

2.2 海洋・港湾構造物の維持管理・リニューアル技術の変遷（2012年までの動向）

平成24(2012)年12月に発生した中央自動車道笹子トンネルの天井板落下事故は、9名の方が亡くなる大惨事であった。この事故を踏まえて行う平成25(2013)年以降の国や自治体の取り組みについては2.3で述べるとし、本項では平成24(2012)年までの維持管理・リニューアルの技術を交えながら海洋・港湾構造物の変遷を述べる。

はじめに年表形式で技術の変遷を示し、以降に、海洋・港湾構造物の歴史をコンクリート構造物および鋼構造物の部材別に、また、海洋・港湾構造物の技術開発、基準・法令および維持管理体制について詳述する。

2.2.1 海洋・港湾構造物の維持管理・リニューアル技術年表

海洋・港湾構造物における維持管理・リニューアル技術の変遷を、法制度、技術基準、歴史的港湾構造物の建設の推移、災害や事故などの主な出来事を交えて表2.2.1に示す。また、表中の参考文献を下記に示す。

【参考文献】

- 1) 山本 修司：港湾技術基準及び設計法の変遷と展望，沿岸センター研究論文集 No. 4, 2004
- 2) 合田 良實：1900年代の港湾技術の変遷，港湾12月号，pp.12～17，1999
- 3) 国土交通省 HP：社会資本整備審議会・交通政策審議会技術分科会技術部会社会資本メンテナンス戦略小委員会、<http://www.mlit.go.jp/common/000232333.pdf>

表2.2.1 海洋・港湾構造物の維持管理・リニューアル技術年表（2012年まで）

| 年代 | 法制度・技術基準・指針・マニュアル (下線は維持管理関連) | 歴史的港湾構造物の建設の推移 (斜字は維持更新) | 港湾構造物における技術の変遷 (【鋼】:鋼製関連、【コ】:コンクリート関連) | 主な出来事 (災害、事故、その他) |
|-----------------|---|---|---|---|
| 1900年以前 | | 1859 横浜港 象の鼻 1870 樺野崎灯台 1882 三國港 エッセル堤 1887 吳港 公園護岸、三角西港 護岸 1890 軍艦島 石炭採掘開始 1892 若松港 石垣岸壁 1894 四日市港 北防波堤 1895 佐世保港 第五ドック(旧第一船渠)、姫崎灯台 1896 横浜港 船渠ドクトック 1899 函館漁港 船入調防波堤 1898 「築港」(廣井勇) | 1876 【鋼】神戸港 港湾構造物での初の鋼材使用(スクリュー・バーナール式橋脚) 1889 【コ】横浜港 防波堤 港湾構造物での初のコンクリート使用 1892 【コ】横浜港のコンクリートブロックに多数のひび割れ発生 1896 【コ】小樽港 工事にてモルタル耐久試験開始 1896 三陸沖地震津波 | |
| 1900～1950年 | 1932 「港工学」(鈴木雅次) | 1908 小樽港 北防波堤、三池港 港口開門 1917 若松港 弁財天上陸場 1922 神戸港 新港突堤 1924 長崎港 出島岸壁 1936 稚内港 北防波堤ドーム | 1902 【コ】横浜港で初のニューマチックケージを採用 1910 【コ】神戸港の岸壁で初のRCケージ 1911 【コ】小樽港 ケージを滑台で進水(世界初) 1926 【鋼】大阪 物揚場 初の鋼矢板式係船岸 1931 【鋼】富古港 物揚場 初の国産鋼矢板使用 | 1923 関東大震災 |
| 1950年代 | 1950 港湾法公布 1950 港湾工事設計示方要覧 1959 港湾工事設計要覧 | 1953 三池港開門(補修) 1954 樺野崎灯台(葺上げ) 1955 四日市港 北防波堤(埋立) | 1953 【鋼】尾崎港防波堤の水門扉に初の電気防食使用 1954 【鋼】塩釜港 米軍LST橋脚 初の鋼管杭使用 1959 【鋼】塩釜港 岸壁 初のセル式係船岸 | 1959 伊勢湾台風 1960 千早地震津波 1962 港湾技術研究所設立 |
| 1960年代 | 1967 港湾構造物設計基準 | 1964 三國港 エッセル堤(延伸他) | | 1968 十勝沖地震 |
| 1970年代 | 1973 港湾法改正 1974 港湾の施設の施設上の基準(省令)制定 同(以下、港湾基準)発行 | | | |
| 1980年代 | 1986 港湾鋼構造物補修マニュアル 1987 港湾鋼構造物防食マニュアル 1989 港湾基準(改訂) | 1980 稚内港 北防波堤ドーム(全面改修) 1983 三池港開門(補修) 1985 三角西港(修景) | 1978 【コ】酒田港で初のPC橋脚 1980 【コ】水中不分散性コンクリートの開発、苫小牧港の船台補修に初の使用 1982 【鋼】ボリエチレン・ポリウレタン被覆防食開発 1983 海上保安庁の測量船にマルチビーム測深機を導入 1984 【鋼】波崎観測橋にて鋼管杭の各防食対策における暴露試験開始 1987 GPS測量を国内で初めて導入 | 1983 横浜港山下埠頭橋脚の集中腐食による陥没事故 1983 日本海中部地震 1983 沿岸開発技術センター設立 |
| 1990年代 | 2004 残存劣化調査・補修マニュアル 2007 港湾基準(改訂) 2008 港湾の施設の維持管理技術マニュアル 2009 港湾鋼構造物防食・補修マニュアル(改訂) | 1993 横浜港 船渠ドクトック(修景) 1994 姫崎灯台(補修・補強) 1996 若松港 弁財天上陸場(修景) 1996 神戸港 新港突堤(震災後旧) 2002 稚内港 北防波堤ドーム(耐震補強) | 1997 【鋼】波崎観測橋の鋼管杭にチタンカバナーを設置 1997 【鋼】鋼管杭へのステンレス鋼被覆の実用化 2001 【コ】鉄筋腐食モニタリング | 1993 釧路沖地震 1994 北海道東方沖地震 1994 港湾空港建設技術サービスセンター設立 1995 阪神・淡路大震災 1999 山陽新幹線トンネルコンクリート剥落事故 |
| 2000年代(2012年まで) | 2008 同上(増補改訂) 2009 港湾鋼構造物防食・補修マニュアル(改訂) 2012 港湾コンクリート構造物維持管理実務ハンドブック | 2005 小樽港 北防波堤(改修工事) 2009 横浜港 象の鼻(修景) 2012 函館漁港 船入調防波堤(修復) | 2004 自航式ロボットを活用した橋脚点検システム開発 2009 【鋼】非接触式肉厚測定器による肉厚測定開発 | 2005 LCM研究センター設立 2011 東日本大震災 2012 笹子トンネル天井板落下事故 |

2.2.2 コンクリート構造物^{1), 2), 3), 4), 5)}

港湾構造物でコンクリートが使用されるようになったのは、明治 20 年代に横浜港、小樽港などの防波堤で使用されたコンクリートブロックが始まりである。明治 22(1889)年に、現在の横浜港山下ふ頭付近に総延長約 3700m の防波堤（コンクリートブロック積混成堤）が建設された。しかし、施工途中の明治 25(1892)年に多数のブロックにひび割れが発見され、原因究明のための調査を実施した。原因調査は、セメントの分析、強度他の各種試験、骨材、配合、ブロック製造法等詳細なものであり、その調査内容と対策は現代の工事でも適用できる高い水準であった。

明治 30(1897)年には小樽港の北防波堤建設工事が着工された。構造はコンクリートブロック積混成堤であり、前述の横浜港でのひび割れの原因の一つにコンクリートの締固めが不十分であったことが挙げられたため、本工事では入念な締め固めと品質管理が行われた。また、北防波堤のコンクリートでは耐海水性の向上を目的に火山灰を使用しており、重要構造物の工事に使用されるのは世界で初めてであったと、設計者の廣井博士自らが述べている。供用開始後 100 年以上経ても現役で防波堤の役目を果たしている。小樽港の詳細については 2.1.2(1)を参照されたい。

明治 43(1910)年には、神戸港の突堤建設工事において日本で初めての鉄筋コンクリート（以下、RC）製のケーソンが使用された。RC は今でこそ当たり前の部材であるが、当時は最先端の土木技術であった。1905 年にロッテルダム港で RC ケーソンを使用した岸壁が建設されたのが、RC ケーソン採用のきっかけである。神戸築港事務所では現地に技師を派遣し、資料を収集し日本に持ち帰った。そして、強度試験や 1/10 模型でのケーソンによる曳航・沈設の実験を繰り返し行い、RC ケーソンの採用を決定したと言われている。当時は、コンクリートにひび割れが入ることで海水の影響により鉄筋が腐食し、ケーソン外壁に損傷が生じても致命的にならないよう、外側の隔室の中詰めには貧配合のコンクリートを使用していた。日本の港湾コンクリート構造物の技術の基礎は、明治時代にほぼ確立されたと言ってもよい。

港湾工事では前述のようにコンクリートブロックやケーソンなどのプレキャスト構造物を現地に設置することが多い。水中コンクリートとしては、アメリカで開発されたプレパックドコンクリートが昭和 28(1953)年に日本に技術導入され、昭和 29(1954)年に横浜港高島棧橋および門司港の田ノ浦岸壁が本工法により着工された。その後、港湾技術研究所や多くの研究機関での研究の結果、凝結遅延型の減水剤と膨張性を与えるアルミ粉末を使用することにより、所定の品質のコンクリートを得られることが分かり、広く使用されることになる。昭和 55(1980)年から 4 年に渡り本州四国連絡橋児島坂出ルートの橋脚に、59 万 m³ のプレパックドコンクリートが使用された。



写真 2.2.1 明石海峡大橋主塔基礎⁶⁾

昭和 55(1980)年に水中不分離性コンクリートが日本に導入（導入当初は特殊水中コンクリートと呼称）され、水中コンクリートの施工性や品質が大幅に向上した。同年に苫小牧港の船台のスリップヤードの補修に約 16m³ が使用され、その後、昭和 62(1987)年に始まった関西新国際空港連絡橋基礎工事に約 14 万 m³、平成元(1989)年に始まった明石海峡大橋基礎工事に約 59 万 m³ を使用している。

【参考文献】

- 1) 山下 生比古、福手 勤：鉄筋コンクリートの歴史-港湾構造物-, 土木学会論文集 Vol. 16, No. 442, pp. 1-7, 1992
- 2) 林 誉命、佐々木 秀郎:廣井ブリケットに関する事実, 北海道開発土木研究所月報 No.630, pp. 56-62, 2005
- 3) 合田 良實：1900年代の港湾技術の変遷, 港湾 12月号, pp. 12~17, 1999
- 4) 赤塚 雄三、佐藤 善一：プレパックスド・コンクリート工法に関する資料調査報告（第2報）, 港湾技研資料 No. 6, 1964
- 5) 中原 康、大友 忠典：水中コンクリートの歴史, 土木学会論文集 Vol. 19, No. 466, pp. 9-15, 1993
- 6) 鹿島建設 HP : http://www.kajima.co.jp/news/digest/jun_1999/tokushu/image/honbun3f.jpg

2.2.3 鋼構造物^{1),2)}

鋼材を最初に使用した港湾構造物は、明治9(1876)年に神戸港内に建設された鉄製棧橋とされている。棧橋は長さ450フィート(137.2m)、幅40フィート(12.2m)で、脚柱は直径12.5インチの錬鉄パイプで先端に直径5フィートのスクリー杓をボルトで接続したものである。その後、スクリー杓を使用した棧橋が横浜港、名古屋港、大阪港、敦賀港で造られ、横浜港の大棧橋は明治27(1894)年に完成している。横浜港大棧橋は明治39(1906)年から大正6(1917)年の間に拡幅・増深され、その後大正12(1923)年の関東大震災により壊滅的な被害を受けた。

関東大震災の災害復旧事業のため、海外から大量の鋼矢板が輸入されるようになった。鋼矢板は腐食が懸念されることから、港湾においては当初仮設構造物として使用されていたが、大正15(1926)年に大阪府尻無川の物揚場で日本で最初の鋼矢板係船岸が建設された。その後国内でも鋼矢板の生産が開始され、国産の鋼矢板が最初に使用されたのは昭和6(1931)年の宮古港の物揚場とされている。昭和初期に建設された鋼矢板係船岸としては、大阪港、名古屋港、伏木港、函館港、留萌港などがあるが、当時は腐食の問題もありむしろ地方の小型係船岸で多く使用されていた。

