

海面上昇に対する 海岸堤防の性能強化について

国土技術政策総合研究所 海岸研究室

内容

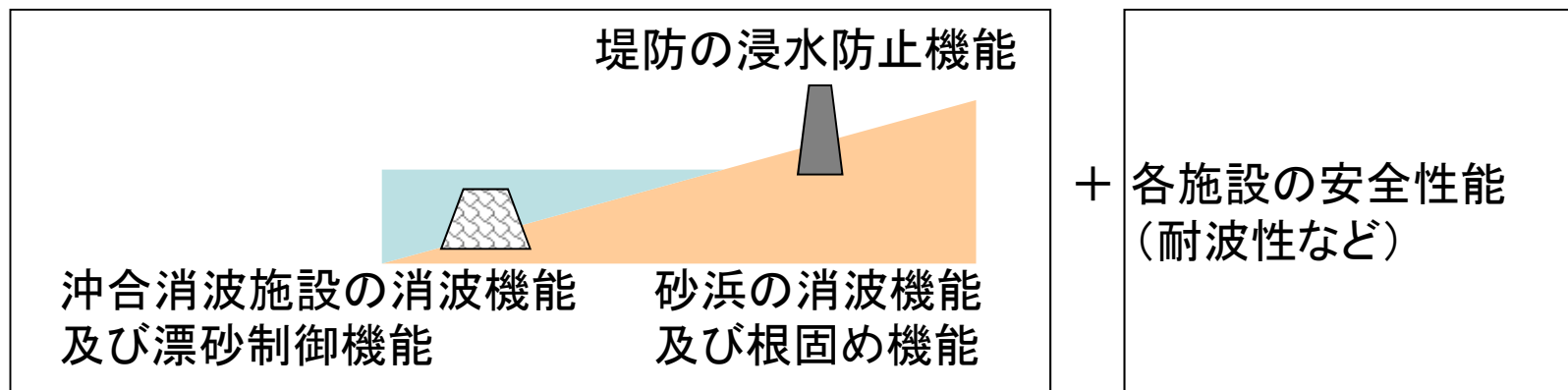
1. 海岸堤防・護岸の被災機構と性能関数
2. 海岸堤防の性能強化のための設計フロー
3. 排水工等を活用した浸水対策

海面上昇に対する海岸防護の適応策

分類	項目	内容
ハード 対策	段階的な嵩上げ	海面上昇に応じた浸水防止機能の確保
	堤防の安全性強化	海面上昇に応じた安全性能の確保
	総合的な土砂管理	侵食によるうちあげ高の増大、堤防安全性の低下を防ぐ
	既存施設の安全性の維持(長寿命化)	老朽化による浸水防止機能及び安全性能の低下を防ぐ
ソフト 対策	海岸水防	水門等の閉鎖、浸水拡大防止措置による被害拡大防止
	情報提供	浸水想定、波浪観測値等の提供による避難行動の促進等

海岸堤防が直面している問題

- ・海面上昇による海岸堤防の浸水防止機能・安全性能の低下懸念
- ・海岸侵食や老朽化が進行している海岸
 - 海岸侵食によるうちあげ高、波力、洗掘の増大
 - 老朽化による安全性の低下
- ・安全性能の現状がわかっていない？
 - 海岸堤防は仕様設計（表法被覆工は厚さ50cmなど）が多い？
 - 設計外力に対する安全性能が照査されていないのではないか



1. 海岸堤防・護岸の被災機構と性能関数

被災事例の分析により被災パターンを分類し、各パターンの発生を評価する性能関数を検討した。

性能関数： $Z=R-S$ （ R :抵抗、 S :作用）

$Z>0$ であれば破壊事象が生起しない

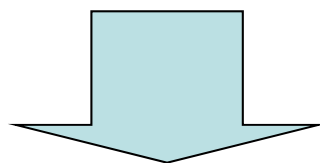
$Z\leq 0$ であれば破壊事象が生起する

海岸堤防・護岸の被災事例整理

対象施設：平成11年以降に被災した河川局所管海岸の堤防・護岸

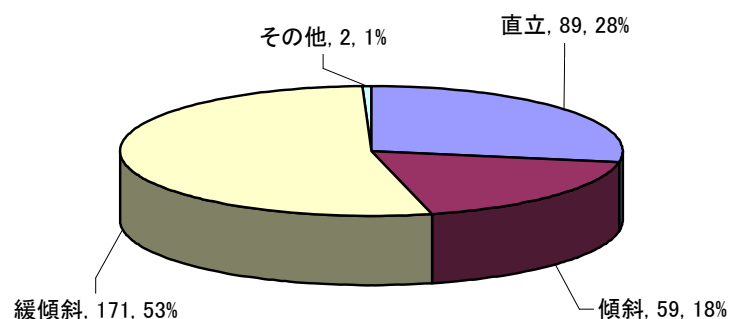
対象機関：都道府県及び地方整備局等

調査時期：平成21年8～9月

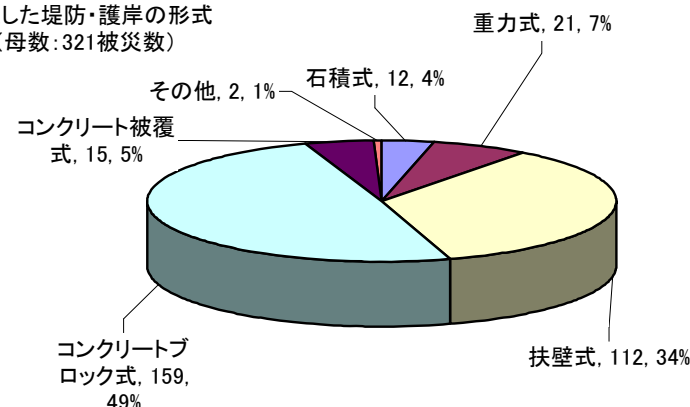


321事例(堤防56、護岸265)を収集

被災した堤防・護岸の形状
(母数:321被災数)



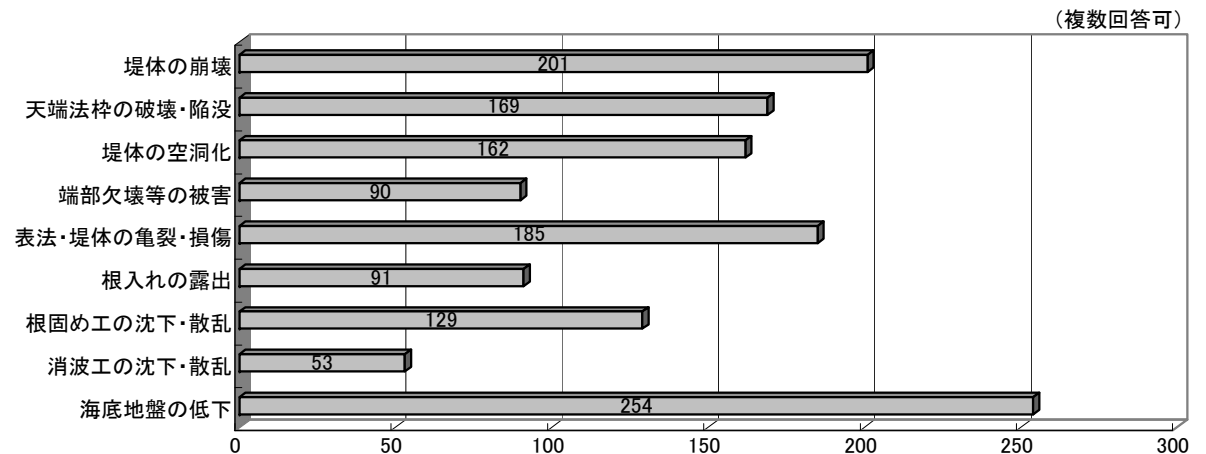
被災した堤防・護岸の形式
(母数:321被災数)



