



大規模水害の被害軽減を目指す 十勝川千代田実験水路



島田 友典

国立研究開発法人土木研究所寒地土木研究所寒地水圏グループ
寒地河川チーム研究員

1976年大阪生まれ。帝塚山学院泉ヶ丘高校・徳島大学出身。2000年現国土交通省北海道開発局札幌開発建設部へ入局。04年現寒地土木研究所寒地河川チーム、12年北海道開発局帯広開発建設部、15年から現職。19年9月北見工業大学大学院工学研究科博士後期課程修了、博士(工学)。現在の主な研究テーマは破堤被害を最小化するための破堤氾濫流量の軽減技術に関する研究。

はじめに

近年では台風や集中豪雨などによる豪雨災害が多く発生し、河川の氾濫による大規模な水害の発生が懸念されています。なかでも越水による堤防決壊は川の水位が高い状態から一気に住宅地側へ氾濫した水が勢いよく流れ込むことで、人口や資産が集中している市街地などが広範囲・長時間にわたり冠水するなど、甚大な被害が生じることが想定されます。

しかし堤防決壊メカニズム（特にどのように決壊口が拡幅していくかなど）は未解明部分が多く、これらを明らかにすることが堤防決壊に起因する被害軽減技術の構築につながるものと考えられます。このような中、土木研究所寒地土木研究所と国土交通省北海道開発局では、十勝川千代田実験水路を用いて、堤防決壊メカニズムの解明等に関する研究を行っています。

ここでは、はじめに十勝川千代田実験水路の施設概要について、次に堤防決壊メカニズムを明らかにするための堤防決壊実験について、最後に堤防決壊時の被害軽減技術に関する実験について紹介します。

十勝川千代田実験水路

北海道開発局では一級河川である十勝川において、治水安全度を向上させることを目的に日本最大級となる起伏式ゲートを4門配置した千代田新水路を施工し、

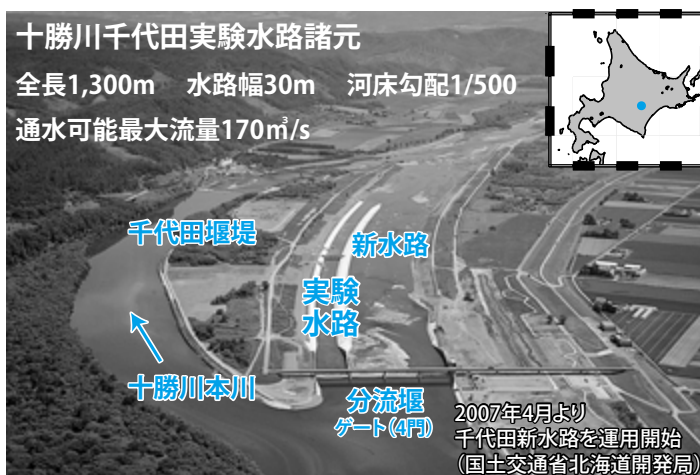


図1 十勝川千代田実験水路（北海道幕別町）

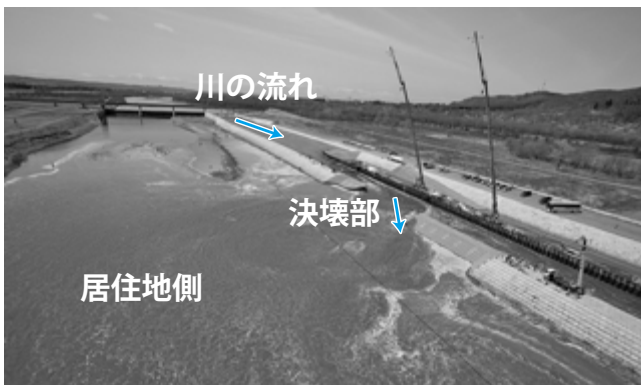


図2 堤防決壊実験の様子

2007年4月より運用を開始しています。十勝川千代田実験水路は千代田新水路の一部を活用することで、様々な実験を行う施設です。実験水路延長 1,300m、水路幅30m、水路の縦断勾配 1/500で、ゲートの1門を非洪水時に活用し、最大 170m³/sもの流量を通水させ、擬似洪水による実験を行うことが出来る世界最大級の実験施設です。また実験にあたっては水理条件・通水日時などある程度の設定が可能であるため、事前に観測手法の検討や準備を十分に行うことが出来ます。このため今まで室内で行っていたような模型実験で

