

## 栈橋上部工下面における付着塩分濃度の空間分布に関する現地調査

(国研) 海上・港湾・航空技術研究所 港湾空港技術研究所 正会員 ○田中 豊

### 1. はじめに

港湾コンクリート構造物は厳しい塩害環境にさらされているため、塩害による劣化が進行しやすい。栈橋上部工の部材は、干満帯から飛沫帯に位置することが多いため、特に塩害が進行しやすい環境にある。塩害による劣化を予測するためには、コンクリート中の塩化物イオン濃度の現地調査結果および Fick の拡散方程式に基づいて、表面塩化物イオン濃度  $C_0$  と塩化物イオンの見かけの拡散係数  $D_{ap}$  を求める必要がある。しかし、 $C_0$  および  $D_{ap}$  は、構造物中はもちろんのこと同一の部材中であってばらつくことが知られており<sup>1)</sup>、調査箇所を選定には注意が必要である。部材表面への塩化物イオンの供給は、波や風等の環境作用や構造形式の影響を受けるとされており、環境作用は現地観測や気象庁等で公開されている観測データから、構造形式は図面から把握できる。そのため、それらの情報を基に部材表面に供給される塩化物イオンの空間的な分布を把握できれば、調査箇所の選定に活用できると考えられる。

そこで本研究では、調査箇所の選定の一助となる情報を提供することを目的として、供用中の栈橋上部工下面における部材表面の付着塩分濃度の現地調査を実施し、付着塩分濃度の空間的な分布について検討した。

### 2. 現地調査

対象とした栈橋の平面図および断面図を図-1 および図-2 に示す。両図には併せて測定箇所も示した。対象栈橋は、2020 年時点で供用から約 50 年経過しており、調査対象としたブロックでは、2002 年に表面被覆工法（エポキシ樹脂）による補修工事が行われている。断面図から、対象とした栈橋では、H.W.L.時に前垂れ、海側および陸側のはりの下端が海中に位置するため、それらの部材底面および側面への塩化物イオンの供給量が多いと予想された。また、H.W.L.時に前垂れが海中に位置するため、栈橋下面への波の進入が比較的少ないと考えられること、H.W.L.から床版までの距離は、H.W.L.からはり底面までの距離よりも遠いことから、床版へ

の塩化物イオンの供給は、はり部材よりも少ないことが予想された。

測定範囲は陸側の床版を中心として、法線平行方向のはり：12 箇所、法線直交方向のはり：3 箇所、床版：4 箇所、ハンチ：3 箇所の計 22 箇所とし、1 箇所あたり 3 点測定した。

本調査では、鋼材の下地表面の付着塩分濃度を測定する際に用いられるブレスル法を採用した。ブレスル法は、鋼材表面に貼り付けたパッチに注射器で非イオン水を注入し、十分に攪拌して表面に付着した塩化物を溶かすことで、非イオン水の電気伝導度の変化から付着塩分濃度を測定する方法である。本来は鋼材表面に対して適用する方法であり、注入した非イオン水が浸透するためコンクリート表面は対象外であるが、調査対象のコンクリート表面はエポキシ樹脂で被覆されているため、ブレスル法が適用できると考えた。

図-3 に測定結果を示す。図中には平均値 $\pm 1\sigma$  ( $\sigma$ : 標準偏差) も併せて示した。変動係数(標準偏差 / 平均値)は測定箇所ごとにばらつきがあるが、平均で約 10%であった。法線平行方向のはりでは、概ね海水面に近いほど付着塩分濃度が高く、H.W.L.からの距離と  $C_0$  との間に相関がある<sup>2)</sup>ことと整合した。また、1 番および 2 番の付着塩分濃度が比較的高いことは、断面図からの予想とも整合した。しかし、海面から離れている床版(7 番～9 番)において、付着塩分濃度が高くなっており、予想とは異なる結果となった。断面図からの予想では、波による影響は小さいものとして、H.W.L.から部材下面までの距離を考慮していたが、H.W.L.から部材下面までの距離以外の要素も考慮する必要があると考え、次章ではその一つの要素と考えられる風について、数値解析を用いて検討することとした。

### 3. 数値解析

本解析では、オープンソースの数値計算ツールである OpenFoam<sup>3)</sup>を用いて、栈橋上部工下面における断面二次元の風況解析を実施した。流入境界に 2.5 m/s の一

キーワード 付着塩分濃度、栈橋上部工、現地調査、数値解析

連絡先 〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬 3-1-1 TEL:046-844-5059

様風速を与え、海面、栈橋上部工および土留部はノンスリップ条件とした。なお、流入風速は、最寄りの気象庁観測所で観測された風速データの20年分の平均風速のうち、対象施設の法線直交方向の平均風速とした。また、海面について、波を考慮せず平坦とし、高さはH.W.L.とL.W.L.の中間とした。

図-4に解析結果を示す。栈橋上部工下面の中間から陸側にかけて渦が生じており、特に陸側の床版付近で比較的大きな風速が生じる結果となった。このことから、陸側の床版には風により塩化物イオンが供給され、付着塩分濃度が高くなったと推察される。以上から、対象とした栈橋では、風による塩化物イオンの供給も付着塩分濃度の空間的な分布に影響すると思われる。

