

水平スリット構造物に作用する波力の算定法について

愛媛大学工学部

正員 中村孝幸

東亜エンジニアリング(株)

正員 ○奥 吉雄

日本海工(株)

本竹典久

1. まえがき：従来、スリット型防波堤に作用する波力は、近藤ら¹⁾に見られるように波浪変形の解析とは独立して実験的に検討されてきている。しかも、スリット型防波堤は波の透過や反射のある複雑な場にあることから、作用波力の特性は実験的にも未だ十分に明らかにされるに至っていない。そこで、本研究は、従来の解析法とは異なり、堤体の部材の形状や配置等が直接的に考慮できる波浪ポテンシャル問題の解析法により作用波力の算定を行い、その適用性についてまず検討する。これに続き、上記解析法では考慮できない非ポテンシャル的な流体力についても流速場の算定結果とモリソン波力式の適用により明らかにし、波力算定法の確立をめざそうとするものである。

2. 実験装置および実験方法：(1) 模型構造物；用いた模型構造物は、開口率 n （＝スリットの開口長／部材中心間距離）が0.148, 0.096, 0.051の3種類の水平スリット構造物である。なお、構成部材には直径 $D=7.5\text{ cm}$ の塩ビパイプを用い、これを静水面上にはぼり入射波高の2倍の高さまで鉛直1列に配列したものである。代表例として、 $n=0.096$ の場合の模型の断面図を図-1に示す。(2) 実験方法；部材波力の測定は、その鉛直分布が検討できるように静水時に水面下に没する部材の全てを対象にして、各々の水平波力 F_{xp} および鉛直波力 F_{zp} について行った。実験に用いた波条件は、周期 T が1.01～2.25秒の間の4種類および入射波高 H が7.5 cm, 15 cmの2種類（破砕する場合を除く）である。この際、静水深 h は50 cmと一定にした。なお、各波力の符号は、静水時を基準にして F_{xp} の場合には入射波の進行方向を正、 F_{zp} の場合には鉛直上方向を正と定義した。また、以下では、波力の表示に $\rho g H D l / 4$ （ ρ ：流体の密度、 g ：重力加速度、 l ：円柱の長さ）で除した無次元波力 $(F_{xp})^*$, $(F_{zp})^*$ により表わしてある。

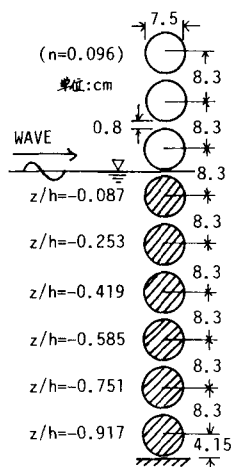
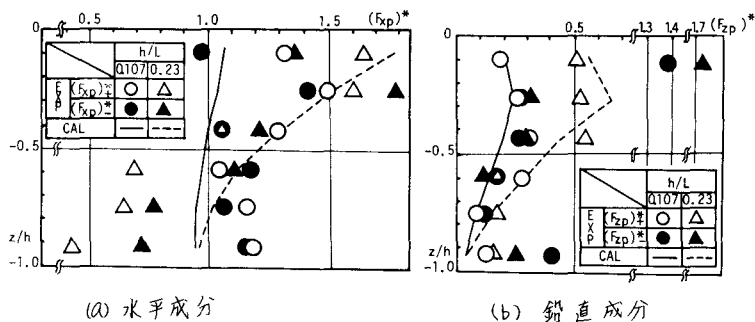


図-1 模型構造物

3. 作用波力の特性：図-2の

(a), (b)は、一例として各々図-1に示す $n=0.096$ の水平スリット構造物の斜線を施した円柱部材に作用する水平波力 F_{xp}^* および鉛直波力 F_{zp}^* の実験値と算定値との比較を縦軸に z/h （ z ：円柱の中心位置座標）をとり示すものである。なお、各図中にはパラメータとして

図-2 最大部材波力の水平成分および鉛直成分の空間分布 ($n=0.096$)

で浅水比 h/L （ L ：波長）がとってある。また、算定値は中村によるGreen関数法²⁾により求めたものである。この図より、 F_{xp}^* , F_{zp}^* の両者ともに実験値と算定値とは、 h/L にかかわらず z/h による定性的な変動傾向はほぼ一致しているが、定量的には十分なものではなく、特に水表面付近（ $z/h=-0.087$ ）と水底付近（ $z/h=-0.917$ ）で差異が大きくなっているのがわかる。一方、 F_{zp}^* が F_{xp}^* に比較して定量的に有意

な大きさになるのは水表面付近の部材のみで、その他の部材については F_{xp}^* の $1/3 \sim 1/4$ 程度の大きさになっていることなどが認められる。

