

越水破堤初期段階に関する一考察

土木研究所寒地土木研究所 ○正会員 島田 友典
 土木研究所寒地土木研究所 正会員 横山 洋
 土木研究所寒地土木研究所 正会員 平井 康幸
 北海道開発局常広開発建設部 非会員 三宅 洋

1. はじめに

水害のうち堤防決壊による被害は甚大であり、その8割以上が越水に起因するとされているが、越水破堤メカニズムは未解明部分が多い¹⁾。このメカニズムを明らかにすることを目的に国土交通省北海道開発局と(独)土木研究所寒地土木研究所では2008年度から十勝川千代田実験水路(以下、千代田実験水路)において、実物大規模での越水破堤実験を行ってきている¹⁾²⁾³⁾。

本論文では越水破堤現象の中でも初期段階(越水してから破堤拡幅開始や氾濫流量増加が始まる起こるまで)を対象とし、千代田実験水路における破堤実験全ケースの結果を整理し、過去の知見との比較を行った。

2. 越水から破堤拡幅開始まで

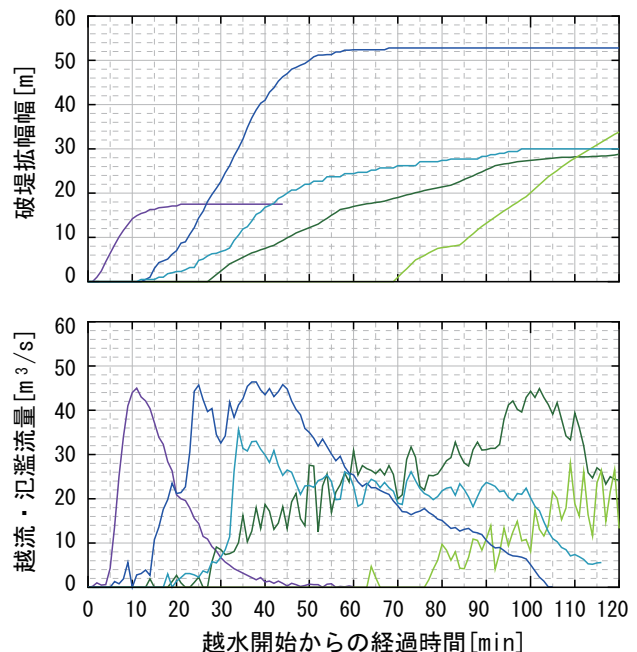
2008年度以降に千代田実験水路で実施した越水破堤実験の結果¹⁾²⁾³⁾のうち、図-1の上段に堤防天端中央の破堤拡幅進行過程幅、下段に越流・氾濫流量を示す。破堤幅について、どのケースにおいても時間の長短はあれ越水開始後すぐに破堤幅の拡幅は始まっていない。越流・氾濫流量についても破堤幅と同様に越水開始後すぐに流量は増加しておらず、破堤拡幅が開始した後に越流氾濫流量の増加が始まっている。

実験条件に違いはあるが、越水してから破堤拡幅開始までの初期現象に大きな差はなかった。実災害を考えると、この時間帯を延ばすことが出来れば例えば越水した場合でも住民避難に要する時間を稼ぐことも可能と言えそうである。

3. 破堤拡幅開始のポイント

堤防からの越水開始後、どの時点で破堤拡幅が開始し、越流・氾濫流量が増加を始めるかを把握することは破堤メカニズムの解明にとって重要な現象の一つである。

図-2は背割堤1の実験結果のうち、破堤のきっかけとして設けた切欠部断面における加速度センサーの記録¹⁾から推定した堤体崩壊履歴の結果を示す。これより越水開始後、裏法面・裏法肩の崩壊が進行し、天端が氾濫域側から河道側へ後退していく様子がわかる。そしてこの天端崩壊が表法肩まで到達した時点、背割堤1では越水開始14分以降に破堤拡幅の開始、越流・氾濫流量の増加を始めている。これは河道と堤体の境界面でもある表法面が浸食されることにより、氾濫域側へ向かう通水断面が増え、一気に水が流れ込むためと考えられる。そしてこの過程は千代田実験水路で行った



