

第2回 大蔵・舞子海岸の空洞対策検討委員会

日 時：令和7年7月3日（木） 10：00～

場 所：神戸港湾空港技術調査事務所 会議室

次 第

1. 開 会

2. 議 事

- （1）委員会規約の改正
- （2）追加調査について
- （3）対策工法の考え方
- （4）今後のスケジュール

3. 閉 会

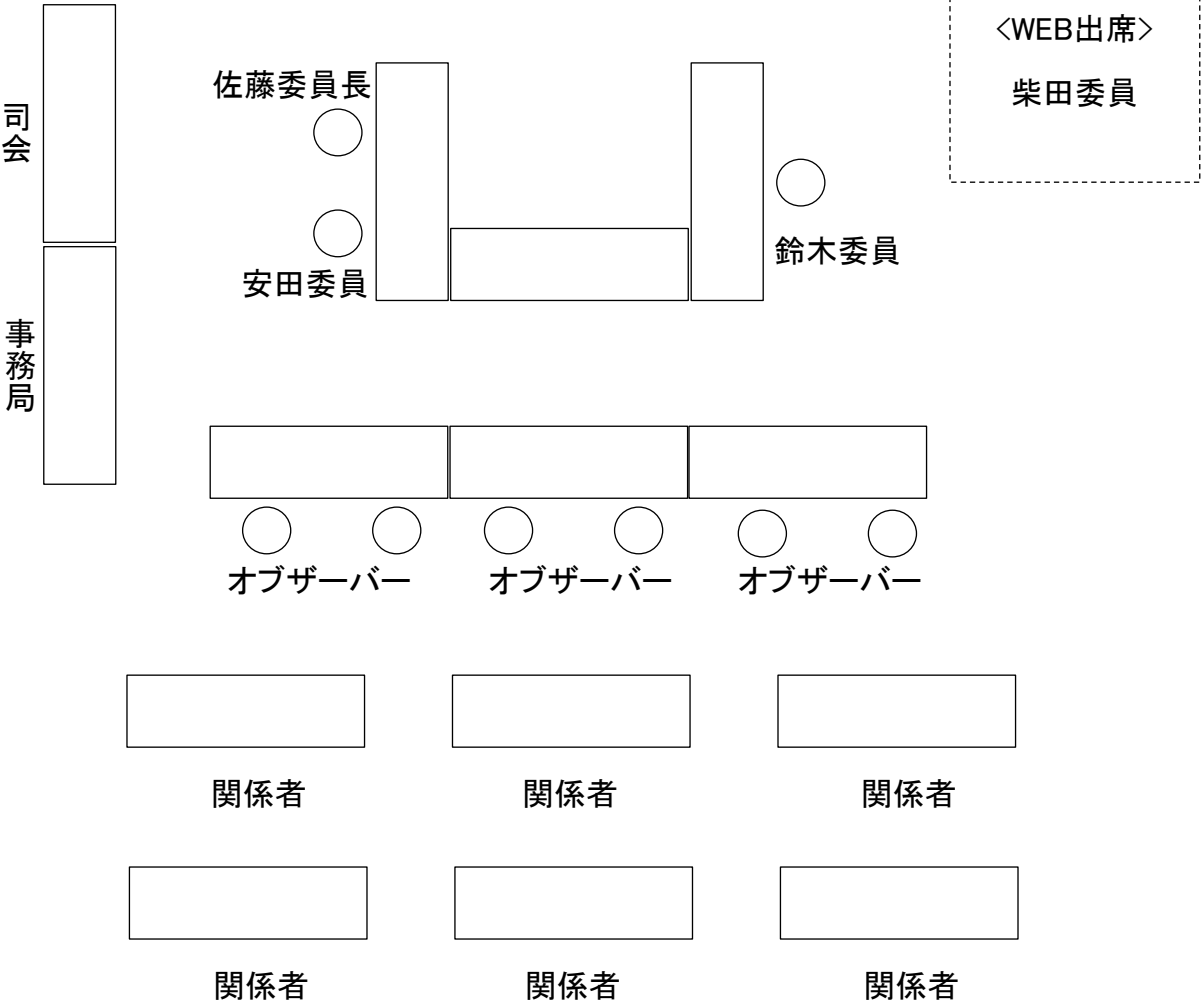
【配付資料】

- ・ 次第
- ・ 配席図
- ・ 資料－1 委員会規約（改正案）
- ・ 資料－2 追加調査について
- ・ 資料－3 対策工法の考え方
- ・ 資料－4 今後のスケジュール（案）

第2回 大蔵・舞子海岸の空洞対策検討委員会 配席図

日時: 令和7年7月3日(木) 10:00～

場所: 神戸港湾空港技術調査事務所 会議室



大蔵・舞子海岸の空洞対策検討委員会 規約（改正案）

（名称）

第1条 本会は「大蔵・舞子海岸の空洞対策検討委員会」（以下「本委員会」という。）と称する。

（目的）

第2条 本委員会は、令和6年10月からの定期点検における空洞の発見を受けて立ち入りを制限している大蔵・舞子海岸の一部の区域について、安全確保を確認し、または対策工事を実施し、安全に利用いただけるよう、過去に発生した空洞等の原因や対策等も振り返りつつ、学識経験者等から技術的助言をいただき、立ち入り制限の解除の考え方、対策工、対策後のモニタリング等について検討することを目的とする。

（委員）

第3条 本委員会の委員は、別紙のとおりとする。

（構成）

第4条 本委員会には委員長を置くこととし、委員の互選によりこれを定める。

2 委員長は、本委員会の議長となり、議事の進行にあたる。

3 委員長は、必要に応じ委員以外の者を本委員会に出席させることができる。

4 本委員会は、必要に応じて専門的な知識を有する者に意見を聴くことができる。

（事務局）

第5条 本委員会の事務局は姫路河川国道事務所に置く。

（設置期間）

第6条 本委員会は第2条に規定する目的の達成を以って解散する。

（情報公開）

第7条 本委員会は冒頭部分のみ公開とし、関係者以外の傍聴は不可とする。

2 本委員会の議事は、事務局は議事概要を作成し、委員長の確認を得た後、公表するものとする。

3 本委員会の配付資料については、ホームページで公開することを原則とする。ただし、委員長の判断により非公開とすることができる。

（雑則）

第8条 この規約に定めるもののほか、本委員会の運営に関し必要な事項は、委員長が本委員会に諮って定める。

附則

この規約は、令和7年3月26日から施行する。

令和7年 月 日一部改正

別紙 第3条関係

氏 名	役 職
佐藤 慎司	高知工科大学 システム工学群 教授
柴田 亮	国土交通省 国土技術政策総合研究所 河川研究部 海岸研究室長
鈴木 高二朗	国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所 港湾空港技術研究所 特別研究主幹
安田 誠宏	関西大学 環境都市工学部 都市システム工学科 教授

(五十音順、敬称略)

<オブザーバー>

近畿地方整備局 港湾空港部
兵庫県 土木部 港湾課
兵庫県 東播磨県民局 加古川土木事務所
神戸市 建設局 公園部 魅力創造課
明石市 都市局 都市整備室 公園・海岸課

追加調査について

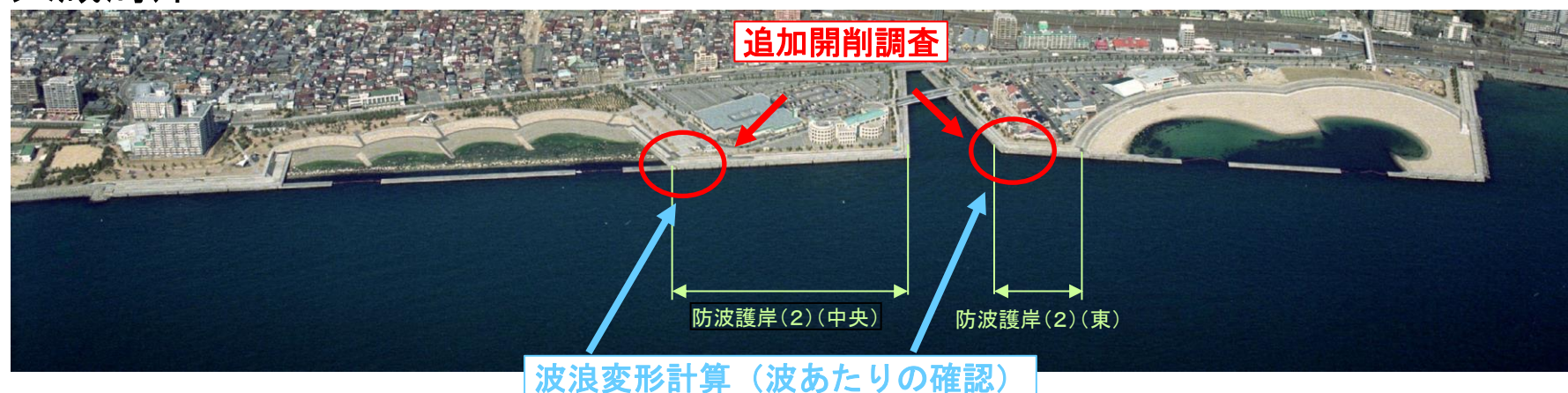
1.	令和7年度 追加調査について	
1. 1	カメラ設置（西垂水舞子海岸 防波護岸1）	5
2.	今後の調査予定（案）	
2. 1	追加開削調査および事前調査	12
2. 2	波浪変形計算	18
2. 3	対策工効果検証（水圧式波高計設置：西垂水舞子海岸 防波護岸1）	22

令和7年度 追加調査および今後の調査予定（案）箇所位置図と調査概要

西垂水舞子海岸



大蔵海岸



令和7年度 追加調査について

- カメラ設置(西垂水舞子海岸 防波護岸1)

1. 令和7年度 追加調査について

1.1 カメラ設置(西垂水舞子海岸 防波護岸1)

□カメラ設置(西垂水舞子海岸 防波護岸1)

- 以下に示す第1回委員会での意見をふまえ、カメラによる調査を実施。

【第1回委員会の委員意見】

- ✓(西垂水舞子海岸 防波護岸1の変状は)台風時に監視カメラで撮るのが良いと思われる。
- ✓設置しやすいのはカメラであると思われる。



変状が大きかった箇所について、海からの波の進入状況を確認



西垂水舞子海岸 防波護岸1 位置図

最も空洞が大きい箇所（防波護岸1を対象）
⇒台風時の波浪・潮位状況をカメラにて把握
⇒空洞箇所への海水進入および
裏込材移動状況をカメラにて把握

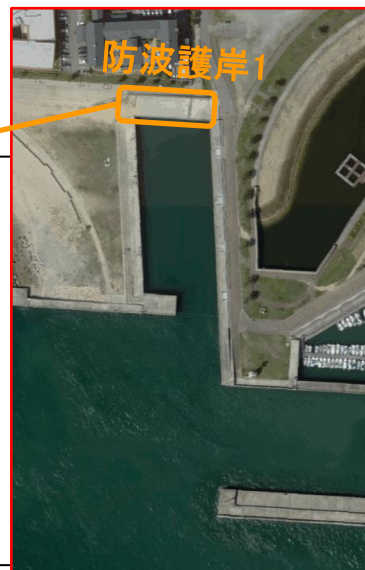
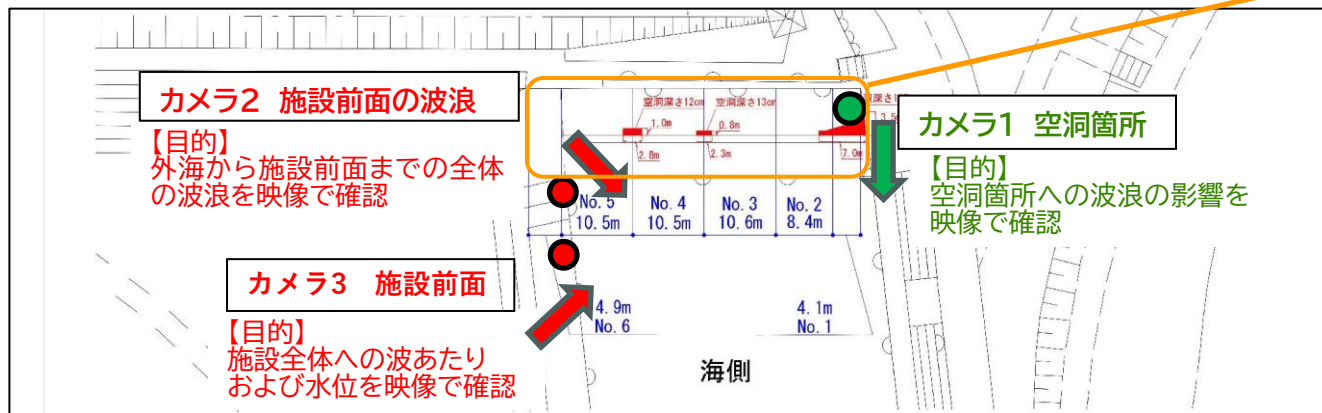
【確認事項】

- ・ケーソン背面に進入した波を確認
- ・ケーソンへ入っていく波を確認
- ・重複波等の状況を確認

1. 令和7年度 追加調査について

1.1 カメラ設置(西垂水舞子海岸 防波護岸1)

