

堤防決壊時に行う緊急対策工事の 効率化に向けた検討資料(案)



国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所
寒地水圏研究グループ 寒地河川チーム

矢部 浩規

検討資料作成の背景

- 豪雨にともなう河川堤防からの越水や堤防決壊（破堤）による被災が全国各地で頻発し、大規模な水害被害が発生している。
- 堤防決壊事例の約7～8割が越水に起因しており、越水した事例の約6割は堤防決壊に至る。
- 越水しても堤防が決壊しづらいこと、堤防決壊後の破堤箇所への拡幅速度や最終破堤幅を抑制することで氾濫流を低減し、避難時間の確保、被害規模の最小化が求められている。

検討資料の内容

- 堤防決壊時の緊急対策工事（破堤箇所の荒締切工事など）をいかに迅速かつ効率的に進めるか、締切に関する留意点や、重機作業、使用資機材の適応性について検討し、とりまとめたもの

⇒平成30年3月、国土交通省北海道開発局・国立研究開発法人土木研究所寒地土木研究所で作成

⇒実際の堤防決壊現場への適用や緊急対策シミュレーションへの活用を期待

検討資料の概要

災害事例

1章 災害事例から得られた知見と課題

決壊過程

2章 堤防決壊メカニズム

対応方法

3章 堤防決壊メカニズムに応じた災害
対応の考え方

重機・資材

4章 資機材の検討

効果

5章 実河川の堤防決壊を想定したケー
ススタディ

堤防決壊時に行う緊急対策工事の
効率化に向けた検討資料（案）

平成 30 年 3 月

国土交通省 北海道開発局
国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所

重機による締切作業の工夫事例 (最終破堤幅30m)

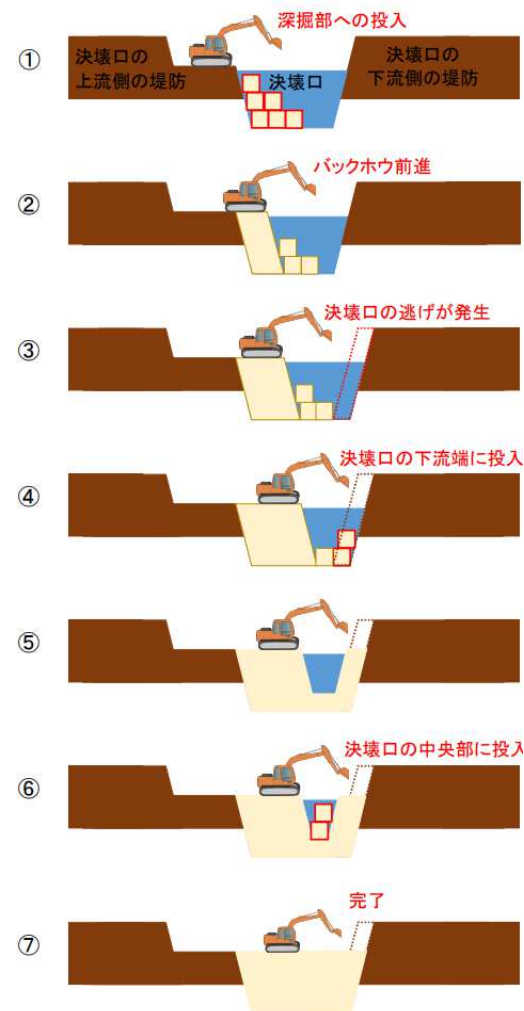
・締切反対側の侵食防止対策



(網走川水系サラカオーマキキン川)

バックホウの使用

- ・複数台 (3台) による資材 (大型土のう) 投入
- ・アタッチメント (グラップル) 装着可能



重機による締切作業事例

(最終破堤幅300m)

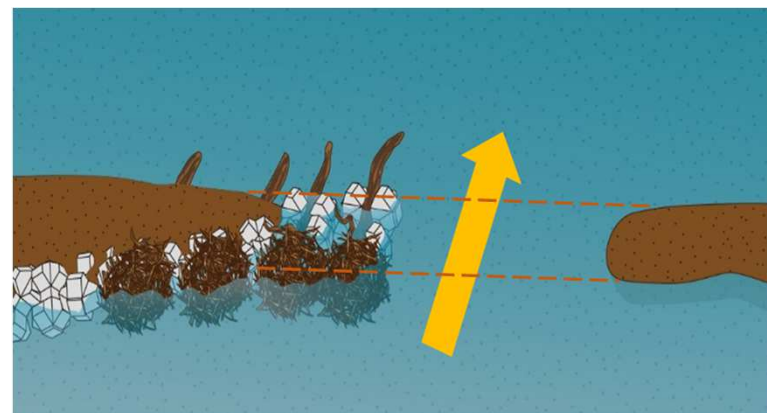


(石狩川水系空知川)

