

令和7年度水産基盤整備調査委託事業

# 漁港漁場施設の設計手法の高度化検討調査

## 報告書

令和8年3月

漁港漁場施設の設計手法の高度化検討調査

共同研究機関

一般財団法人漁港漁場漁村総合研究所  
国立研究開発法人水産研究・教育機構  
復 建 調 査 設 計 株 式 会 社



## 目 次

|                                              |       |
|----------------------------------------------|-------|
| a. 課題名 .....                                 | 1     |
| b. 実施機関名 .....                               | 1     |
| c. ねらい .....                                 | 1     |
| d. 方法 .....                                  | 2     |
| e. 結果                                        |       |
| 1. 能登半島地震を踏まえた耐震照査手法に関する技術的検討.....           | 1- 1  |
| 1.1 被災メカニズムの解明 .....                         | 1- 3  |
| 1.1.1 設計計画 .....                             | 1- 3  |
| 1.1.2 土質資料整理解析 .....                         | 1- 9  |
| 1.1.3 照査用震度の算定 .....                         | 1- 20 |
| 1.1.4 照査用震度の算定 .....                         | 1- 41 |
| 1.1.5 動的詳細解析 .....                           | 1- 55 |
| 1.1.6 被災メカニズムの解明 .....                       | 1- 75 |
| 1.1.6 被災メカニズムの解明 .....                       | 1- 75 |
| 1.2 被災メカニズムを踏まえた技術的知見の整理 .....               | 1 -86 |
| 1.2.1 地盤隆起が岸壁に与える影響 .....                    | 1- 86 |
| 1.2.2 被災後の岸壁における水平変位量の整理方法 .....             | 1-100 |
| 1.2.3 被災後の岸壁における被災要因の推定方法 .....              | 1-110 |
| 2. 地盤隆起等による地形変化の影響把握及び将来予測<br>に関する技術的検討..... | 2 - 1 |
| 2.1 実施目的 .....                               | 2 - 1 |
| 2.2 現地調査 .....                               | 2 - 1 |
| 2.3 現地調査の結果 .....                            | 2 - 4 |
| 2.4 大規模災害時のモニタリング手法の検討 .....                 | 2 -11 |
| 3. 全国の耐震・耐津波対策及び設計手法に関する技術的検討.....           | 3 - 1 |
| 3.1 設計水平震度の整理 .....                          | 3 - 1 |
| 3.1.1 検討の背景 .....                            | 3- 1  |
| 3.1.2 設計参考図書で設定されている地域別の設計水平震度 .....         | 3- 4  |
| 3.1.3 検討方法 .....                             | 3- 9  |
| 3.1.4 検討結果 .....                             | 3- 14 |
| 3.2 耐震・耐津波設計に関する技術的知見の整理 .....               | 3 -16 |
| 3.2.1 概要 .....                               | 3- 1  |
| 3.2.2 耐震・耐津波対策事例集の作成 .....                   | 3- 1  |
| 3.2.3 耐震・耐津波対策における情報収集・技術的知見の整理 .....        | 3- 9  |

|                   |       |
|-------------------|-------|
| 3.2.4 申送り事項 ..... | 3- 38 |
| 4. 検討会の開催 .....   | 4 - 1 |

## 資料編

|            |                                        |
|------------|----------------------------------------|
| 参考資料       | 参考 3.2.1 耐震・耐津波対策に関する設計事例集（令和 8 年 3 月） |
|            | 参考 3.2.2 東日本大震災における耐震・耐津波に関する情報収集      |
|            | 参考 3.2.2 能登半島地震における耐震・耐津波に関する情報収集      |
| 付属資料 I - 1 | 第 1 回検討会資料                             |
| 付属資料 I - 2 | 第 2 回検討会資料                             |
| 付属資料 I - 3 | 汀線測量資料                                 |
| 付属資料 I - 4 | 波浪観測資料                                 |

## a. 課題名

令和7年度水産基盤整備調査委託事業

「漁港漁場施設の設計手法の高度化検討調査」

## b. 実施機関名

[一般財団法人漁港漁場漁村総合研究所]

林 浩志、後藤 卓治、岩瀬 浩之、橋田 雅也、葛西 隼平、川口 洋介

三上 信雄、小林 学、門 安曇、秋葉 丈彦

[国立研究開発法人 水産研究・教育機構 水産技術研究所]

内山 裕三、大村 智宏、大井 邦昭、飯干 富広

[復建調査設計株式会社]

南本 浩一、金子 智之、高橋 宏樹、岩井 鉄平

榎本一 徳、園田 知世、田原 葉子

## c. ねらい

令和6年能登半島地震（以下「能登半島地震」という。）では、漁港施設の地震津波被害に加え、外浦地域を中心に地盤隆起による被害が発生した。

水産庁では、令和5年度水産基盤整備調査委託事業「漁業地域復旧・復興対策緊急調査」（以下「令和5年度緊急調査」という。）において、「令和6年能登半島地震漁業地域復旧・復興技術検討会」を設置し、地盤隆起等による被災漁港の復旧・復興の技術的な方法及び手順等について取りまとめを行った。

現在、漁港管理者による各港の復旧・復興が進められているが、今後の切迫した自然災害に備え、安全安心な漁港・漁村づくりを目指すため、能登半島地震における地震津波及び地盤隆起による漁港被害の特性及び復旧工法について検証を行い、漁港施設の設計高度化に向けた技術的検討を行う必要がある。

また、能登半島地震によって隆起した漁港及び周辺海岸では、急速な砂浜変形が進んでいると考えられており、今後の漁港施設の整備や設計条件に大きな影響を与える可能性があることから、これまで技術的知見の乏しい海底地形変化の影響による波浪や漂砂等の初期変動の傾向を把握するとともに、経年的な観測モニタリング及び数値解析による将来予測手法に関する検討を行う必要がある。

加えて、全国の漁港の防災減災対策に向け、主に東日本大震災後に実施された漁港の耐震化及び津波に対する粘り強い構造化に関する整備状況及び効果的な対策工法を検証し、国土強靱化に資する漁港施設の設計手法に関して技術的知見を取りまとめる。

#### d. 方法

実施する調査の全体フローは以下に示すとおりである。

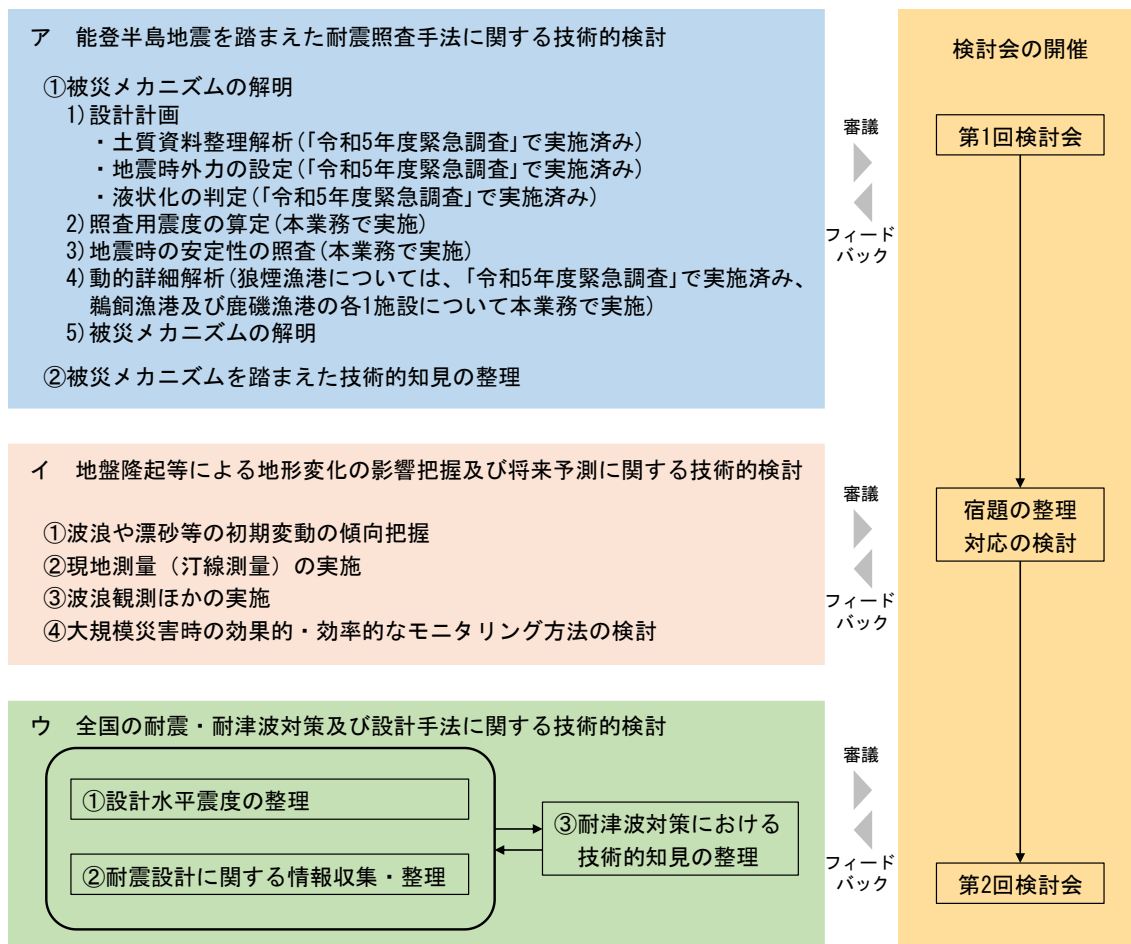


図 調査の全体フロー

主な検討事項は以下のとおり。

## **1. (ア) 能登半島地震を踏まえた耐震照査手法に関する技術的検討**

### **① 被災メカニズムの解明**

能登半島地震における各漁港の被災状況を踏まえ、被災原因が明らかでない施設や複合的な外力によって被災したと想定される施設について、FLIP（2次元動的有効応力解析プログラム）による地震応答解析を実施する。また、現地観測結果や液状化判定結果、動的詳細解析結果を踏まえ、地震と津波による複合的な被災パターンを考慮した被災メカニズムを検討する。調査箇所は、「R5 緊急調査」等においてボーリング調査を行った3漁港の3施設（狼煙漁港、鵜飼漁港、鹿磯漁港）を想定しており、地震応答解析結果と被害状況及び現地観測結果を比較分析する。これらの成果を踏まえ、耐震設計における留意点（設計手順の明確化、効率化）や動的解析を行う場合の合理的な地震動の設定方法を提示する。

### **② 被災メカニズムを踏まえた技術的知見の整理**

「R5 緊急調査」で整理された「各施設の被災前の設計震度と被災状況の関係」について、必要に応じ、情報を追加しつつその関係性について追加検討を行う。また、動的詳細解析結果と現地観測結果の比較等を行い、各施設の被災前の設計震度と被災状況の関係、被災メカニズムを踏まえた設計震度と耐震照査の考え方等について技術的知見を取りまとめる。

## **2. (イ) 地盤隆起等による地形変化の影響把握及び将来予測に関する技術的検討**

### **① 波浪や漂砂等の初期変動の傾向把握**

能登半島地震で地盤隆起した漁港及びその周辺海岸について、地形、汀線及び底質調査等の被災前データの取得及び経年的なモニタリングを実施し、波浪や漂砂等の初期変動の傾向を把握する。

### **② 現地測量（汀線測量）の実施**

令和7年度は、令和5年度緊急調査において実施した現地測量データを参照し適切に調査箇所を設定し、年3回の現地測量を実施することとする。

### **③ 波浪観測ほかの実施**

観測項目は、令和8年度に実施予定の地盤隆起を受けた漁港周辺の地形変化の将来予測（3次元海浜変形モデルを用いた再現計算及び数値シミュレーション）に必要な波浪、地形、底質等を計測することとし、各々の観測データにかかる分析及び結果の取りまとめを行う。

#### ④ 大規模災害時の効果的・効率的なモニタリング方法の検討

今後、全国で発生し得る大規模災害等に備え、地形変化が起きた際に、環境変化の影響を把握するための効果的・効率的なモニタリング方法を検討するとともに、地形変化の将来予測を実施する際に必要な観測データの把握方法及び留意点等を取りまとめる。

### 3. (ウ) 全国の耐震・耐津波対策及び設計手法に関する技術的検討

#### ① 設計水平震度の整理

漁港の設計水平震度は「漁港・漁場の施設の設計参考図書 2023 年版」において「地域別の工学的基盤最大加速度及び設計水平震度（以下「地域別震度表」）」として示されている。しかしながら、この地域別震度表は、港湾の地震動データにより解析・整理されたものであり漁港の地震動データは使用されていない。また、漁港のうちレベル 1 地震動が設定されているのは一部の漁港のみであり、漁港での地震データでは地域別震度表の解析・評価を行うことは難しい。一方で、全国の重要港湾及び地方港湾において設定されているレベル 1 地震動は、近年の地震データ（主に、「漁港・漁場の施設の設計参考図書 2023 年版」策定以降に発生したもの。）が踏まえられたものとなっている。そこで、本業務では、本来の地域別震度表の解析データとなる全国の港湾の最新地震動データに着目し、地域別震度表の代表地域における港湾のレベル 1 地震動を収集し、漁港で想定される代表的な地盤モデルを想定した上で設計震度を算出する。算出した設計震度と地域別震度表の震度を比較することにより、地域別震度表に基づく設計震度の見直しの必要性を検討する。見直し（改訂）が必要となった場合はその改訂方針（一部改訂案）を作成する。

#### ② 耐震設計に関する情報収集・整理

全国の漁港を対象に、東日本大震災以降の整備事例を踏まえ、耐震設計に関する効果的な工法及び耐震照査方法、対策事例を取りまとめる。特に、耐震岸壁、耐震防波堤等の主要な漁港施設の耐震設計に関する設計資料を収集し、構造形式や残存耐力等に着目した整理を行い、対策事例集としてとりまとめる。

#### ③ 耐津波対策における技術的知見の整理

津波に対する粘り強い構造化について、東北地方太平洋沖地震後に示された「平成 23 年東日本大震災を踏まえた漁港施設の地震・津波対策の基本的な考え方（平成 26 年 1 月改訂）」における対策手法の例を踏まえ、効果的な工法及び耐震照査方法、対策事例を収集・整理する。また、具体的な設計条件及び照査項目等を含めた耐津波対策における技術的知見を整理し、対策事例集としてとりまとめる。

#### 4. 検討会の設置と運営

調査の実施にあたっては、有識者3名程度による検討会（2回）を開催し、調査方法を検討するとともに、その結果について整理した。なお、有識者の選定にあたっては監督職員と協議の上、決定した。

表 令和7年度 漁港漁場施設の設計手法の高度化に係る検討会 委員名簿

| 氏 名   | 所 属                                     | 職 名    | 備 考 |
|-------|-----------------------------------------|--------|-----|
| 岡安 章夫 | 東京海洋大学<br>学術研究院 海洋資源エネルギー学部門            | 教 授    | 委員長 |
| 竹信 正寛 | 国土交通省 国土技術政策総合研究所<br>港湾・沿岸海洋研究部 港湾施設研究室 | 室 長    |     |
| 野津 厚  | 国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所<br>港湾空港技術研究所     | 特別研究主幹 |     |

（五十音順、敬称略）

## 1. 能登半島地震を踏まえた耐震照査手法に関する技術的検討

## 1. 能登半島地震を踏まえた耐震照査手法に関する技術的検討

令和6年能登半島地震では、多くの漁港施設で被害が発生した。被害の特徴として、地震力だけでなく、液状化、津波、地盤隆起といった要因が複合することにより被災した可能性の高い施設が多くみられた。

本検討では、能登半島地震において被害を受けた代表的な漁港施設（岸壁・物揚場）に対して、「耐震性能を強化する係船岸」に対する現行の耐震設計に用いられる耐震照査手法を用いた被害の再現計算を行った。また、その結果に基づいて、被災要因の分析や被災メカニズムの解明を試み、今後新たに設計手法に取り入れるべき課題を抽出した。

被災メカニズムの解明を行う対象漁港施設は、能登地域にある被災漁港であり、「令和5年度水産基盤整備調査委託事業 漁業地域復旧・復興対策緊急調査（以下、「R5d 直轄緊急調査）」及び「令和6年度狼煙漁港（狼煙地区）災害復旧事業実施計画検討業務」（以下、「R6d 直轄代行調査）」で調査・検討対象とした狼煙漁港（第4種漁港・石川県管理）－4.5m 岸壁、鵜飼漁港（第2種漁港・珠洲市管理）－2.5m 物揚場、鹿磯漁港（第2種漁港・石川県管理）－3.0m 岸壁とした。図-1.1 に、対象漁港施設の位置図を、表-1.1 に、対象漁港施設における能登半島地震による被害の特徴を示す。

図-1-2 に、本業務の流れを示す。



図 1-1 対象漁港施設の位置図

表 1-1 対象漁港施設及び想定される被害の特徴

| 対象漁港施設              | 想定される被害の特徴※            | 備考             |
|---------------------|------------------------|----------------|
| 狼煙漁港<br>(-4.5m 岸壁)  | ・地震による液状化<br>・小規模な地盤隆起 | 石川県管理<br>第4種漁港 |
| 鵜飼漁港<br>(-2.5m 物揚場) | ・地震による液状化<br>・大規模な津波被害 | 珠洲市管理<br>第2種漁港 |
| 鹿磯漁港<br>(-3.0m 岸壁)  | ・地震による液状化<br>・大規模な地盤隆起 | 石川県管理<br>第2種漁港 |

※「R5d 直轄緊急調査」より

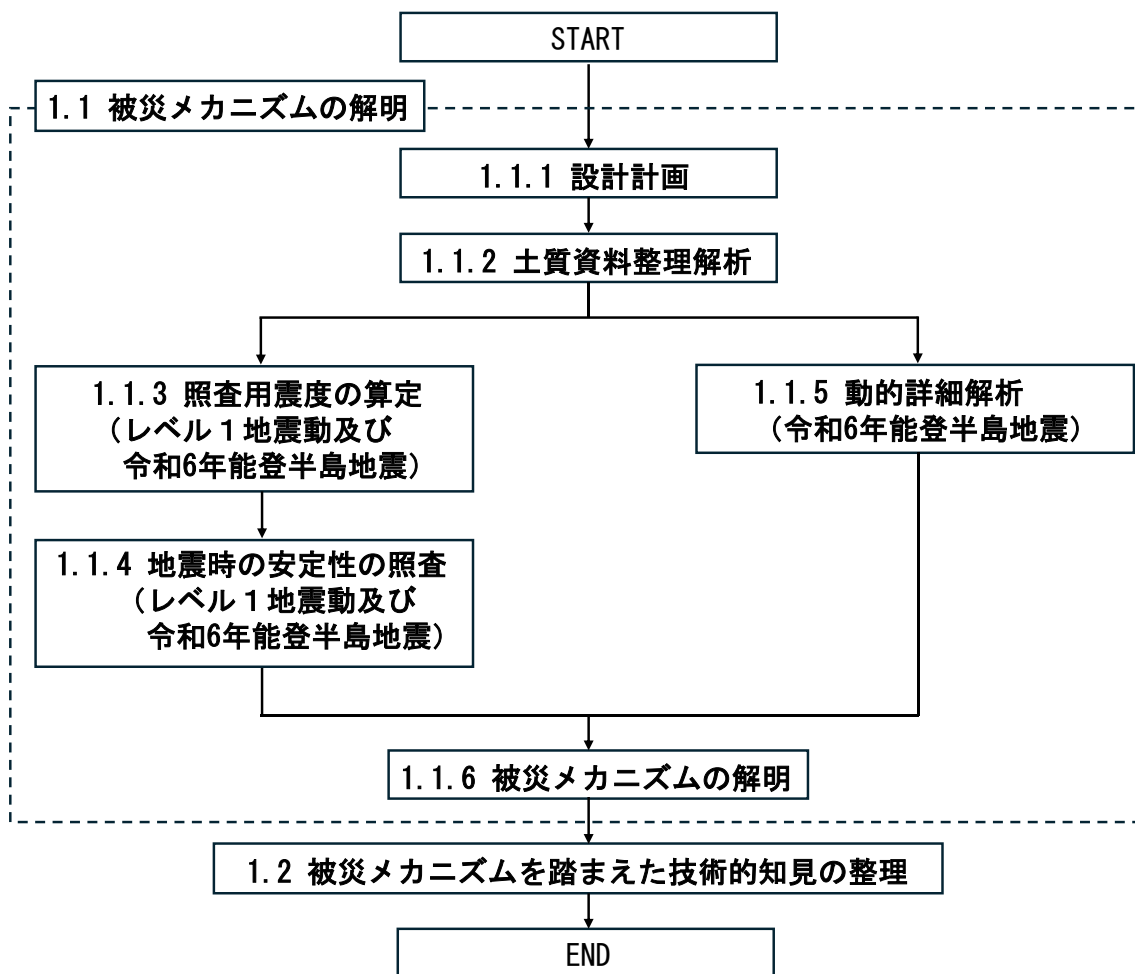


図 1-2 本業務(能登半島地震を踏まえた耐震照査手法に関する技術的検討)の流れ

## 1.1 被災メカニズムの解明

### 1.1.1 設計計画

被災メカニズムの解明にあたっては、対象漁港施設（岸壁・物揚場）に対して、「耐震性能を強化する係船岸」に対する現行の耐震設計に用いられる耐震照査手法を用いた被害の再現計算を行う事により、被災要因の分析や被災メカニズムを解明することを試みた。ここでは、現行の耐震設計に用いられている耐震照査手法及び、本調査で実施した検討項目について整理した。

#### (1) 現行の耐震性能照査手法の確認

「漁港・漁場施設の設計参考図書 2023 年版(以下、「設計参考図書」という)」において、「耐震強化岸壁」及び「耐震強化岸壁に準じる岸壁」の耐震性能の照査は、以下の 1)～5) の手順によることが標準とされている。図 1-1-1-1 に、対応するフロー図を示す。

本調査では、基本的にこの耐震性能照査のフローに準じて被害の再現計算を行うこととした。即ち、既設岸壁が受けた被害の再現であるため、図 1-1-1-1 に示す耐震性能照査フローは、既設の係船岸の場合のフローを示していることに留意されたい。なお、本調査では、能登半島地震（レベル 2 地震動相当）に対する被災メカニズムの解明に主眼を置いているため、各手順において断面あるいは液状化対策の見直しなどは実施していない。

#### 1) レベル 1 地震動に対する耐震性能の評価

各施設でレベル 1 地震動を設定し、「設計参考図書」に準拠し照査用震度の算定を行い、震度法による現況断面の安定性照査を実施する。

#### 2) 地震動の継続時間を考慮した液状化判定

上記「1)」で設定した構造断面に対して、レベル 1 地震動に対して、継続時間を考慮した液状化判定を実施し、地盤全体として液状化する場合には液状化対策を講ずる。

なお、対象漁港施設の液状化判定は「R5d 緊急調査」において実施されている。

### 3) レベル2地震動に対する耐震性能の評価

上記「1)」で設定した断面及び「2)」で決定した液状化対策を初期値として、設定したレベル2地震動による2次元地震応答解析(FLIP)を行い、変形量等が許容値以内にあるかを照査する。重力式及び矢板式係船岸について、作用をレベル2地震動として動的解析を行う際の許容変形量は表1-1-1-1に示す値①を使用することができる。これは、施設の損傷及び利用上の制約が限定的なものにとどまり軽微な補修により早期に機能が回復できることを考慮して示された参考値である。なお、作用をレベル1地震動として周波数特性と変形量を考慮した設計水平震度(照査用震度)の算出を行う際の許容値は、表1-1-1-1の値②に準じ、10cmとすることができる。これは、照査用震度には場所毎の増幅特性の違いが反映されるが許容変形量を10cmとすれば平均的にみて地域別の設計水平震度に近い値になることが考慮されている。また、鋼材で構成される係船岸において、2次元地震応答解析により部材を照査する場合の鋼材応力度の限界値は表1-1-1-2を参考とする事ができる。

なお、狼煙漁港(-4.5m岸壁)に対する、2次元地震応答解析(FLIP)は、「R5d直轄緊急調査」で実施されている。そのため、本調査では、「R5d直轄緊急調査」で設定した能登半島地震による地震動及び能登半島地震による液状化の判定結果を踏まえ、鶴飼漁港(-2.5m物揚場)、鹿磯漁港(-3.0m岸壁)に対して、2次元地震応答解析(FLIP)を行った。

### 4) レベル2地震動を踏まえた断面あるいは液状化対策の見直し

通常の設計では、レベル2地震動に対する上記「3)」の検討で、許容値以内とならない場合には、断面形状あるいは液状化対策を見直し、許容値以内に収めるように設計する。

#### 5) 津波に対する検討

上記「4)」で断面形状を決定した後に、津波に対する検討に進むこととなる。ただし、耐津波性能の検討で断面形状が変更になった場合には、変更した断面形状で再度上記「1)」に戻り、耐震性能を再評価することとなる。

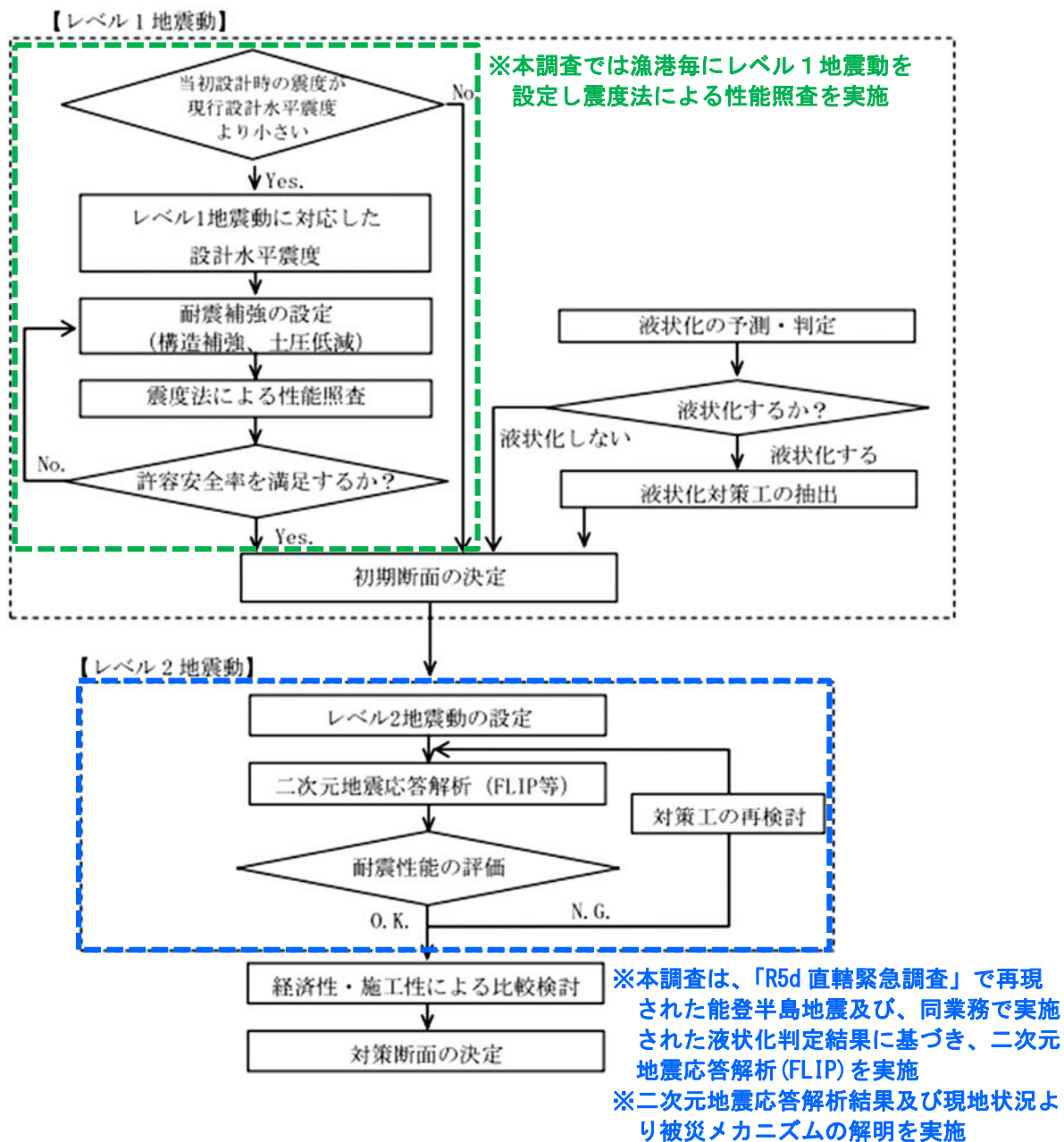


図 1-1-1-1 耐震強化岸壁(既設)の耐震性能照査フロー

※「水産庁：漁港・漁場の施設の設計参考図書，p. 575，令和 7 年 6 月一部改訂」に加筆

表 1-1-1-1 係船岸（重力式・矢板式）の耐震性能の照査における許容変形量の参考値

※水産庁：漁港・漁場の施設の設計参考図書，p. 505，令和 7 年 6 月一部改訂

|   | 耐震性から見た<br>施設分類 | 照査に用い<br>る地震動 | 係船岸の<br>構造形式 | 水深                                 |                                    |                                     |
|---|-----------------|---------------|--------------|------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
|   |                 |               |              | -2.5m より浅い                         | -2.5m～-7.0m                        | -7.0m より深い                          |
| ① | 耐震強化岸壁          | レベル2<br>地震動   | 重力式          | はらみだし量 25cm 以<br>内、本体傾斜角 3° 以<br>内 | はらみだし量 50cm 以<br>内、本体傾斜角 3° 以<br>内 | はらみだし量 100cm 以<br>内、本体傾斜角 3° 以<br>内 |
|   |                 |               | 矢板式          | はらみだし量 25cm 以<br>内                 | はらみだし量 30cm 以<br>内                 | はらみだし量 50cm 以<br>内                  |
| ② | あらゆる種類          | レベル1<br>地震動   | 重力式・<br>矢板式  | はらみだし量 10cm 以内                     |                                    |                                     |

(注意)

・「耐震強化岸壁に準ずる岸壁」については、耐震強化岸壁の数値を参考にできる。「その他の耐震性を強化する岸壁」については、レベル1地震動の値ならびに耐震強化岸壁のレベル2地震動の値を参考にできる。

表 1-1-1-2 二次元地震応答解析により部材を照査する場合の鋼材応力度の限界値の参考値

※水産庁：漁港・漁場の施設の設計参考図書，p. 506，令和 7 年 6 月一部改訂

| 係船岸の種類と分類    | 照査に用いる地震動 | 構造形式 | 照査部材 | 限界値の参考値    |
|--------------|-----------|------|------|------------|
| 耐震強化岸壁       | レベル2地震動   | 矢板   | 矢板   | 降伏応力度      |
|              |           |      | タイ材  | 破断強度       |
|              |           |      | 控え工  | 全塑性モーメント   |
|              |           | 栈橋   | 杭    | 全塑性モーメント※1 |
| 耐震強化岸壁に準じる岸壁 | レベル2地震動   | 矢板   | 矢板   | 降伏応力度      |
|              |           |      | タイ材  | 破断強度       |
|              |           |      | 控え工  | 全塑性モーメント   |
|              |           | 栈橋   | 杭    | 全塑性モーメント※1 |

※1：栈橋を構成する杭の中に、二箇所以上で杭に生じる曲げモーメントが全塑性モーメントに達している杭が存在しないこと。

## (2) 本調査の検討項目

上記「(1) 現行の耐震性能照査手法の確認」で示した流れを踏まえ、本調査で実施した検討項目を以下に示す。

### 1) 土質資料整理解析

対象施設である狼煙漁港(-4.5m 岸壁)、鵜飼漁港(-2.5m 物揚場)、鹿磯漁港(-3.0m 岸壁)の各施設に対して実施したボーリング調査、PS 検層、土質試験結果に基づき、以下に示す解析に必要となる土質条件を設定した。なお、ここで整理した土質調査結果は、狼煙漁港(-4.5m 岸壁)については「R6d 直轄代行調査」、鵜飼漁港(-2.5m 物揚場)、鹿磯漁港(-3m 岸壁)については「R5d 直轄緊急調査」で実施されている。

### 2) 照査用震度の算定

対象施設である狼煙漁港(-4.5m 岸壁)、鵜飼漁港(-2.5m 物揚場)、鹿磯漁港(-3.0m 岸壁)に対して「設計参考図書」に示される方法(図 1-1-1-3)に基づきレベル 1 地震動及び令和 6 年能登半島地震再現波より照査用震度を算定した。

なお、ここで用いた令和 6 年能登半島地震の再現波は、「R5d 直轄緊急調査」で設定された地震波形である。また、レベル 1 地震動は、「R5d 直轄緊急調査」で実施された土質調査・常時微動観測・サイト増幅特性等を用いて設定した。なお、レベル 1 地震動の設定にあたり、港湾空港技術研究所にヒアリングを行った。

### 3) 地震時の安定性の照査

対象施設である狼煙漁港(-4.5m 岸壁)、鵜飼漁港(-2.5m 物揚場)、鹿磯漁港(-3.0m 岸壁)に対して、設計当時の設計水平震度及び「2) 照査用震度の算定」で設定したレベル 1 地震動及び令和 6 年能登半島地震の再現波に対して、現況断面の安定性の照査を実施した。

### 4) 動的詳細解析

鵜飼漁港(-2.5m 物揚場)及び鹿磯漁港(-3.0m 岸壁)を対象として、令和 6 年能登半島地震再現波を用いて、二次元地震応答解析(FLIP)を行い、各施設の変形量を算出した。

なお、狼煙漁港(-4.5m 岸壁)の動的詳細解析は「R5d 直轄緊急調査」で実施されている。

## 5) 被災メカニズムの解明

対象施設である狼煙漁港(-4.5m 岸壁)、鵜飼漁港(-2.5m 物揚場)、鹿磯漁港(-3.0m 岸壁)の被災状況の特徴を整理したうえで、現地観測結果や液状化判定結果、動的詳細解析結果を踏まえた被災メカニズムの検討を実施した。

被災メカニズムについては、地震と津波による複合的な被災パターンを考慮して検討を行った。また、令和6年能登半島地震において隆起が発生した施設では、隆起による影響も含めて検討を行った。

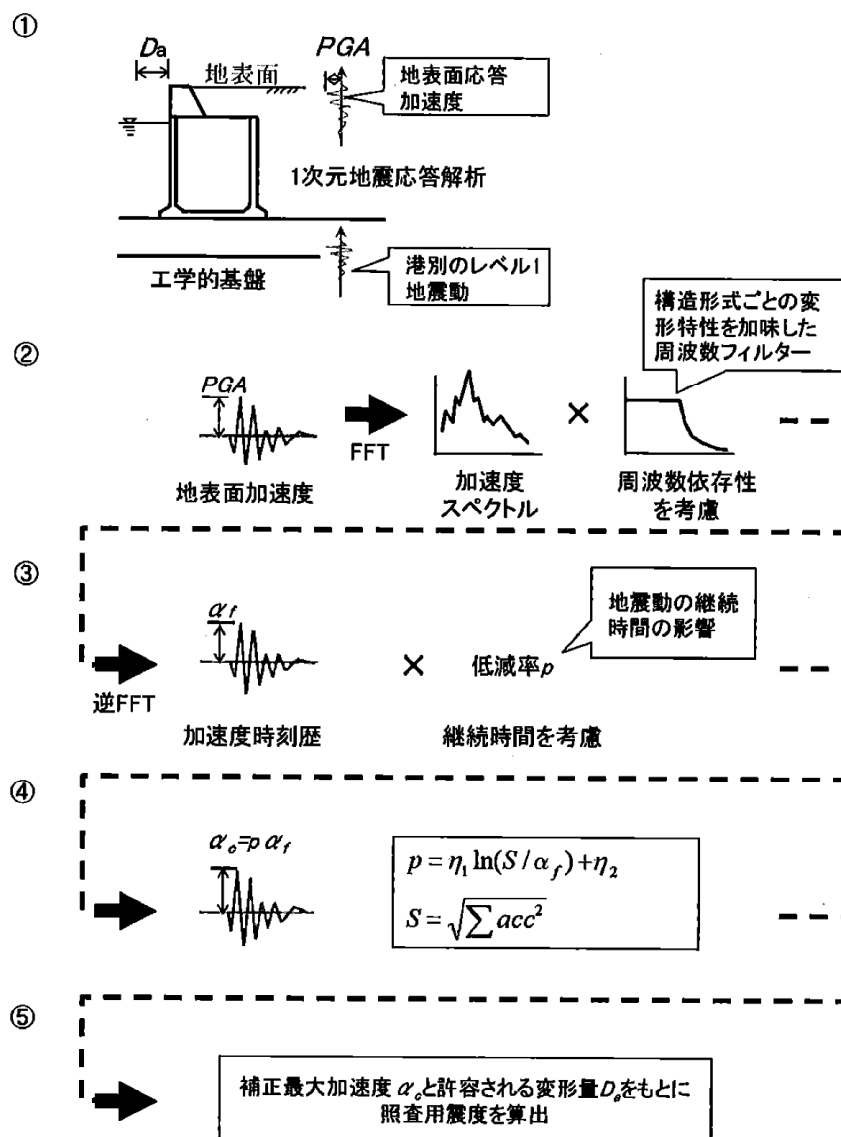


図 1-1-1-3 照査用震度の算出フロー

※水産庁：漁港・漁場の施設の設計参考図書，p. 500，令和7年6月一部改訂

### 1.1.2 土質資料整理解析

対象施設である狼煙漁港(-4.5m 岸壁)、鵜飼漁港(-2.5m 物揚場)、鹿磯漁港(-3.0m 岸壁)の各施設に対して実施したボーリング調査、PS 検層、土質試験結果に基づき、以降で実施する解析に必要となる土質条件を設定した。なお、ここで整理した土質調査結果は、狼煙漁港(-4.5m 岸壁)については「R6d 直轄代行調査」、鵜飼漁港(-2.5m 物揚場)、鹿磯漁港(-3m 岸壁)については「R5d 直轄緊急調査」で実施されたものである。

#### (1) 狼煙漁港

「R6d 直轄代行調査」において、対象施設である狼煙漁港(-4.5m 岸壁)で実施されたボーリング調査、PS 検層、土質試験結果に基づき、以降で実施する解析に必要となる土質条件を設定した。図 1-1-2-1 に、土質定数を整理した調査位置及び検証断面位置を示した平面図を示す。



図 1-1-2-1 狼煙漁港における調査位置及び解析位置平面図（-4.5m 岸壁）

### 1) 単位体積重量

表 1-1-2-1 に、土質試験結果に基づき設定した単位体積重量を示す。なお、土質試験結果が無い地層については、「沿岸開発技術研究センター：埋立地の液状化対策ハンドブック（改訂版），平成 9 年 8 月」に示される標準値とした。

表 1-1-2-1 狼煙漁港における単位体積重量

| 地層名        | 湿潤重量<br>$\gamma_t$<br>(kN/m <sup>3</sup> ) | 飽和重量<br>$\gamma_{sat}$<br>(kN/m <sup>3</sup> ) | 備考     |
|------------|--------------------------------------------|------------------------------------------------|--------|
| 埋土層        | 17.3                                       | 18.8                                           | 土質試験結果 |
| 砂質土層       | —                                          | 20.0                                           | 標準値    |
| 粘性土層 1     | —                                          | 14.1                                           | 土質試験結果 |
| 礫混り砂質土層    | —                                          | 20.0                                           | 標準値    |
| 粘性土層 2     | —                                          | 17.0                                           | 標準値    |
| 砂質土・粘性土の互層 | —                                          | 18.5                                           | 標準値    |
| 強風化岩層      | —                                          | 15.7                                           | 土質試験結果 |
| 風化岩層       | —                                          | 22.0                                           | 標準値    |

| 土質等の種類 | 湿潤単位体積重量<br>$\gamma_t$ (tf/m <sup>3</sup> ) | 水中単位体積重量<br>$\gamma_t'$ (tf/m <sup>3</sup> ) |
|--------|---------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 粘性土    | 1.5(含水比60%以上)<br>1.7(含水比60%以上)              | 0.5<br>0.7                                   |
| 砂質土    | 1.8(地下水位以上)<br>2.0                          | —<br>1.0                                     |
| 捨石裏込め  | 2.0                                         | 1.0                                          |
| 岩盤     | 2.2                                         | 1.2                                          |
| ケーソン   | 2.1                                         | 1.1                                          |

図 1-1-2-2 単位体積重量の標準値

※沿岸開発技術研究センター：埋立地の液状化対策ハンドブック（改訂版），p. 97，平成 9 年 8 月

## 2) N 値

表-1-1-2-2 に、標準貫入試験結果に基づき設定した各層の N 値を示す。

表 1-1-2-2 狼煙漁港における各層の N 値

| 地層名        | N 値(海側) | N 値(陸側) |
|------------|---------|---------|
| 埋土層        | —       | 23.0    |
| 砂質土層       | 15.3    | 37.3    |
| 粘性土層 1     | 3.8     | 3.8     |
| 礫混り砂質土層    | 10.4    | 10.4    |
| 粘性土層 2     | 7.3     | —       |
| 砂質土・粘性土の互層 | 6.6     | —       |
| 強風化岩層      | 21.7    | 38.2    |
| 風化岩層       | 144.8   | 87.4    |

## 3) せん断波速度

表-1-1-2-3 に、NR-12 の地点における PS 検層の結果を基に設定した各層のせん断波速度を示す。なお、PS 検層が実施されていない地層については、式(1-1-3-1)により N 値から設定した。

$$V_s = 89.8N^{0.341} \quad \text{--- 式(1-1-3-1)}$$

ここに、 $V_s$  : せん断波速度(m/s)、 $N$  : N 値

表 1-1-2-3 狼煙漁港における各層のせん断波速度

| 地層名        | せん断波速度 $V_s$<br>(海側)<br>(m/s) | せん断波速度 $V_s$<br>(陸側)<br>(m/s) |
|------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 埋土層        | 259                           | 259                           |
| 砂質土層       | 228                           | 308                           |
| 粘性土層 1     | 142                           | 142                           |
| 礫混り砂質土層    | 200                           | 200                           |
| 粘性土層 2     | 177                           | —                             |
| 砂質土・粘性土の互層 | 171                           | —                             |
| 強風化岩層      | 500                           | 500                           |
| 風化岩層       | 490                           | 412                           |

## (2) 鵜飼漁港

「R5d 直轄緊急調査」において、対象施設である鵜飼漁港(-2.5m 物揚場)で実施されたボーリング調査、PS 検層、土質試験結果に基づき、以降で実施する解析に必要な土質条件を設定した。図 1-1-2-3 に、土質定数を整理した調査位置及び検証断面位置を示した平面図を示す。



図 1-1-2-3 鵜飼漁港における調査位置及び解析位置平面図 (-2.5m 物揚場)

# 1) 単位体積重量

表 1-1-2-4 に、単位体積重量を示す。各土層で土質試験結果が行われていないため、岩盤以外の層は「東・中・西日本高速道路株式会社：設計要領 第一集（土工編），令和 6 年 7 月」に示される標準値とした。また、岩盤層は「東・中・西日本高速道路株式会社：設計要領 第二集（橋梁建設編），平成 28 年 8 月」に示される式を用いて N 値から設定した。

表 1-1-2-4 鵜飼漁港における単位体積重量

| 地層名      | 湿潤重量<br>$\gamma_t$<br>(kN/m <sup>3</sup> ) | 飽和重量<br>$\gamma_{sat}$<br>(kN/m <sup>3</sup> ) | 備考 |
|----------|--------------------------------------------|------------------------------------------------|----|
| 盛土層      | 20.0                                       | —                                              | ※1 |
| 埋土層      | 19.0                                       | 19.0                                           | ※1 |
| 沖積第一砂質土層 | —                                          | 17.0                                           | ※1 |
| 沖積第一粘性土層 | —                                          | 14.0                                           | ※1 |
| 沖積第二砂質土層 | —                                          | 19.0                                           | ※1 |
| 沖積第二粘性土層 | —                                          | 18.0                                           | ※1 |
| 沖積礫質土層   | —                                          | 21.0                                           | ※1 |
| シルト岩     | —                                          | 18.0                                           | ※2 |

※1：「東・中・西日本高速道路株式会社：設計要領第一集（土工編），p. 1-43～44，令和 6 年 7 月」

※2：「東・中・西日本高速道路株式会社：設計要領第二集（橋梁建設編），p. 4-8，平成 28 年 8 月」

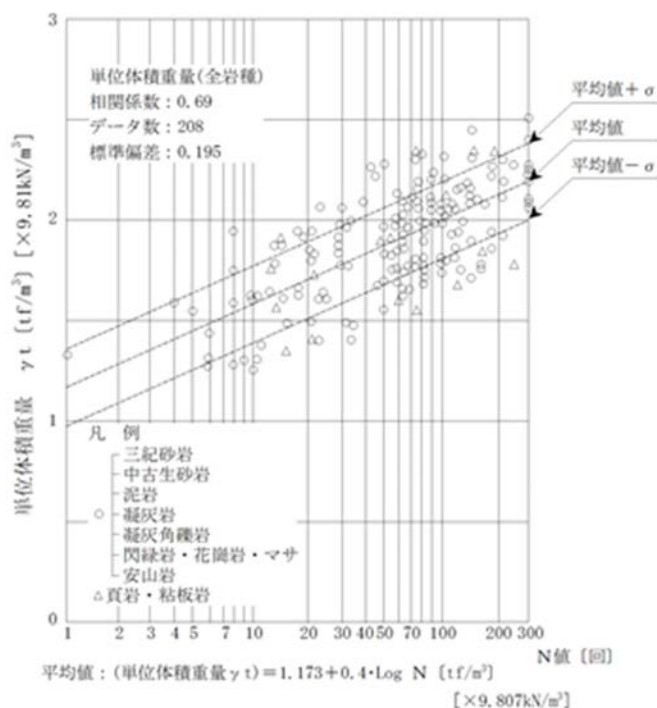


図 1-1-2-4 岩の単位体積重量の測定例

※東・中・西日本高速道路株式会社：設計要領第二集（橋梁建設編），p. 4-8，平成 28 年 8 月

表 1-1-2-5 土の単位体積重量

| 種 類      |               | 状 態                                              |          | 単位体積重量<br>( $\text{kN}/\text{m}^3$ ) | せん断抵抗角<br>(度) | 粘着力<br>( $\text{kN}/\text{m}^2$ ) | 地盤工学会<br>基準 <sup>注1)</sup> |
|----------|---------------|--------------------------------------------------|----------|--------------------------------------|---------------|-----------------------------------|----------------------------|
| 盛 土      | 礫および<br>礫まじり砂 | 締固めたもの                                           |          | 20                                   | 40            | 0                                 | (G)                        |
|          | 砂             | 締固めたもの                                           | 粒度幅の広いもの | 20                                   | 35            | 0                                 | (S)                        |
|          |               |                                                  | 分級されたもの  | 19                                   | 30            | 0                                 |                            |
|          | 砂質土           | 締固めたもの                                           |          | 19                                   | 25            | 30以下                              | (SF)                       |
|          | 粘性土           | 締固めたもの                                           |          | 18                                   | 15            | 50以下                              | (M), (C)                   |
| 関東ローム    |               | 締固めたもの                                           |          | 14                                   | 20            | 10以下                              | (V)                        |
| 自然<br>地盤 | 礫             | 密実なものまたは粒度幅の広いもの                                 |          | 20                                   | 40            | 0                                 | (G)                        |
|          |               | 密実でないものまたは分級されたもの                                |          | 18                                   | 35            | 0                                 |                            |
|          | 礫まじり砂         | 密実なもの                                            |          | 21                                   | 40            | 0                                 | (G)                        |
|          |               | 密実でないもの                                          |          | 19                                   | 35            | 0                                 |                            |
|          | 砂             | 密実なものまたは粒度幅の広いもの                                 |          | 20                                   | 35            | 0                                 | (S)                        |
|          |               | 密実でないものまたは分級されたもの                                |          | 18                                   | 30            | 0                                 |                            |
|          | 砂質土           | 密実なもの                                            |          | 19                                   | 30            | 30以下                              | (SF)                       |
|          |               | 密実でないもの                                          |          | 17                                   | 25            | 0                                 |                            |
|          | 粘性土           | 固いもの（指で強く押し多少へこむ）<br>「 $N$ 値の目安 $N=8\sim 15$ 」   |          | 18                                   | 25            | 50以下                              | (M), (C)                   |
|          |               | やや軟らかいもの（指の中程度の力で貫入）<br>「 $N$ 値の目安 $N=4\sim 8$ 」 |          | 17                                   | 20            | 30以下                              |                            |
|          |               | 軟らかいもの（指が容易に貫入）<br>「 $N$ 値の目安 $N=2\sim 4$ 」      |          | 16                                   | 15            | 15以下                              |                            |
|          | 粘土および<br>シルト  | 固いもの（指で強く押し多少へこむ）<br>「 $N$ 値の目安 $N=8\sim 15$ 」   |          | 17                                   | 20            | 50以下                              | (M), (C)                   |
|          |               | やや軟らかいもの（指の中程度の力で貫入）<br>「 $N$ 値の目安 $N=4\sim 8$ 」 |          | 16                                   | 15            | 30以下                              |                            |
|          |               | 軟らかいもの（指が容易に貫入）<br>「 $N$ 値の目安 $N=2\sim 4$ 」      |          | 14                                   | 10            | 15以下                              |                            |
| 関東ローム    |               |                                                  |          | 14                                   | 5( $\phi$ u)  | 30以下                              | (V)                        |

- ① 地下水位以下にある土の単位体積重量は、それぞれの表中の値から飽和土の場合は $10\text{kN}/\text{m}^3$ 、不飽和土の場合は $9\text{kN}/\text{m}^3$ を差引いた値とする。
- ② 土の単位体積重量を決定する場合は、次の点に注意するものとする。
- i) 砕石は、礫と同じ値とする。
  - ii) トンネルずりや岩塊などでは、粒径や間隙により値が異なるので既往の実績や現場試験により決定する。
  - iii) 礫まじり砂質土や礫まじり粘性土は、礫の混合割合および状態により適宜定める。
- ③ せん断抵抗角及び粘着力の値は、圧密非排水せん断に対する概略的な値である。この場合、盛土に対する地下水、湧水などの影響は考慮していない。
- ④ 砕石、トンネルずり、岩塊などのせん断抵抗角及びねん粘着力は、礫の値を用いてよい。
- ⑤ 粒度幅の広い土とは、さまざまな粒径の土粒子を適当な割合で含んだ土で締固めが行いやすいものをいう。分級された土とは、ある狭い範囲に粒径のそろった土で、密な締固めが行いにくいものをいう。

注1) 地盤工学会基準の記号は、おおよその目安である。また、{}を()に修正した。

※東・中・西日本高速道路株式会社：設計要領第一集(土工編)，p. 1-43～44，令和6年7月

## 2) N 値

表-1-1-2-6 に、標準貫入試験結果に基づき設定した各層の N 値を示す。

表 1-1-2-6 鵜飼漁港における各層の N 値

| 地層名            | N 値  |
|----------------|------|
| 盛土層            | 9.5  |
| 埋土層(非液状化)      | 9.5  |
| 埋土層(液状化)       | 7.0  |
| 沖積第一砂質土層       | 11.5 |
| 沖積第一粘性土層(非液状化) | 0.7  |
| 沖積第一粘性土層(液状化)  | 3.0  |
| 沖積第二砂質土層       | 8.5  |
| 沖積第二粘性土層       | 9.0  |
| 沖積礫質土層         | 60.0 |
| シルト岩           | 56.6 |

## 3) せん断波速度

表-1-1-2-7 に、PS 検層の結果を示す。

表 1-1-2-7 鵜飼漁港における各層のせん断波速度

| 地層名      | せん断波速度 $V_s$<br>(m/s) |
|----------|-----------------------|
| 盛土層      | 131                   |
| 埋土層      | 131                   |
| 沖積第一砂質土層 | 132                   |
| 沖積第一粘性土層 | 101                   |
| 沖積第二砂質土層 | 197                   |
| 沖積第二粘性土層 | 197                   |
| 沖積礫質土層   | 419                   |
| シルト岩     | 419                   |

### (3) 鹿磯漁港

「R5d 直轄緊急調査」において、対象施設である鹿磯漁港(-3.0m 岸壁)で実施されたボーリング調査、PS 検層、土質試験結果に基づき、以降で実施する解析に必要な土質条件を設定した。図 1-1-2-5 に、土質定数を整理した調査位置及び検証断面位置を示した平面図を示す。



図 1-1-2-5 鹿磯漁港における調査位置及び解析位置平面図 (-3.0m 岸壁)

## 1) 単位体積重量

表 1-1-2-8 に、単位体積重量を示す。各土層で土質試験結果が行われていないため、岩盤以外の層は「東・中・西日本高速道路株式会社：設計要領 第一集（土工編），令和 6 年 7 月」に示される標準値とした。また、岩盤層は「東・中・西日本高速道路株式会社：設計要領 第二集（橋梁建設編），平成 28 年 8 月」に示される式を用いて N 値から設定した。

表 1-1-2-8 鹿磯漁港における単位体積重量

| 地層名                      | 湿潤重量<br>$\gamma_t$<br>(kN/m <sup>3</sup> ) | 飽和重量<br>$\gamma_{sat}$<br>(kN/m <sup>3</sup> ) | 備考 |
|--------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------------|----|
| 盛土層                      | 20.0                                       | —                                              | ※1 |
| 埋土層(粘性土)                 | —                                          | 18.0                                           | ※1 |
| 埋土層(玉石混じり砂礫)             | —                                          | 20.0                                           | ※1 |
| 沖積礫質土層(玉石)               | —                                          | 20.0                                           | ※1 |
| 沖積礫質土層<br>(玉石混じり粘土混じり砂礫) | —                                          | 21.0                                           | ※1 |
| 泥岩                       | —                                          | 19.0                                           | ※2 |

※1：「東・中・西日本高速道路株式会社：設計要領第一集(土工編)，p. 1-43～44，令和 6 年 7 月」

※2：「東・中・西日本高速道路株式会社：設計要領第二集(橋梁建設編)，p. 4-8，平成 28 年 8 月」

## 2) N 値

表 1-1-2-9 に、標準貫入試験結果に基づき設定した各層の N 値を示す。

表 1-1-2-9 鹿磯漁港における各層の N 値

| 地層名                      | N 値   |
|--------------------------|-------|
| 盛土層                      | 4.0   |
| 埋土層(粘性土)                 | 4.0   |
| 埋土層(玉石混じり砂礫)(液状化)        | 4.5   |
| 埋土層(玉石混じり砂礫)(非液状化)       | 11.0  |
| 沖積礫質土層(玉石)               | 125.0 |
| 沖積礫質土層<br>(玉石混じり粘土混じり砂礫) | 32.0  |
| 泥岩                       | 87.0  |

### 3) せん断波速度

表-1-1-2-10 に、PS 検層の結果を示す。

表 1-1-2-10 鹿磯漁港における各層のせん断波速度

| 地層名                      | せん断波速度 $V_s$<br>(m/s) |
|--------------------------|-----------------------|
| 盛土層                      | 240                   |
| 埋土層(粘性土)                 | 240                   |
| 埋土層(玉石混じり砂礫)             | 310                   |
| 沖積礫質土層(玉石)               | 460                   |
| 沖積礫質土層<br>(玉石混じり粘土混じり砂礫) | 280                   |
| 泥岩                       | 560                   |

### 1.1.3 照査用震度の算定

対象施設である狼煙漁港(-4.5m 岸壁)、鵜飼漁港(-2.5m 物揚場)、鹿磯漁港(-3.0m 岸壁)に対して「設計参考図書」に示される方法(図 1-1-3-1)に基づきレベル 1 地震動及び令和 6 年能登半島地震の再現波について照査用震度を算定した。

ここで用いた地震動のうち、令和 6 年能登半島地震の再現波は、「R5d 直轄緊急調査」で設定された地震波形である。また、レベル 1 地震動は、後述の通り「R5d 直轄緊急調査」で実施された土質調査・常時微動観測・サイト増幅特性等を用いて設定した。なお、レベル 1 地震動の設定にあたっては、港湾空港技術研究所にヒアリングを行い決定した(2026 年 1 月 16 日)。

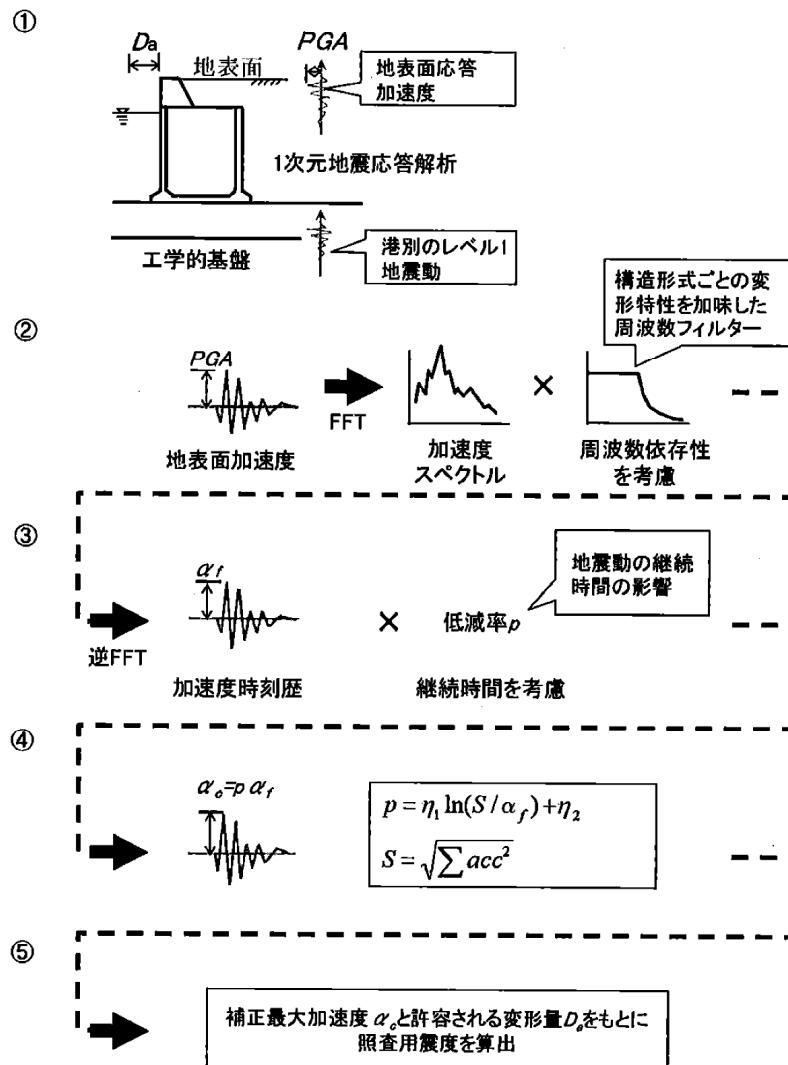


図 1-1-3-1 照査用震度の算出フロー

※水産庁：漁港・漁場の施設の設計参考図書，p. 500，令和 7 年 6 月一部改訂

## (1) 狼煙漁港

### 1) レベル1地震動

#### (a) レベル1地震動の設定方針

図 1-1-3-2 に、地震動に影響を及ぼす要因のイメージ図を示す。

「設計参考図書」では、地震動に影響を及ぼす要因として、震源断層の破壊過程の影響（震源特性）、震源から地震基盤に至る伝播経路の影響（伝播経路特性）、地震基盤上に存在する堆積層の影響（サイト特性）が重要であると示されている。

このうちサイト増幅特性については、「R5d 直轄緊急調査」で狼煙漁港の令和6年能登半島地震を再現した際に設定したものをを用いる。

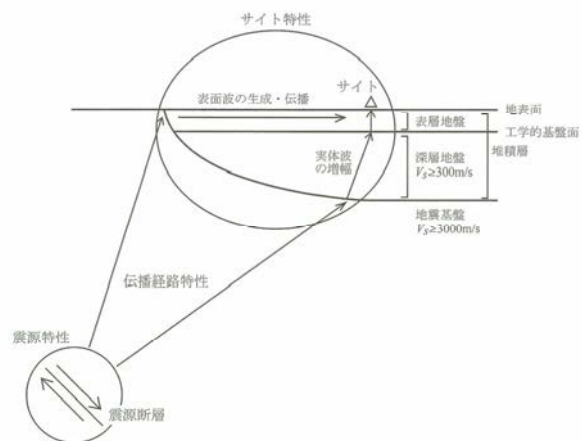


図 1-1-3-2 地震動に影響を及ぼす要因

※水産庁：漁港・漁場の施設の設計参考図書，p. 171，令和7年6月一部改訂

#### (b) レベル1地震動の設定方法

図 1-1-3-3 に、レベル1地震動の設定方法を示す。レベル1地震動の設定は、周辺で設定されているレベル1地震動を基に、位相特性及びサイト増幅特性を考慮した上で設定する。

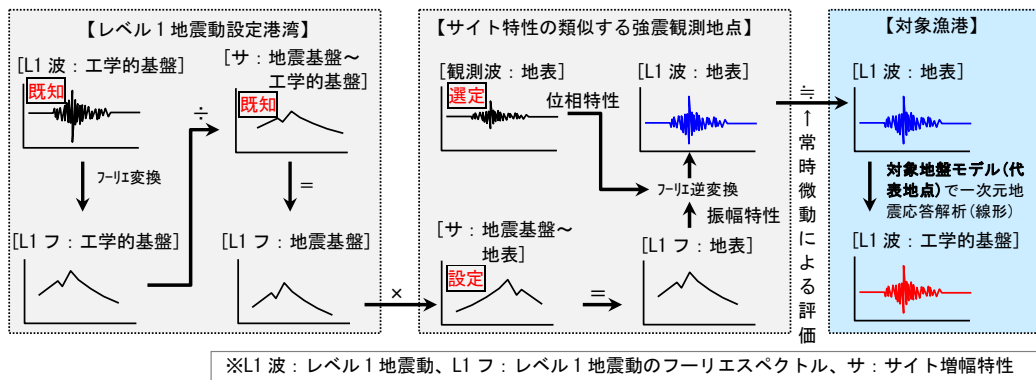


図 1-1-3-3 レベル1地震動の設定方法の例

### (c) 補正元とするレベル1地震動

狼煙漁港周辺において、「国土交通省 国土技術政策総合研究所 港湾研究部 港湾施設研究室ホームページ」で公表されているレベル1地震動（重要港湾）は、図1-1-3-4に示す七尾港、金沢港、伏木富山港で設定されたものがある。また、レベル1地震動（地方港湾）は、図1-1-3-5に示す飯田港、輪島港で設定されたものがある。

