

第3回 駿河海岸保全検討委員会

～洗掘シミュレーションについて～

平成28年9月27日

国土交通省中部地方整備局
静岡河川事務所

1.洗掘シミュレーションの目的

①洗掘シミュレーションの目的

実験だけでは詳細に把握することが難しい法面・法尻での流速等を把握し、盛土に草木等を植える場合の耐侵食性等の評価など、盛土・堤防の設計条件を確認する。

模型実験に対して実験スケール（1/25）でモデルの再現性を確認し、現地スケールの洗掘シミュレーションを行うことで、実験では把握できない問題点や課題を整理する。

②洗掘シミュレーションの手法

洗掘シミュレーションは、名古屋大学が研究開発した「3次元流体・構造・地形変化・地盤連成数値計算モデル Three-Dimensional Fluid-Structure-Sediment-Seabed Interaction Model ; FS3M」を用いる。

【計算ケース】

- 実験スケールは、【確認実験②-1】を対象として再現計算を行った。また、今後、【本実験】を対象とした再現計算も実施予定。
- 現地スケールは、実験結果を踏まえて選定した堤防構造+盛土について実施予定。

【入力波形】

- 実験スケールは、模型実験の再現性を確認するため、模型実験と同じ波形とする。
- 現地スケールは、平面二次元津波シミュレーションで得た堤防前面の波形を用いる。

【洗掘シミュレーションによる検証（案）】

- 模型実験のビデオ撮影で判読した水面変動及び盛土の変状過程との比較より、再現性を確認する。（図-1参照）
- 再現性を確認後、変状過程から法面・法尻の流速値等について把握する。（図-2参照）
- 模型実験での再現性を確認した後、現地スケールで実波形を想定した洗掘シミュレーションにより、堤防破堤に至るまでの時間の推定、植生の耐侵食性等の検証を行う。

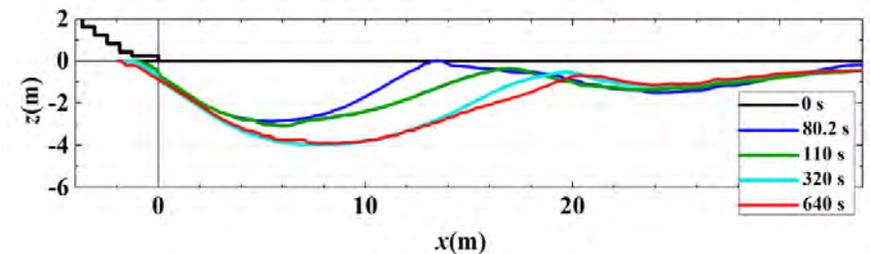


図-1 変状過程の状況（イメージ）

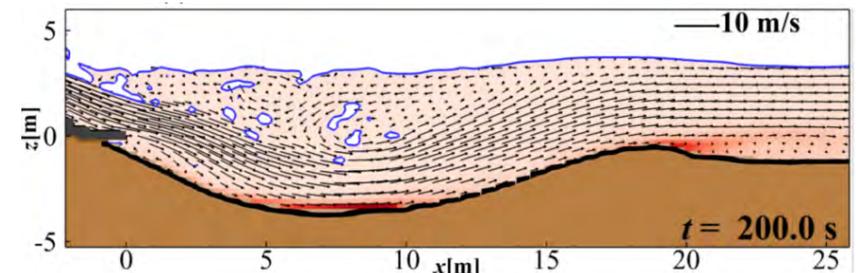


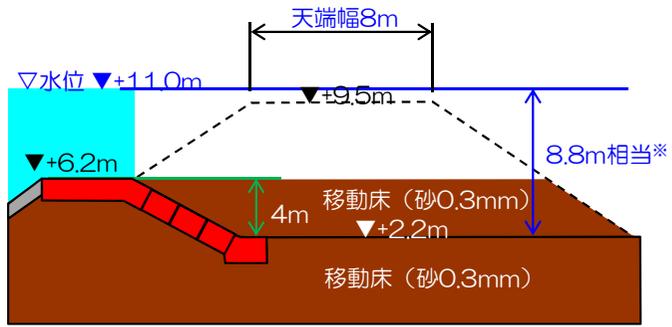
図-2 法面+法尻の流れ場（イメージ）

2.再現計算に用いた実験結果(確認実験②-1)

