

海岸保全施設の改良・更新の実態及び事例解析

Investigation on the Actual Condition of Reformation to Coast-Preservation Structures

横田 弘*・松渕 知*

Hiroshi Yokota, Satoru Matsubuchi

The number of reformation to coast-preservation structures is increasing because of improvement of their coastal amenities and retention of adequate safety against natural disasters. The authors have surveyed the actual conditions of reformed coast-preservation structures under the jurisdiction of the Ministry of Transport and a total of 452 examples of reformed facilities has been collected. In this paper, the compiled examples of reformed coast-preservation structures are analyzed and the recent trend of the reformation is examined. The reasons to make reformation and evaluation of remaining capacity of existing structures are also discussed.

Keywords: coast-preservation structure, reformation, survey

1. はじめに

1956年に海岸法が制定されて以来、我が国において海岸保全施設が本格的に整備されはじめ、1959～61年の大型台風による大災害を契機に集中的に施設整備がなされた。近年、この時期に整備された施設を中心に老朽化が進み、改良を必要とする場合が多くなっている。また、地震などによる被害も注目を集めるところとなり耐震性などの保全機能の向上が重要となってきている。これらに加えて、当初保全機能のみを期待され整備されてきた海岸保全施設に対し、日常生活において市民が共有できる快適な空間として、あるいは自然や生態に重要な価値を持つ空間としての役割が認識されてきており、これらへの対応の要請も強くなってきた。

このような背景から、近年多くの海岸保全施設の改良が実施されており、今後もさらに増加することが予想される。しかし、改良手法についての技術資料がほとんど無く、現行の基準¹⁾では施設の改良および更新に対し、十分に対応できていない。すなわち、施設の改良および更新の場合、新設とは違った種々の制約条件があるため、既存構造物のとり扱いなどを含めた合理的な改良手法の確立が重要となっている。このような観点から、海岸保全施設の経済的かつ効率的な改良技術を検討するため、改良についての実態調査を行い、452件の改良事例を収集した。本文では、この改良事例を整理・解析し、改良・更新の際の技術課題を抽出した。

2. 調査対象施設

運輸省が管轄している海岸の海岸保全施設において、原則として1985年度以降に既存施設の改良に着手あるいは着手することが決定している施設を対象に調査を実施した²⁾。調査の設問と内容を表-1に、収集した施設別事例数を図-1に示す。事例数は護岸が368件で総事例数の約81%と圧倒的に多く、その割合は、図-2に示す1993年度現在の運輸海岸における施設別施設総数の割合³⁾とほぼ同傾向を示しており、改良あるいは更新は施設総数に比例した割合で行われていることが分かった。

本論文では、海岸保全施設の中で最も事例数の多い、368件の護岸を対象にして解析を行っている。

表-1 調査の設問と概要

設問	内容
1.対象事例の有無	対象事例があるか無いか
2.事例施設の所在地	施設のある港湾名、地区名
3.施設の種類と改良時期	施設の種類、旧施設の建設時期、改良時期
4.改良理由・目的	改良の理由・目的（選択肢、複数回答）
5.改良内容	改良内容について簡単な説明
6.既存施設の取扱い	形態上の取扱い（撤去、埋める、利用） 設計上の考え方
7.改良上の留意点	改良の際に留意したこと（選択肢、複数回答）
8.技術的課題・要請	工法および設計法に関する課題・要請
9.新技術の提案	今後海岸保全施設の改良の際に有効と考えられる新技術の提案

