

# 第7回 駿河海岸保全検討委員会

～T.P.+8.2m 区間における構造検討結果～

平成30年3月23日

国土交通省 中部地方整備局  
静岡河川事務所

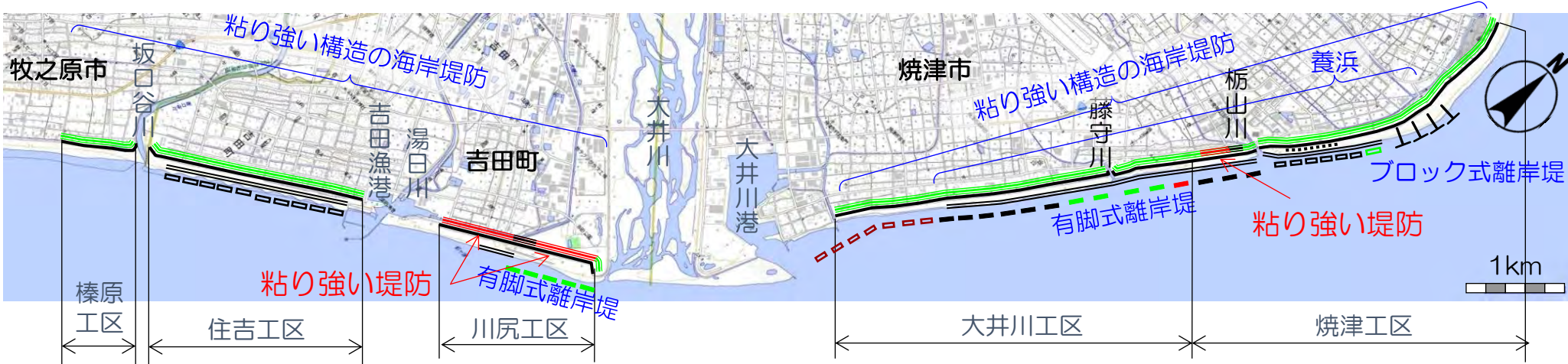


# 1. 粘り強い構造の海岸堤防 整備状況

## ■平成29年度 整備状況

工種		工区	位置	事業量
粘り強い構造の 海岸堤防	基本構造（天端保護工、裏法被覆工、裏法尻部保護工）	焼津	No.23付近	約240m
	天端保護工	川尻	No.60付近	約1,410m

凡 例	
整備済	■
H29整備箇所	■
H30以降	■
他事業整備済	■



【川尻工区 (H29.12)】



【焼津工区 (H29.12)】

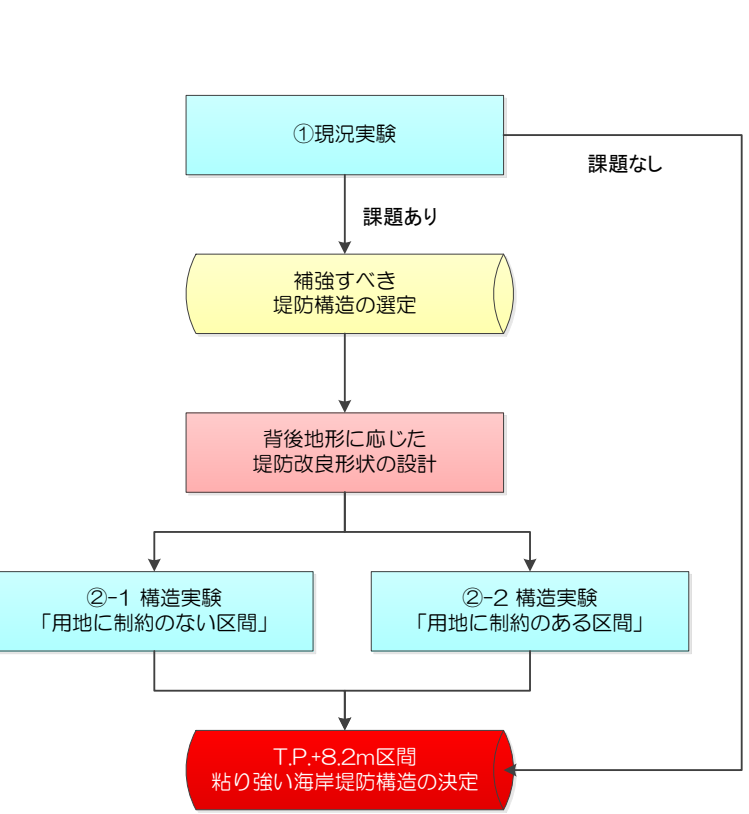
# 2. 検討の背景・目的と検討フロー

### 【検討の背景】

- T.P.+6.2m区間における粘り強い海岸堤防の構造（堤防+盛土）については、模型実験により決定。
- 栃山川より以東のT.P.+8.2m区間（堤防のみ）においては、粘り強い海岸堤防の構造が確認されていない。

### 【検討の目的】

- T.P.+8.2m区間は、T.P.+6.2mでの海岸堤防+盛土（L1以下盛土、越流する・しない形状の盛土）での粘り強い構造検討と異なり、背後の盛土なし、また背後の用地（海岸保全区域）が限られる区間があり、裏法尻部の構造、裏法勾配など、構造の工夫が必要となることから、本年度、新たな構造検討を行うものである。



T.P.+8.2m区間（堤防のみ）の粘り強い海岸堤防の検討フロー

H28年度の検討範囲

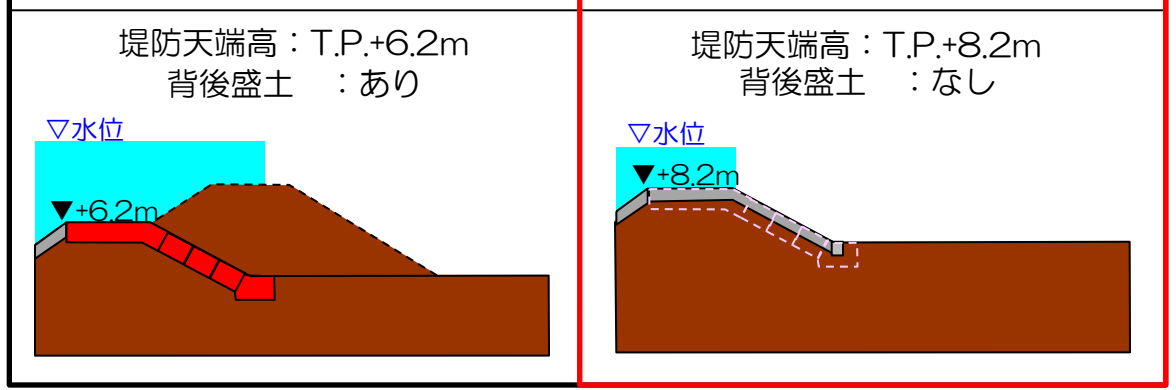
本年度の検討範囲



H28年度の検討範囲と本年度の検討範囲

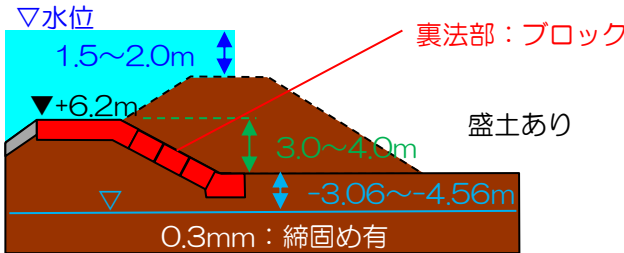
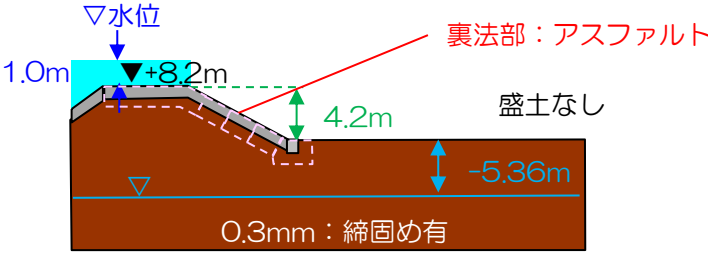
H28年度の検討条件

本年度の検討条件



H28年度の検討条件と本年度の検討条件

# 3. 実験条件の概要

		平成28年度の実験条件等		今回の実験条件等
<b>工区</b>		榛原・住吉・川尻工区 (T.P.+6.2m区間)    大井川・焼津工区 (T.P.+6.2m区間)		焼津工区 (T.P.+8.2m区間)
				
<b>堤防形状</b>	比高	4.0m	3.0m	4.2m ※case0:現況実験は3.0mで実施
	盛土	あり	あり	なし
	堤防形状	「沖側法面部」「天端部」「裏法部」「根固め工部」の4部材で再現 ※裏法部はブロック構造		「沖側法面部」「天端部」「舗装止工部」「裏法部」「根固め工部」の5部材で再現 ※裏法部はアスファルト舗装
<b>越流水深</b>	解析越流水深	1.1m	1.9m	0.6m
	実験越流水深	1.5m (6.0cm)	2.0m (8.0cm)	1.0m (4.0cm)
<b>地盤地下水位</b>	現地地盤地下水位	T.P.+0.82m	T.P.+0.62m	T.P.+0.49m
	現地地盤高から差分	-3.06m (-13cm)	-4.56m (-19cm)	-5.36m (-22cm)
<b>基礎地盤</b>	土質条件	粒径：0.3mm 締固め有		粒径：0.3mm 締固め有

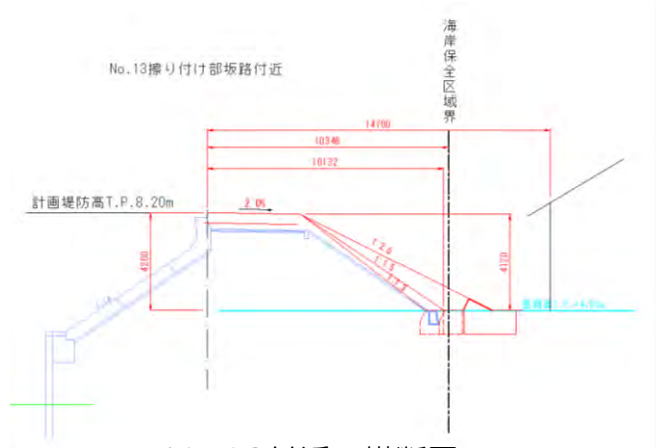


# 4. 対象区間の用地の制約状況

- 背後に用地の制約が無く、また、住家等が隣接していない区間を「一般区間」とし、基本構造での施工を想定。
  - 背後に用地が迫る区間を「制約区間」とし、裏法勾配を1：1.5とすることで、概ね用地内に収まる予定である。
  - ただし、制約区間内において堤防背後に住家や工場が隣接する箇所がある。また、背後の用地が一番厳しいNo.13付近も、堤防背後に住家が隣接し、1：1.5より急勾配の構造とする必要がある。
- 堤防背後に住家等が隣接する箇所では、裏法尻部の流速・洗掘範囲を低減するような構造上の工夫が必要
- 特に、NO.13付近は、1：1.5より急勾配とした場合の構造の検討が必要

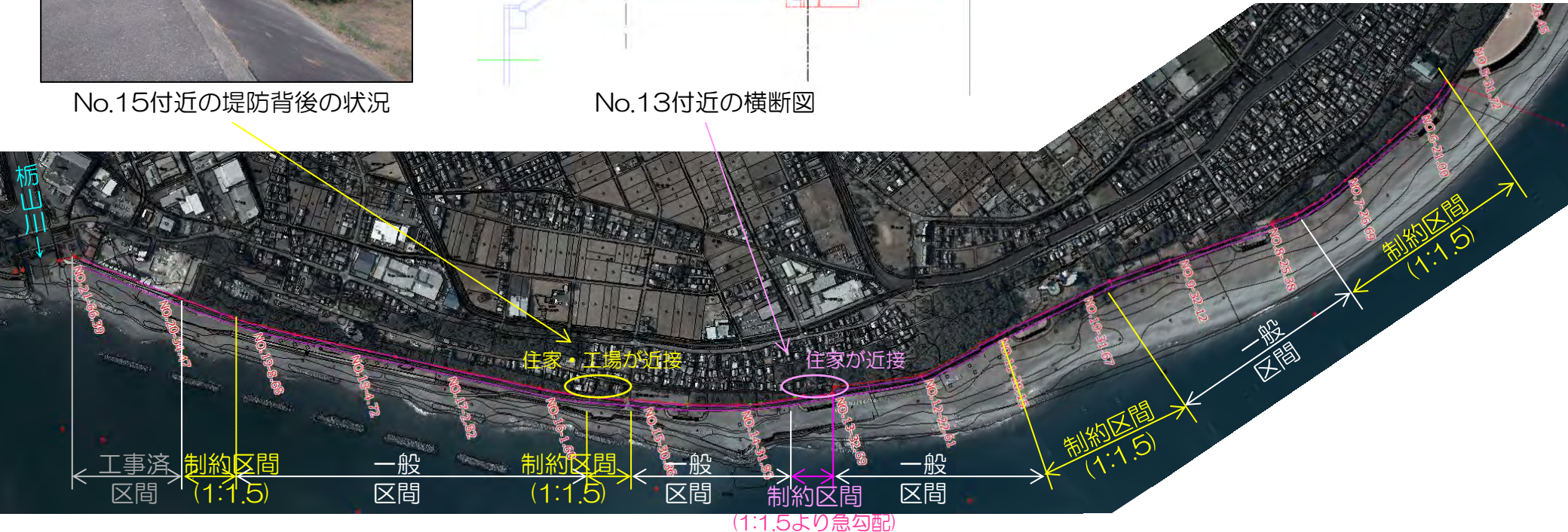


No.15付近の堤防背後の状況



No.13付近の横断図

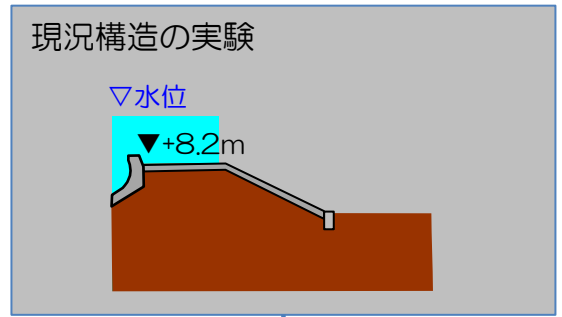
区間	勾配	延長 (m)
一般区間	1:2	1,946
制約区間	1:1.5	849
	1:1.5より急勾配	45



(1:1.5より急勾配)

# 5. 対策工の検討方針

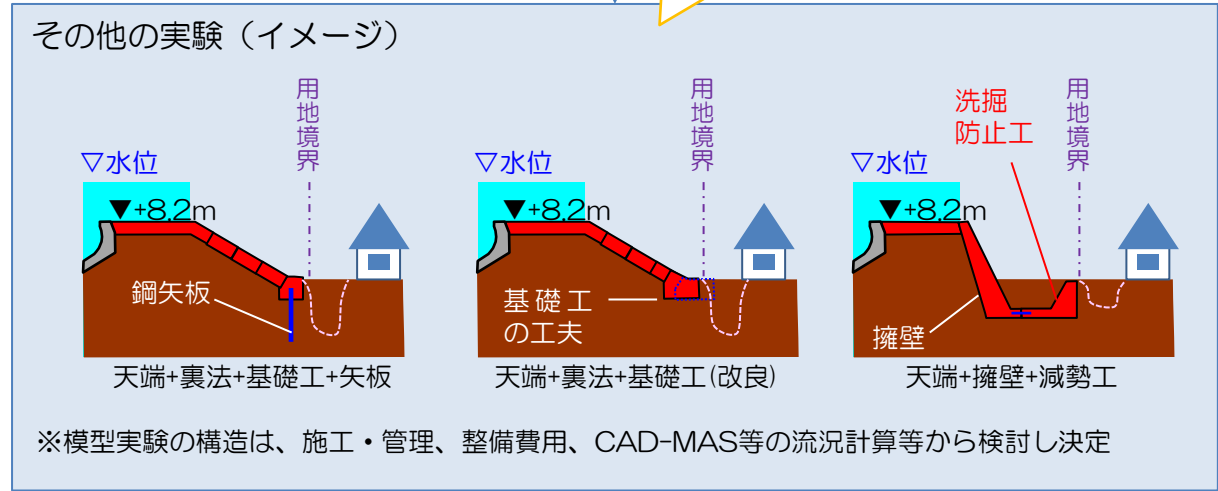
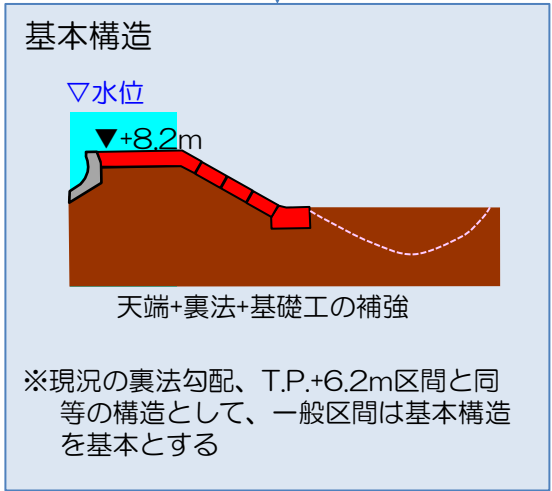
- 一般区間（用地の制約がない区間）
  - ・他工区（T.P.+6.2m区間）と同様に、基本構造（天端被覆工+裏法被覆工+裏法尻部保護工）で、破堤遅延時間を確認。
- 制約区間（用地の制約がある区間）
  - ・堤防背後に海岸保全区域が迫り、また、住家が隣接する区間では、以下を基本として構想を検討する。
    - ①海岸保全区域内に収めることを基本とする。
    - ②粘り強い海岸堤防整備によって背後の洗掘範囲が広がり、隣接する住家等へ影響が生じないように、背後の洗掘範囲を狭くする構造を工夫（「流速を水平に逃がし、洗掘深を低減させる構造」とは異なる構造）。



