

港湾コンクリート構造物補修マニュアルについて

小澤 義之*・稲田 勉**

* (一財)沿岸技術研究センター 調査部 主任研究員

** (一財)沿岸技術研究センター 調査部 調査役

港湾コンクリート構造物をその供用期間にわたって要求性能を満足できるようにするためには計画的な維持補修が必要であり、効率性や経済性等を考慮した工法の選定が重要である。「港湾コンクリート構造物補修マニュアル」は、補修の基本的な考え方、補修・補強工法、補修設計の手順、補修の施工などの留意点と補修設計例をとりまとめたものである。ここでは、本マニュアルの内容を紹介する。

キーワード：港湾コンクリート構造物 補修 補強 マニュアル 維持管理

1. はじめに

近年、社会資本の老朽化に係る問題が各方面で顕在化し、国民の社会資本ストックの将来に対する懸念が高まっている。港湾分野においても高度経済成長期などに集中的に整備された各種施設が急激に老朽化し始めているところであり、真に必要な社会資本とのバランスを取りながら、戦略的に維持管理・更新を行い、安全・安心の確保や施設の機能維持に向けた取り組みを着実に実施することが急務となっている。

平成 25 年度に港湾法など関係法令の改正が行なわれ、適切な維持管理に必要な施設点検の規定などを法令に位置づけるとともに、適切な維持管理に必要な点検診断ガイドラインを策定するなど、戦略的な維持管理・更新に向けて取り組みがすすめられている。

本マニュアルは、補修の基本的な考え方、補修・補強工法、補修設計の手順、補修の施工などの留意点と 3 つの補修設計例をとりまとめたものである。目次構成は以下の通りで、本編 144 ページ、付録 61 ページでとりまとめている。

【本編】

第 1 章 総則(pp.1~9)

1.1 総説

第 2 章 構造物の補修の基本的な考え方(pp.10~27)

- 2.1 補修の基本的な流れ
- 2.2 補修設計のための調査
- 2.3 補修設計
- 2.4 補修の施工
- 2.5 補修後の点検診断

第 3 章 補修・補強工法(pp.28~80)

- 3.1 概説
- 3.2 表面被覆工法
- 3.3 断面修復工法
- 3.4 電気防食工法

3.5 ひび割れ補修工法

3.6 打換え工法(取替え工法)

3.7 外型砕工法

3.8 袋詰めコンクリート工法

3.9 増厚工法

3.10 鋼板接着工法

3.11 連続繊維接着工法

3.12 外ケーブル工法

3.13 中詰固化工法

第 4 章 構造物の補修(pp.81~144)

4.1 栈橋上部工(RC)

4.2 栈橋上部工(PC)

4.3 防波堤ケーソン

4.4 矢板頂部コンクリート

4.5 防波堤上部コンクリート

【付録】

補修設計例-1 栈橋上部工の補修設計例(pp.1-1~1-35)

補修設計例-2 防波堤ケーソンの補修設計例
(pp.2-1~2-16)

補修設計例-3 防波堤上部コンクリートの補修設計例
(pp.3-1~3-10)

