

# 孤立波による漂流物の衝突の位相と衝突力

東北工業大学 学 〇本田恭一、学 下田将英  
正 新井信一、正 相原昭洋

## 1. はじめに

津波による被害は、時には大切な財産や尊い命を奪ってしまう。特に、我が国は地震大国と言われる程に地震が頻繁に発生している。それは、同時に津波を招く可能性も非常に高いと言える。したがって、被害を最小限に抑えるための構造物を設計していく必要があるであろう。特に、有効な構造物設計の為には外力の解明が不可欠である。そこで、本研究では津波として孤立波を発生させ、水槽に浮かべた木材漂流物が構造物の柱に相当する検力棒に衝突した際の衝突力と衝突位相の関係に着目して調べた。

## 2. 実験方法

実験状況図を図1と2に示す。漂流物をあらかじめ定めた位置に浮かべておき、孤立波を造波して、検力棒(断面寸法2cm×0.3cm)に衝突させた。その衝突力をロードセル(LMA-A型 小型圧縮型ロードセル)により、また、その場所での静水面近傍の流速を電磁流速計によりそれぞれ計測した。水深は20cmで、孤立波の波高は3cm、5cm、8cmである。漂流物模型は厚板型(縦10cm、横5.3cm、高さ3cm、質量85g)と薄板正方形(縦10cm、横10cm、高さ1.5cm、質量103g)を使用した。

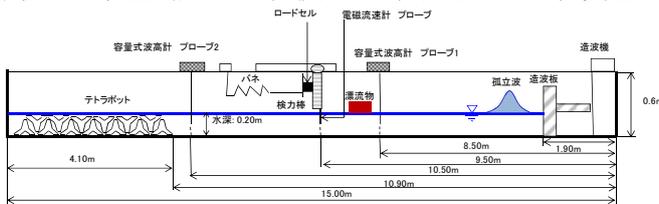


図1 実験状況図

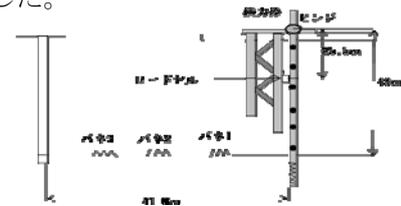


図2 検力棒の詳細

## 3. 実験に使用した孤立波と衝突の位相

実験水槽で使用した孤立波は、図3で示す様に理論値とほぼ一致していることを確認し、衝突実験を行った。また、漂流物はあらかじめ浮かべておく場所を変える事により図4に示しているように、9種類の波の位相で衝突させた。波頂の点(top)、波前面で流速が波頂の3/4の点(front3/4)、同1/2の点(front1/2)、同1/4の点(front1/4)、同0の点(front0)、波後面で流速が波頂の3/4の点(back3/4)、同1/2の点(back1/2)、同1/4の点(back1/4)、同0の点(back0)である。例として、topで衝突した場合の計測結果を図5に示す。

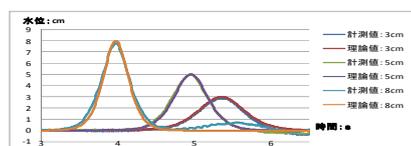


図3 孤立波の理論値と計測値

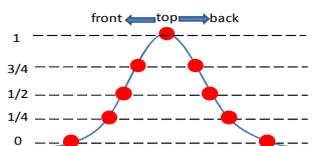


図4 衝突の位相

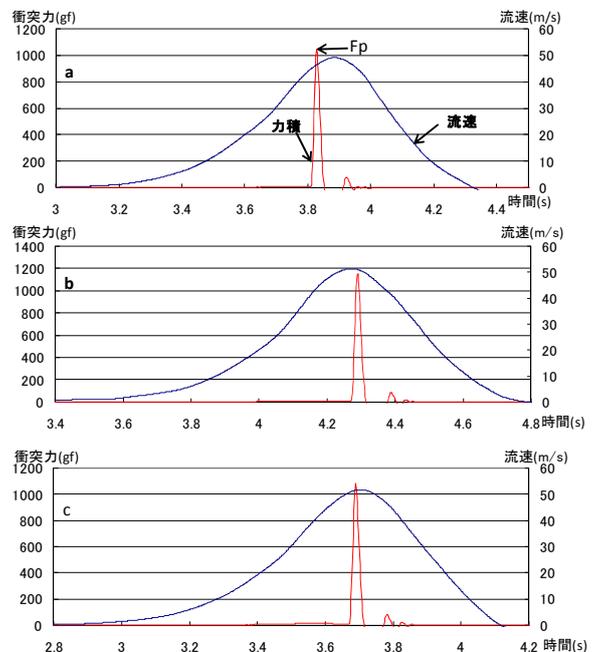


図5 計測された時系列、波高8cm、衝突位相 top (a:厚板縦、b:厚板横、c:薄板正方形)

