

2本連なった場合の流木の衝撃力実験

秋田大学 学生員○森口 賢 正員 松富英夫

1. まえがき 砕波段波に伴い、流れ方向に2本連なった流木を対象に、構造物の開度λによる見かけの質量係数 C_{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、対象流木の最大衝撃力 F_{dm} の評価式を誘導する。

2. 実験 使用実験装置の概略を図-1に示す。水路は水平に設置された鋼製矩形のもので、段波はゲート急開により発生させた。対象力の測定には、受圧壁の取り替えが可能で、全力 F のみ測定可能な波力計を用いた¹⁾。実験での段波発生条件を表-1に示す。 h_1 は初期ゲート上流側水深、 h_0 と u_0 は初期ゲート下流側水深と流速である。表-2に使用流木の諸元を示す。 D は流木径、 L は流木長、 W は湿潤状態での流木の重量である。各実験において、流木は同諸元のもの2本用いた。問題はこれ等流木の初期設置条件である。2本の流木をできるだけ近付けて設置するAパターン、できるだけ離して設置するBパターンとその中間的なCパターンが考えられる(図-2)。Aパターンでは、2倍の L を有する1本(以下、単本 $2L$ と呼ぶ)のもの等との比較・検討が可能である。Bパターンでは、下流側の流木が緩衝材としての機能を果たすかどうか等が検討できる。予備実験から、Cパターンでは、下流側の流木が波力計に先に衝突し、反発してきたところに上流側の流木が衝突するので、Bパターンより衝撃力が小さくなることが判った。以上の理由より、CパターンはBパターンに含まれるものとして、AとBパターンのみの実験を行うことにした。

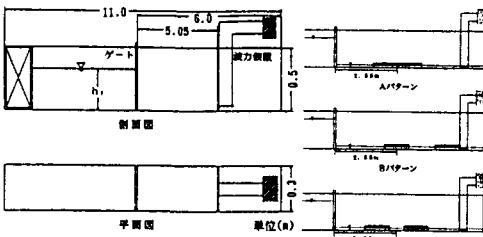


図-1 実験装置

表-1 段波発生条件

h_1 (m)	h_0 (m)	u_0 (m/s)
0.40	0.30	0.01
0.01	0.02	0

図-2 流木の設置条件

表-2 流木諸元

D (cm)	L (cm)	L/D	W (g)
6~12	64~128	6~10	1990~9450

3. 衝撃力の経時変化の分類 図-3にAパターンでの衝撃力 F_d の経時変化例を示す。(a)は2本の

流木がくっついたまま移動し、同時に縦衝突した場合である。(b)~(e)は2本の流木が時間差を持って縦衝突した場合である。(a)~(e)に進むにつれて、時間差が大きくなっている。構造物の安全性は最も危険となる状況のもとで論じる必要がある。よって、(a)の場合のみを解析することにした。Bパターンでは、図-3(a)のパターンしか生じなかった。以下、Aパターンは(A)、Bパターンは(B)と略記する。

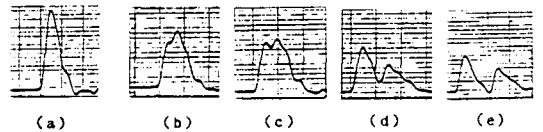


図-3 衝撃力の経時変化例 ($D=10$, $L/D=12$, $\lambda=87$)

4. 実験の結果と考察

4.1 見かけの質量係数 実験値より、見かけの質量係数 C_{MA} の回帰式を求めれば、次式を得る。

$$(A): C_{MA} = -9.5 \times 10^{-5} \lambda^2 + 0.0170 \lambda + 0.74 \dots (1-A)$$

$$(B): C_{MA} = 1.66 \dots (1-B)$$

ただし、実験での C_{MA} は次式より評価されている。

$$\int F_d dt = C_{MA} \cdot M \cdot u_w \dots (2)$$

図-4にλによる C_{MA} の変化を示す。(A)は単本の場合¹⁾に比べてやや大きい、傾向は同じである。(B)がλに依存しない理由は、壁からの反射波の影響を受ける前に、下流側に静置された流木に衝突するからである。λの大きいところでも、(B)が(A)や単本の場合の C_{MA} を上まわっている理由として、下流側に静置された流木の緩衝機能が考えられる。

4.2 流木の移動速度 実験値より、流木の移動速度 u_w の回帰式を求めれば、次式を得る。

$$(A): u_w = 1.074 (\Delta H/h_0)^{0.292} (\Delta H/D)^{0.674} \cdot (L/D)^{-0.226} (gD)^{0.5} \dots (3-A)$$

$$(B): u_w = 1.497 (\Delta H/h_0)^{0.427} (\Delta H/D)^{0.757} \cdot (L/D)^{-0.462} (gD)^{0.5} \dots (3-B)$$

図-5(a)と(b)に式(3-A)と(3-B)の計算値と実験値の比較例を示す。図-6と7に D と L/D による u_w の変化例を示す。本来ならば、単本と(B)の u_w は同程度になる筈である。両者の差は実験装置の制約に基づくもの、つまり(B)では流木の流下距離が短くなるため、移動速度が遅くなったものと思われる。

