

模型実験と iRIC Nays2Dflood による二線堤の被害軽減効果の可視化

室蘭工業大学
室蘭工業大学
室蘭工業大学

○学生員 清水 皓太 (Kota Shimizu)
正 員 中津川 誠 (Makoto Nakatsugawa)
学生員 柳谷 友輝 (Yuki Yanagiya)

1. はじめに

2018 年 7 月の西日本豪雨では、本州付近に停滞する梅雨前線の活動が活発になり、九州から東北にかけて広い範囲で断続的に激しい雨が降り続き、甚大な被害が発生した。これにより岡山県倉敷市では、高梁川の支川の小田川で 2 箇所、小田川支川の末政川、高馬川等でバックウォーターによる決壊が発生し、真備町の 4 分の 1 が浸水する被害が生じた。バックウォーターとは、下流側の水位の変化が上流にも影響を及ぼす現象のことで、大雨などの影響により増水した本流の流れによって支川の流れがせき止められ、支川の水位が上昇する現象である。

以上を背景に、本研究ではバックウォーターによる被害状況及び、その対策としての二線堤の氾濫被害軽減効果の可視化を行った。二線堤とは本堤背後の堤内地に築造される堤防のことをいう。万が一、本堤が破堤した際に、洪水氾濫の被害を防ぎ被害を最小限に抑える役割を果たす。可視化を行うにあたって、EMRIVER EM3¹⁾という実験装置及び、iRIC Nays2D Flood²⁾というソフトウェアを用い比較検討を行った。これらによるバックウォーターを模型やシミュレーション動画で可視化することによって、外水氾濫の危険性及び、二線堤の効果を一般社会に認知させることを本研究の目的とする。

2. 研究方法

2.1 実験装置 (EMRIVER EM3 について)

Little River Research&Design 社製の EMRIVER EM3¹⁾(本稿では以下 Em3 と表記する)は、河川の動的な水の流れや河道形成の過程を実験で再現することができる実験装置である。本研究で扱う河川は、西日本豪雨においてバックウォーターの影響で破堤した岡山県の小河川を参考に、実際のサイズの 1/100 スケールを想定して作成した。本研究で用いた Em3 の画像を写真-1 及び写真-2 に示す。川幅を 10cm とし、その両岸に高さ 15 cm の発泡スチロールで作成した堤防を設置した。その堤防のうち、左岸側に延長 20 cm の堤防がない区間を設け、この区間は Em3 の河床材を使用し、天端幅 6.5 cm、堤防高 7.5 cm、裏法部堤防敷幅 15 cm の 2 割勾配の堤防を作成した。堤内地の地盤高は、2.5 cm とする。

次にバックウォーターを再現するにあたり、Em3の最下流部に高さ 12 cm の木製の板を配置することにより水の流出を防ぎ、バックウォーターの再現を行う。また、二線堤を設置した際の比較検討を行うために、破堤箇所から 12 cm 離れた地点に高さ 2 cm、幅 5 cm のプラスチックの板とテープを用いて二線堤を

作成し、比較することで二線堤の効果を可視化する。

2.2 シミュレーション (iRIC Nays2D Flood について)

iRIC Nays2D Flood²⁾(本稿では以下 iRIC と表記する)は、地形・河川・粗度のデータ等を入力し 河川の流れ・河床変動解析を行うソフトウェアである。本研究における計算条件は、実験で行った条件と同様の設定とした。二線堤が有る場合は、Em3 における二線堤配置箇所 の地形データの標高を 1.5cm 上げることで二線堤を再現する。流入量は Em3 と同じ 120 ml/s、粗度係数は 0.03、家屋部分の家屋占有面積率は 0.3 に設定した。また、計算サイズは 2.28 m×0.94 m、格子数は模型横断方向 102 個、縦断方向 57 個とする。背景画像として実験前 の家屋の位置、二線堤の位置に合わせて iRIC 上でもそれぞれ障害物セル、破堤セル、家屋占有面積率、二線堤の位置を設定する。計算前の画像を図-1 に示す。計算後に家屋到達時の流速、水深を計算する際に用いる家屋部分のセルを図-1 上に×印で記す。破堤開始時間は、Em3 の実験で破堤した時間と同じ 90 秒に揃える。また、越水時の水深を実験と合致させるため、堰上げ位置を 0.45 m 上流にずらすように設定した。



