

チタンカバー・ペトロラタム被覆工法の期待耐久性評価

日鉄住金防蝕 正会員 ○橋本凌平, 今井篤実, 川瀬義行

1. はじめに

昨今、栈橋や岸壁の長寿命化対策として、下部工の鋼管杭、鋼矢板および鋼管矢板に対するペトロラタム被覆工法の適用例が増加している。従来、ペトロラタム系防食材の保護材としてFRPカバーが多く採用されているが、紫外線による経年劣化や流木などの漂流物衝突による割れ発生の恐れがあり、耐久性に懸念が持たれている。そこで、著者らは耐衝撃性・防食性に優れたチタンを用いて防食するチタンカバー・ペトロラタム被覆工法（以下、TP工法）を開発し、長期曝露試験に適用してきた。

本報告では、ペトロラタム被覆工法の劣化に影響を及ぼすと言われている油分残存率をラボ試験および実曝露試験から算出し、その値から評価したTP工法の期待耐久性について報告する。

2. TP工法の概要

TP工法は、撥水性および電気絶縁性に優れるペトロラタム（石油蒸留残渣物から精製された石油ワックスに腐食抑制剤等を添加したもの）を主とした防食材²⁾を鋼材面に密着させ、その上から緩衝材付きのチタンカバーで保護する構成となっている（図1）。ペトロラタム系防食材の上には、油分の流出防止と気密性の向上を目的として遮水ラッピングシートを巻付けており、鋼材の防食機能を保つとともに、耐衝撃性に優れたチタンカバーによる防食材の保護が可能となっている。

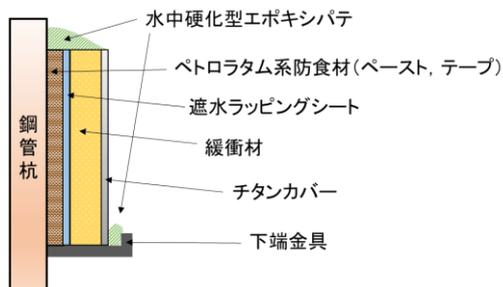


図1 TP工法の構成概要

3. 防食材に及ぼす温度の影響

ペトロラタム被覆工法の耐久性に及ぼす要因として、ペトロラタムの油分残存率の低下が挙げられる³⁾。油分残存率の低下は、ペトロラタム系防食ペーストの融点（40℃）⁴⁾やペトロラタム系防食テープの耐熱流下温度（60℃）⁵⁾の超過による表面変状が起因している。そのため、防食材の温度が少なくとも40℃を超える場合は表面変状に影響を及ぼすと考え、FRPカバーとチタンカバーの裏面温度を測定した。

図2に8月名古屋地区におけるカバー工法裏面温度を示す。チタンカバー適用時は13時から16時にかけて40℃付近でほぼ留まっているのに対し、FRPカバー適用時は14時～16時に50℃以上まで達している。この結果より、FRPカバー適用時の方が油分残存率の低下に与える影響が大きくなると想定される。

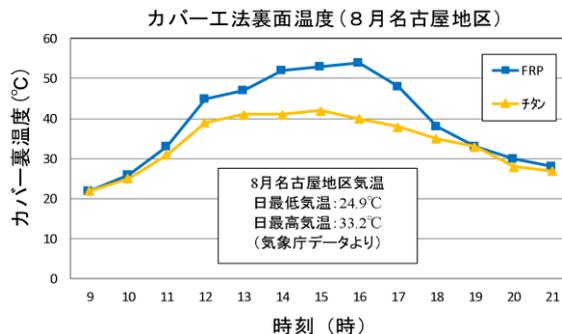


図2 カバー工法裏面温度

4. ペトロラタム被覆工法の油分残存率評価

4.1 ラボ試験

一定温度域におけるペトロラタムの劣化度合いを評価するため、ラボ環境にて回転浸漬試験を考案し実施した。本試験は40℃、50℃、60℃に調節した人工海水中に塩ビ管に巻付けたペトロラタムテープを浸漬させ、モーターにより一定速度（0.5m/s）で回転させるというものである。試験期間は30日および90日とし、回転浸漬後の供試体は港湾鋼構造物実務ハンドブックに基づき、ペトロラタムの油分残存率を測定した⁶⁾。

キーワード チタン, ペトロラタム, 油分残存率, 耐久性

連絡先 〒299-1141 千葉県君津市君津1番地（新日鉄住金株式会社君津製鐵所構内）

日鉄住金防蝕(株) エンジニアリング事業部技術開発グループ TEL 0439-57-0985

4.2 実曝露試験

実環境においてペトロラタム被覆工法が適用されている鋼管杭のうち、FRPカバーを適用している三河(21年経過)⁷⁾および波崎(18年経過)⁸⁾と、チタンカバーを適用している鳴門(10年経過)および秋田(5年経過)について、現地曝露材からペトロラタムテープを採取し、ラボ試験と同様に油分残存率を測定した。なお、この4本の鋼管杭に適用したペトロラタム被覆工法には遮水ラッピングシートは使用していない。

