

# 国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of  
National Institute for Land and Infrastructure Management

No. 996

October 2017

## 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

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

The Basic Concept of Reformation Construction Method Selection and  
Reformation Design of Existing Mooring Facilities

Masanori TABATA, Masafumi MIYATA, Takaaki MIZUTANI, Satoshi MATSUMURA,  
Shintaro KAGIMOTO, Hisachika TAKANO, Wataru OKAMOTO

国土交通省 国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management  
Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Japan

## 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

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\*\*\*\*\*

### 要 旨

近年、増深、耐震強化、老朽化対策といった既存係留施設の改良を行うための工法として様々な改良工法が開発・提案されている。しかし、同一条件下であっても設計断面を決定するための比較対象工法が大きく異なる場合があり、最適な改良工法が見逃されている可能性がある。この要因としては複雑な断面となる改良設計において、改良工法選定の考え方が一般化されていないことが挙げられる。さらに、設計法が確立していない改良工法は、時間の制約もあり、確認すべき技術的事項を明確化し、対応する技術的検討を行うことが難しい。その対策として、改良設計を円滑に進めるための検討手順や性能を評価するための確認項目など、共通認識としての改良設計の基本的な考え方の整理が求められている。

本検討では、既存係留施設の改良設計において比較対象として検討された改良工法に関して、改良設計事例の中で不採用となった改良工法を含め、現時点における改良工法を幅広く収集してとりまとめた。また、安定性向上メカニズムにより分類し、改良工法選定の手掛かりとなる基本的な考え方を示した。その上で、各改良工法の設計上の課題を考察し、改良設計時における共通の課題を整理し一般化してまとめた。さらに、一般化した課題を基に、複雑な構造形式となることが多い改良設計を進める上で設計者が持つべき、共通認識としての改良設計の基本的な考え方について示した。

キーワード：既存施設，係留施設，改良設計，改良工法，工法選定

---

\* 港湾研究部 港湾施設研究室 交流研究員 (株式会社日本港湾コンサルタント)  
\*\* 港湾研究部 港湾施設研究室 室長  
\*\*\* 港湾空港技術研究所 基礎工研究グループ グループ長  
\*\*\*\* 港湾空港技術研究所 基礎工研究グループ 研究官  
\*\*\*\*\* 港湾空港技術研究所 基礎工研究グループ 研究員  
\*\*\*\*\* 港湾研究部 港湾施設研究室 交流研究員 (株式会社日本港湾コンサルタント)  
\*\*\*\*\* 港湾研究部 港湾施設研究室 係員

〒239-0826 横須賀市長瀬3-1-1 国土交通省国土技術政策総合研究所  
電話：046-844-5019 Fax：046-842-9265 e-mail: ysk.nil-kikaku@ml.mlit.go.jp

## The Basic Concept of Reformation Construction Method Selection and Reformation Design of Existing Mooring Facilities

**Masanori TABATA\***  
**Masafumi MIYATA\*\***  
**Takaaki MIZUTANI\*\*\***  
**Satoshi MATSUMURA\*\*\*\***  
**Shintaro KAGIMOTO\*\*\*\*\***  
**Hisachika TAKANO\*\*\*\*\***  
**Wataru OKAMOTO\*\*\*\*\***

### Synopsis

In recent years, various reformation construction methods have been developed in order to meet requests for existing mooring facilities such as deepening, high earthquake resistance, facilities obsolescence. However, the methods have some problems at the improvement design stage of the reformation of existing port facilities. This study presents a basic concept to solve these problems.

1) Current reformation construction methods including methods that were rejected in past reformation design examples are collected widely. Moreover, the methods are classified according to stability improvement mechanism. The result of collections and classifications shows basic concepts of reformation construction methods selections.

2) The subjects in the design of the reformation methods of construction are extracted and common subjects are arranged. Based on common subjects, the common recognition that the designers should have the basic concept of reformation design is shown in this study.

**Key Words:** existing port facility, mooring facility, reformation design, reformation method, select reformation method

---

\* Visiting Researcher, Port Facilities Division, Port and Harbor Department, NILIM  
(Japan Port Consultants, Ltd.)

\*\* Head, Port Facilities Division, Port and Harbor Department, NILIM

\*\*\* Head, Foundations Group, Geotechnical Engineering Department, PARI

\*\*\*\* Researcher, Foundations Group, Geotechnical Engineering Department, PARI

\*\*\*\*\* Researcher, Foundations Group, Geotechnical Engineering Department, PARI

\*\*\*\*\* Visiting Researcher, Port Facilities Division, Port and Harbor Department, NILIM  
(Japan Port Consultants, Ltd.)

\*\*\*\*\* Committee, Port Facilities Division, Port and Harbor Department, NILIM

National Institute for Land and Infrastructure Management

Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism

3-1-1 Nagase, Yokosuka, 239-0826 Japan

Phone : +81-46-844-5019 Fax : +81-46-842-9265 e-mail: ysk.nil-kikaku@ml.mlit.go.jp

## 目 次

1. はじめに	1
1.1 背景	1
1.2 目的	1
1.3 本資料の構成	1
2. 既存係留施設の改良設計事例の概要	2
2.1 改良設計事例の概要	2
2.2 改良設計事例の分析	3
3. 既存係留施設の改良工法選定に関する基本的な考え方	7
3.1 検討方法	7
3.2 重力式係船岸の改良工法の包括的な整理	7
3.3 矢板式係船岸の改良工法の包括的な整理	15
3.4 栈橋の改良工法の包括的な整理	21
3.5 改良工法選定の基本的な考え方	26
4. 改良工法に関する設計上の課題とその一般化	29
4.1 改良工法の設計上の課題考察における着目点	29
4.2 改良工法の設計上の共通課題の考察とその一般化	30
4.3 改良工法の一般化した課題のまとめ	34
5. 改良設計の基本的な考え方	35
5.1 改良設計の基本的な考え方の位置づけ・活用方法	35
5.2 改良設計の進め方	36
5.3 改良断面の性能評価の考え方	37
5.4 施工・維持管理への配慮	38
6. おわりに	39
謝辞	39
参考文献	39
付録 既存改良工法	41



# 1. はじめに

## 1.1 背景

近年、船舶の大型化による増深、耐震性能の向上、老朽化への対策など、既存の係留施設（以下、「既存係留施設」という）の改良が必要な事例が増加しており、これらの既存係留施設の改良を行うために、これまでに様々な改良工法が開発または提案されている。改良設計を行う際には、一般に、改良目的に応じて、これらの様々な改良工法の中から各種の設計条件の下で適用可能と想定される工法を数案選定し、経済性、施工性、維持管理性などの観点から総合的に判断し、当該条件に対して最適であると考えられる工法を採用する。

しかし、現状実施されている改良設計では、類似の設計条件下であっても、選定候補に挙げられる改良工法が大きく異なる場合があり、最も適した改良工法が見逃されている可能性がある。この要因として、改良設計の選定候補の抽出方法が一般化されていないことが挙げられる。改良設計では、既存係留施設の一部または全てを活用する計画を行う場合が多く、新規施設の設計と比較すると改良断面が複雑であり、考慮すべき事項が多い。そのため、改良工法の選択肢が多くなる。しかしながら、改良工法の選定候補の抽出の考え方が一般化されておらず、各設計者の想定し得る範疇のみで改良工法の抽出が行われているのが実状である。

さらに、上述するように改良設計で対象とする断面は、複雑な断面であるため、改良工法の標準的な設計法が確立されていないことが多い。このような場合、当該工法を採用するために確認すべき技術的事項を明確化し、対応する技術的検討を行うことが必要であるが、短時間に複数の工法を同様に検討することは非常に難しい。このため、選定候補に挙げた工法による改良断面が合理的なものであったとしても、設計に許される時間の制約もあり、設計法の確立していない工法は比較設計の早い段階で選定候補から外されることが多い。今後も既存係留施設の改良設計は増加すると考えられるが、時間の制約の中で、合理的な改良断面の選定が可能となるように、改良設計を円滑に進めるための検討手順や性能を評価するための確認項目など、改良設計の基本的な考え方を共通認識として整理することが求められている。

## 1.2 目的

本検討の目的は、1.1に示した課題への対応として、既存係留施設の改良に関して、改良工法選定の手掛かりとなる基本的な考え方を提示すること、および複雑な構造

形式となる場合が多い改良設計を進める上で設計者が持つべき共通認識としての改良設計の基本的な考え方について提示することにある。

## 1.3 本資料の構成

本資料の構成は図-1.1に示すとおりである。

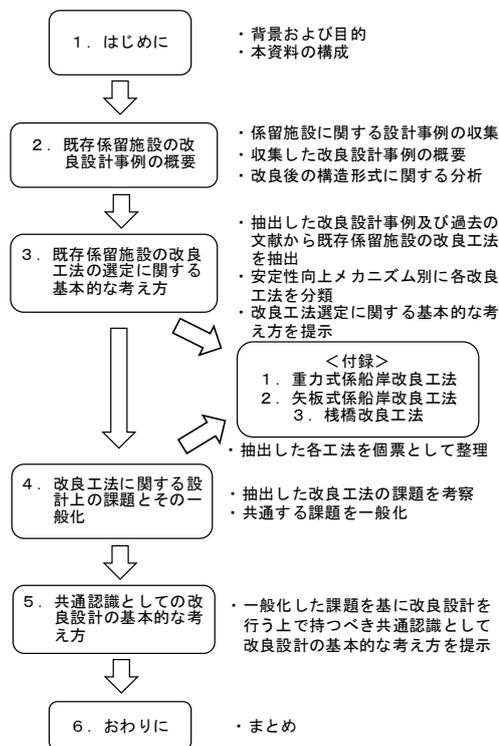


図-1.1 本資料の構成

2章では、既存係留施設の改良設計事例（全112事例）に基づき、改良目的や改良前後の構造形式の変化の内訳などの基本的な情報に関して分析を行う。3章では、2章の改良設計事例に加えて文献調査も行い、既存係留施設の改良工法を実績がない工法も含めて幅広く抽出する。さらに、抽出された全改良工法（72工法）について、安定性向上メカニズム（用語の定義は3章で示す）により分類し、工法選定時の手掛かりとなる基本的な考え方を示す。4章では、3章で抽出した各改良工法の課題を考察し、工法の種別に関係なく共通する課題を一般化しまとめる。最後に5章では、4章でまとめた一般化した課題に基づき、改良設計時に設計者が持つべき共通認識としての改良設計の基本的な考え方を示す。

なお、付録には、3章で抽出した全改良工法について工法の特徴、安定性向上メカニズムおよび設計上の課題、4章でまとめた一般化した課題等を個票にまとめている。

## 2. 既存係留施設の改良設計事例の概要

### 2.1 改良設計事例の概要

#### (1) 対象とする改良設計事例

##### a) 収集事例の概要

平成30年を目途に予定されている「港湾の施設の技術上の基準・同解説」<sup>1)</sup>の改訂に際し、基礎資料として全国の設計事例が収集されている。高野ら<sup>2)</sup>はこの設計事例を基に改良設計における留意事項の検討を行っており、本検討においても同資料を基に検討を行う。なお、設計事例の収集対象とした時期などの詳細については後述する。

全国の設計事例は国土交通省港湾局に協力を得て、国土技術政策総合研究所から各地方整備局等（北海道開発局、沖縄総合事務局、各地方整備局）や全国の港湾管理者に依頼し、収集している。なお、設計事例の提出は任意としているため、各地方整備局等および全国の港湾管理者が提供可能な設計資料のみが収集されており、全国の全ての設計事例が網羅されている訳ではない。

##### b) 対象とする工法

高野ら<sup>2)</sup>の資料では改良設計の定義として「既存施設に対する要請（改良目的）に対応して、既存施設に何らかの変更を加えて、当該施設を継続して利用するための一連の行為である。供用期間の延長も既存施設に対する要請の一つと考えられるため、供用期間を延長する行為も改良と捉える。」とされている。本資料においても、この定義に沿って検討する。ただし、高野ら<sup>2)</sup>の資料では供用期間の延長の改良設計事例として、供用期間を延長するための鋼矢板等の鋼部材に対する被覆防食や電気防食の更新といった軽微な改良も扱っているが、本検討ではこれらの改良設計事例は対象外としている。つまり、本検討では、供用期間の延長のための改良であっても、改良時点の既存構造物に対する作用の低減や既存構造部材の耐力向上のための増強など、新たに構造設計が必要とされるような改良工法のみを対象とする。

##### c) 事例数

高野ら<sup>2)</sup>の資料では平成11年から平成26年の設計事例908事例を収集している。またその中で、先述の改良設計の定義に基づき、改良設計と考えられる事例の抽出(262事例(外郭施設130事例、係留施設132事例))を行っている。本検討では高野ら<sup>2)</sup>の資料で抽出された事例のうち、係留施設の主要構造形式である重力式係船岸、矢板式係船岸、栈橋の改良設計105事例の他、平成27年および平成

28年における改良設計の7事例を加えた112事例を対象とする。追加した平成27年および平成28年の改良設計事例は、各地方整備局から改めて収集したものである。

#### (2) 改良前の構造形式の概要

##### a) 構造形式

本検討の対象である改良設計事例の改良前の構造形式は重力式係船岸、矢板式係船岸、栈橋の3構造形式である。今回の収集事例では各構造形式の割合は重力式係船岸(51%)、矢板式係船岸(34%)、栈橋(15%)である(図-2.1)。

##### b) 計画水深

対象とする改良設計事例の既存係留施設の計画水深を図-2.2に示す。計画水深は、小規模水深として-3.0m、物揚場と岸壁の境界となる水深として-4.5m、また、「港湾の施設の技術上の基準・同解説」<sup>1)</sup>で示されているパースの主要緒元の標準値を基に、概ね5,000DWTの貨物船の接岸が可能となる-7.5m、10,000DWT以上の貨物船の接岸が可能となる-9.0m、30,000DWT以上の貨物船の接岸が可能となる-12.0mを境に分類した。対象とする改良設計事例の中では既存係留施設の計画水深が-9m以上-12m未満の事例が20%、-12.0m以上の事例が25%であり、計画水深が大きい係留施設の比率が若干高い傾向にある。

##### c) 経過年数

既存係留施設が供用開始後何年目の時点で改良設計が行われているか(経過年数)を図-2.3に示す。なお、既存係留施設が非常に古く、既存施設に関する建設当時の情報が不明な事例や、収集した設計資料から既存施設の供用開始年を読み取れない事例など経過年数が不明な設計事例も含まれているため、(1)で対象とした112事例から経過年数が不明な事例を除外した85事例について整理する。

収集した事例の中では、経過年数40年～49年で改良設計が行われている件数が最も多く、次いで多いのは経過年数10年～19年である。経過年数1年～9年といった時期に改良設計が行われた事例はなかった。また、経過年数50年以上の事例が16事例である。

構造形式別の件数に着目すると、重力式係船岸は10年～19年の事例が最も多く、矢板式係船岸では経過年数40年～49年の事例が最も多い。栈橋については事例数が少ないものの、経過年数30年以降で若干多くなる傾向にある。各構造形式で経過年数の分布傾向が異なる理由については後述する。

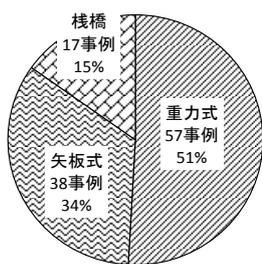


図-2.1 改良前の構造形式

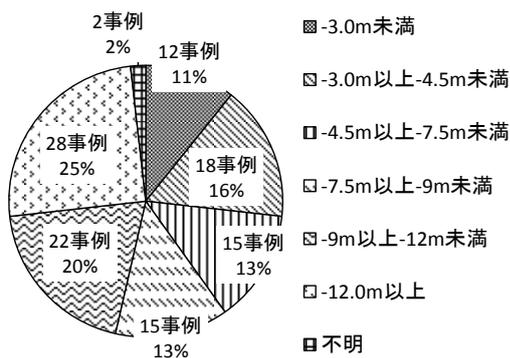


図-2.2 既存係留施設の計画水深

## 2.2 改良設計事例の分析

### (1) 改良目的

図-2.4(a)に、対象とする改良設計事例全体(係留施設合計)の改良目的の内訳(割合)を示す。改良目的は、事例数が多かった「増深」、「耐震強化」、「老朽化対策」とそれ以外の改良目的をまとめて「その他」として分類している。

「その他」で示している改良目的は、荷役機械の変更、越波対策(係留施設の天端高さの変更)、用途の変更(係留施設から護岸へ改良、護岸から係留施設へ改良)などであるが、詳細については高野ら<sup>2)</sup>の資料を参照されたい。

なお、各事例における改良は、例えば「増深」と「耐震強化」など、複数の改良目的を合わせて行われる場合もある。このため、各改良目的の合計値は100%を超えている。

本図(図-2.4(a))より、今回の改良設計事例では、「老朽化対策」を改良目的として含む事例が最も多く(44.6%)、それに次いで「耐震強化」(42.0%)、「増深」(33.0%)、「その他」(20.5%)の順であることがわかる。

図-2.4(b)～図-2.4(d)には、各構造形式別(重力式係留施設、矢板式係留施設、栈橋)の改良目的の内訳を示す。これらの図において、「老朽化対策」に着目すると、重力式係留施設に比較して、矢板式係留施設および栈橋において「老朽化対策」を改良目的としている事例の割合が多いことがわかる。設計計算書に記載されている情報によると、矢板式係留施設では主に前面矢板の腐食に伴う断面耐力の低下への対応の事例が多かった。また、栈橋では、「老朽化対策」の事例の約半数は、鋼管杭の腐食への対応の事例であり、残りの半数は上部工の劣化への対応の事例である。このように、今回の検討では、収集した事例は限られているものの、鋼部材を利用した係留施設の方が「老朽化対策」を目的とした改良が行われている傾向であった。このことが、前述した経過年数の傾向において、矢板式係留施設は供用40年～49年の時点で改良設計が行われる場合が最も多く、栈橋は経過年数30年以降に改良設計が行われる場合が多いことの要因と考えられる。

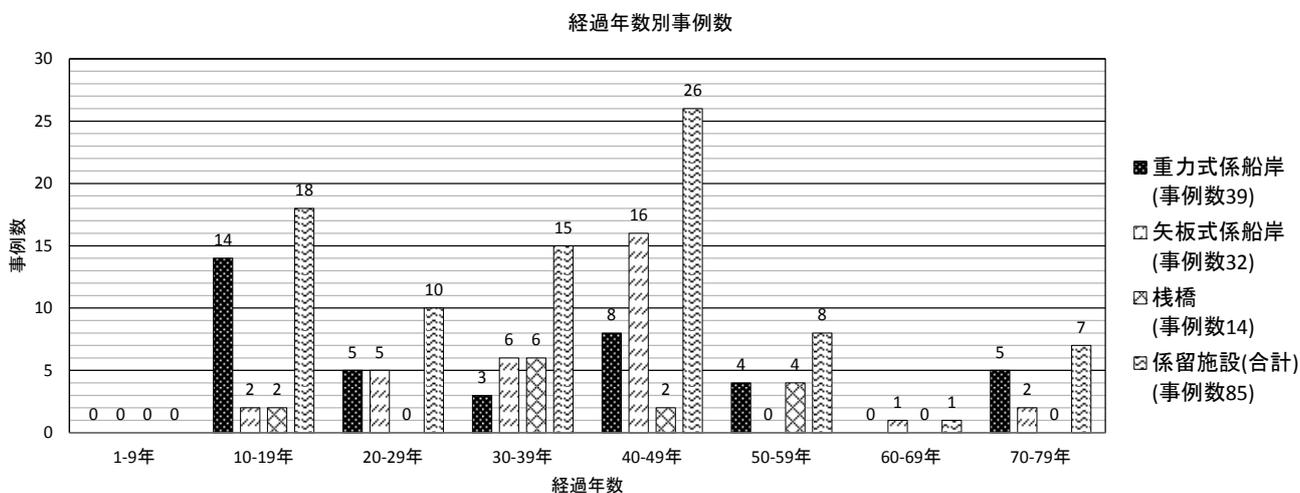
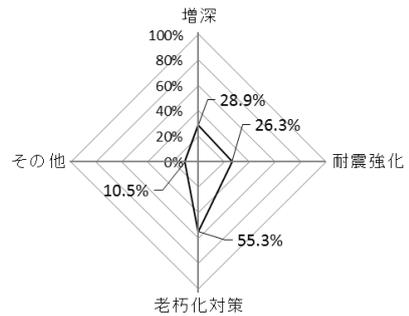


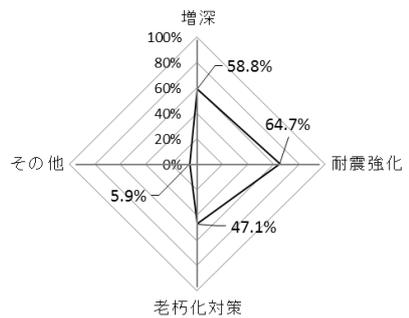
図-2.3 収集した改良設計事例の既存係留施設の経過年数

「増深」に着目すると、重力式係船岸および矢板式係船岸に比較して、栈橋において「増深」を改良目的としている事例の割合が多いことがわかる。また、「耐震強化」に着目すると、改良目的を「耐震強化」としている事例の割合は、栈橋、重力式係船岸、矢板式係船岸の順である。しかしながら、これらの差異と既存係留施設の構造形式との関係性については、収集した事例数が少なく分析できない。

最後に「その他」に着目すると、重力式係船岸の改良目的の中で「その他」の改良目的が31.6%であり、矢板式係船岸、栈橋と比べると高い。設計計算書に記載されている情報によると、この半数を占めるのが、水深-3.5m以下の係留施設における利便性向上のための嵩上げ、浸水対策による嵩上げなど、係留施設の天端高の変更に関する事例である。天端高の変更については、施設の供用開始後から20年以内で改良が行われることが多く、その結果として図-2.3中の重力式岸壁の10年～19年の改良事例数が多い。また、改良前後の天端高の変化量を図-2.5に示す。天端高を下げる場合も上げる場合も、概ね50cm程度の変更である。

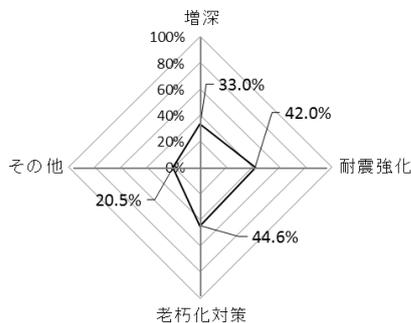


(c) 矢板式係船岸 (38事例)

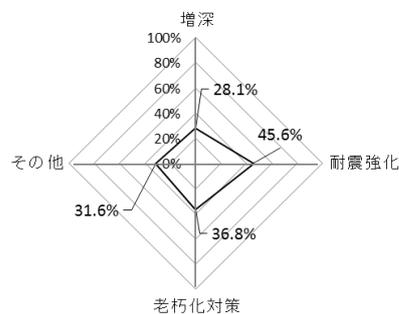


(d) 栈橋 (17事例)

図-2.4 構造形式別の改良目的



(a) 係留施設合計 (112事例)



(b) 重力式係船岸 (57事例)

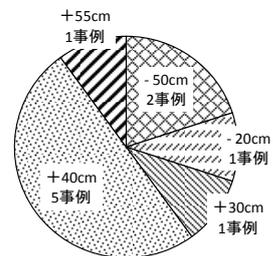


図-2.5 天端高の変化量 (重力式係船岸)

## (2) 改良後の構造形式

### a) 既存構造物を利用する改良工法と利用しない改良工法

改良工法は、既存構造物の利用の観点から大きく二種類に分類することができる。一つは、既存構造物の前面、背面に新たな構造物を設置する場合、もしくは既存構造物を撤去し新たな構造物を設置する場合である。この場合、既存構造物を新設構造物の構造部材として利用しない（残置や非構造部材として利用することはある）、または既存構造物を岸壁から護岸へ変更するなど用途を変更し、建設当初の目的で利用しない。これらの工法は改良の範疇であるが、新設に近い改良工法（以下、「既存構造物を利用しない改良工法」という）である。

他方は、既存構造物の一部もしくは全部を、改良断面を構成する構造部材として利用する改良工法（以下、「既存構造物を利用する改良工法」という）である。図-2.6に、「既存構造物を利用しない改良工法」と「既存構造物を利用する改良工法」の各事例数の全事例数に対する割合を示す。図中には、全構造形式（重力式係船岸、矢板式係船岸、栈橋）をまとめた結果と各構造形式の結果を合わせて示す。

本図より、全体としては既存構造物を「利用しない改良工法」の採用事例が多いことがわかる（約55%）。構造形式別の内訳をみると、重力式の場合は「既存構造物を利用する改良工法」の採用事例が多い（約58%）。一方、矢板式係船岸および栈橋の場合、既存構造物を「利用しない改良工法」の採用事例が多い（矢板式：約74%、栈橋：約59%）。設計計算書に記載されている情報によると、矢板式係船岸の場合、改良目的として老朽化対策の比率が大きく、前面矢板の腐食に伴う耐力の低下に加え、飛沫帯の孔食等が多く発見されて既存構造物が利用不可能と判断されるなど、新たに構造物を設置した方が合理的な改良となると判断される事例が多いことが理由として挙げられる。また、矢板式係船岸の場合には、控え工も含めた安定性を確保するには大規模な改良が必要になる場合も多く、既存構造物を利用するよりも、構造物を新設の方が経済的であると判断されることが多いことも理由として挙げられる。

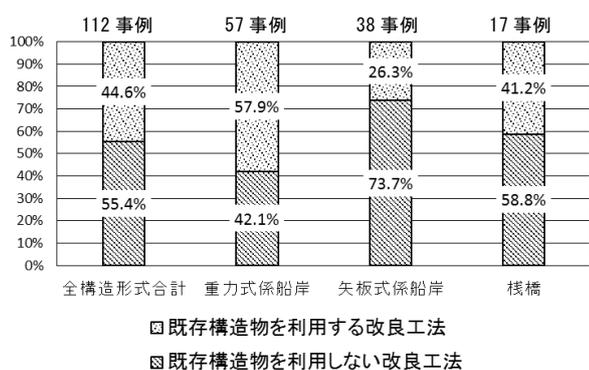


図-2.6 構造新設の有無

b) 改良前後の構造形式の変化（「既存構造物を利用しない改良工法」の場合）

「既存構造物を利用しない改良工法」において、改良前後の構造形式の変化を図-2.7に示す。既存構造形式と同じ構造形式が採用されるのは、重力式係船岸の場合が61%、矢板式係船岸の場合が53%、栈橋の場合が78%の

割合であり、どの構造形式においても構造形式を改良前後で変更しない場合が過半数を占めている。

改良後の「その他」の構造は矢板式からセル式が1事例、栈橋から鋼管矢板井筒式が2事例である。

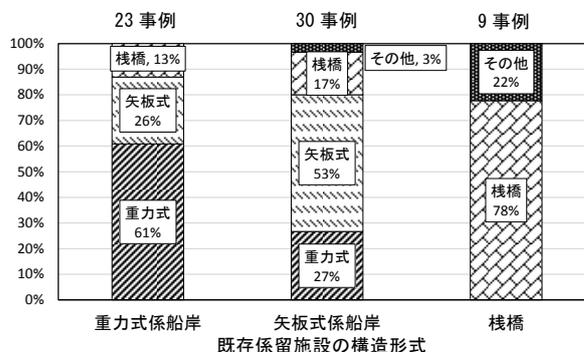


図-2.7 新設時の構造形式の変化

c) 法線移動

全事例の改良前後の法線の移動量を図-2.8に示す。本図より、改良前後で法線位置を変更しない場合が多数（収集した全事例数の63%程度）を占めていることがわかる。また、法線の前出しを行う事例であっても、その距離は4m以下のものが多い。これは、既存係留施設の改良では、前面海域の制限や経済性などの観点から極力前出し距離を短くする改良工法が選定されるためである。一方、長い距離の前出しや法線を陸側に移動させる事例も存在するが、設計計算書の記載情報によると、これらは施設の用途変更や隣接構造物の法線に合わせてといった計画上の制約によって法線が決定されている事例が多い。

d) 改良前後の計画水深

船舶大型化への対応等により、増深改良がおこなわれ、改良前後で係留施設の計画水深が変更される場合がある。図-2.9に、改良前後における係留施設の計画水深の変化量を示す。本図では、計画水深が変化していない74事例を省略している。改良前の計画水深の大小に拘わらず、1~2mを増深する設計事例が27件（計画水深が変化した事例の71%程度）と多いことがわかる。また、当初の計画水深が-7mを越える施設では、増深量は最大4mとなる事例もある。一方で、船舶利用の実態に合わせて、水深を小さく（減深）した事例（3件）もある。

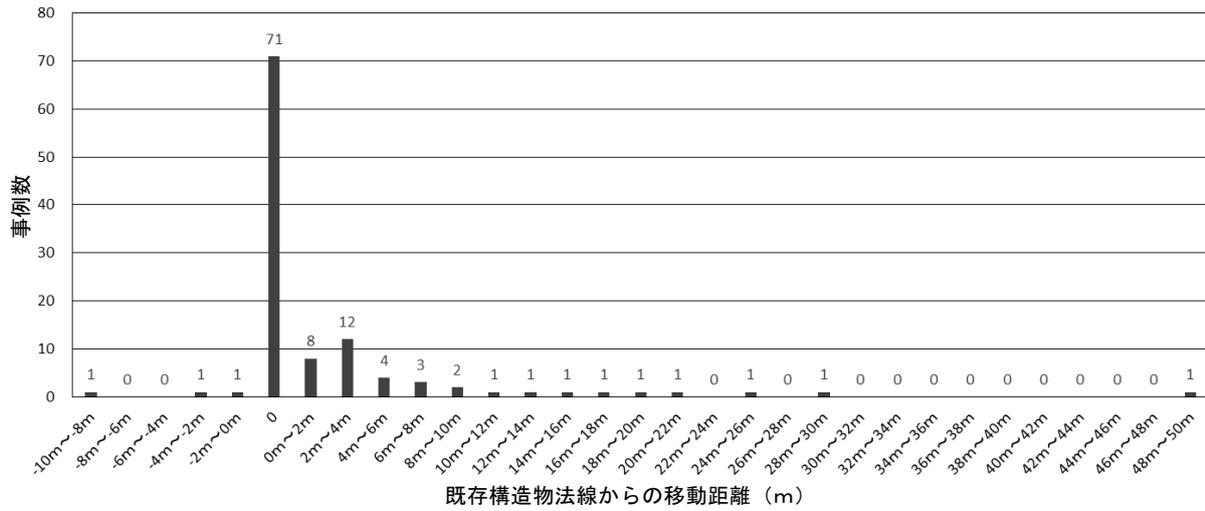


図-2.8 法線の移動量

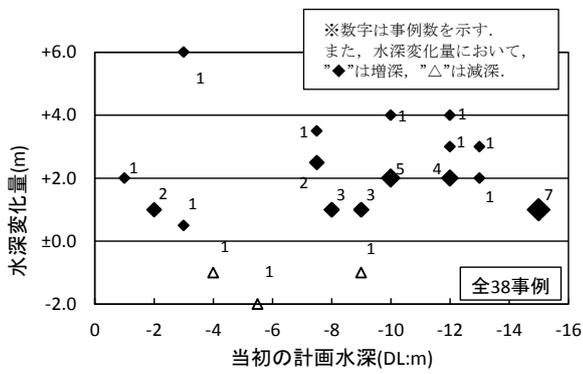


図-2.9 計画水深の変化量

### 3. 既存係留施設の改良工法選定に関する基本的な考え方

#### 3.1 検討方法

##### (1) 既存改良工法の基本的な考え方の整理の方法

本章では、既存係留施設を対象とした改良工法を幅広く収集し、構造形式（重力式係船岸、矢板式係船岸、栈橋）ごとに、収集した全ての既存改良工法について、既存構造物の安定性を向上させる要因となる原理（以下、「安定性向上メカニズム」という）に着目して、改良工法を分類する。なお、ここで言う安定性向上メカニズムは応用しやすいように幅広い視点から整理を行っており、既存設計法による照査項目だけでなく、例えば、新たな設計法が開発された際の照査項目にも効果が発揮されると考えられる原理として分類を行っている。

具体的な整理の方法として、本文中に全改良工法の断面図と工法原理の概要を一覧表として示すとともに、代表的な改良断面を例示して各安定性向上メカニズムの内容を説明する。

また、付録には、抽出した既存改良工法に対して構造形式ごとに、安定性向上メカニズム、工法の概要、静的安定性照査項目に対する有効性、設計事例から得られた係留施設の利用上、施工上、維持管理上の課題、さらには4章で示す各工法の設計上の一般化した課題について、個票として整理する。

以上の各構造形式の改良工法の整理の結果を踏まえて、3.5では、既存の係留施設の改良設計において、改良工法選定の際の基本的な考え方を提示する。この基本的な考え方に基づき3.2～3.4で取りまとめた工法に関する資料を活用することにより、1章で述べた課題である「最も適した改良工法が見逃されている可能性がある」ことへの改善に役立てようとするものである。

##### (2) 既存改良工法の抽出方法

係留施設を対象とした既存の改良工法の抽出は、2章で詳述した改良設計事例に加えて、既存の文献の調査も行い、出来る限り漏れがないようにした。

前者については、基本設計段階で採用されている改良工法のほか、工法選定時（比較設計時）に1次選定や2次選定の候補として挙げられている改良工法も対象として抽出した。しかしながら、工法選定段階では、実績のある改良工法が候補として挙げられている場合が多く、実績のない新しい工法や研究開発段階の工法が漏れてしまう可能性があることから、後者の文献調査も行った。

文献調査は、学会論文又は協会や個別企業等による既刊資料を対象とし、平成29年6月時点でWeb検索等により実施した。

なお、本検討では、実績のない工法や研究開発段階の工法についても幅広く抽出しているため、設計法や施工方法が十分に確立されていない工法も含まれていることに留意されたい。

