

(3) 設計段階

設計段階ではまず、改良目的、基本方針及び詳細調査を基に設計条件を設定する。設計条件は、計画条件、利用条件、自然環境条件、施工条件、材料条件などの諸条件であるが、材料条件においては、利用する既存部材等の性能を適切に評価した上で、利用可否や補修・補強の判断等を行い、改良設計の前提条件として整理を行う。

次に構造断面等の決定では、整理した前提条件及び当該施設の置かれる諸条件を勘案し、改良時点における技術基準及び標準的な性能照査方法に基づき、構造断面や使用材料等の決定を行うとともに、維持管理計画書(案)として更新する。また、必要に応じて、既存部材等の補修・補強などの対策内容も決定する。なお、改良時点における標準的な性能照査方法を既存部材等に適用すると、合理的な構造断面や使用材料等の決定が困難な場合も有り得る。このような場合は、数値解析や過去の実績に基づく性能照査方法などを参考に、照査方法の変更を行い、設計を進めることも考えられる。ただし、照査方法の変更に伴い、当該施設の既存情報に不足が生じる時は、調査段階に戻り再度、詳細調査を実施することが望ましい。

調査・設計段階における対応では、合理的な構造断面や使用材料等の決定が困難な場合には、計画段階に戻り、改良の基本方針の再検討が必要となる場合もある。このため、既存施設の改良設計にあたっては、これらの再検討が必要となる可能性も考慮して、そのための十分な時間と費用に配慮しつつ作業を進めることが望ましい。

(4) 施工段階

設計段階では詳細調査が困難であった既存部材等であっても、施工段階には比較的容易に詳細調査が実施できる場合もある。このため、設計段階で決定された断面で構造上重要と考えられる既存部材・部位については、施工段階で追加的な詳細調査が実施できる場合には、予め施工計画の中に位置づけておくことが望ましい。また、設計段階において健全と判断された部材が施工途中で著しく劣化・損傷している状況が確認されるなど、設計との不整合があった場合には、調査段階まで戻り再度、検討する必要がある。このため、既存施設の改良にあたっては、これらの再検討が必要となる可能性も考慮して、そのための十分な時間と費用に配慮した計画を立て、進めていくことが望ましい。

(5) 維持段階

維持段階では、設計及び施工段階において変更された維持管理計画書に基づき、点検診断、補修工事などによって適切に施設の維持管理を実施しなければならない。特に、改良による既存施設の構造形式の変更や部材の補強に伴い、維持管理レベルが変更となる場合もあることから維持管理計画書を十分に確認することが必要である。

また、既存部材等を用いて改良を行った施設については、利用する既存部材等は新規部材等に比べ、自然環境や荷重作用の下に長い期間置かれ、思わぬ劣化や損傷が発生する可能性があることに留意して維持管理を実施することが望ましい。

2.4.4 改良設計の留意事項

既存の技術基準対象施設の改良設計にあたって考慮すべき事項は、新規の技術基準対象施設の設計と同じである(本章2.3 設計の基本事項を参照)が、改良設計に固有で留意すべきこともあり、以下にそれらの留意事項を示す。

(1) 改良工法の抽出及び改良断面の性能評価

既存施設の改良設計では、新規施設の設計と比較すると改良断面は複雑となる場合が多く、改良工法の選択枝は多岐にわたる。一方で、合理的な改良断面とするためには、既存施設の構造断面に対応した適切な改良工法が見逃されないように、網羅的に改良工法を抽出する必要がある。さらに、既設構造と新設構造の組合せによる改良断面は、各々の構造の挙動や変形性能だけでなく、既設構造と新設構造の相互作用の影響

も考慮に入れた構造全体としての性能の評価が必要となる。改良工法の抽出や改良断面の性能評価に関する基本的な考え方については、文献15)などを参考にすることができる。

