

魚礁周辺の局所洗掘にともなう坑下について

大阪大学工学部 正員 榎木 亨

大阪大学工学部 正員 出口 一郎

1 予えき：経済効率のよい魚場を育成するためには集魚効果の高い人工魚礁の形状、配置、設置位置等を明らかにしなければならない。しかし、何故魚礁に集魚効果があるのかということに関しては明確な答えは得られておらず、したがって経験的に定められたいくつかの原則に基づいて魚礁の形状が決定され、設置されているのが現状である。しかし一度設置された魚礁が坑下、埋没するような場合は集魚効果は当然低下する。そこで本研究は砂層上に魚礁が設置された場合、魚礁がどの程度坑下するかということを移動床実験で明らかにしようとしたものである。

2 実験装置及び実験方法：魚礁坑下をもたらし魚礁周辺の局所洗掘を引き起こす外力としては波浪及び潮流が考えられる。しかし後述するように本実験で用いた振動流発生装置の造波能力が、周期 T が1.6~5.0sec、水槽断面中央で測定した最大流速 U が4~74cm/secであることから潮流のような長周期の波は再現できないため、主として波浪によって生ずる魚礁の坑下を対象としてとりあげることにする。魚礁モデルとしてはモルタル製立方体の単体モデルを用いた。ここで魚礁の坑下量に関係する水理量について考えてみる。 d_{50} , ρ_s' を底質の中央粒径及び水中比重、 ν を水の動粘性係数、 g を重力加速度、 D を魚礁の長さとする、次元解析より底質の動き易さを表わす量として $U^2/gd_{50}\rho_s'$ 、魚礁周辺の流れのパターンを決定する量として UD/ν 及び UT/D 、さらに魚礁の空隙率があげられる。そこで本実験では魚礁の坑下量に反ぼすこれらの量の影響を明らかにするために $UD/\nu=6.15 \times 10^4 \sim 22.0 \times 10^4$ 、 $UT/D=6.8 \sim 36.4$ の範囲にある9種類の流れに対して $d_{50}=0.2\text{mm}$ 、 $\rho_s'=1.65$ の川砂を移動床として用いて、上述の立方体及びこの立方体に直径 $D/2$ の孔をあけた有孔魚礁モデルを含めた12ケースの実験を行なった。なおこの実験条件に対して $U^2/gd_{50}\rho_s'$ は2.6~5.3の値を示している。

実験に使用した振動流発生装置及び計測器の配置を図-1に示す。流速は図-1に示す水槽断面ほぼ中央でプロペラ式流速計で、魚礁の坑下量及び魚礁周辺の地形変化は砂面測定器を用いて測定した。

3 実験結果：

a) 最大坑下量について：図-2に以上の実験で得られた造波数 $\tau/T=3000$ 以内で生じた最大無次元坑下量と $U^2/gd_{50}\rho_s'$ の関係を UD/ν 及び UT/D をパラメータに示す。ただし $UT/D=6.8$ 、 $UD/\nu=6.15 \times 10^4$ の場合は後述するように水平移動距離が大きすぎて、 $\tau/T=400$ 以上の坑下量の測定が不可

