

## II-398 スリット壁の波力に関する抗力係数と質量係数

苫小牧工業高等専門学校 正会員 浦島 三朗

苫小牧工業高等専門学校 正会員 石塚 耕一

室蘭工業大学 正会員 近藤 俊郎

1. まえがき 近年、水域の有効利用、港内の海水汚濁の緩和等を目的とした直立透水域型防波堤の普及が目覚ましい。このような構造物を合理的に設計するには、まず単一の透水域についてその波力特性を正確に把握する必要がある。多孔壁およびスリット壁は透水域の代表例であり、円形多孔壁の波力特性については近藤らによって調べられているが、スリット壁についてはその研究報告はほとんどない。本研究においては従来孤立内注の波力算定に用いられてきた Marison の式によってスリット壁に作用する波力を推定することとし、その抗力係数  $C_D$  と質量係数  $C_M$  の特性について考察するものである。そのため、波力実験と定常流実験をあわせて行っている。

2. 解析方法 Marison の式をスリット壁に適用すると次式のようになる。

$$F_T(t) = F_D(t) + F_I(t) = C_D(t) \int \rho \frac{u|u|}{2} dA + C_M(t) \int \rho \dot{u} dV \quad (1)$$

上式において  $C_D$  : 抗力係数,  $C_M$  : 質量係数,  $\rho$  : 水の密度,  $u$  : 水平水粒子速度,  $\dot{u}$  : 水平水粒子加速度,  $dA$  : スリット壁の微小面積,  $dV$  : スリット壁の微小体積を表す。上式中の水平水粒子速度  $u$  および加速度  $\dot{u}$  は微小振幅波理論の部分重複波、進行波のいずれも採用すべき議論のあるところであり、ここではこれらの2方法で行ってみた。 $C_D, C_M$  の決定法は、実験波力を各時間ごとに正確に表現するように決定する Al-Kazily の方法を応用した。Reynolds 数, Keulegan-Carpenter 数については次式で定義することにした。

$$Re = \frac{u_{rms} \cdot s}{\nu}, \quad K.C = \frac{u_{rms} \cdot T}{d} \quad \text{但し, } u_{rms} = \sqrt{\frac{\int_0^T |u| \cdot u \, dy}{T + \tau_0}} \quad (2)$$

式中  $s$  はスリット間隔,  $T$  は周期,  $\nu$  は流体の動粘性係数である。定常流の  $C_D$  については下式の理論で求めた損失水頭係数  $C_L$  より,  $C_D = C_L / (1 - \lambda)$  として得たものである。

$$h_L = C_L \cdot V^2 / 2g \quad (3) \quad \text{ここで, } h_L: \text{損失水頭, } V: \text{管水路の流速, } g: \text{重力加速度}$$

3. 実験方法 実験は長さ 19.7 m, 幅 0.8 m, 高さ 0.8 m のペンデュラム造波装置が設置されている両面ガラス張りの二次元造波水槽を仕切板により二分し、その一方にスリット壁を取り付け、他方は入射波検定部として使用した。造波機の前より 11.3 m の位置に波力検出計を設置した。この装置は図-1 に示すように波力測定アーム部に 25 mm × 6 mm の断面を有する平鋼を用いアーム上端部を固定し、検出計全体として片持梁構造としてある。アーム一本につきその表裏には 20 cm 間隔で計 4 枚の Strain gage を貼り、ブリッジ回路を構成し動歪計を通じてビジュアルに記録させた。スリット壁前面の水位はスリット壁より 1 cm 沖側に設置した容量式波高計により同時に検出した。なお本実験では、スリット壁として幅 40 cm, 高さ 60 cm, 厚さ 3 cm のアルミ材を用い、空率率  $\lambda$  とスリット間隔  $s$  の組み合わせは、 $\lambda = 25\%$  で  $s = 20$  mm,  $\lambda = 35\%$  で  $s = 28$  mm,  $\lambda = 50\%$  で  $s = 40$  mm とした。周期は  $T = 1.12 \sim 2.38$  sec, 波高は約 1 cm ~ 10 cm の範囲で行い、前面水深は一定で  $h = 50$  cm とした。定常流による抗力係数の測定には長さ 11.5 m, 幅 50 cm, 高さ 40 cm の定常流

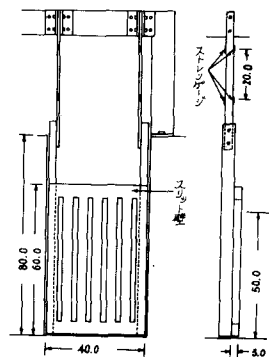


図-1 波力検出装置

開水路を用いた。この水路の一部を管路にし、中間部にスリット壁を取り付けその前後の圧力水頭差をマンメータより測定した。

4. 実験結果および考察 図-2はスリット壁の理論波力 $F_m$ の実測波力 $F$ からの分散度 $R$ と $K.C$ 数との関係を示したものである。ただし、分散度 $R$ は次式より計算した。

$$R = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^N (F(x_i) - F_m(x_i))^2 / N}}{|F_{max} - F_{min}|} \quad (4)$$

