

薄板モルタル法による海上橋の塩害環境の変動特性評価

佐々木謙二*・中山大誠**・山口剛史***

Evaluation of Salt Damage Environment of Marine Bridge by Using Thin Mortar Plate

by

Kenji SASAKI*, Taisei NAKAYAMA** and Takeshi YAMAGUCHI***

It is necessary to evaluate the chloride attack environment for durability design and maintenance of the structure under marine environment. The amount of salt penetration into the concrete structure is influenced by weather conditions and neighboring topography. Chloride attack environment also depends on the shape and the dimension of structures. However, these effects have not been clarified. Although many researches about chloride attack caused by airborne salt had been conducted in past time, most of those were related to macro environment. Under such circumstances, the exposure test using thin plate mortar specimens was conducted on a marine bridge. As a result, it is confirmed that amount of airborne salt penetration into the structure is influenced by neighboring topography and weather conditions, and it can be evaluated that the deterioration condition of each structures by short term exposure test using the thin plate mortar specimens. By the thin mortar exposure test, micro chloride attack environment can be evaluated.

Key words : Salt Damage Environment, Marine Bridge, Thin Mortar Plate

1. はじめに

海洋環境下のコンクリート構造物の合理的な耐久性設計, 維持管理のためには, 塩害環境を適切に評価することが不可欠である. 塩害環境は, 気象・海象条件, 周辺地形, 構造物の部材, 部位等により大きく異なることが知られているが, これらの影響は必ずしも定量的に明らかになっていない. 現在, コンクリートへの塩分浸透を予測する際に必要となる境界条件, すなわち表面塩化物イオン量は地域区分と海岸からの距離に応じて定める方法が土木学会コンクリート標準示方書に記載されて一般的に利用されている. しかしながら, 周辺地形や構造物の種類, 設置条件については考慮できず, 精度の高い塩分浸透予測をするには

塩害環境に影響を及ぼす様々な主要因を合理的に考慮可能な表面塩化物イオン量を推定する手法の確立が望まれる. そのためには, 塩害環境の評価結果と表面塩化物イオン量を結びつける手法の構築とともに, 塩害環境に及ぼす諸要因を定量的に明らかにすることが必要である. しかしながら, 既往の塩害環境評価の事例においては, 沿岸部の橋梁上部工を対象としたものが多く, 橋梁下部工を対象とした事例は少ない.

本研究では, 長崎県の東シナ海にある離島同士を結ぶ海上橋を対象として, 薄板モルタルを用いて塩害環境の部位ごとの相違について検討を行った.

令和元年 7 月 12 日受理

* システム科学部門 (Division of System Science)

** 総合工学専攻 (Graduate Student, Department of Advanced Engineering)

*** 中央コンサルタンツ (株) (Chuoh Consultants Co., LTD.)

2. 薄板モルタルによる塩害環境評価法

塩害環境評価は、モルタル試験体を護岸や建築物に貼りつけ、ある期間暴露する薄板モルタル法により行った¹⁾²⁾。

使用した薄板モルタル試験体は、普通ポルトランドセメントを用い、水結合材比を50%とし、20℃水中養生を28日間行ったものである。試験体の寸法は4×3×0.5cmであり、4×3cmの1面を除いた5面をアルミテープでシールし、構造物には構造用両面テープを用いて貼り付けた。所定の日数暴露した後、試験体を回収し、モルタル試験体の暴露により捕集された外来塩化物イオン量の測定は、JIS A 1154:2012「硬化コンクリート中に含まれる塩化物イオンの試験方法」に準拠して、電位差滴定法により行った。捕集塩化物イオン量は、1日あたりに単位断面積に供給された塩化物イオン

量(mg/cm²/day)として算出した。

3. 調査概要

対象橋梁は、長崎県の東シナ海にある離島同士を結ぶ6径間PC桁橋である。対象橋梁の位置、周辺地形



Fig.1 対象橋梁の位置・周辺地形



Fig.2 対象橋梁の概略



a) A1側(西面)



b) A2側(東面)

