

温度が鉄筋のカソード分極曲線および分極抵抗に及ぼす影響

東北大学 学生会員 ○佐藤 唯
住友大阪セメント（株） 正会員 鹿島 篤志
住友大阪セメント（株） 正会員 山本 誠
東北大学 正会員 皆川 浩
東北大学 正会員 久田 真

1. 研究の背景と目的

海水飛沫や凍結防止剤、海砂の使用などによる塩害が問題となっている今日、環境によっては他工法と比較して再劣化のリスクが小さい電気防食の需要が高まっている。設計段階で防食効果を予測する上で陽極のアノード分極特性、鋼材のカソード分極特性を把握することが必要であることは分かっているが¹⁾、これらは湿度など様々な要因によって変化するため²⁾、未だ不明確な点が多い。本研究では、温度が鉄筋のカソード分極曲線および分極抵抗に及ぼす影響を把握する事を目的とし、温度をパラメータとして鉄筋の腐食状況の異なる鉄筋コンクリート供試体に対してカソード分極試験を実施した。

2. 実験概要

2.1 実験の要因と水準

カソード分極試験を行う際、温度、鉄筋の腐食グレードおよびコンクリートの配合を実験要因とした。温度は5℃、10℃、20℃、30℃、40℃の5水準、腐食グレードはA～Eの5水準、配合は表-1に示すようにセメント種類として、普通ポルトランドセメントおよび早強ポルトランドセメントを用いた2水準とした。また、コンクリート中の塩化物イオン量は表-2に示すように鉄筋の腐食グレードに応じて0.0、1.2、2.5kg/m³とした。

2.2 供試体概要

コンクリートの配合を表-1に示す。コンクリートの配合は、普通ポルトランドセメントでW/C=50%、早強ポルトランドセメントでW/C=40%の2水準とした。細骨材には宮城県黒川郡大和町産山砂（表乾密度 2.62 g/cm³、吸水率 1.76%、粗粒率 2.69）、粗骨材には宮城県丸森町産碎石（表乾密度 2.85 g/cm³、吸水率 0.98 %、最大骨材寸法 20mm）、鉄筋については D13 の異形鉄筋をあらかじめ各種腐食グレードの腐食状態に調整したものを使用した。陽極材については寸法 150×150mm の

チタンメッシュ陽極を用いた。

供試体寸法は 200×200×100mm とし、電食により腐食させた D13 の異形鉄筋を母材コンクリート表面からのかぶりが 33.5mm となるように配筋した。

打設翌日に脱型し、20℃環境下にて水中養生させ、脱型からの材齢で 60 日後に試験環境へ移設した。

2.3 実験方法

(1) 温度の調整方法

各配合、各腐食グレードの供試体を1体ずつ、さらに別途作製した熱電対を埋設した同配合、同寸法の供試体を恒温槽に設置し、恒温槽内の温度を表-3の手順で変化させた。

(2) カソード分極試験方法

公称直径から算出される鉄筋表面積辺りの電流密度を変化させてカソード分極試験を行い、分極量 100mV を達成するまでに約 4 回、分極量 250mV 近傍を達成するまでに約 4 回の測定を実施した。また測定時の室温は、供試体を保管した恒温槽内の温度と同一に調整し、その温度を保持したままカソード分極試験を実施した。

表-1 示方配合

供試体	W/C (%)	空気量 (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)				
				W	C	S	G	AE 剤
OPC	50	4.5	43	169	338	765	1103	0.085
HPC	40	4.5	43.1	169	423	735	1055	0.106

表-2 腐食グレード、腐食状況、塩化物イオン量

腐食グレード	鋼材の腐食状況	塩化物イオン量
A	施工時の状態を保ち腐食なし	0.0kg/m ³
B	部分的に浮き錆が認められる	1.2kg/m ³
C	表面の大部分に腐食が認められる	2.5kg/m ³
D	鉄筋の全周にわたり断面欠損	2.5kg/m ³
E	鉄筋断面が 3/6~4/6 欠損している	2.5kg/m ³

キーワード 電気防食、カソード分極曲線、カソード分極抵抗、温度

連絡先 〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06 東北大学大学院土木工学専攻 TEL 022-795-7430

3. 実験結果及び考察

3.1 温度がみかけのカソード分極曲線に及ぼす影響

実験結果より、一般的な傾向として腐食グレードが同一であれば、みかけのカソード分極曲線は腐食グレード、配合によらず温度によって変化することが認められた。

また、温度によらず腐食量が多いほど分極しにくいという結果が得られた。なお、腐食グレードEに関しては、必ずしもこの傾向に従わなかった。この理由としては、腐食グレードEでは断面欠損量が多く、実際の鉄筋表面積が公称直径より算出される表面積よりも小さくなり、結果として、実際の鉄筋表面積あたりの電流密度がみかけの上のものよりも大きくなったため、分極量が過大に評価されたと考えられる。

3.2 温度がみかけのカソード分極抵抗に及ぼす影響

本研究では図-1に示すようにカソード分極曲線を二直線近似することで二つのみかけのカソード分極抵抗を算出した。定量的に曲線を直線近似するために、各直線における相関係数 R の二乗値の和が最大となるように近似直線を決定した。

