

追加調査について

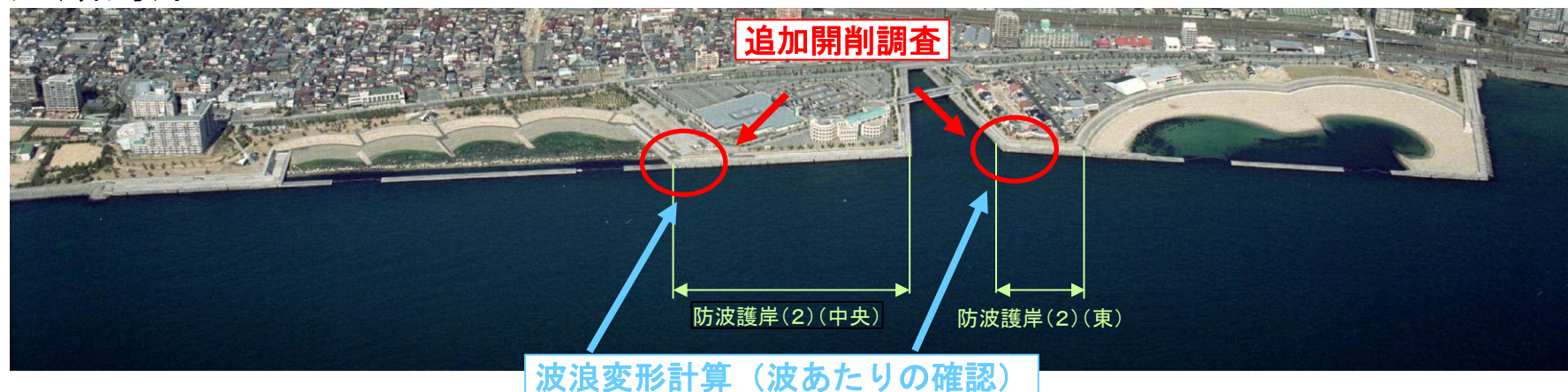
1.	令和7年度 追加調査について	
1. 1	カメラ設置（西垂水舞子海岸 防波護岸1）	5
2.	今後の調査予定（案）	
2. 1	追加開削調査および事前調査	12
2. 2	波浪変形計算	18
2. 3	対策工効果検証（水圧式波高計設置：西垂水舞子海岸 防波護岸1）	22

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

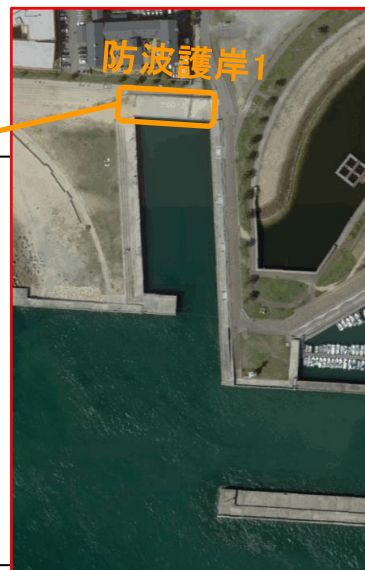
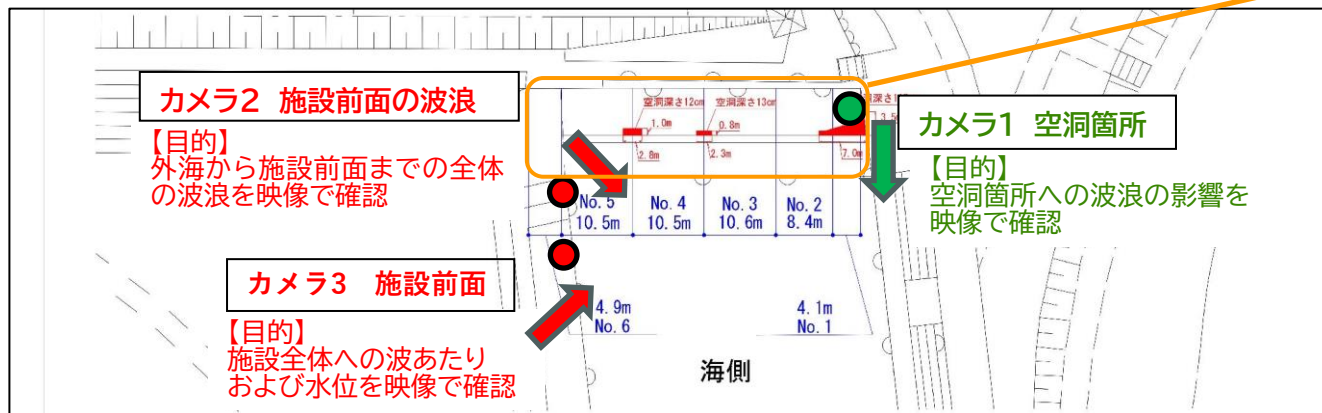
【確認事項】

