

中部電力 正員 森野 昌浩

〃 赤池 良一

〃 正員 〇 広田 敏

1. ま え 詞 き

水力発電用取水ダムでは貯水池の土砂堆積による取水口からの土砂流入により水路工作物、水車ランナーの摩耗損傷等、種々の機能障害を誘起したり、土砂流入防止のための発電停止等直接発電に影響をおよぼすことも多い。このため取水口の土砂流入防止対策に關して貯水池内の河床砂礫の移動に關する検討は取水口前面にもぐりせきを設置して土砂を防止する場合のせき高さについて二次元移動床水理実験により検討した。

2. 河床砂礫の始動限界流速

河床砂礫が或る値を超えると砂礫が移動し始める。即ち砂礫のマサツ速度が限界マサツ速度を超えると砂が移動し始め河床底面に依り掃流力およびマサツ速度は(1)式で定義される。(To:掃流力, u_* :マサツ速度, ρ :水の密度, g :重力加速度, R :径深, I_e :エネルギー勾配)

$$\tau_o = \rho g R I_e \quad (1)$$

$$u_* = \sqrt{\tau_o / \rho}$$

$$I_e = \pi^2 U^2 / R^{4/3} \quad (2)$$

$$n = 0.047 d^{1/6} \quad (3)$$

$$d \geq 0.303 \text{ m} : u_{*c}^2 \quad 80.9 d$$

$$0.118 \leq d \leq 0.303 \text{ m} : 134.6 d^{3/2}$$

$$0.056 \leq d \leq 0.118 \text{ m} : 55.0 d \quad (4)$$

またエネルギー勾配は平均流速 U , Manningの粗度係数 n を使用して(2)式で表わされ、式中の n と粒径 d の関係は Manning・Stricklerの経験式を使用すれば(3)式となり、

$$u_c = u_* R^{1/6} / (g^{1/2} \cdot n) \quad (5)$$

$$n = 0.047 d^{1/6}$$

限界マサツ速度 u_{*c} を岩垣の式を使用して(4)式とする。

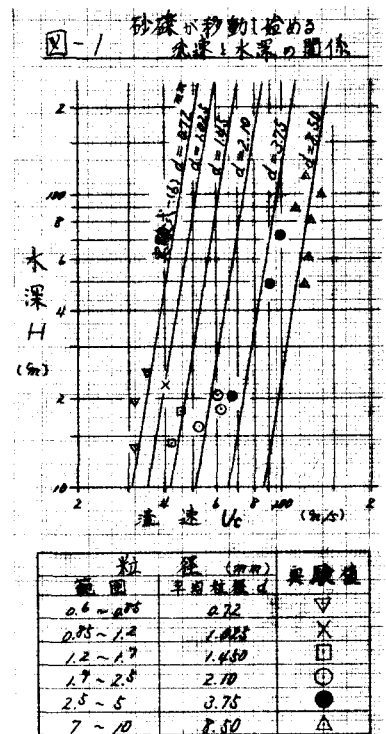
以上の関係から砂礫が移動する限界流速 U_c は $u_* = u_{*c}$, $U = U_c$ とすれば(5)式で表わされ u_{*c} および n の値を代入して径深 R は水深 H に等しいと仮定すれば砂が移動し始める限界流速を求めることができるから実験により確かめることとした。

図-1は砂礫の粒径 d をパラメーターとして横軸に砂が移動し始める流速 U_c , 縦軸に水深 H の関係を示す実験結果であり実験値は多少バラツキが見られるが各粒径別について始動流速と水深の関係は比例することが認められ上記仮定式(5)式から計算した流速と比較すれば実験値は小さな値を示し本実験に關する砂礫の始動流速は(6)式で表わされ計算結果を同図中に実線で示すが実験値と良く一致することが判る。

$$\left. \begin{aligned} U_c &= 0.9 u_{*c} H^{1/6} / (g^{1/2} \cdot n) \\ n &= 0.047 d^{1/6} \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

