

金沢大学工学部

石川工業高等専門学校

富山県立技術短期大学

正員 高瀬信忠

正員 布本 博

正員 ○能登勇二

1. はじめに

登川は信濃川と合流する魚野川の右支川で、流域図は図-1に示すとおりである。登川は群馬県と新潟県を二分し朝日岳より発する流域面積 93 km^2 、流路延長 18.5 km で平均河床勾配 $1/6$ の急峻な河川である。現在、流路工によって安定河道にする計画が建設省湯沢砂防工事事務所において進められている。本研究は計画立案されている流路工構築に先立ち水利模型実験により安定性を検討すると共に、最も合理的な流路工計画設計の資料を得んとし縮尺 $1/60$ の模型水路を造り全体的な傾向を追求したものである。実験対象区域は図-1に示す約 1.5 km の区間で100年確率洪水流量は $600\text{ m}^3/\text{s}$ 、この区間の河床勾配 $1/7$ である。

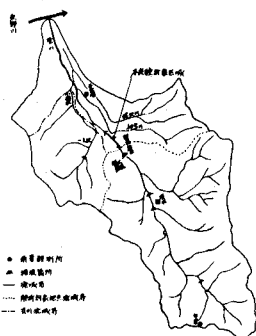


図-1

2. 模型実験の概要

計画流路工は表-1及び図-2に示すとおりで、これに基づき縮尺 $1/60$ で模型水路、流路工を作製した。その全体図を図-3に示す、流路工No.41は帯工でそれ以外は床固工である。計画河床勾配 $1/60$ 。

流路工幅	60.00 m
床固工間隔	100.00 m
勾配	1/67
護岸高	3.00 m
比流量 $q = Q/b$	$1.52\text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$
床固工高	1.50 m
等流水深	1.61 m
床固工幅 b	4.70 m
$L = 3.12 (b \cdot h)^{0.5}$	
現河床勾配	$1/61$
計画河床勾配	$1/60$
$1/60$	0.675%

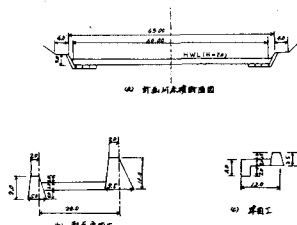


図-2

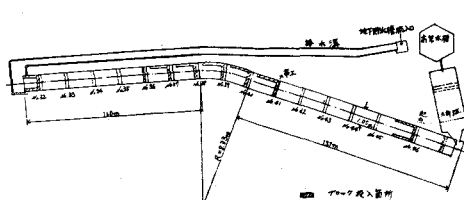


図-3

配は $1/60$ で根固工、護床工としては流水は射流状態と予想されることもあって6 ton ブロックを使用することとし、その投入箇所は図-3に示すが浸食が大きいと予想される所へのみ計2307個投入した。相似律は実物と模型の幾何学的相似条件を満たし、かつフルードの相似律を満たすものとする、実物における基本寸法及び水量に対する模型の換算縮率の関係は表-2に示すとおりになる。

表-2

項目	縮率	実物	模型
流速 u	$1/60$	6.31 m/s	0.103 m/s
流量 Q	$1/60^3$	600 m ³ /s	0.00177 m ³ /s
流速 u	$1/60$	6.31 m/s	0.103 m/s
時間 t	$1/60$	30 s	230 s
平均流速 u	$1/60$	17.6 m/s	3.0 m/s
水深 h	$1/60$	1.61 m	2.68 cm
30分間流量 Q	$1/60^3$	600 m ³	0.00177 m ³

3. 実験

(1) 河床変動——河床の変動状況は次の4つのケースについて実験を行ない測定は横断、縦断10 cm間隔で詳細にポイントゲージで計測を行なった。
A: 無給砂でコンクリートブロック護床工、根固工を入れない場合。
B: 給砂で護床工、根固工を入れない場合。
C: 無給砂でコンクリートブロック護床工、根固工を入れる場合。
D: 給砂で護床工、根固工を入れる場合。

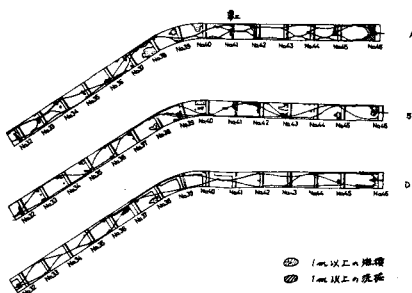


図-4

模型水路に 21.5% (実流量 $600\text{ m}^3/\text{s}$)の流量が3分52秒(実時間30分)流過後の河床状況及び主流線をみたのが図-4である。河床状況はA, B, D, のケースについてみたもので1 m以上の堆積箇所及び洗掘箇所を図中に