— 横断堤 — 詳細は参考文献1)
 2008年度実施。実験水路内に横断堤を造成し、正面越流による越水破堤実験

— 縦断堤1 — 縦断堤2 — 詳細は参考文献2)
 2009年度実施。実験水路内に縦断堤(堤体土質は1が砂礫・2がシルト)を造成し、河道流れを考慮した氾濫域が拘束されている横越流越水破堤実験

— 背割堤1 — 背割堤2 — 詳細は参考文献3)
 2010年度実施。背割堤を用い河道流を考慮した氾濫域のある横越流越水破堤実験。2は1に対して河道下流端を堰上げてFr数を小さくしている

なお堤体条件については図-3を参照のこと

図-1 (上段) 破堤拡幅量・(下段) 越流氾濫流量

他の実験ケースにおいても同様の傾向が見られた。ただし縦断堤2については、表法肩まで浸食が到達してから約30分程度は破堤拡幅が始まっていない。図-1の凡例にもあるように、縦断堤2のみ土質がシルト系である。この土質の相違が開口部の浸食速度を遅らせた要因として考えられるが、現時点では推測の域は出ない。

4. 越流量と堤体浸食量

前述の通り、越水してから破堤拡幅が始まるまでは2次元正面越流による越水破堤に近い現象であった。そこで既往事例として(独)土木研究所つくば中央研究所による2次元正面越流破堤実験結果⁴⁾⁵⁾と、千代田実験

Key Words: 越水破堤メカニズム, 千代田実験水路

〒062-8602 北海道札幌市豊平区平岸1条3丁目1番34号 土木研究所寒地土木研究所 TEL 011-841-1639

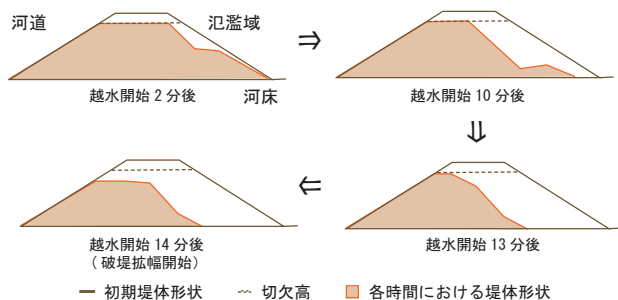


図-2 加速度センサーの記録を用いた破堤進行過程の推定(背割堤1)³⁾

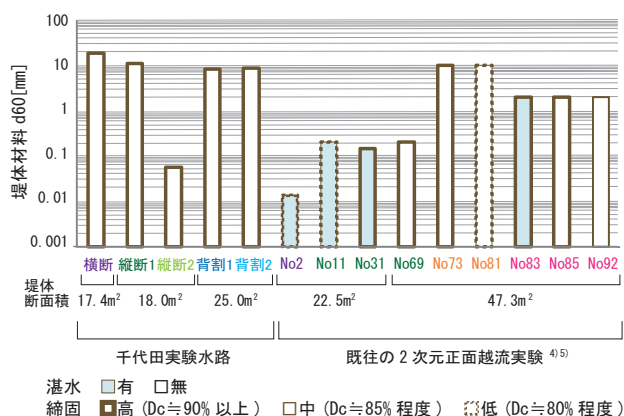


図-3 堤体条件

水路での実験結果の比較を行った。

図-3は千代田実験水路実験と既往実験における堤体条件(堤体断面積・60%粒径・締固度・湛水の有無)を示す。図-4は外力の指標として単位幅累積越流量、堤体の崩壊を表す指標として単位幅浸食量を用いて比較したものであり、図-5はその最終的な単位幅浸食量を単位幅累積越流量で除したものである。