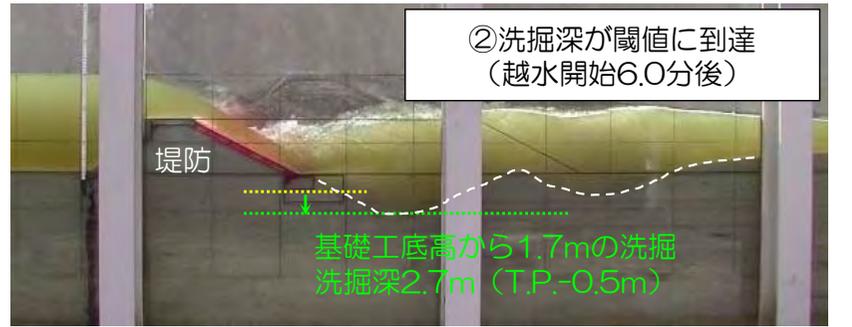
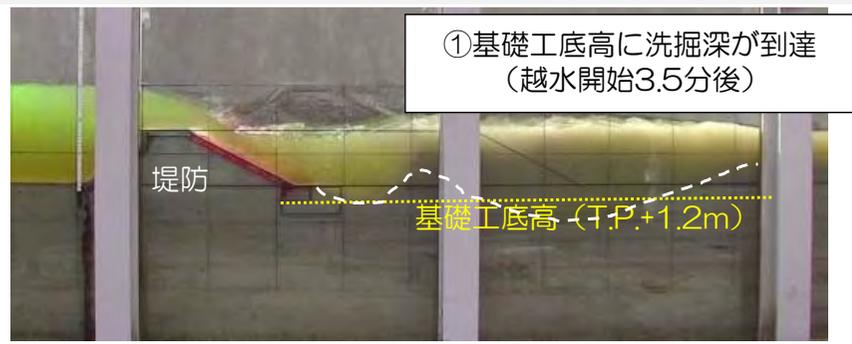
■実験結果

- 越水開始から約3.5分で基礎工底高 (T.P.+1.2m) まで、約6.0分で洗掘深が閾値に達する。
- 堤防と盛土の接合部と盛土背面から洗掘が進行し、越水初期は盛土背面での洗掘が卓越するが、約6.0分後から根固め近傍での洗掘の方が顕著となり、約10.0分後に2箇所の洗掘が重なりあう。
- 盛土により初期の堤防背面の洗掘が軽減されているが、その後の洗掘は顕著となる。

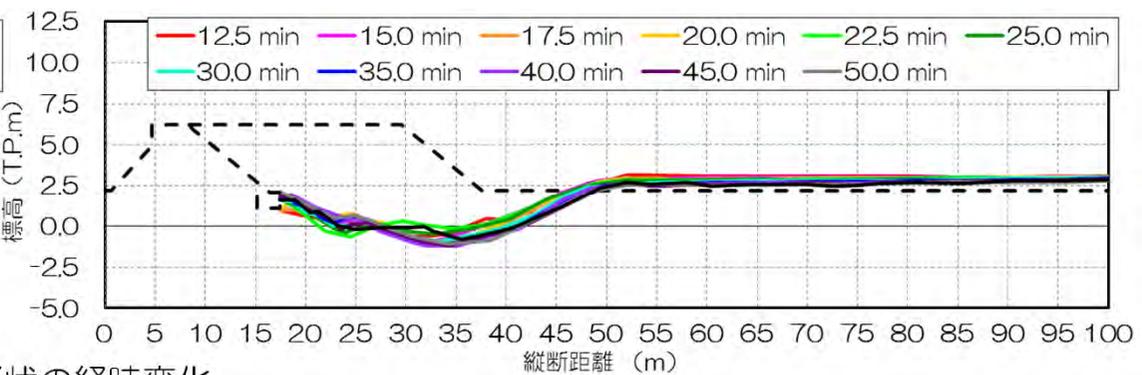
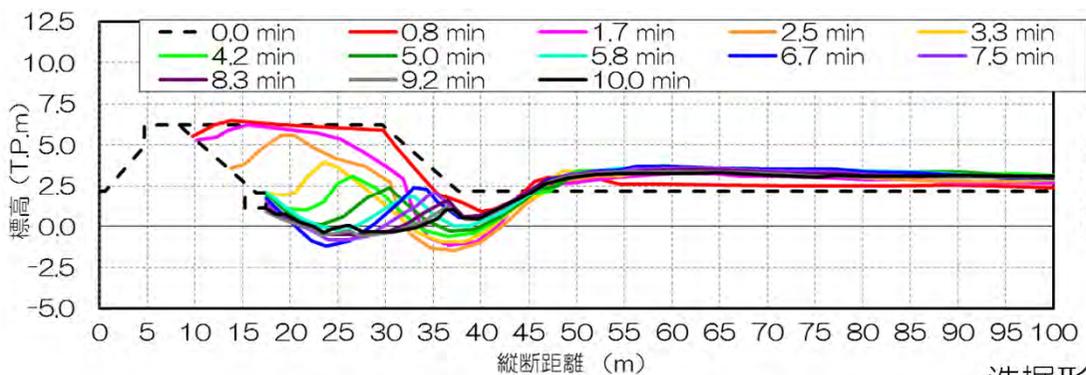
実験ケース	堤防形状	堤防形状	盛土条件	土質性状	越流水深
確認実験②-1	榛原工区 住吉工区 川尻工区	+天端保護工 +裏法被覆工 +裏法尻部保護工	L1以下盛土 L=8.0m相当	砂0.3mm 含水比20% 締固め無し	1.5m相当※ (急勾配)