#### 3.2 重力式係船岸の改良工法の包括的な整理

##### (1) 重力式係船岸の改良による安定性向上メカニズム

重力式係船岸における静的な事象に対する照査項目は、主に1)ケーソンの滑動、2)ケーソンの転倒、3)基礎地盤の支持力、4)基礎地盤の円弧すべり、の4つがある。各照査項目に関する安定性は、土圧、ケーソンの自重や重心位置、摩擦抵抗力、基礎マウンドの大きさや幅、支持地盤の強度などのバランスによって変化する。このため、上記に示した安定性を向上させるためには、荷重側に影響する因子の効果を低減、または抵抗側に影響する因子の効果の増加や追加を行うことが必要となる。

以上を踏まえると、図-3.1に示すとおり、重力式係船岸において「既存構造物を利用する改良工法」を行う場合の安定性向上メカニズムは、以下に示すものが挙げられる。

- ①主働土圧の低減
- ②ケーソン重量増加による滑動・転倒抵抗力の増加
- ③摩擦抵抗力の増加
- ④基礎支持力の増加
- ⑤ケーソン支持による滑動・転倒抵抗力の増加
- ⑥他構造物による抵抗力の負担

ここで、①は荷重側に影響する因子の効果を低減するもの、②～⑥は抵抗側に影響する因子の効果の増加や追加をするものである。

「既存構造物を利用しない改良工法」を行う場合の安定性向上メカニズムは、以下に示すものが挙げられる。

- ⑦新設構造物による荷重の負担
- ⑧既存構造物の用途の変更

新設構造物による外力の負担を行う場合は、既存の重力式係船岸の前面または背面に、新たに別の構造物を構築し、既存構造物は構造設計において荷重側にも抵抗側にも一切、その影響を考慮していないことが多い。既存構造物の用途の変更を行う場合は、既存の重力式係船岸前面に、新たに別の構造物を構築し、既存構造物は護岸へと用途が変更される、または新たに構築された構造物に対する補助的構造物へと用途が変更される。

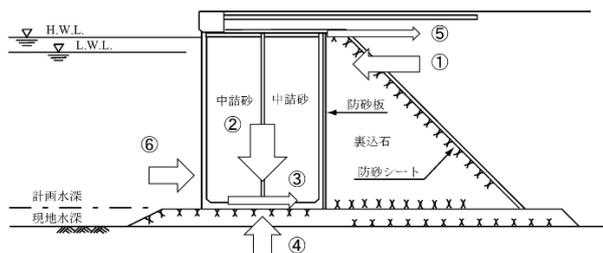


図-3.1 重力式係船岸の安定性向上メカニズム  
 (既存構造物を利用する改良工法の場合)

(2) 重力式係船岸の改良工法の抽出結果

図-3.2～図-3.5に重力式係船岸の改良工法として抽出した28工法を一覧として示す。図には、改良工法のご概念図および工法の概要を示している。また、これらの改良工法は、(1)に示す①から⑧の安定性向上メカニズムの分類に沿って整理されており、G-1～G-28までの通し番号が付されている。なお、付録の付表-1には、重力式係船岸の改良工法ごとに、安定性向上メカニズム、特徴、有効となる照査項目、設計事例から得られた岸壁の利用上、施工上、維持管理上の課題、4章で示す各工法の設計上の課題について、整理した結果を個票として掲載している。

表-3.1には、各工法が属する安定性向上メカニズムの分類と当該工法が抽出された調査手法(A:改良設計事例の中から抽出、B:過去の文献調査から抽出)を明示している。内訳としては、「既存構造物を利用する改良工法」(安定性向上メカニズム①～⑥)が22工法、「既存構造物を利用しない改良工法」(安定性向上メカニズム⑦～⑧)が6工法となっている。

表-3.1 重力式係船岸改良工法の抽出方法

工法	安定性向上メカニズム	A(改良設計事例)	B(過去の文献)
G-1	①主働土圧の低減	○	3)
G-2		○	3)
G-3		○	3)
G-4		○	3),4)
G-5		○	3)
G-6	②ケーソン重量増加による滑動・転倒抵抗力の増加	○	3)
G-7		○	3)
G-8		○	3)
G-9		○	3)
G-10	③摩擦抵抗力の増加	○	-
G-11		○	3)
G-12		○	-
G-13	④基礎支持力の増加	○	3),5)
G-14		○	-
G-15	⑤ケーソン支持による滑動・転倒抵抗	○	3),6)
G-16		○	3),7)
G-17		○	3)
G-18	⑥他構造物による抵抗力の負担	○	3)
G-19		○	3)
G-20		○	-
G-21		○	-
G-22		-	8)
G-23	⑦新設構造物による荷重の負担	○	-
G-24		○	3)
G-25	⑧既存構造物の用途の変更	○	3)
G-26		○	3),9)
G-27		○	3)
G-28		○	3)

安定性向上メカニズム	主働土圧の低減		
工法番号	G-1	G-2	G-3
概念図			
概要	裏込石を撤去し、主働土圧を低減する。撤去部分の背後に土留めが必要となる。	裏込石などを撤去した後に軽量混合処理土にて置換することにより、主働土圧低減を図る。	裏込石などを撤去した後に水砕スラグにて置換することにより、主働土圧低減を図る。
工法番号	G-4	G-5	
概念図			
概要	裏込石などを撤去した後に事前混合処理土にて置換することにより、主働土圧低減を図る。	ケーソン背面の裏込等にセメント系の固化材を攪拌・混合し地盤を固化させることにより、主働土圧を低減する。	
安定性向上メカニズム	ケーソン重量増加による滑動・転倒抵抗力の増加		
工法番号	G-6	G-7	G-8
概念図			
概要	中詰め材を置換、改良してケーソン重量を増加させ、滑動抵抗力を増加する。	上部コンクリートを増設し、構造物の重量を増加させ、滑動抵抗力を増加する。	ケーソン背後に打設したコンクリートとケーソンを一体化させることにより、構造物の重量を増加させ、滑動抵抗力を増加する。
工法番号	G-9	G-10	
概念図			
概要	ケーソン前面に打設したコンクリートとケーソンを一体化させることにより、構造物の重量を増加させ、滑動抵抗力を増加する。	ケーソンのフーチングを拡幅することにより、主に転倒抵抗力を増加、または地盤反力を低減する。	

図-3.2 重力式係船岸の改良工法 (1)

安定性向上 メカニズム	摩擦抵抗力の増加	
工法番号	G-11	G-12
概念図		
概要	摩擦増大マットをケーソン底面に敷設することにより、ケーソン底面摩擦を増加する。	アンカーに初期張力を導入することにより、ケーソンの接地圧を大きくし、摩擦抵抗を増加する。
安定性向上 メカニズム	基礎支持力の増加	
工法番号	G-13	G-14
概念図		
概要	ケーソン基礎部の地盤改良により、基礎地盤の支持力・液状化強度を増加する。	基礎捨石マウンドを拡幅し、基礎マウンドの支持力を増加する。
安定性向上 メカニズム	ケーソン支持による滑動・転倒抵抗力の増加	
工法番号	G-15	G-16
概念図		
概要	ケーソン背後に控え杭を設置し、既存とタイ材で結び、滑動抵抗力、転倒抵抗力を増加する。	ケーソン上部から斜めにグラウンドアンカーを設置し、滑動抵抗力、転倒抵抗力を増加する。

図-3.3 重力式係船岸の改良工法 (2)

安定性向上 メカニズム	他構造物による抵抗力の負担		
工法番号	G-17	G-18	G-19
概念図			
概要	前面に矢板を打設し、タイ材で既設ケーソンと接続することにより、滑動抵抗力を増加する。	前面に矢板を打設し、既設ケーソンとの間にコンクリートを打設し、一体化させることにより、滑動抵抗力を増加する。	既設ケーソン直前面に根固矢板を打設し、既存と水中部で接合することにより、滑動抵抗力を増加する。
工法番号	G-20	G-21	G-22
概念図			
概要	既設ケーソン前面に自立鋼管矢板を打設して掘削することにより、増深を行う。	鋼管杭を既設ケーソン内部に打設することにより、滑動抵抗力を増加する。	捨石マウンドの一部を改良・固化して掘削することにより増深を行う。
安定性向上 メカニズム	新設構造物による荷重の負担		
工法番号	G-23	G-24	
概念図			
概要	既設ケーソンの前面に重力式構造物を新設し、主働土圧は新設した重力式構造物が受け持つ。	既設ケーソンの前面に控え杭式矢板を新設し、主働土圧は新設した矢板が受け持つ。	

図-3.4 重力式係船岸の改良工法 (3)

安定性向上 メカニズム	既存構造物の用途の変更		
工法番号	G-25	G-26	G-27
概念図			
概要	既設ケーソンの前面に矢板を設置し、既設ケーソンを控え工として利用する。主働土圧は矢板が受け持つ。	既設ケーソンの前面にケーソンを新設し、間詰石が既設ケーソンの変位を抑制する。	既設ケーソンの前面に棧橋、捨石マウンドを新設し、既設ケーソンはマウンドの受働抵抗力を受ける。
工法番号	G-28		
概念図			
概要	既設ケーソンの前面に土留め機能付きの棧橋を新設し、既設ケーソンは間詰石から受働抵抗を受ける。		

図-3.5 重力式係船岸の改良工法 (4)

(3) 既存構造物を利用する改良工法

a) 主働土圧の低減（安定性向上メカニズム①）

重力式係船岸の場合、ケーソン背後の主働土圧を低減させることにより、ケーソンへの荷重側の合力が低減されるため、ケーソンの滑動、転倒、基礎地盤の支持力の各照査項目において安定性向上を図ることができる。主働土圧の低減が見込める工法としては図-3.2に示すG-1～G-5の工法が挙げられるが、代表例としてG-2工法の概念図を図-3.6に示す。

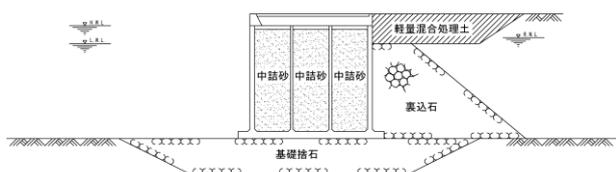


図-3.6 主働土圧低減工法例（G-2）

本工法（図-3.6）では、ケーソン背後の裏込土を軽量化させた土に置き換えることにより、一部の土の単位体積重量を小さくし、主働土圧を低減させるものである。なお、G-1、G-3～G-5の工法は、G-2工法と同様に背後地盤の置換または撤去、背後地盤の改良により、主働土圧の低減を図るものである。

b) 重量増加による滑動・転倒抵抗力の増加（安定性向上メカニズム②）

重力式係船岸の場合、ケーソンの重量増加を行うことにより、ケーソンの滑動抵抗力および転倒抵抗力が増加するため、ケーソンの滑動および転倒の各照査項目において安定性向上を図ることができる。ケーソンの重量増加が見込める工法としては図-3.2に示すG-6～G-10の工法が挙げられるが、代表例としてG-9工法の概念図を図-3.7に示す。

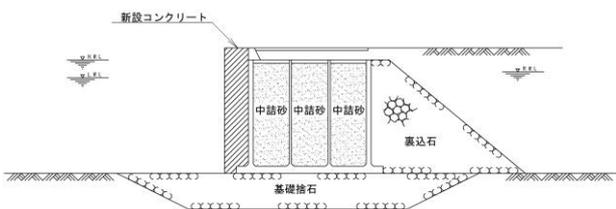


図-3.7 ケーソン重量増加工法例（G-9）

本工法（図-3.7）では、ケーソン前面に新たにコンクリートを打設し、ケーソンと一体化させることにより、構造物の重量を増加させ、ケーソンの滑動抵抗力および

転倒抵抗力を増加させるものである。なお、G-6～8、G-10の工法は、ケーソンの上部や背面、フーチングに新たにコンクリートを打設する、もしくは中詰砂を置き換え、または改良してケーソンの重量増加を図るものである。

c) 摩擦抵抗力の増加（安定性向上メカニズム③）

重力式係船岸の場合、ケーソンと基礎マウンドとの間の摩擦係数又は鉛直力を大きくすることにより、荷重に対して摩擦抵抗力が増加するため、ケーソンの滑動照査において安定性向上を図ることができる。摩擦抵抗力の増加が見込める工法としては、図-3.3に示すG-11～G-12の工法が挙げられるが、代表例としてG-11工法の概念図を図-3.8に示す。

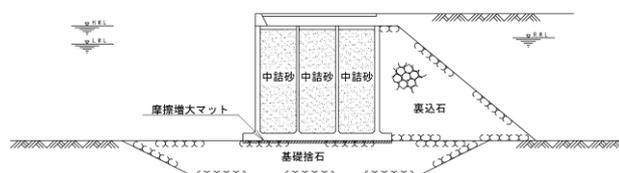


図-3.8 摩擦抵抗力増強工法例（G-11）

本工法（図-3.8）はケーソン底面に摩擦増大マットを敷設することにより、摩擦抵抗力を増加させるものである。なお、G-12工法は、ケーソンに対して垂直にアンカーを設置し、ケーソンとアンカーを一体化させることにより、ケーソンと基礎マウンドとの間で発生する鉛直力を増加させ、摩擦抵抗力の増加を図るものである。

d) 基礎支持力の増加（安定性向上メカニズム④）

重力式係船岸の場合、基礎地盤の強度を増加させる、またはケーソン前面の基礎マウンドの幅を拡幅することにより、基礎地盤の抵抗力が増加するため、基礎地盤の支持力や円弧すべりに対する安定性向上を図ることができる。基礎支持力の増加が見込める工法としては図-3.3に示すG-13～G-14の工法が挙げられるが、代表例としてG-13工法の概念図を図-3.9に示す。

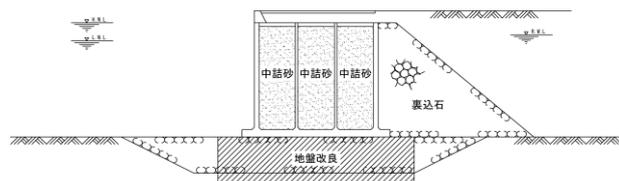


図-3.9 基礎支持力増強工法例（G-13）

本工法（図-3.9）は基礎マウンドや捨石マウンド下の地盤改良を行うことにより、基礎地盤の支持力を増加させるものである。なお、G-14工法は、捨石マウンドを拡幅することにより、基礎地盤のすべりに対する基礎支持力の増加を図るものである。

e) ケーソン支持による滑動・転倒抵抗（安定性向上メカニズム⑤）

重力式係船岸の場合、ケーソンに作用する荷重に対して逆向きの力を作用させることにより、滑動抵抗力および転倒抵抗力が増加するため、滑動、転倒の各照査項目において安定性向上を図ることができる。ケーソン支持による滑動・転倒抵抗が見込める工法としては図-3.3に示すG-15～G-16の工法が挙げられるが、代表例としてG-16工法の概念図を図-3.10に示す。

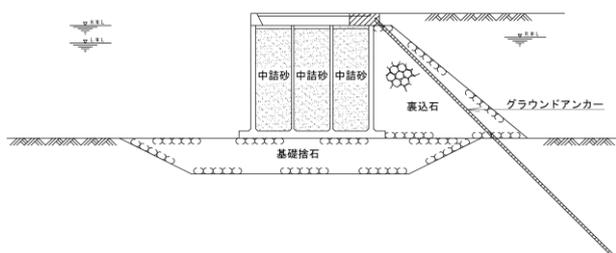


図-3.10 ケーソン支持による工法例（G-16）

本工法（図-3.10）はケーソン背後にグラウンドアンカーを設置し、地中で固定したアンカーとケーソンを一体化させることにより、主に地震時の滑動抵抗力および転倒抵抗力を増加させるものである。なお、G-15工法は矢板式係船岸で用いる控え杭を背後に設置し、タイ材でケーソンと結ぶことで、滑動抵抗力および転倒抵抗力の増加を図るものである。

f) 他構造物による抵抗力負担（安定性向上メカニズム⑥）

重力式係船岸の場合、ケーソンに作用する荷重に対して抵抗を負担させる構造部材を設置することにより、滑動抵抗力が増加するため、滑動照査において安定性向上を図ることができる。図-3.4に示すG-17～G-22の工法が挙げられるが、代表例としてG-19工法の概念図を図-3.11に示す。

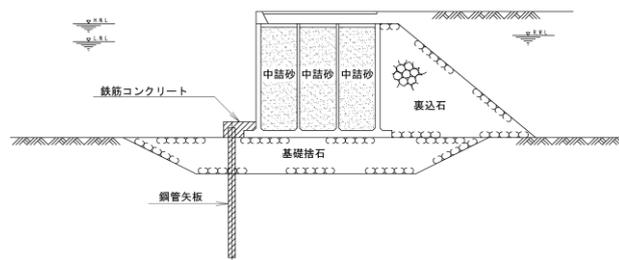


図-3.11 滑動抵抗負担工法例（G-19）

本工法（図-3.11）はケーソン前面に鋼管矢板を打設し、鋼管矢板とケーソンをコンクリートで一体化させることにより、滑動抵抗力の不足分を鋼管矢板に負担させるものである。なお、G-17、G-18、G-21の工法は同様に前面に矢板を打設して、矢板が不足する滑動抵抗力の負担を図るもの、ケーソン中に鋼管杭を打設することにより、滑動抵抗力の不足分を鋼管杭に負担させるものである。また、G-20工法はケーソンの前面にマウンドを土留めする鋼管矢板を設置するもの、G-22工法は基礎を一部固化してケーソンが基礎ごと滑り出そうとする動きを防ぐものである。

(4) 既存構造物を利用しない改良工法

a) 新設構造物による荷重の負担（安定性向上メカニズム⑦）

既設ケーソンの前面に構造物を新設することにより、新設した構造物が既設ケーソンに作用する全ての力を負担するとし、既設ケーソンは構造設計上考慮しないものとして扱われる。このため、新たに設置する構造物については、通常の新規構造物の設計と同様に各照査項目に対して性能を満足させることができる構造物を設置する必要がある。新設構造物による荷重の負担を行う改良工法としては図-3.4に示すG-23～G-24の工法が挙げられるが、代表例としてG-23工法の概念図を図-3.12に示す。

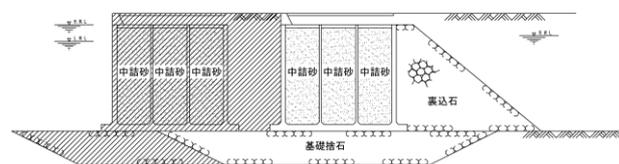


図-3.12 新設構造物工法例（G-23）

本工法（図-3.12）は既設ケーソンの前面に新たに重力式の構造物を新設し、作用する荷重の全てを新設構造物に負担させるものである。なお、G-24工法は、既設ケー

ソンの前面に矢板式構造を設置して、作用する荷重を新設構造物によって負担させるものである。

b) 既存構造物の用途の変更(安定性向上メカニズム⑧)

既設ケーソン前面に構造物を新設することにより、既設ケーソンの用途を護岸へと変更または、新設構造物に対する補助構造物へと用途を変更する。既設ケーソンの前面に捨石等を設置することにより、前面の捨石等が既設ケーソンに対して抵抗力を与える。既存構造物の用途の変更を行う改良工法としては図-3.5に示すG-25～G-28の工法が挙げられるが、代表例としてG-27工法概念図を図-3.13に示す。

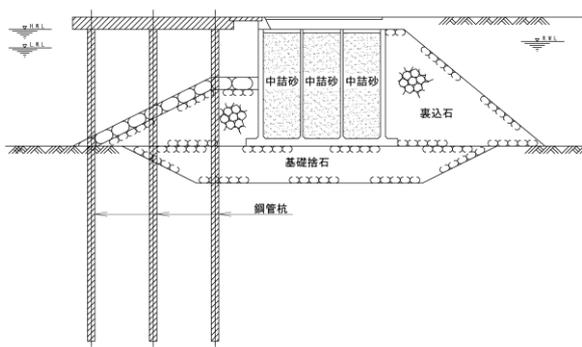


図-3.13 既存構造物の用途変更工法例 (G-27)

本工法(図-3.13)は既設ケーソンの前面に栈橋を新設することにより、既設ケーソンを護岸へと変更し、栈橋下に捨石を配置することにより、既設ケーソンに受働土圧による抵抗力を与えている。G-26, G-28工法はそれぞれ既設ケーソン前面に重力式構造物、土留兼用栈橋を新設するものである。G-25工法は前面に矢板を新設し、既設ケーソンを控え工として利用するものである。

3.3 矢板式係船岸の改良工法の包括的な整理

(1) 矢板式係船岸の改良による安定性向上メカニズム

矢板式係船岸における静的な事象に対する照査項目は、主に1)矢板の根入れ長、2)矢板の応力、3)タイ材の応力、4)基礎地盤の円弧すべり、5)控え工の応力、の5つがある。各照査項目に関する安定性は、土圧、矢板やタイ材、控え工の強度や断面係数、前面または支持地盤の強度などのバランスによって変化する。このため、上記に示した安定性を向上させるためには荷重側に影響する因子の効果を低減、または抵抗側に影響する因子の効果の増加や追加を行うことが必要となる。

以上を踏まえると、図-3.14に示すとおり、矢板式係船岸において「既存構造物を利用する改良工法」を行う場

合の安定性向上メカニズムは、以下に示すものが挙げられる。

- ①主働土圧の低減
- ②受働土圧の増加
- ③矢板支持による発生断面力の低減
- ④矢板補強による耐力の増加

ここで、①は荷重側に影響する因子の効果を低減するもの、②～④は抵抗側に影響する因子の効果の増加や追加をするものである。

「既存構造物を利用しない改良工法」を行う場合の安定性向上メカニズムは、以下に示すものが挙げられる。

- ⑤新設構造物による荷重の負担
- ⑥既存構造物の用途の変更

新設構造物による外力の負担を行う場合は、既存の矢板式係船岸の前面または背面に、新たに別の構造物を構築し、既存構造物は構造設計において荷重側にも抵抗側にも一切、その影響を考慮していないことが多い。既存構造物の用途の変更を行う場合は、既存の矢板式係船岸前面に、新たに別の構造物を構築し、既存構造物は護岸へと用途が変更される。

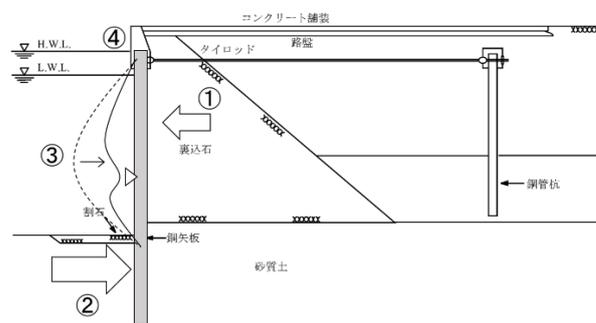


図-3.14 矢板式係船岸の安定性向上メカニズム (既存構造物を利用する改良工法の場合)

(2) 矢板式係船岸の改良工法の抽出結果

図-3.15～図-3.17に矢板式係船岸の改良工法の抽出結果の一覧を示す。同図には各工法(26工法)の概念図および工法の概要説明を示している。また、これらの改良工法は、(1)に示す①から⑥の安定性向上メカニズムの分類に沿って整理されており、S-1～S-26までの通し番号が付されている。なお、付録の付表-2には、矢板式係船岸の改良工法ごとに、各工法の安定性向上メカニズムなどについて、個票として整理した。

表-3.2には、各工法が属する安定性向上メカニズムの分類と当該工法が抽出された調査手法(A:改良設計事例の中から抽出、B:過去の文献調査から抽出)を明示して

いる。内訳としては、「既存構造物を利用する改良工法」  
 (安定性向上メカニズム①～④) が17工法, 「既存構造物  
 を利用しない改良工法」(安定性向上メカニズム⑤～  
 ⑥) が9工法となっている。

表-3.2 矢板式係船岸改良工法の抽出方法

工法	安定性向上メカニズム	A(改良設計事例)	B(過去の文献)
S-1	①主働土圧の低減	○	3)
S-2		○	3)
S-3		○	3)
S-4		○	3)
S-5		○	3)
S-6		-	10),11)
S-7	②受働土圧の増加	○	3)
S-8	③矢板支持による 発生断面力の低減	○	3),12)
S-9		○	3),13)
S-10		○	3)
S-11		○	-
S-12		-	14)
S-13		○	-
S-14	④矢板補強による 耐力の増加	○	3)
S-15		○	3)
S-16		○	3)
S-17		○	3)
S-18	⑤新設構造物による 荷重の負担	○	-
S-19		○	-
S-20		○	-
S-21		○	-
S-22		○	-
S-23		○	-
S-24		○	-
S-25	⑥既存構造物の 用途の変更	○	3)
S-26		○	3)

安定性向上 メカニズム	主働土圧の低減		
工法番号	S-1	S-2	S-3
概念図			
概要	裏込土等を撤去し、軽量混合処理土で置換することにより、主働土圧を低減する。	裏込土等を撤去し、水砕スラグと置換することにより、主働土圧を低減する。	裏込土等を撤去し、事前混合処理土と置換することにより、主働土圧を低減する。
工法番号	S-4	S-5	S-6
概念図			
概要	裏込土をセメント固化し、主働土圧を低減する。	背面に棚式構造物を設置し、上載荷重および上部土層重量を低減する。	矢板背後を固化処理土に置き換えるとともに、面状補強材(ジオグリッド)を介して一体化させ、摩擦抵抗力を与える。
安定性向上 メカニズム	受働土圧の増加		
工法番号	S-7		
概念図			
概要	矢板前面部の基礎地盤を改良することにより、受働抵抗力を増加する。		

図-3.15 矢板式係船岸の改良工法 (1)

安定性向上メカニズム	矢板支持による発生断面力の低減		
工法番号	S-8	S-9	S-10
概念図			
概要	海底地盤と既設タイ材の中間に支点を設置し、発生断面力を低減する。	海底地盤と既設タイ材の中間に新設タイ材を設置し、鋼矢板の発生断面力を低減する。	海底地盤と既設タイ材の中間に支点(腹起し)を設置し、発生断面力を軽減する。支点反力はジャケット式構造物等で支持する。
工法番号	S-11	S-12	S-13
概念図			
概要	海底地盤と既設タイ材の中間に支点(腹起し)を設置し、発生断面力を軽減する。支点反力は栈橋で支持する。	矢板前面にL型ブロック(基礎杭付き)を設置することにより、L型ブロックからの抵抗力でタイ材への発生力を低減する。	控え杭を増やすことにより、既設の控え工の反力を分担する。
安定性向上メカニズム	矢板補強による耐力の増加		
工法番号	S-14	S-15	S-16
概念図			
概要	矢板をコンクリート、H鋼(鋼管矢板の場合)等で補強する。	既設矢板の直背面に矢板を設置し、既設矢板と一体化して耐力を増加する。	既設矢板の直前面に矢板を設置し、新設矢板と既設矢板を一体化して耐力を増加する。
工法番号	S-17		
概念図			
概要	既設矢板前面に矢板を設置し、既設矢板を控え矢板とした二重矢板構造に変更することにより、主動土圧を二重矢板が受け持つ。		

図-3.16 矢板式係船岸の改良工法 (2)

安定性向上メカニズム	新設構造物による荷重の負担		
工法番号	S-18	S-19	S-20
概念図			
概要	既設矢板前面に新設矢板を設置することにより、主働土圧を新設した矢板が受け持つ。	既設矢板背後に新設矢板を打設することにより、主働土圧を新設した矢板が受け持つ。	既設矢板前面に重力式構造物を新設することにより、主働土圧を新設した重力式構造物が受け持つ。
工法番号	S-21	S-22	S-23
概念図			
概要	既設矢板背後の地盤を固化改良し、固化体は既設矢板に代わり、重力式構造物として主働土圧を受け持つ。	既設矢板背後に根入れ式鋼板セルを設置し、既設矢板に代わり土圧を受け持つ。	既設矢板背後に井筒を設置し、鋼管矢板の土圧を受け持つ、または既設矢板を含み、補強する。
工法番号	S-24		
概念図			
概要	既設矢板を一体化させた栈橋構造を既設矢板背後に新設することにより、主働土圧を新設した土留め兼用栈橋が受け持つ。		
安定性向上メカニズム	既存構造物の用途の変更		
工法番号	S-25	S-26	
概念図			
概要	前面に栈橋を設置(土留め構造なし)を設置し、既設矢板前面の捨石マウンドで既設矢板の抵抗力を増加する。	前面に栈橋を設置(土留め構造あり)を設置し、既設矢板前面の間詰め石で既設の変位を抑制する。	

図-3.17 矢板式係船岸の改良工法 (3)

(3) 既存構造物を利用する改良工法

a) 主働土圧の低減（安定性向上メカニズム①）

矢板式係船岸の場合、矢板背後の主働土圧を低減させることにより、矢板への荷重側の合力が低減されるため、矢板の根入れ長、矢板の応力、タイ材の応力、控え工の応力の各照査項目において安定性向上を図ることができる。主働土圧の低減が見込める工法としては図-3.15に示すS-1～S-6の工法が挙げられるが、代表例としてS-1工法概念図を図-3.18に示す。

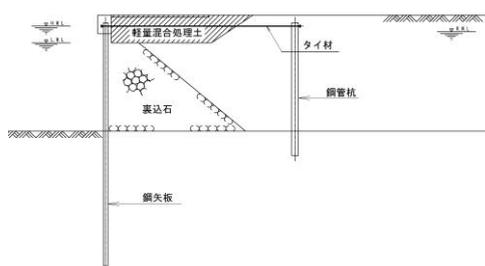


図-3.18 主働土圧低減工法例（S-1）

本工法（図-3.18）は矢板背後の裏込土を軽量化させた土に置き換えることで、一部の土の単位体積重量を小さくし、主働土圧を低減させるものである。なお、S-2～S-6の工法はS-1工法と同様に背後地盤の置き換え、地盤改良、または矢板背後に構造物を設置して主働土圧の低減を図るものである。

b) 受働土圧の増加（安定性向上メカニズム②）

矢板式係船岸の場合、受働土圧を増加させることにより、地盤の抵抗力が増加し、主に矢板の根入れの照査項目において安定性向上を図ることができる。受働土圧の増加が見込める工法としては図-3.15に示すS-7の工法が挙げられる。S-7工法概念図を図-3.19に示す。

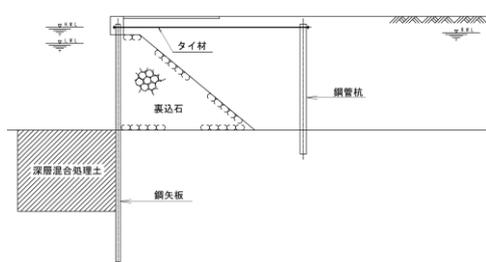


図-3.19 受働土圧増強工法例（S-7）

本工法（図-3.19）は矢板前面の地盤改良を行い、地盤の強度を増加させることにより、受働抵抗力を増加させるものである。

c) 矢板支持による発生断面力の低減（安定性向上メカニズム③）

矢板式係船岸の場合、前面矢板に複数の支承を設けることにより、前面矢板に発生する断面力が低減されるため、矢板の根入れ長、矢板の応力、タイ材の応力、控え工の応力の各照査項目において安定性向上を図ることができる。矢板支持による発生断面力の低減が見込める工法としては図-3.16に示すS-8～S-13の工法が挙げられるが、代表例としてS-9工法概念図を図-3.20に示す。

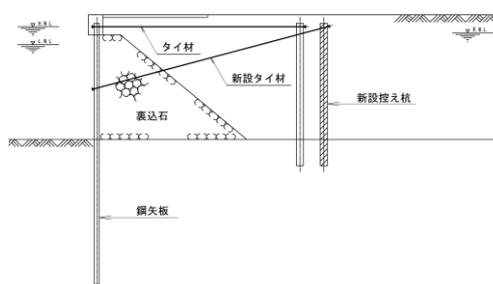


図-3.20 矢板支持工法例（S-9）

本工法（図-3.20）は矢板背後に新たに控え工を設置し、海底地盤と既設タイ材の中間付近に新たに支承を設けることにより、発生する断面力を低減させるものである。なお、S-8工法はアンカーを設置し、海底地盤と既設タイ材の間に新たに支承を設けることにより、発生断面力の低減を図るものである。S-10～S-13の工法は矢板前面に新設した構造物と既設矢板の接続部に支承を設けることにより、発生断面力の低減を図るものである。

d) 矢板補強による耐力の増加（安定性向上メカニズム④）

矢板式係船岸の場合、既存の矢板を補強し、耐力の増強を行うことにより、矢板の断面係数や剛性が増加するため、主に矢板の応力の照査項目において安定性向上を図ることができる。補強による耐力の増加が見込める工法としては図-3.16に示すS-14～S-17の工法が挙げられる。代表例としてS-14工法概念図を図-3.21に示す。

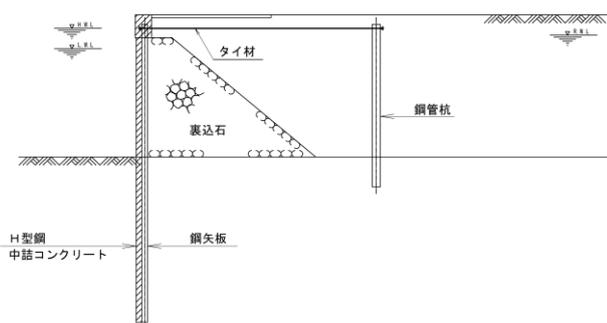


図-3.21 矢板補強工法例 (S-14)

本工法(図-3.21)は前面矢板にコンクリートを被覆させる,または鋼管矢板の中にH形鋼等を設置することにより,矢板の断面耐力を増加させるものである。なお,S-15~S-17の工法は,鋼管矢板の中に杭を打設し補強するものや,既設矢板の前後に新たに矢板を打設し,一体化させて断面耐力の増強を図るものである。

