

第2回 駿河海岸保全検討委員会

～粘り強い構造の堤防模型実験について～

平成28年6月28日

国土交通省中部地方整備局
静岡河川事務所

1. 第1回検討委員会での主な意見と対応方針①

- 盛土の飽和条件で、洗掘・盛土の流出等の状況が大きく異なることから、飽和条件を変えたケースの実験を行うとよい。
- 盛土表面の植生については、安全側にはたらくことから、模型実験では、植生を考慮しない。

→対応案：いくつかの湿潤条件を予備試験・予備実験で確かめる。

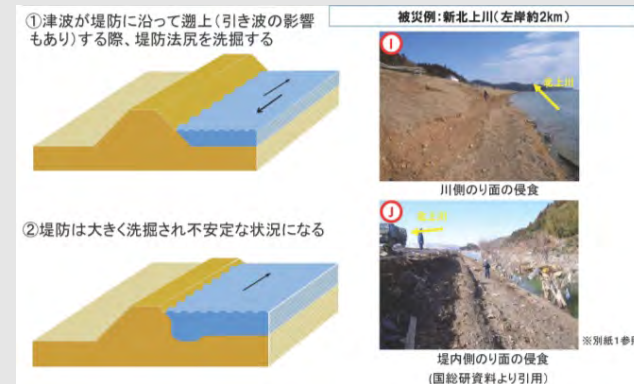
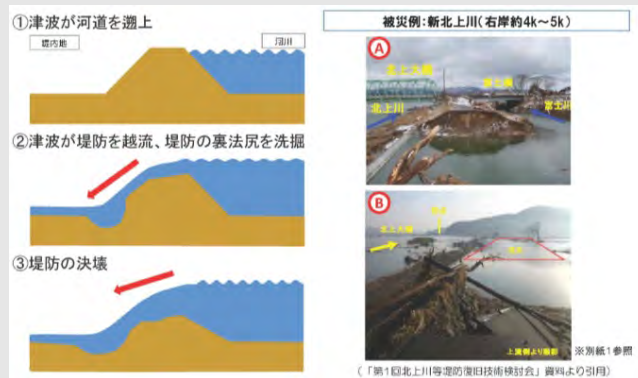
予備試験で予備実験で対象とする土質条件（飽和条件、締固め条件）を設定し、その中で絞り込んだ3ケースを対象に予備実験で盛土の破壊状況を確認して本実験での土質条件を設定。

- 盛土裏法勾配を急にすると、越流水の流速が大きくなり、変状が大きくなることから、実際に施工する盛土の勾配を踏まえて実験を行う必要がある。

→対応案：一般的な粘り強い堤防において用いられている法勾配に準じて2割の盛土形状とする。

- 実験ケースを検討する上で、越流による盛土の変状については、東日本大震災での河川堤防（土堤）の被災状況（新北上川、鮫川など）を参考とするのがよい。

→対応案：河川津波対策検討会の結果より、河川津波の場合においては越水による裏法の侵食による破壊が卓越しており、今回の盛土の破壊形状についても同様な侵食破壊を再現することで評価することとした。



- 模型実験は、駿河海岸で想定される最大越流時間で終了するのではなく、さらに越流時間を延長し、その後の盛土の変状や海岸堤防への影響を確認できるとよい。

→対応案：シミュレーションによる越流時間ではなく、海岸堤防が流出するまでの時間を確認する（10分程度を想定）

- 東日本大震災時の被災状況を見ると、堤防の弱部から崩壊が生じている事例もあることから、沿岸方向の一部に弱部を設けた盛土について評価することも考えてみたらどうか。

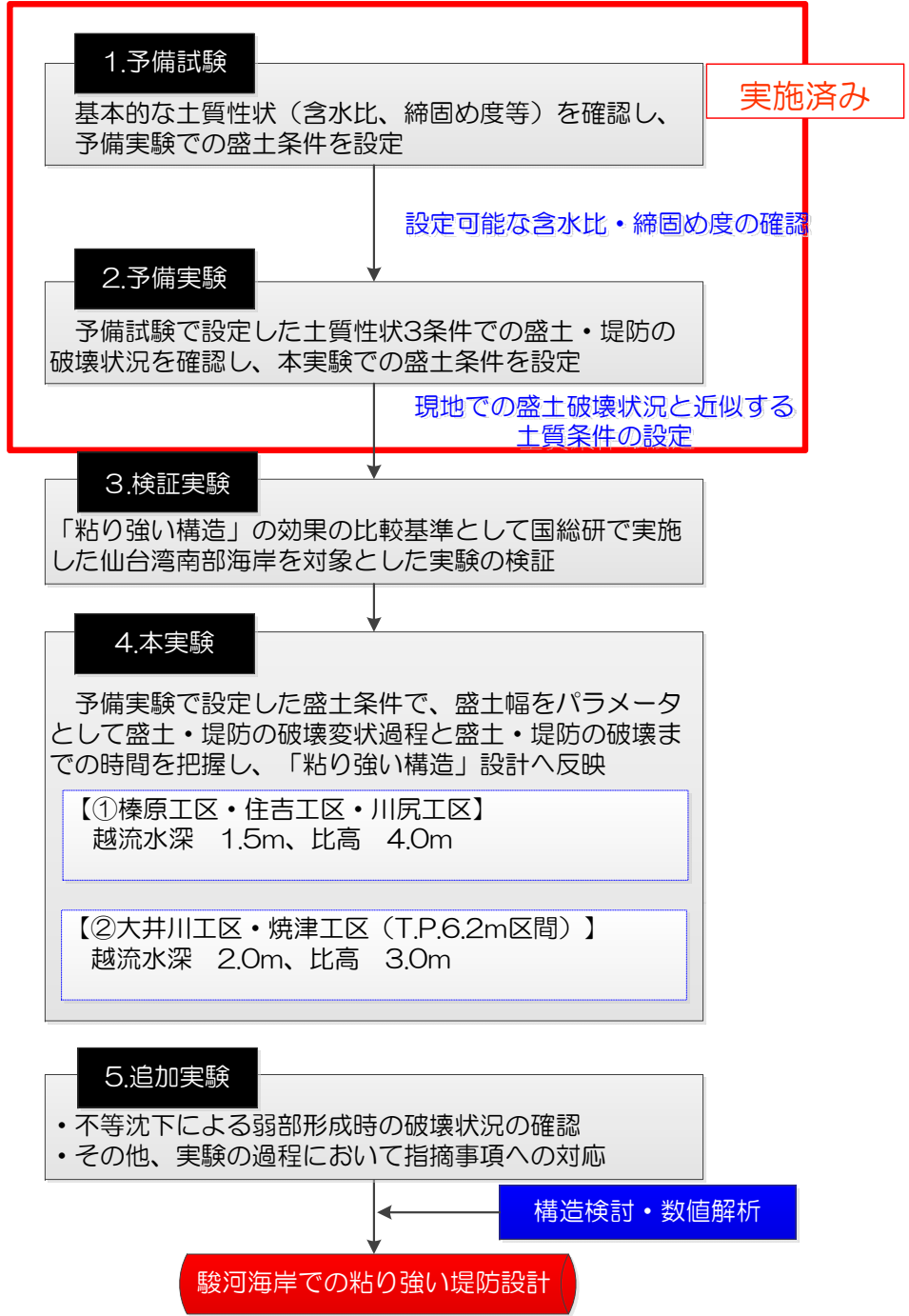
→対応案：追加実験として実施する。

弱部の規模（盛土切欠きの幅、形状、高さ等の諸元）の設定については、切欠き諸元設定のための予備実験を実施し、その結果を踏まえて本実験を実施する。

○このスケールでは浸透等の評価ができないので、越流しない条件は評価ができない。

→対応案：裏込を捨コン等により、表法面から裏法面への水みちの遮断すれば浸透対策が期待できることから、水理模型実験による検討は実施しない。

2. 今回の委員会での報告事項と全体の検討フロー



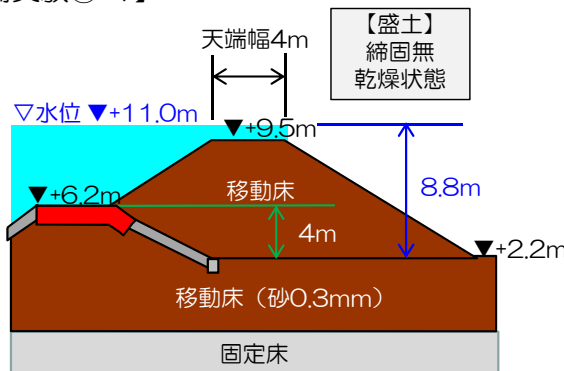
- 【本日の内容】
- ① 予備試験を踏まえた予備実験ケースの設定とその結果
 - ・ 含水比試験、締固め度試験等の土質性状確認結果
 - ・ 土質条件ごとの盛土の破壊状況
 - ② 予備実験の結果及び本実験で用いる盛土性状について確認
 - ・ 条件ごとの盛土・堤防の破壊状況（変状過程、破堤時間）
 - ③ 本実験条件及び計測項目の確認
 - ・ 本実験条件、計測項目（案）
 - ④ 洗掘シミュレーションの中間報告
 - ・ シミュレーションによる再現状況等
 - ⑤ その他事項
 - ・ 不等沈下実験についての留意事項の確認
 - ・ 今後の本実験の進め方

2. 実験ケースの概要①

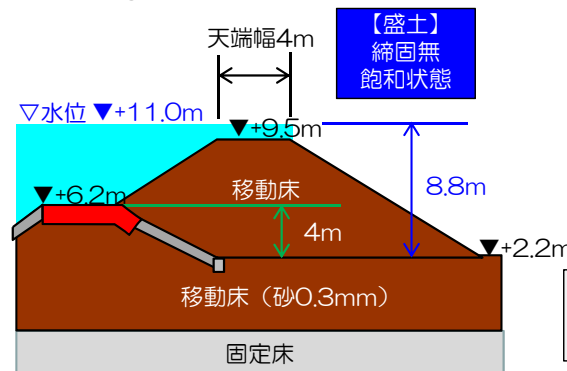
■ 予備実験の実験ケース

	堤防形状	実験の目的	対策形状	越流水深	備考
①-1	榛原工区 住吉工区 川尻工区	締固度、含水比による 盛土変状への影響確認	締固無、乾燥状態	1.5m	危険側の状態
①-2			締固無、飽和状態	1.5m	
①-3		実験盛土性状の設定	締固有、中間値	1.5m	安全側の状態

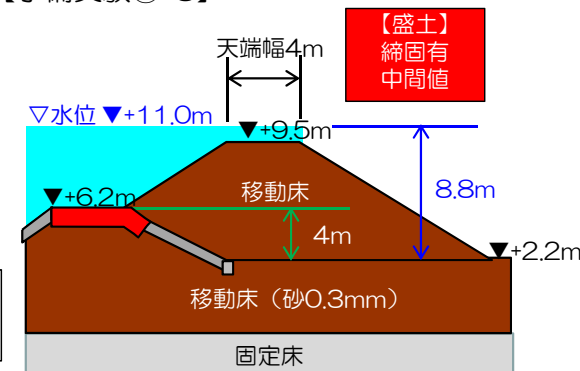
【予備実験①-1】



【予備実験①-2】



【予備実験①-3】

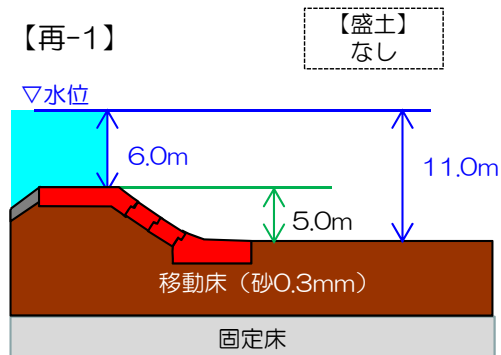


■ 検証実験の実験ケース

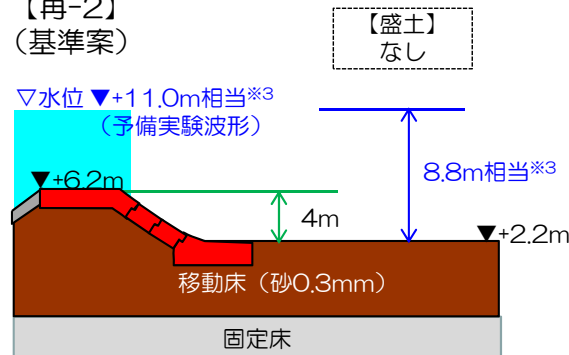
	堤防形状	実験の目的	対策形状	越流水深	備考
再1	国総研実験 モデル	実験の再現性の確認 東北地方で整備され ている堤防形状での 粘り強さを確認	東北地方で整備され ている粘り強い形状	6.0m	根固工設置範囲の 設定根拠の水深
再2	榛原工区 住吉工区 川尻工区*1			(1.5m) ①波形*2	粘り強い堤防の基 準値として活用 (基準案)

