

Ⅱ-49 サージ・フロントに伴う流木の衝撃力

秋田大学 学生員○酒井裕二 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 λ による見かけの質量係数 C_{na} 、流木移動速度 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

実験に使用した水路は、水平に置か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。対象波力の測定には、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。 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本とし、初期、その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）、流木中心に関してゲートからの距離 $x=2.55m$ の所に静置した。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・フロント衝突前後での壁近傍で

のサージ・フロントと流木の挙動、壁設置位置直前での流木の移動速度である。

3. 実験結果とその考察

3-1. 流木の衝撃力

図-2に開度 λ による 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_0 が大きくなり、サージ・フロントそのものによる力に比べて無視できないことが判る。

3-2. 見かけの質量係数

開度 λ による C_{na} の変化例を図-3に示す。図中実験値は10回の平均である（以下も同じ）。 C_{na} は次式で評価されている。

$$\int F_0 dt = C_{na} M u_w \quad \dots\dots\dots (1)$$

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等である。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い。実線はサージ・フロントの場合の回帰曲線で、

$$C_{na} = -7.75 \times 10^{-5} \lambda^2 + 0.0153 \lambda + 0.77 \quad \dots\dots (2)$$

点線は砕波段波の場合の回帰曲線で¹⁾、

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

λ は%表示である。 C_{na} は λ に対してほぼ放物分布する。 C_{na} は L/D にあまり依存しないようである。 $\lambda \approx 100\%$ の時、 C_{na} は本来の質量係数 C_n と解釈される。サージ・フロント、砕波段波ともに約1.5となり、従来の報告値³⁾とほぼ同じである。しかし、 λ が小さくなると、サージ・フロントの方が砕波段波より C_{na} が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。

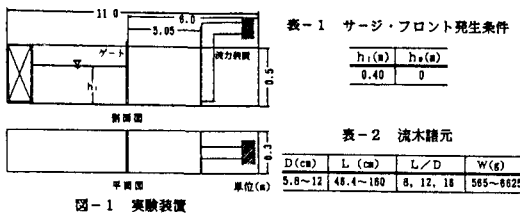


図-1 実験装置

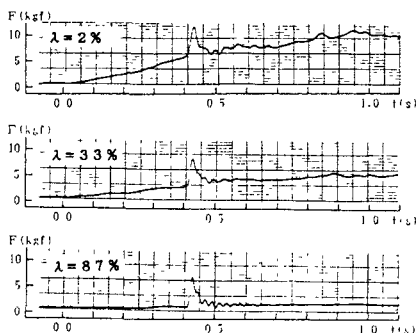


図-2 Fの経時変化例 (D=5.8cm, L/D=8, h1=0.40m)

3-3. 流木の移動速度

流木の移動速度 u_w はサージ・フロントと流木の諸元でほぼ決まると考えられる。 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中心での全水深の中間値)、重力加速度 g 等が考えられよう。これらの因子間で次元解析を行えば、次式を得る。

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

実験値より u_w の回帰式を求めれば、次式を得る。

$$u_w = 3.21(\Delta H/D)^{0.371}(L/D)^{-0.129}(gD)^{0.5} \dots\dots(5)$$

次式は砕波段波での流木の移動速度である¹⁾。

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

式(5)の計算値と実験値の比較を図-4に示す。

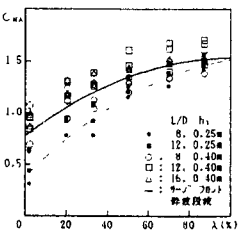


図-3 開度による C_{na} の変化

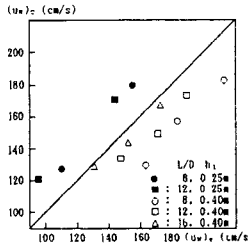


図-4 流木移動速度の計算値と実験値の比較

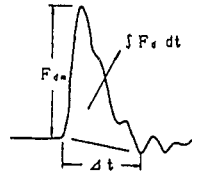


図-5 Δt と F_{im} の定義

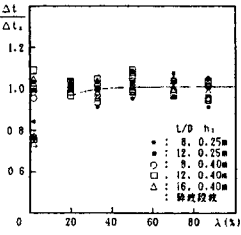


図-6 衝撃力継続時間の比較

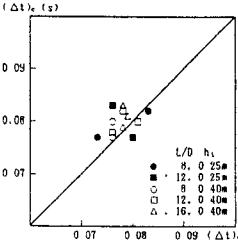


図-7 衝撃力継続時間の計算値と実験値の比較

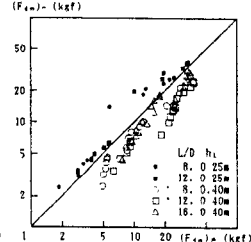


図-8 最大衝撃力の計算値と実験値の比較

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。 Δt は λ に関係なくある一定の値を取る。点線は砕波段波の場合の回帰曲線で、両者の傾向が異なることが判る。 Δt_e は 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。

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。

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

実験値より Δt の回帰式を求めれば、次式を得る。

$$\Delta t = 0.952(\Delta H/D)^{0.406}(L/D)^{0.027}(D/g)^{0.5} \dots\dots\dots(8)$$

次式は砕波段波での衝撃力継続時間である¹⁾。

$$\Delta t = 0.472 \{ 1.01 - 0.269(0.910)^{\lambda} \} \cdot (\Delta H/h_0)^{0.147}(\Delta H/D)^{0.299} \cdot (L/D)^{0.136}(D/g)^{0.5} \dots\dots\dots(9)$$

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_d 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_{im} として次式を得る。

$$F_{im} \approx 2.0 C_{na} M u_w / \Delta t \quad \dots\dots\dots(10)$$

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。

$$F_{im} = 5.29 \gamma (-7.75 \times 10^{-5} \lambda^2 + 0.0153 \lambda + 0.77) \cdot (\Delta H/D)^{0.565}(L/D)^{0.844} D^3 \dots\dots(11)$$

次式は砕波段波での最大衝撃力である。

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

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開度 λ 次第で、流木の衝撃力 F_d は、サージ・フロントそのものによる衝撃力に比べて、無視できない。②衝撃力継続時間 Δt は λ に関係なくほぼ一定である。③見かけの質量係数 C_{na} 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くなる。④データ数が少なく、まだ改良の余地はあるが、 F_{im} の一評価式を示した。⑤サージ・フロントでの ΔH の決め方が問題として残された。

《参考文献》 1) 松富：論文集（投稿中）。2) 松富：海岸論文集、1989。3) 堀川：科研報告、1983。