(4) 既存構造物を利用しない改良工法

a) 新設構造物による荷重の負担(安定性向上メカニズム⑤)

既設矢板の前面または背面に構造物を新設することにより,新設した構造物が既設矢板に作用する全ての荷重を負担するとし,既設矢板は構造設計上考慮しないものとして扱われる。このため,新たに設置する構造物については,通常の新規構造物の設計と同様に,各照査項目に対して性能を満足させることが必要である。新設構造物による荷重の負担を行う改良工法としては図-3.17に示すS-18~S-24の工法が挙げられるが,代表例としてS-18工法の概念図を図-3.22に示す。

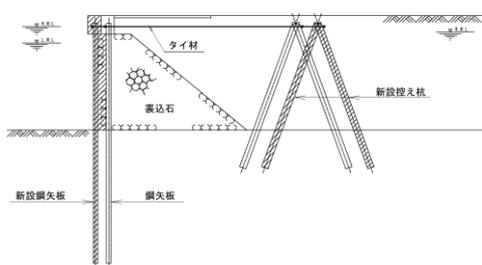


図-3.22 新設構造物工法例 (S-18)

本工法(図-3.22)は既設矢板の前面に新たに矢板を新設することにより,作用する荷重の全てを新設構造物に負担させるものである。なお,S-19~S-24の工法も同様に,既設矢板の前面または背面に新たな構造物を設置し

て,作用する荷重を新規構造物によって負担させるものである。

b) 既存構造物の用途の変更(安定性向上メカニズム⑥)

既設矢板前面に構造物を新設することにより,既設矢板の用途を護岸へと変更する。または,既設矢板の前面に捨石等を設置することにより,前面の捨石等が既設矢板に対して抵抗力を与える。既存構造物の用途の変更を行う改良工法としては図-3.17に示すS-25~S-26の工法が挙げられるが,代表例としてS-25工法の概念図を図-3.23に示す。

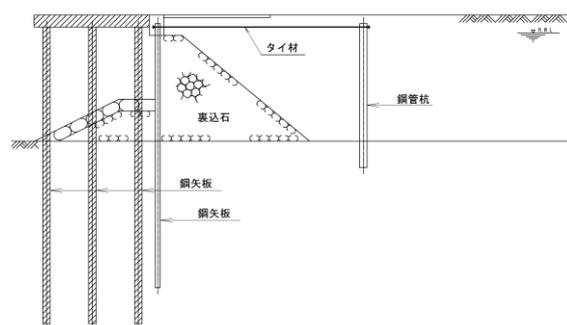


図-3.23 既存構造物の用途変更工法例 (S-25)

本工法(図-3.23)は既設矢板の前面に栈橋を新設することにより,既設矢板を護岸へと変更し,栈橋下に捨石を配置することにより,既設矢板に受働土圧による抵抗力を与えている。S-26工法は既設矢板前面に土留兼用栈橋を新設するものである。

3.4 栈橋改良工法の包括的な整理

(1) 栈橋の改良による安定性向上メカニズム

栈橋における静的な事象に対する照査項目は,主に1)杭の応力,2)杭の根入れ長,の2つがある。各照査項目に関する安定性は,船舶接岸力や地震時慣性力などの荷重,栈橋杭の強度や断面係数に関するバランスによって変化する。このため,上記に示した安定性を向上させるためには荷重側に影響する因子の効果を低減,または抵抗側に影響する因子の効果の増加や追加を行うことが必要となる。ただし,荷重側に影響する因子については地震力,船舶接岸力など与条件として決定される場合が多く,低減させることが困難な場合が多い。

以上を踏まえると,図-3.24に示すとおり,栈橋において「既存構造物を利用する改良工法」を行う場合の安定性向上メカニズムは,以下に示すものが挙げられる

- ①杭に発生する応力の分散
- ②水平剛性の増加
- ③支持地盤強度の増加
- ④補強による耐力の増加

ここで、①は荷重側に影響する因子の効果を低減するもの、②～④は抵抗側に影響する因子の効果の増加や追加をするものである。

この他の安定性向上メカニズムは、以下に示すものが挙げられる。

- ⑤構造形式の変更

構造形式の変更を行う場合は、新たに構造部材を新設し、土留め構造に用途が変更される。本来、栈橋で想定される地震力や船舶接岸力といった荷重ではなく、主働土圧等の荷重に対して抵抗する構造となる。

表-3.3 栈橋改良工法の抽出方法

工法	安定性向上メカニズム	A(改良設計事例)	B(過去の文献)
P-1	①杭に発生する 応力の分散	○	3)
P-2		○	3)
P-3		○	3)
P-4	②水平剛性の増加	○	3)
P-5		-	15)
P-6		○	3),16)
P-7		-	17)
P-8	③支持地盤強度 の増加	○	3)
P-9		○	-
P-10		○	-
P-11		○	-
P-12	○	-	
P-13	④補強による耐力 の増加	○	3)
P-14		○	3)
P-15		○	3)
P-16	⑤構造形式の変更	○	3)
P-17		○	3)
P-18		-	18)

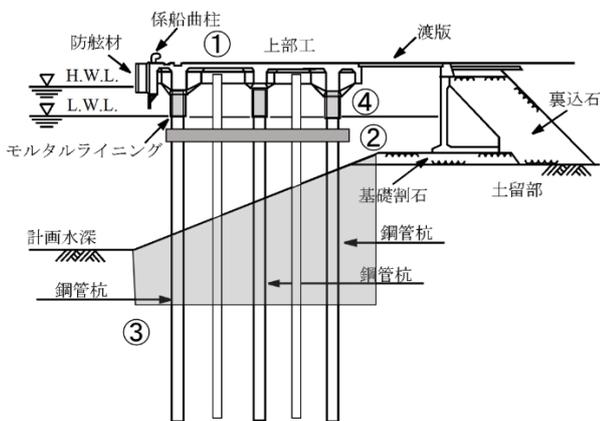


図-3.24 栈橋の安定性向上メカニズム  
 (既存構造物を利用する改良工法の場合)

(2) 栈橋の改良工法の抽出結果

図-3.25～図-3.26に栈橋の改良工法の抽出結果の一覧を示す。同図に示す各工法(18工法)は、改良工法の概念図および工法の概要説明を示している。また、これらの改良工法は、(1)に示す①から⑤の安定性向上メカニズムの分類に沿って整理されており、P-1～P-18までの通し番号が付されている。なお、付録の付表-3には、栈橋の改良工法ごとに、安定性向上メカニズムなどについて、個票として整理した。

表-3.3には、各工法が属する安定性向上メカニズムの分類と当該工法が抽出された調査手法(A:改良設計事例の中から抽出、B:過去の文献調査から抽出)を明示している。内訳としては、「既存構造物を利用する改良工法」(安定性向上メカニズム①～④)が15工法、構造形式の変更を行う工法(安定性向上メカニズム⑤)が3工法となっている。

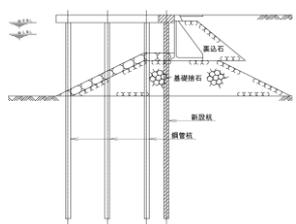
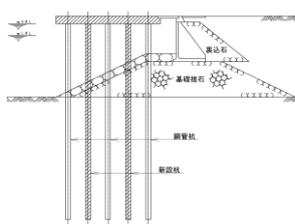
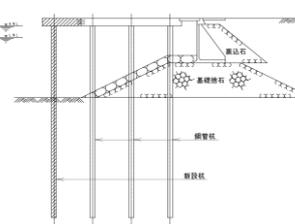
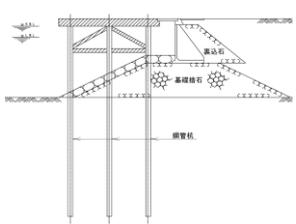
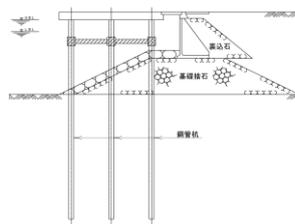
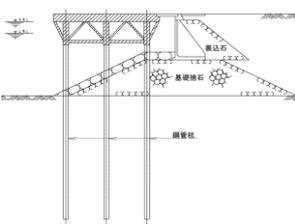
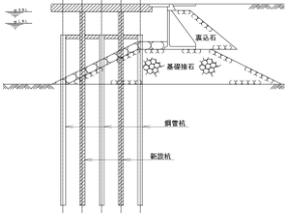
安定性向上メカニズム	杭に発生する応力の分散		
工法番号	P-1	P-2	P-3
概念図			
概要	既設栈橋の直背面(土留め構造との間)に増杭し、既設栈橋と上部工で一体化し、応力を分散する。	既設杭の中間に新設杭を設置し、応力を分散する。(上部工は撤去・新設)	既設栈橋の前面に増杭し、既設栈橋と上部工で一体化し、応力を分散する。
安定性向上メカニズム	水平剛性増加		
工法番号	P-4	P-5	P-6
概念図			
概要	杭をプレス材で連結し、杭の剛性を増加する。	杭の中間にプレス材を設置することで発生断面力の分布を変える。	枠組を行った鋼製の桁を、基礎杭にかぶせる。トラス構造となり、地震時の鋼管杭の発生断面力や変位を抑制する。
工法番号	P-7		
概念図			
概要	既設杭と新設杭を水平材で接続することにより、荷重を伝達し、地震荷重に既設杭と新設栈橋が一体となって抵抗する。		

図-3.25 栈橋の改良工法 (1)

安定性向上 メカニズム	支持地盤強度の増加		
工法番号	P-8	P-9	P-10
概念図			
概要	前面に根固め矢板を設置し、捨石等で杭の突出長を低減し、抵抗力を増加する。	支持地盤を地盤改良することにより、地盤の強度を上げて、支持力を増加する。	前面の法止めを栈橋と一体化させ、捨石等で杭の突出長を低減し、抵抗力を増加する。
工法番号	P-11	P-12	
概念図			
概要	前面に控えアンカー式鋼矢板を設置し、捨石等で杭の突出長を低減し、抵抗力を増加する。	前面にL型擁壁を設置し、捨石等で杭の突出長を低減し、抵抗力を増加する。	
安定性向上 メカニズム	補強による耐力の増加		
工法番号	P-13	P-14	P-15
概念図			
概要	杭をコンクリート、二重管等で補強し、抵抗力を増加する。	上部工を改良し、杭の応力に対する上部工の抵抗を増加する。	鉛直アンカーを設置することにより、既設杭の引き抜き抵抗力を増加する。
安定性向上 メカニズム	構造形式の変更		
工法番号	P-16	P-17	P-18
概念図			
概要	既設栈橋の前面に矢板を設置し、既設栈橋と上部工で一体化し、棚式構造物に変更する。主働土圧は棚式構造物が受け持つ。	既設栈橋の前面に矢板を設置し、既設栈橋を控え工として利用する。主働土圧は新設する矢板が受け持つ。	土留め機能を兼ねた栈橋に変更するとともに、斜杭を打設するにより、変位を抑制する。

図-3.26 栈橋の改良工法 (2)

(3) 既存構造物を利用する改良工法

a) 杭に発生する応力の分散(安定性向上メカニズム①)

栈橋の場合、栈橋に作用する荷重を負担する構造部材を設置することにより、杭に発生する応力が分散することができるため、杭の応力、杭の根入れ長の各照査項目において安定性向上を図ることができる。応力の分散を行う工法としては図-3.25に示すP-1～P-3の工法が挙げられるが、代表例としてP-2工法概念図を図-3.27に示す。

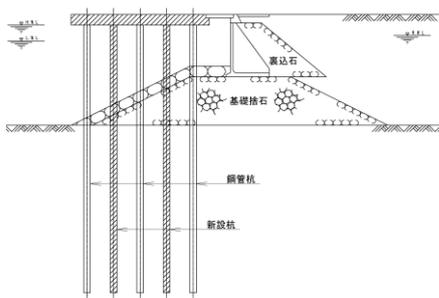


図-3.27 応力分散工法例 (P-2)

本工法(図-3.27)は、既設杭の間に新たに杭を打設し、新たに打設する上部工を介して構造物として一体化させることにより、応力を分散させるものである。なお、P-1、P-3の工法は、既設栈橋の前面または背面に新たに杭を打設し、応力の分散を図るものである。

b) 水平剛性の増加(安定性向上メカニズム②)

栈橋の場合、栈橋構造の水平剛性を増強することにより、発生する断面力が低減されるため、杭の応力の照査項目において安定性向上を図ることができる。水平剛性の増加を行う工法としては図-3.25に示すP-4～P-7の工法が挙げられるが、代表例としてP-6工法概念図を図-3.28に示す。

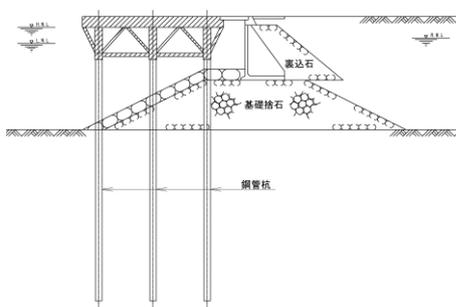


図-3.28 水平剛性増強工法例 (P-6)

本工法(図-3.28)は、陸上ヤードで製作した上部工、上部鋼管杭部、水平部材を組み合わせた構造物を既設栈橋杭の上部に接続させることにより、水平剛性を増加させるものである。なお、P-4、P-5、P-7の工法は水平部材を設置し、水平剛性の増加を図るものである。

c) 支持地盤強度の増強(安定性向上メカニズム③)

栈橋の場合、支持地盤の強度を増加させることにより、杭に作用する地盤抵抗力が増加するため、杭の応力、杭の根入れ長の照査項目において安定性向上を図ることができる。支持地盤強度の増加を行う工法としては図-3.26に示すP-8～P-12の工法が挙げられるが、代表例としてP-8工法概念図を図-3.29に示す。

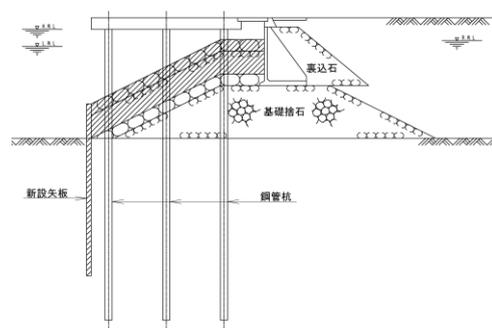


図-3.29 支持地盤強度増強工法例 (P-8)

本工法(図-3.29)は、栈橋法線直下にマウンド土留め矢板を設置し、捨石マウンド高を上げることにより、杭への抵抗力を増加させるものである(根入れ長を増加させることにより、見かけ上、支持地盤の強度増強と同じ効果を期待している)。なお、P-10～P-12の工法は同様に、マウンド土留め矢板の代わりにアンカー式矢板、L型擁壁、栈橋杭兼用矢板を用いて、杭への抵抗力の増加を図るものである。P-9の工法は地盤改良により支持地盤強度の増加を図るものである。

e) 補強による耐力の増加(安定性向上メカニズム④)

栈橋の場合、鋼管杭の補強による耐力の増加を行うことにより、鋼管杭の断面性能の向上が見込め、杭の応力の照査項目において安定性向上を図ることができる。工法としては図-3.26に示すP-13～P-15の工法が挙げられる。代表例としてP-13工法概念図を図-3.30に示す。

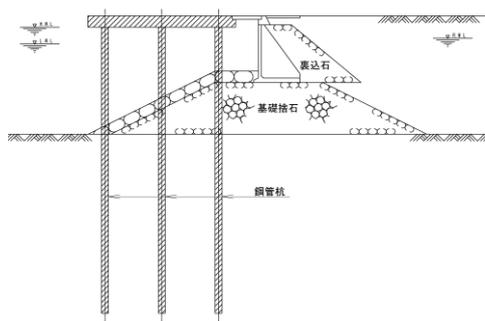


図-3.30 増強工法例 (P-13)

本工法(図-3.30)は、既設杭にコンクリートを被覆させる、または中詰めコンクリート、二重管などにより、鋼管杭の断面耐力を増加させるものである。なお、P-14工法は上部工を補強し、必要な抵抗力を確保するもの、P-15工法は、杭中にアンカーを通し、引き抜き抵抗力の増加を図るものである。

#### (4) 構造形式の変更(安定性向上メカニズム⑤)

既設の栈橋の前面に新たな構造物を設置する、または新たな構造部材を追加することにより、栈橋構造から別の構造形式に変更し、作用する荷重に対して安定性向上を図るものである。構造形式を変更する工法としては図-3.26に示すP-16～P-18の工法が挙げられる。代表例としてP-17工法の概念図を図-3.31に示す。

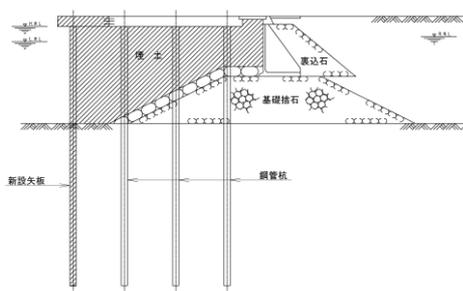


図-3.31 構造形式の変更工法例 (P-16)

本工法(図-3.31)は既設栈橋の前面に矢板を新設し、栈橋下を埋め立てることにより、栈橋構造から柵式構造へ変更させ、新たな構造形式によって作用する荷重の全てを負担させるものである。なお、P-17の工法は、既設栈橋の前面に矢板を新設し、既設栈橋杭を控え工として利用することにより、矢板構造へ変更するものである。P-18の工法は、既設栈橋の陸側杭を矢板壁に変更することにより、土留め兼用栈橋構造へ変更するものである。

### 3.5 改良工法選定の基本的な考え方

#### (1) 基本的な考え方

3.2～3.4で示した改良工法の安定性向上効果(メカニズム)の分類を参考にすることで、多種多様な改良工法の中から対象とする既存係留施設に適した工法を抽出することができる。以下、その基本的な考え方を示す。

はじめに、既存係留施設の構造形式や構造断面に対して有効となる改良の原理を考察し、改良によって設計上得られる安定性向上メカニズムを整理する。安定性向上メカニズムについては、漏れがないように抽出する必要がある。次に、抽出された安定性向上メカニズムごとに、同じメカニズムに分類される既存工法を網羅的に調べるとともに、新しい改良工法が創出できないかについても検討する。この手順を踏むことにより、既存係留施設の改良工法を漏れなく抽出することができる。

なお、既存係留施設の改良にあたっては、重力式係船岸、矢板式係船岸および栈橋の場合には、3.2～3.4に示した以下の内容を参考とすることができる。

- ・安定性向上メカニズムの分類(図-3.1, 図-3.14, 図-3.24)
- ・既存改良工法の一覧(図-3.2～図-3.5, 図-3.15～図-3.17, 図-3.25～図-3.26)
- ・既存改良工法の個票(付録)

#### (2) 改良工法の選定

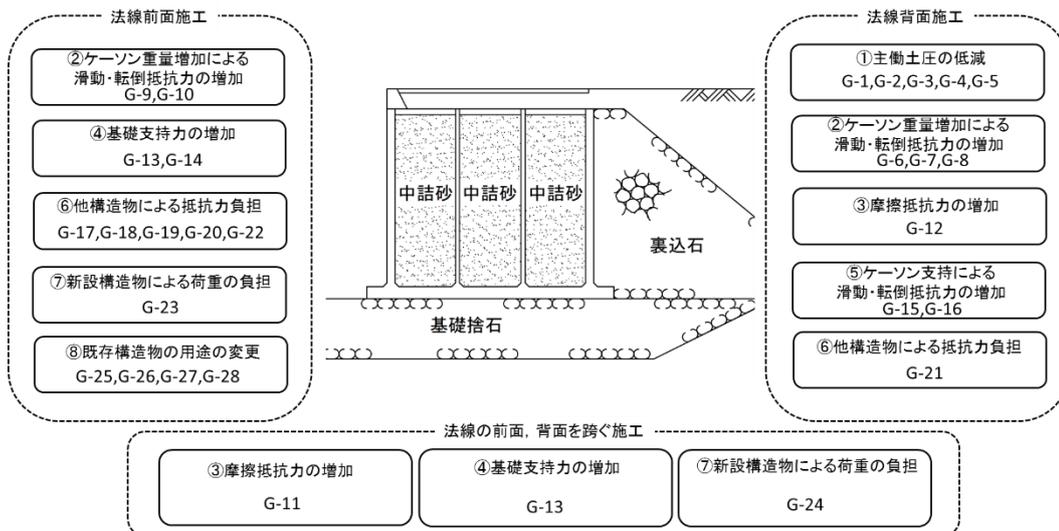
(1)により多種多様な改良工法を漏れなく抽出した後、改良工法を絞り込む必要がある。改良工法の抽出は安定性向上メカニズムに着目して行っているため、非常に多くの工法が列挙される。改良工法の絞り込みを効率的に行うためには、各プロジェクトで課される各種の制約条件を明確に設定することが有効である。また、制約条件の設定内容と適用可能な改良工法とを関連づけておくことで、どのような制約条件が改良工法の選択肢にどのような影響を及ぼすかを容易に確認することができる。これらを事前に整理しておくことで、関係者間で調整の余地のある制約条件の優先度を定めることも可能である。また、上述した既存改良工法の個票を利用することにより、当該プロジェクトに対して著しく適用性が低いと判断される改良工法を事前に除外することもできる。

図-3.32に、制約条件の設定内容と適用可能な改良工法との関連づけの事例として、既存係留施設の改良工事が海側から可能である場合と陸側からのみ可能であるかに着目して、重力式係船岸、矢板式係船岸、および栈橋の構造形式ごとに整理した結果を示す。この結果より、例えば重力式係船岸であれば、海側からの施工しか許可さ

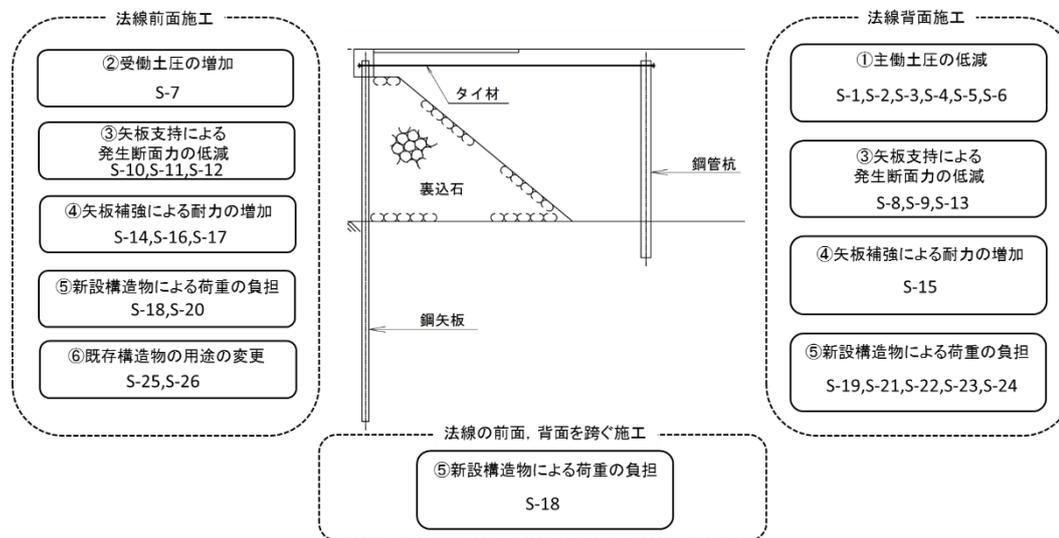
れない場合には、本図中の左側に示す法線前面施工に分類される改良工法しか採用できないことがわかる。しかしながら、陸側からの施工も可能とする条件に緩和することができれば、法線背面施工に分類される改良工法も採用することができ、かつ場合によっては法線前面と法線背面から施工できる工法を組合せる改良工法も創出できることがわかる。

### (3) 新規施設の構造形式選択への活用

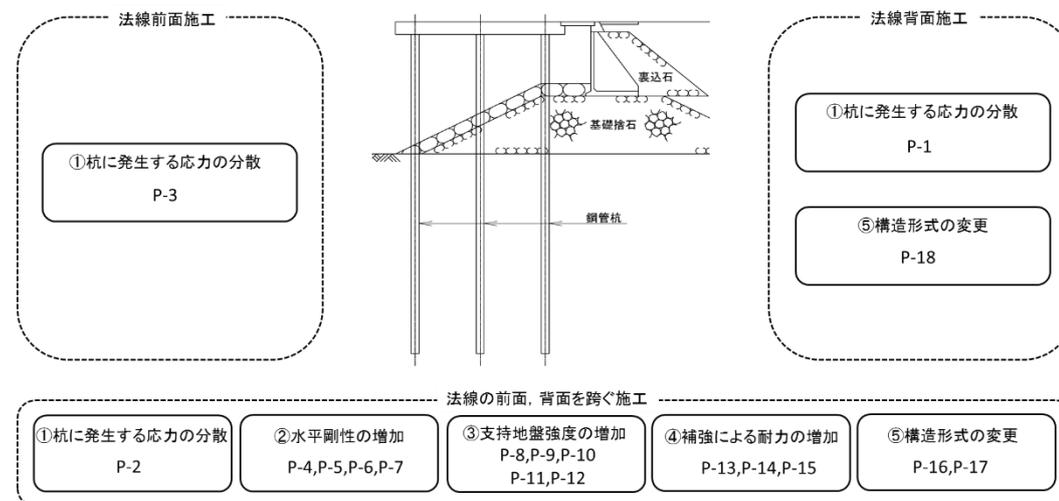
上記(1)および(2)で示した既存係留施設の改良工法選定の基本的な考え方は、新規施設の設計時に構造形式を選択する場合にも活用することができる。すなわち、構造形式を選定する際に、対象箇所の前提条件により整理を行っておくことで、将来の老朽化対策や増深や耐震強化といった機能強化、または被災を受けた際の復旧に対しても、どのような工法が選択可能であるか事前に把握することが可能であり、将来に改良を行う際の難易度の推定や改良を考慮に入れたライフサイクルコストの見通しを得ることもできる。



a) 重力式係船岸



b) 矢板式係船岸



c) 栈橋

図-3.32 改良工法の包括的整理の例（施工位置による整理）

## 4. 改良工法に関する設計上の課題とその一般化

### 4.1 改良工法の設計上の課題考察における着目点

#### (1) 課題の考察における着目点

本章では、3章に示した既存係留施設の改良工法の整理結果を基に、各改良工法の課題を考察する。その上で、各工法の課題ではあるものの、工法の種別に関係なく共通する大きな課題として認識するために、それらの課題を一般化する。

各工法の課題の考察を行うに当たり、念頭に置くべきことは、新規の構造断面は基本的に一つの構造物で構成されている（図-4.1）ことに対し、各改良断面は既存構造物やそこに追加される構造物、新たに係留施設として作用力を負担する新規構造物など、様々な構造物によって構成されているということである。このように複数の構造物が組み合わせられる改良断面において効率的に課題を見つけ出すために以下の視点に着目し、考察を行う。

図-4.2 に着目点の概念図を示す。なお、本図では概念図と合わせて代表的な改良工法を例示し、より具体的な着目点を示している。

- a) 各構造物の組み合わせ
- b) 構造物の構成部材
- c) 各構造物の位置関係

なお、本検討では、改良工法に共通する課題を一般化する際に既存構造物や追加した構造物が共存した状態の構造物全体を「構造系」、既存構造物や追加した構造物を「構造ユニット」と称し、課題の一般化に向けた整理を行う。

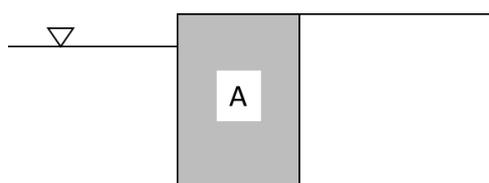
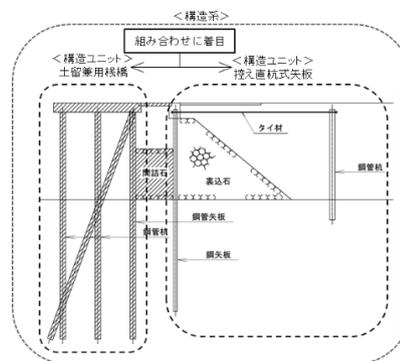
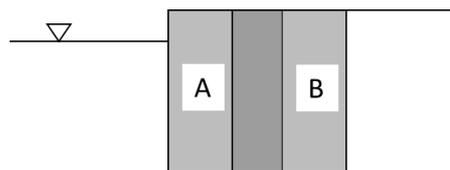
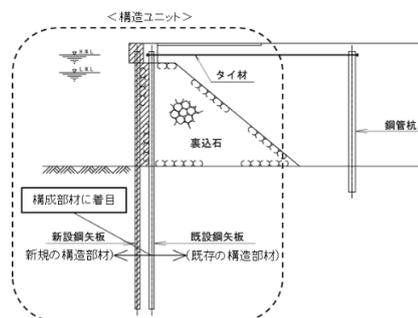
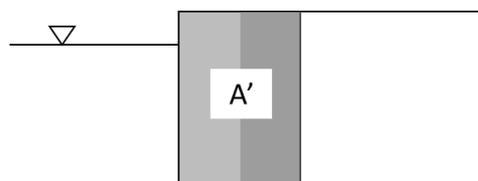


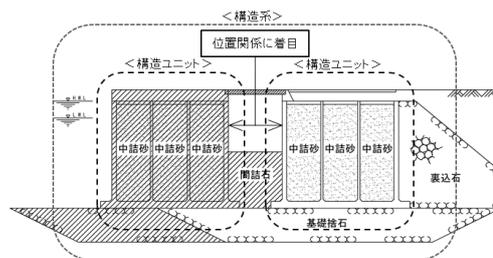
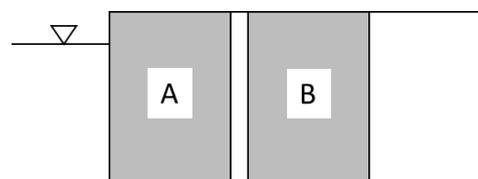
図-4.1 新規構造物の断面イメージ



a) 各構造物の組み合わせ



b) 構造物の構成部材



c) 各構造物の位置関係

図-4.2 課題の考察における着目点の概念図



b) 工法の課題

本工法で見られる設計上の課題の例として、地震時に既存矢板に作用する主働土圧などの荷重が間詰石を伝わり、土留兼用栈橋に想定外の荷重が発生する可能性がある点が挙げられる。

前面の土留兼用栈橋と比較すると、既設の控え杭式矢板は変位しやすい構造である。この2つの構造物は間詰石で間接的に繋がっており、地震時において既設矢板は変位を起こすが、前面の土留兼用栈橋は相対的に変位しにくいために間詰石は固定され、矢板の変位が抑制される。つまり、間詰石は既設の矢板の変位を抑制するための抵抗力として寄与するが、一方で、その際に土留兼用栈橋に対して、抵抗力の反力を与える可能性がある。

c) 課題の一般化

4.1で示した着目点から本工法を整理すると、本工法は既設の控え杭式矢板といった既存構造ユニットに対し、前面に新たに設置する土留兼用栈橋といった構造ユニットとして追加している状態にある。構造系としては剛性の異なる構造が間接的に複合している。

b)で例示した本工法の課題は、2つの構造ユニットが異なる剛性であるために、変形挙動に差が生じ、構造系としての挙動が推定できないことである。この課題は、一般化して捉えると、「剛な構造と柔な構造が複合する場合の構造系の挙動に関する課題」といえる。

(3) 既設栈橋前面に矢板を新設し、既設栈橋を控え工とする工法 (P-17)

a) 工法の概要

図-4.5に、既設栈橋前面に矢板を新設し、既設栈橋を控え工とする工法 (P-17) の概念図を示す。本工法は既設栈橋前面に矢板を新設し、既設の栈橋杭を控え工とすることで、既存係留施設の構造形式を栈橋から矢板式係船岸へ変更する工法である。既設の栈橋下には埋土を投入し、その埋土による土圧に対しては新設した矢板が抵抗する。

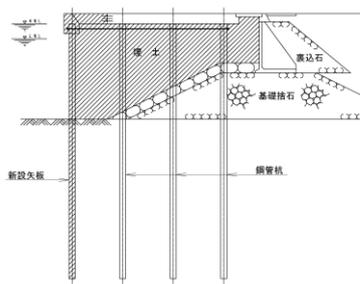


図-4.5 P-17工法概念図

b) 工法の課題

本工法で見られる設計上の課題の例として、控え工の断面性能が不均一である場合に、各控え工の挙動が異なる可能性がある点が挙げられる。

新設する前面の矢板は断面性能が均一であるが、控え工として用いる既設の栈橋杭はある程度の供用期間を経ているため、鋼材の腐食により各杭の断面性能が不均一である場合がある。控え工の断面が異なると法線方向で各断面の性能に違いが生じ、部分的な応力が集中する可能性がある。

c) 課題の一般化

4.1で示した着目点から本工法を整理すると、既設栈橋といった既存構造ユニットに対し、新たに設置する前面矢板といった構造ユニットを追加している状態にある。構造系としては新たなユニットと古いユニットが複合している。

b)で示した本工法の課題は、2つの構造ユニットが新旧の構造であるために、異なる断面性能を有する可能性があり、構造系として想定される性能を発揮できない可能性があることである。この課題は、一般化して捉えると「新旧構造が複合する場合の構造系の挙動に関する課題」といえる。

(4) 既設矢板前面に矢板を新設し、既設の矢板と一体化する工法 (S-16)

a) 工法の概要

図-4.6に、既設矢板前面に矢板を新設し、既設の矢板と一体化する工法 (S-16) の概念図を示す。本工法は、既設矢板前面に矢板を新設し、既設矢板と一体化させ、前面矢板の断面性能を向上するものである。

