

千代田実験水路における破堤実験の水路幅に関する一考察

土木研究所	寒地土木研究所	正会員	○飛田	大輔
土木研究所	寒地土木研究所	正会員	柿沼	孝治
土木研究所	寒地土木研究所	正会員	横山	洋
北海道開発局	帯広開発建設部	非会員	島田	友典

1. はじめに

河川堤防の破堤メカニズムの解明は、水害被害の軽減に向けて重要な課題である。このうち、特に未解明な部分が多かった破堤拡幅メカニズムを明らかにすることを目的に、北海道開発局と寒地土木研究所では2011年度から、十勝川千代田実験水路において実現象に近い実スケールでの横越流による破堤実験を行ってきた¹⁾。実験により、今まで未解明だった破堤進行機構や破堤拡幅速度に関する有用な知見が得られた。しかしながら、破堤実験は地形地質条件(堤体形状・土質)や水理条件(河道幅・流量)が限られた条件で行われており、実河川に適用するためには、さまざまな条件に対しての適用性を検討する必要がある。本研究では河道幅の違いが破堤現象に及ぼす影響について数値シミュレーションにより検討を行った。

2. 数値シミュレーションによる破堤現象の検討

本研究では、2次元浅水流を基礎とするフリーソフトウェア Nays2D²⁾を用いた。まず、図-1に示す千代田実験水路の形状を再現し、破堤シミュレーションを行った。上流端流量は $62\text{m}^3/\text{s}$ を与え、切欠部(深さ50cm)を設けて破堤のきっかけとした。計算領域は、河道、堤防、氾濫域を含む範囲をすべて移動床とし、計算メッシュは1mの直交格子とした。また、移流項計算は風上差分方式、河床変動計算の掃流砂量式をMeyer・Peter・Müller、破堤現象の再現については、斜面崩落モデルを用いて安息角を30度とした。堤防を含む河床材料粒径については、実験値を参考に13mmとした。次に、河道条件(河道幅・流量)の違いが破堤現象に及ぼす影響について検討するため、

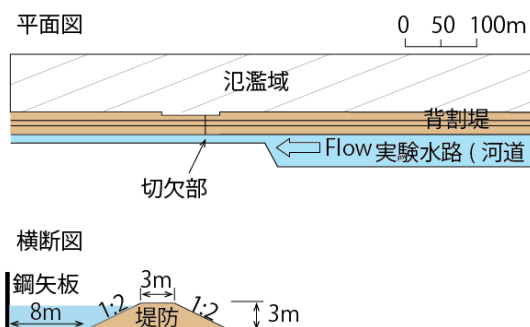


図-1 実験水路の再現(run1)

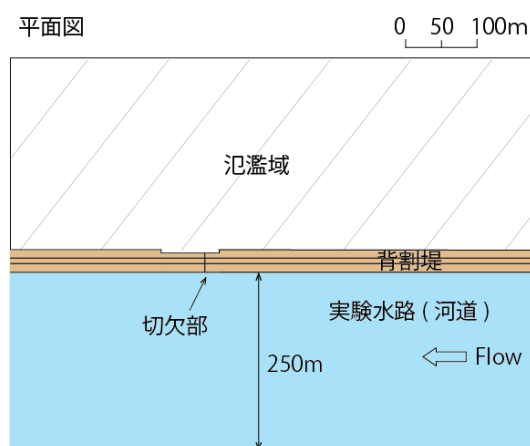


図-2 水路幅を拡幅したケース(run2)

図-2に示すように同実験水路の河道幅を広げた形状で破堤シミュレーションを行った。なお、河道幅を広げたケースについては、一級河川である十勝川中流部の河川横断面を参考とし、堤防の大きさは変えずに水路幅を250m、氾濫域幅を300mとし、run1と同じ等流水深となるように上流流量(定常)は $2700\text{m}^3/\text{s}$ を与えた。なお、川幅水深比(B/h)は2.6程度から90程度まで大きくなった。

