II-165 異なる粒径・露出・支持状態の球に関する離脱限界実験

武蔵工業大学 正員 王 方一

序： 以前に(a)：千鳥型に密配列した底球($d_m=6.6mm$)の1つを抜き，実験球($d_i=6.6mm$, $n=d_i/d_m=1$)を種々の露出比($\varepsilon=p/d_i$, p:露出高)に変えたときの離脱限界と (b)：密配列底球($d_m=25mm$)を抜かずに3球の間に種々の径d_iの実験球を載せたときの離脱限界を水路実験で求め，それぞれ $\mu=K_1\tau_{*c}^{\sigma}$ および $\hat{\mu}=\alpha\tau_{*c}^{\beta}$ の関係を得た。実験(a)は粒径比$n=d_i/d_m$のとき種々のマサツ係数μを変化させた場合であるに対し，実験(b)は種々の粒径比nに対し，ある特定の$\hat{\mu}$（密接3球の間に載せた状態におけるμ）の場合である．今回は密配列の底球($d_m=25mm$)の1つを抜き，その空間に種々の高さの真鍮柱を置き，その上に種々の径の実験球をのせ（従って種々のnとμになる），実験を行った。実験球を上に載せる真鍮柱の頭部形状は2種類のものを用いた．すなわち(α)：平面頭部支持：真鍮柱の頭部が平面になっている場合（上記実験(a)もこの形）と(β)：球面頭部支持：支持柱の頭部が柱径と等しい半球形になっている場合である。

[1]：実験の内容と方法

・実験(1)：長さ12m，幅29.5cm の水路床に直径$d_m=25mm$のガラス底球を千鳥型に密に一層に配列し，下流から6.5m のところで中央の底球1個を抜き取り，そこに異なる高さを有する真鍮製平面頭部支持円柱8種類(直径24.4mm，高さ 24, 22, 18, 16, 14, 12.5 と 10mm)を設置し，その上に3種類(d_i=25, 16.6, 12.65mm，粒径比 $n=d_i/d_m=1$, 0.664, 0.506)の実験球を下流で2個の底球と接触するように載せる（この状態では実験球は流向と同じ方向に離脱する：A型離脱）．水路勾配を1/60にし，流量を徐々に増加し，離脱瞬間の流量，水深を記録して限界値とした．

・実験(2)：実験(1)と同じ水路で同様に底球1個を抜き取り，そこに異なる高さを有する真鍮製球面頭部支持円柱7種類（柱径24.4mm，球形頭部は柱径と同径の半球，全高：24, 22, 20, 18, 16, 14と12.5mm）をおき，その上に実験(1)で使用したのと同じ3種類の実験球を同じ方式に載せ，同じ方法で離脱限界値を記録した。水路勾配はやはり1/60である．

[2]：実験結果：

・実験(1)：各種高さの支持柱，粒径比に対応するマサツ係数と離脱限界無次元剪断応力の関係 $\mu\sim\tau_{*ci}$ の実験値は図-1に諸描点で示す． $\tau_{*ci}=u_{*ci}^2/gsd_i$，$u_{*ci}^2=gR_{ci}i$ におけるR_cは側へきのマサツ効果を除外し，h_cより求めた。マサツ係数は露出比$\varepsilon=p/d_i$，マサツ角θ，粒径比$n=d_i/d_m$間の幾何的関係より計算した。ただし，εの計算に際し，各露出高p_iは各支持柱の高さより計算せずに実験球を載せたときの実験球と底球の頂高差測定値より計算した（実験球が支持柱と接触底球間における落ちこみを考慮して）．図-1における描点通過線は $\mu=K_{1i}\tau_{*ci}^{\sigma}$，$\sigma=1.301$ になっている．

・実験(2)： 実験結果に基づく$\mu\sim\tau_{*ci}$の関係は図-2における描点群で示す．その他の註釈事項は実験(1)と同じである．描点通過線はやはり$\mu=K_{1i}\tau_{*ci}^{\sigma}$，$\sigma=1.301$ になっており，K_{1i}の値が実験(1)と幾分異なっている．

・実験(1)と(2)の結果の比較： 図-1と図-2で引いた諸通過線を1つの図にまとめると図-3の平行線群のようになる．いずれのn値についても，同一のμ値に対し，平面頭部支持よりも球面頭部支持の方が大きいτ_{*ci}値を示している．これは同一のμ値（同じn値に対してε値も同じ）であっても支持柱頭部の形状の相違によって実験球に接近する水の流相が異なるためと考えられる．

・序文で述べた実験(a)と(b)との比較と関係： 実験(a)は $i=1/60$，$n=d_i/d_m=1$，平面頭部支持の点では今回の実験(1)と同じであるが底球の径がかなり小さい$d_m=6.6mm$になっている点で異なる． 実験(a)の描点通過線は図-3における$A_0$1/60である． 実験(1)における平面頭部支持，$n=1$に対する直線に比して右に偏っている．実験精度

，通過線の引き方の外に，相対水深の相違も原因すると考えられる． また図－3における直線 $\hat{A}_{1/60}$ は実験(1)の描点通過線でその上の丸印は $n=1$, 0.664, 0.506 に対応する特定の μ すなわち $\hat{\mu}$ 値との交点である．実験(2)の n 別諸直線に比し右側に位置し同一の μ 値に対し離脱しにくい傾向を示している．これは同じ n，μ また同じ球面頭部支持であっても実験(1)の支持物が底球そのものであり頂高が一定で実験(2)の支持柱高より高く，実験球に対する水脈の接近の様子が異なるためと考えられる．

結び： 前回の年講で離れ値に対応する μ の特定値 $\hat{\mu}$ に対する A_0 線上の τ_{*c} 値と $\hat{A}$ 線上の τ_{*ci} 値との比 K_{*i} でもって遮へい係数とかりに解釈し混合径掃流砂量の試算を通じて d_i/d_m に対する K_{*i} の変化傾向を求めた。今回は $n=1, 0.664, 0.506$ の範囲で支持柱の形状の影きようについて実験で調べて見た． n が本実験範囲より小さい値に対しては，露出比が小となり実験球に対する直撃面積が減少し，$K_{*i}\sim d_i/d_m$ の関係はもっと微妙になると想像される．