

## 破堤のきっかけと越流破堤過程に関する実験的検討

名城大学 正会員 ○溝口 敦子

### 1. はじめに

近年の水害が多発する状況を受け、治水のための研究が見直され、例えば、河川堤防を対象に地盤工学および水工学の分野から多岐にわたる研究が実施されている。

本研究では、これまで水工学分野で多数取り扱われてきた破堤過程を小規模実験で再現する。破堤過程については、小規模実験や数値解析を用いた既往の研究<sup>1)</sup>より、河道条件と堤内地側の状況等を組み込んで検討することが可能とされているが、これまでの検討では、破堤にいたるきっかけについては取り扱われてこなかった。しかし、破堤過程はきっかけによっても変わる可能性があるため、ここでは、破堤に至るきっかけとして法面の崩れ、すべりによる堤防の変形と外水位が堤防高を上回る越水に着目し、小規模実験で各きっかけによりその後起こる破堤過程への影響を検討した。

### 2. 実験装置概要

実験は、長さ 19m 幅 60cm の水平に設置した水路を用いて行った。水路中央に図-1 のような堤防設置区間を設け、流量  $0.83\text{m}^3/\text{s}$  で給水し、堤防上流部に湛水する。堤防および基礎地盤は平均粒径  $0.55\text{mm}$  となる三河硅砂 5 号を用いて作成した。なお、堤防部分はできるだけ均質に締め固めるため、密度  $1.5 \times 10^3 \text{kg}/\text{m}^3$  となるように少しずつ砂を入れ締め固めながら作成した。

本実験では、越流のきっかけとして水路壁面から堤防に切り欠きを設置するケースと法面崩れを誘発させるために基礎地盤に浸透性が高い材料を入れるケースを設定した。なお、ここでは、透水性の高い材料として平均粒径  $2.0\text{mm}$  となる三河硅砂 2 号を用いた。

なお、実験では水路側壁からと上からとでビデオ撮影し、レーザ変位を水路横断方向から動かすことで堤防天端中央およびその周辺の河床高を計測し、破堤口拡大過程を把握した。あわせて湛水域の水位変化を超音波水位計で計測した。

表-1 礫層設定条件(単位:m)

|       | 礫層幅 | 上流側長さ | 下流側長さ |
|-------|-----|-------|-------|
| Case0 | 5   | 10    | 10    |
| Case1 | 5   | 10    | 0     |
| Case2 | 10  | 10    | 0     |

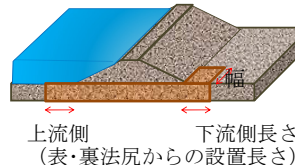
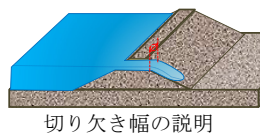
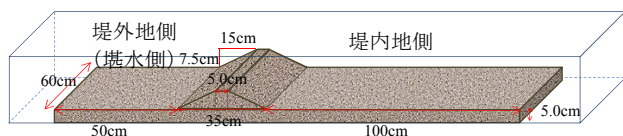


図-1 堤防設置区間周辺説明図と切り欠き、礫層設置の説明図



図-2 法崩れから越流破堤への進行状況例

### 3. 法崩れの再現に向けた検討

まず、こうした小規模堤防で法崩れを再現するために、表-1 に示すケースを設定して越流までいたる様子を観察した。なお、表-1 中の幅、長さ等の設定位置は図-1 で説明している。

上記実験の結果、Case0 は透水性の高い礫層から漏水があるのみで法崩れは誘発されず、Case1, 2 のみ湛水領域の水位が上がると法尻に法崩れが生じてそのまま天端まで崩れていき、最終的に越流に至ることが確認された(図-2)。この現象は、礫層の設置幅が異なる Case1, 2 で同じ過程が見られたが法崩れ・すべりが発生する幅は、礫層の上から発生するため、礫層の幅で決まった。これらの結果から、透水性の高い礫層内は、湛水領域の水位上昇を受けて圧力が上昇することで下から堤体に影響を与え、最終的に法尻で法崩れが誘発された

キーワード 河川堤防, 破堤過程, 法崩れ, 越流破堤, 小規模堤防実験

連絡先 〒468-8502 愛知県名古屋市中天白区塩釜口 1-501 名城大学理工学部 TEL 052-832-1151

と言える．なお，Case0 については，礫層が堤内地側に達しているため，礫層内に伝播した圧力が堤内地側に抜けることによりドレーンの役割を果たし，法崩れが生じなかったと推察される．

#### 4. 法崩れからの破堤過程と河川水位上昇による越流破堤過程

3 章の実験結果を受け Case1, 2 の条件で法崩れから越流破堤にいたるケースと湛水開始前に幅 5, 10cm で堤防を切り欠き堤防高を下げておいてから越流破堤させたケース，両者について，越流開始後からの破堤過程を比較し検討する．なお，ここでは，2 章の結果から礫層の設置幅を 5cm, 10cm とした法崩れからの越流破堤と，堤防切り欠き幅を 5cm, 10cm とした越水させた越流破堤とを比較することにした．

