

## 表面被覆の状態の違いが河川堤防の決壊プロセスに及ぼす影響

早稲田大学大学院	学生員	○ 大内 美佳
早稲田大学大学院	学生員	宮澤 拓海
早稲田大学大学院 (当時)	学生員	廣川 萌恵
早稲田大学理工学術院	正会員	関根 正人

### 1. 序論

近年、日本では局地的な集中豪雨の頻発により堤防の決壊をはじめとした河川災害が多発している。本研究では、2015年より模擬堤防を用いた越流決壊実験を行うことにより、越流による堤防決壊メカニズムの研究を推し進めてきており、これまでは粘性土・砂質土・礫の材料比率を変化させた実験<sup>1)</sup>や、河川流れを考慮した実験<sup>2)</sup>を行ってきた。また、寒地土木研究所では千代田実験水路の水理模型を用いた模擬堤防実験<sup>3)</sup>が行われている。本研究では、堤体の裏法面を植生で被覆した条件と天端をアスファルトで舗装した条件で河川流れを考慮しない正面越流実験を行い、堤体の表面被覆の状態の違いが堤防の決壊プロセスに及ぼす影響を検討した。

### 2. 実験概要

本実験では、下流端が開放された長方形断面水路内に基礎地盤と模擬堤防を作成し、模擬河川空間に注水して越流を生じさせる。材料は、粘土としてTAカオリン(粒径 $7.0 \times 10^{-3}$ mm, 比重2.65), 砂として珪砂7号(粒径0.15mm, 比重2.65)を9:91の比率で一様に混ぜ合わせたものを用いる。

実験手順を以下に示す。初めに水路内に高さ5cmの基礎地盤を作成し、上流端から50cmの区間を模擬河川空間として、天端幅5cm, 高さ15cm, 法面勾配30°の模擬堤防を作成する。天端の中央には、幅10cm, 深さ1cmの切欠きを設けている。堤体表面を植生で被覆した実験では、植生としてカイワレ大根を用いた。裏法面の中央部40cmに植生を密に植えたものをCase 1-1, 裏法面全体に植生を密に植えたものをCase 1-2, 裏法面全体に植生をまばらに植えたものをCase 1-3とする。実験時には根を残して茎をはさみで切り取っている。これとは別に、天端を舗装した場合の実験をCase 2とする。舗装にはアスファルト用セメント補修材を用い、天端全体を1cmの厚さで舗装している。水位が一定となるよう模擬河川空間に注水し、越流水が堤体の裏法面に到達した時刻を実験開始とした。実験中は、堤内地側から裏法面全体を撮影する裏法面カメラ、堤内地側から破堤部を水平に撮影する正面カメラ、破堤部の上方から水路全体を撮影する俯瞰カメラ、模擬河川空間側から表法面の破堤部を撮影する表法面カメラの4台を用いて映像を記録した。

### 3. 堤体表面の植生が堤防の決壊プロセスに及ぼす影響

表面を植生で被覆した堤防の決壊プロセスについて述べる。堤体表面に密に植生を配置したCase 1-1とCase 1-2はいずれも、植生がない条件に比べて裏法面上を流下する越流水の速さが遅く、裏法尻付近の浸食が抑えられていた。植生ならびに天端舗装がない条件で行った実験<sup>4)</sup>をCase 0とし、写真-1にCase 0とCase 1-1の実験開始時ならびに3分後の裏法面の様子を示す。Case 0では堤防が決壊し水位が下がっているのに対し、Case 1-1では植生で被覆していない区域の裏法尻が浸食しているが、植生で被覆した部分はほとんど浸食されていない。このことから、裏法面を被覆する植生には堤体表面の浸食を抑える効果があると考えられる。

また、Case 1-1では植生で被覆されていない天端部分と植生で被覆された裏法面の境目に段差が生じ、越流水が裏法肩で左右に広がっている。これにより裏法面上の植生で被覆されていない区域に越流水の一部が流出し、この箇所での浸食が堤体内部に向かって進んだことで決壊に至った。さらに、植生をまばらに植えたCase 1-3では、植生のないCase 0に比べてより早く浸食が進んでいる。これは植生の被覆が均一でないた