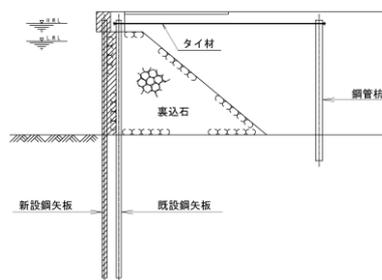


図-4.6 S-16工法概念図

b) 工法の課題

本工法で見られる設計上の課題の例として、増深時など作用する土圧が大きくなった場合に、一体化させた矢板の片側にのみ応力が集中する可能性がある点が挙げられる。

2つの矢板は上部工で一体化されているが、中詰石を介しているため、矢板自体は一体化していない。この2つの矢板に同じ荷重が作用すると考えた場合、同じ断面性能を有していない限り、断面性能の高い矢板に応力が集中する可能性がある。また、各矢板の位置関係や中詰め材の応力の伝達状況によって、各矢板へ作用する応力が変化し得る可能性がある。

c) 課題の一般化

4.1で示した着目点から本工法を整理すると、新たに追加する矢板を既設矢板と一体化させているために、構造ユニットを別々に捉えることはできず、新規矢板と一体化した既設矢板は既存構造ユニットが改造され、構造部材が複合した状態にある。構造系としては、一つの構造ユニットで構成されているため、構造ユニット間での挙動について課題は発生しない。

b)で示した本工法の課題は、構造ユニット内の構造部材が異なる断面性能を有すること、またはその配置により、異なる変形挙動を示すことである。この課題は一般化して捉えると「既存の構造部材を改造した構造ユニットの挙動に関する課題」といえる。

(5) 既設矢板背後に控え工を増設する工法 (S-9)

a) 工法の概要

図-4.7に、既設矢板背後に控え工を増設する工法 (S-9) の概念図を示す。本工法は控え杭を増設し、海底地盤と既設タイ材の間に新設タイ材を設置し、矢板の支点を増やすことにより、発生する断面力を低減させる工法である。

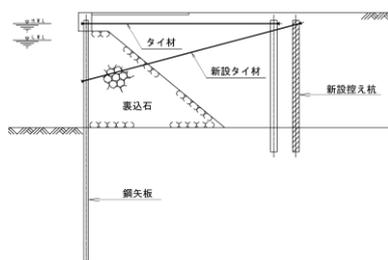


図-4.7 S-9工法概念図

b) 工法の課題

本工法で見られる設計上の課題の例として、増深時など作用する土圧が大きくなった場合に、既設の控え杭と新設した控え杭に作用するタイ材の張力のバランスが変化し、新設する控え工または既設の控え工のいずれかに応力が集中してしまう可能性がある点が挙げられる。

新設する控え工と既設の控え工で断面性能が異なる場合、矢板に作用する応力が変化すると断面性能の高い控え工に応力が集中し、タイ材の張力バランスが変化し得る可能性がある。また、新たに設置するタイ材の位置によって、発生する矢板の変位が異なるため、それぞれのタイ材設置位置に発生する応力にも差異が生じ、応力が集中する可能性がある。

c) 課題の一般化

4.1で示した着目点から本工法を整理すると、既設の控え杭式矢板といった既存構造ユニットに対し、新たに設置する控え工といった構造ユニットを追加している状態にある。構造系としては1つの既存構造ユニット (前面矢板) に対して2つの構造ユニットが接続され、既存構造ユニットに2つの力が作用している。

b)で例示した本工法の課題は、構造ユニットの配置や断面性能により発揮できる能力のバランスが変化し、応力が集中することである。この課題は、一般化して捉えると「2つ以上の構造ユニットが並列に作用していることに対する課題」といえる。

(6) 既設控え杭に控え工を増設する工法 (S-13)

a) 工法の概要

図-4.8に、既設控え杭に控え工を増設する工法 (S-13) の概念図を示す。本工法は既設の控え杭式矢板の控え杭背後に控え杭を増設し、既設の控え杭と新設する控え杭をタイ材で接続し、控え工による抵抗力を増加する工法である。

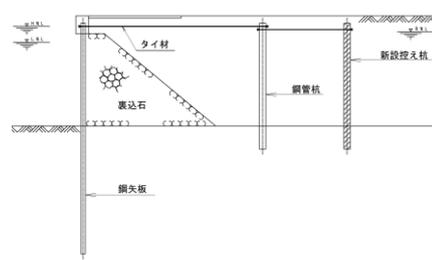


図-4.8 S-13工法概念図

b) 工法の課題

本工法で見られる設計上の課題の例として、増深時など作用する土圧が大きくなった場合に、既設の控え杭または新設した控え杭のどちらかが機能しない可能性がある点が挙げられる。

既設の控え杭と新設する控え杭で断面性能が異なる場合、断面性能の高い杭に応力が集中し、一方の控え杭は機能せず、2つの控え杭の能力が同時に発現しない可能性がある。

c) 課題の一般化

4.1で示した着目点から本工法を整理すると、既設の控え杭式矢板といった既存構造ユニットに対し、新設する控え工といった構造ユニットを追加している状態にある。構造系としては既存構造ユニット（前面矢板）に既存構造ユニット（控え杭）が接続されている状態に、さらに構造ユニットが接続され、構造ユニットに直線的に2つの力が作用している。

b)で例示した本工法の課題は、構造ユニットの性能を一方に合成した場合に、各構造ユニットの断面性能の差により発揮できる能力のバランスが変化し、応力が集中することである。この課題は、一般化して捉えると「2つ以上の構造ユニットが直列に作用していることに対する課題」といえる。

(7) 既設ケーソン前面にケーソンを新設する工法(G-26)

a) 工法の概要

図-4.9に、既設ケーソン前面にケーソンを新設する工法(G-26)の概念図を示す。本工法は既設のケーソンの前面に新たにケーソンを設置し、係船岸としての機能を新たに設置したケーソンが担い、既設のケーソンは護岸へと用途変更される。新設するケーソンと既設ケーソンの間に間詰石を設置することで既設ケーソンの抵抗力を増加する工法である。

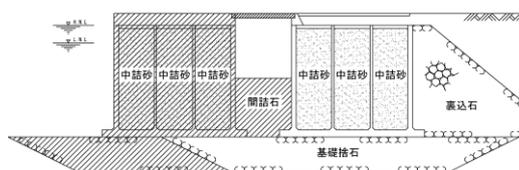


図-4.9 G-26工法概念図

b) 工法の課題

本工法で見られる設計上の課題の例として、地震時に既設ケーソンに作用する主働土圧などの荷重が間詰石を伝わり、想定外の作用力が発生する可能性がある点が挙げられる。

地震時などに大きな土圧が作用すると既設のケーソンの滑動または転倒に対して、間詰石が抵抗力として寄与するが、新設するケーソンにはその抵抗力に対する反力が作用する可能性がある。既設のケーソンと新設するケーソンの間の距離が十分に離れている場合は、反力が新設したケーソンに伝わりにくいが、距離が近い場合には間詰石を介して、間接的に抵抗力に対する反力が伝わる可能性が高い。

c) 課題の一般化

4.1で示した着目点から本工法を整理すると、既設のケーソンといった既存構造ユニットに対し、新たに設置するケーソンといった構造ユニットを追加している状態にある。構造系としては各構造ユニットが間接的に接続されている。

b)で例示した本工法の課題は、構造ユニットの配置が近接している場合に、各構造ユニットの挙動が伝達することである。この課題は、一般化して捉えると「2つ以上の構造ユニットが近接して配置されていることに対する課題」といえる。

(8) 既設矢板前面に新たに矢板を新設する工法(S-18)

a) 工法の概要

図-4.10に、矢板前面に新たに矢板を新設する工法(S-18)の概念図を示す。本工法は既設控え杭式矢板前面に新たに控え杭式矢板を設置することで既設矢板が受け持っていた土圧を全て新設する矢板で負担するものである。

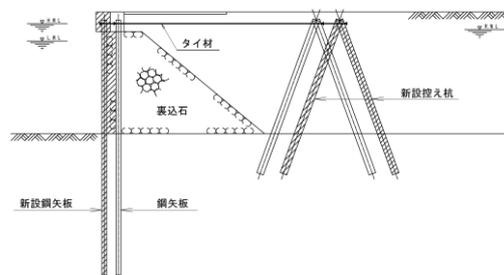


図-4.10 S-18工法概念図

b) 工法の課題

本工法で見られる設計上の課題の例として、地震時に構造設計上は考慮していない既設の控え組杭式矢板が新たに設置した控え組杭式矢板に何らかの荷重を与える可能性があることが挙げられる。

残置した既設の矢板は、想定される荷重に対して抵抗力が不足する場合が多いため、地震時など大きな作用が働いた場合に大きく変位を起こし、その際に、新設矢板に対して局所的な応力を発生させる可能性がある。また、既設矢板が存在していることで、地震時の変形挙動が通常の控え組杭式矢板で想定されるものとは異なる挙動を示す可能性がある。

c) 課題の一般化

4.1で示した着目点から本工法を整理すると、既設の控え組杭式矢板といった既存構造ユニットを、新規の控え組杭式矢板といった構造ユニットに置き換えた状態にあり、既設の控え組杭式矢板は構造設計上の抵抗側の構造部材として考慮していないため、残置物となる。構造系としては置き換えた構造ユニットと残置物によって構成されている。

b)で例示した本工法の課題は、構造設計上の抵抗として考慮していない残置物が構造系に悪影響を与えることである。この課題は、一般化して捉えると「残置物の影響に関する課題」といえる。

4.3 改良工法の一般化した課題のまとめ

表-4.1に、改良設計に関する一般化された課題の一覧表を示す。これらの課題は、図-4.2に示す3つの着目点を用いて、4.2の(1)～(8)で示した各改良工法を事例とした考察結果より抽出したものである。これらの課題は3つの着目点に基づく課題であり、以下に示す課題である。

- I) 構造系の複合状態に関する課題
- II) 構造ユニットの複合状態に関する課題
- III) 構造ユニットの配置に関する課題

これらの3つの課題はさらに細分化される。表-4.1に示すとおり、課題Iについては3分類、課題IIについては1分類、課題IIIについては4分類に細分化された合計8項目の一般化された課題として整理される。

表-4.1に示す一般化された課題は、どのような改良工法を採用する場合でも、改良設計を行う上で共通して確認すべき内容である。これらを確認した結果、問題があると判断されれば、課題ごとに適切な対応策が検討されるべきである。なお、実際には1つの工法に対して複数の一般化された課題が含まれることもあり、この場合、対応策については複数の課題に共通して効果があるものを検討する必要がある。表-4.1は、設計者が改良設計を行う際に、改良工法の種別に関係なく、確認すべき重要な共通課題を漏れなく抽出するために活用できる。なお、表-4.1に示す一般化された課題による分類が、4.2に示す代表的な改良工法以外でも適用できるかについても確認を行った。その結果は、付録に示す改良工法ごとにまとめた個票の最下段に記載している。なお、重力式係船岸における背後裏込土の置き換えなど比較的単純な構造では、一般化した課題に該当しない工法もある。

表-4.1 改良設計に関する一般化された課題

着目点を基にした課題	一般化した設計課題	課題の内容
I. 構造系の複合状態に関する課題	I-1. 構造形式が複合した構造系の挙動に関する課題	複数の構造ユニットの構造形式が異なるために、各構造ユニットの挙動が推定できても、構造系の挙動の推定ができない。
	I-2. 柔、剛構造が複合した構造系の挙動に関する課題	複数の構造ユニットが異なる剛性を有するために、変形挙動に差異が生じ、構造系の挙動が推定できない。
	I-3. 新旧構造が複合した構造系の挙動に関する課題	新規構造ユニットと既存の構造ユニットが異なる断面性能である場合、変形挙動に差異が生じ、構造系の挙動が推定できない。
II. 構造ユニットの複合状態に関する課題	II-1. 構造部材の複合した構造ユニットの挙動に関する課題	構造ユニット内の既存部材と新規部材が異なる断面性能である場合、変形挙動に差異が生じ、構造ユニットの挙動が推定できない。
III. 構造ユニットの配置に関する課題	III-1. 構造ユニットの並列配置に関する課題	複数の構造ユニットに抵抗力を分担させる場合、その位置関係や断面性能により、抵抗力のバランスが変化する。
	III-2. 構造ユニットの直列配置に関する課題	一つの抵抗力を複数の構造ユニットで負担する場合、各構造ユニットの断面性能の差異により、発揮できる抵抗力が変化する。
	III-3. 構造ユニットの近接配置に関する課題	複数の構造ユニットが近接している場合、各構造ユニットの挙動が相互に影響する。
	III-4. 残置物の影響に関する課題	抵抗力として期待されていない既存構造物が構造系や構造ユニットの挙動に影響する。

## 5. 改良設計の基本的な考え方

### 5.1 改良設計の基本的な考え方の位置づけ・活用方法

#### (1) 位置づけ

4章に示す改良設計に関する一般化された課題を踏まえ、本章では設計者が共通して認識すべき改良設計の基本的な考え方を提案する。図-5.1に、改良設計の基本的な考え方の位置づけと概要を示す。

改良設計の基本的な考え方は、「性能評価の進め方」(5.2)、「性能評価の考え方」(5.3)、および「施工・維持管理への配慮」(5.4)から構成される(図-5.1の右側の点線部分に示す範囲)。この基本的な考え方は、複雑な断面構成となることが多い改良断面に対して、構造計画の検討、設計法の構築、施工方法の検討、維持管理への配慮事項などについて、設計者が複数の改良工法を公平に評価できるように、設計者が共通して認識すべき事項をまとめたものである。なお、これらの総合的な検討を行う際には、4章で例示したような挙動の異なる構造ユニットが複合した構造系の全体挙動をどのように捉え、適切な設計法にどのように落とし込むべきかという高度かつ総合的な性能の評価が必要となる。本提案では、この高度かつ総合的な性能の評価のことを性能評価としている。なお、性能評価は、所与の性能照査手法に基づき所与の限界値と応答値の比較による単なる性能の照査(性能照査)とは異なる概念として取り扱っている。

#### (2) 活用方法

次に、改良設計実務における本提案の活用方法を示す。

改良設計の実務では、図-5.1の左側のフローに示すとおり、概略を検討する基本方針の検討段階、改良工法の一次選定、二次選定といった工法選定段階、選定された複数の改良工法に対して、構造計算を行った上での性能照査による構造成立性の確認、それに加えて経済性や施工性、維持管理性などを総合的に検討する最終的な比較検討段階といったように段階的に進められる(改良設計の基本検討)。本章で提案する改良設計の基本的な考え方は、改良設計の各段階において複数の改良工法に対し共通の視点で検討を進めることを目的としたものであり、設計段階で繰返し検討されるものである(図-5.1の中央部分の黒塗りの矢印)。なお、改良設計の基本検討に関する留意事項や基本的な考え方については、高野ら<sup>2)</sup>による文献に詳細がまとめられているので、本提案と当該文献の両者を参照して、改良設計を進めるとよい。

なお、改良設計の基本検討の段階に応じて、検討に充てる時間的余裕や必要とされる精度が異なるため、「改良設計の基本的な考え方」における実施内容を取捨選択しながら検討を進めることが想定されるが、少なくとも最終的に改良工法を決定する前の段階ですべての課題に対して検討を済ませておく必要がある。また、設計段階で検討された施工・維持管理への配慮事項は適切に施工段階、維持管理段階へ引き継がれ、反映される必要がある。

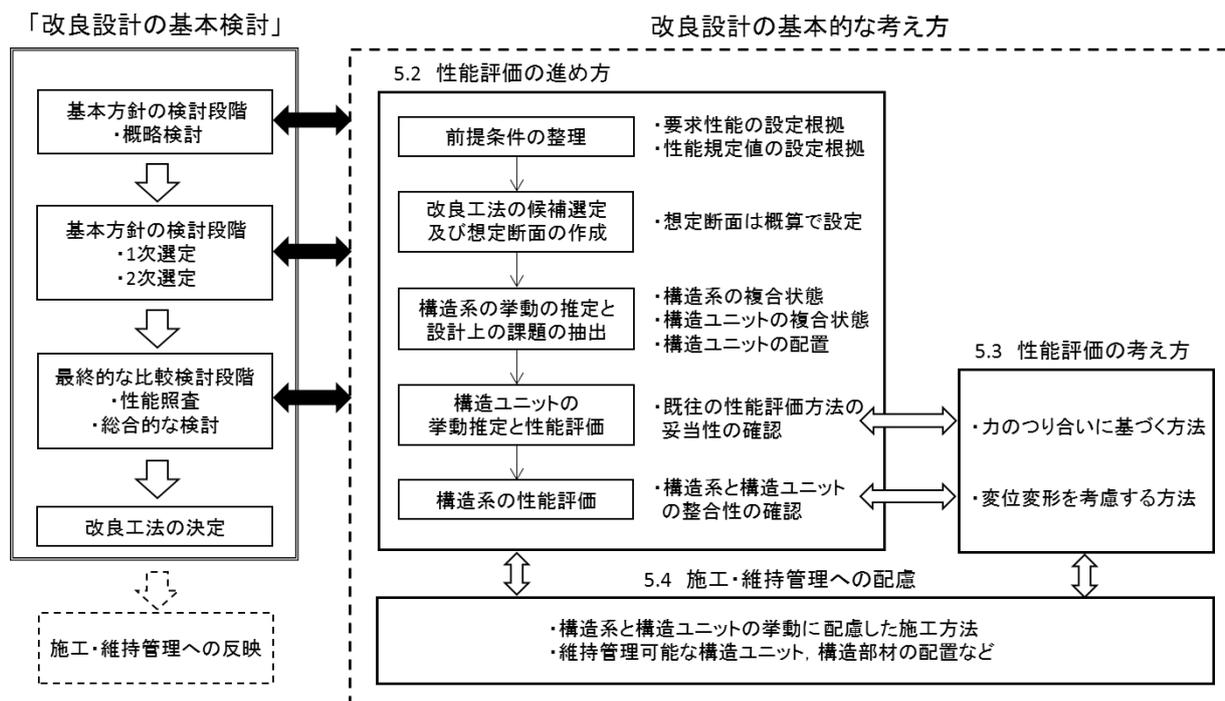


図-5.1 改良設計の基本的な考え方の位置づけと概要

なお、前述のとおり、ここで述べる改良設計の考え方は、各改良工法の詳細な設計を行うことを目的としたものではない。しかしながら、各工法の詳細な設計を行う場合についても、基本的な考え方は参照できるものになっている。また、個々の事例について検討を要するという観点では、改良設計は新型の構造形式の開発に通じるものがある。以下に述べる改良設計の考え方の骨格は、新型構造形式の適用を検討する際にもある程度共通するものであると考えられる。

## 5.2 改良設計の進め方

### (1) 改良設計フローの概略

改良設計に限らず、設計を行うには、まず前提条件を整理しなければならない。その前提条件に基づいて適切な改良工法を選択し、各工法を適用した場合の想定断面を作成する。

作成した想定断面に対し、構造物全体（構造系）の挙動や抵抗力の発生メカニズムを推定する。推定結果に基づき、構造系を一体の構造として機能を発揮する構造ユニットに分割する。あわせて、構造系や構造ユニットの複合状態、配置等に着目し、設計上の課題を抽出する。

次に、構造ユニットに求められる機能に対し、各構造ユニットが十分な性能を有しているかについて検討する。最後に、各構造ユニットの挙動及び性能を組み合わせることで構造系の性能を評価する。このとき、構造系の挙動と各構造ユニットの挙動が整合しているかどうかを確認する必要がある。このように、構造系の挙動と構造ユニットの挙動との整合性を確認しながら検討を進めることで、構造系の性能評価の妥当性を確保する。構造系の挙動と構造ユニットの挙動の整合性がとれない場合には、繰返し検討を行う必要がある。

「共通認識としての改良設計」フローのイメージは図-5.1中の「性能評価の進め方」となる。改良設計フローの各検討項目の詳細を以下に説明する。

### (2) 前提条件の整理

前提条件の整理は設計の根幹であり、改良設計に限らず一般の設計においても実施すべき項目である。設計の目的、性能評価の対象とする事象・作用とそれに対する要求性能、要求性能を数値化した性能規定値等の設定を行う。要求性能及び性能規定値は、法令や指針、技術基準等に示された一般的な内容や値を機械的に設定するのではなく、設計対象となる構造物の独自の事情を考慮して設定する必要がある。そのため、要求性能や性能規定値の設定根拠をあわせて整理しておく必要がある。これらの考え方については、関係者間で齟齬が生じないように、一覧表などを作成して共有しておくことよい。一覧表のイメージを表-5.1に示す。

要求性能等の整理に加えて、原位置の土質調査結果や既存構造物に関する情報等を収集する必要があることは言うまでもない。さらに、改良設計においては、既存構造物の取扱いについても検討しておく必要がある。既存の構造物をそのまま、あるいは一部の構造ユニットとして利用するのか、利用する場合、既存の構造物の現況（構造断面形状、構造部材の健全性等）が十分な精度で確認できるのかといった点を検討する。既存の構造物を利用しない場合には、撤去できるのか残置せざるを得ないかを検討する。既存の構造物を残置する場合には、構造系及び構造ユニットの挙動を検討する際に、残置物の影響を考慮する必要がある。

表-5.1 前提条件の整理イメージ

対象事象		設定	要求性能	要求性能の解説	照査項目, 照査方法, 性能規定値			備考
自重, 土圧 (主たる作用)	永続状態	堤体の大きさ, 背後地盤の状態に応じて設定	使用性	対象事象に対する損傷の程度が, 当該岸壁の機能を損なわず継続して使用できる範囲に留まること。	堤体の滑動 堤体の転倒 基礎地盤の支持力 地盤の円弧すべり	L1信頼性設計法 (部分係数法)	耐力作用比 1.0以上	基準・同解説p.◇◇により設定
L1地震動	変動状態	再現期間75年	使用性	対象事象に対する損傷の程度が, 当該岸壁の機能を損なわず継続して使用できる範囲に留まること。	堤体の滑動 堤体の転倒 基礎地盤の支持力	L1信頼性設計法 (部分係数法)	耐力作用比 1.0以上	基準・同解説p.◇◇により設定
L2地震動	偶発状態	〇〇地震およびM6.5直下型地震 ※当該地区において発生が想定される最大級の地震のうち, 当該施設に最も影響を及ぼすと考えられる地震	修復性	対象事象に対する損傷が, 対象事象発生後〇〇日で△△トン級貨物船の受入れが可能のように, 軽微な修復の範囲に留まること。 また, 〇〇ヶ月の復旧工事によって, 当該施設の本来の機能が発揮できる範囲に留まること。	法線の変形	動的応答解析 (解析コード〇〇)	水平変位 〇〇cm以下 鉛直変位 〇〇cm以下	文献〇〇を参考に設定(過去の実績から〇〇cmの変位でも接岸可能であると判断) 当該地区の潮位および利用条件等を勘案して, 許容沈下量を設定(詳細は××参照)
・		・	・	・	・	・	・	・
・		・	・	・	・	・	・	・
・		・	・	・	・	・	・	・

前提条件は、適用する改良工法によって微妙に異なる場合がある（既存構造物の取扱いなど）。また、事業の進捗や改良設計の段階に応じて随時見直される可能性があるが、その時々々の前提条件を明確にし、その前提条件に沿って一貫した検討を行うことが重要である。

### (3) 改良工法の候補選定及び想定断面の作成

改良目的及び整理した前提条件に基づき適用可能な工法を選択し、想定断面を作成する。工法を選択にあたっては、3章で示したような改良工法の安定性向上メカニズムに着目し、既存施設の照査結果、改良目的や前提条件と照らして、その安定性向上メカニズムが効果的であるかどうかを中心に検討する。改良目的に対しては効果的であっても、前提条件（例えば既存構造物の現況や原位置の土質等）によっては改良効果を発揮できない場合があるため、前提条件にあわせて 3.5 で示した改良工法の包括的整理を行うことで、効率的に改良工法の抽出を行うことが重要である。この時点では、改良工法の適用性検討が目的であるため、想定断面の諸元は概算で設定し、極度に不合理な断面とならないことが確認できれば十分である。

### (4) 構造系の挙動の推定と設計上の課題の抽出

作成された想定断面を基に、構造系がどのような挙動を示すか検討する。ここで言う、挙動とは外力が作用した場合の挙動だけでなく、施工中や施工直後、または経年時の挙動を含む。構造系が比較的単純である、または既存の構造形式に類似しているものであれば、机上検討でもある程度挙動を推定することができる。複雑な構造系については、模型実験や数値解析を行って挙動を推定する必要がある。この段階で実施する模型実験や数値解析においては、構造断面のモデル化はある程度簡略化されたものでよい。一方、土質条件等のパラメータについては、少し幅を持たせて実験、解析の条件設定を行い、条件に応じて発生し得る構造系の挙動のパターンを確認することが重要である。

推定された構造系の挙動を念頭に、構造系を分析し構造ユニットに分割すると同時に、設計上の課題を抽出する。具体的には、4章で示した例が参考となり、構造系の複合状態、構造ユニットの複合状態、構造ユニットの配置などに着目して、どの一般化した課題に合致するのかを検討し、具体的な課題へと落とし込んでいく。

### (5) 構造ユニットの挙動推定と性能評価

構造ユニットの単独での挙動は比較的単純に見えるため、既往の知見・設計方法に基づいて検討される例が多い。しかしながら、改良設計の場合には、構造ユニットの規模、作用する荷重の種類や大きさ、構造ユニットの変形量などが既往の知見の範囲を超える可能性があるため、既往の知見・設計方法の適用可否を確認することが重要である。その上で、先に抽出した設計上の課題を念頭に、構造ユニットの挙動を推定し、その性能を評価する。

改良設計における構造ユニットの性能評価においては、後に行う構造系の性能の評価に備えて、各構造ユニットの挙動を推定するとともに、その挙動の各段階（変形量や変形モードなどの観点から挙動の変化が見られる各段階）における性能を評価しておく必要がある。特に、近接構造物や残置物の影響は、構造ユニットに作用する荷重の大きさ・種類や、構造ユニットの変形状況によって大きく変化するので、注意が必要である。

### (6) 構造系の性能評価

構造系の性能の評価は、構造ユニットの性能評価結果に基づいて行う。その際、想定される構造系の挙動と、各構造ユニットの性能評価の際に推定した挙動とが整合していることを確認する。あわせて、事前に抽出した設計上の課題への対応を確認し、適切に性能を評価する。

十分な知見が無い複雑な構造形式をとる構造系については、大型の模型実験を行ってその挙動を最終的に確認したり、模型実験により妥当性を確認した数値解析方法を用いて様々な条件下での挙動を推定するなど、構造系の挙動をより慎重に推定する必要がある。条件により構造系の挙動のパターンが変化することで性能の評価結果が大きく分かれる可能性がある場合には、構造ユニットの機能を調整することで構造系の挙動を特定の挙動のパターンに誘導する工夫を行うことも検討すべきである。

## 5.3 改良断面の性能評価の考え方

### (1) 性能評価手法の概要

一般的な性能評価方法には、主として力の釣合いに基づいて検討する方法と、数値解析等を活用し構造物の変位・変形を考慮して検討する方法がある。構造物の変位が小さい場合や、構造系や構造ユニットが比較的剛な構造で構造自体の変形が小さい場合には、力の釣合いに基づく考え方が適用できる。しかしながら、構造物の変位・変形が大きい場合には、変位・変形に伴って地盤の抵抗力や近接構造物の影響が大きく変化するため、力の釣合

いのみで性能を評価するのは危険である。また、地震時の挙動についても、構造ユニット間で振動特性が異なる場合などには、その影響を単純な力の釣合いで確認することが難しい。このような場合には、数値解析等を活用して、構造物の変位・変形を考慮した性能評価を行う必要がある。

実務的には、まず力の釣合いに基づく方法で構造断面の仮設定を行うとともに、構造物の変位・変形が小さい状態における性能評価を行い、次に、その構造断面をモデル化し、数値解析等により変位・変形が大きい場合や地震時の挙動について性能を評価する、という手順が一般的である。以下、それぞれの方法の特徴を簡単に説明する。なお、ここで述べる性能評価方法に関する記述内容は、構造系の性能評価と構造ユニットの性能評価に共通するものであるため、本節では構造系と構造ユニットの総称として構造物という語を用いている。

## (2) 主として力の釣合いに基づく方法

既往の性能評価方法の多くは、主として力の釣合いに基づく方法であると考えられる。これらの方法では、構造物が静止した状態において、その構造物に作用する力の釣合いにより構造物の性能を評価する。ただし、力の算定時に、構造物の変位・変形の影響を考慮した値を採用することが多く、構造物や地盤の変位・変形を全く無視しているわけではない。

力の釣合いに基づく方法の課題は、力の算定の前提条件として、構造物の挙動を暗黙のうちに仮定してしまっている点にある。一般的な構造物に対しては、安全側の設計となるように力の算定方法が定められていると考えられるが、改良後の構造断面のような複雑な構造物に対し適切な考え方となっているかどうかは不明である。従って、力の釣合いに基づく方法で構造物の性能を評価する際には、発生し得る構造物の変位・変形の状況が、力の算定時に考慮しているものと概ね整合していることを確認することが望ましい。

一方で、力の釣合いに基づく性能評価は、比較的簡易に実施することができるという利点がある。そのため、初期の改良断面の仮設定や概略検討においては非常に有用である。複雑な構造物であっても、考えられる挙動のパターン等を整理し、それぞれの場合に対して適切な方法で性能評価を行うことにより、力の釣合いに基づく方法でも一定の精度で性能を評価することができる。また、改良後の構造断面に対しての知見が集積されることで、その精度を高めていくことが可能となり、簡易な設計方法の構築につながることを期待される。

## (3) 構造物の変位変形を考慮する方法

構造物の変位・変形を考慮する場合、数値解析等が活用されるのが一般的である。静的な事象であればプッシュオーバー解析など、地震等に対しては動的応答解析などの方法がある。これらの方法を用いることにより、構造物の挙動を確認し、挙動の各段階に対応する性能を評価することができる。一方、数値解析等を用いるため、力の釣合いに基づく方法よりは難易度が高い場合が多い。

これらの方法を用いる場合には、使用する数値解析方法等の妥当性を注意深く検証する必要がある。検討対象とする構造物の挙動を適切に表現できるような数値解析方法を用いなければ、得られた結果を信頼することができない。そのため、事前に模型実験を行うなどして、数値解析方法のキャリブレーション（断面のモデル化の方法や各種パラメータの決定方法等の確認）を行う必要がある。一般的な構造形式であれば、過去の事例を基にある程度の精度が担保されているものと考えて良いが、改良後の構造断面のように複雑な構造物や、近接物が大きく影響する可能性がある場合などに対する数値解析方法の妥当性に関しては検討事例が少ないため、より慎重な検討が求められる。

また、数値解析等を行う場合は、結果の安定性に対する検証も必要となる。構造物の配置や地盤定数がわずかに変化することで、解析結果として得られる構造物の挙動が大きく変化することも想定される。この点を十分に検討しておかないと施工精度や地盤調査精度の影響を見誤る可能性がある。これに対しては、数値解析を行う際に、様々なパラメータを考えられる範囲で変化させるなどして構造物の挙動に対する各パラメータの感度を調査することなどが有効である。その結果に応じて、必要な施工精度を定める、または構造物が必ず一定の挙動となるように誘導するような設計上の工夫を行うなどして設計の確実性を向上させることが可能となる。

## 5.4 施工・維持管理への配慮

施工法と構造系、構造ユニットの挙動は密接に関連することから、改良設計の当初より施工方法について概略的な検討を行うことが求められる。特に、新旧の部材を複合させた構造ユニットを採用する場合には、その部材の結合部の施工方法を考慮し、構造ユニットの性能評価に反映させる必要がある。また、構造ユニットを近接して配置するような構造系では、近接施工に起因する問題が生じないように施工方法を検討するか、あるいは施工による影響をあらかじめ考慮した上で性能を評価するなどの対応が必要となる。構造ユニット間の力の伝達状況

に関しても施工法の影響は大きいと考えられるので、注意が必要である。例えば、並列に配置した同じ機能を有する構造ユニットに常に均等に力が配分されるか、間詰めや地盤改良部を介した力の伝達状況の仮定が実施工条件における間詰め・地盤改良部と構造物の接触状況に見合ったものとなっているか等、設計上の仮定を実現可能な工法が存在することを確認しながら改良設計を進める必要がある。その他、既往の性能評価方法を援用する場合などには、想定されている施工法が合致している（工法原理が類似している）ことを確認する必要がある。さらに、施工中や施工直後の変形についても変化しないことを確認すべきである。

維持管理についても、施工法の検討と同様に、改良設計の当初より概略的な検討を行う必要がある。改良後の構造断面は複雑な形式となるため、適切な維持管理ができるよう構造ユニット、構造部材を配置する、または維持管理が難しい構造部分は供用期間中における補修・補強等の対策が不要な構造とするなどの配慮が必要となる。また、設計上の様々な仮定を供用期間中に維持するという観点から維持管理計画を検討することも重要である。

## 6. おわりに

本検討では、現状実施されている改良設計の問題点に関する解決策の1つとして以下に示す2つの考え方を提示した。

1つ目は、現存する既存係留施設の改良工法を網羅的に抽出し、それらの改良工法を安定性向上メカニズムで分類・整理することにより、改良工法選定の基本的な考え方を提示した。2章では工法抽出の際に用いた改良設計事例の概要を整理し、3.2～3.4では安定性向上メカニズムを構造形式別にまとめ、3.5では改良工法選定の基本的な考え方を示した。

2つ目は、改良工法の共通する課題を基に、設計者が共通で認識すべき改良設計の基本的な考え方を示した。4章では改良工法の課題を抽出するための着目点とそこから得られる一般化された課題をまとめ、5章ではこの課題を基に新しい改良工法であっても公平に評価するために、共通の視点で改良工法を評価するための手順や考え方、配慮事項をまとめた。

なお、上記した2つの考え方に関する基礎資料として付録に各構造形式について改良工法とその安定性向上メカニズム、一般化した課題をまとめた。

## 謝辞

本資料の検討内容について、港湾施設研究室の交流研究員である佐藤健彦氏、勝俣優氏に貴重なご意見を頂きました。ここに記して、深く感謝の意を表します。

## 参考文献

- 1) 国土交通省港湾局監修：港湾の施設の技術上の基準・同解説，社団法人 日本港湾協会，1979，1989，2007.
- 2) 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～外郭施設及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. 944，2017.
- 3) 菅野高弘，野末康博，塩崎禎郎，小濱英司：地震による岸壁の被災・復旧工法・耐震補強工法，港湾空港技術研究所資料，No. 1145，2006.
- 4) 稲木 信之，野澤 良一，一坪 慎吾：供用中岸壁における高圧噴射攪拌工法による岸壁背面の地盤改良対策例，土木学会第66回年次学術講演概要集，IV-192，2011.
- 5) 千田 尚史，土田 孝，西田 芳治，鬼童 孝，鶴ヶ崎和博：岸壁基礎の薬液浸透注入による改良に関する模型実験，土木学会中部支部発表会概要集，Vol. 61，2009.
- 6) 橋本 淳，上田 茂，清水 剛，菅野 高弘，山崎 陽一郎，石田 誠：ケーソン式岸壁の控え直杭による耐震補強工法の解析的検討，土木学会中国支部研究発表会発表概要集，Vol. 58，2006.
- 7) 吉田 誠，清宮 理：グラウンドアンカーによる重力式岸壁の耐震補強に関する研究，土木学会論文集A1，Vol. 69，No. 1，2014，pp. 69-88.
- 8) 小笠原 哲也，合田 和哉，加藤 繁幸，水谷 崇亮，菊池 喜昭，寺内 潔：重力式係船岸増深のための基礎構造に関する研究，土木学会論文集B3，Vol. 70，No. 2，2014，pp. I\_882-I\_887.
- 9) 稲垣 紘史，稲富 隆昌，及川 研，上藪 晃，山下 雅人，佐藤 芳則：重力式岸壁の耐震補強に関する研究，地震工学研究発表会講演論文集，Vol. 24，1997，pp. 389-392.
- 10) 一井 康二，高羽 泰久，弘中 淳市，福田 光治，重久 伸一：固化処理土とジオグリッドの併用による港湾構造物の増深および耐震性向上法（SG-Wall工法）の検討，港湾空港技術研究所資料，No. 1111，2005.
- 11) 菅野 高弘，長屋 淳一，新舎 新，大久保 泰宏，喜田 浩，北村 卓也，太田 正規，岸 真裕，久保 滋，平井

- 貴雄, 弘中 淳市, 足立 雅樹, 宮田 喜壽: SG-Wall式  
矢板岸壁の設計・施工法に関する検討, 港湾空港技術  
研究所資料, No. 1204, 2009.
- 12) 神立 佳広, 清宮 理: 鋼矢板式護岸の地震時の挙動と  
グラウンドアンカー工法による耐震補強, 土木学会第61  
回年次学術講演会講演概要集, 6-221, 2006.
- 13) 森川 嘉之, 菊池 喜昭: 既存矢板壁に対する控え工増  
設の補強効果とその評価方法, 港湾空港技術研究所報  
告, Vol. 50, No. 4, 2011, pp. 107-132.
- 14) 田中 祐人, 若菜 弘之, 由井 陸粹: L型構造物によ  
る既設矢板岸壁の補強工法について, 土木学会第65回  
年次学術講演会概要集, IV-094, 2010.
- 15) 黒米 郁, 浅沼 丈夫, 金田 聡: 水中格点工法による  
杭式橋脚の耐震補強, 土木学会関東支部技術研究発表  
会講演概要集, Vol. 29, 2002, pp. 934-935.
- 16) 嶋田 宏, 森崎 啓, 石河 雅典, 長戸 宏樹: ジャケ  
ット構造を採用した既設横棧橋の改修設計, 土木学会  
第62回年次学術講演会講演概要集, 2-282, 2007.
- 17) 近藤 明彦, 小濱 英司, 遠藤 敏雄, 高橋 康弘, 渡辺  
健二, 国生 隼人, 吉原 到, 原田 典佳: 既存構造を  
活用した改良棧橋の基礎的変形特性とその改良効果の  
検討, 土木学会論文集B3, Vol. 73, No. 2, 2017, pp.  
I\_378-I\_383.
- 18) 塩崎 禎朗, 乙志 和孝, 相和 明男, 前方斜杭式棧橋  
(土留め一体構造) のレベル1地震動に対する耐震設  
計法, 土木学会論文集A1, Vol. 70, No. 4, 2014, pp.  
I\_407-I\_418.

