

## 生簀網に作用する波力の特性について

愛媛大学工学部

荒谷建設コンサルタント(株)

東海大学大学院

正 員 中村 孝幸

正 員 ○佐伯 信哉

飯野 誠

1. まえがき: 従来, 網地に作用する流体力は漁網の牽引力を知る目的などから主として定常流を対象に検討されてきている。大沢ら<sup>1)</sup>は, 定常流において流入角による平面網地に作用する流体力の変化などを実験的に検討している, しかしながら, 時間的にも空間的にも変動する波動場を対象にして網地に作用する流体力を検討した例はほとんどなく, 上述した定常流を対象とした研究成果が波動場中において適用され得るかどうかも知られていない。

そこで本研究では, 網地に作用する波力の特性を模型実験に基づき検討するとともに, 網地に特有な量である開口率に着目してオリフィス理論に基づく抗力係数の推定法について明らかにする。この際, 抗力係数の Reynolds 数による変動特性についても定常流中におけるそれらとの比較のうえで実験的に検討する。

2. 実験装置および実験方法: 実験に用いた水槽は, 高さ 1.25m, 幅 1m, 長さ 28m の 2 次元造波水槽であり, 水槽内にはその幅を 2 分するように隔壁板を設け一方の水路に後述する網地を設置した。そして他方の水路では同時に入射波の測定が行なえるように網地の真横に波高計を設置した。網地は, 図-1 に示すように鋼製棒に取り付けそれを波力計である中空正角柱により上部固定の片持梁形式で支持した。波力計は図中に示すように角柱にはりつけた 4 枚の半導体ひずみゲージより成り, モーメント法で水平力が測定できるようになっている。用いた網地の諸元を表-1 に示す。ここで  $n$ : 開口率(網地の射影面積/網地の全面積),  $D$ : 線材直径,  $P$ : 隣り合う線材の中心間距離である。

作用せしめた波条件は, 周期  $T=1.0\sim 2.6$ sec の範囲の 8 種類, 波高  $H=7.5, 15, 25$ cm の 3 種類(ただし, 砕波する場合は除く), 水深  $h=78, 68$ cm, きっ水  $d=50, 40$ cm の各々 2 種類とした。

3. 作用波力の特性: (1) 作用波力の時間波形: 図-2 に開口率  $n$  が最も小さい TYPE1 の網地に作用する水平波力  $F$  の時間波形の一例を示す, 図中には上述したもう一方の水路で測定した入射波の時間波形  $\eta$  についても併せ示してある。この図から水平波力  $F$  は, 入射波  $\eta$  と同位相関係にあることがわかる。本研究では, 網地に作用する波力の測定と同時に反射波および透過波の測定も行っているが, 本研究の範囲内ではほとんど反射波はなく, 入射波は完全透過に近い状況であったことが確認されている。そしてこのように完全透過に近い状況と  $F$  と  $\eta$  とが同位相関係にある事実を考え併せると水平波力  $F$  は, 水面変動と同位相関係にある水平流速に起因する抗力によるものと考えられる。すなわち, ポテンシャル的な流体力すなわち慣性力がほぼ無視できる条件下にあるものと言えよう。

(2) 抗力係数  $C_D$ : 上記(1)の検討に基づき網地に作用する波力は, モリソン式の抗力項のみで表現され, 慣性項が無視できるものとして式(1)により抗力係数  $C_D$  を算定した。

$$C_D = F / \left\{ \frac{1}{2} \rho (1-n) B \int_{-h}^h u(z) |u(z)| dz \right\} \quad (1)$$

ここに  $B$ : 網地部分の横幅,  $F$ : 網地に作用する実測波力,  $u(z)$ : 水深位置  $z$

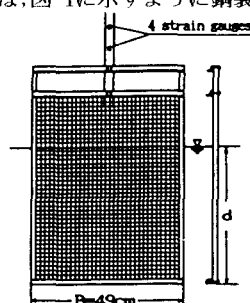


図-1 網地の設置状況

| TYPE | $n$  | $D$ (mm) | $P$ (mm) |
|------|------|----------|----------|
| 1    | 0.48 | 0.050    | 0.163    |
| 2    | 0.71 | 0.050    | 0.318    |
| 3    | 0.82 | 0.015    | 0.159    |
| 4    | 0.84 | 0.270    | 3.234    |
| 5    | 0.88 | 0.320    | 5.330    |
| 6    | 0.86 | 1.000    | 13.77    |

表-1 実験に用いた網地の諸元

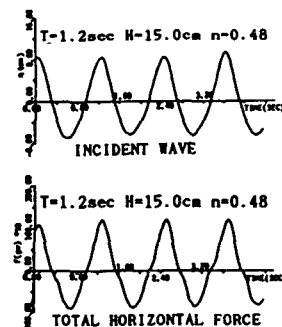


図-2 入射波と波力の時間波形

における水平流速を示す。なお、実測波力 $F$ としては、あらかじめ実測した鋼製枠のみに作用する波力を差し引いて得られる値を用いた。なお、水平流速 $u$ は、上述したことから進行波についての微小振幅波理論により与えられるものとした。

