

堤防裏法面等を被覆する水防工法のシート敷設方法 及び堤防侵食抑制効果に関する実験的研究

(国研)土木研究所 寒地土木研究所

○ 前田俊一
阿部孝章
横山 洋
大串弘哉

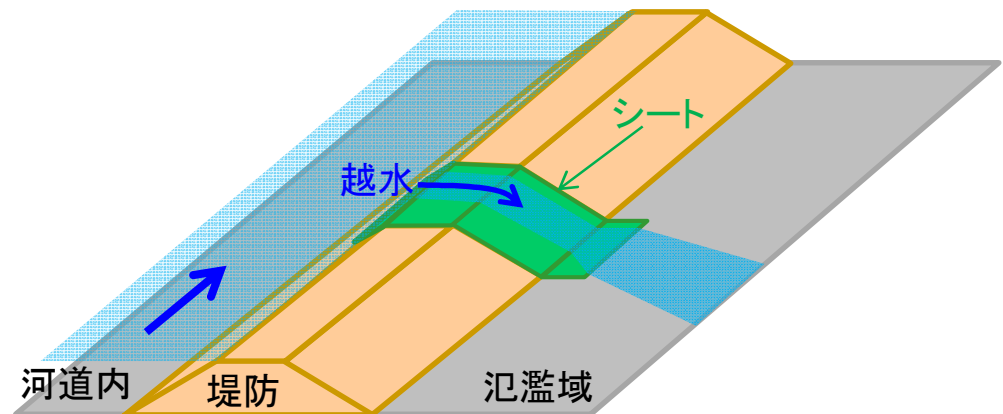
研究の背景

- 近年の水災害の多発に伴い、いわゆる粘り強い構造の河川堤防の整備が求められているが、越水対策としては堤防強化の他に水防活動も考えられる
- 実際に積土のう工等の水防工法が全国的に普及しているが、これは越水防止が主目的である
- 一方で、堤防裏法面等をシートで被覆する裏シート張り工は、越水時に効果を発揮する水防工法であるが、効率的なシートの敷設方法や越水時の侵食抑制効果に関する知見が不足しており、工法として未確立と言える
- 本研究では、裏シート張り工に関するシートの効率的な敷設方法や定量的な堤防侵食の抑制効果を把握するための水理模型実験を行った

分類	水防工法の種類		
水のあふれ(越水)対策	積土のう工法	改良積土のう工法	改良積土のう工法(2)
	せき板工法	水のう工法	

越水防止が主目的の水防工法

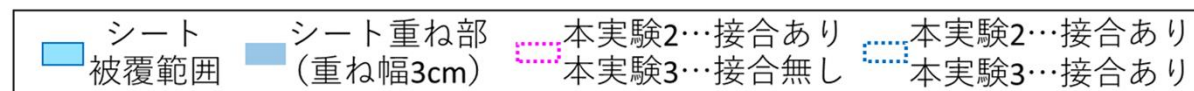
URL:<https://www.cgr.mlit.go.jp/miyoshi/disaster/d02.html>



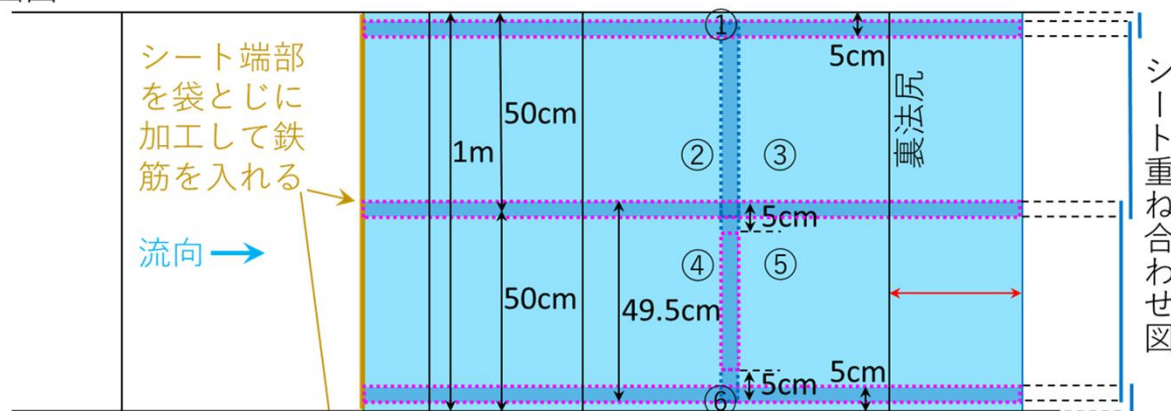
裏シート張り工のイメージ図
(実際の現場での敷設延長はもっと長くなる)

