

II-323

振動流実験によるスリット壁の C_D , C_M の推定と水平力の特徴

苫小牧工業高等専門学校 正員 浦島三朗
室蘭工業大学 正員 近藤俣郎

1. まえがき

透水性の壁を有する消波構造物の波力を設計する際に、その透水壁の抗力係数および質量係数を知ることが、非常に重要なことである¹⁾。著者らは、これまで波動実験および定常流実験において、これらの係数を推定し、Reynolds数やKeulegan-Carpenter数で整理してきた²⁾。また振動流実験装置を用い、Reynolds数の大きな範囲の抗力係数および質量係数についても求めてきた³⁾。本研究は、振動流の実験条件をさらに増し、実験による係数を使用した計算水平力の精度について検討したものである。

2. 実験方法及び解析方法

振動流実験は図-1に示す長さ200cm、幅20cm、高さ20cmの観測部水路に力の検出装置を設置した実験装置を用いて行った。検出装置は三分力計の上にスリット壁を固定し、全体として下部固定の片持梁構造となっている。水位は両側の塔に容量式波高計を設置して測定した。スリット壁は、幅 $b=3$ cm、厚さ $dw=2$ cm、高さ20cmの角柱を空隙率 $\lambda=40\%$ 、スリット幅 $s=2$ cmで配置したものを用いている。実験条件は、ストロークの振幅を7種類、周期 $T \approx 1.4 \sim 4.0$ secの範囲で行った。

スリット壁に作用する全水平力 $F_T(t)$ は、揚力が働かないものとするMorisonが提案した構造物背後の渦によって生ずる抗力 $F_D(t)$ と圧力勾配によって生ずる力ならびに構造物の存在による構造物周囲の流体が加速されるために生ずる力の慣性力 $F_I(t)$ の線形和として式(1)で表される。

$$F_T(t) = F_D(t) + F_I(t) = C_D \cdot f_D(t) + C_M \cdot f_I(t) = C_D \rho \frac{u \cdot |u|}{2} A + C_M \rho V \ddot{u} \quad (1)$$

水路内の水粒子の軌跡 x 、水粒子速度 u 及び加速度 $\ddot{u}$ は各場所で一様とすると時間 t の関数として式(2)で定義される。

$$x = R \cdot \sin \sigma t, \quad u = R \sigma \cos \sigma t, \quad \ddot{u} = -R \sigma^2 \sin \sigma t \quad (2)$$

ここで ρ は水の密度、 σ は角周波数、 A はスリット壁の投影面積、 V は体積、 R は観測水路部の水粒子

の移動半径である。

抗力係数 C_D および質量係数 C_M を時間に対し一定と考え、実測と計算の力の差が最小になるように C_D , C_M を求める最小自乗法による方法を用いると式(4)となる。

$$C_D = \frac{\frac{\sum F_T(t) \cdot f_D(t)}{\sum f_D(t)^2} \frac{\sum f_D(t) \cdot f_I(t)}{\sum f_I(t)^2}}{\frac{\sum F_T(t) \cdot f_I(t)}{\sum f_I(t)^2} \frac{\sum f_D(t) \cdot f_I(t)}{\sum f_I(t)^2}}, \quad C_M = \frac{\frac{\sum f_D(t)^2}{\sum f_D(t)^2} \frac{\sum F_T(t) \cdot f_D(t)}{\sum f_D(t) \cdot f_I(t)}}{\frac{\sum f_D(t) \cdot f_I(t)}{\sum f_D(t) \cdot f_I(t)} \frac{\sum F_T(t) \cdot f_I(t)}{\sum f_I(t)^2}} \quad (3)$$

時刻 t の算定は塔の水位記録から水粒子が右から左へ移動する際の静水面と交わった時刻を $t=0$ と定めた。またReynolds数(R.E.)やKeulegan-Carpenter数(K.C.)は式(4)で表され、水粒子速度は最大水粒子速度で定義した。

$$RE = \frac{u_{max} \cdot s}{\nu}, \quad KC = \frac{u_{max} \cdot T}{d_w} \quad (4)$$

ここで、 ν は動粘性係数である。

3. 実験結果および考察

図-2は各K.C.数における抗力係数 C_D をR.E.数で整理したものである。 C_D は各K.C.数においてR.E.数に対してほぼ一定値を示し、K.C.数が大きくなると多少小さくなり、その後またK.C.数の増加とともに

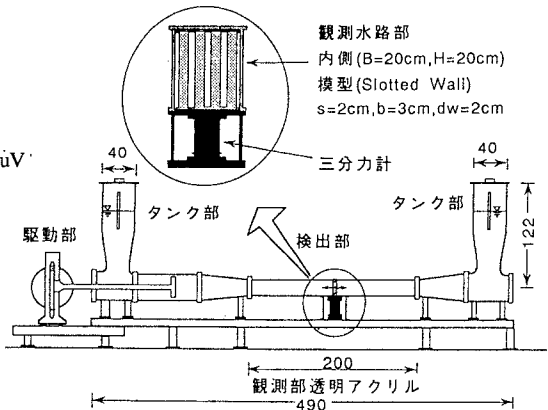


図-1 振動流実験装置 (単位:cm)

