

テトラック法屎ブロック 洗堀抑制効果確認試験

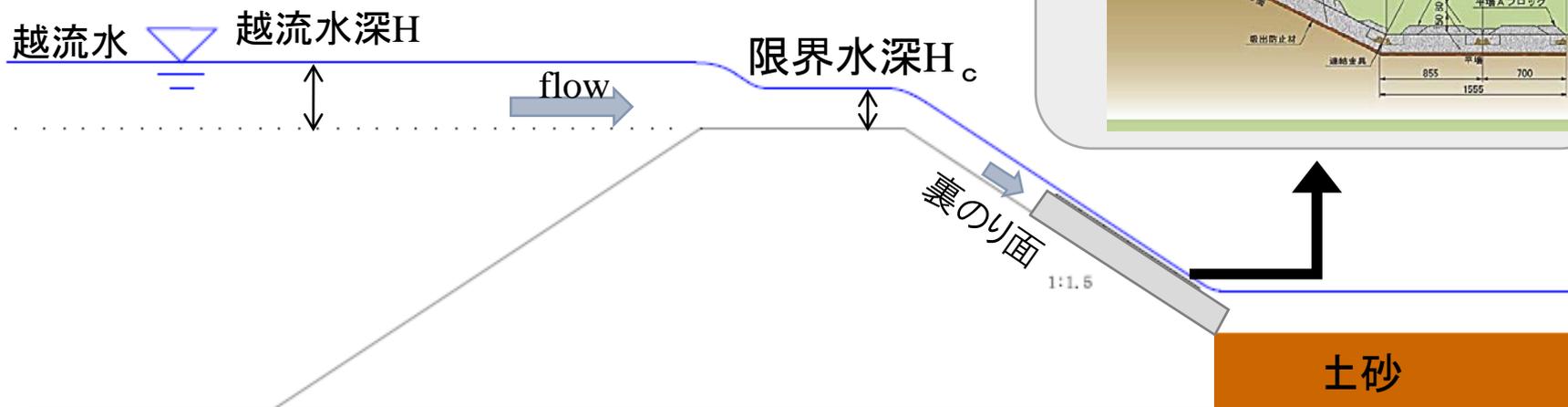
平成29年10月11日

P.E.C.協会

実験概要

目的：

テトラック法尻ブロックの形状および平場部の有無による越流水に対する洗堀抑制効果を確認するため水理模型実験を実施する。



水路幅400mm×高さ400mm×長さ10000mm程度の水路にアクリルで製作した堤体模型およびその前面に土砂として珪砂を設置。堤体模型上に各試験条件で法面を設置し、堤体から越水させ珪砂の洗堀状態の比較試験を行う。

実施場所：愛媛大学工学部 環境建設工学科 門田准教授 試験水路にて実施

実験条件

- 縮尺 : 1/6
- 開水路 : 幅0.4m × 高さ0.4m
- 堤防模型 : 法面勾配 1 : 1.5
天端高さ 0.335m
天端長さ 0.138m
- 越流水深 : 原寸10, 20, 30, cm
模型水深 1.7, 3.3, 5.0 cm
- 相似則 : フルードの相似則

表-1.1 フルードの相似則の縮尺比率 (縮尺1/6)

物理量	次元	縮尺比率
長さ、高さ、幅	L	1 : 1/6
水深	L	1 : 1/6
流速	L/T	1 : 1/6 ^{1/2}
流量	L ³ /T	1 : 1/6 ^{5/2}
粗度係数	L ^{-1/3} T	1 : 1/6 ^{1/6}

http://www.yachiyo-eng.co.jp/service/rivereng/dam_02.html



実験器具

- 堤防模型 アクリル製
- ブロック⇒樹脂とコンクリートの複合品
- 2次元開水路（断面：縦40cm×横40cm）
- 土砂 ⇒ 6号珪砂（平均粒径0.24mm）
- 水深・限界水深の測定 ⇒ポイントゲージ
- 流速の測定・ブロック状の流れの解析 ⇒流れの可視化法
- 洗掘状況の確認 ⇒レーザー変位計



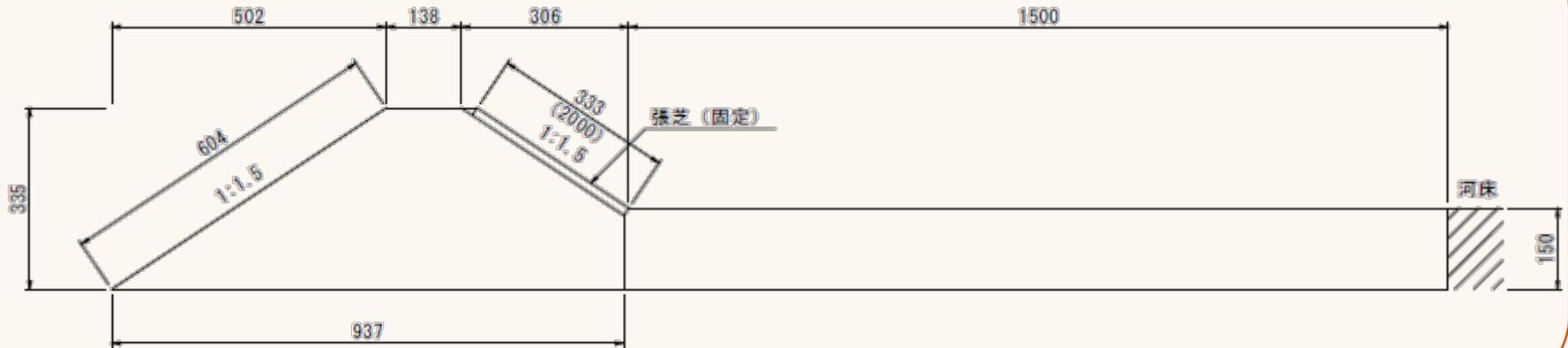
ポイントゲージ



レーザー変位計

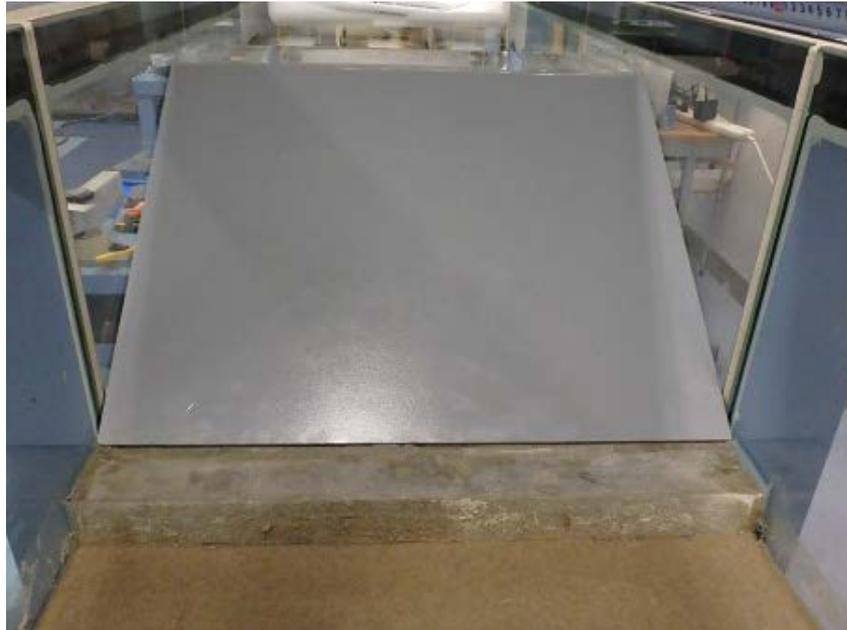
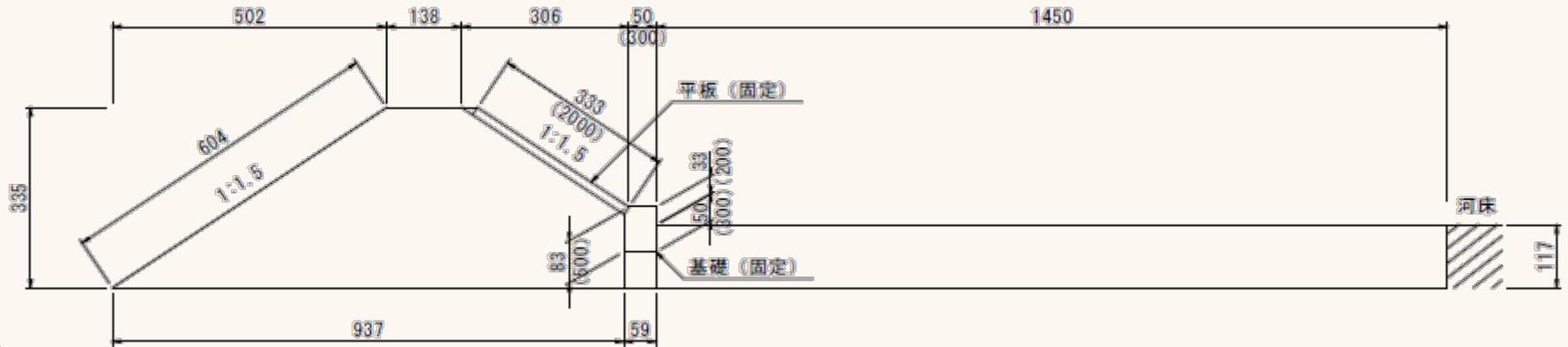
試験条件

条件① 対策なし芝30mm（法面部人工芝5mm）



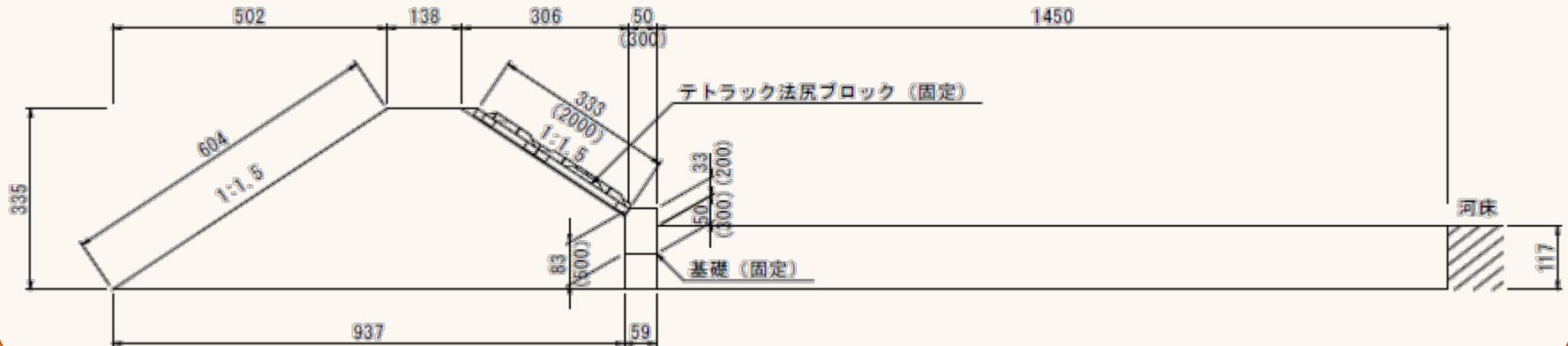
試験条件

条件② 平板型 (2000mm) + 基礎工 (300mm)



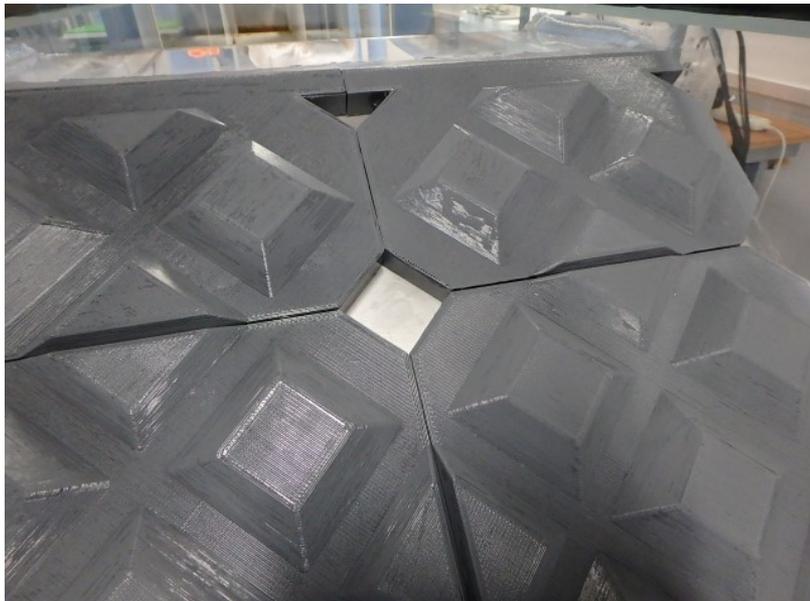
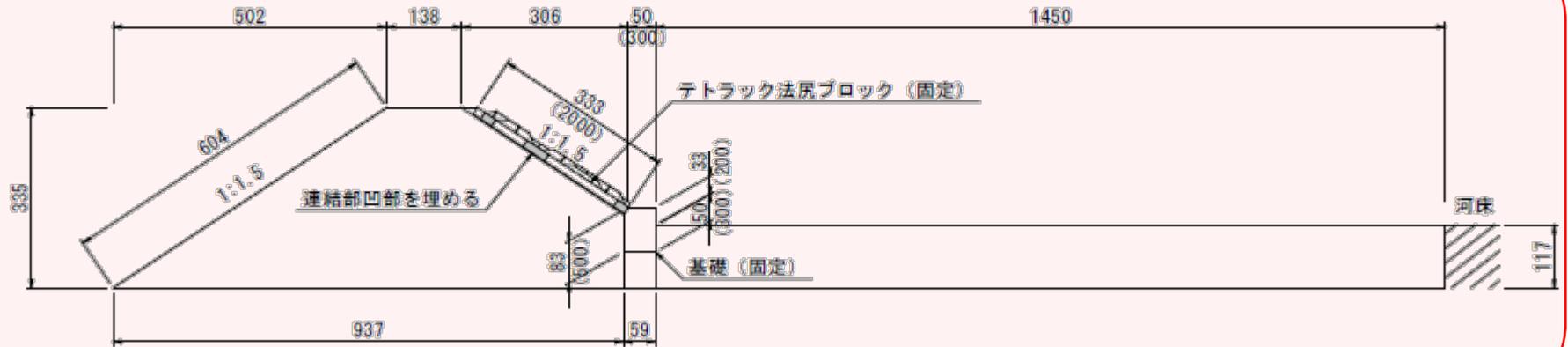
試験条件