水理模型実験の概要

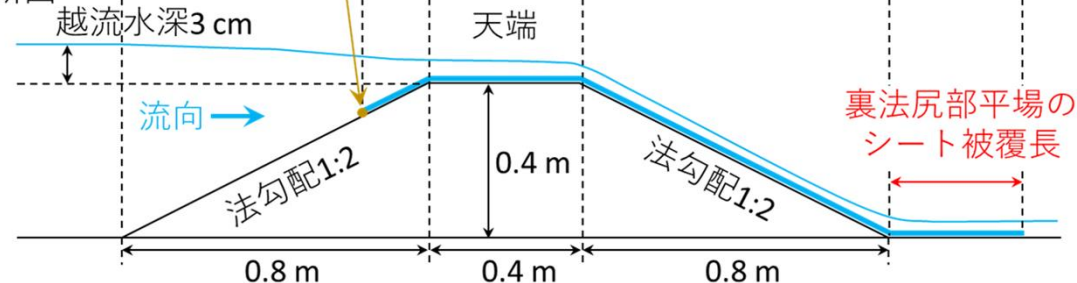
- 延長20m、水路幅及び高さが1mの実験水路の中に、断面二次元の模型堤防(縮尺1/10を想定)を設置した上で、越流水深を3cm(国交省の粘り強い堤防の技術開発における想定外力の越流水深30cmの1/10)に設定して各種条件の下で越流実験を行い、通水後の堤体の侵食形状を計測
- 堤体土は $d_{60} = 1.07 \text{ mm}$ (現地スケールで約1cm)
- シートは遮水性を重視して1/1のブルーシートを使用(シートの厚さ等は縮尺されていない)
- 堤体土には細粒分がほとんど含まれていなかったため、ベントナイトを配合して粘着性を持たせた



平面図



縦断面図

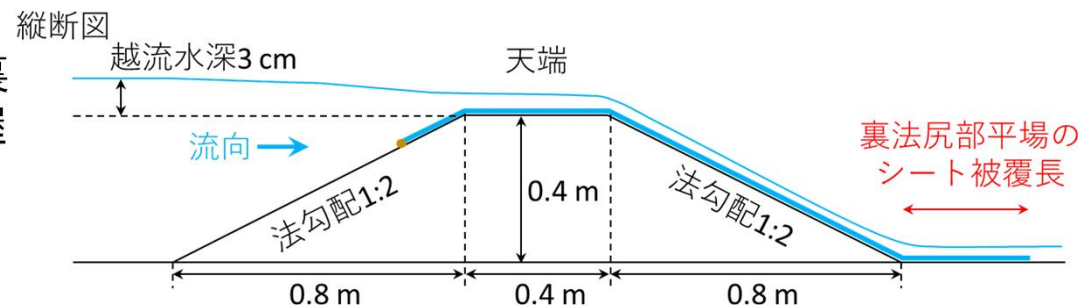


水理模型実験の実験条件

ケース	シート被覆範囲	シート繋ぎ目	通水時間
予備実験	堤体+裏法尻から0.1/0.2/0.3/0.4mまでの平場	—	定常状態になるまで通水(約30分)
本実験1	シート被覆無し(裸堤): 対照実験	—	堤防が決壊するまで通水(約20分)
本実験2	堤体+裏法尻から0.3mまでの平場	面ファスナー接合	3時間
本実験3	堤体+裏法尻から0.3mまでの平場	一部を面ファスナー接合	3時間

