

腐食に及ぼす環境条件の影響について

京都大学 正員 岡田 清 京都大学 正員 小林和夫
 京都大学 正員 宮川豊章 神戸市 正員 本田 哲

海洋において近年増加しつつある大型コンクリート構造物の耐久性にとって最も重大な問題は鋼材の腐食である。海洋環境は、気中環境、乾湿環境、浸漬環境に分類でき、特に乾湿環境においては、腐食の重要な要因である塩分と酸素の供給が多く行なわれるため、コンクリート中の鋼材に腐食損傷例が多くみうけられる。そこで本研究では、腐食の進行状況を経続的に把握する腐食モニタリング手法の一つである分極抵抗法を用いて、種々の環境下におけるコンクリート中鋼材の腐食状況を把握し、また、同一構造物が海洋における上記3種の環境条件に暴された場合の腐食機構を、電気防食の効果および影響とともに検討した。

実験概要 まず、乾湿、浸漬、気中の3種の環境に独立に暴露した小型供試体(かぶり2cm, $W/C=0.40$ (日内変化測定用), 0.50)を用い、腐食速度に反比例する分極抵抗をモニタリングすることによって腐食状況を調べることとした。モニタリング手法としては、矩形波電流分極抵抗法を用い、周波数としては分極抵抗測定用 0.1Hz 、液抵抗測定用 3.4kHz で電流値は $10\mu\text{A}$ である。乾湿環境の乾湿の1サイクルは1日で、浸漬時間は2, 4, 8, 24時間とした。

さらに橋脚部小型モデル供試体(図1, 2)(かぶり2cm, $W/C=0.50$)を用いて一つの供試体内における気中部、乾湿部、浸漬部の自然電位(図1)および腐食速度指標を測定し、同時に短鋼材(図2)間の電流値を測定した。橋脚部小型モデル供試体実験における乾湿の1サイクルは2週間で浸漬期間は1週間である。また水温による促進効果を検討するため、温水($30\sim 35^\circ\text{C}$)と常温水($14\sim 20^\circ\text{C}$)を用いた。

実験結果および考察 1) 小型供試体による結果
 平均腐食速度指標(腐食速度指標を時間で積分し全時間で除したもの)(図3)は、乾湿環境と浸漬環境では気中環境よりも大きくなっている。また、ここで、乾湿条件が分極抵抗の日内変化に与える影響を乾湿開始後一週間における分極抵抗の日内変化値を浸漬期間が乾湿1サイクルに占める比率との関係

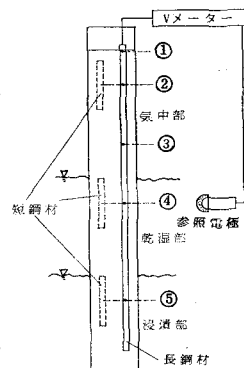


図1 自然電位分析測定(連続長鋼材)

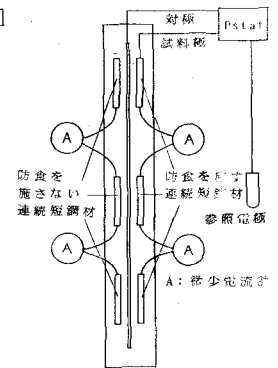


図2 電位防食およびマイクロセル電流測定(連続短鋼材)

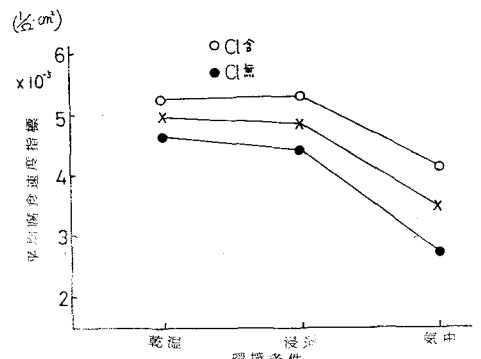


図3 平均腐食速度指標への環境条件の影響

で示す(図4)と分極抵抗の日内変化が最大値を示す比率が存在しているようであり、乾湿作用による腐食反応の促進は1サイクルに占める乾燥時間と湿潤時間との比率によって左右されるものと考えられる。また、腐食速度と分極抵抗との関係式 $I_{corr} = K/R_p$ におけるK値を算出したところ、約0.0069Vとなり、定常状態の分極抵抗値が本実験で用いた0.1Hzにおける値の3~4倍であることを考慮すると定常状態のK値は、0.021~0.028V程度となり、水流ら(コンクリート環境)の0.0209V、大塚ら(アルカリ環境)の0.025Vとよく似た値である。

