

テトラック法尻ブロック洗掘抑制効果に関する河床洗掘抑制効果

愛媛大学大学院理工学研究科 正会員 門田章宏
株式会社 総合開発 正会員 葛西博文

1. はじめに

現在の日本では、堤防によって国土、地域、都市が防御されている。しかし、洪水などの災害によって堤防が決壊し、多大な被害が生じる。最近での被害では、2015年9月関東・東北豪雨によって、国管理の5河川と都道府県管理の80河川で堤防の決壊、越水や漏水、溢水、堤防法面の欠損・崩落などが発生し、負傷者が出た。この災害を踏まえ、施設能力を上回る洪水時の氾濫による被害リスク及び被害軽減を考慮することが課題となっている。

そこで本研究では、これらの課題の対策として、図-1に示すテトラック法尻ブロックを用いた洗掘抑制効果を検討する。テトラック法尻ブロックとは、4タイプの法尻ブロックとプレキャスト基礎により用地境界に対する断面に対応することができ、堤防裏法尻の補強に用いられる法尻ブロックである。このブロック

により、越水した場合には深掘れの進行を遅らせ、決壊までの時間を少しでも引き延ばす。本研究では、テトラック法尻ブロックの形状及び平場部の有無による越流水に対する洗掘抑制効果を確認するため水理模型実験を実施する。

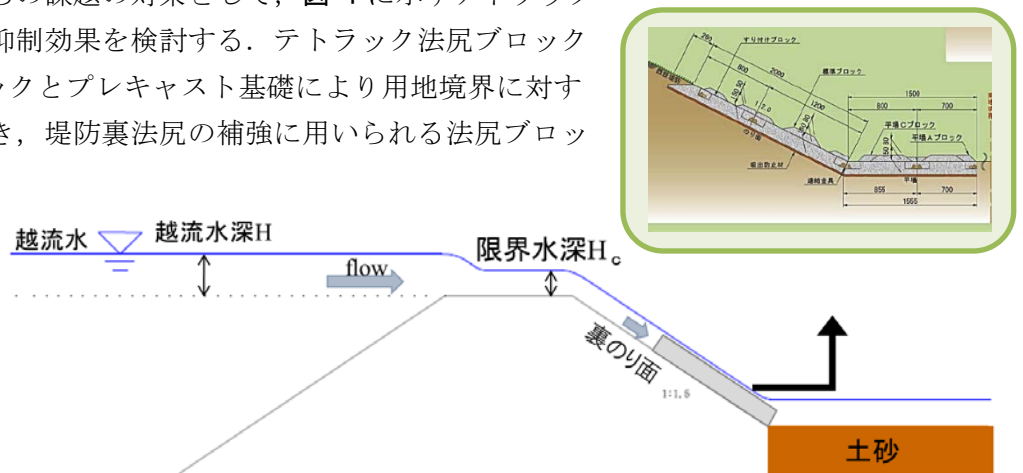


図-1 テトラック法尻ブロック及び設置位置

2. 実験方法

本研究では、水路幅 0.4m、高さ 0.4m、長さ 10m程度の水路に図-2に示すアクリルで制作した堤体模型およびその前面に土砂として珪砂を用いる。実験条件は、縮尺 1/6、堤防模型の法面勾配 1:1.5とし、越流水深を原寸 10 cm、20cm、30cmの3段階に分け、各試験条件で法面を設置する。河床の三次元形状を再現できるレーザー変位計を用いて、堤体から越水させ珪砂の洗掘状態の比較試験を行う。また、高速度・高解像度カメラによる流れの可視化実験を用いて、平面二次元流れ、河床変動状況を計測・撮影し、これらの計測結果による河床変動減少を検証する。



図-2 アクリル堤体模型



図-3 実験水路

3. 解析概要・結果

各試験条件で画像処理ソフト MATLAB を用いて、河床変動の解析を行う。ブロックの凹凸、平場の有無や長さによる洗掘の変化について解析により検証する。越流水深 20cm の河床変動の解析結果を以下の図に示す。

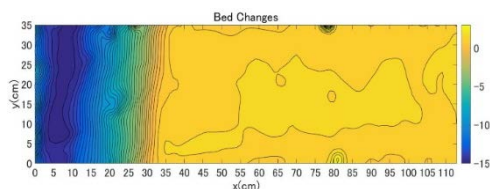


図-4 対策なし芝 30mm (法面部人工芝 5mm)

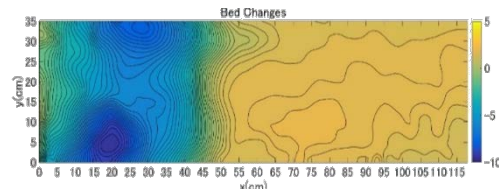


図-5 平板型 (2000mm) + 基礎工 (300mm)

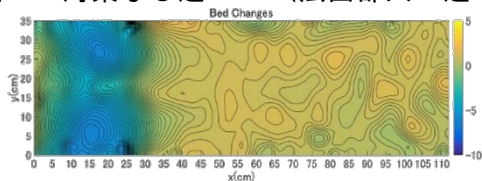


図-6 テトラック法尻ブロック (2000mm)
+ 基礎工 (300mm)

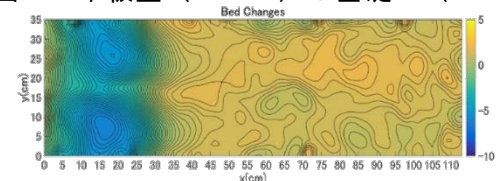


図-7 テトラック法尻ブロック (2000mm)
凹部なし + 基礎工 (300mm)

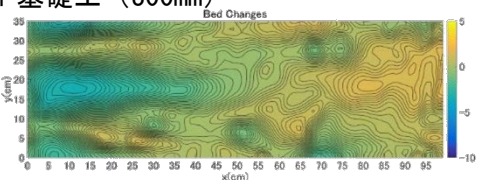


図-8 テトラック法尻ブロック (2000mm)
+ 平場 (1500mm) 突起あり

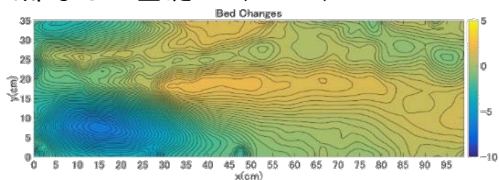


図-9 テトラック法尻ブロック (2000mm)
+ 平場 (1500mm) 突起なし

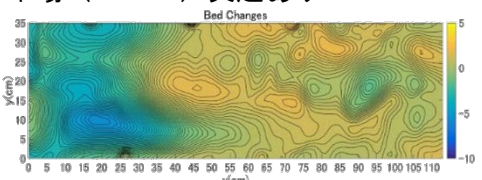


図-10 テトラック法尻ブロック (2000mm)
+ 平場 (800mm) 突起なし

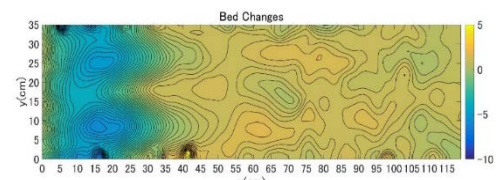


図-11 ダイヤカット (2000mm)
+ 基礎工 (300mm)

