

目視困難な水中部での鋼材腐食等への非破壊検出技術の適用による現場作業の効率化

若築建設(株) 技術部 技術研究所 正会員 ○秋山哲治
若築建設(株) 技術部 機械課 金子貴一, 田沼遊太郎

1. はじめに

水中部にある港湾鋼構造物の腐食や損傷等に対する目視調査は、貝類等が表面に付着しているため困難を要する。通常、このような条件下では鋼材表面が肉眼で見えないことから、腐食の程度にも因るが、鋼材の孔食などを見逃すケースが少なくないと考えられる。すなわち、鋼材自体の開孔や変形、他の著しい損傷が生じるまで部材が放置されてしまわないよう、一般定期点検¹⁾の段階で“より効率的で定量的な評価”を行うことが重要と考える。そこで、非接触型の測定装置²⁾(以下、INCOTEST と称す)を実際の岸壁に適用し、従来の潜水士による目視調査の結果と比較した結果を報告する。

2. 岸壁鋼管矢板に対する腐食等の調査の概要

2.1 腐食等を非破壊で検出できる測定装置

INCOTEST は、腐食状況を非破壊で検出可能な装置²⁾であり、岸壁や栈橋等の鋼材の腐食調査にも適用できる。この装置は、図-1 に示す電磁誘導による渦流探傷技術を用いており、鋼板中に拡散した渦電流が板厚方向に浸透し、鋼板裏面に到達して減衰することを利用して測定を行う。鋼板に減肉があると、健全部と比較して減肉分だけ渦電流の継続時間が短くなることを用いて相対的に評価する。表-1 に INCOTEST のプローブ仕様を示す。今回、INCOTEST の比較対象とした調査は、表-2 に基づく潜水士による目視点検¹⁾とした。

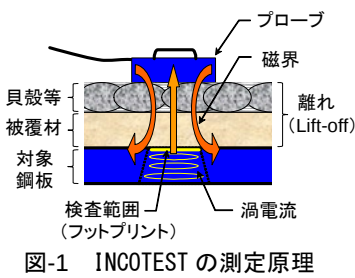


表-1 INCOTEST プローブ仕様

項目	内容
測定対象	炭素鋼
Lift-off	150mmまで
対象肉厚	65mm以下
配管径	50mm以上
精度	±5%

表-2 一般定期点検の劣化度判定基準

点検項目	点検方法	劣化度の判定基準
鋼矢板等 ・鋼材の腐食 ・亀裂、損傷	目視 ・開孔の有無 ・表面の傷の状況	a 腐食による開孔や変形、他の著しい損傷がある
		b -
		c -
		d 腐食による開孔や変形はない

2.2 岸壁構造と測定位置

図-2 に調査対象の岸壁構造を示す。岸壁は山口県宇部市に位置し、下部工の構造は鋼管矢板式である。鋼管矢板は SKY490 φ1400×t12、設計水深-12.5m、潮位は HWL+3.70、LWL±0.00 である。岸壁の供用開始は 1994 年で、電気防食は竣工時から設置されている。

調査は、INCOTEST および潜水士による目視とともに岸壁延長 約 84m を対象とし、測線 20 本 (S-1～S-20: 表-3 と表-4) として鋼管矢板 3 本毎 (約 4.4m 間隔) で行い、各測線の測点は 5 水深 (最浅部 L.W.L.-1.30～最深部-5.30 まで 1m 間隔) で計 100 測点とした。調査は 2016 年 7 月に実施した。

