

港湾施設のリニューアル — 棧橋上部コンクリートの補修 —

谷口 修

港湾施設は、海上付近に位置することから腐食性環境下にあるため、高度成長期に建設された施設の中には劣化が進行しているものもあり、各種対策が行われている。

港湾施設は、防波堤、ガントリークレーン、上屋など多種多様な施設から構成されているが、ここでは、劣化の進行が比較的早く、しかも船舶の接岸施設として重要施設である棧橋式の岸壁を対象としてその劣化要因を紹介し、上部コンクリートの調査、診断、補修についての特徴や近年比較的多く採用されているコンクリートの電気防食工法について紹介する。

キーワード：棧橋、調査、診断、補修、電気防食

1. 岸壁の構造形式と劣化の傾向

岸壁は、大きく分けケーソン式、棧橋式、矢板式の3種類の形態に分類される。

(1) 棧橋式

棧橋式は、鋼管杭を基礎として鉄筋コンクリート製あるいはPCコンクリート製の上部工からなるものである。劣化が進行する施設が数多く見られるが、その理由として海面直上に位置しており、波しぶきや潮風に直接さらされることやかぶり小さいものの存在などにより劣化の進行が早いものが存在している(写真—1)。



写真—1 棧橋の劣化事例

(2) ケーソン式

ケーソン式は、一般的に鉄筋コンクリート製のケー

ソンを使用したものである。船舶の衝突等による破損は発生するが劣化による損傷の事例は皆無である。この理由として水中部では酸素の供給がないため鉄筋の腐食が進行しないことや陸上ヤードで厳密に製作され比較的かぶり厚が確保されており、欠陥が生じにくいことが挙げられる。

(3) 鋼矢板式

鋼矢板式は、鋼矢板を並べ頭部を控え杭などにより背後土中にアンカーして土圧に抵抗させた係船岸である。鋼材は腐食するものとして古くから知られているため、一般的に防食がされている。しかし過去には腐食しろのみを考慮して設計され、防食がされていない構造物も多数存在する。そのようなものの中には腐食



写真—2 鋼矢板の劣化事例

が進行して矢板に孔があき、土砂が流失している事例もある（写真—2）。

以下では劣化が比較的多く発生している栈橋形式の上部コンクリートを対象として調査，補修の内容を述べる。

2. 栈橋上部コンクリートの調査・診断

(1) 調査方法

調査・診断においてもっとも重要な方法は陸上構造物と同様に経験を積んだ技術者による目視調査である。その構造物の位置する環境と目視調査による表面状態によって劣化の原因や程度を把握することが可能である。それ以外にもコンクリートの調査では主に表—1に示す事項が行われる。これらを総合的に判断して補修要否の判断を行う。

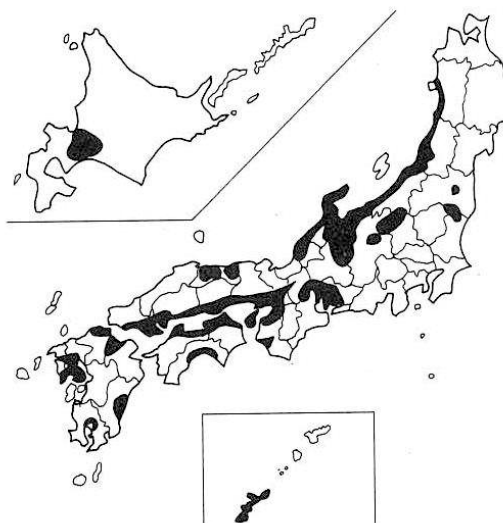
表—1 栈橋上部工の主な調査内容

項目	内容
目視・打音調査	目視によるコンクリート表面の状態観測し、ハンマの打音による剥離の調査を行う。
鉄筋調査	コンクリートを一部はつり、鉄筋の腐食状況を調査する。
自然電位法	コンクリート表面に押しあてた照合電極により電位を測定し鉄筋の腐食の有無を調査する。
塩化物イオン濃度測定	コンクリート中の塩化物イオン濃度を測定し、鉄筋の腐食環境について調査する。
中性化試験	コンクリートの中性化の傾向を測定し、鉄筋の腐食環境について調査する。
コンクリート強度測定	コアの採取またはテストハンマー等によりコンクリートの圧縮強度を測定する。

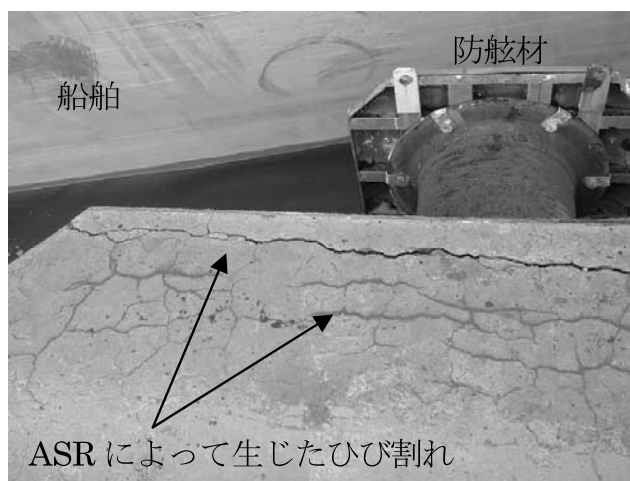
(2) 港湾施設における調査・診断の留意点

劣化が進行した栈橋の中には、主筋が露出・破断しているものも存在する（写真—1）。橋梁のような陸上構造物では点検が比較的容易であるが、栈橋では海上保安部への作業許可申請等が必要になることや小型船の準備等が必要となり、容易に調査を行うことが困難な状況にある。