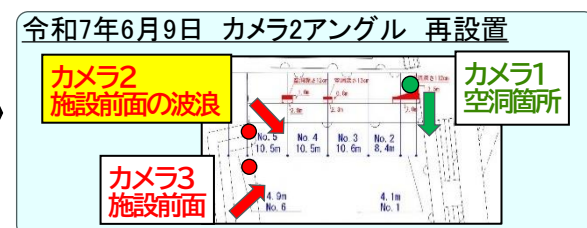
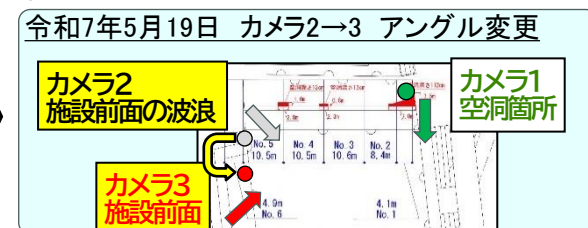
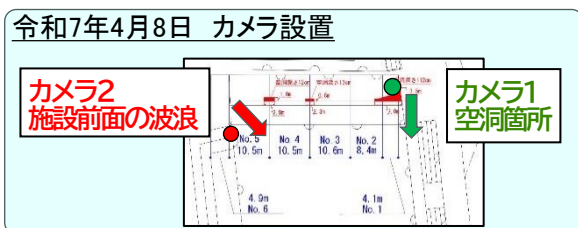
□カメラ設置位置 (令和7年7月時点) 3台のカメラを設置



●カメラ映像例



●カメラ設置・移設 履歴 (令和7年4月8日記録開始 (カメラ一部移設(5月19日)・カメラ追加(6月9日))

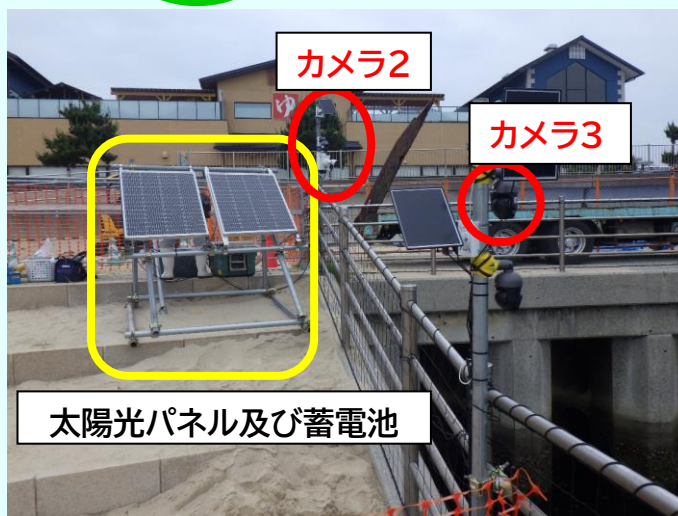


1. 令和7年度 追加調査について

1.1 カメラ設置(西垂水舞子海岸 防波護岸1)

□カメラ設置状況

カメラ設置状況



- ・夜間での映像例を表示
夜間においても、空洞箇所へ海水が侵入するような波浪があれば、ある程度の確認が可能。

カメラ映像例(夜間)



1. 令和7年度 追加調査について

1.1 カメラ設置(西垂水舞子海岸 防波護岸1)

□ 高波浪事例(2025年5月17日事例)

● 日本海を低気圧が発達しながら通過した事例

4月8日～6月30日までに確認した中で最も高波浪であった事例
現時点までケーソン背面への波の打ち上げは確認できていない

海象



施設に沿って白波を伴う波浪侵入を確認

2025/05/17 10:01:00

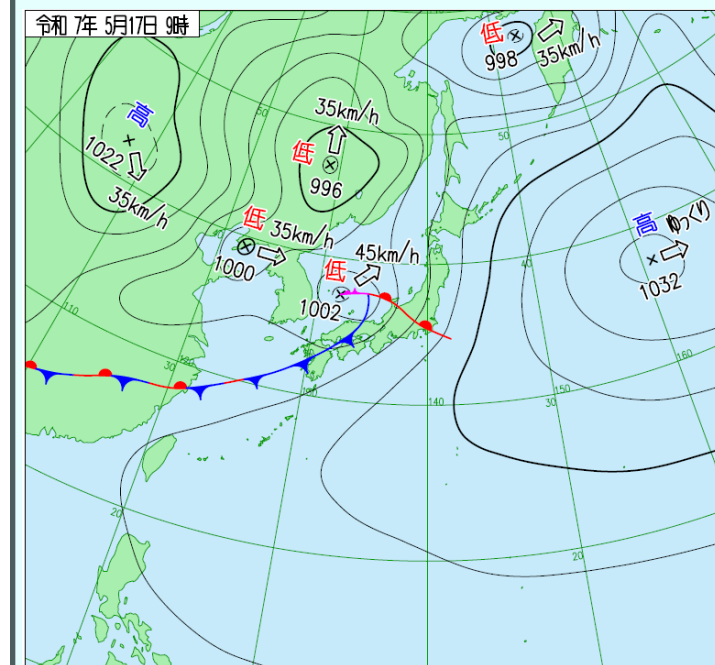
カメラ2 施設前面の波浪



ケーソン背面への
海水の打ち上げなし

カメラ1 空洞箇所

気象



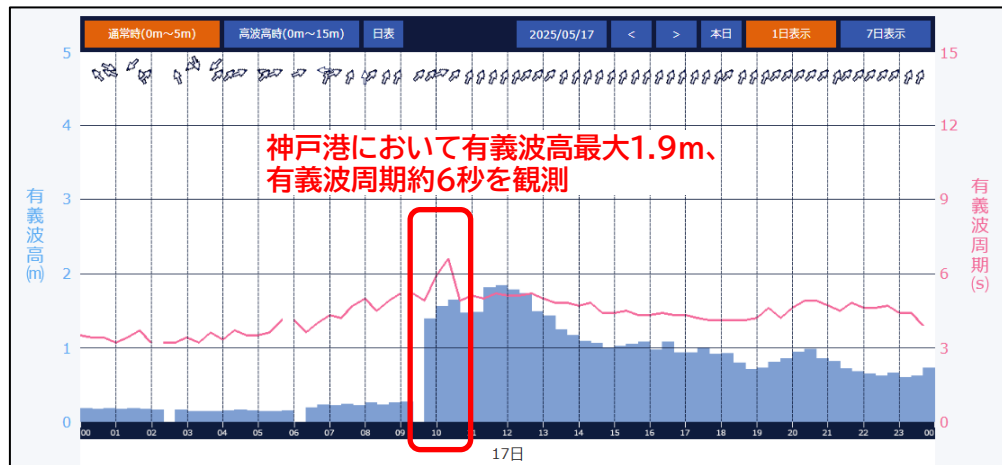
神戸港で有義波高最大1.9mを観測。
(※ 国土交通省港湾局の有義波実況)

1. 令和7年度 追加調査について

1.1 カメラ設置(西垂水舞子海岸 防波護岸1)

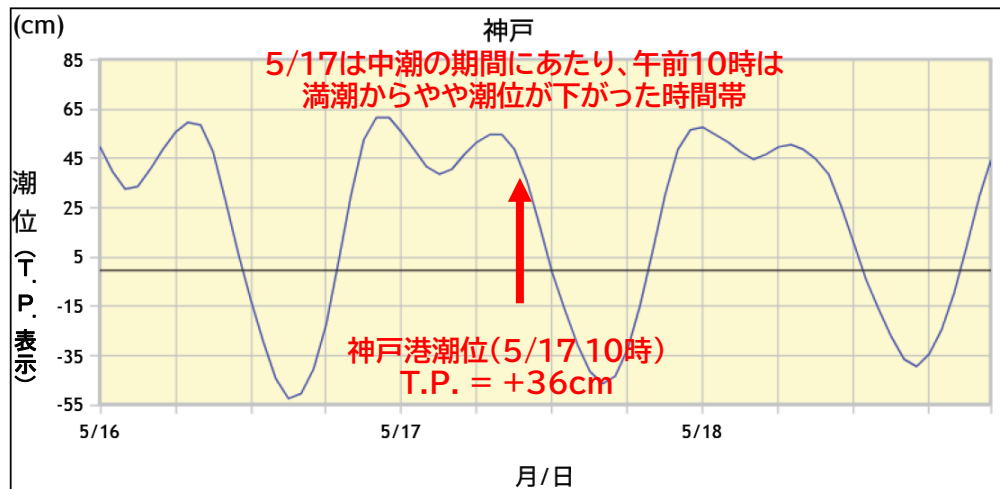
□高波浪事例時の波高及び潮位(2025年5月17日10時)

神戸港 波高・波向観測 (ナウファス)※1

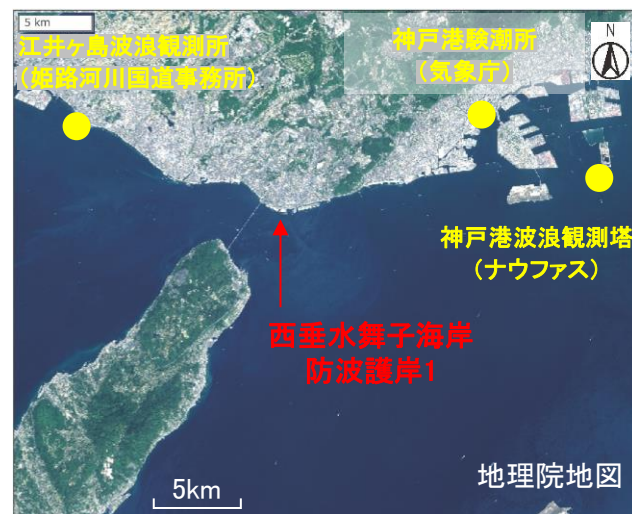


※同時刻の江井ヶ島観測所は有義波高0.75m 周期約3.8秒を観測

神戸港 潮位観測 (気象庁)※2



位置図



※1) ナウファス

国土交通省港湾局 全国港湾海洋波浪情報網

https://nowphas.mlit.go.jp/yugiha_graph/306/1/20250517/5

〈参考〉T.P.表示

H.H.W.L.(既往最高潮位) = +280cm

H.W.L.(期望平均満潮面) = +60cm

L.W.L.(期望平均干潮面) = -65cm

※2) 国土交通省 気象庁 神戸 潮位表

<https://www.data.jma.go.jp/kaiyou/db/tide/suisan/suisan.php>

1. 令和7年度 追加調査について

1.1 カメラ設置(西垂水舞子海岸 防波護岸1)

■ 量水標設置(西垂水舞子海岸 防波護岸1)

- 以下に示す第1回委員会での意見をふまえ、カメラによる調査箇所にも量水標を設置

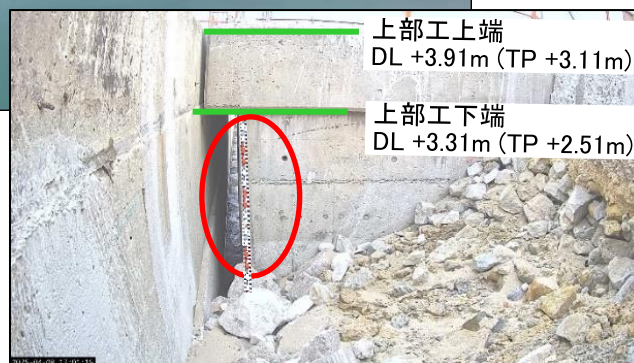
【第1回委員会の委員意見】

- ✓ 一番空洞が大きい箇所は、波の共振が発生し重複波の作用を受け易いように思われる。

モニタリングするなら波の高さ(外力)も把握しておく必要があると思われる。

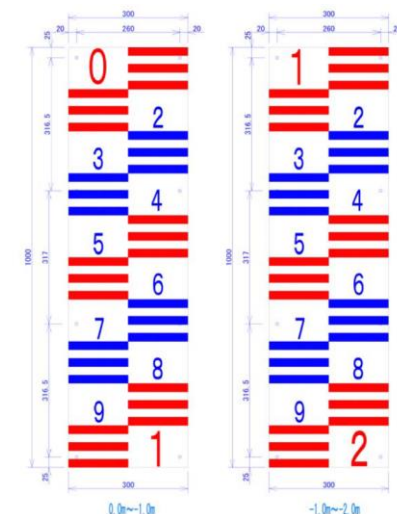


- 画像解析による波高確認のため 防波護岸1に量水標(スケール)を設置予定(令和7年7月22日頃)



カメラ1 画角内にも量水標を設置予定(写真はイメージ)

● 設置予定の量水標



■ 仕様	
目盛形状	30cm巾2cm特殊目盛量水標(Heat式)
材質	ステンレス鋼板(SUS304 1.0t)
記入範囲	0.0m~-2.0m 1組
勾配	
目盛記入方法	インクジェット
反射材	数字、記号

2. 今後の調査予定(案)

調査予定内容

今後の調査予定(案)

- 開削調査および事前調査(空洞調査(地中レーダー探査 + 削孔調査))
【対象施設】
西垂水舞子海岸 防波護岸2
大蔵海岸 防波護岸1(東)
防波護岸1(中央)
- 波浪変形計算
- 対策工効果検証 水圧式波高計設置(西垂水舞子海岸 防波護岸1)

● 調査工程(案)

