

II-53

サージ・フロントに伴う流木の衝撃力実験

秋田大学 学生員○白鳥雅之 正員 松富英夫

1. まえがき サージ・フロントに伴う流木を対象に、構造物の開度入による見かけの質量係数 C_{MA} 、流木の移動速度 u_w 、衝撃力継続時間 Δt の変化特性等について実験的検討を行い、流木の最大衝撃力 F_{dm} の評価式を誘導する。合わせて、砕波段波の場合との比較・検討も行う。

2. 実験 使用した水路は水平に設置された鋼製矩形のもので、サージ・フロント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⁾。実験でのサージ・フロントの発生条件を表-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、初期の配置条件は中心軸を流れ方向に向け（縦置きと呼び、この状態での衝

突を縦衝突と呼ぶ）、重心に関してゲートからの距離 $x=2.55\text{m}$ の所に静置とした。縦置き、縦衝突とした理由は、既報²⁾の流木の挙動分類結果に基づき、単位幅当りで最も大きな衝撃力が働くという判断による。使用流木の諸元をまとめて表-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の重量である。測定項目は全力 F の他に、サージ・フロント衝突前後の壁近傍でのサージ・フロントの水深と挙動、流木の移動速度と挙動である。

3. 実験結果とその考察

3.1 流木の衝撃力 図-2に開度入による全力 F の経時変化例を示す。サージ・フロント衝突時を $t=0$ と同期している。 λ 以外の諸元は同じである。 λ が大きくなるにつれて流木衝撃力 F_d が大きくなり、サージ・フロントそのものによる波力に比べて無視できないことが判断される。

3.2 見かけの質量係数 開度入による C_{MA} の変化を図-3に示す。図中の各実験値は10回の平均である（以下でも同じ）。 C_{MA} は次式で評価されている。

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

ここで、 t ：時間、 M ：流木湿潤時の質量、 u_w ：壁から約50cm上流での流木先端部の水平移動速度。 u_w として上記を選んだ理由は、壁の存在の影響を受けていないこと等による。本来なら、壁の存在の影響を受けた流況でのものを採用すべきであるが、現状ではその流況や流木衝突時刻等の推定が容易でなく、無理である。実線は実験値の回帰曲線で、

$$C_{MA} = -5.9 \times 10^{-5} \lambda^2 + 0.0156 \lambda + 0.66 \quad \cdots (2)$$

点線は砕波段波の場合の回帰曲線で¹⁾、

$$C_{MA} = -8.4 \times 10^{-5} \lambda^2 + 0.0197 \lambda + 0.38 \quad \cdots (3)$$

ここで、 λ は%表示である。 C_{MA} は λ に対してほぼ放物分布し、 L/D にあまり依存しないようである。 $\lambda \div 100\%$ の時、 C_{MA} は本来の質量係数 C_M と解釈される。サージ・フロントでの値は約1.6、段波での値は約1.5であり、共に従来の報告値³⁾とほぼ同じである。 λ が小さくなるにつれて、サージ・フロントでの C_{MA} は砕波段波でのものより大きくなる傾向にある。このことは、例えば流木の諸元と移動速度が同じ時、フロントでの水位変化率はサージの方が小さく、上方に投

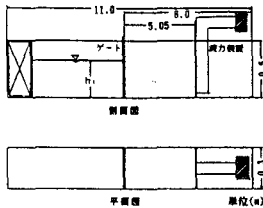


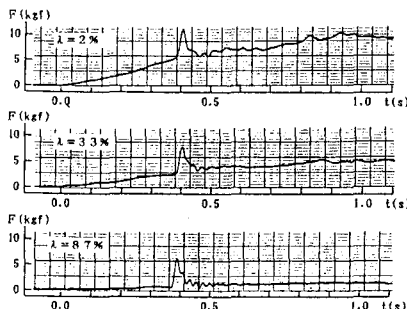
図-1 実験装置

表-1 サージ・フロント発生条件

h_1 (m)	h_0 (m)
0.15, 0.20, 0.25, 0.40	0

表-2 流木諸元

D (cm)	L (cm)	L/D	W (g)
5.8~12	46.4~160	8, 12, 16	565~8615

図-2 Fの経時変化例 (D=5.8cm, L/D=8, $h_1=0.40\text{m}$)

げ出される流体の緩衝機能が小さくなることから、想像つくことである。

3.3 流木の移動速度 流木の移動速度 u_w は流木とサージ・フロントの諸元でほぼ決まると思われる。 u_w に影響する因子として、流木と流体の特性値を除けば、 D 、 L 、入射波高 ΔH (h_1 毎の流木衝突直前での流木重心での全水深の平均値)、重力加速度 g 等が考えられる。これ等の因子間で次元解析を行えば、次式を得る。

$$u_w^2/gD=f(\Delta H/D,L/D) \cdots \cdots \cdots (4)$$

実験値より u_w の回帰式を求めれば、次式を得る。

$$u_w=4.23(\Delta H/D)^{1.123}(L/D)^{-0.298}(gD)^{0.5} \cdots (5)$$

式(6)は砕波段波での流木の移動速度である¹⁾。

$$u_w=0.979(\Delta H/h_0)^{0.484}(\Delta H/D)^{0.719} \cdot (L/D)^{-0.261}(gD)^{0.5} \cdots \cdots \cdots (6)$$

