

港湾施設の改良設計に係る課題・問題点の整理

山本 芳生*・山本 修司**・宮田 正史***・竹信 正寛****

* (一財) 沿岸技術研究センター 調査部 主任研究員

** (一財) 沿岸技術研究センター 参与

*** 国土交通省 国土技術政策総合研究所 港湾研究部 港湾施設研究室長

**** 国土交通省 国土技術政策総合研究所 港湾研究部 港湾施設研究室 主任研究官

港湾施設の改良の実態及びこれに関する技術的な課題や問題点を把握し、改良の実態について包括的な整理を行った。

外郭施設および係留施設における既往改良事例を用いて、改良設計固有の技術上の課題や問題点について詳細な分析を行った。なお、分析は、設計条件の設定、既存構造物の健全性の評価及び設計手法に着目して実施した。

キーワード：係留施設，外郭施設，改良設計

1. 概要

外郭施設及び係留施設について、各構造形式の改良パターン及び改良内容が比較的典型的であり、今後の利用増加が見込まれる工法、設計資料等検討に必要な資料の有無の3項目に着目して、改良設計に関する技術的な課題や問題点を整理した。

港湾施設の改良の実態およびこれに関する技術的な課題や問題点を把握することを目的として、外郭施設および係留施設における改良事例や関連文献について資料収集し、改良更新の実態について包括的な整理を行った。表-1に外郭施設、表-2に係留施設について収集した事例の一覧を示す(外郭施設：15施設、係留施設：38施設)。また、収集した事例を構造形式、改良目的等で分類して表-3に示す。

2. 改良事例の収集および分類

表-1 外郭施設の改良事例

No.	設計年度		構造形式	改良目的	改良概要
	新設	改良			
1	-	H22	混成堤	耐波安定性向上	消波ブロック設置およびケーソン拡幅(ケミカルアンカーによるコンクリート腹付)により耐波安定性向上。施工後に腹付部が被災(倒壊)。
2	-	-	混成堤	耐波安定性向上	消波ブロック設置およびケーソン拡幅(ケミカルアンカーによるコンクリート腹付)により耐波安定性向上。
3	-	H19	矢板式護岸	長周期波対策	既設護岸前面に消波構造物(スリット式L型ブロック+背後に砕石投入)を設置。
4	-	-	消波ブロック被覆堤	ケーソン損傷補修(補強)	消波ブロックの衝突によるケーソン破損及び中詰材流出に対する補修(補強)として、中詰コンクリートをケーソン隔室に打設。
5	-	H21	消波ブロック被覆堤	ケーソン損傷予防	消波ブロック衝突に対する耐力向上のため、ケーソン壁に緩衝材として鋼板を埋設。
6	-	H24	消波ブロック被覆堤	ケーソン損傷予防	消波ブロックの衝突力を考慮して側壁の配筋計算を実施。
7	-	-	消波ブロック被覆堤	耐津波対策	防波堤背後に孔付きブロック+砕石を設置。
8	-	-	-	耐津波対策	防波堤背後に腹付石を設置。
9	-	-	-	耐津波対策	防波堤背後に腹付石を設置。
10	-	-	消波ブロック被覆堤	津波越流対策	上部工を斜面形状とすることで津波越流角度を変化させ、港内側基礎マウンドの破壊を防ぐ。
11	-	H24	消波ブロック被覆堤	津波越流対策	数値シミュレーション、越流公式等により、津波越流に対する港内側マウンド被覆材を設定。
12	-	H25	混成堤	津波越流対策	津波越流対策として上部工嵩上げ。上部工嵩上げによる配筋耐力不足に対しては、中詰材固化により対応。
13	-	H26	混成堤	津波浸透流対策	防波堤背後に押さえ盛土を設置
14	-	H23	混成堤	既存ケーソン転用	撤去ケーソンを転用して有効活用。限界状態設計法で照査(終局、使用、疲労)。配筋耐力不足に対しては、中詰材をセメントミルクで固化することにより対応。
15	-	H15	混成堤	既存ケーソン転用	撤去ケーソンを転用して有効活用。現地調査により現状確認。必要に応じ補修。許容応力度法-限界状態設計法で照査(終局、使用、疲労)。側壁の配筋不足に対しては、上部工と蓋コン一体化による土圧低減により対応。