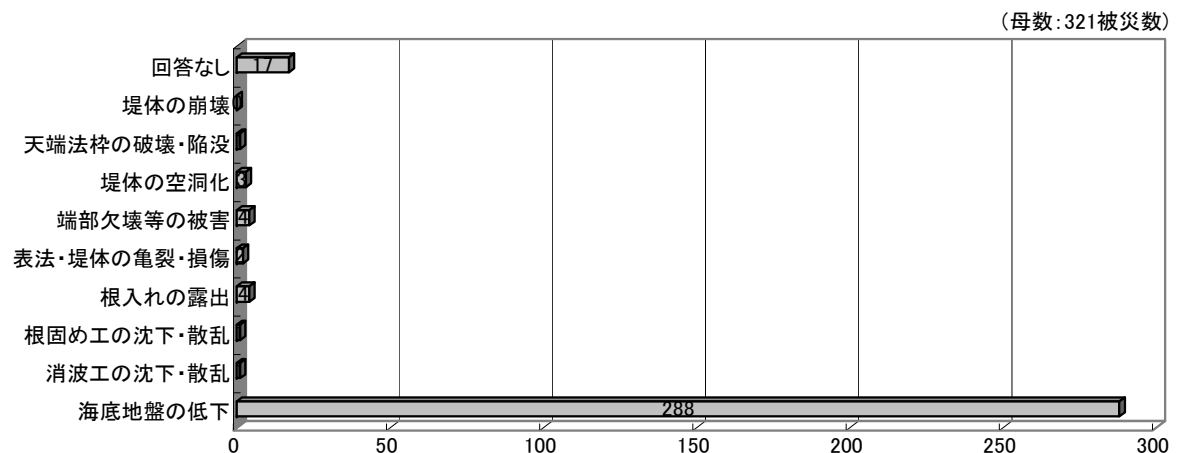
被災形態

「美しい海辺を守るガイドライン」の被災形態(9形態)に基づいて整理

被災に至るまでに確認された被災形態

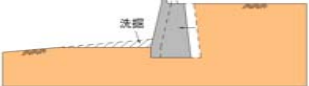
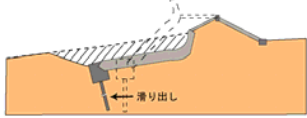
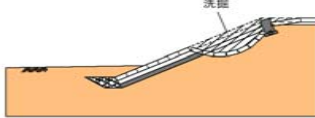
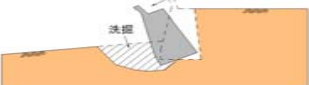
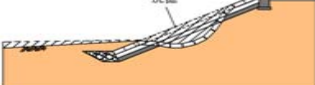
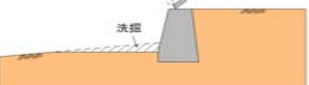
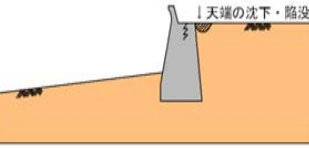
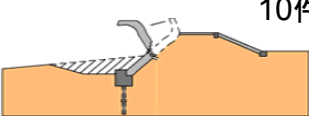
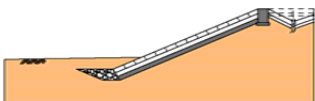


被災に至る初期の被災形態



→「海底地盤の低下」から被災が始まっている

海岸堤防・護岸の被災パターン

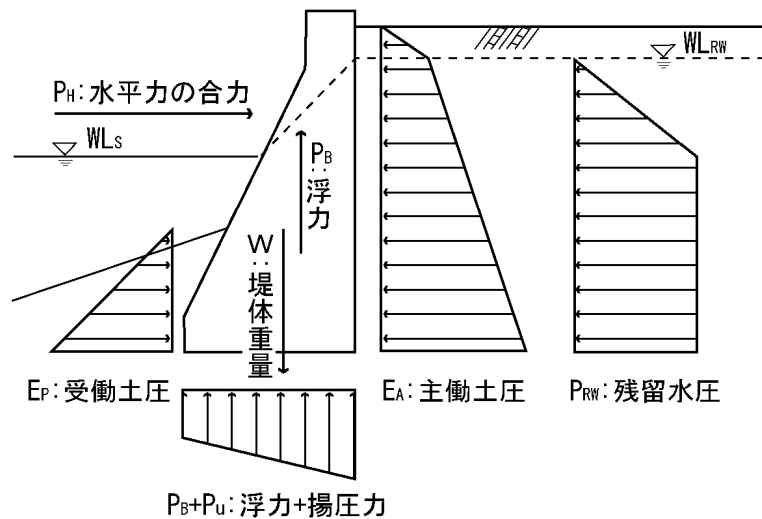
自立構造型 (直立タイプ)	被覆構造型 (傾斜タイプ)	コンクリートブロック被覆 型 (緩傾斜タイプ)
滑動 8件 	下部滑り出し破壊 (滑動) 53件 	上部被災 50件 
転倒 5件 	上部倒壊 6件 	中部被災 35件 
パラペット倒壊 5件 	天端の陥没 15件 	下部被災 68件 
天端クラック・沈下・陥没 2件 	堤体の曲げ破壊 10件 	全体被災 17件 
—	—	天端の陥没 6件 

(その他20件)

性能関数の例(直立、滑動・転倒)

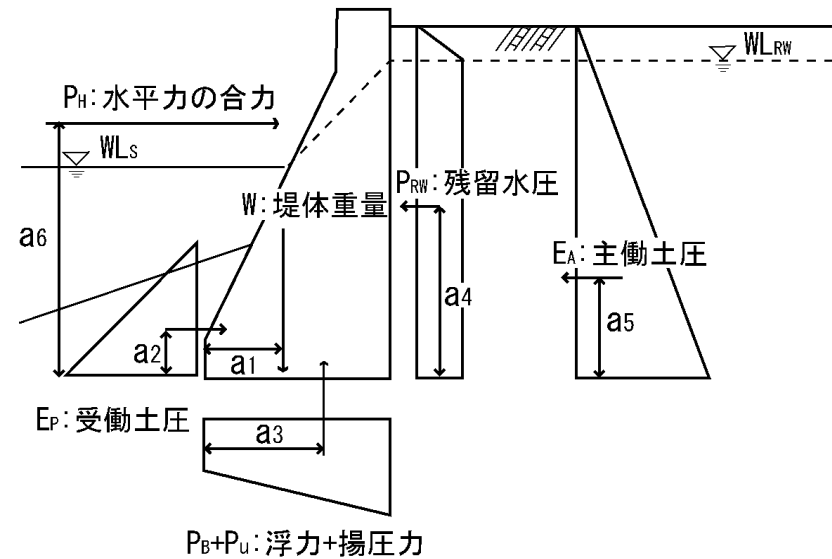
滑動

$$Z = f(W - P_B(wl) - P_u) - (E_A + P_{RW} - E_P - P_H) \leq 0$$



転倒

$$Z = a_1 W + a_2 E_P - a_3 P_B - a_4 P_{RW} - a_5 E_A + a_6 P_H - a_7 P_u \leq 0$$



2. 海岸堤防の性能強化のための設計フロー

海岸堤防の性能強化のための設計フローを整理し、その中で性能強化工法の選定方法を検討した。さらに、各性能強化工法の感度分析を行った。

海岸堤防の性能を強化するための設計フロー

○目的達成性能

越波防止

○安全性能

耐波性、吸い出し・空洞化への安全性など

設計条件の検討

- (1) 設計外力の把握
 - ・波浪、高潮、津波、地震力等の設計外力を把握
- (2) 経年的に変化する自然的な要因の整理
 - ・気候変化に伴う温暖化による平均海水面の上昇量の経年変化
 - ・海浜地形の長期的変化
 - ・広域に発生する地盤沈下量
 - ・高潮による水位上昇および波高変化
- (3) 対象施設の現状把握と将来予測
 - ・海岸堤防施設の健全度評価
 - ・堤防天端高の評価
 - ・コンクリートおよび鋼材等の材料の劣化度
 - ・空洞化の有無
- (4) 周辺環境および社会特性の現状把握と将来予測
 - ・堤防強化工法施工のための用地制約条件
 - ・背後地資産（人口、資産）の推移
 - ・海岸保全施設の必要性の推移

性能強化工法実施箇所の海岸堤防の概略設計

- (1) 海岸堤防の防護目標水準と供用期間の設定
- (2) 性能強化工法の基本的方針の検討
- (3) 性能強化工法の抽出
- (4) 性能強化工法に対するシナリオ策定
- (5) ライフサイクルコストの算出
- (6) 性能強化工法の比較検討
- (7) 最適案の選定

