

徳島大学 正員 ○湯浅博明

徳島大学 大学院 掘 勝也

1. 概説

昨年広島市における年次学術講演会において“帯工周辺の洗掘現象について”と題し、粒径を一種類とし、流量、水路勾配などの影響に因って行なった局所洗掘の実験結果について発表を行なった。今回はさらに粒径の影響を求めるために粒径を変化させて同じ様な実験を行ない、その結果について相似理論を用いて整理し、このようなほぼ類似した現象については相似理論がかなり適用できることがわかった。さて帯工とは前回の発表において示したように、山間の急流河川部において30m~50m間かくに河床に頭をそうえて作られる堰であって、砂防ずみの様に階段状につくられるものとはかなり異なった種類のものである。

2. 実験設備

図-1に示すように、本実験に用いた水路は長さ14.6m、巾0.6m、深さ0.4mの木製可変勾配水路である。側壁の一部に透明ガラスを用い横からの観測に便ならしめてある。この水路のほぼ中央に高さ20cmの双型堰を設け、さらに下流端に同じ高さの砂どめ堰を設けて、同じ粒径の砂を堰高までしきつめて通水し、7~8時間後の平衡状態になったときの水面および河床形状を測定して解析に必要な資料とえた。実験に用いた砂の粒径は0.06~0.12, 0.12~0.25, 0.25~0.50mmである。

3. 相似理論

河床にそって流れの方向にX軸をとり、流速分布に対する補正係数とよとすれば水流に関する基礎方程式は

$$\frac{\partial h}{\partial x} + \frac{1}{g} \frac{\partial v}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{v^2}{2g} \right) = i - \frac{v_*^2}{gR} \quad (1)$$

ここに h :水深, v :流速, i :河床勾配, v_* :摩擦速度, R :径深であらわされる。今ある基準面から測った河床面の高さを Z とすると、巾が B である矩形断面の場合流砂の連続式はつぎのように表わされる。

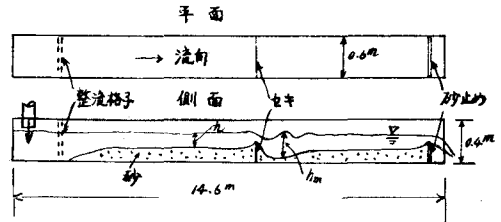
$$\frac{\partial Z}{\partial t} + \frac{1}{B(1-\lambda)} \frac{\partial}{\partial x} (q_s \cdot B) = 0 \quad (2)$$

ここに λ :砂の空ゲキ率(%)を100で割ったもの, q_s :単位時間、単位巾当りの掃流砂量, t :時間である。また $Q_s = \frac{q_s \cdot B}{B(1-\lambda)}$ とすれば(2)式の連続方程式はつぎのようになる。

