コンクリートの湿潤差によるマクロセル腐食に対する電気防食効果に関する実験（0.5年間中間報告）

早稲田大学大学院　学生会員　○上野　萌
日本防蝕工業(株)　正会員　山本　悟
日本防蝕工業(株)　田代　賢吉
(株)ピーエス三菱　正会員　石井　浩司
早稲田大学　フェロー会員　関　博

1. はじめに

本研究では，大気中，水中および両環境における電気防食基準の適用性を明らかにすることを目的として実験を行った．あらかじめ塩分を添加したコンクリート供試体を用いて湿潤差によるマクロセルを形成させ，「100mV シフト」基準で 0.5 年間の通電試験を行い，電気防食の効果を検討した．

2. 実験概要

2.1 供試体概要

図ー1 に供試体の形状・寸法を，**表ー1** に供試体の示方配合を示す．コンクリート供試体は 300×230×100mm とし，φ16 のみがき丸鋼をかぶり 20mm で設置した．コンクリートは水セメント比 W/C=53%とし，コンクリートに対して Cl^-が $10kg/m^3$ となるように NaCl を練混ぜ水に混合した．鉄筋の供試面積は $7.5\times10^{-3}m^2$ とし，電流密度 $1A/m^2$ で 7 日間($168Ah/m^2$)アノード溶解(電食)させた．陽極には幅 20mm の帯状陽極を使用した．

2. 2 実験方法

表ー2 に供試体の実験条件を示す．供試体を樹脂製容器に入れ，下筋位置まで 3%食塩水に浸漬した．水位は通電開始 61 日後に 30mm から 80mm に変更した．上筋と下筋を電気的に接続しない供試体を「単独」，リード線で短絡させた供試体を「マクロセル」とし，比較のために電気防食をしない供試体「無防食」も用意した． 供試体 No.10(単独，防食)では上筋が 100mV シフトを満足するように定電流を流した．下筋へは上筋と同じ値の電流を流した．No.14(マクロセル，防食)では上筋が 100mV シフトを満足するように定電流を流し，それぞれの鉄筋に流入する電流を 10Ωの固定抵抗器に生じる電圧降下 *IR* から測定した．なお，電流値の極性は鉄筋から流出(腐食)する場合はプラス，流入(防食)する場合はマイナスとした．通電期間は 0.5 年(187 日間)とし，自然電位 E_{cor}(No.8，12)，インスタントオフ電位 E_{ins}(No.10， 14)は埋め込んだ鉛照合電極(－800mV vs.CSE)を基準として測定し，測定値は飽和硫酸銅電極基準 CSE に換算した．また，鉄筋の防食試験前の質量減は，防食試験開始直前に他の供試体を解体して求めた上筋 2 本および下筋 2 本の減量を基準とした． 鉄筋の防食率は(1)式によって求めた．

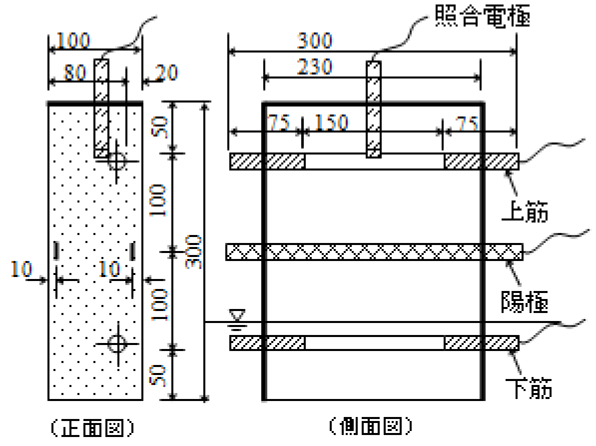
$$防食率（\%）＝\{(N-P)／N\}\times100 \qquad (1)$$

