

大阪府立工業高等学校 正真 大同淳之

1. はしがき

著者は、¹⁾さきに、溪谷に生ずる巨れきの移動の説明の一助として、河床に突出したれきが河積を占める割合が大きいとき、れき自身によるせき上げ効果が顕著になり、そのためにれきの受ける力が大きくなるものと考へ、この影響について考察した。しかしそのような効果が顕著になる水理条件については全くふれていなかった。本報告はこの水理条件について考察を行なつたものである。

2. れきのまわりの流況

比較的流路幅のせまいところに水深あるいはそれ以上の直径をもつれきがおかれたときの流況は、流積中にれきの占める割合によって変る。水路こう配が限界こう配以下の場合、れきによる縮小比が小さいとき、断面縮小部でも常流で、この場合の上下流の水位差はそれほど大きくない。しかし、こう配が限界こう配以下でも縮小比が大きいとき、断面縮小部に支配断面が生じて流れが射流になり、れきの背後で跳水が生じ、れきの上下流での水位差はきわめて大きくなる。図1は、球と水路中央においたとき、生じた上下流水位および球の側面の水面形を示したもので、球の末端付近で限界流が生ずる場合の例である。

水路全体が限界こう配以上の場合と同様に、縮小比が小さいときは、上流部、縮小部といずれも射流で通過し、球の上流側に衝突した流れによる局所的な水面の上昇を生ずる。しかし縮小比が大きくなると縮小部に支配断面が生じ、流れは上流側で跳水をおこし、常流となって、せき上げを生じる。れきのように、水深とはほぼ同じ大きさの障害物の場合には、跳水がその上を越えて流れるようになる。図2はそれらの一例を示したもので、aは限界こう配以下の流れ、bは限界こう配以上で、球の上をのり起える流れを示す。なお底面に就いて測定した圧力分布を併記したが、Fr数の小さいときには底面圧力が静水圧より下廻るのに対し、Fr数が大きいときにはbのように、静水圧を上廻る部分が生じる。

球の上下流の水位差 Δh は、その局所の流速水頭に比例し、局所の流速は球の前面の平均流速に比例すると考へると、 $\Delta h/h_1$ (h_1 は前面の水頭) は前面のFr数、 Fr_1^2 に比例することになる。図3は、実験から得られた $\Delta h/h_1$ と Fr_1^2 の関係を示したもので、粒径Dに対して水深が一定でないためちがひはあるとしても、Dと水路幅Bの比によつて、ほぼ同じような傾向を示す。参考として、T. Hsieh²⁾によつて円筒に

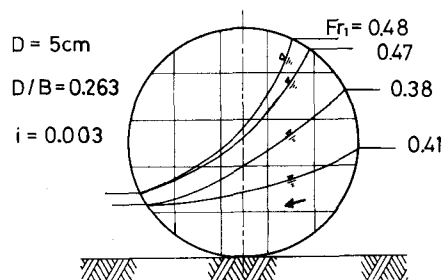


図1. れきのまわりの水面形

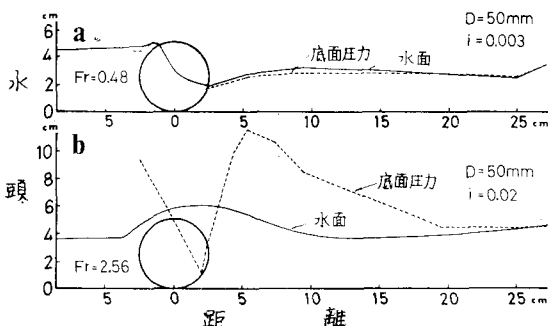


図2. 水面形と底面圧力の一例

ついて Δh を測定した結果を付記したが、円筒の例では、 Fr_1 が 3 以上では $\Delta h/h_1$ は 1 の値とたどる。

Δh の性質およびそれに伴う抵抗と明らかにするためには、さきに述べた流れの領域としらべ、流れの特性に応じた取扱いをする必要がある。そのためには、断面縮小部において常流から射流あるいは射流から常流に移行する限界と明らかにすることが必要である。

そこでまず、限界こう配以下で、水路内の流れが常流のときに縮小部で限界流を生ずる限界を求める。水位が最も低下する球の下流端において、そこに生ずる後流の幅と球径と等しいと仮定して、これを水路幅から除去したものと有効水路幅 B_2 とし、水深は球の背後の水深 h_2 で代表できるものとして、球の前面との間にエネルギー式を立てると、慣用の記号を用いてつぎのようになる。

$$h_1 + Z_1 + \alpha_1 (u_1^2/2g) = \alpha_2 h_2 + Z_2 + \alpha_2 (u_2^2/2g) + h_f + h_0 \quad (1)$$

