

鉄筋腐食環境に着目した沿岸域の鉄筋コンクリート構造物の維持管理に関する提案

中国電力株式会社 電源事業本部 建設土木グループ 正会員 ○山本 健太
 中国電力株式会社 島根原子力発電所 保守部 土木グループ 正会員 磯田 隆行
 中国電力株式会社 電源事業本部 建設土木グループ 正会員 齊藤 直

1. 研究の目的

高度成長時代に構築された沿岸域の鉄筋コンクリート構造物(以下、RC 構造物)は、塩分や中性化などの影響による高経年劣化が進行しているため、延命化に向けた合理的な維持管理手法の構築が課題となっている。本稿では、暴露環境によって変化する RC 構造物の劣化特性について調査・分析を行い、暴露環境とその期間、ひび割れ等の設備の状態によって、維持管理指標の提案を行うものである。

2. 研究の内容

本研究では、海水に浸漬する潮間帯や海岸から最大 700 m の距離に位置する陸上構造物など、様々なものを調査対象として、塩化物イオン(以下 Cl^-)濃度含有量及び中性化の試験を行うと共に、鉄筋の腐食状況の調査を行い、暴露環境毎に塩害、中性化による鉄筋腐食への影響評価を行った。

3. 主要な結論

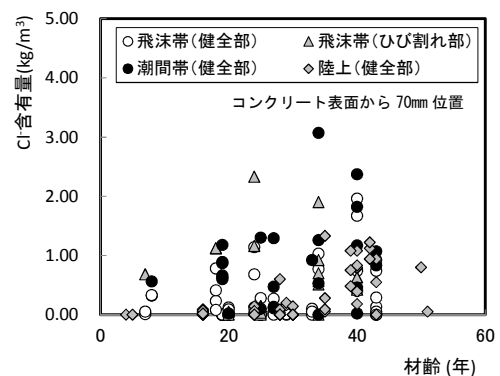
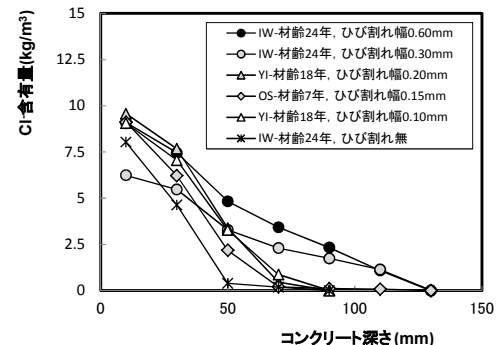
本研究の主要な結論は、以下に示すとおりである。

(1) ひび割れの塩害への影響

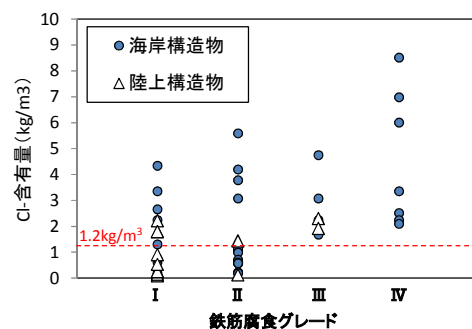
潮間帯と飛沫帯を比較すると、ひび割れの無い部材では潮間帯の方が Cl^- が浸透し易い傾向にあるが、ひび割れのある部材では、飛沫帯で経過時間が少ない場合でも Cl^- 濃度が非常に高い部材が確認された(図-1)。0.3mm 以上のひび割れのある部材の場合、材齢 20 年程度でも Cl^- 濃度が海洋 RC 構造物の設計かぶり 70mm を超えて深部まで高い水準となる。一方、0.2mm 以下のひび割れのある部材では 50mm 程度の深さまでとなっていることが分かる(図-2)。このように、ひび割れの状態で Cl^- の浸入量への影響を評価できる可能性が示唆された。ひび割れの無い健全な部材では、鉄筋の腐食状態(腐食状態を鉄筋腐食グレードⅢ、Ⅳと判断)から見て、鉄筋位置の Cl^- 濃度 1.2kg/m^3 を鉄筋腐食の閾値とすることが安全側に海洋 RC 構造物を保守管理する上では妥当であると考えられる(図-3)。