* 正会員 運輸省港湾技術研究所計画設計基準部設計技術研究室 （239 横須賀市長瀬 3-1-1）

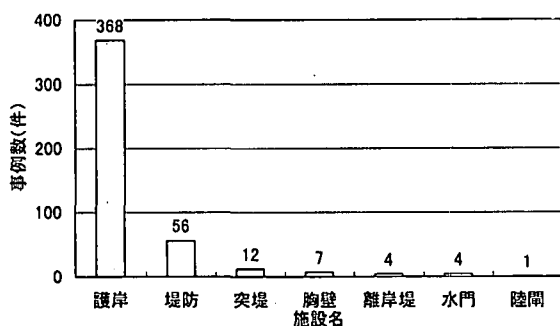


図-1 収集事例の施設別事例数

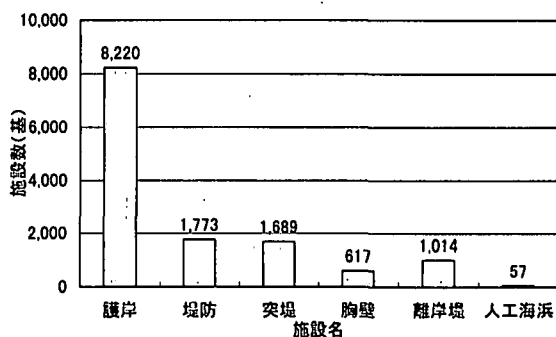


図-2 施設別の施設量

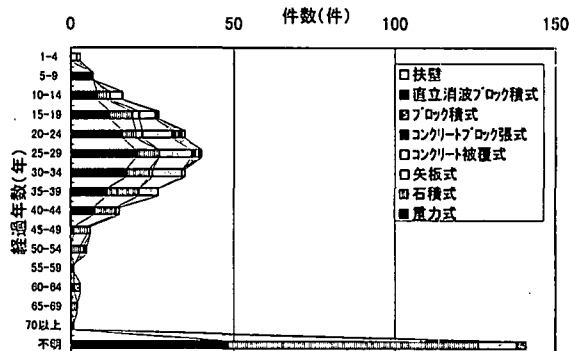


図-3 改良までの経過年数

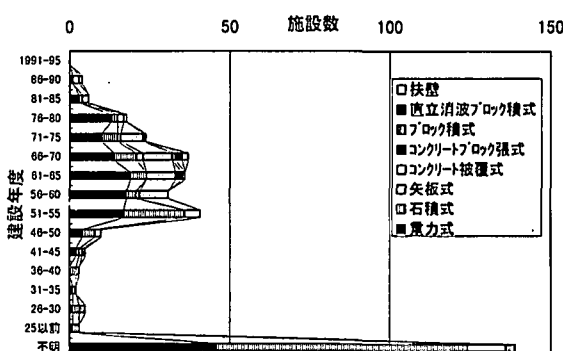


図-4 当初施設の建設時期

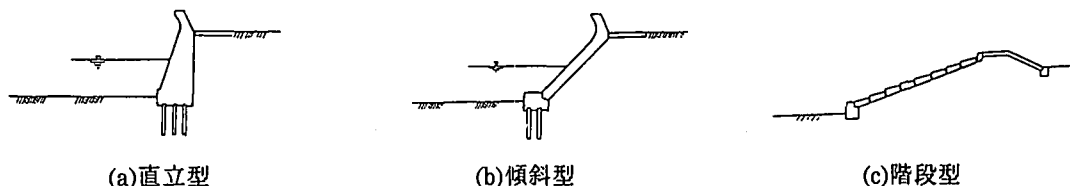


図-5 構造形式の代表例

3. 収集事例の解析

3.1 改良までの経過年数と施設の建設時期

図-3に施設の建設時期から改良実施時期までの経過年数と事例数の関係を示す。その際、建設時期は明らかであるが複数年にわたる場合は建設開始年を、また例えば昭和30年代建設としか分からない場合は昭和35年を建設時期とし、改良時期は改良開始年を区切りとした。改良までの経過年数は25～34年をピークに事例が分布している。また、経過年数に対する構造様式の割合には大きな差を見ることはできないが、経過年数35年以上の施設では比較的石積式の割合が多い。

図-4には、施設の当初建設時期の分布を示す。事例で最も古い施設の建設時期は1902年の重力式護岸で、改良までの経過年数は86年である。改良施設数は経過年数ほど明らかなピークは無いものの、1951～1970年に建設された施設に改良事例が多い。この理由として、前述のように1959～1961年の台風による被害を契機にした急速な施設整備により整備施設数が多かったこと、約30年の間に求められる機能が変化してきたことなどが考えられる。また、施設の構造様式は全体を通して重力式の割合が多い。1955年以前は石積式の割合が多かったのに対し、1955年以降はコンクリート被覆式の割合が多くなっている。