※ 市町盛土 (L1以上盛土) 実施時の越流水深を確保した波形から想定される実際の越流水深



各洗掘深ごとの河床形状



洗掘形状の経時変化

3.再現計算の状況【中間報告】

■再現計算の手順

- ・【確認実験②-1】の堤防・盛土形状をモデル化し、入力波形は模型実験と同様の波形とした。
- ・流体計算、漂砂計算にかかる各種パラメータのキャリブレーションを行い再現性を確認した。

（パラメータ例）

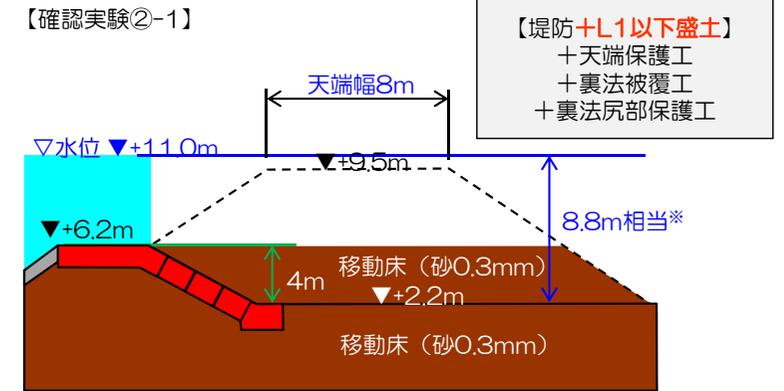
流体計算：沖側流入境界の水位・流速 等

漂砂計算：水平面の限界シールズ数、浮遊砂の巻き上げ関数の係数、斜面崩壊に関する係数、浮遊砂の拡散係数 等