今回の解析結果から凹凸があることにより、最大洗掘深は小さくなり、また基礎工前面の洗掘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。平場ありのほうが洗掘抑制効果は高く、越流水深 30cm の条件でも最大洗掘深は 24cm であった。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掘深が小さくなることから、洗掘抑制効果は高いことが明らかになった。

4. まとめ

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、最大洗掘度は同程度であり、基礎工前面の洗掘深が小さくなることから、洗掘抑制効果は高いことが確認できた。法尻ブロックの表面凹凸により、洗掘抑制効果は高くなる。連結凹部による洗掘抑制効果の差はなかった。また、平場有りの方が洗掘抑制効果は高く、その効果は平場部に突起があり、平場が長いほど高くなる。

参考文献

吉川勝秀ら：河川堤防学新しい河川工学，技報堂出版株式会社，2008

河床変動及び流れの可視化による法尻ブロックの洗堀抑制効果について

株式会社 総合開発 正会員 ○葛西 博文
 愛媛大学大学院 正会員 門田 章宏 愛媛大学 武智 悠太
 P.E.C.協会 事務局 小田島 勉

1. 目的

近年、異常気象に伴う集中豪雨や洪水により越水し、堤防決壊が発生している。2015年9月には関東・東北豪雨によって、国管理の5河川と都道府県管理の80河川で堤防の決壊、越水や漏水、溢水、堤防法面の欠損・崩落などが発生した。この災害を踏まえ、施設能力を上回る洪水時の氾濫による被害リスク及び被害軽減を考慮することが課題となっている。越水発生から決壊に至る間での越水による堤体の浸食・崩壊を遅らせるためには、堤防の天端をアスファルト舗装するとともに、法面、法肩、法尻などの堤体の表面を被覆することや裏法尻に洗堀防止のための保護工を設けることなどがあげられる。

そこで本研究では、越水した場合に深掘れの進行を遅らせ、決壊までの時間を少しでも引き延ばすことを目的とした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した。

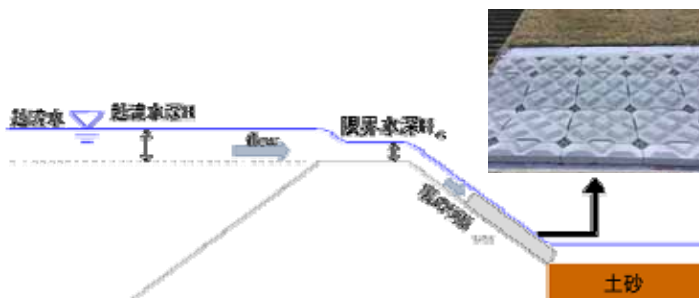


図-1 法尻ブロック設置位置

2. 実験概要

本研究では、水路幅 0.4m、高さ 0.4m、長さ 10m程度の水路にアクリルで制作した堤体模型およびその前面に土砂として 6号珪砂を用いた。実験条件は、縮尺 1/6、堤防模型の法面勾配 1:1.5 とし、表-1 の試験条件で法尻ブロックを製作し、写真-1 のように設置した。越流水深は、原寸 10 cm, 20cm, 30cm の3段階に分け実験を行った。

表-1 法尻ブロック各条件

	裏法面部設置ブロック及び平場部
条件①	対策なし芝30mm(法面部人工芝5mm)
条件②	平板型(2000mm)+基礎工(300mm)
条件③	テトラック法尻ブロック(2000mm)+基礎工(300mm)
条件③'	テトラック法尻ブロック(2000mm)凹部なし+基礎工(300mm)
条件④	テトラック法尻ブロック(2000mm)+平場(1500mm)突起あり
条件⑤	テトラック法尻ブロック(2000mm)+平場(1500mm)突起なし
条件⑤'	テトラック法尻ブロック(2000mm)+平場(800mm)突起なし
条件⑥	菱形形状ブロック(2000mm)+基礎工(300mm)

2.1 河床変動

10分間通水後、河床変動を計測する。河床の計測は、3台のレーザー変位計(KEYEMCE CMOS レーザーアプリセンサーIL2000, IL600, 写真 4-1-12)を用い、x, y座標とその地点の河床高zを計測する。計測データをキュービック補完法により補完し、補完データにより河床コンター図を作成する。これより水路の中心を軸に左右5cmごとの計7測線の洗堀深さを平均し、各条件について越流水深別洗堀抑制効果の比較を行った。



写真-1 条件⑤模型設置状況

2.2 流れの可視化

通水開始から流れが安定した10分後に水路上面よりレーザー光源(DPSS Green Laser GL-800mW)をスリット光源として用い、水路横方向から基礎工および平場部を高速CCDカメラ(DETECT HAS-L2)で撮影を行い、画像処理により流速分布の定量評価を行った。

キーワード 法尻ブロック, 河床変動, 可視化, 決壊, 洗堀抑制効果

連絡先 〒768-0065 香川県観音寺市瀬戸町2丁目14番16号 株式会社総合開発 開発営業部 TEL0875-25-5511

3. 実験結果および考察

3.1 河床変動

10 分間通水後の河床変動図を図-2 に、またその図の中心を軸に左右 5cm ごとの計 7 側線の洗堀深さの平均を図-3 に示す。越流水深が大きくなるにつれて最大洗堀深の位置は下流側に移動し、洗堀深は大きくなる傾向であった。

表-2 に各条件と基礎工前面及び最大洗堀深さを示す。条件②と③を比較すると基礎工により水流が跳ね上がるような流れになり下流側が大きく

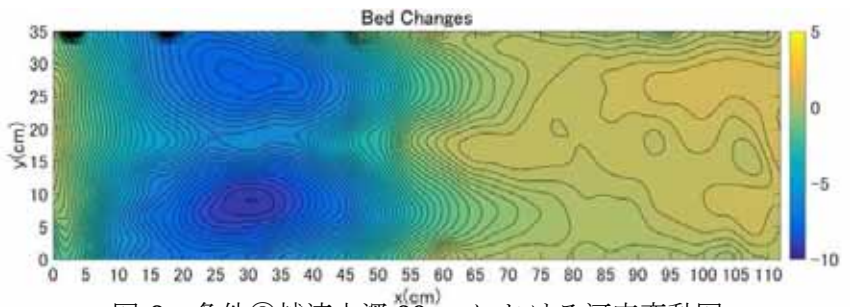


図-2 条件③越流水深 30cm における河床変動図

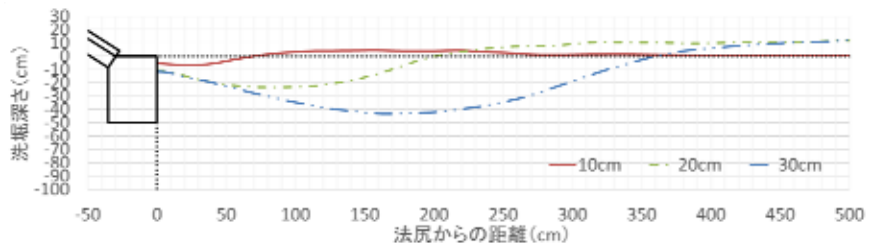


図-3 条件③平均洗堀深 (実スケール相当)