図-2にみかけのカソード分極抵抗と温度の関係を示す。図-2より、一般的にみかけのカソード分極抵抗は温度の上昇とともに減少し、その変化の程度は20°C以上の高温の領域において収束するような挙動を示した。これは、鉄筋の分極に影響を及ぼすカソード反応の活性およびカソード反応に必要な酸素の拡散が温度とともに上昇するためと考えられる。供試体が5°C、10°C（以下低温と称す）環境下にあると鉄筋のみかけの分極抵抗は、20°C（以下常温と称す）および30°C、40°C（以下高温と称す）環境下と比較して約2~8倍大きくなる傾向が認められた。

断面欠損の少ない腐食グレードA~Dで腐食グレード毎にカソード分極抵抗を比較すると、腐食が進行している腐食グレードDの供試体が、みかけのカソード分極抵抗の温度依存性が最も小さかった。OPC 供試体と HPC 供試体のカソード分極抵抗の比より、配合の違いがカソード分極抵抗と温度の関係へ及ぼす影響を図-3に示す。図-3より、配合別に比較すると、腐食グレード、温度によらず OPC 供試体の方が分極抵抗が大きいという傾向が認められた。この理由としては、OPC 供試体の方が水セメント比が高く、コンクリートの組織が HPC 供試体と比較して粗であり、酸素の透過量が増加しカソード反応が進行しやすかったためと考えられる。

4. 結論

温度変化によって鉄筋のカソード分極曲線及び分極

抵抗は変化することが認められた。鉄筋のカソード分極抵抗は電気防食を運用する際の電流密度に影響を及ぼすため、夏期と冬期で気温差が大きい地域は注意が必要である。夏期に設定した電流密度で冬期に運用すると過防食が発生する可能性を示した。

参考文献

- 1) 皆川浩ほか：有限要素法による鉄筋コンクリート電気防食の電流分布に関する検討、「コンクリート構造物の長期性能照査支援モデル」に関するシンポジウム，Vol.JCI-C64，pp.351-356，日本コンクリート協会，2004
- 2) 青山敏幸ほか：電気防食を適用した鋼材のカソード分極挙動に関する実験的研究，コンクリート工学年次論文集，Vol.31，No.1，pp.1363-1368，2009

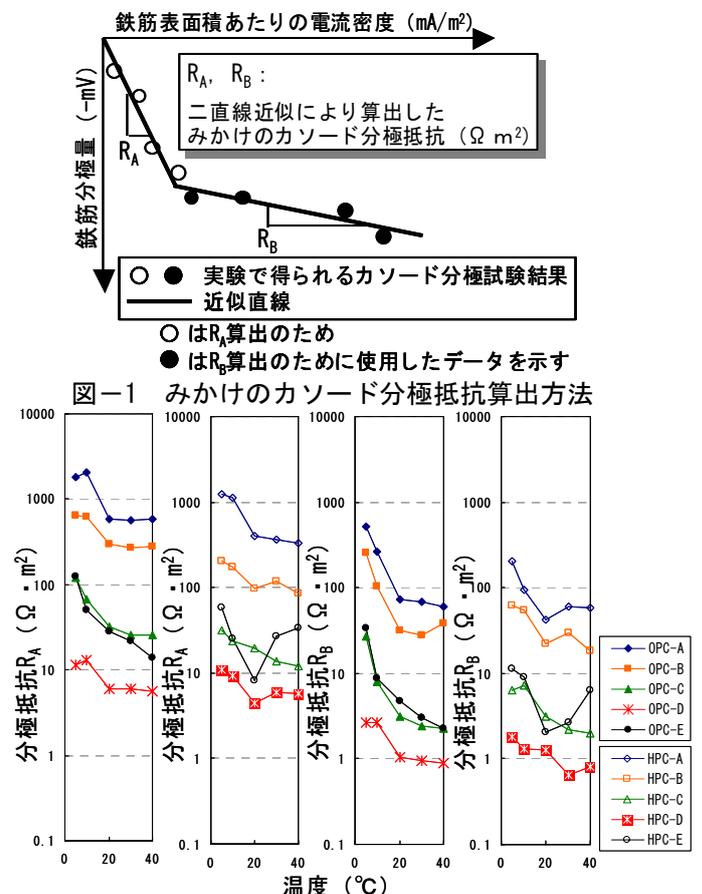


図-2 みかけのカソード分極抵抗と温度の関係

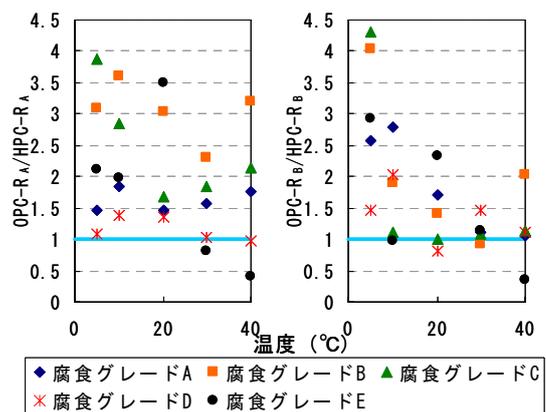


図-3 みかけのカソード分極抵抗の配合比