写真-1 Em3の外観(上方から)

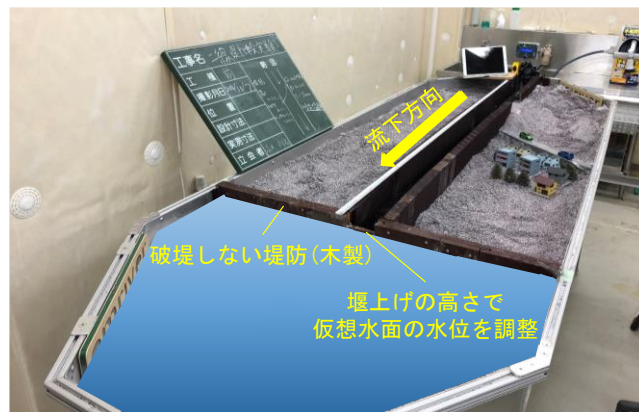


写真-2 Em3の外観(下流側から)

キーワード バックウォーター 二線堤 模型実験 EMRVER EM3 iRIC Nays2Dflood

連絡先 〒050-8585 室蘭市水元町 27-1 国立大学法人 室蘭工業大学 TEL 0143-46-5276

3. 結果と考察

3.1 Em3 を用いた氾濫実験結果

流速の計算は動画解析をし、模型における家屋の先端部と末端部の長さを各々到達した時間の差分で除し、平均流速を計算した。

(1)二線堤が無い場合の実験結果

実験結果より得た家屋部の実物換算における流速、家屋先端部分到達時間を写真-3に示す。また、越水した水がそのまま家屋に到達することで破堤地点に最も近い家屋は水の勢いにより倒壊した。

(2)二線堤が有る場合の実験結果

実験結果より得た家屋部の実物換算における流速、家屋先端部分到達時間を写真-4に示す。破堤箇所と家屋の間の二線堤が、水を一時的に受け止め、破堤箇所から直接流れ込んでくる水のエネルギーを減勢させた結果、家屋への浸水は見られたが、倒壊の被害は生じなかった。

(3)二線堤の有無での計算結果比較

2つの条件を比較すると破堤後、家屋に水が浸水するまでの時間は二線堤が有ることで4倍となり、実物換算で180秒の差が生じた。また、家屋に浸水した時の流速は、二線堤があることで1/10となった。この

ような時間差や流れの減勢効果を活かし、上方への避難など緊急時の対応が可能となると考える。

3.2 iRIC Nays2D Flood を用いた氾濫計算結果

流速は2.2で説明した×印のセルにおける値をiRIC上で求める。

(1)二線堤が無い場合の計算結果

計算結果より得た家屋部の実物換算における流速を図-2に示す。Em3での実験結果と同様に、河川水位が上昇し堤防が破堤した直後、河道に貯まっていた水が堤内地側へ流れ込んだ。

(2)二線堤が有る場合の計算結果

計算結果より得た家屋部の実物換算における流速を図-3に示す。この結果はEm3の結果よりはやや大きい。しかしながら、いずれにしても破堤箇所から直接流れ込んでくる水のエネルギーを減勢させる効果があることがわかる。

(3)二線堤の有無での計算結果

2つの条件を比較すると破堤後家屋に浸水した時の流速が、二線堤が有ることで1/2.5となった。なお、構造物の倒壊、流出の定量的評価についてはさらなる検証が必要である。

4. あとがき

本研究で得られた成果を下記に記す。

- 1) バックウォーターによる氾濫被害の大きさを実験による破堤の様子や家屋の倒壊の様子で確認することができた。二線堤を配置することにより家屋に水が浸水するまでの時間を稼ぐことができ、浸水による家屋への被害の軽減効果を確認することができた。
- 2) iRIC Nays2D Flood²⁾を用いた二線堤の比較計算を行った結果、二線堤を配置することで家屋に浸水する際の流速を小さくし、氾濫被害を軽減することが出来ることが確認できた。
- 3) 模型実験、氾濫計算により外水氾濫と二線堤の効果の可視化ができた。