スリット壁の分散度は孤立円柱と比較するヒや大きく、周期内で一定値を持つものと仮定して求めた $C_D$ ,  $C_M$ 値を用いる理論波力 $F_m$ は実測波力の約5~10%程度のバラツキ幅で推定することができる。

水平水粒子速度 $u$ , 加速度 $\dot{u}$ に部分重複波および進行波を用いた $C_D$ と $Re$ 数の関係を図3, 4に,  $C_M$ と $K.C$ 数の関係を図5, 6に示す。図3, 4より波動実験による結果は, 流速に反比例する層流的抵抗特性を示し, 空障率 $\lambda$ が小さくなると $C_D$ の値は大きくなる。 $u$ ,  $\dot{u}$ に部分重複波を用いると, 定常流実験の値と連続がよく比較的良好に整理される。

$C_M$ の値は,  $K.C$ 数が増加するヒ小さくなりほぼ一定値に近づく傾向を示し,  $\lambda$ が小さいヒその傾向が著しい。これは,  $K.C$ 数が小さいヒ渦が発生しにくく, 渦の発生に起因する抗力が小さくなるためであると思われる。今回の実験において各スリット壁の $C_D$ ,  $C_M$ の値は, 孤立円柱の値と比較すると比較的大きな値となる。

5. 考察  $C_D$ ,  $C_M$ の値は,  $\lambda$ が小さくなると大きくなり, 孤立円柱より大きな値を示す。 $u$ ,  $\dot{u}$ に部分重複波を用いる方が比較的良好に説明できそうである。今後, 部分重複波で整理した $C_D$ ,  $C_M$ を使用し, 実際のスリット壁を設計する場合の予備, 多孔壁との比較についても検討したいと考えている。また今回の実験はスリット壁全体の値であり, 個々のスリット間の柱に作用する波力については, 柱の位置によって $C_D$ ,  $C_M$ の値がかなり変化することが考えられる。

参考文献

- 1) 近藤・佐藤: 多孔壁の損失係数と見掛けのオリフィス長さの推定, 第26回海岸工学講演会論文集 1979 p.333~337
- 2) 森山・服部・近藤: 多孔壁に作用する波力の特性, 第35回土木学会年次学術講演会講演概要集 1980 p.35~36
- 3) Al-Kazily, M.F.: Forces on Submerged Pipelines Induced by Water Waves, University of California Hydraulic Engineering Laboratory, Technical Report HEL 9-21 1972 p.197
- 4) 土木学会: 水理公式集 p.523

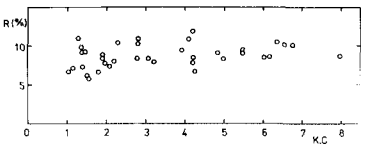


図-2 K.C数と分散度の関係

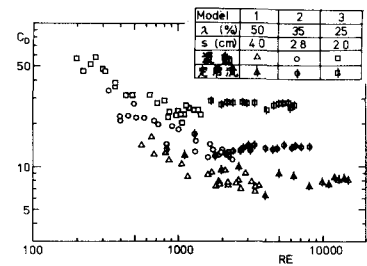


図-3  $Re$ 数と $C_D$ の関係 (部分重複波)

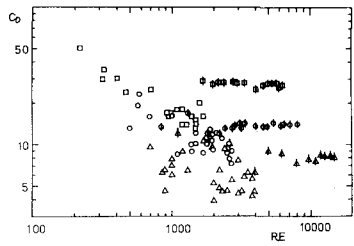


図-4  $Re$ 数と $C_D$ の関係 (進行波)

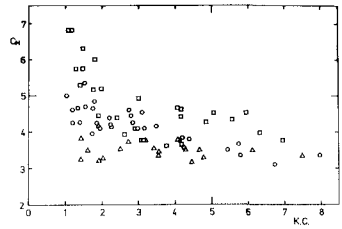


図-5 K.C数と $C_M$ の関係 (部分重複波)

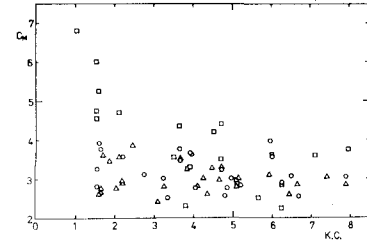


図-6 K.C数と $C_M$ の関係 (進行波)