

## 54 合流点での土砂堆積に関する実験的研究 (第2報)

建設省土木研究所 ○草野慎一 石川芳治 前田昭浩

### 1. はじめに

流送土砂の多い山地の溪流が合流する場合、豪雨時には多量の土砂運搬、堆積が生じ、河床の水位上昇による氾濫や、溪岸侵食を生ずる危険性がある。このような現象の発生を抑えるためには、上流の溪流工事を進め、流下する土砂を減らす方法と、合流点の河道形状を土砂の堆積や水位の上昇が起こりにくい形状に改良するという方法がある。河道内の土砂堆積に関しては従来から、蛇行や局所洗掘の原因となる砂礫堆に関する研究が多くなされてきているが<sup>1) 2)</sup>、合流点での土砂移動についてはあまり検討されてきていない。そこで、本報では前報<sup>3)</sup>に引き続き、合流点における土砂堆積過程について、実験により検討を行ったので報告する。

### 2. 実験方法

#### 2. 1 実験概要

実験に使用した水路は図-1に示すもので、本川は合流点より上流の長さが9m、下流が6m、幅50cm、勾配1/120であり、支川は長さ5m、幅20cm、勾配は、1/50のもの、1/5のもの

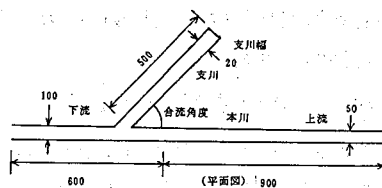


図-1 実験水路の概要図 (単位: cm)

2種類ある。合流角度は自由に設定できる。第1報の実験条件は、合流点での土砂堆積と、側岸侵食が同時に発生するような条件だったが、今回は堆積現象だけに絞るために、側岸に侵食域は設けなかった。実験では、支川からの土砂の流入形式が掃流状態と、土石流状態の2種類について実験し、さらに合流角度を変化させて、合流角度の違いが土砂堆積、水位上昇に及ぼす影響について検討した。実験に用いた砂は、平均粒径5mmの一樣砂である。計測のためにVTR一台、35mmカメラ一台、河床・水位高計一式を用いた。

2. 2 実験条件と実験ケース

土砂供給が多い洪水時を想定して、給砂量は本川、支川とも限界掃流土砂量に設定した。この給砂量は予備実験により求めた。河床には、厚さ0.75cmで砂を敷いた。また記録用のVTR及び35mmカメラは、合流点の様子を真上から撮影できる位置にセットした。実験ケースは表-1に示す通りで、実験開始時間は、支川からの流出水が本川に達した時間とした。本川では各ケースとも、給水量2ℓ/s、給砂量0.005ℓ/secで、30分間供給した。これは掃流タイプ、土石流タイプとも共通である。なお土石流タイプでは、支川模型上流端に設置した50ℓの土砂に1.5ℓ/sの水を5分間供給して土石流を発生させている。

表-1 実験ケース

ケースNo.	合流角度 (°)	支川の条件			
		土砂流入形態	流量 (ℓ/s)	土砂量	通水時間
1	30	掃流	1.5	360 (砂/水)	30分
2	60				
3	90				
4	30	土石流	1.5	50 (土)	5分
5	60				
6	90				

3. 実験結果と考察

#### 3. 1 掃流土砂が合流した場合

支川から掃流状態で土砂が本川へ流入した場合について行った実験の結果と実際の合流点の状況をあわせて図、写真で示した。図-5~7は実験終了直前 (25分) に計測した堆積土砂高及び水位の縦

