

コンクリート道路橋の塩害劣化予測に関する一考察

国土交通省北海道開発局小樽開発建設部 会員 船山 健次
 独立行政法人北海道開発土木研究所
 株式会社ドーコン

真田 達雄*¹
 会員 嶋田 久俊*²
 会員 〇朝倉 啓仁*³

1. はじめに

近年、海岸線に近接するコンクリート構造物の塩害劣化に対してライフサイクルコストを考慮した最適な処置が求められている。このためには塩化物イオンの浸透予測と劣化グレードの設定に基づく要求性能の評価・判定が必要となっている。本報では厳しい塩害環境下におかれたコンクリート道路橋を対

象として第1に塩化物含有量試験から拡散係数と表面塩化物イオン濃度を推定し表面被覆による遮塩効果を確認し、第2に外観変状調査および鉄筋腐食予測から塩害による劣化グレードを設定すると共に鉄筋かぶり分布を考慮した鉄筋腐食発生率の算定を試みたので以下に報告する。

2. 橋梁概要

対象橋梁の側面図を図1、橋梁緒言を表1に示すが、日本海海岸上に位置し冬季季節風による波しぶきを受ける厳しい塩害環境下で架橋後20年を経過したコンクリート橋である。架設時期と相まって「道路橋の塩害対策指針（案）日本道路協会 1984.2」が発刊されたため、これより先行した上部工Aでは架設5年後に塩害対策として表面被覆が施され、また指針を適用した上部工Bでは塗装鉄筋の使用により表面被覆なしとした。そして桁製作16年後の昨年表面被覆が施された。

3. 塩化物含有量試験と表面塩化物イオン濃度・拡散係数の回帰計算

上部工A、Bの桁下面および下部工からコアを採取し、JCI-SC4の吸光光度法により全塩分を定量した。上部工Bは表面被膜直後の試験であり下部工と共に表面塩化物イオン濃度(C_0)が時間に対して一定としたフィックの一次元拡散方程式の解を用いて回帰計算より表面塩化物イオン濃度および見かけの拡散係数(D_c)を求めた¹⁾。図2に試験結果と回帰計算結果を示すが、波しぶきを直接受ける下部工の表面塩化物イオン濃度が非常に高いことが分かった。

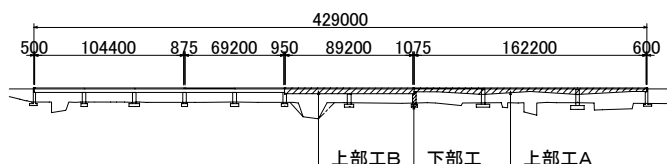


図1 橋梁側面図

表1 橋梁緒言

部位	形式/施工年	既往塩害対策等緒言
上部工A	PC3 径間連続有ヒソ [®] ラーメン箱桁 1981年架設	鉄筋かぶり 50mm PC鋼材かぶり 80mm 架設5年後被膜塗装 遮塩15年経過
上部工B	PC2 径間連続合成桁 1984年製作	鉄筋かぶり 50mm PC鋼材かぶり 80mm 塗装鉄筋使用 製作16年後被覆塗装
下部工	壁式橋脚 1980年施工	鉄筋かぶり 75mm

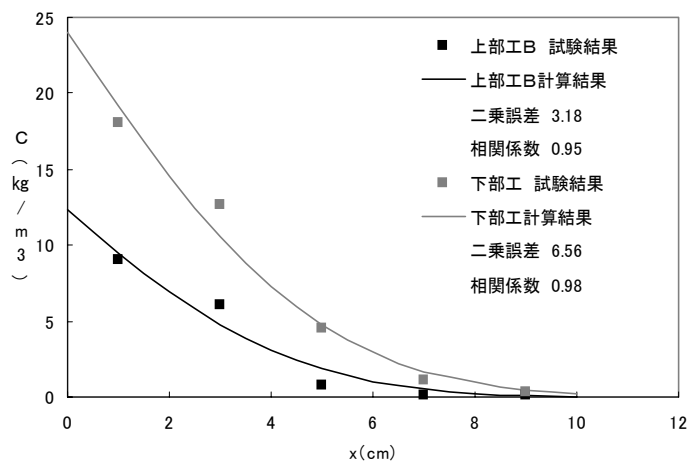


図2 回帰計算結果

キーワード 塩害、塩化物含有量試験、表面被覆、鉄筋腐食予測、塩害劣化グレード

連絡先 *¹ 〒047-8555 北海道小樽市潮見台1丁目15番5号 TEL0134-23-5131

*² 〒062-8602 北海道札幌市豊平区平岸1条3丁目1番34号 TEL011-841-1719

*³ 〒004-8585 北海道札幌市厚別区厚別中央1条5丁目4番1号 TEL011-801-1576

4. 表面被覆の遮塩効果の確認

架設 5 年後表面被覆し 15 年を経過した上部工 A の拡散係数は示方配合が同一であるため上部工 B の拡散係数と同じとした。塩化物含有量試験結果と見かけの拡散係数を用いた一次元の差分法²⁾による計算結果とを図 3 に示す。両者は良い相関を示し表面被覆の遮塩効果は塩化物イオンの拡散を推定する上では表面からの塩化物イオンの供給を遮断する効果があると考えることができる。

