参　考　資　料

参考資料－１　海岸管理者による砂浜の維持管理の事例

参考資料－２　点検に関する技術の例

参考資料－３　推移確率推定図及び劣化予測線の検討について

参考資料－４　変状事例集

参考資料－５　海岸保全施設の適切な修繕等のあり方について

参考資料－６　離岸堤等の修繕方法の例

砂浜の管理マニュアルの事例（大阪府の例）

○砂浜の維持管理マニュアルの事例として、点検要領Ⅶ【人工海岸・自然海岸（養浜・砂浜・礫浜・崖）】（大阪府港湾局）を紹介。
○港湾局職員が、「1次点検（職員）」として、定期的に現地を目視・計測し、海岸の変状の有無を確認。
⇒補修の要否、監視強化等の判断を踏まえ、劣化指標を判定
○点検結果は、維持管理データベースに入力。

○一次点検（職員）手順

点検施設の決定
↓
点検の準備
（チェックリスト、平面図、計測機器の準備など）
↓
点検の実施
（目視および計測・写真撮影）
↓
点検結果調書への記入
補修の要否、監視強化等の判断を踏まえ、劣化指標を判定
↓
維持管理データベースへ入力

○対象施設と点検項目

施設名称	工種	細別	点検項目	点検方法	着眼点
人工海岸	養浜・礫浜	前浜・後浜	侵食	目視及び計測	侵食深さ、範囲
			堆積	目視及び計測	堆積高さ、範囲
自然海岸	砂浜・礫浜	前浜・後浜	侵食	目視（必要に応じて計測）	侵食深さ、範囲
			堆積	目視（必要に応じて計測）	堆積高さ、範囲
	崖		侵食	目視（必要に応じて計測）	侵食深さ、範囲

※点検は、点検者が地上より簡易に実施可能な範囲

○劣化指標の判定

劣化指標の判定	人工海岸		自然海岸
	堆積高さ(m)	侵食深さ(m)	
A	1.0m以上	1.0m以上	変状が大きく、利用性・防潮機能に問題あり
C	0.5m以上1.0m未満	0.5m以上1.0m未満	変状が小さく、現時点では利用性・防潮機能に問題なしと判断できる状態
D	0.0m以上0.5m未満	0.0mを越え0.5m未満	変状なし

参考資料－２

点検に関する技術の例

目　次

海岸保全施設における点検に関する技術を用いた手法の紹介---------- 参2-2
①全方位カメラによる写真撮影（車両）　---------- 参2-3
②全方位カメラによる写真撮影（徒歩）---------- 参2-4
③UAV搭載型カメラによる空中写真測量　---------- 参2-5
④航空機搭載型レーザ測深機による3次元計測　---------- 参2-7
⑤水中ドローンによる水中部の動画撮影　---------- 参2-8
⑥水中カメラによる水中部の動画撮影　---------- 参2-9
⑦UAV搭載型カメラによる動画撮影　---------- 参2-10
⑧ラジコンボートによる動画撮影　---------- 参2-11
⑨MMS（モービルマッピングシステム）による3次元計測　---------- 参2-12
⑩ハンディレーザー（SLAM)による3次元計測　---------- 参2-13
⑪レーザスキャナによる3次元計測　---------- 参2-14
⑫UAV搭載型グリーンレーザによる3次元計測　---------- 参2-15
⑬ナローマルチビーム・レーザスキャナによる3次元計測　---------- 参2-16
⑭水中3Dスキャナによる3次元計測　---------- 参2-17
⑮ナローマルチビームによる3次元計測---------- 参2-18
⑯UAV搭載型熱センサーカメラによる温度分布計測 ---------- 参2-19
⑰サイドスキャンソナーによる水中部調査---------- 参2-20
⑱地中レーダによる空洞化調査---------- 参2-21
⑲CCDカメラとスマートフォンによる空洞化調査---------- 参2-22
⑳変状位置画像表示システム（仮称）による施設変状の記録---------- 参2-23
㉑GNSS測量機による測量---------- 参2-24
㉒遠隔地からの施設点検・モニタリング---------- 参2-25

海岸保全施設における点検に関する技術を用いた手法の紹介

点検の目的、点検箇所、導入費用等に応じた新技術等を用いた点検手法を以下に示す。
なお、紹介する点検手法の活用にあたっては、事前に現地の状況を踏まえて適用を判断されたい。

表1　新技術等を用いた点検手法

目的	取得データ	使用機材等	手法	点検箇所		初期導入費用	番号	点検手法の名称
				陸上部	水中部			
施設の状態把握（表面）	画像	全方位カメラ（ビークル搭載型）	写真撮影	○		中	①	全方位カメラによる写真撮影（車両）
		全方位カメラ（徒歩）	写真撮影	○		中	②	全方位カメラによる写真撮影（徒歩）
		UAV+カメラ	空中写真測量	○		中	③	UAV搭載型カメラによる空中写真測量
		航空機+レーザスキャナ	写真撮影	○	○	高	④	航空機搭載型レーザ測深機による3次元計測
		水中ドローン	写真撮影		○	低	⑤	水中ドローンによる水中部の動画撮影
		水中カメラ	写真撮影		○	低	⑥	水中カメラによる水中部の動画撮影
	動画	UAV+カメラ	動画撮影	○		低	⑦	UAV搭載型カメラによる動画撮影
		ラジコンボート＋カメラ	動画撮影	○		中	⑧	ラジコンボートによる動画撮影
		水中ドローン（カメラ内蔵）	動画撮影		○	低	⑤	水中ドローンによる水中部の動画撮影
		水中カメラ	動画撮影		○	低	⑥	水中カメラによる水中部の動画撮影
	3次元点群データ	MMS（モービルマッピングシステム）	レーザ計測	○		高	⑨	MMS（モービルマッピングシステム）による3次元計測
		ハンディレーザスキャナ	SLAM（自己位置推定・空間地図同時計測）	○		中	⑩	ハンディレーザー（SLAM）による3次元計測
		レーザスキャナ	レーザ計測	○		高	⑪	レーザスキャナによる3次元計測
		UAV+カメラ	空中写真測量	○		中	③	UAV搭載型カメラによる空中写真測量
		UAV+グリーンレーザ	レーザ計測	○	○	高	⑫	UAV搭載型グリーンレーザによる3次元計測
		航空機+レーザスキャナ	レーザ計測	○	○	高	④	航空機搭載型レーザ測深機による3次元計測
		ナローマルチビーム測深機+レーザスキャナ	音響測深+レーザ計測	○	○	高	⑬	ナローマルチビーム・レーザスキャナによる3次元計測
		水中3Dスキャナ	レーザ計測		○	高	⑭	水中3Dスキャナによる3次元計測
		ナローマルチビーム測深機	音響測深		○	高	⑮	ナローマルチビームによる3次元計測
	音響画像	サイドスキャンソナー	音響探査		○	高	⑰	サイドスキャンソナーによる水中部調査
施設の状態把握（内部）	温度分布	UAV+熱センサーカメラ	温度分布計測	○		中	⑯	UAV搭載型熱センサーカメラによる温度分布計測
	レーダデータ	地中レーダ	レーダ計測	○		中	⑱	地中レーダによる空洞化調査
	写真・動画	CCDカメラ+スマートフォン	写真・動画撮影	○		低	⑲	CCDカメラとスマートフォンによる空洞化調査
写真表示システム	写真	GNSS機能付きタブレット等	撮影位置・写真表示	○		低	⑳	変状位置画像表示システム（仮称）による施設変状の記録
測量	座標データ	GNSS測量機	水準測量			中	㉑	GNSS測量機による測量
施設の変状把握	電位等	各種センサ	センサによるモニタリング	○	○	-	㉒	遠隔地からの施設点検・モニタリング

導入費用
高：1000万円以上
中：100万円～1000万円
低：100万円未満

※なお、本事例集で掲載する新技術等については必要に応じて更新する。
※費用はあくまで令和元年度調査時点の目安であり、機種や現場条件等により異なることに留意。

① 全方位カメラによる写真撮影（車両）

➢ 目的

車両による巡視・臨時点検時に、全方位カメラにより施設の状態を漏れなく記録する。

➢ 期待できる効果

- 外観把握には有効であるが、取得する画像の解像度はカメラ機器の性能・撮影距離によって異なる。
- 一定間隔での全方位画像のため、広範囲の変状の状況はもとより、施設の周辺環境も含めて視覚的に把握しやすい。
- 施設情報と位置情報を関連付けることで、施設管理を簡易かつ効率的に行える。
- 現地作業時間が短いことから、効率化に加え安全性が向上する。

➢ 適用範囲

① 対象施設と点検区分

対象施設	堤防・護岸・胸壁	離岸堤・潜堤	突堤・ヘッドランド
	○（陸上部）	×	○（陸上部の車両通行が可能な箇所）
点検区分	巡視（パトロール） 臨時点検	一次点検	二次点検
	○	△	×

記号凡例　○：適用可　△：現場条件によって適用可　×：適用不可

② 条件

- 夜間作業不可
- 雨天時作業不可
- 車両走行が可能な箇所

③ 留意事項

- 変状を詳細に把握するためには、適切なカメラ機器の選定や撮影距離の設定が必要である。

➢ 概算費用

初期導入費	400万円程度 （本体他、ソフトウェア、操作用PC）※車両除く
外注費	40万円程度／km（撮影）

費用はあくまで令和元年度調査時点の目安であり、機種や現場条件等により異なることに留意。

➢ 点検手法の概要

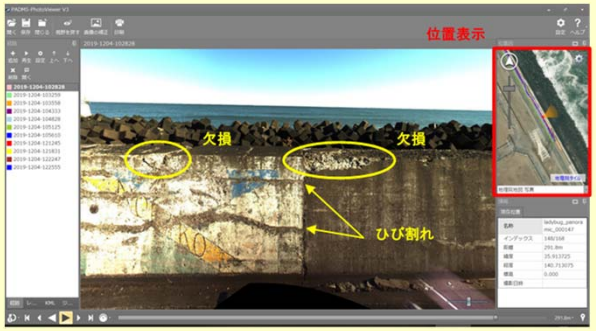
- 車両（車、原付バイク等）に搭載した全方位カメラにより、施設を一定間隔で撮影し、撮影した全方位の画像により視覚的（定性的）に変状を確認する方法である。
- 専用ビューワを用いて、施設の変状（幅mm程度のひび割れ等）が確認できる。
- 解像度：500万画素（下図の撮影事例）
- 1日あたりの作業量：30km程度（車、原付バイク）

海岸保全施設における実験結果

機器本体

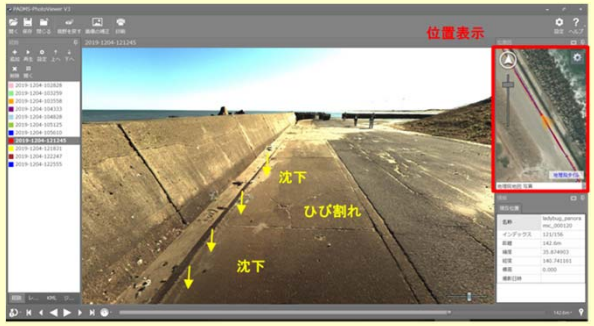
機器	全方位カメラLadybug5／FLIR Systems社製
仕様等	解像度：500万画素 機器重量：約20kg

車両への搭載状況



撮影事例（護岸胸壁）
変状の確認

※カメラ～護岸胸壁までの距離は約2m



撮影事例（天端被覆工）
変状の確認

② 全方位カメラによる写真撮影(徒歩)

➢ 目的

施設の陸上部の状況を把握するため、徒歩により全方位カメラで施設の状況を写真で記録する。

➢ 期待できる効果

- 外観把握には有効であるが、取得する画像の解像度はカメラ機器の性能・撮影距離によって異なる。
- 一定間隔での全方位画像のため、広範囲の変状の状況はもとより、施設の周辺環境も含めて視覚的に把握しやすい。
- 施設情報と位置情報を関連付けることで、施設管理を簡易かつ効率的に行える。
- 従来方法よりも現地滞在時間が短いことから、効率化に加え作業の安全性が向上する。

➢ 適用範囲

① 対象施設と点検区分

対象施設	堤防・護岸・胸壁	離岸堤・潜堤	突堤・ヘッドランド
	○(陸上部)	○(陸上部)	○(陸上部)
点検区分	巡視(パトロール) 臨時点検	一次点検	二次点検
	○	△	×

記号凡例　○:適用可　△:現場条件によって適用可　×:適用不可

② 条件

- 夜間作業不可
- 雨天時作業不可
- 約20kgの機材を背負った状態で歩行が可能な箇所

③ 留意事項

- 変状を詳細に把握するためには、適切なカメラ機器の選定や撮影距離の設定が必要である。

➢ 概算費用

初期導入費	400万円程度 (本体他、ソフトウェア、操作用PC)
外注費	40万円程度／km(撮影)

費用はあくまで令和元年度調査時点の目安であり、機種や現場条件等により異なることに留意。

➢ 点検手法の概要

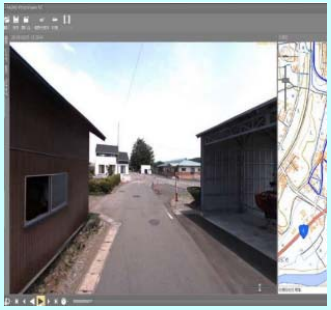
- 徒歩により全方位カメラで施設を一定間隔で撮影し、撮影した全方位の撮影画像により視覚的(定性的)に変状を確認する方法である。
- 専用ビューワを使用すると、施設の変状の確認ができる。
- 解像度:500万画素(下図の撮影事例)
- 1日あたりの作業量:5km程度
- 本手法は、徒歩が可能な箇所ならどこでも利用が可能で、ビークル搭載型に比べ、進入箇所の制限が小さい。

点検手法のイメージ

機器本体

キャリングユニット　重量約20kg

徒歩による撮影イメージ



撮影事例

③ UAV搭載型カメラによる空中写真測量

➢ 目的

施設の陸上部の状況を把握するため、UAVを用いて上空から写真を撮影し、オルソ画像や3次元データを作成する。

➢ 期待できる効果

- 外観把握には有効であるが、取得する画像の解像度はカメラ機器の性能・撮影距離によって異なる。
- 車両や航空機では計測できない箇所での撮影が可能である。
- 短時間で広範囲のデータが取得できること、及び危険箇所への立入りを回避できることから、効率化に加え作業の安全性が向上する。

➢ 適用範囲

① 対象施設と点検区分

対象施設	堤防・護岸・胸壁	離岸堤・潜堤	突堤・ヘッドランド
	○(陸上部)	○(陸上部)	○(陸上部)
点検区分	巡視(パトロール) 臨時点検	一次点検	二次点検
	○	△	△

記号凡例　○:適用可　△:現場条件によって適用可　×:適用不可

② 条件

- 夜間作業不可
- 雨天時及び風速5m/sec程度以上で作業不可

③ 留意事項

- 変状を詳細に把握するためには、適切なカメラ機器の選定や撮影距離の設定が必要である。
- 飛行場所の飛行制限を確認する必要がある。
- UAVと干渉する電波がないかを確認する必要がある。

➢ 概算費用

初期導入費	600万円程度 （機体、カメラ、3次元処理ソフト）
外注費	200万円程度／km （撮影～3次元化）

費用はあくまで令和元年度調査時点の目安であり、機種や現場条件等により異なることに留意。

➢ 点検手法の概要

- UAVを用いた写真測量であり、写真より作成する3次元データやオルソ画像を用いて、変状を定量的・定性的に把握する方法である。
- データの取得点間隔：5～10cm程度（対地高度75m時）
- 1日あたりの作業量：概ね1,000～2,000㎡程度
  形状が細く直線的な場合は2km程度

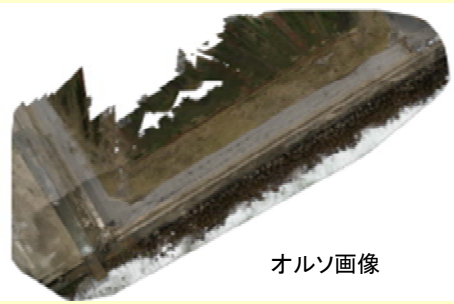
海岸保全施設における実験結果

機器本体（Phantom4 RTK）

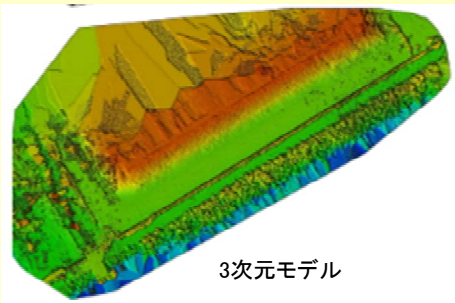
UAV	Phantom4 RTK／DJI社製 Matrice600／DJI社製　他
カメラ解像度	2,000万～4,000万画素のカメラを搭載

＜地上解像度と撮影条件との関係（例）＞
Phantom4RTKにて「地上解像度1mm」とする場合の条件

Phantom4 RTK	飛行高度	3.4m
	有効画素数	2,000万画素
	レンズ	8.8mm



オルソ画像



3次元モデル

オルソ画像や3次元モデルによる損傷や高さ、形状に係る変状の確認

③ UAV搭載型カメラによる空中写真測量（応用技術の紹介）

UAV・AIを用いた点検・診断システム

海岸保全施設の維持管理における点検等の高度化・効率化を目的として、UAVによる撮影画像から施設変状（ひび割れ等）を自動抽出するAI及び三次元モデルを精度を高めるために自動で海面部を除去するAIを用いて現地作業に要する時間を削減させる。

撮影画像（オルソ画像）　　施設変状抽出処理後

海面ノイズ処理前　　海面ノイズ処理後

参考費用

導入費	1,000万円以上 （機体、カメラ、3次元処理ソフト、AI開発費）
外注費	300万円程度／km （撮影～3次元化、AIによる変状抽出）

AI解析については、開発段階にあるため、費用は想定である。

UAVによる人工リーフの簡易な点検方法の検討事例

UAVによる人工リーフの簡易な点検方法を検討することを目的として、撮影した静止画を色調の補正を行った上で三次元形状復元計算を行い、異常値を除去した上で見かけの水深に補正係数を乗じることで真の水深の推定という手順で、一定の精度で人工リーフの三次元形状を推定できる。

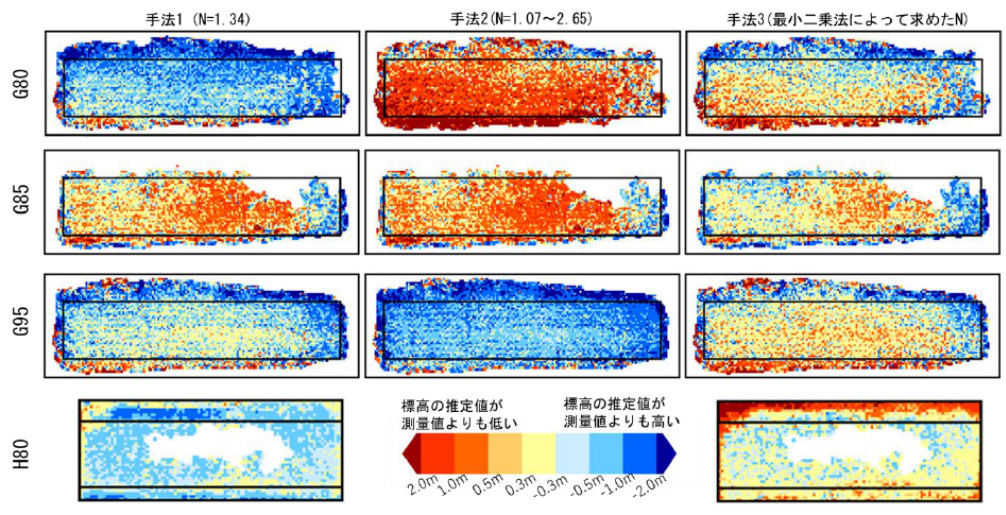


図　水深補正後の標高の推定値の誤差の平面分布
（各図の中央の黒枠内が人工リーフの天端面）

④ 航空機搭載型レーザ測深機による3次元計測

➢ 目的

施設の陸上部及び水中部の状況を把握するため、航空機を用いたレーザ計測を行い、3次元点群データを取得する。

➢ 期待できる効果

- 陸上部、水中部の構造の高さや形状について、一度に広範囲のデータ取得が可能である。
- オルソ画像は外観把握には有効であるが、解像度はカメラ機器の性能・撮影距離によって異なる。
- 従来の測量よりも短時間で実施できること、水中作業が不要なこと、及び危険箇所への立入りを回避できることから、効率化に加え作業の安全性が向上する。

➢ 適用範囲

① 対象施設と点検区分

対象施設	堤防・護岸・胸壁	離岸堤・潜堤	突堤・ヘッドランド
	○(陸上部・水中部)	○(陸上部・水中部)	○(陸上部・水中部)
点検区分	巡視(パトロール) 臨時点検	一次点検	二次点検
	△	△	△

記号凡例　○:適用可　△:現場条件によって適用可　×:適用不可

② 条件

- 夜間作業不可
- 雨天、荒天時作業不可
- 水中部は、高波浪、白波、砕波、濁りのある場所では計測不可

③ 留意事項

- 点群データであるため3次元的な形状の把握には有効である一方、ひび割れ等の表面的な変状は画像による点検等の方が適している。
- 計測水深は透明度に依存するので、事前に透明度を把握する。
- 水中3Dスキャナやマルチビーム計測と比較して対象との距離が必要となるため、取得点群密度が小さくなる。
- 飛行場所の飛行制限を確認する必要がある。

➢ 概算費用

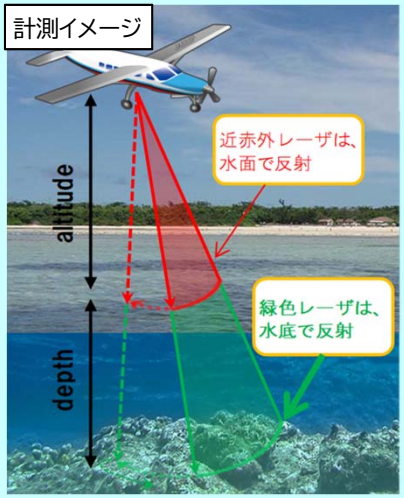
初期導入費	8,000万円程度 （機体を除く、グリーンレーザ、3次元処理ソフト）
外注費	300万円程度／km （計測～3次元化）

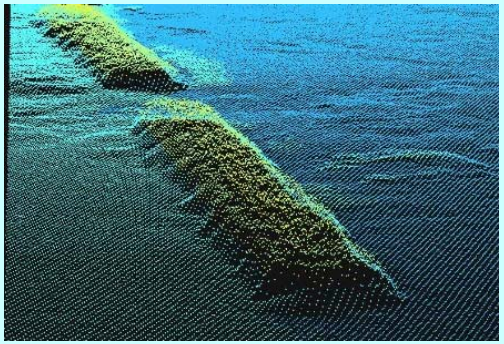
費用はあくまで令和元年度調査時点の目安であり、機種や現場条件等により異なることに留意。

➢ 点検手法の概要

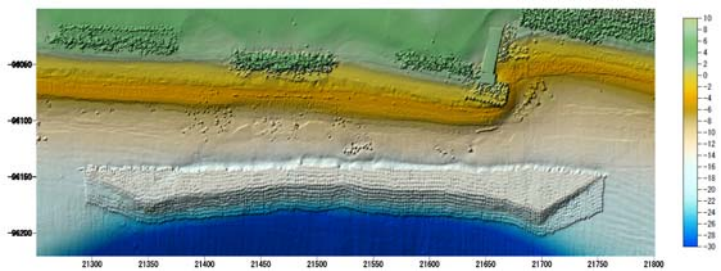
- 航空機に緑色レーザとデジタルカメラを搭載し、陸上部～水中部の3次元点群データとカメラ画像を取得し、変状を定量的・定性的に把握する方法である。
- 位置情報の取得は、航空機に搭載したGNSS/IMUによるが、計測範囲の地上に基準点(GCP)の設置が必要である。
- データの取得点密度:陸部4点/㎡,水部1点/㎡
  (対地高度500m時)
- 計測可能水深:20m程度(水質条件による)
- 1日あたりの作業量:概ね50k㎡

点検手法のイメージ





計測事例(離岸堤)
3次元点群データにより形状や高さを確認



航空搭載型レーザ測深とナローマルチビームを組み合わせた三次元地形計測
出典:国土交通省中部地方整備局沼津河川国道事務所

⑤ 水中ドローンによる水中部の動画撮影

➢ 目的

施設の水中部の状況を把握するため、施設の水中部において、潜水作業を伴わない方法により動画を撮影する。

➢ 期待できる効果

- 外観把握には有効であるが、取得する画像の解像度はカメラ機器の性能・撮影距離によって異なる。
- 潜水作業を回避でき、水中部の変状を簡易に確認することができるため、効率化に加え作業の安全性が向上する。

➢ 適用範囲

① 対象施設と点検区分

対象施設	堤防・護岸・胸壁	離岸堤・潜堤	突堤・ヘッドランド
	○(水中部)	○(水中部)	○(水中部)
点検区分	巡視(パトロール) 臨時点検	一次点検	二次点検
	○	△	×

記号凡例　○:適用可　△:現場条件によって適用可　×:適用不可

② 条件

- 夜間作業不可
- 雨天時作業不可(操作機を防水できれば、雨天でも実施可能)
- 水流の大きな場所は作業不可

③ 留意事項

- 水中撮影のため、日照や透明度の影響を受けやすい。
- 視野角が限られるため、変状の見落としに注意する必要がある。
- 透明度が低い場合は対象に接近して撮影する必要があるため、作業の効率性が低下する。

➢ 概算費用

初期導入費	40万円程度(本体、付属品込み)
外注費	30万円程度／日、110万円程度／km

費用はあくまで令和元年度調査時点の目安であり、機種や現場条件等により異なることに留意。

➢ 点検手法の概要

- カメラを搭載した水中ドローンであり、極浅海域での地形や構造物の撮影を行い、変状を視覚的(定性的)に把握する方法である。
- 動画を録画するとともに、専用モニターを用いてリアルタイムに施設の状態を確認できる。
- 解像度:1200万画素(下図の撮影事例)
- 撮影画像は、潜水士が撮影する写真や動画と同等の質である。
- 1日あたりの作業量:500m程度

海岸保全施設における実験結果

機器本体

撮影事例(鋼矢板)　鋼面の発錆

撮影状況

撮影事例(鋼矢板)　鋼面の発錆と陽極の全消耗

機器	水中ドローンFIFISH V6／QYSEA社製
仕様等	解像度;1200万画素 機器重量:約4kg 耐圧水深:100m

⑥ 水中カメラによる水中部の動画撮影

➢ 目的

施設の水中部の状況を把握するため、水中カメラを用いて施設の水中部の状況を簡易的に動画撮影する。

➢ 期待できる効果

- 外観把握には有効であるが、取得する画像の解像度はカメラ機器の性能・撮影距離によって異なる。
- 潜水士による水中作業量が減少するため、効率化や作業の安全性の向上に寄与する。

➢ 適用範囲

① 対象施設と点検区分

対象施設	堤防・護岸・胸壁	離岸堤・潜堤	突堤・ヘッドランド
	○(水中部)	○(水中部)	○(水中部)
点検区分	巡視(パトロール) 臨時点検	一次点検	二次点検
	○	△	×

記号凡例　○:適用可　△:現場条件によって適用可　×:適用不可

② 条件

- 夜間作業不可
- 水流の大きな場所は作業不可

③ 留意事項

- 水中撮影のため、日照や透明度の影響を受けやすい。
- 水中での移動や撮影方向の変更が出来ないため、ピンポイントのデータ取得となる。
- 照度が不足する場合には、水中ライト等を用いる必要がある。

➢ 概算費用

初期導入費	15万円程度(カメラ・防水ケース・取付け金具・充電機器等一式・ワイヤレスライン100m)
外注費	50万円程度／10箇所

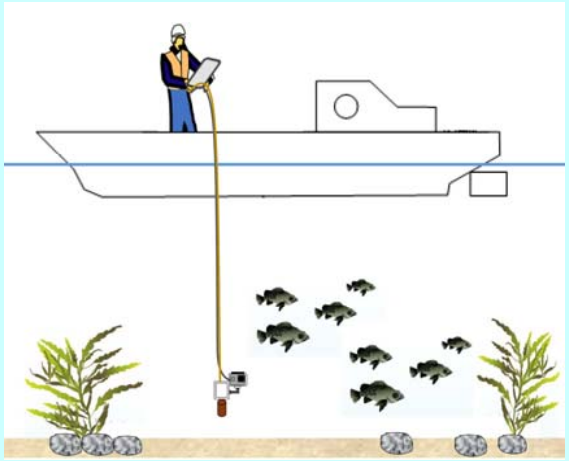
費用はあくまで令和元年度調査時点の目安であり、機種や現場条件等により異なることに留意。

➢ 点検手法の概要

- 水中カメラにより、水中部の動画を撮影して、視覚的(定性的)に変状を確認する方法である。
- 水中で撮影した映像を、ケーブルを介して船上のスマートフォンやタブレットでリアルタイムでの確認ができる。
- 撮影画像は、潜水士が撮影する写真や動画と同等の質である。
- 1日あたりの作業量:5～10箇所程度

点検手法のイメージ

機器本体



撮影イメージ

撮影事例(魚礁)

⑦ UAV搭載型カメラによる動画撮影

➢ 目的

施設の陸上部の状況を把握するため、UAVを用いて上空から動画を撮影する。

➢ 期待できる効果

- 外観把握には有効であるが、取得する画像の解像度はカメラ機器の性能・撮影距離によって異なる。
- 車両や航空機では進入できない箇所の撮影が可能である（狭小地、離岸堤など）。
- 短時間で広範囲の撮影ができること、及び危険箇所への立入りを回避できることから、効率化や作業の安全性の向上に寄与する 。

➢ 適用範囲

① 対象施設と点検区分

対象施設	堤防・護岸・胸壁	離岸堤・潜堤	突堤・ヘッドランド
	○（陸上部）	○（陸上部）	○（陸上部）
点検区分	巡視（パトロール） 臨時点検	一次点検	二次点検
	○	△	×

記号凡例　○：適用可　△：現場条件によって適用可　×：適用不可

② 条件

- 夜間作業不可
- 雨天時及び風速5m/sec程度以上で作業不可

③ 留意事項

- 変状を詳細に把握するためには、適切なカメラ機器の選定や撮影距離の設定が必要である。
- 撮影時の照度不足や施設の表面が濡れている等の条件では、変状の確認が困難な場合がある。
- 飛行場所の飛行制限を確認する必要がある。
- UAVと干渉する電波がないかを確認する必要がある。

➢ 概算費用

初期導入費	50～60万円程度（機体、カメラ）
外注費	50万円程度／km

費用はあくまで令和元年度調査時点の目安であり、機種や現場条件等により異なることに留意。

➢ 点検手法の概要

- UAVにデジタルカメラを搭載し、動画を撮影して、変状を視覚的（定性的）に確認する方法である。
- 解像度はカメラ機器の性能によるが、構造物の設置状態や幅数mm程度のひび割れ等が確認できる。
- 1日あたりの作業量：概ね2,000～4,000㎡程度
  形状が細く直線的な場合は4km程度

点検手法のイメージ

機器本体

撮影事例（仮設護岸）
被覆材の散乱

撮影事例（突堤）　変状確認

⑧ ラジコンボートによる動画撮影

➢ 目的

施設の陸上部(海側側面部)の状況を把握するため、施設の海側側面部において、船上作業を伴わない方法により動画を撮影する。

➢ 期待できる効果

- 外観把握には有効であるが、取得する画像の解像度はカメラ機器の性能・撮影距離によって異なる。
- 陸上部から構造物の海側側面を確認できない場所や、浅場など小型船舶が航行困難な場所でも施設の概況を把握することが可能。
- 船上作業を回避できるため、効率化や作業の安全性の向上に寄与する。

➢ 適用範囲

① 対象施設と点検区分

対象施設	堤防・護岸・胸壁	離岸堤・潜堤	突堤・ヘッドランド
	○ (陸上部(海側側面部))	○ (陸上部(海側側面部))	○ (陸上部(海側側面部))
点検区分	巡視(パトロール) 臨時点検	一次点検	二次点検
	○	△	×

記号凡例　○:適用可　△:現場条件によって適用可　×:適用不可

② 条件

- 夜間作業不可
- 雨天時、風速5m/sec程度以上、水流の大きな場所、波高30cm以上で作業不可

③ 留意事項

- 変状を詳細に把握するためには、適切なカメラ機器の選定や撮影距離の設定が必要である。
- 撮影時の照度不足や施設の表面が濡れている等の条件では、変状の確認が困難な場合がある。
- ラジコンボートと干渉する電波がないかを確認する必要がある。

➢ 概算費用

初期導入費	500万円程度(船体、カメラ)
外注費	30万円程度／km

費用はあくまで令和元年度調査時点の目安であり、機種や現場条件等により異なることに留意。

➢ 点検手法の概要

- ラジコンボートにデジタルカメラを搭載し、動画を撮影して、変状を視覚的(定性的)に確認する方法である。
- 手動操縦のほか、自動航行も可能である。
- Bluetooth機能を持つカメラを使用すると、スマートフォン等でリアルタイムに施設の状態を確認できる。
- 解像度はカメラ機器の性能によるが、幅数mm程度のひび割れ等が確認できる。
- 1日あたりの作業量:10km程度

海岸保全施設における実験結果

機器	ラジコンボートRC-S3／コデン社製 デジタルカメラ／GoPro社製
仕様等	全長1,200mm 重量12kg(バッテリー搭載時16kg) 船速2.0kt

機器本体
アクションカメラを艤装

スマートフォンによる動画表示

撮影状況

撮影事例(護岸)　変状確認

⑨ MMS（モービルマッピングシステム）による3次元計測

➢ 目的

施設の陸上部の状況を把握するため、車両搭載の計測技術を用いて3次元点群データ等を取得する。

➢ 期待できる効果

- 陸上部の構造の高さや形状について、一度に広範囲のデータ取得が可能である。
- 外観把握には有効であるが、取得する画像の解像度はカメラ機器の性能・撮影距離によって異なる。
- 現地作業時間が短いことから、効率化や作業の安全性の向上に寄与する。

➢ 適用範囲

① 対象施設と点検区分

対象施設	堤防・護岸・胸壁	離岸堤・潜堤	突堤・ヘッドランド
	○（陸上部）	○（陸上部）	○（陸上部）
点検区分	巡視（パトロール） 臨時点検	一次点検	二次点検
	○	△	△

記号凡例　○：適用可　△：現場条件によって適用可　×：適用不可

② 条件

- 夜間作業可（ただし、安全上は望ましくない。なお、写真撮影の場合は夜間作業不可）
- 雨天時作業不可

③ 留意事項

- 点群データであるため3次元的な形状の把握には有効である一方、ひび割れ等の表面的な変状は画像による点検等の方が適している。
- 車やバイクが進入できる箇所に限られる。
- 撮影時の照度不足や施設の表面が濡れている等の条件では、変状の確認が困難な場合がある。

➢ 概算費用

初期導入費	8,000万円程度（車両、各種センサー）
外注費	100万円程度／km（計測～データ化）

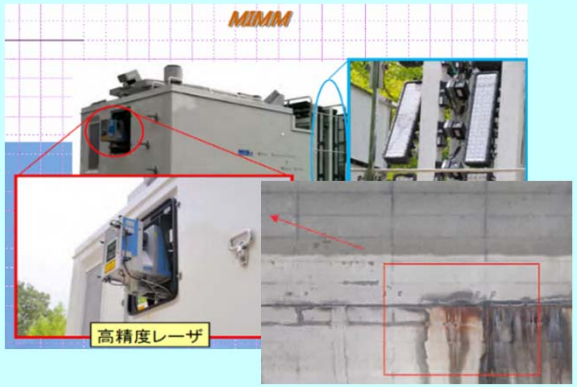
費用はあくまで令和元年度調査時点の目安であり、機種や現場条件等により異なることに留意。

➢ 点検手法の概要

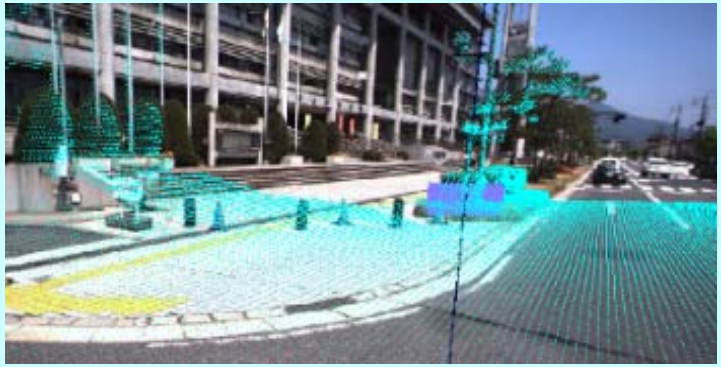
- 車両にGPS/IMU、レーザ、カメラを搭載し、走行しながら周辺の3次元点群データを取得するシステムで、3次元点群データや画像により定量的・定性的に変状を把握する手法である。
- 法定速度で走行しながらの計測が可能である。
- データの取得点密度：25個／㎡
- 1日あたりの作業量：30㎞程度（地図情報レベル500適用時）
- 全方位カメラを搭載することも可能である。

点検手法のイメージ

車への機器搭載状況



計測・撮影事例（コンクリートの剥離損傷）



計測・撮影事例（写真＋3次元点群）

⑩ ハンディレーザー(SLAM)による3次元計測

➢ 目的

施設の陸上部の状況を把握するため、徒歩で移動しながら3次元点群データを取得する。

➢ 期待できる効果

- 軽量のハンディタイプであり、簡単に3次元点群データを取得できることから、効率化に寄与する。
- 陸上を歩いてデータ取得が原則だが、船舶、自転車に搭載することで適用性が拡大する可能性がある。

➢ 適用範囲

① 対象施設と点検区分

対象施設	堤防・護岸・胸壁	離岸堤・潜堤	突堤・ヘッドランド
	○(陸上部)	○(陸上部)	○(陸上部)
点検区分	巡視(パトロール) 臨時点検	一次点検	二次点検
	△	△	△

記号凡例　○:適用可　△:現場条件によって適用可　×:適用不可

② 条件

- 夜間作業可(ただし、安全上は望ましくない。)
- 雨天時作業不可

③ 留意事項

- 点群データであるため3次元的な形状の把握には有効である一方、ひび割れ等の表面的な変状は画像による点検等の方が適している。
- 位置情報が必要な場合は、別途計測する必要がある。

➢ 概算費用

初期導入費	800万円程度(本体、ソフトウェア)
外注費	40万円程度／km(計測～データ化)

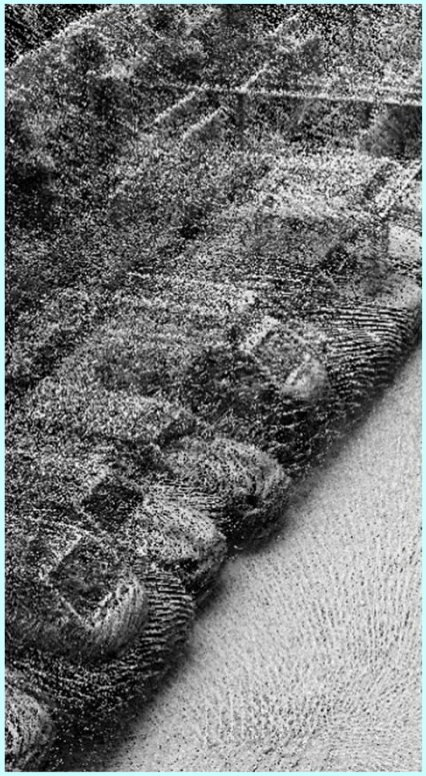
費用はあくまで令和元年度調査時点の目安であり、機種や現場条件等により異なることに留意。

➢ 点検手法の概要

- SLAM方式(自己位置推定・地図作成)による軽量小型のハンディレーザを持って歩くことで周囲の地形データを取得し、3次元点群データにより変状を定量的・定性的に把握する手法である。
- 計測範囲:計測機器から50m程度の範囲
- 1日あたりの作業量:5km程度
- 船舶や自転車でも活用できる可能性がある。

点検手法のイメージ

計測状況



計測事例
(点群で駐車場の状況を表示)

⑪ レーザスキャナによる3次元計測

➢ 目的

施設の陸上部の状況を把握するため、地上据置型のレーザスキャナを用いて3次元点群データを取得する。

➢ 期待できる効果

- 陸上部の構造の高さや形状について、一度に広範囲のデータ取得が可能である。
- 危険箇所に立入らずに離れた場所からデータが取得できることから、作業の安全性が向上する。

➢ 適用範囲

① 対象施設と点検区分

対象施設	堤防・護岸・胸壁	離岸堤・潜堤	突堤・ヘッドランド
	○(陸上部)	○(陸上部)	○(陸上部)
点検区分	巡視(パトロール) 臨時点検	一次点検	二次点検
	△	△	△

記号凡例　○:適用可　△:現場条件によって適用可　×:適用不可

② 条件

- 夜間作業不可
- 雨天時作業不可

③ 留意事項

- 点群データであるため3次元的な形状の把握には有効である一方、ひび割れ等の表面的な変状は画像による点検等の方が適している。

➢ 概算費用

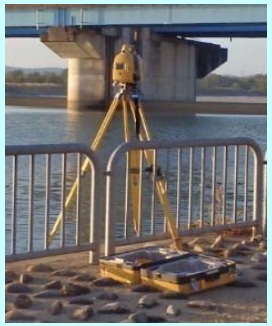
初期導入費	1,200万円程度(本体、ソフトウェア)
外注費	200万円程度／km （≒500㎡として）

費用はあくまで令和元年度調査時点の目安であり、機種や現場条件等により異なることに留意。

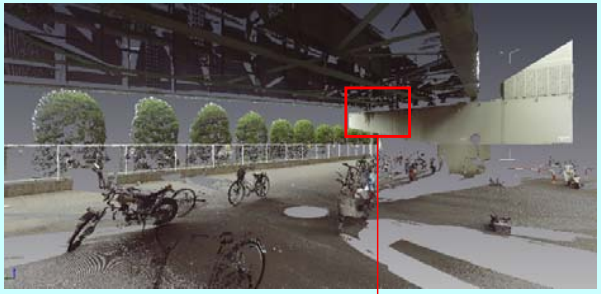
➢ 点検手法の概要

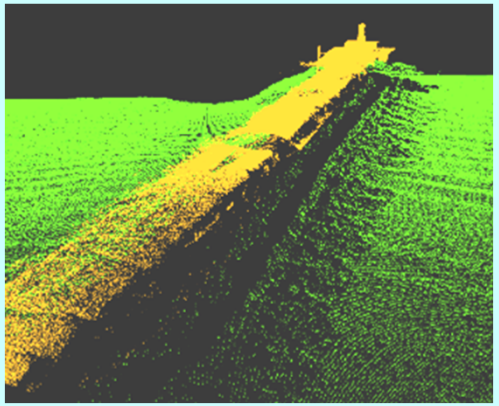
- 地上レーザにより施設の3次元計測を行い、変状を定量的・定性的に把握する方法である。
- 位置座標に加え色(RGB)データの取得が可能である。
- 測定範囲:300m
- データの取得点間隔:6.3㎜(機器より10mの位置)
- 計測時間:約20分/回
- 1日あたりの作業量:5～10箇所程度

点検手法のイメージ



機器本体





計測事例(防波堤)
地上レーザ(黄色)　＋マルチビーム(緑色)

RGBデータにより
錆汁の規模も計測可能

⑫ UAV搭載型グリーンレーザによる3次元計測

➢ 目的

施設の陸上部及び水中部の状況を把握するため、UAVを用いたレーザ計測を行い、3次元点群データを取得する。

➢ 期待できる効果

- 陸上部、水中部の構造の高さや形状について、一度に広範囲のデータ取得が可能である。
- オルソ画像は外観把握には有効であるが、解像度はカメラ機器の性能・撮影距離によって異なる。
- 従来の測量よりも短時間で実施できること、水中作業が不要なこと、及び危険箇所への立入りを回避できることから、効率化に加え作業の安全性が向上する。

➢ 適用範囲

① 対象施設と点検区分

対象施設	堤防・護岸・胸壁	離岸堤・潜堤	突堤・ヘッドランド
	○(陸上部・水中部)	○(陸上部・水中部)	○(陸上部・水中部)
点検区分	巡視(パトロール) 臨時点検	一次点検	二次点検
	△	△	△

記号凡例　○:適用可　△:現場条件によって適用可　×:適用不可

② 条件

- 夜間作業不可
- 雨天時及び風速5m/sec程度以上で作業不可
- 水中部は、高波浪、白波、砕波、濁りのある場所では計測不可

③ 留意事項

- 点群データであるため3次元的な形状の把握には有効である一方、ひび割れ等の表面的な変状は画像による点検等の方が適している。
- 計測水深は透明度に依存するので、事前に透明度を把握する。
- 飛行場所の飛行制限に留意する必要がある。
- UAVと干渉する電波がないかを確認する必要がある。

➢ 概算費用

初期導入費	3,000万円程度 （機体、グリーンレーザ、3次元処理ソフト）
外注費	270万円程度／km （計測～3次元化）

費用はあくまで令和元年度調査時点の目安であり、機種や現場条件等により異なることに留意。

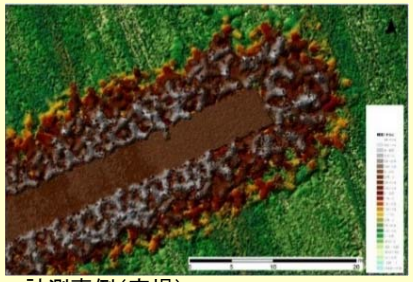
➢ 点検手法の概要

- UAVに緑色レーザとデジタルカメラを搭載し、陸上部～水中部の3次元点群データとカメラ画像を取得し、3次元点群データを用いて、変状を定量的・定性的に把握する方法である。
- レーザ計測時に写真撮影するとオルソ画像を作成することが可能である。
- データの取得点間隔:10㎝程度(対地高度75m時)
- 計測可能水深:10m程度(水質条件による)
- 1日あたりの作業量:1,000～2,000㎡程度
  形状が細く直線的な場合は2㎞程度

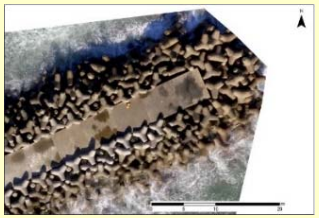
海岸保全施設における実験結果

機器本体

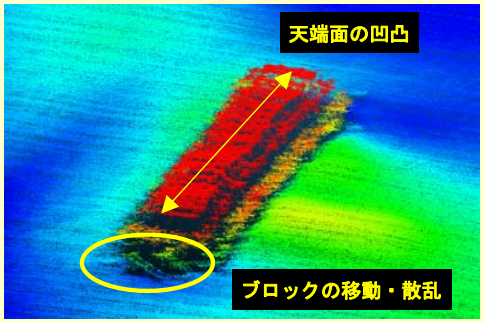
UAV	Matrice600／DJI社製
グリーンレーザ	TDOT GREEN／アミューズワンセルフ社製 ※2.6kg(本体)



計測事例(突堤)
3D点群データにより形状や高さを確認



簡易オルソ
視覚的に変状を確認



計測事例(離岸堤)　変状確認

天端面の凹凸(傾き)