バックホウ：堤防上、不整地での作業が可能

不整地運搬車：軟弱地等悪条件下で可能

締切資材の工夫事例



ブロック、袋詰め根固め、土のう等の間に砕石、土砂投入
流木等現地資材の活用

締切作業時の配慮事項 (最終破堤幅100m)



(常呂川水系柴山沢川)

堤防決壊（破堤）箇所における氾濫流による深掘れ発生

⇒堤内地盤高より0.5～1.5m低下（測量の実施）に配慮し、大型土のうを投入

対応事例より得られた知見と課題

【重機】

- ・バックホウは迅速な調達が可能、使い勝手が良い
- ・クレーンは初動に向かないが、重い資材の移動に有効（運搬路要整備）
- ・不整地運搬車は悪条件下での使用が有効（調達要準備）

【資材】

- ・流速、水深条件（深掘れ）や現地資材（土砂、流木等）の活用を考慮した資材投入が有効
- ・せめ工等高速流の場合、必要資材重量が大きくなる

【締切方法】

- ・堤防決壊特性に応じた作業手順の実施が重要

堤防越水決壊(破堤)と、決壊後の破堤拡幅現象について

1. 堤防越水決壊(破堤)の過程

* 例：堤体（砂礫質）

- ①堤防を越水した流れが堤防裏法尻付近で流速大、せん断力大となって侵食開始
- ②侵食が裏法面に拡大した後、天端が崩壊
- ③堤体が崩落、侵食して破堤に至る

2. 堤防決壊(破堤)後の破堤拡幅現象

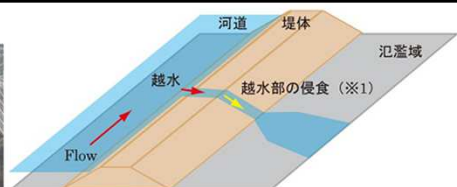
従来、最大破堤幅、拡幅速度は経験式（河川幅や合流点有無との関係性や、決壊等開始時刻と破堤拡幅終了時刻等から推定）を適用。堤体材料未検討。

* 堤防決壊（破堤）後の時間経過に伴う破堤幅拡大と氾濫流との関係が不明確であり、破堤幅拡大速度、最大破堤幅の精度向上が重要

* 河道特性・堤防決壊（破堤）現象に応じた氾濫流の把握、評価が重要

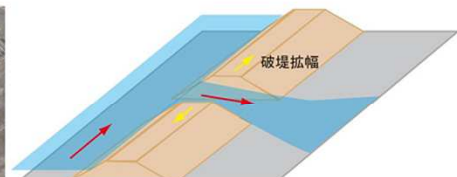
決壊過程

Step1[初期破堤段階]



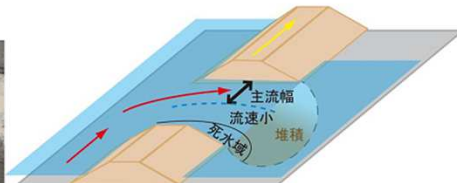
- ・越水開始後、越水部の裏法面・裏法肩が侵食される。
- ・天端は裏法肩から表法肩に向かって徐々に侵食される。
- ・氾濫流量は増加しない。

Step2[拡幅開始段階]



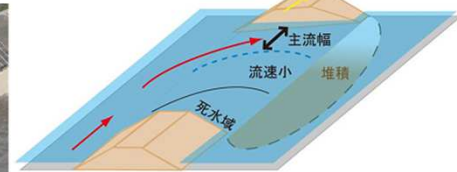
- ・越水部の表法肩まで侵食が到達すると、急激に断面が侵食されて、破堤拡幅が上下流方向に徐々に進行する。
- ・氾濫流量が増加し始める。

Step3[拡幅加速段階]



- ・堤体断面の大半が侵食されると、破堤拡幅が急激に進行し進行方向は主に下流側となる。
- ・破堤口下流の流速が早くなり、この流れが堤体にぶつかり堤体を侵食しながら破堤が下流方向に進行する。
- ・氾濫流量がピークを迎える。