※1:再2実験では、①の堤防形状で裏法のブロックと基礎工を粘り強い形状としたもの
 ※2:①実験と同様の波形で盛土の無い状態の水位条件
 ※3:盛土がある場合の水位条件

【再-1】



【再-2】
(基準案)



2. 実験ケースの概要②

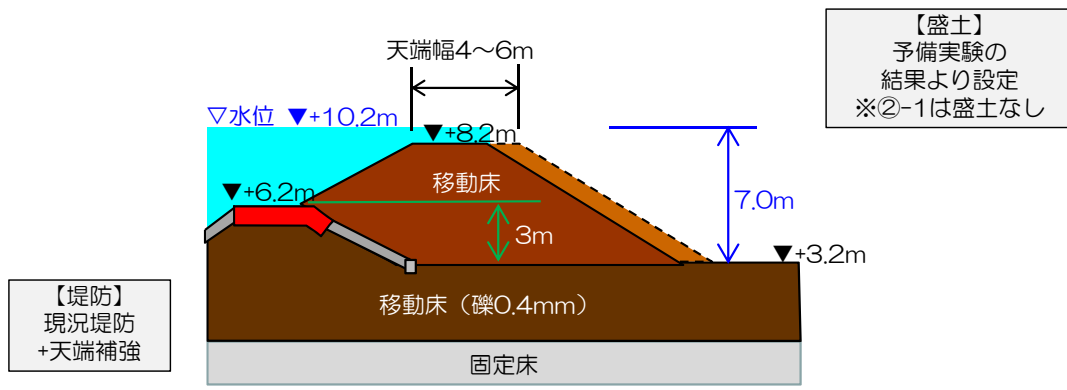
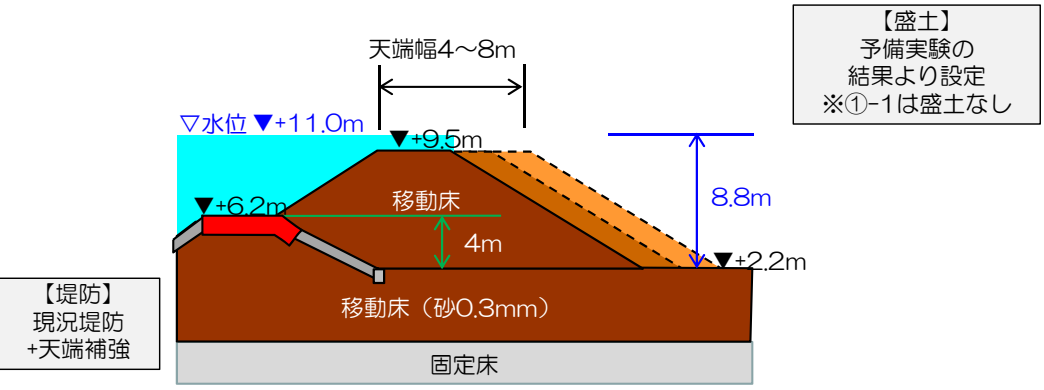
■ 本実験の実験ケース

本日の
実験ケース

	堤防形状	実験の目的	対策形状	越流水深	備考
①-1	榛原工区	盛土幅による耐侵食効果の比較 ⇒適切な盛土幅の確認	現況堤防+天端補強	1.5m	予備実験の結果を受けて盛土条件設定
①-2	住吉工区		裏法盛土B=4.0m	1.5m	
①-3	川尻工区		裏法盛土B=6.0m	1.5m	
①-4		施工端部となる盛土と現況海岸堤防との接合部の変状の確認	裏法盛土B=8.0m	1.5m	
②-1	大井川工区	大井川工区 焼津工区 (T.P.+6.2m区間)	現況堤防+天端補強	2.0m	予備実験の結果を受けて盛土条件設定
②-2			裏法盛土B=6.0m	2.0m	
②-3			裏法盛土B=4.0m	2.0m	

【本実験①-1～3：榛原工区・住吉工区・川尻工区】

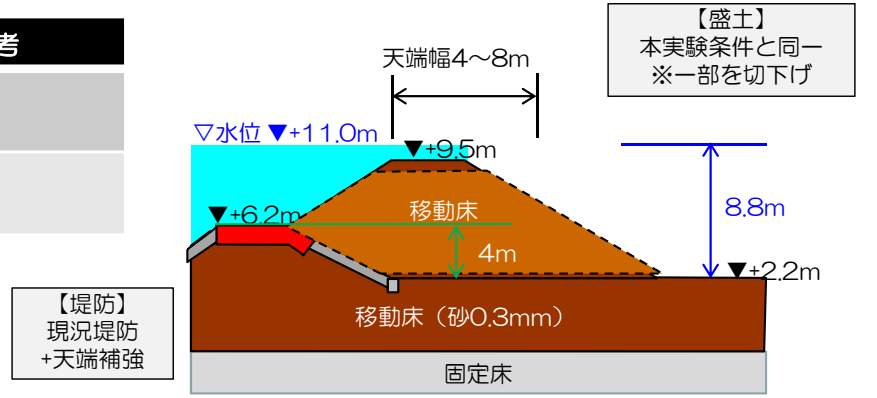
【本実験②-1～3：大井川工区、焼津工区（TP6.2m）】



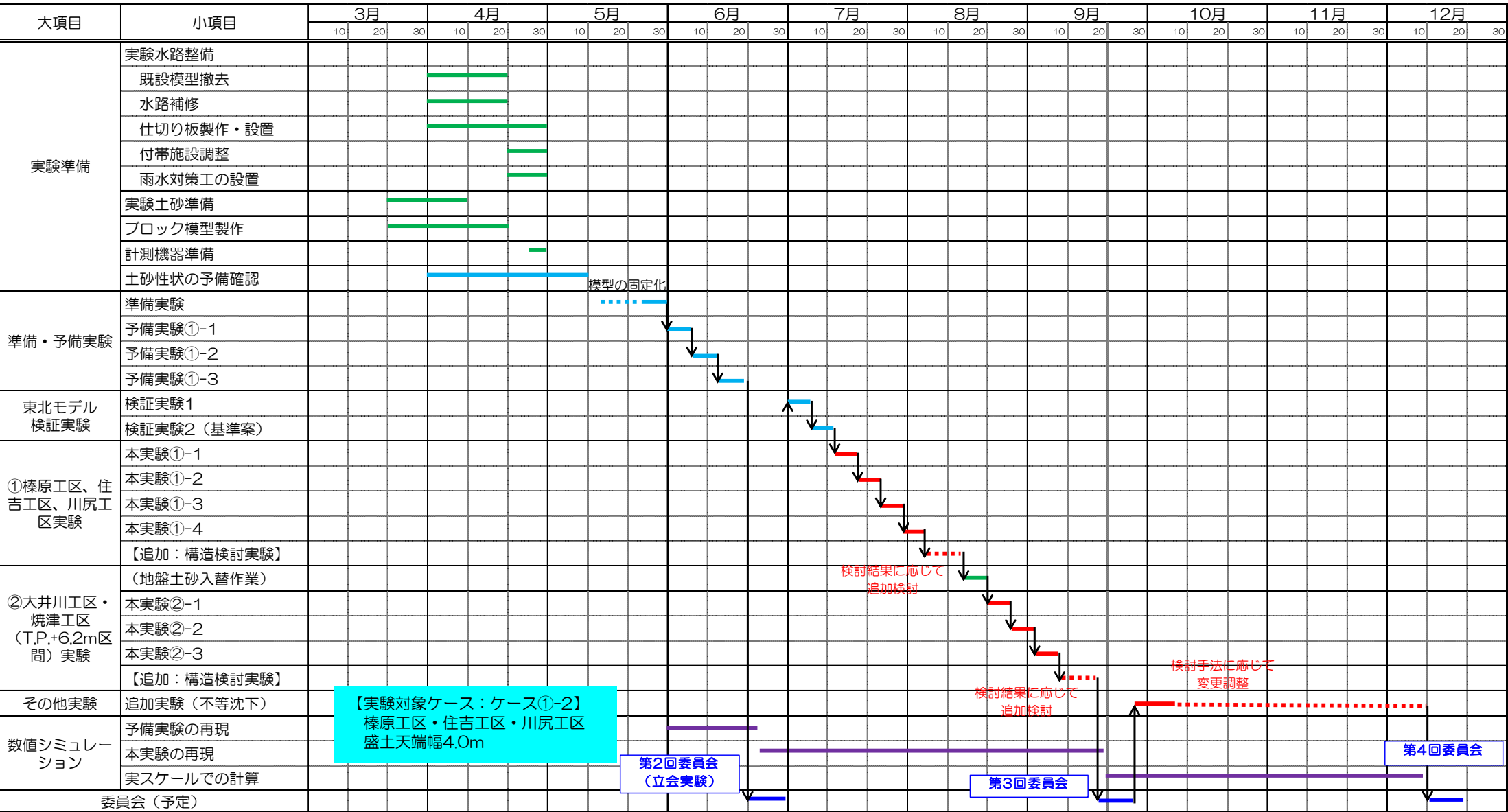
■ 追加実験の実験ケース

	堤防形状	実験の目的	対策形状	越流水深	備考
追加予備	榛原工区 住吉工区 川尻工区	不等沈下の再現形状の設定	既往検討結果を基に数ケース実施	1.5m	
追加本実験		地震動による盛土の不等沈下の影響確認	盛土が部分的に低下した状態を想定	1.5m	

【追加実験】



12.実施工程(案)



※本実験②については、本実験①の結果から実施方法を変更する可能性がある。
 ※気象条件による工程の遅延の可能性については考慮していない

4. 予備試験の実施方法

予備試験による予備実験土砂性状の選定フロー

(目標とする予備実験の盛土の土質条件)

- 盛土形状の1:2勾配の形状を保持できる土質条件を設定すること
- 盛土破壊で主要な要因となる侵食破壊現象^{※1}を再現できる土質条件を設定すること。

【含水比】

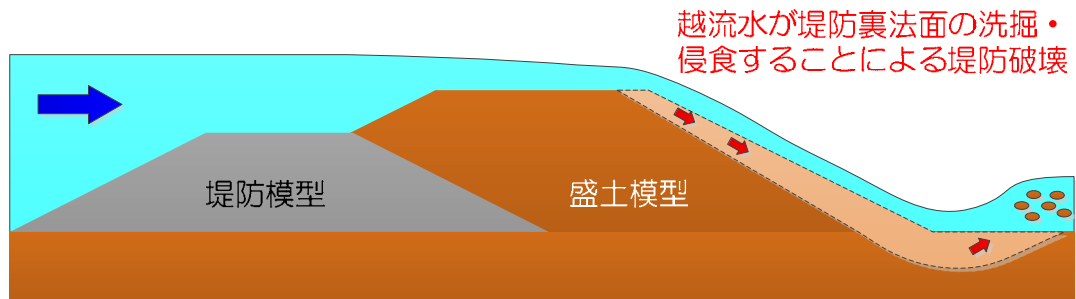
「含水比に応じて形成される安息角」「盛土の水位上昇時の破壊形態」を確認して含水比を設定

【締固め度】

「模型施工上で再現可能な締固め度」「盛土の水位上昇時の破壊形態」を確認して締固め度を設定

※1：第2回河川津波対策検討会「参考資料⑦：津波による河川堤防の被災パターン」（国土交通省水管理・国土保全局）の整理結果より

実験で目標とする
盛土の破壊現象



①含水比の確認

- ドライ状態の実験砂に対して、水分を段階的に追加し、土砂と水分が分離する限界の含水比の限界値を把握

形状を保持できる含水比 (W_u) の上限値を設定

- 締固めない状態で、上記で確認した含水比の範囲において安息角の確認実験を行い、現地盛土勾配の1:2を保持できる含水比の限界値を把握

1:2勾配を保持できる含水比 (W_r) の下限値を設定

実験含水比を上限値 (W_u)、下限値 (W_r)、
上限値と下限値の中間値 (W_m) の3条件で設定

②締固度の確認

- ①で設定した中間含水比の状態でも容積 (V) が固定された容器内にA締固めない状態 (M_r)、B最大限締固めた状態 (M_u) の2条件それぞれの重量を計測し、密度 (M/V) を求める。