性能強化工法実施箇所の海岸堤防の詳細設計

- (1) 設計条件の検討
 - ・設計潮位、設計波等（現在と将来でそれぞれ設定）
- (2) 構造形式の検討
- (3) 詳細設計の実施
- (4) 施工計画の立案

維持管理計画の策定

- (1) 健全度評価
- (2) 維持管理計画の策定

性能強化工法 選定フロー

以下の点について判定し、必要な対策を抽出する。

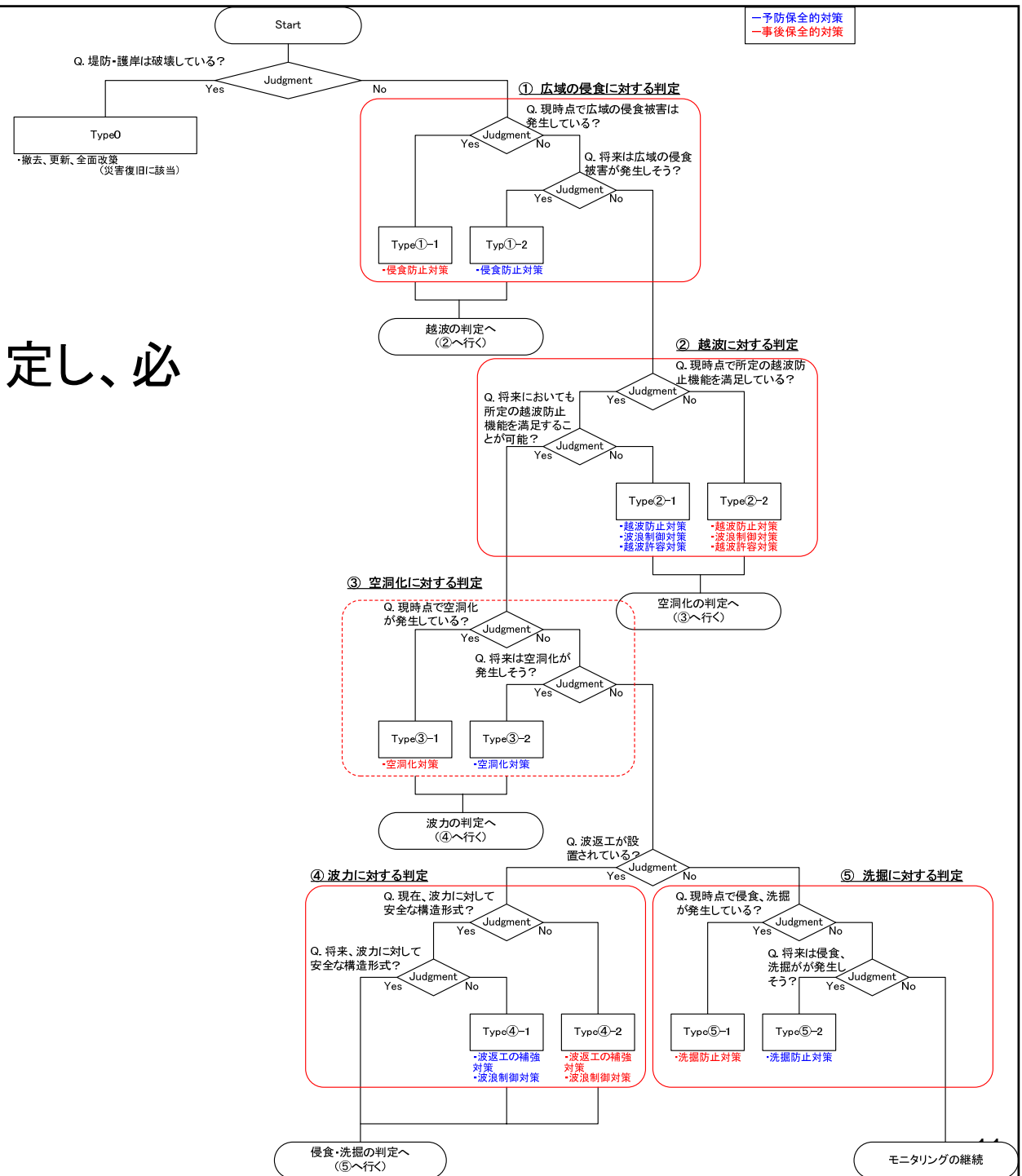
①広域の侵食

②越波

③空洞化

④波力

⑤洗掘



性能強化のための各対策の工法

対策	工法
侵食防止対策	漂砂制御施設、養浜等
越波防止対策	堤防の嵩上げ
波浪制御対策	消波施設、養浜等
越波許容対策	排水工、二線堤
空洞化対策	止水工、土砂充填、地盤改良等
波返工の補強対策	腹付け等
洗掘対策	根固工、養浜等