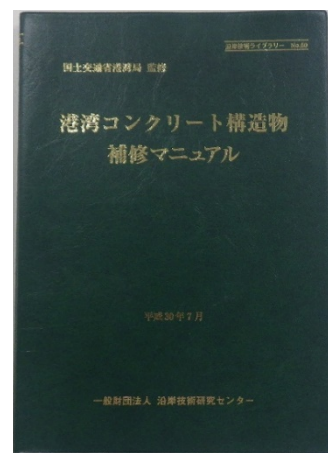


写真-1 港湾コンクリート構造物補修マニュアル

2. 本マニュアルの内容について

2.1 第1章 総則

第1章では本マニュアルの適用範囲、本マニュアルで使用する補修・補強、耐久性等の用語の定義、補修の基本方針について解説している。

港湾コンクリート構造物の標準的な維持管理の流れと本マニュアルの範囲を図-1 に示し、着色部分が本マニュアルの範囲である。

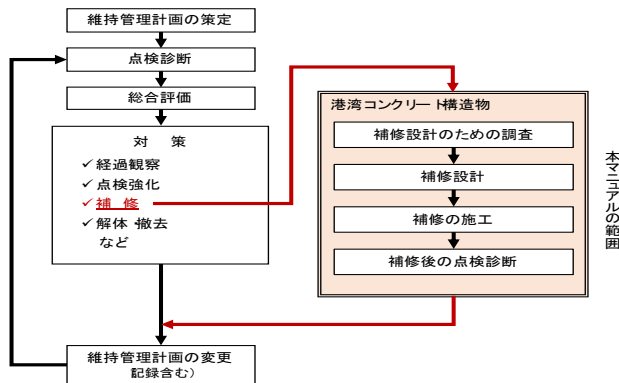


図-1 港湾コンクリート構造物の標準的な維持管理の流れと本マニュアルの範囲

本マニュアルにおける補修および補強についての定義を下記に、補修と補強の概念図を図-2 に示す。

補修：変状により性能が低下した構造物や部材の力学的性能又は耐久性、あるいは両者を、当初の水準を超えないレベルまでに回復させる行為。あるいは、当初保有していた水準を超える耐久性を付与する行為

補強：部材が当初に保有していた水準を超える力学的性能を付与する行為

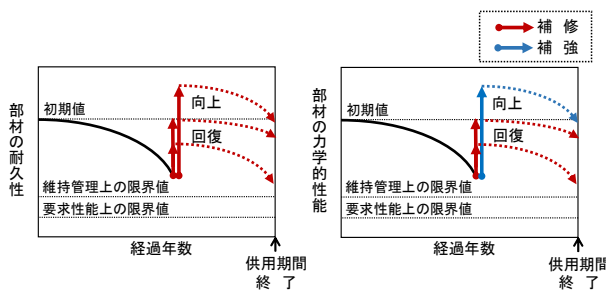


図-2 コンクリート部材の補修および補強の概念

2.2 第2章 構造物の補修の基本的な考え方

第2章では補修の基本的な流れを示し、①補修設計のための調査、②補修設計、③補修の施工、④補修後の点検診断を解説している。①～④の概要は以下のとおりである。

①補修設計のための調査

補修設計のための調査には、建設当時の設計図書や施工記録、ならびに維持管理計画書や点検診断結果などを確認する資料調査と、現地の自然環境条件や構造条件に関する留意事項の確認や、現地のコンクリート部材の詳細な変状の把握および部材の劣化度の見直しのための追加の詳細調査がある。

②補修設計(補修・補強工法の選定と設計)

構造物の補修設計には、部材に適用する補修・補強工法の選定と設計の2つのステップがある。

補修・補強工法の選定では、補修設計のための調査の結果を踏まえて、補修後の構造物の要求性能と供用期間に基づいて補修シナリオを設定し、部材に適用すべき補修・補強工法を選定する。次に、補修・補強対象範囲について、適用工法の施工の効率性や経済性(補修コスト)などを考慮して、補修効果を損なわない範囲で、構造物全体における補修・補強工法の選定の見直しを行い、最終的には補修・補強範囲(数量)、実施時期の決定までを行う。

また、補修・補強工法の設計は、選定した工法の適用に期待する要求性能と耐用期間を満足する各工法の仕様、補修材料の仕様、施工方法(仮設を含む)などの決定までを行う。

③補修の施工

施工は、補修設計の内容や施工上の制約などを十分に考慮して、施工計画を適切に策定したうえで実施する。

④補修後の点検診断

補修後の点検診断は、工法に期待した効果が発揮されているか、供用期間中に効果を持続させることが可能かなどを判断するために実施する。なお、補修設計時に想定していない変状が確認された場合に速やかに対策を検討できるように、施工完了後において、適用した補修・補強工法および材料を記録し、これらに対する点検診断の具体的な方法などと合わせて維持管理計画書を修正する。