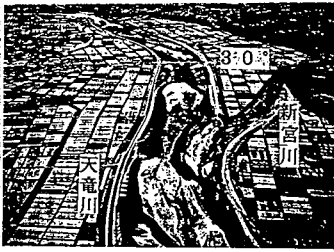


写真-1 30°の合流点の例

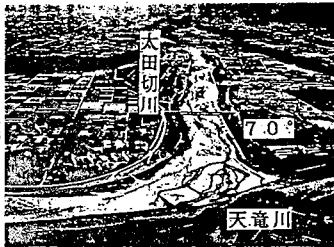


写真-2 60°の合流点の例

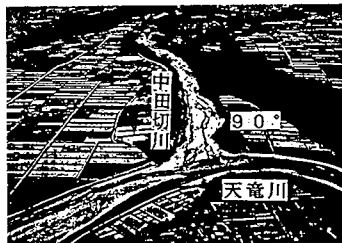


写真-3 90°の合流点の例

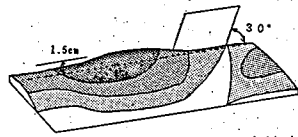


図-2 30°の合流点

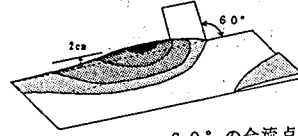


図-3 60°の合流点

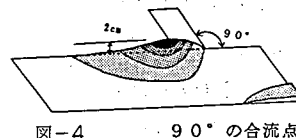


図-4 90°の合流点

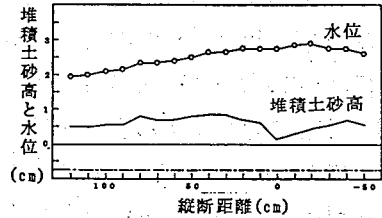


図-5 30°の縦断形状(掃流)

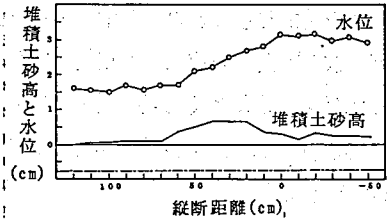


図-6 60°の縦断形状(掃流)

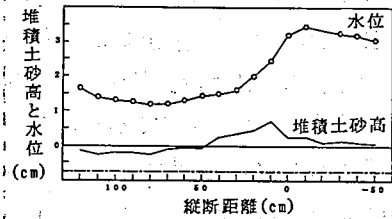


図-7 90°の縦断形状(掃流)

断形状である。これは横断方向の平均値をとっている。また図-2~4はその時の土砂堆積形状を模式的に表したものである。これらの図から以下のことがわかる。まず、合流点での堆積土砂量であるが、図-5~7より、縦断方向の平均的な堆積高が、流入角度が小さいほど、高いことが分り、従って堆積土砂量も大きくなることわかる。図-8は、合流点での堆積土砂量の時間変化をまとめたものだが、実験時間中を通して、この結果を見て取ることができる。すなわち、土砂は角度が小さいほど広い範囲に厚く堆積し、堆積土砂量は増加するということである。図-9に本川単独の水位 ( $h_1$ )、合流角度が0と考えた場合の計算上の水位 ( $h_2$ ) 及び実験結果(10分経過時の、合流点から50cm上流区間の平均値)によるせきあげ水位を比較した結果を示した。本実験では本川の川幅が合流前後で変わらないため、支川流水が流入することによる水位上昇は必然的である。合流角度によって図-9に示すように1.7~2.3倍に変化する。図-9より合流角度が小さい程、本川の水位上昇は小さいといえる。図-10には合流点直上流(20cm上流)における本川水位の時間変化を示した。図-10から実験時間中を通して、合流角度の大きい場合ほど水位も高いことがわかる。以上から、上流の水位上昇の軽減という観点からは、合流角度を小さくするのがよいといえる。ただし、この場合、合流点付近での堆積土砂量は増加する。写真-1~3は本川として同一の河川(天竜川)を選び、支川の合流角度がほぼ30°、60°、90°の3つの合流点を選んだものである。合流点への流入土砂量によ

り、土砂堆積形状も変化すると思われるので、これらの写真の状況と実験結果を単純に比較することはできないが、実際の河川で起こっている現象も実験結果に近いといえる。

図-11は実験終了時の支川の堆積縦断形状である。図-2~4にみられるように、合流点直下の土砂堆積高は、合流角度が小さいほど大きい。支川の堆積はこの高さから堆積遡上して行って形成されるため、合流角度の大きい60°、90°で堆積は大きく、30°では小さい。水位上昇については、直接の計測データはないが、この支川の堆積による河床上昇に伴って大きくなる。よって支川においては、合流角度が大きいほど、土砂堆積量、水位上昇に関して、共に増加傾向となる。