- ・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)

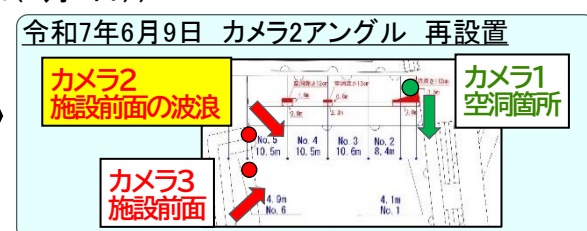
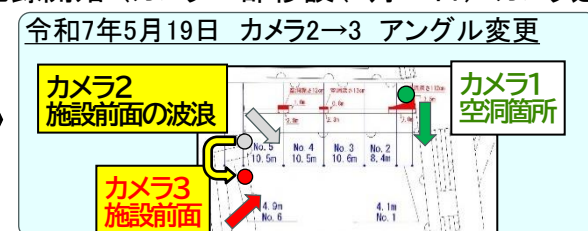
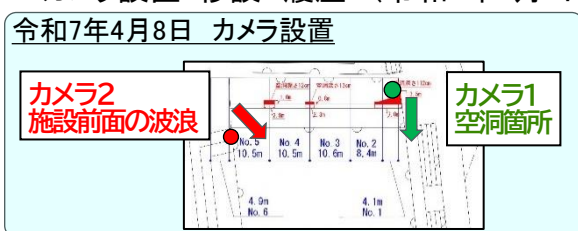
□カメラ設置位置 (令和7年7月時点) 3台のカメラを設置



●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

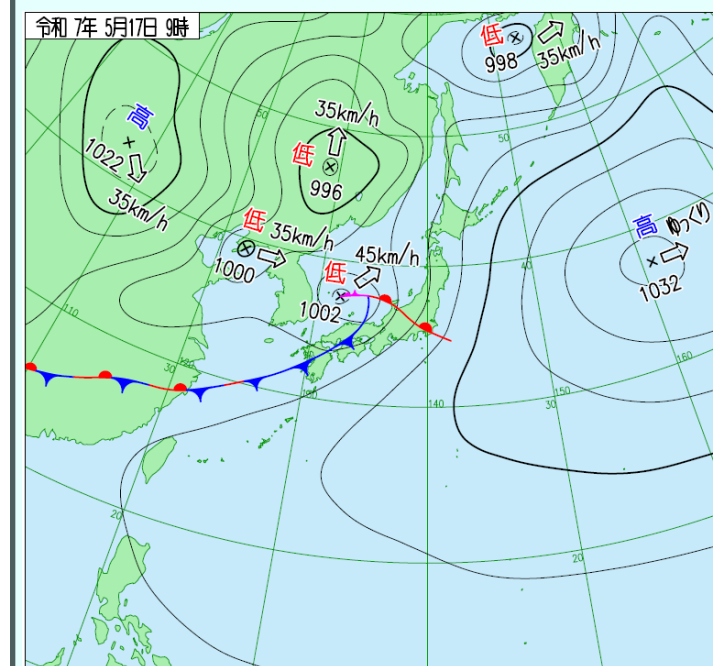
カメラ2 施設前面の波浪



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



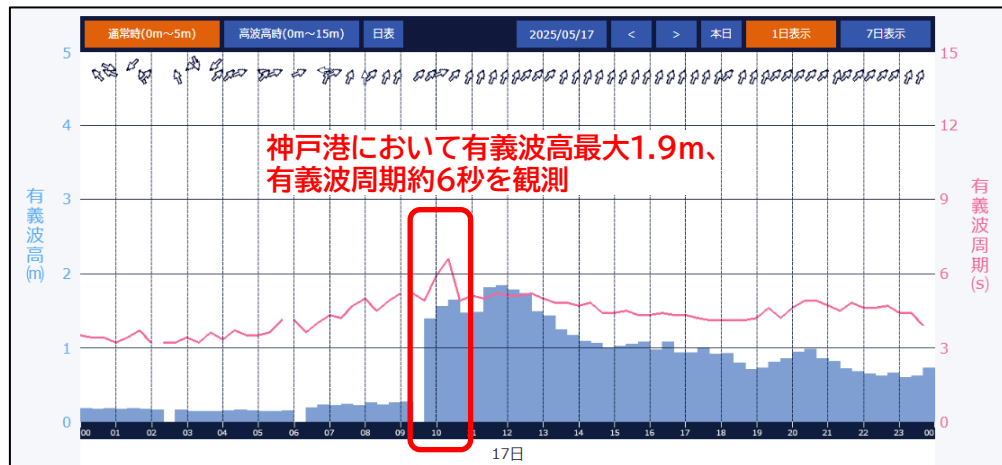
神戸港で有義波高最大1.9mを観測。
(※ 国土交通省港湾局の有義波実況)