2.3 第3章 補修・補強工法

第3章では港湾コンクリート構造物のうち、栈橋上部工、防波堤ケーソン、防波堤上部工および矢板頂部コンクリートを対象にした各補修・補強工法について、個別に適用目的・利点、適用条件、使用部材、施工方法などの施工の要点、実施後の点検方法などを示す。表-1に補修・補強の構造物(部材)に対する適用性の一覧を示す。

表-1 補修・補強の構造物(部材)に対する適用性

名称	対象構造物(部材)				
	栈橋上部工(RC)	栈橋上部工(PC)	防波堤ケーツン	矢板頂部コンクリート	防波堤上部コンクリート
表面被覆工法	○	○	△	△	×
断面修復工法	○	○	○	○	○
電気防食工法	○	○	△*	△*	×
脱塩工法	△	△	×	×	×
ひび割れ補修工法	○	○	○	○	○
打換え工法(取替工法)	○	○	△	○	○
外型枠工法	×	×	○	×	×
袋詰めコンクリート工法	×	×	○	×	×
増厚工法	△	△	×	×	×
鋼板接着工法	△	△	×	×	×
連続繊維接着工法	△	△	×	×	×
外ケーブル工法	△	○	×	×	×
中詰固化工法	×	×	○	×	×


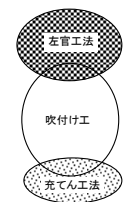

【凡例】○：標準工法、△：条件により適用可、×：適用不可

※電源方式を流電陽極方式にすることで適用が可能である。

各補修工法の中で使用頻度が高いと思われる断面修復工法とひび割れ補修工法についての概要を以下に示す。

断面修復工法では、左官工法、吹付け工法および充填工法の3種類があり、適用するコンクリート構造物の環境や種類、部材・部位(施工の方向に關係する)、修復面積の大小などを考慮して選定することが必要である。補修部位の位置と補修面積による断面修復工法の適用範囲を表-2、断面修復工法の一般的な断面を図-3に示す。

表-2 断面修復工法の適用範囲の概念¹⁾

補修部位の位置	下面	側面	上面
施工の方向	上向き施工	横向き施工	下向き施工
補修面積	小	大	大
			

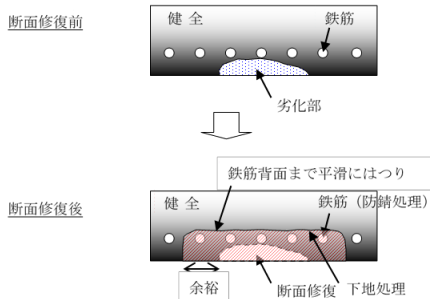


図-3 断面修復工法の一般的な断面

ひび割れ補修工法には、ひびわれ被覆工法、注入工法および充填工法があり、ひび割れ幅の変動やひび割れ深さを考慮して選定することが必要である。各ひび割れ補修工法の選定例を図-4に示す。ひび割れ補修工法の一般的な断面を図-5に示す。

一般にひび割れ幅が0.2mm程度以下の補修にひび割れ被覆工法、ひび割れ幅が0.2mm~1.0mmの補修に注入工法、ひび割れ幅が1.0mm以上の補修に充填工法が採用される場合が多い。

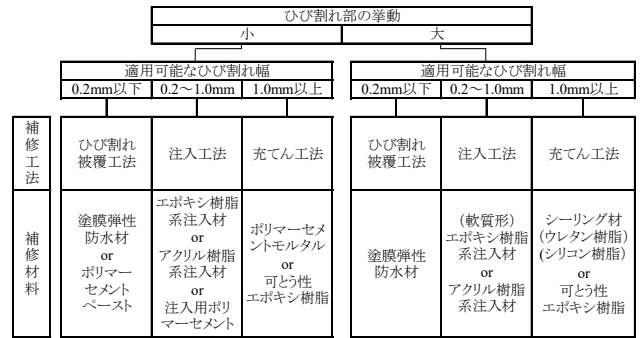
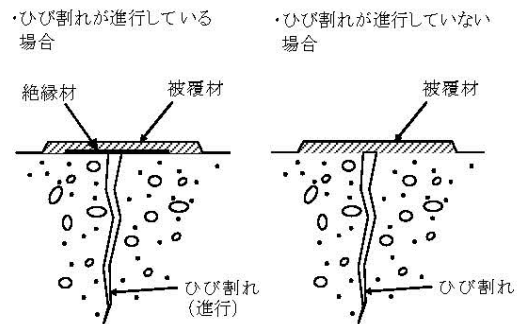


