

塩害特定点検データを用いた道路橋下部構造の塩害に対する耐久性能の傾向分析

(国研) 土木研究所 正会員 ○川井 菜緒, 内田 雅一, 瀧本 耕大, 佐藤 純弥, 石田 雅博, 桐山 孝晴

1. はじめに

沿岸部におけるコンクリート橋の塩害は 1970 年代後半より深刻化し、以降様々な塩害対策が実施されてきた。その一つとして、国土交通省では予防保全的観点から「コンクリート橋の塩害に関する特定点検要領（案）（平成 16 年 3 月）¹⁾」（以下、塩害特定点検）を定め、塩害地域における一般国道の橋梁を対象に 10 年に 1 回を目安とした特定点検を行っている。これまで塩害損傷は特に上部構造で問題視されてきたが、近年では下部構造においても散見される。そこで、本報では沿岸部の道路橋下部構造に着目し、塩害特定点検結果が得られた全国各地のデータから、塩害耐久性能に係る技術基準類の変遷を踏まえて、建設年代別の傾向やこれまでの塩害対策の効果を検証した。

2. 道路橋下部構造の塩害耐久性能に係る基準類の変遷

下部構造の塩害耐久性能に係る主な技術変遷を表-1 に、道路橋示方書で塩害対策区分 S とされる橋梁の下部構造における最小かぶりの変遷を表-2 に示す。コンクリートの塩害耐久性能への影響が大きいと考えられる項目としては、1986 年の塩分総量規制、および 2002 年の最小かぶりの増加が挙げられる。また、1990 年に下部構造への高炉セメントの使用が一般化された²⁾。高炉セメントは普通セメントよりも耐塩性に優れることから、塩害耐久性能向上に寄与していると考えられる。なお、1984 年の塩害対策指針（案）では、表-2 のとおり大気中のはり柱の最小かぶりが 70mm に増加されたが、柱は部分的に水中や土中に置かれるため 1984 年以前より 70mm のかぶりが確保されており、柱の最小かぶりは実質的には変化していない。

3. 塩害特定点検データ分析

3.1 対象橋梁およびデータ分析の概要

対象橋梁は、国が直轄管理する橋梁のうち 2004 年から 2020 年までに塩害特定点検が実施された 411 橋であり、図-1 に示すように竣工年は 1925 年から 2012 年、塩害地域区分は B または C 地域に該当する。データの分析では各橋梁の塩害特定点検結果を収集し、下部構造における鉄筋位置の塩化物イオン量および見掛けの拡散係数と竣工年の関係を整理して、技術基準類の変遷を踏まえた傾向を考察した。

3.2 鉄筋位置の塩化物イオン量

塩化物イオン量は、はりや柱、壁部から採取したコアやドリル粉末等の試料により、構造物表面から深さ方向に

表-1 下部構造の塩害耐久性能に係る主な技術変遷

年	内容
1980	鉄筋コンクリートの最低設計基準強度を 21N/mm ² に規定（道路橋示方書Ⅳ下部構造編）
1984	塩害地域橋梁のかぶり増加（道路橋の塩害対策指針（案）・同解説）
1986	コンクリート中の塩分総量規制 (0.30kg/m ³ 以下) (JIS A 5308)
1990	下部構造の高炉セメントの使用が一般化 ²⁾
1999	鉄筋コンクリートの最低設計基準強度を 24N/mm ² に規定 (国土交通省土木構造物設計マニュアル)
2002	塩害地域橋梁のかぶり増加、塗装鉄筋等の適用（道路橋示方書Ⅳ下部構造編）

表-2 下部構造最小かぶり(塩害対策区分 S)

年	示方書	部材	最小かぶり (mm)	
			大気中	水中/土中
1980	道路橋示方書Ⅳ下部構造編	はり	35	-
		柱	40	70
1984	道路橋の塩害対策指針(案)・同解説	はり	70	-
		柱	70	-
2002	道路橋示方書Ⅳ下部構造編	はり	90※	-
		柱	90※	70