条件③ テトラック法尻ブロック (2000mm) + 基礎工 (300mm)



試験条件

条件③' テトラック法尻ブロック (2000mm) 凹部なし+基礎工 (300mm)



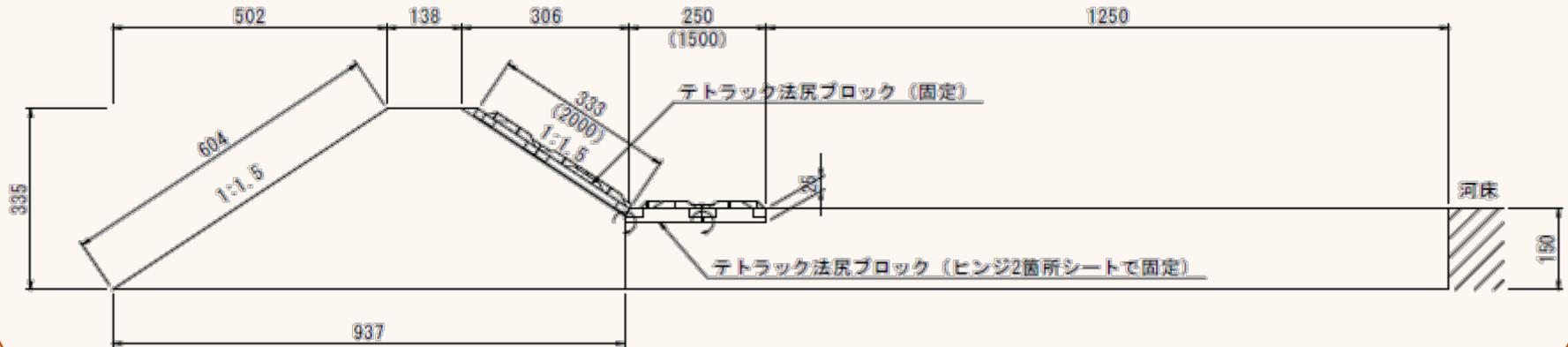
連結部凹部



連結部凹部なし

試験条件

条件④ テトラック法尻ブロック (2000mm) + 平場 (1500mm) 突起あり

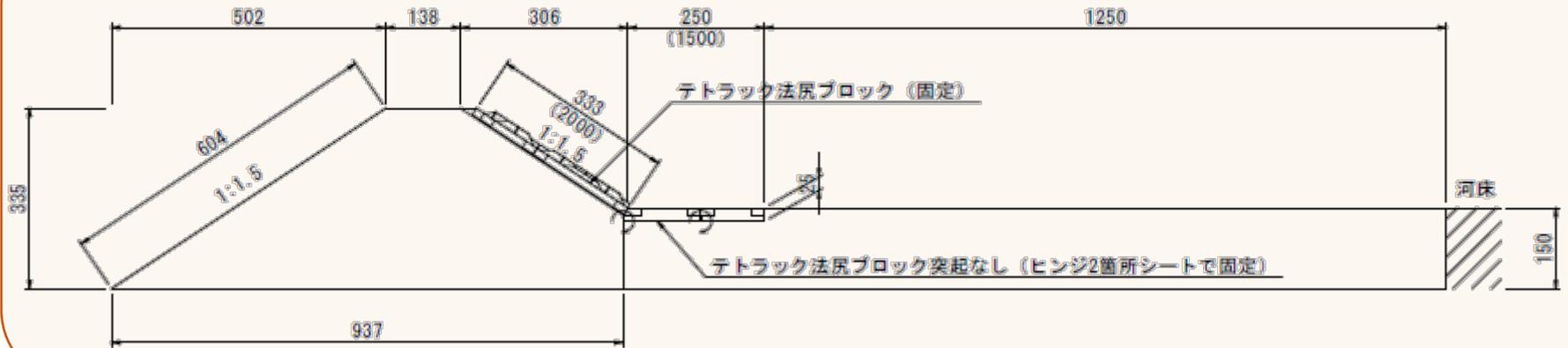


平場Cブロック

平場Aブロック

試験条件

条件⑤ テトラック法尻ブロック (2000mm) + 平場 (1500mm) 突起なし

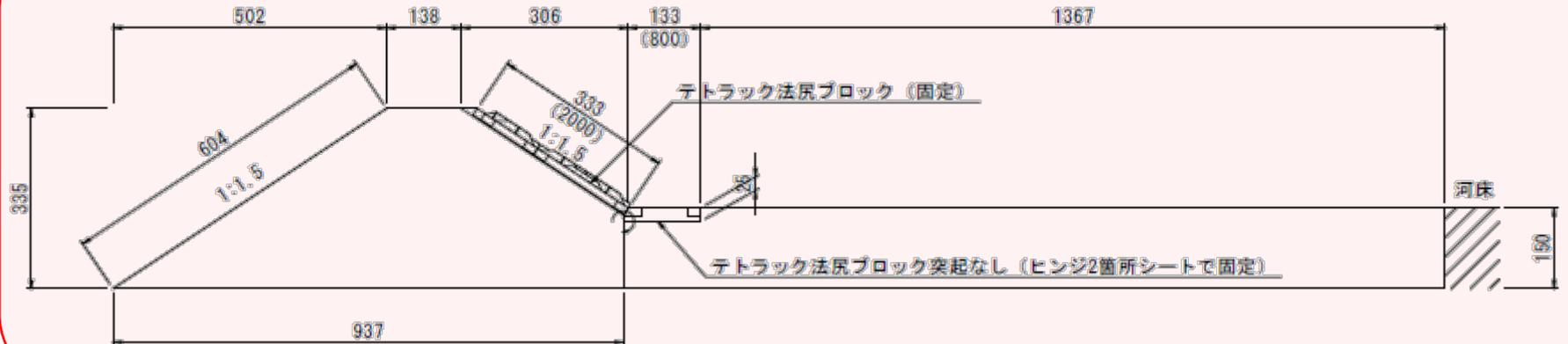


平場Eブロック

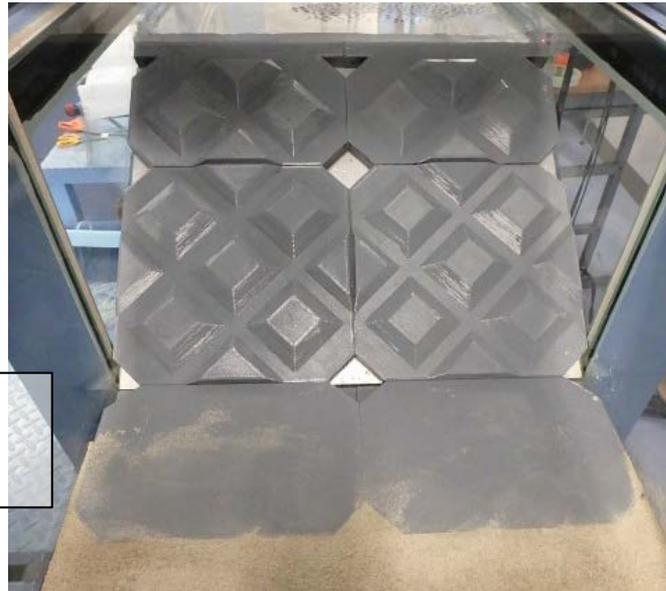
平場Dブロック

試験条件

条件⑤' テトラック法尻ブロック (2000mm) + 平場 (800mm) 突起なし

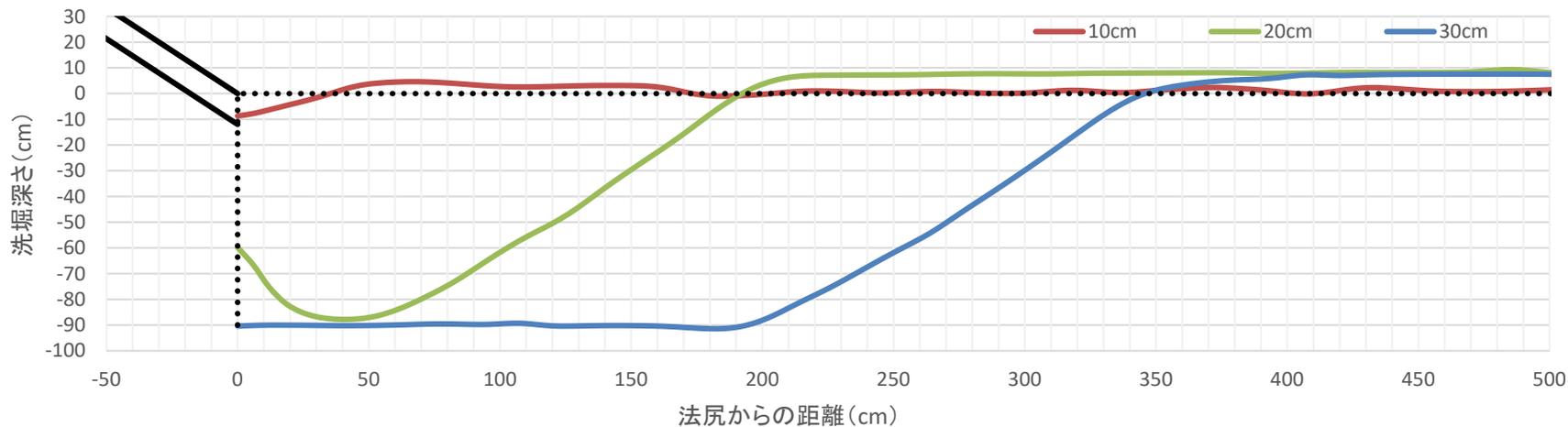


平場Eブロック
のみ設置



試験状況及び結果

条件① 対策なし芝30mm（法面部人工芝5mm）



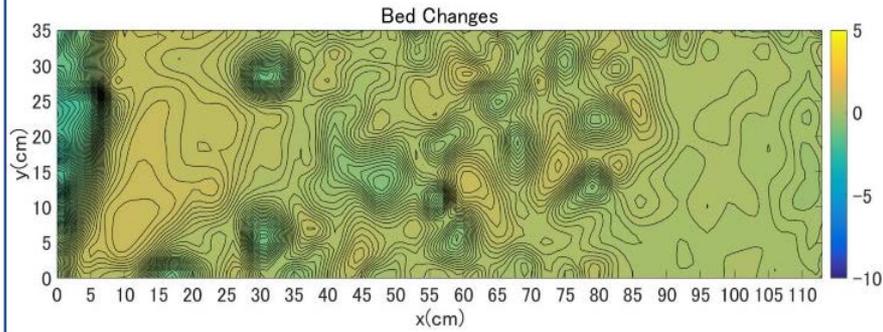
越流水深20cm（10分流水後）

越流水深	最大洗堀深	同左法尻からの距離	基礎工前面洗堀深さ
10cm	8.7cm	0cm	8.7cm
20cm	88cm	42cm	60cm
30cm	91cm	180cm	90cm

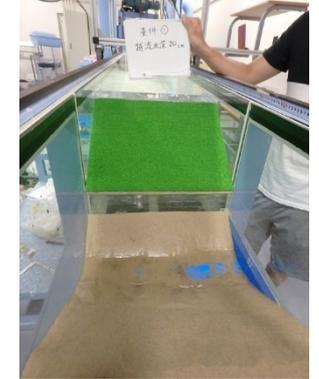
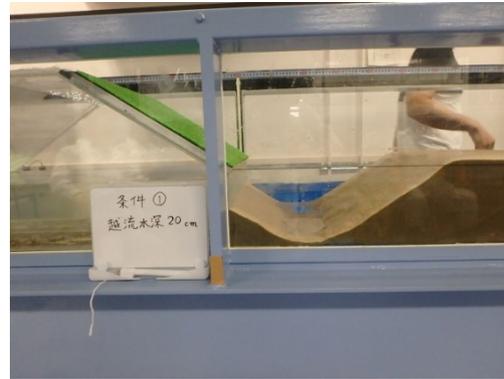
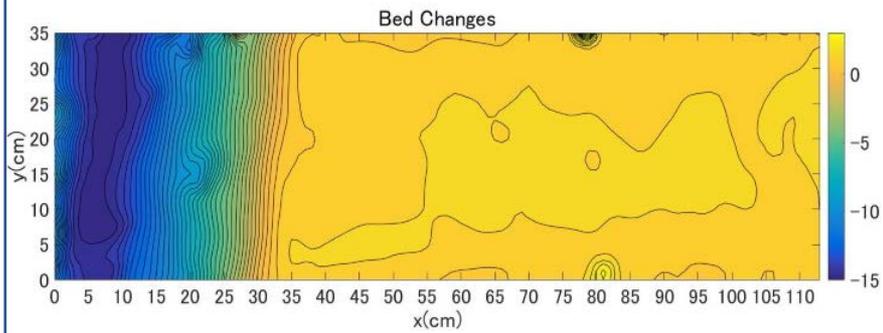


条件① 対策なし芝30mm（法面部人工芝5mm）

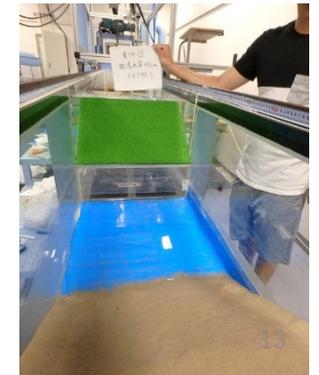
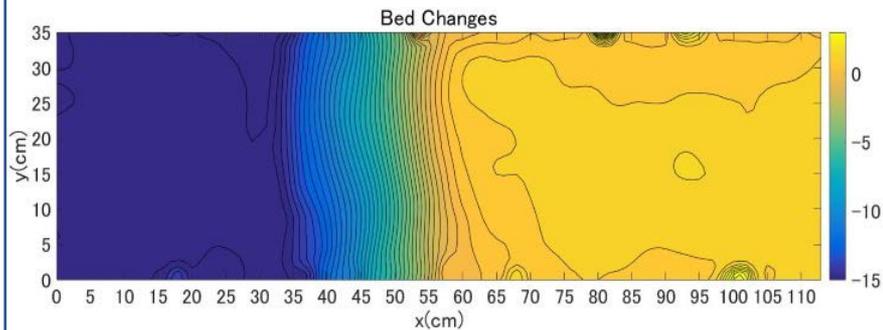
越流水深10cm