締固度の管理目標値を設定

上記の M_r と M_u の2種類の密度条件を締固
条件として設定

③盛土破壊性状の確認

- ①、②で設定した含水比と締固度の組合せで設定した盛土形状を簡易水路内に再現し、越水時の破壊性状（浸透破壊、パイピング破壊、侵食破壊等）の確認を行う。

実験で対象とする侵食破壊となる条件を設定

予備実験で実施する土質条件（含水比・締固度）の組合せの設定

5. 予備試験の結果

① 含水比確認試験（形状を保持できる含水比上限値の確認試験）

■ ドライ条件（乾燥機による乾燥後）の実験土砂300gに対して、加水し含水比を5%ごと※に増加させ、土砂と水分が分離する限界含水比を簡易的に把握した。

- 含水比35%となると土砂と水が分離し、土砂状態を保持できなかった。
 - 明確な分離となった含水比35%の状態で、十分に締め固め、分離した水を排除した状態での含水比を確認したところ約25%となった。
- 予備実験の含水比の上限値は締め固めた条件で、土質形状を保持できる25%以下となった。

ドライ状態の実験砂 (300g)

含水比5%の実験砂 (315g)

含水比10%の実験砂 (330g)

含水比15%の実験砂 (345g)

含水比20%の実験砂 (360g)

含水比25%の実験砂 (390g)

含水比30%の実験砂 (390g)
状態がやや不鮮明

含水比35%の実験砂 (405g)

水
土砂

含水比35%で土砂と水が明確な分離

締め固め後
分離した水分を除去

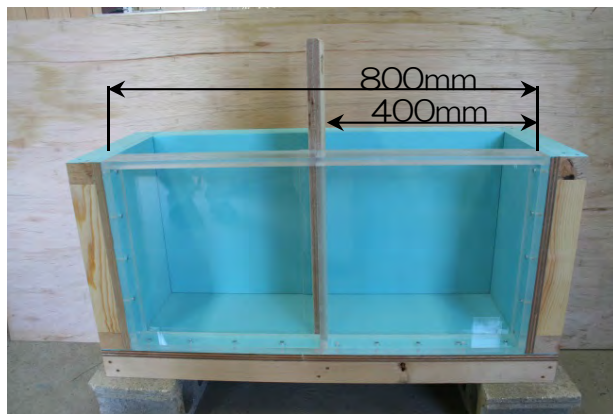
分離水を除去後締め固めた実験砂 (含水比24.6% : 374g)

※既往の知見により把握している実験場内において、調整可能な最低限の含水比の割合を設定している

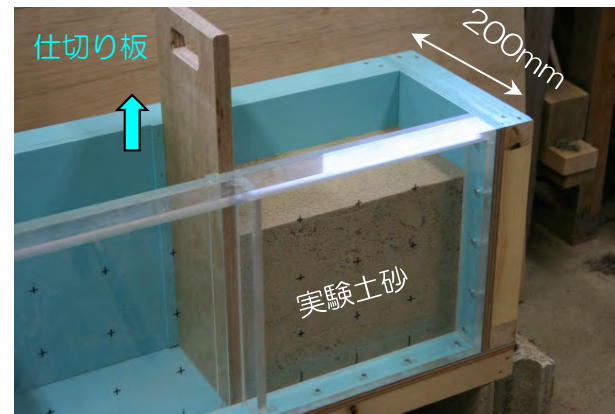
5. 予備試験の結果

① 含水比確認試験（安息角の確認実験）

- 安息角の確認実験では、危険側の条件となる締固めのない条件で含水比を変化させて、崩落後の法面形状を把握した。
- ・ ドライ状態においても安息角は1:2勾配より急勾配となり、他の条件においても急角度の斜面が形成された。盛土形状を製作にあたっては、含水比は制約条件とならなかった。
 - 極端な土砂性状では過度な破壊となるため除外して、③の盛土破壊性状の確認試験の含水比は5%~20%で設定する。

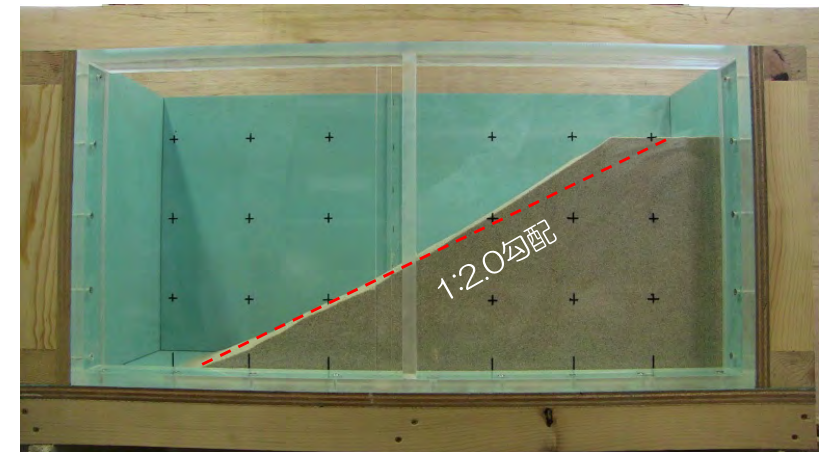


模型全景

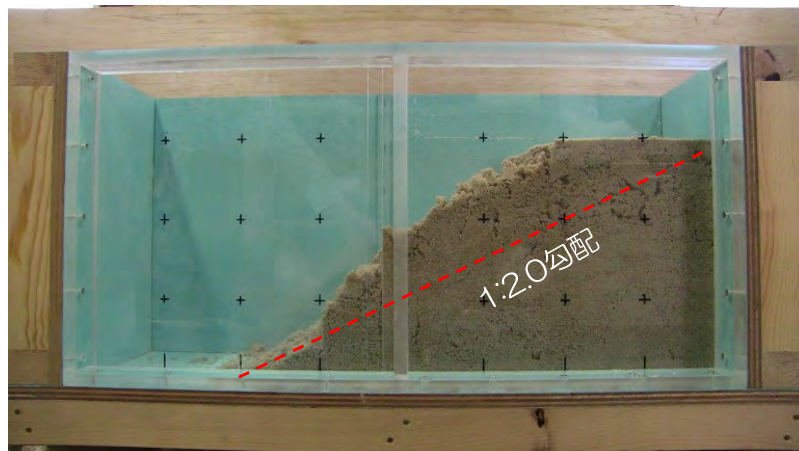


土砂搬入状況

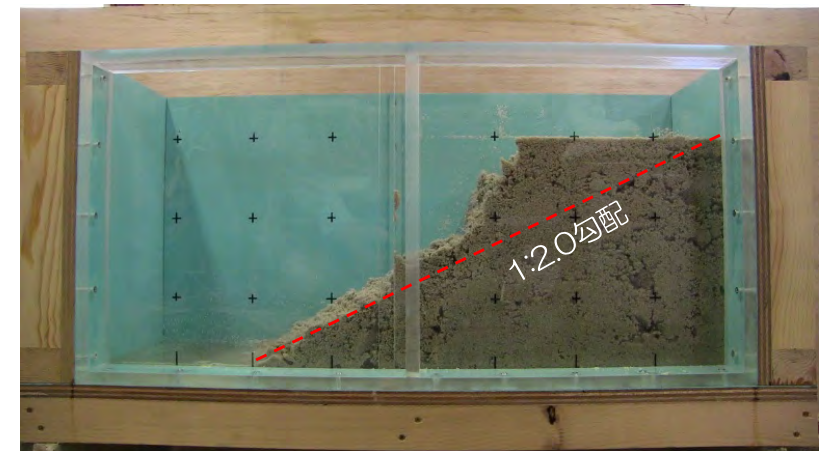
確認実験用模型



ドライ状態（0%）の実験砂の崩落状況



含水比10%の実験砂の崩落状況



含水比20%の実験砂の崩落状況

5. 予備試験の結果

② 締固め度確認試験

- 締固め度確認試験では、同体積の円柱内に含水比を調整した実験砂を「形を整える程度の締固めを行った状態（締固め無）」と「コテで転圧して最大限締め固めた状態（締固め有）」の2条件で重量を計測し、締固めの範囲を把握した。
 - ・ 単位体積重量で比較すると締固め大と小では、含水比による違いは小さく1.12~1.15倍程度の差となる。
 - 締固めの有無の差は比較的小さいため、③の盛土破壊性状の確認試験では締固め度は有、無の2パターンで設定した。

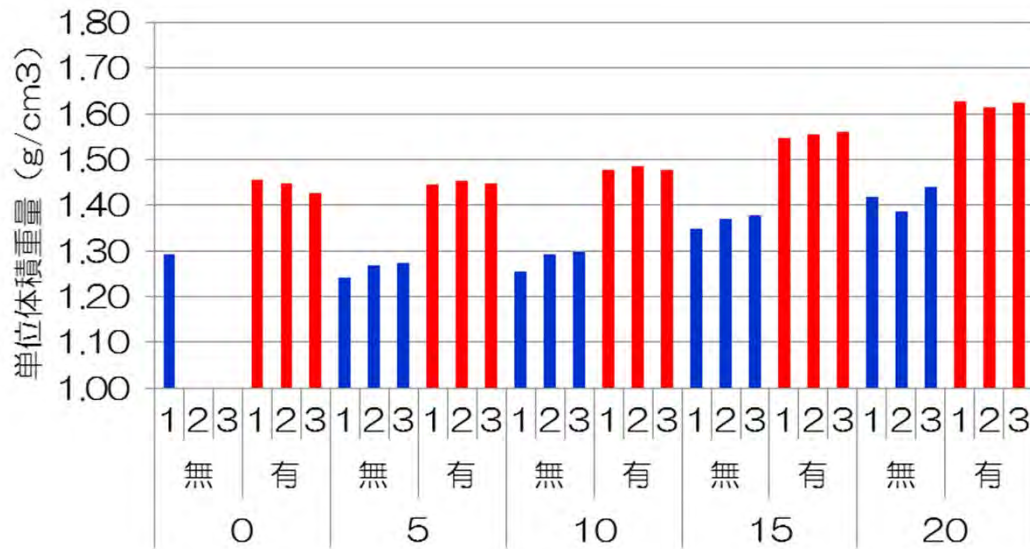


(締固め無)



(締固め有)

含水比20%の締固めの有無の比較



含水比と締固めごとの単位体積重量

含水比と締固めごとの土砂重量・単位体積重量

含水比 (%)	締固め	試験回数	土砂量 (g)	単位体積重量 (g/cm³)	平均単位体積重量 (g/cm³)
0	無	1	1462.7	1.29	1.29
		2			
		3			
	有	1	1648.2	1.46	1.44
		2	1640.8	1.45	
		3	1616.6	1.43	
5	無	1	1405.5	1.24	1.26
		2	1436.6	1.27	
		3	1442.7	1.27	
	有	1	1635.3	1.44	1.45
		2	1644.4	1.45	
		3	1640.8	1.45	
10	無	1	1422.3	1.26	1.28
		2	1465.0	1.29	
		3	1470.3	1.30	
	有	1	1671.5	1.48	1.48
		2	1683.3	1.49	
		3	1672.3	1.48	
15	無	1	1527.6	1.35	1.37
		2	1551.0	1.37	
		3	1560.4	1.38	
	有	1	1750.5	1.55	1.55
		2	1762.1	1.56	
		3	1767.0	1.56	
20	無	1	1605.3	1.42	1.41
		2	1569.4	1.39	
		3	1630.2	1.44	
	有	1	1841.6	1.63	1.62
		2	1826.5	1.61	
		3	1839.4	1.62	

5. 予備試験の結果

③盛土破壊性状の確認試験

【含水比による比較】

- ・ 締固め有の場合、含水比の小さい（5%）ケースは、他の2ケース（12.5%、20%）と比較して裏法の侵食勾配が緩勾配となる。
- ・ 締固め無の場合、飽和状態の方が乾燥状態よりも侵食の進行が早い。

【締固め度による比較】

- ・ 同一の含水比であっても、締固めが無い場合には盛土侵食の進行が早い傾向となっている。

➤ 予備実験は「危険側となる締固無：乾燥状態、飽和状態」の2ケースと比較案として「安全側となる締固有：含水比中間値」の1ケースの合計3ケースで実施し、盛土性状による侵食状況（最大洗掘深、破堤までの時間）の違いを把握する。