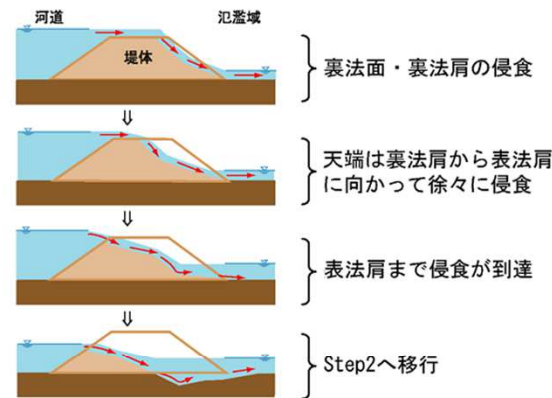
Step4[拡幅減速段階]



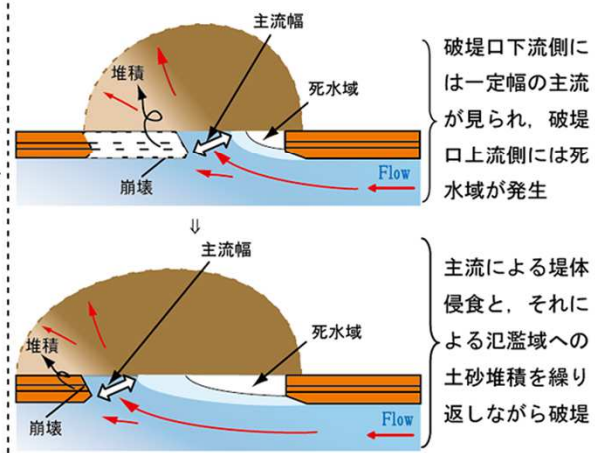
- ・下流方向への堤体侵食と氾濫域の土砂堆積を繰り返しながら、氾濫流の主流部がほぼ一定の幅で下流へ移動する。
- ・氾濫流量はほぼ一定で推移し、破堤拡幅速度は遅くなる。
- ・破堤口の下流端は、氾濫域側に顕著に斜め形状となって破堤が進行する。

破堤拡幅進行過程

(※1) 堤体断面の侵食過程



破堤の拡幅過程



破堤口下流側には一定幅の主流が見られ、破堤口上流側には死水域が発生

主流による堤体侵食と、それによる氾濫域への土砂堆積を繰り返しながら破堤

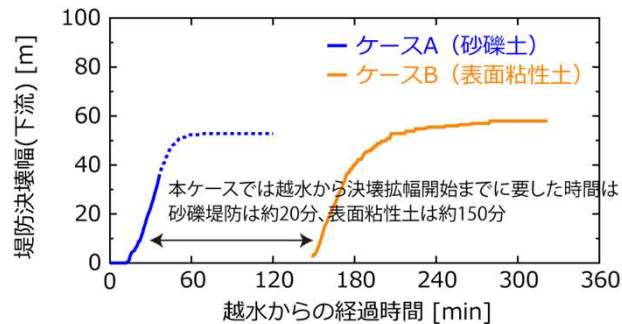
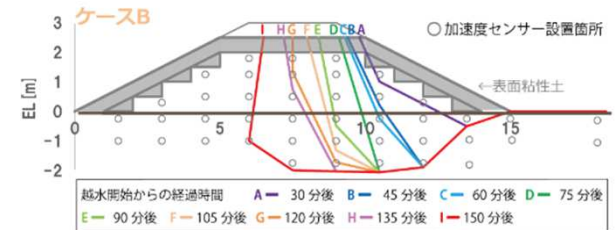
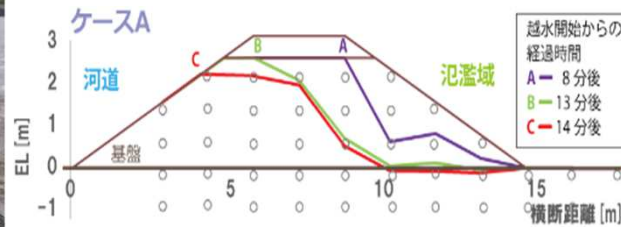
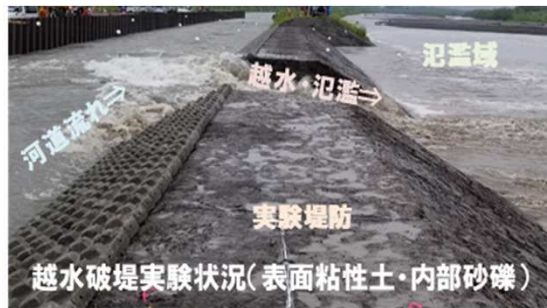
決壊過程