ここで，*N* は無防食供試体の腐食電流密度(mA/m^2)，*P* は防食供試体の腐食電流密度(mA/m^2)とした．

3. 実験結果および考察

3.1 電位および電流の経時変化について

単独鉄筋の自然電位および防食時のインスタントオフ電位の経時変化を**図ー2** に示す．上筋の自然電位は 131 日以降－301～－225 mV vs.CSE と貴な値を示した．これは上筋の表面観察の結果から，腐食部が下半面に集中しており上半面に健全部が残っていたことおよびコンクリートの通気性が良いことによると考えられる．一方，下筋の自然電位は，初期は－840～－390 mV



図ー1　供試体の形状・寸法(単位:mm)

表ー1　供試体の示方配合

W/C (%)	Air (%)	s/a (%)	単位量(kg/m^3)					
			W	C	S	G	AR	AF
53	4.9	48	170	321	863	969	1.70	0.01

注)AR：AE 減水剤，AF：消泡剤

表ー2　供試体の実験条件

供試体 No.	鉄筋 No.	暴露環境	鉄筋回路	電気防食
8	8 - 上	大気中	単独	無
	8 - 下	食塩水中		
10	10 - 上	大気中		有
	10 - 下	食塩水中		
12	12 - 上	大気中	マクロセル	無
	12 - 下	食塩水中		
14	14 - 上	大気中		有
	14 - 下	食塩水中		

キーワード：電気防食，マクロセル，100mV シフト，防食効果，防食率
連絡先：〒169-8555　東京都新宿区大久保 3-4-1　51 号館　16F-09　関研究室

vs.CSE の範囲で卑な値を示した．このことから，下筋周囲のコンクリートの通気性が悪かったと考えられる．また，防食した下筋のインスタントオフ電位は－498～－431 mV vs.CSE の範囲で無防食の下筋よりも貴もしくは同様な値を示した．このことから，電気防食によって下筋の陰分極は不十分であったと考えられる．

マクロセル供試体の自然電位およびインスタントオフ電位を**図－3** に示す．自然電位は－456～－320 mV vs.CSE の範囲で，**図－2** に示す単独鉄筋の上筋および下筋の間の値を示した．これは上筋がカソードで下筋がアノードのマクロセルを形成したためである．

3.2 防食効果について

鉄筋の腐食電流密度を**図－5** に示し，考察する．

(1) 単独供試体の防食効果

No.10(単独，防食)における防食率は，上筋では 75.2 および 79.8％と高く，電気防食の効果が認められた．下筋では 35.9 および 44.7％と低い値を示した. これは，下筋の電流密度を上筋と合わせた結果，電流密度が不十分であったためと考えられる．今後は，下筋に必要な電流密度に変更し，他の供試体で実験を継続する予定である．

(2) マクロセル供試体の防食効果

No.14(マクロセル，防食) における防食率は，上筋で 24.0 および 28.3％と低かった．これは，無防食においても上筋の腐食電流密度が 12mA/m^2 と比較的に低かったためである．上筋が下筋からの電流によって電位が卑になり，弱い電気防食を受けたためと考えられる．一方，下筋の腐食電流密度は 45.7mA/m^2 から半分以下に低下し，顕著な防食効果を示した．しかし，防食率は 47.9 および 52.4％と比較的に低かった．これは，通電時間が短かったことから電気防食による環境改善が十分に進行しなかったためと考えられる．しかし，**図－4** に示すように下筋にも防食電流が高い電流密度で流入していることから，今後も通電を継続することで鉄筋周囲の環境改善が進行し，防食効果が高まると考えられる．