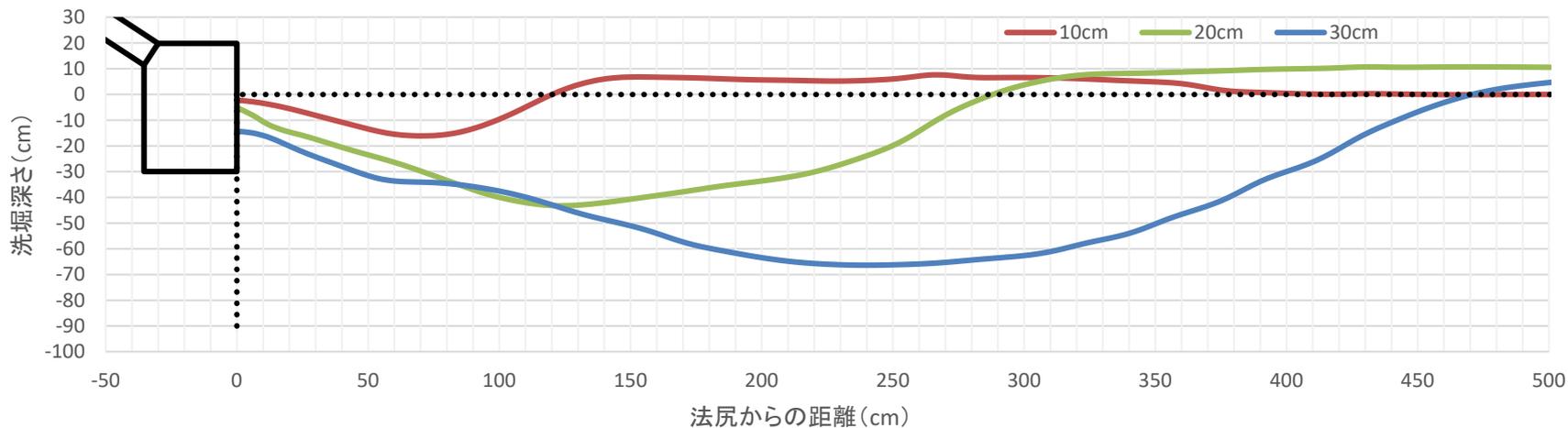
越流水深20cm



越流水深30cm(5分で終了)



条件② 平板型 (2000mm) + 基礎工 (300mm)



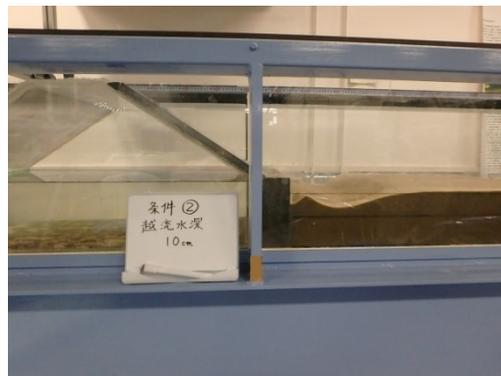
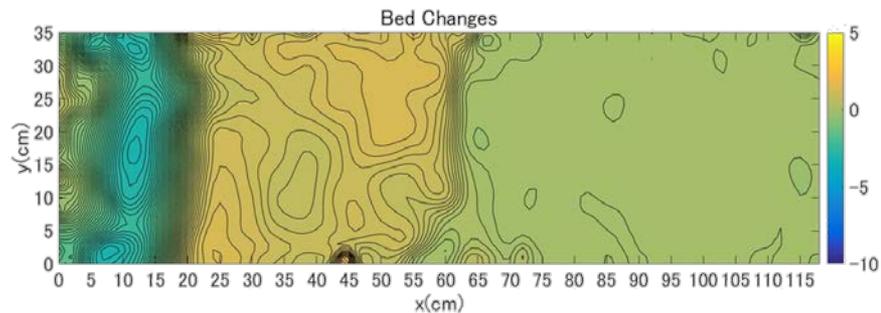
越流水深20cm (10分流水後)

越流水深	最大洗堀深	同左法尻からの距離	基礎工前面洗堀深さ
10cm	16cm	72cm	2.2cm
20cm	43cm	126cm	5.1cm
30cm	66cm	240cm	14cm

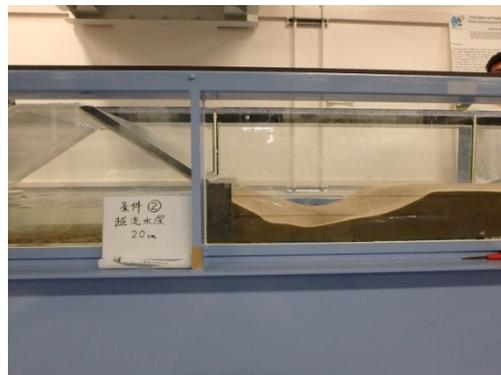
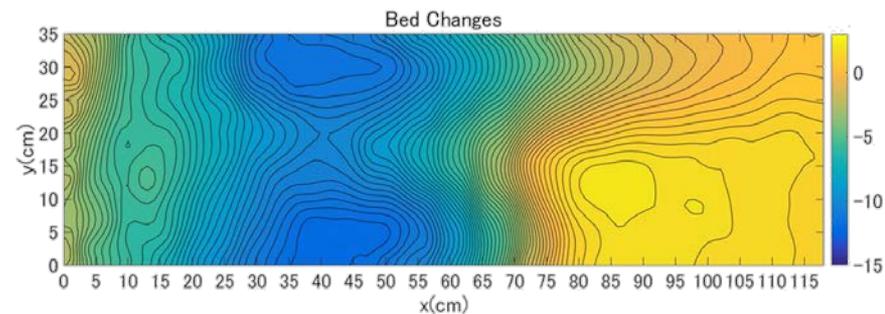


条件② 平板型 (2000mm) +基礎工 (300mm)

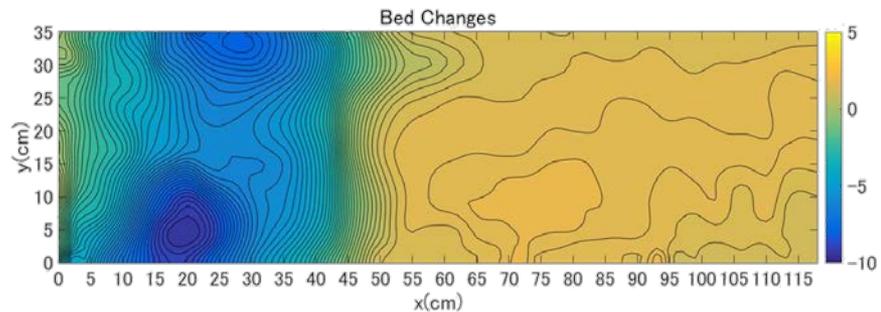
越流水深10cm



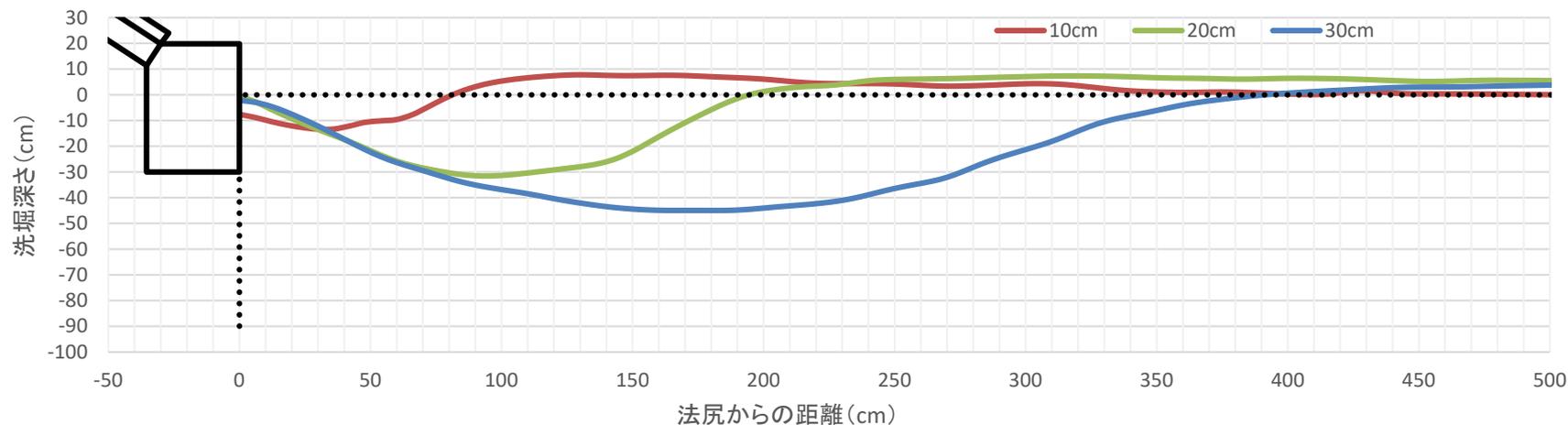
越流水深20cm



越流水深30cm



条件③ テトラック法戻ブロック（2000mm）＋基礎工（300mm）



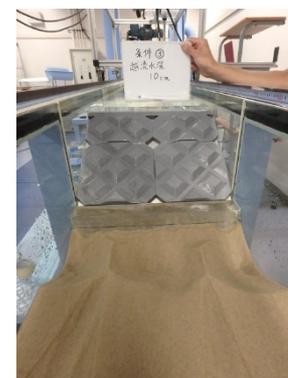
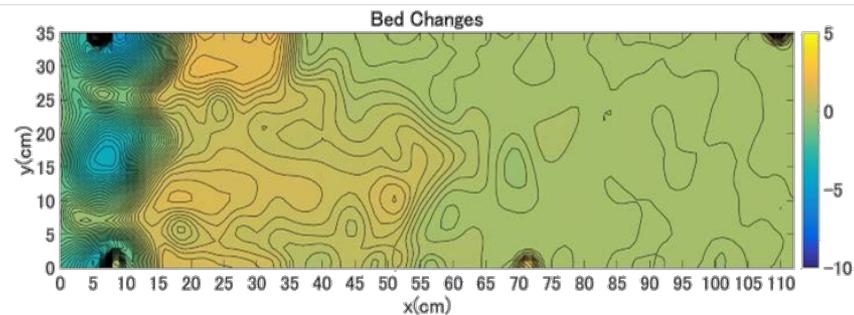
越流水深20cm（10分流水後）

越流水深	最大洗堀深	同左法戻からの距離	基礎工前面洗堀深さ
10cm	13cm	30cm	7.6cm
20cm	32cm	96cm	0.4cm
30cm	45cm	180cm	2.2cm

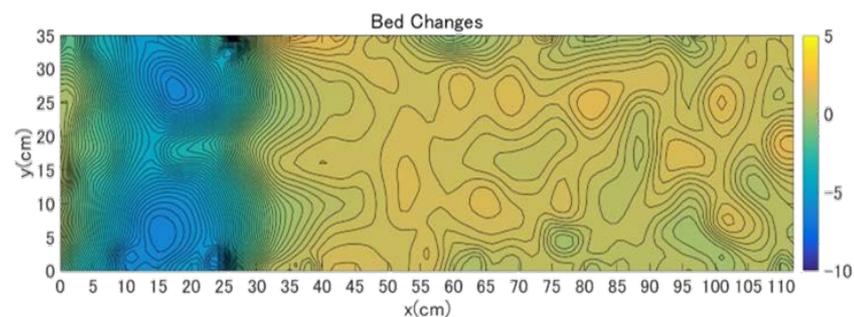


条件③ テトラック法尻ブロック (2000mm) + 基礎工 (300mm)

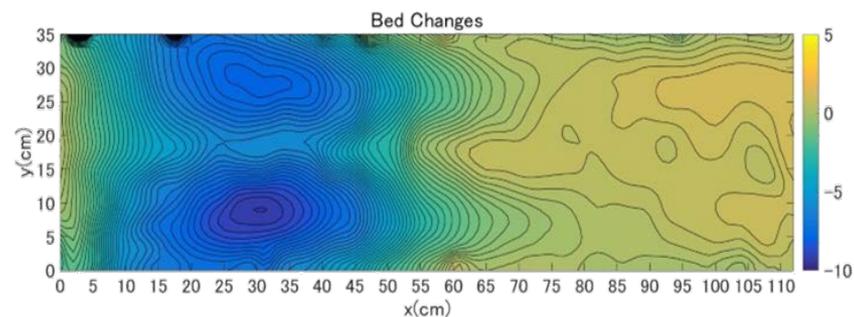
越流水深10cm



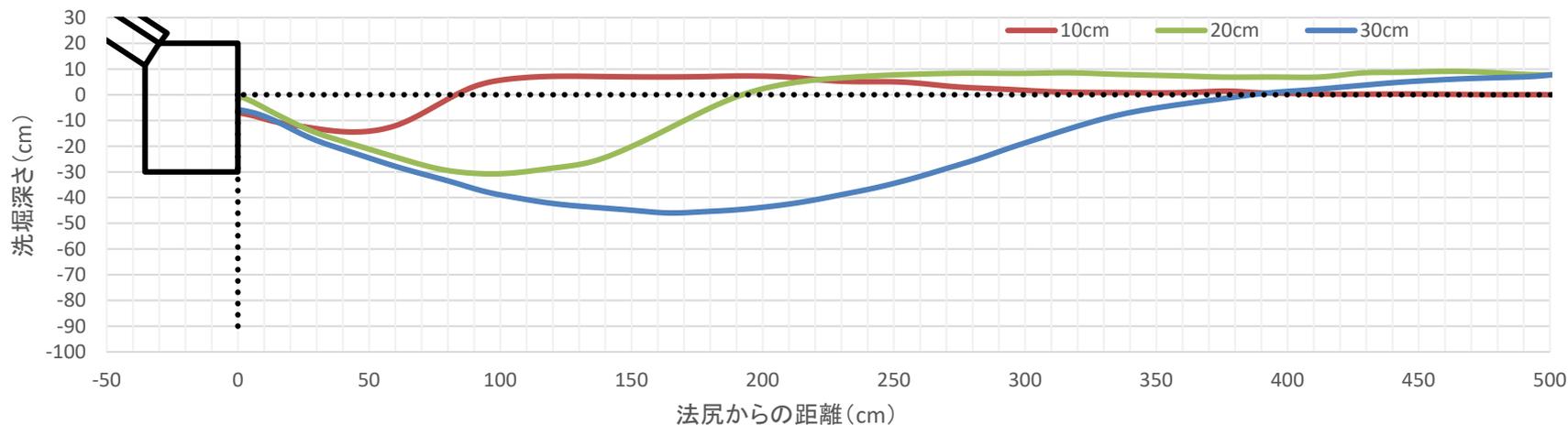
越流水深20cm



越流水深30cm

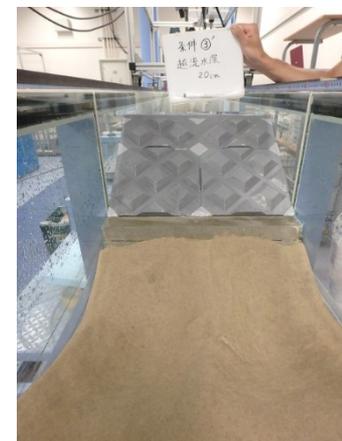


条件③' テトラック法尻ブロック (2000mm) + 基礎工 (300mm)



