

破堤口拡大過程の数値解析

○名古屋大学工学部 学生員 岸本雅彦 名古屋大学工学研究科 正会員 北村忠紀
 名古屋大学工学研究科 正会員 鷺見哲也 名古屋大学工学研究科 正会員 辻本哲郎

1. はじめに 2000年9月の東海豪雨は、近年の水害の中ではきわめてインパクトの強い災害であった。それは、大都市で被害が出たこと、大多数の市民が都市がこうした水災に脆弱であることを実感していなかったこと、あるいはいざ災害が現実になったとき安全を確保する手段が極めて貧弱であることが大きな要因である。これは利便性や環境といった日常の快適さや環境への思い入れの中に治水の重要性の認識がうずもれていたことに素因があると思われる。そこで、水災に対する危機管理対策、被害軽減対策の必要性、ならびに迅速な避難のために、ハザードマップが市町村で作成されるようになった。しかし、破堤のメカニズムには未知な部分が多く、ハザードマップ作成のための氾濫解析に用いられる破堤に関する条件式や破堤口拡大過程などについては、これまでに十分な検討がなされているとは言い難い。そこで本研究では種々の条件の下での破堤口拡大過程を数値解析モデルによって検討することを目的とし、その第一歩として数値解析モデルの妥当性を藤田ら^{1),2)}による実験結果との比較によって検討する。

2. 数値解析の方法 流れについては、平面2次元流れの保存形で記述された基礎式について、境界適合格子によって格子を構成して、コロケード格子を用いた有限体積法により離散化して解いた³⁾。離散化された式は各時間ステップにおいて次の手順で解く。1)運動方程式の水面勾配をのそく項を時間積分することにより仮の線流量を得る。2)それを連続式に代入して得られる水位に対するポアソン方程式を解いて水位を得る。3)これをもとに線流量を修正する。尚、水深が一定値以下の領域では表面流が生じないものとして流量フラックスをゼロとした。河床変動については掃流砂のみを対象とし、側方からの土砂崩落をモデル化した後藤ら⁴⁾の手法を用いた(但し、側岸侵食に伴う格子の移動は行わない)。流砂量の推定は芦田・道上式⁵⁾を、無次元掃流力に関しては岩垣⁶⁾の式を用いた。

3. 固定床における破堤口周辺の流れの数値解析の検証 まず、固定床における破堤口周辺の流れに関する数値解析の妥当性を検討するために、藤田らの実験¹⁾を参考に図1のように計算条件を設定した。堤体高、天端幅は共に0.1m、法面は2割勾配とした。粒径は0.64mm、供給流量 Q は $0.0145\text{m}^3/\text{s}$ とし、切り欠き部を上流側から3mを中心に0.2mの幅で設けた。本川の下流端水深は等流水深で固定し、堤内地では自由流出に設定した。解析結果のうちA-A'断面における水位は図2に示す通りである。堤内地の水位の計算値が実験値よりも小さいものの、破堤口越流部における水面形については良好に再現できている。また、堤内地への流入流量は実験では $0.0049\text{m}^3/\text{s}$ 、解析では $0.0042\text{m}^3/\text{s}$ となり、ほぼ妥当な結果が得られた。