洗堀し、最大洗堀深が小さくなることから法尻ブロックの凹凸模様の効果により洗堀抑制効果は高くなったと考えられる。条件③と④を比較すると最大洗堀深は 20cm 以上の差があることから平場ありの洗堀抑制効果が高いことが確認できた。これは法尻ブロックを流下してきた流れが平場部で減速しながら水平方向の流れに変わってきたためと考えられる。また条件④, ⑤, ⑤' より平場部が長く、突起があるほうが洗堀抑制効果は高いことが示唆された。条件③と⑥を比較すると最大洗堀深はほぼ同様であるが基礎工前面の洗堀深に違いがみられた。これは法尻ブロックの突起模様の違いが影響していると考えられる。

表-2 越流水深 30cm における各条件洗堀深さ (実スケール相当) ※洗堀深 90cm は水理模型の限界値

	条件①	条件②	条件③	条件③'	条件④	条件⑤	条件⑤'	条件⑥
基礎工前面洗堀深	90cm [*]	14cm	2.2cm	5.8cm	12cm	19cm	45cm	15cm
最大洗堀深	90cm [*]	66cm	45cm	46cm	24cm	37cm	14cm	46cm
同上法尻からの距離	180m	240cm	180cm	168cm	252cm	288cm	290cm	150cm

3.2 流れの可視化

越流水深 30cm における平均流速分布を図-4 に示す。平場部ブロック上部に着目すると、流速が小さくなっていることからブロック表面の突起による効果が確認できた。

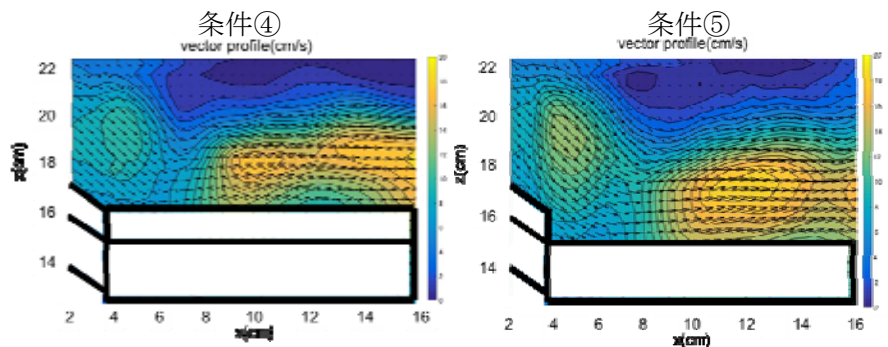


図-4 平均流速分布 (越流水深 30cm)

4. 結論

法尻ブロックの表面に突起があるブロックを設置することにより、

流速が減速され洗堀抑制効果が高いことが確認できた。また平場ブロックを設置することにより、洗堀抑制効果は高くなり、また法尻ブロックと同様に平場部に設置したブロックも突起があるほうがその効果は高くなることが確認できた。法尻ブロックの模様の違いによる洗堀抑制効果は基礎工前面付近の洗堀深に違いが出た。突起模様のある法尻ブロックと平場ブロックを設置することに洗堀抑制効果は高くなり、堤防決壊の時間を少しでも引き延ばすことに有効であることが示唆された。

参考文献

- ・吉川勝秀ら：河川堤防学新しい河川工学，技報堂出版株式会社，2008.
- ・服部 敦，森 啓年，笹岡 信吾：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，国土技術政策総合研究所資料，2016.

テトラック法尻ブロックを用いた洗掘抑制効果に関する実験的研究

門田 章宏¹・葛西 博文²・小田島 勉³・

¹正会員 愛媛大学准教授 理工学研究科生産環境学専攻 (〒790-8577 愛媛県松山市文京町 3)
E-mail: akado@cee.ehime-u.ac.jp

²正会員 株式会社 総合開発 (〒768-0065 香川県観音寺市瀬戸町 2-17-15)
E-mail: kassai@kaihatsu-c.co.jp

³非会員 P. E. C. 協会 (〒816-0922 福岡県大野城市山田 4 丁目 2 番 25 号)

近年、2015年9月の関東・東北豪雨等、異常気象に伴う集中豪雨や洪水により越水し、様々な堤防決壊が発生している。この災害を踏まえ、施設能力を上回る洪水時の氾濫による被害リスク及び被害軽減を考慮することが課題となっている。越水発生から決壊に至る間での越水による堤体の浸食・崩壊を遅らせるためには、堤防の天端をアスファルト舗装するとともに、法面、法肩、法尻などの堤体の表面を被覆することや裏法尻に洗掘防止のための保護工を設けることなどがあげられる。そこで本研究では、越水した場合に深掘れの進行を遅らせ、決壊までの時間を少しでも引き延ばすことを目的とした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掘抑制効果を河床変動により検討を行った。

Key Words: *experiment for riverbed change, bank rip, toe of slope at a river back side*

1. はじめに

近年、異常気象に伴う集中豪雨や洪水により越水し、堤防決壊が発生している。越水による堤防決壊は、重要度に対して効果的な対策の検討ができていないため、今後も集中豪雨などによる堤防越水は多発する可能性があると考えられる。このことから施設能力を上回る洪水時の氾濫による被害リスク及び被害軽減を考慮することが課題となっている。越水を主原因とするような堤防決壊を防ぐためには、次のような対策を考えておく必要がある。堤体の断面積を大きくする。裏法面の耐浸食性を強化する。裏法尻に盛土を設け、裏法尻と天端の高低差を小さくする。裏法尻に洗掘防止のための保護工を設ける。越水による洗掘を防止するため、堤防の天端をアスファルト舗装するとともに、法面、法肩、法尻などの堤体の表面を被覆する。堤体の湿潤化による強度の低下を防ぐため、漏水対策を行う。本研究では、これらの対策の中で、裏法尻に洗掘防止のための保護工を設けることに着目し、越水などが発生した場合においても決壊までの時間を少しでも引き延ばすためにテトラック法尻ブロック(写真-1)を用いた洗掘抑制効果検証を目的とする。

