

II-79

植生域氾濫流基礎式における植生の寄与度と相似則に基づいた植生模型の氾濫応答

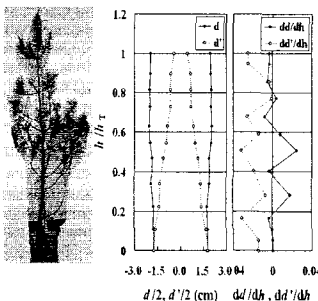
秋田大学 学生員 ○鈴木 明菜 正員 松富 英夫 学生員 今井健太郎

1. はじめに

植生を抵抗体とした流れの研究が盛んに行われている中で、松富ら¹⁾によって長波（静水圧）近似が可能な流れを対象に植生域氾濫流の基礎式が提案され、植生樹幹部の相似則を考慮した樹木模型による氾濫流実験が行われている。そこで、本研究では、幼樹ではあるが、実際に黒松の諸元を調査し、基礎式における植生の寄与度を検討した。さらに、空・静水中での植生模型の振動を実験より求め、ゲート急開で模擬された氾濫流中の植生模型の振動応答との対応を比較した。

2. 植生域氾濫流基礎式における植生の寄与度

基礎式¹⁾は dd/dh の項を有しており、この評価に秋田出戸浜海岸に育成する黒松を用いた。その換算円柱直径 $d(h)$ と dd/dh の鉛直分布例を図-1 換算円柱直径と dd/dh の比較-1 に示す。この図より、換算円柱直径は浸水深にあまり依存していないこと、 dd/dh の最大は 0.024 程度であることが判る。この被験黒松と幾何学的に相似な高さ 6m の樹木を想定した基礎式の補正例を式(1),(2)に示す。

図-1 換算円柱直径と dd/dh の比較

$$0.97 \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial p}{\partial x} = 0, \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{p^2}{h} \right) + gh \frac{\partial h}{\partial x} = & -0.99 i_x gh \\ & -0.99 \frac{g n_0^2}{h^{7/3}} p |p| - \frac{\kappa(h)}{200\gamma} C_D \frac{p |p|}{dh} - 0.01 C_M' \frac{\partial p}{\partial t} \\ & - \frac{\kappa(h)}{50} \theta' \frac{p}{d} + (0.033 + 0.021 C_M) \frac{\partial h}{\partial t}. \end{aligned} \quad (2)$$

今回の検討では、各項の既往の式²⁾との差は1~3%となった。これは、植生の寄与度の検討に大きく依存する植生密度 $\kappa(h)$ を1%としたことに起因する。人工的に管理される一般的な防備林の植生密度は0.4%程度³⁾だと推測されることから、既往の式²⁾と植生を考慮した基礎式を比較した場合の補正効果は小さいものと考えられる。しかし、植生域氾濫の数値計算を行う際、

この補正による差が累積され流況に影響を及ぼす可能性もあり、定量的な判断は今後の課題とする。

3. 空・静水中における振動実験

実験には、水平な水路床を衝立で囲み、高さ 0.5m、幅 0.3m の水槽を使用した。水深 h は 0, 1, 2, 4, 6, 10cm と変化させている。樹木模型は、既往の実験¹⁾に基づいて黒松（平均像： $E \approx 10 \times 10^4 \text{ kgf/cm}^2$, 比重=0.62）を対象とし、諸条件と相似則より樹幹部にはウレタンゴム丸棒（ $E \approx 480 \text{ kgf/cm}^2$, 比重=1.13）用い、樹冠部のみのものと、枝葉有り（塩化ビニル製）のものを測定した。樹木模型例を図-2 に示す。実験は、模型を水槽の中央に設置し、上部先端に糸をかけ、水平方向に一定の力で引いて離れた時に出力されるモーメントを力計で計測した。振動周期は計測された時間と周期より求め、測定値は各3回行った実験の中で平均的なものを採用している。

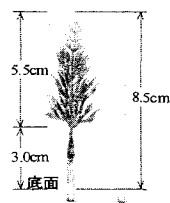


図-2 樹木模型例

4. 実験結果および考察

4.1 樹木模型の空・静水中での振動

樹木模型それぞれの空・静水中での振動例を図-3 に示す。まず、枝葉無しの場合に着目してみると、モーメントの振動周期から求められた空中（ $h=0\text{cm}$ ）でのウレタンゴム丸棒の固有振動数は、理論値 15.8Hz に近い 16.7Hz となり、本実験の精度に問題はないと判断できる。この振動数は模型の半分の高さとなる $h=4\text{cm}$ まで維持し、収束するまでの時間、周期共に同じである。 $h=6, 10\text{cm}$ のケースでは振動振幅は減少し、周期は長くなる傾向にあった。

