

柱状構造部材に対する孤立波による漂流物の衝突力

東北工業大学 学○大森彬裕、学 相馬祐介、学 山田誠也
東北工業大学 正 相原昭洋、正 新井信一

1. はじめに

海岸平野部で津波の人的被害を最小限に食い止めるためには避難塔などの設置が必要となる。避難塔を建設する際は津波自身による波力や津波によって流され避難塔に衝突してくる沿岸漂流物の衝突力に耐えうる構造設計にしなければならない。

この津波漂流物の衝突力に関して、流木や船舶などを対象とした研究^{1, 2)}が実施され算定式の提案もされているが、この力のメカニズムはさらに検討して行く必要がある。

衝突力はピーク値ではなく力積で捉える、すなわち漂流物の運動量を捉えるのが分かりやすいと考えられる。だから、避難塔設計に必要な衝撃外力の捉え方として漂流物の付加質量を調べることは意味がある。

本研究では、水槽にジャケット型避難塔の柱にあたる検力棒を設置し、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検力棒に衝突した際の衝突力を計測した。そして衝突時の流体付加質量を調べ、その特徴を明らかにすることを目的とした。

2. 実験方法

実験状況を図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、避難塔の柱の代わりに配置した検力棒（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）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 と 8cm である。漂流物の模型は円柱型（断面直径 5cm、長さ 10cm）、厚板柱型、中厚板柱型、薄厚正方形板型で、長手方向と幅方向の衝突を調べたが、ここでは円柱型の長手方向衝突の結果のみを報告する。

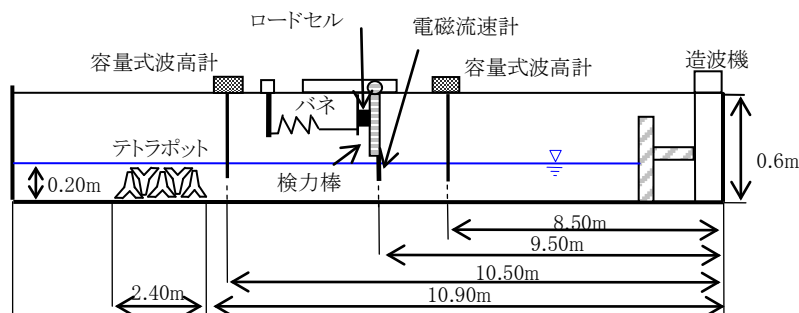


図1 水槽(15×0.6×0.3 m)

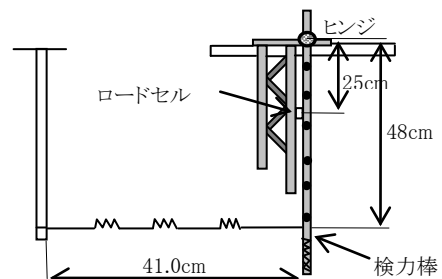


図2 検力装置

3. 解析方法

衝突時の衝撃力は構造物の構造や衝突物の材質などで力のピーク値が異なってくるため分析対象としにくい。そこで、衝突力を力積としてとらえることとした。まず衝撃力を図3の $u(t)$ のように、瞬間的な Δt の間に一定の力 f_0 が作用すると近似する。ロードセルの検力点での変位 z の運動方程式を $m\ddot{z} + r\dot{z} + kz = u(t)$ とおくと、検力される力は kz である。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、減衰係数、復原係数である。だから、 kz の応答関数を解析的に求め、それが計測された衝撃力の時系列に合うようなパラメータと f_0 と Δt を試行錯誤的に定めることにより、力積 $f_0 \cdot \Delta t$ を求めた。図4は

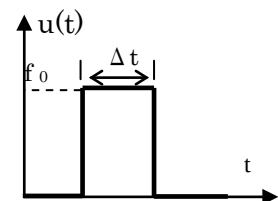


図3 衝撃近似関数

キーワード：津波、漂流物、衝突力、付加質量

連絡先：東北工業大学工学部建設システム工学科 仙台市太白区八木山香澄町 35-1 Tel 022-305-3540

その一例を示したものである。漂流物の質量を m 、衝突時速度を v とし、衝突後の漂流物が停止するとすれば、流体付加質量は $m_a = f_0 \cdot \Delta t / v - m$ で与えられる。

4. 実験結果

4. 1 造波した波形と衝突の位相

造波した孤立波の水面波形と流速と

して、波高 8cm の例を図 5 に、また、3cm の例を図 6 に示す。図の煩雑化を避けるため理論値を示していないが、孤立波終了部の以降を除き、ほぼ理論波形に近い波面と流速を得ている。漂流物はあらかじめ浮かべておく場所を変えることにより、5 種類の位相で衝突させた。それは、図に例示しているように、波頂の点 (top)、流速が波頂の 1/2 の点で前面 (for1/2)、同後面 (back1/2)、同 3/8 の点で前面 (for3/8)、同後面 (back3/8) である。漂流物は孤立波に比べて十分小さく、漂流物の速度と水粒子の速度は同じと見て良い。