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)

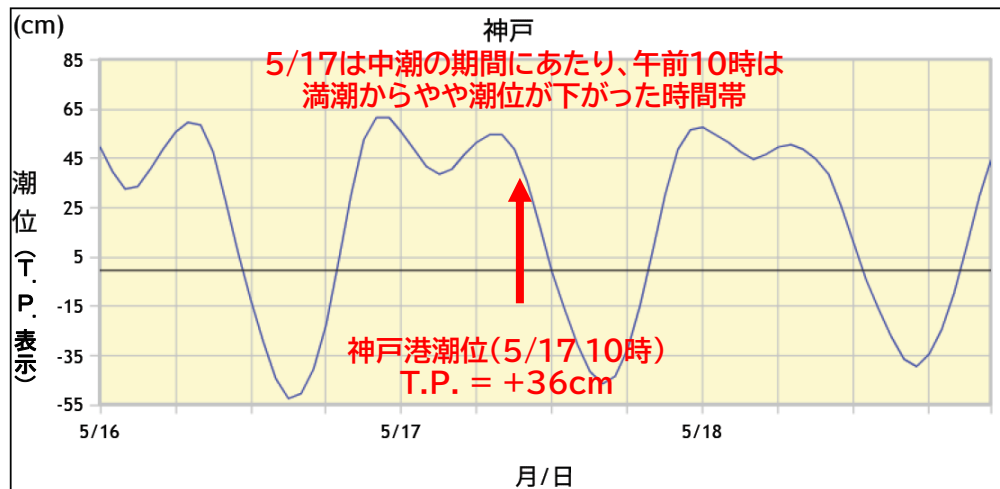
□高波浪事例時の波高及び潮位(2025年5月17日10時)

神戸港 波高・波向観測 (ナウファス)※1

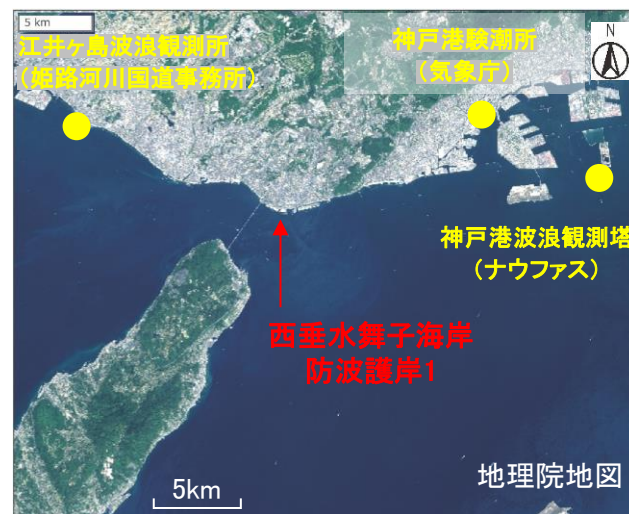


※同時刻の江井ヶ島観測所は有義波高0.75m 周期約3.8秒を観測

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

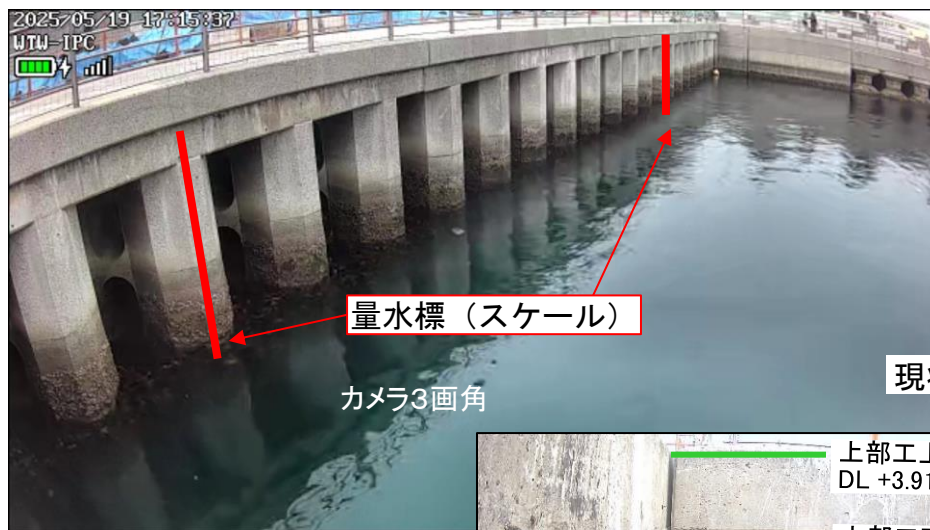
【第1回委員会の委員意見】

- ✓ 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と思われる。

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)



