

II-99 地形と氾濫水の動的特性との関係

群馬大学 正員 小葉竹 重 機
 群馬大学 正員 江 崎 一 博
 玉野総合(株) 武 井 加代子

1. まえがき : 最近の河川計画では超過洪水対策が議論されるようになり、一部地区ではすでにスーパー堤防が実現しようとしている。従来の画一的な洪水対策から大きく進歩するものであり、堤内地の地形、資産の状況に応じた柔軟な計画が期待される。こうした計画の基礎的資料として、地形と氾濫水の動的特性との関係を明らかにしておくことは重要である。本報告は井上¹⁾、高橋ら²⁾によって開発された氾濫水の数値解析法を用いて、この問題を検討したものである。

2. 破堤の形式と地形の条件 : 破堤の形式として図-1に示すよう

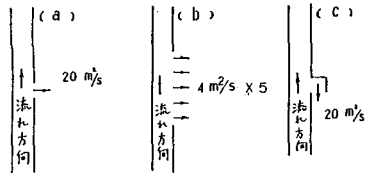


図-1 破堤の形式

な3形式を想定した。(a)は通常の破堤であり、(b)は(a)と比較してFluxは1/5となり幅が5倍に広がる場合(スーパー堤防を模擬)、(c)は河川流とは逆の向きに流出する場合(霞堤を模擬)、である。ただし、いずれの場合も完全破堤(堤防の底から破壊)が瞬時に起こり、図示のFluxが $t=0$ でステップ状に与えられるものとした。次に地形の条件として、図-2のようにX方向、Y方向を定義した上で、図-3に示す4地形を想定した。すなわち、(1)は堤内地に勾配がない場合、(2)はY方向に1/50の勾配で下る場合、(3)はX方向に-1/50の勾配の場合、(4)は扇状地を模擬したY方向に1/100、X方向に1/100の勾配の場合である。

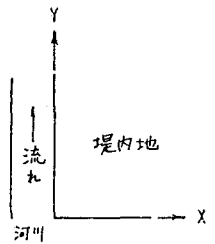


図-2 座標系

3. 数値計算手法、境界条件および破壊力の計算法 : 数値計算法は井上、高橋らによって開発された方法をそのまま用いた。

ただし、慣性項の差分方式は高橋らの方法を採用した。 ΔX 、 ΔY はいずれも100m、 Δt は1 secとした。(a)、(c)の破堤形式では $20 \text{ m}^3/\text{sec}/\text{m}$ のFluxがそれぞれ ΔX 、 ΔY の1メッシュから、(b)の破堤形式

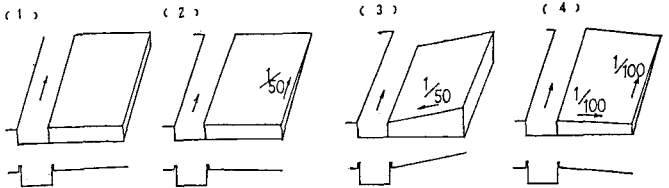


図-3 堤内地の地形

では $4 \text{ m}^3/\text{sec}/\text{m}$ のFluxが ΔX の4メッシュから流入し、いずれの場合も堤防に垂直な方向のFluxは0としている。また外周の境界は無限に続くものとして特に境界条件を設定していない。さらに、波先の条件として、1)水深が 10^{-6} m 以下の格子から流出する流量フラックスが計算された場合には、このフラックスを0で置き換える、2)計算された水深が負になった場合にはこれを0で置き換える、こととした。次に破壊力の計算は高橋らの方法³⁾によった。すなわち高橋らはまず実験より流体力 F を $F = 1.064 \cdot \rho \cdot u^2 \cdot B \cdot h \cdots (1)$ と求めた上で、モーメント M を

$M = h_c \cdot F = 0.732 \cdot h \cdot F \cdots (2)$ としている。ここに ρ は流体の密度、 u は流速、 B は流れに直角方向の幅、 h は水深、 h_c は流体力の作用点の高さである。従って、家屋に作用する破壊のモーメントは $M = 1.064 \cdot 0.732 \cdot \rho \cdot B \cdot (u \cdot h)^2 \cdots (3)$ と表わされる。いま $B=10 \text{ m}$ としたうえで、高橋らの論文に引用されている破壊モーメントより $(u \cdot h)^2$ を求めると表-1のようになる。(単位は $(\text{m}^2/\text{s})^2$) 表中のTYPE I、II、IIIは家屋の完成度を意味している。

4. 計算結果 : 4-1. 慣性項の有無の比較 図-4は破壊力の分布について、慣性項を入れて計算したものと省略して計算したものとを比較したものである。形式(a)の破堤で、地形は平坦な場合であるが、

表-1

TYPE	$u^2 h^2$
I	6.3
II	24.0
III	53.0
津波	14.0

破堤口近傍では慣性力の影響がかなり大きいことがわかる。しかし、慣性項を入れると形式(c)の破堤の場合に境界条件の設定が困難となるので、以下では慣性項を省略した場合の結果について比較する。

