

II-82

流木衝突力の実用的評価法

秋田大学 学員○吉田和也 正員 松富英夫

1. まえがき 実験に基づいて、段波とサージに伴う流木の衝突力評価式を提案した^{1), 2)}。それ等は平均的な衝突力を与えるもので、危険側の衝突力を与えるものではない。式形が複雑で、使い勝手も悪い。そこで、本研究は、新たな実験データを加えて、危険側を与える簡便な流木衝突力評価式を提案するものである。

2. 実験 使用した水路は水平に設置された鋼製矩形水路で、段波とサージはゲート急開により発生させた。実験装置の概略を図-1に示す。対象力の測定には、受圧壁の取り替えが可能で、全力Fのみ測定可能な自作の波力計を用いた¹⁾。実験での段波とサージの発生条件を表-1に示す。表中、 h_1 と h_0 は各々初期ゲート上・下流側の水深である。各実験において、流木は1本のみとし、初期の配置条件は流木中心軸を流れ方向に向け、重心に関してゲートからの距離2.55mの所に静置とした。使用流木の諸元を表-2に示す。Dは流木径、Lは流木長、 L/D は細長比、Wは湿潤状態での流木重量である。測定項目は全力Fの他に、段波やサージの衝突前後の受圧壁近傍での水深と挙動、流木の移動速度と挙動である。

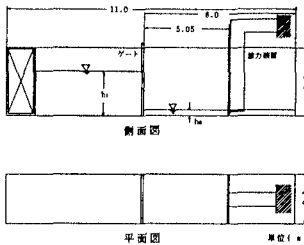


図-1 実験装置

表-1 段波とサージの発生条件

	h_1 (cm)	h_0 (cm)
段波	35, 40, 45	1, 2
サージ	20, 25, 40	0

表-2 流木諸元

D (cm)	L (cm)
4.8-12	36.4-160
L/D	W (gf)
8, 12, 16	305-8615

3. 実験結果

3.1 見かけの質量係数 構造物（受圧壁）の開度 λ による見かけの質量係数 C_{MA} の変化を図-2(a)と(b)に示す。図中の各実験値は10回の平均で（これは、以下でも同じ）、 C_{MA} は次式で評価されている。

$$\int F_d dt = C_{MA} M u_w \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 F_d は経時的な流木衝突力、 t は時間、 M は流木質量、 u_w は壁から約50cm上流での流木先端部の水平移動速度である。各図中の実線は危険側を考えた

