

海岸汀線部に位置する PCT 桁の発錆限界塩化物イオン濃度

中日本ハイウェイ・エンジニアリング東京 (株)

正会員 ○衣笠 泰広

中日本ハイウェイ・エンジニアリング東京 (株)

正会員 緒方 紀夫

中日本高速道路 (株)

永井 勝幸

1. 目的

塩害環境下にある構造物を適切に維持管理するにあたって、鉄筋腐食発生時期に関連する発錆限界塩化物イオン濃度は重要な指標である。ここでは、海岸汀線部に位置し供用後 41 年が経過したポステン式 PCT 桁橋の主桁部を対象に、対象橋梁の発錆限界塩化物イオン濃度の設定を目的として、はつり調査を実施し、鋼材の腐食状態と鋼材位置における塩化物イオン濃度の関係から腐食発錆限界塩化物イオン濃度の評価を行った。その結果、同一橋梁においても、部材の設置位置により主桁部の発錆限界塩化物イオン濃度は異なり、乾湿繰り返し条件に位置する部材で 1.5kg/m^3 程度、乾燥条件下に位置する部材で 3.0kg/m^3 程度となることが分かった。

2. 調査対象橋梁および調査箇所

調査対象橋梁は、供用後約 41 年が経過する支間長約 20m のポステン式単純 PCT 桁橋で、海岸汀線部に連続して約 120 径間配置されている。調査は、橋梁高、近隣の構造物の状況、海岸汀線部からの距離が同一条件下にある隣接する 7 径間を対象として、海側から G1・G3・G6 桁の下フランジ側面で行った。図 1 に調査対象橋梁の外観、図 2 に調査箇所を示す。ここで、調査対象箇所の橋梁高は約 10m、対象橋梁の陸側には擁壁が配置されており、高潮位の際に汀線が G1 桁直下付近まで近づく条件下にある。また、G1 桁（海側）は日射や雨水等の影響を受ける乾湿繰り返し条件下、G3 桁・G6 桁（海側）は日射や雨水等の影響を受けない乾燥条件下に位置している。なお、G1・G3・G6 桁の鉄筋腐食に伴うと考えられる外観変状の発生状況に顕著な相違は認められない。

3. 調査方法

塩化物含有量試験用の試料はドリル法により採取した（5 深度/箇所）。塩化物イオン濃度の測定は迅速法¹⁾により行った（G1 桁：4 箇所、G3・G6 桁：7 箇所）。コンクリート中の塩化物イオン濃度分布は、塩化物イオン濃度の実測値をフィックの第 2 法則（ $C_0=\text{const}$ ）に回帰分析することにより算出した。はつり調査は、下フランジ（G1 桁：6 箇所、G3・G6 桁：10 箇所）を対象として行った。図 3 にはつり調査箇所の概念図、表 1 に鉄筋腐食度評価基準²⁾を示す。

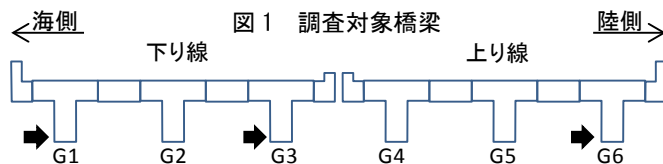


図 2 調査箇所

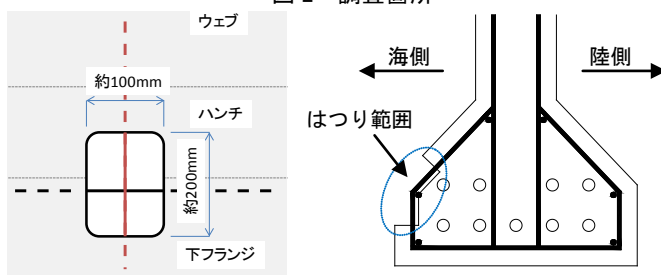


図 3 はつり調査箇所の概念図

表 1 鉄筋腐食度評価基準²⁾

鉄筋腐食度	鉄筋の状態
I	黒皮の状態、または錆は生じているが全体に薄い錆であり、コンクリート面に錆が付着していることはない。
II	部分的に浮き錆はあるが、小面積の斑点状である。
III	断面欠損は目視観察では認められないが、鉄筋の全周または全長にわたって浮き錆が生じている。
IV	断面欠損を生じている。

キーワード 塩害、鋼材腐食、塩化物イオン濃度、発錆限界、はつり調査

連絡先 〒160-0023 東京都新宿区西新宿 1-23-7 中日本ハイウェイ・エンジニアリング東京 (株) TEL : 03-5339-1721

4. コンクリート中の塩化物イオン濃度分布

図4に主桁内部の塩化物イオン濃度分布を示す。塩化物イオンの見かけの拡散は、G1桁で $0.10\text{cm}^2/\text{年}$ 、G3・G6桁で $0.12\text{cm}^2/\text{年}$ であり、概ね一致した。一方、想定表面塩化物イオン濃度は、G1桁で $3.18\text{kg}/\text{m}^3$ 、G3・G6桁で $9.15\text{kg}/\text{m}^3$ となり、部材の設置環境により、コンクリート中の塩化物イオン濃度が異なる結果となった。これは、G1桁は直接雨水等の影響を受ける環境下であり、表面に付着した塩分が雨水により洗い流されるのに対して、G3・G6桁では付着塩分が残置するためと考えられる。