戦後、鋼管杭が港湾構造物に使用されるようになり、昭和29(1954)年の塩釜港の棧橋の建設を契機に棧橋の基礎杭として多く使用されるようになった。同年、塩釜港貞山1号岸壁で直線鋼矢板を使用したセル式係船岸が初めて着工(完成は昭和34年)され、その後、各地の港湾で建設されることとなった。昭和32(1957)年には、神戸港の波除堤に直線鋼矢板の代わりに円筒形の鋼板を現場に据え付ける鋼板セル工法が採用された。

その後も、鋼管矢板など鋼材の種類が多様化、鋼矢板セルのプレハブ化、根入鋼板セルなどの施工法の改良が続けられ、根入鋼板セル工法は、関西国際空港、名古屋港ポートアイランドの護岸などに採用された。また、近年では代表的な例として大井埠頭や羽田D滑走路で、施工の迅速化や軟弱地盤対応としてジャケット式の鋼構造物が建設されている。

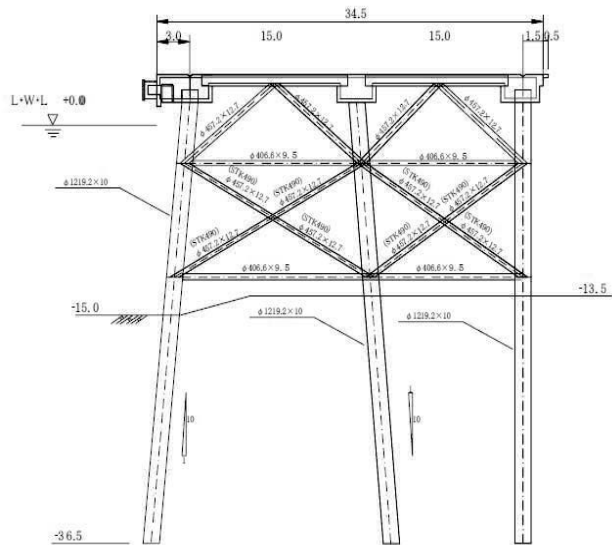


図 2.2.1 大井埠頭新5バース(ジャケット式棧橋)³⁾

高度経済成長時の製鉄業の発展により鋼材が安価に供給されるようになったこと、軟弱地盤が多い日本の港湾整備地域では杭式や矢板式の構造物が対応しやすいこと、一般的にコンクリート構造物と比較し鋼構造物の方が工期が短いことなどから、現在では、国内の係船岸のうち約半分を鋼構造物が占めるようになった。

【参考文献】

- 1) 海洋鋼構造物の防食技術編集委員会編：海洋鋼構造物の防食技術，pp. 9-14, 2010
- 2) 小野寺 駿一：或るスクリーパイルシューの歴史について，土木学会日本土木史研究発表会論文集，pp. 32-39, 1988
- 3) 関東地方整備局東京港湾事務所 HP：<http://www.pa.ktr.mlit.go.jp/tokyo/work/pdf/work02.pdf>

2.2.4 技術開発^{1), 2), 3), 4), 5), 7)}

(1) 維持補修・補強技術（鋼構造物）

鋼構造物に対する主な維持補修技術として、防食工法について以下に記述する。

電気防食が港湾鋼構造物として使用されたのは、昭和 28（1953）年に尼崎港の防潮堤の水門扉に使用された流電陽極方式が最初である。また、昭和 29（1954）年に同港にて外部電源方式による電気防食も適用されている。しかし、昭和 45（1970）年に性能の良いアルミニウム合金陽極が開発されるまでは、維持管理に対する認識が不十分であったことなどから電気防食の普及は進まなかった。アルミニウム合金陽極、また水中溶接の技術が開発されたことで、陽極取り付けの工期短縮と安全性が確保され、本格的に適用されるようになった。

一方、昭和 35～40（1960～1965）年頃に油性塗料などが開発され、海水中より上部の環境に対して適用されるようになった。昭和 45（1970）年頃に塩化ゴム系塗料、昭和 47（1972）年頃にウレタン塗料が開発された。

昭和 50 年代後半になるとペトロラタム被覆工法などの耐久性に優れた各種の被覆防食が、さらに昭和 57（1982）年頃にはいわゆる重防食（ポリエチレン、ポリウレタン被覆）が開発された。従来の防食塗装と比べ耐久性の面で向上し、現在でも港湾構造物の飛沫・干満帯の防食技術の中心として採用されている。

平成に入り、防食被覆材としてのチタン材の適用、ステンレス鋼被覆が実用化されるようになり、チタン材は東京湾アクアラインの橋脚の防食法として、飛沫・干満帯のメンテナンスが困難な箇所に応用された。長期防食性に優れたステンレス鋼被覆は、施工、維持管理、ライフサイクルコスト等を考慮し平成 14（2002）年に大井埠頭新 5 パースのジャケットに適用された。また、近年では羽田空港 D 滑走路の栈橋部ジャケット式鋼構造物の飛沫・干満帯および海上大気部に適用されている。



写真 2.2.2 羽田空港 D 滑走路の栈橋部⁶⁾

(2) 維持補修・補強技術（鉄筋コンクリート構造物）

港湾構造物に限らず、コンクリートのひび割れに対する補修工法としては充填工法、注入工法、被覆工法などがあり体系化されている。欠損に対応するための工法としては、断面修復工法である FRP による埋設型枠工法が平成 12（2000）年に開発された。

また、予防保全を前提とした工法としては、コンクリート表面に陽極材を設置し、鋼材に防食電流を流すことにより鉄筋腐食を抑止する電気防食工法などが開発された。

長寿命化対策の手法としては、海水中に設置した陽極から鋼材（陰極）に直流電流を流すことにより海水に含まれるカルシウムやマグネシウムからなる電着物質をコンクリートのひび割れ部や表層部に析出させる電着工法などがある。

(3) 調査・点検技術

1960年代に入り港湾鋼構造物に大きい腐食が散見されるようになり、海水中でも鋼材の厚さを測定できる計測器として磁気不飽和型厚み計が開発された。しかし、この計測器は条件により誤差が大きくなる欠点があった。その後、昭和41(1966)年頃から既設鋼構造物の全国的な腐食調査が開始され、超音波式厚み計が開発された。超音波式厚み計の出現により、磁気不飽和型厚み計は使用されなくなった。超音波式厚み計による測定は、測定表面に付着しているカキや海草等を除去し超音波探触子を計測部位に密着させて行う。除去した付着海生物は産業廃棄物として処分することが義務付けられていることから、平成21(2009)年に付着物を除去することなく板厚が計測できる、非接触肉厚測定装置が開発された。

海底地形等を効率的にかつ広範囲に調査するため、昭和58(1983)年に海上保安庁の測量船に日本で初めてマルチビーム測深機が導入された。技術の進歩とともに、導入当初と比較しより効率的・高精度に調査できるように測深機も進化してきた。3次元地形モデルから断面図・鳥瞰図・等深線図等を作成するなど、現在まで多くの適用事例がある。

また、平成に入ってからには様々な調査・点検技術が開発されてきた。地中レーダーによる空洞探査は、電磁波の反射波の解読を行うことにより、背面空洞厚等を非破壊で調査する手法である。

近年では、カメラを搭載した自航式ロボット(以下ROV)が地上からの遠隔操作により栈橋下側を撮影し、画像処理された動画データをもとにパソコンを使って点検結果帳票を作成する技術が開発されている。

これらの技術は、調査を効率化するものであり、点検費用の削減効果を期待することができる。

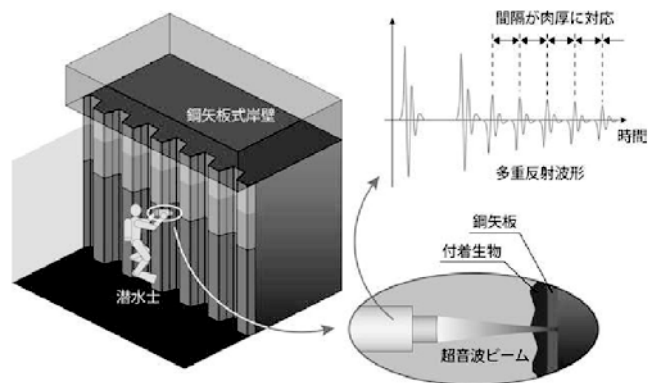


図 2.2.2 非接触式肉厚測定器の概要⁷⁾

【参考文献】

- 1) 海洋鋼構造物の防食技術編集委員会編：海洋鋼構造物の防食技術，pp. 9-14, 159-176, 2010
- 2) 禮田 英一、深海 正彦：港湾施設の維持補修に関する新しい技術の動向調査，沿岸センター研究論文集 No. 5, pp. 93-97, 2005
- 3) 小泉 哲也：港湾施設のライフサイクル関連技術の動向，国総研資料第 759 号，pp. 65-84, 2013
- 4) 国土交通省 HP：社会資本整備審議会・交通政策審議会技術分科会技術部会社会資本メンテナンス戦略小委員会、<http://www.mlit.go.jp/common/000232333.pdf>
- 5) 浅田 昭：海底地形のマルチビーム音響探査と可視化技術，地学雑誌 109 巻 6 号，pp874-884, 2000
- 6) 新日鐵住金 HP：
http://www.nssmc.com/product/use/case/artificial_island/images/haneda_ph03.jpg
- 7) 吉住 夏輝、松本 さゆり、片倉 景義：水中鋼構造物の非接触式肉厚測定器の開発，港湾空港技術研究所報告第 48 巻第 4 号，pp. 89-108, 2009

2.2.5 基準・法令^{1), 2), 3)}

表 2.2.2 平成 24(2012)年までの基準・マニュアルの変遷

| 発行年 | 基準・マニュアル名 | 主な内容 |
|--------------|-----------------------------------|--|
| 昭和 25(1950)年 | 港湾工事設計 示方要覧 | ・港湾施設における最初の「基準」 ・廣井式、設計水平震度など |
| 昭和 34(1959)年 | 港湾工事設計要覧 | ・SMB 法、漂砂、杭の支持力、軟弱地盤対策、など |
| 昭和 42(1967)年 | 港湾構造物設計基準 | ・施設別に設計法を記載、液状化予測など |
| 昭和 54(1979)年 | 港湾の施設の技術上の 基準・同解説 (以下、港湾基準) | ・法律上裏付けされた最初の基準 ・不規則波、合田式、港研方式(杭)など ・「維持」について初めて言及 |
| 平成元(1989)年 | 港湾基準(改訂) | ・ビショップ法、地盤改良など |
| 平成 11(1999)年 | 港湾基準(改訂) | ・SI 単位系への変換 ・地震動(レベル 1, 2)、限界状態設計法など |
| | 港湾構造物の維持・補 修マニュアル | ・港湾施設の維持・補修について体系的にまとめられ た初めての資料 |
| 平成 19(2007)年 | 港湾基準(改訂) | ・性能規定への移行、部分係数法の標準化など ・技術基準対象施設の維持に関して明記 |
| | 港湾の施設の維持管理 計画書作成の手引き | ・維持管理計画書の作成例(栈橋、矢板式係船岸など)、 留意点を記載 |
| | 港湾の施設の維持管理 技術マニュアル | ・平成 11 年発行のマニュアルの改訂版に相当 |

① 港湾工事設計示方要覧

港湾構造物における計画・設計に関する事項が「基準」の形でまとめられたのは、昭和 25(1950)年に発行された「港湾工事設計示方要覧」が最初である。それ以前の港湾構造物に関する書籍としては、明治 31(1898)年発行の廣井勇博士の「築港(前・後)」と昭和 7(1932)年発行の鈴木雅次博士の「港工学」が挙げられる。廣井が防波堤建設とともに波圧の観測を行い、有名な波圧公式 $P = 1.5w_0H$ (w_0 : 海水の単位体積重量, H : 壁面前面での波高) を発表したのは大正 8(1919)年のことである。

「示方要覧」は「係船岸設計示方書」「浚渫埋立計画および施工標準」「防波堤設計示方書」の 3 部から構成され、明治以降の港湾技術を取りまとめたものである。上述の波圧公式や設計水平震度、重力式係船岸の安定に関する安全率等が記載されている。なお、「示方要覧」発行以前の港湾工事では、国内外の港湾工事の事例を参考として、また技術者の経験を元に設計されていたと言われている。

② 港湾工事設計要覧

昭和 34(1959)年には「港湾工事設計要覧」が発行された。土質工学および海岸工学の新しい理論が取り入れられ、SMB 法による波浪推算、漂砂に関する考え方、杭の支持力、軟弱地盤対策、円形すべりによる斜面の安定計算、矢板式係船岸の設計法等が盛り込まれた。

③ 港湾構造物設計基準

昭和 37(1962)年には港湾技術研究所が設立され、わかりやすい設計の手引書を作成することとなった。運輸省港湾局、港湾技術研究所、地方港湾建設局などの技術者により、昭和 42(1967)年に「港湾構造物設計基準」が発行された。運輸省の技術者が持っていた知見・ノウハウをこの基準で標準化したことにより、国内の設計技術水準が大幅に向上し、全国各地での大規模港湾施設の建設に大きく貢献したと言われている。発行後毎年のように新たな知見や技術開発を取り入れた部分改訂や増補が行われた。構成は設計条件等を前半に、その後に水域施設、外郭施設など施設別に設計法を記載、ま