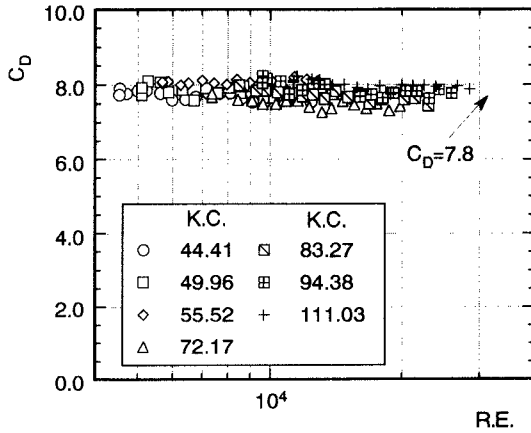


図-2 R.E.数と C_D の関係

大きくする傾向が見られるが、その変化は小さい。図中の直線は C_D をR.E.数およびK.C.数に対してほぼ一定値と考え、その平均を示している。

図-3は各K.C.数における質量係数 C_M をR.E.数で整理したものである。各K.C.数における C_M は C_D に比べてバラツキは大きい、全体的にR.E.数が大きくなると C_M も大きくなる傾向を示している。また C_M に対するK.C.数の影響は特にはっきりした傾向は見られなかった。図中の曲線は、 C_M はR.E.数が大きくなるに従い大きくなると考え、平均的な値を描いたものである。

図-4は3種類のK.C.数において計算最大水平力 F_c と測定最大水平力 F_m を比較したものである。ここで F_c に用いた C_D 、 C_M の値は図-2、3の平均的な値を図中の曲線から求めている。各K.C.数において水平力の小さな範囲における適合度はあまりよくないが、水平力が大きくなるに従い、 F_m とほぼ一致している。全体的に F_c は F_m より小さくなっているが、これは C_D は正負対称ではなく、 F_c がその中間的な値をとっていることが多いためである。

図-5は3種類のK.C.数において計算最大水平力 F_m と測定最大水平力 F_m の差を無次元化して、R.E.数で整理したものである。各R.E.数においてR.E.数の小さな範囲を除くと、ほぼ20%以内の誤差でおさまっている。R.E.数が大きくなると計算値と測定値の差は10%以内となる。

参考文献

- 1) 近藤・竹田：消波構造物，森北出版，pp.279, 1983.
- 2) 浦島・石塚・近藤：海岸工学講演会論文集，第30回，pp.337～341，1983.
- 3) 浦島・近藤：海岸工学論文集，第39巻，pp.731～735，1992.

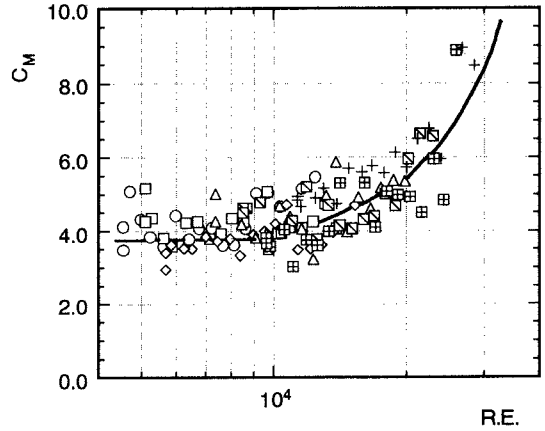


図-3 R.E.数と C_M の関係

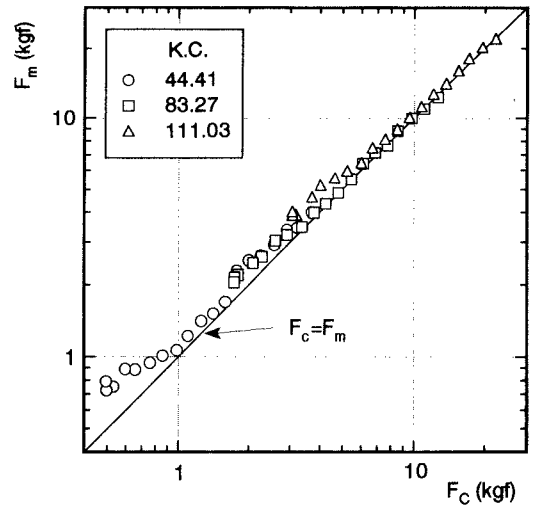


図-4 F_c と F_m の関係

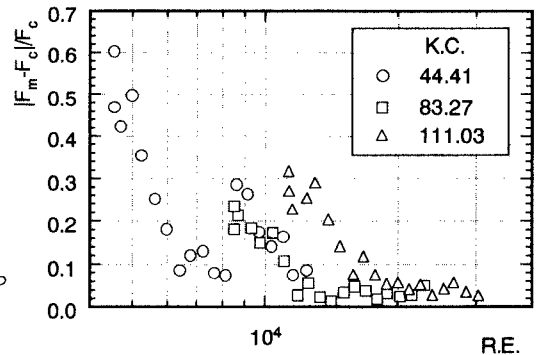


図-5 R.E.数と $|F_m - F_c| / F_c$ の関係