(2) 気候変動に対する影響把握に基づく改良設計

本技術基準は、技術基準対象施設の新設または改良に着手した時点において適用されることが原則であるものの、気候変動に対する港湾施設または港湾機能の脆弱性を把握する場合、過去の技術基準が適用されている施設であっても、当該施設の現在気候および将来気候に対する保有性能等を最新の技術基準によって検討することが望ましい。技術基準対象施設の改良の着手時期についても当該検討結果に基づき適切に判断する必要がある。

(3) 設計供用期間

既存施設の改良設計における設計供用期間は、新規施設の設計供用期間と同じく、「施設の設計にあたって、当該施設の要求性能を満足し続けるものとして適切に設定されるべき期間」である。一般に、改良設計における設計供用期間は、改良された施設の供用開始を起点として定義される。

(4) 要求性能・性能規定・性能照査手法

既存施設の改良設計における要求性能及び性能規定は、施設の設置目的及び改良目的に応じて設定する必要がある。改良目的によっては、改良前の既存施設が確保している要求性能及び性能規定とは全く異なる場合や追加される場合もあるため、改良目的を十分に理解し設定する必要がある。

(5) 計画条件・利用条件

① 共通事項

新規施設の設計では、一般に、設計に先立ち計画条件や利用条件を設定し、設定した条件に基づき設計を進めることになるが、既存施設の改良設計においては、法線位置やエプロン勾配など、既存施設の置かれている状況に応じて、設計を進めていく段階で決定される条件もある。また、改良に伴い施設の利用形態に変更がない場合には、対象船舶や荷役機械に係る事項については、実利用船舶や実荷役機械を踏まえた設計が可能である。

② 係留施設の法線

係留施設の改良設計では、既存施設の法線の前出しの可否や前出しが可能な範囲の大小が、構造形式、設計断面、施工方法等の選択の幅に大きく影響を及ぼす。すなわち、改良設計における法線位置に係る制約条件が、全体工期や工費に大きな影響を及ぼすことになる。このため、法線の変更に際し、埋立申請など準備時間がかかる場合には、その点に十分注意して、法線変更に係る計画条件を早期に検討しておく必要がある。

(6) 自然環境条件

既存施設の改良設計では、当該施設の情報をもとに有効に利用することが可能である。そのため、自然環境条件の設定にあたっては、作用や被災の履歴、劣化事象の特徴などを可能な限り分析し、その結果を踏まえた条件設定を行うことも可能である。例えば、当該施設が過去に作用を受けた波浪、鋼材の腐食速度、圧密された粘性土地盤の強度などが考えられる。

(7) 材料条件

既存施設の改良設計における材料条件の設定にあたっては、本章2.3.7 材料条件・施工条件に示す事項に加えて、以下に示す点に留意する必要がある。

① 既存部材等に係る条件の設定

既存施設の改良では、既存施設の一部の構成要素（材料、部材、改良地盤、製品等）を利用することになるが（以下、既存部材等と呼称する）、これらの既存部材等の利用可否が、構造形式、設計断面、施工方法等の選

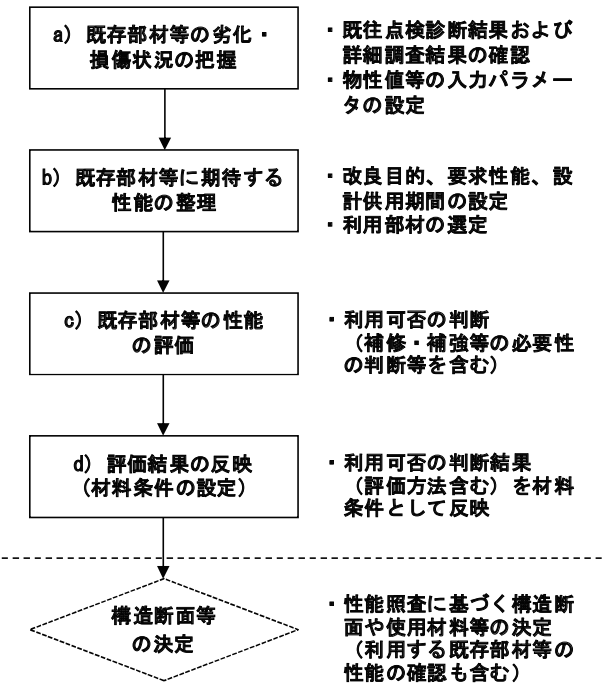
択の幅に大きく影響を及ぼす。すなわち、既存部材等の利用可否が、全体工期や工費に大きな影響を及ぼすことになる。このため、改良設計にあたっては、これらの既存部材等の利用可否等の諸条件を、設計条件として慎重に設定する必要がある。