## 付録 既存改良工法

本検討で抽出した改良工法を個票として掲載する。なお、付表-1では重力式係船岸の改良工法、付表-2では矢板式係船岸の改良工法、付表-3では栈橋の改良工法を掲載する。

個票に示す内容は、各工法の概要、概念図、収集事例中の採用件数、安定性向上メカニズム、静的安定性照査項目に対する有効性、改良設計事例から得られた課題、本検討中で一般化した課題である。

収集事例中の採用案件は2章で収集した改良設計事例の中で最終的な比較検討段階を経て決定された改良工法として示されている数を表している。

静的な安定性の照査項目に対する有効性はその改良により、効果が見込めると考えられるもの、または既往の文献等で効果があるとされているものに○を、効果が見込めないと考えられるものに×を付している。また、既存構造物に影響しないと考えられるものには-を付している。

改良設計から得られた課題は、収集した改良設計事例内で1次選定や2次選定などの比較選定段階で採用できない理由として挙げられている利用上、施工上、維持管理上の項目を課題として抽出している。ここで抽出した課題は、特定の設計条件下で示されたものであるため、当該工法全てに共通する課題ではない。

一般化した課題については4章で示した8つの一般化した課題を著者らの考えにより、各工法で適用した結果を示している。なお、概念図のみを参照して、想定される課題を危険側に捉えているため、こちらも当該工法全てに共通する課題ではない。さらに、想定する作用や構造物の規模、構造形式（例えば、控え直杭か控え組杭など）などにより、想定される課題も変化することにも留意されたい。個票中には特記事項として、断面図とは異なるパターン構造形式、配置をした場合に想定される課題について例示を行っている。

付表-1 重力式係船岸改良工法

付表-1.1 G-1 工法

改良設計事例, 既往文献による改良工法の抽出									
既存構造形式	重力式係船岸								
改良工法	G-1								
工法概要	ケーソン背後の裏込石を撤去する。								
概念図									
収集事例中の採用件数	0件								
安定性向上メカニズム	主働土圧の低減 ケーソンに接する一部の裏込石を撤去することで、裏込石上層部分の主働土圧または上載荷重による荷重を発生させないことにより、主働土圧の低減を図る。								
静的安定性照査項目に対する有効性	<table border="1"> <tr> <td>滑動</td> <td>○</td> <td>転倒</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>基礎地盤の支持力</td> <td>○</td> <td>基礎地盤の円弧すべり</td> <td>○</td> </tr> </table>	滑動	○	転倒	○	基礎地盤の支持力	○	基礎地盤の円弧すべり	○
滑動	○	転倒	○						
基礎地盤の支持力	○	基礎地盤の円弧すべり	○						

改良設計事例から得られた課題 (※改良設計事例に記載のあった内容を抽出しており、当該工法全てに共通する課題ではない)
<ul style="list-style-type: none"> <li>改良範囲が広範囲となる傾向にあり、背後の建築物等に影響を及ぼす可能性がある。</li> <li>背後の土留め構造は渡版によって閉じられた空間となるため、土留め構造の点検を行う際には渡版の一時撤去を行う必要がある。</li> <li>既存構造物とは別に土留め構造が必要となる。</li> <li>支間長が大きい渡版となることが想定され、渡版の構造に留意することが必要である。</li> </ul>
※ここで示す課題については同じ安定性向上メカニズムに分類される工法についても相互に参照すべきである。

構造系の複合状態, 構造ユニットの複合状態, 構造ユニットの配置に着目し、一般化した課題	
構造系の複合状態	構造形式の複合した構造系の挙動に関する課題
	剛構造, 柔構造の複合した構造系の挙動に関する課題
	新旧構造の複合した構造系の挙動に関する課題
構造ユニットの複合状態	構造部材の複合した構造ユニットの挙動に関する課題
構造ユニットの配置	構造ユニットの並列配置に関する課題
	構造ユニットの直列配置に関する課題
	構造ユニットの近接配置に関する課題
	残置物の影響に関する課題
特記事項	<ul style="list-style-type: none"> <li>土留め護岸の構造形式が矢板式の場合は、ケーソンの主働崩壊角の距離に関わらず、剛構造, 柔構造の複合した構造系の挙動に関する課題, 構造ユニットの近接配置に関する課題が発生する可能性がある。</li> </ul>

付表-1.2 G-2 工法

改良設計事例, 既往文献による改良工法の抽出	
既設構造形式	重力式係船岸
改良工法	G-2
工法概要	裏込石などを撤去した後に軽量混合処理土(または人工軽量盛土)にて置換する.
概念図	
収集事例中の採用件数	3件
安定性向上メカニズム	主働土圧の低減
	ケーソン背後の一部の裏込土を軽量化させた土に置き換えることにより, 一部の土の単位体積重量を小さくし, 主働土圧の低減を図る.
静的安定性照査項目に対する有効性	滑動 ○ 転倒 ○
	基礎地盤の支持力 ○ 基礎地盤の円弧すべり ○

改良設計事例から得られた課題 (※改良設計事例に記載のあった内容を抽出しており, 当該工法全てに共通する課題ではない)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>改良範囲が広範囲となる傾向にあり, 背後の建築物等に影響を及ぼす可能性がある.</li> </ul>	
※ここで示す課題については同じ安定性向上メカニズムに分類される工法についても相互に参照すべきである.	

構造系の複合状態, 構造ユニットの複合状態, 構造ユニットの配置に着目し, 一般化した課題	
構造系の複合状態	構造形式の複合した構造系の挙動に関する課題
	剛構造, 柔構造の複合した構造系の挙動に関する課題
	新旧構造の複合した構造系の挙動に関する課題
構造ユニットの複合状態	構造部材の複合した構造ユニットの挙動に関する課題
構造ユニットの配置	構造ユニットの並列配置に関する課題
	構造ユニットの直列配置に関する課題
	構造ユニットの近接配置に関する課題
	残置物の影響に関する課題
特記事項	

付表-1.3 G-3 工法

改良設計事例, 既往文献による改良工法の抽出									
既設構造形式	重力式係船岸								
改良工法	G-3								
工法概要	裏込石などを撤去した後に水砕スラグにて置換する.								
概念図									
収集事例中の採用件数	0件								
安定性向上メカニズム	主働土圧の低減 ケーソン背後の一部の裏込土を水砕スラグに置き換えることにより、 一部の土の単位体積重量を小さくし、または土の強度を増加させ、主働土圧の低減を図る。								
静的安定性照査項目 に対する有効性	<table border="1"> <tr> <td>滑動</td> <td>○</td> <td>転倒</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>基礎地盤の支持力</td> <td>○</td> <td>基礎地盤の円弧すべり</td> <td>○</td> </tr> </table>	滑動	○	転倒	○	基礎地盤の支持力	○	基礎地盤の円弧すべり	○
滑動	○	転倒	○						
基礎地盤の支持力	○	基礎地盤の円弧すべり	○						

改良設計事例から得られた課題 (※改良設計事例に記載のあった内容を抽出しており、当該工法全てに共通する課題ではない)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>改良範囲が広範囲となる傾向にあり、背後の建築物等に影響を及ぼす可能性がある。</li> <li>周辺海域に濁りが発生する。</li> <li>水砕スラグは時間をかけて固結し、強度を発揮するため、未固結期間に地震が発生すると液状化を起こす可能性がある。</li> </ul>	
※ここで示す課題については同じ安定性向上メカニズムに分類される工法についても相互に参照すべきである。	

構造系の複合状態, 構造ユニットの複合状態, 構造ユニットの配置に着目し、一般化した課題	
構造系の複合状態	構造形式の複合した構造系の挙動に関する課題
	剛構造, 柔構造の複合した構造系の挙動に関する課題
	新旧構造の複合した構造系の挙動に関する課題
構造ユニットの複合状態	構造部材の複合した構造ユニットの挙動に関する課題
構造ユニットの配置	構造ユニットの並列配置に関する課題
	構造ユニットの直列配置に関する課題
	構造ユニットの近接配置に関する課題
	残置物の影響に関する課題
特記事項	

付表-1.4 G-4 工法

改良設計事例, 既往文献による改良工法の抽出	
既設構造形式	重力式係船岸
改良工法	G-4
工法概要	裏込石などを撤去した後に事前混合処理土にて置換する。
概念図	
収集事例中の採用件数	1件
安定性向上メカニズム	主働土圧の低減
	ケーソン背後の一部の裏込土を事前混合処理土に置き換えることにより, 一部の土の強度を増加させ, 主働土圧の低減を図る。
静的安定性照査項目に対する有効性	滑動 ○ 転倒 ○
	基礎地盤の支持力 ○ 基礎地盤の円弧すべり ×

改良設計事例から得られた課題 (※改良設計事例に記載のあった内容を抽出しており, 当該工法全てに共通する課題ではない)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>改良範囲が広範囲となる傾向にあり, 背後の建築物等に影響を及ぼす可能性がある。</li> <li>周辺海域に濁りが発生する。</li> </ul>	
※ここで示す課題については同じ安定性向上メカニズムに分類される工法についても相互に参照すべきである。	

構造系の複合状態, 構造ユニットの複合状態, 構造ユニットの配置に着目し, 一般化した課題	
構造系の複合状態	構造形式の複合した構造系の挙動に関する課題
	剛構造, 柔構造の複合した構造系の挙動に関する課題
	新旧構造の複合した構造系の挙動に関する課題
構造ユニットの複合状態	構造部材の複合した構造ユニットの挙動に関する課題
構造ユニットの配置	構造ユニットの並列配置に関する課題
	構造ユニットの直列配置に関する課題
	構造ユニットの近接配置に関する課題
	残置物の影響に関する課題
特記事項	<ul style="list-style-type: none"> <li>固結した事前混合処理土とケーソンが鉄筋等により結合される場合は, 構造部材の複合した構造ユニットの挙動に関する課題が発生する可能性がある。</li> </ul>

付表-1.5 G-5 工法

改良設計事例, 既往文献による改良工法の抽出									
既設構造形式	重力式係船岸								
改良工法	G-5								
工法概要	ケーソン背面の裏込等にセメント系の固化材を攪拌・混合し地盤を固化させる.								
概念図									
収集事例中の採用件数	3件								
安定性向上メカニズム	主働土圧の低減 ケーソン背後の一部の裏込土を地盤改良し, 固化することにより, 一部の土の強度を増強し, 主働土圧の低減を図る.								
静的安定性照査項目 に対する有効性	<table border="1"> <tr> <td>滑動</td> <td>○</td> <td>転倒</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>基礎地盤の支持力</td> <td>○</td> <td>基礎地盤の円弧すべり</td> <td>×</td> </tr> </table>	滑動	○	転倒	○	基礎地盤の支持力	○	基礎地盤の円弧すべり	×
滑動	○	転倒	○						
基礎地盤の支持力	○	基礎地盤の円弧すべり	×						

改良設計事例から得られた課題 (※改良設計事例に記載のあった内容を抽出しており, 当該工法全てに共通する課題ではない)
<ul style="list-style-type: none"> <li>改良範囲が広範囲となる傾向にあり, 背後の建築物等に影響を及ぼす可能性がある.</li> </ul>
※ここで示す課題については同じ安定性向上メカニズムに分類される工法についても相互に参照すべきである.

構造系の複合状態, 構造ユニットの複合状態, 構造ユニットの配置に着目し, 一般化した課題	
構造系の複合状態	構造形式の複合した構造系の挙動に関する課題
	剛構造, 柔構造の複合した構造系の挙動に関する課題
	○ 新旧構造の複合した構造系の挙動に関する課題
構造ユニットの複合状態	構造部材の複合した構造ユニットの挙動に関する課題
構造ユニットの配置	構造ユニットの並列配置に関する課題
	構造ユニットの直列配置に関する課題
	構造ユニットの近接配置に関する課題
	残置物の影響に関する課題
特記事項	<ul style="list-style-type: none"> <li>固化した地盤を一体として動く一つの構造ユニットとして考えることもできるが, 固化した地盤とケーソンが鉄筋等により結合される場合は, 構造部材の複合した構造ユニットの挙動に関する課題が発生する可能性がある.</li> </ul>

付表-1.6 G-6 工法

改良設計事例, 既往文献による改良工法の抽出				
既設構造形式	重力式係船岸			
改良工法	G-6			
工法概要	ケーソンの中詰め材を置換, または固化改良する.			
概念図				
収集事例中の採用件数	0件			
安定性向上メカニズム	堤体重量増加による滑動・転倒抵抗力の増加			
	既存の中詰砂よりも重量の大きい材料に置き換えるまたは, 既存の中詰砂を固化改良することにより, ケーソンの重量を大きくし, 滑動抵抗力, 転倒抵抗力を増加させる.			
静的安定性照査項目 に対する有効性	滑動	○	転倒	○
	基礎地盤の支持力	×	基礎地盤の円弧すべり	×

改良設計事例から得られた課題 (※改良設計事例に記載のあった内容を抽出しており, 当該工法全てに共通する課題ではない)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ エプロンの撤去が必要.</li> <li>・ 中詰め材を置換する場合には, 中詰め材撤去時のケーソンの安定性に留意が必要.</li> </ul>	
※ここで示す課題については同じ安定性向上メカニズムに分類される工法についても相互に参照すべきである.	

構造系の複合状態, 構造ユニットの複合状態, 構造ユニットの配置に着目し, 一般化した課題	
構造系の複合状態	構造形式の複合した構造系の挙動に関する課題
	剛構造, 柔構造の複合した構造系の挙動に関する課題
	新旧構造の複合した構造系の挙動に関する課題
構造ユニットの複合状態	○ 構造部材の複合した構造ユニットの挙動に関する課題
構造ユニットの配置	構造ユニットの並列配置に関する課題
	構造ユニットの直列配置に関する課題
	構造ユニットの近接配置に関する課題
	残置物の影響に関する課題
特記事項	

付表-1.7 G-7 工法

改良設計事例, 既往文献による改良工法の抽出				
既設構造形式	重力式係船岸			
改良工法	G-7			
工法概要	ケーソンの上部コンクリートを増設する.			
概念図				
収集事例中の採用件数	0件			
安定性向上メカニズム	ケーソン重量増加による滑動・転倒抵抗力の増加			
	既設ケーソン上部の土を重量の大きいコンクリートに置き換えることにより, ケーソンの重量を大きくし, 滑動抵抗力, 転倒抵抗力を増加させる.			
静的安定性照査項目 に対する有効性	滑動	○	転倒	○
	基礎地盤の支持力	×	基礎地盤の円弧すべり	×

改良設計事例から得られた課題 (※改良設計事例に記載のあった内容を抽出しており, 当該工法全てに共通する課題ではない)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ エプロンの撤去が必要であるため, エプロンを供用しながらの施工はできない.</li> </ul>	
※ここで示す課題については同じ安定性向上メカニズムに分類される工法についても相互に参照すべきである.	

構造系の複合状態, 構造ユニットの複合状態, 構造ユニットの配置に着目し, 一般化した課題	
構造系の複合状態	構造形式の複合した構造系の挙動に関する課題
	剛構造, 柔構造の複合した構造系の挙動に関する課題
	新旧構造の複合した構造系の挙動に関する課題
構造ユニットの複合状態	○ 構造部材の複合した構造ユニットの挙動に関する課題
構造ユニットの配置	構造ユニットの並列配置に関する課題
	構造ユニットの直列配置に関する課題
	構造ユニットの近接配置に関する課題
	残置物の影響に関する課題
特記事項	

付表-1.8 G-8 工法

改良設計事例, 既往文献による改良工法の抽出	
既設構造形式	重力式係船岸
改良工法	G-8
工法概要	既設ケーソンの背後にコンクリートを打設し, 一体化させる.
概念図	
収集事例中の採用件数	0件
安定性向上メカニズム	ケーソン重量増加による滑動・転倒抵抗力の増加
	ケーソン背後に新たにコンクリート壁を設置し, 一体化させることにより, ケーソンの重量を大きくし, 滑動抵抗力, 転倒抵抗力を増加する.
静的安定性照査項目 に対する有効性	滑動 ○ 転倒 ○
	基礎地盤の支持力 × 基礎地盤の円弧すべり ×

改良設計事例から得られた課題 (※改良設計事例に記載のあった内容を抽出しており, 当該工法全てに共通する課題ではない)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 構造背後の大きな掘削が必要となるため, 背後の建築物等に影響を及ぼす可能性がある.</li> <li>・ 大規模な掘削・埋戻しが必要となる.</li> <li>・ 新旧コンクリートの一体化のための確実な施工が必要.</li> </ul>	
※ここで示す課題については同じ安定性向上メカニズムに分類される工法についても相互に参照すべきである.	

構造系の複合状態, 構造ユニットの複合状態, 構造ユニットの配置に着目し, 一般化した課題	
構造系の複合状態	構造形式の複合した構造系の挙動に関する課題
	剛構造, 柔構造の複合した構造系の挙動に関する課題
	新旧構造の複合した構造系の挙動に関する課題
構造ユニットの複合状態	○ 構造部材の複合した構造ユニットの挙動に関する課題
構造ユニットの配置	構造ユニットの並列配置に関する課題
	構造ユニットの直列配置に関する課題
	構造ユニットの近接配置に関する課題
	残置物の影響に関する課題
特記事項	

付表-1.9 G-9 工法

改良設計事例, 既往文献による改良工法の抽出									
既設構造形式	重力式係船岸								
改良工法	G-9								
工法概要	既設ケーソンの前面にコンクリートを打設し, 一体化させる.								
概念図									
収集事例中の採用件数	4件								
安定性向上メカニズム	ケーソン重量増加による滑動・転倒抵抗力の増加 ケーソン前面に新たにコンクリート壁を設置し, 一体化させることにより, ケーソンの重量を大きくし, 滑動抵抗力, 転倒抵抗力を増加する.								
静的安定性照査項目 に対する有効性	<table border="1"> <tr> <td>滑動</td> <td>○</td> <td>転倒</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>基礎地盤の支持力</td> <td>○</td> <td>基礎地盤の円弧すべり</td> <td>×</td> </tr> </table>	滑動	○	転倒	○	基礎地盤の支持力	○	基礎地盤の円弧すべり	×
滑動	○	転倒	○						
基礎地盤の支持力	○	基礎地盤の円弧すべり	×						

改良設計事例から得られた課題 (※改良設計事例に記載のあった内容を抽出しており, 当該工法全てに共通する課題ではない)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 法線の前出しが必要.</li> <li>・ 新旧コンクリートの一体化のための確実な施工が必要.</li> </ul>	
※ここで示す課題については同じ安定性向上メカニズムに分類される工法についても相互に参照すべきである.	

構造系の複合状態, 構造ユニットの複合状態, 構造ユニットの配置に着目し, 一般化した課題	
構造系の複合状態	構造形式の複合した構造系の挙動に関する課題
	剛構造, 柔構造の複合した構造系の挙動に関する課題
	新旧構造の複合した構造系の挙動に関する課題
構造ユニットの複合状態	○ 構造部材の複合した構造ユニットの挙動に関する課題
構造ユニットの配置	構造ユニットの並列配置に関する課題
	構造ユニットの直列配置に関する課題
	構造ユニットの近接配置に関する課題
	残置物の影響に関する課題
特記事項	

付表-1.10 G-10 工法

改良設計事例, 既往文献による改良工法の抽出				
既設構造形式	重力式係船岸			
改良工法	G-10			
工法概要	既設ケーソンのフーチングを拡幅または新たに設置する。			
概念図				
収集事例中の採用件数	0件			
安定性向上メカニズム	ケーソン重量増加による滑動・転倒抵抗力の増加			
	ケーソン前面フーチングを設置し, 一体化させることにより, 堤体の重量を大きくし, 滑動抵抗力, 転倒抵抗力を増加する。または, 堤体幅を広げることにより, 基礎への荷重を低減する。			
静的安定性照査項目 に対する有効性	滑動	○	転倒	○
	基礎地盤の支持力	○	基礎地盤の円弧すべり	×

改良設計事例から得られた課題 (※改良設計事例に記載のあった内容を抽出しており, 当該工法全てに共通する課題ではない)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 前面水深が浅くなる可能性があり, 築造限界の確認が必要。</li> <li>・ 一体化の精度に問題がある。</li> <li>・ 水中での配筋など施工実績が無く, 施工法の検討が必要。</li> </ul>	
※ここで示す課題については同じ安定性向上メカニズムに分類される工法についても相互に参照すべきである。	

構造系の複合状態, 構造ユニットの複合状態, 構造ユニットの配置に着目し, 一般化した課題	
構造系の複合状態	構造形式の複合した構造系の挙動に関する課題
	剛構造, 柔構造の複合した構造系の挙動に関する課題
	新旧構造の複合した構造系の挙動に関する課題
構造ユニットの複合状態	○ 構造部材の複合した構造ユニットの挙動に関する課題
構造ユニットの配置	構造ユニットの並列配置に関する課題
	構造ユニットの直列配置に関する課題
	構造ユニットの近接配置に関する課題
	残置物の影響に関する課題
特記事項	

付表-1.11 G-11 工法

改良設計事例, 既往文献による改良工法の抽出				
既設構造形式	重力式係船岸			
改良工法	G-11			
工法概要	摩擦増大マットをケーソン底面に敷設する。			
概念図				
収集事例中の採用件数	0件			
安定性向上メカニズム	摩擦抵抗力の増加			
	摩擦増大マットを敷設し、ケーソンと基礎マウンド間の摩擦係数を大きくすることにより、最大摩擦抵抗力を増加する。			
静的安定性照査項目に対する有効性	滑動	○	転倒	×
	基礎地盤の支持力	×	基礎地盤の円弧すべり	×

改良設計事例から得られた課題 (※改良設計事例に記載のあった内容を抽出しており、当該工法全てに共通する課題ではない)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>既設ケーソンを一度撤去する必要があるため、大規模な施工となる。</li> <li>撤去時のケーソンの安定性にも考慮した施工計画が必要。</li> </ul>	
※ここで示す課題については同じ安定性向上メカニズムに分類される工法についても相互に参照すべきである。	

構造系の複合状態, 構造ユニットの複合状態, 構造ユニットの配置に着目し, 一般化した課題	
構造系の複合状態	構造形式の複合した構造系の挙動に関する課題
	剛構造, 柔構造の複合した構造系の挙動に関する課題
	新旧構造の複合した構造系の挙動に関する課題
構造ユニットの複合状態	構造部材の複合した構造ユニットの挙動に関する課題
構造ユニットの配置	構造ユニットの並列配置に関する課題
	構造ユニットの直列配置に関する課題
	構造ユニットの近接配置に関する課題
	残置物の影響に関する課題
特記事項	

付表-1.12 G-12 工法

改良設計事例, 既往文献による改良工法の抽出				
既設構造形式	重力式係船岸			
改良工法	G-12			
工法概要	ケーソンにグラウンドアンカーを垂直に設置し, アンカーに初期張力を導入する。			
概念図				
収集事例中の採用件数	0件			
安定性向上メカニズム	摩擦抵抗力の増加			
	鉛直アンカーにより既設ケーソンの接地圧を増加させ, 基礎マウンドに作用する鉛直力を大きくすることにより, 最大摩擦抵抗力を増加する。			
静的安定性照査項目に対する有効性	滑動	○	転倒	○
	基礎地盤の支持力	×	基礎地盤の円弧すべり	×

改良設計事例から得られた課題 (※改良設計事例に記載のあった内容を抽出しており, 当該工法全てに共通する課題ではない)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ ケーソンを貫通するため, 中詰めの吸出しや底板配筋への影響がある。</li> <li>・ アンカーの定期的な張力管理が必要。</li> </ul>	
※ここで示す課題については同じ安定性向上メカニズムに分類される工法についても相互に参照すべきである。	

構造系の複合状態, 構造ユニットの複合状態, 構造ユニットの配置に着目し, 一般化した課題	
構造系の複合状態	構造形式の複合した構造系の挙動に関する課題
	○ 剛構造, 柔構造の複合した構造系の挙動に関する課題
	○ 新旧構造の複合した構造系の挙動に関する課題
構造ユニットの複合状態	構造部材の複合した構造ユニットの挙動に関する課題
構造ユニットの配置	構造ユニットの並列配置に関する課題
	構造ユニットの直列配置に関する課題
	構造ユニットの近接配置に関する課題
	残置物の影響に関する課題
特記事項	・ 1 函のケーソンに複数のアンカーを配置する場合は, 法線方向の並列配置に関する課題が発生する可能性がある。

付表-1.13 G-13 工法

改良設計事例, 既往文献による改良工法の抽出				
既設構造形式	重力式係船岸			
改良工法	G-13			
工法概要	ケーソン基礎地盤の地盤改良を行う。			
概念図				
収集事例中の採用件数	3件			
安定性向上メカニズム	基礎支持力の増加			
	基礎地盤の強度を増強することにより, 基礎地盤の抵抗力を増加する。			
静的安定性照査項目 に対する有効性	滑動	×	転倒	×
	基礎地盤の支持力	○	基礎地盤の円弧すべり	○

改良設計事例から得られた課題 (※改良設計事例に記載のあった内容を抽出しており, 当該工法全てに共通する課題ではない)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ ケーソン下の改良を行う際には, 特殊工法を用いなければ, 堤体を一度撤去する必要があるため, 大規模な施工となる。</li> <li>・ ケーソン下の改良体の出来形について検査を行うことが困難。</li> </ul>	
※ここで示す課題については同じ安定性向上メカニズムに分類される工法についても相互に参照すべきである。	

構造系の複合状態, 構造ユニットの複合状態, 構造ユニットの配置に着目し, 一般化した課題	
構造系の複合状態	構造形式の複合した構造系の挙動に関する課題
	剛構造, 柔構造の複合した構造系の挙動に関する課題
	新旧構造の複合した構造系の挙動に関する課題
構造ユニットの複合状態	構造部材の複合した構造ユニットの挙動に関する課題
構造ユニットの配置	構造ユニットの並列配置に関する課題
	構造ユニットの直列配置に関する課題
	構造ユニットの近接配置に関する課題
	残置物の影響に関する課題
特記事項	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 基礎地盤を固化する場合は, 改良地盤が一体として動く構造ユニットとなるため, 新旧構造の複合した構造系の挙動に関する課題が発生する可能性がある。</li> </ul>

付表-1.14 G-14 工法

改良設計事例, 既往文献による改良工法の抽出	
既設構造形式	重力式係船岸
改良工法	G-14
工法概要	基礎捨石マウンドを拡幅する.
概念図	
収集事例中の採用件数	1件
安定性向上メカニズム	基礎支持力の増加
	基礎マウンドを拡幅することで, 基礎地盤のすべりに対する抵抗側の重量を大きくすることで抵抗力を増加する.
静的安定性照査項目 に対する有効性	滑動 ×
	基礎地盤の支持力 ○
	転倒 ×
	基礎地盤の円弧すべり ○

改良設計事例から得られた課題 (※改良設計事例に記載のあった内容を抽出しており, 当該工法全てに共通する課題ではない)	
※ここで示す課題については同じ安定性向上メカニズムに分類される工法についても相互に参照すべきである.	

構造系の複合状態, 構造ユニットの複合状態, 構造ユニットの配置に着目し, 一般化した課題	
構造系の複合状態	構造形式の複合した構造系の挙動に関する課題
	剛構造, 柔構造の複合した構造系の挙動に関する課題
	新旧構造の複合した構造系の挙動に関する課題
構造ユニットの複合状態	構造部材の複合した構造ユニットの挙動に関する課題
構造ユニットの配置	構造ユニットの並列配置に関する課題
	構造ユニットの直列配置に関する課題
	構造ユニットの近接配置に関する課題
	残置物の影響に関する課題
特記事項	

付表-1.15 G-15 工法

改良設計事例, 既往文献による改良工法の抽出				
既設構造形式	重力式係船岸			
改良工法	G-15			
工法概要	既設ケーソン背後に控え杭を設置し, タイ材で接続する.			
概念図				
収集事例中の採用件数	3件			
安定性向上メカニズム	ケーソン支持による滑動・転倒抵抗力の増加			
	ケーソン背後に固定した杭とケーソンを接続することにより, 地震時に主働土圧と逆向きの抵抗力を作用させることにより, 滑動抵抗力, 転倒抵抗力を増加する.			
静的安定性照査項目 に対する有効性	滑動	○	転倒	○
	基礎地盤の支持力	×	基礎地盤の円弧すべり	×

改良設計事例から得られた課題 (※改良設計事例に記載のあった内容を抽出しており, 当該工法全てに共通する課題ではない)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 控え工を新設することによる背後構造物等へ影響する可能性.</li> </ul>	
※ここで示す課題については同じ安定性向上メカニズムに分類される工法についても相互に参照すべきである.	

