

宮城県江合川砂防工事事務所 ○菊地宗一
 宮城県 土木部 砂防課 門脇和善
 建設技術研究所 古賀興一

1. はじめに

大谷川は未改修区間が多く、流水の蛇行により中山平付近の弯曲部では、流路幅が直線部の約5倍と広く、又外弯側の侵食が著しい。弯曲部に護岸工を施すに当り、拡幅された流路空間のとりあつかいについて実験的に検討したので、ここにその概要を報告する。

2. 流域の概要

大谷川は宮城県鳴子町付近にて、一級河川江合川と合流する右支川で、流域面積56.3km²、流路延長11.5kmの河川である(図-1)。実験の対象区間は、江合川との合流点より約5km上流の弯曲部で、中山平の急流をえぐってV字谷を形成し、右岸方向へ弯曲して流下している。なお弯曲部は自然の流れのままにしてあったため、流路は流量により変化し、外弯側の山脚部が侵食され、最大150m程度の河幅に拡幅されている。実験は弯曲部の侵食防止対策と、拡幅された空間利用に関して実験的に検討するものである。

3. 弯曲部護岸平面形状と実験目的

実験対象区間内の弯曲部では、流水が崖にぶつかり山脚沿いを侵食しているため、侵食防止のための護岸工を施す必要が生じている。

この護岸工による弯曲部の処理にあたって

- 1) 弯曲部で流路の拡幅によって生じた空間を、遊砂空間として利用する案(Ⅰ案)
- 2) 流水の流下方向に逆らわずに、流水が短路して流れる方向に合わせて護岸を設置し、流水、土砂ともにスムーズに下流へ流下させる案(Ⅱ案)
- 3) 上記1)、2)案の中間で、2)の平面形状に沿って越流型の低い護岸を設置し、平水時はその護岸に沿って流し、洪水時に護岸を越える流水にて土砂を護岸裏の空間へ流送させ、洪水時の土砂流出を抑制する案(Ⅲ案)。

以上3案の平面形(図-2、3)によって、護岸沿いの洗掘防止対策工のみでなく、流路拡幅部の処理方法について、実験的に検討するものである。

4. 実験の概要

模型は図-1に示す820m区間を縮尺1/50の大きさと制作した。実験に使用した流量は、図-4に示す、ピーク流量が460m³/s(50年確率流量)の計画洪水波形を与えた。各流量毎の流砂量は、ブラウンの流砂量での計算式に一致させた(図-4に計算結果の土砂濃度Dを示す)。又、河床材料の粒径、及び粒度分布は、現地の1/50の大きさと、給砂材料も同一のものをを用いた(図-5参照、平均

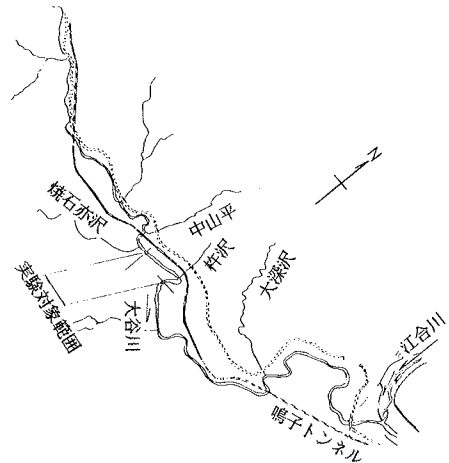


図-1 流域概要図

粒径 $d_m = 0.72\text{mm}$; 模型粒径)

なお、実験の相似はフルードの相似側を用いて実施した。

5. 実験結果と考察

5.1 平面形状の相違による流出土砂量の変化について。

平面形状は、図-2、3に示す3タイプで、彎曲部での上砂収支に関して検討した。

I案は最大限に遊砂空間を利用した案であるが、流量の変化にともなって彎曲部での流路の変遷が著しく、この結果河道内生産土砂量を大きくしている。

II案は流水に逆らわずに流路を短絡したため、流路が固定し、河道内生産土砂がI案より小さい。III案は洪水時に流水と土砂ともに護岸を越流し、土砂が護岸沿いに寄ることもあって、洗掘範囲が他の2案に比べて少ない。なお、III案の場合、護岸を越え遊砂空間への流入土砂は、約70 m^3 と少なく遊砂機能は小さい。又護岸沿いに土砂が堆積し、護岸の維持管理に問題が生じるものと考えられる。

5.2 彎曲部の水位上昇について

計画河床高からの各案での水位上昇量は表-1の通りである。同表から判かるように、II案は流れに逆らわずに護岸を設置したために、流水は護岸沿いをスムーズに流下し、水位上昇量も他の2案に比べ40cm低