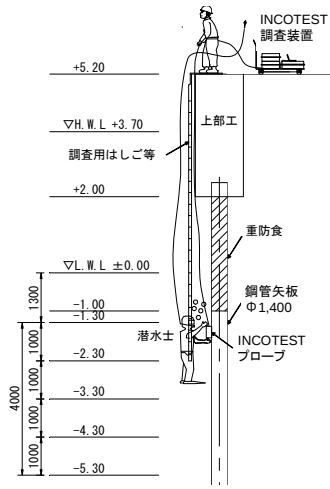


図-2 岸壁構造・測定水深 写真-1 鋼管矢板の外観

3. 調査結果

3.1 水中部における鋼管矢板の外観

写真-1 に、水中部での鋼管矢板の外観を示す。測定範囲における貝類の付着厚さは、水深に因らず 50mm 程度で概ね同じであった。これを踏まえ、INCOTEST による測定は、厚さ 50mm の絶縁体をプローブに取り付け、Lift-off を 100mm で一定になるよう保持した。電気防食の陽極は、その残存形状から判断して維持管理は良好であると考えられ、目視による外観観察および任意に選定した 8 測点でのケレンを伴う鋼材表面の確認作業は、短時間で行える環境条件と推察された。

3.2 一般定期点検において INCOTEST を適用した場合の測定結果

表-3 に INCOTEST の測定結果 (各測線で基準 100% を設け、基準に対する相対比率で整理) を示す。測定対象の全 100 測点のうち、100～95% は 92 測点、90～94% は 6 測点、89～85% は 2 測点、85% 未満は 0 であった。このことから、腐食厚さが数 mm 以上の著しい腐食は認められないと判定し、岸壁全体の腐食状況を定量的に評価できたと考える。相対肉厚の最小値は測線 S-10 の-2.30 が 86%、次に小さいのは測線 S-3 の-4.30 の 87% であった。

キーワード : 非接触、渦流探傷技術、港湾鋼構造物、腐食調査、定期点検診断、生産性向上
連絡先 : 〒153-0064 東京都目黒区下目黒 2-23-18 若築建設(株) 技術研究所 TEL 03-3492-0285

岸壁の水深方向の腐食について、相対肉厚が著しく小さくなる特異な水深は認められなかった。一方、岸壁の延長方向の腐食について、S-16で他の測線と比べて若干小さい傾向となったが、相対肉厚は92%以上であったため、著しい腐食はないと判定した。このことから、全100測点のうち、9割以上の測点での相対肉厚が95%以上を有することから、本岸壁は電気防食による維持管理が十分に行われていると評価した。

調査に要した時間は、全100測点で約65分、すなわち1点あたり約40秒となり、岸壁全体の延長方向および水深方向に対して迅速に調査が行えた。

3.3 一般定期点検での潜水土による目視の調査結果

表-4に一般定期点検による目視結果、表-5に任意に選んだ8測点でのケレン後の目視結果を示す。目視結果は、全測点で「d判定：腐食による開孔や変形はない」と評価された。一方、ケレン後の目視結果では、7測点は腐食なしであったが、1測点（測線S-1、-3.30：写真-2）で軽微な孔食を認めた。すなわち、目視では、調査対象の表面上に何らかの顕在化した変状が生じていない限り、貝類等付着物の裏側に内在する鋼材表面の腐食を検出することができず、劣化の初期段階など腐食の度合いが軽微なほど、診断結果の精度が低下する傾向を有することが示唆された。

調査時間は、全100測点で約21分、すなわち1測点あたり約13秒となり、短時間で作業を終えることができた。これは、電気防食による鋼材の維持管理の状態が良好であったことと、ケレンによる鋼材表面の確認箇所数を少なく設定したことによる。なお、INCOTESTと同じ測定範囲で比較するために、プローブの直径30cm程度をケレンした場合は、今回の貝類付着厚さの条件では、1測点で約1.2分の時間を要するため、全100測点では120分程度と比較的長い調査時間が必要になると推測した。

3.4 INCOTESTと潜水土による目視調査の比較

測定時間は、2つの測定方法で同一の測定範囲で比べると、INCOTESTは40秒/箇所、目視は1.2分/箇所（直径30cm程度の範囲に換算）となった。INCOTESTは目視に対して1.8倍程度速く調査が行え、作業の短縮を図ることができ、調査業務の生産性向上に寄与すると考える。港湾施設では、調査の地域や時期、水深により貝類の付着厚さが変化し、今回認めた付着厚さの2～3倍以上になることもある。この場合、潜水土による目視ではケレン作業が増え、調査時間が増大することは明らかであり、INCOTEST適用による作業時間の短縮効果は大きい。

