

# 破堤氾濫流に対する水防林の減災効果の検討

九州工業大学大学院 学生会員 ○大庭 康平  
九州工業大学大学院 正会員 重枝 未玲

九州工業大学大学院 フェロー会員 秋山壽一郎  
九州工業大学大学院 学生会員 岩本 浩明

## 1. はじめに

本研究は、有限体積法・非構造格子・FDSに基づく平面2次元不定流モデル(PSA-FUF-2DF model)(以下、「本モデル」という)と破堤氾濫流の特性を考慮した模型実験に基づき、水防林に期待される流勢緩和・流向制御等の機能について検討を加えたものである。

## 2. 実験の概要

河道部は、矩形断面水路(粗度係数 $n=0.01$ )の左岸側に法面勾配2割の堤防(高さ $D$ , 堤防敷幅 $T$ )と破堤部(破堤幅 $L$ )を設けたものである。河道部右岸側は壁面, 氾濫原部の境界①と③は壁面, 境界②は段落ちとなっており, 河床高, 堤防敷高および氾濫原部の地盤高は全て同じに設定されている。実験装置と重要な諸量を図-1に示す。

実験条件は予備実験と一通りのデータ解析を行い, 計測上の制約や測定精度を勘案した上で, Froude数 $F_r=(Q_{IN}/B)/(gh^3)^{1/2}=0.56$ ,  $L/B=2.0$ と定め, 水防林なし(CASE A), あり(CASE B)の実験を実施した。ここに,  $h$ は河道部上流側での水位である。なお, この場合の氾濫流量 $Q_{EXP}$ (=流入流量 $Q_{IN}$ -流出流量 $Q_{OUT}$ )は $0.009(m^3/s)$ であった。

模型水防林の諸元(長さ $T_i$ , 厚さ $T_j$ )は, X川(T県)近傍の屋敷水防林(総数72)の調査結果(平均値:  $(T_i \times T_j)_p \approx 24 \times 6(m)$ )より, 模型スケールを $L_m/L_p=1/100$ として,  $(T_i \times T_j)_m=0.24 \times 0.06(m)$ に決定した。なお, 添え字 $m$ と $p$ は模型と実スケールを表している。模型水防林は, プラスチック製の多孔体(透過係数 $K_m=0.64(m/s)$ )<sup>1)</sup>を用いた。なお, 実スケールに勘案すると $K_p=6.4(m/s)$ である。設置位置 $(x,y)$ と配置は, 後述するCASE Aの流体力 $\rho V^2 h$ の結果より,  $\rho V^2 h$ が等しい範囲の図心を求め, これを連ねて最大流体力が発生するライン(以下「Sライン」という)を定め, これに沿って破堤部での最大流体力の75%となる位置で堤防に対して平行(CASE B-1, 配置a), 垂直(CASE B-2, 配置b)となるように配置した。

測定項目は, 水深 $h$ と表面流速ベクトル $V_s$ , および河道部の $Q_{IN}$ と $Q_{OUT}$ である。水深 $h$ はポイントゲージを用い, 水深平均流速ベクトル $V$ はPTV解析より得られた表面流速ベクトル $V_s$ から等流の関係式( $V=0.90V_s$ )を用い, 図-1中の●で示した測点で求めた。また,  $Q_{IN}$ と $Q_{OUT}$ はそれぞれ電磁流量計と量水枘により計測した。流体力は $\rho V^2 h$ を指標とした。

## 3. 実験結果と解析の検証

図-3は, CASE A, CASE Bの流体力 $\rho V^2 h$ と水深 $h \cdot$ 流速 $|V|$ の実験結果と解析結果を示したものであり, 堤防に平行な破線は破堤部における最大流体力の25~75%となる $y/B$ 値である。また, 水防林を囲んだ黒枠は流速 $V$ の測定精度の問題で $\rho V^2 h$ の信頼性が低いと判断された範囲である。ここに, 限界水深 $h_c=((Q_{EXP}/L)^2/g)^{1/3}$ である。なお, 解析の計算メッシュ総数は19535個である。これより, 解析結果は, ① 破堤部上流端側で生じる死水域のために破堤幅が減少し, 流出水が破堤部右側に偏流・集中する様子, ② 流出水が右斜め上方向に大きな流速を持ち, 破堤部下流端への衝突により, 堤防法線方向

