

球体構造物に作用する波力の実験

宮崎大学工学部 学 生 員 林田 広徳

正 員 河野 二夫

正 員 高野 重利

1, まえがき

傾斜堤における捨石の安定重量を算定するのに Iribarren や Hudson の公式が用いられている。これらの公式は捨石に作用する波力として抗力だけを考え加速度項は無視し、これらから捨石の抵抗力即ち水中重量の斜面方向の成分から逆向きに作用する斜面とのマサツカを引いたものに等しいとしている。他方、捨石群に関しては揚圧力を考慮して同様の算定式を導いている。いずれにしても多くの仮定がなされているため、本論文では単純なモデルとして球体を使用し、球体に作用する流体力が球体群によってどのような効果を受けるかを調べることによって将来捨石の安定重量を算定するのにさらに合理的な考え方はないものかと考えて基礎的な実験をおこなった。すなわち球体群の中におかれた1個の球体に作用する流体力に対する遮へい効果を質量係数と抗力係数によって調べることにした。

2, 実験装置と実験方法

図-1に示すように、斜面及び水平面上に隣青銅板によって固定された倒立のプラスチック球をおき、そのテスト球体の周辺に同様の球体群を配置し、テスト球体に作用する波力を計測した。実験に用いた造波水槽は、幅0.6m、高さ1.0m、長さ15mの鋼制水路で水路の片面はガラス張りになっている。図-2のように球の中央部に幅1.5cm、厚さ1.0mm、長さ5.9cmの隣青銅板を取りつけ2枚重ねた厚さ10mmのタキロン板に固定した。また銅板には歪ゲージを取り付け波力を求めた。実験は水深を一定(34cm)にしておき球を斜面上(勾配60°)に設置した場合と、水平に設置した場合の2種類に設置した。また水入り球と砂入り球の2種類を用意し、図-3のように板全面に球を設置した場合(60個)、対称的に設置した場合(30個)、1個だけ設置した場合のそれぞれについて実験を行い波力のちがいを調べたものである。波高計はテスト球体の中心の上部と沖側に移動式のものを設置し移動式の波高は healy の方法で入射波高と反射波高を見積るのに使用した。表-1に実験波の諸元を示してある。

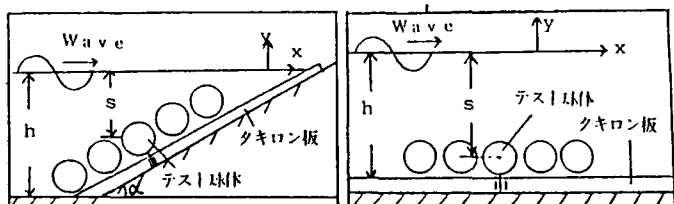


図1-1 斜面上のテスト球体

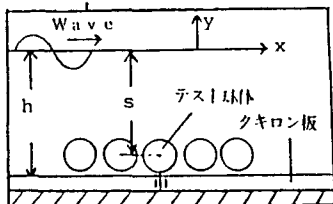


図1-2 水平面上のテスト球体

表-1
実験の諸元

波高 H (m)	球径 d (cm)	水深 h (cm)	α (°)	傾斜角 α (°)	波周期 T (sec)	波速 C (m/sec)	波高比 H/d	水深比 h/d
1	1.75	34	5.5221	0.60	0.8	0.077	0.071	1.30 (4)
2	5	5	5	5	1.0	0.051	0.067	5
3	5	5	5	5	1.2	0.042	0.042	5
4	5	5	5	5	1.5	0.022	0.025	5
5	5	5	5	5	1.8	0.015	0.025	5
6	5	5	5	5	2.2	0.009	0.010	5
7	5	5	5	5	2.6	0.006	0.015	5
8	5	5	5	5	3.0	0.003	0.001	5

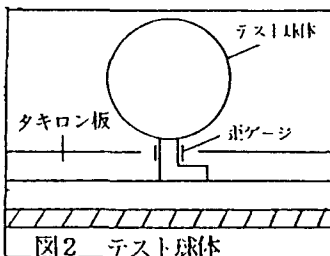


図2 テスト球体

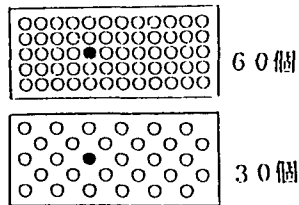


図3 球体群の配置

した場合(60個)、対称的に設置した場合(30個)、1個だけ設置した場合のそれぞれについて実験を行い波力のちがいを調べたものである。波高計はテスト球体の中心の上部と沖側に移動式のものを設置し移動式の波高は healy の方法で入射波高と反射波高を見積るのに使用した。表-1に実験波の諸元を示してある。