模型実験



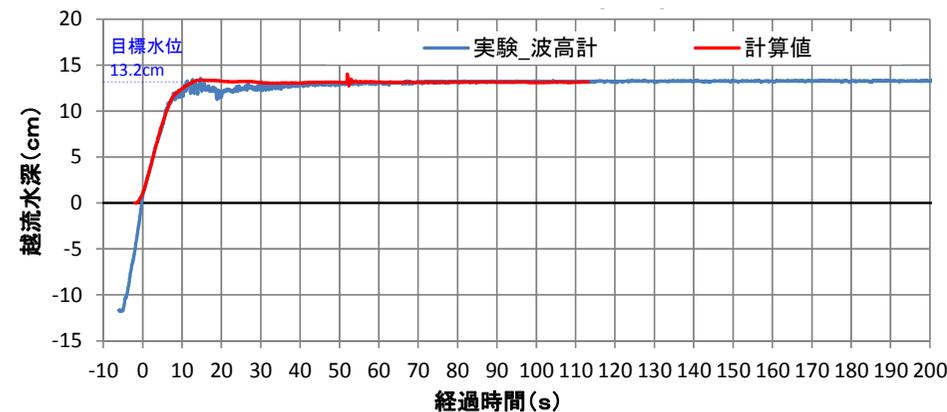
【堤防・盛土形状（現地スケール）】



シミュレーション



【入力波形】



3.再現計算の状況【中間報告】

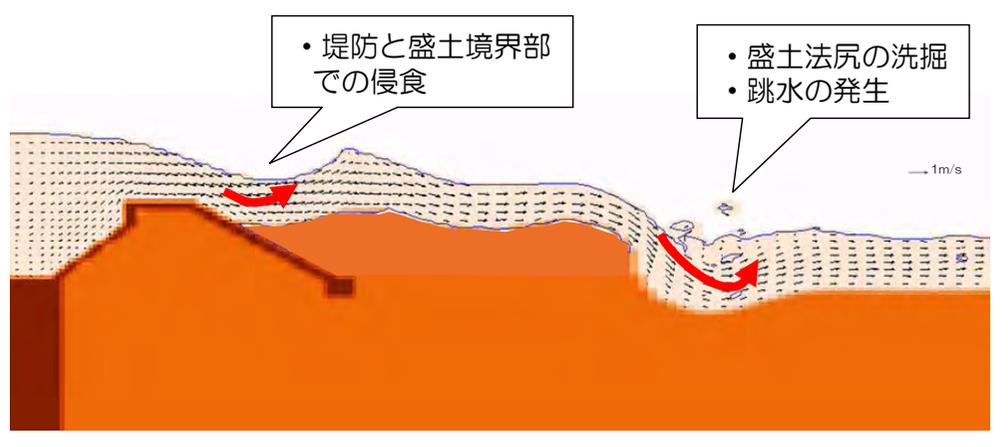
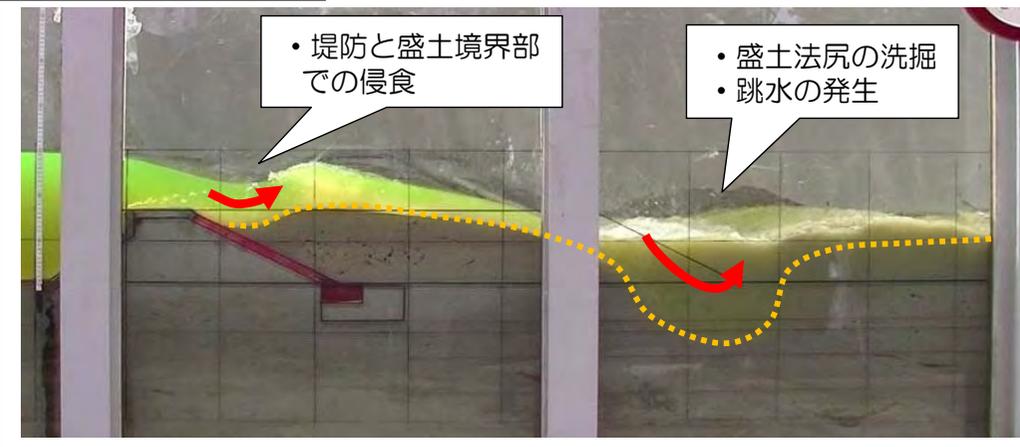
■洗掘過程の再現性について

- 再現計算では、約20秒後までに実験と同様に「盛土法尻の洗掘」と「堤防・盛土境界部からの侵食」が発生し、さらに約40秒後には侵食が進行し「堤防法尻の基礎が露出」した。
- 洗掘の位置や形状、洗掘の速度など盛土流出までのプロセスが再現された。

