塩害により架け替えられたコンクリート橋上部工の塩分浸透抵抗性の評価

九州大学大学院　正会員　　○佐川　康貴　　九州大学大学院　学生会員　　山時　　翔
九州大学大学院　正会員　　濱田　秀則

1．はじめに

九州北部の日本海側に位置する供用期間約 75 年の海上橋が塩害による劣化のため架け替えられた。旧橋の解体時には，実構造物のデータの蓄積のため，鉄筋の腐食状況などに関する調査 [1)]や耐荷力試験 [2)]等が行われた。その結果，本橋梁は厳しい塩害環境下で供用されていたことが明らかとなった。本論文では，旧橋の塩化物イオン濃度分布および新橋に用いられたコンクリートの塩化物イオン実効拡散係数について調査した結果について述べる。

2．旧橋コンクリートの調査結果 [1)]

(1) 供用環境および解体までの経緯

対象とした橋梁は側面のうち一方は日本海（外海）に，他方は内海に面しており，年間を通して風が強く，潮風や波しぶきによって飛来塩分が供給される環境にある。本橋は RC 部と PC 部から成り（**図-1**），RC 部は 1932 年に架設され 1967 年には活荷重の増加に伴いセメントモルタルおよび主鉄筋の追加による補修・補強が行われた。1974 年には PC 部が併設され，PC 部が車道として，RC 部が歩道として供用されたが，RC 部，PC 部ともに鋼材腐食によるひび割れが多数認められるようになり，2007 年に解体された。その後，2011 年に新橋が竣工した。

(2) 劣化状況

図-1 に示す RC 部の補修モルタル部よりコアを採取し，塩化物イオン濃度を測定した。**図-2** には全塩化物イオン濃度分布と塩化物イオンの見掛けの拡散係数を示す。これらの調査結果から，表面塩化物イオン濃度が高く，厳しい塩害環境であること，補修モルタルの塩分浸透抵抗性は比較的高いものであること等が確認された。

しかし，実際には内部の鋼材には腐食が認められ，モルタルの表面には一部，腐食によると考えられるひび割れも認められた。これは曲げひび割れや，コンクリートと補修モルタルとの界面の付着が十分でない箇所から塩分が侵入したことが原因として考えられる。

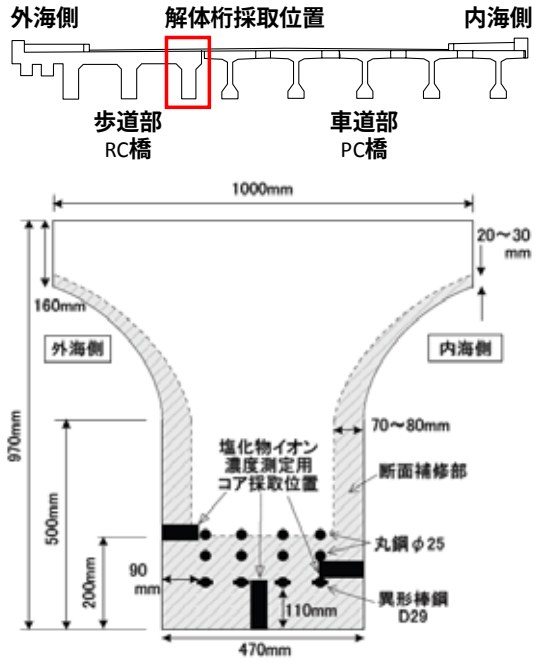

図-1　RC 桁断面および試験用コア採取位置

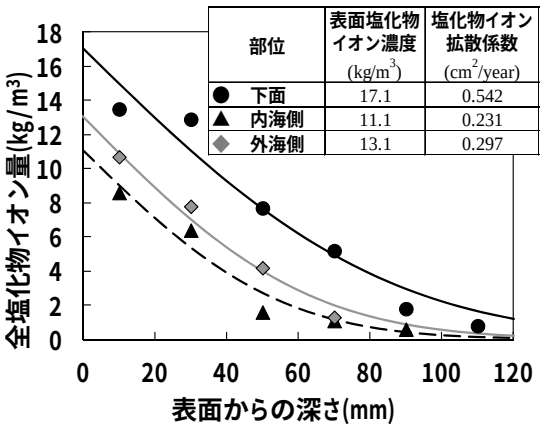

図-2　モルタルの全塩化物イオン濃度分布および見掛けの拡散係数算定結果

3．新橋コンクリートの塩分浸透抵抗性に関する検討

(1) コンクリートの配合および強度

表-1 に新橋（ポステン PC 桁）に用いられたコンクリートの示方配合を示す。水セメント比は 36%であり，セメントには早強ポルトランドセメントが，混和剤には高性能減水剤が使用された。また，細骨材には海砂（S1）と砕砂（S2）が体

キーワード　塩害，電気泳動試験，実効拡散係数，劣化予測
連絡先　　〒819-0395 福岡市西区元岡 744 九州大学大学院 工学研究院 社会基盤部門 TEL:092-802-3387

表-1 示方配合

水セメント比 W/C (%)	細骨材率 s/a (%)	単位量(kg/m³)					
		水 W	セメント C	細骨材		粗骨材 G	高性能 AE減水剤
				海砂S1	砕砂S2		
36.0	41.0	165	458	358	370	1051	3.66

