

水害防備林による洪水エネルギー減衰効率のスケーリング

京都大学 正会員 ○山上 路生

京都大学 正会員 岡本 隆明

1. はじめに

今日では津波、高潮および洪水を減勢するためにハードな堤防建設が進んでいる。その一方で、水害防備林や防潮林のような自然樹木を利用した防御法は、景観的な特長をもつ。これらは伝統的な河川工法の一つ¹⁾で、全国各地に長い歴史をもつものが点在する。図-1 は京都府福知山市の由良川に現存する明智藪である。本川の湾曲外岸部に竹藪が配置されており、堤防背後の市街地への氾濫流を抑制する役割をもつ。防備林の設置で重要なことは、十分な強度をもつ支持基盤、激しい水圧に耐えうる根幹および適切な配置パターン等の選定を検討することである。本研究では水理実験を用いて、配置間隔と流体力の関係を後流剥離層の形成特性を明らかにした上で、効率的なエネルギー減衰を実現するための樹木配列に関する検討を行う。

2. 実験手法

実験は京都大学桂キャンパスの乱流水理実験室に設置された可変勾配水路にて行った。幅は 40cm、長さは 10m で計測部は側面だけでなく底面も強化ガラスとなっており、下方からの観察が可能である。上流から 7m 地点にスパン方向に複数の樹木モデルを等間隔に一列に並べた。図-2 のように樹木モデルは外径 26mm のアクリル円柱を用いた。本数を 1, 3, 5 および 8 本の 4 通り設定して等間隔になるように設置した。図中 B, D, H および b は水路幅、モデル外径、水深および隣接するモデルの中心間距離である。 x, y, z は主流、鉛直および横断方向座標で、原点位置はそれぞれ、円柱下流端、水路底面および水路センターラインである。 U, V, W はこれらの座標に対応する時間平均した流速成分である。水深は 15cm に固定して断面平均流速は 5~45cm/s に変化させた。流速計測は水平面の PIV によって行った。またセンターに位置するモデルにフォースゲージ(日本電産シンポ製)を接続して抗力を実測した。樹木模型とゲージの間に水流方向に沿ってアルミ棒を介し、模型に作用する力を直接的にゲージが感知するようにセットした。なお 120s 間の時間平均値を抗力値とした。

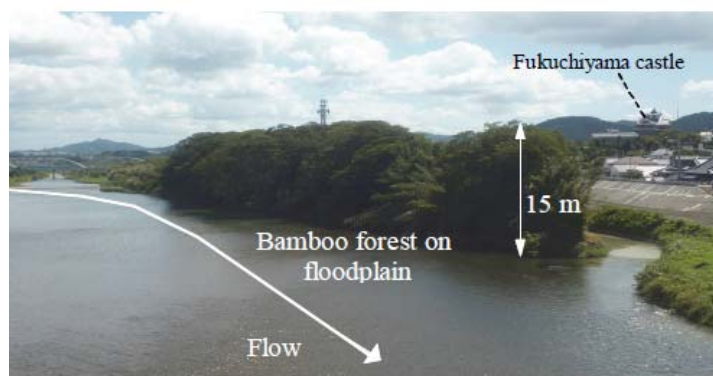


図-1 水害防備林の一例 (由良川の明智藪)

