

参 考 資 料

- 参考資料－ 1 砂浜、水門・陸閘の海岸管理者による
維持管理の事例 P 1～17
- 参考資料－ 2 海岸保全施設の被災事例 . . . P 18～24
- 参考資料－ 3 点検に関する技術の例 P 25～26
- 参考資料－ 4 推移確率推定図及び劣化予測線
の検討について P 27～38
- 参考資料－ 5 対策工法 of 具体事例の紹介 P 39
- 参考資料－ 6 今後の課題等 P 40

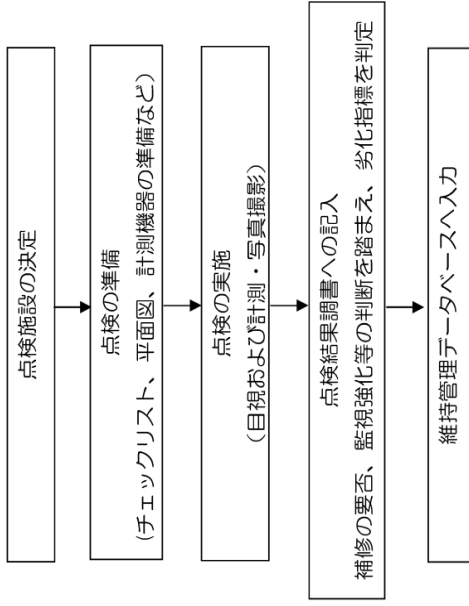
砂浜、水門・陸閘の海岸管理者による維持管理の事例

1. 砂浜の管理マニュアルの事例（大阪府）
2. 水門・陸閘等の管理マニュアルの事例（広島県）

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（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。

○1次点検（職員）手順



○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

水門・陸閘等の管理マニュアルの事例(広島県の例)

- 水門・陸閘等の維持管理マニュアルの事例として、水門・陸閘定期点検要領(広島県)を紹介。
- 機能面と状態面の項目についてトレンド管理と評価を行い、総合評価を実施している。
- 点検結果は、水門・陸閘台帳管理システムに登録。

○対象施設

【施設区分】

- 水門・樋門：ローラーゲート
スライドゲート
：スライディングゲート(マイターゲート含む)
横引きゲート
起伏ゲート

【開閉装置区分】

- 水門・樋門：ワイヤーロープウインチ式
電動ラック式
手動ラック式
電動スピンドル式
手動スピンドル式
- 陸閘：油圧式(起伏ゲート)

【その他設備】

- 『機側操作盤』『管理橋』『付属設備』など

○トレンド管理項目と評価

【維持管理項目(共通)】

- 開閉機能、止水機能、設備全体の劣化度
⇒ 定量化出来ないため段階的定性評価(4段階)

【状態管理(定量化が可能な項目)】

- 電源電圧、動作電流、絶縁抵抗、手動力、自重降下速度、各部材の摩耗、ロープ径、吐出圧力
⇒ 各項目において管理値を設定して評価
管理値の例：電源電圧の場合、定格電圧±10%以下

○総合評価の考え方

評価点	
①	構造の安定性, 第三者被害対策などの観点から, 緊急対応の必要があるもの。
②	応急処置及び改修計画が必要な施設。
③	状況に応じて補修を行う必要があるが, 開閉時に対応が必要なもの。
④	損傷は認められないが, 損傷が軽微で補修を行う必要がない。
⑤	補修・整備を行う必要がない。

水門・陸閘定期点検要領

改訂履歴	日付	備考
H20 版 (Ver.1.0)	2008/04	

港湾企画整備課

目 次

1. 対象施設.....	1
2. 定期点検の内容について.....	1
3. 管理項目と評価の考え方.....	1
4. 劣化状況管理表について.....	1
5. 水門・陸閘台帳管理システムについて.....	2

表・1 トレンド管理項目と評価の手法

表・2 総合評価の考え方

別紙 1 劣化状況管理表〔記載例〕

別紙 2 システム登録のための記載要領

1. 対象施設

施設機能を維持し信頼性を確保するために、以下の項目に分類し定期点検を行う。

【施設区分】

- | | |
|-------|---|
| 水門・樋門 | ○ローラーゲート
○スライドゲート |
| 陸閘 | ○スイングゲート（マイターゲートも含む）
○横引きゲート
○起伏ゲート |

【開閉装置区分】

- | | |
|-------|---|
| 水門・樋門 | ○ワイヤーロープウインチ式
○電動ラック式
○手動ラック式
○電動スピンドル式
○手動スピンドル式 |
| 陸閘 | ○油圧式（起伏ゲート） |

【その他設備】

必要に応じ、『機側操作盤』『管理橋』『付属設備』の項目を追加することとする。

2. 定期点検の内容について

2.1. 調査項目

『水門・陸閘 定期点検調書』（以下点検調書）の通り

2.2. 特殊ゲートの取扱い

原則、上記点検調書により点検を行うことを原則とするが、特殊施設については、以下の要領を参照し点検を行ってもよいこととする。ただし、主管室と協議すること。

ゲート点検・設備要領（案）：（社）ダム・堰施設技術協会
ダム・堰施設基準（案）：（社）ダム・堰施設技術協会

3. 管理項目と評価の考え方

管理項目と評価については、表-1『トレンド管理項目と評価の手法』によるものとする。

また、総合評価については、表-2『総合評価の考え方』を参照の上決定すること。

なお、点検結果については、『水門・陸閘台帳管理システム』へ登録することとする。

4. 劣化状況管理表について

今後、点検頻度の再設定の資料として利用するため、システムへの登録と合わせて作成

させること。別紙・1『劣化状況管理表作成例』を参照のこと。

5. 水門・陸閘台帳管理システムについて

当該システムは、点検結果の蓄積とともに、施設台帳機能を有している。点検に伴い新たに判明した施設諸元・最新の状態（写真）についても登録を行うこととする。

登録に際しては、別紙・2『システム登録のための記載要領』及び操作マニュアルを参照すること。

<システム登録時の留意事項>

図面・写真の解像度は「黒板の文字が判読できる程度」とし、データ形式はJPEGで、概ね100万画素程度（ファイルサイズ 300KB～600KB まで）

表-1 トレンド管理項目と評価の手法

管理項目 ゲート形式 管理値	機能管理(共通)			状態管理(定量化可能な項目)							備考		
	閉鎖機能	止水機能	設備全体の劣化度	電源電圧 定格電圧 ±10% 以下	動作電流 定格電流 以下	総線抵抗 1MΩ以上	手動力 100N以下	自重低下 速度 6m/min 以下	満心レベル キック 圧 1mm以上	アパルト 消耗 設計値の 90%以上		アパルト 消耗 設計値の 70%以下	アパルト 消耗 設計値の 93%以上
ローラーゲート													
ワイヤーブライン手式	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
電動ラック式	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
手動ラック式	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
電動スピンドル式	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
手動スピンドル式	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
スライドゲート													
ワイヤーブライン手式	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
電動ラック式	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
手動ラック式	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
電動スピンドル式	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
手動スピンドル式	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
フラップゲート	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
スイングゲート	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
横引きゲート	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
圧込ゲート	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	

トレンド管理の管理項目 1. 状態管理等 定量化可能な項目は、設計値または公差値を管理値とする。
 (状態管理項目のうち、機能管理項目評価のための参考値とする。)
 例 電圧：200/220V 電流値：電動機定格電流 操作人力：100N以下 等
 2. 定量的な評価が困難な機能管理については、段階的定評値とする。

- 例
- ①：正常な操作では全開または全閉が出来ない
 - ②：何とかなど・全閉操作は出来るが負荷が大きい
 - ③：多少の負荷変動はあるが正常に全開・全閉操作が出来る
 - ④：何の負荷もなく正常に全開・全閉操作が出来る
- 《劣化状態》
- ①：腐食や変形が著しく機能や寿命が短縮されている
 - ②：機能は維持できているが腐食や変形が現れ寿命が短縮されている
 - ③：変形の劣化は少し現れるが機能及び動作にほとんど影響しない
 - ④：変形の劣化や変形・損傷もなく状態は良好である

- 総合評価
- ① 評価①が有り機能が劣化しているもの、あるいは劣化する恐れがあり、早急に整備・補修が必要となる
 - ② 止水機能が評価②があり、所定範囲及び改修計画が必要となる
 - ③ 閉鎖機能が評価②があり、閉鎖時に劣化が必要となる
 - ④ 機能管理項目③があり、多少の劣化が現れるが補修整備の必要がない
 - ⑤ 機能管理全体的に評価④で、補修・整備が必要ない

- 《止水機能》
- ①：止水機能が劣化してゲートに変わる止水刃が不足している
 - ②：水刃が多少の欠損し部分的に止水刃が不足している
 - ③：止水刃に多少の欠損があるが止水刃が止水にあまり影響はない
 - ④：水刃は多少の欠損があるが止水は良好である

- 管理値の基準
- 電源電圧：作動時の電圧が定格電圧の±10%以下
 - 動作電流：作動時の電流が定格電流以下
 - 総線抵抗：1MΩ以上
 - 吐出圧力：リリーフバルブの定格圧力まで上昇すること
 - 操作人力：100N以下
 - 自重低下速度：6m/min以下または、製造メーカーの仕様による
 - アパルトの消耗：アパルトの厚さが1mm以上または製造メーカーの仕様による
 - アパルトの消耗：設計値の90%以下
 - アパルトの消耗：ネジの有効径の厚さの70%以下
 - ロープ径の幅：公称径の7%以下

表-2 総合評価の考え方

評価点	
①	構造の安定性、第三者被害対策などの観点から、緊急対応の必要があるもの。
②	応急処置及び応修計画が必要な施設。
③	状況に応じて補修を行う必要があり、開閉時に対応が必要なもの。
④	損傷は認められないが、損傷が軽微で補修を行う必要がない。
⑤	補修・整備を行う必要がない。

対策区分①
 構造物としての安全性が著しく損なわれている、施設利用者や第三者への被害が予想されるなど緊急に処理することなどが必要と判断できる状態を指す。

対策区分②
 損傷が相当程度進行し、当該部位・部材の機能や安全率などの低下が著しく、少なくとも次回の定期点検までには補修等を行う必要があると判断できる状態を指す。
 【事例】明らかに水密機能を有していない場合（水防時には土嚢対応等の必要があるもの）

対策区分③
 損傷が相当程度進行し、当該部位・部材の機能や安全率などの低下があり、計画的な補修等が必要なもの。
 【事例】操作上問題は無いが、水密ゴムが劣化・変形等により浸水の恐れがある場合。（重機等による開閉が必要なもの）

対策区分④
 損傷があり補修の必要があるが、損傷の原因、規模が明確であり、直ちに補修するほどの緊急性はなく、放置しても少なくとも次回の定期点検までに構造物としての安全性が損なわれることはないと判断できる状態を指す。
 【事例】軽微な変形・機器の調整により対応が可能なもの。

