

港湾における技術基準の最近の動向と PC 構造物における維持管理上の課題と取り組み

川端 雄一郎*1・加藤 絵万*2

本稿では、港湾における最近の動向とプレストレストコンクリート（PC）も含めたコンクリート構造物における維持管理上の課題と取り組みを紹介する。港湾における最近の動向として、まず平成 30 年に改訂された「港湾の施設の技術上の基準」について、改訂のポイントを概説するとともに、塩化物イオンの侵入による鉄筋腐食に関する照査の流れを示す。次に、コンクリート構造物における維持管理上の課題を示し、港湾分野での最近の取り組みについて紹介する。具体的には、ROV（Remotely Operated Vehicle）の開発やセンサを活用したモニタリングなどの点検の効率化に関する取り組み、また炭素繊維補強プラスチック（CFRP）を全部または一部使用したプレテンションホロー桁の実証試験について紹介する。

キーワード：港湾、維持管理、点検、高耐久化

1. はじめに

港湾構造物は厳しい海洋環境で供用され、塩害を主とした部材の劣化・損傷が発生してきた。プレストレストコンクリート（PC）は鉄筋コンクリート（RC）と比較して一般に耐久性の高い構造ではあるものの、港湾分野においても PC 構造物の劣化事例も散見されている。

このような状況を受け、平成 19 年に制定された「港湾の施設の技術上の基準・同解説」（H19 港湾基準）では、施設の設置者が維持管理計画等を定め、これに基づいて適切な維持管理がなされるよう規定された。平成 30 年に改訂された港湾基準（H30 港湾基準）でも基本的な概念は変わらないが、塩害に対する照査に関して見直しが行なわれるとともに、新たに高耐久材料の積極的活用や維持管理設備の設置など、設計時における維持管理への配慮事項に関する記載が新たに追加された。

本稿では、まず港湾分野における最近の動向として、H30 港湾基準の改訂の概要について紹介する。次に、PC を含め、港湾コンクリート構造物における維持管理上の課題、また維持管理に関連した最近の取り組みとして、点検診断の効率化、PC 部材の高耐久化に関して紹介する。なお、

港湾分野で PC が用いられる構造物として、上部工に PC ホロー桁を用いた栈橋、二重円筒ケーソンや半円形ケーソンなどの新形式防波堤等がある。

2. H30 港湾基準の改訂の概要

本章では、H30 港湾基準の改訂の概要を紹介するとともに、PC 構造物に関連する耐久性や維持管理に関連する改訂の概要について記述する。

2.1 改訂の主な概要

平成 19 年における港湾基準の性能規定化の導入以降、東日本大震災を教訓とした防災・減災対策の強化やインフラの老朽化対応、生産性向上の推進など、さまざまな社会情勢の変化を受け、平成 30 年度に全面的な改訂が行われた。H30 港湾基準の改訂では、① 調査・設計・施工・維持の建設清算プロセスの効率化等による生産性の向上の推進、② 既存施設の適切な維持管理や合理的な改良等による既存ストックの有効活用の推進、③ 耐津波に関する粘り強い構造の高度化等による防災・減災対策の強化、④ 船舶の大型化への対応等による国際競争力の強化、⑤ 環境に関する新たな知見等による豊かな海域環境の保全・再生・創出、などが大きなポイントである。このうち、PC 構造物が主に関連するのは① 生産性向上の推進や② 既存施設の適切な維持管理である。

生産性向上の推進では、一連の建設生産プロセスにおける ICT の活用や三次元データ等の共有に関するコメントが追加されるとともに、規格化・標準化された部材の活用等による生産性向上への配慮が追記された。また、H19 港湾基準の材料係数アプローチに基づく部分係数法から、H30 港湾基準では荷重抵抗係数アプローチに移行した点も改訂のポイントである。

既存施設の適切な維持管理では、平成 19 年以降、維持管理に関する法令等の充実が図られるとともに、実務上の手引きとなるガイドライン等も整備され、さらに専門技術者（海洋・港湾維持管理士）の育成・確保も進められてきた。これらの動向を受け、H30 港湾基準では、最新の学会