調査内容	海岸名	施設名	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
・カメラによるモニタリング ・量水標設置	西垂水舞子海岸	防波護岸1							台風期終了まで		
・波浪変形計算	全域										
・開削調査 ・事前調査(空洞調査)	西垂水舞子海岸	防波護岸2		事前調査				開削調査			
	大蔵海岸	防波護岸1(東)				事前調査		開削調査			
		防波護岸1(中央)				事前調査		開削調査			
・対策工効果検証	西垂水舞子海岸	防波護岸1						対策工終了まで			

■ 実施済 ■ 予定

2. 今後の調査予定(案)

2.1 開削調査および事前調査

□ 開削調査

- 以下に示す第1回委員会での意見をふまえ、追加で開削調査を予定

【第1回委員会の委員意見】

- ✓ 地中レーダー探査結果について、どの程度の精度が期待できるのか把握した方が良い
- ✓ 過年度に補修している箇所では空洞が発生している理由を確認した方が良い(大蔵海岸)



- 事前調査(空洞調査(地中レーダー探査 + 削孔調査))

開削調査予定箇所において、事前に空洞調査を詳細に実施し、開削調査結果と比較を行う。
特に地中レーダー探査が空洞の発生箇所を見逃していないことを確認する。

【調査フロー】

事前調査
(空洞調査)



開削調査



原因究明・補修検討
探査精度確認

【対象施設】

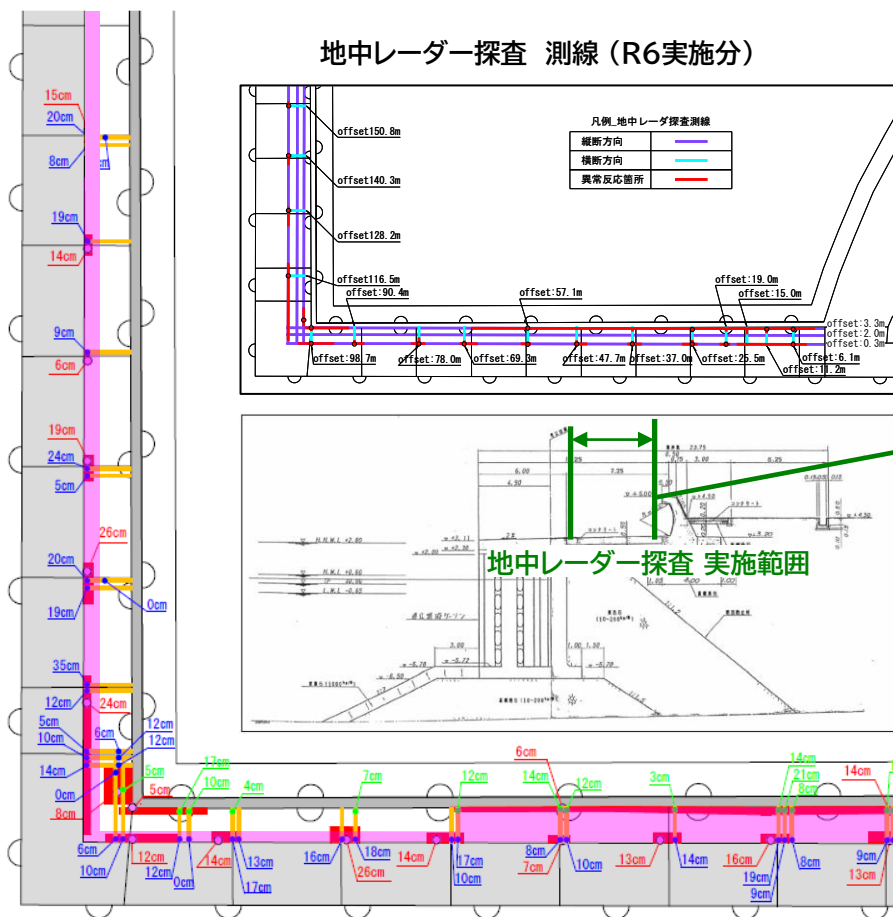
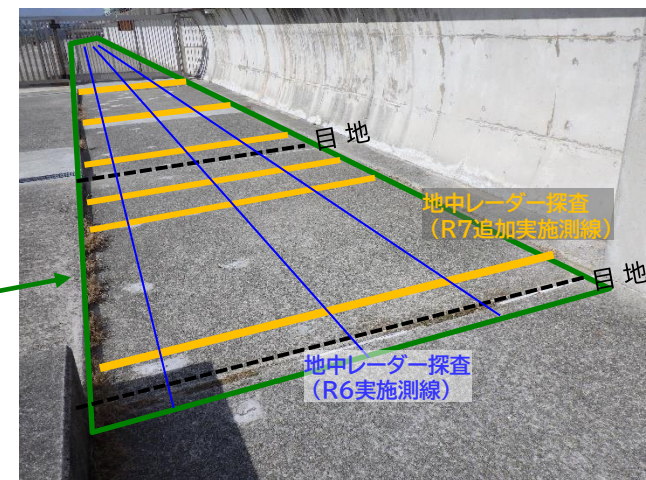
- 西垂水舞子海岸
防波護岸1 (令和6年度に実施済)
防波護岸2・取付護岸 (事前調査は実施済、開削調査実施予定)
- 大蔵海岸 (事前調査及び開削調査実施予定)
防波護岸1(中央)
防波護岸1(東)

2. 今後の調査予定(案)

2.1 開削調査および事前調査

□ 事前調査結果・開削調査予定範囲 (西垂水舞子海岸 防波護岸2・取付護岸)

開削調査に先立ち、R6実施の地中レーダー探査測線(護岸縦断方向)に対して直交する方向(横断方向)で地中レーダー探査を実施し、空洞の大きさ(奥行き)を確認



凡例

ケーソン構造	
波返工構造	
レーダー探査測線 (R7横断測線)	
空洞範囲	
R6削孔調査位置 (数字は空洞深さ)	
R7削孔調査位置 (陸側) (数字は空洞深さ)	
R7削孔調査位置 (ケーソン側) (数字は空洞深さ)	
開削調査 R7実施案	

ケーソン目地部(海側)周辺の空洞に加えて、波返工前面の空洞も詳細に確認

2. 今後の調査予定(案)

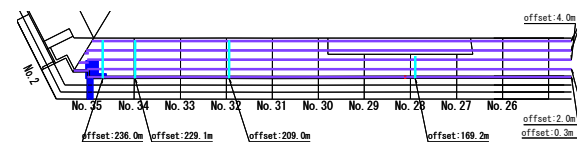
2.1 開削調査および事前調査

□ 事前調査案・開削調査予定範囲 (防波護岸1(中央))

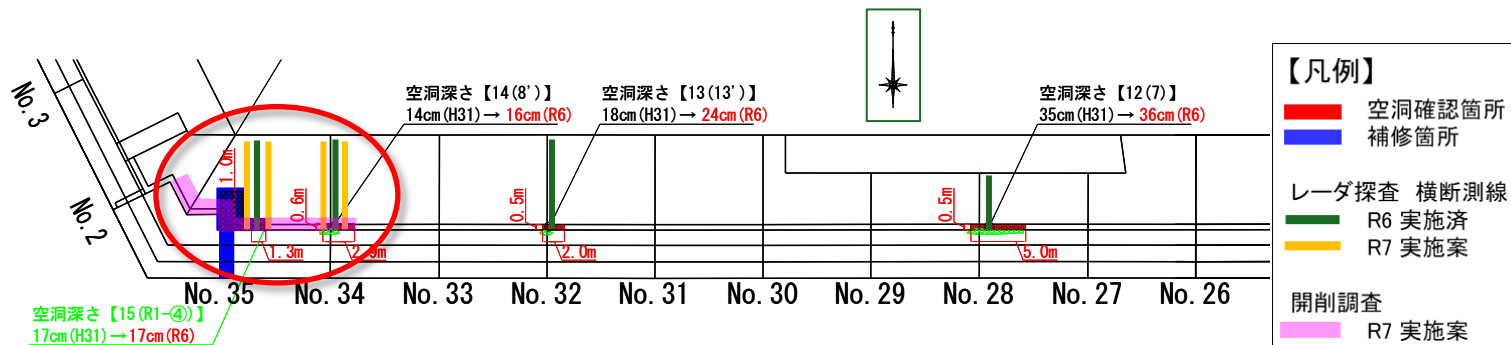
地中レーダー探査実施範囲



地中レーダー探査 測線 (R6実施分)



開削調査に先立ち、R6実施の地中レーダー探査測線(護岸縦断方向)に対して直交する方向(横断方向)で地中レーダー探査を実施し、空洞の大きさ(奥行き)を確認

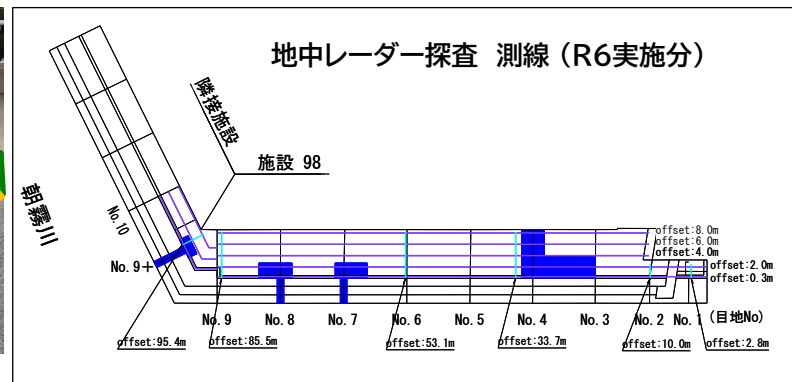
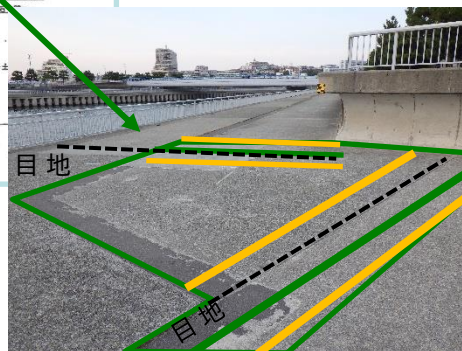
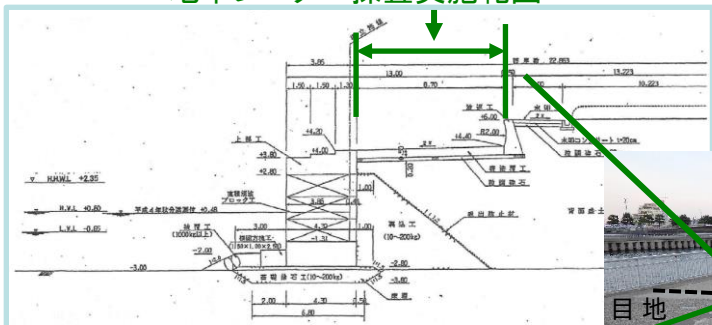


2. 今後の調査予定(案)

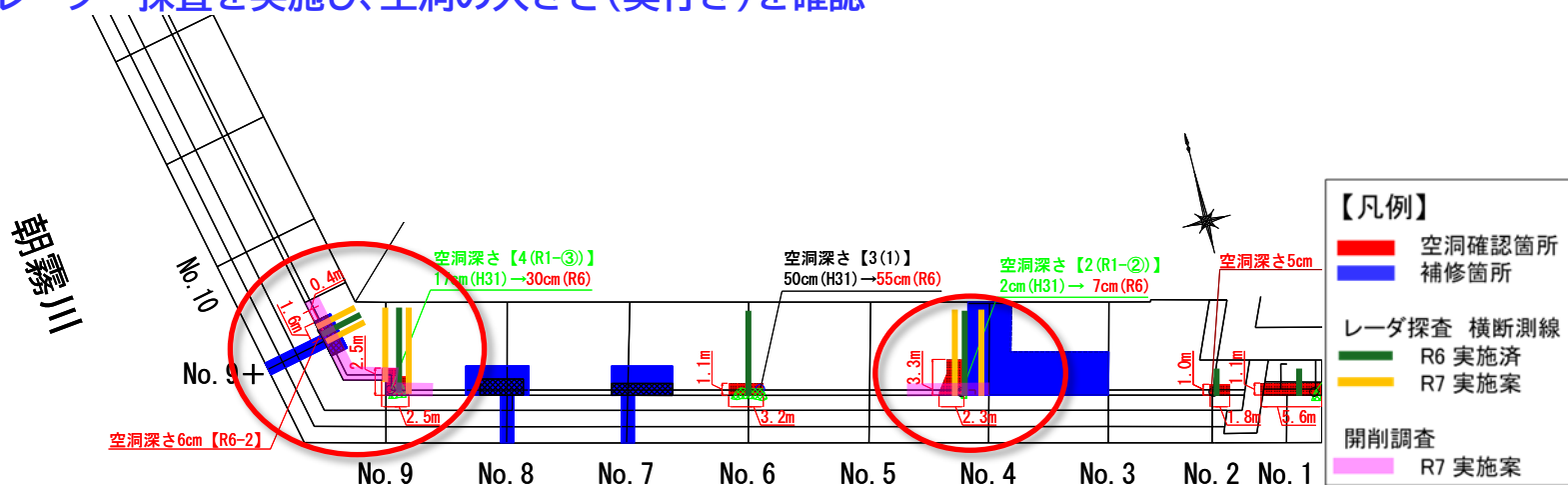
2.1 開削調査および事前調査

□ 事前調査案・開削調査予定範囲 (防波護岸1(東))