経過年数は建設時期が判明しないと把握することができないが、実際には建設時期がわからない場合が全事例の約38%にのぼっている。構造様式に石積式の割合が多いことから見ても、建設時期が不明という施設にはかなり古いものが多いと考えられる。

3.2 改良前後の構造形式の変化

海岸保全施設は様々な条件下で整備されており、多様な構造形式を有している。そこで、海岸保全施設築造基準を参考に、断面形状から図-5に示す直立型、傾斜型、階段型に構造形式を定義し、分類した。一般に階段型は傾斜型に含まれるが、親水性を有する構造形式として特徴的なことから、傾斜型とは別に分類した。

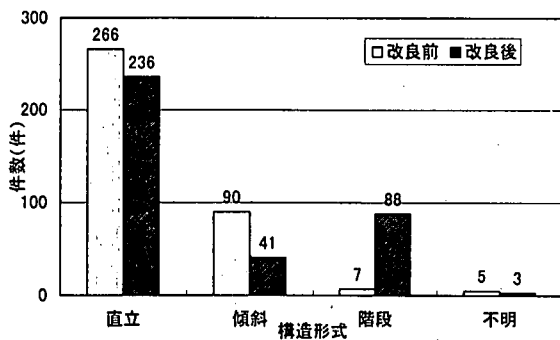


図-6 構造形式別事例数

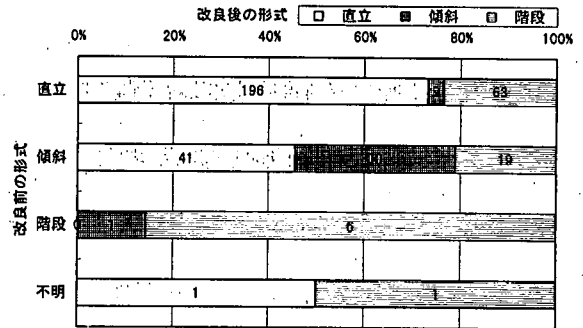


図-7 改良前後の構造形式 (全体)

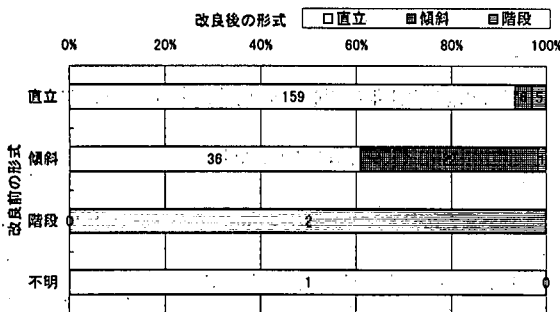


図-8 改良前後の構造形式 (景観含まず)

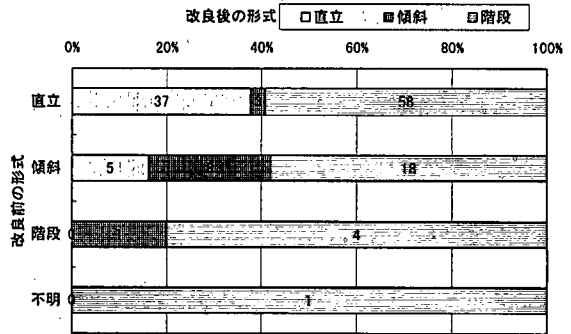


図-9 改良前後の構造形式 (景観が主)

図-6に構造形式別に改良前と改良後の件数を集計したものを示す。また、図-7～9には改良前と改良後で構造形式がどのように変化したかを示す。このうち、図-7は収集事例全体における各構造形式の割合を示したもので、図-8および図-9は図-7をさらに景観・親水性の有無により分けた場合の割合を示したものである。