た、基準の本文を粹取りしそれに解説をつけるなど、全体的に工夫されている。特筆すべきは、昭和39(1964)年の新潟地震で確認された液状化現象に対し、わずか数年後に「設計基準」に予測手法などが反映されたことである。

④ 港湾の施設の技術上の基準

これまでに発行された要覧・基準類は基本的には設計の手引きであり、法律上の裏付けはなかった。昭和49(1974)年に港湾法が改正され、港湾の施設は「港湾の施設に関する技術上の基準」に関する条項に適合するように、建設・改良・維持されなければならないことが明記された。港湾の施設に対し、初めて維持管理について言及したと言える。昭和54(1979)年に、「港湾の施設に関する技術上の基準・同解説」が発行され、不規則波の概念、合田式、港研方式による杭の横抵抗の計算などが記載された。平成元(1989)年に「港湾基準」の最初の改訂があり、偏心傾斜荷重に対する支持力の算定方法(ビショップ法)、各種の地盤改良工法等が追加され、また液状化予測手法を充実させた。平成7(1995)年に発生した阪神・淡路大震災により、国内の耐震設計法の大改訂が行われることとなり、港湾分野でも従来の設計法とは大きく異なるものとなる。

平成11(1999)年の改訂では、レベル1、レベル2と2段階の地震動が導入され、また、限界状態設計法の導入、SI単位系への変換等もこの改訂で実施されている。この改訂に併せて、港湾技術研究所による研究成果や、これまでの維持・補修に関する知見をまとめた「港湾構造物の維持・補修マニュアル」が沿岸開発技術研究センターから発行された。港湾施設の維持・補修について、初めて体系的にまとめられた資料である。「港湾基準」にも維持管理について同マニュアルを参考にすることができると記載された。

平成19(2007)年に「港湾の施設の技術上の基準を定める省令」(技術基準省令)を改正、「技術基準対象施設の維持に関し必要な事項を定める告示」を新規に整備した。告示では、施設の維持管理計画等に基づき適切に維持されることを標準化し、全ての技術基準対象施設に対して維持管理計画等を定めることなどが規定された。港湾施設に対して、これまで以上に適切に維持管理することが求められるようになった。また、これまでの仕様規定型から性能規定型へ移行されたことにより、国際規格との整合が図られた。構造物の性能照査には部分係数法を使用することが標準となった。「港湾基準」の改訂に伴い、同年に維持管理計画書の作成や維持管理業務に当たっての技術的支援として、「港湾の施設の維持管理計画書作成の手引き」(平成20(2008)年に増補改訂版発行)及び「港湾の施設の維持管理技術マニュアル」が発行された。

平成26(2014)年の部分改訂では、「設計における維持への配慮」等設計時に維持管理について配慮することが明文化された。詳細については2.3.4に記載する。また、社会資本の老朽化などの様々な課題に対し、維持管理を含めより合理的に対応できるよう、平成30(2018)年の改訂を目処に平成26年末より「港湾技術基準のあり方検討委員会」が開催されている。

【参考文献】

- 1) 山本 修司：港湾技術基準及び設計法の変遷と展望，沿岸センター研究論文集 No. 4, 2004
- 2) 合田 良實：1900年代の港湾技術の変遷，港湾12月号，pp.12～17，1999
- 3) 菅野 高弘：港湾構造物の耐震設計法(港湾基準)の歴史・現状および展望，基礎工3月号，pp.15～18，2007

2.2.6 維持管理体制^{1),2)}

港湾の主要施設のうち係留施設に着目すると、建設後 50 年以上経過した施設の割合は平成 25(2013)年には約 8%であるが、平成 45(2033)年には全体の半数以上になる(図 2.2.3)。このように、今後 20 年で高度経済成長期に整備した施設の老朽化が急激に進行することがわかる。

港湾施設の特徴として、国有港湾施設、港湾管理者所有施設、及び民間所有施設が混在するとともに、水域施設、外郭施設、係留施設、臨港交通施設等の様々な種類の施設が一体となって機能している。その中で国有港湾施設については、国が整備した後港湾管理者に管理を委託するといった施設の所有者と管理者が異なるという特徴がある。

また、船舶の大型化等によって所定の機能が失われる等、物理的な寿命よりも社会的な寿命のほうが短い場合が多く、損傷や劣化などの変状が顕在化する前に構造物の改良・更新が実施されてきたという特徴がある。このような面から、従来の維持管理では、変状が顕在化して要求性能が満たされなくなる状態に至った後に補修や更新等の対策を講じる「事後保全」の対処が一般的であった。

港湾施設の維持管理に関する取り組みとしては、港湾施設の計画的かつ適切な維持管理を推進するため、前節で述べたように平成 19(2007)年に「港湾の施設の技術上の基準を定める省令」(技術基準省令)を改正、「技術基準対象施設の維持に関し必要な事項を定める告示」を新規に整備した。

予算支援では、平成 20(2008)年度から平成 24(2012)年度(一部 26(2014)年度)までの措置として、既存港湾施設の維持管理計画を策定するための費用を支援する制度が創設された。

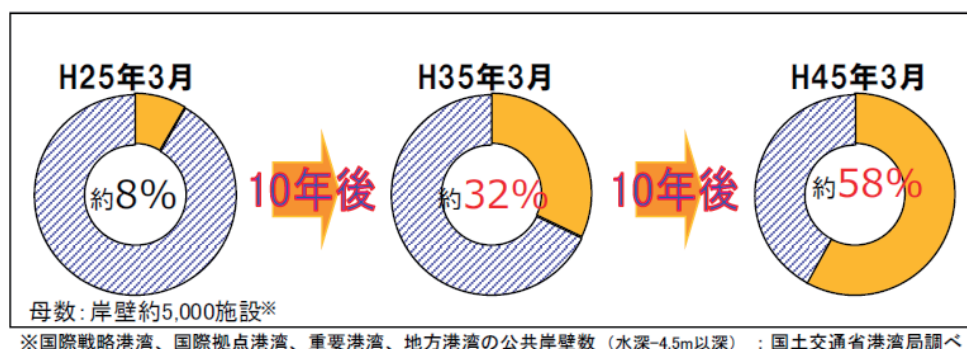


図 2.2.3 供用後 50 年以上経過する岸壁の割合²⁾

【参考文献】

- 1) 直面する維持管理の動向と戦略 : SCOPE NET8 月号 VOL. 67, 2013
- 2) 国土交通省 HP : 港湾施設の維持管理等に関する検討会、
<http://www.mlit.go.jp/common/000228015.pdf>、
<http://www.mlit.go.jp/common/001027916.pdf>、
<http://www.mlit.go.jp/common/001041836.pdf>、
<http://www.mlit.go.jp/common/001041839.pdf>

2.3 海洋・港湾構造物の維持管理・リニューアル技術の状況（2013年からの動向）

2012年12月に発生した中央自動車道笹子トンネル天井板落下事故等を踏まえ、国民生活や経済の基盤となるインフラが的確に維持されるように、2013年を「社会資本メンテナンス元年」として、国や自治体がインフラの老朽化対策について総合的・横断的な取り組みを行うこととなった。以下に、社会資本の維持管理に関する国の取り組み、自治体の取り組み、法令改正について示す。

2.3.1 国の取り組み

「社会資本メンテナンス元年」以降の主な国の取り組みを表2.3.1に示す。

表 2.3.1 2013年以降の国の主な取り組み¹⁾

| 日付 | 主な取り組み |
|----------|--|
| 2013年3月 | 社会資本の老朽化対策会議 「社会資本の維持管理・更新について当面講ずべき措置」策定 |
| 2013年11月 | インフラ老朽化対策の推進に関する関係省庁連絡会議 「インフラ長寿命化基本計画」策定 |
| 2013年12月 | 港湾施設の集中点検結果について発表 |
| 2014年5月 | 社会資本の老朽化対策会議 「国土交通省インフラ長寿命化計画（行動計画）」策定 |
| 2014年7月 | 港湾の施設の点検診断ガイドライン策定 |

* 港湾施設の維持管理等に関する検討会

第1回（2012年10月）～第5回（2014年2月）

* 港湾施設の点検診断及び補修等対策技術に関する総合検討会

第1回（2013年9月）～第3回（2014年2月）

(1) 「社会資本の維持管理・更新について当面講ずべき措置」について

高度経済成長期以降に整備された社会資本が今後急速に老朽化することが見込まれている現状を踏まえて（表 2.3.2 参照）、2013 年 1 月、国土交通大臣を議長とする「社会資本の老朽化対策会議」を設置し、総合的・横断的に検討を進め、同年 3 月、今後 3 か年にわたる当面講ずべき措置が工程表にとりまとめられた（図 2.3.1 参照）。

工程には、緊急点検や優先施設への集中点検の実施、基準・マニュアルの策定・見直し、維持管理・更新に係る情報の整備、新技術の開発・導入、国の一元的なマネジメント体制や法令等の整備、インフラを安全により長く利用するための長寿命化計画の推進などが盛り込まれている。

表 2.3.2 建設後 50 年以上経過する施設の割合の例²⁾

| | 平成 24 年 3 月 | 10 年後 | 20 年後 |
|------------------|-------------|-------|-------|
| 道路橋(橋長 2m 以上) | 約 16% | 約 40% | 約 65% |
| トンネル | 約 18% | 約 30% | 約 45% |
| 河川管理施設(水門等) | 約 24% | 約 40% | 約 62% |
| 港湾岸壁(水深-4.5m 以深) | 約 7% | 約 29% | 約 56% |

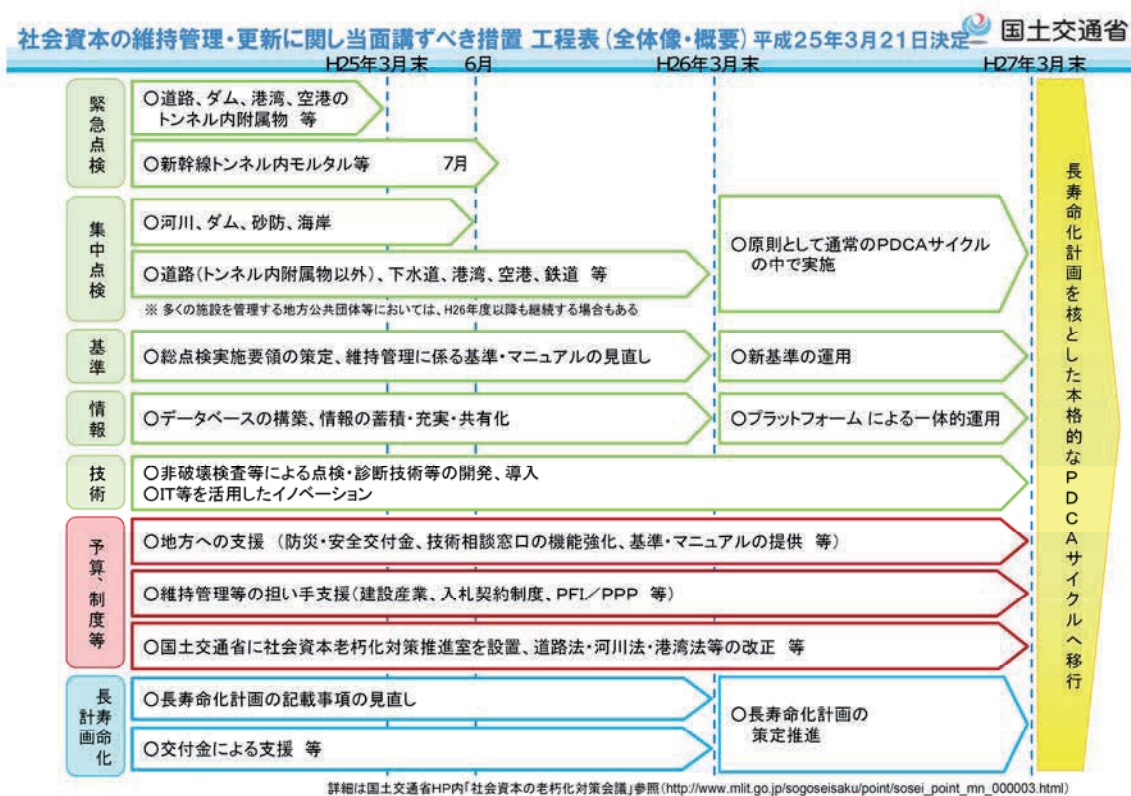


図 2.3.1 社会資本の維持管理・更新に関し当面講ずべき措置 工程表²⁾

(2) 「インフラ長寿命化基本計画」について

老朽化対策に関する政府全体の取り組みとして、「インフラ老朽化対策の推進に関する関係省庁連絡会議」において、2013年11月に「インフラ長寿命化基本計画」が策定された（図2.3.2参照）。