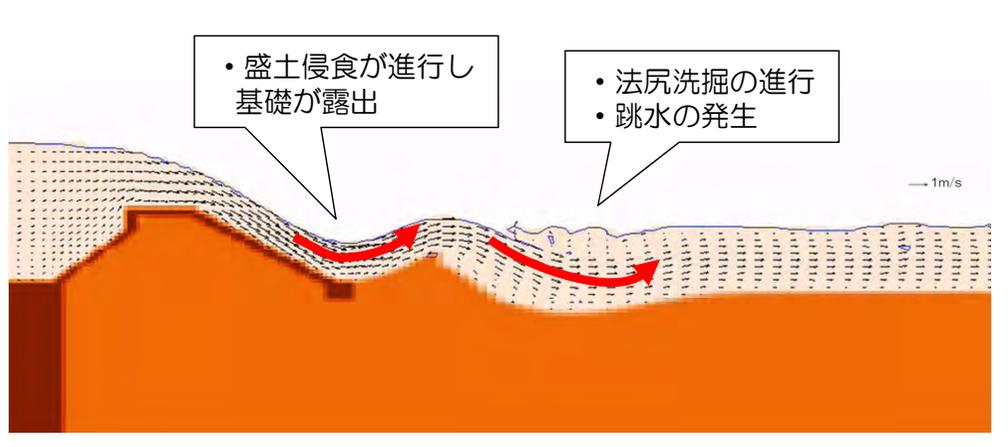
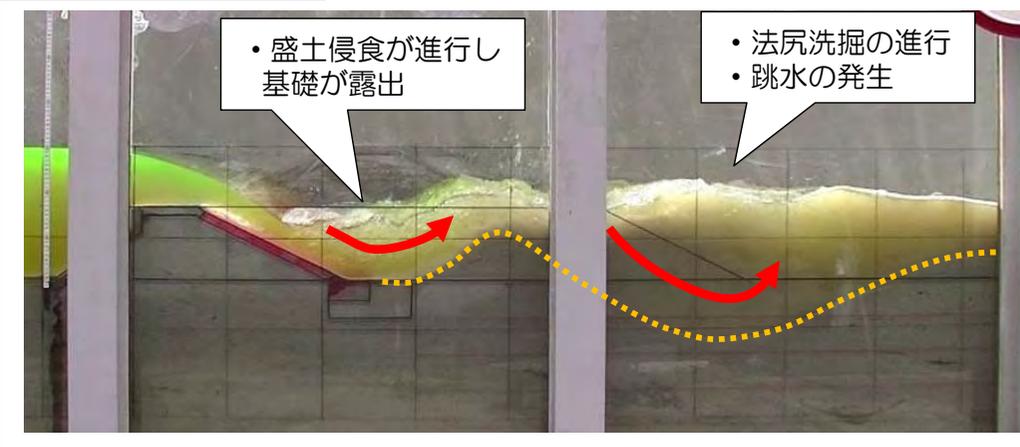
■水面形の再現性について

- 地形変化に応じた「水面形の変動」や「跳水発生」の状況が一致し、盛土にかかる津波の外力が再現された。

越流開始20秒後



越流開始40秒後

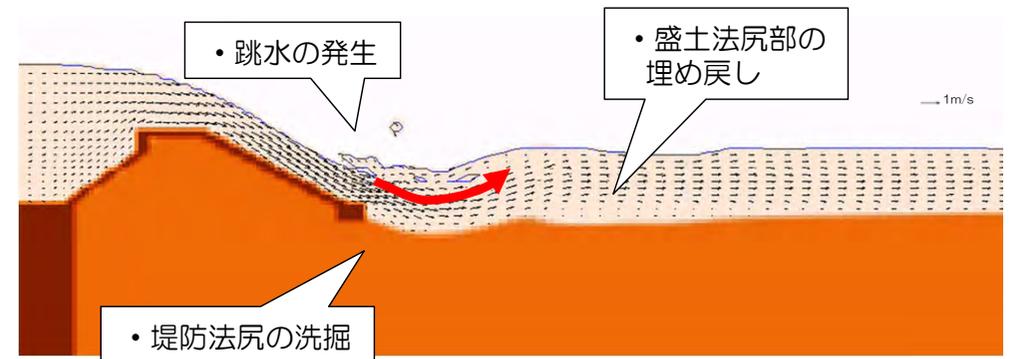
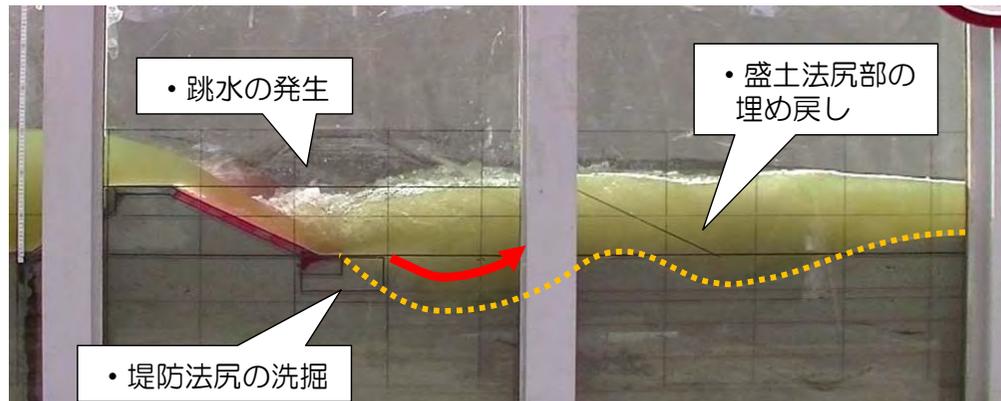