*1 Yuichiro KAWABATA

港湾空港技術研究所 構造
研究領域 主任研究官



*2 Ema KATO

港湾空港技術研究所 構造
研究領域 グループ長

示方書やガイドラインを参照し、部材照査の方法や性能の経時変化に関する検討の記載が充実された。とくに、H19 港湾基準では、性能の経時変化に関する検討はコンクリート部材に関してのみ記載されていたが、H30 港湾基準では鋼・合成構造部材および複合構造部材に関する記載を追加した。なお、鋼部材については、平成 11 年に防食工法を適用することが標準とされていたが、近年鋼部材の腐食に伴う施設の破損事例が報告されていることから、H30 港湾基準では、鋼部材の性能の経時変化に対する検討は、鋼材の防食設計を対象として行うことを改めて明記した。

また、性能の経時変化に関する検討において、コンクリート部材における塩化物イオンの侵入による鉄筋腐食に関する照査についても一部改訂がなされた。これについては次節にて紹介する。

2.2 塩化物イオンの侵入による鉄筋腐食に関する照査

塩化物イオンの侵入による鉄筋腐食に関する照査は H19 港湾基準から導入された。その後、土木学会コンクリート標準示方書〔設計編〕(RC 示方書)が改訂され、またコンクリートの塩化物イオンに対する拡散係数のデータが蓄積されたことから、これらの見直しがなされた¹⁾。以下に平成 19 年から改訂された点を示す。なお、H30 港湾基準における鉄筋腐食発生限界濃度 C_{lim} および表面塩化物イオン濃度 C_0 の設定方法は平成 19 年と同様である。

まず、鉄筋位置における塩化物イオン濃度の設計用値 C_d については、RC 示方書と同様、安全係数と初期塩化物イオン濃度が追加された(式(1))。

$$C_d = \gamma_{cl} C_0 \left(1 - \operatorname{erf} \left(\frac{0.1c}{2\sqrt{D_{at}}} \right) \right) + C_i \quad (1)$$

ここに、 γ_{cl} : 鋼材位置の塩化物イオン濃度の設計用値 C_d のばらつきを考慮した安全係数、 C_0 : コンクリート表面における塩化物イオン濃度 (kg/m^3)、 c : かぶりの設計値 (mm)、 D_a : 塩化物イオンに対する設計拡散係数 ($\text{cm}^2/\text{年}$)、 t : 設計供用期間 (年)、 erf : 誤差関数、 C_i : 初期塩化物イオン濃度 (kg/m^3)、である。

追加された γ_{cl} および C_i の取扱いについては、基本的に RC 示方書と同様である。すなわち、 γ_{cl} は 1.3 を標準とし、高い施工精度が確保できる場合には 1.1 としてよいこととした。また、 C_i については、基本的に実測データまたは過去の実績から定めることとし、実測データが無い場合には $0.3 \text{ kg}/\text{m}^3$ とすることとした。

また、コンクリートの塩化物イオンに対する拡散係数の特性値 D_k は、実際に使用するコンクリートが分かっている場合にはそのコンクリートから作製した試験体による実験により定めることとし、そうでない場合には水セメント比 W/C の関数として、式(2)または(3)から定めることとした。

普通ポルトランドセメントを使用する場合

$$\log_{10} D_k = 3.4 (W/C) - 1.9 \quad (0.35 < W/C < 0.55) \quad (2)$$

高炉セメントやシリカフェュームを使用する場合

$$\log_{10} D_k = 2.5 (W/C) - 1.8 \quad (0.40 < W/C < 0.55) \quad (3)$$

式(2)、(3)は RC 示方書の式と異なっているが、これらは港湾空港技術研究所における長期暴露試験や実構造物調

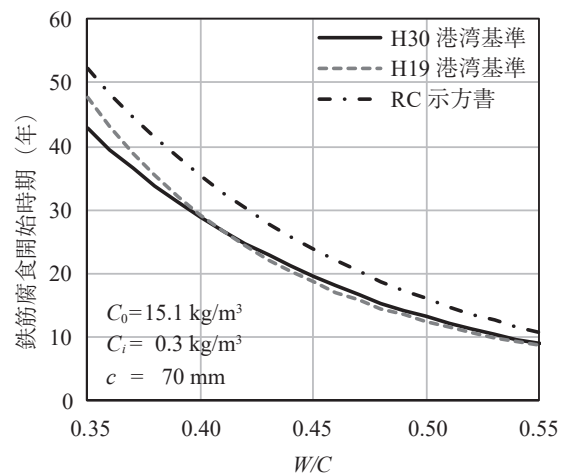


図 - 1 W/C と鉄筋腐食開始時期の関係 (普通ポルトランドセメント)