本計画では、インフラ長寿命化における将来の目指すべき姿を示し、その実現に向けて、各インフラの管理者やそれを所管する立場にある者が点検・診断、修繕・更新、基準類の整備、予算管理等の取り組みの具体化を図り、これらを行動計画にとりまとめ、国や自治体等が一丸となって取り組むこととされている。

インフラ長寿命化基本計画の概要

- 個別施設毎の長寿命化計画を核として、メンテナンスサイクルを構築
- メンテナンスサイクルの実行や体制の構築等により、トータルコストを縮減・平準化
- 産学官の連携により、新技術を開発・メンテナンス産業を育成

1. 目指すべき姿

○安全で強靱なインフラシステムの構築

- メンテナンス技術の基盤強化、新技術の開発・導入を通じ、厳しい地形、多様な気象条件、度重なる大規模災害等の脆弱性に対応
- 【目標】老朽化に起因する重要インフラの重大事故ゼロ（2030年）等

○総合的・一体的なインフラマネジメントの実現

- 人材の確保も含めた包括的なインフラマネジメントにより、インフラ機能を適正化・維持し、効率的に持続可能で活力ある未来を実現
- 【目標】適切な点検・修繕等により行動計画で対象とした全ての施設の健全性を確保（2020年頃）等

○メンテナンス産業によるインフラビジネスの競争力強化

- 今後のインフラビジネスの柱となるメンテナンス産業で、世界のフロントランナーの地位を獲得
- 【目標】点検・補修等のセンサー・ロボット等の世界市場の3割を獲得（2030年）

2. 基本的な考え方

○インフラ機能の確実かつ効率的な確保

- メンテナンスサイクルの構築や多段階の対策により、安全・安心を確保
- 予防保全型維持管理の導入、必要性の低い施設の統廃合等によりトータルコストを縮減・平準化し、インフラ投資の持続可能性を確保

○メンテナンス産業の育成

- 産学官連携の下、新技術の開発・積極公開により民間開発を活性化させ、世界の最先端へ誘導

○多様な施策・主体との連携

- 防災・減災対策等との連携により、維持管理・更新を効率化
- 政府・産学界・地域社会の相互連携を強化し、限られた予算や人材で安全性や利便性を維持・向上

3. 計画の策定内容

○インフラ長寿命化計画（行動計画）

- 計画的な点検や修繕等の取組を実施する必要性が認められる全てのインフラでメンテナンスサイクルを構築・継続・発展させるための取組の方針（対象施設の現状と課題／維持管理・更新コストの見直し／必要施策に係る取組の方向性等）

○個別施設毎の長寿命化計画（個別施設計画）

- 施設毎のメンテナンスサイクルの実施計画（対策の優先順位の考え方／個別施設の状態等／対策内容と時期／対策費用等）

4. 必要施策の方向性

| | |
|------------|--|
| 点検・診断 | 定期的な点検による劣化・損傷の程度や原因の把握 等 |
| 修繕・更新 | 優先順位に基づく効率的かつ効果的な修繕・更新の実施 等 |
| 基準類の整備 | 施設の特性を踏まえたマニュアル等の整備、新たな知見の反映 等 |
| 情報基盤の整備と活用 | 電子化された維持管理情報の収集・蓄積、予防的な対策等への利活用等 |
| 新技術の開発・導入 | ICT、センサー、ロボット、非破壊検査、補修・補強、新材料等に関する技術等の開発・積極的な活用 等 |
| 予算管理 | 新技術の活用やインフラ機能の適正化による維持管理・更新コストの縮減、平準化 等 |
| 体制の構築 | [国]技術等の支援体制の構築、資格・研修制度の充実 [地方公共団体等]維持管理・更新部門への人員の適正配置、 国の支援制度等の積極的な活用 [民間企業]入札契約制度の改善 等 |
| 法令等の整備 | 基準類の体系的な整備 等 |

5. その他

- 戦略的なインフラの維持管理・更新に向けた産学官の役割の明示
- 計画のフォローアップの実施

図 2.3.2 インフラ長寿命化基本計画の概要³⁾

(3) 港湾施設の集中点検結果について

国有港湾施設（係留施設、臨港交通施設及び外郭施設）のうち、老朽化の進展した施設を中心とした 810 施設、港湾管理者、埠頭株式会社およびフェリー埠頭公社が所有する港湾施設のうち、不特定多数の人々が利用する施設や老朽化の進行した 7, 125 の施設について集中点検が実施された。

1) 点検内容

集中点検の内容を表 2.3.3 に示す。

表 2.3.3 点検内容⁴⁾

| | | |
|--------|-----------|--------------------------------------|
| 係留施設 | 岸壁の空洞化 | レーザー探査による岸壁の空洞の確認 |
| | 栈橋下面のひび割れ | 小型船舶等を活用した目視確認、もしくはダイバーによる目視確認 |
| | 鋼材の肉厚 | 水中での超音波厚み計を用いた肉厚測定による、鋼管杭等の状態確認 |
| 臨港交通施設 | | 近接目視および打音点検により、橋梁下面等のコンクリートの劣化状態の確認 |
| 外郭施設 | | 近接目視等による、防波堤ケーソン側壁の損傷等の確認 |
| | | ナローマルチビームソナーを用いた測量による、防波堤基礎マウンドの状態確認 |

2) 集中点検結果

a) 国有港湾施設

点検が実施された 810 施設のうち、306 施設で不具合が確認された。不具合のあった 306 施設のうち、早急な装置が必要な 59 施設については対応済み（応急含む）であり、その他の 247 施設については経過観察中（対応中含む）となっている（表 2.3.4 参照）。

表 2.3.4 集中点検結果一覧⁴⁾

| 所有者 | 施設数 | 点検実施施設数 | 不具合のあった施設数 | | | |
|-----|-------|---------|----------------|-----|-----------------|-----|
| | | | 早急な措置が必要な施設 | | 経過観察 (対応中含む) | |
| | | | 対応済み (応急含む) | 未対応 | | |
| 国 | 3,298 | 810 | 306 | 59 | 0 | 247 |

b) 港湾管理者（地方公共団体等）所有施設

点検が実施された 7,034 施設のうち、959 施設で不具合が確認された。不具合のあった 959 施設のうち、早急な装置が必要な 88 施設については対応済み（応急含む）であり、その他の 871 施設については経過観察中（対応中含む）となっている（表 2.3.5 参照）。

c) 埠頭株式会社及びフェリー埠頭公社

点検が施された 91 施設のうち、2 施設で不具合が確認された。このうち早急な措置が必要な 2 施設とも対応済となっている（表 2.3.5 参照）。

表 2.3.5 集中点検結果一覧⁵⁾

| 所有者 | 施設数 | 点検実施施設数 | 不具合のあった施設数 | | | |
|----------------------|--------|---------|-------------------------------|-----|--------------------------|-----|
| | | | 早急な措置が必要な施設 対応済み (応急含む) | 未対応 | その他施設 経過観察 (対応中含む) | |
| 港湾管理者 (地方公共団体等) | 24,280 | 7,034 | 959 | 88 | 0 | 871 |
| 埠頭株式会社及び フェリー埠頭公社 | 106 | 91 | 2 | 2 | 0 | 0 |
| 計 | 24,386 | 7,125 | 961 | 90 | 0 | 871 |

(4) 「国土交通省インフラ長寿命化計画（行動計画）」について

2013年11月、「インフラ老朽化対策の推進に関する関係省庁連絡会議」において策定された「インフラ長寿命化基本計画」に基づき、国土交通省が管理・所管するインフラの維持管理・更新等を着実に推進するための計画として、2014年5月、「社会資本の老朽化対策会議」において「国土交通省インフラ長寿命化計画（行動計画）」が策定された。その概要を図2.3.3に示す。

本計画では、「点検・診断/修繕・更新等」、「基準類の整備」、「情報基盤の整備と活用」等の項目について、対象施設の現状と課題を踏まえて各施設毎（道路、河川・ダム、砂防、港湾等）の具体的な取り組みを示している。

国土交通省インフラ長寿命化計画(行動計画) 概要



- 「社会資本メンテナンス元年」の成果や課題を踏まえ、インフラ長寿命化基本計画に基づく行動計画をとりまとめ
- 将来にわたる必要なインフラ機能の発揮に向けた取組により、メンテナンスサイクルを構築・継続的に発展
- 国民の安全・安心の確保、トータルコストの縮減・平準化、メンテナンス産業の競争力確保の実現

| | | | |
|---|---|--|--|
| 1. 国土省の役割 | | | |
| ○各インフラに係る体制や制度等を構築する「所管者」としての役割 | | ○インフラの「管理者」としての役割 | |
| 2. 計画の範囲 | | 3. 中長期的なコストの見直し | |
| ○対象: 国土省が制度等を所管する全ての施設 ○期間: 平成26～32年度(2014～2020年度) | | ○維持管理・更新等の取組のため、施設の実態の把握や個別施設計画の策定により、中長期的な維持管理・更新等のコストの見直しをより確実に推定する必要 | |
| 4. 現状・課題と取組の方向性 | | | |
| | 現状と課題 | 必要施策に係る取組の方向性 | 具体的な取組の例 |
| 点検・診断／ 修繕・更新等 | ○ 総点検対象施設以外の対応 ○ 人口減少等の社会構造の変化への対応 ○ 技術力を有する職員の不足 ○ 取組の着実な実施に必要な予算の確保 ○ 点検・診断等の担い手の確保 | ○ 全施設のメンテナンスサイクルの構築 ○ 施設の必要性、対策内容等の再検討 ○ 相談窓口機能、研修・講習の充実 ○ 交付金等による支援の継続・充実 ○ 入札契約制度等の見直し | ○ 基準類に基づく適時・適切な点検・診断 ○ 個別施設計画に基づく修繕・更新・集約等 ○ 地公体職員を対象とする研修の充実・継続 ○ 防災・安全交付金等による取組の支援 ○ 適正な価格等の設定、発注ロットの最適化 |
| 基準類の整備 | ○ 基準類の位置づけが不明確 ○ 新たな技術・知見が未反映 | ○ 基準類の体系的整備 ○ 新たな技術や知見の基準類への反映 | ○ 位置づけを明確にした全基準類の見える化 ○ 適時・適切な基準類の改定 |
| 情報基盤の整備と活用 | ○ 台帳等の不備・未整備 ○ 情報の活用に向けた統一的管理が不十分 | ○ 点検・修繕等を通じた情報収集 ○ 情報の蓄積、地公体も含めた一元的集約 | ○ データベースの構築・改良、情報の蓄積・更新 ○ 関係者による情報の共有 |
| 個別施設計画の策定 | ○ 計画未策定の施設が存在 ○ 記載内容にバラツキ | ○ 計画策定の推進と内容の充実 | ○ 計画策定対象の拡大 ○ 手引き等の整備・提供、交付金等による支援 |
| 新技術の開発・導入 | ○ 現場ニーズと技術シーズのマッチングが不十分 ○ 新技術の特性(適用条件等)が不明確 | ○ 産学官の連携とニーズ・シーズのマッチング ○ 新技術を活用できる現場条件などの明確化 | ○ ニーズを明確にした公募等による現場実証・評価 ○ 点検・診断技術の特性を明確にした維持管理支援サイトによる新技術の現場導入支援 |
| 予算管理 | ○ 非計画的な投資 ○ 対策費用を踏まえた財源が未確保 | ○ トータルコストの縮減・平準化 ○ 受益と負担の見直し | ○ 個別施設計画に基づく計画的な対策 ○ 更新投資の財源確保に向けた検討 |
| 体制の構築 | ○ 技術者の技術力の評価が不十分 ○ 地公体単独での対応が困難 ○ 国民等の利用者の関与が不十分 | ○ 資格制度の充実、高度な技術力を有する技術者の活用 ○ 管理者間の相互連携体制の構築 ○ 国民等の利用者の理解と協働の推進 | ○ 民間資格の評価、国の職員等の派遣 ○ 関係者からなる組織による市町村への支援 ○ 現地見学等による広報活動 |
| 法令等の整備 | ○ 点検等の法令等の位置づけが不明確 | ○ 責務の明確化、社会構造の変化への対応 | ○ 維持・修繕の責務明確化 |
| 5. その他 | | ○ ホームページ等を通じた積極的な情報提供 | |

詳細は国土交通省HP内参照：http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/point/sosei_point_mm_000003.html