3.再現計算の状況【中間報告】

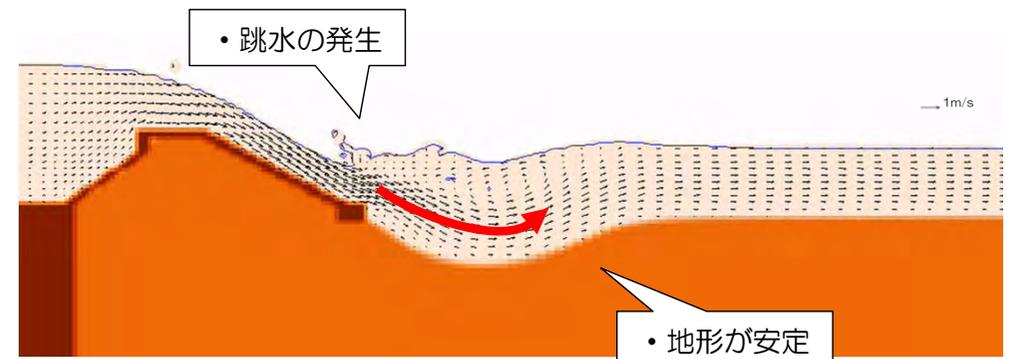
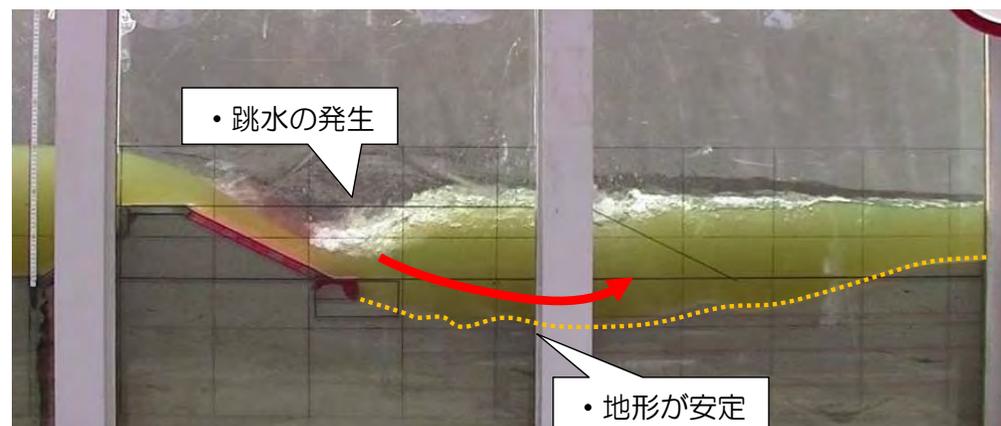
■洗掘過程・水面形の再現性について

- 再現計算では、約80秒後には実験と同様に「堤防法尻の洗掘」と「盛土法尻部の埋め戻し」が発生、約120秒後には「地形が安定」し、「定常的な水面形」となった。
 - 実験との比較より、本洗掘シミュレーションモデルの再現計算では、水面形や地形の時間変化等の実現象が再現された。
- 今後、現地スケールでの実波形を想定した洗掘シミュレーションにより、堤防破堤に至るまでの時間の推定、植生の耐侵食性等の検証を実施する。