地中レーダー探査実施範囲



開削調査に先立ち、R6実施の地中レーダー探査測線(護岸縦断方向)に対して直交する方向(横断方向)で地中レーダー探査を実施し、空洞の大きさ(奥行き)を確認



2. 今後の調査予定(案)

2.1 開削調査および事前調査

□(参考) 空洞調査方法 地中レーダー探査

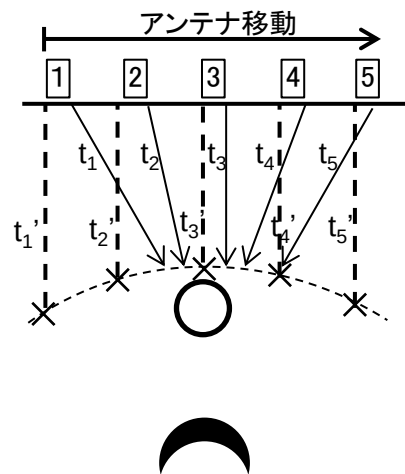
- 使用機器
ユーティリティスキャン
350HSアンテナ(350 MHz)
(GSSI社製)
- 測定深度
2 m程度
- 測定方向
岸壁法線の垂直方向
目地周辺を重点的に実施



実施状況

□調査原理

- 地中レーダは、電磁波を地中に伝播させ異質な境界で反射した伝播電磁波の回帰に要した時間を計測しその状況を映像化して目的物を探査する非破壊の探査方法
- 地表に置かれたアンテナから電磁波(パルス波)を地中に伝播させて、電磁波が地中の電氣的性質の異なる境界(物質)面で反射する反射波を求める。



【凡例】

- ① → ⑤ : アンテナ、1→5へ移動
- $t \rightarrow$: パルス波の物体到達時間
- $t' \cdots \rightarrow$: アンテナ位置における到達時間
- × : データ画面上表示される深さ方向の位置
- : 物体(埋設物、空洞等)
- ◐ : データ上表現されるパターン

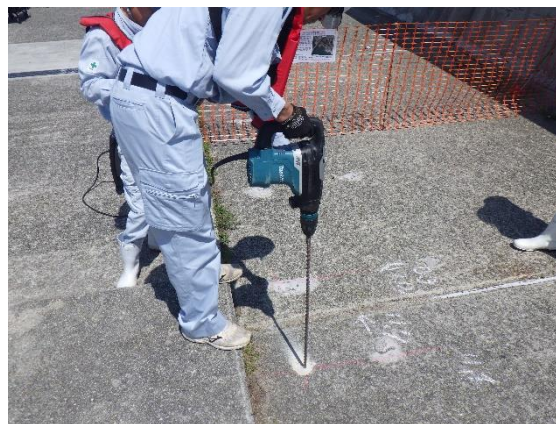
地中レーダ探査パターン

2. 今後の調査予定(案)

2.1 開削調査および事前調査

□ (参考) 空洞調査方法 削孔調査

- 使用機器
ドリル・コンベックス・探査棒・
ファイバースコープカメラ等
- 空洞化が疑われる地点において、ハンマドリル(インパクトドリル)を使用し、コンクリートブロックを削孔し、探査棒(L=1~2m)もしくはコンベックスを挿入して空洞の有無、空洞の深さの確認を行う。



ドリルによる削孔

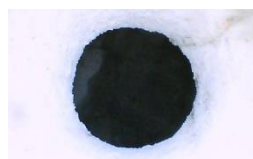


コンベックスによる空洞深さ計測

<参考> ファイバースコープカメラ画像



・底が確認可能
空洞無し

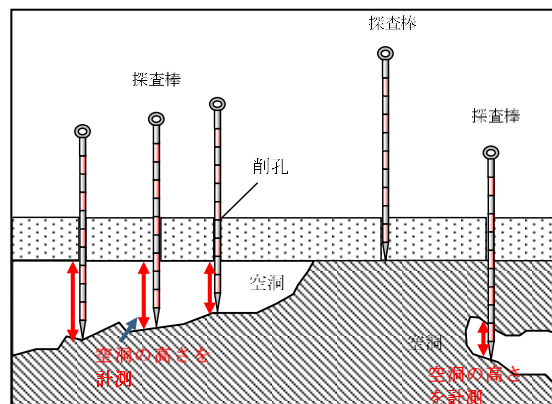


・底面は真っ暗に映る
空洞有



・カメラを空洞底面まで
挿入して撮影、空洞底面
においては石を確認。

空洞底面



空洞深さの確認 イメージ図



ファイバースコープカメラによる
削孔内状況の確認

2. 今後の調査予定(案)

2.2 波浪変形計算

□ 波浪変形計算による検討

- 第1回委員会の委員意見をふまえ、波浪変形計算にて波あたりの違いや共振・重複波の作用が影響しているかを確認予定。

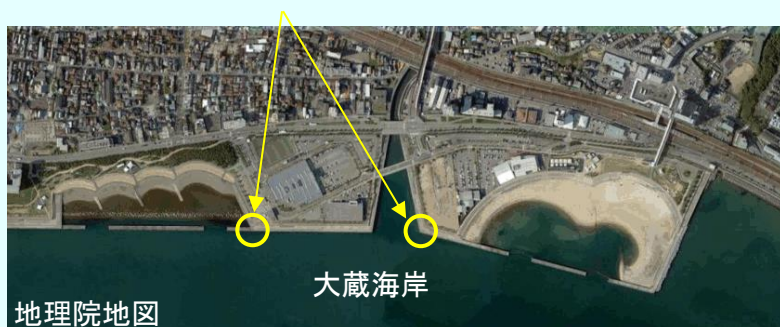
【第1回委員会の委員意見】

- ✓ ケーソン構造の違いに起因する空洞発生以外に、他の要因として波あたりの違いが影響していないか確認した方がよい。
- ✓ 舞子海岸 防波護岸1の東部は、共振・重複波の影響も考えられるため、波の作用を確認した方がよい。



波あたりの違いの検討

異形函の箇所で空洞を確認
⇒ 波あたりの違い有無について確認



共振・重複波の影響確認

防波護岸1の東部(最も空洞が大きい箇所)
⇒ 共振・重複波による沖波変形の有無を確認



2. 今後の調査予定(案)

2.2 波浪変形計算

□ 波あたりの違いの検討

- 風による波の発達と地形による波浪変形を考慮できる波浪推算モデル(SWAN)にて、高波浪における波あたりの違いを確認予定。手順は以下を想定。

- ① 最近10年間の観測値を基に、高波浪を及ぼす風況(風向・風速)を設定。
 - ② 上記の風向・風速にて、SWANにて定常計算(風況全域一様)を実施。
 - ③ 海岸(護岸)前面の波高分布を整理し、波あたりの違いを確認
- 護岸への波あたりを検討するため、対象となる範囲(小領域)でのモデルを構築



図 波あたりの違いの検討イメージ

2. 今後の調査予定(案)

2.2 波浪変形計算

□ 共振、重複波、沿い波等の作用の検討

- 共振、重複波、沿い波等(波の位相により生じる現象)を考慮できるブシネスクモデルにより、感度分析を実施し、防波護岸1での波高の増幅状況を確認予定
- 感度分析ケースは、ナウファス神戸の周期の出現頻度、開口部と防波堤や淡路島の位置関係をふまえ設定(表1)

共振 : 「地形の固有振動周期」と「波の周期」が一致した場合、波高が増幅する現象。

重複波 : 入反射波の重複により、波高が増幅する現象。隅角部では波高が3倍になる場合もある。

沿い波 : 構造物沿いに波が進行する現象。地形や反射波の影響により、波高が増幅する場合がある。

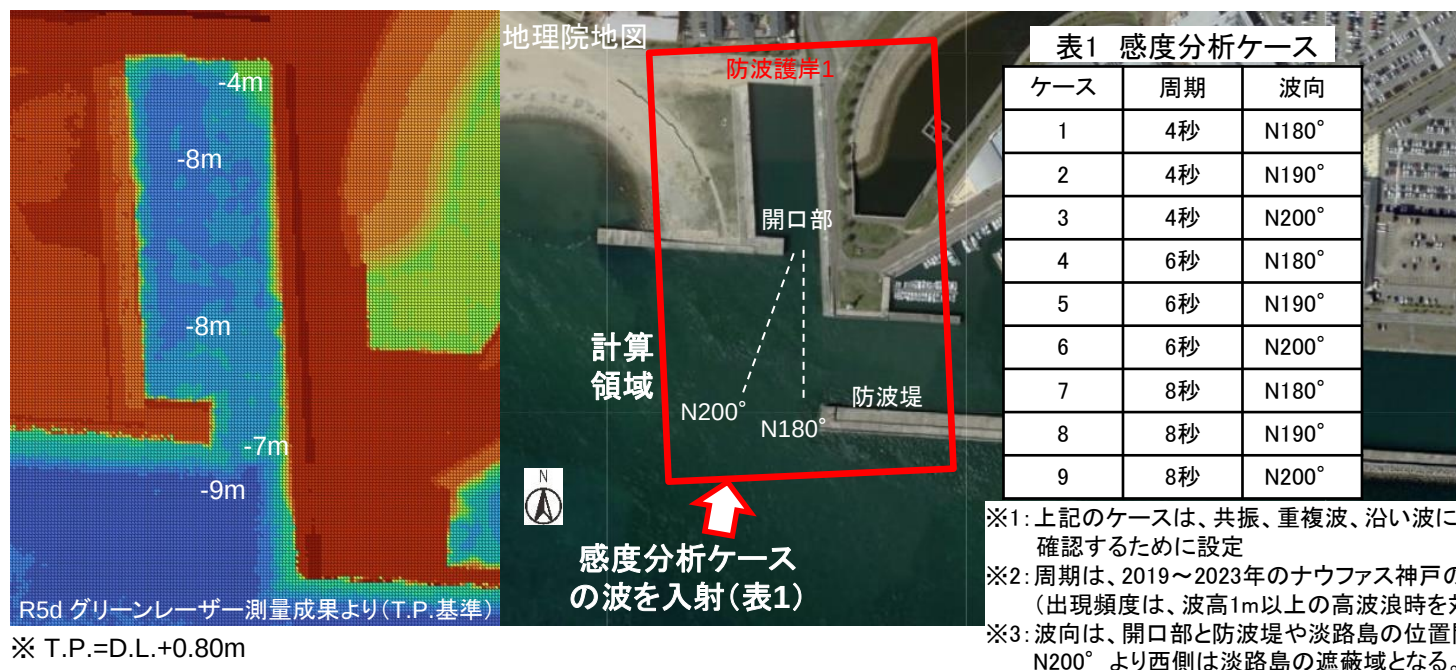


図 共振、重複波、沿い波等の作用の検討イメージ

2. 今後の調査予定(案)

2.2 波浪変形計算

□ 共振に関する事前検討

前頁の共振、重複波、沿い波のうち、前面水域の形状から簡易推定できる共振を対象に、防波護岸1での波高の増幅の可能性を分析した

- 共振時の波の周期は、基本振動で50秒、3倍振動で17秒、5倍振動で11秒程度であり(図1)、いずれもナウファス神戸における高波浪の出現周期帯(3~9秒)※よりも長い
- このため、共振による波高の増幅の可能性は低いと推察
- ただし、沿い波や重複波が影響する可能性はあることから、前頁の感度分析を実施

※ 2019~2023年の5年間のナウファス神戸における波高1.0m以上の高波浪の出現周期帯3~9秒より

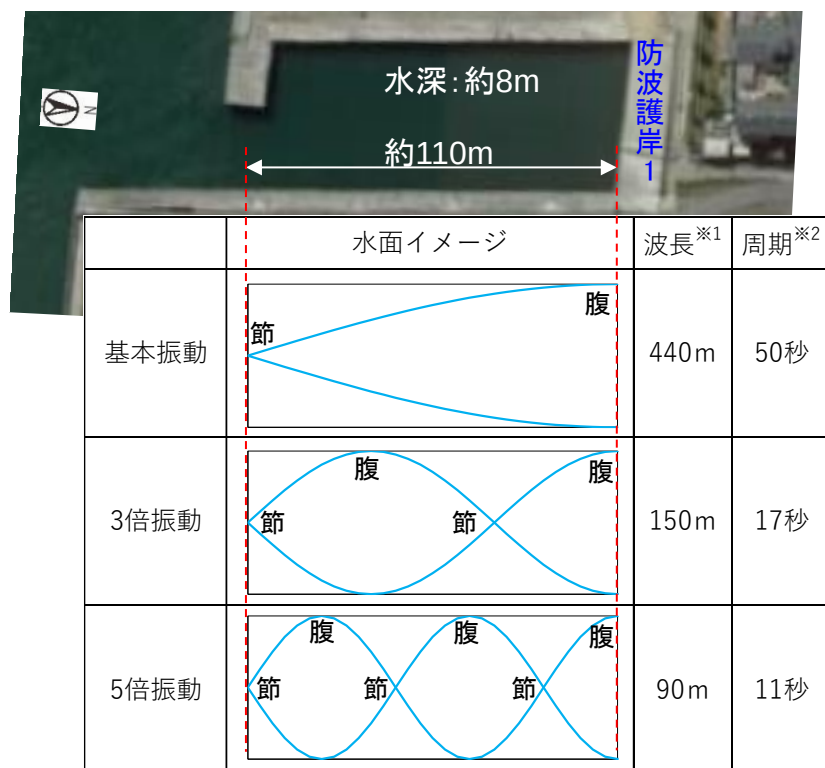


図1 共振のイメージ(舞子海岸 防波護岸1前面水域)