	乾燥状態 (含水比5%)	含水比中間値 (含水比12.5%)	飽和状態 (含水比20%)
締固め有	—	予備実験	—
締固め無	予備実験	(未実施)	予備実験



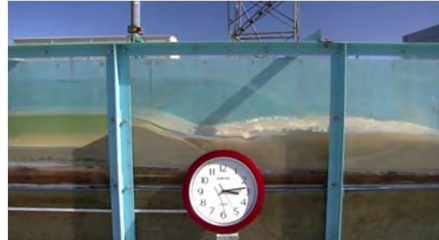
乾燥状態、締固め有：60秒後



含水比中間値、締固め有：60秒後



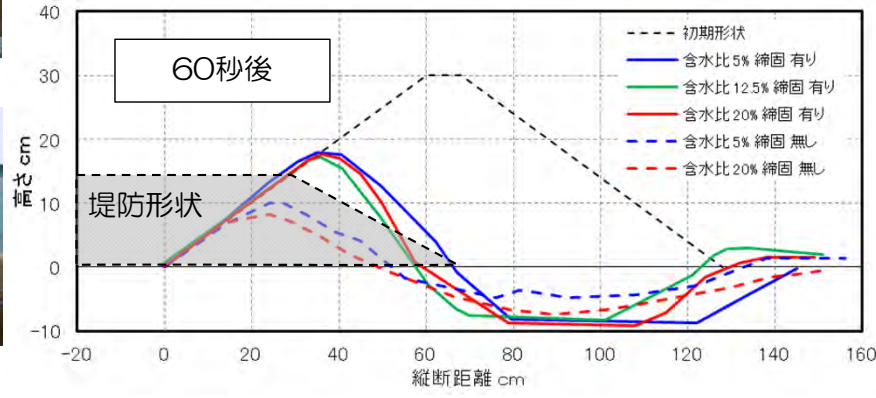
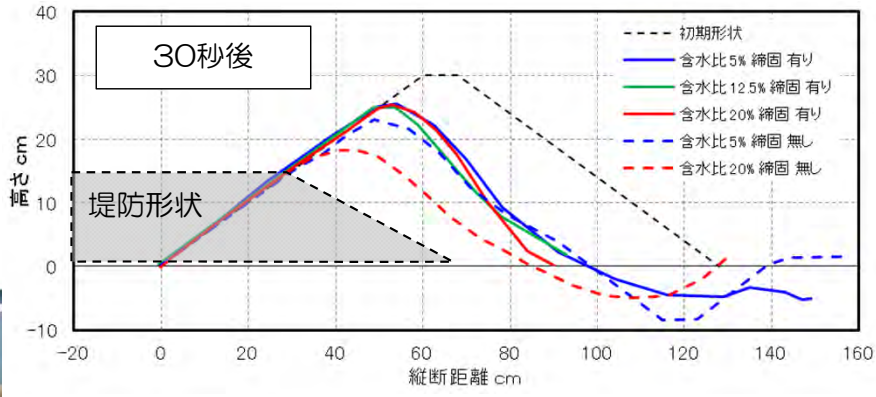
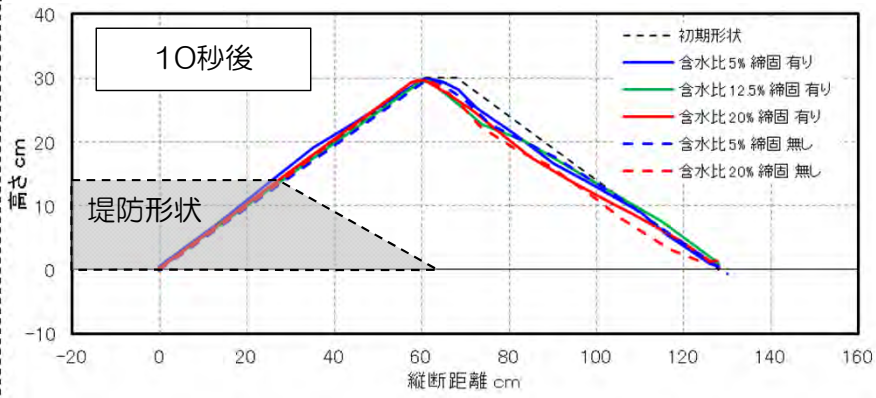
飽和状態、締固め有：60秒後



乾燥状態、締固め無：60秒後



飽和状態、締固め無：60秒後



6. 予備試験結果を踏まえた予備実験条件の設定

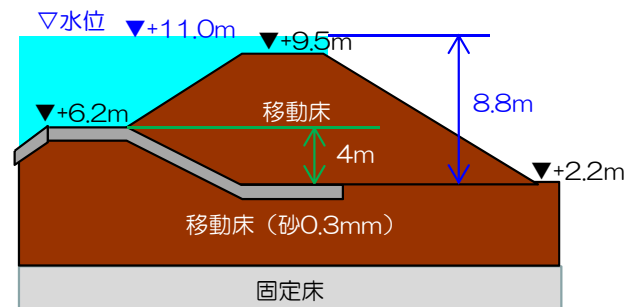
④ 予備実験条件の設定

■ 予備試験の結果を踏まえて、予備実験で実施する盛土性状については以下の3ケースを設定する

■ 予備実験の検討ケース（3ケース）

	堤防形状	実験の目的	対策形状	越流水深	備考
予備実験 ①-1	榛原工区 住吉工区 川尻工区	締固度、含水比による盛土変状への影響確認 (実験盛土性状の設定)	盛土条件 (締固無、乾燥状態<W=5%>)	1.5m	危険側の状態として盛土締固めが殆どない状態の確認 (乾燥・湿潤状態)
予備実験 ①-2			盛土条件 (締固無、飽和状態<W=20%>)	1.5m	
予備実験 ①-3			盛土条件 (締固有、中間値<W=12.5%>)	1.5m	盛土性状による侵食進行速度の違いを把握するための安全側の状態(中間値)

① 榛原工区、住吉工区、川尻工区の実験基本諸元



項目	内容
津波外力	定常流、越流水深1.5m
L2盛土形状	T.P.+9.5m、天端幅4~8m、勾配1:2.0、被覆なし
堤防形状	T.P.+6.2m、天端幅4m、裏法勾配1:2.0、比高4.0m

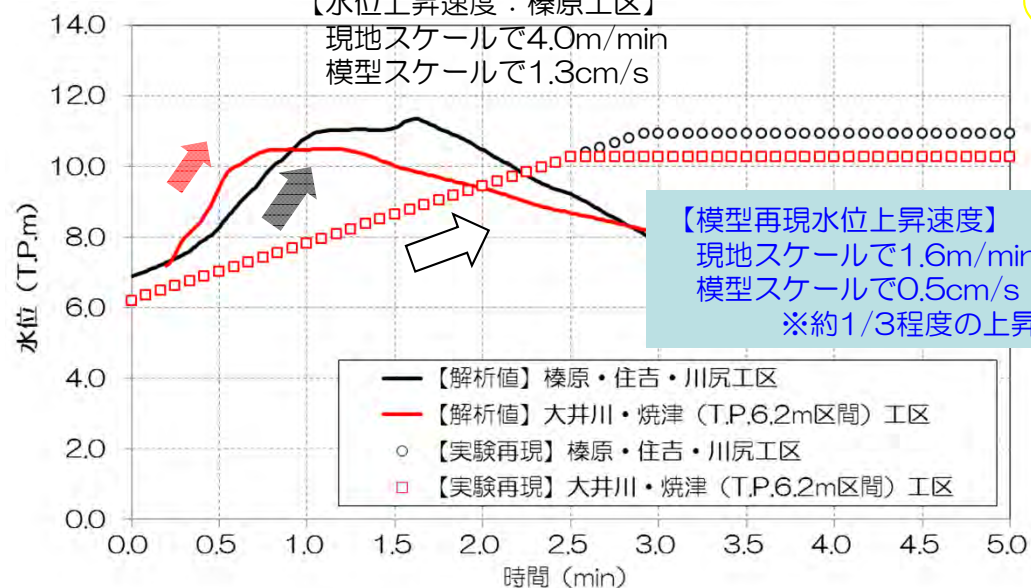
7. 予備実験の実施方法

① 実験波形の設定

■ 実験波形は、盛土・堤防を固定した状態で確認したH-Q関係と ΔH -Q関係を用いて、解析波形（盛土・堤防破壊なし）と越流水深が近いように上流からの供給流量を調整した。
 ※津波の水位上昇速度は、現地規模で4.0~4.8m/minと大幅に大きく、実験施設の給水施設の関係上調整が困難なため、今後、実物大で実波形を与えた数値シミュレーションにより別途その影響を確認する。

