

屋外暴露した部分的に内在塩分量が異なる大型 RC 供試体の鉄筋腐食評価

四国総合研究所 正会員 ○横田 優 正会員 松場新吾

1. はじめに

塩害を受ける RC 構造物を適切に維持管理していく上で、コンクリート中にある鉄筋の腐食状況を非破壊で評価できる技術の開発が強く求められている。今回、塩化物量が異なるコンクリートを 3 層(高さ方向)に打設した壁タイプの大型 RC 供試体を対象に、自然電位、分極抵抗およびコンクリート抵抗等の電気化学的特性値の経時変化を 1 年間余り測定する機会を得た。本報文では、腐食反応および電気抵抗は温度の影響を受けることから、分極抵抗およびコンクリート抵抗については温度補正を行い、材齢に伴う変化のみを抽出するとともに、内部鉄筋の腐食状況を評価した。また、同供試体を対象に測定前の散水時間がこれら電気化学的特性値の測定値に及ぼす影響についても併せて検討した。

2. 測定概要

(1) 供試体 供試体の外観、鉄筋位置(赤線)および測定位置(○印)を写真-1 に示す。寸法は縦 100×横 100×厚 25cm で、鉄筋は両面に配置されている。測定位置での塩化物量、鉄筋径、かぶり厚さを表-1 に示す。

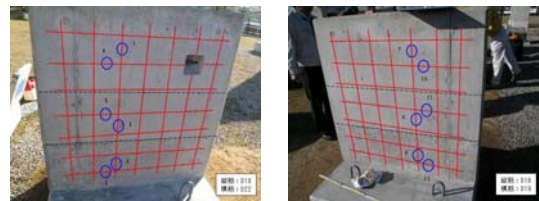


写真-1 屋外暴露供試体と測定位置

表-1 供試体での測定位置における鉄筋の径とかぶり

はつり面側(西面)					反対面側(東面)				
測定位置	塩化物量	鉄筋区分	鉄筋径	かぶり(mm)	測定位置	塩化物量	鉄筋区分	鉄筋径	かぶり(mm)
1	①	鉛直	D16	65	7	①	鉛直	D16	52
2	②	〃	〃	70	8	②	〃	〃	55
3	③	〃	〃	70	9	③	〃	〃	57
4	①	水平	D22	44	10	①	水平	D19	29
5	②	〃	〃	44	11	②	〃	〃	32
6	③	〃	〃	44	12	③	〃	〃	35

○コンクリート打設：2008 年 11 月、○配筋間隔：約 150mm
○塩化物量. (NaCl として)：①0kg/m³、②5kg/m³、③10kg/m³(聞き取り調査結果)
○かぶり：鉄筋探査機(電磁波法)による測定値

(2) 自然電位、分極抵抗等の経時変化

1) 測定回数、測定方法

1 年間余りにわたって 5 回、季節の変動に応じて測定を行った。表 - 2 に測定日とその時の天候、気温、湿度を示す。



写真-2 測定状況

表-2 測定日の気象条件など

回数	測定年月日	天候	気温 (℃)			湿度 (%)	
			平均	最高	最低	平均	最小
1	2008. 12. 15	晴	8.2	13.3	4.1	70	43
2	2009. 04. 21	晴時々曇	20.9	26.8	16.4	56	28
3	2009. 07. 30	晴時々曇	27.1	30.5	24.4	66	52
4	2009. 11. 19	曇時々晴	10.7	13.7	8.4	61	42
5	2010. 01. 29	晴	8.6	11.8	5.0	45	32

・気象データ：アメダス観測地点(高松)

