

報告 RC 栈橋における目視調査と劣化度の評価・判定について

田中 玲志^{*1}・山森 勝弘^{*2}・関 博^{*3}

要旨：寒冷地における RC 栈橋の上部工について，劣化調査を実施して劣化度を検討した。目視調査は，簡易な目視調査（初期目視調査と称する）と工事前目視調査の 2 段階で行っている。双方の目視調査の相違を劣化項目に併せて照査して，詳細調査の結果も総合的に判断・評価してより適切な補修工法の選定を行った。

キーワード：RC 栈橋，目視調査，点検フロー，補修選定フロー

1. はじめに

従来，コンクリート構造物はメンテナンスフリーであり，建設後は半永久的にその機能を保持し得ると考えられてきた。一方では，供用施設を取り巻く自然環境の苛酷さ，不適切な材料の使用、配合や施工の不適切，荷重・外力条件の変化などにより，構造物に変状をきたし当初の性能が低下する例も稀ではない。これらの変状には，当初設計や施工段階で予測し得なかった事例も数多く含まれていると思われる。いずれにせよ，コンクリート構造物は基本的にはその性能は年月と共に低下するもの，所要の性能を保持するためには維持管理を行うべきもの，適宜リニューアルを実施する，とする考えが妥当と思われる。

このような観点から，土木学会にはコンクリート標準示方書「維持管理編」¹⁾ が整備され，コンクリートの維持管理を担う技術のために日本コンクリート工学協会では「コンクリート診断士」制度がもうけられてきた。

コンクリート構造物の劣化を引き起こす要因としては，塩害，中性化，アルカリ骨材反応，凍害，化学的作用，疲労などがある。海岸線に位置する構造物は従来から塩害の影響を受けやすく，劣化機構，劣化の現況，防止対策などに関して多くの研究・調査例が報告されている。

本報告は，寒冷地に施設されたフェリーターミナルにおいて，特に鉄筋コンクリート部材である栈橋上部工の劣化調査および評価・判定に関して検討したものである。栈橋下面のはりやスラブ部材は鉄筋の腐食により構造物としての性能の低下が危惧され，リニューアル工事が進められてきた。栈橋のリニューアル工事はその作業環境などから，劣化調査や補修工事に多くの労力が求められる。今回は，初期の目視点検から補修工事の実施にいたる一連の工程を考えた。特に，初期の目視点検は劣化の概況把握，補修工費の概略算定の目安などとなるものであるが，補修工事の実施に際してはあらためて詳細な目視調査が必須となる。このため，複数回実施された目視調査に考察を加え，さらに最終工程の補修工法にも言及した。

2. 調査構造物の概要

2.1 構造物の設置環境

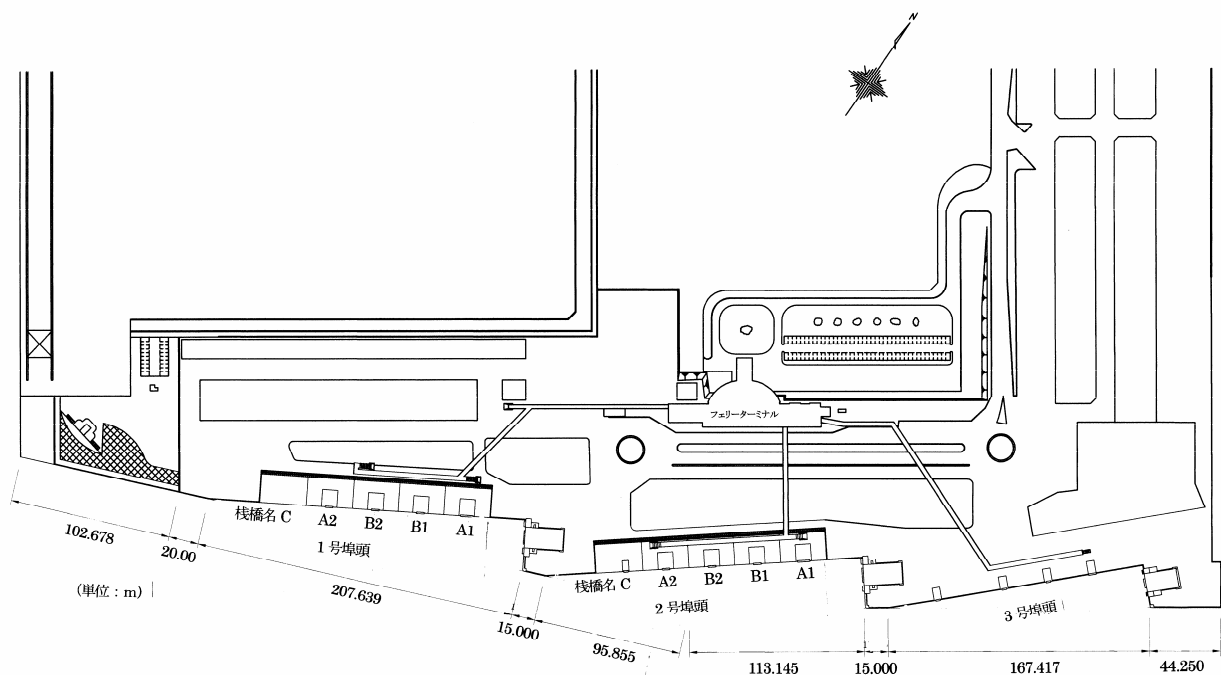
本港湾施設は掘込港湾の入口近傍に位置しているフェリー埠頭である。苫小牧市の気候は，2004 年の資料で下記である。