＜構造の選定方法＞

- ・構造の選定にあたっては、以下より評価し、選定する
  - ①破堤遅延時間
  - ②背後の洗掘範囲
  - ③施工・管理
  - ④整備費用

一般区間（用地の制約がない区間）      制約区間（用地の制約がある区間）



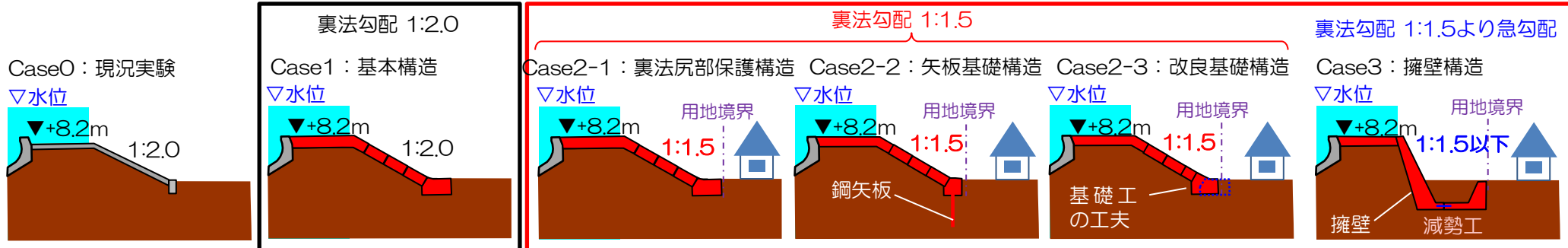
# 6. 実験ケース

- case0 現況実験の結果により、堤防弱部の構造について改良検討を行う。
- 背後地の制約条件のあり・なしに応じて、堤防の裏法勾配を変更した実験を行う。
- 実験は「基本構造」と、堤防背後への影響を確認するため「裏法尻部保護構造」「矢板基礎構造」「改良基礎構造」を実施する。
- No.13付近を想定した実験は、裏法勾配を1:1.5より急勾配とするため、別途、「擁壁構造」で実施する。

	用地の制約	裏法勾配	堤防構造	着眼点
Case0 (現況実験)	—	1:2.0	【現況構造】 —	構造的な弱部を把握し、対策すべき箇所を把握
case1	なし		【基本構造】 天端保護工+裏法被覆工+裏法尻保護工	構造設計に用いるための洗掘範囲・洗掘深の把握
case2-1	あり	1:1.5	【裏法尻部保護構造】 天端保護工+裏法被覆工+裏法尻保護工	
case2-2			【矢板基礎構造】 天端保護工+裏法被覆工+ <b>矢板基礎工</b>	
case2-3			【改良基礎構造】 天端保護工+裏法被覆工+ <b>改良基礎工</b>	
case3		1:1.5より急勾配	【擁壁構造】 天端保護工+擁壁+減勢工	※構造検討、数値解析により実験対象とする構造諸元を設定

一般区間（用地の制約なし）

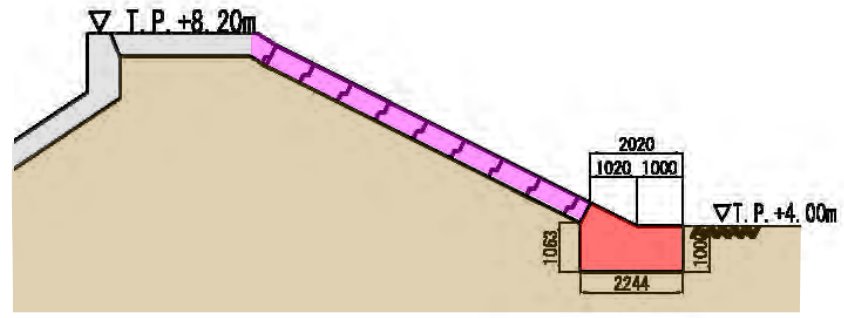
制約区間（用地の制約あり）



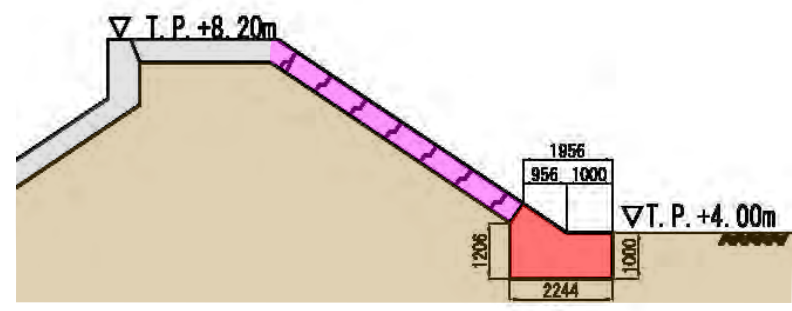


# 7. 模型実験の構造図 ※実験は1/25スケール

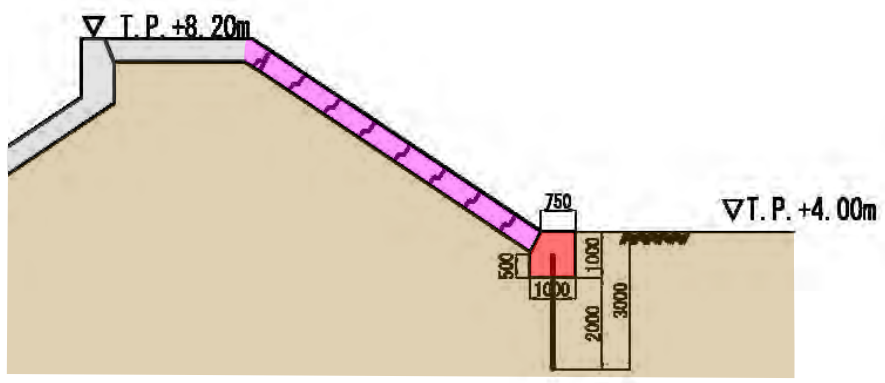
【case1：基本構造】 1：2.0勾配



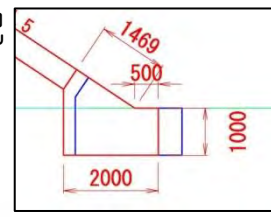
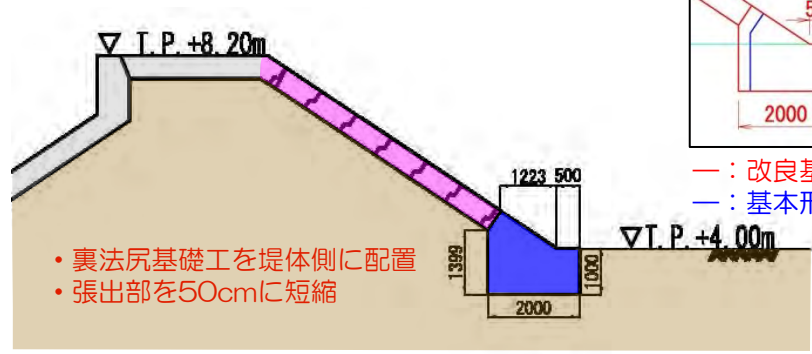
【case2-1：裏法尻部保護構造】 1：1.5勾配



【case2-2：矢板基礎構造】 1：1.5勾配



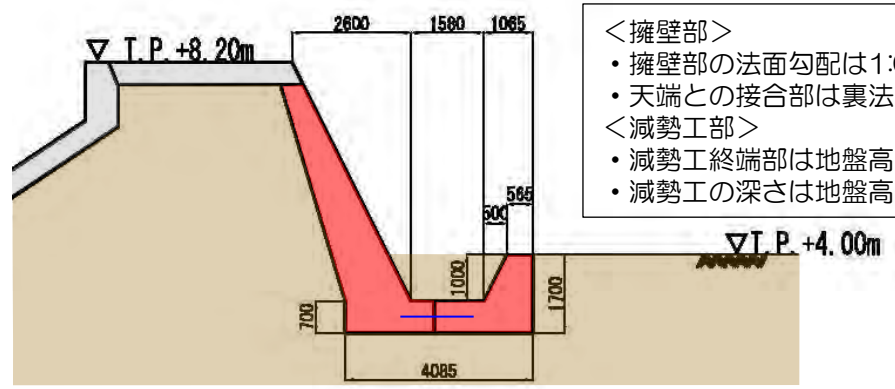
【case2-3：改良基礎構造】 1：1.5勾配



—：改良基礎工形状  
—：基本形状

- ・裏法尻基礎工を堤体側に配置
- ・張出部を50cmに短縮

【case3：擁壁構造】 1：1.5より急勾配

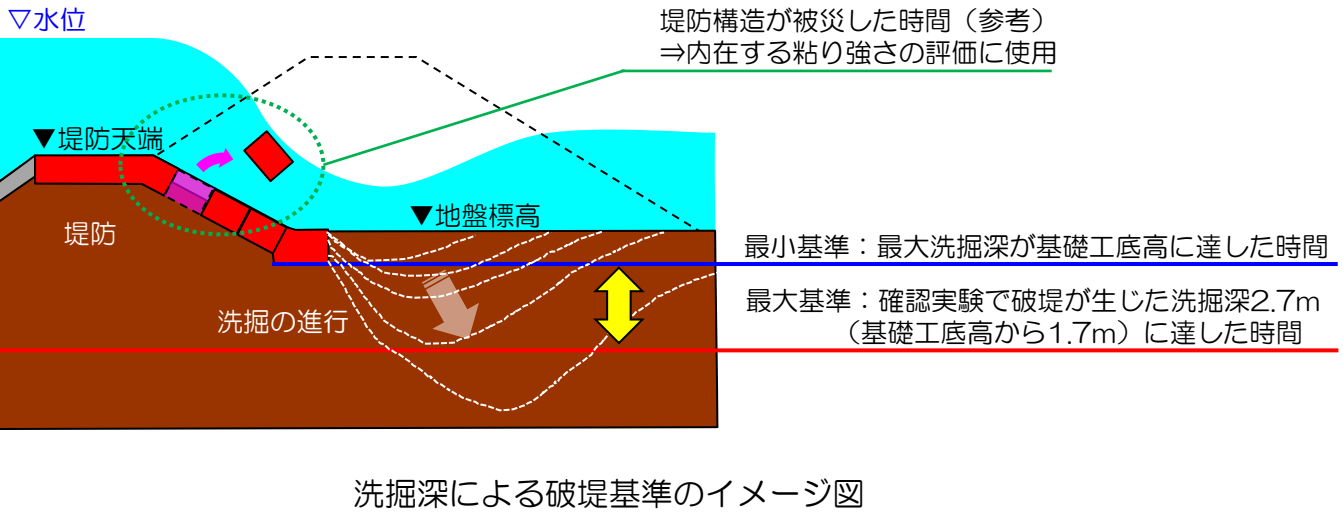


- <擁壁部>
- ・擁壁部の法面勾配は1:0.5
  - ・天端との接合部は裏法面部に配置
- <減勢工部>
- ・減勢工終端部は地盤高と一致させる
  - ・減勢工の深さは地盤高-1.0mの高さに設定

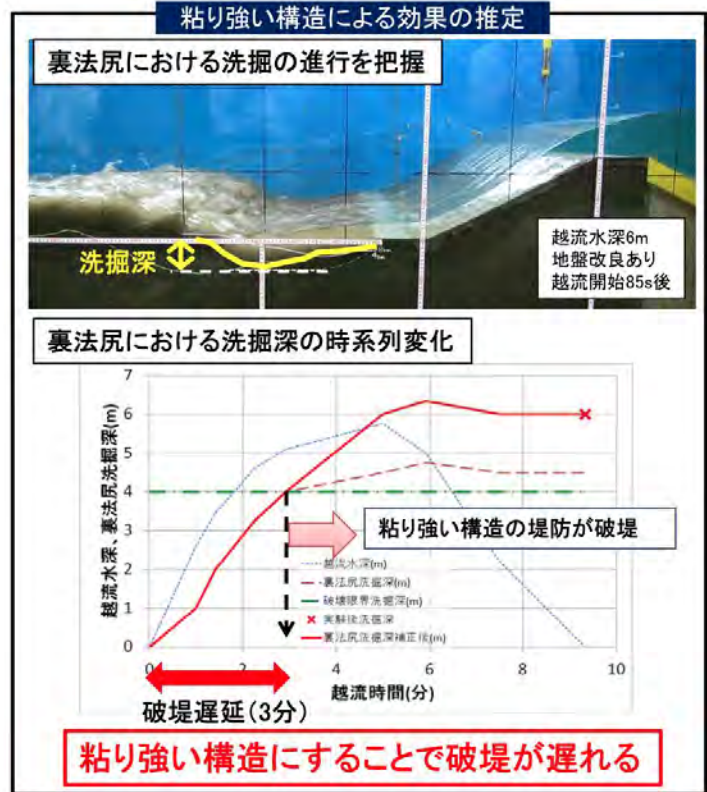


# 8. 模型実験の評価

- 模型実験の評価は、以下の3項目で実施した。
  - ① **最大越流時間約1.4分（81秒）** 時点の堤防及び堤防背後の洗掘状況を評価
  - ② 平成28年度の実験で設定した「**洗掘深による破堤基準**」を用いて評価
  - ③ 東北モデルと同程度の**破堤遅延時間3～5分**時点の堤防の損壊状況を確認



洗掘深による破堤基準のイメージ図



東北モデルにおける破堤遅延時間の推定  
(裏法尻の洗掘深による判断の事例)

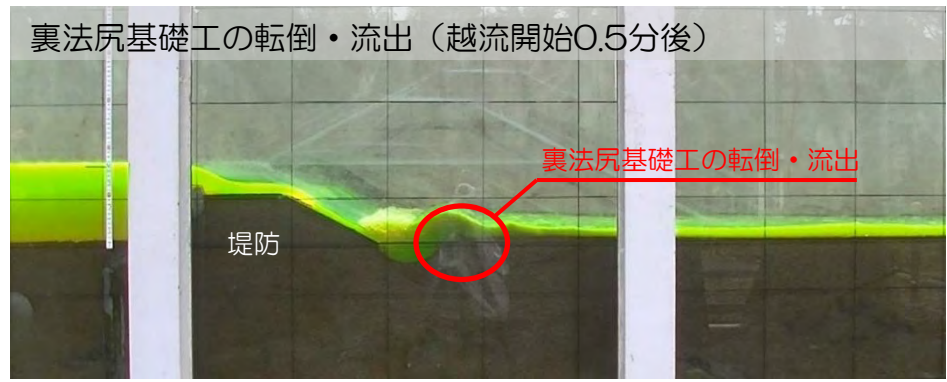
※減災効果を有する粘り強い構造の海岸堤防の評価手法について (たたき台) より引用

# 9. 現況構造の評価 case0: 現況実験

- 越流開始から約0.5分後（約5秒後）に裏法尻基礎工が転倒・流出し、堤防が損壊する。
  - 洗掘深は越流開始から約0.4分後に基礎工底高まで達し、約1.2m程度に達した時点で安定する。 ※被災基準洗掘深まで達しない
- 最大越流時間（1.4分後）までに裏法尻基礎工が被災しており、対策を行う必要がある。