図 2.3.3 国土交通省インフラ長寿命化計画（行動計画）の概要⁶⁾

(5) 港湾の施設の点検診断ガイドラインについて

港湾施設の新たな基準（点検ガイドライン）および民間事業者の港湾施設の維持管理状況の確認方法を検討するため、「港湾施設の点検及び補修等対策技術に関する総合検討会」が設置され、2014年7月に「港湾の施設の点検診断ガイドライン」が策定された。

「第1回 港湾施設の点検及び補修等対策技術に関する総合検討会」（2013年9月）で示されたガイドラインの作成上の視点（維持管理技術マニュアルとの比較）を図2.3.4に示す。

これによると、「維持管理技術マニュアル」は専門家が使用することを前提として作成されているのに対して、「港湾の施設の点検診断ガイドライン」は専門技術者でなくても活用できることに視点を置いて作成されているという一つの特徴がある。

予算、人員、技術力が十分ではない港湾施設の管理者でも、一定レベル以上の点検を確実に実行できるようにするため、施設の種類や構造形式ごとに点検診断の項目、判定基準や点検診断にあたっての留意点等を写真や図等を用いて示し、まとめられている。

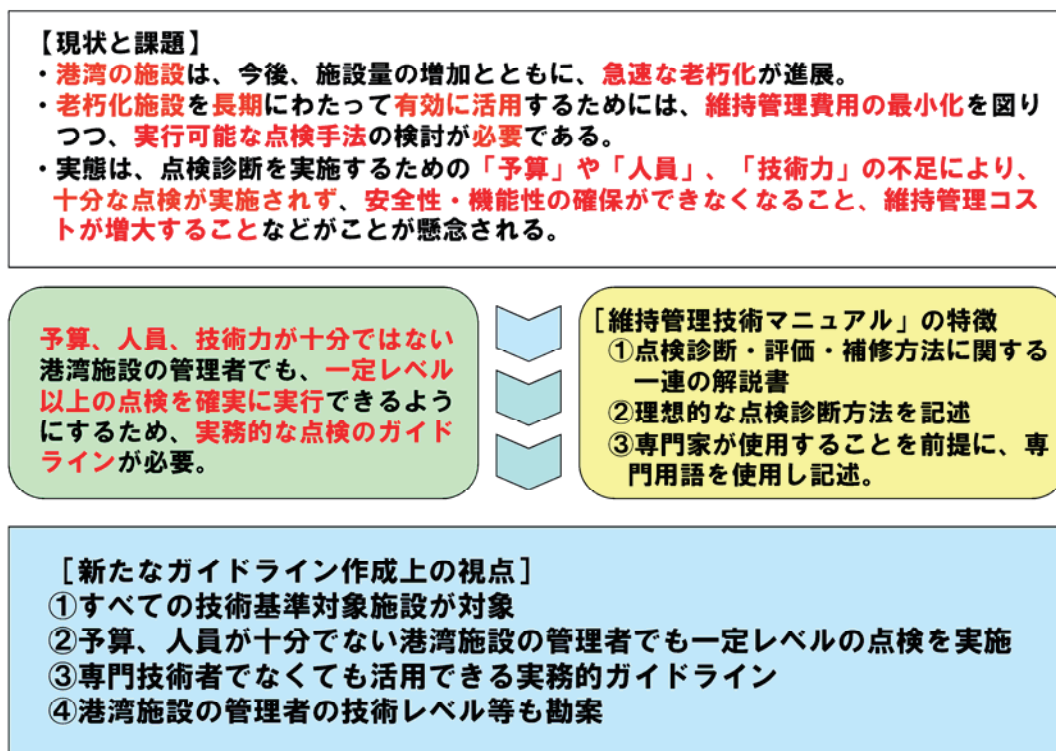


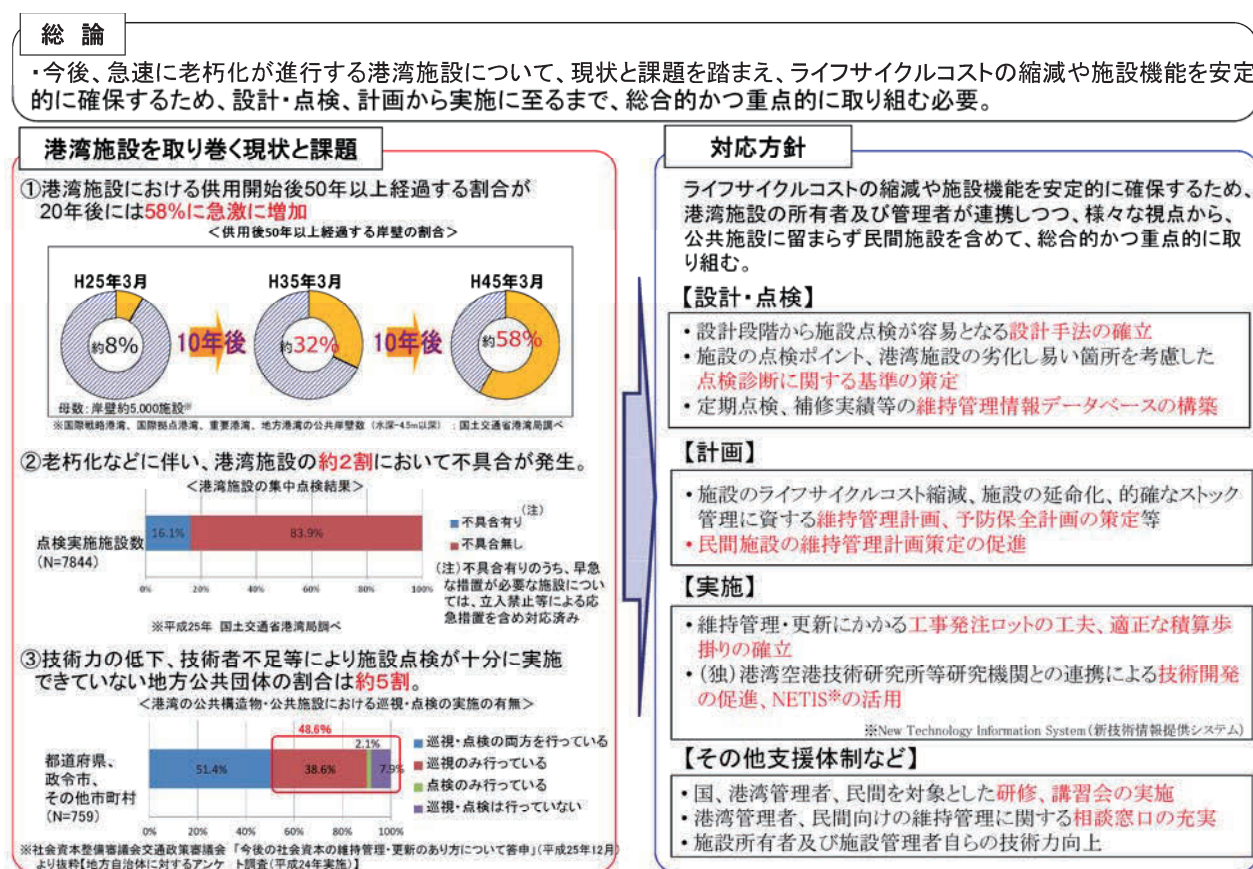
図 2.3.4 ガイドライン作成上の視点⁷⁾

(6) 港湾施設の維持管理等に関する検討会について

高度経済成長期に集中的に整備された港湾施設の今後の急激な老朽化に伴い、増大が見込まれる維持・改良費用の縮減、平準化が必要となっている現況を踏まえ、今後の維持管理のあり方を検討するため、「港湾施設の維持管理等に関する検討会」が設置された。

検討会は、2012年10月に第1回目、2014年2月に第5回目が開催され、2014年5月には最終とりまとめとして「今後の港湾施設の維持管理等の課題に対する対応方針」が示された。その「今後の港湾施設の維持管理等の課題に対する対応方針（概要）」を図2.3.5に示す。

今後の港湾施設の維持管理に関する取り組みについて、維持管理を考慮した設計、港湾施設における点検診断、維持管理に関する基準類の整備、維持管理に関する技術者の育成・支援、維持管理に関する資格制度、入札・積算体系の構築等の項目について具体的な取り組み内容を示している。



【参考文献】

- 1) 国土交通省 HP : <http://www.mlit.go.jp/>.
- 2) 国土交通省 HP : 社会資本の維持管理・更新に関し当面講ずべき措置, 2013,
<http://www.mlit.go.jp/common/000991905.pdf>
- 3) 国土交通省 HP : インフラ長寿命化基本計画,
http://www.cas.go.jp/jp/seisaku/infra_roukyuuka/pdf/gaiyou.pdf
- 4) 国土交通省 HP : 国有港湾施設の集中点検結果,
<http://www.mlit.go.jp/common/001023006.pdf>
- 5) 国土交通省 HP : 港湾管理者等所有施設への集中点検結果,
<http://www.mlit.go.jp/common/001023007.pdf>
- 6) 国土交通省 HP : 国土交通省インフラ長寿命化計画(行動計画),
<http://www.mlit.go.jp/common/001040665.pdf>
- 7) 国土交通省 HP : 第1回 港湾施設の点検診断及び補修等対策技術に関する総合検討会,
<http://www.mlit.go.jp/common/001010192.pdf>
- 8) 港湾施設の維持管理に関する検討会,
<http://www.mlit.go.jp/common/001041836.pdf>

2.3.2 自治体の取り組み事例

港湾施設の維持管理に関して、「社会資本の維持管理及び更新に関する行政評価・監視結果報告書」（総務省行政評価局、2012年2月）に北海道、香川県、長崎県の3自治体の取り組みが紹介されている。その3自治体の取り組みを以下に示す。

(1) 北海道（2009年3月「公共土木施設の維持管理基本方針」の策定）

近年の人口減少やそれに伴う投資余力の低下、また、高度経済成長期に集中して整備された社会資本の老朽化により、今後は施設の長寿命化を念頭に置き、これまでに整備されてきた社会資本を効率的・効果的に使用するため、2009年3月に「公共土木施設の維持管理基本方針」が策定された。

本方針では、港湾施設（堤防・護岸・突堤等）の維持管理区分の設定は、劣化が進行し、施設の機能に影響がおよぶ場合に補修を行う「対症管理型」に区分され図2.3.6のように定められている。

対症管理型

《堤防・護岸等補修》

波浪災害の防止を図る堤防、護岸、離岸堤等の損傷を放置すると、倒壊の発生につながり被害が拡大する恐れがあることから施設の変状を把握し、機能が低下した施設の補修を実施します。

- 堤防、護岸の機能が低下する恐れのあるひび割れ、沈下等の変状が見られた時には、パトロールによる巡視を強化し、施設の機能に支障が生じる場合に、補修を実施します。
- 堤防、護岸の排水施設が接合部のズレ、破損等により排水されなければならない水の大部分が地下に浸透し、排水の機能に支障が生じる場合に、補修を実施します。
- 突堤・離岸堤・消波工等の倒壊により施設の機能に支障が生じる場合や、斜路に隣接するブロックが散乱し、漁船の上げ下ろしに支障が生じる場合に、補修を実施します。
- 遊歩道の損傷等により施設の機能に支障が生じる場合に、補修を実施します。
- 斜路のゲートが損傷して、波浪を防止できない状況となった場合、また、その恐れがある場合に、補修を実施します。



図 2.3.6 主な港湾施設の維持管理水準¹⁾

(2) 香川県 (2008年11月「香川県公共土木施設アセットマネジメント基本方針」の策定)

高度経済成長期の社会資本の集中整備に伴い、今後、それらの老朽化による補修、更新費用が一時的に集中して増大することが予想される。

今後、限られた財源の中でこれらの機能やサービスを維持するためには、計画的な維持修繕や更新を含む投資費用の平準化を目指す必要があり、このような課題に対応するため、これらの社会資本を「資産」としてとらえ、中長期的な資産の状態を予測し、ライフサイクルコストの最適化を図る「アセットマネジメント」の考え方を維持管理に導入する必要がある。

以上の背景から、2008年11月、公共土木施設全体へのアセットマネジメントシステム導入の基本となるべき事項を定めた「香川県公共土木施設アセットマネジメント基本方針」が策定された。

維持管理区分は、公共施設の規模や重要度等に応じて、劣化予測やライフサイクルコストに基づく判断を行う「詳細マネジメント」と現況による判断を行う「簡易マネジメント」に区分されている。香川県のアセットマネジメントの概略を図2.3.7に示し、各維持管理区分の概要と具体的な維持管理区分の例を表2.3.6に示す。