4. モリソン波力式に基づく部材波力の算定：図-1は、一例として図中に示す $n=0.148$ の斜線を施した円柱についての F_{xp} 、 F_{zp} の実測波力の時間波形と上記解析法による算定波力のそれとの比較を示す。そして、図中には、上記解析法によるスリット開口部の水平流速 U_s とその加速度 $\dot{U}_s$ の算定結果も付記してある。 F_{xp} に着目すると、実測波力のピークが出現する前のこしかけ部の波力と算定波力のピークがほぼ同位相で、かつ $\dot{U}_s$ が極大を示す位相で出現することから、実測波力のこしかけ部の波力は流体加速度に起因する慣性力 F_E に相当するものと考えられる。また、実測波力のピークは、時間的に $\dot{U}_s$ のピークと U_s のそれとの間に出現しており、モリソン波力式を想定すると F_{xp} には抵抗力 F_D の効果が含まれていることがわかる。このように F_{xp} は、スリット開口部での水平流速、加速度を用いるならば、モリソン波力式により表現され得るものと言えよう。一方、 F_{zp} についても F_{xp} と同様の検討を行ってみたが、図-3中に一例を示すように実測波力と算定波力との周波数特性が一致しないなど、 F_{zp} にはモリソン波力式の適用が困難であることが確認された。図-4は、 F_{xp} の実測値より上述した方法に基づき求めた慣性係数 C_M 、抵抗力係数 C_D を示す。この場合、 $n=0.096$ についてのものである。なお、図中には上記解析法による C_M の算定値も付記してある。この図より、 C_M 、 C_D の実験値は、 h/L にかかわらず C_M が $0.3 \sim 0.4$ 、 C_D が $0.2 \sim 0.4$ の範囲にあり、両者とも z/h による変動は認め難い。また、 C_M の理論値は、 h/L にかかわらず 0.77 と一定値になっており、実験値のほぼ2倍程度の大きさになっているのがわかる。これに続き、上記 C_D の値の妥当性を抵抗力のなす仕事＝エネルギー逸散の関係が成立するかによって検討してみた。この一例を示すのが図-5であり、抵抗力のなす仕事より求めた波のエネルギー逸散率 E_L と波浪変形の実測結果より直接求めた E_L とが h/L の小さな長周期波側でよく一致していることが認められる。このように、スリット構造物の場合、波のエネルギー逸散は、作用する抵抗力に直接的に関係していることがよく理解されよう。

5. 結 語：(1) スリット型防護堤では、スリット開口部付近の渦形成等に起因する抵抗力が卓越するため、ポテンシャル理論による波力算定では不十分である。(2) 円柱部材に作用する水平波力は、ポテンシャル理論によるスリット開口部での水平流速を適用したモリソン波力式により合理的に算定できる。

参考文献：1) 浦島三郎、石塚耕一、近藤俊郎：“縦スリット壁に作用する波力に関する基礎的研究”，第30回海岸工学講演会論文集，pp337～341，1983。 2) 中村孝幸：“薄肉物体まわりの波浪境界値問題に関する解析法”，第30回海岸工学講演会論文集，pp410～414，1983。

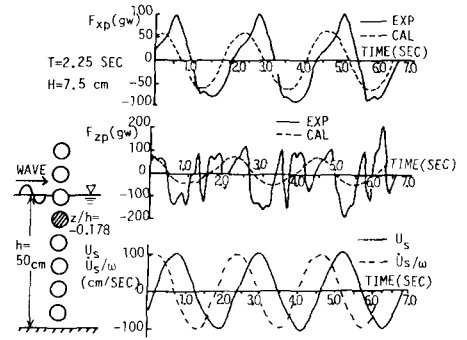


図-3 部材波力の出現位相関係 ($n=0.148$)

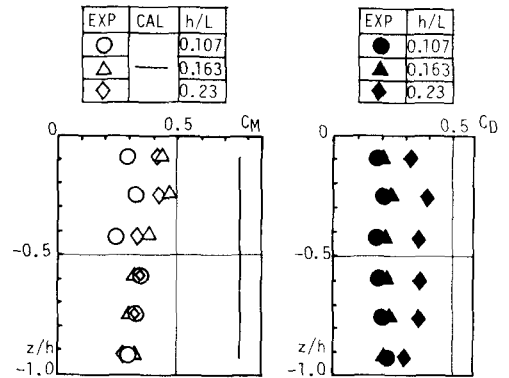


図-4 慣性係数 C_M と抵抗力係数 C_D の鉛直分布 ($n=0.096$)

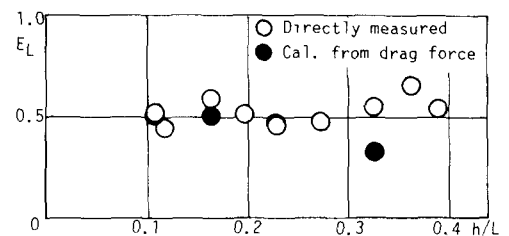


図-5 エネルギー逸散率の比較 ($n=0.096$)