具体的には、既存施設の各構成要素に対して、以下の項目について検討し、設計条件の一部として設計着手前に整理しておく必要がある。

- －評価を行うための物性値や応力状態・履歴等の入力パラメータの設定
- －期待する性能（新たに設定する設計供用期間に対して）
- －期待する性能に対する評価の方法
- －改良設計を行う際の前提条件（補修・補強の必要性などの評価の結果）

②既存部材等の性能の評価

既存部材等の性能の評価手順の一例を図－2.4.3に示す。



図－2.4.3 既存部材等の性能の評価手順

(a) 既存部材等の劣化・損傷状況の把握

既存部材等の性能評価にあたっては、対象既存部材等の劣化・損傷状況の把握が必要となる。劣化・損傷状況の把握は、既往の点検診断結果（維持管理計画書）及び事前に実施された詳細調査の結果を基に既存部材等の健全性などを確認し、性能の評価に必要な既存部材等の物性値や応力状態・履歴等の入力パラメータを設定する。

(b) 既存部材等に期待する性能の整理

次に、既存部材等に期待する性能の整理が必要となる。既存部材等に期待する性能の整理にあたっては、当該施設の改良目的を確認し、施設全体を対象として、改良目的に応じた要求性能、設計供用期間を設定する。この改良目的、要求性能、設計供用期間を踏まえて、当該施設の改良において利用する既存部材等の候補を選定するとともに、利用する各既存部材等に期待する性能をそれぞれ整理する。

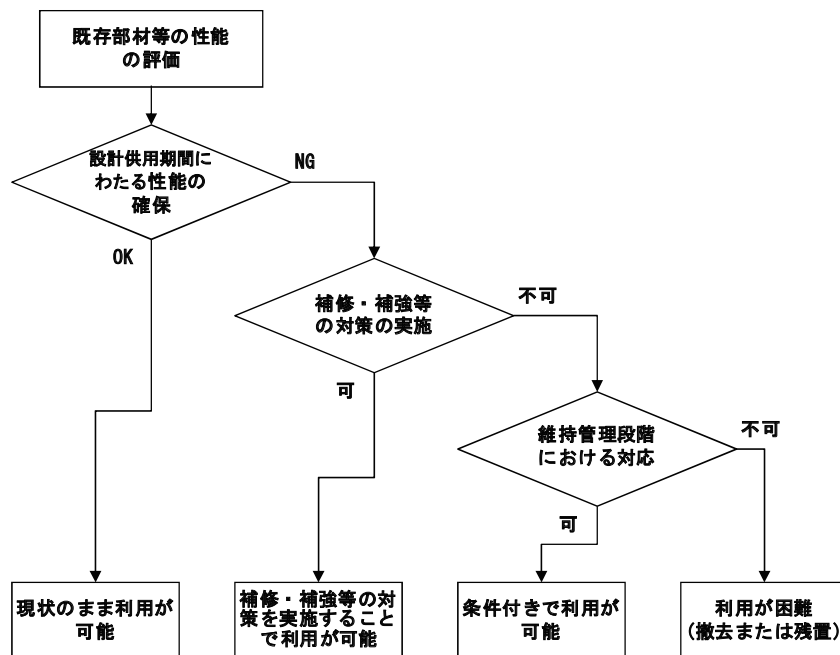
(c) 既存部材等の性能の評価

次に、既存部材等の性能の評価が必要となる。既存部材等の性能の評価にあたっては、利用する既存部材等について設計供用期間中の性能の低下を予測し、設計供用期間にわたって期待する性能が確保されるかを適切に評価した上で、図－2.4.4を参考に利用可否等の判断を行い、改良設計を行う際の前提条件と

