

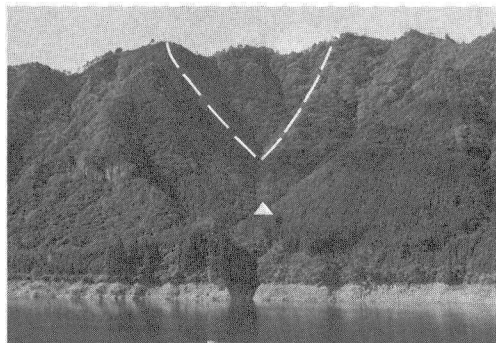
新潟大学工学部 正員 岡本芳美

I はじめに

講演者は利根川上流部支川赤谷川赤谷湖（相俣ダムによる人造湖）に面する小谷に山地河川の洪水流出機構の研究を行うため“相俣試験地”と呼ぶ洪水流出試験地を設け、ここで山地河川の洪水流出機構を出来るだけ多面的に研究している。相俣試験地における研究の一環として勾配の急な溪流河道を洪水流が流下する速度を実測したので、ここに報告する次第である。

II 溪流河道において洪水流の流下速度の実測を行うに至った経緯

相俣試験地は大きく二つの谷に分けられ、講演者は向って左側の谷の最奥の部分を洪水流出測定区として用いている。洪水流出測定区は集水面積 3.7 ha で、河道は基岩が完全に露出し、その勾配は 40 ~ 60 度と非常に急で、しかも所々急瀑をなしており、河道堆積物は殆んどない。この様な河道の最長距離は約 300 m で、河道ならびにこれに連なる河岸の露岩部は集水面積の約 2 % 前後と推定される。当初この様な基岩の露出した河道・河岸部に降った雨は急速に流出して、一定降雨強度の雨があった場合たちまちそこからの流出量は一定量に達しそれが持続されると考えたが、しかし実際に観測して見るとどうも 20 分間程度一定降雨強度が継続しないと流出量が一定しない様である。今ラショナル式の考え方を借りて洪水の到達速度を逆算して見ると毎秒約 0.3 m となり、我々が常識的にいんでいる値とかなりかけはなれた数値が得られた。また、たまたま比流量が 25 と言う大洪水に遭遇してこれを観察した結果に



写一 相俣試験地全景一破線内は洪水流出測定区、△印は洪水流流下速度実測箇所

よると、基岩の露出した急勾配の河道を流れ下って来る洪水流は水流でなく、水と空気が混合したあたたかも泡の塊りの様なもので、その流下速度は洪水時橋の下を渦巻いて流れるあの水流の速さとは段違いに遅いものであった。すなわち講演者は山地においては溪流河道は急勾配であるため洪水流の流下速度は非常に速いものとそれまで概念的に決めてつけていたが、実際にはそう速いものではない。逆に相当遅いものではないかと考えるに至ったのである。そこで相俣試験地の溪流河道において実際の洪水の洪水流の速さを実測することを考えたが、しかし実際の洪水でこれを行うことは事実上不可能であるので、河道に堰を造りこれに貯水して、これから一定流量を放流することにより、洪水流の流下速度を実測することにしたのである。

III 溪流河道における洪水流の流下速度測定のための施設ならびに測定方法の概要

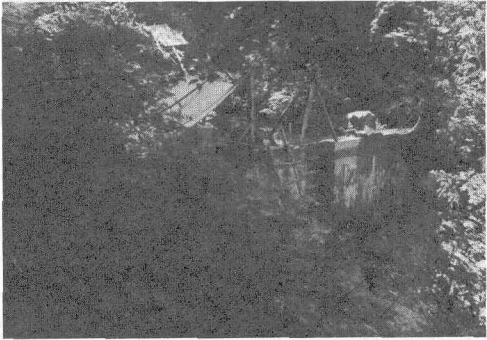
相俣試験地の河道の勾配は非常に急で貯水池を設ける適地が少ない。また標高が高い所では材料運搬を人力にたよるため工費が莫大になるので、貯水堰の設置箇所には比較的工事の容易な下流部を選定した。貯水堰を設けた地点は丁度基岩が約20mにわたり完全に露出した河道部分の最上流端で、ここに高さ約2m、幅約8m、有効貯水量約30m³のコンクリート堰を築造した。洪水流発生のため堰の中央部分には幅約80cm、高さ約120cmの切り欠きを設け、ここに木製の三方水密スルースゲートをはめ込んだ。ゲートの開放は三脚を組み、チェンブロックにより行った。

