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)の紹介

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)

本日紹介する検討資料(案)は、寒地土木研究 所寒地河川チームのHPで公開しています



平成 30 年 3 月

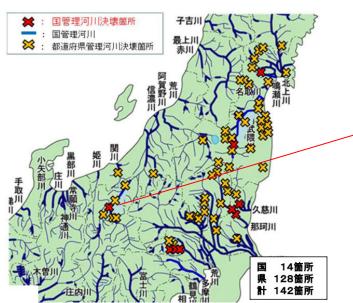
国土交通省 北海道開発局 国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所



国立開発研究法人 土木研究所 寒地土木研究所を地河川チーム 島田友典

はじめに~河川堤防決壊が頻発

- ・河川整備が進んでいる今日でも豪雨による洪水被害が激甚化しており、全国 各地で破堤による被害が多数発生している。
- ・例えば令和元年東日本台風では142箇所で堤防決壊(このうち122箇所86% は越水が主要因であると推定)するなど、河川からの氾濫により約 35,000haが浸水し、甚大な被害をもたらした。



令和元年東日本台風による堤防決壊発生箇所



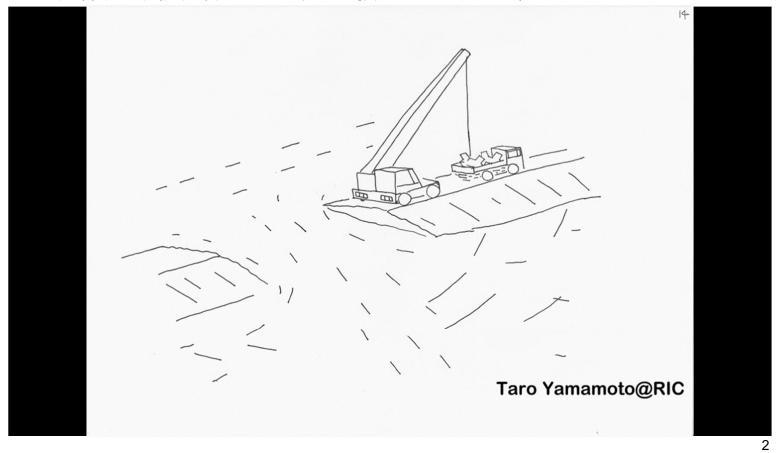
信濃川水系千曲川(長野市)2019.10.136:20頃撮影

- 令和元年台風19号の被災を踏まえた河川堤防に関する技術検討会:令和元年台風19号の被災を踏まえた河川堤防技術に関する技術検討会報告書、国土交通省、2020. 千曲川堤防調査委員会:千曲川堤防調査委員会報告書、2020.

はじめに〜緊急対策工事のイメージ(荒締切工)

イメージ動画

・荒締切〜堤防決壊口にブロックを投入し氾濫流量を低減



はじめに~本検討資料を参考にして頂きたい方

- ・各河川系事務所の河川管理者の皆さまをはじめ、建設業・コンサルタント等、 河川に関わる全ての方
- ・堤防決壊時の緊急対策シミュレーション等*1) を実施する際の参考資料としてご活用下さい
- ※1) 堤防決壊時の緊急対策シミュレーションとは
- ・堤防決壊時の災害対応訓練を毎年実施
 - →堤防が決壊した状況を想定し、
 - →迅速に堤防を復旧するための方法を検討



堤防決壊時の緊急対策シミュレーションの様子 (国土交通省北海道開発局帯広河川事務所より提供)

- ・実物大規模の堤防決壊実験など動画や写真を多数、準備していますので、河 川系以外にも少しでも興味を持って頂き、ご清聴頂けると幸いです。
- ・なお本資料では「堤防決壊」と「破堤」は同じ意味で用いています。

今日の発表概要(=検討資料の構成)

緊急対策 工事事例 1章:災害事例から得られた

知見と課題

どう決壊

2章:堤防決壊メカニズム

どう対応

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

減災効果

5章:実河川の堤防決壊を想定した

ケーススタディ

4

今日の発表概要(=検討資料の構成)