【水位上昇速度：焼津工区】
 現地スケールで4.8m/min
 模型スケールで1.6cm/s

【水位上昇速度：榛原工区】
 現地スケールで4.0m/min
 模型スケールで1.3cm/s



駿河海岸での津波水位と実験での再現波形※（盛土破壊なし）

※実験での越流水深・盛土高は、近似した値を用いているため解析値を実験越流水深と一致するようにオフセットしている。

堤防・盛土は木製部材で製作し、固定状態

上流流量を段階的に増加させていき、波高計で水位の経時変化を把握



越流水深と水位上昇速度の確認実験状況

7. 予備実験の実施方法

②実験断面の設定

【榛原工区・住吉工区・川尻工区及び大井川工区・焼津工区（T.P.+6.2m区間）】

<断面形状の設定>

■基本形状は、「昭和60年度駿河海岸住吉堤防舗装工事」の標準断面形状とする。

➢「榛原工区・住吉工区・川尻工区」では比高差を4.0m、「大井川工区・焼津工区（T.P.6.2m区間）」では比高差を3.0mとする。

<模型での再現方法>

■模型上は、「沖側法面部（基礎工を含む）」、「天端部」、「裏法部」、「根固め工部」の4部材で再現する。

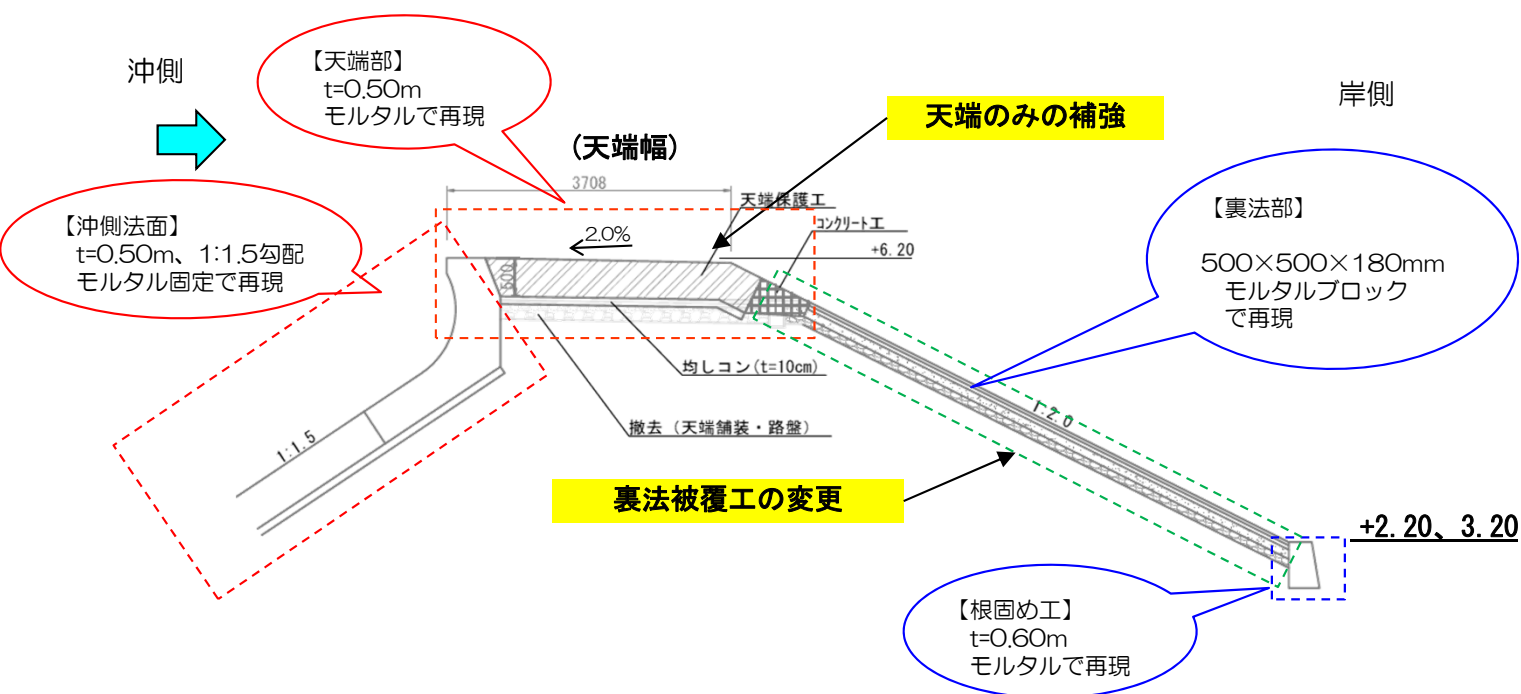
【天端部】

➢東北地方で採用されている粘り強い構造にならった工法とする。

- ・波返し工部まで天端厚を嵩増し（ $t=0.5\text{m}$ ）
- ・負圧対策として法肩と一体の構造

【沖側法面、裏法部、根固め工】

➢現況堤防の裏法構造を基本とした構造とする。

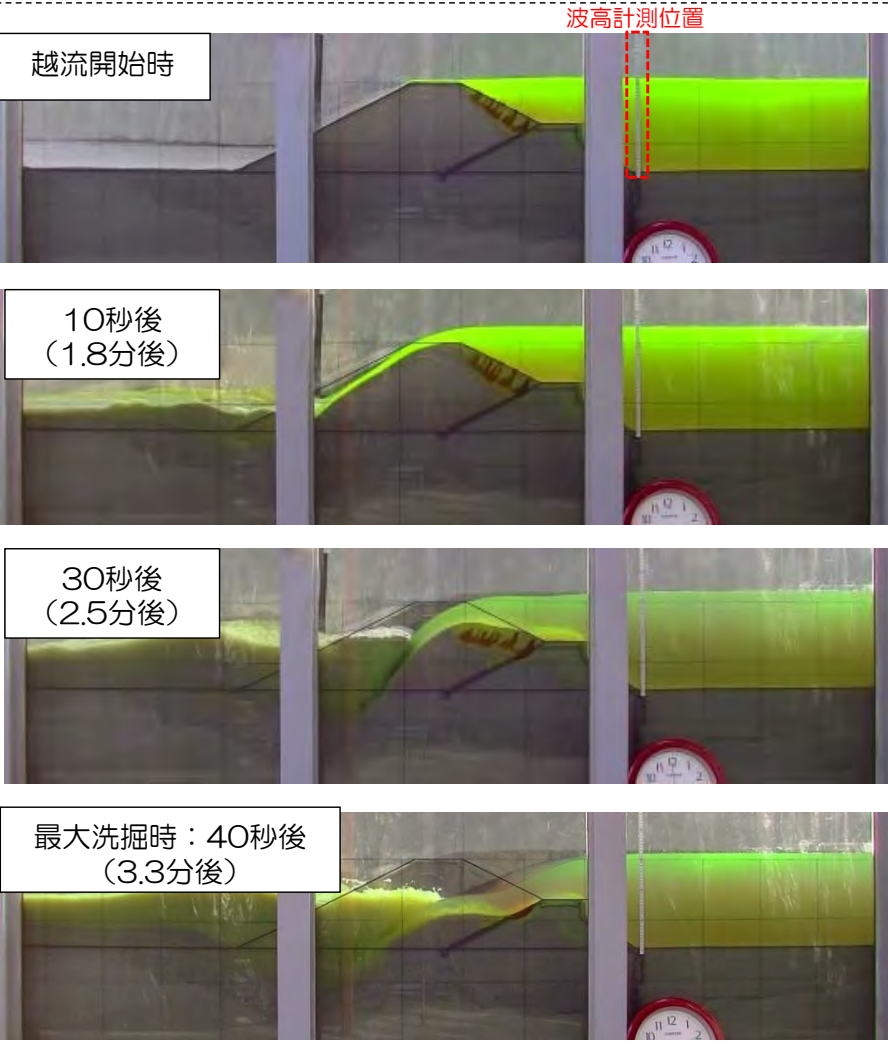


8. 予備実験結果

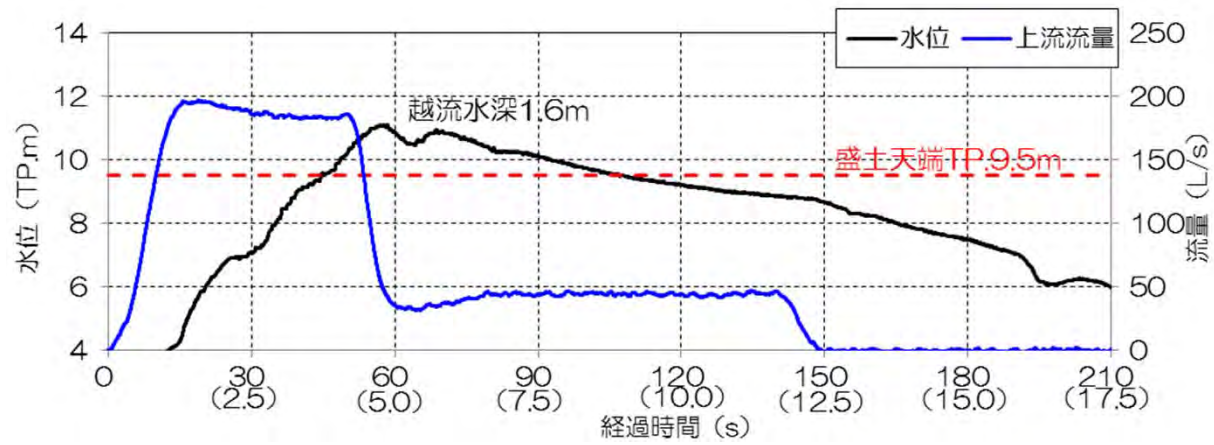
予備実験①-1 (締固め無：乾燥状態)

【盛土の洗掘状況】

- 裏法の最大洗掘深は初期地盤高から3.5m (T.P.-1.3m) となる。
- はじめは裏法を削るように侵食が進行していくが、20秒後 (現地換算1.7分後) に盛土全体が陸側に崩落する現象が生じる。

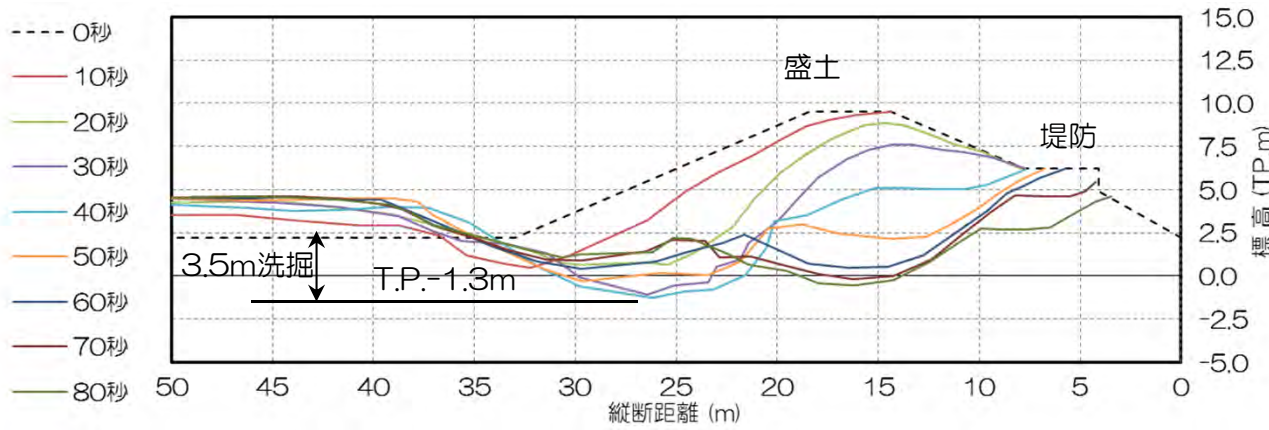


最大洗掘の発生状況



実験での上流流量と水深の経時変化

※ () 内の数字は現地換算時間



堤防・盛土形状の時系列変化

8. 予備実験結果

予備実験①-1（締固め無：乾燥状態）

【堤防・盛土の経時変化】

- 盛土は越水開始50秒後（現地換算約4.2分）で全て流出した。
- 裏法ブロックは盛土が流出する5秒前の越水開始約45秒（現地換算約3.8分）に法肩から流出する。
- 天端コンクリートは越流開始80秒後（現地換算約6.6分）に崩落する。