河川堤防の破堤の原因の大半は越水によるものであるが、治水計画上は河川堤防の越水は考慮されないものであり、河川堤防の越水に関する研究数は多くはない。



写真-1 テトラック法尻ブロック施工例

しかし、近年の豪雨による災害を受け、越流破堤に関する調査・研究も重ねられつつある。

服部(2016)¹⁾らは越水的作用を主因とする決壊が発生するまでの時間を少しでも引き延ばすための、河川堤防の天端・法尻の汎用的な資材・施工法による強化法について、実大水理模型実験や水理解析等により、検討を行った。また與田(2014)²⁾は、耐越水堤防の開発に向けて、従来行われてきた堤防強化についての研究成果を踏まえ、小型堤防模型による堤防越水実験を実施し、非粘着性土質堤防を対象とした越流侵食モデルの構築を行うことにより、堤防の越水に対して、より効果を有する強化方策に向けての新たな知見の収集・蓄積を行った。また船木(2016)³⁾らは、実物大の堤防を越水破堤させ、破堤箇所よ



写真-2 (棒形)



写真-3 (菱形)



写真-4 (矩形)



写真-5 (階段)



写真-6 (菱形)実物



写真-7 (矩形)



写真-8 (棒形) 実物

り下流側の堤防上にあらかじめ設置したブロックによる破堤幅の抑制効果の検証を行っている。吉森(2015)⁹からは、堤防裏法尻部の洗掘現象の基本特性を把握し、洗掘対策工の配置条件が洗掘特性や堤防の耐越流浸食性に及ぼす影響の検討を行っている。本研究では、越水した場合に深掘れの進行を遅らせ、決壊までの時間を少しでも引き延ばすことを目的としたテトラック法尻ブロックの形状及び平場部の有無による越流水に対する洗掘抑制効果を確認するため、水理模型実験を実施する。テトラック法尻ブロックとは、表面に高さの違う菱形突起を有した、堤防裏法尻の補強に用いられる法尻ブロックである。各試験条件での河床変動実験を実施し、洗掘抑制効果に関する違いの比較試験を行う。河床変動実験においては、河床の計測に三次元形状を再現できるレーザー変位計を用いて通水前と通水後の河床を計測し、河床変動傾向を考察する。これらの結果に基づき、テトラック法尻ブロックの洗掘抑制効果を検証する。

2. 法尻ブロック洗掘抑制効果の検証

(1) 越水に対する実験的検討

本研究では、越水した場合に深掘れの進行を遅らせ、決壊までの時間を少しでも引き延ばすことを目的としたテトラック法尻ブロックの形状及び平場部の有無による越流水

に対する洗掘抑制効果を確認するため、水理模型実験を実施する。テトラック法尻ブロックとは、4タイプの法尻ブロックとプレキャスト基礎により用地境界に対する断面に対応することができ、堤防裏法尻の補強に用いられる法尻ブロックである。各試験条件での河床変動実験及び流れの可視化を実施し、河床変動や流れの違いの比較試験を行う。河床変動実験においては、河床の計測に三次元形状を再現できるレーザー変位計を用いて通水前と通水後の河床を計測し、河床変動傾向を考察する。

(2) 堤防裏法尻の補強

国土技術政策総合研究所による法尻の工夫に関する検討⁹では、棒形(写真-2)、菱形(写真-3)、矩形(写真-4)、階段(写真-5)、菱形(写真-6)、矩形(写真-7)、棒形(写真-8)の各条件で試験を行っている。模型試験では、粗度高さを変えて試験を行った。試験結果より、棒形(模型)の粗度高さ100mmの条件を除く全ての条件で洗掘抑制効果があることが明らかになっている。効果の大小においては、棒形(模型)の粗度高さ50mm、菱形(実物)密配置、矩形(実物)、棒形(実物)の条件では効果が高いことが明らかになっている。また、粗度高さが大きくなるに伴って洗掘深が大きくなる結果を得た。

このような研究から裏法尻部にブロックを設置することで、洗掘抑制効果があることが明らかであり、これらの研究に基づいた本研究で提案する新たなテトラック法尻ブロックを設置し、形状及び平場部の有無や長さによる越流水に対する洗掘抑制効果の検証を行う。

3. テトラック法尻ブロック洗掘抑制効果の検証

(1) 河床変動実験

本実験では、水路幅0.4m、高さ0.4m、長さ10m程度



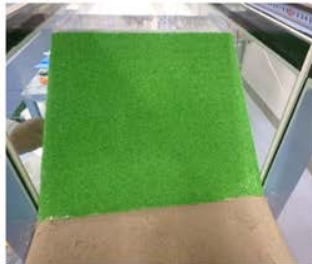
写真-10 直線型水路



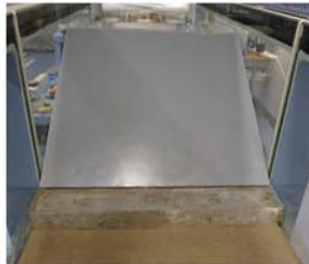
写真-11 堤体模型



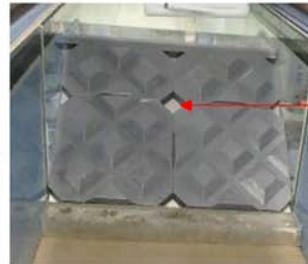
写真-12 ポイントゲージ



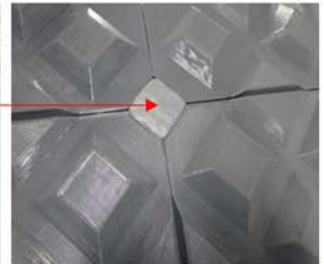
条件①:対策なし30mm
(法面部人工芝5mm)



条件②:平板型(2000mm)
+基礎工(300mm)



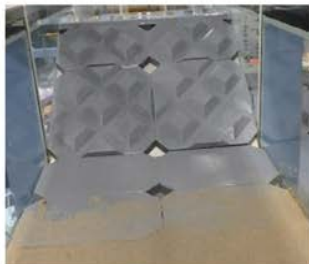
条件③-1:テトラック法尻ブロック
(2000mm)+基礎工(300mm)



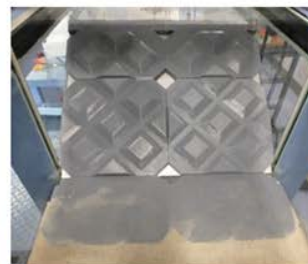
条件③-2:テトラック法尻ブロック
凹部なし+基礎工(300mm)



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



条件⑤-1:テトラック法尻ブロック
(2000mm)+平場(1500mm)
突起なし



条件⑤-2:テトラック法尻ブロック
(2000mm)+平場(800mm)
突起なし



条件⑥:菱形形状ブロック
基礎工(300mm)