図2 防波護岸1前面水域における沿い波の進行

- ※1 波長は振動の形態から算出
(基本振動の場合、1/4波長が110mとなるので波長は440m)
- ※2 周期は水深(約8m)と波長を基に波の線形分散関係(港湾の施設の技術上の基準・同解説 p.130)を利用して算出。
- ※3 図1の波長、周期は、共振を対象に算出したものであり、沿い波、重複波の影響は含まれていないことに留意

2. 今後の調査予定(案)

2.3 対策工効果検証 水圧式波高計設置(西垂水舞子海岸 防波護岸1)

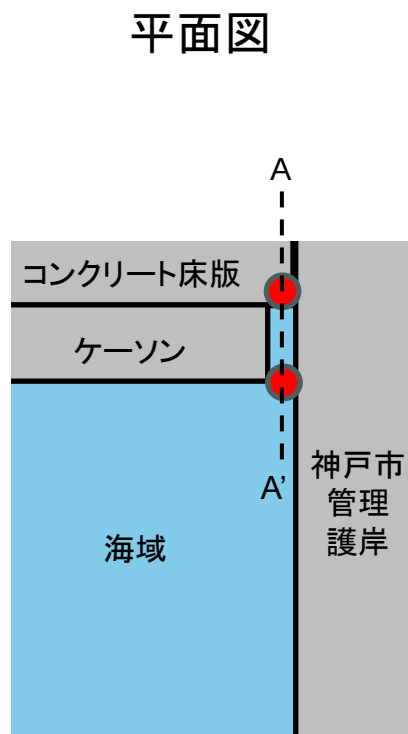
□水圧式波高計設置

- 以下に示す第1回委員会での意見をふまえ、対策工の効果を確認するための水圧計測調査を検討
✓対策工の効果を確認する調査をした方がよい。

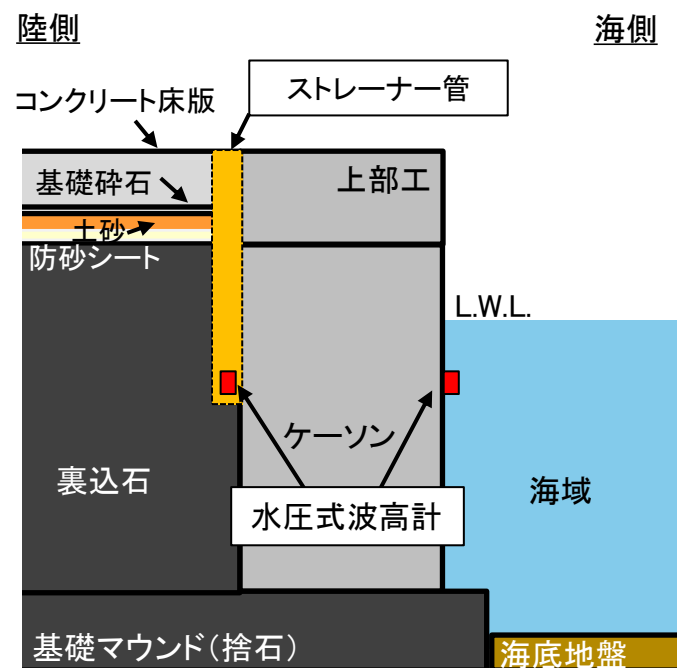
- 水圧式波高計を、波圧低減対策工の実施想定箇所(代表箇所)に設置
- ケーソン前面海域と陸側に設置、前後水圧を比較することで効果を検証
- 観測機器は一般的な水圧式波高計(記録間隔1秒程度)を予定



位置図 (防波護岸1)



断面図(A-A'、目地部)



対策工法の考え方

1. 空洞の発生要因	・・・・・・・・・・・・・・・・	3
2. 対策工法（案）	・・・・・・・・・・・・・・・・	9
3. 対策実施条件（閾値）	・・・・・・・・・・・・・・・・	16

1. 空洞の発生要因

□ コンクリート床板下部に空洞が発生する要因

ケーソン背面に空洞が発生する要因として、一般的には次のものが想定される。

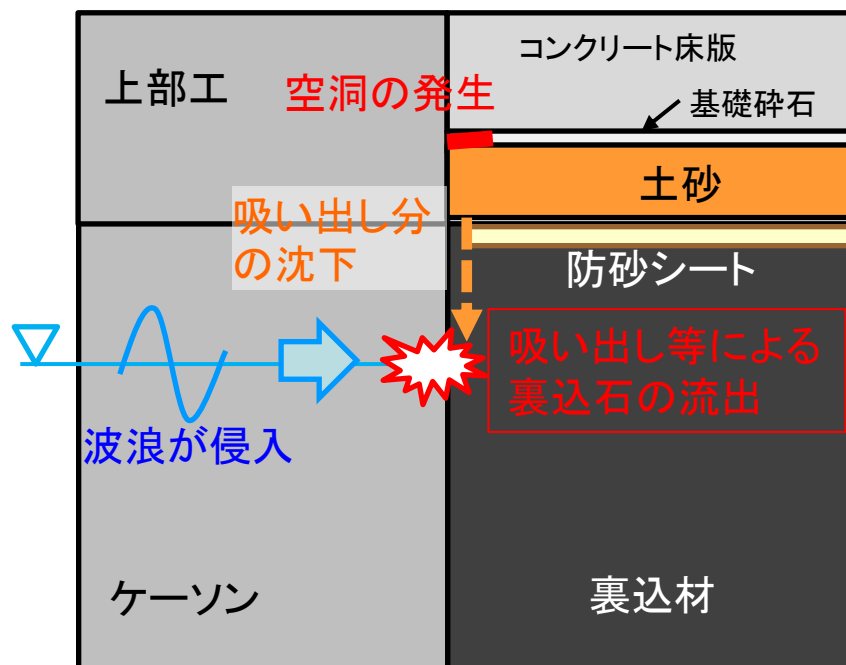
- ①ケーソンの目地間隔が裏込材の粒径以上の場合
- ②防砂板の損傷
- ③防砂シートの損傷
- ④裏込材の圧密沈下等

1. 空洞の発生要因

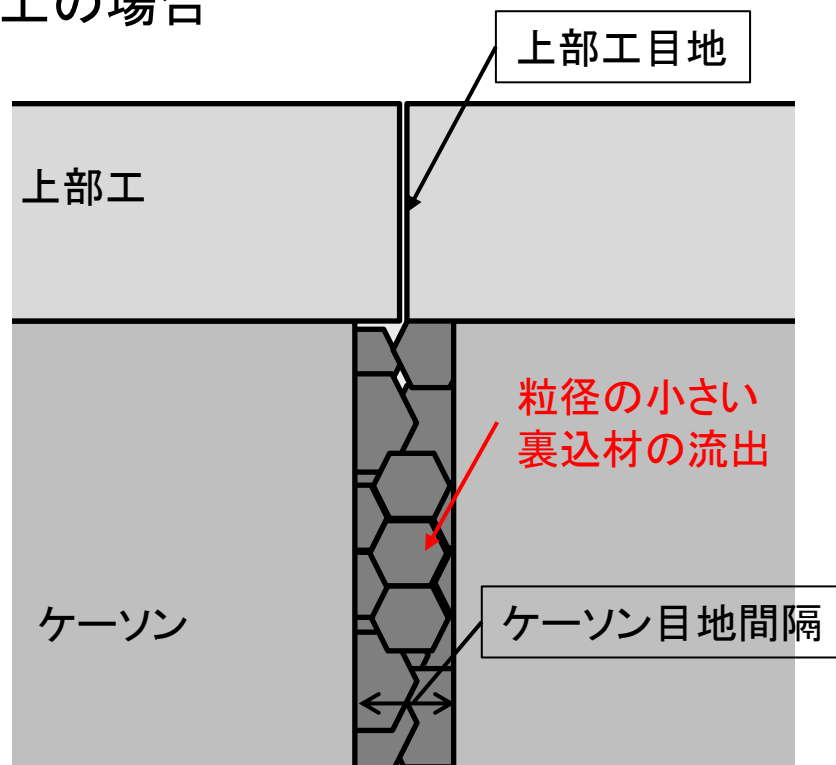
①ケーソンの目地間隔が裏込材の粒径以上の場合

海側

陸側



断面の模式図



正面（海側）の模式図

○ケーソンの目地間隔が裏込材の粒径以上の場合

ケーソン背面については裏込材（下部は主に石材、上部は土砂）が施工されている。

ケーソンの目地間隔が裏込材の粒径以上となる場合、海側からの吸出し等により裏込材が流出し、減った体積分がコンクリート床板下に空洞となる。

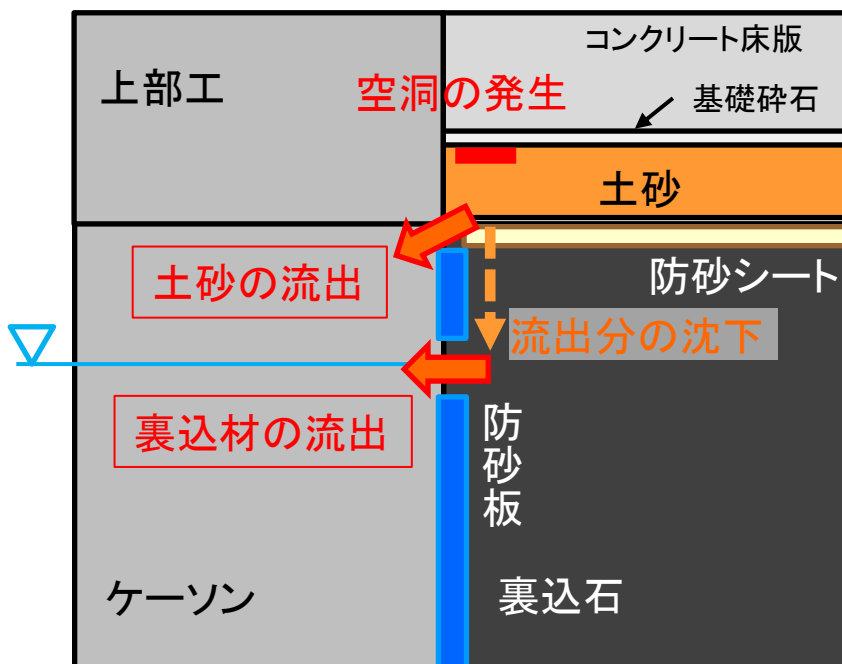
※ケーソンの目地間隔が設置後徐々に広がったかは確認できないが、ケーソン自体は設置後は安定している構造物と想定している。