4-2. 破堤形式の違いによる比較 図-5は破堤形式(a)と(c)による違いを等水深線の形で比較したものである。地形はy方向に1/50の勾配をもつ場合であり、破堤後15分後の状態である。形式(c)のものは当然上流側にのびるが、二つの図形を重ねてみるとほとんど一致する。形式(b)も水深1.5mの線が若干平になることを除けば全く同様の傾向を示す。

4-3. 地形の違いによる比較

図-6は堤内地の地形の影響を等水深線の形でみたものである。

破堤の形式は(c)であり、破堤後15分後の状態である。破堤口から500m程度以内では地形によっては大きな水深分布の差は生じないことがわかる。破堤形式(a)、(b)でも同様である。

4-4. 破壊力の分布 図-7は破堤形式別に破壊力の分布を描いたものである。図中ほぼ同じところにまとまってある4本の線は地形による違いを表わしている。図からもわかるように形式(b)のものでは、他の形式では現われる $14 \text{ (m}^2/\text{s}^2)$ の値は現われてこない。(但し、後述のようにこの程度の値が一時的には現われる)。スーパー堤防の効果ということができる。

4-5. 経時変化について 図-8に示す地点(1)、(2)における水理量の経時変化を破堤形式の違いで比較しながら描いたものが図-9である。破堤後比較的早い時期からほぼ一定の状態となること、破堤口直下の地点(2)では破堤の形式による差が顕著であることがわかる。破堤形式(b)では地点(2)で一時的に $16 \text{ (m}^2/\text{s}^2)$ 程度の破壊力が現われるが定常的には $10 \text{ (m}^2/\text{s}^2)$ 以下の小さな値となる。ただし、破壊力については図-7にも示すように、高橋らが実績の氾濫を対象にして計算した破壊力よりかなり小さい値となっている。これは堤内地が一様な地形であるために、水深が小さい様な流れとなってモーメントが小さくなることによる。さらに現実的な地形を対象に検討を行なう必要がある。最後に、本研究は科学研究費(代表 石原安雄教授)によって行なった。記して謝意を表す。

文献 1) 井上: 開水路非定常流の数値計算法とその水工学への応用に関する研究、京大学位論文、2) 高橋、中川: 堤防決壊による洪水危険度の評価に関する研究、

京大防災研年報、第29号B-2、

3) 高橋、中川: 洪水氾濫による家屋流出の危険度評価、京大防災研年報、第28号B-2

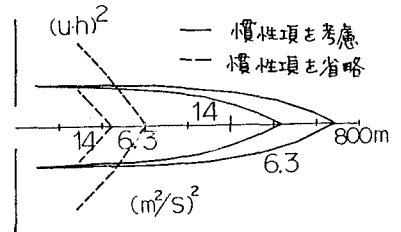


図-4 慣性項の有無の比較

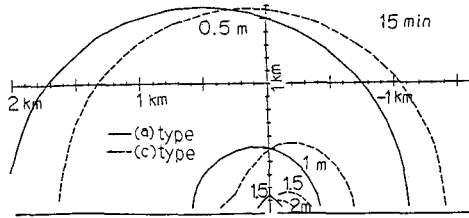


図-5 破堤形式による違い

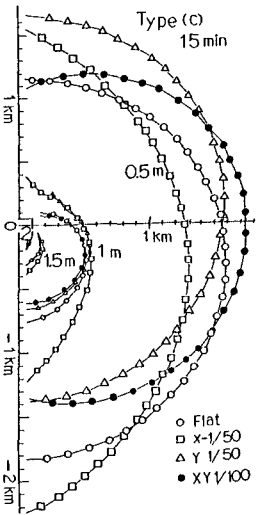


図-6 地形の影響

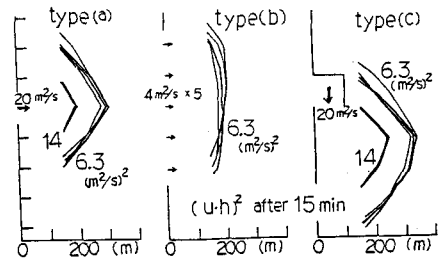


図-7 破壊力の分布の比較

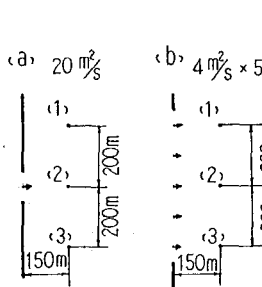


図-8

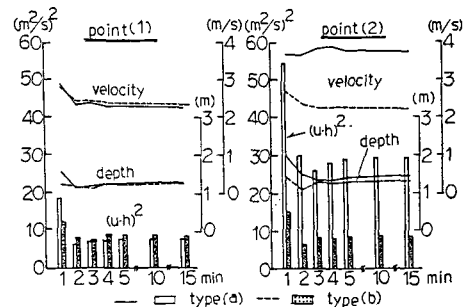


図-9 水理量の経時変化