

II-181 粗面上に突出した球に作用する流体力

徳島大学工学部 正員 岡部 健士

徳島大学工学部 正員 中野 晋

ハソフィクコンパツツ 正員 佐藤 昭二

1. まえがき

河床の抵抗則や流砂量特性の研究においては、一般に、砂礫を球にモデル化した議論を展開することが多い。このような議論の基礎として個々の河床構成要素に作用する流体力の特性を詳細に把握しておくことがまず重要であるが、その点に関する既存の知見は必ずしも十分ではない。

筆者らは、山地河川に散在する粗大な石礫の移動の問題に関する研究の一環として、一様な球状粗面上に突出した大径の孤立球について、それに作用する流体力の抗力、揚力成分を同時に連続計測する実験を行ない、二、三の有用な知見を得たのでここに報告する。

2. 実験概要

実験に使用した水路は長さ7m、幅40cmの長方形断面可変勾配水路である。実験にあたっては、まず水路床を約10cm底上げして、その上に直径12mmのガラス球を一層だけ最密に敷き詰めて粗面モデルとした。そして、水路下流端から2.5mの位置に図-1に示すような状態で試験球を吊し、これに作用する流体力の抗力、揚力成分を定格500grfの二成分微小荷重計を用いて連続計測した（サンプリング周期=0.02sec）。

試験球の直径は30mm、40mmおよび50mmの3種に、それぞれの露出度（粗面の理論河床から球の頂点までの高さ h と直径 d の比）を0.5から1.0の間で0.1刻みで6種に変化させた。流れ（等流）の水深 h は、各試験球ごとに h/d が1.0、1.5および2.0となるように設定した。

なお、本実験に先立ち、上述の球状粗面の抵抗特性を調べた結果、理論河床を粗度要素の頂点の下2mmの位置にとると図-2に示すように、流速分布は対数則によく従い、相当砂粒粗度 k_s は0.8mmになることが明らかにされた。

3. 実験結果ならびに考察

以下においては、抗力と揚力の時間平均値と両者の変動幅に関する実験結果を紹介する。

3.1 抗力について： 抗力は一般に次式のように表示される。

$$\bar{D} = C_D \rho A_D U_b^2 / 2 \quad (1)$$

ここに、 $\bar{D}$ =抗力の時間平均値、 A_D =流れ方向の投影面積、 U_b =基準流速、 ρ =流体密度、 C_D =抗力係数である。図-3a, 3b, 3cは、 A_D を理論河床より上方の部分について求め、 U_b は、それぞれ流れの断面平均流速、球の中心高さの流速、球の頂点の高さの流速とする場合について、 C_D と露出度の関係を示したものである。 U_b の選び方により両者の関係はかなり異なったものとなる。また、いずれにおいても h/d が1の場合の係数値が他の場合のものより明らかに大きい結果となっている。

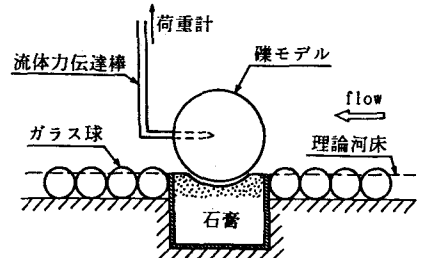


図-1 試験球の設置状況

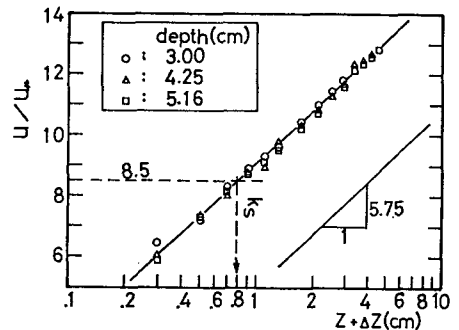
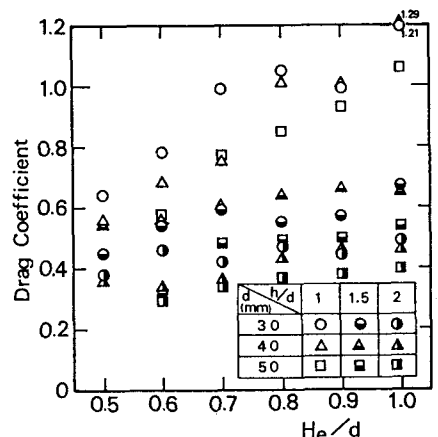


図-2 球状粗面上の流速分布

図-3a 抗力係数 (U_b =平均流速)

C_D には、球頂点高さの流速を採用するのが好都合のようである。この場合 C_D は、露出度にはほぼ無関係な量とみなせ、また、 h/d や粒径による変化も比較的小さい。