写真-13 試験条件

からなる直線型水路(写真-10)を用いる。アクリルで制作した堤体模型(写真-11)およびその前面に土砂として6号珪砂(平均粒径0.3mm)を敷き詰める。実験条件を縮尺1/6、堤防模型の法面勾配1:1.5とし、越流水深を原寸10cm, 20cm, 30cmを元にフルードの相似則より、1:1/6であるから、ポイントゲージ(写真-12)を用いて模型水深を1.7cm, 3.3cm, 5.0cmの3段階に分け、各試験条件でアクリル堤体模型の法面及び平場にブロックを設置する。試験条件をまとめたものを写真-13に示す。

実験水路に上流より越流水深3段階(10, 20, 30cm)に分け、10分間通水し通水前と通水後の河床変動を計測する。河床の計測は、3台のレーザー変位計(KEYENCE CMOSレーザーアプリアセンサ-IL2000,IL600, 写真-14)を用いx, y座標とその地点の河床高zを計測する。x, y方向にはそれぞれ基準面を設置している。写真-15はテトラ法尻ブロック設置後と実験状況を示している。河床高の計測にあたり3台のレーザー変位計が実験河床上を

自由に移動できるフレームを組み立て、レーザー変位計を手動で動かして、実験河床上から値の計測を行う。毎秒20点計測されたx座標, y座標, z座標は計測後、Excelにその値を保存する。



写真-14 レーザー変位計

この Excel に保存された計測データを MATLAB のキュービック補完法により補完し、補完データにより河床変動図を作成する。本研究では、局所洗掘の発達段階における法尻補強の効果について、本実験によって検討している。したがって、効果が十分に発揮された越流水深に対しても、本研究の実験に比べてさらに長時間継続して通水した場合には、法尻補強工の被災が生じる。このことから、今回の法尻補強は最終的には決壊に至ることを前提としている。

2) 河床実験結果及び考察

河床変動実験結果より水路の中心を軸に左右 5cm ごとの計7本の洗掘深さを平均し、各条件の越流水深別洗

掘深さ **図 1 (a~h)** に示す。これらの河床変動の傾向として、基礎工及び平場の前面で洗掘が生じ始め、洗掘孔が形成される。洗掘が進行するにつれ、土砂の上流側での下降流に伴う逆流渦が発達し洗掘が進行し、越流水深によって最大洗掘深は洗掘箇所の下流側に生じる。その後、引き続き洗掘は土砂の下流側で主に発生し、その後洗掘が安定し洗掘孔が形成される。本実験で洗掘深が大きくなり洗掘孔が大きくなることが明らかになった。これらの要因として流速が減速したことで洗掘抑制効果が推測される。また条件3は基礎工から離れた部分に流速の速い箇所があることで基礎工前面の洗掘深が小さくなることに影響していると考えられる。



写真-15 テトラ法尻ブロック設置後および実験時の状況(テトラ法尻ブロック設置・流水時)

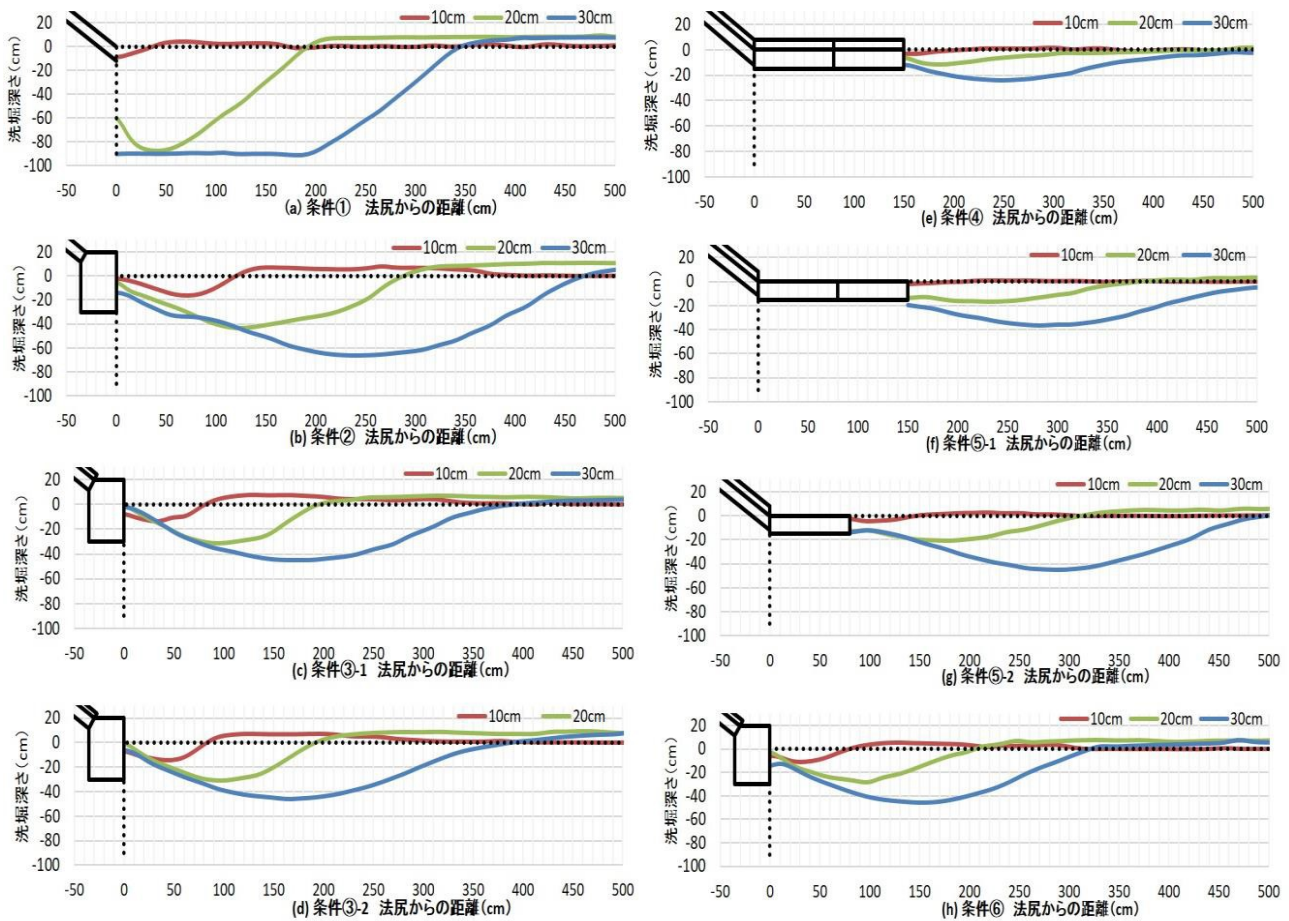


図-1 堤体模型各条件の越流水深別洗掘深

条件①と③と国総研の研究を比較し、国総研のデータと対比することで、テトラック法尻ブロックの洗掘抑制効果を検証する。図2～図4は国総研と本研究で提案するテトラック法尻ブロックを比較した図である。図2より、越流水深10cmにおいて、対策なしを含むすべての条件で最大洗掘深30cmを超えることはなかった。図3および図4より、越流水深20cm、30cmでの対策なし(本実験、国総研とも)では、越流水深20cmにおいて法面部で39cm以上、越流水深30cmにおいて法面部で68cm以上洗掘された。テトラック法尻ブロックと国総研菱形及び矩形ブロックを比較すると、最大洗掘深は同程度であり、基礎工前面の洗掘深では、テトラック法尻ブロックの洗掘深が小さくなったことが明らかになった。越流水深20cm、30cmともに同様の傾向であったことから、テトラック法尻ブロックの洗掘抑制効果が高いことが確認できた。