- ・堤防決壊（破堤）後の破堤幅
⇒堤体崩壊量と水理量の関係式（実堤防による実験式）

$$q_* = \frac{dV}{dt} \frac{1}{(\sqrt{sgd_{50}^3 \cdot B_m})} (1 - \lambda) = \alpha_* (\tau_* - \tau_{*c})^{\beta_*}$$

→ 破堤拡幅幅が推定可能

- ・堤体材料との関係（H30年現地試験）



・砂質土に比較し表層粘性土の場合は侵食されづらく、越水から堤防決壊までの時間が長くなる（初期の耐侵食性確認）。しかし、基盤洗掘が進む。

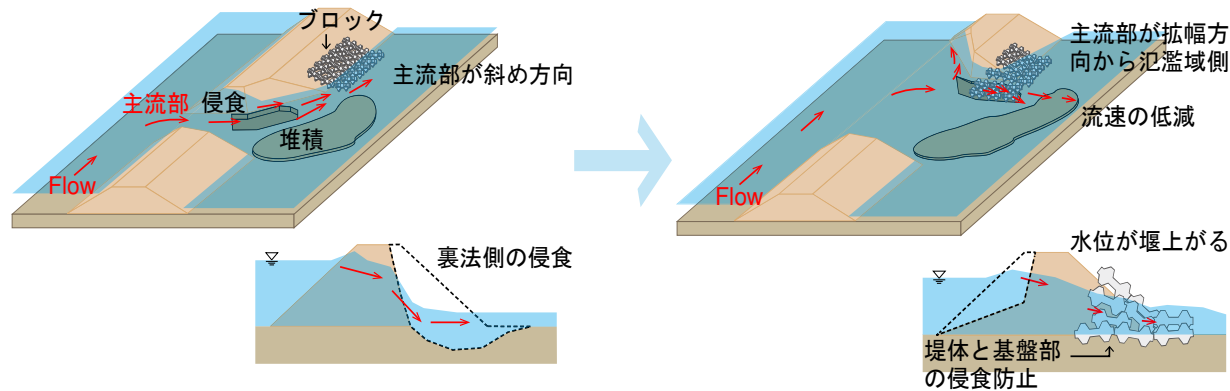
・破堤拡幅速度、最大破堤幅はほぼ同じ。堤体崩壊量モデルの適用可能。（堤体・基盤材料の違いによる決壊現象検討中）