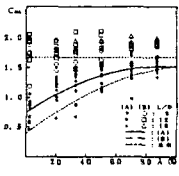


図-4 開度による C_{MA} の変化

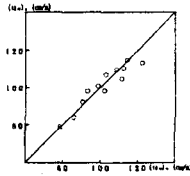


図-5 流木移動速度の計算値と実験値の比較

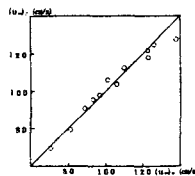


図-6 流木径による
流木移動速度の変化例

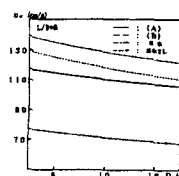


図-7 縦長比による
流木移動速度の変化例

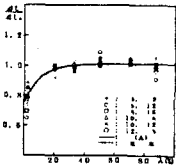


図-8 開度による $\Delta t / \Delta t_a$ の変化例

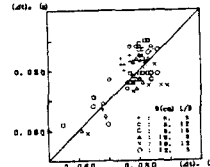
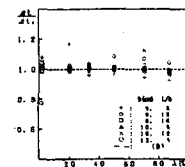


図-9 衝撃力継続時間の計算値と実験値の比較

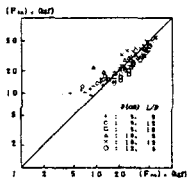
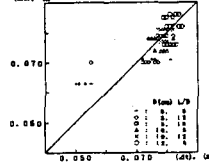


図-10 最大衝撃力の計算値と実験値の比較

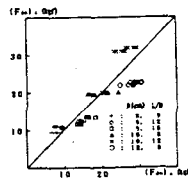


図-11 開度による
最大衝撃力の変化例

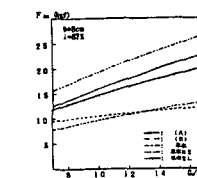
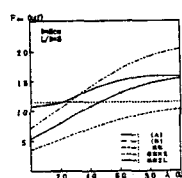


図-13 流木径による
最大衝撃力の変化例

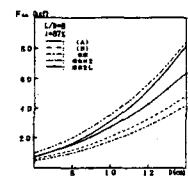


図-12 縦長比による
最大衝撃力の変化例

4.3 衝撃力継続時間 衝撃力継続時間 Δt の開度 λ への依存性を検討して、次の回帰式を得た。

$$(A): \Delta t / \Delta t_a = 1.01 - 0.269(0.901)^\lambda \quad \cdots (4-A)$$

$$(B): \Delta t / \Delta t_a = 1 \quad \cdots (4-B)$$

ここで、 Δt_a は段波と流木の諸元毎の、(A)では $\lambda \geq 20\%$ での、(B)では全ての λ での Δt の平均値である。図-8(a)と(b)に $\Delta t / \Delta t_a$ の λ による変化例を示す。

(A)では $\lambda \geq 20\%$ での、(B)では全ての λ での実験値より Δt の回帰式を求めれば、次式を得る。

$$(A): \Delta t = 0.625(\Delta H/h_0)^{0.039}(\Delta H/D)^{0.588} \cdot (L/D)^{0.088}(D/g)^{0.5} \quad \cdots (5-A)$$

$$(B): \Delta t = 0.307(\Delta H/h_0)^{0.205}(\Delta H/D)^{0.303} \cdot (L/D)^{0.252}(D/g)^{0.5} \quad \cdots (5-B)$$

式(5-A)の Δt は式(4-A)の Δt_a に相当する。よって、(A)での最終的な Δt の評価式は次式となる。

$$(A): \Delta t = 0.625\{1.01 - 0.269(0.901)^\lambda\} \cdot (\Delta H/h_0)^{0.039}(\Delta H/D)^{0.588} \cdot (L/D)^{0.088}(D/g)^{0.5} \quad \cdots (5-A')$$

図-9(a)と(b)に式(5-A')と(5-B)の計算値と実験値の比較を示す。

4.4 最大衝撃力 衝撃力波形 F_d として三角形分布を仮定すれば¹⁾、式(1)、(2)、(3)、(5)より最大衝撃力 F_{dm} として次式を得る。

$$(A): F_{dm} = 5.40\gamma(-9.5 \times 10^{-5}\lambda^2 + 0.0170\lambda + 0.74)\{1.01 - 0.269(0.901)^\lambda\}^{-1} \cdot (\Delta H/h_0)^{0.253}(\Delta H/D)^{0.086} \cdot (L/D)^{0.686}D^3 \quad \cdots (6-A)$$

$$(B): F_{dm} = 12.71\gamma(\Delta H/h_0)^{0.222}(\Delta H/D)^{0.454} \cdot (L/D)^{0.286}D^3 \quad \cdots (6-B)$$

図-10(a)と(b)に式(6-A)と(6-B)の計算値と実験値の比較を示す。図-11~13に各々 λ 、 L/D 、 D による F_{dm} の変化例を示す。 λ の小さいところを除けば、(A)での F_{dm} は単本の2倍と単本2Lの間となっている。(B)での F_{dm} が、 λ の大きいところでも、単本を上まわっている。(A)での傾向をも考慮すると、 C_{MA} の評価精度、換言して実験精度が問題かもしれない。

5. むすび ①(A)での F_{dm} は単本の2倍と単本2Lの間となる。②(B)での C_{MA} 、 Δt 、 F_{dm} は、本実験の範囲内では、 λ に依存しない。③ C_{MA} と(B)での u_w の精度良い評価が今後の課題である。

《文献》1)松富：土木論文集, No.467, pp.19-28, 1993.