図-1の条件②と③を比較し、凹凸の効果を検証する。越流水深10cmにおいて、両条件ともに、最大洗掘深20cmを超えることはなかった。越流水深20cmにおいて、最大洗掘深の差が10cm以上あり、また洗掘長さが100cm近い長さの差があった。凹凸があることにより、越流水深30cmにおける最大洗掘深の差は、20cm以上あり、また基礎工前面の洗掘深も大幅に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。基礎工前面の洗掘深が小さくなることで、堤防決壊までの時間を引き延ばすことができる。

図-1の条件③-1と③-2を比較し、テトラック法尻ブロックの連結凹部の効果を検証する。越流水深10cm、20cm、30cmにおいて、最大洗掘深及び基礎工前面の洗掘深ともに大きな差異はないことから、連結凹部による洗掘抑制効果の違いがないことが明らかになった。

図-1の条件③-1と④を比較し、平場の有無の効果を検証する。越流水深10cm、20cmにおいて、条件④の平場ありでは、小さな洗掘しか見られなかった。このことから、平場ありの方が、最大洗掘深が大幅に小さくなることになった。越流水深30cmにおいては、最大洗掘深は24cmと20cm以上の差があり、また基礎工前面の洗掘深は10cm以上の差があることから、平場ありの洗掘抑制効果が高いことが確認できた。

図-1の条件④と⑤-1を比較し、平場ブロックの突起の効果を検証する。越流水深10cmにおいて、両条件ともに大きな差異はなかった。越流水深30cmにおいて平場ブロックは突起がある方が、最大洗掘深が小さくなり、また基礎工前面の洗掘深も小さくなることから、洗掘抑制効果が高いことが確認できた。

図-1より、条件⑤-1と⑤-2を比較し、平場部長さの効果を検証する。越流水深10cm、20cmにおいて、両条件ともに大きな差異はなかった。越流水深30cmにおける最大洗掘深は、45cmで8cmの差があり、

また基礎工前面の洗掘深は14cmで5cmの差があることから、平場部の長さの影響は、長い方が最大洗掘深は小さくなり、洗掘抑制効果が高いことが明らかになった。

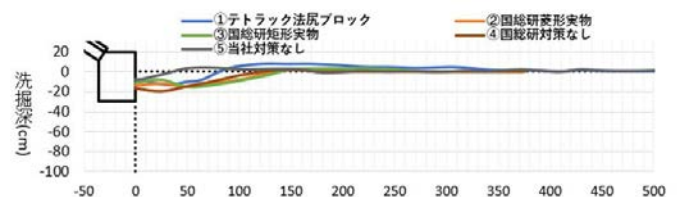


図2 国総研データと洗掘深比較 (越流水深10cm)

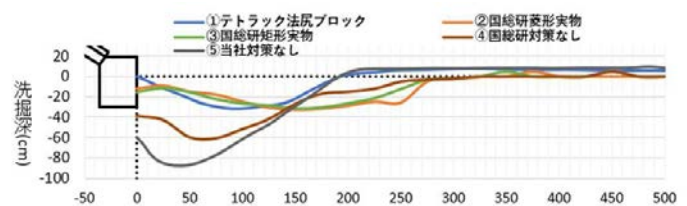


図3 国総研データと洗掘深比較 (越流水深20cm)

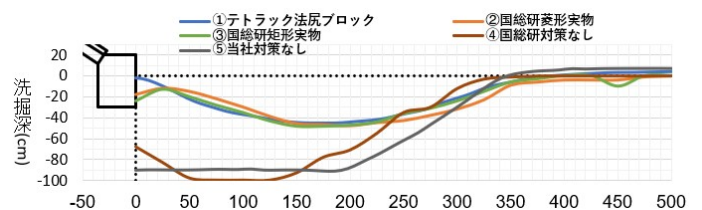


図4 国総研データと洗掘深比較 (越流水深30cm)

図-1より、条件③-1と⑥を比較し、テトラック法尻ブロックと菱形形状ブロックを対比する。越流水深10cm、20cm、30cmにおいて、最大洗掘深はほぼ同程度であり、基礎工前面近傍の洗掘深はテトラック法尻ブロックの方が小さくなることから洗掘抑制効果が高いことが確認できた。

従って、表面凹凸により洗掘深は小さくなり、突起がある平場ブロックにより洗掘深はさらに小さくなった。また、平場ブロックが長くなると洗掘深は小さくなることから、テトラック法尻ブロックの洗掘抑制効果は高く、突起がある平場ブロックが長いほどその効果は高くなることが明らかになった。これらの結果から、法面部にテトラック法尻ブロックを用い、平場部に長さがあり、突起のある平場ブロックを設置した条件④が最も洗掘抑制効果が高く、堤防決壊の時間を少しでも引き延ばすことには有効であると考えられる。また、平場ブロックを設置する敷地がない場合やコスト面を考慮した場合は、テトラック法尻ブロック及び基礎工を設置することで、作成が容易で設置しやすい利点があり、洗掘抑制に効果的であると判断される。

4. おわりに

近年、異常気象に伴う集中豪雨や洪水で越水による堤防決壊が発生しており、今後も集中豪雨などによる堤防越水は多発する可能性があると考えられる。堤防越水が発生した場合においても、堤防決壊までの時間を少しでも引き延ばすために、堤防の改良を含めた洪水抑制対策の検討を行い、洗掘抑制効果を明らかにすることが今後必要とされる。本研究では、テトラック法尻ブロックの形状及び平場部の有無や長さによる越流水に対する洗掘抑制効果を確認することを目的とし裏法尻ブロックによる河床実験による検討を行った。この結果、テトラック法尻ブロックの表面凹凸により流速が減速され、洗掘深は小さくなり、突起がある平場ブロックにより洗掘深はさらに小さくなることが確認された。また、平場ブロックが長くなると洗掘深は小さくなることから、テトラック法尻ブロックの洗掘抑制効果は高く、突起がある平場ブロックが長いほどその効果は高くなることが明らかになった。全体的に流速分布の速い箇所が洗掘される傾向である効果があると判断される。