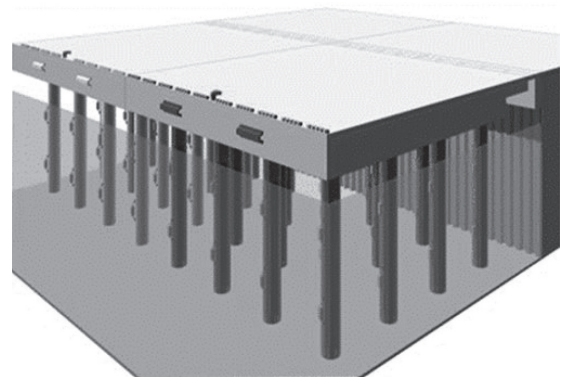


図 - 2 栈橋 (上部工: RC または PC, 下部工: 鋼管杭)

査の結果から得られたものである¹⁾。

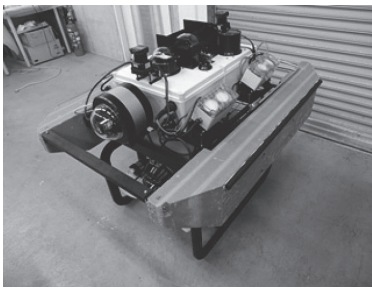
ここで、図 - 1 に H30 港湾基準に従って計算した W/C と鉄筋腐食開始時期の関係 (普通ポルトランドセメント) を示す。なお、計算にあたっては、かぶりを 70 mm 、 C_0 を $15.1 \text{ kg}/\text{m}^3$ (最大値、H.W.L. からの距離 0 m)、 C_i を $0.3 \text{ kg}/\text{m}^3$ とし、曲げひび割れは考慮していない。比較のため、 C_0 を $15.1 \text{ kg}/\text{m}^3$ 一定として、H19 港湾基準 (C_i を考慮しない) および RC 示方書 (C_i を考慮、 C_{lim} が W/C で変化) を用いて計算した結果も示した。図より、港湾の PC で想定される低水セメント比の領域 (< 0.40) において、H30 港湾基準で計算された鉄筋腐食開始時期はもっとも短い。本試算は最も厳しい条件で実施したものであるが、港湾構造物の一般的な設計供用期間 50 年を満足しない。なお、H.W.L. から部材下面までの距離が 1.5 m 以上、 W/C が 0.40 以下であれば、H30 港湾基準であっても設計供用期間 50 年で照査を満足する。

3. 港湾における維持管理上の課題と取組み

本章では、港湾における維持管理上の課題について概説するとともに、最近の取組みについて紹介する。

3.1 維持管理上の課題

港湾構造物では、点検診断自体が気象・海象条件に強く



(a) 栈橋上部工点検用 ROV



(b) ROV による点検状況



(c) 一般的な点検状況 (目視点検)

