

石川高専 正員 布本 博
金沢大学 正員 高瀬 信忠
大東設計 正員 金 龍一

1. まえがき

登川は信濃川本川と新潟県小千谷市で合流する魚野川の右支川で、図-1は流域図であるが、流域面積93.3km²、流路延長18.5km、平均河床勾配1/16の急峻な河川である。建設省湯沢砂防工事事務所において蟹沢堰堤下流約500m地点の蟹沢新田より流路工によって安定河道にする計画と工事が進められており図-1のように左支川一の沢（流域面積10.4km²）が合流しているが、現状では、その合流点より約50m位上流の対岸に右支川姥沢川（流域面積5.8km²）が合流している。しかし登川の水理模型実験水路を製作した昭和50年頃は姥沢川の改修工事が下流部まで進んでいなく、魚野川との合流点近くで合流していたので、本研究は本実験水路を用いて二川合流としてとり扱い、その合流点処理について考察を加え、研究したものであるが、模型水路の縮尺は1/60とした。



図-1

2. 実験目的と実験概要

図-2は模型水路で、実験村称区域の現河床勾配は約1/27、床固工により計画河床1/45にするものである。支川の本川への流入角度は41°、流路工幅60m、床固工間隔100m、床固工落差2m、水たき長さ10mである。相似律は实物と模型の幾何学的相似条件を満たすものとし、模型水路の使用砂礫は平均粒径3mmとした。合流前の登川本川の計画高水流量は600 m³/sec (21.5 l/sec)、模型製作当時ににおける支川の計画高水流量200 m³/sec (7.2 l/sec)、合流後800 m³/sec (28.7 l/sec)で流下するものとした。通水時間は実河川で1時間（模型水路で7分45秒）とし、登川本川に支川一の沢が合流することによって合流部に種々の水理学的諸問題が発生する。例えば床固工No.2左岸下流は異常洗掘、対岸（右岸）は堆積傾向となるが、このため本川の流れを圧迫し偏流を大きくすることになり合流点の流況は複雑な形態となる。このような合流点における問題を処理するため導流水制を設置する方法が広く用いられている。導流水制は本川と支川との合流を円滑に行なうことによって混流による渦流を少なくし、その機能を十分に發揮させることができる。このためには導流水制の配置と形状が最も重要なとなりこれらを実験で検討するものである。水制の形状は直径3cmの円筒型および不透過水制とし、水制長は支川の流路幅D=22cmに等しい長さL=DおよびL=2D、水制高さは2cmとし越流型水制とした。

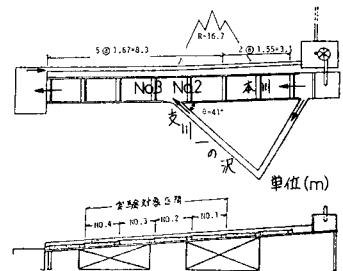


図-2

3. 実験

導流水制の角度は本川の流下方向に対し、θ = 20°, 30°, 41°とし、実験は表-1のようなcaseについて行なった。

(1) 河床状況

図-3はcase 5, 15, 19, 23の状況を示したもので、A, B, C領域は水制がない場合に洗掘が常に大きい領域で特にA領域は異常洗掘の箇所である。

表-1

CASE	Q ₁ : Q ₂	水体角度	水制長	水制形状
1	1:2	0+41°	L=D	透過型
2	1:3	"	"	"
3	1:2	"	L+2D	"
4	1:3	"	"	"
5	1:2	"	L+D	不透過型
6	1:3	"	"	"
7	1:2	"	L+2D	"
8	1:3	"	"	"
9	1:2	0+30°	L=D	透過型
10	1:3	"	"	"
11	1:2	"	L+2D	"
12	1:3	"	"	"
13	1:2	"	L+D	不透過型
14	1:3	"	"	"
15	1:2	"	L+2D	"
16	1:3	"	"	"
17	1:2	0+20°	L=D	透過型
18	1:3	"	"	"
19	1:2	"	L+2D	"
20	1:3	"	"	"
21	1:2	5	L=D	不透過型
22	1:3	"	"	"
23	1:2	"	L+2D	"
24	1:3	"	"	"
25	1:2	0+41°	—	—
26	1:3	"	—	—

A領域は80~100mm、B, C領域は50~80mmの洗掘が生ずる。case 5についてみるとA, B領域の洗掘はほとんどみられず導流水制の効果は十分認められる。C領域については水制がない場合と余り変化がみられない。case 15は導流水制の角度を30°とし水制の長さはL=Dとしてみたもので、

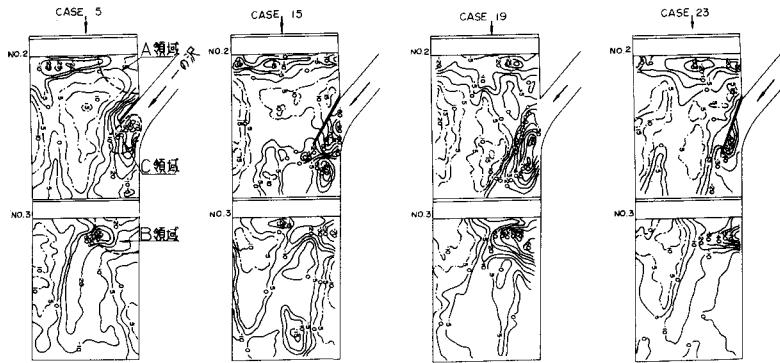


図-3

A領域では効果が大きくB領域では余り効果がみられない。C領域では渦流が大きく洗掘量は水制がない場合よりも大きくなった。case 19は透過型水制でC領域の洗掘は不透過型の場合と同様効果はほとんどみられない。case 23はA領域では効果が大きく、B, C領域ではやや効果がみられた。

