

斜面上の球体に作用する波力

宮崎大学工学部 学生員 塩屋 勝久

正 員 河野 二夫

正 員 高野 重利

1. まえがき

捨石防波堤などの安定重量を算定するための研究は、古くから多くの研究がなされている。たとえば、Iribarrenは斜面上の一個の石塊の重量に対し底面の摩擦抵抗力を考え、他方波力に対しては質量力の項を無視した抗力だけが作用すると考えた。(1938) Hudsonは捨石の相互の間隙に作用する波による負圧が揚力として作用すると仮定して Iribarrenの公式を修正した。(1952) その後、Roald Sveeも斜面に直角方向の揚力の作用に注目した考え方を提案している。(1962) 以上のほかに、実験的研究としては、波の作用による捨石の移動形式(揺動、転動、転落など)によって捨石の安定条件を定義した研究(例えば、井島らや樺木ら及び鴻上ら)がなされている。以上のような研究によると捨石防波堤などの安定設計上最も基本になるものは、斜面上の捨石に作用する波力の特性を明らかにする必要性である。そこで本論文は、捨石として理論的にも比較的取扱い易い球形物体をモデルとして、これを一樣斜面上に固定した場合の球体に作用する波力について実験的に検討したものである。

2. 実験装置と実験方法

実験に用いた水槽は、長さ15m、幅0.6m、高さ1mの鋼製水路で、その片面はガラス張りになっている。水路の末端に図-1に示すような傾斜角 θ の板を固定し、板上にプラスチック製の球体を焼青銅板によって取り付けた。図中の①と③は直方向力(斜面方向)を計測し、図-2に示す②と④は揚力(斜面上に直角上向き)を計測するのに使用した。またこれらのテスト球体の周辺には同一の球体を等間隔に固定し、テスト球体に作用する球体の遮へい効果を調べることにした。図-3はテスト球体に作用する流体力を歪ゲージの手法により計測する装置を示してある。直方向力は一本の焼青銅板を用いて直接計測したが、揚力は斜面に平行方向の焼青銅板に垂直方向の他の焼青銅板を固定し、その垂直方向の焼青銅板に球体を固定してある。表-1に実験の諸元を示した。図-2に示す球体

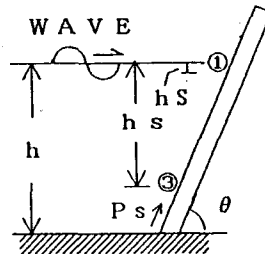


図-1 断面図

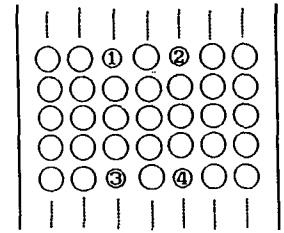
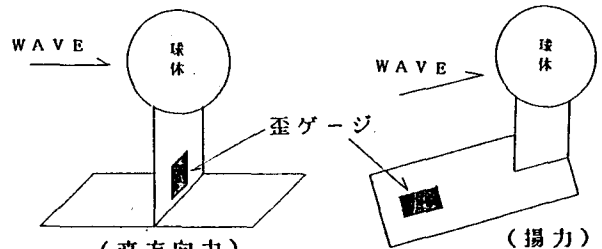


図-2 正面図



(直方向力) (揚力)
図-3 テスト球体

表-1 実験諸元

周期 T (s)	水 深		$\frac{h_s}{h}$	傾斜角 $\theta (^{\circ})$	球 径 D (cm)
	h (cm)	h_s (cm)			
1.0		1.0			
1.1	37.0	と	0.02	37	3.75
1.2	と	15.5	と	と	
1.4	42.9	と	0.418	45	
1.8		17.9			

群の配置間隔は4cmで斜面方向に14個、水平方向に7個を固定した。実験では作用波に対し、まず複数個(98個)を配置した場合のテスト球体に作用する流体力を計測し、つぎにテスト球体(4個)だけに作用する流体力を計測した。波高計は球体③と④の中央上と沖側に移動式のものを設置し、移動式の波高計は healy の方法で入射波高と反射波高を見積るのに使用した。