単純に収集事例全体の形式の数だけから見ると、直立型は73%に減少し、24%ほどが階段型に変化した。傾斜型は33%に減少し、46%が直立型に、21%が階段型に変化した。階段型は85%に減少し、15%が傾斜型に変化した。全体的には、直立型および傾斜型が減少し階段型が増加しているように見える。しかし、図-8に示すように、改良の目的に景観・親水性が含まれない場合には、直立型は94%がそのまま、傾斜型は37%がそのまま、61%が直立型に変化した。階段型は100%同じ形式である。全体で見ても改良後の形式は84%が直立型となっている。また、図-9に示すように、改良の目的・理由が景観・親水性を主とする場合には、改良前の形式によらず半数以上が階段型に変化している。このことからわかるように、景観・親水性といった機能を求める場合には階段型が多く選択され、護岸としての機能の維持および向上といった目的に対しては直立式の形式が多く選択されている。

3.3 改良前後の構造様式の変化

構造形式と同様に海岸保全施設築造基準¹⁾を参考にして、断面形状による構造形式分類とは別に、構造部材による構造様式分類を次のように定義した。護岸については、重力式、石積式、矢板式、コンクリート被覆式、コンクリートブロック張式、ブロック積式、直立消波ブロック積式、扶壁式の8種類とした。棚式は矢板式に、傾斜護岸の石張式は石積式に含めた。石積式やブロック積式、扶壁式、直立消波ブロック積式は重力式の一部とも考えられるが、部材の特徴を重視するため重力式とは分けて分類した。したがって、重力式と分類したものの多くはコンクリート単塊の構造様式である。プレキャストコンクリートブロックによる階段護岸はコンクリートブロック張式、場所打ちコンクリートによる階段護岸はコンクリートブロック張式とした。また、同一断面で複数の構造様式を有している施設については、H.W.L.とL.W.L.の間の構造様式で分類した。

図-10および図-11に改良前後での構造様式の変化を示す。図-10は事例全体の割合を示しているのに対し、図-11は施設の改良理由の中に景観・親水性という項目がある場合での割合を示している。

図-10によると、直立型の場合、改良前は重力式と石積式が90%以上を占めていたのに、改良後は石積式が大幅に減少し、矢板式、コンクリート被覆式、直立消波ブロック積式など多様化している。傾斜型の場合、改良