対策区分⑤
 少なくとも、定期点検で知り得る範囲では、損傷が認められない、損傷が軽微で補修の必要がない状態を指す。
 【事例】軽微な錆など

特記事項（何かある場合のみ）
 損傷状況、損傷の原因、損傷の進行の可能性、紛失部材等、当該判定区分とした理由など所見として簡単に記載する。

別紙-1

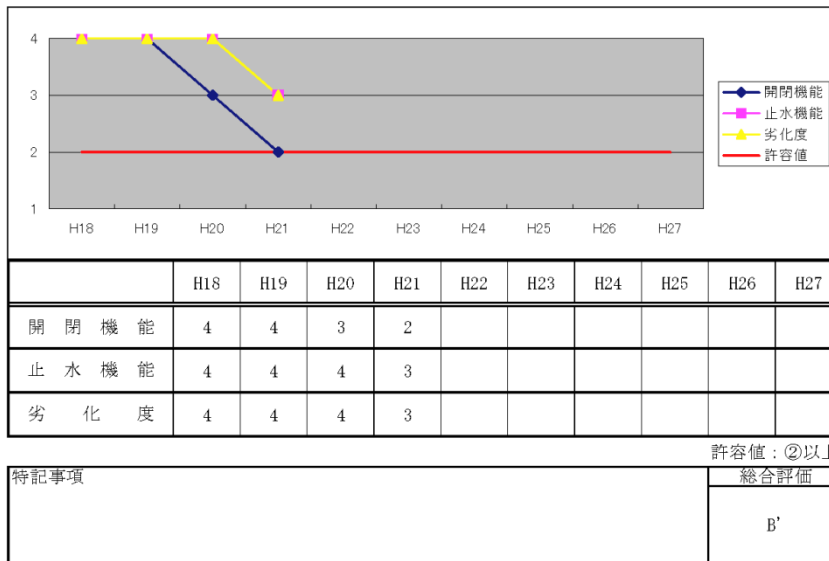
水門・陸閘

劣化状況管理表〔作成例〕

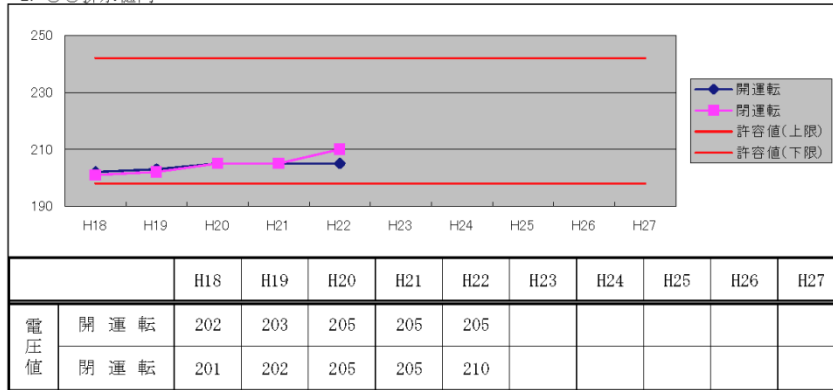
1. ○—○陸開



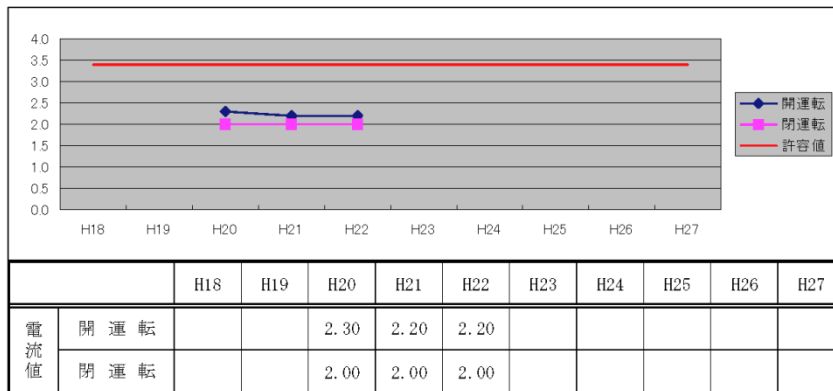
2. ○—○陸開



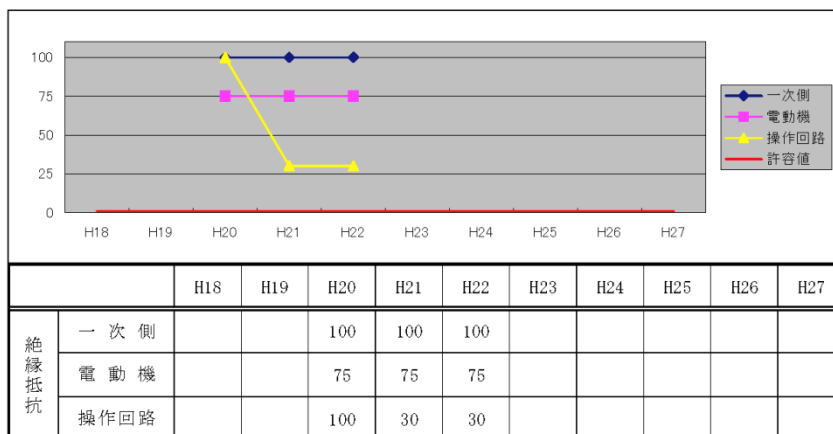
2. ○○排水樋門



許容値：242～198V
(定格電圧±10%以下)

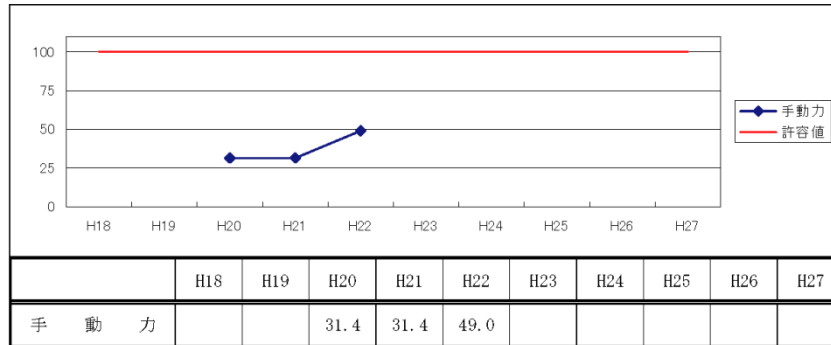


許容値：定格3.40A以下
(定格電流以下)

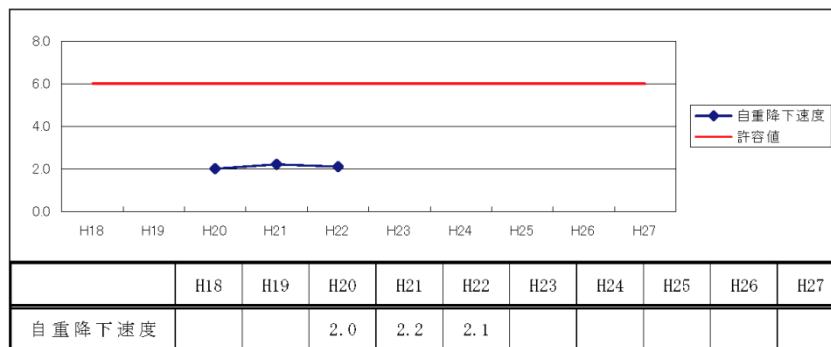


許容値：1MΩ以上

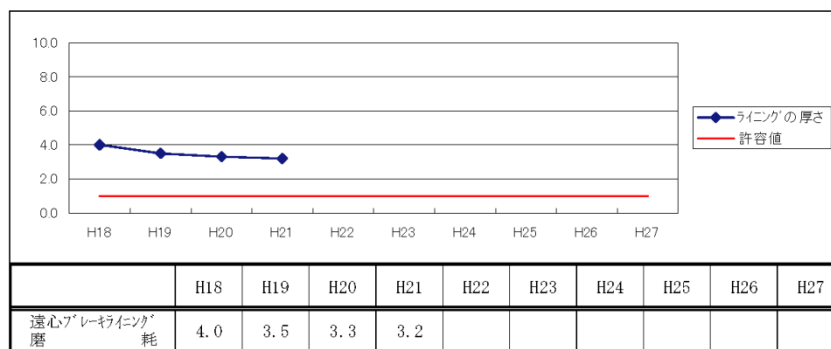
3. ○○排水樋門



許容値：100N以下

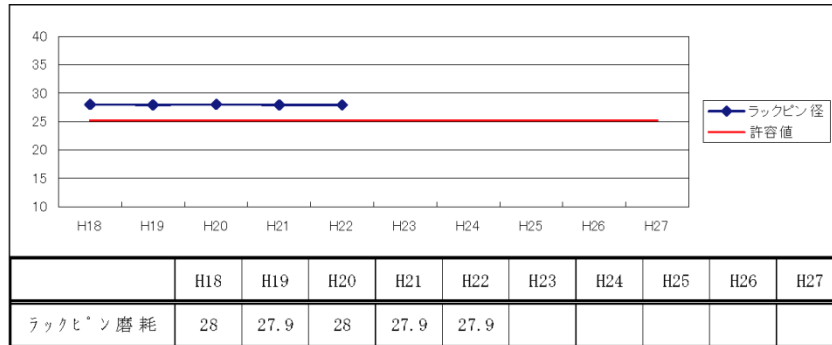


許容値：6m/min以下

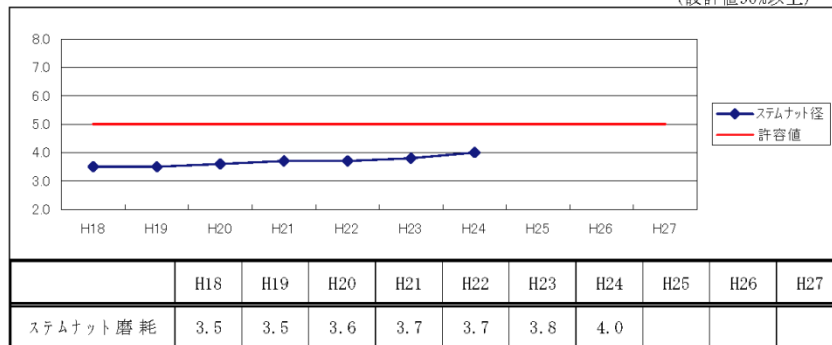


許容値：ライニング厚1mm以上

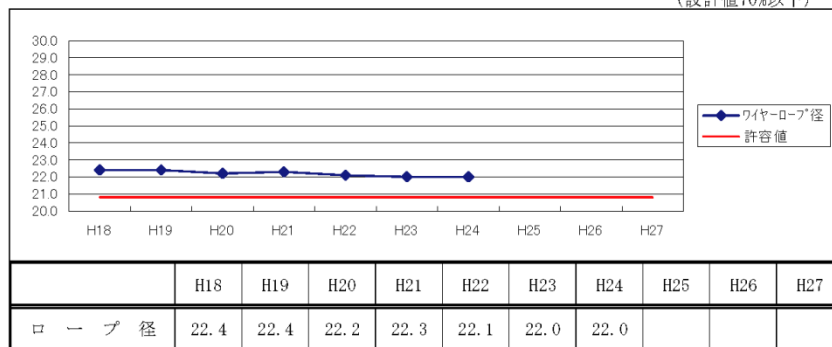
4. ○○排水樋門



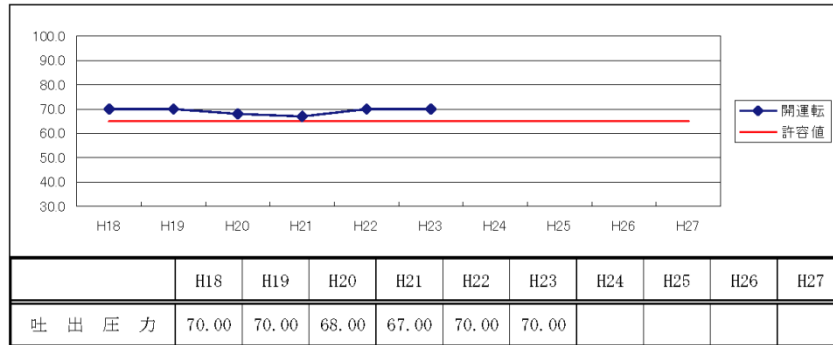
許容値：25.20mm以上
(設計値90%以上)



