

盛土された堤体裏法面上の樹林帯が越流侵食に与える影響

埼玉大学 学生会員 ○小倉 睦 埼玉大学 学生会員 小野瀬 涼太
埼玉大学 正会員 田中 規夫

1. 背景と目的

日本国内において水防林は河川の堤内・堤外地側に多く存在する。堤内地側（特に法尻や堤防側帯）の樹林帯は側帯と合わせて越流水による決壊遅延に対する減災効果が期待されている。本研究では、例えば秋山ら¹⁾の実験のように堤防を固定床ではなく、移動床として設定し、堤内地側樹林帯のもつ越水に対する耐侵食効果を実験により明らかにする。

2. 実験方法

(1) 越流侵食実験

実験は現地河川堤防 5m を想定したときに、実験スケール 1/25 で、直線水路(長さ 200cm, 高さ 40cm, 幅 20cm)に小型堤防 (高さ 20cm, 天端幅 15cm, 法面 1:4 勾配)を設置し、地形条件を設定した。図-1 より、越流水深 2cm(現地 50cm)になるように、堤外地側に一定流量を給水した。一回の越流時間は 20 秒でその後、一気に上流側から排水した。この工程を繰り返し行い、合計 100 秒間越流させた。湛水中の浸透を防ぐため、表法肩より上流は固定床で、下流は砂の移動床を設置した(図-1)。

計測項目は、通水後の堤体及び基礎部の堤防形状である。2D レーザー変位計(Keyence 社製、計測誤差 5～60 μ m)で 図-1 のように X 方向に 2cm あるいは 5cm ピッチでスライドさせて侵食高を計測した。

(2) 堤防モデル

堤防は珪砂 8 号($d_m=0.1$ mm)を締固めて作成した。締固めが一定になるように締固め方法と水分状態(含水比 12%)を毎回同じになるように管理した。

(3) 樹木モデル

樹木モデルは既存の水防林でも多く見られる樹種であるアカマツを想定し、実スケールで樹幹直径 10cm, 樹高 9m のアカマツを設定した。樹木根系図説²⁾より、樹幹直径から地上部と地下部の体積比を算定し、地下部、つまり根系の総体積を計算した。根系は鉛直根と水平根の 2 つに分類できるため、根系の総体積を鉛直根と水平根に割り当てて、実験にスケール変換し、図-2 の

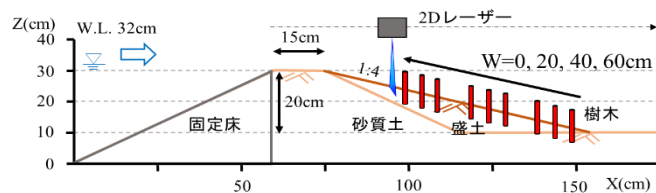


図-1 実験の模式図

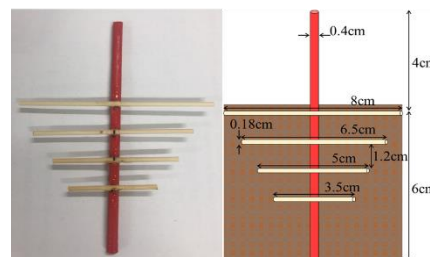


図-2 樹木根茎モデルの写真と模式図(左：写真、右：模式図)

ように円柱だけで簡易な樹木根茎モデルを作成した。樹木根茎モデルは 8cm の水平根が砂の下に隠れるように、堤防裏法面に埋めて植樹した。樹木の平面密度は実スケールで 3700 本/ha となるように(アカマツの密管理基準³⁾)、実験では 20cm×20cm の領域に 9 本の樹木モデルを千鳥格子状(樹木間隔 5cm)に設置した。

3. 実験ケース

堤防に植樹する際は裏法面に盛土してから植樹されることが多く、盛土に伴って裏法面勾配が変化する。そのため、侵食に対する法面勾配の影響を見るために、樹木無しで、堤防の裏法面勾配のみ 1:2, 1:3, 1:4 に変化させた実験を 3 ケース実施した。加えて、樹木有りの影響を見るため、4 割勾配の堤防に樹木幅 W のみ 20cm, 40cm, 60cm と変化させた実験を 3 ケース行った。ここで、図-1 中の W=0cm は樹木無を意味している。

4. 結果と考察

計 6 ケースの実験結果を、堤防欠損率[%]=基礎部を除く堤防の体積(各越流時間)÷ 基礎部を除く堤防の体積(初期値)と定義し、まとめたものが図-3 と図-4 である。堤防欠損率の時間変化から越流侵食に対する堤防の粘り強さを読み取れる。また、樹木幅の最も広いケースの堤防形状の時間変化を図-5 に示す。加えて、侵食高[cm]=堤体高さの時間変化－初期堤体高さとして定義し、各樹木幅ケースについてまとめたものが図-6 である。