図-4 各ひび割れ補修工法の選定例²⁾

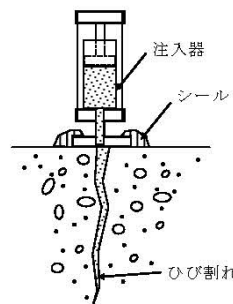
【ひび割れ被覆工法】

0.2mm 以下



【注入工法】

0.2mm~1.0mm



【充填工法】

1.0mm 以上

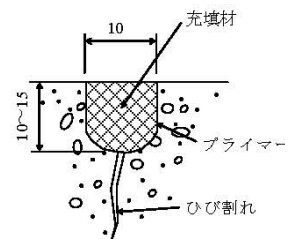


図-5 ひび割れ補修工法の一般的な断面

2.4 第4章 構造物の補修

第4章では栈橋上部工(RC)、栈橋上部工(PC)、防波堤ケーソン、矢板頂部コンクリート、防波堤ケーソン上部コンクリートの各構造物の補修について、概説、補修設計のための調査、補修・補強工法の選定手法、補修・補強工法の設計の考え方、補修の施工の考え方および補修後の点検診断の項目で整理して解説している。その中で、栈橋上部工(RC)について以下に概説する。

栈橋上部工(RC)の補修にあたっては、床版、はり、杭頭部の塩害による劣化を対象として、補修設計のための調査、補修・補強工法の選定と設計、補修の施工、補修後の点検診断を適切な手順および方法で行うことが重要である。

補修設計のための調査として、詳細な劣化状況、補修対象の範囲、現地の自然環境条件などの把握を目的とし、資料調査(建設当時の設計図書や施工記録、維持管理計画書、点検診断結果)に加えて、追加の詳細調査についての具体的な調査項目を解説している。

補修・補強工法の選定では、各部材の劣化の進行に応じて、適切な塩害対策工法を選定(表面被覆工法、電気防食工法、断面修復工法など)するために、補修・補強工法の選定フローを示しており、選定の手順と補足説明を解説している。

補修・補強工法の選定の留意点では、栈橋上部工(RC)に標準的に適用される表面被覆工法、電気防食工法、断面修復工法を中心に、各工法の選定上の留意点を解説している。

補修の施工の考え方では、仮設の足場を計画する際の作業空間、作業時間への影響および足場構造についての留意点、昇降設備や作業通路についての留意点、栈橋上面の作業ヤードや資材ヤードを計画する際の留意点を解説している。



写真-2 吊足場の例



写真-3 ブラケット足場の例

2.5 付録(補修設計例)

実際の港湾コンクリート構造物の補修設計例から本マニュアルの考え方に合致したものを抽出し、補修設計を行う上での留意すべき主な内容を記載している。適所に四角枠で【～のポイント】を掲載し、考慮すべき事項や考え方などを解説している。

- ・補修設計例-1 栈橋上部工の補修設計例
 - ・補修設計例-2 防波堤ケーソンの補修設計例
 - ・補修設計例-3 防波堤上部コンクリートの補修設計例
- 以下に掲載された3つの設計例を概説する。