許容値：5.00mm以下
(設計値70%以下)



許容値：20.80mm以上
(公称径93%以上)



許容値：65MPa以上
(設定圧力まで上昇)

記載要領

本システムは、県（建設局）の保有の施設のみを対象としております。農林局・市町分はシステムからは削除してください。

本システムから印刷したものが施設台帳となります。修正した場合は備付の台帳（紙ベース）も修正を行ってください。

【データベース記載方法】

- 扉番号 地区単位で連番（重複がないように）
- 事務所 各事務所ごと
- 廃止 廃止にする場合（システムに残す場合）
完全に廃止する場合は別途依頼すること。
- 地区名 事務所での委託発注地区ごと
- 管理区分 **港湾・漁港**：港名 ○○港・○○漁港
河川：広島沿岸海岸基本計画の海岸名 ○○海岸
道路：道路護岸又は路線名 道路護岸又は○○線
- 海岸名 広島沿岸海岸基本計画の地区海岸名 ○○地区
(**道路**の場合は空欄でもかまいません)
- 所管 港湾・漁港・河川・道路 より選択
- 種類 陸閘・水門・樋門・招扉 より選択
- 名称（水門・樋門の場合のみ） 個別名称 ○○水門
- 設置門数（水門・樋門の場合のみ） 同型の設置個数
- ゲート形式（水門・樋門の場合のみ）
施設区分 水門・樋門：ローラーゲート、スライドゲート
開閉装置区分 水門：ワイヤーロープウインチ式
樋門：電動ラック式・手動ラック式・電動スピンドル式・手動スピンドル式
その他設備 機側操作盤・管理橋・付属設備（必要により主要なものを選択）
- 形式（陸閘の場合のみ） **引扉**・**片開扉**・**両開扉**・**起伏式**・**角落**・**土囊** より選択
- 有効幅 ゲートの有効幅
- 有効高 ゲートの有効高
- 投影面積 有効幅×有効高
- 水深 設置水深（水門・樋門・招扉の場合のみ）
- 天端高 天端高さ（C.D.L.）＝ 護岸高さ
- 主要用材 耐食アルミ合金・ステンレス製・鋼製・木製 より選択（土囊の場合は空欄）
- 開口部地盤高 設置高さ（C.D.L.）
- 潮位区分 県内 12 潮位観測局区分
- 担当部署 事務所での担当部署
- 閉鎖状況 不明・不良・良好 より選択
- 管理責任者 広島県・○○市 など
- 閉鎖委託先 閉鎖委託業者名または、委託先（市町・民間など）
(FAX 指示書に出ますので、正式名称の記載をお願いします)

- 製作年度 設置年度
- 製作者 設置業者
- 工事名 事業名称
- 運用方法 非常時のみ閉鎖・利用時のみ開放・完全閉鎖
- 点検委託先 点検業者名
- 備考 角落 1 枚対応, フェリー会社との調整が必要などの注意点 など

※数値はすべてm単位

※不明な点は主管室に確認を行なうこと。

海岸保全施設の被災事例

1. 高知県奈半利港海岸における被災事例
2. 福島県中之作港海岸における被災事例
3. 富山県下新川海岸における被災事例
4. 高知県菜生海岸における被災事例
5. 高知県穴内漁港海岸における被災事例

堤防・護岸等の海岸保全施設は、高潮・高波や津波、侵食から背後地を防護する施設であり、自然の作用により形成された多様な地盤上に建設される場合が多く、施設設置後に進行する侵食等で脆弱になり、突発的に来襲する強大な外力で被災することが多くある。

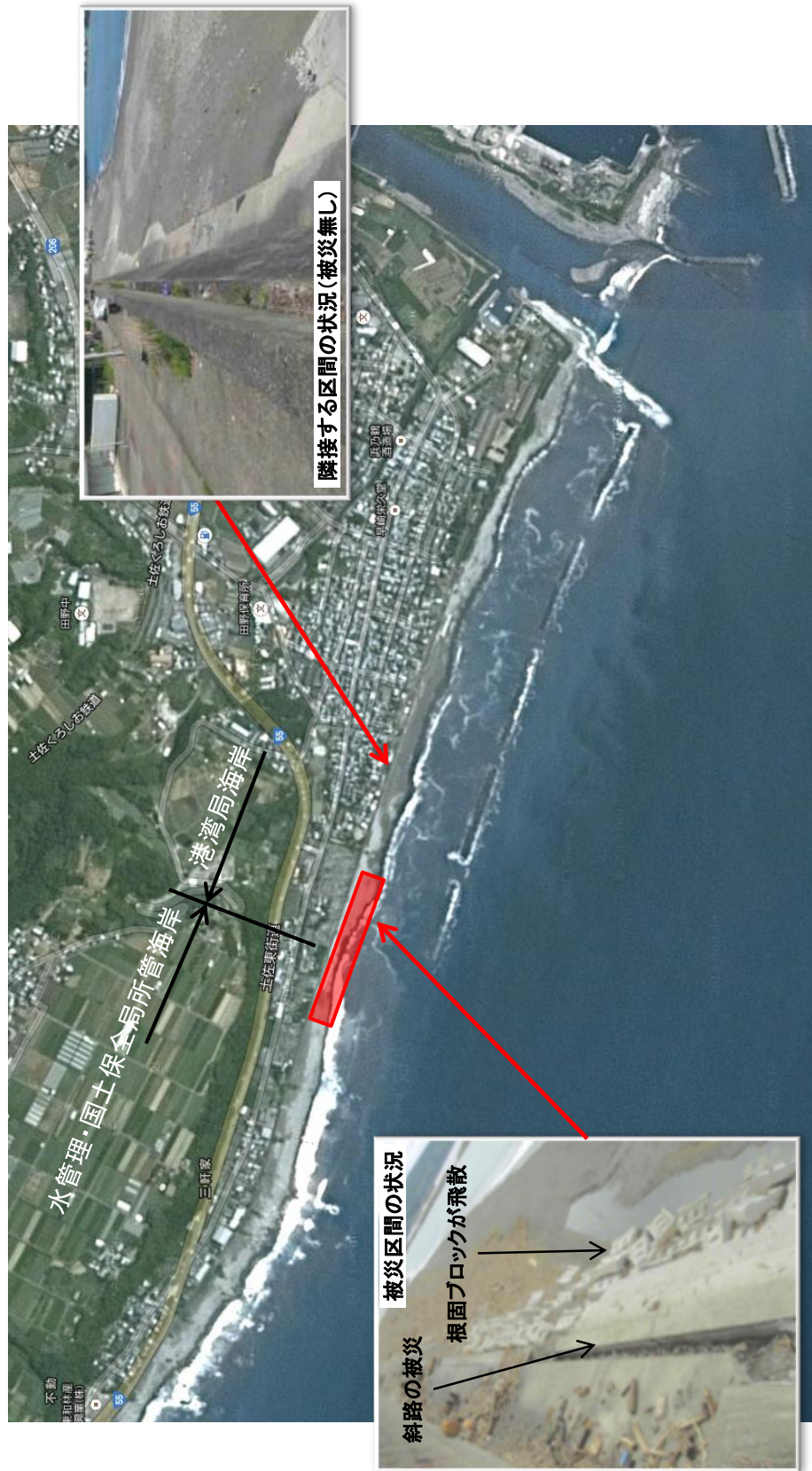
例えば、2004年の高知県菜生海岸の高波災害では観測史上最大の高波の波圧により波返し工が倒壊し、越波による背後地の人的被害が発生した。また、2008年の富山県下新川海岸の高波災害では、堤防建設後の侵食作用により前面砂浜が消失したところに計画を超過する波浪が来襲し、空洞化により堤防が全壊した。

地形等により、劣化・被災が起こりやすい箇所に関する参考資料として過去の被災事例を示す。

1. 高知県 奈半利港海岸における被災事例

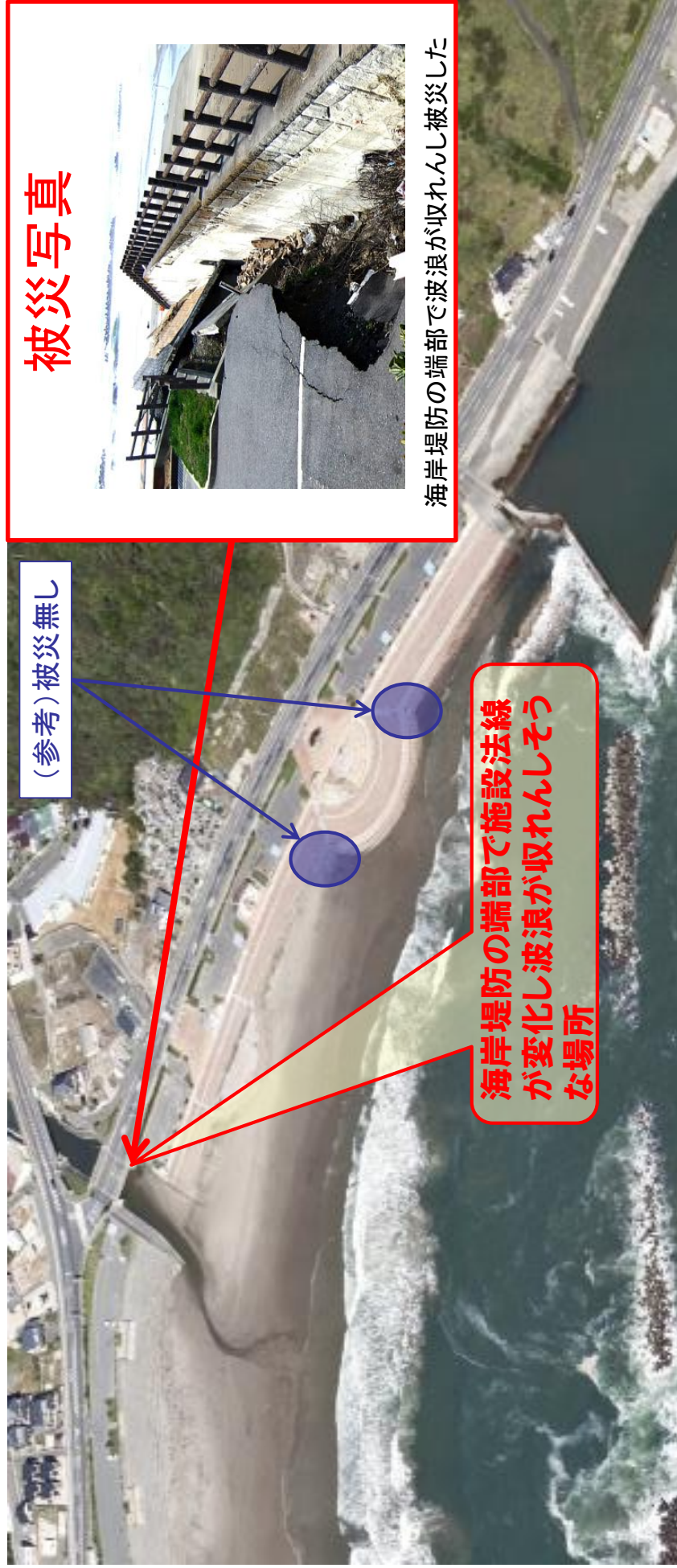
地形等により劣化・被災しやすい箇所の事例

- 高知県奈半利港海岸においては、平成15年の台風10号により、海岸堤防が被災を受けた。
- この施設は設置から20年経過しており、比較的老朽化が進んでいたと想定される。
- 被災を受けた箇所の平面的な位置を確認したところ、屈折回折などにより来襲する波浪が集中(収れん)する箇所(離岸堤の切れ目)において、被災が起きたことが確認できた。
- また、隣接する区間においては、特に大きな被災がなかったことから、屈折回折などにより来襲する波浪が集中(収れん)する箇所においては、大きな外力がきたときに被災しやすいと想定される。