Fig.3 P3橋脚設置位置

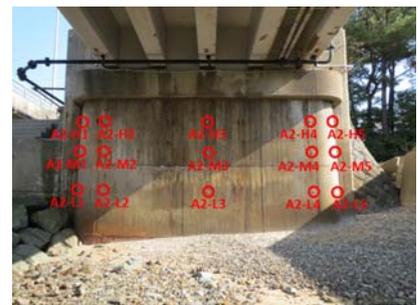


Fig.4 A2橋台設置位置

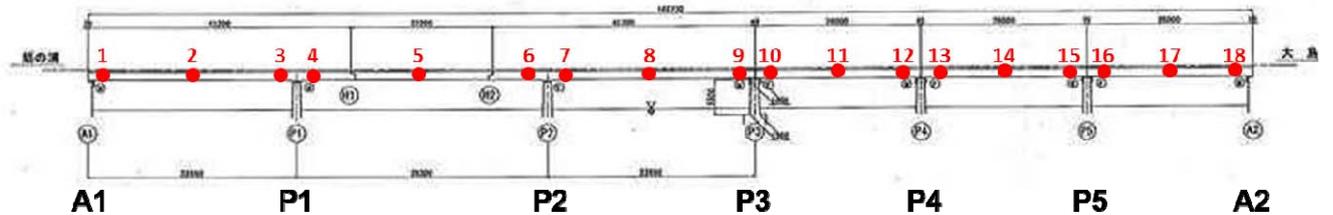


Fig.5 地覆設置位置

の状況を Fig.1 に、対象橋梁の概略を Fig.2 示す。対象橋梁のすぐ北側には、6 径間 PC 桁橋の新橋がある。新橋の橋脚位置は、P1～P3 は旧橋のすぐ北側にあるが、P4 は 3m 程度、P5 は 5m 程度それぞれ東側 (A2 橋台方向) にずれている。橋面の位置は、対象橋梁では H.W.L. より約 5.8m 上方で一定であるが、新橋においては橋台位置では対象橋梁とほぼ同程度の位置にあるものの、P1 と P2 のほぼ中間位置で対象橋梁と新橋の橋面位置の差が最大となり、新橋の橋面位置の方が 2m 程度高い状況である。また、対象橋梁の西側 3 径間は干潮時においても海面上にあるが、東側 3 径間は干満の状況により海面上にあるか否かが変化する。

Fig.3, 4, 5 に、橋脚、橋台、地覆それぞれの薄板モルタル試験体の設置位置を示す。橋脚においては、設置位置を高さ方向については H.W.L. より 0.4m, 1.2m, 2.0m, 2.8m 上の 4ヶ所とした (以下それぞれ VL, L, M, H と略記する)。周方向については北より反時計まわりに 1～8 の 8ヶ所とした。橋台においては、設置位置を高さ方向については H.W.L. より 1.2m, 2.0m, 2.8m 上の 3ヶ所とした (橋脚と同様にそれぞれ L, M, H と略記する)。周方向については 1～5 の 5ヶ所とした。地覆においては、北側、南側の各径間の西端より 2m の位置、中央部、東端より 2m の位置の側面に設置した。地覆の高さは外側面において 50cm であるが、その上端より 5cm 下の位置に設置した。なお、その位置は H.W.L. より約 6m 上方である。設置期間は、2017 年 11 月 27 日より 2018 年 2 月 20 日までの 85 日間を I 期、2018 年 2 月 20 日より 2018 年 8 月 9 日までの 171 日間を II 期、2018 年 8 月 9