今回の結果では堤体条件・河道条件がそれぞれ異なることから、浸食量に最も効く要素が何であることを明らかにすることは困難である。しかし例えば背割1と背割2は河道水理条件のみが異なり、縦断1と縦断2は堤体材料のみが異なるが、単位幅累積越流量と単位幅浸食量はそれぞれ一定の関係性が見られる。また背割1・背割2と2次元正面越流のNo.2-11-81-83-92、縦断1・縦断2と2次元正面越流のNo.31-73は傾向が近いと言える。今後この浸食量に効きやすい要因を明らかにすることが出来れば、既往の知見も含め実堤防へのフィードバック、減災を考える際の一つのヒントとなる可能性がある。

5. まとめ

以下に今回得られた知見を簡潔に示す。

1. 越水開始後、裏法面・裏法肩・天端と崩壊が進行し、表法肩まで崩壊した後に、破堤拡幅・越流氾濫流量が増加する。

2. 破堤拡幅が始まるまでは外力として累積単位幅越

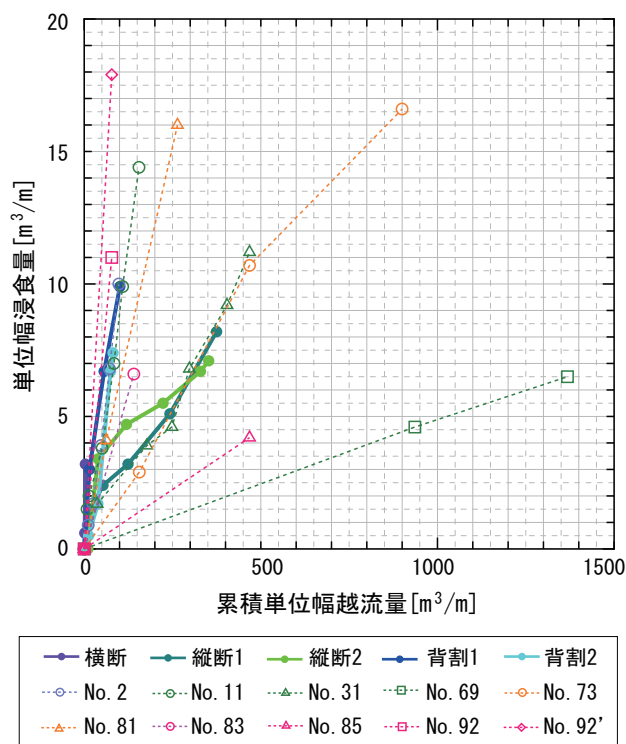


図-4 単位幅浸食量と累積単位幅越流量⁴⁾⁵⁾

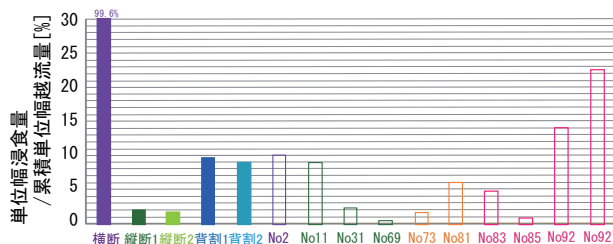


図-5 最終単位幅浸食量/最終累積単位幅越流量⁴⁾⁵⁾

流量と単位幅浸食量に一定の関係性があることが示唆される。

謝辞：十勝川千代田実験水路での実験実施にあたっては十勝川千代田実験検討会から助言を多く頂いた。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 島田友典・渡邊康玄・横山洋・辻珠希：千代田実験水路における横断堤越水破堤実験，土木学会水工学論文集，第53巻，pp.871-876，2009.
- 2) 島田友典・平井康幸・辻珠希：千代田実験における越水破堤実験，土木学会水工学論文集，第54巻，pp.811-816，2010.
- 3) 島田友典・平井康幸・横山洋・三宅洋：千代田実験における氾濫域を含む越水破堤実験，土木学会水工学論文集，第55巻，pp.841-846，2011.
- 4) 越水堤防調査最終報告書-解説編-，建設省土木研究所資料，第2074号，1984.
- 5) 平成19年度重点プロジェクト研究報告書-河川堤防の耐浸食機能向上技術の開発(1)，(独)土木研究所つくば中央研究所，2007.