2. 福島県 中之作港海岸における被災事例

- 福島県いわき市中之作海岸においては、平成23年3月11日の東北地方太平洋沖地震に伴う津波により、海岸堤防が被災を受けた。
- 被災を受けた箇所の平面的な位置を確認したところ、被災を受けた箇所は、海岸堤防の端部で施設法線が変化し、波浪が収れんしそうな箇所であった。

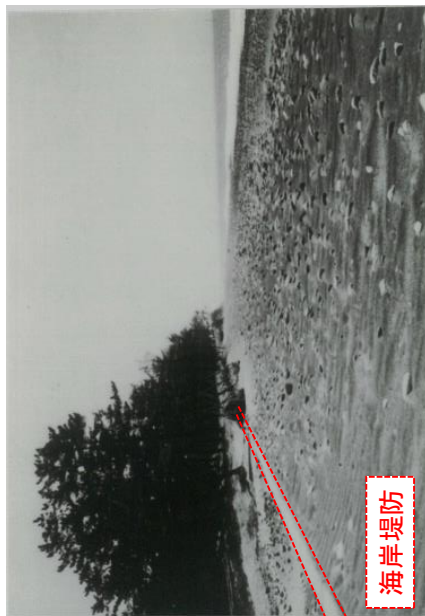


3. 富山県 下新川海岸における被災事例

地形等により劣化・被災しやすい箇所の事例

- 平成20年2月24日、低気圧による激しい高波により、富山県黒部市、入善町及び朝日町の下新川海岸において海岸堤防が倒壊するとともに、越波等による人家の損壊や浸水被害等が発生。
- 観測された最大有義波高及び有義波周期は、下新川海岸の計画波浪を超過。
- 富山県入善町吉原地先付近では、今から100年前の海岸線は現在の位置より150m程度沖側にあったと推測されるが、海岸侵食の進行により砂浜は急激に減少し、現在では砂浜がまったく存在しない箇所が殆ど。
- 前浜が無い状況の下で高波が来襲したため、海岸堤防の消波・根固ブロックが急激な洗掘により沈下・流出・散乱。その後も、高波が継続的に来襲し、海岸堤防ののり先が激しく洗掘され、堤体内の土砂が吸い出され、空洞化が急激に進行、海岸堤防の一部が倒壊した。

● 砂浜の消失(入善町下飯野地先)

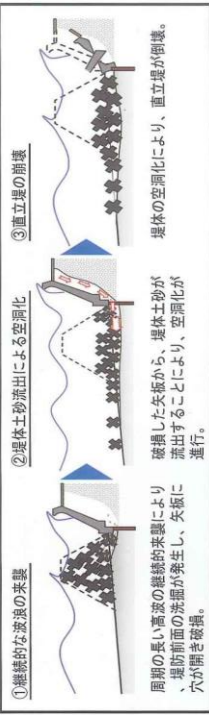


昭和36年



平成15年

● 直立堤の空洞化・倒壊メカニズム



● 倒壊した海岸堤防の被災状況 (入善町下飯野地先)

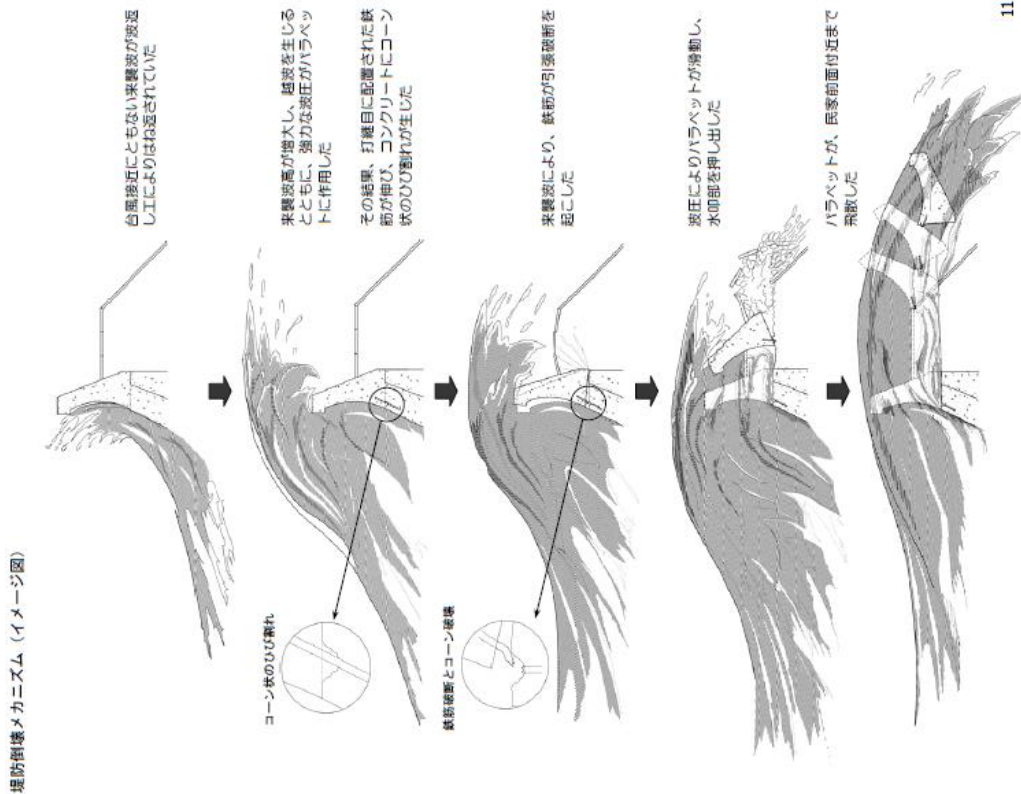
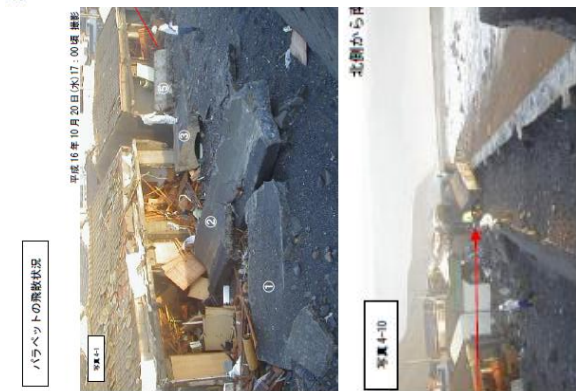


- 堤防前面に砂浜又は、離岸堤等の消波施設があるという前提で設計・施工された堤防等は、波浪が直接堤防に来襲することを想定しておらず、放置しておくこと倒壊のおそれあり。
- 背後に人家が迫っているような箇所では、堤防の倒壊が人命に直結する。
- そのような箇所では、定期的かつ高波来襲後に、巡視、点検を行い、施設機能が十分に確保されていることを確認することが重要。

なばえ 4. 高知県 菜生海岸における被災事例

地形等により劣化・被災しやすい箇所の事例

○平成16年10月20日、台風23号による高波により、高知県室戸市の菜生海岸において海岸堤防が30mにわたって倒壊した。越波等により背後の家屋13戸が被災し、3名が亡くなる被害が発生。
 ○観測された波高は、既往最高値を大きく上回り全国のナウフアス観測史上既往最大観測有義波であった。
 ○強大な波圧がパラペットに作用し、打継ぎ目に配置された鉄筋が伸び、コンクリートにコーン状のひび割れが発生。波圧によりパラペットが滑動し、天端水叩きを押し出し、パラペットが民家前面まで飛散したと推測される。

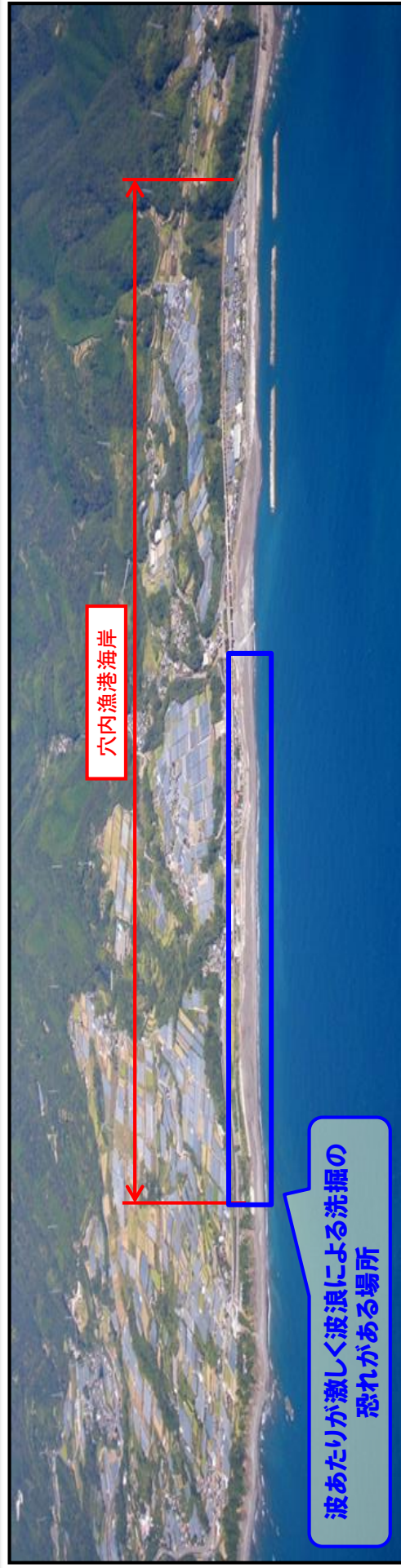


- 背後に人家が迫っている堤防の破堤、超過外力による越波が生じると人命の損失に直結する。
- そのような箇所は、重点監視対象とする必要がある。
- 設計超過の高波来襲が予想される場合には、自治体に避難指示・勧告をだしてもらうよう措置しておくことが重要。
- リスクが高いことについて事前に自治体・背後地住民と情報共有しておくことも重要。

5. 高知県 あなない 穴内漁港海岸における被災事例

地形等により劣化・被災しやすい箇所の事例

- 高知県安芸市の穴内漁港海岸においては、平成23年の台風6号により、海岸堤防が被災を受けた。
- この施設は設置から30年程度経過しており、比較的老朽化が進んでいたと想定される。
- 被災を受けた箇所の平面的な位置を確認したところ、局所的な越波が確認されている箇所において、被災が起きたことが確認できた。
- また、隣接する区間においては、特に大きな被災がなかったことから、局所的な越波が確認されている箇所においては、大きな外力がきたときに被災しやすいと想定される。