(1) 補修設計例-1 栈橋上部工の補修設計例

塩害による劣化が確認された栈橋上部工の設計例である。補修設計の手順、補修設計のための調査、補修設計まで記載している。

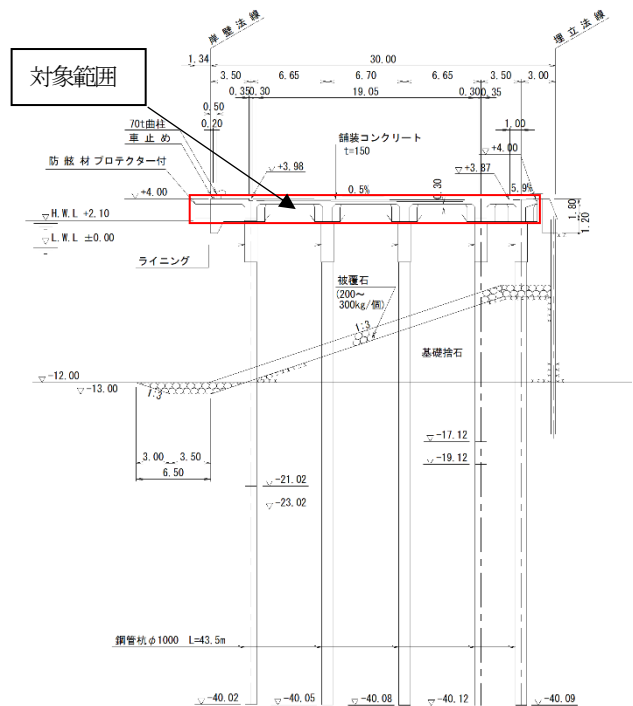


図-6 標準断面図および対象範囲

補修設計の手順では、補修設計のための調査、補修設計、補修の施工、補修後の点検診断までの構造物の補修の基本的な流れをフロー図にて示している。

補修のための調査では、資料調査および追加の詳細調査について記載している。資料調査では基本的な調査事項や栈橋建設後から補修工事実施までの履歴をまとめた例を記載している。追加の詳細調査では①目視調査(打音調査を併用)、②塩化物イオン濃度調査などのための部材グループの設定、③塩化物イオン濃度調査およびはつり調査数量の設定、④追加の詳細調査結果のまとめについて具体的な例を示している。

①目視調査(打音調査を併用)

目視調査(打音調査を併用)では、施設全体の全部材に対して、部材の劣化度、コンクリートの浮き、剥落、ひび割れなどの数量を調査した結果について、劣化度判定図や劣化展開図の例を示している。

②塩化物イオン濃度調査などのための部材グループの設定

塩化物イオン濃度調査などのための部材グループの設定では、海水面から部材底面までの高さの違いを考慮して、はり(杭頭部を含む)と床版の2つに分類している。次いで、栈橋の上部工の奥行きが30mと長いことから、法線直角方向に海側、中間、陸側の3つに分類し、各劣化度の部材数をブロック毎に整理した例と部材グループの設定例と設定の根拠を示している。

③塩化物イオン濃度調査およびはつり調査数量の設定

塩化物イオン濃度調査およびはつり調査数量の設定では、目視調査の結果、ASRによる変状が見られなかったこと、過去に補修した履歴などはないことから、塩害に対する劣化状況の把握に主眼を置いて、塩化物イオン濃度調査とはつり調査を調査項目として選定し、調査項目および数量の設定の例を示している。

④追加の詳細調査結果のまとめ

追加の詳細調査結果のまとめでは、目視調査結果、塩化物イオン濃度調査結果、はつり調査結果の整理の例を示している。

表-2 劣化数量一覧の例

ブロック	部材名称	変状箇所番号	浮き面積 (m ²)	剥落面積 (m ²)	錆汁 (m ²)	ひび割れ [1mm未満] (m)	ひび割れ [1mm以上] (m)
2BL	B-[1]	(1)	0.60				
2BL	B-[1]	(2)	0.60				
2BL	B-[1]	(3)				1.0	
2BL	B-[1]	(4)				1.4	
2BL	B-[1]	(5)				1.4	
2BL	[B]-2	(1)				1.0	
2BL	[B]-2	(2)				0.9	
2BL	B-[2]	(1)					0.9
2BL	B-[2]	(2)					0.7
2BL	B-[2]	(3)			0.01		
2BL	B-[2]	(4)			0.01		
2BL	B-[2]	(5)			0.01		