破堤拡幅抑制工

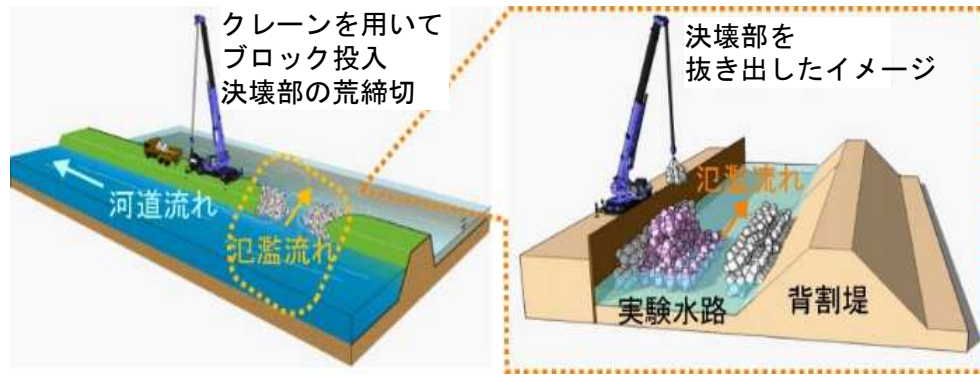


堤防決壊口の拡幅の進行が予測される地点の下流側にブロックを設置して決壊口の拡幅を抑制する工法

—破堤が敷設箇所まで進行した場合、ブロックが堤防や基盤部を保護、水面勾配・掃流力・流向・流速を緩和—



対応方法 荒締切工

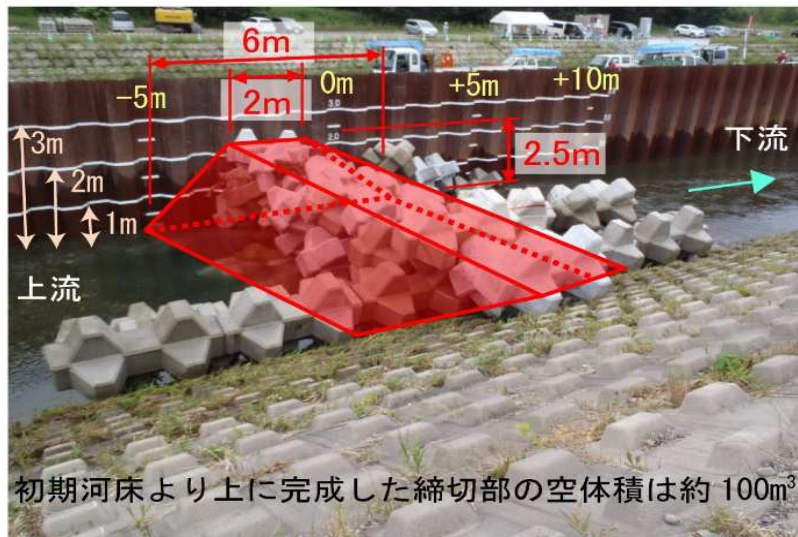
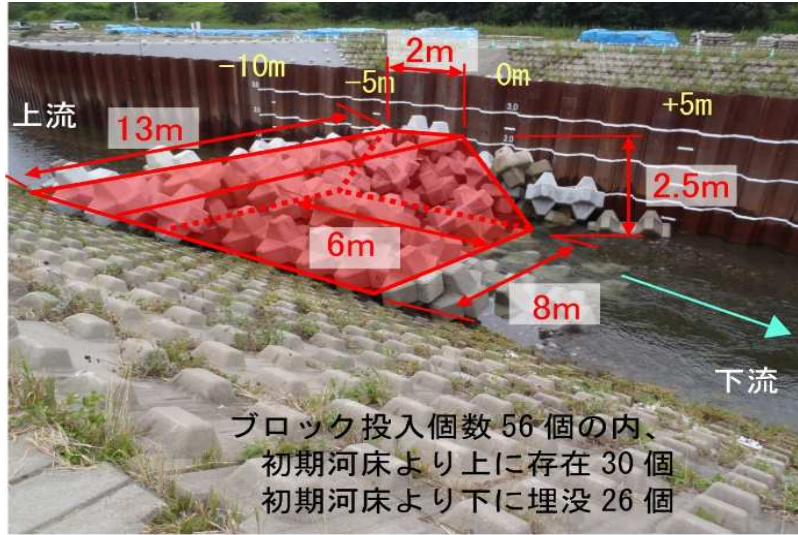