枝葉有りの場合は空中における固有振動数は理論値と大きく異なる値となった。また、枝葉が水に浸る $h=4\text{cm}$ からは明確な振動減少を呈することなく、水深を増すごとに徐小さな振動となり、ゆっくりと減衰している。これらのことは、模型の樹幹部や枝葉と流体との摩擦や干渉による減衰作用と考えられる。枝葉有りの場合には、樹幹部と枝葉部で材質が異なることや、形状が複雑であることも原因として挙げられる。

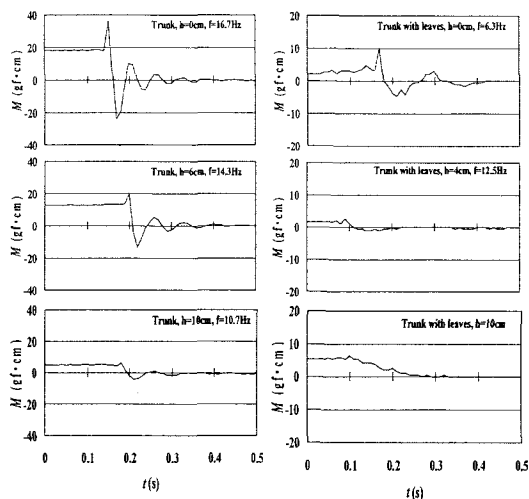


図-3 空・静水中での振動例

4.2 氾濫流中の振動との比較

松富らが行った氾濫流中の樹木模型の振動特性¹⁾との比較を行った。氾濫応答実験における、水平流体力のMEMによるパワー・スペクトル解析結果の一部を図-4に示す。ここで浸水深は海側のものを代表としている。入射する氾濫流は、貯水深のケース毎に第1の卓越振動数に特徴を持っていることが判る。

貯水深 $h_u = 12\text{cm}$ は、入射する氾濫流が模型の枝葉に触れていない状態である。この場合、枝葉の有無によらず、似通ったパワー・スペクトルとなっている。しかし、流体力の卓越振動数は空・静水中における樹木模型の固有振動とは異なっており、この振動は強制外力によるものだと考えられる。 $h_u = 14\text{cm}$ は枝葉下部に流体が触れ始めている状態である。この場合、枝葉有り模型に対する流体力の卓越振動数は低周波数側にシフトしている。これは、枝葉が水に触れることにより、水平投影面積が増加したことが原因と考えられる。 $h = 4\text{cm}$ の静水中における枝葉有り模型の振動も同様のことが考えられる。一方、 $h_u = 16\text{cm}$ では、樹幹部模型に対する流体力の卓越振動数が低周波数側にシフトし、静水中での振動振幅は減少している。どちらのケースも、氾濫流による水平流体力の卓越振動数と静水中の卓越振動数は一致していない。これらの特徴より、樹木模型は氾濫流による強制振動を受けているだけではなく、模型が有する振動特性は氾濫流による強制振動を減衰させる作用があると考えられる。また、完全に樹木模型が浸水している状態である $h_u = 18\text{cm}$, $h =$

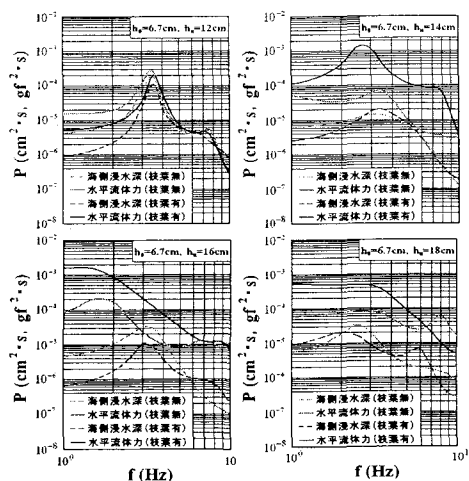


図-4 パワー・スペクトル解析例

10cm のケースにおいては水平流体力の卓越した周波数は認められない。この場合も、流体力の卓越振動は、模型の振動の影響により減衰したと考えることができる。

5. おわりに

本研究で得られた結果は次の通りである。①今回の植生域氾濫流基礎式における植生の寄与度は微かな値となった。しかし、今後の数値計算を行う際の検討は必要な課題である。②枝葉の有無は空中や静水中の模型の振動に大きな影響を与える。③枝葉による投影面積の増加は、外力による振動を減衰させる作用がある。よって、模型を選択する際には、弾性係数については勿論、樹冠部の適切なモデル化が必要とされる。④氾濫流中の模型は、氾濫流による強制振動を受けて振動しており、樹木模型の固有振動によるものではないことが確認できた。

参考文献

- 1) 松富ら：植生域氾濫流の基礎組織式と植生樹幹部の相似則，海工論文集，第51巻，pp.301-305, 2004.
- 2) 今井ら：沿岸樹木のパイプモデルを用いた表面積・体積評価法とその倒伏耐力，水工論文集，第49巻，(印刷中)
- 3) 原田ら：防潮林による津波減衰効果の評価と減災のための利用の可能性，海岸工学論文集，第50巻，pp.341-345. 2003.