また、写真—3はドルフィンにおけるアルカリ骨材反応による劣化の一例であり、亀甲状に多数のひび割れが発生している。栈橋の劣化は、主に塩害であるが、図—1に示す地域ではアルカリ骨材反応による劣化が生じる場合もあり、補修対策を行う場合には劣化原因を十分に検討する必要がある。



図—1 ASRによる構造物の損傷が報告されている地域¹⁾



写真—3 ASRによる劣化事例

3. 栈橋上部工の補修方法

(1) 補修方法

栈橋上部コンクリートの一般的な塩害対策に対する補修方法は表—2のように分類される。

表—2 栈橋上部工の主な補修内容

項目	内容
ひび割れ補修	ひび割れに樹脂やセメント系の材料を注入する。ひび割れ幅が大きい場合にはVカットによる補修も実施される。
表面被覆工法	コンクリート表面に塗料を塗布し、内部への塩化物イオン等の劣化因子の浸透を抑制する。
断面修復工法	劣化部を除去し、ポリマーセメントモルタルや無収縮モルタル等によって断面をもとの状態に戻す。
電気防食工法	コンクリート表面に設置した陽極から鉄筋に対して電流を通電し鉄筋の腐食を抑制する。

(2) 足場の仮設

栈橋は、海面上に位置することから鉄筋の調査などの詳細調査や補修・補強を実施する際には足場の仮設が必要となる。

足場の仮設は、調査と同様に小型船舶やイカダによって行われる（写真—4）。足場は補修工事を実施する際に作業のし易さや安全性に影響する。

床版下面から海面までの高さが低い場合には足場板と梁下面との距離が確保できない場合があるが、各種作業を行うためには足場板と部材との離隔距離は少なくとも70 cm程度以上確保する必要がある。離隔距離を確保できない場合には潜水士による施工を検討する必要がある。



写真—4 足場仮設状況

(3) ひび割れ補修

コンクリートのひび割れは、建設時に温度応力や乾燥収縮によって発生するものや建設後年数が経過してから鉄筋の腐食によって発生するものなど発生原因によって発生時期が異なる。補修方法の選択にも影響するため調査時に発生原因を十分に検討しておく必要が



写真—5 ひび割れ注入状況

ある。

栈橋でのひび割れは、コンクリート中に塩化物イオンが浸透し、鉄筋の腐食膨張圧によってひび割れが発生していることが多い。その際にはひび割れ補修を実施しても鉄筋近傍の塩化物イオンがそのままの状態に残置されるので再度ひび割れが発生することになる。したがって栈橋のひび割れ補修では塩化物イオン濃度の調査結果を十分に踏まえた上で実施する必要がある。

ひび割れの補修は、写真—5に示すように注入機具を用いて行われることが多く、使用される材料は一般的なコンクリート構造物の補修と同様に樹脂系やセメント系の補修材が使用される。

(4) 表面被覆工法

表面被覆の施工は、一般的に刷毛やローラーによって塗布する（写真—6）。



写真—6 表面被覆施工状況

コンクリート中に塩化物イオンが多量に浸透している場合には、表面被覆を施工した場合でも鉄筋位置での塩化物イオン濃度が上昇し、鉄筋に腐食が発生するおそれがある。そのため、施工前には塩化物イオンの浸透予測を行い、鉄筋位置での塩化物イオン濃度の推移を把握した上で施工すべきと考える。

(5) 断面修復工法

断面修復工法は、無収縮モルタルやポリマーセメントモルタルによって劣化した箇所を修復する方法である。

断面修復後に塩化物イオンがコンクリートの部材内部に多量に浸透している場合には写真—7に示すように鉄筋が再び腐食し、ひび割れが発生するおそれがある。これは未補修箇所と補修箇所との間に塩分濃度差が生じ、マクロセル腐食と呼ばれる鉄筋の腐食を誘発するためである。マクロセル腐食対策として犠牲陽

極材の使用や亜硝酸リチウムイオンを含有させた補修材の使用について検討する必要がある。塩化物イオンが部材内部まで多量に浸透している場合には電気防食工法の適用についても検討する必要がある。



写真一七 断面修復箇所の劣化事例

断面修復工法では写真一八のように上向きのはつり作業を伴う場合もあるが、コンクリート表面から10cm程度の比較的深い位置までピックではつり取することは容易ではない。また、鉄筋背面までコンクリートをはつことは鉄筋に損傷を与えるおそれもあることに留意しなければならない。