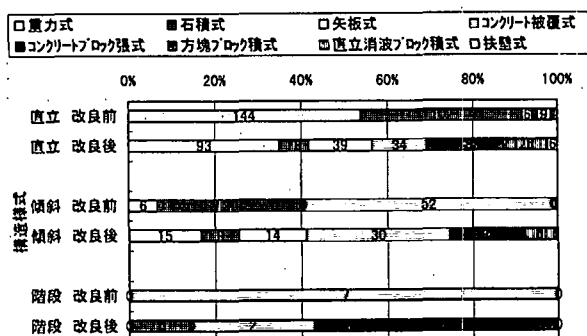


図-10 改良前後の構造様式（全体）

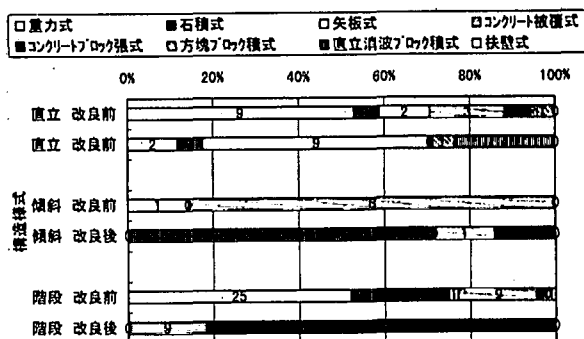


図-11 改良前後の構造様式（景観が主）

前は石積式とコンクリート被覆式で全体の90%以上を占めていたが、改良後は合わせて40%程度に減少し、直立型と同じように構造様式が多様化している。階段型ではコンクリート被覆式が減少し、コンクリートブロック張式が増加している。それに対し、図-11に示す景観・親水性を主目的とする場合の改良前と改良後の構造様式は、直立型の場合、改良前は重力式が53%、コンクリート被覆式が18%、矢板式が12%程度の割合であったが、改良後は矢板式が53%、直立消波ブロック式が24%、重力式が12%といった割合になった。傾斜型は改良前がコンクリート被覆式が86%を占めていたものが、改良後は石積式が71%といった割合となった。階段型の改良前は重力式が52%、石積式が23%、コンクリート被覆式が19%程度の割合であったが、改良後は82%がコンクリートブロック張式、コンクリート被覆式が18%程度の割合となった。このことが示すように、景観・親水性といった機能を求める際、改良前の形式が直立型では矢板式および直立消波ブロック式によって構造物の法線を前出した施設が多かった。また、改良前の形式が傾斜型の場合は改良後を石積式とした施設、改良前の形式が階段型の場合は改良後をコンクリートブロック張式とした施設が多かった。

3.4 改良の内容

(1) 既存施設の取扱い

施設改良前後で既存施設を形態上どのように取り扱ったかという観点で整理した結果を図-12に示す。ここで、「前出埋殺」は、新施設を既存施設の前面に設け、既存施設へは手を加えずにそのまま埋めて利用しなかった場合であり、波返工の撤去のみ行った場合もこれに含む。「追加」は既存施設はそのまま主たる機能は既存施設が受け持つが、根固工、消波工を追加あるいは増設したり、突堤、離岸堤などを設置し、面的防護とした場合も含む。「全撤去」は既存施設を全部撤去した場合、「一部撤去」は一部分を撤去した場合のことである。また、改良における既存施設の取扱いを、以上のように行った主な理由を表-2にまとめる。

既設構造物の取り扱いに関しては、何らかの形で既存施設を構造物として利用した施設は全体の25%程度でしかなく、63%は埋殺し、12%は撤去してしまっている。つまり、撤去する方法は経済性や施工性の点で無理があり、事例としては少なくなっている。また、「追加」は、面的防護のように新旧構造物が一体となって機能する必要性が高い場合に多く見られる。

(2) 既存施設の機能・強度の考え方

改良における既存施設の機能・強度の考慮の有無を図-13に示す。「無視」は既存施設が無いものと仮定して残存機能・耐力を無視した場合、「考慮」は新施設を整備する際に既存施設を何らかの形で考慮した場合である。表-3にその代表的な例をまとめる。

既存施設の機能を含めて安定性の検討を行った施設としては、鋼材の腐食量から残存耐力を求め、設計の上で耐力を評価して使用した事例、また埋殺した施設を裏込材と同等として設計した事例などがあるが、決して事例としての数は多くない。その理由の最も大きな理由としては、表-3の既存施設の機能・強度を無視した理由にも整理されているが、既存施設の残存耐力および機能についての評価方法が確立されていないことである。

(3) 面的防護の導入

海岸保全施設による陸域の保全形態のうち、護岸を含め離岸堤、人工海浜など複数の施設で保全するものを面的防護、護岸単一施設のみで保全するものを線的防護とし、護岸の改良前後でそれらがどのように導入されたかを図-14に示す。図中「線→面」は線的防護から面的防護へ変更されたことを示す。改良事例としては、線的防護から面的防護への変更は全体の14%程度であった。また、面的防護工法に用いられる構造形式・様式としては、階段型のコンクリートブロック積護岸が比較的多く見られた。