積比 5：5 で用いられ，粗骨材には砕石 2005 が用いられた。材齢 28 日（桁と同一養生）の圧縮強度は 71.0N/mm^2 であった。

(2) 実効拡散係数

桁作製時にコンクリート試料をφ100×200mm の円柱型枠に詰め，材齢 1 日で脱型後，材齢 28 日まで 20℃水中養生を行った。土木学会規準(案)JSCE-G571 の方法に従い電気泳動試験を行った。

図-3 に筆者らがこれまでに行った電気泳動試験により得られた各水結合材比における実効拡散係数 [3]および，新橋に用いられたコンクリートの実効拡散係数を併せて示す。図中の N は結合材を普通ポルトランドセメントとした配合を，B-4，B-6 はそれぞれ，結合材の 50%を高炉スラグ微粉末 4000，6000 に置換した配合を表す。

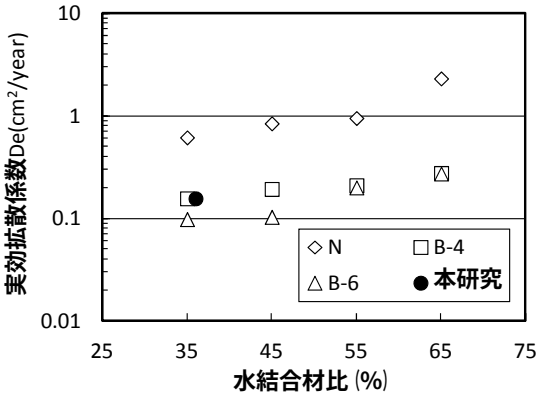

図-3 実効拡散係数

新橋の実効拡散係数は 0.16cm^2/year と N シリーズに比べ小さく，B-4 シリーズに近い位置にプロットされており，非常に高い塩分浸透抵抗性を有していることが確認できる。なお，N シリーズに比べて実効拡散係数が小さくなった原因としては，打設時の空気量が 1.1%と小さいこと等によるものと考えられる。

(3) 実効拡散係数による塩分浸透予測

塩分浸透の予測は本来，見掛けの拡散係数を用いるのが望ましいが，見掛けの拡散係数は浸漬期間等の種々の要因の影響を受けるため，本研究では実効拡散係数を用い，参考文献 [4] に基づいて試算を行った。**図-4** にかぶり厚さ 70mm に埋設されたエポキシ樹脂塗装鉄筋位置の塩化物イオン濃度の経時変化を示す。図より，100 年経過した後も素地鋼材表面の塩化物イオン濃度は 0.5kg/m^3 以下であり，塩害に対し十分な耐久性能を有すると考えられる。

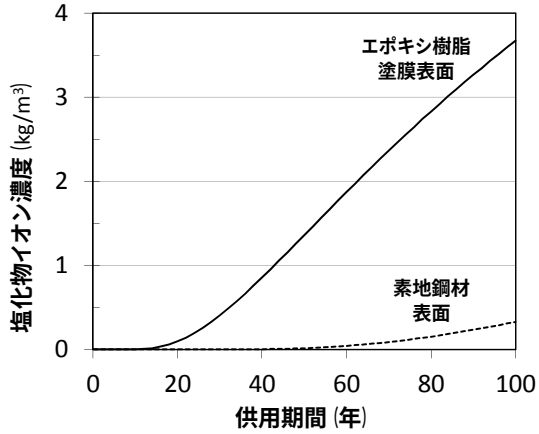

図-4 鉄筋位置の塩化物イオン濃度予測

4．まとめ

本研究で対象とした橋梁は，表面塩化物イオン濃度 11～17kg/m^3 に相当する塩害環境下に位置する構造物であることが明らかとなった。新橋のコンクリートにより求めた塩化物イオン実効拡散係数は 0.16cm^2/year と小さい値を示し，エポキシ樹脂塗装鉄筋の素地鋼材表面は 100 年後も腐食発生限界塩化物イオン濃度以下と予測された。なお，本実験で用いた供試体は，脱型後 28 日間水中養生を行ったものであり，実際の部材の養生条件とは異なるため，実構造物の塩分浸透状況および養生条件が実効拡散係数に及ぼす影響についてはさらなる検討が必要である。

【参考文献】

1） 佐川康貴，森川亮太，濱田秀則：断面補修を行った RC 橋の塩害環境下における鋼材腐食に関する考察，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，pp.97-102，2009.10
2） 伊藤寛治，渡辺浩，日野伸一，山口浩平：約 80 年間供用された RCT 桁橋の切り出し桁の損傷状況および残存耐荷力調査，土木学会第 64 回年次学術講演会講演概要集 DVD-ROM，第 V 部門，pp.1171-1172，2009.9
3） 佐川康貴，山時翔，濱田秀則：高炉スラグ微粉末混和コンクリートの塩化物イオン実効拡散係数に関する研究，混和材を積極的に使用するコンクリートに関するシンポジウム論文集，pp.83-88，2011.12
4） 土木学会：エポキシ樹脂塗装鉄筋を用いる鉄筋コンクリートの設計施工指針，コンクリートライブラリー112，pp.10-11，2003.11