港湾施設の維持管理区分は、係留施設（鋼製）、係留施設（コンクリート製）、護岸がそれぞれ予防維持管理、事後維持管理、観察維持管理に分類されている。

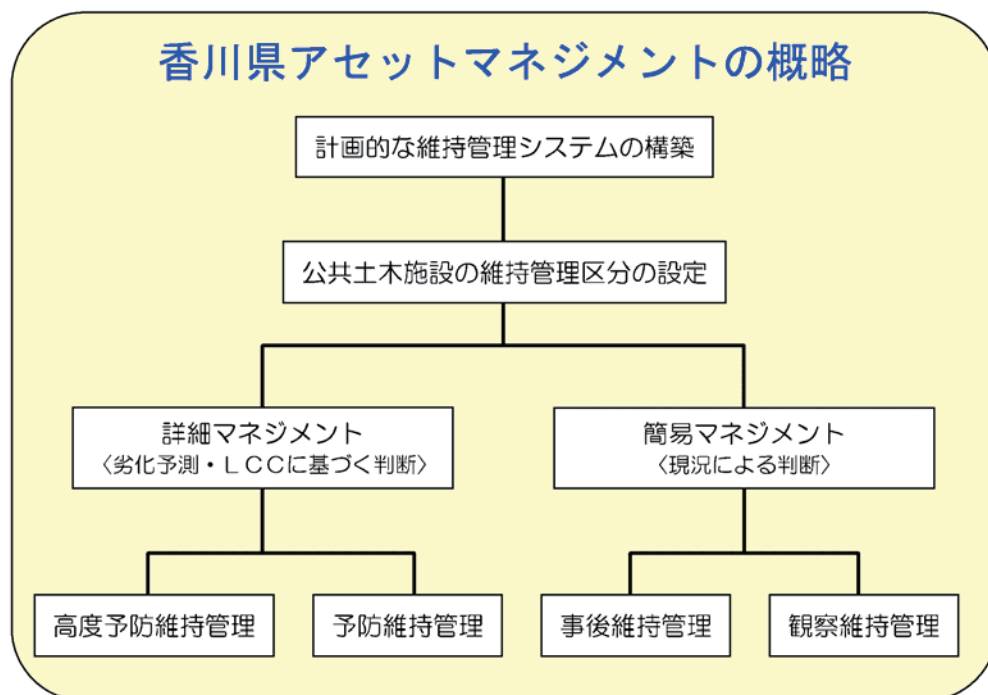
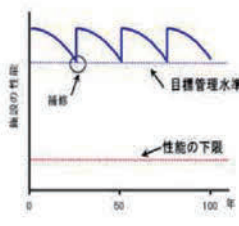
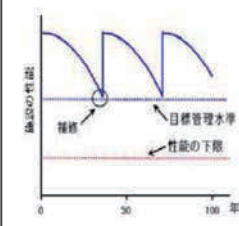
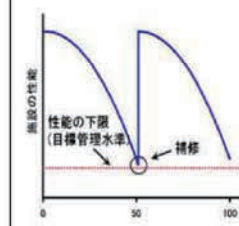
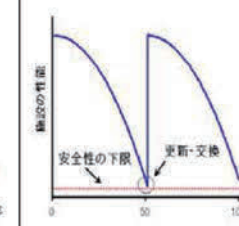


図 2.3.7 香川県アセットマネジメントの概略²⁾

表 2.3.6 各維持管理区分の概要と具体的な維持管理区分の例²⁾

| | 詳細マネジメント | | 簡易マネジメント | |
|------------------|--|--|---|--|
| | 高度予防維持管理 | 予防維持管理 | 事後維持管理 | 観察維持管理 |
| 維持管理区分の概要 | 機能低下の進行が把握できる構造物に適用でき、機能低下の程度に応じて最適な補修工法・補修時期を選択した上で機能維持を図る。 | | 機能低下の兆候が表面化した後に対策する構造物に適用し、機能不全に陥る前に迅速に機能維持を図る。 | 突発的又は劣化の進行により機能不全に陥る構造物に適し、機能不全に陥った時または直前に適切に機能維持を図る。 |
| 維持補修実施時期と対応方法 | 劣化の兆候や初期劣化が認められた段階で対策を実施する。劣化予測を行い、LCCの最小化・平準化を図れる補修時期・補修工法を選択する。 | 局所的な劣化が認められた段階で、劣化進行速度が速いと認められた場合は対策を実施する。劣化予測を行い、LCCの最小化・平準化を図る補修時期・補修工法を選択する。 | 劣化がある程度進行した段階で対策を実施する。劣化の程度に合わせた補修工法を選択する。 | 機能不全に陥るまで供用し、第三者被害の恐れが生じた場合に補修工法を選択する。 |
| 機能低下と維持補修の適用イメージ |  |  |  |  |
| 施設の特性等による区分と例(案) | 長大橋等、極めて重要で更新が著しく困難な施設。 | 一定規模以上の重要な施設。 | 一般的重要度の施設、定期的な補修・交換が必要な施設。 | 重要度が低く、補修や更新が比較的容易な施設。 |
| | [橋梁]橋長100m以上かつ最大支間長50m以上 [ダム]堤体 | [橋梁]橋長15m以上の跨橋等または緊急輸送路 [ダム]放流設備 [舗装]大型車交通量1,000台/日・方向以上 [河川]排水機場、水門 [港湾]係留施設(鋼製) [下水]幹線管渠 | [橋梁]橋長5m以上(左記を除く) [ダム]観測装置 [舗装]大型車交通量100~1,000台/日・方向 [河川]堤防 [港湾]係留施設(コンクリート製) [下水]電気・機械設備 [砂防]砂防ダム [公園]遊具 | [橋梁]5m未満の橋梁 [ダム]昇降設備、係船設備 [舗装]大型車交通量100台/日・方向未満 [河川]護岸 [港湾]護岸 |

(3) 長崎県

長崎県の維持管理に関する主な取り組みを表 2.3.7 に示す。

表 2.3.7 長崎県の維持管理に関する主な取り組み

| 日付 | 主な取り組み |
|---------|---------------------------------|
| 2007年3月 | 公共土木施設等維持管理基本方針 策定 |
| 2010年2月 | 長崎県港湾施設（鋼構造物）維持管理ガイドライン 策定 |
| 2012年3月 | 長崎県港湾施設（コンクリート構造物）維持管理ガイドライン 策定 |
| 2012年3月 | 長崎県港湾・漁港施設維持点検 実施要領 策定 |

1) 公共土木施設等維持管理基本方針について³⁾

これまでに整備してきた公共施設等のストックは、時代と共に老朽化し、それに伴う維持管理費が増大していくことが予想される。そのため、県は適切な維持管理による補修等を効率的かつ計画的に行わなければならない。そこで、予防保全的手法を導入した効率的かつ計画的な維持補修による施設の延命化と投資費用の低減化及び平準化を目指すための取り組みとして「公共土木施設等維持管理基本方針」が策定された。

2) 長崎県港湾施設（鋼構造物）維持管理ガイドラインについて⁴⁾

予防保全的手法を導入した維持管理が効果的と考えられる鋼構造物を対象に、「長崎県公共土木施設等維持管理基本方針」に基づき、検討委員会を設置して「長崎県港湾施設（鋼構造物）維持管理ガイドライン」が策定された。本ガイドラインは、長崎県の港湾施設の点検診断結果を活用し、「港湾の施設の維持管理技術マニュアル（（一財）沿岸技術研究センター）」等を参考としている。

3) 長崎県港湾施設（コンクリート構造物）維持管理ガイドラインについて⁵⁾

前項の「長崎県港湾施設（鋼構造物）維持管理ガイドライン」と同様に、検討委員会を設置して「長崎県港湾施設（コンクリート構造物）維持管理ガイドライン」が策定された。

4) 長崎県港湾・漁港施設維持点検 実施要領について⁶⁾

長崎県内の港湾・漁港施設の維持管理を行うため、「長崎県港湾施設（鋼構造物）維持管理ガイドライン」および「長崎県港湾施設（コンクリート構造物）維持管理ガイドライン」による点検および調査に関する考え方に基づいて「長崎県港湾・漁港施設維持点検 実施要領」をとりまとめた。点検および調査の方法、施設別の点検での着眼点、定期点検および臨時点検の実施方法等がまとめられており、判定事例や点検の着眼点を写真や図で示し、実践的なものとなっている。

【参考文献】

- 1) 北海道 HP：公共土木施設の維持管理基本方針，2009，
<http://www.pref.hokkaido.lg.jp/kn/kks/grp/02/izikanrikihonhoushin.pdf>
- 2) 香川県 HP：香川県公共土木施設アセットマネジメント基本方針，2008，
http://www.pref.kagawa.lg.jp/kgwpub/pub/cms/upfiles/asset01_6230_1.pdf
- 3) 長崎県 HP：公共土木施設等維持管理基本方針，2007，
<https://www.pref.nagasaki.jp/shared/uploads/2013/06/1372061895.pdf>
- 4) 長崎県 土木部 港湾課：長崎県港湾施設（鋼構造物）維持管理ガイドライン，2010，
http://www.doboku.pref.nagasaki.jp/~kouwan/2010_03/business02/ijikanri/guidelines_steel.pdf
- 5) 長崎県 土木部 港湾課：長崎県港湾施設（コンクリート構造物）維持管理ガイドライン，2012，
http://www.doboku.pref.nagasaki.jp/~kouwan/2010_03/business02/izikanrigaidorain.pdf
- 6) 長崎県 水産部 漁港漁場課、土木部 港湾課：長崎県港湾・漁港施設維持点検実施要領，2012，
http://www.doboku.pref.nagasaki.jp/~kouwan/2010_03/business02/kouwangyokouizikatenken.pdf

2.3.3 特例港湾運営会社の取り組み¹⁾

港湾の国際競争力強化等を図るため、2011年3月の港湾法改正により、港湾運営に関する業務を一元的に担う「港湾運営会社制度」が創設された。

同法では、国際戦略港湾（京浜港、阪神港）と国際拠点港湾（苫小牧港、室蘭港、仙台塩釜港、千葉港他）について、1港あたり1社の港湾運営会社を設置することとしている。しかし、京浜港（＝東京港・横浜港・川崎港）および阪神港（＝神戸港・大阪港）ごとに一つの港湾運営会社を指定するには、種々の調整に時間を要するため、一定期間の特例措置として東京港、川崎港、横浜港、神戸港、大阪港の各々で特例港湾運営会社を指定することが可能となっている。港湾運営会社に指定されることにより以下のメリットが得られる（図2.3.8参照）。

- ・行政財産の貸付
- ・無利子貸付制度の拡充
- ・税制優遇措置

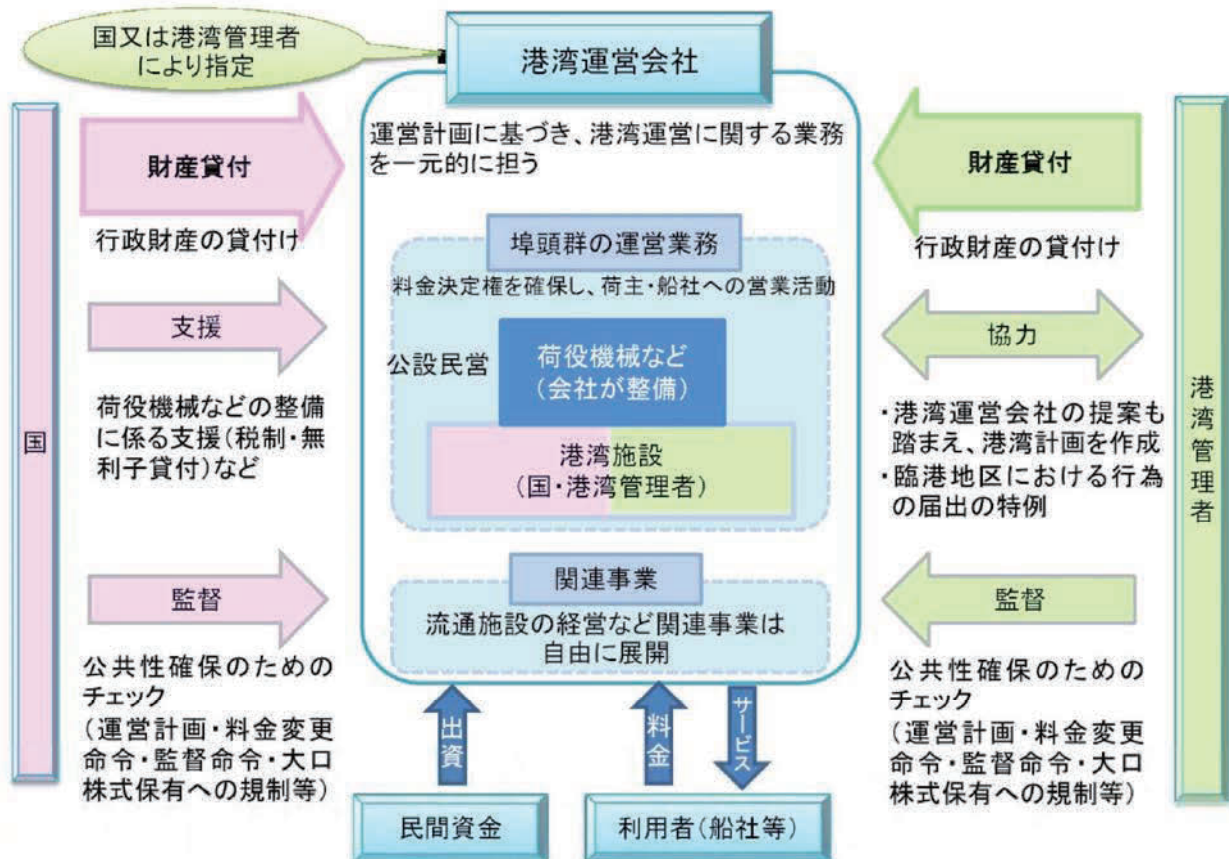


図 2.3.8 港湾運営会社の仕組み¹⁾

東京港の特例港湾運営会社として指定された東京港埠頭株式会社の維持管理に関する主な取り組みを表 2.3.8 に示し、以下にその概要を紹介する。

表 2.3.8 東京港埠頭株式会社の維持管理に関する主な取り組み

| 日付 | 主な取り組み |
|---------|--------------------------------|
| 2003年 | コンテナターミナル施設の新しい維持管理と長寿命化の取り組み |
| 2004年6月 | 土木施設維持管理マニュアル 策定 (2012年11月改訂) |
| 2004年6月 | 栈橋劣化調査・補修マニュアル 策定 (2012年11月改訂) |