予備実験

- シート被覆長を0.1m~0.4mまで変えて裏法尻周辺の侵食状況に及ぼす影響を把握
- 本実験で採用する適当な被覆長を決定

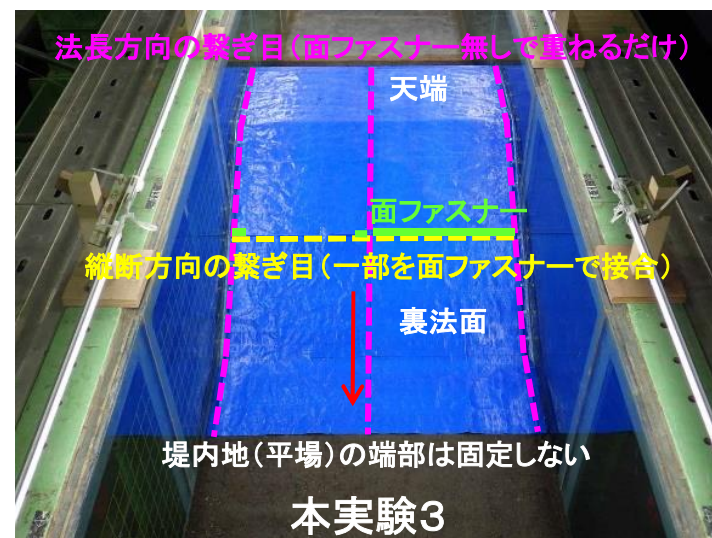
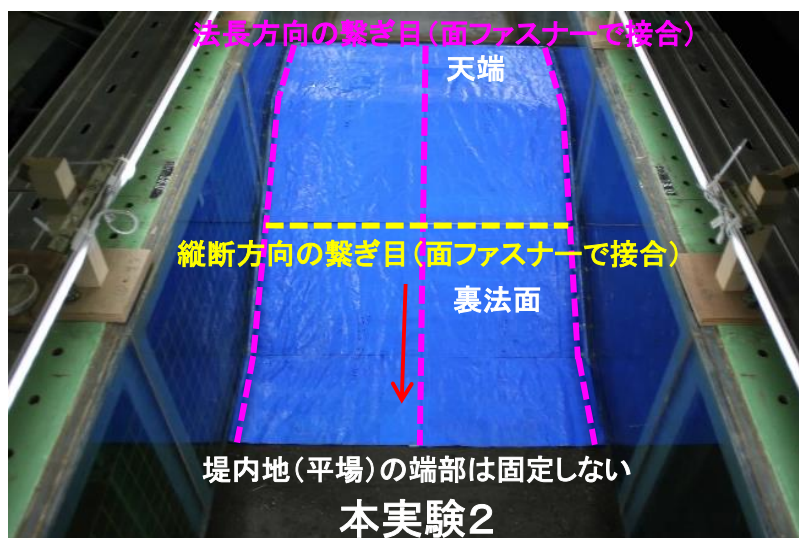