海岸法線が変化し波浪が収れんしそうな場所
所で海岸堤防が倒壊した。

参考資料－3 点検に関する技術の例

堤防・護岸等の点検は、目視調査等による主観的な点検に頼る部分もあり、一部施設の劣化状況の正確な把握と異常箇所を発見について、簡便かつ適切な点検技術が必要である。

ここでは、天端高の不足や空洞化を把握する技術の例として、GNSS測量や地中レーダー探査等を紹介する。

(1) 天端高不足の確認技術の例

国土地理院では衛星測位を活用したGNSS(Global Navigation Satellite System)測量による作業効率化の推進が図られている。従来からの水準測量は、計測したい地点までの路線が遠かったり屈曲したりしていると作業が煩雑となっていたが、GNSS測量を活用して標高の測量を実施することで効率的な天端高さの計測が出来る。

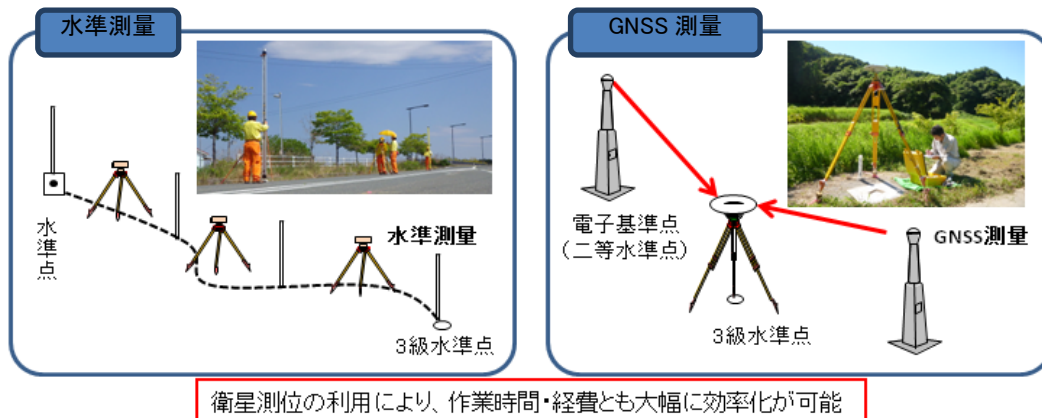


図-1 衛星測位による測量の効率化のイメージ

出典：「スマート・サーベイ・プロジェクト」－衛星測位を活用した測量業務の効率化の実現に向けて－ <http://psgs2.gsi.go.jp/koukyou/public/ssp/>

(2) 空洞化調査（地中レーダー探査）技術の例

目視では確認できない堤体内部の空洞化は、地中レーダー探査によって異常箇所を発見する方法が一般的である。



図-2 地中レーダー探査のイメージ

(3) 水中部の前面洗掘等の調査（ナローマルチビーム測深）技術の例

陸上からの目視では確認できない施設前面の水中部の海底地盤の洗掘は、深淺測量による点検の実施が必要であり、ナローマルチビーム測深機を用いることで面的な計測が可能である。

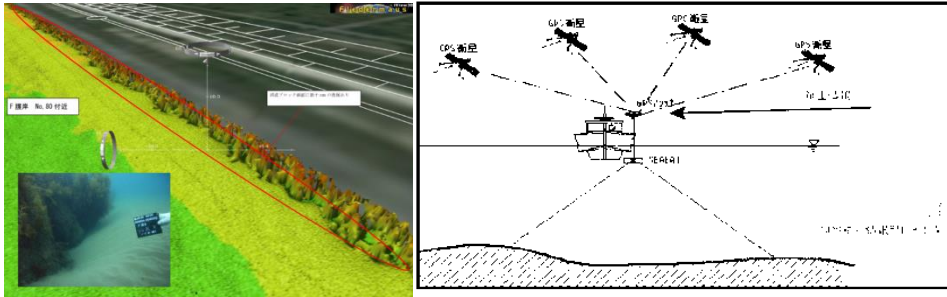


図-3 ナローマルチビームによる深淺測量のイメージ

※このほか、国においては新技術の情報収集や提供等を行って、海岸管理者の維持管理の効率性の向上に資するよう、努めることとする。

参考資料－4 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 P_x 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 P_x は異なるが、本マニュアルでは簡便的に遷移率 P_x を全て同じ値として説明している。

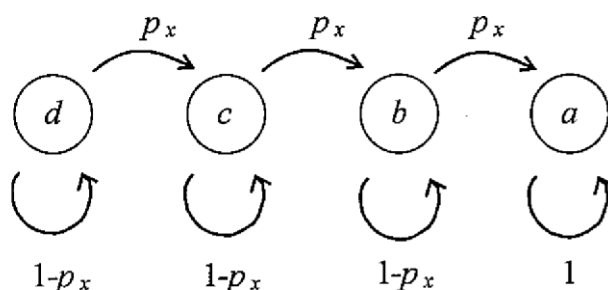


図1.1 定期点検診断結果（a、b、c、d）のマルコフ連鎖推移

(2) 推移確率の算定

具体的には、表1.2、図1.3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 P_x ）を求める。

図1.4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1.2 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

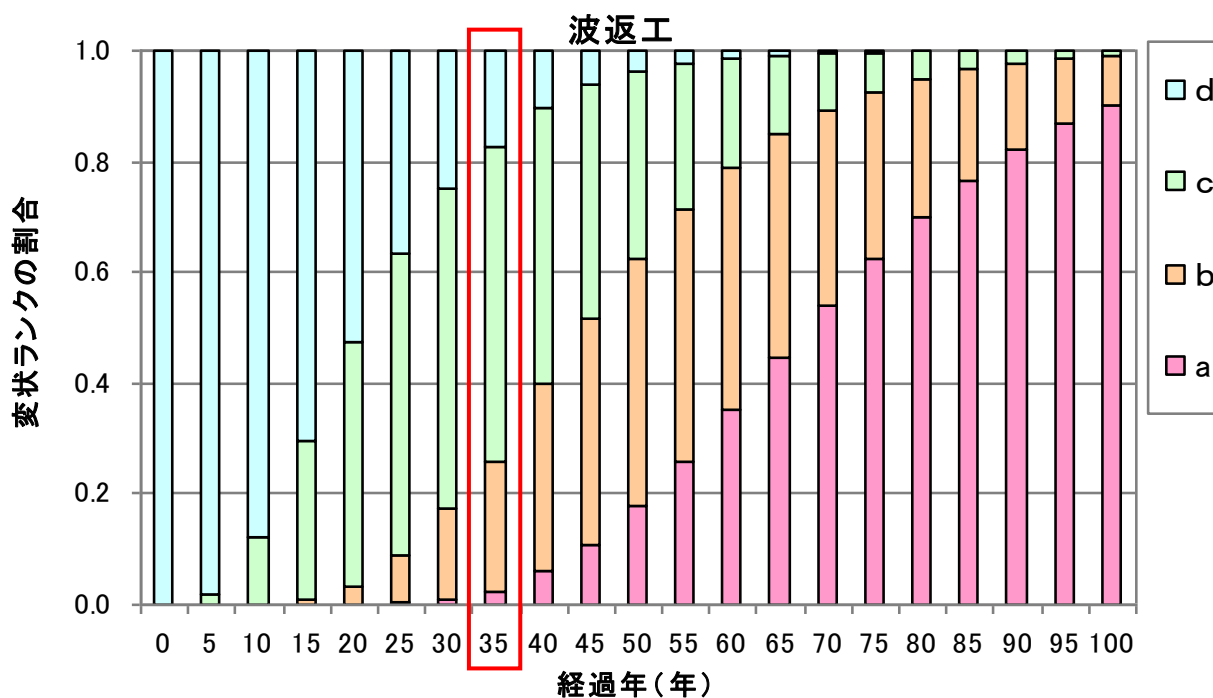


図 1.3 マルコフ連鎖モデルによる劣化予測図（変状割合）の例

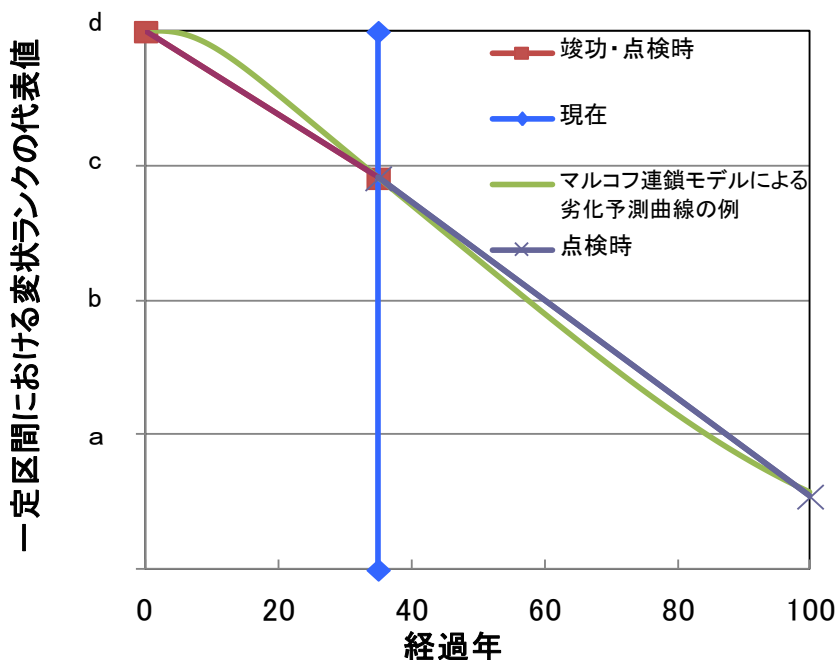


図 1.4 マルコフ連鎖モデルによる劣化予測曲線の例

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、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。

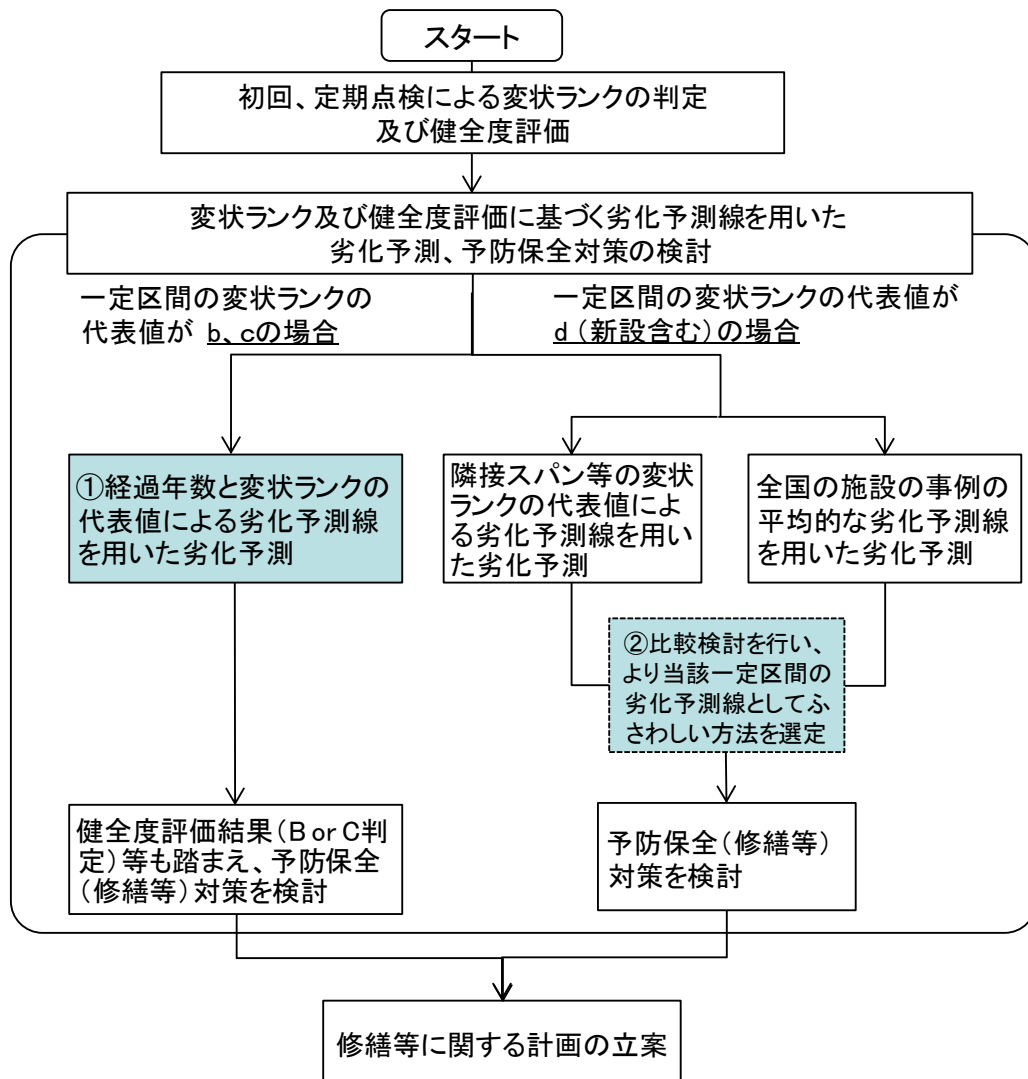


図 2.1 一定区間の代表値に応じた劣化予測手法の選定フロー

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、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。