堤防・盛土の経時変化

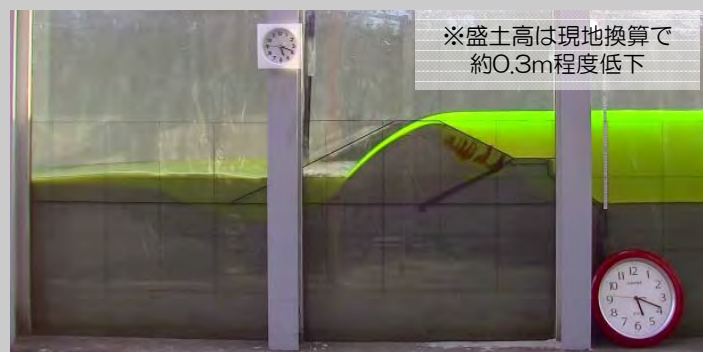
越水開始

00秒（0.0分）



【L2津波最大越水時間】

16秒（1.3分）



①裏法ブロックの露出

37秒（3.1分）



②裏法ブロックの飛散

45秒（3.8分）



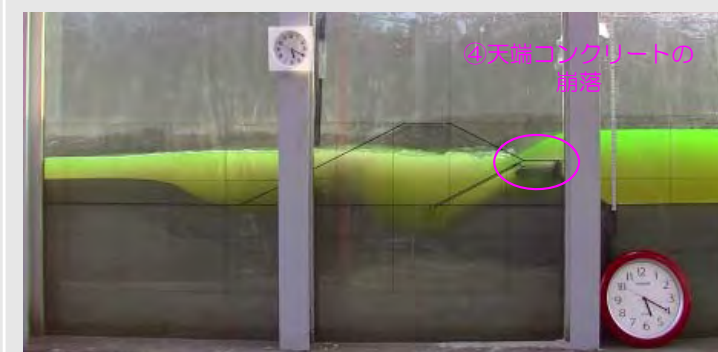
③裏法尻部の露出

50秒（4.2分）



④天端崩落（堤防破壊）

80秒（6.6分）



堤防・盛土の変状過程

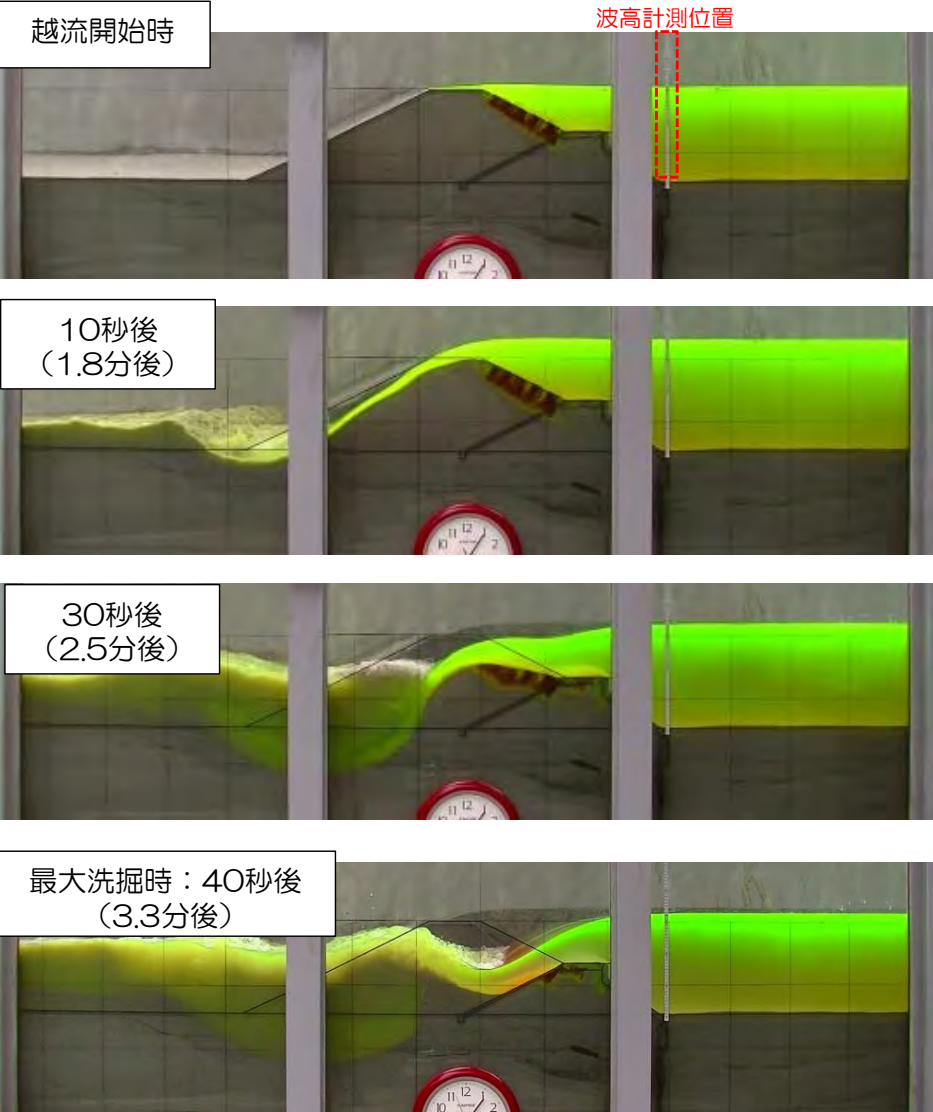
※ () 内の数字は現地換算時間

8. 予備実験結果

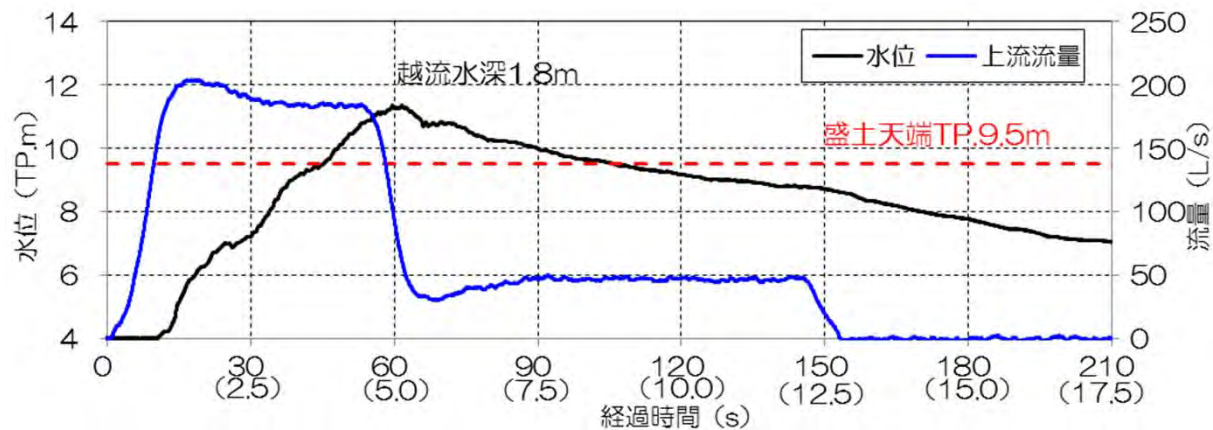
予備実験①-2 (締固め無：飽和状態)

【盛土の洗掘状況】

- 裏法の最大洗掘深は初期地盤高から4.7m (T.P.-2.5m) となる。
- はじめは裏法を削るように侵食が進行していくが、30秒後 (現地換算2.5分後) から頂部での侵食が卓越する。

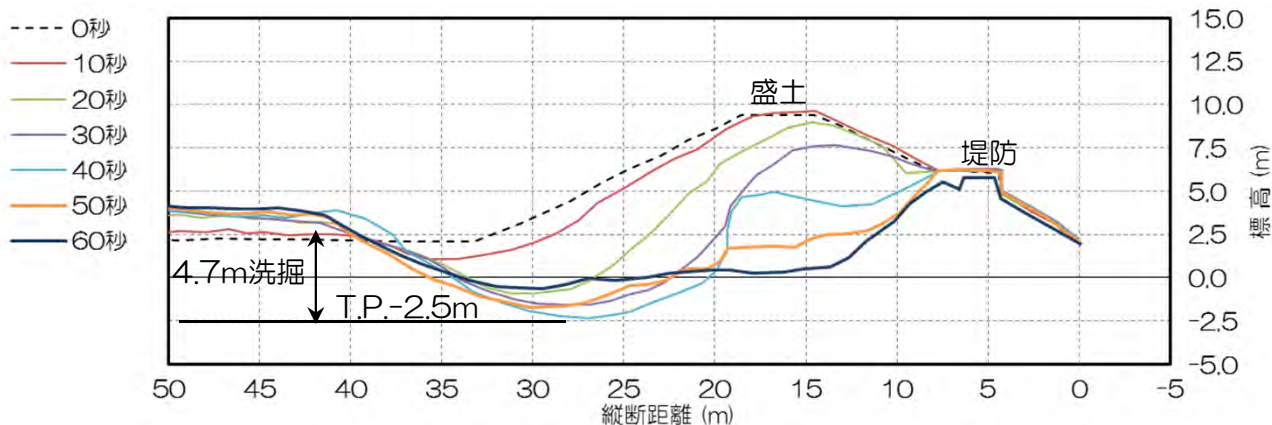


最大洗掘の発生状況



実験での上流流量と水深の経時変化

※ () 内の数字は現地換算時間



堤防・盛土形状の時系列変化

8. 予備実験結果

予備実験①-2（締固め無：飽和状態）

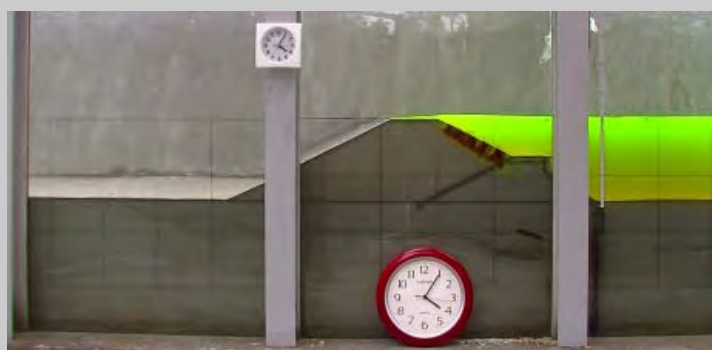
【堤防・盛土の経時変化】

- 盛土は越水開始50秒後（現地換算約4.2分）で全て流出した。
- 裏法ブロックは盛土が流出する6秒前の越水開始約44秒（現地換算約3.9分）に法肩から流出する。
- 天端コンクリートは越流開始77秒後（現地換算約6.4分）に崩落する。

堤防・盛土の経時変化

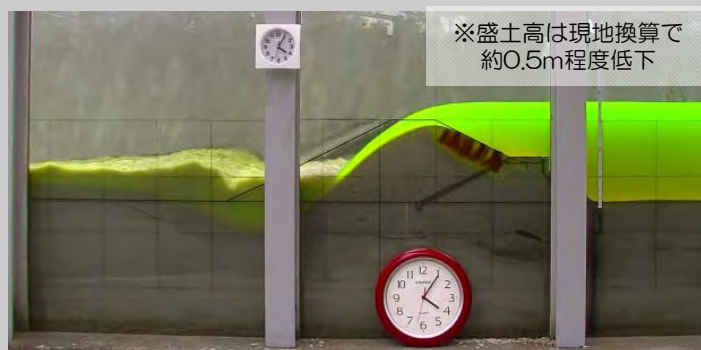
越水開始

00秒（0.0分）



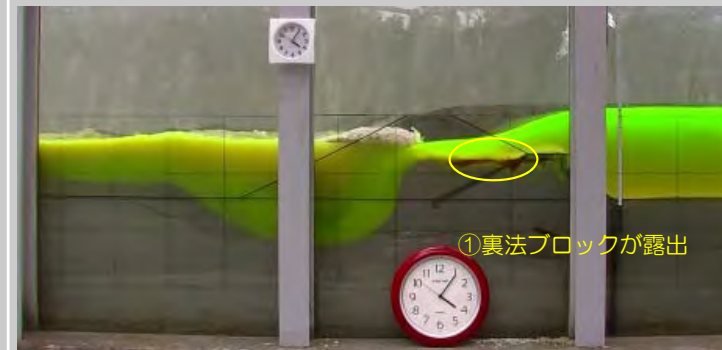
【L2津波最大越水時間】

16秒（1.3分）



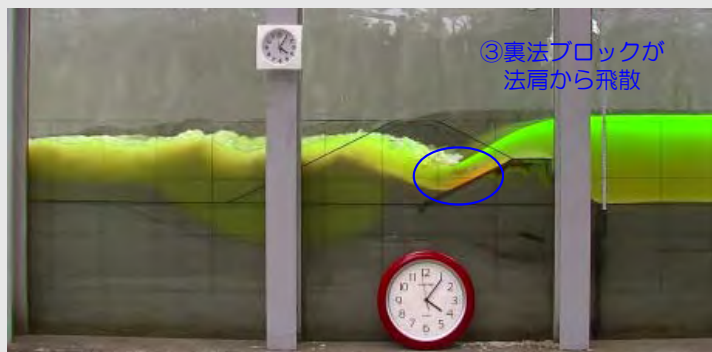
①裏法ブロックの露出

35秒（2.9分）



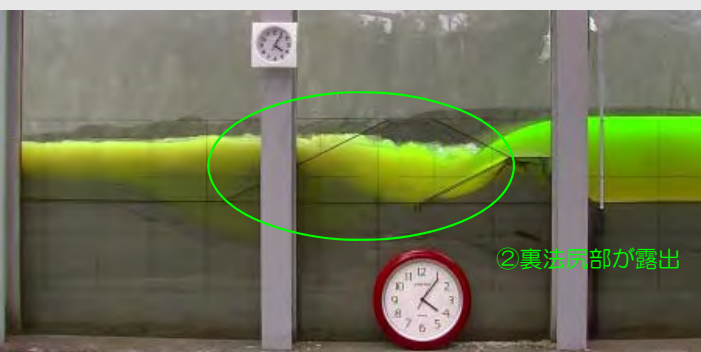
②裏法ブロックの飛散

44秒（3.7分）



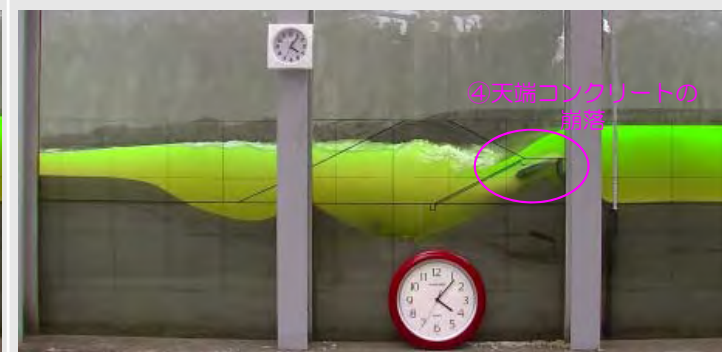
③裏法尻部の露出

50秒（4.2分）



④天端崩落（堤防破壊）

77秒（6.4分）



堤防・盛土の変状過程

※ () 内の数字は現地換算時間

7. 予備実験結果

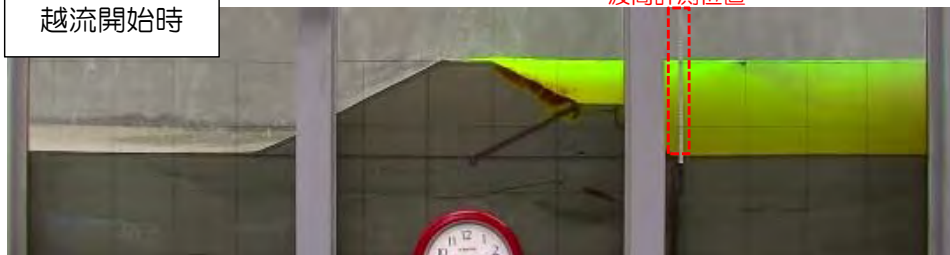
予備実験①-3 (締固め有：中間値)

【盛土の洗掘状況】

- 裏法の最大洗掘深は初期地盤高から2.7m (T.P.-0.5m) となる。
- 盛土は裏法を削るように段階的に侵食が進行していく。

波高計測位置

越流開始時



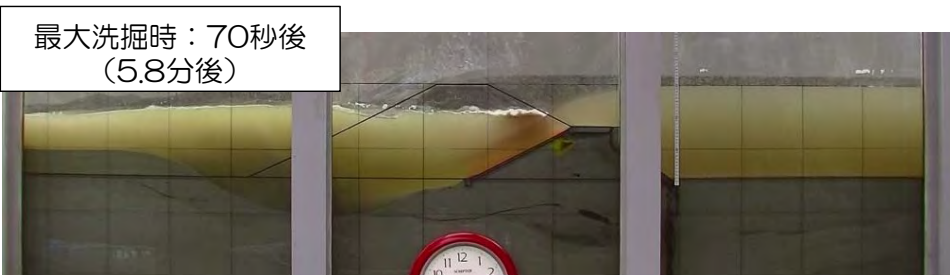
10秒後
(1.8分後)