最高気温	29.2℃(8 月平均 23.9℃)
総降水量	1,220mm
最低気温	-13.8℃(1 月平均-6.6℃)
降雪量	122mm

*1 苫小牧港開発（株）(正会員)

*2 東亜建設工業（株）(正会員)

*3 早稲田大学理工学部社会環境工学科（正会員）



図ー１ フェリー施設の位置図

今回対象とした施設を図ー１に示す。本施設
のフェリー埠頭は１号、２号、３号の３埠頭に
より構成されており、本文では、上部工が RC
構造の１号埠頭および２号埠頭に関して記述す
ることとする。

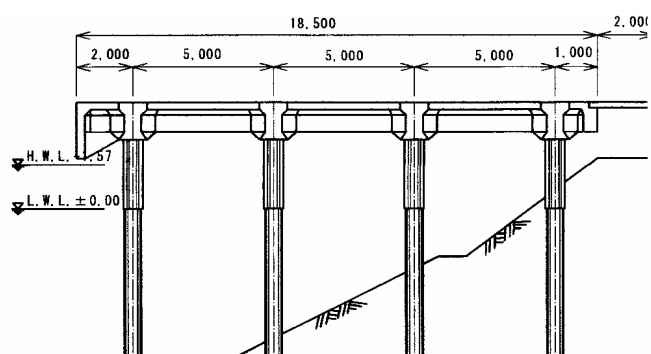
それぞれの埠頭の建設は 1973 年～1975 年
であり、1975 年から供用されている。構造形式
はドルフィン併用横棧橋式-8.5m 岸壁である。
リニューアル工事の時点では、供用からほぼ 30
年が経過している。

2.2 構造形式

構造物は図ー２に示すように RC 棧橋であり、
下部工は鋼管杭であり上部工は RC 造のはりお
よびスラブ構造から構成されている。棧橋法線
方向および直角方向に配置された格子状のはり
の交点に鋼管杭が配置されている。

棧橋は５ブロックから構成され全長は 149m
である。５ブロックのうち４ブロックは、フェ
リーが着岸する際の接岸力を負担するためにドル
フィン構造となっている。１ブロックは多くのブ
ロックが長 30.0m、幅 18.5m（グレーチング部を
除く）の寸法である。

図ー２ 棧橋の構造



3. 調査・検討の全体フロー

図ー３は棧橋上部工に関する一般の点検フロ
ーであり²⁾、ほぼ図ー３に則って点検から補修
（必要な場合）が実施された。すなわち、本調
査では「初回の定期点検」でリニューアルを実施
することを前提とし、＜点検結果の判定＞はお
のずと「詳細点検（二次）」を実施する流れとし
た。その後、「劣化予測」→「LCC 算定」→＜判定
＞→「補修設計」→「補修」のフローで実施した。