キーワード：津波、漂流物、衝突力、力積

連絡先；宮城県仙台市太白区八木山香澄町 35-1 東北工業大学建設システム工学科 新井研究室 TEL022-305-3540

#### 4. 解析方法

始めに漂流物による検力棒への衝撃力  $f(t)$  を図 6 のように、瞬間的な  $\Delta t$  の間に一定の力  $f_0$  が作用すると近似する。この力により発生するロードセルにかかる力  $R(t)$  は以下の様になる。まず、ロードセル検力点での変位  $Z(t)$  のステップ応答の運動方程式を  $m\ddot{Z} + r\dot{Z} + kZ = u(t)$  とおく。ここに、 $m$ 、 $r$ 、 $k$  は検力装置全体を 1 自由度振動系と近似した時のパラメータで、順に質量、減衰力係数、復原力係数である。すると、入力  $u(t)$  が  $t=0$  で始まるステップ応答は(1)式のようになる。

$$Z(t) = \frac{1}{k} \left[ 1 - \frac{e^{-\zeta \omega_n t}}{\sqrt{1-\zeta^2}} \cos \left( \sqrt{1-\zeta^2} \omega_n t - \tan^{-1} \frac{\zeta}{\sqrt{1-\zeta^2}} \right) \right] \dots (1) \quad R(t) = f_0 \cdot k [Z(t_2) - Z(t_1)] \dots (2)$$

だから、 $\Delta t = t_2 - t_1$  で  $f_0$  の衝撃力が作用すると  $R(t)$  は(2)式のようになる。計測結果の  $R(t)$  に対して(2)式の  $R(t)$  が一致するように固有円周波数  $\omega_n (= \sqrt{k/m})$ 、減衰力係数  $\zeta (= r/2\sqrt{mk})$ 、外力  $f_0$ 、 $\Delta t$  を試行錯誤で調整する。図 7 はその一例を示したものである。これにより作用衝撃力、 $f_0 \cdot \Delta t$  を求める。力積が分かれば、構造物の強度設計が可能となる。

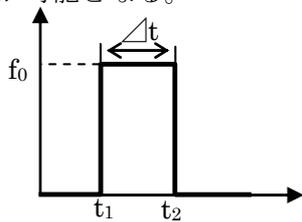


図 6 衝突力の近似方法

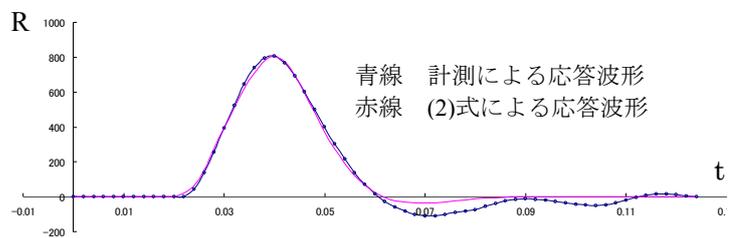


図 7 応答解析例

#### 5. 実験結果

実験で得られた衝突時の力積  $f_0 \Delta t$  と衝突流速が衝突位相でどう変化するかを図 8 に示した。一方、図 9 は参考のため実験で得られた衝突力の最大値( $F_p$ )を示したものである。図 8 と図 9 を通して言えることは、両者は似ており、流速はほぼ前後対称形なのに、力積( $f_0 \Delta t$ ) と衝突力( $F_p$ ) はそうではない。例えば front1/2 と back1/2 を比較してみると、図 8 の場合、力積( $f_0 \Delta t$ ) に約 2.5 倍の差があった。また、図 9 の場合も front1/2 と back1/2 をみると、衝突力( $F_p$ )の差は 2.7 倍となる。減少の割合は top から back3/4 にかけて大きくなる傾向がみられる。

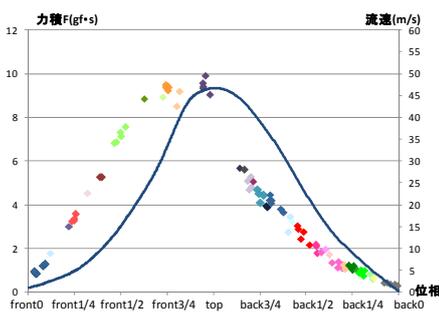


図 8 力積( $f_0 \Delta t$ )と衝突流速 (厚板(縦)、 $\eta=8\text{cm}$ )

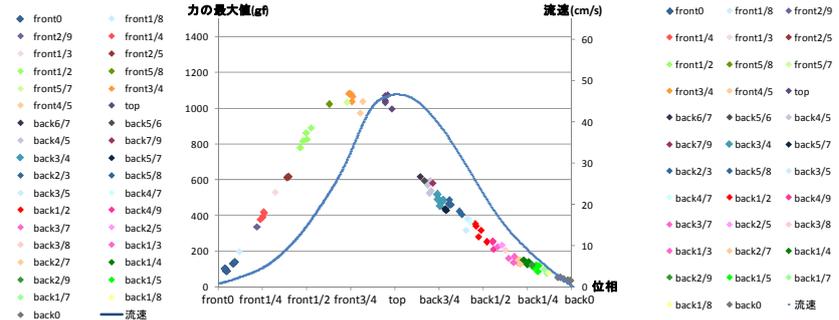


図 9 力の最大値( $F_p$ )と衝突流速 (厚板(縦)、 $\eta=8\text{cm}$ )

#### 6. まとめ

柱に漂流物が衝突する力と衝突位相の関係を調べる実験を実施した。その結果、流速が同じであっても波面の前と後で、力積( $f_0 \Delta t$ )そして衝突力( $F_p$ )共に違う値となる事が分かった。

#### 参考文献

- 1) 池谷毅, 他: 津波による漂流物の衝突力の実験と評価方法の提案, 海岸工学論文集, 第 53 巻, pp. 276-280, 2006
- 2) 有川太郎, 他: 津波による壁・柱部材の変形・破壊に関する大規模実験, 海岸工学論文集, 第 55 巻, pp. 261-266, 2008