オートフックによるブロック投入状況



ブロック投入安全装置によるブロック投入状況

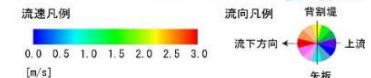
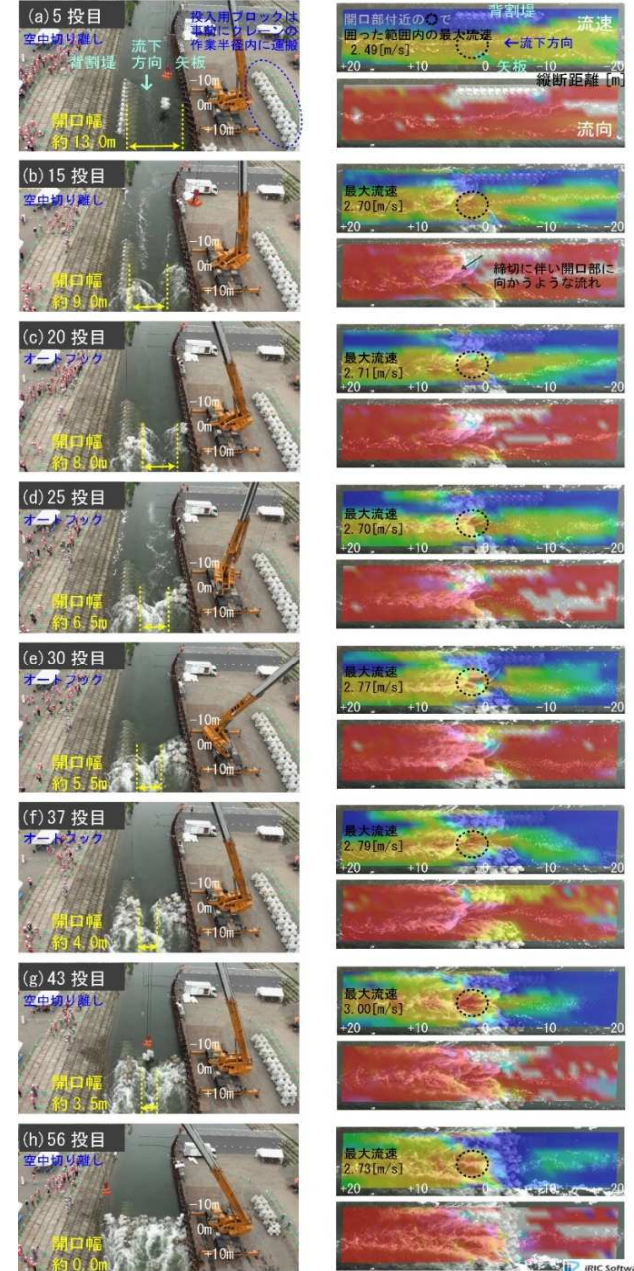
荒締切工の実施



- ・破堤開口部の狭まった箇所では高流速が発生
- ・洗掘による河床低下を見込んだブロック数量が必要

実験状況・開口幅

平面流況 (上段: 流速・下段: 流向)





- ケース1 クレーン+ブロック投入安全装置
- ・重量の大きいブロックを任意の地点に投入可能
 - ・作業員による玉外し作業が不要



- ケース3 バックホウ玉外し+押出
- ・調達容易、機動性に優れ迅速な対応
 - ・玉掛け・玉外し対応は可能
 - ・砕石によるブロックの間詰め迅速



- ケース2 クレーン+オートフック
- ・重量の大きいブロックを任意の地点に投入可能
 - ・作業員による玉外し省略、安全性向上



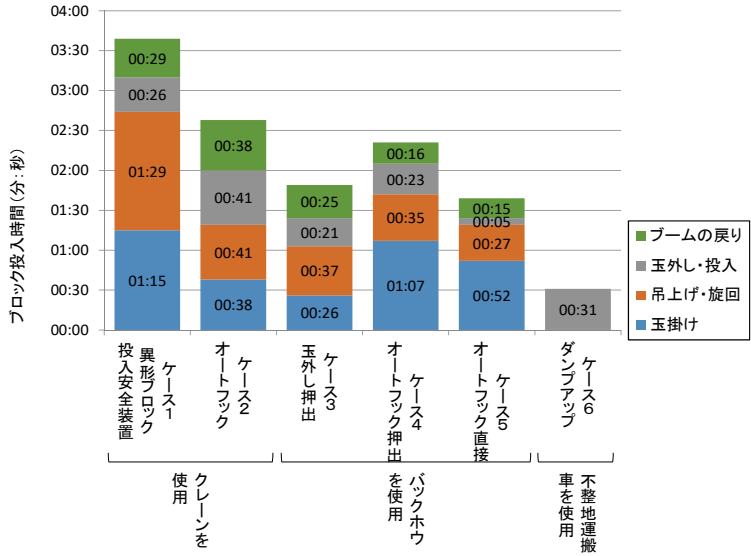
- ケース4 バックホウ+オートフック+押出
- ・調達容易、機動性に優れ迅速な対応
 - ・玉外し作業を省略、安全性に優れる
 - ・砕石によるブロックの間詰め迅速
 - ・2.4分/個（堤防天端から転がし投入）