4. 点検および調査

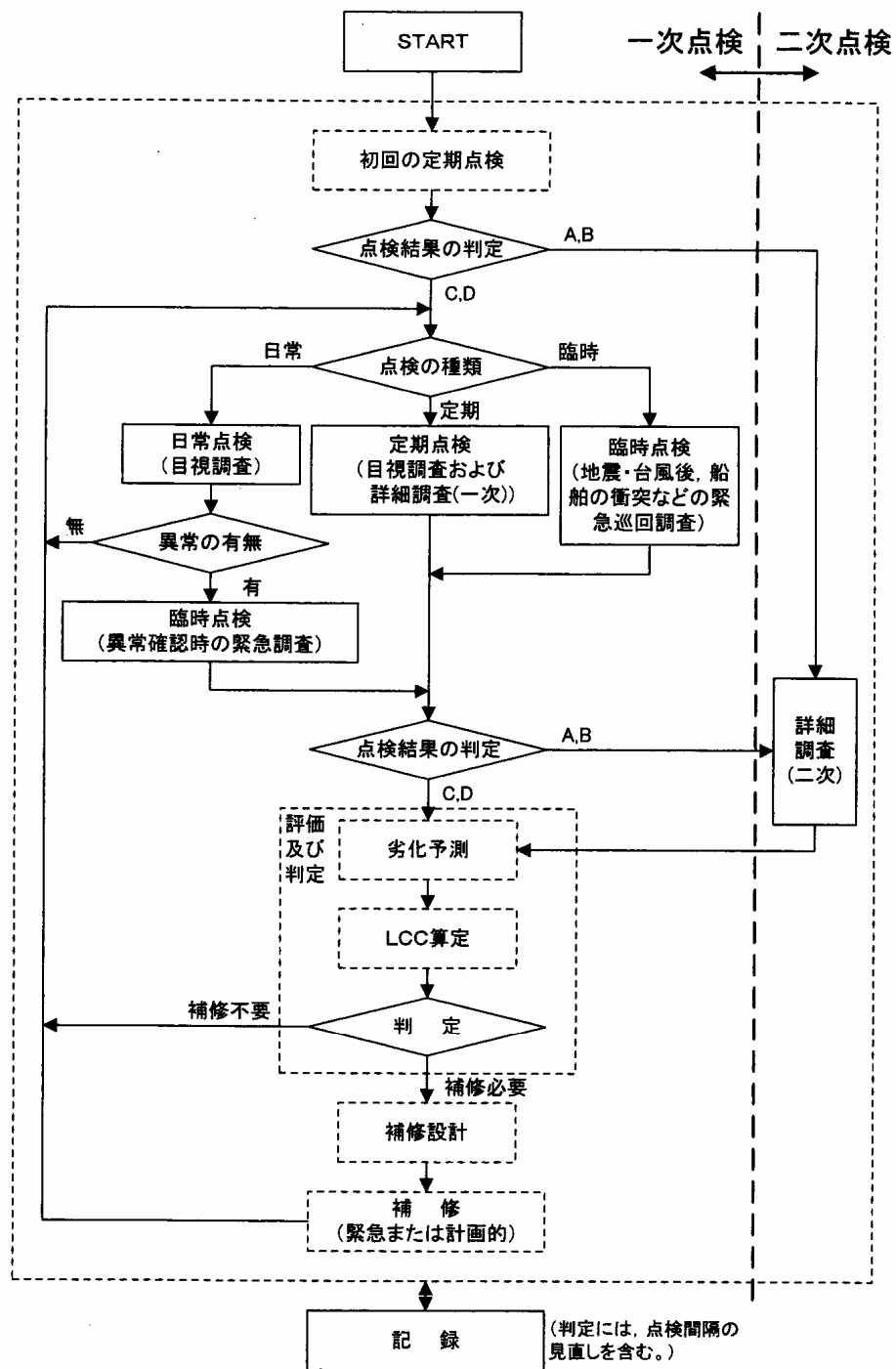
4.1 目視による点検および調査

目視による方法は、「初期の点検」(本文では“初期目視調査”と称する), および, 「補修設計」に資するための点検(本文では“工事前目視調査”と称する)の2段階に亘り実施した。

初期目視調査は小型のゴムボートによる調査である。栈橋下面は明るさが極めて弱く, また, 航跡波や外界からの波浪の影響でゴムボートの動揺が大きく, 目視観察が困難な状況での作業となる。初期目視調査では, 懐中電灯を用いた目視によって

コンクリート表面に観察されたひび割れ, かぶりコンクリートのはく離・剥落による鉄筋露出, コンクリート表面に滲出した錆汁, 部材表面のジャンカなどが記録された。ひび割れに関しては記録したデータから概略の長さを求めた。工事前目視調査ではこれらの項目に加えて以前に実施された補修箇所, ポップアウト(凍害によ