ブロックの移動・散乱

⑬ ナローマルチビーム・レーザスキャナによる3次元計測

➢ 目的

施設の陸上部と水中部の状況を把握するため、ナローマルチビーム測深とレーザスキャナを用いて、3次元点群データを取得する。

➢ 期待できる効果

- 陸上部と水中部の計測を同時にできることから、従来の測量手法よりも作業時間を短縮できる。
- 潜水作業や危険な消波工上の測量作業を回避できることから、効率化に加え作業の安全性が向上する。

➢ 適用範囲

① 対象施設と点検区分

対象施設	堤防・護岸・胸壁	離岸堤・潜堤	突堤・ヘッドランド
	○（陸上部（海側側面部）・水中部）	○（陸上部（海側側面部）・水中部）	○（陸上部（海側側面部）・水中部）
点検区分	巡視（パトロール）臨時点検	一次点検	二次点検
	△	△	△

記号凡例　○:適用可　△:現場条件によって適用可　×:適用不可

② 条件

- 夜間作業不可
- 雨天時、風速10m/sec以上、波浪1m以上で作業不可

③ 留意事項

- 点群データであるため3次元的な形状の把握には有効である一方、ひび割れ等の表面的な変状は画像による点検等の方が適している。
- レーザ計測は海上からの横向きの計測となるため、施設上面は計測できない可能性がある。
- 水中部と水上部を同時に計測する技術ではあるが、水面付近のデータが取得できない可能性がある。

➢ 概算費用

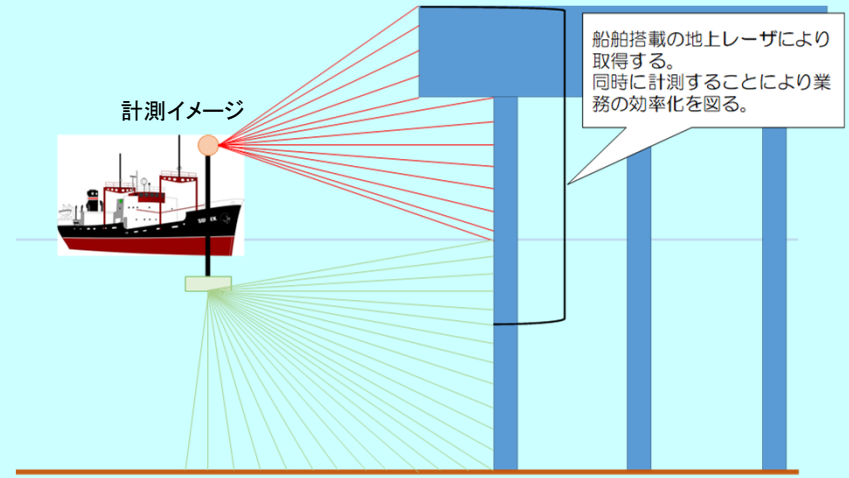
初期導入費	4,500万円程度（マルチビーム、レーザスキャナ、ソフトウェア）
外注費	350万円程度／km（計測～3次元化）

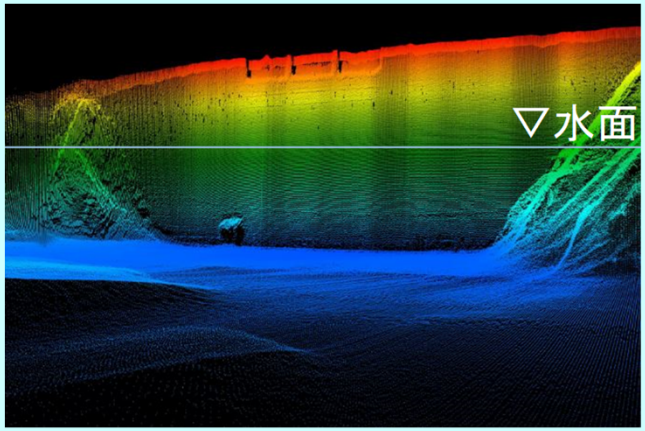
費用はあくまで令和元年度調査時点の目安であり、機種や現場条件等により異なることに留意。

➢ 点検手法の概要

- 水中部についてはナローマルチビーム、陸上部についてはレーザ計測を行い、3次元点群データにより変状を定量的・定性的に把握する手法である。
- 両機器を作業船に艤装し、同時計測する。
- データの取得点密度:数10個／㎡
- 1日あたりの作業量:10㎞程度

点検手法のイメージ





計測事例（ダム堤体）

⑭ 水中3Dスキャナによる3次元計測

➢ 目的

施設の水中部の状況を把握するため、音響計測により3次元点群データを取得する。

➢ 期待できる効果

- 概況把握のみならず、詳細点検にも活用できる。
- 同様の計測手法であるナローマルチビームよりも小型で扱いやすく、操作も簡易である。
- 潜水士の水中部作業の低減により、効率化に加え作業の安全性が向上する。

➢ 適用範囲

① 対象施設と点検区分

対象施設	堤防・護岸・胸壁	離岸堤・潜堤	突堤・ヘッドランド
	○(水中部)	○(水中部)	○(水中部)
点検区分	巡視(パトロール) 臨時点検	一次点検	二次点検
	△	△	△

記号凡例　○:適用可　△:現場条件によって適用可　×:適用不可

② 条件

- 夜間作業不可
- 荒天時、時化時、水流の大きな場所での作業不可

③ 留意事項

- 点群データであるため3次元的な形状の把握には有効である一方、ひび割れ等の表面的な変状は画像による点検等の方が適している。
- 機器を海底固定とする場合、潜水士による固定作業が必要となる場合がある。

➢ 概算費用

初期導入費	2,500万円程度 （本体、ソフトウェア）
外注費	150万円程度(10箇所／日) ※水中固定の場合 350万円程度／km ※作業船艤装の場合

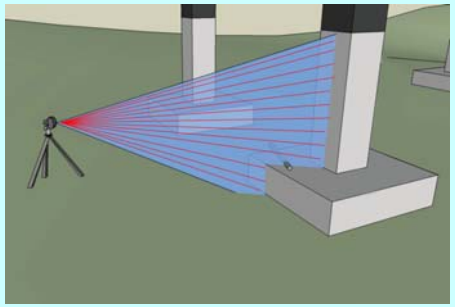
費用はあくまで令和元年度調査時点の目安であり、機種や現場条件等により異なることに留意。

➢ 点検手法の概要

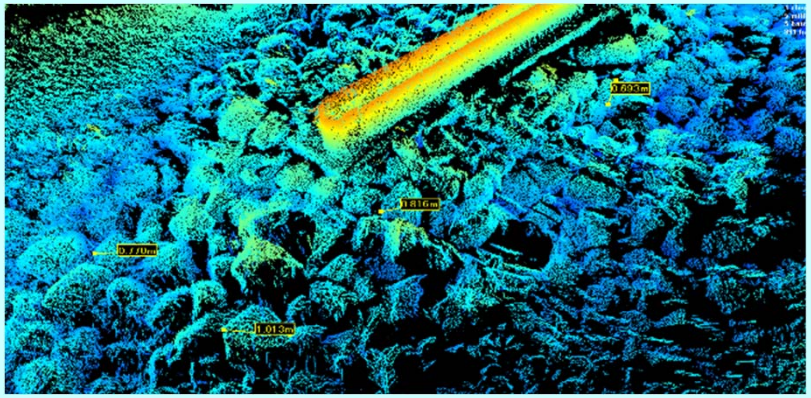
- 極浅海域での水中部の地形や構造物の3次元計測を行い、変状を定量的・定性的に把握する方法である。
- 水中固定による計測のほか、ゴムボートやROVに搭載して、移動しながら水際までの施設形状や海底地形計測ができる。チルト機能でソナーを360度回転させて計測することができる。
- 最適測定距離:1～20m(最大30m)
- データの取得点密度:数10個/㎡
- 1日あたりの作業量:5～10箇所程度／日　※水中固定の場合
- 計測時間:5～20分/回　※水中固定の場合

点検手法のイメージ

機器本体



計測イメージ(水中固定の場合)



計測事例(捨石の状況)

⑮ ナローマルチビームによる3次元計測

➢ 目的

施設の水中部の状況を把握するため、ナローマルチビーム測深機を用いて、3次元データを取得する。

➢ 期待できる効果

- 従来のシングルビーム計測よりも短時間で広範囲のデータを取得することができる。
- 水中部の広範囲の状況を視覚的に確認できる。
- 潜水作業を回避できることから、効率化に加え安全性が向上する。

➢ 適用範囲

① 対象施設と点検区分

対象施設	堤防・護岸・胸壁	離岸堤・潜堤	突堤・ヘッドランド
	○(水中部)	○(水中部)	○(水中部)
点検区分	巡視(パトロール) 臨時点検	一次点検	二次点検
	△	△	△

記号凡例　○:適用可　△:現場条件によって適用可　×:適用不可

② 条件

- 夜間作業不可
- 風速10m/sec以上、波浪1m以上で作業不可

③ 留意事項

- 点群データであるため3次元的な形状の把握には有効である一方、ひび割れ等の表面的な変状は画像による点検等の方が適している。
- 水面付近のデータが取得できない可能性がある。

➢ 概算費用

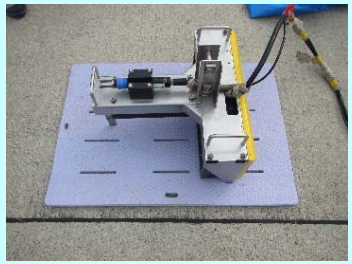
導入費	5,000万円程度(本体、ソフトウエア)
外注費	300万円程度／km

費用はあくまで令和元年度調査時点の目安であり、機種や現場条件等により異なることに留意。

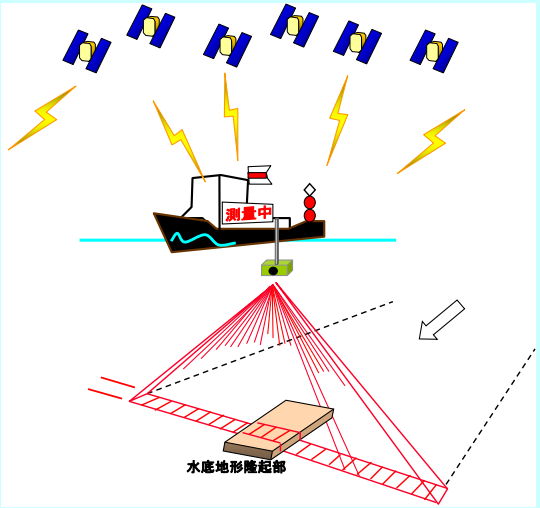
➢ 点検手法の概要

- ナローマルチビーム計測を行い、3次元データにより変状を定量的・定性的に把握する手法である。
- 両機器を作業船に艤装し、同時計測する。
- データの取得点密度:数10個／㎡
- 1日あたりの作業量:10㎞程度

点検手法のイメージ

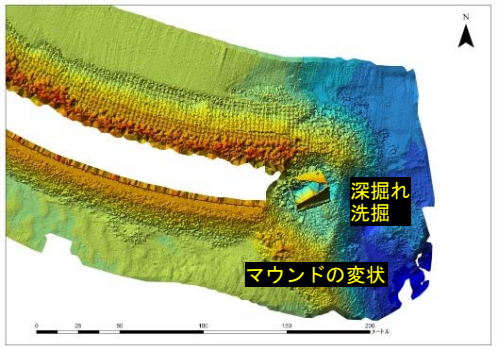


機器本体(Sonic2024)



測量イメージ

3次元図(防波堤マウンド)



3次元図(防波堤マウンド)

⑯ UAV搭載型熱センサーカメラによる温度分布計測

➢ 目的

施設のコンクリート内部の変状を把握するため、UAVを用いて上空からコンクリートの表面温度を計測する。

➢ 期待できる効果

- 視覚的にはわからないコンクリート内部の剥離等の変状についての点検への活用が期待できる。
- 非破壊検査であるため、構造への負担はない。
- 危険箇所への立入りを回避できること、広範囲のデータが短時間で取得できることから、効率化に加え安全性が向上する。

➢ 適用範囲

① 対象施設と点検区分

対象施設	堤防・護岸・胸壁	離岸堤・潜堤	突堤・ヘッドランド
	○(陸上部)	○(陸上部)	○(陸上部)
点検区分	巡視(パトロール) 臨時点検	一次点検	二次点検
	△	△	△

記号凡例　○:適用可　△:現場条件によって適用可　×:適用不可

② 条件

- 夜間作業不可
- 雨天時及び風速5m/sec程度以上で作業不可

③ 留意事項

- 滑らかなコンクリート表面では変状に伴う温度分布の不均質な状態等が検出されやすいが、形状の複雑は石積やブロックには不向きの可能性がある。
- コンクリートの内部剥離等の変状があっても温度分布が一様に計測される場合には、変状が適切に抽出されない場合がある。
- 飛行場所の飛行制限に留意する必要がある。
- UAVと干渉する電波がないかを確認する必要がある。

➢ 概算費用

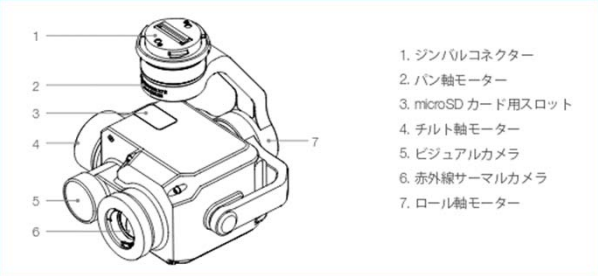
初期導入費	250万円程度(機体、熱センサーカメラ)
外注費	200万円程度／km(計測～データ化)

費用はあくまで令和元年度調査時点の目安であり、機種や現場条件等により異なることに留意。

➢ 点検手法の概要

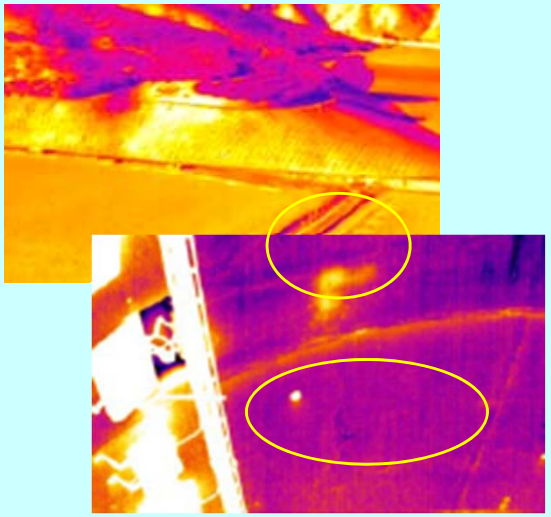
- UAVに熱センサーカメラを搭載して計測し、構造物の変状に伴う温度分布の不均質状態等により、コンクリート内部の変状箇所を抽出する技術である。
- RTK-GNSSを搭載することで正確な測位が可能となり、変状の位置座標を記録できる。
- 温度分解能:0.05℃
- 1日あたりの作業量:概ね1,000～2,000㎡程度
  形状が細く直線的な場合は2km程度

点検手法のイメージ



機器本体

機器本体(UAVに搭載)



計測事例(コンクリートの変状箇所の抽出イメージ)

⑰ サイドスキャンソナーによる水中部調査

➢ 目的

離岸堤等の水中部の点検において、サイドスキャンソナーにより音響画像を取得することで、潜水調査を伴わない手法で調査する。

➢ 期待できる効果

- 対象施設全体および周辺の水中部を面的に把握できることから、二次点検以降の調査計画の立案に寄与する。
- 潜水調査を実施せずに変状の概要を把握できることから、点検作業の効率化に加え安全性の向上に寄与する。
- 相対的な反射強度の違いから底質を区別することができる。

➢ 適用範囲

① 対象施設と点検区分

対象施設	堤防・護岸・胸壁	離岸堤・潜堤	突堤・ヘッドランド
	○(水中部)	○(水中部)	○(水中部)
点検区分	巡視(パトロール) 臨時点検	一次点検	二次点検
	△	△	△

記号凡例　○:適用可　△:現場条件によって適用可　×:適用不可

② 条件

- 夜間作業可(ただし、安全上は望ましくない。)

③ 留意事項

- 計測器が動揺すると取得画像も乱れるため、水中等の波浪の影響が少ない条件での撮影や、センサーで動揺を検知・補正することが望ましい。
- 音波の反射強度により画像を取得するため、光の届かない地点や、濁った海域でも計測が可能。

➢ 概算費用

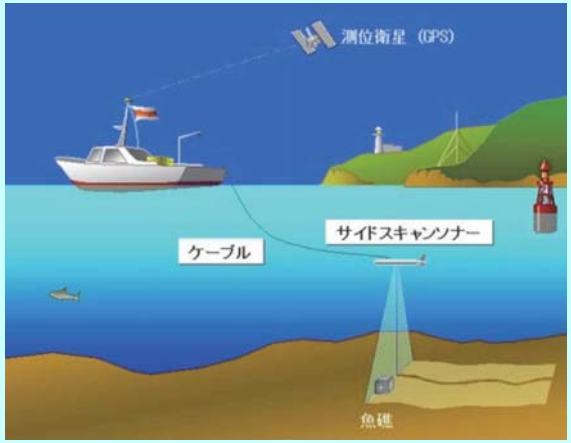
導入費	1500万円程度(本体、ケーブル、処理ソフトウェア)
外注費	200～250万円程度／日(偽装テスト・解除1日、計測1日)

費用はあくまで令和元年度調査時点の目安であり、機種や現場条件等により異なることに留意。

➢ 点検手法の概要

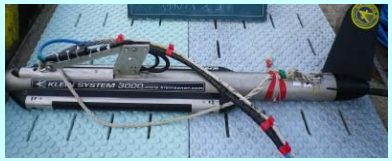
- 計測器(サイドスキャンソナー)を曳航し、海底面に向かって扇状に広がる音波を発信して、海底面を画像として捉える手法。
- 海底面から戻ってくる音波の強さは、海底面の「地質」や「物体」を反映させるので、この音波の強弱を濃淡表示することにより、海底の障害物や小さな起伏、あるいは底質の違いを写真で撮ったような画像として得ることができる。
- 1日あたりの探査距離:10～20km程度
- 画像データを片舷100～150mの広さで得られる。

点検手法のイメージ



探査イメージ
出典:河川砂防技術基準　調査編(H26.4)

調査状況(曳航)



機器本体(SYSTEM3000)

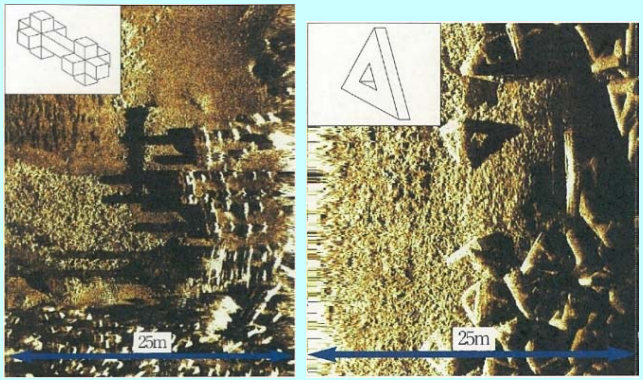


図　サイドスキャンソナーによる調査事例　出典:北陸地方整備局信濃川河川事務所

⑱ 地中レーダによる空洞化調査

➢ 目的

空洞化の可能性のある箇所でその有無や分布の確認を行うため、地中レーダを用いた非破壊調査を行う。

➢ 期待できる効果

- 天端被覆工下部等の空洞化の確認ができる。
- 構造物内部の空洞化の有無とその分布を確認できる。
- コンクリート床板の撤去などは必要がなく、効率化に加え安全面に寄与する。

➢ 適用範囲

① 対象施設と点検区分

対象施設	堤防・護岸・胸壁	離岸堤・潜堤	突堤・ヘッドランド
	○(陸上部)	×	×
点検区分	巡視(パトロール) 臨時点検	一次点検	二次点検
	△	△	○

記号凡例　○:適用可　△:現場条件によって適用可　×:適用不可

② 条件

- 夜間作業可(ただし、安全上は望ましくない。)
- 雨天時作業不可

③ 留意事項

- 探査深度は数m程度である。
- 水面下は探査ができないため、水面下の空洞部は検出されない。
- 空洞が疑われる個所について、CCDカメラによる調査等と併用するとより有効である。

➢ 概算費用

導入費	500万円程度(本体、ソフトウエア)
外注費	200万円程度／km

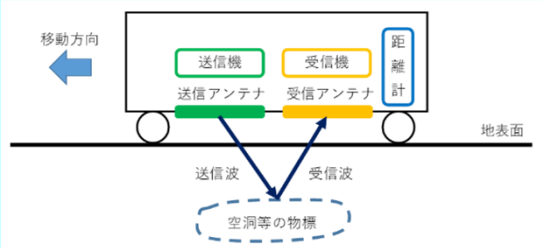
費用はあくまで令和元年度調査時点の目安であり、機種や現場条件等により異なることに留意。

➢ 点検手法の概要

- 天端被覆工下部等において空洞化が疑われる箇所で、地中レーダ探査を行い空洞化の有無及び分布を把握する。
- 1日あたりの作業量:1km程度
- 探査深度は、機器性能による。

点検手法のイメージ

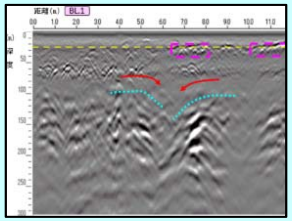
機器本体(GSSI社製SIR－DF)



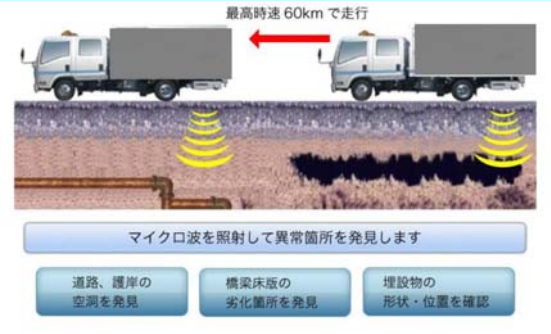
探査イメージ

測線設定状況

調査状況



レーダ探査画像



車載タイプの地中レーダ

⑲ CCDカメラとスマートフォンによる空洞化調査

➢ 目的

空洞化の可能性のある箇所でその有無の確認を行うため、コンクリート床板等の撤去を伴わない簡単な手法で調査する。

➢ 期待できる効果

- 天端被覆工下部等の空洞化の確認ができる。
- 視認のため、非破壊のレーダ探査よりも確実性がある。
- 削孔部をカメラが通過する程度のドリル孔程度に抑えることができ、施設への負担を最小限にすることができる。
- 削孔や削孔部の復旧も容易であり、効率化に加え安全面に寄与する。

➢ 適用範囲

① 対象施設と点検区分

対象施設	堤防・護岸・胸壁	離岸堤・潜堤	突堤・ヘッドランド
	○(陸上部)	×	×
点検区分	巡視(パトロール) 臨時点検	一次点検	二次点検
	△	△	△

記号凡例　○:適用可　△:現場条件によって適用可　×:適用不可

② 条件

- 夜間作業可(ただし、安全上は望ましくない。)
- 雨天時作業不可

③ 留意事項

- 1箇所の撮影範囲はごく狭いため、広範囲の状況把握には適さない場合がある。
- 一般的な手法であるレーダ探査により空洞化の可能性がある箇所を推定した上で、本手法により空洞化の状況を確認すると有効である。

➢ 概算費用

初期導入費	10万円程度(CCDカメラ、スマートフォン)
外注費	20万円程度／日(5箇所程度／日)

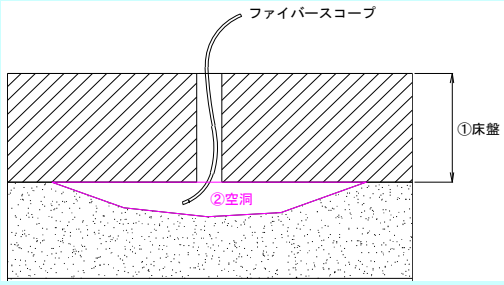
費用はあくまで令和元年度調査時点の目安であり、機種や現場条件等により異なることに留意。

➢ 点検手法の概要

- 堤防の空洞化が疑われる箇所において、CCDカメラとスマートフォンを用いて不可視部の変状を定性的に確認を行う手法である。本手法は、詳細調査(空洞化調査)に相当する。
- 市販のCCDカメラとスマートフォンを使用する。
- 1日あたりの作業量:5～10箇所程度
- 画像解像度は、カメラ機器の性能による。

点検手法のイメージ

機器本体



撮影イメージ

調査状況

空洞化撮影画像

⑳ 変状位置画像表示システム(仮称)による施設変状の記録

➢ 目的

点検時に撮影した写真の撮影位置と変状の内容(コメント)を表示システムに記録、保存するとともに、写真帳を表示、作成する。

➢ 期待できる効果

- 点検後速やかに変状位置と変状内容を把握できる手段であり、施設の陸上部の外観記録等において活用が期待できる。
- 現地から送付されるデータを速やかに確認することができる。
- システムへのデータ蓄積が可能である。

➢ 適用範囲

① 対象施設と点検区分

対象施設	堤防・護岸・胸壁	離岸堤・潜堤	突堤・ヘッドランド
	○ (陸上部) (船上での撮影も可)	○ (陸上部) (船上での撮影も可)	○ (陸上部) (船上での撮影も可)
点検区分	巡視(パトロール) 臨時点検	一次点検	二次点検
	○	△	△

記号凡例　○:適用可　△:現場条件によって適用可　×:適用不可

② 条件

- 夜間作業可(ただし、安全上は望ましくない。)
- 写真が撮影できる程度の気象海象条件(例:風速10m/sec以下、波浪1m以下)で可能

③ 留意事項

- システムの開発、導入が必要である。なお、既存のソフトを活用することも可能である。
- 撮影時の照度不足や施設の表面が濡れている等の条件では、変状の確認が困難な場合がある。

➢ 概算費用

初期導入費	30万円程度を想定(ソフトウェアを想定、GISソフトは除く)
外注費	現地点検費:10万円程度／km(現地作業＋内業) システム開発費:150万円程度(GISソフト含む)

費用はあくまで目安であり、機種や現場条件により異なることに留意。

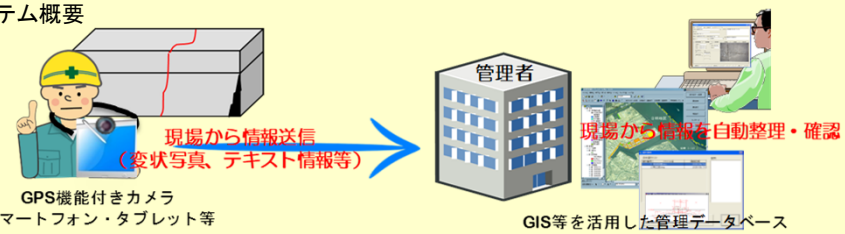
➢ 点検手法の概要

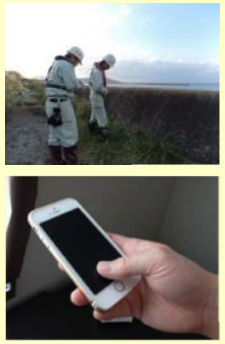
- 管理事務所等において、現地から送信された位置情報付きの写真データ(変状写真)及びテキスト情報(コメント等)を変状位置画像表示システム(仮称)で表示し、速やかに変状の概要(位置、外観)を把握する。
- 1日あたりの作業量:10km程度(ただし、移動手段による)
- 画像解像度は、カメラ機器の性能による。

海岸保全施設における実験結果

ソフトウェア	変状位置画像表示システム(仮称) ※基本エンジンArcGIS(Esri社製)
カメラ・送信機器	タブレットPC

システム概要





GPS機能付きカメラ
スマートフォン
タブレットPC

送信
システム表示
アウトプット

表示イメージ

㉑ GNSS測量機による測量

■ GNSS測量（3級水準測量）

➢ 目的

施設の天端高を計測するための基準となる既設水準点が近傍にない場合に、従来の水準測量の代わりにGNSSを用いて水準点を設置する。

➢ 期待できる効果

- 近傍に水準点がなくても、「GNSS測量による標高の測量マニュアル」に基づき、3級水準点を設置できる。
- 遠くの水準点から測量をする必要がなくなり、作業時間が低減されることに加え、安全性の向上に寄与する。

➢ 点検手法の概要

- 3級水準点測量は、「GNSS測量による標高の測量マニュアル」に基づく。
- 1日あたりの作業量：1地点 （3級水準測量の場合5時間以上）
- 設置した水準点より、トータルステーションやレベルを用いて施設の天端高を計測する。

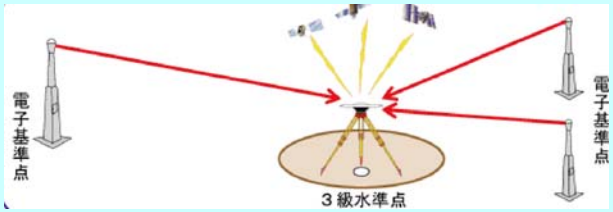
➢ 留意事項等

- 夜間作業、雨天時作業不可
- 観測場所によっては、地形などの影響により適切にGNSSデータを受信できないおそれがある。

➢ 概算費用

- 導入費用：400万円程度
- 外注費用：40万円程度（1点）

観測イメージ



観測状況

■ GNSS測量（ネットワーク型RTK-VRS方式）

➢ 目的

施設の天端高を計測するための基準となる既設水準点が近傍にない場合に、従来の水準測量の代わりにGNSSを用いて簡易に水準点を設置する。

➢ 期待できる効果

- 近傍に水準点がない場合に、簡易に水準点を設置できる。
- 遠くの水準点から測量をする必要がなくなり、作業時間が低減されることに加え、安全性の向上に寄与する。

➢ 点検手法の概要

- 「ネットワーク型RTK-GPSを利用する公共測量作業マニュアル（案）」（国土地理院）や「UAV を用いた公共測量マニュアル（案）」（国土地理院）等を参考に観測する。
- 1日あたりの作業量：数10地点（1分程度／地点）
- 設置した水準点より、トータルステーションやレベルを用いて施設の天端高を計測する。または、直接GNSS観測にて天端高を計測する。

➢ 留意事項等

- 夜間作業、雨天時作業不可
- 観測場所によっては、地形などの影響により適切にGNSSデータを受信できないおそれがある。
- 左記の3級水準測量のように測量精度が保証されないため、取り扱いには留意が必要である。

➢ 概算費用

- 導入費用：400万円程度
- 外注費用：30万円程度（1日（数10地点）あたり）

費用はあくまで令和元年度調査時点の目安であり、機種や現場条件等により異なることに留意。

観測イメージ

㉒ 遠隔地からの施設点検・モニタリング

■ タブレット端末とAR技術の活用

➢ 目的

タブレット端末とAR技術を使用して、現場の作業者に対して熟練した専門職が適切な指示を行う。

➢ 期待できる効果

- 熟練した専門職の知識・経験が現場の作業者に伝わることで、
- 作業者への支援と同時に、操作の記録を同時に行うことが可能。
- 熟練者からの適切な指示を得られることにより、作業時間が低減及び安全性の向上が期待される。

➢ 点検手法の概要

- タブレット端末とAR技術を利用して、ユーザーに映像と音声で操作場所や操作方法をナビゲーションする。
- HMD（ヘッドマウントディスプレイ）を使用し、故障や不具合の発生現場にいるユーザー目線の映像を遠隔地のPC上で共有する。

➢ 留意事項等

- 指示をする専門職は、モニターを通して現場を確認するため、現地情報を正確に伝達するためにセンサー・計器等を用いて定量的に状況伝達することも有効である。

➢ 概算費用

- 導入費用：500万円程度～

観測イメージ

操作支援のイメージ（左：タブレット　右：ヘッドマウントディスプレイ）

■センサによるモニタリング

➢ 目的

構造物に各種センサを取り付け、経年劣化等で生じる変状を定量的かつ連続的に把握する

➢ 期待できる効果

- 現地作業が減少することにより点検者の安全性が向上することや、点検時の施設への利用制限の削減が期待される。
- 目視では確認できない変状の把握可能となり、劣化・損傷へ早期に対応可能となることが期待される。

➢ 点検手法の概要

- 構造物に設置したセンサによって、鋼材の腐食や電気防食の陽極損耗等について定量的なデータを入手し、点検診断およびモニタリングを非破壊で行う。

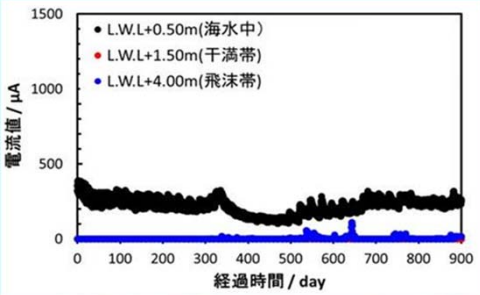
➢ 留意事項等

- センサで取得したデータを遠隔で管理するためのモニタリングシステムと併用することも有効である。

➢ 概算費用

- 開発者へ問い合わせ

観測イメージ



SIPインフラ維持管理・更新・マネジメント技術「港湾構造物のライフサイクルマネジメントの高度化のための点検診断および性能評価に関する技術開発」
URL: https://www.pari.go.jp/unit/lcm/sip/

参考資料－３　推移確率推定図及び劣化予測線の検討について

１．推移確率の推定

（１）推移確率の推定手法

点検結果については、マルコフ連鎖モデルを用いて、変状ランクの推移確率を算定することができる。

マルコフ連鎖モデルは、「状態」と「推移」という 2 つの概念を用い、物事がある「状態」からある「推移確率」で、次の「状態」へと移行する様子を確率論的に捉える統計手法である。ここで、変状ランクの判定結果（a、b、c、d）を用いて、各ランクの推移確率を遷移率 Px とすることで、全体を 1 としたときの変状ランクの割合の推移を図 1.1 のように表すことができる。

なお、一般には各ランクでの遷移率 Px は異なるが、本マニュアルでは簡便的に遷移率 Px を全て同じ値として説明している。

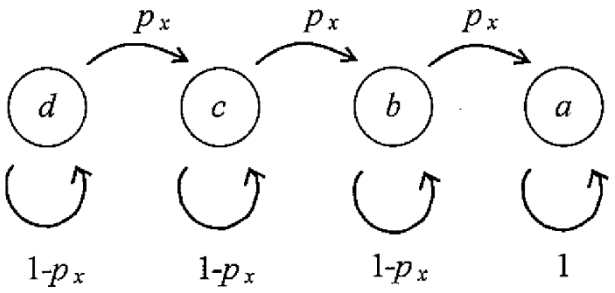


図 1.1　定期点検診断結果（a、b、c、d）のマルコフ連鎖推移

（２）推移確率の算定

具体的には、表 1.1、図 1.2 に示すような経過年の変状ランクの割合の施設があるとした場合、マルコフ連鎖モデルによる変状ランクの割合が一致する推移確率（遷移率 Px）を求める。

図 1.3 は、マルコフ連鎖モデルによって作成した劣化予測曲線と、実務上劣化を予測する場合の劣化予測線（直線近似）を示したものである。

表1.1　マルコフ連鎖モデルによる劣化予測表（変状割合）の例

変状ランク	経過年(年)																				
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
d	1.00	0.98	0.88	0.70	0.52	0.37	0.25	0.18	0.10	0.06	0.04	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
c	0.00	0.02	0.12	0.29	0.44	0.54	0.58	0.57	0.50	0.42	0.34	0.26	0.20	0.14	0.10	0.07	0.05	0.03	0.02	0.01	0.01
b	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.09	0.16	0.24	0.34	0.41	0.45	0.46	0.44	0.40	0.36	0.30	0.25	0.20	0.16	0.12	0.09
a	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.06	0.11	0.18	0.26	0.35	0.45	0.54	0.62	0.70	0.77	0.82	0.87	0.90
Σ	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

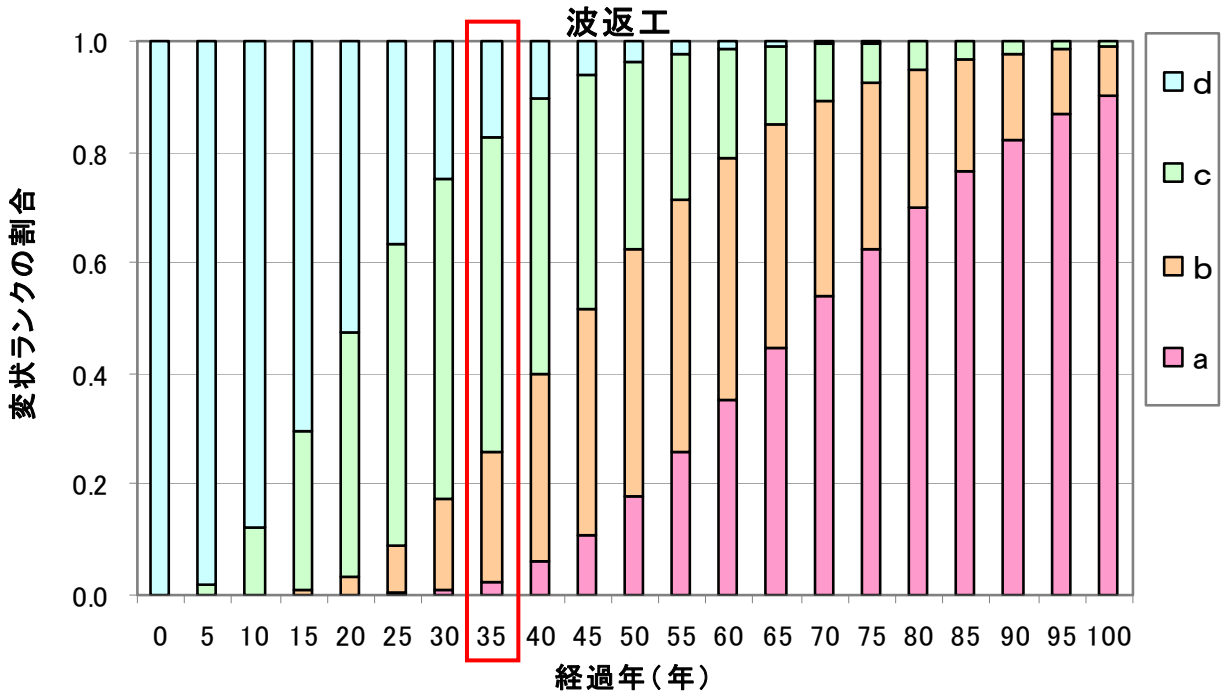


図 1.2　マルコフ連鎖モデルによる劣化予測図（変状割合）の例

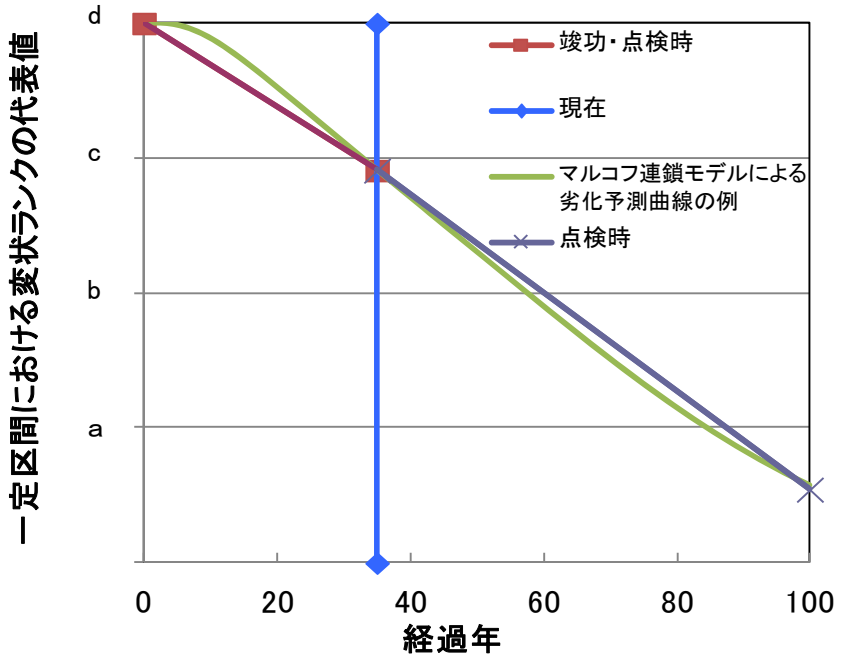


図 1.3　マルコフ連鎖モデルによる劣化予測曲線の例

２．劣化予測手法の選定

劣化予測の手法は、一定区間の変状ランクの代表値に応じた劣化予測線によることを基本とし、堤防・護岸等は図 2.1 のフローにより選定する。劣化予測の結果等を踏まえ、修繕等の対策について検討する。

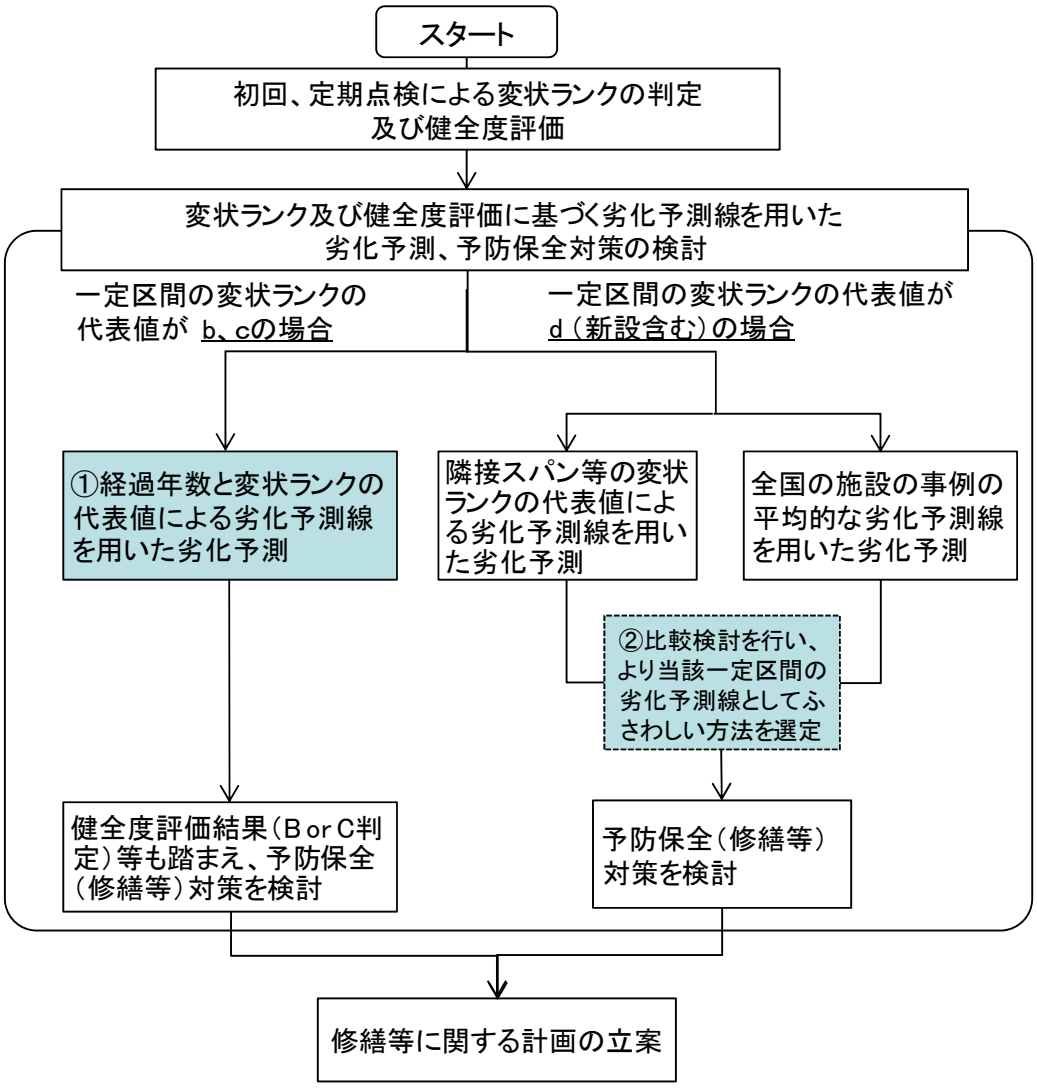


図 2.1　堤防・護岸等の一定区間の代表値に応じた劣化予測手法の選定フロー

３．経過年数と変状ランクの代表値による劣化予測

定期点検などによる点検結果の一定区間における変状ランクの代表値が b、c の場合は、経過年数と変状ランクの代表値から、以下の手順により劣化予測を行う。

（１）一定区間の変状ランク

点検を実施した施設の一定区間においては、図 3.1 のように最も変状が進展している箇所（スパン）を抽出し、施設の一定区間における変状ランクの代表値とする。

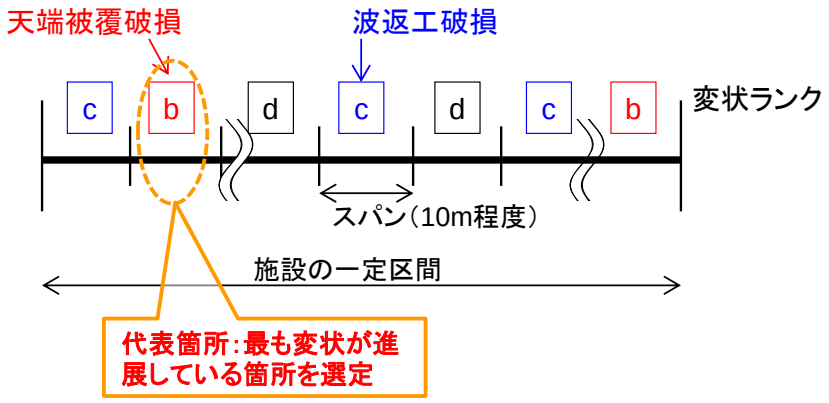


図 3.1　施設の一定区間における変状ランクの整理イメージ

（２）劣化予測線の作成

設定した変状ランクの代表値と経過年数 t により、図 3.2 のように幅を持った劣化予測線を作成する。図 3.2 の a)は変状ランクが b の場合、b)は変状ランクが c の場合である。