※No. 13は、現在検討中の事例である。

表-2 係留施設の改良事例

No.	設計年度		構造形式	改良目的	改良概要
	新設	改良			
1	H10	H21	重力式岸壁	耐震	ケーソンにグランドアンカーを取り付けることにより耐震性確保。
2	H10	H22	重力式岸壁	耐震	ケーソン背後の裏込石を薬液固化、ケーソンと一体となって地震作用等に抵抗する断面とみなすことにより耐震性確保。
3	H1頃	H21	重力式岸壁	耐震	ケーソン背後に控え杭を設置+薬液固化による液状化対策。
4	H7	H20	重力式岸壁	耐震	液状化対策として、置換砂を地盤改良(浸透固化処理工法)する。
5	H12	H20	重力式岸壁	耐震	土圧低減と背後地盤軽量化のため、裏埋材を軽量混合処理土で置換する。背後の液状化対策としてSCPを用いる。
6	S62	H18	重力式岸壁	耐震	ケーソンにグランドアンカーを取り付けることにより耐震性確保。
7	-	H19	重力式岸壁	耐震	裏埋土を固化処理工法および事前混合処理工法により改良することで耐震性向上。
8	-	H24	重力式岸壁	耐震	堤体背後の液状化対策として深層混合処理工法による地盤改良を実施し、地震時の流動圧を抑制する。
9	S53	H17	重力式岸壁	増深 (-5.5m → -12m)	構造形式を重力式→矢板式(控えアンカー式)に変更(既設重力式は撤去)することにより増深。
10	-	H19	重力式岸壁	増深 (-8m → -9m)	土圧低減と背後地盤軽量化のため、裏埋材をセメント処理した軽量混合処理土で置換する。
11	S55	H27	重力式岸壁	増深	既存重力式係船岸の基礎捨石マウンド前面に、鋼管矢板で土留め壁を築造し、その前面を掘削することにより増深化を図る。
12	S55	H27	重力式岸壁	増深	既存重力式係船岸の基礎捨石マウンドおよびケーソン下部の砂質土地盤を固化処理することにより増深化を図る。
13	-	H21	重力式岸壁	耐震, 増深 (-15m → -16m)	ケーソンにグランドアンカーを取り付けることにより耐震性確保。
14	S30	H25	重力式岸壁	老朽化対策	既存のセルラブロック式岸壁が劣化、新たな土留め工として控え矢板式を採用。
15	S54	H25	重力式岸壁	老朽化対策	エロン沈下対策として打換工法、上部工ひび割れ対策として撤去打換工法を採用。
16	S45	H25	重力式岸壁	老朽化対策	上部工ひび割れ対策として撤去・新設、吸出し対策として裏埋材を深層混合処理工法で固化する。
17	-	H25	重力式岸壁	老朽化対策	空洞化対策として、エロン舗装撤去・復旧+防砂シート敷設+埋土の安定処理置換(事前混合処理)
18	S15	H24	重力式岸壁	耐震	本体(ケーソン)背後を地盤改良(深層混合処理工法)、土圧低減、液状化対策。
19	S51	H17	控え矢板式岸壁	耐震	前面矢板背後地盤を軽量混合土で置換することにより土圧低減、耐震性確保。
20	-	H25	控え矢板式岸壁	耐震	裏埋め材をセメント系の固化剤で固化することにより耐震性確保。
21	-	H21	控え矢板式岸壁	耐震	前面矢板背後地盤を固化改良することにより液状化対策、耐震性確保。
22	H4	H18	控え矢板式岸壁	増深 (-12m → -14m)	土圧低減対策および液状化対策として、岸壁裏埋め砂を薬液注入工法により改良する。
23	S52	H15	控え矢板式岸壁	増深 (-10m → -12m)	矢板式岸壁の前面に水中ストラットを設置(環境面にも配慮)することにより増深。
24	-	H27	控え矢板式岸壁	耐震	既存施設(控え式矢板)の前面に鋼管矢板を新設し、鋼管矢板にグラウンドアンカーを取り付けることにより耐震化を図る。
25	S58	H21	控え矢板式岸壁	耐震, 増深 (-14m → -16m)	控え矢板棧橋→根入れ式鋼板セル構造に変更することで増深、耐震化。
26	-	H19	控え矢板式岸壁	耐震, 増深 (-7.5m → -10m)	前面矢板背後地盤を深層混合処理工法で固化することにより液状化対策、耐震性確保。
27	S51	H20	控え矢板式岸壁	耐震, 増深 (-7.5m → -9m)	二段タイ工法により前面矢板に生じる断面力を低減、増深による矢板の根入れ不足に対しては、矢板前面地盤を固化することにより対応。
28	S60	H17	控え矢板式岸壁	耐震, 増深 (-7.5m → -10m)	既設矢板前面に新設鋼管矢板を打設、液状化対策として地盤改良を実施。
29	S30	H25	控え矢板式岸壁	老朽化対策	矢板に鋼板を溶接して耐力向上。
30	H10	H21	直杭式棧橋	耐震	地盤改良(棧橋及び土留直下;薬液固化、裏込石直下;静的締固め砂杭、土留め背後;SCP)により耐震性確保。
31	-	H18	直杭式棧橋	老朽化対策, 増深 (-11m → -13m)	老朽化のため既設棧橋は撤去。ジャケット式棧橋を新設、前面に法留鋼矢板を打設することにより増深(棧橋法線は既設のまま)。
32	S58	H21	直杭式棧橋	耐震, 増深 (-14m → -16m)	直杭式横棧橋→鋼管矢板井筒構造に変更することで増深、耐震化。
33	-	H25	直杭式棧橋	老朽化対策, 増深 (-9.5m → -10m)	老朽化したコンクリートウェルを撤去、鋼管杭を新設、防眩材の架台取付。
34	H2	H25	直杭式棧橋	老朽化対策	表面被覆工法、注入工法により棧橋上部工を補修。
35	S42	H25	直杭式棧橋	老朽化対策	注入工法により棧橋上部工を補修。
36	S43	H16	直杭式棧橋	老朽化対策	老朽化した棧橋上部工を打換により補修。
37	S49	H18	直杭式棧橋	老朽化対策	老朽化した棧橋上部工を打換により補修。
38	S54	H26	棧橋 鋼矢板セル	老朽化対策	腐食鋼管杭を鉄筋コンクリート被覆工法、ベトロラム被覆工法により補修。棧橋の梁・スラブは断面修復、電気防食により補修。