構造系の複合状態, 構造ユニットの複合状態, 構造ユニットの配置に着目し, 一般化した課題	
構造系の複合状態	○ 構造形式の複合した構造系の挙動に関する課題
	○ 剛構造, 柔構造の複合した構造系の挙動に関する課題
	○ 新旧構造の複合した構造系の挙動に関する課題
構造ユニットの複合状態	構造部材の複合した構造ユニットの挙動に関する課題
構造ユニットの配置	○ 構造ユニットの並列配置に関する課題
	構造ユニットの直列配置に関する課題
	構造ユニットの近接配置に関する課題
	残置物の影響に関する課題
特記事項	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 1箇のケーソンに複数のタイ材を配置する場合は, 法線方向の並列配置に関する課題が発生する可能性がある.</li> </ul>

付表-1.16 G-16 工法

改良設計事例, 既往文献による改良工法の抽出				
既設構造形式	重力式係船岸			
改良工法	G-16			
工法概要	既設ケーソン上部から斜めにグラウンドアンカーを設置し, ケーソン上部に接続する。			
概念図				
収集事例中の採用件数	5件			
安定性向上メカニズム	ケーソン支持による滑動・転倒抵抗力の増加			
	ケーソン背後地盤に固定したアンカーとケーソンを接続することにより, 地震時に主働土圧と逆向きの抵抗力を作用させ, 滑動抵抗力, 転倒抵抗力を増加する。			
静的安定性照査項目 に対する有効性	滑動	○	転倒	○
	基礎地盤の支持力	×	基礎地盤の円弧すべり	×

改良設計事例から得られた課題 (※改良設計事例に記載のあった内容を抽出しており, 当該工法全てに共通する課題ではない)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 支持層が深い場合, アンカーの延長が非常に長くなる。</li> <li>・ 施工後もアンカーの張力について定期的な管理が必要となる。</li> </ul>	
※ここで示す課題については同じ安定性向上メカニズムに分類される工法についても相互に参照すべきである。	

構造系の複合状態, 構造ユニットの複合状態, 構造ユニットの配置に着目し, 一般化した課題	
構造系の複合状態	○ 構造形式の複合した構造系の挙動に関する課題
	○ 剛構造, 柔構造の複合した構造系の挙動に関する課題
	○ 新旧構造の複合した構造系の挙動に関する課題
構造ユニットの複合状態	構造部材の複合した構造ユニットの挙動に関する課題
構造ユニットの配置	○ 構造ユニットの並列配置に関する課題
	構造ユニットの直列配置に関する課題
	構造ユニットの近接配置に関する課題
	残置物の影響に関する課題
特記事項	・ 1箇のケーソンに複数のアンカーを配置する場合は, 法線方向の並列配置に関する課題が発生する可能性がある。

付表-1.17 G-17 工法

改良設計事例, 既往文献による改良工法の抽出									
既設構造形式	重力式係船岸								
改良工法	G-17								
工法概要	既設ケーソン前面に矢板を設置し, 既設ケーソンとタイ材で結び, 中詰コンクリートにより一体化する.								
概念図									
収集事例中の採用件数	0件								
安定性向上メカニズム	他構造物による抵抗力の負担 作用する荷重により, ケーソンが変位しようとする際に, 前面の矢板が抵抗力となり, ケーソン重量による摩擦抵抗力を超えた荷重を負担する.								
静的安定性照査項目に対する有効性	<table border="1"> <tr> <td>滑動</td> <td>○</td> <td>転倒</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>基礎地盤の支持力</td> <td>○</td> <td>基礎地盤の円弧すべり</td> <td>×</td> </tr> </table>	滑動	○	転倒	○	基礎地盤の支持力	○	基礎地盤の円弧すべり	×
滑動	○	転倒	○						
基礎地盤の支持力	○	基礎地盤の円弧すべり	×						

改良設計事例から得られた課題 (※改良設計事例に記載のあった内容を抽出しており, 当該工法全てに共通する課題ではない)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>法線の前出しが必要.</li> </ul>	
※ここで示す課題については同じ安定性向上メカニズムに分類される工法についても相互に参照すべきである.	

構造系の複合状態, 構造ユニットの複合状態, 構造ユニットの配置に着目し, 一般化した課題	
構造系の複合状態	構造形式の複合した構造系の挙動に関する課題
	剛構造, 柔構造の複合した構造系の挙動に関する課題
	新旧構造の複合した構造系の挙動に関する課題
構造ユニットの複合状態	○ 構造部材の複合した構造ユニットの挙動に関する課題
構造ユニットの配置	構造ユニットの並列配置に関する課題
	構造ユニットの直列配置に関する課題
	構造ユニットの近接配置に関する課題
	残置物の影響に関する課題
特記事項	<ul style="list-style-type: none"> <li>中詰めコンクリートによって一体化を行わない場合は, 構造ユニットが分かれ, 構造形式の複合した構造系の挙動に関する課題, 剛構造, 柔構造の複合した構造系の挙動に関する課題, 構造ユニットの近接配置に関する課題などが発生する可能性がある.</li> </ul>

付表-1.18 G-18 工法

改良設計事例, 既往文献による改良工法の抽出	
既設構造形式	重力式係船岸
改良工法	G-18
工法概要	前面に矢板を設置し, 既設構造物との間にコンクリートを打設し, 一体化する.
概念図	
収集事例中の採用件数	0件
安定性向上メカニズム	他構造物による抵抗力の負担 作用する荷重により, ケーソンが変位しようとする際に, 前面の矢板が抵抗力となり, ケーソン重量による摩擦抵抗力を超えた荷重を負担する.
静的安定性照査項目 に対する有効性	滑動 ○ 転倒 ○
	基礎地盤の支持力 ○ 基礎地盤の円弧すべり ×

改良設計事例から得られた課題 (※改良設計事例に記載のあった内容を抽出しており, 当該工法全てに共通する課題ではない)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 法線の前出しが必要.</li> </ul>	
※ここで示す課題については同じ安定性向上メカニズムに分類される工法についても相互に参照すべきである.	

構造系の複合状態, 構造ユニットの複合状態, 構造ユニットの配置に着目し, 一般化した課題	
構造系の複合状態	構造形式の複合した構造系の挙動に関する課題
	剛構造, 柔構造の複合した構造系の挙動に関する課題
	新旧構造の複合した構造系の挙動に関する課題
構造ユニットの複合状態	○ 構造部材の複合した構造ユニットの挙動に関する課題
構造ユニットの配置	構造ユニットの並列配置に関する課題
	構造ユニットの直列配置に関する課題
	構造ユニットの近接配置に関する課題
	残置物の影響に関する課題
特記事項	

付表-1.19 G-19 工法

改良設計事例, 既往文献による改良工法の抽出				
既設構造形式	重力式係船岸			
改良工法	G-19			
工法概要	既設ケーソン直前面に根固矢板を打設し, 既設と水中部で接合する。			
概念図				
収集事例中の採用件数	0件			
安定性向上メカニズム	他構造物による抵抗力の負担 作用する荷重により, ケーソンが変位しようとする際に, 前面の鋼管矢板が抵抗力となり, ケーソン重量による摩擦抵抗力を超えた荷重を負担する。			
静的安定性照査項目 に対する有効性	滑動	○	転倒	×
	基礎地盤の支持力	×	基礎地盤の円弧すべり	×

改良設計事例から得られた課題 (※改良設計事例に記載のあった内容を抽出しており, 当該工法全てに共通する課題ではない)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 前面水深が浅くなることに留意が必要であり, 築造限界内に接続部を収める必要がある。</li> <li>・ 水中施工での確実な一体化が必要。</li> <li>・ 新たに設置する鋼管矢板は, 水深の深い位置にあり, 点検が行いにくい。</li> </ul>	
※ここで示す課題については同じ安定性向上メカニズムに分類される工法についても相互に参照すべきである。	

構造系の複合状態, 構造ユニットの複合状態, 構造ユニットの配置に着目し, 一般化した課題	
構造系の複合状態	○ 構造形式の複合した構造系の挙動に関する課題
	○ 剛構造, 柔構造の複合した構造系の挙動に関する課題
	○ 新旧構造の複合した構造系の挙動に関する課題
構造ユニットの複合状態	構造部材の複合した構造ユニットの挙動に関する課題
構造ユニットの配置	構造ユニットの並列配置に関する課題
	構造ユニットの直列配置に関する課題
	○ 構造ユニットの近接配置に関する課題
	残置物の影響に関する課題
特記事項	

付表-1.20 G-20 工法

改良設計事例, 既往文献による改良工法の抽出				
既設構造形式	重力式係船岸			
改良工法	G-20			
工法概要	既設ケーソン前面に自立鋼管矢板を打設することにより, マウンドを土留めし, 増深させる.			
概念図				
収集事例中の採用件数	0件			
安定性向上メカニズム	他構造物による抵抗力の負担			
	作用する荷重により, ケーソンが移動しようとする際に, 前面の鋼管矢板がケーソン重量が滑り出そうと基礎マウンドに作用する荷重に対し抵抗する.			
静的安定性照査項目に対する有効性	滑動	×	転倒	×
	基礎地盤の支持力	○	基礎地盤の円弧すべり	×

改良設計事例から得られた課題 (※改良設計事例に記載のあった内容を抽出しており, 当該工法全てに共通する課題ではない)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 法線の前出しが必要.</li> <li>・ 海中の鋼管矢板の施工誤差等の規定がない.</li> </ul>	
※ここで示す課題については同じ安定性向上メカニズムに分類される工法についても相互に参照すべきである.	

構造系の複合状態, 構造ユニットの複合状態, 構造ユニットの配置に着目し, 一般化した課題	
構造系の複合状態	○ 構造形式の複合した構造系の挙動に関する課題
	○ 剛構造, 柔構造の複合した構造系の挙動に関する課題
	○ 新旧構造の複合した構造系の挙動に関する課題
構造ユニットの複合状態	構造部材の複合した構造ユニットの挙動に関する課題
構造ユニットの配置	構造ユニットの並列配置に関する課題
	構造ユニットの直列配置に関する課題
	○ 構造ユニットの近接配置に関する課題
	残置物の影響に関する課題
特記事項	

付表-1.21 G-21 工法

改良設計事例, 既往文献による改良工法の抽出				
既設構造形式	重力式係船岸			
改良工法	G-21			
工法概要	鋼管杭を既設ケーソン内に打設する.			
概念図				
収集事例中の採用件数	0件			
安定性向上メカニズム	他構造物による抵抗力の負担			
	作用する荷重により, ケーソンが変位しようとする際に, ケーソン内に位置する杭が抵抗力となり, ケーソン重量による摩擦抵抗力を超えた荷重を負担する.			
静的安定性照査項目に対する有効性	滑動	○	転倒	○
	基礎地盤の支持力	×	基礎地盤の円弧すべり	×

改良設計事例から得られた課題 (※改良設計事例に記載のあった内容を抽出しており, 当該工法全てに共通する課題ではない)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ ケーソンを貫通するため, 中詰めの吸出しや底版配筋への影響がある.</li> <li>・ 新設杭はケーソン内に位置するので点検はできない.</li> </ul>	
※ここで示す課題については同じ安定性向上メカニズムに分類される工法についても相互に参照すべきである.	

構造系の複合状態, 構造ユニットの複合状態, 構造ユニットの配置に着目し, 一般化した課題	
構造系の複合状態	○ 構造形式の複合した構造系の挙動に関する課題
	○ 剛構造, 柔構造の複合した構造系の挙動に関する課題
	○ 新旧構造の複合した構造系の挙動に関する課題
構造ユニットの複合状態	構造部材の複合した構造ユニットの挙動に関する課題
構造ユニットの配置	構造ユニットの並列配置に関する課題
	構造ユニットの直列配置に関する課題
	構造ユニットの近接配置に関する課題
	残置物の影響に関する課題
特記事項	・ 1箇のケーソンに複数の杭を打設する場合は, 法線方向の並列配置に関する課題が発生する可能性がある.

付表-1.22 G-22 工法

改良設計事例, 既往文献による改良工法の抽出									
既設構造形式	重力式係船岸								
改良工法	G-22								
工法概要	捨石マウンドの一部を改良・固化して掘削することにより増深を行う。								
概念図									
収集事例中の採用件数	0件								
安定性向上メカニズム	他構造物による抵抗力の負担 作用する荷重により、ケーソンが移動しようとする際に、基礎の固化体がケーソンが滑り出そうと基礎マウンドに作用する荷重に対し抵抗する。								
静的安定性照査項目に対する有効性	<table border="1"> <tr> <td>滑動</td> <td>×</td> <td>転倒</td> <td>×</td> </tr> <tr> <td>基礎地盤の支持力</td> <td>○</td> <td>基礎地盤の円弧すべり</td> <td>×</td> </tr> </table>	滑動	×	転倒	×	基礎地盤の支持力	○	基礎地盤の円弧すべり	×
滑動	×	転倒	×						
基礎地盤の支持力	○	基礎地盤の円弧すべり	×						

改良設計事例から得られた課題 (※改良設計事例に記載のあった内容を抽出しており, 当該工法全てに共通する課題ではない)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 固化体の出来形や品質管理を行う方法が確立されていない。</li> </ul>	
※ここで示す課題については同じ安定性向上メカニズムに分類される工法についても相互に参照すべきである。	

構造系の複合状態, 構造ユニットの複合状態, 構造ユニットの配置に着目し, 一般化した課題	
構造系の複合状態	構造形式の複合した構造系の挙動に関する課題
	剛構造, 柔構造の複合した構造系の挙動に関する課題
	○ 新旧構造の複合した構造系の挙動に関する課題
構造ユニットの複合状態	構造部材の複合した構造ユニットの挙動に関する課題
構造ユニットの配置	構造ユニットの並列配置に関する課題
	構造ユニットの直列配置に関する課題
	○ 構造ユニットの近接配置に関する課題
	残置物の影響に関する課題
特記事項	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 固化体とケーソンを一体化させる場合は, 構造部材の複合した構造ユニットの挙動に関する課題が発生する可能性がある。</li> </ul>

付表-1.23 G-23 工法

改良設計事例, 既往文献による改良工法の抽出				
既設構造形式	重力式係船岸			
改良工法	G-23			
工法概要	既設ケーソンの前面に重力式構造物を新設する.			
概念図				
収集事例中の採用件数	3件			
安定性向上メカニズム	新設構造物による荷重の負担			
	新設したケーソンが全ての主働土圧などの荷重に対する抵抗力を受け持つ。 既設のケーソンは荷重に対する抵抗力としては期待されない。			
静的安定性照査項目 に対する有効性	滑動	-	転倒	-
	基礎地盤の支持力	-	基礎地盤の円弧すべり	-

改良設計事例から得られた課題 (※改良設計事例に記載のあった内容を抽出しており, 当該工法全てに共通する課題ではない)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 法線の大きな前出しが必要.</li> </ul>	
※ここで示す課題については同じ安定性向上メカニズムに分類される工法についても相互に参照すべきである.	

構造系の複合状態, 構造ユニットの複合状態, 構造ユニットの配置に着目し, 一般化した課題	
構造系の複合状態	構造形式の複合した構造系の挙動に関する課題
	剛構造, 柔構造の複合した構造系の挙動に関する課題
	新旧構造の複合した構造系の挙動に関する課題
構造ユニットの複合状態	構造部材の複合した構造ユニットの挙動に関する課題
構造ユニットの配置	構造ユニットの並列配置に関する課題
	構造ユニットの直列配置に関する課題
	構造ユニットの近接配置に関する課題
	○ 残置物の影響に関する課題
特記事項	

付表-1.24 G-24 工法

改良設計事例, 既往文献による改良工法の抽出				
既設構造形式	重力式係船岸			
改良工法	G-24			
工法概要	前面に矢板を設置し, 既設ケーソンとの間に間詰石を設置する.			
概念図				
収集事例中の採用件数	0件			
安定性向上メカニズム	<p>新設構造物による荷重の負担</p> <p>新設した控え杭式矢板が全ての主動土圧などの荷重に対する抵抗力を受け持つ。 既設のケーソンは荷重に対する抵抗力としては期待されない。</p>			
静的安定性照査項目 に対する有効性	滑動	-	転倒	-
	基礎地盤の支持力	-	基礎地盤の円弧すべり	-

改良設計事例から得られた課題 (※改良設計事例に記載のあった内容を抽出しており, 当該工法全てに共通する課題ではない)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 法線の前出しが必要.</li> <li>・ 控え工の新設により, 背後の構造物に影響する可能性がある.</li> </ul>	
※ここで示す課題については同じ安定性向上メカニズムに分類される工法についても相互に参照すべきである.	

構造系の複合状態, 構造ユニットの複合状態, 構造ユニットの配置に着目し, 一般化した課題	
構造系の複合状態	構造形式の複合した構造系の挙動に関する課題
	剛構造, 柔構造の複合した構造系の挙動に関する課題
	新旧構造の複合した構造系の挙動に関する課題
構造ユニットの複合状態	構造部材の複合した構造ユニットの挙動に関する課題
構造ユニットの配置	構造ユニットの並列配置に関する課題
	構造ユニットの直列配置に関する課題
	構造ユニットの近接配置に関する課題
	○ 残置物の影響に関する課題
特記事項	

付表-1.25 G-25 工法

改良設計事例, 既往文献による改良工法の抽出				
既設構造形式	重力式係船岸			
改良工法	G-25			
工法概要	前面に矢板を設置し, 既設ケーソンを控え工として利用する.			
概念図				
収集事例中の採用件数	0件			
安定性向上メカニズム	既存構造物の用途の変更 新設した矢板が全ての主働土圧などの荷重に対する抵抗力を受け持つ。 既設のケーソンは控え工の役割に変更され, 土中の固定点となる。			
静的安定性照査項目 に対する有効性	滑動	-	転倒	-
	基礎地盤の支持力	-	基礎地盤の円弧すべり	-

改良設計事例から得られた課題 (※改良設計事例に記載のあった内容を抽出しており, 当該工法全てに共通する課題ではない)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 法線の大きな前出しが必要.</li> </ul>	
※ここで示す課題については同じ安定性向上メカニズムに分類される工法についても相互に参照すべきである.	

構造系の複合状態, 構造ユニットの複合状態, 構造ユニットの配置に着目し, 一般化した課題	
構造系の複合状態	<input type="radio"/> 構造形式の複合した構造系の挙動に関する課題
	<input type="radio"/> 剛構造, 柔構造の複合した構造系の挙動に関する課題
	<input type="radio"/> 新旧構造の複合した構造系の挙動に関する課題
構造ユニットの複合状態	構造部材の複合した構造ユニットの挙動に関する課題
構造ユニットの配置	構造ユニットの並列配置に関する課題
	構造ユニットの直列配置に関する課題
	構造ユニットの近接配置に関する課題
	残置物の影響に関する課題
特記事項	

付表-1.26 G-26 工法

改良設計事例, 既往文献による改良工法の抽出				
既設構造形式	重力式係船岸			
改良工法	G-26			
工法概要	既設ケーソン前面にケーソンを設置し, 既設構造物との間に間詰石を設置する.			
概念図				
収集事例中の採用件数	0件			
安定性向上メカニズム	既存構造物の用途の変更 新設したケーソンが間詰石の主働土圧などの荷重に対する抵抗力を受け持つ。 既設のケーソンは護岸としての機能に変更され, 間詰石と新設ケーソンにより変位が抑えられる。			
静的安定性照査項目 に対する有効性	滑動	-	転倒	-
	基礎地盤の支持力	-	基礎地盤の円弧すべり	-

改良設計事例から得られた課題 (※改良設計事例に記載のあった内容を抽出しており, 当該工法全てに共通する課題ではない)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 法線の大きな前出しが必要.</li> </ul>	
※ここで示す課題については同じ安定性向上メカニズムに分類される工法についても相互に参照すべきである.	

構造系の複合状態, 構造ユニットの複合状態, 構造ユニットの配置に着目し, 一般化した課題	
構造系の複合状態	構造形式の複合した構造系の挙動に関する課題
	剛構造, 柔構造の複合した構造系の挙動に関する課題
	○ 新旧構造の複合した構造系の挙動に関する課題
構造ユニットの複合状態	構造部材の複合した構造ユニットの挙動に関する課題
構造ユニットの配置	構造ユニットの並列配置に関する課題
	構造ユニットの直列配置に関する課題
	○ 構造ユニットの近接配置に関する課題
	残置物の影響に関する課題
特記事項	

付表-1.27 G-27 工法

改良設計事例, 既往文献による改良工法の抽出				
既設構造形式	重力式係船岸			
改良工法	G-27			
工法概要	既設ケーソンの前面に棧橋(土留め機能なし)を設置し, 棧橋下に基礎マウンドを設置する。			
概念図				
収集事例中の採用件数	1件			
安定性向上メカニズム	既存構造物の用途の変更 新設した棧橋が接岸力などの荷重に対する抵抗力を受け持つ。 既設のケーソンは護岸としての機能に変更され, 前面の基礎マウンドから受動抵抗を受ける。			
静的安定性照査項目 に対する有効性	滑動	-	転倒	-
	基礎地盤の支持力	-	基礎地盤の円弧すべり	-

改良設計事例から得られた課題 (※改良設計事例に記載のあった内容を抽出しており, 当該工法全てに共通する課題ではない)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>法線の大きな前出しが必要。</li> </ul>	
※ここで示す課題については同じ安定性向上メカニズムに分類される工法についても相互に参照すべきである。	

構造系の複合状態, 構造ユニットの複合状態, 構造ユニットの配置に着目し, 一般化した課題	
構造系の複合状態	<input type="checkbox"/> 構造形式の複合した構造系の挙動に関する課題
	<input type="checkbox"/> 剛構造, 柔構造の複合した構造系の挙動に関する課題
	<input type="checkbox"/> 新旧構造の複合した構造系の挙動に関する課題
構造ユニットの複合状態	構造部材の複合した構造ユニットの挙動に関する課題
構造ユニットの配置	構造ユニットの並列配置に関する課題
	構造ユニットの直列配置に関する課題
	<input type="checkbox"/> 構造ユニットの近接配置に関する課題
	残置物の影響に関する課題
特記事項	<ul style="list-style-type: none"> <li>棧橋から重力式構造物に対して支承を設け, 一体化する場合は, 構造部材の複合した構造ユニットの挙動に関する課題が発生する可能性がある。</li> </ul>

付表-1.28 G-28 工法

改良設計事例, 既往文献による改良工法の抽出				
既設構造形式	重力式係船岸			
改良工法	G-28			
工法概要	既設ケーソンの前面に棧橋(土留め機能付き)を設置し, 既設ケーソンとの間に間詰石を設置する。			
概念図				
収集事例中の採用件数	2件			
安定性向上メカニズム	既存構造物の用途の変更 新設した棧橋が接岸力などの荷重に対する抵抗力を受け持つ。 既設のケーソンは護岸としての機能に変更され, 前面の基礎マウンドから受動抵抗を受ける。			
静的安定性照査項目 に対する有効性	滑動	-	転倒	-
	基礎地盤の支持力	-	基礎地盤の円弧すべり	-

改良設計事例から得られた課題 (※改良設計事例に記載のあった内容を抽出しており, 当該工法全てに共通する課題ではない)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 法線の大きな前出しが必要。</li> <li>・ 棧橋下面, 棧橋杭が閉じられた空間内に位置するため, 維持管理が困難である可能性がある。</li> </ul>	
※ここで示す課題については同じ安定性向上メカニズムに分類される工法についても相互に参照すべきである。	

構造系の複合状態, 構造ユニットの複合状態, 構造ユニットの配置に着目し, 一般化した課題	
構造系の複合状態	<input type="radio"/> 構造形式の複合した構造系の挙動に関する課題
	<input type="radio"/> 剛構造, 柔構造の複合した構造系の挙動に関する課題
	<input type="radio"/> 新旧構造の複合した構造系の挙動に関する課題
構造ユニットの複合状態	構造部材の複合した構造ユニットの挙動に関する課題
構造ユニットの配置	構造ユニットの並列配置に関する課題
	構造ユニットの直列配置に関する課題
	<input type="radio"/> 構造ユニットの近接配置に関する課題
	残置物の影響に関する課題
特記事項	・ 土留兼用棧橋の検討においては, 構造部材の複合した構造ユニットの挙動に関する課題が発生する可能性がある。

付表-2 矢板式係船岸改良工法

付表-2.1 S-1 工法

改良設計事例, 既往文献による改良工法の抽出						
既設構造形式	矢板式係船岸					
改良工法	S-1					
工法概要	裏込土等を撤去し, 軽量混合処理土(または人工軽量土)で置換する.					
概念図						
収集事例中の採用件数	3件					
安定性向上メカニズム	主働土圧の低減					
	矢板背後の一部の裏込土を軽量化させた土に置き換えることにより, 一部の土の単位体積重量を小さくし, 主働土圧の低減を図る.					
静的安定性照査項目 に対する有効性 (※フリーアースサポート法)	矢板の根入れ	○	矢板の応力	○	タイ材の応力	○
	基礎地盤の円弧すべり	○	控え工の応力	○		

改良設計事例から得られた課題 (※改良設計事例に記載のあった内容を抽出しており, 当該工法全てに共通する課題ではない)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>改良範囲が広範囲となる傾向にあり, 背後の建築物等に影響を及ぼす可能性がある.</li> </ul>	
※ここで示す課題については同じ安定性向上メカニズムに分類される工法についても相互に参照すべきである.	

構造系の複合状態, 構造ユニットの複合状態, 構造ユニットの配置に着目し, 一般化した課題	
構造系の複合状態	構造形式の複合した構造系の挙動に関する課題
	剛構造, 柔構造の複合した構造系の挙動に関する課題
	新旧構造の複合した構造系の挙動に関する課題
構造ユニットの複合状態	構造部材の複合した構造ユニットの挙動に関する課題
構造ユニットの配置	構造ユニットの並列配置に関する課題
	構造ユニットの直列配置に関する課題
	構造ユニットの近接配置に関する課題
	残置物の影響に関する課題
特記事項	<ul style="list-style-type: none"> <li>固結するような軽量混合材を用いる場合には剛構造, 柔構造の複合した構造系の挙動に関する課題が発生する可能性がある.</li> </ul>

付表-2.2 S-2 工法

改良設計事例, 既往文献による改良工法の抽出						
既設構造形式	矢板式係船岸					
改良工法	S-2					
工法概要	裏込土等を撤去し, 水砕スラグと置換する.					
概念図						
収集事例中の採用件数	0件					
安定性向上メカニズム	主働土圧の低減					
	矢板背後の一部の裏込土を水砕スラグに置き換えることにより, 一部の土の単位体積重量を小さくする, または裏込土の強度を増加させ, 主働土圧の低減を図る.					
静的安定性照査項目 に対する有効性 (※フリーアースサポート法)	矢板の根入れ	○	矢板の応力	○	タイ材の応力	○
	基礎地盤の円弧すべり	○	控え工の応力	○		

改良設計事例から得られた課題 (※改良設計事例に記載のあった内容を抽出しており, 当該工法全てに共通する課題ではない)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>改良範囲が広範囲となる傾向にあり, 背後の建築物等に影響を及ぼす可能性がある.</li> <li>濁りが発生する.</li> <li>水砕スラグは時間をかけて固結し, 強度を発揮するため, 未固結期間に地震が発生すると液状化を起こす可能性がある.</li> </ul>	
※ここで示す課題については同じ安定性向上メカニズムに分類される工法についても相互に参照すべきである.	

構造系の複合状態, 構造ユニットの複合状態, 構造ユニットの配置に着目し, 一般化した課題	
構造系の複合状態	構造形式の複合した構造系の挙動に関する課題
	剛構造, 柔構造の複合した構造系の挙動に関する課題
	新旧構造の複合した構造系の挙動に関する課題
構造ユニットの複合状態	構造部材の複合した構造ユニットの挙動に関する課題
構造ユニットの配置	構造ユニットの並列配置に関する課題
	構造ユニットの直列配置に関する課題
	構造ユニットの近接配置に関する課題
	残置物の影響に関する課題
特記事項	<ul style="list-style-type: none"> <li>水砕スラグの固結により, 剛構造, 柔構造の複合した構造系の挙動に関する課題が発生する可能性がある.</li> </ul>

付表-2.3 S-3 工法

改良設計事例, 既往文献による改良工法の抽出						
既設構造形式	矢板式係留岸					
改良工法	S-3					
工法概要	裏込土等を撤去し, 事前混合処理土と置換する.					
概念図						
収集事例中の採用件数	0件					
安定性向上メカニズム	主働土圧の低減					
	矢板背後の一部の裏込土を事前混合処理土に置き換えることにより, 一部の土の強度を増加させ, 主働土圧の低減を図る.					
静的安定性照査項目 に対する有効性 (※フリーアースサポート法)	矢板の根入れ	○	矢板の応力	○	タイ材の応力	○
	基礎地盤の円弧すべり	×	控え工の応力	○		

改良設計事例から得られた課題 (※改良設計事例に記載のあった内容を抽出しており, 当該工法全てに共通する課題ではない)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>改良範囲が広範囲となる傾向にあり, 背後の建築物等に影響を及ぼす可能性がある.</li> <li>濁りが発生する.</li> </ul>	
※ここで示す課題については同じ安定性向上メカニズムに分類される工法についても相互に参照すべきである.	

構造系の複合状態, 構造ユニットの複合状態, 構造ユニットの配置に着目し, 一般化した課題	
構造系の複合状態	○ 構造形式の複合した構造系の挙動に関する課題
	○ 剛構造, 柔構造の複合した構造系の挙動に関する課題
	○ 新旧構造の複合した構造系の挙動に関する課題
構造ユニットの複合状態	○ 構造部材の複合した構造ユニットの挙動に関する課題
構造ユニットの配置	○ 構造ユニットの並列配置に関する課題
	○ 構造ユニットの直列配置に関する課題
	○ 構造ユニットの近接配置に関する課題
	○ 残置物の影響に関する課題
特記事項	

付表-2.4 S-4 工法

改良設計事例, 既往文献による改良工法の抽出	
既設構造形式	矢板式係船岸
改良工法	S-4
工法概要	裏込土をセメント固化する.
概念図	
収集事例中の採用件数	3件
安定性向上メカニズム	主働土圧低減
	矢板背後の一部の裏込土を地盤改良し, 固化することにより, 一部の土の強度を増加させ, 主働土圧の低減を図る.
静的安定性照査項目 に対する有効性 (※フリーアースサポート法)	矢板の根入れ ○ 矢板の応力 ○ タイ材の応力 ○
	基礎地盤の円弧すべり × 控え工の応力 ○

改良設計事例から得られた課題 (※改良設計事例に記載のあった内容を抽出しており, 当該工法全てに共通する課題ではない)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>改良範囲が広範囲となる傾向にあり, 背後の建築物等に影響を及ぼす可能性がある.</li> <li>溶出した場合にアルカリ性を示す場合がある.</li> </ul>	
※ここで示す課題については同じ安定性向上メカニズムに分類される工法についても相互に参照すべきである.	

構造系の複合状態, 構造ユニットの複合状態, 構造ユニットの配置に着目し, 一般化した課題	
構造系の複合状態	○ 構造形式の複合した構造系の挙動に関する課題
	○ 剛構造, 柔構造の複合した構造系の挙動に関する課題
	○ 新旧構造の複合した構造系の挙動に関する課題
構造ユニットの複合状態	○ 構造部材の複合した構造ユニットの挙動に関する課題
構造ユニットの配置	○ 構造ユニットの並列配置に関する課題
	○ 構造ユニットの直列配置に関する課題
	○ 構造ユニットの近接配置に関する課題
	○ 残置物の影響に関する課題
特記事項	<ul style="list-style-type: none"> <li>固化した地盤とタイ材の付着により, 結合するような場合には, 構造部材の複合した構造ユニットの挙動に関する課題が発生する可能性がある.</li> </ul>

付表-2.5 S-5 工法

改良設計事例, 既往文献による改良工法の抽出						
既設構造形式	矢板式係船岸					
改良工法	S-5					
工法概要	既設矢板背面に棚式構造物を設置する.					
概念図						
収集事例中の採用件数	0件					
安定性向上メカニズム	主働土圧低減					
	棚式構造が上部工を支持しているため, 上部工厚分の主働土圧を低減でき, エプロン上に作用する上載荷重を棚式構造物が負担することで, 前面矢板に作用する主働土圧の低減を図る.					
静的安定性照査項目 に対する有効性 (※フリーアースサポート法)	矢板の根入れ	○	矢板の応力	○	タイ材の応力	○
	基礎地盤の円弧すべり	×	控え工の応力	○		

改良設計事例から得られた課題 (※改良設計事例に記載のあった内容を抽出しており, 当該工法全てに共通する課題ではない)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>施設規模が大きくなる傾向にあり, 背後の構造物に影響を及ぼす可能性がある.</li> <li>クレーン基礎等がある場合, 上部工の一体化が困難.</li> </ul>	
※ここで示す課題については同じ安定性向上メカニズムに分類される工法についても相互に参照すべきである.	