以上の結果から、法面部にテトラック法尻ブロックを用い、平場部に長さがあり、突起のある平場ブロックを設置すると、最も洗掘抑制効果が高く、堤防決壊の時間を少しでも引き延ばすことに有効であり、期待できると考えられる。また、平場ブロックを設置する敷地がない場合には、テトラック法尻ブロック及び基礎工を設置することで、洗掘抑制に効果的であると考えられる。今後の検討課題としてテトラ法尻ブロック周辺とその下流部における三次元流れの影響を検討し河床変動への影響を検討することが考えられる。

以上、堤防越水による河床変動の抑制効果を確認し、今後の検討課題としてテトラ法尻ブロック周辺とその下流部における三次元流れの影響を検討し河床変動への影響を検討することが考えられる。

- 参考文献
- 1) 與田敏昭：河川堤防の越流侵食のメカニズムに関する研究，京都大学学術情報リポジトリ，2014.
 - 2) 服部敦，森啓年，笹岡信吾：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，国土技術政策総合研究所資料，第 911 号，2016 本間仁，安芸皓一：物部水理学，pp.430-463，岩波書店，1962.
 - 3) 船木淳悟，柿沼孝治，飛田大輔：越水等による破堤の被害軽減技術に関する研究，国立研究開発法人土木研究所寒地土木研究所，寒地河川チーム，2016.
 - 4) 吉森佑介，倉上由貴，二瓶泰雄，森田麻友：堤防裏法尻部の洗掘現象の把握と対策工配置条件の基礎的検討，土木学会論文集 B2(海岸工学)，第 71 巻，No.2，pp.1117- pp.1122，2015.
 - 5) 国土交通省水管理・国土保全局：水防災意識社会構築ビジョン/mizubousaivision/index.html
<http://www.mlit.go.jp/river> 2015.
 - 6) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 IV 下部構造編，pp.110-119，1996.

(20185.30 受付)

EXPERIMENTAL STUDY FOR SCOURING EFFECT BY POROUS ECOLOGICAL CONCRETE

Akihiro KADOTA, Hirofumi KASSAI, Tutomu ODAJIMA

In recent years, overflowing due to torrential rain caused by abnormal weather and floods at Tohoku and around Tokyo area in September 2015. Due to the torrential rain, various river bank has breakdown.

Therefore, damage risk and damage mitigation due to flooding are important issue and damage mitigation must be considered. In order to delay the erosion and collapse process and surface of river bank must be protected by covering by protective work for scour prevention., experiment for riverbed changes are conducted and discussed for several surface types of riverbank for effect of reduction suppressing effect. As a result, scouring is smaller, and the scouring depth was reduced by the flat block with the protrusion. In addition, since the scouring depth decreases as the length of the flat block becomes longer, it is clear that Tetra block has higher effect that the flat block with protrusions is longer.

堤防越流時における越流水深と法尻ブロック質量に関する研究

学生会員 愛媛大学工学部 吉井玄徳 正会員 愛媛大学理工学研究科 門田章宏
PEC 協会 非会員 小田島勉 正会員 総合開発 葛西博文

1. はじめに

現在の日本では、堤防によって国土、地域、都市が防御されている。しかし、洪水などの災害によって堤防が決壊し、多大な被害が生じる。最近での被害では、2015年9月関東・東北豪雨によって、国管理の5河川と都道府県管理の80河川で堤防の決壊、越水や漏水、溢水、堤防法面の欠損・崩落などが発生し、負傷者が出た。この災害を踏まえ、施設能力を上回る洪水時の氾濫による被害リスク及び被害軽減を考慮することが課題となっている。

そこで本研究では、これらの課題の対策として、図-1に示すテトラック法尻ブロックを用いた堤防越流時における越流水深と法尻ブロック質量を検討する。テトラック法尻ブロックとは、4タイプの法尻ブロックとプレキャスト基礎により用地境界に対する断面に対応することができ、堤防裏法尻の補強に用いられる法尻ブロックである。国土技術政策総合研究所の研究からも「掘削で取り除いた土の重量以上とする」との記述のみとなっている。そこで本研究を行うことにより、事業主体および設計コンサルタントに設計根拠となる試験を行った。

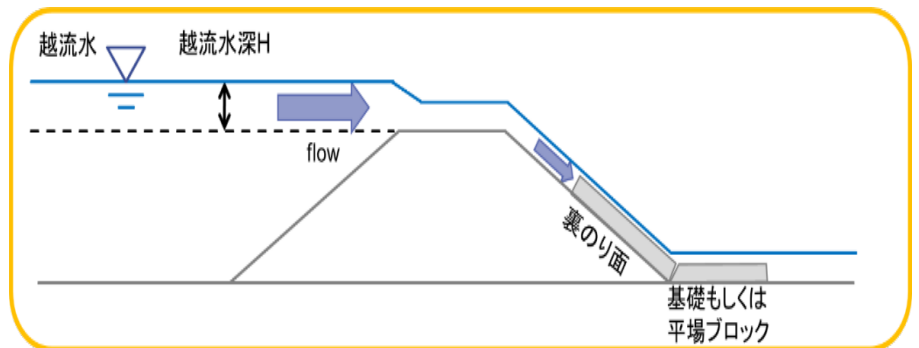


図-1 テトラック法尻ブロック及び設置位置

2. 実験方法

本研究では、水路幅0.4m、高さ0.4m、長さ10m程度の水路に図-2に示すアクリルで制作した堤体模型を用いる。実験条件は、縮尺1/6、堤防模型の法面勾配1:1.5及び1:2とし、越流水深1.7~6.7cm、実スケール10~40cm、連結、すり付など変更しながら行う。ブロック質量を $350\text{kg}/\text{m}^2$ (H230型)、 $300\text{kg}/\text{m}^2$ (H210型)、 $250\text{kg}/\text{m}^2$ (該当規格無し模型のみ)の3種類を用いる。ブロック設置条件を図-2に示す。