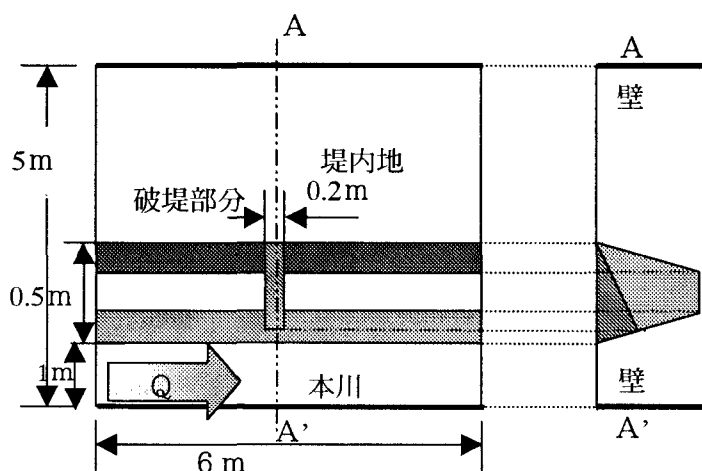


図1 計算条件概要図

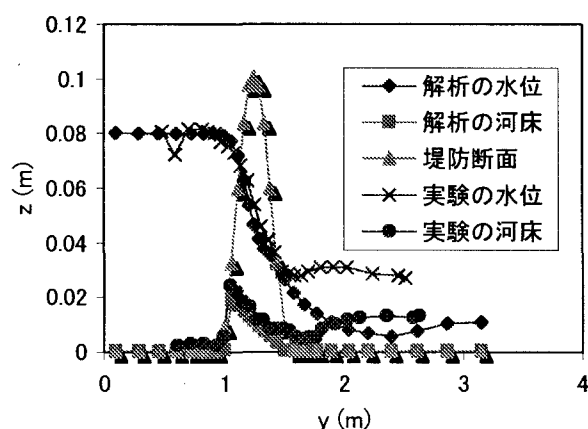


図2 A-A'断面における水面形

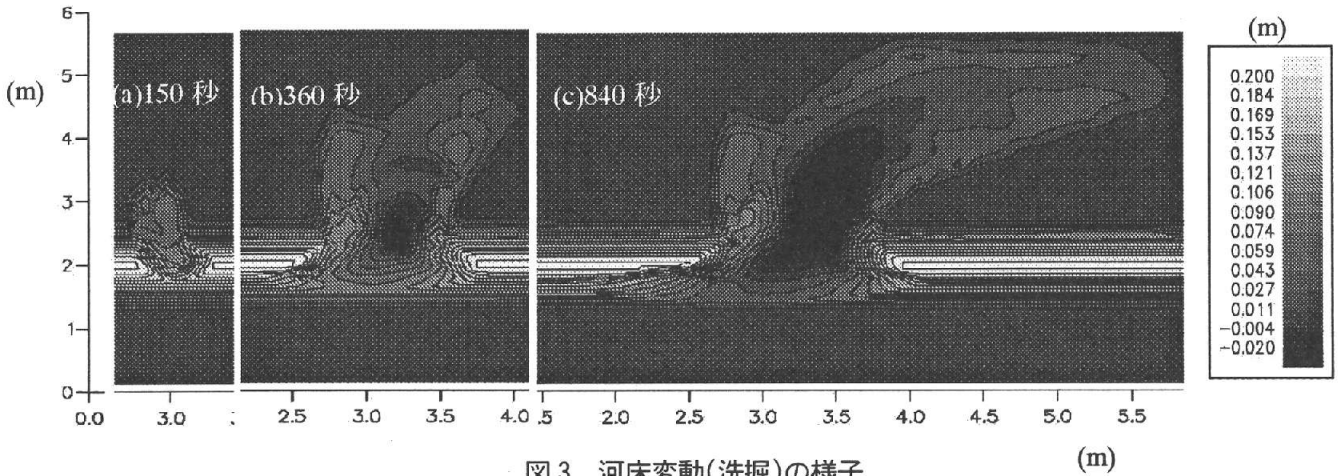


図3 河床変動(洗掘)の様子

4. 破堤口拡大過程に関する数値解析の検証 藤田ら²⁾の移動床実験における破堤口拡大過程を数値解析モデルによって再現するために、図1とほぼ同様の計算条件を設定した。但し、実験条件に合わせ、堤防は法面が3割勾配、堤体高と天端幅が0.2mとし、河川側の壁から2mの位置を天端の中心とした。初期破堤口としては、上流から3mの位置を中心に本川流下方向に0.1mの幅で天端から0.03mだけ下方に切り欠き部を設けた。供給流量 Q は $0.0701\text{m}^3/\text{s}$ 、粒径は 1.42mm とした。本川下流端条件については、実験状況を基に、破堤口の拡大により流出流量が負となる場合には流量フラックスと水面勾配をゼロと設定した。