### ■弱部の評価

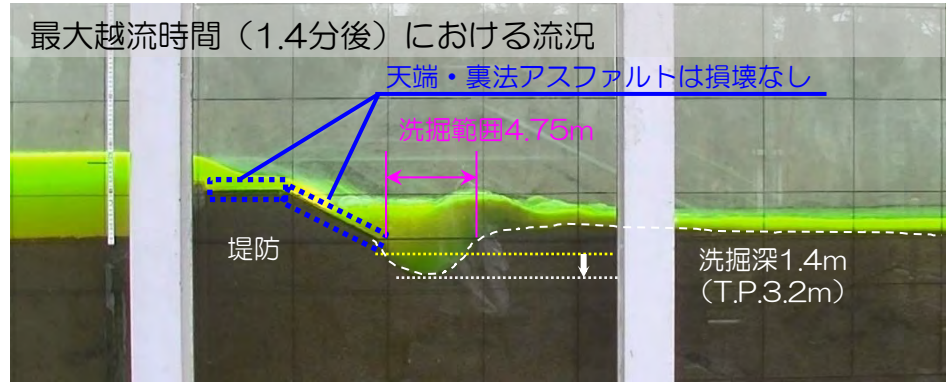
- 懸念された天端や裏法面からの損壊は生じず、裏法尻基礎工から堤防の損壊が始まる。
- 裏法尻基礎工部が構造的な弱部となるため、補強を行う必要がある。
- 実験では天端・裏法アスファルトは最大越流時間で損壊していないが、東日本大震災時にはアスファルト構造部において欠落・損壊が確認されていることから、天端及び裏法面についても併せて補強する。



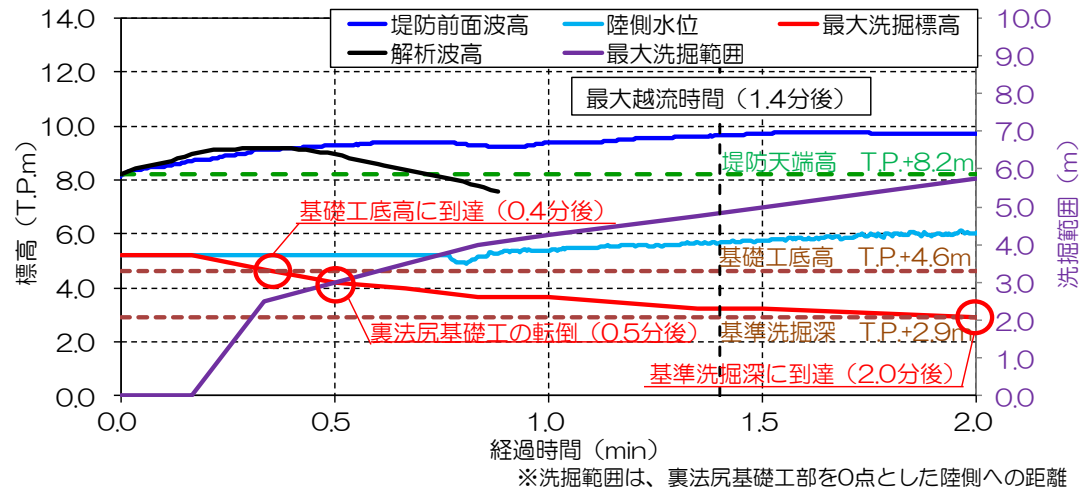
堤防（裏法尻基礎工）損壊時の流況及び洗掘状況



東日本大震災時のアスファルト舗装の被災状況



最大越流時間における堤防及び背後地の洗掘状況

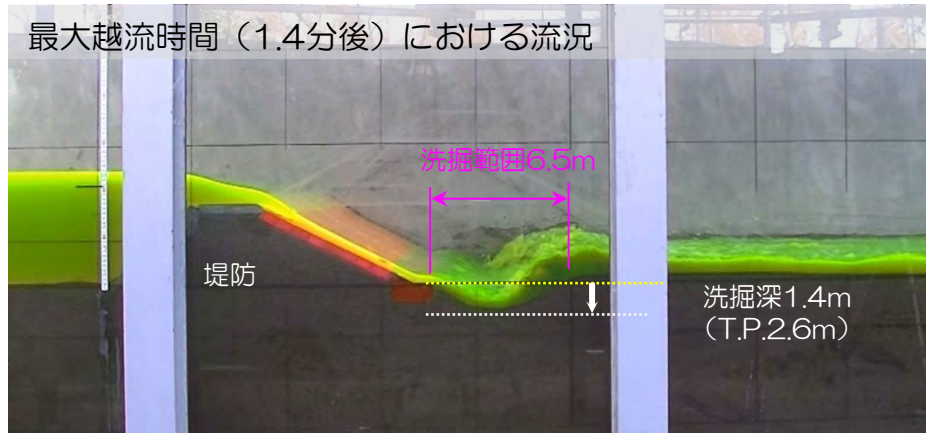
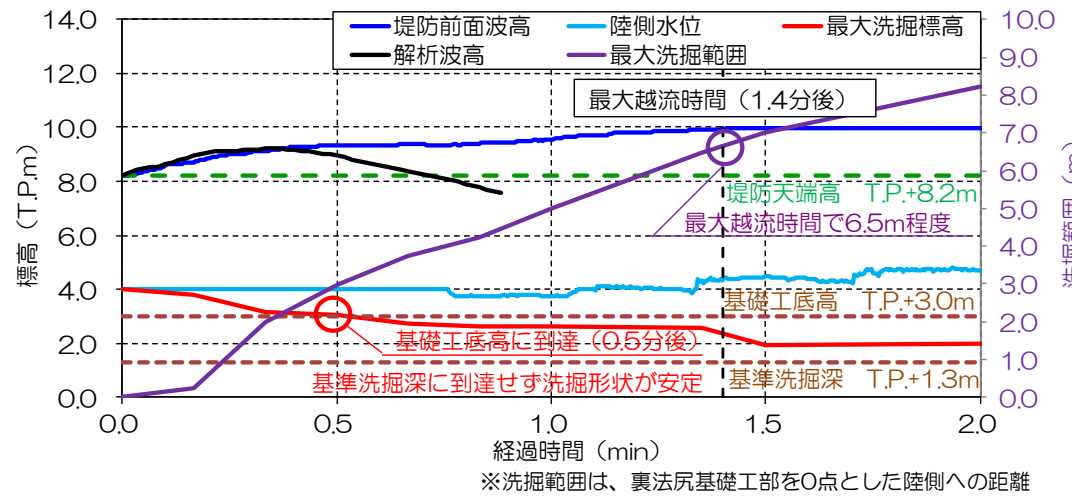
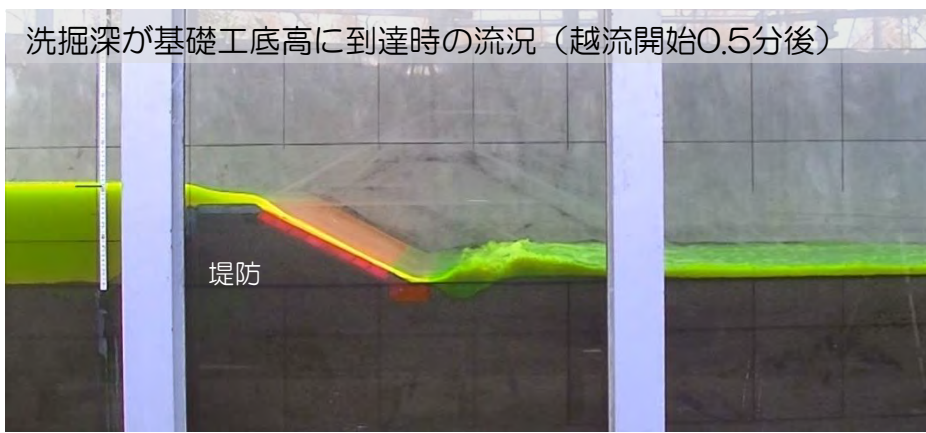


堤防（裏法尻基礎工）損壊時の流況及び洗掘状況

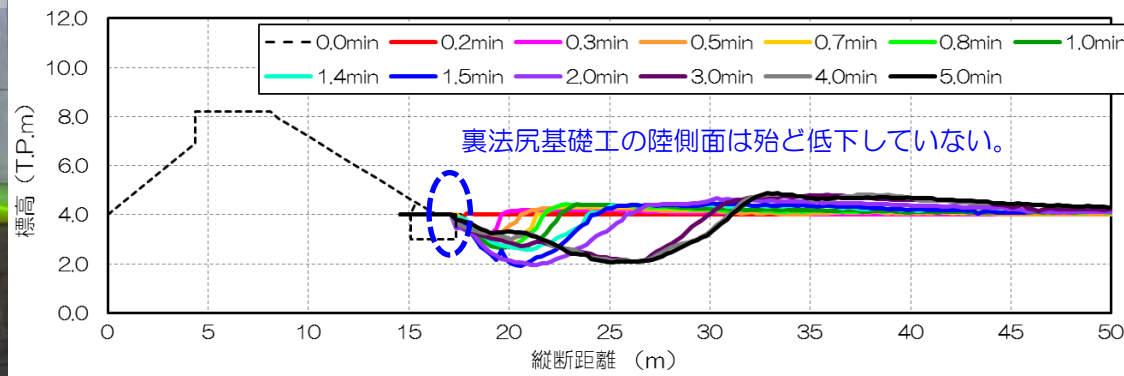


# 10. 用地の制約なし(裏法勾配1:2.0) case1:基本構造

- 越流開始から50分後まで通水しても、堤防模型は損壊しない。
  - 洗掘深は越流開始から約0.5分後に基礎工底高まで達するが、基準洗掘深までは達しない。
  - 洗掘範囲は時間経過に伴って増加し、最大越流時間の1.4分後には、基礎工部から約6.5mまで拡大し、最大洗掘深は1.4mとなった。
- 越流開始から50分後でも堤防模型は損壊していないことから、十分な破堤遅延の効果を有すると考える。



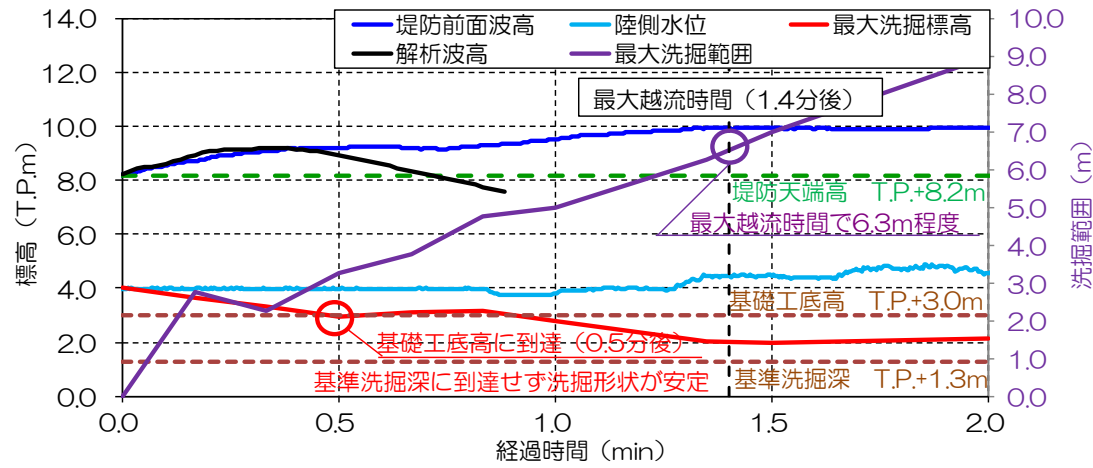
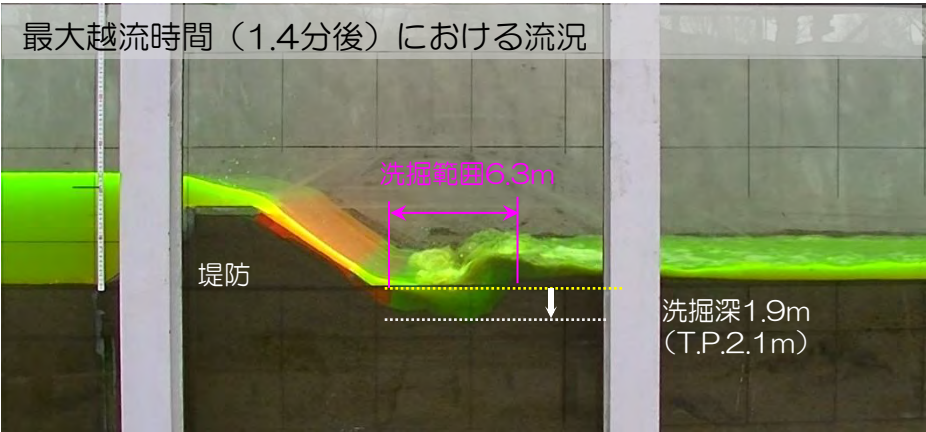
堤防 (裏法尻基礎工) 損壊時の流況及び洗掘状況



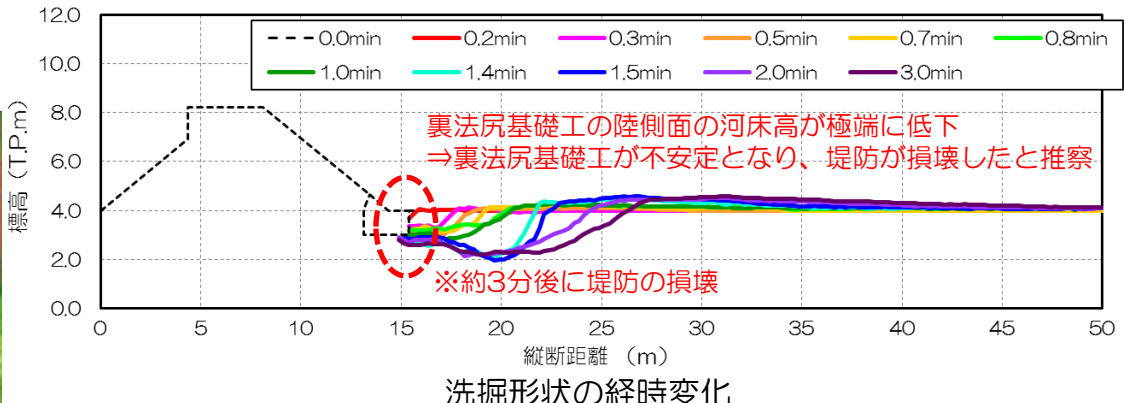
洗掘形状の経時変化

# 11. 用地の制約あり(裏法勾配1:1.5) case2-1:裏法尻部保護構造

- 越流開始から約3分後に堤防が損壊した。これは、越流した流れにより裏法尻基礎工の陸側面の河床高が極端に低下し、裏法尻部保護工が不安定になったことでブロックに隙間が生じ、堤体内の土砂が吸出されたためと推察される。
- 洗掘深は越流開始から約0.5分後に基礎工底高まで達するが、基準洗掘深までは達しない。
- 洗掘範囲は時間経過に伴って増加し、最大越流時間の1.4分後には、基礎工部から約6.3mまで拡大し、最大洗掘深は1.9mとなった。
- 洗掘範囲はcase1と大きく変わらないが、洗掘深は深くなった。
- 最大越流時間の1.4分後に堤防模型は損壊しなかったが、約3分後には損壊し、東北モデルと同等の破堤遅延時間(3~5分)には満たない結果となった。