各対策の性能強化効果の感度分析

対象施設：A海岸B地区の堤防

外力諸元：換算沖波波高4.0m、周期12.2秒、計画高潮位1.02m

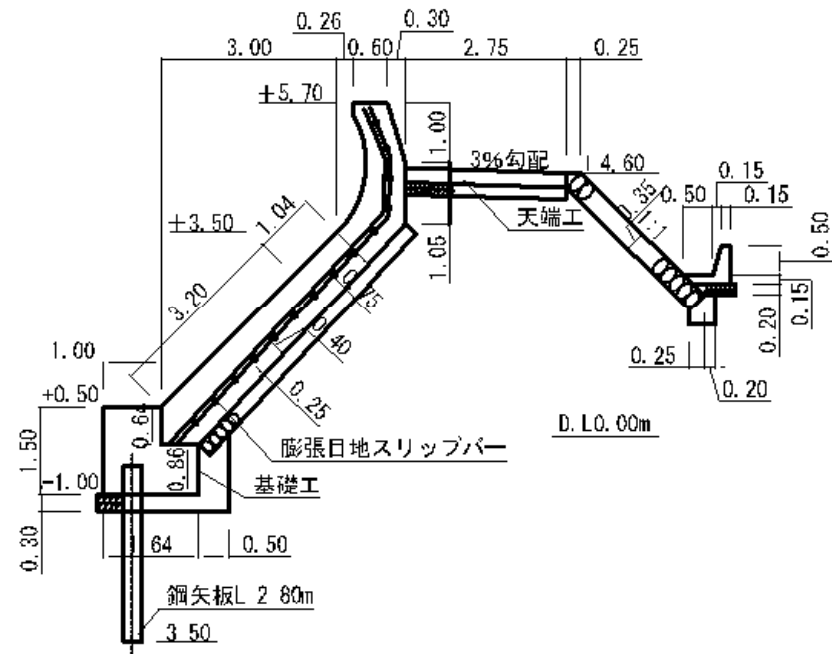
（さらに海面上昇を考慮）

○目的達成性能の変化

堤防嵩上げ、消波工、養浜、
洗掘防止対策

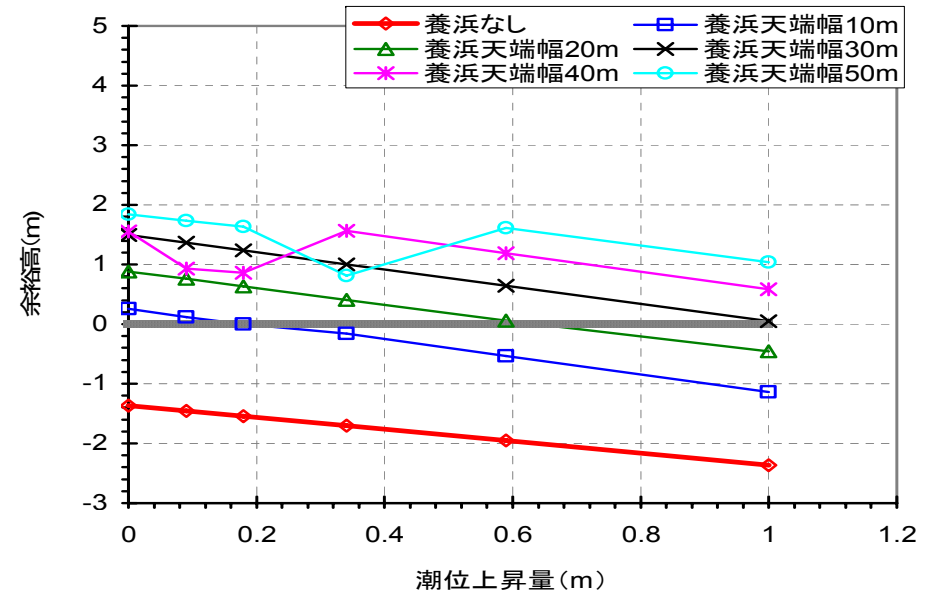
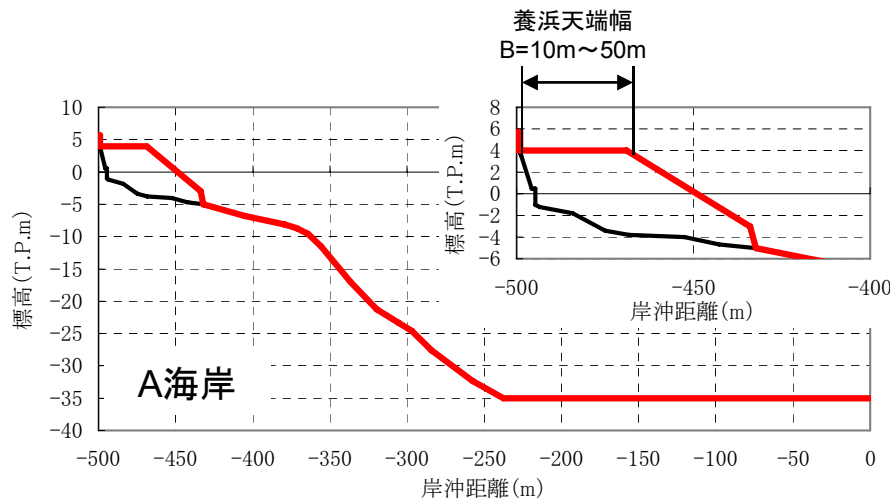
○安全性能の変化

空洞化対策、消波工、鉄筋の
腐食対策



目的達成性能の変化(養浜)

消波工の代わりに養浜を実施



- ・消波工を撤去し、養浜を行わないと、堤防高が1.4m不足する。
- ・天端幅10mの養浜を実施することで、堤防高の不足は解消される。しかし、その後に海面上昇が生じると、堤防高は再び不足する。
- ・潮位が1m上昇しても堤防高が不足しないようにするためには、天端幅30mの養浜が必要となる。
- ・天端幅が大きくなるにつれて、天端幅増加によるうちあげ高の低減量は小さくなる。

海岸堤防の性能強化における課題

まとめ：

- ・被災事例の分析により被災パターンを分類し、各パターンの発生を評価する性能関数を検討した。
- ・海岸堤防の性能強化のための設計フローを整理し、その中で性能強化工法の選定方法を検討した。

今後の課題：

- ・安全性能の現状把握（点検、評価）
- ・安全性能の劣化予測（材料劣化、侵食の進行など）
- ・性能関数の精度向上（被災機構の解明など）
- ・信頼性解析や浸水リスク算定への活用

3. 排水工等を活用した浸水対策

排水工等の設置状況を把握した上で、背後地の浸水対策の一つとして、排水計画の策定方法及び排水工等の設計フローを検討している。

高波対策検討委員会の間とりまとめ(H20.8)

今後の対策の基本的方向

(1) 海岸保全に関する基本的方向

- ① 下新川海岸における海岸保全対策の推進
- ② 前面の砂浜が著しく侵食した海岸堤防等を対象とした全国的な対策の実施
- ③ 背後地の浸水対策の全国的な見地からの検討
排水路網等越波の貯留施設、排水路などの管理用通路、副堤(二線堤)等について、全国における事例の分析を行うとともに、多様な整備手法のあり方等を検討する。

(2) 水防活動や避難等に関する基本的方向

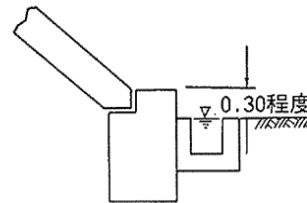
- ① 下新川海岸における水防活動の充実等
- ② 高波災害に関する全国的な水防活動の充実
- ③ 避難や復旧に関する全国的な支援

技術基準での取り扱い

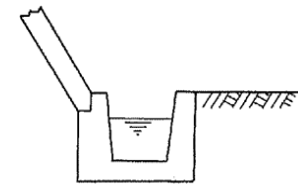
現行基準(海岸保全施設の技術上の基準)

排水工: 解説に、越波流量の推定と、これを流下できる断面の確保を記述

副堤、潮遊び: 記述なし



(a) 排水工と根留工を分離した構造



(b) 排水工と根留工を兼用した構造

旧基準(改訂海岸保全施設築造基準)

排水工: 「堤防には、原則として裏のり尻に排水工を設けるものとする。」

潮遊び: 「潮遊びの設計に当たっては、湛水の深さ及び湛水時間が許容範囲におさまるように堤体及び基礎地盤の透水性、排水設備の機能、流出量、堤外水位、背後地の利用状況等を考慮して、その規模を決定するものとする。」

副堤: 記述なし

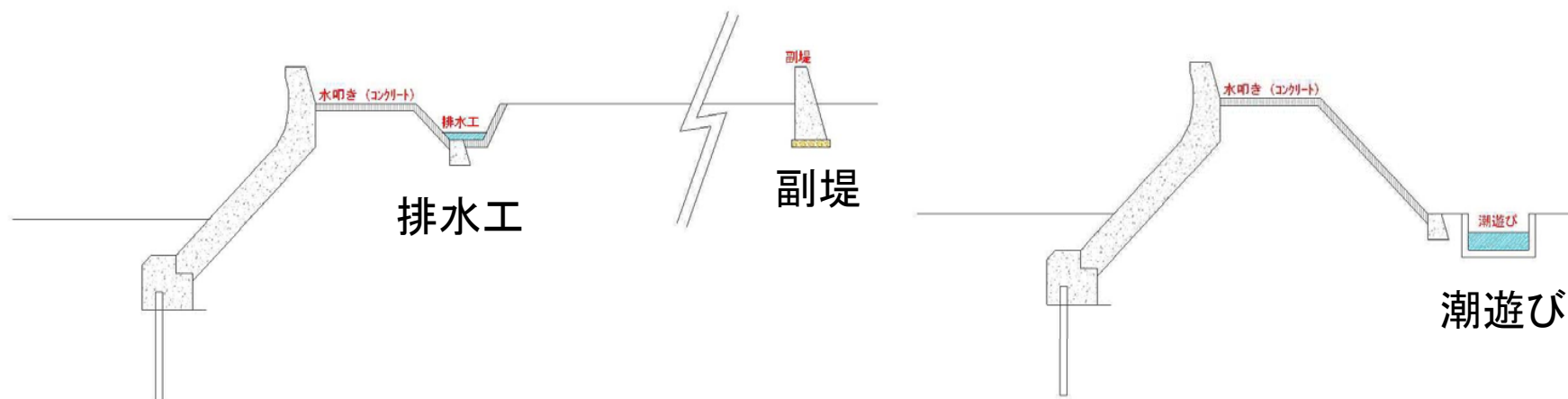
排水工等の浸水軽減施設に関する実態調査

目的：海岸堤防及び護岸に設置された排水工等の整備・管理状況を把握する

調査対象：後背地の地盤高が堤防・護岸の天端高より低い地区で、堤防・護岸から概ね30m以内に民家や公共施設が立地する海岸で、計画沖波波高が概ね7m以上（瀬戸内海にあっては3～4m以上を目安）に設定されている河川局所管海岸（3,482地区）

