

マルコフ連鎖モデルを用いた栈橋鋼管杭被覆防食の劣化傾向の分析

港湾空港技術研究所 正会員 ○山本 幸治・山路 徹

1. はじめに

港湾鋼構造物を安全に長期間利用するためには、鋼材の腐食対策は必須である。特に栈橋(図-1参照)は、鋼管杭等で構成した鋼管杭(下部工)が主要部材であり、鋼管杭が劣化・損傷すると荷役作業等に多大な影響を与えることになる。

栈橋を安全に長期に利用するためには、鋼管杭に対する防食効果の定期的な確認が必要であるが、供用中の施設での防食効果の確認は、施設の利用を休止するための利用者との調整が困難であることや、海象条件(波浪、干満)の影響を強く受けること等により、短期間で効率的な実施が求められる。そのため、鋼管杭の被覆防食の点検診断は、ブロックごとに数本選定して実施される場合が多く、鋼管杭全数の調査が実施できていないのが現状である。また、被覆防食の劣化が進行しやすい場所の特定もできていないため、劣化が進行しやすい箇所が分かれば、点検が効率化される。

そこで本報告では、直杭式横栈橋の鋼管杭におけるカバー付被覆防食の点検結果を基に、直杭式横栈橋における被覆防食の劣化傾向の分析を行った。

2. 検討概要

図-1に本検討の対象となる直杭式横栈橋の標準断面図の一例を示す。被覆防食は上部工下端からL.W.L. -1.0mまで実施することが一般的となっている。

劣化が進行しやすい位置を特定する手法として、本検討では、マルコフ連鎖モデル¹⁾により求められる遷移率(以降 P_x)を用いることとした。法線延長方向および断面方向に P_x を算出し、 P_x の最大値(以降(P_x)_{max})が算出された箇所が、劣化が進行しやすい箇所と考えられる。

P_x の算出にあたっては、カバー材付被覆防食に対し全数目視調査を実施した9施設の劣化度判定結果を使用した。なお、劣化度はd(変状が認められない状態)からa(部材の性能が著しく低下している状態)の4段階に判定される¹⁾。

法線延長方向の検討は、施設ごとにブロック数や延長が異なるため、施設を後述の図-4に示すように5エリアに分割し、エリアごとに P_x を算定することとした。断面方向の検討は、施設ごとに杭列数は異なるが、岸壁前面からの杭列ごとに P_x を算出することとした。

写真-1にモルタル被覆の劣化状況を示す。モルタル被覆が欠落して鋼管杭表面が露出し、錆が発生している。この状態は劣化度aと判定され、性能が低下している状態であるため、早急に補修が必要である。

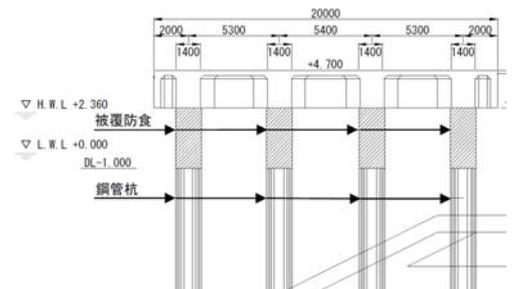


図-1 標準断面図の一例



写真-1 モルタル被覆防食劣化状況(施設C)

3. 検討結果

図-2に施設Gエリア4と、施設F2列目の劣化度分布および P_x 算出結果を示す。施設Gエリア4の劣化度の割合はd:87.5%, c:10.0%, b:2.5%, a:0%であり、 P_x は0.010、施設F2列目の劣化度の割合はd:43.0%, c:57.0%, bとaは0%であり、 P_x は0.317と算出された。

キーワード 港湾鋼構造物, 直杭式横栈橋, 鋼管杭, 被覆防食, マルコフ連鎖モデル, 遷移率

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 TEL046-844-5059

表-1 に各施設のエリア・列ごとの P_x 算出結果を示す. 図-3(a)にエリアごとの $(P_x)_{max}$ 割合を示す. エリア1が最も多く63%であった. エリア4, 5に $(P_x)_{max}$ がある施設はなく, 海側から見て左端に $(P_x)_{max}$ が多くなる結果となった. 一般的に船は左舷側を接岸しなければ不便な場合が多いとされており, 左舷側を接岸すると岸壁左端が船スクリューの位置になる. このことから, スクリューにより何らかの影響を受けたことも考えられる. しかし, 本検討では施設の港湾内の位置や利用状況は不明であるため, 左側に $(P_x)_{max}$ が多くなった要因は特定できなかった. 図-3(b)に $(P_x)_{max}$ 割合を示す. 1列目63%, 2列目57%となり, 3列目以降に $(P_x)_{max}$ がある施設はなかった. 1~2列目に $(P_x)_{max}$ が多くなった要因は, 経年劣化以外に漂流物の衝突等によりカバー材が損傷しやすかったものと推測できる.