図-4に、抗力の変動係数の計測結果を示している。その値は0.1~0.3の範囲で、露出度よりも h/d

によって変化している。なお、中川¹⁾らが得た値は、0.2~0.4であって、本実験のものより若干大きい。

3.2 揚力について：

揚力と抗力の時間平均値の比 L/D の特性を図-6に示している。図中には吉川²⁾らが風洞において粗面と同一の粒径の球について得た結果も併記している。 L/D は露出度の増加と共にほぼ直線的に減少する傾向がある。バツキはあるが、 L/D と h/d の間には系統的な関係は認められない。

図-6に(1)式と同様に定義された揚力係数の実験値を示す。

基準流速としては球

頂点の高さの流速を用いた。描点のバツキがかなり大きい、実用上では露出度や h/d に関係なく0.08程度の一定値をとるものとみてよからう。最後に、揚力の変動係数を図-7に示す。その値はおおむね0.4のほぼ一定値をもつものと考えてよいように思われる。

〔参考文献〕 1)中川・辻本・細川：第32回水理学会論文集，1979，pp.323-330。

2)吉川・植松・城・関根：土木学会論文集，第399号，II-10，1988，pp.47-54。

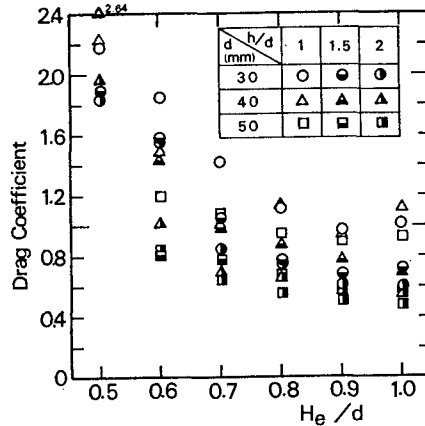


図-3b 抗力係数（球中心流速）

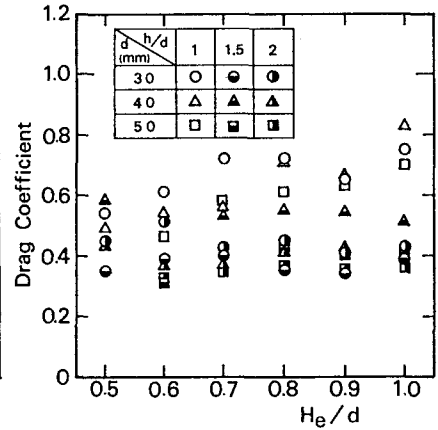


図-3c 抗力係数（球頂点流速）

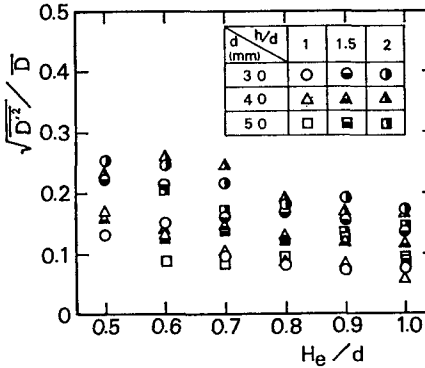


図-4 抗力の変動係数

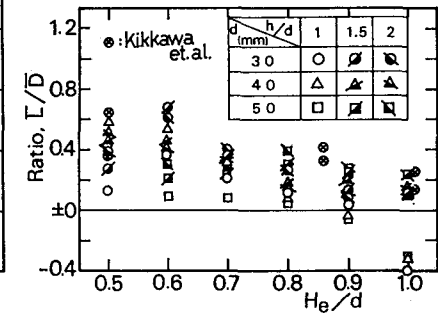


図-5 揚力と抗力の比

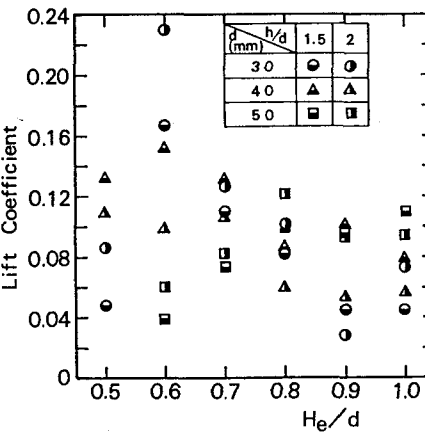


図-6 揚力係数

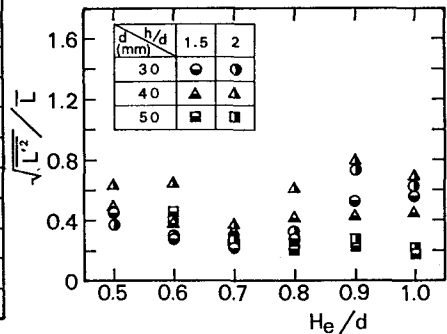


図-7 揚力の変動係数