港湾空港技術研究所へのヒアリング結果を踏まえ、補正元とするレベル1地震動は、狼煙漁港から距離が最も近い飯田港におけるレベル1地震動を用いることが適正と判断した。

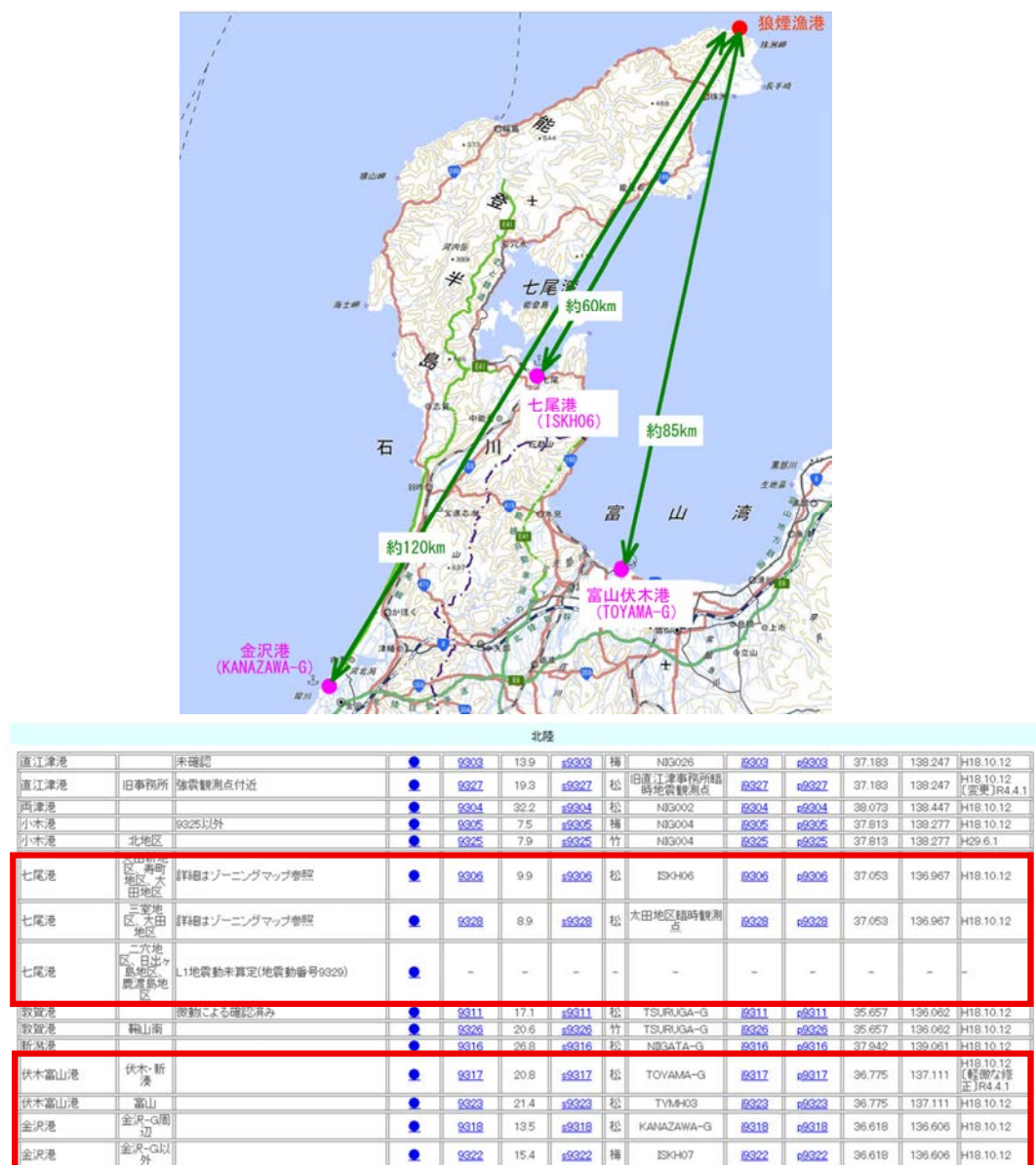


図1-1-3-4 狼煙漁港周辺で公表されているレベル1地震動（重要港湾）



| 北陸   |  |             |   |       |      |       |   |         |       |       |                |        |         |              |
|------|--|-------------|---|-------|------|-------|---|---------|-------|-------|----------------|--------|---------|--------------|
| 柏崎港  |  |             | - | 83042 | 13.9 | 83042 | 播 | N3026   | 83042 | 83042 | 直江津港           | 37.183 | 138.247 | H181015      |
| 寺泊港  |  |             | - | 83043 | 11.8 | 83043 | 播 | N3016   | 83043 | 83043 | 新潟港            | 37.942 | 139.061 | H181015      |
| 若船港  |  |             | - | 83044 | 17.9 | 83044 | 播 | N3043   | 83044 | 83044 | 新潟港            | 37.942 | 139.061 | H181015      |
| 二見港  |  |             | - | 83045 | 7.5  | 83045 | 播 | N3004   | 83045 | 83045 | 小湊港            | 37.813 | 138.277 | H181015      |
| 赤石港  |  |             | - | 83046 | 7.5  | 83046 | 播 | N3004   | 83046 | 83046 | 小湊港            | 37.813 | 138.277 | H181015      |
| 越川港  |  |             | - | 83047 | 13.9 | 83047 | 播 | N3026   | 83047 | 83047 | 直江津港           | 37.183 | 138.247 | H181015      |
| 羽曳港  |  |             | - | 83048 | 7.5  | 83048 | 播 | N3004   | 83048 | 83048 | 小湊港            | 37.813 | 138.277 | H181015      |
| 魚津港  |  |             | - | 83049 | 15.1 | 83049 | 播 | TVMH04  | 83049 | 83049 | 伏木富山港          | 36.775 | 137.111 | (注)H181015   |
| 穴水港  |  |             | ● | 83050 | 20.2 | 83050 | 竹 | SK005   | 83050 | 83050 | 七尾港            | 37.053 | 136.967 | H0741        |
| 宇出津港 |  |             | ● | 83051 | 9.5  | 83051 | 竹 | SK004   | 83051 | 83051 | 七尾港            | 37.053 | 136.967 | H0741        |
| 小湊港  |  |             | ● | 83052 | 9.2  | 83052 | 竹 | SK004   | 83052 | 83052 | 七尾港            | 37.053 | 136.967 | H0741        |
| 飯田港  |  | 振動観測による確認済み | ● | 83053 | 27.4 | 83053 | 松 | 臨時地震観測点 | 83053 | 83053 | 七尾港            | 37.053 | 136.967 | H181015(実測値) |
| 輪島港  |  | 振動観測による確認済み | ● | 83054 | 14.8 | 83054 | 松 | 臨時地震観測点 | 83054 | 83054 | 七尾港            | 37.053 | 136.967 | H181015(実測値) |
| 輪島港  |  |             | - | 83055 | 15.3 | 83055 | 播 | SK006   | 83055 | 83055 | 七尾港            | 37.053 | 136.967 | H181015      |
| 亀川港  |  |             | - | 83056 | 15.3 | 83056 | 播 | SK006   | 83056 | 83056 | 七尾港            | 37.053 | 136.967 | H181015      |
| 塩田港  |  |             | - | 83057 | 12.2 | 83057 | 播 | FK001   | 83057 | 83057 | 金沢港(金沢-G<br>島) | 36.618 | 136.606 | H181015      |
| 和歌山港 |  |             | - | 83058 | 15.3 | 83058 | 播 | SK006   | 83058 | 83058 | 七尾港            | 37.053 | 136.967 | H181015      |
| 和歌山港 |  |             | - | 83059 | 15.3 | 83059 | 播 | SK006   | 83059 | 83059 | 七尾港            | 37.053 | 136.967 | H181015      |
| 福井港  |  | 振動観測による確認済み | ● | 83060 | 23.7 | 83060 | 松 | FK002   | 83060 | 83060 | 敦賀港            | 35.657 | 136.062 | H181015      |
| 和歌山港 |  |             | - | 83061 | 28.1 | 83061 | 播 | FK006   | 83061 | 83061 | 敦賀港            | 35.657 | 136.062 | H181015      |
| 和歌山港 |  |             | - | 83062 | 29.1 | 83062 | 播 | FK002   | 83062 | 83062 | 敦賀港            | 35.657 | 136.062 | H181015      |
| 和歌山港 |  |             | - | 83063 | 28.1 | 83063 | 播 | FK006   | 83063 | 83063 | 敦賀港            | 35.657 | 136.062 | H181015      |

図 1-1-3-5 狼煙漁港周辺で公表されているレベル 1 地震動（地方港湾）

#### (d) サイト増幅特性

港湾空港技術研究所へのヒアリング結果を踏まえ、狼煙漁港のサイト増幅特性は、「R5d 直轄緊急調査」で設定したものを採用した。なお、狼煙漁港のサイト増幅特性は、近隣の KiK-net (ISKH01 : 珠洲) のサイト増幅特性に対し、竹 Ver. 1 の補正により設定している (表 1-1-3-1 参照)。なお、「R5d 直轄緊急調査」で実施した、サイト増幅特性の設定の詳細については、参考資料を参照されたい。

また、後述の「(e) 位相特性」で設定したサイト位相特性は、工学的基盤におけるレベル 1 地震動としたため、「R5d 直轄緊急調査」で設定された「地震基盤～地表面」のサイト増幅特性を一次元地震応答解析 (SHAKE) により「地震基盤～工学的基盤」に引き下げた (図 1-1-3-6 参照)。

表 1-1-3-1 サイト増幅特性の設定方法

| 補正法名   | 補正方法                                                                                        | 精度                        |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| 特上松    | 港湾空港に設置されている強震計の特性値を用いて地震波形を設定するが、同一港湾空港内に２つ以上強震計が設置されており、常時微動観測によりゾーニングを行う方法               | 高<br>▲<br>●●●●●●●●●●<br>低 |
| 松      | 港湾空港に設置されている１つの強震計の特性値を用いてサイト増幅特性を設定する方法                                                    |                           |
| 見なし松   | 港湾空港またはその近傍の強震観測地点における両地点での常時微動観測結果の特性が同じであると判断出来る場合、近傍の強震観測地点のサイト増幅特性を対象施設にそのまま設定する方法      |                           |
| 竹 ver3 | 港湾空港またはその近傍において強震計が設置されている場合で、「見なし松」あるいは「竹」補正に加えて、常時微動観測にて算出したH/V スペクトルのピーク倍率の違いを考慮して補正する方法 |                           |
| 竹 ver1 | 港湾空港またはその近傍において強震計が設置されている場合で、常時微動観測にて算出した H/V スペクトルのピーク周波数の違いを考慮して補正する方法                   |                           |
| 梅      | 港湾空港において概ね水平距離が 2km 以内かつ標高差 30m 以内に強震計が設置されていない場合に、経験的な関係により周辺の K-NET等のサイト増幅特性を補正する方法       |                           |

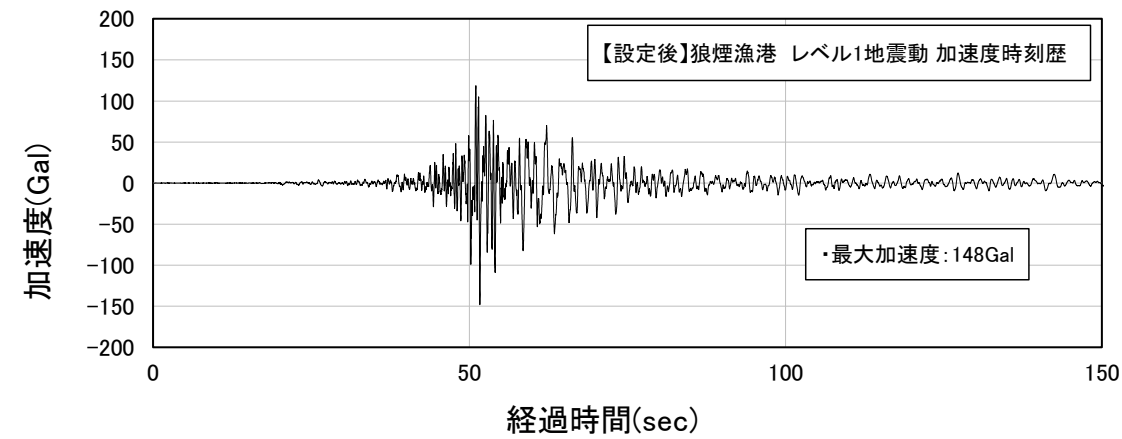
### (e) サイト位相特性

前述のとおり、狼煙漁港のサイト増幅特性は、近傍の KiK-net (ISKH01：珠洲) のサイト増幅特性を補正元として、竹 Ver. 1 の補正により設定している。そのため、狼煙漁港のサイト位相特性は、KiK-net (ISKH01：珠洲) のサイト特性とは異なる特性となっていることから、KiK-net (ISKH01：珠洲) の観測波形から選定することはせずに、「(c) 補正元とするレベル 1 地震動」で設定した飯田港におけるレベル 1 地震動（工学的基盤）そのものを位相特性として用いるものとした（図 1-1-3-6 参照）。

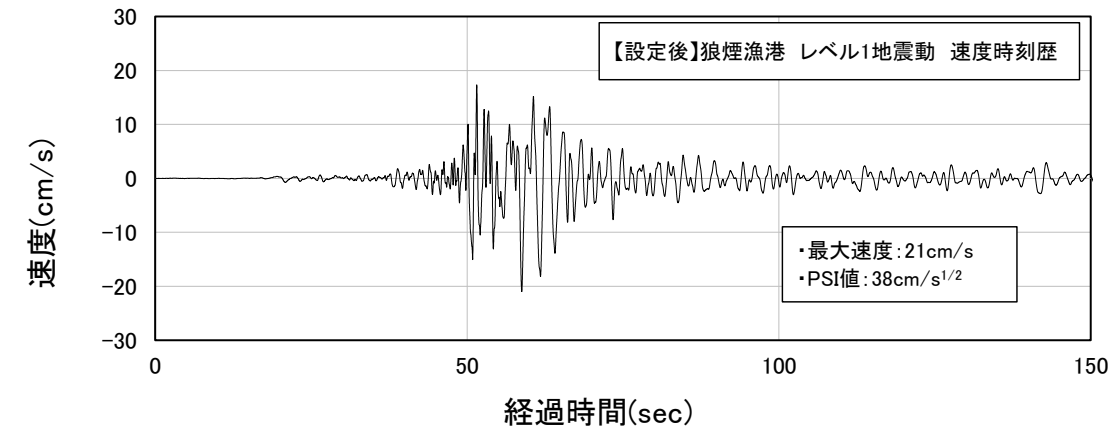
(f) レベル 1 地震動設定結果

図 1-1-3-6 に、上記の条件に基づいて設定した、狼煙漁港のレベル 1 地震動(工学的基盤)を示す。なお、図の左上が、狼煙漁港で設定した時刻歴加速度波形であり、図の右上が、軸歴速度波形である。また、図中には、参考としてレベル 1 地震動の設定に用いた、基とする地震動やサイト増幅特性等を併せて示している。

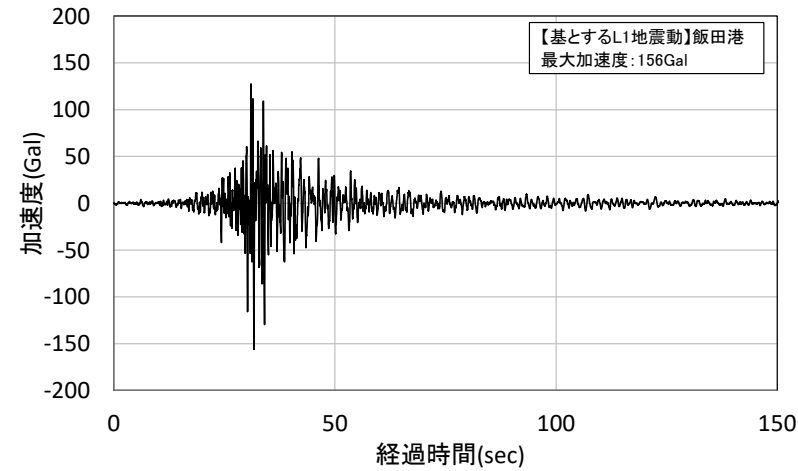
◆設定したレベル1地震動 加速度時刻歴（工学的基盤）



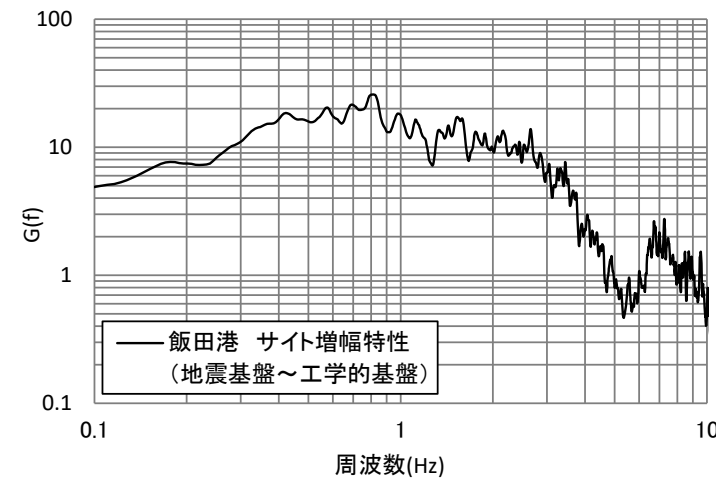
◆速度時刻歴（工学的基盤）



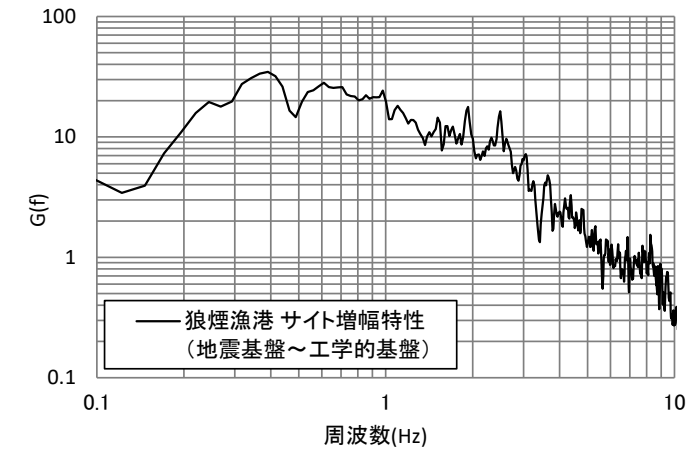
①基とする地震動：飯田港におけるレベル1地震動（工学的基盤）



②サイト増幅特性（地震基盤～工学的基盤）：飯田港



③サイト増幅特性（地震基盤～工学的基盤）：狼煙漁港  
（「R5d 直轄緊急調査」で設定されたものを「地震基盤～工学的基盤」に引き下げ）



④サイト位相特性：飯田港におけるレベル1地震動（工学的基盤）

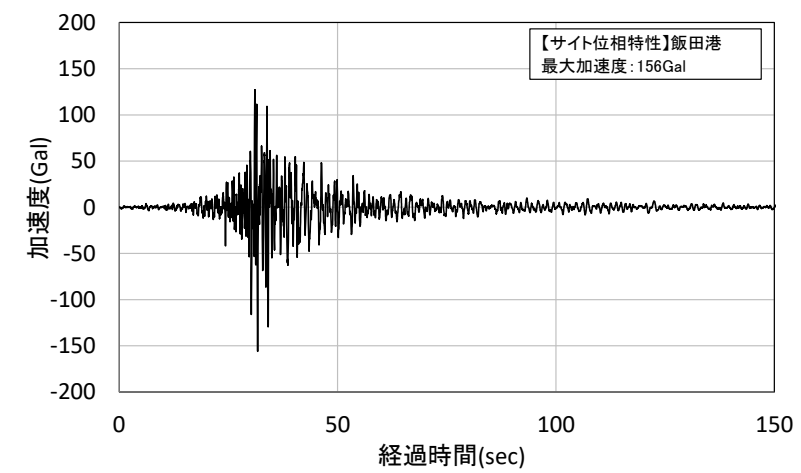


図 1-1-3-6 狼煙漁港のレベル1地震動(工学的基盤)の設定結果

## 2) 令和 6 年能登半島地震の再現波

令和 6 年能登半島地震の再現波は、「R5d 直轄緊急調査」で設定された地震波形を用いた。図 1-1-3-7 に、「R5d 直轄緊急調査」で設定された狼煙漁港の令和 6 年能登半島地震の再現波を示す。

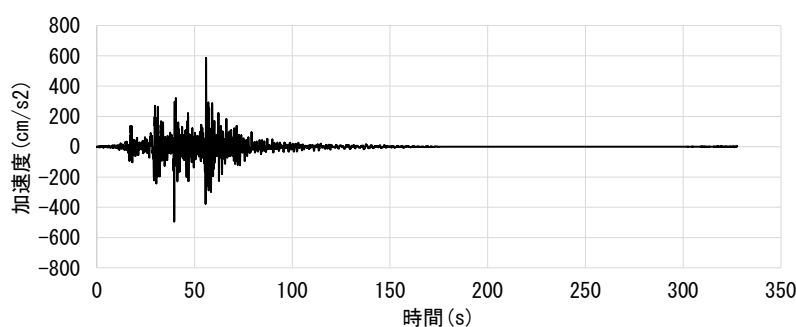


図 1-1-3-7 狼煙漁港の令和 6 年能登半島地震再現波  
(-4.5m 岸壁の直交方向、工学的基盤、最大加速度：586Gal)

## 3) 地盤モデル

照査用震度の算出にあたっては、「R6d 直轄代行調査」で実施された土質調査結果を基に一次元地震応答解析(1D-FLIP)の地盤モデルを設定した。表 1-1-3-2 に、狼煙漁港の地盤モデルを示す。

表 1-1-3-2 狼煙漁港における一次元地震応答解析の地盤モデル

| No | 土層上限<br>(m) | 密度<br>(t/m³) | 基準有効<br>拘束圧<br>$\sigma'_{ma}$<br>(kN/m²) | せん断<br>弾性係数<br>Gma<br>(kN/m²) | 粘着力<br>C<br>(kN/m²) | 内部<br>摩擦角<br>$\phi$<br>(度) | せん断<br>波速度<br>Vs<br>(m/sec) |
|----|-------------|--------------|------------------------------------------|-------------------------------|---------------------|----------------------------|-----------------------------|
| 1  | 1.500       | 1.77         | 98.000                                   | 2.3600E+05                    | 0.0                 | 42.80                      | 259.000                     |
| 2  | 0.400       | 1.92         | 98.000                                   | 2.3600E+05                    | 0.0                 | 42.80                      | 259.000                     |
| 3  | -2.530      | 2.04         | 98.000                                   | 2.6800E+05                    | 0.0                 | 44.20                      | 308.000                     |
| 4  | -5.600      | 1.44         | 98.000                                   | 3.4800E+04                    | 33.4                | 0.00                       | 142.000                     |
| 5  | -8.400      | 2.04         | 98.000                                   | 8.9700E+04                    | 0.0                 | 39.60                      | 200.000                     |
| 6  | -10.900     | 1.60         | 98.000                                   | 4.0400E+04                    | 48.0                | 0.00                       | 500.000                     |
| 7  | -14.110     | 2.25         |                                          |                               |                     |                            | 430.200                     |

#### 4) 照査用震度の算定

「設計参考図書」に示される方法に基づき、「1) レベル1地震動」及び「2) 令和6年能登半島地震の再現波」の照査用震度を算出した。狼煙漁港の構造形式は控え矢板式係船岸であるため、矢板式係船岸（控え直杭・漁港基準）のフィルターを用いた。算定結果の一覧を表 1-1-3-3 に示す。

表 1-1-3-3 狼煙漁港における照査用震度の算定結果

| 地震動       | 工学的基盤<br>最大加速度<br>(Gal) | 地表面<br>最大加速度<br>(Gal) | 補正後<br>地表面最大加速度<br>(Gal) | 照査用震度<br>(kh) | 参考<br>設計参考図書<br>(石川県の kh) |
|-----------|-------------------------|-----------------------|--------------------------|---------------|---------------------------|
| レベル1地震動   | 148Gal                  | 165Gal                | 74Gal                    | 0.08          | 0.12                      |
| 能登半島地震再現波 | 586Gal                  | 238Gal                | 130Gal                   | 0.13          | 0.12                      |

## (2) 鵜飼漁港

### 1) レベル1地震動

レベル1地震動の設定方針及び設定方法は、狼煙漁港と同様である。

#### (a) 補正元とするレベル1地震動

鵜飼漁港周辺において、「国土交通省 国土技術政策総合研究所 港湾研究部 港湾施設研究室ホームページ」で公表されているレベル1地震動（重要港湾）は、図-1-3-3-7 に示す七尾港、金沢港、伏木富山港で設定されたものがある。また、レベル1地震動（地方港湾）は、図-1-3-3-8 に示す飯田港、小木港、宇出津港で設定されたものがある。

鵜飼漁港の補正元基とするレベル1地震動は、港湾空港技術研究所へのヒアリング結果を踏まえ、鵜飼漁港から距離が最も近い飯田港におけるレベル1地震動を用いることが適正と判断した。

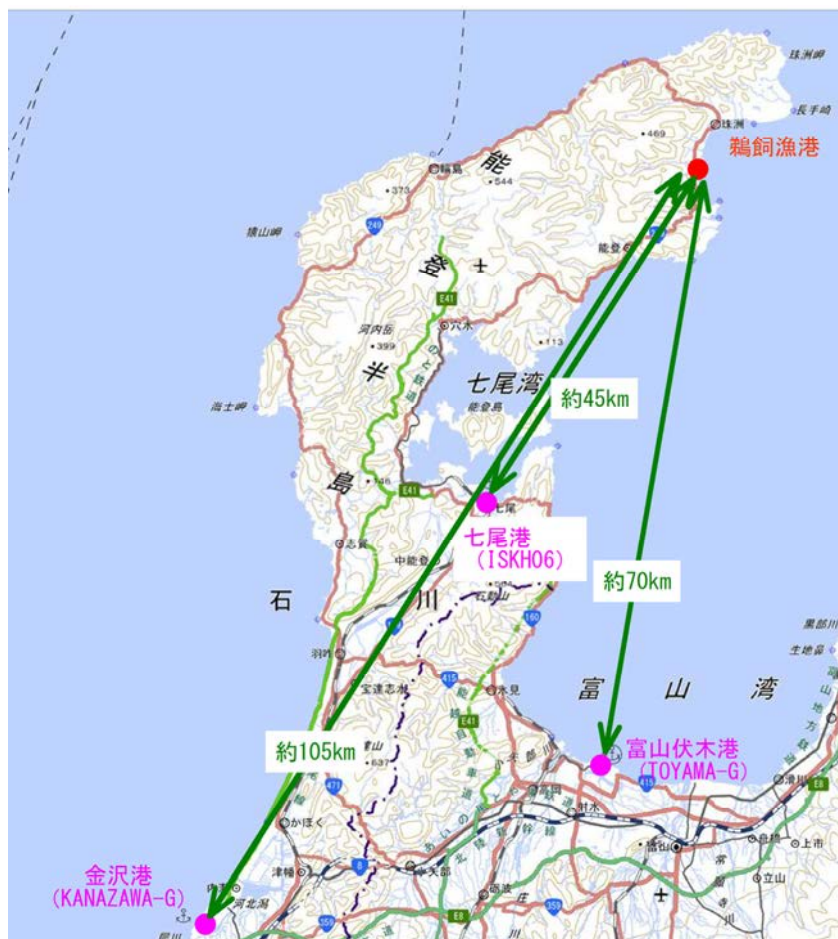


図 1-1-3-7(1) 鵜飼漁港周辺で公表されているレベル1地震動（重要港湾）

| 北陸     |                   |                     |  |   |      |      |      |   |                |      |      |        |         |                            |
|--------|-------------------|---------------------|--|---|------|------|------|---|----------------|------|------|--------|---------|----------------------------|
| 直江津港   |                   | 未確認                 |  | ● | 9303 | 13.9 | 9303 | 梅 | NI9026         | 9303 | 9303 | 37.183 | 138.247 | H18.10.12                  |
| 直江津港   | 旧事務所              | 強震観測点付近             |  | ● | 9327 | 19.3 | 9327 | 松 | 旧直江津事務所臨時地震観測点 | 9327 | 9327 | 37.183 | 138.247 | H18.10.12<br>(変更)R4.4.1    |
| 西津港    |                   |                     |  | ● | 9304 | 32.2 | 9304 | 松 | NI9002         | 9304 | 9304 | 38.073 | 138.447 | H18.10.12                  |
| 小木港    |                   | 9325以外              |  | ● | 9305 | 7.5  | 9305 | 梅 | NI9004         | 9305 | 9305 | 37.813 | 138.277 | H18.10.12                  |
| 小木港    | 北地区               |                     |  | ● | 9325 | 7.9  | 9325 | 竹 | NI9004         | 9325 | 9325 | 37.813 | 138.277 | H29.6.1                    |
| 七尾港    | 舟町地区、大田地区         | 詳細はゾーニングマップ参照       |  | ● | 9306 | 9.9  | 9306 | 松 | ISKH06         | 9306 | 9306 | 37.053 | 136.967 | H18.10.12                  |
| 七尾港    | 二宮地区、大田地区         | 詳細はゾーニングマップ参照       |  | ● | 9328 | 8.9  | 9328 | 松 | 大田地区臨時観測点      | 9328 | 9328 | 37.053 | 136.967 | H18.10.12                  |
| 七尾港    | 二六地区、日出ヶ島地区、鹿港島地区 | L1地震動未算定(地震動番号9329) |  | ● | -    | -    | -    | - | -              | -    | -    | -      | -       | -                          |
| 敦賀港    |                   | 市街地による確認済み          |  | ● | 9311 | 17.1 | 9311 | 松 | TSURUGA-G      | 9311 | 9311 | 35.657 | 136.062 | H18.10.12                  |
| 敦賀港    | 輪山南               |                     |  | ● | 9326 | 20.6 | 9326 | 竹 | TSURUGA-G      | 9326 | 9326 | 35.657 | 136.062 | H18.10.12                  |
| 新島港    |                   |                     |  | ● | 9316 | 26.8 | 9316 | 松 | NI93A1A-G      | 9316 | 9316 | 37.942 | 139.061 | H18.10.12                  |
| 伏木・新湊  | 伏木・新湊             |                     |  | ● | 9317 | 20.8 | 9317 | 松 | TOYAMA-G       | 9317 | 9317 | 36.775 | 137.111 | H18.10.12<br>(軽微な修正)R4.4.1 |
| 伏木・富山港 | 富山                |                     |  | ● | 9323 | 21.4 | 9323 | 松 | TYM403         | 9323 | 9323 | 36.775 | 137.111 | H18.10.12                  |
| 金沢港    | 金沢-G周辺            |                     |  | ● | 9318 | 13.5 | 9318 | 松 | KANAZAWA-G     | 9318 | 9318 | 36.618 | 136.606 | H18.10.12                  |
| 金沢港    | 金沢-G以外            |                     |  | ● | 9322 | 15.4 | 9322 | 梅 | ISKH07         | 9322 | 9322 | 36.618 | 136.606 | H18.10.12                  |

図 1-1-3-7(2) 鵜飼漁港周辺で公表されているレベル1地震動（重要港湾）



| 北陸   |  |            |   |       |      |       |   |         |       |       |                 |        |         |                       |
|------|--|------------|---|-------|------|-------|---|---------|-------|-------|-----------------|--------|---------|-----------------------|
| 和歌山港 |  |            | - | 93042 | 13.9 | 93042 | 梅 | NI9026  | 93042 | 93042 | 直江津港            | 37.183 | 138.247 | H18.10.12             |
| 寺泊港  |  |            | - | 93043 | 11.8 | 93043 | 梅 | NI9016  | 93043 | 93043 | 新潟港             | 37.942 | 139.061 | H18.10.12             |
| 新島港  |  |            | - | 93044 | 17.9 | 93044 | 梅 | NI9003  | 93044 | 93044 | 新潟港             | 37.942 | 139.061 | H18.10.12             |
| 二見港  |  |            | - | 93045 | 7.5  | 93045 | 梅 | NI9004  | 93045 | 93045 | 小木港             | 37.813 | 138.277 | H18.10.12             |
| 寺泊港  |  |            | - | 93046 | 7.5  | 93046 | 梅 | NI9004  | 93046 | 93046 | 小木港             | 37.813 | 138.277 | H18.10.12             |
| 堀川港  |  |            | - | 93047 | 13.9 | 93047 | 梅 | NI9026  | 93047 | 93047 | 直江津港            | 37.183 | 138.247 | H18.10.12             |
| 刀洗港  |  |            | - | 93048 | 7.5  | 93048 | 梅 | NI9004  | 93048 | 93048 | 小木港             | 37.813 | 138.277 | H18.10.12             |
| 魚津港  |  |            | - | 93049 | 15.1 | 93049 | 梅 | TYM404  | 93049 | 93049 | 伏木富山港           | 36.775 | 137.111 | 【臨時地震観測点】             |
| 宇出津港 |  |            | ● | 93050 | 20.2 | 93050 | 竹 | ISK005  | 93050 | 93050 | 七尾港             | 37.053 | 136.967 | 【R41】                 |
| 宇出津港 |  |            | ● | 93051 | 9.5  | 93051 | 竹 | ISK004  | 93051 | 93051 | 七尾港             | 37.053 | 136.967 | 【R41】                 |
| 小木港  |  |            | ● | 93052 | 9.2  | 93052 | 竹 | ISK004  | 93052 | 93052 | 七尾港             | 37.053 | 136.967 | 【R41】                 |
| 新島港  |  | 市街地による確認済み | ● | 93053 | 27.4 | 93053 | 松 | 臨時地震観測点 | 93053 | 93053 | 七尾港             | 37.053 | 136.967 | H18.10.12【市街地による確認済み】 |
| 輪島港  |  | 市街地による確認済み | ● | 93054 | 14.8 | 93054 | 松 | 臨時地震観測点 | 93054 | 93054 | 七尾港             | 37.053 | 136.967 | H18.10.12【市街地による確認済み】 |
| 福井港  |  |            | - | 93055 | 15.3 | 93055 | 梅 | ISKH06  | 93055 | 93055 | 七尾港             | 37.053 | 136.967 | H18.10.12             |
| 金沢港  |  |            | - | 93056 | 15.3 | 93056 | 梅 | ISKH06  | 93056 | 93056 | 七尾港             | 37.053 | 136.967 | H18.10.12             |
| 福井港  |  |            | - | 93057 | 12.2 | 93057 | 梅 | FKD01   | 93057 | 93057 | 金沢(新金沢-G島)【R41】 | 36.618 | 136.606 | H18.10.12             |
| 和歌山港 |  |            | - | 93058 | 15.3 | 93058 | 梅 | ISKH06  | 93058 | 93058 | 七尾港             | 37.053 | 136.967 | H18.10.12             |
| 寺泊港  |  |            | - | 93059 | 15.3 | 93059 | 梅 | ISKH06  | 93059 | 93059 | 七尾港             | 37.053 | 136.967 | H18.10.12             |
| 福井港  |  | 市街地による確認済み | ● | 93060 | 23.7 | 93060 | 松 | FKD03   | 93060 | 93060 | 敦賀港             | 35.657 | 136.062 | H18.10.12             |
| 和歌山港 |  |            | - | 93061 | 28.1 | 93061 | 梅 | FKD06   | 93061 | 93061 | 敦賀港             | 35.657 | 136.062 | H18.10.12             |
| 金沢港  |  |            | - | 93062 | 29.1 | 93062 | 梅 | FKD02   | 93062 | 93062 | 敦賀港             | 35.657 | 136.062 | H18.10.12             |
| 和歌山港 |  |            | - | 93063 | 28.1 | 93063 | 梅 | FKD06   | 93063 | 93063 | 敦賀港             | 35.657 | 136.062 | H18.10.12             |

図 1-1-3-8 鵜飼漁港周辺で公表されているレベル1地震動（地方港湾）

### (b) サイト増幅特性

鵜飼漁港のサイト増幅特性は、港湾空港技術研究所へのヒアリング結果を踏まえ、「R5d 直轄緊急調査」で設定したものを採用した。なお、鵜飼漁港のサイト増幅特性は、飯田港のサイト増幅特性そのものを採用（みなし松補正）して設定している（表 1-1-3-4）。なお、「R5d 直轄緊急調査」で実施した、サイト増幅特性の設定の詳細については、参考資料を参照されたい。

表 1-1-3-4 サイト増幅特性の設定方法

| 補正法名   | 補正方法                                                                                         | 精度                                                                                   |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 特上松    | 港湾空港に設置されている強震計の特性値を用いて地震波形を設定するが、同一港湾空港内に 2 つ以上強震計が設置されており、常時微動観測によりゾーニングを行う方法              |  |
| 松      | 港湾空港に設置されている 1 つの強震計の特性値を用いてサイト増幅特性を設定する方法                                                   |                                                                                      |
| 見なし松   | 港湾空港またはその近傍の強震観測地点における両地点での常時微動観測結果の特性が同じであると判断出来る場合、近傍の強震観測地点のサイト増幅特性を対象施設にそのまま設定する方法       |                                                                                      |
| 竹 ver3 | 港湾空港またはその近傍において強震計が設置されている場合で、「見なし松」あるいは「竹」補正に加えて、常時微動観測にて算出した H/V スペクトルのピーク倍率の違いを考慮して補正する方法 |                                                                                      |
| 竹 ver1 | 港湾空港またはその近傍において強震計が設置されている場合で、常時微動観測にて算出した H/V スペクトルのピーク周波数の違いを考慮して補正する方法                    |                                                                                      |
| 梅      | 港湾空港において概ね水平距離が 2km 以内かつ標高差 30m 以内に強震計が設置されていない場合に、経験的な関係により周辺の K-NET 等のサイト増幅特性を補正する方法       | 低                                                                                    |

### (c) サイト位相特性

前述のとおり、鵜飼漁港のサイト増幅特性は、飯田港のサイト増幅特性そのものを採用（みなし松補正）している。そのため、鵜飼漁港のサイト位相特性についても、飯田港で設定されているレベル 1 地震動そのものを採用した。

#### (d) レベル 1 地震動設定結果

図 1-1-3-9 に、上記の条件に基づいて設定した、鵜飼漁港のレベル 1 地震動(工学的基盤)を示す。なお、上記の通り、鵜飼漁港では、補正元とする地震動、サイト増幅特性、サイト位相特性について、いずれも飯田港で設定されたものを採用した。そのため、鵜飼漁港のレベル 1 地震動は飯田港におけるレベル 1 地震動と同一であることに留意されたい。

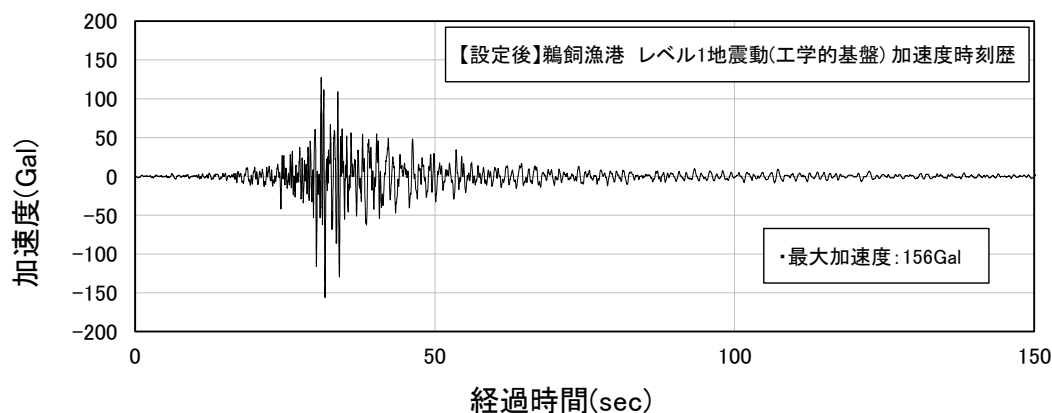


図 1-1-3-9 鵜飼漁港レベル 1 地震動

#### 2) 令和 6 年能登半島地震の再現波

令和 6 年能登半島地震の再現波は、「R5d 直轄緊急調査」で設定された地震波形を用いた。図 1-1-3-7 に、「R5d 直轄緊急調査」で設定された鵜飼漁港の令和 6 年能登半島地震の再現波を示す。

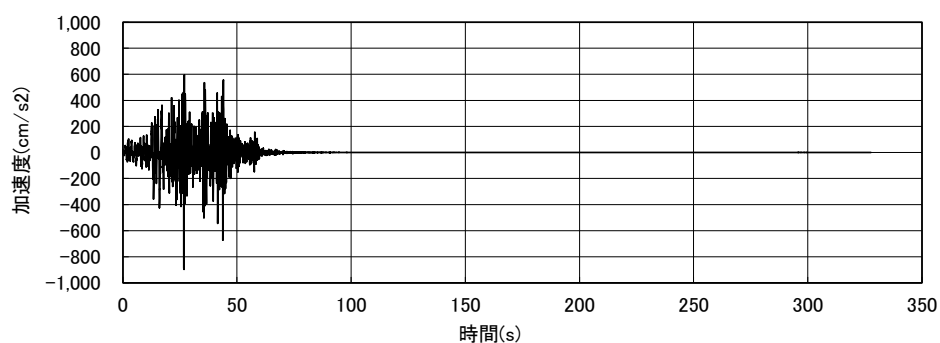


図 1-1-3-10 鵜飼漁港の令和 6 年能登半島地震再現波  
(-2.5m 物揚場の直交方向、工学的基盤 最大加速度 897Gal)

### 3) 地盤モデル

照査用震度の算出にあたっては、「R5d 直轄緊急調査」で実施された土質調査結果を基に一次元地震応答解析(1D-FLIP)の地盤モデルを設定した。表 1-1-3-3 に、鵜飼漁港の地盤モデルを示す。

表 1-1-3-3 鵜飼漁港における一次元地震応答解析の地盤モデル

| No | 土層上限<br>(m) | 密度<br>(t/m <sup>3</sup> ) | 基準有効<br>拘束圧<br>$\sigma_{ma}$<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | せん断<br>弾性係数<br>G <sub>ma</sub><br>(kN/m <sup>2</sup> ) | 粘着力<br>C<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | 内部<br>摩擦角<br>$\phi$<br>(度) | せん断<br>波速度<br>Vs<br>(m/sec) |
|----|-------------|---------------------------|------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|----------------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| 1  | 1.300       | 2.04                      | 98.000                                               | 1.5100E+05                                             | 0.0                              | 40.70                      | 131.000                     |
| 2  | 0.840       | 1.94                      | 98.000                                               | 8.4700E+04                                             | 0.0                              | 39.90                      | 131.000                     |
| 3  | 0.200       | 1.94                      | 98.000                                               | 7.1500E+04                                             | 0.0                              | 39.80                      | 131.000                     |
| 4  | -0.260      | 1.94                      | 98.000                                               | 6.1300E+04                                             | 0.0                              | 40.20                      | 131.000                     |
| 5  | -2.060      | 1.73                      | 98.000                                               | 4.6500E+04                                             | 0.0                              | 40.40                      | 132.000                     |
| 6  | -4.460      | 1.43                      | 98.000                                               | 1.8500E+04                                             | 30.3                             | 0.00                       | 101.000                     |
| 7  | -13.260     | 1.43                      | 98.000                                               | 3.9000E+04                                             | 0.0                              | 38.20                      | 155.000                     |
| 8  | -14.360     | 1.94                      | 98.000                                               | 8.1700E+04                                             | 0.0                              | 39.20                      | 197.000                     |
| 9  | -16.060     | 1.84                      | 98.000                                               | 7.3700E+04                                             | 45.7                             | 0.00                       | 197.000                     |
| 10 | -16.960     | 2.14                      | 98.000                                               | 8.3300E+04                                             | 0.0                              | 43.90                      | 197.000                     |
| 11 | -17.760     | 1.84                      |                                                      |                                                        |                                  |                            | 344.330                     |

### 4) 照査用震度の算定

「設計参考図書」に示される方法に基づき、「1) レベル1地震動」及び「2) 令和6年能登半島地震の再現波」の照査用震度を算出した。鵜飼漁港の構造形式は重力式係船岸であるため、重力式係船岸（漁港基準）のフィルターを用いた。算定結果の一覧を表 1-1-3-4 に示す。

表 1-1-3-4 鵜飼漁港における照査用震度の算定結果

| 地震動       | 工学的基盤<br>最大加速度<br>(Gal) | 地表面<br>最大加速度<br>(Gal) | 補正後<br>地表面最大加速度<br>(Gal) | 照査用震度<br>(kh) | 参考<br>設計参考図書<br>(石川県の kh) |
|-----------|-------------------------|-----------------------|--------------------------|---------------|---------------------------|
| レベル1地震動   | 156Gal                  | 125Gal                | 57Gal                    | 0.14          | 0.12                      |
| 能登半島地震再現波 | 896Gal                  | 198Gal                | 100Gal                   | 0.22          | 0.12                      |

### (3) 鹿磯漁港

#### 1) レベル1地震動の設定

レベル1地震動の設定方針及び設定方法は、狼煙漁港と同様である。

#### (a) 補正元とするレベル1地震動

鹿磯漁港周辺において、「国土交通省 国土技術政策総合研究所 港湾研究部 港湾施設研究室ホームページ」で公表されているレベル1地震動（重要港湾）は、図-1-3-3-11 に示す七尾港、金沢港、伏木富山港で設定されたものがある。また、レベル1地震動（地方港湾）は、図-1-3-3-12 に示す輪島港、穴水港、福浦港で設定されたものがある。

鹿磯漁港の補正元とするレベル1地震動は、港湾空港技術研究所へのヒアリング結果を踏まえ、鹿磯漁港から距離が最も近い輪島港と穴水港のうち、輪島港におけるレベル1地震動を用いることが適正と判断した。



図 1-1-3-11 (2) 鹿磯漁港周辺で公表されているレベル1地震動（重要港湾）

| 北陸     |                   |                     |  |   |      |      |      |   |                |      |      |        |         |                         |
|--------|-------------------|---------------------|--|---|------|------|------|---|----------------|------|------|--------|---------|-------------------------|
| 直江津港   |                   | 未確認                 |  | ● | 9303 | 13.9 | 9303 | 梅 | NI9026         | 9303 | 9303 | 37.183 | 138.247 | H18.10.12               |
| 直江津港   | 旧事務所              | 強震観測点付近             |  | ● | 9327 | 19.3 | 9327 | 松 | 旧直江津事務所臨時地震観測点 | 9327 | 9327 | 37.183 | 138.247 | H18.10.12<br>(変更)R4.4.1 |
| 西津港    |                   |                     |  | ● | 9304 | 32.2 | 9304 | 松 | NI9002         | 9304 | 9304 | 38.073 | 138.447 | H18.10.12               |
| 小木港    |                   | 9325以外              |  | ● | 9305 | 7.5  | 9305 | 梅 | NI9004         | 9305 | 9305 | 37.813 | 138.277 | H18.10.12               |
| 小木港    | 北地区               |                     |  | ● | 9325 | 7.9  | 9325 | 竹 | NI9004         | 9325 | 9325 | 37.813 | 138.277 | H29.6.1                 |
| 七尾港    | 二宮地区、大田地区         | 詳細はゾーニングマップ参照       |  | ● | 9306 | 9.9  | 9306 | 松 | ISK006         | 9306 | 9306 | 37.053 | 136.967 | H18.10.12               |
| 七尾港    | 二宮地区、大田地区         | 詳細はゾーニングマップ参照       |  | ● | 9328 | 8.9  | 9328 | 松 | 大田地区臨時観測点      | 9328 | 9328 | 37.053 | 136.967 | H18.10.12               |
| 七尾港    | 二六地区、日出ヶ島地区、鹿港島地区 | L1地震動未算定(地震動番号9329) |  | ● | -    | -    | -    | - | -              | -    | -    | -      | -       | -                       |
| 敦賀港    | 新島                | 船舶による確認済み           |  | ● | 9311 | 17.1 | 9311 | 松 | TSURUGA-G      | 9311 | 9311 | 35.657 | 136.062 | H18.10.12               |
| 敦賀港    | 新島南               |                     |  | ● | 9326 | 20.6 | 9326 | 竹 | TSURUGA-G      | 9326 | 9326 | 35.657 | 136.062 | H18.10.12               |
| 新島港    |                   |                     |  | ● | 9316 | 26.8 | 9316 | 松 | NI93A1A-G      | 9316 | 9316 | 37.942 | 139.061 | H18.10.12               |
| 伏木・富山港 | 伏木・新湊             |                     |  | ● | 9317 | 20.8 | 9317 | 松 | TOYAMA-G       | 9317 | 9317 | 36.775 | 137.111 | H18.10.12<br>(暫定)R4.4.1 |
| 伏木・富山港 | 富山                |                     |  | ● | 9323 | 21.4 | 9323 | 松 | TYM403         | 9323 | 9323 | 36.775 | 137.111 | H18.10.12               |
| 金沢港    | 金沢-G周辺            |                     |  | ● | 9318 | 13.5 | 9318 | 松 | KANAZAWA-G     | 9318 | 9318 | 36.618 | 136.606 | H18.10.12               |
| 金沢港    | 金沢-G以外            |                     |  | ● | 9322 | 15.4 | 9322 | 梅 | ISK007         | 9322 | 9322 | 36.618 | 136.606 | H18.10.12               |

図 1-1-3-11(2) 鹿磯漁港周辺で公表されているレベル1地震動（重要港湾）



| 北陸   |  |             |   |       |      |       |   |           |       |       |              |        |         |              |
|------|--|-------------|---|-------|------|-------|---|-----------|-------|-------|--------------|--------|---------|--------------|
| 柏崎港  |  |             | - | 93042 | 13.9 | 93042 | 梅 | NI9026    | 93042 | 93042 | 直江津港         | 37.183 | 138.247 | H18.10.12    |
| 寺泊港  |  |             | - | 93043 | 11.8 | 93043 | 梅 | NI9016    | 93043 | 93043 | 新島港          | 37.942 | 139.061 | H18.10.12    |
| 若松港  |  |             | - | 93044 | 17.9 | 93044 | 梅 | NI9003    | 93044 | 93044 | 新島港          | 37.942 | 139.061 | H18.10.12    |
| 二見港  |  |             | - | 93045 | 7.5  | 93045 | 梅 | NI9004    | 93045 | 93045 | 小木港          | 37.813 | 138.277 | H18.10.12    |
| 赤石港  |  |             | - | 93046 | 7.5  | 93046 | 梅 | NI9004    | 93046 | 93046 | 小木港          | 37.813 | 138.277 | H18.10.12    |
| 越前港  |  |             | - | 93047 | 13.9 | 93047 | 梅 | NI9026    | 93047 | 93047 | 直江津港         | 37.183 | 138.247 | H18.10.12    |
| 羽咋港  |  |             | - | 93048 | 7.5  | 93048 | 梅 | NI9004    | 93048 | 93048 | 小木港          | 37.813 | 138.277 | H18.10.12    |
| 能登港  |  |             | - | 93049 | 15.1 | 93049 | 梅 | TSURUGA-G | 93049 | 93049 | 林本町1号        | 36.775 | 137.111 | H28.04.10.12 |
| 穴水港  |  |             | ● | 93050 | 20.2 | 93050 | 竹 | ISK005    | 93050 | 93050 | 七尾港          | 37.053 | 136.967 | R0.4.1       |
| 津田津港 |  |             | ● | 93051 | 9.5  | 93051 | 竹 | ISK004    | 93051 | 93051 | 七尾港          | 37.053 | 136.967 | R0.4.1       |
| 小木港  |  |             | ● | 93096 | 9.2  | 93096 | 竹 | ISK004    | 93096 | 93096 | 七尾港          | 37.053 | 136.967 | R0.4.1       |
| 新島港  |  | 船舶観測による確認済み | ● | 93053 | 27.4 | 93053 | 松 | 臨時地震観測点   | 93053 | 93053 | 七尾港          | 37.053 | 136.967 | H18.10.12    |
| 福浦港  |  | 船舶観測による確認済み | ● | 93054 | 14.8 | 93054 | 松 | 臨時地震観測点   | 93054 | 93054 | 七尾港          | 37.053 | 136.967 | H18.10.12    |
| 福浦港  |  |             | - | 93055 | 15.3 | 93055 | 梅 | ISK006    | 93055 | 93055 | 七尾港          | 37.053 | 136.967 | H18.10.12    |
| 福浦港  |  |             | - | 93056 | 15.3 | 93056 | 梅 | ISK006    | 93056 | 93056 | 七尾港          | 37.053 | 136.967 | H18.10.12    |
| 福浦港  |  |             | - | 93057 | 12.2 | 93057 | 梅 | FKD001    | 93057 | 93057 | 金沢市金沢R-G(高力) | 36.618 | 136.606 | H18.10.12    |
| 和倉港  |  |             | - | 93058 | 15.3 | 93058 | 梅 | ISK006    | 93058 | 93058 | 七尾港          | 37.053 | 136.967 | H18.10.12    |
| 半ノ浦港 |  |             | - | 93059 | 15.3 | 93059 | 梅 | ISK006    | 93059 | 93059 | 七尾港          | 37.053 | 136.967 | H18.10.12    |
| 福井港  |  | 船舶観測による確認済み | ● | 93060 | 23.7 | 93060 | 松 | FKD003    | 93060 | 93060 | 敦賀港          | 35.657 | 136.062 | H18.10.12    |
| 和田港  |  |             | - | 93061 | 28.1 | 93061 | 梅 | FKD006    | 93061 | 93061 | 敦賀港          | 35.657 | 136.062 | H18.10.12    |
| 富山港  |  |             | - | 93062 | 29.1 | 93062 | 梅 | FKD002    | 93062 | 93062 | 敦賀港          | 35.657 | 136.062 | H18.10.12    |
| 内浦港  |  |             | - | 93063 | 28.1 | 93063 | 梅 | FKD006    | 93063 | 93063 | 敦賀港          | 35.657 | 136.062 | H18.10.12    |

図 1-1-3-12 鹿磯漁港周辺で公表されているレベル1地震動（地方港湾）

#### (b) サイト増幅特性

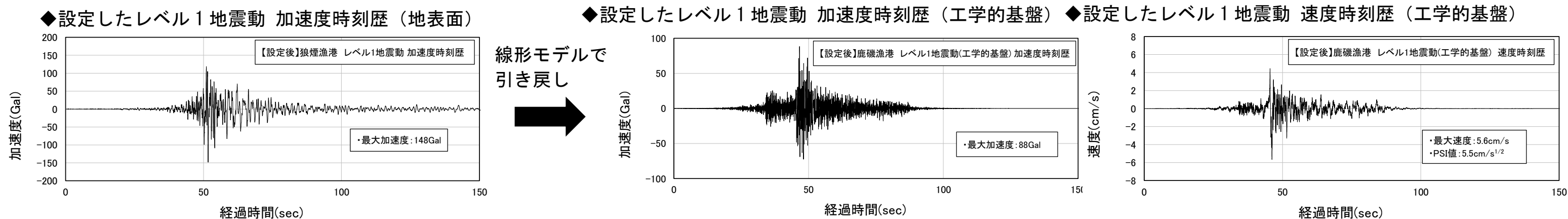
鹿磯漁港のサイト増幅特性は、港湾空港技術研究所へのヒアリング結果を踏まえ、「R5d 直轄緊急調査」で設定したものを採用した。なお、鹿磯漁港のサイト増幅特性は、近傍の K-NET (ISK006 : 富来) のサイト増幅特性そのものを採用 (みなし松補正) して設定されている (図-1-1-3-13)。

#### (c) サイト位相特性

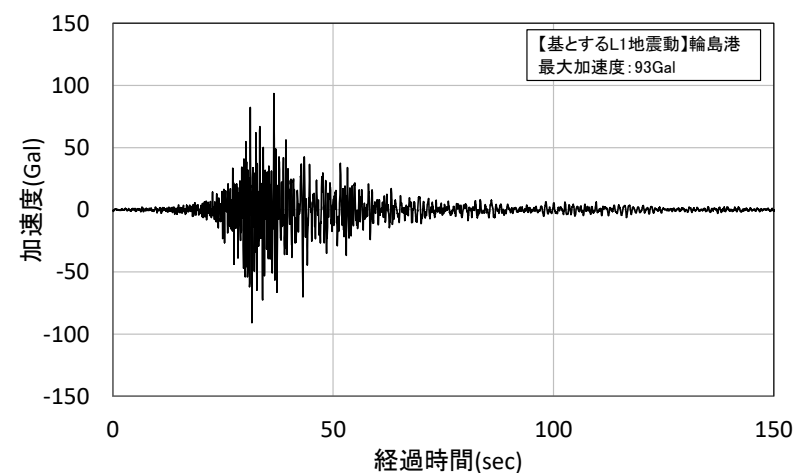
前述のとおり、鹿磯漁港のサイト増幅特性は、近傍の K-NET (ISK006 : 富来) のサイト増幅特性そのものを採用 (みなし松補正) している。そのため、鹿磯漁港のサイト位相特性は、K-NET (ISK006 : 富来) のサイト特性と同様となっていることから、K-NET (ISK006 : 富来) における観測波形の群遅延時間を算出した上で、群遅延時間が最も平均と近い観測記録を採用したとした (図-1-1-3-13)。

#### (d) レベル 1 地震動設定結果

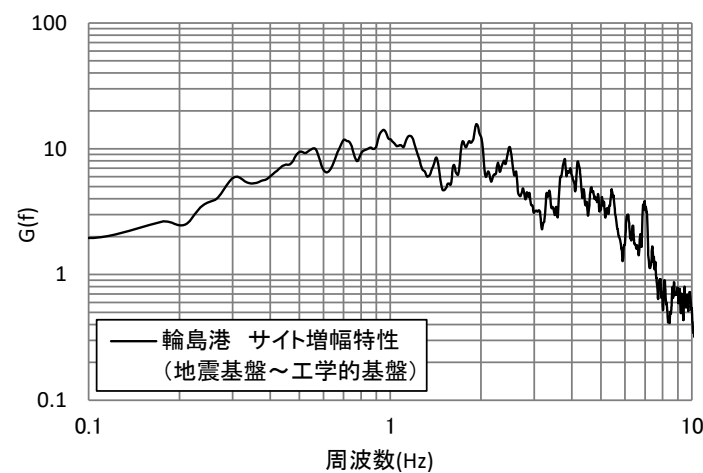
図 1-1-3-13 に、上記の条件に基づいて設定した、鹿磯漁港のレベル 1 地震動 (工学的基盤) の設定結果を示す。なお、図の左上が、鹿磯漁港で設定した時刻歴加速度波形であり、図の右上が、軸歴速度波形である。また、図中には、参考としてレベル 1 地震動の設定に用いた、基とする地震動やサイト増幅特性等を併せて示している。



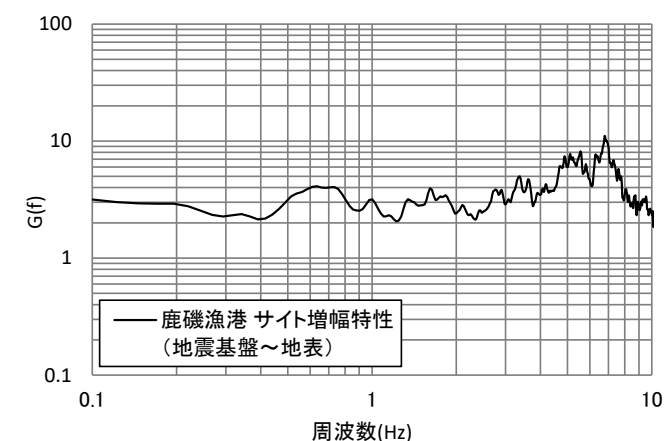
①基とする地震動：輪島港におけるレベル1地震動



②サイト増幅特性（地震基盤～工学的基盤）：輪島港



③サイト増幅特性（地震基盤～地表面）：鹿磯漁港  
（「R5d 直轄緊急調査」で設定）



④サイト位相特性（地表）：鹿磯漁港（K-NET 富来（ISK006）の観測記録から選定）

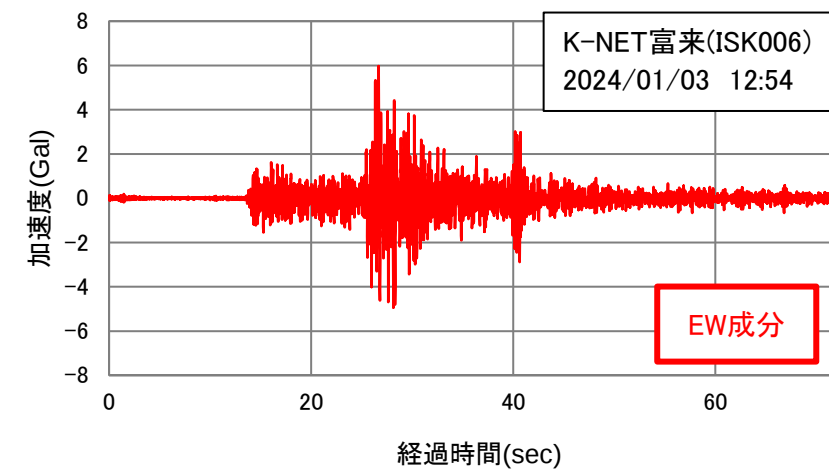


図 1-1-3-13 鹿磯漁港のレベル1地震動(工学的基盤)の設定結果

## 2) 令和 6 年能登半島地震の再現波

令和 6 年能登半島地震の再現波は、「R5d 直轄緊急調査」で設定された地震波形を用いた。  
図 1-1-3-14 に、「R5d 直轄緊急調査」で設定された鹿磯漁港の令和 6 年能登半島地震の再現波を示す。

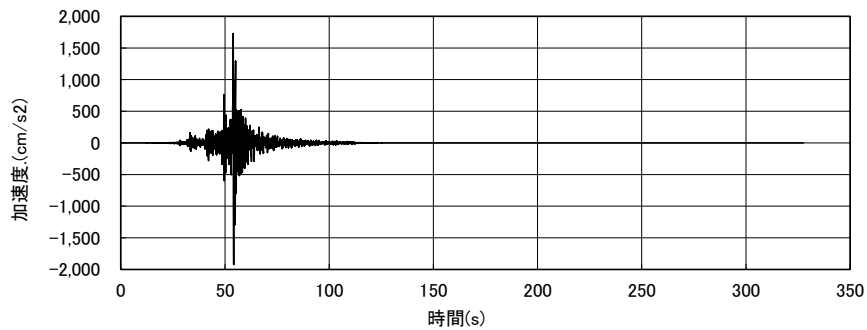


図 1-1-3-14 鹿磯漁港の令和 6 年能登半島地震の再現波  
(-3.0m 岸壁の直交方向、工学的基盤 最大加速度 1922Gal)

## 3) 地盤モデル

照査用震度の算出にあたっては、「R5d 直轄緊急調査」で実施された土質調査結果を基に  
一次元地震応答解析(1D-FLIP)の地盤モデルを設定した。表 1-1-3-5 に、鹿磯漁港の地盤  
モデルを示す。

表 1-1-3-5 鹿磯漁港における一次元地震応答解析の地盤モデル

| No | 土層上限<br>(m) | 密度<br>(t/m³) | 基準有効<br>拘束圧<br>$\sigma'_{ma}$<br>(kN/m²) | せん断<br>弾性係数<br>Gma<br>(kN/m²) | 粘着力<br>C<br>(kN/m²) | 内部<br>摩擦角<br>$\phi$<br>(度) | せん断<br>波速度<br>Vs<br>(m/sec) |
|----|-------------|--------------|------------------------------------------|-------------------------------|---------------------|----------------------------|-----------------------------|
| 1  | 1.200       | 2.04         | 98.000                                   | 3.0900E+05                    | 0.0                 | 39.20                      | 241.000                     |
| 2  | 0.200       | 2.04         | 98.000                                   | 3.0900E+05                    | 0.0                 | 39.10                      | 241.000                     |
| 3  | -0.140      | 1.84         | 98.000                                   | 2.2700E+05                    | 0.0                 | 39.00                      | 241.000                     |
| 4  | -0.640      | 2.04         | 98.000                                   | 3.6000E+05                    | 0.0                 | 39.00                      | 312.000                     |
| 5  | -2.440      | 2.04         | 98.000                                   | 3.0100E+05                    | 0.0                 | 40.30                      | 312.000                     |
| 6  | -4.040      | 2.04         | 98.000                                   | 5.7000E+05                    | 0.0                 | 43.90                      | 458.000                     |
| 7  | -5.840      | 2.14         | 98.000                                   | 1.9700E+05                    | 0.0                 | 42.90                      | 283.000                     |
| 8  | -8.740      | 1.94         |                                          |                               |                     |                            | 389.300                     |

#### 4) 照査用震度の算定

「設計参考図書」に示される方法に基づき、「1) レベル1地震動」及び「2) 令和6年能登半島地震の再現波」の照査用震度を算出した。鹿磯漁港の構造形式は重力式係船岸であるため、重力式係船岸（漁港基準）のフィルターを用いた。算定結果の一覧を表1-1-3-4に示す。