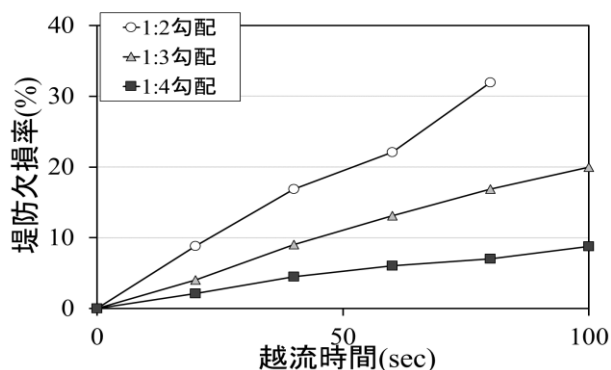


図-3 各勾配ケースにおける堤防欠損率の時間変化

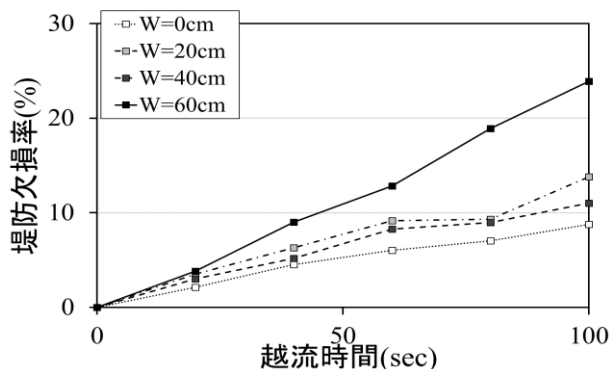


図-4 各樹木幅ケースにおける堤防欠損率の時間変化

(1) 堤防の裏法面勾配

図-3 より、1:2～1:4 に裏法面が緩勾配になるにしたがって、堤防欠損率が小さくなり、その傾きも緩やかである。緩勾配になると法面における流れのせん断力が低下することが理由として考えられる。これらの結果から、法面上に植樹しない場合でも、盛土で勾配を緩やかにすることで耐侵食効果を発揮することが分かる。

(2) 樹木の有無

図-4 から、樹木有の全ケースで、 $W=0\text{cm}$ の樹木無のケースに比べて、堤防欠損率が高い値を示している。これは樹木有ことで侵食されやすくなったことを表している。樹木の幹と根茎周囲で局所洗掘のように深掘れが生じ、逆に堤防の弱部を増やしてしまった結果である。実洪水後に河道内樹林を観測すると樹木周囲が局所的に洗掘され、洗掘孔の中で根がむき出しになっている場合があるのと類似現象である。ただし、本実験では樹木根茎を簡易的に円柱のみで表現しているが、実樹木はより細い根が地表部に張り巡らされている。この細い根が土を緊縛し、土の限界せん断力を増加させ、加えて斜面の崩壊を防ぐ役割を果たす。したがって、より詳細な樹木根茎モデルを用いて、侵食に与える影響を確認することが今後の課題である。

(3) 樹木幅の設定

樹木幅の最も広い $W=60\text{cm}$ のケースが他ケースに比

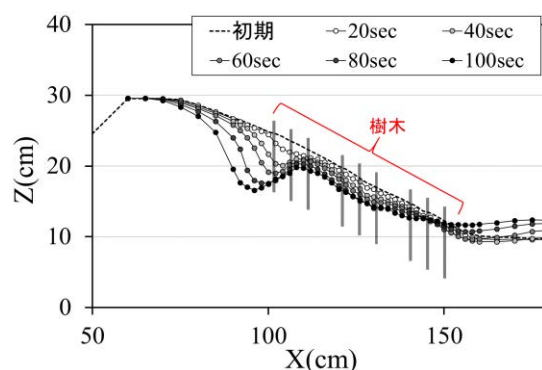
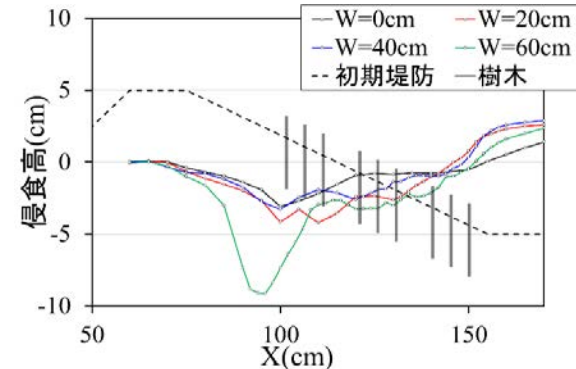
図-5 4 割勾配堤防($W=60\text{cm}$ ケース)の時間変化

図-6 各樹木幅ケースにおける侵食高(100sec 後)

べて堤防欠損が大きい (図-4)。図-5 を見てわかるように、樹林帯の最上流側で深掘れが生じている。この部分は、図-6 の中で樹林帯無の $W=0\text{cm}$ のケースでも元々侵食されやすい堤防法肩側の弱部である。そこに樹木有ことで侵食を助長させたことが深掘れの原因である。深掘れにより樹木の水平根が多く露出したことで、鉛直渦を生み出し、侵食を増大させたことが、他ケースに比べて堤防欠損が大きい原因として考えられる。

5. 結論

本研究では、堤防裏法面の樹林帯が越流侵食に対して与える影響を明らかにするため、越流侵食実験を実施した。実験の結果、法面上に樹木有ことで堤防の越流侵食を助長させる危険性を確認した。特に樹木位置が堤防の弱部と重なり合うことで侵食が増大する危険性があることが分かった。一方、植樹に伴う盛土を想定して、法面を緩勾配に作った場合、耐侵食効果が期待できることが分かった。

参考文献

- 1) 秋山 壽一郎, 重枝 未玲, 松田 健介, 大庭 康平: 堤体背面に整備された樹林帯が越水特性に及ぼす影響, 水工学論文集, 68, pp.1405-1410, 2012.
- 2) 荻住 昇: 樹木根系図説, 誠文堂新光社, 1979.
- 3) 国土交通省河川局治水課監修: 堤防に沿った樹林帯の手引き, 山海堂, 2001.