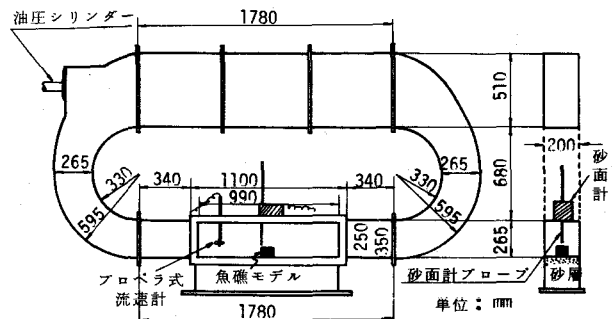


図-1 実験装置

能となったため $\omega/T=400$ における値を示してある。この図より明らかなように $\Delta h/D$ と $U^2/\sqrt{g d_{50} \sigma_r}$ の間には明瞭な関係は見い出すことはできず、 $\Delta h/D$ は UT/D で決定されているようにみうけられる。そこで $\Delta h/D$ と UT/D の関係を示したのが図-3 である。なお、図-3 には魚礁の沈下には及ぼす透過性の効果を見るために行なった有効魚礁モデルの実験結果も示してある。この図より明らかなように $UT/D < 18.2$ の範囲では有孔・無孔魚礁とも UT/D の増加にともない $\Delta h/D$ も増加しているが、有孔魚礁の沈下量は無孔魚礁の沈下量の 60% 程度に減少している。一方 $18.2 < UT/D \leq 36.4$ の範囲においては無孔魚礁の $\Delta h/D$ は UT/D が増加してもほぼ一定の値を示しているのに対し、有孔魚礁の $\Delta h/D$ は UT/D の増加にともなって漸増し、 $UT/D=36.4$ になると有孔・無孔の差異が殆んどなくなってしまう、長周期の波に對しては、特にこの洗掘現象は注意されなければならないことを示している。

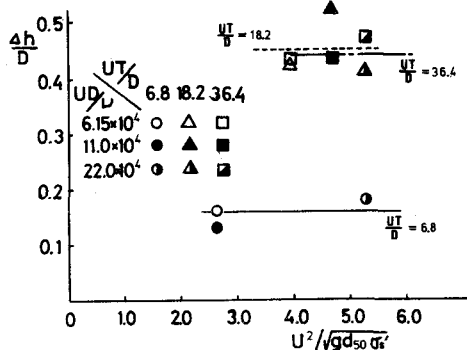


図-2 $\Delta h/D$ と $U^2/\sqrt{g d_{50} \sigma_r}$ の関係

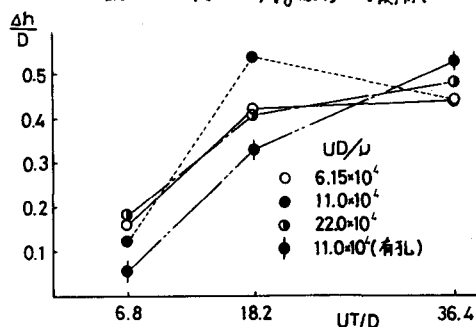


図-3 $\Delta h/D$ と UT/D の関係

b) 魚礁の沈下及び水平移動機構：上述の魚礁の沈下は必ず水平移動をともなう。しかしモリソン式によって魚礁に作用する流体力を計算した場合 ($C_D=1.7$, $C_M=2.0$) その最大値をとっても魚礁の水平移動に対する抵抗力よりも十分に小さい。このことから魚礁の水平移動は流体力のみによって生ずるのではなく魚礁周辺の底質移動にともなう洗掘孔の形成と魚礁自体の動きを有機的に結びつけて考えなければならない。実験を観察して明らかなになった魚礁の移動機構の一つのパターンとして図-4 に示すようなものがある。すなわち図-4(a) に時間変化を示すように今回の実験に用いた振動流発生装置は非対称であり $U_1 \approx \frac{3}{2}U_2$ である。まず $0 < t < t_1$ の流速の大きい方の流れの位相で魚礁は流れの方向に矢線で示す移動を生じ、流れの上流側の魚礁底部の底質が下流に大量に輸送され洗掘孔が生ずる(図-4(b))。流れの位相が逆転すると流体力によって魚礁は先に生じた洗掘孔にすべり落ち、若干の洗掘孔の埋め戻しが生ずる(図-4(c))。魚礁は波の一周期の間に上述のような運動をくり返しながらより流速の大きな方向へと移動しそれによって沈下量も増加していく。しかし今回行なった実験からは魚礁の沈下量と水平移動距離の間には明確な関係は見い出せなかった。単体魚礁の沈下量あるいは水平移動量を正確に推定するにはさらに数多くの実験が必要となろう。

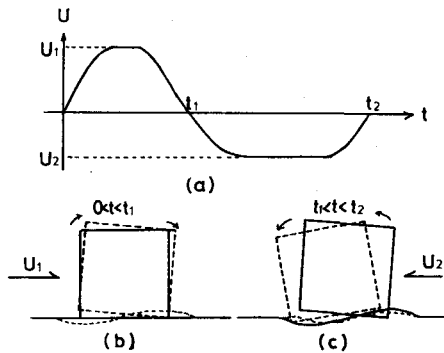


図-4 魚礁のロッピング