

越流による堤防裏法面侵食に及ぼす植生の影響に関する実験

東北大学工学部 佐藤元泰・野手武・有働恵子・真野明

実験背景と目的

近年の局所的豪雨，大雨の頻度増加など気象環境の変化によって，堤防の計画高水位を超えて洪水になる危険性は増加しており，これに対応した治水計画が要求されている．また，公共事業費削減の政策や予算縮小を望む世論などコスト面にも配慮する必要がある中，既存堤防の強化方法や評価方法の確立は，求められる治水計画にとって有益な情報となる．

洪水に対する堤防の評価において，堤防の計画高水位を超えて越流破堤の可能性がある場合の破堤予測には，破堤にいたる物理的過程の解明が必要不可欠である．過去の破堤事例の観測や実スケールの実験¹によって，越流侵食と破堤に至るまでの様々な物理的要素との関係性は巨視的には明らかになりつつある．

この物理的要素のひとつに堤防裏法面に生える植生が挙げられる．植生が洪水のような流速の速い流れに及ぼす影響の研究は数少ない．よって今回の実験では，この植生の堤防裏法面侵食に及ぼす影響を，洪水時の基本的なモデルを使い実験で明らかにすることを目的とする．

実験方法

堤防を越流した流れは，裏法面で常流から射流へ変化する．流速は加速し，水深は等流水深となる．ここで起こる侵食は，流れ方向の底面せん断力によっておこる土砂輸送と考えると，射流で速さが速いために輸送形態は浮遊が卓越し，また，裏法面法肩では流水中の浮遊砂濃度は低く，土砂の巻き上げが激しく起こると考えられる．底面に植生がない場合，等流条件で流水が受ける重力は底面のせん断力と釣り合っている．植生が存在すると，重力はせん断力と植生の茎・葉部分の抗力の和と釣り合う．この植生の抗力によって，底面せん断力は小さくなるため，土砂の巻き上げフラックスも小さくなると予想される．また，植生の根の体積分，底面の土砂体積も減るため巻き上げフラックスは減少する．



写真1 実験装置

これらの現象をモデル化し，水理実験を行う．用いる実験装置を写真1に示す．乱流境界層の発達や土砂の浮遊条件を考慮し水路長は4.2m，水路幅は0.2m，勾配は1/10に設定した．水路床は上流端より4.4mは発泡ポリスチレンによる固定床，下流端より0.6mを実験ケース部として発泡ポリスチレンの固定床と土砂の移動床の2種類とした．これは移動床の実験で巻き上げられた土砂量を巻き上げフラックスとして近似するためである．植生の茎・葉モデルには竹ひごを用い，路床全面に2cm間隔で高さ3cm，円柱状のものを千鳥状に配置した（写真2）．植生の根モデルには，ラッカーやペンキの研磨除去に用いられるたわしを用いた．



写真2 植生モデル

実験ケースは、固定床に植生モデルを埋め込むケース（ケース1）、移動床に植生の茎・葉モデルを埋め込むケース（ケース2）、移動床に植生の茎・葉モデルと根モデルを埋め込むケース（ケース3）の3種類とした。ケース1では5,8,11L/sの3種類の流速を用いて、底面0.2mm, 1.0mm, 2.0mmから水面付近まで2.0mm間隔で流速を100Hzのサンプリング周波数で測定する。これにより、水路に対しての鉛直流速分布と流速乱れを求め、これにより底面せん断応力を式(1)によって算出する。

$$\tau = -\rho u'v' \dots\dots\dots (1)$$

τ :せん断応力 ρ :水の密度 u' :水路縦断方向の乱れ強度 v' :水路鉛直方向の乱れ強度

また、過去の実験データと分布を比較、検討する。ケース2では植生がある場合のせん断力と巻き上げフラックスの関係を調べるため、ケース1と同様の流速の水を流し、土砂の巻き上げフラックスを求める。これは巻き上げられた土砂を水路下流端でトラップし、体積を測定することで近似する。またケース1で求めた底面付近せん断応力との評価を行う。ケース3では植生の根による土砂体積の減少が巻き上げフラックスの減少に影響するかを調べる。ケース2と同じ実験を行い、巻き上げフラックスの変化を評価する。

実験結果

ケース1で今回測定した流速分布、流速乱れ強度分布と乱流条件で過去に行われた清水ら（1991）の実験²の比較を図1、図2に示す。清水らの実験では勾配を1/1000程度とし、流速を今回の実験より抑え、3ケースのデータを残している。図1で、今回の流量8, 11L/sのケースの流速分布は清水らの実験ケースR31と近い分布を見せ、他のケースでも分布傾向は似たものとなっている。また図2の流速乱れ分布では、今回と清水らの全ケースで植生上端部の流速乱れが最大となり、植生層、植生外層に入ると流速乱れは小さくなっている。しかし河床位付近では、今回の実験と清水らの実験で分布が異なる。これは清水らの河床がアクリル樹脂板で滑面であったのに対し、今回の実験河床が発砲ポリスチレンの粗面であることが影響していると考えられる。

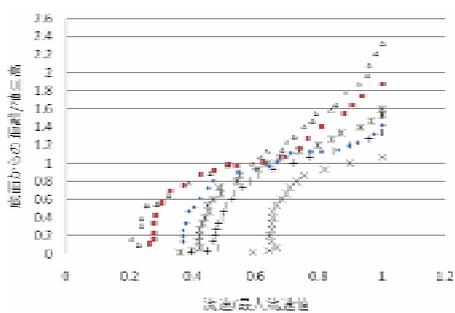


図1 流速分布

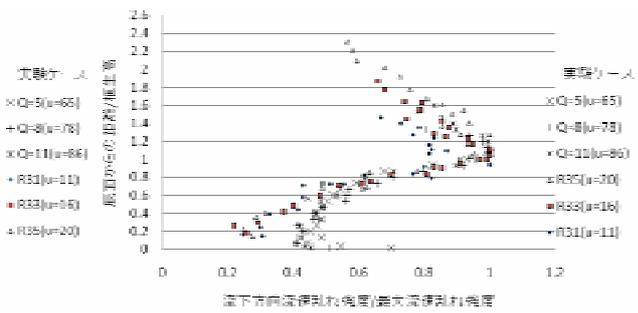


図2 流速乱れ強度分布

今後は、実験ケース1のデータ解析、実験ケース2, 3の実験、データ解析を行っていき、目的とする植生の影響評価を行う。

参考文献

- ¹国土交通省河川国道事務局：平成19年度須川堤防実験解析検討業務報告書
- ²清水義彦・辻本哲郎・中川博次・北村忠紀：直立性植生層を伴う流れ場の構造に関する実験的研究，土木学会論文集，1991