

図-5 は、CASE B の結果から、無次元パラメータ M/R と x_T/L との関係を示したものである。実線と破線はそれぞれ Ψ_1 と Ψ_2 に対する領域区分を示している。ここで、 M は縮流部の比力 ($=h^2/2+q^2/gh$)、 R は水防林の全抗力 $D_T=\rho g(\Psi/Nd)(q/h_T)^2/[(1-\lambda)^2 K_T^2]$ を単位体積重量 ρg で除したもので、 K_T =水防林の透過係数($=Ndh_T C_d/2g$)^{-1/2}、 h_T =水防林区間の代表水没水深である。

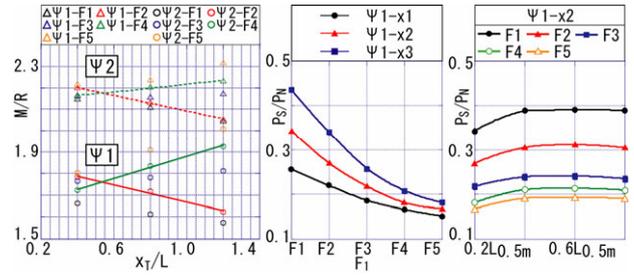


図-5 流れのパターン 図-6 流体力低減効果の一例の領域区分

これより次のことがわかる。(1) M/R と x_T/L から、もぐり流出、強制跳水および水防林区間での飛散に区分でき、 M 中の h 、 R 中の h_T がわかれば、 Ψ と x_T/L で流れのパターンが特定できる。(2)もぐり流出領域では x_T/L が大きくなるほど、強制跳水領域では x_T/L が小さくなるほど、流水抵抗として水防林が効果的に機能する。

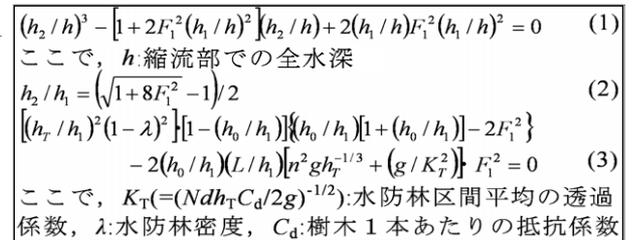


図-7 水防林を考慮した水深の関係式の一覧

$$\begin{aligned} (h_2/h)^3 - [1 + 2F_1^2(h_1/h)^2] \{h_2/h + 2(h_1/h)F_1^2(h_1/h)^2\} &= 0 \quad (1) \\ \text{ここで、} h: \text{縮流部での全水深} & \\ h_2/h_1 = (\sqrt{1 + 8F_1^2} - 1)/2 & \quad (2) \\ [(h_T/h_1)^2(1-\lambda)^2] \{ [1 - (h_0/h)] \{ (h_0/h) [1 + (h_0/h)] - 2F_1^2 \} \\ - 2(h_0/h)(L/h) [m^2 g h_T^{-1/3} + (g/K_T^2)] \} F_1^2 &= 0 \quad (3) \end{aligned}$$

ここで、 $K_T(=Ndh_T C_d/2g)^{-1/2}$:水防林区間平均の透過係数、 λ :水防林密度、 C_d :樹木 1 本あたりの抵抗係数

図-6 は、左図が水防林下流端から $0.2 L_{0.5m}$ 地点における単位面積当たりの流体力の低減率 P_S/P_N と F_1 および x_T/L との関係、右図が F_1 別に P_S/P_N と水防林下流端からの流下距離との関係を示したものである。ここで、添え字 S と N はそれぞれ水防林設置と無設置を示している。また、 F_1 は、パターン A($F_1=F_1$ と F_2)、 $B_1(F_3)$ 、 $B_2(F_4)$ および C(F_5) に対応している。

実験結果より次のことが確認あるいは考察される。(1) F_1 の増加とともに、流体力の低減が顕著となり、 Ψ が大、 x_T/L が小で低減率が大きくなる。(2) F_1 が小さい方が x_T/L に対する低減率の依存性が強くなる。(3) $F_1=F_1 \sim F_5$ 、 $\Psi=1.44 \sim 2.88$ および $x_T/L=0.4 \sim 1.2$ の範囲では、約 60~90%程度まで流体力が低減される。(4)全ケースで水防林下流端から $0.2 L_{0.5m}$ のとき、流体力の低減率は最も大きくなる。また、水防林下流端からの距離が大きくなると、低減率は小さくなり、 $0.4 L_{0.5m} \sim 0.8 L_{0.5m}$ の範囲ではほぼ一定の値をとる。

このような結果となるのは次のような理由によると考えられる。単位幅当たりの流体力 P は $\rho q^2/h$ で与えられるので、(1)水防林がない場合は、流出点と物体との距離が短ければ、強い射流状態をほぼ保ったまま水路を流下し、その状態で物体に流体力が働く。(2)水防林がある場合は、その働きにより、強い射流状態の流出水が水防林下流側では常流へと強制的に遷移し、その流れの状態の流体力が働くことになる。また、流体力 P は水深に依存するため、水深が水防林下流側で等流水深 h_0 に漸近すると、流体力も一定の値に漸近する。

4. 最大水深 (h_{max}) の予測

水防林を考慮した水深の関係は、流れのパターン別に式(1)~(3)(図-7)のように表される。これより、パターン A では式(1)、パターン B_1 では式(2)、パターン B_2 および C では式(3)より、最大水深 h_{max} あるいは水防林区間の代表水没水深 h_T をそれぞれ求めることができる。

図-4 に示した実験値(実線)と式(1)~(3)を用いた予測値(破線)とを比較すると、次のことが確認あるいは考察される。(1)パターン A と B_1 では、強制跳水後の水深 h_2 と h_{max} はほぼ一致し、パターン B_2 と C では、 h_T がほぼ一致し、誤差は±4%程度である。(2)パターン B_2 と C での誤差の理由は、式(3)には水防林による流積減少、動圧による抵抗力は考慮されているが、樹木前背面での水位差による抵抗や造波抵抗¹⁾は考慮されていないこと、パターン C に対し適用限界があること、などが考えられる。(3)先述したように x_T/L 、 F_1 とほぼ無関係に Ψ_1 で $h_{max}/h_c \cong 2.1$ などになる理由は、式(1)あるいは式(2)から明らかのように、 h_2 が x_T/L 、つまり流出水が底面せん断応力 τ_0 の影響をほぼ受けない流れとなっており、 $F_1=(h_c/h_1)^{3/2}$ だからだと考えられる。

5. まとめ

本研究より、流出水の状態、水防林特性とその設置位置の関係として(1)流れのパターンとその領域および最大水位とその予測、(2)水防林による流体力の低減率とそのメカニズム、などの有益な知見が得られた。

参考文献：1) 秋山壽一郎：定常自由表面流の正角柱に働く流体力、水工学論文集、第 46 巻、pp.827-831、2002。