

地下埋設 RC 構造物の腐食特性に関する一考察

鹿児島大学大学院 学生会員 ○濱田 泰行・藤元 祐行

鹿児島大学大学院 正会員 審良 善和・武若 耕司・山口 明伸

港湾空港技術研究所 正会員 山路 徹 関西エアポート株式会社 非会員 池田 憲造

1. はじめに

図-1 に示すように沿岸域の埋立地に建設される地下埋設 RC 構造物は、構造物内部となる室内部において酸素が十分に存在する環境となり、外部である土中側では海水を通して塩化物イオンや水が多く供給される特殊な腐食環境となる。このような環境では、土中側に近い鉄筋（以下、土中側鉄筋）は十分な塩化物イオンおよび水の供給に加え、少なからず酸素も存在しているため、土中側鉄筋単体での腐食（以下、単体腐食）が発生する環境にあると考えられる。

一方、室内側に近い鉄筋（以下、室内側鉄筋）では酸素は十分に供給されるものの、塩化物イオンの供給が少ないため不動態の状態を維持していると考えられる。また、この

ような条件下であるため塩化物イオンや酸素の濃淡電池が形成され、土中側鉄筋と室内側鉄筋が接続されている場合、土中側-室内側鉄筋間での腐食（以下、マクロセル腐食）が発生すると考えられる。実構造物においては、土中側鉄筋の腐食状況を確認することは非常に困難であり、内部鉄筋の腐食特性は未だ明確にされていないのが現状である。そこで本研究では、塩害を受ける地下埋設 RC 構造物の内部鉄筋における単体腐食およびマクロセル腐食の腐食特性を把握することを目的として実験的検討を行った。

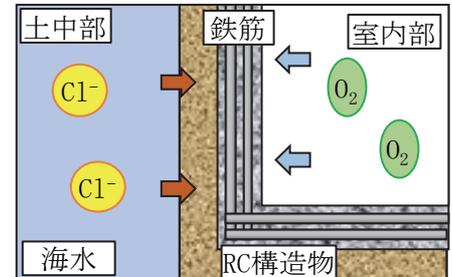


図-1 地下埋設 RC 構造物の腐食状況

2. 実験概要

供試体の概要図を図-2 に、コンクリート配合を表-1 に示す。マクロセル腐食に対する鉄筋間距離の影響を検討するため、鉄筋あきを 3, 10, 30, 100 (cm) と設定した。供試体寸法は横 200mm×縦 150mm×高さ 102~1072mm である。供試体は、普通ポルトランドセメント（以下、OPC）および高炉セメント B 種（以下、BB）を用いた W/C50%のコンクリートをそれぞれ作製した。また、供試体上下端部からかぶり 2cm 位置に室内側鉄筋、土中側鉄筋として φ16mm のみがき丸鋼を配筋した。なお、側面からの影響を遮断するため供試体側面は 28 日間の封緘養生を行った後、エポキシ樹脂により被覆した。

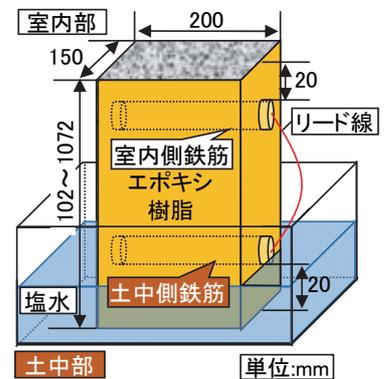


図-2 供試体概要図

暴露試験方法は、供試体下部に水槽を取り付けて溶液浸漬を行うことで土中側を模し、供試体上面は解放させることで室内側を模した。この時用いた溶液は最初の 4 年間は自然海水を、その後、1.5 年間は 3%NaCl 溶液を用いた。なお、暴露期間中は実構造物を模して各鉄筋をリード線で電氣的に接続した。暴露期間は 5.5 年である。

表-1 コンクリート配合

配合名	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m³)				AE減水剤 (ml/m³)	AE剤 (ml/m³)
			W	C	S	G		
OPC	50	45	174	348	782	982	435	7
BB	50	45	172	344	782	979	860	13.8

腐食状況の確認のために、電気化学的測定である直線分極試験を行った。今回は単体腐食の腐食電流密度の算出及びその結果を用いてマクロセル腐食の腐食電流密度を推定した。試験条件は電位の掃引速度を 20mV/min とし、測定はリード線を切り離しそれぞれの鉄筋が十分に復極したと判断された後に行った。なお、無抵抗電流計を用いてマクロセル腐食の電流量についても同時に測定した。

キーワード：地下埋設 RC 構造物, 塩害, 鉄筋腐食, マクロセル腐食, 直線分極試験

連絡先：〒890-0065 鹿児島県鹿児島市郡元 1 丁目 21-40 鹿児島大学工学部海洋土木工学科 TEL 099-285-7687

3. 試験結果

3.1 単体腐食

直線分極試験から得られた室内側鉄筋及び土中側鉄筋の単体腐食の腐食電流密度の結果を図-3に示す。室内側鉄筋は電流密度が非常に小さく不動態状態であると考えられる。一方、土中側鉄筋は室内側鉄筋と比べると値にばらつきがあるものの、腐食電流密度が大きい値となり、腐食が進行している状況が確認された。また、鉄筋あきが小さい部材においては、室内側から供給される酸素が土中側鉄筋まで到達し、腐食が進行すると考えられる。