調査時期：平成21年3月

調査項目：排水工・副堤・潮遊びの有無・諸元、排水施設の維持管理状況など

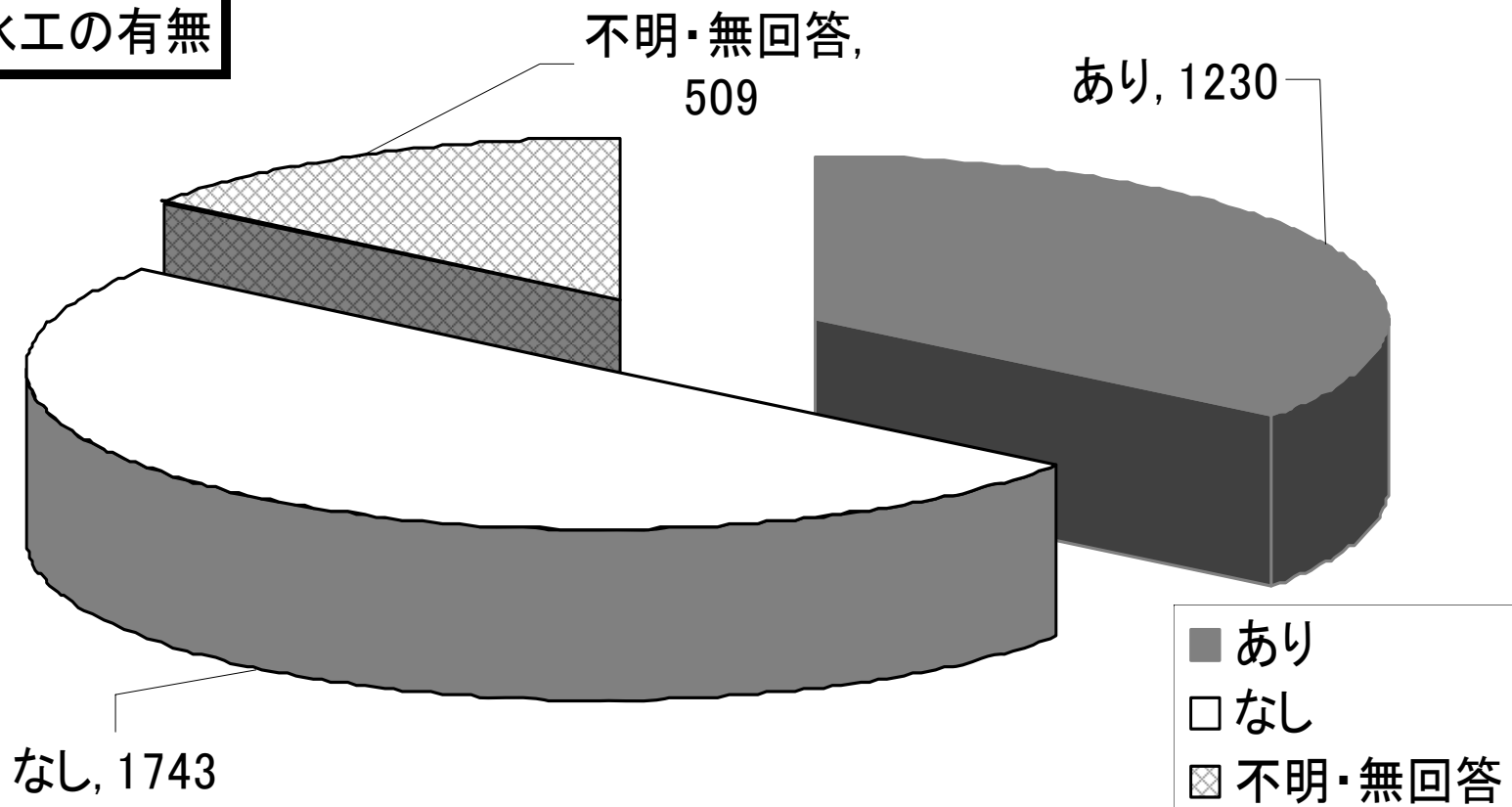


排水工の設置状況

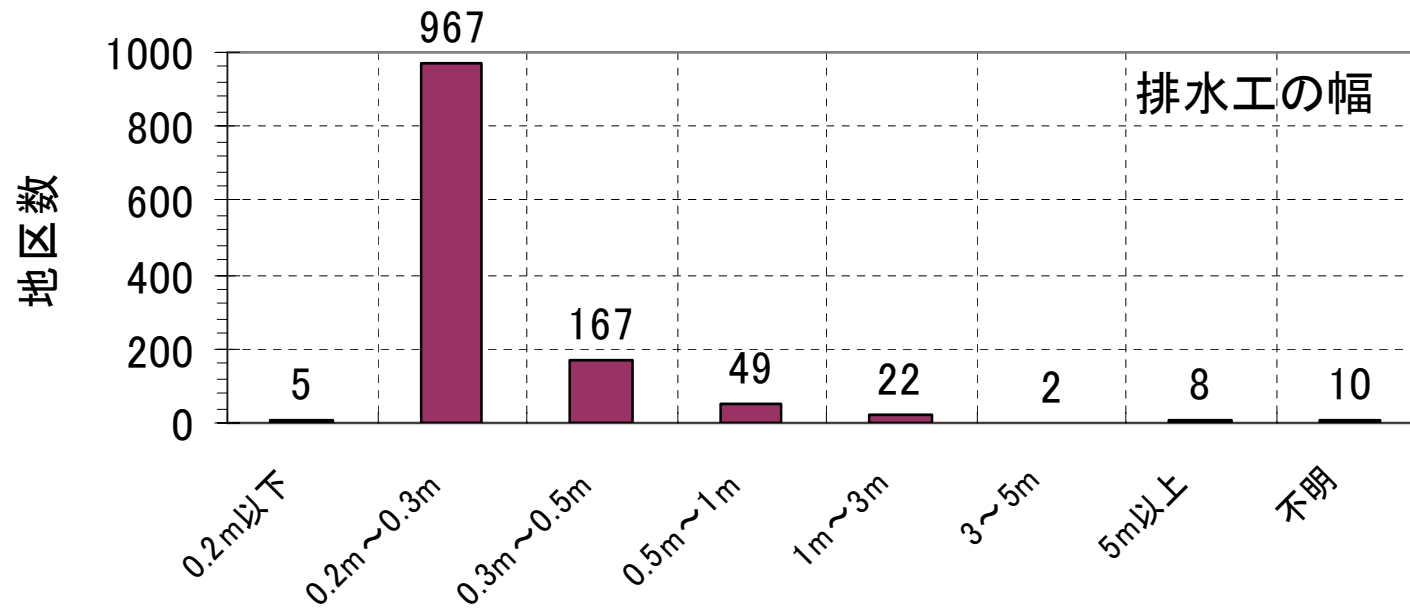
排水工は1,230地区(35%)に設置されている。

不明・無回答が509地区と多い。

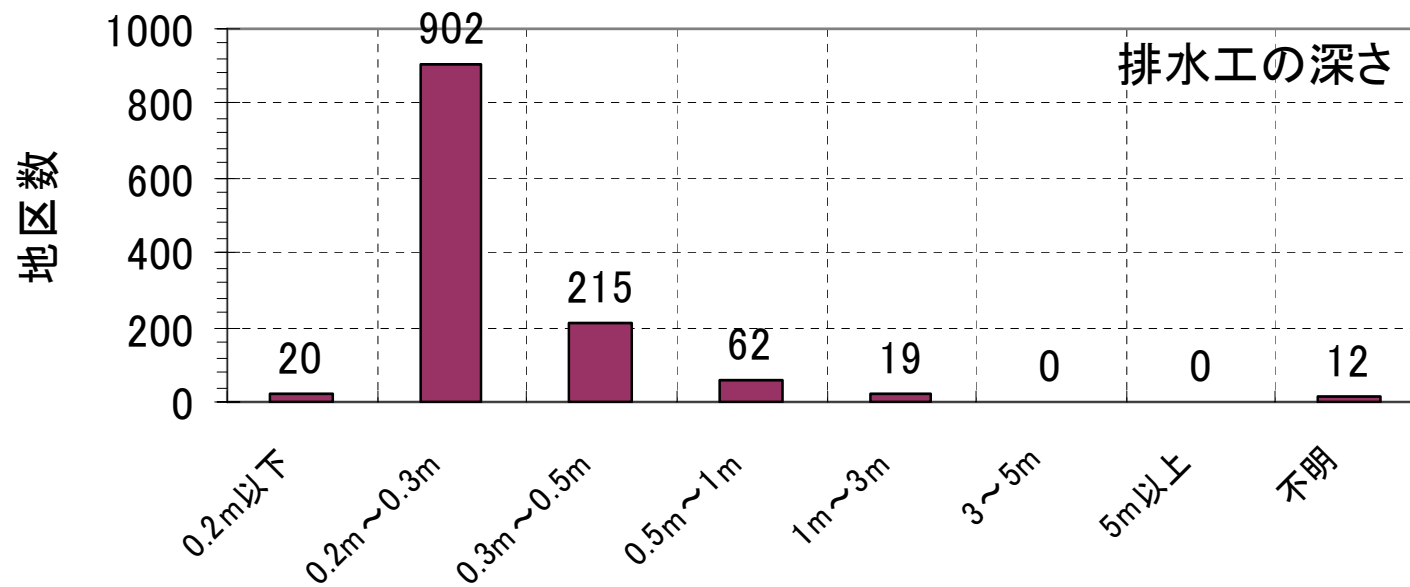