る), 漏水箇所などの変状も記録された。とりわけ, 表—1に示すようにポップアウトの観察件数が極めて多くなっているが, ポップアウトは局部的・表面的であった。工事前目視調査は栈橋下面に足場を設けて実施したもので, 劣化状況の精度はきわめて高い。



図—3 栈橋上部工の点検フロー

表―1 ポップアウト件数 (単位：箇所)

埠頭	部材	初期目視調査	工事前目視調査
1号 C 栈橋	スラブ	1	144
	はり	0	58
2号 C 栈橋	スラブ	6	19
	はり	0	6
2号 A1 栈橋	スラブ	0	27
	はり	0	0

図―4は初期目視調査および工事前調査に関して、主要な顕在化した変状を示したものである。図より、当然のことながら工事前調査では初期目視調査より多くの変状が見られる。たとえば、工事前調査／初期目視調査で表わすと2号C栈橋では、ひび割れの長さで3.1～6.0倍、浮き・はく離面積で1.7～2.8倍、錆汁箇所で4.1～24.3倍、ジャンカの面積で13.5～22.7倍、ポップアウト箇所で3.2倍となっている。栈橋の種類による相違は、微細ひび割れが初期目視調査で確認することに限界があることが考えられる。また、初期ひび割れで判定したひび割れが、工事前ひび割れでは近接して確認できるために、変状の種類の判定も初期目視調査に対して異なるものとなったものがある。

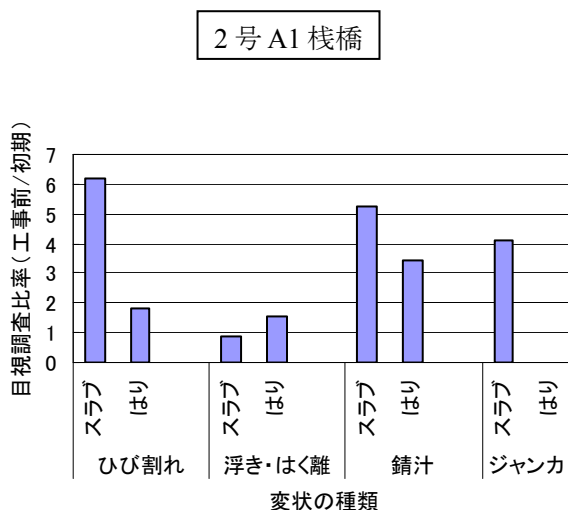
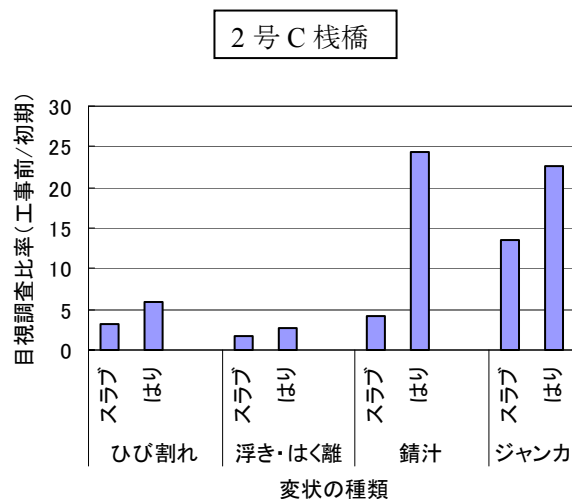
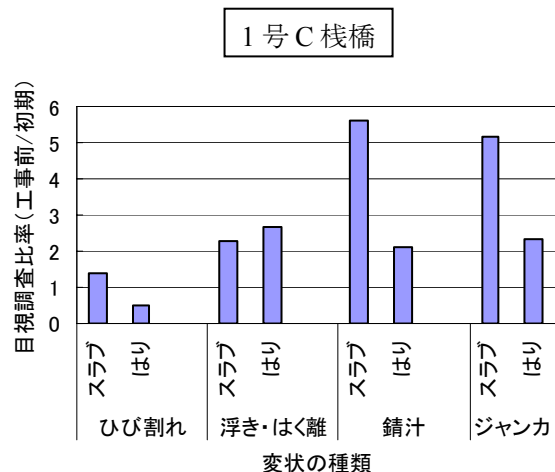
初期目視調査は構造体の変状の概略の傾向や大きな変状を捉えるには有効な調査と思えるが、実際の補修工事に際しては、当然のことながらあらためて詳細な調査が求められることを示している。