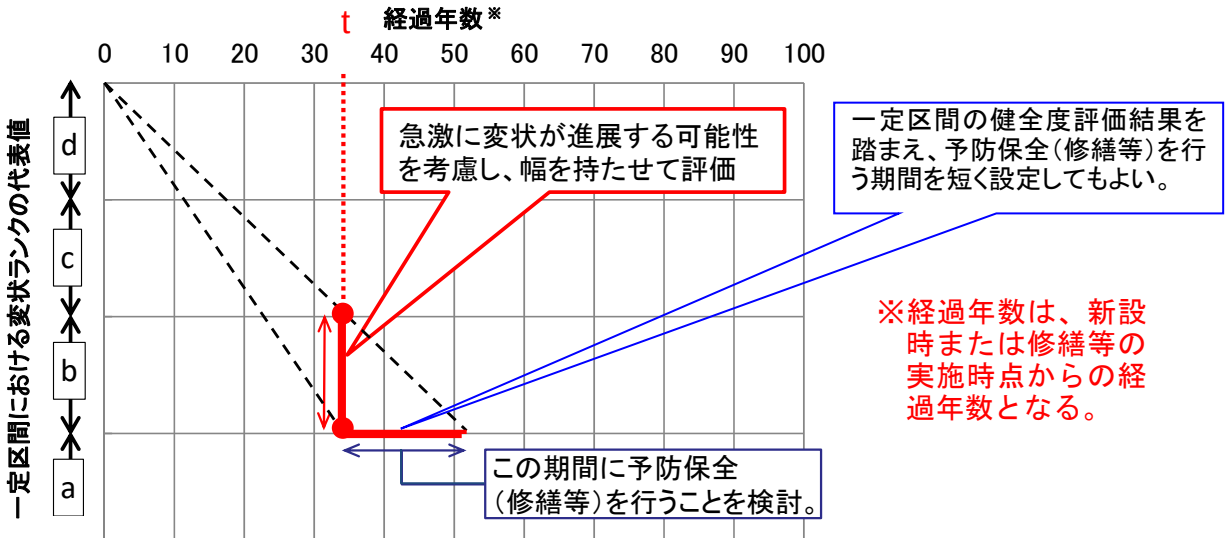
（３）予防保全（修繕等）を行う期間の設定

予防保全（修繕等）を行う期間は、図 3.2 を参考に同じ変状ランクであると推定される期間としてもよい。

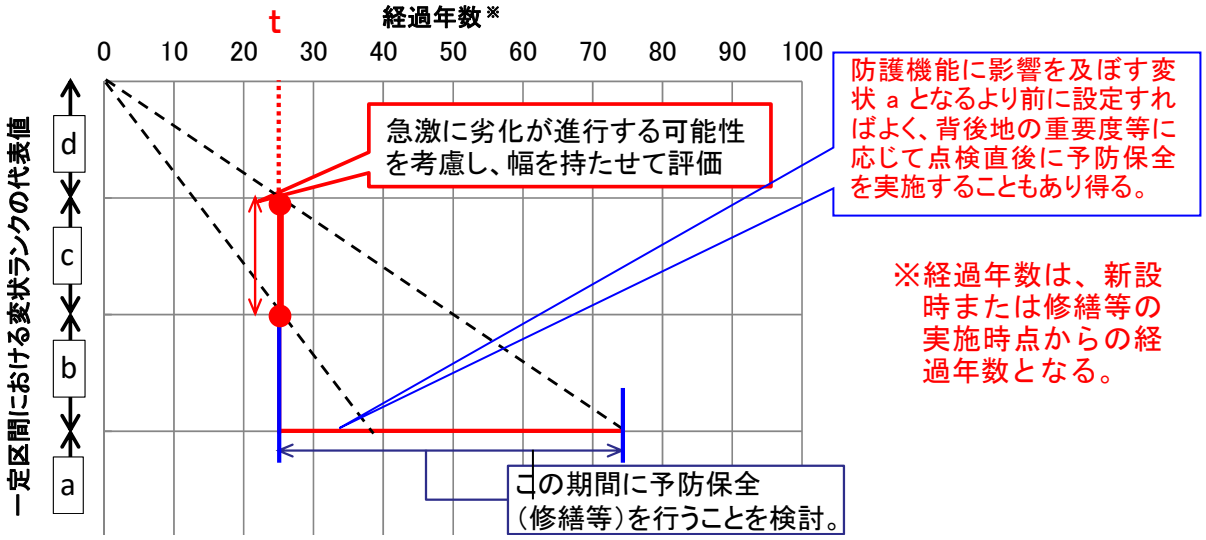
ただし、一定区間の健全度評価が B 判定の場合は、図 3.2 中で示している期間の前半で予防保全（修繕等）を行う期間を設定することが望ましい。また、当該一定区間においてマルコフ連鎖により求めた推移確率の値が大きい（劣化の進行が速い）場合は、図中で示している期間の前半で予防保全（修繕等）を行う期間を設定することが望ましい。

図 3.2b)経過年 t で変状ランクが c の場合の予防保全を行う期間の設定については、防護機能に影響を及ぼす変状 a となるより前に設定すれば良いという考え方であり、点検直後から検討することとしている。

つまり、背後地の重要度等に応じて点検直後に予防保全（修繕等）を実施することを否定するものではなく、早期に予防保全（修繕等）を実施することもあり得ることから、この幅を図 3.2b)では提示している。



a)　経過年 t で変状ランクが b の場合



b)　経過年 t で変状ランクが c の場合

図 3.2　劣化予測と修繕等時期のイメージ

４．全国の施設の事例を用いた平均的な劣化予測線の設定

点検において劣化がない施設（全てｄ評価（新設含む））について、既往の健全度調査結果をもとに、劣化を簡易に推定する手法を提示する。

なお、今後も全国の施設の事例データの蓄積により、劣化予測線の精度を向上させることが必要である。

４．１　堤防・護岸等

（１）全国の施設の平均的な推移確率の推定

表 4.1、表 4.2 は、既往の健全度調査結果をもとに、堤防と護岸それぞれについてマルコフ連鎖により推移確率を求め、集計・整理したものである。

なお、胸壁については、現時点では施設の事例データ数が少ないため、波返工を類似構造と捉え、各胸壁の設置個所の条件等を踏まえ、適切に準用するものとする。

推移確率を踏まえたそれぞれの劣化の特徴は以下の通りである。

- 護岸は、堤防よりも劣化が速い。
- 堤防においては、波返工・天端被覆工の劣化が速く、表法被覆工と裏法被覆工は劣化が遅い。
- 護岸においては、波返工の劣化がやや速く、天端被覆工・表法被覆工・裏法被覆工は同程度である。

表 4.1　堤防の場合の推移確率

構造形式		推移確率			
		波返工	天端被覆工	表法被覆工	裏法被覆工
堤防	最大	0.122 (3)	0.149 (6)	0.045 (11)	0.048 (9)
	平均	0.099 (3)	0.093 (6)	0.028 (11)	0.034 (9)
	最小	0.067 (3)	0.035 (6)	0.015 (11)	0.022 (9)

※（　）内は、母数

表 4.2　護岸の場合の推移確率

構造形式		推移確率			
		波返工	天端被覆工	表法被覆工	裏法被覆工
護岸	最大	0.285 (32)	0.252 (39)	0.234 (32)	0.248 (13)
	平均	0.116 (32)	0.105 (39)	0.084 (32)	0.107 (13)
	最小	0.019 (32)	0.019 (39)	0.019 (32)	0.025 (13)

※（　）内は、母数

（２）部位・部材ごとの平均的な劣化年数

表 4.1、表 4.2 の推移確率をもとに、構造形式、部位・部材ごとの劣化予測曲線を作成し、さらに、変状のランクが進展する際の年数を表 4.3、表 4.4 に整理した。

①堤防の場合

表 4.3　堤防の場合の変状ランクが進展する際の推定劣化年数

部位・部材		変状ランクが進展する際の年数		
		d→c	c→b	b→a
波返工	平均	40	70	100以上
	レンジ	33～60	58～100以上	85～100以上
天端被覆工	平均	43	75	100以上
	レンジ	27～100以上	47～100以上	69～100以上
表法被覆工	平均	100以上	--	--
	レンジ	89～100以上	--	--
裏法被覆工	平均	100以上	--	--
	レンジ	83～100以上	--	--

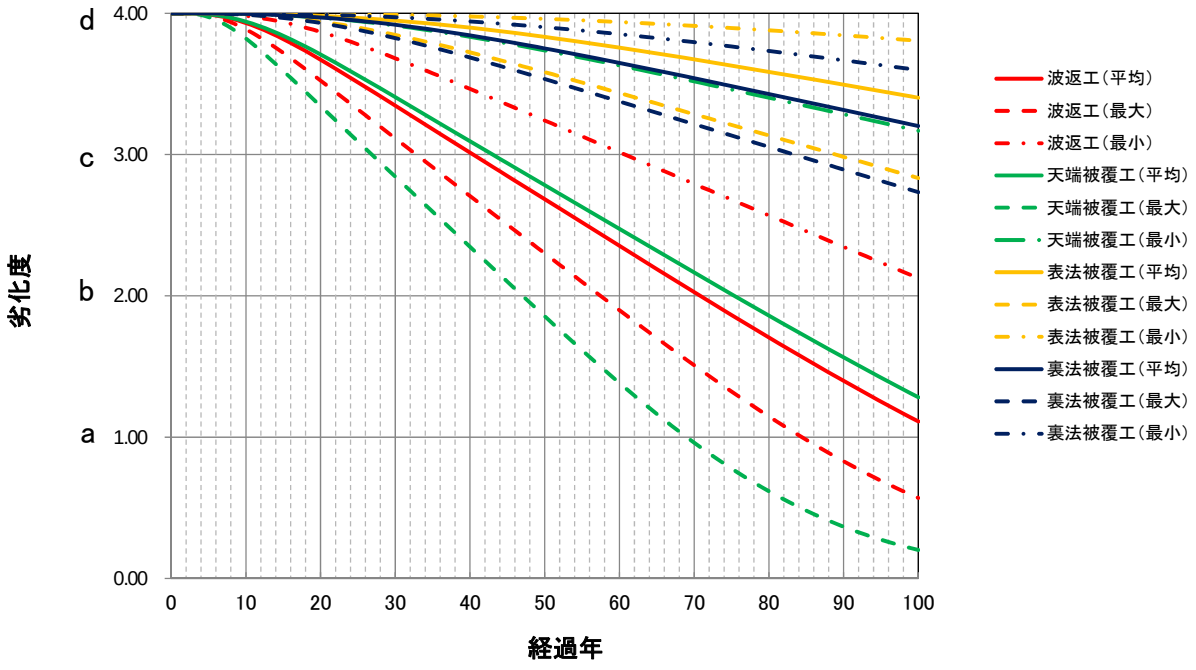
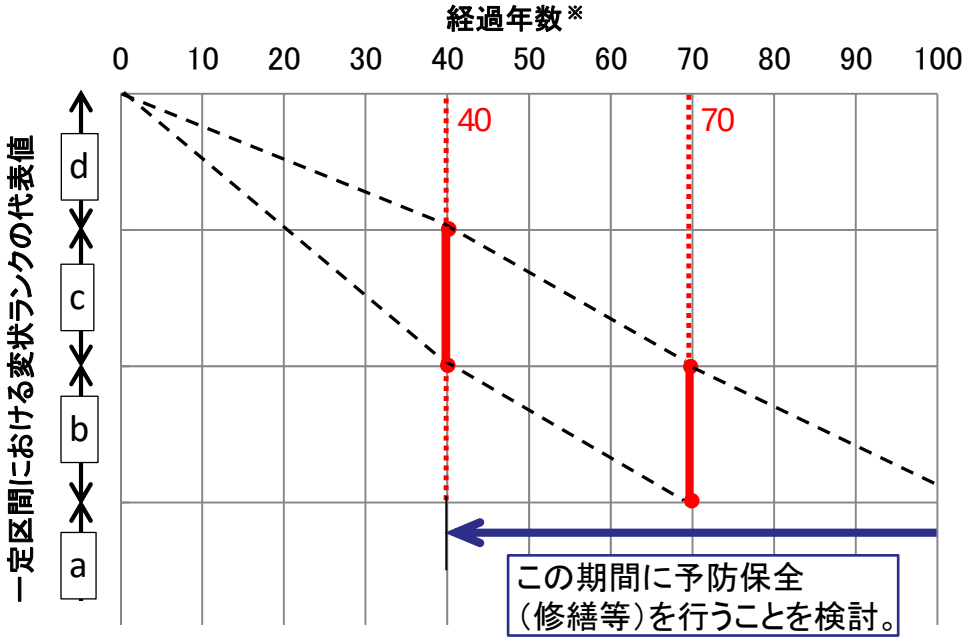
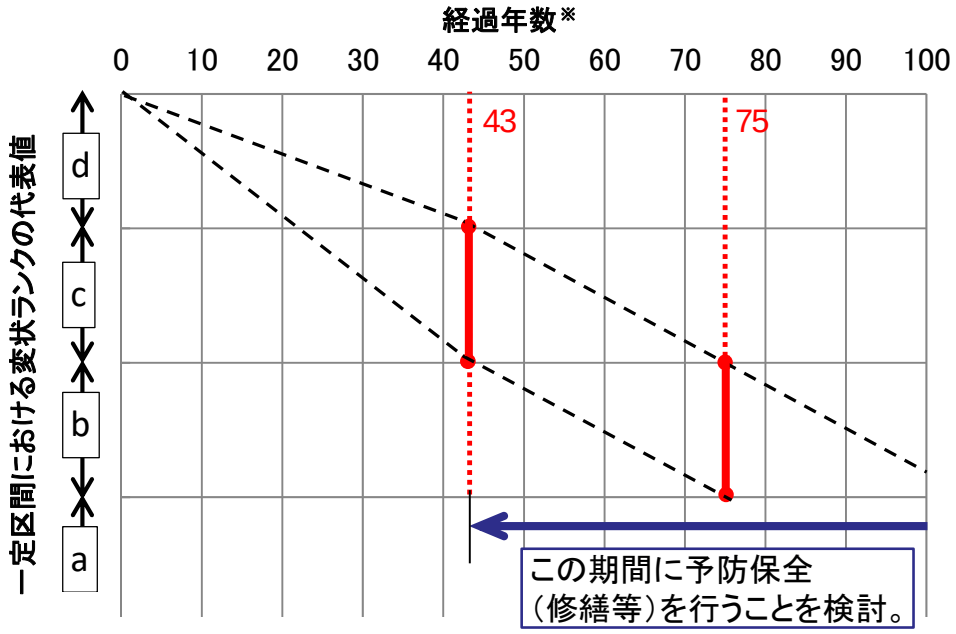


図 4.1　堤防の場合の劣化予測曲線

表 4.3 を参考に劣化予測線を作成し、部位・部材ごとに以下のような予防保全（修繕等）の期間を検討する。



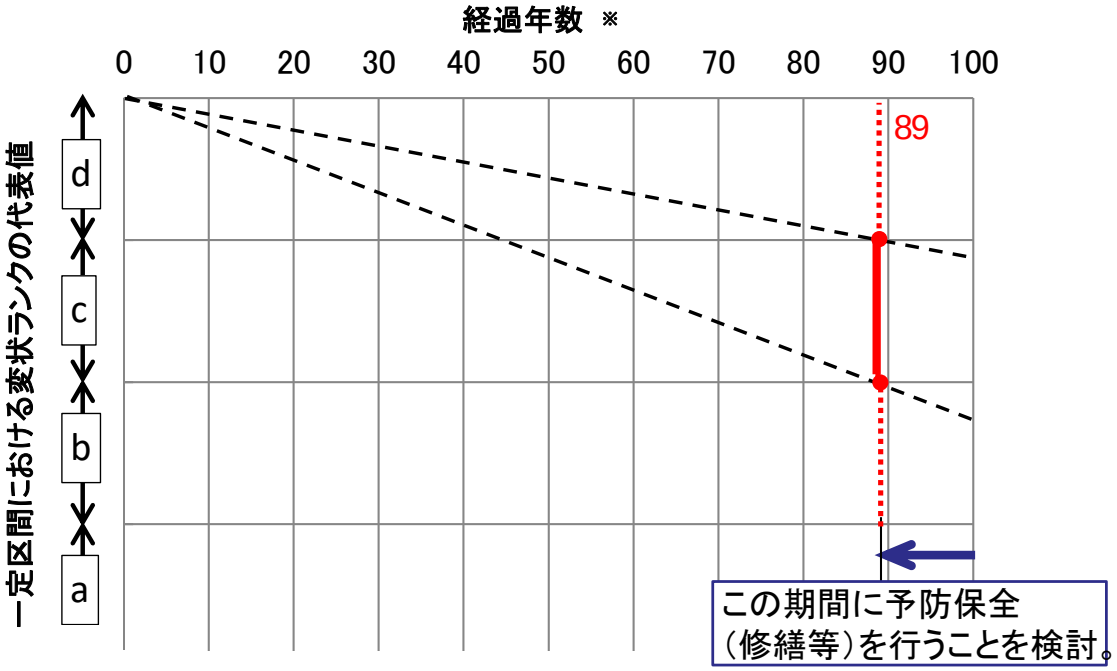
a）波返工



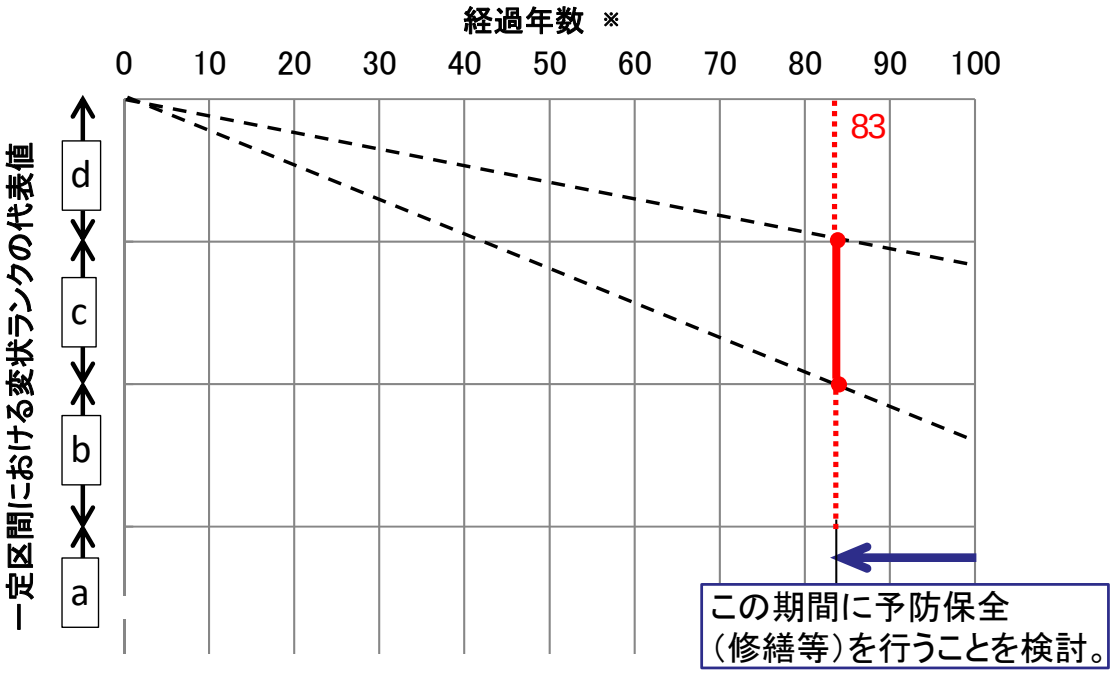
b）天端被覆工

図 4.2　堤防の場合の部位・部材ごとの劣化予測と修繕等の時期（１）

表法被覆工と裏法被覆工については、平均的な劣化年数が長期となるため、既存の変状ランクの判定結果のうち最も変状の進展が早いケースを参考に劣化予測線を作成している。



c）表法被覆工



d）裏法被覆工

図 4.3　堤防の場合の部位・部材ごとの劣化予測と修繕等の時期（２）

②護岸の場合

表 4.4　護岸の場合の変状ランクが進行する際の年数

部位・部材		変状ランクが進展する際の年数		
		d→c	c→b	b→a
波返工	平均	34	60	89
	レンジ	14～100以上	25～100以上	35～100以上
天端被覆工	平均	38	67	98
	レンジ	16～100以上	28～100以上	41～100以上
表法被覆工	平均	50	86	100以上
	レンジ	17～100以上	30～100以上	44～100以上
裏法被覆工	平均	38	66	97
	レンジ	16～100以上	28～100以上	41～100以上

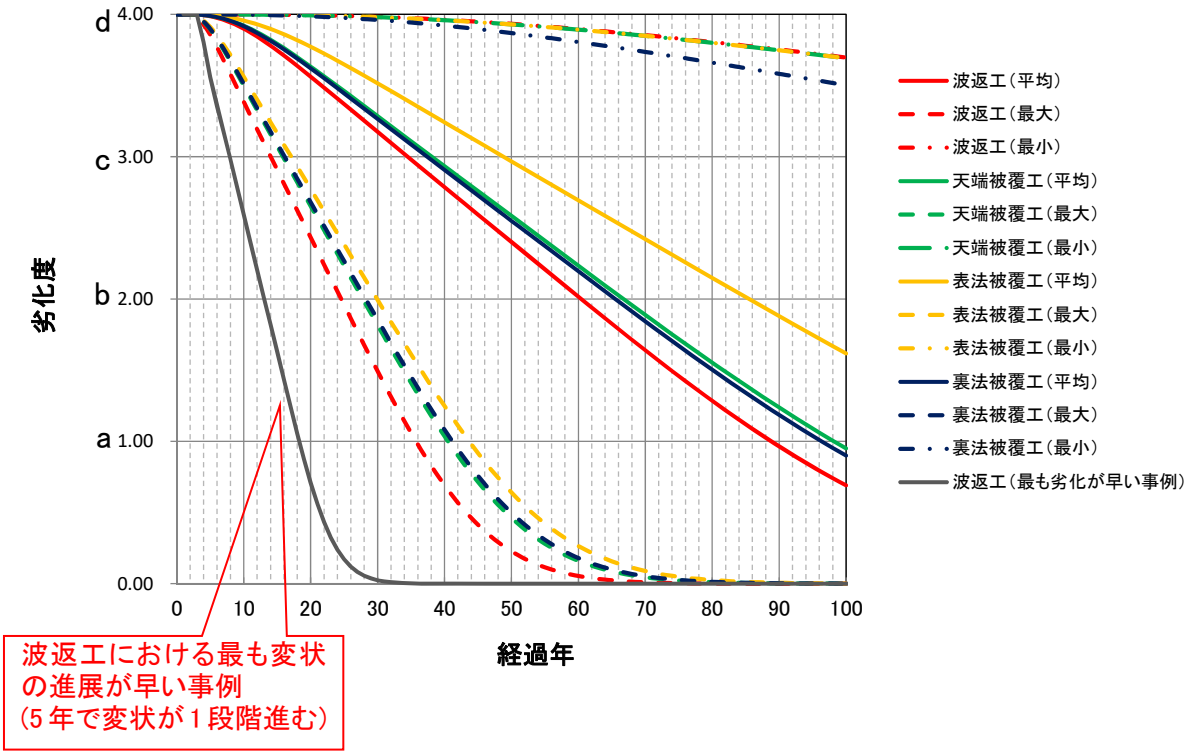
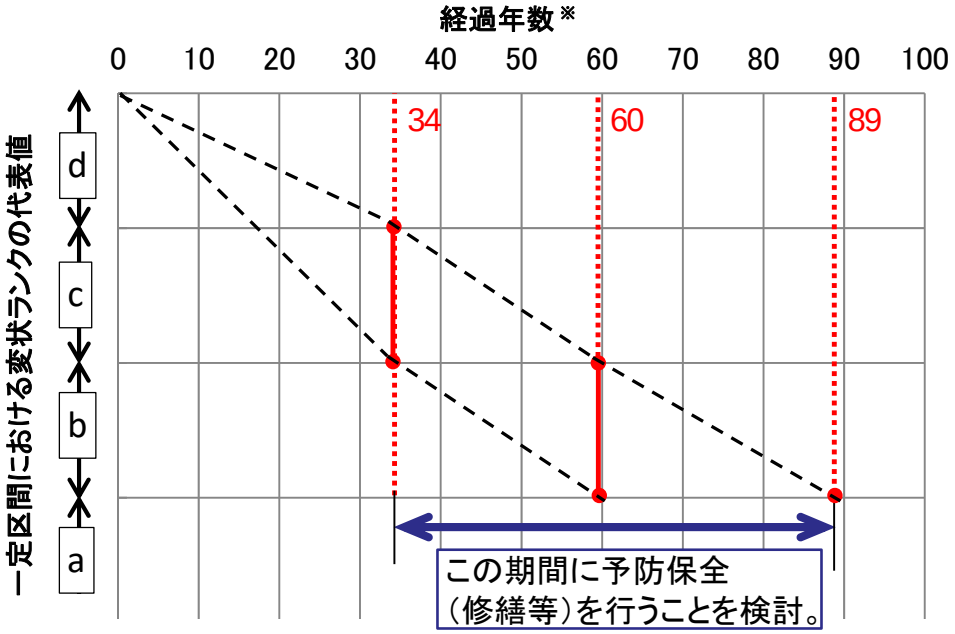
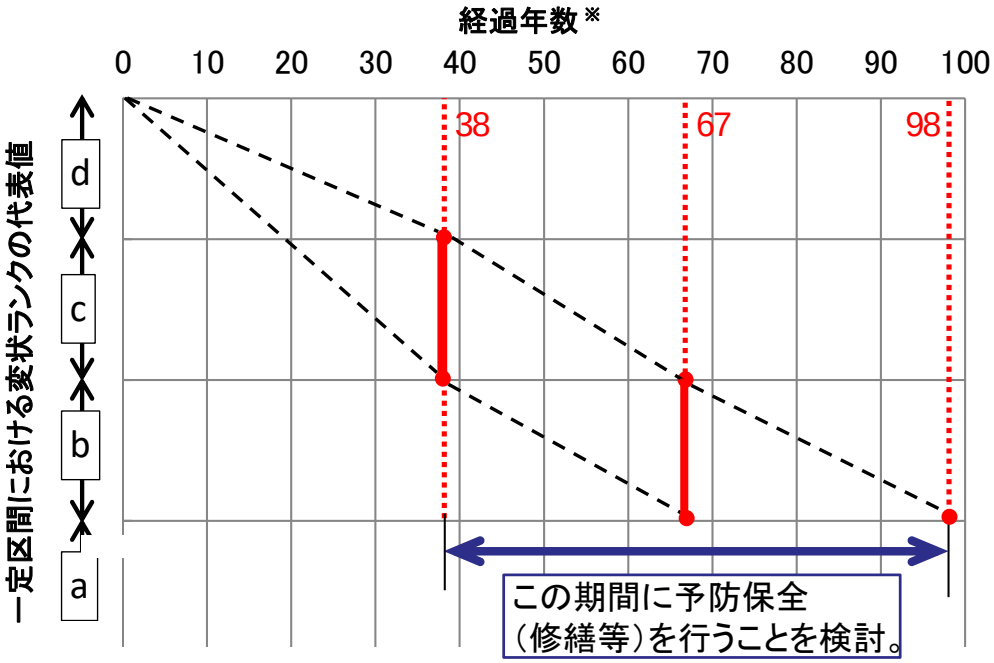


図 4.4　護岸の場合の劣化予測曲線

表 4.4 を参考に劣化予測線を作成し、部位・部材ごとに以下のような修繕等の期間を検討する。

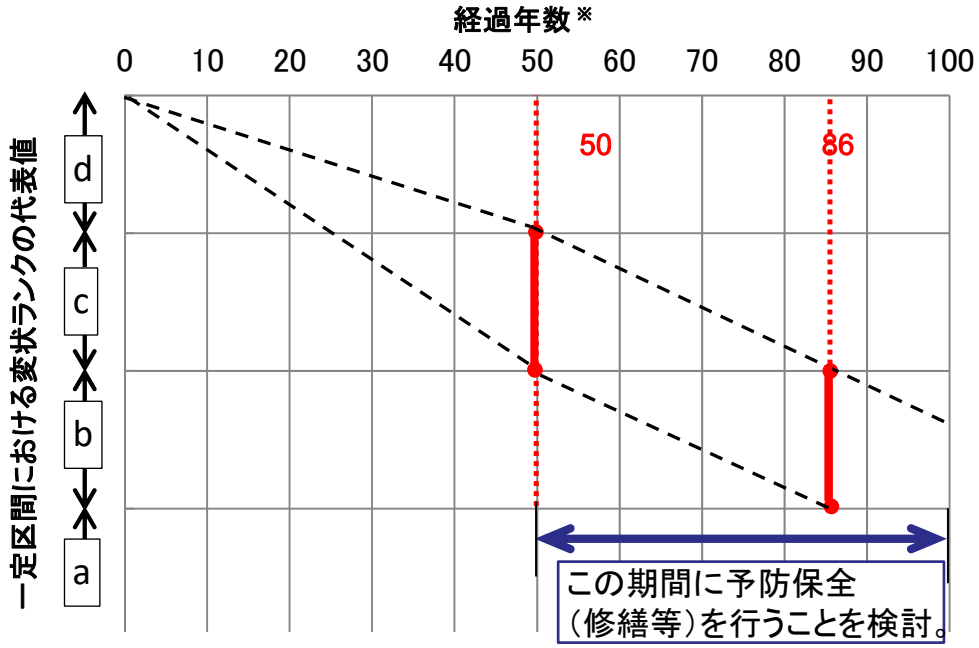


a）波返工

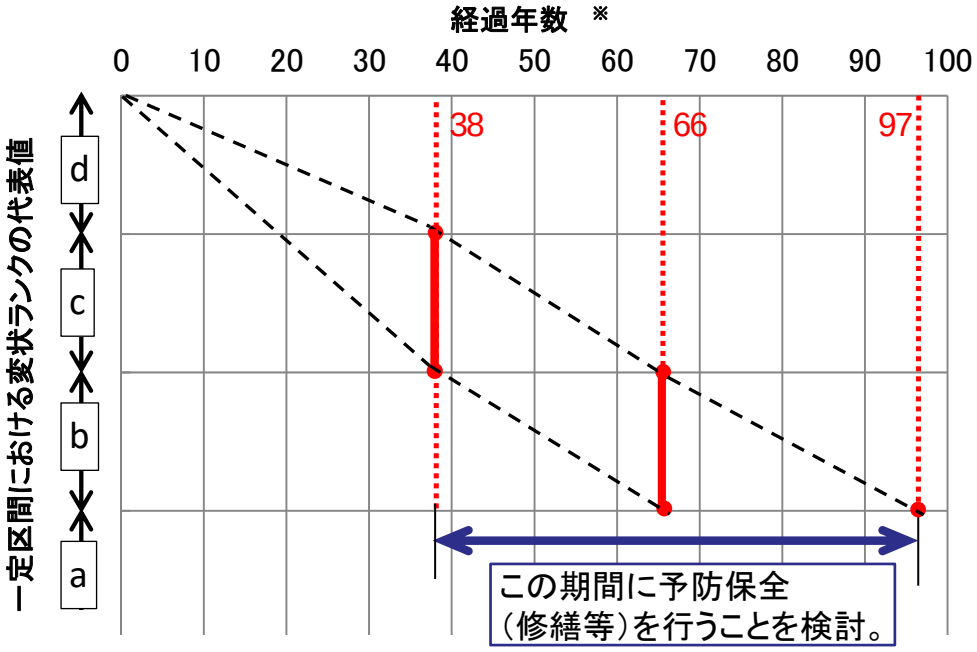


b）天端被覆工

図 4.5　護岸の場合の部位・部材ごとの劣化予測と修繕等の時期（１）



c）表法被覆工



d）裏法被覆工

図 4.6　護岸の場合の部位・部材ごとの劣化予測と修繕等の時期（２）

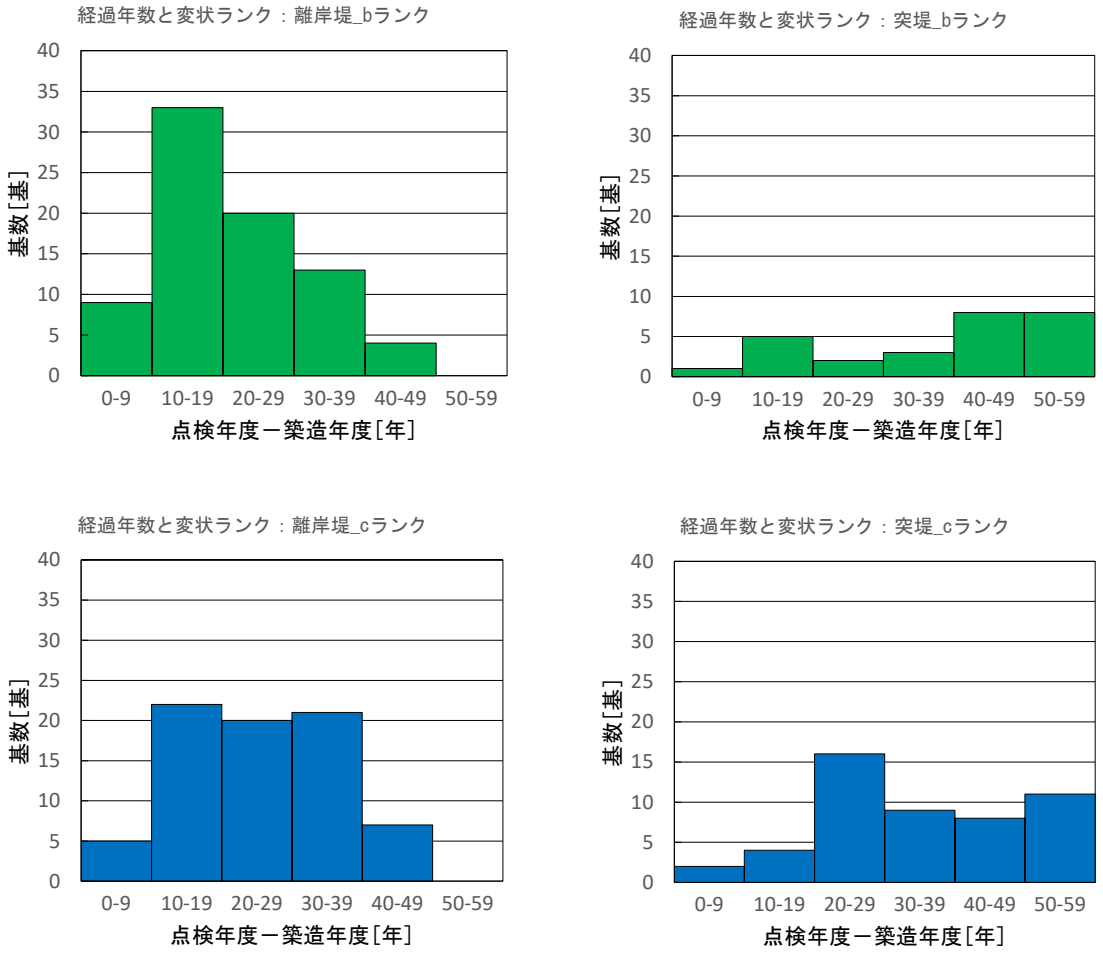
４．２　離岸堤等

図 4.7 に示すとおり、離岸堤等の既往の健全度調査結果では、経過年数に応じて変状が進展する顕著な傾向が認められないため、劣化予測の参考として、既往の健全度調査結果を用いた平均的な劣化予測線を示すことはできない。

そのため、離岸堤等のおいては、図 4.8 に基づき、各施設の経過年数と変状ランクによる劣化予測線を検討する。また、変状ランク d（新設を含む）の離岸堤等の劣化予測線については、次の点に留意して、同様な構造・設置環境の他施設の点検・健全度評価結果等を活用し、劣化予測線を検討する。

既往の健全度調査結果においては、図 4.7 に示すとおり、施設によっては 10 年未満で変状が生じる場合もある（変状ランク b、 c とも）。これは、離岸堤等の変状は、台風等の偶発的な外力が変状の主要因であるためと考えられる。こういった偶発的な外力が変状の主要因と考えられる離岸堤等に対し、現時点では平均的な劣化や変状の時期を精度良く予測をすることは困難である。よって、今後、離岸堤等の劣化予測線の精度を高めるために、更なる点検・健全度評価結果の記録・保存等が重要となる。

併せて、偶発的な外力で急激に変状が生じる離岸堤等については、一次・二次点検の他に、巡視や臨時点検における変状の把握に、特に留意する必要がある。



a）離岸堤　　b）突　堤

図 4.7　既往健全度調査結果より得られた離岸堤等の変状ランクと経過年数の関係

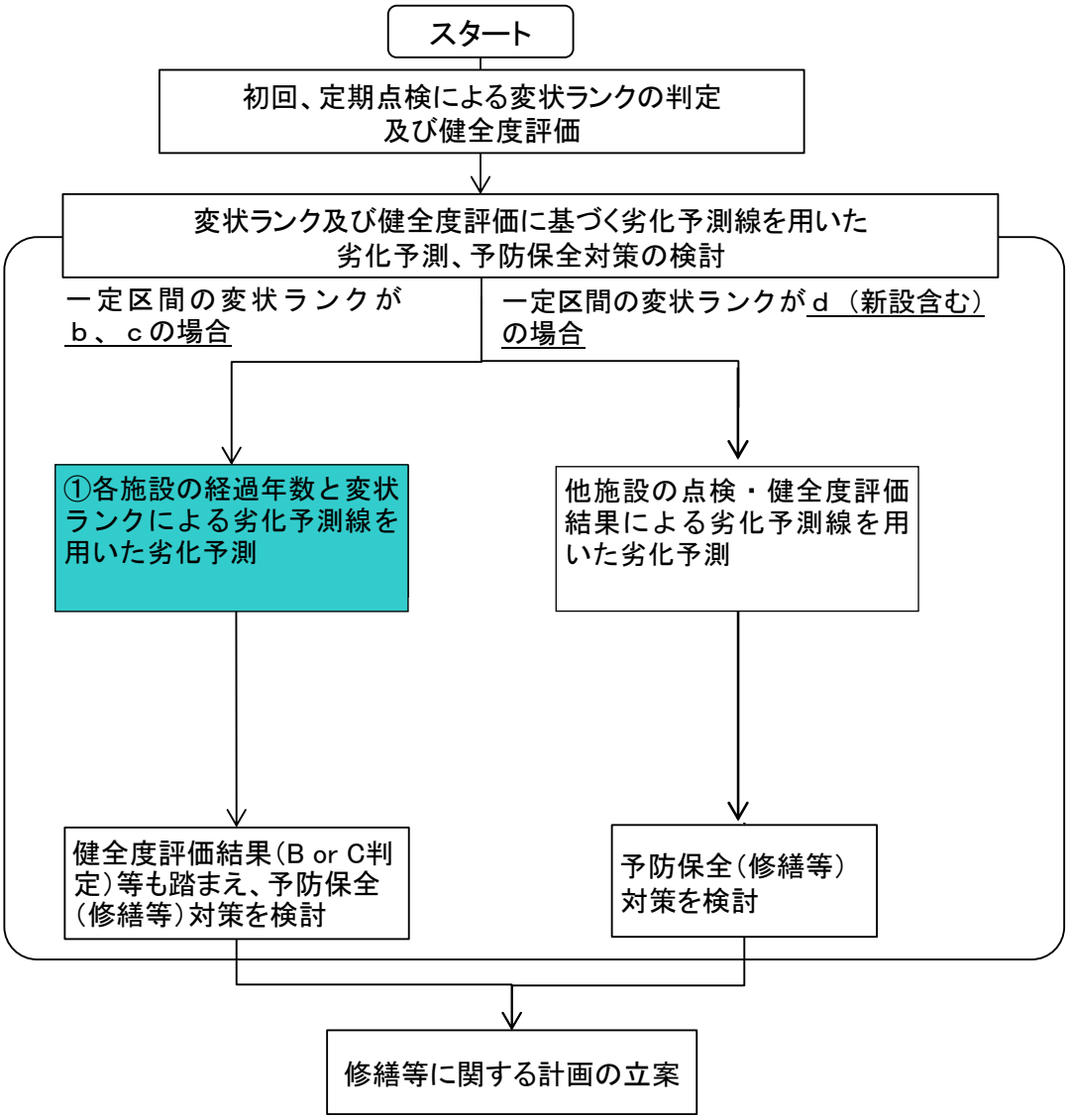
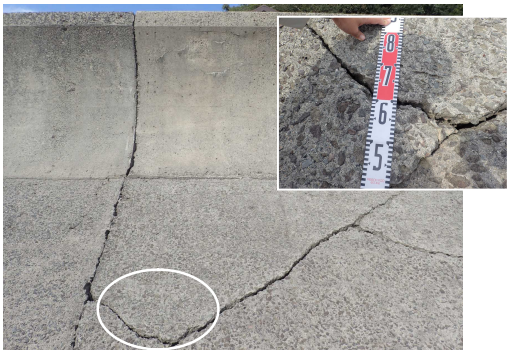
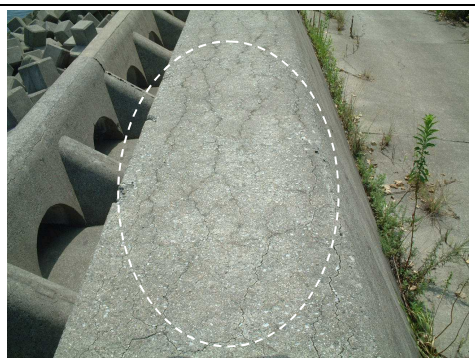
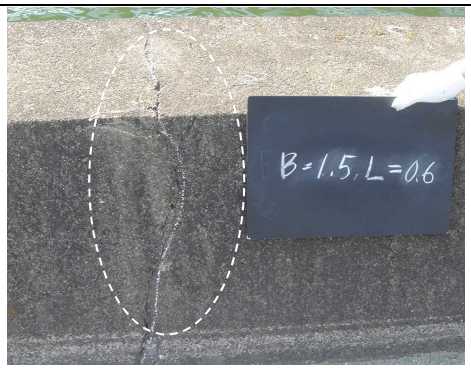


図 4.8　離岸堤等の一定区間の劣化予測手法の選定フロー

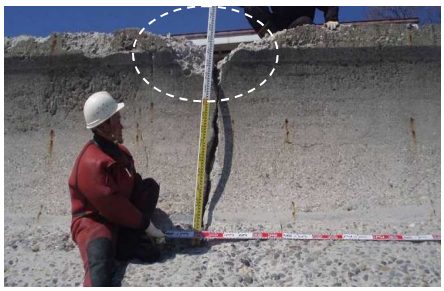
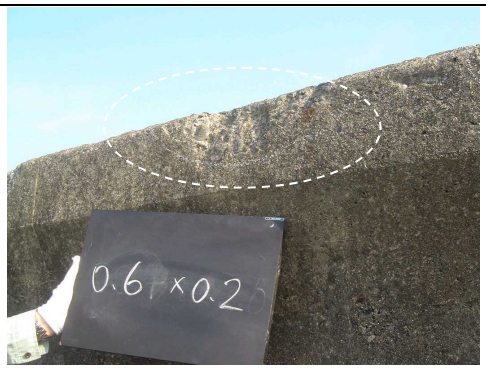
参考資料４　変状事例集

１．堤防・護岸等

【波返工】

変状現象	変状のランクと変状事例写真		
ひび割れ	a	部材背面まで達するひび割れ・亀裂が生じている。（幅 5mm 程度以上）。	
	b	複数方向に幅数 mm 程度のひび割れがあるが、背面までは達していない。	
	c	１方向に幅数 mm 程度のひび割れがあるが、背面までは達していない。	
	d	１mm 以下のひび割れが生じているか、ひび割れが生じていない。	

【波返工】

変状現象	変状のランクと損傷事例写真		
剥離・損傷	a	広範囲に部材の深部まで剥離損傷が生じている。	
	b	表面だけでなく部材の深部まで剥離・損傷が及んでいる。	
	c	広範囲であっても表面の剥離・損傷が生じている。	
	d	ごく小規模の剥離・損傷が生じているか、剥離・損傷が生じていない。	

【波返工】

変状現象	変状のランクと損傷事例写真		
目地の開き、相対移動量	a	転倒、あるいは欠損がある。	
	b	移動に伴う目地の開きが大きい。目地部より水の浸透がある。	
	c	目地ずれがあるが、水の浸透はない。	
	d	目地部にわずかなずれ、段差、開きが見られるか、段差、開きが見られない。	

【天端被覆工】

変状現象	変状のランクと損傷事例写真		
沈下・陥没	a	陥没がある。	
	b	沈下による凹部が目立つ。	
	c	－	－
	d	部分的な沈下が見られるか、沈下が見られない。	

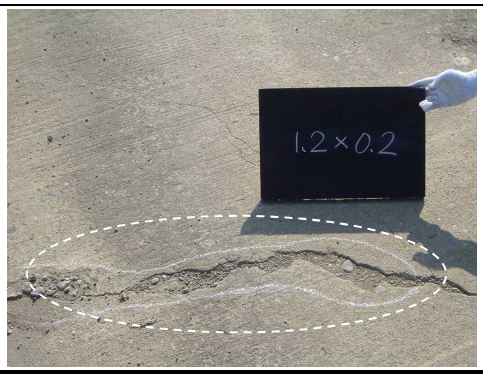
【天端被覆工】

変状現象	変状のランクと損傷事例写真		
ひび割れ	a	部材背面まで達するひび割れ・亀裂が生じている（幅5mm 程度以上）。	
	b	複数方向に幅数mm 程度のひび割れがあるが、背面までは達していない。	
	c	１方向に幅数 mm 程度のひび割れがあるが、背面までは達していない。	
	d	１mm 以下のひび割れが生じているか、ひび割れが見られない	

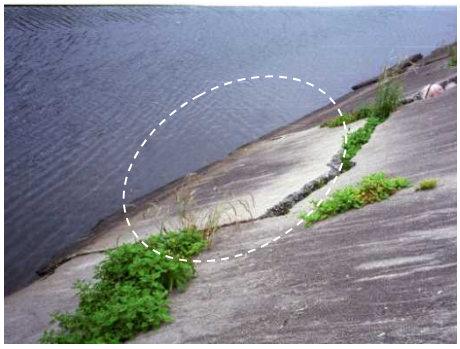
【天端被覆工】

変状現象	変状のランクと損傷事例写真		
目地部、打継ぎ部の状況	a	目地部、打継ぎ部のずれが大きく、堤体土砂の流失が見られる。	
	b	目地部、打継ぎ部より水の浸透がある。	
	c	目地部、打継ぎ部にずれがあるが、水の浸透はない。	
	d	目地部、打継部にわずかなずれ、段差、開きが見られるか、段差、開きが見られない。	

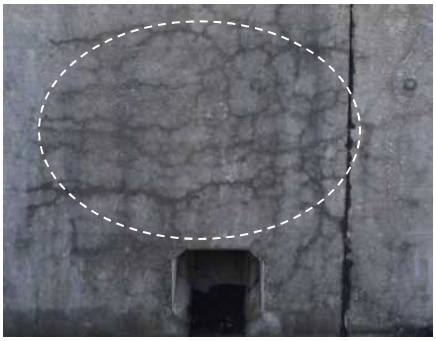
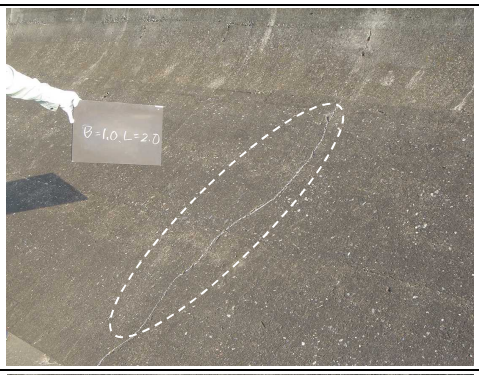
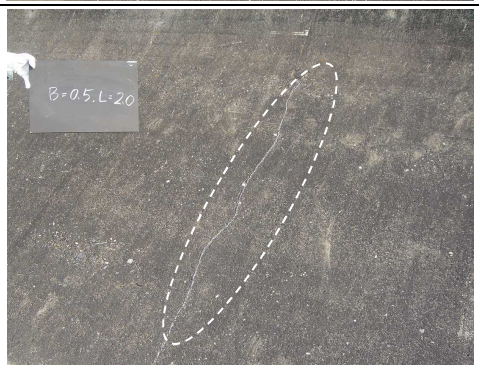
【天端被覆工】

