

二重管の抵抗特性と没水水平版の波浪制御効果に関する研究

九州大学工学部 ○学生員 村松博実 正会員 吉田明徳
日本国土開発(株) 正会員 田代晃一 学生員 長井健二

1. まえがき

海中に固定された没水水平版は、その版長及び天端水深を入射波の波長に対して最適な大きさに選ぶことによって、高い波浪制御効果が得られるが、潮位変化によって天端水深が変化する事や、水平版に大きな鉛直波力が作用するといった問題点がある。これに対処する係留方法として、著者らは、二重管式係留システムにより水平版を係留することを提案し、さらに、水平版に抵抗二重管を取り付けることによって水平版の運動を制御することを考えている。本研究は(図-1)に示すように内管に円板を取り付けた抵抗二重管について、内管(円板)に作用する抵抗力が内管と外管の間隙部の断面平均流速の2乗に比例する抗力と加速度項に比例する質量力の和で表されると仮定して、比例定数(抗力係数 C_D 、質量係数 C_M)の基本的な特性について実験的に調べた。

2. 実験および解析方法

2-1 実験方法

実験装置の概略を(図-1)に示す。直径 $2b$ の円板を取り付けたアルミ棒を水槽内に固定し、内径 $2a$ の外管を角周波数 σ 、振幅 A で鉛直振動させて、アルミ棒を取り付けた台を支える2本のはりに作用する力を、はりの上下面に取り付けたひずみゲージによりサンプリング間隔を50Hzでデータレコーダーに記録した。外管は、内径が $2a=17\text{cm}$ の亚克力管を円板は厚さが3cmの亚克力板を用い、直径が $2a=14, 15, 16\text{cm}$ の3通りについて、それぞれ1枚のみ取り付けた場合と、複数枚(2枚及び3枚)取り付けた場合について実験を行った。円板が1枚の場合について、 $e/b=0.06, 0.13, 0.21$ ($e=a-b$:間隙幅)のそれぞれに対して d_1 (円板と外管底面との距離)を変化させて、円板の設置位置による係数の変化を調べた。複数枚の場合は d_1 を一定に取り、間隔 d_2 、及び間隔 d_3 を変化させて円板の間隔による抵抗力の変化を調べた。

2-2 解析方法

円板に作用する抵抗力 $F(t)$ が抗力と質量力の和として表せるものと仮定すると、 C_D を抗力係数、 C_M を質量係数として次式で表される。

$$F(t) = C_D \cdot \frac{\rho}{2} \pi b^2 V_{max}^2 |\cos \sigma t| \cos \sigma t - C_M \cdot \rho V \sigma V_{max} \cdot \sin \sigma t \quad (1)$$

一方実験で測定した円板に作用する抵抗力を $F_e(k\Delta t)$ (Δt :サンプリング間隔, $k=1, 2, \dots, N$, N はサンプリングデータの個数)とすると抵抗力 $F_e(k\Delta t)$ は外管の振動周波数を基本周波数成分とするフーリエ級数に展開できる。

$$F_e(k\Delta t) = A_0 + \sum_{n=1}^{\infty} A_n \cos n\sigma k\Delta t + B_n \sin n\sigma k\Delta t \quad (2)$$

そこで、 n を5次まで取って、各周波数成分の振幅 A_n, B_n ($n=1, 2, \dots, 5$)を最小2乗法により算定した結果の例を(図-2)に示している。 F_e には、明らかに高次の周波数成分が含まれているが、基本周波数成分が卓越しているため基本周波数成分のみについて解析した。(1)式の抗力項 $|\cos \sigma t| \cos \sigma t$ を外管の振動周波数 σ を基本周波数とするフーリエ級数に展開し、(1)(2)式の基本周波数成分の項を等置することにより、 C_D, C_M を次式で算定した。

$$C_D = \frac{A_1}{4/3 \cdot \rho b^2 V_{max}^2} \quad C_M = \frac{-B_1}{\rho \pi b^3 \sigma V_{max}^2} \quad (3)$$