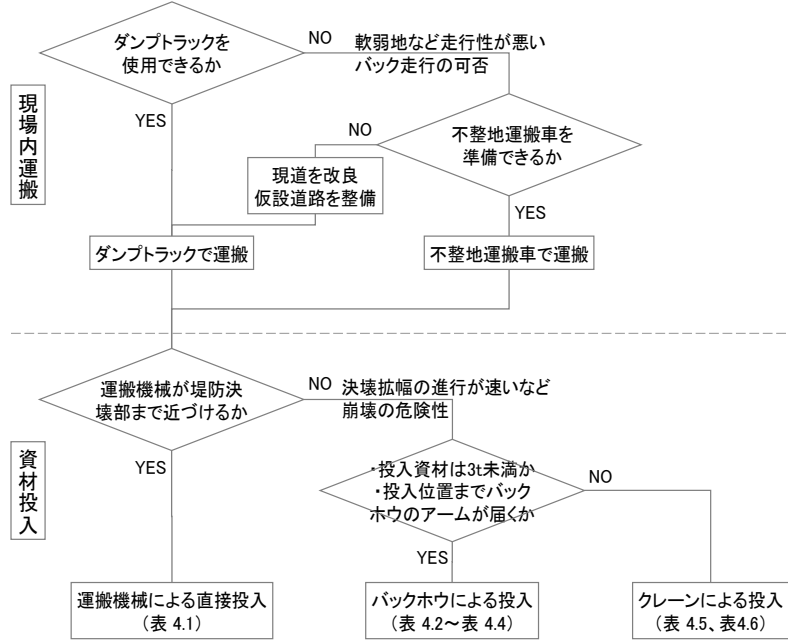
ケース5 バックホウ+オートフック直接
・1.7分/個（決壊部に直接投入）



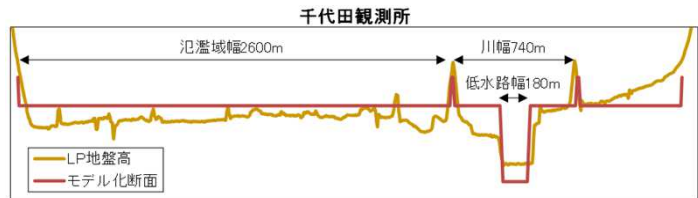
ケース6 不整地運搬車ダンプアップ
・ブロック運搬と投入を同一機械で実施、作業効率良
・軟弱地などでも資材運搬可能、車体上部が回転し
堤防決壊箇所まで旋回可、安全性高い



