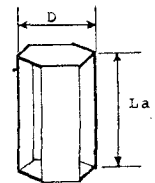


浮魚礁に関する研究

○ 鳥取大学 工学部 正員 松原隆平
鳥取大学 工学部 正員 野田英明
豊岡市役所 正員 岡田光美

1. まえがき

浮魚礁は、沖合い海域中層に集魚装置を潜水係留し、回遊性高級魚類を謂集・滞留させることにより、生産性の向上を図ろうとするものである。したがって、浮魚礁施設の設計で最も問題となるのは、波力等の外力によって係留索に発生する張力をもいかに見つめるかといふ動力学的問題と、集魚効果を高める浮体構造とはいかになるものかといふ機能設計の問題であろう。著者らは従来から、比較的形狀の簡単な円柱浮体を使用し、その内部に流体の出入りを許さない条件の下で、上述の問題を検討してきた。しかし、実際の浮魚礁に見られるような通水性が良く、任意の断面形状を有する浮体に、これら理想化したモデルから得られた知見をそのまま適用しうかがい得るか否かは問題とされることである。そこで本研究では、浮体の通水性と集魚効果を考慮して、図-1に示すような中空角柱魚礁モデルを想定し、種々の設置水深ならびに波の条件から得られる浮体の最大変位量ならびに最大索張力について、それらの支配的要因を明らかにするとともに、さらに従来明らかにされていなかった浮魚礁周辺の流体運動と、それにより励起される浮体の運動との関係を明らかにするための魚礁周辺の流況を可視化した。



2. 浮体の最大変位量と最大索張力の支配的要因

次元解析ならびに従来の研究成果を参照すると、波の作用による浮体の最大変位量 φ_m ならびに最大索張力 T_e はそれぞれ

$$\varphi_m, T_e = f_1((\rho - \rho_0)gV_0, La, D, T, H, h, l) \quad \dots (1)$$

で表わされる。ここに、 ρ , ρ_0 : 水ならびに浮体の密度、 g : 重力加速度、 V_0 : 浮体容積、 T , H , h はそれぞれ波の周期、波高、水深、 l : 係留索張力である。式(1)を変形し、さらに浮体重心位置での水平方向水粒子速度の最大値 u_m を導入すると、 φ_m , T_e はそれぞれ

$$\varphi_m = f_2(u_m T/D, D/La) \quad \dots (2)$$

$$T_e/(\rho - \rho_0)gV_0 \cdot (sgD/u_m^2) = f_3(u_m T/D, D/La) \quad \dots (3)$$

となり、いずれも $u_m T/D$, D/La の関数として表わされることとわかる。ここに、 $s = (\rho - \rho_0)$ である。

実験は長さ 24m、幅 0.6m、深さ 1.1m の鋼製 2 次元波動水槽を用いた。表-1 は、実験に用いた 3 種類の魚礁モデルの特性を示したものである。これらの浮体について、それぞれ設置水深を上、中、および下層の 3 点としておのおのについて 9 ケースの波を作用させ 81 ケースの実験を行なった。係留索張力は、水槽底部に張力計を設置して測定し、同時に容量式波高計を同一地点に設置し、水面波形の測定結果とともにデータレコーダーに収録した。浮体変位および表面波形は、水槽外部よりガラス壁を通してビデオフィルムに収録し解析した。なお、実験波は、水深を 55.0 cm と一定にし、入射波高 $H_i = 1.1 \text{ cm} \sim 10.1 \text{ cm}$ 、波の周期 $T = 1.00 \sim 3.00 \text{ sec}$ の範囲に設定した。

3. 実験結果の検討

図-2 は、これらの実験から得られた結果の 1 例であって、A 浮体 ($D=3 \text{ cm}$, $La=22 \text{ cm}$) の最大変位量 φ_m と $u_m T/D$ の関係を示したものである。ここに $l = l + La/2$ である。この図より実験結果にややばらつきが見られるものの、 $\varphi_m \cdot l/La$ と $u_m T/D$ との間に一定の関係が存在することとわかる。特に、 $u_m T/D$ の値が

図-1 中空角柱魚礁

表-1 浮体特性

浮体	A	B	C
D (cm)	3	5	8
La (cm)	22	20	15
V_0 (cm ³)	110	135	165
$\rho_0 (10^{-4} \text{ gf} \cdot \text{s}^2/\text{cm}^4)$	4.68	6.37	7.17