量水標 (スケール)

カメラ3画角

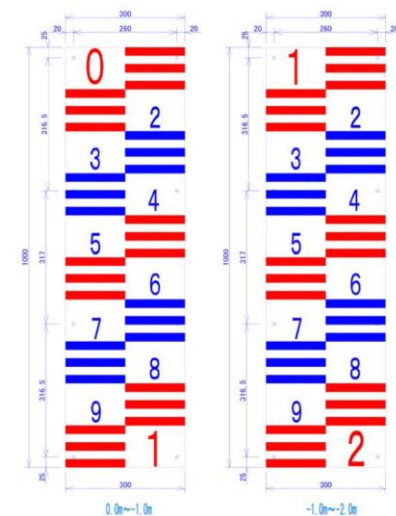


現状は仮設スケールを設置



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個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】

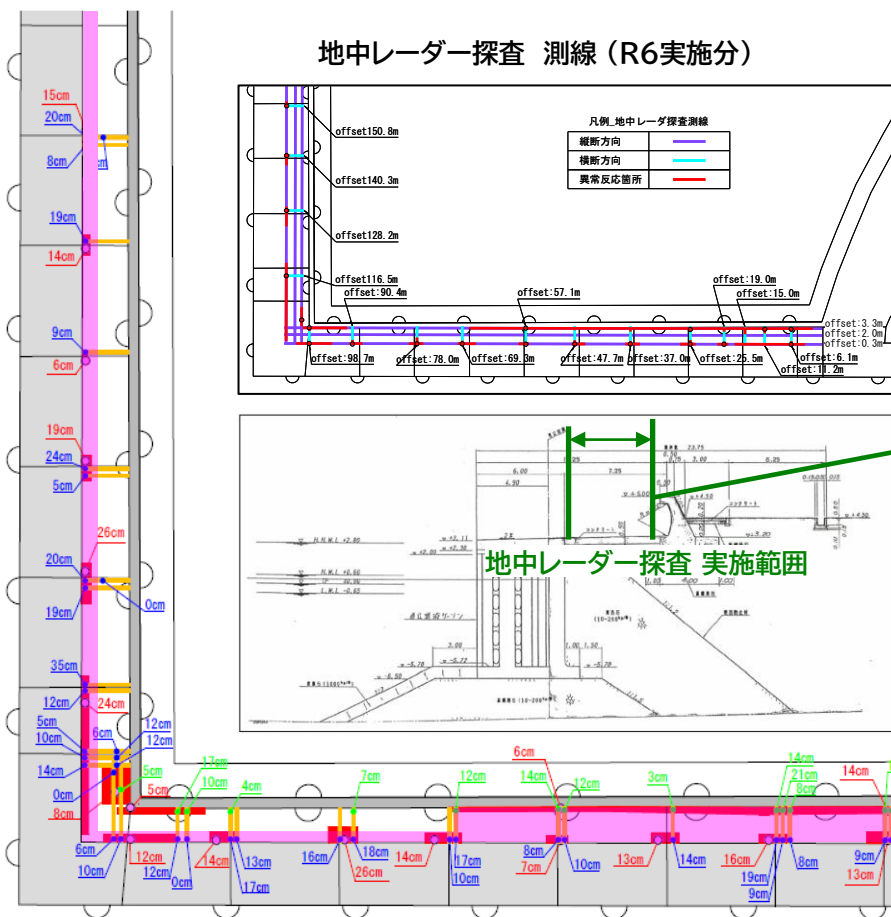
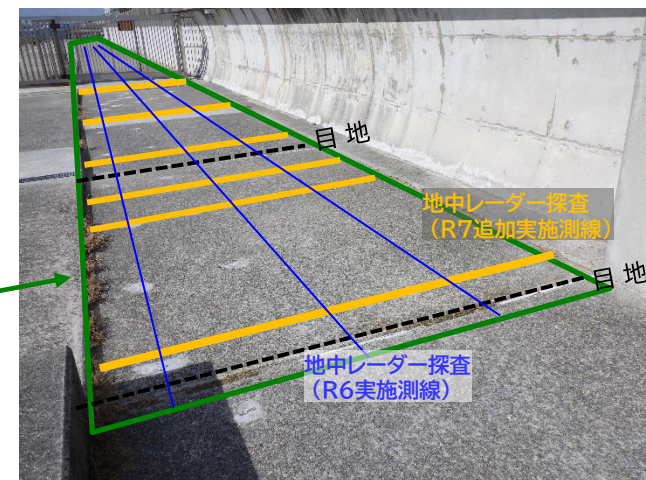
- 西垂水舞子海岸
防波護岸1 (令和6年度に実施済)
防波護岸2・取付護岸 (事前調査は実施済、開削調査実施予定)
- 大蔵海岸 (事前調査及び開削調査実施予定)
防波護岸1(中央)
防波護岸1(東)