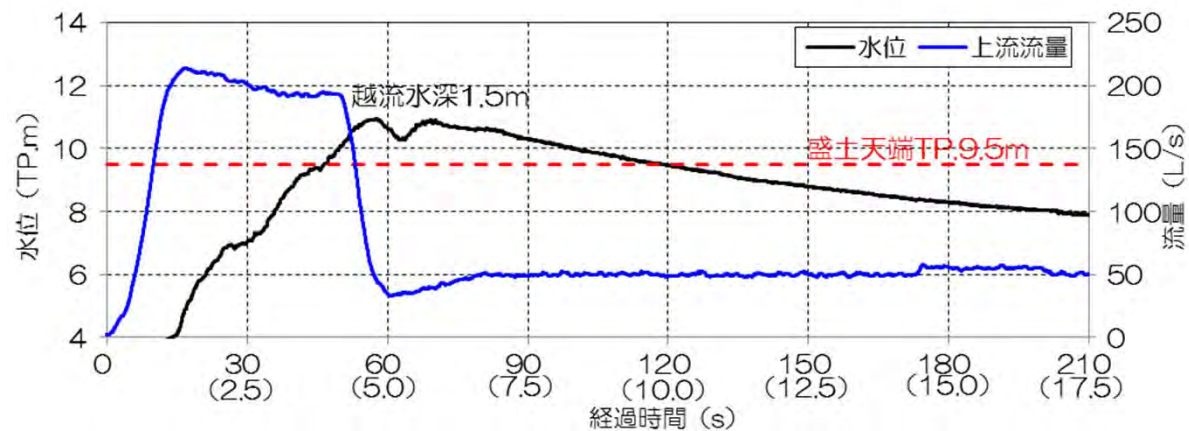
30秒後
(2.5分後)



最大洗掘時：70秒後
(5.8分後)

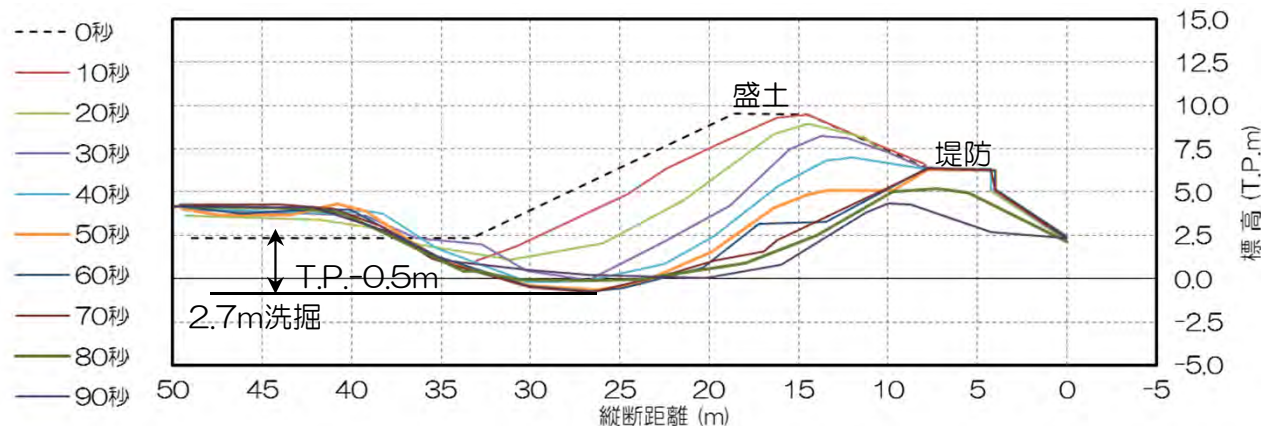


最大洗掘の発生状況



実験での上流流量と水深の経時変化

※ () 内の数字は現地換算時間



堤防・盛土形状の時系列変化

7. 予備実験結果

予備実験①-3（締固め有：中間値）

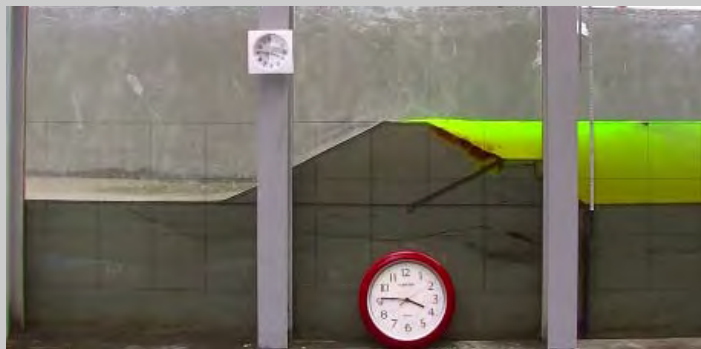
【堤防・盛土の経時変化】

- 盛土は越水開始65秒後（現地換算約5.4分）で全て流出した。
- 盛土流出の10秒後の越水開始約75秒（現地換算約6.3分）に法尻から裏法ブロックが流出する。
- 堤防の裏法ブロックの飛散までの時間は、約90秒（現地換算約7.5分）となった。

堤防・盛土の経時変化

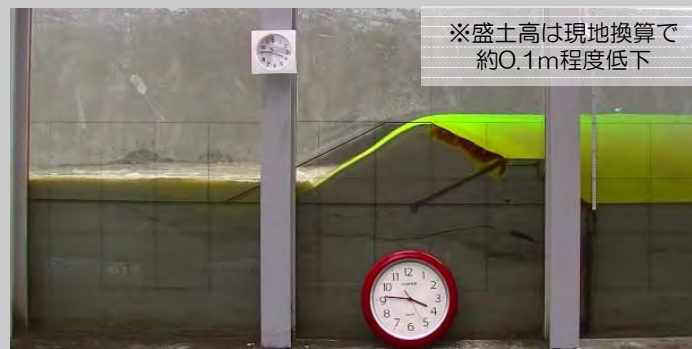
越水開始

00秒（0.0分）



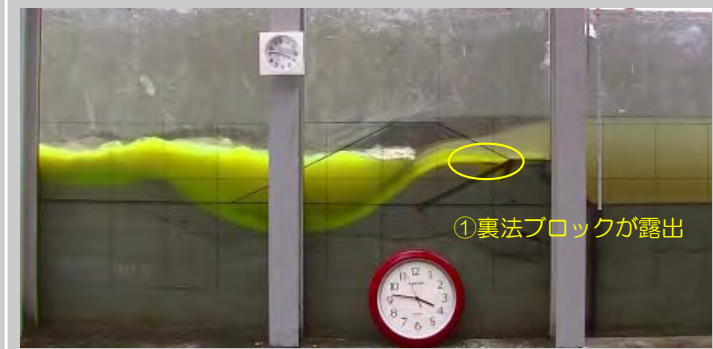
【L2津波最大越水時間】

16秒（1.3分）



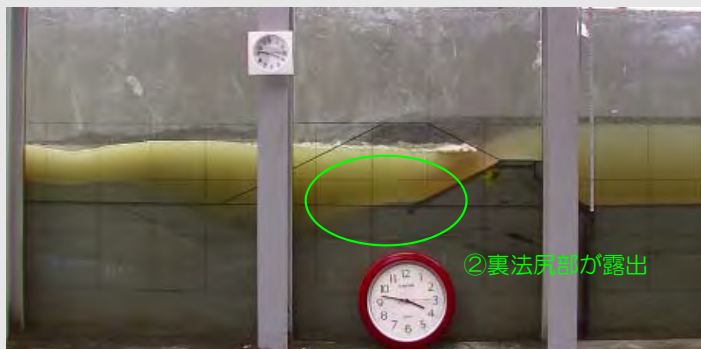
①裏法ブロックの露出

47秒（3.9分）



②裏法尻部の露出

65秒（5.4分）



③裏法ブロックの飛散

75秒（6.3分）



④天端崩落（堤防破壊）

90秒（7.5分）



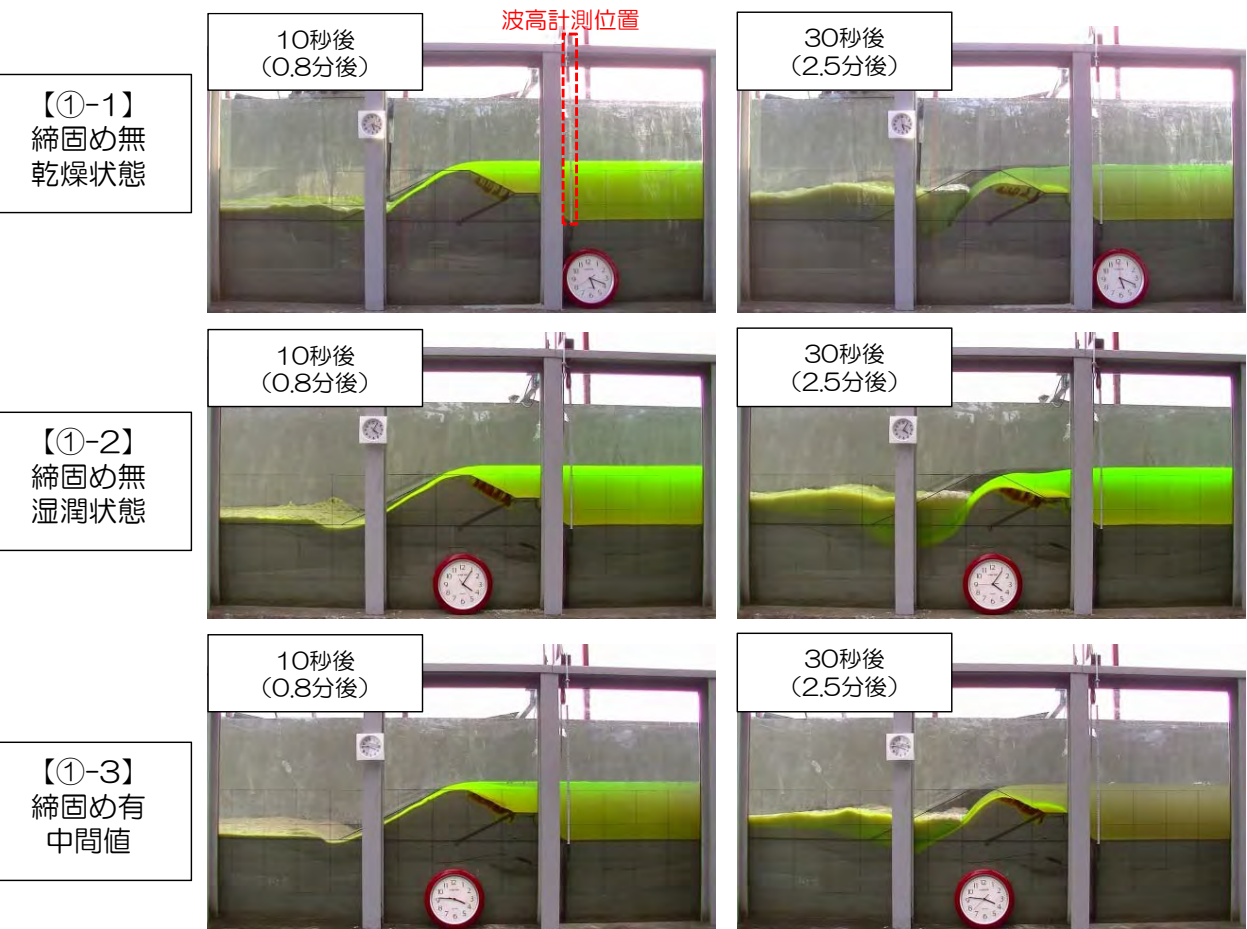
堤防・盛土の変状過程

※ () 内の数字は現地換算時間

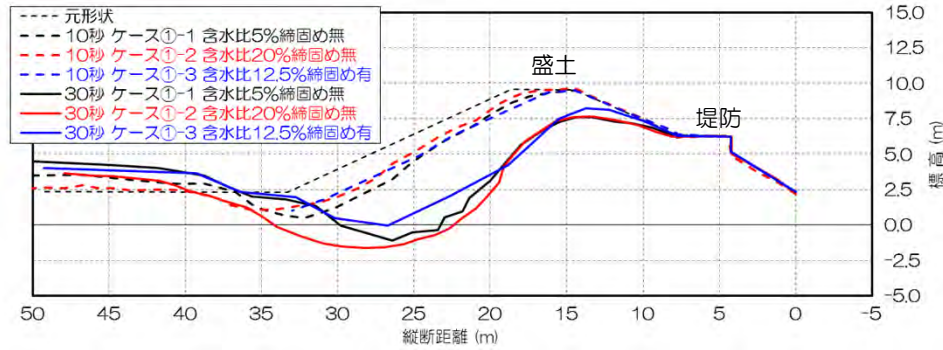
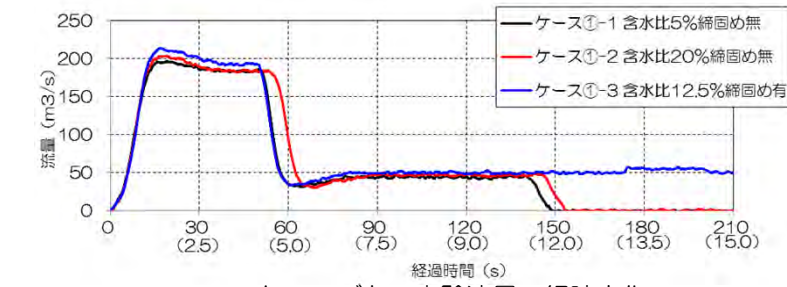
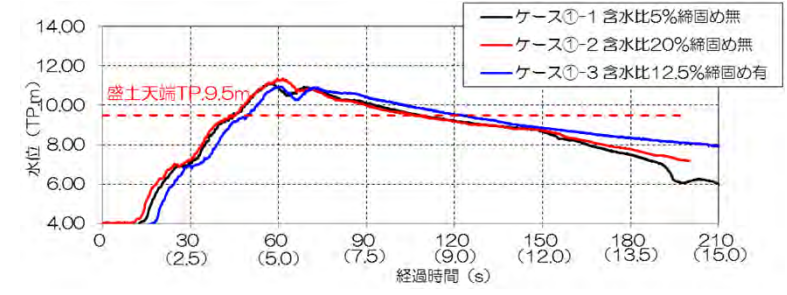
8. 予備実験結果

