

II-291 縦スリット壁型ケーソンにおける波力係数の水理的特性について

苫小牧工業高等専門学校 正会員 浦島 三朗
室蘭工業大学 正会員 近藤 俊郎

1. まえがき スリット壁や多孔壁のような透水性の壁を持つ直立消波構造物は、海域の有効利用の面からも注目をあび、種々の研究が盛んに行われている¹⁾。このような研究の中で構造物による波浪変形及び構造物に作用する波力を推定するときに必要となる水理的係数にどのような値を使用するかが非常に重要な問題となる。これらの係数の決定方法には種々の方法が提案されているが、著者らは従来より Morisson 式を透水壁の波力に適用してこれらの値から係数を決定し、スリット壁の構造条件ごとに RE 数や KC 数の関数として整理し、これを波浪変形理論及び波力の推定に使用してきた²⁾。単一のスリット壁から求めた波力係数を多重透水壁にも適用し、反射率等を実験値と比較したが、あまり適合性がよくない場合も生じてくる。そこで本研究では、まず前壁の透水壁に縦スリット壁、後壁に不透過壁を使用した縦スリット壁型ケーソンについて波力実験を行い、前壁のスリット壁に働く波力から波力係数を求めその水理的特性について検討したものである。

2. 実験方法及び解析方法 波動実験は長さ19.7m、幅0.8m、高さ0.8mのペンデュラム式造波装置が設置されている両面ガラス張りの水平底の二次元規則波造波水槽を仕切り板により二分し、その一方にスリット壁を取り付けた波力検出装置を設置した水槽を用いた。波力検出装置は図-1に示すようにアーム上部を固定した片持梁構造でアーム部にストレインゲージを貼付してある。模型として使用したスリット壁はアクリル材を用い、空隙率 $\lambda=35\%$ 、スリット幅 $s=28\text{mm}$ 、壁厚 $d=30\text{mm}$ であり、構造は1枚スリット壁型不透過堤で背後不透過壁には水槽の末端を使用し遊水室幅 $B=66.5\text{cm}$ として行なった。実験は入射波高 $H_i=3.5\sim13\text{cm}$ 、周期 $T=1.2\sim2.0\text{sec}$ の範囲で行ない、水深 $h=50\text{cm}$ 一定にして行なった。入・反射波の波高及び位相差の推定には分離推定法³⁾を用い、またスリット壁前面の水面波形はスリット壁前方2.5cmに取り付けた波高計より測定した。

波力算定式はスリット壁に作用する全波力 $F_t(t)$ は、揚力が働かないものとする Morisson の提案した構造物背後の渦によって生ずる力の抗力 $F_b(t)$ 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って生ずる力の慣性力 $F_i(t)$ の線形和として式(1)～(3)で表わされる。スリット壁では円柱等の孤立構造物とは異なり、反射波を無視することができないので、

式(2)、(3)中の波の水位、水平水粒子速度および加速度は微小振幅波理論により部分重複波を考慮して求めると式(4)、(5)、(6)で表わされる。ここで、スリット壁の位置を $x=0$ とおき、位相差 δ は実験より求める。抗力係数 C_D 、質量係数 C_M の算定方法は C_D 、 C_M が時間の関数であるが水深方向には一定であるとし、実測による波力と壁前面の水位の時間-波形記録を一定時間間隔で読み取り、その波力が各時刻で式(1)と一致すると考え、Al-Kazily の手法を模して求めた。また1周期内において C_D 、 C_M が変化しないものと仮定した理論波力と実測波力の差が最小となるように求める最小自乗法でも C_D 、 C_M を求めた。なお、抗力係数、質量係数は RE 数や KC 数の関数として表示されることが多い。この場合、水平水粒子速度としては、本研

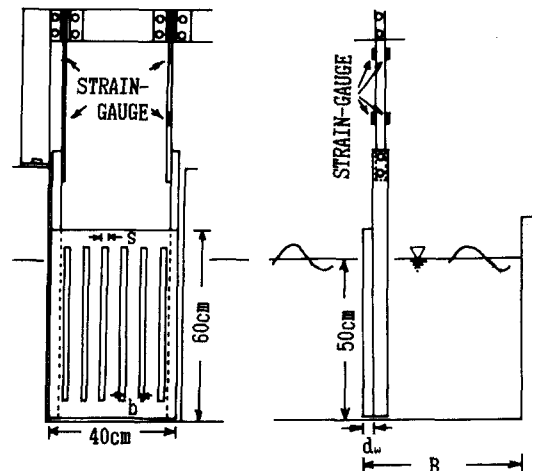


図-1 模型概要図

究における抗力係数が自乗された水平水粒子速度に関して水深方向の積分によって表わされることを考慮して、水平水粒子速度、RE数およびKC数を式(7)で定義することとした。

3. 実験結果及び考察 Al-Kazilyの方法で求めた C_D , C_M の時間的変化は、単一のスリット壁と同様に水平水粒子速度の大きい時刻においては C_D が、また水平水粒子加速度が大きい時刻においては C_M の値は安定している。最小自乗法で求めた値はAl-Kazilyの方法で求めた C_D の平均的な値とは必ずしも一致してはなくよく整理することが出来なかった。