法崩れから越水し越流破堤にいたったケースは，当然ながら越流発生時にすでに堤防は変形している．図-3 で確認できるように，天端中央部において礫層幅 5cm, 10cm とした両ケースは越流開始段階ですでに最深点が 5cm 程度低下している．つまり，破堤開始時点で堤防の開口面積は切り欠きを用いたケースよりも大きく，湛水位の影響も受け流出流量が大きくなると言える．そのことは，図-3 に示す湛水位の時間変化からも明瞭であり，徐々に破堤断面が拡大する越水をきっかけとした破堤と初期段階で破堤断面が大きくなる法崩れによる破堤とでは，特に初期段階で流出流量に大きな影響を与えることが分かる．この初期段階の破堤口形状と流出流量の影響は，堤防周辺の落ち堀の形成にも大きく影響を与え，法崩れにより破堤したケースの方が局所的に大きな落ち堀の形成が見られる結果となった．

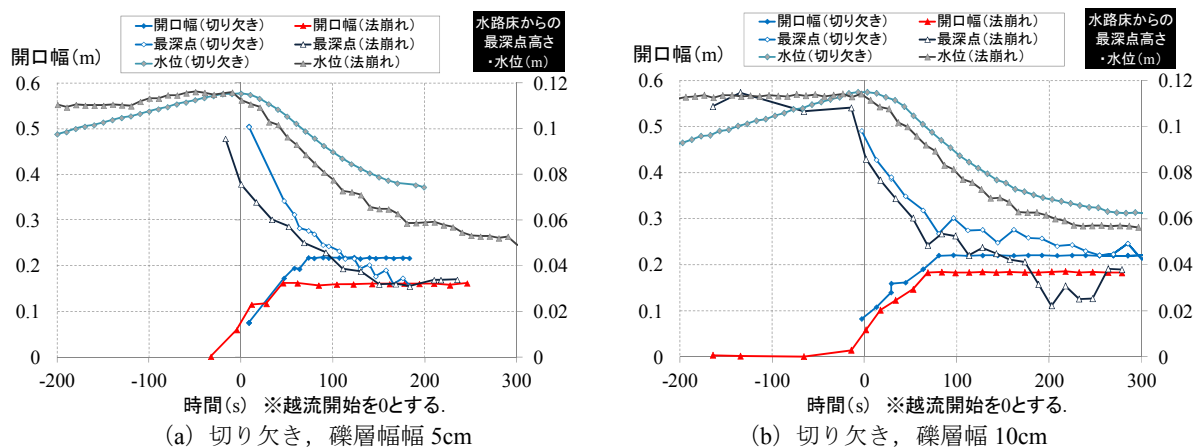


図-3：各ケースにおける天端中央部における開口幅，最深点，湛水域の水位の時間変化

#### 5. 越流幅の違いが及ぼす影響の考察

本実験では，水路の規格等物理的条件から切り欠きや礫層の幅を 5cm, 10cm とした行った．横断堤防であるため上流部の湛水流量により最終的な破堤幅がほぼ決まると考えられ，今回は最終的に 20cm 程度の破堤幅となった．これを受け，初期越流幅が破堤過程に及ぼす影響を検討するため，初期切り欠き幅を 2.5cm, 40cm とする実験を追加で実施した．その結果，開口幅等は図-4 に示す変化を示した．この結果，限定された幅に流量が集中する場合と広くとる場合では，やはり初期流出条件が変化し，洗掘深へも影響が出ることが分かった．

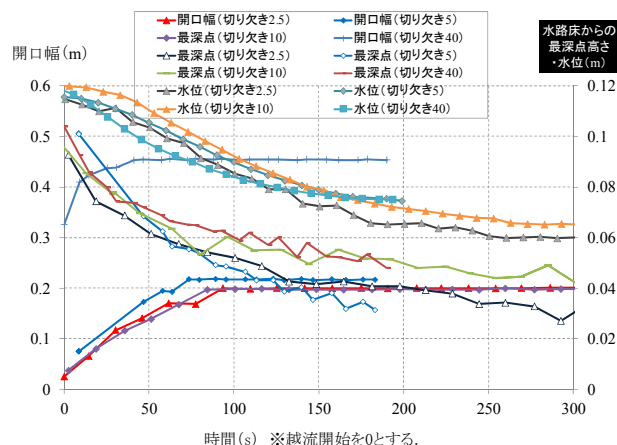


図-4 開口幅，最深点，湛水域の水位の時間変化

#### 6. おわりに

今回，小規模堤防を用いた実験を実施し，越水のきっかけの違いによるその後の破堤過程の違いについて検討した．結果として初期の設定によって，特に破堤直後に影響を与え，越流幅にいたってはそのあとの現象にも影響を与えるため，現場では少なくとも破堤要因を考慮し氾濫時の予測を立てる必要があるとわかった．

**参考文献** 1) 例えば，辻本哲郎，田代喬，Md.Serazul ISLAM，吉池朋洋：小規模実験による破堤に及ぼす河床高の影響検討-天井川区間の破堤災害のリスク-，河川技術論文集，第 18 巻，pp. 381-386，2012．