

能登半島地震における 矢板式係船岸の被災分析と健全度評価

北陸地方整備局
新潟港湾空港技術調査事務所

本検討の背景・概要

- ・ 令和6年1月1日16時10分、能登半島地震発生
- ・ 新潟技調では7港湾70~80施設の復旧設計を実施
特に七尾港の係留施設の被災に着目した

能登半島地域において被災した港湾・空港等への対応【令和6年6月10日時点】

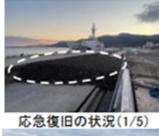
- 能登半島地域では港湾全体に被害が及んでおり、石川県からの要請により、七尾港、輪島港、飯田港、小木港、宇出津港、穴水港の計6港について、1月2日以降、港湾法に基づき、国土交通省による港湾施設の一部管理を実施。
- また、石川県、七尾市からの要請により、上記6港に和倉港を加えた計7港湾2海岸及び能登空港について、大規模災害復興法の適用により、北陸地方整備局が自治体に代って本格復旧を実施。

輪島港 (最大水深7.5m、延長220m)

利用可能係留施設: 1施設/1施設

【現況と対応状況】

- ・ 地盤隆起により、岸壁水深が最大1.5m程度浅くなっている。
→水深6mの岸壁として運用。
- ・ 岸壁の背後に最大2mの段差が発生。
→応急復旧(1/4)で車両のアクセス経路を確保済。
- ・ 地盤隆起により、小型船だまりで多くの漁船が操業不能。
→漁船の移動・陸揚に必要な水深を確保するための、啓開作業(浚渫)を開始(2/16~6月末)。

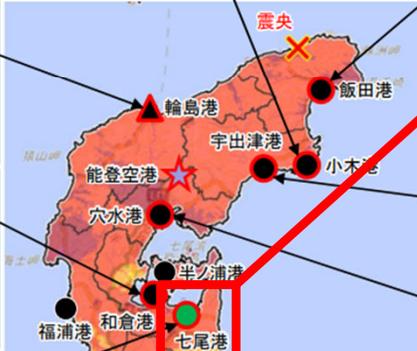


小木港 (最大水深5.0m、延長160m)

利用可能係留施設: 5施設/5施設

【現況と対応状況】

- ・ 一部の岸壁で、岸壁水深が最大1m程度浅くなっている。
→当面、水深3.5m程度で運用。
- ・ 岸壁背後に沈下(段差)が発生。
→応急復旧が完了(3/4)し、荷役可能。



飯田港・飯田港海岸 (最大水深5.5m、延長398m)

利用可能係留施設: 1施設/2施設

【現況と対応状況】

- ・ 航路内に小型船が沈没し、航行時に注意が必要。
→貨物船が利用する航路内の沈没船の撤去が一部完了(2/9)。また、漁船定まりの航路啓開も完了(5/26)。
- ・ アクセス経路にうねりが発生。
→応急復旧が完了(1/9)し、車両の走行経路を確保済。

宇出津港 (最大水深4.0m、延長20m)

利用可能係留施設: 2施設/4施設

【現況と対応状況】

- ・ 岸壁背後に沈下(段差)が発生。
→応急復旧が完了(3/4)し、荷役可

穴水港 (最大水深4.0m、延長187m)

利用可能係留施設: 3施設/4施設

【現況と対応状況】

- ・ 岸壁の傾斜及びエプロン沈下が発生
→応急工事で物揚場を利用可能。

能登空港 (滑走路延長2000m)

- ・ 滑走路等を応急復旧し、民航機の運航再開(1/27)。



和倉港・和倉港海岸 (最大水深3.0m、延長373m)

【現況と対応状況】

- ・ 和倉温泉前面護岸に倒壊・傾斜が発生。
→応急復旧で大型土壌設置完了(6/10)。

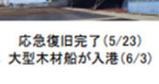


七尾港 (最大水深11.0m、延長260m)

利用可能係留施設: 3施設/8施設

【現況と対応状況】

- ・ 液状化の影響により、車両のアクセス経路が寸断。
→応急復旧により車両制限を解除、大型船舶利用が可能に(5/23)。



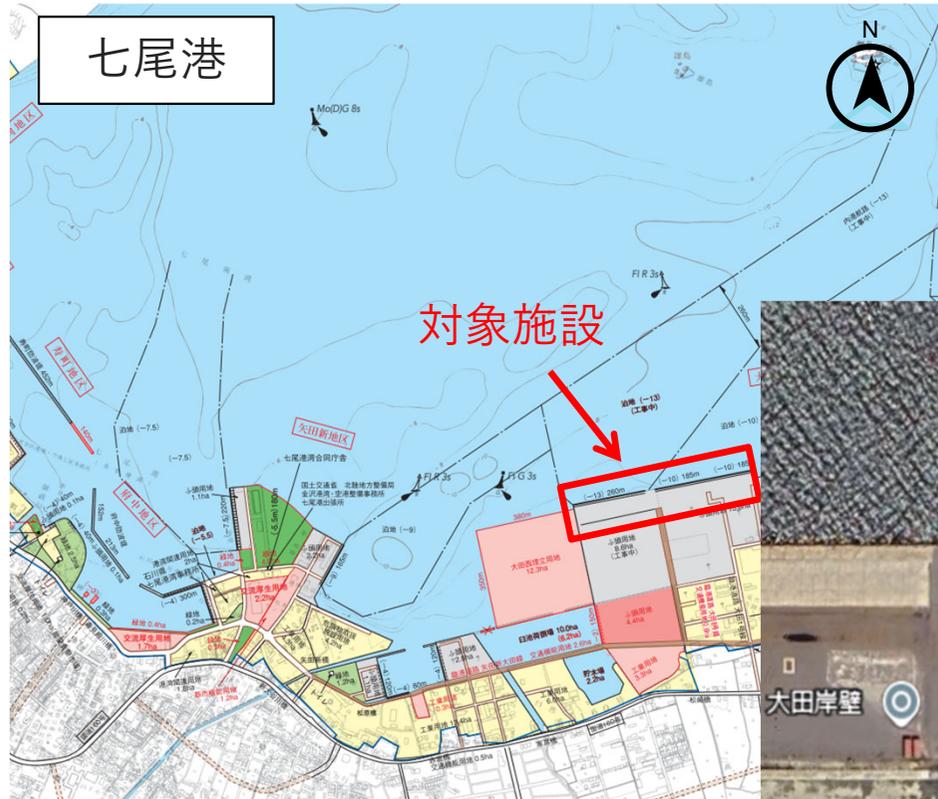
代行復旧を実施
 ○ 予定の港湾・空港
 ● 重要港湾
 ▲ 避難港
 ● 地方港湾
 ★ 地方管理空港

