港湾施設の維持管理手法の効率化・高度化について

山路　徹
国立研究開発法人海上・港湾・航空研究所 港湾空港技術研究所
構造研究領域長（材料研究グループ長併任）

1. はじめに

港湾施設の維持管理の効率化、特に点検手法の変更（例えば実態を踏まえた頻度の低減等）を検討する際には根拠が求められる。そのためには、実際の変状の傾向や点検診断結果の実態を把握・分析する必要がある。上記の検討のため、鋼構造物に適用された電気防食および被覆防食を対象として、著者が最近実施した内容の一例を紹介する。また、維持管理の高度化・効率化を目指している、戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）「スマートインフラマネジメントシステムの構築[1)]」の検討の一部を紹介する。

2. 電気防食の点検診断に関する検討

電気防食の一般定期点検診断[2)]において、目視ではなく、電位測定に基づき、劣化度a、dの２段階で診断が行われている。ただし、電位の測定結果（例えば図１のような電位の経時変化）はほとんど公表されておらず、実構造物での実態は明確ではない。今回、SIPで協力体制のある川崎市と共同で実態の整理・分析を行い、文献[3)]としてとりまとめた。その概要を以下に示す。

- 電気防食設計が適切であれば、電位は良好な値（-900～-1000mV付近）で安定している。図２は多数の施設における定常段階の電位の累積確率分布であるが、大半が-900mV以下の値を示していた。言い換えるとaとdの閾値である-800mV（防食管理電位）付近の値（例えば-810mV）は防食状態ではあるが正常な状態ではないと言える。
- 電位が良好な値（上述）を継続して示していれば、陽極の耐用年数を満足する可能性が高い。
- 陽極の完全消耗間際（電位が-800mV付近）だと、電位の変化速度が速い。今回、100mV/年を上回る例もあった。
- 電位を基にした対策の判断方法（案）を提案した。判断の際の閾値については-850mVと-900mVを追加し、計４段階

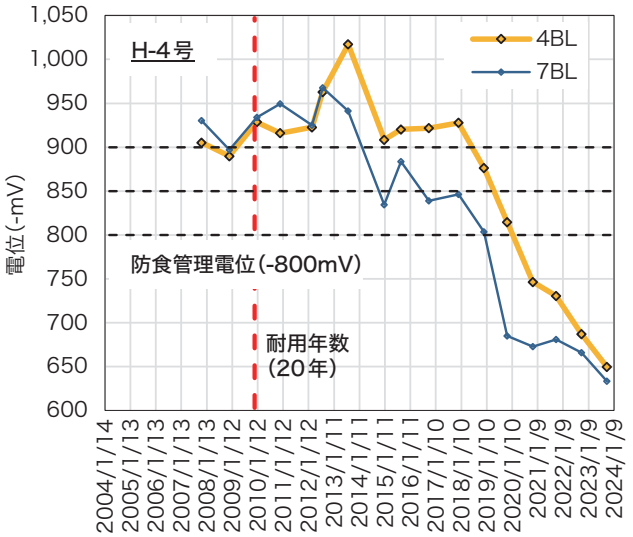


図1　電位の経時変化の例[3)]

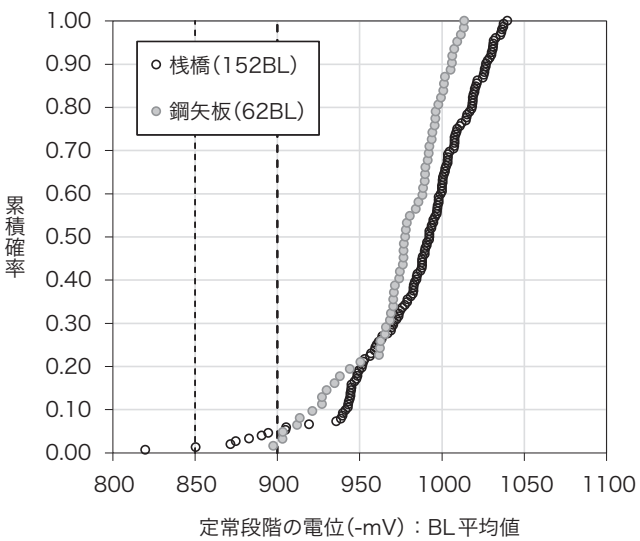


図2　定常段階の電位*の累積確率分布[3)]
＊各ブロック(1測線)での平均値

に細分化されており、従来の劣化度（2段階）よりも詳細な情報を得ることができる。

上記の検討により、陽極が完全消耗間際の電位変化は速いことや、陽極が完全消耗する時期の把握、あるいは陽極消耗後の鋼材腐食の実態の把握の重要性も改めて確認できた。また、陽極の寿命が耐用年数を満足する・しない程度であれば、電位からある程度推定可能であることも改めて確認できた。ただし、陽極の寿命の高精度な予測は難しい。最近の技術で、各種の方法で陽極発生電流を推定・測定し、陽極消耗量（寿命）を推定する手法はある。この際、潮位や季節による電流の変化が陽極消耗量の推定精度に及ぼす影響を考慮する必要があるが、現状で明確でなく、今後の課題である[3]。