(3)オリフィス理論に基づく $C_D$ の推定:Meiら<sup>2)</sup>は、スリット型構造物による波変形を解析する際、運動量保存則を適用して得られるオリフィスによるエネルギー損失の理論を導入している。これによると構造物の前後面での圧力差 $\Delta P$ は式(2)で与えられる。

$$\Delta P = \frac{1}{2} \rho \left( \frac{1}{C_D} - 1 \right)^2 u_+ |u_+| + \rho \mathcal{L} \frac{\partial u_-}{\partial t} \quad (2)$$

ここに、 $C$ :流量係数、 $\mathcal{L}$ :見かけのオリフィス長さ、 $u_+$ :透過側における水平流速、 $\frac{\partial u_-}{\partial t}$ :透過側における水平加速度である。網地の場合慣性効果が無視できることから $\mathcal{L}=0$ とした式(2)より波力を求め、これと式(1)とを対応させると抗力係数 $C_D$ は式(3)のように導ける。

$$C_D = \left( \frac{1}{C} - 1 \right)^2 \quad (3)$$

ここでは $C$ として薄刃オリフィスに対する表示式( $C=0.6+0.4n^2$ )ならびに本実験との対応がよかった $C=0.5$ を採用して式(3)より $C_D$ を算定してみた。これら算定値と実測値との比較を示すのが図-3である。図中にはMilne<sup>3)</sup>による定常流中での結び目のある網地に対する抗力係数の実験式

$$C_D = 1 + 3.77(D/P) + 9.37(D/P)^2 \quad (4)$$

についても併せ示した。この図より式(3)による $C_D$ は、実測値や式(4)に見られる定常流中のそれが $(1-n)$ の値と共に増加するという定性的な変動傾向をよく説明している。しかしながら定量的には薄刃オリフィスによる $C$ を用いた $C_D$ は $(1-n)$ の値が小さな場合に不十分で、むしろ $C=0.5$ と一定とした場合の方が、本実測値や式(4)による $C_D$ に近いことが認められる。

(4)Reynolds数による $C_D$ の変動特性:開口率 $n$ がほぼ一定なTYPE3~TYPE6の網地の結果を用いて、 $C_D$ に及ぼすReynolds数の効果について検討してみた。その結果を示すのが、図-4である。図中には比較のために、中村<sup>4)</sup>による定常流中での網地による $C_D$ の実験式

$$\begin{aligned} C_D &= 10^{-3} \sqrt{Re} \quad (1 < Re < 10^3) \\ C_D &= 1.0 \quad (10^3 < Re < 10^5) \end{aligned} \quad (5)$$

も示してある。この図より本研究での実測値は、式(5)による定常流中のそれが $Re$ の値と共に減少するという定性的な変動傾向をよく説明しており、定量的にもほぼ一致していることから波動場中における $C_D$ も定常流中のそれによりほぼ予測できるものと思われる。

4. 結語:以上のことより、網地に作用する波力は、モリソン式の抗力項のみで表現されうる。また抗力係数はオリフィス理論に基づきほぼ予測でき、定常流中におけるそれとほぼ同様なものである。

((参考文献)) 1)大沢要一、森島西郎、田原陽三、"平面網地の流水抵抗に関する研究Ⅱ", 水工研報告, PP.289~296, 1985. 2)Mei, C.C.P., P.L.F. Lui and A.T. Ippen: Quadratic loss and scattering of long waves, Proc. ASCE, Vol.100, No. WW3, pp.217~239, 1974. 3)Milne, P.H.: Fish farming; a guide to the design and construction of net enclosures, Marine Res. No.1, Dept. of Agriculture and Fisheries for Scotland, 1970. 4)中村光, "沿岸漁場の開発と防災", 土木学会第10回水工学に関する夏期研修会議, B-5-1~B-5-28.

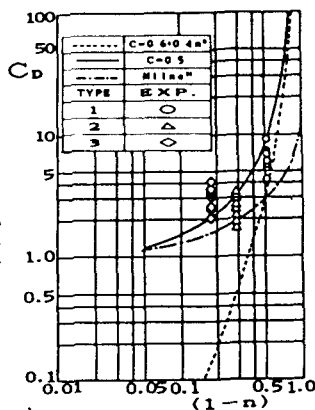


図3 オリフィス理論による $C_D$ の算定値

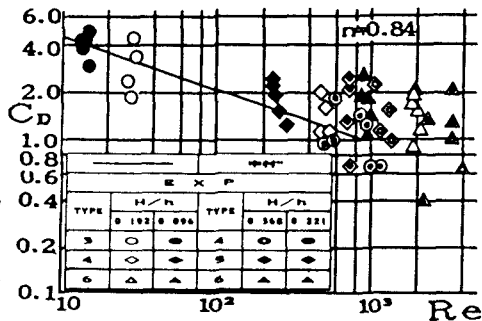


図4  $C_D$ に及ぼすReynolds数の変動特性