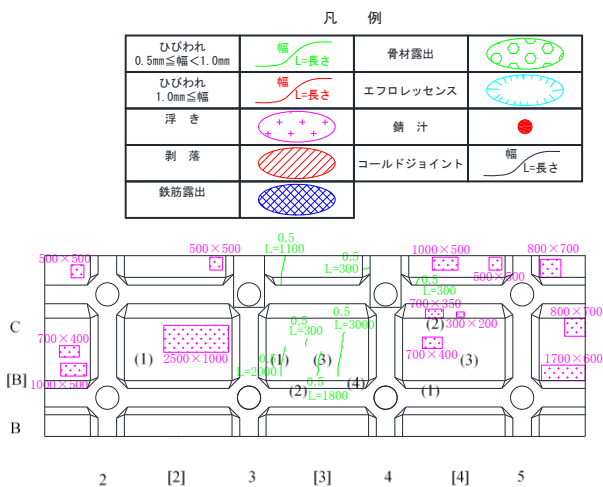


図-7 劣化展開図の例

補修設計では、補修・補強工法および補修・補強工法の設計を示している。補修・補強工法の選定では、フローにしたがって選定した例を示し、補修シナリオの設定(補修設計のための条件設定)、劣化度による部材の補修・補強工法の選定の例を示している。補修・補強工法の割り付け図、補修・補強工法の分類表、補修工法選定図、補修コストの検討の例を示している。補修・補強工法の設計では、補修工法を選定した対象部材の各種補修工法ごとに設計の例を示している。

(2) 補修設計例-2 防波堤ケーソンの補修設計例

防波堤の港外側ケーソン側壁の水中部(±0.00m付近)損傷(消波ブロックの衝突によるケーソン側壁の穴あき)に対しての防波堤ケーソンの補修設計例である。本マニュアルでは補修設計の手順、補修設計のための調査、補修設計まで記載している。

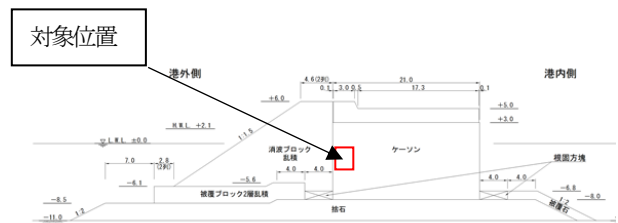


図-8 標準断面図および対象位置

補修設計の手順では、補修設計のための調査、補修設計、補修の施工、補修後の点検診断までの構造物の補修の基本的な流れをフロー図にて示している。

補修のための調査では、資料調査、一般定期点検診断の結果および追加の詳細調査について記載している。追加の詳細では、消波ブロックを撤去してからの詳細調査結果とケーソン側壁の損傷の原因推定を示している。ここでは、高波浪の作用により消波ブロックが動くことで生じる衝突によってケーソン側壁に穴あきや陥没が発生した可能性が高いとまとめている。

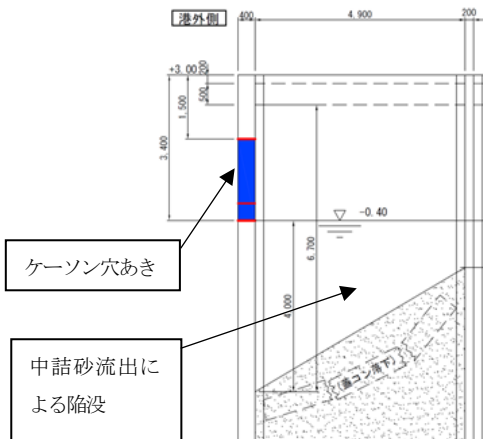


図-9 損傷状況



写真-4 ケーソン穴あきの例

補修設計では、補修工法の選定、補修工法の設計の例を示している。補修工法の選定では、損傷範囲の設定、側壁内部損傷範囲の設定、中詰砂流出時のケーソンの安定性照査、補修工法の選定の例を示している。ケーソン側壁の穴あきに対しては、袋詰めコンクリート工法、外型枠工法、中詰砂固化方法があるが、ここでは外型枠工法での補修を選定している。補修工法の設計では、鋼製外型枠、固定用アンカーボルト、ゴムパッキンおよび中詰コンクリートについて示している。