は時間や土砂の粒径等の縮尺の影響を考慮する必要があり、また実河川では観測されなかった、あるいは観測が非常に困難な現象をこの千代田実験水路を用いることで確認・解明することが可能となりました。

2007年度は本格的な実験実施に向けた基礎資料とすることを目的に、実験水路の基礎的な特性を明らかにする予備実験を行い、2008年度からは越水による堤防決壊の拡幅機構に関する実験を、2013年度からは堤防決壊時の被害軽減技術に関する実験を行っています。

越水による堤防決壊実験

これまでの堤防決壊に関する調査研究は、主に縮尺模型実験などを中心に行われてきました。千代田実験水路を用いることで、実物大規模でかつ実河川と同様に川の流れに対して縦断的に配置された堤防からの横越流による堤防決壊拡幅実験が可能となりました。

実験で決壊させる堤防は高さ3m、天端幅3m、法面の勾配2割を基本とし、堤防の形状や用いる土砂、川の流れ方などの条件を変えて実験を行いました。その結果、堤防決壊過程が4つの段階に分類出来ることが

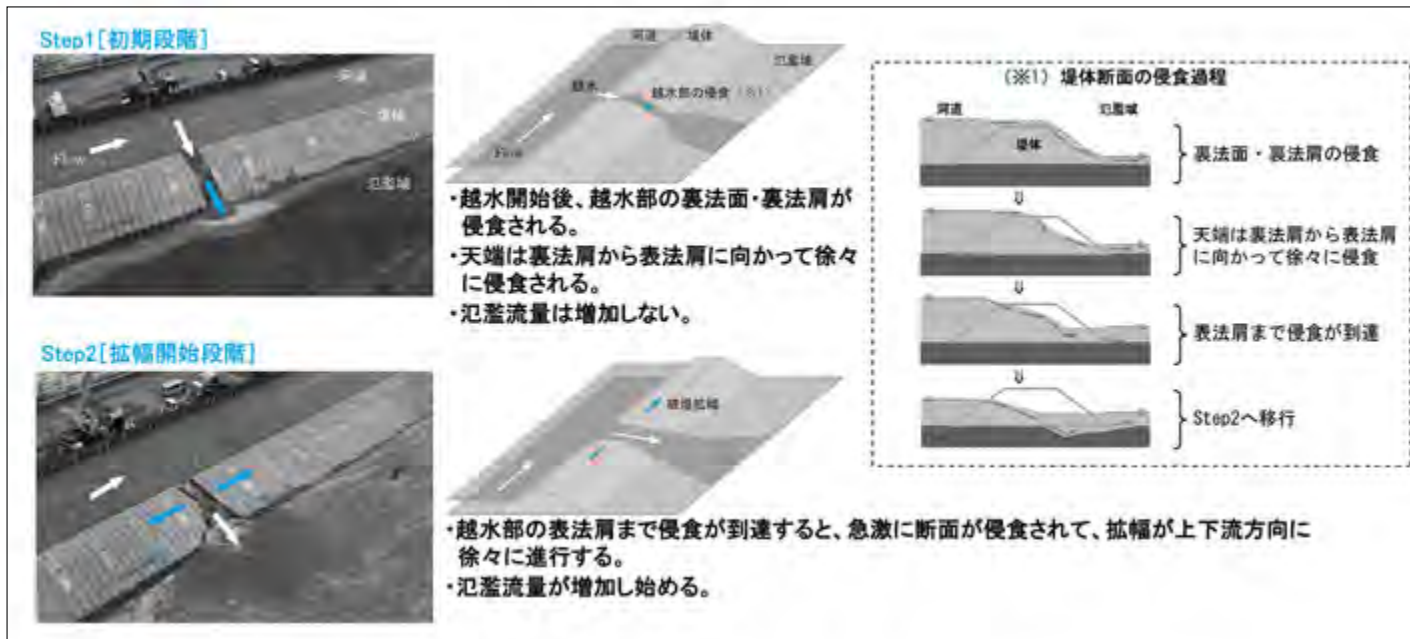
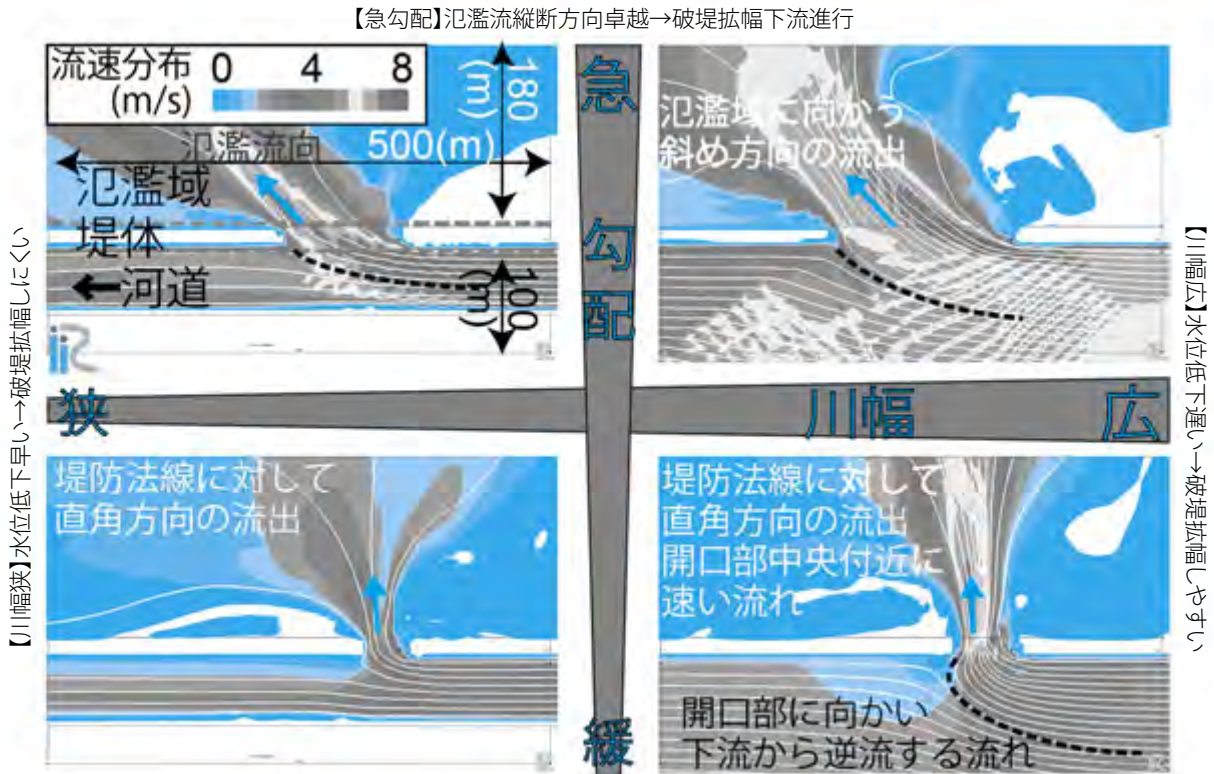


