

II - 4 2 流木を伴う砕波段波衝突による波力について

秋田大学 学生員 ○堀 谷 常 広
秋田大学 正 員 松 富 英 夫

1. まえがき

津波は、緩斜面の海岸や河川等を遡上する時、たびたび砕波段波を形成する。その上、段波先端部に木材や船舶等の浮遊物を伴う場合もある。浮遊物を伴う場合の砕波段波衝突による衝撃波力（圧）は、そうでない場合のそれに比べて、激甚と思われる。その評価は防災工学上重要であろう。

浮遊物を伴った場合の波力の研究例は非常に少ない。砕波時のものは特に少なく、孤立波の砕波による砕波段波に、流木を伴った場合として、堀川のもの¹⁾がある程度である。しかし、それも流木のみの衝撃力を論じたもので、その時の砕波段波のみの衝撃波力やそれ等両者の大きさの関係等は議論していない。

流木の衝突形態は衝撃（圧）力の大小に関係し、その挙動を知ることは重要である。砕波段波時の流木の挙動に関する検討は、今まで行われたことがないように思われる。

著者等の一人はゲート急開による砕波段波衝突時の衝撃波力の一評価方法を示している²⁾。対象段波の移動速度等も予測できる段階にある³⁾。よって、慣性力項を考慮することで、浮遊物を伴う砕波段波の場合の衝撃波力を推定できる段階にある。そこで、本研究は、浮遊物として流木を考え、砕波段波時の流木の挙動やそれ等の衝突時の衝撃波力等について検討を行うものである。

2. 実験

実験に使用した水路、段波の発生方法や波力測定方法等については、文献2)を参照されたい。

全実験を通して、段波は、初期ゲート下流側の流速 u_0 と水深 h_0 を各々零と0.02mに固定し、初期ゲート上流側水深 h_1 を0.20m～0.45mまで5cmずつ変化させて、計6種類発生させた。

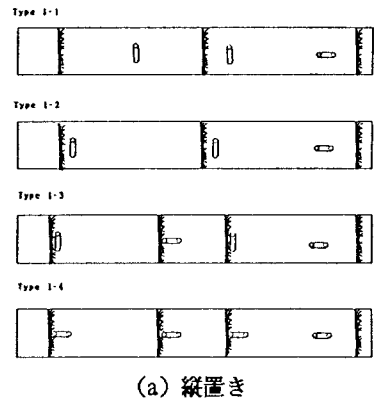
流木の挙動実験は、大別して、二種類行った。一つは初期に流木中心軸を流れ方向に（以下、縦置きと呼ぶ）、一つは水路横断方向（横置き）に置いた場合である。ただし、共に流木1本のみとし、ゲートからの距離 $X=2.5$ mのところに静置した。流木の直径として、 $D=1.0, 1.5, 1.8, 2.4$ cm、細長比として、 $L/D=4, 6, 8, 10, 12, 15$ を採用した。判定には、目測、ビデオ・システムとモーター・ドライブ・カメラ（約5コマ/秒）によるものの三つを併用した。

波力実験は流木を伴う場合とそうでない場合の2種類行った。使用した流木は $D=2.4$ cm、 $L/D=6$ 、湿潤時重量48gのみで、初期静置位置は $X=2.55$ mである。この実験での段波発生条件は、 $h_1=0.35, 0.40, 0.45$ mの3種類である。波力測定は $X=5.05$ mで行った。測定項目は全波力と段波衝突前後の壁近傍での流木の挙動である。これ等の測定には、各々波力測定装置²⁾とビデオ・システムを用いた。全波力の経時変化の記録には、ペン・レコーダーを用いた。

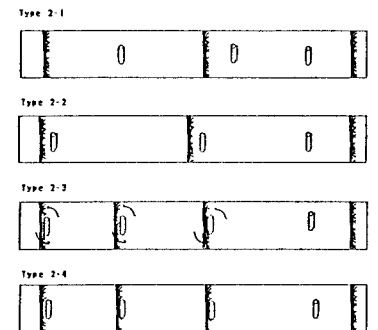
3. 実験結果とその考察

(1) 流木の挙動

縦置きの場合、大きく四つに分類される。横置きの場合も四つに分類される。それ等の特徴を模式的に図-1(a)、(b)に示す。各々、Type 1-1～4、2-1～4と呼ぶことにする。幅広い壁面の場合、波力という点で最も危険な衝突形態は、流木が段波不連続部に存在し、その中心軸を流れ方向に向けているType 1-4の場合で