キーワード 破堤, 数値計算, iRic, 十勝川千代田実験水路

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

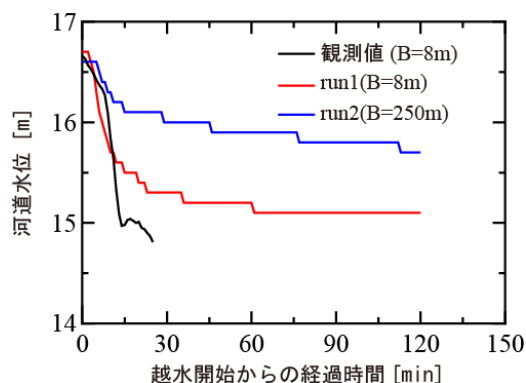


図-3 河道水位

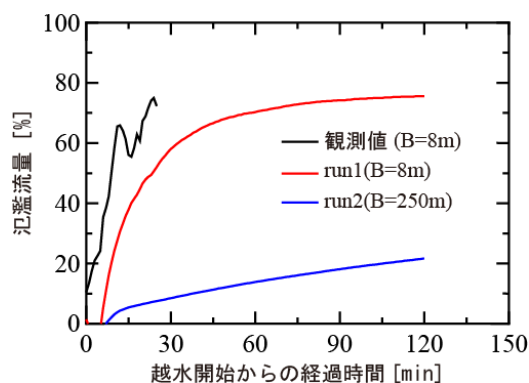


図-4 氾濫流量

3. 結果と考察

(1) 水位流量

実験及び数値計算の河道水位(切欠部)を図-3, 氾濫流量を図-4に示す. なお, 氾濫流量は上流端流量に対する割合(%)で示した. 破堤進行過程について, 破堤実験では4つのstepが確認されている¹⁾が, 計算はstep1がごく短時間しか認められなかったため, ここではStep2以降から観測値と比較した. 全般的に破堤進行時間の再現性が低いので, 定量的な比較は行わないこととする. 水位について, 観測値と再現計算であるrun1では, 破堤進行の早い段階で水位低下しており, 定性的な傾向は概ね再現できた. また, 氾濫流量についても, 観測値はrun1に比べ早い段階で過大ではあるが概ね再現できた. 次に, run1とrun2を比べると, run2では水位が低下せず氾濫流量が破堤拡幅進行に比例し増加しつづけている. これは, run1は河道幅が狭く, 河道内の流水がほぼ氾濫域に流出するが, run2は河道幅が広く, 水位が低下せずにstep3が継続しているものと考えられる.

(2) 地形と破堤進行過程

破堤口付近の地形を図-5に示す. ここで, 観測結果は実験終了後, run1及びrun2は100分後である. 観測とrun1では, 河道上下流の洗掘・堆積, 破堤口下流側の深掘れ(落掘), 氾濫域上流側の堆積による氾濫流の主流幅, 堤防形状が斜めになるなど概ね再現できた. 次に, run1と河道幅の広いrun2を比べると, run2では主流幅が広いという違いはあるが, 下流側への破堤進行, 破堤形状が斜めであること, 上流の河道が洗掘や下流側の河道堆積, 氾濫域上流側の堆積などがrun1と同様の傾向であり, 破堤の進行メカニズムは同様と考えることができる.

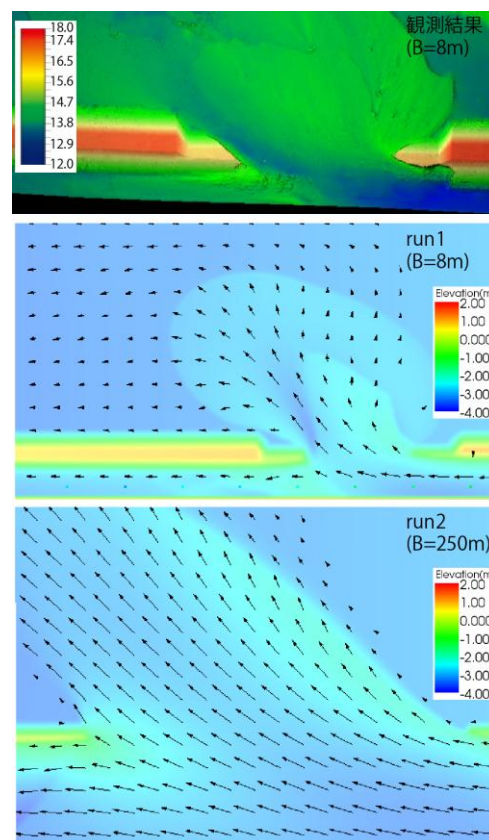


図-5 破堤口付近の地形

4. まとめ

河道幅の広いケースでは, 水位が低下せず氾濫流量が増加しつづけるstep3が長時間継続した.

河道幅が広いケースでも, 地形変化は実験と同様な傾向にあり, 千代田実験水路で得られた破堤拡幅機構は適用できると考えられる. また, 破堤崩壊量の推定式についても適用できると考えられるが, さらなる検討が必要である.

参考文献

- 1) 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: 国土交通省北海道開発局, 土木研究所寒地土木研究所, 平成24年10月.
- 2) iRic, <http://i-ric.org/>