本実験1

- シート被覆無しの裸堤での対照実験

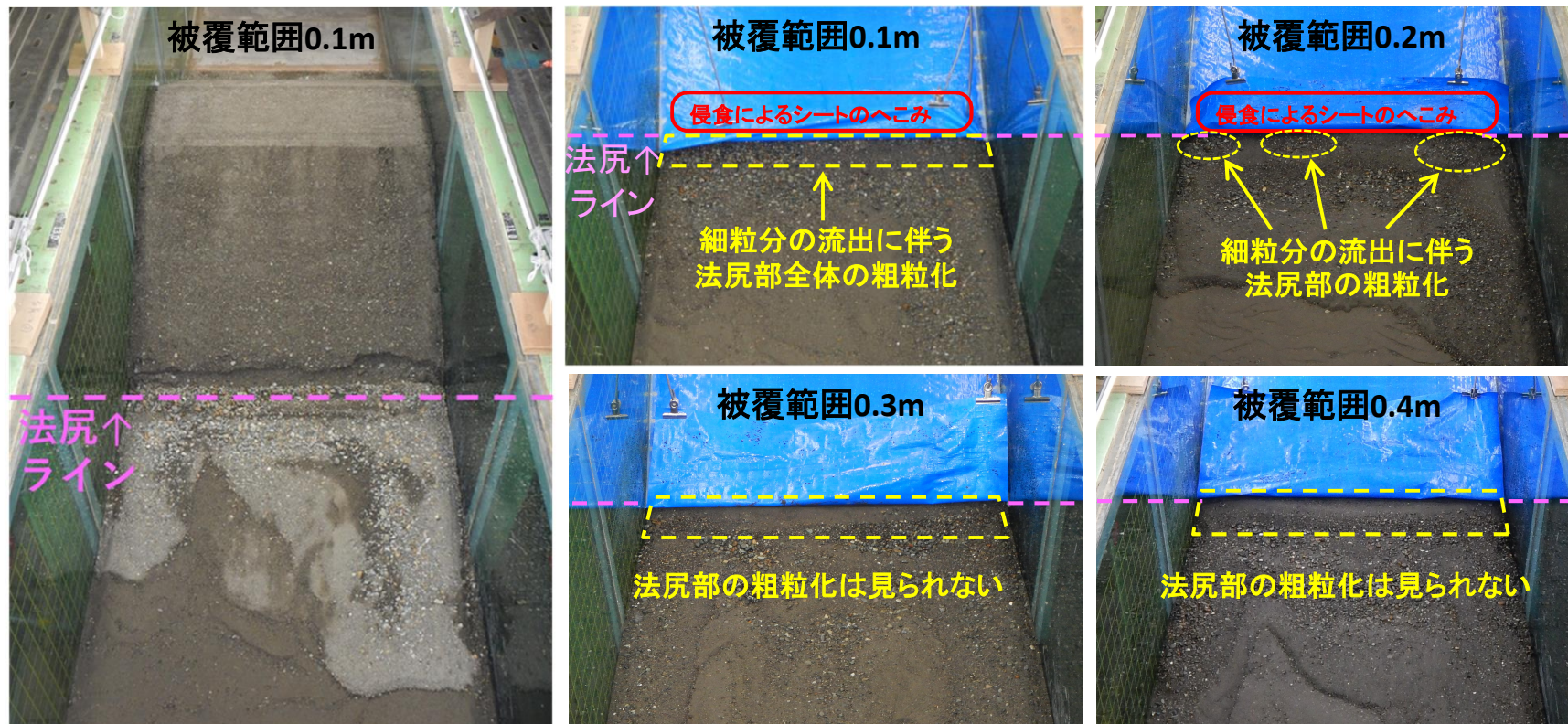
本実験2及び本実験3

- シート繋ぎ目の処理方法の違いが堤体侵食の抑制効果に及ぼす影響を把握



予備実験の概要

- シート被覆長が0.1m及び0.2mの場合には裏法尻部の堤体の一部が侵食
 - 被覆長が0.3m及び0.4mの場合には、堤体に明確な侵食は確認されなかった
 - 裏法尻部の堤体の一部が侵食された場合には、法尻部の細粒分が流出して粗粒化が進んだのに対して、侵食が堤体まで及ばなかった場合には、法尻部の粗粒化は進まなかった
- 侵食が堤体へ及ぶリスクを抑制するためには、被覆範囲は0.3m以上が望ましく、現地作業の観点からはシートの設置面積を小さくすることが望ましい
- 本実験では、裏法尻部平場のシート被覆長を0.3mとすることにした



シート被覆長を変化させた場合の通水終了後の裏法尻部の侵食状況(左端はシート全体を取り除いた状況)

本実験1の結果及び考察

- 越流直後に裏法面の下部で堤体の侵食が発生
- その後すぐに侵食が裏法面の上部でも始まり、裏法全体が階段状となった
- その後侵食面が切り立った状態で天端部分の侵食が表法肩方向に進行
→切り立った決壊形態は粘性土の堤防で見られる特徴
- 表法部が徐々に侵食され、越流開始後約20分で堤防が決壊
→実河川での堤防決壊では、表法肩まで侵食が達すると、表法部の侵食→通水断面の拡大→表法部に集まる流水(=氾濫流)の増大→表法部の侵食の進行→・・・という正のフィードバック機構により表法部の侵食が急激に進むと考えられるが、実験水路では、表法部が侵食されても表法部に集まって来る流水がほとんど増えないために徐々に侵食が進んだと考えられる



