

## 河川堤防の決壊口拡大過程に関する実験的研究

The experiment regarding the process of expansion of the collapsing point at dikes

北海道大学工学部土木工学科 学生員 舘澤清城 (Kiyoshiro Tatesawa)  
 北海道大学大学院工学研究科 フェロー 黒木幹男 (Mikio Kuroki)  
 北海道大学大学院工学研究科 学生員 鳥井真平 (Sinpei Torii)

## 1. はじめに

堤防の決壊は近年もその事例に事欠かない。最近の事例をあげると長野県上伊那郡において梅雨前線に伴う出水による天竜川の決壊などがある。しかし実際の河川堤防における決壊進行のプロセスはあまり知られていない。また、河川堤防の決壊による洪水災害の規模は外水の流入状況やその量に支配されることが経験的にわかっている。

何れも決壊の進行は流出ハイドロや下流の被害と密接な関係にあり、主として水理現象に与える影響に着目して、河川堤防などの土でできた構造物の決壊がどのように進行するか水路を使用した室内実験により検討する。

実際には水路に台形堤防模型を作り、水を貯めていき、越流による破壊の進行から、ある条件を与えた場合、どのくらいの決壊幅に収束するのかなどを検討し、現実における河川堤防の決壊口のある程度の予測をできるようにすることが本研究の最終目的である。

## 2. 予備実験

## 2.1 実験概要

実験方法は上記の通り、実験水路に単一粒径の砂で出来た台形堤防模型を作り、水路に一定に水を供給する。

まず水路の説明をすると、水路長 15m、水路幅 0.30m、水路高さ 0.45m、受水槽面積 0.98 m<sup>2</sup>、水路勾配 1/100 の水路を使用する。(図-1 参照)

水路の下流側から 1.5m の点に堤体を作る。その際に用いる砂は単一粒径、0.15mm の砂を使用する。

その堤体の天端の端、水路の亚克力板と接している所に深さ 0.5cm 程の溝を水路と平行に掘り、その点を作為的に決壊口と決める。その点からの越流による決壊の進行過程を 2 台のビデオカメラで 2 方向から撮影する。

その撮影した動画から決壊幅の変位  $b$ 、堤体の高さの変位  $Z$  の進行変移、また越流水深  $h$ 、上流側の水位低下速度などを計測する。

この実験において実験結果に影響を及ぼす要因として、堤体の法勾配・天端幅・堤体の材料、そして水路勾配に伴う貯留量・流出量、また供給水量などが考えられる。

しかし、まずこの実験において求めたいの一点での越流による決壊の進行なので、いくつかの点での越流による決壊や、浸透による下流部での破壊、またすべり破壊などは考えないようにする。

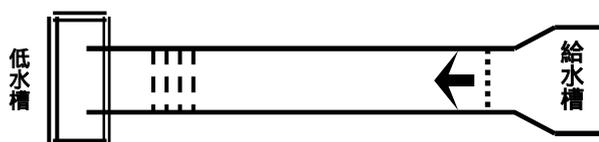


図-1 実験水路

表-1 実験ケース

	天端幅 cm	堤体高 cm	法勾配	実験時間 分 秒	供給流量 l/s
C-1	10	10	1:2	9 54	0.235
C-2	10	10	1:3	6 32	0.23
C-3	20	10	1:2	9 10	0.227
C-4	20	10	1:3	9 33	0.242
C-5	5	10	1:2	9 15	0.225
C-6	5	10	1:3	9 30	0.247

つまり、どういった堤体を用いて上記のようなパラメーターを計測するのに都合がいいかということを決めるため、まず予備実験として、法勾配を 1:2, 1:3 の 2 ケースの堤体、また天端幅を 5cm, 10cm, 20cm の 3 ケースの堤体、つまり 6 パターンの堤体による室内実験を行った。(表-1 参照)

## 2.2 結果

法勾配と天端幅の違いによって決壊進行に大きく違いが表れた。

まず、法勾配について C-1 と C-2, C-3 と C-4, C-5 と C-6 の実験結果において、1:2 の場合は浸透破壊が全ての場合に対して起こりやすかった。

そして天端幅について、20cm については決壊幅の拡大の安定まで 120 秒程かかり、10cm に関しては 60 秒、5cm に関しては 10 秒程しかかからないことがわかった。また、天端幅が大きいほど越流点が自分で作為的に決めていた 1 点だけではなくその他の何点かでも越流が起こりやすいこともわかった。

以上より本実験では、浸透破壊が起こりにくく、決壊の拡大過程を計測するために適した形態は C-2 の堤体だと判断し、これより本実験では C-2 の堤体のみを用いて実験をする。