2)橋脚部小型モデル供試体による結果; 図5に乾湿4サイクル後の自然電位分布を示す。これによると乾湿部と浸漬部で卑となり気中部で貴となっており、最も卑な電位はASTMによる腐食発生確率90%の電位-240mV(vs. Ag/AgCl)前後を示し、また、食孔数についても乾湿部、浸漬部で多く、これらの箇所をアノードとするマクロセル腐食が生じている可能性が高いと考えられる。

また、腐食速度指標についても乾湿部、浸漬部で大きく、逆に気中部で最小となっており自然電位分布とよく対応している。

ここで長鋼材をモデル化した電氣的に連続な短鋼材(図2)間の電流(表1)は水温が常温の場合には、湿潤期と乾燥期とでは電流量の変化は少なく、また常に気中部短鋼材から乾湿部短鋼材に、乾湿部短鋼材から浸漬部短鋼材に流入しており乾湿部短鋼材と浸漬部短鋼材をアノードとするマクロセル腐食電流が発生しているものと考えられる。しかし、温水の場合には、電流量は大きく異なり乾湿部のみがアノードとなっている可能性が高いと考えられる。また防食柱と無防食柱について比較すると、防食柱の方が鋼材間の電流量は大きく、マクロセル以外の迷走電流による影響である可能性が高い。

防食効果については、短鋼材の腐食面積(表2)は防食柱内の電気防食を施した鋼材と施さなかった鋼材との比較においても、また、防食柱、無防食柱の比較においても電気防食を施した鋼材の方が腐食面積は少なく、電気防食の効果はあるものと考えられる。

参考文献; 水流ら「交流法腐食モニターの局部腐食への適用」防食技術V.128 P638-644 1979.

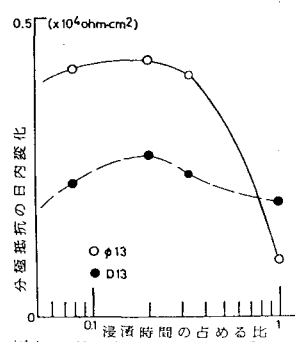


図4 乾湿の比が分極抵抗の日内変化に与える影響

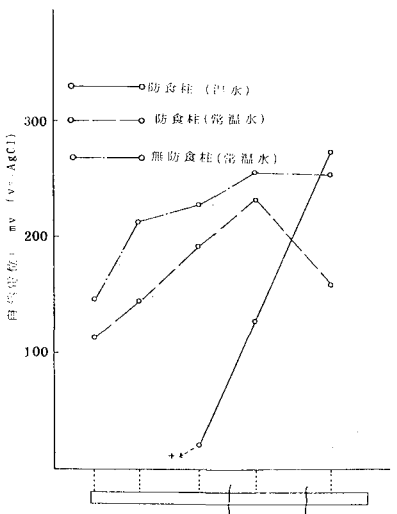


図5 自然電位の部位変化 (4サイクル後)

表2 短鋼材の腐食面積 (%)

柱	水温	環境	防食	防食
			する	しない
無防食柱	常温水	気中	—	9.4
		乾湿	—	9.4
		浸漬	—	16.0
		平均	—	11.6
防食柱	常温水	気中	10.7	11.5
		乾湿	14.0	22.9
		浸漬	2.7	9.8
		平均	9.1	12.4
	温水	気中	11.9	12.5
		乾湿	8.9	10.7
		浸漬	0.9	9.8
		平均	7.2	11.0

表1 連続短鋼材間に流れる電流 (μA)

		3サイクル				4サイクル			
		湿潤期		乾燥期		湿潤期		乾燥期	
		始	終	始	終	始	終	始	終
無防食	常温水	H	-1	-4	-5	-4	-4	-5	-3
		L	-4	-5	-5	-6	-4	-2	-3
防食柱	常温水	H	-15	-10	-10	-15	-7	-10	-10
		L	-8	-10	-10	-3	-7	-10	-10
	温水	H	0	0	-8	0	0	-2	0
		L	0	10	-8	10	5	10	-1

L: 浸漬部短鋼材から乾湿部短鋼材に流入する電流
H: 乾湿部短鋼材から気中部短鋼材に流入する電流