(2) 塩害と中性化の複合劣化

構造鉄筋の腐食環境と考えられる Cl^- の浸透と中性化との複合劣化については、暴露条件や施工条件、コンクリートの品質等の影響により大きなばらつきが生

図-1 暴露時間(材齢)と Cl^- 浸透量の関係

※ 777777 は発電所地点名の略称

図-2 ひび割れによる Cl^- 浸透量の分布比較

※ 土木学会評価基準に準拠して、腐食状況を4段階のグレードに判定・分類

図-3 鉄筋の腐食状況と Cl^- 濃度との関係

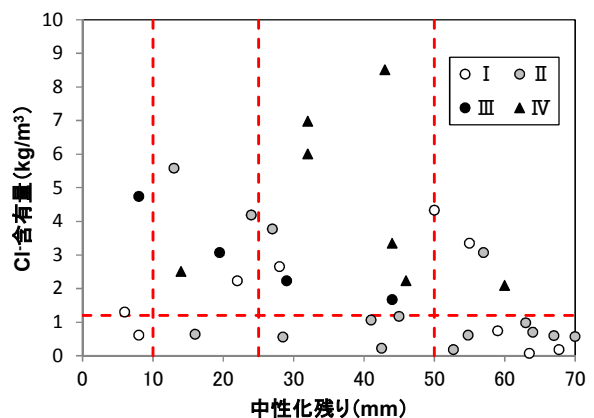
キーワード 鉄筋コンクリート、塩害、中性化、複合劣化、鉄筋腐食、臨海域

連絡先 〒730-8701 広島市中区小町 4-33 TEL 082-544-2936 FAX 082-544-2661

じるため、これらの劣化因子と外観変状との相関関係は確認されている¹⁾ものの、実構造物を対象としたデータに基づく明確な規定がないのが現状である。図-4に、鉄筋の腐食グレードとCl⁻濃度・中性化残りの関係を示す。鉄筋腐食グレードがⅢ、Ⅳ（鉄筋が腐食した状態）の部材では、全て鉄筋位置のCl⁻濃度が1.2 kg/m³以上となっている。一方、Cl⁻濃度1.2 kg/m³未満の場合には、中性化残りが10 mm未満でも、鉄筋腐食が進行しておらず、臨海域の構造物の鉄筋腐食がCl⁻濃度に支配されていることがわかる。従って、中性化残りとCl⁻濃度の両指標を複合した定量評価については、現段階ではその必要性を見出す結論とならなかった。

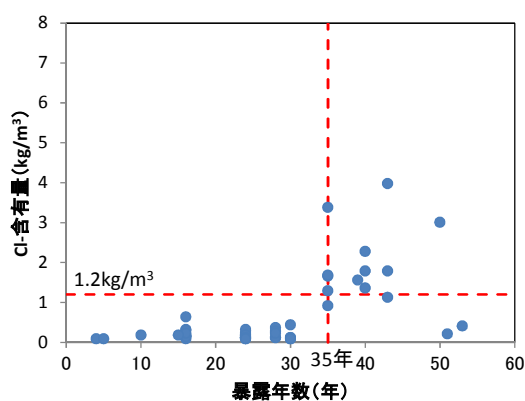
(3) 暴露年数と塩害の関係

ひび割れのない健全な部材を対象に、設計かぶり位置（海洋構造物：深さ70mm、陸上構造物：深さ50mm）におけるCl⁻濃度と暴露年数の関係を見ると、設計かぶり位置におけるCl⁻濃度が鉄筋の腐食限界に到達する暴露年数は、陸上構造物では35年程度、海洋構造物では15年程度を境として腐食限界のCl⁻濃度1.2kg/m³を急激に超えてきている（図-5）。

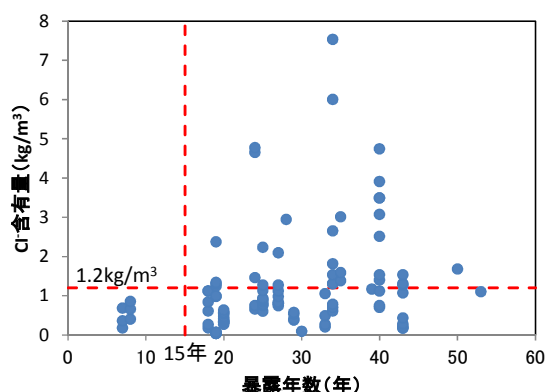


※ 土木学会評価基準に準拠して、腐食状況を4段階のグレードに判定・分類

図-4 Cl⁻濃度・中性化残りと鉄筋腐食の関係



(1) 陸上構造物



(2) 海岸構造物

図-5 暴露時間（材齢）と設計かぶり位置におけるCl⁻浸透量の関係

(4) 臨海域のRC構造物の維持管理指標

RC構造物の鉄筋の腐食環境となるCl⁻濃度について、ひび割れの無い健全な部材を対象とする場合、既往文献や規定・基準の中で最も保守的な値である1.2 kg/m³を管理指標とすれば、様々な条件下で長期間暴露された多数のRC構造物における鉄筋の腐食状態においても、安全側の判定指標となり得ると考えられる。鉄筋位置においてこのCl⁻濃度に到達するまでの期間は、海岸構造物で15～20年程度、陸上構造物で35年程度と推察される。但し、ひび割れがある構造物では、健全な部材に比べて早い期間でCl⁻濃度が内部まで高まる可能性があり、0.3mm程度のひび割れ幅がその目安となる。瀬戸内海の沿岸域を対象として経年化が進んだRC構造物を維持管理する上で、これらの材齢指標を管理指標（目安）とすることができ、このように暴露条件毎に整理された安全側の材齢による管理手法は、現場管理する技術者にとって有益な手法の一つとなり得るものと考えられる。

参考文献

- 1) 轟 俊太郎, 曾我部 正道, 谷村 幸裕, 松橋 宏治: 報告 実構造物を対象とした複合劣化に関する劣化因子の定量評価, コンクリート工学年次論文集, 31-2, pp.1519-1524, 2009.