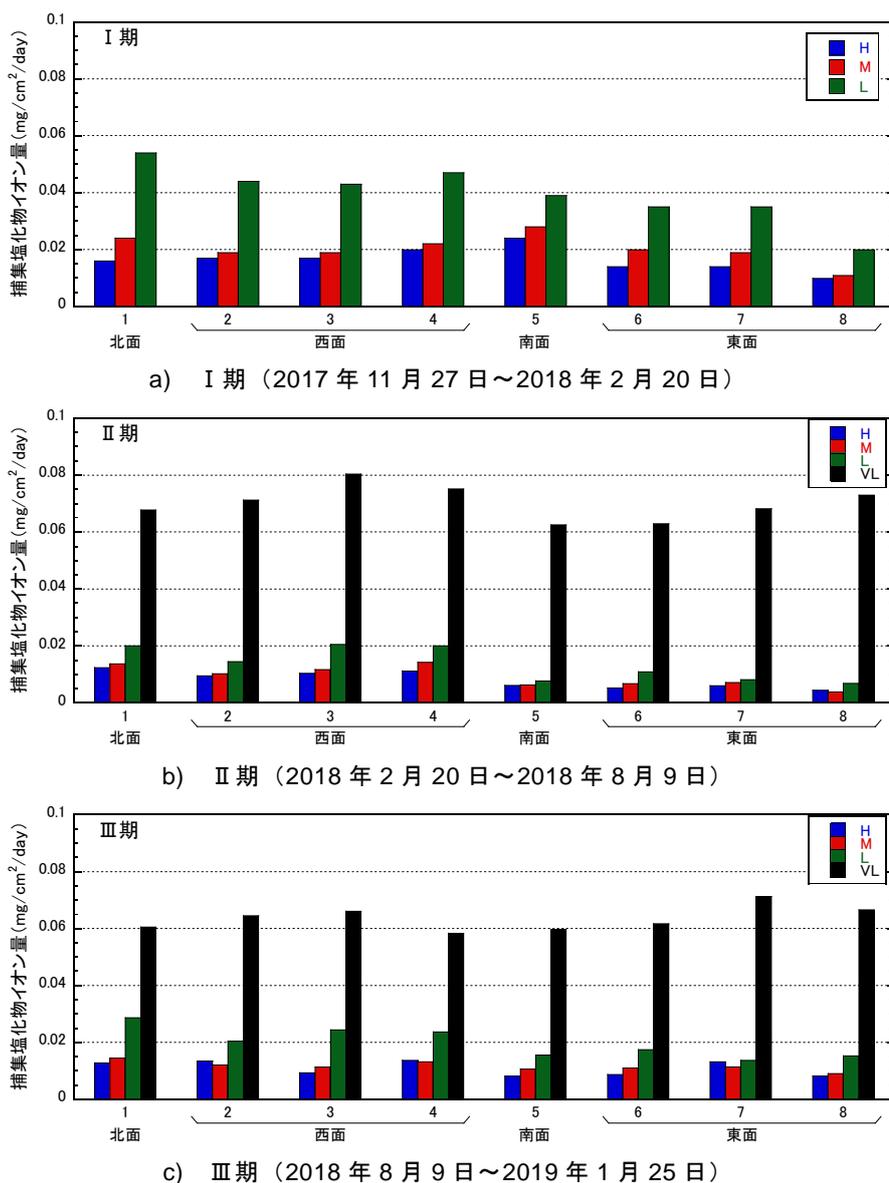


Fig.6 P3 橋脚の塩害環境評価結果

日より 2019 年 1 月 25 日までの 170 日間を III 期とした。

4. 結果および考察

4.1 下部工の塩害環境評価

Fig.6 に P3 橋脚の測定結果を示す。1 は北面に、2～4 は西面に、5 は南面に、6～8 は東面に設置したものの結果である。北面、西面、南面の捕集塩化物イオン量は、いずれの期間においても VL を除いた高さ位置において、総じて東面よりも大きいことが分かる。対象橋梁が位置する地域の卓越風向は北西であり、北西の季節風による飛来塩分、波浪飛沫 (波しぶき) の影響によるものと考えられる。高さ方向について比較すると、高さ VL の捕集塩化物イオン量は、H, M,

L に比べて著しく大きく、L も H や M に比べて大きく、飛来塩分だけでなく干満や波しぶきの影響も強く受けているためと考えられる。

Fig.7 に A2 橋台の測定結果を示す。1 は北面に、2~4 は西面に、5 は南面に設置したものの結果である。P3 橋脚と比較すると、同一高さの捕集塩化物イオン量は 3~5 倍程度となっており、波浪飛沫の影響を顕著に受けているためと考えられる。特に、橋脚と同様に高さ L において捕集塩化物イオン量が大きくなっており、波浪飛沫の影響を強く受けているものと考えられる。ただし、II 期や III 期においては、西側や南側の捕集塩化物イオン量に及ぼす高さ方向の影響はさほど大きくないことが分かる。これは、II 期や III 期においては台風の影響により高い位置にも波が溯上したためと考えられる。また、P3 橋脚の高さ L と A2 橋台の高さ H の捕集塩化物イオン量はほぼ同等であり、A2 橋台の高さ H は P3 橋脚の高さ L と同程度の波浪飛沫の影響を受けているものと推察される。