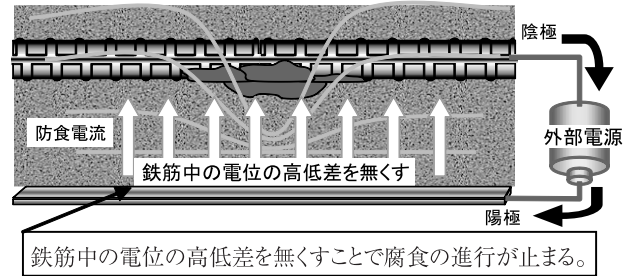


写真一八 はつり作業状況

(6) 電気防食工法

電気防食工法は、コンクリート表面に設置した陽極から鉄筋に直流電流を流し、腐食の進行を抑制する方法である(図一2)。

鉄筋腐食の進行を抑制することが可能であること、コンクリート表面に存在する浮き・剥離箇所は除去する必要があるが、コンクリート中に塩化物イオンが多量に含有した状態や中性化が進行した状態であっても



図一2 電気防食の原理

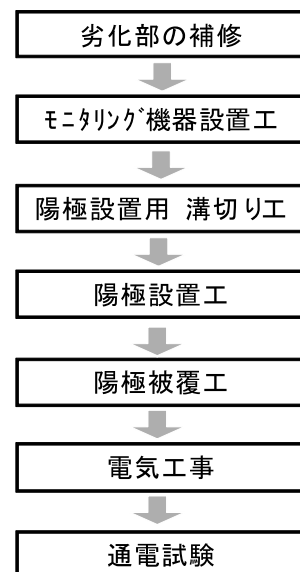
適用できる利点がある。

以下では近年栈橋の上部工の補修として採用例が増えている電気防食工法の内容について述べる。

4. コンクリートの電気防食工法の施工²⁾

(1) 電気防食工法の施工

電気防食工法は図一3の手順で行われる。



図一3 電気防食工法の手順

(2) 劣化部の補修

電気防食工法は、コンクリート表面に設置した陽極から鉄筋に直流電流を通電し腐食を抑制する方法であることから、かぶり部分にひび割れやはく離が生じていると電気が流れない。そのため、それらの欠陥をあらかじめ補修しておく必要がある。その際、補修材料は電気抵抗性が小さい材料を選定する必要がある。

(3) 排流端子、照合電極設置工

劣化部(剥離・剥落部)を補修した後、鉄筋と電源をつなぐ端子(排流端子)、および防食状態のモニタリングのための照合電極を接続する(写真一9)。

排流端子や照合電極を設置後、それらのはつり箇所に対して補修材の付着性能を向上するためにサンドブラスト等で下地処理を行い、モルタルにて修復する。



写真-9 照合電極の設置状況

(4) 陽極設置用の溝切り、陽極の設置

電気防食工法に使用される陽極は数種類存在するが、チタンリボンメッシュを使用する場合には陽極設置用に深さ 20 mm、幅 25 mm 程度の溝を切削する。

切削した溝にチタンリボンメッシュ陽極を設置し、陽極と電源装置とを接続するディストリビュータを溶接する。その後、切削した箇所は、陽極を保護するためにモルタルで被覆する（写真-10）。



写真-10 陽極設置完了

(5) 配線、電源装置の設置

防食回路毎に陽極、排流端子、照合電極に対して陸上に設置した直流電源装置まで配線を行う。これらの配線を介して、電源装置から陽極に電流を流し鉄筋の電気防食を行う（写真-11）。

施工完了後に分極試験を実施し、電流密度を設定し



写真-11 配線の完了

施工完了となる。

以上電気防食工法は、断面修復工法に比べ工程が多くなるが、塩化物イオンが多量に浸透している栈橋上部工の補修に適した補修工法であると考えられる。

5. 調査・補修における課題と望まれる技術

港湾構造物は、海水面近傍に位置した厳しい腐食環境にあることから、劣化が進行する前になんらかの対策を実施しておくことが必要である。劣化が進行する前に対策を行っておくことで、比較的規模が小さい範囲で費用も抑えた対策が可能となる。

また、補修工事を実施する際には、目視・打音調査によって補修数量を算定して計画するが、施工時には当初計画した数量よりも2～3割程度補修数量が増加することも留意しておく必要がある。

望まれる技術として現状の調査では、栈橋の下に立ち入る必要があるが、立ち入ることなしに栈橋の上面から栈橋内部の診断を実施することができれば、安全性が向上し調査が困難となる箇所も診断可能となる。

JICMA

《参考文献》

- 1) 日本コンクリート工学協会：コンクリート診断技術'03 (2003)
- 2) 谷口修：栈橋上部コンクリートの劣化調査、補修設計および補修の実施、コンクリート診断士研修会調査報告書'07、日本コンクリート工学協会 (2007.9)

【筆者紹介】

谷口 修 (たにぐち おさむ)
五洋建設株式会社
本社 土木本部土木設計部
係長