して整理する。

利用可否等の判断では、設計供用期間にわたって性能が確保される場合は既存部材等を現状のまま利用が可能であるが、確保されない場合は既存部材等に対して補修または補強等の対策を実施することで利用が可能となる。ただし、補修または補強等の対策が実施できない場合は、維持段階における対応を計画した上で既存部材等を利用するか、もしくは利用が困難と判断する必要がある。条件付きで既存部材等を利用する場合とは、設計供用期間中に既存部材の大規模な補修・補強工事等を行うことを前提に設計を行う場合である。既存部材等の利用が困難と判断した場合は、当該部材を撤去するのか、または残置するのかを当該施設の改良への影響を考慮した上で決定する。

また、性能の評価は詳細調査等によって得られた実測データを基に、解析等により期待する性能を定量的に照査することが基本である。ただし、調査等によって実測値が得られない部材・部位や、水中・土中または施設の利用状況により調査自体が困難である部材・部位を利用せざるを得ない場合には、既存部材の劣化度の推移予測または同種部材の過去の実績等を踏まえて、有識者や専門技術者の判断の下で設計供用期間にわたる性能の確保の可否を判断する必要がある。



図－2.4.4 利用可否等の判断フロー

(d) 評価結果の反映

(c) に示す既存部材等の性能の評価結果は、構造断面等の決定における重要な前提条件となるため、材料条件として反映させる必要がある。反映の際には利用可否等の判断結果とともに、評価方法が定量的評価または定性的評価のいずれに基づくものも含めて、その判断根拠を設計図書等に明確に記録する必要がある。

③既存部材と新規部材との接合による影響

改良設計にあたっては、既存施設の部材・材料と新規に追加する部材・材料との接合に関して、接合方法の確実性、異なる特性を有する部材・材料を接合することによる劣化や腐食の促進がないこと、などに留意する必要がある。

(8) 施工条件

既存施設の改良設計においては、当該施設や隣接施設の供用状況などが、施工方法、施工範囲、施工時期、施工期間の制約となり、改良工法の選定や工期・コストに大きな影響を与えるため、改良設計の着手前に十

分に調査・調整し、設計条件として設定することが重要である。例えば、施工時の代替施設の有無、バースシフトや供用施工の可否、海上施工や陸上施工の制約などが考えられる。

また、既存施設の改良工事では、既存部材の耐力が想定以上に低下している可能性もあるため、施工手順や事前調査を含めて、施工中に構造的に不安定な状態とならないような施工上の制約条件を適切に設定する必要がある。

(9) 維持に係る条件

維持に係る条件としては、新規施設の設計と同様に、供用期間中の維持管理が容易に行えることであり、各構造部材の点検や、劣化・損傷等への対応を容易とする配慮が必要である。既存施設の改良では、既存部材を有効に利用することを前提としているため、改良に伴う部材の追加等により、建設当初断面より複雑な構造となることがある。そのため、維持管理が容易となる構造断面及び部材の選定を行うことが望ましい。

(10) 設計条件を超える事象への配慮

施設の建設、改良に関わらず、設計条件を超える事象への配慮としては、想定外の作用によって、当該施設の局部的な損傷・倒壊が施設全体に致命的な影響を与えることがないように、構造断面及び部材の設定を行うことが望ましい。そのため、健全性や残存耐力の定量的な評価が困難な既存部材に対しては、過度に冗長性を求める設計を避け、新規に設置した部材や既存部材の場合には定量的に耐力等が評価された部材に対して、粘り強さを期待するような構造設計を行うことが望ましい。

(11) 環境等への配慮

施設の建設、改良に関わらず、当該施設が置かれる諸条件を勘案して、港湾の環境の保全、港湾の良好な景観の形成、港湾の保安の確保など、環境等に対して配慮することが望ましい。

なお、供用期間を延長するための既存施設の延命化の場合であっても、CO₂の削減、景観・親水性への配慮、土木遺産としての保全、生物共生型港湾構造物への要請等の社会的要請の高まりによって、施設が当初に保有していた機能または改良目的以外の付加的な要素への対応が必要な場合がある。改良設計における環境等への配慮にあたっては、上述したような状況の変化に十分に留意する必要がある。