※No. 11、No. 12 は、現在検討中の事例である。

表-3 改良事例の分類結果

施設分類	改良目的	主な改良策	収集事例 No.	
外郭施設	重力式	耐波安定性向上	・堤体重量の増大 ・消波工等による波力低減 No. 1, No. 2 No. 1	
		耐津波対策	・堤体重量（抵抗力）の増大 ・マウンド被覆材質量の増大 No. 7, No. 8, No. 9, No. 12	
			・津波越流対策 ・津波浸透流対策 No. 10, No. 11, No. 12 No. 13	
	老朽化対策	・ケーソン損傷部等の補修、補強 No. 4, No. 5, No. 6		
	長周期波対策	・長周期波低減工の設置 No. 3		
	既存施設の活用	・既存ケーソンの転用 No. 14, No. 15		
係留施設	重力式	耐震化	・地盤改良（土圧低減、液状化対策等） ・構造部材による補強（グラウンドアンカー、二段タイ等） No. 2, No. 4, No. 5, No. 7, No. 8, No. 18 No. 1, No. 3, No. 6, No. 13	
			・堤体重量の増大 ・岸壁前面構造物の新設（法線前出し）	
		増深	・地盤改良（土圧低減等） ・構造部材による補強（グラウンドアンカー、二段タイ等） ・岸壁前面構造物の新設（法線前出し） No. 10, No. 12 No. 11, No. 13 No. 9	
	老朽化対策	・ケーソン損傷部等の補修、補強 No. 14, No. 15, No. 16, No. 17		
	付帯設備の更新等	・防舷材、コンテナクレーン等の更新		
	矢板式	耐震化	・地盤改良（土圧低減、液状化対策等） ・既設部材の補強（矢板補強等） ・構造部材による補強（グラウンドアンカー、二段タイ等） ・岸壁前面構造物の新設（法線前出し） No. 19, No. 20, No. 21, No. 26, No. 28 No. 24, No. 27 No. 24, No. 25, No. 28	
			増深	・地盤改良（土圧低減等） ・既設部材の補強（矢板補強等） ・構造部材による補強（グラウンドアンカー、二段タイ等） ・岸壁前面構造物の新設（法線前出し） No. 22, No. 26 No. 27 No. 23, No. 25, No. 28
		老朽化対策	・矢板劣化部等の補修、補強 ・岸壁前面構造物の新設（法線前出し） No. 29	
		付帯設備の更新等	・防舷材、コンテナクレーン等の更新	
		栈橋式	耐震化	・地盤改良（土圧低減、液状化対策等） ・既存部材の補強（鞘管、ストラット等） ・全撤去新設 No. 30 No. 32
				増深
	老朽化対策		・栈橋劣化部等の補修、補強 ・全撤去新設 No. 34, No. 35, No. 36, No. 37, No. 38 No. 31, No. 33	
	付帯設備の更新等		・防舷材、コンテナクレーン等の更新	

表-1～表-3 より改良設計に関して以下のような傾向が見られる。

- ・重力式岸壁、矢板式岸壁の改良目的としては耐震化が最も多く、次いで増深が多い。
- ・増深改良の増深量は2m程度とする場合が多い。
- ・栈橋に関しては、老朽化対策が比較的多く、部材としては上部工の補修が多く見られる。
- ・老朽化対策を実施している施設は、設計後30年以上経過している場合が多い。
- ・防波堤の改良に関しては、東日本大震災以降、耐津波改良が比較的多く見られる。

3. 改良事例の技術的課題や問題点の整理

外郭施設および係留施設における既往改良事例（10施設、11事例）を用いて、改良設計固有の技術上の課題や問題点について詳細に分析を行った。分析は、設計条件の設定、既往構造物の残存耐力の評価、設計手法の設定等に注目して行った。