図 - 3 栈橋上部工点検用 ROV を用いた実証試験状況⁴⁾

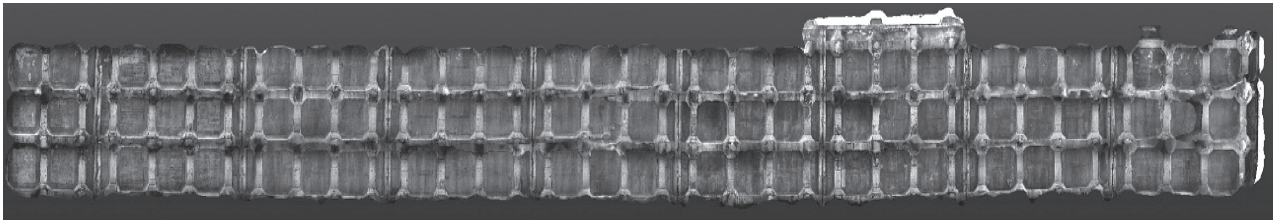


図 - 4 SfM/MVS ソフトによる栈橋上部工下面の展開図⁴⁾

影響され、構造物によっては目視できない箇所が存在する。たとえば、維持管理上の課題が多い栈橋（図 - 2）では、栈橋上部工の下面に小型ボート等で入り込み、ボート上から目視を行うのが一般的である。構造物の諸元によっては、小型ボートで下面に入り込めない場合もあり、この場合は潜水士等で目視を行う必要がある。これら目視は少なくとも5年に1回の点検診断が義務付けられている（重要構造物では3年に1回）。しかしながら、栈橋上部工下面部は暗視野であったり、部材表面から比較的距離がある場合があり、細かなひび割れが見落とされる場合もある。

構造物の性能評価は基本的にグレーディングにより実施される。一般定期点検診断では、主に目視調査によって各部材について a（部材の性能が著しく低下している状態）～ d（変状が認められない状態）の劣化度の判定を行い、その後、各部材の劣化度の集計結果を基に、栈橋上部工 1 ブロックの劣化度の代表値を得る。最終的には、その他の部材の劣化度の代表値や各部材の構造的な重要性などを基に、施設全体としての性能低下度の評価を行う。港湾空港技術研究所では、劣化した栈橋上部工を採取し、載荷試験等を行っており、これら部材のグレーディングの結果と残存性能の関係について検討を行っている²⁾。しかしながら、現状として直接的な性能評価をできるまでには至っていない。また、構造物全体系としての性能評価にはまだ課題が残されている。

PC に限定すると、PC は一般にひび割れを許容していない構造であることから、標準的な劣化度判定基準はひび割れの有無の 2 択で設定されている。すなわち、ひび割れが確認された場合には劣化度 a、変状がなければ劣化度 d と判定される。また、PC は構造の観点からも重要であることや補修が困難であることから、PC 桁が 1 つでも劣化度が a と判定された場合には施設の性能低下度も A と判定されることが多い。施設の性能低下度が A と判定されると、

場合によっては供用を制限または停止する必要があるため、港湾の収益にも強く影響する³⁾。したがって、PC では予防保全型の維持管理が特に重要となる。しかしながら、現状の点検診断で実施される目視調査では、構造物表面に発生した変状を確認することしかできないため、変状が構造物表面に顕在化する以前に適切に発見し、かつ適切に対策ができるような技術が求められている。また、合せて、供用期間において劣化が生じないように新設 PC 構造物の高耐久化も求められている。また、コンクリート構造物の補修では主に表面被覆や断面修復、電気防食が適用されている。電気防食に関しては、外部電源方式だけでなく、流電陽極方式の適用事例も増えつつある。いずれの補修工法も施工が潮位や利用条件に強く影響される。たとえば電気防食では、部材と海水位との距離によっては電気回路を分割する必要がある。PC に関しては主に断面修復や電気防食が適用されているが、現状では補修工法の合理的な選定プロセスなどには課題がある。

以下の節では、これらの維持管理上の課題に対して、港湾分野で現在進められている取組みについて紹介する。

3.2 点検診断の効率化に関する取組み

上述のとおり、栈橋では小型ボート等で上部工下面に入り込み、目視で点検するのが一般的である。しかしながら、点検自体が潮汐の影響を受け、場合によっては危険を伴う場合もある。このような背景を受けて、栈橋上部工下面の状況を撮影する ROV (Remotely Operated Vehicle) 型の点検装置の開発(図 - 3(a))が進められている⁴⁾。本 ROV は、ROV プラットフォーム部の上面に上部工撮影装置を搭載し、側面に追加浮体を装備して半没水型とすることで、波浪等に起因する動揺等の外乱に対する安定性を確保するとともに、撮影装置と関連するセンサ類や制御装置が組み込まれた防水仕様のカメラシステムを搭載している。

本 ROV は、GPS 等の衛星測位技術が利用できない栈橋

下面で、事前に与えた鋼管杭の配置情報と、上部工撮影装置に搭載した測域センサから得られる鋼管杭と点検用ROVとの相対位置の比較によって、自機の位置を推定できる。これにより、位置情報を付加した画像データの取得や、鋼管杭や浮遊物等の障害物への衝突を回避する機能の付加が可能である⁵⁾。