港湾管理者: 七尾市(和倉港)
 港湾管理者: 石川県(和倉港以外の港湾)
 空港管理者: 石川県

※利用可能係留施設は宇出津港と穴水港は水深4.0m以上、その他の港湾は水深4.5m以上の施設に限る

対象施設の概要

<対象施設> 七尾港大田地区 物専岸壁、2号岸壁B区、2号岸壁C区



・七尾港大田地区の連続岸壁において
被災状況に大きな差が生じた

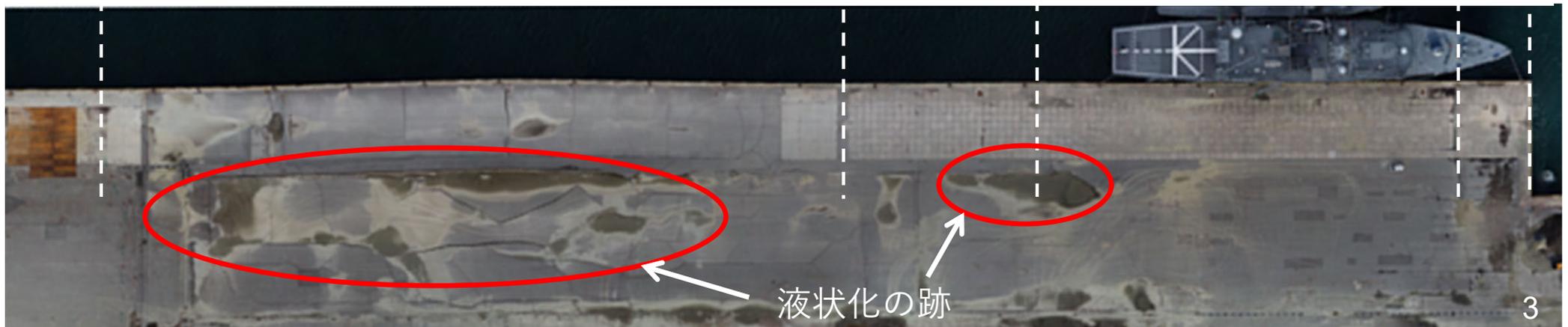
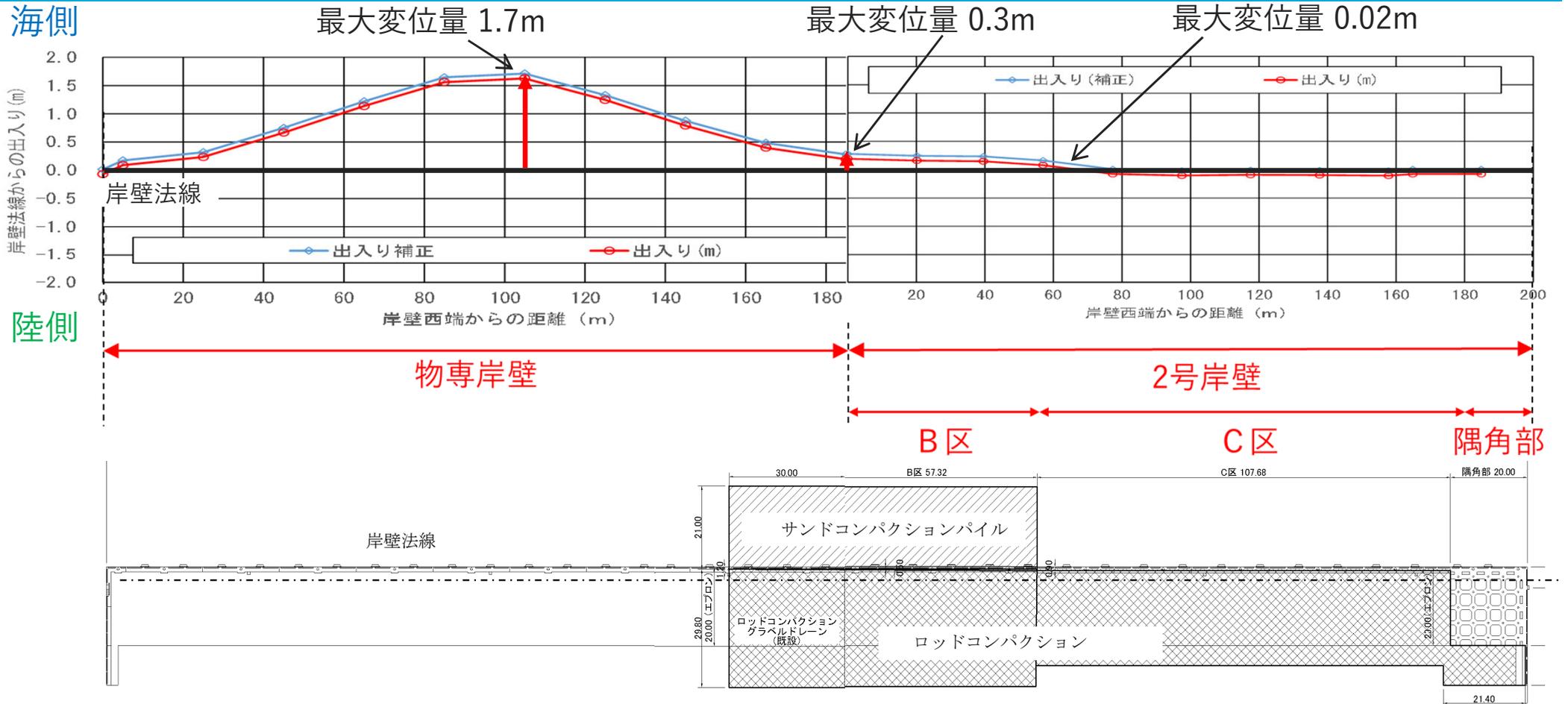
水深：-10m / 延長：物専 185m・2号 185m