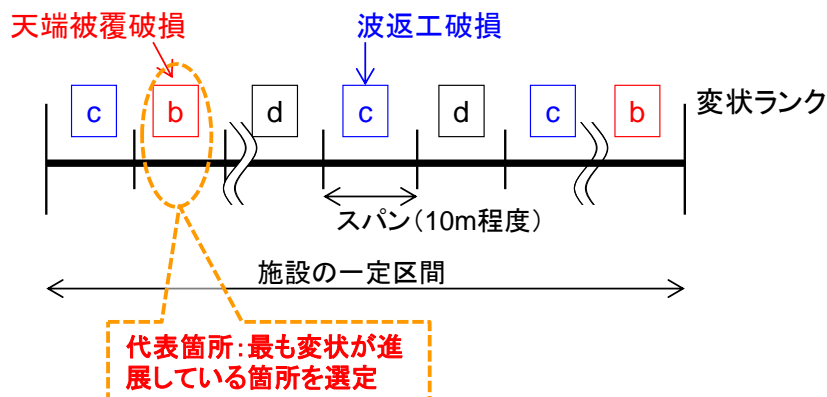


図 2.2 施設の一定区間における変状ランクの整理イメージ

(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 2.3 のように幅を持った劣化予測線を作成する。図 2.3 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 2.3 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 2.3 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 2.3b) 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 2.3b) では提示している。

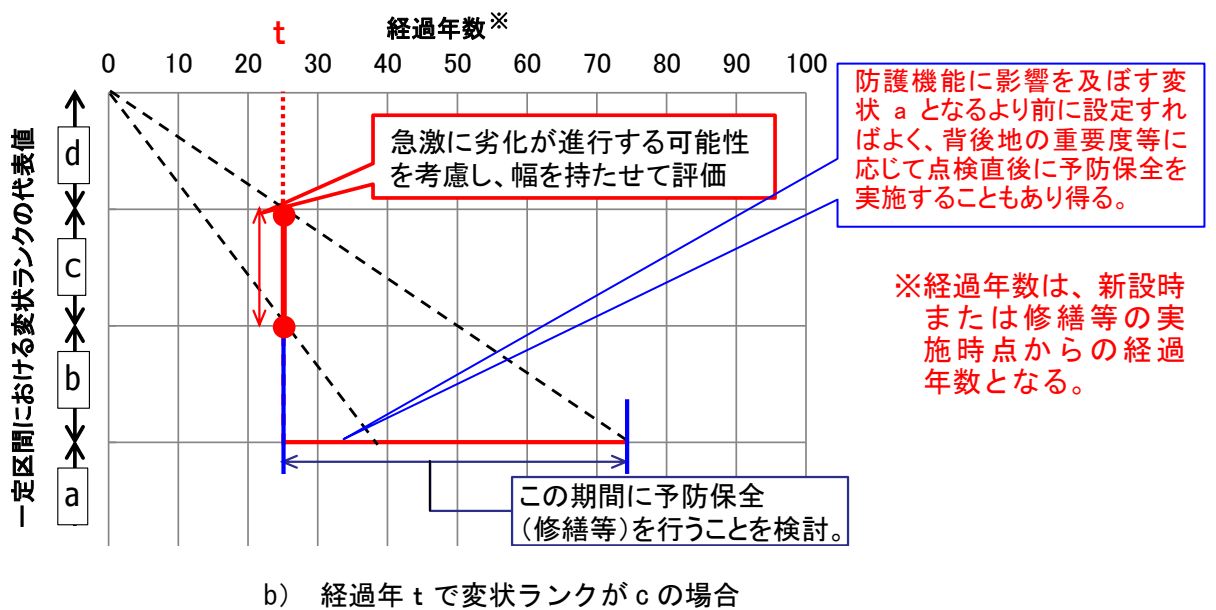
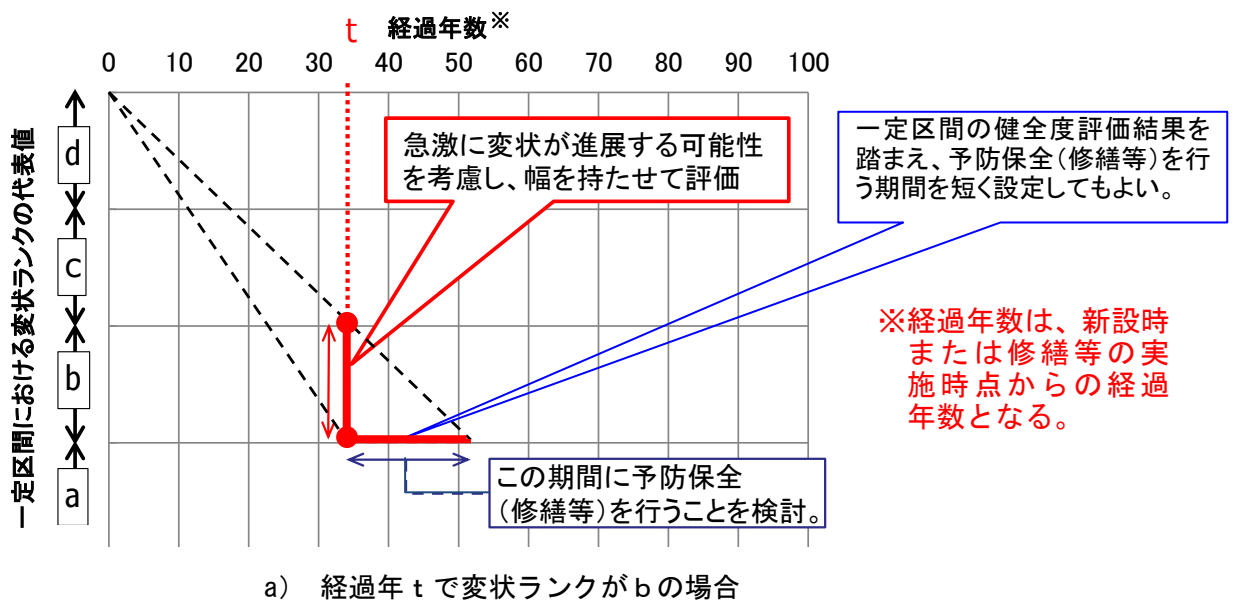


図 2.3 劣化予測と修繕等時期のイメージ

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。

（1）全国の施設の平均的な推移確率の推定

表 2.1、表 2.2 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 2.1 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 2.2 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 2.1、表 2.2 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 2.3、表 2.4 に整理した。

①堤防の場合

表 2.3 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	--	--

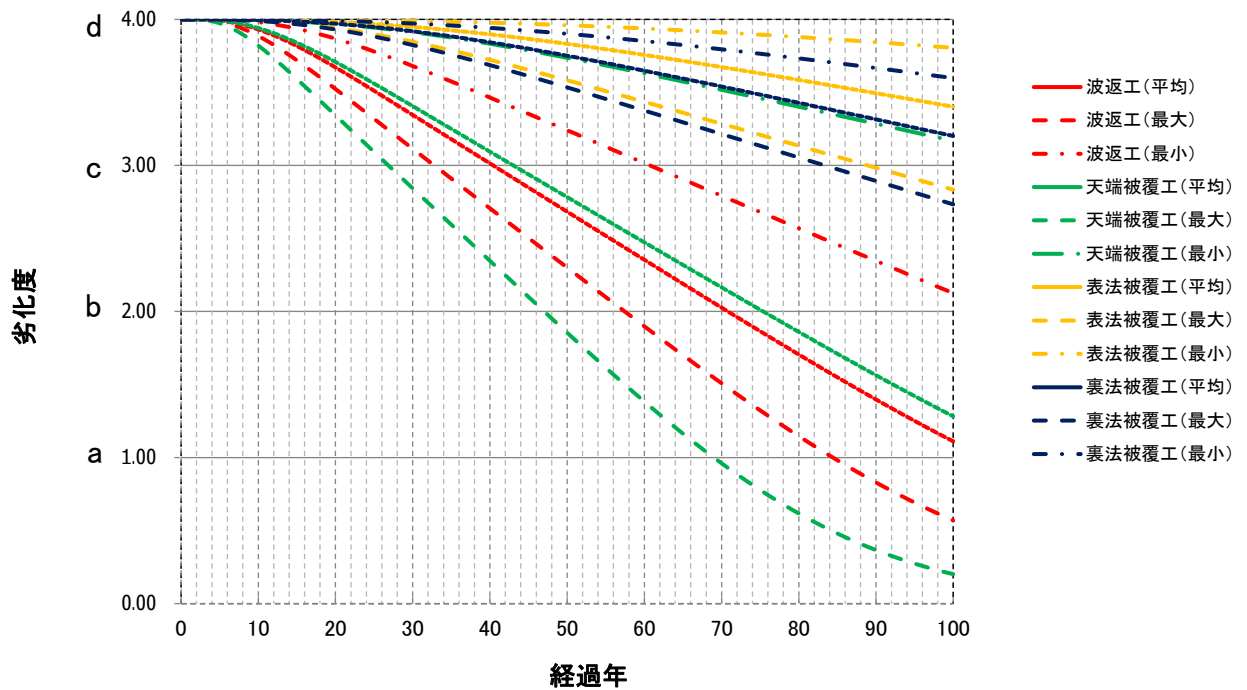
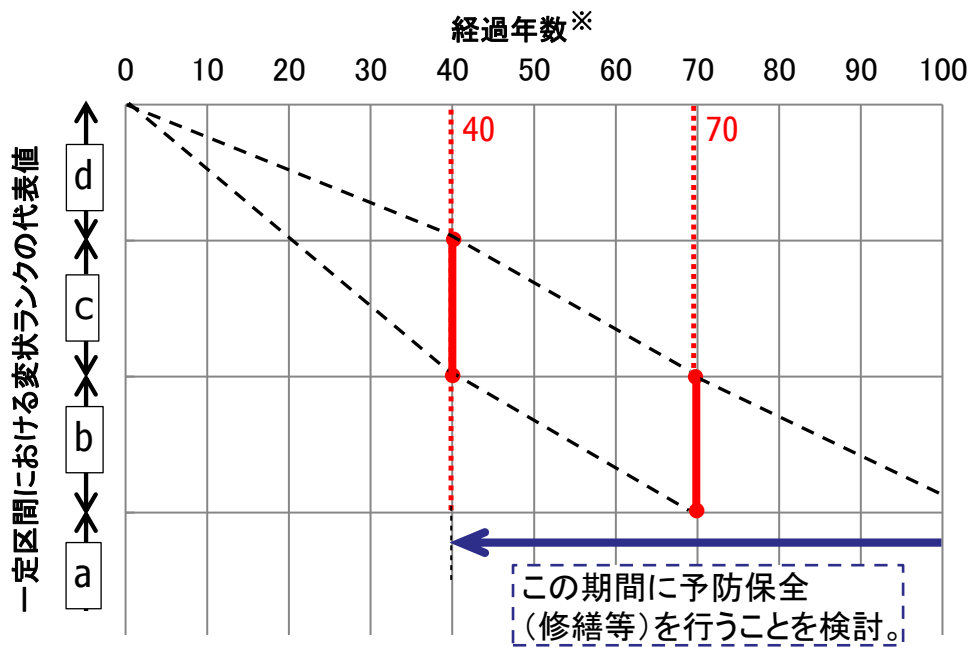
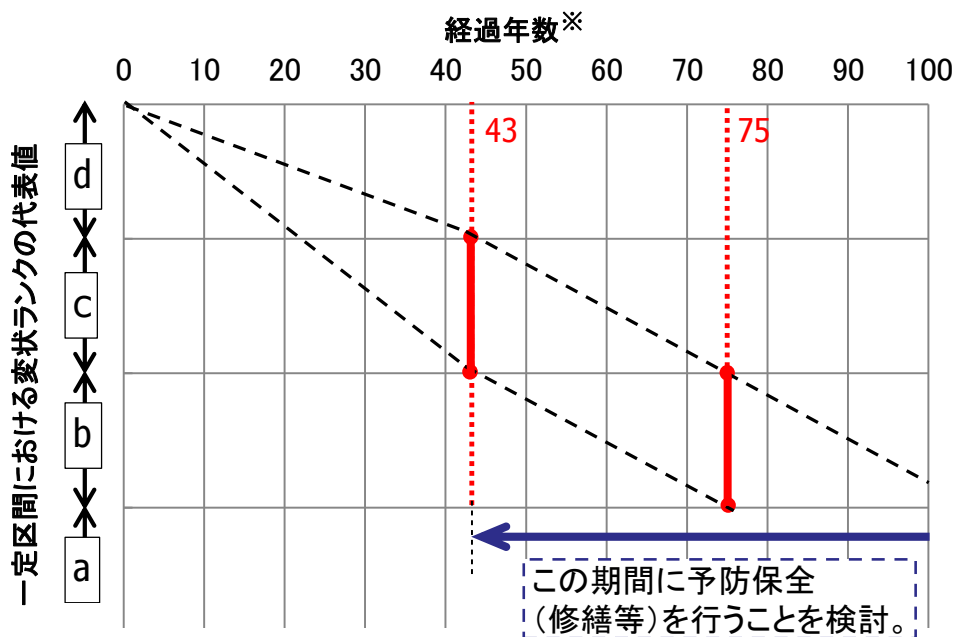