2) 測定方法

土木学

会規準 JSCE-E 601「コンクリート構造物における自然電位測定方法」に準拠して、測定面に 30 分間程度断続的に噴霧散水した後、当社の携帯型鉄筋腐食診断器 CM-V を用いて、一方のケーブルとはつりだした内部鉄筋に接続し、もう一方の銀/塩化銀照合電極(Ag/AgCl)と 2 重構造の対極を組み合わせたセンサを測定する鉄筋直上のコンクリート表面に設置し、自然電位、分極抵抗および見掛けのコンクリート抵抗を測定した(写真-2)。自然電位は測定値を 25℃の銅硫酸銅照合電極基準(CSE)に換算し整理した。分極抵抗は、10Hz と 20mHz の交流インピーダンス値から求めた見かけの分極抵抗値(kΩ)にかぶり深さに応じた被測定面積(cm²)を掛けて求めた。また、見かけのコンクリート抵抗は 10Hz のインピーダンス値の実数値(kΩ)とした。

(3) 散水時間が測定値に及ぼす影響

土木学会規準では 30 分間程度の噴霧散水が必要とあるが、5 回目の測定の時、測定位置 1 と 3 において、散水時間が測定結果に及ぼす影響について調べた。散水前、散水直後、以降適宜散水しながら 5 分間隔で 1 時間測定、その後散水を停止し 1、2、3(一部 4)時間後の測定を行った。

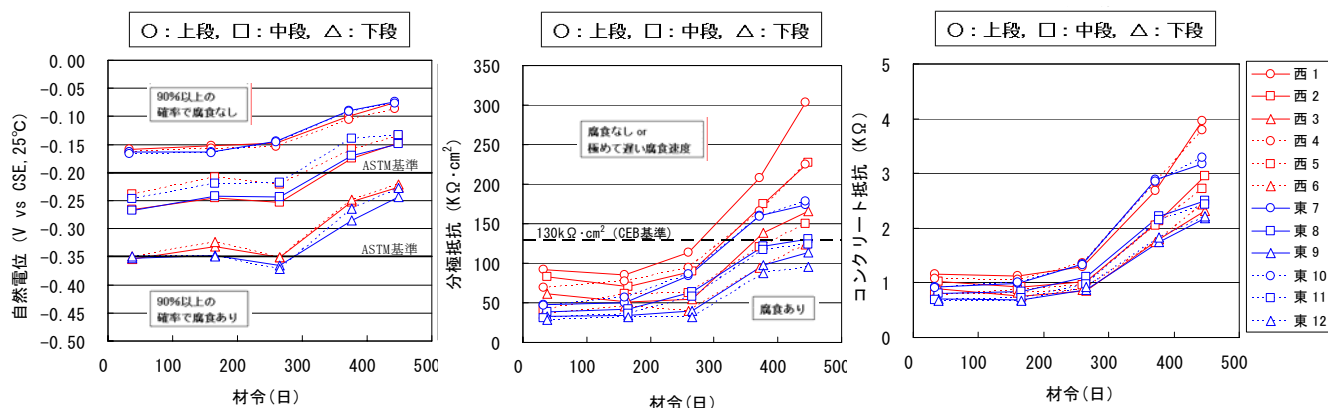


図-1 コンクリート打設後の自然電位、分極抵抗およびコンクリート抵抗の経時変化

3. 測定結果

(1) 経時変化 図-1 に、自然電位、分極抵抗、見掛けのコンクリート抵抗の経時変化を示す。ASTM の自然電位による腐食可能性の判定基準¹⁾および CEB の分極抵抗による腐食速度の判定基準²⁾をそれぞれ図中に記載する。いずれの測定日も、塩化物を含む下段部ほど、自然電位は低く、分極抵抗は小さくなっている。また、気温が低下する秋以降、分極抵抗とコンクリート抵抗が急激に増加し、それに伴い自然電位も上昇している。