参考文献

- 1) LITTLERIVERRESEACH&DESIGN, <https://emriver.com/>
- 2) iRIC プロジェクト：iRIC ソフトウェア, <http://i-ric.org/ja/>

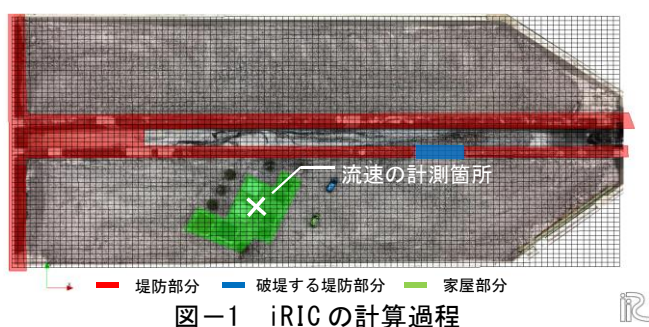


図-1 iRIC の計算過程

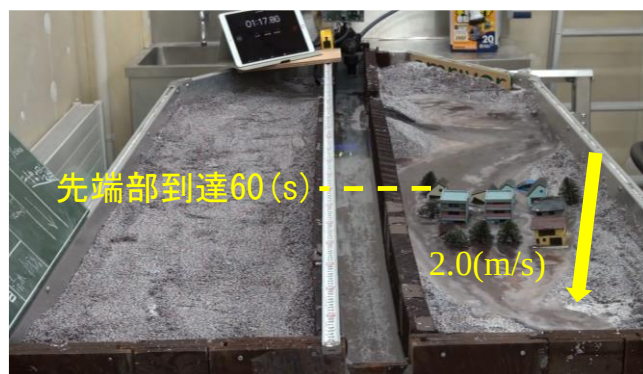


写真-3 実験画像(二線堤無し)

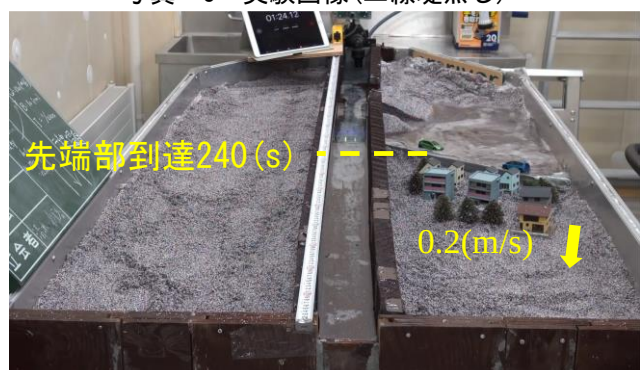


写真-4 実験画像(二線堤有り)

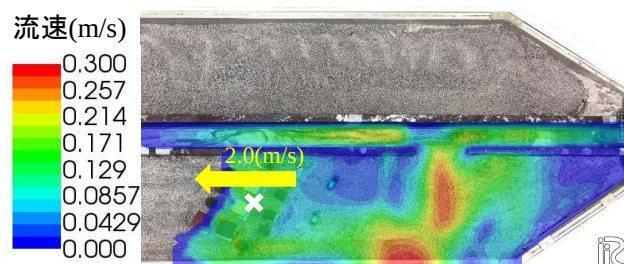


図-2 iRIC の計算結果(二線堤無し)

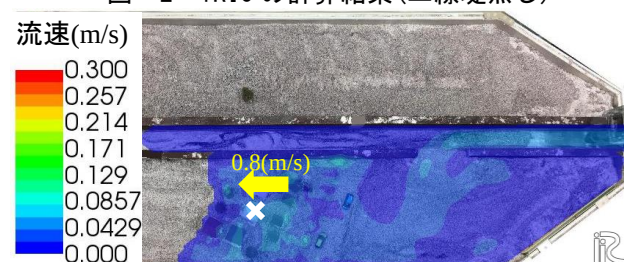


図-3 iRIC の計算結果(二線堤有り)