<検討内容>

1. 岸壁・工区による水平変位量の差と要因
2. 被災した岸壁の再現解析
3. 推定法と再現解析の比較

各岸壁・工区の被災状況：法線の出入り



各岸壁・工区の被災状況：物専岸壁

物専岸壁（控え直杭式鋼矢板岸壁）【設計：昭和50年度（適用基準：昭和42年）、完成：昭和51年度】

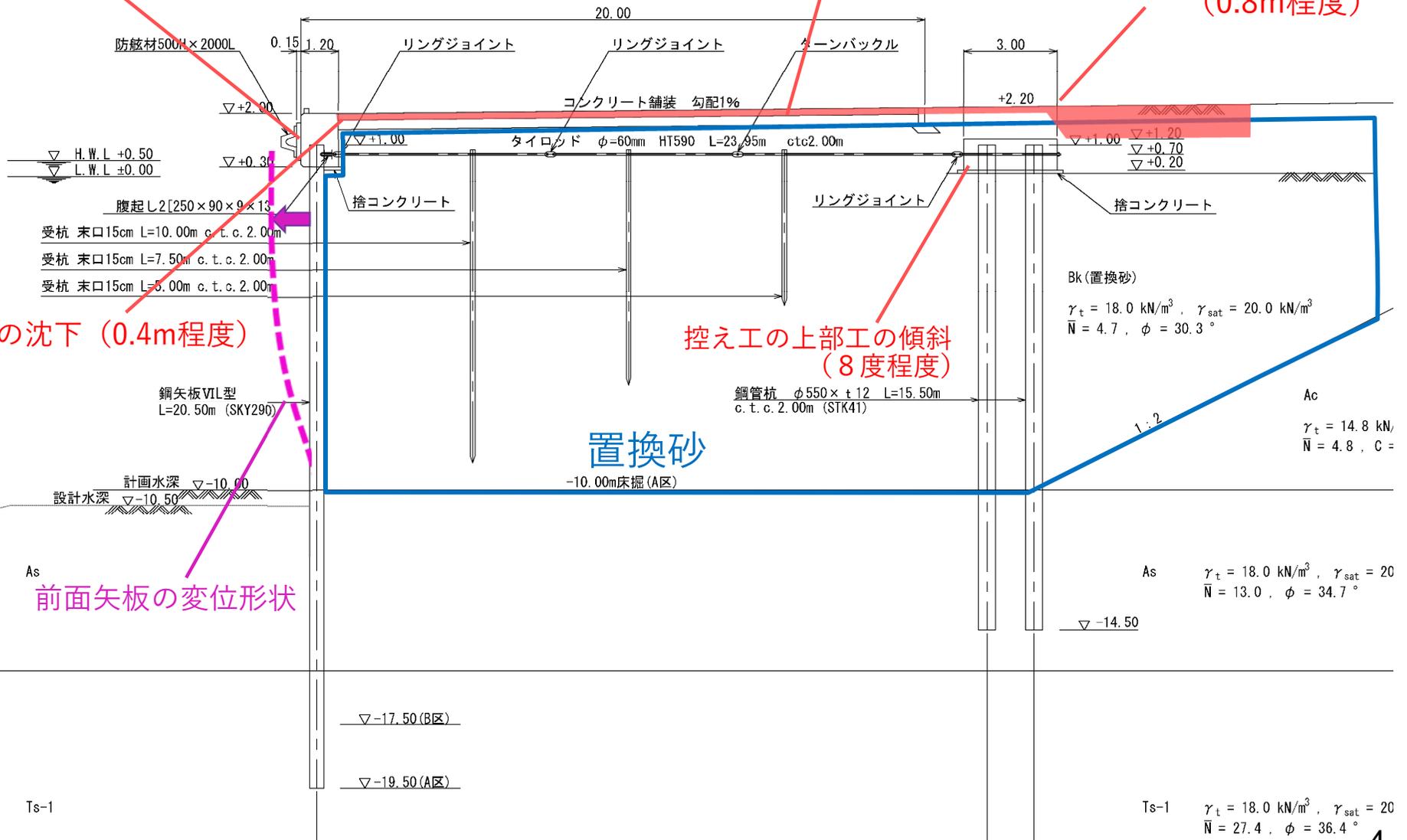
液状化によるエプロン・ヤード舗装の沈下

岸壁法線の変位（最大1.7m程度）

エプロン舗装とヤード舗装の間に段差（0.8m程度）

エプロンの沈下（0.4m程度）

控え工の上部工の傾斜（8度程度）

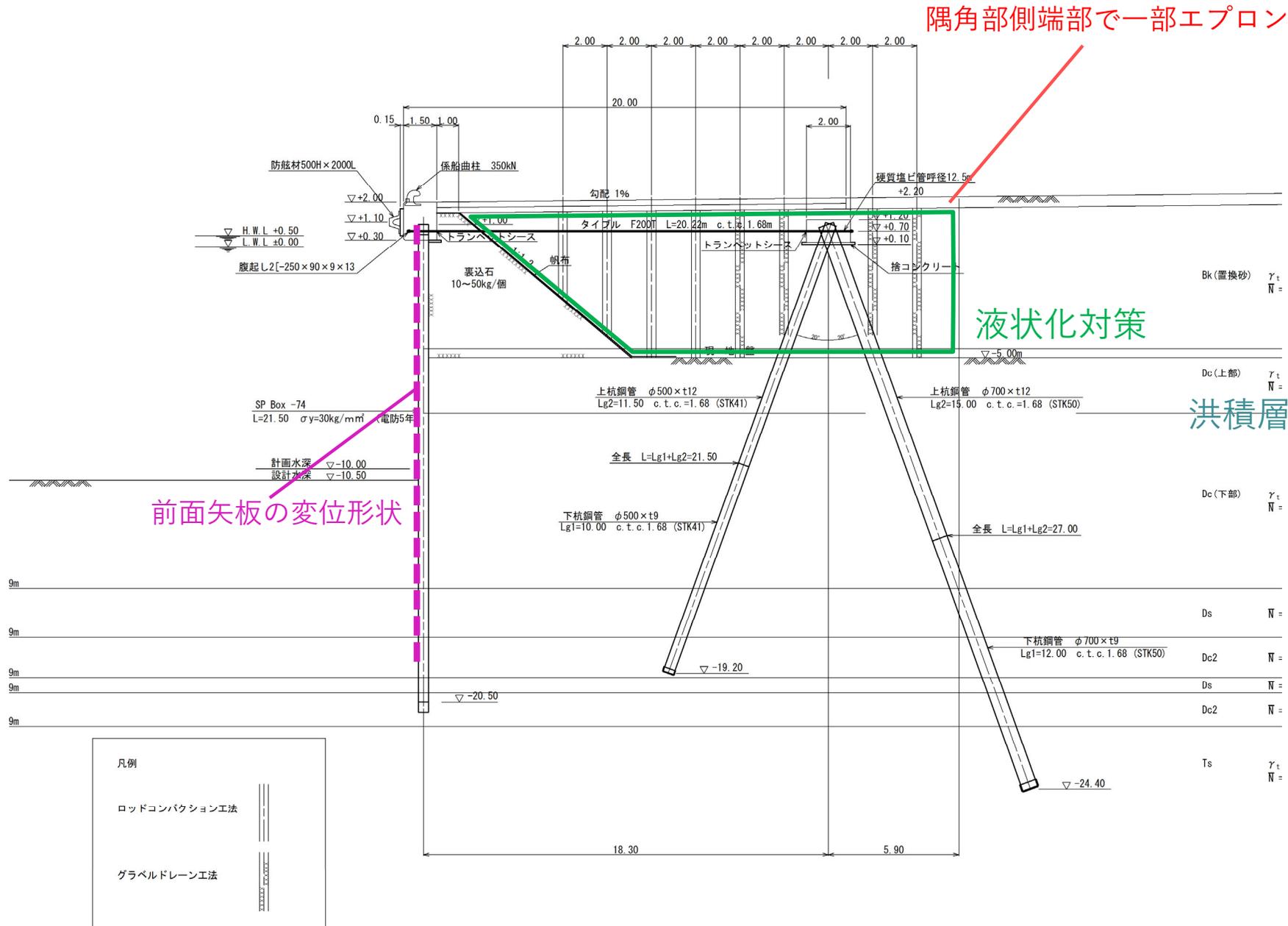


Ts-1

Ts-1 $\gamma_t = 18.0 \text{ kN/m}^3$, $\gamma_{sat} = 20$, $\bar{N} = 27.4$, $\phi = 36.4^\circ$