排水工の有無



排水工の幅・深さ

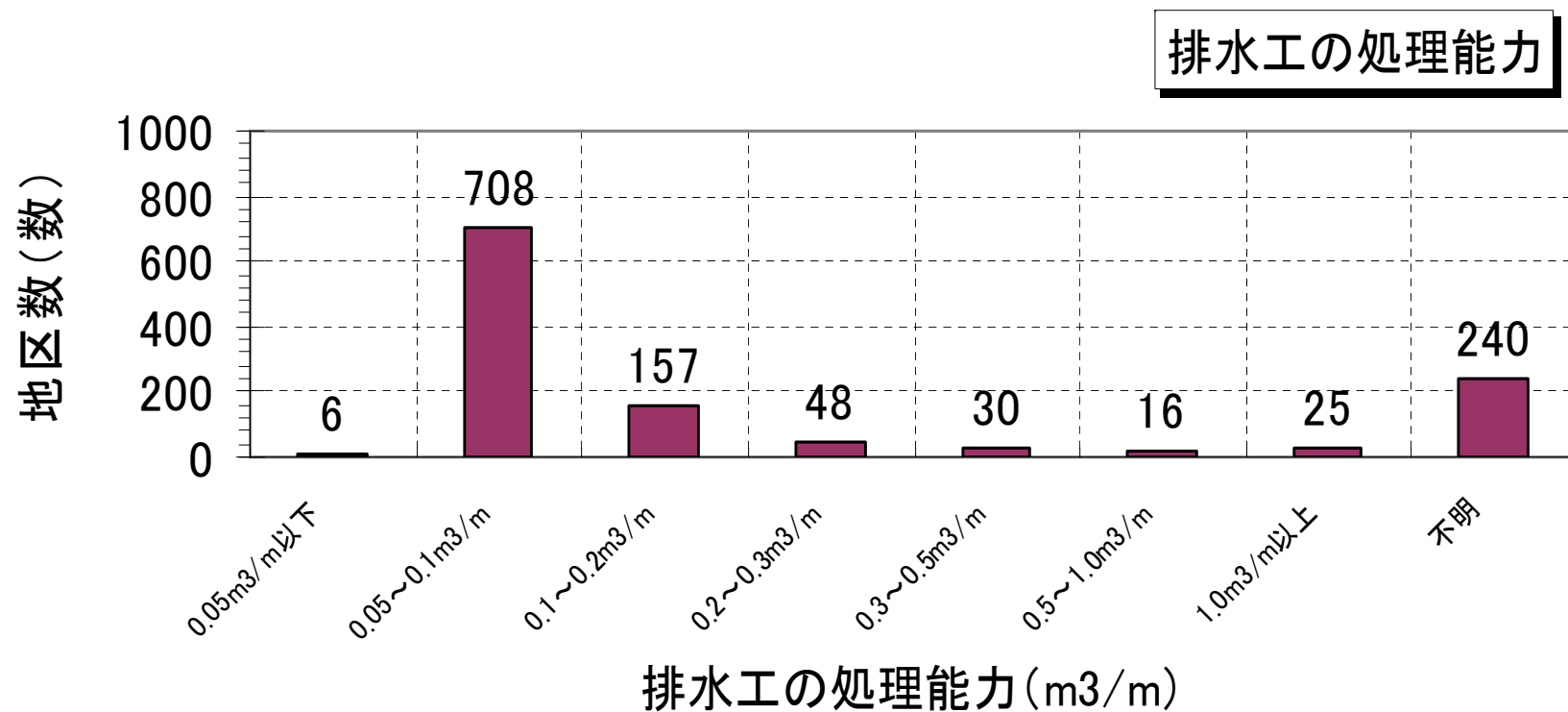


幅、深さとも、
0.3mが最も多い



排水工の排水能力

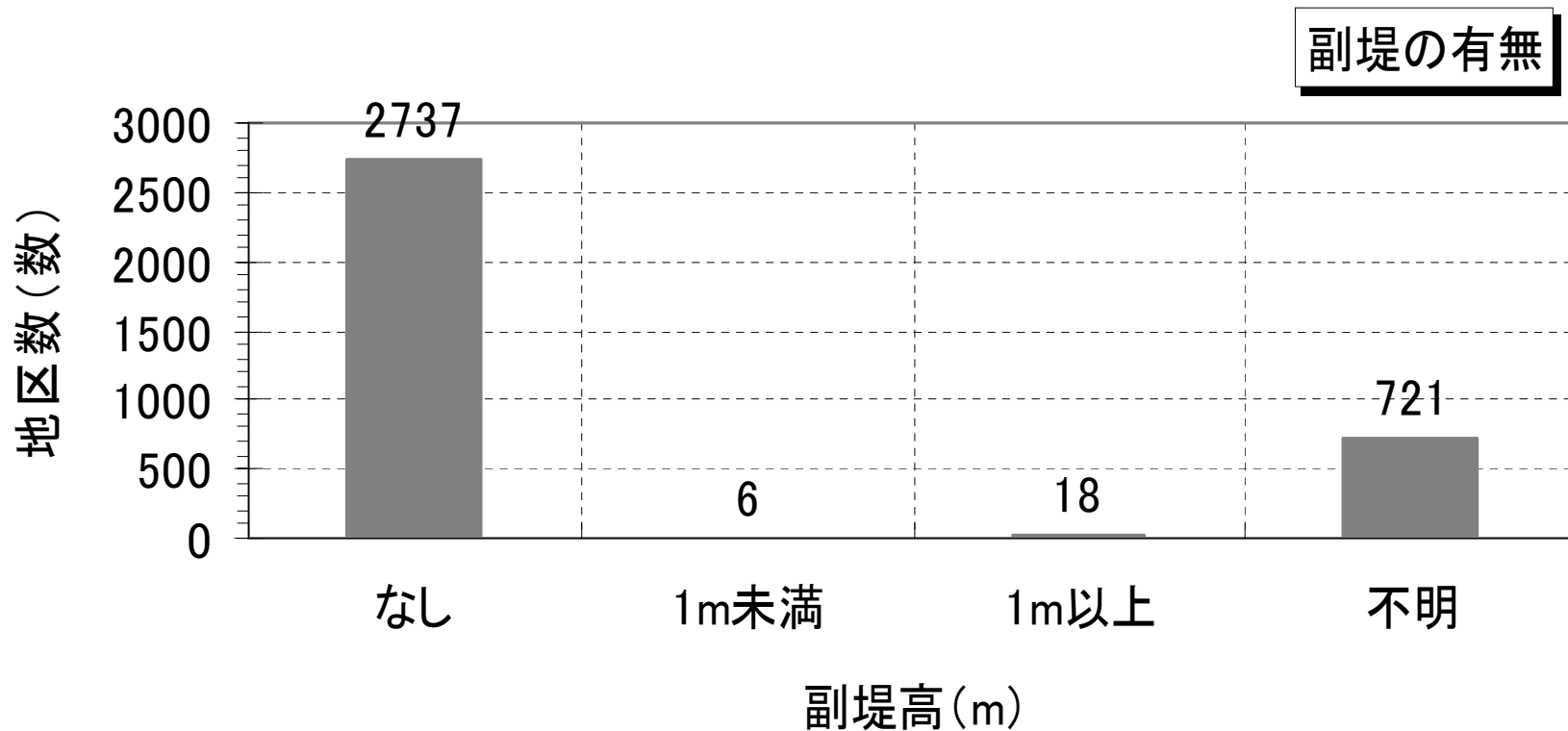
排水能力は $0.1\text{m}^3/\text{m}/\text{s}$ 以下が714地区(58%)と多いが、240地区(20%)は不明となっている。