堤防(裏法尻基礎工)損壊時の流況及び洗掘状況

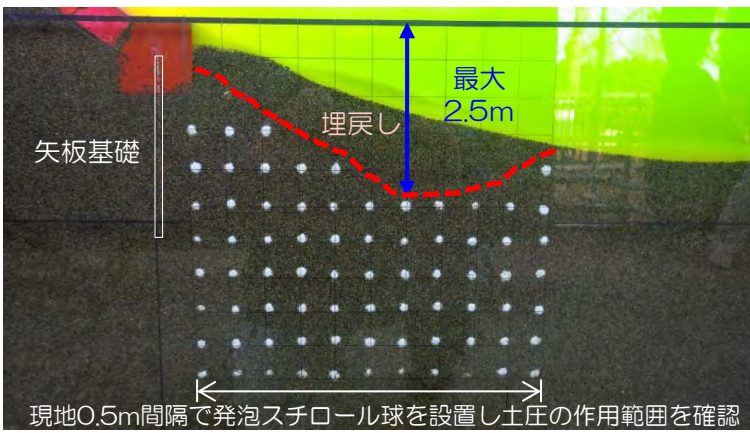
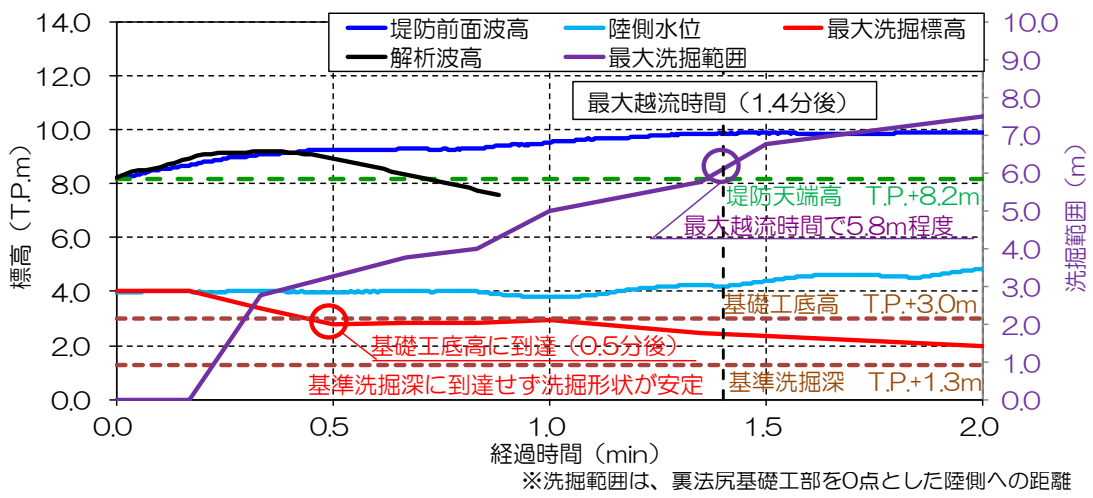
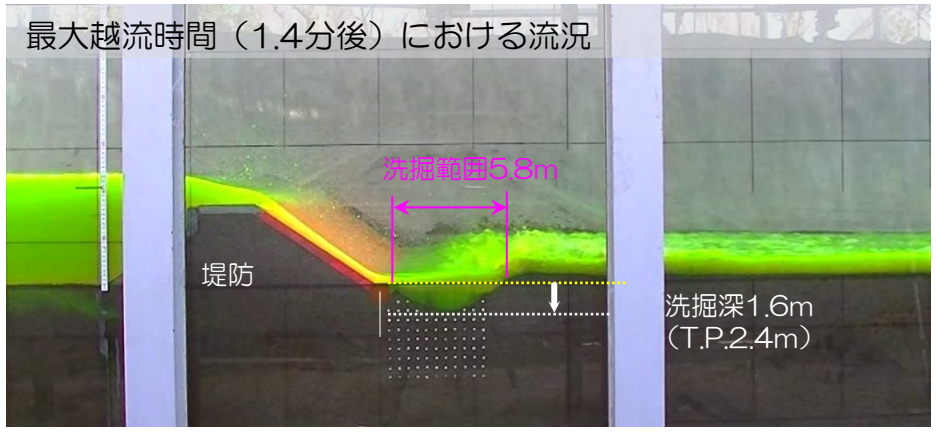




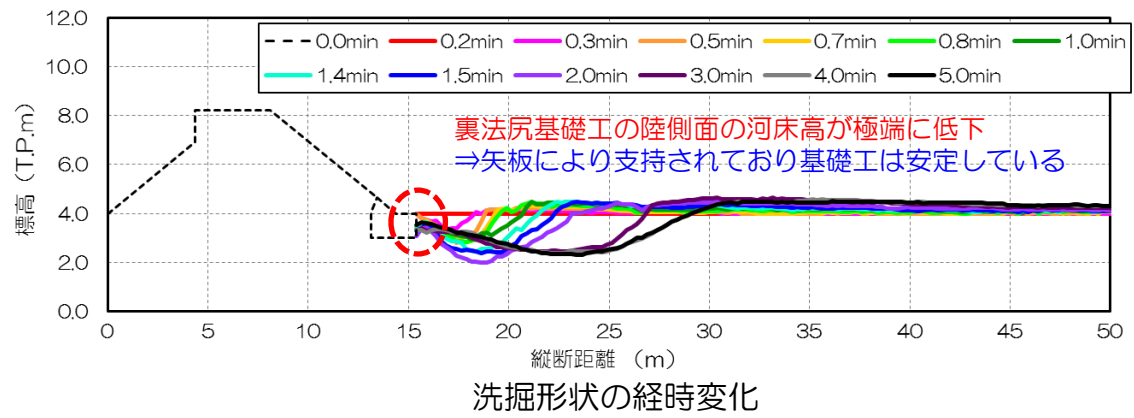
# 11. 用地の制約あり(裏法勾配1:1.5) case2-2: 矢板基礎構造

- 越流開始から50分後まで通水しても、堤防模型は損壊しない。
- 洗掘深は越流開始から約0.5分後に基礎工底高まで達するが、基準洗掘深までは達しない。
- 洗掘範囲は時間経過に伴って増加し、最大越流時間の1.4分後には、基礎工部から約5.8mまで拡大し、最大洗掘深は1.6mとなった。

➢ case2の中で洗掘範囲が一番小さかったが、洗掘深はcase1と同程度であった。  
 ➢ 越流開始から50分後でも堤防模型は損壊していないことから、十分な破堤遅延の効果を有すると考える。



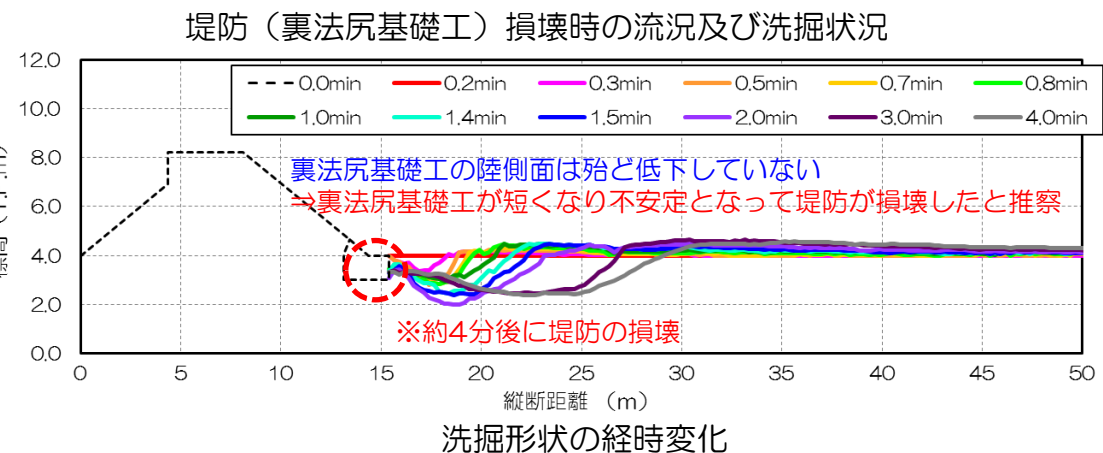
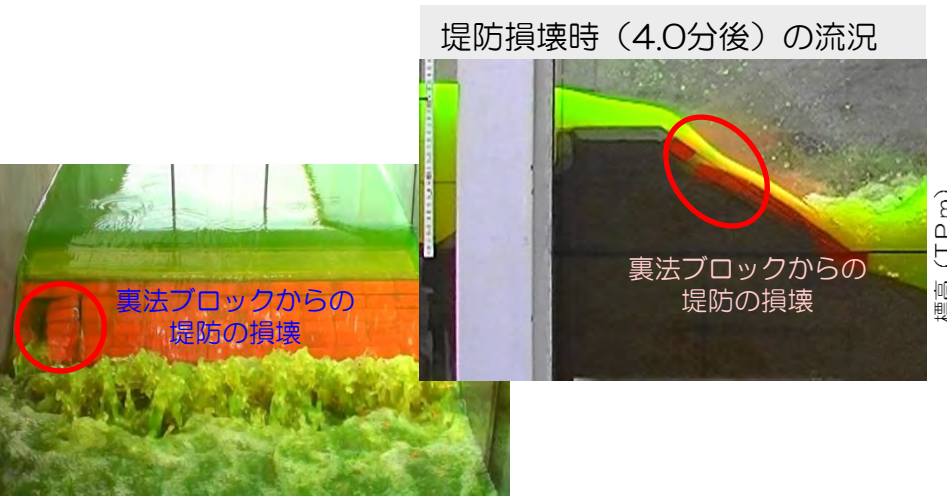
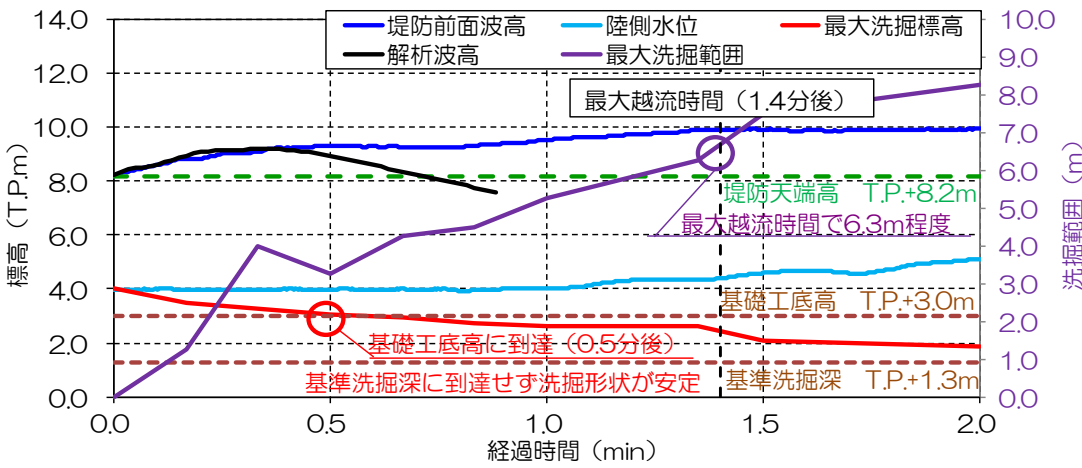
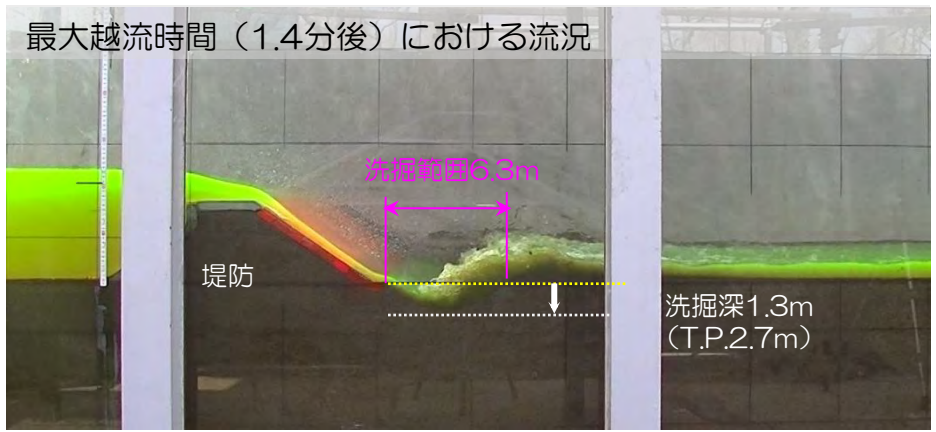
堤防 (裏法尻基礎工) 損壊時の流況及び洗掘状況



洗掘形状の経時変化

# 11. 用地の制約あり(裏法勾配1:1.5) case2-3:改良基礎構造

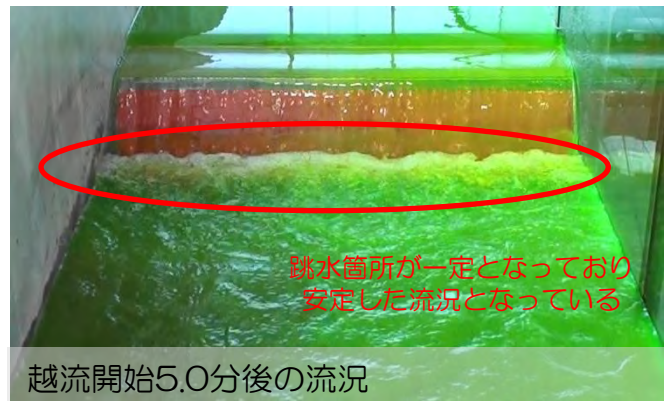
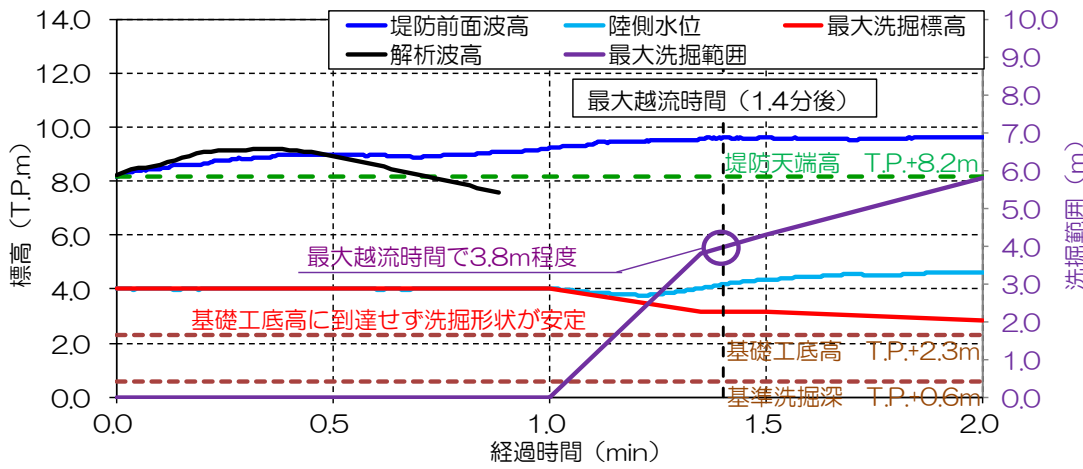
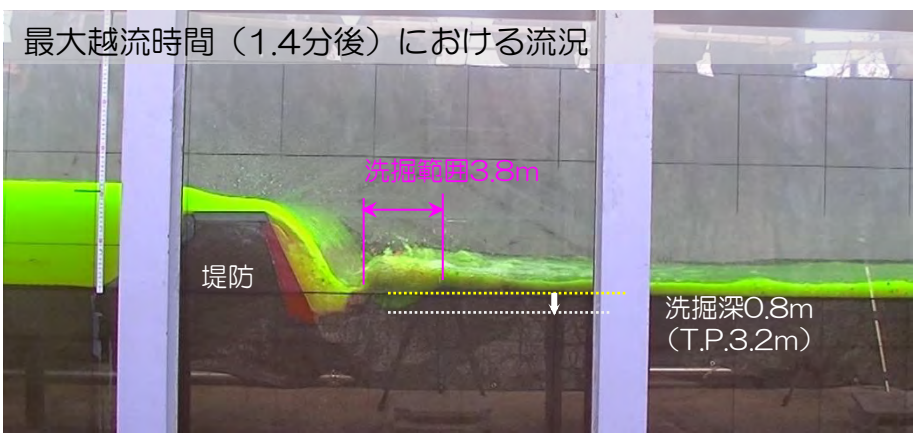
- 越流開始から約4分後に堤防が損壊した。これは、裏法尻基礎工の陸側面が短くなり、改良基礎工が不安定になったことでブロックに隙間が生じ、堤体内の土砂が吸出されたためと推察される。
- 洗掘深は越流開始から約0.5分後に基礎工底高まで達するが、基準洗掘深までは達しない。
- 洗掘範囲は時間経過に伴って増加し、最大越流時間の1.4分後には、基礎工部から約6.3mまで拡大し、最大洗掘深は1.3mとなった。
- 洗掘範囲はcase1と大きく変わらないが、case2の中で洗掘深が一番小さかった。
- 最大越流時間の1.4分後に堤防模型損壊しなかったが、約4分後には損壊し、東北モデルと同等の破堤遅延時間(3~5分)には少し満たない結果となった。