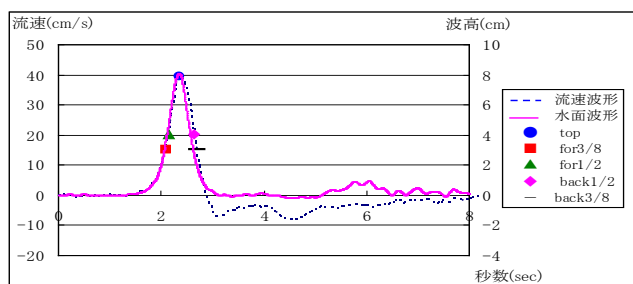


図 5 水面波形と流速波形と衝突の位相(波高 8cm)

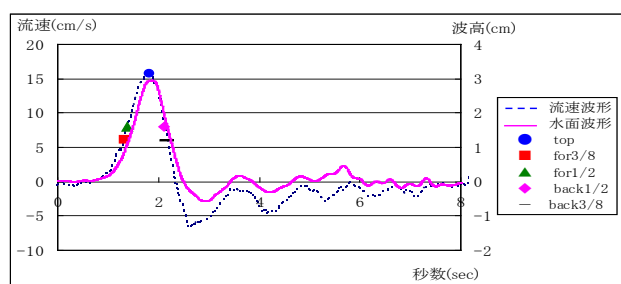


図 6 水面波形と流速波形と衝突の位相(波高 3cm)

4. 2 衝突時の流体付加質量

実験で得られた衝突時の力積から流体付加質量を求め、それを漂流物自身の質量で無次元化した付加質量係数を図 7 に示す。波高が 8cm も 3cm も同じ傾向を示している。すなわち、付加質量係数は、波頂で衝突すると 1.0 から 1.2 であり、前面に行くほど衝突速度が落ちるけれど増加し、後面に行くほど衝突速度が落ちるとともに減少する。したがって、付加質量は波高と衝突速度と波の前面／後面で変化する結果となっている。図 8 には衝突時の加速度で整理した結果を示す。これによると加速度に対しては波高の異なる結果も同じ線上に乗り、付加質量は衝突時の加速度によりその値が決まることが分かる。

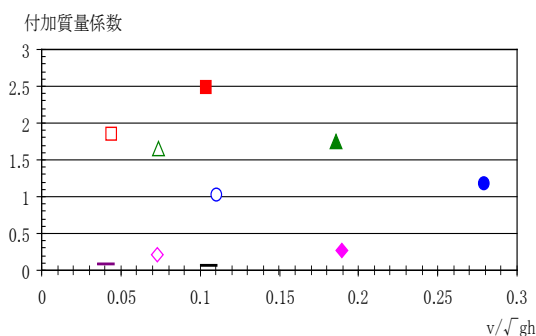


図 7 衝突流速と付加質量係数(円柱)

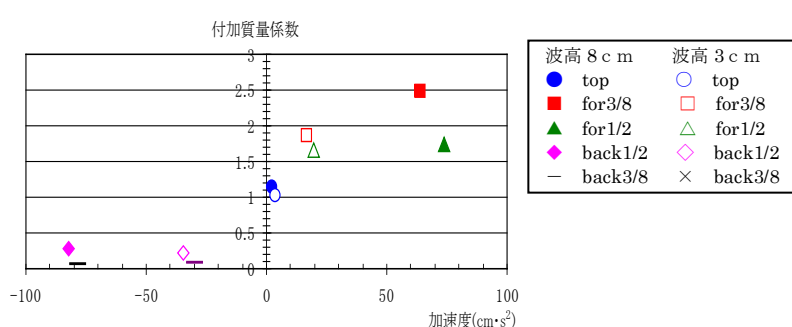


図 8 衝突加速度と付加質量係数(円柱)

5 おわりに

孤立波に乗った漂流物の衝突力を力積、すなわち漂流物の運動量変化で捉えると、衝突時の流体付加質量は、波の後面よりも前面で大きくなり、衝突加速度により変化することが分かった。

参考文献

- 1) 松富英夫：流木衝突力の実用的な評価式と変化特性，土木学会論文集，No.621/II - 47，pp. 111 - 127，1999
- 2) 池谷毅，他：津波による漂流物の衝突力の実験と評価法の提案，海岸工学論文集，第 53 巻，pp. 276 - 280，2006