5. 塩害劣化グレードと鉄筋腐食発生率

鋼材腐食発生限界を 1.2kg/m^3 とした鉄筋の腐食発生時期および腐食ひび割れ発生時期³⁾を設計図に示された鋼材かぶり位置において推定したところ、外観上の劣化状態によるグレード⁴⁾の方がより進行している結果となった。

このため、塩害による劣化グレードを外観上の劣化状態から設定し、鉄筋かぶりのばらつきを考慮して各期間における鉄筋腐食発生率を図 4 の通り算出した。ここに、鉄筋かぶりは過年度のはつりによるかぶり調査⁵⁾から設計値を中心とする正規分布の確率密度関数とした。また、腐食確率分布は腐食ひび割れ発生時のかぶり（腐食率 100%）から腐食発生限界値となるかぶり（腐食率 0%）までの累積正規分布とした。そして、かぶりの確率密度関数に腐食確率分布を乗じ腐食発生率（評価鉄筋に対する腐食鉄筋の割合）を算出した。^{6) 7)}

6. まとめ

今回の塩化物含有量試験および塩害による鋼材腐食予測から明らかになったことを以下に示す。

- (1) 塩化物含有量試験より表面被覆後の塩化物イオン濃度の分布は、見かけの拡散係数を用い表面から塩分の供給がないと仮定した 1 次元の差分法により推定できる。
- (2) 鋼材腐食予測に鉄筋かぶりのばらつきを考慮することにより外観上の劣化グレードに対応した腐食予測が可能となる。

参考文献

- 1) 鉄筋腐食・防食および補修に関する研究の現状と今後の動向（その 2）ーコンクリート委員会腐食防食小委員会（2 期目）報告ー,土木学会,コンクリート技術シリーズ 40,2000.12,pp155-179
- 2) 守分敦郎,長滝重義,大即信明,三浦成夫：既設コンクリート構造物の塩化物イオンの拡散過程により評価される表面処理工法の適用性,土木学会論文集, No.520/V-28,111-122,1995.8
- 3) コンクリート標準示方書改訂に関する中長期ビジョンーコンクリート委員会・示方書小委員会幹事会報告ー,土木学会,コンクリート技術シリーズ 32,1999.9,pp171-174
- 4) 土木学会,2001 年制定コンクリート標準示方書【維持管理編】解説表 14.3.4
- 5) 後藤辰男,加藤寅雄,中屋正治：大森大橋塩害調査について,第 37 回北海道開発局技術研究発表会
- 6) 土木学会,2001 年制定コンクリート標準示方書【維持管理編】制定資料,5.2.2(1)
- 7) 前田敏也,野口恒久,和賀秀悦：塩分環境下にあるコンクリート構造物の LCC 評価手法,土木学会題 54 回年次学術講演会講演概要集 第 6 部,pp.330-331,1999.9

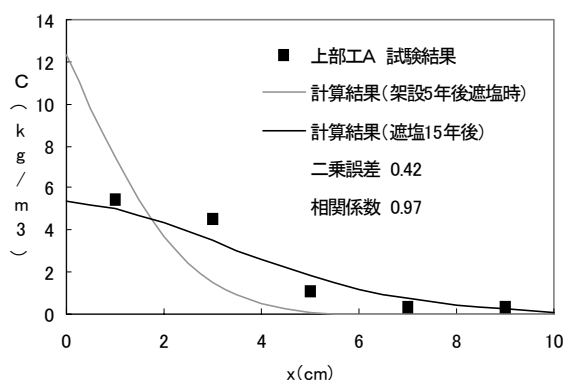
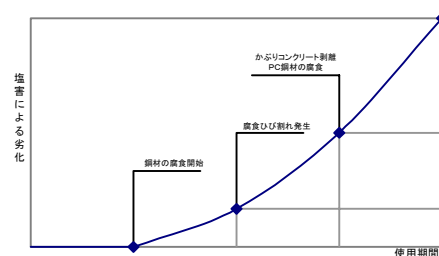


図 3 被覆塗装の遮塩効果



		潜伏期	進展期	加速期	劣化期
上部工A	期間	0～5年	5～10年	10年～	100年～
	鉄筋腐食発生率	0～2%	2～8%	8%～	---
上部工B	期間	0～30年	30年～	30年～	30年～
	鉄筋腐食発生率	塗装鉄筋	PC鋼材腐食	PC鋼材腐食	PC鋼材腐食
下部工	期間	0～25年	25～95年	95年～	---
	鉄筋腐食発生率	0～3%	3～50%	50%～	---

図 4 塩害劣化グレード