構造系の複合状態, 構造ユニットの複合状態, 構造ユニットの配置に着目し, 一般化した課題	
構造系の複合状態	○ 構造形式の複合した構造系の挙動に関する課題
	剛構造, 柔構造の複合した構造系の挙動に関する課題
構造ユニットの複合状態	○ 新旧構造の複合した構造系の挙動に関する課題
	構造部材の複合した構造ユニットの挙動に関する課題
構造ユニットの配置	構造ユニットの並列配置に関する課題
	構造ユニットの直列配置に関する課題
	○ 構造ユニットの近接配置に関する課題
	残置物の影響に関する課題
特記事項	<ul style="list-style-type: none"> <li>棚式の上部工と矢板上部工やタイ材が一体化する場合には構造部材の複合した構造ユニットの挙動に関する課題が発生する可能性がある.</li> </ul>

付表-2.6 S-6 工法

改良設計事例, 既往文献による改良工法の抽出						
既設構造形式	矢板式係船岸					
改良工法	S-6					
工法概要	矢板背後を固化処理土に置き換えるとともに, 面状補強材(ジオグリッド)を介して一体化させる。					
概念図						
収集事例中の採用件数	0件					
安定性向上メカニズム	主働土圧低減					
	新設する矢板と固化処理土, ジオグリッドを一体化させることにより, 矢板に作用する主働土圧を低減する。また, 固化体が重量物として摩擦抵抗を発揮することにより抵抗力を増加する。					
静的安定性照査項目 に対する有効性 (※フリーアースサポート法)	矢板の根入れ	-	矢板の応力	-	タイ材の応力	-
	基礎地盤の円弧すべり	-	控え工の応力	-		

改良設計事例から得られた課題 (※改良設計事例に記載のあった内容を抽出しており, 当該工法全てに共通する課題ではない)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 法線の前出しが必要。</li> <li>・ 大規模な掘削が必要となるため, 背後の構造物に影響を及ぼす可能性がある。</li> </ul>	
※ここで示す課題については同じ安定性向上メカニズムに分類される工法についても相互に参照すべきである。	

構造系の複合状態, 構造ユニットの複合状態, 構造ユニットの配置に着目し, 一般化した課題	
構造系の複合状態	構造形式の複合した構造系の挙動に関する課題
	剛構造, 柔構造の複合した構造系の挙動に関する課題
	新旧構造の複合した構造系の挙動に関する課題
構造ユニットの複合状態	構造部材の複合した構造ユニットの挙動に関する課題
構造ユニットの配置	構造ユニットの並列配置に関する課題
	構造ユニットの直列配置に関する課題
	構造ユニットの近接配置に関する課題
	○ 残置物の影響に関する課題
特記事項	・ 既存矢板を用いる場合には, 構造部材の複合した構造ユニットの挙動に関する課題が発生する可能性がある。

付表-2.7 S-7 工法

改良設計事例, 既往文献による改良工法の抽出						
既設構造形式	矢板式係留岸					
改良工法	S-7					
工法概要	矢板前面部の基礎地盤を改良する。					
概念図						
収集事例中の採用件数	2件					
安定性向上メカニズム	受働土圧の増強					
	矢板前面の地盤改良を行うことにより, 地盤の抵抗力が増加し, 受働土圧が増加する。					
静的安定性照査項目 に対する有効性 (※フリーアースサポート法)	矢板の根入れ	○	矢板の応力	○	タイ材の応力	○
	基礎地盤の円弧すべり	×	控え工の応力	○		

改良設計事例から得られた課題 (※改良設計事例に記載のあった内容を抽出しており, 当該工法全てに共通する課題ではない)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 地盤改良船が長期に渡り海域を占有する。</li> <li>・ 溶出した場合にアルカリ性を示す場合がある。</li> </ul>	
※ここで示す課題については同じ安定性向上メカニズムに分類される工法についても相互に参照すべきである。	

構造系の複合状態, 構造ユニットの複合状態, 構造ユニットの配置に着目し, 一般化した課題	
構造系の複合状態	○ 構造形式の複合した構造系の挙動に関する課題
	○ 剛構造, 柔構造の複合した構造系の挙動に関する課題
	○ 新旧構造の複合した構造系の挙動に関する課題
構造ユニットの複合状態	○ 構造部材の複合した構造ユニットの挙動に関する課題
構造ユニットの配置	○ 構造ユニットの並列配置に関する課題
	○ 構造ユニットの直列配置に関する課題
	○ 構造ユニットの近接配置に関する課題
	○ 残置物の影響に関する課題
特記事項	

付表-2.8 S-8 工法

改良設計事例, 既往文献による改良工法の抽出						
既設構造形式	矢板式係船岸					
改良工法	S-8					
工法概要	海底地盤と既設タイ材の間に支点を設置し, 岩盤で固定したグラウンドアンカーと接続する.					
概念図						
収集事例中の採用件数	0件					
安定性向上メカニズム	矢板支持による発生断面力の低減					
	既設タイ材取付点と地盤面の間に新たに支承を設けることで, 矢板に発生する断面力が低減される.					
静的安定性照査項目 に対する有効性 (※フリーアースサポート法)	矢板の根入れ	○	矢板の応力	○	タイ材の応力	○
	基礎地盤の円弧すべり	×	控え工の応力	○		

改良設計事例から得られた課題 (※改良設計事例に記載のあった内容を抽出しており, 当該工法全てに共通する課題ではない)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ アンカー設置時に仮設栈橋が必要な場合がある.</li> <li>・ 支持層が深い位置にある場合, アンカー延長が非常に長くなり, 施工性, 経済性に影響を及ぼす.</li> </ul>	
※ここで示す課題については同じ安定性向上メカニズムに分類される工法についても相互に参照すべきである.	

構造系の複合状態, 構造ユニットの複合状態, 構造ユニットの配置に着目し, 一般化した課題	
構造系の複合状態	構造形式の複合した構造系の挙動に関する課題
	剛構造, 柔構造の複合した構造系の挙動に関する課題
	○ 新旧構造の複合した構造系の挙動に関する課題
構造ユニットの複合状態	構造部材の複合した構造ユニットの挙動に関する課題
構造ユニットの配置	○ 構造ユニットの並列配置に関する課題
	構造ユニットの直列配置に関する課題
	構造ユニットの近接配置に関する課題
	残置物の影響に関する課題
特記事項	・ グラウンドアンカーを矢板を頭部に設置する場合にも, 法線方向の並列配置に関する課題が発生する可能性がある.

付表-2.9 S-9 工法

改良設計事例，既往文献による改良工法の抽出						
既設構造形式	矢板式係船岸					
改良工法	S-9					
工法概要	海底地盤と既設タイ材の間に新設タイ材を設置し，既存控え工の背後に新設する控え工と接続する。					
概念図						
収集事例中の採用件数	1件					
安定性向上メカニズム	矢板支持による発生断面力の低減					
	既設タイ材取付点と地盤面の間に新たに支承を設けることで，矢板に発生する断面力が低減する。					
静的安定性照査項目 に対する有効性 (※フリーアースサポート法)	矢板の根入れ	○	矢板の応力	○	タイ材の応力	○
	基礎地盤の円弧すべり	×	控え工の応力	○		

改良設計事例から得られた課題 (※改良設計事例に記載のあった内容を抽出しており，当該工法全てに共通する課題ではない)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 控え工を設置する場合に背後の構造物等に影響する可能性がある。</li> <li>・ 裏込石の撤去が必要となる。</li> </ul>	
※ここで示す課題については同じ安定性向上メカニズムに分類される工法についても相互に参照すべきである。	

構造系の複合状態，構造ユニットの複合状態，構造ユニットの配置に着目し，一般化した課題	
構造系の複合状態	構造形式の複合した構造系の挙動に関する課題
	剛構造，柔構造の複合した構造系の挙動に関する課題
	○ 新旧構造の複合した構造系の挙動に関する課題
構造ユニットの複合状態	構造部材の複合した構造ユニットの挙動に関する課題
構造ユニットの配置	○ 構造ユニットの並列配置に関する課題
	構造ユニットの直列配置に関する課題
	○ 構造ユニットの近接配置に関する課題
	残置物の影響に関する課題
特記事項	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 既存構造物と増設する控え工の構造が組杭，直杭で異なる場合は，剛構造，柔構造の複合した構造系の挙動に関する課題が発生する可能性がある。</li> </ul>

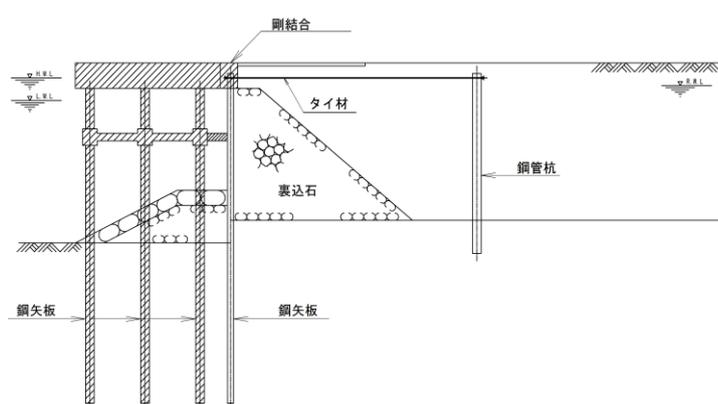
付表-2.10 S-10 工法

改良設計事例, 既往文献による改良工法の抽出						
既設構造形式	矢板式係船岸					
改良工法	S-10					
工法概要	海底地盤と既設タイ材の中間に支点(腹起し), 矢板前面にジャケット式構造物を設置し, 腹起しとジャケット式構造物を接続する.					
概念図						
収集事例中の採用件数	0件					
安定性向上メカニズム	矢板支持による発生断面力の低減					
	既設タイ材取付点と地盤面の間に新たに支承を設けることで, 矢板に発生する断面力が低減する.					
静的安定性照査項目 に対する有効性 (※フリーアースサポート法)	矢板の根入れ	○	矢板の応力	○	タイ材の応力	○
	基礎地盤の円弧すべり	×	控え工の応力	○		

改良設計事例から得られた課題 (※改良設計事例に記載のあった内容を抽出しており, 当該工法全てに共通する課題ではない)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>高い精度の施工が必要である.</li> </ul>	
※ここで示す課題については同じ安定性向上メカニズムに分類される工法についても相互に参照すべきである.	

構造系の複合状態, 構造ユニットの複合状態, 構造ユニットの配置に着目し, 一般化した課題	
構造系の複合状態	○ 構造形式の複合した構造系の挙動に関する課題
	○ 剛構造, 柔構造の複合した構造系の挙動に関する課題
	○ 新旧構造の複合した構造系の挙動に関する課題
構造ユニットの複合状態	構造部材の複合した構造ユニットの挙動に関する課題
構造ユニットの配置	構造ユニットの並列配置に関する課題
	構造ユニットの直列配置に関する課題
	○ 構造ユニットの近接配置に関する課題
	残置物の影響に関する課題
特記事項	<ul style="list-style-type: none"> <li>栈橋と矢板の上部工, または栈橋の支承部を剛結させる場合は, 構造部材の複合した構造ユニットの挙動に関する課題が発生する可能性がある.</li> </ul>

付表-2.11 S-11 工法

改良設計事例, 既往文献による改良工法の抽出						
既設構造形式	矢板式係船岸					
改良工法	S-11					
工法概要	海底地盤と既設タイ材の中間に支点(腹起し)矢板前面の栈橋に水平部材を設置し, 腹起しと栈橋を接続する。					
概念図						
収集事例中の採用件数	1件					
安定性向上メカニズム	矢板支持による発生断面力の低減					
	既設タイ材取付点と地盤面の間に新たに支承を設けることで, 矢板に発生する断面力が低減する。					
静的安定性照査項目 に対する有効性 (※フリーアースサポート法)	矢板の根入れ	○	矢板の応力	○	タイ材の応力	○
	基礎地盤の円弧すべり	×	控え工の応力	○		

改良設計事例から得られた課題 (※改良設計事例に記載のあった内容を抽出しており, 当該工法全てに共通する課題ではない)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>法線の大幅な前出しが必要。</li> </ul>	
※ここで示す課題については同じ安定性向上メカニズムに分類される工法についても相互に参照すべきである。	

構造系の複合状態, 構造ユニットの複合状態, 構造ユニットの配置に着目し, 一般化した課題	
構造系の複合状態	○ 構造形式の複合した構造系の挙動に関する課題
	剛構造, 柔構造の複合した構造系の挙動に関する課題
構造ユニットの複合状態	○ 新旧構造の複合した構造系の挙動に関する課題
	○ 構造部材の複合した構造ユニットの挙動に関する課題
構造ユニットの配置	構造ユニットの並列配置に関する課題
	構造ユニットの直列配置に関する課題
	構造ユニットの近接配置に関する課題
	残置物の影響に関する課題
特記事項	<ul style="list-style-type: none"> <li>上部工を剛結させない場合は構造ユニットの分類が, 栈橋と控え杭式矢板に分かれ, 構造形式の複合した構造系の挙動に関する課題, 剛構造, 柔構造の複合した構造系の挙動に関する課題, 新旧構造の複合した構造系の挙動に関する課題が発生する可能性がある。</li> </ul>

付表-2.12 S-12 工法

改良設計事例, 既往文献による改良工法の抽出						
既設構造形式	矢板式係船岸					
改良工法	S-12					
工法概要	既設矢板前面にL型ブロック(基礎杭付き)を設置する。					
概念図						
収集事例中の採用件数	0件					
安定性向上メカニズム	矢板支持による発生断面力の低減					
	地震時に発生する矢板に発生する断面力をL型構造物が負担することで, 矢板に作用する発生断面力を低減する。					
静的安定性照査項目 に対する有効性 (※フリーアースサポート法)	矢板の根入れ	○	矢板の応力	○	タイ材の応力	○
	基礎地盤の円弧すべり	×	控え工の応力	○		

改良設計事例から得られた課題 (※改良設計事例に記載のあった内容を抽出しており, 当該工法全てに共通する課題ではない)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ L型擁壁設置時にまず, 前面を掘削する必要がある, 安定性を確保するための仮設工が必要となる場合がある。</li> </ul>	
※ここで示す課題については同じ安定性向上メカニズムに分類される工法についても相互に参照すべきである。	

構造系の複合状態, 構造ユニットの複合状態, 構造ユニットの配置に着目し, 一般化した課題	
構造系の複合状態	○ 構造形式の複合した構造系の挙動に関する課題
	○ 剛構造, 柔構造の複合した構造系の挙動に関する課題
	○ 新旧構造の複合した構造系の挙動に関する課題
構造ユニットの複合状態	構造部材の複合した構造ユニットの挙動に関する課題
構造ユニットの配置	構造ユニットの並列配置に関する課題
	構造ユニットの直列配置に関する課題
	○ 構造ユニットの近接配置に関する課題
	残置物の影響に関する課題
特記事項	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ L型擁壁と矢板を剛結する場合は構造部材の複合した構造ユニットの挙動に関する課題が発生する可能性がある。</li> </ul>

付表-2.13 S-13 工法

改良設計事例, 既往文献による改良工法の抽出						
既設構造形式	矢板式係船岸					
改良工法	S-13					
工法概要	既設控え工の背後に控え工を増設し, 既存の控え工とタイ材で接続する。					
概念図						
収集事例中の採用件数	0件					
安定性向上メカニズム	矢板支持による発生断面力の低減					
	既設の控え工と新設した控え工の合力により, 控え工の反力を分担する。					
静的安定性照査項目 に対する有効性 (※フリーアースサポート法)	矢板の根入れ	×	矢板の応力	×	タイ材の応力	○
	基礎地盤の円弧すべり	×	控え工の応力	○		

改良設計事例から得られた課題 (※改良設計事例に記載のあった内容を抽出しており, 当該工法全てに共通する課題ではない)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 控え工を新たに設置するため, 背後の構造物に影響を与える可能性がある。</li> </ul>	
※ここで示す課題については同じ安定性向上メカニズムに分類される工法についても相互に参照すべきである。	

構造系の複合状態, 構造ユニットの複合状態, 構造ユニットの配置に着目し, 一般化した課題	
構造系の複合状態	構造形式の複合した構造系の挙動に関する課題
	剛構造, 柔構造の複合した構造系の挙動に関する課題
	○ 新旧構造の複合した構造系の挙動に関する課題
構造ユニットの複合状態	構造部材の複合した構造ユニットの挙動に関する課題
構造ユニットの配置	構造ユニットの並列配置に関する課題
	○ 構造ユニットの直列配置に関する課題
	構造ユニットの近接配置に関する課題
	残置物の影響に関する課題
特記事項	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 増設する控え工と既存の控え工の構造が異なる(直杭, 組杭など)場合, 剛構造, 柔構造の複合した構造系の挙動に関する課題が発生する可能性がある。</li> </ul>

付表-2.14 S-14 工法

改良設計事例, 既往文献による改良工法の抽出						
既設構造形式	矢板式係船岸					
改良工法	S-14					
工法概要	既設矢板をコンクリート, 鋼板, H鋼(鋼管矢板の場合)等で補強する.					
概念図						
収集事例中の採用件数	2件					
安定性向上メカニズム	矢板補強による耐力の増加					
	矢板の補強により, 矢板の断面性能が向上し, 矢板の発生断面力の低減を図る.					
静的安定性照査項目 に対する有効性 (※フリーアースサポート法)	矢板の根入れ	×	矢板の応力	○	タイ材の応力	×
	基礎地盤の円弧すべり	×	控え工の応力	×		

改良設計事例から得られた課題 (※改良設計事例に記載のあった内容を抽出しており, 当該工法全てに共通する課題ではない)	
※ここで示す課題については同じ安定性向上メカニズムに分類される工法についても相互に参照すべきである.	

構造系の複合状態, 構造ユニットの複合状態, 構造ユニットの配置に着目し, 一般化した課題	
構造系の複合状態	構造形式の複合した構造系の挙動に関する課題
	剛構造, 柔構造の複合した構造系の挙動に関する課題
	新旧構造の複合した構造系の挙動に関する課題
構造ユニットの複合状態	○ 構造部材の複合した構造ユニットの挙動に関する課題
構造ユニットの配置	構造ユニットの並列配置に関する課題
	構造ユニットの直列配置に関する課題
	構造ユニットの近接配置に関する課題
	残置物の影響に関する課題
特記事項	

付表-2.15 S-15 工法

改良設計事例, 既往文献による改良工法の抽出						
既設構造形式	矢板式係船岸					
改良工法	S-15					
工法概要	既設矢板の直背面に矢板を設置し, 既設矢板と上部工で一体化する。					
概念図						
収集事例中の採用件数	0件					
安定性向上メカニズム	矢板補強による耐力の増加					
	矢板の補強により, 矢板の断面性能が向上し, 矢板の発生断面力の低減を図る。					
静的安定性照査項目 に対する有効性 (※フリーアースサポート法)	矢板の根入れ	×	矢板の応力	○	タイ材の応力	×
	基礎地盤の円弧すべり	×	控え工の応力	×		

改良設計事例から得られた課題 (※改良設計事例に記載のあった内容を抽出しており, 当該工法全てに共通する課題ではない)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>既設のタイ材が存在する場合, タイ材の取り外し, 前面矢板の仮設補強など施工性に問題がある。</li> </ul>	
※ここで示す課題については同じ安定性向上メカニズムに分類される工法についても相互に参照すべきである。	

構造系の複合状態, 構造ユニットの複合状態, 構造ユニットの配置に着目し, 一般化した課題	
構造系の複合状態	構造形式の複合した構造系の挙動に関する課題
	剛構造, 柔構造の複合した構造系の挙動に関する課題
	新旧構造の複合した構造系の挙動に関する課題
構造ユニットの複合状態	○ 構造部材の複合した構造ユニットの挙動に関する課題
構造ユニットの配置	構造ユニットの並列配置に関する課題
	構造ユニットの直列配置に関する課題
	構造ユニットの近接配置に関する課題
	残置物の影響に関する課題
特記事項	

付表-2.16 S-16 工法

改良設計事例, 既往文献による改良工法の抽出						
既設構造形式	矢板式係船岸					
改良工法	S-16					
工法概要	既設矢板の直前面に矢板を設置し, 既設矢板と上部工で一体化する。					
概念図						
収集事例中の採用件数	0件					
安定性向上メカニズム	矢板補強による耐力の増加					
	矢板の補強により, 矢板の断面性能が向上し, 矢板の発生断面力の低減を図る。					
静的安定性照査項目 に対する有効性 (※フリーアースサポート法)	矢板の根入れ	×	矢板の応力	○	タイ材の応力	×
	基礎地盤の円弧すべり	×	控え工の応力	×		

改良設計事例から得られた課題 (※改良設計事例に記載のあった内容を抽出しており, 当該工法全てに共通する課題ではない)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 法線の前出しが必要.</li> <li>・ 矢板間の中詰材の投入締固めが困難である.</li> </ul>	
※ここで示す課題については同じ安定性向上メカニズムに分類される工法についても相互に参照すべきである.	

構造系の複合状態, 構造ユニットの複合状態, 構造ユニットの配置に着目し, 一般化した課題	
構造系の複合状態	構造形式の複合した構造系の挙動に関する課題
	剛構造, 柔構造の複合した構造系の挙動に関する課題
	新旧構造の複合した構造系の挙動に関する課題
構造ユニットの複合状態	○ 構造部材の複合した構造ユニットの挙動に関する課題
構造ユニットの配置	構造ユニットの並列配置に関する課題
	構造ユニットの直列配置に関する課題
	構造ユニットの近接配置に関する課題
	残置物の影響に関する課題
特記事項	

付表-2.17 S-17 工法

改良設計事例, 既往文献による改良工法の抽出						
既設構造形式	矢板式係船岸					
改良工法	S-17					
工法概要	既設矢板前面に矢板を設置し, 既設矢板を控え矢板とした控え矢板構造に変更する。					
概念図						
収集事例中の採用件数	0件					
安定性向上メカニズム	矢板補強による耐力の増加					
	既設の矢板を二重矢板に変更することで, 断面性能を強化する。					
静的安定性照査項目 に対する有効性 (※フリーアースサポート法)	矢板の根入れ	-	矢板の応力	-	タイ材の応力	-
	基礎地盤の円弧すべり	-	控え工の応力	-		

改良設計事例から得られた課題 (※改良設計事例に記載のあった内容を抽出しており, 当該工法全てに共通する課題ではない)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 法線を大きく前に出す必要がある。</li> <li>・ 埋立を伴う。</li> </ul>	
※ここで示す課題については同じ安定性向上メカニズムに分類される工法についても相互に参照すべきである。	

構造系の複合状態, 構造ユニットの複合状態, 構造ユニットの配置に着目し, 一般化した課題	
構造系の複合状態	構造形式の複合した構造系の挙動に関する課題
	剛構造, 柔構造の複合した構造系の挙動に関する課題
構造ユニットの複合状態	○ 新旧構造の複合した構造系の挙動に関する課題
	○ 構造部材の複合した構造ユニットの挙動に関する課題
構造ユニットの配置	構造ユニットの並列配置に関する課題
	○ 構造ユニットの直列配置に関する課題
	構造ユニットの近接配置に関する課題
	残置物の影響に関する課題
特記事項	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 二重矢板の中詰材を固化改良する場合は, 剛構造, 柔構造の複合した構造系の挙動に関する課題が発生する可能性がある。</li> </ul>

付表-2.18 S-18 工法

改良設計事例, 既往文献による改良工法の抽出						
既設構造形式	矢板式係船岸					
改良工法	S-18					
工法概要	既設矢板前面に新規矢板を設置する。					
概念図						
収集事例中の採用件数	12件					
安定性向上メカニズム	新設構造物による荷重の負担					
	新しく設置した矢板が既設矢板に発生する主働土圧を全て受け持ち, 既設の矢板は抵抗部材として考慮されない。					
静的安定性照査項目 に対する有効性 (※フリーアースサポート法)	矢板の根入れ	-	矢板の応力	-	タイ材の応力	-
	基礎地盤の円弧すべり	-	控え工の応力	-		

改良設計事例から得られた課題 (※改良設計事例に記載のあった内容を抽出しており, 当該工法全てに共通する課題ではない)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 法線の前出しが必要。</li> <li>・ 控え工についても新設を行う場合は既設の矢板が支障となるため, 一部撤去を行う必要がある場合がある。</li> </ul>	
※ここで示す課題については同じ安定性向上メカニズムに分類される工法についても相互に参照すべきである。	

構造系の複合状態, 構造ユニットの複合状態, 構造ユニットの配置に着目し, 一般化した課題	
構造系の複合状態	構造形式の複合した構造系の挙動に関する課題
	剛構造, 柔構造の複合した構造系の挙動に関する課題
	新旧構造の複合した構造系の挙動に関する課題
構造ユニットの複合状態	構造部材の複合した構造ユニットの挙動に関する課題
構造ユニットの配置	構造ユニットの並列配置に関する課題
	構造ユニットの直列配置に関する課題
	構造ユニットの近接配置に関する課題
	○ 残置物の影響に関する課題
特記事項	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 既存構造物の抵抗力を期待する場合は, 新旧形式の複合した構造系の挙動に関する課題, 構造ユニットの近接配置に関する課題などが発生する可能性がある。</li> </ul>

付表-2.19 S-19 工法

改良設計事例, 既往文献による改良工法の抽出						
既設構造形式	矢板式係船岸					
改良工法	S-19					
工法概要	既設矢板背後に新規矢板を設置する。					
概念図						
収集事例中の採用件数	1件					
安定性向上メカニズム	新設構造物による荷重の負担					
	新しく設置した矢板が既設矢板に発生する主動土圧を全て受け持ち, 既設の矢板は抵抗部材として考慮されない。					
静的安定性照査項目 に対する有効性 (※フリーアースサポート法)	矢板の根入れ	-	矢板の応力	-	タイ材の応力	-
	基礎地盤の円弧すべり	-	控え工の応力	-		

改良設計事例から得られた課題 (※改良設計事例に記載のあった内容を抽出しており, 当該工法全てに共通する課題ではない)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ タイ材を一時撤去する必要があるため, 既設前面矢板の安定性確保のための仮設や背後地盤の掘削が必要。</li> </ul>	
※ここで示す課題については同じ安定性向上メカニズムに分類される工法についても相互に参照すべきである。	

構造系の複合状態, 構造ユニットの複合状態, 構造ユニットの配置に着目し, 一般化した課題	
構造系の複合状態	構造形式の複合した構造系の挙動に関する課題
	剛構造, 柔構造の複合した構造系の挙動に関する課題
	新旧構造の複合した構造系の挙動に関する課題
構造ユニットの複合状態	構造部材の複合した構造ユニットの挙動に関する課題
構造ユニットの配置	構造ユニットの並列配置に関する課題
	構造ユニットの直列配置に関する課題
	構造ユニットの近接配置に関する課題
	○ 残置物の影響に関する課題
特記事項	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 既存構造物の抵抗力を期待する場合は, 新旧形式の複合した構造系の挙動に関する課題, 構造ユニットの近接配置に関する課題などが発生する可能性がある。</li> </ul>

付表-2.20 S-20 工法

改良設計事例, 既往文献による改良工法の抽出						
既設構造形式	矢板式係船岸					
改良工法	S-20					
工法概要	既設矢板前面に重力式構造物を新設する。					
概念図						
収集事例中の採用件数	7件					
安定性向上メカニズム	新設構造物による荷重の負担					
	新設した重力式ケーソンが既設矢板に発生する主働土圧を全て受け持ち, 既設の矢板は抵抗部材として考慮されない。					
静的安定性照査項目 に対する有効性 (※フリーアースサポート法)	矢板の根入れ	-	矢板の応力	-	タイ材の応力	-
	基礎地盤の円弧すべり	-	控え工の応力	-		

改良設計事例から得られた課題 (※改良設計事例に記載のあった内容を抽出しており, 当該工法全てに共通する課題ではない)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>大幅な法線の前出しが必要。</li> </ul>	
※ここで示す課題については同じ安定性向上メカニズムに分類される工法についても相互に参照すべきである。	

構造系の複合状態, 構造ユニットの複合状態, 構造ユニットの配置に着目し, 一般化した課題	
構造系の複合状態	構造形式の複合した構造系の挙動に関する課題
	剛構造, 柔構造の複合した構造系の挙動に関する課題
	新旧構造の複合した構造系の挙動に関する課題
構造ユニットの複合状態	構造部材の複合した構造ユニットの挙動に関する課題
構造ユニットの配置	構造ユニットの並列配置に関する課題
	構造ユニットの直列配置に関する課題
	構造ユニットの近接配置に関する課題
	○ 残置物の影響に関する課題
特記事項	<ul style="list-style-type: none"> <li>既存構造物の抵抗力を期待する場合は, 構造形式の複合した構造系の挙動に関する課題, 剛構造, 柔構造の複合した構造系の挙動に関する課題, 構造ユニットの近接配置に関する課題などが発生する可能性がある。</li> </ul>

付表-2.21 S-21 工法

改良設計事例，既往文献による改良工法の抽出						
既設構造形式	矢板式係船岸					
改良工法	S-21					
工法概要	既設矢板背後を地盤改良により固化し，重力式構造物として機能する。					
概念図						
収集事例中の採用件数	1件					
安定性向上メカニズム	新設構造物による荷重の負担					
	矢板背後で固化した改良体が既設矢板に発生する主働土圧を全て受け持ち，既設の矢板は抵抗部材として考慮されない。					
静的安定性照査項目 に対する有効性 (※フリーアースサポート法)	矢板の根入れ	-	矢板の応力	-	タイ材の応力	-
	基礎地盤の円弧すべり	-	控え工の応力	-		

改良設計事例から得られた課題 (※改良設計事例に記載のあった内容を抽出しており，当該工法全てに共通する課題ではない)	
※ここで示す課題については同じ安定性向上メカニズムに分類される工法についても相互に参照すべきである。	

構造系の複合状態，構造ユニットの複合状態，構造ユニットの配置に着目し，一般化した課題	
構造系の複合状態	構造形式の複合した構造系の挙動に関する課題
	剛構造，柔構造の複合した構造系の挙動に関する課題
	新旧構造の複合した構造系の挙動に関する課題
構造ユニットの複合状態	構造部材の複合した構造ユニットの挙動に関する課題
構造ユニットの配置	構造ユニットの並列配置に関する課題
	構造ユニットの直列配置に関する課題
	構造ユニットの近接配置に関する課題
	○ 残置物の影響に関する課題
特記事項	・ 既存構造物の抵抗力を期待する場合は，構造形式の複合した構造系の挙動に関する課題，剛構造，柔構造の複合した構造系の挙動に関する課題，構造ユニットの近接配置に関する課題などが発生する可能性がある。

付表-2.22 S-22 工法

改良設計事例, 既往文献による改良工法の抽出						
既設構造形式	矢板式係船岸					
改良工法	S-22					
工法概要	既設矢板背後に根入鋼矢板セルを設ける。					
概念図						
収集事例中の採用件数	1件					
安定性向上メカニズム	新設構造物による荷重の負担					
	矢板背後のセル式構造が既設矢板に発生する主働土圧を全て受け持ち, 既設の矢板は抵抗部材として考慮されない。					
静的安定性照査項目 に対する有効性 (※フリーアースサポート法)	矢板の根入れ	-	矢板の応力	-	タイ材の応力	-
	基礎地盤の円弧すべり	-	控え工の応力	-		

改良設計事例から得られた課題 (※改良設計事例に記載のあった内容を抽出しており, 当該工法全てに共通する課題ではない)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>全て埋殺しになるため, 新設するセルの維持管理や点検が不可能。</li> </ul>	
※ここで示す課題については同じ安定性向上メカニズムに分類される工法についても相互に参照すべきである。	

構造系の複合状態, 構造ユニットの複合状態, 構造ユニットの配置に着目し, 一般化した課題	
構造系の複合状態	構造形式の複合した構造系の挙動に関する課題
	剛構造, 柔構造の複合した構造系の挙動に関する課題
	新旧構造の複合した構造系の挙動に関する課題
構造ユニットの複合状態	構造部材の複合した構造ユニットの挙動に関する課題
構造ユニットの配置	構造ユニットの並列配置に関する課題
	構造ユニットの直列配置に関する課題
	構造ユニットの近接配置に関する課題
	○ 残置物の影響に関する課題
特記事項	<ul style="list-style-type: none"> <li>既存構造物の抵抗力を期待する場合は, 構造形式の複合した構造系の挙動に関する課題, 剛構造, 柔構造の複合した構造系の挙動に関する課題, 構造ユニットの近接配置に関する課題などが発生する可能性がある。</li> </ul>

付表-2.23 S-23 工法

改良設計事例, 既往文献による改良工法の抽出						
既設構造形式	矢板式係船岸					
改良工法	S-23					
工法概要	既設矢板背後に鋼管矢板井筒構造を設ける(又は既設を含み, 補強する.)					
概念図						
収集事例中の採用件数	1件					
安定性向上メカニズム	新設構造物による荷重の負担					
	矢板背後の鋼管矢板井筒式構造が既設矢板に発生する主動土圧を全て受け持ち, 既設の矢板は抵抗部材として考慮されない。					
静的安定性照査項目 に対する有効性 (※フリーアースサポート法)	矢板の根入れ	-	矢板の応力	-	タイ材の応力	-
	基礎地盤の円弧すべり	-	控え工の応力	-		

改良設計事例から得られた課題 (※改良設計事例に記載のあった内容を抽出しており, 当該工法全てに共通する課題ではない)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>全て埋殺しになるため, 新設する井筒構造の点検が不可能。</li> </ul>	
※ここで示す課題については同じ安定性向上メカニズムに分類される工法についても相互に参照すべきである。	

構造系の複合状態, 構造ユニットの複合状態, 構造ユニットの配置に着目し, 一般化した課題	
構造系の複合状態	構造形式の複合した構造系の挙動に関する課題
	剛構造, 柔構造の複合した構造系の挙動に関する課題
	新旧構造の複合した構造系の挙動に関する課題
構造ユニットの複合状態	構造部材の複合した構造ユニットの挙動に関する課題
構造ユニットの配置	構造ユニットの並列配置に関する課題
	構造ユニットの直列配置に関する課題
	構造ユニットの近接配置に関する課題
	○ 残置物の影響に関する課題
特記事項	<ul style="list-style-type: none"> <li>既存構造物の抵抗力を期待する場合は, 構造形式の複合した構造系の挙動に関する課題, 剛構造, 柔構造の複合した構造系の挙動に関する課題, 構造ユニットの近接配置に関する課題などが発生する可能性がある。</li> </ul>

付表-2.24 S-24 工法

改良設計事例, 既往文献による改良工法の抽出						
既設構造形式	矢板式係船岸					
改良工法	S-24					
工法概要	既設矢板を一体化させた棧橋構造を既設矢板背後に新設する。					
概念図						
収集事例中の採用件数	0件					
安定性向上メカニズム	新設構造物による荷重の負担					
	既設の矢板と棧橋を一体化することにより, 主働土圧は一体化した構造で抵抗する。矢板背後の掘削を行うため, 既設矢板に作用する主働土圧は低減される。					
静的安定性照査項目 に対する有効性 (※フリーアースサポート法)	矢板の根入れ	-	矢板の応力	-	タイ材の応力	-
	基礎地盤の円弧すべり	-	控え工の応力	-		

改良設計事例から得られた課題 (※改良設計事例に記載のあった内容を抽出しており, 当該工法全てに共通する課題ではない)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 棧橋下が閉じられた空間となるため, 棧橋杭の点検が困難になる。</li> </ul>	
※ここで示す課題については同じ安定性向上メカニズムに分類される工法についても相互に参照すべきである。	

