

吊り下げられた大型ブロックの波による運動特性

熊本大学工学部 学生員 田中 大臣
正会員 田 判 幹修
正会員 滝川 清

1. まえがき

防波堤や消波ブロックの施工に際してクレーンで吊り下げて大型ブロックを設置する工法がとられることも多い。しかし、施工中の水中にあるブロックの波による運動特性についてはよく調べられてはいないようである。

本研究ではこのようなブロックのモデルとして図1に示すような上方にヒンジを持つバネによって吊り下げられた矩形断面物体を考え、これの波による運動特性を解析したものである。作用する波は微小振幅波とし、解析にはポテンシャル法¹⁾と有限要素法²⁾の両者を用いた。

2. 解析方法

解析方法は上述の方法によるが、本研究では牽下された物体の運動を取り扱うので、自由浮体や係留された浮体などの運動とは少し異なってくる。牽下された物体が外力によって変位する時、物体には重力による復元力が生じる。その結果、水平方向の運動方程式が以下のように示される。

$$M(d^2\xi/dt^2) = \int_S p_n dS - F_H - (\xi/l_s)Mg$$

ここで、 M は物体の質量であり、 ξ は物体の重心の静止位置からの水平変位(ち、 ω は物体の重心の静止位置からの鉛直及び回転の各変位)
 p_n は物体に作用する流体圧の水平方向成分、 S は物体の没水面、 F_H はバネによる水平運動の抗力、 l_s は上方のヒンジから物体重心迄の距離として、 g は重力の加速度である。上式の右辺第3項が、吊り下げられた物体運動特有の項として付加されたものである。

解析方法の詳細については参考文献1,2)を参照されたい。

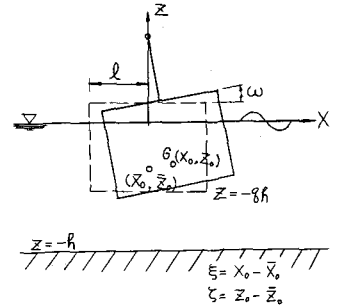


図1 牽下された矩形断面物体

3. 結果

図2は自由浮体と牽下された物体との水平運動 $| \xi / a |$ (ここで、 a は入射波の振幅) (swaying motion) と回転運動 $| \omega l / a |$ (rolling motion) とを比較したものである。図中の ρ は物体固有定数、 ρ' , ρ は各々物体と水の密度である。自由浮体では swaying の振幅は周波数 $\sqrt{\sigma^2 h / g}$ (ここで、 σ は入射波の角周波数) が大きくなると減少し、特定の周波数で0点を持ち再び漸増するが、低周波側では無限大になる。又、rolling は1つのピークを持つ。一方、牽下された物体の swaying は周波数が小さくなくても無限大にはならず、低周波側でピークを示すことが自由浮体と大きく異なる。これは物体の重力による復元力の効果によるものである。rolling は swaying との連成効果により $\sqrt{\sigma^2 h / g} = 0.4$ で1つのピークを持ち更に、高周波側においては自由浮体のピークにはほぼ重なるピークを持つ。

図3は $g = 0.5$ の時の l_s / h による swaying の変化を示したものである。図中の $K / \rho g l$ はバネ定数である。swaying は l_s / h が大きい程、低周波側にピークを持ち、又その値も高くなっている。これは l_s / h によるこの物体の振子運動の固有周期による影響である。この例の場合、swaying は $\sqrt{\sigma^2 h / g} \approx 0.77$ と 0.84 で

2つのピークを示している。この現象は l/h には依存せず吃水深によっており、例えばこの傾向は $\delta = 0.75$ においては $\sqrt{\sigma^2 h / g} = 1.0 \sim 1.2$ で生じているが $\delta = 0.5$ のような2つのピークは見られない。更に、 $\delta = 0.25$ ではこの傾向は見られず唯一のピークを示し、曲線も滑らかになっている。このようなわずかな周期や吃水の変化によつて運動特性が急変するということは注目に値する。

図4は物体の比重 ρ/ρ による鉛直運動 $|z/a|$ (heaving motion) の変化を表わしている。何れも1つのピークを有し、形状も似ているが比重が小さくなる程高周波側にピークが移っている。

物体の幅(2 l)の h に対する比率 l/h が大きくなると物体の運動も小さくなるが、これは係留された浮体や自由浮体と同じ傾向であつて落下された物体としての特別な傾向ではない。

4. あとがき

以上、現時点での結果をまとめたが、なほ多くのケースの計算と検討を加える必要があり、現在継続中である。又、断面形状の異なる物体の運動特性についても解析を行ない、その特性について検討を行なっており、これらの結果は別の機会に発表する予定である。

参考文献 1) 井島・田淵・湯村：有限水深の波による矩形断面物体の運動と波の変形，土木学会論文報告集(1972)

2) 滝川・田淵：有限要素法による波動解析について—運動する境界面を有する場合，第27回海岸工学講演会論文集(1980)。

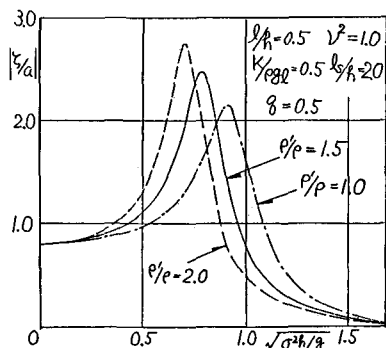


図4 鉛直運動

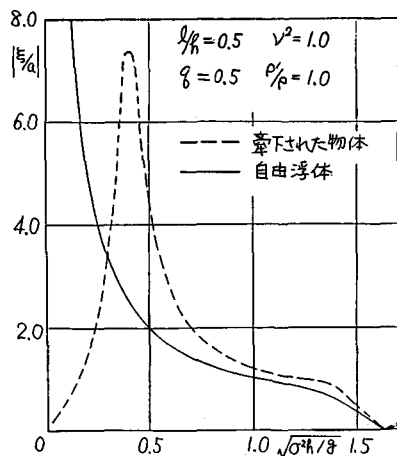


図2(a) 水平運動

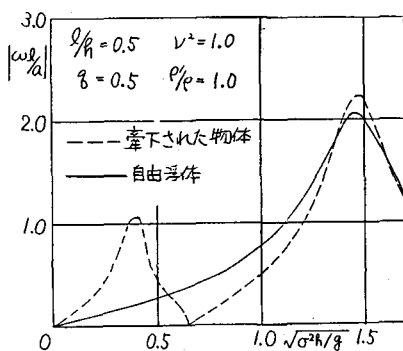


図2(b) 回転運動

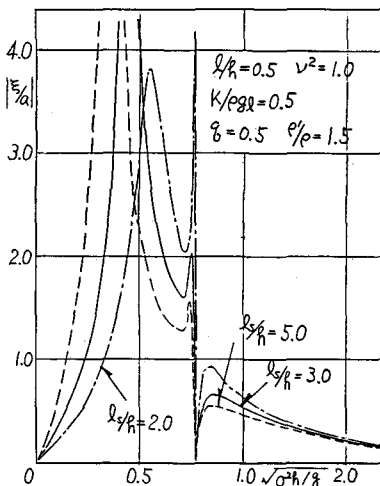


図3 水平運動