各岸壁・工区の被災状況: 2号岸壁C区

2号岸壁C区 (控え組杭式鋼矢板岸壁) 【設計: 昭和55年度 (適用基準: 昭和54年)、完成: 昭和60年度】



1. 岸壁・工区による水平変位量の差と要因

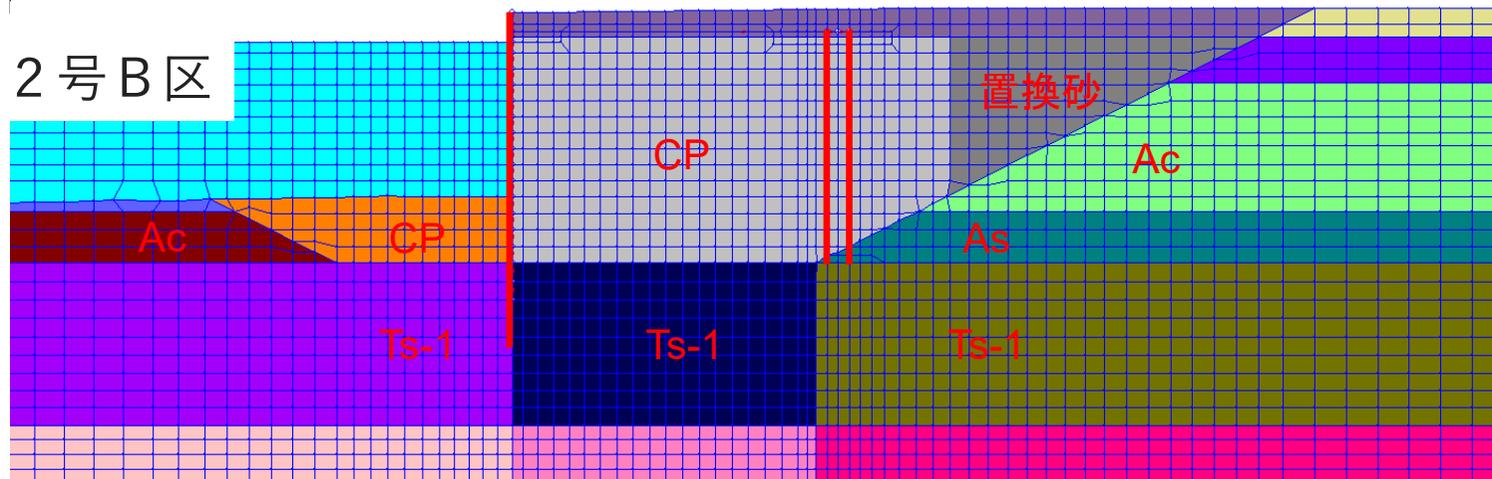
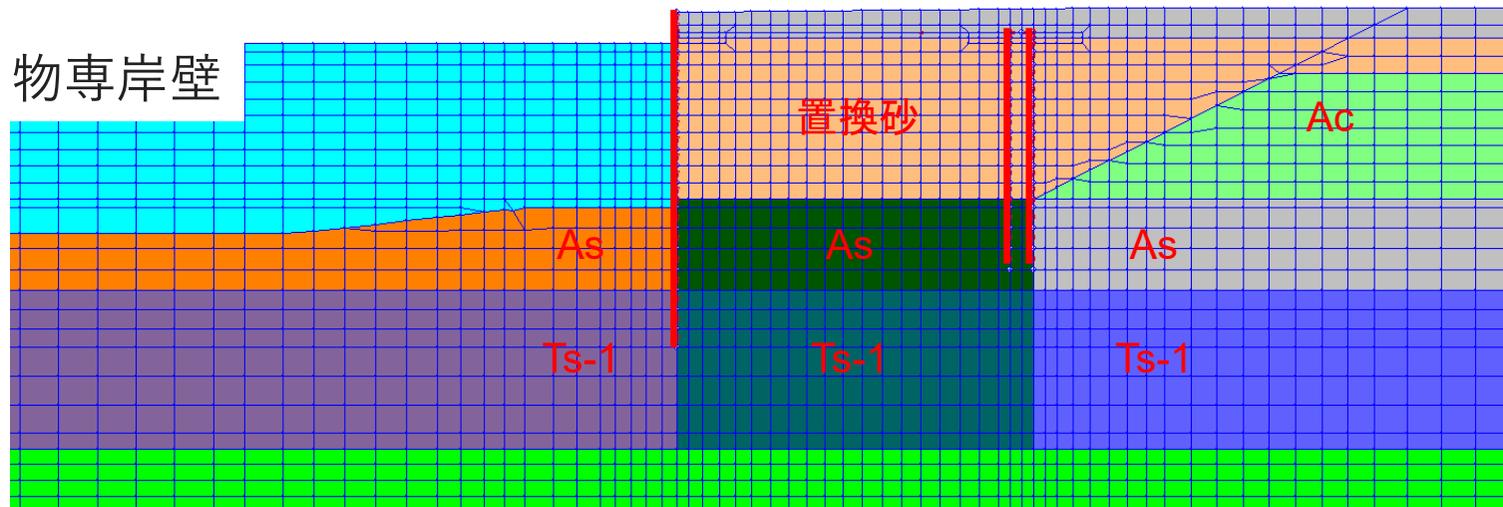
岸壁および工区による水平変位量の差と要因について
 液状化対策の有無、前面矢板背後の地盤、控え工の構造に着目し整理

主な特徴	物専岸壁	2号B区	2号C区
水平変位量	1.7m	0.3m	0.02m
液状化対策	無	有	有
前面矢板背後の地盤	置換砂	置換砂	洪積層 (Dc層)
控え工の構造	直杭	直杭	組杭

2. 被災した岸壁の再現解析

解析条件

- ・ 対象：物専岸壁、2号岸壁B区
- ・ 地震動：能登半島地震の再現地震動（港空研にて作成）
- ・ 手法：2次元地震応答解析（FLIP）

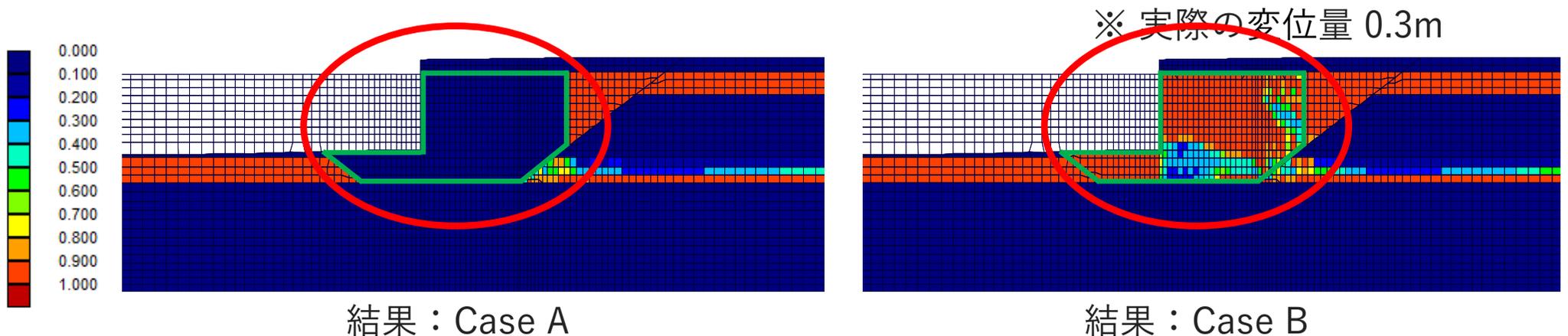


2. 被災した岸壁の再現解析: 2号岸壁B区

2号B区

低改良のコンパクション地盤のパラメータ設定法

	Case A	Case B
設定	液状化パラメータを 設定しない (高改良)	液状化パラメータを 設定する (低改良)
結果	水平変位量 0.3m	水平変位量 0.74m