表 1-1-3-6 鹿磯漁港照査用震度算定結果

| 地震動       | 工学的基盤<br>最大加速度<br>(Gal) | 地表面<br>最大加速度<br>(Gal) | 補正後<br>地表面最大加速度<br>(Gal) | 照査用震度<br>(kh) | 参考<br>設計参考図書<br>(石川県の kh) |
|-----------|-------------------------|-----------------------|--------------------------|---------------|---------------------------|
| レベル1地震動   | 88Gal                   | 98Gal                 | 10Gal                    | 0.06          | 0.12                      |
| 能登半島地震再現波 | 1922Gal                 | 378Gal                | 188Gal                   | 0.38          | 0.12                      |

#### (4) 算出した照査用震度と設計参考図書との比較

3 漁港の対象施設で算出した照査用震度について、「設計参考図書」に示される設計水平震度との比較を行った。なお、「設計参考図書」では、石川県における係留施設 B の設計水平震度は 0.12 となっている(図 1-1-3-15)。

図-1-1-3-16 に、対象施設で設定したレベル 1 地震動から算出した照査用震度及び「設計参考図書」の設計水平震度の比較図を示す。また、図-1-1-3-17 に、対象施設の令和 6 年能登半島地震の再現波より算出した照査用震度及び「設計参考図書」の設計水平震度の比較図を示す。

図に示すように、狼煙漁港及び鹿磯漁港においては、レベル 1 地震動から算出した照査用震度が、「設計参考図書」の設計水平震度より小さい値となった。一方、鵜飼漁港においては、レベル 1 地震動から算出した照査用震度が、「設計参考図書」の設計水平震度より大きい値となった。また、令和 6 年能登半島地震の再現波から算出した照査用震度は、全ての対象施設において、「設計参考図書」の設計水平震度より大きな値となった。

表 2-11-1 地域別の工学的基盤最大加速度及び設計水平震度

|                  | 北海道(根室、釧路、十勝、日高)、関東(千葉県、東京都の八丈島及び小笠原諸島を除く地域、神奈川県、中部(福井県、静岡県、愛知県)、近畿(三重県、滋賀県、大阪府、兵庫県、和歌山県) | 東北(青森県の尻屋崎以南の太平洋岸、岩手県、宮城県、福島県)、関東(茨城県)、近畿(京都府)、四国(徳島県、高知県) | 北海道(胆振、渡島、檜山)、東北(青森県の尻屋崎以南の太平洋岸を除く地域、秋田県、山形県)、中部(新潟県、富山県、石川県)、中国(鳥取県、広島県)、四国(愛媛県)、九州(熊本県、大分県、宮崎県、鹿児島県の奄美諸島) | 北海道(網走、後志、石狩、空知、留萌)、中国(島根県、岡山県)、四国(香川県)、九州(佐賀県、長崎県の五島列島、老朽及び対馬を除く地域、鹿児島県の奄美諸島を除く地域、沖縄県の大東諸島を除く地域) | 北海道(宗谷)、関東(東京都の八丈島及び小笠原諸島)、中国(山口県)、九州(福岡県、長崎県の五島列島、老朽及び対馬、沖縄県の大東諸島) |
|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| 係留施設 A           | 0.18(0.22)                                                                                | 0.16(0.19)                                                 | 0.14(0.17)                                                                                                  | 0.13(0.16)                                                                                        | 0.10(0.12)                                                          |
| 親水施設             | 0.18(0.22)                                                                                | 0.16(0.19)                                                 | 0.14(0.17)                                                                                                  | 0.13(0.16)                                                                                        | 0.10(0.12)                                                          |
| 係留施設 B           | 0.15(0.20)                                                                                | 0.13(0.16)                                                 | 0.12(0.14)                                                                                                  | 0.11(0.13)                                                                                        | 0.08(0.10)                                                          |
| 外郭施設             | 0.15(0.20)                                                                                | 0.13(0.16)                                                 | 0.12(0.14)                                                                                                  | 0.11(0.13)                                                                                        | 0.08(0.10)                                                          |
| 工学的基盤の最大加速度(Gal) | 350                                                                                       | 250                                                        | 200                                                                                                         | 150                                                                                               | 100                                                                 |

(注1) 第四紀層(沖積層、洪積層)の厚さが、下記のいずれかの場合は( )書の設計水平震度を用いる。

① 一般の砂及び粘土地盤の厚さが25m以上の場合

② 軟弱地盤の厚さが5m以上の場合

ここでいう軟弱地盤とは、N値が4以下の砂地盤、または一軸圧縮強度が20kPa以下の地盤であり、通常の軟弱地盤の概念とは若干異なる。

(注2) 係留施設Aは、耐震強化岸壁、耐震強化岸壁に準じる岸壁及びその他の耐震性能を強化する岸壁、又は定期船・フェリーが発着する岸壁であることを基本とする。係留施設Bは、係留施設A以外の岸壁及び物揚場である。

(注3) 親水施設は、親水性を考慮した護岸及び防波堤である。

(注4) 外郭施設は、親水施設及び道路護岸を除く外郭施設である。

図 1-1-3-15 地域別の工学的基盤最大加速度及び設計水平震度

(「設計参考図書」, p. 169)に加筆)

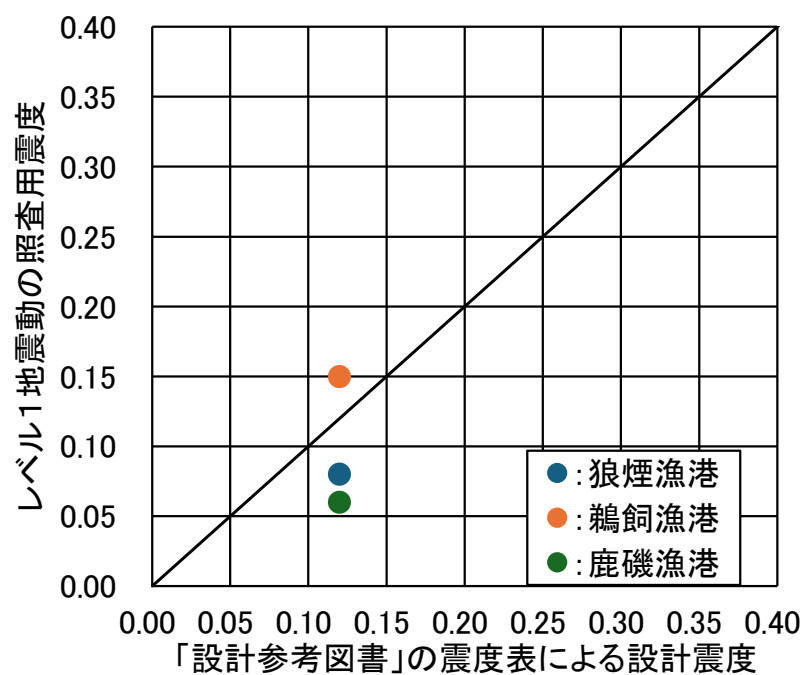


図 1-1-3-16 レベル 1 地震動の照査用震度と地域別の設計水平震度の比較

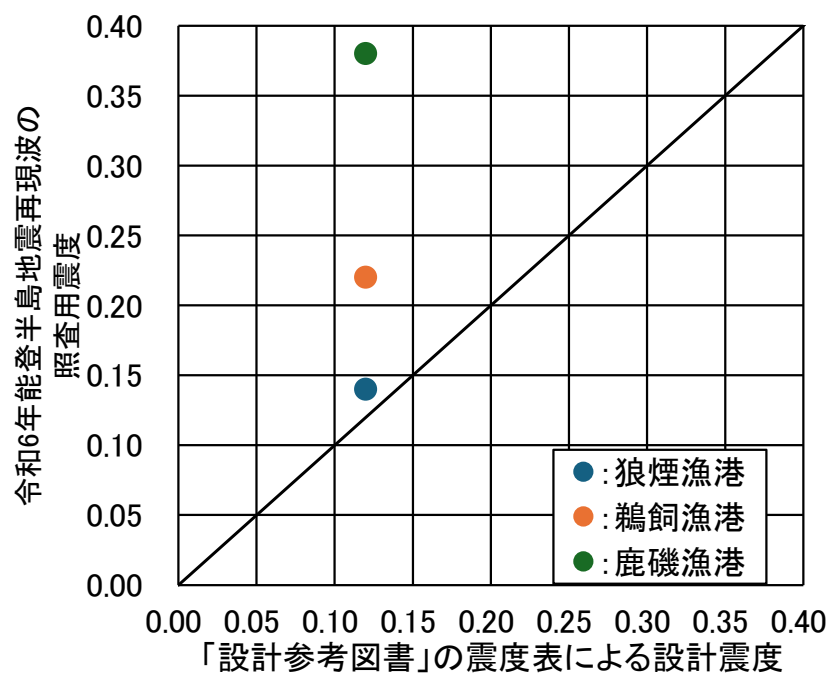


図 1-1-3-17 令和 6 年能登半島地震の再現波の照査用震度と地域別の設計水平震度の比較

#### 1.1.4 照査用震度の算定

対象施設である狼煙漁港(-4.5m 岸壁)、鵜飼漁港(-2.5m 物揚場)、鹿磯漁港(-3.0m 岸壁)に対して、設計当時の設計水平震度及び「1.1.3 照査用震度の算定」で設定したレベル1地震動及び令和6年能登半島地震の再現波を用いて、現況断面の安定性の照査を実施した。

##### (1) 狼煙漁港

##### 1) 解析モデル及び解析条件

安定性照査における解析モデル及び解析条件は、設計当時のものを用いることとした。図1-1-4-1に、狼煙漁港の現況断面の安定性照査における解析モデル及び解析条件を示す(「株式会社ジャパンテクノロジー：昭和59年度狼煙漁港修築(-4.5m 岸壁)工事に伴う設計委託，昭和60年3月」)。なお、本調査の検証断面位置は、既往報告書のD区である(図1-1-4-2参照)。

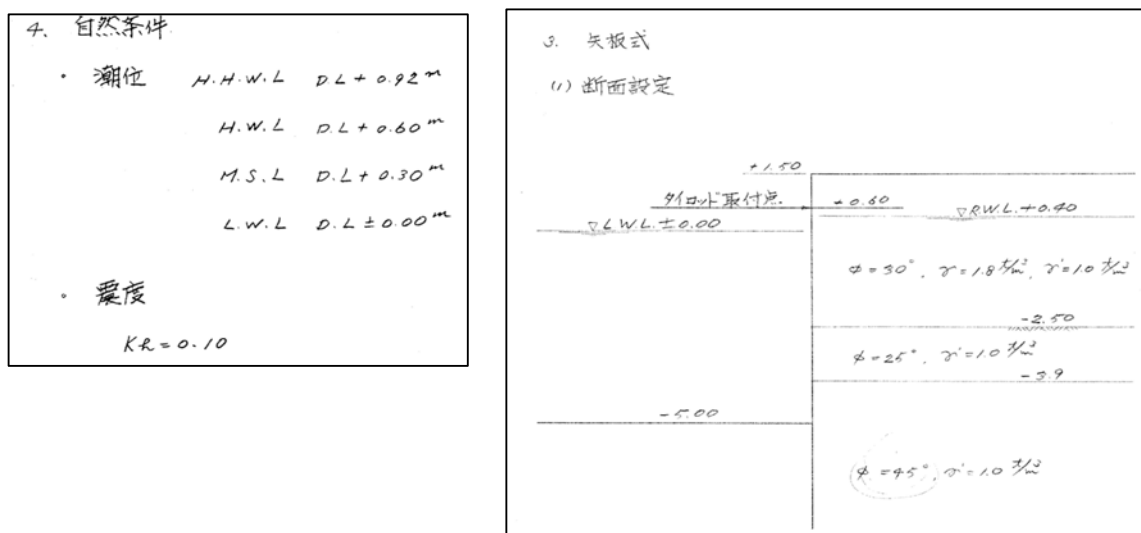


図 1-1-4-1 狼煙漁港の解析モデル及び解析条件 (左：解析条件、右：地盤モデル)

※株式会社ジャパンテクノロジー：昭和59年度狼煙漁港修築(-4.5m 岸壁)工事に伴う設計委託，p.2-57，昭和60年3月

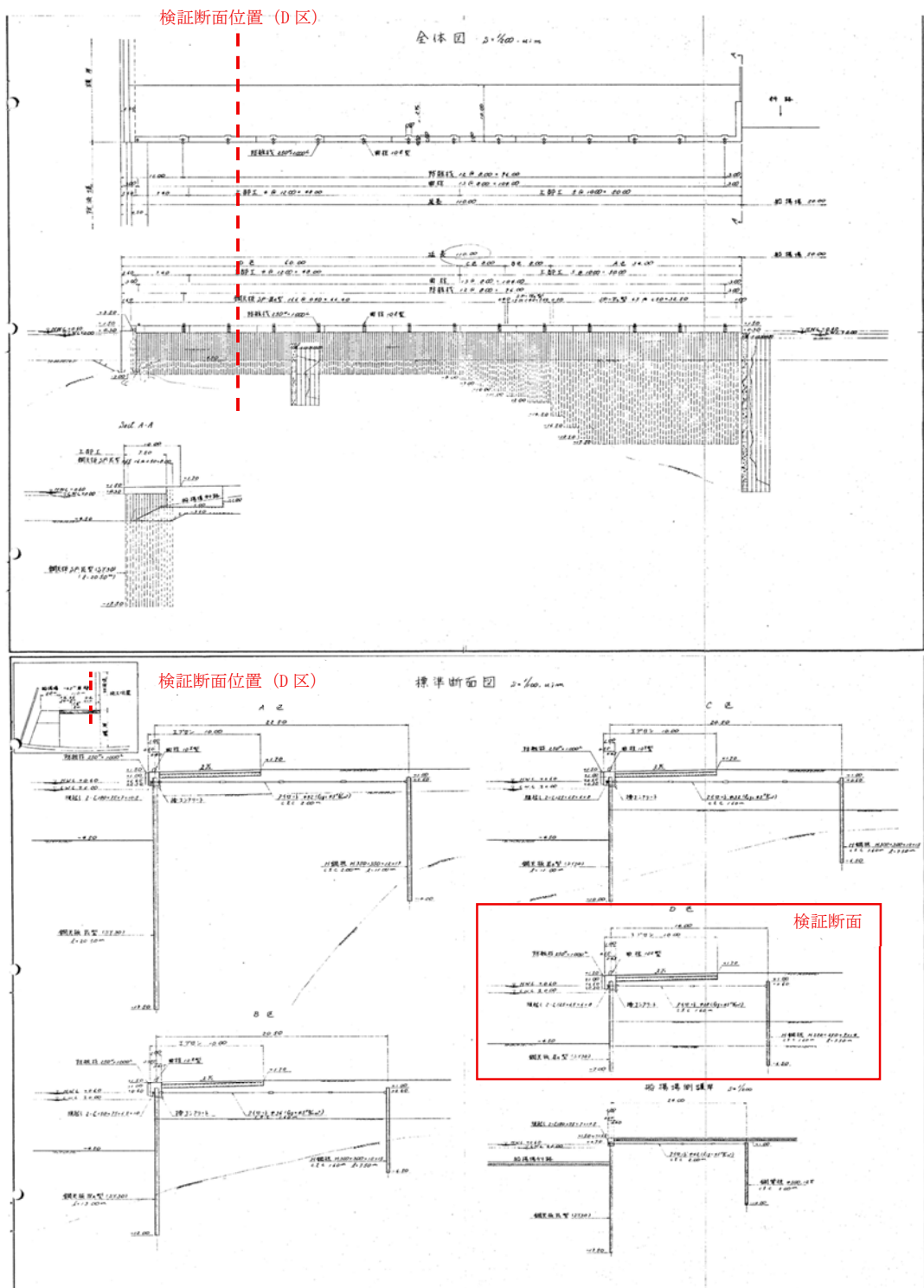


図 1-1-4-2 狼煙漁港の設計当時の図面

※「株式会社ジャパンテクノロジー：昭和 59 年度狼煙漁港修築（-4.5m 岸壁）工事に伴う設計委託，p.1-2，昭和 60 年 3 月」に加筆

## 2) 照査項目

狼煙漁港は控え矢板式係船岸であるため、安定性の照査は以下の項目及び許容値に対して実施した。

- ・前面矢板(ⅢA型、SY295相当)  
許容応力度：180N/mm<sup>2</sup>（常時）270N/mm<sup>2</sup>（地震時）  
必要長：8.0m（設計図面より）
- ・控え杭(H鋼 250×250×9×14)  
許容応力度：140N/mm<sup>2</sup>（常時）210N/mm<sup>2</sup>（地震時）  
必要長：7.5m（設計図面より）
- ・タイロッド（高張力鋼690相当、φ28）  
許容応力度：176N/mm<sup>2</sup>（常時）264N/mm<sup>2</sup>（地震時）  
タイロッド長：14.0m（設計図面より）

## 3) 安定性の照査結果

表 1-1-4-1～表 1-1-4-3 に、設計当時の設計水平震度( $k_h=0.10$ )、狼煙漁港で設定したレベル 1 地震動の照査用震度( $k_h=0.08$ )及び令和 6 年能登半島地震の再現波の照査用震度( $k_h=0.14$ )に対する安定性照査の結果を示す。また、表 1-1-4-4 に、参考として常時の安定性照査結果についても示す。

表 1-1-4-1～表 1-1-4-4 に示すように、狼煙漁港では、常時及び全地震動に対して、安定性を満足する結果となった。

表 1-1-4-1 狼煙漁港 地震時（設計当時  $k_h=0.10$ ）

| 検討内容                         |                | 計算結果                 |   | 許容値                  | 評価 |
|------------------------------|----------------|----------------------|---|----------------------|----|
| 前面矢板<br>SP-ⅢA<br>(SYW295)    | 応力度            | 86N/mm <sup>2</sup>  | < | 270N/mm <sup>2</sup> | OK |
|                              | 矢板長<br>(根入れ深度) | 7.531m<br>(-6.531m)  | < | 8.00m<br>(-7.00m)    | OK |
| タイロッド<br>高張力鋼 690<br>径 28mm  | 応力度            | 184N/mm <sup>2</sup> | < | 264N/mm <sup>2</sup> | OK |
|                              | タイロッド長         | 10.388m              | < | 14.0m                | OK |
| 腹起し（前面矢板側）                   | 応力度            | 123N/mm <sup>2</sup> | < | 210N/mm <sup>2</sup> | OK |
| 腹起し（控え工側）                    | 応力度            | 146N/mm <sup>2</sup> | < | 210N/mm <sup>2</sup> | OK |
| 控え工（H鋼杭）<br>250×250×9.0×14.0 | 応力度            | 79N/mm <sup>2</sup>  | < | 210N/mm <sup>2</sup> | OK |
|                              | 杭長<br>(根入れ深度)  | 5.966m<br>(-4.966m)  | < | 7.50m<br>(-6.50m)    | OK |

表 1-1-4-2 狼煙漁港 地震時（レベル1地震動  $k_h=0.08$ ）

| 検討内容                          |                | 計算結果                 |   | 許容値                  | 評価 |
|-------------------------------|----------------|----------------------|---|----------------------|----|
| 前面矢板<br>SP-ⅢA<br>(SYW295)     | 応力度            | 81N/mm <sup>2</sup>  | < | 270N/mm <sup>2</sup> | OK |
|                               | 矢板長<br>(根入れ深度) | 7.451m<br>(-6.451m)  | < | 8.00m<br>(-7.00m)    | OK |
| タイロッド<br>高張力鋼 690<br>径 28mm   | 応力度            | 173N/mm <sup>2</sup> | < | 264N/mm <sup>2</sup> | OK |
|                               | タイロッド長         | 9.959m               | < | 14.0m                | OK |
| 腹起し（前面矢板側）                    | 応力度            | 116N/mm <sup>2</sup> | < | 210N/mm <sup>2</sup> | OK |
| 腹起し（控え工側）                     | 応力度            | 137N/mm <sup>2</sup> | < | 210N/mm <sup>2</sup> | OK |
| 控え工（H 鋼杭）<br>250×250×9.0×14.0 | 応力度            | 74N/mm <sup>2</sup>  | < | 210N/mm <sup>2</sup> | OK |
|                               | 杭長<br>(根入れ深度)  | 5.966m<br>(-4.966m)  | < | 7.50m<br>(-6.50m)    | OK |

表 1-1-4-3 狼煙漁港 地震時（令和 6 年能登半島地震の再現波  $k_h=0.14$ ）

| 検討内容                          |                | 計算結果                 |   | 許容値                  | 評価 |
|-------------------------------|----------------|----------------------|---|----------------------|----|
| 前面矢板<br>SP-ⅢA<br>(SYW295)     | 応力度            | 98N/mm <sup>2</sup>  | < | 270N/mm <sup>2</sup> | OK |
|                               | 矢板長<br>(根入れ深度) | 7.719m<br>(-6.719m)  | < | 8.00m<br>(-7.00m)    | OK |
| タイロッド<br>高張力鋼 690<br>径 28mm   | 応力度            | 206N/mm <sup>2</sup> | < | 264N/mm <sup>2</sup> | OK |
|                               | タイロッド長         | 11.265m              | < | 14.0m                | OK |
| 腹起し（前面矢板側）                    | 応力度            | 138N/mm <sup>2</sup> | < | 210N/mm <sup>2</sup> | OK |
| 腹起し（控え工側）                     | 応力度            | 163N/mm <sup>2</sup> | < | 210N/mm <sup>2</sup> | OK |
| 控え工（H 鋼杭）<br>250×250×9.0×14.0 | 応力度            | 88N/mm <sup>2</sup>  | < | 210N/mm <sup>2</sup> | OK |
|                               | 杭長<br>(根入れ深度)  | 5.966m<br>(-4.966m)  | < | 7.50m<br>(-6.50m)    | OK |

表 1-1-4-4 狼煙漁港 常時（参考）

| 検討内容                          |                | 計算結果                 |   | 許容値                  | 評価 |
|-------------------------------|----------------|----------------------|---|----------------------|----|
| 前面矢板<br>SP-ⅢA<br>(SYW295)     | 応力度            | 65N/mm <sup>2</sup>  | < | 180N/mm <sup>2</sup> | OK |
|                               | 矢板長<br>(根入れ深度) | 7.347m<br>(-6.347m)  | < | 8.00m<br>(-7.00m)    | OK |
| タイロッド<br>高張力鋼 690<br>径 28mm   | 応力度            | 150N/mm <sup>2</sup> | < | 176N/mm <sup>2</sup> | OK |
|                               | タイロッド長         | 8.689m               | < | 14.0m                | OK |
| 腹起し（前面矢板側）                    | 応力度            | 101N/mm <sup>2</sup> | < | 140N/mm <sup>2</sup> | OK |
| 腹起し（控え工側）                     | 応力度            | 119N/mm <sup>2</sup> | < | 140N/mm <sup>2</sup> | OK |
| 控え工（H 鋼杭）<br>250×250×9.0×14.0 | 応力度            | 64N/mm <sup>2</sup>  | < | 140N/mm <sup>2</sup> | OK |
|                               | 杭長<br>(根入れ深度)  | 5.966m<br>(-4.966m)  | < | 7.50m<br>(-6.50m)    | OK |

## (2) 鵜飼漁港

### 1) 解析モデル及び解析条件

鵜飼漁港の解析モデル及び解析条件は、「鵜飼漁港施設台帳」及び「R5d 直轄緊急調査」に基づき設定した。「鵜飼漁港施設台帳(図 1-1-4-3)」より検証断面位置は平成 4 年施工とされているため、「全国漁港協会：漁港構造物標準設計法，平成 2 年 10 月(表 1-1-4-5)」より、設計当時の設計水平震度は  $k_h=0.05$  として本検討は実施した。

図 1-1-4-4 に、鵜飼漁港の解析モデル及び解析条件を示す。

表 1-1-4-5 設計当時の設計水平震度

※「全国漁港協会：漁港構造物標準設計法，P. 42，平成 2 年 10 月」に加筆

| 適用地域<br>構造物の区分 | 北海道(釧路，十勝，根室〔標津町以南〕，日高〔静内町以南〕)，関東(千葉，東京，神奈川)，中部(静岡，愛知，福井)，近畿(全県)，四国(徳島) | 北海道(石狩，胆振，後志，桧山，渡島，日高〔新冠町以北〕，根室〔羅臼町以北〕，網走〔網走市以东〕，留萌〔小平町以南〕)，東北(全県)，関東(茨城)，中部(新潟，富山，石川，福井)，四国(愛媛，高知，香川)，中国(鳥取，岡山，広島，島根)，九州(大分，宮崎，熊本，鹿児島県の奄美諸島) | 北海道(宗谷，網走〔常呂町以西〕，留萌〔苫前町以北〕)，中国(山口)，九州・沖縄(福岡，佐賀，長崎，鹿児島県の奄美諸島を除く地域，沖縄) |
|----------------|-------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| 陸揚岸壁           | 0.15 (0.20)                                                             | 0.10 (0.10)                                                                                                                                   | 0.05 (0.05)                                                          |
| 出漁準備岸壁         | 0.15 (0.20)                                                             | 0.10 (0.10)                                                                                                                                   | 0.05 (0.05)                                                          |
| 大型水門           | 0.15 (0.20)                                                             | 0.10 (0.10)                                                                                                                                   | 0.05 (0.05)                                                          |
| 休けい岸壁          | 0.10 (0.10)                                                             | 0.05 (0.05)                                                                                                                                   | 0 (0.05)                                                             |
| 物揚場            | 0.05 (0.10)                                                             | 0.05 (0.05)                                                                                                                                   | 0 (0.05)                                                             |
| その他            | 0 (0)                                                                   | 0 (0)                                                                                                                                         | 0 (0)                                                                |

(注 1) 堤防，護岸については設計震度を考慮することができる。

(注 2) 第 4 紀層(沖積層，洪積層)の厚さが，下記のいずれかの場合は ( ) 書の震度を用いる。

① 一般の砂及び粘土地盤の厚さが 25 m 以上の場合

② 軟弱地盤の厚さが 5 m 以上の場合

ここでいう軟弱地盤とは，N 値が 4 以下の砂地盤，又は  $q_u$  (一軸圧縮強度) が  $0.2 \text{ kg/cm}^2$  以下の粘土地盤であり，通常いわれている軟弱地盤の概念とは若干異なる。

(注 3) 岸壁等と隣接する護岸等(取付護岸等)については，隣接する岸壁等の設計震度を考慮することができる。



| 漁 港 施 設 構 造 断 面 図 |               |     |     | 工 種      | 物 揚 場             | 図面<br>番号 | 25    |
|-------------------|---------------|-----|-----|----------|-------------------|----------|-------|
| 施行<br>年度          | H 4<br>S 33 年 | 事業名 | 修 築 | 施行<br>延長 | L= 52.0<br>-95.0m | 縮尺       | 1/100 |

H9現地精査

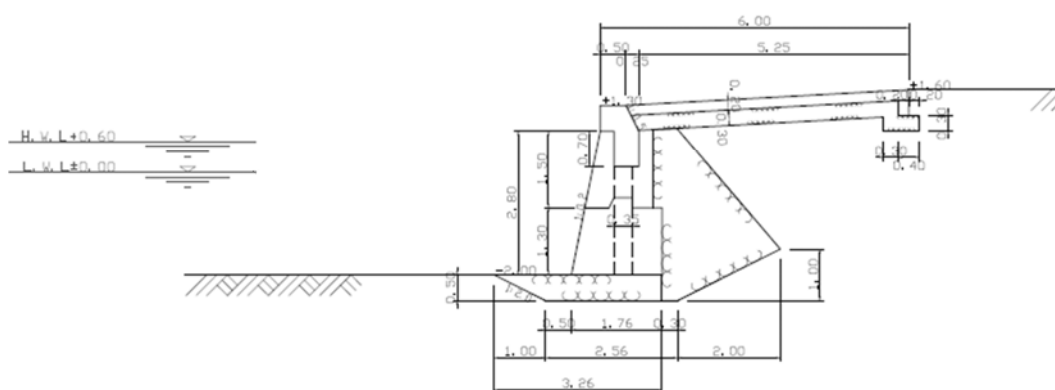
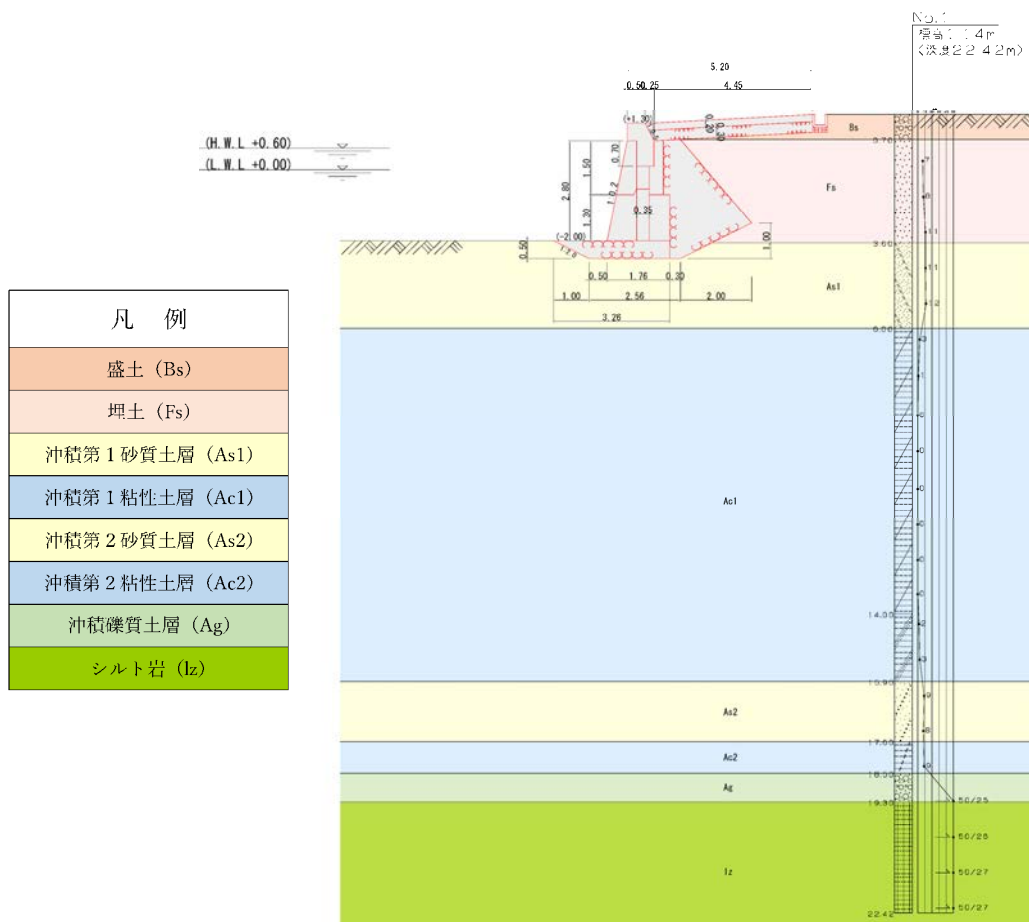


図 1-1-4-3 鵜飼漁港平面図及び断面図(※鵜飼漁港施設台帳)



| 土層   | $\gamma_t$<br>(kN/m <sup>3</sup> ) | $\gamma_{sat}$<br>(kN/m <sup>3</sup> ) | $c$<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | $\Phi$<br>(°) |
|------|------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------|---------------|
| Bs層  | 20.0                               | 21.0                                   | —                           | 34            |
| Fs層  | 19.0                               | 20.0                                   | —                           | 34            |
| As1層 | 17.0                               | 18.0                                   | —                           | 34            |
| 裏込材  | 18.0                               | 20.0                                   | —                           | 40            |

図 1-1-4-4 鵜飼漁港の解析モデル及び解析条件

## 2) 照査項目

鵜飼漁港は重力式の物揚場であるため、安定性の照査は以下の項目及び許容値に対して実施した。

- ・滑動

許容安全率：1.2(常時) 1.0(地震時)

- ・転倒

許容安全率：1.2(常時) 1.1(地震時)

- ・支持力

物揚場底面(捨石) 許容値：500kN/m<sup>2</sup> (常時、地震時)

※掘込式の護岸のためビショップ法による検討を省略

## 3) 安定性の照査結果

表 1-1-4-6～表 1-1-4-8 に、設計当時の設計水平震度( $k_h=0.05$ )、鵜飼漁港で設定したレベル 1 地震動の照査用震度( $k_h=0.15$ )及び令和 6 年能登半島地震の再現波の照査用震度( $k_h=0.22$ )の結果を示す。また、表 1-1-4-9 に、参考として常時の安定性照査結果についても示す。

表 1-1-4-6～表 1-1-4-9 に示すように、鵜飼漁港では、常時及び設計当時の設計水平震度( $k_h=0.05$ )に対して、安定性を確保する結果となった。一方、鵜飼漁港で設定したレベル 1 地震動の照査用震度( $k_h=0.15$ )及び令和 6 年能登半島地震の再現波の照査用震度( $k_h=0.22$ )に対しては、安定性を満足しない結果となった。

表 1-1-4-6 鵜飼漁港 地震時 (設計当時  $k_h=0.05$ )

### 【設計水位 L. W. L】

| 検討内容     | 計算結果                |        | 許容値                  | 評価 |
|----------|---------------------|--------|----------------------|----|
| 滑動 (安全率) | 1.512               | $\geq$ | 1.000                | OK |
| 転倒 (安全率) | 2.222               | $\geq$ | 1.100                | OK |
| 支持力      | 86kN/m <sup>2</sup> | $<$    | 500kN/m <sup>2</sup> | OK |

### 【設計水位 H. W. L】

| 検討内容     | 計算結果                |        | 許容値                  | 評価 |
|----------|---------------------|--------|----------------------|----|
| 滑動 (安全率) | 1.667               | $\geq$ | 1.000                | OK |
| 転倒 (安全率) | 2.388               | $\geq$ | 1.100                | OK |
| 支持力      | 76kN/m <sup>2</sup> | $<$    | 500kN/m <sup>2</sup> | OK |

表 1-1-4-7 鵜飼漁港 地震時 (レベル 1 地震動  $k_h = 0.15$ )

【設計水位 L. W. L.】

| 検討内容     | 計算結果                 |        | 許容値                  | 評価  |
|----------|----------------------|--------|----------------------|-----|
| 滑動 (安全率) | 0.951                | <      | 1.000                | OUT |
| 転倒 (安全率) | 1.384                | $\geq$ | 1.100                | OK  |
| 支持力      | 169kN/m <sup>2</sup> | <      | 500kN/m <sup>2</sup> | OK  |

【設計水位 H. W. L.】

| 検討内容     | 計算結果                 |        | 許容値                  | 評価  |
|----------|----------------------|--------|----------------------|-----|
| 滑動 (安全率) | 0.932                | <      | 1.000                | OUT |
| 転倒 (安全率) | 1.340                | $\geq$ | 1.100                | OK  |
| 支持力      | 173kN/m <sup>2</sup> | <      | 500kN/m <sup>2</sup> | OK  |

表 1-1-4-8 鵜飼漁港 地震時 (令和 6 年能登半島地震の再現波  $k_h = 0.22$ )

【設計水位 L. W. L.】

| 検討内容     | 計算結果                 |        | 許容値                  | 評価  |
|----------|----------------------|--------|----------------------|-----|
| 滑動 (安全率) | 0.751                | <      | 1.000                | OUT |
| 転倒 (安全率) | 1.099                | <      | 1.100                | OUT |
| 支持力      | 525kN/m <sup>2</sup> | $\geq$ | 500kN/m <sup>2</sup> | OUT |

【設計水位 H. W. L.】

| 検討内容     | 計算結果                  |        | 許容値                  | 評価  |
|----------|-----------------------|--------|----------------------|-----|
| 滑動 (安全率) | 0.708                 | <      | 1.000                | OUT |
| 転倒 (安全率) | 1.032                 | <      | 1.100                | OUT |
| 支持力      | 1402kN/m <sup>2</sup> | $\geq$ | 500kN/m <sup>2</sup> | OUT |

表 1-1-4-9 鵜飼漁港 常時 (参考)

【設計水位 L. W. L.】

| 検討内容     | 計算結果                |        | 許容値                  | 評価 |
|----------|---------------------|--------|----------------------|----|
| 滑動 (安全率) | 1.997               | $\geq$ | 1.200                | OK |
| 転倒 (安全率) | 2.931               | $\geq$ | 1.200                | OK |
| 支持力      | 67kN/m <sup>2</sup> | <      | 500kN/m <sup>2</sup> | OK |

【設計水位 H. W. L.】

| 検討内容     | 計算結果                |        | 許容値                  | 評価 |
|----------|---------------------|--------|----------------------|----|
| 滑動 (安全率) | 2.368               | $\geq$ | 1.200                | OK |
| 転倒 (安全率) | 3.489               | $\geq$ | 1.200                | OK |
| 支持力      | 55kN/m <sup>2</sup> | <      | 500kN/m <sup>2</sup> | OK |

### (3) 鹿磯漁港

#### 1) 解析モデル及び解析条件

鹿磯漁港の解析モデル及び解析条件は、「鹿磯漁港施設台帳」及び「R5d 直轄緊急調査」に基づき設定した。なお、検証断面位置の構造は、「鹿磯漁港施設台帳(図 1-1-4-5)」から設定し、地盤モデルは、「R5d 直轄緊急調査」を用いて設定した。また、「鹿磯漁港施設台帳(図 1-1-4-5)」より検証断面位置は平成 2 年施工の岸壁(休けい)とされているため、「全国漁港協会：漁港構造物標準設計法，昭和 59 年 5 月(表 1-1-4-10)」より、設計当時の設計水平震度は  $k_h=0.05$  に設定した。

表 1-1-4-10 設計当時の設計水平震度

※「全国漁港協会：漁港構造物標準設計法，P. 30，昭和 59 年 5 月」に加筆

| 適用地域<br>構造物の区分 | 北海道(釧路，十勝，根室<br>〔標津町以南〕日高〔静内<br>町以南〕)，関東(千葉，東<br>京，神奈川)，中部(静岡，<br>愛知)，近畿(全県) | 北海道(石狩，胆振，後志，<br>檜山，渡島，日高〔新冠町<br>以北〕，根室〔羅臼町以北〕，<br>網走〔網走市以東〕，留萌<br>〔小平町以南〕)，東北(全<br>県)，関東(茨城)，中部<br>(新潟，富山，石川，福<br>井)，四国(全県)，中国(島<br>取，岡山，広島)，九州(大<br>分，宮崎) | 北海道(宗谷，網走〔常呂<br>町以西〕，留萌〔苫前町以<br>北〕)，中国(島根，山口)<br>九州，沖縄(福岡，佐賀，<br>長崎，熊本，鹿児島，沖縄) |
|----------------|------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| 陸揚岸壁           | 0.15 (0.20)                                                                  | 0.10 (0.10)                                                                                                                                                 | 0.05 (0.05)                                                                    |
| 出漁準備岸壁         | 0.15 (0.20)                                                                  | 0.10 (0.10)                                                                                                                                                 | 0.05 (0.05)                                                                    |
| 大型水門           | 0.15 (0.20)                                                                  | 0.10 (0.10)                                                                                                                                                 | 0.05 (0.05)                                                                    |
| 休けい岸壁          | 0.10 (0.10)                                                                  | 0.05 (0.05)                                                                                                                                                 | 0 (0.05)                                                                       |
| 物揚場            | 0.05 (0.10)                                                                  | 0.05 (0.05)                                                                                                                                                 | 0 (0.05)                                                                       |
| その他            | 0 (0)                                                                        | 0 (0)                                                                                                                                                       | 0 (0)                                                                          |

(注 1) 堤防，護岸については設計震度を考慮することができる。

(注 2) 第 4 紀層(沖積層，洪積層)の厚さが，下記のいずれかの場合は( )書の震度を用いる。

① 一般の砂及び粘土地盤の厚さが 25m 以上の場合

② 軟弱地盤の厚さが 5 m 以上の場合

ここでいう軟弱地盤とは，N 値が 4 以下の砂地盤，又は  $q_u$  (一軸圧縮強度) が  $0.2\text{kg/cm}^2$  以下の粘土地盤であり，通常いわれている軟弱地盤の概念とは若干異なる。

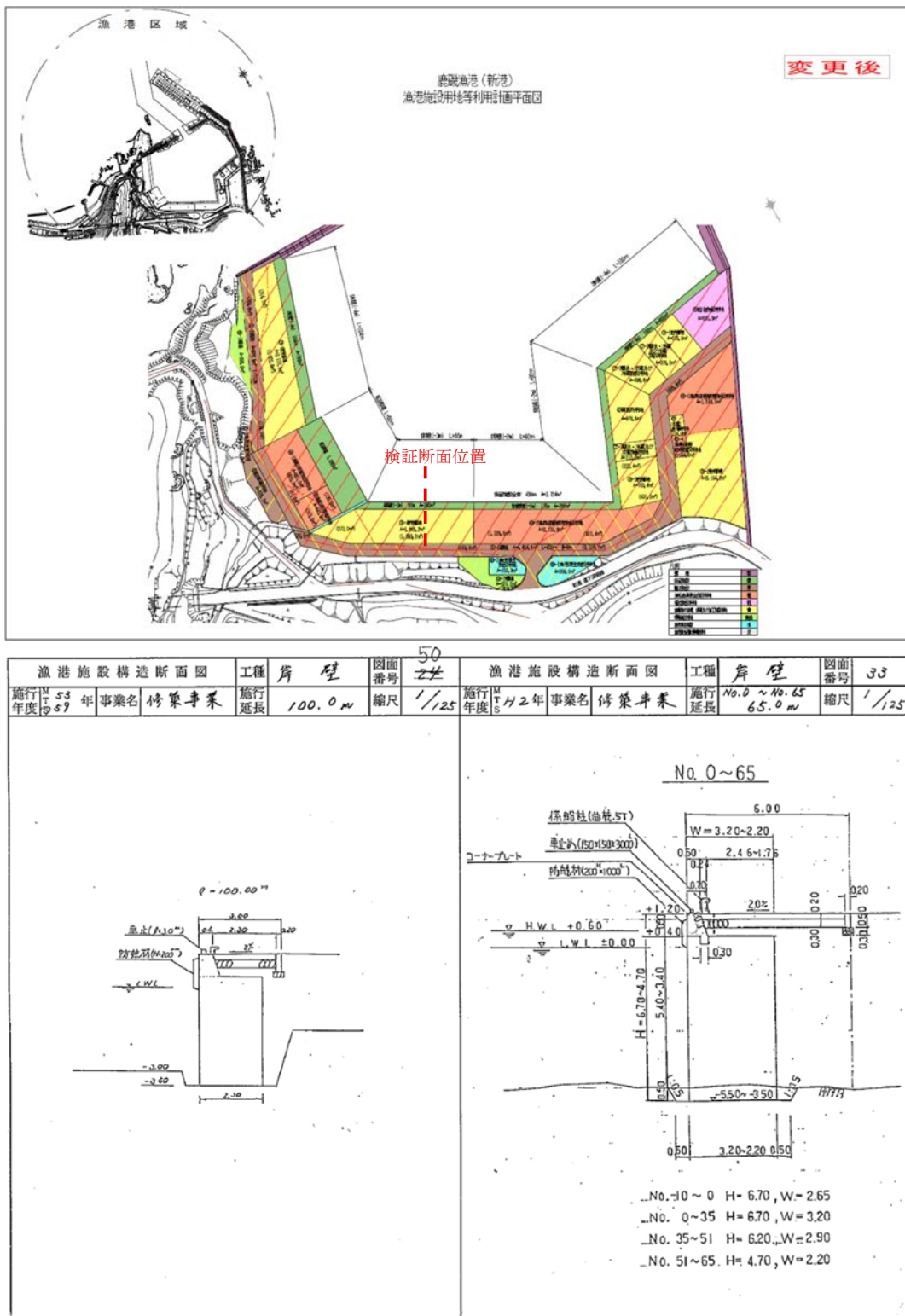
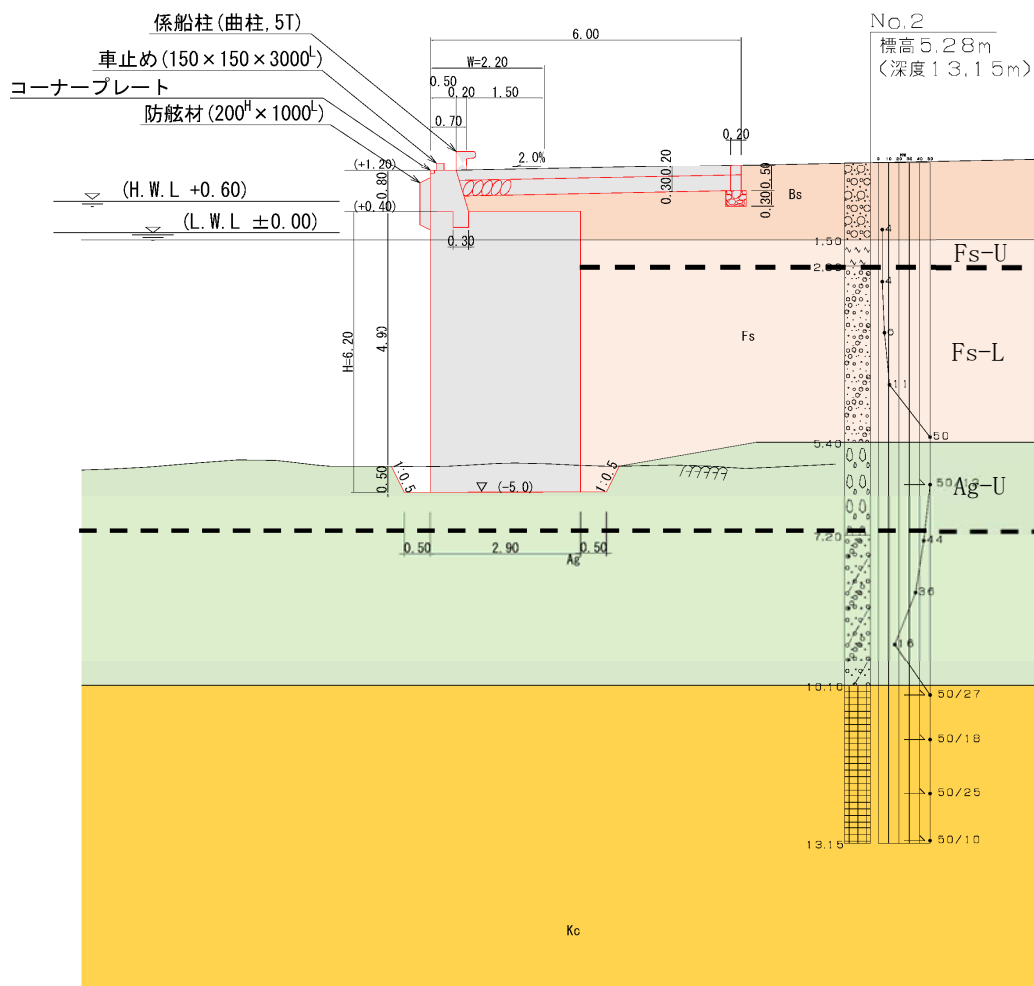


図 1-1-4-5 鹿磯漁港平面図及び断面図

※「鹿磯漁港施設台帳」に加筆



| 土層    | $\gamma_t$<br>( $\text{kN/m}^3$ ) | $\gamma_{\text{sat}}$<br>( $\text{kN/m}^3$ ) | $c$<br>( $\text{kN/m}^2$ ) | $\Phi$<br>( $^\circ$ ) |
|-------|-----------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------|------------------------|
| Bs層   | 20.0                              | 21.0                                         | —                          | 31                     |
| Fs-U層 | 18.0                              | 19.0                                         | —                          | 31                     |
| Fs-L層 | 20.0                              | 21.0                                         | —                          | 32                     |
| Ag-U層 | 20.0                              | 21.0                                         | —                          | 40                     |

図 1-1-4-6 鹿磯漁港地盤モデル及び物性値

## 2) 照査項目

鹿磯漁港は重力式の岸壁であるため、安定性の照査は以下の項目及び許容値に対して実施した。

- ・滑動

許容安全率：1.2(常時) 1.0(地震時)

- ・転倒

許容安全率：1.2(常時) 1.1(地震時)

- ・支持力

岸壁はN値が50以上のAg-U層に着底しているため、支持力の検討は行わない。

## 3) 安定性の照査結果

表1-1-4-11～表1-1-4-13に、設計当時の設計水平震度( $k_h=0.05$ )、鹿磯漁港のレベル1地震動の照査用震度( $k_h=0.06$ )及び令和6年能登半島地震の再現波の照査用震度( $k_h=0.38$ )の結果を示す。また、表1-1-4-14に、参考として常時の結果を示す。

表1-1-4-11～表1-1-4-14に示すように、鹿磯漁港では、常時、設計当時の設計水平震度( $k_h=0.05$ )、鹿磯漁港で設定したレベル1地震動の照査用震度( $k_h=0.06$ )に対して、安定性を満足する結果となった。一方、令和6年能登半島地震再現波の照査用震度( $k_h=0.38$ )に対しては、安定性を満足しない結果となった。

表 1-1-4-11 鹿磯漁港 地震時 (設計当時  $k_h=0.05$ )

### 【設計水位 L. W. L】

| 検討内容     | 計算結果  |        | 許容値   | 評価 |
|----------|-------|--------|-------|----|
| 滑動 (安全率) | 1.472 | $\geq$ | 1.000 | OK |
| 転倒 (安全率) | 1.353 | $\geq$ | 1.100 | OK |

### 【設計水位 H. W. L】

| 検討内容     | 計算結果  |        | 許容値   | 評価 |
|----------|-------|--------|-------|----|
| 滑動 (安全率) | 1.313 | $\geq$ | 1.000 | OK |
| 転倒 (安全率) | 1.457 | $\geq$ | 1.100 | OK |

表 1-1-4-12 鹿磯漁港 地震時（レベル 1 地震動  $k_h=0.06$ ）

【設計水位 L. W. L】

| 検討内容    | 計算結果  |        | 許容値   | 評価 |
|---------|-------|--------|-------|----|
| 滑動（安全率） | 1.416 | $\geq$ | 1.000 | OK |
| 転倒（安全率） | 1.278 | $\geq$ | 1.100 | OK |

【設計水位 H. W. L】

| 検討内容    | 計算結果  |        | 許容値   | 評価 |
|---------|-------|--------|-------|----|
| 滑動（安全率） | 1.266 | $\geq$ | 1.000 | OK |
| 転倒（安全率） | 1.352 | $\geq$ | 1.100 | OK |

表 1-1-4-13 鹿磯漁港 地震時（令和 6 年能登半島地震の再現波  $k_h=0.38$ ）

【設計水位 L. W. L】

| 検討内容    | 計算結果  |     | 許容値   | 評価  |
|---------|-------|-----|-------|-----|
| 滑動（安全率） | 0.448 | $<$ | 1.000 | OUT |
| 転倒（安全率） | 0.465 | $<$ | 1.100 | OUT |

【設計水位 H. W. L】

| 検討内容    | 計算結果  |     | 許容値   | 評価  |
|---------|-------|-----|-------|-----|
| 滑動（安全率） | 0.402 | $<$ | 1.000 | OUT |
| 転倒（安全率） | 0.437 | $<$ | 1.100 | OUT |

表 1-1-4-14 鹿磯漁港 常時（参考）

【設計水位 L. W. L】

| 検討内容    | 計算結果  |        | 許容値   | 評価 |
|---------|-------|--------|-------|----|
| 滑動（安全率） | 1.374 | $\geq$ | 1.200 | OK |
| 転倒（安全率） | 1.785 | $\geq$ | 1.200 | OK |

【設計水位 H. W. L】

| 検討内容    | 計算結果  |        | 許容値   | 評価 |
|---------|-------|--------|-------|----|
| 滑動（安全率） | 1.250 | $\geq$ | 1.200 | OK |
| 転倒（安全率） | 2.826 | $\geq$ | 1.200 | OK |

### 1.1.5 動的詳細解析

鵜飼漁港(-2.5m 物揚場)及び鹿磯漁港(-3.0m 岸壁)を対象として、令和6年能登半島地震の再現波を用いて、二次元地震応答解析(FLIP)を行い、各施設の変形量を算出した。

なお、狼煙漁港(-4.5m 岸壁)の動的詳細解析は、「R5d 直轄緊急調査」で実施されている。

#### (1) 解析方法

動的詳細解析は、地震中の挙動に対しては旧運輸省港湾技術研究所で開発された二次元有効応力地震応答解析プログラム「FLIP」により行った。また、地震後の間隙水圧消散過程の挙動に対しては「FLIPDIS」により行った。FLIPは、地震中の過剰間隙水圧の上昇過程を考慮した応力及び変形を時刻歴に解析する有効応力の動的解析プログラムである。一方、FLIPDISは、FLIPの地震終了後における解析結果(過剰間隙水圧、応力及び変形)を引き継いだ上で、過剰間隙水圧の消散過程における変形を静的に解析するプログラムである。

#### (2) 鵜飼漁港

##### 1) 解析条件

入力地震動は、「R5d 直轄緊急調査」で設定された令和6年能登半島地震の再現波を用いた。なお、動的詳細解析では、対象施設に対し直角方向になるようにNS波及びEW波から合成した波形を用いた。図1-1-5-1に、-2.5m物揚場の直角方向に合成した時刻歴加速度波形を示す。

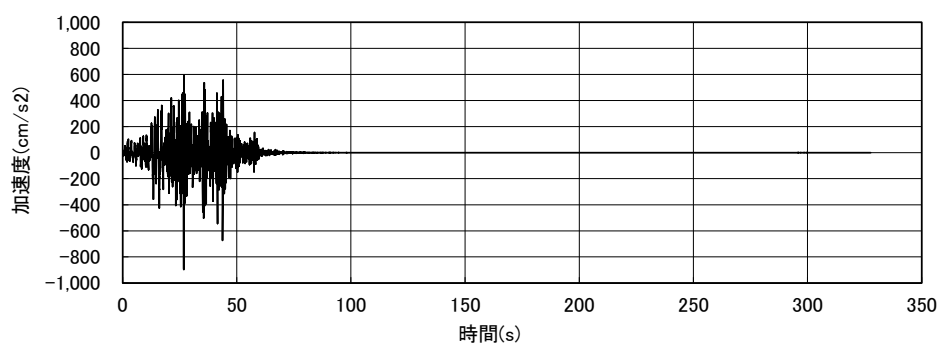


図 1-1-5-1 鵜飼漁港における令和6年能登半島地震の再現波(-2.5m 物揚場直角方向)

##### 2) 解析モデル

図1-1-5-2に、解析モデル図を示す。解析領域は工学的基盤(-17.76m)以浅とし、奥行き幅は1.0mとした。

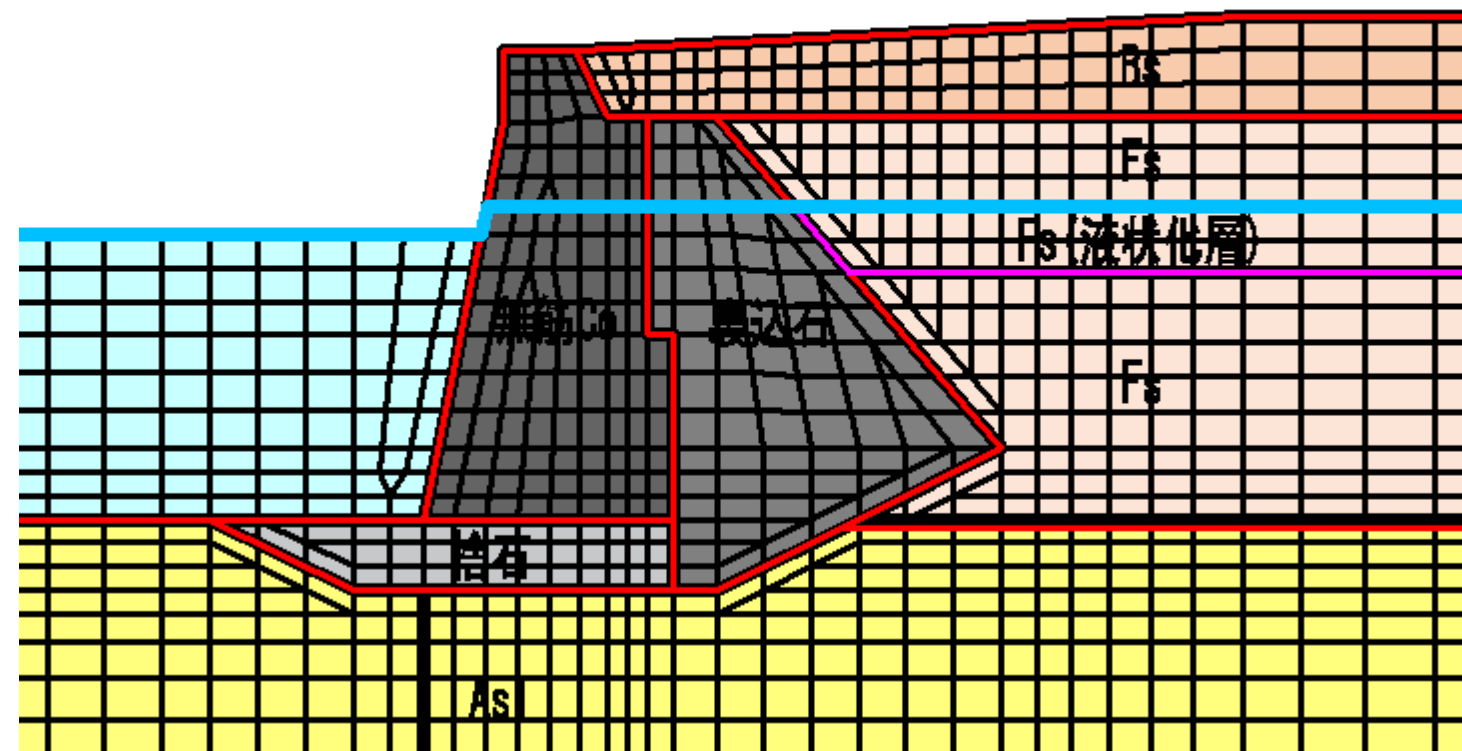
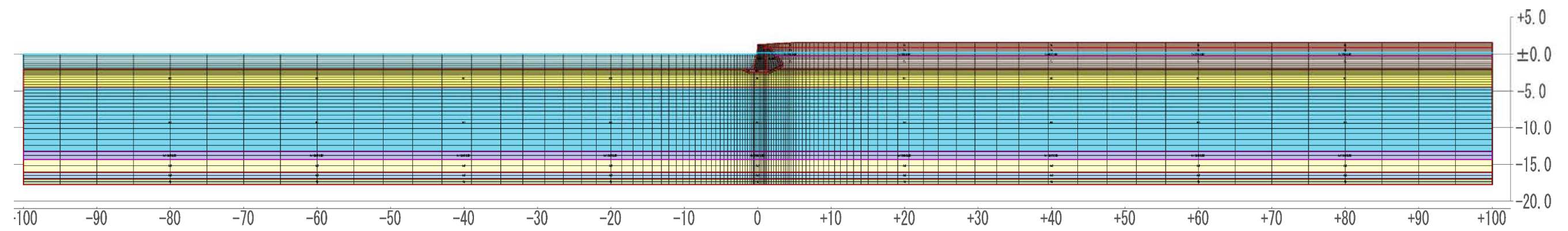


図 1-1-5-2 鵜飼漁港の解析モデル図（上：全体図、下：詳細図）

### 3) 解析定数

#### (a) 原地盤および埋立土

原地盤および埋立土は、マルチスプリング要素によりモデル化した。表 1-1-5-1 に、原地盤および埋立土の解析定数を示す。

液状化パラメータは、地震動により過剰間隙水圧が上昇する可能性のある土層に対して設定することを基本とした。本業務では、「R5d 直轄緊急調査」の液状化判定で液状化すると判定された Fs 層に対して設定した。なお、液状化パラメータは、各層の細粒分含有率  $F_c$  から、等価  $N$  値に基づく簡易設定法(港湾技研資料 No. 869)により設定した。表 1-1-5-2 に、設定した液状化パラメータの一覧を示す。

また、FLIPDIS の解析で必要となる各層の透水係数について、クレーガーによる粒度試験結果から求まる  $D_{20}$  と透水係数の関係から設定した。表 1-1-5-1 に、各層で推定した透水係数を併せて示す。

#### (b) 捨石・裏込石およびコンクリート

捨石・裏込石及びコンクリートの解析定数は、「沿岸技術研究センター：港湾構造物設計事例集, 平成 19 年 3 月」より設定した。表 1-1-5-3 及び表 1-1-5-4 に、設定した定数を示す。