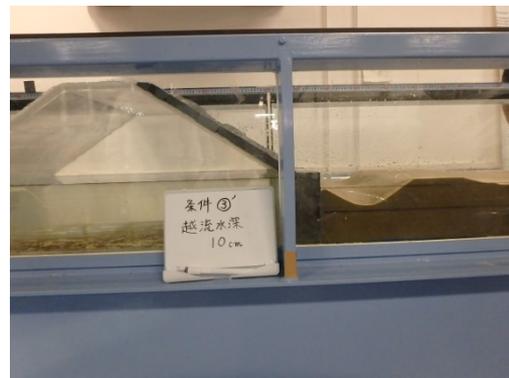
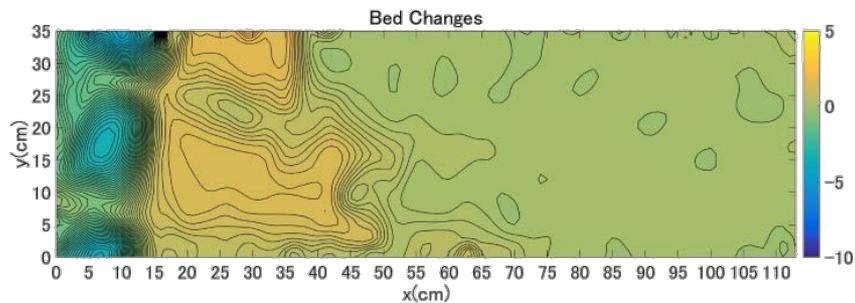
越流水深20cm (10分流水後)

越流水深	最大洗堀深	同左法尻からの距離	基礎工前面洗堀深さ
10cm	14cm	42cm	6.9cm
20cm	30cm	96cm	0.2cm
30cm	46cm	168cm	5.8cm

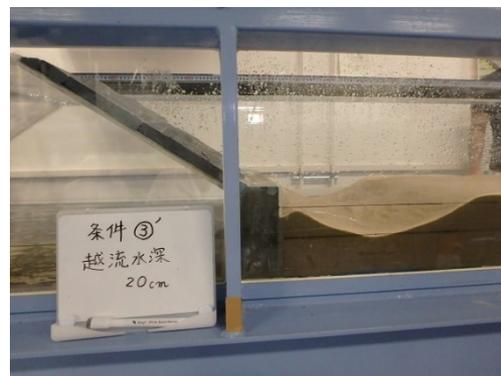
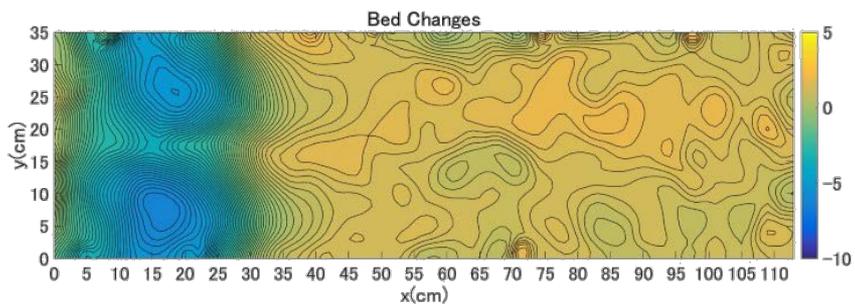


条件③' テトラック法尻ブロック (2000mm) +基礎工 (300mm)

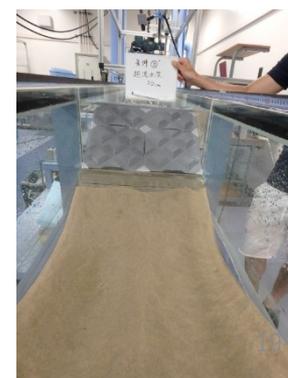
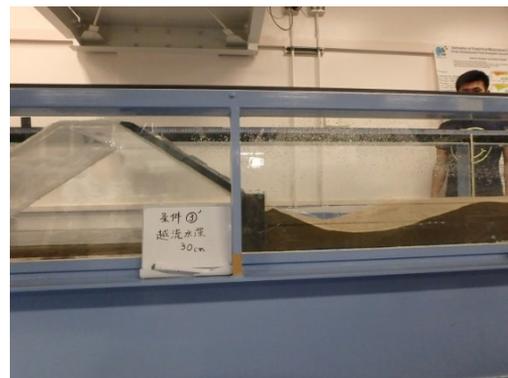
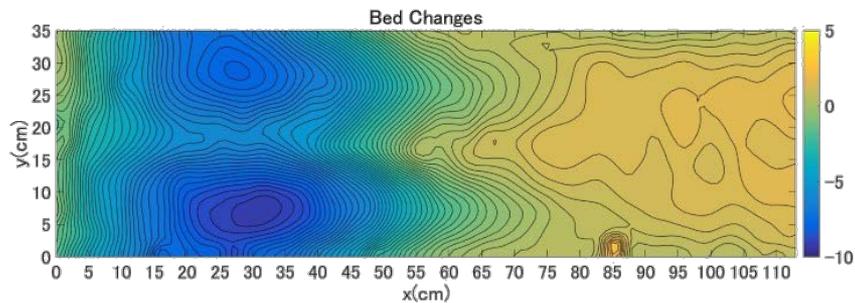
越流水深10cm



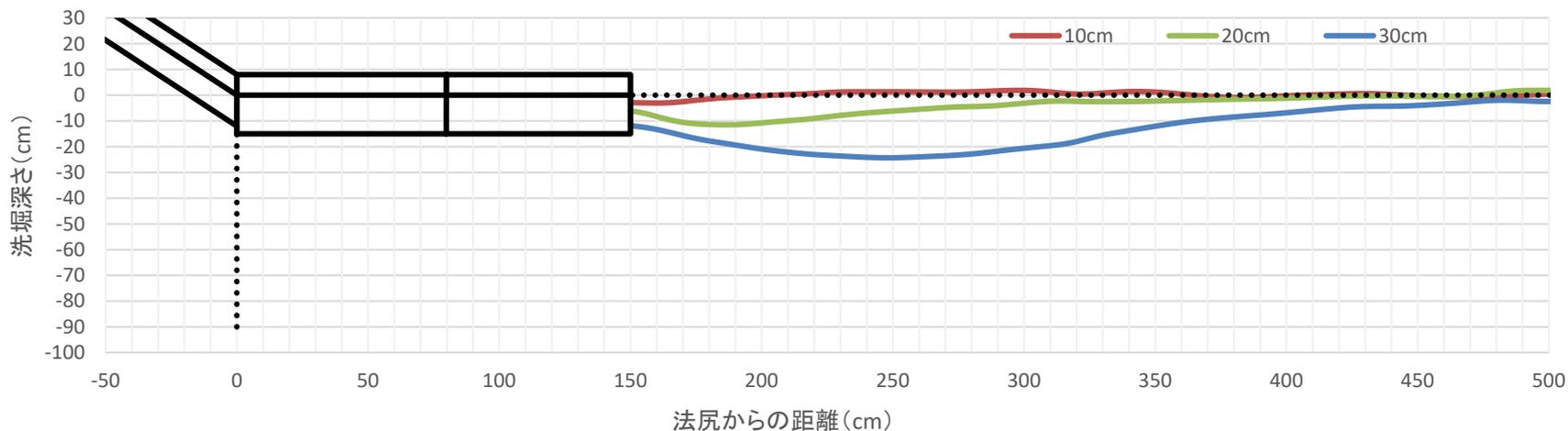
越流水深20cm



越流水深30cm

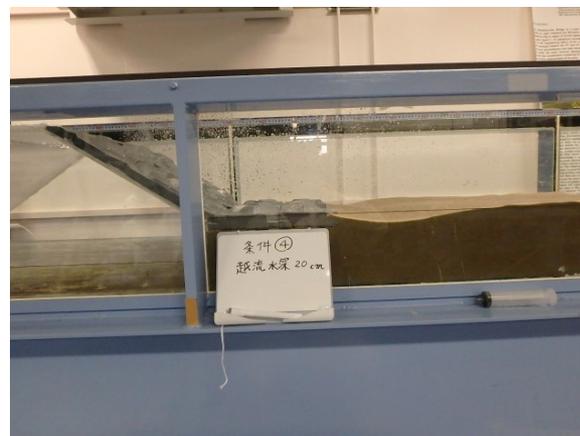


条件④ テトラック法戻ブロック（2000mm）＋平場（1500mm）突起あり



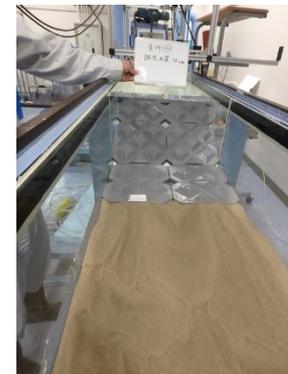
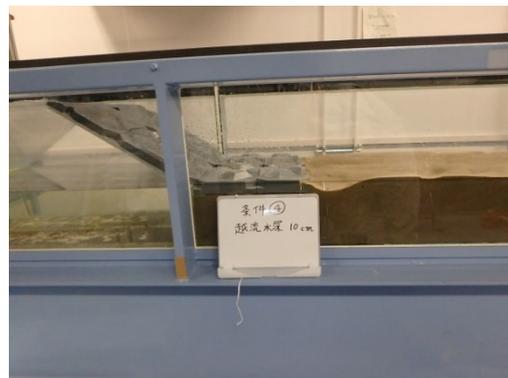
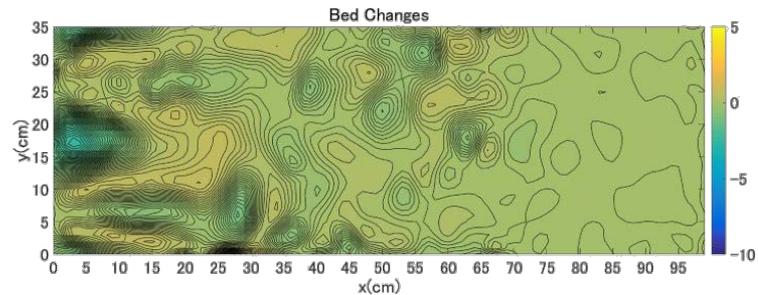
越流水深20cm（10分流水後）

越流水深	最大洗堀深	同左法戻からの距離	基礎工前面洗堀深さ
10cm	2.0cm	168cm	2.9cm
20cm	11cm	192cm	6.0cm
30cm	24cm	252cm	12cm

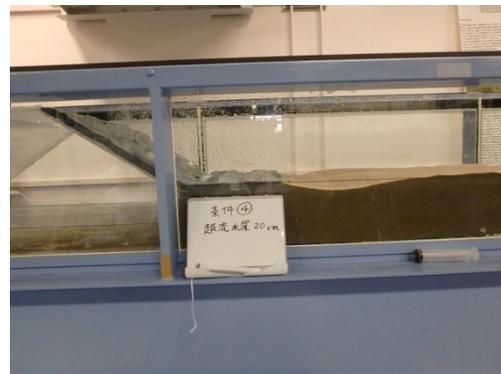
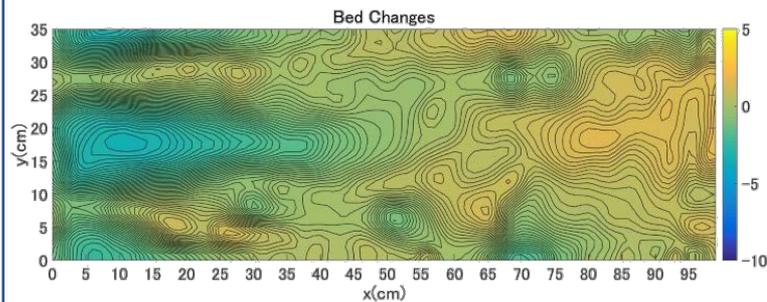


条件④ テトラック法尻ブロック (2000mm) + 平場 (1500mm) 突起あり

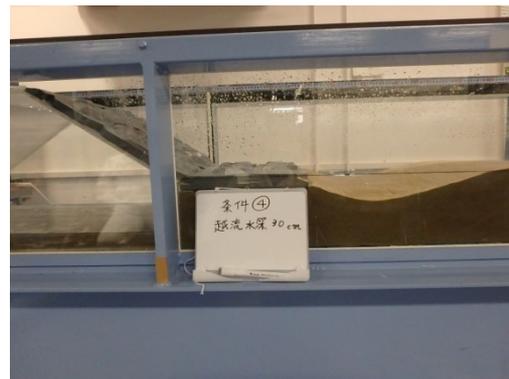
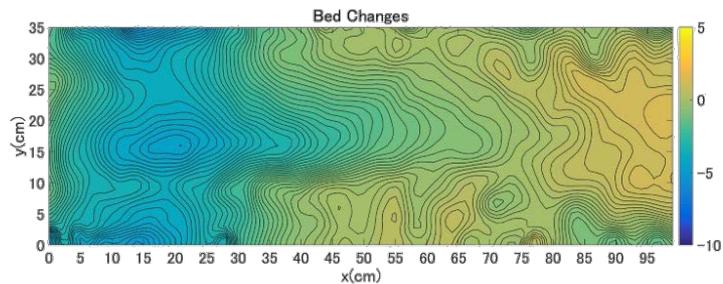
越流水深10cm