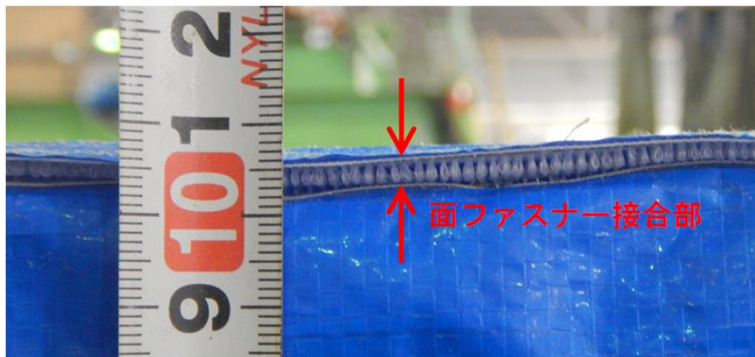
本実験1(裸堤)における堤体の侵食状況

(左:階段状に裏法面が侵食される様子、中央:切り立った状態で天端が侵食される様子、右:通水終了後の状況)

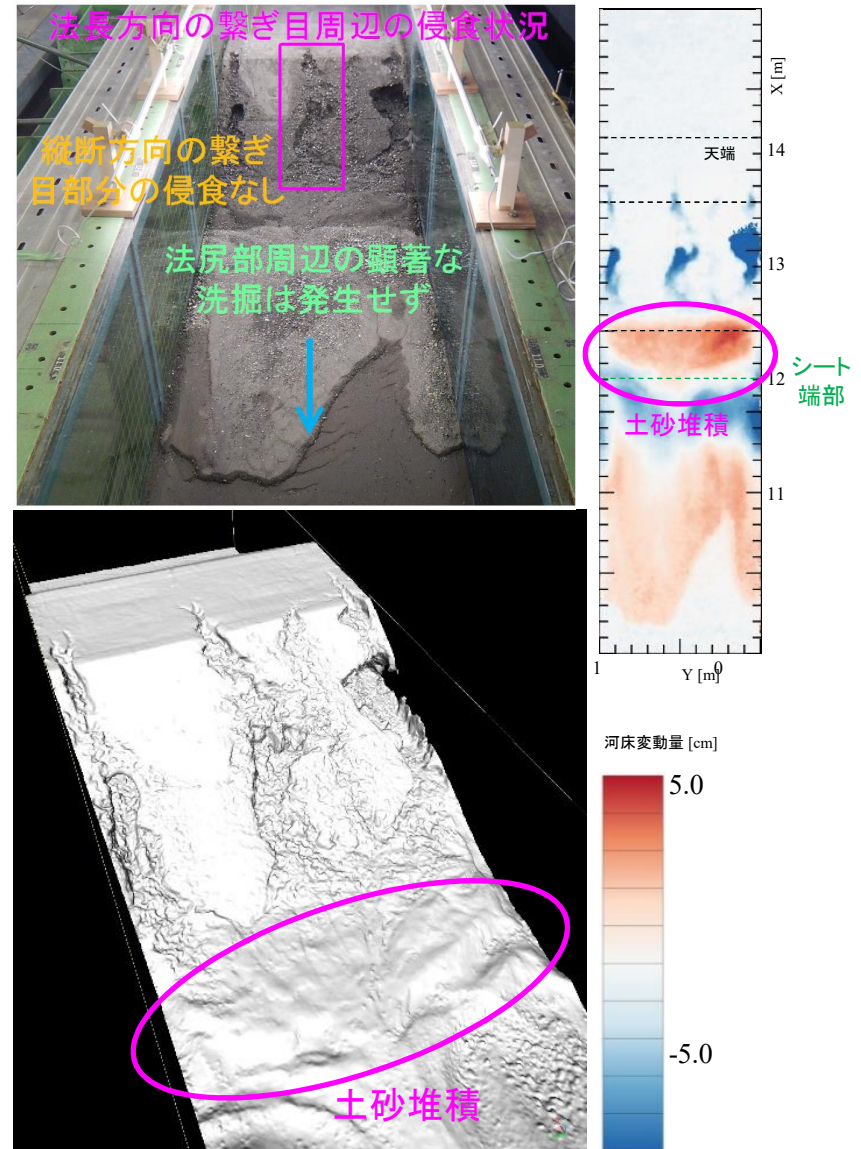
本実験2の結果及び考察

本実験2:シートの全ての繋ぎ目を面ファスナーで接合した実験

- 法長方向の繋ぎ目に沿って堤体が侵食された
→面ファスナーの接合部には、小さいながらも繊維の間に隙間が存在し、そこから少量の越流水が継続的にシート下に浸入した可能性
- 裏法の間地点にある縦断方向の繋ぎ目部分での明確な侵食は確認されなかった
→縦断方向の繋ぎ目からは越流水がほとんどシート下に浸入しなかったと考えられる。
- シートで覆われた法尻部平場の部分には、繋ぎ目周辺の侵食された堤体土に由来すると考えられる土砂が堆積した