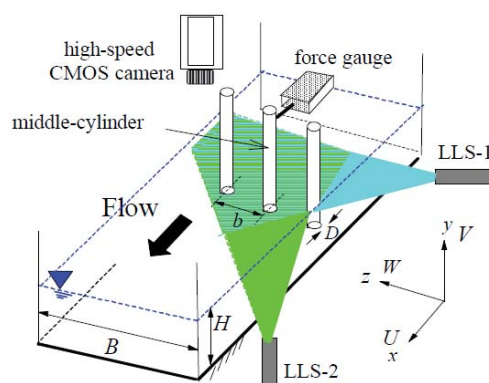


図-2 実験装置

3. 結果と考察

本研究で扱う並列スリット的な流れ場では、隣あう噴流がある距離で干渉(ミート)する。したがって流れの構造がやや複雑になる。

キーワード 洪水減衰, 水害防備林, 水理実験, スケーリング

連絡先 〒615-8540 京都市西京区京都大学桂 C-1-256 TEL 075-383-3187

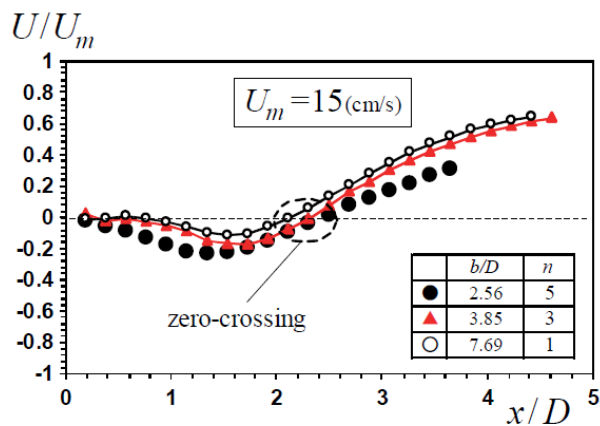


図-3 円柱背後の主流速分

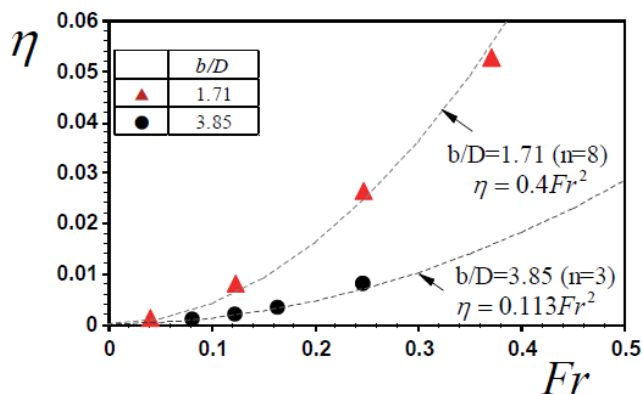


図-4 フルード数と減衰効率の関係

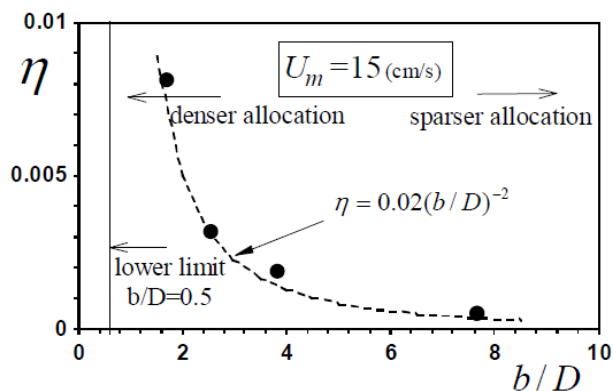


図-5 配置間隔と減衰効率の関係

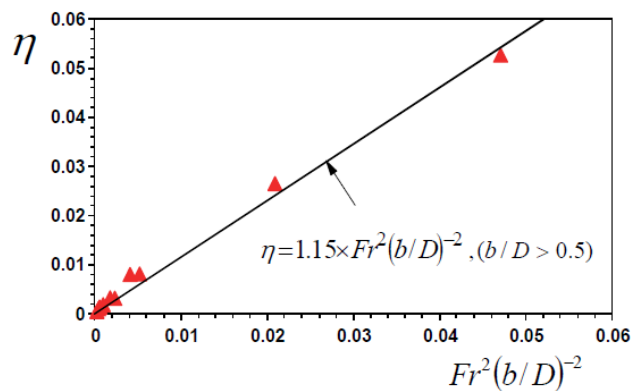


図-6 エネルギー減衰効率のスケールング

センターに位置する樹木中心を通る x 軸上の流速分布を図-3 に示す. それぞれ b/D および U_m に対する影響を比較した. すべてのケースにおいてゼロクロス点が存在する. 円柱背後からこの点までが initial zone(剥離領域)であり, 抗力の発生に大きく関わる. b/D が小さいほど initial zone が長く, より大きな抗力の発生が予想される. また流速が最小のケースでは initial zone も最短となる. U_m が最小の場合には剥離域も最短となるが, $U_m \geq 15 \text{ cm/s}$ については明確な傾向が認められないが, 剥離域の生成が単純に接近流速のみで整理できないことが示唆される.

円柱の抗力 F は流れに対して仕事を行い, その結果, 水流のエネルギーは減衰する. 円柱から上流側に十分離れた横断面を単位時間通過する水流がもつエネルギーは, 断面平均主流速によって次のように定義できる.

$$E_o \equiv \rho g Q \left(\frac{U_m^2}{2g} + H \right) \quad (1)$$

つぎに単位時間の仕事 ΔE を考えて, エネルギー減衰効率を式(2)のように表す.

$$\eta \equiv \Delta E / E_o \quad (2)$$

ここで $\Delta E = nFU_m$ である. 図-4 および 5 はそれぞれ Fr および b/D に対する η の変化を示す. これらの結果より減衰効率は樹木本数, すなわち隣接間隔が小さく, かつ接近流速が大きいほど高いことがわかる. 図-4 より η が Fr の 2 乗に比例し, 図-5 より η が b/D の -2 乗に比例すると仮定して図-6 のように実験データにフィットさせると次の実験公式が得られる.

$$\eta = 1.15 \times Fr^2 (b/D)^{-2} \quad (3)$$

接近流速, 水深および樹木間隔がわかればエネルギー減衰が予測できることがわかる. 今後は実験スケールを大きくして詳細な検証を進めたい.

参考文献

- 1) 石垣, 馬場, 吉田: 京都周辺における伝統的水害防備法について: 京都大学防災研究所年報, 第45号B, pp.423-431, 2002.