くなっている。ここで彎曲部水位上昇について、実験結果と計算結果とを比較させた。計算式としては、ナップとグラシヨウの夫々の式を用いる。

① ナップ式

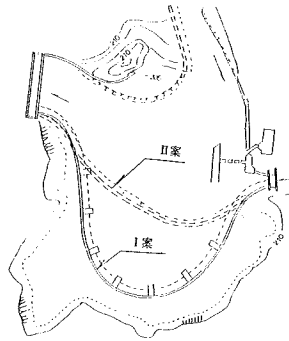


図-2 彎曲平面形状

(I, II案)

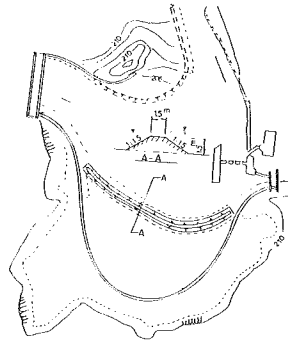


図-3 彎曲部平面形状

(III案)

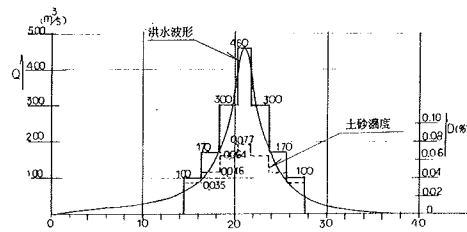


図-4 計画洪水波形状

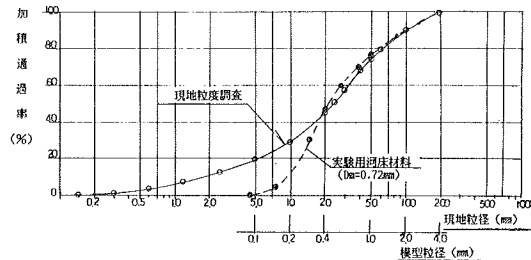


図-5 粒度分布図

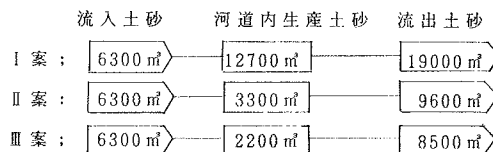


図-6 各案での土砂収支図

$$\Delta H = B V^2 / g \cdot R \quad \text{-----(1)}$$

表-1 弯曲部水位上昇量と最大洗掘深

ここで

ΔH ; 外弯曲側の水位と静

水面の差 (m)

B ; 河道幅, V ; 弯曲部

の平均流速, g ; 重力の

加速度, R ; 曲線の半径,

② グラシヨウの式

$$\Delta H = V / g \cdot 2.303 (\log R_2 - \log R_1)$$

R_1 ; 水路内弯側の曲率半径, R_2 ; 水路外弯側の曲率半径

弯曲部の流路幅は直線部に比べて広いので、計算での流路幅と曲率半径は、実験で求めた値を用いて計算を行なった。その結果を表-1に示す。この表より明らかのように、計算結果はやや小さ目となっている。(Ⅲ案については、越水護岸タイプのため、計算が困難で計算による検討は行わなかった。)計算はあくまで実験結果より得られた流路幅と、半径を入力して平均流速を計算し、水位上昇量を求めており、実際に弯曲で生じる流水の片寄りが計算値に評価されないため、値として小さ目となっている。

5.3 弯曲外弯側の水深、及び、洗掘深の縦断変化と護岸高

弯曲外弯側で計画河床高からの護岸に沿う水深と、洗掘深の縦断変化を図-7、図-8に示す。

①水深は図-7、図-8に示すように護岸沿いに放物線的な水位上昇を示す。護岸高もこれに合わせて設計した方がより経済的と考えられる。

②洗掘深についても、最大の水位上昇となる位置より、下流20m~40mずれた位置で、最大の洗掘深となっている。洗掘防止対策として護岸根固工を設置する場合、この洗掘深の程度により、根固工の重量を大きくしたり、敷設幅を広くしたりして対処の方が好ましいものと考えられる。

③阿部¹⁾らによると、弯曲部における最大洗掘深は、砂州が固定される場合、弯曲始点を基準に $\alpha = 40^\circ$ 付近に、砂礫堆形成領域では、砂礫堆の移動に伴って最大洗掘位置は変化し、 α が 30° を過ぎると洗掘深は大きくなり、 $\alpha = 60^\circ$ 付近で最大となると報告している。図-7、図-8で判かるように洗掘は 40° 付近より大きくなり、 60° 付近で最大となっている。主流部の流路幅は40m程度であったが、弯曲部の流路幅は