なお、検討対象とする10施設（外郭施設4施設、係留施設6施設）は、以下の項目に着目して抽出した。

- ・各構造形式の典型的な改良パターン(主な改良策)について1例抽出する。
- ・改良内容が比較的、典型的であり、今後の利用増加が見込まれる工法。
- ・設計資料等、検討に必要な資料が整っていること。
検討対象とした事例は、外郭施設4事例（No. 1, No. 11, No. 12, No. 14）、係留施設7事例（No. 11, No. 12, No. 13, No. 20, No. 24, No. 27, No. 36）である。これらの事例をもとに、改良設計固有の技術上の課題や問題点の分析を行った。以下に分析結果を示す。

<分析結果1>

施設分類：外郭施設（重力式防波堤）

改良目的：耐波安定性の向上

改良工法：堤体重量の増大、消波工による波力低減
改良概要：（概要図は、図-1に示す。）

設計波の見直し（増大）に対して、消波ブロックの設置、ケーソン拡幅（ケミカルアンカーによるコンクリート腹付）により耐波安定性の向上を図る。

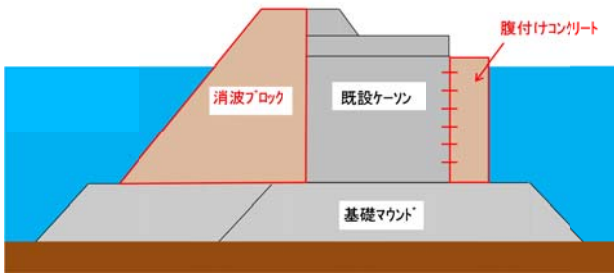


図-1 改良概要図 (その1)

改良時の留意事項・課題等：

- ・調査：不可視部分（摩擦増大マット等）の調査，評価方法が必要（改良設計共通事項）。
- ・設計：改良設計に適用する技術基準の考え方の整理が必要（改良設計共通事項）。
ケーソンへのコンクリート腹付部分の照査において，波浪の繰り返し荷重に対するアンカー筋の照査が必要。
上部工（パラペット）の安定性照査方法（浮力，揚圧力の考え方）が統一されていない。
- ・施工：アンカー筋を水平に打ち込む場合には，樹脂の漏れ出し等，確実性を注意する必要がある。

<分析結果2>

施設分類：外郭施設（重力式防波堤）

改良目的：耐津波対策

改良工法：津波越流体対策

改良概要：（概要図は，図-2に示す。）

津波越流対策として上部工を嵩上げする（液状化による沈下を考慮）。嵩上げによるケーソン部材耐力不足に対しては，中詰材を固化することで対応。

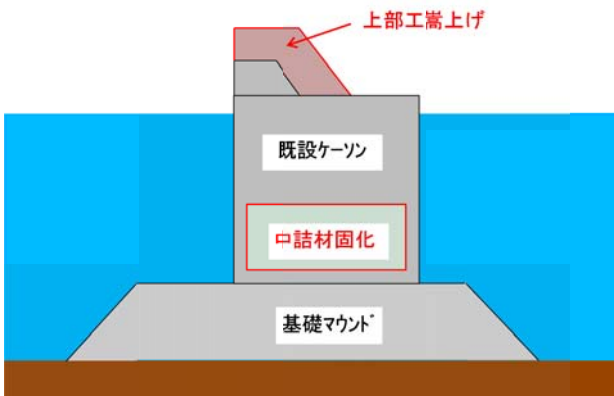


図-2 改良概要図 (その2)

改良時の留意事項・課題等：

- ・調査：不可視部分（摩擦増大マット等）の調査，評価方法が必要（改良設計共通事項）。
- ・設計：改良設計に適用する技術基準の考え方の整

理が必要（改良設計共通事項）。

津波波力，被覆材の耐津波安定性照査方法，越流に対する耐津波安定性照査方法，越流に対する被覆材の安定性照査手法等，最新の知見の取り込みが望まれる（耐津波対策共通事項）。

ケーソン中詰め材の固化改良における改良体の強度，単位体積重量，改良範囲等を整理する必要がある。

津波を発生させる地震による液状化等の影響を受け堤体の沈下を考慮して嵩上げ高を設定する必要がある。

上部工（パラペット）の安定性照査方法（浮力，揚圧力の考え方）が統一されていない。

- ・施工：中詰め材の排出は，ケーソン壁耐力維持のため段階施工が必要。

中詰め材を排出するサンドポンプ以外に，攪拌ポンプ等による補助工法が必要。

<分析結果3>

施設分類：外郭施設（重力式防波堤）

改良目的：耐津波対策

改良工法：津波浸透流対策

改良概要：（概要図は，図-3に示す。）

津波浸透流による基礎の支持力低下を考慮して，腹付工により耐力（粘り強さ）向上を図る。

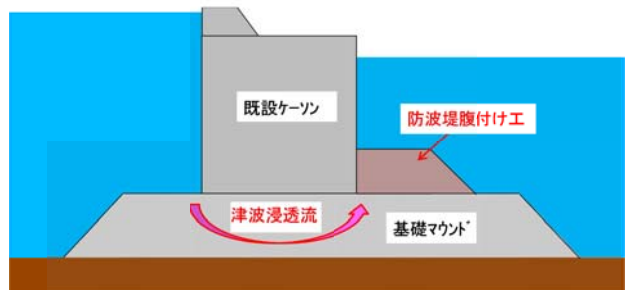


図-3 改良概要図 (その3)