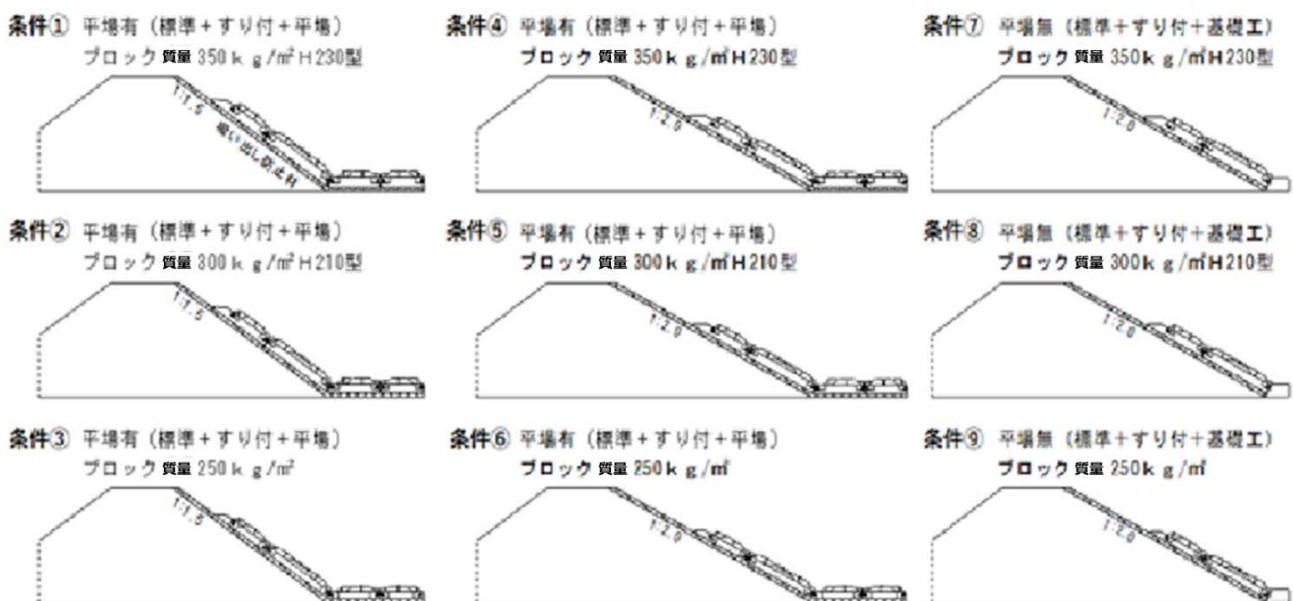


図-2 ブロック設置条件

3. 実験結果

法面勾配 1 : 1.5 法尻ブロック+平場ブロックの結果を表-1, 図-3 に示す.

	連結	越流水深 cm	破壊状況
条件①	なし	19.76	めくれ後滑動
	あり	22.93	めくれ後滑動
条件②	なし	16.12	めくれ
	あり	18.95	めくれ後滑動
条件② すり付なし	なし	12.07	めくれ
	あり	12.04	めくれ後滑動
条件③	なし	13.29	めくれ
	あり	15.64	めくれ後滑動

表-1 ブロックが流された時の各種結果

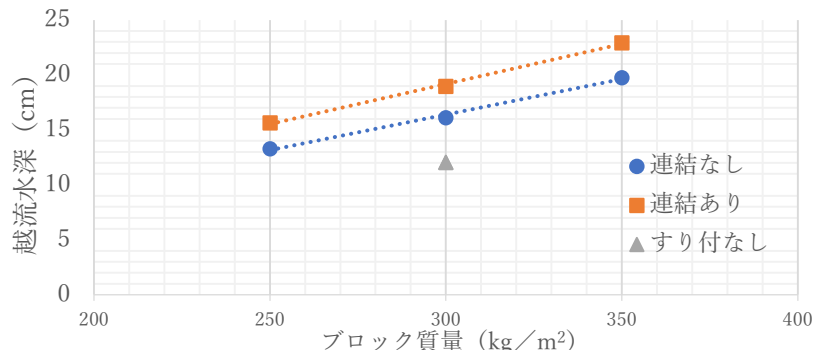


図-3 連結・すり付の有無の比較

法面勾配 1 : 2 法尻ブロック+平場ブロックの結果を表-2, 図-4 に示す.

	連結	越流水深 cm	破壊状況
条件④	なし	32.50	めくれ
	あり	34.21	めくれ後滑動
条件⑤	なし	29.78	滑動
	あり	31.25	滑動
条件⑤ すり付なし	なし	15.54	めくれ後転倒
	あり	17.92	めくれ後滑動
条件⑥	なし	15.51	めくれ
	あり	18.94	めくれ後滑動

表-2 ブロックが流された時の各種結果

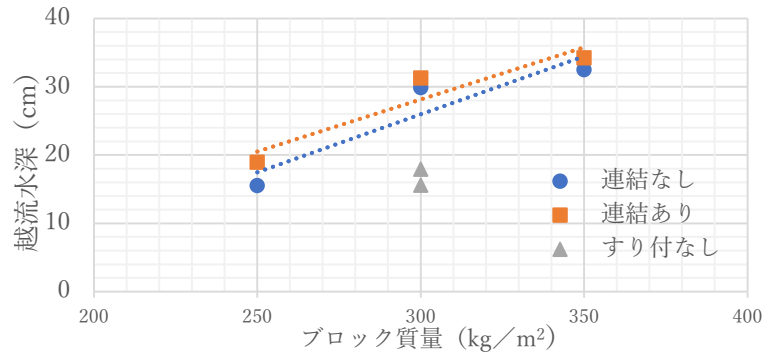


図-4 連結・すり付の有無の比較

法面勾配 1 : 2 法尻ブロック+基礎の結果を表-3, 図-5 に示す.

	連結	越流水深 cm	破壊状況
条件⑦	なし	41.05以上	異常なし
	あり	40.93以上	異常なし
条件⑧	なし	35.50	めくれ
	あり	40.92以上	異常なし
条件⑧ すり付なし	なし	17.05	めくれ
	あり	17.97	めくれ
条件⑨	なし	17.59	めくれ
	あり	18.71	めくれ

表-3 ブロックが流された時の各種結果

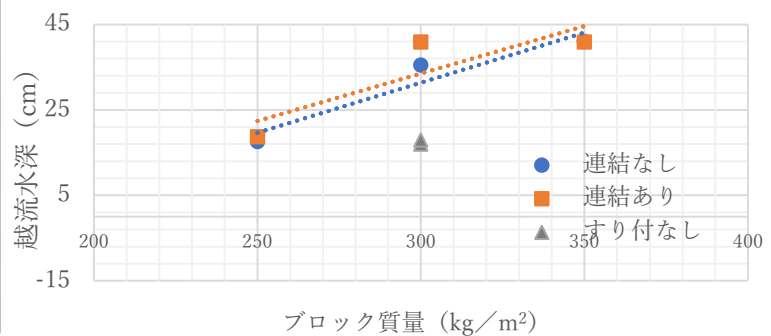


図-5 連結・すり付の有無の比較

4. まとめ

平場ブロックと基礎を比較すると基礎の方が良い値となった。要因として基礎模型を完全に固定していたためブロックが滑ることがなかったためと考えられる。実際は、基礎前面が洗堀されることにより基礎の移動があることから、洗堀抑制の効果も考慮すると平場ありの値が向上すると考えられる。また、ブロック質量が重く、勾配が緩く、連結あり、すり付ありの方が流されにくくなっている。これらの条件を考慮すると、洪水時の氾濫による被害リスク及び被害軽減することができる。

今後の課題としては、シミュレーションによる解析を行い、本実験の結果と比較することで、本実験での堤防越流時における越流水深と法尻ブロック質量の整合性を検証する。