

津波来襲時の養殖筏に作用する流体力について

徳島大学工業短期大学校

正員 村上 仁士

同

と

正員 細井 由孝

驚 敷 町

〇 岡 雅 裕

1. まえがき： 栽培漁業の発展に伴い、水産養殖施設の災害に対する防衛法の確立が重大な課題となつてきている。本研究では、津波来襲時にみける養殖筏の流出条件を明らかにする第一段階として、筏の係留索に働く張力および筏に作用する抗力について若干の実験的考察が行われている。本研究で対象とする津波のマグニチュード m は、-1から3の範囲で、それぞれの m での最大流速が筏に作用し続けるという最も単純な場合を想定しているため、定常流に対する実験が行われている。

2. 津波のモデル化： 地震のマグニチュード M と津波のマグニチュード m との間に、 $m = 2.61M - 18.14$ (1) の関係があり、 m と津波の波高 H との関係は、 $\log_{10} H = 0.375m$ (2) で示され、地震の規模が与えられると津波の波高が推定できる。また、津波の流速を $C = \sqrt{gR}$ と表わすと、水平水粒子速度 u は、 $u = (HC/2\lambda) \cos(\beta x - \alpha t)$ (3) で与えられるので、各 m について最大流速が作用し続けるものとすれば、 $u = HC/2\lambda$ (4) となる。

3. 筏モデルおよび実験方法： フルード則に基づく、図-1のような発達スチロール型の筏モデルが使用された。筏の流水抵抗の効果を調べたため筏の前後に空隙率が0.78となるように7種類の矩形穴があけられている。ただし、側壁からの水の流入は無く、筏は中空である。係留索の長さ l は水深 h の1, 3倍および5倍とし、実験水深は通常の筏の設置水深を考慮して $h = 20$ cmとした。張力の測定には、水底より厚さ2mm、幅1.5cm、長さ7cmのアクリル板を45°に突出させ、その先端と索を直結して、アクリル板の歪より、索の張力を算出する方法がとられた。実験に用いた u と m の関係を示すと表-1のようになる。

表-1 津波のマグニチュードと実験流速との関係

津波の マグニチュード	実験 流速 (cm/sec)
-1, 0	0 ~ 3.50
1	7 ~ 10.5
2	14 ~ 21
3	24.5 ~ 35

4. 張力および抗力の解法：

鉛直、水平方向および図-2のP点でのモーメントの釣合から、次式が導かれる。[図-2 記号参照]

$$B - W - 2T_1 \sin \theta_1 - 2T_2 \sin \theta_2 = 0 \quad (5), \quad F + 2T_2 \cos \theta_2 - 2T_1 \cos \theta_1 = 0 \quad (6)$$

$$W(l \cos \theta_2 + x_1) - B(l \cos \theta_2 + x_1 + x) - Fy + 2T_1 \delta = 0 \quad (7)$$

これらの3式から、張力 T_1 , T_2 および抗力 F を θ_1 , θ_2 および θ_3 の関数で表わす次のようになる。 $T_1 = (F \sin \theta_2 + S \cos \theta_2) / \{2 \sin(\theta_1 + \theta_2)\}$ (8)

$$T_2 = (S \cos \theta_1 - F \sin \theta_1) / \{2 \sin(\theta_1 + \theta_2)\} \quad (9)$$

$$F = \{ -\eta \cdot \sin(\theta_1 + \theta_2) - S \cdot \cos \theta_2 \} / \{ r \sin \theta_2 - \delta \sin(\theta_1 + \theta_2) \} \quad (10)$$

に於て、 $S = B - W$, $r = h - d_1/2 - (L/2) \tan \theta_3$, $\delta = (l \cos \theta_1 + l \cos \theta_2 + L \cos \theta_3) \sin \theta_1$, $\eta = \alpha W - \beta B$ である。 $\alpha = 1$, $\beta = l \cos \theta_2 + x_1$, $x_1 = l/2 - (d/2) \tan \theta_3 \cos \theta_2$, $\alpha x = l^2/2d_1 - (d - d_1/2) \sin \theta_3$ で、 d は筏の高さ、 d_1 は吃水素、 L は筏の長さ、 θ_3 は筏の傾きである。

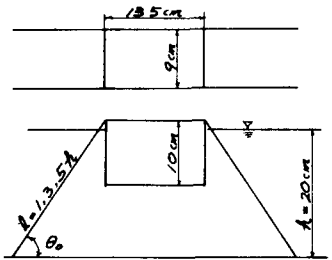


図-1 筏モデルと係留方法
[1/100 縮小]