表 1-1-5-1 鵜飼漁港 解析定数

| 層名                  |      | 分類  | 層上面<br>標高<br>(m) | 層厚<br>h<br>(m) | 湿潤単位<br>体積重量<br>$\gamma_t$<br>(kN/m <sup>3</sup> ) | 飽和単位<br>体積重量<br>$\gamma_{sat}$<br>(kN/m <sup>3</sup> ) | 層中央での<br>有効上載圧<br>(海側) $\sigma_v'$<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | 層中央での<br>有効上載圧<br>(陸側) $\sigma_v'$<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | 海側<br>N値 | 陸側<br>N値 | 等価N値※1<br>N <sub>65</sub> | 基準有効<br>拘束圧に<br>対するN値※2<br>N <sub>131</sub> | 相対密度※3<br>Dr<br>(%) | せん断<br>抵抗角<br>$\phi$<br>(度) | 粘着力※<br>5<br>c<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | せん断<br>波速度<br>Vs (m/s) | せん断<br>剛性<br>G (kN/m <sup>2</sup> ) | 基準有効<br>拘束圧※6<br>$\sigma'_{ma}$<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | 基準せん断<br>剛性※7<br>G <sub>ma</sub><br>(kN/m <sup>2</sup> ) | 基準体積<br>弾性係数※8<br>K <sub>ma</sub><br>(kN/m <sup>2</sup> ) | 最大減衰※<br>9<br>h <sub>max</sub> | 間隙率※10<br>n | ポアソン比<br>※11<br>$\nu'$ | 透水係数<br>k※12<br>(cm/s) |
|---------------------|------|-----|------------------|----------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|----------|----------|---------------------------|---------------------------------------------|---------------------|-----------------------------|----------------------------------------|------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|--------------------------------|-------------|------------------------|------------------------|
| Bs (空中) (陸側)        |      | 砂質土 | 1.54             | 0.70           | 20.0                                               | －                                                      | －                                                          | 7.0                                                        | －        | 9.5      | 13.9                      | 18.9                                        | 64                  | 40.7                        | 0.0                                    | 131                    | 34,987                              | 98.0                                                    | 151,160                                                  | 394,202                                                   | 0.24                           | 0.45        | 0.33                   | 1.24E-03               |
| Fs (空中) (陸側)        |      | 砂質土 | 0.84             | 0.64           | 19.0                                               | －                                                      | －                                                          | 20.1                                                       | －        | 7.0      | 9.6                       | 13.5                                        | 54                  | 39.9                        | 0.0                                    | 131                    | 33,237                              | 98.0                                                    | 84,787                                                   | 221,110                                                   | 0.24                           | 0.45        | 0.33                   | 1.24E-03               |
| Fs (液状化) (水中) (陸側)  |      | 砂質土 | 0.20             | 0.46           | －                                                  | 19.0                                                   | －                                                          | 28.2                                                       |          | 7.0      | 9.1                       | 12.8                                        | 53                  | 39.8                        | 0.0                                    | 131                    | 33,237                              | 98.0                                                    | 71,508                                                   | 186,481                                                   | 0.24                           | 0.45        | 0.33                   | 1.24E-03               |
| Fs (非液状化) (水中) (陸側) |      | 砂質土 | -0.26            | 1.80           | －                                                  | 19.0                                                   | －                                                          | 38.4                                                       | －        | 9.5      | 11.2                      | 15.5                                        | 58                  | 40.2                        | 0.0                                    | 131                    | 33,237                              | 98.0                                                    | 61,312                                                   | 159,892                                                   | 0.24                           | 0.45        | 0.33                   | 1.24E-03               |
| As1                 | (海側) | 砂質土 | -2.00            | 2.46           | －                                                  | 17.0                                                   | 8.6                                                        | －                                                          | 11.5     | －        | 16.4                      | 22.0                                        | 70                  | 41.1                        | 0.0                                    | 132                    | 30,194                              | 98.0                                                    | 117,627                                                  | 306,754                                                   | 0.24                           | 0.45        | 0.33                   | 2.32E-04               |
|                     | (陸側) | 砂質土 | -2.06            | 2.40           | －                                                  | 17.0                                                   | －                                                          | 54.9                                                       | －        | 11.5     | 12.2                      | 16.8                                        | 61                  | 40.4                        | 0.0                                    | 132                    | 30,194                              | 98.0                                                    | 46,583                                                   | 121,480                                                   | 0.24                           | 0.45        | 0.33                   | 2.32E-04               |
| Ac1<br>(非液状化)       | (海側) | 粘性土 | -4.46            | 8.80           | －                                                  | 14.0                                                   | 34.8                                                       | －                                                          | 0.7      | －        | 1.5                       | 3.1                                         | 26                  | 0.0                         | 13.1                                   | 101                    | 14,558                              | 98.0                                                    | 28,201                                                   | 73,545                                                    | 0.20                           | 0.55        | 0.33                   | 1.13E-06               |
|                     | (陸側) | 粘性土 | -4.46            | 8.80           | －                                                  | 14.0                                                   | －                                                          | 80.9                                                       | －        | 0.7      | 0.4                       | 1.7                                         | 19                  | 0.0                         | 30.3                                   | 101                    | 14,558                              | 98.0                                                    | 18,502                                                   | 48,249                                                    | 0.20                           | 0.55        | 0.33                   | 1.13E-06               |
| Ac1<br>(液状化)        | (海側) | 粘性土 | -13.26           | 1.10           | －                                                  | 14.0                                                   | 54.6                                                       | －                                                          | 3.0      | －        | 3.3                       | 5.5                                         | 35                  | 38.5                        | 0.0                                    | 155                    | 34,286                              | 98.0                                                    | 53,031                                                   | 138,296                                                   | 0.24                           | 0.45        | 0.33                   | 1.13E-06               |
|                     | (陸側) | 粘性土 | -13.26           | 1.10           | －                                                  | 14.0                                                   |                                                            | 100.7                                                      | －        | 3.0      | 2.0                       | 3.8                                         | 29                  | 38.2                        | 0.0                                    | 155                    | 34,286                              | 98.0                                                    | 39,056                                                   | 101,852                                                   | 0.24                           | 0.45        | 0.33                   | 1.13E-06               |
| As2                 | (海側) | 砂質土 | -14.36           | 1.70           | －                                                  | 19.0                                                   | 64.5                                                       | －                                                          | 8.5      | －        | 8.5                       | 12.1                                        | 52                  | 39.7                        | 0.0                                    | 197                    | 75,165                              | 98.0                                                    | 107,009                                                  | 279,063                                                   | 0.24                           | 0.45        | 0.33                   | 1.11E-04               |
|                     | (陸側) | 砂質土 | -14.36           | 1.70           | －                                                  | 19.0                                                   | －                                                          | 110.6                                                      | －        | 8.5      | 6.4                       | 9.4                                         | 45                  | 39.2                        | 0.0                                    | 197                    | 75,165                              | 98.0                                                    | 81,718                                                   | 213,109                                                   | 0.24                           | 0.45        | 0.33                   | 1.11E-04               |
| Ac2                 | (海側) | 粘性土 | -16.06           | 0.90           | －                                                  | 18.0                                                   | 75.7                                                       | －                                                          | 9.0      | －        | 8.4                       | 12.0                                        | 51                  | 0.0                         | 28.4                                   | 197                    | 71,209                              | 98.0                                                    | 93,543                                                   | 243,946                                                   | 0.20                           | 0.55        | 0.33                   | 6.81E-07               |
|                     | (陸側) | 粘性土 | -16.06           | 0.90           | －                                                  | 18.0                                                   | －                                                          | 121.8                                                      | －        | 9.0      | 6.4                       | 9.4                                         | 45                  | 0.0                         | 45.7                                   | 197                    | 71,209                              | 98.0                                                    | 73,756                                                   | 192,343                                                   | 0.20                           | 0.55        | 0.33                   | 6.81E-07               |
| Ag                  | (海側) | 粘性土 | -16.96           | 0.80           | －                                                  | 21.0                                                   | 83.7                                                       | －                                                          | 60.0     | －        | 55.4                      | 71.6                                        | 100                 | 43.9                        | 0.0                                    | 197                    | 83,077                              | 98.0                                                    | 103,789                                                  | 270,665                                                   | 0.24                           | 0.45        | 0.33                   | 4.98E-03               |
|                     | (陸側) | 粘性土 | -16.96           | 0.80           | －                                                  | 21.0                                                   | －                                                          | 129.8                                                      | －        | 60.0     | 46.4                      | 60.3                                        | 100                 | 43.9                        | 0.0                                    | 197                    | 83,077                              | 98.0                                                    | 83,354                                                   | 217,375                                                   | 0.24                           | 0.45        | 0.33                   | 4.98E-03               |
| Iz                  |      | 基盤  | -17.76           |                | －                                                  | 18.0                                                   | －                                                          | －                                                          | －        | 56.0     | ※Vs=344.3 、Vp=1768.9      |                                             | －                   | －                           | －                                      | －                      | －                                   | －                                                       | －                                                        | －                                                         | －                              | －           | －                      | 1.41E-06               |

※1：N<sub>65</sub>=[N-0.019×(σ<sub>v</sub>'-65)]/[0.0041×(σ<sub>v</sub>'-65)+1]より設定。

※7：G<sub>ma</sub>=G×σ<sub>ma</sub><sup>1/2</sup>/(0.75σ<sub>v</sub>')<sup>1/2</sup>より設定。

※2：N<sub>131</sub>=N<sub>65</sub>[0.0041×(131-65)+1]+0.019×(131-65)より設定。

※8：K<sub>ma</sub>=[2(1+ν')]/{3(1-2ν')}G<sub>ma</sub>より設定。

※3：Dr=21{(100N<sub>131</sub>)/(131+70)}<sup>0.5</sup>より設定。

※9：砂質土はh<sub>max</sub>=0.24に設定。粘性土は1P<30ならh<sub>max</sub>=0.24、1P≥30ならh<sub>max</sub>=0.20に設定。

※4：砂質土はφ=0.0003Dr<sup>2</sup>+0.0426Dr+36.682より設定。粘性土は0°に設定。

※10：砂質土はn=0.45に設定。粘性土は0.55に設定。

※5：砂質土はc=0に設定。粘性土はc=0.375σ<sub>v</sub>'より設定。

※11：一般値に設定。

※6：G<sub>ma</sub>に対応する平均有効主応力。

※12：クレーガーによるD20と透水係数の関係により設定。

表 1-1-5-2 鵜飼漁港 液状化パラメータ

| 層名                 | 等価N値<br>N131 | Fc<br>(%) | 液状化に関するパラメータ |       |       |       |       |       |
|--------------------|--------------|-----------|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                    |              |           | $\phi$ p'    | S1    | W1    | P1    | P2    | C1    |
| Fs (液状化) (水中) (陸側) | 12.8         | 6         | 28.0         | 0.005 | 3.865 | 0.500 | 1.009 | 2.150 |

表 1-1-5-3 鵜飼漁港 捨石・裏込石の解析定数

| 層名           | 湿潤単位<br>体積重量<br>$\gamma_t$<br>(kN/m <sup>3</sup> ) | 飽和単位<br>体積重量<br>$\gamma_{sat}$<br>(kN/m <sup>3</sup> ) | せん断<br>波速度<br>Vs<br>(m/s) | せん断<br>抵抗角<br>$\phi$<br>(度) | 粘着力<br>c<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | 基準有効<br>拘束圧<br>$\sigma'_{ma}$<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | 基準せん断<br>剛性<br>G <sub>ma</sub> (Vs)<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | 基準体積<br>弾性係数<br>K <sub>ma</sub><br>(kN/m <sup>2</sup> ) | 最大減衰<br>h <sub>max</sub> | 間隙率<br>n | ポアソン<br>比<br>$\nu'$ |
|--------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|---------------------------|-----------------------------|----------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|--------------------------|----------|---------------------|
| 捨石及び裏込石 (空中) | 18.0                                               | －                                                      | 300.0                     | 35.0                        | 20.0                             | 98.00                                                 | 180,000                                                     | 469,400                                                 | 0.24                     | 0.45     | 0.33                |
| 捨石及び裏込石 (水中) | －                                                  | 20.0                                                   | 300.0                     | 35.0                        | 20.0                             | 98.00                                                 | 180,000                                                     | 469,400                                                 | 0.24                     | 0.45     | 0.33                |

表 1-1-5-4 鵜飼漁港 コンクリートの解析定数

| 構造部材              | ヤング率E<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | ポアソン比ν | 単位体積重量<br>(kN/m <sup>3</sup> ) |
|-------------------|-------------------------------|--------|--------------------------------|
|                   | 3.0×10 <sup>7</sup>           |        | 22.6                           |
| 護岸工<br>(無筋コンクリート) |                               | 0.17   |                                |

#### 4) 解析ケース

表 1-1-5-5 に、動的詳細解析の解析ケースを示す。被災要因の分析を行うため、液状化を考慮したケースと液状化を考慮しないケースの 2 ケースを実施した。

表 1-1-5-5 鵜飼漁港 解析ケース

| 解析ケース | 液状化条件     | 備考               |
|-------|-----------|------------------|
| ケース 1 | 液状化を考慮しない | —                |
| ケース 2 | 液状化を考慮する  | Fs 層に液状化パラメータを設定 |

#### 5) 解析結果

##### (a) ケース 1：液状化を考慮しないケース

解析結果を表 1-1-5-6、図-1-1-5-3～図 1-1-5-5 に示す。表及び図に示すように、護岸天端の最大水平変位量は 78cm、沈下量は 29cm となった。

表 1-1-5-6 鵜飼漁港 護岸天端の残留変形量（ケース 1）

| 項目              |         | 変形量  |
|-----------------|---------|------|
| 構造物本体<br>(護岸天端) | 最大水平変位量 | 78cm |
|                 | 沈下量     | 29cm |

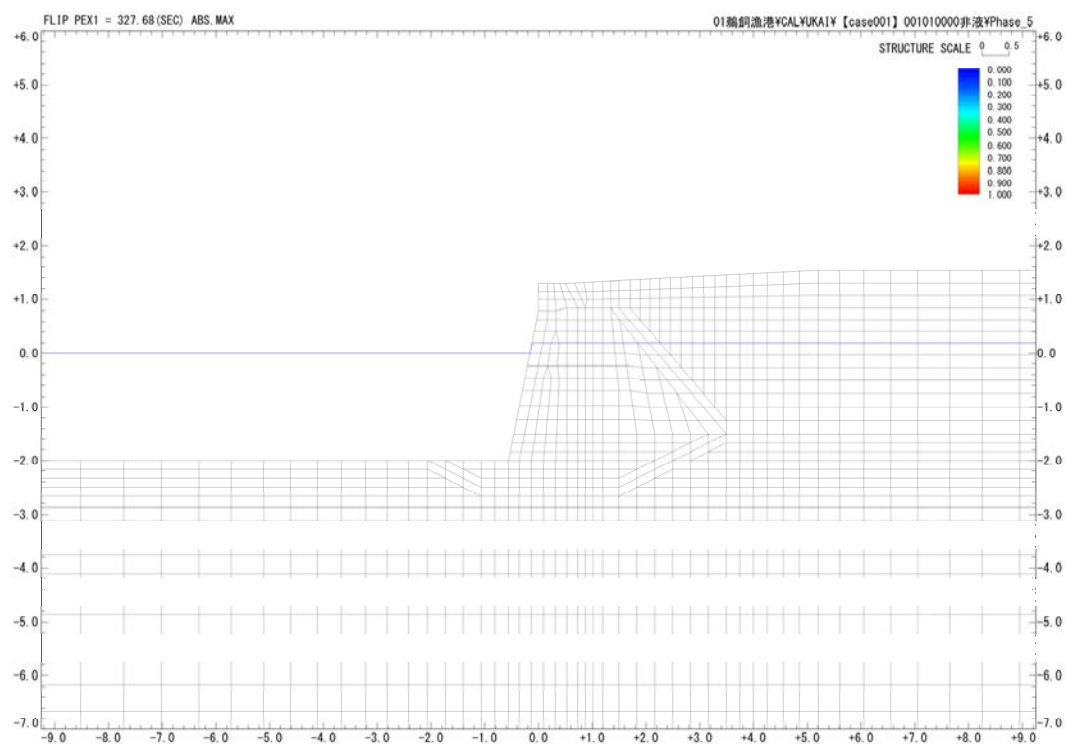


図 1-1-5-3 鵜飼漁港 最大間隙水圧分布図（ケース 1）

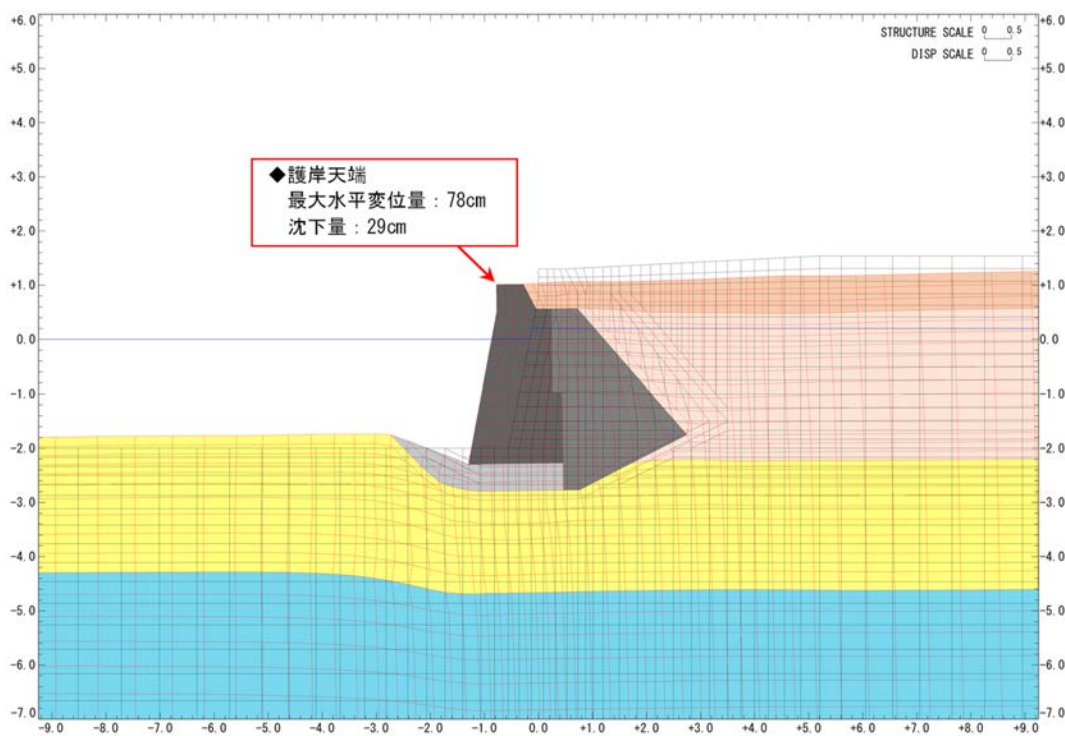


図 1-1-5-4 鵜飼漁港 残留水位変形図（ケース 1）

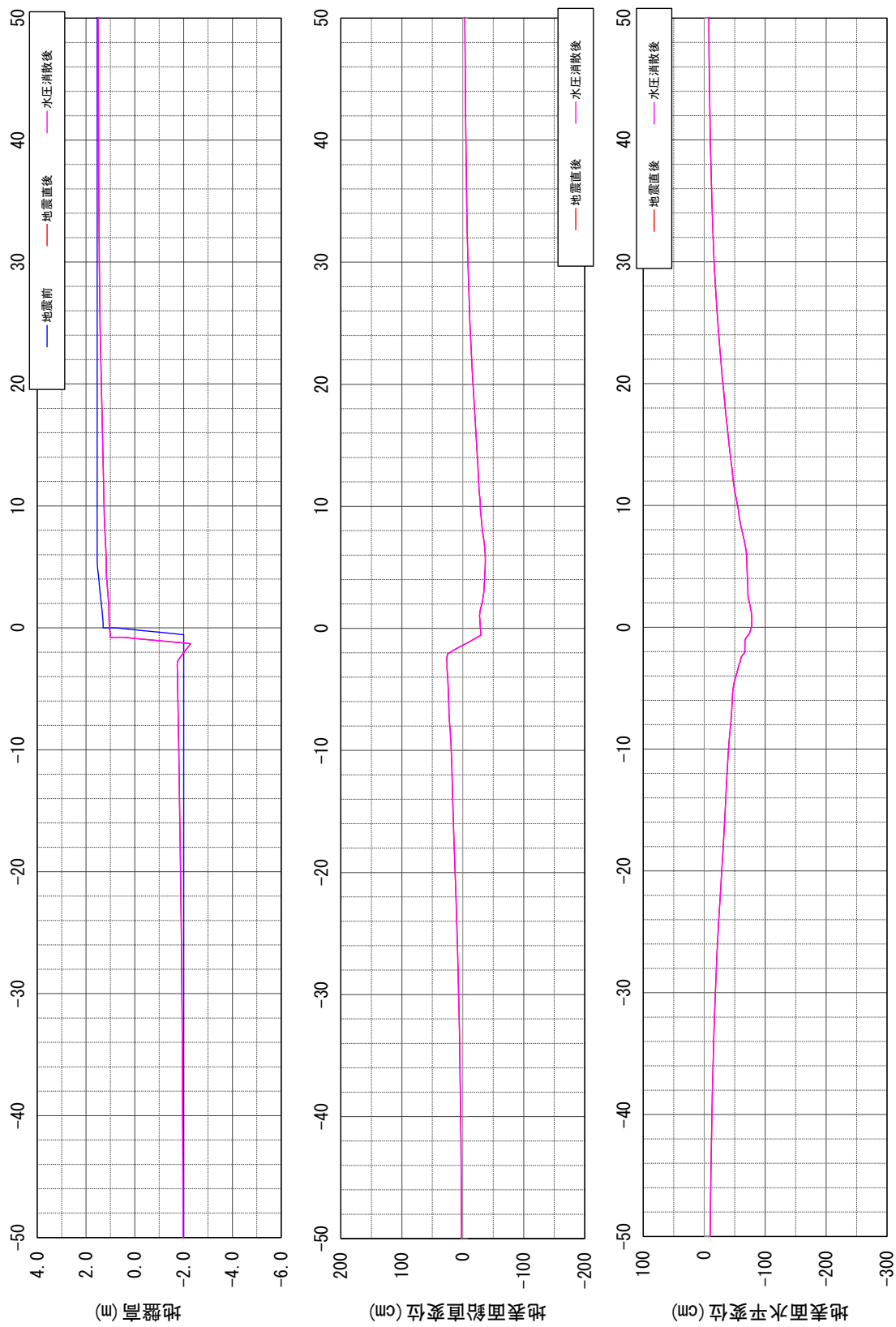


図 1-1-5-5 鵜飼漁港 地表面の変形量 (ケース 1)

(b) ケース 2：液状化を考慮するケース

解析結果を表 1-1-5-7、図-1-1-5-6～図 1-1-5-8 に示す。表及び図に示すように、護岸天端の最大水平変位量は 94cm、沈下量は 35cm となった。

表 1-1-5-7 鵜飼漁港 護岸天端の残留変形量（ケース 2）

| 項目              |         | 変形量  |
|-----------------|---------|------|
| 構造物本体<br>(護岸天端) | 最大水平変位量 | 94cm |
|                 | 沈下量     | 35cm |

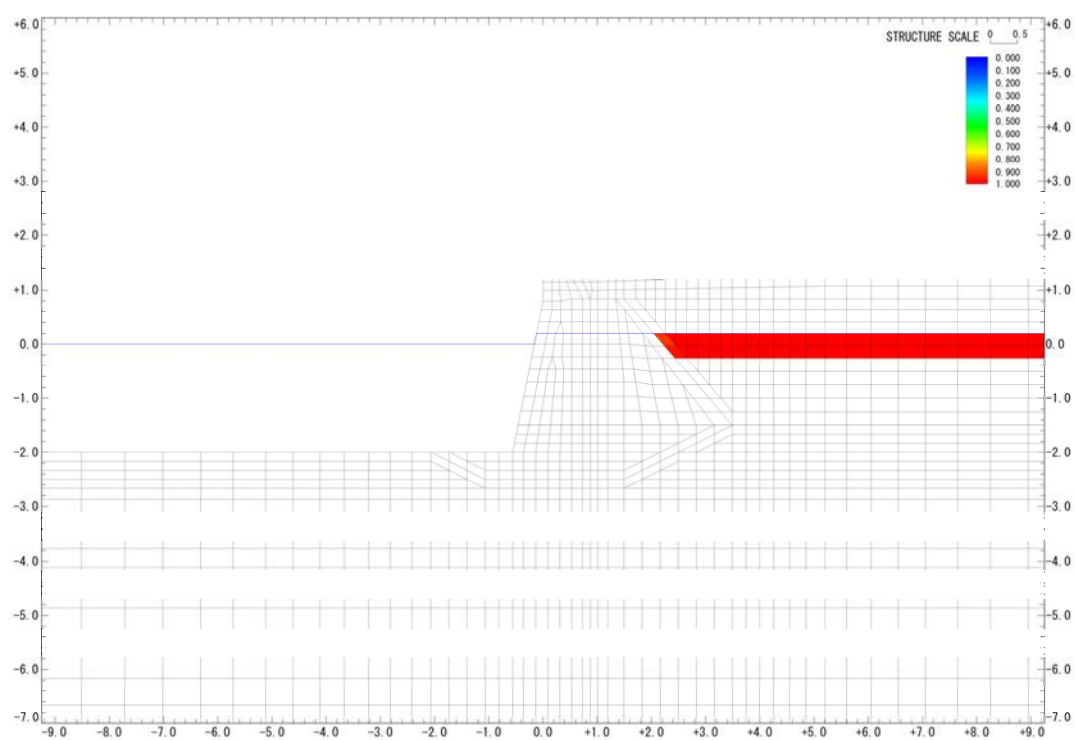


図 1-1-5-6 鵜飼漁港 最大間隙水圧分布図（ケース 2）

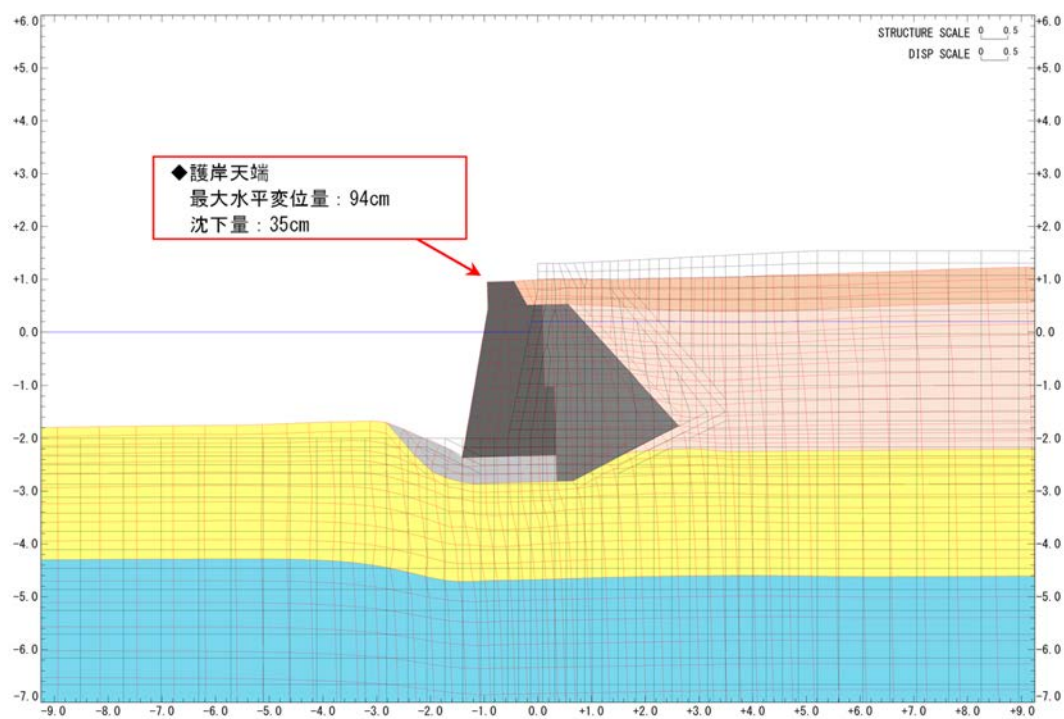


図 1-1-5-7 鵜飼漁港 残留水位変形図（ケース 2）

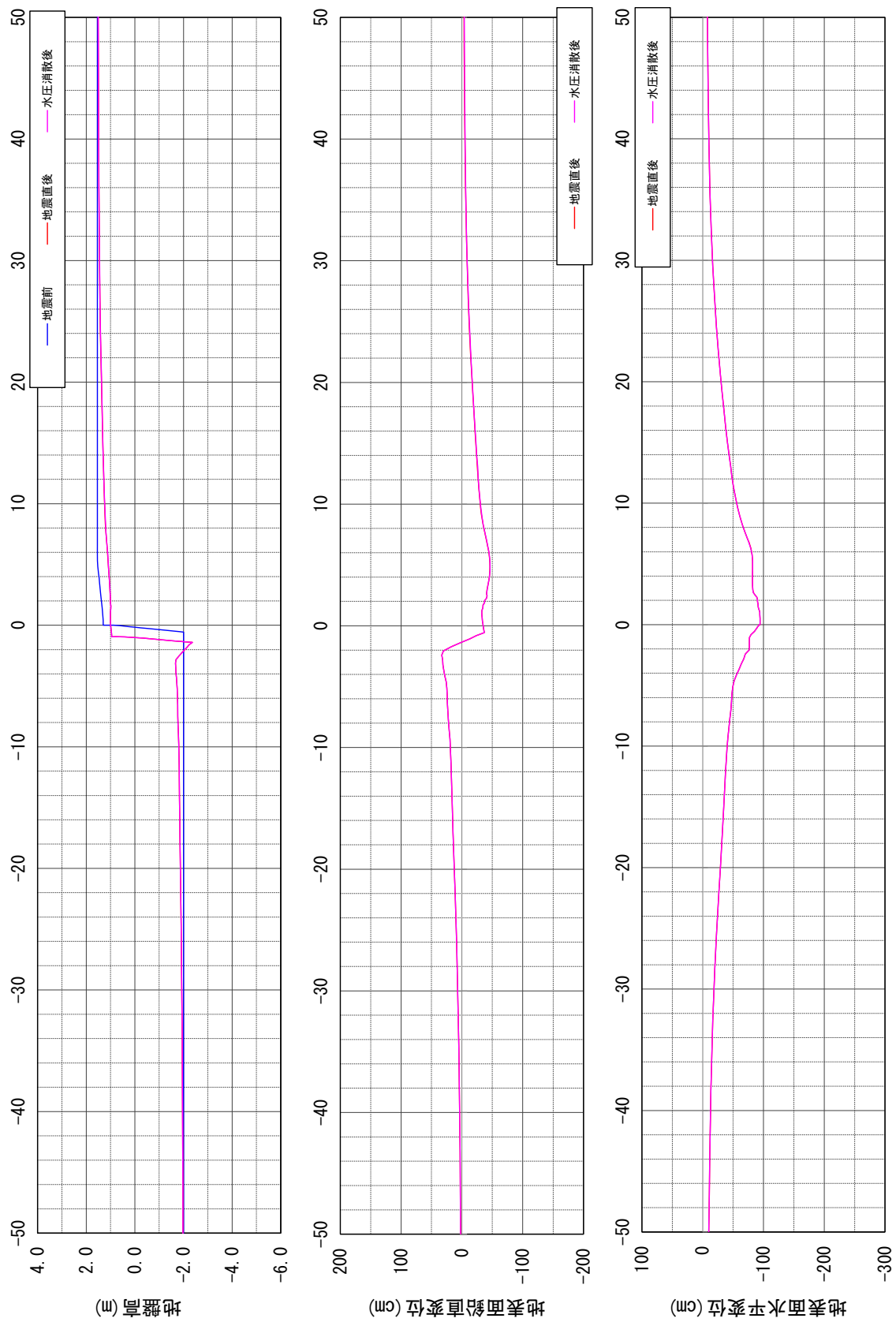


図 1-1-5-8 鵜飼漁港 地表面の変形量 (ケース 2)

### (3) 鹿磯漁港

#### 1) 解析条件

入力地震動は、「R5d 直轄緊急調査」で設定された令和6年能登半島地震の再現波を用いた。なお、動的詳細解析では、対象施設に対し直角方向になるようにNS波及びEW波から合成した波形を用いた。図1-1-5-9に、-3.0m岸壁の直角方向に合成した時刻歴加速度波形を示す。

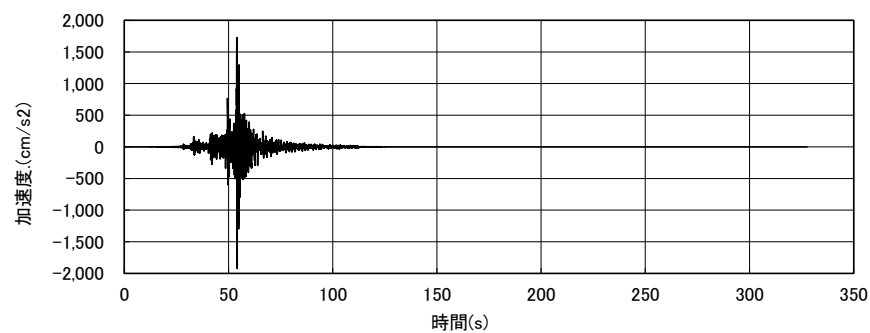


図 1-1-5-9 鹿磯漁港における令和6年能登半島地震の再現波(-3.0m岸壁直角方向)

#### 2) 解析モデル

図1-1-5-10に、解析モデル図を示す。解析領域は工学的基盤(-8.74m)以浅とし、奥行き幅は1.0mとした。

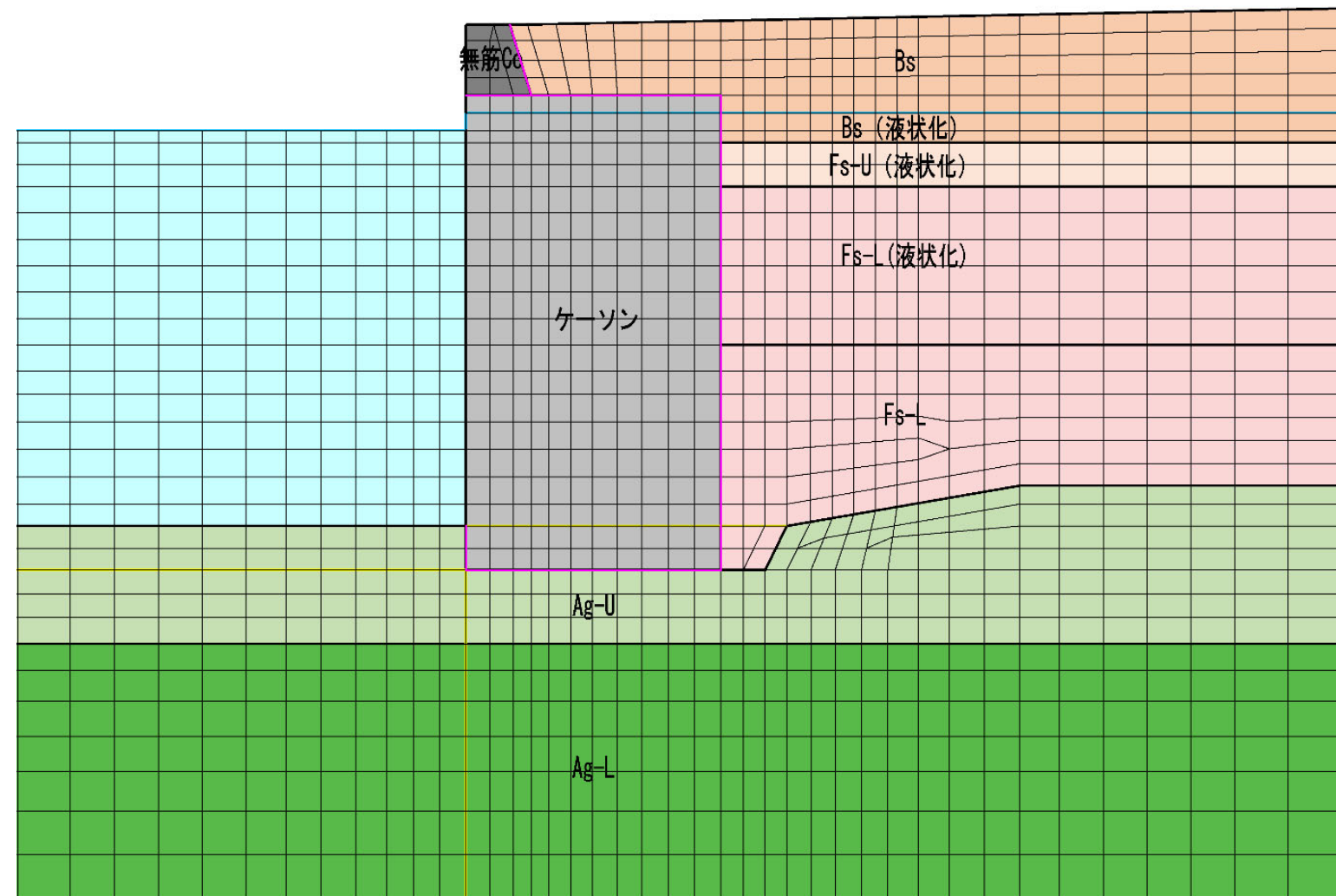
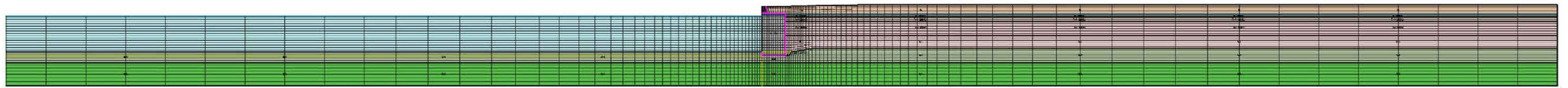


図 1-1-5-10 鹿磯漁港の解析モデル図（上：全体図、下：詳細図）

### 3) 解析定数

#### (a) 原地盤および埋立土

原地盤および埋立土は、マルチスプリング要素によりモデル化した。表 1-1-5-8 に、原地盤および埋立土の解析定数を示す。

液状化パラメータは、地震動により過剰間隙水圧が上昇する可能性のある土層に対して設定することを基本とした。本業務では、「R5d 直轄緊急調査」の液状化判定で液状化すると判定された Bs 層、Fs-U 層、Fs-L 層に対して設定した。液状化パラメータは、各層の細粒分含有率  $F_c$  から、等価  $N$  値に基づく簡易設定法(港湾技研資料 No. 869)により設定した。表 1-1-5-9 に、設定した液状化パラメータの一覧を示す。

また、FLIPDIS の解析で必要となる各層の透水係数について、クレーガーによる粒度試験結果から求まる  $D_{20}$  と透水係数の関係から設定した。表 1-1-5-8 に、各層で推定した透水係数を併せて示す。

#### (b) コンクリート

コンクリートの解析定数は、「沿岸技術研究センター：港湾構造物設計事例集, 平成 19 年 3 月」より設定した。表 1-1-5-10 に、設定した解析定数を示す。

表 1-1-5-8 鹿磯漁港 解析定数

| 層名               |      | 分類  | 層上面<br>標高<br>(m) | 層厚<br>h<br>(m) | 湿潤単位<br>体積重量<br>$\gamma_t$<br>(kN/m <sup>3</sup> ) | 飽和単位<br>体積重量<br>$\gamma_{sat}$<br>(kN/m <sup>3</sup> ) | 層中央での<br>有効上載圧<br>(海側) $\sigma_v'$<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | 層中央での<br>有効上載圧<br>(陸側) $\sigma_v'$<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | 海側<br>N値 | 陸側<br>N値 | 等価N値※1<br>N <sub>65</sub> | 基準有効<br>拘束圧に<br>対するN値※2<br>N <sub>131</sub> | 相対密度※3<br>Dr<br>(%) | せん断<br>抵抗角※4<br>$\phi$<br>(度) | 粘着力※5<br>c<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | せん断<br>波速度<br>Vs (m/s) | せん断<br>剛性<br>G (kN/m <sup>2</sup> ) | 基準有効<br>拘束圧※6<br>$\sigma'_{ma}$<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | 基準せん断<br>剛性※7<br>G <sub>ma</sub><br>(kN/m <sup>2</sup> ) | 基準体積<br>弾性係数※8<br>K <sub>ma</sub><br>(kN/m <sup>2</sup> ) | 最大減衰※9<br>h <sub>max</sub> | 間隙率※10<br>n | ポアソン比※11<br>$\nu'$ | 透水係数<br>k※12<br>(cm/s) |
|------------------|------|-----|------------------|----------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|----------|----------|---------------------------|---------------------------------------------|---------------------|-------------------------------|------------------------------------|------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|----------------------------|-------------|--------------------|------------------------|
| Bs (空中) (陸側)     |      | 砂質土 | 1. 36            | 1. 16          | 20. 0                                              | －                                                      | －                                                          | 11. 6                                                      | －        | 4. 0     | 6. 4                      | 9. 4                                        | 45                  | 39. 2                         | 0. 0                               | 241                    | 118, 412                            | 98. 0                                                   | 309, 714                                                 | 807, 685                                                  | 0. 24                      | 0. 45       | 0. 33              | 5. 66E-05              |
| Bs (水中) (陸側)     |      | 砂質土 | 0. 20            | 0. 34          | －                                                  | 20. 0                                                  | －                                                          | 24. 9                                                      | －        | 4. 0     | 5. 7                      | 8. 5                                        | 43                  | 39. 1                         | 0. 0                               | 241                    | 118, 412                            | 98. 0                                                   | 309, 714                                                 | 807, 685                                                  | 0. 24                      | 0. 45       | 0. 33              | 5. 66E-05              |
| Fs-U (陸側)        |      | 砂質土 | -0. 14           | 0. 50          | －                                                  | 18. 0                                                  | －                                                          | 28. 6                                                      | －        | 4. 0     | 5. 5                      | 8. 3                                        | 43                  | 39. 0                         | 0. 0                               | 241                    | 106, 571                            | 98. 0                                                   | 227, 791                                                 | 594, 044                                                  | 0. 24                      | 0. 45       | 0. 33              | 5. 99E-04              |
| Fs-L (液状化) (陸側)  |      | 砂質土 | -0. 64           | 1. 80          | －                                                  | 20. 0                                                  | －                                                          | 39. 6                                                      | －        | 4. 5     | 5. 6                      | 8. 3                                        | 43                  | 39. 0                         | 0. 0                               | 312                    | 198, 459                            | 98. 0                                                   | 360, 500                                                 | 940, 127                                                  | 0. 24                      | 0. 45       | 0. 33              | 5. 99E-04              |
| Fs-L (非液状化) (陸側) |      | 砂質土 | -2. 44           | 1. 60          | －                                                  | 20. 0                                                  | －                                                          | 56. 6                                                      | －        | 11. 0    | 11. 6                     | 15. 9                                       | 59                  | 40. 3                         | 0. 0                               | 312                    | 198, 459                            | 98. 0                                                   | 301, 540                                                 | 786, 368                                                  | 0. 24                      | 0. 45       | 0. 33              | 5. 99E-04              |
| Ag-U             | (海側) | 砂質土 | -4. 50           | 1. 34          | －                                                  | 20. 0                                                  | 6. 7                                                       | －                                                          | 125. 0   | －        | 165. 7                    | 211. 8                                      | 100                 | 43. 9                         | 0. 0                               | 458                    | 427, 653                            | 98. 0                                                   | 1, 888, 587                                              | 4, 925, 138                                               | 0. 24                      | 0. 45       | 0. 33              | 1. 22E-04              |
|                  | (陸側) | 砂質土 | -4. 04           | 1. 80          | －                                                  | 20. 0                                                  | －                                                          | 73. 6                                                      | －        | 125. 0   | 120. 6                    | 154. 5                                      | 100                 | 43. 9                         | 0. 0                               | 458                    | 427, 653                            | 98. 0                                                   | 569, 817                                                 | 1, 485, 993                                               | 0. 24                      | 0. 45       | 0. 33              | 1. 22E-04              |
| Ag-L             | (海側) | 砂質土 | -5. 84           | 2. 90          | －                                                  | 21. 0                                                  | 29. 4                                                      | －                                                          | 32. 0    | －        | 38. 3                     | 49. 9                                       | 100                 | 43. 9                         | 0. 0                               | 283                    | 171, 444                            | 98. 0                                                   | 361, 744                                                 | 943, 372                                                  | 0. 24                      | 0. 45       | 0. 33              | 1. 22E-04              |
|                  | (陸側) | 砂質土 | -5. 84           | 2. 90          | －                                                  | 21. 0                                                  | －                                                          | 98. 6                                                      | －        | 32. 0    | 27. 6                     | 36. 3                                       | 89                  | 42. 9                         | 0. 0                               | 283                    | 171, 444                            | 98. 0                                                   | 197, 414                                                 | 514, 824                                                  | 0. 24                      | 0. 45       | 0. 33              | 1. 22E-04              |
| Kc               |      | 基盤  | -8. 74           | －              | －                                                  | 19. 0                                                  | －                                                          | －                                                          | －        | 87. 0    | ※Vs=389. 3 、Vp=1766. 1    |                                             | －                   | －                             | －                                  | －                      | －                                   | －                                                       | －                                                        | －                                                         | －                          | －           | －                  | 3. 25E-06              |

※1：N<sub>65</sub>={N-0. 019×(σ<sub>v</sub>' -65)}/{0. 0041×(σ<sub>v</sub>' -65)+1} より設定。

※2：N<sub>131</sub>=N<sub>65</sub>{0. 0041×(131-65)+1}+0. 019×(131-65) より設定。

※3：Dr=21{(100N<sub>131</sub>)/(131+70)}<sup>0. 5</sup> より設定。

※4：砂質土はφ=0. 0003Dr<sup>2</sup>+0. 0426Dr+36. 682より設定。粘性土は0° に設定。

※5：砂質土はc=0に設定。粘性土はc=0. 375σ<sub>v</sub>' より設定。

※6：G<sub>ma</sub>に対応する平均有効主応力。

※7：G<sub>ma</sub>=G×σ<sub>ma</sub>'<sup>1/2</sup>/(0. 75σ<sub>v</sub>')<sup>1/2</sup>より設定。

※8：K<sub>ma</sub>=[2(1+ν)]/{3(1-2ν)}G<sub>ma</sub> より設定。

※9：砂質土はh<sub>max</sub>=0. 24に設定。粘性土はIP<30ならh<sub>max</sub>=0. 24、IP≧30ならh<sub>max</sub>=0. 20に設定。

※10：砂質土はn=0. 45に設定。粘性土は0. 55に設定。

※11：一般値に設定。

※12：クレーガーによるD20と透水係数の関係により設定。

表 1-1-5-9 鹿磯漁港 液状化パラメータ

| 層名              | 等価N値<br>N131 | Fc<br>(%) | 液状化に関するパラメータ |        |        |        |        |        |
|-----------------|--------------|-----------|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                 |              |           | φ p'         | S1     | W1     | P1     | P2     | C1     |
| Bs (水中) (陸側)    | 8. 5         | 30. 1     | 28. 0        | 0. 005 | 6. 216 | 0. 500 | 0. 949 | 2. 689 |
| Fs-U (陸側)       | 8. 3         | 20. 0     | 28. 0        | 0. 005 | 5. 480 | 0. 500 | 0. 969 | 2. 468 |
| Fs-L (液状化) (陸側) | 8. 3         | 21. 0     | 28. 0        | 0. 005 | 5. 547 | 0. 500 | 0. 967 | 2. 485 |

表 1-1-5-10 鵜飼漁港 コンクリートの解析定数

| 構造部材              | ヤング率E<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | ポアソン比ν | 単位体積重量<br>(kN/m <sup>3</sup> ) |
|-------------------|-------------------------------|--------|--------------------------------|
|                   |                               |        |                                |
| 護岸工<br>(無筋コンクリート) | 3. 0×10 <sup>7</sup>          | 0. 17  | 22. 6                          |
| ケーソン本体            | 2. 2×10 <sup>7</sup>          | 0. 17  | 21. 0                          |

#### 4) 解析ケース

表 1-1-5-11 に、動的詳細解析の解析ケースを示す。被災要因の分析を行うため、液状化を考慮したケースと液状化を考慮しないケースの 2 ケースを実施した。

なお、鹿磯漁港は、約 4m の地盤隆起が確認されているが、地盤隆起直後は岸壁前面の水位及び岸壁背後の水位も同時に上昇することから地盤隆起による岸壁への影響はほとんど無いと想定される。そのため、ここでは、地盤隆起を考慮した解析ケースを実施していない。なお、地盤隆起が岸壁に与える影響については、「1.2 被災メカニズムを踏まえた技術的知見の整理」を参照されたい。

表 1-1-5-11 鹿磯漁港 解析ケース

| 解析ケース | 液状化条件     | 備考                   |
|-------|-----------|----------------------|
| ケース 1 | 液状化を考慮しない | —                    |
| ケース 2 | 液状化を考慮する  | Bs 層(水中)に液状化パラメータを設定 |

#### 5) 解析結果

##### (a) ケース 1：液状化を考慮しないケース（現況断面）

解析結果を表 1-1-5-12、図-1-1-5-11～図 1-1-5-13 に示す。岸壁天端の最大水平変位量は 144cm、沈下量は 31cm となり、エプロンおよび背後部の最大段差量は 106cm となった。

表 1-1-5-12 鹿磯漁港 岸壁天端の残留変形量（ケース 1）

| 項目              |         | 変形量   |
|-----------------|---------|-------|
| 構造物本体<br>(岸壁天端) | 最大水平変位量 | 144cm |
|                 | 沈下量     | 31cm  |
| エプロンおよび背後部      | 最大段差量   | 106cm |

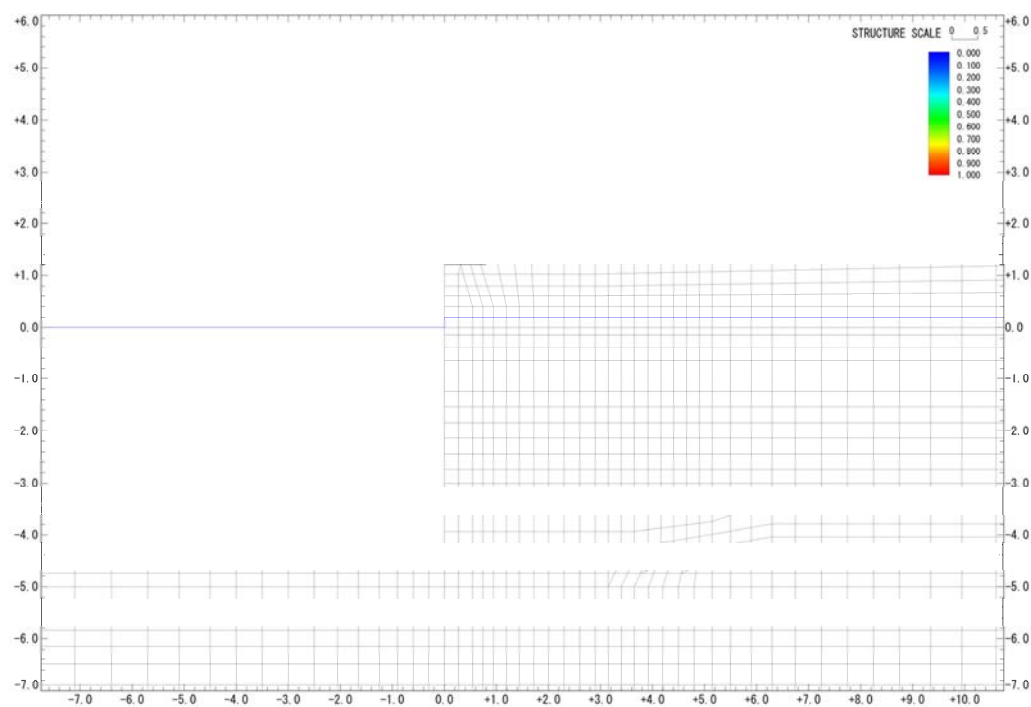


図 1-1-5-11 鹿磯漁港 最大間隙水圧分布図（ケース 1）

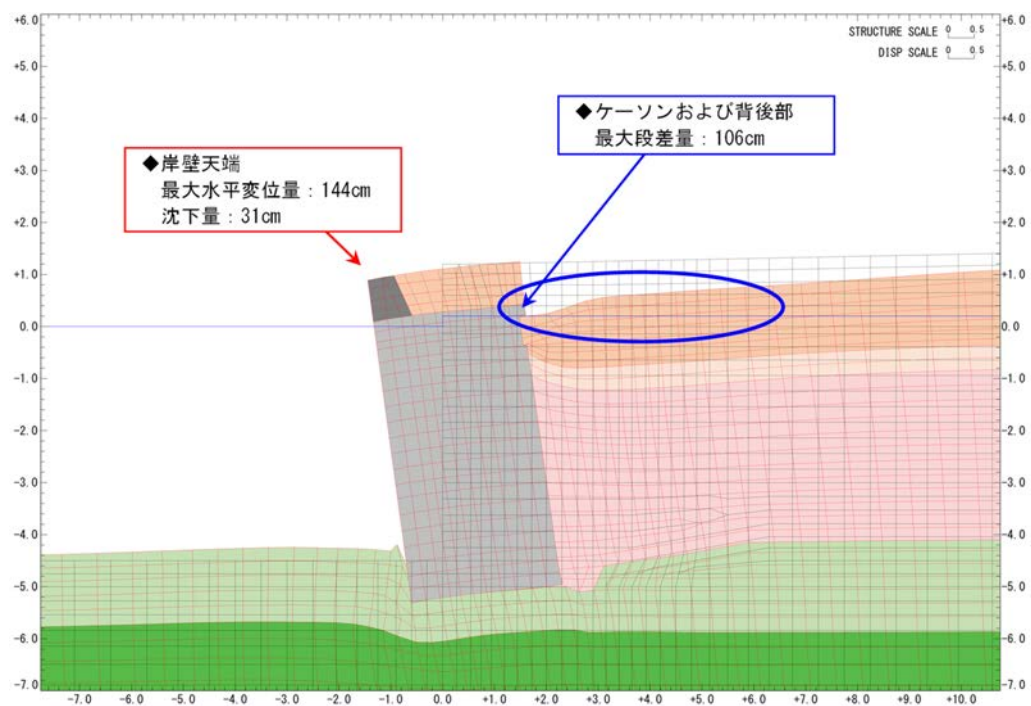


図 1-1-5-12 鹿磯漁港 残留水位変形図（ケース 1）

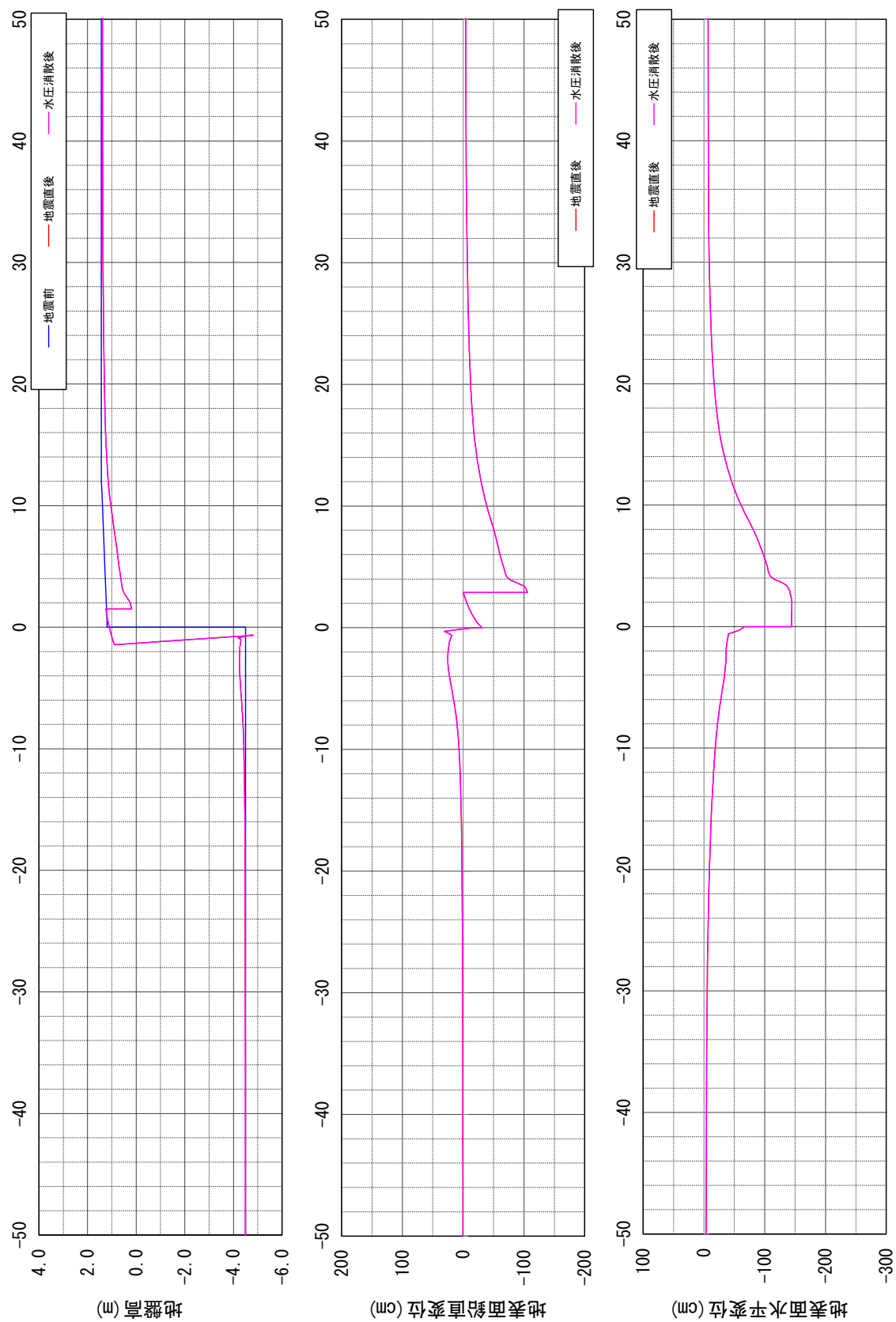


図 1-1-5-13 鹿磯漁港 地表面の変形量 (ケース 1)

(b) ケース 2 : 液状化を考慮するケース (現況断面)

解析結果を表 1-1-5-13、図-1-1-5-14～図 1-1-5-16 に示す。岸壁天端の最大水平変位量は 205cm、沈下量は 40cm となり、エプロンおよび背後部の最大段差量は 130cm となった。

表 1-1-5-13 鹿磯漁港 岸壁天端の残留変形量 (ケース 2)

| 項目              |         | 変形量   |
|-----------------|---------|-------|
| 構造物本体<br>(岸壁天端) | 最大水平変位量 | 205cm |
|                 | 沈下量     | 40cm  |
| エプロンおよび背後部      | 最大段差量   | 130cm |

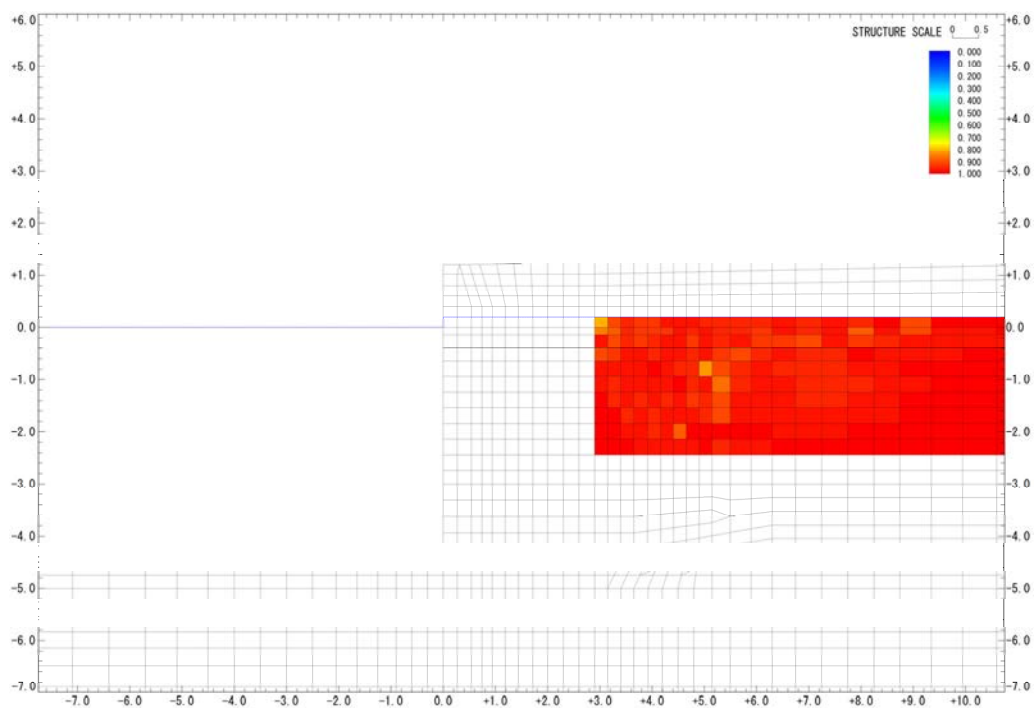


図 1-1-5-14 鹿磯漁港 最大間隙水圧分布図（ケース 2）

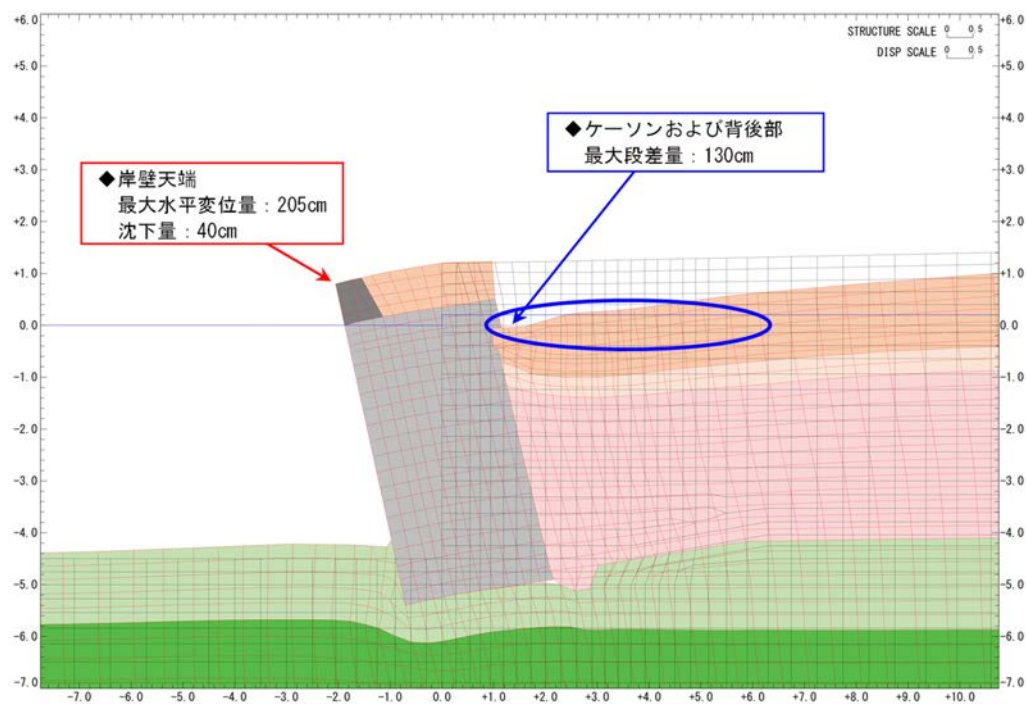


図 1-1-5-15 鹿磯漁港 残留水位変形図（ケース 2）

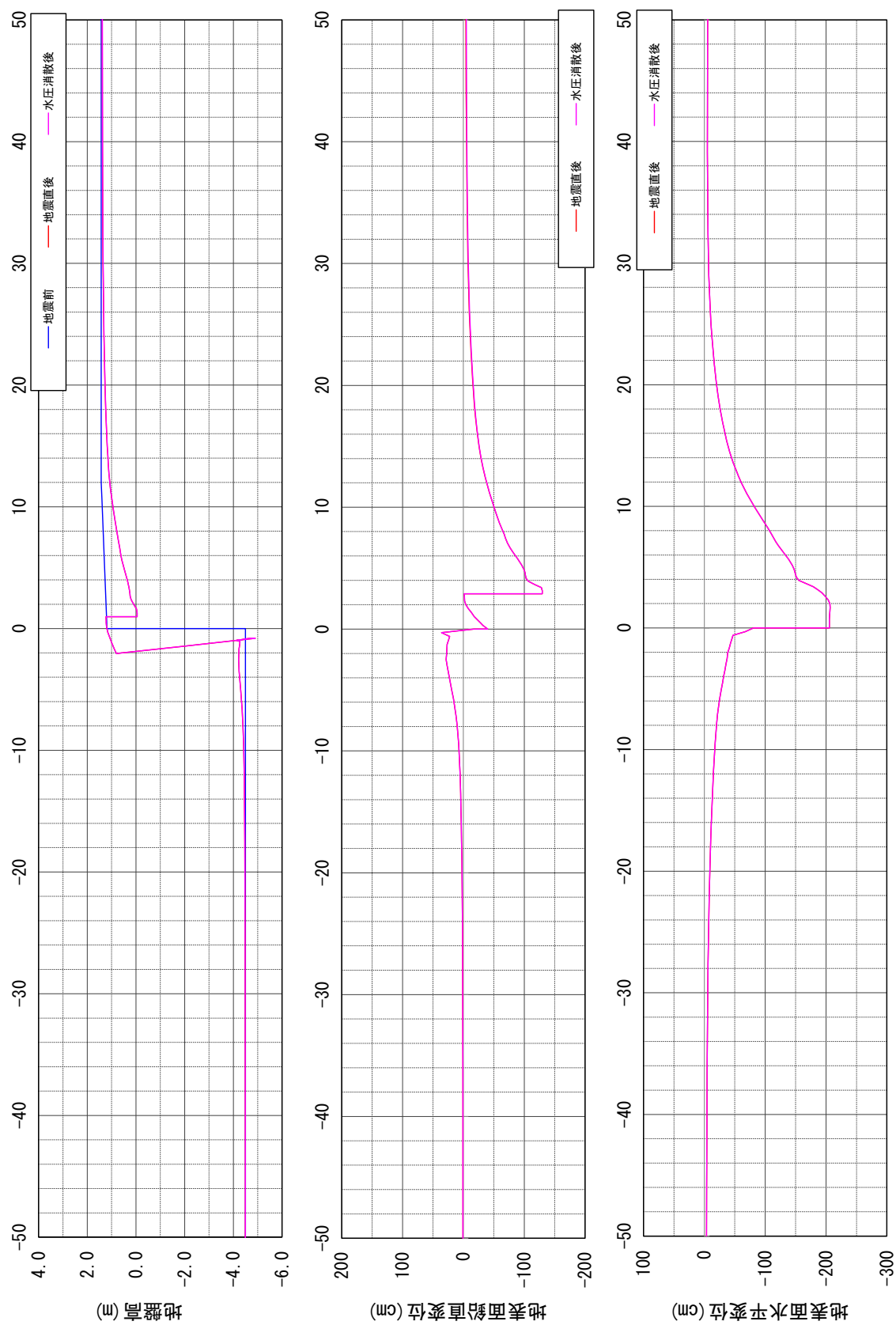


図 1-1-5-16 鹿磯漁港 地表面の変形量 (ケース 2)