面ファスナーの接合部にある隙間
(接合部では繊維が密に詰まっているわけではない)

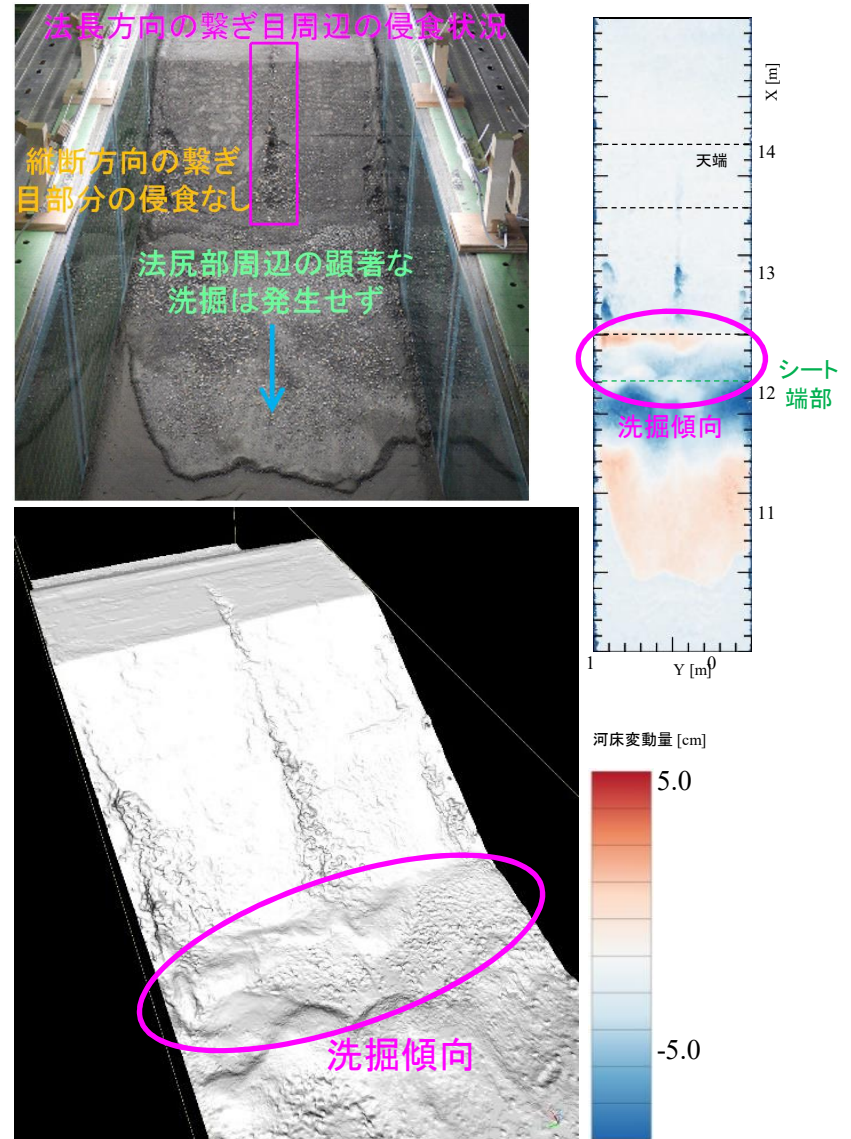


3時間通水後の堤防侵食の状況(本実験2)