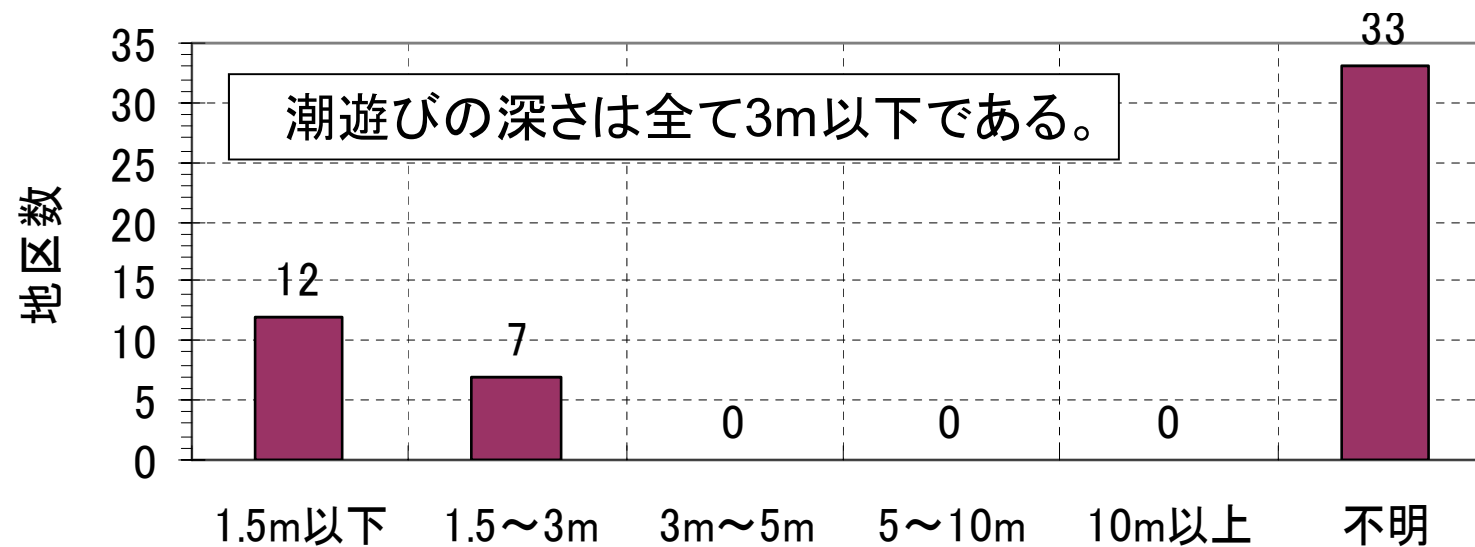
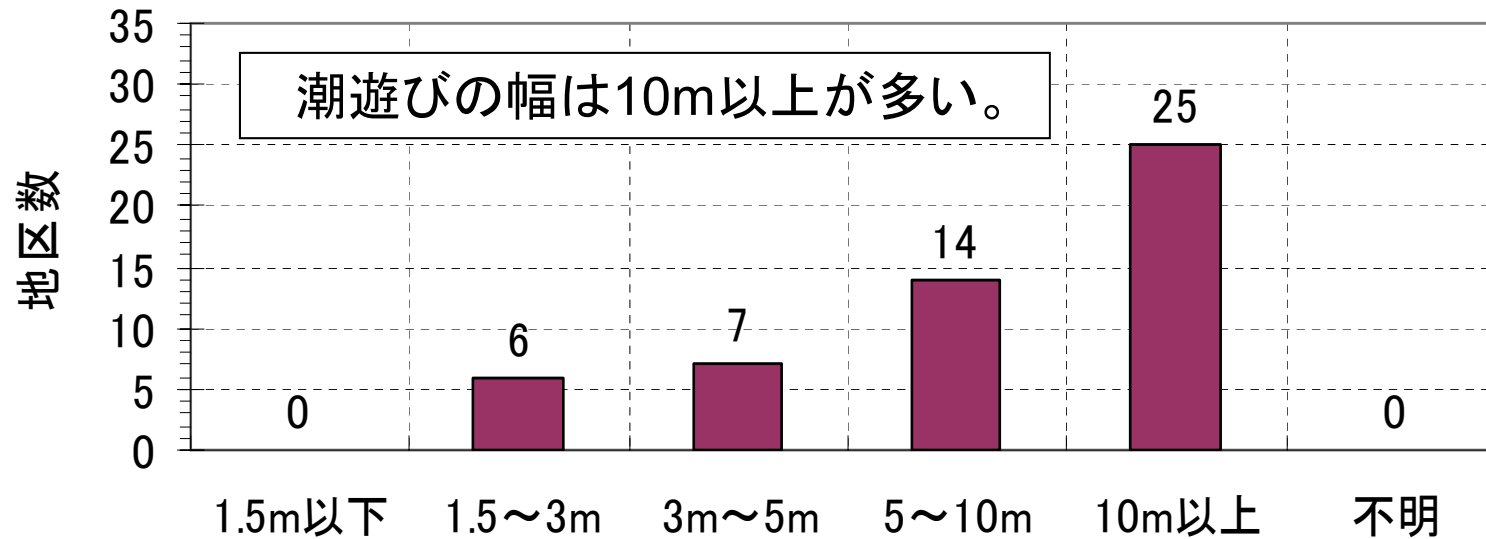
副堤の設置状況

副堤は24地区に設置されており、1m以上の高さを有するものが多い。

(設置されている都道府県: 北海道、岩手県、福島県、千葉県、東京都、富山県、和歌山県、高知県、熊本県、大分県、鹿児島県)



