

設置環境がコンクリート中鉄筋の分極特性に及ぼす影響

鹿児島大学大学院 学生会員 ○辻田 美帆・藤元 祐行  
鹿児島大学大学院 正会員 審良 善和・武若 耕司  
鹿児島大学大学院 正会員 山口 明伸・小池 賢太郎

1. はじめに

健全なコンクリートは高アルカリ性であることから、コンクリート中の鉄筋の表面には鉄を保護する役割を持つ不動態皮膜という緻密な酸化皮膜が形成される。よって、コンクリート中の鉄筋は腐食に対する抵抗性が高い。しかし、コンクリート中に塩化物イオンが侵入すると不動態皮膜が破壊され、鉄がイオン化するアノード反応が生じ、これに対応してコンクリート中の酸素と水が電子を受け取るカソード反応が同時に起こる酸化還元反応により、腐食が発生・進行することになる。このことから、腐食に影響を及ぼす大きな要因として、アノード反応においては塩化物イオン濃度が、カソード反応においては酸素および含水状態が考えられる。しかし、現状では、塩化物イオン濃度、酸素および含水状態が腐食反応に及ぼす影響は定量評価されていない。そこで、これら腐食要因がコンクリート中の鉄筋の分極特性に及ぼす影響を把握することを目的に検討を行った。

2. 試験概要

アノード反応への影響を短期間で把握するため、表-1 に示すように、供試体中の初期塩化物イオン濃度が 0kg/m<sup>3</sup>, 2kg/m<sup>3</sup>, 5kg/m<sup>3</sup>, 10kg/m<sup>3</sup> となるように外割で塩化ナトリウムを練り混ぜ時に添加した供試体を作製し、海上大気中に暴露した。一方、カソード反応への影響を把握するために、供試体を表-1 に示す異なる 6 環境に暴露した。なお、この場合の供試体中の初期塩化物イオン濃度は 0kg/m<sup>3</sup> である。

実験に用いた供試体の配合を表-2 に、供試体の概要図を図-1 に示す。供試体には普通ポルトランドセメント（以下、OPC）を用いた。目標スランプ値は 10cm である。供試体寸法は、φ100mm×200mm の円柱供試体とした。また、鉄筋は φ16mm×150mm のみがき丸鋼を用い、供試体側面からかぶり が 42mm になるように供試体中央部に埋設した。なお、鉄筋の電気化学的測定対象を供試体中央部の 100mm の範囲とするために、供試体上面から 50mm までを予めエポキシ樹脂で被覆した。また、外部からの腐食因子の侵入を遮断するために、コンクリート打設後、供試体上下面をエポキシ樹脂で被覆した。養生期間は、水中養生 28 日である。

供試体養生後、表-1 に示す設置環境に 1 本ずつ暴露した。暴露期間中は、鋼材表面の状態が各設置環境において定常状態になることを確認するため、定期的に自然電位を測定した。結果の一例を図-2 に示す。この結果のように電位が安定したことを確認した供試体に対し、直線

表-1 検討項目

検討項目		
アノード反応への影響	内在塩量 (kg/m <sup>3</sup> )	0・2・5・10
カソード反応への影響	設置環境	一般環境
		海洋環境
		屋上・軒下・土中 海上大気・干満帯・海水中

表-2 示方配合

セメント	W/C (%)	s/a (%)	単体量(kg/m <sup>3</sup> )				
			W	C	S	G	AE減水剤
OPC	50	44.0	175	350	786	993	0.2%

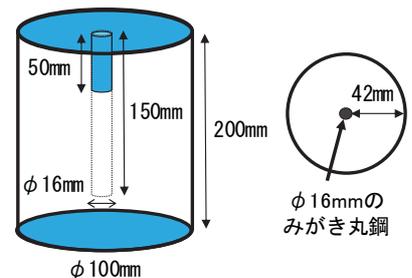


図-1 供試体概要図

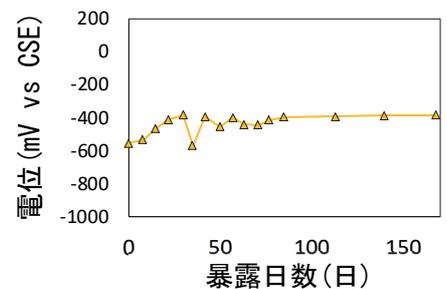


図-2 自然電位結果の例(干満帯)

キーワード：設置環境，分極特性，塩化物イオン濃度，酸素濃度，アノード分極曲線，カソード分極曲線  
連絡先：〒890-0065 鹿児島県鹿児島市郡元 1-21-40 鹿児島大学工学部海洋土木工学科 TEL 099-285-7687