図 2.4 堤防の場合の劣化予測曲線

表 2.3 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。



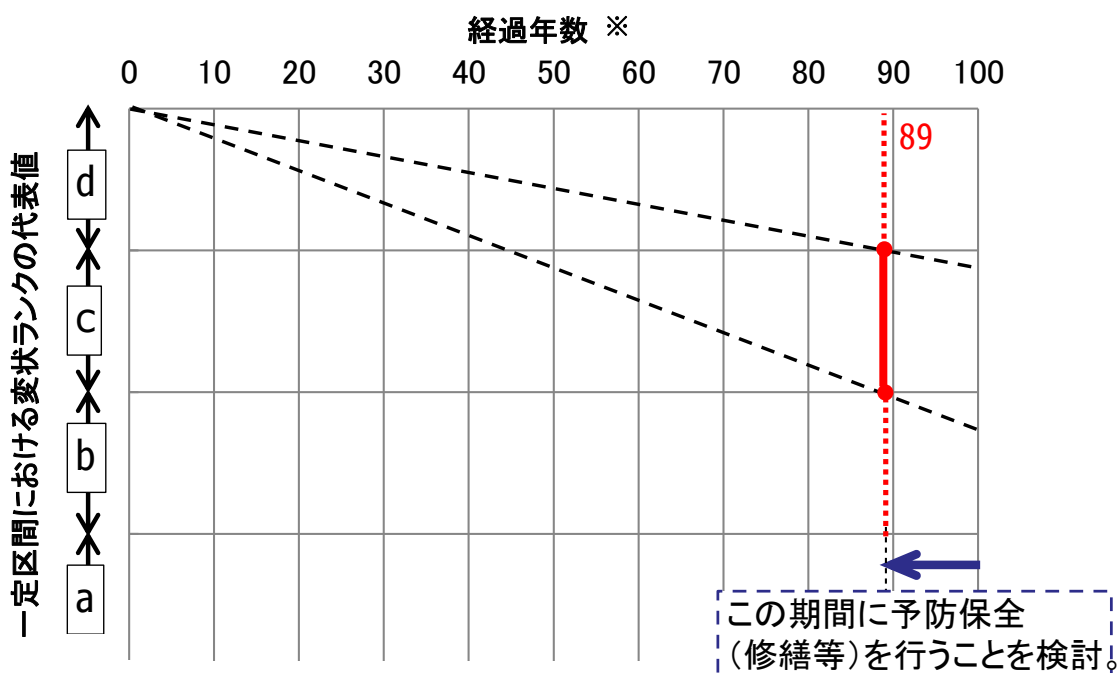
a) 波返工



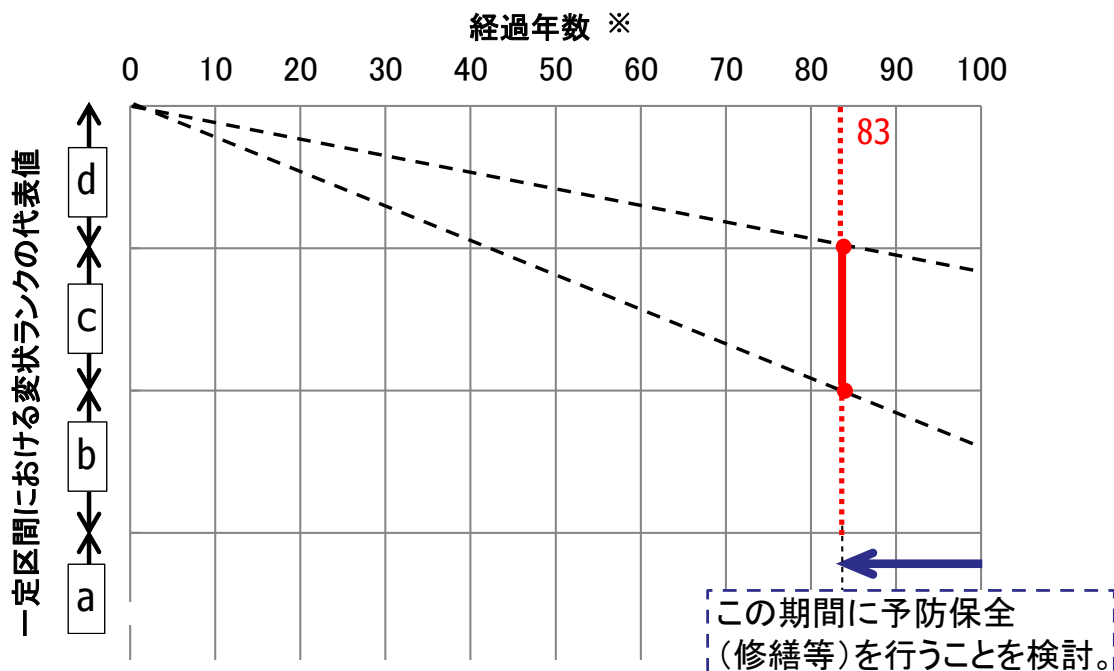
b) 天端被覆工

図 2.5 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 2.6 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 2.4 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

