

## 海岸堤防前面部における低樹高の海岸林による津波の堤防越流量変化

埼玉大学 学生会員 ○山口 耕平

埼玉大学大学院 学生会員 五十嵐 善哉

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・目的

海岸林の減災効果は古くから知られているが、1998年のパプアニューギニア地震津波や2004年のインド洋大津波から、有力な津波対策の一つとして世界的にも注目され、多くの研究が行なわれてきた。2011年の東北地方太平洋沖地震津波以降、その地点で想定される最大規模の津波（レベル2津波）に対しては、海岸堤防・樹林帯・堀などを組合せた多重防御に関する研究が始められた。飯村・田中<sup>1)</sup>は、樹木の破壊がない場合、堤外地に樹林帯を配置した方が高い減災効果を示すことを数値計算により示した。五十嵐・田中<sup>2)</sup>は、堤外地に配置したわずか2列の樹林帯でも越流量を減らすことを示した。しかし、これらの研究は樹木が十分に生育した状態で検討されている。特に海岸堤防より海側に樹林帯を配置した場合、潮風の影響や地質・地下水位の影響で樹木が十分に育たない、もしくは成長に長期間を要することが考えられる。そのため、樹高の低い樹林帯、すなわち水位をせきあげるが反射効果は少ない樹林帯が津波の堤防越流量に与える影響を把握することは重要である。

以上を踏まえ、本研究では、堤外地に配置した樹林帯の樹高が海岸堤防越流量に与える影響を定量的に把握することを目的とし、水理模型実験を行った。

### 2. 水理模型実験

#### (1) 実験水路概要

空圧式ゲートを急開させることにより段波を発生させることのできる全長18.0m、幅0.4m、高さ0.75mの水路に、縮尺1/100とした樹林帯・堤防模型を設置し、水理模型実験を行った。ゲート位置より4.5mの位置から勾配1/10、長さ0.52mのスロープ板を設置し、それより背後は水平とした。

堤防模型は、高さ6.2cm、法面勾配1:2、天端長さ4.0cm

である。これは、仙台湾南部海岸の復興計画として設定された堤防をモデルとしている。

樹林帯模型は仙台平野の樹林帯を参考として、樹木直径0.4cm、樹高2, 4, 8cm、樹林帯幅40cm、樹木中心軸間距離2.3cmとした。三角格子状に樹木を2列で配置し、模型樹林帯密度を0.22本/cm<sup>2</sup>とした。

#### (2) 計測内容

天端上水位と堤防越流量を計測した。天端上水位は容量式波高計（東京計測（株）HA-106（本体部）、HAT-30（検出部））を用いた。津波の堤防越流量は貯留部の水深をポイントゲージにより計測し、貯留部の長さ、幅を乗じて算出する。図-1に実験装置の概要図を示す。

#### (3) 実験ケース

樹高を3ケース、津波規模のパラメータとしてタンク水深は3ケースとし、計9ケース実施した。

樹高は2, 4, 8cmの3ケースとし、堤防高で除して無次元化し、樹高堤防高比 $H_{TR}$ として0.32, 0.65, 1.29とする。津波の規模は、実験床のみを設置した場合の汀線での最大波高を堤防高で除して無次元化し、波高堤防高比 $H'$ として0.86, 1.27, 1.64とする。実験は同じケースを3回ずつ繰り返し、越流量はその平均をとった。

### 3. 結果・既往研究との比較・考察

#### (1) 越流量への影響

堤外地に配置した樹林帯の樹高が津波の堤防越流量に与える影響を考察するため、五十嵐・田中<sup>2)</sup>の結果と本研究の結果を合わせて図-2に示す。横軸に波高堤防高比 $H'$ 、縦軸に越流量変化率 $\Delta Q(QQ=Q_{VE}/Q)$ ：樹林帯と堤防を組み合わせた場合の越流量 $Q_{VE}$ を堤防のみを配

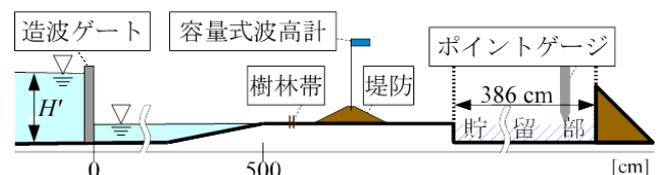


図-1 実験水路概要図

キーワード バイオシールド、防潮林、津波、越流量、水理模型実験

連絡先〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保 255 埼玉大学 TEL048-858-3564 E-mail: tanaka01@mail.saitama-u.ac.jp