分極試験を実施した。試験条件は掃引速度を 20mV/min とし、測定は暴露期間が 168 日以上の供試体を用いた。

3. 結果及び考察

図-3 に海上大気中に暴露した内在塩化物イオン濃度が異なる供試体の分極曲線結果を示す。直線分極試験から得られるアノード分極曲線は、全体的に塩化物イオン濃度が増えるにつれて、電位が卑側に、また、電流密度が大きい方(図中の右下方向)に推移する傾向が確認された。ただし、その勾配には、あまり大きな変化は見られなかった。塩化物イオン濃度の違いによる差を見ると、0kg/m<sup>3</sup>、2kg/m<sup>3</sup>、5kg/m<sup>3</sup> 間での分極曲線の推移は小さいものの、10kg/m<sup>3</sup> と非常に濃度の高い状況になると大きく変化した。一方、カソード分極曲線は内在塩化物イオン濃度にあまり大きな影響を受けることなく、ほぼ同じ位置に描かれた。これは、供試体の設置環境が同じであるため、酸素、含水状態に大きな差が生じなかったことが理由として考えられる。

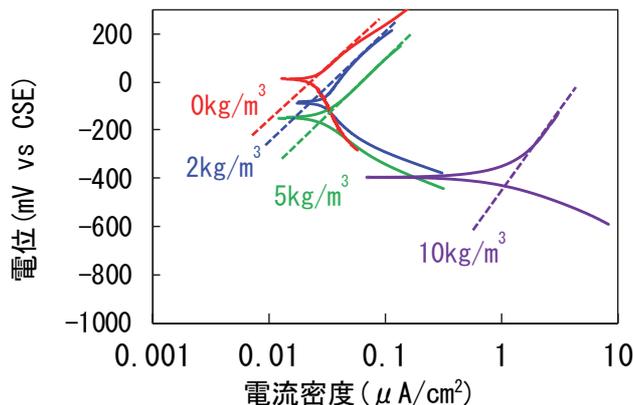


図-3 異なる内在 Cl<sup>-</sup>濃度の供試体の分極曲線

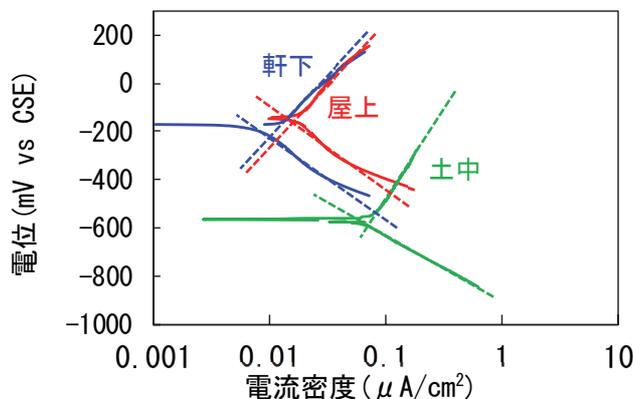


図-4 一般環境に暴露した供試体の分極曲線

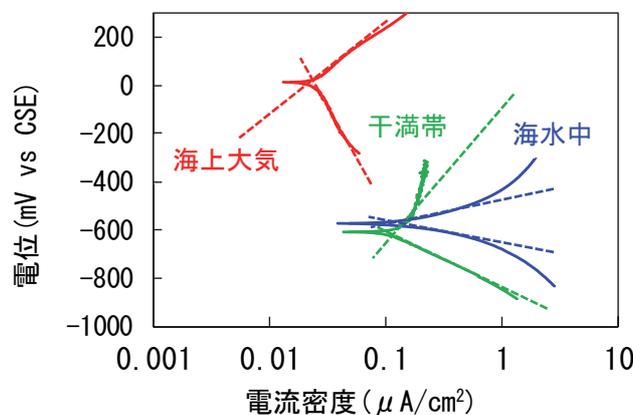


図-5 海洋環境に暴露した供試体の分極曲線

図-4 には、一般環境比較における環境条件の違いとして、屋上、軒下および土中に暴露した供試体の分極曲線結果を、図-5 には、海洋環境比較として、海上大気、干満帯および海中部に暴露した供試体の分極曲線結果をそれぞれ示す。図-4 の結果から、屋上と軒下に比べて酸素の供給量が少ない土中では、電流密度が大きく、電位が卑な状況にあった。また、軒下に比べて水の供給量が多い屋上では、電流密度が大きい値となった。一方、図-5 の結果から、海上大気に比べて酸素の供給量が少ない干満帯と海水中は電流密度が大きく、電位が卑な傾向にあり、一般環境の土中と同様な傾向が確認された。以上のことより、酸素の供給が多い屋上、軒下および海上大気中の分極特性は、カソード分極曲線が貴側に移行し、腐食しやすい環境になり、一方で、土中、干満帯および海水中では、貧酸素環境となることが再確認された。なお、貧酸素環境での腐食速度の増加に関しては、酸素欠乏に伴い不動態皮膜の形成が十分でないことも 1 つの原因として考えられる。

4. 結論

設置環境がコンクリート中鉄筋の分極特性に及ぼす影響を検討した結果、鉄筋位置の塩化物イオン濃度の増加に伴いアノード分極曲線が大きく変化し、また、設置環境の酸素の供給状態によりカソード分極曲線が大きく変化することを再確認した。

参考文献

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, 2015.9.7