3.2 マクロセル腐食

直線分極試験及び無抵抗電流計から得られたマクロセル腐食の腐食電流密度をそれぞれ推定値、測定値として、鉄筋あきと腐食電流密度との関係を図-4に示す。これらの結果をオームの法則に従って近似させたところ、鉄筋あきの増加に伴い腐食電流密度は減少する傾向が確認された。ここで、腐食が進行する腐食電流密度の下限値を $0.1\mu\text{A}/\text{cm}^2$ とし¹⁾、近似曲線からマクロセル腐食の影響距離を算出したところ、鉄筋あきが OPC では約 35cm、BB では約 20cm までとなり、BB に比べ OPC は明らかにマクロセル腐食が進行しやすいことが確認された。また、鉄筋間のコンクリート抵抗について、BB は OPC に比べ

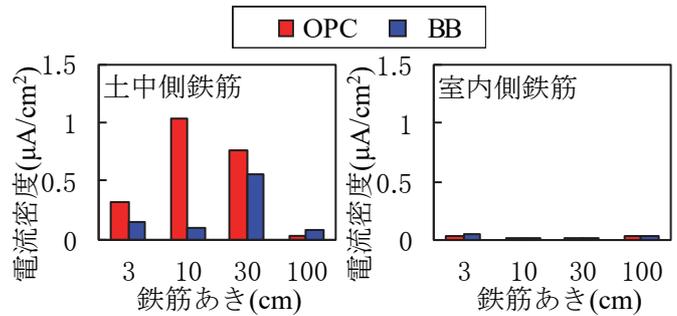


図-3 単体腐食電流密度

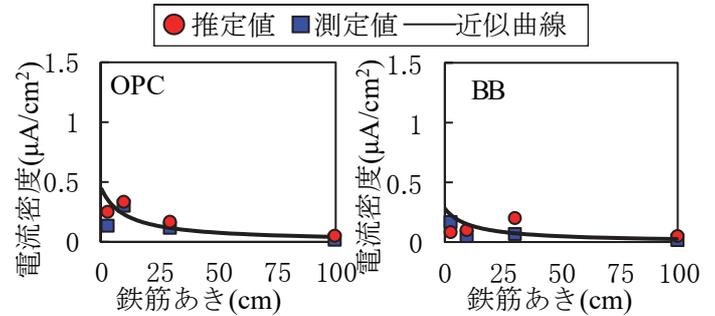


図-4 マクロセル腐食電流密度

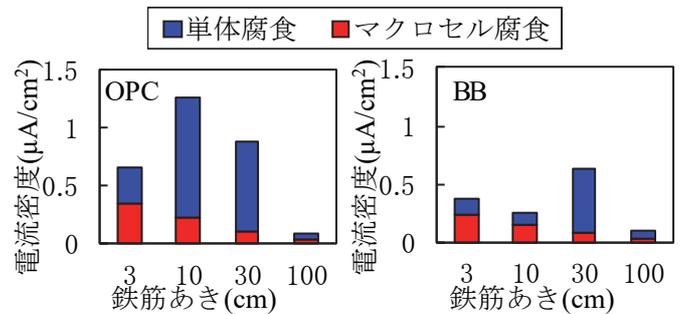


図-5 単体腐食とマクロセル腐食の電流密度の積算値

3.3 単体腐食及びマクロセル腐食

土中側鉄筋における単体腐食の腐食電流密度及び近似曲線から各鉄筋あきについて算出したマクロセル腐食の腐食電流密度の積算値を図-5に示す。OPC、BBともに鉄筋あき 30cm までは単体腐食にマクロセル腐食が加わることで腐食電流密度の値が大きくなり、より激しい腐食状態になることが確認された。一方、鉄筋あき 100cm においては、積算値においても土中側鉄筋の腐食はあまり進行しない状況であることが確認された。また、OPC と BB で腐食電流密度を比較してみると、明らかに OPC で大きい値となった。これは BB の特性上 OPC に比べ緻密なコンクリートとなるため、腐食の要因である塩化物イオンの浸透抵抗性も大きいことに加え、コンクリート抵抗が増加し腐食電流が流れにくい状況であるためだと考えられる。

4. まとめ

本検討では、沿岸域にある埋め立て地に建設される地下埋設 RC 構造物における腐食特性の把握を目的として検討を行った。その結果、室内側鉄筋は不動態状態であり腐食がほとんど生じていないものの、土中側鉄筋では単体腐食に加えてマクロセル腐食が同時に発生し、より激しい腐食環境となっていることが確認された。またマクロセル腐食は OPC で鉄筋あき約 35cm、BB で約 20cm まで影響すると推測されたことに加え、実際に鉄筋あきが小さい供試体で剥離がみられたことから、今後、このような環境において部材厚が比較的小さい構造物では腐食の対策が必要であると考えられた。

<参考文献> 1)公益社団法人日本コンクリート工学会：委員会報告書，物理化学的解釈に基づく電気化学的手法の体系化に関する研究委員会，pp.119，2015.9.7