図-2 は、図-1 の分極抵抗とコンクリート抵抗の測定値を、各測定日

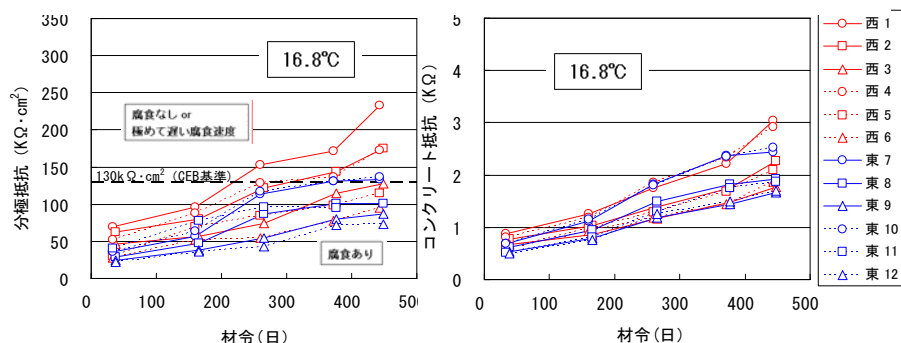


図-2 平均気温での値に補正した分極抵抗とコンクリート抵抗

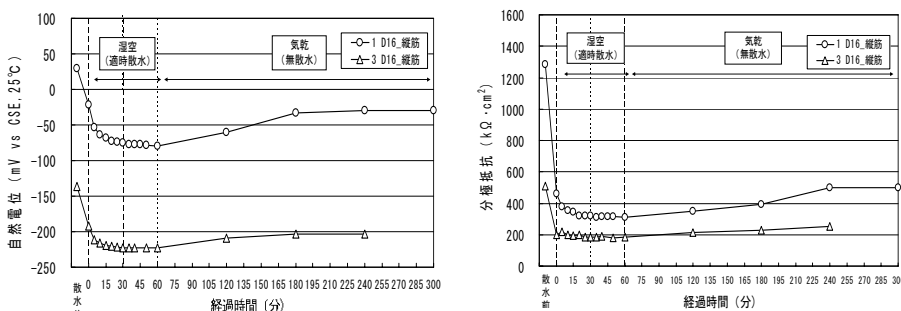


図-3 散水時間が自然電位、分極抵抗測定値に及ぼす影響

の日平均気温から、年平均気温での値に温度補正したものである。セメント硬化反応の継続に伴い組織が緻密となり、コンクリートの電気抵抗がほぼ直線的に増加している様子が分かる。また、それに伴い腐食速度が低下し、分極抵抗も増加しているものと推察される。なお、若材齢において、塩化物を含まない上段部での分極抵抗が腐食していると判定される $130\text{k}\Omega\text{cm}^2$ よりも小さい値をとっている一因としては、塩化物を含む中～下段部の鉄筋をアノードとしたマクロセル腐食のカソードとして作用していることが考えられる³⁾。

(2) 散水時間の影響 図-3 より、自然電位、分極抵抗いずれも、30 分間以降ではほぼ一定値をとっており、土木学会で規定している 30 分間噴霧散水してから測定するのは妥当と考えられる。

4. おわりに

分極抵抗法は、経時変化に伴う鉄筋腐食の進行状態をよく測定できていると考えられる。今後とも測定を継続し、実際の腐食状況との対比を行う予定である。

【謝辞】本測定は、『平成 20 年度四国テーマ設定技術』において四国地方整備局新技術活用評価委員会で試行承認された当社「携帯型鉄筋腐食診断器」の試行の一環として実施したものである。実施に際し四国技術事務所の皆様には大変お世話になりました。記して謝意を表します。

【参考文献】1) ASTM C876-91 (Reapproved 1999) “Standard Test Method for Half-Cell Potentials of Uncoated Reinforcing Steel in Concrete”

2) CEB Bulletin No. 243: Strategies for Testing and Assessment of Concrete Structures affected by Reinforcement Corrosion, 1998

3) 横田優：コンクリート中でマクロセル腐食を起こしている鉄筋の交流インピーダンス特性，土木学会第 52 回年次学術講演会，V-334，pp.668-669，1997.9