キーワード：堤防決壊, 越流, 浸食, 表面被覆, 植生, 天端舗装

連絡先：〒169-8555 東京都新宿区大久保3-4-1, TEL 03-5286-3401, FAX 03-5272-2915

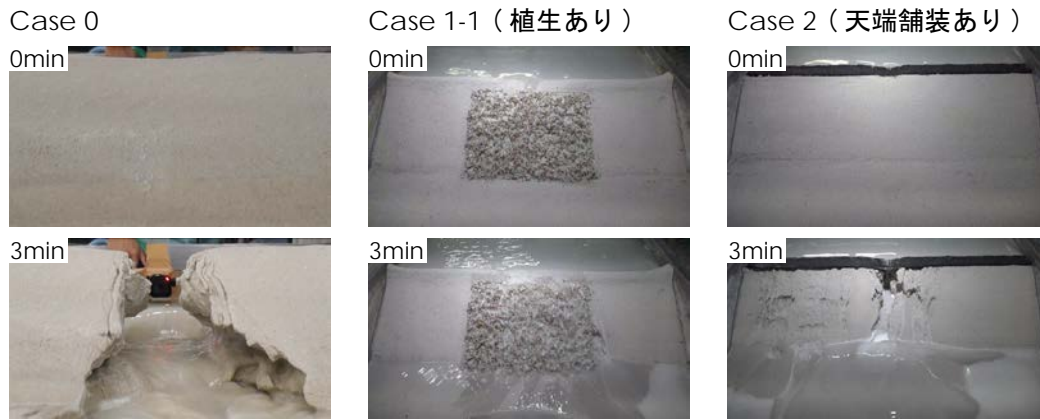


写真 -1 実験開始時と実験開始 3 分後の裏法面の様子

めに越流水が植生の間を縫うように流下することで、植生のない部分に流れが集中した結果としてより早く浸食が進んだと考えられる。これら 2 つの Case から、堤体表面を植生で被覆する際には、植生のある部分とない部分の境目付近に注意を要することがわかった。

Case 1-2 では、裏法面を全面にわたって植生で被覆し、さらに裏法肩の段差を埋めるように盛土を行った。その他の条件は実験 Case 1-1 と同様である。この Case では Case 1-1 に比べて裏法面上を流下する越流水の速さが速く、裏法尻付近から浸食が始まっている。その後は Case 1-1 でも見られるように裏法肩付近で浸食が起こり、天端に向かって浸食が進むことで決壊に至った。ただし、Case 1-2 では特に裏法肩付近の植生の根の発育が十分でなく、これによる影響を無視することができない。植生の根が十分に成長した状態で再度実験を行う必要がある。

#### 4. 天端舗装が堤防の決壊プロセスに及ぼす影響

天端部分をアスファルトで舗装した Case 2 の決壊プロセスについて述べる。裏法肩に達した越流水は裏法面を浸食するが、天端はアスファルト舗装により浸食されず、しばらく堤体高さが維持される。裏法面の浸食は、裏法面側から河川空間に向かって進み、表法面に到達すると天端のアスファルト部分の下をくぐるようにして越流水が堤内地に流れ込んで決壊に至る。写真 -1 に天端を舗装していない Case 0 と天端を舗装した Case 2 の実験開始時ならびに 3 分後の裏法面の様子を示す。Case 2 では天端が浸食されず堤体高さが維持されたことで越流水の量が増加せず、天端を舗装していない Case 0 に比べて浸食の進みが遅い。このことから、天端舗装は、越流水の量を減らし、決壊に至るまでの時間を遅らせる効果があると考えられる。

#### 5. 結論

本研究では、堤体の裏法面を植生で被覆した条件と天端をアスファルト舗装した条件で模擬堤防の正面越流実験を行い、堤体の表面被覆が決壊プロセスに及ぼす影響を検討した。裏法面を被覆する植生は流下する越流水の速さを遅くし、堤体表面の浸食を抑えることがわかった。また、天端舗装は、堤体高さを維持して越流水の増加を抑え、浸食の進みを遅らせることがわかった。これらによりどちらの条件でも決壊に至るまでの時間が長くなっており、堤体の表面被覆は越流決壊による被害の軽減につながることを期待できる。一方、堤体表面を植生で被覆する条件では、植生のある部分とない部分の境目付近をきっかけに浸食が進むことがあり、注意を要する。

参考文献：1) 関根正人、菅俊貴、松浦泰地：模擬河川堤防の決壊プロセスに与える堤体材料の礫・砂・粘土の混合比率の影響，土木学会論文集 B1(水工学)，Vol.75，No.4，pp.I\_949-I\_954，2019。2) 関根正人・廣川萌恵・宮澤拓海：堤体を構成する材料や河床幅が模擬堤防の越流決壊プロセスへ与える影響，土木学会論文集 B1(水工学)，Vol. 77，No. 2，pp. I\_655-I\_660，2021。3) 飛田大輔・渡邊康玄・伊藤幸義・柿沼孝治・武田淳史：千代田実験水路の縮尺模型を用いた河道条件の違いによる破堤拡幅速度，土木学会論文集 B1(水工学)，Vol. 70，No.4，pp. I\_949-I\_954，2019。4) 関根正人・堀江翼・佐藤耕介：越流による模擬河川堤防の決壊プロセスに関する検討，土木学会論文集 B1(水工学)，Vol. 74，No. 4，pp. I\_1057-I\_1062，2018。