越流開始80秒後



越流開始120秒後



4. 今後の洗掘シミュレーションにおける検証

① L1以上盛土【本実験】の再現計算と更なる再現性の向上

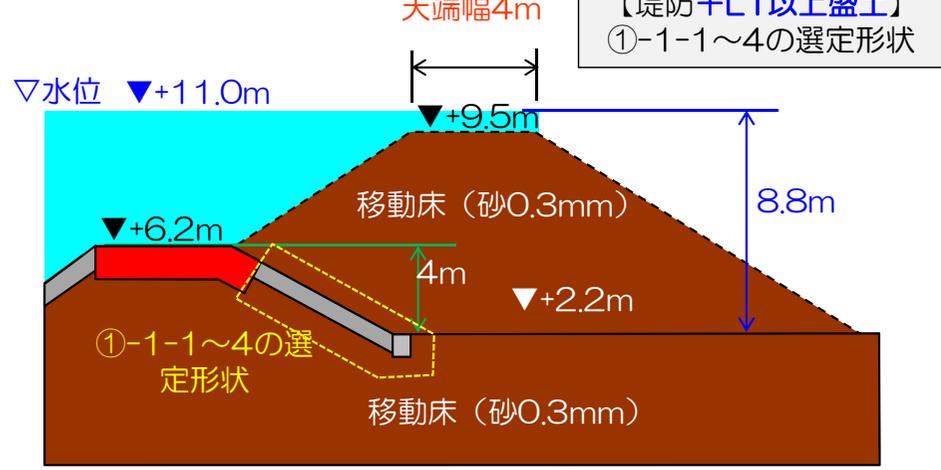
■【本実験】の再現計算実施

- L1以上盛土を含めた本実験①-2や本実験②を対象に再現計算を実施する。
- 確認実験②-1と同様に、水面形や地形の時間変化の再現性を検証する。

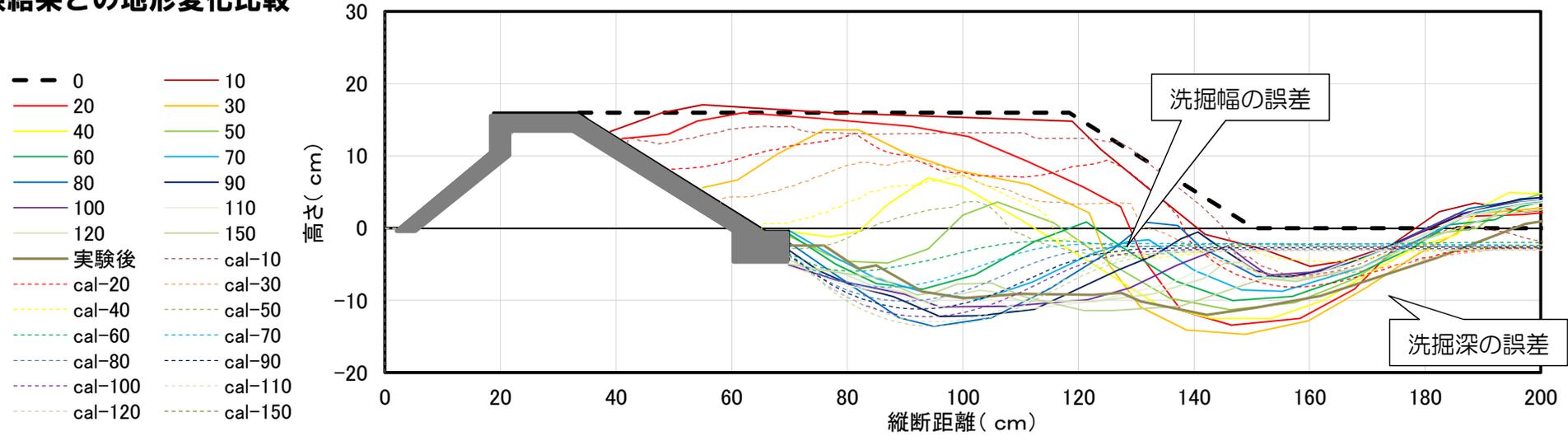
■更なる再現性の向上

- 確認実験②-1を対象とした再現計算では、地形変化の速度や変状過程は概ね再現出来ているものの、洗掘深や洗掘の幅に誤差が生じている。
- 【本実験】の再現計算を含め、パラメータのキャリブレーションを行い更に再現性を高める。

