

河川を遡上する津波に及ぼす植生帯の影響に関する一考察

東北工業大学

学生会員○藤田拓士

東北工業大学

正 会 員 菅原景一・高橋敏彦

1. はじめに

津波の防災や減災については様々な研究が行われている^{1) 2)}が河川を遡上する津波に関する実験的な研究はあまりなされていない³⁾。そこで本研究では実験水路で河川を遡上する津波を再現し、その基本的な性質の把握を試みた。

2. 研究の概要

図 1 に実験水路の模式図を示した。水路下流端($x=-2\text{m}$)に真空ポンプ式造波装置を設置し、波高は容量式波高計を用いて4か所($x=-1\text{m}$, -0.5m , 1m , 4m)、流速は電磁流速計を用い、水深 $0.6h$ において2か所(-0.5m , 4m)で測定した。実験条件を表 1 に示した。植生帯は空隙率 95%のプラスチック製多孔質体で模擬した。流れ場は、流量 $Q=5.6\times 10^{-3}\text{m}^3/\text{s}$ 、水深 $h=0.03\text{m}$ 、Fr 数 0.17 の常流状態とした。植生帯長さ l_v は植生がない状態から、 0.6m まで 8 ケース設定した。また、造波装置の貯留水深 H_0 は 0.1m から 0.4m までの 4 種類で実験を行った。尚、各実験ケースに対して、5 回ずつ波を発生させ流れ場の再現性を確認している。

3. 植生帯が津波に与える影響

3-1 植生帯が遡上津波の波高に与える影響

図 2 は植生带上流側の最大波高を下流側の最大波高で無次元化して示したものである。同図によると、貯留水深 $H_0=0.1\text{m}$ の場合、上流側の波高は植生帯長さ l_v の増加に伴って減少し、 $l_v=0.3\text{m}$ を超えるとその割合は小さくなっている。 $H_0=0.2\text{m}$ 、 0.3m では $l_v=0.12\text{m}$ 、 0.24m まで上流側の波高が増加し、それぞれ $l_v=0.18\text{m}$ 、 0.36m よりも長くなると減少する傾向にある。

3-2 植生帯が遡上津波の波速に及ぼす影響

図 3 は植生带上流側の最大流速 u_4 を下流側の最大流速 $u_{0.5}$ で無次元化して示したものである。同図から、 $H_0=0.1\text{m}$ の場合に影響が大きく $l_v=0.24\text{m}$ で遡上する流速が最も小さくなり、それ以降は大きな変化は認められない。 $H_0=0.2\text{m}$ では $l_v=0.24\text{m}$ まで遡上流速が比較的大きいものの、それ以外の場合には、遡上流速に及ぼす植生帯長さの影響は小さいことが示唆される。

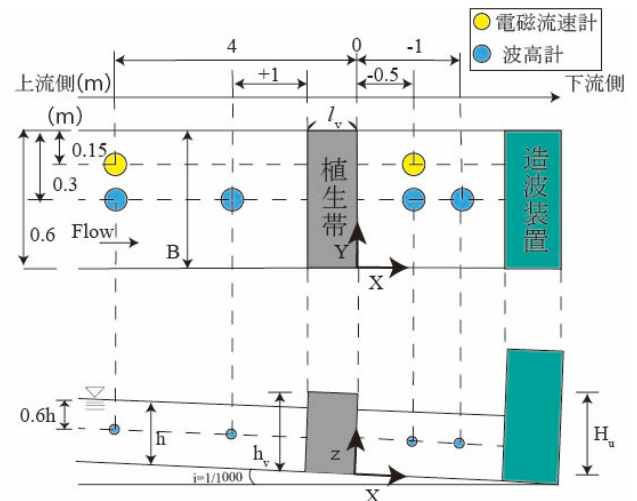


図 1 植生帯を有する河川の模式図

表 1 実験条件

植生帯長さ l_v (m)	0, 0.06, 0.12, 0.18, 0.24, 0.36, 0.48, 0.6
造波装置貯留水深 H_0 (m)	0.1, 0.2, 0.3, 0.4
備考	$Q=5.6\times 10^{-3}(\text{m}^3/\text{s})$, $h=0.03(\text{m})$ 1 ケースにつき各 5 回計測

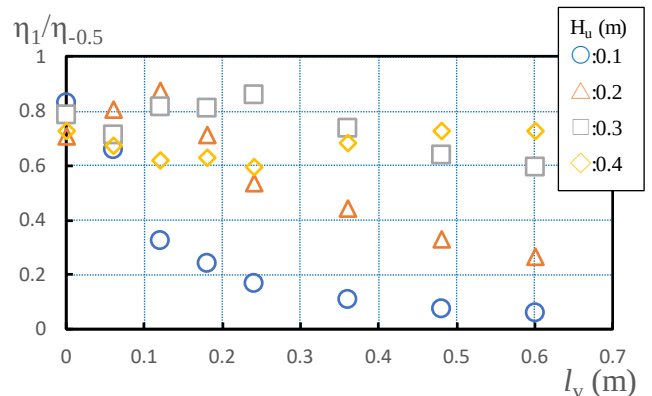


図 2 植生帯前後の水位変化

キーワード：河道内植生, 河川遡上津波, 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 工学部 都市マネジメント学科 TEL:022-305-3539 FAX:022-305-3539

3-3 津波遡上速度の実験値と計算値

植生帯内を通過する津波を段波と仮定して式(1)を用いて波速を計算した($C_{cal}=(C_1+C_2)/2$)。

$$C_1 = v_1 - \sqrt{\frac{1}{2}g \frac{(h_1 + \eta_1)}{h_1} (h_1 + (h_1 + \eta_1))} \cdots (1)$$