計算結果のうち、河床変動の様子を図3に示す。破堤直後においては、破堤口は堤内地に向けて八の字の形に開くが、時間がたつと逆に本川側に向かって八の字に開く。さらに、堤内地寄りに落堀が形成されることが認められ、これらの特徴は実験で指摘された特徴と一致している。

図4～6より、破堤から約3分間は、流入流量が増えないものの、下刻が急速に進んでいることがわかる。3～7分にかけては、下刻速度は小さくなるが、破堤口の拡幅が急速に進み、流入流量もそれにつれて急増する。それ以降は、供給流量の全てが破堤口に流れ、洗掘は徐々に進行する。

以上の結果は藤田ら^{1),2)}の実験結果の特徴と良好に一致しており、この数値解析モデルが河川堤防の決壊に伴って生起する外水の流入と河床変動、破堤口の拡大過程の基本的な特徴を表現できるものといえる。

5. まとめ 今後はハザードマップ作成のための氾濫解析に用いられている現状の破堤に関する条件の妥当性について検討を行うとともに、種々の堤体断面や条件における外水の流入と河床洗掘の予測、その効果的な水防対策と安全性についても考察していく予定である。

- ◆参考文献 1)藤田ら：京大防災研年報27B-2, pp.369-391, 1984. 2)藤田ら：京大防災研年報30B-2, pp.527-549, 1987. 3)田代・辻本：水工学論文集46, 2002 (投稿中). 4)後藤ら：土木学会論文集II-56, pp.35-46, 2001. 5)芦田・道上：京大防災研年報14B-2, pp.259-273, 1971. 6)岩垣：土木学会論文集41, pp.1-21, 1956.

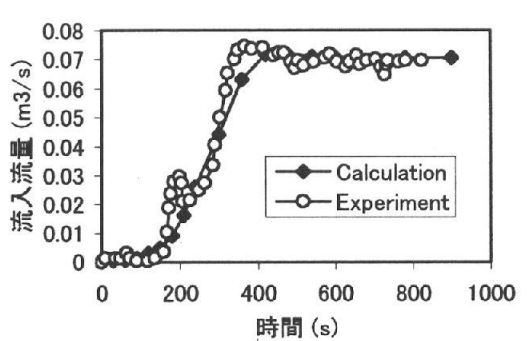


図4 流入流量の時間変化

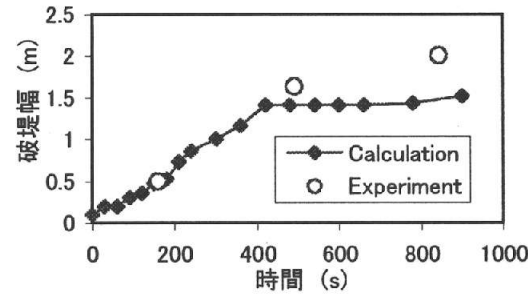


図5 破堤幅の時間変化

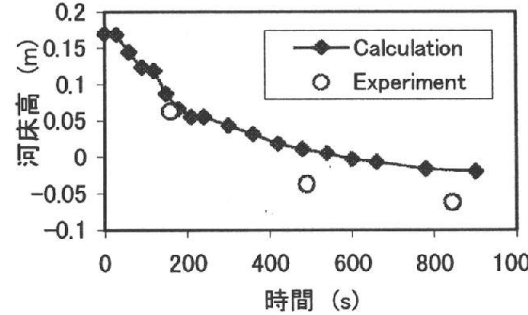


図6 堤防中心部における最深河床高の時間変化