

1. はじめに クツウンベツ川は、エチャナンケツ川に流入する石狩川上流部の右二次支川（旭川開発建設部管内）で、北海道開発局が直轄で砂防事業を実施しているが、河床勾配が急なため床止め工によって河道を安定させるように計画されている。

模型実験による床止め工及び床止め工群の配置の検討は、有効な手段とされており、その結果成功を収めた例が多く今回も移動床の実験水路により床止め工付近及び河道全体の側方・縦断侵食の状況を考察しながら護床工・流路工の施工延長等について検討した。

2. クツウンベツ川の概要と床止め工・流路工計画 流域面積 17.6km²、流路延長 8km、床止め工計画区間の河床材料は、 $d_m = 2.0$ cm、 $\sigma = 2.65$ であり、この区間の上流部には 2 基の砂防ダムがあるが、それらは未満砂で現在この区間には上流からの十分な土砂供給がない状態である。

床止め工及び流路工計画区間は、図-1 に示すように、エチャナンケツ川合流点から既設 5 号ダムまでで、測点 2,205km より下流を流路工施工区間としており計画高水流量を、この点より上流区間は $Q_p = 150$ m³/s、下流区間は $Q_p = 200$ m³/s としている。

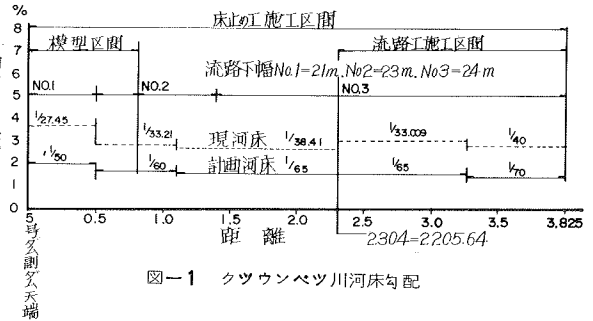


図-1 クツウンベツ川河床勾配

3. 水理模型実験 流水の相似性については、(1)(2)式の各項に現地 (p) 模型 (m) のサフィク

ス $\frac{1}{g} \frac{\partial u}{\partial t} - i + \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{u^2}{2g} \right) + \frac{u^2 n^2}{R^{4/3}} = 0 \dots$ (運動方程式) \dots (1), $\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \dots$ (連続方程式) \dots (2) を付け水平縮尺 x_r と鉛直縮尺 h_r で表わすと、現地、模型それぞれの流体運動について、力学的な相似が成立しなければならぬから、 $U_r = h_r^{1/2}$, $t_r = x_r h_r^{-1/2}$, $i_r = h_r x_r^{-1}$, $n_r = h_r^{2/3} x_r^{-1/2}$, $A_r = x_r \cdot h_r$, $Q_r = U_r \cdot A_r = x_r \cdot h_r^{3/2}$ を得て、河床面の相似性は $\frac{\partial z}{\partial t}_s = \frac{1}{(1-\lambda)} \cdot \frac{\partial q_s}{\partial x} = 0 \dots$ (流砂連続式) \dots (3) 式について流れに関する相似性と同様に河床変形の時間スケール t_{sr} は、 $t_{sr} = (1-\lambda)_r \cdot x_r \cdot q_{sr}^{-1} \dots$ (4) となる。

河床面粗度の相似性については現地と模型の河床形態を同一にできるようにし、 $\tau_{*r} = \left(\frac{gRI}{(\rho/\sigma-1)g \cdot d} \right)_r = \left(\frac{RI}{s_d} \right)_r = 1 \dots$ (5) (5) 式の無次元掃流力比から模型上の河床材料を決定すると $x_r = h_r$ ($\alpha = 1$) のとき $d_r = h_r$, $S_r = 1$ となりここで、実物と模型の諸物理量の比は表-1, 2 に示したが、模型の河床材料は $d_m = 4.4$ mm $\sigma = 2.70$ を使用したので、 $\tau_{*r} = 0.91$ となり模型の方が若干河床材料が動きやすいことを示している。

表-1 模型諸量の实物に対する縮率

| 諸元 | 該当式 | 次元 | 模型値の实物縮尺 |
|------|---------------|--------------|---------------|
| 長さ | | L | 1 : 40 |
| 水深 | | LL^{-1} | 1 : 1 |
| 勾配 | | T | 1 : 6.32 |
| 時間 | | T | 1 : 20.97 |
| | 土研式 | T | 1 : 7.83 |
| | Brown式 | T | 1 : 6.32 |
| 流速 | | LT^{-1} | 1 : 10119.2 |
| 流量 | | $L^3 T^{-1}$ | 1 : 1.859 |
| 粗度 | | $L^{-1/3} T$ | alternate bar |
| 河床区分 | | | |
| 河床材料 | d_m, σ | L | 1 : 40 1 : 1 |

表-2 計画諸元の模型換算値

| 諸元 | 実物 | 模型 | 諸元 | 実物 | 模型 |
|---------|----------------------|---------|-------------|-------|-------|
| h 水深 | 1.5m | 3.75cm | n 粗度 | 0.037 | 0.020 |
| B 水面幅 | 22.5m | 56.25cm | d_m 粒径 | 20cm | 5.0mm |
| u 流速 | 4.63m/s | 0.73m/s | σ 比重 | 2.65 | 2.65 |
| Q 流量 | 150m ³ /s | 14.8ℓ/s | | | |

4. 実験ケースと結果 上流砂防ダムの状況を考慮して流砂のない条件下の実験を行ない流路工、床止め工直下の護床工の合理的施工規模を15ケースの実験で検討し代表的9ケースを表-3に示した。