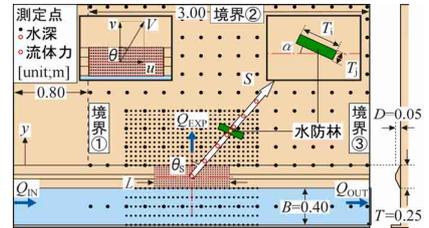


図-1 実験装置と重要な諸量

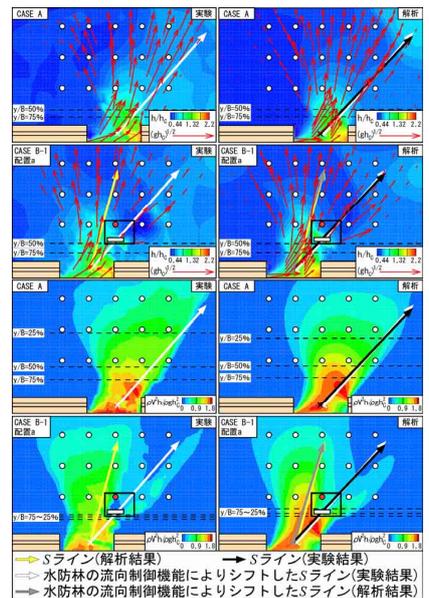


図-3 流体力と水深・流速の結果 (上2段: 水深・流速, 下2段: 流体力)

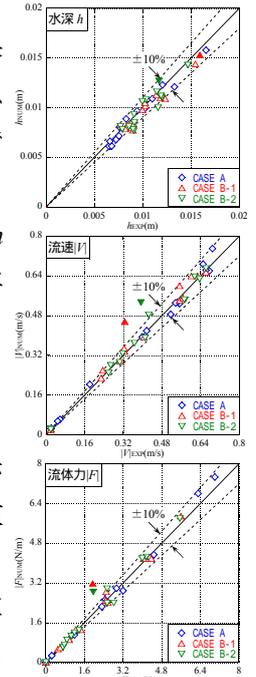


図-4 実験結果と解析結果の比較

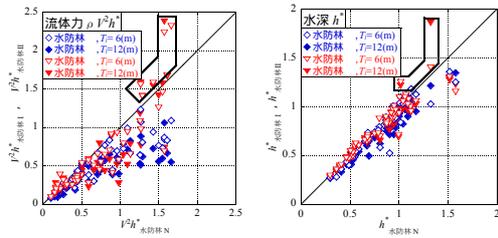


図-6 水防林による流体力と水深の増減率

にも大きな流速を持つ様子，③ Sラインの角度( $\theta_s \approx 40^\circ$ )や，堤内地右側で水深が大きくなる様子，④ 水防林により氾濫流がその左右に分流・分散され，氾濫水の主流と流体力が水防林の左側へシフトし，大きな流体力の範囲が水防林左側の河道法線方向( $\theta_s = 75^\circ$ 程度)となる様子，⑤ CASE AのSライン，CASE Bの水防林によってシフトした大きな流体力の範囲の方向など，図-3の実験で観測された破堤氾濫流の特徴や水防林の効果を良好に再現している。

図-4は，図-3中に○で示した各点での水深，流速および流体力の絶対値の実験結果を解析結果と比較したものである。これからわかるように，水防林の有無，配置にかかわらず，水深と流速のいずれも概ね±10%以内に収まっており，本モデルの有用性が確認できる。ただし，図-3中で▲のように塗りつぶした2データは，Vの測定精度に問題があると判断された箇所であり，そこではCASE B-1でVが40%， $\rho V^2 h$ が25%，CASE B-2でVが30%， $\rho V^2 h$ が25%程度，過大に解析では評価されていた。