### 1.1.6 被災メカニズムの解明

「1.1.5 動的詳細解析」で実施した鵜飼漁港(-2.5m 物揚場)及び鹿磯漁港(-3.0m 岸壁)の動的詳細解析結果、「R5d 直轄緊急調査」で実施された狼煙漁港(-4.5m 岸壁)の動的詳細解析結果、及び各対象施設の液状化判定結果を踏まえ、各対象施設の被災メカニズムの解明を行った。

#### (1) 解析方法

被災メカニズムの解明にあたっては、液状化を考慮したケース及び、液状化を考慮しないケースの両ケースの動的詳細解析を行う。その結果得られる最大はらみ出し量から、各項目(地震力・液状化)による変位量を算出する。また、各項目による変位量に対し、被災後の岸壁における水平変位量を基準とした割合を算出することで、各項目による変位への影響の割合を算出する。ただし、動的詳細解析においては、実地盤との設計条件(地層構成・土質定数)の差異や解析誤差等から計算精度にも限界があり、一定の誤差が生じる可能性がある。そのため、動的詳細解析による最大水平変位量と被災後の水平変位量に差異が生じることとなる。この解析結果と被災後の水平変位量の差異の評価にあたって、上記の解析上の誤差や現地の被害状況、液状化判定結果等を踏まえた。なお、被災後の岸壁における水平変位量は、「1.2 被災メカニズムを踏まえた技術的知見の整理」に示す方法により推定した。

表 1-1-6-1 に、各項目による変位への影響割合の算出方法を示す。

表 1-1-6-1 各項目による変位量の影響割合の算出方法

#### 【各項目による変位量の算出方法】

- ・地震力による変位量：「液状化及び隆起を考慮しないケースの変位量」
- ・液状化による変位量：「液状化を考慮するケースの変位量」  
－「液状化を考慮しないケースの変位量」
- ・解析結果と被災後の水平変位量との差異：  
「被災後の岸壁における水平変位量」－「液状化を考慮するケースの変位量」

#### 【被災後の岸壁の水平変位量に対する各項目による変位の影響割合】

- ・地震力による変位量の影響割合  
「地震力による変位量」÷「被災後の岸壁の水平変位量」
- ・液状化による変位量の影響割合  
「液状化による変位量」÷「解析結果と被災後の水平変位量との差異」

## (2) 鵜飼漁港

### 1) 動的詳細による再現解析結果及び岸壁前面における水平変位の推定値の比較

本調査では、「R5d 直轄緊急調査」で実施された液状化判定結果を踏まえ、令和 6 年能登半島地震に対する鵜飼漁港(-2.5m 物揚場)の再現解析を実施した。表 1-1-6-2 に、再現解析結果を示す。なお、表には、表 1-1-6-1 に示した方法による各項目の変位量の影響割合を併せて示している。

表に示すように、鵜飼漁港(-2.5m 物揚場)では、被災後の岸壁における水平変位量の推定値 2.08m に対して動的詳細解析による再現解析結果は 0.94m となり、解析値と推定値の差異は 1.14m(解析値<推定値)となった。また、被災後の岸壁における水平変位量の推定値を基準とした、各項目の変位の影響割合は、「地震力」による割合が 38%程度、「液状化」による割合が 7%程度となった。

表 1-1-6-2 動的詳細解析による再現解析結果及び各項目の変位への影響の割合(鵜飼漁港)

| 検討項目                  | 結果                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 現地状況                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・物揚場前面の最大水平変位量の推定値：2.08m</li> <li>・顕著な津波被害を確認</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 液状化<br>判定結果           | <ul style="list-style-type: none"> <li>・物揚場背後(埋土層)：液状化する</li> <li>・物揚場前面：沖積第一粘性土層が液状化する可能性あり</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 動的詳細<br>解析結果          | <p>【液状化を考慮しないケース】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・物揚場天端の最大水平変位量：0.78m</li> <li>・天端沈下量：0.29m</li> </ul> <p>【液状化を考慮するケース】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・物揚場天端の最大水平変位量：0.94m</li> <li>・天端沈下量：0.35m</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 各項目の<br>変位への<br>影響の割合 | <p>【各被災要因による変位量】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・地震力による変位量 = 「液状化を考慮しないケースの変位量」=0.78m</li> <li>・液状化による変位量 = 「液状化を考慮するケースの変位量」<br/>－「液状化を考慮しないケースの変位量」<br/>=0.94m－0.78m=0.16m</li> <li>・解析値と推定値の差異 = 「被災後の物揚場における水平変位量の推定値」<br/>－（「地震力による変位量」＋「液状化による変位量」）<br/>=2.08m－（0.78m＋0.16m）=1.14m<br/>（解析値＜推定値）</li> </ul> <p>【推定値に対する各項目の割合】 ※被災後の物揚場における水平変位量の推定値を基準とした各項目の割合</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・地震力による割合 = 「地震力による変位量」÷「推定値」<br/>=0.78m÷2.08m=38%</li> <li>・液状化による割合 = 「液状化による変位量」÷「推定値」<br/>=0.16m÷2.08m=7%</li> </ul> |

## 2) 被災メカニズムの想定

表 1-1-6-2 に示したように、鵜飼漁港(-2.5m 物揚場)では、被災後の岸壁における水平変位量の推定値を基準とした、各項目の変位への影響の割合は、「地震力」による割合が 38% 程度、「液状化」による割合が 7% 程度となった。

また、動的詳細解析では、実地盤と設計条件(地層構成・土質定数)の差異や解析誤差等から計算精度にも限界があり、一定の誤差が生じる可能性がある。一方、鵜飼漁港(-2.5m 物揚場)では、推定値に対する「解析値と推定値の差」の割合が 55% 程度と大きいことから、動的詳細解析の誤差のみによる影響ではないと推察される。また、鵜飼漁港では、写真 1-1-6-1 及び図 1-1-6-1 に示すように、顕著な津波被害が確認されている。そのため、「解析値と推定値の差」は、津波による岸壁への影響も含まれると想定される。

上記を踏まえると、鵜飼漁港で想定される主要な被災要因は、「地震力」による影響に加え、津波による要因が含まれると推察される。



写真 1-1-6-1 鵜飼漁港周辺の津波による被害状況写真

※国土交通省：令和 6 年能登半島地震 津波による浸水および海岸保全施設の被害状況



図 1-1-6-1 鵜飼漁港周辺の津波による浸水範囲

※国土交通省：令和6年能登半島地震 津波による浸水および海岸保全施設の被害状況

### (3) 鹿磯漁港

#### 1) 動的詳細による再現解析結果及び岸壁前面における水平変位の推定値の比較

本調査では、「R5d 直轄緊急調査」で実施された液状化判定結果を踏まえ、令和 6 年能登半島地震に対する鹿磯漁港(-3.0m 岸壁)の再現解析を実施した。表 1-1-6-2 に、再現解析結果を示す。なお、表には、表 1-1-6-1 に示した方法による各項目の変位の影響割合を併せて示している。

表に示すように、鹿磯漁港(-3.0m 岸壁)では、被災後の岸壁における水平変位量の推定値 0.73m に対して動的詳細解析による再現解析結果は 2.05m となり、解析値と推定値の差は -1.32m(解析値>推定値)となった。また、被災後の岸壁における水平変位量の推定値を基準とした、各項目の変位への影響の割合は、「地震力」による割合が 197%程度、「液状化」による割合が 84%程度となった。

表 1-1-6-3 動的詳細解析による再現解析結果及び各項目の変位への影響の割合(鹿磯漁港)

| 検討項目                  | 結果                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 現地状況                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・岸壁前面の最大水平変位量の推定値：0.73m</li> <li>・約 4m の地盤隆起を確認</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 液状化<br>判定結果           | <ul style="list-style-type: none"> <li>・岸壁背後：盛土層(水中)、液状化しない</li> <li>・岸壁前面：礫混り砂質土層が液状化する可能性あり</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 動的詳細<br>解析結果          | <p>【液状化を考慮しないケース】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・岸壁天端の最大水平変位量：1.44m</li> <li>・天端沈下量：0.31m</li> <li>・岸壁背後の最大沈下量：1.16m</li> </ul> <p>【液状化を考慮するケース】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・岸壁天端の最大水平変位量：2.05m</li> <li>・天端沈下量：0.40m</li> <li>・岸壁背後の最大沈下量：1.30m</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 各項目の<br>変位への<br>影響の割合 | <p>【各被災要因による変位量】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・地震力による変位量＝「液状化を考慮しないケースの変位量」＝1.44m</li> <li>・液状化による変位量＝「液状化を考慮するケースの変位量」<br/>－「液状化を考慮しないケースの変位量」<br/>＝2.05m－1.44m＝0.61m</li> <li>・解析値と推定値の差異＝「被災後の岸壁における水平変位量の推定値」<br/>－（「地震力による変位量」＋「液状化による変位量」）<br/>＝0.73m－（1.44m＋0.61m）＝－1.32m<br/>（解析値＞推定値）</li> </ul> <p>【推定値に対する各項目の割合】※被災後の岸壁における水平変位量の<br/>推定値を基準とした各項目の割合</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・地震力による割合＝「地震力による変位量」÷「推定値」<br/>＝1.44m÷0.73m＝197%</li> <li>・液状化による割合＝「液状化による変位量」÷「推定値」<br/>＝0.61m÷0.73m＝84%</li> </ul> |

## 2) 被災メカニズムの想定

表 1-1-6-3 に示したように、鹿磯漁港(-3.0m 岸壁)では、被災後の岸壁における水平変位量の推定値を基準とした、各項目による変位の影響割合は、「地震力」による割合が 197%程度、「液状化」による割合が 84%程度となった。

鹿磯漁港では、約 4m の地盤隆起が確認されているが、地盤隆起直後は岸壁前面の水位及び岸壁背後の水位も同時に上昇することから、地盤隆起による岸壁への影響はほとんど無いと想定される。また、現地の被害状況において、その他に岸壁に大きな影響を与えたと推察される要因も確認されていない。そのため、「解析値と推定値の差」は、実地盤に対する設計条件(地層構成・土質定数等)との差異や解析誤差等によるものと推察される。また、被災後の岸壁における水平変位量の推定値に対する「地震力」による割合は 197%程度と、「液状化」による割合より大きくなっている。

上記を踏まえると、鹿磯漁港の想定される主要な被災要因は、「地震力」による要因が大きいと推察される。

## (4) 狼煙漁港

### 3) 動的詳細による再現解析結果及び岸壁前面における水平変位の推定値の比較

狼煙漁港(-4.5m 岸壁)は、「R5d 直轄緊急調査」において、液状化判定及び令和 6 年能登半島地震に対する再現解析が実施されている。表 1-1-6-4 に、再現解析結果を示す。なお、表には、表 1-1-6-1 に示した方法による各項目による変位の影響割合を併せて示している。

表に示すように、狼煙漁港(-4.5m 岸壁)では、被災後の岸壁における水平変位量の推定値 1.18m に対して動的詳細解析による再現解析結果は 1.88m となり、解析値と推定値の差は -0.70m(解析値>推定値)となった。また、被災後の岸壁における水平変位量の推定値を基準とした、各項目による変位の影響割合は、「地震力」による割合が 75%程度、「液状化」による割合が 85%程度となった。

表 1-1-6-4 動的詳細解析による再現解析結果及び各項目の変位への影響の割合(狼煙漁港)

| 検討項目                  | 結果                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 現地状況                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・岸壁前面の最大水平変位量の推定値：1.18m</li> <li>・約 1m の地盤隆起を確認</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 液状化<br>判定結果           | <ul style="list-style-type: none"> <li>・岸壁背後(埋土層)：液状化しない</li> <li>・岸壁前面：礫混り砂質土層が液状化する可能性あり</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 動的詳細<br>解析結果          | <p>【液状化を考慮しないケース】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・岸壁天端の最大水平変位量：0.88m</li> <li>・天端沈下量：0.40m</li> <li>・岸壁背後の最大沈下量：0.60m</li> </ul> <p>【液状化を考慮するケース】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・岸壁天端の最大水平変位量：1.88m</li> <li>・天端沈下量：1.19m</li> <li>・岸壁背後の最大沈下量：0.41m</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 各項目の<br>変位への<br>影響の割合 | <p>【各被災要因による変位量】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・地震力による変位量 = 「液状化を考慮しないケースの変位量」=0.88m</li> <li>・液状化による変位量 = 「液状化を考慮するケースの変位量」<br/>- 「液状化を考慮しないケースの変位量」<br/>= 1.88m - 0.88m = 1.00m</li> <li>・解析値と推定値の差異 = 「被災後の岸壁における水平変位量の推定値」<br/>- (「地震力による変位量」+ 「液状化による変位量」)<br/>= 1.18m - (0.88m + 1.00m) = -0.70m<br/>(解析値 &gt; 推定値)</li> </ul> <p>【推定値に対する各項目の割合】 ※被災後の岸壁における水平変位量の<br/>推定値を基準とした各項目の割合</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・地震力による割合 = 「地震力による変位量」 ÷ 「推定値」<br/>= 0.88m ÷ 1.18m = 75%</li> <li>・液状化による割合 = 「液状化による変位量」 ÷ 「推定値」<br/>= 1.00m ÷ 1.18m = 85%</li> </ul> |

#### 4) 被災メカニズムの想定

表 1-1-6-4 に示したように、狼煙漁港(-4.5m 岸壁)では、被災後の岸壁における水平変位量の推定値を基準とした、各項目の変位への影響の割合は、「地震力」による割合が 75%程度、「液状化」による割合が 85%程度となった。

また、動的詳細解析では、実地盤と設計条件(地層構成・土質定数)の差異や解析誤差等から計算精度にも限界があり、一定の誤差が生じる可能性がある。また、狼煙漁港では、現地の被害状況において、その他に岸壁に大きな影響を与えたと推察される要因も確認されていない。そのため、「解析値と推定値の差」は、実地盤に対する設計条件(地層構成・土質定数等)との差異や解析誤差等によるものと推察される。また、「地震力」及び「液状化」による割合は 75~85%程度であり、「地震力」及び「液状化」による割合は同程度であった。

上記を踏まえると、狼煙漁港の被災要因は、「地震力」及び「液状化」の両要因による影響が大きいと推察される。

#### (5) 想定される被災メカニズムのまとめ

表 1-1-6-5 に、各漁港において想定される被災メカニズムのまとめを示す。表に示すように、「解析値と推定値の差」について、狼煙漁港及び鹿磯漁港においては、実地盤に対する設計条件(地層構成・土質定数等)との差異や解析誤差等によるものと推察された。また、鵜飼漁港においては、津波による岸壁への影響も含まれると想定された。

各漁港で想定される主要な被災要因について、狼煙漁港は「地震力」及び「液状化」による要因、鵜飼漁港は「地震力」に加えて「津波」による要因、鹿磯漁港は「地震力」による要因と推察される。

表 1-1-6-5 各漁港における被災メカニズムのまとめ

| 検討項目                  | 狼煙漁港                                                                                                                                                                                                                                                                 | 鵜飼漁港                                                                                                                                                                                                                                                              | 鹿磯漁港                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 現地状況                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・最大水平変位量：1.18m</li> <li>・地盤隆起量：1m 程度</li> </ul>                                                                                                                                                                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>・最大水平変位量：2.08m</li> <li>・顕著な津波被害を確認</li> </ul>                                                                                                                                                                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>・最大水平変位量：0.73m</li> <li>・地盤隆起量：4m 程度</li> </ul>                                                                                                                                                                               |
| 液状化<br>判定結果           | <ul style="list-style-type: none"> <li>・岸壁背後(埋土層)：液状化しない</li> <li>・岸壁前面：礫混り砂質土層が<br/>液状化する可能性あり</li> </ul>                                                                                                                                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>・岸壁背後(埋土層)：液状化する</li> <li>・岸壁前面：沖積第一粘性土層が<br/>液状化する可能性あり</li> </ul>                                                                                                                                                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>・岸壁背後(盛土層)：液状化しない</li> <li>・岸壁前面：礫混り砂質土層が<br/>液状化する可能性あり</li> </ul>                                                                                                                                                           |
| 各項目の<br>変位への<br>影響の割合 | <p>【各項目による変位量】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・地震力の要因=0.88m</li> <li>・液状化の要因=1.00m</li> <li>・解析値と推定値の差=-0.70m<br/>(解析値&gt;推定値)</li> </ul> <p>【推定値に対する各項目の割合】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・地震力の要因：75%割程度</li> <li>・液状化の要因：85%程度</li> </ul> | <p>【各項目による変位量】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・地震力の要因=0.78m</li> <li>・液状化の要因=0.16m</li> <li>・解析値と推定値の差=1.14m<br/>(解析値&lt;推定値)</li> </ul> <p>【推定値に対する各項目の割合】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・地震力の要因：38%程度</li> <li>・液状化の要因：7%程度</li> </ul> | <p>【各項目による変位量】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・地震力の要因=1.44m</li> <li>・液状化の要因=0.61m</li> <li>・解析値と推定値の差=-1.32m<br/>(解析値&gt;推定値)</li> </ul> <p>【推定値に対する各項目の割合】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・地震力の要因：197%程度</li> <li>・液状化の要因：84%程度</li> </ul> |
| 解析値と<br>推定値の<br>差について | 実地盤と設計条件(地層構成・土質定数)<br>の差異や解析誤差等によるものと推察                                                                                                                                                                                                                             | 津波による影響と推察                                                                                                                                                                                                                                                        | 実地盤と設計条件(地層構成・土質定数)<br>の差異や解析誤差等によるものと推察                                                                                                                                                                                                                             |
| 想定される<br>主要な被災要因      | 地震力及び液状化による要因                                                                                                                                                                                                                                                        | 地震力及び津波による要因                                                                                                                                                                                                                                                      | 地震力による要因                                                                                                                                                                                                                                                             |

## 1.2 被災メカニズムを踏まえた技術的知見の整理

「1.1 被災メカニズムの解明」の結果を踏まえ、設計手法に関する技術的知見を整理した。以降に、得られた技術的知見を示す。

### 1.2.1 地盤隆起が岸壁に与える影響

#### (1) 概要

図 1-2-1-1 に、輪島港の位置図を示す。約 1.5m の地盤隆起が発生した輪島港では、監視カメラにより能登半島地震前後の映像が記録されている。この映像では、地震隆起直後は地盤と共に前面水位が上昇していることが確認された。その後、地震から約 10 分経過後に前面水位が低下していることが確認されており、さらに時間が経過した後に残留水位が低下するものと推察される。当映像及び第 1 回有識者会議(2025 年 10 月 1 日)の議論を踏まえると、地盤隆起直後は前面水位及び背後水位も同時に上昇するため、地盤隆起前後において岸壁と地下水位の相対的な高さ関係は変化しないことから、地盤隆起による岸壁への影響はほとんど無いものと想定される(図 1-1-1-6 参照)。



図 1-1-6-1 輪島港の位置図

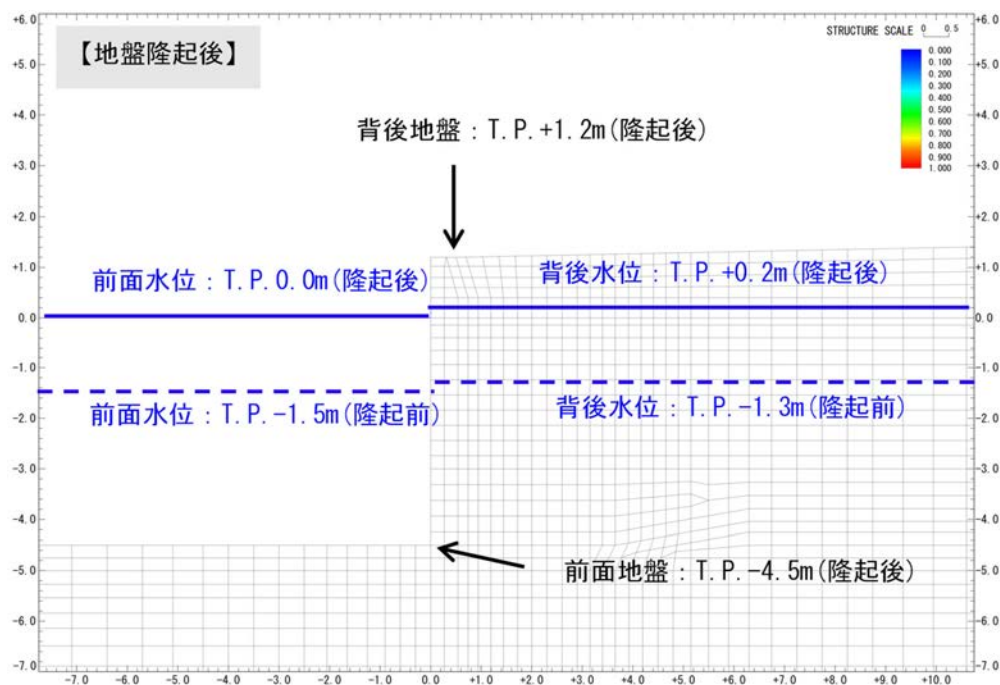
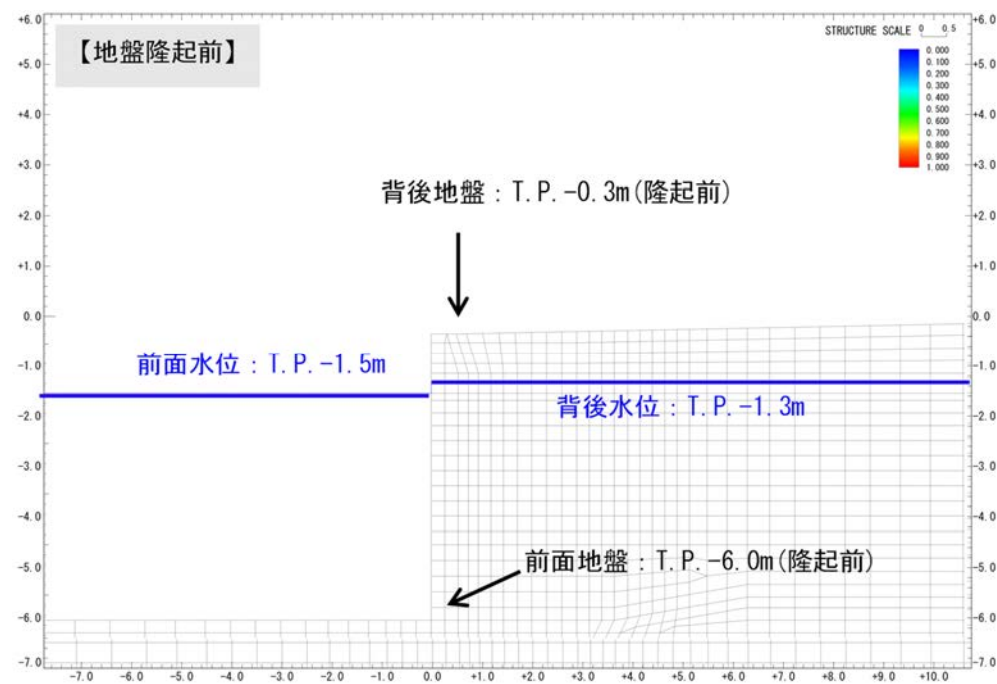


図 1-1-6-2 地盤隆起前後における地盤高と地下水位のイメージ図  
(上 : 地盤隆起前、下 : 地盤隆起後、1.5m の地盤隆起が発生した場合)

## (2) 解析ケース

前述のとおり、地盤隆起直後においては、前面水位と背後水位が同時に上昇するため、地盤隆起による岸壁への影響はほとんど無いと想定される。一方、地震から約 10 分経過後に前面水位が低下した時点や、さらに時間が経過した後に背後の残留水位が低下した時点においても地震が発生する可能性がある。そのため、「前面水位低下後」及び「残留水位低下後」の 2 ケースの水位に対する動的詳細解析を実施することにより、施設が最も危険となる状態を把握した。その結果を踏まえ、地震後に地盤隆起が発生するケースを想定した設計を行う際に留意すべき事項を検討した。なお、動的詳細解析は、対象漁港施設のうち地盤隆起量が約 4m と最も大きかった鹿磯漁港を対象に、「前面水位低下後」及び「残留水位低下後」の 2 種類の水位に対して、液状化を考慮するケース及び液状化を考慮しないケースの両ケースを実施した。表 1-1-6-1 に、動的詳細解析の解析ケースを示す。また、図 1-1-6-3 に、「前面水位低下後」及び「残留水位低下後」の各ケースのイメージ図を示す。なお、ケース 6(背後地盤の水位低下後)の液状化を考慮するケースについては、背後地盤の水位低下に伴い、地下水水位以深の液状化層が存在しないこととなったため、解析を実施していない。

表 1-1-6-1 解析ケース

| 解析ケース | 水位条件                                                            | 液状化条件 | 備考                          |
|-------|-----------------------------------------------------------------|-------|-----------------------------|
| ケース 1 | 地盤隆起前(地盤隆起直後と同様)                                                | 考慮しない | 「1.1 被災メカニズムの解明」で実施         |
| ケース 2 | 地盤隆起前(地盤隆起直後と同様)                                                | 考慮する  | 〃                           |
| ケース 3 | 前面水位の低下後<br>(地盤隆起から時間が経過し、岸壁<br>前面の水位が低下した状況)                   | 考慮しない | 岸壁背後地盤の水位は<br>地盤隆起後と同じと仮定   |
| ケース 4 | 〃                                                               | 考慮する  | 〃                           |
| ケース 5 | 背後地盤の水位低下後<br>(岸壁前面の水位が低下した後、<br>更に時間が経過し、岸壁背後地盤<br>の水位が低下した状況) | 考慮しない | —                           |
| ケース 6 | 〃                                                               | 考慮する  | 地下水水位以深の液状化層<br>が存在しないため未実施 |

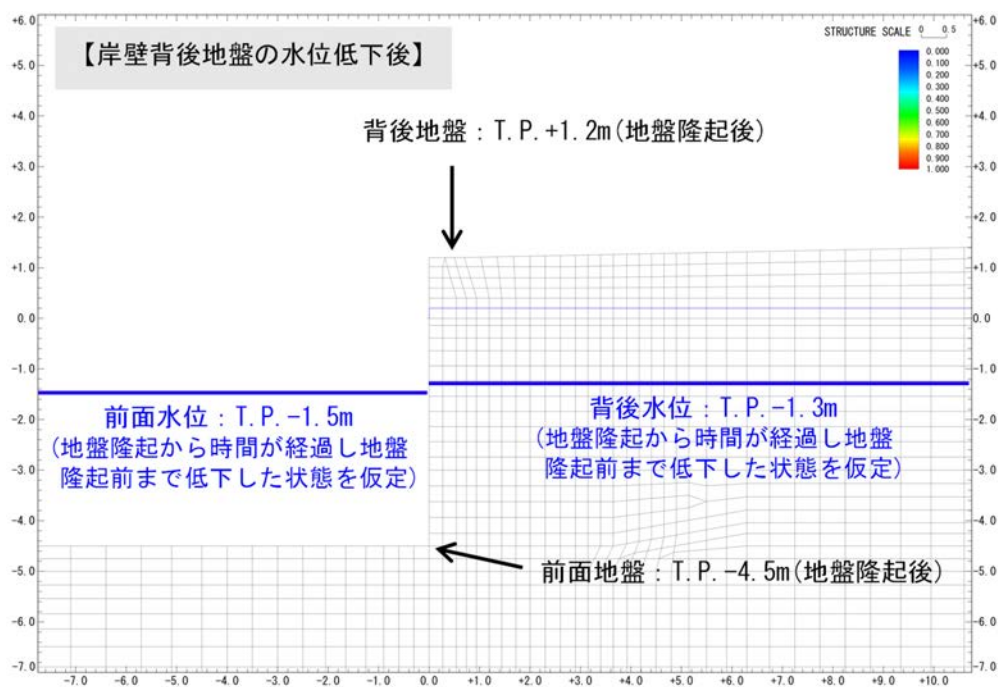
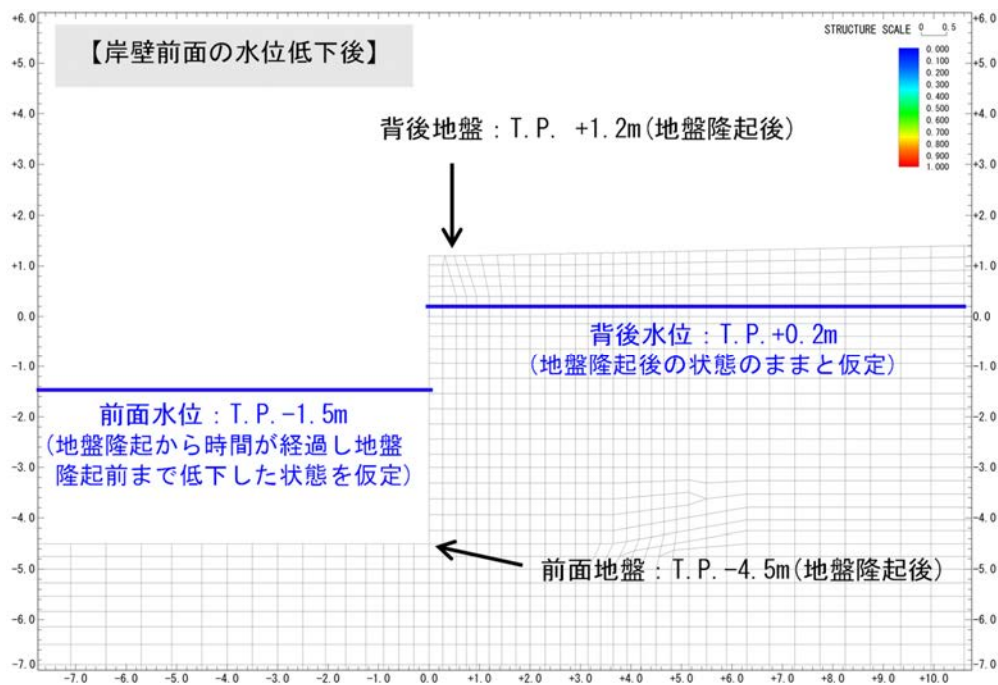


図 1-1-6-3 「前面水位低下後」及び「残留水位低下後」のイメージ図  
(上 : 岸壁前面の水位低下後、下 : 岸壁背後地盤の水位低下後)

### (3) 解析結果

#### 1) ケース 3：前面水位の低下後・液状化を考慮しないケース

表 1-1-6-2 及び図-1-1-6-4～図 1-1-6-19 に、ケース 3(前面水位の低下後・液状化を考慮しないケース)の解析結果を示す。表に示すように、岸壁天端の最大水平変位量は 137cm、沈下量は 29cm となり、エプロンおよび背後部の最大段差量は 99cm となった。

表 1-1-6-2 岸壁天端の残留変形量（鹿磯漁港・ケース 3）

| 項目              |         | 変形量   |
|-----------------|---------|-------|
| 構造物本体<br>(岸壁天端) | 最大水平変位量 | 137cm |
|                 | 沈下量     | 29cm  |
| エプロンおよび背後部      | 最大段差量   | 99cm  |

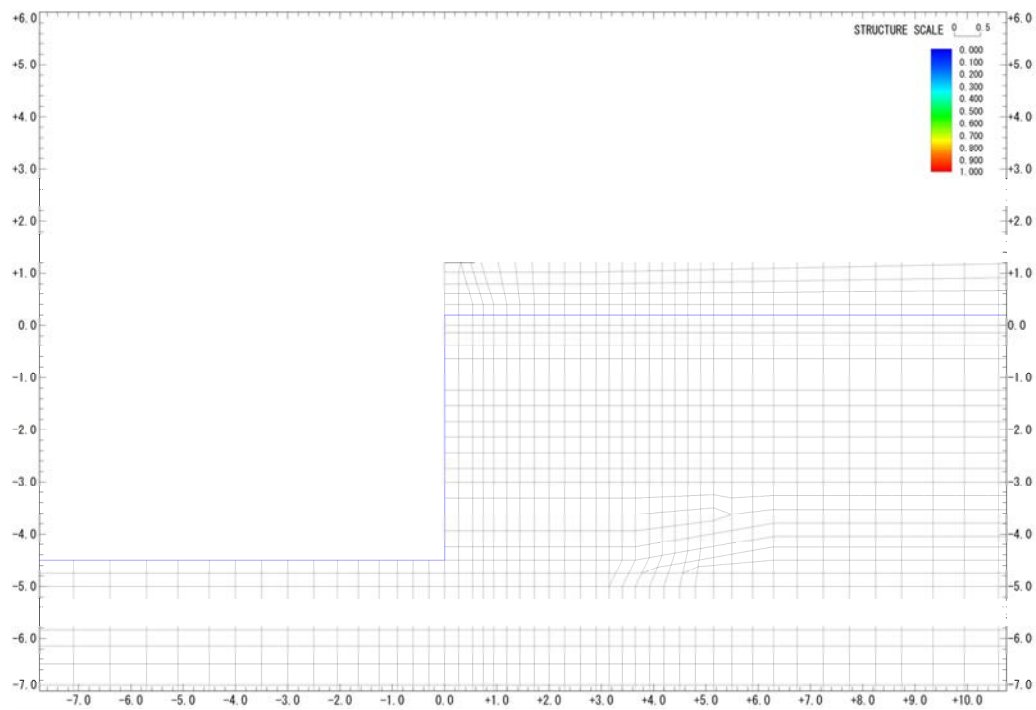


図 1-1-6-4 最大間隙水圧分布図（鹿磯漁港・ケース 3）

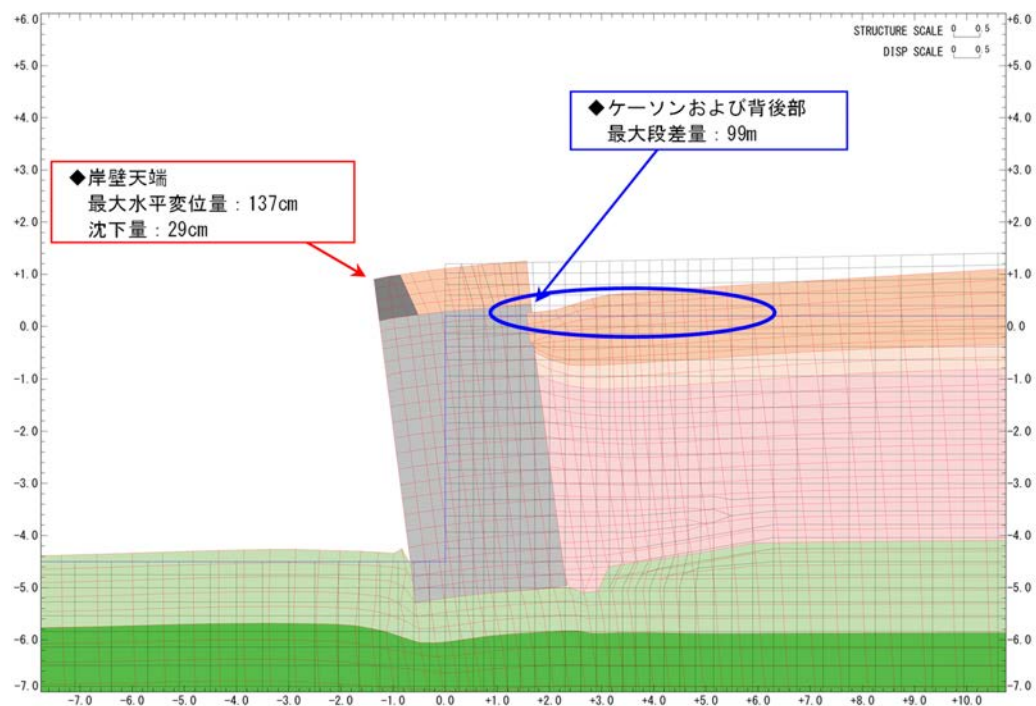


図 1-1-6-5 残留水位変形図（鹿磯漁港・ケース 3）

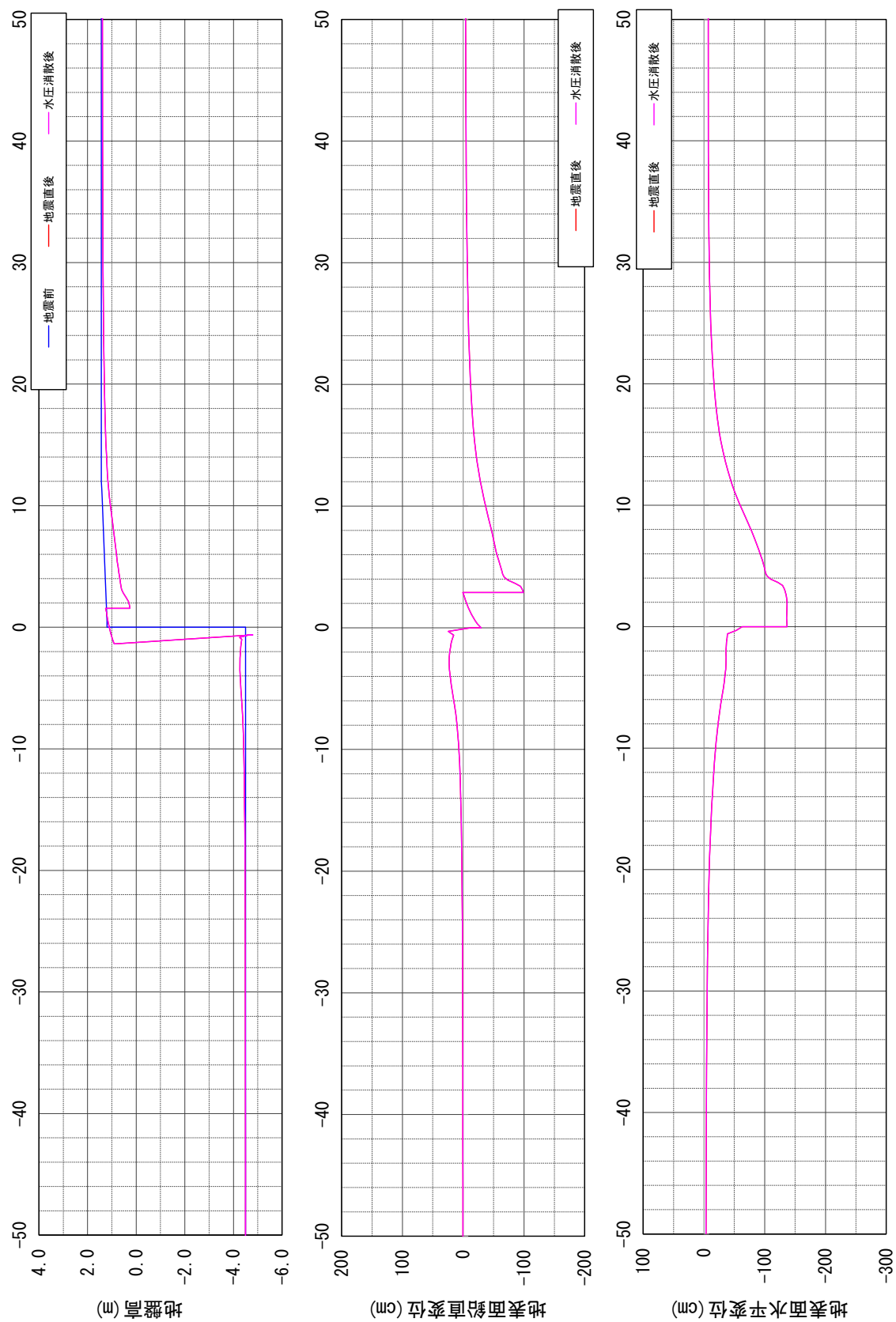


図 1-1-6-6 地表面の変形量 (鹿磯漁港・ケース 3)

## 2) ケース 4：前面水位の低下後・液状化を考慮するケース

表 1-1-6-3 及び図 1-1-6-7～図 1-1-6-9 に、ケース 4(前面水位の低下後・液状化を考慮するケース)の解析結果を示す。表に示すように、岸壁天端の最大水平変位量は 203cm、沈下量は 39cm となり、エプロンおよび背後部の最大段差量は 126cm となった。

表 1-1-6-3 岸壁天端の残留変形量（鹿磯漁港・ケース 4）

| 項目              |         | 変形量   |
|-----------------|---------|-------|
| 構造物本体<br>(岸壁天端) | 最大水平変位量 | 203cm |
|                 | 沈下量     | 39cm  |
| エプロンおよび背後部      | 最大段差量   | 126cm |

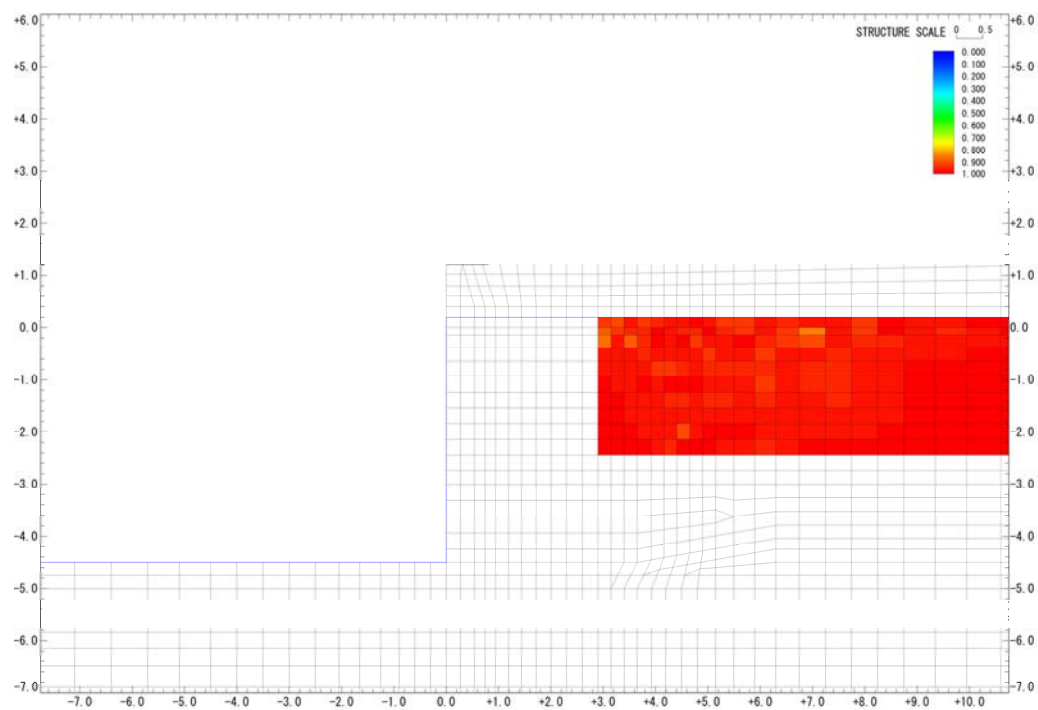


図 1-1-6-7 最大間隙水圧分布図（鹿磯漁港・ケース 4）

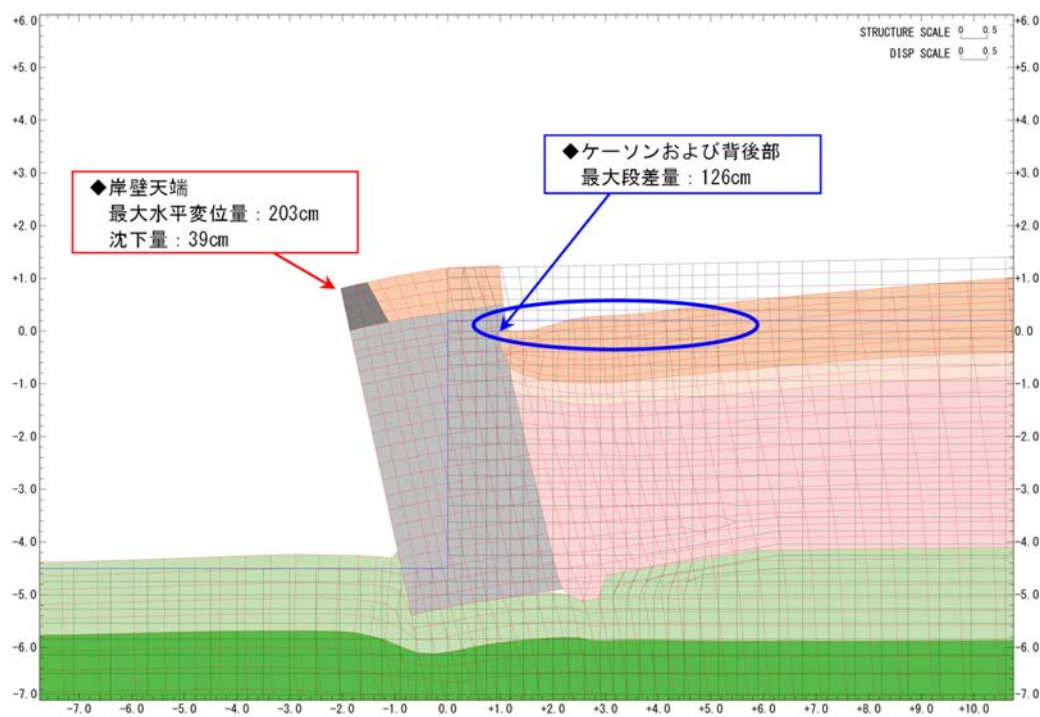


図 1-1-6-8 残留水位変形図（鹿磯漁港・ケース 4）

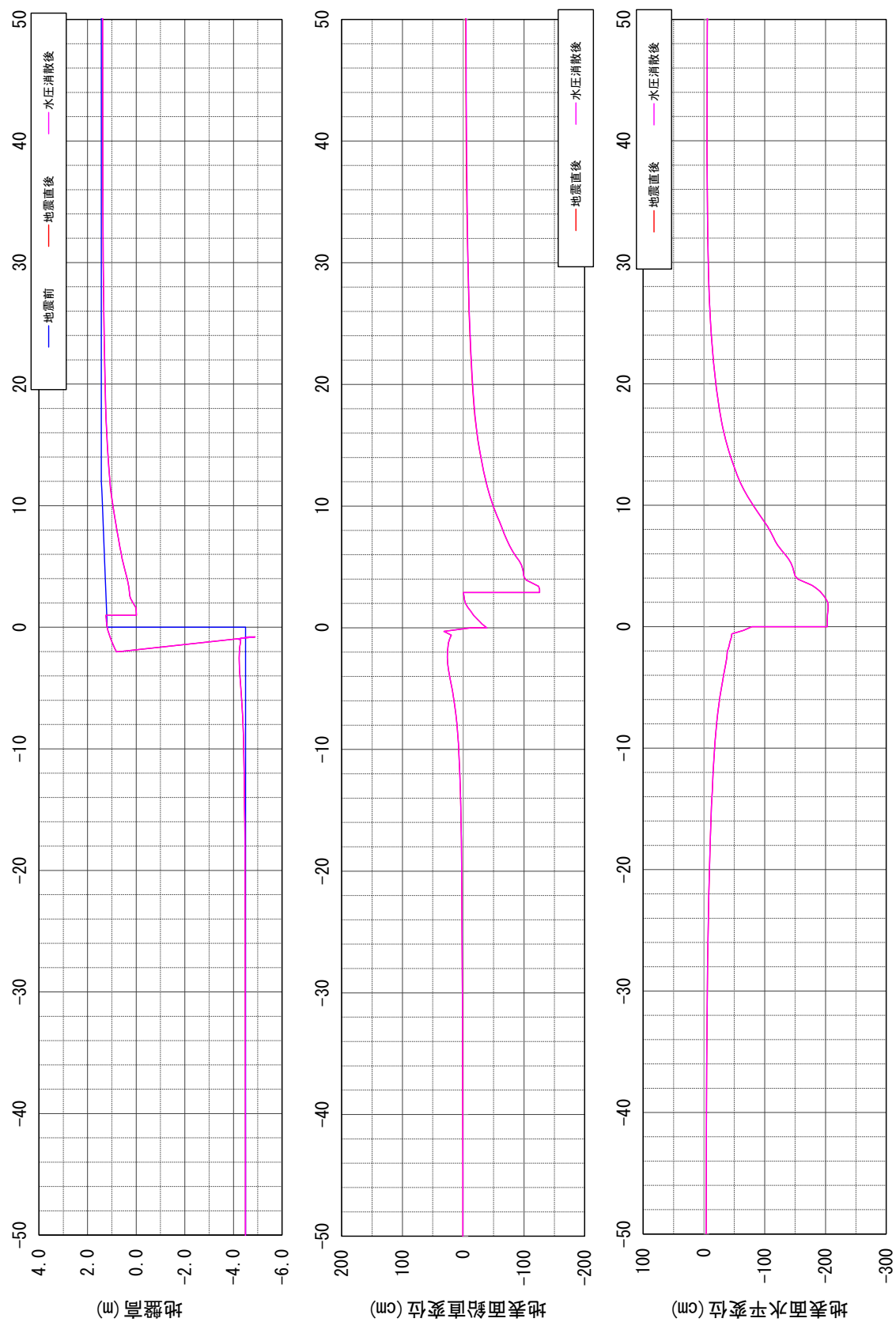


図 1-1-6-9 地表面の変形量 (鹿磯漁港・ケース 4)

3) ケース 5：背後地盤の水位低下後・液状化を考慮しないケース

表 1-1-6-4、図 1-1-6-10～図 1-1-6-12 に、ケース 4(背後地盤の水位低下後・液状化を考慮しないケース)の解析結果を示す。表に示すように、岸壁天端の最大水平変位量は 184cm、沈下量は 44cm となり、エプロンおよび背後部の最大段差量は 175cm となった。

表 1-1-6-4 岸壁天端の残留変形量（鹿磯漁港・ケース 5）

| 項目              |         | 変形量   |
|-----------------|---------|-------|
| 構造物本体<br>(岸壁天端) | 最大水平変位量 | 184cm |
|                 | 沈下量     | 44cm  |
| エプロンおよび背後部      | 最大段差量   | 175cm |

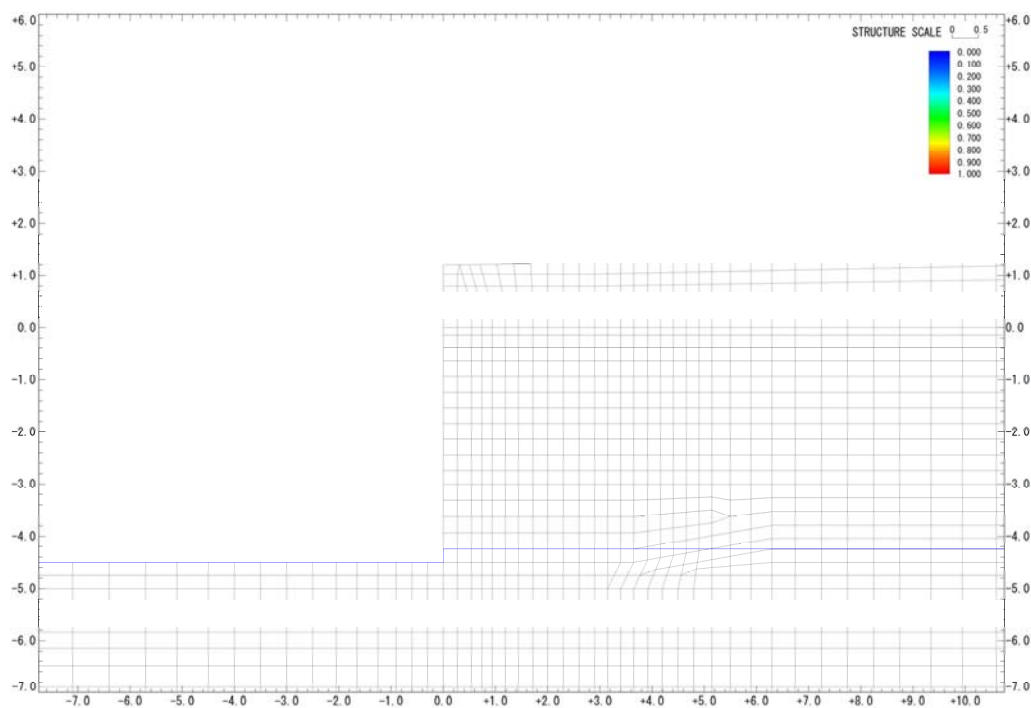


図 1-1-6-10 最大間隙水圧分布図（鹿磯漁港・ケース 5）

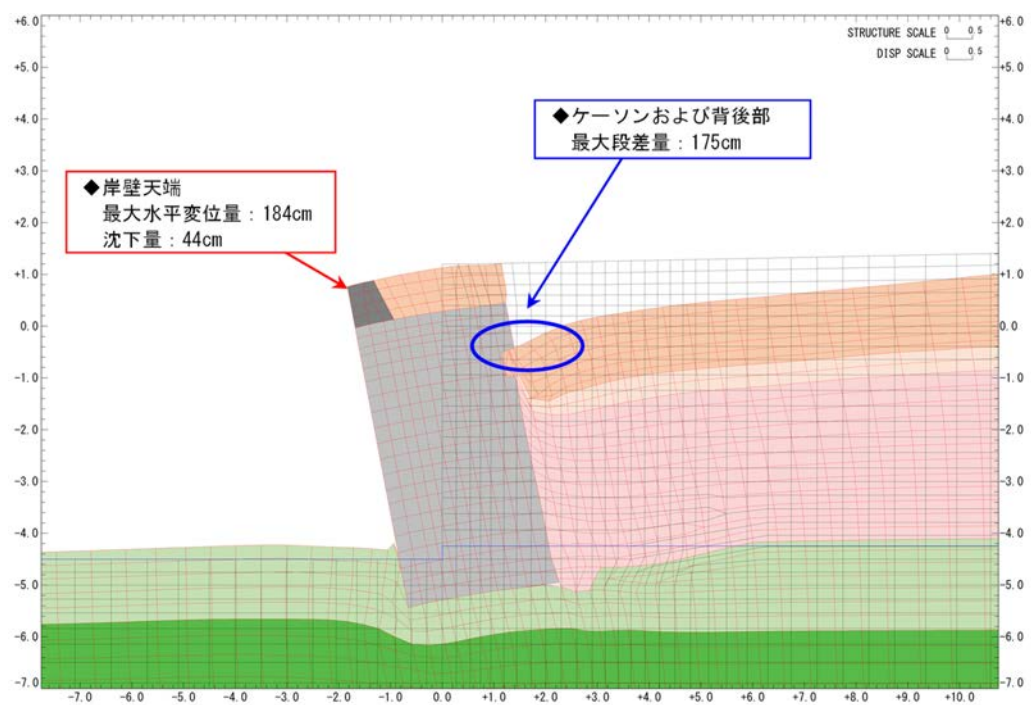


図 1-1-6-11 残留水位変形図（鹿磯漁港・ケース 5）

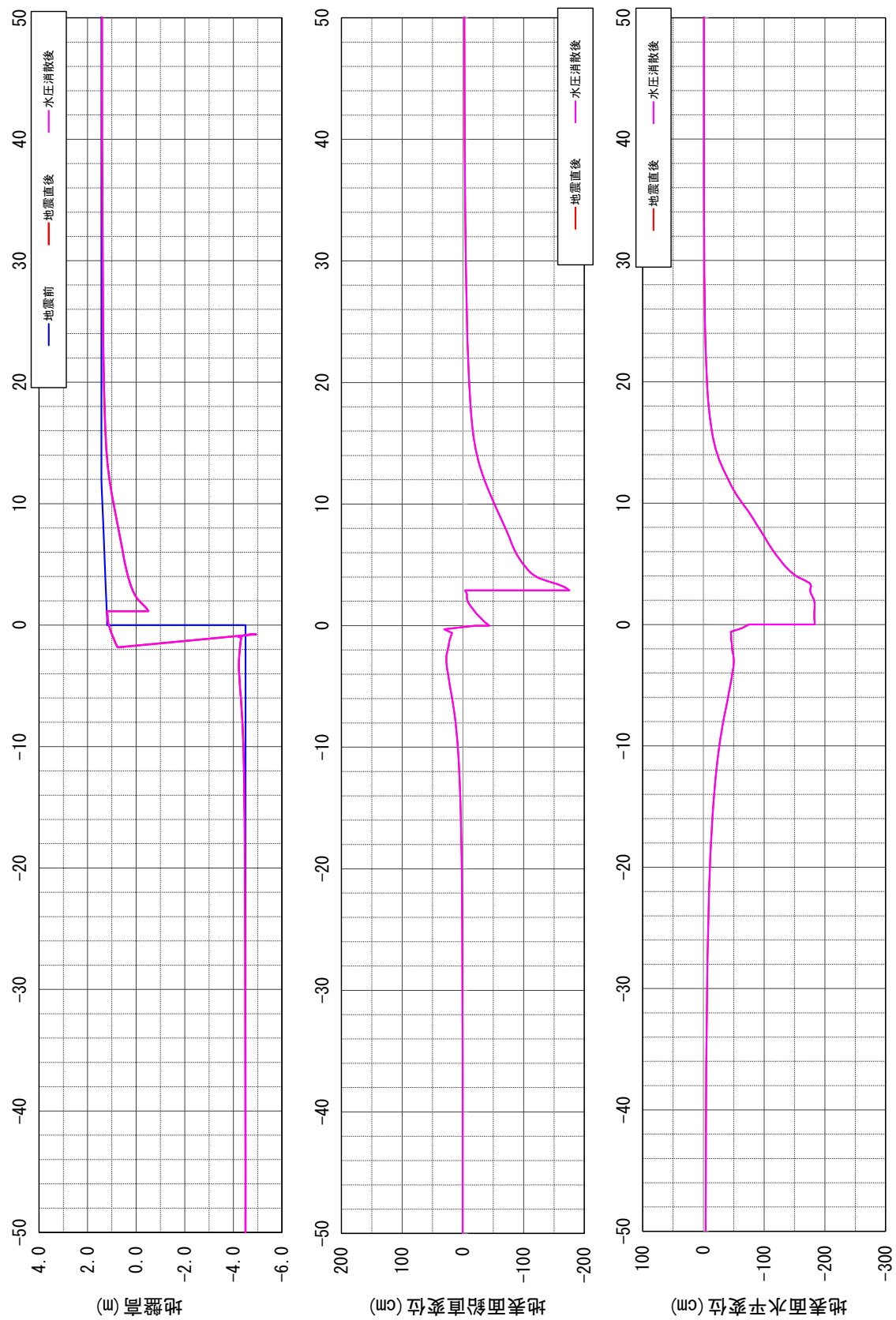


図 1-1-6-11 地表面の変形量（鹿磯漁港・ケース 5）

#### (4) 地盤隆起が岸壁に与える影響の検討結果

表 1-1-6-5 に、鹿磯漁港で実施した、各ケースにおける動的詳細解析結果を示す。

表に示すように、液状化を考慮しない3 ケースを比較すると、「残留水位低下後」の最大水平変位量が最も大きくなった。これは背後地盤の水位の低下に伴い浮力が減少し、背後地盤の重量が増加することから、地震の加速度による応答が大きくなったためと推察される。一方、液状化を考慮した場合、「地盤隆起直後」及び「前面水位低下後」が「残留水位低下後」の最大水平変位量より大きくなった。ただし、「残留水位低下後」には地下水位以深の液状化層が存在しないことから、「残留水位低下後」の解析は実施していない。

以上を踏まえると、液状化の発生が想定されない施設においては、「残留水位低下後」の水位が最も危険側の条件（設計条件としては安全側）となる。なお、液状化の発生が想定される施設においては、「残留水位低下後」の水位が最も危険側な条件とはならない（今回は隆起直後が最も危険側となる）ことに留意が必要である。また、検証した施設が1施設のみであるため、全てのケースが同様の結果になるかどうかについてはさらなる検証が必要であることに留意が必要である。

表 1-1-6-5(1) 各ケースの動的詳細解析結果(液状化を考慮しないケース)

| ケース                  | 項目              |         | 変形量   |
|----------------------|-----------------|---------|-------|
| 地盤隆起前<br>(地盤隆起直後と同様) | 構造物本体<br>(岸壁天端) | 最大水平変位量 | 144cm |
|                      |                 | 沈下量     | 31cm  |
|                      | ケーソン及び背後部       | 最大段差量   | 106cm |
| 前面水位低下後              | 構造物本体<br>(岸壁天端) | 最大水平変位量 | 137cm |
|                      |                 | 沈下量     | 29cm  |
|                      | ケーソン及び背後部       | 最大段差量   | 99cm  |
| 残留水位低下後              | 構造物本体<br>(岸壁天端) | 最大水平変位量 | 184cm |
|                      |                 | 沈下量     | 44cm  |
|                      | ケーソン及び背後部       | 最大段差量   | 175cm |

表 1-1-6-5(2) 各ケースの動的詳細解析結果(液状化を考慮するケース)

| ケース                  | 項目                     |         | 変形量   |
|----------------------|------------------------|---------|-------|
| 地盤隆起前<br>(地盤隆起直後と同様) | 構造物本体<br>(岸壁天端)        | 最大水平変位量 | 205cm |
|                      |                        | 沈下量     | 40cm  |
|                      | ケーソン及び背後部              | 最大段差量   | 130cm |
| 前面水位低下後              | 構造物本体<br>(岸壁天端)        | 最大水平変位量 | 203cm |
|                      |                        | 沈下量     | 39cm  |
|                      | ケーソン及び背後部              | 最大段差量   | 126cm |
| 残留水位低下後              | 地下水位以深の液状化層が存在しないため未実施 |         |       |

## 1.2.2 被災後の岸壁における水平変位量の整理方法

### (1) 概要

「1.1 被災メカニズムの解明」においては、各漁港において被災後の岸壁における水平変位量を推定し、推定した水平変位量を基準として、各項目（地震力・液状化）による変位の影響割合を算出した。一方、令和6年能登半島地震では、地盤隆起を含む地殻変動が生じていたことから、被災前後の座標から岸壁の水平変位量を算出した場合、地震による岸壁の変位に加えて、地殻変動による変位が含まれることとなる。そのため、ここでは、地殻変動による影響を含まない岸壁の水平変位量を推定し、その妥当性の確認を行った。

### (2) 水平変位量の推定方法

本調査では、「岸壁法線を仮定する方法」及び「地殻変動量を仮定する方法」の2方法により、地殻変動による影響を含まない岸壁の水平変位量を推定した。以降に各方法の概要や留意点を示す。なお、両方法は様々な仮定を含んだ手段であるため、港湾施設の利用可否判断に用いられる「Berth Surveyor を用いた方法」等により、被災前後に GNSS 測量を実施することが望ましい。

#### 1) 岸壁法線を仮定する方法

被災後の航空写真や平面図から、変位が無いと想定される箇所から地殻変動後の岸壁法線を仮定する方法である。仮定した岸壁法線及び被災後の航空写真の状況等から水平変位量を推定する。長所として、被災後の航空写真や平面図があれば、被災前の航空写真等は不要であることが挙げられる。一方、短所として、変位が無い箇所を設定する必要があることから、凸型のような漁港では適用できないことに加え、被災後の岸壁法線を仮定できないほど大きな被害を受けた漁港には適用できないことが挙げられる。

#### 2) 地殻変動量を推定する方法

地殻変動による変位量を推定し、地殻変動を含む変位量から差し引くことで推定する方法である。はじめに、被災前後の平面図等から地殻変動による影響を含む岸壁の変位量を推定する。その後、岸壁から十分に距離があり、岸壁の変状の影響がないと想定される地点において、被災前後の平面図等から座標を推定し、地殻変動のみによる変位量を推定する。両者の差分より、地殻変動の影響を含まない岸壁の変状による変位量を推定する。長所として、変位が無い箇所を設定する必要が無いため、漁港の形状や被災状況等に左右されない。一方、短所として、被災前後の航空写真や平面図が必要である。特に、国土地理院等の座標を有する航空写真を活用する場合、地震による被災後から公表までに時間を要することに留意が必要である。

### 3) Berth Surveyor を用いた方法(参考)

港湾施設における地震後の利用可否判断に用いられている方法である。令和 6 年能登半島地震では、地殻変動により多くの地域で国土地理院基準点成果公表が停止されたことから測量が行えず、不正確な変位量に基づき利用可否を判断するしかなかった。そのため、国土地理院基準点の公表停止時にも迅速かつ正確な利用可否判断を実施するために考案された方法である。事前準備として、液状化や側方流動が生じない場所に基準点を置いておき、地震後に基準点と観測点で GNSS 測量を実施することで、地震による港湾施設の変位量を推定する。図 1-2-2-1 に、Berth Surveyor の方法のイメージ図を示す。

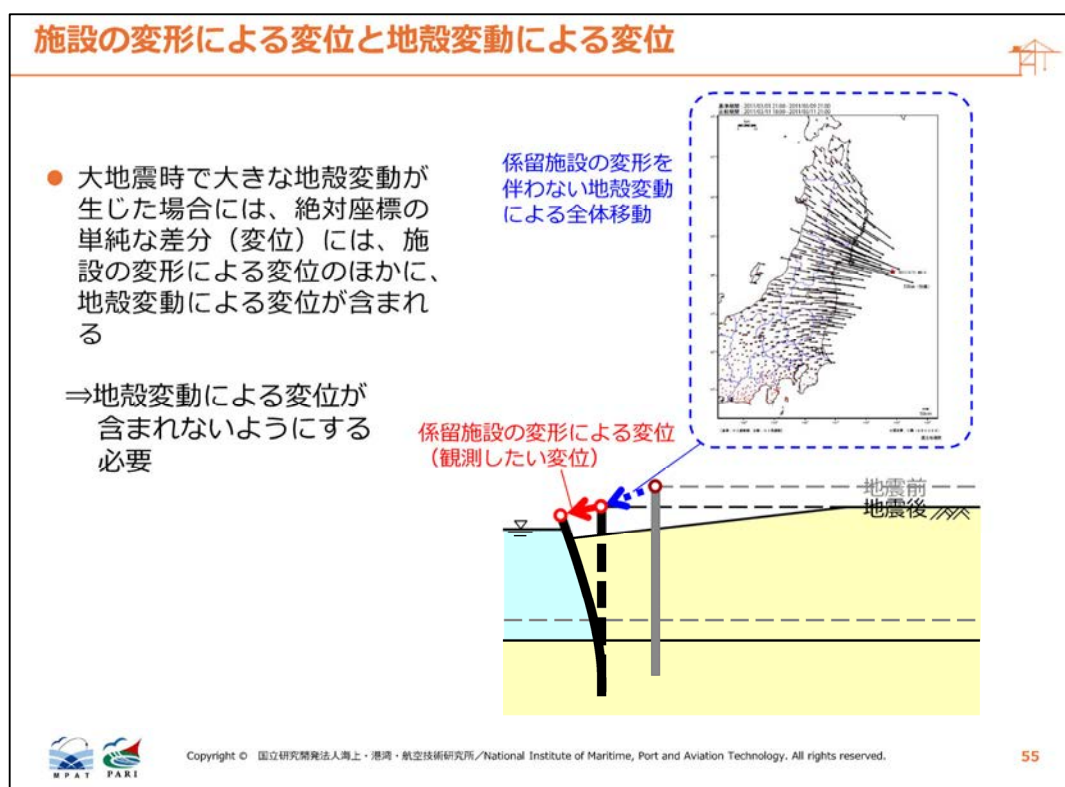


図 1-2-2-1(1) Berth Surveyor の方法のイメージ図

※海上・港湾・航空技術研究所：大地震後の係留施設の利用可否判断と取組，港湾空港技術特別講演会 in 沖縄 2025, 令和 7 年 12 月

## 基準点位置の選定

大規模な液状化、側方流動が生じるような場所では、基準点も簡単に動いてしまう



自然地震での大規模な側方流動（能登半島沖地震、内灘町）  
<https://youtu.be/IXJLX0jdjU?feature=shared&t=118>

国土地理院三角点  
<https://www.gsi.go.jp/sokuchikijun/sankaku-QA.html>

⇒液状化、側方流動が生じないような場所、動かない場所に基準点を置く

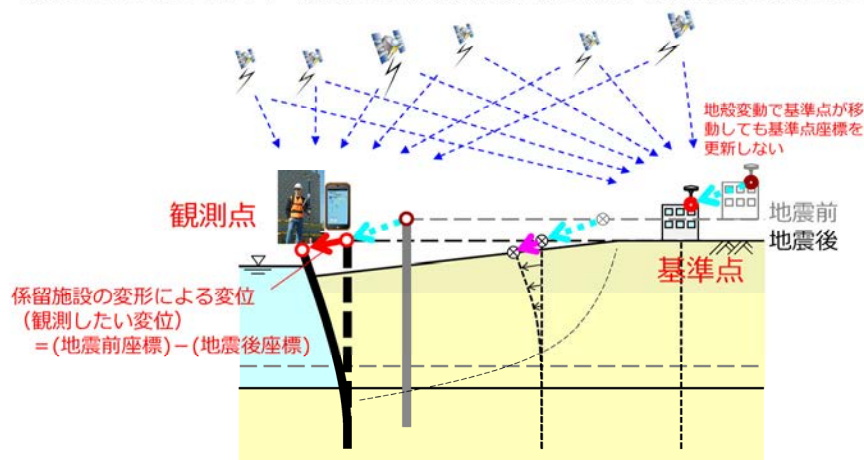


Copyright © 国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所/National Institute of Maritime, Port and Aviation Technology. All rights reserved.