本ROVを用いた実証試験(図-3(b))では、ROVによる点検に要する作業時間は1日あたり約4000m²と算定された。ここで、海上からの目視調査(図-3(c))の標準的な歩掛は1240m²/日と設定されており、点検用ROVの活用により3倍以上の効率化が図れることが期待される。このような画像撮影はデータ容量が大きくなるため、その後の取扱いが煩雑であったが、最近ではSfM/MVS(Structure from Motion/Multi View Stereo)ソフトの発達に伴って、図-4のような3D展開図も容易に作成できるようになってきた⁴⁾。

上述の点検用ROVは主に構造物表面の変状を検知するものであり、PCのようにひび割れが許容されない構造では、センサ等を活用したモニタリング技術の適用が検討されている。近年では、センサ情報を回収し、情報管理サーバーに伝送するシステムの開発等が進められている。センサを活用したモニタリングは研究レベルでは多く実施されているものの、港湾構造物で運用された実績は少ないのが現状である。

このようなセンサで得られるデータは局所的な情報である場合もあり、構造物全体としての性能を評価するうえでどのようにセンサデータを評価するかは課題の一つとなっている。したがって、実務では、センサを配置する箇所や数量をどのように設定するか、妥当な方法がない。たとえば、図-5は栈橋から採取した床版における塩化物イオンの平面的なばらつきを可視化したものである⁶⁾。同一床版であっても、栈橋における部材の配置条件や波浪条件によって、塩化物イオンの供給が空間的に大きく異なる。また、図-6は海水による乾湿繰り返しを受ける約1mの床版試験体において複数配置したセンサの自然電位の出力値を示している⁷⁾。それぞれのセンサの出力値の定性的な傾向は類似している。たとえば、試験開始後約900日に人工的にひび割れを導入したところ、すべてのセンサの出力値が卑に移行しており、経時的に密にモニタリングすることで腐食の発生を検知することができる。しかしながら、出力値の絶対値にはセンサごとに大きなばらつきが認められる。これはコンクリートのマイクロ環境等によって変化していることが一因として考えられ、1つのセンサ出力値の絶対値のみでは必ずしも腐食を判定できない場合がある。実構造物に多数のセンサを用いるのはコスト面からも現実的ではない。したがって、性能評価手法も含めた維持管理の基本的な考え方にに基づき、また環境作用の空間分布等も考慮して、センサを配置する箇所や数量の妥当な設定方法の確立が必要である。