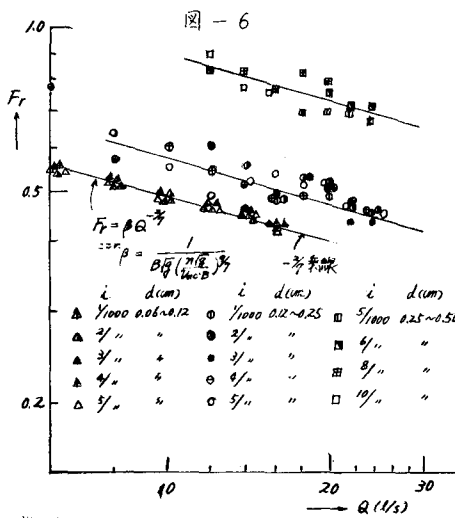
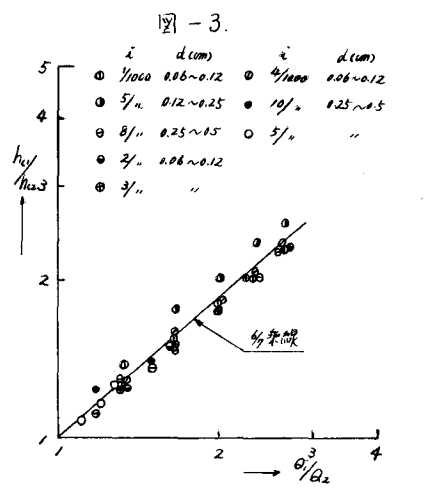
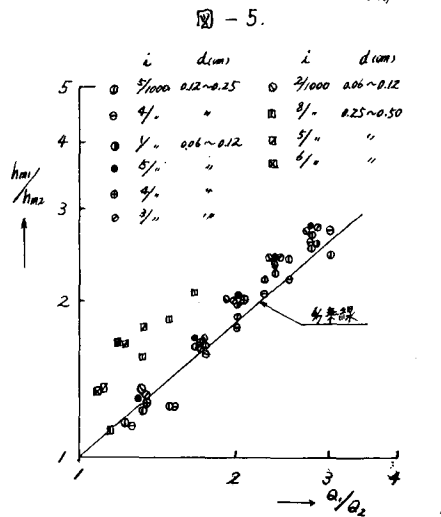
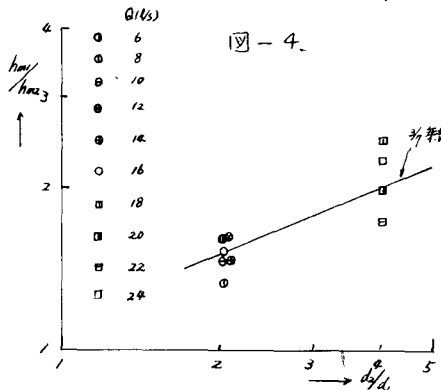
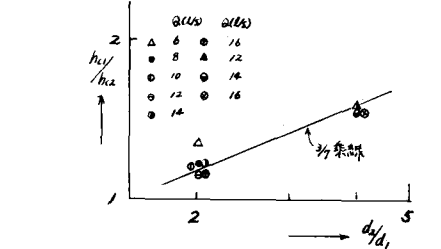
$$\frac{\partial Z}{\partial t} = - \frac{\partial Q_s}{\partial x} \quad (3)$$

いま2つの同じような実験において、これらの実験がかりに相似があるとすれば、つぎのような

図-1. 実験設備



わかった。図-2は h_1/h_2 の値と d_2/d_1 の値と夫々の実験結果について示したもので、この実験結果からほぼ 3/4 乗線と示されるようである。また図-3は h_1/h_2 の値と Q_1/Q_2 の比と示したもので明らかに 3/4 乗線と示されるものと思われる。つぎに図-4、および図-5は最大洗掘水深について (1) 式の関係が成立するかどうかを示したものであるが、実験結果が少ないので明確ではないが h_m/h_{m2} の値と d_2/d_1 の値との関係はほぼ 3/4 乗線と示されるものと思われ。また h_m/h_{m2} の値と Q_1/Q_2 の値との関係は少し異なった傾向と示すものもあるが、ほぼ 3/4 乗線と示されるようである。なお図-5の中で勾配が非常に大きいもの、かなり違った傾向がみられた。つぎに図-6は流量 Q と堰より上流側 80 cm の位置における Fr 数との関係を示したものであるが実験値がかなり理論値と一致することかわかる。



5. 謝辞

この研究に当り 42 年度科学研究の助成金を受けたことを記し関係各位に謝意を表します。

関係が成立しなければならぬ。すなわち

$$\frac{\frac{\partial Z}{\partial t}}{\frac{\partial Z'}{\partial t'}} = \frac{\frac{\partial Q_s}{\partial x}}{\frac{\partial Q_s'}{\partial x'}} = \text{一定} \quad (4)$$