59

## RTK-GNSSを用いた係留施設の変形による変位の計測

- 基準点と観測点にGNSS受信機を置いて同時観測し、基準点座標を参照して観測点座標を精度よく計測する方法
- 地震前の基準点座標を用いて観測点座標を測定し（地殻変動で基準点が移動しても基準点座標を更新しない）、地震前後の観測点座標の差分から地震後残留変位を求める



伊藤宏高, 小清英司: RTK-GNSS を活用した地震後の係留施設の変位量計測・安定性評価支援システムの開発, 港湾空港技術研究所資料No.1370, 2020.



Copyright © 国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所/National Institute of Maritime, Port and Aviation Technology. All rights reserved.

62

図 1-2-2-1(2) Berth Surveyor の方法のイメージ図

※海上・港湾・航空技術研究所: 大地震後の係留施設の利用可否判断と取組, 港湾空港技術特別講演会 in 沖縄 2025, 令和 7 年 12 月

### (3) 水平変位量の推定結果

#### 1) 岸壁法線を仮定する方法

##### (a) 狼煙漁港

図 1-2-2-2 に、狼煙漁港における岸壁法線を仮定する方法での水平変位量の推定方法を示す。狼煙漁港は凹型の漁港であることから、対象施設(-4.5m 岸壁)と直交方向に防波堤が存在する。そのため、両防波堤では岸壁の変動は無いと仮定し、両防波堤を繋ぐ仮定法線を設定した。また、設定した仮定法線及び航空写真の最大はらみ出し状況から、地殻変動の影響を含まない岸壁の水平変位量は、1.13m と推定した(図 1-2-2-2 の③参照)。

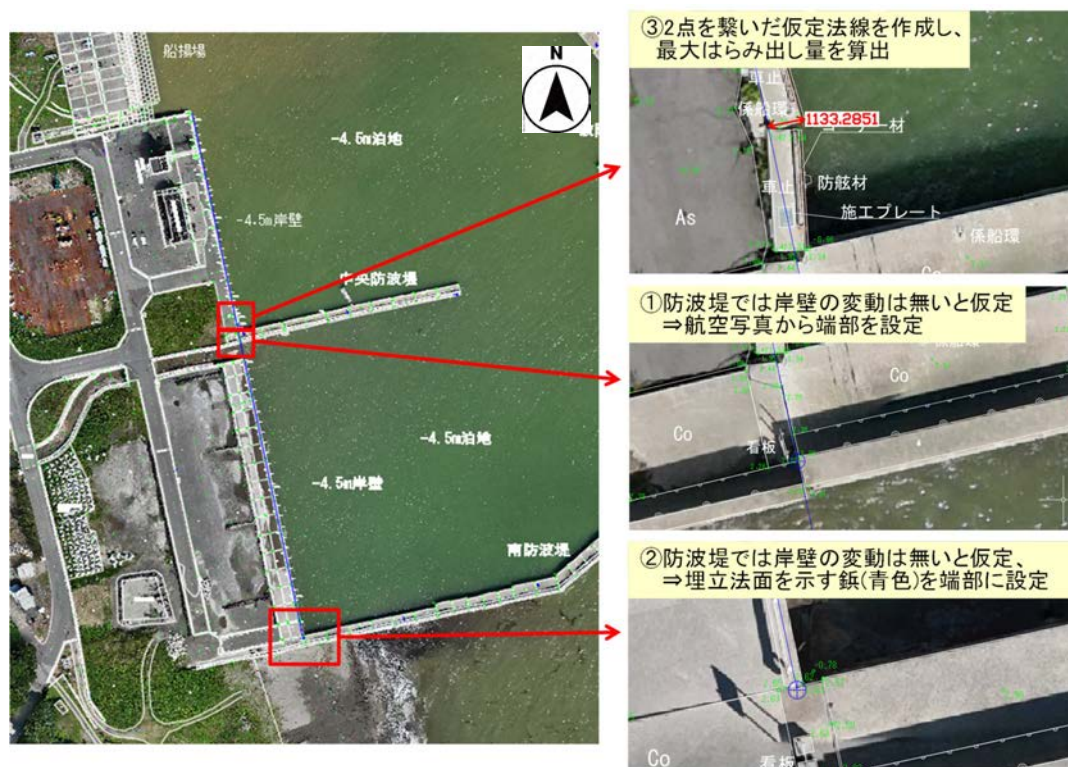


図 1-2-2-2 岸壁法線を仮定する方法での水平変位量の推定(狼煙漁港)

(b) 鵜飼漁港

図 1-2-2-3 に、鵜飼漁港における岸壁法線を仮定する方法での水平変位量の推定方法を示す。鵜飼漁港は凹型の漁港であることから、仮定法線の端部は南北の防波堤で設定することとした。一方、鵜飼漁港は、顕著な津波被害が生じた漁港であったため、北側の防波堤は被害が大きく、岸壁法線の端部としての設定には適さないと判断した。そのため、南側の防波堤のみを、岸壁の変動は無い地点と仮定し、地震前の鵜飼漁港の施設平面図を南側の防波堤の位置で合わせることで、地震後の岸壁法線を仮定した。仮定した岸壁法線及び航空写真の状況から、地殻変動の影響を含まない岸壁の水平変位量は、2.29m と推定した(図 1-2-2-3 の③参照)。



図 1-2-2-3 岸壁法線を仮定する方法での水平変位量の推定(鵜飼漁港)

(c) 鹿磯漁港

図 1-2-2-4 に、鹿磯漁港における岸壁法線を仮定する方法での水平変位量の推定図を示す。鹿磯漁港は凹型の漁港であることから、対象施設の両側を端部として仮定法線を設定した。一方、その場合、設定した仮定法線及び航空写真の状況から、地殻変動の影響を含まない岸壁の水平変位量は、ほとんど発生しない結果となった(図 1-2-2-4 の②参照)。

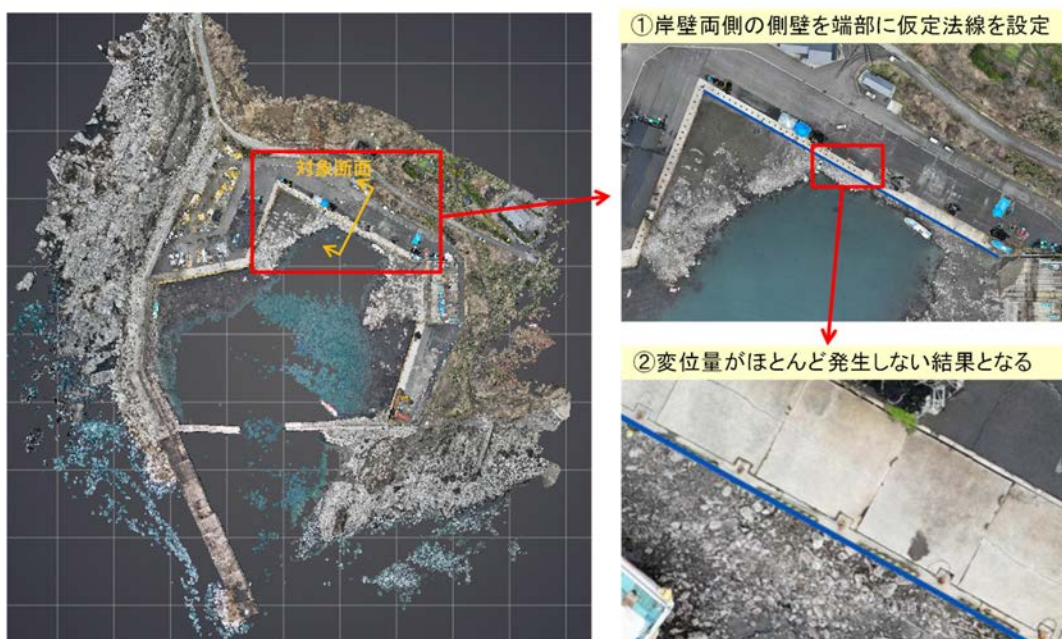


図 1-2-2-4 岸壁法線を仮定する方法での水平変位量の推定(鹿磯漁港)

## 2) 地殻変動量を推定する方法

### (a) 狼煙漁港

図 1-2-2-5 に、狼煙漁港における地殻変動量を推定する方法での水平変位量の推定方法を示す。岸壁から約 150m 離れた建物では、岸壁の変状の影響が無いと想定し、被災前後の航空写真から地殻変動のみによる水平変位量を推定した(図 1-2-2-5 の①参照)。また、地殻変動による影響を含む岸壁の変位量を被災前後の航空写真から推定し(図 1-2-2-5 の②参照)、地殻変動のみによる変位量を差し引くことで、地殻変動による影響を含まない岸壁の水平変位量を推定した。なお、狼煙漁港では、地殻変動の影響を含む岸壁の水平変位量は 0.10m(図 1-2-2-5 の②における被災前後の座標より推定)、地殻変動による水平変位量は岸壁の変位方向と逆方向(南東向)に 1.08m(図 1-2-2-5 の①における被災前後の座標より推定)であったことから、地殻変動による影響を含まない岸壁の水平変位量は  $1.18\text{m}$  ( $0.10\text{m} + 1.08\text{m}$ ) と推定した。



図 1-2-2-5 地殻変動量を推定する方法での水平変位量の推定(狼煙漁港)

### (b) 鵜飼漁港

図 1-2-2-6 に、鵜飼漁港における地殻変動量を推定する方法での水平変位量の推定方法を示す。岸壁から約 300m 離れた建物では、岸壁の変状の影響が無いと想定し、被災前後の航空写真から地殻変動のみによる水平変位量を推定した(図 1-2-2-6 の①参照)。また、地殻変動による影響を含む岸壁の変位量を被災前後の航空写真から推定し(図 1-2-2-6 の②参照)、地殻変動のみによる変位量を差し引くことで、地殻変動による影響を含まない岸壁の水平変位量を推定した。なお、鵜飼漁港では、地殻変動の影響を含む岸壁の水平変位量は 1.45m(図 1-2-2-6 の②における被災前後の座標より推定)、地殻変動による水平変位量は岸壁の変位方向と逆方向(西向)に 0.63m(図 1-2-2-6 の①における被災前後の座標より推定)であったことから、地殻変動による影響を含まない岸壁の水平変位量は 2.08m( $1.45\text{m} + 0.63\text{m}$ )と推定した。



図 1-2-2-6 地殻変動量を推定する方法での水平変位量の推定(鵜飼漁港)

### (c) 鹿磯漁港

図 1-2-2-7 に、鹿磯漁港における地殻変動量を推定する方法での水平変位量の推定方法を示す。岸壁から約 50m 離れた建物の敷地端部では、岸壁の変状の影響が無いと想定し、被災前後の航空写真から地殻変動のみによる水平変位量を推定した(図 1-2-2-7 の①参照)。また、対象施設で実施された被災前後の測量断面(図 1-2-2-6 の②参照)から地殻変動による影響を含む岸壁の変位量を推定し、地殻変動のみによる変位量を差し引くことで、地殻変動による影響を含まない岸壁の水平変位量を推定した。なお、鹿磯漁港では、地殻変動の影響を含む岸壁の水平変位量は 1.98m(図 1-2-2-7 の②における測量断面より推定)、地殻変動による水平変位量は岸壁の変位方向(南西向き)に 1.25m(図 1-2-2-7 の①における被災前後の座標より推定)であったことから、地殻変動による影響を含まない岸壁の水平変位量は  $0.73\text{m}(1.98\text{m}-1.25\text{m})$  と推定した。



図 1-2-2-7 地殻変動量を推定する方法での水平変位量の推定(鹿磯漁港)

### (4) 推定した水平変位量の妥当性確認

表 1-2-2-1 に、各漁港における地殻変動の影響を含まない岸壁の水平変位量の推定結果を示す。なお、表中には、地殻変動による変位量を併せて示している。

各漁港において、前述の 2 方法で推定した地殻変動による影響を含まない岸壁の水平変位量を比較すると、測定不可であった鹿磯漁港を除く 2 漁港では、両方法による推定結果は概ね同程度となった。また、各漁港における西向きの水平変位量について、産業技術総合研究所から公表されている能登半島地震による地殻変動量(図 1-2-2-6)を比較すると、各漁港の西向きの地殻変動量は概ね一致した。そのため、今回推定した変位量は妥当であると判断した。

表 1-2-2-1 地殻変動の影響を含まない岸壁の水平変位量の推定結果

| 漁港名  | ①岸壁法線を<br>仮定する方法 | ②地殻変動量を<br>推定する方法 | 【参考】地殻変動量                  |
|------|------------------|-------------------|----------------------------|
| 狼煙漁港 | 1.13m            | 1.18m             | 1.08m(岸壁直交方向)<br>1.21m(西向) |
| 鵜飼漁港 | 2.29m            | 2.08m             | 0.63m(岸壁直交方向)<br>0.6m(西向)  |
| 鹿磯漁港 | —<br>※測定不可       | 0.73m             | 1.25m(岸壁直交方向)<br>2.53m(西向) |

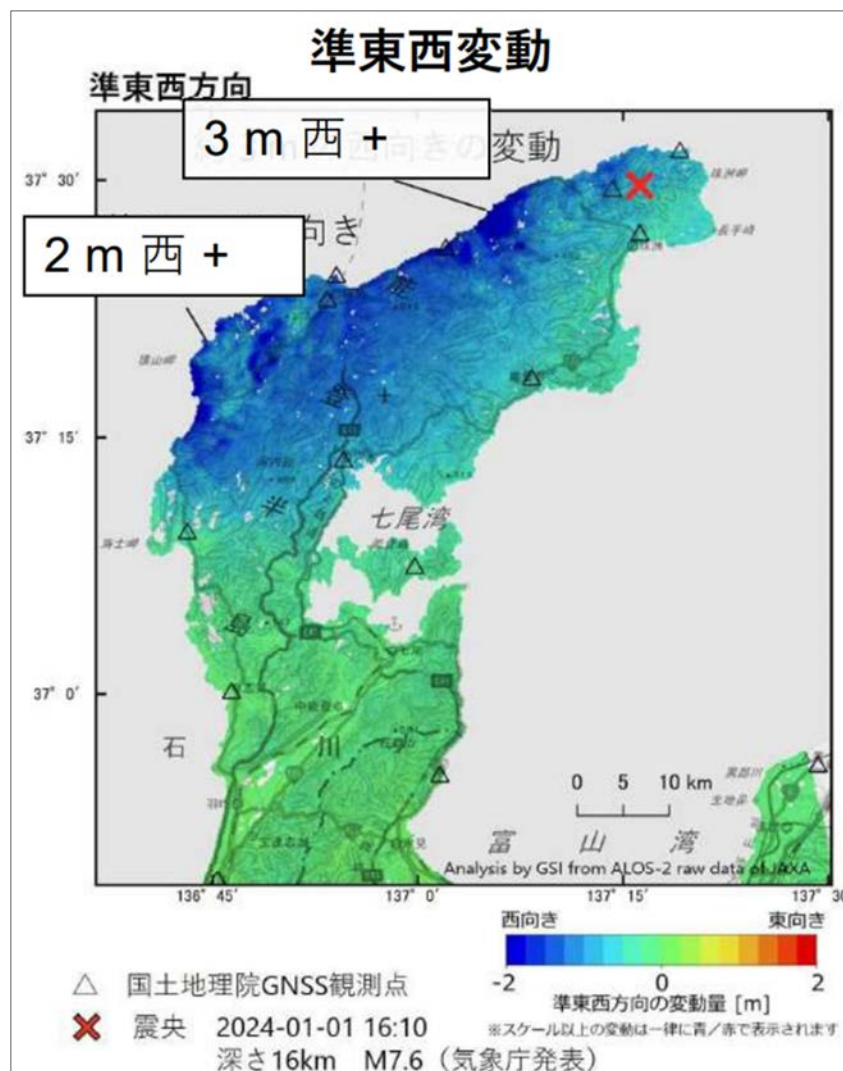


図 1-2-2-6 能登半島地震による地殻変動量

※産業技術総合研究所 活断層・火山研究部門 吉見雅行:2024 年能登半島地震の概要と地震動の特徴, 大分県有識者会議, 2024 年7月 11 日

### 1.2.3 被災後の岸壁における被災要因の推定方法

本調査では、「1.1.6 被災メカニズムの解明」で示したように、地震動による影響について、「液状化を考慮するケース」及び「液状化を考慮しないケース」の2ケースの動的詳細解析を行い、岸壁の水平変位量より被災要因を推定した。当方法については、地震・津波災害における被災施設（岸壁）の被災要因の推定方法の一つである。ただし、動的詳細解は、実地盤と設計条件（地層構成・土質定数）の差異や解析誤差等から計算精度にも限界があり、倍半分程度の誤差が生じる可能性がある。そのため、各要因の割合は評価の目安であり、定量的な評価は難しいことに留意する必要がある。

表 1-2-3-1 に、「1.1.6 被災メカニズムの解明」でも示した各項目による変位への影響の割合の算出方法を示す。

表 1-2-3-1 各項目による変位への影響の割合の算出方法

#### 【各項目による変位量の算出方法】

- ・地震力による変位量：「液状化及び隆起を考慮しないケースの変位量」
- ・液状化による変位量：「液状化を考慮するケースの変位量」  
－「液状化を考慮しないケースの変位量」
- ・解析結果と被災後の水平変位量との差分：「被災後の岸壁における水平変位量」  
－「液状化を考慮するケースの変位量」

#### 【被災後の岸壁の水平変位量に対する各項目による変位への影響の割合】

- ・地震力による割合：「地震力による変位量」÷「被災後の岸壁の水平変位量」
- ・液状化による割合：「液状化による変位量」÷「被災後の岸壁の水平変位量」

## 2. 地盤隆起等による地形変化の影響把握及び将来予測に関する技術的検討

## 2. 地盤隆起等による地形変化の影響把握及び将来予測に関する技術的検討

### 2.1 実施目的

令和6年能登半島地震によって隆起した漁港及び周辺海岸では、急速な砂浜変形が進んでいると考えられており、今後の漁港施設の整備や設計条件に大きな影響を与える可能性があると考えられる。そのため、これまで技術的知見の乏しい海底地形変化の影響による波浪や漂砂等の初期変動の傾向を把握するとともに、経年的な観測モニタリング及び数値解析による将来予測手法に関する検討を行う必要がある。しかし、地殻変動に伴う地盤隆起・沈降によって形成された地形が漁港施設へどのような影響を及ぼすかという観点で必要な経時的なモニタリング項目や手法、留意点を整理したものはほとんどない。

本調査では、地盤隆起による被害が大きかった鹿磯漁港から黒島漁港の区間を調査対象として各種モニタリングを実施し、そこで得られた知見などを踏まえて、今後発生し得る大規模災害等に備え、地形変化が起きた際の効果的・効率的なモニタリング方法を検討するとともに、地形変化の将来予測を実施する際に必要な観測データの把握方法及び留意点等を取りまとめることを目的とする。

### 2.2 現地調査

#### (1) 調査対象

本調査では、令和6年能登半島地震に伴う地盤隆起の影響が最も大きかった石川県輪島市門前町に位置する鹿磯漁港から黒島漁港間を調査対象とする（図2-1）。



図 2-1 調査地点（鹿磯漁港から黒島漁港の間）

## (2) 調査項目

地盤隆起後の汀線変動、底質特性、地盤隆起後の波浪について現地調査を実施する。

## (3) 調査方法

### ① 汀線変動

本調査では、地盤隆起後の汀線変動を調査するため、汀線測量を実施した。汀線測量では、図 2-2 に示すように調査対象内に 50m 間隔で測点を設置した。使用した機材を図 2-3 に示す。実施時期は、令和 7 年 6 月、10 月、令和 8 年 1 月の計 3 回実施した。なお、本調査での汀線変動の整理にあたっては、令和 6 年度行で実施した U A V レーザ測量の結果から抽出した同じ測線での横断図を用いて、令和 6 年 1 1 月～令和 8 年 1 月までの汀線変動量を整理する。

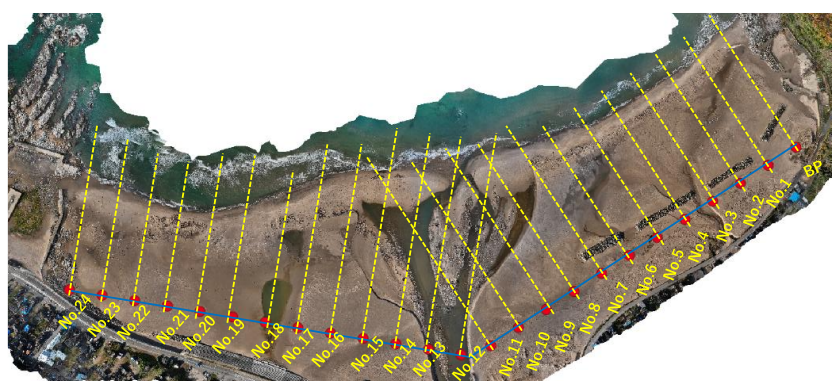


図 2-2 汀線測量における測点（測点間隔 50m）

| 機械名                            | 規格・精度                                                                                                                                                                   | 数量  |
|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| トータルステーション                     | トプコン OS-1 トプコン社製<br>測角：2 級トランシット同等、精度 5”<br>測距：2 級光波測距儀同等<br>精度：± (3+3ppm×D) mm                                                                                         | 1 台 |
| 水準儀 DL-502<br>(デジタルレベル)        | 測距測定精度 50m<D<100m ±0.2%D 以下<br>1km 往復標準偏差 1.0mm                                                                                                                         | 1 台 |
| G N S S 受信機<br>(H i P e r S R) | 精度：<br>スタティック(短縮スタティック含む)⇒水平(3 mm+ 0.5 ppm<br>× D)m.s.e. 垂直(5 mm + 0.5 ppm ×D)m.s.e.<br>リアルタイムキネマティック⇒水平(10 mm + 1.0<br>ppm × D)m.s.e. 垂直(15 mm + 1.0 ppm ×<br>D)m.s.e. | 1 式 |

図 2-3 主な使用機器

## ②底質特性

本調査では、図 2-4 に示す 5 ヶ所においてスコップで底質材料を採取し、実験室にて粒度組成分析を実施した。採取時期は、前述した汀線測量の第一回目（令和 7 年 6 月）とした。



図 2-4 底質材料の採取地点

## ③波浪観測

本調査では、地盤隆起後の鹿磯漁港沖合での波浪を把握するため、図 2-5 に示す鹿磯漁港沖合の水深約 27m 地点にブイ式波高計を設置して観測を実施した。図 2-6 に使用したブイ式波高計の仕様及び設置概要図を示す。

観測期間は、冬季風浪が卓越する期間となる令和 7 年 11 月 7 日から令和 8 年 1 月 13 日の約 70 日間とし、観測項目は波高、周期、波向とした。

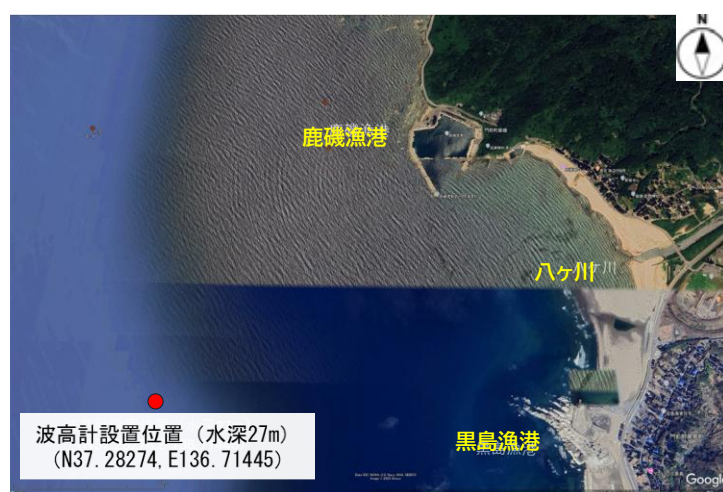


図 2-5 現地波浪観測の実施地点



図 2-6 ブイ式波高計の仕様及び設置概要図

## 2.3 現地調査の結果

### (1) 地盤隆起後の汀線変動の初期傾向

本調査で実施した3回の汀線測量の結果と、令和6年度業務で実施したUAVレーザ測量の結果から抽出した同じ地点での横断面図を比較し、以下の観点で整理した。

- ①令和6年11月～令和7年2月：地盤隆起後の初回冬季風浪期間中の変動量
- ②令和7年2月～令和7年6月：地盤隆起後の初回冬季風浪期間後の変動量
- ③令和7年6月～令和7年10月：地盤隆起後の2回目の冬季風浪期間前までの変動量
- ④令和7年10月～令和8年1月：地盤隆起後の2回目の冬季風浪期間中の変動量
- ⑤令和6年11月～令和8年1月：対象期間における累積変動量

図 2-7 に令和6年11月～令和7年2月の地盤隆起後の初回冬季風浪中の汀線変動量を示す。図より、鹿磯漁港よりの測点 BP～No. 7 における汀線は、平均して 20-30m 程度後退している。一方、黒島漁港よりの測点 No. 19～No. 24 においては最大で 50m、平均では 30-40m 程度汀線が前進していることがわかる。八ヶ川河口部付近の影響があると考えられる No. 8～No. 17 では、汀線は大きく後退している。

次に、地盤隆起後の初回冬季風浪後中の汀線変動量を図 2-8 示す。図より、鹿磯漁港よりの測点 BP～No. 3 においては、10m 程度汀線は前進している。一方、黒島漁港よりの測点 No. 22～No. 24 でも 10m 程度汀線が前進している。八ヶ川河口部付近の影響を受ける範囲では、汀線の変動量は一部で 50m 以上前進、後退している箇所もある。

図 2-9 に、地盤隆起後2回目の冬季風浪が作用する前までの汀線変動量を示す。この期間では、鹿磯漁港よりでは八ヶ川河口部に近づくにつれ汀線の前進量は大きくなる海溝にある。八ヶ川河口部の影響がある No. 8～No. 16 では概ね汀線は後退しており、変動量も最大で 70m 程度と大きくなっている。黒島漁港よりの測点 No. 17～No. 24 の区間では、平均して 10m 程度汀線が後退している。

図 2-10 に、地盤隆起後2回目の冬季風浪中の汀線変動量を示す。鹿磯漁港よりの測点

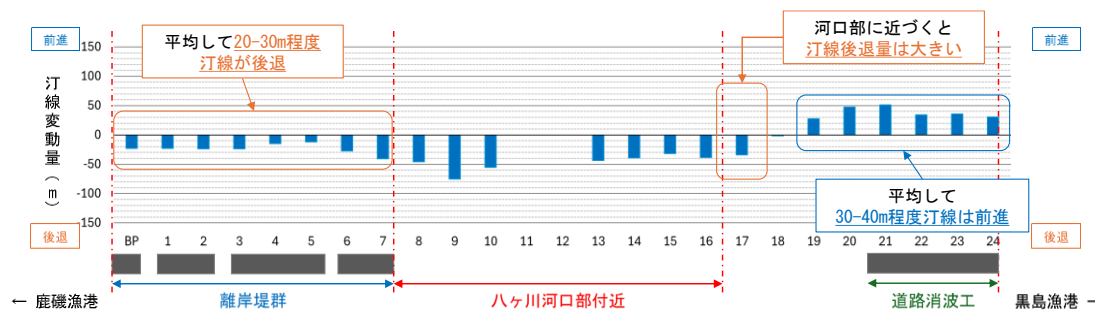


図 2-7 地盤隆起後の初回冬季風浪中の汀線変動量（令和 6 年 1 1 月～令和 7 年 2 月）

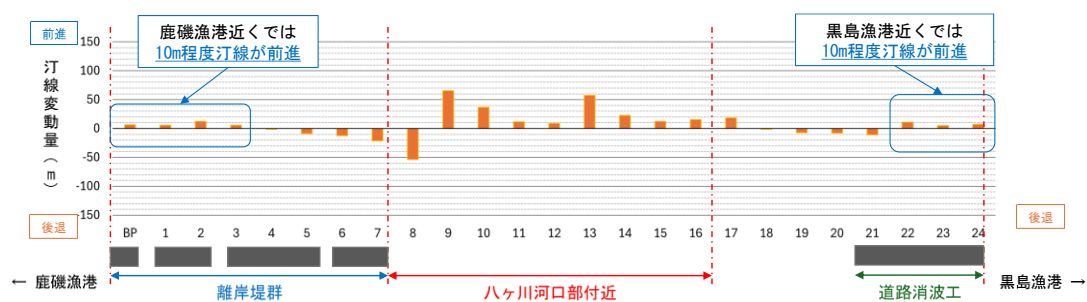


図 2-8 地盤隆起後の初回冬季風浪後の汀線変動量（令和 7 年 2 月～令和 7 年 6 月）

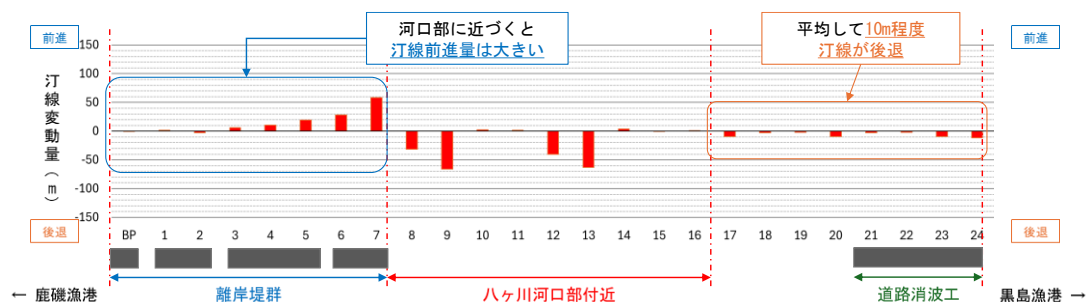


図 2-9 地盤隆起後の初回冬季風浪後の汀線変動量（令和 7 年 6 月～令和 7 年 1 0 月）

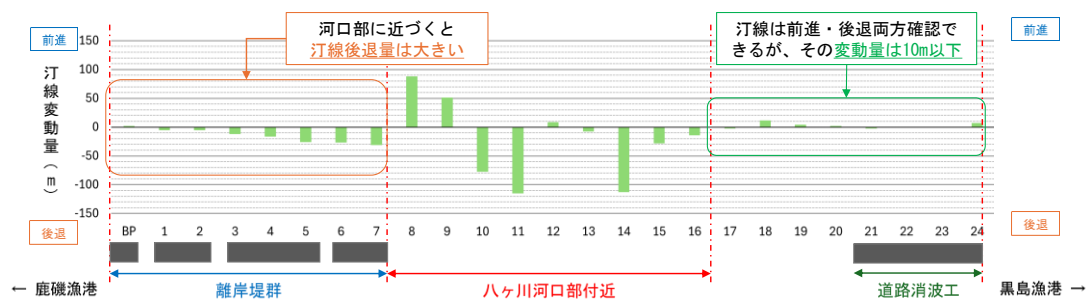


図 2-10 地盤隆起後の初回冬季風浪後の汀線変動量（令和 7 年 1 0 月～令和 8 年 1 月）

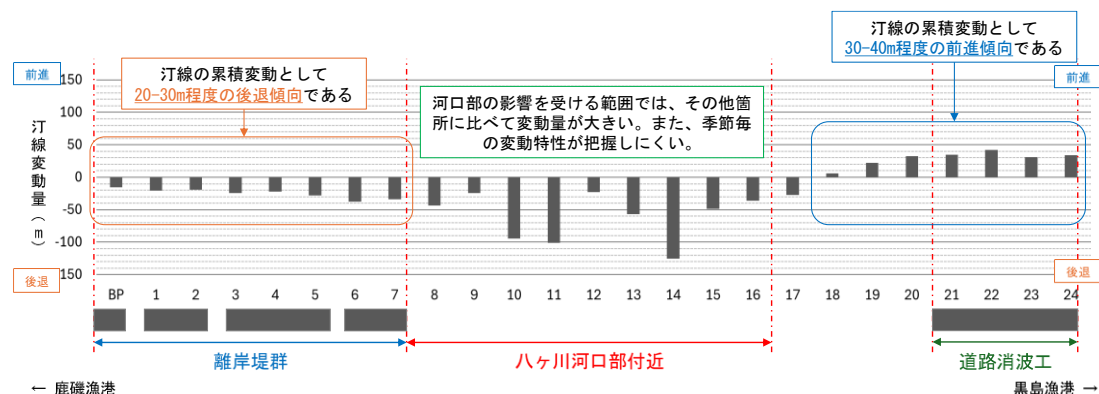


図 2-11 期間中の汀線累積変動量（令和 6 年 1 1 月～令和 8 年 1 月）

BP～No. 7 では、漁港に近いほど汀線は殆ど変動していないものの河口部に近づくにつれ汀線後退量が大きくなっている。一方、黒島漁港側では汀線は前進・後退両方確認できるが、その変動量は 10m 以下である。地盤隆起後の初回冬季風浪中の汀線変動量と比較すると、その値は小さくなっていることがわかる。

図 2-11 に期間中の累積汀線変動量を示す。鹿磯漁港側の区間（BP～No. 7）では、期間中の汀線は後退傾向にあり、後退量は 20-30m 程度である。黒島漁港側の区間（No. 17～No. 24）の区間では、期間中の汀線は前進傾向にあり、前進量は最大 40m 程度である。ハヶ川河口部付近の測点では、汀線は後退傾向にある。

以上より、鹿磯漁港及び黒島漁港側の区間では、地盤隆起後 2 年経過し、汀線変動は概ね安定した状態に達したと考えられる。ただし、新たに施設を設置した際には汀線の変動傾向は変わる可能性が高い。そのため、定期的な現地調査、もしくは航空写真や衛星画像を使った簡易的な汀線変動の観測を継続することが必要となる場合もある。

(2) 地盤隆起後の底質特性

図 2-12 に令和 7 年 5 月に現地で採取した底質材料の粒度組成分析結果を示す。

|                     |         | No. 1  | No. 2  | No. 3  | No. 4  | No. 5  |
|---------------------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 密度 (kg/m3)          |         | 2. 657 | 2. 648 | 2. 654 | 2. 655 | 2. 662 |
| 50%粒径 $D_{50}$ (mm) |         | 0. 313 | 0. 318 | 0. 753 | 0. 564 | 0. 364 |
| 含有率 (%)             | 礫分      | 0. 0   | 0. 0   | 0. 2   | 0. 3   | 0. 5   |
|                     | 粗砂分     | 0. 2   | 0. 2   | 37. 9  | 19. 8  | 4. 5   |
|                     | 中砂分     | 83. 0  | 83. 6  | 61. 1  | 76. 7  | 85. 4  |
|                     | 細砂分     | 16. 0  | 15. 5  | 0. 2   | 2. 9   | 9. 4   |
|                     | シルト+粘土分 | 0. 8   | 0. 7   | 0. 6   | 0. 3   | 0. 2   |

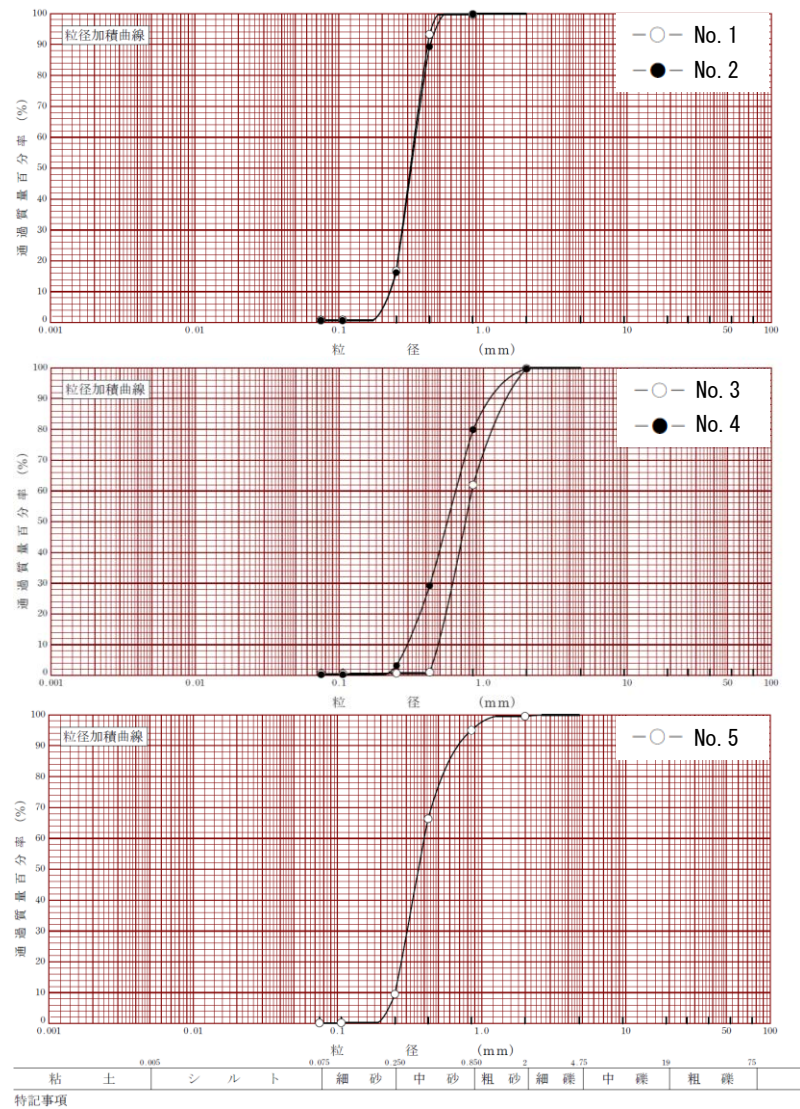


図 2-12 粒度組成分析の結果

図より、鹿磯漁港と黒島漁港に近い採取地点である No. 1、2、5 では、50%粒径  $D_{50}$  は 0.3mm 程度であるのに対して、八ヶ川河口付近の No. 3 では 50%粒径  $D_{50}$  は 0.75mm 程度と調査対象範囲の中では最も粒径が粗い傾向である。調査対象箇所では、令和 6 年 9 月に能登豪雨による大規模出水を受けており、河川由来の砂が河口部へ堆積した影響もあると考えられる。このことから、現地調査の対象範囲に土砂供給の可能性のある河川が存在する場合には、底質特性の採取箇所に河口部を含めることも検討する必要がある。

### (3) 地盤隆起後の現地波浪

図 2-13 に、現地波浪観測結果を示す。図より、期間中に観測された最大波は令和 8 年 1 月 17 日 7:00 の有義波高  $H_{1/3}=6.36\text{m}$ 、有義波周期  $T_{1/3}=11.73\text{s}$  であった。この時の波向は W 方向である。また、令和 8 年 1 月は波高 5m 以上の継続時間が 3 時間以上となるケースが 4 回あった。最長では令和 8 年 1 月 13 日 15:00 から 8 時間 30 分の間 5m 以上の波高を継続観測した（継続とは 1 時間以内に 5m 以上が連続観測した場合）。期間中に観測されたデータを波向別周期出現頻度図及び波向別波高出現頻度図として整理した結果より、観測地点では期間中 NW 方向と WNW 方向の波向が卓越していることがわかる。

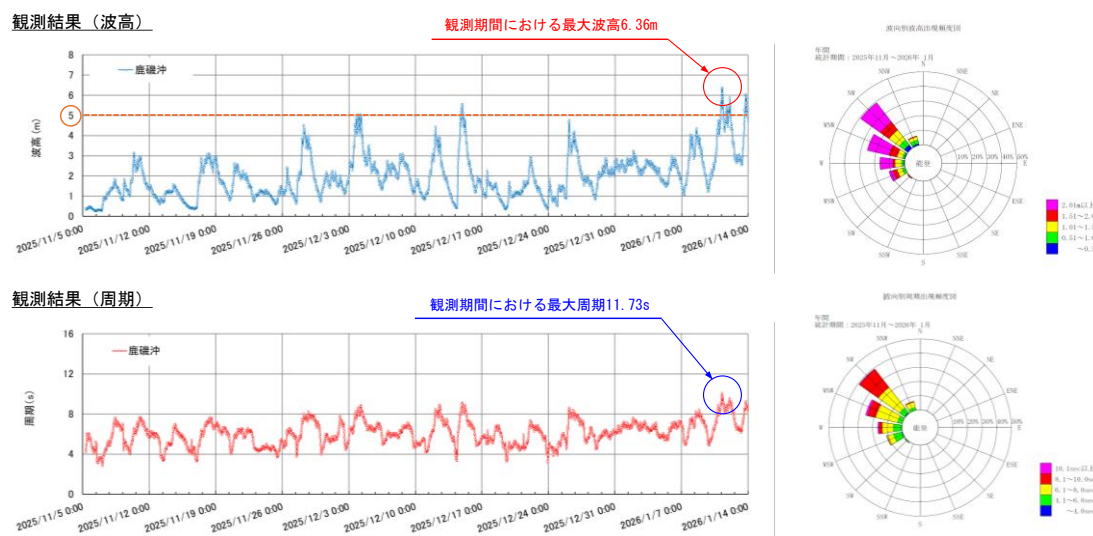


図 2-13 現地波浪観測の結果（上段：有義波高、下段：有義波周期）

本調査で観測した波浪データは冬季期間中の限られたものであるため、その他の期間の波浪データを予測することを目的に、気象庁が公開している沿岸波浪予測モデル GPV による予測値及びナウファス金沢港における同期間の観測値との相関性を整理した。

沿岸予測波浪モデル GPV の概要を図 2-14 に示す。GPV は、約 5km 格子毎に 72 時間先まで（3 時間間隔）予報するものであるため、現地波浪観測地点との比較には図に示すように西に約 1.4km、北に約 2.2km 移動した位置を使用した。解析期間は令和 7 年 11 月 5 日

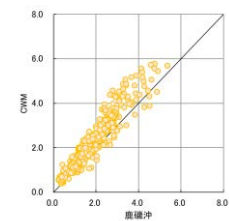
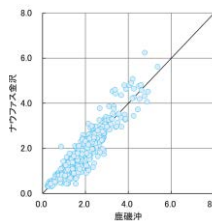
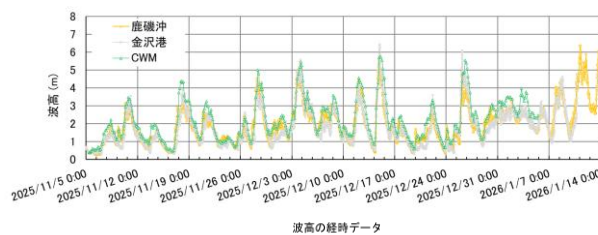
【沿岸波浪数値予測モデルGPV (CWM) の概要】

|        |                                     |
|--------|-------------------------------------|
| 格子系：   | 等緯度等経度、0.05度×0.05度（約5km格子）          |
| 予報時間：  | 72時間先まで（3時間間隔）                      |
| 提供データ： | 有義波高[m]、有義波周期[s]、波向[度]              |
| 解析期間：  | 2025年11月5日 09:00 ～ 2026年1月13日 21:00 |
| 解析位置：  | N37.30°、E136.70°（※現地観測位置に近い地点）      |



図 2-14 沿岸波浪数値予測モデル GPV の概要

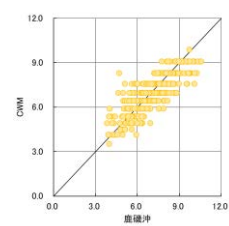
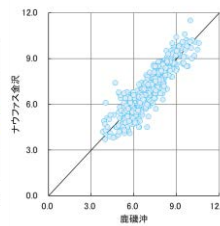
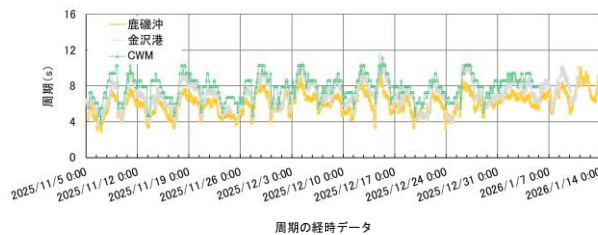
### ①波高



現地波浪観測（鹿磯沖）とNWPHAS金沢

現地波浪観測（鹿磯沖）と沿岸波浪予測モデルCWM

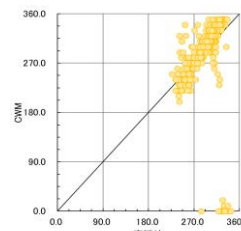
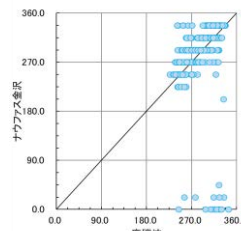
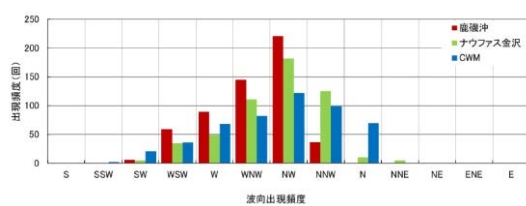
### ②周期



現地波浪観測（鹿磯沖）とNWPHAS金沢

現地波浪観測（鹿磯沖）と沿岸波浪予測モデルCWM

### ③ 波向



現地波浪観測（鹿磯沖）とNWPHAS金沢

現地波浪観測（鹿磯沖）と沿岸波浪予測モデルCWM

図 2-15 現地波浪観測結果とナウファス金沢、沿岸波浪数値予測モデル GPV の比較

9:00～令和 8 年 1 月 13 日 21:00 である。

図 2-15 に経時データ比較及び現地観測結果とナウファス金沢の関係、現地波浪観測結果と GPV 予報値の関係性を示す。図より、有義波高や有義波周期は概ね鹿磯沖での観測結果とナウファス金沢及び GPV による予測値は経時的な変化は一致し、相関性が高いことを示している。一方、波向に関しては現地観測では NW 方向と WNW 方向が卓越しているもの

の、ナウファス金沢や GPV 予報値では NNW 方向も比較的出現している点に違いがある。以上のことから、現地波浪観測結果と既存観測施設及び沿岸波浪数値予測モデルとの波高、周期の相関性は高いため、今回実施した期間外の波浪予測にあたっては既存観測施設や予測値を参考にすることができると考えられる。ただし、波向については傾向が異なる部分もあるため、波浪場計算など用いて検討する必要がある。

## 2.4 大規模災害時のモニタリング手法の検討

### (1) 概要

令和6年能登半島地震に代表される大規模な地殻変動によって新たに海浜地形が形成された地域では、波に対して海浜地形が安定状態に達していない場合が多いと考えられる。そのため、あらたな海浜地形が形成された後、波の作用によって地盤隆起・沈降前とは異なる漂砂の傾向、特徴を示す可能性がある。漂砂の傾向を把握することは、近隣の漁港の水域施設（航路・泊地）の埋没現象を検討する上で重要な項目の一つである。また、これらを効果的、効率的に実施するには、現地モニタリング調査と数値計算による将来予測を活用することが望ましい。そこで、今後、全国で令和6年能登半島地震のような大規模な地盤隆起・沈降が発生した際の効果的かつ効率的なモニタリング手法について、前述した調査事例も踏まえながら整理を行う。

### (2) 構成（案）

令和7年度業務の検討では、現地調査を実施した①地形変化調査、②底質特性調査、③波浪観測の一般的な手法及び留意点について整理する。また、最終的なとりまとめにあたっては、前述した令和6年度能登半島地震で実施した調査事例を各項目で紹介する。

### (3) 地形変化調査

漁港の水域施設の埋没現象へ影響を及ぼす漂砂の傾向や特性を把握するために、地形変化調査を実施する。一般的な調査手法を図2-16に示す。前述した現地調査の結果を踏まえると、新たに形成された海浜地形の変動傾向を把握するためには、可能な限り早い時期にモニタリングを開始し、冬季風浪や台風などの外力作用によって急激に海浜変形が生じる可能性がある時期を外さないように調査時期や頻度を計画する必要がある。ただし、地盤隆起・沈降直後は現地調査が難しい可能性があることや、長期間のモニタリングが必要になる可能性があることを踏まえると、航空写真や衛星画像データ解析（図2-17）等の手法を活用することが望ましい。

| 測定手法・概要           |                                                  | 陸上部 | 水中部 | メリット                                                         | デメリット                                         |
|-------------------|--------------------------------------------------|-----|-----|--------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| 音響測深<br>（シングルビーム） | ● 単一の音波を発射し、一度に一点の深度を線的に測定                       | ○   | —   | ● 一般的な手法で対応可能な業者が多い<br>● 調査費用が比較的安価                          | ● 細かな地形変化を捉えることができないため、局所的な地形変化を把握することには適さない。 |
| 音響測深<br>（マルチビーム）  | ● 複数の音波を扇状に発射し、広範囲の深度を同時に面的に測定                   | ○   | —   | ● 3次元データの取得が可能<br>● 広範囲を効率的に測深可能                             | ● 調査費用が比較的高い<br>● 対応可能な業者が限られる                |
| 無人航空機<br>レーザー測量   | ● ドローン等の無人航空機（UAV）にレーザーセンサーを搭載し、対象物からの反射から地盤高を取得 | ○   | ○   | ● グリーンレーザーを利用することで陸上を含め3次元データをシームレスに取得可能<br>● 音響測深と比較すると高解像度 | ● 調査費用が比較的高い<br>● 計測条件が限定的（透明度が高い、5m以浅など）     |
| 衛星画像データ解析         | ● 光学衛星やレーダー衛星等の衛星画像を用いて、長期間の汀線変動を解析              | ○   | —   | ● 現地測量に比べて人員・時間を大幅に削減可能<br>● 長期間の変動解析が可能                     | ● 潮位や波浪、解像度の制約、雲の影響等により解析精度に影響が及ぶ。            |

図2-16 地形変化調査の主な手法と留意点



※上図は潮位補正前の解析結果

図 2-17 衛星画像データ解析による汀線変動の解析例

#### (4) 底質特性調査

底質特性調査は、漂砂源の検討や沿岸漂砂の卓越方向の推定、数値計算による水域埋没予測を実施する際の底質条件を検討するため等に実施する。調査方法は、採泥器やスコップなどで採取した底質を乾燥させた後、ふるい試験により粒径加積曲線を描き中央粒径や均等係数などを評価する。調査にあたっての留意事項は、本調査で実施した現地調査のように、対象とする区域に土砂の供給源となる河川が存在する場合には、河口部を含めて採取地点を検討する必要がある。

#### (5) 現地波浪観測

地盤隆起・沈降によって沖合の海底地形が変化し、その影響によって波浪特性に波浪特性も変化する可能性がある。また、長期間にわたる将来予測を実施する上も、地盤隆起後の対象箇所近隣での波浪特性を把握することは重要となる。一般的な観測手法及び留意点

| 測定手法・概要      | メリット                                                                   | デメリット                                    |
|--------------|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| 水圧式波高計       | ● 海底に設置した圧力計で計測した圧力変化から水面の変動を測定。                                       | ● 比較的小さい波に設置できる                          |
| 超音波式波高計      | ● 海底に設置したセンサーから鉛直方向に超音波を発射し、海面で反射した信号が戻るまでの時間測定を連続的に繰り返すことで表面波高を測定。    | ● 砕波等では音波が散乱するため、海面近くで気泡を巻き込む条件では計測が困難   |
| 超音波式流速計型波高計  | ● 海底などに設置した超音波センサーにより、波に伴う水平・鉛直方向成分の水粒子速度と水圧変動を測定することで、波高、流速および波向を計測。  | ● 水粒子の運動を測定するため、波高が小さい場合や周期の短い場合は測定には不向き |
| 海象計          | ● 海底に設置したセンサーによって、波浪（波高・周期・波向）、潮流および潮位変動を同時に測定。                        | ● 気泡や濁りによって精度が低下                         |
| ブイ式波高計（加速度式） | ● ブイに設置された鉛直加速度計によって、水面の上下運動を計測。                                       | ● 比較的水深の大きい（50m程度）での観測が可能                |
| ブイ式波高計（GPS式） | ● GPS受信機をブイに搭載し、上空を周回するGPS衛星からGPS信号を受信し、GPS受信機の3次元的な位置を測定し、水面の上下運動を計測。 | ● 電源供給やデータ転送のためのケーブルが不要なため設置費用が比較的安価     |
|              | ● RTK (Real Time Kinematic) 測位法を用いることで、数cmの精度で測定可能。                    | ● 係留索の影響が計測精度へ及ぶ                         |
|              |                                                                        | ● 長周期波の観測に不向き                            |
|              |                                                                        | ● 波浪条件（荒天時等）による計測精度の低下                   |

図 2-18 現地波浪観測の主な手法と留意点

を図 2-18 に示す。現地の波浪データを取得するためには、近隣の既存観測施設（ナウファス等）のデータを用いるのが効率的である。しかし、令和 6 年能登半島地震では、地殻変動に伴う地盤隆起・沈降の影響を受け、NOWPHAS 輪島では、地震直後から暫くの間は波浪観測データが欠測となる期間が続いた。今後想定されている巨大地震においても、既存の観測施設が長期間利用できなくなる可能性もある。その際、本調査で使用したブイ式波高計は、被害のあった漁港施設周辺に比較的費用を抑えて設置できる点や、日本海側の冬季風浪時にも 6m 以上の有義波高が観測できているなど、地震後に現地波浪観測を実施する手法として使用することができる。また、ブイ式波高計を長期間現地に設置して地盤隆起後の波浪データを蓄積することもできることに加え、本調査で実施したように現地波浪観測データと沿岸波浪数値予測モデル GPV の予測値との相関性を整理し、観測時期以外の波浪データを推定する等の方法も考えられる。

### 3. 全国の耐震・耐津波対策及び設計手法に関する技術的検討

### 3. 全国の耐震・耐津波対策及び設計手法に関する技術的検討

#### 3.1 設計水平震度の整理

##### 3.1.1 検討の背景

「漁港・漁場の施設の設計参考図書 2023 年版(以降、設計参考図書)」では、漁港・漁場の施設に対して簡便に耐震性能の照査を行う方法として、設計水平震度を用いた震度法が示されている(図 3-1-1-1)。また、震度法により耐震性能の照査を行う場合は、設計参考図書に記されている「地域別の工学的基盤最大加速度及び設計水平震度(以下「地域別震度表」という)」の値(表 3-1-1-1)を用いることが標準とされている。この地域別震度表の値は、「日本港湾協会:港湾施設の技術上の基準・同解説、平成 11 年(以降、港湾技術基準(H11))」及び、北澤らによる研究が参考とされており、同研究では、過去の地震記録と距離減衰式を用いて、全国 190 箇所の港湾における再現期間と最大加速度期待値の関係を整理している。ただし、同研究では 1885 年～1981 年までの 97 年間の地震記録が用いられており、近年の地震動データが用いられているとは言い難い。なお、漁港・漁場の設計水平震度の設定にあたっては、漁港における地震動データに基づき設定することが望ましいが、漁港のうち、レベル 1 地震動が設定されているのは一部のみである。そのため、漁港の地震動データを基に地域別の傾向を踏まえた設計水平震度を設定するのは難しいのが実情である。

一方、港湾施設では、全国の重要港湾及び地方港湾においてレベル 1 地震動が設定されており、それらのレベル 1 地震動は近年発生した地震が踏まえられたものとなっている。そこで、本調査では全国の港湾における最新のレベル 1 地震動データを用いることで、近年の地震動データを考慮した照査用震度を算出した。算出した照査用震度と、「設計参考図書」における地域別震度を比較することにより、現行の地域別震度表の見直しの必要性について検討した。

なお、本調査では対象の港湾施設のうち重要港湾の照査用震度を算出した。現行の地域別震度表の見直しにあたっては、次年度実施予定の地方港湾における照査用震度の算出結果を含めて検討するものとした。図 3-1-1-2 に、本調査における検討フローを示す。

##### 11.1.2 耐震性能の照査の考え方

耐震性能の照査は、本質的には、「来襲する地震動の設定」を行い、「構造物に働く地震力」を何らかの方法で再現して、「地震力が働く時の構造物の安定の評価」を行うものである。この 3 つの検討を具体的な方法で述べると例えば次のようになる。「来襲する地震動」として、政府機関や研究機関等が発表している想定地震のモデルを使用して施設建設地点の工学的基盤波形を算出する。次に、工学的基盤より上の地層と構造物をモデル化した 2 次元応答解析や、振動台を用いた模型実験によって、「構造物への地震力の作用」を再現する。2 次元応答解析や模型実験で求めた構造物の変位及び応力が許容値以内であるかどうか判定することにより、「構造物の安定の評価」を行う。

一方、この 3 つの検討を逐一行わなくとも簡便に耐震性能の照査が行える方法として、「第 2 編 11.2 耐震性能の照査に用いる震度」に述べる震度法がある。

図 3-1-1-1 設計参考図書における耐震性能の考え方

※水産庁:漁港・漁場の施設の設計参考図書,p.167,令和 7 年 6 月一部改正

表 3-1-1-1 設計参考図書の地域別震度表

※水産庁：漁港・漁場の施設の設計参考図書, p. 169, 令和 7 年 6 月一部改正

表 2-11-1 地域別の工学的基盤最大加速度及び設計水平震度

|                   | 北海道(根室, 釧路, 十勝, 日高), 関東(千葉県, 東京都の八丈島及び小笠原諸島を除く地域, 神奈川県), 中部(福井県, 静岡県, 愛知県), 近畿(三重県, 滋賀県, 大阪府, 兵庫県, 和歌山県) | 東北(青森県の尻屋崎以南の太平洋岸, 岩手県, 宮城県(茨城県), 近畿(京都府), 四国(徳島県, 高知県) | 北海道(胆振, 渡島, 檜山), 東北(青森県の尻屋崎以南の太平洋岸を除く地域, 秋田県, 山形県), 中部(新潟県, 富山県, 石川県), 中国(鳥取県, 広島県), 四国(愛媛県), 九州(熊本県, 大分県, 宮崎県, 鹿児島県の大東諸島) | 北海道(網走, 後志, 石狩, 空知, 留萌), 中国(島根県, 岡山県), 四国(香川県), 九州(佐賀県, 長崎県の五島列島, 老岐及び対馬を除く地域, 鹿児島県の奄美諸島を除く地域), 沖縄県の大東諸島を除く地域) | 北海道(宗谷), 関東(東京都の八丈島及び小笠原諸島), 中国(山口県), 九州(福岡県, 長崎県の五島列島, 老岐及び対馬, 沖縄県の大東諸島) |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| 係留施設 A            | 0.18 (0.22)                                                                                              | 0.16 (0.19)                                             | 0.14 (0.17)                                                                                                                | 0.13 (0.16)                                                                                                    | 0.10 (0.12)                                                               |
| 親水施設              | 0.18 (0.22)                                                                                              | 0.16 (0.19)                                             | 0.14 (0.17)                                                                                                                | 0.13 (0.16)                                                                                                    | 0.10 (0.12)                                                               |
| 係留施設 B            | 0.15 (0.20)                                                                                              | 0.13 (0.16)                                             | 0.12 (0.14)                                                                                                                | 0.11 (0.13)                                                                                                    | 0.08 (0.10)                                                               |
| 外郭施設              | 0.15 (0.20)                                                                                              | 0.13 (0.16)                                             | 0.12 (0.14)                                                                                                                | 0.11 (0.13)                                                                                                    | 0.08 (0.10)                                                               |
| 工学的基盤の最大加速度 (Gal) | 350                                                                                                      | 250                                                     | 200                                                                                                                        | 150                                                                                                            | 100                                                                       |

