

1. はじめに

津波の陸上への氾濫や洪水等による被害のなかで流木の衝突による構造物の被害は大きな割合を占めることが多し。しかし、流木の運動を推定する手法に関する研究例は少なく、未解決の問題として残されている。

本研究では、流木の運動を考へるうえで最も重要と思われる流木の抵抗係数および付加質量係数について水理模型実験等により検討することにした。

2. 抵抗係数に関する実験

水理実験には、幅0.8m、長さ1.5mの矩形水路を用いた。

流れは定常とし、測定に利用した流速は10~50cm/secの範囲である。流木の模型として木製の円柱(直径1.5, 1.8, 2.4cm、長細比 L/D 6, 8, 10, 12, 15 の合計15種)を用いた。また実験は円柱の中心軸と流れ方向とのなす角 φ が0, $\pi/4$, $\pi/2$ の3ケースについて行なっている。

円柱の抵抗力の測定には図-1に示すように、リン青銅板の下端と円柱とを糸で結び、リン青銅板に作用する力を歪ゲージで検出する方法を用いた。抵抗係数 C_D は円柱に働く抵抗力 F から、

$$C_D = 2F / \rho A u^2$$

で求められる。

ここで ρ は液体の密度、 A は投影面積、 u は流速である。

抵抗係数は一般に Re 数と形状に関係すると考えられているが、本研究の場合、水面上に浮遊する円柱を対象とするため、水表面に生ずる造波抵抗は無視できないから、 Fr 数にも大きく関係すると考えられる。従って抵抗係数 C_D は、

$$C_D = f(Re, Fr, L/D, \varphi)$$

と書き表わされるものと考えた。ここで Re 数および Fr 数は、

$$Re = u(D \cos \varphi + L \sin \varphi) / \nu, \quad Fr = u / \sqrt{g(D \sin \varphi + L \cos \varphi)}$$

で定義した。ここで ν は動粘性係数、 g は重力加速度である。

図-2, 3に測定結果の一例を示す。これらの結果から抵抗係数は Re 数に反比例し、 Fr 数に比例する傾向がみられる。そこで、本研究では測定結果の重回帰分析を試みた。その結果、抵抗係数 C_D は、

$$C_D = 12.28 (L/D)^{0.08} (Fr / Re^{0.39})^{0.24} (0.845)^{\varphi} \quad (1)$$

で表わされた。なお、重回帰係数は0.79であった。また、 Re 数の範囲は、 $Re = 2 \times 10^3 \sim 10^5$ 、 $Fr = 0.1 \sim 1.0$ である。

図-4に測定結果と回帰曲線との比較を示す。 $\varphi = 0$ の場合、

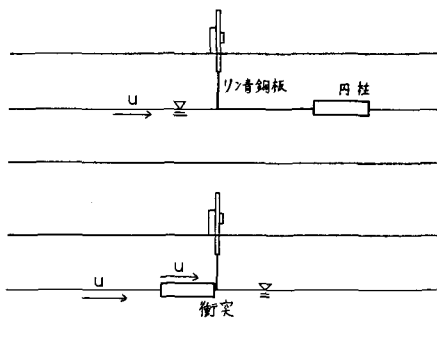
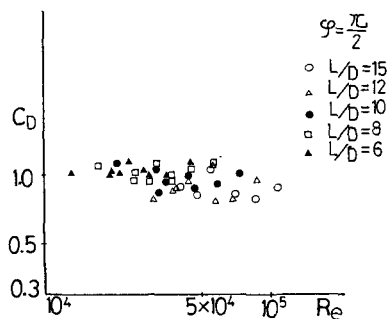
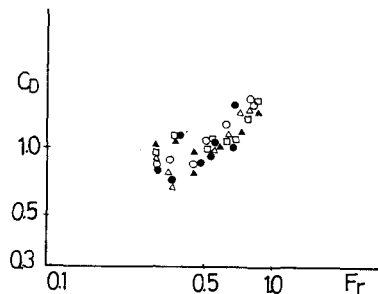