1. 空洞の発生要因

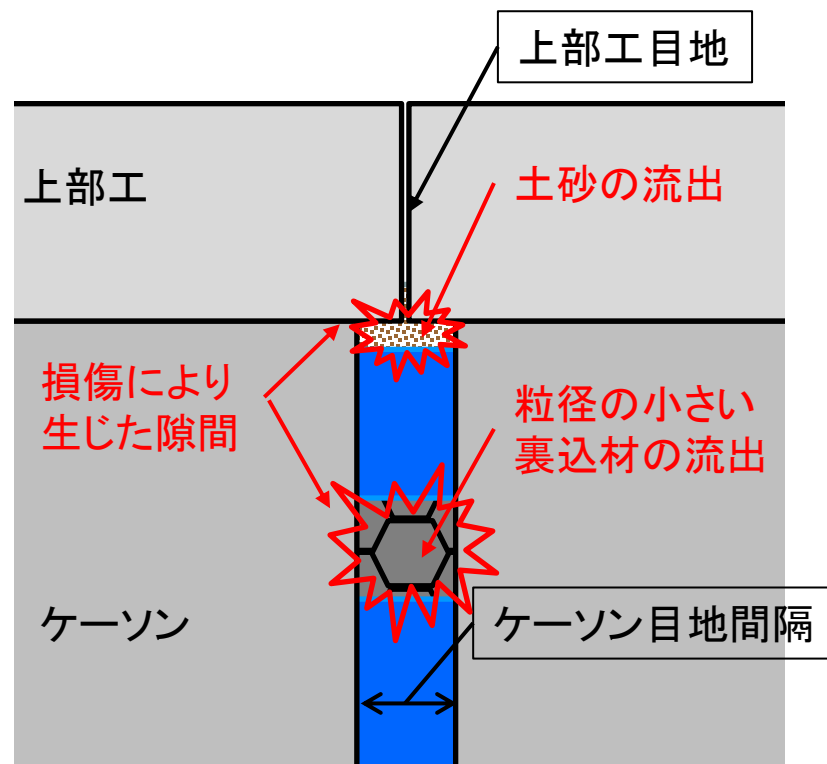
②防砂板の損傷

海側

陸側



断面の模式図



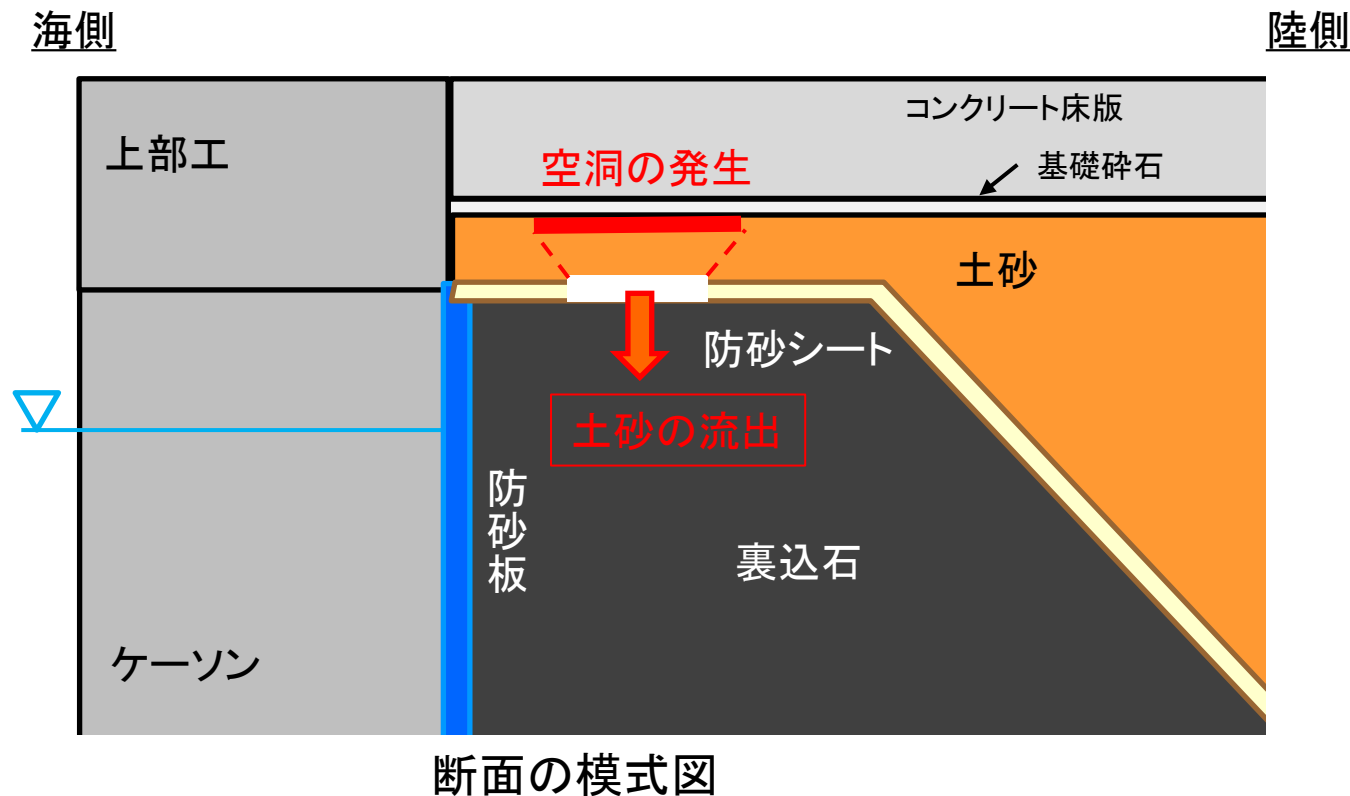
正面(海側)の模式図

○防砂板の損傷

ケーソンの目地間隔が裏込材の粒径以上となる場合であっても、防砂板が機能していれば裏込材(土砂部)の流出は発生しないが、防砂板が損傷している場合は吸出し等の作用により裏込材が流出し空洞発生の原因となっている場合がある。

1. 空洞の発生要因

③防砂シートの損傷



○防砂シートの損傷

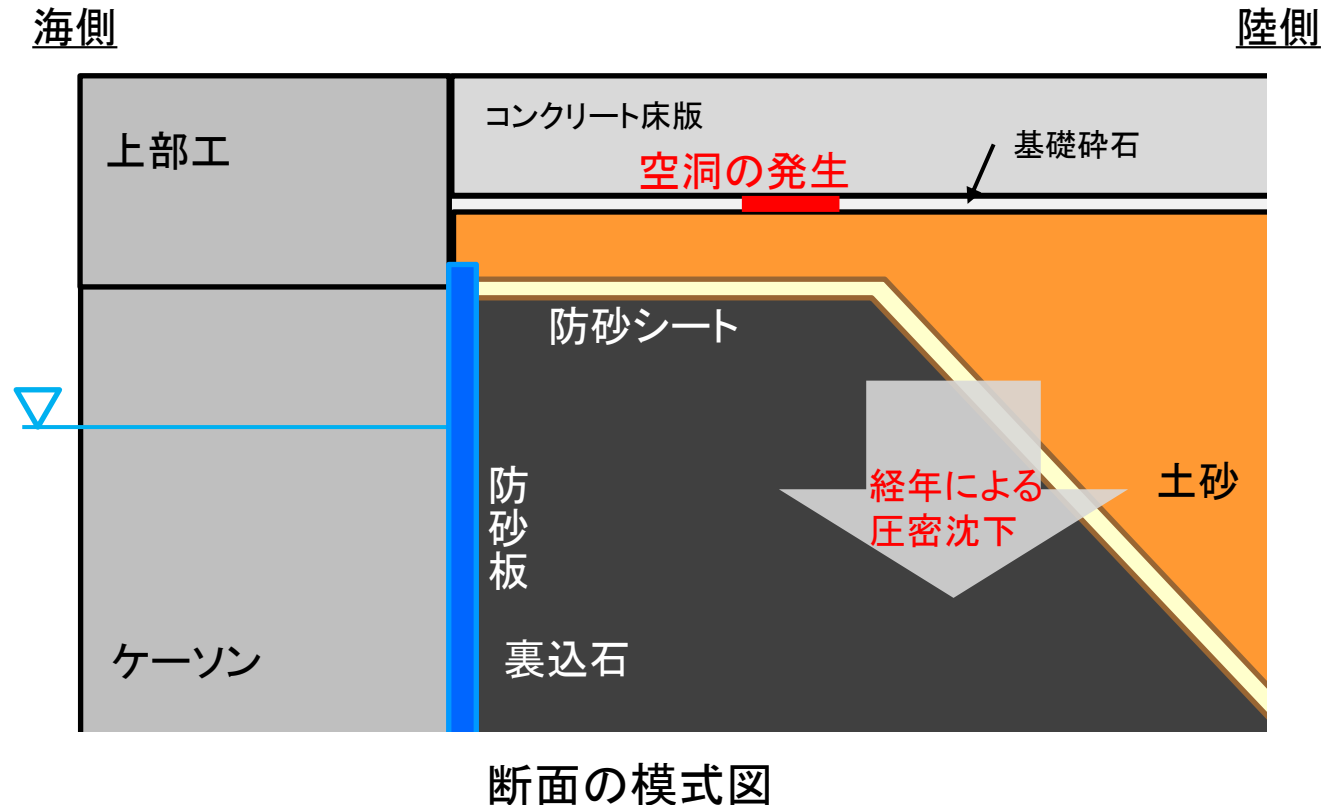
ケーソン背面の裏込材については、下部は石材であるが上部については土砂が使用されている。

石材と土砂の間には防砂シートが設置されているが、これが損傷している場合に土砂が裏込石内部へ流出し、空洞発生の要因となる場合がある。

※現在は防砂シートの状況を確認していないため、他の要因が考えられない場合に確認を行う。

1. 空洞の発生要因

④裏込材の圧密沈下等



○裏込材の圧密沈下等

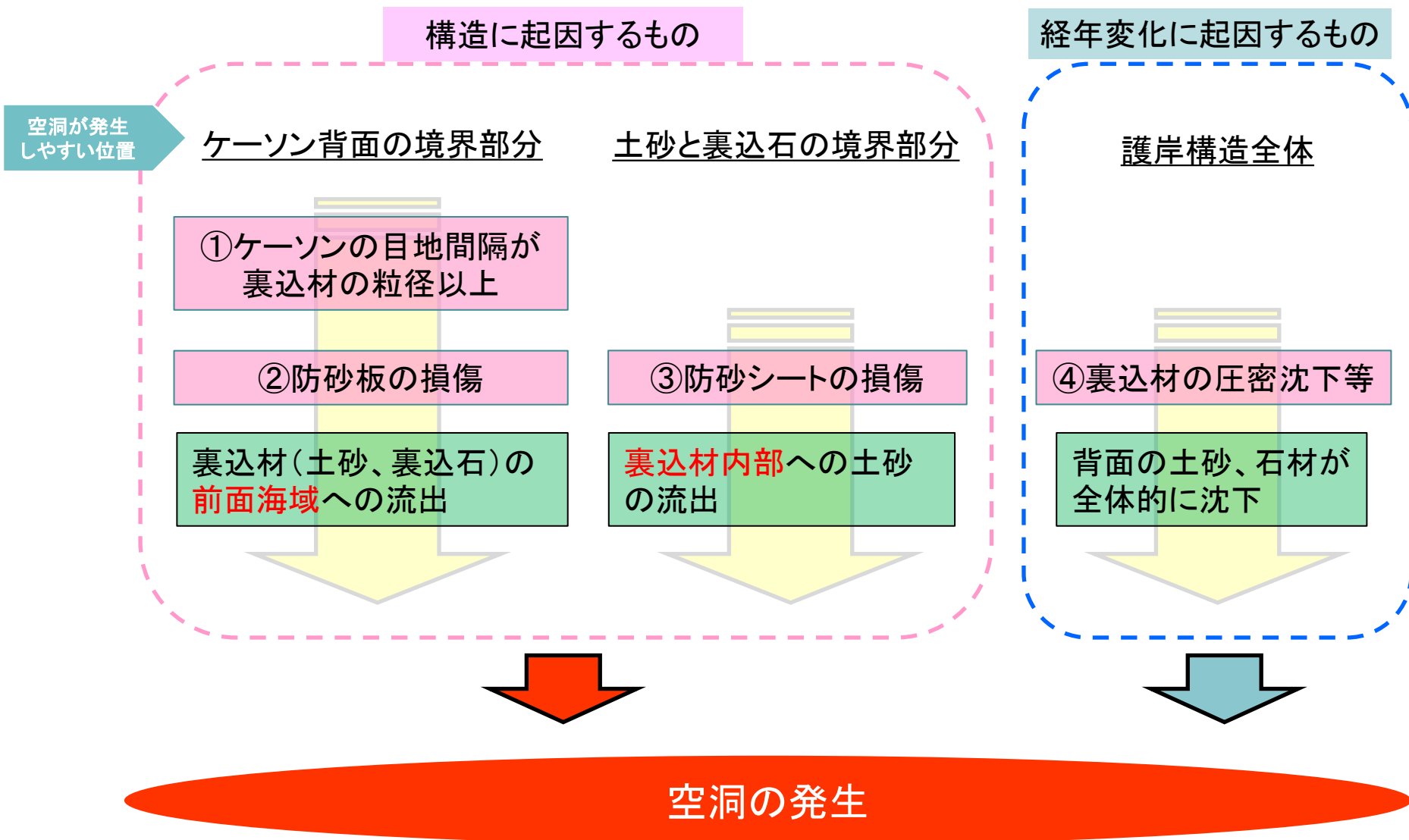
ケーソン及び背面に施工した裏込材の自重により、圧密沈下を起こす場合がある。

多くは初期沈下により護岸施工時に変状が収束するが、中長期にわたり沈下が続いた場合に、裏込材とコンクリート床板の間に空洞を発生させる場合がある。

※護岸整備から30年以上が経過しているため、現在は沈下が収束していると想定している。

1. 空洞の発生要因

□（空洞の発生フロー）

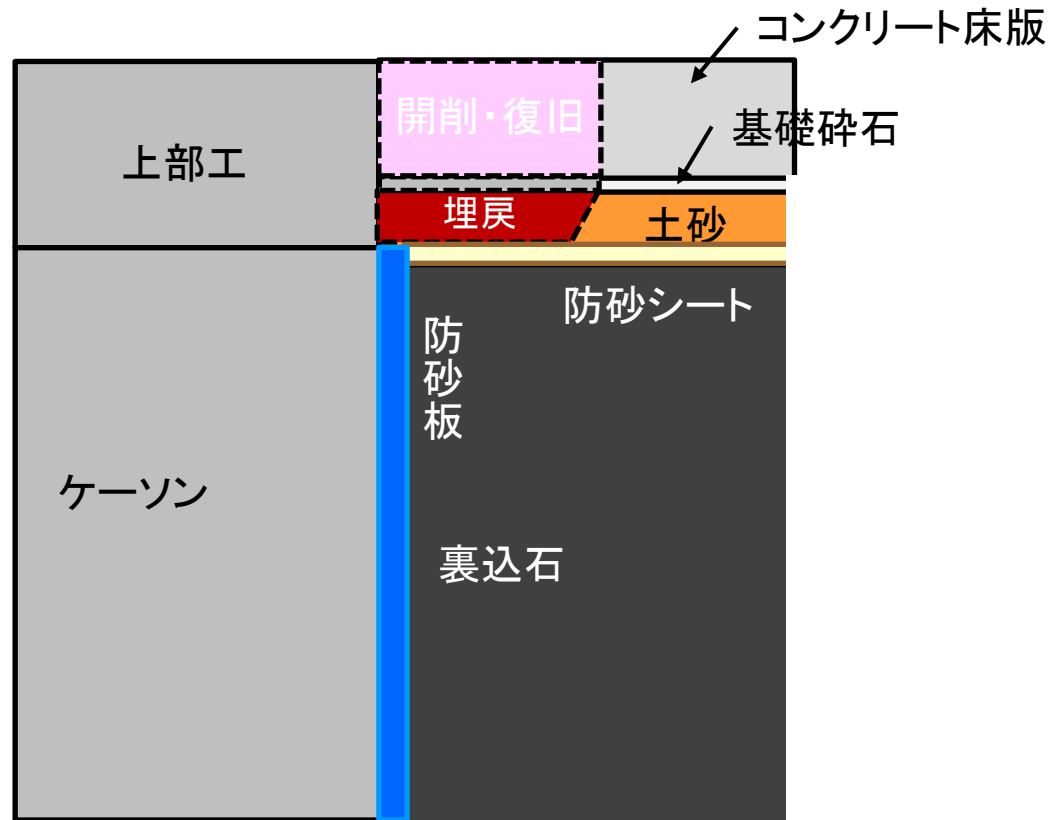


2. 対策工法(案)