(2) エネルギー損失

床固工を通過する場合エネルギー損失はどのようになるか次式より求めた。エネルギー損失ΔEは

$$\Delta E = (v_{2g}^2 + h_2 + z_2) - (v_{1g}^2 + h_1 + z_1)$$

添字1は床固工直上流、2は床固工直下流である。ΔEが大きい場合は床固工直下の河床洗掘が激しく、また流速の減少が大きいが、ΔEが小さいと河床洗掘も比較的小さい。図-4は導流水制がある場合のエネルギー損失ΔEと水制がない場合のエネルギー損失ΔE₀との比をみたもので、床固工より下流において効果がみられ、No.3下流では水制の効果が薄れることがわかる。第31回年次講演会でも報告したように床固工下流にロックを投入し、さらに支川合流部には導流水制を設置することによって河床洗掘を緩和できるものと思われる。

(3) 合流部の流送土砂量

合流部の流送土砂量を合流前、合流後、支川からの流送土砂量に分割し、Kalinske・Brown公式及び佐藤・吉川・芦田公式より求めた。水制角度により合流後の流量配分は違うものと考えられるので図-5のような配分とし、合流点周囲の流送土砂量が動的平衡状態になる水制ケースを検討した。表-2は合流前後の土砂の土砂量の差を示すもので一は洗掘傾向、十は堆積傾向である。

4. 結論

A, B領域の河床洗掘、水制周囲の洗掘、エネルギー損失、動的平衡状態などより総合的に考察した場合、最も効果的と考えられる水制は、θ=41° or 30°、L=Dであるが、透過型か、あるいは不透過型かの差別を明確に判断することはできなかった。しかし現況河川としての右支川焼津川をも加えた三川合流のその後におけるわれわれの水理模型実験によれば、透過型がよろしいようにも思われるが、今後の研究課題としたい。

最後に本研究において、いろいろと御援助を受けた建設省湯沢砂防工事事務所の担当者各位に対して深甚の謝意を表す次第である。

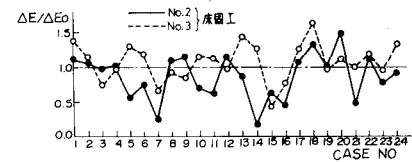


図-4

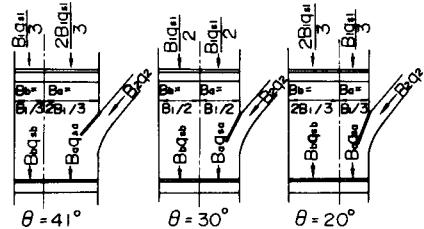


図-5

表-2

CASE	Kalinske Brown の式			佐藤・吉川・芦田の式		
	ΔQ _{1g}	ΔQ _{2g}	ΔQ _{3g}	ΔQ _{1g}	ΔQ _{2g}	ΔQ _{3g}
1	-3.0	-7.2	-4.3	2.3	-8.0	-1.7
2	5.0	3.9	9.3	3.9	2.7	6.6
3	-5.5	-13.2	-18.7	-3.9	-0.2	-12.1
4	5.0	-46.6	-41.6	3.9	-18.3	-14.4
5	-0.9	-38.6	-37.5	-0.6	-9.2	-9.8
6	-18.1	0.3	-17.8	-9.8	-1.1	-8.7
7	-9.2	-23.2	-32.0	-5.9	-21.2	-17.1
8	-0.2	-2.5	-10.7	-5.4	-1.1	-6.5
9	6.1	-1.8	4.3	4.3	0.0	4.3
10	-1.5	-25.5	-27.0	-0.9	-7.7	-8.6
11	6.0	23.0	29.6	5.0	10.4	15.4
12	-1.5	7.1	5.6	-0.9	4.9	6.0
13	1.4	7.0	8.4	0.7	2.9	3.6
14	-1.9	-20.0	-21.9	-0.9	-4.7	-5.6
15	2.2	24.5	26.7	2.0	9.0	11.0
16	2.2	10.4	12.6	1.6	6.0	7.6
17	-8.2	-1.6	-9.8	2.3	-1.1	-6.7
18	-3.5	13.1	9.6	6.6	6.2	12.6
19	14.6	13.2	21.9	15.7	7.1	22.6
20	-0.1	-19.7	-20.0	10.2	-4.5	5.7
21	-9.8	7.1	-2.7	3.1	2.1	5.2
22	-2.8	9.0	5.2	9.0	5.5	15.3
23	-8.0	0.2	-7.1	5.1	0.6	3.7
24	-5.8	7.1	1.3	10.1	5.0	21.7
25	-8.5	-1.9	-10.4	-20.2	-1.5	-12.0
26	-2.2	21.7	-23.5	-14.2	-2.0	-2.2

単位 (cm/sec)