変状現象	変状のランクと損傷事例写真		
剥離・損傷	a	広範囲に破損、または流失している。	
	b	表面だけでなく部材の深部まで剥離・損傷が及んでいる。	
	c	広範囲であっても表面の剥離・損傷が生じている。	
	d	ごく小規模の剥離・損傷が生じているか、剥離・損傷が生じていない。	

【表法被覆工】

変状現象	変状のランクと損傷事例写真		
沈下・陥没	a	陥没がある。	
	b	沈下による凹部が目立つ。	
	c	－	－
	d	部分的な沈下が見られるか、沈下が見られない。	

【表法被覆工】

変状現象	変状のランクと損傷事例写真		
ひび割れ	a	部材背面まで達するひび割れ・亀裂が生じている。（幅 5mm 程度以上)。	
	b	複数方向に幅数 mm 程度のひび割れがあるが、背面までは達していない。	
	c	１方向に幅数 mm 程度のひび割れがあるが、背面までは達していない。	
	d	１mm 以下のひび割れが生じているか、ひび割れが見られない。	

【表法被覆工】

変状現象	変状のランクと損傷事例写真		
目地部、打継ぎ部の状況	a	目地部、打継ぎ部のずれが大きく、堤体土砂の流出が見られる。	
	b	目地部、打継ぎ部より水の浸透がある。	
	c	目地部、打継ぎ部にずれがあるが、水の浸透はない。	
	d	目地部、打継ぎ部にわずかなずれ、段差、開きが見られるか、段差、開きが見られない。	

【表法被覆工】

変状現象	変状のランクと損傷事例写真		
剥離・損傷	a	広範囲に破損、または流出している。	
	b	表面だけでなく部材の深部まで剥離・損傷が及んでいる。	
	c	広範囲であっても表面の剥離・損傷が生じている。	
	d	ごく小規模の剥離・損傷が生じているか、剥離・損傷が生じていない。	

【裏法被覆工】

変状現象	変状のランクと損傷事例写真		
沈下・陥没	a	陥没がある。	
	b	沈下による凹部が目立つ。	
	c	－	－
	d	部分的な沈下が見られるか、沈下が見られない。	

【裏法被覆工】

変状現象	変状のランクと損傷事例写真		
ひび割れ	a	部材背面まで達するひび割れ・亀裂が生じている（幅5mm 程度以上）。	
	b	複数方向に幅数 mm 程度のひび割れがあるが、背面までは達していない。	
	c	１方向に幅数 mm 程度のひび割れがあるが、背面までは達していない。	
	d	１mm 以下のひび割れが生じているか、ひび割れが見られない。	

【裏法被覆工】

変状現象	変状のランクと損傷事例写真		
目地部、打継ぎ部の状況	a	目地部、打継ぎ部のずれが大きく、堤体土砂の流失が見られる。	
	b	目地部、打継ぎ部より水の浸透がある。	
	c	目地部、打継ぎ部にずれがあるが、水の浸透はない。	
	d	目地部、打継ぎ部にわずかなずれ、段差、開きが見られるか、段差、開きが見られない。	

【裏法被覆工】

変状現象	変状のランクと損傷事例写真		
剥離・損傷	a	広範囲に破損、または流失している。	
	b	表面だけでなく部材の深部まで剥離・損傷が及んでいる。	
	c	広範囲であっても表面の剥離・損傷が生じている。	
	d	ごく小規模の剥離・損傷が生じているか、剥離・損傷が見られない。	

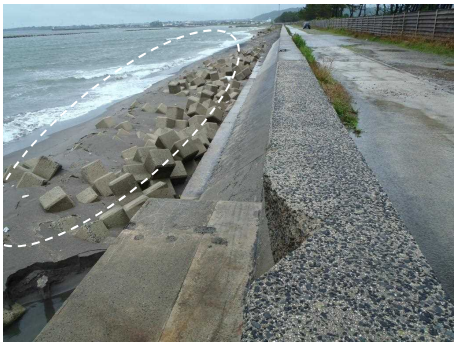
【消波工】

変状現象	変状のランクと損傷事例写真		
移動・散乱及び沈下	a	消波工断面がブロック１層分以上減少している。	
	b	消波工断面が減少している（ブロック１層未満）。	
	c	消波ブロックの一部が移動、散乱、沈下している。	
	d	わずかな変状がみられるか、変状なし。	－

【消波工】

変状現象	変状のランクと損傷事例写真		
ブロック破損	a	破損ブロックが１／４以上ある。	
	b	破損ブロックは１／４未満である。	
	c	少数の破損ブロックがある。	
	d	小さなひび割れが発生しているか、ひび割れが発生していない。	

【砂浜】

変状現象	変状のランクと損傷事例写真		
侵食・堆積	a	侵食により基礎工が浮き上がり堤体土が既に流出している。 侵食により前面の砂浜が消失し、基礎工下端・止水矢板が露出している。 堤防・護岸等の防護機能が損なわれるほど、堤防・護岸等の前面の砂浜の侵食が進んでいると認められる場合。	
	b	堤防・護岸等の防護機能が将来的に損なわれると想定されるほど、堤防・護岸等の前面の砂浜の侵食が進んでいると認められる場合。	
	c	汀線の後退もしくは浜崖の形成が認められる。	
	d	わずかな変状がみられるか、変状なし。	－

【排水工】

変状現象	変状のランクと損傷事例写真		
目地の開き、相対移動量	a	転倒、あるいは欠損がある。	
	b	移動に伴う目地の開きが大きい。 天端工との目地部より水の浸透がある。	
	c	目地ずれがあるが、水の浸透はない。	
	d	目地部にわずかなずれ、段差、開きが見られるか、段差、開きが見られない。	

【前面海底地盤】

変状現象	変状のランクと損傷事例写真		
洗掘・堆積	a	広範囲で浸食があり、かつ捨石マウンドの法尻前面で深さ 1m以上の洗掘がある。洗掘に伴うマウンド等への影響がみられる。	
	b	広範囲で浸食があり、かつ捨石マウンド法尻前面で深さ 0.5m以上 1m未満の洗掘がある。	
	c	深さ 0.5m未満の洗掘がある。	
	d	わずかな変状がみられるか、変状なし。	－

【前面海底地盤】

変状現象	変状のランクと損傷事例写真		
吸出し （根固部）	a	土砂が流出している。	
	b	土砂流出の兆候が見られる。	
	c	－	－
	d	わずかな変状がみられるか、変状なし。	－

【根固工】

変状現象	変状のランクと損傷事例写真		
移動・散乱及び沈下	a	石、ブロックが大規模又は広範囲に移動、散乱又は沈下している。	
	b	石、ブロックが沈下、移動又は散乱している。	
	c	部分的にごく小さな移動（ずれ）がみられる。	
	d	わずかな変状がみられるか、変状なし。	－

【根固工】

変状現象	変状のランクと損傷事例写真		
ブロック破損	a	破損ブロックが多数あり配置の乱れが生じている。	
	b	破損ブロックは多数あるが、配置の乱れは少ない。	
	c	小さなひび割れが発生している。	
	d	わずかな変状がみられるか、変状なし。	－

【基礎工】

変状現象	変状のランクと損傷事例写真		
ひび割れ	a	部材の背面まで達するひび割れ・亀裂が生じている（幅5mm 程度以上）。	
	b	やや大きなひび割れや小さな亀裂が生じている。	
	c	小さなひび割れ（ひび割れ幅 0.2mm 程度）が生じている。	
	d	わずかな変状がみられるか、変状なし。	

【基礎工】

変状現象	変状のランクと損傷事例写真		
剥離・損傷	a	表面だけでなく、部材の深部まで剥離・損傷が及んでいる。	
	b	広範囲であっても、表面近くで浅い剥離・損傷が生じている。	
	c	ごく小規模の剥離・損傷が発生じている。	
	d	わずかな変状がみられるか、変状なし。	－

【基礎工】

変状現象	変状のランクと損傷事例写真		
目地ずれ	a	大きなずれ、段差がある。	
	b	小さなずれ、段差がある。	
	c	－	－
	d	わずかな変状がみられるか、変状なし。	－

【基礎工】

変状現象	変状のランクと損傷事例写真		
移動・沈下	a	基礎工流失又は破壊欠損がある。	
	b	小規模な移動又は沈下がある。	
	c	－	－
	d	わずかな変状がみられるか、変状なし。	－

２．水門・陸閘等の土木構造物部分

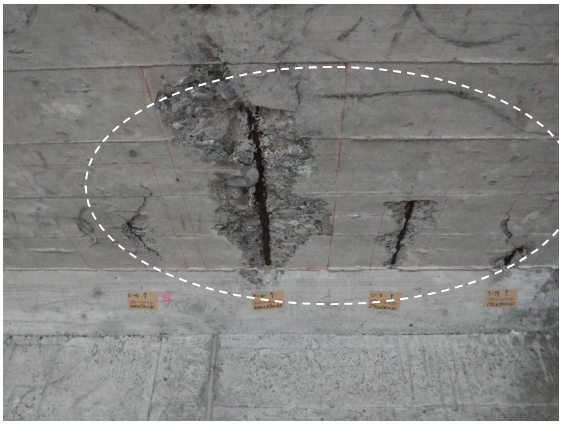
【堰柱・翼壁・胸壁・カーテンウォール・門柱・底版・函体】

変状現象	変状のランクと変状事例写真		
防護高	a	防護高さを満足していない。	
	b	—	—
	c	—	—
	d	防護高さを満足している。	

【堰柱・翼壁・胸壁・カーテンウォール・門柱・底版・函体】

変状現象	変状のランクと損傷事例写真		
ひび割れ	a	部材背面まで達するひび割れ・亀裂が生じている（幅 5mm 程度以上）。	
	b	複数方向に幅数 mm 程度のひび割れがあるが、背面までは達していない。	
	c	１方向に幅数 mm 程度のひび割れがあるが、背面までは達していない。	
	d	1mm 以下のひび割れが生じているか、ひび割れが生じていない。	

【堰柱・翼壁・胸壁・カーテンウォール・門柱・底版・函体】

変状現象	変状のランクと損傷事例写真		
剥離・損傷	a	広範囲に部材の深部まで剥離・損傷が生じている。	
	b	表面だけでなく部材の深部まで剥離・損傷が及んでいる。	
	c	広範囲であっても表面のみの剥離・損傷が生じている。	
	d	ごく小規模の剥離・損傷が生じているか、剥離・損傷が生じていない。	

【堰柱・翼壁・胸壁・カーテンウォール・門柱・底版・函体】

変状現象	変状のランクと損傷事例写真		
目地、相対移動量	a	転倒、あるいは欠損がある。 変位･変形があり、開閉操作が不可能	
	b	移動に伴う目地の開きが大きい。目地部より水の浸透がある。 変位・変形はあるが開閉操作は可能。	
	c	目地ずれがあるが、水の浸透はない。 わずかな変位・変形はあるが、開閉操作は可能。	
	d	目地部に、段差、開き、変位・変形が見られない。	

【堰柱・翼壁・胸壁・カーテンウォール・門柱・底版・函体】

変状現象	変状のランクと損傷事例写真		
継ぎ手の開き	a	継ぎ手の水密ゴム・止水板の破断が生じている。	
	b	継手（止水板）の開きが 7cm 以上。 可撓継手の開きが許容値以上。	
	c	継手（止水板）の開きが 2cm 以上 7cm 未満。 可撓継手の開きが許容値未満。	
	d	継手の変状なし（開きが 2cm 未満）	

【堰柱・翼壁・胸壁・カーテンウォール・門柱・底版・函体】

変状現象	変状のランクと損傷事例写真		
周辺堤防に対する抜け上がり	a	構造物本体の抜け上がり（30cm 以上）	
	b	構造物本体の抜け上がり（10cm 以上 30cm 未満）	
	c	構造物本体の抜け上がり（10cm 未満）	
	d	変状が微少。	

【堰柱・翼壁・胸壁・カーテンウォール・門柱・底版・函体】

変状現象	変状のランクと損傷事例写真		
鉄筋の腐食	a	浮き錆が著しく、構造耐力に影響する鉄筋断面積の有意な減少が全域にわたっている。	
	b	浮き錆が多く、鉄筋表面の大部分あるいは全周にわたる腐食が広範囲に認められる。	
	c	錆汁が多く、鉄筋腐食が広範囲に認められる。	
	d	一部に錆汁、点錆が見られるか、錆汁、点錆が見られない。	

【堰柱・翼壁・胸壁・カーテンウォール・門柱・底版・函体】

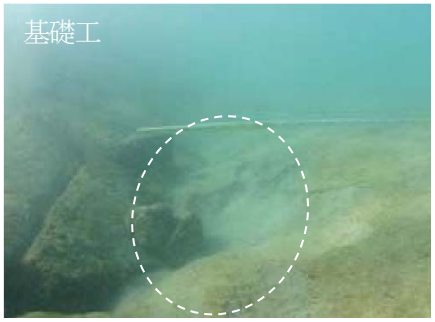
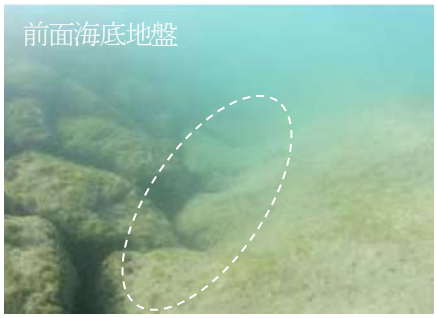
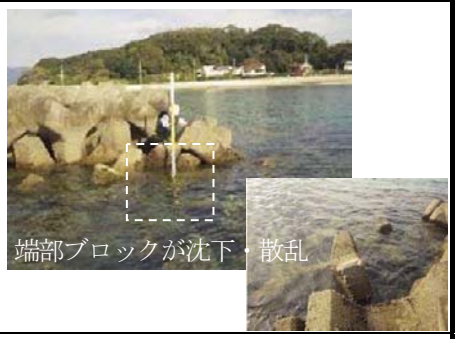
変状現象	変状のランクと損傷事例写真		
沈下・陥落	a	陥没がある。	
	b	沈下による凹部が目立つ。	
	c	—	—
	d	部分的な沈下が見られるか、沈下が見られない。	

【堰柱・翼壁・胸壁・カーテンウォール・門柱・底版・函体】

変状現象	変状のランクと損傷事例写真		
目地部、打ち継ぎ部等の状況	a	目地部、打継ぎ部のずれが大きく、堤体土砂の流出が見られる。	
	b	目地部、打継ぎ部より水の浸透がある。	
	c	目地部、打継ぎ部にずれがあるが、水の浸透はない。	
	d	目地部、打継ぎ部にずれ、段差、開きが見られない。	

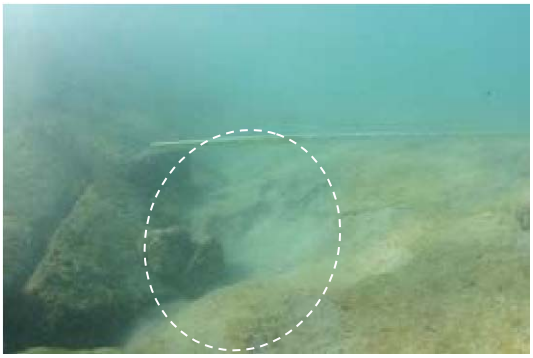
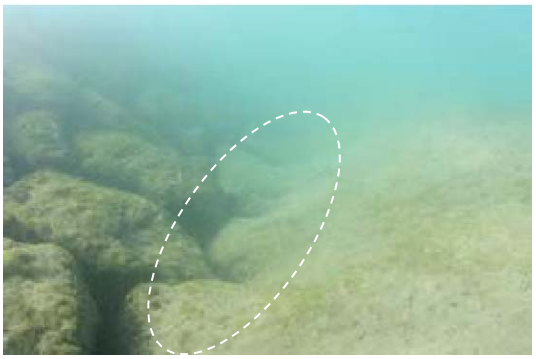
３．離岸堤等

離岸堤に対する評価（施設毎）

変状現象	変状のランクと変状事例写真		
―	a	堤体全体にわたって堤体断面がブロック１層分以上減少している。	
	b	基礎工（根固工）小規模な移動又は沈下がある。 堤体全体にわたって堤体断面が減少している(ブロック１層未満)	
	c	前面海底地盤に深さ 0.5m 未満の洗掘がある。 堤体の一部が移動、散乱、沈下している。	 
	d	わずかな変状がみられるか、変状なし。	

離岸堤に対する評価（部材毎）

【前面海底地盤：洗掘、基礎工（根固工）：移動・沈下・散乱】

変状現象	変状のランクと変状事例写真		
前面海底地盤の洗掘 基礎工（根固工）の移動・沈下・散乱	a	広範囲で侵食があり、かつ捨石マウンドの法尻前面で深さ1m以上の洗掘がある。洗掘に伴うマウンド等への影響が見られる。 基礎工（根固工）の流出又は破壊、欠損がある。	
	b	広範囲で侵食があり、かつ捨石マウンド法尻前面で深さ0.5m以上1m未満の洗掘がある。 基礎工（根固工）の小規模な移動又は沈下がある。	
	c	深さ0.5m未満の洗掘がある。	
	d	わずかな変状がみられるか、変状なし。	

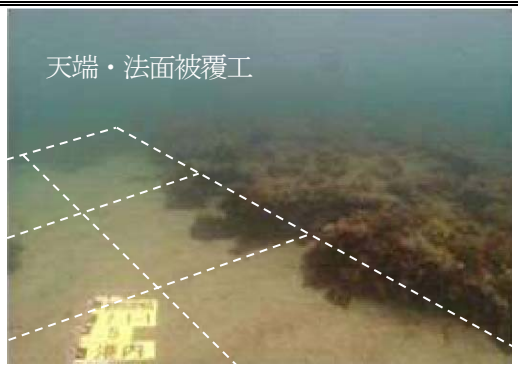
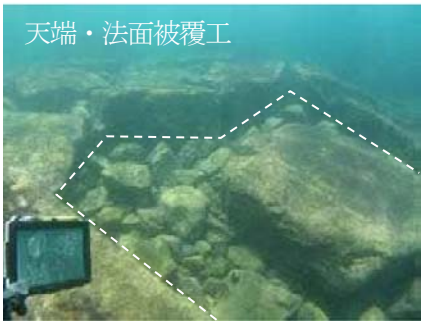
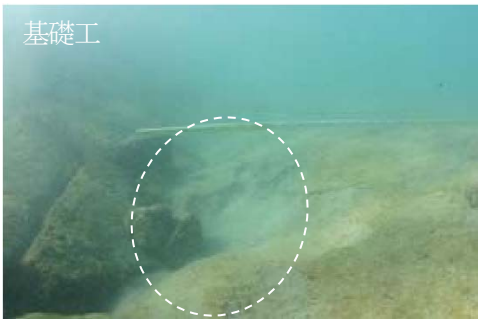
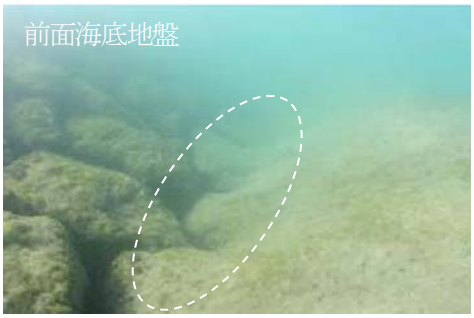
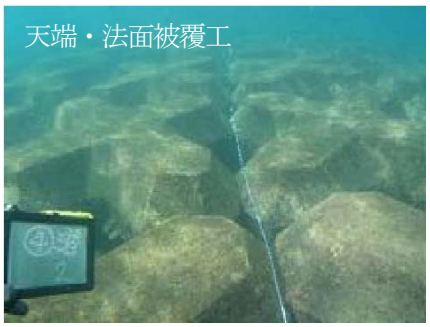
離岸堤に対する評価（部材毎）

【堤体：移動・沈下・散乱、ブロック破損】

変状現象	変状のランクと変状事例写真		
移動・沈下・散乱 ブロック破損	a	堤体全体にわたって堤体断面がブロック１層分以上減少している。 破損ブロックが 1/4 以上ある。	
	b	堤体全体にわたって堤体断面が減少している(ブロック１層未満)。 堤体半分程度の断面がブロック１層分以上減少している。 破損ブロックは 1/4 未満である。	
	c	ブロックの一部が移動、散乱、沈下している。 少数の破損ブロックがある。	
	d	わずかな変状がみられるか、変状なし。 小さなひび割れが発生しているか、ひび割れが発生していない。	

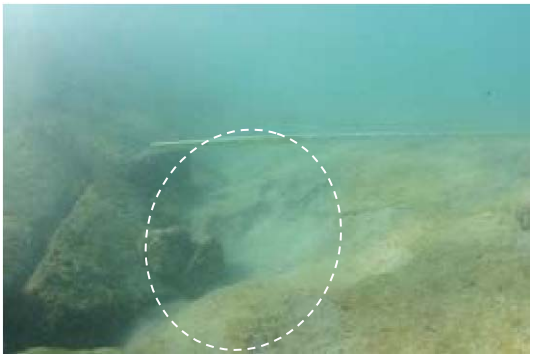
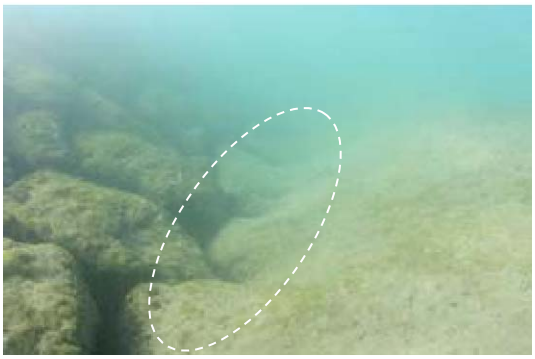
※ブロック破損は、消波工の変状目安写真を参考とする。

潜堤・人工リーフに対する評価（施設毎）

変状現象	変状のランクと変状事例写真		
―	a	被覆石・ブロックが大規模又は広範囲に移動・沈下・散乱している。	
	b	被覆石・ブロックが移動・沈下・散乱している。 基礎石・ブロックが移動、沈下又は散乱している。	 
	c	前面海底地盤に深さ 0.5m 未満の洗掘がある。 被覆石・ブロックに部分的にごく小さな移動（ずれ）がみられる。	
	d	わずかな変状がみられるか、変状なし。	

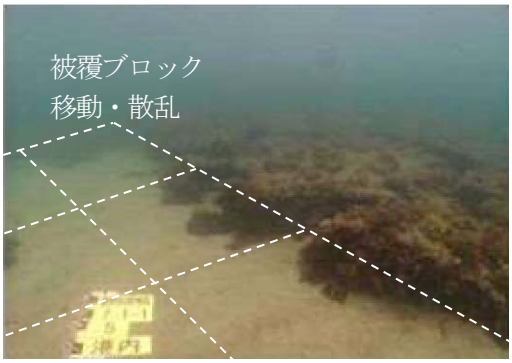
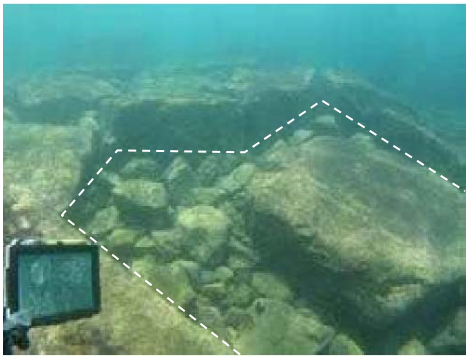
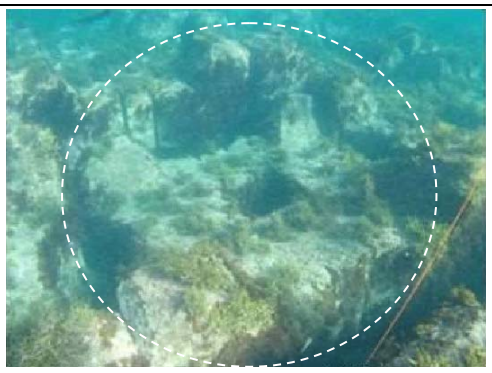
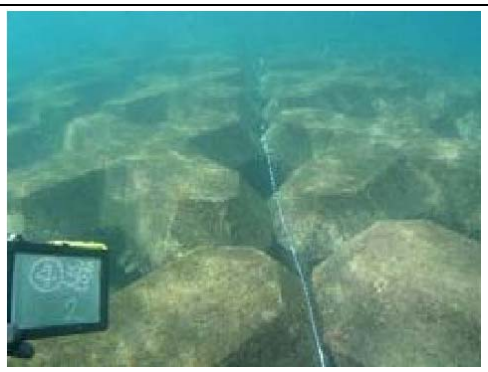
潜堤・人工リーフに対する評価（部材毎）

【前面海底地盤：洗掘、基礎工（根固工）：移動・沈下・散乱】

変状現象	変状のランクと変状事例写真		
前面海底地盤の洗掘 基礎工（根固工）の移動・沈下・散乱	a	広範囲で侵食があり、かつ捨石マウンドの法尻前面で深さ1m以上の洗掘がある。洗掘に伴うマウンド等への影響がみられる。 石、ブロックが移動、沈下又は散乱している。	
	b	広範囲で侵食があり、かつ捨石マウンド法尻前面で深さ0.5m以上1m未満の洗掘がある。 石、ブロックが移動、沈下又は散乱している。	
	c	深さ0.5m未満の洗掘がある。 部分的にごく小さな移動（ずれ）がみられる。	
	d	わずかな変状がみられるか、変状なし。	

潜堤・人工リーフに対する評価（部材毎）

【天端・法面被覆工：移動・沈下・散乱・破損】

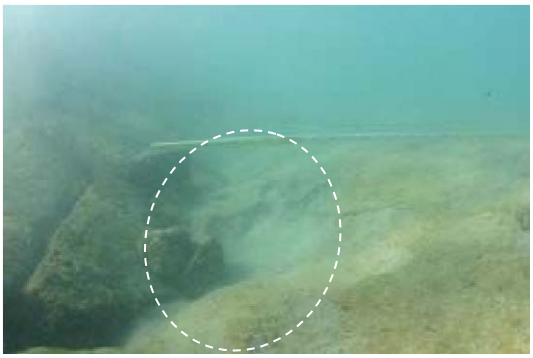
変状現象	変状のランクと変状事例写真		
移動・沈下・散乱・破損	a	石、ブロックが大規模又は広範囲に移動、散乱している。 破損ブロックが多数あり、配置の乱れが生じている。	
	b	石、ブロックが大きく移動している。 破損ブロックが多数あるが、配置の乱れは少ない。	
	c	部分的にごく小さな移動（ずれ）がみられる。 ごく小規模のひび割れ・剥離が生じている。	
	d	わずかな変状がみられるか、変状なし。 損傷が生じていない。	

突堤・ヘッドランド（被覆ブロック型）に対する評価（施設毎）

変状現象	変状のランクと変状事例写真		
―	a	天端・法面被覆工が大規模又は広範囲に移動・沈下・散乱している。	
	b	天端・法面被覆工が移動・沈下・散乱している。	
	c	天端・法面被覆工に部分的にごく小さな移動（ずれ）がみられる。	
	d	わずかな変状がみられるか、変状なし。	

突堤・ヘッドランド（被覆ブロック型）に対する評価（部材毎）

【前面海底地盤：洗掘、基礎工（根固工）：移動・沈下・散乱】

変状現象	変状のランクと変状事例写真		
前面海底地盤の洗掘 基礎工（根固工）の移動・沈下・散乱	a	広範囲で侵食があり、かつ捨石マウンドの法尻前面で深さ1m以上の洗掘がある。洗掘に伴うマウンド等への影響がみられる。 石、ブロックが大規模又は広範囲に移動、沈下又は散乱している。	
	b	広範囲で侵食があり、かつ捨石マウンド法尻前面で深さ0.5m以上1m未満の洗掘がある。 石、ブロックが移動、沈下又は散乱している。	
	c	深さ0.5m未満の洗掘がある。 部分的にごく小さな移動（ずれ）がみられる。	
	d	わずかな変状がみられるか、変状なし。	

突堤・ヘッドランド（被覆ブロック型）に対する評価（部材毎）

【天端・法面被覆工：移動・沈下・散乱】

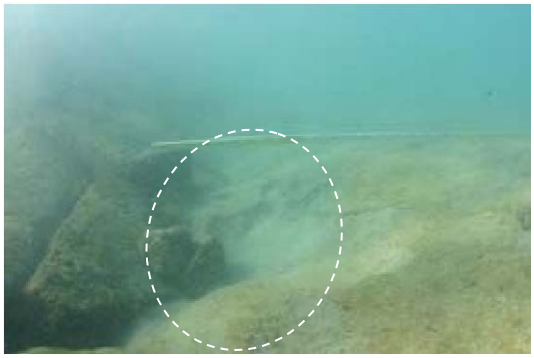
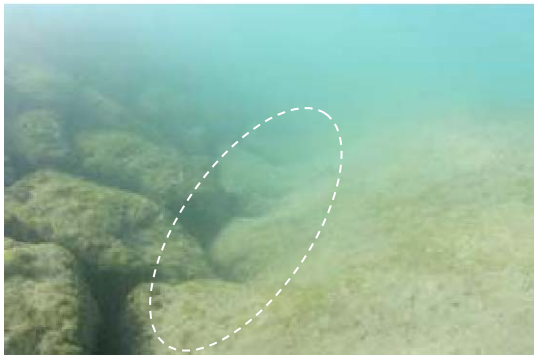
変状現象	変状のランクと変状事例写真		
移動・沈下・散乱・破損	a	石、ブロックが大規模又は広範囲に移動、散乱している。 広範囲に破損、または流出している。	
	b	石、ブロックが大きく移動している。 表面だけでなく部材の深部まで損傷が及んでいる。	
	c	部分的にごく小さな移動（ずれ）がみられる。 ごく小規模のひび割れ・剥離が生じている。	
	d	わずかな変状がみられるか、変状なし。 損傷が生じていない。	

突堤・ヘッドランド（消波ブロック型）に対する評価（施設毎）

変状現象	変状のランクと変状事例写真		
―	a	堤体全体にわたって堤体断面がブロック１層分以上減少している。	
	b	堤体全体にわたって堤体断面が減少している(ブロック１層未満)	
	c	堤体ブロックの一部が移動、散乱、沈下している。	
	d	わずかな変状がみられるか、変状なし。	

突堤・ヘッドランド（消波ブロック型）に対する評価（部材毎）

【前面海底地盤：洗掘、基礎工（根固工）：移動・沈下・散乱】

変状現象	変状のランクと変状事例写真		
前面海底地盤の洗掘 基礎工（根固工）の移動・沈下・散乱	a	広範囲で侵食があり、かつ捨石マウンドの法尻前面で深さ1m以上の洗掘がある。洗掘に伴うマウンド等への影響がみられる。 流失又は破壊、欠損がある。	
	b	広範囲で侵食があり、かつ捨石マウンド法尻前面で深さ0.5m以上1m未満の洗掘がある。 小規模な移動又は沈下がある。	
	c	深さ0.5m未満の洗掘がある。	
	d	わずかな変状がみられるか、変状なし。	

突堤・ヘッドランド（消波ブロック型）に対する評価（部材毎）

【堤体：移動・沈下・散乱、ブロック破損】

変状現象	変状のランクと変状事例写真		
移動、沈下・散乱 ブロック破損	a	堤体全体にわたって堤体断面がブロック１層分以上減少している。 破損ブロックが 1/4 以上ある。	
	b	堤体全体にわたって堤体断面が減少している（ブロック１層未満）。 堤体半分程度断面がブロック１層分以上減少している。 破損ブロックは 1/4 未満である。	
	c	ブロックの一部が移動、散乱、沈下している。 少数の破損ブロックがある。	
	d	わずかな変状がみられるか、変状なし。	

※ブロック破損は、消波工の変状目安写真を参考とする。

海岸保全施設の適切な修繕等のあり方について

～堤防・護岸・胸壁の変状原因からのアプローチ～

平成２８年４月

農林水産省農村振興局防災課

農林水産省水産庁防災漁村課

国土交通省水管理・国土保全局海岸室

国土交通省港湾局海岸・防災課

目次

１．はじめに・・1-1

２．海岸保全施設の適切な修繕等のあり方について・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・2-1

３．主要な変状連鎖を例にした修繕等の考え方・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・3-1

４．海岸保全施設（堤防、護岸、胸壁）の修繕等の事例・・・・・・・・・・・・・・・・・4-1

１．はじめに

全国の堤防・護岸等のうち、築後50年以上経過した施設は、2010年では約４割であるが、2030年には約７割に達する見込みである。老朽化した施設が急増していることや、国や地方における施設に関する予算や人員の削減が進む中で、維持管理に係る体制づくりが困難な場合が見受けられるとともに、海岸管理者によって維持管理に係る対応にばらつきも存在している。一方、堤防・護岸等の延長は約8,500km（岩手県、宮城県、福島県を除く。）と膨大であることから、適切な維持管理を推進し、防護機能や安全性等の確保を図ることが必要である。

これらの背景を踏まえ、予防保全型の効率的・効果的な海岸保全施設の維持管理を推進するため、巡視（パトロール）の導入等点検の効率化、長寿命化計画の策定方法の具体化等に係る検討を行い、平成26年３月に「海岸保全施設維持管理マニュアル」（以下、「マニュアル」という。）の改訂を行ったところである。その後、同年６月に改正された海岸法において、海岸管理者は「海岸保全施設を良好な状態に保つように維持し、修繕し、もつて海岸の防護に支障を及ぼさないように努めなければならない。」こととされた。

本資料は、海岸法やマニュアルを踏まえ、点検や健全度評価の結果に基づき、海岸管理者がマニュアルで示す対策のうち、修繕、改良、更新（以下、「修繕等」という。）を検討・実施する際に参考となるよう、修繕等の基本的な考え方や具体的な海岸保全施設の修繕等の事例等についてとりまとめたものである。

本資料が海岸保全施設の修繕等の実施に当たって有効に活用され、海岸保全施設の適切な維持管理が推進されることを期待する。

２．海岸保全施設の適切な修繕等のあり方について

２－１　点検、健全度評価及び変状原因究明のための調査・分析の実施

（１）今後、老朽化した海岸保全施設が急速に増加する中、津波・高潮等の外力に対する所定の防護機能を確保しながらライフサイクルコスト（以下、「ＬＣＣ」という。）の縮減と各年の点検・修繕等に要する費用の平準化を図るためには、予防保全型の維持管理を行うことが必要である。

（２）マニュアルは海岸管理者が予防保全型の維持管理を実施できるようにすることを目的としたものである。マニュアルにおける予防保全の考え方は、海岸保全施設の所定の防護機能が確保できなくなる前に、構成する部位・部材の性能低下を進展させないために修繕等を実施するものである。そのため、点検及びその結果を踏まえた健全度評価を的確に行い、対象施設の変状の種類や程度を把握するとともに、変状原因究明のための調査・分析を行うことが重要である。

（３）マニュアルにおける対策を実施するまでの流れと主な内容は、以下のとおりである。

①点検により、現状における各位置での変状の有無や程度を把握する。

②点検結果を踏まえ、変状ランクの判定及び健全度の評価を行い、対策の方向性（事後保全、予防保全、監視）を明確化する。

③防護機能を確保しつつ、ＬＣＣを可能な限り縮減するとともに、各年の点検・修繕等に要する費用を平準化するため、健全度評価を踏まえ、長寿命化計画を作成する。特に、修繕等については、劣化予測の結果や背後地の状況、施設の利用状況等を勘案し、対策工法や実施時期等を定める。

④修繕等の実施に当たっては、変状原因究明のための調査・分析を行う。調査には、施設の構造形式、施設が設置されている海岸の地形や気象・海象条件、維持管理状況等の把握やマニュアルp31に示す二次点検（詳細な計測）等の方法がある。また、分析に当たっては、必要に応じて専門的知識及び技術又は技能を有する者の意見を聴くとよい。

２－２　修繕等の基本的な考え方

（１）海岸保全施設は、建設直後から風雨や波浪の繰り返しにより徐々に劣化や軽微な変状が生じ、時間の経過とともにこれらが蓄積されてその健全度を減じていく。また、地震、津波、高潮等の発生時には変状が大きく進展することがある。これらにより変状が進展し、変状がある段階に達すると、以降急速に変状が進展することがある。このような変状の進展により最終的には崩壊に至ると考えられる。吸出しによる堤防の変状を例にとれば、目地部、打継ぎ部の変状等に伴う海水等の流入による堤体土砂の吸出し・空洞化により、堤体の沈下から堤体の破損、さらには破堤へと進行していく。

　対象施設の変状の種類や程度、原因に応じた適切な修繕等を講じるため、点検や変状原因究明のための調査・分析を行い、変状連鎖の進展段階を十分考慮する必要がある。

（２）健全度評価がＡランクの施設については、所定の防護機能を確保するための対策を行うとともに、点検や変状原因究明のための調査・分析を踏まえ、変状の進展の抑制や再発防止の観点から、堤体土砂の流出抑制等の変状原因への対策も併せて実施する。また、波浪等の変状の発生原因を抜本的に改善する対策についても検討を行い、ＬＣＣの観点等から、必要に応じて実施する。

（３）健全度評価がＢランクの施設については、変状が生じている部位・部材への対策を行う。その際、点検や変状原因究明のための調査・分析を踏まえ、変状の進展の抑制や再発防止の観点から変状原因への対策を行う。

（４）健全度評価がＣランクの施設については、直ちに施設の防護機能を損なう変状は生じていないものの、変状が進展する可能性があるため、巡視等において進展状況の監視を行う。対策を行う場合は健全度評価がＢランクの場合に準じて実施する。

（５）マニュアルに基づく予防保全型の維持管理は、対象施設の健全度がＢ又はＣランクと評価されたときに対策を行うものであるが、海岸保全施設の現状を鑑みれば、所定の防護機能が確保されていない健全度がＡランクと評価された施設について優先的に対策を実施することが基本となる。

　ただし、背後地の状況や予算の制約等の地域の実情を踏まえた効果的・効率的な維持管理を行うためには、以下のような考え方も組み合わせながら進めることが肝要である。

・健全度評価がＡランクの施設が複数ある場合には、その中でも優先順位をつけて対応すること。
・健全度評価がＡランクの施設に対策を講じる際に周辺の健全度評価がＢ又はＣランクの施設の対策を併せて講ずること。

（６）上記を踏まえつつ、マニュアル等に示された主要な変状連鎖の各段階に対応した対策

工法の検討に資するため、それぞれ修繕等の基本的な考え方及び代表的な対策工法を「３．主要な変状連鎖を例にした修繕等の考え方」に示す。

（７）また、マニュアルp60に示す海岸保全施設の対策工法（修繕等）の例及びマニュアル参考資料―５「修繕等の工法の具体事例の紹介」に加え、修繕等の工法を検討する際の参考として、海岸管理者において近年実施された修繕等の事例調査結果から抽出した３１事例を「４．海岸保全施設（堤防、護岸、胸壁）の修繕等の事例」に示す。なお、本資料に示す修繕等の事例については変状の原因が必ずしも明確になっていないものも含まれていることから、本資料を参考に具体的な工法を選定する際には、各事例の留意点や、対象施設の変状原因を踏まえて適切に検討を行う必要がある。

（８）海岸保全施設の修繕等を行った場合は、今後の維持管理の基礎資料として活用するため、海岸管理者毎に統一されたシートに記録するものとする。記録した修繕等の結果については、海岸保全施設区域台帳や点検の結果と併せて保存することとし、効率的・効果的な活用と長期間の保存のため、電子データとして保存するとよい。特に、これまで海岸保全施設は正確な建設年や構造等に関する情報等の不足により、適切な時期や方法で維持管理を実施することができなかったことを踏まえ、修繕等の実施時期や工法の概要（断面図等）を記録し、保存することが重要である。

３．主要な変状連鎖を例にした修繕等の考え方

主要な変状連鎖を例に、海岸保全施設の修繕等の実施に当たっての基本的な考え方や代表的な修繕等の工法をそれぞれシート1-1～７に示す。シート1-1～７を参考に修繕等の工法の検討を行う場合は、以下の点に留意する。

留意点

1. マニュアルを踏まえ、対象施設の点検を実施し、変状の種類や程度（変状ランクの判定、健全度の評価）を把握するとともに、変状原因究明のための調査・分析を行う。
2. 点検及び変状原因究明の結果より、図3.1～3.3に示す変状連鎖に該当するものか確認し、該当する場合は、対象施設の変状連鎖の進展段階を推定する。
3. 修繕等の工法の検討は、「２－２修繕等の実施に当たっての基本的な考え方」を踏まえ、各変状連鎖及びその進展段階に応じて、代表的な工法を参考に行う。なお、変状の進展は、複数の変状連鎖が相まって進行する場合もあるため、その場合はそれぞれの変状連鎖を統合してに修繕等の工法を検討する。
4. 修繕等の工法の検討に当たって複数の工法がある場合には、施設の構造形式、施設が設置されている海岸の状況等を踏まえて、ＬＣＣの観点より最適な工法を採用する。
5. 各変状連鎖の進展段階における健全度は、マニュアルＰ42に示す健全度評価の目安より「天端高が不足し施設の防護機能の低下が明確な場合」と「施設の防護機能に影響を及ぼすような変状が生じており、さらに空洞が確認された場合」をもとに整理したものである。そのため、健全度評価の目安として「堤防・護岸等の防護機能が損なわれるほど、堤防・護岸等の前面の砂浜の侵食が進んでいると認められる場合」や「侵食により前面の砂浜が消失し、基礎工下端・止水矢板が露出している場合」と評価されるときは、砂浜の侵食の状況を踏まえた修繕等の工法の検討が必要であることに注意する。
6. また、本資料は図3.1～3.3に示す主要な変状連鎖のみを対象に修繕等の実施に当たっての基本的な考え方や代表的な修繕等の工法を示したものであって、変状連鎖はこれ以外のものもあり得る。その場合は専門的知識及び技術又は技能を有する者の意見を聴く等し、対象施設の変状の種類や程度、原因に応じた適切な修繕等の工法を検討する。
7. 胸壁については、図3.1堤防（消波工なし）の波浪による主要変状連鎖のうち、2-2の波返工の変状連鎖を胸壁の堤体工の変状連鎖として適用してもよい。

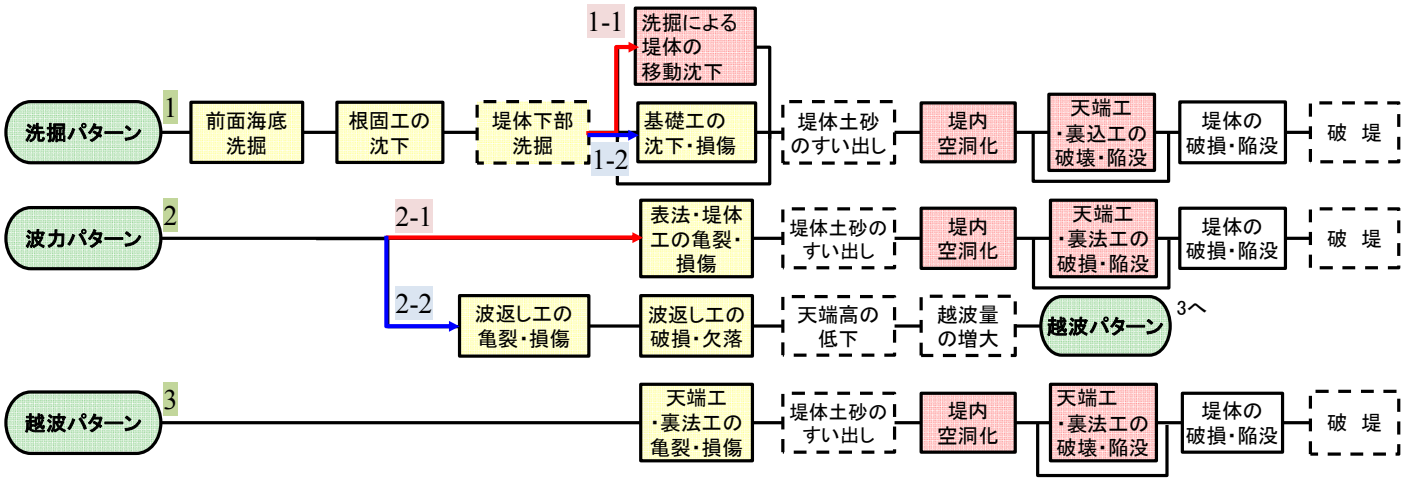


図 3.1　堤防（消波工なし）の波浪による主要変状連鎖

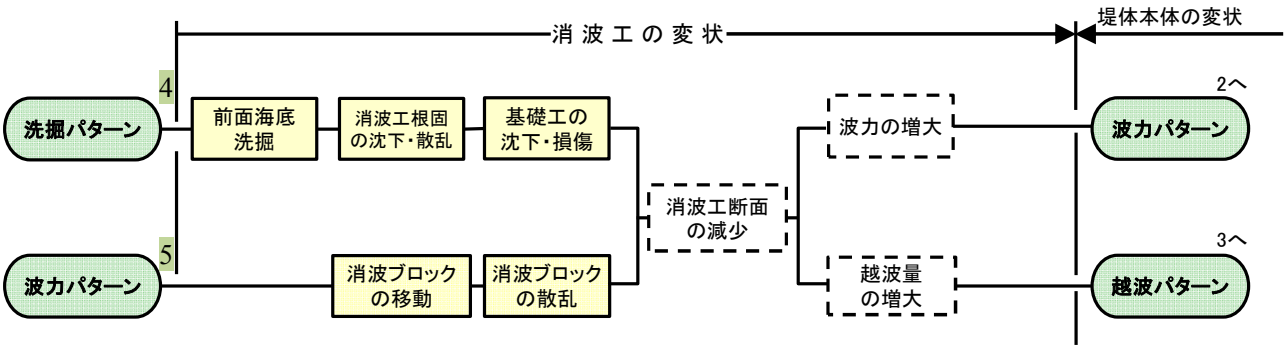


図 3.2　護岸・堤防（消波工被覆）の波浪による主要変状連鎖

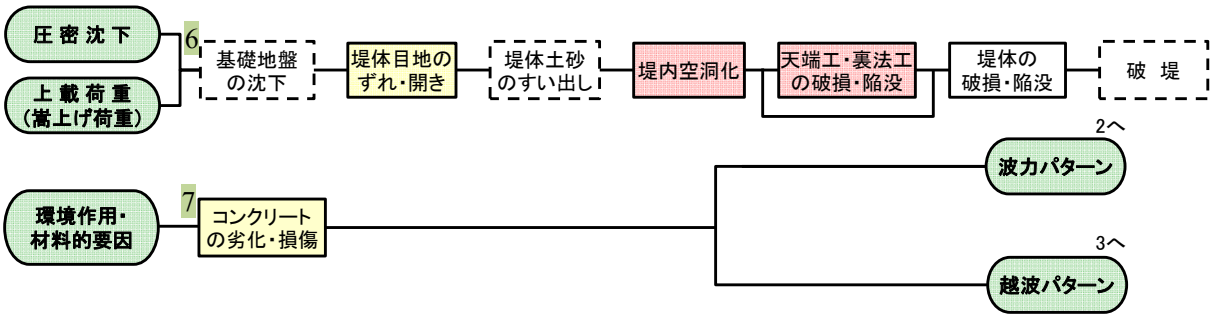
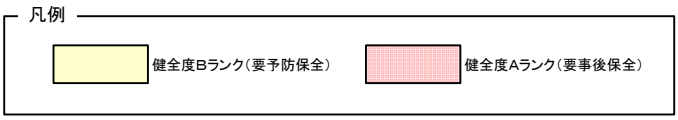