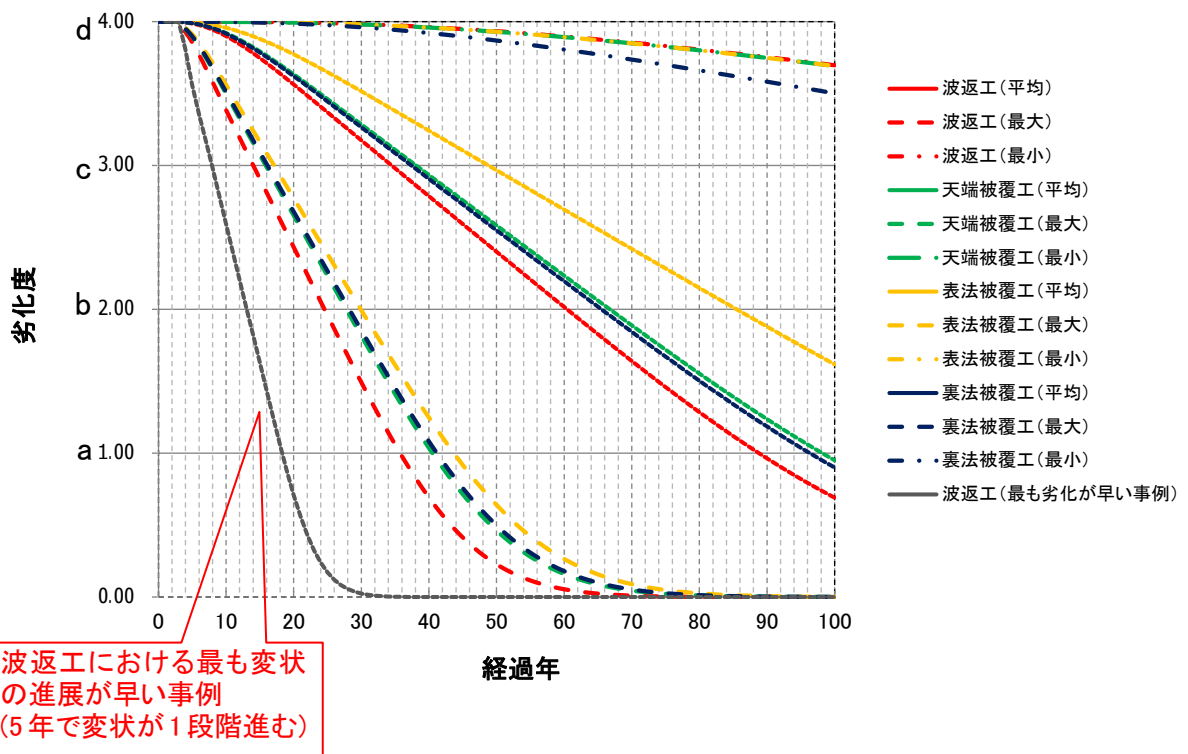


図 2.7 護岸の場合の劣化予測曲線

表 2.4 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。

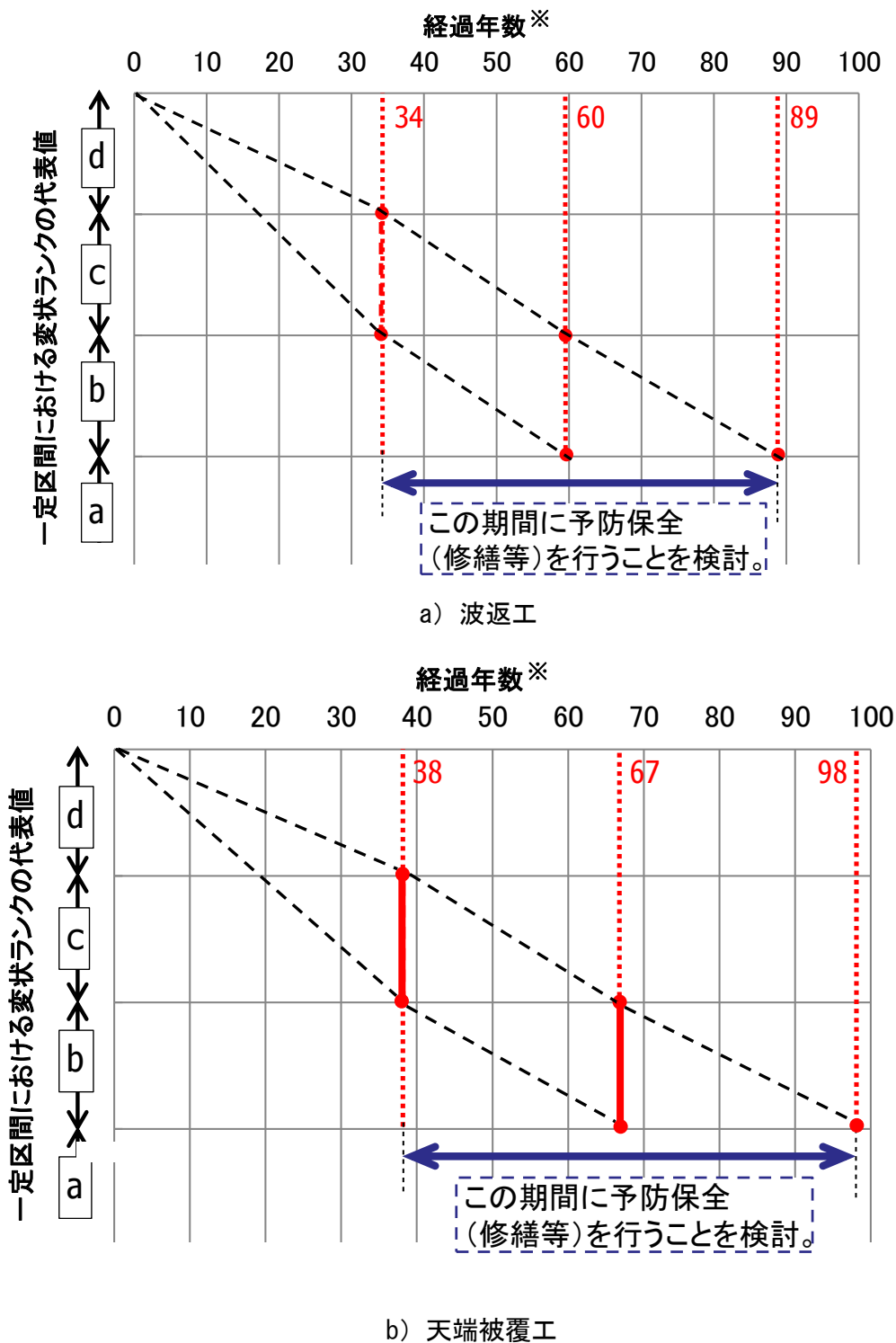
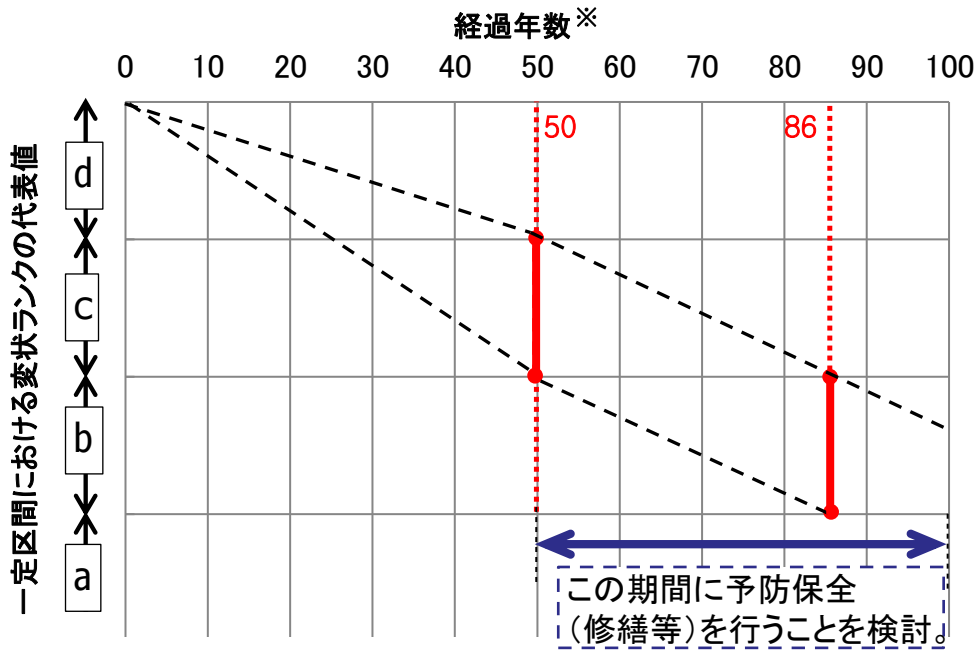
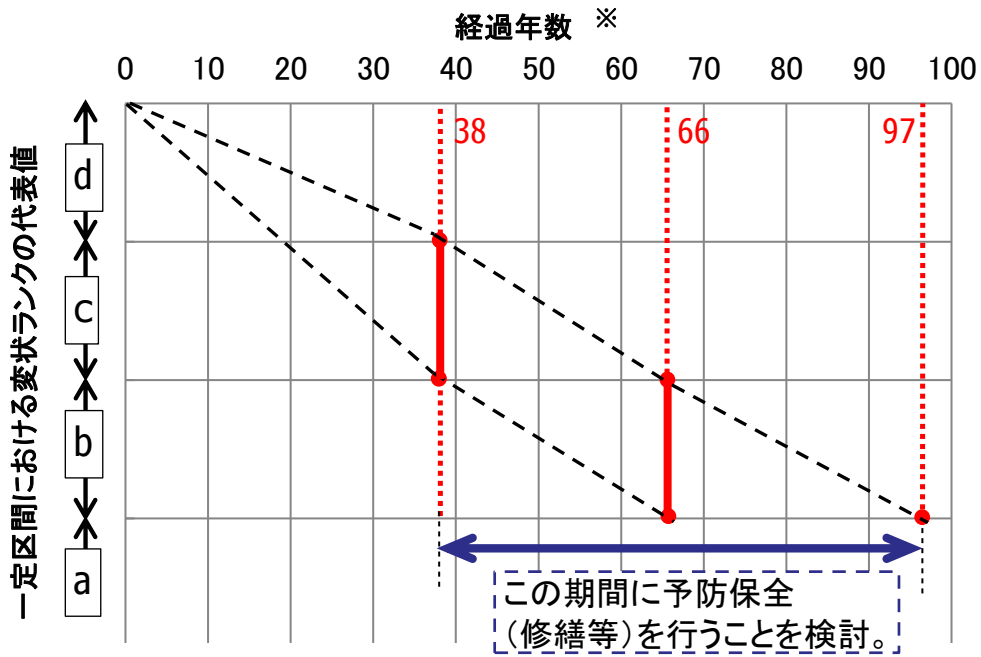


図 2.8 護岸の場合の部位・部材ごとの劣化予測と修繕等の時期 (1)



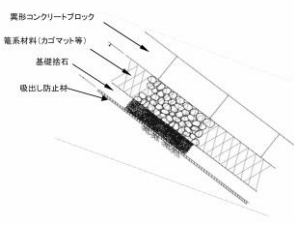

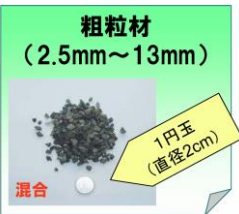

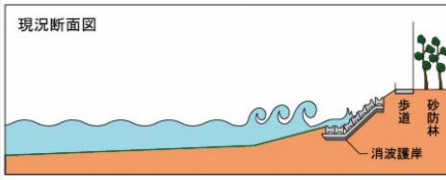

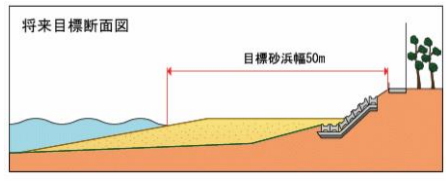

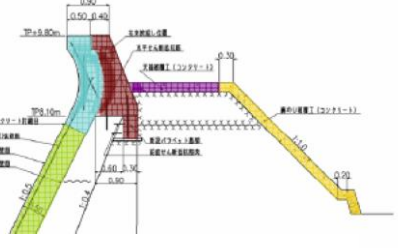
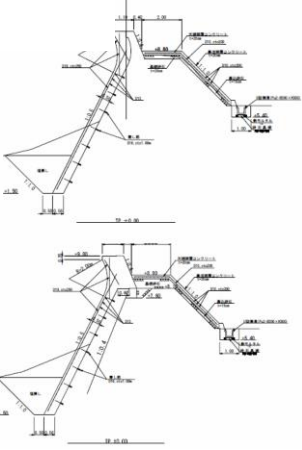
c) 表法被覆工



d) 裏法被覆工

図 2.9 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)

参考資料－５ 対策工法の具体事例の紹介

	概要	図面、事例写真等
宮崎県宮崎海岸住吉地区	<p>【根入れ確保と吸出し防止対策】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・短期的な変動量と局所洗掘深を考慮した基礎工の根入れを確保 ・波に対して安定する構造と厚さとするためにかごマットも用いた吸出し防止対策 	<p>吸出し防止断面</p>  <p>基礎根入れ施工状況</p>  <p>出典：緩傾斜堤の設計の手引き（改訂版）</p>
茨城県鹿島灘海岸	<p>【粗粒材養浜による砂浜の復元】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・粗粒材（2.5mm～13mm）の材料を用いて養浜し、砂浜の安定性を向上 	<p>養浜後写真</p>   <p>出典：土木技術資料 51-7（2009）</p>
神奈川県茅ヶ崎中海岸	<p>【粗粒材養浜による砂浜の復元】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・流用材の砂礫を用いて養浜し、砂浜の安定性を向上 	<p>対策前</p>   <p>対策後</p>   <p>出典：http://www.pref.kanagawa.jp/cnt/f4866/p14019.html</p>
高知県菜生海岸	<p>【パラペットの補強対策】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・大きな波による作用外力（パラペット部作用する引張応力）に対し、主にパラペット部前面の鉄筋で対応する構造 	<p>対策イメージ</p>  <p>施工断面</p>  <p>出典：菜生海岸災害調査検討委員会資料</p>

参考資料－6 今後の課題等

今回、堤防・護岸等の変状の進展や海岸管理者における体制面の実情等を踏まえ、海岸保全施設の維持管理に係る現状の知見やデータをもとに、主に点検方法の改善、長寿命化計画の具体的な策定方法に関する改訂を行った。

今後の知見の蓄積やデータの収集等を踏まえ、効率的・効果的な点検・修繕等に係る技術や劣化予測・健全度評価等に係る手法等に関して、更なる検討や見直しが必要である。