【本実験①-2-1】の例



実験結果との地形変化比較



4. 今後の洗掘シミュレーションにおける検証

②現地スケール・実波形での現象確認

以下の条件で現地スケールモデルでの洗掘シミュレーションを行い、津波外力や洗掘状況を把握する。

■入力波形

平面二次元津波シミュレーションによる各工区前面の波形を用い、工区毎の特性を把握する。（図-1参照）

- ▶ 越流水深、越流継続時間の違いによる洗掘状況
- ▶ 第2波以降の外力による洗掘状況

■堤防形状

実験結果を踏まえて選定した堤防構造とする。

■盛土形状

各市町によるL1以上盛土を加えた構造とする。

【現地スケールシミュレーションの検証内容（案）】

①盛土等の洗掘過程の検証

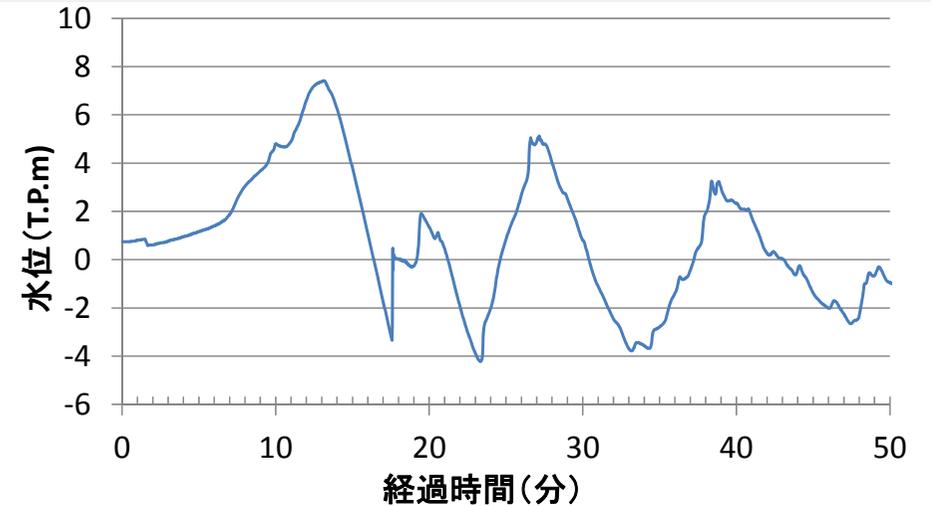
現地スケールにおいても同様の洗掘過程であることを確認。

②模型実験における破堤基準に対する検証

洗掘深が閾値に至るまでの時間を計測し、模型実験と同程度以上の粘り強さを有していることを確認。

③植生がある場合の侵食速度を低減する可能性の検証

既往知見を踏まえ、洗掘シミュレーションによる表層流速に対し、地表面の侵食速度が低減する可能性を検証（図-2参照）することで、盛土流出までの時間を稼ぐ効果を確認。



※せり上がり前の沖側地点の時系列データ

図-1 平面二次元計算による実波形の例

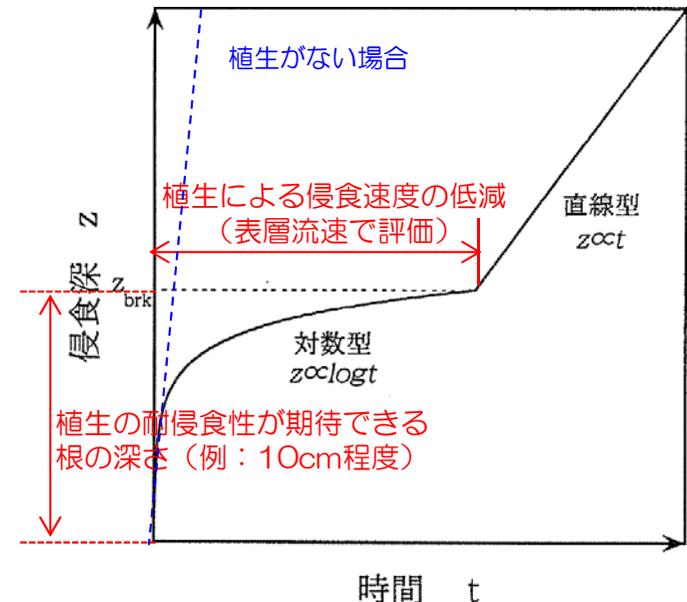


図-2 植生がある場合の侵食深の経時変化

（土木研究所資料に加筆）