図-1 実験概要

図-2 C_D と Re 数の関係図-3 C_D と Fr 数の関係

Fr数、 L/D が小さい範囲を除き、(1)式は比較的良好な表現であるといえよう。どちらにしても今後、測定値を増し、(1)式を補正していく必要はある。

3. 付加質量係数に関する数値計算

静止した完全流体中の比重0.5の浮遊円柱の直線運動を考えると、円柱のまわりの流体の運動は、速度ポテンシャルを用いて記述できる。また、この円柱の付加質量は速度ポテンシャルによって計算可能でもある。

図-5にS.O.R法を用いた速度ポテンシャルの計算結果の一例を示す。このような計算を $\varphi=0$ および $\varphi=\pi/2$ の各場合、数例実施し、付加質量係数 C_M についてまとめたものを図-6に示す。付加質量係数は $1/D$ に比例して大きくなり、 $1/D$ により多少変わるが $\varphi=\pi/3$ 付近で最大となることかわかる。

4. 付加質量係数に関する実験

円柱の付加質量は抵抗係数を測定した装置および模型を用いて、円柱をリン青銅板に衝突させ、その作用力積を圧ゲージで検出する方法を用いた。付加質量係数 C_M は、円柱の運動量を MU 、作用力積を $F\Delta t$ とおくと、 $C_M = MU/F\Delta t$ で求められる。水理実験結果と計算結果の比較を図-7に示す。 $\varphi=0$ の場合は比較的良好な一致を示す。一方、 $\varphi=\pi/2$ の場合は、測定値がばらつき、約20%の誤差がみられる。これは測定時の円柱の衝突が理想的な状態になりにくいことに原因しているのである。

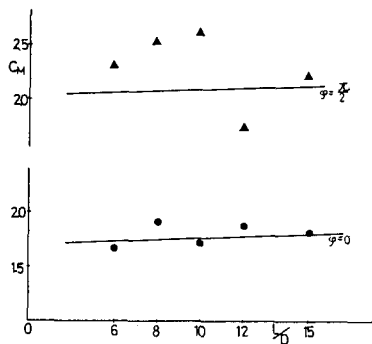


図-7 計算値と測定値の比較

5. 結言

水面上での円柱の抵抗係数と付加質量係数の測定には種々の因子が入り組んでおり、本質的な物理現象を把握するためには、今後さらに測定を続ける必要があるだろう。

謝辞 本研究は、文部省より科学研究費(代表者 東大堀川教授)による補助を受けた。

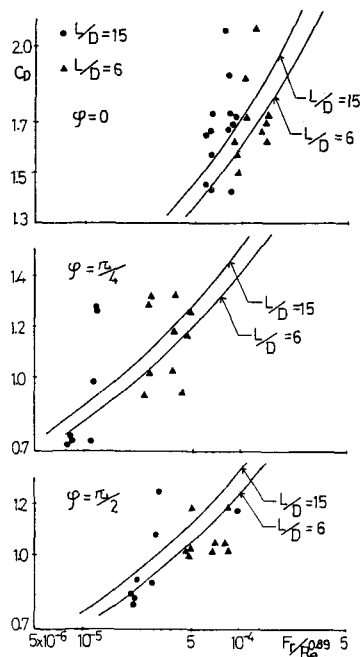


図-4 回帰曲線と測定結果の比較

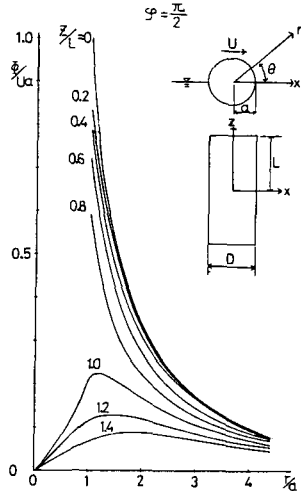


図-5 速度ポテンシャルの計算

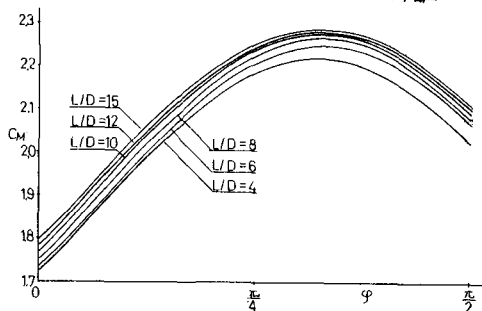


図-6 数値計算による付加質量係数