周辺環境に与える影響は、INCOTESTは付着物の除去が必要なく、産業廃棄物は発生しなかった。一方、目視のケレンでは殻が発生し、調査時の海洋汚濁も含め、貝類の付着物が多くなるほど、海洋環境に与える悪影響が大きくなる結果となった。調査の記録については、INCOTESTは相対的な肉厚を数値化でき、データの再現性が良く、現場での点検結果の再確認、さらに、詳細定期点検で肉厚測定箇所を効率的に選定するための一次スクリーニングとして有効と考える。

4. まとめ

- 1) INCOTESTの適用について、調査対象が広範囲であっても、岸壁の延長・水深方向の多くの測点について、鋼材に付着した貝類等を剥がすことなく、非破壊的な方法を用いて、わずか60分程度の短時間で定量的な評価が行えた。
- 2) 一般点検後に行われる詳細点検時では、数多くの測点に対して超音波による肉厚測定方法で調査することよりも、INCOTESTで相対肉厚が薄いと判定された測点に限定して、絶対肉厚が測定可能な方法で改めて点検を行う方が、詳細点検時の調査時間を大幅に短縮でき、調査時の海洋環境汚染を最小限に抑えるメリットがあると考えられる。

本報告は、国土交通省公募 テーマ設定技術募集「目視困難な水中部にある鋼構造物の腐食や損傷等を非破壊・微破壊で検出可能な技術」の試行調査として実施した結果の一部を取り纏めたものである。

参考文献 1)国土交通省港湾局：港湾の施設の点検診断ガイドライン，2014.7 2)秋山哲治ほか：非接触型の渦流探傷装置と超音波厚み計による岸壁鋼矢板肉厚測定での適用性比較，土木学会第70回年次学術講演会，V-118，pp.235-236，2015.9

表-3 INCOTESTの測定結果

測点/測線	S-1	S-2	S-3	S-4	S-5	S-6	S-7	S-8	S-9	S-10	S-11	S-12	S-13	S-14	S-15	S-16	S-17	S-18	S-19	S-20
-1.30	97	99	100	98	97	97	96	97	96	93	96	96	99	99	99	93	95	99	96	95
-2.30	97	98	97	97	95	97	95	97	98	86	96	99	98	100	100	94	98	99	100	96
-3.30	95	100	96	100	100	98	95	99	99	100	98	97	100	100	92	95	98	99	99	95
-4.30	99	99	87	99	96	100	100	98	100	99	100	98	98	98	100	100	100	97	99	100
-5.30	100	97	95	99	97	99	91	100	100	97	99	100	100	97	96	93	98	100	99	98

・相対肉厚の凡例[%] ■:85-89以下, ■:90-94, ■:95-99, ■:100

表-4 潜水土による目視の調査結果

測点/測線	S-1	S-2	S-3	S-4	S-5	S-6	S-7	S-8	S-9	S-10	S-11	S-12	S-13	S-14	S-15	S-16	S-17	S-18	S-19	S-20
-1.30	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d
-2.30	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d
-3.30	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d
-4.30	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d
-5.30	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d

・一般定期点検の劣化度判定結果[-] ■:a, ■:b, ■:c, ■:d

表-5 ケレン後の目視結果

測線	測点レベル	ケレン後の結果
S-1	-3.30	軽微な孔食
S-2	-5.30	腐食なし
S-3	-5.30	腐食なし
S-4	-5.30	腐食なし
S-5	-1.30	腐食なし
S-6	-3.30	腐食なし
S-9	-5.30	腐食なし
S-11	-4.30	腐食なし

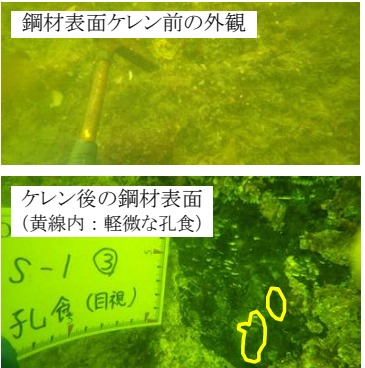


写真-2 ケレン後の表面 (S-1_ -3.30)