3. 被覆防食の点検診断に関する検討

被覆防食の一般定期点検診断において、外観を基に劣化度a～dとして評価するのが一般的である[2]。対象が鋼管杭の場合、1本毎に劣化度を評価する場合があるが、1本毎の経時変化を整理・公表している例は少ない。図3はある施設における劣化度分布の経時変化の例である[4]。被覆防食の種類はモルタル被覆（FRPカバー方式）である。供用後27年経過時は170/180本がd判定、a判定は0本だったが、32年経過時では劣化度a（例：被覆の脱落）は15本現れ、うち14本は5年前は劣化度dであった。これは、FRPカバー等の劣化が徐々に進行しており、そこに外力が作用することで、外観上の変化が急激に進行したためと考えられる。このことは、特に保護カバー方式の被覆防食の場合、劣化の予測が難しいことも示唆している。また、

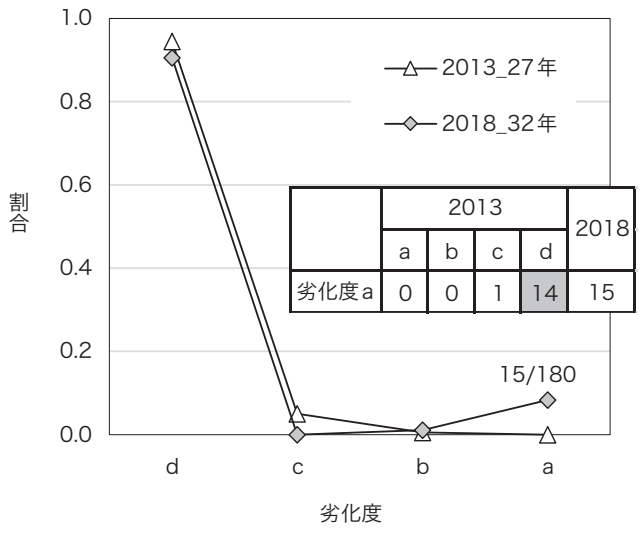


図3　モルタル被覆(FRPカバー方式)における劣化度分布の経時変化の一例[4]

維持管理の実態として、劣化度aの段階で被覆防食を更新している場合も多い。これらの実態を踏まえると、被覆防食の場合においては劣化度aを見逃さないように定期的に点検を行うのが重要なことが改めて分かる。この場合、現状よりも点検診断の手法を省力化（省人化）できる可能性がある（例えば、画像解析を活用した診断技術の適用等）。

4. SIPでの検討内容の紹介

道路橋においては施設数が非常に多く、また、管理者の中には小規模の自治体も多く、維持管理の省力化は喫緊の課題となっている。この道路橋の維持管理を支援することを目的として、InfraWalk[5]というシステムがSIPの活動の中で開発されている。これは360度カメラで撮影するだけで対象施設のデータベースが作成できるものである。また、AIにより変状を自動検出する機能も備わっており、自然言語で質問文を入力すると対策を回答するシステム等も開発されている。なお、桟橋への適用も検討中である。

また、SIPにおいて、数値解析の活用および省力化に関する技術開発も行っており、図面情報等からの3次元モデルの自動生成技術について、港湾施設においても検討中である。

5. おわりに

AI等のデジタル技術の普及が急速に進んでおり、点検診断への活用が試みられている。将来的には、人が行う作業が極力減る方向に移行するのが望ましいと考えている。ただし、この前提として、港湾施設での劣化進行の実態を（人が）把握できていることが必須である。特に港湾施設の場合、点検診断が容易でない場合も多く、結果として、実態の把握が十分でない場合も多い。新技術の開発と並行して、実態の把握も進めつつ、点検診断、ひいては維持管理の効率化・高度化に貢献したいと考えている。

参考文献

1) 戦略的イノベーション創造プログラム「スマートインフラマネジメントシステムの構築」，https://www.pwri.go.jp/jpn/research/sip/index.html
2) 国土交通省港湾局：港湾の施設の点検診断ガイドライン
3) 山路徹，小池賢太郎，渡邉栄一，田口英之：電気防食が適用された鋼構造物の定期点検診断の高度化に関する検討－定期点検結果を基に－，港湾空港技術研究所資料，2026.
4) 山路徹，小池賢太郎：港湾鋼構造物に適用された被覆防食工の劣化進展および点検診断に関する一考察，材料と環境，2026.
5) 点検データ管理システム（点検支援システム）InfraWalk，https://www.infrawalk.com/