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)

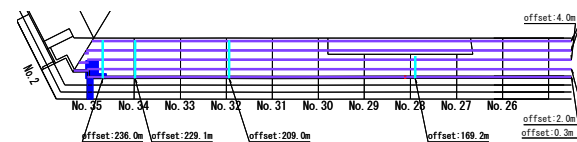
2.1 開削調査および事前調査

□ 事前調査案・開削調査予定範囲 (防波護岸1(中央))

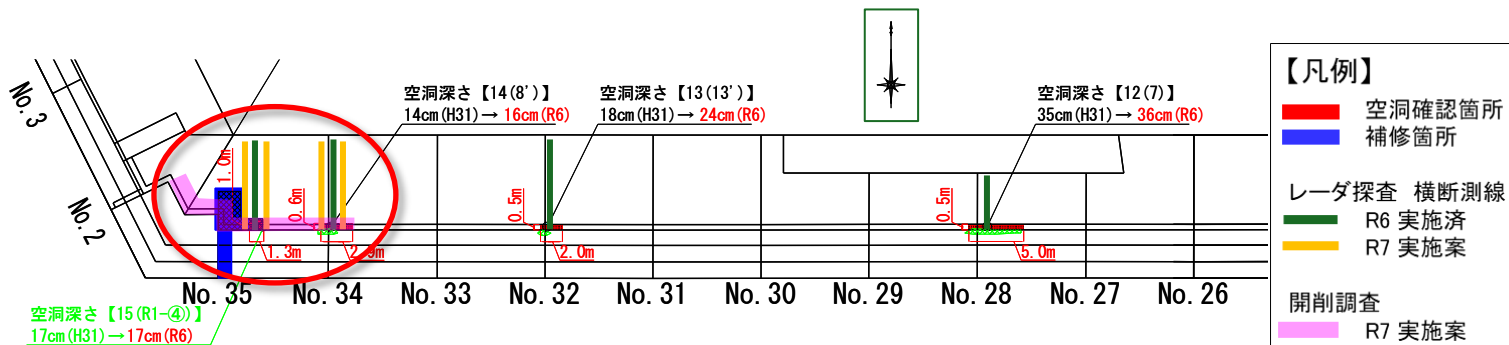
地中レーダー探査実施範囲



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

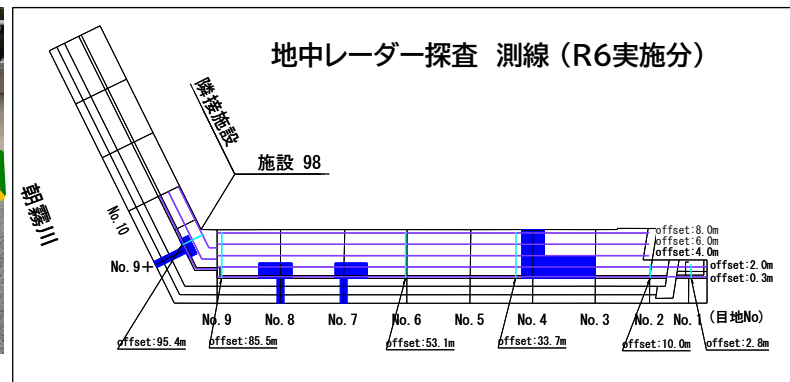
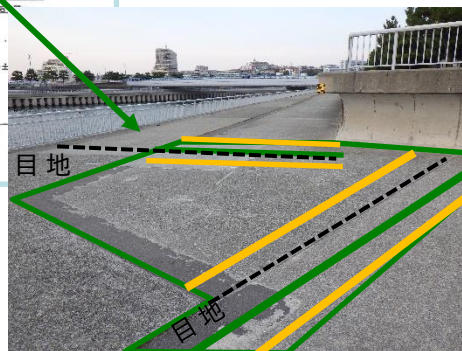
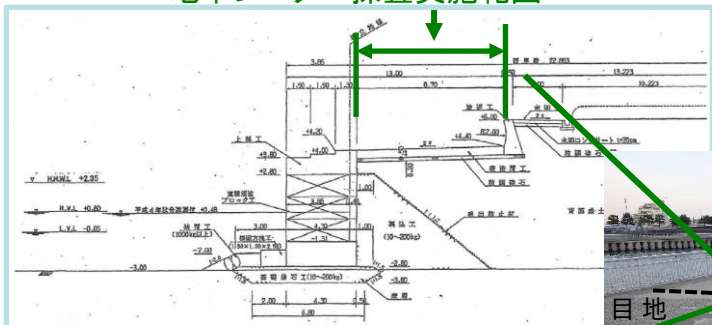


