

海洋環境下で30年以上供用された栈橋上部工コンクリートの耐久性

港湾空港技術研究所 正会員 ○山路 徹・渡邊弘子・小牟禮建一・濱田秀則
 港湾空港技術研究所 正会員 岩波光保

1. はじめに

港湾コンクリート構造物の耐久性は、環境条件や構造形式などにより大きく影響され、各地域、さらには同一構造物内でも大きく変動している。そこで本研究では、海洋環境下において30年以上供用された栈橋上部工コンクリートにおける干満帯と飛沫帯に位置する梁とスラブを採取して各種調査を行った。

2. 調査内容

栈橋構造物の断面図を図-1に示す。山口県の下関港にある同一栈橋内の異なる2ブロックから梁(B)とスラブ(S)を1体ずつ計4体採取した。また、梁は干満帯に、スラブは飛沫帯に位置しており、梁下面にはフジツボ等の生物が多量に付着していた。この部材に関しては、建設年度が1969～1971年の間で、プレキャストコンクリート製ということしか判明できず、使用材料・配合については不明である。今回の調査においては、圧縮強度、塩化物イオン量、細孔径分布および鉄筋腐食量の測定を行った。ここで、塩化物イオン量の測定は梁下面・側面、スラブ下面から採取したコンクリートコアに対して、JCI-SC4に準拠して行った。細孔径分布はスラブ下面の表面から45-55mmの位置から採取した試料に対して水銀圧入法により行った。

3. 調査結果

(1) 圧縮強度

圧縮強度の値を表-1に示す。いずれも30年以上経過しているにもかかわらず高い強度を有している。また、表-1には1979年に実施されたコンクリートの品質調査報告¹⁾におけるC/Wと28日材齢での圧縮強度の関係式から推定したW/Cの推定値を記しているが、概ね45～50%の範囲内となった。また、文献1)における栈橋の施工事例においてW/Cが45%を下回っている事例は無いため、W/Cは45～50%程度と推測される。

(2) 塩化物イオン浸透性

図-2に梁下面・側面、図-3にスラブ下面における塩化物イオン濃度分布を示す。なお、図中には供用年数を33年と仮定してFickの拡散方程式の解より推定した塩化物イオンの拡散係数Dおよび表面塩化物イオン濃度 C_0 の値も示している。梁下面においては表面と内部で近似曲線の勾配が異なり、表面付近でより急となっている。これは生物が付着しているために表面付近での塩化物イオンの浸透が抑えられたためと考えられる²⁾。一方、生物が付着していない梁側面においては、表面と内部での近似曲線の勾配の変化は顕著ではなかった。しかしながら、拡散係数のオーダーは 10^{-9} であり、このコンクリートは非常に低い塩化物イオン浸透性を有していると言える。これは、このコンクリートがプレキャストコンクリート製であるために、施工や養生が確実に行われたためと考えられる。スラブにおいては、生物付着の影響のない梁側面と同様な拡散係数となった。表面塩化物イオン濃度 C_0 に関しては、表面近傍で測定を行っていないため推定値であるが、今回の結果にお

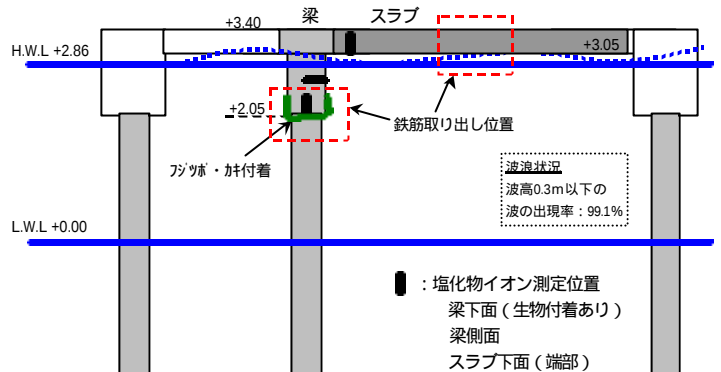


図-1 栈橋断面図

表-1 圧縮強度

部材	ブロック	記号	圧縮強度 (N/mm ²)	推定W/C (%)
梁	1	B-1	33.6	49.8
	3	B-3	37.1	46.5
スラブ	1	S-1	37.3	46.4
	3	S-3	46.8	39.3

推定式： $\sigma_{28} = -156.67 + 242.06 \cdot C/W$ (kgf/cm²)

キーワード 港湾構造物, 海洋環境, 塩化物イオン, 細孔径分布, 鉄筋腐食

連絡先 〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬3-1-1 港湾空港技術研究所 地盤・構造部 材料研究室 TEL0468-44-5061