3.3 PC 構造物の高耐久化に関する取組み

H19港湾基準の改訂以降、塩化物イオンの侵入による鉄筋腐食に関する照査が実施され、鉄筋腐食に対する事前対

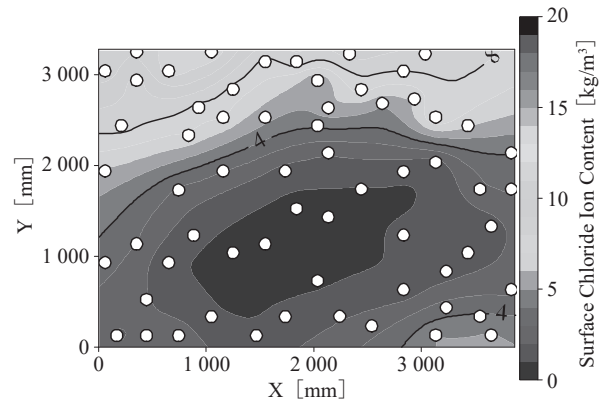


図-5 実構造物から採取した床版内における塩化物イオン量の空間的なばらつき⁶⁾

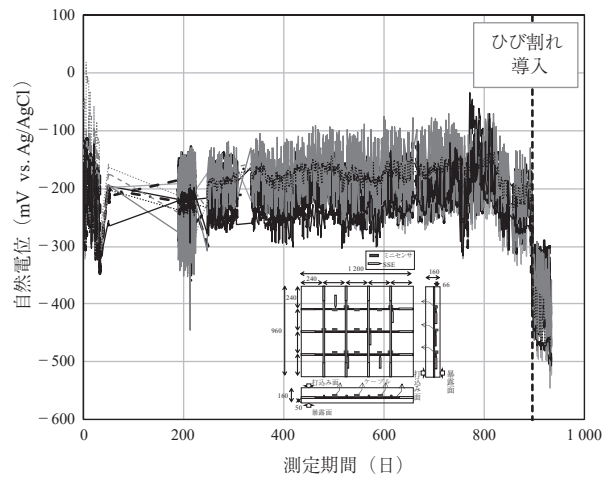


図-6 床版内における複数センサの出力値のばらつき

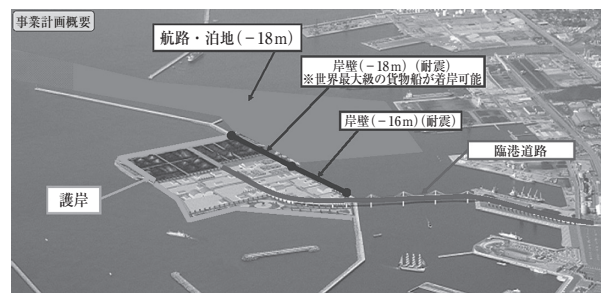


図-7 小名浜港東港地区事業計画の概要

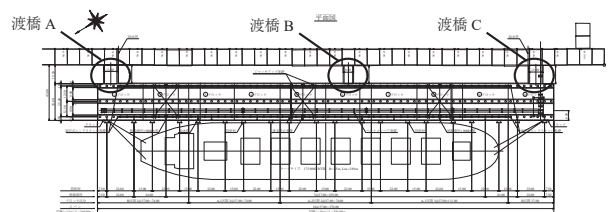


図-8 小名浜港東港地区岸壁(-18m)平面図

表 - 1 CFRP を活用した PC ホロー桁の断面図

渡版タイプ	渡橋 A が通常 PC の場合	渡橋 B が CFRP 併用の場合	渡橋 C が全て CFRP の場合
渡版構造の標準断面図 プレテンション方式 PC 単純床版橋 ○ : PC 鋼より線 (7本より φ15.2mm) ● : CFRP より線 (1×7 φ15.2) — : 鉄筋 D10 (スターラップ) — : CFRP U5 φ (スターラップ)	橋長：17.2m, 幅員11.6m 	橋長：16.6m, 幅員8.5m 	橋長：16.7m, 幅員11.6m
桁本数	15本	11本	15本

策として、構造物にエポキシ樹脂塗装鉄筋が積極的に使用されるようになってきた。PC 構造における高耐久材料としてエポキシ樹脂被覆 PC 鋼材があげられるが、これらは港湾でも活用が進められている。また、PC 栈橋では、PC 桁と受梁 (RC 構造) を接合する連結部における高耐久化方策も検討が進められている。

ここで、港湾での PC 構造における高耐久材料の活用に関する事例を紹介する⁸⁾。小名浜港東港地区 (図 - 7) に整備中の岸壁 (-18m) の横栈橋と護岸を連結する渡橋 (延長 15m) に炭素繊維補強プラスチック (CFRP) を一部使用したプレテンションホロー桁構造が実証試験として採用された (図 - 8, 表 - 1)。一般的な横栈橋では、横栈橋と土留護岸はグレーチング等の短い渡版で連絡されるが、当該施設においては、15m 程度の離隔があること、また栈橋に接岸した石炭運搬船から荷役機械で陸揚げされた石炭がベルトコンベアで背後に運ばれることから、延長方向に対して 3 箇所に渡橋が設けられることとなった。この渡橋はベルトコンベアの動線に合わせて設置されており、点検車両の通行や被災後にベルトコンベアが機能しない場合の代替輸送の動線として整備されている。

実証試験では、3 箇所の渡橋で諸元が異なっており、これらを比較することとしている。従来の PC 鋼より線および鉄筋を使用したホロー桁を用いた渡橋 A、塩分浸透による腐食の影響を受けやすい桁最外縁の緊張材およびスターラップに CFRP を用いたホロー桁を用いた渡橋 B、すべての PC 鋼より線とスターラップに CFRP を用いたホロー桁を用いた渡橋 C が製作されている。このうち、渡橋 A、B のホロー桁については実物大試験体での載荷試験が実施され、同等の構造性能であることが確認されている (図 - 9)⁹⁾。