※ 塗装鉄筋、コンクリート塗装、埋設型棒等を併用

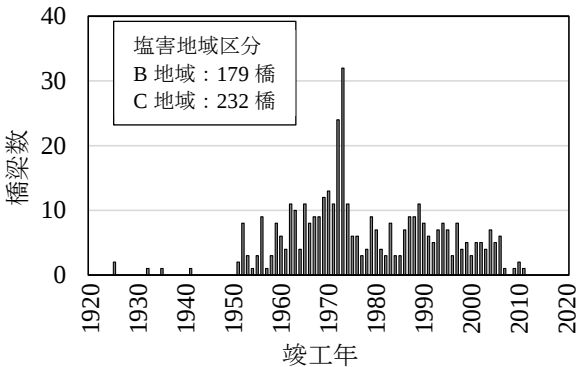


図-1 対象橋梁数

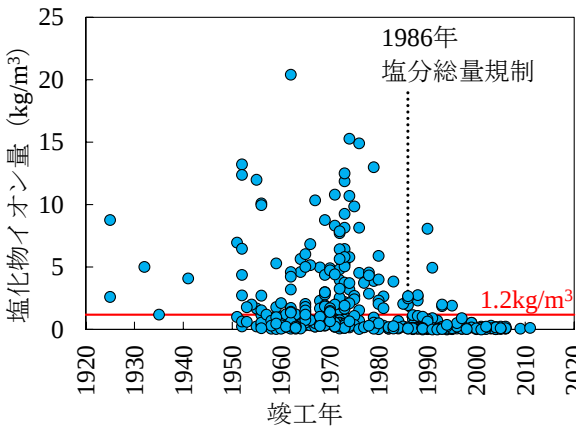


図-2 竣工年と鉄筋位置の塩化物イオン量の関係

キーワード 塩害, 塩害特定点検, 塩害対策, 塩化物イオン, 拡散係数, 予防保全

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6 (国研) 土木研究所 構造メンテナンス研究センター TEL 029-279-6773

測定している．図-2 に竣工年と鉄筋位置の塩化物イオン量の関係と，鋼材の腐食発生限界の目安として 1.2kg/m^3 を示した．塩分総量規制が実施された 1986 年前後で塩化物イオン量を比較すると，平均値は 2.48 kg/m^3 （橋梁数 274 橋，標準偏差 3.23）から 0.44 kg/m^3 （橋梁数 137 橋，標準偏差 0.96）へと大幅に低減している．供用年数の影響も考えられるものの，1986 年以降に建設された橋梁は初期内在塩の含有量が一定程度に抑えられ，塩害発生リスクが低減したと言える．

3.3 見掛けの拡散係数

塩化物イオンの見掛けの拡散係数は，3.2 で測定した塩化物イオン分布からフィックの拡散法則を用いて推定している．図-3 に竣工年と拡散係数の関係を示す．拡散係数は使用材料や配合の影響を受けるため，図中には鉄筋コンクリートの最低設計基準強度が規定された 1980 年と 1999 年，および下部構造コンクリートにおける高炉セメントの使用が一般化された 1990 年を示した．高炉セメントの使用に着目し，1990 年前後で拡散係数の比較を行ったところ，平均値は $0.24\text{cm}^2/\text{年}$ （橋梁数 310 橋，標準偏差 0.321）から $0.22\text{cm}^2/\text{年}$ （橋梁数 101 橋，標準偏差 0.250）と大きな変化はなかった．ただし，1990 年以降全ての下部構造で高炉セメントが使用されているわけではないため，使用されたセメント種別を明らかにしたうえで，高炉セメント使用による効果を検証する必要がある．

図-4 に竣工年代別で拡散係数を整理した結果を示す．全年代で $0.1\text{cm}^2/\text{年}$ 未満の拡散係数を示す割合が最も多く，概ね 40%程度であったが，1970 年代のみ 26%と他の年代に比べ割合が少ない．国内の土木・建築両分野の海洋環境下におけるコンクリート構造物を対象に，塩化物イオン拡散係数を調査した既往研究³⁾において，高度経済成長期に施工された構造物では拡散係数が大きく耐久性に乏しいコンクリートが比較的多く，急速施工や施工の合理化による施工状態の不良が拡散係数に影響している可能性があることが報告されており，本検討においても同様の傾向が見られたと言える．