ここに、 v :流速, g :重力加速度, h :水深, η :最大水位変化量である。尚、添え字 1 は植生帯の上流側、2 は下流側を意味している。また、実験値 C_{exp} は植生帯の下流側と上流側の津波到達時間の差で区間距離を除して求めた。図 4 に C_{cal} と C_{exp} の関係を静水中の結果と共に示した。流水中の結果のみでは相関係数が 0.96、静水中の結果と合わせても相関係数は 0.78 となり、この結果から C_{cal} と C_{exp} は強い正の相関があり遡上津波の速度は式(1)を用いた方法で求められる。

3-4 津波に及ぼす植生抗力の算出

本研究で対象とする流れ場に生じる抗力を式(2)によって求め、河川流で生じる抗力を考慮し、植生が無い流れ場の抗力で無次元化 $D_{v(Riverflow)}/D_0=((D_v+D_{vn})/D_{v0})$ して、植生帯長さ l_v との関係として図 5 に示した。

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

ここに、 ρ :水の密度, A :流水断面積, u :流速であり、断面 1 を植生帯の上流側、断面 2 を植生帯の下流側とした。同図から、 $H_u=0.1m, 0.2m$ では l_v の増加に伴う抗力が増加し、 $H_u=0.3m, 0.4m$ の場合には微減している。これは、津波の越波による影響があると考えられる。

図 6 は植生抗力の河川の流れの有無による違いを比較したものである。データは 1 付近に多く存在しているが相関係数は 0.77 となり、津波に対する植生抗力は河川の流れがあっても適切に考慮することで流れがない場合と同様に扱うことができる。

4. おわりに

本考察において河川を遡上する津波に及ぼす植生帯の影響について限定的ではあるが波高の減衰や、流速の低減を定量的に示した。津波に対する植生抗力は同様の植生帯ならば、河川流の有無によらず同程度になることを確認した。

参考文献

- 1) 茅根ら(2014): 東北三県における津波の河川遡上特性, 土木学会論文集 B1(水工学)Vol.70, No.4, I_1165- I_1170.
- 2) 佐々木ら (2013): 津波と海岸林, 共立出版, 81P.
- 3) 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 B2 (海岸工学), Vol71, No.2, I_229- I_234.

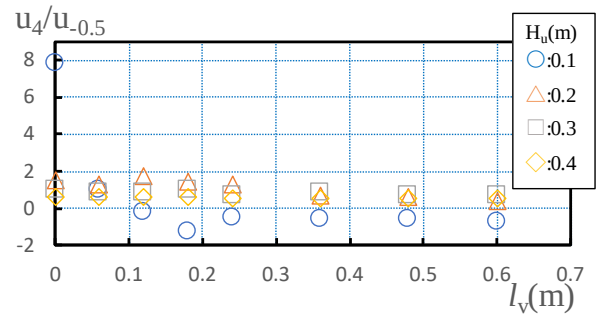


図 3 植生帯前後の流速の変化

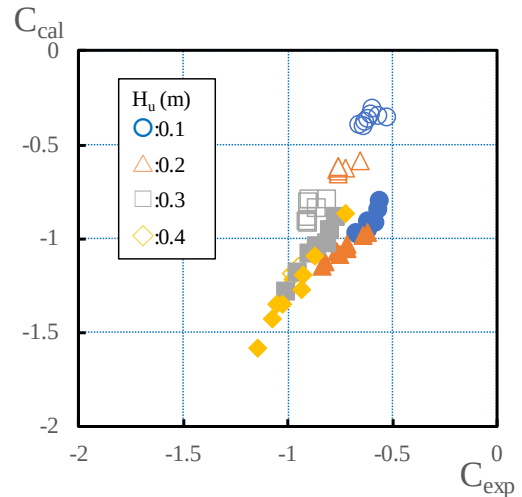


図 4 津波遡上速度の実験値と計算値

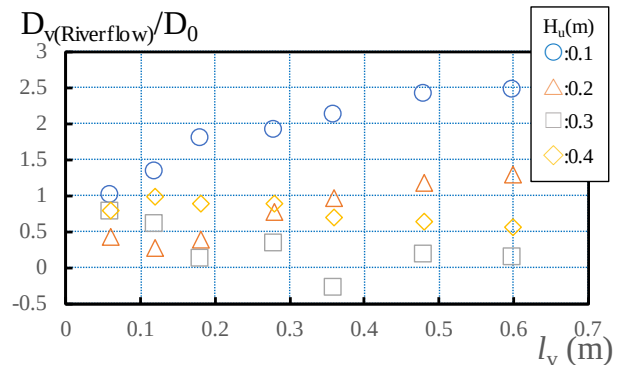


図 5 植生抗力と植生帯長さ l_v の関係

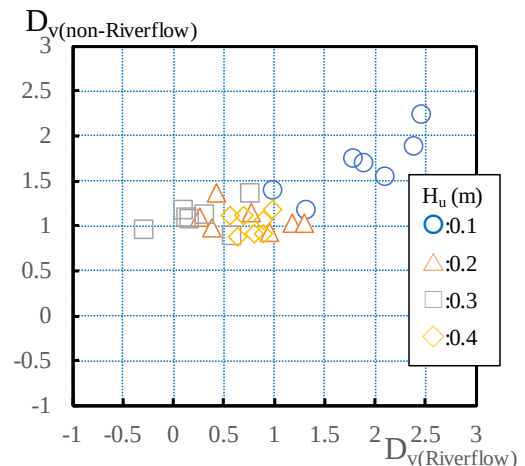


図 6 河川流の有無による植生抗力の違い