① コンテナターミナル施設の新しい維持管理と長寿命化の取り組みについて

東京港埠頭株式会社は、コンテナ船の大型化や貨物量の増加に対応するため、1996年から2003年までに大井コンテナ埠頭の大規模な再整備事業を行った。本事業は、既存のターミナルを供用しながら既設栈橋を補修し、新設栈橋を築造する難しい事業であった。その後、本事業で得た経験を活かし、予防保全を取り入れた港湾施設の維持管理について、専門家を含めた委員会等により検討を進めてきた。その結果、「土木施設維持管理マニュアル」、「栈橋劣化調査・補修マニュアル」等を策定し、現在の維持管理体系が構築された（図 2.3.9 参照）。

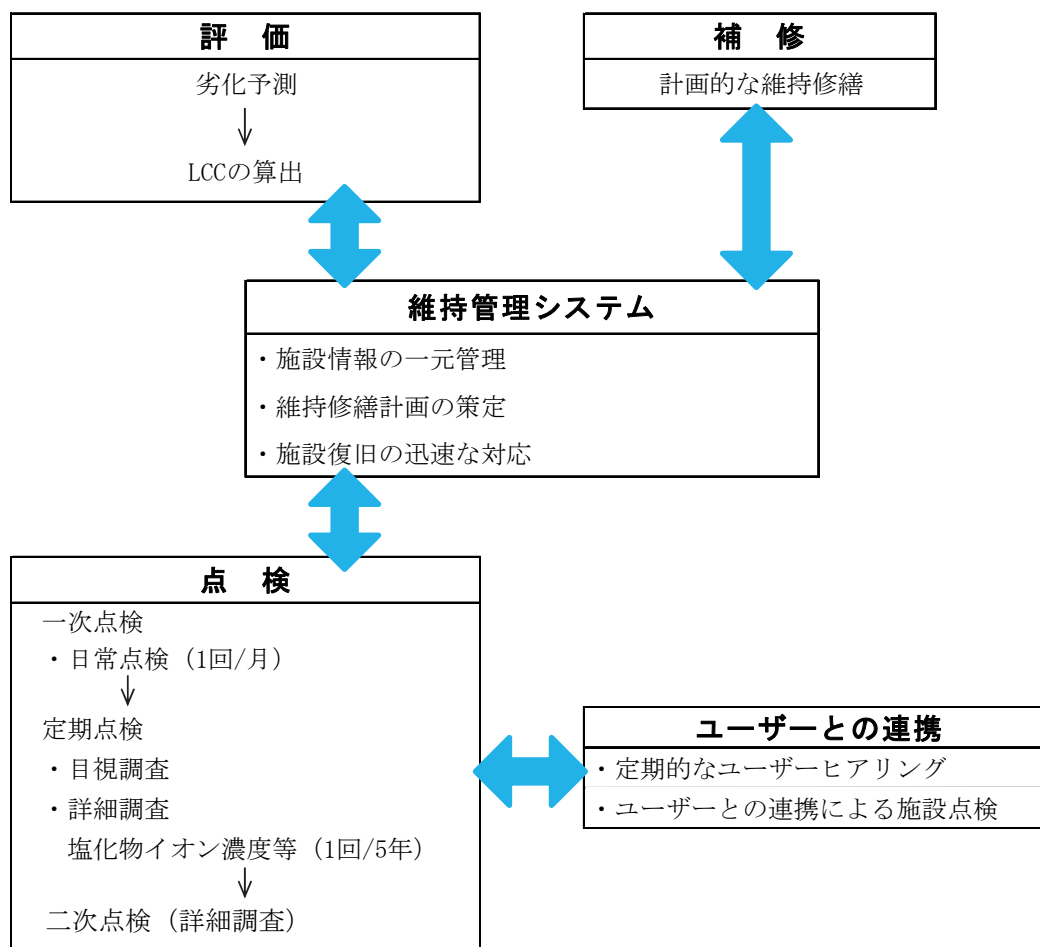


図 2.3.9 維持管理の体系²⁾

② 土木施設維持管理マニュアル³⁾

大井コンテナ埠頭の大規模な再整備事業で得た知見を踏まえ、「予防保全を取り入れたライフサイクルコストの最小化」を目的として、「土木施設維持管理マニュアル」をとりまとめ、点検、劣化予測、ライフサイクルコストを考慮した維持修繕計画の策定等を実施するための維持管理手法を体系的に示した。本マニュアルには、目視による点検調査の判断基準等も写真や表を用いて示されており、点検者による判断のバラツキにも配慮されている。

③ 栈橋劣化調査・補修マニュアル⁴⁾

大井コンテナ埠頭の栈橋の大規模な塩害劣化対策等の補修実績を踏まえ、劣化調査から補修順序や補修工法の選定、設計・施工および補修後の点検までとりまとめ、「栈橋劣化調査・補修マニュアル」が策定された。

【参考文献】

- 1) 国土交通省 HP：港湾運営会社制度について，2012，
<http://www.mlit.go.jp/common/000220288.pdf>
- 2) 東京港埠頭株式会社 HP：
<http://www.tptc.co.jp/corporate/guide/maintenance/tabid/163/Default.aspx>.
- 3) 東京港埠頭株式会社：土木施設維持管理マニュアル，2012.
- 4) 東京港埠頭株式会社：栈橋劣化調査・補修マニュアル，2012.

2.3.4 法令改正

首都直下地震等の大規模な地震が発生した場合、三大湾（東京湾・大阪湾・伊勢湾）において、大量の漂流物等により、船舶の入出港が困難となり、港湾機能が維持できなくなる恐れがある。このような背景を踏まえ、2013年6月、災害時に港湾機能を維持するため、防災・減災対策を通じた港湾施設の維持・早期復旧を基本方針として港湾法の一部が改正された。その主な改正は以下の2点であり、改正港湾法の施策の背景と法案の概要を図2.3.10に示す。

- ・ 港湾施設の維持のため、一定の基準に沿って定期的に点検を行うことと新たに規定された。
- ・ 港湾管理者が民有港湾施設の維持管理状況等に関して立入検査を実施し、必要に応じて勧告や命令を行うことが出来るようになった。



図 2.3.10 改正港湾法（平成 25 年 6 月）の施策の背景と法案の概要¹⁾

港湾法の一部改正に伴い、港湾施設の点検の明確化のため、技術基準省令や維持告示へ必要な事項を定め（図 2.3.11 参照）、港湾管理者による適切な点検を促進することとなった。

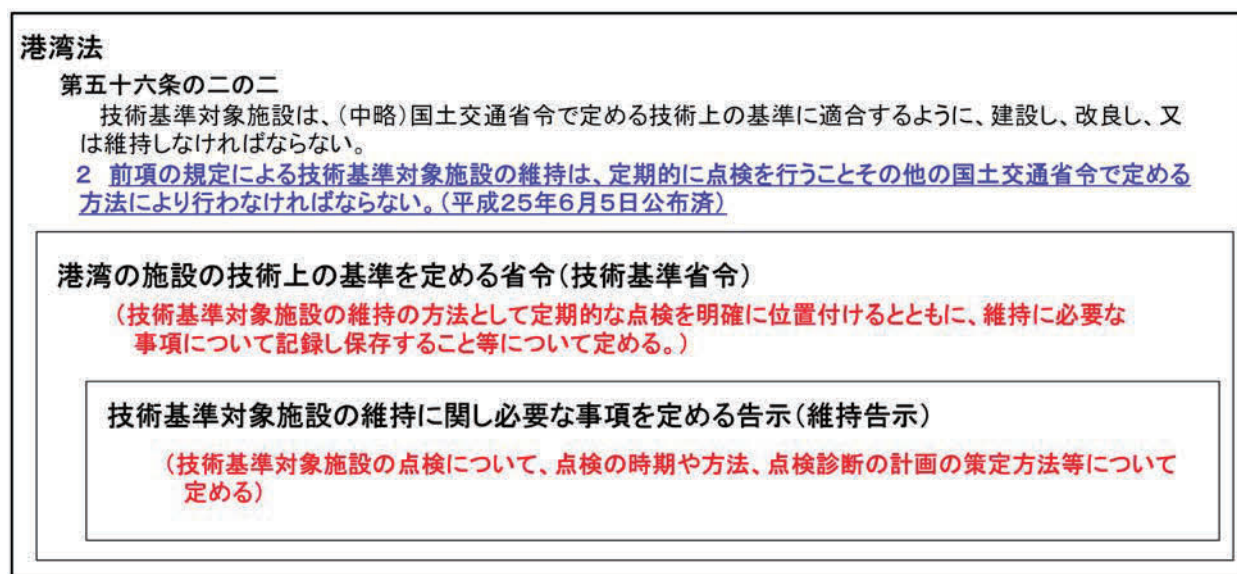


図 2.3.11 港湾施設の点検の明確化²⁾

また、上記の技術基準省令や維持告示を受け、「港湾の施設の技術上の基準・同解説」が部分改訂された。改訂項目は、以下の3項目である。

- ・ 設計における維持への配慮
技術基準対象施設の設計にあたっては、維持管理レベルを適切に定め、設定した維持管理レベルを合理的に実現できるように当該施設の設計時より適切な配慮がなされていることが必要であると示された。
- ・ コンクリート構造部材の耐久性
コンクリート構造部材の耐久性を向上させる方策について参考文献が示された。
- ・ 栈橋上部工の耐久性
栈橋の上部工は、塩害による著しい性能低下が生じやすいため、維持管理レベル I を設定した栈橋の上部工においては、設計供用期間中に鉄筋の腐食が生じないことを設計時点で確認する必要があるとされた。

港湾法の改正により、施設の定期点検が義務化され、技術基準の改訂では、設計時に維持管理について配慮することが明文化されるとともに、耐久性向上の方策が示された。

【参考文献】

- 1) 国土交通省 HP：港湾法の一部を改正する法律案, 2013,
<http://www.mlit.go.jp/common/000990833.pdf>
- 2) 国土交通省 HP：港湾法改正及び点検診断ガイドラインについて, 2013,
<http://www.mlit.go.jp/common/001019986.pdf>

2.4 歴史から学ぶ維持管理の課題の整理

2.4.1 明治初期の3大築港と近代港湾への発展

日本では、古くから中国、朝鮮など東アジアとの交易拠点としての“津”あるいは“湊”が形成されていた。当時、現代のような情報化技術は皆無であり、高速輸送網も発達していない時代であったため、単に、物流基地としての施設・機能だけでなく、情報・文化の集積基地としての価値も備えていたと考えられる。江戸時代初期までは商用船を除く約80t以上（500石以上）の船の建造が禁止されていたことや鎖国政策による外洋航行船の建造禁止などのため、北前船（弁財船）に代表されるほとんどの和船は内海を航行するのみであった。しかしながら、北前船や樽廻船などの寄港地として、日本各地に湊が整備され、国内の文化交流とともに経済活動が活発になった。近代日本の港湾は、こうした寄港地の改修から始まっていると言える。