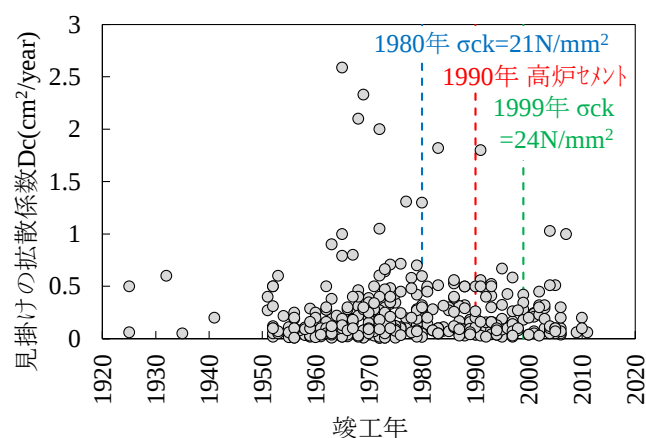


図-3 竣工年と見掛けの拡散係数の関係

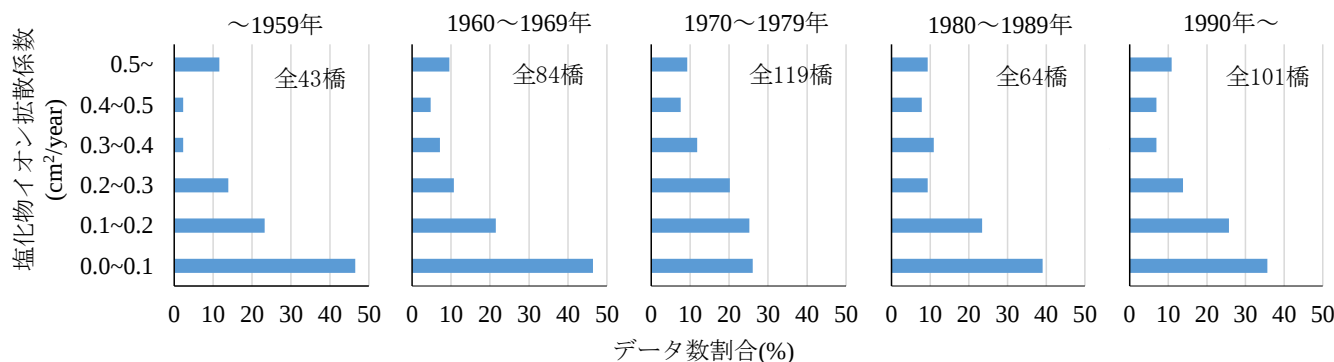


図-4 竣工年代別の見掛けの拡散係数

4. 結論

塩害地域区分 B, C における道路橋下部構造について塩害特定点検データを分析し，得られた知見を以下に示す．

- ・ 鉄筋位置の塩化物イオン量は，1986 年以降に建設された下部構造において大幅に低減される傾向にあり，コンクリート中の塩分総量規制によって塩害発生リスクが低減したと言える．
- ・ 見掛けの拡散係数は，高度経済成長期の 1970 年代頃に建設された下部構造においてやや大きい傾向にあった．したがって 1970 年代頃の下部構造に対しては，潜在的な塩害リスクが他の年代に比べて大きいことを念頭に維持管理を行うことが，予防保全の観点から有効であると考えられる．

参考文献：1)国土交通省道路局：コンクリート橋の塩害に関する特定点検要領（案），2004， 2)国土交通省 国土技術政策総合研究所：コンクリート橋の塩害対策資料集－実態調査に基づくコンクリート橋の塩害対策の検討－，国総研資料第 55 号，2002， 3)前田聡，武若耕司，山口明伸：塩害データベースを用いたコンクリート中への塩化物イオン拡散の定量評価，土木学会論文集，No.760，V-63，109-120，2004.5．