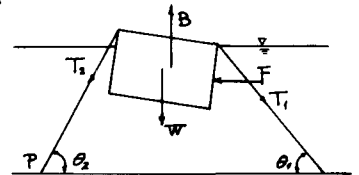


図-2 筏の釣合い

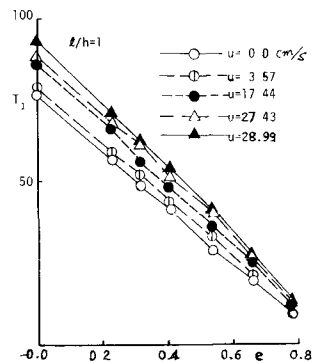


図-3 T_1 (計算値) と l/h の関係

もし、流れがなければ、索に働く張力 T_0 は $T_0 = (B - W) / 4 \sin \theta_0$ (11) となる。
ただし、 θ_0 は底面と索とのなす角度である。
以上のことから、 $\theta_1 \sim \theta_3$ を測定するだけで、張力および抗力は算定できる。

5. 実験結果および考察：図-3 は本実験で求めた $\theta_1 \sim \theta_3$ により、 $l/h=1$ の場合の各空隙率 ε に対する T_1 の値を計算したものの、図-4 は T_1 を直接測定したものである。図-5 には下流側の索に働く張力 T_2 の計算結果が示されている。これらの図から、流速の増大に伴い T_1 は増大し、 T_2 は逆に減少するが、空隙率が大きくなるほど流速の影響は小さくなる様相がわかる。図-6、図-7 に $l/h=3$ の場合の T_2 の値を示しているが、 l/h が大きくなるほど同様に空隙率をもつ場合の張力は増大するものの、上述の特性は支持されている。図-8、図-9 に $l/h=1$ の場合の抗力 F の変化特性を示しているが、流速の増大に伴い、張力はその変化が顕著でなくなるが、抗力はその変化が著しいとわかる。図-10 に $l/h=3$ の場合の抗力 (T_1 , T_2 の実験値より計算) を示した結果、空隙率の増大の影響が鮮明に表われている。なお、 $l/h=5$ の場合については講演時に報告するが、前述と同様の傾向が得られている。

6 あとがき：本実験で用いたモデルは、張力計測装置の都合上、浮力を適正にしていることと必ずしも現実の筏の運動を再現していない。

最後に、張力測定法について御教示いただいた京都大学玉井新一助教授に感謝の意を表す。

図-10 F (T_1, T_2 の実験値に基づく), $l/h=3$

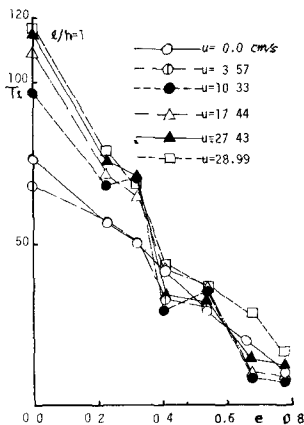


図-4 T_1 (実験値) と ε の関係

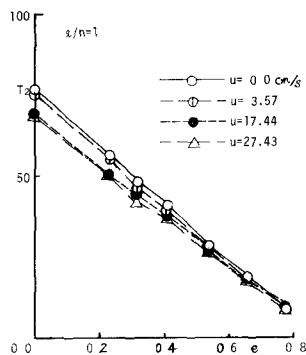


図-5 T_2 (計算値) と ε の関係

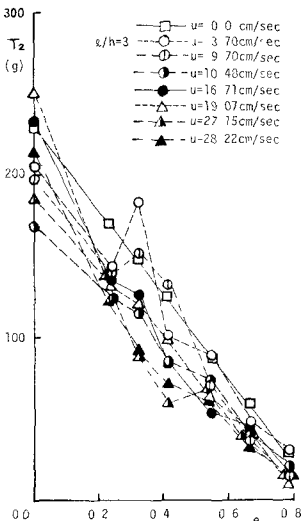


図-6 T_2 (計算値) $l/h=3$

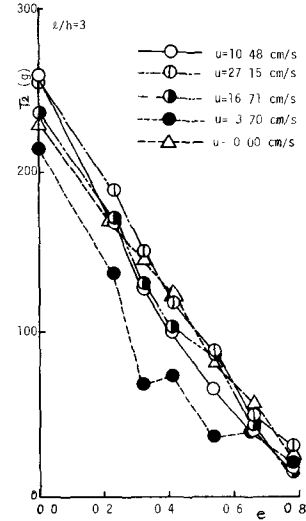


図-7 T_2 (実験値) $l/h=3$

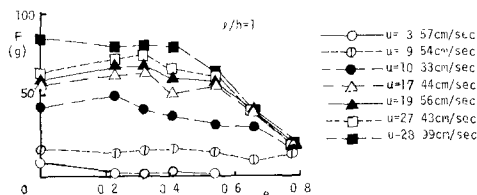


図-8 F (計算値), $l/h=1$

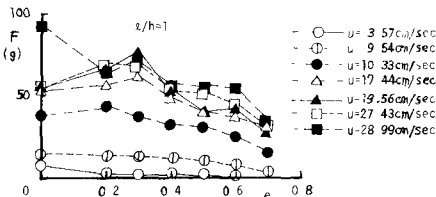


図-9 F (T_1, T_2 の実験値に基づく), $l/h=1$

本研究の一部は、文部省科学研究費(自然災害特別:代表者 岡村清司東京教授)によることを付記する。