(注 1) 第四紀層(沖積層、洪積層)の厚さが、下記のいずれかの場合は( )書の設計水平震度を用いる。

① 一般の砂及び粘土地盤の厚さが 25m 以上の場合

② 軟弱地盤の厚さが 5m 以上の場合

ここでいう軟弱地盤とは、N 値が 4 以下の砂地盤、または一軸圧縮強度が 20kPa 以下の地盤であり、通常の軟弱地盤の概念とは若干異なる。

(注 2) 係留施設 A は、耐震強化岸壁、耐震強化岸壁に準じる岸壁及びその他の耐震性能を強化する岸壁、又は定期船・フェリーが発着する岸壁であることを基本とする。係留施設 B は、係留施設 A 以外の岸壁及び物揚場である。

(注 3) 親水施設は、親水性を考慮した護岸及び防波堤である。

(注 4) 外郭施設は、親水施設及び道路護岸を除く外郭施設である。

この表の設計水平震度は、レベル 1 地震動に対して所期の機能を維持することを目的として、各地域における地震の活動度、施設建設地点における地盤の特性、施設の重要度等を考慮し、地域別震度に地盤種別係数、重要度係数の各補正係数を乗じた値<sup>⑤</sup>となっている。この表の地域分けは、全国 190 箇所の港湾の工学的基盤における確率論的最大加速度の分布<sup>⑥</sup>を素地としており、地域別震度の大きさは、地域別の最大加速度の再現期間 75 年の期待値と、最大加速度と作用震度の関係をもとに設定されている<sup>⑤</sup>。(耐震強化岸壁、耐震強化岸壁に準じる岸壁及びその他の耐震性能を強化する岸壁の耐震性能照査は、「第 6 編 5.4.3 耐震性能に関する性能照査」によることができ、その際、レベル 1 地震動の設計水平震度として本表の値を用いることができる。)

5) 日本港湾協会：港湾施設の技術上の基準・同解説, pp. 262-266, 平成 11 年

6) 北澤壮介他：沿岸地域における基盤の最大加速度期待値の推定、港湾技研資料 No. 486, 昭和 59 年 7 月

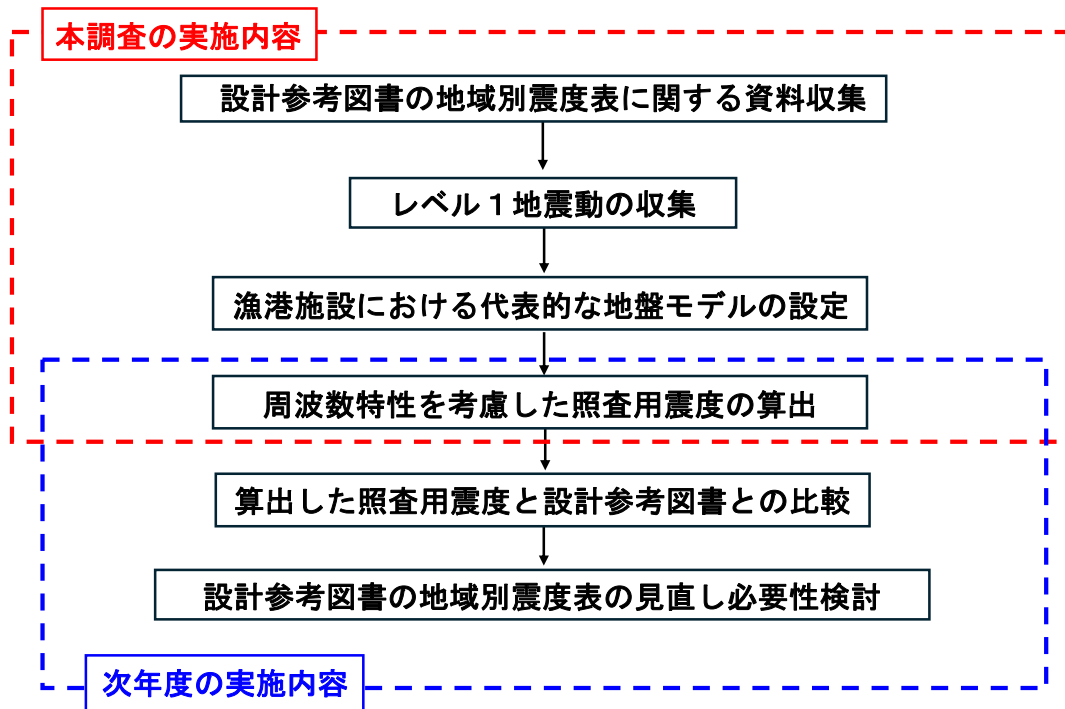


図 3-1-1-2 本業務の検討フロー

### 3.1.2 設計参考図書で設定されている地域別の設計水平震度

設計参考図書で設定されている地域別震度は、港湾技術基準(H11)における地域別震度に、地盤種別係数及び重要度係数の各係数を乗じた値となっている。表 3-1-2-1～表 3-1-2-3 に、港湾技術基準(H11)の該当箇所の抜粋を示す。

例えば、地域別震度表に示されている軟弱地盤が 5m 以上の A 地区における係留施設 A の設計水平震度(表 3-1-1-1 の赤枠：0.22)は、港湾技術基準(H11)に示されている A 地区の地域別震度(0.15)×第三種地盤の地盤種別係数(1.2)×構造物の種別(A 級)の重要度係数(1.2)=0.22 となる。また、地域別震度表に示されている軟弱地盤が 5m 未満の C 地区における係留施設 B の設計水平震度(表 3-1-1-1 の青枠：0.12)は、港湾技術基準(H11)に示されている C 地区の地域別震度(0.12)×第二種地盤の地盤種別係数(1.0)×構造物の種別(B 級)の重要度係数(1.0)=0.12 となる。

表 3-1-2-1 港湾基準(H11)における設計水平震度の算定方法及び地域別震度  
※日本港湾協会：港湾施設の技術上の基準・同解説, p.262, 平成 11 年

(1) 震度法において、震度は、次式によって得られる水平震度とし、小数点以下 3 けた目を四捨五入し、小数点以下 2 けたの数値で表すものとする。  
震度＝地域別震度×地盤種別係数×重要度係数  
この場合において、地域別震度は、港湾の施設が存する地域の区分に応じて表-12.4.1に掲げる数値、地盤種別係数は、表-12.4.3に掲げる地盤種別に応じて表-12.4.2に掲げる数値、重要度係数は、構造物の特性に応じて表-12.4.4に掲げる数値を標準とする。

| 地 域 区 分 |                                                                                                                                             | 地域別震度 |
|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| A 地区    | 北海道のうち、根室支庁管内、釧路支庁管内、十勝支庁管内及び日高支庁管内<br>埼玉県、千葉県<br>東京都のうち、八丈島及び小笠原諸島を除く地域<br>神奈川県、山梨県、静岡県、愛知県、岐阜県、福井県、滋賀県、三重県、奈良県、和歌山県、大阪府、兵庫県               | 0.15  |
| B 地区    | 青森県のうち、尻屋崎以南の太平洋岸<br>岩手県、宮城県、福島県、茨城県、栃木県、群馬県、長野県、京都府、高知県、徳島県                                                                                | 0.13  |
| C 地区    | 北海道のうち、胆振支庁管内、渡島支庁管内及び檜山支庁管内<br>青森県のうち、尻屋崎以南の太平洋岸を除く地域<br>秋田県、山形県、新潟県、富山県、石川県、鳥取県、広島県、愛媛県、大分県、宮崎県<br>鹿児島県のうち、奄美諸島<br>熊本県                    | 0.12  |
| D 地区    | 北海道のうち、網走支庁管内、後志支庁管内、石狩支庁管内、空知支庁管内、留萌支庁管内及び上川支庁管内<br>岡山県、島根県、香川県<br>長崎県のうち、五島列島、壱岐及び対馬を除く地域<br>佐賀県<br>鹿児島県のうち、奄美諸島を除く地域<br>沖縄県のうち、大東諸島を除く地域 | 0.11  |
| E 地区    | 北海道のうち、宗谷支庁管内<br>東京都のうち、八丈島及び小笠原諸島<br>山口県、福岡県<br>長崎県のうち、五島列島、壱岐及び対馬<br>沖縄県のうち、大東諸島                                                          | 0.08  |

表 3-1-2-2 港湾基準(H11)における地盤種別係数

※日本港湾協会:港湾施設の技術上の基準・同解説, p.262-263, 平成 11 年

設計参考図書の(注 1)における( )内の設計水平震度に適用

表-12.4.2 地盤種別係数(告示第15条別表第2)

| 地 盤 種 別 | 第一種地盤 | 第二種地盤 | 第三種地盤 |
|---------|-------|-------|-------|
| 地盤種別係数  | 0.8   | 1.0   | 1.2   |

設計参考図書の(注 1)における( )外の設計水平震度に適用

表-12.4.3 地盤種別(告示第15条別表第3)

| 地盤の種類            | 砂れき層 | 一般の砂質土地盤<br>及び粘性土地盤 | 軟弱地盤 |
|------------------|------|---------------------|------|
| 第四紀層の厚さ          |      |                     |      |
| 5メートル以下          | 第一種  | 第一種                 | 第二種  |
| 5メートルを超え25メートル未満 | 第一種  | 第二種                 | 第三種  |
| 25メートル以上         | 第二種  | 第三種                 | 第三種  |

備考

この表において、軟弱地盤は、標準貫入試験値が4以下の砂質土地盤又は一軸圧縮強度が20kN/m<sup>2</sup>以下の粘性土地盤をいう。この場合において、地盤が互層を成している場合にあっては、層厚が卓越する地層の種類に応じて地盤種別を定め、同程度の層厚の2つ以上の地層より成る地盤の場合にあっては、各地盤に対応した地盤種別係数のうち、最も大きい数値を選択することを原則とする。

表 3-1-2-3 港湾基準(H11)における重要度係数

※日本港湾協会:港湾施設の技術上の基準・同解説, p.263, 平成 11 年

表-12.4.4 重要度係数(告示第15条別表第4)

| 構造物の種別 | 構 造 物 の 特 性                                                                                                                                                                                               | 重要度係数 |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 特定     | A級構造物の特性のうち、第1号若しくは第4号のおそれ、第2号の影響の程度が著しいもの又は第3号の役割が特に重要なもの<br>設計参考図書の係留施設 A 及び親水施設に適用                                                                                                                     | 1.5   |
| A級     | 1 構造物が震害を受けた場合において、多くの人命及び財産に損失を与えるおそれのあるもの<br>2 構造物が震害を受けた場合において、経済、社会活動に重大な影響を及ぼすもの<br>3 震災復興に重要な役割を果たすもの<br>4 有害物又は危険物を取り扱う構造物のうち、震害を受けた場合において、人命又は財産に重大な損失を与えるおそれのあるもの<br>5 構造物が震害を受けた場合において、復旧が困難なもの | 1.2   |
| B級     | 特定、A級及びC級以外のもの                                                                                                                                                                                            | 1.0   |
| C級     | 特定及びA級以外の構造物で、震害を受けた場合においても、経済、社会活動への影響が軽微なもの又は容易に復旧が可能なもの                                                                                                                                                | 0.8   |

設計参考図書の係留施設 B 及び外郭施設に適用

図 3-1-2-1 に、港湾技術基準(H11)における設計水平震度の設定に関する記載箇所を示す。図に示すように、港湾技術基準(H11)における設計水平震度は、再現期間 75 年の沿岸地域の最大加速度期待値分布(北澤らによる論文)を参考にして定められている。また、参考とした再現期間 75 年の沿岸地域の最大加速度については、地盤最大加速度と作用震度の平均的な関係式を用いて、加速度期待値より求められている。

図 3-1-2-2、式 3-1-2-1 及び式 3-1-2-2 に、港湾技術基準(H11)に掲載されている、作用震度と地盤最大加速度の平均的な関係図を示す。また、図 3-1-2-3 に、北澤らによる沿岸地域における基盤の最大加速度期待値図を示す。

(2) 重力式岸壁、矢板式岸壁の地震被災例を解析し、地震時に発生した地震動の強さに対応する震度を求めると同時に、地震学、地震工学の成果を応用して被災港湾に生じたと予想される地盤最大加速度を求めた結果を図一参12.4.1に示す<sup>11)12)</sup>。ただし、この結果は重力式岸壁及び矢板式岸壁についての検討結果であるのでその他の構造形式にこの関係を適用する場合は注意が必要である。なお、ここで用いている地盤最大加速度はSMAC型強震計で得られる加速度であるので、その他の強震計の加速度記録の場合は、SMAC型強震計相当の加速度に変換する必要がある。図中の実線が式(12.4.1)で震度と加速度の上限を推定する式である。

(3) 全ての港湾の施設でのレベル1地震動

(a) 表一12.4.1の地域別震度は再現期間75年の沿岸地域の最大加速度期待値分布<sup>13)</sup>を参考にして定めた。再来年数75年の加速度期待値とは確率論的な期待値であって、再来年数75年の加速度期待値に相当する地震が一度発生したら、それ以後75年間はその大きさの地震が発生しないということではない。例えば、耐用年数50年の構造物が、その耐用年数以内に、再来年数75年の加速度期待値以上の地震に遭遇する確率はかなり高く、0.5に近い値となる。また、耐用年数を明らかに減じることが可能な施設の場合に地震に遭遇する確率を0.5程度に揃える場合は、再来年数は75年よりも短くなる。なお、耐用年数、遭遇確率については、本編1章 総説 を参照のこと。

(b) 再現期間75年の基盤最大加速度の期待値を表一参12.4.1に示す。地域別震度は、図一参12.4.1の平均的な関係を用いて加速度期待値より求めた。なお、ここでいう基盤とは地盤種別の第一種地盤としている。

13) 北澤壮介他：沿岸地域における基盤の最大加速度期待値の推定，港湾技研資料 No. 486, 1984

図 3-1-2-1 港湾技術基準(H11)における設計水平震度の設定に関する記載箇所

※日本港湾協会：港湾施設の技術上の基準・同解説，p.265，平成 11 年

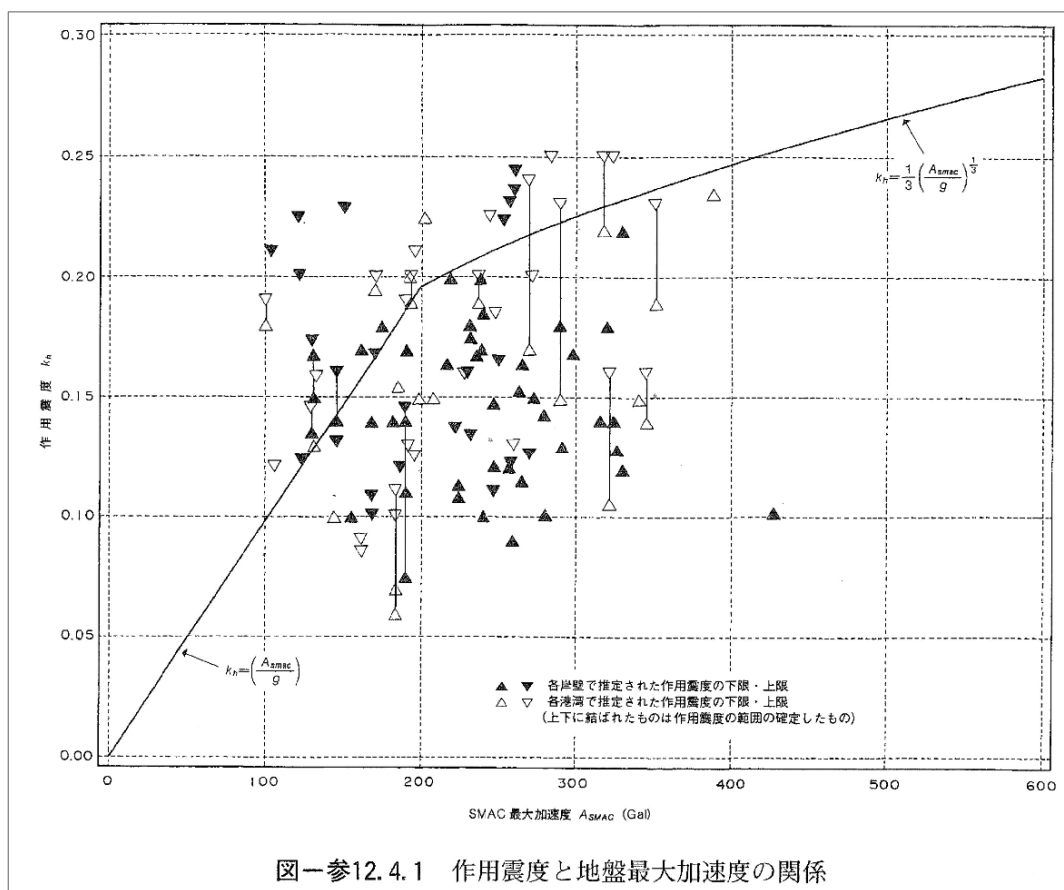


図 3-1-2-2 港湾基準(H11)における作用震度と地盤最大加速度の関係  
 ※日本港湾協会:港湾施設の技術上の基準・同解説, p.266, 平成 11 年

$$k_h = \alpha_{max}/g \quad (\alpha_{max} < 200\text{Gal}[cm/s^2]) \quad \cdots\text{式 3-1-2-1}$$

$$k_h = 1/3(\alpha_{max}/g)^{1/3} \quad (\alpha_{max} > 200\text{Gal}[cm/s^2]) \quad \cdots\text{式 3-1-2-2}$$

ここで、 $k_h$  : 設計水平震度、  
 $\alpha_{max}$  : 地表面の最大水平加速度 (Gal)、  
 $g$  : 重力加速度 (980Gal)

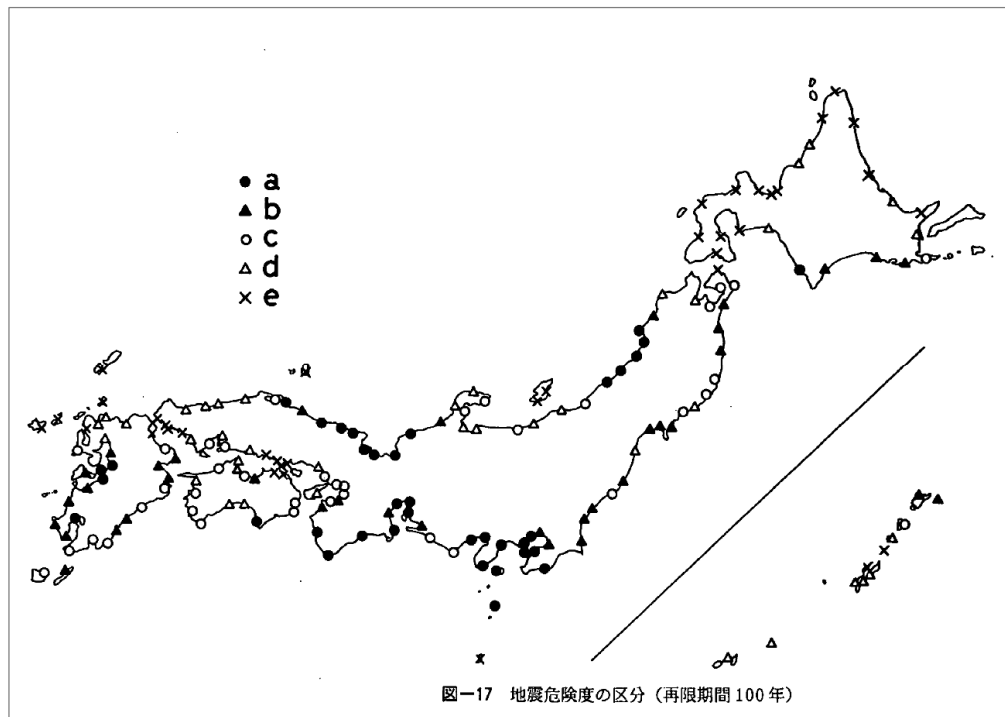


図 3-1-2-3 沿岸地域における基盤の最大加速度期待値

※北澤壮介他：沿岸地域における基盤の最大加速度期待値の推定, 港湾技研資料 No. 486, 昭和 59 年

### 3.1.3 検討方法

#### (1) 対象としたレベル1地震動

本調査で用いるレベル1地震動は、国土技術政策総合研究所のHPで公開されている全国の重要港湾及び地方港湾におけるレベル1地震動の加速度波形とした。ただし、国土技術政策総合研究所のHPでは、全国1239箇所のレベル1地震動が公開されているが、全ての港湾でハザード解析を行っているわけではなく、サイト増幅特性も「松」、「竹」、「梅」の3段階の精度に区分されている。そのため、本調査の対象地震動は、近年の地震を踏まえて設定されている全国の港湾施設におけるレベル1地震動のうち、高精度な松補正や比較的高精度な竹補正によりサイト増幅特性が考慮されたレベル1地震動とした。なお、全国1239箇所の港湾のうち、松補正と竹補正でサイト増幅特性が考慮されているのは479港湾であった(松補正:374港湾、竹補正:105港湾)。また、本調査においては、479港湾のうち、重要港湾である235港湾のレベル1地震動を対象とし、残りの244港湾のレベル1地震動は次年度以降に必要性を判断するものとした。

データのフォーマットについて

レベル1地震動・サイト位相特性フォーマット

サイト増幅特性フォーマット

工学基盤～地表地震モデルフォーマット

北海道

| 港名    | 港区(地区)      | 適用エリア            | ゾーニング資料※1 | 1地震動 ※2 |      | サイト増幅特性 ※3 |     | 地震モデル ※5        | サイト位相特性 ※6 | 地震基盤における地震動算定位置 ※7 |        | 公開日     |                                          |
|-------|-------------|------------------|-----------|---------|------|------------|-----|-----------------|------------|--------------------|--------|---------|------------------------------------------|
|       |             |                  |           | 整理番号    | PSI値 |            | ラング |                 |            | 緯度                 | 経度     |         |                                          |
| 北海道   |             |                  |           |         |      |            |     |                 |            |                    |        |         |                                          |
| 管内港   |             | 微動観測による確認済み      | ●         | 9001    | 15.4 | 9001       | 松   | HKD001          | 9001       | 9001               | 45.412 | 141.696 | H18.10.12<br>(実測)R5.4.1                  |
| 石狩湾新港 |             | 微動観測による確認済み      | ●         | 9002    | 26.5 | 9002       | 松   | HKD178          | 9002       | 9002               | 43.202 | 141.276 | H18.10.12                                |
| 根室港   | 根室          | 微動観測は行われているが、未確認 | ●         | 9003    | 16.6 | 9003       | 松   | NEMURO-G        | 9003       | 9003               | 43.324 | 145.588 | H19.10.12                                |
| 根室港   | 花咲          | 微動観測は行われているが、未確認 | ●         | 9008    | 20.7 | 9008       | 松   | HANASAKI-F      | 9008       | 9008               | 43.283 | 145.586 | H18.10.12                                |
| 釧路港   | ゾーンA        | 微動観測に基づくゾーンA     | ●         | 9010    | 30.5 | 9010       | 竹   | KUSHIRO-G       | 9010       | 9010               | 42.999 | 144.355 | H27.4.1                                  |
| 釧路港   | ゾーンB        | 微動観測に基づくゾーンB     | ●         | 9004    | 47.8 | 9004       | 松   | KUSHIRO-G       | 9004       | 9004               | 42.999 | 144.355 | H18.10.12                                |
| 釧路港   | ゾーンC        | 微動観測に基づくゾーンC     | ●         | 9017    | 36.4 | 9017       | 竹   | KUSHIRO-G       | 9017       | 9017               | 42.999 | 144.355 | H27.4.1                                  |
| 釧路港   | ゾーンD        | 微動観測に基づくゾーンD     | ●         | 9018    | 61.7 | 9018       | 竹   | 釧路港(ゾーンE)補正時観測点 | 9018       | 9018               | 42.999 | 144.355 | H27.4.1                                  |
| 釧路港   | ゾーンE        | 微動観測に基づくゾーンE     | ●         | 9019    | 63.9 | 9019       | 松   | 釧路港(ゾーンE)補正時観測点 | 9019       | 9019               | 42.999 | 144.355 | H27.4.1                                  |
| 十勝港   | 十勝港-G(十勝-内) | 微動観測による確認済み      | ●         | 9005    | 35.9 | 9005       | 松   | TOKACHI-G       | 9005       | 9005               | 42.291 | 143.32  | H18.10.12                                |
| 十勝港   | 第34号地区      | 微動観測による確認済み      | ●         | 9023    | 31.1 | 9023       | 竹   | TOKACHI-G       | 9023       | 9023               | 42.291 | 143.32  | (追加)R3.5.6<br>(適用)R2.9.17)<br>(観測)R4.4.1 |
| 室蘭港   | ゾーン1        | 2.4秒以上           | ●         | 9006    | 26.8 | 9006       | 松   | MURORAN-G       | 9006       | 9006               | 42.344 | 140.952 | H18.10.12                                |
| 室蘭港   | ゾーン2        | 1.7秒以上2.4秒未満     | ●         | 9020    | 15.3 | 9020       | 松   | HKD132          | 9020       | 9020               | 42.344 | 140.952 | H28.4.1                                  |
| 室蘭港   | ゾーン3        | 1.7秒未満           | ●         | 9021    | 21.4 | 9021       | 竹   | MURORAN-G       | 9021       | 9021               | 42.344 | 140.952 | H27.4.1                                  |
| 苫小牧港  | 全域          | 微動観測による確認済み      | ●         | 9007    | 41.2 | 9007       | 松   | HAKODATE-G      | 9007       | 9007               | 41.782 | 140.726 | (追加)R3.5.6<br>(適用)R3.3.31)               |

図 3-1-3-1 全国の港湾のレベル1地震動が公開されている国土技術政策総合研究所のHP

※<https://www.ysk.nilim.go.jp/kakubu/kouwan/sisetu/>

## (2) 照査用震度の算出

「3.1.2 設計参考図書で設定されている地域別の設計水平震度」で示したとおり、設計参考図書における地域別震度は、地盤最大加速度と作用震度の平均的な関係を用いた沿岸地域の最大加速度期待値分布を参考に設定されている。本調査も同様に、各港湾施設における最大加速度に対して、地盤最大加速度と作用震度の平均的な関係から設計水平震度を算出することを検討したが、2025年9月5日に実施した港湾空港技術研究所へのヒアリングにより、下記(枠内)のご意見を頂いた。そのため、本調査では、設計参考図書に示される「周波数特性を考慮した照査用震度」を求め、算出した照査用震度と設計参考図書における地域別震度を比較した上で見直しを検討するものとした。

図 3-1-3-2 に、設計参考図書に示される周波数特性を考慮した照査用震度の算出フロー図を示す。

国土技術政策総合研究所のHPで公開されているレベル1地震動はサイト特性を考慮しているので、地盤の悪い港湾では低周波成分の卓越したレベル1地震動、地盤の良い港湾では高周波成分の卓越したレベル1地震動が設定されている。一方、一般に地震動の最大加速度は高周波成分の影響を強く受ける指標であり、地震動の最大加速度と作用震度との関係に基づき震度を設定する場合、高周波成分の卓越した地震動ほど大きな震度が設定されることになるので、国土技術政策総合研究所のHPのレベル1地震動にこの式を適用すると、地盤の良い港湾ほど大きな震度が算定される懸念がある。国土技術政策総合研究所のHPで公開されているレベル1地震動やサイト増幅特性は、港湾構造物への影響が大きいとされている0.2～2.0Hz程度の低周波数帯に着目して設定されており、高周波フィルターと組み合わせて使うことを念頭に置いていることから、高周波成分の精度は重視されていない。そのため、港湾技術基準(平成11年)の設定方法を用いるのは適切ではないことから、港湾技術基準(平成19年または平成30年)に基づき、各港湾のレベル1地震動から照査用震度を設定し、算出された照査用震度と設計参考図書における地域別震度を比較した上で見直しを検討するのが良い。

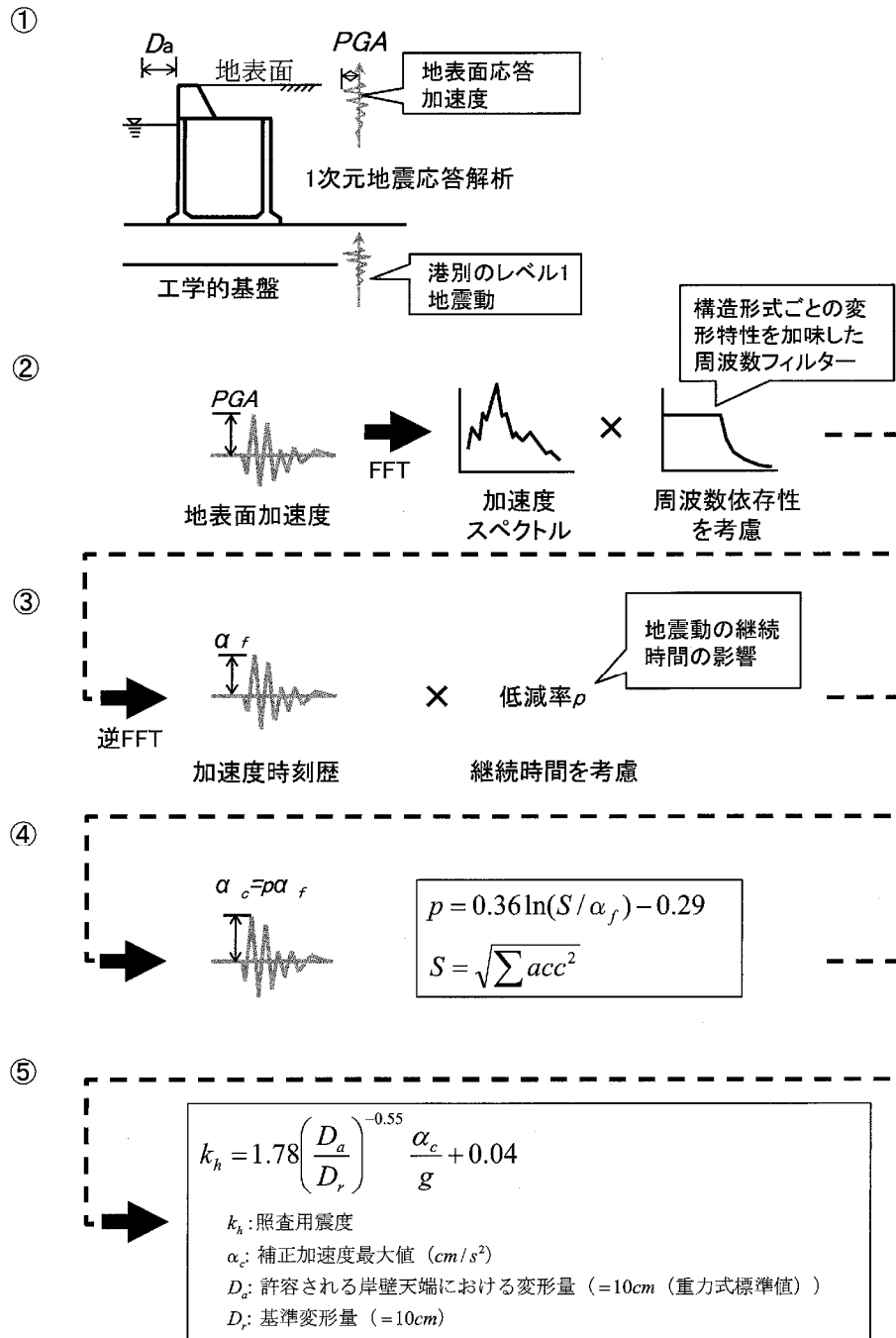


図 3-1-3-2 周波数特性を考慮した照査用震度の算出フロー(重力式係船岸)

※水産庁：漁港・漁場の施設の設計参考図書, p. 500, 令和 6 年 1 月

### (3) 解析モデルの設定

照査用震度の算出において必要となる地盤モデルは、漁港の代表的な地盤モデルを設定した。構造形式は、表 3-1-3-1 に示す全国の漁港施設の構造形式の割合が最も大きい重力式とし、一般的な水深の係船岸を基に壁高は 6.1m とした。また、港湾技術基準(H11)における「第Ⅰ種地盤」、「第Ⅱ種地盤」、「第Ⅲ種地盤」を参考として、3 種類の地盤モデルを作成した。

図 3-1-3-3 に、本調査で設定した地盤モデルを示す。

表 3-1-3-1 漁港施設の構造形式割合

| 構造形式  | 外郭施設  | 係留施設  |
|-------|-------|-------|
| 重力式   | 87.5% | 69.2% |
| 矢板・杭式 | 3.4%  | 9.7%  |
| 浮体式   | 0.3%  | 0.1%  |
| 栈橋式   | —     | 2.1%  |
| その他   | 8.8%  | 18.9% |

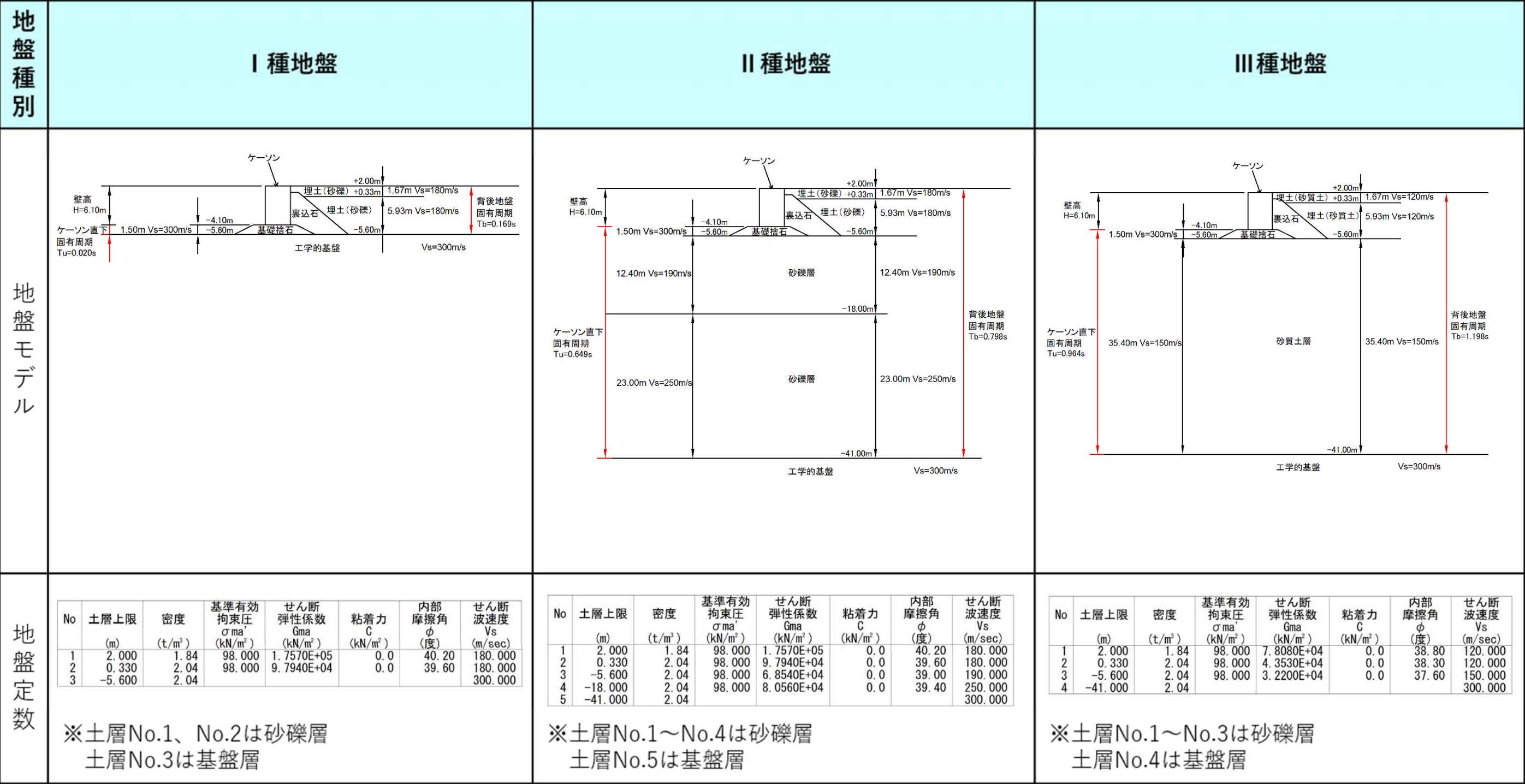


図 3-1-3-3 本調査における漁港施設の代表地盤モデル

### 3.1.4 検討結果

対象の 479 港湾のうち、本調査では重要港湾である 235 港湾におけるレベル 1 地震動より、前述の検討方法を用いて照査用震度を算出した。図 3-1-4-1 に、本調査で照査用震度を算出した 235 港湾の位置図を示す。なお、図中の色分けは地域別震度表の地域区分を示している。

なお、算出した照査用震度と地域別震度表の比較及び見直しの必要性については、次年度以降に算出する地方港湾における照査用震度を含めて検討を行うものとした。

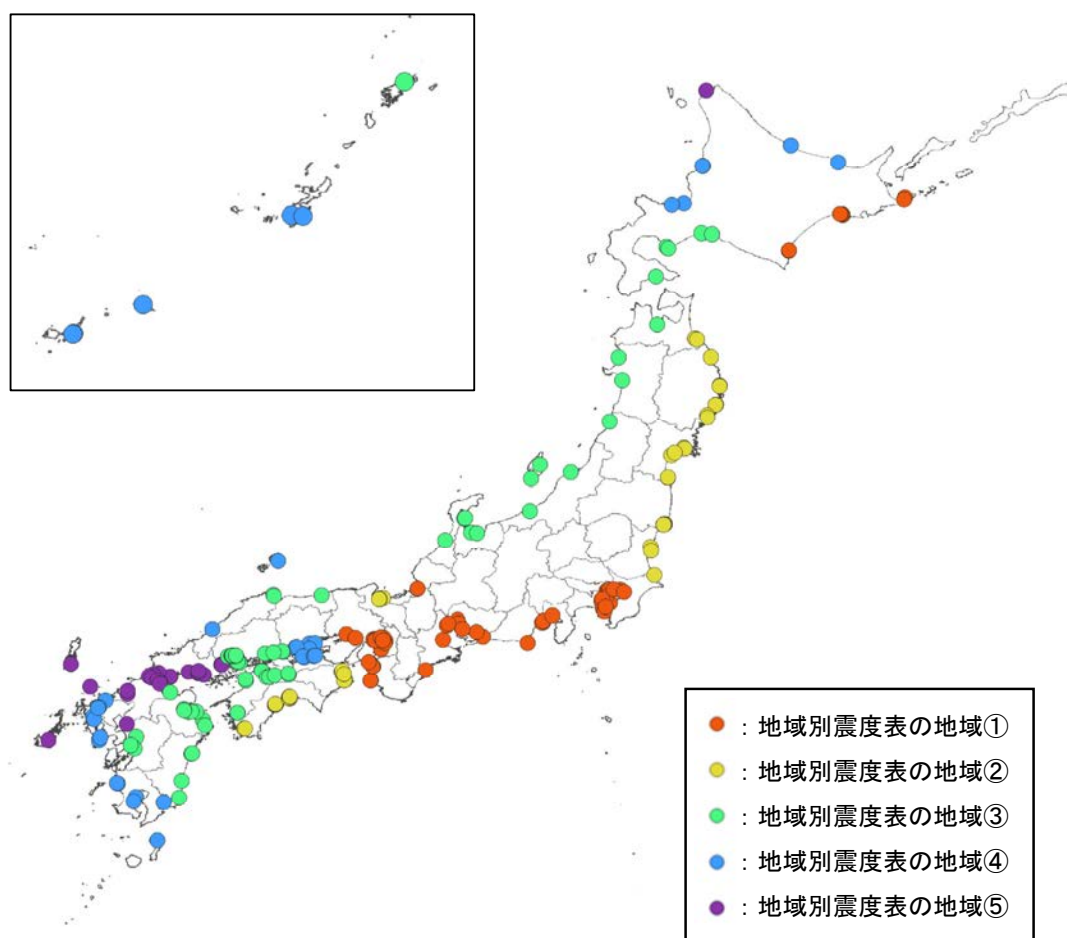


図 3-1-4-1 本調査で照査用震度を算出した港湾の位置図

参考表 設計参考図書の地域別震度表

※水産庁：漁港・漁場の施設の設計参考図書, p. 169, 令和 6 年 1 月

|                   | 北海道(根室, 釧路, 十勝, 日高), 関東(千葉県, 東京都の八丈島及び小笠原諸島を除く地域, 神奈川県), 中部(福井県, 静岡県, 愛知県), 近畿(三重県, 滋賀県, 大阪府, 兵庫県, 和歌山県) | 東北(青森県の尻屋崎以南の太平洋岸, 岩手県, 宮城県, 福島県), 関東(茨城県), 近畿(京都府), 四国(徳島県, 高知県) | 北海道(胆振, 渡島, 檜山), 東北(青森県の尻屋崎以南の太平洋岸を除く地域, 秋田県, 山形県), 中部(新潟県, 富山県, 石川県), 中国(鳥取県, 広島県), 四国(愛媛県), 九州(熊本県, 大分県, 宮崎県, 鹿児島県の奄美諸島) | 北海道(網走, 後志, 石狩, 空知, 留萌), 中国(島根県, 岡山県), 四国(香川県), 九州(佐賀県, 長崎県の五島列島, 奄岐及び対馬を除く地域, 鹿児島県の奄美諸島を除く地域, 沖縄県の大東諸島を除く地域) | 北海道(宗谷), 関東(東京都の八丈島及び小笠原諸島), 中国(山口県), 九州(福岡県, 長崎県の五島列島, 奄岐及び対馬, 沖縄県の大東諸島) |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| 係留施設 A            | 0.18 (0.22)                                                                                              | 0.16 (0.19)                                                       | 0.14 (0.17)                                                                                                                | 0.13 (0.16)                                                                                                   | 0.10 (0.12)                                                               |
| 親水施設              | 0.18 (0.22)                                                                                              | 0.16 (0.19)                                                       | 0.14 (0.17)                                                                                                                | 0.13 (0.16)                                                                                                   | 0.10 (0.12)                                                               |
| 係留施設 B            | 0.15 (0.20)                                                                                              | 0.13 (0.16)                                                       | 0.12 (0.14)                                                                                                                | 0.11 (0.13)                                                                                                   | 0.08 (0.10)                                                               |
| 外郭施設              | 0.15 (0.20)                                                                                              | 0.13 (0.16)                                                       | 0.12 (0.14)                                                                                                                | 0.11 (0.13)                                                                                                   | 0.08 (0.10)                                                               |
| 工学的基盤の最大加速度 (Gal) | 350                                                                                                      | 250                                                               | 200                                                                                                                        | 150                                                                                                           | 100                                                                       |

(注1) 第四紀層(沖積層、洪積層)の厚さが、下記のいずれかの場合( )書の設計水平震度を用いる。

① 一般の砂及び粘土地盤の厚さが25m以上の場合

② 軟弱地盤の厚さが5m以上の場合

ここでいう軟弱地盤とは、N値が4以下の砂地盤、または一軸圧縮強度が20kPa以下の地盤であり、通常の軟弱地盤の概念とは若干異なる。

(注2) 係留施設Aは、耐震強化岸壁、耐震強化岸壁に準じる岸壁及びその他の耐震性能を強化する岸壁、又は定期船・フェリーが発着する岸壁であることを基本とする。係留施設Bは、係留施設A以外の岸壁及び物揚場である。

(注3) 親水施設は、親水性を考慮した護岸及び防波堤である。

(注4) 外郭施設は、親水施設及び道路護岸を除く外郭施設である。

3.2 耐震・耐津波設計に関する技術的知見の整理

3.2.1 概要

本調査では、東北地方太平洋沖地震後に示された「平成 23 年東日本大震災を踏まえた漁港施設の地震・津波対策の基本的な考え方（平成 26 年 1 月改訂）」を踏まえて検討された耐震・耐津波対策の設計事例について、全国の漁港を対象に収集・整理を行った。

3.2.2 耐震・耐津波対策事例集の作成

(1) 情報収集

都道府県の水産基盤整備事業担当者様宛に「耐震岸壁および粘り強い構造設計事例に関する情報提供のお願い（協力依頼）」を送付して耐震・耐津波対策の設計事例について資料収集を行った。

令和 7 年 7 月 1 日

都道府県  
水産基盤整備事業担当者 殿

水産庁 漁港漁場整備部 事業課  
設計班  
復建調査設計株式会社 沿岸・地震防災部

耐震岸壁および粘り強い構造設計事例に関する情報提供のお願い  
(協力依頼)

平素より水産基盤整備の推進にご協力頂きありがとうございます。

水産庁では、令和 7 年度水産基盤整備調査委託事業「漁港漁場施設の設計手法の高度化検討調査」（以下、水産庁事業）において、全国の漁港における耐震・耐津波対策の効果的な整備事例及び設計手法に関する技術的検討を進めております。

本事業の一環として、東日本大震災以降、「平成 23 年東日本大震災を踏まえた漁港施設の地震・津波対策の基本的な考え方（平成 26 年 1 月改訂）」（以下、基本的考え方）に基づき、①耐震強化型として耐震性能を強化した岸壁、②耐津波対策として粘り強い構造対策を実施し耐津波性能を強化している防波堤及び岸壁について、以下の資料収集への御協力をお願いします。

また、このことについて、貴職から漁港管理者である貴管下市町村に対しても周知いただきますようお願いいたします。

なお、今回お願いする情報提供等は、水産庁事業の受託者である復建調査設計株式会社担当者が対応しますことをご了解ください。

1. 資料収集の目的

本事業では、東日本大震災以降の全国の漁港における耐震・耐津波対策に関する技術的知見を収集・整理し、効果的な対策工法を設計事例集として取りまとめることを目的に、具体的には以下の整理を行う予定です。

① 全国の漁港を対象に、耐震強化型岸壁の効果的な工法及び耐震照査方法、対策事例を取りまとめる。特に、防災拠点漁港における耐震強化岸壁及び水産物の生産・流通拠点漁港における主要な陸揚岸壁における耐震設計に関する設計資料を収集し、構造形式や残存耐力等に着目した整理を行う。

② 全国の漁港を対象に、津波に対する粘り強い構造対策について、具体的な設計条件及び照査項目等を含めた技術的知見を整理し、効果的な工法及び対策事例を収集・整理する。

2. 資料提供をお願いしたい資料

(1) 耐震性能を強化した岸壁の設計事例

「耐震強化型」に位置づけて耐震設計を行っている岸壁について、安定計算表が含まれる工法協議資料または設計概要資料のご提供をお願いします。なお、岸壁の利用目的及び構造形式は問いません。

※「耐震強化型」の位置づけについては、《参考》の基本的考え方を参照ください。

| 耐震対策の事例収集 |                                                 |
|-----------|-------------------------------------------------|
| 収集対象      | 「耐震強化型」に位置づけて耐震設計を行った事例                         |
| 対象施設      | 岸壁                                              |
| 設計時期      | 東日本大震災以降の事例（2014 年 1 月以降）<br>（「基本的な考え方」公表以降の案件） |
| 収集資料      | 【安定計算表】が含まれる工法協議資料（または設計概要版）                    |

(2) 耐津波性能の強化を検討している防波堤および岸壁

設計津波を超える津波（I2 津波）に対して、粘り強い構造対策を行っている防波堤および岸壁について、安定計算表が含まれる工法協議資料または設計概要資料のご提供をお願いします。

| 津波対策の事例収集 |                                                 |
|-----------|-------------------------------------------------|
| 収集対象      | 「粘り強い構造（耐津波性能の強化）」を行っている事例                      |
| 対象施設      | 防波堤および岸壁                                        |
| 設計時期      | 東日本大震災以降の事例（2014 年 1 月以降）<br>（「基本的な考え方」公表以降の案件） |
| 収集資料      | 【安定計算表】が含まれる工法協議資料（または設計概要版）                    |

3. ご提供いただく期限と送付先

ご多忙の折恐縮ですが、7 月 18 日（金）までに〈送付先〉へ資料提供いただきますよう、ご協力のほど宜しくお願いします。なお、ご不明な点や期限に間に合わない等の場合も、送付先担当までご一報、ご相談ください。

① E-mail で資料を提出いただく場合

大容量ファイルの送付方法をご案内させていただきますので、ご案内を送付する担当者のメールアドレスをお知らせください。

② CD 等の送付で資料を提出いただく場合

郵送にて〈送付先〉まで直接送付をお願いします。

(送付先)

図 3-2-2-1 協力依頼内容

## (2) 収集結果

収集の結果、海なし県(栃木県、群馬県、埼玉県、山梨県、長野県、岐阜県、滋賀県、奈良県の計8県)を除く、1都1道2府43県から回答をいただき、全体として漁港166漁港、620事例(内、粘り強い構造133事例)であった。この全620事例の内、施設割合は外郭施設が280事例(45%)、係留施設が340事例(55%)であった。

表 3-2-2-1 事例収集結果

| 地方区分(海あり県数) | 県(道) | 漁港数 | 事例数 | 外郭  | 係留  |
|-------------|------|-----|-----|-----|-----|
| 北海道         | 1    | 20  | 93  | 22  | 71  |
| 東北(6)       | 6    | 35  | 127 | 69  | 58  |
| 関東(4)       | 2    | 5   | 8   | 0   | 8   |
| 中部(6)       | 4    | 17  | 40  | 12  | 28  |
| 近畿(5)       | 3    | 24  | 58  | 23  | 35  |
| 中国(5)       | 5    | 7   | 19  | 5   | 14  |
| 四国(4)       | 4    | 17  | 57  | 39  | 18  |
| 九州(7)       | 7    | 38  | 209 | 110 | 99  |
| 沖縄          | 1    | 3   | 9   | 0   | 9   |
| 合計          | 33   | 166 | 620 | 280 | 340 |
|             |      |     |     | 45% | 55% |

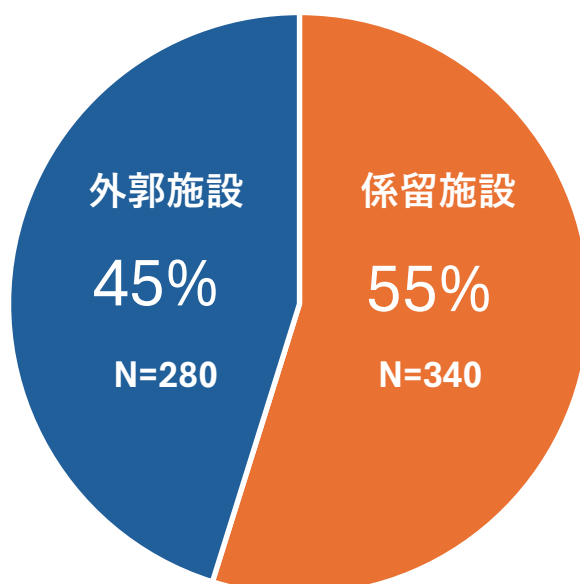


図 3-2-2-2 全 620 事例の施設構成比

### (3) 対策事例集のとりまとめ

収集整理を行った設計事例を一覧表として取りまとめを行った。そして今後の漁港施設の設計や地震・津波対策の検討を行う際の参考となる設計事例集として活用されることを目的として、計画・設計時における考え方や対策内容を中心として 27 事例（表 3-2-2-2 及び表 3-2-2-3）を取りまとめ「耐震・耐津波対策に関する設計事例集」の作成を行った。この 27 事例の選定の方針は下記の通りである。

#### ① 構造形式の網羅性の確保

対象施設を「重力式」「杭式栈橋」「矢板式」の 3 構造形式に大別し、形式毎に特徴的な工法を抽出した。これにより構造形式に応じて参照しやすい事例集としている。

#### ② 対策工法の代表性・典型性による選定

被災要因（液状化・土圧増大・慣性力増大・洗掘等）ごとに「対策の方向性」を整理した上で、各方向性において採用件数が特に多く実績の豊富な工法、または対策の考え方として典型的・先導的と判断される工法を代表事例として選定した。これにより、採用頻度の高い主要工法を中心としながらも、多様な対策手法を俯瞰できる構成とした。

なお、採用件数が多い工法であっても本事例集に掲載されていない工法については、対策の方向性・被災要因の観点から掲載済み工法との技術的代表性が重複するものや、事例情報の取得が困難であったものが含まれる。これらについては、今後の事例収集・拡充の課題として認識している。

「耐震・耐津波対策に関する設計事例集」は【参考 3.2.1】に取りまとめる。

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| 耐震・耐津波対策に関する設計事例集     |     |
| 令和8年3月                |     |
| 目次                    |     |
| 耐震・耐津波対策に関する設計事例集について | 1   |
| I 事例収集結果              | 6   |
| II 整理事例一覧表            | 15  |
| III 事例の紹介             | 18  |
| 第1章 外郭施設（耐震対策）        | 18  |
| 第2章 外郭施設（耐津波対策）       | 36  |
| 第3章 係留施設（耐震対策）        | 49  |
| 第4章 係留施設（耐津波対策）       | 97  |
| IV 参考資料               | 109 |
| その他対策工法               | 109 |
| 全事例一覧表                | 121 |

図 3-2-2-3 設計事例集

表 3-2-2-2 27 事例の一覧表（外郭施設 10 事例/27 事例）

| No. | 漁港・施設名        |                 | 構造形式 |               |     |               | 目的       | 対象 |        |         |    |    | 液状化  | 機能強化対策   |                 |                            |                  |                        |               | 備考 |
|-----|---------------|-----------------|------|---------------|-----|---------------|----------|----|--------|---------|----|----|------|----------|-----------------|----------------------------|------------------|------------------------|---------------|----|
|     |               |                 |      |               |     |               |          | L1 |        |         | L2 |    |      | 耐震・耐津波対策 |                 |                            | 粘り強い構造のための対策     |                        |               |    |
|     |               |                 | 改良前  |               | 改良後 |               |          | 津波 | 地震(地域) | 地震(その他) | 津波 | 地震 | 対策工法 | 構造物新設    | 対策の方向性          | 対策工法                       | 対策の方向性           | 対策工法                   |               |    |
| 1   | 岩手県<br>太田名部漁港 | 北防波堤B           | 重力式  | ケーソン式         |     |               | 地震<br>津波 | ○  | ○      |         |    |    |      |          | 構造物補強対策         | 本体・上部コンクリート拡幅              |                  |                        |               |    |
| 2   | 岩手県<br>島の越漁港  | 東防波堤<br>1-1     | 重力式  | 単塊式           |     |               | 地震<br>津波 | ○  | ○      |         |    |    |      |          | 構造物補強対策         | グラウンドアンカー設置                |                  |                        |               |    |
| 3   | 岩手県<br>箱崎漁港   | 北防波堤            | 重力式  | 方塊ブロック<br>積式  |     |               | 地震<br>津波 | ○  |        | ○       |    |    |      |          | 構造物補強対策         | 本体・上部コンクリート拡幅              |                  |                        |               |    |
| 4   | 和歌山県<br>串本漁港  | 北防波堤<br>(標準部)   | 重力式  | セルラー式         |     |               | 地震<br>津波 | ○  |        | ○       |    |    |      |          | 構造物補強対策         | 本体・上部コンクリート拡幅<br>捨石の嵩上げ・拡幅 |                  |                        | FLIP<br>L1地震動 |    |
| 5   | 岡山県<br>寄島漁港   | 西安倉一文字<br>防波堤   | 重力式  | 直立消波<br>ブロック式 |     |               | 地震<br>津波 | ○  |        | ○       |    |    |      |          | 地盤改良<br>構造物補強対策 | 高圧噴射攪拌工法<br>本体・上部コンクリート拡幅  |                  |                        |               |    |
| 6   | 北海道<br>尾岱沼漁港  | 南防波堤<br>(取付部)   | 矢板式  |               | 重力式 |               | 津波       | ○  |        |         |    |    |      |          | 構造物補強対策         | 本体工拡幅(重力式)                 |                  |                        |               |    |
|     |               | 南防波堤<br>(標準部)   | 矢板式  |               | 矢板式 |               | 津波       | ○  |        |         |    |    |      |          | 構造物補強対策         | 本体工拡幅(二重矢板式)               |                  |                        |               |    |
| 7   | 高知県<br>安芸漁港   | 西防波堤<br>No.2    | 重力式  | ケーソン式         |     |               | 津波       | ○  |        |         | ○  |    |      |          | 構造物補強対策         | 捨石の嵩上げ・拡幅                  | 受働抵抗増大           | 捨石の嵩上げ・拡幅              |               |    |
|     |               |                 |      |               |     |               |          |    |        |         |    |    |      |          |                 |                            | 洗堀防止対策           | 洗堀防止マット<br>根固め・被覆工設置   |               |    |
|     |               | 西防波堤B           | 重力式  | ケーソン式         |     |               | 津波       | ○  |        |         | ○  |    |      |          | 構造物補強対策         | 捨石の嵩上げ・拡幅                  | 受働抵抗増大           | 捨石の嵩上げ・拡幅              |               |    |
|     |               |                 |      |               |     |               |          |    |        |         |    |    |      |          |                 |                            | 洗堀防止対策           | 洗堀防止マット<br>根固め・被覆工設置   |               |    |
| 8   | 大分県<br>佐賀関漁港  | 257②防波堤<br>区間2  |      |               | 重力式 | 直立消波<br>ブロック式 | 地震<br>津波 | ○  |        | ○       | ○  | ○  |      | ○        |                 |                            | 受働抵抗増大<br>洗堀防止対策 | 捨石の嵩上げ・拡幅<br>根固め・被覆工設置 |               |    |
| 9   | 宮崎県<br>土々呂漁港  | 第1防波堤<br>(杭式区間) | 杭式   |               | 杭式  |               | 地震<br>津波 | ○  |        | ○       | ○  |    |      | ○        |                 |                            | 構造物補強対策          | 既設防波堤の流用<br>(一体的抵抗)    | FLIP<br>L1地震動 |    |
| 10  | 宮崎県<br>川南漁港   | 沖防波堤<br>(標準部)   |      |               | 重力式 | ケーソン式         | 地震<br>津波 | ○  |        | ○       | ○  |    |      | ○        |                 |                            | 受働抵抗増大           | 捨石の嵩上げ・拡幅              |               |    |
|     |               |                 |      |               |     |               |          |    |        |         |    |    |      |          |                 |                            | 洗堀防止対策           | 洗堀防止マット<br>根固め・被覆工設置   |               |    |

表 3-2-2-3 27 事例の一覧表（係留施設 17 事例/27 事例）

| No. | 漁港・施設名        |                      | 構造形式 |               |     |                | 目的       | 対象 |        |         |    |    | 液状化            | 機能強化対策   |                        |                                          |                   |                            |               | 備考 |
|-----|---------------|----------------------|------|---------------|-----|----------------|----------|----|--------|---------|----|----|----------------|----------|------------------------|------------------------------------------|-------------------|----------------------------|---------------|----|
|     |               |                      |      |               |     |                |          | L1 |        |         | L2 |    | 対策工法           | 耐震・耐津波対策 |                        |                                          | 粘り強い構造のための対策      |                            |               |    |
|     |               |                      | 改良前  |               | 改良後 |                |          | 津波 | 地震(地域) | 地震(その他) | 津波 | 地震 |                | 構造物新設    | 対策の方向性                 | 対策工法                                     | 対策の方向性            | 対策工法                       |               |    |
| 11  | 青森県<br>三沢漁港   | －3.0m岸壁<br>2工区       | 矢板式  |               |     |                | 地震<br>津波 | ○  |        | ○       |    | ○  | 浸透固化処理         |          | 構造物補強対策                | 前面矢板新設                                   |                   |                            |               |    |
| 12  | 岩手県<br>両石漁港   | －4.0m岸壁              | 重力式  | セルラー式         |     |                | 地震<br>津波 | ○  | ○      |         |    | ○  | 薬液注入           |          | 構造物補強対策                | グラウンドアンカー設置                              |                   |                            |               |    |
| 13  | 岩手県<br>唐丹漁港   | －3.0m岸壁              | 重力式  | セルラー式         |     |                | 地震<br>津波 | ○  | ○      |         |    | ○  | 事前混合処理         |          | 構造物補強対策                | 本体コンクリート拡幅<br>グラウンドアンカー設置                |                   |                            |               |    |
| 14  | 宮城県<br>気仙沼漁港  | －7.5m岸壁<br>新設耐震区間    |      |               | 矢板式 | 控え矢板式<br>二重矢板式 | 地震<br>津波 | ○  | ○      |         |    | ○  | 深層混合処理         | ○        |                        |                                          |                   |                            |               |    |
| 15  | 千葉県<br>銚子漁港   | －6.0m西岸壁             | 重力式  | セルラー式         |     |                | 地震<br>津波 | ○  |        | ○       |    | ○  | 深層混合処理         |          | 構造物補強対策                | グラウンドアンカー設置                              |                   |                            |               |    |
| 16  | 愛知県<br>赤羽根漁港  | －3.0m岸壁              | 矢板式  |               |     |                | 地震<br>津波 | ○  | ○      | ○       |    | ○  |                |          | 構造物補強対策                | 地盤改良                                     |                   |                            | FLIP<br>L1地震動 |    |
| 17  | 鳥取県<br>網代漁港   | 陸揚岸壁<br>(当初)         | 重力式  | 直立消波<br>ブロック式 |     |                | 地震<br>津波 | ○  | ○      |         |    |    | 深層混合処理<br>薬液注入 |          | 構造物補強対策                | 薬液注入工法                                   |                   |                            |               |    |
| 18  | 島根県<br>浜田漁港   | －5.0m岸壁              | 重力式  | ケーソン式         |     |                | 地震<br>津波 | ○  | ○      |         |    |    | 締固め(静的)        | 地盤改良     | 締固め(静的)                |                                          |                   |                            |               |    |
|     |               |                      |      |               |     |                |          |    |        |         |    |    |                | 構造物補強対策  | 本体・上部コンクリート拡幅<br>捨石の拡幅 |                                          |                   |                            |               |    |
| 19  | 山口県<br>下関漁港   | －4.0m岸壁<br>1工区(地盤改良) | 重力式  | 方塊ブロック<br>積式  | 重力式 | ケーソン式          | 地震       |    |        |         |    | ○  | 深層混合処理         | ○        |                        |                                          |                   |                            |               |    |
| 20  | 宮崎県<br>大堂津漁港  | －5.0m岸壁<br>C断面       | 矢板式  |               |     |                | 地震<br>津波 | ○  | ○      |         |    | ○  | 深層混合処理         |          | 構造物補強対策                | グラウンドアンカー設置                              |                   |                            |               |    |
| 21  | 鹿児島県<br>山川漁港  | －9.0m岸壁<br>(L=50m)   | 杭式   | 直杭式横桟橋        |     |                | 地震<br>津波 | ○  |        | ○       |    | ○  |                |          | 構造物補強対策                | 増し杭補強(前出し)                               |                   |                            |               |    |
| 22  | 鹿児島県<br>牛根麓漁港 | －3.0m物揚場<br>(A工区)    |      |               | 重力式 | 直立消波<br>ブロック式  | 地震<br>津波 | ○  |        | ○       |    |    | SCP            | ○        |                        |                                          |                   |                            |               |    |
| 23  | 沖縄県<br>仲里漁港   | －5.5m岸壁              | 重力式  | ケーソン式         |     |                | 地震       |    | ○      |         |    |    |                |          | 構造物補強対策                | 控え工の設置                                   |                   |                            |               |    |
| 24  | 三重県<br>波切漁港   | A岸壁                  | 重力式  | 直立消波<br>ブロック式 |     |                | 地震<br>津波 | ○  | ○      |         | ○  | ○  |                |          | 構造物補強対策                | 本体・上部コンクリート拡幅<br>本体・上部工連結<br>グラウンドアンカー設置 | 洗堀防止対策            | 洗堀防止マット                    |               |    |
| 25  | 兵庫県<br>丸山漁港   | －3.0m岸壁              | 重力式  | L型ブロック式       |     |                | 地震<br>津波 | ○  | ○      |         | ○  |    |                |          | 構造物補強対策                | 本体・上部コンクリート拡幅                            | 構造物補強対策<br>洗堀防止対策 | 本体・上部コンクリート拡幅<br>捨石の嵩上げ・拡幅 |               |    |
| 26  | 兵庫県<br>香住漁港   | －4.0m岸壁              | 重力式  | L型ブロック式       |     |                | 地震<br>津波 | ○  | ○      |         | ○  | ○  |                |          | 構造物補強対策                | 本体・上部コンクリート拡幅                            | 構造物補強対策           | 本体・上部コンクリート拡幅              |               |    |
|     |               |                      |      |               |     |                |          |    |        |         |    |    |                |          |                        |                                          | 洗堀防止対策            | 根固め・被覆工設置<br>捨石の嵩上げ・拡幅     |               |    |
| 27  | 宮崎県<br>川南漁港   | －3.0m岸壁              | 重力式  | セルラー式         |     |                | 地震<br>津波 | ○  | ○      |         | ○  | ○  |                |          | 構造物補強対策                | 本体・上部コンクリート拡幅                            | 洗堀防止対策<br>舗装強化対策  | 根固め・被覆工設置<br>上部工・エブロンー体化   |               |    |