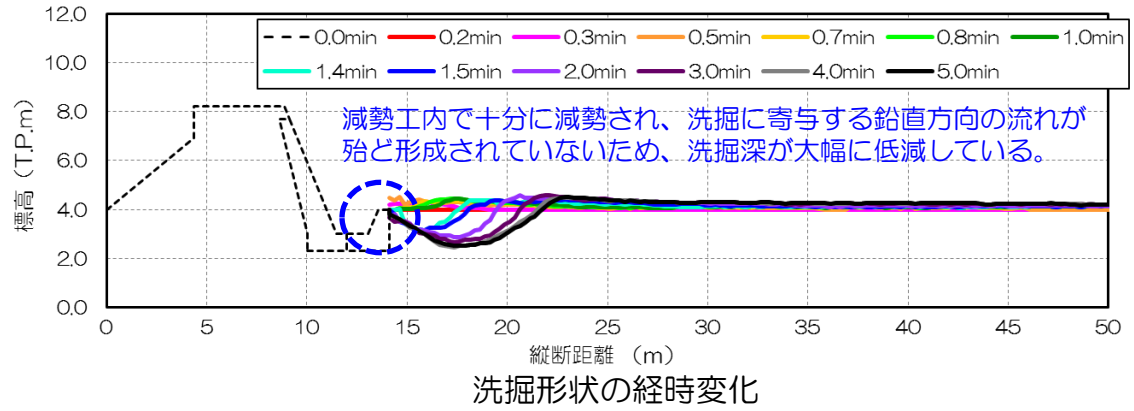


# 11. 用地の制約あり(裏法勾配1:1.5以下) case3:擁壁構造

- 越流開始から50分後まで通水しても、堤防模型は損壊しない。
- 洗掘深は基礎工底高まで到達しない。
- 洗掘範囲は時間経過に伴って増加し、最大越流時間の1.4分後には、基礎工部から約3.8mまで拡大し、最大洗掘深は0.8mとなった。
- 洗掘範囲・洗掘深はcase1、case2も含め、最も小さかった。
- 越流開始から50分後でも堤防模型は損壊していないことから、十分な破堤遅延の効果を有すると考える。



堤防 (裏法尻基礎工) 損壊時の流況及び洗掘状況



- ・構造別による破堤遅延時間、海岸堤防背後の洗掘状況、施工・管理等、概算費用から比較した。
- 一般区間においては、他の区間（T.P.+6.2m区間）と同等の機能を確保することとし、基本構造とする。
- 制約区間のうち、1:1.5の区間はいずれの構造も1.4分までの破堤遅延時間は期待できることから、洗掘範囲が最も小さく、また、東北モデルと同程度の破堤遅延時間が確保できるcase2-2の矢板基礎構造を基本とするが、矢板のライフサイクルコストに課題がある。
- 制約区間のうち、1:1.5より急勾配の区間は、洗掘範囲が最も小さく期待する破堤遅延時間が確保できることから擁壁構造とするが、別途、安全対策が必要となる。

評価項目	一般区間	制約区間				
	裏法勾配1:2	裏法勾配1:1.5			1:1.15より急勾配	
	case1 基本構造	case2-1 裏法尻部保護構造	case2-2 矢板基礎構造	case2-3 改良基礎構造	case3 擁壁構造	
実験結果	1.4分後の損壊	なし	なし	なし	なし	
	堤防損壊時間	—	3分	—	4分	
	洗掘範囲※1	6.5m (15.9m)	6.3m (13.6m)	5.8m (12.7m)	6.3m (13.1m)	3.8m (9.0m)
	最大洗掘深	1.4m	1.9m	1.6m	1.3m	0.8m
	背後地流速※2	5m/s程度	5m/s程度	5m/s程度	5m/s程度	5m/s程度
施工・ 管理等	必要用地(比高4m)	9.2m	7.2m	6.9m	6.7m	5.4m
	施工	<ul style="list-style-type: none"> <li>・他工区で施工実績あり（高価となるが裏法被覆工、裏法尻部保護工の既製品あり）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・1:1.5の裏法尻部保護工の施工実績がなく現場打ちを想定（既製品なし）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・一般的な工法であり、実績がある</li> <li>・矢板に要する費用・工期、騒音対策等が必要。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・1:1.5の裏法尻部保護工の施工実績がなく現場打ちを想定（既製品なし）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・現場打ちを想定（既製品なし）</li> <li>・堤防の開削が必要</li> <li>・掘削深が深い</li> </ul>
	管理等	<ul style="list-style-type: none"> <li>・現施設と同じ裏法勾配であり、堤防管理に問題は無い</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・裏法勾配が急となるため、堤防管理時や利用者への安全面での配慮が必要</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・裏法勾配が急となるため、堤防管理時や利用者への安全面での配慮が必要</li> <li>・鋼材の腐食が確認された場合には対策が必要</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・裏法勾配が急となるため、堤防管理時や利用者への安全面での配慮が必要</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・裏法勾配が急勾配となるため、堤防管理時や利用者への安全面での配慮が必要</li> <li>・減勢工内の排水が必要</li> </ul>
概算費用	10m当たり	—	374万円	369万円 (矢板は50年程度の腐食代を見込む)	364万円	450万円

※1：洗掘範囲は基礎工端部からの距離を示しており、（）内の数値は堤防裏法肩からの距離を示している。 ※2：背後地の水理量の評価は堤防裏法肩から25m地点での評価に統一している



# 參考資料

# 参考1. 実験条件(比高差)

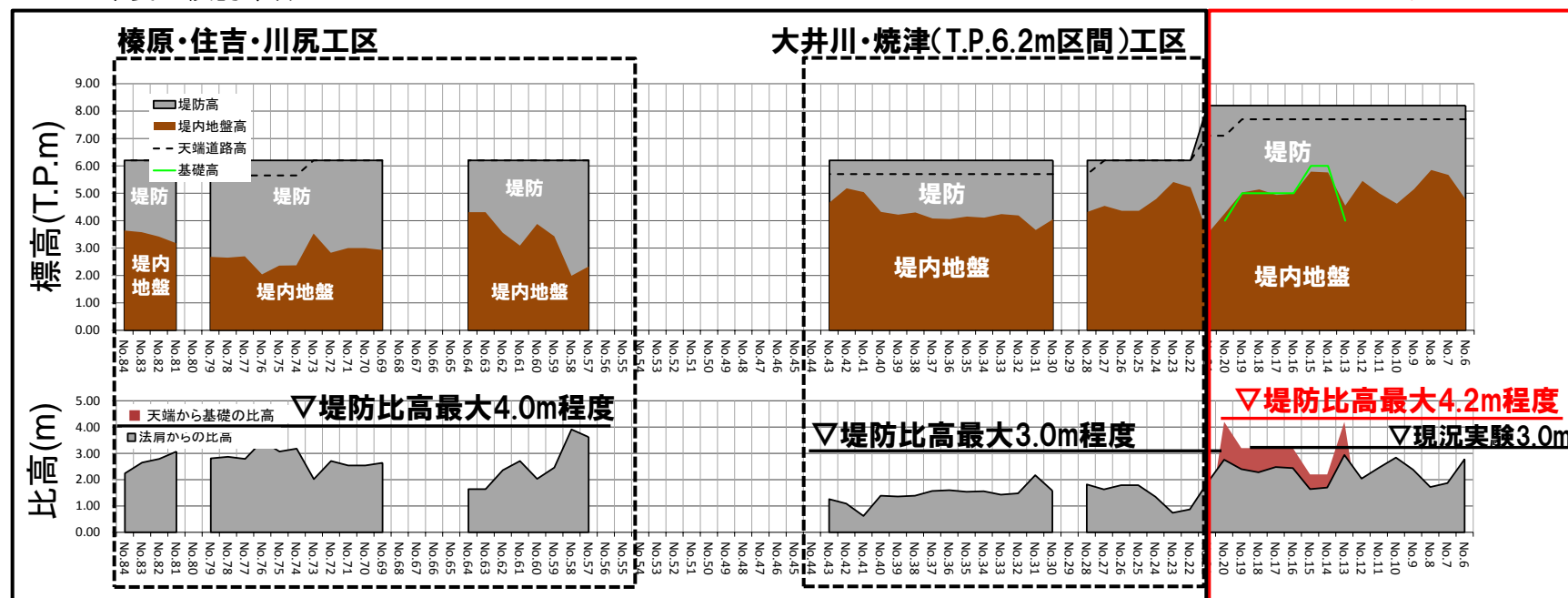
## ①堤防条件(検討断面の設定)

- 堤防高と背後地盤高は、T.P.+8.2m区間における最大比高差4.2mとする。

	平成28年度での検討領域		本実験での検討領域
工区	榛原・住吉・川尻工区 (T.P.+6.2m区間)	大井川・焼津工区 (T.P.+6.2m区間)	焼津工区 (T.P.+8.2m区間)
比高	4.0m	3.0m	4.2m

H28年度の検討条件

本年度の検討条件



駿河海岸の堤防高と地盤高



# 参考1. 実験条件(地価水位)

## ②水理条件 (地盤地下水位・陸側水位)

### 【地盤地下水位】

- 平成28年度の検討と同様に、現地での観測データを用いて初期の地盤地下水位を設定する。
  - 陸側地盤面高から5.36m (-22cm) の地盤水位となるように設定

### 【陸側水位】

- 平成28年度の検討と同様に、駿河海岸の堤防岸側の地形を踏まえて設定する。
  - 実験では全工区で陸側の水位を水位調整板による調整を行わず、自由水面で設定

	平成28年度での検討領域		本実験での検討領域
工区	榛原・住吉・川尻工区 (T.P.+6.2m区間)	大井川・焼津工区 (T.P.+6.2m区間)	焼津工区 (T.P.+8.2m区間)
現地地盤地下水位	T.P.+0.82m	T.P.+0.62m	T.P.+0.49m
現地地盤高から差分	-3.06m (-13cm)	-4.56m (-19cm)	-5.36m (-22cm)

( ) 内の数値は縮尺1/25で換算した実験での設定値

陸側は、平野が広がっており陸側の水位を堰上げる要素は殆どない



駿河海岸の背後状況

# 参考1. 実験条件(土質性状)

## ③基礎地盤の土質条件

### 【土砂粒径】

- 平成28年度の検討と同様に、現地のボーリングデータと実験土砂の特性を考慮して設定する。
  - ボーリングデータから模型での土砂再現粒径を算出すると0.5mmとなるが、平成28年度同様に危険側の評価を行うため、土砂粒径は0.3mmとする。

### 【締固め】

- 平成28年度の検討と同様に、現地の堤防背後の地形条件を考慮して設定する。
  - 堤防背後の地盤は、海岸堤防が整備された以降は、越流による大幅な洗掘が発生していないことから十分に締固まっていると考え、予備試験で実施した締固め状態 ( $\gamma=1.62\text{g/cm}^3$ ) で再現する。

	平成28年度での検討領域		本実験での検討領域
工区	榛原・住吉・川尻工区 (T.P+.6.2m区間)	大井川・焼津工区 (T.P+.6.2m区間)	焼津工区 (T.P+.8.2m区間)
ボーリング No	H07-No.82	H17-No.24	H07-No.12
土質	砂質土	礫質土	礫質土
代表粒径 D60	0.2mm	4.5~13mm	6~18mm
実験粒径	0.3mm <sup>※1</sup> (0.1mm) <sup>※2</sup>	0.3mm (0.4mm)	0.3mm (0.5mm)

※1：榛原・住吉・川尻工区は0.1mmとなり土砂の粘着の影響が生じる可能性があるため、粘着性が生じない最小粒径程度である0.3mmの土砂で実験を行っている。

※2：（ ）内の数値は縮尺1/25で換算した値



実験土砂の締固めの有無による単位体積重量の比較



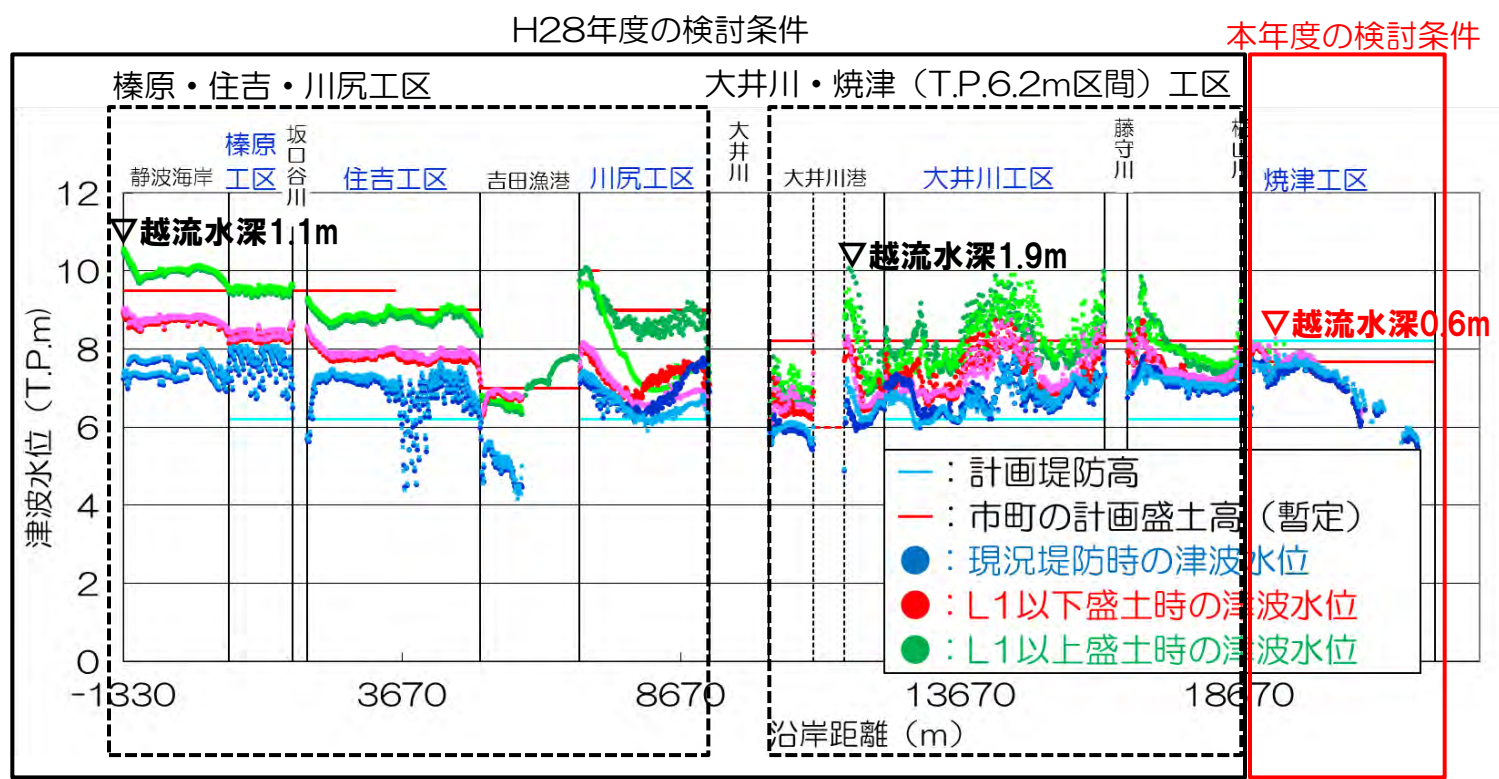
# 参考1. 実験条件(越流水深)

## ④水理条件 (越流水深)

・実験では、数値解析により設定した津波外力を用いて越流水深を1.0m (4.0cm) に設定する。

	平成28年度での検討領域		本実験での検討領域
工区	榛原・住吉・川尻工区 (T.P.+6.2m区間)	大井川・焼津工区 (T.P.+6.2m区間)	焼津工区 (T.P.+8.2m区間)
解析越流水深	1.1m	1.9m	0.6m
実験越流水深	1.5m (6.0cm)	2.0m (8.0cm)	1.0m (4.0cm)