3 もぐりせきの越砂限界流速

取水口の前面にもぐりせきを設けて極力流入土砂を防止する場合、もぐりせきの高さ土砂防止効果について検討するため流水



中に設置されたもぐりせきを土砂が飛び超える時のせき頂の流速と砂礫粒径の関係について基礎的な実験を行った。

図-2に示すもぐりせきのせき頂の流速が或る値を超えるとせき上流面に発生する洞の影響により局所的な洗掘が生じ流速が比較的小さい場合は洗掘された土砂が舞い上がり、せき上流側に堆積されるがせきを飛び超えることはない。せき頂の流速が更に速くなると洞の発生およびその規模が大きくなり洞とともに土砂を巻き込み、せきを飛び超す現象を呈す。この現象を越砂限界と呼び、その時のせき頂流速を越砂限界流速と呼ぶこととした。

せき高さ z 、せき頂の平均流速 V_0 、越砂する砂の粒径 d の関係について実験を行った結果、せき頂の流速が速く、またせきが高い程、せき上流面に発生する洞による攪乱領域およびその規模が大きくなり、砂がせきを飛び超す現象が顕著になる。

図-3に実験結果を示すが、実験値は多少バラツキが見られるが砂礫粒径 d をパラメーターとして、せき頂の流速の比エネルギー(水頭) E とせき高さ z との比 E/z とせき頂の流速 V_0 の関係は定性的な比例傾向が認められ、実験値を最小二乗法により整理した結果(7)式で表わすことができる。

$$\left. \begin{aligned} V_0 &= 279.830 d^{0.445} (E/z)^{\alpha_0} \\ \alpha_0 &= 0.241 (1/d) \end{aligned} \right\} \text{----- (7)}$$

(d : m, V_0 : m/s)

図-4は取水口前面に設置するもぐりせきの高さに対する土砂の抑制効果について(7)式から計算したもので、例えば流入砂の粒径を $d=5\text{ mm}$ 以下にするためには $z=2.0\text{ m}$ (水深 $z+h_0=4.0\text{ m}$)のせきを設置すれば良いことが判る。

今回検討した河床砂礫の移動限界流速およびもぐりせきの越砂限界流速に実する実験は実験設備の都合上小さな粒径(最小 0.6 mm ～最大 5 mm)を使用した室内実験水路(巾 0.6 m 、高さ 1.0 m)また実際の流砂現象に近似させるため最大 10 mm の粒径の砂を対象とした屋外実験水路(巾 2.0 m 、高さ 2.0 m 、長さ 20 m)を使用した。

また砂礫の移動限界、越砂限界状態の判定は粒径の5倍($5d$)に単位巾当りに1粒の砂礫が移動する時を判定基準とした。

4 あとがき

今回、水力発電用貯水池内の流砂現象、またもぐりせきによる流入砂の抑制効果に実して実験的に検討したが、今後現場実測を重ねこの種の流砂現象の実態を調査するとともに、今回提案した実験式の妥当性について検討したい。

図-2 越砂現象の記号説明図

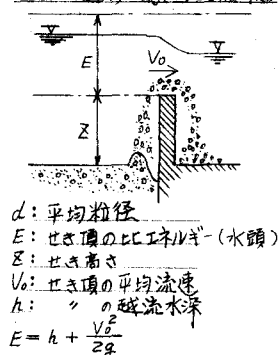
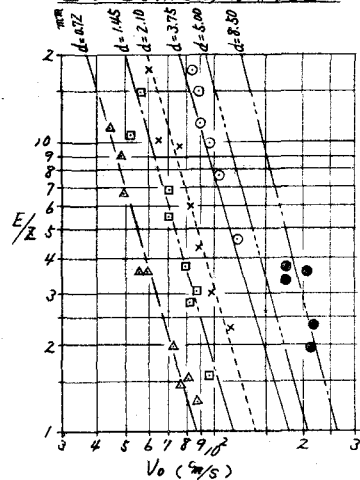


図-3 せきの越砂限界流速



粒径 d (mm)	実験値	実験式(7)
0.72	△	—
1.45	□	—
2.10	X	—
3.75	○	—
5.00	●	—
10.00	—	—

図-4 越砂粒径と流速の関係($z+h_0=4.0\text{ m}$)