表 3-2-2-4 耐震・耐津波対策工法一覧表（着色は紹介工法）

| 耐震対策   | 耐震強化型対策 |              |              |                      | 採用件数 |
|--------|---------|--------------|--------------|----------------------|------|
|        | 本体構造    | 被災要因         | 対策の方向性       | 対策工法の例               |      |
| 防波堤・岸壁 | 重力式     | 地盤の液状化       | 液状化対策        | 事前混合処理工法             | 3    |
|        |         |              |              | S C P 工法（静的締固め工法を含む） | 21   |
|        |         |              |              | 深層混合処理工法             | 7    |
|        |         |              |              | 浸透固化処理工法             | 8    |
|        |         |              |              | グラベルドレーン工法           |      |
|        |         | 構造物に作用する土圧増大 | 地盤改良（支持力増加）  | 深層混合処理工法             | 1    |
|        |         |              |              | S C P 工法（静的締固め工法を含む） |      |
|        |         |              |              | 浸透固化処理工法             |      |
|        |         |              | 地盤改良（土圧低減）   | 事前混合処理工法             | 1    |
|        |         |              |              | 浅層・中層混合処理工法          |      |
|        |         |              |              | 深層混合処理               |      |
|        |         |              |              | 浸透固化処理工法             | 1    |
|        |         |              |              | 軽量盛土材置換              | 1    |
|        |         | 構造物自体の慣性力増大  | 構造物補強対策      | 本体・上部コンクリート拡幅        | 278  |
|        |         |              |              | 本体・上部工連結             | 8    |
|        |         |              |              | グラウンドアンカー設置          | 159  |
|        |         |              |              | 控え工の設置               | 2    |
|        |         |              |              | 捨石の嵩上げ・拡幅            | 71   |
|        |         |              |              | 摩擦増大マット              |      |
|        | 杭式栈橋    | 地盤の液状化       | 液状化対策        | S C P 工法（静的締固め工法を含む） |      |
|        |         |              |              | 深層混合処理工法             |      |
|        |         |              |              | 浸透固化処理工法             |      |
|        |         | 構造物自体の慣性力増大  | 構造物補強対策      | 増し杭補強                | 2    |
|        |         |              |              | 中間ブレース補強             |      |
|        |         |              |              | 炭素繊維シート補強(上部工)       |      |
|        |         |              |              | 構造形式変更(棚式)           |      |
|        |         |              | 地盤改良(地盤バネ増加) | 浸透固化処理工法             |      |
|        | 矢板式     | 地盤の液状化       | 液状化対策        | S C P 工法（静的締固め工法を含む） | 4    |
|        |         |              |              | 深層混合処理工法             | 8    |
|        |         |              |              | 浸透固化処理工法             | 1    |
|        |         |              |              | グラベルドレーン工法           |      |
|        |         | 構造物に作用する土圧増大 | 構造物補強対策      | 控え工の設置(増設・補強)        | 14   |
|        |         |              |              | グラウンドアンカー設置          | 15   |
|        |         |              |              | 前面矢板新設               | 5    |
|        |         |              |              | 抑えカウンター              |      |
|        |         |              | 地盤改良（土圧低減）   | 浅層・中層混合処理工法          |      |
|        |         |              |              | 深層混合処理               | 5    |
|        |         |              |              | 浸透固化処理工法             |      |
|        |         |              |              | 軽量盛土材置換              |      |

※採用工法には新設を含むため、採用件数は必ずしも事例数と一致しない。

表 3-2-2-5 耐震・耐津波対策工法一覧表（着色は紹介工法）

| 津波対策 | 津波対策（粘り強い構造）                     |                         |                  | 採用件数 |
|------|----------------------------------|-------------------------|------------------|------|
|      | 被災要因                             | 対策の方向性                  | 対策工法             |      |
| 岸壁   | 構造物に作用する<br>水平力増大<br>(本体工の滑動・転倒) | 地盤改良<br>(土圧低減)          | 事前混合処理工法         |      |
|      |                                  |                         | 浅層・中層混合処理工法      |      |
|      |                                  |                         | 浸透固化処理工法         |      |
|      |                                  |                         | 軽量盛土材置換          |      |
|      |                                  | エプロン部の補強<br>(越波による洗掘防止) | 舗装増厚             |      |
|      |                                  |                         | 目地処理（連結）         |      |
|      |                                  |                         | 矢板打設（エプロン背後）     |      |
|      |                                  | 構造物補強対策                 | 摩擦増大マット          |      |
|      |                                  |                         | 本体・上部コンクリート拡幅    | 2    |
|      |                                  |                         | グラウンドアンカー設置      | 1    |
|      | 捨石マウンド・<br>海底地盤等の洗掘              | 洗掘防止対策                  | 根固め・被覆工設置        | 9    |
|      |                                  |                         | 鋼矢板設置            |      |
|      |                                  |                         | 捨石の嵩上げ・拡幅        | 3    |
|      |                                  |                         | 洗掘防止マット          | 9    |
|      | 埋立地盤の流失                          | 舗装強化対策<br>(本体工・エプロン)    | 上部工・エプロン一体化      | 4    |
|      |                                  |                         | 背後地盤の舗装          |      |
|      |                                  |                         | 目地処理（連結）         |      |
| 防波堤  | 本体工の滑動・転倒<br>(構造物に作用する<br>水平力低減) | 構造物補強対策                 | 摩擦増大マット          |      |
|      |                                  |                         | 本体・上部コンクリート拡幅    | 20   |
|      |                                  |                         | グラウンドアンカー設置      |      |
|      |                                  | 受働抵抗増大                  | 捨石の嵩上げ・拡幅        | 57   |
|      |                                  |                         | 杭打設（滑動抵抗）        |      |
|      | 海底地盤洗掘<br>・捨石マウンド洗掘              | 洗掘防止対策                  | 根固め・被覆工設置        | 88   |
|      |                                  |                         | 鋼矢板設置            |      |
|      |                                  |                         | 捨石の嵩上げ・拡幅        | 10   |
|      |                                  |                         | 上部工形状の工夫(水塊落下位置) | 5    |
|      |                                  |                         | 洗掘防止マット          | 14   |
|      |                                  | 開口部・堤頭部・目地等<br>対策       | 異形ブロック捨て込み       |      |
|      |                                  |                         | 捨石法面のコンクリート被覆    |      |
|      |                                  |                         | 根固め・被覆工設置        |      |
|      | 杭・矢板の損傷・倒壊                       | 部材強度増加                  | 鋼材規格向上           |      |
|      |                                  | 横地盤抵抗力維持・増加             | 杭・矢板根入れ長増大       |      |
|      |                                  |                         | 地盤改良             |      |

※採用工法には新設を含むため、採用件数は必ずしも事例数と一致しない。

### 3.2.3 耐震・耐津波対策における情報収集・技術的知見の整理

#### (1) 東日本大震災における耐震対策・耐津波に関する情報収集

東日本大震災における耐震・耐津波に関して「地震・津波による施設被災情報」、「被災した施設の復旧方針」等の情報を収集整理した。資料は【参考 3.2.2】に取りまとめる。

## (2) 能登半島地震における耐震対策・耐津波に関する情報収集

能登半島地震における耐震・耐津波に関して「地震・津波による施設被災情報」、「被災した施設の復旧方針」等の情報を収集整理した。資料は【参考 3.2.3】に取りまとめる。

また「耐震・耐津波対策に関する知見」については以下の資料について確認を行った。

### 【能登半島地震における耐震・耐津波対策に関する知見の整理】

- A) 能登の水産関係港の復興に向けた協議会（復興協議会） 第 3 回会合  
日時：令和 6 年 8 月 30 日 14 時 30 分～
  - B) 能登半島地震で隆起した漁港の被災状況と対応について  
水産工学 Vol. 62 No. 1, pp33～37, 2025
  - C) 能登半島等における港湾の復旧設計方針（令和 6 年 3 月 25 日）  
令和 6 年能登半島地震被災港湾施設復旧技術検討会
  - D) 令和 6 年能登半島地震を踏まえた港湾における防災・減災対策について  
令和 7 年 7 月 8 日 国土交通省港湾局 海岸・防災課
- ※C), D) は港湾に関する資料であるが参考として整理した。

これらの収集・整理した資料において能登半島地震を踏まえた課題が示されている。また本業務においても狼煙漁港、鵜飼漁港、鹿磯漁港の 3 漁港を対象に被災メカニズム及びメカニズムを踏まえた技術的知見について整理している（【能登半島地震を踏まえた耐震照査手法に関する技術的検討】参照）。

### 【能登半島地震を踏まえた課題】

- ① 地盤隆起を想定した段階的な復旧
- ② 地盤隆起した漁港における被災施設の復旧工法
- ③ 係留施設の構造形式別被災メカニズムと復旧方針 ※参考
- ④ 防災・減災対策の在り方 ※参考
- ⑤ 被災メカニズム及びメカニズムを踏まえた技術的知見の整理

これらの課題及び技術的知見は「平成 23 年東日本大震災を踏まえた漁港施設の地震・津波対策の基本的な考え」及び次年度以降に策定を予定している「国土強靱化のための漁港施設の設計手引き（案）」への反映について、記載内容・方法等を含めて次年度以降に検討することを想定している。

また、将来的に改良断面が実際に地震に対して、どのような機能を発揮したか検証できるとより効果的であり、重要な効果検証となるため、地震後に確認することが望ましい。

## ① 地盤隆起を想定した段階的な復旧

能登半島地震では、地盤隆起により船舶の乗降及び水産物の漁具等の積み下ろし作業が困難な状況となった。この状況を踏まえ、地盤隆起した漁港の復旧・復興にあたり、「短期的な生業再開のための仮復旧」と「中長期的な機能向上のための本復旧」の2つのフェーズに分け、隆起量の程度を大、中、小の3パターンに分けたうえで仮復旧、本復旧それぞれの復旧方法が考えられている。隆起量程度の違いによる被災パターン（イメージ）と隆起量大（パターンA）の仮復旧及び本復旧方法の選択肢（イメージ）を添付する。

### 1. 生業の再建

#### 1) 被災状況に応じた段階的な復旧

甚大な被害を受けた港でも早期に漁業を再開できるよう、仮復旧や応急復旧を実施することで、**港全体の復旧工事が完了する前でも、段階的に水産業を再開できるよう復旧を進めることとする。**  
施設自体が甚大な被害を受けていない通常の被害を受けた港でも、今回の震災では地域として復旧が必要な施設数が多く復旧工事着手に時間を要することが想定されるため、これら港では、水産業を再開するために**必要な施設の優先順位を検討**し、水産業が早期に再開できるよう復旧を進めることとする。

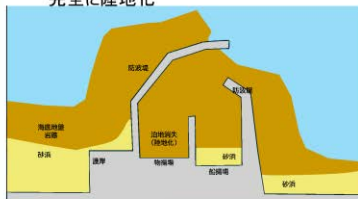
#### ①地盤隆起など甚大な被災港：仮復旧、本復旧

- ・漁業を暫定的に再開するための仮復旧工事の実施
- ・将来を見据えた本復旧・復興の検討と実施

#### ・地盤隆起の程度の違いによる被災パターン(イメージ)

※漁船の航行の可否は利用船舶の大きさによる

##### パターンA: 隆起量大 完全に陸地化



- ・水域が港口部まで完全に露出しているため、利用漁船は航行、係留が不能。
- ・陸揚作業等も不能。

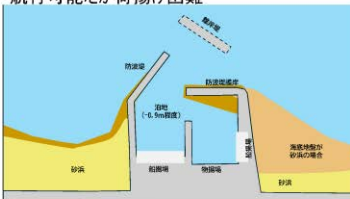
32

##### パターンB: 隆起量中 水面はあるが航行が困難



- ・水域の一部が露出しているため、利用漁船は航行、係留が困難。
- ・係留施設の天端高が高くなり陸揚作業等に支障もしくは困難。

##### パターンC: 隆起量小 航行可能だが荷揚げ困難



- ・水深が浅くなっているものの、利用漁船の喫水や潮位によっては航行、係留可能。
- ・係留施設の天端高が高くなり場合によっては陸揚作業も可能。

21

出典) 能登の水産関係港の復興に向けた協議会（復興協議会） 第3回会合

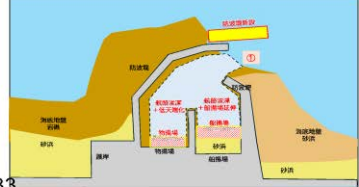
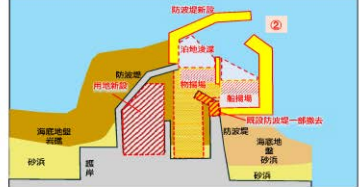
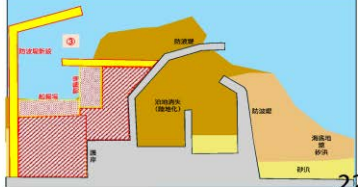
## 隆起量大(パターンA)の場合の仮復旧及び本復旧方法の選択肢(イメージ)

### 仮復旧方法の選択肢

※必要に応じてこれらの組み合わせも検討

| ①港内を掘り込んで船揚場や仮棧橋（物揚場）を設置する案<br>（中規模・小型漁船対応）                                       |                         | ②海面に仮棧橋（物揚場）を設置する案<br>（中規模漁船対応）                                                   | ③海面まで斜路（船揚場）を設置する案<br>（小型漁船対応）                                                     |                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| ①-1 港内に仮棧橋（物揚場）を整備（中規模漁船）                                                         | ①-2 港内に斜路（船揚場）を整備（小型漁船） | ② 港口を掘り込み仮棧橋（物揚場）を整備                                                              | ③-1 港口部に斜路（船揚場）を整備                                                                 | ③-2 港外部に斜路（船揚場）を整備 |
|  |                         |  |  |                    |

### 本復旧方法の選択肢

| ①港内を掘り込み既存施設（防波堤等）を活用する案                                                           | ②沖合の水深の深いエリアを利用する案<br>（より大きい漁船の対応が容易）                                              | ③隣接する港外の水域エリアを利用する案                                                                 |
|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 泊地を浚渫し、既存施設を復旧・利用（必要に応じ、変化した波浪条件に対応する外郭施設を整備）。                                     | 既存の地形や防波堤を利用し、水深が確保されている既存港口部に、漁港施設を冲出し整備。                                         | 漁港に隣接する水域が確保されている場所に外郭施設を設置して、必要な施設を整備。                                             |
|  |  |  |

33

22

出典) 能登の水産関係港の復興に向けた協議会（復興協議会） 第3回会合

## ② 地盤隆起した漁港における被災施設の復旧工法

地盤隆起により被災した施設のうち、利用に支障をきたしている「航路・泊地」、「岸壁・物揚場」、「船揚場」に関する復旧工法について整理された資料を添付する。

航路・泊地については、隆起による水深不足に伴い、陸上施工や水陸両用重機の活用があげられている。岸壁・物揚場は施設天端と漁船との高低差の解消として、①既設堤体の天端の切り下げ、②堤体の前出し＋低天端化、③浮棧橋の活用があげられている。船揚場は、既設の位置に整備しなおす他、所定的水深が確保できる位置まで延伸することが考えられるが、この場合、泊地や航路を狭めることになることには留意が必要である。

### 1) 地盤隆起した漁港における被災施設の復旧工法

|      |                                                                                                                                      |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ポイント | 今回の震災では、地震・津波・地盤隆起により被災したが、地震・津波についてはこれまでの知見により、復旧工法が整理されている。<br>ここでは、地盤隆起により被災した施設のうち、利用に支障を来している「航路・泊地」「岸壁・物揚場」「船揚場」について復旧工法を検討した。 |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

【施設別の被災状況の分類】

| 分類   |      |       | 被災状況  |                               | 想定される被災要因   | 被災要因に伴う外力 |
|------|------|-------|-------|-------------------------------|-------------|-----------|
| 基本施設 | 外郭施設 | 防波堤   | 隆起    | 隆起による天端高上昇                    | 地殻変動        | 地盤隆起      |
|      |      |       | 変形    | 消波工天端の沈下、消波ブロックの移動            | 地震動・津波・地殻変動 |           |
|      |      |       | 変位・損傷 | 本体工の沈下、折れ曲がり、傾斜・クラックなど        |             |           |
|      |      |       | 変位・損傷 | 上部工天端沈下・傾斜・ずれ・開き・ひび割れ         | 地震動         |           |
|      |      |       | 変位・損傷 | 堤体の沈下・亀裂、法線のずれ                |             |           |
|      |      | 護岸    | 隆起    | 地盤隆起による陸地化                    | 地殻変動        | 地盤隆起      |
|      |      |       | 変位・損傷 | 堤体の沈下・倒壊、波返工の損壊、水叩工の沈下        | 地震動・津波      |           |
|      |      |       | 変位・損傷 | 本体工の傾倒、背後パラペット沈下              | 地震動・津波      |           |
|      |      | 導流堤   | 変位・損傷 | 堤体の沈下、上部工の損壊                  | 地震動・津波      |           |
|      |      |       |       |                               |             |           |
|      | 水域施設 | 航路・泊地 | 隆起    | 隆起により陸地化、計画水深が不足              | 地殻変動        | 地盤隆起      |
|      | 係留施設 | 物揚場   | 隆起    | 地盤隆起による天端高上昇                  | 地殻変動        | 地盤隆起      |
|      |      |       | 変位・損傷 | 倒壊・上部工沈下・エプロン沈下・はらみ出し・傾斜・ひび割れ | 地震動         |           |
|      |      |       | 変位・損傷 | 上部工天端沈下・エプロン沈下・はらみ出し・傾斜・ひび割れ  | 地震動         |           |
|      |      | 船揚場   | 隆起    | 船揚場先端止壁が海面上に露出                | 地殻変動        | 地盤隆起      |
|      |      |       | 隆起    | 地盤隆起により利用不能                   | 地殻変動        | 地盤隆起      |
|      |      |       | 全壊    | —                             | 津波          |           |
|      |      |       | 変位・損傷 | 地盤沈下、張ブロック散乱、目地開き、段差          |             |           |
|      |      |       | 変位・損傷 | 止壁倒壊による張ブロック剥離滑動、亀裂           | 津波          |           |
| 機能施設 | 輸送施設 | 道路    | 変位・損傷 | 陥没（沈下）                        | 地震動         |           |
|      |      |       | 変位・損傷 | 舗装の開き                         | 地震動         |           |
|      |      |       | 変位・損傷 | クラック                          | 地震動         |           |
|      |      |       | 変位・損傷 | 流出・全面ひび割れ                     | 地震動         |           |
|      |      |       |       |                               |             |           |

55

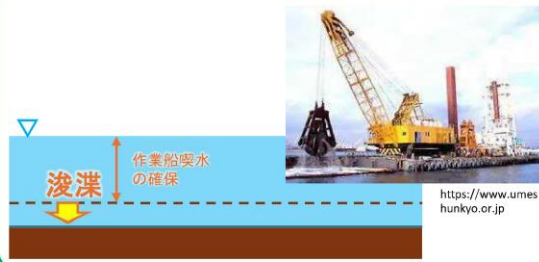
3

出典) 能登の水産関係港の復興に向けた協議会（復興協議会） 第3回会合

## (1) 航路・泊地の復旧（浚渫工法）

- ポイント**
- 地盤隆起により水深が浅くなった航路・泊地の浚渫を行う場合の工法には「海上施工」と「陸上施工」がある。
  - 計画・設計に当たっては、水深・底質に係る施工性、土砂処理を含めた施工計画に配慮し、既存構造物の安定性の確保を図った上で、工期やコスト等を検討する必要があることに留意する。

### 選択肢① 海上施工



#### 【計画上・設計上の留意点】

##### ①水深・底質に係る施工性への留意

- ・海底の土質や現況の水深により、適用可能な施工方法・施工期間が異なる。
- ・作業船機種（グラブ浚渫船・バックホウ浚渫船・ユニット式台船）等により、作業上必要な水深が異なる。
- ・陸上施工においては、仮設足場を要す場合があり、既存の泊地・航路の供用維持等を踏まえた仮設計画が必要である。
- ・砕岩は、岩質（硬・軟）により施工速度が異なる。

##### ②浚渫後の土砂処理も含めた施工計画

- ・浚渫土砂の搬出にあたり、仮置ヤード（水切り）や、土捨場等の確保が必要である。

##### ③既存構造物への安定性の確保

- ・浚渫範囲は、隣接する防波堤・係船岸の堤体下部の基礎マウンドや岩盤を浚渫することで堤体の安定が損なわれないような浚渫範囲の設定や、構造物の安定性の確保が必要である。

##### ④工期・コストへの留意

- ・浚渫量が膨大であったり、岩盤が強固であるなどにより工事が長期間に及ぶ場合には、早期操業再開に配慮し、利用実態に合わせて浚渫箇所を優先順位を設定することも有効である。

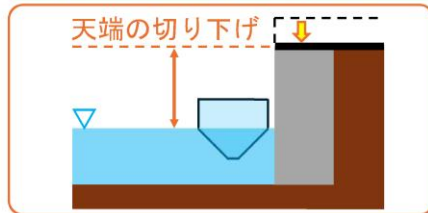
### 選択肢② 陸上施工



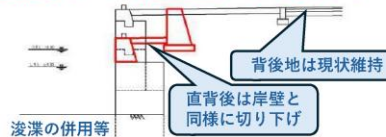
## (2) 岸壁・物揚場

- ポイント**
- 岸壁・物揚場に対して、利用可能とするためには、水深の確保に加え、係留施設の天端と漁船との高低差を解消する必要がある。
  - 復旧に当たっては、天端の切り下げ、堤体の前出し、浮桟橋等の手法があり、構造物の安定性や利用性、施工性に留意して選定する。

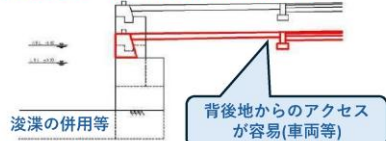
### 選択肢① 天端の切り下げ



#### 選択肢①-1：岸壁前面のみの切り下げ



#### 選択肢①-2：背後地含む切り下げ



#### 【計画上の留意点】

##### ①利用性への留意

- ・係留施設の天端を切り下げする範囲は、車両侵入の必要性など、利用形態を踏まえて設定する。
- ・物揚場敷のみ切り下げる（背後用地を現状のままとする）場合は、階段やスロープ等が必要となる（下写真参照）。

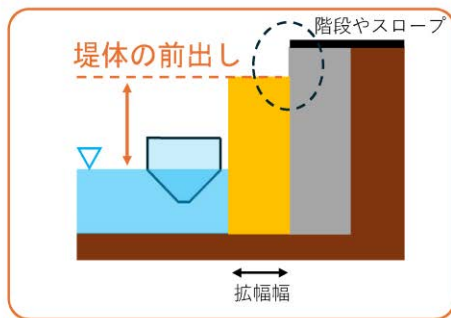
##### ②構造物への留意

- ・鋼矢板式係船岸等は、タイ材の埋設構造物等により、切り下げ範囲に制限が生じる場合がある。
- ・物揚場の前面などで浚渫を要する場合には、別途前出し案等との併用等が必要となる。

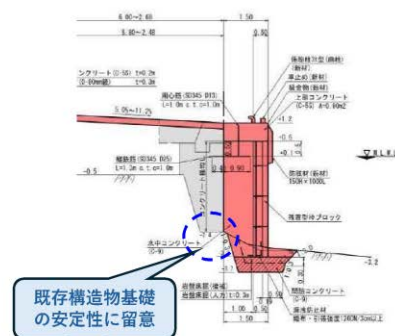
#### 低天端化事例



## 選択肢② 堤体の前出し



前出しによる増深イメージ



### 【計画上・設計上の留意点】

#### ①安定性への留意

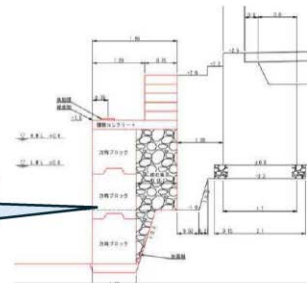
・堤体の前出しの際、浚渫時における既存堤体の安定性の確保が必要である。

#### ②利用性・施工性への留意

・背後地からアクセスするための階段やスロープ等が必要となる（前頁写真参照）。  
・拡幅は、堤体の安定性のほか、施工性、利用性（人のすれ違い、車両進入、漁具の仮置き等）を考慮する必要がある。  
・前出しにより、航路や泊地を狭めることになることになるため、漁船の旋回範囲や航路の幅員確保等、航路・泊地の利用への影響を考慮する必要がある。  
・復旧の優先度を設定した上で、方塊ブロック等による仮設として応急復旧を図れる場合がある。

仮設拡幅イメージ  
(方塊B L等)

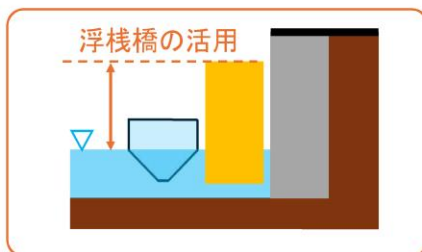
方塊ブロック等  
による仮復旧



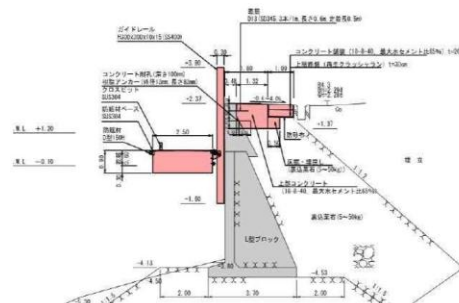
60

8

## 選択肢③ 浮棧橋の活用



既存係船岸への設置イメージ



### 【計画上・設計上の留意点】

#### ①安定性への留意

・浮棧橋は、港内の静穏が確保されている必要がある（簡易タイプの場合、波高0.5m程度）。  
・浮体および付帯設備一式に一定の製作期間を要す。  
・浮体に一定の喫水（水深）が必要である。簡易タイプ（FRP等）は乾舷が1m以下のものもあり、隆起した係船岸基礎を浚渫せずに設置することも可能。  
・小型ポンツーンはH鋼ガイドレール（下記写真参照）による固定、大型のものは杭係留やチェーン係留による固定が多い。

#### ②利用性への留意

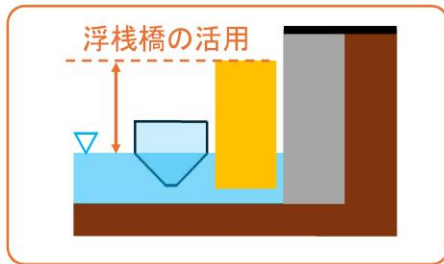
・車両の通行を考慮する場合は、安定性確保の観点から、大型のポンツーン（コンクリート・鋼製等）が必要となる。  
・ポンツーン上に階段を設置することで、潮位によらず隆起した岸壁からのアクセスが可能。



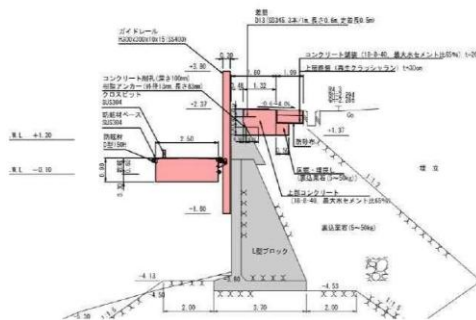
61

9

### 選択肢③ 浮棧橋の活用



既存係船岸への設置イメージ



61

### 【計画上・設計上の留意点】

#### ①安定性への留意

- ・浮棧橋は、港内の静穏が確保されている必要がある（簡易タイプの場合、波高0.5m程度）
- ・浮体および付帯設備一式に一定の製作期間を要す。
- ・浮体に一定の喫水（水深）が必要である。簡易タイプ（FRP等）は乾舷が1m以下のものもあり、隆起した係船岸基礎を浚渫せずに設置することも可能。
- ・小型ポンツーンはH鋼ガイドレール（下記写真参照）による固定、大型のものは杭係留やチェーン係留による固定が多い。

#### ②利用性への留意

- ・車両の通行を考慮する場合は、安定性確保の観点から、大型のポンツーン（コンクリート・鋼製等）が必要となる。
- ・ポンツーン上に階段を設置することで、潮位によらず隆起した岸壁からのアクセスが可能。

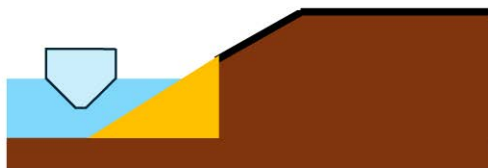


9

## (3) 船揚場

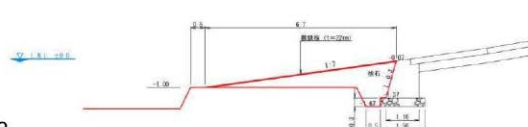
地盤が隆起したことで、船揚場先端の止壁が水面上に露出するため、船が上下架できるようにする必要がある。  
工法の選択肢としては、「捨石式」と「張りブロック式」等がある。

### 船揚場前面の前出し



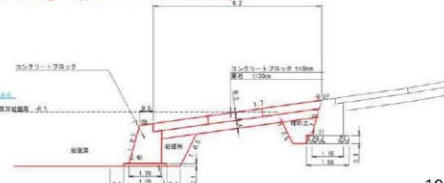
既存船揚場の斜面部分を前出しし、水中に没するようにすることで、船の上下架を可能とする。

#### 選択肢①（捨石式【敷鉄板・石材等】）



62

#### 選択肢②（張りブロック式）



10

出典）能登の水産関係港の復興に向けた協議会（復興協議会） 第3回会合

③ 係留施設の構造形式別被災メカニズムと復旧方針 ※参考

「能登半島等における港湾の復旧設計方針（令和 6 年 3 月 25 日）：令和 6 年能登半島地震被災港湾施設復旧技術検討会」において、係留施設の構造形式別（重力式、矢板式、栈橋式）に被災メカニズムと復旧方針がとりまとめられている。本資料は港湾施設に関するものであるため参考扱いとするが、基本条件等は港湾施設・漁港施設共にほぼ変わらないため、有益な情報であると考ええる。

また矢板式・栈橋式に対するレベル 2 地震動発災後の施設の利用可否の迅速な判断には懸念事項がある。これより、「平成 23 年東日本大震災を踏まえた漁港施設の地震・津波対策の基本的な考え」及び「国土強靱化のための漁港施設の設計手引き（案）」への反映について検討することが望ましい。

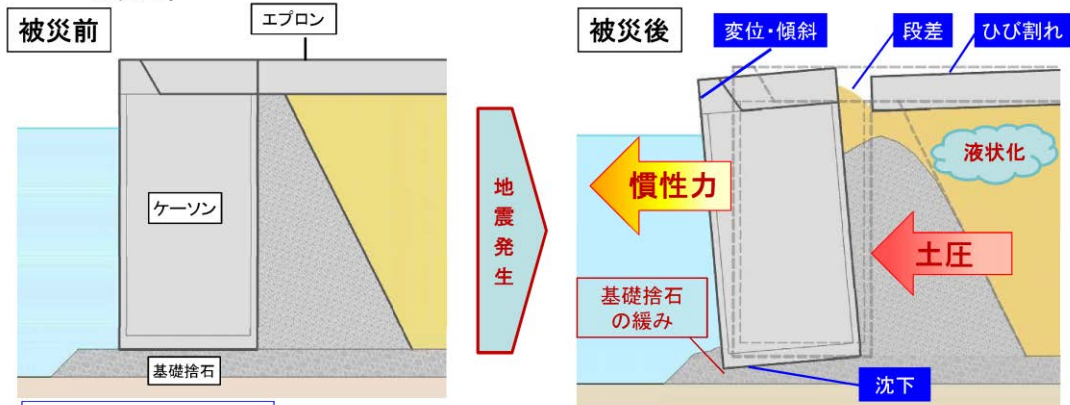
【矢板式・栈橋式の利用可否に関する懸念事項】

- ・ 想定を超える地震動が発生した場合や FLIP 解析による想定以上の変位が生じた場合、矢板式・栈橋式では部材が限界を超えて構造物が不安定化し、使用不能となるリスクがある一方で、ケーソン式は応急措置後に暫定供用が可能。
- ・ 地震直後は精密な変位計測が困難なため、矢板式・栈橋式では「安全かどうかをその場で判断できない」という本質的な問題がある。「構造的に安全であること」と「安全を地震後すぐに確認できること」は別物であり、この視点が従来の耐震設計では見過ごされている。

能登半島等における港湾の復旧設計方針 概要②  
係留施設(重力式)の被災メカニズムと復旧設計の考え方

【被災メカニズム(想定)】

- 地震による施設背後地盤の液状化等が原因と考えられるケーソンの変位や傾斜、エプロンのひび割れや段差が発生。
- 基礎捨石が乱された(緩んだ)ことが原因と考えられるケーソンの基礎捨石へのゆすりこみ沈下が発生。



復旧設計の考え方

被災程度に応じて、以下のいずれかの復旧とする。

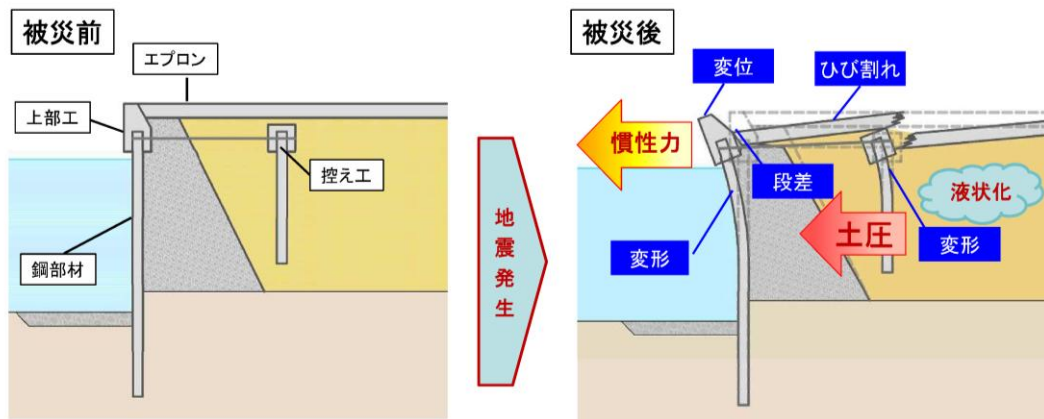
- 被災状況に応じて、施設の安定性を満足させるため、背面土圧の軽減やブロック等の再設置等により被災前の機能へ復旧。
- 軽微な損傷の施設については、修復等に対応。

2

能登半島等における港湾の復旧設計方針 概要③  
係留施設(矢板式)の被災メカニズムと復旧設計の考え方

【被災メカニズム(想定)】

- 地震の水平力と背後地盤の液状化が原因と考えられる鋼部材(鋼管矢板、鋼矢板)の変形、控え工の変形、エプロンのひび割れや段差、上部工の変位が発生。



復旧設計の考え方

被災程度に応じて、以下のいずれかの復旧とする。

- 被災状況に応じて、被災履歴を踏まえた部材の応力評価を行い、必要に応じて部材の補強や鋼部材の設置等により被災前の機能へ復旧。
- 軽微な損傷の施設については、修復等に対応。

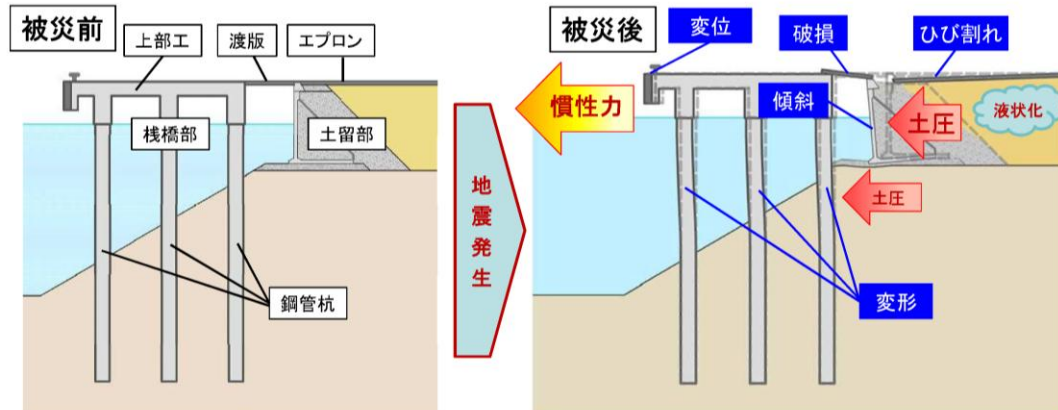
3

出典) 能登半島等における港湾の復旧設計方針

能登半島等における港湾の復旧設計方針 概要④  
 係留施設(棧橋式)の被災メカニズムと復旧設計の考え方

【被災メカニズム(想定)】

- 地震時の棧橋部と土留部の挙動の違いが原因と考えられる段差が発生し、渡版が破損。
- 棧橋法線が変位している箇所は、地震動により鋼管杭が変形している可能性。
- 土留部は、液状化が原因と考えられる壁体の傾斜やエプロンにひび割れが発生。



復旧設計の考え方

被災程度に応じて、以下のいずれかの復旧とする。

- 被災状況に応じて、被災履歴を踏まえた部材の応力評価を行い、必要に応じて部材の補強や新たな鋼部材の設置等により被災前の機能へ復旧。
- 軽微な損傷の施設については、修復等に対応。

4

出典) 能登半島等における港湾の復旧設計方針

#### ④ 防災・減災対策の在り方 ※参考

「令和 6 年能登半島地震を踏まえた港湾における防災・減災対策について（令和 7 年 7 月 8 日）：国土交通省港湾局 海岸・防災課」において、能登半島地震を踏まえた港湾の防災減災対策の在り方についてハード・ソフト面の両面から整理されている。本資料は港湾施設に関するものであるため参考扱いとするが、能登半島地震における教訓を踏まえた今後の対応が整理されているため、有益な情報であると考えらる。

また大地震後の岸壁背後の段差復旧には、砕石・敷鉄板等の資材や重機の事前備蓄と関係事業者との協定締結が有効であり、港湾の応急復旧事例を事例集に掲載することが改良につながると考えられる。これより、「平成 23 年東日本大震災を踏まえた漁港施設の地震・津波対策の基本的な考え」及び「国土強靱化のための漁港施設の設計手引き（案）」への反映について検討することが望ましい。

交通政策審議会 港湾分科会 防災部会 答申

国土交通省

### 令和6年能登半島地震を踏まえた港湾の防災・減災対策のあり方 概要①（ハード面の施策）

○能登半島地震では、岸壁自体の損傷に加え、ふ頭用地の沈下・液状化等、岸壁背後の被害も多く発生。  
○支援活動の円滑化のため、海上支援ネットワーク形成のための防災拠点の確保や迅速な施設復旧の体制構築が重要。

| 教訓                                                                                                                                                                                           | 今後の対応                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>岸壁背後の被災状況</b></p>  <p>岸壁自体の損傷に加え、岸壁背後の沈下・液状化により支援活動に制限。</p>                                          | <p><b>港間支援船の動き（線の太さは往来隻数を表す）</b></p>  <p>支援船は、能登半島地域近傍の港湾で補給等を行い、被災地の港湾との間を往復。</p>                                                                                                                                                                        |
| <p><b>岸壁自体の損傷に加え、岸壁背後の沈下・液状化により支援活動に制限。</b></p>  <p>耐震強化岸壁に加え、臨港道路、背後用地、航路・泊地等、一連の施設の健全性を確保した防災拠点を形成。</p> | <p><b>応急復旧の事例</b></p>  <p>隣接駐車場の路盤材を砕石として流用することで、早期に応急復旧</p> <p>岸壁への車両アクセス経路確保等のため、沈下した岸壁背後を砕石により埋め戻し。</p>  <p>砕石・敷鉄板やバックホウ等、復旧に必要な資機材をあらかじめ備えておくことで、迅速な応急復旧を実現。</p> |

21

出典）令和 6 年能登半島地震を踏まえた港湾における防災・減災対策について

## 令和6年能登半島地震を踏まえた港湾の防災・減災対策のあり方 概要②(ソフト面の施策)

- 能登半島地震では、施設の利用可否判断や国による一部管理の実施等により支援活動の円滑化に貢献。  
○支援活動の更なる円滑化のため、ソフト面の施策についても推進する必要がある。

**岸壁の利用可否判断の事例**

設計時に想定地震動での施設の変位等を解析

| 事例  | 事前の解析結果と現地での簡易な計測を照合 | 即日      |
|-----|----------------------|---------|
| 事例① |                      | で判断     |
| 事例② | 潜水等現地での詳細調査や施設の解析を実施 | 約2週間で判断 |

支援船等の運航のため岸壁の利用可否判断が求められたが、施設の設計時の図書の有無により利用可否判断に要する時間に大幅な差。

変位計測を自動化

情報共有ツールを用いて遠隔地で利用可否判断

法線の出入り  
堤体の沈下  
堤体の傾斜

エプロン背後の沈下

例：重力式岸壁

施設の計測の自動化・遠隔化や、解析結果等必要な情報の共有ツールの活用により、施設の利用可否判断を迅速化。

**国による一部管理に関する関係者からの声**

- ・受援側となった能登半島地域では、国による調整で円滑な輸送ができた。(支援船運航者)
- ・支援側となった金沢港などでは、支援船同士の調整を運航者が行う必要があり、入港まで時間を要した。(支援船運航者)
- ・支援船の運航者が多岐に渡るため、国で一元的に対応してもらいたい。(港湾管理者)
- ・支援側港湾においても輻輳が発生したが、被災が比較的軽微であったため、国への一部管理の要請は不可能と思い込んでいた。(港湾管理者)

港湾法に基づく一部管理の実施により円滑な被災地支援に貢献。一方、支援側港湾では国による一部管理は未実施。

| 港湾   | 施設     | 利用可否 | 一部管理 | 支援活動 |
|------|--------|------|------|------|
| 能登半島 | 多用途支援船 | 利用可能 | 実施   | 支援活動 |
| 金沢港  | 支援船    | 利用可能 | 実施   | 支援活動 |
| 石川港  | 支援船    | 利用可能 | 実施   | 支援活動 |
| 富山港  | 支援船    | 利用可能 | 実施   | 支援活動 |
| 福井港  | 支援船    | 利用可能 | 実施   | 支援活動 |
| 岐阜港  | 支援船    | 利用可能 | 実施   | 支援活動 |
| 山梨港  | 支援船    | 利用可能 | 実施   | 支援活動 |
| 長野港  | 支援船    | 利用可能 | 実施   | 支援活動 |
| 新潟港  | 支援船    | 利用可能 | 実施   | 支援活動 |
| 富山港  | 支援船    | 利用可能 | 実施   | 支援活動 |
| 石川港  | 支援船    | 利用可能 | 実施   | 支援活動 |
| 金沢港  | 支援船    | 利用可能 | 実施   | 支援活動 |
| 能登半島 | 支援船    | 利用可能 | 実施   | 支援活動 |

支援側港湾の管理者への情報提供により、国による一部管理等を通じて支援活動を円滑化。

**民間のリソースの活用事例**

支援物資の仮置き

プッシュ型支援等による支援物資の仮置き場が不足し、空きスペースのあった民間のテント倉庫を活用。

港湾管理者 地方自治体

民間企業等

災害時に活用が想定される港湾施設を有する民間企業等との協定締結により、発災後のスムーズな民間リソースの活用を可能に。

出典) 令和6年能登半島地震を踏まえた港湾における防災・減災対策について

⑤ 被災メカニズム及びメカニズムを踏まえた技術的知見の整理

本業務の【能登半島地震を踏まえた耐震照査手法に関する技術的検討】において狼煙漁港、鵜飼漁港、鹿磯漁港の3漁港を対象に被災メカニズム及びメカニズムを踏まえた技術的知見について整理している。これらは下記3つの知見について整理を行っているが、①は設計内容に関する事項と考えられるが有識者の意見を踏まえ、「平成23年東日本大震災を踏まえた漁港施設の地震・津波対策の基本的な考え」及び「国土強靱化のための漁港施設の設計手引き（案）」への反映は必要ないとする。②③も被災後の整理・検討方法に関する知見であるため、設計内容としての反映は必要ないとする。

## 9. 検討のまとめ

【新規報告】 50

- 本検討では、能登半島地震による被害の実態を踏まえ、通知等による設計手法への反映の方向性を検討するものである。下記に示す3項目に関し、**通知等への反映の必要性についてご意見を頂きたい。**

### ① 地盤隆起が岸壁に与える影響

液状化の発生が想定されない施設においては、「残留水位低下後」の水位が最も危険側な条件（設計条件としては安全側）となった。ただし、検証施設が1施設のみであるため、全てのケースに当てはまるかは不確実なことに留意が必要である。



地盤隆起が想定される場合、『**隆起後の「堤体前面水位」、「残留水位」の変化の影響も踏まえて設計しても良い**』旨を記載する。ただし、地震後の隆起量も含めた地殻変動量については、既往の地震による隆起量や断層モデル等から推定することが可能であるが、予測精度が十分ではない（不確実性が大きい）ことを併せて明記する。

### ② 被災後の岸壁における水平変位量の整理方法

地殻変動量を含まない水平変位量について、「岸壁法線を仮定する方法」及び「地殻変動量を推定する方法」の2手法により整理し、一定の妥当性の確認をした。



**被災後の施設の水平変位量（被災程度）の整理方法の一つ**として記載する。ただし、施設毎に鉋等を設置し被災前後でGPS測量を実施することが望ましい旨を明記する。

### ③ 被災後の岸壁における被災要因の推定方法

地震動による影響について、「液状化を考慮するケース」及び「液状化を考慮しないケース」の2ケースの動的詳細解析を行い、岸壁の水平変位量より被災要因を推定した。



**地震・津波災害における被災施設（岸壁）の被災要因の推定方法の一つ**として記載する。ただし、動的詳細解析における条件設定の影響もあり、各要因の割合は評価の目安である（定量的に評価することは難しい）旨を明記する。

### 3.2.4 申送り事項

次年度以降に策定を予定している「国土強靱化のための漁港施設の設計手引き（案）」の作成にあたっては、本業務において収集・整理した能登半島地震に関する技術的知見を反映することが望ましい。また、「平成 23 年東日本大震災を踏まえた漁港施設の地震・津波対策の基本的な考え方」への反映についても、記載内容・方法等を含めて次年度以降に検討することとする。

反映を検討すべき主な事項は以下のとおりである。

#### 1. 能登半島地震を踏まえた課題

##### ①地盤隆起を想定した段階的な復旧

隆起量の程度（大・中・小）に応じた仮復旧・本復旧の考え方を整理し、計画・設計上の留意事項の反映を検討する。

##### ②地盤隆起した漁港における被災施設の復旧工法

航路・泊地（浚渫工法）、岸壁・物揚場（天端切り下げ・堤体前出し・浮棧橋の活用）、船揚場（前出し工法）等、施設種別の復旧工法の反映を検討する。

##### ③係留施設の構造形式別被災メカニズムと復旧方針 ※参考

重力式・矢板式・棧橋式の構造形式別の被災メカニズムを踏まえ、特に緊急利用が想定される施設における構造形式の選定（地震後の利用可否確認のしやすさ等）の視点を反映することを検討する。

##### ④防災・減災対策の在り方 ※参考

岸壁背後の応急復旧に向けた資機材の事前備蓄・協定締結のあり方や、施設の利用可否を迅速に判断するために有効な取組について反映を検討する。

#### 2. 対策工法の留意事項

対策工法として留意すべき内容について情報収集を行い、必要に応じて留意事項を設計手引きに反映する。現時点ではグラウンドアンカー工法（重力式）及び堤体拡幅工法の一体化に関する留意事項を想定している。

#### 4. 検討会の設置・運営

#### 4. 検討会の設置・運営

検討会（計２回）を開催し、対象となる漁港施設の埋没対策について審議し、決定した。

検討会は以下の日時で開催した。

##### 【第１回検討会】

日 時：令和７年１０月１日（水）１０：００～１２：００

場 所：エッサム神田ホール２号館 会議室 B01

内 容：（１）能登半島地震を踏まえた耐震照査手法に関する技術的検討  
（２）全国の耐震・耐津波対策及び設計手法に関する技術的検討  
（３）地盤隆起等による地形変化の影響把握及び将来予測に関する技術的検討

##### 【第２回検討会】

日 時：令和８年２月４日（水）１３：３０～１５：３０ エッサム神田１号館

場 所：エッサム神田ホール１号館 会議室 601

内 容：（１）能登半島地震を踏まえた耐震照査手法に関する技術的検討  
（２）全国の設計水平震度に関する技術的検討  
（３）地盤隆起等による地形変化の影響把握及び将来予測に関する技術的検討

報 告：（１）東日本大震災以降における耐震・耐津波設計に関する設計事例集

資料編：資料Ⅰ－２および資料Ⅰ－３に検討会資料を示す。

## ○第1回検討会 主な意見と対応

### (1) 能登半島地震を踏まえた耐震照査手法に関する技術的検討

| 主な意見                                                                                                          | 事務局対応                                                                                                                      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 被災の要因算出に用いられている実測値は、能登半島地震前後の座標から変位を算出している認識でよいか。また、地殻変動による変位が含まれている認識でよいか。                                   | 前回委員会では、地殻変動による変位が含まれる漁港も存在していた。そのため、地殻変動による変位が含まれない岸壁の変位量を算出し被災要因の見直しを行った。算定方法の詳細は第2回検討会説明資料-3【p.10】に示す。                  |
| 各被災要因の算出について、FLIPの計算精度にも限界があり、倍半分程度の誤差が生じると考えることが妥当である。そのため、実測値と解析結果の差分をその他(津波等)と結論付けられない方がよい。                | 実測値と解析結果の差分は「解析と実測値の乖離」として表記した。また、「解析と実測値の乖離」に対し、現地の被害状況等を踏まえた考察を、FLIP解析結果により得られた事実(結果)と区分して記載した。(第2回検討会説明資料-3【p.26-27】など) |
| 被災要因における「慣性力」や「液状化」は、FLIP解析時に液状化層に対して液状化パラメータを設定したか否かの認識でよいか。また、排水条件はどう設定されているか。                              | ご認識のとおりである。また、排水条件は、どちらも排水まで完了した状態である。                                                                                     |
| 液状化パラメータを設定していない場合でも地盤変形は生じることが想定されるが、「慣性力」という言葉を用いた場合、剛体に変位を与えるイメージとなり、地盤変形が生じないようなイメージを与えるため、表現方法を再考した方がよい。 | 被災要因の分析における「慣性力」の記載を「地震力」に修正した。(第2回検討会説明資料-3【p.46】など)                                                                      |
| 隆起を考慮したFLIPにおいて、前面水位が下がった状態とすることは妥当であるが、背後地盤の水位はどのように設定しているか。                                                 | 隆起後の背後地盤における水位は、隆起直後は排水されないと考え、残留水位として隆起前の水位と同様に設定している。                                                                    |
| 液状化パラメータを入力する土層の設定において、液状化判定を行った地下水位とFLIPにおける地下水位が異なる旨が記載されているのはなぜか。                                          | 液状化判定はボーリング実施時の地下水位で実施しており、FLIPの地下水位はH.W.L等から求めた残留水位に設定しているため、異なっている。                                                      |
| 隆起を考慮したFLIPにおいて、前面水位の下降に伴いケーソンに浮力が発生する可能性があるが、解析上の設定はどうなっている                                                  | ケーソンに浮力が発生する条件となっている。                                                                                                      |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| か。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <p>岸壁の前面水位は、地震中および地震後の経時変化を把握して設定する必要があるのではないか。地震による地盤の隆起は短時間で発生すると考えられるが、地盤隆起時には岸壁の前面水位も同時に上昇すると想定される。その後、岸壁の前面水位がどれくらい時間をかけて低下するかを考慮する必要がある。水面勾配を考慮すると、地震中は前面水面が維持され、地震後に時間をかけて水位が低下しているのではないかと。</p> <p>輪島港の監視カメラで地震前後の水位が撮影されている。地震により、前面水位が地盤と同様に上昇し、10 分程度の時間を経て前面水位が下がっている。その際、前面水位の低下に伴う護岸の変化は確認されないことから、前面水位を下げた解析は不要と想定される。</p> | <p>輪島港の地震時の映像からもわかるように、地震直後は地盤と共に前面水位が上昇していた。その後、地震から約 10 分経過後に前面水位が低下し、さらに時間が経過した後に残留水位が低下したものと推察される。</p> <p>残留水位が低下した時点にも地震が発生する可能性があるため、「地震後」、「前面水位低下後」及び「残留水位低下後」の 3 ケースの水位に対する解析を実施し、地盤隆起が発生した場合の岸壁の安定性への影響（設計時の留意事項）を検討した。</p> <p>検討結果を第 2 回検討会説明資料-3【p. 50】にて説明する。</p> |
| 隆起を考慮した FLIP について、1m 程度の隆起が発生した狼煙漁港は実施しないのか。                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 隆起による影響の検討は、隆起量が最大であった鹿磯漁港において行うこととしたため、狼煙漁港では実施しない。                                                                                                                                                                                                                          |

## (2) 全国の耐震・耐津波対策及び設計手法に関する技術的検討

| 主な意見                                                                                                                                                                                                                            | 事務局対応                                                                                                                                                                                                                                                       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>港湾分野では 2007 年から設計水平震度の考え方を変更している。現在は港湾ごとに地盤のサイト増幅特性を調べて設計水平震度を求める考え方になった。（県別に設計水平震度の代表値を設定するのではなく港湾別に設定することになった）</p> <p>漁港施設に対しても港湾と同じような設計水平震度の設定を行っていくことが望ましいと考える。そのためには、重要な漁港施設では地震動観測、その他施設では常時微動観測をされて設定することをお勧めする。</p> | <p>漁港施設も港湾と同じように行っていくことが望ましいが、管理者が市町村などになっており、同じレベルで行うことは難しい。そのため、現行基準のように県別に照査用震度を用いて検討する手法も維持したい。</p> <p>また、「平成 23 年東日本大震災を踏まえた漁港施設の地震・津波対策の基本的な考え方」に基づき、通常の岸壁はレベル 1 地震動、拠点漁港等の耐震強化岸壁はレベル 2 地震動に対して FLIP 解析等で性能照査を行うこととなっており、施設の重要度に応じた耐震性能照査を実施している。</p> |

|                                                                             |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 照査用震度を算定するうえで重要度係数は1.0で考えてよいか。                                              | 漁港施設の構造形式として重力式が主であることから、重力式を対象としている。他の構造形式については今のところ検討を行う予定はない。(第2回検討会説明資料-4【p.5】) |
| 収集する地震動は、松補正と竹補正で作成された地震動という認識でよいか。また、収集した地震動に対して地盤種別をそれぞれ変えて検討するという認識でよいか。 | ご認識のとおりである。                                                                         |

(3) 地盤隆起等による地形変化の影響把握及び将来予測に関する技術的検討

| 主な意見                                                                                                                   | 事務局対応                                                                                                                                                     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 調査事項①の説明で使われている初期変動の「初期」とはどの時点を指しているのか説明いただきたい。                                                                        | 本調査の中では、昨年度業務の中で測量実施した令和6年11月時点を初期として考えている。今後資料作成する際には、それがわかるように明記する。<br>第2回検討会説明資料-5【p.3】にて説明                                                            |
| 令和6年度業務の中で実施したグリーンレーザ測量で浅場の地形は把握できていると思うが、シミュレーションを実施するのであれば、もう少し沖側の情報が必要となる。今年度業務の中で深浅測量の準備・実施等は考えているのか。              | 今年度業務の中では深浅測量の準備・実施は計画していない。そのため、沖合部の地形については既往の取組を調査し、利用できるデータがないか情報収集を行う。それを踏まえて、次年度以降の数値シミュレーション実施に向けての海底地形データの取り扱い方針について整理する。<br>第2回検討会説明資料-5【p.9】にて説明 |
| 隆起によって黒島漁港では旧港口まで陸地化しているようなので、黒島漁港が漂砂の端部になっていないのではないかと。そのため、黒島漁港よりも南側も含めて漂砂の動きは考える必要があると思うので、地形の情報収集の際にはその点も留意したほうが良い。 | その旨を留意したうえで、隆起後の地形に関する情報収集する際には黒島漁港以南も含める。<br>参考に衛星画像データ解析により黒島漁港より南側の海岸における令和6年1月～令和7年12月までの汀線変動の傾向を調査した。<br>第2回検討会参考資料【p.1-2】にて説明                       |

## ○第2回検討会 主な意見と対応

### (1) 能登半島地震を踏まえた耐震照査手法に関する技術的検討

| 主な意見                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 事務局対応                                                          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| <p>地盤隆起後に同規模の地震が発生するのは現実的ではなく、レベル2地震動に対して隆起による水位の変化を考慮した設計条件は過剰である。</p> <p>レベル2地震動の設定では確率論的に不確実性が含まれており、実際には想定より大きい地震動も小さい地震動も発生する可能性がある。そうした不確実性に対して費用対効果の観点も踏まえて設計手法を設定する必要がある。地盤隆起後にレベル2地震動は発生しないと断定はできないが、費用対効果の面からも設計条件として過剰である。</p> <p>設計条件としては、過剰である。一方、被災後の安定性検討(事後評価)としては有意義である。</p>                                                                     | <p>承知した。</p>                                                   |
| <p>被災後の岸壁における水平変位量の整理方法として、2種類の方法が挙げられているが、両方法とも色々な仮定を含んだ最終手段である。</p> <p>「岸壁法線を仮定する方法」は、被災前後の航空写真と座標がある場合、注意深く実施すればある程度精度の高い推定が可能である。一方、「岸壁法線を仮定する方法」は、不動点を仮定するため、平面形状が凸型の岸壁には適用できない。そのため、凸型には使えない等の適用条件を明記すべきである。また、「岸壁法線を仮定する方法」は、地震後に国土地理院等から座標付きの航空写真が公表された後に実施可能なため、地震直後の供用可否判断等には適用できない。港湾では地震直後の利用可否判断のためにバースサーベイヤーによる計測を実施している。この方法を第3の方法として併記してはどうか。</p> | <p>報告書において、両方法及びバースサーベイヤーを用いた方法について、精度・優先順位・適用条件を整理して記載した。</p> |
| <p>「実測値」は航空写真による推定であるため、「推定値」等に記載を改めること。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <p>「実測値」を「推定値」に修正した。</p>                                       |
| <p>鵜飼漁港の被災要因分析において、「津波による影響が大きい」と断定的な表現となっているが、「津波の影響が想定される」、「津波が一因と考えられる」など断定的ではない表現に修正した方が良い。</p> <p>鵜飼漁港における水平変位の推定値2.289m、解析値1mの差が大きいことから津波の影響と推察している</p>                                                                                                                                                                                                     | <p>「津波の影響が想定される」等の表現に修正した。</p>                                 |

|                                                                                                            |                                       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| が、この程度の差は解析誤差の範囲内とも解釈できる。航空写真等からも背後地盤の変状や局所的破壊が確認されていないため津波による被害ではない可能性がある。そのため、「津波による変位」と断定的な表現は修正した方が良い。 |                                       |
| 狼煙漁港の被災要因の割合について、地震力が 75%、液状化が 85%となっており、合計が 100%以上となる。「推定値を基準に、各要因の変位への影響を割合で表した値」と理解しているが、基準と解釈を明確にすること。 | 報告書では、被災要因の割合の算出方法について、基準と解釈を明確に記載した。 |

## (2) 全国的设计水平震度に関する技術的検討

| 主な意見                                                                                                                                                    | 事務局対応                                                                                                                     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 「港湾技術基準」における水平震度は、地域別震度に地盤種別係数を乗じた値を用いていたが、地盤種別係数は考慮されていないのか。                                                                                           | 「設計参考図書」では、地域別震度に地盤種別係数を乗じた値が表に直接記載されている。なお、表中の値はⅡ種地盤に該当し、表中の括弧書きの値がⅢ種地盤に該当する値となっている。また、Ⅰ種地盤に該当する値は記載されていない。              |
| 算出した照査用震度は、「設計参考図書」における係留施設 B の値と比較している認識で良いか。                                                                                                          | ご認識のとおりである。漁港施設で事例の多い係留施設 B を代表とし、照査用震度との比較を行っている。なお、係留施設 A と係留施設 B の違いは、「港湾技術基準」における重要度係数として 1.0 を乗じているか 1.2 を乗じているかである。 |
| 算出した照査用震度と地域別震度表の設計水平震度の差分について、0 を中心としたヒストグラムとなっている。地域別震度表を設定した際と今回の手法は異なるが、算出結果が大きく変わらないことから、現在の基準の妥当性が確認されたと言える。また、前述の重要度係数について、1.0 とする妥当性も確認されたと言える。 | 承知した。                                                                                                                     |
| 照査用震度を算出する代表 3 モデルについて、壁高は共通であるか。壁高等の断面条件により照査用震度は変化するため、壁高が一般的な値か確認すること。また、地域による地震動の傾向の把握には、PSI 値等も整理してはどうか。                                           | 壁高は 3 モデルとも共通である。来年度、地方港湾の結果に加えて、壁高や PSI 値等を整理する。                                                                         |

(3) 地盤隆起等による地形変化の影響把握及び将来予測に関する技術的検討

| 主な意見                                                                                                | 事務局対応                                                                                                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>さまざまなモニタリング項目を実施しているが、全ての項目について長期間継続して実施する必要はないが、実施した方がいい項目については継続してモニタリングを実施してもいいと考える。</p>      | <p>地形変化調査については、現地調査は一区切りと考えるが、衛星画像データ解析や航空写真等の簡易的な方法で継続して実施する。</p>                                               |
| <p>漁港漁場整備の観点からモニタリング期間をその程度を考えているか？</p>                                                             | <p>主に大規模災害の復旧を対象に考えているので期間としては3年程度である。ただし、改良整備等を考える場合には、それ以降の期間も継続した実施を検討する必要があると考えているので、それを踏まえて次年度取りまとめていく。</p> |
| <p>大規模な隆起の前例がない中で、この後に何が起こるかわからない中で漁港整備を実施した中での応答を見ておく必要はあると思う。それを踏まえてモニタリング期間は長めにとってもらえればと思う。</p>  | <p>衛星画像データ解析や航空写真等の簡易的な方法で地形変化を継続してモニタリングする等、全ての項目ではなく一部の項目については継続して実施する。</p>                                    |
| <p>今後海浜変形を検討する際に波向きが重要になると思うが、ブイ式波高計とCWMの位置関係がそれほどずれていないのに、波向の結果が異なる点は気になるため、結果の取り扱いに注意が必要だと思う。</p> | <p>波向の取り扱いについては、今後数値シミュレーションを実施する中で、観測結果と予測結果が異なる要因等について確認する。</p>                                                |