2. 今後の調査予定(案)

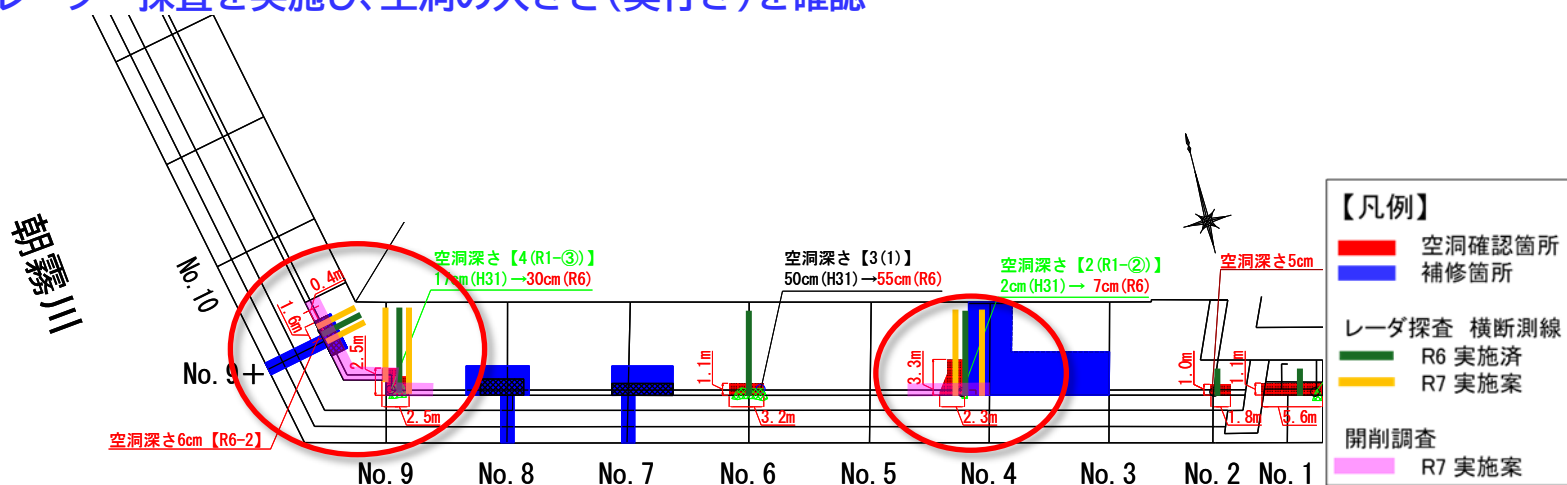
2.1 開削調査および事前調査

□ 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



【凡例】

- 空洞確認箇所
- 補修箇所
- レーダ探査 横断測線
 - R6 実施済
 - R7 実施案
- 開削調査
 - R7 実施案

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

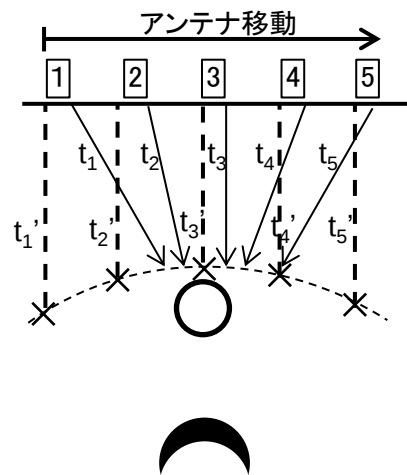
- 使用機器
ユーティリティスキャン
350HSアンテナ(350 MHz)
(GSSI社製)
- 測定深度
2 m程度
- 測定方向
岸壁法線の垂直方向
目地周辺を重点的に実施



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
- $t' \rightarrow$: 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