図 3.3　　護岸・堤防の進行型変状連鎖



（「海岸保全施設維持管理マニュアル p. 45」及び「海岸施設設計便覧 2000 年版 p. 521」を参考に作成。）

■シートの確認方法（1/3）

①本シートが対象とする変状連鎖を示しています。

②本シートが対象とする変状を示しています。
対象施設の現状の変状と合致しているか確認ができます。
対策は、対象施設の現状から、抜本的な原因に遡って行うことが重要です。

③本シートが対象とする健全度です。

1-1.波浪による洗掘作用（消波工なし）　主要変状連鎖　健全度B・C

Ⅱ抜本的対策　Ⅰ変状箇所への対策

洗掘パターン → 前面海底洗掘 → 根固工の沈下 → 堤体下部洗掘 → 洗掘による堤体の移動沈下 → 堤体土砂のすい出し → 堤内空洞化 → 天端工・裏法工の破壊・陥没 → 堤体の破損・陥没 → 破堤

④適切な対策を行うための、基本的な考え方と留意点を示しています。

基本的な考え方	・変状の進展が確認された場合は、点検の結果及び変状原因究明のための調査・分析結果を踏まえ、**変状箇所への対策**及び**変状の進展を抜本的に抑制する対策（抜本的対策）**を検討する。 ・**波浪の洗掘作用**により、**前面海底洗掘**、**根固工の沈下**等が生じている場合は、変状箇所への対策を行い、変状の進展を抑制する。 ・変状の進展を抜本的に抑制する対策（波浪を抑制する対策）の実施については、ライフサイクルコストの観点から、必要性を判断する。
留意点	・点検により、施設の防護機能に対して直接的に影響を及ぼす程度の天端高の不足や空洞化、砂浜の侵食が確認された場合は、健全度評価Aの考え方を参考に対策を検討する。

⑤必ず実施すべき対策を示しています。
変状原因と合致した対策を、検討することが重要です。

Ⅰ変状箇所への対策	変状	・前面海底洗掘		
	位置	前面海底地盤		
	点検で確認される変状の程度	①「洗掘」変状ﾗﾝｸb～c ②「吸出し（根固部）」変状ﾗﾝｸb	代表的な対策工法	根固工の設置や、洗掘防止ﾏｯﾄの敷設を行う。
	備考	・「」に示す変状及び変状ﾗﾝｸは、「マニュアル p.40」を参考にできる。		
Ⅰ変状箇所への対策	変状	・前面海底洗掘		
	位置	砂浜		
	点検で確認される変状の程度	①「侵食・堆積」変状ﾗﾝｸb～c／侵食による汀線の後退 【b】 【c】	代表的な対策工法	適切な材料による養浜を行う。 ※砂浜が安定するためには、粒径と勾配の両面の検討が必要である。
	備考	・「」に示す変状及び変状ﾗﾝｸは、「マニュアル p.39」及び「付録-4 変状事例集 p.33」を参考にできる。		
Ⅰ変状箇所への対策	変状	・根固工の沈下		
	位置	根固工		
	点検で確認される変状の程度	①「移動・散乱及び沈下」変状ﾗﾝｸb～c／根固捨石の散乱及び沈下 ②「ブロック破損」変状ﾗﾝｸb～c	代表的な対策工法	根固捨石の追加、場合により根固ﾌﾞﾛｯｸ（方塊、異形）の設置を行う。 ※砂の移動の抑制対策とともに、地盤沈下に対する根固工の追随性を考慮しておくことが望ましい。
	備考	・「」に示す変状及び変状ﾗﾝｸは、「マニュアル p.40」を参考にできる。		
Ⅱ抜本的対策	代表的な対策工法	波浪を抑制する対策として、離岸堤、突堤等の併設を行う。		

⑥抜本的な対策を示しています。
対策の必要性について検討することが重要です。

■シートの確認方法（2/3）

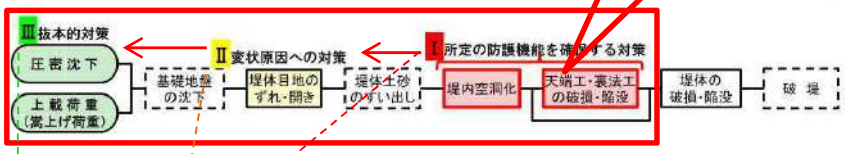
①本シートが対象とする変状連鎖を示しています。

②本シートが対象とする変状を示しています。
対象施設の現状と合致しているか確認ができます。
対策は、対象施設の現状から、変状原因への対策、
更に、抜本的な原因に遡って行うことが重要です。

③本シートが対象とする健全度です。

6.圧密沈下・上載荷重（嵩上げ荷重）の進行型変状連鎖

健全度A



④適切な対策を行うための、基本的な考え方と留意点を示しています。

基本的な考え方	・変状が進展し防護機能が確保されていない場合は点検の結果及び変状原因究明のための調査・分析結果を踏まえ、**所定の防護機能を確保する対策**、**変状原因への対策**及び**変状の進展を抜本的に抑制する対策（抜本的対策）**を検討する。 ・圧密沈下又は上載荷重（嵩上げ荷重）により、**堤内空洞化**、**天端被覆工・裏法被覆工の破壊・陥没**が生じているため、所定の防護機能を確保する対策として、**空洞化対策**や**天端被覆工・裏法被覆工の修繕**、**嵩上げ**等を行い、堤体からの土砂のすい出しを抑制するため変状原因への対策として、**堤体の修繕**を行う。
留意点	・巡視により施設の防護機能に影響を及ぼす天端高の不足や空洞化が確認された場合、定期点検の項目に準じた点検を実施し、その他の部位・部材について変状の程度を確認する。

⑤必ず実施すべき対策を示しています。
変状原因への対策と併せて行います。

Ⅰ所定の防護機能を確保する対策			
変状	・堤内空洞化 ・天端被覆工の破壊・陥没		
位置	コンクリート部材（天端被覆工）		
点検で確認される変状の程度	①「沈下・陥没」変状ﾗﾝｸa～b／沈下・陥没 ※沈下は、隣接施設との天端高の比較、降雨後の水たまり等により発見できる。	代表的な対策工法	空洞部に、堤体土・ﾓﾙﾀﾙを充填後、ｺﾝｸﾘｰﾄ・ｱｽﾌｧﾙﾄ等による張り替え等を行う。 空洞部にコンクリートを充填後、アスファルト舗装
	②「目地部、打継ぎ部の状況」変状ﾗﾝｸa～b／目地部や打継ぎ部の開き 		目地部や打継ぎ部の開きの程度に応じて、ﾓﾙﾀﾙによる間詰めや、撤去張り替え等を行う。 コンクリートによる打ち替え
備考	・「」に示す変状及び変状ﾗﾝｸは、「マニュアル p.36」及び「付録-4 変状事例集 p.19、21」を参考にできる。 ・修繕等を行う際に、観測孔の設置等、効率的に維持管理を行うための工夫について検討することが望ましい。		

⑥必ず実施すべき対策を示しています。
変状原因と合致した対策を、検討することが重要です。

Ⅰ所定の防護機能を確保する対策			
変状	・堤内空洞化 ・裏法被覆工の破壊・陥没		
位置	コンクリート部材（裏法被覆工）		
点検で確認される変状の程度	①「沈下・陥没」変状ﾗﾝｸa～b／裏法部の沈下・陥没 	代表的な対策工法	空洞部に、既設と同等の材料の充填やﾓﾙﾀﾙ注入後、撤去張り替えや補強等を行う。 コンクリートによる補強
	②「目地部、打継ぎ部の状況」変状ﾗﾝｸa～c／目地部や打継ぎ部の開き 		目地部や打継ぎ部の開きの程度に応じて、ﾓﾙﾀﾙによる間詰めや、撤去・張り替え等を行う。 コンクリートによる打ち替え
備考	・「」に示す変状及び変状ﾗﾝｸは、「マニュアル p.38」及び「付録-4 変状事例集 p.27、29」を参考にできる。		

⑦抜本的な対策を示しています。
対策について検討を実施することが重要です。

Ⅱ変状原因への対策			
変状	・堤体目地のずれ・開き		
位置	堤体目地（※堤体目地は、波返工、天端被覆工、表法被覆工、裏法被覆工の目地として変状及び対策を示す。）		
点検で確認される変状の程度	①「目地部、打継ぎ部の状況」変状ﾗﾝｸ a～c／目地部や打継ぎ部の開き	代表的な対策工法	目地部や打継ぎ部の開きの程度に応じて、ﾓﾙﾀﾙによる間詰め等を行う。
備考	・「」に示す変状及び変状ﾗﾝｸは、「マニュアル pp.35～38」及び「付録-4 変状事例集 p18、21、25、29」を参考にできる。		

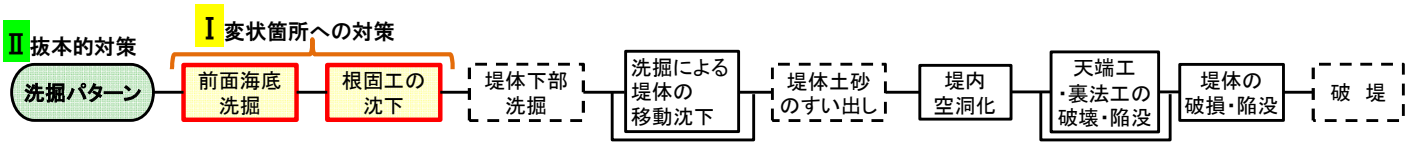
Ⅲ抜本的対策		
	代表的な対策工法	更新する際に上載荷重の低減、基礎地盤の改良、支持層への杭の打設等を行う。

■シートの確認方法（3/3）

対象とする変状を示しています。
対策の対象位(部材)を示しています。
変状の対策を、参考と写真とともに示しています。
「点検で確認される変状」及び変状ランクを示しています。対策の目安として、マニュアルp.60 表-7.1 に示される、変状の種類を示しています。
変状に対応する代表的な対策を、写真とともに示しています。
参考資料を示しています。
変状箇所への対策
変状
・波返工の亀裂・損傷
・波返工の破損・欠落
位置
コンクリート部材（波返工）
点検で確認される変状の程度
①「ひび割れ」変状ﾗﾝｸa～c／法線方向のひび割れ、部分的なひび割れ、広範囲のひび割れ
【a】
【b】
【c】
②「剥離・損傷」変状ﾗﾝｸa～c／破損・沈下
【a】
【c】
③「目地の開き相対移動量」変状ﾗﾝｸb～c／目地ずれ、堤体の移動・傾斜
【b】
①～③の複合的な変状
代表的な対策工法
ひび割れ幅や広がりの程度に応じて、樹脂・ﾓﾙﾀﾙ注入、一部打ち替え等を行う。
樹脂注
劣化部分をはつり取り、剥離・損傷部に断面復旧等を行う。変状が顕著であれば、撤去・打ち替えを行う。
断面復旧
目地開きの程度に応じて、ﾓﾙﾀﾙによる間詰め、ｺﾝｸﾘｰﾄの打設等を行う。
ﾓﾙﾀﾙによる間詰め
変状が広範囲にわたる場合や、複合的な変状が生じている場合は、前面に補強（張りｺﾝｸﾘｰﾄ等）を行う。
※表法被覆工の対策と一体的に行う場合や、嵩上げを同時に行う場合に有効である。
堤体前面に張りコンクリート
備考
・「」に示す変状及び変状ﾗﾝｸは、「マニュアルp.35」及び「付録-4 変状事例集 pp.16～18」を参考にできる。

1-1.波浪による洗掘作用（消波工なし）の主要変状連鎖

健全度B･C



基本的な考え方	・変状の進展が確認された場合は、点検の結果及び変状原因究明のための調査・分析結果を踏まえ、**変状箇所への対策**及び**変状の進展を抜本的に抑制する対策（抜本的対策）**を検討する。 ・**波浪の洗掘作用**により、**前面海底洗掘**、**根固工の沈下**等が生じている場合は、変状箇所への対策を行い、変状の進展を抑制する。 ・変状の進展を抜本的に抑制する対策（波浪を抑制する対策）の実施については、ライフサイクルコストの観点から、必要性を判断する。
留意点	・点検により、施設の防護機能に対して直接的に影響を及ぼす程度の天端高の不足や空洞化、砂浜の侵食が確認された場合は、健全度評価Ａの考え方を参考に対策を検討する。

Ⅰ変状箇所への対策	変状	・前面海底洗掘		
	位置	前面海底地盤		
	点検で確認される変状の程度	①「洗掘」変状ﾗﾝｸ b～c ②「吸出し（根固部）」変状ﾗﾝｸ b	代表的な対策工法	根固工の設置や、洗掘防止ﾏｯﾄの敷設を行う。
	備考	・「」に示す変状及び変状ﾗﾝｸは、「マニュアル p. 40」を参考にできる。		

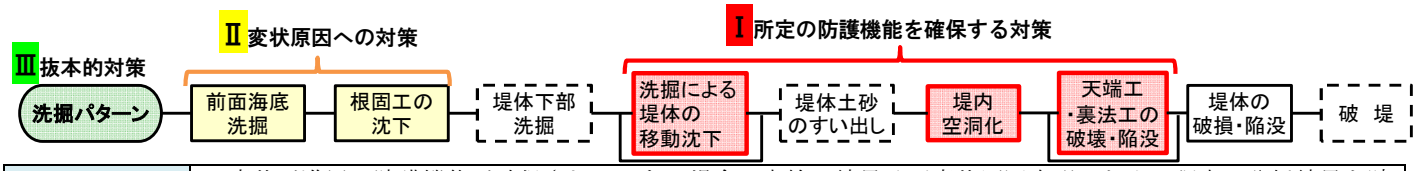
Ⅰ変状箇所への対策	変状	・前面海底洗掘		
	位置	砂浜		
	点検で確認される変状の程度	①「侵食・堆積」変状ﾗﾝｸ b～c／侵食による汀線の後退 【b】 【c】	代表的な対策工法	適切な材料による養浜を行う。 ※砂浜が安定するためには、粒径と勾配の両面の検討が必要である。
	備考	・「」に示す変状及び変状ﾗﾝｸは、「マニュアル p. 39」及び「付録-4 変状事例集 p. 33」を参考にできる。		

Ⅰ変状箇所への対策	変状	・根固工の沈下		
	位置	根固工		
	点検で確認される変状の程度	①「移動・散乱及び沈下」変状ﾗﾝｸ b～c／根固捨石の散乱及び沈下 ②「ブロック破損」変状ﾗﾝｸ b～c	代表的な対策工法	根固捨石の追加、場合により根固ﾌﾞﾛｯｸ（方塊、異形）の設置を行う。 ※砂の移動の抑制対策とともに、地盤沈下に対する根固工の追随性を考慮しておくことが望ましい。
	備考	・「」に示す変状及び変状ﾗﾝｸは、「マニュアル p. 40」を参考にできる。		

Ⅱ抜本的対策	代表的な対策工法	波浪を抑制する対策として、離岸堤、突堤等の併設を行う。

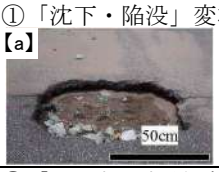
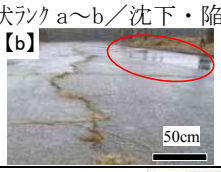
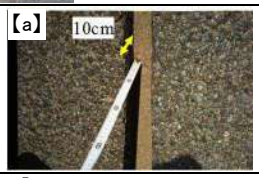
1-1.波浪による洗掘作用（消波工なし）の主要変状連鎖

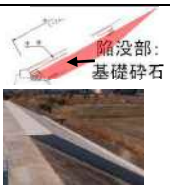
健全度A



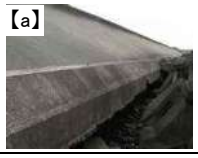
基本的な考え方	・変状が進展し防護機能が確保されていない場合は点検の結果及び変状原因究明のための調査・分析結果を踏まえ、**所定の防護機能を確保する対策**、**変状原因への対策**及び**変状の進展を抜本的に抑制する対策（抜本的対策）**を検討する。 ・**波浪の洗掘作用**により、**堤体の移動・沈下**、**堤内空洞化**、**天端被覆工・裏法被覆工の破壊・陥没**が生じているため、所定の防護機能を確保する対策として、**空洞化対策**や**天端被覆工・裏法被覆工の修繕**、**嵩上げ**等を行い、堤体下部からの洗掘を抑制するため変状原因への対策として、**前面海底・根固工の修繕**を行う。 ・変状の進展を抜本的に抑制する対策（波浪を抑制する対策）の実施については、ライフサイクルコストの観点から、必要性を判断する。
留意点	・巡視により施設の防護機能に影響を及ぼす天端高の不足や空洞化が確認された場合、定期点検の項目に準じた点検を実施し、その他の部位・部材について変状の程度を確認する。 ・変状の進展を抜本的に抑制する対策（波浪を抑制する対策）は防護機能を確保する対策として実施することもできる。

Ⅰ所定の防護機能を確保する対策	変状	・洗掘による堤体の移動沈下		
	位置	堤体（※表法被覆工を示す。）		
	点検で確認される変状の程度	①「目地部、打継ぎ部の状況」変状ﾗﾝｸ a～c ／目地部や打継ぎ部の開き 【b】 	代表的な対策工法	目地部や打継ぎ部の開きの程度に応じて、ﾓﾙﾀﾙによる間詰め、ｺﾝｸﾘｰﾄの打設等を行う。
	備考	・「」に示す変状及び変状ﾗﾝｸは、「マニュアル p. 37」及び「付録-4 変状事例集 p. 25」を参考にできる。		

Ⅰ所定の防護機能を確保する対策	変状	・堤内空洞化 ・天端被覆工の破壊・陥没		
	位置	コンクリート部材（天端被覆工）		
	点検で確認される変状の程度	①「沈下・陥没」変状ﾗﾝｸ a～b／沈下・陥没 【a】  【b】  ※沈下は、隣接施設との天端高の比較、降雨後の水たまり等により、発見できる。 ②「目地部、打継ぎ部の状況」変状ﾗﾝｸ a～b ／目地部や打継ぎ部の開き 【a】  	代表的な対策工法	空洞部に、堤体土・ﾓﾙﾀﾙを充填後、ｺﾝｸﾘｰﾄ・ｱｽﾌｧﾙﾄ等による張り替え等を行う。 空洞部にｺﾝｸﾘｰﾄを充填後、ｱｽﾌｧﾙﾄ舗装 目地部や打継ぎ部の開きの程度に応じて、ﾓﾙﾀﾙによる間詰めや、撤去張り替え等を行う。 ｺﾝｸﾘｰﾄによる打ち替え
	備考	・「」に示す変状及び変状ﾗﾝｸは、「マニュアル p. 36」及び「付録-4 変状事例集 p. 19、21」を参考にできる。 ・修繕等を行う際に、観測孔の設置等、効率的に維持管理を行うための工夫について検討することが望ましい。		

Ⅰ所定の防護機能を確保する対策	変状	・堤内空洞化 ・裏法被覆工の破壊・陥没		
	位置	コンクリート部材（裏法被覆工）		
	点検で確認される変状の程度	①「沈下・陥没」変状ﾗﾝｸ a～b／裏法部の沈下・陥没 【a】 【b】 ②「目地部、打継ぎ部の状況」変状ﾗﾝｸ a～c ／目地部や打継ぎ部の開き 【c】	代表的な対策工法	空洞部に、既設と同等の材料の充填やﾓﾙﾀﾙ注入後、撤去張り替えや補強等を行う。  ｺﾝｸﾘｰﾄによる補強 目地部や打継ぎ部の開きの程度に応じて、ﾓﾙﾀﾙによる間詰めや、撤去・張り替え等を行う。 ｺﾝｸﾘｰﾄによる打ち替え
	備考	・「」に示す変状及び変状ﾗﾝｸは、「マニュアル p. 38」及び「付録-4 変状事例集 p. 27、29」を参考にできる。		

Ⅱ変状原因への対策	変状	・前面海底洗掘		
	位置	前面海底地盤		
	点検で確認される変状の程度	①「洗掘」変状ﾗﾝｸ a～c ②「吸出し（根固部）」変状ﾗﾝｸ a～b	代表的な対策工法	根固工の設置や、洗掘防止ﾏｯﾄの敷設を行う。
	備考	・「」に示す変状及び変状ﾗﾝｸは、「マニュアル p. 40」を参考にできる。		

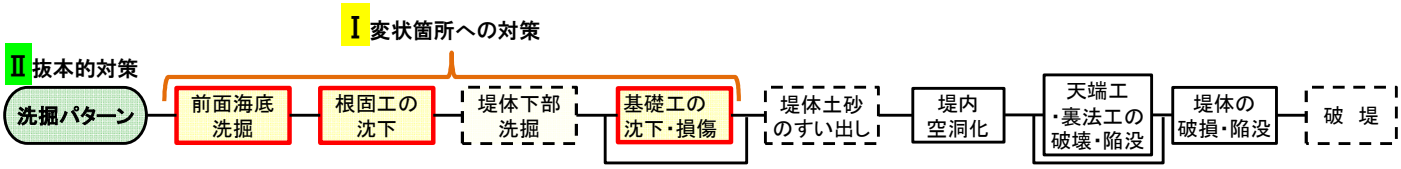
Ⅱ変状原因への対策	変状	・前面海底洗掘		
	位置	砂浜		
	点検で確認される変状の程度	①「侵食・堆積」変状ﾗﾝｸ a～c／侵食による汀線の後退 【a】  【b】 【c】	代表的な対策工法	適切な材料による養浜を行う。 ※砂浜が安定するためには、粒径と勾配の両面の検討が必要である。
	備考	・「」に示す変状及び変状ﾗﾝｸは、「マニュアル p. 39」及び「付録-4 変状事例集 p. 33」を参考にできる。		

Ⅱ変状原因への対策	変状	・根固工の沈下・散乱		
	位置	根固工		
	点検で確認される変状の程度	①「移動・散乱及び沈下」変状ﾗﾝｸ a～c／根固捨石の散乱及び沈下 ②「ブロック破損」変状ﾗﾝｸ a～c	代表的な対策工法	根固捨石の追加、場合により根固ﾌﾞﾛｯｸ（方塊、異形）の設置を行う。　※砂の移動の抑制対策とともに、地盤沈下に対する根固工の追随性を考慮しておくことが望ましい。
	備考	・「」に示す変状及び変状ﾗﾝｸは、「マニュアル p. 40」を参考にできる。		

Ⅲ抜本的対策	代表的な対策工法	波浪を抑制する対策として、離岸堤、突堤等の併設を行う。

1-2 波浪による洗掘作用（消波工なし）の主要変状連鎖

健全度B･C



基本的な考え方	・変状の進展が確認された場合は、点検の結果及び変状原因究明のための調査・分析結果を踏まえ、**変状箇所への対策**及び**変状の進展を抜本的に抑制する対策（抜本的対策）**を検討する。 ・**波浪の洗掘作用**により、**前面海底洗掘**、**根固工の沈下**、**基礎工の沈下・損傷**等が生じている場合は、変状箇所への対策を行い、変状の進展を抑制する。 ・変状の進展を抜本的に抑制する対策（波浪を抑制する対策）の実施については、ライフサイクルコストの観点から、必要性を判断する。
留意点	・点検により、施設の防護機能に対して直接的に影響を及ぼす程度の天端高の不足や空洞化、砂浜の侵食が確認された場合は、健全度評価Ａの考え方を参考に、対策を検討する。

Ⅰ変状箇所への対策	変状	・前面海底洗掘		
	位置	前面海底地盤		
	点検で確認される変状の程度	①「洗掘」変状ﾗﾝｸ b～c ②「吸出し（根固部）」変状ﾗﾝｸ b	代表的な対策工法	根固工の設置や、洗掘防止ﾏｯﾄの敷設を行う。
	備考	・「」に示す変状及び変状ﾗﾝｸは、「マニュアル p. 40」を参考にできる。		

Ⅰ変状箇所への対策	変状	・前面海底洗掘		
	位置	砂浜		
	点検で確認される変状の程度	①「侵食・堆積」変状ﾗﾝｸ b～c／侵食による汀線の後退 【b】 【c】	代表的な対策工法	適切な材料による養浜を行う。 ※砂浜が安定するためには、粒径と勾配の両面の検討が必要である。
	備考	・「」に示す変状及び変状ﾗﾝｸは、「マニュアル p. 39」及び「付録-4 変状事例集 p. 33」を参考にできる。		

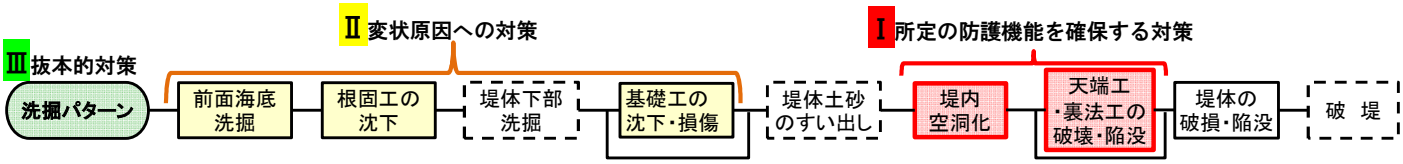
Ⅰ変状箇所への対策	変状	・根固工の沈下		
	位置	根固工		
	点検で確認される変状の程度	①「移動・散乱及び沈下」変状ﾗﾝｸ b～c／根固捨石の散乱及び沈下 ②「ブロック破損」変状ﾗﾝｸ b～c	代表的な対策工法	根固捨石の追加、場合により根固ﾌﾞﾛｯｸ（方塊、異形）の設置を行う。 ※砂の移動の抑制対策とともに、地盤沈下に対する根固工の追随性を考慮しておくことが望ましい。
	備考	・「」に示す変状及び変状ﾗﾝｸは、「マニュアル p. 40」を参考にできる。		

Ⅰ変状箇所への対策	変状	・基礎工の沈下・損傷		
	位置	基礎工		
	点検で確認される変状の程度	①「ひび割れ」変状ﾗﾝｸ a～c／基礎工の露出 ②「剥離・損傷」変状ﾗﾝｸ a～c／基礎工の露出	代表的な対策工法	基礎前面の埋め戻し、根固工の設置。 基礎工の根入れ深さの確保。
		③「目地ずれ」変状ﾗﾝｸ b／基礎工の移動 【b】 ④「移動・沈下」変状ﾗﾝｸ b／基礎工の移動		基礎ｺﾝｸﾘｰﾄの拡幅、基礎矢板前面新設、堤体部にﾓﾙﾀﾙ注入、根固工の増設等を行う。
	備考	・「」に示す変状及び変状ﾗﾝｸは、「マニュアル p. 41」及び「付録-4 変状事例集 p. 41」を参考にできる。		

Ⅱ抜本的対策	代表的な対策工法	波浪を抑制する対策として、離岸堤、突堤等の併設を行う。

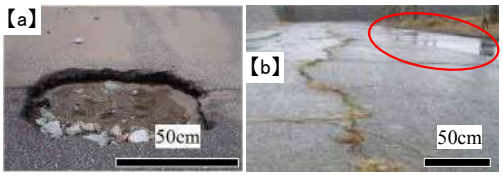
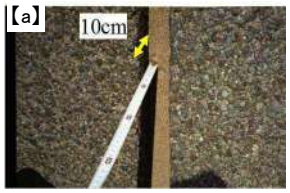
1-2 波浪による洗掘作用（消波工なし）の主要変状連鎖

健全度A

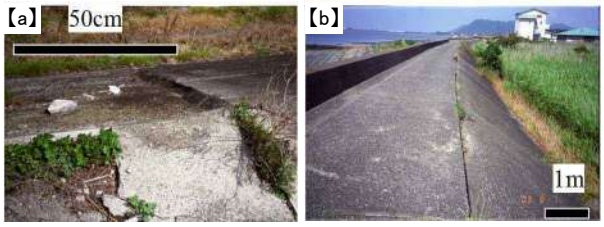
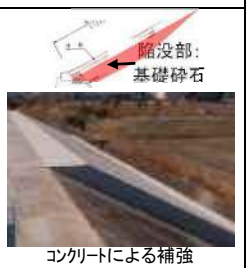


基本的な考え方	・変状が進展し防護機能が確保されていない場合は点検の結果及び変状原因究明のための調査・分析結果を踏まえ、**所定の防護機能を確保する対策**、**変状原因への対策**及び**変状の進展を抜本的に抑制する対策（抜本的対策）**を検討する。 ・**波浪の洗掘作用**により、**堤内空洞化**、**天端被覆工・裏法被覆工の破壊・陥没**が生じているため、所定の防護機能を確保する対策として、**空洞化対策**や**天端被覆工・裏法被覆工の修繕**、**嵩上げ**等を行い、堤体土砂のすい出し及び堤体下部からの洗掘を抑制するため変状原因への対策として、**前面海底・根固工・基礎工の修繕**を行う。 ・変状の進展を抜本的に抑制する対策（波浪を抑制する対策）の実施については、ライフサイクルコストの観点から、必要性を判断する。
留意点	・巡視により施設の防護機能に影響を及ぼす天端高の不足や空洞化が確認された場合、定期点検の項目に準じた点検を実施し、その他の部位・部材について変状の程度を確認する。 ・変状の進展を抜本的に抑制する対策（波浪を抑制する対策）は防護機能を確保する対策として実施することもできる。

Ⅰ所定の防護機能を確保する対策

変状	・堤内空洞化 ・天端被覆工の破壊・陥没
位置	コンクリート部材（天端被覆工）
点検で確認される変状の程度	①「沈下・陥没」変状ﾗﾝｸ a～b／沈下・陥没  【a】 50cm　【b】 50cm ※沈下は、隣接施設との天端高の比較、降雨後の水たまり等により、発見できる。 ②「目地部、打継ぎ部の状況」変状ﾗﾝｸ a～b／目地部や打継ぎ部の開き  【a】 10cm
代表的な対策工法	空洞部に、堤体土・ﾓﾙﾀﾙを充填後、ｺﾝｸﾘｰﾄ・ｱｽﾌｧﾙﾄ等による張り替え等を行う。 空洞部にｺﾝｸﾘｰﾄを充填後、ｱｽﾌｧﾙﾄ舗装 目地部や打継ぎ部の開きの程度に応じて、ﾓﾙﾀﾙによる間詰めや、撤去張り替え等を行う。 ｺﾝｸﾘｰﾄによる打ち替え
備考	・「」に示す変状及び変状ﾗﾝｸは、「マニュアル p. 36」及び「付録-4 変状事例集 p. 19、21」を参考にできる。 ・修繕等を行う際に、観測孔の設置等、効率的に維持管理を行うための工夫について検討することが望ましい。

Ⅰ所定の防護機能を確保する対策

変状	・堤内空洞化 ・裏法被覆工の破壊・陥没
位置	コンクリート部材（裏法被覆工）
点検で確認される変状の程度	①「沈下・陥没」変状ﾗﾝｸ a～b／裏法部の沈下・陥没  【a】 50cm　【b】 1m ②「目地部、打継ぎ部の状況」変状ﾗﾝｸ a～c／目地部や打継ぎ部の開き 【c】
代表的な対策工法	空洞部に、既設と同等の材料の充填やﾓﾙﾀﾙ注入後、撤去張り替えや補強等を行う。  ｺﾝｸﾘｰﾄによる補強 目地部や打継ぎ部の開きの程度に応じて、ﾓﾙﾀﾙによる間詰めや、撤去・張り替え等を行う。 ｺﾝｸﾘｰﾄによる打ち替え
備考	・「」に示す変状及び変状ﾗﾝｸは、「マニュアル p. 38」及び「付録-4 変状事例集 p. 27、29」を参考にできる。

Ⅱ変状原因への対策	変状	・前面海底洗掘		
	位置	前面海底地盤		
	点検で確認される変状の程度	①「洗掘」変状ﾗﾝｸ a～c ②「吸出し（根固部）」変状ﾗﾝｸ a～b	代表的な対策工法	根固工の設置や、洗掘防止ﾏｯﾄの敷設を行う。
	備考	・「」に示す変状及び変状ﾗﾝｸは、「マニュアル p. 40」を参考にできる。		

Ⅱ変状原因への対策	変状	・前面海底洗掘		
	位置	砂浜		
	点検で確認される変状の程度	①「侵食・堆積」変状ﾗﾝｸ a～c／侵食による汀線の後退 【a】 【b】 【c】	代表的な対策工法	適切な材料による養浜を行う。 ※砂浜が安定するためには、粒径と勾配の両面の検討が必要である。
	備考	・「」に示す変状及び変状ﾗﾝｸは、「マニュアル p. 39」及び「付録-4 変状事例集 p. 33」を参考にできる。		

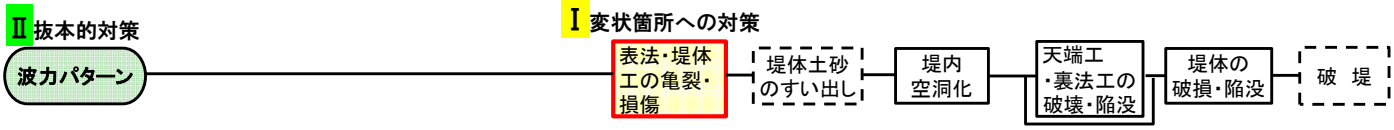
Ⅱ変状原因への対策	変状	・根固工の沈下・散乱		
	位置	根固工		
	点検で確認される変状の程度	①「移動・散乱及び沈下」変状ﾗﾝｸ a～c／根固捨石の散乱及び沈下 ②「ブロック破損」変状ﾗﾝｸ a～c	代表的な対策工法	根固捨石の追加、場合により根固ﾌﾞﾛｯｸ（方塊、異形）の設置を行う。 ※砂の移動の抑制対策とともに、地盤沈下に対する根固工の追随性を考慮しておくことが望ましい。
	備考	・「」に示す変状及び変状ﾗﾝｸは、「マニュアル p. 40」を参考にできる。		

Ⅱ変状原因への対策	変状	・基礎工の沈下		
	位置	基礎工		
	点検で確認される変状の程度	①「ひび割れ」変状ﾗﾝｸ a～c／基礎工の露出 ②「剥離・損傷」変状ﾗﾝｸ a～c／基礎工の露出	代表的な対策工法	基礎前面の埋め戻し、根固工の設置。 基礎工の根入れ深さの確保。
		③「目地ずれ」変状ﾗﾝｸ a～b／基礎工の移動 【b】 ④「移動・沈下」変状ﾗﾝｸ a～b ／基礎工の移動		基礎ｺﾝｸﾘｰﾄの拡幅、基礎矢板前面新設、堤体部にﾓﾙﾀﾙ注入、根固工の増設等を行う。
	備考	・「」に示す変状及び変状ﾗﾝｸは、「マニュアル p. 41」及び「付録-4 変状事例集 p. 41」を参考にできる。		

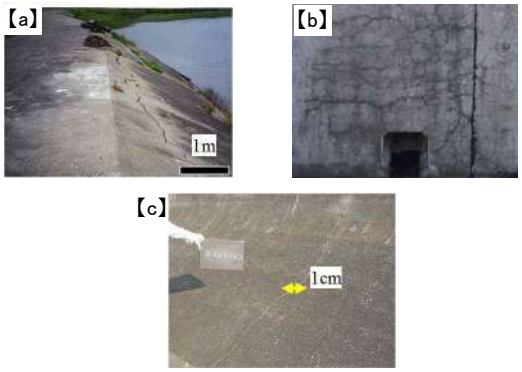
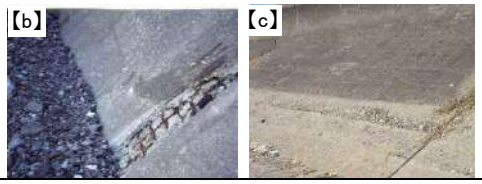
Ⅲ抜本的対策	代表的な対策工法	波浪を抑制する対策として、離岸堤、突堤等の併設を行う。

2-1.波浪による波力作用（消波工なし）の主要変状連鎖

健全度B･C



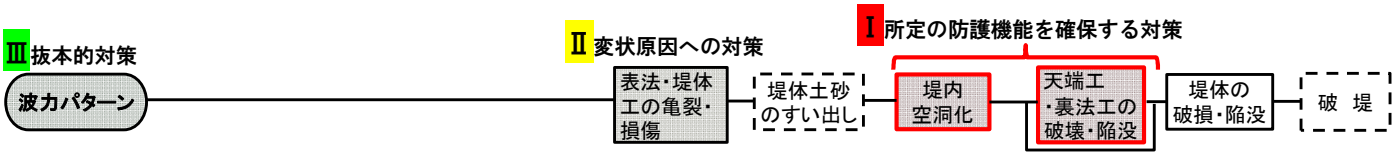
基本的な考え方	・変状の進展が確認された場合は、点検の結果及び変状原因究明のための調査・分析結果を踏まえ、**変状箇所への対策**及び**変状の進展を抜本的に抑制する対策（抜本的対策）**を検討する。 ・**波浪の波力作用**により、**表法被覆工及び堤体の亀裂･損傷**等が生じている場合は、変状箇所への対策を行い、変状の進展を抑制する。 ・変状の進展を抜本的に抑制する対策（波浪を抑制する対策）の実施については、ライフサイクルコストの観点から、必要性を判断する。
留意点	・点検により、施設の防護機能に対して直接的に影響を及ぼす程度の天端高の不足や空洞化、砂浜の侵食が確認された場合は、健全度評価Ａの考え方を参考に、対策を検討する。

Ⅰ変状箇所への対策	変状	・表法被覆工・堤体の亀裂・損傷		
	位置	コンクリート部材（表法被覆工）・堤体（※表法被覆工を示す。）		
	点検で確認される変状の程度	①「ひび割れ」変状ﾗﾝｸ a～c／法線方向のひび割れ、部分的なひび割れ、広範囲のひび割れ  	代表的な対策工法	ひび割れ幅や広がりの程度に応じて、樹脂･ﾓﾙﾀﾙ注入、一部打ち替え等を行う。
		②「剥離・損傷」変状ﾗﾝｸ a～c／破損・沈下  		劣化部分をはつり取り、剥離・損傷部に断面復旧等を行う。変状が顕著であれば、撤去・打ち替えを行う。
		③「目地部、打継ぎ部の状況」変状ﾗﾝｸ b～c ／目地部や打継ぎ部の開き 		目地部や打継ぎ部の開きの程度に応じて、ﾓﾙﾀﾙによる間詰め、ｺﾝｸﾘｰﾄの打設等を行う。
		①～③の複合的な変状		変状が広範囲にわたる場合や、複合的な変状が生じている場合は、前面に補強（張りｺﾝｸﾘｰﾄ等）を行う。 ※波返工の対策と一体的に行う場合や、嵩上げを同時に行う場合に有効である。 堤体前面に張りコンクリート
	備考	・「」に示す変状及び変状ﾗﾝｸは、「マニュアル p. 37」及び「付録-4 変状事例集 pp. 24～26」を参考にできる。		

Ⅱ抜本的対策	代表的な対策工法	波浪を抑制する対策として、消波工、離岸堤、突堤等の併設を行う。

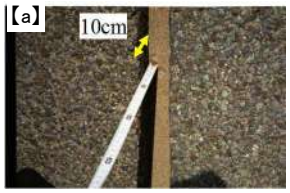
2-1.波浪による波力作用（消波工なし）の主要変状連鎖

健全度A



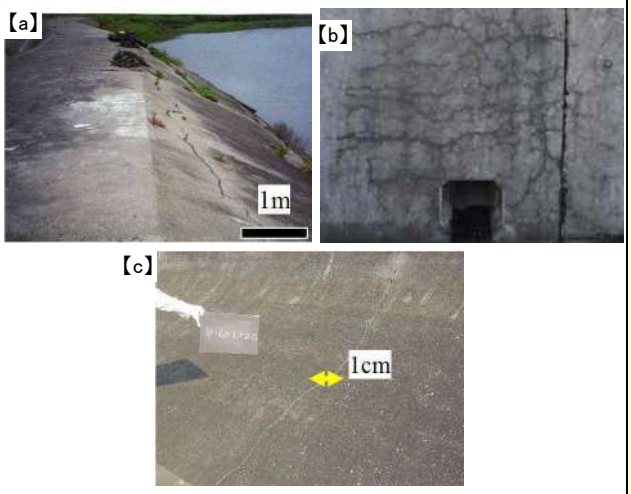
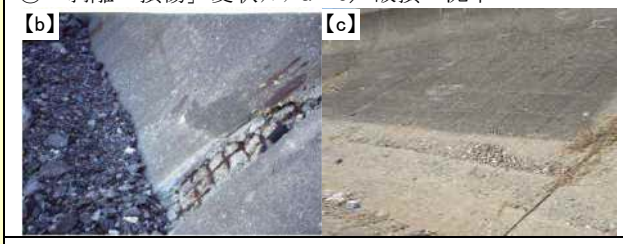
基本的な考え方	・変状が進展し防護機能が確保されていない場合は点検の結果及び変状原因究明のための調査・分析結果を踏まえ、**所定の防護機能を確保する対策**、**変状原因への対策**及び**変状の進展を抜本的に抑制する対策（抜本的対策）**を検討する。 ・**波浪の波力作用**により、**堤内空洞化**、**天端被覆工・裏法被覆工の破壊・陥没**が生じているため、所定の防護機能を確保する対策として、**空洞化対策**や**天端被覆工・裏法被覆工の修繕**、**嵩上げ**等を行い、堤体土砂のすい出しを抑制するため変状原因への対策として、**表法被覆工及び堤体工の修繕**を行う。 ・変状の進展を抜本的に抑制する対策（波浪を抑制する対策）の実施については、ライフサイクルコストの観点から、必要性を判断する。
留意点	・巡視により施設の防護機能に影響を及ぼす天端高の不足や空洞化が確認された場合、定期点検の項目に準じた点検を実施し、その他の部位・部材について変状の程度を確認する。 ・変状の進展を抜本的に抑制する対策（波浪を抑制する対策）は防護機能を確保する対策として実施することもできる。

Ⅰ所定の防護機能を確保する対策

変状	・堤内空洞化 ・天端被覆工の破壊・陥没
位置	コンクリート部材（天端被覆工）
点検で確認される変状の程度	①「沈下・陥没」変状ﾗﾝｸ a～b／沈下・陥没 【a】 【b】 ※沈下は、隣接施設との天端高の比較、降雨後の水たまり等により、発見できる。 ②「目地部、打継ぎ部の状況」変状ﾗﾝｸ a～b／目地部や打継ぎ部の開き 【a】 
代表的な対策工法	空洞部に、堤体土・ﾓﾙﾀﾙを充填後、ｺﾝｸﾘｰﾄ・ｱｽﾌｧﾙﾄ等による張り替え等を行う。 空洞部にｺﾝｸﾘｰﾄを充填後、ｱｽﾌｧﾙﾄ舗装 目地部や打継ぎ部の開きの程度に応じて、ﾓﾙﾀﾙによる間詰めや、撤去張り替え等を行う。 ｺﾝｸﾘｰﾄによる打ち替え
備考	・「」に示す変状及び変状ﾗﾝｸは、「マニュアル p. 36」及び「付録-4 変状事例集 p. 19、21」を参考にできる。 ・修繕等を行う際に、観測孔の設置等、効率的に維持管理を行うための工夫について検討することが望ましい。

Ⅰ所定の防護機能を確保する対策

変状	・堤内空洞化 ・裏法被覆工の破壊・陥没
位置	コンクリート部材（裏法被覆工）
点検で確認される変状の程度	①「沈下・陥没」変状ﾗﾝｸ a～b／裏法部の沈下・陥没 【a】 【b】 ②「目地部、打継ぎ部の状況」変状ﾗﾝｸ a～c／目地部や打継ぎ部の開き 【c】
代表的な対策工法	空洞部に、既設と同等の材料の充填やﾓﾙﾀﾙ注入後、撤去張り替えや補強等を行う。 ｺﾝｸﾘｰﾄによる補強 目地部や打継ぎ部の開きの程度に応じて、ﾓﾙﾀﾙによる間詰めや、撤去・張り替え等を行う。 ｺﾝｸﾘｰﾄによる打ち替え
備考	・「」に示す変状及び変状ﾗﾝｸは、「マニュアル p. 38」及び「付録-4 変状事例集 p. 27、29」を参考にできる。

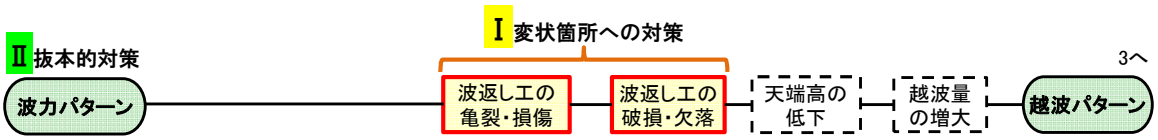
<table>
<tr><td rowspan="6">Ⅰ変状箇所への対策</td><td>変状</td><td colspan="3">・表法被覆工・堤体の亀裂・損傷</td></tr>
<tr><td>位置</td><td colspan="3">コンクリート部材（表法被覆工）・堤体（※表法被覆工を示す。）</td></tr>
<tr><td rowspan="4">点検で確認される変状の程度</td><td>①「ひび割れ」変状ﾗﾝｸ a～c／法線方向のひび割れ、部分的なひび割れ、広範囲のひび割れ
 
</td><td rowspan="4">代表的な対策工法</td><td>ひび割れ幅や広がりの程度に応じて、樹脂・ﾓﾙﾀﾙ注入、一部打ち替え等を行う。</td></tr>
<tr><td>②「剥離・損傷」変状ﾗﾝｸ a～c／破損・沈下
 
</td><td>劣化部分をはつり取り、剥離・損傷部に断面復旧等を行う。変状が顕著であれば、撤去・打ち替えを行う。</td></tr>
<tr><td>③「目地部、打継ぎ部の状況」
変状ﾗﾝｸ b～c
／目地部や打継ぎ部の開き
</td><td>目地部や打継ぎ部の開きの程度に応じて、ﾓﾙﾀﾙによる間詰め、ｺﾝｸﾘｰﾄの打設等を行う。</td></tr>
<tr><td>①～③の複合的な変状</td><td>変状が広範囲にわたる場合や、複合的な変状が生じている場合は、前面に補強（張りｺﾝｸﾘｰﾄ等）を行う。
※波返工の対策と一体的に行う場合や、嵩上げを同時に行う場合に有効である。

堤体前面に
張りコンクリート</td></tr>
<tr><td>備考</td><td colspan="3">・「」に示す変状及び変状ﾗﾝｸは、「マニュアル p. 37」及び「付録-4 変状事例集 pp. 24～26」を参考にできる。</td></tr>
</table>

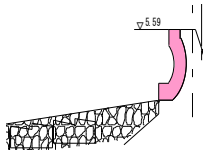
Ⅲ抜本的対策	代表的な対策工法	波浪を抑制する対策として、消波工、離岸堤、突堤等の併設を行う。