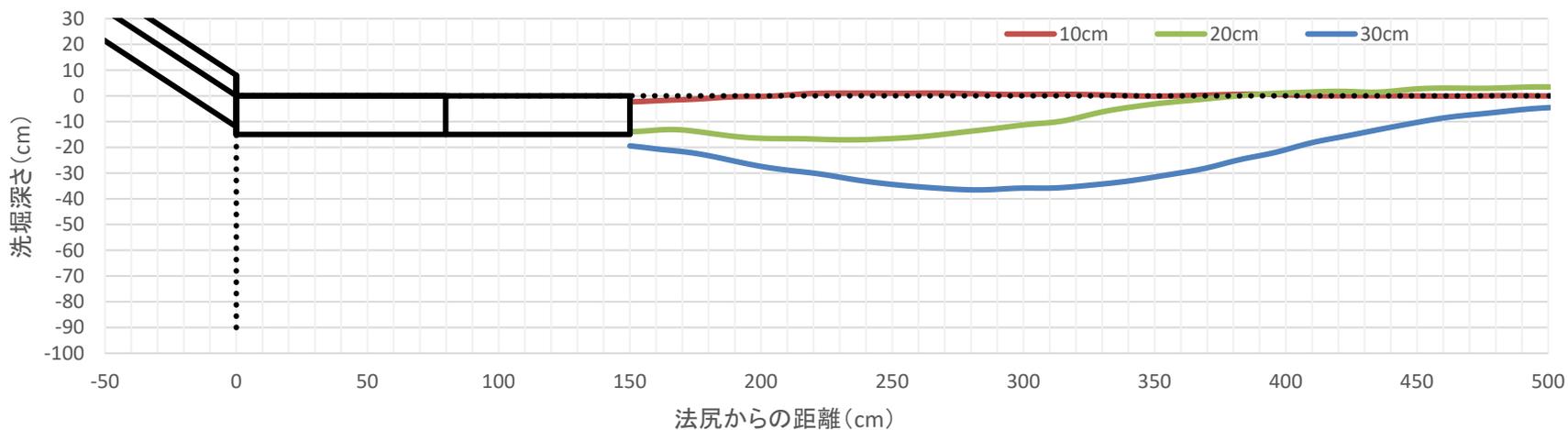
越流水深20cm



越流水深30cm

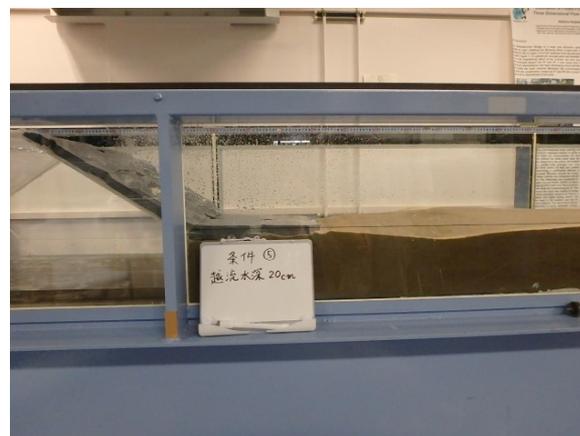


条件⑤ テトラック法戻ブロック (2000mm) + 平場 (1500mm) 突起なし



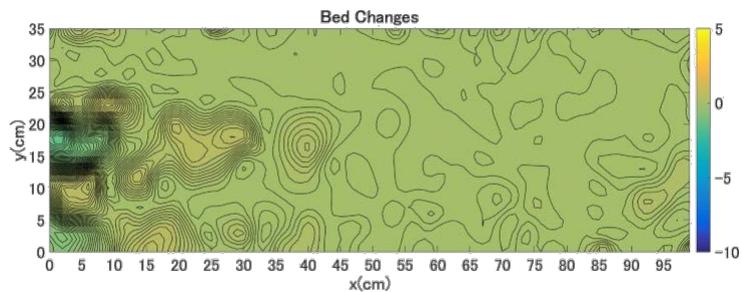
越流水深20cm (10分流水後)

越流水深	最大洗堀深	同左法戻からの距離	基礎工前面洗堀深さ
10cm	1.3cm	156cm	2.4cm
20cm	17cm	240cm	14cm
30cm	37cm	288cm	19cm

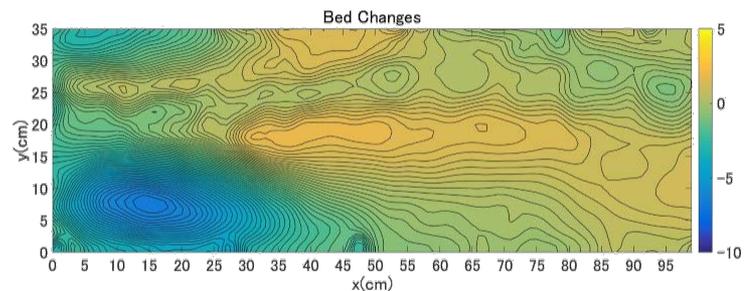


条件⑤ テトラック法尻ブロック (2000mm) + 平場 (1500mm) 突起なし

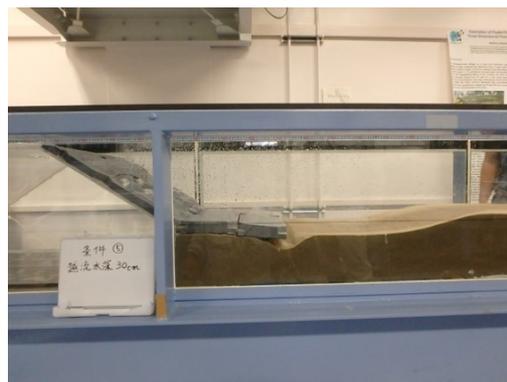
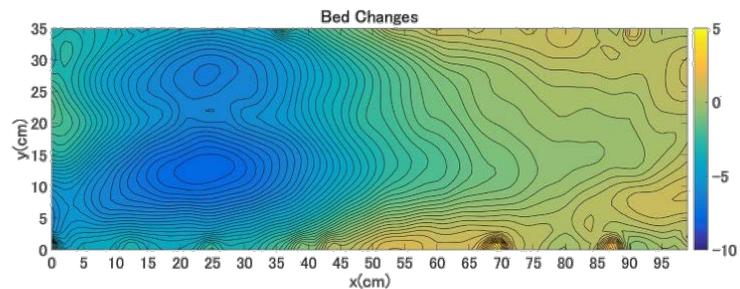
越流水深10cm



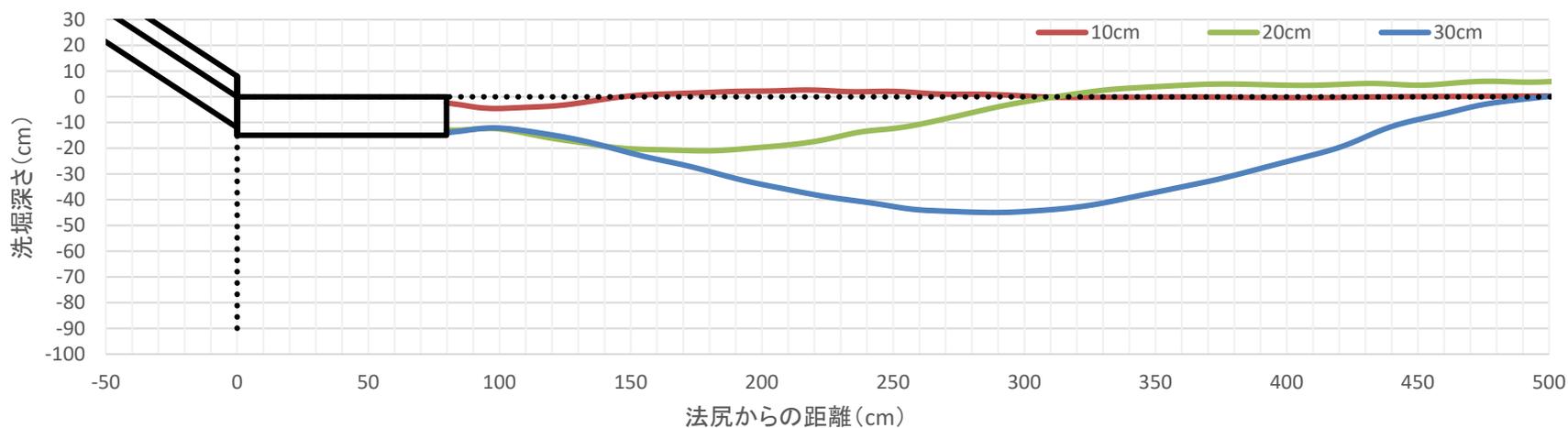
越流水深20cm



越流水深30cm

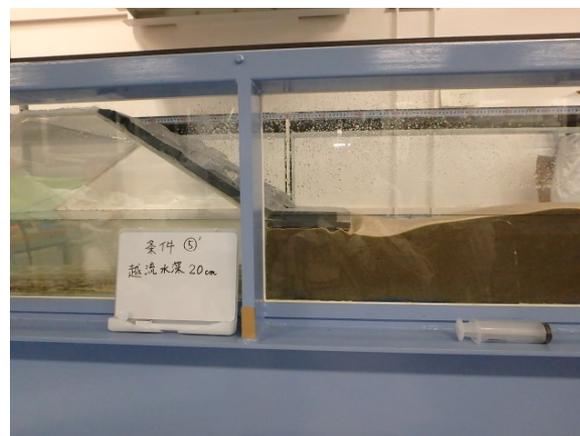


条件⑤' テトラック法尻ブロック (2000mm) + 平場 (800mm) 突起なし



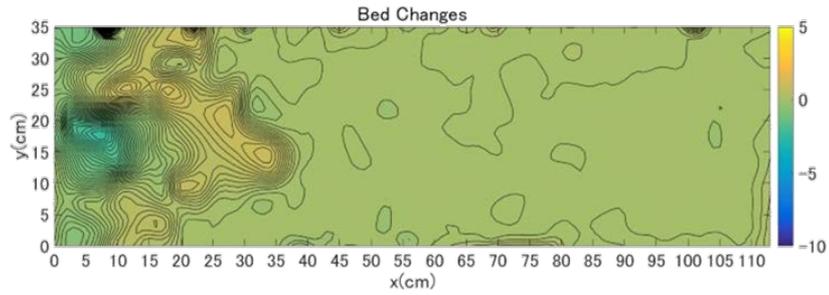
越流水深20cm (10分流水後)

越流水深	最大洗堀深	同左法尻からの距離	基礎工前面洗堀深さ
10cm	4.1cm	98cm	2.4cm
20cm	21cm	176cm	13cm
30cm	45cm	290cm	14cm

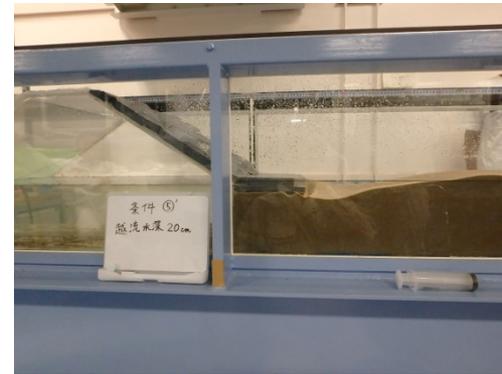
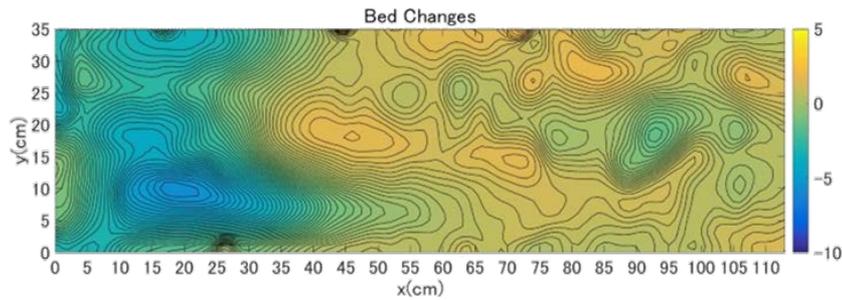


条件⑤' テトラック法尻ブロック (2000mm) + 平場 (800mm) 突起なし

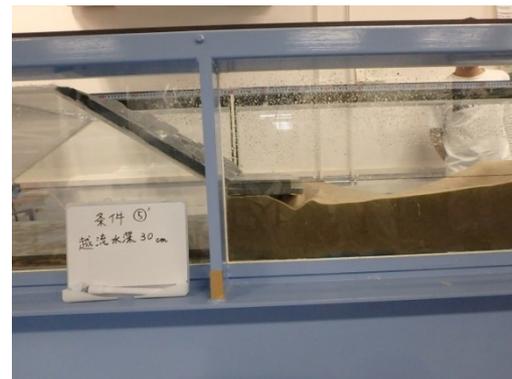
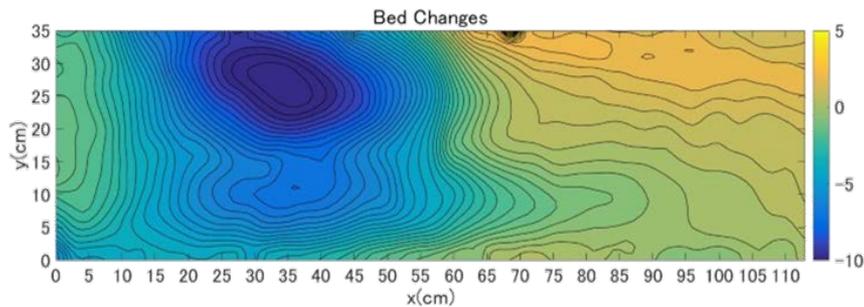
越流水深10cm