改良時の留意事項・課題等：

- ・調査：不可視部分（摩擦増大マット等）の調査，評価方法が必要（改良設計共通事項）。
- ・設計：改良設計に適用する技術基準の考え方の整理が必要（改良設計共通事項）。
浸透力を考慮した基礎の支持力照査方法，防波堤腹付け工の諸元設定方法等，最新の知見の取り込みが望まれる（耐津波対策共通事項）。

<分析結果4>

施設分類：外郭施設（重力式防波堤）

改良目的：既存施設の活用

改良工法：既存ケーソン転用

改良概要：(概要図は、図-4に示す.)

撤去ケーソンを転用して有効活用する.

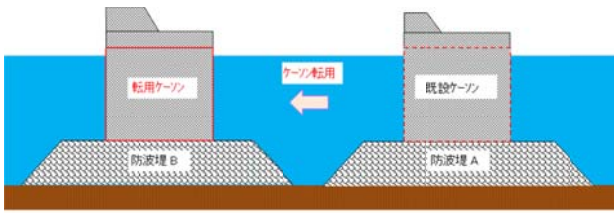


図-4 改良概要図 (その4)

改良時の留意事項・課題等：

- ・調査：不可視部分（摩擦増大マット等）の調査，評価方法が必要（改良設計共通事項）.
- ・設計：改良設計に適用する技術基準の考え方の整理が必要（改良設計共通事項）.

<分析結果5>

施設分類：係留施設（重力式）

改良目的：増深

改良工法：構造部材による補強（矢板式土留）

改良概要：(概要図は、図-5に示す.)

既存の基礎捨石マウンド前面に鋼管矢板で土留め壁を築造し，その前面を掘削することにより増深化を図る.

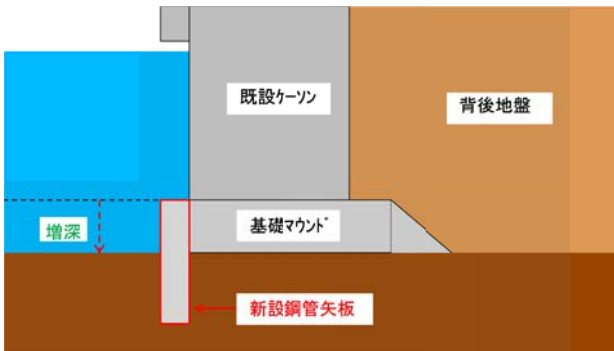


図-5 改良概要図 (その5)

改良時の留意事項・課題等：

- ・調査：不可視部分（防砂シート，摩擦増大マット等）の調査，評価方法が必要（改良設計共通事項）.
- ・設計：改良設計に適用する技術基準の考え方の整理が必要（改良設計共通事項）.
地盤掘削による地盤強度の低減について考慮されていない場合が多い(増深共通事項).
土留め部が岸壁の築造限界以内に収まるように上部工の前出し等の対策が必要（重力式増深共通事項）.
重力式と矢板式の複合構造であり，鋼管矢板に作用する土圧の考え方など設計法が一

般化されていないため，施設の安定性については模型実験等により確認することが望ましい.

- ・施工：鋼管杭は陸上からの打設となるため，突出長が長くなり不安定となりやすいことから，杭打設の精度を確保するための対策が必要. 鋼管杭打設時に生じる基礎マウンドのゆるみに留意する必要がある.
施工時の施設供用は不可.
- ・維持管理: 施工後に土留め矢板に変位が生じても，対策を講じることができないため，予防保全として基礎捨石を固化するなどの対策が必要.

<分析結果6>

施設分類：係留施設（重力式）

改良目的：耐震化，増深

改良工法：基礎マウンドの固化

改良概要：(概要図は、図-6に示す.)

既存の基礎捨石マウンドおよびケーソン下部の砂質土地盤を固化処理することにより増深化を図る.