3. 実験結果と考察

昨年も同様の研究結果を発表したが、内容は直方向力に対し1個の球体と複数個の球体に作用する波力の比率についてであった。本論文では直方向力を質量力と抗力に分離した場合の特性、直方向力と揚力の比率およびUp-rushとDown-rushによる流体力の比率についての実験結果を報告する。

(3-1) 質量力と抗力の比較

図-1に示す球体に作用する直方向力(P_s)は質量力と抗力の和で定義されるがその比率(F_0)は次式で示せる。

$$F_0 = \frac{\text{抗力}}{\text{質量力}} = C_D \frac{(KC)s}{\pi} \quad (1)$$

上式で C_D は抗力係数、 $(KC)s$ は斜面上の球体の設置位置でのKC数である。図中の実線は C_D を仮定して式(1)で計算した値で質量係数は1とおいた。図によると抗力と質量力の比率は球の配置個数や $(KC)s$ の値によって差異は認められない。

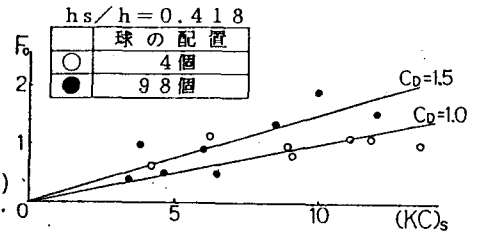


図-4 抗力と質量力の比率

(3-2) Up-rushとDown-rushによる流体力

斜面上のUp-rushによる波力 $P_s(+)$ とDown-rushによる波力 $P_s(-)$ の比率を図5に示した。横軸はsurf similarity parameter であり $\xi = \tan \theta / \sqrt{\delta l}$ であり、 θ は斜面の角度、 δl は沖側の波形勾配である。図によると、斜面上の球体に作用する波力の下向きと上向きの比率は ξ が7付近より小さければ1より小さく、7付近より増加すると下向きの流体力が大きくなる傾向を示している。また球の配置個数による差異はない。

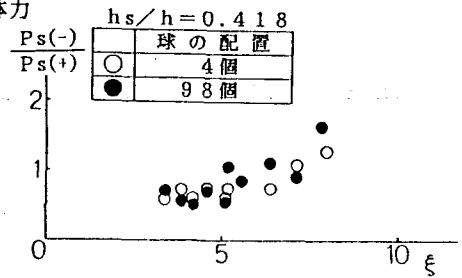


図-5 $P_s(+)$ と $P_s(-)$ の比率

(3-3) 直方向力(P_s)と揚力(P_y)の比率

図-6と図-7には斜面に平行な直方向力(P_s)と斜面に直角上向きの揚力(P_y)の比率を示してある。

配置した球の個数はいずれも98個であり、傾斜角度を変化させた場合の比較をしてある。図の横軸はテスト球体の設置した位置での水深 h_s と h_s に対する波数 ks の比(浅水度)を示してある。図によると揚力と直方向力の割合は斜面の位置での浅水度 $(kh)s$ には余り関係しないが、斜面の角度(θ)や設置した球の場所(水深)及び球体群の個数によって大きく変化する。

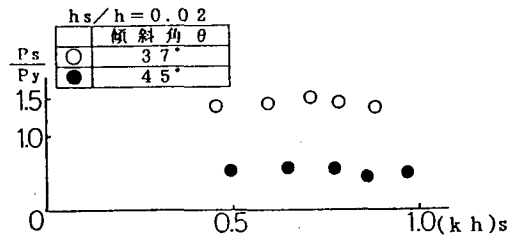


図-6 P_s と P_y の比率 ($h_s/h = 0.02$)

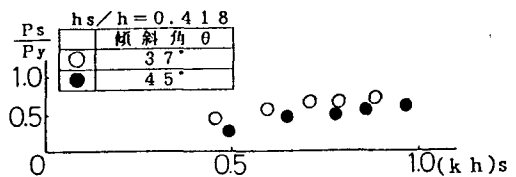


図-7 P_s と P_y の比率 ($h_s/h = 0.418$)

4. 結論

捨石防波堤の捨石に作用する波力の特性を検討する目的で球体モデルによる波力の実験結果を示した。主な結論については講演時に述べる。