越流水深20cm

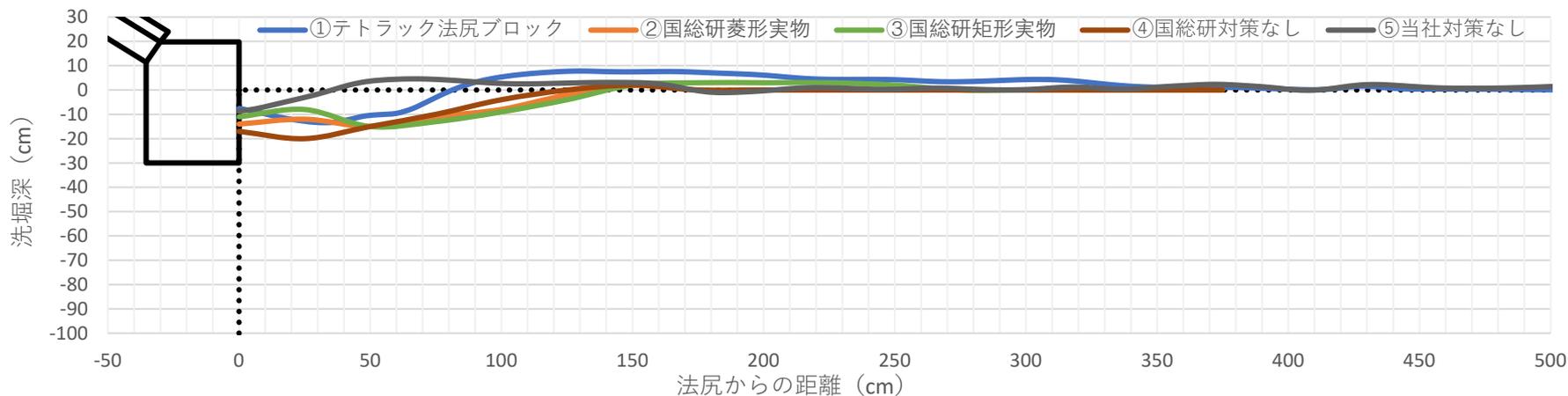


越流水深30cm



まとめ（その1）国総研データとの対比（条件①と③と国総研との比較）

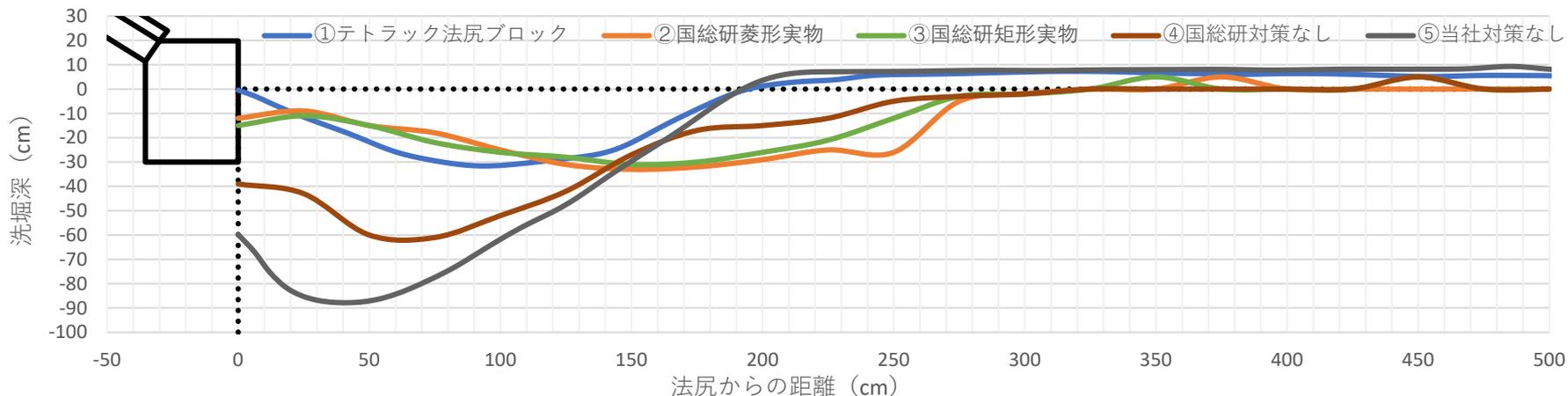
越流水深10cm



- ・ 対策なしを含むすべての条件で最大洗堀深30cmを超えることがなかった。

	最大洗堀深	同左法尻からの距離	基礎工前面洗堀深
テトラック法尻ブロック	13cm	30cm	7.6cm
国総研菱形実物	15cm	50cm	14cm
国総研矩形実物	15cm	50cm	11cm

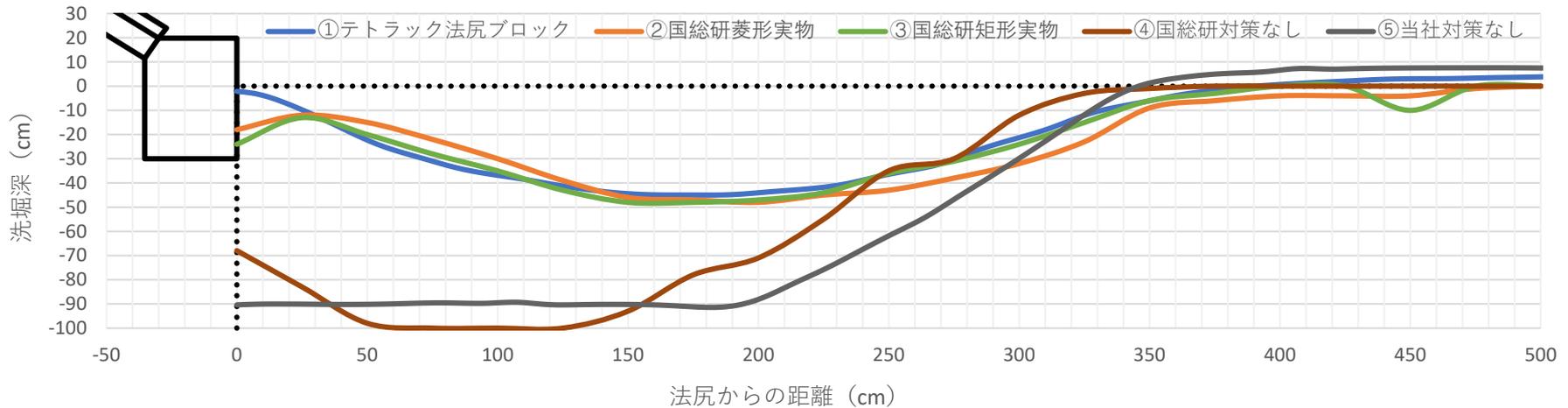
越流水深20cm



- ・ 対策なし（国総研、当社試験とも）では、法面部で39cm以上洗堀された。
- ・ テトラック法尻ブロックと国総研菱形及び矩形を比較すると最大洗堀深は同程度であり、基礎工前面の洗堀深は、テトラック法尻ブロックが洗堀深は小さかった。

	最大洗堀深	同左法尻からの距離	基礎工前面洗堀深
テトラック法尻ブロック	31cm	96cm	0.4cm
国総研菱形実物	33cm	150cm	12cm
国総研矩形実物	31cm	150cm	15cm

越流水深30cm

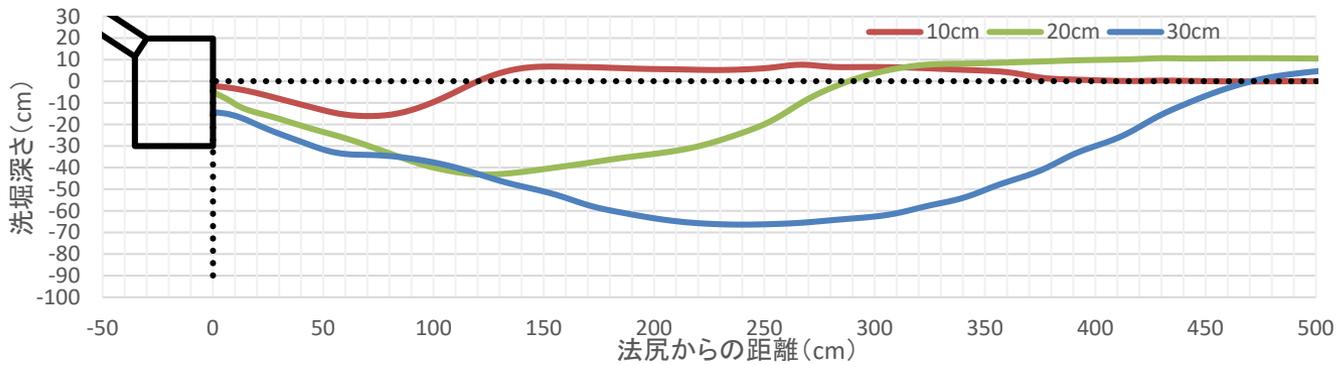


- ・対策なし（国総研、当社試験とも）では、法面部で68cm以上洗堀された。
- ・テトラック法尻ブロックと国総研菱形及び矩形を比較すると最大洗堀深は同程度であり、基礎工前面の洗堀深は、テトラック法尻ブロックが洗堀深は小さかった。越流水深20cmと同様の傾向であったことから、テトラック法尻ブロックは、洗堀抑制効果が高いことが確認できた。

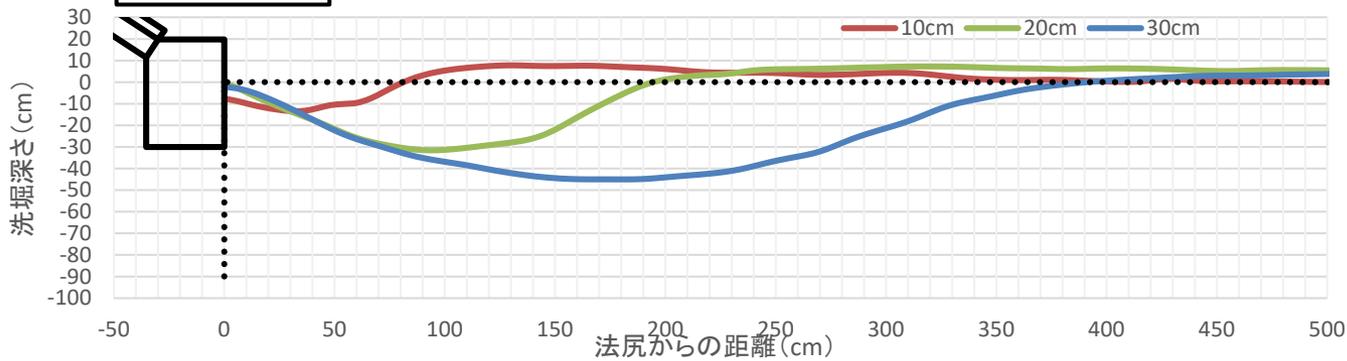
	最大洗堀深	同左法尻からの距離	基礎工前面洗堀深
テトラック法尻ブロック	45cm	180cm	2.2cm
国総研菱形実物	48cm	200cm	18cm
国総研矩形実物	48cm	175cm	24cm

まとめ（その2）凹凸の効果（条件②と③の比較）

条件②



条件③

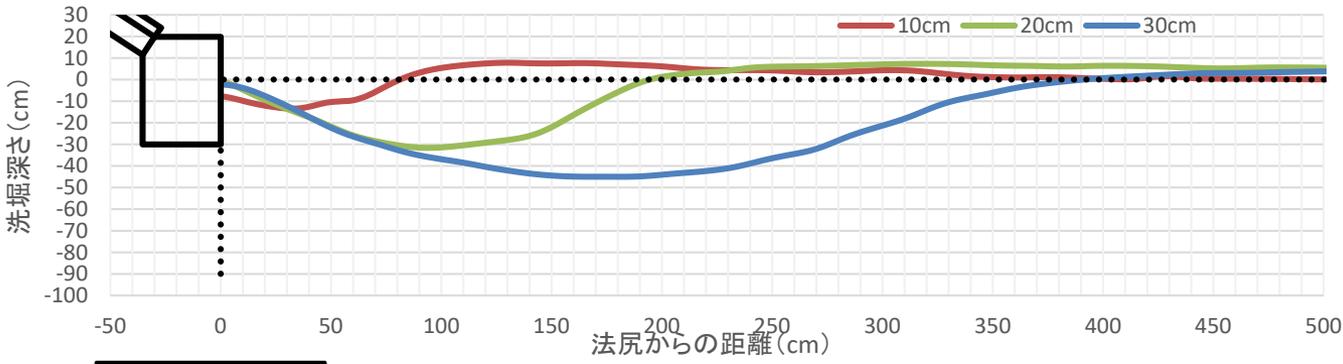


・凹凸があることにより、最大洗堀深は小さくなり、また基礎工前面の洗堀深も小さくなることから、表面凹凸の効果があることが確認できた。

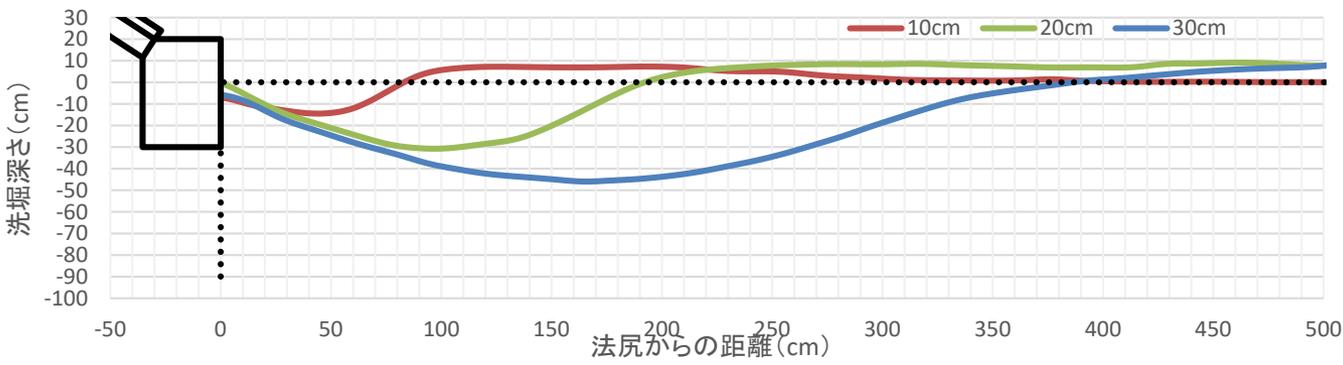
	最大洗堀深	同左法尻からの距離	基礎工前面洗堀深
条件②（越流水深30cm）	66cm	240cm	14cm
条件③（越流水深30cm）	45cm	180cm	2.2cm