本実験3の結果及び考察

本実験3: 法長方向の全ての繋ぎ目は重ねるだけとし、縦断方向の繋ぎ目処理方法が2パターン(繋ぎ目全体と、繋ぎ目両端付近のみ、を面ファスナーで接合)ある実験

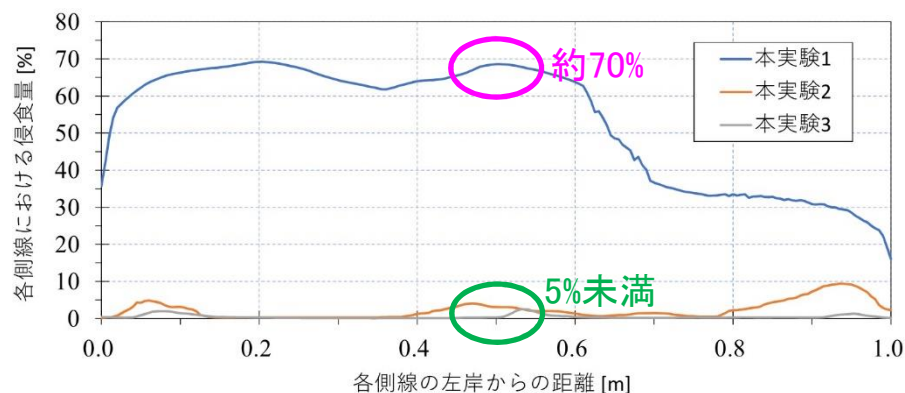
- 本実験2と同様に法長方向の繋ぎ目に沿って堤体が侵食されたが、全ての繋ぎを面ファスナーで接合した実験2よりも侵食量は小さかった
→ 実験開始当初はシートの重なった部分が水圧により密着して隙間がほとんど発生せず、通水時間内にシート下に浸入した越流水の総量は、単に重ねた場合の方が少なかった可能性
→ 法長方向の繋ぎ目処理の簡略化が、堤体の侵食抑制効果の低下につながらず、また、十分な侵食抑制効果を発揮する可能性
- 裏法の間地点にある縦断方向の繋ぎ目部分の侵食は、繋ぎ目の処理方法にかかわらず、明確には確認されなかった
→ 越流水の剪断力等の想定外力によって裏法面の下側のシートが上側のシートから外れない程度に部分的に接合することで一定の侵食抑制効果が期待できる可能性
- 本実験2と異なり、シートで覆われた平場の部分は全体的に見れば洗掘傾向になっていた(ただし、法尻部のごく近傍では堆積)



3時間通水後の堤防侵食の状況(本実験3)

シート被覆の効果

- 本実験1の裸堤の実験では、約20分で堤防が決壊したのに対して、シートで被覆した本実験2及び本実験3では、3時間通水後の堤防の侵食状況は裏法部で侵食が進行している段階であったため、堤防決壊に至るまでにはさらに相当の時間を要すると考えられる
- 裏法面中央の法長方向の繋ぎ目付近での堤体の侵食割合は、本実験2及び本実験3においては堤体断面積の**5%未満**であるが、同じ場所での本実験1における侵食割合は**約70%**
- 本実験2及び本実験3における侵食された堤体の体積の割合は**3%未満**であるが、本実験1では**50%超**



通水前の堤体模型の断面積に対する通水終了時における各堤体断面の侵食量の割合

堤体の侵食量

ケース	堤体の侵食量[m ³]	通水前の堤体模型の体積 (0.48m ³)に対する侵食割合[%]
本実験1	0.2572	53.6 50%超
本実験2	0.0112	2.3 3%未満
本実験3	0.0023	0.5 3%未満

実施した限られた実験条件の下ではあるが、裏シート張り工は越水発生時に堤防決壊を遅らせる効果を有することが推察された

法尻部平場の堆積・侵食形状

- 予備実験(繋ぎ目がないので堤体の侵食量はほぼゼロ)において、被覆長が0.3mの場合には、堤体まで侵食が及ばなかった(侵食が法尻部平場にとどまる)
- 概略的には、上記のような予備実験の状況のシートで覆われた法尻部平場に、本実験2及び本実験3における堤体の侵食量に相当する土砂が供給された結果、本実験2及び本実験3における法尻部平場の形状が形成されたと考えられる
- 本実験2では平場に供給されたと考えられる土砂量は本実験3の約5倍あるため、本実験2ではシートで覆われた平場の過半が堆積エリアとなり、本実験3では法尻部のごく近傍だけに堆積エリアが限られ、全体的には洗掘傾向になったと考えられる