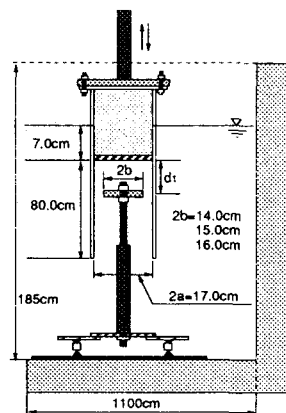


図-1 実験装置の概略

3. 実験結果と考察

抵抗力を測った結果、 F_e のうち抗力項に比べて慣性項は10%程度と小さいため本文では項力係数 C_D について述べることにする。(図-3)は、 $2b=16.0\text{cm}$ 、 $A=6.0\text{cm}$ のとき円板を1枚だけ取り付けけた場合における C_D を例として示している。図より C_D はレイノルズ数 Re によらずほぼ一定値を取るから、目視で近似直線をひき、それを読み取って C_D の値とした。(図-4)はそうにして読み取った C_D の、円板が1枚の場合における振幅 $A=2.0, 4.0, 6.0\text{cm}$ のときの値を表すもので、 C_D は振幅に依存しないと見なせるから、その後の実験は外管の振幅を一定($A=4.0\text{cm}$)にして行った。(図-5)は、円板が1枚の場合で、 $e/b=0.06, 0.13, 0.21$ について円板の位置 d_1 を変化させたときの抵抗係数を示したものである。この図より円板と外管底面との距離を変えても抵抗係数は e/b によらず、ほぼ一定値を取っており、 d_1 を円板の半径 b より大きく取れば($d_1/b>1.0$)係数は d_1 に依存しないと言える。円板が2枚の場合に、 d_1 を一定にして円板の間隔 d_2 を変化させて実験を行った時の C_D を(図-6)に示している。この図より、 d_2/b が2.0より大きい(円板の間隔 d_2 が円板の直径より大きい)と抵抗係数はほぼ一定値を取るが、 d_2/b が2.0より小さくなると、係数値が減少する傾向が見られ、 $d_2/b \rightarrow 0$ で C_D は1枚の場合の値に漸近するものと考えられる。(図-7)は、円板の枚数による C_D の変化を示したもので、どのケースも円板の枚数と C_D の間には比例関係がある。従って(3)式より、二重管の抗力は内管に用いる円板の枚数に比例して増大することがわかる。

4. おわりに

本文では、内管に円板を取り付けた抵抗二重管の抵抗特性を実験によって明かにした。抵抗係数を用いた数値計算と模型実験を行って、没水水平板の波浪制御効果を検討し、その結果については発表時に示す予定である。

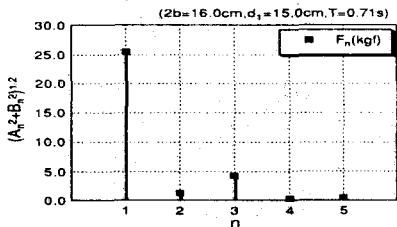


図-2 抵抗力の周波数成分

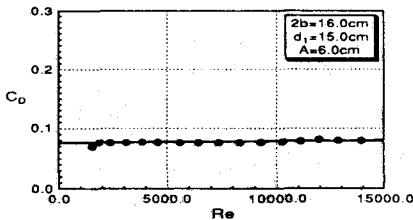


図-3 Re に対する抵抗係数の変動

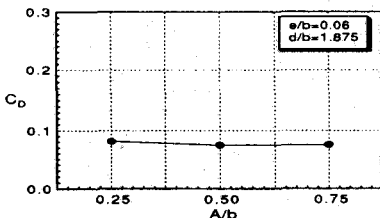


図-4 外管の振動振幅に対する C_D の変化

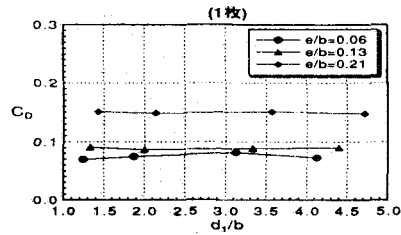


図-5 板(1枚)の設置位置による C_D の変動

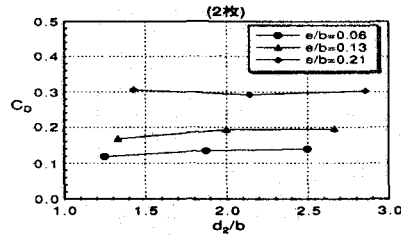


図-6 板(2枚)の間隔による C_D の変動

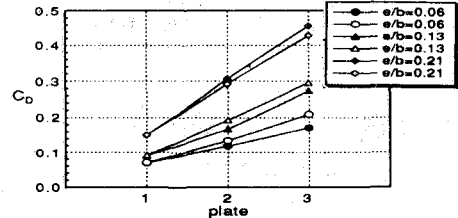


図-7 板の枚数による C_D の変化

($d_1=10\text{cm}$, 黒印: $d_2=10\text{cm}$, 白印: $d_2=15\text{cm}$)