最大過剰間隙水圧図

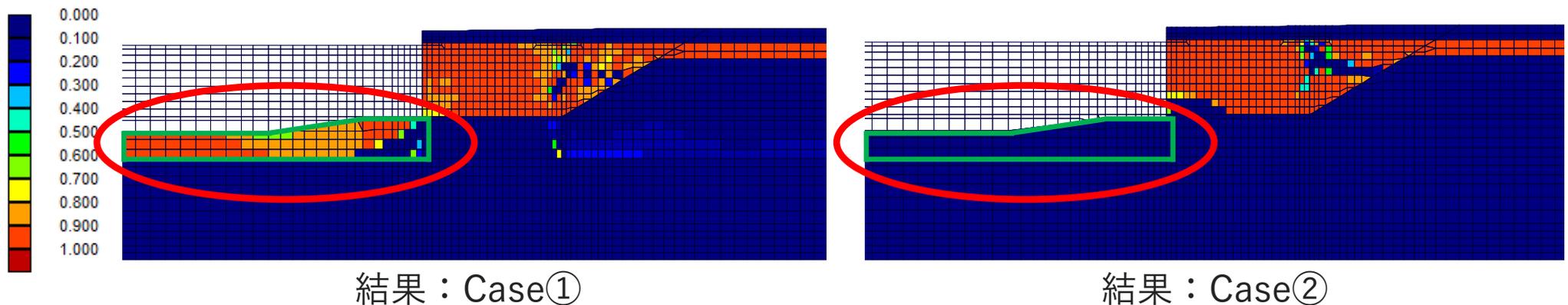
2. 被災した岸壁の再現解析: 物専岸壁

物専岸壁

液状化パラメータを設定する・しない

	Case①	Case②
設定	液状化パラメータを設定する	液状化パラメータを設定しない
結果	水平変位量 2.1m	水平変位量 1.49m

※ 実際の変位量 1.2m

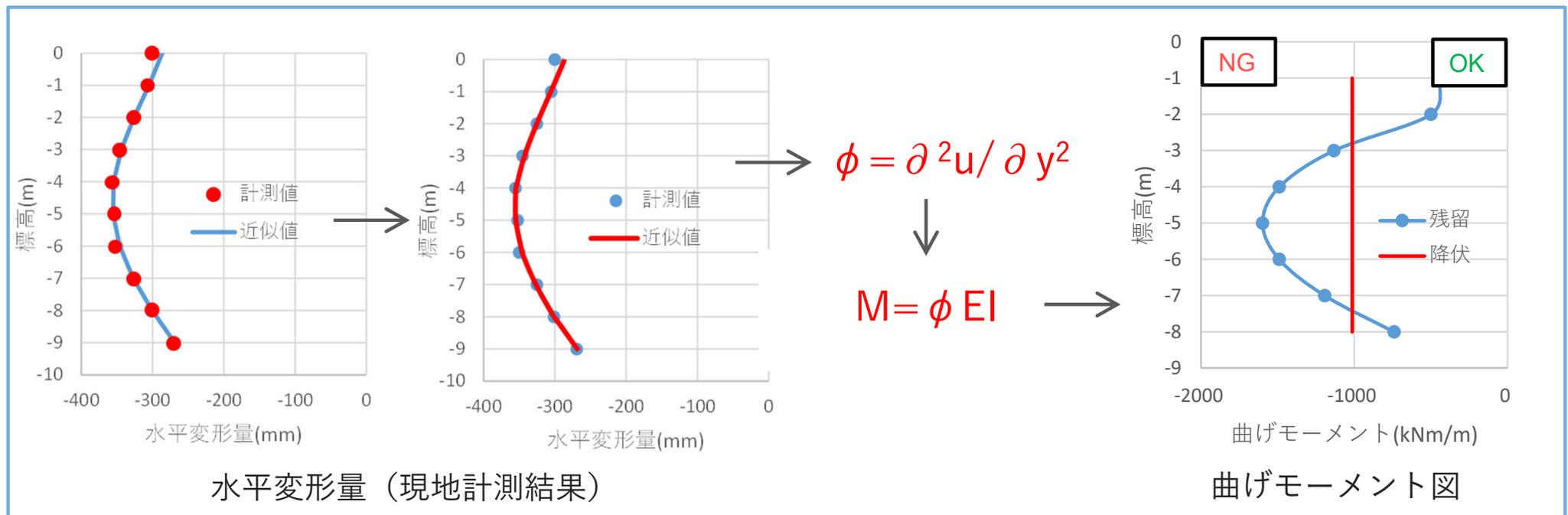


最大過剰間隙水圧図

3. 推定法と再現解析の比較

< 推定法の手法 >

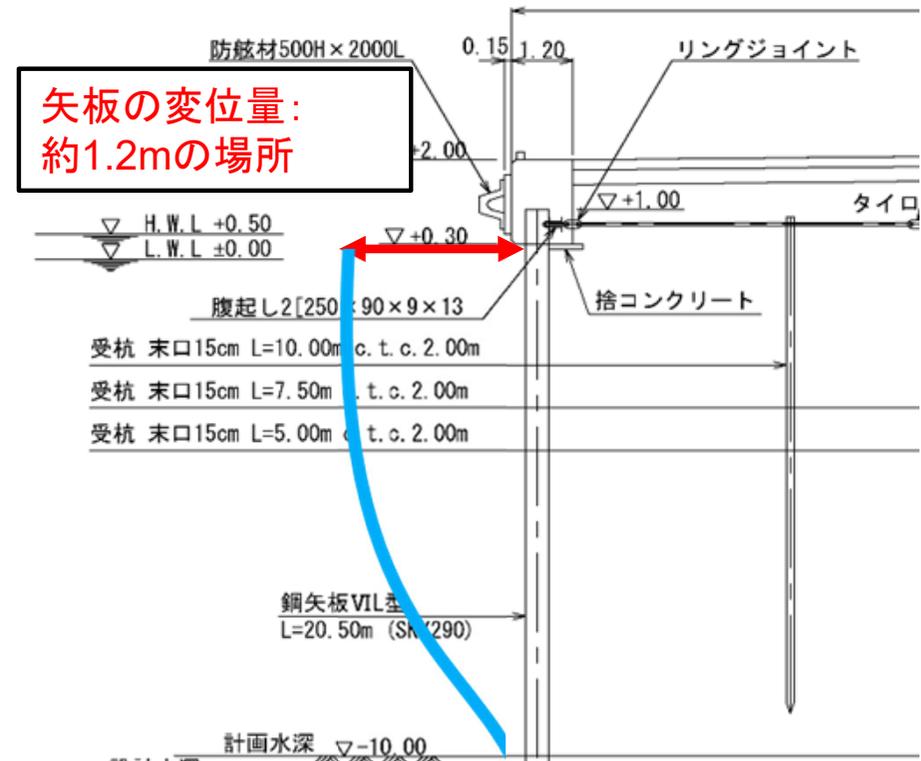
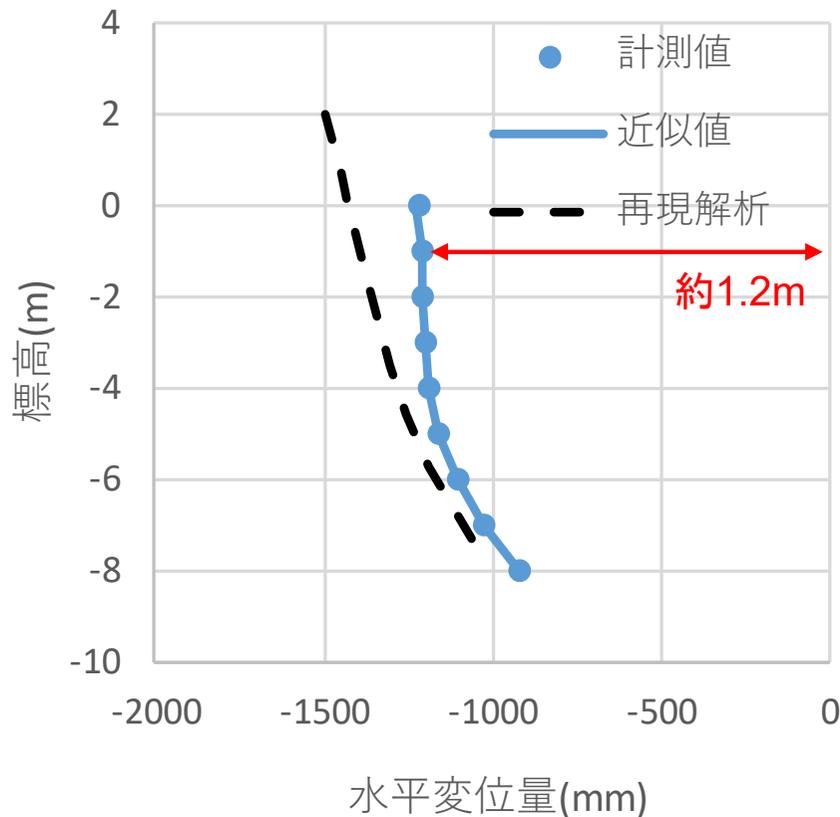
潜水調査結果をもとに矢板の曲げモーメントを推定し、
降伏曲げモーメントと比較することで健全度を評価