式(5)の計算値と実験値の比較を図-4に示す。

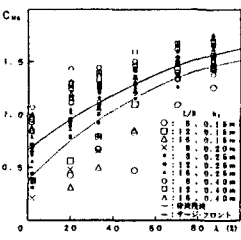


図-3 開度による C_{MA} の変化

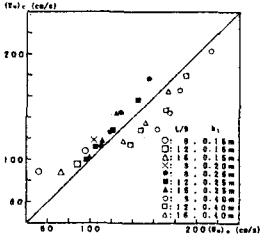


図-4 流木移動速度の計算値と実験値の比較

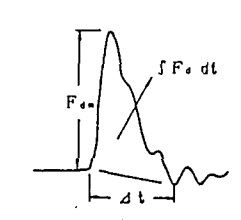


図-5 Δt と F_{dm} の定義

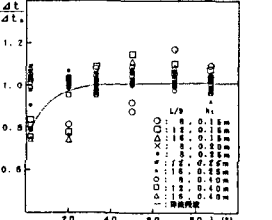


図-6 衝撃力継続時間の比較

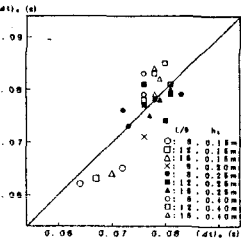


図-7 衝撃力継続時間の計算値と実験値の比較

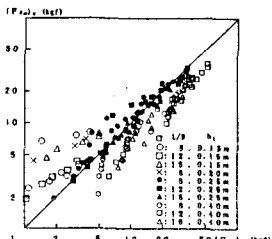


図-8 最大衝撃力の計算値と実験値の比較

3.4 衝撃力継続時間 衝撃力継続時間 Δt の定義を図-5に示す。図-6に開度 λ による Δt の変化例を示す。 $h_1=0.15\text{m}$ の時のように流速が小さく、かつ流木径が小さい場合を除けば、 Δt は λ に関係なくある一定の値を示す。点線は砕波段波の場合の回帰曲線で、 λ の小さい所で両者の傾向に差があることが判る。 Δt_a は h_1 と流木諸元毎の Δt の平均値である。ただし、砕波段波では $\lambda \geq 20\%$ での平均値である¹⁾。

Δt に影響する因子として、 D 、 L 、 ΔH 、 u_w 等が考えられ、次元解析を行えば、次式を得る。

$$u_w \Delta t/D=f(\Delta H/D,L/D) \cdots \cdots \cdots (7)$$

実験値より Δt の回帰式を求めれば、次式を得る。

$$\Delta t=0.850(\Delta H/D)^{0.390}(L/D)^{0.048}(D/g)^{0.5} \cdots \cdots \cdots (8)$$

段波の場合に比べて、 L/D への依存度が非常に小さい。式(9)は砕波段波での衝撃力継続時間である。

$$\Delta t=0.472\{1.01-0.269(0.910)^\lambda\} \cdot (\Delta H/h_0)^{0.147}(\Delta H/D)^{0.298} \cdot (L/D)^{0.136}(D/g)^{0.5} \cdots \cdots \cdots (9)$$

式(8)の計算値と実験値の比較を図-7に示す。

3.5 最大衝撃力 流木の衝撃力 F_a に関して三角形分布を仮定すれば¹⁾、式(1)より最大衝撃力 F_{dm} として次式を得る。

$$F_{dm} \doteq 2.0 C_{MA} M u_w / \Delta t \cdots \cdots \cdots (10)$$

式(10)を式(2)、(5)、(8)を用いて書き直せば、最終的な最大衝撃力の評価式として次式を得る。

$$F_{dm}=7.81 \gamma (-5.9 \times 10^{-5} \lambda^2 + 0.0156 \lambda + 0.66) \cdot (\Delta H/D)^{0.733}(L/D)^{0.654} D^3 \cdots \cdots \cdots (11)$$

式(12)は砕波段波での最大衝撃力である。

$$F_{dm}=3.26 \gamma (-8.4 \times 10^{-5} \lambda^2 + 0.0197 \lambda + 0.38)\{1.01-0.269(0.910)^\lambda\}^{-1} \cdot (\Delta H/h_0)^{0.337}(\Delta H/D)^{0.421} \cdot (L/D)^{0.603} D^3 \cdots \cdots \cdots (12)$$

ここで、 γ は流木の単位体積重量である。式(11)の計算値と実験値の比較を図-8に示す。

4. むすび ①まだ改良の余地はあるが、サージ・フロントでの F_{dm} の一評価式を示した。②流速が小さく、かつ D が小さい場合を除けば、 Δt は λ に関係なくほぼ一定である。③ C_{MA} は λ に対してほぼ放物分布し、砕波段波の場合のものよりやや大き目である。

《文献》1)松富：土木論文集，No.467，1993。2)松富：海岸工学論文集，1989。3)堀川：科研報告，1983。