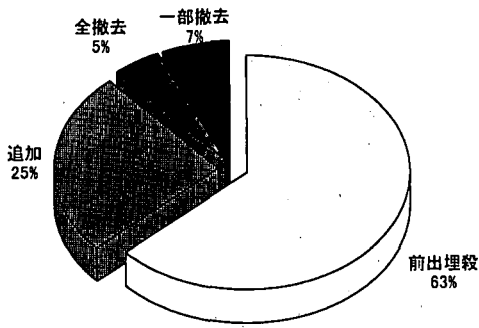


図-12 既存施設の取扱い

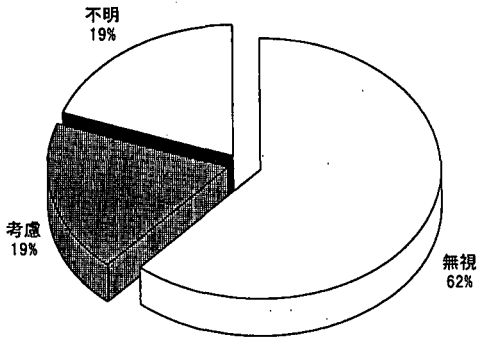


図-13 既存施設の機能・強度

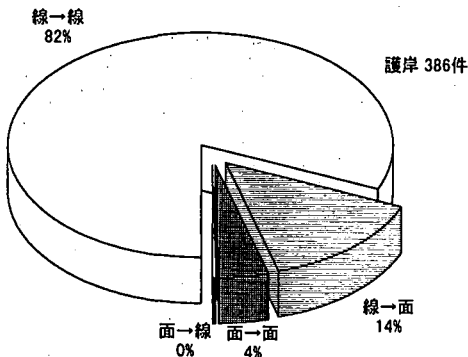


図-14 護岸への面的防護の導入割合

表-2 既存施設の取扱いとその理由

取扱い	主な理由
前出埋殺	- 撤去するより経済的 - 撤去すると隣接施設へ影響が出るため撤去できない - 掘削土や建設廃棄物を出さない - 撤去するより施工性が優れる - 施工中の安全性の確保
追加	- 既存施設の残存機能が十分であると判断した - 面的防護とした - 経済的である
全撤去	- 崩壊しており利用できない - 施工の安全性確保
一部撤去	利用上一部を撤去する必要がある

表-3 既存施設の機能・強度の考え方とその理由

既存施設軒脚・強度の考え方	理由・内容
考慮した	- 新規施設と併せて安定性を検討 - 施工時の土留壁とした - 残存強度は建設当時と同じとした - 既存矢板を新設矢板の控え工とし、腐食を考慮し残存機能を求めた - 物性を裏込材と同等とした - 天端をそのまま利用
考慮しない	- 残存強度および機能の評価の仕方が分からない - 撤去した - 老朽化して強度が期待できない - 新規施設は前出したため、既存施設の機能との関連がない - 既存施設の建設時期、断面（設計条件）が不明

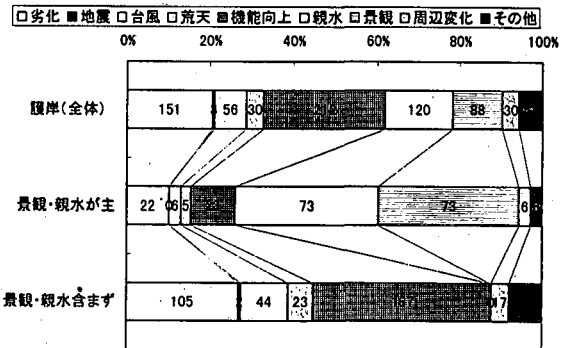


図-15 改良理由

3.5 改良理由

図-15は施設の改良理由について整理したものである。同図において、「劣化」は材料の劣化、「地震」は地震による被災、「台風」は台風による被災、「荒天」は台風以外の荒天時の波浪による被災、「機能向上」は防災・保全機能の向上、例えば耐震性の向上など、「親水」は親水性の向上、「景観」は景観の向上、「周辺変化」は例えば背後に公園や建築物ができたなどの施設周辺の土地利用の変化、を示している。

全施設の集計を見ると、「劣化」、「機能向上」等の物理的な理由が62%、親水性・景観の向上の割合が28%となっている。「その他」は6%で、これらには地盤沈下への対応、飛砂の防止、係船施設の設置、公共用地の確保、管理道路の確保などがある。

景観・親水という改良理由を含む施設のみを整理すると、その2つの理由が68%を占めており劣化、機能向上といった物理的原因があまり含まれていないことが分かる。また、逆に景観・親水という改良理由を含まない施設を整理すると、劣化、台風、機能向上といった物理的な理由が88%を占めており、景観・親水と劣化等の物理的理由とはあまり重なりあっていないことが分かる。つまり、改良および更新を行う理由が大きく2つに分かれている。一方は構造そのものの劣化、台風などの被害による物理的な問題、および地盤沈下などによる機能劣化