構造系の複合状態, 構造ユニットの複合状態, 構造ユニットの配置に着目し, 一般化した課題	
構造系の複合状態	○ 構造形式の複合した構造系の挙動に関する課題
	剛構造, 柔構造の複合した構造系の挙動に関する課題
	新旧構造の複合した構造系の挙動に関する課題
構造ユニットの複合状態	○ 構造部材の複合した構造ユニットの挙動に関する課題
構造ユニットの配置	構造ユニットの並列配置に関する課題
	構造ユニットの直列配置に関する課題
	構造ユニットの近接配置に関する課題
	残置物の影響に関する課題
特記事項	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 既存構造物の抵抗力を期待する場合は, 構造形式の複合した構造系の挙動に関する課題, 剛構造, 柔構造の複合した構造系の挙動に関する課題, 構造ユニットの近接配置に関する課題などが発生する可能性がある。</li> </ul>

付表-2.25 S-25 工法

改良設計事例, 既往文献による改良工法の抽出						
既設構造形式	矢板式係船岸					
改良工法	S-25					
工法概要	前面に棧橋(土留め構造なし)を設置し, 矢板前面に捨石を設置する。					
概念図						
収集事例中の採用件数	3件					
安定性向上メカニズム	既存構造物の用途の変更					
	新設した棧橋が接岸力などの荷重に対する抵抗力を受け持つ。 既設の矢板は護岸としての機能に変更され, 前面の基礎マウンドから受動抵抗を受ける。					
静的安定性照査項目 に対する有効性 (※フリーアースサポート法)	矢板の根入れ	-	矢板の応力	-	タイ材の応力	-
	基礎地盤の円弧すべり	-	控え工の応力	-		

改良設計事例から得られた課題 (※改良設計事例に記載のあった内容を抽出しており, 当該工法全てに共通する課題ではない)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>法線を大きく前に出す必要がある。</li> </ul>	
※ここで示す課題については同じ安定性向上メカニズムに分類される工法についても相互に参照すべきである。	

構造系の複合状態, 構造ユニットの複合状態, 構造ユニットの配置に着目し, 一般化した課題	
構造系の複合状態	構造形式の複合した構造系の挙動に関する課題
	剛構造, 柔構造の複合した構造系の挙動に関する課題
	新旧構造の複合した構造系の挙動に関する課題
構造ユニットの複合状態	構造部材の複合した構造ユニットの挙動に関する課題
構造ユニットの配置	構造ユニットの並列配置に関する課題
	構造ユニットの直列配置に関する課題
	○ 構造ユニットの近接配置に関する課題
	残置物の影響に関する課題
特記事項	<ul style="list-style-type: none"> <li>棧橋上部工と矢板上部工を一体化し, 土留め兼用棧橋とする場合は, 構造部材の複合した構造ユニットの挙動に関する課題が発生する可能性がある。</li> </ul>

付表-2.26 S-26 工法

改良設計事例, 既往文献による改良工法の抽出						
既設構造形式	矢板式係船岸					
改良工法	S-26					
工法概要	前面に棧橋(土留め構造あり)を設置し, 既設矢板との間に間詰め石を設置する。					
概念図						
収集事例中の採用件数	0件					
安定性向上メカニズム	既存構造物の用途の変更					
	新設した棧橋が接岸力などの荷重に対する抵抗力を受け持つ。 既設の矢板は護岸としての機能に変更され, 前面の間詰め石から受動抵抗を受ける。					
静的安定性照査項目 に対する有効性 (※フリーアースサポート法)	矢板の根入れ	-	矢板の応力	-	タイ材の応力	-
	基礎地盤の円弧すべり	-	控え工の応力	-		

改良設計事例から得られた課題 (※改良設計事例に記載のあった内容を抽出しており, 当該工法全てに共通する課題ではない)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 法線を大きく前に出す必要がある。</li> </ul>	
※ここで示す課題については同じ安定性向上メカニズムに分類される工法についても相互に参照すべきである。	

構造系の複合状態, 構造ユニットの複合状態, 構造ユニットの配置に着目し, 一般化した課題	
構造系の複合状態	<input type="radio"/> 構造形式の複合した構造系の挙動に関する課題
	<input type="radio"/> 剛構造, 柔構造の複合した構造系の挙動に関する課題
	<input type="radio"/> 新旧構造の複合した構造系の挙動に関する課題
構造ユニットの複合状態	構造部材の複合した構造ユニットの挙動に関する課題
構造ユニットの配置	構造ユニットの並列配置に関する課題
	構造ユニットの直列配置に関する課題
	<input type="radio"/> 構造ユニットの近接配置に関する課題
	残置物の影響に関する課題
特記事項	

付表-3 棧橋改良工法

付表-3.1 P-1 工法

改良設計事例, 既往文献による改良工法の抽出			
既存構造形式	棧橋		
改良工法	P-1		
工法概要	既設棧橋の直背面(土留め構造との間)に杭を増し, 既設棧橋と上部工で一体化する.		
概念図			
収集事例中の採用件数	1件		
安定性向上メカニズム	杭に発生する応力の分散		
	抵抗部材を増やすことにより, 杭に発生する応力の分散を図る.		
静的安定性照査項目に対する有効性	杭の応力	○	杭の根入れ
			○

改良設計事例から得られた課題 (※改良設計事例に記載のあった内容を抽出しており, 当該工法全てに共通する課題ではない)	
※ここで示す課題については同じ安定性向上メカニズムに分類される工法についても相互に参照すべきである.	

構造系の複合状態, 構造ユニットの複合状態, 構造ユニットの配置に着目し, 一般化した課題	
構造系の複合状態	構造形式の複合した構造系の挙動に関する課題
	剛構造, 柔構造の複合した構造系の挙動に関する課題
	新旧構造の複合した構造系の挙動に関する課題
構造ユニットの複合状態	○ 構造部材の複合した構造ユニットの挙動に関する課題
構造ユニットの配置	構造ユニットの並列配置に関する課題
	構造ユニットの直列配置に関する課題
	○ 構造ユニットの近接配置に関する課題
	残置物の影響に関する課題
特記事項	・ 護岸の構造形式が矢板の場合は, 構造形式の複合した構造系の挙動に関する課題, 杭と矢板の近接配置に関する課題が発生する可能性がある.

付表-3.2 P-2 工法

改良設計事例, 既往文献による改良工法の抽出			
既存構造形式	栈橋		
改良工法	P-2		
工法概要	既設杭の中間に新規杭を設置する。(上部工は撤去・新設)		
概念図			
収集事例中の採用件数	0件		
安定性向上メカニズム	杭に発生する応力の分散		
	抵抗部材を増やすことにより, 杭に発生する応力の分散を図る.		
静的安定性照査項目に対する有効性	杭の応力	○	杭の根入れ
			○

改良設計事例から得られた課題 (※改良設計事例に記載のあった内容を抽出しており, 当該工法全てに共通する課題ではない)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>杭やトラスが密になり, 維持管理が行いにくい.</li> </ul>	
※ここで示す課題については同じ安定性向上メカニズムに分類される工法についても相互に参照すべきである.	

構造系の複合状態, 構造ユニットの複合状態, 構造ユニットの配置に着目し, 一般化した課題	
構造系の複合状態	構造形式の複合した構造系の挙動に関する課題
	剛構造, 柔構造の複合した構造系の挙動に関する課題
	新旧構造の複合した構造系の挙動に関する課題
構造ユニットの複合状態	○ 構造部材の複合した構造ユニットの挙動に関する課題
構造ユニットの配置	構造ユニットの並列配置に関する課題
	構造ユニットの直列配置に関する課題
	○ 構造ユニットの近接配置に関する課題
	残置物の影響に関する課題
特記事項	<ul style="list-style-type: none"> <li>護岸の構造形式が矢板の場合は, 構造形式の複合した構造系の挙動に関する課題, 杭と矢板の近接配置に関する課題が発生する可能性がある.</li> </ul>

付表-3.3 P-3 工法

改良設計事例, 既往文献による改良工法の抽出			
既存構造形式	栈橋		
改良工法	P-3		
工法概要	既設栈橋の直前面に杭を増し, 既設栈橋と上部工で一体化する。		
概念図			
収集事例中の採用件数	0件		
安定性向上メカニズム	杭に発生する応力の分散		
	抵抗部材を増やすことにより, 杭に発生する応力の分散を図る。		
静的安定性照査項目に対する有効性	杭の応力	○	杭の根入れ
			○

改良設計事例から得られた課題 (※改良設計事例に記載のあった内容を抽出しており, 当該工法全てに共通する課題ではない)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 法線の前出しが必要。</li> <li>・ 上部工の確実な一体化を行わなければならない。</li> </ul>	
※ここで示す課題については同じ安定性向上メカニズムに分類される工法についても相互に参照すべきである。	

構造系の複合状態, 構造ユニットの複合状態, 構造ユニットの配置に着目し, 一般化した課題	
構造系の複合状態	構造形式の複合した構造系の挙動に関する課題
	剛構造, 柔構造の複合した構造系の挙動に関する課題
	新旧構造の複合した構造系の挙動に関する課題
構造ユニットの複合状態	○ 構造部材の複合した構造ユニットの挙動に関する課題
構造ユニットの配置	構造ユニットの並列配置に関する課題
	構造ユニットの直列配置に関する課題
	○ 構造ユニットの近接配置に関する課題
	残置物の影響に関する課題
特記事項	・ 護岸の構造形式が矢板の場合は, 構造形式の複合した構造系の挙動に関する課題, 杭と矢板の近接配置に関する課題が発生する可能性がある。

付表-3.4 P-4 工法

改良設計事例, 既往文献による改良工法の抽出			
既存構造形式	栈橋		
改良工法	P-4		
工法概要	既設杭をプレス材で連結する.		
概念図			
収集事例中の採用件数	0件		
安定性向上メカニズム	水平剛性向上		
	杭頭よりも下の位置で水平部材による補強を行うことにより, 発生断面力の分布が変化し, 杭頭に発生する断面力が低減する.		
静的安定性照査項目に対する有効性	杭の応力	○	杭の根入れ
			×

改良設計事例から得られた課題 (※改良設計事例に記載のあった内容を抽出しており, 当該工法全てに共通する課題ではない)	
※ここで示す課題については同じ安定性向上メカニズムに分類される工法についても相互に参照すべきである.	

構造系の複合状態, 構造ユニットの複合状態, 構造ユニットの配置に着目し, 一般化した課題	
構造系の複合状態	構造形式の複合した構造系の挙動に関する課題
	剛構造, 柔構造の複合した構造系の挙動に関する課題
	新旧構造の複合した構造系の挙動に関する課題
構造ユニットの複合状態	○ 構造部材の複合した構造ユニットの挙動に関する課題
構造ユニットの配置	構造ユニットの並列配置に関する課題
	構造ユニットの直列配置に関する課題
	構造ユニットの近接配置に関する課題
	残置物の影響に関する課題
特記事項	・ 護岸の構造形式が矢板の場合は, 構造形式の複合した構造系の挙動に関する課題, 剛構造, 柔構造の複合した構造系の挙動に関する課題, 杭と矢板の近接配置に関する課題が発生する可能性がある.

付表-3.5 P-5 工法

改良設計事例, 既往文献による改良工法の抽出			
既存構造形式	栈橋		
改良工法	P-5		
工法概要	既設杭の間にプレス材を設置する.		
概念図			
収集事例中の採用件数	0件		
安定性向上メカニズム	水平剛性向上		
	杭頭よりも下の位置で水平部材による補強を行うことにより, 発生断面力の分布が変化し, 杭頭に発生する断面力が低減する.		
静的安定性照査項目に対する有効性	杭の応力	○	杭の根入れ
			×

改良設計事例から得られた課題 (※改良設計事例に記載のあった内容を抽出しており, 当該工法全てに共通する課題ではない)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 設置位置が低くなると, 捨石等を撤去する必要がある, 合わせて上部工の撤去が必要となる場合がある.</li> </ul>	
※ここで示す課題については同じ安定性向上メカニズムに分類される工法についても相互に参照すべきである.	

構造系の複合状態, 構造ユニットの複合状態, 構造ユニットの配置に着目し, 一般化した課題	
構造系の複合状態	構造形式の複合した構造系の挙動に関する課題
	剛構造, 柔構造の複合した構造系の挙動に関する課題
	新旧構造の複合した構造系の挙動に関する課題
構造ユニットの複合状態	○ 構造部材の複合した構造ユニットの挙動に関する課題
構造ユニットの配置	構造ユニットの並列配置に関する課題
	構造ユニットの直列配置に関する課題
	構造ユニットの近接配置に関する課題
	残置物の影響に関する課題
特記事項	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 護岸の構造形式が矢板の場合は, 構造形式の複合した構造系の挙動に関する課題, 剛構造, 柔構造の複合した構造系の挙動に関する課題, 杭と矢板の近接配置に関する課題が発生する可能性がある.</li> </ul>

付表-3.6 P-6 工法

改良設計事例, 既往文献による改良工法の抽出			
既存構造形式	栈橋		
改良工法	P-6		
工法概要	枠組を行った鋼製の桁を, 基礎杭に被せる。		
概念図			
収集事例中の採用件数	0件		
安定性向上メカニズム	水平剛性向上		
	杭頭よりも下の位置で水平部材による補強を行うことにより, 発生断面力の分布が変化し, 杭頭に発生する断面力が低減する。		
静的安定性照査項目に対する有効性	杭の応力	○	杭の根入れ
			×

改良設計事例から得られた課題 (※改良設計事例に記載のあった内容を抽出しており, 当該工法全てに共通する課題ではない)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>高い精度の施工が求められる。</li> </ul>	
※ここで示す課題については同じ安定性向上メカニズムに分類される工法についても相互に参照すべきである。	

構造系の複合状態, 構造ユニットの複合状態, 構造ユニットの配置に着目し, 一般化した課題	
構造系の複合状態	構造形式の複合した構造系の挙動に関する課題
	剛構造, 柔構造の複合した構造系の挙動に関する課題
	新旧構造の複合した構造系の挙動に関する課題
構造ユニットの複合状態	○ 構造部材の複合した構造ユニットの挙動に関する課題
構造ユニットの配置	構造ユニットの並列配置に関する課題
	構造ユニットの直列配置に関する課題
	構造ユニットの近接配置に関する課題
	残置物の影響に関する課題
特記事項	<ul style="list-style-type: none"> <li>護岸の構造形式が矢板の場合は, 構造形式の複合した構造系の挙動に関する課題, 剛構造, 柔構造の複合した構造系の挙動に関する課題, 杭と矢板の近接配置に関する課題が発生する可能性がある。</li> </ul>

付表-3.7 P-7 工法

改良設計事例, 既往文献による改良工法の抽出			
既存構造形式	棧橋		
改良工法	P-7		
工法概要	既設杭と新設杭を水平材で接続する.		
概念図			
収集事例中の採用件数	0件		
安定性向上メカニズム	水平剛性向上		
	杭頭よりも下の位置で水平部材による補強を行うことにより, 発生断面力の分布が変化し, 杭頭に発生する断面力が低減する.		
静的安定性照査項目に対する有効性	杭の応力	○	杭の根入れ
			×

改良設計事例から得られた課題 (※改良設計事例に記載のあった内容を抽出しており, 当該工法全てに共通する課題ではない)	
※ここで示す課題については同じ安定性向上メカニズムに分類される工法についても相互に参照すべきである.	

構造系の複合状態, 構造ユニットの複合状態, 構造ユニットの配置に着目し, 一般化した課題	
構造系の複合状態	構造形式の複合した構造系の挙動に関する課題
	剛構造, 柔構造の複合した構造系の挙動に関する課題
	新旧構造の複合した構造系の挙動に関する課題
構造ユニットの複合状態	○ 構造部材の複合した構造ユニットの挙動に関する課題
構造ユニットの配置	構造ユニットの並列配置に関する課題
	構造ユニットの直列配置に関する課題
	○ 構造ユニットの近接配置に関する課題
	残置物の影響に関する課題
特記事項	・ 護岸の構造形式が矢板の場合は, 構造形式の複合した構造系の挙動に関する課題, 剛構造, 柔構造の複合した構造系の挙動に関する課題, 杭と矢板の近接配置に関する課題が発生する可能性がある.

付表-3.8 P-8 工法

改良設計事例, 既往文献による改良工法の抽出			
既存構造形式	栈橋		
改良工法	P-8		
工法概要	前面にマウンド土留め矢板を設置し, 捨石マウンドをかさ上げる.		
概念図			
収集事例中の採用件数	1件		
安定性向上メカニズム	支持地盤強度の増加		
	捨石マウンド高を上げることで, 仮想海底面の位置を上げ, 地盤による杭への抵抗力を増加する.		
静的安定性照査項目に対する有効性	杭の応力	○	杭の根入れ
			○

改良設計事例から得られた課題 (※改良設計事例に記載のあった内容を抽出しており, 当該工法全てに共通する課題ではない)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 捨石投入の際には栈橋上部工の撤去が必要となる.</li> <li>・ 土留め矢板は水没しているため, 定期的な点検が困難.</li> </ul>	
※ここで示す課題については同じ安定性向上メカニズムに分類される工法についても相互に参照すべきである.	

構造系の複合状態, 構造ユニットの複合状態, 構造ユニットの配置に着目し, 一般化した課題	
構造系の複合状態	○ 構造形式の複合した構造系の挙動に関する課題
	剛構造, 柔構造の複合した構造系の挙動に関する課題
	新旧構造の複合した構造系の挙動に関する課題
構造ユニットの複合状態	構造部材の複合した構造ユニットの挙動に関する課題
構造ユニットの配置	構造ユニットの並列配置に関する課題
	構造ユニットの直列配置に関する課題
	○ 構造ユニットの近接配置に関する課題
	残置物の影響に関する課題
特記事項	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 護岸の構造形式が矢板の場合は, 護岸と栈橋の構造形式の複合した構造系の挙動に関する課題, 近接配置に関する課題が発生する可能性がある.</li> </ul>

付表-3.9 P-9 工法

改良設計事例, 既往文献による改良工法の抽出			
既存構造形式	栈橋		
改良工法	P-9		
工法概要	支持地盤を地盤改良することにより, 地盤の強度を上げる.		
概念図			
収集事例中の採用件数	3件		
安定性向上メカニズム	支持地盤強度の増加		
	基礎地盤の強度を増強することにより, 地盤による杭への抵抗力を増強する.		
静的安定性照査項目に対する有効性	杭の応力	○	杭の根入れ
			○

改良設計事例から得られた課題 (※改良設計事例に記載のあった内容を抽出しており, 当該工法全てに共通する課題ではない)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 栈橋直下の改良には特殊な施工が必要もしくは上部工の撤去が必要となる.</li> </ul>	
※ここで示す課題については同じ安定性向上メカニズムに分類される工法についても相互に参照すべきである.	

構造系の複合状態, 構造ユニットの複合状態, 構造ユニットの配置に着目し, 一般化した課題	
構造系の複合状態	構造形式の複合した構造系の挙動に関する課題
	剛構造, 柔構造の複合した構造系の挙動に関する課題
	新旧構造の複合した構造系の挙動に関する課題
構造ユニットの複合状態	構造部材の複合した構造ユニットの挙動に関する課題
構造ユニットの配置	構造ユニットの並列配置に関する課題
	構造ユニットの直列配置に関する課題
	構造ユニットの近接配置に関する課題
	残置物の影響に関する課題
特記事項	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 基礎地盤を固化した場合は, 栈橋と固化した地盤が一体化して動く可能性があり, 構造部材の複合した構造ユニットの挙動に関する課題が発生する可能性がある.</li> </ul>

付表-3.10 P-10 工法

改良設計事例, 既往文献による改良工法の抽出			
既存構造形式	栈橋		
改良工法	P-10		
工法概要	前面にマウンド土留め矢板を設置し, 新設した栈橋杭と一体化させる.		
概念図			
収集事例中の採用件数	0件		
安定性向上メカニズム	支持地盤強度の増加		
	捨石マウンド高を上げることにより, 仮想海底面の位置を上げ, 地盤による杭への抵抗力を増加する.		
静的安定性照査項目に対する有効性	杭の応力	○	杭の根入れ
			○

改良設計事例から得られた課題 (※改良設計事例に記載のあった内容を抽出しており, 当該工法全てに共通する課題ではない)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 捨石投入の際には栈橋上部工の撤去が必要となる.</li> <li>・ 土留め矢板は水没しているため, 定期的な点検が困難.</li> </ul>	
※ここで示す課題については同じ安定性向上メカニズムに分類される工法についても相互に参照すべきである.	

構造系の複合状態, 構造ユニットの複合状態, 構造ユニットの配置に着目し, 一般化した課題	
構造系の複合状態	構造形式の複合した構造系の挙動に関する課題
	剛構造, 柔構造の複合した構造系の挙動に関する課題
	新旧構造の複合した構造系の挙動に関する課題
構造ユニットの複合状態	○ 構造部材の複合した構造ユニットの挙動に関する課題
構造ユニットの配置	構造ユニットの並列配置に関する課題
	構造ユニットの直列配置に関する課題
	○ 構造ユニットの近接配置に関する課題
	残置物の影響に関する課題
特記事項	・ 護岸の構造形式が矢板の場合は, 護岸と栈橋の構造形式の複合した構造系の挙動に関する課題, 近接配置に関する課題が発生する可能性がある.

付表-3.11 P-11 工法

改良設計事例, 既往文献による改良工法の抽出			
既存構造形式	栈橋		
改良工法	P-11		
工法概要	前面に控えアンカー式矢板を設置し, 捨石マウンドをかさ上げる.		
概念図			
収集事例中の採用件数	0件		
安定性向上メカニズム	支持地盤強度の増加		
	捨石マウンド高を上げることで, 仮想海底面の位置を上げ, 地盤による杭への抵抗力を増加する.		
静的安定性照査項目に対する有効性	杭の応力	○	杭の根入れ
			○

改良設計事例から得られた課題 (※改良設計事例に記載のあった内容を抽出しており, 当該工法全てに共通する課題ではない)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 捨石投入の際には栈橋上部工の撤去が必要となる.</li> <li>・ 土留め矢板は水没しているため, 定期的な点検が困難.</li> </ul>	
※ここで示す課題については同じ安定性向上メカニズムに分類される工法についても相互に参照すべきである.	

構造系の複合状態, 構造ユニットの複合状態, 構造ユニットの配置に着目し, 一般化した課題	
構造系の複合状態	構造形式の複合した構造系の挙動に関する課題
	剛構造, 柔構造の複合した構造系の挙動に関する課題
	新旧構造の複合した構造系の挙動に関する課題
構造ユニットの複合状態	構造部材の複合した構造ユニットの挙動に関する課題
構造ユニットの配置	構造ユニットの並列配置に関する課題
	構造ユニットの直列配置に関する課題
	○ 構造ユニットの近接配置に関する課題
	残置物の影響に関する課題
特記事項	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 護岸の構造形式が矢板の場合は, 護岸と栈橋の構造形式の複合した構造系の挙動に関する課題, 近接配置に関する課題が発生する可能性がある.</li> </ul>

付表-3.12 P-12 工法

改良設計事例, 既往文献による改良工法の抽出			
既存構造形式	栈橋		
改良工法	P-12		
工法概要	前面にL型擁壁を設置し, 捨石マウンドをかさ上げする.		
概念図			
収集事例中の採用件数	0件		
安定性向上メカニズム	支持地盤強度の増加		
	捨石マウンド高を上げることにより, 仮想海底面の位置を上げ, 地盤による杭への抵抗力を増加する.		
静的安定性照査項目に対する有効性	杭の応力	○	杭の根入れ
			○

改良設計事例から得られた課題 (※改良設計事例に記載のあった内容を抽出しており, 当該工法全てに共通する課題ではない)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 捨石投入の際には栈橋上部工の撤去が必要となる.</li> </ul>	
※ここで示す課題については同じ安定性向上メカニズムに分類される工法についても相互に参照すべきである.	

構造系の複合状態, 構造ユニットの複合状態, 構造ユニットの配置に着目し, 一般化した課題	
構造系の複合状態	構造形式の複合した構造系の挙動に関する課題
	○ 剛構造, 柔構造の複合した構造系の挙動に関する課題
	新旧構造の複合した構造系の挙動に関する課題
構造ユニットの複合状態	構造部材の複合した構造ユニットの挙動に関する課題
構造ユニットの配置	構造ユニットの並列配置に関する課題
	構造ユニットの直列配置に関する課題
	○ 構造ユニットの近接配置に関する課題
	残置物の影響に関する課題
特記事項	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 護岸の構造形式が矢板の場合は, 護岸と栈橋の構造形式の複合した構造系の挙動に関する課題, 近接配置に関する課題が発生する可能性がある.</li> </ul>

付表-3.13 P-13 工法

改良設計事例, 既往文献による改良工法の抽出				
既存構造形式	栈橋			
改良工法	P-13			
工法概要	既設杭をコンクリート, 二重管等で増強する.			
概念図				
収集事例中の採用件数	0件			
安定性向上メカニズム	補強による耐力の増加			
	杭の補強により, 栈橋杭の断面性能が向上し, 杭の応力への抵抗力を増加する.			
静的安定性照査項目に対する有効性	杭の応力	○	杭の根入れ	○

改良設計事例から得られた課題 (※改良設計事例に記載のあった内容を抽出しており, 当該工法全てに共通する課題ではない)	
※ここで示す課題については同じ安定性向上メカニズムに分類される工法についても相互に参照すべきである.	

構造系の複合状態, 構造ユニットの複合状態, 構造ユニットの配置に着目し, 一般化した課題	
構造系の複合状態	構造形式の複合した構造系の挙動に関する課題
	剛構造, 柔構造の複合した構造系の挙動に関する課題
	新旧構造の複合した構造系の挙動に関する課題
構造ユニットの複合状態	○ 構造部材の複合した構造ユニットの挙動に関する課題
構造ユニットの配置	構造ユニットの並列配置に関する課題
	構造ユニットの直列配置に関する課題
	構造ユニットの近接配置に関する課題
	残置物の影響に関する課題
特記事項	

付表-3.14 P-14 工法

改良設計事例, 既往文献による改良工法の抽出			
既存構造形式	栈橋		
改良工法	P-14		
工法概要	上部工を打ちかえる, または鋼板などを用いて補強する.		
概念図			
収集事例中の採用件数	0件		
安定性向上メカニズム	補強による耐力の増加		
	上部工の強度を高めることにより, 杭の応力に対する上部工の抵抗力を増加する.		
静的安定性照査項目に対する有効性	杭の応力	×	杭の根入れ

改良設計事例から得られた課題 (※改良設計事例に記載のあった内容を抽出しており, 当該工法全てに共通する課題ではない)	
※ここで示す課題については同じ安定性向上メカニズムに分類される工法についても相互に参照すべきである.	

構造系の複合状態, 構造ユニットの複合状態, 構造ユニットの配置に着目し, 一般化した課題	
構造系の複合状態	構造形式の複合した構造系の挙動に関する課題
	剛構造, 柔構造の複合した構造系の挙動に関する課題
	新旧構造の複合した構造系の挙動に関する課題
構造ユニットの複合状態	○ 構造部材の複合した構造ユニットの挙動に関する課題
構造ユニットの配置	構造ユニットの並列配置に関する課題
	構造ユニットの直列配置に関する課題
	構造ユニットの近接配置に関する課題
	残置物の影響に関する課題
特記事項	

付表-3.15 P-15 工法

改良設計事例, 既往文献による改良工法の抽出			
既存構造形式	栈橋		
改良工法	P-15		
工法概要	既設杭の内部に, 鉛直アンカーを設置する.		
概念図			
収集事例中の採用件数	0件		
安定性向上メカニズム	補強による耐力の増加		
	アンカーにより基礎地盤に固定することで, 鉛直抵抗力を増強させ, 引抜に対する抵抗力を増加する.		
静的安定性照査項目に対する有効性	杭の応力	×	杭の根入れ
			○

改良設計事例から得られた課題 (※改良設計事例に記載のあった内容を抽出しており, 当該工法全てに共通する課題ではない)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ アンカーが上部工に埋め込まれるため, アンカー張力の管理が行えない.</li> </ul>	
※ここで示す課題については同じ安定性向上メカニズムに分類される工法についても相互に参照すべきである.	

構造系の複合状態, 構造ユニットの複合状態, 構造ユニットの配置に着目し, 一般化した課題	
構造系の複合状態	○ 構造形式の複合した構造系の挙動に関する課題
	○ 剛構造, 柔構造の複合した構造系の挙動に関する課題
	○ 新旧構造の複合した構造系の挙動に関する課題
構造ユニットの複合状態	○ 構造部材の複合した構造ユニットの挙動に関する課題
構造ユニットの配置	○ 構造ユニットの並列配置に関する課題
	○ 構造ユニットの直列配置に関する課題
	○ 構造ユニットの近接配置に関する課題
	○ 残置物の影響に関する課題
特記事項	

付表-3.16 P-16 工法

改良設計事例, 既往文献による改良工法の抽出			
既存構造形式	栈橋		
改良工法	P-16		
工法概要	既設栈橋前面に矢板を設置し, 既設栈橋と上部工で一体化し, 柵式構造物に改良する.		
概念図			
収集事例中の採用件数	0件		
安定性向上メカニズム	構造形式の変更		
	既設栈橋は柵式構造へと構造変更され, 前面矢板と一体化した柵式構造で主働土圧に対して抵抗する.		
静的安定性照査項目に対する有効性	杭の応力	-	杭の根入れ

改良設計事例から得られた課題 (※改良設計事例に記載のあった内容を抽出しており, 当該工法全てに共通する課題ではない)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 法線の前出しが必要.</li> <li>・ 埋土の投入の際に上部工を撤去する必要がある.</li> </ul>	
※ここで示す課題については同じ安定性向上メカニズムに分類される工法についても相互に参照すべきである.	

構造系の複合状態, 構造ユニットの複合状態, 構造ユニットの配置に着目し, 一般化した課題	
構造系の複合状態	構造形式の複合した構造系の挙動に関する課題
	剛構造, 柔構造の複合した構造系の挙動に関する課題
	新旧構造の複合した構造系の挙動に関する課題
構造ユニットの複合状態	○ 構造部材の複合した構造ユニットの挙動に関する課題
構造ユニットの配置	構造ユニットの並列配置に関する課題
	構造ユニットの直列配置に関する課題
	構造ユニットの近接配置に関する課題
	残置物の影響に関する課題
特記事項	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 護岸の大きさや構造物との距離などによっては, 残置物の影響に関する課題が発生する可能性がある.</li> </ul>

付表-3.17 P-17 工法

改良設計事例, 既往文献による改良工法の抽出			
既存構造形式	栈橋		
改良工法	P-17		
工法概要	前面に矢板を設置し, 既設栈橋を控え工として利用する.		
概念図			
収集事例中の採用件数	0件		
安定性向上メカニズム	構造形式の変更		
	既設栈橋は矢板の控え杭として用途変更され, 新設した矢板により主働土圧に対して抵抗する.		
静的安定性照査項目に対する有効性	杭の応力	-	杭の根入れ

改良設計事例から得られた課題 (※改良設計事例に記載のあった内容を抽出しており, 当該工法全てに共通する課題ではない)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 法線の前出しが必要。(既設杭を控えとする場合は前出し距離が大きくなる.)</li> <li>・ 埋土の投入の際に上部工を撤去する必要がある.</li> </ul>	
※ここで示す課題については同じ安定性向上メカニズムに分類される工法についても相互に参照すべきである.	

構造系の複合状態, 構造ユニットの複合状態, 構造ユニットの配置に着目し, 一般化した課題	
構造系の複合状態	○ 構造形式の複合した構造系の挙動に関する課題
	剛構造, 柔構造の複合した構造系の挙動に関する課題
構造ユニットの複合状態	○ 新旧構造の複合した構造系の挙動に関する課題
	構造部材の複合した構造ユニットの挙動に関する課題
構造ユニットの配置	構造ユニットの並列配置に関する課題
	構造ユニットの直列配置に関する課題
	○ 構造ユニットの近接配置に関する課題
	残置物の影響に関する課題
特記事項	・ 護岸の大きさや構造物との距離などによっては, 残置物の影響に関する課題が発生する可能性がある.

付表-3.18 P-18 工法

改良設計事例, 既往文献による改良工法の抽出			
既存構造形式	栈橋		
改良工法	P-18		
工法概要	矢板を設置し, 土留め機能を兼ねた栈橋に変更したうえで, 斜杭を設置する.		
概念図			
収集事例中の採用件数	0件		
安定性向上メカニズム	構造形式の変更		
	矢板と一体化することにより, 土留め兼用栈橋へと構造変更し, 主働土圧に対して抵抗する.		
静的安定性照査項目に対する有効性	杭の応力	-	杭の根入れ

改良設計事例から得られた課題 (※改良設計事例に記載のあった内容を抽出しており, 当該工法全てに共通する課題ではない)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>捨石層上での斜杭の打設.</li> </ul>	
※ここで示す課題については同じ安定性向上メカニズムに分類される工法についても相互に参照すべきである.	

構造系の複合状態, 構造ユニットの複合状態, 構造ユニットの配置に着目し, 一般化した課題	
構造系の複合状態	構造形式の複合した構造系の挙動に関する課題
	剛構造, 柔構造の複合した構造系の挙動に関する課題
	新旧構造の複合した構造系の挙動に関する課題
構造ユニットの複合状態	○ 構造部材の複合した構造ユニットの挙動に関する課題
構造ユニットの配置	構造ユニットの並列配置に関する課題
	構造ユニットの直列配置に関する課題
	構造ユニットの近接配置に関する課題
	残置物の影響に関する課題
特記事項	<ul style="list-style-type: none"> <li>護岸の大きさや構造物との距離などによっては, 構造ユニットの並列配置に関する課題, 残置物の影響に関する課題が発生する可能性がある.</li> </ul>

---

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of NILIM

No. 996                      October 2017

編集・発行   ©国土技術政策総合研究所

---

本資料の転載・複写のお問い合わせは  
〔 〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬 3-1-1  
管理調整部企画調整課 電話:046-844-5019 〕  
E-mail:ysk.nil-kikaku@ml.mlit.go.jp