

干満環境におけるコンクリート中の鉄筋腐食評価

電力中央研究所 正会員 ○松村 卓郎
電力中央研究所 正会員 金津 努
電力中央研究所 正会員 西内 達雄

1. はじめに

臨海コンクリート構造物の設計では塩害に対する耐久性照査が重要である．鉄筋腐食の発生を照査の限界状態とする場合には，腐食発生限界塩化物イオン濃度が必要であり，ひび割れの発生を照査の限界状態とする場合には，鉄筋の腐食速度評価が必要である．しかし，発電所の取放水設備など水分量の比較的多い干満環境においては，これらの値，評価方法は十分に明らかにされていないのが現状である．本研究では，干満帯のコンクリート構造物の腐食発生限界塩化物イオン濃度，ならびに腐食速度を評価することを目的とした．

2. 実験の概要

表 1 に示すように，代表的な 2 種類の干満条件と常時海中の計 3 種類をそれぞれ模擬した A～C の 3 シリーズの腐食評価実験を実施した．各シリーズの実験要因は，かぶり，コンクリート中の塩化物イオン濃度である．

実験に用いた試験体は，図 1 に示すように，縦 300mm，横 400mm，高さ 300mm の形状であり，内部に長さ 200mm の $\phi 19$ mm 丸鋼鉄筋（SR235），交流インピーダンス法による腐食速度測定用の対極，参照電極を配置した．試験体は 1 面のみを開放面とし，他の 5 面をタールエポキシで塗装した．コンクリートの配合は，水セメント比 55%，単位セメント量 330kg/m^3 とした．セメントは普通ポルトランドセメント，練混ぜ水として塩化ナトリウム水溶液を用いた．

計測項目は，鉄筋の分極抵抗と実験後の腐食量である．分極抵抗は，交流インピーダンス法により測定した．周波数は $10\text{kHz}\sim 0.1\text{mHz}$ の範囲，電圧は自然電位に対して $\pm 50\text{mV}$ とし，約 10 日間隔で測定した．測定したインピーダンスは，周波数を変数として複素平面上に軌跡として描き，低周波数側の軌跡を半円として近似し，半円が実数軸と交わる 2 点の距離を求め分極抵抗とした．分極抵抗から腐食速度への換算は次式を用いた．比例定数は筆者らの報告した $A=0.0337^{1)}$ を用いた．

$$V_{\text{corr}} = A/R_p$$

(1)

ここに， V_{corr} ：腐食速度（ $\text{mg/cm}^2/\text{sec}$ ）， R_p ：分極抵抗（ Ωcm^2 ）， A ：比例定数である．

表 1 実験要因と条件

シリーズ名	かぶり (mm)	塩化物イオン濃度 (kg/m^3)	実験条件
A	50,100	2.0, 6.0	塩水中（6 時間， 25°C ），気中（6 時間， 25°C ）繰返し
B	50,100	2.0, 4.0, 6.0, 8.0, 10.0	塩水中（0.5 時間， 25°C ），気中（11.5 時間， 40°C ）繰返し
C	50,100	10.0	常時塩水中（ 25°C ）

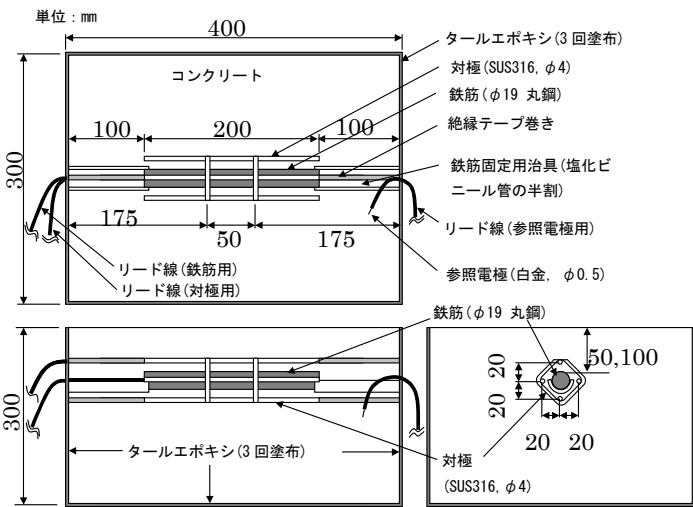


図 1 試験体の形状・寸法

表 2 B シリーズの腐食量（単位： mg/cm^2 ）

		塩化物イオン濃度 (kg/m^3)				
		2.0	4.0	6.0	8.0	10.0
かぶり (mm)	50	0	3.42	3.61	6.57	13.76
	100	0	0	3.59	0	24.30

3. 実験結果および考察

A シリーズでは全ての鉄筋に腐食は認められなかった。A シリーズの腐食速度の経時変化を図 2 に示す。初期には一部 $10^{-8}\text{mg/cm}^2\text{/sec}$ 程度の腐食速度が認められるが、60 日以降は、かぶり、塩化物イオン濃度によらず腐食速度は概ね $10^{-11}\text{mg/cm}^2\text{/sec}$ 以下と非常に小さい。かぶり 50mm, 塩化物イオン濃度 6.0kg/m^3 では、腐食速度が 80 日以降に増大し、 $10^{-8}\text{mg/cm}^2\text{/sec}$ 程度の値を示している。この急変の原因は不明であるが、微細なひび割れが生じた可能性がある。この程度の腐食速度は干満帯の中央部分において考慮する必要があると考えられる。