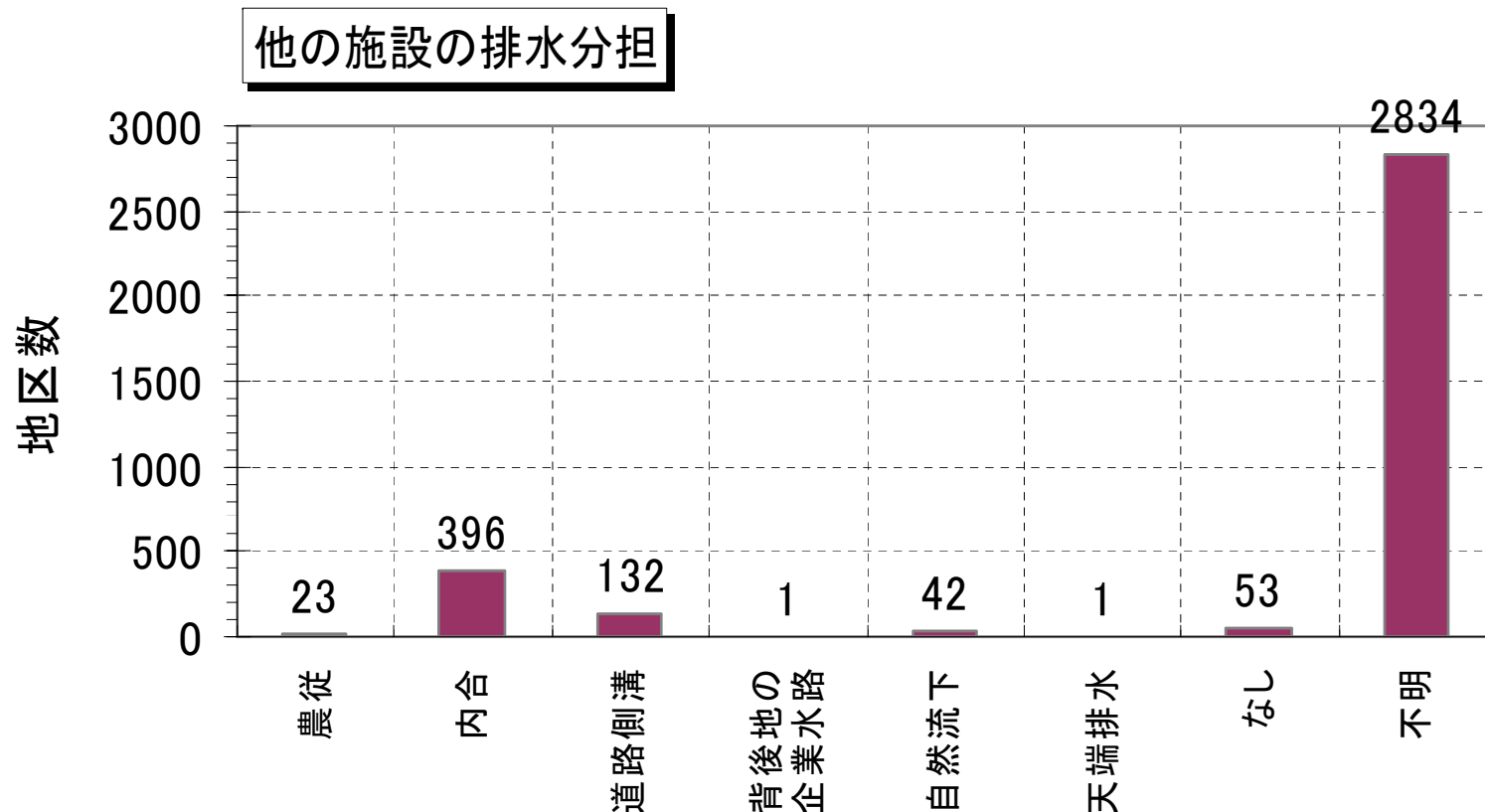
潮遊びの幅・深さ



背後に存在する他の施設による排水の分担

17%の地区では、背後に存在する他の施設が排水を分担している。

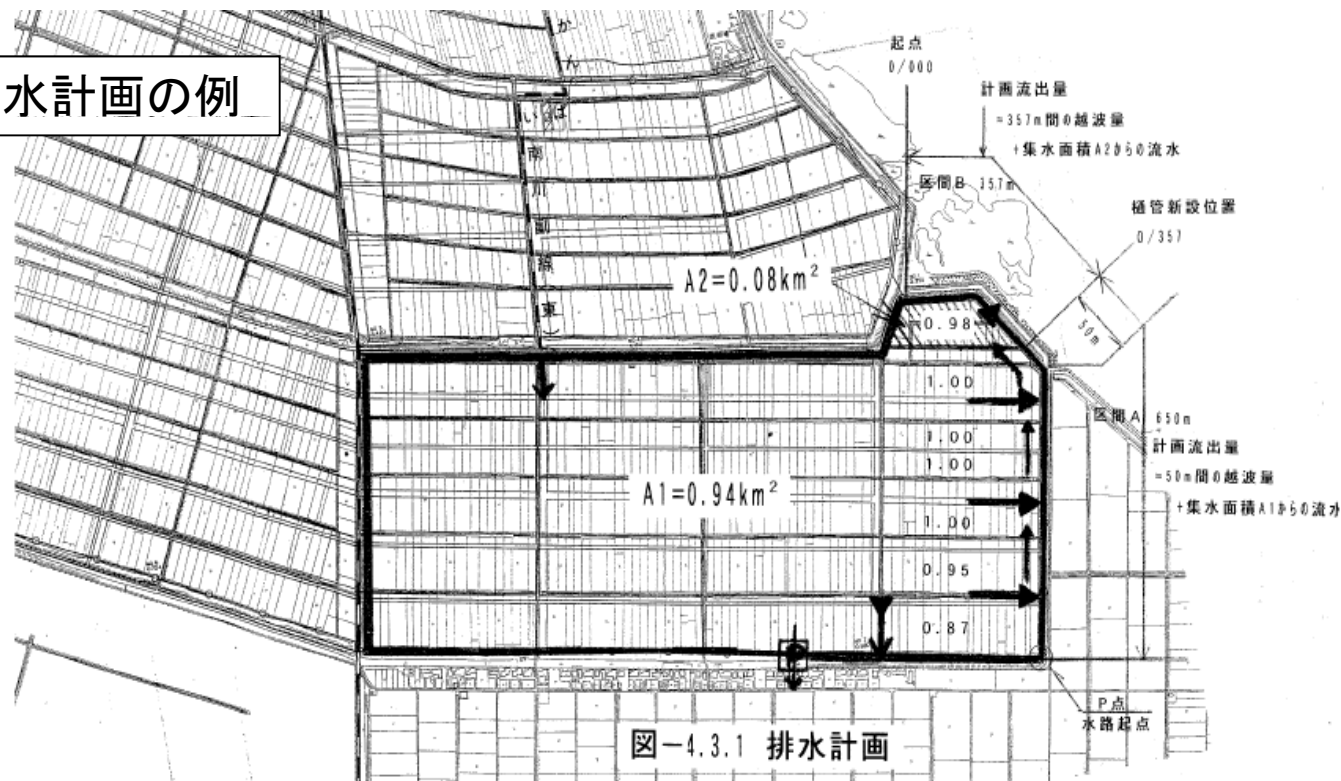
その中では、内水排除用の排水系統へ合流させる方法(図中の「内合」)が最も多く、次いで、道路側溝、自然流下、農業用水へ合流させる方法(図中の「農従」)の順に多い。



排水計画

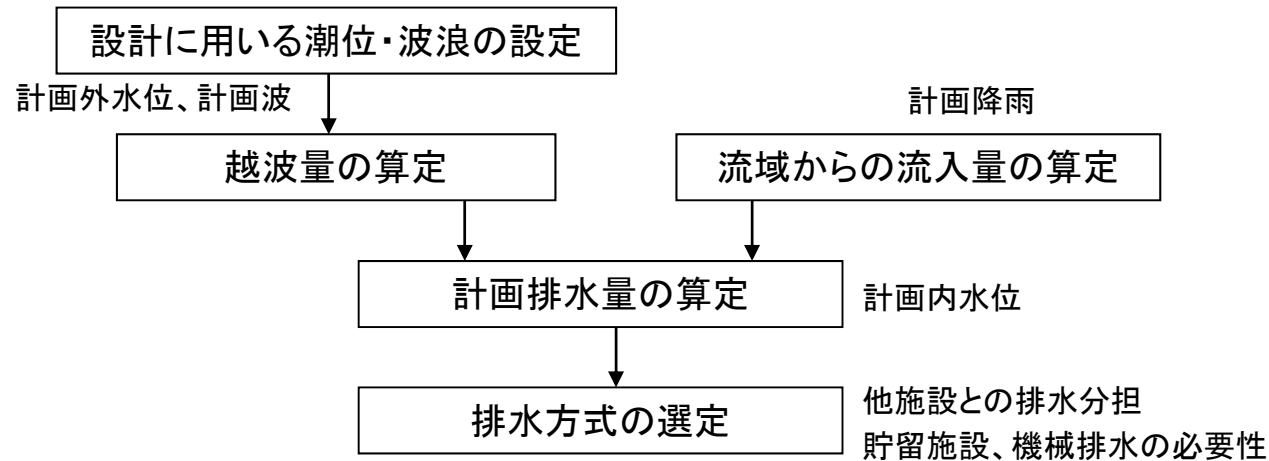
- ・排水計画があるのは5地区のみ
 - 越波で流入した海水の排水が十分に考慮されていない
- ・排水計画がある地区では、降雨や越波を考慮して計画流出量を定め、排水路の河床勾配や断面形が設定されている。

排水計画の例



排水工等の設計フロー(原案)

(1)排水計画の策定



(2)施設設計

排水工
・目的達成性能の照査
・安全性能の照査

潮遊び
・目的達成性能の照査
・安全性能の照査

副堤
・目的達成性能の照査
・安全性能の照査

排水機場
・目的達成性能の照査
・安全性能の照査

(3)維持管理計画の策定

排水工等の性能とその照査(原案)

施設	目的達成性能		安全性能	
	有すべき性能	照査項目	有すべき性能	照査項目
排水工	堤防・護岸を越えて流入した海水を排水する	設置位置、通水断面、縦断勾配	高潮、波浪、津波、地震及びその他の作用に対して安全	波力、地震力、土圧、水圧等の作用に対する安全性 (波力に対する安定性、浮き上がり、ポンプの水没など)
潮遊び	堤防・護岸を越えて流入した海水や、流域から流入した雨水を、一時的に貯留する	設置位置、通水断面		
副堤	堤防・護岸を越えた海水が海岸背後に流入するのを防止する	設置位置、天端高、表法勾配、天端幅、裏法勾配		
排水機場	自然排水が不可能な場合または不足する場合、不要な内水を機械的に排除する	設置位置、ポンプ能力		