5. 発錆限界塩化物イオン濃度

図5、図6にはつり調査結果によって得られたG1桁、G3・G6桁の鉄筋位置における塩化物イオン濃度と腐食度の関係を示す。その結果、G1桁ではかぶりが 20.3mm 以下（塩化物イオン濃度の推定値： $1.65\text{kg}/\text{m}^3$ 以上）の鉄筋、G3・G6桁ではかぶりが 26.8mm 以下（塩化物イオン濃度の推定値： $3.58\text{kg}/\text{m}^3$ 以上）の鉄筋において腐食度III以上が確認された。ここで、腐食度III以上の鉄筋がG1桁では塩化物イオン濃度 $1.5\sim 3.0\text{kg}/\text{m}^3$ 付近で確認されたのに対して、G3・G6桁では確認されなかった。これは、G3・G6桁が乾燥条件下に位置しており、日射による温度上昇や雨水等の影響を受けるG1桁と比べて鉄筋腐食反応が起こり難いためと考えられる。

すなわち、部材の設置位置により主桁部の発錆限界塩化物イオン濃度は異なり、乾湿繰り返し条件下に位置する部材で $1.5\text{kg}/\text{m}^3$ 程度、乾燥条件下に位置する部材で $3.0\text{kg}/\text{m}^3$ 程度となると考えられる。

6. まとめ

- ① 同一橋梁においても、部材の設置位置によりコンクリート中の塩化物イオン濃度分布は異なり、乾湿繰り返し条件下と比べ、乾燥条件下に位置する部位に高濃度の塩化物イオンが浸透していた。これは、乾湿繰り返し条件下に位置する部材の表面に付着した塩化物が雨水等により洗い流されるためと考えられる。
- ② 同一橋梁においても、部材の設置位置により発錆限界塩化物イオン濃度は異なる。これは、日射による温度上昇や雨水等の影響を受ける乾湿繰り返し条件下に位置する部材と比べ、乾燥条件下に位置する部材では鉄筋腐食反応が起こり難いためと考えられる。
- ③ 発錆限界塩化物イオン濃度は、乾湿繰り返し条件下に位置する部位で $1.5\text{kg}/\text{m}^3$ 、乾燥条件下に位置する部位で $3.0\text{kg}/\text{m}^3$ 程度であった。

参考文献

- 1) 近藤英彦、後藤年芳、野島昭二：硬化コンクリートの塩化物イオン濃度迅速測定法に関する研究と適用、コンクリート構造物の補修、補強、アップグレード論文報告集、Vol.10、pp.71-78、2010.10
- 2) 設計要領第二集 橋梁保全編：東日本・中日本・西日本高速道路株式会社、平成24年7月

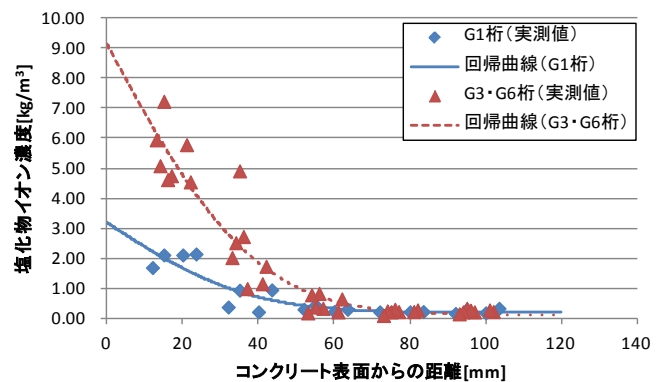


図4 主桁内部の塩化物イオン濃度分布

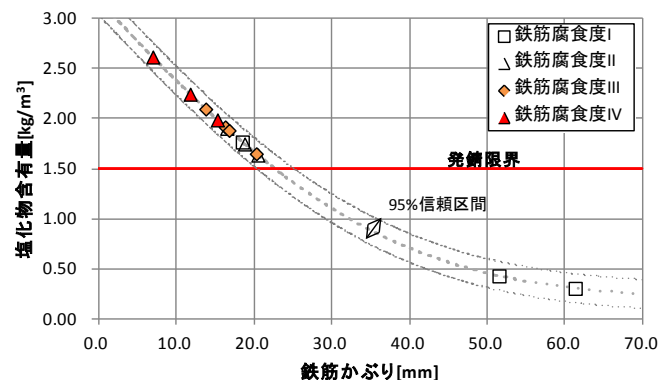


図5 鉄筋位置の塩化物イオン濃度と腐食度の関係 (G1桁)

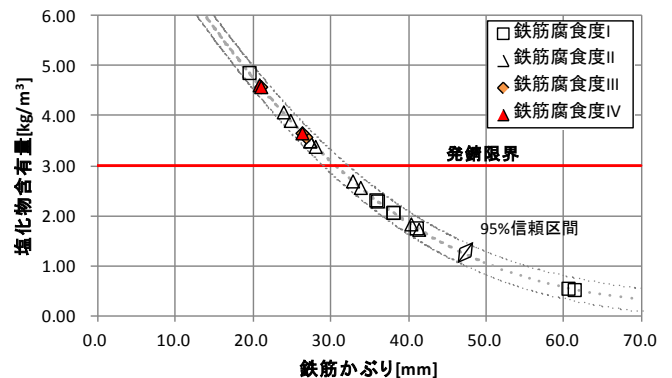


図6 鉄筋位置の塩化物イオン濃度と腐食度の関係 (G3・G6桁)