複雑な解析等を使用せずに矢板の曲げモーメントを推定できるため、
比較的短期間で鋼矢板の健全度を評価することができる

3. 推定法と再現解析の比較

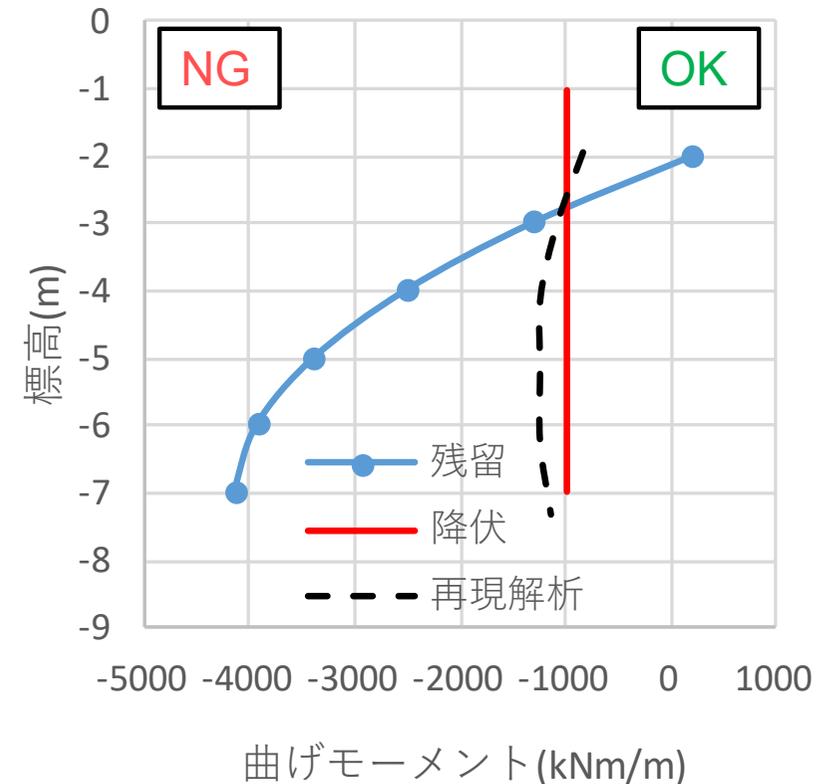
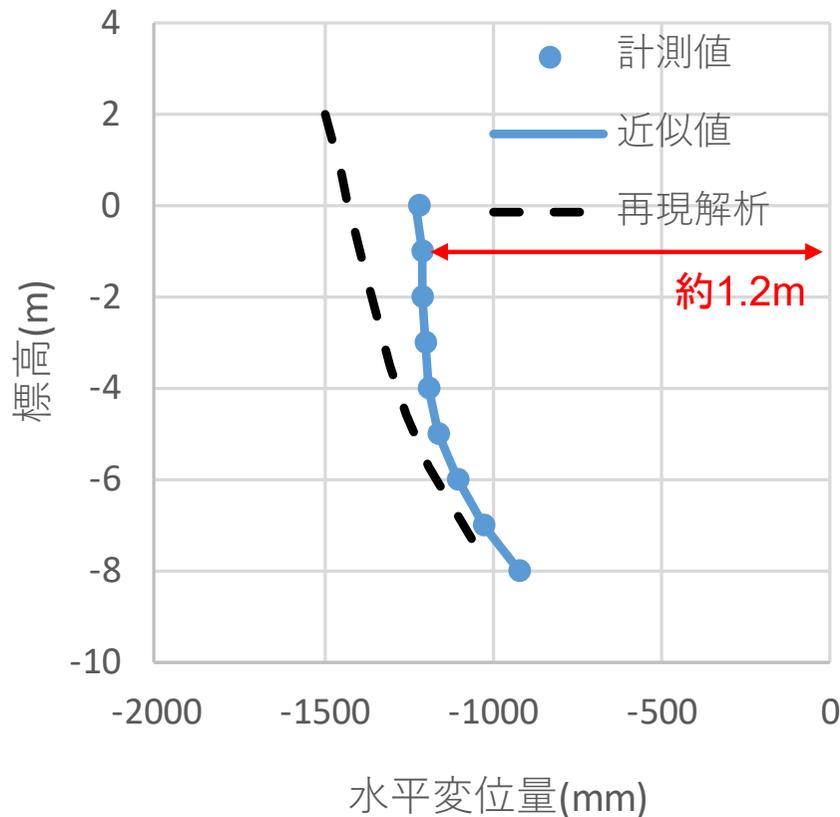
物専岸壁



推定法 : 曲げモーメントが降伏を越えた→**耐力無し**
 再現解析 : 曲げモーメントが降伏を越えた→**耐力無し**
 →推定法と再現解析の結果は概ね整合

3. 推定法と再現解析の比較

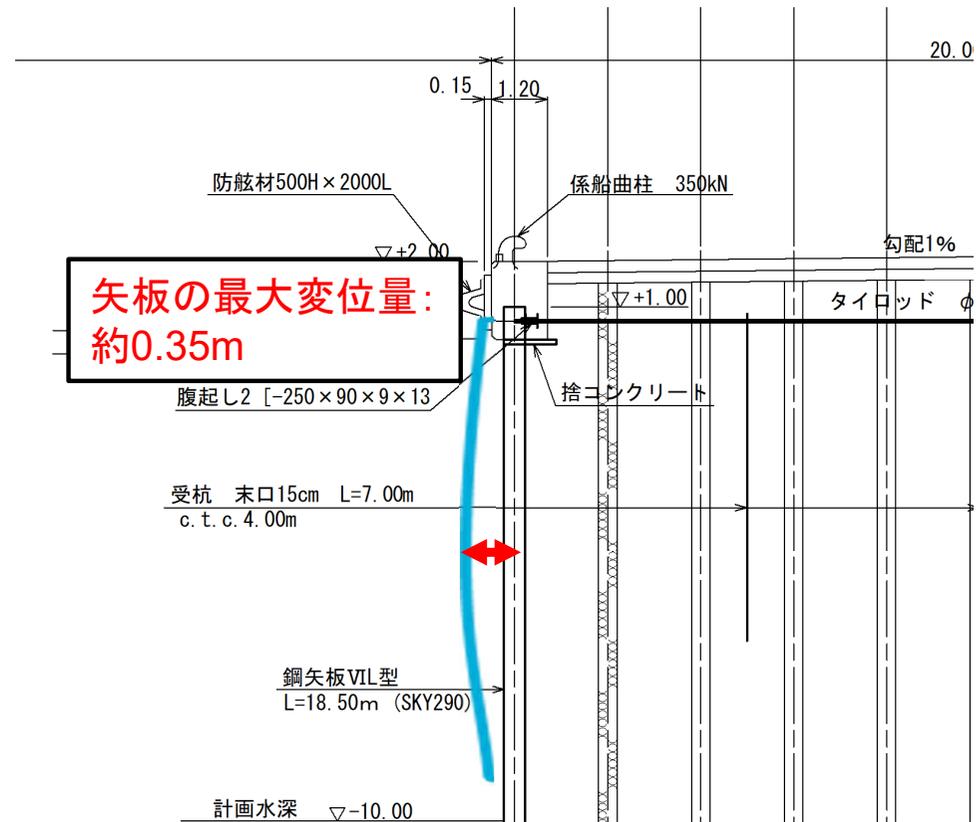
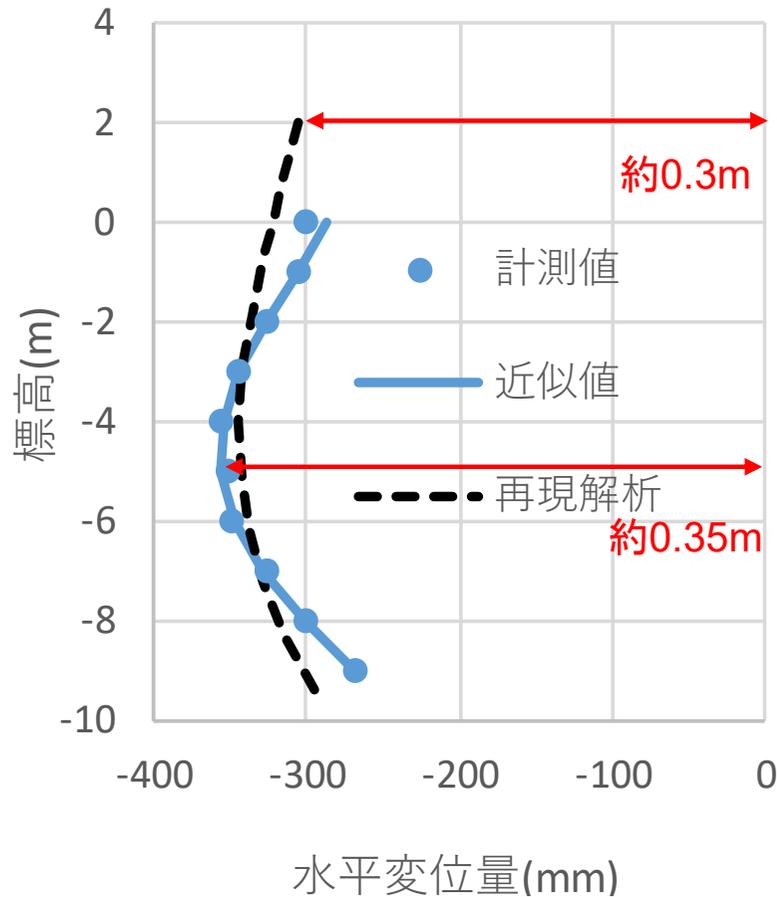
物専岸壁



