

(株) 間組 技術研究所 正員 ○鈴木 達雄
ムサシ工業 (株) 船越 三郎

1. 手えがき

水中に完全に没した構造物に作用する波力を算定するために、従来より Morison 公式が一般的に使用されている。しかし人工魚礁のように複雑な形状の構造物については、Morison 公式中で使用する抗力係数 (C_D)、質量係数 (C_M) が十分に測定されていないのが実状である。また、これら両係数を設計基準、指針等に表示された単純な形状 (円柱、角柱、板、等) の部材の抗力係数、質量係数から推定するのは困難である。したがって、これらの値を求めるためには模型実験が必要である。しかし実験となると、最近でも特に円柱について波力の測定が行われているが、両係数を的確に把握するものは困難である。このような現状で、水中に没した複雑な形状の物体の両係数の的確に求められるとは言えないが、種々の形状の物体について波力の測定を行った。本文はその実験方法、実験結果を述べるとともに、若干の考察を加えたものである。

2. 実験方法

水中に完全に没した供試体に働く波力を測定するために図-1に示すような波力検出装置を考案した。

これは、造波水槽中央に固定した枠体から供試体を、プリテンションをかけたワイヤーによって水平、鉛直両方向で支持し、ワイヤーに作用する張力をプルベインゲリングにより検出し、同時に波高を容量式波高計で、また水粒子速度を超音波流速計により測定し、データレコーダに記録するとともに電磁オシロに出カさせた。

供試体としては、ポリコン魚礁¹⁾、キングリーフ (写真-1参照) の他、単純な形状の物体として、立方体、立方体の上面を取り除いた形状、上面および底面を取り除いた角筒形状のもの等の $1/25$ 、 $1/40$ フルード模型を製作した。

実験条件としては、波高を 5, 7, 10 cm の 3 種類、周期を 1, 2, 3 秒の 3 種類とし、これらを組合せて波力の測定を行った。また、供試体の存在によって与えられる水粒子速度を、各波高、周期において、水深別に測定し、微小振幅波理論による理論値との比較を行った。

3. 実験結果と考察

波高、周期、波力、水粒子速度の測定結果から、抗力係数、質量係数を求めた。

モリソン公式は式-1に示すように、水粒子速度の 2 乗に比例する抗力項と水粒子加速度に比例する質量

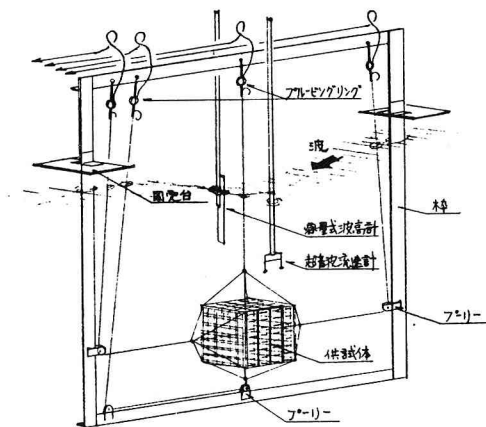


図-1 波力検出装置概略図

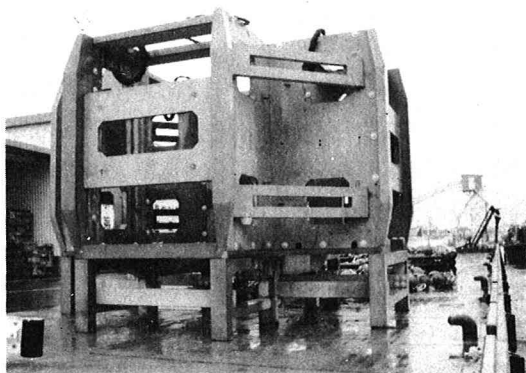


写真-1 キングリーフ (7m x 7m x 5m)

力項との和で表わされ、微小振幅波理論では、水粒子速度 u と加速度 $\frac{\partial u}{\partial t}$ は、表面波形 η とした場合、各々式2~4で表わされる。

$$F = F_0 + F_1 = \frac{\omega_0 C_0 A}{2g} \cdot u \cdot |u| + \frac{\omega_0 C_0 V}{g} \cdot \frac{\partial u}{\partial t} \dots\dots\dots \text{式-1}$$

$$\eta = \frac{H}{2} \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{L}x - \frac{2\pi}{T}t\right) \dots\dots\dots \text{式-2}$$

$$u = \frac{\pi H}{T} \cdot \frac{\cosh \frac{2\pi(z+h)}{L}}{\sinh \frac{2\pi h}{L}} \sin\left(\frac{2\pi}{L}x - \frac{2\pi}{T}t\right) \dots\dots\dots \text{式-3}$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} = -\frac{2\pi H}{T^2} \cdot \frac{\cosh \frac{2\pi(z+h)}{L}}{\sinh \frac{2\pi h}{L}} \cos\left(\frac{2\pi}{L}x - \frac{2\pi}{T}t\right) \dots\dots\dots \text{式-4}$$