堰から下流に三つの流速測定区間を設けた。上流から第一区間（写-4）は水平距離約21m、平均傾斜20度の基岩が完全に露出した河道である。第二区間（写-5）は水平距離約19m、平均傾斜約15度と比較的勾配のゆるく、基岩の上に厚さ1m内外の砂礫が堆積した河道である。なほ河道の中に雑木が侵入して来ていたが見通しを良くするために伐採した。第三区間（写-6）は水平距離約14m、平均傾斜約25度と測定区間中最も勾配の急なところで、厚い砂礫堆積層に河道が切り込んだ様な河道の状況である。第二区間は常時水流があるが、ここは常時は伏流してしまっている。また丁度第二区間と第三区間の境界点に沢が一つ合流して来ており、ここで集水面積が倍増して約10haから約20haとなっている。

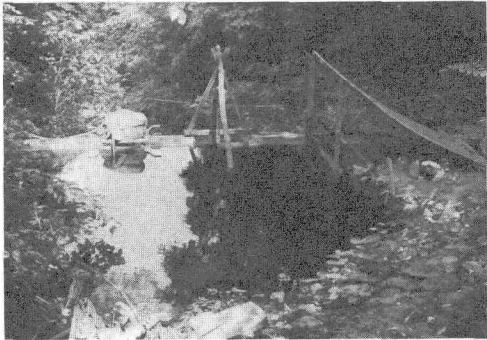
第二、第三区間の河身部と思われる線にテープを張り、このテープの下にある短径が1cm以上の礫の大きさを礫を回転楕円体と見なしその長径と短径を測定した結果が表-1である。

洪水流の流下速度の測定には種々の方法が考えられるが、この様な急勾配の流路の場合洪水流は水流ではなくあたかも水と空気が混合して出来た泡の塊の様な状態で流下するので通常概念ではその測定が非常に難しい。また平均流速を求めると云った事はまず不可能である。そこでゲートを急速に一定開度まで開放して生ずる段波の伝播速度と、一定量放流下で流況がほぼ定常状態になった時の最大流速を測定することとした。段波の伝

播速度の測定は容易であるのでさして問題がないが、最大流速の測定には工夫を要した。最大流速の測定には蛍光剤と浮子を用いた。浮子は赤色に塗ったピンポン球に注射針で水を注入し丁度半分水に沈む様にしたものである。蛍光剤はフルオレセインナトリウムの非常に濃い水溶液を用いた。



写-2 貯水堰全景（その一）



写-3 貯水堰全景（その二）

表-1 河床礫の大きさの分布

区間 粒 径 種 類	第二区間		第三区間	
	長 径	短 径	長 径	短 径
1~6 mm	8.9	39.0	11.7	44.8
6~12	31.0	38.2	32.9	23.4
12~18	26.0	13.8	16.0	20.2
18~24	13.8	4.9	12.8	7.4
24~30	5.7	4.1	11.7	2.1
30~36	5.7		7.4	2.1
36~42	4.9		3.2	
42~48	0.8		1.1	
48~54	0.8		2.1	
54~60	2.4			
60~66				
66~72			1.1	

（単位：％）

まず第一区間の上流端でフルオレセインナトリウムの濃水溶液約 10 ℓ と浮子約 20 ケを同時に投入すると蛍光剤と浮子は拡散しながら流下して行く。この場合拡散する蛍光剤の丁度最先端の位置に一番流下速度の速い浮子が浮んで流れて行った。第二区間の始点に一番速い浮子が到達した時間をストップウォッチで測定すると同時に約 10 ケの浮子を追加投入する。第二区間でも蛍光剤の先端の部分に一番速い浮子が浮んで流下した。第三区間の始点に一番速い浮子が到達した時間を測定しさらに同時に浮子を約 10 ケ投入した。第三区間は拡散が激しくもはや蛍光剤の先端を確認することは困難であった。浮子は投入された瞬間から個々非常にその流下速度に差が生じ、ある物はたちまち岸に打ち上げられてしまった。また蛍光剤は当初非常にせまい幅で流下するが、流下するに従って上下の幅が次第に増加し第三区間終端では確認できない程度にまで拡散してしまう。しかし浮子と共に蛍光剤を流すと一番速い浮子の確認が非常に容易になると云う利点がある。また一番速い浮子は蛍光剤の拡散状況から見て洪水流の最大流速を表現していると見てまちがいはない様である。写— 5'・6'・7' は比流量が 40 (第三区間は 20) の時の各区間の洪水流の流下状況である。