まとめ（その3） 連結凹部の効果（条件③と③' 比較）

条件③



条件③'

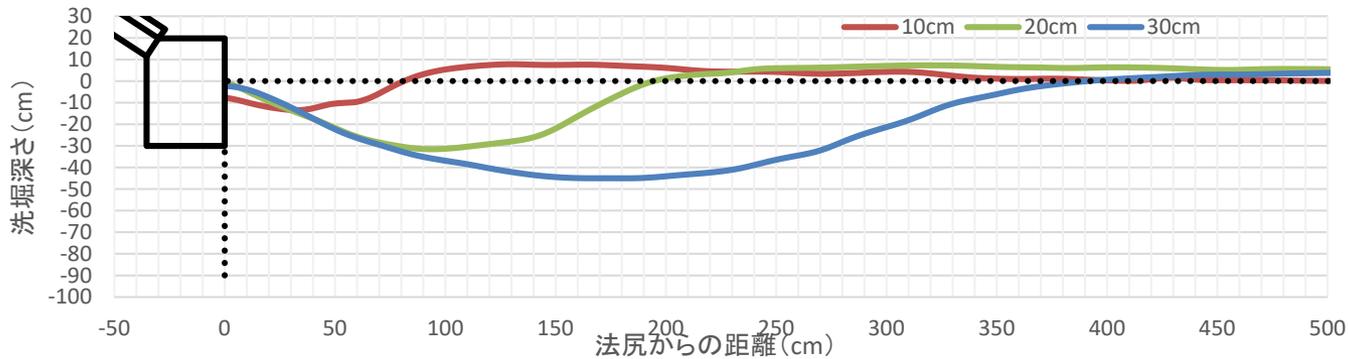


・ 最大洗堀深および基礎前面の洗堀深ともに大きな差異はなく、連結凹部による洗堀抑制効果の違いはなかった。

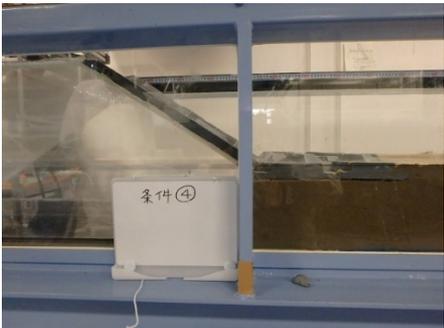
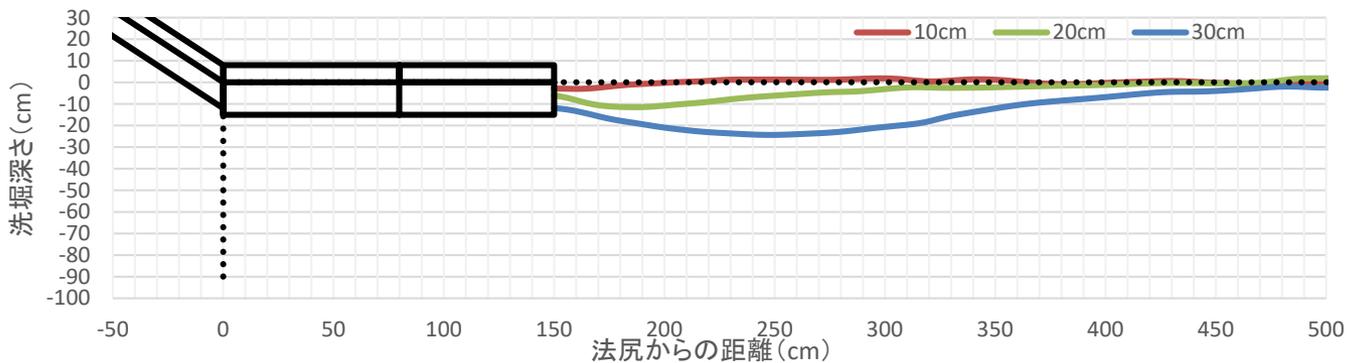
	最大洗堀深	同左法尻からの距離	基礎工前面洗堀深
条件③（越流水深30cm）	45cm	180cm	2.2cm
条件③'（越流水深30cm）	46cm	168cm	5.8cm

まとめ（その4）平場なしと平場ありの効果（条件③と④の比較）

条件③



条件④

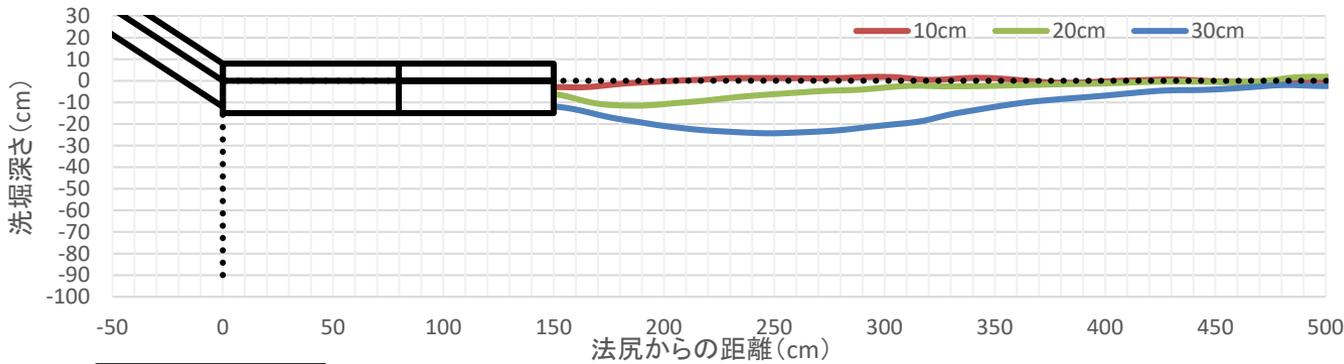


・平場ありのほうが、洗堀抑制効果は高く、越流水深30cmの条件でも最大洗堀深は24cmであった。

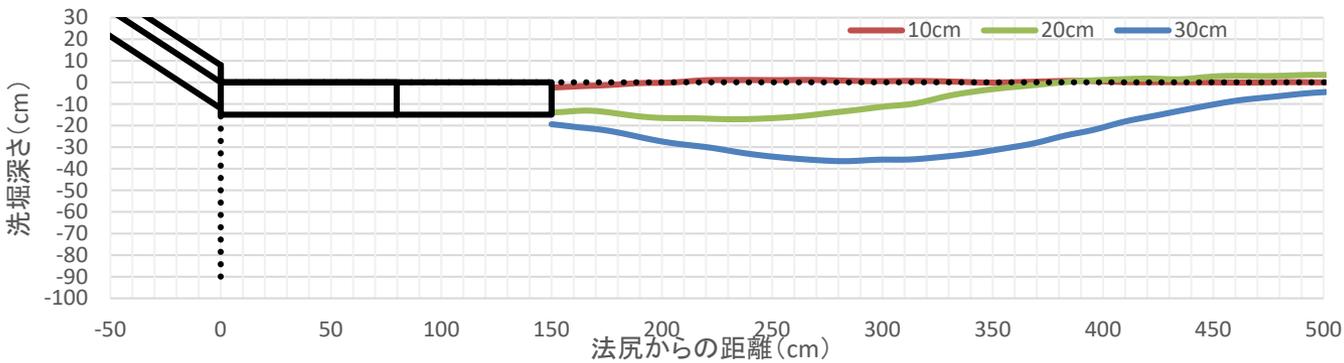
	最大洗堀深	同左法尻からの距離	基礎工前面洗堀深
条件③（越流水深30cm）	45cm	180cm	2.2cm
条件④（越流水深30cm）	24cm	252cm	12cm

まとめ（その5）平場ブロックの突起の効果（条件④と⑤の比較）

条件④



条件⑤

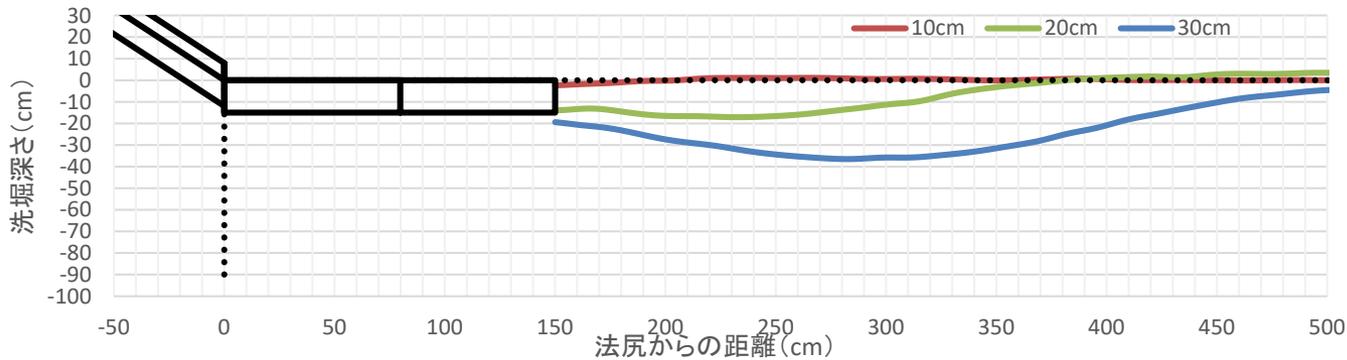


・平場ブロックは、越流水深20cm以上の条件で突起があるほうが最大洗堀深が小さくなることから、洗堀抑制効果は高かった。

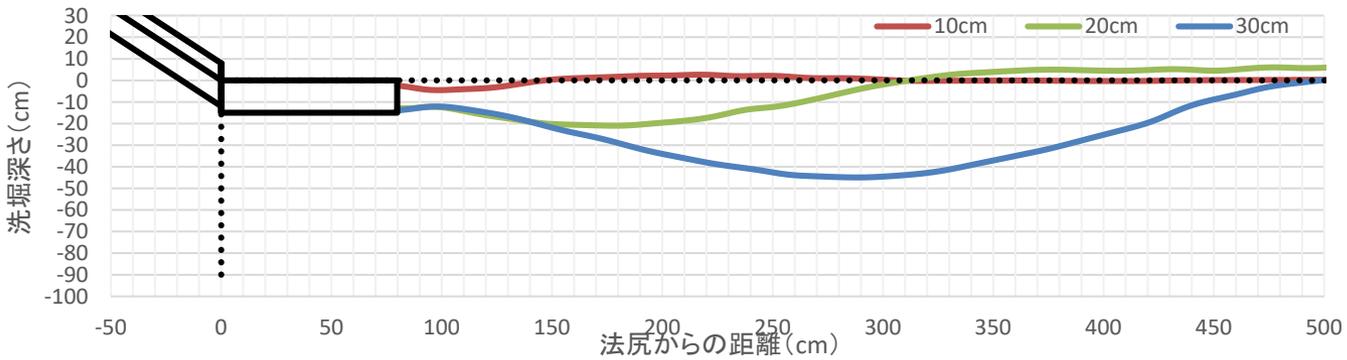
	最大洗堀深	同左法尻からの距離	基礎工前面洗堀深
条件④（越流水深30cm）	24cm	252cm	12cm
条件⑤（越流水深30cm）	37cm	288cm	19cm

まとめ（その6）平場部長さの効果（条件⑤と⑤’の比較）

条件⑤



条件⑤’



・平場部の長さの影響は、長いほうが最大洗堀深が小さくなることから、洗堀抑制効果は高かった。

	最大洗堀深	同左法尻からの距離	基礎工前面洗堀深
条件⑤（越流水深30cm）	37cm	288cm	19cm
条件⑤’（越流水深30cm）	45cm	290cm	14cm

総括

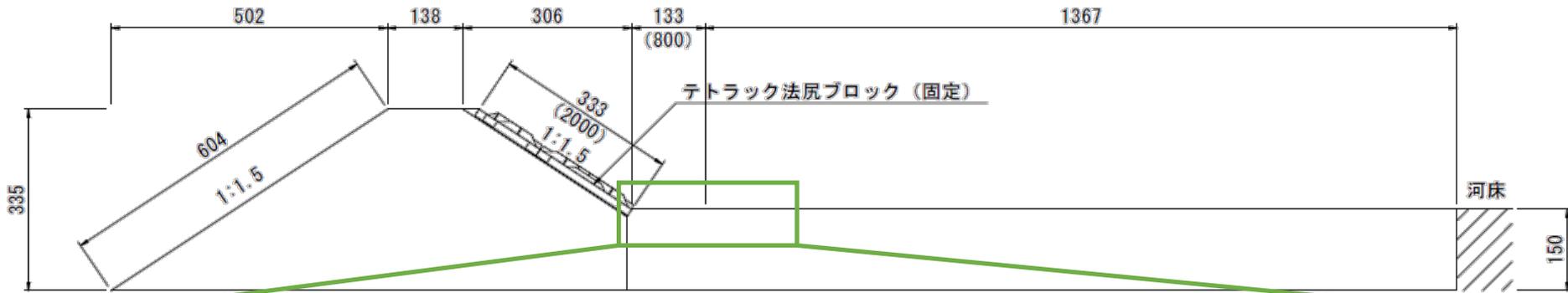
- テトラック法尻ブロックと国総研菱形及び矩形を比較すると
 - ・ 最大洗堀深は同程度、
 - ・ 基礎工前面の洗堀深はテトラック法尻ブロックが洗堀深は小さいテトラック法尻ブロックは、洗堀抑制効果が高いことが確認できた。
- 法尻ブロック表面凹凸により、洗堀抑制効果は高くなる。
- 連結凹部による洗堀抑制効果の差はなかった。
- 平場ありのほうが洗堀抑制効果は高く、その効果は、
平場部に突起がある
平場部が長いほど
高くなる。