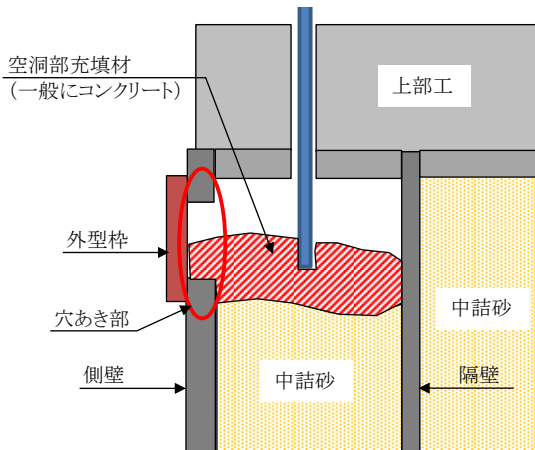


図-10 外型枠工法の施工概要

(3)補修設計例-3 防波堤上部コンクリートの補修設計例
防波堤の上部コンクリートの一部欠損による損傷に対する補修設計例である。本マニュアルでは補修設計の手順、補修設計のための調査、補修設計まで記載している。

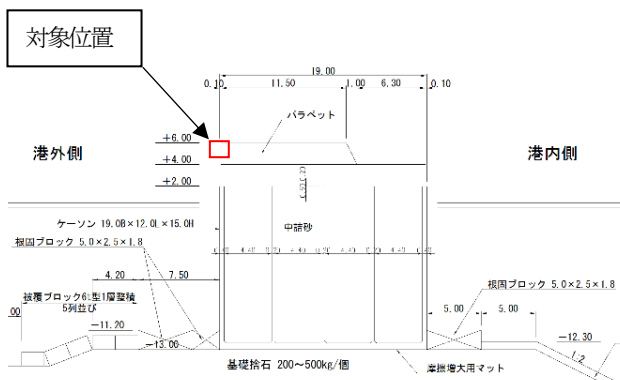


図-11 標準断面図および対象位置

補修設計の手順では、補修設計のための調査、補修設計、補修の施工、補修後の点検診断までの構造物の補修の基本的な流れをフロー図にて示している。

補修のための調査では、資料調査、一般定期点検診断の結果および追加の詳細調査について記載している。

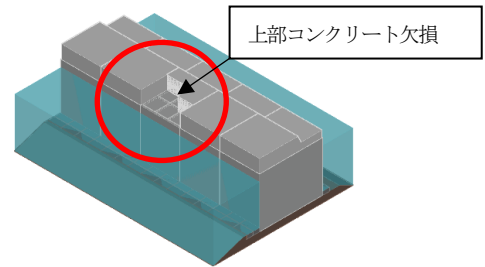


図-12 損傷状況



写真-5 防波堤上部コンクリート損傷の例

補修設計では、補修工法の選定、補修工法の設計の例を示している。補修工法の選定では、損傷範囲の設定、補修工法の選定の例を示している。ここでは、断面修復を選定している。補修工法の設計では、コンクリートおよび差し筋の設計を記載している。

3. おわりに

本マニュアルは港湾の施設の技術上の基準・同解説の改訂(平成30年5月)との整合性を図り作成した。本マニュアルが港湾コンクリート構造物の補修・補強に係る港湾管理者、設計者、施工者などの一助になれば幸いである。

謝辞

本マニュアルの作成にあたっては、平成29年度港湾コンクリート構造物補修マニュアル検討会(委員長:岩波光保東京工業大学教授)の委員、港湾コンクリート構造物の補修設計等に関するワーキンググループの執筆者及び国土交通省港湾局の関係者から貴重なご指導をいただいた。ここに厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) (社)土木学会: コンクリートライブラリー119 表面保護工法設計施工指針(案), 2005.
- 2) (公社)日本コンクリート工学会: コンクリートのひび割れ調査, 補修指針-2013-, 2013.