(a) 縦置き



(b) 横置き

図-1 流木の挙動分類

あろう。縦軸に無次元段波波高($\Delta H/h_0$)、横軸に細長比を取り、各条件での挙動を例示したものが図-2 (a)、(b)である。これ等の無次元量で、各々の挙動形態は比較的良く分類されることが判断される。ただし、まだデータ数が少ない、流下距離が短い等という欠点があることに注意を要する。

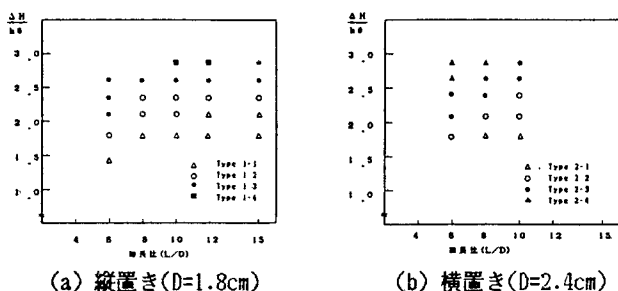


図-2 段波波高と細長比による分類

(2) 波力

Type 1-4で、顕著に流木が衝突したと判定された場合と流木を伴わない場合の全波力 F の経時変化に関する実験値(白丸)を各々図-3と4に示す。共に10回の実験分である。勿論、段波の発生条件は全て同じである($h_1=0.40\text{m}$ 、 $h_0=0.02\text{m}$)。前者の生起確率は0.40(24回/60回)であった。図中、破線はそれ等の平均的な時間波形を示す。流木1本であるが、両者の波力に差のあることが認められる。

(3) 流木の質量係数

図-3と4の平均的な波力(破線)の差から、流木の質量係数の算定を試みた。算定式は次式である¹⁾。

$$\int F dt = C_M M u_w \quad \dots\dots\dots(1)$$

ここで、 t :時間、 C_M :質量係数、 M :流木湿潤時の質量、 u_w :流木の移動速度。流木衝突後、その水平移動速度がほぼ零であることは、確認している。算定結果は、 $C_M \approx 1.3$ であった。個々波についても検討を行ってみた。その結果は大きく変動していたが($C_M=1.1 \sim 3.2$)、平均的には $C_M \approx 1.8$ であった。不安定な流れでのものなので、大きな変動は仕方なかろう。以上より、碎波段波で、対象形態の流木の質量係数は、 $C_M=1.4$ 強程度と判断される。

図-4に実線で、次式で評価される全波力 F を示す。

$$F = \rho g h^2 B / 2 + C_F \rho u^2 h B + C_M M u_w / \Delta t \quad \dots\dots(2)$$

ここで、 ρ :水の密度、 g :重力加速度、 h :局所水深、 B :水路幅、 u :水粒子速度、 Δt :流木の衝突作用時間。 u 、 u_w 、 $\tan \theta$ 、式中に陽に現れていない抵抗係数 K 等の評価方法については、文献2)と3)を参照されたい。ただし、 u_w として、段波の移動速度($= \dot{a}^{31}$)、慣性力項の作用開始時刻と作用時間として、各々式(1)左辺の積分開始時刻($t=0.07\text{s}$)と積分幅(0.06s)を採用している。後者の定式化は今後の課題である。図より、上述の質量係数を用いた慣性力項を、著者等一人の碎波段波衝突による全衝撃波力の評価理論に付加することで、対象段波衝突による全衝撃波力の推定が比較的精度良くできることが判断される。

4. むすび

碎波段波時の流木の挙動を分類した。最も危険と思われる衝突形態(Type 1-4)時の流木の質量係数($C_M \approx 1.4$)を推定した。その質量係数を用いた慣性力項を、著者等一人の碎波段波衝突による全衝撃波力の評価理論に付加することで、対象段波衝突による全衝撃波力の推定が比較的精度良くできることを確認した。

《参考文献》 1) 堀川清司:文部省科学研究費自然災害特別研究研究成果、No.A-58-2, pp.85-92, 1983.

2) 松富英夫:土木学会論文集, pp.147-155, 1988. 3) 松富英夫:土木学会論文集, pp.161-170, 1986.