今後

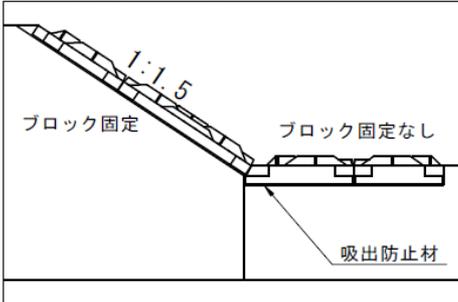
- 来年度、学会発表等を予定。

追加試験：平場部および基礎の変形状況確認試験

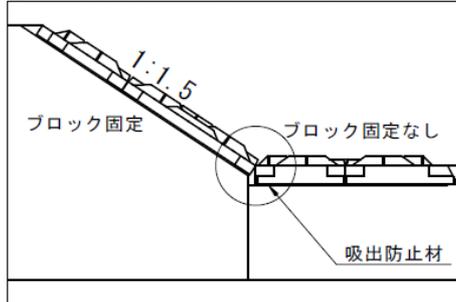
法尻部は以下の図のように固定し、平場部は吸い出し防止材上にコンクリート単体模型を設置し自重のみで確認試験を行った。



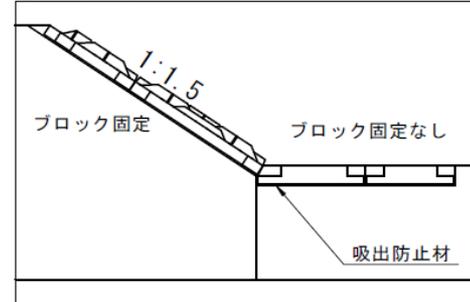
①法尻部隙間なし、平場1.5m突起あり



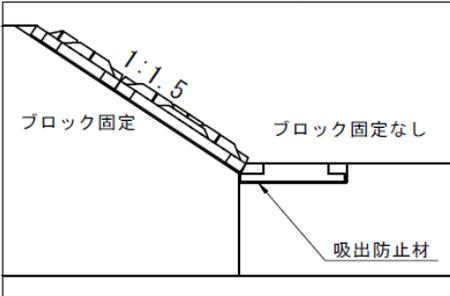
②法尻部隙間あり、平場1.5m突起あり



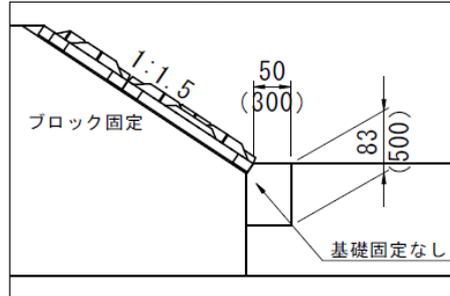
③法尻部隙間なし、平場1.5m突起なし



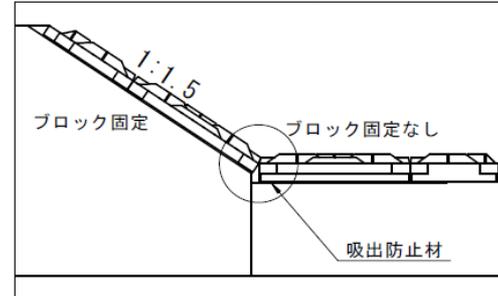
④法尻部隙間なし、平場0.8m突起なし



⑤法尻部隙間なし、基礎ブロックH0.5m

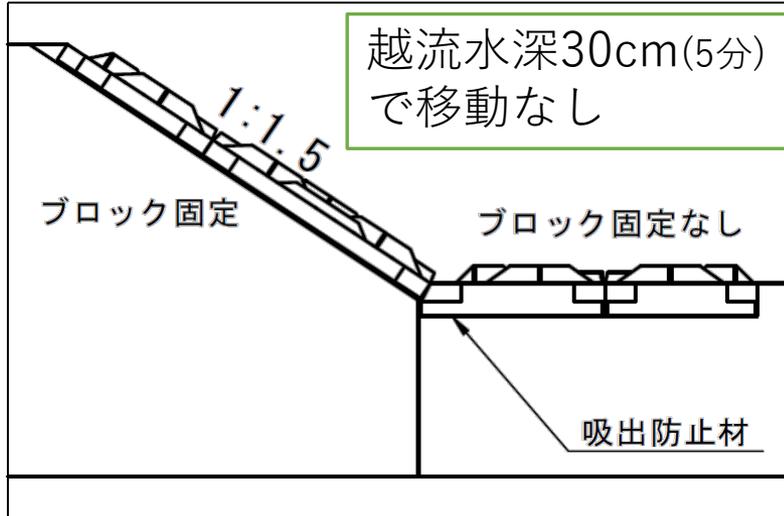


⑥法尻部隙間あり、平場1.9m突起あり

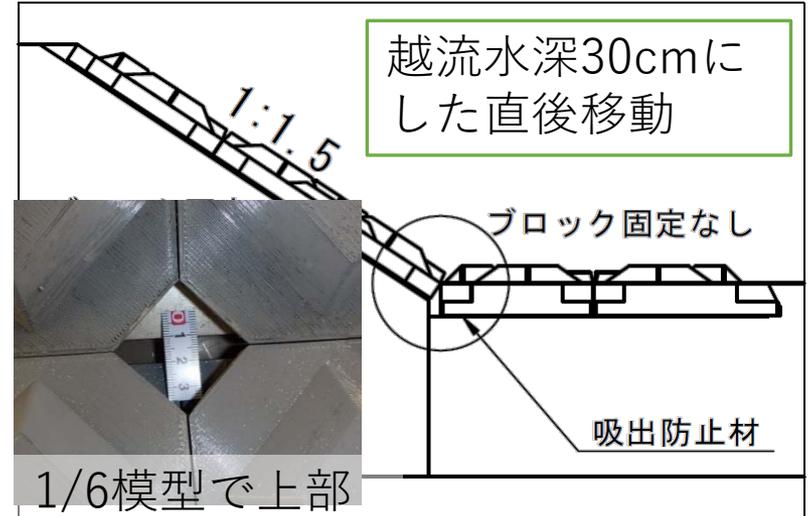


試験条件と結果概要

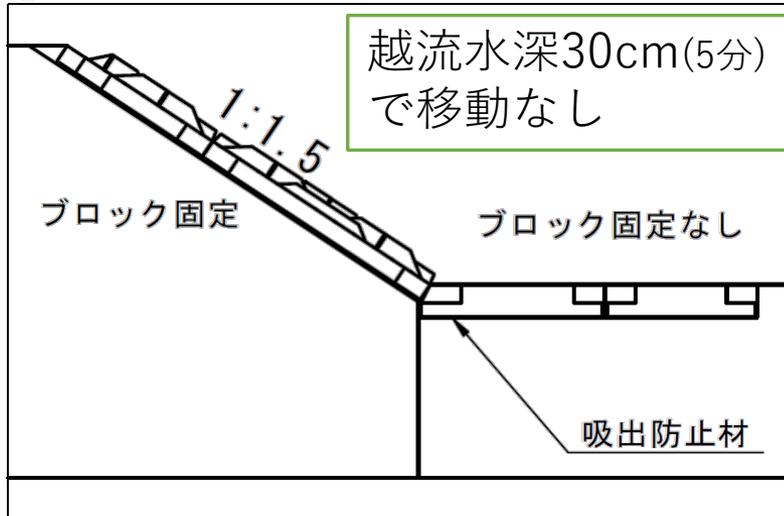
①法尻部隙間なし、平場1.5m突起あり



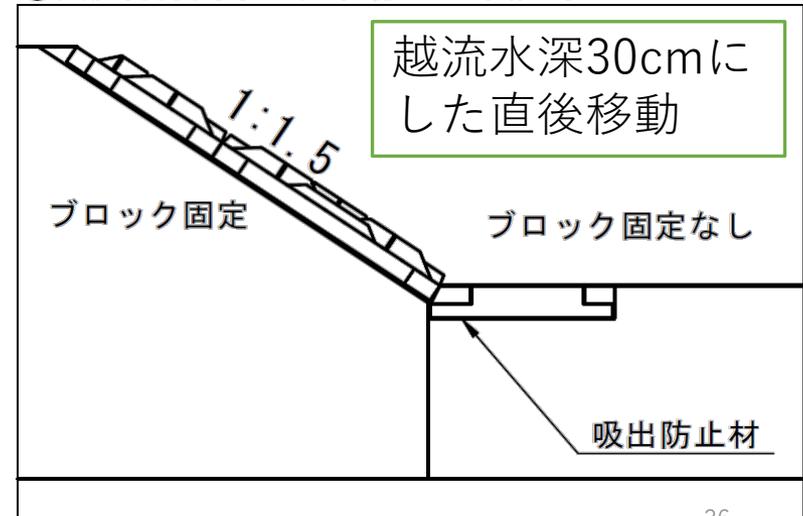
②法尻部隙間あり、平場1.5m突起あり



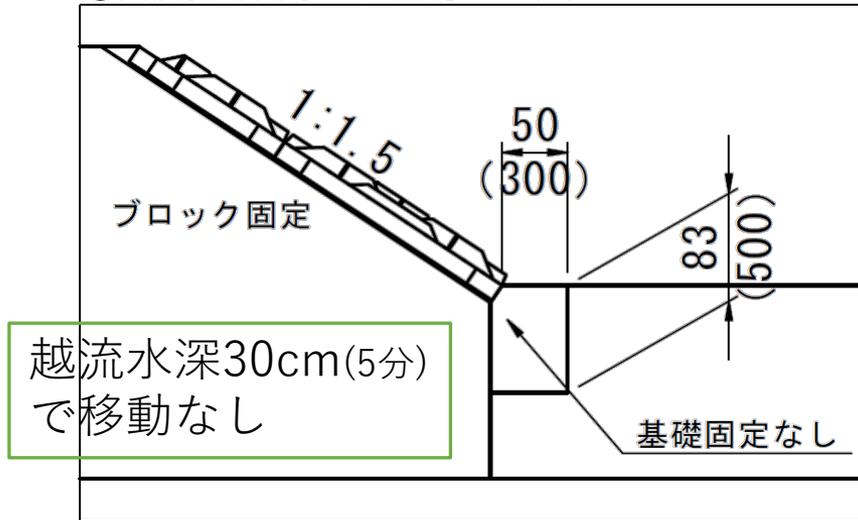
③法尻部隙間なし、平場1.5m突起なし



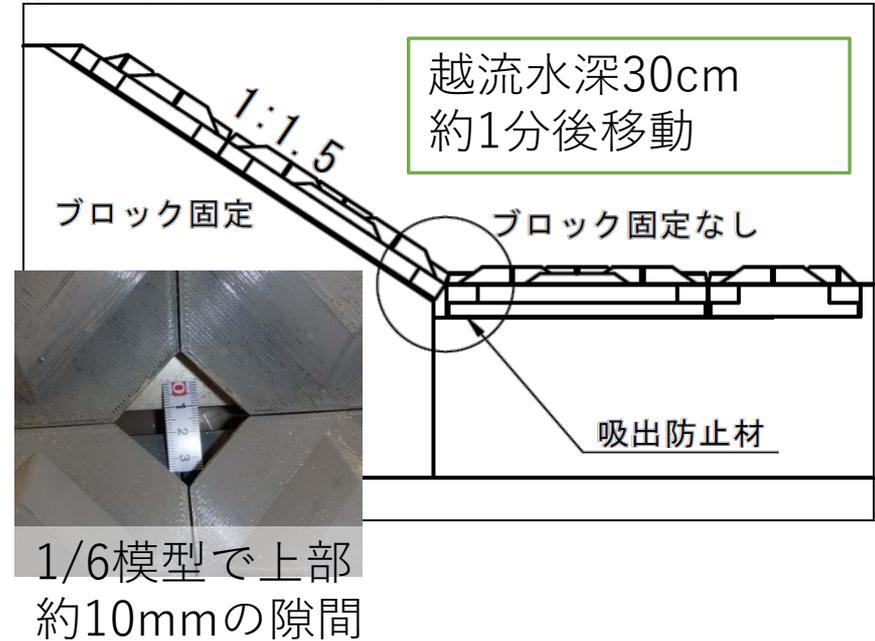
④法尻部隙間なし、平場0.8m突起なし



⑤法尻部隙間なし、基礎ブロックH0.5m



⑥法尻部隙間あり、平場1.9m突起あり



変形状況確認試験まとめ

- 製品連結を行わない場合でも、法尻部隙間をなくし、平場部を1.5m設置することにより、越流水深30cmでも、流されることはなかった。
- 基礎ブロックH0.5mは、越流水深30cmにおいても流されることはなかった。
- 法尻部隙間あり、なしで流れに対する抵抗性は違うことが確認できた。

【参考資料】

国土技術政策総合研究所資料
越水による決壊までの時間を少しでも引き延ばす
河川堤防天端・のり尻の構造上の工夫に関する検討（40頁抜粋）

(2) 平場覆工（ブロック）の安定性【平場ブロック下面の吸い出し防止】

のり面から平場に一体的に接続ブロックを敷設する場合、ブロック接合部の位置をのり尻に合わせて接続ブロックを折り曲げるのが一般的である。そのため、今回の実験では折り曲げた部分において隙間が開いた。隙間を簡易的に木材でふさいだが、のり覆工（ブロック）背後からの排水を考慮して、完全に止水しなかった。

吸い出しによって平場ブロック下面に空隙が生じた。空隙内を直接計測できなかったが、のり尻際の平場ブロック下にあらかじめ埋め込んでおいた球体マーカー（隙間より大きい）が、通水中に流送されてきたことから、空隙はのり尻まで繋がっていたと推察される。

一方、のり尻部は、のり面を流下してきた高流速の水衝部となる位置であり、周囲に比べて水圧が大きくなる。こうした水理条件と上記の吸い出し状況を合わせると、水衝部に位置するブロック隙間に高い水圧が作用したことが、ブロック下面の吸い出し、空隙形成を助長したことが懸念される。

そのため、のり尻に位置する接続ブロック折り曲げ部においてモルタルを充填するなど、ブロック間の隙間を塞ぐ止水を確実に行うことが、のり尻補強の効果を高める上で有効と考えられる。