緊急対策 丁事事例 1章:災害事例から得られた

知見と課題

どう決壊

2章:堤防決壊メカニズム

どう対応

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

减災効果

5章:実河川の堤防決壊を想定した

ケーススタディ

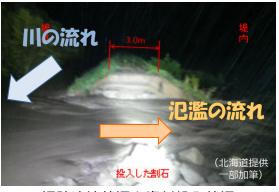
工事事例

早期に着手した事例

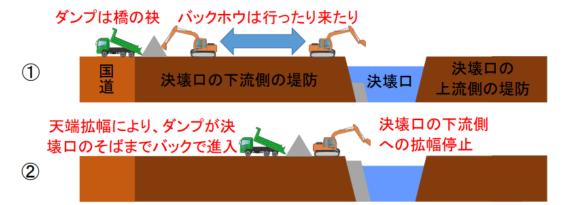
- ・バックホウによる早期着手(堤防決壊発見から3時間後に着手)
- ・バックホウは迅速な調達が可能で使い勝手が良い



締切工事着手後の状況



堤防決壊状況と資材投入状況



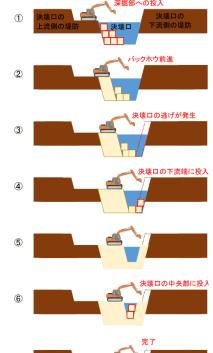
工事事例

資材投入の工夫事例

投入動画

- ・バックホウにアタッチメントとしてグラップル(つかみ装置)を装着
- ・3台のバックホウでバケツリレーのように大型土のうを堤防決壊口に投入
- ・荒締切を片側から進めると、決壊口の反対側の堤防崩壊が進行する場合も





工事事例

締め切る直前の工夫事例

・締め切る直前の激しい流れの中、投入方法や資材の工夫



締め切る前の激しい流れ



港湾工事で使用される10tの大型ふとんかごを 決壊口の上下流側に積み上げ、 バックホウを用いて一気に押し出し

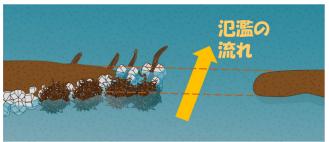
8

工事事例

投入資材の工夫~流木の活用 その他~不整地運搬車を活用した事例

・締切資材として現地の流木を活用





・車体上部が回転する不整地運搬車の活用



- ・ブロックと土砂で締切を進める
- ・決壊口幅が狭くなると投入土砂が流出
- ・ブロックと流木を積み上げ、土砂を投入することで締切作業を完了

工事事例

見た目ではわからない水面下の堤防決壊口

・大型土のうを投入しても締切作業が進まなかったため、決壊口深掘の計測



大型土のう投入



ボートによる決壊口の深掘計測

紹介しきれなかった事例の他、紹介事例の詳細な手順や現場でどのような判断をしたかなど、実際に対応された方々のインタビュー記事なども寒地河川チームのHPにアップしています。



10

今日の発表概要(=検討資料の構成)

緊急対策 工事事例 1章:災害事例から得られた

知見と課題

どう決壊

2章:堤防決壊メカニズム

どう対応

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

減災効果

5章:実河川の堤防決壊を想定した

ケーススタディ

どう決壊

現在の破堤口幅の推定方法

氾濫被害規模を知るには、 決壊口からの氾濫流量(≒破堤口幅)の見積もりが大事だが…

破堤口幅を推定する経験式

最終破堤口幅(m) = 1.6 × (log₁₀ 川幅(m))^{3.8} + 62

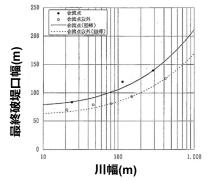
~合流点付近以外の場合

破堤口幅の拡幅速度は 破堤開始直後に上記の半分が一気に決壊 残りの半分は1時間かけて最終破堤口幅まで

破堤口幅は川幅に緩く紐づけ

河道縦断勾配や洪水継続時間には依存しない

基盤は洗掘しないという考え方



氾濫シミュレーション・マニュアル(案)-シミュレーションの手引き及び新モデルの検証-, 土木研究所資料第3400号, 平成8年2月

12

どう決壊

越水後どのように堤防決壊するか知りたい

実物大規模の十勝川千代田実験水路を用いた越水破堤実験平成20年度より様々な実験を実施



どう決壊

千代田実験水路を用いた越水破堤実験の様子

破堤実験動画



堤体形状(堤防高3m、天端幅3m、裏・表法勾配2割)

14

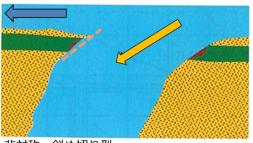
どう決壊

越水破堤は河道特性に応じて様々なタイプ

河床勾配が急な河川の決壊事例(H28空知川)



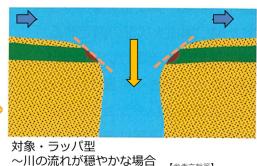
破堤口の平面形のタイプ



河床勾配が緩な河川の決壊事例(S56石狩川)