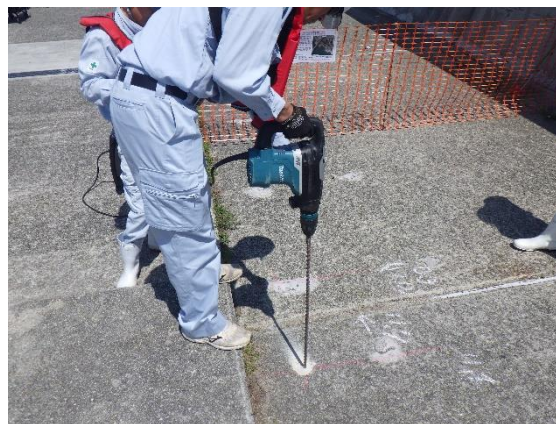
地中レーダ探査パターン

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

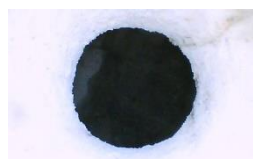


コンベックスによる空洞深さ計測

<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

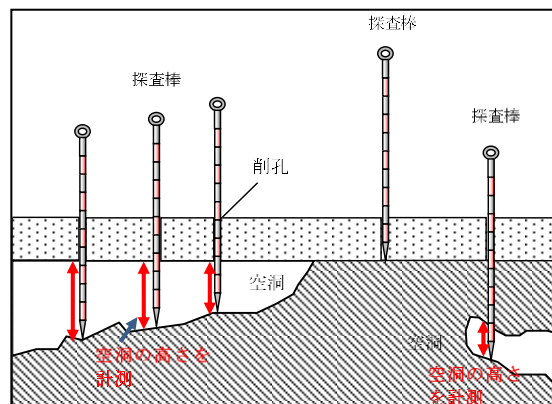


・底面は真っ暗に映る
空洞有



・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。

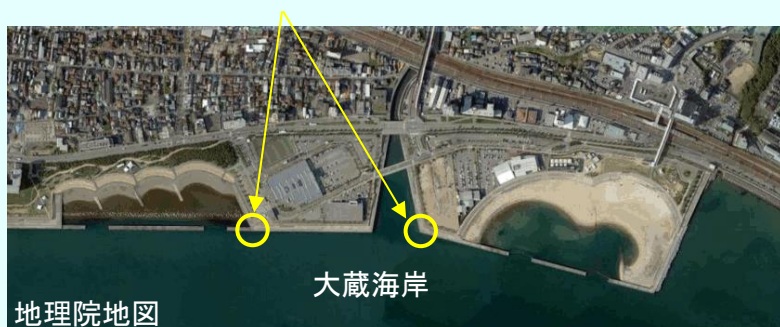
【第1回委員会の委員意見】