Fig.8 に下部工の高い方向位置が捕集塩化物イオン量に及ぼす影響を示す。橋脚、橋台それぞれの同一縦列において、L の捕集塩化物イオン量を基準として各高さ位置の捕集塩化物イオン量の比率を示している（以下、基準化捕集比率と呼ぶ）。橋脚、橋台ともに縦列の位置によって基準化捕集比率の高さ方向分布は異なり、同一の橋脚、橋台においても塩害環境強度の高さ方向分布が異なると言える。特に、II 期においては橋脚の H.W.L.+0.4m、橋台の H.W.L.+2.0m、2.8m の基準化捕集比率は基準から大きく離れ、変動幅も大きくなっている。また同一位置においても調査期によって

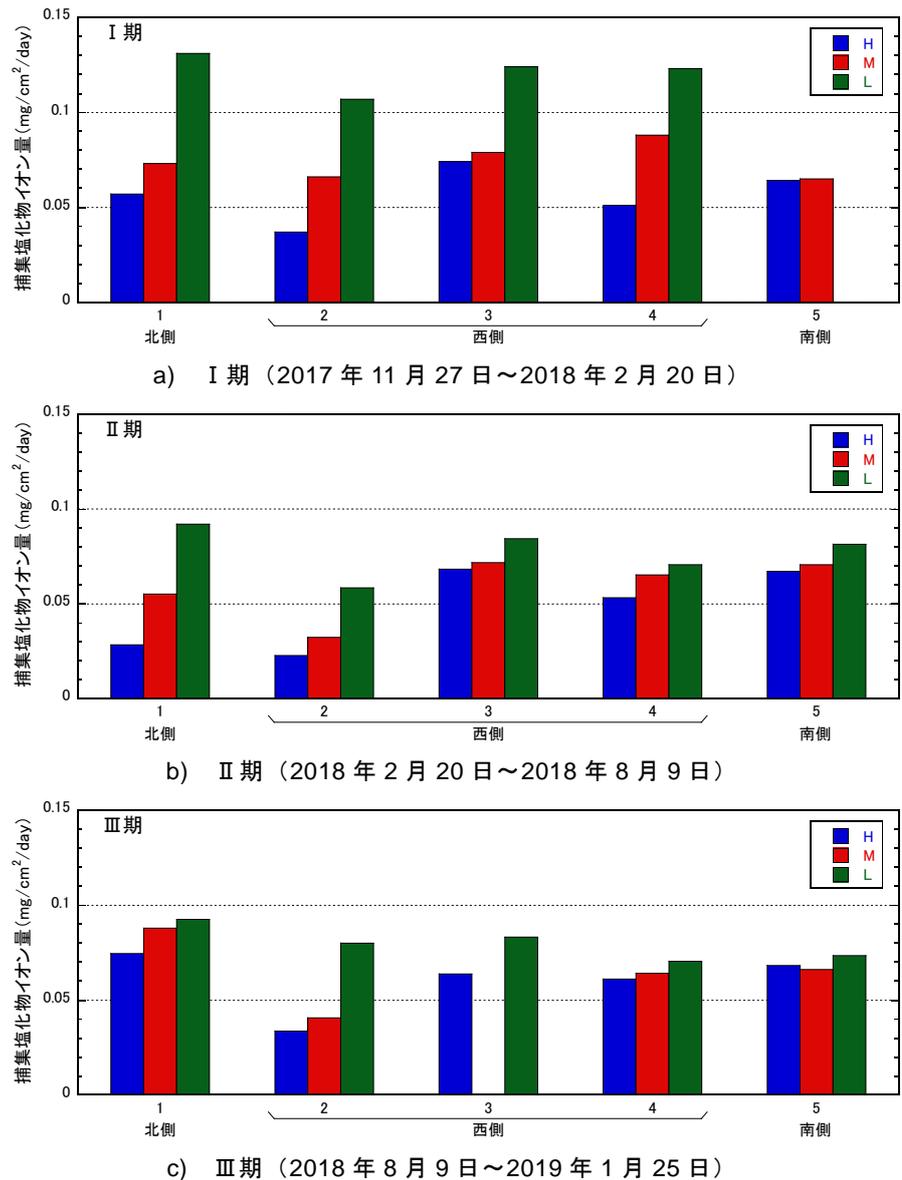


Fig.7 A2 橋台の塩害環境評価結果

基準化捕集比率が異なっている。これは海上橋の下部工であることから、波浪飛沫の影響程度が位置や季節によって変動が大きいためと考えられる。

4.2 上部工（地覆）の塩害環境評価

Fig.9 に北側と南側の地覆の測定結果を示す。地覆の捕集塩化物イオン量は、位置によらず I 期（冬）> III 期（秋、冬）> II 期（春、夏）となっており、波しぶきの影響が少ない地覆においては、冬季の季節風による飛来塩分が支配的であると考えられる。