なお、本実証試験は港湾技術パイロット事業として実施されているものであり、今後ライフサイクルコストの検討やモニタリング等を実施し、技術資料が取りまとめられる予定である。

3.4 規準類の整備および技術者育成に関する取組み

港湾における維持管理に関しては、その基本的考え方と各論が平成 19 年に「港湾の施設の維持管理技術マニュアル」として発刊され、港湾基準の改訂に合わせて改訂された。コンクリート構造物の補修に関しては、港湾コンクリ

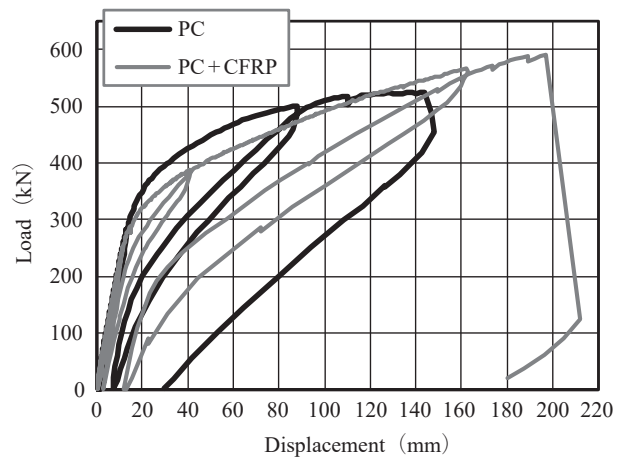


図 - 9 荷重 - 中央変位関係⁹⁾
(PC : 渡橋 A, PC + CFRP : 渡橋 B)

ート構造物補修マニュアルが発刊された。また、鋼管杭等の鋼構造物については、平成 21 年 11 月に「港湾鋼構造物防食・補修マニュアル」が発刊されている。このように、各基準類も整備されてきた。

また、平成 19 年 3 月に公布された「技術基準対象施設の維持に関する必要な事項を定める告示」(平成 30 年 3 月改正) では、施設に維持専門技術者の関与の必要性が明記され、それに伴って「海洋・港湾構造物維持管理士」の資格認定制度が整備された。また、資格保有者を中心に、海洋・港湾構造物維持管理士会が創設され、定期的な講演会の開催などにより会員の技術力の向上を図っている。海洋・港湾構造物維持管理士会のホームページでは、港湾構造物の劣化の過程について、技術者がより容易に理解するための動画も掲載されており、非会員でも無料で閲覧可能である¹⁰⁾。ご興味のある読者の方はホームページを閲覧いただきたい。

また、国交省各地方整備局や国土技術政策総合研究所では、施設設置者および管理者を対象とした維持管理に関する研修を実施しており、港湾の維持管理に関わる技術者の技術力向上のための取組みも行われている。

4. おわりに

港湾分野で PC の採用実績は多くはないが、耐震強化岸

壁等における PC 栈橋の実績も増えている。また、生産性向上の観点から、PC や PCa 部材の積極的な活用も期待されている。一方、港湾構造物はとくに塩害などの観点からきわめて厳しい環境に曝されるため、新設構造物では維持管理を考慮した設計手法とそれを実施する維持管理技術が求められる。既設構造物においても、点検診断から性能評価、対策まで、まだ多くの課題が残されている。現在、港湾空港技術研究所では、これらの課題に対して、港湾 PC 構造物研究会と共同で研究を行っている。今後、港湾における高耐久な PC 構造物の普及と維持管理の効率化の実現に向けて、引き続き研究等を進めていきたいと考えている。

参考文献

- 1) 与那嶺一秀, 山路 徹, 加藤絵万, 川端雄一郎: 長期海洋暴露試験および実構造物調査に基づくコンクリートの塩化物イオン拡散性状に関する検討, 港湾空港技術研究所資料 No.1339, 2018.
- 2) 加藤絵万, 川端雄一郎, 岩波光保: 港湾 RC 構造物の確率論に基づく保有性能評価, 港湾空港技術研究所資料 No.1225, 2010.
- 3) 川端雄一郎, 加藤絵万, 岩波光保, 横田 弘: 栈橋上部工への新しい点検技術の適用に関する一考察~LCC と NPV の観点から~, コンクリート構造物の補修, 補強, アップグレード論文