示した。これより無給砂と給砂では河床の洗掘状況がかなり違うことがわかる。またブロックを投入したDのケースでは、ブロックの効果が幾分認められる。各ケースの実験を総合してみた場合、No.40 床固工より上流の直線の流路部では流過後まもなく蛇行状態がみられるが、それ程顕著なものでない。No.40より下流部では湾曲部の影響を受けて蛇行状態は明確となる。No.40 床固工からNo.39 床固工にかけて主流線は左岸から中央部にかけてほぼ流路紙断方向に流れ、No.38~No.39 床固工間右岸はほとんどの場合水衝部となることがわかった。

(2) 水面のせり上り---湾曲部における水面のせり上り ΔR 及び限界角変化量 θ_0 はKnappによれば

$$\Delta R = \frac{BV^2}{gR}, \quad \theta_0 = \tan^{-1} \left\{ \frac{B}{(R + \frac{B}{2}) \tan \beta_0} \right\}$$

で与えられる。ここに、 ΔR : 兩岸の水位差、 B : 水路幅、 R : 曲率半径、 V : 平均流速、 θ_0 :

限界角変化量、 β_0 : 曲り始めのマッハ角、である。マッハ角 β_0 は $\sin \beta_0 = 1/F_r$ より $\beta_0 = 39.68^\circ$ 、 θ_0 は $B=60m$ 、 $R=500m$ を代入して、 $\theta_0 = 7.78^\circ$ が得られる。兩岸の水位差は $V=6.21m/s$ を代入して $\Delta R=0.472m$ (模型値 $0.787cm$) が得られる。またこの位置 S_p は $S_p = R \sin \theta_0 = 500 \times \sin 7.78^\circ = 67.8m$ となる。水位変化の小さいと思われる床固上 (No.39) の実測によれば $\Delta R=0.34m$ 程度になった。この地点は図-5のA点より100mの地点で水位変化の最も大きいと思われる位置より約32mの下流の測定値である。

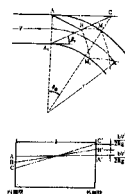


図-6

(3) 最大洗掘深---予備実験

として側面ガラス張りの二次元模型によって、流水中の最大洗掘深とその位置を測定した。

図-6は最大洗掘深と流下時間との関係を見たもので、これより上流からの土砂補給がない場合は時間と共に洗掘深が非常に大きくなり流下時間が長くなる

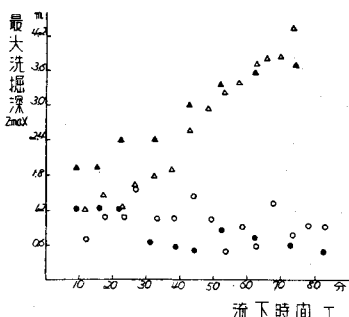


図-6

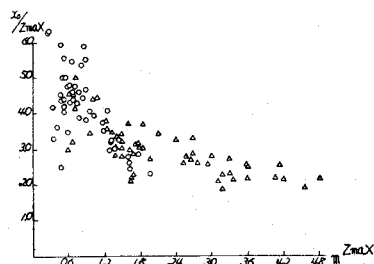


図-7

と4m以上にも達する。土砂補給がある場合は洗掘深は0.6~1.4m程度で大きな変化はない。図-7は床固工下流端より最大洗掘深までの距離 x の変化をみるため x/Z_{max} と Z_{max} の関係を見たもので Z_{max} が小さい間は、 x/Z_{max} は急激な減少を示し、 Z_{max} が大きくなるに従い緩やかとなり次第に一定値に近づいてゆく。土砂補給がある場合 x は1.5~3.6m位であるのに対し、無給砂では3~9.6mと広い範囲にわたって変化することがわかった。

4. 結論

水理模型実験の結果、明らかとなった事項は次のとおりである。

- (1) 湾曲部における水面のせり上りは最高0.5m位にもなり、また河床の堆積深が1m以上にも及ぶところがあるところから湾曲部右岸の護岸はもう少し高くする必要がある。
- (2) 上流からの土砂補給がない場合は最大洗掘深が4m近くにも達するところから、床固工水たき下流部には約30mにわたってブロックの投入が必要と思われる。
- (3) 室内での予備実験における考察結果では、現河床勾配 $1/7$ における土砂流出量と計画河床勾配 $1/10$ の土砂流出量を比較した場合、30%近くも土砂流出を減少させることができるようである。
- (4) 河床は主流線の発達により土砂の乱流、偏流があり、横断方向にかなりの変動があって局部的に深掘れしている。護岸にブロックを投入すればより安全といえるように思われる。
- (5) 湾曲部下流床固工 (No.37~No.39) 右岸に水衝部ができるので、護岸はより強固にすべきである。本年度は引続き縮尺 $1/100$ の模型を作り、全長4.5kmにわたって全体的な見地から検討を行なう予定である。最後に、いろいろと御高配を賜った建設省湯沢砂防工事事務所の皆様方に対して深甚の謝意を表する次第である。