案	流量	勾配	平均流速	等流水深	計算水位上昇		Fr	実験			洗掘延長
					ナブ式	グラーシェ式		水深	水位上昇	最大洗掘	
Ⅰ案	460m ³ /s	1/224	4.25	2.68	1.25	1.15	0.84	4.5	1.82	-4.5	170m
Ⅱ案	"	1/180	4.59	2.51	1.43	1.31	0.93	4.3	1.79	-4.1	80m
Ⅲ案	"	1/180	4.59	2.51	-	-	-	4.5	1.99	-4.5	62m

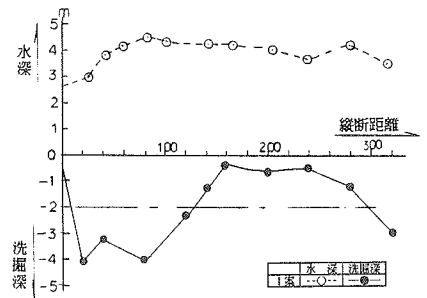


図-7 Ⅰ案護岸沿い水深、洗掘深縦断図

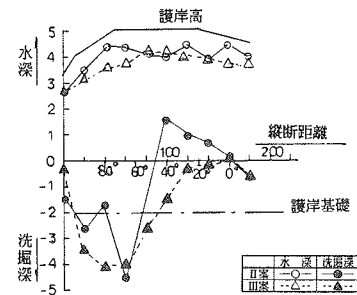


図-8 II, Ⅲ案護岸沿い水深、洗掘深縦断図

80 m 以上あり、交角も 90° に近いいため、 40° より下流側に最大洗掘が生じていた。

④ 洗掘範囲の延長については、平面形状で護岸延長が最大となる I 案が、他の 2 案に比べて大であった。

5.4 護岸沿いの流速と洗掘深

護岸沿いの洗掘深と流速の関係は、図-9 に示す。流速値にばらつきはあるが、大谷川弯曲部においては、ほぼ $h = 0.818V$ (h ; 水深、 V ; 流速) と直線的に比例しているものと考えられる。

5.5 護岸沿いの局所洗掘防止対策

護岸沿いの局所洗掘防止対策工としては、護岸沿いに根固ブロック工を配置し、その敷設幅を変化させることにより検討し、その結果を図-10 に示す。護岸沿いの洗掘深は、根固ブロックの屈撓性により、約 1.5 m に抑えることが出来るものと考えられる。

6. まとめ

本実験は大谷川弯曲部の局流部対策として、護岸形状について水理実験により検討したもので、その結果次の事項が明らかになった。

① 拡幅された弯曲部に護岸工を施す場合、洪水時の流下方向に合わせた平面形状 (II 案) がより妥当である。

② 水位の上昇量は、場所により異なるため、護岸高を決定する時、水位高に応じて変化させた方がより経済的と考えられる。

③ 護岸沿いの流速と洗掘深は、ほぼ直線的に比例するものと考えられる。

④ 護岸沿いの洗掘深は、根固ブロックを 10 m の幅に敷くことで、1.5 m の深さに抑えることが出来る。

以上、局流部対策に関する実験例として報告したが、今後この種の問題に対する参考例となれば幸いです。なお本実験を実施するに際し、建設省砂防課、ならびに勸建設技術研究所から適切な御助言を頂いた。感謝の意を表します。

参考文献 ;

1) 阿部宗平、鈴木浩之、流路工弯曲部に関する実験的考察、土木技術資料 25-3 (1983)

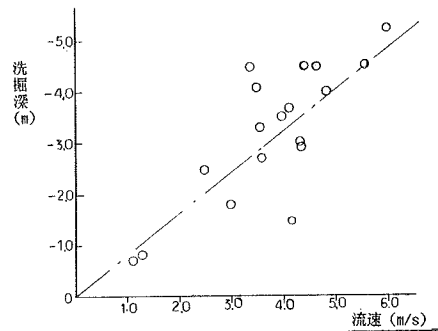


図-9 護岸沿い流速値と洗掘深

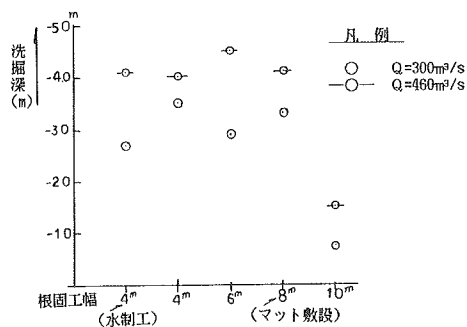


図-10 護岸沿いの局所洗掘防止対策工と最大洗掘深