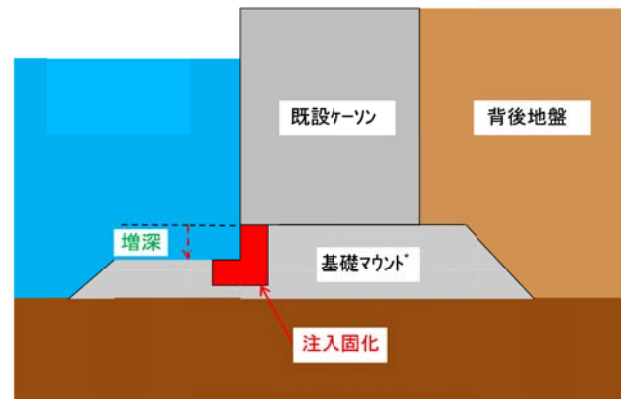


図-6 改良概要図 (その6)

改良時の留意事項・課題等：

- ・調査：不可視部分（防砂シート，摩擦増大マット等）の調査，評価方法が必要（改良設計共通事項）.
- ・設計：改良設計に適用する技術基準の考え方の整理が必要（改良設計共通事項）.
地盤掘削による地盤強度の低減について考慮されていない場合が多い(増深共通事項).
フーチング付きケーソンの場合は，フーチングが築造限界以内に収まるように上部工の前出し等の対策が必要（重力式増深共通事項）.
実施時の改良部の強度のばらつき・出来形を考慮した改良強度および改良範囲の検討方法の一般化が必要.

- ・施工：捨石等の条件に応じた配合決定方法，注入範囲などの出来形確認や固化体の強度などの施工管理・品質管理方法が課題。
 固化した捨石マウンドの効率的な掘削方法の開発が課題。
 施工時の施設供用は不可。
- ・維持管理：固化体の掘削面において，劣化が進行するおそれがあるため，水中不分離性コンクリート等の固化材で保護する必要がある。固化体の健全性の評価方法，点検方法が課題。

<分析結果 7>

施設分類：係留施設（重力式）

改良目的：耐震化，増深

改良工法：構造部材による補強（グラウンドアンカー工法）

改良概要：（概要図は，図-7 に示す。）

既存ケーソンにグラウンドアンカーを取り付けることにより抵抗力を増大させ，耐震化を図る。

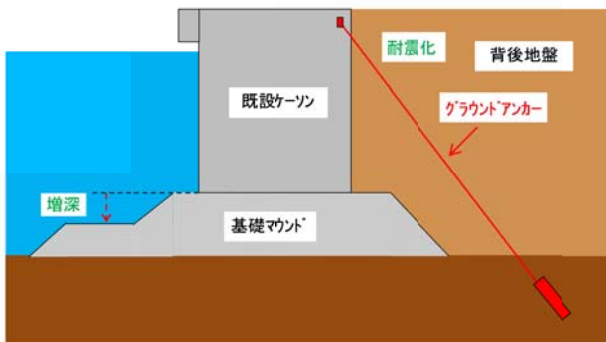


図-7 改良概要図（その 7）

改良時の留意事項・課題等：

- ・調査：不可視部分（防砂シート，摩擦増大マット等）の調査，評価方法が必要（改良設計共通事項）。
- ・設計：改良設計に適用する技術基準の考え方の整理が必要（改良設計共通事項）。
 地盤掘削による地盤強度の低減について考慮されていない場合が多い(増深共通事項)。マウンドの斜面部が岸壁の築造限界以内に収まるように上部工の前出し等の対策が必要（重力式増深共通事項）。
 設計手順は整っているが，設計法は一般化されていないため，施設の安定性については模型実験等により確認することが望ましい。
 グラウンドアンカーの照査に用いる部分係数の設定が今後必要。
- ・施工：アンカー掘削時の精度確保が重要（特に既