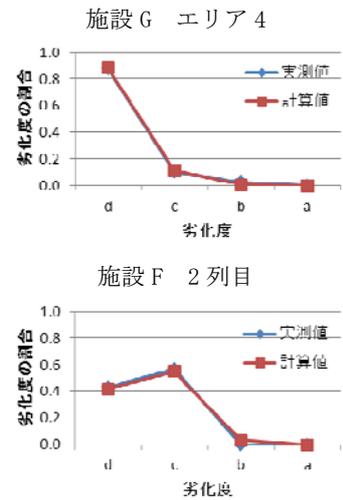


図-2 劣化度分布および P_x 算出結果

表-1 各施設におけるエリア・列ごとの P_x

施設名	被覆種類	経過年数	ブロック数	杭本数	エリア1	エリア2	エリア3	エリア4	エリア5	1列目	2列目	3列目	4列目	5列目
A	モルタル被覆	14	17	136	0.002	0.125	○	0.087	0.068	×	0.095	0.003	—	—
B	モルタル被覆	27	10	180	0.053	0.044	○	○	○	0.038	0.022	0.036	—	—
C	モルタル被覆	26	11	221	○	0.000	0.001	○	○	0.012	○	○	○	○
D	モルタル被覆	25	11	132	0.041	0.120	0.061	0.070	0.057	0.097	0.067	0.043	—	—
E	ペトロラタム被覆	9	5	60	0.162	0.227	0.322	0.196	0.227	0.196	0.252	0.234	—	—
F	ペトロラタム被覆	9	13	206	0.273	0.243	0.179	0.171	0.241	0.301	0.317	0.140	0.130	—
G	モルタル被覆	13	7	250	0.046	0.001	○	0.010	○	0.012	○	○	○	○
H	ペトロラタム被覆	18	14	527	0.072	0.008	0.002	0.001	0.001	0.010	0.038	○	○	—
I	ペトロラタム被覆	16	13	156	0.004	0.003	0.003	○	0.001	0.003	0.001	0.002	—	—

太字: 1施設内での部材種類ごとの最大値 P_x —: 部材が存在しない箇所 ○: 異常なし ×データなし

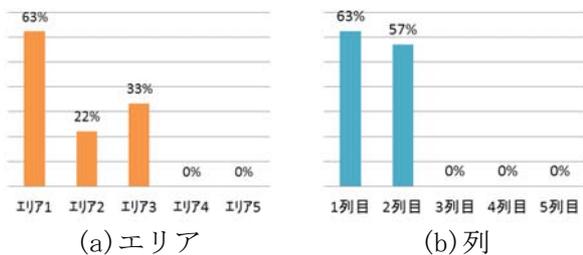


図-3 $(P_x)_{max}$ の割合

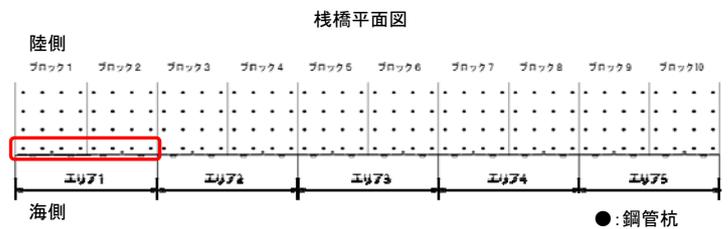


図-4 被覆防食の劣化が進行しやすい位置

4. まとめ

直杭式横栈橋の被覆防食の劣化傾向の分析を行った結果, 海から見て左端のエリアの海側から1列目に P_x が高い傾向が示された. 海から見て左端のエリアに劣化が多い要因は特定できなかったが, 海側から1列目の P_x が高くなったのは, 経年劣化以外に漂流物の衝突等が要因と考えられる.

本検討結果は, 対象施設が9施設と少ない上に, 施設の港湾内の位置や利用状況を踏まえていないため, 全国的に同様の傾向を示すとは言い難い. 今後は検討対象施設を増やし, 施設の港湾内の位置, 施設の利用状況を踏まえた検討が必要であると考え.

謝辞

本研究は, SIP インフラ維持管理・更新・マネジメント技術「港湾構造物のライフサイクルマネジメントの高度化のための点検診断および性能評価に関する技術開発」によって実施した. ここに記して謝意を表す.

参考文献

1) 港湾の施設の維持管理技術マニュアル, 平成19年, (一財)沿岸技術研究センター, p42, p145, 2007