

津波に対するハイブリッド減災構造物周辺の流木の挙動と捕捉に関する研究

埼玉大学 学生会員 ○岩田 敦行 埼玉大学 学生会員 Rowan DE COSTA

埼玉大学大学院（兼）埼玉大学研究機構レジリエント社会研究センター 正会員 田中 規夫

1. 背景と目的

津波に対する多重防御構造物では、海岸林と堤防、堀を組み合わせた構造が実際に構築されており、力学的メカニズムに関する研究が実施されている¹⁾。樹林帯は、津波の流体力を低下させるなどの効果がある。しかし、幹の強度や根鉢の転倒限界を超えた場合²⁾や洗掘が生じた場合には流木化する。その流木が家屋に衝突したり、集積した場合には、津波被害を増大させる危険性がある。本研究では、多重防御構造を採用した際の流木の動きを水理実験により明らかにする。

2. 実験方法

(1) 実験概要

実験に用いた水路は全長 5.0m、幅 0.7m、高さ 0.5m であり、水路両面に強化ガラスがはめ込まれており、側面からの観察が可能である。図 1 の点線部分内に堤防、堀を設置した。樹林帯の直背後より、樹林帯で流木が発生したことを想定した流木モデルを投入した。この時、流木モデルは流下方向に対して平行になるように投入し、流木が樹林帯背後で多重防御構造の影響を受け、どのような挙動をするのかを観察し、樹林帯背後 2.0m 地点での回転角を測定した。本実験では実験の縮尺としてフルード相似則を適用し、長さスケールの縮尺が実現象の 1/50 になるように設定した。

(2) 予備実験

予備実験として、流木の回転角と樹林帯での捕捉の関係を調べた。回転角は、流下方向に対して平行かつ下流側に樹冠がある方向を 0°とし、±180°までを画像解析により算出した。（結果は絶対値で示した。）

その結果、回転角が大きいほど樹林帯に捕捉されることを示した。

(3) 樹林帯模型

樹林帯模型の直径は 8.0mm、樹木間距離を 4.6cm の正三角形千鳥配列で作成し、模型樹木密度を 0.22 本/cm²とした。樹林帯模型、樹林帯が樹林帯高さ 36cm とし、樹林帯の列数は 20 列とした。

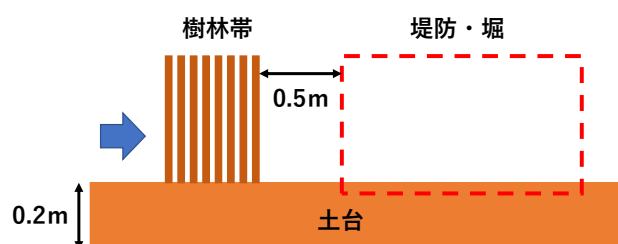


図1 実験装置概要



図2 流木モデル

(4) 堤防模型

高さは 12.4 cm、断面形状を等脚台形とした海岸堤防を考える。これは、東北地方太平洋沖地震が発生するまでに一般的に建設されていた海岸堤防の形状を簡略化したものである。海岸堤防の法面の勾配は 1:2 とした。

(5) 堀模型

堀模型は、幅 60cm、堀深さ 10.6cm、法面の勾配：1:2 勾配とした。この堀模型の決定は上述の堤防模型に対して体積が同じ条件³⁾とした。

(6) 流木モデル

流木モデルには実際の海岸林でも多く見られるクロマツを想定し、実樹木から作成した。モデルの樹高は 10、20、30cm を準備した。また、樹高に対する樹冠の大きさの割合を樹冠比(H_{ND})とし、 H_{ND} を 0.3、0.6、0.8 のモデルを準備した。これは北海道の実樹木のデータを参考にして決定した。モデルには根鉢あり、なしの 2 種類を準備した。これは樹木の力学³⁾より、胸高直径から根鉢の直径を決定し作製した。流木モデルを図 2 に示す。

3. 実験ケース

多重防御構造は樹林帯 V の背後に堤防 E、堀 M を組

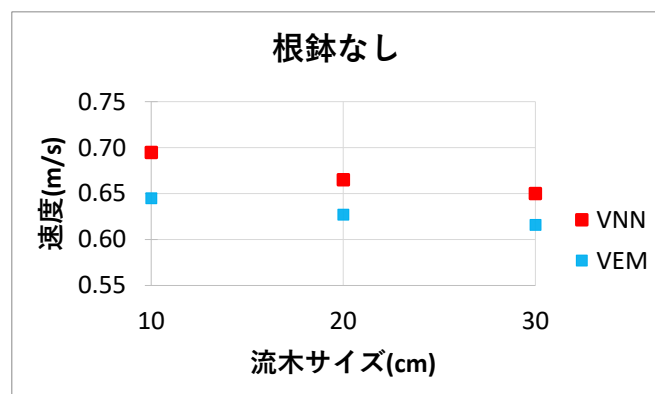


図3 根鉢なしの流木速度(m/s)