①直接埋戻(開削＋埋戻＋コンクリート床版復旧)

空洞化した箇所のコンクリート床版を取り壊し、土砂で埋戻した後、コンクリート床版を復旧する。

- コンクリート床版が厚く、開削の手間が大きい
- 開削を伴わない充填材を用いる方法もある。
- 開削することで、空洞の状況を確認することが可能
- 復旧時に観測孔を設置し、定期点検することも可能。
- アジュール舞子で見つかった空洞の横断方向の大きさが3.5mであったため、法線直角方向の開削幅を最大4mと想定。(基本的には空洞サイズに応じた開削)



2. 対策工法(案)

①直接埋戻(開削＋埋戻＋コンクリート床版復旧) イメージ

開削



裏込石



裏込均し



防砂シート



土砂投入



基礎碎石



コンクリート床版

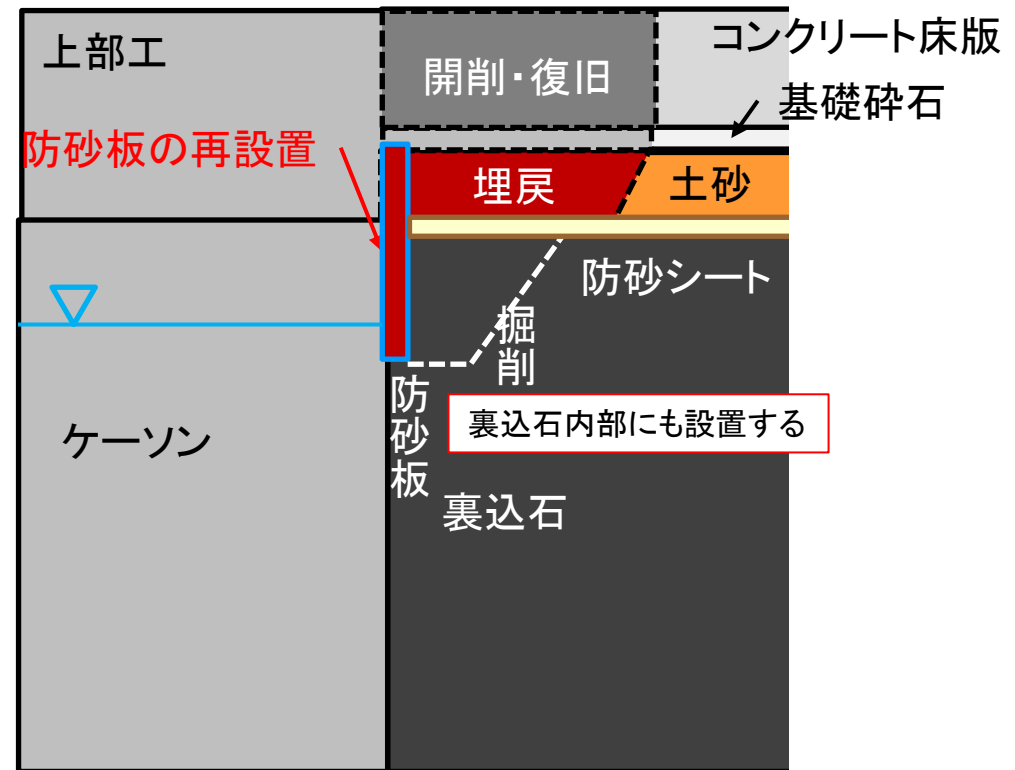


2. 対策工法(案)

②防砂板の補修

空洞確認箇所において、防砂板が損傷している場合に再設置する。

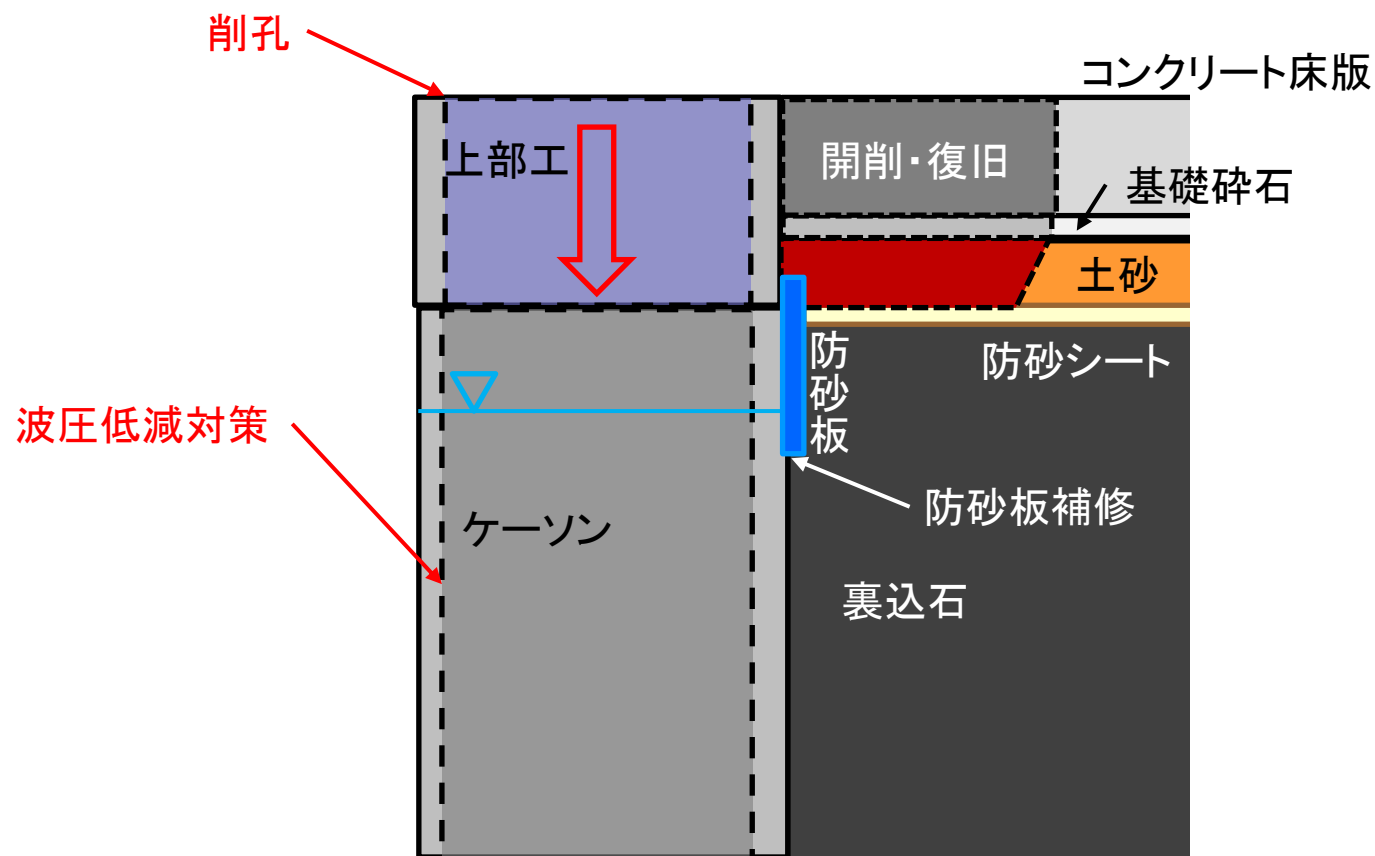
- 防砂板が流出を防ぐものは主に土砂である。
- 土砂と裏込石の境界部分を中心に、潮位の影響から吸出しが起きやすい干満帯の高さまでを防砂板で保護する。
- 再設置高さまで掘削が必要なため、背後の状況に留意が必要。



2. 対策工法(案)

③波圧低減対策

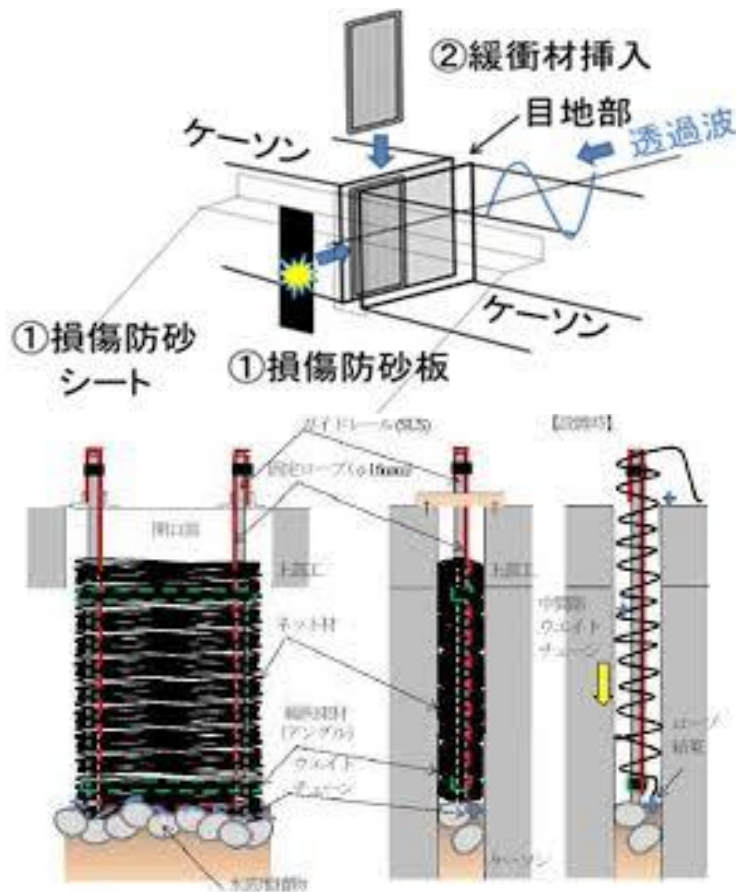
目地幅が大きく、浸入する波浪によって防砂板が損傷したと考えられる空洞発生箇所については、波圧低減対策(ネットバッファ工法等)を合わせて行う。



2. 対策工法(案)

【参考】波圧低減対策例(ネットバッファ工法)

- ・ ケーソン目地部分に繊維製ネット材を挿入し、波浪の侵入を80%程度抑制する。
- ・ 完全に目地の隙間をふさぐわけではないが、石材の流出を抑制することが可能である。
- ・ 防砂板を保護する機能があり、防砂板を健全に保つことが可能である。



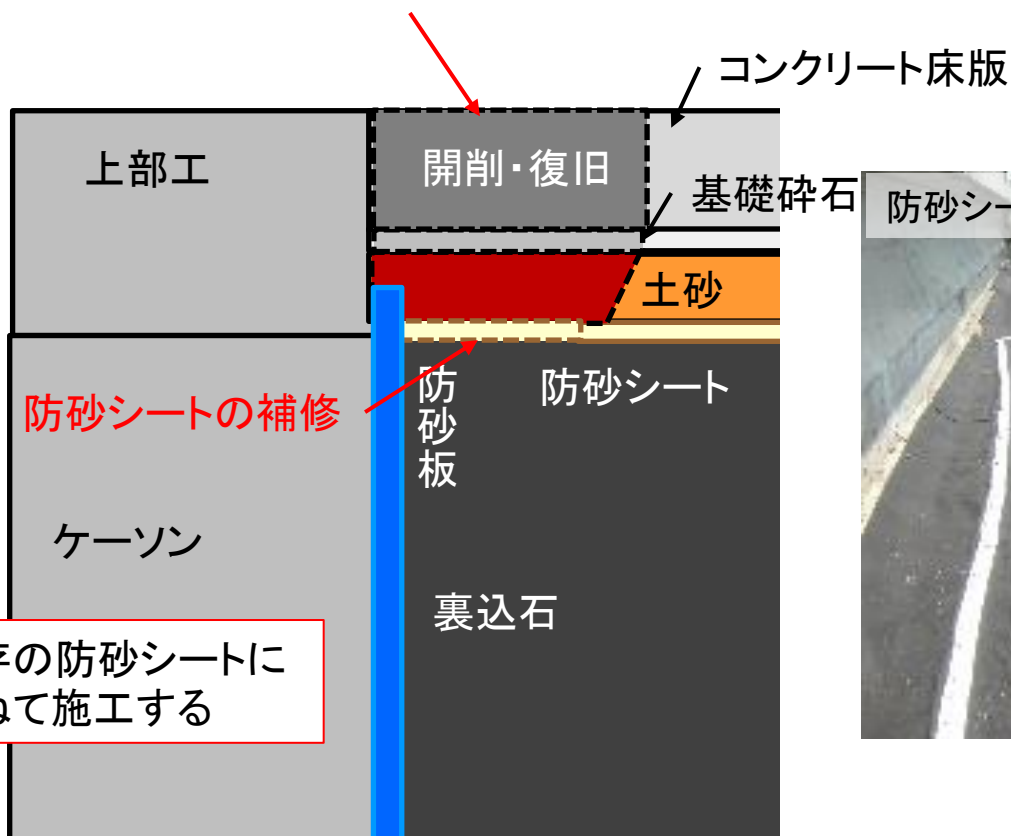
出展: 前田工織(株) 海洋資材総合カタログP.7,8より

2. 対策工法(案)