また、北側、南側いずれにおいても、同一径間内であっても橋軸方向の位置によって捕集塩化物イオン量に大きな差異があることが確認される。各径間において西端、中央、東端のいずれの捕集塩化物イオン量が最大となるかは、径間によって異なるものの対象橋梁においては東端で

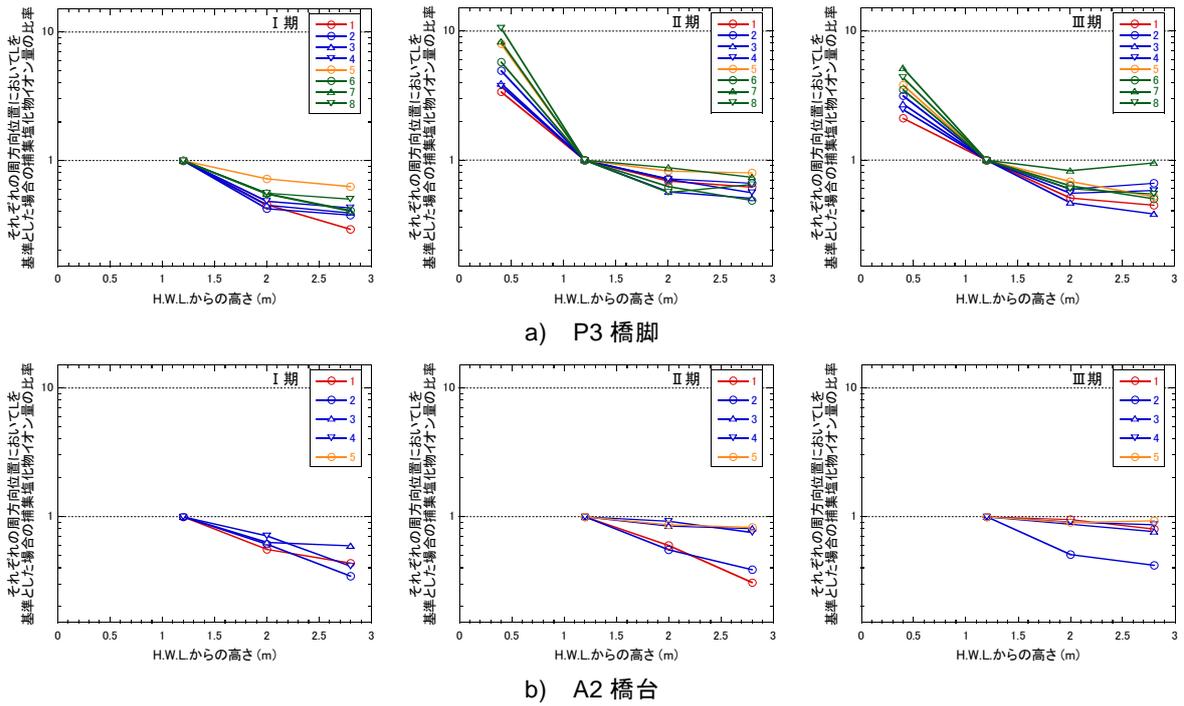


Fig.8 下部工の高い方向位置が捕集塩化物イオン量に及ぼす影響

ある傾向が見られる。北側と南側を比較すると、1を除いて北側の捕集塩化物イオン量が南側よりも大きくなっている。1においては、設置位置の西北西に位置する丘陵地や北側の新橋の影響によって季節風が直接当たりにくかったためと考えられる。3と4、6と7、9と10、12と13、15と16は、桁端で隣接する測定位置であり、4m程度しか離れていないが、特にI期において北側と南側のいずれにおいても捕集塩化物イオン量に大きな違いがあるものが多くみられる。これは、橋脚や街路灯設置のために地覆部の形状が変化している場合があること等によって風の流れが複雑に変化しているためと考えられる。

