

同一環境下における橋梁の塩害劣化の違いに関する考察

(株) イタギ建設コンサルタント 正会員 ○金田孝治

(株) イタギ建設コンサルタント 正会員 板垣龍夫

山口県 長門土木建築事務所 非会員 松本 薫

1. はじめに

沿岸コンクリート構造物の中には、塩害により建設後早期にひびわれや剥離などの変状を生じているものがある。塩害はコンクリート中の鋼材が腐食し、初めて外観上の変状が発生するため、変状発生時点で劣化は大幅に進行している。また、その後の変状は急速に進行し、対策費も急増することとなる。

本稿は同一時期に架設された隣接橋梁の塩害劣化状況の違いに関する考察を示すとともに、塩害構造物の早期対策の重要性を提案するものである。

2. 対象橋梁

対象橋梁は、一般国道 191 号の海岸線に位置する須方橋および大長橋である。対象橋梁の概略諸元を表-1 に示すが、両橋は隣接しており架設時期、構造形式、架橋環境は全て同じである。なお、調査時点での経年数は両橋とも 36 年であった。

表-1 橋梁諸元

	須方橋	大長橋
構造形式	RCT桁	RCT桁
橋長	7.4m	7.4m
幅員	8.3m	8.4m
竣工年	昭和41年	昭和41年

3. 調査結果の概要

(1) 外観変状調査

須方橋は広範囲に剥離・剥落、露出鉄筋の断面欠損が認められたが、大長橋は部分的にひびわれや剥離が認められた程度であった。損傷状況例を図-1 および図-2 に示す。

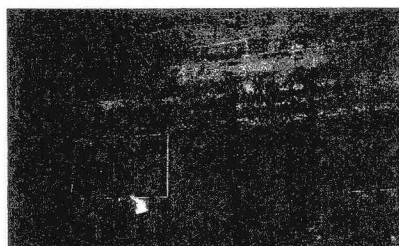


図-1 須方橋損傷状況例

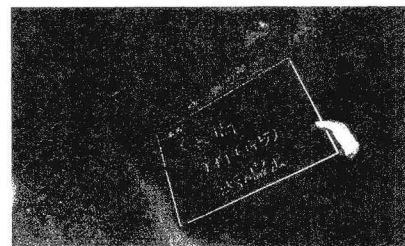
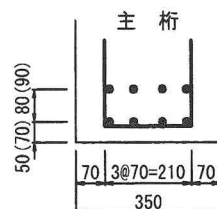


図-2 大長橋損傷状況例

(2) 配筋調査

図-3 に示すように両橋とも同一断面、同一配筋であることが確認された。唯一、鉄筋かぶりが異なっており、須方橋が 50mm であるのに対して大長橋は 70mm であった。



主鉄筋 φ28 (2段)
スタップ φ9 ctc200
()内は大長橋

図-3 配筋状況

(3) 圧縮強度試験・中性化試験

コンクリートの圧縮強度は両橋とも $\sigma_{ck}=27\sim30\text{N/mm}^2$ 程度であった。中性化深さも両橋とも 26mm であり、主鉄筋位置には到達していないことが確認された。また、採取コアの状況からコンクリートの配合条件は両橋とも同じと考えられた。

(4) 塩分含有量試験

コンクリート中の塩化物イオン濃度は外観変状に相応する結果を示した。図-4 に示すように鋼材位置における塩化物イオン濃度は、須方橋では約 $7.0\sim8.0\text{kg/m}^3$ と発錆限界塩化物イオン濃度 (1.2kg/m^3 と想定) を大きく超過する結果を示したが、大長橋では約 1.0kg/m^3 であることが確認された。

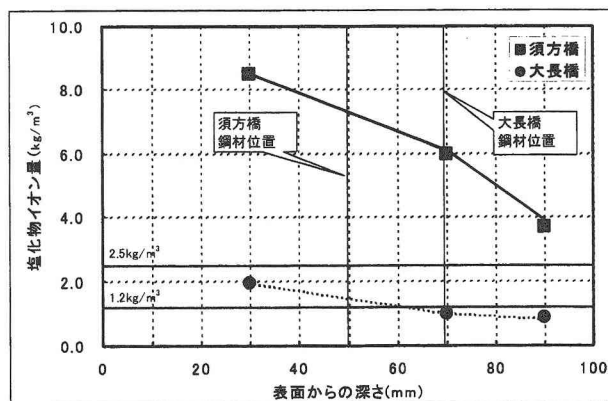


図-4 塩化物イオン濃度の分布

4. 塩害劣化の違いに関する考察

対象橋梁の両橋は、架設時期、構造形式、コンクリート条件、架橋環境は全く同じと考えられる。唯一、異な

るのは鉄筋かぶりである。鉄筋かぶりの差は僅か 20mm である。そこで、Fick の拡散方程式¹⁾を利用して、この両橋の劣化状況の違いを考察してみた。図-5は大長橋の推定結果に須方橋の鋼材位置を併せて示したものである。現時点(経年数 36 年)において、大長橋の鋼材位置における塩化物イオン濃度は発錆限界値を下回っているが、須方橋鋼材位置においては発錆限界値を超過(2.32kg/m³)していることが確認される。逆算により、須方橋鋼材位置における塩化物イオン濃度が発錆限界値に達したときを求めると、建設後 20 年という結果となる。