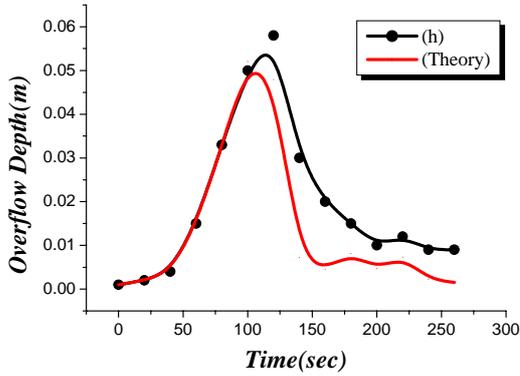


図 - 2 越流水深の時間変位

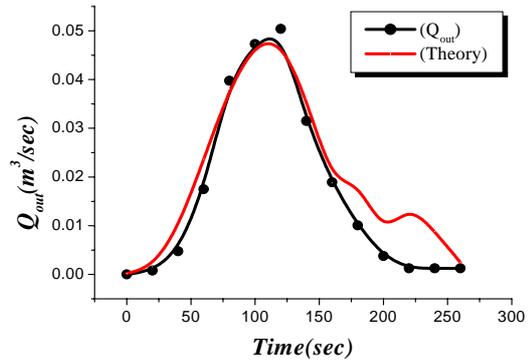


図 3 流出流量の時間変位

### 3. 本実験説明

天端幅 10cm・法勾配 1:3、単一粒径 0.15mm の砂を使用、また決壊時の上流側にある初期貯水量  $S$  は  $0.15\text{m}^3$  で、流出流量  $Q_{out}$  は水路の下流側の出口においてバケツを用いて 20 秒ごとに測定する。また、計算の都合上、天端から決壊が始まった時点で供給側を停水する。

そして撮影に関して、越流水深  $h$  と堤体高さ  $Z$ 、決壊幅  $b$  の変位計測のため、堤体の真横と真上から撮影した。

### 4. 実験結果と理論値との比較

越流水深の変化を理論的に導く式は、貯留量の時間変化の式、また堰上における連続の式を用いて表す。

$$\frac{dS}{dt} + Q_{out} = Q_{in} \quad (1)$$

$$Q_{out} = Cbh^{3/2} \quad (2)$$

( $C$ : 流量係数,  $b$ : 決壊幅(m),  $h$ : 越流水深(m))

今回は  $Q_{in}$  が 0, また貯留量  $S$  は貯留水位  $H$  で表すことが出来るので、前進差分法を用いて式(1)を越流水深  $h$  についての式に展開し、理論値との比較を行った(図 - 2 参照)。図 - 2 より越流水深の理論値と実験値は大体において合っていることが分かる。

図 - 3 に関してだが、実験で測定した流出流量と理論的に求めた流出流量は、最初は現在の図とは違い、理論値が実験値の三分の一程度だったので、台形堰上における流量係数を基準にして、それを 3 倍して実験値との一致を図った。

### 5. 考察

まず、ひとつ大きな問題として、この実験条件自体が実河川の条件と大きくかけはなれていないかということが挙げられる。例えば、実河川においては堤防に向かって勾配が下がっているということや、決壊後に実河川では起こりえない速度で水位低下が起こることなどが挙げられる。そこであくまでも、以上の現象下における実験として認識し、その水路勾配に左右される流出  $Q_{out}$ 、水位低下速度を測定しひとつの指標とする。

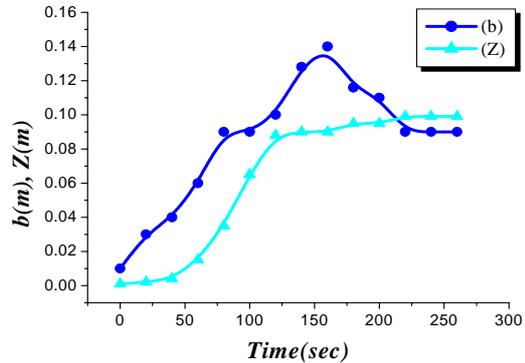


図 - 4 決壊幅と決壊高さの変位

また本実験の目的としていた決壊幅と決壊高さの変位については図 - 4 にのせた。図 - 4 において 100 秒程度までの 2 本の実線の変位を見ると決壊の進む速さはほぼ同じだが、50 秒ほど決壊による堤体の掘れの進行が遅い。つまり先に幅が広がり、順じて高さが下がっていくという過程がこの実験における拡大過程と読み取れる。また、決壊幅と決壊高さはほぼ同じ値に収束した。

### 5. 終わりに

以上のように研究を進めてきたが、決壊幅や決壊高さの時間変位が、条件を変えることでどのように変わるかということを知るため、これから堤体条件を変え、より実河川に近いような材料を使った実験で検討をしていきたい。

### 参考文献

- 1) 鳥井真平, 黒木幹男: 堰を越える流水形状に関する基礎的研究, 土木学会北海道支部論文集, 第 61 号, CD-ROM, -30
- 2) 藤田裕一郎, 村本嘉雄: 河川堤防決壊口の拡大過程に関する実験, 第 38 回年次学術講演会講演概要集第 2 部, 1983