4.2 詳細調査

詳細調査としては、コンクリート強度、塩化物量の測定、鉄筋かぶりおよび腐食度の測定、などを実施した。

(1) コンクリート強度

コア供試体の圧縮強度の平均値は1号埠頭 35.2N/mm^2 (コア数量12)、2号埠頭 35.3N/mm^2 (コア数量12) であり、いずれも設計基準強度



図―4 目視調査による劣化状況の比較

24.0N/mm^2 を上回っている。

(2) 塩化物量の測定

コア供試体から試験片を採取し JCI-SC4「硬化

表—2 塩化物含有量の測定値（2号埠頭）

部材の種類	塩化物含有量(kg/m ³)				
	0～20mm	20～40mm	20～40mm	20～40mm	20～40mm
スラブ	0.73	0.89	0.72	0.65	0.60
はり	1.82	1.81	1.06	0.76	0.61

注：深さ方向は6試料の平均値

コンクリート中に含まれる塩分の分析方法」に従い処理を行い、吸光光度法によって塩化物量を測定した。

表—2に2号埠頭に関して、スラブおよびはりの塩化物含有量の平均値を示す。平均値はいずれも鉄筋腐食の領域に達してないが、海面からの距離の短いはり部材ではスラブより表層の塩化物含有量は多い傾向が見られた。

(3) 鉄筋のかぶり

コア採取位置でかぶりのコンクリートをはつり、鉄筋のかぶりおよび腐食状況を測定および観察した。全般に、かぶりは設計値を満足していないものが多い。鉄筋の腐食はコア試料採取時に観察したところ軽微であり、また、かぶりと鉄筋の腐食グレードに明確な関係は認めなかった。

4.3 拡散係数および表面塩化物量の算定

コンクリート中への塩化物の浸透にフィック則を適用して第2法則を適用して、回帰分析により拡散係数および表面塩化物量を算定した。

拡散係数および初期塩化物量は大きなばらつきを有している。今回、拡散係数に関しては1号埠頭、2号埠頭のスラブおよびはりのすべてのデータを用いて正規分布と仮定し、超過確率10%のときの値を計算した。また、初期塩化物量および表面塩化物量に関してはスラブおよびはりの個々の部材に関して同様にして超過確率10%のときの値を計算した。