※危険側の条件で評価を行うため、越流水深については切り上げて評価を行っている

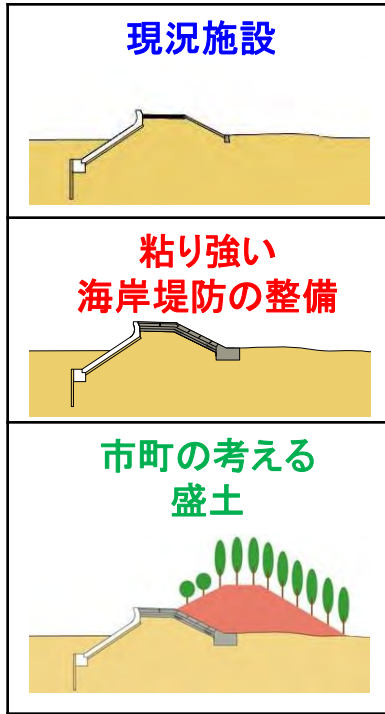
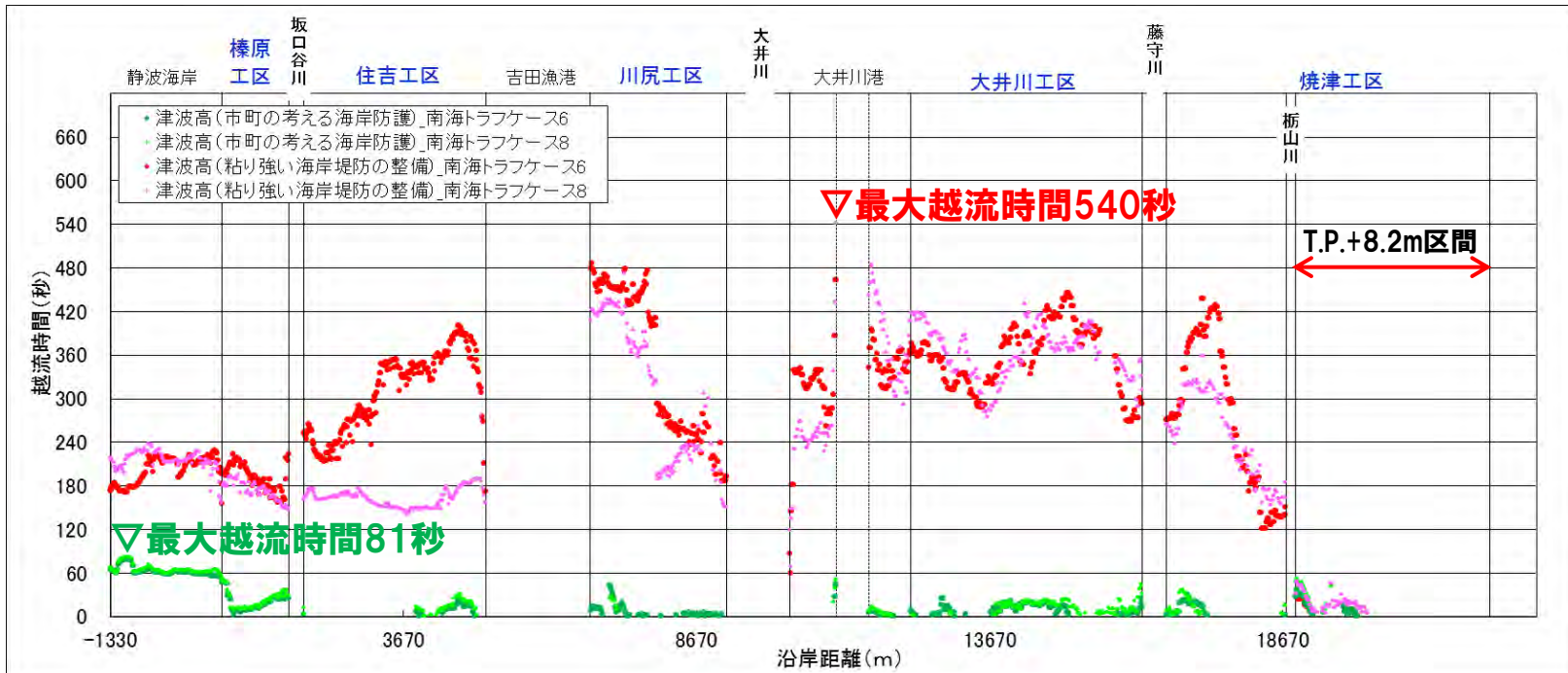


数値解析による沿岸領域ごとの津波高

# 参考1. 実験条件(津波越流継続時間)

## ⑤水理条件 (津波が堤防を越流する時間)

最大クラスの津波が堤防を越流する時間は、粘り強い海岸堤防の整備を行った場合は、120秒から540秒程度程度の越流時間が想定される。市町の考える海岸防護を行った場合では、30秒から80秒程度が想定されている。



駿河海岸における最大クラスの津波による越流時間

※市町の考える海岸防護では海岸堤防の直後破堤は想定していない。



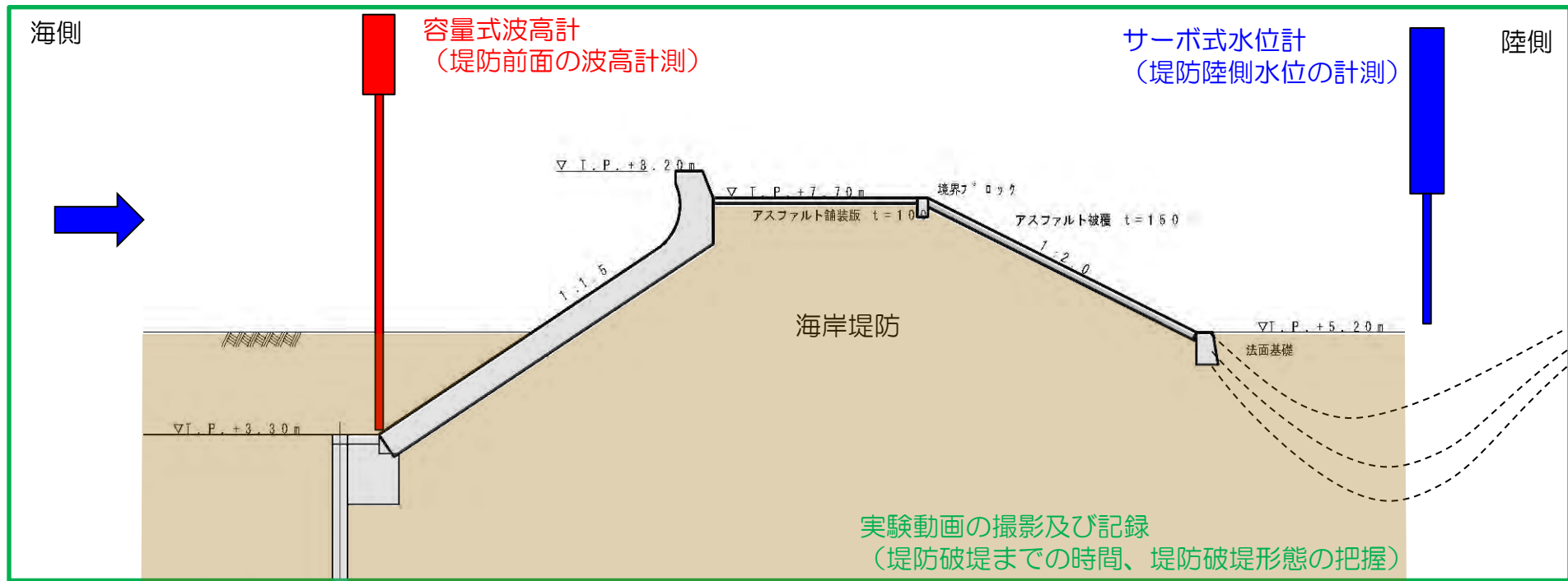
# 参考1. 計測計画

## ■評価項目

- 海岸堤防の粘り強さの評価 ⇒ 堤防の破堤までの時間
- 堤防構造（洗掘深・範囲）の評価 ⇒ 堤防破堤形態（変状過程）及び裏法洗掘形状の把握
- 堤防に作用する外力の評価 ⇒ 堤防前面の波高の経時変化
- 堤防背後の浸水深の評価 ⇒ 堤防陸側の水位の経時変化

## ■計測手法

- 波高の経時変化 <容量式波高計による計測>
- 堤防破堤までの時間 <撮影動画と記録時間による計測>
- 堤防破堤形態・裏法洗掘深の把握 <撮影動画と記録時間による計測>
- 堤防陸側水位の経時変化 <サーボ式水位計による計測>



実験計測項目と計測位置のイメージ図

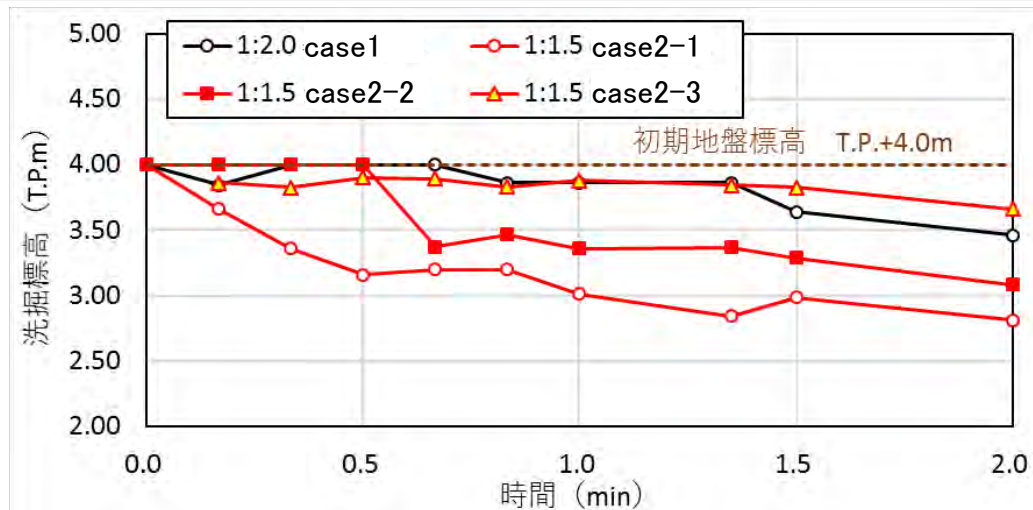
# 参考2. 裏法尻基礎工の陸側地盤の洗掘状況の比較

## ■裏法勾配の影響（基礎構造と裏法尻部保護構造での比較）

- 裏法勾配が急勾配になるに従って、裏法尻基礎工の陸側地盤高での洗掘深は大きくなる傾向である。

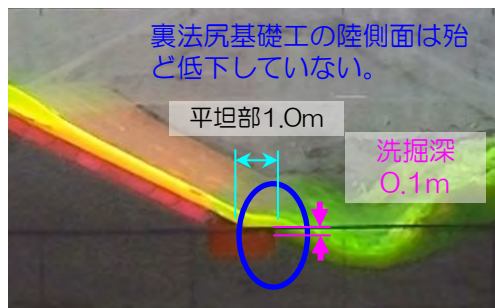
## ■裏法尻基礎工の形状の影響（裏法勾配1:1.5勾配での比較）

- 基礎工の陸側平場の延長が短くなるに従って、裏法尻基礎工の陸側地盤高での洗掘は小さくなる傾向である。  
⇒裏法尻近傍で形成される渦流と洗掘部近傍での跳水形状による影響で洗掘が軽減されている可能性が考えられる。

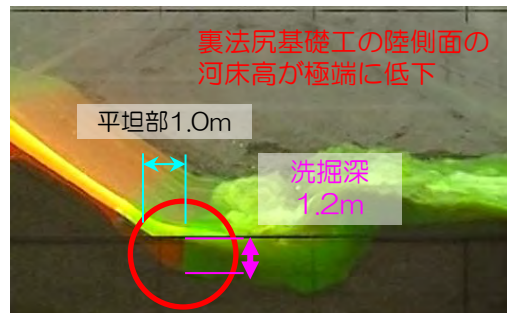


構造ごとの裏法尻基礎工の陸側地盤高の時系列変化（裏法尻基礎工陸側面の計測結果）

case1  
法面勾配1:2.0：基本構造



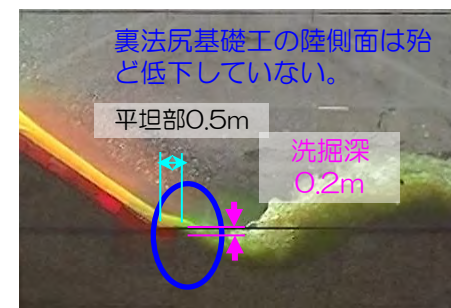
case2-1  
法面勾配1:1.5：裏法尻部保護構造



case2-2  
法面勾配1:1.5：矢板基礎構造



case2-3  
法面勾配1:1.5：改良基礎構造



最大越流時間（1.4分後）における裏法尻基礎工の陸側地盤の洗掘状況

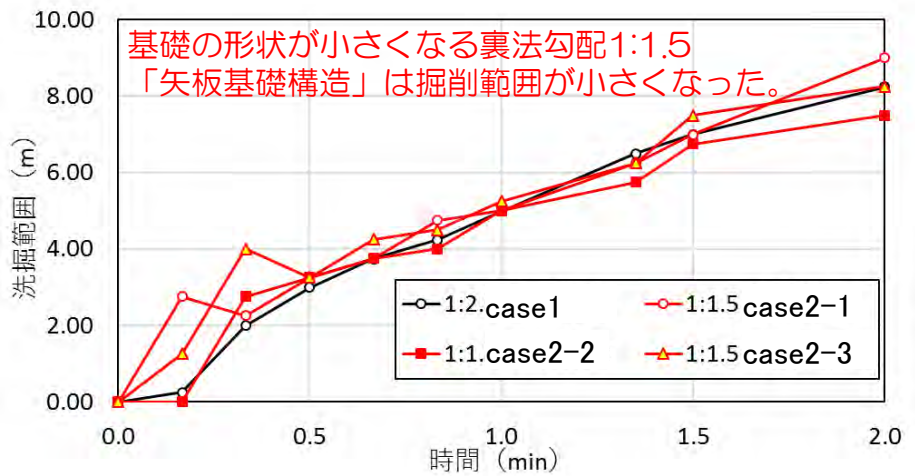
# 参考2. 最大越流時間の1.4分後における洗掘範囲の比較

## ■洗掘範囲について

- ・裏法勾配が1:1.5の方が1:2.0と比較して、越流開始初期での洗掘範囲の拡大が大きい。
- ・越流開始1.0分後には概ね全ての形状において洗掘範囲は一定となり明確な差異は確認できない。
- ・1.0分後からは、他の構造と比べ、矢板基礎構造の洗掘範囲が小さくなった。

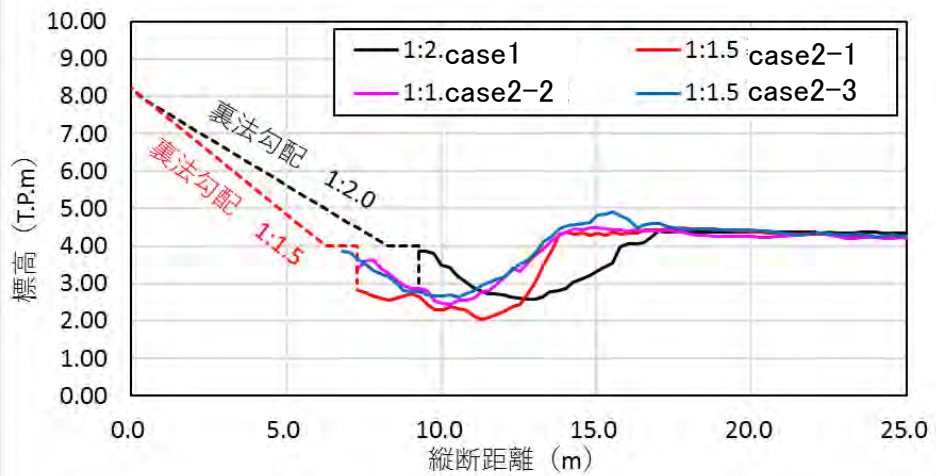
## ■洗掘形状について

- ・越流開始から1.4分後の越流形状は裏法勾配1:1.5の基本基礎工のみ、基礎工近傍から洗掘深が大きく扁平な形状となっているが、その他の条件ではすり鉢形状になっている。



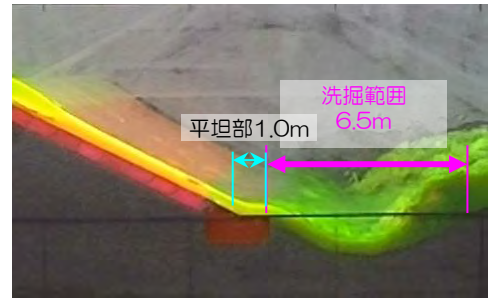
構造ごとの洗掘範囲の時系列変化

※法尻基礎工の陸側面を基準とした値で評価

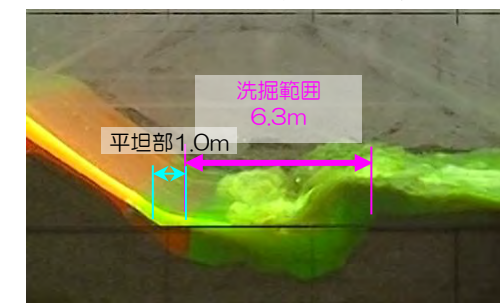


構造ごとの最大越流時間（1.4分後）の洗掘形状

case1  
法面勾配1:2.0：基本構造



case2-1  
法面勾配1:1.5：裏法尻部保護構造



case2-2  
法面勾配1:1.5：矢板基礎構造



case2-3  
法面勾配1:1.5：改良基礎構造



最大越流時間（1.4分後）における裏法尻基礎工の陸側地盤の洗掘状況



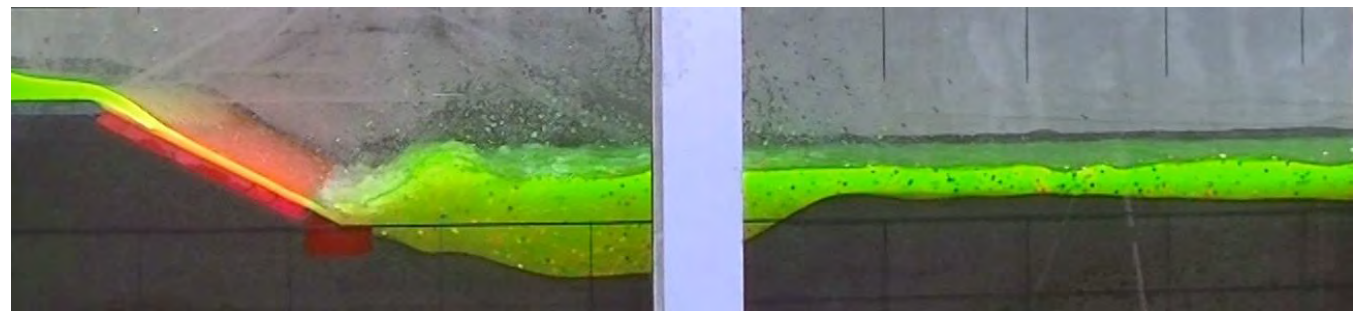
# 参考2. 流速分布の比較①(裏法勾配の違いによる比較)