推定法 : 曲げモーメントが降伏を越えた→耐力無し
 再現解析 : 曲げモーメントが降伏を越えた→耐力無し
 →推定法と再現解析の結果は概ね整合

3. 推定法と再現解析の比較

2号B区



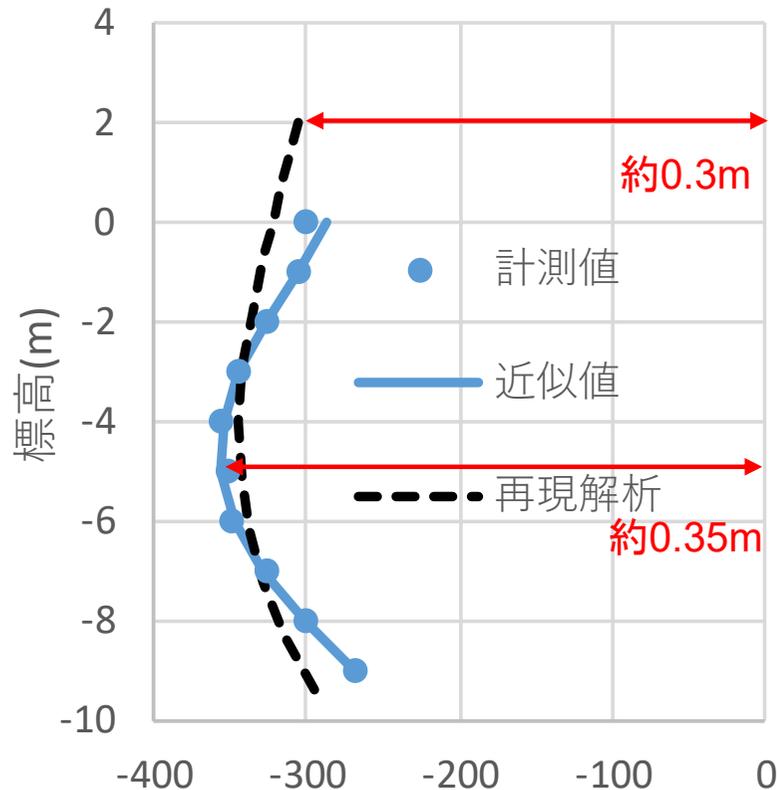
推定法 : 曲げモーメントが降伏を越えた→耐力無し

再現解析 : 曲げモーメントが降伏に近い値→耐力わずかに有り

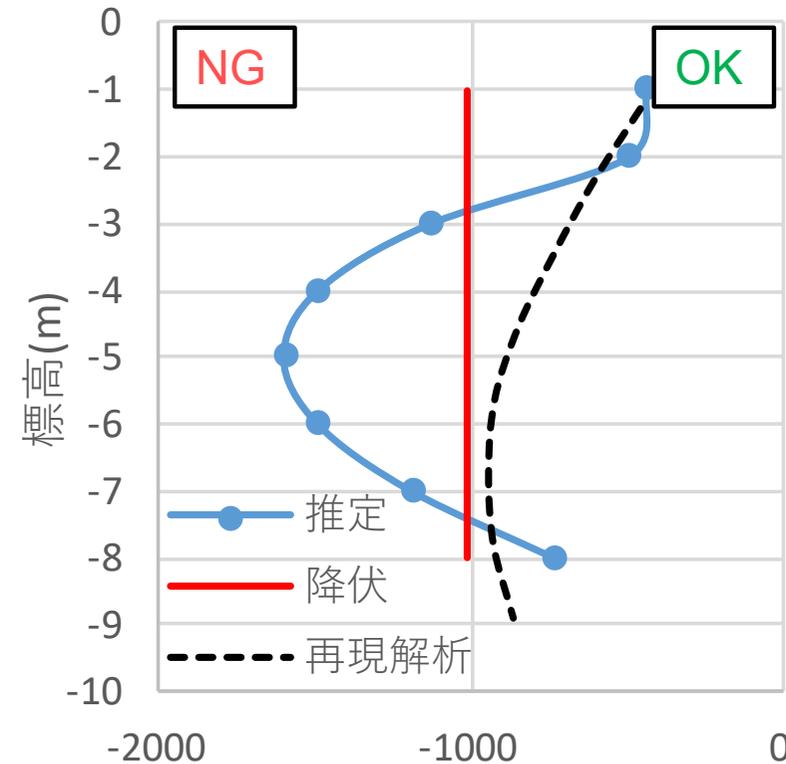
→推定法と再現解析の結果は概ね整合

3. 推定法と再現解析の比較

2号B区



水平変位量(mm)