表—3に2号埠頭の値を示した。

5. 目視による健全度の評価

塩害による劣化過程と劣化度に関しては、潜

する考え方を準用した²⁾。すなわち、「はく離・はく落、浮き」、「鋼材の腐食」、「ひび割れ」（ス

表—3 拡散係数および表面塩化物量の設計値（2号埠頭）

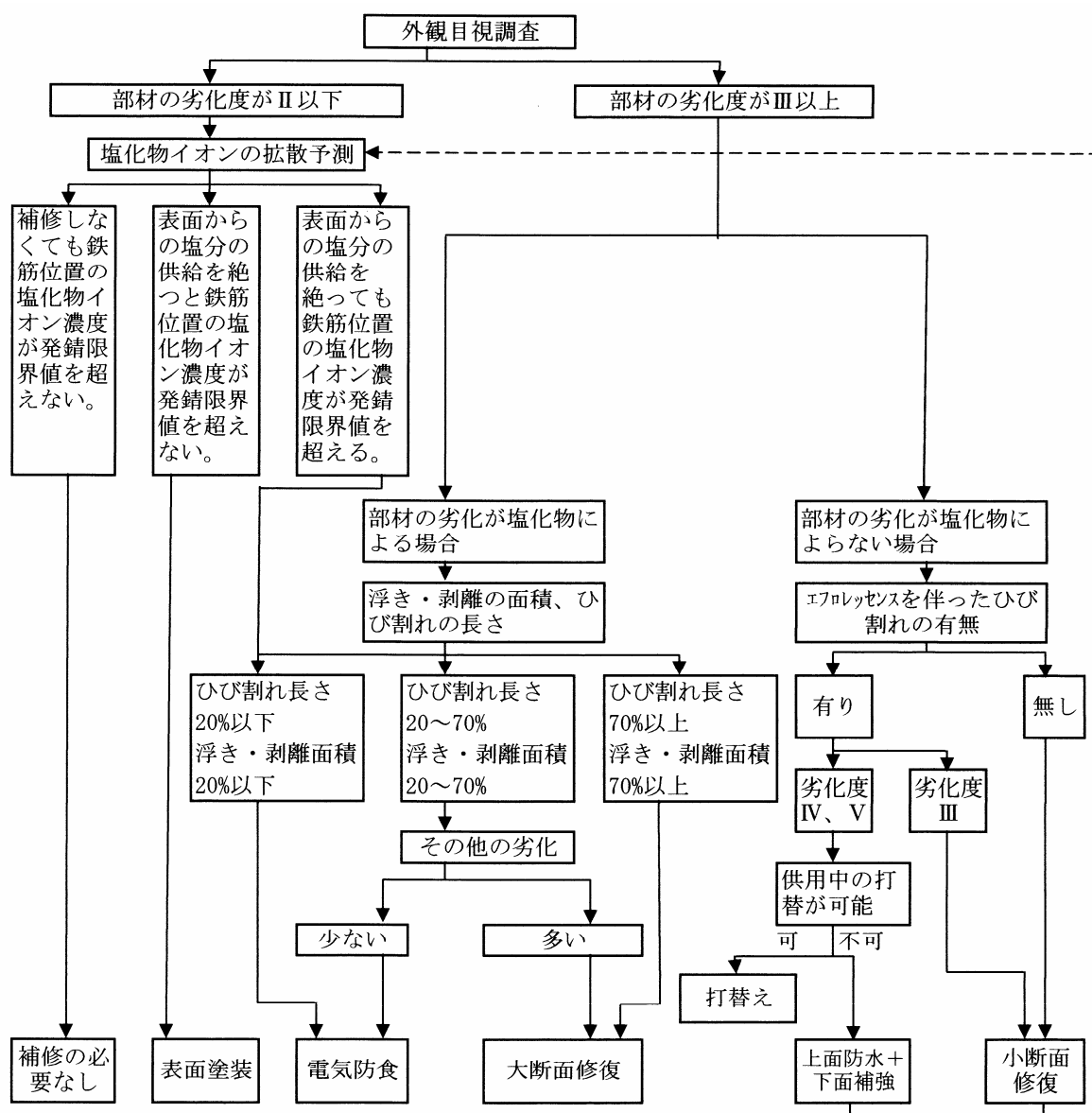
部材	拡散係数 (cm ² /年)	表面塩化物量 (kg/m ³)	初期塩化物量 (kg/m ³)
スラブ	0.309	1.110	0.581
はり	0.309	6.560	0.732

伏期から進展期、加速期を経て劣化期に至るとスラブの場合はさらに、「エフロッセンス」を目視観察し、最も不利な判定をその部材の判定とする。劣化度のⅡ以下は加速期の前期までであり、一方それ以降の加速期後期からは劣化度Ⅲ以上と判定され、劣化度Ⅲ～Ⅴの範囲は部材の安全性能や使用性能の低下が懸念される劣化度である。

6. 補修工法の選定

図—5に補修の選定フローを示している。外観観察から、劣化度Ⅱ以下と劣化度Ⅲ以上に分類した。前者では塩化物イオンの拡散予測などから補修不必要、表面塗装工、電気防食などの補修工法を定めている。一方、劣化度Ⅲ以上では、塩化物腐食による劣化、乾燥収縮や荷重作用などが原因の劣化に応じて、電気防食、断面修復、スラブ下面補強、スラブ打替などの多様

な工法が選択されるフローとなっている。



図—5 補修の選定フロー

7. あとがき

RC 栈橋を対象として、調査のフローおよび補修工法の選定方法に関して検討した。初期段階の調査では、調査の困難さから目視調査の把握できる範囲は限定されることが示されている。現実には補修工の決定前に補修のための調査が実施されるが、今回の施設では、目視調査の視点からは初期目視調査と工事前目視調査に最大 20 倍程度の開きが見られる。最終的な補修工法の決定では、工事前目視調査と詳細調査を併せ総合的に判断・評価することの重みが示された。

謝辞：本リニューアル工事に当たっては、長内誠氏をはじめ東京港埠頭公社の方々に多大のご示唆を賜った。記して感謝の意を表する次第である。

参考文献

- 1) 2001 年制定 コンクリート標準示方書「維持管理編」, 土木学会, 182pp., 2001.1
- 2) 東京港埠頭公社, 土木施設維持管理マニュアル, 152pp., 2003.3