#### 4. 数値シミュレーションによる検討

以上の模型実験による検証結果を踏まえ，本モデルにより，家屋群の拠点防御を目的として設置された水防林の流勢緩和・流向制御・水流分散機能について検討した。なお，計算メッシュ総数は37165個である。

設定条件は，河道(長さ=840(m)，幅B=80(m)，勾配I=0，粗度係数n=0.02)の左岸側に法面勾配2割の堤防(高さD，堤防敷幅T)と破堤部(破堤幅L)を設け，堤内地(n=0.02)に，一戸の家屋(8×8(m))が堤防に沿って8軒，その法線方向に6軒の家屋群を堤防に平行で，その最前列が最大流体力の25%の位置となるように配置した。

水防林は， $K_T=5.5(\text{m/s})$ のメダケ林とし，堤防線形に平行に配置した。また，設置条件は，① 水防林なし(水防林N)，② 水防林を家屋群前面に帯状( $T_i \times T_j = 120 \times 6(\text{m})$ あるいは $120 \times 12(\text{m})$ )に配置した状況(水防林I)，③ ②の配置の中央に水防林無設置区間(幅20(m))を設けた状況(水防林II)の3パターンとした。なお，この水防林無設置区間は，家屋群と水防林のいずれも無設置としたケースでSラインを定め，これを基準に設定した。

図-5は，シミュレーションの一例( $L/B=1.0$ ， $T/B=1.0$ )である。また，図-6は，図-5の拡大図中のA，a等で示した家屋の極めて近傍での水防林ありの流体力 $\rho V^2 h$ と水深hを水防林なしと比較したものである。

これからわかるように，流体力については，① 模型実験と同様に，家屋群や水防林に作用する流体力はSラインに沿って大きくなる。② 水防林を設けることで，流体力は全体的に約10~30%低減する。水防林厚を2倍にすると，減勢効果は約1.5倍となる。③ 水防林IIでは，破堤箇所と水防林無設置箇所との相対的な位置関係によって当該区間から家屋群に流れ込む氾濫流によって水当たりが強くなる家屋が発生する。そのような家屋(図-6中の黒枠に対応)では水防林Nより1.6倍程度大きな流体力が働く可能性がある。

水深については，① 水防林の流入流量の抑制効果のために，概ね水防林Nと同等かそれ以下となり，家屋群全体の平均でみると最大で約10%低減される。② 水防林IIでは，水防林無設置区間より流向を持って流入する氾濫流の集中のために，水当たりが強くなる家屋(黒枠に対応)が発生し，そこでは水深が約20%増加する。

#### 5. まとめ

模型実験と本モデルに基づき，破堤氾濫流に対するメダケ林程度の透過係数を有する水防林の流勢緩和・流向制御・水流分散機能について検討を加え，本モデルの有用性を明らかにした。

参考文献：1) 例えば，福岡捷二，藤田光一：洪水流に及ぼす河道内樹木群の水理的影響，土木研究所報告，180-3，1990。

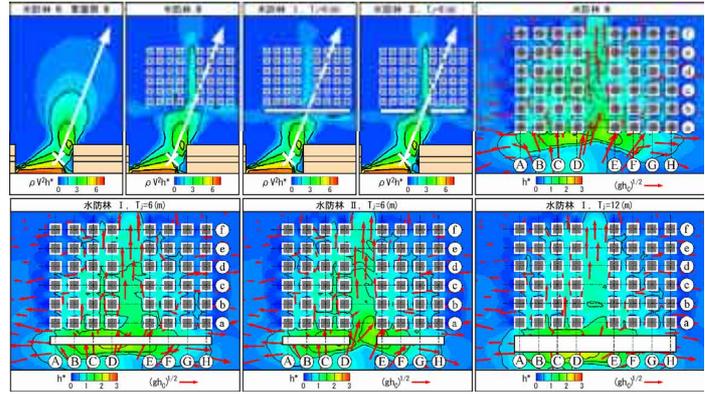


図-5 シミュレーション結果の一例( $L/B=1.0$ ， $T/B=1.0$ )

上段：流体力(左4枚)，水深と流速(右1枚)，下段：水深と流速