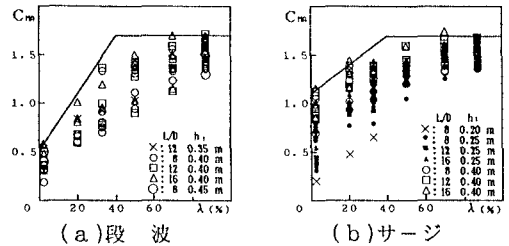


図-2 開度 λ による見かけの質量係数 C_{MA} の変化

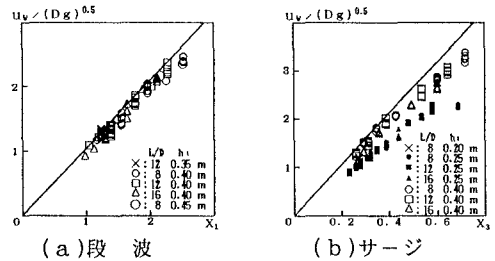


図-3 危険側の流木移動速度 u_w

時の実験直線で、段波の場合は、

$$C_{MA} = 1.7 \quad \lambda > 40\% \quad \dots\dots\dots (2a)$$

$$= 0.03\lambda + 0.5 \quad \lambda \leq 40\% \quad \dots\dots\dots (2b)$$

サージの場合は、

$$C_{MA} = 1.7 \quad \lambda > 40\% \quad \dots\dots\dots (3a)$$

$$= 0.015\lambda + 1.1 \quad \lambda \leq 40\% \quad \dots\dots\dots (3b)$$

C_{MA} は段波波高水深比 $\Delta H/h_0$ （後述）や L/D 等にはほとんど依存しない^{1), 2)}。 $\lambda \approx 100\%$ の時、 C_{MA} は本来の質量係数 C_M と解釈される。段波とサージ共に、その値は約1.7である。 $\lambda \leq 40\%$ の時、サージでの C_{MA} は段波でのものより大きい。これは、例えば流木の諸元と移動速度が同じ時、流れ先端での水位変化率はサージの方が小さく、上方に投げ出される流体の緩衝機能が小さくなることから、予想されることである。

3.2 流木の移動速度 本研究では、開度 λ に依存しない流木移動速度 u_w を採用している。見かけの質量係数 C_{MA} のように、開度による区分は必要ない。

次元解析に基づいて^{1), 2)}、段波とサージにおける流木移動速度の回帰式を求めれば、各々次式を得る。

$$u_w = 0.98 (\Delta H/h_0)^{0.48} (\Delta H/D)^{0.72} \cdot (L/D)^{-0.26} (gD)^{0.5} \quad (\text{段波}) \quad \dots\dots (4)$$

$$u_w = 4.3 (H/D)^{0.99} (L/D)^{-0.27} (gD)^{0.5} \quad (\text{サージ}) \quad \dots\dots (5)$$

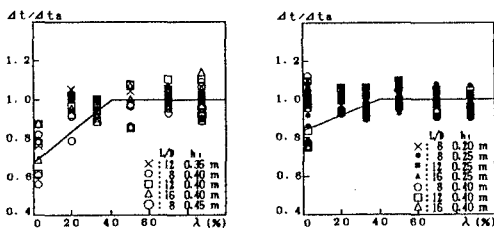


図-4 開度λによる衝突力継続時間 Δt の変化

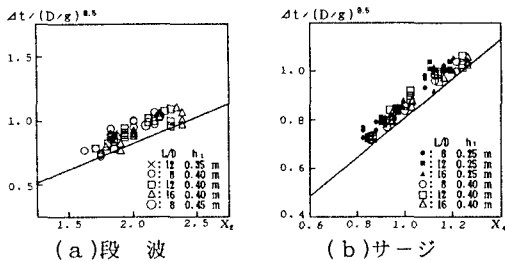


図-5 危険側の衝突力継続時間 Δt

ここで、 ΔH は段波波高、 H は h_1 毎の流木衝突直前での流木重心での全水深の平均、 g は重力加速度である。

危険側の流木の移動速度評価式を得るため、式(4)と(5)の右辺(係数は除く)を各々 X_1 、 X_3 として、実験値をプロットしたものを図-3(a)と(b)に示す。各図中の実線は危険側の包絡線で、各々次式である。

$$u_w = 1.05(\Delta H/h_0)^{0.48}(\Delta H/D)^{0.72} \cdot (L/D)^{-0.26}(gD)^{0.5} \quad (\text{段波}) \cdots (6)$$

$$u_w = 5.3(H/D)^{0.99}(L/D)^{-0.27}(gD)^{0.5} \quad (\text{サージ}) \cdots (7)$$

3.3 衝突力継続時間 図-4(a)と(b)に段波とサージにおける開度λによる衝突力継続時間 Δt の変化を示す。ただし、段波とサージ共に、 h_1 と流木諸元毎の $\lambda > 40\%$ での Δt の平均値 Δt_a で無次元化されている。

各図中の実線は平均的な実験直線で、段波の場合は、 $\Delta t/\Delta t_a = 1.0 \quad \lambda > 40\% \cdots (8a)$
 $= 0.008\lambda + 0.68 \quad \lambda \leq 40\% \cdots (8b)$