F : 波力, F_0 : 抗力, F_1 : 質量力, C_0 : 抗力係数, C_m : 質量係数, A : 投影面積, V : 物体の体積, L : 波長, T : 周期, H : 波高, h : 水深, z : z 軸上の距離

上式のように水平水粒子速度と水粒子加速度は $\pi/2$ だけ位相がずれるのでモリソン公式において抗力項あるいは質量力項のいづれかが0になる位相における水平力を実験結果から読み取ることによって抗力係数、質量係数を算出することができる。

図-2に測定結果の一例を示す。

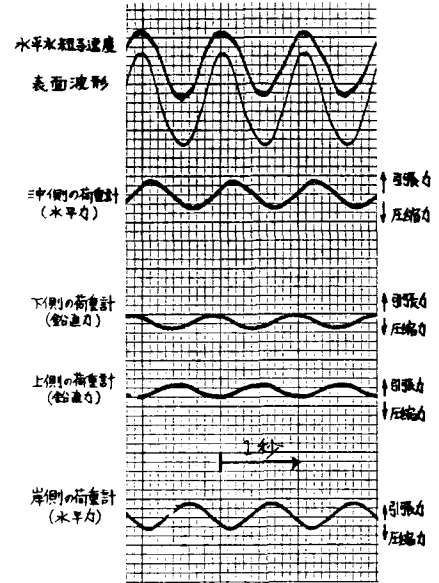


図-2 測定結果の一例 (Case M-58 $H=1/6 \sqrt{gT^3}$)

ポリコン魚礁を例に、同一形状の壁状構造物が数列ある場合の抗力係数、質量係数と列数の関係を求めた。抗力係数は、壁状構造物の一面の投影面積を A とした場合、図-3に示すように列数が増加することにより抗力係数が増加する傾向があり、定常流中で測定した抗力係数の約2倍になる場合がある。

質量係数は、供試体の実質の体積を V とした場合、図-4に示すように、列数が増加することにより質量係数が減少する傾向がある。

キングリーフの両係数では平均すると抗力係数で2.0、質量係数では部材の体積を合計した実質体積を V とした場合1.6という結果であった。

次に、単純な形状として、立方体、立方体の上面を取り除いたもの、立方体の上面、底面を取り除いたもの、正方形板の質量係数を算出すると、図-5のようになり、上面、底面の有無にはあまり影響を受けないということがわかった。この算出において、物体の体積 V は、実質の体積ではなく、立方体の体積を採った。また正方形板の体積としては、従来通り一辺の長さ a と直径とする円柱の体積とした。

本実験では、容量式波高計による表面波形と超音波流速計による水平水粒子速度の実測値の間に不規則的な位相差があることがわかった。原因としては超音波流速計の出力方法あるいは受感部の設置角度に問題があったこと等が挙げられる。この位相は両係数の算出に大きく影響するので、各検出器の位相合わせには十分な配慮が必要である。

本文では、波形と力の位相が正しいものとして算出したが、広範囲の追加実験によって更に的確な値を求める必要がある。

1) 兼越三郎、鈴木達雄：人工魚礁の抗力係数測定実験例、第35回年次学術講演会講演概要集第2部、土木学会、1980.10、pp.65,66

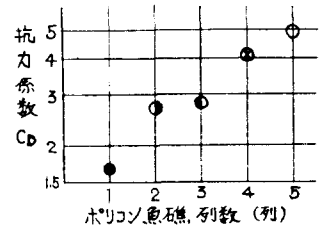


図-3 ポリコン魚礁の列数と抗力係数

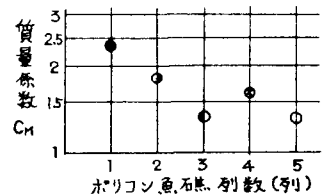


図-4 ポリコン魚礁の列数と質量係数

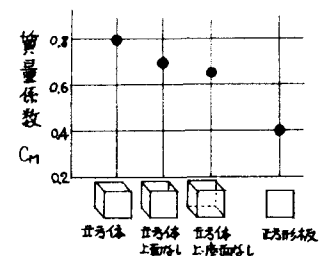


図-5 単純な形状の物体の質量係数