Ⅳ 測定結果ならびにその考察

洪水流の流下速度の実測は比流量が約 40・30・20・10 の段階で計 4 回行った。ただ、第三区間については沢が一つ合流して丁度集水面積が倍增するため比流量は半分に低下する。その結果は表一 2 の通りである。これ等の結果

表一 2 浮子最大流下速度と段波伝播速度 (単位: cm / sec)

から特記事項を列举すると次の通りである。① 基岩の露出した第一区間を除いて段波の伝播速度は浮子の最大流下速度より遅い。② 浮子の最大流下速度は河床勾配がある程度以上

種類 区間 \ 比流量	浮子最大流下速度				段波伝播速度			
	40	30	20	10	40	30	20	10
第一区間	2.9	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7
第二区間	1.5	1.1	0.7	0.3	0.7	0.7	0.5	0.4
第三区間	1.2	1.3	1.3	1.3	0.9	0.8	0.6	0.4

急になると流量が変化してもほぼ一定速度である。③ 浮子の流下速度ならびに段波の伝播速度共に非常に河床の粗度の影響を受けている様である。④ 相俣試験地の溪流河道における洪水流の最大流下速度は基岩が露出ししかも平滑な所を除いて考えると、最大毎秒 1 m 前後と云う値であろう。またここで実測したのは最大流速であって、平均流速になるともっと小さな値を示すであろう。

すなわち山地河川の勾配の急な溪流河道の洪水流の流下速度としては一般通念とは少しかけはなれた数値が得られたが、この原因としては① 山地河川の溪流河道の河床は非常に粗度が粗いこと、② 河巾が比較的広く洪水流の水深が浅いこと、等が考えられる。

Ⅴ 結 論

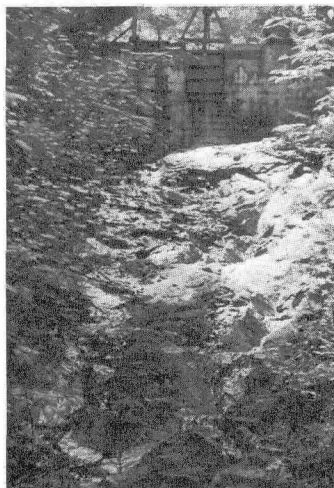
相俣試験地の溪流河道において洪水流の流下速度の実測を行った結果、山地河川の溪流河道の洪水流の流下速度として縦来一般通念としていただかれていた値とはるかにかけはなれて小さい値が得られた。相俣試験地における実測結果から類推して、山地河川において溪流河道に流出した降雨が幹川河道に流入するまでの平均流下速度は毎秒 1 m 以下と云う様な値であろう。このことは洪水の流出モデルを組み立てるにあたって非常に重要な事項になるものと講演者は考えている。

Ⅵ 謝 辞

本実測を行うにあたって観測施設の建設に全面的に御協力いただいた田部井建設株式会社（本社埼玉県妻沼町）社長田部井一郎氏に対し本席をお借りいたしまして深く感謝の意を表するものであります。

参考文献

- 1) 岡本芳美他 美和小試験地における洪水流出についての一考察 土木技術資料 11-6
- 2) 岡本芳美 山地水源部における洪水流出機構に関する一考察 土木学会第24回年講演演集第2部
- 3) 岡本芳美 山地水源部における流出の観測 土木学会第25回年講演演集第2部
- 4) 岡本芳美 微小流域とこれを含む大流域ならびに同水系内の近接する流域における洪水流出の比較 土木学会第26回年講演演集第2部
- 5) 岡本芳美 山腹における降雨の滲透と流下について 第16回土木学会水理講演会講演集
- 6) 岡本芳美 貯留閘敷法に関する二三の検討 河川昭和46年3月号



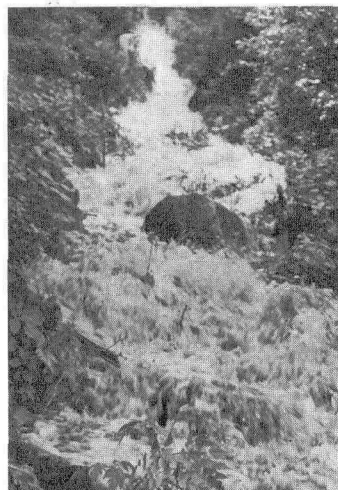
写-4 第一区間の状況



写-5' 同左の洪水時の状況



写-5 第二区間の状況



写-6 同左の洪水時の状況



写-6 第三区間の状況



写-7' 同左の洪水時の状況