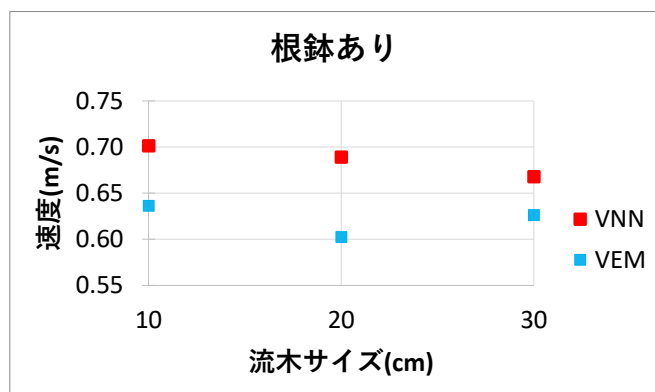


図4 根鉢ありの流木速度(m/s)

み合わせて構成する．なし（底面のみ）を N として，樹林帯背後の構造をなし(VNN)，堤防・堀(VEM)の2パターンで行った．また，定常流で実験を行う際のフルード数 (Fr) を実際の内陸に遡上した津波で破壊されたものをトラップする内陸側の条件を想定して 0.7 で行った．流木モデルは図2に示すようにサイズや樹木の状態を考慮して18個作製した．

以上のケースを，VNN では各3回，VEM では各10回ずつ行い結果を比較した．

4. 結果と考察

(1) 速度比較

図3, 4はVNN, VEMにおける根鉢なし，ありケースの流木の速度(m/s)を比較したものである．図に示すように，どちらのケースでもVEMの方が速度が小さいことがわかる．これはVEMでは樹林帯背後に堀を採用しており，堀内部でエネルギーが減少し，流速が減少するためである．

(2) 回転角と樹林帯での捕捉の関係

図5は，VNN, VEMにおける樹林帯背後2.0m地点における回転角を比較したものである．図に示すように，VEMケースの方が回転角が大きいことが分かる．

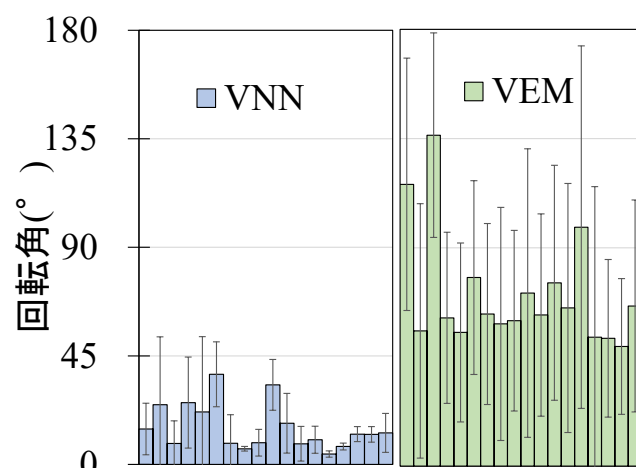


図5 構造別の回転角(°)

すなわち，多重防御構造背後に捕捉用の樹林帯を設置した際に，より捕捉される．これは，堀周辺で発生する跳水に流木が巻き込まれた後，背後に流出するためである．その結果，VEMの方がVNNよりも回転角にバラつきが生じ，誤差がVNNよりも大きくなった．

5. 結論

本研究では，津波に対するハイブリッド減災構造物周辺の流木の挙動と捕捉に関して明らかにするため，水理実験を実施した．実験の結果，堤防や堀の影響で流木の速度が減少し，また堀の跳水の影響で流木が回転しやすくなった．その多重防御構造背後に捕捉用の樹林帯を設置した場合，底面のみケースと比較して多くの流木が捕捉されると考えられる．

謝辞

本研究を進めるに当たり，北海道釧路総合振興局林務課より海岸林の樹木データを提供いただいた．記して謝意を表します．

参考文献

- 1) Zaha T., Tanaka N., Kimiwada Y., Flume experiments on optimal arrangement of hybrid defense system comprising an embankment, moat, and emergent vegetation to mitigate inundating tsunami current, *Ocean Engineering* 173, 45–57, 2019.
- 2) 田中規夫・庭田侑・佐藤 創・鳥田宏行・野口宏典：樹形による破断・転倒現象の相違を考慮した海岸林管理に資する津波計算法の構築．土木学会論文集B2(海岸工学), Vol. 71, No. 2 : I_307-312, 2015.
- 3) クラウス・マテック:樹木の力学, 厚徳社, 2004