2-2.波浪による波力作用（消波工なし）の主要変状連鎖

健全度B・C



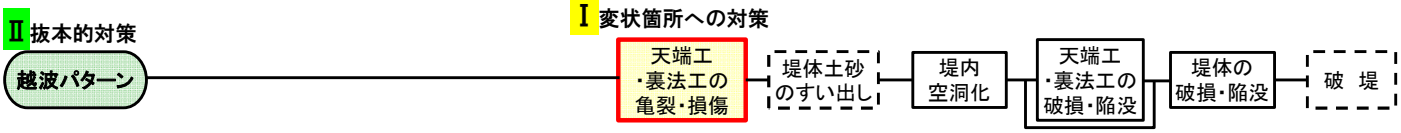
基本的な考え方	・変状の進展が確認された場合は、点検の結果及び変状原因究明のための調査・分析結果を踏まえ、**変状箇所への対策**及び**変状の進展を抜本的に抑制する対策（抜本的対策）**を検討する。 ・**波浪の波力作用**により、**波返工の亀裂・損傷**、**破損・欠落**等が生じている場合は、変状箇所への対策を行い、変状の進展を抑制する。 ・変状の進展を抜本的に抑制する対策（波浪を抑制する対策）の実施については、ライフサイクルコストの観点から、必要性を判断する。
留意点	・点検により、施設の防護機能に対して直接的に影響を及ぼす程度の天端高の不足や越波量の増大が確認された場合は、「3.波浪による越波作用（消波工なし）の主要変状連鎖」の考え方を参考に、対策を検討する。

Ⅰ変状箇所への対策	変状	・波返工の亀裂・損傷 ・波返工の破損・欠落		
	位置	コンクリート部材（波返工）		
	点検で確認される変状の程度	①「ひび割れ」変状ﾗﾝｸ a～c／法線方向のひび割れ、部分的なひび割れ、広範囲のひび割れ 【a】【b】【c】	代表的な対策工法	ひび割れ幅や広がりの程度に応じて、樹脂・ﾓﾙﾀﾙ注入、一部打ち替え等を行う。 樹脂によるひび割れ注入
		②「剥離・損傷」変状ﾗﾝｸ a～c／破損・沈下 【a】【c】		劣化部分をはつり取り、剥離・損傷部に断面復旧等を行う。変状が顕著であれば、撤去・打ち替えを行う。 断面復旧
		③「目地の開き相対移動量」変状ﾗﾝｸ b～c ／目地ずれ、堤体の移動・傾斜 【b】		目地開きの程度に応じて、ﾓﾙﾀﾙによる間詰め、ｺﾝｸﾘｰﾄの打設等を行う。 モルタルによる間詰め
		①～③の複合的な変状		変状が広範囲にわたる場合や、複合的な変状が生じている場合は、前面に補強（張りｺﾝｸﾘｰﾄ等）を行う。※表法被覆工の対策と一体的に行う場合や、嵩上げを同時に行う場合に有効である  堤体前面に張りコンクリート
	備考	・「」に示す変状及び変状ﾗﾝｸは、「マニュアル p. 35」及び「付録-4 変状事例集 pp. 16～18」を参考にできる。		

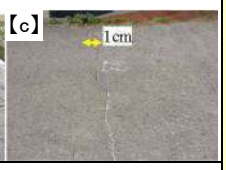
Ⅱ抜本的対策	代表的な対策工法	波浪を抑制する対策として、消波工、離岸堤、突堤等の併設を行う。

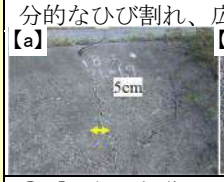
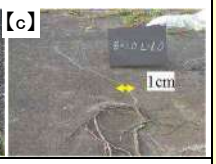
3.波浪による越波作用（消波工なし）の主要変状連鎖

健全度B・C



基本的な考え方	・変状の進展が確認された場合は、点検の結果及び変状原因究明のための調査・分析結果を踏まえ、**変状箇所への対策**及び**変状の進展を抜本的に抑制する対策（抜本的対策）**を検討する。 ・**波浪の洗掘作用**により、**天端被覆工・裏法被覆工の亀裂・損傷**等が生じている場合は、変状箇所への対策を行い、変状の進展を抑制する。 ・変状の進展を抜本的に抑制する対策（波浪を抑制する対策）の実施については、ライフサイクルコストの観点から、必要性を判断する。
留意点	・点検により、施設の防護機能に対して直接的に影響を及ぼす程度の天端高の不足や空洞化、砂浜の侵食が確認された場合は、健全度評価Ａの考え方を参考に対策を検討する。

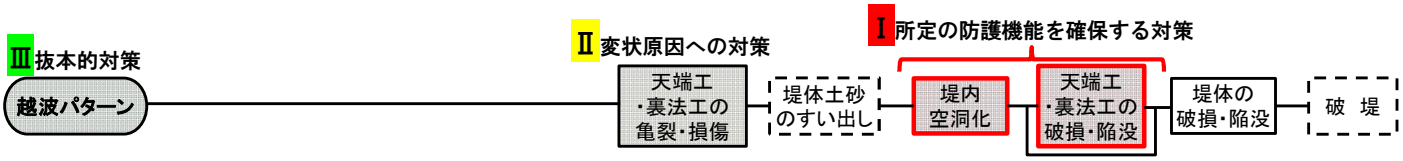
Ⅰ変状箇所への対策	変状	・天端被覆工の亀裂・損傷		
	位置	コンクリート部材（天端被覆工）		
	点検で確認される変状の程度	①「ひび割れ」変状ﾗﾝｸ a～c／法線方向のひび割れ、部分的なひび割れ、広範囲のひび割れ 【a】 【b】 【c】 	代表的な対策工法	ひび割れ幅や広がりの程度に応じて、樹脂・ﾓﾙﾀﾙ注入、ｺﾝｸﾘｰﾄ・ｱｽﾌｧﾙﾄ等による張り替え等を行う。 空洞部にｺﾝｸﾘｰﾄを充填後、ｱｽﾌｧﾙﾄ舗装
		②「剥離・損傷」 変状ﾗﾝｸ a～c ／破損・沈下 【b】		劣化部分をはつり取り、剥離・損傷部に断面復旧等を行う。変状が顕著であれば、ｺﾝｸﾘｰﾄ・ｱｽﾌｧﾙﾄ等による張り替えを行う。 ｺﾝｸﾘｰﾄによる打ち替え
		③「目地部、打継ぎ部の状況」変状ﾗﾝｸ b～c／目地部や打継ぎ部の開き		目地部や打継ぎ部の開きの程度に応じて、ﾓﾙﾀﾙによる間詰めや、ｺﾝｸﾘｰﾄ・ｱｽﾌｧﾙﾄ等による張り替え等を行う。
	備考	・「」に示す変状及び変状ﾗﾝｸは、「マニュアル p. 36」及び「付録-4 変状事例集 pp. 20～22」を参考にできる。		

Ⅰ変状箇所への対策	変状	・裏法被覆工の亀裂・損傷		
	位置	コンクリート部材（裏法被覆工）		
	点検で確認される変状の程度	①「ひび割れ」変状ﾗﾝｸ a～c／法線方向のひび割れ、部分的なひび割れ、広範囲のひび割れ 【a】  【b】 【c】 	代表的な対策工法	ひび割れ幅や広がりの程度に応じて、樹脂・ﾓﾙﾀﾙ注入、一部打ち替え等を行う。
		②「剥離・損傷」 変状ﾗﾝｸ a～c ／破損・沈下 【c】		劣化部分をはつり取り、剥離・損傷部に断面復旧等を行う。変状が顕著であれば、撤去・打ち替えを行う。 ｺﾝｸﾘｰﾄによる打ち替え
		③「目地部、打継ぎ部の状況」 変状ﾗﾝｸ b～c ／目地部や打継ぎ部の開き 【c】		目地部や打継ぎ部の開きの程度に応じて、ﾓﾙﾀﾙによる間詰めや、撤去・張り替え等を行う。
	備考	・「」に示す変状及び変状ﾗﾝｸは、「マニュアル p. 38」及び「付録-4 変状事例集 pp. 28～30」を参考にできる。		

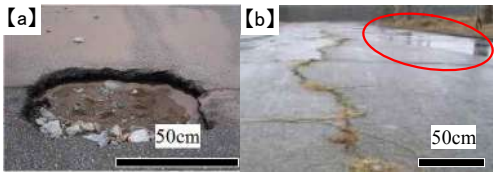
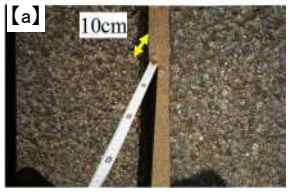
Ⅱ抜本的対策	代表的な対策工法	波浪を抑制する対策として、消波工、離岸堤、突堤等の併設や越波を抑えるため天端高の嵩上げ等を行う。

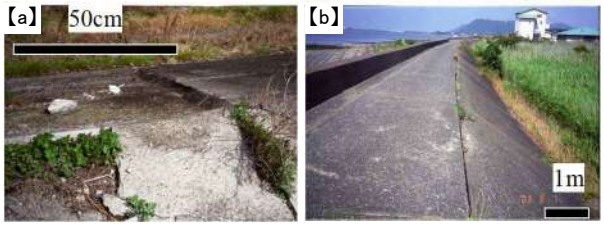
3.波浪による越波作用（消波工なし）の主要変状連鎖

健全度A



基本的な考え方	・変状が進展し防護機能が確保されていない場合は点検の結果及び変状原因究明のための調査・分析結果を踏まえ、**所定の防護機能を確保する対策**、**変状原因への対策**及び**変状の進展を抜本的に抑制する対策（抜本的対策）**を検討する。 ・**波浪の越波作用**により、**堤内空洞化**、**天端被覆工・裏法被覆工の破壊・陥没**が生じているため、所定の防護機能を確保する対策として、**空洞化対策**や**天端被覆工・裏法被覆工の修繕**、**嵩上げ**等を行い、堤体からの土砂のすい出しを抑制するため変状原因への対策として、**天端被覆工・裏法被覆工の修繕**を行う。 ・変状の進展を抜本的に抑制する対策（波浪を抑制する対策）の実施については、ライフサイクルコストの観点から、必要性を判断する。
留意点	・巡視により施設の防護機能に影響を及ぼす天端高の不足や空洞化、砂浜の侵食が確認された場合、定期点検の項目に準じた点検を実施し、その他の部位・部材について変状の程度を確認する。 ・変状の進展を抜本的に抑制する対策（波浪を抑制する対策）は防護機能を確保する対策として実施することもできる。

Ⅰ所定の防護機能を確保する対策	変状	・堤内空洞化 ・天端被覆工の破壊・陥没		
	位置	コンクリート部材（天端被覆工）		
	点検で確認される変状の程度	①「沈下・陥没」変状ﾗﾝｸ a～b／沈下・陥没  【a】 50cm　【b】 50cm ※沈下は、隣接施設との天端高の比較、降雨後の水たまり等により、発見できる。	代表的な対策工法	空洞部に、堤体土・ﾓﾙﾀﾙを充填後、ｺﾝｸﾘｰﾄ・ｱｽﾌｧﾙﾄ等による張り替え等を行う。 空洞部にｺﾝｸﾘｰﾄを充填後、ｱｽﾌｧﾙﾄ舗装
		②「目地部、打継ぎ部の状況」変状ﾗﾝｸ a～b／目地部や打継ぎ部の開き  【a】 10cm		目地部や打継ぎ部の開きの程度に応じて、ﾓﾙﾀﾙによる間詰めや、撤去張り替え等を行う。 ｺﾝｸﾘｰﾄによる打ち替え
	備考	・「」に示す変状及び変状ﾗﾝｸは、「マニュアル p. 36」及び「付録-4 変状事例集 p. 19、21」を参考にできる。 ・修繕等を行う際に、観測孔の設置等、効率的に維持管理を行うための工夫について検討することが望ましい。		

Ⅰ所定の防護機能を確保する対策	変状	・堤内空洞化 ・裏法被覆工の破壊・陥没		
	位置	コンクリート部材（裏法被覆工）		
	点検で確認される変状の程度	①「沈下・陥没」変状ﾗﾝｸ a～b／裏法部の沈下・陥没  【a】 50cm　【b】 1m	代表的な対策工法	空洞部に、既設と同等の材料の充填やﾓﾙﾀﾙ注入後、撤去張り替えや補強等を行う。 ｺﾝｸﾘｰﾄによる補強
		②「目地部、打継ぎ部の状況」変状ﾗﾝｸ a～c／目地部や打継ぎ部の開き 【c】		目地部や打継ぎ部の開きの程度に応じて、ﾓﾙﾀﾙによる間詰めや、撤去・張り替え等を行う。 ｺﾝｸﾘｰﾄによる打ち替え
	備考	・「」に示す変状及び変状ﾗﾝｸは、「マニュアル p. 38」及び「付録-4 変状事例集 p. 27、29」を参考にできる。		

<table>
<tr><td rowspan="5">Ⅱ変状原因への対策</td><td>変状</td><td colspan="3">・天端被覆工の亀裂・損傷</td></tr>
<tr><td>位置</td><td colspan="3">コンクリート部材（天端被覆工）</td></tr>
<tr><td rowspan="3">点検で確認される変状の程度</td><td>①「ひび割れ」変状ﾗﾝｸ a～c／法線方向のひび割れ、部分的なひび割れ、広範囲のひび割れ
</td><td rowspan="3">代表的な対策工法</td><td>ひび割れ幅や広がりの程度に応じて、樹脂・ﾓﾙﾀﾙ注入、ｺﾝｸﾘｰﾄ・ｱｽﾌｧﾙﾄ等による張り替え等を行う。

空洞部にｺﾝｸﾘｰﾄを充填後、ｱｽﾌｧﾙﾄ舗装</td></tr>
<tr><td>②「剥離・損傷」変状ﾗﾝｸ a～c／破損・沈下
</td><td>劣化部分をはつり取り、剥離・損傷部に断面復旧等を行う。変状が顕著であれば、ｺﾝｸﾘｰﾄ・ｱｽﾌｧﾙﾄ等による張り替えを行う。

ｺﾝｸﾘｰﾄによる打ち替え</td></tr>
<tr><td>③「目地部、打継ぎ部の状況」変状ﾗﾝｸ b～c／目地部や打継ぎ部の開き</td><td>目地部や打継ぎ部の開きの程度に応じて、ﾓﾙﾀﾙによる間詰めや、ｺﾝｸﾘｰﾄ・ｱｽﾌｧﾙﾄ等による張り替え等を行う。</td></tr>
<tr><td>備考</td><td colspan="3">・「」に示す変状及び変状ﾗﾝｸは、「マニュアル p. 36」及び「付録-4 変状事例集 pp. 20～22」を参考にできる。</td></tr>
</table>

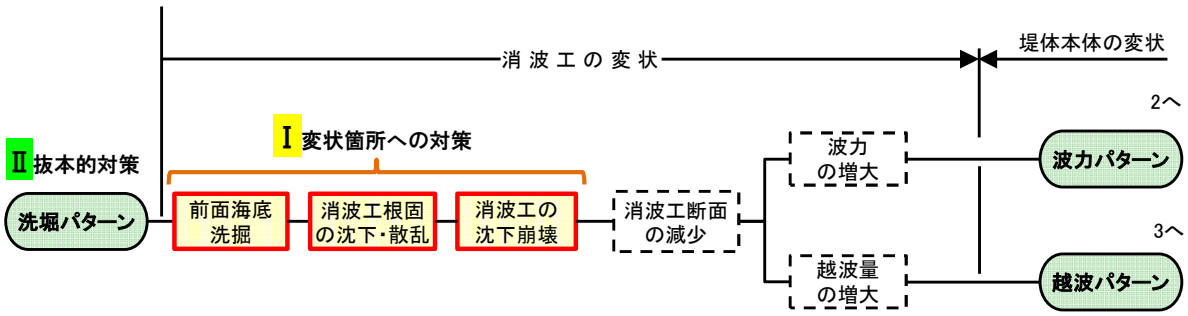
<table>
<tr><td rowspan="5">Ⅱ変状原因への対策</td><td>変状</td><td colspan="3">・裏法被覆工の亀裂・損傷</td></tr>
<tr><td>位置</td><td colspan="3">コンクリート部材（裏法被覆工）</td></tr>
<tr><td rowspan="3">点検で確認される変状の程度</td><td>①「ひび割れ」変状ﾗﾝｸ a～c／法線方向のひび割れ、部分的なひび割れ、広範囲のひび割れ
</td><td rowspan="3">代表的な対策工法</td><td>ひび割れ幅や広がりの程度に応じて、樹脂・ﾓﾙﾀﾙ注入、一部打ち替え等を行う。</td></tr>
<tr><td>②「剥離・損傷」変状ﾗﾝｸ a～c／破損・沈下
</td><td>劣化部分をはつり取り、剥離・損傷部に断面復旧等を行う。変状が顕著であれば、撤去・打ち替えを行う。

ｺﾝｸﾘｰﾄによる打ち替え</td></tr>
<tr><td>③「目地部、打継ぎ部の状況」変状ﾗﾝｸ b～c／目地部や打継ぎ部の開き
※「Ⅰ所定の防護機能を確保する対策」で対策を行った場合は、検討不要。
</td><td>目地部や打継ぎ部の開きの程度に応じて、ﾓﾙﾀﾙによる間詰め等を行う。</td></tr>
<tr><td>備考</td><td colspan="3">・「」に示す変状及び変状ﾗﾝｸは、「マニュアル p. 38」及び「付録-4 変状事例集 pp. 28～30」を参考にできる。</td></tr>
</table>

Ⅲ抜本的対策	代表的な対策工法	波浪を抑制する対策として、消波工、離岸堤、突堤等の併設や越波を抑えるため天端高の嵩上げ等を行う。

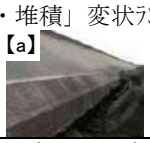
4.波浪による洗堀作用（消波工あり）の主要変状連鎖

健全度B・C



基本的な考え方	・変状の進展が確認された場合は、点検の結果及び変状原因究明のための調査・分析結果を踏まえ、**変状箇所への対策**及び**変状の進展を抜本的に抑制する対策（抜本的対策）**を検討する。 ・**波浪の洗掘作用**により、**前面海底洗掘**、**消波工根固の沈下・散乱**、**消波工の沈下崩壊**等が生じている場合は、変状箇所への対策を行い、変状の進展を抑制する。 ・変状の進展を抜本的に抑制する対策（波浪を抑制する対策）の実施については、ライフサイクルコストの観点から、必要性を判断する。
留意点	・点検により、施設の防護機能に対して直接的に影響を及ぼす波力の増大が確認された場合は、「2. 波浪による波力作用（消波工なし）の主要変状連鎖」の考え方を参考とし、越波量の増大が確認された場合は、「3. 波浪による越波作用（消波工なし）の主要変状連鎖」の考え方を参考に、対策を検討する。

Ⅰ変状箇所への対策	変状	・前面海底洗掘		
	位置	前面海底地盤		
	点検で確認される変状の程度	①「洗掘」変状ﾗﾝｸ a～c ②「吸出し（根固部）」変状ﾗﾝｸ a～b	代表的な対策工法	根固工の設置や、洗掘防止ﾏｯﾄの敷設を行う。
	備考	・「」に示す変状及び変状ﾗﾝｸは、「マニュアル p. 40」を参考にできる。		

Ⅰ変状箇所への対策	変状	・前面海底洗掘		
	位置	砂浜		
	点検で確認される変状の程度	①「侵食・堆積」変状ﾗﾝｸ a～c／侵食による汀線の後退 【a】  【b】 【c】	代表的な対策工法	適切な材料による養浜を行う。 ※砂浜が安定するためには、粒径と勾配の両面の検討が必要である。
	備考	・「」に示す変状及び変状ﾗﾝｸは、「マニュアル p. 39」及び「付録-4 変状事例集 p. 33」を参考にできる。		

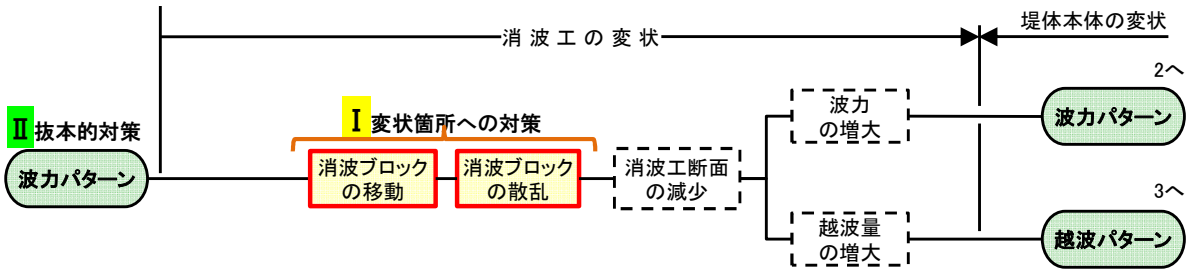
Ⅰ変状箇所への対策	変状	・消波工根固の沈下・散乱		
	位置	消波工（根固）（根固工を示す。）		
	点検で確認される変状の程度	①「移動・散乱及び沈下」変状ﾗﾝｸ a～c／根固捨石の散乱及び沈下 ②「ブロック破損」変状ﾗﾝｸ a～c／根固捨石の散乱及び沈下	代表的な対策工法	根固捨石の追加、場合により根固ﾌﾞﾛｯｸ（方塊、異形）の設置を行う。 ※砂の移動の抑制対策とともに、地盤沈下に対する根固工の追随性を考慮しておくことが望ましい。
	備考	「」に示す変状及び変状ﾗﾝｸは、「マニュアル p. 40」を参考にできる。		

Ⅰ変状箇所への対策	変状	・消波工の沈下・崩壊		
	位置	消波工		
	点検で確認される変状の程度	①「移動・散乱及び沈下」変状ﾗﾝｸ a～c／消波工の散乱及び沈下 【c】	代表的な対策工法	消波ﾌﾞﾛｯｸの追加等を行う。
		②「ブロック破損」変状ﾗﾝｸ a～c／消波工の散乱及び沈下 【a】 【b】		破損が顕著な場合は、消波ﾌﾞﾛｯｸの追加等を行う。
	備考	・「」に示す変状及び変状ﾗﾝｸは、「マニュアル p. 39」及び「付録-4 変状事例集 p. 31、32」を参考にできる。		

Ⅱ抜本的対策	代表的な対策工法	波浪を抑制する対策として、消波工・根固工等のブロックの大型化による対策等を行う。

5.波浪による波力作用（消波工あり）の主要変状連鎖

健全度B･C



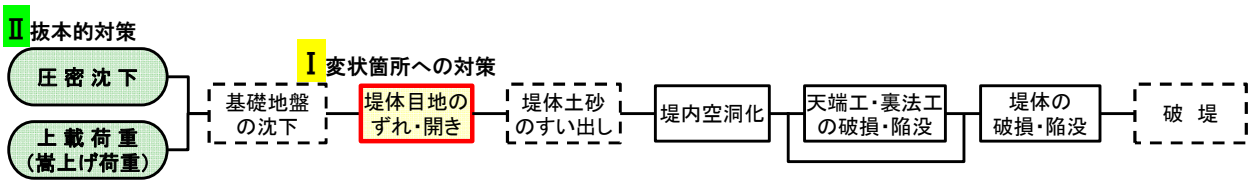
基本的な考え方	・変状の進展が確認された場合は、点検の結果及び変状原因究明のための調査・分析結果を踏まえ、**変状箇所への対策**及び**変状の進展を抜本的に抑制する対策（抜本的対策）**を検討する。 ・**波浪の波力作用**により、**消波ブロックの移動**、**消波ブロックの散乱**等が生じている場合は、変状箇所への対策を行い、変状の進展を抑制する。 ・変状の進展を抜本的に抑制する対策（波浪を抑制する対策）の実施については、ライフサイクルコストの観点から、必要性を判断する。
留意点	・点検により、施設の防護機能に対して直接的に影響を及ぼす波力の増大が確認された場合は、「2. 波浪による波力作用（消波工なし）の主要変状連鎖」の考え方を参考とし、越波量の増大が確認された場合は、「3. 波浪による越波作用（消波工なし）の主要変状連鎖」の考え方を参考に、対策を検討する。

Ⅰ変状箇所への対策	変状	・消波ブロックの移動 ・消波ブロックの散乱		
	位置	消波工		
	点検で確認される変状の程度	①「移動・散乱及び沈下」変状ﾗﾝｸ a～c／消波工の散乱及び沈下 【c】	代表的な対策工法	消波ﾌﾞﾛｯｸの追加等を行う。
		②「ブロック破損」変状ﾗﾝｸ a～c／消波工の散乱及び沈下 【a】 【b】		破損が顕著な場合は、消波ﾌﾞﾛｯｸの追加等を行う。
	備考	・「」に示す変状及び変状ﾗﾝｸは、「マニュアル p. 39」及び「付録-4 変状事例集 p. 31、32」を参考にできる。		

Ⅱ抜本的対策	代表的な対策工法	波浪を抑制する対策として、消波工、根固工等のブロックの大型化による対策等を行う。

6.圧密沈下・上載荷重（嵩上げ荷重）の進行型変状連鎖

健全度B・C



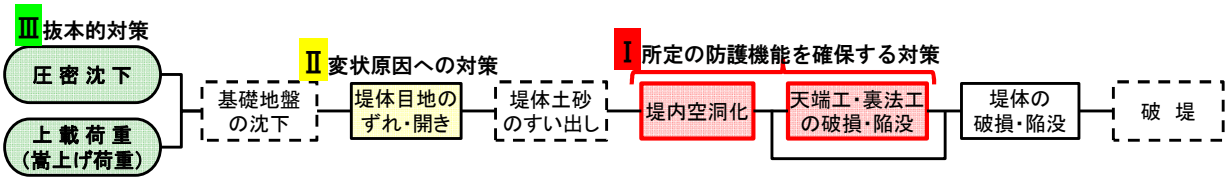
基本的な考え方	・変状の進展が確認された場合は、点検の結果及び変状原因究明のための調査・分析結果を踏まえ、**変状箇所への対策**及び**変状の進展を抜本的に抑制する対策（抜本的対策）**を検討する。 ・**圧密沈下又は上載荷重**（**嵩上げ荷重**）により、**堤体目地のずれ・開き**等が生じている場合は、変状箇所への対策を行い、変状の進展を抑制する。
留意点	・点検により、施設の防護機能に対して直接的に影響を及ぼす程度の天端高の不足や空洞化、砂浜の侵食が確認された場合は、健全度評価Ａの考え方を参考に、対策を検討する。

Ⅰ変状箇所への対策	変状	・堤体目地のずれ・開き		
	位置	堤体目地（※波返工、天端被覆工、表法被覆工、裏法被覆工の目地を示す。）		
	点検で確認される変状の程度	①「目地部、打継ぎ部の状況」変状ﾗﾝｸ b～c／目地部や打継ぎ部の開き	代表的な対策工法	目地部や打継ぎ部の開きの程度に応じて、ﾓﾙﾀﾙによる間詰め等を行う。
	備考	・「」に示す変状及び変状ﾗﾝｸは、「マニュアル pp.35～38」及び「付録-4 変状事例集 p18、21、25、29」を参考にできる。		

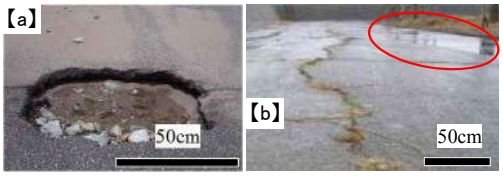
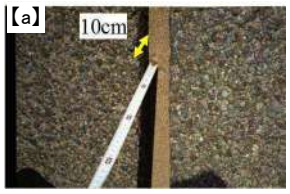
Ⅱ抜本的対策	代表的な対策工法	更新する際に上載荷重の低減、基礎地盤の改良、支持層への杭の打設等を行う。

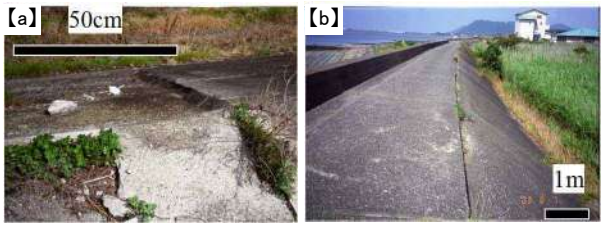
6.圧密沈下・上載荷重（嵩上げ荷重）の進行型変状連鎖

健全度A



基本的な考え方	・変状が進展し防護機能が確保されていない場合は点検の結果及び変状原因究明のための調査・分析結果を踏まえ、**所定の防護機能を確保する対策**、**変状原因への対策**及び**変状の進展を抜本的に抑制する対策（抜本的対策）**を検討する。 ・**圧密沈下又は上載荷重（嵩上げ荷重）**により、**堤内空洞化**、**天端被覆工・裏法被覆工の破壊・陥没**が生じているため、所定の防護機能を確保する対策として、**空洞化対策**や**天端被覆工・裏法被覆工の修繕**、**嵩上げ**等を行い、堤体からの土砂のすい出しを抑制するため変状原因への対策として、**堤体の修繕**を行う。
留意点	・巡視により施設の防護機能に影響を及ぼす天端高の不足や空洞化が確認された場合、定期点検の項目に準じた点検を実施し、その他の部位・部材について変状の程度を確認する。

Ⅰ所定の防護機能を確保する対策	変状	・堤内空洞化 ・天端被覆工の破壊・陥没		
	位置	コンクリート部材（天端被覆工）		
	点検で確認される変状の程度	①「沈下・陥没」変状ﾗﾝｸ a～b／沈下・陥没  ※沈下は、隣接施設との天端高の比較、降雨後の水たまり等により、発見できる。 ②「目地部、打継ぎ部の状況」変状ﾗﾝｸ a～b／目地部や打継ぎ部の開き 	代表的な対策工法	空洞部に、堤体土・ﾓﾙﾀﾙを充填後、ｺﾝｸﾘｰﾄ・ｱｽﾌｧﾙﾄ等による張り替え等を行う。 空洞部にｺﾝｸﾘｰﾄを充填後、ｱｽﾌｧﾙﾄ舗装 目地部や打継ぎ部の開きの程度に応じて、ﾓﾙﾀﾙによる間詰めや、撤去張り替え等を行う。 ｺﾝｸﾘｰﾄによる打ち替え
	備考	・「」に示す変状及び変状ﾗﾝｸは、「マニュアル p. 36」及び「付録-4 変状事例集 p. 19、21」を参考にできる。 ・修繕等を行う際に、観測孔の設置等、効率的に維持管理を行うための工夫について検討することが望ましい。		

Ⅰ所定の防護機能を確保する対策	変状	・堤内空洞化 ・裏法被覆工の破壊・陥没		
	位置	コンクリート部材（裏法被覆工）		
	点検で確認される変状の程度	①「沈下・陥没」変状ﾗﾝｸ a～b／裏法部の沈下・陥没  ②「目地部、打継ぎ部の状況」変状ﾗﾝｸ a～b／目地部や打継ぎ部の開き 	代表的な対策工法	空洞部に、既設と同等の材料の充填やﾓﾙﾀﾙ注入後、撤去張り替えや補強等を行う。 ｺﾝｸﾘｰﾄによる補強 目地部や打継ぎ部の開きの程度に応じて、ﾓﾙﾀﾙによる間詰めや、撤去・張り替え等を行う。 ｺﾝｸﾘｰﾄによる打ち替え
	備考	・「」に示す変状及び変状ﾗﾝｸは、「マニュアル p. 38」及び「付録-4 変状事例集 p. 27、29」を参考にできる。		

<table>
<tr><td rowspan="4">Ⅱ変状原因への対策</td><td>変状</td><td colspan="3">・堤体目地のずれ・開き</td></tr>
<tr><td>位置</td><td colspan="3">堤体目地（※波返工、天端被覆工、表法被覆工、裏法被覆工の目地を示す。）</td></tr>
<tr><td>点検で確認される変状の程度</td><td>①「目地部、打継ぎ部の状況」変状ﾗﾝｸ a～c／目地部や打継ぎ部の開き</td><td>代表的な対策工法</td><td>目地部や打継ぎ部の開きの程度に応じて、ﾓﾙﾀﾙによる間詰め等を行う。</td></tr>
<tr><td>備考</td><td colspan="3">・「」に示す変状及び変状ﾗﾝｸは、「マニュアル pp.35～38」及び「付録-4 変状事例集 p18、21、25、29」を参考にできる。</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>Ⅲ抜本的対策</td><td>代表的な対策工法</td><td>更新する際に上載荷重の低減、基礎地盤の改良、支持層への杭の打設等を行う。</td></tr>
</table>

7.環境作用・材料的要因の進行型変状連鎖

基本的な考え方	・変状の進展が確認された場合は、点検の結果及び変状原因究明のための調査・分析結果を踏まえ、**変状箇所への対策**を検討する。 ・**環境作用・材料的要因等**により、コンクリート部材に変状が生じている場合は、変状箇所への対策を行い、変状の進展を抑制する。
留意点	・環境作用とは、塩害、中性化、凍害、化学的侵食等による要因を指す。また、材料的要因とは、使用材料による要因（アルカリシリカ反応や貧配合、低品質なセメント・骨材等）を指す。 ・点検により、施設の防護機能に対して直接的に影響を及ぼす波力作用が懸念される場合は、「2.波浪による波力作用（消波工なし）の主要変状連鎖」の考え方を参考とし、越波作用が懸念される場合は、「3.波浪による越波作用（消波工なし）の主要変状連鎖」の考え方を参考に、対策を検討する。

Ⅰ変状箇所への対策	変状	・コンクリートの劣化・損傷		
	位置	コンクリート部材（※波返工、天端被覆工、表法被覆工、裏法被覆工を示す。）		
	点検で確認される変状の程度	①「ひび割れ」変状ﾗﾝｸ a～c／法線方向のひび割れ、部分的なひび割れ、広範囲のひび割れ	代表的な対策工法	ひび割れ幅や広がりの程度に応じて、樹脂・ﾓﾙﾀﾙ注入、断面復旧等、一部打ち替え等を行う。
		②「剥離・損傷」変状ﾗﾝｸ a～c／破損・沈下		劣化部分をはつり取り、剥離・損傷部に断面復旧等を行う。変状が顕著であれば、撤去・打ち替えを行う。
	備考	・「」に示す変状及び変状ﾗﾝｸは、「マニュアル pp.35～38」及び「付録-4 変状事例集 p16、17、20、22、24、26、28、30」を参考にできる。 ・コンクリートの劣化については、「土木学会：コンクリート標準示方書、維持管理編、2013 年制定」に準拠して評価等や対策工法の検討を実施するとよい。		

４．海岸保全施設（堤防、護岸、胸壁）の修繕等の事例

海岸管理者において近年実際された海岸保全施設の修繕等の対策事例について、対策工法を検討する際の参考となるようとりまとめた。

ただし、本資料に示す事例については変状の原因が必ずしも明確になっていないものも含まれていることから、本資料を参考に具体的な対策工法を選定する際にあたっては、各事例の留意点や、対象施設の変状原因を踏まえて適切に対策工法の検討を行う必要がある。

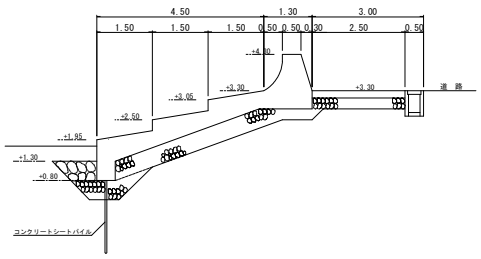
表―4.1　事例一覧

頁	施設の種類	構造形式	建設年次	建設後（年）	施設前面状況	対策を実施した部材							変状連鎖パターン
						波返工	天端被覆工	表法被覆工	裏法被覆工	消波工	砂浜	排水工	
4-2	護岸	緩傾斜型	昭和38年～昭和48年	39	砂浜	○		○					1
4-3	護岸	緩傾斜型	昭和41年	49	根固工		○	○					2、3
4-4	護岸	傾斜型	昭和48年	39	根固工	○	○	○		○	○		
4-5	護岸	傾斜型	昭和41年	47	消波工		○						
4-6	護岸	傾斜型	昭和56年	32	消波工			○		○			4、2－1
4-7	護岸	傾斜型	昭和32年	54	無し			○					2－1
4-8	護岸	傾斜型	昭和39年	50	消波工		○	○					7、2－1
4-9	護岸	傾斜型	昭和53年	35	無し	○							
4-10	護岸	直立型	昭和46年	42	砂浜	○	○	○					1、2
4-11	護岸	直立型	昭和43年	46	消波工	○	○	○	○	○		○	1－1、2
4-12	護岸	直立型	昭和49年	39	無し		○						
4-13	護岸	直立型	昭和51年	38	無し	○		○					7
4-14	護岸	直立型	－	－	砂浜		○	○					
4-15	護岸	直立型	昭和39年	47	無し	○		○					7
4-16	護岸	直立型	昭和46年	42	消波工	○							7
4-17	堤防	その他	昭和38年～昭和41年	50	砂浜	○							7、2
4-18	堤防	傾斜型	昭和48年～昭和54年	33	砂浜	○							4，7
4-19	堤防	傾斜型	昭和38年	51	無し	○	○		○				7、2－2、3
4-20	堤防	傾斜型	昭和27年	58	根固工		○		○				
4-21	堤防	傾斜型	昭和41年度	47	無し			○					
4-22	堤防	傾斜型	昭和35年	52	砂浜	○	○						2－2
4-23	堤防	傾斜型	昭和33年	55	砂浜	○							
4-24	堤防	傾斜型	昭和41年	44	砂浜	○							
4-25	堤防	傾斜型	昭和30年代	50	根固工			○	○				
4-26	堤防	直立型	昭和52年	34	消波工		○	○	○				7
4-27	堤防	直立型	昭和61年	25	消波工					○			5
4-28	堤防	直立型	昭和40年	48	無し		○	○					
4-29	堤防	直立型	昭和37年	51	無し	○							
4-30	堤防	直立型	昭和44年	41	無し	○	○	○					
4-31	胸壁	重力式L型･逆T型	昭和46年～昭和53年	33	桟橋	○							
4-32	胸壁	重力式単塊型	－	－	無し			○					7

※変状連鎖については、変状ランクや写真などの情報から推定できたものについてのみ記載している。

施設情報

≪断面図≫



≪全体平面図≫

建設時期	施設種類	構造形式	前面状況
昭和38年～昭和48年	護岸	緩傾斜型	砂浜

修繕箇所状況

代表的な変状				変状の要因等
部材	変状ﾗﾝｸ	変状現象	計測寸法	
波返工	a	防護高さの不足	標高(D.L.)4.3m、最大沈下量0.2m	既設基礎部のコンクリートシートパイルが露出するほどの侵食、経年劣化等の影響により、背後地の吸出しや沈下が始まった。
表法被覆工	b	目地部、打継ぎ部の状況	開き(D)0.03m	

≪波返工≫

≪表法被覆工≫

対策工法

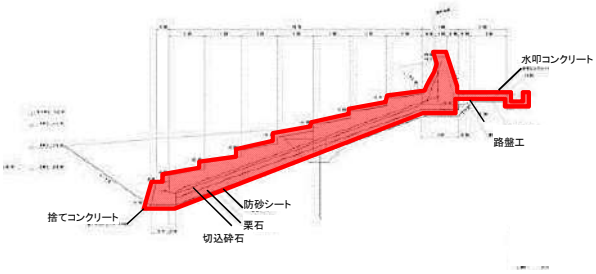
対策時期	平成23年　　(建設後39年)
対策時期を決定した理由	護岸前面の侵食に伴い、背後地の吸出しや護岸の沈下による機能低下を確認したうえで、工法を検討し工事に着手した。
対策を実施した理由	施設の防護機能に支障が生じたため
要求した機能回復の程度	その他(補修工事に際して機能強化を含んだ工事を実施した。)
工法名	撤去張替え
工法の概要	護岸改良工事(階段工・波返工・水叩工)L=915m
工法の選定理由	浸食を確認した深さまで既設断面と同じ階段式のコンクリート構造物により根入れを行うと共に、より強固な侵食対策を行うため、軽量鋼矢板での止水工の採用に至った。
実施数量/費用	L=915m　/　180,000千円(諸経費を含む)

≪対策前≫

護岸前面の侵食に伴い背後地の吸出しや護岸の沈下が始まり機能低下した。

≪対策後≫

≪対策断面図ほか≫



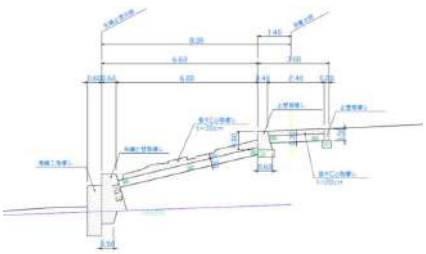
変状連鎖ﾊﾟﾀｰﾝ	1	表法被覆工に目地部の開きが生じており、波浪による洗堀作用により、堤体土砂の吸出し及び沈下が生じたものと考えられる。

≪適用にあたっての留意点≫

・天端高さの回復は、防護機能の確保の観点から有効であり、表法被覆工の変状箇所の修繕は、堤体土砂の流出抑制の観点から有効な工法。
・前面の砂浜の侵食の進行についても、変状原因究明のための調査・分析を行い、侵食対策の必要性について検討することが重要。

施設情報

≪断面図≫



≪全体平面図≫

建設時期	施設種類	構造形式	前面状況
昭和41年	護岸	緩傾斜型	根固工

修繕箇所状況

代表的な変状				変状の要因等
部材	変状ﾗﾝｸ	変状現象	計測寸法	
天端被覆工	c	剥離・損傷	直径(L)13m、短径(S)0.5m	護岸の変状原因として、斜路部は波浪の影響を受けたことや施工から50年程度経過していることから、経年変化によりコンクリートの剥離が生じたと考えられる。天端被覆工に関しても同様の原因により止壁が損傷し、そこから裏込め材の吸出しが生じたものと考えられる。
表法被覆工	c	剥離・損傷	直径(L)25m、短径(S)0.5m	

≪天端被覆工(止壁)≫

≪表法被覆工≫

対策工法

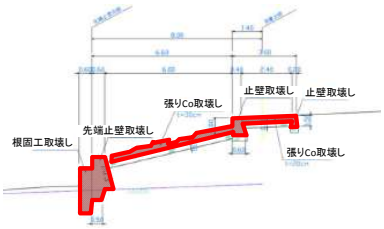
対策時期	平成26年　　(建設後49年)
対策時期を決定した理由	波浪、侵食により吸出し、コンクリートの剥離・損傷が確認されたため。
対策を実施した理由	防護機能に支障が生じていないものの、変状や劣化が進行したため
要求した機能回復の程度	供用期間に対策の必要のないような程度
工法名	表法被覆工
工法の概要	捨石マウンド・・・ボーリング調査の結果、先端止壁打設箇所は支持力を期待できない風化泥岩であると判明したため、これを除去し、新たに捨石で支持層を作ることにより支持力を得る。
工法の選定理由	波浪・侵食対策として既設護岸を撤去した後、新たにコンクリートを打設する。その際、現行の規格と安定計算の結果から斜路部のコンクリート厚、各止壁の厚さを増すことにより補強を行った。また、上記の理由により支持層が捨石マウンドとなったため、マウンドからの吸出し防止の防砂シート、捨石飛散防止の被覆ブロックを設置し補強した。
実施数量/費用	20m　/　20000千円

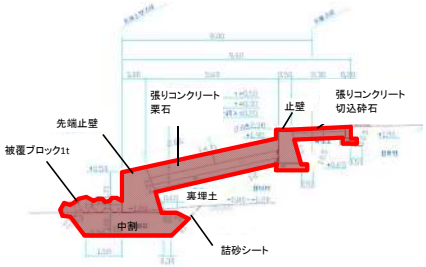
≪対策前≫

経年度変化・波の侵食によるコンクリート被覆の破損がみられる

≪対策後≫

≪対策断面図ほか≫





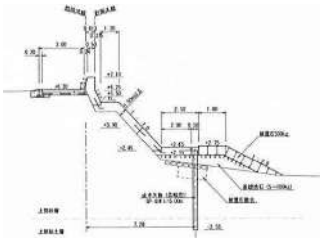
変状連鎖ﾊﾟﾀｰﾝ	2	波浪により、表法被覆工の損傷や堤体土砂の吸出しが生じており、対策前の写真より、堤内空洞化の兆候が生じている。

≪適用にあたっての留意点≫

・表法被覆工の変状箇所の修繕は、堤体土砂の流出抑制の観点から有効な工法。
・波浪の影響が大きい場合は、変状原因究明のための調査・分析を行い、波浪対策の必要性について検討することが重要。

施設情報

≪断面図≫※対策後の断面



≪全体平面図≫

建設時期	施設種類	構造形式	前面状況
昭和48年	護岸	傾斜型	根固工

修繕箇所状況

代表的な変状				変状の要因等
部材	変状ﾗﾝｸ	変状現象	計測寸法	表法被覆工下部や天端被覆工にひび割れや剥離が発生した。表法被覆工下部の変状原因は、波や潮位の直接的な影響を受けやすい位置であるため、経年劣化によるひび割れにより剥離が生じたと考えられ、天端被覆工の変状原因は、漏水や吸出しが起因すると推測される。
天端被覆工	b	ひび割れ	－	
	b	剥離・損傷	－	
表法被覆工	a	剥離・損傷	－	

≪全景≫

≪表法被覆工≫

≪天端被覆工≫

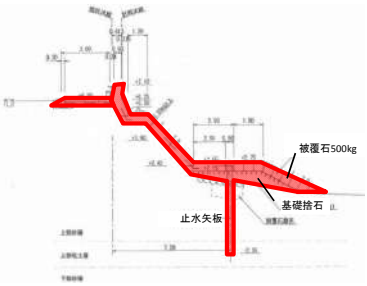
対策工法

対策時期	平成24年　（建設後39年）
対策時期を決定した理由	－
対策を実施した理由	その他（高潮対策及び老朽化のため）
要求した機能回復の程度	供用期間に対策の必要のないような程度
工法名	表法被覆工法
工法の概要	本設計の対象施設は既設の護岸が堤防形式のため、張りコンクリートをして護岸の補強を行う「表法被覆工法」の構造としている。その他、天端被覆工の張り替え、止水矢板等を実施。
工法の選定理由	既設護岸にコンクリートを打設して補強を行い、また、漏水や吸出しの原因と推測される護岸下部は止水矢板、捨石根固、被覆石により補強した。
実施数量/費用	堤防延長L=　68.5m　／　36，072　千円

≪対策前≫
施設の老朽化
（堤防法面の破損）

≪対策後≫

≪対策断面図ほか≫



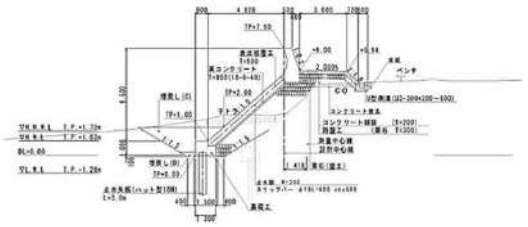
変状連鎖ﾊﾟﾀｰﾝ	(2-1)※	表法被覆工に剥離・損傷が生じており、波浪により、天端被覆工にひび割れ及び剥離・損傷が生じたものと考えられる。

≪適用にあたっての留意点≫
・天端被覆工の損傷箇所の修繕は、機能維持のために有効であり、表法被覆工の損傷箇所の修繕は、堤体土砂の流出抑制の観点から有効な工法。
・洗掘による変状の進展を抑制するために、止水矢板等の洗掘防止対策を行うことは重要である。