10よりも大きい領域では、 $q_m(\text{g/g})$ の値は一一定となる傾向を示しており、浮体変位に上限値が存在することがわかる。また同様の傾向は、浮体特性の異なる浮体B, Cの場合にも認められ、さらに従来の円柱浮体の実験結果についても同一の傾向が存在することがわかった。図-3は、浮体Aの最大係留索張力の測定結果と $U_m T/D$ との関係を示したものである。これより無次元最大係留索張力は、 $U_m T/D$ の値が大きい領域ではほぼばらつきが与えられるものの $U_m T/D$ の値の増加とともに直線的に減少していることがわかる。 D/La の異なる他の2浮体ならびに円柱浮体の実験から同様の結果を得ており、浮体形状、設置水深の変化に関わらず、この関係が成り立つことがわかる。

4. 魚礁周辺の流況の可視化

図-4は、 $T=3.0\text{ sec}$ 、 $H=9.5\text{ cm}$ の波の条件においてビデオ解析装置を用いて読み取った表面波形と浮体変位量 q_i の時間的変化を波の1周期にわたって示したものである。図中の番号は、波の1周期180コマの撮影結果から約22コマ間隔に写し取られた結果を波の位相と関係づけるために示したものである。図中の斜線部は染料を示し、破線は中立時すなわち $q=0$ の時の浮体位置を示したものである。また矢印は染料の移動方向、模型浮体はC浮体である。さて図-5より、 $i=1$ は水平方向水粒子速度が沖向きから岸向きに変わる直前の位相であり、このとき浮体は沖方向に最も傾いている。ノズルより染料を噴出すると染料はわずかに沈降しながら浮体内部に拡散する。 $i=2\sim3$ で岸向き水粒子速度が徐々に増加するにつれて浮体内部の染料雲は浮体側壁に沿って鉛直方向に拡がる。 $i=4$ で、浮体変位は岸向きに最大となるが、水粒子の移動方向は沖向きであるから、浮体内部の染料雲が一時に浮体外部へと放出される。このとき浮体側壁背部に渦が発生し、染料雲の一部が浮体側壁背部にまわりこみような流れが認められた。 $i=5$ で水粒子の移動方向が岸向きから沖向きへ変化すると浮体外部の染料雲の一部が浮体内部へ再び流入する。 $i=6\sim7$ で水粒子速度が沖向きに増大すると浮体はその背部に染料雲を形成しつつ沖向きに運動する。また $i=4$ から $i=8$ の間に浮体の中心軸周りの回転運動が見られた。本研究における浮体回転角、係留索張力の測定結果は、従来の円柱浮体のそれと大きく異なり波の1周期においてかなりのばらつきが見られたが、これは上述の魚礁周辺の流況運動の乱れが強く影響しているものと思われる。また、ここで観察された浮体周辺の流況は、集魚効果とも深く関係すると考えられ興味深い。しかしながら、このような問題はさらに流況の可視化法を改良し、数多くの実験結果とも

とに検討する必要がある。

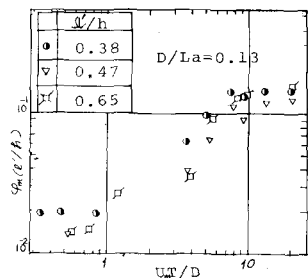


図-2 浮体の最大変位量 q_m と $U_m T/D$ の関係

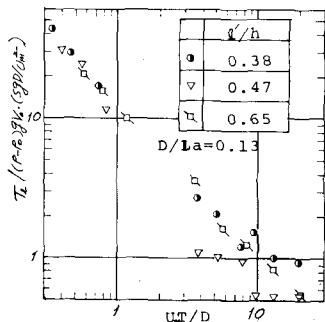


図-3 無次元最大係留索張力と $U_m T/D$ の関係

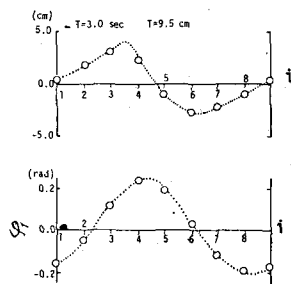


図-4 表面波形状と浮体変位量の時間的変化

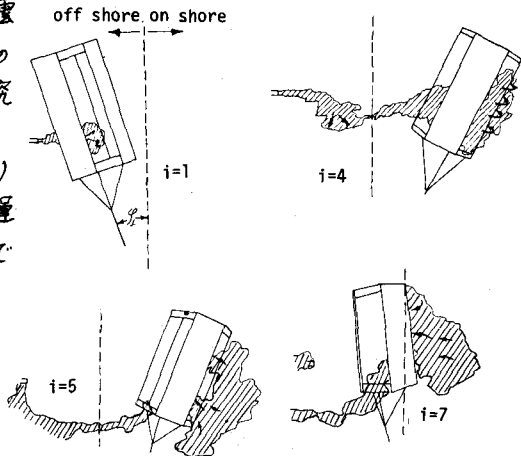


図-5 魚礁周辺の流況