④ 予備実験結果のまとめと本実験条件の提案

- ケース①-3が最も破堤までの時間が長くなり、ケース①-1とケース①-2と比較して約1.7倍となっている。
 - ケース①-1では、他のケースと異なり盛土が変形・崩壊する現象が顕著となる。
 - ケース①-1と①-2では、堤防の崩壊過程は異なるが盛土流出までの時間（約45秒：現地換算3.8分）は概ね一致している。
 - 懸念された盛土と堤防の接合部からの崩壊現象は確認できず、盛土の裏法からの崩壊となっている。
 - 堤防の裏法尻部では顕著な洗掘が生じているが、崩落した盛土により洗掘が軽減される傾向となっている。
- 本実験では、危険側となり裏法側からの侵食破壊状態を再現している①-2（締固め無：湿潤状態）で実施することを提案する



堤防・盛土の変状過程（代表時間）
※ () 内の数字は現地換算時間



堤防・盛土形状の時系列変化（重ね合わせ）

9.本実験の概要

【本実験の評価項目】

- 盛土による粘り強さの評価 ⇒ 盛土・堤防の破堤までの時間+盛土高の経時変化
- 盛土・堤防構造における弱部の評価 ⇒ 盛土・堤防破堤形態（変状過程）の把握
- 盛土・堤防に作用する外力の評価 ⇒ 堤防前面の波高の経時変化と盛土内の間隙水圧
- 盛土内の湿潤状況の評価 ⇒ 堤防内の染料の拡散状況

【計測手法】

- 波高の経時変化 <容量式波高計による計測>
- 盛土内の間隙水圧（静水圧） <小型圧力計を改良した計測器による計測>
- 盛土、堤防破堤までの時間 <撮影動画と記録時間による計測>
- 盛土、堤防破堤形態の把握 <撮影動画と記録時間による計測>
- 盛土内の湿潤状況の把握 <撮影動画と記録時間による計測>

【本日の実験条件：実験ケース①-2】

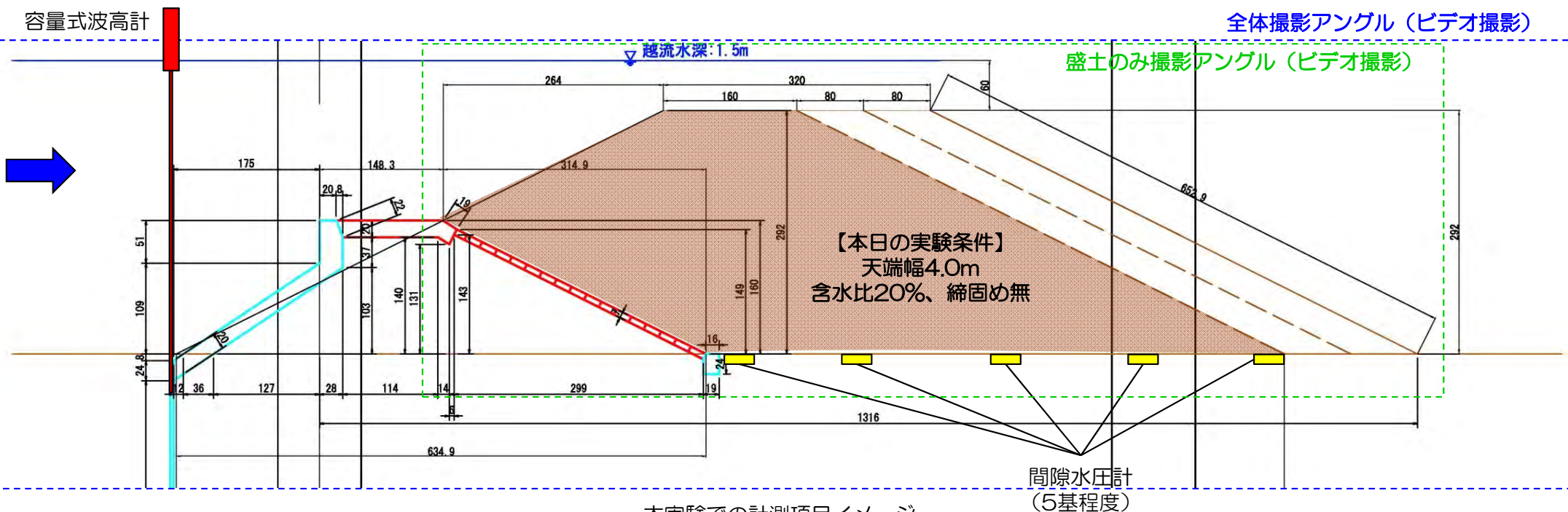
盛土条件：天端幅4.0m、含水比20%：締固め無

流量条件：越流水深1.5m

容量式波高計

全体撮影アングル（ビデオ撮影）

盛土のみ撮影アングル（ビデオ撮影）



間隙水圧計
(5基程度)

本実験での計測項目イメージ

10. 実験結果の評価指標(案)

■ 実験結果の評価指標としては、以下の4案を想定している。

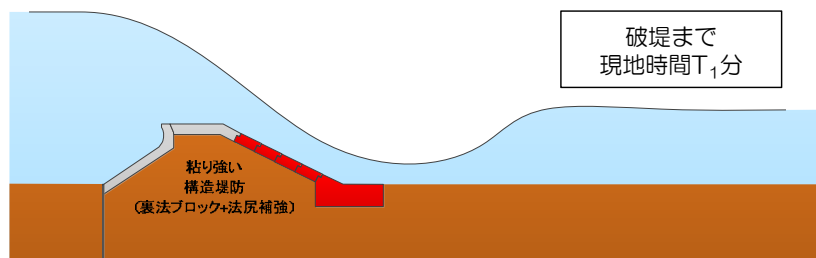
粘り強さの定量的な定義はないため、駿河海岸で期待する粘り強さを下記の①～④の評価指標を設定し、水理模型実験における破堤までの時間を確認し、組合せもしくは単体での粘り強い構造を総合的に判断する。

評価指標(案) ①：一般的な粘り強い構造の堤防が有する粘り強さとの比較【国総研モデルとの比較評価】

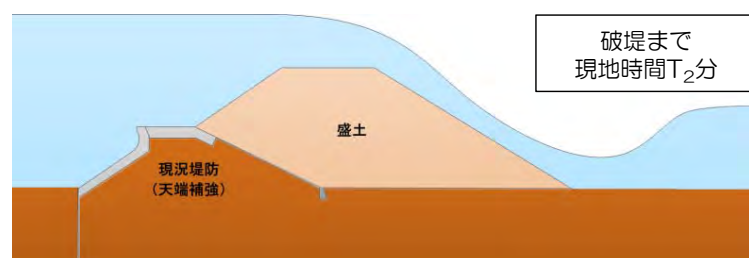
・ 本実験を実施する駿河海岸における津波越流条件で再現実験で実施する粘り強い構造堤防（裏法ブロック+法尻補強）での破堤までの時間 $<T_1$ 分>に対し、本実験での破堤に至る時間 $<T_2$ 分>を比較し、 T_2 分 $\geq T_1$ 分となる堤防構造を設定。

⇒一般的な粘り強い構造と同程度以上の粘り強さを保持できる構造となる。

【一般的な粘り強い構造実験イメージ】



【駿河海岸本実験イメージ】



評価指標(案) ②：盛土無し状態での越流時間（540秒）粘ることが可能な構造

・ 市町が想定する盛土がない状態でL2津波により最大で想定される越流時間540秒の間、堤防の破堤を防ぐことができるような盛土+堤防の構造を設定。

⇒駿河海岸におけるL2規模の津波に対して、堤防破堤の生じない盛土+堤防構造となる。

評価指標(案) ③：浸水被害を軽減可能な3～5分（180～300秒）粘ることが可能な構造

・ 津波浸水シミュレーションにおいて、想定浸水面積で20～30%、全壊家屋数（棟）で60～70%程度の被害軽減効果が期待される堤防の粘り強さ（3～5分）となるような盛土+堤防構造を設定する。

⇒駿河海岸におけるL2規模の津波に対して、盛土及び堤防の破堤は生じるものの、浸水被害を軽減可能な盛土+堤防構造となる。

評価指標(案) ④：盛土有の状態における越流時間（80秒）粘ることが可能な構造

・ 市町の想定する盛土が保持された時にL2津波により最大で想定される越流時間80秒の間、堤防の破堤を防ぐことができるような盛土+堤防の構造を設定。

※盛土の高さが保持された条件で越流時間が80秒となるため、盛土高が概ね維持されていることが前提となる。

⇒駿河海岸におけるL2規模の津波に対して、盛土破堤の生じない盛土構造となる。

11. 実験結果の評価方法イメージ

	①一般的な粘り強い堤防と駿河海岸での盛土+現況堤防の粘り強さの比較	②盛土無し状態での越水時間(540s)と駿河海岸での盛土+堤防の粘り強さの比較	③浸水被害を軽減可能な5分(300秒)粘ることが可能な構造	④L2盛土越水時間(80s)と駿河海岸での盛土+現況堤防の粘り強さの比較
1. 現況堤防 	堤防破堤までの時間 $\leq T_1$ (NG) ×	堤防破堤までの時間 $\leq 540s$ (NG) ×	堤防破堤までの時間 $\leq 300s$ (NG) ×	— —
2. 裏法盛土のみ 	堤防破堤までの時間 $\leq T_1$ (NG) ×	堤防破堤までの時間 $\leq 540s$ (NG) ×	堤防破堤までの時間 $\geq 300s$ (OK) ○	堤防破堤までの時間 $\geq 80s$ (OK) ○ ※盛土の全流出までには至らない
3. 裏法盛土+被覆ブロックの補強 	堤防破堤までの時間 $\leq T_1$ (NG) ×	堤防破堤までの時間 $\geq 540s$ (OK) ○	堤防破堤までの時間 $\geq 300s$ (OK) ○	堤防破堤までの時間 $\geq 80s$ (OK) ○ ※盛土の全流出までには至らない
4. 裏法盛土+裏法尻部補強 +裏法被覆ブロックの補強 	堤防破堤までの時間 $\geq T_1$ (OK) ○	堤防破堤までの時間 $\geq 540s$ (OK) ○	堤防破堤までの時間 $\geq 300s$ (OK) ○	堤防破堤までの時間 $\geq 80s$ (OK) ○ ※盛土の全流出までには至らない
(一般的な粘り強い堤防構造の実験) 	T_1 (比較基準値)	—	—	—
【備考】	「1.現況堤防」と各結果を比較することにより盛土の粘り強さを把握			盛土の設置の無い条件での評価は行わない。

※実験結果を①～③の評価軸で評価した上で、現地施工での制約条件を踏まえて追加で構造の検討を行う。

12. 今後の方針について

【堤防盛土構造の設定のための追加検討（案）】

- 本実験の結果、盛土天端幅を増加させたケースにおいても東北モデルと比較して小さくなった場合には以下の検討を追加して実施し、堤防構造の設定を行うことを考えている。

（水理模型実験）

- 堤防破壊の開始点となる裏法部の補強（法尻部の改良、被覆ブロックの変更）対策を実施した場合の効果の把握
 - 地盤改良・根固め補強、裏法ブロック改良などの部分的な対策効果の検討

（数値解析）

- 実験で得られたデータを基に構築した洗掘シミュレーションを用いて、実物スケールを想定した解析津波波高（非定常）を作用させた場合の盛土・堤防の破堤状況を確認する。
 - 実物大の外力及びスケールでの盛土・堤防の破堤状況を検証する。