4.3 ラボ試験と実曝露試験における油分残存率評価

ラボ試験と実曝露試験におけるペトロラタム熱履歴時間に対する油分残存率の経時変化を図3に示す。熱履歴時間はカバー裏面温度がペトロラタムの変状に影響を及ぼすと想定される温度域(40℃以上)の合計時間であり、ラボ試験は試験開始から一定温度であるため、試験時間=熱履歴時間とした。実曝露試験は、カバー裏面温度が40℃以上に至ると考えられる天候条件(晴天時, 25℃以上)を気象庁のデータから洗い出し、その合計時間を熱履歴時間とした。

図3の回転浸漬試験結果(ラボ試験データ)より、温度が高いほど油分残存率の低下が大きいことがわかる。この結果と、チタンカバーとFRPカバーの裏面温度差が約10℃あること(図2)を考慮して、ラボ試験の60℃における油分残存率データをラップなしFRPカバーと推定し、ラボ試験の50℃における油分残存率データをラップなしチタンカバーの値と推定した。ラボ試験結果に実曝露試験で得られた油分残存率をプロットしたところ、ラボ試験結果の近似線(実線)上もしくはその近くに位置していることがわかる。また、各近似線と油分残存率の限界値(80%)⁹⁾との交点から得られる熱履歴時間より、FRPカバー適用時は期待耐久性が約30年であるのに対して、チタンカバー適用時は約50年であることがわかる。これより、チタンカバーを適用したペトロラタム被覆工法は、FRPカバー適用時に比べ1.5倍以上の耐久性が期待できる。

ペトロラタムにラッピングシートを巻き付けると気密性が増すため、カバー裏面温度の影響はより受けにくくなると推察した。これより、40℃のラボ試験データ(破線)をラップ有りチタンカバーと仮定すると、ラッピングシートを使用した場合は使用しない時と比べて更なる耐久性の増加が見込まれる。

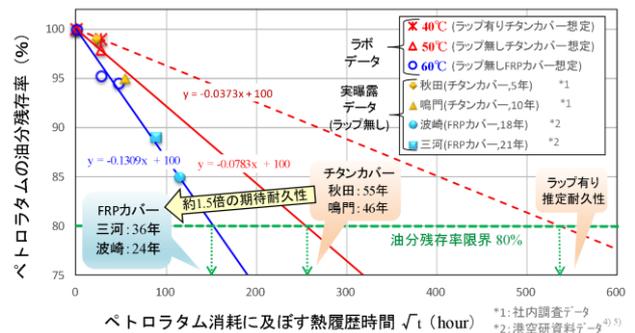
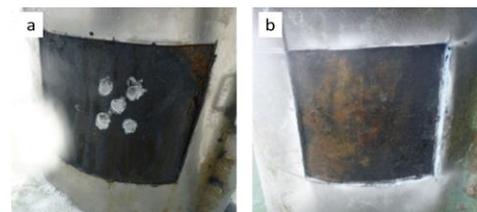


図3 ペトロラタム熱履歴時間に対する油分残存率の経時変化

5. 波崎曝露試験における鋼材面観察結果

ラボ試験と実曝露試験から得られた期待耐久性評価結果(図3)の信頼性を確認するため、ペトロラタム被覆工法が適用された鋼管杭(波崎29年経過)の鋼材表面(干満帯)を観察した(写真1)⁹⁾。期待耐久性評価結果の通り、29年経過時においてチタンカバーを適用した場合は発錆が見られないのに対し、FRPカバーを適用した場合は発錆が見られることから、本耐久性評価は概ね信頼できるものであると考える。



(a) チタンカバー (b) FRPカバー

写真1 29年経過したカバーの鋼材面(干満帯)⁹⁾

6. まとめ

ラボ試験と実曝露試験から得られたペトロラタムの油分残存率からチタンカバー・ペトロラタム被覆工法の期待耐久性を評価した結果、チタンカバー適用時はFRPカバー適用時に比べ1.5倍以上の耐久性が期待できる。

参考文献

- 坂本宏司ほか:チタンカバーによる海洋構造物の防食技術の開発, チタン, Vol.58, No.2, 2010
- (財)沿岸開発技術研究センター編:港湾鋼構造物 防食・補修マニュアル, pp.149-156, 2009
- 志鶴真介ほか:ペトロラタム系防食テープにおける含有油分と防食性能について, 第28回防錆防食技術発表大会, pp.41-44, 2008
- 日本規格協会:JIS Z 1903 ペトロラタム系防食ペースト
- 日本規格協会:JIS Z 1902 ペトロラタム系防食テープ
- 防食・補修工法研究会:港湾鋼構造物 実務ハンドブック付録, pp.61-62, 2013
- 山路徹ほか:三河港で21年曝露された鋼管杭の防食工における防食効果, 第28回防錆防食技術発表大会, pp.45-48, 2008
- 宮田義一ほか, 港湾空港技術研究所資料 No.1123, 2006
- 山路徹ほか, 港湾空港技術研究所資料, 2016.6