#### 4. まとめ

栈橋上部工下面における付着塩分濃度の空間的な分布について検討するために、供用中の栈橋において現地調査を実施した。その結果、図面から予想された付着塩分濃度の傾向と異なり、陸側の床版における付着塩分濃度も高かった。栈橋上部工下面の風況解析を実施した結果、陸側の床版付近で比較的大きな風速が生じており、陸側の床版には風により塩化物イオンが供給されていたと推察された。そのため、対象とした栈橋では、風による塩化物イオンの供給も考慮することで、付着塩分濃度の空間分布を推定できると考えられる。

#### 謝辞

本研究はJSPS 科研費 JP19K15067 の助成を受けたものである。現地調査に際して横浜港埠頭株式会社および港湾空港技術研究所 西田主任研究官にご協力いただいた。ここに記して謝意を示す。

#### 参考文献

- 1) 田中豊, 川端雄一郎, 加藤絵万: 統計的手法を用いた栈橋上部工の塩害による劣化傾向分析, 港湾空港技術研究所資料, No.1349, 2018.
- 2) 山路徹, 中野松二, 濱田秀則: 港湾コンクリート構造物における塩害環境の定量的評価手法に関する検討, 港湾空港技術研究所報告, Vol.44, No.3, pp.39~75, 2005.
- 3) OpenFOAM, <https://openfoam.org/>, 参照 2021-03-23.

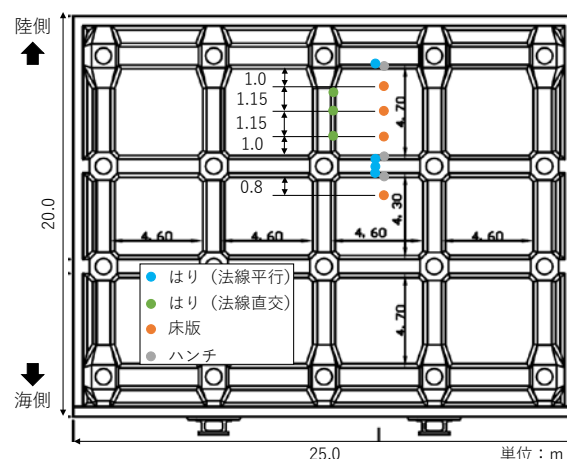


図-1 対象栈橋の平面図および測定箇所

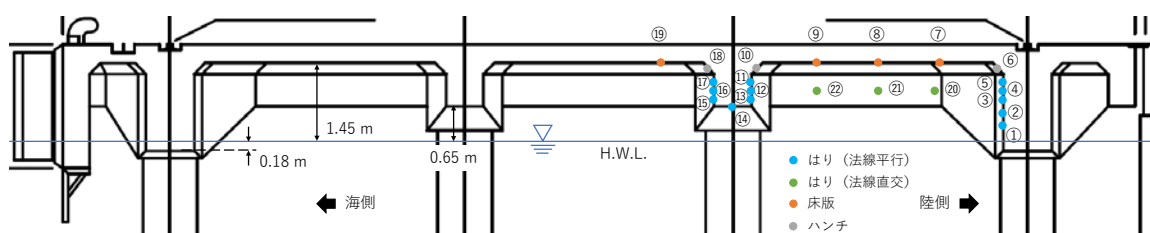


図-2 対象栈橋の断面図および測定番号

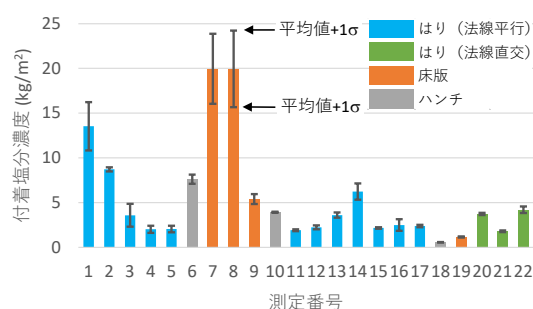


図-3 付着塩分濃度の測定結果

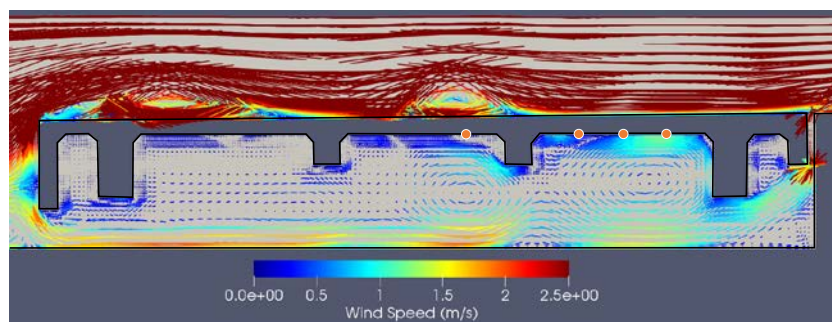


図-4 解析結果 (床版の測定位置のみ記載)