### 3. 2 土石流による土砂が合流した場合

支川から土石流による土砂が流入した場合の実験結果を、図-12~14に示す。合流角度が小さいほど広い範囲に堆積している。図-15は合流点直上流(20cm)での本川の水位の時間変化を示したものである。これからわかるように、実験開始後2分あたりが水位のピークであり、これから以後は徐々に低下していく。これは、30°では完全ではないが、60°、90°では約30秒後に本川河道が閉塞されてしまい、その堆積物を越流するのに約2分を要するからである。水位のピークは合流角度が大きいほど大きく、これは掃流

による土砂流入の結果とも同傾向である。また、供給土砂量は、土石流による土砂流入では50ℓであり、掃流による土砂流入では実験時間30分の

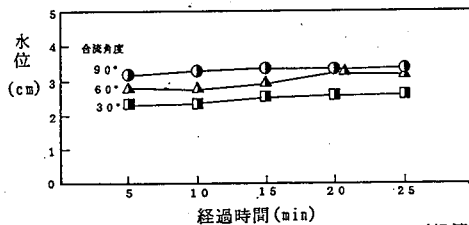


図-10 合流点直上流の本川の水位の時間変化 (掃流)

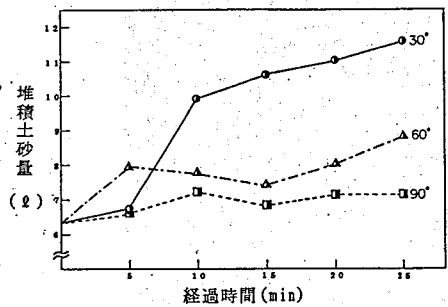


図-8 合流点への堆積土砂量の時間変化 (掃流)

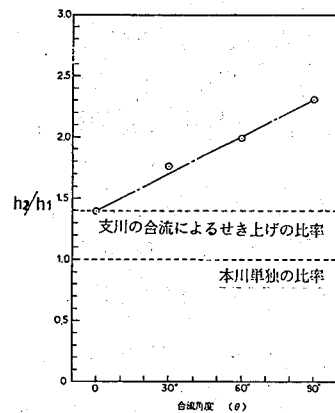


図-9 合流角度とせき上げ水位の関係 (掃流)  
 $h_1$  : 合流前の本川の水深  
 $h_2$  : 合流による本川のせき上げ水深

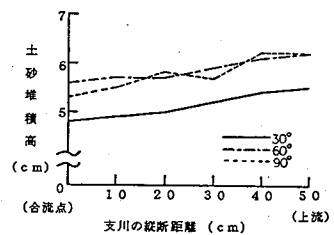


図-11 支川の縦断堆積形状

間に、計10.8ℓの土砂を与えている。掃流による土砂流入の場合、30分後の合流点の堆積状況は、変化が小さく、比較的安定しているため、かりにこの5倍の時間実験を継続し、約50ℓの土砂を与えても、土石流による土砂流入の場合の様にはならない。つまり、同じ土砂量でも土石流状態で土砂が流入する場合には、非常に大きな水位上昇を引き起こす可能性が高い。図-16~18は合流点直上流での土砂の堆積高と水位の時間変化を示したものである。ただし、点線部分は実測ではなくVTRから読みとった値である。土石流タイプの実験の場合、初めの約1分間で50ℓの土砂がほぼ流入し終わるため、かなり急激な土砂堆積が起こった。この後、越水による侵食が起こる約2分後までの間は、本川

がせき止められているために、ほとんど侵食、堆積現象起こらず、せき止められた水位が上昇するだけである。写真-5は、実際の支川から本川への、土石流の堆積状況を示すものである。本川幅が支川に比して大きいために、本実験の様に閉塞は起こさなかったであろうが、土砂が半円錐状に、先端に行くほど薄く堆積する状況は、実験の結果と類似している。