表-3 実験諸元・結果(1)

| A配列 | 実験諸元 | | | 実験結果(1) | | | | 備考 | | |
|-----|----------|-----|------------------------|---------|---------------------------|-------|-------|-------|-------|--------|
| | 流量 | 護床工 | 護床設置長 | 法 | 工 | 流況 | 最大洗掘深 | | 最大堆積高 | 護床工タイプ |
| RUN | Q(l/sec) | (割) | (割) | (割) | | 深(cm) | 洗掘率 | 高(cm) | 堆積率 | I |
| 1 | 14.8 | 2 | | 4 | No.7, 8, 9右岸側 No.10左岸側 | 3.7 | 0.74 | 2.9 | 0.77 | " |
| 2 | " | " | | 6 | No.7, 8, 9右岸側 No.10左岸側 | 3.5 | 0.70 | 2.7 | 0.72 | " |
| 3 | " | " | | 8 | No.7, 8, 9右岸側 No.10左岸側 | 3.3 | 0.66 | 2.8 | 0.75 | " |
| 4 | " | 4 | No.9, No.10 2割 6割半面 | 6 | No.7, 8, 9右岸側 No.10左岸側 | 3.3 | 0.66 | 2.8 | 0.75 | " |
| 5 | 9.9 | " | " | 6 | No.7, 8, 9右岸側 No.10左岸側 | 2.6 | 0.52 | 2.4 | 0.64 | " |
| 6 | 6.9 | " | " | 6 | No.7, 8, 9右岸側 No.10左岸側 | 2.8 | 0.56 | 1.6 | 0.43 | " |
| 7 | 14.8 | " | " | 8 | No.7, 8, 9右岸側 No.10左岸側 | 2.2 | 0.44 | 2.0 | 0.53 | " |
| 8 | " | " | わん曲外岸側 3列 | 6 | No.7, 8, 9右岸側 No.10左岸側 | 3.3 | 0.66 | 2.6 | 0.69 | " |
| 9 | " | " | " | 6 | No.7, 8, 9右岸側 No.10左岸側 | 3.4 | 0.68 | 2.8 | 0.75 | II |

た。流況、最大洗掘深・堆積高など実験結果についても表-3に示したが、水深測定結果は、設計水深hp=1.5m(hm=3.75cm)にほぼ一致する結果を得た。最大洗掘深は、各ケースとも床止めNo.8下流の外岸側に発生するが、床止め工の根入深hp=2.0m(hm=5.0cm)と比較すればhm=3.7cm程度の洗掘深は根

固め工施工で十分対応できるようである。

さらに、移動床部分の変動量を測定して、代表的ケースの相対比較をすると、図-3に示すとおり、①No.5以降の洗掘量は少ない上流側からの土砂補給効果が見込まれることと、床止めNo.8~No.9間で、洗掘傾向から堆積傾向へ遷移するようである。②RUN1, 3, 10, 12の護床工配例、流路

工延長の比較は明確に判断できないので、A配例とした方が施工ブロック数が少ない。

③流路工延長の効果が明らかでないのは、側方侵食が少ないと判断されるが、護床工の規模は、河床変動量に直接影響する。④床止め工No.9~No.11は堆積傾向を示しているが、No.11以降下流も測点1.3kmまでこのNo.9~No.11と同様に、I=1/60~1/65、流路幅2.3m、わん曲半径もほぼ同一であることから同様な傾向を示すと考えられる。

⑤砂防ダム満砂後の流砂を伴う条件下についても、 $\alpha = \frac{Q_3}{Q} = \frac{q_3}{q} = \frac{\phi \cdot F}{(\sigma/\rho - 1) \cdot (1 - \lambda) \cdot U_{*c}^3 / q}$ (6)式によって土砂濃度を検討して、補給砂を行って実験したが、副ダム護床工部分に堆積する傾向を示して、下部部への影響は顕著でないとい

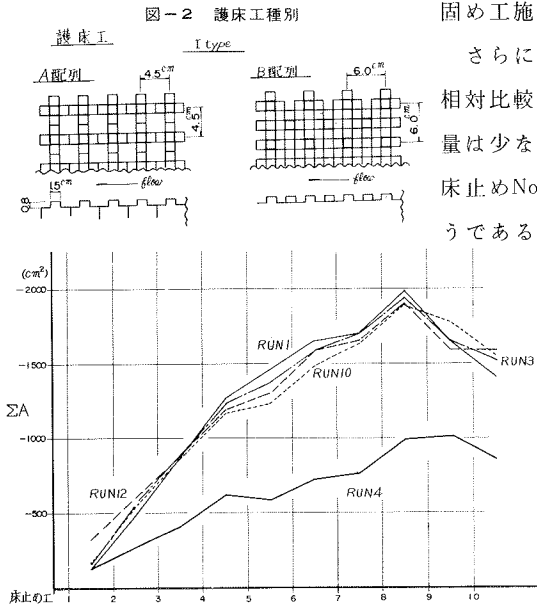


図-3 累加河床変動量

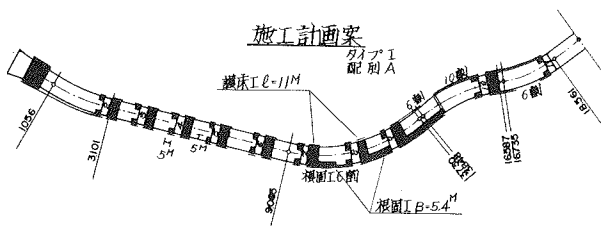


図-4 施工計画案

断して、図-4に施工計画案を示した。

また、床止め工の施工順序についても検討したが、機会があれば発表したい。