存裏込石部の掘進)。

施工前の試験施工（アンカー引抜試験等）による事前確認が必要。

アンカー設置後の全数品質保証試験（定着確認）が必要。

削孔時およびグラウト注入時の施工管理が重要。

削孔時には多量の給水が必要で，その排水処理も必要。

施工時の施設供用は不可。

- ・維持管理：グラウンドアンカーは永年にわたる防食性が確認されているが，施設に沈下が生じる場合は，グラウンドアンカーの張力管理（増し締め）が必要。

<分析結果 8>

施設分類：係留施設（控え矢板式）

改良目的：耐震化，増深

改良工法：地盤改良（構造形式の変更）

改良概要：（概要図は，図-8 に示す。）

矢板式護岸の裏埋め材をセメント系の固化剤で固化することにより耐震化を図る（構造形式が，矢板式から疑似的な重力式に変更となる）。

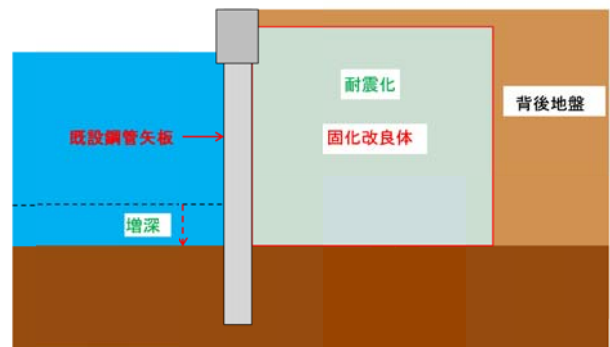


図-8 改良概要図（その 8）

改良時の留意事項・課題等：

- ・調査：不可視部分（タイ材，控え工等）の調査，評価方法が必要（改良設計共通事項）。
- ・設計：改良設計に適用する技術基準の考え方の整理が必要（改良設計共通事項）。
 地盤掘削による地盤強度の低減について考慮されていない場合が多い(増深共通事項)。複合構造（重力式＋矢板式）に対する許容変位量の考え方を整理する必要がある（耐震化共通事項）。
 地震時せん断力に対する固化改良体内の応力照査が必要。
- ・施工：固化改良体の性能確認のためチェックボーリングが必要。

固化改良体は遮水性が高く、背後の残留水位の上昇が懸念される。

施工時の施設供用は不可。

- ・維持管理: 固化改良体の定期的な強度確認が必要。前面矢板の損傷等は、内部固化体に影響をおよぼす可能性が高いため、早急な補修が望ましい。

<分析結果 9 >

施設分類：係留施設（控え矢板式）

改良目的：耐震化，増深

改良工法：岸壁前面に構造物を新設（法線前出し）
（矢板式を新設）

改良概要：（概要図は，図-9 に示す。）

既存施設（控え式矢板）の前面に鋼管矢板を新設し，鋼管矢板にグラウンドアンカーを取り付けることにより耐震化を図る。根入れが不足する場合は，矢板前面を地盤改良する。

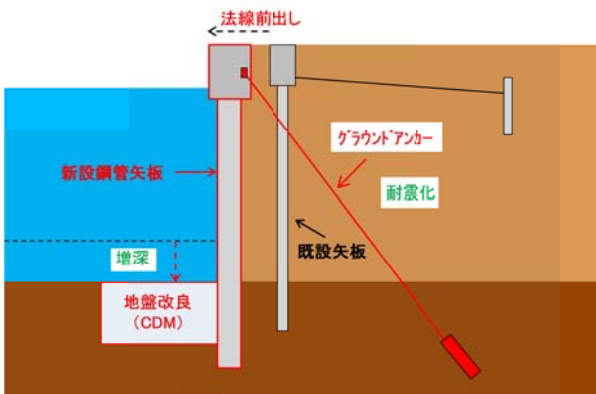


図-9 改良概要図（その 9）

改良時の留意事項・課題等：

- ・調査：不可視部分（タイ材，控え工等）の調査，評価方法が必要（改良設計共通事項）。
- ・設計：改良設計に適用する技術基準の考え方の整理が必要（改良設計共通事項）。
前出しによる隣接バースとの法線位置のずれへの配慮（前出し共通事項）。
地盤掘削による地盤強度の低減について考慮されていない場合が多い（増深共通事項）。
新設矢板の照査における，既存構造物の評価方法が不明（既存矢板による土圧低減を見込めるか等）（矢板式改良共通事項）。
矢板根入れ部前面の地盤固化改良範囲（幅，高さ）の設定方法（固化体への作用の考え方）が一般化されていない（矢板式改良共通事項）。
岸壁背後の施工範囲の制約も考慮して控え工形状を設定する必要がある（矢板式改良

共通事項）。

- ・施工：アンカー掘削時の精度確保が重要（特に既存裏込石部の掘進）。
施工前の試験施工（アンカー引抜試験等）による事前確認が必要。
アンカー設置後の全数品質保証試験（定着確認）が必要。
削孔時およびグラウト注入時の施工管理が重要。
削孔時には多量の給水が必要で，その排水処理も必要。
施工時の施設供用は不可。
- ・維持管理：グラウンドアンカーは永年にわたる防食性が確認されているが，施設に沈下が生じる場合は，グラウンドアンカーの張力管理（増し締め）が必要。

<分析結果 10 >

施設分類：係留施設（控え矢板式）

改良目的：耐震化，増深

改良工法：構造部材による補強（二段タイ工法）

改良概要：（概要図は，図-10 に示す。）

二段タイ工法により前面矢板に生じる断面力を低減させ耐震化を図る。根入れが不足する場合は，矢板前面を地盤改良する。

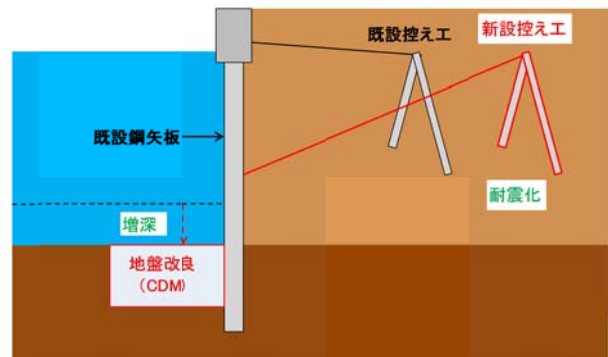


図-10 改良概要図（その 10）

- ・調査：不可視部分（タイ材，控え工等）の調査，評価方法が必要（改良設計共通事項）。
- ・設計：改良設計に適用する技術基準の考え方の整理が必要（改良設計共通事項）。
矢板根入れ部前面の地盤固化改良範囲の設定方法（固化体への作用の考え方）が，一般化されていない（矢板式改良共通事項）。
岸壁背後の施工範囲の制約も考慮して控え工形状を設定する必要がある（矢板式改良共通事項）。
- ・施工：前面鋼矢板の継手部にタイロッドを取り付けるため，継手部にピンポイントで削孔す