3 実験結果と考察

(3-1) テスト球体に作用する波力

図4～図7にはテスト球体に作用する波力比を縦軸に横軸には浅水度 (kh) を取ってある。ここで、 P_s は1個の球に作用する波力であり、 P は30個または60個の球体群を配置したときの1個 (テスト球) に作用する波力である。また、 k は波数である。図4と5で P_1 と P_2 は斜面の上向きと下向きの波力に対応する。斜面の場合は kh の値が増大するにつれて球体群の遮へい効果は大きくなっている。特に P_2 に対する効果は大きい。

水深を一定にしているので、相対的には波長に対し水深が増大するとき水面より深い球体ほど遮へい効果の大きいことを示し水平の場合は効果は小さい。

(3-2) 質量係数 (C_m) と抗力係数 (C_d)
球体1個に作用する水粒子速度 (u) の方向の流体力 P は次式で示される。

$$P = \int_s p ds = C_m \rho \frac{\pi d^3}{6} \frac{\partial u}{\partial t} \pm \frac{1}{2} C_d \rho \left(\frac{\pi d^2}{4} \right) U^2$$

ここで、 ρ は水の密度、 p は水圧強度
 s は球体の表面積を示している。Keulegan Carpenter に従って、 C_m 、 C_d を $K \cdot C$ 数 ($U_{max} \cdot T/D$) で整理したのが図8～図10である。理論的には1個の球体に対する C_m の値は1.5と考えてよいが実験によると球体群による遮へい効果は余りみられず1.0～2.0の範囲にある。他方、 C_d の値は $K \cdot C$ 数の値が小さいと大きくなるが球体の質量にはほとんど関係していない。他方、球体群の遮へい効果については1球体の場合より若干小さくなり遮へい効果がみられる。

4. 結論

水平面と斜面上の球体群によるテスト球体に作用する波力の遮へい効果について実施した結論は講演時に述べることにする。

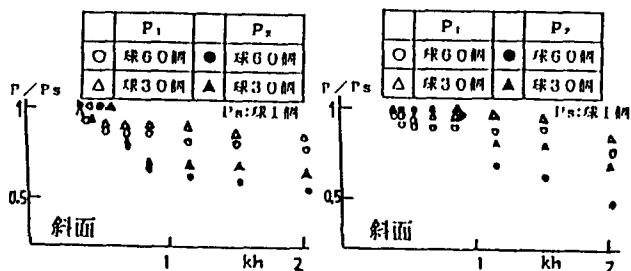


図4 波力 (水入れ)

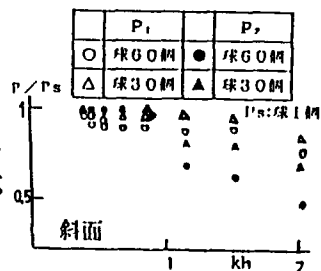


図5 波力 (砂入れ)

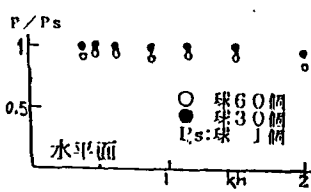


図6 波力 (水入れ)

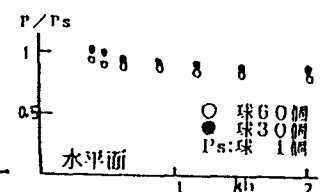


図7 波力 (砂入れ)

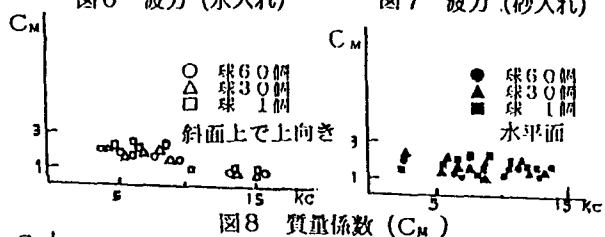


図8 質量係数 (C_m)

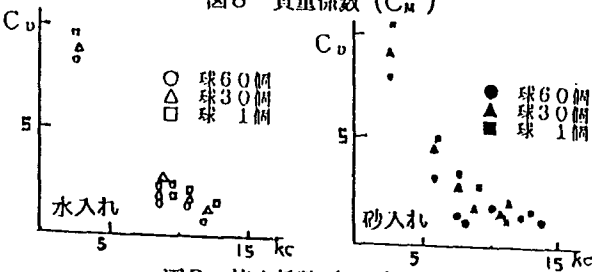


図9 抗力係数 (C_d) : 水平面

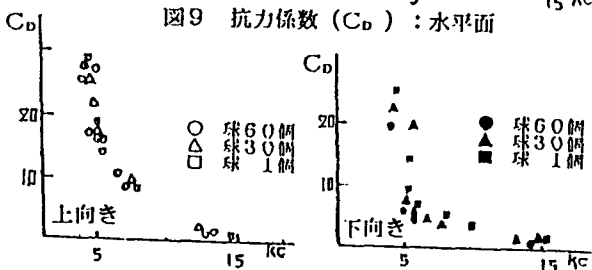


図10 抗力係数 (C_d) : 斜面