ここで $\frac{Z}{Z'} = n_z$, $\frac{t}{t'} = n_t$, $\frac{Q_s}{Q_s'} = n_{Q_s}$, $\frac{x}{x'} = n_x$ とおけば (4) 式より

$$n_z = \sqrt{n_x \cdot n_{Q_s}} \quad (5)$$

さらに $n_x = 1$ とおけば $n_z = \sqrt{n_{Q_s}}$ となり 2 つの実験における洗掘量 Z に対する比は洗砂量 Q_s が決まれば定まることになる。洗掘量 g_t とし 2 限界掃流力を考慮に入れた Brown 型式のもつて用いられる

$$g_t = \alpha' U_* (U_*^2 - U_{*c}^2)$$

$$\text{ここで } \alpha' = \frac{Kd}{[(\frac{Q}{Q_s}-1)gd]^m}, \quad U_* = \frac{g^{\frac{1}{2}} n Q}{h R^{\frac{1}{2}} B} \quad \text{である。}$$

したがって (5) 式は

$$n_z = \sqrt{\frac{K_1 d_1 B_1 U_{*c1} (U_{*c1}^2 - U_{*c1}^2)^m}{B_1 (1 - \lambda_1) [(Q_1/Q_s) - 1] g d_1]^m} \cdot \frac{K_2 d_2 B_2 U_{*c2} (U_{*c2}^2 - U_{*c2}^2)^m}{B_2 (1 - \lambda_2) [(Q_2/Q_s) - 1] g d_2]^m}} \quad (6)$$

ここに K, m は常数である。また $K_1 = K_2$, $B_1 = B_2$, $\lambda_1 = \lambda_2$, $m = 2$ とすれば

$$n_z = \left(\frac{U_{*c1}}{U_{*c2}} \frac{d_2}{d_1} \right)^{\frac{1}{2}} \left(\frac{U_{*c1}^2 - U_{*c1}^2}{U_{*c2}^2 - U_{*c2}^2} \right) \quad (7)$$

と表わされ流量 Q , 粒径 d とおけば n_z の値は求められる。洗砂のない $Q_s = 0$ のときは $U_* = U_{*c}$ であってこのときは限界掃流状態における相似比を求めるべき。また限界掃流状態における水深は $h_c = \pi g^{\frac{1}{2}} Q / (B U_{*c} R^{\frac{1}{2}})$ であって 2 つの限界掃流状態の実験についてはつぎのような相似の関係が成立する。すなわち $\frac{h_{c1}}{h_{c2}} = \frac{n_1}{n_2} \frac{B_1 R_1^{\frac{1}{2}} U_{*c1}}{B_2 R_2^{\frac{1}{2}} U_{*c2}}$ (8)

ところで $Q_1 = Q_2$, $B_1 = B_2$, $n_1 = n_2$, $h_{c1} \propto R_{c1}$, $h_{c2} \propto R_{c2}$ とすれば

$$\frac{h_{c1}}{h_{c2}} = r \left(\frac{d_2}{d_1} \right)^{\frac{1}{2}}, \quad r: \text{常数} \quad (9)$$

となり粒径が与えられるればこの値は定まる。また同一粒径で、流量が異なる場合の h_{c1}/h_{c2} の値は (5) 式において $U_{*c1} = U_{*c2}$, $B_1 = B_2$, $n_1 = n_2$, $h_{c1} \propto R_{c1}$, $h_{c2} \propto R_{c2}$ とおけばよい。したがって

$$\frac{h_{c1}}{h_{c2}} = \left(\frac{Q_1}{Q_2} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (10)$$

となり流量比の $\frac{1}{2}$ に比例するものと考えられる。この様な考え方は最大洗掘水深 h_m にも適用すれば h_{m1}/h_{m2} の値は

$$\frac{h_{m1}}{h_{m2}} = \left(\frac{d_2}{d_1} \right)^{\frac{1}{2}} \left(\frac{Q_1}{Q_2} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (11)$$

となる。この実験においては、これらの関係が成立するかどうかを吟味したものである。

4. 実験結果

(9), (10), (11) 式に示したように h_{c1}/h_{c2} , h_{m1}/h_{m2} の値は d_2/d_1 , Q_1/Q_2 の値によって示されることか