非対称・斜め切り型 〜川の流れの勢いが大きい場合



- 【参考文献等】 ・藤田光一:現代河川工学-基本と展開・、技報堂出版、2023.
- ・越水破堤実験より、堤防の崩壊量と堤防に作用する水の流れの力の関係式を導出
- ・破堤口拡幅現象が計算可能な数値解析モデルを開発(Nays2D Breach)
- ・実験以外の河道条件を対象に、破堤口の拡幅過程の整理を実施

今日の発表概要(=検討資料の構成)

緊急対策 工事事例 1章:災害事例から得られた

知見と課題

どう決壊

2章:堤防決壊メカニズム

どう対応

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

减災効果

5章:実河川の堤防決壊を想定した

ケーススタディ

16

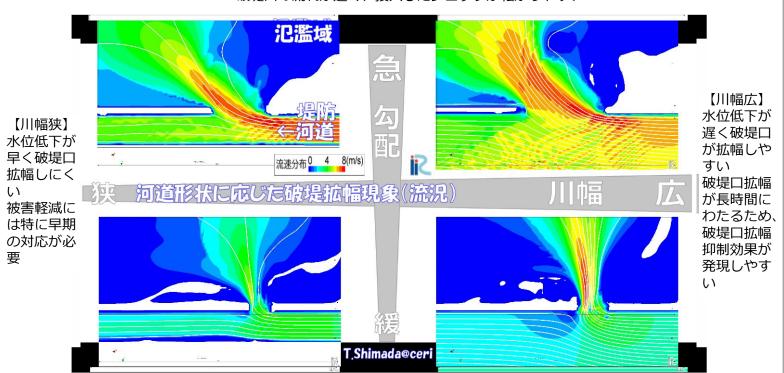
どう決壊

河道特性に応じた破堤拡幅現象の分類

流況計算動画

どう対応

【急勾配】河床勾配が急な場合は破堤口の拡幅が下流方向に進行 破堤口の下流側での拡幅抑制が効果的 破堤口の流れが速く、投入したブロックが転がりやすい



【緩勾配】河床勾配が緩い場合は破堤口幅は狭いが基盤の深掘が顕著 見た目以上に締切用の資材が多く必要

今日の発表概要(=検討資料の構成)

緊急対策工事事例

1章:災害事例から得られた

知見と課題

どう決壊

2章:堤防決壊メカニズム

どう対応

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

减災効果

5章:実河川の堤防決壊を想定した

ケーススタディ

18

重機·資材

ブロック投入現地実験

- ・普及している重機を用いて複数工法でブロック投入
- ・工法の相違が作業効率に与える影響について検証



重機·資材

ブロック投入現地実験

- ・**クレーン**(約3分/個): 重量のある資材を遠方まで吊作業可能だが、足場造成等の準備作業が必要となり着手に時間を要す
- ・バックホウ(約2分/個):調達しやすく不整地でも作業ができる ため早期着手が可能だが、吊上重量や作業半径に制限あり
- ・**不整地運搬車**(約0.5分/個):運搬と投入を同一機械で行うため 作業効率良いが、決壊口に近接する必要、また汎用性も低い















ケース1:クレーンに異形ブロック投入安全装置を取り付け水路内に投入 ケース2:クレーンにオートフックを取り付け、水路内にブロック投入

ケース3 : バックホウの玉外しで法先にブロックをおろし、バケットで水路内に押し落とす

ケース4:バックホウにオートフックを取り付け法先にブロックをおろし、バケットで水路内に押し落とす

ケース5:バックホウにオートフックを取り付け、水路内にブロックを直接投入 ケース6:不整地運搬車がダンプアップを行い、ブロックを水路内に直接放出

20

今日の発表概要(=検討資料の構成)

緊急対策 工事事例 1章:災害事例から得られた

知見と課題

どう決壊

2章:堤防決壊メカニズム

どう対応

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

減災効果

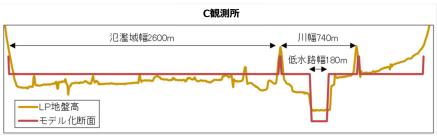
5章:実河川の堤防決壊を想定した

ケーススタディ

減災効果

数値計算によるケーススタディ

- ・効率的な資材搬入により「早期の着手が可能」、「資材投入やサイクルタイムの短縮」が期待できる
- ・開発した破堤口拡幅計算モデル(Nays2D Breach)を活用して試算