江戸後期のペリーを初めとする列強諸国の来航によって下田や函館が開港し、続いて横浜や神戸なども開港していく。明治政府としては蒸気船・大型帆船に対応した港湾整備が急務となっていたため、富国強兵、殖産振興および地方開発の基盤として、既存の湊の修築を進めることとなった。三国港、野蒜港および三角西港などの港湾修築のように、明治22（1889）年の横浜築港までの築港は小規模なものが多かった。既存技術では大型船に対応した築港に対応できなかったため、近代化を急ぐ政府は外国人技師を導入したが、厳しい自然条件のため、外国技術をそのまま適用できない場合もあり、港湾事業規模は当初の見込みをはるかに超えるものとなった。

後述する三国港、野蒜港、三角西港のように、地域特性や地形・海象条件が十分に考慮されないまま築港され、台風等による被災、倒壊といった事業失敗はあるものの、これら3つの築港事業としての取り組みは、その後の港湾整備の礎となったばかりでなく、優れた築港技術の発展、都市としての臨港部の開発へと継承されることとなった。

(1) 三国港

三国港（坂井港）は九頭竜川河口にある河口港であり、明治9（1876）年エッセルによる改修工事の調査を基に、国および県が費用的補助し、デ・レーケの指導によって明治11（1878）年着工された。明治13（1880）年に開港したものの、翌年台風被害を受け、巨額な工事費を費やして明治18（1885）年に竣工した。政府推奨のもと地元住民の要望以上の大規模工事となったが、船の大型化に対応できず、近代港湾としては成立しなかった。歴史的な背景や修築経緯など詳細については、2.1.2(7)を参照のこと。

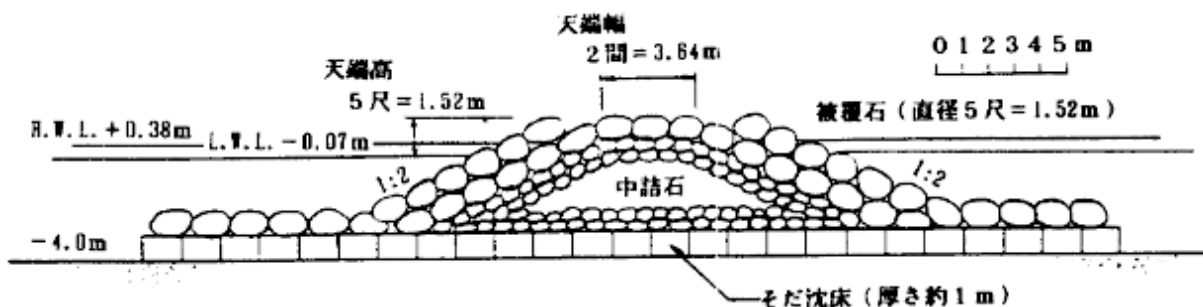


図 2.4.1 三国港捨石式防波堤の想定断面図¹⁾

(2) 野蒜港

野蒜港は鳴瀬川河口を内港、潜ヶ浦を外港とするドールンの計画に基づき、国家プロジェクトとして明治 11 (1878) 年着工し、明治 15 (1882) 年に開港したものの、2 年後の台風による高波来襲で東側突堤の大半が倒壊し、港湾機能が喪失してしまう。復興・再建、外港築港の促進が叫ばれたが、巨額の費用が足かせとなり、築港中止となった。野蒜港の築港事業は失敗したものの、地元の要望を踏まえ、その後の塩釜港、石巻港および仙台港の築港へとつながっていった。



図 2.4.2 内港地区の主な事業²⁾

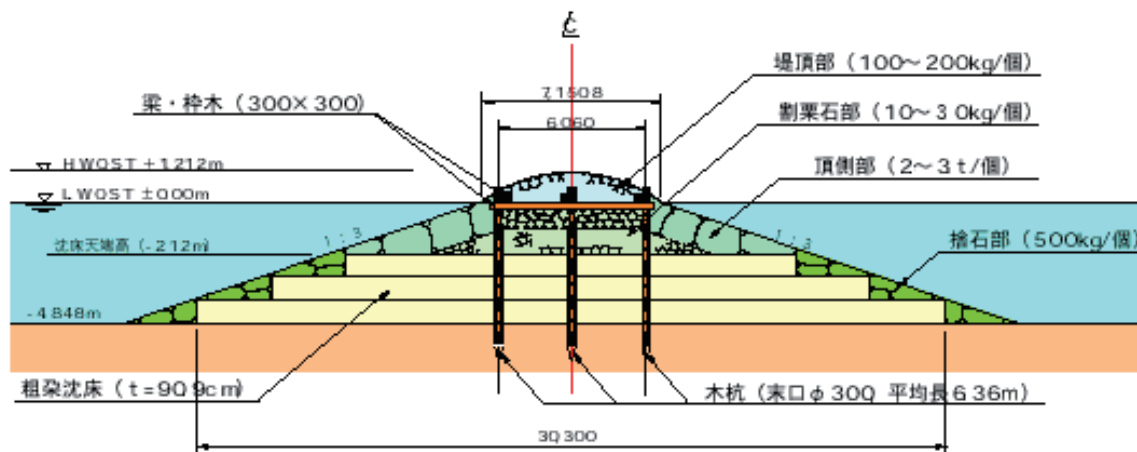


図 2.4.3 野蒜突堤の想定断面図²⁾

(3) 三角西港

三角西港も、明治政府の殖産振興にもとづき、ムンデルの築港計画に従い国費を投じて建設された。市街地と港湾の整備を併せて行い、港を中心とした総合的な街づくりを計画していた。棧橋や岸壁の背後には、物流倉庫が立ち並び、問屋、公共施設、旅館、さらには遊郭までが隣接していた。また、道路や下水用水路などインフラ整備も含まれており、西洋的な都市計画に基づく港湾都市であったと考えられる。日本では、ごく最近までこのような港湾と都市を一体的に考えた街づくりが継承されており、以降の港湾都市形成に少なからず影響を与えたものと推察される。明治 20 (1887) 年に開港

後、先の2港のような施設そのものを襲うような台風被害もなく、港湾施設等は築港当時のまま現存している。しかしながら、港湾機能は鉄道整備や地域産業との連結不足によって次第に衰退していく。歴史的な背景など詳細については、2.1.2(14)を参照のこと。

2.4.2 近代港湾の保全と課題

近代港湾は、背後に隣接する都市と一体となって発展したところが多く、港湾の周りには船宿、船問屋、遊郭だけでなく、開港後は領事館や商館などが数多く立ち並び、それらの施設を含めた集合体としての街が形成されていた³⁾。先の事例研究に示した港湾（施設）は、何らかの補修、維持管理が行われ、現役として稼働しているもの、あるいは観光用構造物として現存しているものである。維持管理の代表例として、表2.4.1に調査対象とした主な港湾における当初目的と実績を示す。横浜港や神戸港のような大規模港湾では、現在の利用状況に適合するように補強・改善し、維持管理している。また、佐世保港や呉港のような軍港施設は民間によって活用継続されており、例えば、ドライドックの漏水対策、目地等の局所修復により、現役として稼働している。四日市港や長崎港、呉港の一部に見られるように、当初の利用目的をそのままは継承せず観光化・修景化するための最低限の補修補強によって現存している施設も存在する。

一方、軍艦島のように一旦人の管理がなくなってしまうと、自然の猛威によって構造物は急激に朽ち果てていくこととなる。近年軍艦島は産業遺構として保存され、島全体の保全のための維持管理がなされるようになったものの、原型を留めた維持管理ではなく、これ以上の倒壊を防ぐ程度の管理しかできないのが現状である。

このように、歴史的な価値のある港湾施設の維持管理には、保全したいという強い意思と観光など地域産業との連携がなければ、野蒜港のように補修されることもなく管理されないまま、衰退していく。自治体等が積極的に維持管理を推進し、法的な強制力を持って施設保全に取り組む、NPOなど市民団体の保全運動の促進といった、具体的な行動が重要となる。港湾施設に限らず、近代化遺産、産業遺産、文化財、史跡などに登録されれば、観光としての価値が生まれ、補修・補強、維持管理がなされる。

技術的な課題として、構造物を延命化し健全な状態で使うためには、安全性、利用性、耐久性といった性能が長期にわたり維持されることが不可欠である。しかしながら、海洋・港湾構造物の多くは陸上構造物と異なり、点検や補修・補強が容易に行えないため、劣化状況あるいは健全度が把握しにくいといった難点がある。今後、適切な維持管理を行い、構造物を延命化するためには、次のような事項を明確にする必要があると考えられる。

- ・設計図、設計条件など構造物築造時の情報を可能な限り入手し整理する
- ・現段階で必要とする構造物の機能を明確にする（機能の現状維持か、拡張か）
- ・点検、診断を実施し健全度を定量的に把握し、将来予測を行う
- ・保全する場合は費用対効果に基づき、補修時期、材料、方法などを選定する
- ・保全効果を確認するため、健全度等のモニタリングを実施する

小樽港北防波堤のように、100年を経過した現在でも、築造当事とほとんど変わらない機能を有している構造物も存在する。外的要因による被災を受けない限り、入念な計画、適切な品質管理、丁寧な施工によって造られた構造物は、元来長寿命であることを踏まえた上で、今後の維持管理を検討する必要があると考える。

表 2.4.1 主な港湾施設における維持管理、保全事例

| 港湾/ 施設名 | 築港の 当初目的 | 主要施設保全のための 維持管理実績 | 主要施設保全のための課題 |
|--------------------------|-------------------|--|---|
| 小樽港/北防波堤 | 石炭積出、内陸 への物資供給 | 機能保持し、元通りに修復するため、基礎 捨石、被覆石の敷きなおし、コンクリートブ ロックの据付なおし | 捨塊ブロックの抜け落ちや沈下防止 対策 |
| 函館魚港/船入潤防 波堤 | 外国交易、大型 船の入航 | 当初設計思想と構造、材料、施工方法を尊 重し、機能維持したまま、堤頭部の石積み 補修などを実施 | 石積みのはらみや目地のゆるみ、中 詰石の空洞化防止、高波浪発生後 の調査・管理 |
| 横浜港/象ノ鼻 他 | 外国交易、大型 船の入航 | 象の鼻防波堤は基礎および石の敷きなお し、旧第2号ドックは位置を変え、コミュ ニケーションスペースとして復元 | 自然環境による破壊だけでなく観光 化等による人為的環境破壊に対す る保全対策 |
| 四日市港/北突堤上 部防潮堤 | 国内舟運 | 天端嵩上げや埋立護岸化により機能は形 骸化、重要文化財に指定され保存・管理 | 老朽化による張石の脱落防止とその ための定期点検の実施 |
| 三国港/エッセル堤 | 地域振興拠点 | 災害復旧として、ブロック設置や上部コンク リート打設による強化、重要文化財に指定さ れ保存・管理 | 経年的な沈下対策としての嵩上げ、 波浪対策 |
| 神戸港/新港第一 ～第三突堤 他 | 大型船の入航 | 震災復興では、被災ケーソンを利用し、コン クリートで嵩上げ、景観に配慮して上部工 前面は御影石で修復 | 高潮対策 |
| 呉港/アレイからすこ じま公園護岸 他 | 軍港 | アレイからすこじまは公園化し保全 | 裏込め状況のモニタリングや耐震補 強等の検討 |
| 若松港/石垣岸壁 他 | 石炭積出 | 水際線を市民に開放するため、石積み補 修、敷きなおし、一部観光施設として保全 | 浸食防止対策、背後土砂の吸出し 防止対策 |
| 三池港/港口閘門 ・補助水堰 | 石炭積出 | 門扉接合部等の部材交換(木材、ステン レス/ゴム)による補修 | 塗装あるいは鋼材被覆による腐食防 止対策 |
| 長崎港/出島岸壁 他 | 外国交易、大型 船の入航 | 出島岸壁は目地補強、天端補修し観光 化、元船岸壁は埋立に伴い機能は喪失 | 観光あるいは機能維持のための定 期的な点検と補修 |
| 佐世保港/立神係船 地岸壁・第五ドック 他 | 軍港 | 石積みドックは漏水対策含めた補修、コン クリート造のドックは劣化部分の補修 | 新素材等を用いた石積みの風化対 策、コンクリートの劣化防止対策 |
| 三角西港/護岸 | 地域振興、拠点 | 局所的な沈下、抜け石、ハラミを修復 | 高潮対策、背後土砂の吸出し防 止、沈下防止対策 |

【参考文献】

- 1) 松並仁茂：明治初期に建設された三国港防波堤に関する工学的考察，福井工業大学研究紀要，第21号，pp. 151-158，1991.
- 2) 塩釜港湾・空港整備事務所 HP：宮城のみなとづくりの歴史，幻の野蒜築港，
<http://www.pa.thr.mlit.go.jp/shiogama/kids/history/history04.html>
- 3) 島崎武雄・山下正貴：歴史的港湾施設の調査方法論に関する研究，土木史研究論文集，Vol.23，
pp. 59-70，2004