

東京大学大学院 学生会員 佐藤慎司

東京大学工学部 正会員 堀川清司

1 緒論

津波による災害のなかで、二次的な災害として重要なものとして、漂流物の衝突による土木構造物の被害があげられる。しかし、崩上後の津波の中を漂流する物体が構造物に衝突する際にどのような衝撃力を及ぼすかについては研究された例が少ない。本研究は、流木が橋脚に衝突する場合を想定した模型実験を行い、その理論的解釈を試みたものである。

2 実験の条件と方法

実験装置の主要部を図-1に示す。

実験には幅60cm、長さ26mの二次元水槽を用い、一様水深部の水深は43cmとした。水槽終端から6mの位置に高さ47cmの直立壁を設置し、その背後は勾配 $1/30$ の固定床斜面とした。模型津波としては波高がそれぞれ16cm、13cm、8cmの孤立波を用いた。孤立波の発生は、高水槽に貯留した水を造波水槽内に急激に放流するという方式によった。良好な波形を得る

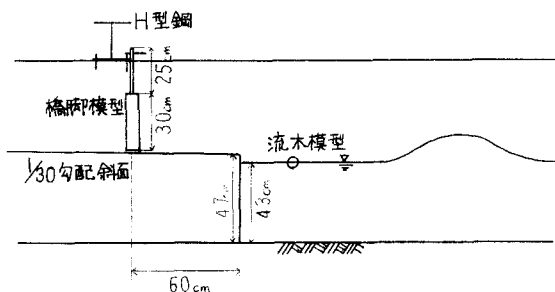


図-1 実験装置

ために仕切板で水路幅を漸縮してあり、測定部における幅員は29cmである。

漂流物の模型としては円柱流木(直径2.4cm、長さ10cm、質量34.7g)を用いた。構造物としては橋脚を対象とした。本実験で使用した模型は、アルミニウム製の橋脚本体(直径3.5cm、長さ30cm)とリン青銅製のひずみ感受棒(断面1cm×1cm、長さ30cm)とから成っており、これを直立壁から60cmの地点に設置した。

実験の手順を以下に述べる。あらかじめ流木を所定の位置に浮かべておいて孤立波を発生させる。流木は、孤立波の接近とともに動き始め、斜面上に翹上した後橋脚に衝突する。衝突に対する橋脚の応答をひずみゲージで検出し、流木の運動を8mm撮影機(48コマ)により記録した。前者から衝突時の作用力積を計算し、後者から衝突前後の流木の速度と角速度、ならびに翹上津波の変形を読みとった。

流木の初期位置は、直立壁から流木の重心までの距離を3cm～35cmの範囲で変化させ、初期姿勢は、直立壁に平行と垂直の2種類とした。その他に初期姿勢を変えて静置したケースについても実験した。

3 実験結果および考察

本研究においては、流木が橋脚に真正面から衝突する場合を主たる対象とした。

衝突時の流木の姿勢により衝突を図-2に示したように分類し、各々横衝突、縦衝突と呼ぶことにする。8mmフィルムの記録を解析した結果、衝突直前、直後の角速度と衝突直後の速度はともに0であった。従って、横衝突と縦衝突の場合のそれぞれの質量係数を C_{M1} 、 C_{M2} とすると、衝突前後の運動量変化 P は、流木の質量 M と衝突直前の流木の速度 v を用いて次のように表わされる。

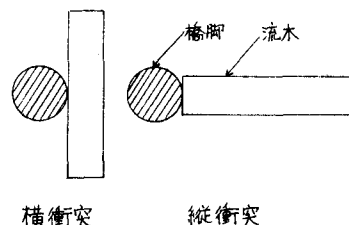


図-2 衝突の分類

$$P = C_{M1} M v \text{ ----- 横衝突の場合 (1)}$$

$$P = C_{M2} M v \text{ ----- 縦衝突の場合 (2)}$$

次に、ひずみゲージで検出された橋脚の応答について述べる。

自由振動の測定の結果、橋脚模型の固有振動数は31.3Hz、減衰定数は0.003であった。固有振動数がこれよりも高い橋脚模型は、それを取り付ける部材の剛性が十分でなく、測定には使用できなかった。

得られた応答から波力のみによる応答をさし引いて、衝突による橋脚の応答とした。本実験で用いた橋脚模型に対しては、衝突力作用時間は固有振動周期に対して十分に短いと考えてよいことが確かめられている。この前提のもとでは応答の最大値と作用力積とが比例するため、作用力積を簡単に計算することができる。

衝突力の作用時間は十分短いと考えられるから、式(1)、式(2)を用いて求めた運動量変化と作用力積とは等しい。そこでこれらを等置することにより、質量係数の値を算定した。波高16cmの孤立波を用いて得た実験結果を以下に示す。

表-1は横衝突の場合について、衝突直前の流木の速度と質量係数の値を示したものである。質量係数 C_{M1} の値はほぼ2.0と考えられる。表-2は縦衝突の場合について、質量係数の値を示したものである。質量係数 C_{M2} の値はほぼ1.6である。従って、衝突直前の流木の姿勢と速度が与えられれば、これらの質量係数の値を用いて橋脚に対する衝突力を評価できることになる。

ただし、横衝突において、初期位置が3cm、5cm、10cmのケースでは質量係数の値が大きくなる傾向がある。これは抗力の影響によるものと考えられる。これらのケースでは、流木は朔上津波の前端付近にのってくるため、衝突時の流速が大きく、大きな抗力が働いていると考えられる。そのために衝突力作用時間も長くなり、その間に働く抗力が無視できなくなるものと考えられるのである。

他の2種類の波高に対する質量係数の値をあわせて、あらためて表-3に示す。これは、初期位置が10cmの場合に対して、 C_{M1} と C_{M2} の値を示したものである。今回の実験の範囲では、質量係数の値は波高によらずほぼ一定であった。

流木が斜めに衝突するケースでは、衝突位置の読みとりの精度が悪いために厳密な議論はできないが、 C_{M1} は2.1～3.3、 C_{M2} は1.6～1.8の間に分布した。

4 結論

本研究により、流木が橋脚に衝突する際に及ぼす力積を質量係数の概念を用いて説明しうることが示された。そして本実験で用いた流木に対しては、横衝突の質量係数 C_{M1} の値はほぼ2.0、縦衝突の質量係数 C_{M2} の値はほぼ1.6であることを示した。衝突力の波形の解析や、衝突に至るまでの流木の挙動の解析などはさらに興味のある問題であり、詳細な実験によりこれらを解明することが必要である。

本論は、昭和55年度文部省科学研究費補助金自然災害特別研究「陸上に氾濫した津波の挙動と津波の流動による被災のメカニズムに関する研究」(研究代表者 堀川清司)による研究成果の一部である。

表-1 質量係数 C_{M1}

流木の 初期位置(cm)	衝突直前の 流木の速度(%)	質量係数 C_{M1}
3	158	2.1
5	164	2.3
10	177	2.2
20	175	2.0
30	140	2.0
35	115	1.8

表-2 質量係数 C_{M2}

流木の 初期位置(cm)	衝突直前の 流木の速度(%)	質量係数 C_{M2}
6	153	1.7
10	185	1.5
20	176	1.6
30	140	1.5
35	115	1.6

表-3 各種の波高に対する C_{M1} 、 C_{M2}

波高(cm)	C_{M1}	C_{M2}
16	2.2	1.5
13	2.1	1.6
8	1.9	1.5