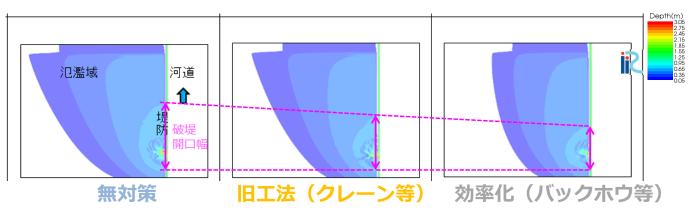


モデル化断面		
	資材投入に主にクレーンを使用	資材投入に主にバックホウを使用
堤防決壊地点	中勝川水系の水位流量観測所付近の 堤防2地点 ・千代田観測所 ・音更観測所	同左
數值計算方法	「Nays2d Breach」を使用	同左
計算に用いるハイドロ	各観測所で H28.8 に観測された実績 ハイドロ	同左
着工までに要する時間	堤防決壊がら4時間後 ・堤防決壊確認〜連絡 :60分 ・資機材準備、運搬 :60分 ・資材扱置きヤード整備:60分 ・資材投入準備 :60分	堤防決壊から3時間後 ・堤防決壊確認~連絡 :60分 ・資機材準備、運搬 :60分 ・資材仮置きヤード整備:60分
荒締切の構造	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 数鉄板敷設 : 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 数鉄板敷設 : 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	ブロック投入:2分/個 砕石投入 :0.6㎡/分 敷鉄板敷設 :4分/枚

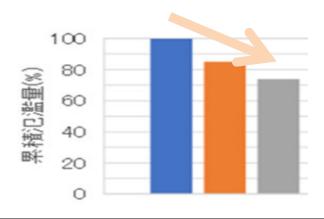
減災効果

数値計算によるケーススタディ

浸水範囲の低減(C観測所)



累積氾濫流量の低減



22

【参考】本日紹介した検討資料等

十勝川千代田実験水路を活用した越水破堤実験で得られた成果





本日紹介した検討資料等は、 寒地土木研究所寒地河川チー ムのHPで公開しています



千代田実験水路の概要

■十勝川千代田実験水路の概要

十勝川千代田実験水路は新水路を一部を利用し、その水路に疑似洪水を発生させて、実河川スケールでの様々な実験・研究を行う施設です。 延長1300m、幅30m、水路勾配1/500で世界最大級の実験水路施設です。精度の高いデータは、今後の河川管理に関する行政課題の解消に役立 てます。

▶帯広盟発建設部 千代田事験水路

■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)

河川整備が進んでいる現在においても、全国で堤防決壊による浸水被害が発生しています。

このような中、堤防決壊時の迅速な対策技術の向上を進めることが被害軽減につながると考えられます。

本検討資料は、十勝川千代田実験水路も活用しながら、対策技術の検討を行った成果を、国土交通省北海道開発局と国立研究開発法人土木研究所

寒地土木研究所が共同で取りまとめたものです。

▶堤防決壊時に伴う緊急対策工事の効率化に向けた検討資料(案)

▶重点普及技術の紹介

▶平成30年度全建賞を受賞

破堤計算ソフト(Nays2D Breach)

■破堤計算ソフト(Nays2D Breach)(平成27年6月) 破堤計算ソフトNays2DBreachは、北海学園大学の清水康行特任教授らが開発した2次元河床変動計算ソフトウェアNays2Dに破堤モデルを組み

込み、寒地土木研究所寒地河川チームと北海学園大学清水特任教授とが共同開発したソフトです。 平面2次元での洪水流れ、破堤拡幅現象、氾濫流量算出などの計算が可能となっています。

▶破堤計算ソフト(Nays2DBreach)

▶破堤計算ソフトの概要

河川堤防の越水破堤現象のうち 破堤拡幅現象に関する実験報告書

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)

■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 (平成24年10月)

本報告書は、平成20年から平成23年にかけて千代田実験水路で破堤実験を行い、河川堤防の越水破堤現象のうち、特に破堤拡幅機構に関する検 討の成果を、国土交通省北海道開発局と襄地土木研究所が共同で取りまとめたものです。

▶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

▶河川堤防の越水破堤実験の概要

▶越水破堤実験の動画(本実験case1)

実物大規模の越水破堤実験動画

24

さいごに

本検討資料は、万が一、堤防が決壊した場合に少しでも有効な方法を選択し、 現場ごとの減災につながることを期待して、現時点で可能な方法について検討し てとりまとめたものです。

ぜひ皆さんにご活用、あるいは興味のある箇所をご一読、頂ければ幸いです。