

静水中の植生帯が津波の遡上に及ぼす影響について

東北工業大学

学生会員 ○佐々木亮輔

東北工業大学

正 会 員 菅原景一・高橋敏彦

1. はじめに

東北地方太平洋沖地震による津波をはじめとする調査結果から河道内植生や海岸林が津波のエネルギー減衰や到着時刻を遅らせる効果があることが確認されている¹⁾²⁾。しかし、実験水路を用いた詳細な計測データに基づく研究はあまりされていないのが現状である³⁾。そこで、本研究では静水中の植生が津波の波高や流速の低減などに及ぼす影響について検討を行う。

2. 研究の概要

植生帯を含む実験水路の模式図と座標系を図1に示した。実験は長さ10m、幅0.6mの勾配可変型水路を用いた。津波の発生には真空ポンプ式造波装置を用い、真空ポンプで水路内の水を所定の高さまで引き上げ、造波装置上部の蓋を急開することにより津波を発生させた。図中 l_v は植生帯長さ、 H_u は貯留水深である。流速は水深 $0.6h$ の位置で計測した。表1に実験条件として貯留水深と植生帯長さを示した。実験は H_u が4種類、 l_v が8種類の計32ケース行った。計測はそれぞれ実験ケースに対して5回行い再現性を確認している。

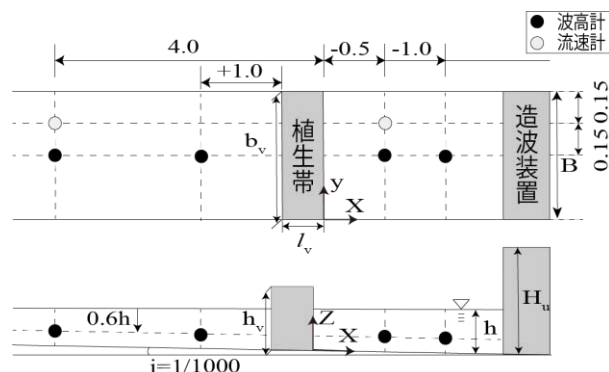


図1 植生帯を有する実験水路の模式図

表1 実験条件

貯留水深 H_u [m]	0.1, 0.2, 0.3, 0.4
植生帯長さ l_v [m]	0, 0.06, 0.12, 0.18, 0.24, 0.36, 0.48, 0.60
初期水深 h_0 [m]	0.03

3. 静水中の植生帯が津波の遡上に及ぼす影響について

3-1 津波の遡上波高に及ぼす植生帯長さの影響

図2に植生帯下流の水位変化に対する上流側の水位変化の割合 $\eta_l/\eta_{0.5}$ と植生帯長さ l_v の関係を示した。同図によると、植生帯が存在しない場合でも貯留水深（津波の規模）に応じて遡上する波高は2~4割程度減衰していることが分かる。また、いずれの貯留水深においても植生帯の長さ l_v の増加に伴って上流側の水位変化の割合は減少している。貯留水深 $H_u=0.1\text{m}$ の場合を除くと遡上波高の低減率 $\eta_l/\eta_{0.5}$ に対する貯留水深の影響は小さいと言える。

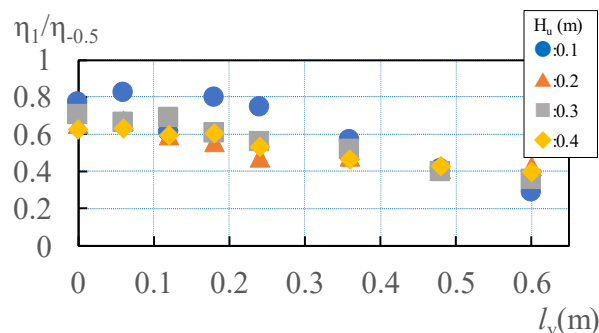


図2 植生前面に対する植生後面の水位変化

3-2 流速に及ぼす植生帯長さの影響

図3は植生帯長さ l_v による植生帯上流の最大流速 u_4 の変化を植生帯下流側の最大流速 $u_{0.5}$ で無次元化して示したものである。同図によると、植生帯が長くなるほど上流側の最大流速は小さくなる傾向にあることが分かる。い

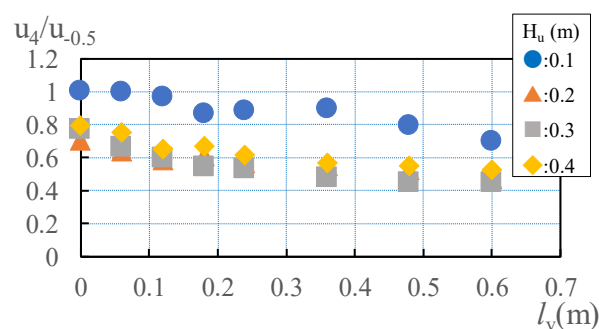


図3 植生帯長さ l_v と
植生帯上流の最大流速の関係

キーワード：河道内植生，遡上津波，波と流れ，河川水理

〒982-8577 仙台市太白区八木山香澄町35-1 東北工業大学 都市マネジメント学科・Tel: 022-305-3311・FAX: 022-228-1813

ずれの貯留水深においても各植生帯の長さに応じて3割程度減少している。また、貯留水深 $H_u=0.1$ 以外では $l_v=0.48\text{m}$ を超えると流速は小さくなりにくくなる。