効率的な重機選定フロー



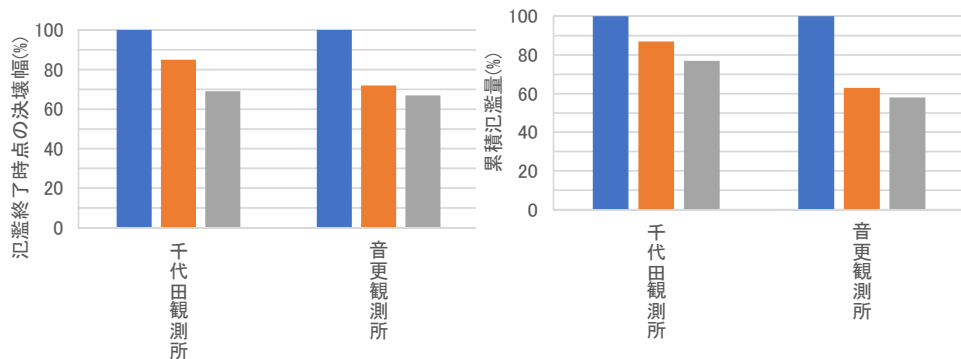
数値計算による効果の把握



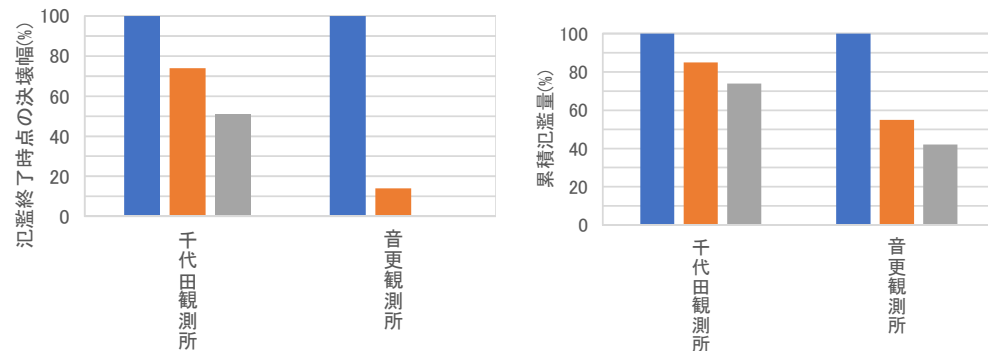
	資材投入に主にクレーンを使用	資材投入に主にバックホウを使用
堤防決壊地点	十勝川水系の水位流量観測所付近の堤防2地点 ・千代田観測所 ・音更観測所	同左
数値計算方法	「Nays2d Breach」を使用	同左
計算に用いるハイドロ	各観測所で H28.8 に観測された実績ハイドロ	同左
着工までに要する時間	堤防決壊から4時間後 ・堤防決壊確認～連絡 : 60分 ・資機材準備、運搬 : 60分 ・資材仮置きヤード整備 : 60分 ・資材投入準備 : 60分	堤防決壊から3時間後 ・堤防決壊確認～連絡 : 60分 ・資機材準備、運搬 : 60分 ・資材仮置きヤード整備 : 60分
荒締切の構造	締切天端幅 : 6m 構成資材 : コンクリートブロック、砕石、敷鉄板	締切天端幅 : 4m 構成資材 : コンクリートブロック、砕石、敷鉄板
使用機械	ブロック投入 : クレーン 砕石投入 : バックホウ 敷鉄板敷設 : クレーン付トラック	ブロック投入 : バックホウ 砕石投入 : バックホウ 敷鉄板敷設 : クレーン付トラック
施工速度	ブロック投入 : 3分/個 砕石投入 : 0.6m ² /分 敷鉄板敷設 : 4分/枚	ブロック投入 : 2分/個 砕石投入 : 0.6m ² /分 敷鉄板敷設 : 4分/枚

十勝川水系の水位流量観測所地点(川幅740m・複断面・河床勾配1/1272)を参考に地形を簡略化しH28.8のハイドロを与えて、HWLを超えた地点で堤防決壊すると仮定

※ 青：無対策、赤：クレーン、グレー：バックホウ
図表中の%は、対策工を行わなかった場合を100%として算出



破堤開口部の荒締切効果



各対策工法による最大破堤幅（決壊幅）、総氾濫量、氾濫流（浸水面積、水深、流速等）の低減効果（被害軽減効果）が把握可能

今後の活用案など

国土交通省北海道開発局等行政機関が実施する事前対策（堤防決壊時の緊急対策シミュレーション、意見交換会）に活用

意見交換会から

・活用できた点

⇒破堤後の適切な想定（河道形状に応じた破堤拡幅現象の事前把握）に基づいて、緊急対策工法選定、施工方法・手順を検討可能

⇒資機材量、配置を把握し、資材の運搬ルートを事前に検討可能

⇒関係機関との情報共有、訓練実施等により、連携強化・危機管理能力が向上

・今後、改善や、検討が必要な点など

⇒破堤に至るまでの初期対応や流域（堤内）特性を条件に含めること、複数箇所での同時破堤を想定すること

⇒無人化施工等新技術により、さらに効率的な工法や手順を検討、資機材や人員が不足した場合の対応方法の検討など

問い合わせ先ほか

ツール

このコンテンツでは、現場で役立つマニュアルやプログラムをダウンロード頂けます。ぜひご利用ください。

3Dハザードマップ

札幌市及び近郊における3D浸水ハザードマップ

技術基準・マニュアル類

中小河川を対象とした洪水はん濫計算の手引き(案)

結氷河川における流量観測時の留意事項(河川砂防技術基準調査編)

大規模出水時調査要領(案)

樹林化抑制を考慮した河岸形状設定のガイドライン(案)

津波河川遡上予測の手引き(案)

河川結氷時の流量推定手法マニュアル(案)

結氷河川解析マニュアル(案)

岩盤河床における河床低下危険度評価の手引き(案)

2wayによる蛇行復元ガイドライン(案)

寒冷地河川域の津波痕跡調査マニュアル(案)

堤防決壊時に行う緊急対策公示の効率化に向けた検討資料(案)

・寒地土木研究所推進室サポートダイヤル

寒地技術推進室 TEL : 011-590-4050

MAIL : gijutusoudan@ceri.go.jp

・寒地土木研究所寒地河川チームのHPで公開

・<http://river.ceri.go.jp/contents/tool/chiyoda2.html>

**堤防決壊時に行う緊急対策工事の
効率化に向けた検討資料 (案)**

・関連するマニュアル、報告書等(寒地河川チームHPで公開)

・破堤計算ソフト (Nays2D Breach)

・河川堤防の越水破堤現象のうち破堤拡幅機構に関する実験報告書

・堤防決壊時における氾濫流がある中での緊急締切工事等の紹介事例