※変状連鎖パターンは、推定によるもので、変状原因究明のための調査・分析を行い、適切に設定する必要がある。

施設情報

≪断面図≫※対策後の断面



≪全体平面図≫

建設時期	施設種類	構造形式	前面状況
昭和41年	護岸	傾斜型	消波工

修繕箇所状況

代表的な変状				変状の要因等
部材	変状ﾗﾝｸ	変状現象	計測寸法	
天端被覆工	a	沈下・陥没	直径(L)9m、短径(S)2m	砂浜幅が狭くなっている箇所であり、傾斜護岸の下部の砂の吸い出しにより、空洞化が発生したものと思われる。なお、護岸下部付近の詳細な状況(ひび割れ等)は、不明である。

≪天端被覆工≫

対策工法

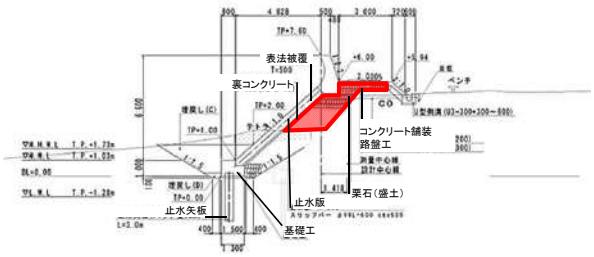
対策時期	平成25年2月　　(建設後47年)
対策時期を決定した理由	海岸保全施設老朽化調査を実施したところ、天端被覆工直下が空洞化していることが判明した。 これにより天端コンクリート舗装の陥没事故の恐れがあるため、早急に原型復旧を実施した。
対策を実施した理由	その他(海岸護岸背後空洞化対策)
要求した機能回復の程度	応急的な措置
工法名	空洞化補修工法
工法の概要	護岸空洞化補修工、埋戻しコンクリート　V=9．0m3、埋戻し砂　V=15.2m3、再生クラッシャーラン　V=15．3m3、コンクリート舗装　V=5．4m3
工法の選定理由	応急的な対策として、空洞化箇所はコンクリートで埋戻して補強し、上部付近は砂で細部まで入るよう締め固めた。
実施数量/費用	45m3　/　781千円

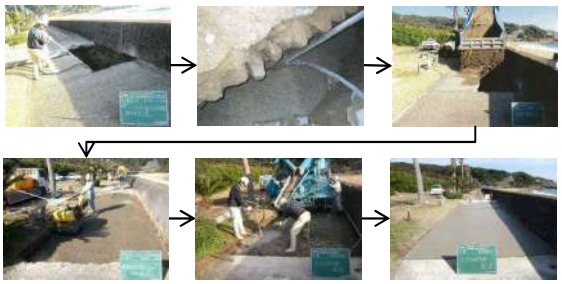
≪対策前≫

レーダー探査及びファイバースコープの結果より、天端被覆工直下に空洞が確認された。
(2スパンにおいて約2.1m)

≪対策後≫

≪対策断面図ほか≫





変状連鎖ﾊﾟﾀｰﾝ	-※	堤体土砂の吸出し及び堤内の空洞化が生じており、天端被覆工の陥没の兆候が生じたものと考えられる。

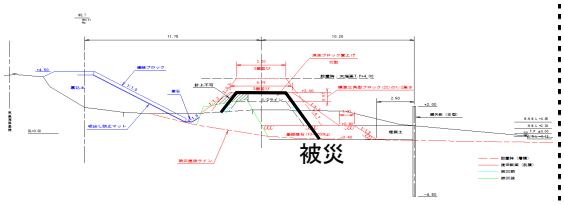
≪適用にあたっての留意点≫

・堤内の空洞化対策は、防護機能の回復の観点から有効な工法。
・地下レーダ探査により空洞化を発見し、空洞化対策を行った事例。変状の把握を行っていない部材について点検を行うとともに、変状原因究明のための調査・分析を行い、吸出し防止対策の必要性について検討することが重要。

※変状連鎖パターンは、推定が困難であった。変状原因究明のための調査・分析を行い、適切に設定する必要がある。

施設情報

≪断面図≫※対策後の断面



≪全体平面図≫

建設時期	施設種類	構造形式	前面状況
昭和56年	護岸	傾斜型	消波工

修繕箇所状況

代表的な変状

部材	変状ﾗﾝｸ	変状現象	計測寸法
表法被覆工	a	沈下	直径(L)2m
	a	目地部、打継ぎ部の状況	ずれ(B)0.5m
消波工	a	移動・散乱及び沈下	標高(D.L.)2m

≪表法被覆工≫

≪消波工≫

変状の要因等

① 海岸侵食の影響_当箇所は従来から侵食作用を受けている海岸であり、冬季風浪により侵食が進行していた可能性が高い。侵食の進行で海浜が有している消波機能が低下していたと考えられる。
②消波堤の構造は、砂の上に直接ブロックを設置しただけの構造であるため、波浪の作用による洗掘と砂の吸出しを受け沈下・転倒したと考えられる。また、当箇所に来襲する波向きが護岸に対してほぼ直角であることと、被災時の波浪が長周期で侵食特性を有していたことが洗掘・吸出し効果を助長したと考えられる。
③ 護岸工の被災_消波堤の被災により、長周期波浪が継続的に護岸工に直接作用していた。護岸工はもともと波浪に対して防護するものではないため、引き波時の掃流力(沖に戻る力)により、護岸工の背面土砂の細粒分が吸出しを受けて減少し、背面土砂の陥没、護岸の崩落等が生じたものと考えられる。

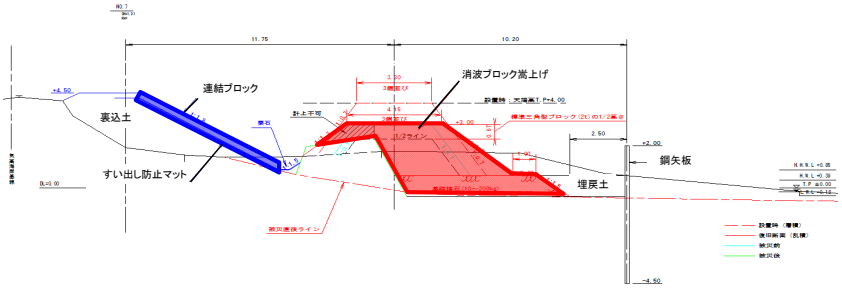
対策工法

対策時期	平成25年　　(建設後32年)
対策時期を決定した理由	風浪により当該施設が被災したため
対策を実施した理由	施設の防護機能に支障が生じたため
要求した機能回復の程度	本対策後も再度の対策についても想定している程度
工法名	消波ブロック工、連結ブロック張工
工法の概要	消波ブロック(2t)設置N=429個:計画堤防高に対し、来襲波が越波することの無いよう設置。 ※既存設備には基礎工(基礎捨石)が配置されていなかったことから、今回、洗掘・沈下防止を目的に新たに設置。 ※ブロック重量は計画実施時に形状等を再検討し、3t→2tに変更。 連結ブロック張工A＝159m2:法面侵食防止する目的で設置。
工法の選定理由	・消波ブロックについては、来襲波が計画護岸高(T. P＋4. 5m)を越えないようにすることを工法選定の基本方針として、設置位置、配置方法(乱積・層積)、重量の観点から現地状況を踏まえて比較検討し、最も経済性に優れる工法を採用した。 ・連結ブロックについては、当初の設置目的(法面侵食)、構造を考慮し現状と同等の規格で復旧することを基本方針とし、被災原因(波浪による吸出し)を除去する目的で、吸出し防止マットの敷設を行う工法を採用した。
実施数量/費用	消波ブロック(2t)設置N=429個,連結ブロック張工A＝159m2　/　51,675千円

≪対策前≫
冬季風浪の繰り返し作用及び被災原因となった風浪により、消波ブロック沈下が生じ、護岸工に波浪外力が作用し侵食を受けた。

≪対策後≫

≪対策断面図ほか≫

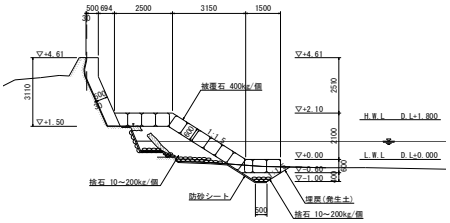


変状連鎖ﾊﾟﾀｰﾝ	4,2-1	波浪による洗掘により、消波工の沈下が生じ、更に波浪により、表法被覆工の亀裂・損傷や堤体土砂の吸出し、堤内空洞化が生じたものと考えられる。

≪適用にあたっての留意点≫
・表法被覆工の変状箇所の修繕及び消波工の復旧は、防護機能の回復の観点から有効な工法。
・前面の砂浜の侵食が顕著な場合は、変状原因究明のための調査・分析を行い、侵食対策の必要性について検討することが重要。

施設情報

≪断面図≫※対策後の断面



≪全体平面図≫

建設時期	施設種類	構造形式	前面状況
昭和32年	護岸	傾斜型	無し

修繕箇所状況

代表的な変状				変状の要因等
部材	変状ﾗﾝｸ	変状現象	計測寸法	
表法被覆工	a	沈下・陥没	直径(L)10m、短径(S)1m	護岸下段部の変状原因としては、護岸の部材厚が20cmと薄いこと及び波や潮位の直接的な影響を受けやすい位置であるため、経年劣化による護岸下段部のひび割れや目地開きにより、裏込材等の吸い出しが生じ陥没が生じたと考えられる。

≪表法被覆工≫

波等の影響で護岸下段部に亀裂が発生して裏込材が流出したことにより崩壊。

壁体表面に目地材流出による目地開きが発生している。

壁体表面にコンクリート粗骨材が露出し、亀裂も発生している。

対策工法

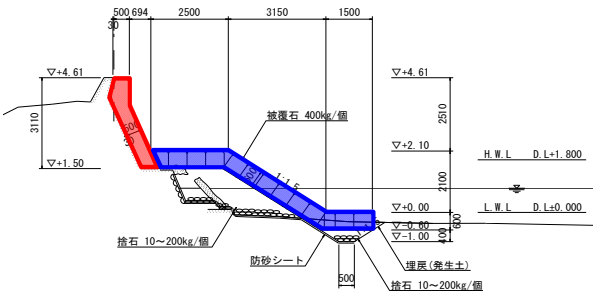
対策時期	平成23年　（建設後54年）
対策時期を決定した理由	対象護岸(延長:L=113m)は、老朽化に伴い、コンクリートの劣化をはじめ、壁体へのひび割れや目地開きが発生している。吸い出しに起因すると推測される護岸下段部の陥没等が顕著となり、早期の対策が必要と判断したため。
対策を実施した理由	施設の防護機能に支障が生じたため
要求した機能回復の程度	供用期間に対策の必要のないような程度
工法名	表法被覆工
工法の概要	既設護岸にコンクリートを打設して補強を行い、被覆石の設置により吸い出しに対しての防護を図る。
工法の選定理由	波浪対策として既設護岸にコンクリートを打設して補強を行い、また、吸い出しの原因と推測される護岸下段部は防砂シート、捨石根固、被覆石により補強した。
実施数量/費用	ｺﾝｸﾘｰﾄ工V=171m3,基礎捨石工V=327m3,被覆石工V=470m3 ／　16,000千円

≪対策前≫

壁体表面の亀裂及び目地材流出による目地開き、壁体表面にコンクリート粗骨材の露出等の劣化がみられる。また、護岸下段部が延長10m程度で崩壊している。

≪対策後≫

≪対策断面図ほか≫



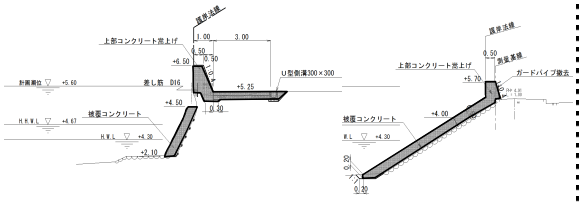
変状連鎖ﾊﾟﾀｰﾝ	2-1	波浪による波力作用により、表法被覆工の損傷から、堤体土砂のすい出しが生じたものと考えられる。

≪適用にあたっての留意点≫

・表法被覆工の変状箇所の修繕は、防護機能の回復の観点及び堤体土砂の流出抑制の観点から有効な工法。
・変状原因究明のための調査・分析を行い、波浪対策の必要性について検討することが重要。

施設情報

≪断面図≫※太線・ハッチング範囲は対策箇所



≪全体平面図≫

建設時期	施設種類	構造形式	前面状況
昭和39年	護岸	傾斜型	消波工

修繕箇所状況

代表的な変状				変状の要因等
部材	変状ﾗﾝｸ	変状現象	計測寸法	
波返工	－	防護高さの不足	標高（D.L.）5.2m	当該海岸保全施設は、外海からの波が直接作用し、表面被覆工の表面ｺﾝｸﾘｰﾄが剥離している。また、石積護岸表面にクラックが発生し、一部が滑落している。
	－	その他	コンクリートの強度（調査時圧縮強度）2.8N/mm2	
表法被覆工	－	剥離・損傷	直径（L）1020m	

≪表法被覆工≫

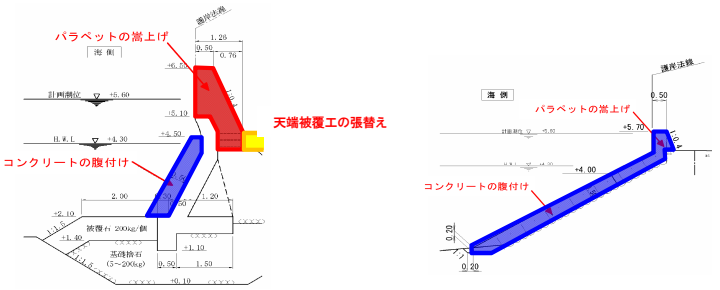
対策工法

対策時期	平成25年　（建設後50年）
対策時期を決定した理由	施設の老朽化及び越波被害
対策を実施した理由	施設の防護機能に支障が生じたため
要求した機能回復の程度	供用期間に対策の必要のないような程度
工法名	－
工法の概要	既設護岸の老朽化対策と天端高不足の対策として、コンクリートの腹付けとパラペットの嵩上げを行った。
工法の選定理由	当該海岸保全施設は、外海からの波が直接作用し、表面被覆工の表面ｺﾝｸﾘｰﾄが剥離し、また石積護岸表面にクラックが発生していることから、腹付けコンクリート及びパラペットの嵩上げ工法を選定した。
実施数量/費用	腹付け 2,300m3、ﾊﾟﾗﾍﾟｯﾄ嵩上げ 2,700m3　/　50,000千円

≪対策前≫
表面被覆工、
表面ｺﾝｸﾘｰﾄの
剥離

≪対策後≫

≪対策断面図ほか≫

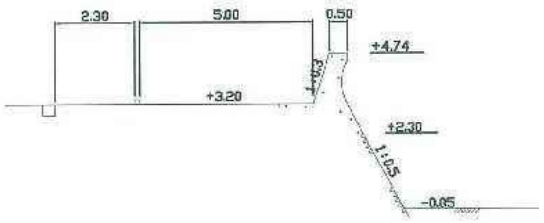


変状連鎖ﾊﾟﾀｰﾝ	7、2-1	環境作用・材料的要因及び波浪により、表法被覆工の亀裂・損傷が生じたものと考えられる。また、天端高さが不足している。

≪適用にあたっての留意点≫
・表法被覆工の変状箇所の修繕は、機能維持の観点から有効であり、波返工の嵩上げは、防護機能の確保の観点から有効な工法。
・変状原因究明のための調査・分析を行い、波力対策の必要性について検討することが重要。

施設情報

≪断面図≫



≪全体平面図≫

建設時期	施設種類	構造形式	前面状況
昭和53年	護岸	傾斜型	無し

出典：国土地理院ホームページ

修繕箇所状況

代表的な変状				変状の要因等
部材	変状ﾗﾝｸ	変状現象	計測寸法	
波返工	a	ひび割れ	長さ(L)1.5m、最大ひび割れ幅(B)0.05m	当該海岸保全施設は，築造後35年が経過しており，周辺部の沈下及び老朽化に起因するひび割れが見られた。

≪波返工≫

対策工法

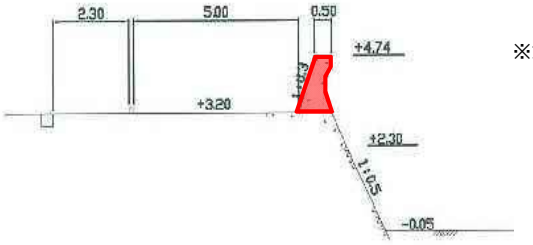
対策時期	平成25年　（建設後35年）
対策時期を決定した理由	点検によりひび割れの拡大が見られ，防護機能に支障が生じていることが分かったため，速やかに補修を実施した。
対策を実施した理由	施設の防護機能に支障が生じたため
要求した機能回復の程度	供用期間に対策の必要のないような程度
工法名	欠損部補修工法
工法の概要	ひび割れが拡大したため，変状箇所を取り壊し，欠損部の補修を行った。
工法の選定理由	当該箇所以外では沈下等による変状が見られず変状範囲が限定的であったため，変状箇所を取り壊し欠損部の補修により機能回復を図った。
実施数量/費用	1m3　/　100千円

≪対策前≫

波返工に長さ1．5m，幅約5cmのひび割れが見られる。

≪対策後≫

≪対策断面図ほか≫



※対策は、欠損箇所のみ

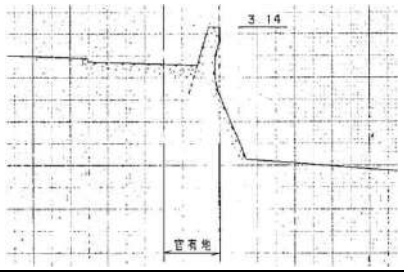
変状連鎖ﾊﾟﾀｰﾝ	7	波返工にひび割れが生じており、環境作用・材料的要因によると考えられる。

≪適用にあたっての留意点≫

・この事例における波返工の変状箇所の修繕は、防護機能を維持し、越波作用による変状の進展を抑制するための観点から有効な工法。

施設情報

≪断面図≫



≪全体平面図≫

建設時期	施設種類	構造形式	前面状況
昭和46年	護岸	直立型	砂浜

出典：国土地理院ホームページ

修繕箇所状況

代表的な変状				変状の要因等
部材	変状ﾗﾝｸ	変状現象	計測寸法	老朽化及び長年の波浪により護岸コンクリートの劣化が進み，基礎下部からの吸出しによるものと思われる背面の空洞化により，護岸に亀裂が生じ海側に開いている。またこのことにより天端被覆が沈下している。
波返工	a	ひび割れ	長さ(L)0.7m、最大ひび割れ幅(B)0.1m	
天端被覆工	a	目地部、打継ぎ部の状況	段差(H)0.07m、開き(D)0.08m	
表法被覆工	a	ひび割れ	長さ(L)3.7m、最大ひび割れ幅(B)0.05m	

≪波返工≫

≪天端被覆工≫

対策工法

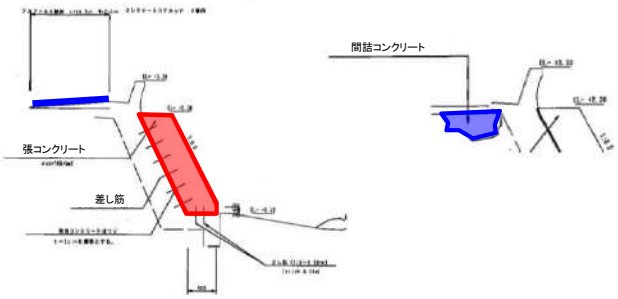
対策時期	平成25年　（建設後42年）
対策時期を決定した理由	－
対策を実施した理由	施設の防護機能に支障が生じたため
要求した機能回復の程度	供用期間に対策の必要のないような程度
工法名	張コンクリート補強工法＋間詰コンクリート＋オーバーレイ舗装
工法の概要	・亀裂部や損傷の激しい護岸の前面に張コンクリートで補強する ・天端被覆をコア抜きし，穴を利用して空洞部にコンクリートを充填する ・沈下した天端被覆コンクリートの上にアスファルトで舗装する
工法の選定理由	護岸を更新するよりも，既設護岸を利用して補強・補修するほうが，工事費も安く，道路の交通止め期間も短いため
実施数量/費用	L=14.5m　間詰コンクリート7m3　／　3,168千円

≪対策前≫

老朽化及び長年の波浪により護岸コンクリートの劣化が進み，基礎下部からの吸出しによるものと思われる背面の空洞化により，護岸に亀裂が生じ海側に傾いている。またこのことにより天端被覆が沈下している。

≪対策後≫

≪対策断面図ほか≫



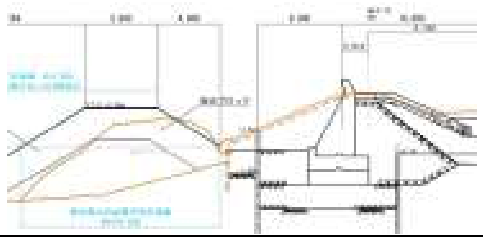
変状連鎖ﾊﾟﾀｰﾝ	1、2	波浪による洗掘作用により、基礎下部のすい出しが生じており、また、波浪による波力作用により、表法被覆工・波返工にひび割れが発生し、堤内の空洞化が生じたため、天端被覆工の沈下が生じたものと考えられる。

≪適用にあたっての留意点≫

・堤内の空洞化対策は、防護機能の回復の観点から有効であり、表法被覆工の変状箇所の張りコンクリートによる補強は、堤体土砂の流出抑制の観点から有効な工法である。
・変状原因の調査・究明を行い、吸出し防止対策の必要性を検討することが重要。

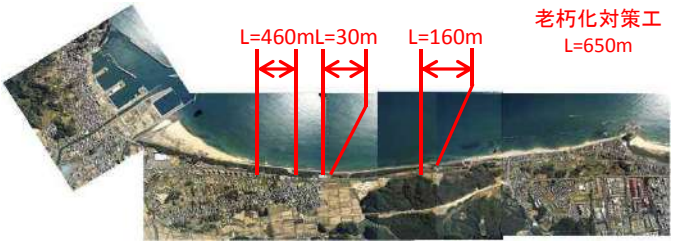
施設情報

≪断面図≫※黒の実線は対策後



≪全体平面図≫

建設時期	施設種類	構造形式	前面状況
昭和43年	護岸	直立型	消波工



修繕箇所状況

代表的な変状

部材	変状ﾗﾝｸ	変状現象	計測寸法
波返工	a	ひび割れ	長さ(L)0.39m、最大ひび割れ幅(B)0.022m
天端被覆工	a	沈下・陥没	直径(L)7.19m、短径(S)1.82m
表法被覆工	a	ひび割れ	長さ(L)1.2m、最大ひび割れ幅(B)0.02m

変状の要因等

既設護岸の築造当時は，前面に十分な砂浜を有していたが，北側に位置する構造物の延伸に伴い，当海岸からその遮蔽域へ移動する沿岸漂砂量が増加したことで汀線が徐々に後退した。その後，砂浜は消失し，波が基礎に直接作用するとともに，堤前水深が増加したことで波の打ち上げが高くなり，急激に護岸の劣化，損傷が進んだ。

≪天端被覆工≫ 陥没

≪表法被覆工≫ クラック

≪基礎部≫ 露出

≪基礎矢板≫ 変形

対策工法

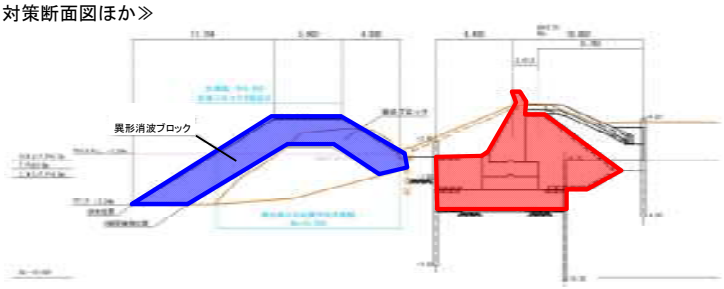
対策時期	平成24年　（建設後46年）
対策時期を決定した理由	健全度調査（海岸保全施設維持管理マニュアル（H20.2））により、要対策（Aランク）と判断されたため
対策を実施した理由	防護機能に支障が生じていないものの、変状や劣化が進行したため
要求した機能回復の程度	供用期間に対策の必要のないような程度
工法名	構造形式の変更（傾斜型→直立型）
工法の概要	①直立型護岸［現場打ち］+方塊ブロック ②堤体工：既設護岸の築造時、前面に十分な砂浜を有していたが，現在では侵食により砂浜が消失し，波が基礎に直接作用する状況となっており，修繕で長寿命化を図ることは困難と判断し，構造形式を直立型に変更。併せて，計画外力に対する所要の天端高を確保。 ③消波工：消波ブロックの追加（波浪条件の再検討による所要重量増に対応）
工法の選定理由	・「重力型+方塊ブロック直立型護岸」は、T.P.＋0.5mまで方塊ブロックにより築造するため、全てを現場打ちとする工法と比較し、ドライな現場条件の必要がなく施工性に優れている。 ・仮締め切りを越波する波浪が来襲した場合でも、手戻りの危険性は小さく、最も経済的。
実施数量/費用	650m　/　1,300,000千円

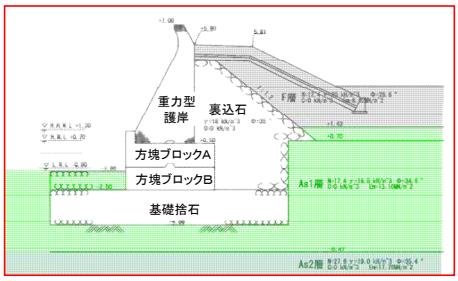
≪対策前≫

(調査時期：H21年)表法工、基礎工共に、老朽化による破損・変形が著しく、構造物として危険な「破堤」前段階の状態にある

≪対策後≫

≪対策断面図ほか≫





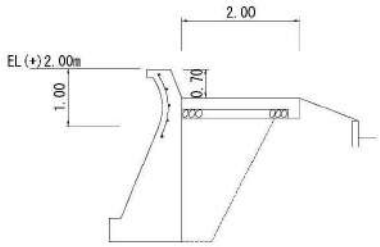
変状連鎖ﾊﾟﾀｰﾝ	1-1、2	波浪による洗掘作用により、基礎工の損傷及び砂浜の消失が生じ、更に波浪による波力作用により、波返工及び表法被覆工の亀裂・損傷や堤内の空洞化、天端被覆工の陥没の兆候が生じたものと考えられる。

≪適用にあたっての留意点≫

・消波工の設置及び堤内の空洞化対策は、防護機能の回復の観点から有効な工法。
・この事例では、海岸の状況の変化に合わせて構造形式を見直している。（砂浜の侵食により、既設の傾斜型では洗掘が懸念される。）

施設情報

≪断面図≫



≪全体平面図≫

建設時期	施設種類	構造形式	前面状況
昭和49年	護岸	直立型	無し

「国土地理院撮影の空中写真(2010年撮影)」

修繕箇所状況

代表的な変状				変状の要因等
部材	変状ﾗﾝｸ	変状現象	計測寸法	
波返工	a	防護高さの不足	標高(D.L.)2m、最大沈下量0.25m	波や潮位の直接的な影響によるコンクリート護岸の老朽化や、部材の経年変化によるひび割れ、裏込材等の吸い出しによる陥没がみられた。
	a	ひび割れ	－	
天端被覆工	b	沈下・陥没	－	

≪波返工≫

≪天端被覆工≫

対策工法

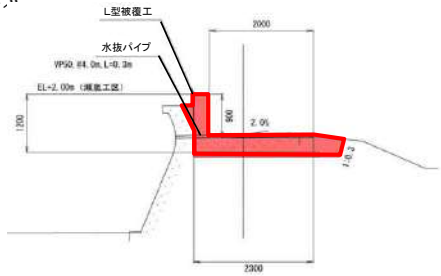
対策時期	平成25年　　(建設後39年)
対策時期を決定した理由	対象施設区間は、築造後約40年が経過しており、平成18年度に行った点検の結果、堤防高の不足、部材の経年変化や老朽化が著しく、このまま放置すれば破堤、倒壊が発生し、背後の人家や農地等に対し甚大な被害を生じさせる恐れがあったため。
対策を実施した理由	施設の防護機能に支障が生じたため
要求した機能回復の程度	供用期間に対策の必要のないような程度
工法名	L型被覆工
工法の概要	既設護岸の活用が可能であるため、堤防護岸の機能を補う構造として、既設護岸の背後にL型擁壁を配置することで、堤防高を確保し、護岸健全性を維持させる。
工法の選定理由	波浪の対策として、既設護岸にコンクリートを打設して鉄筋で補強し、堤防高を従来の高さまで回復させた。また、重力式擁壁との経済比較によって、L型被覆工を選定した。
実施数量/費用	80.2m　/　4,857千円

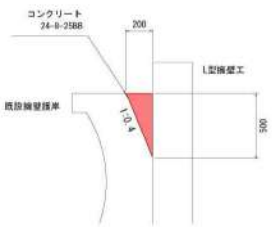
≪対策前≫

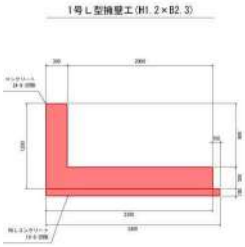
波返工及び天端被覆工における沈下・陥没や、表面被覆工にひび割れが見られる。

≪対策後≫

≪対策断面図ほか≫







変状連鎖ﾊﾟﾀｰﾝ	(2-2)	波浪による波力作用により、波返工に亀裂・沈下及び天端被覆工に沈下が生じたものと考えられる。

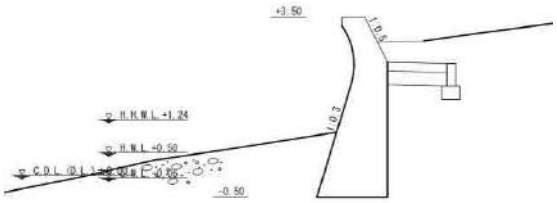
≪適用にあたっての留意点≫

・波返工の嵩上げは、防護機能の確保の観点から有効な工法。
・変状原因究明のための調査・分析を行い、侵食対策の必要性について検討することが重要。

※変状連鎖パターンは、推定によるもので、変状原因究明のための調査・分析を行い、適切に設定する必要がある。

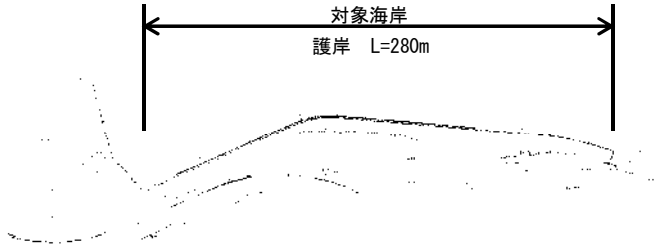
施設情報

≪断面図≫



≪全体平面図≫

建設時期	施設種類	構造形式	前面状況
昭和51年	護岸	直立型	無し



修繕箇所状況

代表的な変状				変状の要因等
部材	変状ﾗﾝｸ	変状現象	計測寸法	
波返工	a	防護高さの不足	標高(D.L.)3.5m	当護岸の変状原因として、昭和58年の日本海中部地震による強震(最大震度5)で本体工にズレが生じたものと考えられる。また、築造後40年程度経過しているため、経年劣化によるひび割れや表面剥離が生じたと推測される。
	a	ひび割れ	長さ(L)10m、最大ひび割れ幅(B)0.02m	
表法被覆工	b	ひび割れ	長さ(L)2m、最大ひび割れ幅(B)0.005m	

≪波返工≫

≪表法被覆工≫

対策工法

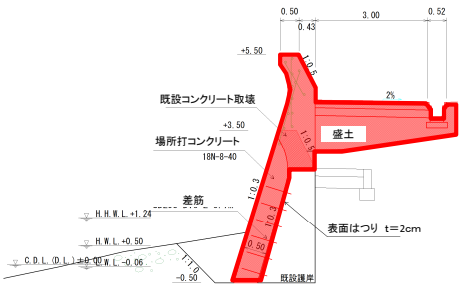
対策時期	平成25年　　(建設後38年)
対策時期を決定した理由	県全域の漁港海岸の中から、優先度の高いものを抽出して対策を実施…海岸堤防等老朽化対策緊急事業(平成24～25年度)
対策を実施した理由	防護機能に支障が生じていないものの、変状や劣化が進行したため、その他(施設本体の防護高不足)
要求した機能回復の程度	供用期間に対策の必要のないような程度
工法名	波返し撤去＋(既設本体の)コンクリート腹付け工法
工法の概要	■既存施設が所要防護高さ(DL+5.50m)に満たないため、波返し部を撤去。 ■本体工の表面をはつり、差し筋をして新旧部材の一体化を図る。 ■本体工の前面に厚50cmの腹付けコンクリートを打設、さらに波返しの新設により防護高(DL+5.50m)を満足した。
工法の選定理由	ひび割れが顕著な既設波返し部は、本体強度を考慮し、取り壊すこととした。 また、本体工前面部は表面剥離が主であり、腹付け補強により既設本体と一体化することで、耐波圧に有利になることから採用に至った。
実施数量/費用	L=280m　/　93,000千円

≪対策前≫

当護岸は昭和51年の築造後、約40年が経過している。波返し部のひび割れが、施設前面から背面まで貫通しているものもあり、早急な対策が必要であった。さらに、県の海岸保全施設整備基準(DL+5.50m)を満たしていなかったため、嵩上げを併せて行った。

≪対策後≫

≪対策断面図ほか≫



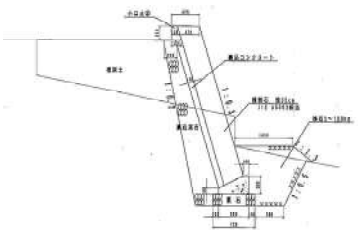
変状連鎖ﾊﾟﾀｰﾝ	(2)、7	環境作用・材料的要因により、波返工及び表法被覆工に亀裂・損傷が生じたものと考えられる。この他、大きな変状は地震の影響によるものと考えられる。

≪適用にあたっての留意点≫
・波返工の嵩上げは、防護機能の確保の観点から有効な工法。
・変状原因究明のための調査・分析を行う必要がある。

※変状連鎖パターンは、推定によるもので、変状原因究明のための調査・分析を行い、適切に設定する必要がある。

施設情報

≪断面図≫※対策後の断面



≪全体平面図≫

建設時期	施設種類	構造形式	前面状況
不明	護岸	直立型	砂浜

修繕箇所状況

代表的な変状				変状の要因等
部材	変状ﾗﾝｸ	変状現象	計測寸法	
天端被覆工	a	防護高さの不足	一部全壊	損傷が発生した箇所は、波浪による砂浜の侵食が懸念される。
	a	剥離・損傷	一部全壊	
排水工	a	目地の開き、相対移動量	－	

≪全体≫

≪天端被覆工≫

≪排水工≫

≪その他(階段工)≫

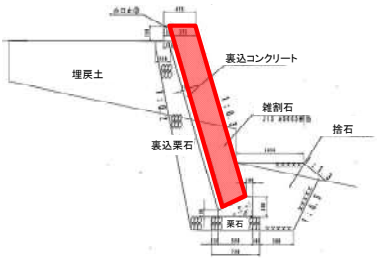
対策工法

対策時期	平成24年
対策時期を決定した理由	平成23年の点検により整備が必要であると判断したため。
対策を実施した理由	施設の防護機能に支障が生じたため
要求した機能回復の程度	供用期間に対策の必要のないような程度
工法名	石積工
工法の概要	損傷の著しい箇所の石積みを再設置。
工法の選定理由	護岸の崩壊により背後地に影響が及んでいたため、護岸の復旧を実施。 また、国立公園内であることから景観に配慮し、自然石を使用した石積工法を選定。
実施数量/費用	工事延長L=80m　/　5,166千円

≪対策前≫
本体工の一部全壊。
排水工,本体工の破損等。

≪対策後≫

≪対策断面図ほか≫



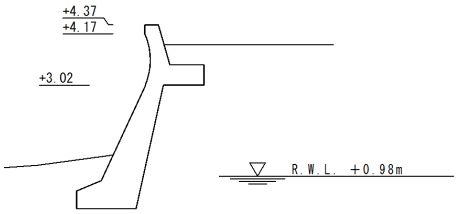
変状連鎖ﾊﾟﾀｰﾝ	(1)※、2	波浪による洗掘及び波力作用により、堤体の一部全壊が生じたものと考えられる。

≪適用にあたっての留意点≫
・堤体の復旧は、防護機能の回復の観点から有効な工法。
・変状原因究明のための調査・分析を行い、洗掘対策の必要性について検討することが重要。

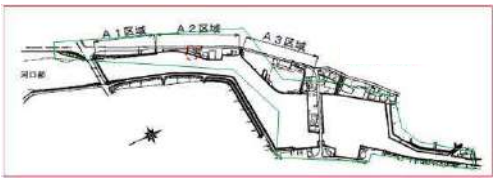
※変状連鎖パターンは、推定によるもので、変状原因究明のための調査・分析を行い、適切に設定する必要がある。

施設情報

≪断面図≫



≪全体平面図≫



建設時期	施設種類	構造形式	前面状況
昭和39年	護岸	直立型	無し

修繕箇所状況

代表的な変状				変状の要因等
部材	変状ﾗﾝｸ	変状現象	計測寸法	本対策箇所は小河川の河口部であり、収束した波による直接的な影響を受けやすいため、コンクリート表面のひび割れがみられる。また、基礎が緩い砂層であるため、沈下による施工目地の開きや吸い出しが確認された。
波返工	a	ひび割れ	長さ(L)2.2m,最大ひび割れ幅(B)0.01m	
天端被覆工	a	沈下・陥没	－	
表法被覆工	a	ひび割れ	長さ(L)2.2m,最大ひび割れ幅(B)0.01m	

≪波返工≫

≪表法被覆工≫

≪天端被覆工≫

対策工法

対策時期	平成23年　（建設後47年）
対策時期を決定した理由	県内海岸補修の優先度と予算による
対策を実施した理由	施設の防護機能に支障が生じたため
要求した機能回復の程度	供用期間に対策の必要のないような程度
工法名	コンクリート腹付け工法
工法の概要	既設護岸にコンクリートを打設して補強を行い、腹付部基礎は沈下・液状化対策として地盤改良を行う。
工法の選定理由	波浪対策として既設護岸にコンクリートを打設して補強を行い、腹付部基礎の沈下・液状化の原因となる砂層に対し混合処理工法を施した。
実施数量/費用	362m　/　258千円/m

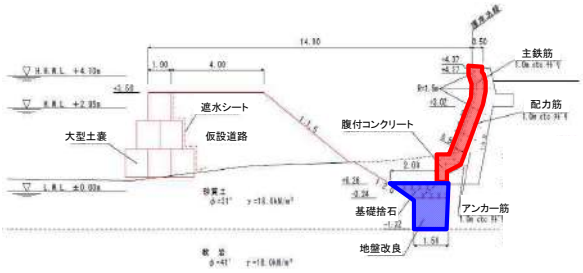
≪対策前≫

打ち継ぎ部からの漏水・錆汁、コンクリートの劣化・ひび割れ、鉄筋の露出、目地の開き

≪対策後≫

≪対策断面図ほか≫

※仮設工設置時の断面



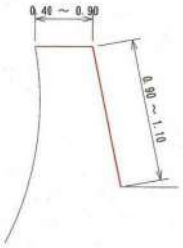
変状連鎖ﾊﾟﾀｰﾝ	1、7	環境作用・材料的要因により、波返工及び表法被覆工に亀裂・損傷が生じており、天端被覆工に陥没の兆候が生じたものと考えられる。

≪適用にあたっての留意点≫

・波返工、表法被覆工の変状箇所の修繕は、機能維持の観点から有効な工法。

施設情報

≪断面図≫



≪全体平面図≫

建設時期	施設種類	構造形式	前面状況
昭和46年	護岸	直立型	消波工

修繕箇所状況

代表的な変状				変状の要因等
部材	変状ﾗﾝｸ	変状現象	計測寸法	
波返工	c	剥離・損傷	直径(L)118m、短径(S)2m	経年劣化により、波返工表面に剥離・損傷が生じた。

≪波返工≫

対策工法

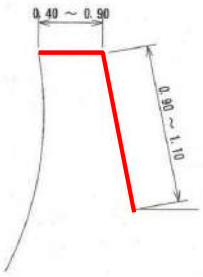
対策時期	平成25年　（建設後42年）
対策時期を決定した理由	経年劣化により、波返工表面が劣化していることから、対策工を実施した。
対策を実施した理由	防護機能に支障が生じていないものの、変状や劣化が進行したため
要求した機能回復の程度	供用期間に対策の必要のないような程度
工法名	FE工法
工法の概要	ウォータジェットで剥離したコンクリートをはつり、波返工表面をモルタル(ガラス繊維入り)で断面復旧する。(NETIS登録工法)
工法の選定理由	FE工法は、耐久性に優れ、今後の補修回数の軽減されることから、ライフサイクルコストの縮減が期待できる。 また、施工日数も通常の補修(モルタル補修)と変わらず、かつ専門業者も必要としない。
実施数量/費用	118.15m　/　2,363千円

≪対策前≫

経年劣化により、波返工に剥離が生じている。

≪対策後≫

≪対策断面図ほか≫



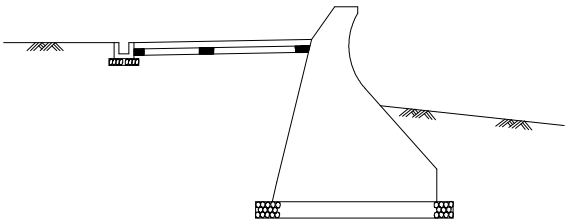
変状連鎖ﾊﾟﾀｰﾝ	7	環境作用・材料的要因により、波返工に亀裂・損傷が生じたものと考えられる。

≪適用にあたっての留意点≫

・この事例における波返工の変状箇所の修繕は、防護機能を維持し、越波による変状の進展を抑制するための観点から有効な工法。

施設情報

≪断面図≫



≪全体平面図≫

建設時期	施設種類	構造形式	前面状況
昭和38年～昭和41年	堤防	その他	砂浜

修繕箇所状況

代表的な変状				変状の要因等
部材	変状ﾗﾝｸ	変状現象	計測寸法	
波返工	a	ひび割れ	長さ(L)3m,最大ひび割れ幅(B)0.003m	当該海岸保全施設は、整備年度が昭和38年と年数が経っており、度重なる台風などで、直接波が作用している
	a	剥離・損傷	直径(L)0.7m、短径(S)0.15m	

≪波返工≫

対策工法

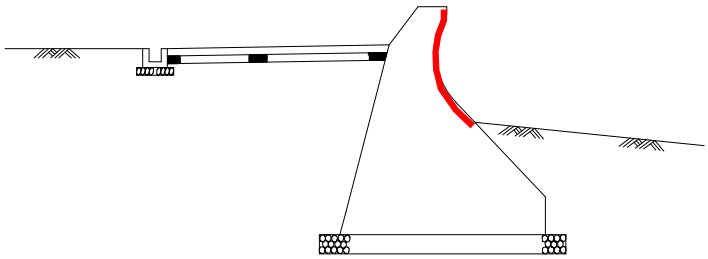
対策時期	平成24年　（建設後50年）
対策時期を決定した理由	－
対策を実施した理由	防護機能に支障が生じていないものの、変状や劣化が進行したため
要求した機能回復の程度	応急的な措置
工法名	①Uカットシール工法②断面修復工法
工法の概要	①ひび割れ部に樹脂やモルタル注入を行う。 ②コンクリートの劣化部分をはつり除去し、新たに断面修復材にてコンクリート断面を復元する。
工法の選定理由	耐久性、耐候性に優れていて、雨水や酸性ガス等の侵入による下地コンクリートの鉄筋の腐食を防止するため
実施数量/費用	①134.4m、②11㎡　/　1,860千円

≪対策前≫

コンクリートのひび割れ（3．0mから1．8m）が66箇所、コンクリートの剥離（平均0.7m×0.7m）23箇所

≪対策後≫

≪対策断面図ほか≫



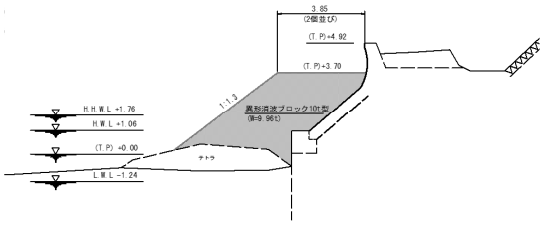
変状連鎖ﾊﾟﾀｰﾝ	7,2	環境作用・材料的要因及び波力作用により、波返工・表法被覆工にひび割れ・損傷及び破損・欠落が生じたものと考えられる。

≪適用にあたっての留意点≫

・波返工・表法被覆工の変状箇所の修繕は、機能維持の観点から有効な工法。
・変状原因究明のための調査・分析を行い、波浪対策の必要性について検討することが重要。

施設情報

≪断面図≫※ハッチング箇所は対策後の断面



≪全体平面図≫

建設時期	施設種類	構造形式	前面状況
昭和48年～昭和54年	堤防	傾斜型	砂浜

対象地区海岸

修繕箇所状況

代表的な変状				変状の要因等
部材	変状ﾗﾝｸ	変状現象	計測寸法	
波返工	c	ひび割れ	長さ合計(L)380.5m、最大ひび割れ幅(B)0.03m	波返工の変状原因としては、波浪により前面砂浜が侵食し、消波ブロックが沈下したことに伴い、波返工に直接波が作用したためひび割れが生じたと考えられる。

≪波返工≫

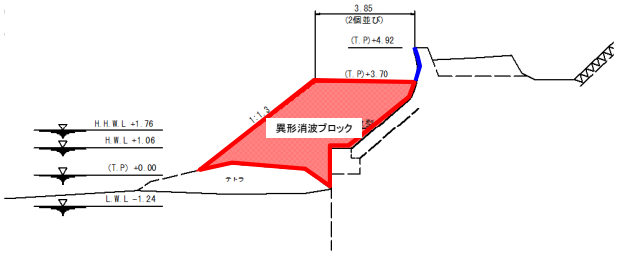
対策工法

対策時期	平成24～25年　　（建設後33年）
対策時期を決定した理由	当地区の消波堤及び消波ブロックは、昭和50年前後に設置されたものであり、30年程度経過し消波ブロックの沈下が確認され、消波機能を果たせていない状況であるとともに、消波堤が不安定な状況であった。 このため、平成23年度に補助事業に取り組み、その中でひび割れ等劣化が確認されたことからあわせて対策を行うこととした。
対策を実施した理由	隣接施設に対策を実施する必要が生じたため
要求した機能回復の程度	本対策後も再度の対策についても想定している程度
工法名	Vカットシール材充填工法
工法の概要	ひび割れ部に樹脂の注入を行う。
工法の選定理由	波浪による侵食対策として波返工前面に消波ブロックの設置を行い、波返工のひび割れ対策としては、ひび割れ幅が1.0mmを越えるものが多く確認されたことから、ひび割れ部に樹脂を注入し修繕を図った。
実施数量/費用	380.5m　/　1,760千円