3-3 津波の遡上速度の計算

静水中を遡上する津波を段波と仮定して、式(1)により植生の上流側(C_1)と下流側(C_2)でそれぞれ求め、その平均を植生帯を通過する津波の計算値 $C_{cal}=(C_1+C_2)/2$ とし、実験値 C_{exp} は各波高計で最大波高を観測した時間差でその距離を除した値として求め、その関係を図4に示した。

$$C_1 = V_1 - \sqrt{\frac{1}{2}g \frac{(h_1 + \eta_1)}{h_1} (h_1 + (h_1 + \eta_1))} \cdots \cdots (1)$$

ここで、 V_1 :上流の流速計の最大流速、 h_1 :上流側の水深、 η_1 :上流側の最大水位変化量である。同図より、遡上速度の計算値と実験値には正の相関があることが分かる。相関係数を貯留水深ごとに比較したところ、 $H_u=0.1\text{m}$ では 0.73、 $H_u=0.2\text{m}$ 及び $0.3\text{m}, 0.4\text{m}$ は約 0.82~0.93、全体としての相関係数は 0.93 であり、植生帯を有する静水域を遡上する津波の進行速度は式(1)を用いた方法で計算することができる。

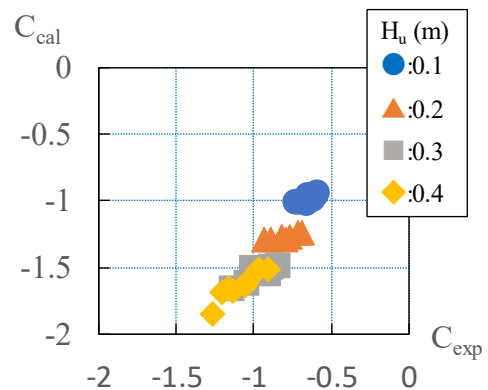


図4 津波遡上速度の計算値 C_{cal} と実験値 C_{exp} の関係

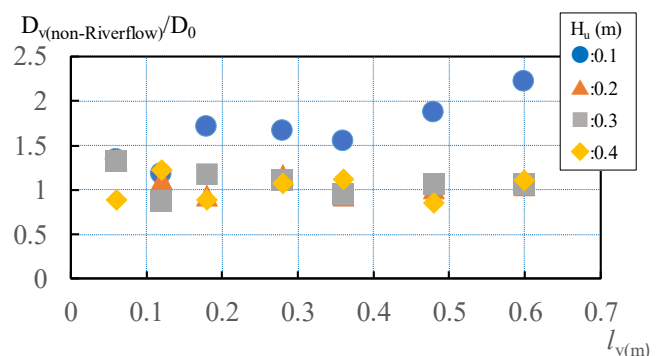


図5 植生抗力 $D_{v(\text{non-Riverflow})}/D_0$ と植生帯長さ l_v の関係

3-4 植生が津波に及ぼす抗力

図5に遡上津波に対して植生が及ぼす抗力 $D_{v(\text{non-Riverflow})}$ を式(2)により求め、植生がない場合の抵抗 D_0 で無次元化して植生帯長さ l_v との関係として示した。

$$D_v = \left(\frac{1}{2} \rho g h_2^2 + \rho A_2 u_2^2 \right) - \left(\frac{1}{2} \rho g h_1^2 + \rho A_1 u_1^2 \right) \cdots \cdots (2)$$

ここに、 ρ :水の密度、 g :重力加速度、 h :水深、 A :流水断面積、 u :流速であり、断面1を植生带上流側、断面2を植生帯下流側とした。同図によると、比較的波の規模が小さい $H_u=0.1\text{m}$ の場合には、植生帯が長くなるに従って抗力は大きくなる傾向にあるが、それ以外の場合には植生帯長さの影響は小さいといえる。

4. おわりに

本研究の結果をまとめると以下のようになり、植生帯を有する水域を伝播する津波の性質の一端を説明できた。しかし、遡上津波の水理特性に関わる影響因子は多様であり、さらなる検討が必要である。

- 津波の大小に関わらず植生帯長さ l_v の増加に伴って植生の上流側に伝播する津波の波高及び流速は減少している。
- 植生帯を有する静水域を伝播する津波の進行速度は段波の進行速度から求めることができる。
- 植生帯が長くなるほど抗力は大きくなる傾向にあるが、それ以外では抗力に対する植生帯長さの影響は小さい。

参考文献

- 盧ら(2012): 河川遡上津波の波速・流速の評価に関する研究、土木学会論文集 B2 Vol.68, No.4, I_253-I_258, 2012
- Kathiresan et al.(2005): Coastal mangrove forests mitigated tsunami, Estuarine, Coastal and Shelf Science 65, 601-606
- 今井ら(2015): 沿岸湖沼に突入する津波の水理特性に関する実験的検討、土木学会論文集(海岸工学) B2 Vol.71, No.2, I_229-I_234, 2015.