

海岸汀線部に位置する PCT 桁の 内部鋼材腐食に関する一考察



中日本ハイウェイ・
エンジニアリング東京(株)
衣笠 泰広

1. はじめに

塩害環境下にあるコンクリート構造物の対策工法を選定するにあたって、鉄筋腐食発生時期に関連する塩化物イオン濃度は重要な指標となる。しかし、たとえば設計要領第二集では「鉄筋腐食塩分量は、補修構造物の部位、環境、重要度、類似構造物の実測結果等を参考に定めてよい」とされており、閾値となる塩化物イオン濃度は具体的に示されていない。すなわち、地域性を考慮した合理的な塩害対策工法の選定を行うためには、如何に適切な閾値を設定するかが課題となる。そこで、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、対象橋梁の塩害対策工法選定の閾値を設定することを目的として、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鋼材の腐食が顕在化する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鋼材腐食が顕在化する塩化物イオン濃度が異なることが分かった。

2. 調査対象橋梁および調査方法

調査対象橋梁は、供用後約41年が経過した支間長約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。図-1に調査対象橋梁の外観、図-2に調査箇所を示す。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。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、高潮位の際に海岸汀線が 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返し条件下、G3 桁・G6 桁（海側）は日射



図 - 1 調査対象橋梁

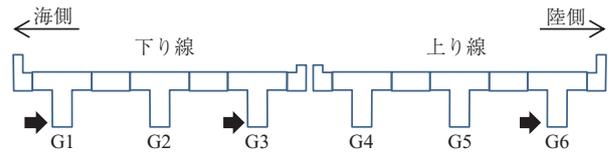


図 - 2 調査箇所

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。

調査は、まず対象箇所のコンクリート試料を20mmピッチ、5深度で採取し、塩化物イオン濃度を測定した。次に実測結果をフィックの拡散方程式を用いて回帰分析することにより、塩化物イオン濃度分布を算出した。はつり調査では、図-3に示すように下フランジ側面～ハンチ部にかけて100mm×200mmのかぶりコンクリートをはつり取り、鉄筋の腐食状況を確認した。鉄筋腐食度の評価は帯金の折り曲げ部を境界として、上側・下側に区分して行った。ここで、帯金の折り曲げ部はかぶりが大きく塩化物含有量が小さい箇所においても鉄筋表面の黒皮がはがれ表面錆が発生しており、建設当初から発生していたと考えられたことから評価対象外とした。表-1に鉄筋腐食度評価基準を示す。なお、鉄筋位置の塩化物含有量は、鉄筋の実かぶりと回帰分析で得られた結果を用いて推定した。

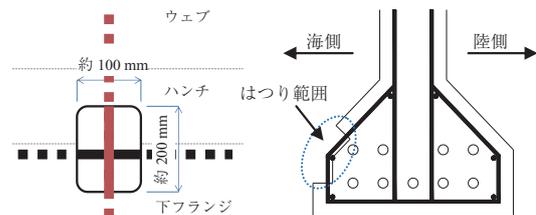


図 - 3 はつり調査箇所の概念図

表 - 1 鉄筋腐食度評価基準

| 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。 |

3. 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係数は、G1 桁で0.10 cm²/年、G3・G6 桁で0.12 cm²/年であり、おおむね一致した。一方、想定表面塩化物イオン濃度は、G1 桁で3.18 kg/m³、G3・G6 桁で9.15 kg/m³となり、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 桁では付着した塩分が表面に残置するためと

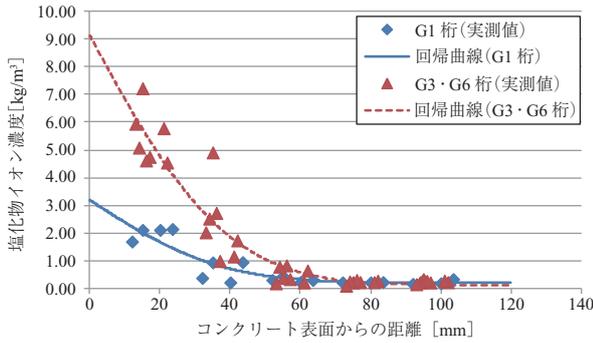


図 - 4 主桁内部の塩化物イオン濃度分布

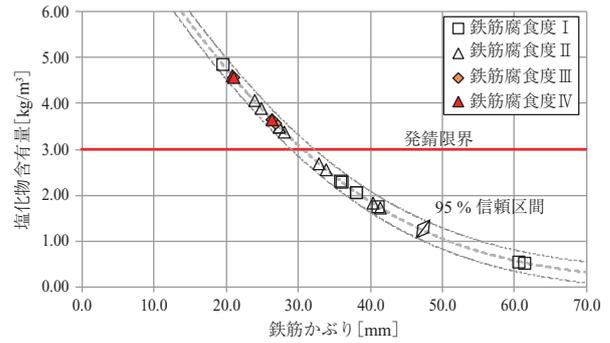


図 - 6 鉄筋位置の塩化物イオン濃度と腐食度の関係 (G3・G6 桁)

考えられる。

4. 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 桁ではかぶり厚が 20.3 mm 以下 (塩化物イオン濃度の推定値: 1.65 kg/m³ 以上) の鉄筋、G3・G6 桁ではかぶり厚が 26.8 mm 以下 (塩化物イオン濃度の推定値: 3.58 kg/m³ 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 ~ 3.0 kg/m³ 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。以上より、部材の設置位置により鋼材腐食が顕在化する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 1.5 kg/m³ 程度、乾燥条件下に位置する部材で 3.0 kg/m³ 程度となると考えられた。

5. まとめ

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。

また、部材の設置位置により鋼材腐食が顕在化する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。

当該橋梁では、塩害対策の閾値として、乾湿繰り返し条件下に位置する部位で 1.5 kg/m³、乾燥条件下に位置する部位で 3.0 kg/m³ に設定した。

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 26 年 7 月

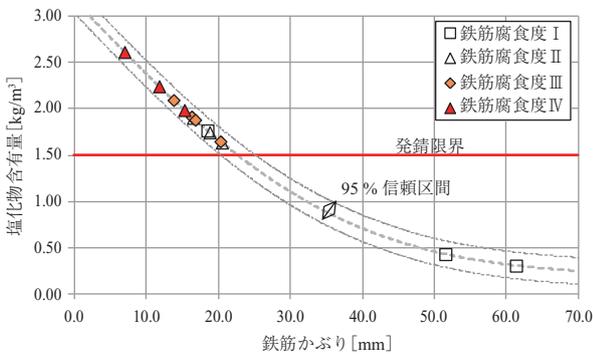


図 - 5 鉄筋位置の塩化物イオン濃度と腐食度の関係 (G1 桁)

【2015 年 4 月 15 日受付】



刊行物案内

コンクリート構造診断技術 コンクリート構造診断技術講習会テキスト 2015 年 4 月

定 価 7,500 円 / 送料 300 円
公益社団法人 プレストレストコンクリート工学会