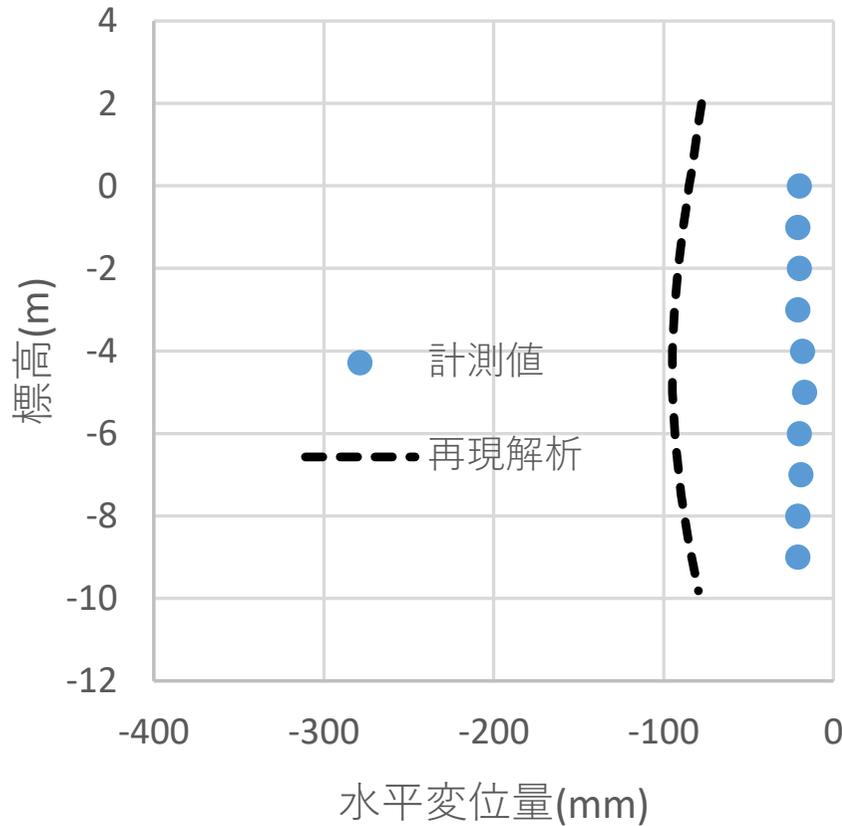


曲げモーメント(kNm/m)

推定法 : 曲げモーメントが降伏を越えた→耐力無し
 再現解析 : 曲げモーメントが降伏に近い値→耐力わずかに有り
 →推定法と再現解析の結果は概ね整合

3. 推定法と再現解析の比較

2号C区



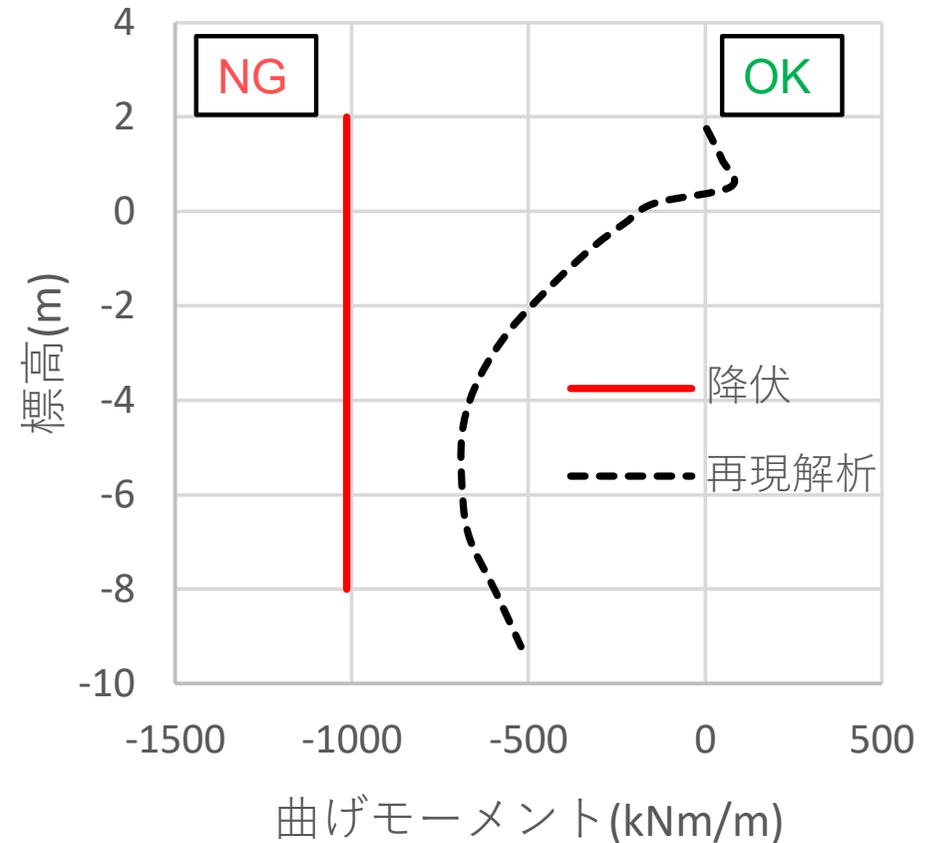
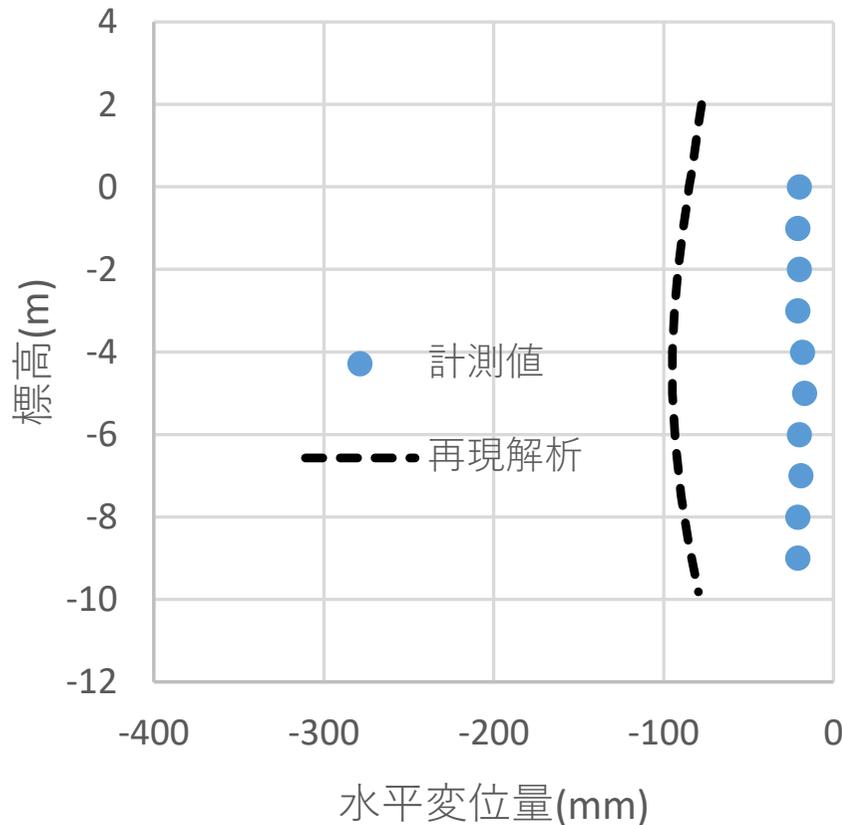
矢板の最大変位量:
約0.02m
→ほぼ変位無し

推定法 : 水平変位量が小さい(2cm)→曲げモーメントの判定不可
→一般的な許容変形量に達していない→**耐力有り**

再現解析: 曲げモーメントが降伏以下→**耐力有り**
→推定法と再現解析の結果は概ね整合

3. 推定法と再現解析の比較

2号C区



推定法 : 水平変位量が小さい(2cm)→曲げモーメントの判定不可
 →一般的な許容変形量に達していない→耐力有り

再現解析: 曲げモーメントが降伏以下→耐力有り
 →推定法と再現解析の結果は概ね整合

まとめ

1. 岸壁・工区による水平変位量の差と要因

- 岸壁・工区の液状化対策の有無や矢板背後の地盤、控え工の構造の違いによって、変位量に差が出ることが判明した。

2. 被災した岸壁の再現解析

- 低改良の地盤及び細粒分の高い地盤を液状化しない設定とすることで、2次元地震応答解析は実際の被災による変位量を概ね再現することができた。

3. 推定法と再現解析の比較

- 推定法と再現解析の結果は概ね整合しており、今回の健全度評価結果は概ね妥当であると考えた。