る高い削孔精度が必要。
 施工時の施設供用可能。

<分析結果 11>

施設分類：係留施設（栈橋式）

改良目的：増深，老朽化

改良工法：既存部材の補強（鞘管），栈橋上部工打換

改良概要：（概要図は，図-11 に示す。）

老朽化した栈橋上部工を打替により補修。自立矢板で基礎捨石を土留めして増深。鋼管杭の耐力不足に関しては鞘管により対応。

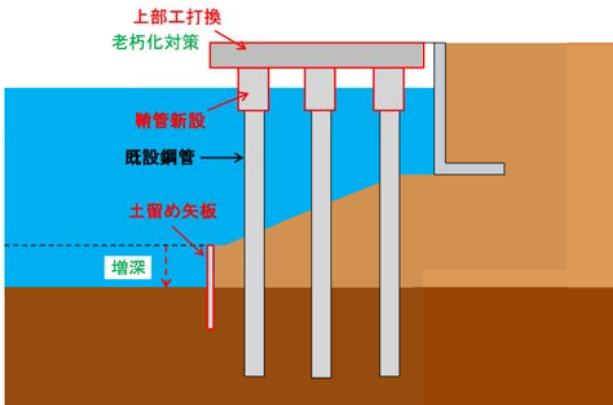


図-11 改良概要図（その 11）

- ・調査：不可視部分（土中部杭等）の調査，評価方法が必要（改良設計共通事項）。
- ・設計：改良設計に適用する技術基準の考え方の整理が必要（改良設計共通事項）。
 前面土留め矢板と鋼管杭の離隔が 1 m 程度と短い場合の地盤ばね定数の設定方法は，標準と同じでよいか確認した方がよい。
- ・施工：施工時の施設供用不可。

4. まとめ

外郭施設および係留施設における既往の改良事例を収集整理し，改良設計に関する技術的な課題や問題点を整理した結果，以下のような傾向が確認された。

まず，改良設計共通事項として，調査段階においては，不可視部分の調査方法および調査結果を踏まえた既設構造物の健全性等の評価方法を確立する。また，調査手法の標準化が必要になるものと考えられる。設計段階においては，改良内容に応じて適用する技術基準をどのように選定するかについて標準化する必要があるものと考えられる。

外郭施設（主に重力式防波堤）については，東日本大震災以降に同種の改良事例が増加している耐津波改良方法について，最新の知見を取り込んで可能

な限り標準化することが望ましい。具体的には，耐津波に対する消波工，被覆工の安定照査方法，マウンドの内部における浸透流の影響を考慮した照査方法などが挙げられる。また，新設設計時にも必要となる項目として，上部工（パラペットを含む）の安定照査において，浮力および揚圧力の作用に係る考え方が統一されていない事例が確認できたことから，標準的な作用の考え方を統一する必要があるものと思われる。

係留施設については，阪神大震災以降耐震補強が行われているが，近年は耐震化のみではなく船舶の大型化等ともなう増深改良事例が増加している。

増深における共通課題としては，前面地盤の掘削にもなう地盤強度の低下について考慮されていないものが確認されることから，標準的な評価手法を提案する必要がある。また，重力式と土留矢板等のように複合構造となる場合，既設構造と新設の補強部材が近接する場合等については，土圧の作用，残留変位量の許容値等が単独構造とは異なるため，十分な検討が必要となる。

重力式の増深については，鋼管矢板等による土留構造を用いる方法等において，岸壁の築造限界以内に収まるように上部工を前出しする等の対策が必要である。

矢板式の増深（土留め矢板の場合も含む）において，根入れ不足等により，前面に地盤改良が必要となる場合には，地盤固化改良範囲の設定方法（固化体への作用の考え方）が，一般化されていないことが課題となっている。

5. おわりに

本報告では，港湾構造物の既往の改良事例を収集整理し，改良設計に関する技術的な課題や問題点を整理した。これらの結果が，改良設計を行う際の参考になるものと考えられる。

なお，本報告は，平成 27 年度に国土交通省国土技術政策総合研究所港湾研究部より発注された，「港湾技術基準策定に係る設計法等検討業務」の一部を取りまとめたものである。