≪対策前≫
ひび割れ等の劣化を確認

≪対策後≫

≪対策断面図ほか≫



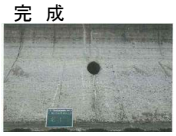
Vカット

清　掃

補修用プライマー塗布

可とう性ｴﾎﾟｷｼ樹脂充填プライマー塗布

完　成



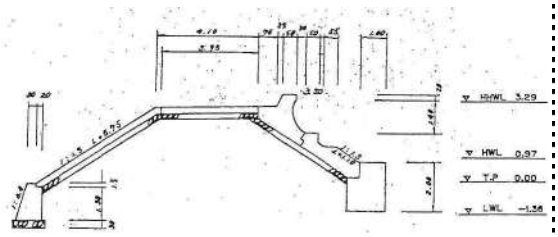
変状連鎖ﾊﾟﾀｰﾝ	4、7	波浪による洗掘作用により、消波ブロックの沈下が生じ、更に環境作用・材料的要因により、波返工に亀裂が生じたものと考えられる。

≪適用にあたっての留意点≫

・消波工の修繕は、防護機能の回復の観点から有効な工法であり、波返工の変状箇所の修繕は、機能維持の観点から有効な工法。
・施設の改良を行うとともに、一定区間全体の点検結果を踏まえ、周辺施設の修繕等を合わせて行うことで、効率的な予防保全を行った事例。

施設情報

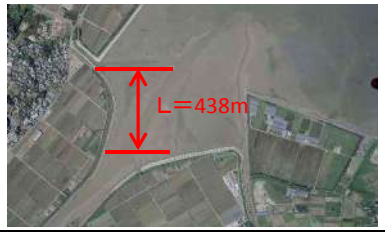
≪断面図≫



≪全体平面図≫

建設時期	施設種類	構造形式	前面状況
昭和38年	堤防	傾斜型	無し

出典：国土地理院ホームページ



修繕箇所状況

代表的な変状				変状の要因等
部材	変状ﾗﾝｸ	変状現象	計測寸法	
波返工	b	ひび割れ	長さ(L)4m、最大ひび割れ幅(B)0.0015m	・築造後、約50年経過したことによる経年劣化び冬季波浪による劣化。 ・堤体土砂の吸出しによる天端被覆工、裏法被覆工のひび割れ。 ・裏法基礎工の洗掘。
天端被覆工	a	ひび割れ	長さ(L)6m、最大ひび割れ幅(B)0.01m	
	b	目地部、打継ぎ部の状況	開き(D)0.1m	
裏法被覆工	c	ひび割れ	長さ(L)5.7m、最大ひび割れ幅(B)0.003m	

≪波返工≫

≪天端被覆工≫

≪裏法被覆工≫

対策工法

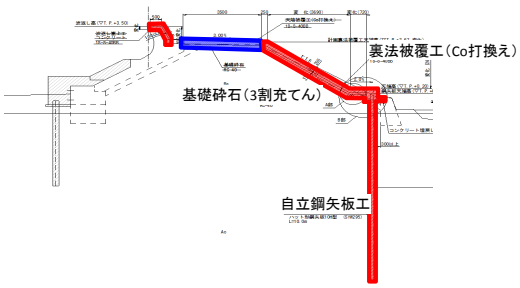
対策時期	平成25年度　　（建設後51年）
対策時期を決定した理由	堤防点検により、順次修繕を行っている。
対策を実施した理由	劣化が進行したため
要求した機能回復の程度	供用期間に対策の必要のないような程度
工法名	天端・裏法　被覆コンクリート打替、根止め工
工法の概要	天端・裏法被覆コンクリートの打ち替え、裏法止水矢板。 堤防嵩上げ。
工法の選定理由	・波返し工は、計画値に対して嵩上げを行った。 ・変状原因である堤体土砂の吸出しを防止するため、裏法基礎工の洗掘防止として止水矢板を選定した。 ・ひび割れが多い天端被覆工及び裏法被覆工は打ち替えとした。
実施数量/費用	L＝438m　　/　　93,528,750千円

≪対策前≫

①波返工にひび割れ
②表法被覆工にひび割れ、目地開き
③裏法被覆工にひび割れ

≪対策後≫

≪対策断面図ほか≫



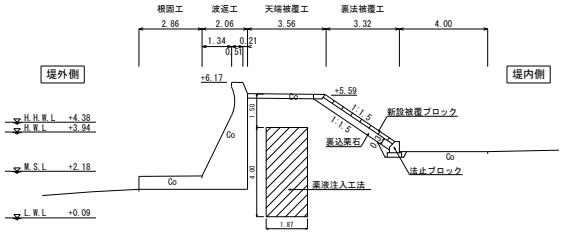
変状連鎖ﾊﾟﾀｰﾝ	7、2-2、3	環境作用・材料的要因及び波浪による波力作用により波返工に亀ひび割れが生じ、更に波浪による洗掘作用により天端被覆工・裏法被覆工にひび割れ・損傷が生じたものと考えられる。

≪適用にあたっての留意点≫

・波返工の嵩上げは、防護機能の確保のために有効であり、裏法被覆工の修繕及び止水矢板の設置は、堤体土砂の流出抑制の観点から有効な工法。

施設情報

≪断面図≫※対策後の断面



≪全体平面図≫

建設時期	施設種類	構造形式	前面状況
昭和27年	堤防	傾斜型	根固工

修繕箇所状況

代表的な変状

部材	変状ﾗﾝｸ	変状現象	計測寸法
波返工	a	ひび割れ	長さ(L)2m、最大ひび割れ幅(B)0.01m
天端被覆工	a	ひび割れ	長さ(L)3.3m、最大ひび割れ幅(B)0.05m
裏法被覆工	a	沈下・陥没	直径(L)10.45m、短径(S)0.085m

変状の要因等

経年劣化によって目地が開き、堤防内の土砂が吸い出しにより流出し、漏水が発生したと考えられる。また、堤防内の空洞化により、天端被覆工、裏法被覆工の段差、裏法被覆工の法面沈下が生じたと考えられる。

≪波返工≫　≪天端被覆工≫　≪裏法被覆工≫

対策工法

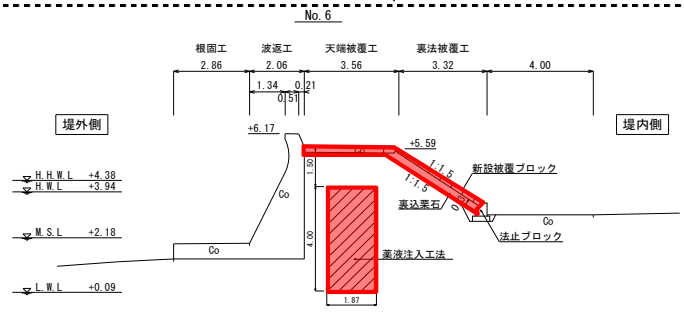
対策時期	平成22～24年　（建設後58年）
対策時期を決定した理由	施設調査を実施し、健全度の判定を行ったところ、すぐ対策工事が必要と判断されたため
対策を実施した理由	施設の防護機能に支障が生じたため
要求した機能回復の程度	供用期間に対策の必要のないような程度
工法名	薬液注入工法（二重管複相式）
工法の概要	漏水対策として、天端コンクリートを削孔し、二重管複相式注入工法を用いて止水壁を構築し、止水対策を実施した。併せて、裏法被覆工についても老朽化が激しかったため、既設ブロックを撤去し、被覆ブロックの張り替えを実施した。
工法の選定理由	漏水対策として止水対策工法　薬液注入工法、矢板壁工法、連続地中壁工法の検討を行ったが、施工場所が狭小であるため、作業機械が小さくて済む薬液注入工法を選定した。
実施数量/費用	薬液注入259本、被覆ﾌﾞﾛｯｸ423.2m2　/　35，250千円

≪対策前≫

波返工の目地開き、天端被覆工、裏法被覆工の段差、裏法被覆工の法面沈下があり、背後に漏水が確認された。

≪対策後≫

≪対策断面図ほか≫



変状連鎖ﾊﾟﾀｰﾝ	(1,7)※	波返工・天端被覆工にひび割れが生じており、波浪による洗掘作用により、裏法被覆工が陥没が生じたものと考えられた。また、裏法被覆工の劣化が生じており、環境作用・材料的要因による影響が考えられた。

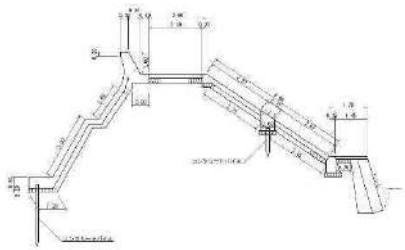
≪適用にあたっての留意点≫

・裏法被覆工の変状箇所の修繕は、堤体土砂の流出抑制の観点から有効な工法。

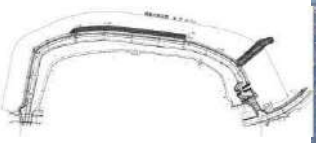
※変状連鎖パターンは、推定によるもので、変状原因究明のための調査・分析を行い、適切に設定する必要がある。

施設情報

≪断面図≫



≪全体平面図≫



建設時期	施設種類	構造形式	前面状況
昭和41年度	堤防	傾斜型	無し

修繕箇所状況

代表的な変状				変状の要因等
部材	変状ﾗﾝｸ	変状現象	計測寸法	
表法被覆工	b	ひび割れ	長さ(L)2m、最大ひび割れ幅(B)0.02m	コンクリート部材の経年劣化による。

≪表法被覆工≫

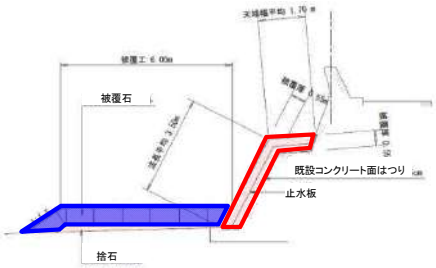
対策工法

対策時期	平成25年　（建設後47年）
対策時期を決定した理由	－
対策を実施した理由	防護機能に支障が生じていないものの、変状や劣化が進行したため
要求した機能回復の程度	本対策後も再度の対策についても想定している程度
工法名	被覆コンクリート工法
工法の概要	表法覆工のコンクリートが経年劣化により破損、剥落、欠損している部分について劣化部をはつり取りのうえ、腹付コンクリートによる補強をおこなうもの。
工法の選定理由	最も経済的であり、隣接箇所で過年度に同様の工法により対策済であるため。
実施数量/費用	L=148m　/　60,021千円

≪対策前≫
表法覆工のコンクリートが経年劣化により破損、剥落、欠損している。

≪対策後≫

≪対策断面図ほか≫



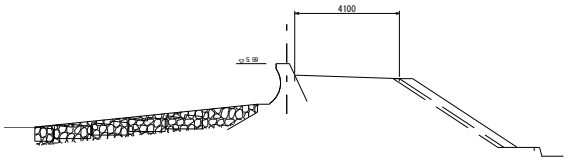
変状連鎖ﾊﾟﾀｰﾝ	(2-1)※	波浪により表法被覆工にひび割れ・損傷が生じているものと考えられる。

≪適用にあたっての留意点≫
・表法被覆工の変状箇所の修繕は、機能維持の観点から有効な工法。
・変状原因究明のための調査・分析を行う必要がある。

※変状連鎖パターンは、推定によるもので、変状原因究明のための調査・分析を行い、適切に設定する必要がある。

施設情報

≪断面図≫



≪全体平面図≫

建設時期	施設種類	構造形式	前面状況
昭和35年	堤防	傾斜型	砂浜

修繕箇所状況

代表的な変状				変状の要因等
部材	変状ﾗﾝｸ	変状現象	計測寸法	
波返工	a	ひび割れ	長さ(L)2.7m、最大ひび割れ幅(B)0.015m	砂浜の侵食に伴い、波の外力が増加し波返しのひび割れ発生。経年変化による堤体の圧密沈下による空洞発生。
天端被覆工	a	沈下・陥没	直径(L)5.5m、短径(S)0.2m	

≪波返工≫

≪天端被覆工≫

対策工法

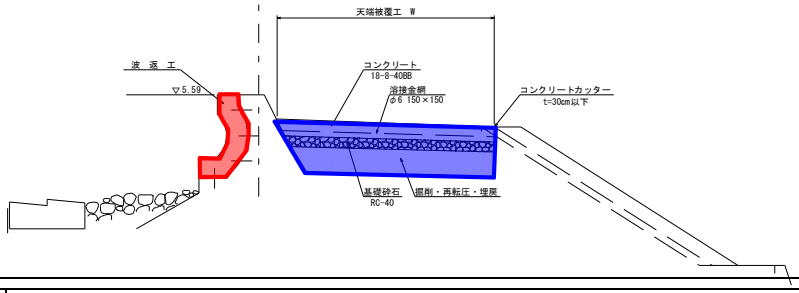
対策時期	平成24年　（建設後52年）
対策時期を決定した理由	老朽化調査を行った結果、健全度がA（要事後保全）であり、早急な対策が必要と判断したため。
対策を実施した理由	施設の防護機能に支障が生じたため
要求した機能回復の程度	供用期間に対策の必要のないような程度
工法名	張りコンクリート工法、張り換え工法
工法の概要	波返工：既設波返に差筋を行い張コンクリートによる増厚をする。 天端被覆工：既設天端被覆工を撤去し、堤体盛土を掘削、再転圧、埋戻しを行い、天端被覆工を復旧する。
工法の選定理由	波返に作用する波浪への対策として、既設波返にコンクリートによる増厚を行う。 経年変化による堤体の圧密沈下への対策として、天端被覆工を撤去し、堤体盛土の再転圧を行う。
実施数量/費用	22m　/　1,400千円

≪対策前≫

地下レーダ調査により、天端被覆工直下に空洞が確認された。

≪対策後≫

≪対策断面図ほか≫



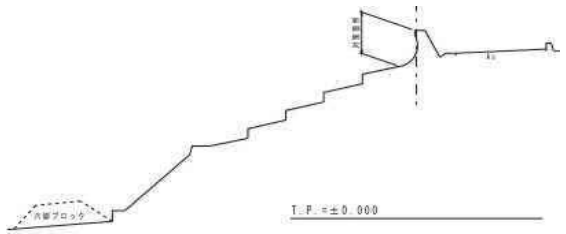
変状連鎖ﾊﾟﾀｰﾝ	2-2、6	波浪により、波返工のひび割れが生じ、更に圧密により堤体盛土が沈下し、空洞が生じたものと考えられる。

≪適用にあたっての留意点≫

・波返工の変状箇所の修繕は機能維持の観点から有効であり、表法被覆工の変状箇所の修繕は、堤体土砂の流出抑制の観点から有効な工法。
・地下レーダ調査から空洞化を発見し、空洞化対策を行った事例。堤内の空洞化対策は、防護機能の回復の観点から有効な工法。
・前面の砂浜の侵食が顕著な場合は、変状原因究明の調査・分析を行い、侵食対策の必要性について検討することが重要。

施設情報

≪断面図≫



≪全体平面図≫

建設時期	施設種類	構造形式	前面状況
昭和33年	堤防	傾斜型	砂浜

修繕箇所状況

代表的な変状				変状の要因等
部材	変状ﾗﾝｸ	変状現象	計測寸法	
波返工	a	ひび割れ	最大ひび割れ幅(B)0.005m	当海岸は、侵食により砂浜がほとんどないことから、勢いの強い波浪が直接、繰り返し作用した事が要因と考えられる。

≪波返工≫

貫通クラック

貫通クラックと剥離

目地部の薄利と天端の段差

亀裂

≪表法被覆工≫

基礎の波打ち際　粗骨材の露

坂路部擁壁の亀裂

対策工法

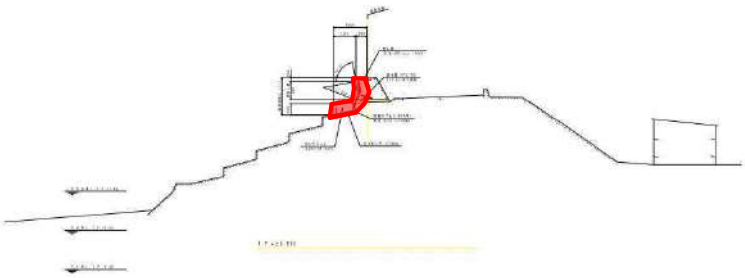
対策時期	平成25年　（建設後54年）
対策時期を決定した理由	多数の貫通クラックやコンクリートの剥離が生じ、施設の防護機能に支障が生じると判断した。
対策を実施した理由	施設の防護機能に支障が生じたため
要求した機能回復の程度	供用期間に対策の必要のないような程度
工法名	張コンクリート
工法の概要	既設構造物の前面に厚さ50cmの張コンクリートを施工する。
工法の選定理由	張りコンクリートにより護岸の厚さを増し、繰り返し作用する波浪の影響を小さくする構造とした。
実施数量/費用	580m　/　60,000千円

≪対策前≫

胸壁(波返工)部は全区間において，ひび割れ幅はそれほど広くないものの(概ね5mm以下)，ほぼ一定の間隔で前面から背面に渡って連続した貫通クラックが確認された。

≪対策後≫

≪対策断面図ほか≫



変状連鎖ﾊﾟﾀｰﾝ	(2-2)※	波浪により、波返工にひび割れが生じたものと考えられる。

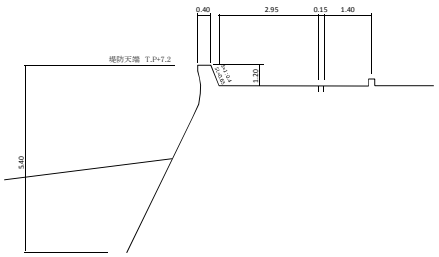
≪適用にあたっての留意点≫

・波返工の変状箇所の修繕は、防護機能を維持し、越波作用による変状の進展を抑制するための観点から有効な工法。

※変状連鎖パターンは、推定によるもので、変状原因究明のための調査・分析を行い、適切に設定する必要がある。

施設情報

≪断面図≫



≪全体平面図≫

建設時期	施設種類	構造形式	前面状況
昭和41年	堤防	傾斜型	砂浜

修繕箇所状況

代表的な変状				変状の要因等
部材	変状ﾗﾝｸ	変状現象	計測寸法	
表法被覆工	b	ひび割れ	長さ(L)2m、標高(D.L.)0.02m	経年劣化により、目地部のずれおよびひび割れが発生
	c	目地部、打継ぎ部の状況	ずれ(B)2m、開き(D)0.02m	

≪波返工≫

対策工法

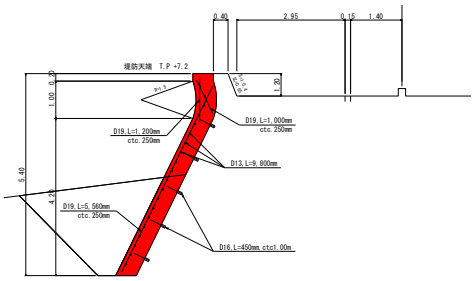
対策時期	平成22年　（建設後44年）
対策時期を決定した理由	県が独自で実施している施設点検の結果、施設に対する対策が必要と判断
対策を実施した理由	防護機能に支障が生じていないものの、変状や劣化が進行したため
要求した機能回復の程度	供用期間に対策の必要のないような程度
工法名	張コンクリート増厚工法
工法の概要	堤体前面に等厚のコンクリートを張ることで、劣化した堤体の補強を行う。
工法の選定理由	表法のひび割れ発生に伴い、必要耐力を発現出来ないことから被覆コンクリートによる補強を行う。
実施数量/費用	120m3　/　14,000千円

≪対策前≫

堤防の目地が最大2cm程度ずれが生じている
また、表法被覆工に最大2cm程度のクラックが生じている

≪対策後≫

≪対策断面図ほか≫



変状連鎖ﾊﾟﾀｰﾝ	(7)※	環境作用・材料的要因により、表法被覆工にひび割れ・損傷が生じていると考えられる。

≪適用にあたっての留意点≫

・表法被覆工の変状箇所の修繕は、機能維持の観点から有効な工法。
・変状原因究明のための調査・分析を行うことが必要である。

※変状連鎖パターンは、推定によるもので、変状原因究明のための調査・分析を行い、適切に設定する必要がある。

施設情報

≪断面図≫

≪全体平面図≫

建設時期	施設種類	構造形式	前面状況
昭和30年代	堤防	傾斜型	根固工

修繕箇所状況

代表的な変状			
部材	変状ﾗﾝｸ	変状現象	計測寸法
表法被覆工	a	ひび割れ	長さ(L)22m、最大ひび割れ幅(B)0.03m
裏法被覆工	a	沈下・陥没	直径(L)56m、短径(S)2.8m

変状の要因等

表法被覆工のクラック等については、コンクリート部材の経年劣化によるものである。
裏法被覆工の沈下・陥没については、下部構造(擁壁、コンクリート矢板)の隙間からの吸出しによるものである。

≪表法被覆工≫

≪裏法被覆工≫

対策工法

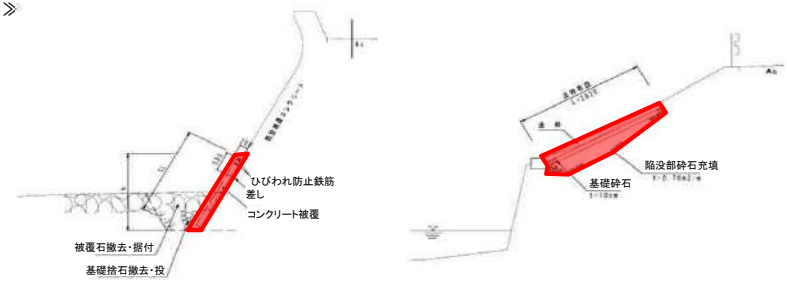
対策時期	平成25年　（建設後　40～50　年）
対策時期を決定した理由	－
対策を実施した理由	防護機能に支障が生じていないものの、変状や劣化が進行したため
要求した機能回復の程度	本対策後も再度の対策についても想定している程度
工法名	再築工法、被覆コンクリート工法
工法の概要	表法被覆工のコンクリートが経年劣化により破損、剥落、欠損している部分について劣化部をはつり取りのうえ、腹付コンクリートによる補強をおこなう。裏法被覆工の陥没箇所については、被覆コンクリーを撤去し、吸出防止材を敷設し沈下部を良質土で充填のうえ被覆コンクリートを再築する。
工法の選定理由	表法被覆工については腹付コンクリートによる補強が最も確実かつ経済的であった。裏法被覆工については、吸出し対策及び陥没部の充填を確実に実施できる点から被覆コンクリートを撤去・再築する工法を選択した。
実施数量/費用	コンクリート被覆39m3、法枠ブロック382m2　/　11,532千円

≪対策前≫

表法覆工コンクリート部材の経年劣化による破損・ひび割れ、裏法覆工の部分的陥没

≪対策後≫

≪対策断面図ほか≫



変状連鎖ﾊﾟﾀｰﾝ	(7)※	環境作用・材料的要因により、表法被覆工にひび割れが生じ、また、吸出しにより裏法被覆工に陥没が生じていると考えられる。

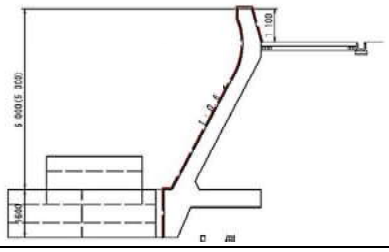
≪適用にあたっての留意点≫

・表法被覆工の変状箇所及び裏法被覆工の陥没の修繕により、機能維持を行う。
・変状原因究明のための調査・分析を行うことが必要である。

※変状連鎖パターンは、推定によるもので、変状原因究明のための調査・分析を行い、適切に設定する必要がある。

施設情報

≪断面図≫



≪全体平面図≫

建設時期	施設種類	構造形式	前面状況
昭和52年	堤防	直立型	消波工

修繕箇所状況

代表的な変状			
部材	変状ランク	変状現象	計測寸法
波返工	b	剥離・損傷	－
表法被覆工	a	ひび割れ	長さ(L)106m、最大ひび割れ幅(B)0.009m

変状の要因等

当該海岸保全施設は、高潮高波時及び台風時に直接波の影響を受け、その際漂流物等により損傷し剥離等が生じ老朽化が進行した。
なお、堤防法面にひび割れが生じ部分的に剥離を起こし、鉄筋が腐食している箇所がある。

≪波返工、表法

鉄筋の腐食・断裂

コンクリートの欠落

断面亀裂・コンクリート剥落

対策工法

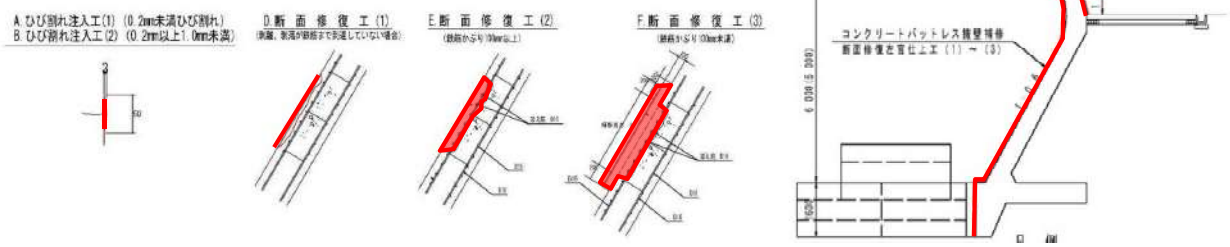
対策時期	平成23～25年　（建設後1年）
対策時期を決定した理由	耐用年数を経過し、老朽化による損傷が著しく、堤防の機能低下が進行していたため。
対策を実施した理由	防護機能に支障が生じていないものの、変状や劣化が進行したため
要求した機能回復の程度	供用期間に対策の必要のないような程度
工法名	ひび割れ処理工法、断面修復工法
工法の概要	ひび割れ処理工法） ①表面処理工法→0.2mm以下の微細なひび割れ箇所に採用し、塗膜を形成させ、防水性、耐久性を向上させる。 ②注入工法→ひび割れに樹脂系あるいはセメント系の材料を注入し、防水性、耐久性を向上させる。 ③充填工法→0.5mm以上のひび割れに採用し、ひび割れに沿ってコンクリートをカットし補修材を充填させる。 断面修復工法）断面欠損部をはつり、母体の健全を確認後、鉄筋を取り換え結束させ、ポリマーセメントモルタル等の修復材を充填し補修する。
工法の選定理由	表面含浸工法、コンクリート増厚工法等と検討し、経済比較、施工性、耐久性を評価し工法決定。
実施数量/費用	57m3　/　93,553千円（直接工事費）

≪対策前≫

コンクリートの剥離、鉄筋の露出等

≪対策後≫

≪対策断面図ほか≫



変状連鎖パターン	(2)※、7	環境作用・材料的要因及び波浪による波力作用により、波返工、表法被覆工に亀裂・損傷等が生じたものと考えられる。

≪適用にあたっての留意点≫

・漂流物等により生じた変状や波返工、表法被覆工の変状箇所の修繕は、機能維持の観点から有効な工法。

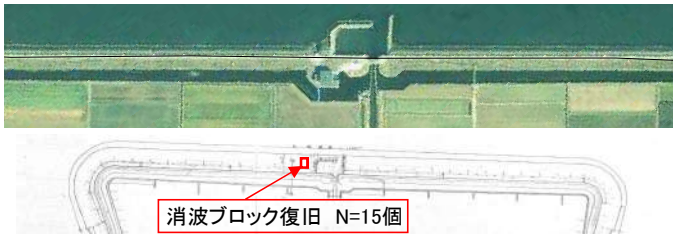
※変状連鎖パターンは、推定によるもので、変状原因究明のための調査・分析を行い、適切に設定する必要がある。

施設情報

≪断面図≫

≪全体平面図≫

建設時期	施設種類	構造形式	前面状況
昭和61年	堤防	直立型	消波工



修繕箇所状況

代表的な変状				変状の要因等
部材	変状ﾗﾝｸ	変状現象	計測寸法	
消波工	a	移動・散乱及び沈下	―	断面変化点であり、風向により波の影響を受けやすい位置であるため、たび重なる波浪により、消波ブロックが移動したと考えられる。
―	―	―	―	

≪消波工≫

対策工法

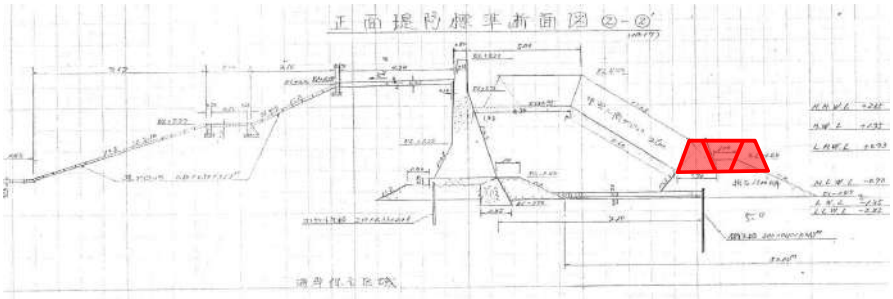
対策時期	平成23年　（建設後25年）
対策時期を決定した理由	消波工断面がブロック1層分以上移動、錯乱しているため。
対策を実施した理由	施設の防護機能に支障が生じたため
要求した機能回復の程度	供用期間に対策の必要のないような程度
工法名	消波ブロックの移動工法
工法の概要	消波ブロックが波浪により移動したため、元の位置に移動させた。
工法の選定理由	―
実施数量/費用	N=15個　/　274千円

≪対策前≫

消波工断面がブロック1層分以上移動、錯乱した。

≪対策後≫

≪対策断面図ほか≫



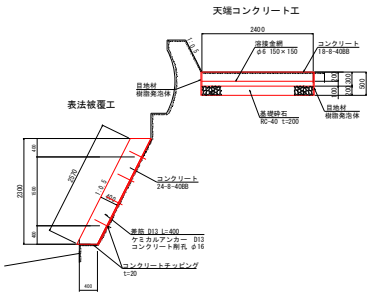
変状連鎖ﾊﾟﾀｰﾝ	5	波浪により、消波ブロックの移動・散乱が生じたものと考えられる。

≪適用にあたっての留意点≫

・波浪により移動した消波工の修繕は、施設の防護機能の回復の観点から有効な手法。
・波あたりが激しい場合は、変状原因究明のための調査・分析を踏まえ、ブロックの追加等の波浪対策の必要性について検討することが重要。

施設情報

≪断面図≫



≪全体平面図≫

建設時期	施設種類	構造形式	前面状況
昭和40年	堤防	直立型	無し

出典：国土地理院ホームページ

修繕箇所状況

代表的な変状				変状の要因等
部材	変状ﾗﾝｸ	変状現象	計測寸法	
天端被覆工	a	沈下・陥没	直径（L)10m、短径（S)2.4m	表法被覆工の変状発生に伴い、堤体土砂が吸出され、空洞化が生じたことによって、天端被覆工が沈下した。
表法被覆工	b	剥離・損傷	直径（L)2.3m、短径（S)0.6m	

≪天端被覆工≫

≪表法被覆工≫

対策工法

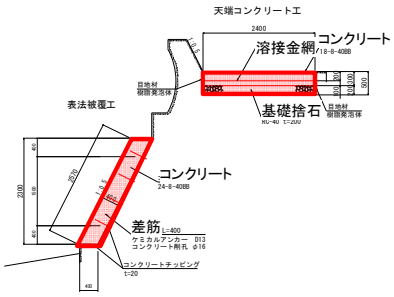
対策時期	平成25年　　（建設後48年）
対策時期を決定した理由	老朽化調査を行った結果、健全度がA（要事後保全）であり、早急な対策が必要と判断したため。
対策を実施した理由	施設の防護機能に支障が生じたため
要求した機能回復の程度	供用期間に対策の必要のないような程度
工法名	張りコンクリート工法
工法の概要	堤体前面に張りコンクリートを行った。 既設天端被覆工は撤去し、堤体盛土の掘削、再転圧、埋戻しを行い、天端被覆工を復旧した。
工法の選定理由	表法被覆工の剥離・損傷に伴い、堤体土砂が吸出され、空洞化に伴い、天端被覆工が沈下していることから、表法被覆工に張りコンクリートの施工及び天端被覆工の復旧を行った。
実施数量/費用	12m（表法被覆工）　/　766千円

≪対策前≫

表法被覆工については、目視により、表面だけでなく部材の深部まで剥離・損傷が及んでいることを確認した。天端被覆工については、地下レーダ調査により、天端被覆工直下に空洞が確認された。

≪対策後≫

≪対策断面図ほか≫



変状連鎖ﾊﾟﾀｰﾝ	(1、2)※	波浪による洗掘作用及び波力作用により表法被覆工が剥離・損傷し、堤体土砂の吸い出しによって堤内空洞化が生じていることから、天端被覆工に陥没の兆候がみられる。

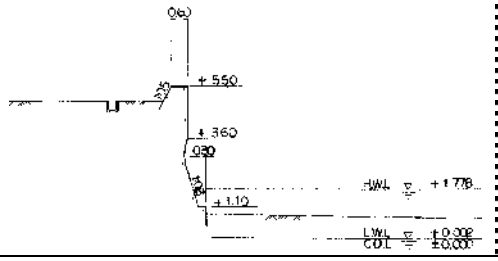
≪適用にあたっての留意点≫

・地下レーダ調査から空洞化を発見し、空洞化対策を行った事例。堤内の空洞化対策は、防護機能の回復の観点から有効な工法。
・表法被覆工の変状箇所の修繕は、堤体土砂の流出抑制の観点から有効な工法。

※変状連鎖パターンは、推定によるもので、変状原因究明のための調査・分析を行い、適切に設定する必要がある。

施設情報

≪断面図≫



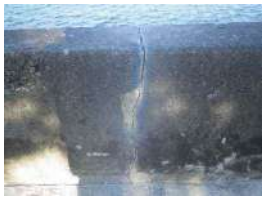
≪全体平面図≫

建設時期	施設種類	構造形式	前面状況
昭和37年	堤防	直立型	無し

修繕箇所状況

代表的な変状				変状の要因等
部材	変状ﾗﾝｸ	変状現象	計測寸法	
波返工	a	ひび割れ	長さ(L)1.05m、最大ひび割れ幅(B)0.015m	築造年数が50年以上経過しており、部分的なひび割れが生じている。

≪波返工≫

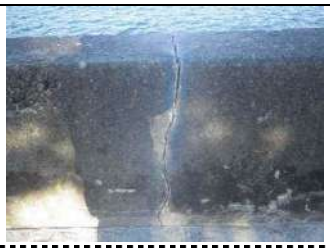


対策工法

対策時期	平成25年　（建設後51年）
対策時期を決定した理由	老朽化調査を行った結果、健全度がA（要事後保全）であり、早急な対策が必要と判断したため。
対策を実施した理由	施設の防護機能に支障が生じたため
要求した機能回復の程度	供用期間に対策の必要のないような程度
工法名	注入工法
工法の概要	ひび割れ部に充填材（エポキシ樹脂）注入により対策を行った。
工法の選定理由	部分的なひび割れであり、軽微であるため。
実施数量/費用	22箇所（64m）　/　761千円

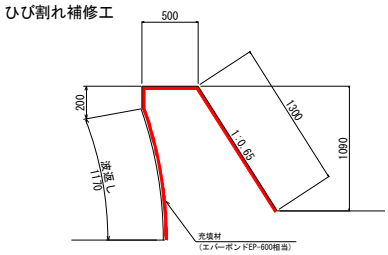
≪対策前≫

波返し工にひび割れが生じている。



≪対策後≫

≪対策断面図ほか≫



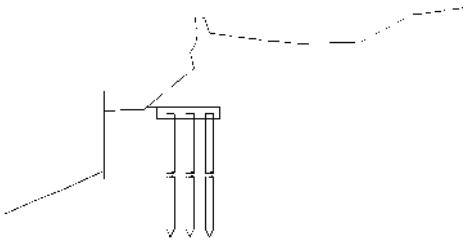
変状連鎖ﾊﾟﾀｰﾝ	7	環境作用・材料的要因により、波返工に亀裂が生じたものと考えられる。

≪適用にあたっての留意点≫

・この事例における波返工の変状箇所の修繕は、防護機能を維持し、越波作用による変状の進展を抑制するための観点から有効な工法。
・波返工に貫通ひび割れが生じている場合は、表法被覆工にもひび割れが生じ、すい出しが生じている可能性があるため、変状の把握を行っていない部材がある場合は点検を行う必要がある。

施設情報

≪断面図≫



≪全体平面図≫

建設時期	施設種類	構造形式	前面状況
昭和44年	堤防	直立型	無し

修繕箇所状況

代表的な変状				変状の要因等
部材	変状ﾗﾝｸ	変状現象	計測寸法	
波返工	a	防護高さの不足	標高（D.L.）3.67m,最大沈下量0.33m	コンクリートの老朽化及び背後土圧の影響により、施設が沈下したと考えられる。
	a	ひび割れ	最大ひび割れ幅（B)0.32m	
表法被覆工	a	ひび割れ	最大ひび割れ幅（B)0.32m	

≪波返工≫

≪表法被覆工≫

対策工法

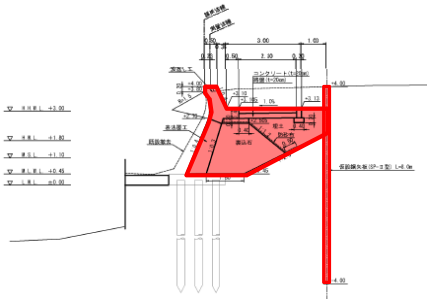
対策時期	平成22年　（建設後41年）
対策時期を決定した理由	県内海岸補修の優先度と予算による。
対策を実施した理由	施設の防護機能に支障が生じたため
要求した機能回復の程度	供用期間に対策の必要のないような程度
工法名	断面造り替え（重力式）
工法の概要	既存施設の撤去及び修繕後の土圧の低減を図るために鋼矢板の設置を行い、重力式（もたれ式）の造り替えを行う。
工法の選定理由	擁壁自体が大きく傾斜しており、造り替え工法を選定。重力式（もたれ式）と自立矢板式の経済比較で決定。
実施数量/費用	72m　/　387千円/m

≪対策前≫

施設の機能低下を及ぼす大きなクラックが、全体で12箇所確認された。
また、防潮堤壁面のズレも2～12cmと大きい。

≪対策後≫

≪対策断面図ほか≫



変状連鎖ﾊﾟﾀｰﾝ	(−)※	

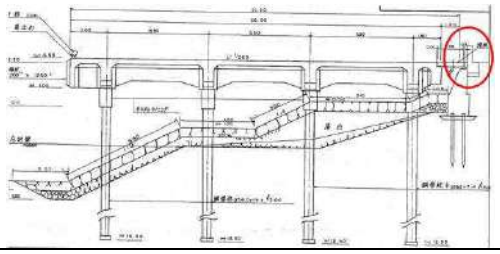
≪適用にあたっての留意点≫

・護岸の更新により、防護機能の回復を行っている。

※変状連鎖パターンは、推定が困難であった。変状原因究明のための調査・分析を行い、適切に設定する必要がある。

施設情報

≪断面図≫



≪全体平面図≫

建設時期	施設種類	構造形式	前面状況
昭和46年～昭和53年	胸壁	重力式L型･逆T型	桟橋

修繕箇所状況

代表的な変状				変状の要因等
部材	変状ﾗﾝｸ	変状現象	計測寸法	
波返工	b	ひび割れ	長さ(L)0.85m、最大ひび割れ幅(B)0.004m	胸壁下部の擁壁の目地及びブロック積み護岸の隙間から吸出を受け、胸壁が沈下し、目地開き等が生じ、施設に変状が発生したと考えられる。
	b	目地部、打継ぎ部の状況	開き(D)0.03m	
	b	剥離･損傷	直径(L)0.85m、短径(S)0.1m	

≪波返工≫

対策工法

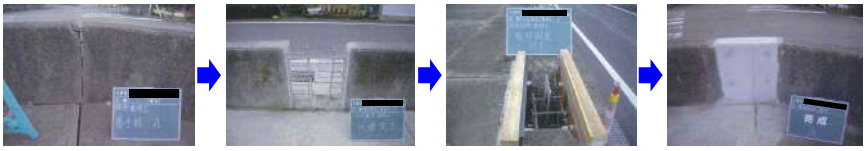
対策時期	平成23年　（建設後33年）
対策時期を決定した理由	一部においてコンクリートが剥離し、内部鉄筋が露出が生じたこと、 及び高潮発生時に目地開き部から宅地側へ浸水することが懸念されたことより
対策を実施した理由	施設の防護機能に支障が生じたため(地元の要望)
要求した機能回復の程度	供用期間に対策の必要のないような程度
工法名	打替工法
工法の概要	胸壁の上部(一部)のみを打ち替えるため、下部の既設目地からのクラックの影響及び沈下によるクラックの再発を考慮して、誘発目地及び止水板を設置する構造で復旧を実施した。
工法の選定理由	モルタル注入及び小断面修復に比べ、既存施設との一体化の向上がはかれること、 及び経年劣化によるクラックに対応できること。
実施数量/費用	1箇所(7箇所)　/　32千円(224千円)

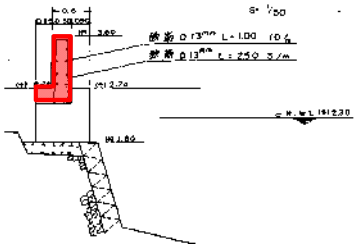
≪対策前≫

目地の開き
コンクリート剥
離、クラック

≪対策後≫

≪対策断面図ほか≫





変状連鎖ﾊﾟﾀｰﾝ	(1)※	波浪による洗掘作用等により、堤体工が異動し、ひび割れや損傷、目地の開きが生じたと考えられる。

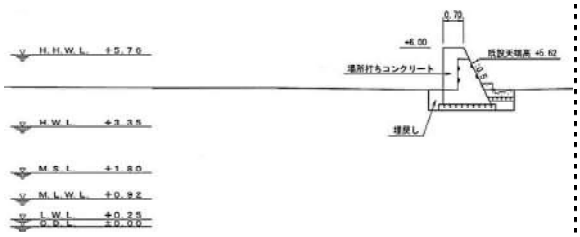
≪適用にあたっての留意点≫

・波返工の変状箇所に対する修繕は、防護機能の回復の観点から有効な工法。
・この事例では、止水版及び誘発目地の構造とし、経年劣化によるクラック等の対応をはかっている。

※変状連鎖パターンは、推定によるもので、変状原因究明のための調査･分析を行い、適切に設定する必要がある。

施設情報

≪断面図≫



≪全体平面図≫

建設時期	施設種類	構造形式	前面状況
不明	胸壁	重力式単塊型	無し

修繕箇所状況

代表的な変状				変状の要因等
部材	変状ﾗﾝｸ	変状現象	計測寸法	
波返工	a	防護高さの不足	標高(D.L.)5.62m	施工由来の温度ひび割れに加え、前面の物揚場周辺の地盤沈下により変状が促進された。
	a	ひび割れ	最大ひび割れ幅(B)0.002m	
	b	剥離・損傷		

≪波返工≫

対策工法

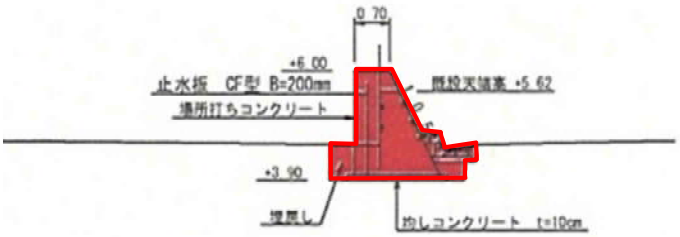
対策時期	平成24年
対策時期を決定した理由	平成16年の台風により高潮の浸水被害が発生したため、天端高や構造の検討を行い、当該施設について、順次整備を行っている。
対策を実施した理由	施設の防護機能に支障が生じたため
要求した機能回復の程度	供用期間に対策の必要のないような程度
工法名	重力式コンクリート工法
工法の概要	既設護岸を取り壊し、重力式コンクリートを施工する。
工法の選定理由	周辺地盤の沈下による変状が確認されたため、補修や一部利用することは難しいと判断し、胸壁工を打ち替えた。
実施数量/費用	137m3 / 5,920千円

≪対策前≫

胸壁全般にかけて、ひび割れが多数みられ、貫通ひび割れも発生している。

≪対策後≫

≪対策断面図ほか≫



変状連鎖ﾊﾟﾀｰﾝ	6、7	環境作用・材料的要因により、波返工に亀裂が生じている。 また、周辺の地盤沈下により、変状が促進されたものと考えられる。

≪適用にあたっての留意点≫

波返工の嵩上げは防護機能を確保するための観点から有効な工法。

参考資料－6

離岸堤等の修繕方法の例

表 1　離岸堤等の修繕方法の例（1）

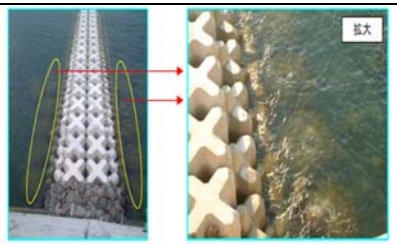
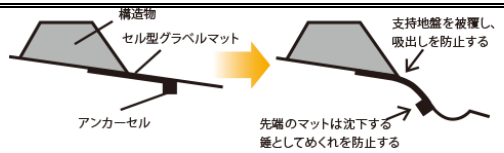
位置	工法	対応する変状	概要	イメージ
堤体 （ブロック工） 被覆工	ブロックの追加等	・ブロックの移動・沈下・散乱 ・ブロック破損	（異形・被覆・根固め）ブロックの撤去及び新設・再設置積み増し等を行う。	
根固工 基礎工	基礎捨石の投入	・移動、沈下、散乱	基礎捨石等を投入し、基礎工前面の埋め戻しを行う。	
	袋詰め玉石	・移動、沈下、散乱	合成繊維を使用したラッセル網の袋材に、玉石・割栗石・砕石・コンクリート塊などを現地で袋詰めし、海岸の根固め工などの洗掘防止、捨石の被覆工等に用いられている。 波力による影響を考慮し、袋材中心をロープにより拘束し中詰め材の動きを拘束し、波力に対する安定性を持たせた袋体が適している。	
	高耐久性築堤マット	・移動、沈下、散乱	亜鉛−アルミ合金めっき鋼線にポリエチレンアイオノマー樹脂を接着被覆した線材で製造される錆びない築堤マット。 潜堤・藻場造成等の単独使用に加えて消波ブロックとの併用など多種の用途に使用されている。	

表 2　離岸堤等の修繕方法の例（２）

位置	工法	対応する変状	概要	イメージ
前面海底地盤	グラベルマット	・洗掘	セル型再生ポリエステル網を連結した構造のマット材に砕石を充填した透水性マットである。構造物底面から前面に敷設して吸出しを抑制し、構造物の安定を図る。先端に設けた割栗石を充填したアンカーセルが沈み込み、マットのめくれを抑制するアンカーとなり、後方のマットが屈撓して地盤を被覆し洗掘を防止する。	
	合成樹脂マット	・洗掘	各種水中構造物の洗掘防止、根固め、及び不等沈下を防止し、構造物の安定を図る。アンカーの重量効果でマット先端部分を埋没させることにより、構造物の安定を図る。 材料は軟質ポリ塩化ビニール樹脂、表面に耐腐食性金網を設置することもある。	
	アスファルトマット	・洗掘	加熱したアスファルト合材を、平らな型枠に流し込み、補強芯材・吊上用ﾜｲﾔﾛｰﾌﾟを仕込みマット状に成型したマットである。洗掘孔や斜面に自重とたわみ性を利用してたわみ込ませ、洗掘孔の発達を抑え、砂地盤においては、砂の吸い出しを防止する海底面被覆工である。	