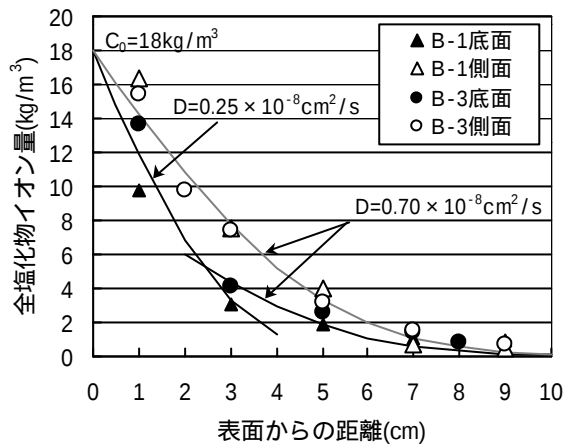


図-2 塩化物イオン濃度分布（梁）

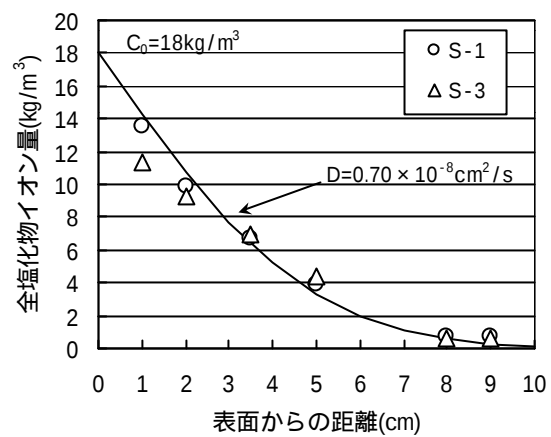


図-3 塩化物イオン濃度分布（スラブ）

いては干満帯に位置する梁と飛沫帯に位置するスラブにおいて大きな差は見られず、概ね 18kg/m^3 程度である。

（3）細孔径分布

図-4 にスラブにおけるコンクリートの細孔径分布を示す。なお比較として 15 年間港湾空港技術研究所内の暴露水槽における干満帯に暴露されたコンクリート（「O45」、普通ポルトランドセメント、 $W/C=45\%$ ）の細孔径分布も示している。O45 と比較して、遷移帯を構成しているとされる $50\text{nm} \sim 2\mu\text{m}$ 辺りの空隙（毛細管空隙）は減少し、 50nm よりも微小な空隙は増加している。このため塩化物イオン浸透性が非常に低くなっていると推測される。

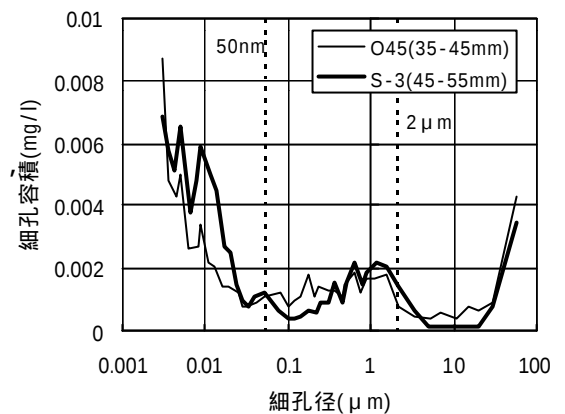


図-4 細孔径分布（スラブ）

（4）鉄筋腐食状況

梁については腐食がほとんど認められなかった。これは B-1、B-3 いずれもかぶりが 8cm 程度あり、鉄筋位置での塩化物イオン濃度が 1.0kg/m^3 未満と比較的少ないためであると考えられる。一方、スラブについては、かぶりが $3 \sim 5\text{cm}$ 程度の S-3 の場合には、鉄筋位置での塩化物イオン濃度が多いため激しい腐食が見られた。また、かぶりが $8 \sim 9\text{cm}$ 程度の S-1 の場合には、軽微な腐食のものが多かったが、一部断面欠損率が $1 \sim 3\%$ 程度まで腐食している箇所が見られた。これは、塩化物イオン濃度の測定箇所と鉄筋採取位置が離れていたため（図-1 参照）、実際の濃度は測定値を上回っていた可能性がある。また、スラブは飛沫帯に位置し、干満帯に位置する梁と比較して、酸素が多く供給されることも影響していると考えられる。

4. まとめ

干満帯および飛沫帯において 30 年以上供用された栈橋上部工コンクリートについて、解体調査を行った結果、以下のことが確認された。

- 1) 塩化物イオン浸透性は非常に低かった。これはプレキャストコンクリート製であることも影響していると思われる。また、生物の付着により塩化物イオンの浸透が抑制される傾向にあった。
- 2) 鉄筋腐食状況は、かぶりの影響を大きく受けており、コンクリートの品質が良くてもかぶりが小さい場合（ $3 \sim 5\text{cm}$ 程度）は激しく腐食しており、かぶりが大きい場合（ $8 \sim 9\text{cm}$ 程度）は概ね腐食は軽微であった。また、暴露環境の影響も受けており、飛沫帯に位置するスラブにおいて、かぶりが大きい場合においても一部激しい腐食が見られた。これは、干満帯に位置する梁と比較して酸素が多く供給されることが影響していると考えられる。

参考文献

- 1) 大即信明他：港湾工事におけるコンクリートの品質調査報告，港湾技研資料，No.429，1982.9
- 2) 濱田秀則他：海生生物付着による海洋構造物の耐久性向上について，コンクリート工学年次論文集第 23 巻，2002（投稿中）