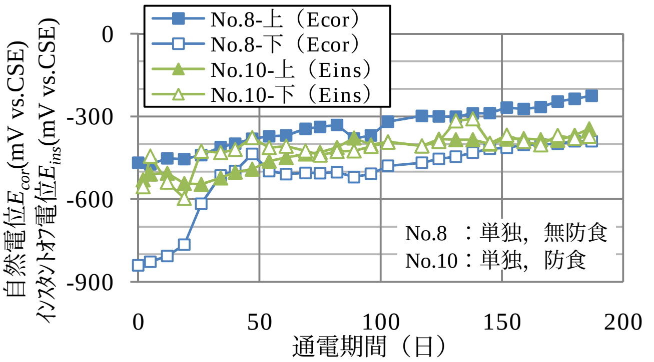
4. まとめ

湿潤差によってマクロセルを形成したコンクリート供試体に対し，100mV シフト基準を適用した電気防食を行った結果，以下のことが明らかとなった．

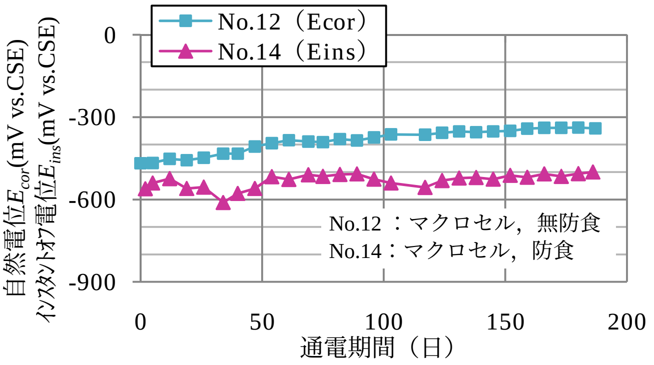
(1) 単独防食供試体では, 通気の良い上筋は比較的に低い電流密度で 100mV シフトを満たし，防食率が高かったが, 湿潤なコンクリート中のさび層を有する下筋は，より高い防食電流密度が必要であることが分かった．

(2) マクロセル無防食供試体では，上筋がカソード，下筋がアノードとなるマクロセルを形成し，上筋の腐食電流密度は低く，下筋の腐食電流密度は高かった．

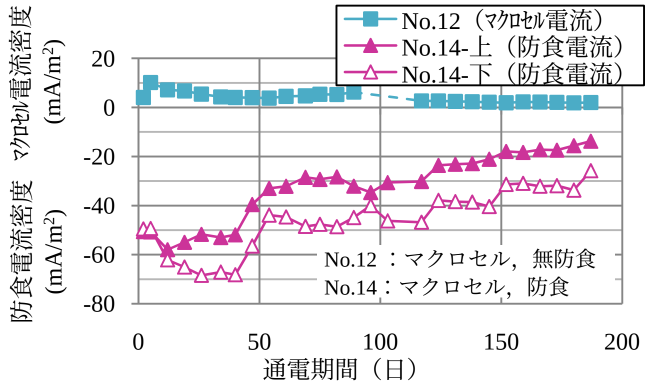
(3) マクロセルに対する電気防食では，マクロセルのアノードである下筋への防食効果が顕著に現れた．



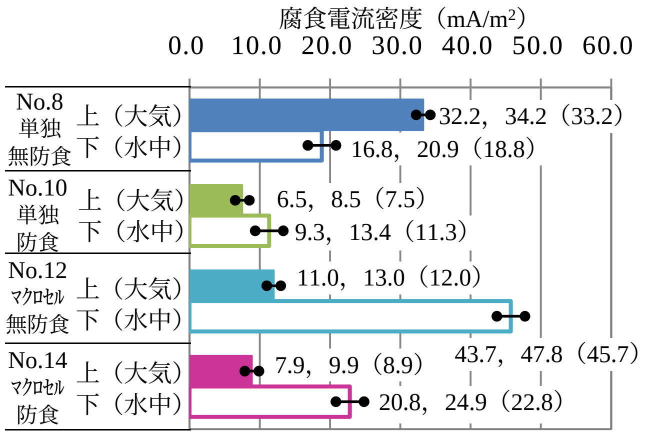
図－2　自然電位・インスタントオフ電位の経時変化(単独)



図－3　自然電位・インスタントオフ電位の経時変化(マクロセル)



図－4　マクロセル電流密度・防食電流密度の経時変化(マクロセル)



※数字は防食試験開始直前に他の供試体を解体して求めた上筋 2 本，下筋 2 本の減量を基準として求めた腐食電流密度の値. ( )内は平均値.

図－5　鉄筋の腐食電流密度

謝辞

本研究実施にあたり、多大なるご協力を頂いた，早稲田大学久村悠人氏に厚くお礼申しあげます．