Al-Kazilyの方法で求めた C_D の平均的な値をRE数で整理したものを図-2に示す。この波動実験による結果は実験波の制約のため $RE < 1,000$ 程度の範囲しか得られず、また多少変動しているが全体的傾向としては流速に反比例する層流的抵抗特性を示している。この層流的抵抗特性は、前に行なった単一スリット壁の抵抗特性と同じ特性を示しているが、ここで求めた C_D の値は単一スリット壁の C_D の値と比較するとかなり小さい値を示している。

C_M についても C_D と同様にAl-Kazilyの方法で求めた C_M の平均的な値をKC数の関数としてプロットしたものを図-3に示す。 C_M はばらつきが大きい各RE数で区分けしてみると比較的まとまっているようである。各RE数で C_M はKC数が小さい領域では、その増加とともに C_M は急激に減少し、あるKC数以上ではほぼ一定値へ漸近している傾向がみられる。また周期別にみると長周期の波ほど C_M の値が大きくなっている。

スリット壁と不透過壁を組み合わせた縦スリット壁型ケーソンの抗力係数および質量係数は、単一のスリット壁の抗力係数および質量係数と比較すると時間的変化およびReynolds数、Keulegan-Carpenter数による水理的特性はほぼ同じ傾向を示しているが、抗力係数 C_D 、質量係数 C_M の値は単一のスリット壁の値より小さい値を示している。今後、スリット壁前後の水位差、水位差による鉛直水粒子速度及び加速度の影響、位相等についての検討を加える必要がある。

参考文献

- 1) 近藤・竹田: 消波構造物, 森北出版, 279p., 1983.
- 2) 浦島・石塚・近藤: 第30回海講, pp337~341, 1983.
- 3) 合田・鈴木・岸良・菊地: 港湾技研資料, NO.248, 1976

$$F_T(t) = F_D(t) + F_I(t) = C_D(t) \cdot f_D(t) + C_M(t) \cdot f_I(t) \quad \dots (1)$$

$$F_D(t) = C_D(t) \int_{-h}^{\eta} \rho \frac{u \cdot |u|}{2} dA \quad \dots (2)$$

$$F_I(t) = C_M(t) \int_{-h}^{\eta} \rho \dot{u} dV \quad \dots (3)$$

$$\eta = a_I \cos(kx - \sigma t) + a_R \cos(kx + \sigma t + \delta) \quad \dots (4)$$

$$u = a_I \sigma \frac{\cosh k(h+y)}{\sinh kh} \cos(kx - \sigma t) - a_R \sigma \frac{\cosh k(h+y)}{\sinh kh} \cos(kx + \sigma t + \delta) \quad \dots (5)$$

$$\dot{u} = a_I \sigma^2 \frac{\cosh k(h+y)}{\sinh kh} \sin(kx - \sigma t) + a_R \sigma^2 \frac{\cosh k(h+y)}{\sinh kh} \sin(kx + \sigma t + \delta) \quad \dots (6)$$

$$RE = \frac{U_{rms} \cdot S}{\nu} \quad KC = \frac{U_{rms} \cdot T}{d_u} \quad U_{rms} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \sqrt{\int_{-h}^{\eta} u_i^2 dy} \quad \dots (7)$$

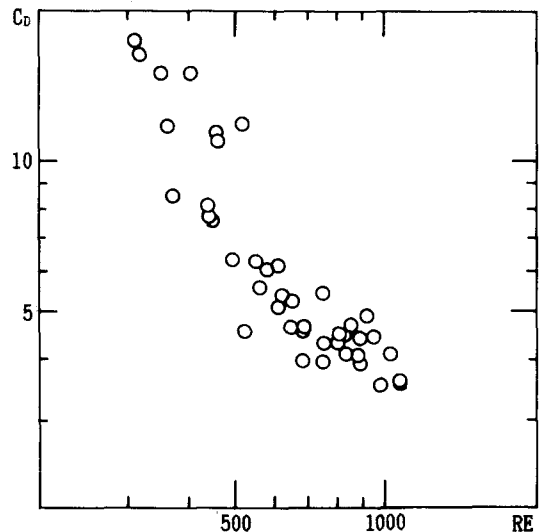


図-2 Reynolds数と抗力係数 C_D の関係

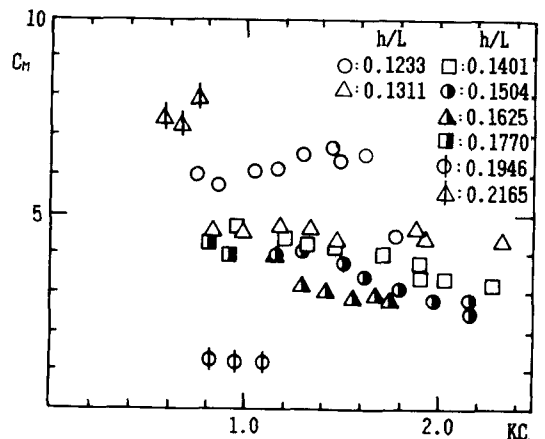


図-3 Keulegan-Carpenter数と質量係数 C_M の関係