#### 4. まとめ

今回の検討では、合流点の土砂堆積に関する要因として、合流角度と土砂の流下形態をとりあげ、それらの条件を変化させた場合の、土砂堆積、水位上昇の変化、形態を検討した。その結果、定性的ではあるが合流角度の違いが、合流点付近における土砂堆積、水位上昇に与える影響についていくつかの知見を得られた。今後はこの結果を考慮にいれた合流点処理の対策工法のありかたについて、検討を進めたいと考えている。

#### 参考文献

1) 例えば 木下  
良作：河川砂礫堆の  
移動性について  
新砂防34 1959.8

2) 例えば 芦田、  
塩見：水路における  
砂礫堆の水理特性に  
ついて 京大防災研究  
所年報9号 (1996.3)  
p457~477

3) 草野、石川、  
福澤：合流点での土  
砂堆積に関する実験  
平成3年度砂防学会  
研究発表会概要集  
p126~127

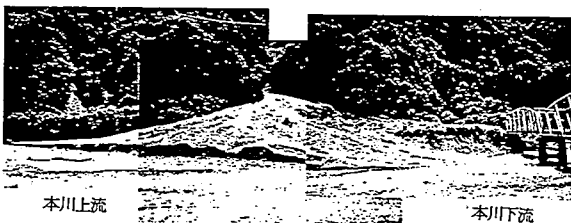


写真-4 木挽崩落から早川への土石流の流入 (支川正面より)

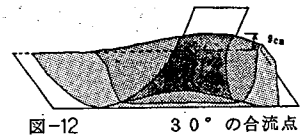


図-12 30°の合流点

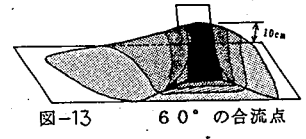


図-13 60°の合流点

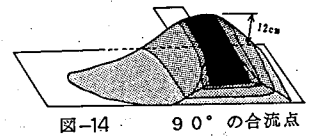


図-14 90°の合流点

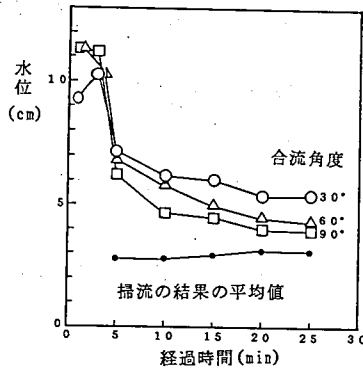


図-15 合流点直上流の本川の  
水位の時間変化 (土石流)

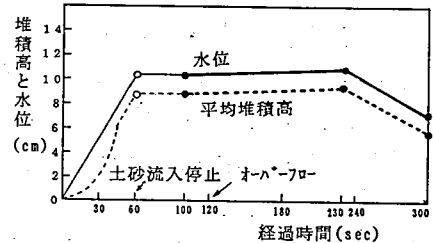


図-16 合流点直上流の堆積高と水位の時間変化  
(土石流30°)

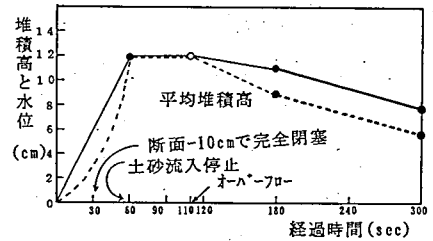


図-17 合流点直上流の堆積高と水位の時間変化  
(土石流60°)

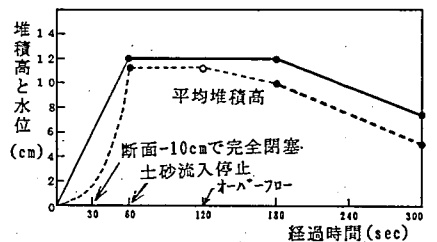


図-18 合流点直上流の堆積高と水位の時間変化  
(土石流90°)