図3 堤防決壊進行過程

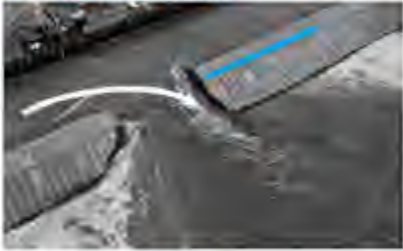


【川幅狭】水位低下早い→破堤拡幅しにくい

【川幅広】水位低下遅い→破堤拡幅しやすい

図4 数値解析も活用した河道特性に応じた堤防決壊拡幅現象の分類

Step3 [拡幅加速段階]

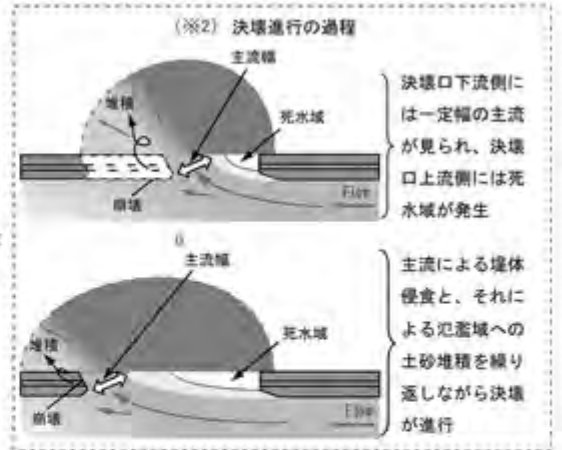


- 堤体断面の大半が侵食されると、拡幅が急激に進行し進行方向は主に下流側となる。
- 破堤口下流の流速が早くなり、この流れが堤体にぶつかり堤体を侵食しながら破堤が下流方向に進行する。
- 氾濫流量がピークを迎える。