(12) 経済性

既存施設の改良設計にあたっては、施工及び維持への配慮、当該施設の置かれる諸条件を十分に考慮した上で、改良費等の経済性の比較を行い、構造断面や使用材料等の設定を行う必要がある。

なお、経済性の指標としては、改良費用（補償費も含む）に加えて、維持に係る費用（補修費、補強費、点検費など）、取壊し等の費用などの直接費用のほか、改良工事による供用休止に伴う損失等の間接費用も考慮することができる。

【参考文献】

- 1) (公社) 日本港湾協会：港湾工事共通仕様書, 平成28年。
- 2) 国土交通省港湾局：港湾工事における大規模仮設工等の安全性向上に向けた設計・施工ガイドライン, 平成29年3月。
- 3) 港湾空港技術研究所：設計における施工及び維持への配慮に関する事例, <http://www.pari.go.jp/unit/lcm/sekkeijirei.html>。
- 4) 岩波光保, 加藤絵万, 川端雄一郎：維持管理を考慮した栈橋の設計手法の提案, 港湾空港技術研究所資料, No.1268, 2013。
- 5) 川端雄一郎, 加藤絵万, 岩波光保：維持管理を考慮した防波堤ケーソン側壁の耐衝撃設計に関する検討, 港湾空港技術研究所資料, No.1279, 2013。
- 6) 坂田憲治, 井山 繁, 宮田正史, 佐藤 徹, 竹信正寛：鉄筋腐食発生限界濃度等が栈橋上部工のライフサイクルコストに及ぼす影響に関する一考察, 国土技術政策総合研究所資料, No. 837, 2015。
- 7) 坂田憲治, 井山 繁, 藤井 敦, 宮田正史：点検診断の劣化度判定結果による消波ブロック被覆堤本体工側壁の変状傾向に関する一考察, 国土技術政策総合研究所資料, No. 918, 2016。

- 8) 高野向後, 井山 繁, 坂田憲治, 藤井 敦, 宮田正史, 西岡悟史: 港湾施設の点検診断結果を踏まえた維持管理における配慮事項に関する検討, 国土技術政策総合研究所資料, No. 921, 2016.
- 9) 加藤絵万, 川端雄一郎, 岩波光保, 横田弘, 山路徹, 藤井敦, 内藤英晴, 北澤壮介, 井上博士, 柏原裕彦, 末岡英二, 吉田倫夫, 山本修司, 中野則夫, 稲田勉: 係留施設の変状連鎖と点検診断に関する一考察, 港湾技術研究所資料 No1328, 2016.
- 10) ISO2394: General principles on reliability for structures, 1998.
- 11) 宮田正史, 竹信正寛: 要求性能と性能規定(第4回), 連載講座(基礎構造物の性能設計), pp.96～pp.97, 基礎工, 2014年1月号.
- 12) 土木学会コンクリート委員会示方書小委員会環境側面検討部会編集: コンクリート構造物の環境性能照査指針(試案), コンクリートライブラリー125, 土木学会, 2005.
- 13) 堺 孝司, 横田 弘: コンクリート構造物のサステナビリティ設計, 技報堂出版, 2016.
- 13-1) 港湾における気候変動適応策の実装に向けた技術検討委員会: 港湾における気候変動適応策の実装方針, 2024年3月
- 14) 高野向後, 宮田正史, 藤井 敦, 井山 繁, 加藤絵万, 山路 徹, 坂田憲治: 既存の港湾施設の改良における設計上の留意事項に関する検討～外郭施設および係留施設を対象として～, 国土技術政策総合研究所資料, No. 944, 2016.
- 15) 田端優憲, 宮田正史, 水谷崇亮, 松村 聡, 鍵本慎太郎, 高野向後, 岡元 渉: 既存係留施設の改良工法選定および改良設計に関する基本的な考え方, 国土技術政策総合研究所資料, No. 996, 2017.