サージの場合は、 $\Delta t/\Delta t_a = 1.0 \quad \lambda > 40\% \cdots (9a)$
 $= 0.004\lambda + 0.84 \quad \lambda \leq 40\% \cdots (9b)$

次元解析に基づいて、 $\lambda > 40\%$ での段波とサージにおける衝突力継続時間の帰属式を求めれば、

$$\Delta t = 0.47(\Delta H/h_0)^{0.15}(\Delta H/D)^{0.30} \cdot (L/D)^{-0.14}(D/g)^{0.5} \quad (\text{段波}) \cdots (10)$$

$$\Delta t = 0.90(H/D)^{0.38}(L/D)^{0.05} \cdot (D/g)^{0.5} \quad (\text{サージ}) \cdots (11)$$

危険側の衝突力継続時間を得るため、式(10)、(11)

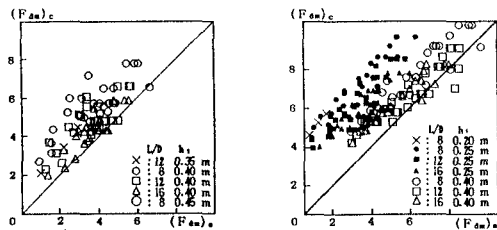


図-6 流木衝突力 F_{dm} の計算値と実験値の比較

の右辺(係数は除く)を各々 X_2 、 X_4 として、実験値をプロットしたものを図-5(a)と(b)に示す。各図中の実線は危険側の包絡線で、各々次式である。

$$\Delta t = 0.42(\Delta H/h_0)^{0.15}(\Delta H/D)^{0.30} \cdot (L/D)^{-0.14}(D/g)^{0.5} \quad (\text{段波}) \cdots (12)$$

$$\Delta t = 0.81(H/D)^{0.38}(L/D)^{0.05} \cdot (D/g)^{0.5} \quad (\text{サージ}) \cdots (13)$$

危険側を与える最終的な衝突力継続時間の評価式を得るには、式(12)、(13)を各々式(8)、(9)の Δt_a と考えればよい。

3.4 最大衝撃力 流木衝突力 F_d の経時変化に対して三角形分布を仮定すれば^{1)、2)}、式(1)より最大衝突力 F_{dm} として次式を得る。

$$F_{dm} \doteq 2.0 C_{MA} M u_w / \Delta t \cdots (14)$$

式(14)を式(2)、(6)、(8)、(12)または式(3)、(7)、(9)、(13)を用いて書き直せば、最終的な最大衝突力の評価式として、段波の場合は、

$$F_{dm}/\gamma D^2 L \doteq 6.7(\Delta H/h_0)^{0.34}(\Delta H/D)^{0.42} \cdot (L/D)^{-0.40} \quad \lambda > 40\% \cdots (15a)$$

$$\doteq 4.9\{(3\lambda + 50)/(\lambda + 85)\}(\Delta H/h_0)^{0.34} \cdot (\Delta H/D)^{0.42}(L/D)^{-0.40} \quad \lambda \leq 40\% \cdots (15b)$$

サージの場合は、

$$F_{dm}/\gamma D^2 L \doteq 17.5(H/D)^{0.61}(L/D)^{-0.32} \quad \lambda > 40\% \cdots (16a)$$

$$\doteq 12.9\{(3\lambda + 220)/(\lambda + 210)\}(H/D)^{0.61} \cdot (L/D)^{-0.32} \quad \lambda \leq 40\% \cdots (16b)$$

を得る。ここで、 γ は流木の単位体積重量である。式(15)、(16)の計算値と実験値の比較を図-6(a)と(b)に示す。計算値は実験値より大きめで、かつ包絡しており、これ等の評価式は有用なものと思われる。

4. むすび 新たな実験データを加えて、段波とサージに伴う流木の実用的な衝突力評価式を提案した。

《文献》 1)松富：土木学会論文集，No.467，1993。

2)松富・白鳥：海岸工学論文集，第41巻，1994。