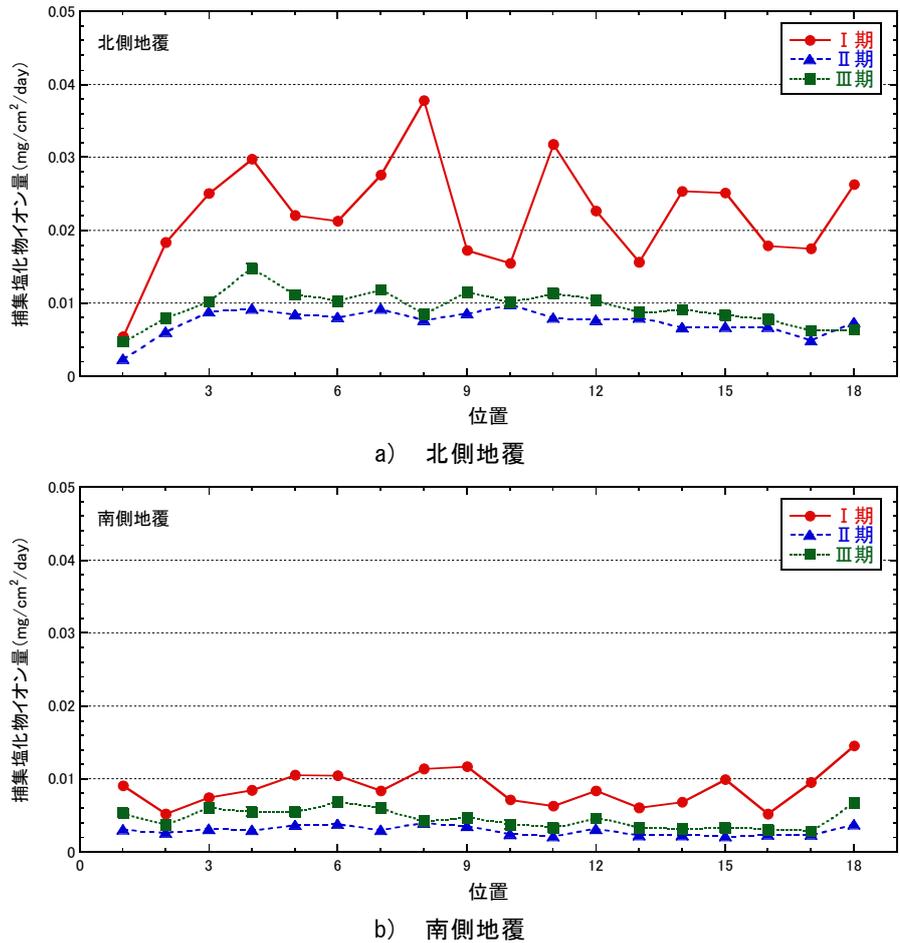


Fig.9 地覆の塩害環境評価結果

5. 結論

本研究により得られた知見は、以下の通りである。

- (1) 海上橋の橋脚下部や橋台においては、季節風による飛来塩分に加えて波浪飛沫（波しぶき）の影響を顕著に受けることによって捕集塩化物イオン量が著しく大きくなる。
- (2) 海上橋の橋脚、橋台ともに縦列の位置によって基準化捕集比率の高さ方向分布は異なり、同一の橋脚、橋台においても塩害環境強度の高さ方向分布が異なる。また同一位置においても調査期によって基準化捕集比率が異なる。
- (3) 海上橋の地覆においては、同一径間内であっても橋軸方向の位置によって捕集塩化物イオン量に大きな差異がある。

参考文献

- 1) 佐伯竜彦, 竹田光明, 佐々木謙二, 嶋毅: 飛来塩分環境の定量評価に関する研究, 土木学会論文集E, Vol.66, No.1, pp.1-20, 2010.
- 2) 佐伯竜彦, 能勢陽祐, 菊地道生: 薄板モルタル供試体を用いたマイクロ塩害環境評価手法に関する基礎的検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.33, No.1, pp.803-808, 2011.