- ✓ 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。

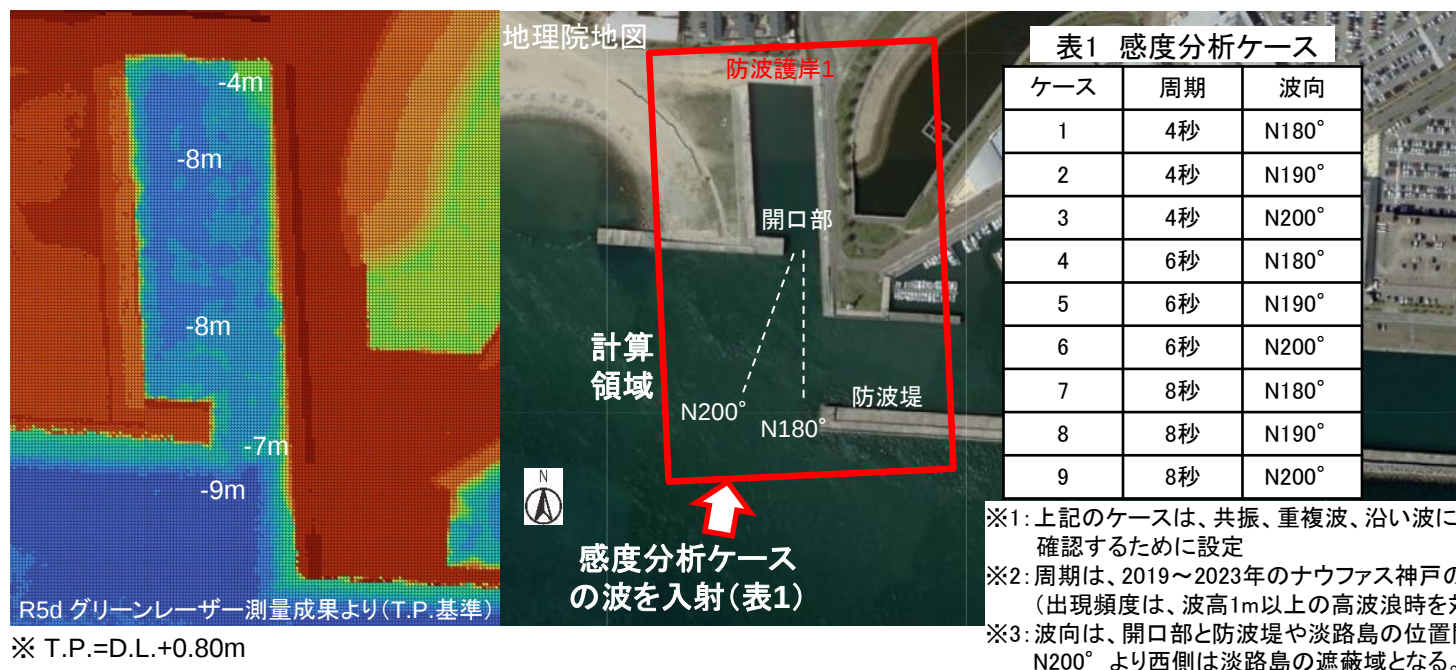


図 共振、重複波、沿い波等の作用の検討イメージ

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

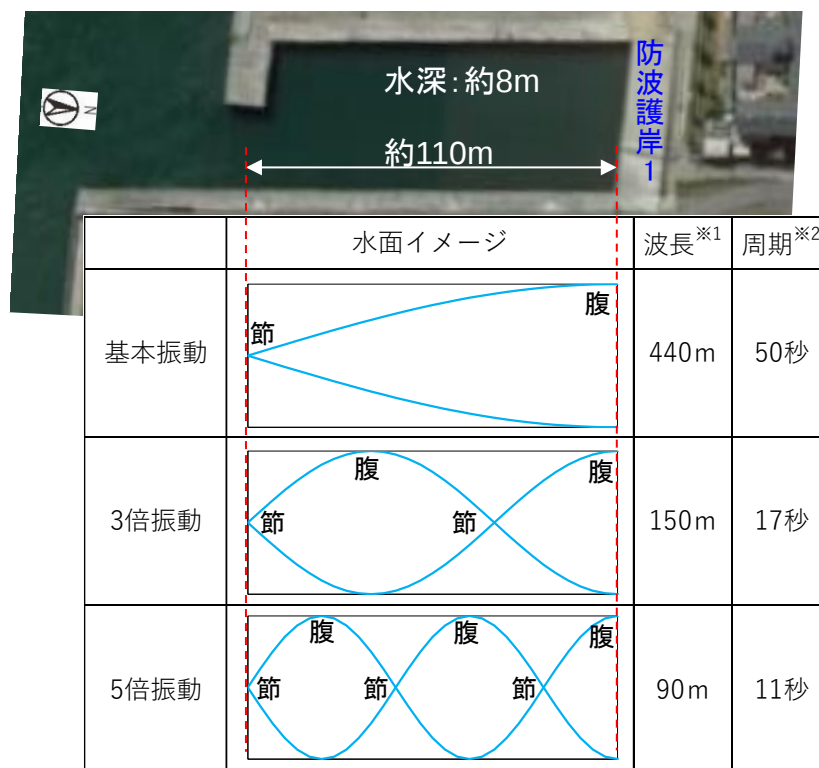


図1 共振のイメージ(舞子海岸 防波護岸1前面水域)



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)

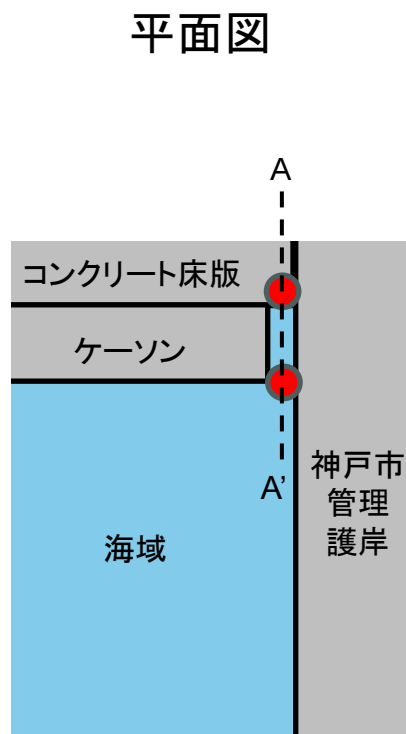
□水圧式波高計設置

- 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)