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。
- 氾濫流はほぼ一定で推移し、拡幅速度は遅くなる。
- 破堤口の downstream 端は、氾濫域側に顕著に斜め形状となって決壊が進行する。



明らかとなりました。

さらに堤体崩壊量と決壊口内の氾濫流の無次元掃流力（河床にある土砂を押し流そうとする力）との間で成立する実験式を見だし、決壊口の拡幅を計算することが出来る数値解析モデル「Nays2D Breach」を開発しました。本モデルを用いることで、河川が越水によって堤防決壊した場合、どのように決壊口が拡幅するのか、その傾向が理解出来るような分類図を作成するとともに、分類に応じた被害軽減対策を事前に検討出来るように示しました。

被害軽減技術

堤防決壊時には早期に荒締切工（氾濫流量の低減や堤防決壊口の閉塞を目的に水防資材等を決壊口に投入する工事）に着手出来れば、住宅地側へ流れ出る氾濫流量が少なくなるなど、被害軽減につながることを期待出来ます。しかしながら使用できる資材や工法に制約があること、堤防決壊の発生頻度が少なく知見が十分蓄積されていないことなどからも技術開発が進んでいませんでした。

そこで近年の堤防決壊時の締切工事等の事例収集を通じて、効率的に締切作業を行うことが期待出来る重機・資材を選定し、千代田実験水路において堤防決壊口を想定した箇所への資材投入実験を複数工法で行い、工法の違いが作業効率に与える影響について検証実験を行いました。

これより荒締切工事の早期着手には、普及台数が多いこと・土工や吊作業など用途が多いこと・被災直後の足場が悪い中でも作業が出来ることなどから、従来の机上検討で行われていたクレーンよりもバックホウを用いることが、特に初動では有効であることが明らかとなりました。

また、決壊口への資材投入にあたっては、実験結果より、一般的な玉外し（ワイヤーから資材を人手により外す）よりオートフック（重機にかかる荷重が軽くなるとワイヤーが自動的に外れる仕組み）や異形ブ

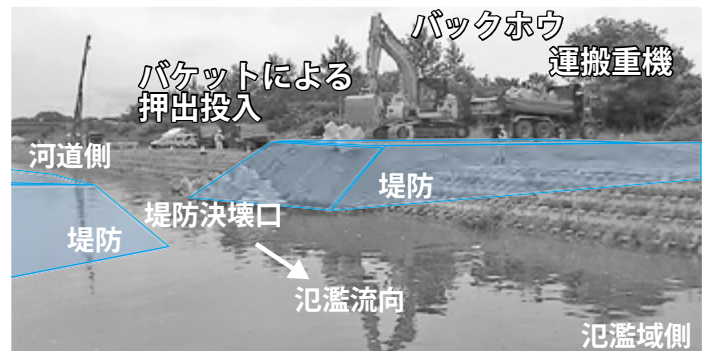


図5 重機による効率的な資材投入検証

ロック投入装置（吊り上げた資材を空中で切り離す）などを活用することで、効率だけでなく安全性も向上できることが明らかとなりました。

おわりに

千代田実験水路を活用した実験・研究により得られた知見については寒地土木研究所と北海道開発局が共同で取りまとめ、以下の報告書や検討資料等を、寒地土木研究所寒地河川チームのHPで公開しています。
(<http://river.ceri.go.jp/contents/tool/index.html>)

- ・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
- ・破堤計算ソフト（Nays2D Breach）
- ・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）

堤防決壊という甚大な災害が発生した場合、少しでも被害軽減につなげる工夫は重要ですが、現場ごとに条件が異なるため、明快な締切手法の提案は困難な面が多いと思われます。本検討資料が使用されることで、少しでも合理的な手法の選択ができて堤防決壊時の被害軽減につながることを期待します。

なお本実験研究を行うにあたり、十勝川千代田実験水路アドバイザー委員会と同検討会より、多くの助言を頂くとともに、資材投入実験実施にあたっては一般社団法人帯広建設業協会の方々のご協力を頂きました。ここに記して謝意を表します。