報告集, 2018. (採択決定)

- 4) 宇野健司, 田中敏成, 加藤絵万: 栈橋上部工点検用 ROV による点検の効率化に向けた取り組み, 第 43 海洋開発シンポジウム, 014, 2018.
- 5) 田中敏成, 加藤絵万: ジオタグに対応した ROV 用栈橋上部工撮影装置の開発, 第 15 回建設ロボットシンポジウム論文集 (CD-ROM), O-12, 2015
- 6) 田中 豊, 川端雄一郎, 加藤絵万: 栈橋上部工における塩化物イオン浸透性状の非一様性に影響を及ぼす要因の検討, 土木学会論文集 B3 (海洋開発) Vol.74, No.2, 第 43 海洋開発シンポジウム, 008, 2018.
- 7) 安藤翔太, 下村 匠, 染谷 望, 田中 豊, 川端雄一郎, 加藤絵万: 埋設センサを用いた栈橋上部工における鉄筋腐食モニタリングの有効性に関する検討, 土木学会第 73 回年次学術講演会講演概要集, V-344, pp.687-688, 2018
- 8) 松本英雄: 港湾技術パイロット事業による新技術の活用, 基礎工, Vol.46, No.5, pp.82-85, 2018.
- 9) 古瀬徳明, 横田 弘, 加藤絵万, 岡崎慎一郎: CFRP 材を適用したプレストレストコンクリート桁の載荷試験, 第 24 回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, pp.569-572, 2015.
- 10) <http://memphis-kai.com/pari-180412>

[2018 年 9 月 3 日受付]



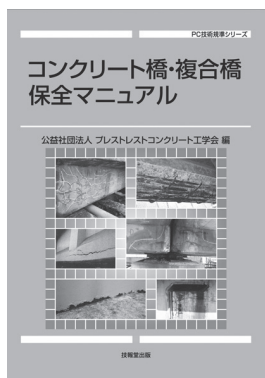
新刊図書案内

PC 技術規準シリーズ

コンクリート橋・複合橋 保全マニュアル

2018 年 7 月

公益社団法人プレストレストコンクリート工学会が PC 技術規準委員会内に設立した「PC 橋の維持管理マニュアル作成委員会」は、道路橋を効率的に点検、保全するために、マニュアルの策定に取り組んでまいりました。本マニュアルは、国内で採用されているコンクリート橋、PC 橋および複合橋の各種形式の道路橋を網羅しており、また、それらの橋梁付属物を含め、過去の変状事例や実験結果をもとに、最新の知見に基づいて構造物ごとに取りまとめています。第一線の橋梁技術者必携のマニュアルと言えます。是非お手元に置いてご活用ください。



<p>I 編 基本編</p> <p>1 章 総則</p> <p>2 章 構造物が果たすべき機能</p> <p>3 章 保全の方法</p> <p>II 編 共通編</p> <p>1 章 コンクリート橋</p> <p>2 章 鋼桁および鋼部材</p> <p>III 編 個別構造物編</p> <p>1 章 プレテンション方式プレキャスト桁橋</p> <p>2 章 ポストテンション方式プレキャスト桁橋</p> <p>3 章 場所打ち桁橋</p> <p>4 章 プレキャストウェブ橋</p> <p>5 章 鋼橋の PC 床版</p> <p>6 章 混合桁橋</p> <p>7 章 波形鋼板ウェブ橋</p>	<p>8 章 複合トラス橋</p> <p>9 章 斜張橋・エクストラロードスト橋</p> <p>10 章 吊床版橋</p> <p>IV 編 付属物・付帯工編</p> <p>1 章 支承</p> <p>2 章 伸縮装置</p> <p>3 章 落橋防止システム</p> <p>4 章 排水装置</p> <p>5 章 防水システム</p> <p>V 編 参考資料編</p> <p>V-i コンクリート構造物および鋼構造物の変状と特徴</p> <p>V-ii 評価および判定方法、判定結果に基づく対策事例</p> <p>V-iii 技術の変遷</p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

(全 421 ページ)

定 価 7,344 円 / 送料 500 円

会員特価 6,200 円 / 送料 500 円

公益社団法人 プレストレストコンクリート工学会 編
技報堂出版