などである。他方は、物理的・機能的な理由が無いわけではないが、景観への配慮・親水性の向上を目的とするものである。

4. 考察

本事例解析は運輸省管轄の海岸における海岸保全施設の改良・更新について、海岸管理者を対象としたヒアリングにより収集した事例を基に実施しており、海岸保全施設全体を包括した調査ではないものの、収集事例の施設構成比などから見て、ほぼ改良・更新についての実態を把握することができたと考えられる。

海岸保全施設の内、護岸の改良・更新について明らかとなったこととして、改良および更新の理由が2つに大分できることがあげられる。ひとつは構造そのものの劣化、台風などの被害による物理的な問題、および機能劣化などの問題などが発生したために改良・更新をおこなった場合である。つまり、施設が破壊した、あるいは危険な状態にある、地盤沈下などにより必要な構造物の諸元を満たしていない、および新しく施設の後ろに道路を造る、といった何らかの構造的・機能上の低下などのために行われた事例である。もうひとつは物理的・機能的な理由が無いわけではないが、景観への配慮・親水性の向上を目的として改良された場合である。つまり、施設の劣化や機能低下が無いわけではないがまだ壊れてはいない施設を、行政的な施策として、また観光的な施設として景観・親水性を持たせた施設に造り替えるといった事例である。

改良理由で景観・親水性を考慮するしないについては、改良・更新前後の構造形式および構造様式の変化にも大きく影響していた。景観・親水性を考慮しないで改良する場合、そのほとんどは機能性と経済性のみを考えて構造形式を選択していた。構造形式はほとんどが直立型であり、構造様式はコンクリートブロック張式以外の様式がほとんどで、施設数の順に重力式、コンクリート被覆式、矢板式、直立消波ブロック積式の4つの様式はほとんどを占めていた。それに対し、景観・親水性を考慮した場合、構造形式ごとに3とおりの傾向が見られた。直立型の場合は構造様式として矢板式、および直立消波ブロック式を用いて既存の施設前面に前出しを行い、その上部に景観・親水性に配慮された構造物を設ける。傾斜型の場合は構造様式として石積式を用い自然に近い景観となるようにされた。階段型の場合はコンクリートブロック張式で既存施設前面に前出しを行い、景観・親水性に配慮した構造が選択されるといった傾向が見られた。

改良において既存施設の残存機能をどのように評価し、取り扱ったかについては、構造物の残存機能を評価し施設の改良に利用した事例も数例あるものの、かなりの割合の施設において既存施設が利用されていない。このことは調査事例の中で、改良前の施設の建設時期、設計条件（断面図、設計計算書等）が不明な施設が多いこととも影響しているとは考えられるが、やはり既存施設の残存機能をどのように評価してよいかが明確でないということが最も大きな理由であると考えられる。

5. まとめ

海岸保全施設の改良・更新について、護岸を代表としてその実態を調査した結果を考察に記述したが、構造の形式・様式は景観・親水性といった要素（行政の計画および施策）を構造物に求めるか否かで大きく分けられた。また、施設の改良を行う上で新規施設の設計を行う時に問題となるのは、前段としての構造物の改良・更新が必要かどうかについての判断基準が無いこと、既存施設の残存機能をどう評価し設計に反映させていくかといった設計マニュアルが存在しないことであった。そこで、海岸保全施設の改良・更新の技術課題として、維持管理の方法、構造物健全度の判断基準、および改良・更新に対する水質・環境整備を含む設計法の確立を図るべく作業を現在進めている。

実態調査のとりまとめにあたって、当所中島晋主任研究官、関根好幸研究官のご協力を得たことに感謝します。

参考文献

- 1) 海岸保全施設築造基準連絡協議会：海岸保全施設築造基準解説，1987年
- 2) 横田 弘他：海岸保全施設の改良・更新事例集，No.848，1996年9月
- 3) (社)日本港湾協会：平成5年度海岸保全施設総点検調査報告書，1994年3月