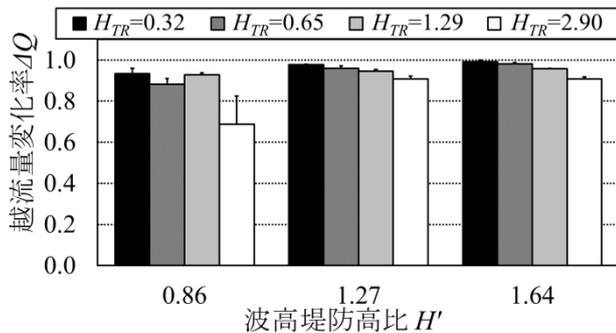


図-2  $H'$ 、 $H_{TR}$  ごとの平均越流量変化率  $\Delta Q$

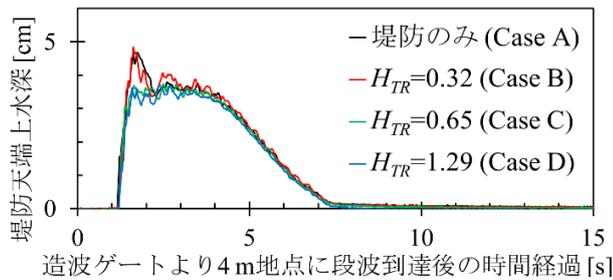


図-3  $H' = 1.27$  における堤防天端上水深の比較



図-4 同時刻における流況のスナップショット  
(a) : Case A, (b) : Case C

置した場合の越流量  $Q$  で除した値) をとった。

図-2 より、すべてのケースで  $\Delta Q$  は 1 を下回っていることから、堤防前面の樹林帯が十分に育たず樹高が低い場合であっても越流量を増やすことはないと言える。これは、樹林帯でせきあげられた流れが樹林帯通過後に水位を低下させ、堤防を遡上する流れと逆向きの運動を引き起こすことで、前面部に貯留される効果が生じ、反射波に巻き込まれて一緒に反射されるためと考えられる。また、波高堤防高比  $H'$  が 0.86 で樹高堤防高比  $H_{TR}$  が 1.29 の場合を除いて、樹高が高いほど越流量を減らす効果が高いことが分かる。特に、 $H'$  が小さい場合にその影響が大きい。

#### (2) 堤防天端上水位への影響

波高堤防高比  $H'$  が 1.27 のケースにおいて、堤防天端上水位の時系列データを図-3 に示す。堤防前面に配置した樹林帯の樹高によって、段波が堤防天端に到達した直後の水位に、顕著な差異がみられた。Case A, B では、越流初期の 1 秒程度の間だけ水位が上昇している。一方で、Case C, D では、その水位上昇が抑えられており、最高水位で比較すると 1 cm (越流水深の 2 割) 程

度の差がみられる。これは、Case A, B では流速が速く堤防の表法面を通過後、流れが斜方投射される (図-4(a)) ため、水位の値が大きくなったと考えられ、Case C, D では樹林帯が流速を十分に低減し堤防の表法面・天端に沿った流れとなる (図-4(b)) ため、越流初期の水位上昇が抑えられたと考えられる。Case A, B のように堤防の表法面で斜方投射された場合、堤防裏法面に着水する際の衝撃力が大きくなり、洗掘を増大させると考えられる。越流量に関しては、樹高が増すごとに線形的に減少したが、堤防天端上における越流初期の水位上昇の抑制は Case B, C 間で顕著な差がみられた。このことから、堤防裏法面における津波の衝撃力の軽減には最低限必要な樹高が存在することが示唆された。

#### 4. 結論・今後の課題

堤防前面に配置した薄い樹林帯と越流現象に関して、本実験により得られた結論を以下に示す。

- (1) 樹高堤防高比が大きいほど越流量減少効果は大きいですが、比が小さい場合でも越流量を増やすケースは確認されなかった。
- (2) 樹林帯による流速低減により、堤防に沿った流れとなるケースが確認された。この場合、堤防裏法面における津波の衝撃力を軽減する可能性を有する。ただしこれには、最低限必要な樹高が存在することが示唆された。

本実験では効果が低い側の 2 列樹林帯のみを実施したが、列数影響についても更なる検討が必要である。

**謝辞** 本研究の一部に、科学研究費補助金基盤研究 B (No. 15H02987, 代表: 田中規夫) を使用した。記して謝意を表します。

#### 参考文献

- 1) 飯村耕介, 田中規夫: 樹林帯と堤防の位置関係の違いが樹木破壊や津波減災効果に与える影響, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol.69, No.2, I\_401-I\_405, 2013.
- 2) 五十嵐善哉, 田中規夫: 堤防前面の樹林帯の厚みと樹木倒伏が堤防越流量に与える影響の実験的検討, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol.72, No.2, I\_319-I\_324, 2016.