコンクリート打設前からの錆であり、進行性の錆ではないものと推定される。

(3)自然電位

A 地点での自然電位は-167~-109mV いずれも-200mV 以上で、ASTM の基準によると「90%以上の確率で腐食なし」と判定される。一方、B 地点での電位は-242~-148mV で半数は-200mV 以下で、「不確定」と判定される電位を示した。また A 地点の錆が見られた箇所での自然電位が他の測定値に比べて低いといった傾向は認められなかった。

(4)分極抵抗(腐食速度)

A 地点および B 地点で測定された腐食速度はそれぞれ 0.027~0.174、および 0.061 ~ 0.210 $\mu A/cm^2$ であり、かぶり厚さの小さい B 地点の方が大きい値を示した。また A 地点の錆が見られた箇所での腐食速度が他の測定値に比べて大きいといった傾向は認められなかった。

4. 結論

参考文献[1]にもあるように、腐食が起こっていない箇所での分極抵抗から推定した腐食速度は 0.2 $\mu A/cm^2$ 以下を示す。

謝辞 本調査は(社)四国建設弘済会の技術開発支援制度(平成 10 年度)による助成金で行ったものである。また、本調査を進めるにあたり四国地方建設局香川工事事務所をはじめ関係各位にご指導ならびにご協力をいただきました。ここに深く感謝の意を表します。

参考文献 [1]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

測定項目	地点	A	B
かぶり厚さ	縦筋 D16	6.4~7.3	2.3~2.9
(実測値)	横筋 D13	8.1~8.8	4.0~4.7
中性化深さ		1.2, 1.3, 1.5, 1.9	0.9, 1.0, 1.1, 1.6
(cm)	平均	1.5	1.2
全塩分含有量	表面	0.0226	0.0606
(%)	からの深さ	0.0715	0.0823
	4-6	0.0669	0.0843
	(cm)	0.0573	0.0827
コンクリート含水率	表面 (%)		
	内部	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		22.1, 24.1, 24.5	19.5, 19.6, 21.4
(N/mm ²)	平均	23.6 (240)	20.2 (205)

備考) 気温約 13℃、相対湿度約 91%

表 1 各種調査試験結果

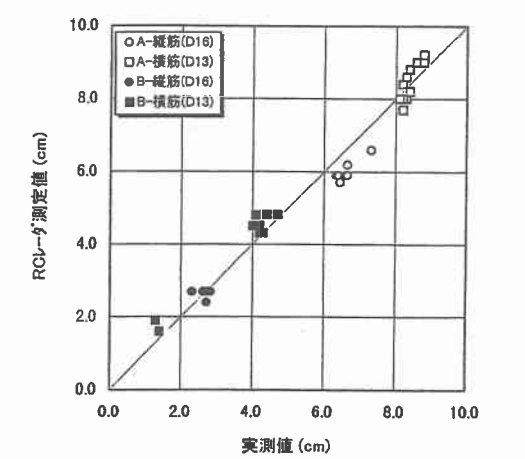
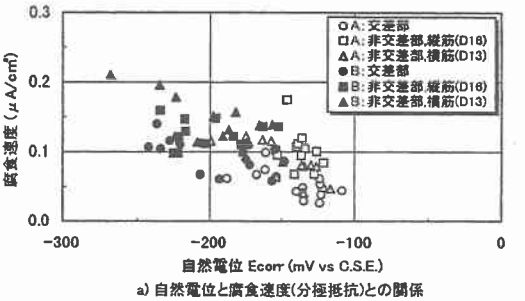
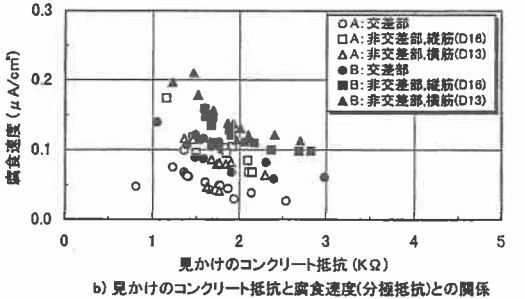


図 2 かぶり厚さの推定値と実測値の比較



a) 自然電位と腐食速度(分極抵抗)との関係



b) 見かけのコンクリート抵抗と腐食速度(分極抵抗)との関係

図 3 自然電位、コンクリート抵抗および腐食速度(分極抵抗)、三者の関係