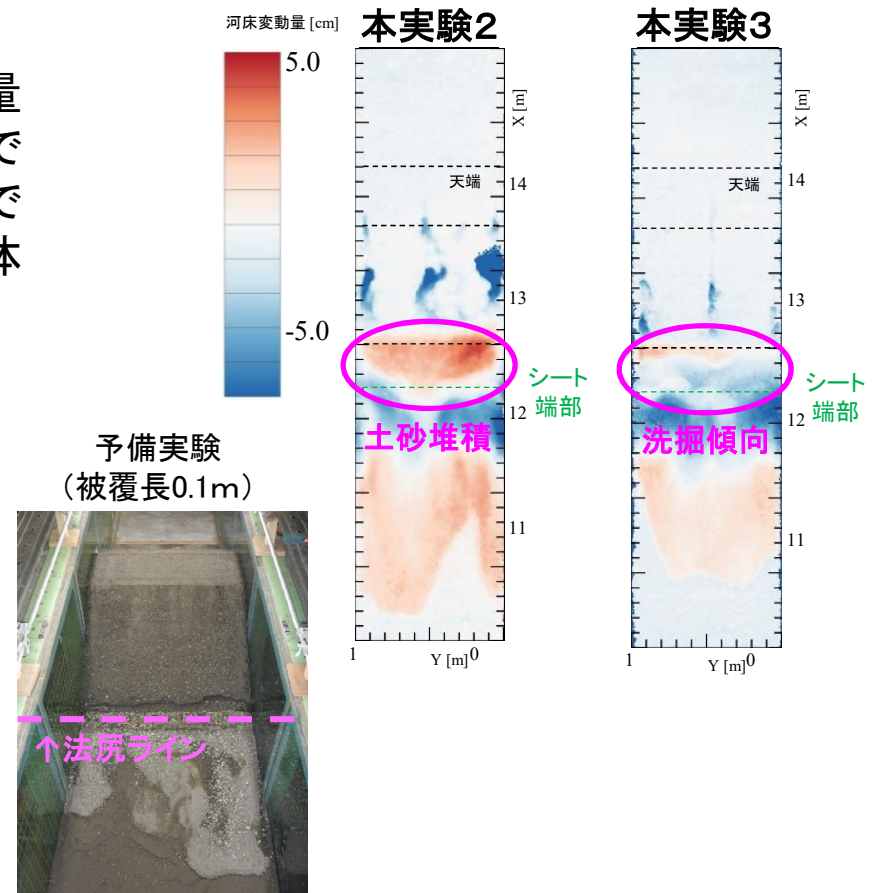
- 予備実験で被覆長が0.1mの場合でも、法尻部の堤体の一部が侵食された程度にとどまったこと
- シートの法長方向の繋ぎ目が存在すると、侵食された裏法部の堤体土に由来すると考えられる土砂がシートで覆われた法尻部平場に堆積したこと

から、被覆すべき裏法尻部平場の長さは0.3mあれば理想的であるが、0.1mや0.2mでも堤体侵食の抑制効果は一定程度得られる可能性がある

堤体の侵食量

ケース	堤体の侵食量[m ³]	通水前の堤体模型の体積(0.48m ³)に対する侵食割合[%]
本実験1	0.2572	53.6
本実験2	0.0112	2.3
本実験3	0.0023	0.5

本実験2の堤体侵食量(=法尻部平場への供給土砂量)は、本実験3の約5倍



まとめと今後の課題

まとめ

- 縮尺1/10の水理模型実験を行い、限られた実験条件の下ではあるが、国交省の粘り強い堤防の技術開発における想定外力に相当する越流水深3cmにおいて、裏法尻部平場の被覆長の範囲(0.1m~0.3m)を明らかにするとともに、裏シート張り工が十分な侵食抑制効果を有することを確認した
- シートの効率的な設置のためにシートの繋ぎ目処理を簡略化しても、裏シート張り工が十分な侵食抑制効果を発揮する可能性のあることを示した

今後の課題: 以下の検討を進める必要がある

- 堤体における不陸の発生やシート設置の効率性を考慮した適切なシートの重ね幅
- 裏法尻部平場の最適なシート被覆長
- シート素材に対する要求性能(Ex. 防滑性、耐久性、引張強度)
- 具体的なシートの繋ぎ目処理方法及び端部処理方法
- 実際の堤防でシートを設置する試験施工等を通じた効率的なシートの設置方法
- 堤防植生(特に倒伏しにくい植物)が繁茂した状態での裏シート張り工の効果

その他

- 水理模型実験においてシートや面ファスナー等の繋ぎ目の接合資材を適切に縮尺することが困難であるため、実物大規模の実験によって、裏法シート張り工の効果を確認することが望ましい