- 比重が1.0g/cm<sup>3</sup>と同等のBB弾(直径0.6mm、0.12g)を浮子として投入し、撮影した動画を用いてPIV解析を行い、法勾配の違いによる背後地の流速分布の比較を行った。
- 最大越流時間(1.4分)を含む越流開始1.2分~1.6分(模型時間約5秒間)の最大流速\*を対象に評価を行った。

※画像解析の中で浮子が認識できない時間が生じ、平均流速の評価が困難なため最大流速値を評価指標に活用

## ■裏法勾配の影響(基礎構造と裏法尻部保護構造での比較)

- 両構造ともに堤防裏法尻近傍では、洗掘形状の影響を受けて水平・鉛直流速ともに不安定となるが、法面勾配1:2.0の構造では法尻より遠い位置で水平方向の流速が大きく、法面勾配1:1.5の構造では法尻より近い位置で鉛直方向の流速が大きくなっている傾向が見えた。
- 両構造ともに縦断距離25m地点近傍で、水平方向流速が約5m/sとなり流下方向への流れが安定する。

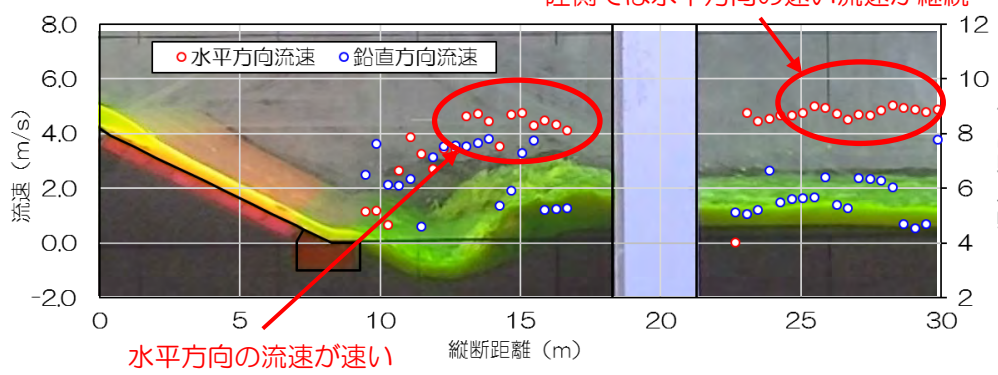


浮子の投入状況

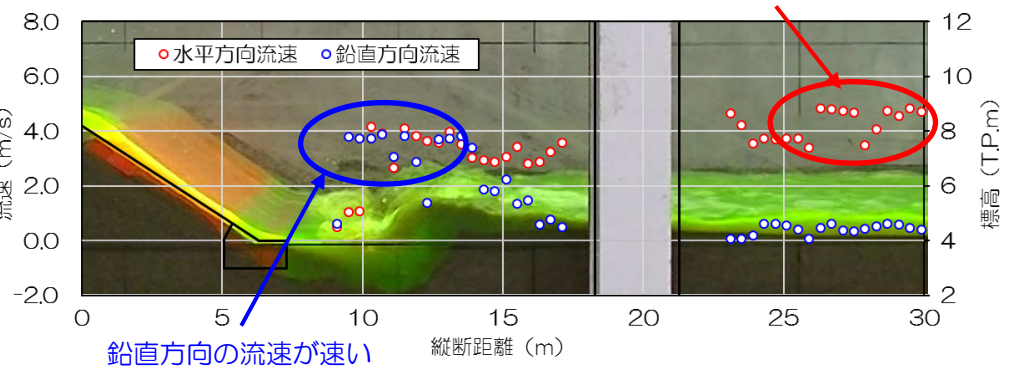


浮子として用いたBB弾

case1  
法面勾配1:2.0:基本構造



case2-1  
法面勾配1:1.5:裏法尻部保護構造

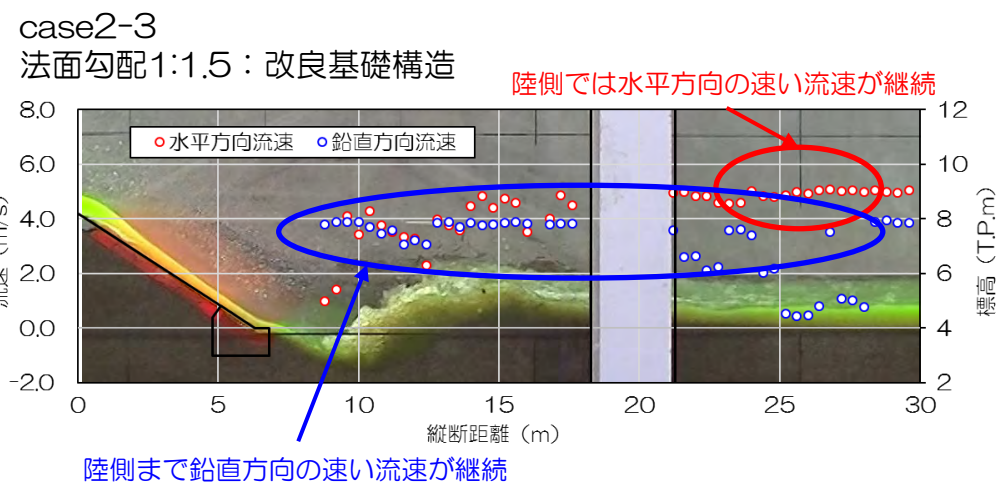
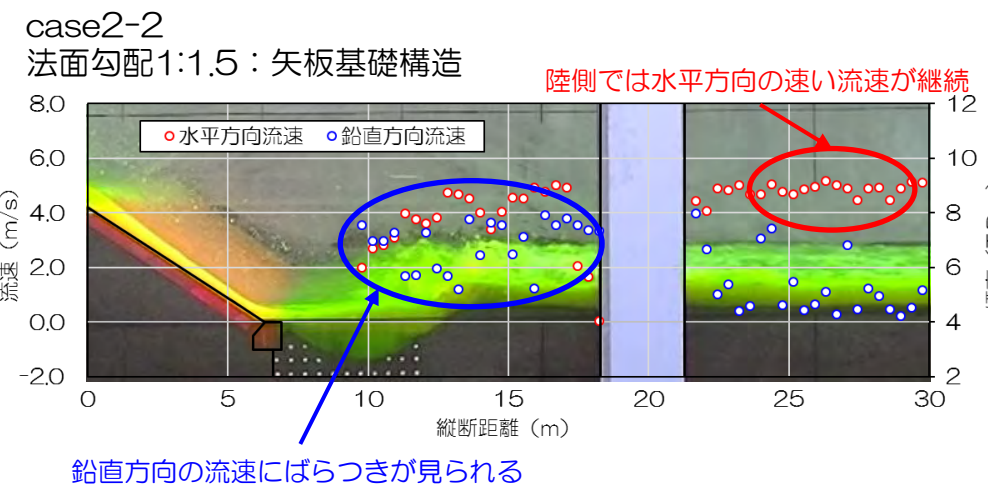
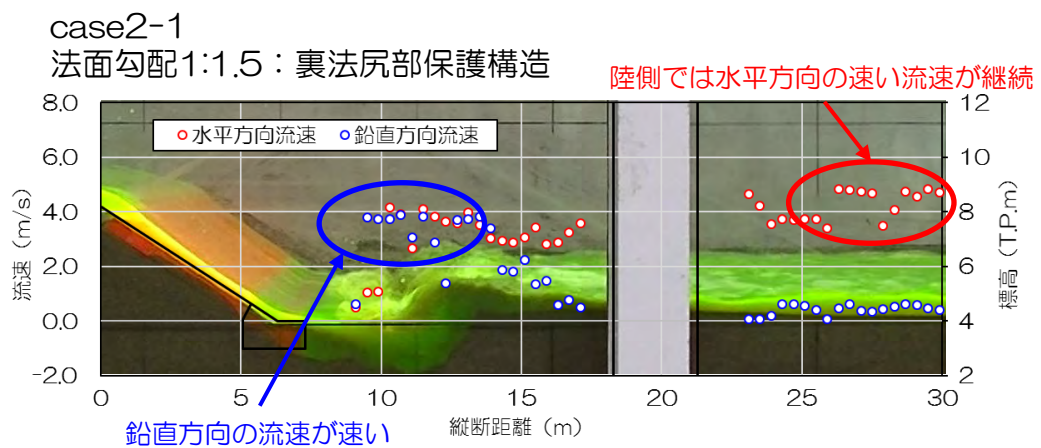


裏法勾配ごとの最大流速の縦断分布の比較

※陸側天端端部を基準とした縦断距離

■裏法尻基礎工の形状の影響 (裏法勾配1:1.5勾配での比較)

- すべての構造ともに堤防裏法尻近傍では、洗掘形状の影響を受けて水平・鉛直流速ともに不安定となり、鉛直方向の流速が大きくなる。その中でも、矢板基礎構造が最も鉛直方向の流速のバラツキが大きくなる。
- すべての構造ともに縦断距離25m地点近傍で、水平方向流速が約5m/sとなり流下方向への流れが安定するが、改良基礎構造は陸側まで鉛直方向の速い流速が続いていた。



法尻構造ごとの最大流速の縦断分布の比較 (裏法勾配1:1.5)

※陸側天端端部を基準とした縦断距離

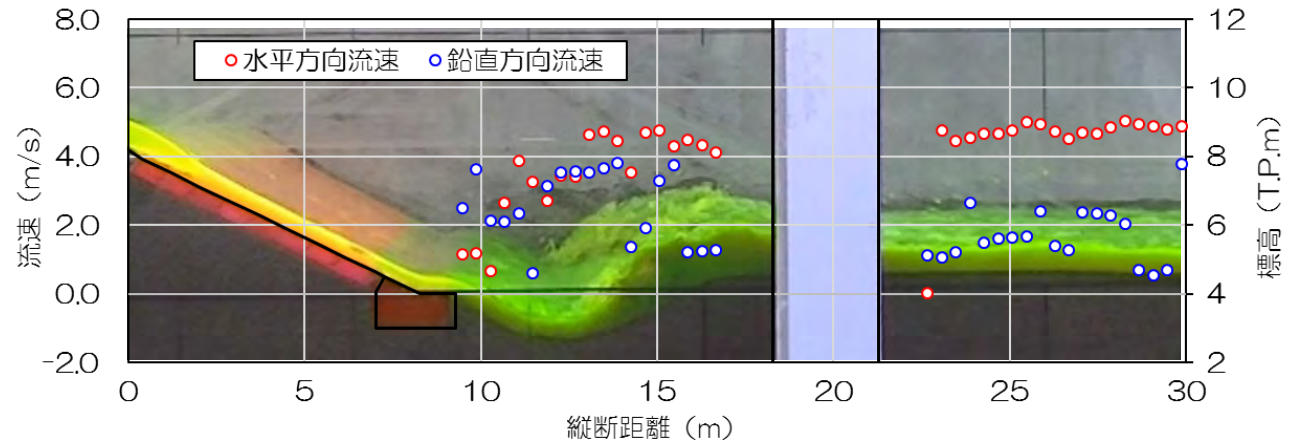
# 参考2. 流速分布の比較③(比較)

■擁壁構造の評価 (裏法勾配1:2.0勾配との比較での比較)

➢擁壁構造においても縦断距離25m地点近傍で、水平方向流速が約5m/sとなり流下方向への流れが安定するが、擁壁構造では陸側での水位変動が大きく、陸側まで鉛直方向の速い流速が続いていた。

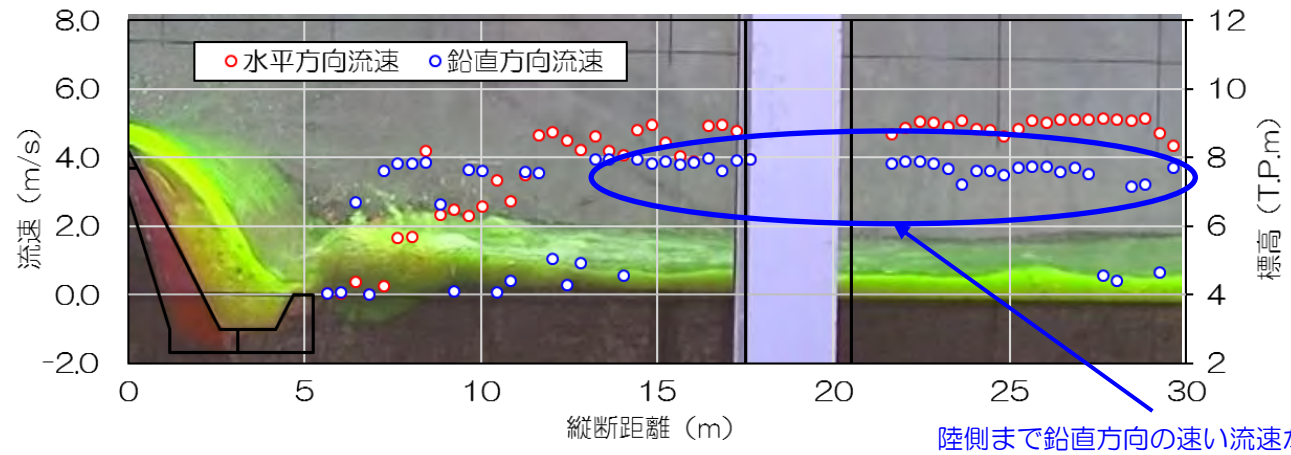
case1

法面勾配1:2.0：基本構造



case3

法面勾配1:1.5より急勾配：擁壁構造



基本構造 (1 : 2.0) と擁壁構造の最大流速の縦断分布の比較

※陸側天端端部を基準とした縦断距離



# 参考3. 擁壁構造の検討(構造別の比較)

- 擁壁（法勾配1:0.5）の構造別の比較（試算）を行った。
- 一般的な擁壁の工法では、もたれ式擁壁がコンクリート量が少なく、掘削幅も小さいため施工性、経済性がよいと想定される。
- 他の工法として、近年、施工実績のあるジオテキスタイルブロックについても比較した。ジオテキスタイルブロックにはブロック毎にジオテキスタイルを敷均、改良土を転圧し、積み重ねていく工法であり、ブロック間は鉄筋で連結する。このため、コンクリートの打設作業がないため比較的施工しやすく、また経済性もよい。

擁壁の施工方法の比較

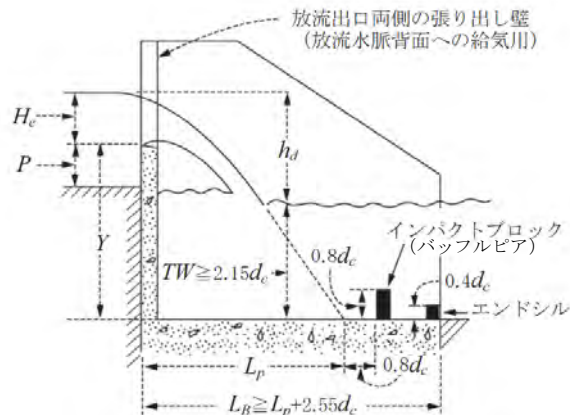
【参考】

	重力式	もたれ式	逆T式	ジオテキスタイルブロック
イメージ				
施工性	○鉄筋の組立・加工の手間が不要  △掘削範囲が広く、波返工の撤去・復旧が必要	○鉄筋の組立・加工の手間が不要  ○掘削範囲が小さく、波返工の撤去・復旧が不要	△鉄筋の組み立て・加工作業が必要  △掘削範囲が広く、現況護岸、波返工の撤去・復旧が必要	○鉄筋の組立・加工の手間が不要  ○ブロックの敷設、改良土の締固めであり、比較的施工しやすい
経済性 (試算)	約40万円/m	約30万円/m	約40万円/m	約30万円/m