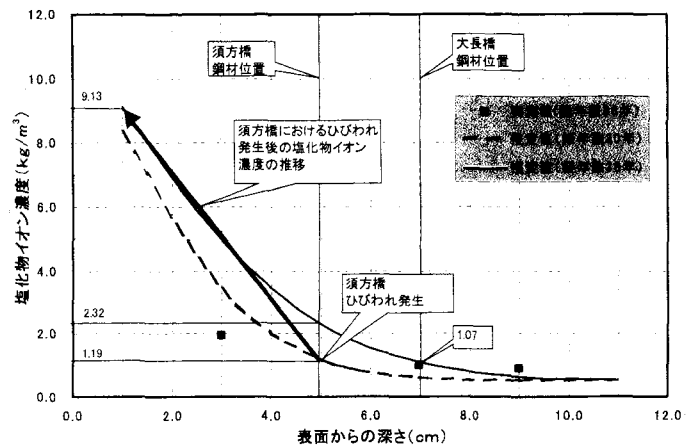


図-5 鋼材位置における塩化物イオン濃度の推測

Fick の拡散方程式を用いた塩化物イオンの拡散の予測は境界条件を一定としたときの近似解であり、実際にはひびわれが発生すると境界条件は変化する。ひびわれ先端、すなわち鋼材位置における塩化物イオン濃度はコンクリート表面の塩化物イオン濃度と近くなるものと考えられる。

従って、僅か 20mm の鉄筋かぶり差であるが、大長橋の現状に対して、須方橋は建設後 20 年の時点で鋼材位置における塩化物イオン濃度が発錆限界値となりひびわれが発生し、ひびわれの進展とともに塩化物イオンの侵入が急増し、さらに変状を拡大させ現在に至っていると推測される。すなわち、須方橋も 16 年前は大長橋と同等な劣化状況であったと考えられる。

5. 塩害劣化度と対策費

(1) 概算対策費

前出の調査結果より劣化期と判定した須方橋の対策工法として、鋼材位置における塩化物イオンの全面的除去や電気化学的な鉄筋腐食抑制、さらに上部工の架け替えなどを比較した結果、当橋梁規模では上部工の架け替えが最適と考えられた。その対策費用は約 1,100 万円である。一方、大長橋に対しては加速期と判定したが鋼材位置における塩化物イオン濃度が発錆限界値以下であることや変状が部分的なことから、対策工法として、これ以上の塩化物イオンの侵入を遮断する表面被覆が適切と考えられた。その対策費は約 220 万円である。

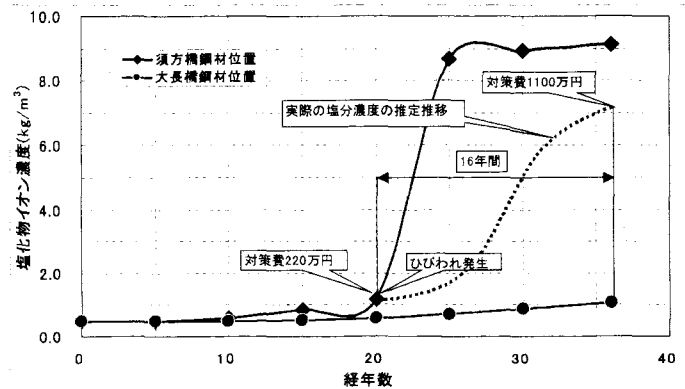


図-6 塩化物イオン濃度と対策費の経時変化

その対策費は約 220 万円である。

(2) 塩害劣化度と対策費の経時変化

両橋の鋼材位置における塩化物イオン濃度を経時的に整理すると図-6 のように表わすことができる。須方橋鋼材位置におけるひびわれ発生後の塩化物イオン濃度はコンクリート表面付近の値をプロットしたものである。また、図中の点線は須方橋鋼材位置における塩化物イオン濃度の実際の推移を推測したものである。

ここで、須方橋も 16 年前は大長橋と同等な劣化状況と推測されたことから、この時点における須方橋の対策費も 220 万円と考えることができる。すなわち、対策費は 16 年の間に 5 倍に急増したことになる。実際には、須方橋の鉄筋には 30% 程度の断面欠損箇所も認められており、耐荷安全性を考えるとその期間はずっと短いと思われる。

6. まとめ

同一環境下にある隣接橋の塩害劣化の違いは僅か 20mm の鉄筋かぶり差であった。また、ひびわれ発生後の塩害劣化の進行は、極めて急速であり、その対策費も急増することが実橋から確認でき、改めて、塩害構造物の早期対策の重要性を再認識した。

参考文献 1) 土木学会：コンクリート標準示方書〔維持管理編〕、p100～102、2001。