④防砂シート補修(追加調査の結果をもって採用を検討)

土砂の流出の原因が防砂シートの損傷と確認された場合に、防砂シートを再設置する。
開削しなければ判明しない損傷のため、追加調査による確認後、実施する。

開削＋埋戻＋コンクリート床版



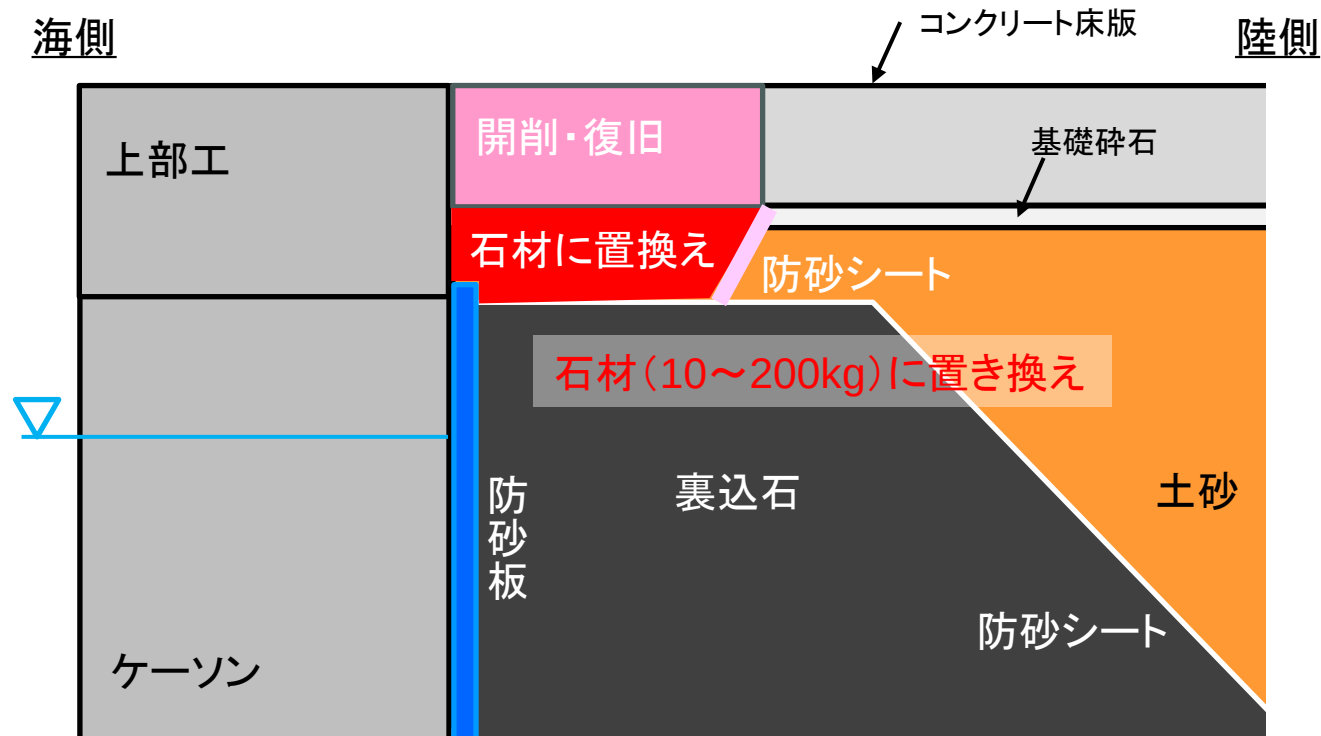
既存の防砂シートに
重ねて施工する

2. 対策工法(案)

⑤裏込材の置換え工法

コンクリート床版を開削し空洞を埋め戻す際に、ケーソン側を中心に土砂を雑割石等に置き換える。

- 空洞を埋め戻す際に、土砂部についても既設裏込材と同等の規格の石材に置き換える。
- 目地部の隙間よりも大きい粒径であるため、防砂板の有無にかかわらず裏込材の流出を防止可能。
- 土砂部との境界には防砂シートを規格アップして設置
- 裏込石と同じ規格のため、既存の材料との境界に防砂シートが不要。



断面の模式図

2. 対策工法(案)

対策工法の選定方針及び留意事項

- 対策工を行う箇所は、以下を踏まえた検討とする
 - ・空洞の規模(個々の深さや広がり、連続性、分布状況など)
 - ・追加開削調査の結果
 - ・ケーソン目地間隔

※規模の小さな空洞については対策工を実施せず、経過観察のみを行うことも含め検討を行う
- 対策工法は、空洞の規模や推定される原因を踏まえ、必要であれば複数の対策工法の組み合わせを検討する
- 対策工を検討する際には、以下に留意する
 - ・使用する材料(防砂板や防砂シートなど)の仕様(強度や耐久性など)
 - ・裏込材の粒径(土砂から石材への置き換えを含む)
 - ・対策工実施後のモニタリングや維持管理、修繕・更新
 - ・過去に大蔵海岸で発生した陥没や空洞に対する知見

3. 対策実施条件(閾値)

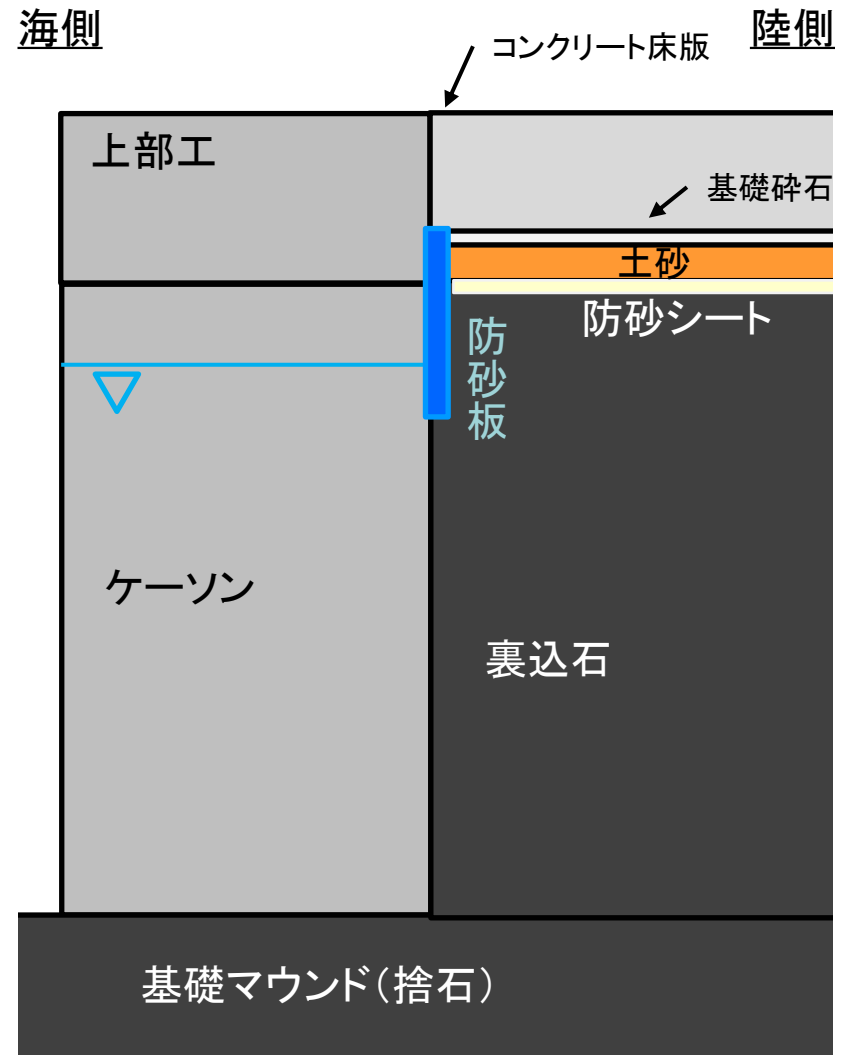
現状を踏まえた要対策とする空洞(案)

- ・ ケーソンの目地間隔が裏込石の最小粒径以上の空洞発生箇所
- ・ 防砂板が損傷している空洞発生箇所
- ・ 対策時に再設置する裏込材の粒径より大きい(深い)空洞発生箇所

現状を踏まえ、モニタリング等の対象とする空洞(案)

- ・ 空洞深さが小さいもの(100mm未満)で、目地幅が150mm~200mm以下の場合は裏込材が流出する可能性が低いため、経過観察措置とする。
(年1~2回程度のモニタリング)
- ・ 空洞が確認されていない箇所については、日常点検による表面変状の確認とする。

【参考】裏込材の最小粒径は200mm程度と想定



断面の模式図

3. 対策実施条件(閾値)

【参考】対策を行う箇所の目地間隔閾値を200mm以上とする根拠

- 目地間隔の健全性を判断する要素は、裏込石が流出しないかどうかであると想定。
- (「**目地間隔<裏込石の最小粒径**」であれば裏込石は流出しない。)
- 裏込材(石材)は捨石(10~200kg)であることを確認。
- 詳しい材料が不明なため、設計安全側の考えより単位堆積重量が重い「石材(花崗岩)」を採用。
- 最小の重量10kgの石材の粒径を下記試算より推定。

$$\frac{4}{3} \times \pi \times r^3 \times 2.65t/m^3 = 10kg \quad \text{【球体の体積} \times \text{単位堆積重量】}$$

$$\frac{4}{3} \times 3.14 \times (0.09)^3 \times 2,650kg/m^3 = 8.09kg \quad \text{「直径180mm(半径0.09m)の場合の重量」だと10kgに足りない}$$

$$\frac{4}{3} \times 3.14 \times (0.1m)^3 \times 2,650kg/m^3 = 11.1kg \quad \text{「直径200mm(半径0.1m)の場合の重量」だと10kg以上になる}$$

- 以上より、対策が必要な**目地間隔の閾値を150mm~200mm以上(空洞発生箇所)**とする

参考

(1) その他の材料

その他の材料は、事前にその特性を把握するものとする。なお、下記の各種材料に関して文献16)が参考となる。

a) 瀝青材料

瀝青材料は、それと組合せて使用される他の材料の性質と併せ、その性質を十分に把握して使用することとする。海岸保全施設に用いられる瀝青材料の大部分はアスファルトである。瀝青材料は、それ単体で使用されることはほとんどなく、アスファルトを例にとれば、通常は骨材と混合し、アスファルト合材として使用される。アスファルト以外の瀝青材料としては、タール、ピッチ及びアスファルト乳剤等がある。

水中及び水面付近に主として用いられるアスファルト合材としては、サンドマスチック及びアスファルトマットがある。これらに用いられるアスファルトの規格は、JIS K 2207に定められている。

b) 石材

海岸保全施設に使用する石材は、その使用目的に必要な性質を有するとともに、工期、工費及び維持を含めた費給関係を考慮して用いることとする。石材は海岸保全施設に多量に用いられる材料であるため、石材の選定は構造物の安全性、工期及び工費に大きな影響を及ぼす。海岸工事に主として使用される石材の種類としては、花崗岩、安山岩、玄武岩等の火成岩と砂岩、粘板岩等の堆積岩、鋼さい(鉄鋼スラグ等)等がある。海岸工事に用いられる石材を使用目的別に分類すると、被覆用材、基礎材、裏込め等に分けられる。また、景観目的として擬岩等がある。

16) (公社) 日本港湾協会 (2018): 港湾の施設の技術上の基準・同解説。

表-2.1.1 材料の単位体積重量の特性値¹⁾

材 料	単位体積重量の特性値 (kN/m ³)
鋼及び鋳鋼	77.0
鋳 鉄	71.0
アルミニウム	27.5
鉄筋コンクリート	24.0
無筋コンクリート	22.6
木 材	7.8
アスファルトコンクリート	22.6
石材(花こう岩)	26.0
石材(砂石)	25.0
砂、砂利及び割ぐり石(乾燥状態)	16.0
砂、砂利及び割ぐり石(湿潤状態)	18.0
砂、砂利及び割ぐり石(飽和状態)	20.0

資料一4

※追加調査や対策工事の実施状況等を踏まえ変更する場合があります