# 参考3. 擁壁構造の検討(基本形状(案)の決定)

- 自由落下型減勢工の構造を参考に形状について検討した。
- 擁壁は、水脈の落下位置より、水脈下に入る空気が少なくなるよう、1 : 0.5としている。

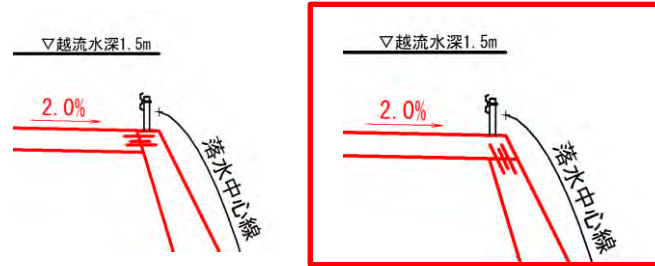
## <自由落下型減勢工の諸元>



出典：「土地改良事業設計指針「ため池整備」」、P83

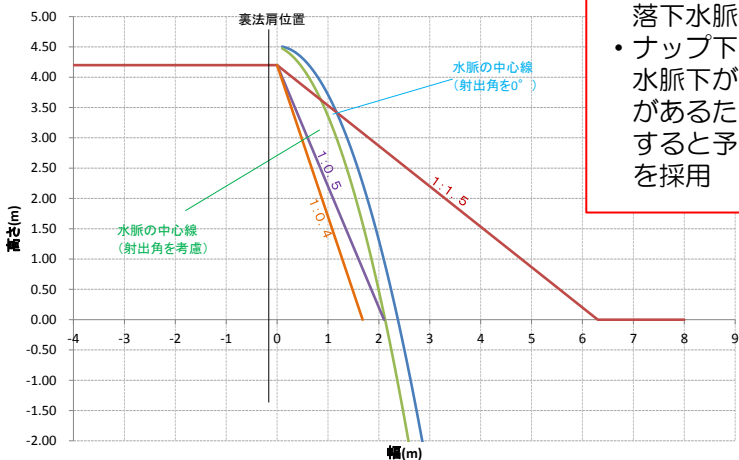
- (単位幅流量からの推定値)
- 単位幅流量に対する $d_c$ (限界水深)は、0.62m
  - 静水池内の水深は、 $2.15d_c$ より1.33m必要
  - インパクトブロック(バッフルピア)は $0.8d_c$ より0.5m程度
  - $2.55d_s = 1.58m$ より、法尻から1.58mの幅を確保

## <法肩の形状>



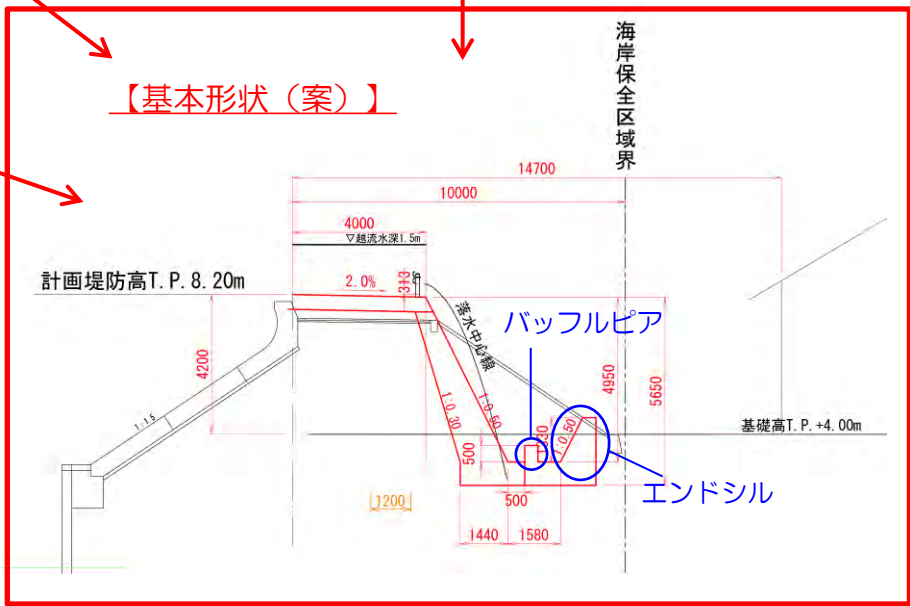
- (法肩の接合方法の決定)
- 負圧がかかると不安定になりやすい箇所であり、上から被せる形状とする。

## <裏法勾配の決定根拠>



- (裏法勾配の決定)
- 自由落下の放物線形状より落下水脈の位置を推定
  - ナップ下の空隙が大きいと、水脈下が不安定になる可能性があるため、法尻付近に落下すると予測される1:0.5勾配を採用

## 【基本形状(案)】



# 参考3. 擁壁構造の検討(シミュレーションによる検討)

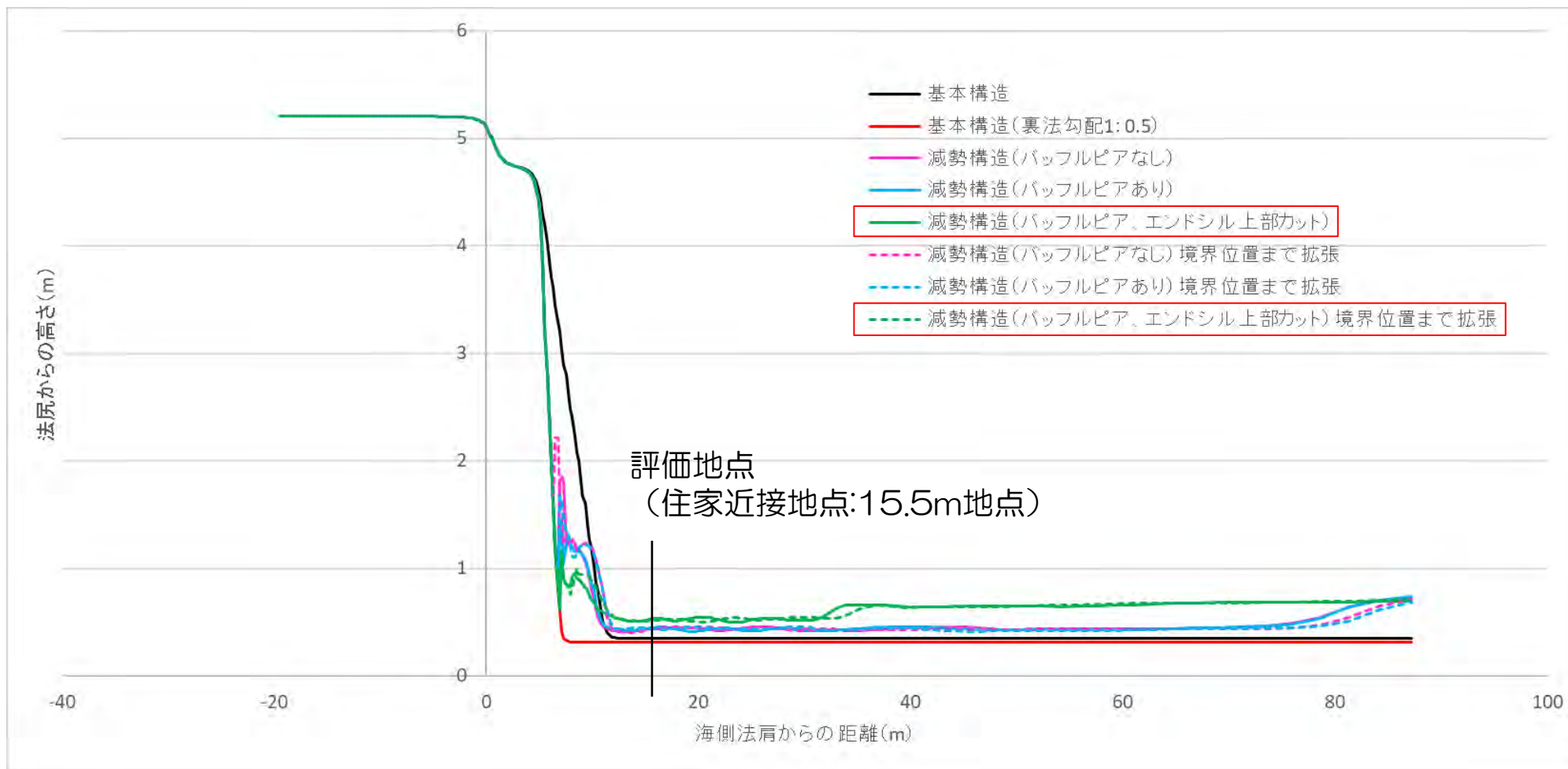
・「基本形状(案)」を基本とし、バッフルピア・エンドシル上部の有無、また、境界位置まで拡張した場合の形状を含め、以下の8ケースについて、洗掘シミュレーション(3次元流体・構造・地形変化・地盤連成数値計算モデルFS3M(名古屋大学))を用いて比較し、模型形状を決定。

ケース	構造名	横断図	ケース	構造名	横断図
ケース①-1	基本構造		ケース①-2	基本構造 (裏法勾配1/0.5)	
ケース②-1	減勢構造 (バッフルピアなし)		ケース③-1	減勢構造 (バッフルピアなし) 境界位置まで拡張	
ケース②-2	減勢構造 (バッフルピアあり)		ケース③-2	減勢構造 (バッフルピアあり) 境界位置まで拡張	
ケース②-3	減勢構造 (バッフルピア、エンドシル上部カット)		ケース③-3	減勢構造 (バッフルピア、エンドシル上部カット) 境界位置まで拡張	



# 参考3. 擁壁構造の検討(シミュレーション結果)

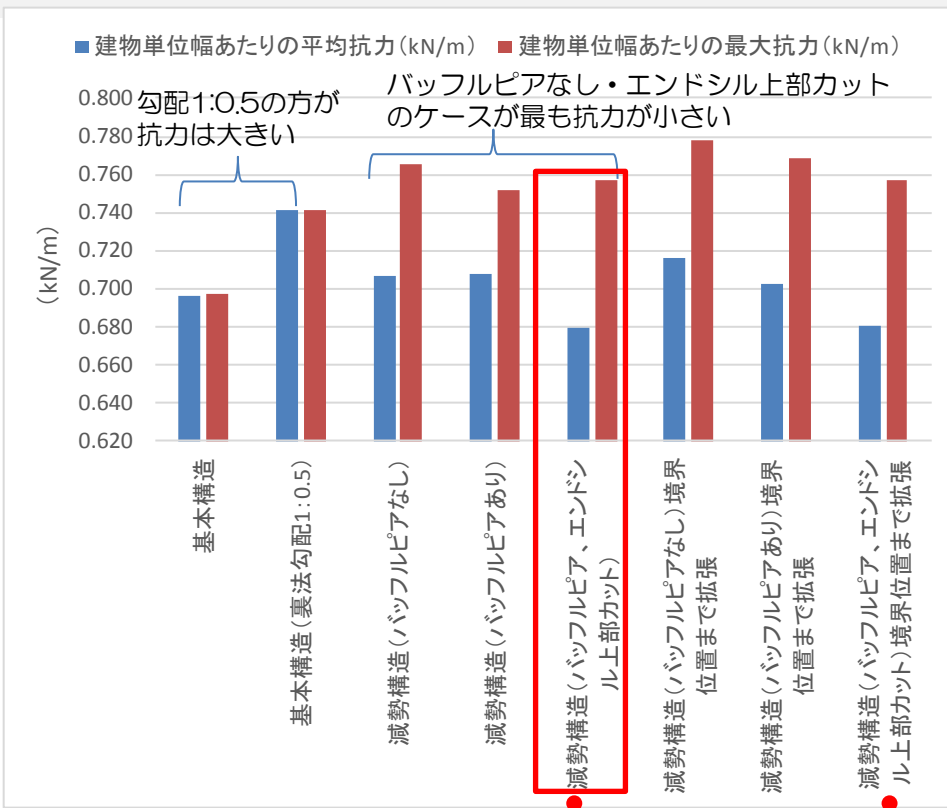
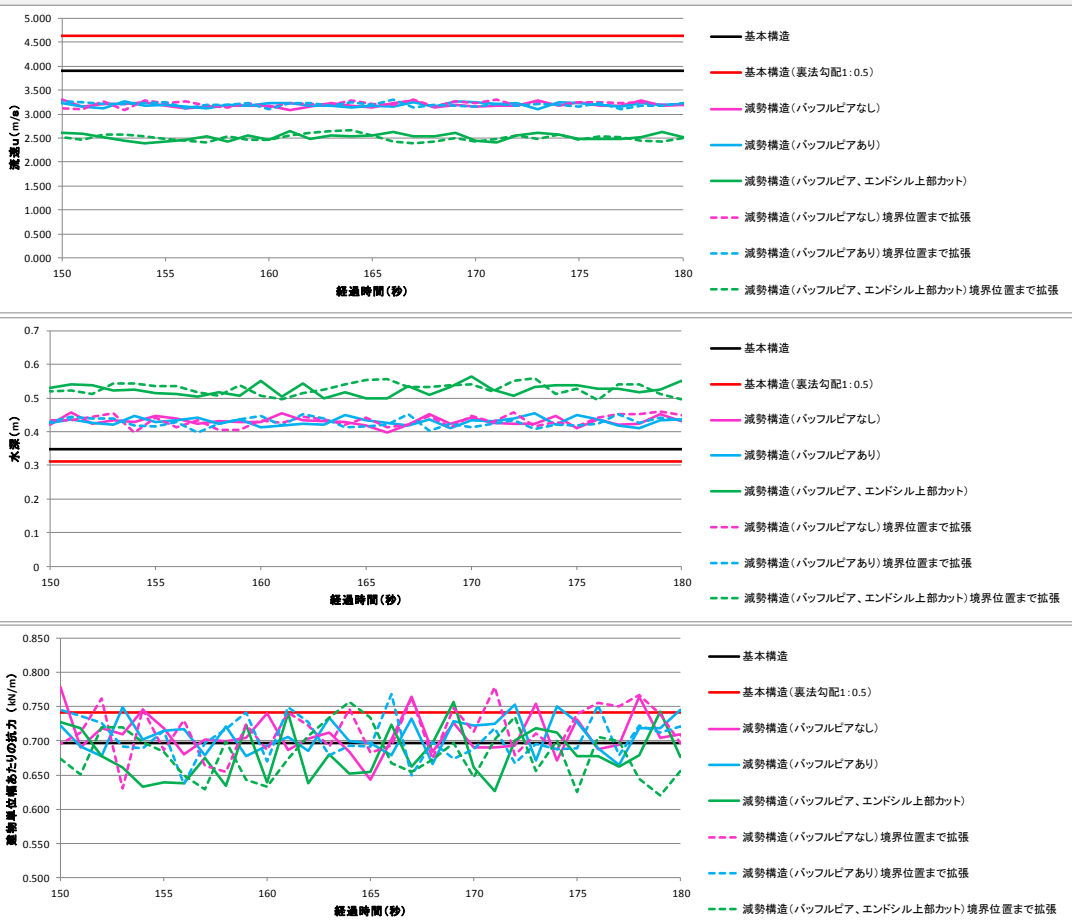
- 減勢構造がない場合は、乱れがなく、流速が速い分だけ水深は小さい。
- 減勢構造がある場合、法尻でいったん湛水し、減勢することにより流速が落ち、背後の水位が高くなっている。
- バッフルピア・エンドシル上部カットのケースが射流から上流に戻るのが早い。



# 参考3. 擁壁構造の検討(シミュレーション結果)

- 水平方向の流速uは、2.5m/s~4.6m/s程度の差が見られ、ケース①基本構造が一番速く、減勢構造があるほうが遅い。また、減勢構造でもバッフルピアなし・エンドシル上部カットのケース②-3、③-3のほうが流速が遅い。
- 水深は、流速に反比例しており、0.3m~0.55m程度の差が見られる。
- 建物単位幅あたりの最大抗力では、0.65~0.75程度の差が見られるが、建物単位幅あたりの平均抗力で見ると、バッフルピアなし・エンドシル上部カットのケース②-3、③-3が他の構造より小さくなっており、この構造が背後に近接する住家への影響が小さいと考える。

➤ 同じバッフルピアなし・エンドシル上部カットのケース②-3、③-3で、減勢構造の大きさによる差はほとんど見られないことから、費用を考慮したケース②-3の構造で、模型実験を実施する。



同じバッフルピアなし・エンドシル上部カットのケースで、減勢構造の大きさによる差はほとんど見られない。

住家近接地点(モデル上15.5m地点)での時系列の流速・水深・建物単位幅あたりの抗力