B シリーズの腐食量の実測値を表 2 に示す。かぶり 50mm, 100mm でそれぞれ塩化物イオン濃度 $4.0, 6.0\text{kg/m}^3$ 以上の場合に腐食が認められ、塩化物イオン濃度が高いほど腐食量が多い傾向にある。腐食速度の経時変化を図 3～図 4 に示す。かぶりに係わらず、塩化物イオン濃度 6kg/m^3 以上の場合、時間経過と共に腐食速度が増大し、ほぼ一定値に収束する傾向にあり、塩化物イオン濃度が高い方が腐食速度が大きい。塩化物イオン濃度が 4.0kg/m^3 以下の場合、時間経過と共に腐食速度は減少し、 $10^{-11}\text{mg/cm}^2\text{/sec}$ 以下の非常に小さい腐食速度に収束している。

C シリーズの腐食量の実測値は、かぶり 50, 100mm でそれぞれ $7.68, 6.99\text{mg/cm}^2$ であった。C シリーズの腐食速度の経時変化を図 5 に示す。時間的な変動が大きく、明確な傾向は明らかではないが、腐食速度の最大値はかぶりに係わらず $10^{-8}\text{mg/cm}^2\text{/sec}$ 程度である。

A シリーズ, B シリーズの結果から、腐食発生限界塩化物イオン濃度は $4.0\sim 6.0\text{kg/m}^3$ の範囲にあると考えられる。この値はコンクリート標準示方書の値 1.2kg/m^3 よりも大きい。また、腐食速度は干満条件により大きく異なる。コンクリートが飽水に近い状態では、鉄筋への酸素の供給量が非常に少ないため、腐食速度は非常に小さいと考えられる。

4. まとめ

干満環境における腐食発生限界塩化物イオン濃度は $4.0\sim 6.0\text{kg/m}^3$ の範囲にあると考えられた。腐食発生を限界状態として干満帯における塩害の照査を行う場合、塩化物イオン濃度の限界値をより大きな値に設定できる可能性がある。また、腐食速度は、塩化物イオン濃度が高いほど大きく、干満条件により大きく異なる。酸素の供給量がコンクリートの含水状態に大きく影響を受けるためと考えられた。

参考文献

- 1) 松村卓郎, 金津努, 西内達雄: 海岸近くの大気中に位置するコンクリート構造物の鉄筋腐食進行評価手法, 土木学会論文集, No.634, V-45, pp.303-314, 1999.11.

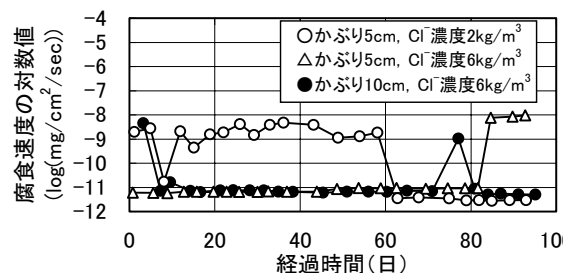


図 2 A シリーズの腐食速度の経時変化

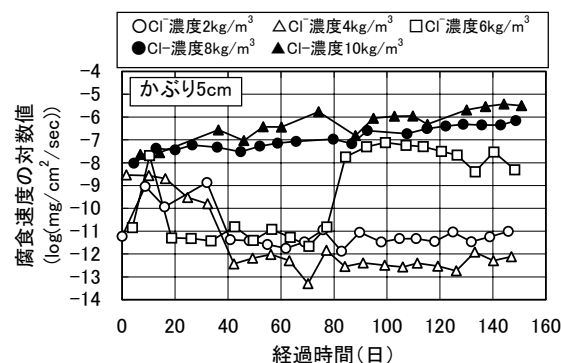


図 3 B シリーズの腐食速度 (かぶり 50mm)

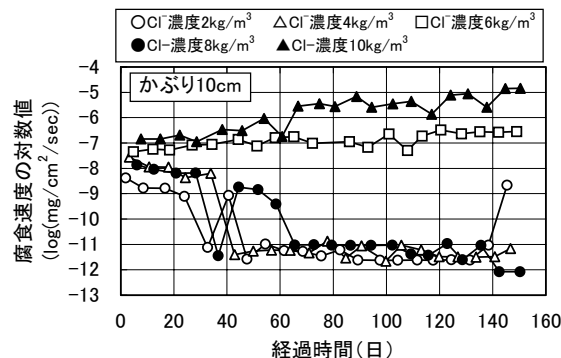


図 4 B シリーズの腐食速度 (かぶり 100mm)

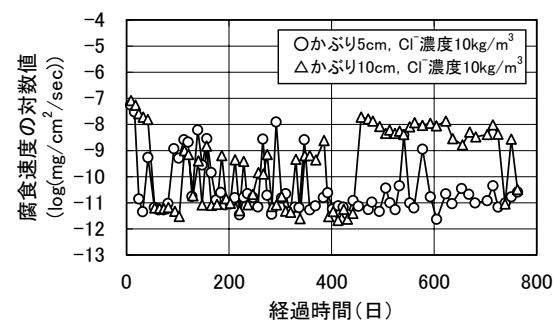


図 5 C シリーズの腐食速度の経時変化