ここに α_1 は運動エネルギーの補正係数、 α_2 は静水圧分布からのずれの補正係数、 h_f はさうじ損失、 h_0 は球による損失である。 $h_f = Z_1 - Z_2$, $\alpha_2 h_2 = k(u_2^2/2g) + h_2$, $h_0 = k_e(u_1^2/2g)$, 添字 1 は球の前面とすると、

$$h_2/h_1 = (2 + \alpha_1 Fr_1^2) / (2 + \alpha' Fr_2^2), \quad \text{ここに } \alpha' = (\alpha_1 + k + k_e)$$

上式と連続式を用いて書直すと、

$$(B_2/B_1)^2 = Fr_1^2 (2 + \alpha' Fr_2^2)^3 / Fr_2^2 (2 + \alpha_1 Fr_1^2)^3 \quad (2)$$

とうる、(2) 式に $Fr_2 = 1$ を代入すると、断面 2 において限界流の生ずる限界の Fr_1 と縮小比の関係が得られる。(2) 式中の係数 α' を知るために、(2) 式を書直して

$$\Delta h/h_1 = \alpha' Fr_1^{3/2} (B_2/B_1)^{2/3} / Fr_1^{3/2} - \alpha_1 Fr_1^2$$

とし、上流側の $\alpha_1 = 1$ とし、誘導に用いた仮定に近い実験資料から α' を求める(図 4) $\alpha' = 1 \sim 0.85$ とうる、 α' が 1 より小さいのは、 k が

負であるからであろう。そこで $\alpha' = 1$ および 0.85 として $Fr_2 = 1$ が生ずる Fr_1 と B_2/B_1 の関係を求めると図 5 とうる。 B_2/B_1 が与えられたとき、 Fr_1 を次第に大きくして限界線と横切ったとき、縮小部で限界流が生ずることになる。 Fr 数が大きくなると 2 の断面の水位は一律でなくなるが、一応の基準としよう。

限界こう配以上の水路における射流から常流への転移は、共軌水深の関数からきまる。以上の結果れきの後流およびそれに伴うれきの受ける抵抗力もそれに従って変化する。これらの影響を考慮して考慮したれきの安定については、講演時に補足する予定である。

参考文献 1) 大同 坂本: 湍流における巨れきの移動機構について、土木学会第 24 回年次講演会 昭和 45 年 11 月

2) T. Hsish: Resistance of Cylindrical Piers in Open-Channel Flow, Proc. of ASCE HY1, Jan 1964

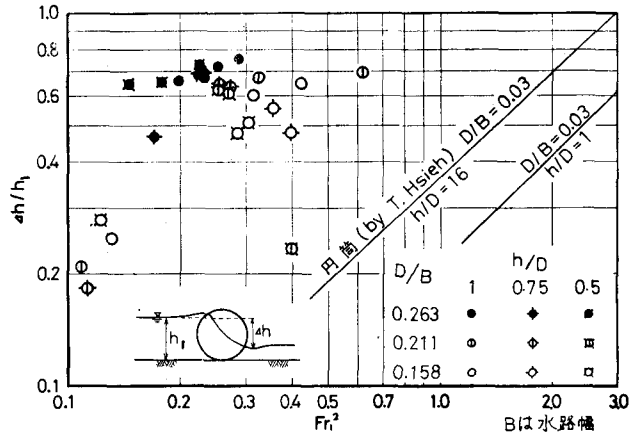


図 3. $\Delta h/h_1$ と Fr_1^2 との関係

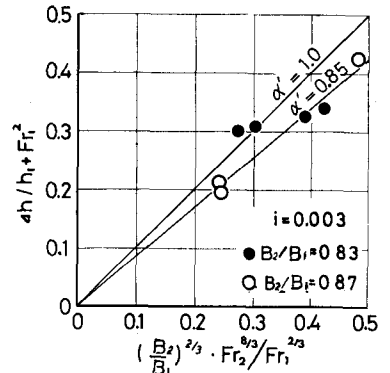


図 4. α' の決定図

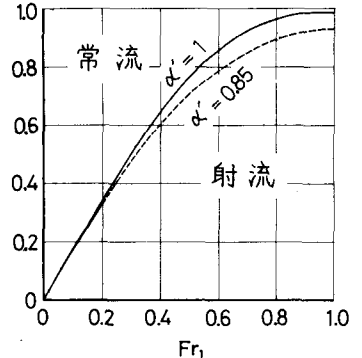


図 5. 縮小断面に射流の起る限界