

II-27

火山灰流路の側岸浸食過程に関する研究

北海道開発局 正員 竹本 成行
北海道開発局 正員 渡邊 康玄
北海道大学 正員 長谷川和義
北海道大学工学部 学生員 亀田 祐二

1. はじめに

本道の3割は火山灰に覆われている。火山灰地域は一般に流出率が低く河川流量が流域規模に比して小さい。このため、火山灰地域には肥沃な氾濫源が発達しにくく、開拓のもっとも困難な地域として先人の労苦を集めてきたところも少なくない。一方、この地の河川は火山灰の性質に支配されて様々な特徴を見せている。その有効な利用をはかるに際しては、こうした河川の性質を明かにし、その安定化をはかることが極めて重要であろう。

しかし、火山灰河川に関する工学的研究は少なく、とくに河岸浸食や流路の安定化についての研究はほとんど見あたらない。

本論文は、河床材料に火山灰土を有する流路の変化、特に河岸材料の分級作用をともし側岸の浸食過程を大型水路実験によって明かにし、河岸の安定化の方策を見いだそうとするものである。一般に、火山灰土は粒径の大きいものほど小さな比重を持つという傾向をみせ、大粒径のものにはいわゆる軽石を含んでいる。火山灰流路の第一の特徴には、こうした粒径の変化とともに比重が変化することであり、この効果がいかに現れるかに興味もたれる。ただし今回おこった恵庭火山灰砂は、こうした粒径別の比重の違いがない。

2. 実験の概要

本実験で用いた水路は屋外に設置された大型水路であり、流路浸食の経時変化が室内実験に比してよりダイナミックに表現される。したがって、現象を注意深く観察し、それとデータの解析結果とを照らし合わせ考察を行うことで現象をより正確に把握できるものと考えられる。

2-1. 実験水路および河床材料

本実験で用いた水路は水路長、水路幅がそれぞれ40m、4mで移動床部分も同様のスケールをもつ直線コンクリート製水路である。このなかに後述の火山灰を敷つめ、図-1のような半台形断面流路を設ける。

この断面の決定には所定流量に対して動的に平衡する流路幅と水深を基本とすることにし、池田ら(1986.)の式を用いてこれらを決めた。河床材料は、粒度が図-2に示すような分布を有する中央粒径0.303mm、最大粒径37.50mmの恵庭火山灰砂である。流水条件は、河床勾配1/1500、流量が1.0m³/sであり、等流状態を保つように下流端に設けたゲートにより調節を行った。

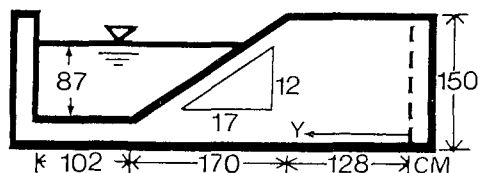


図-1 水路の横断面形

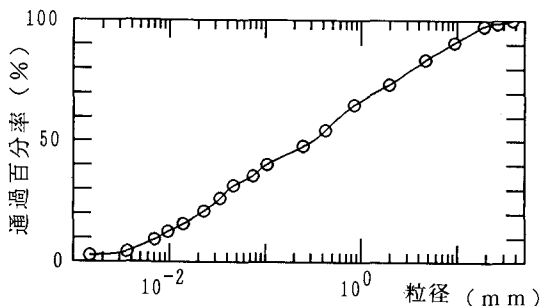


図-2 粒径加積曲線

2-2. 計測項目

計測項目は、水際線の位置(流路平面形)・水際線の位置の時間変化(流路幅変化)・流向、流速・水位・横断面形状の計5項目とした。各測定項目についての計測線と計測時間を以下に記す。

1)水際線の位置の測定：水際線の測定は上流端から0~40mまで2m間隔で21側線、および5, 15, 25, 35mの4側線を加え計25側線において計測時間をそれぞれ通

水開始後50、140、300分としておこなわれた。

2)水際線の位置の時間変化の測定：水際線の位置の時間変化は、測線を上流端から20、25mの位置（以下、それぞれ測線20、25と呼ぶ）に選び、上記計測時間において測られた。

3)流速の測定：流速測定は、測線20において通水開始後20～40分、110～130分、230～250分、270～290分の間に実施された。それぞれ水深の2割と8割における流速を、横断方向にほぼ25cm間隔に測定した。

4)水位の測定：水位測定は、測線5、15、20、25、35の計5測線で、それぞれ計測時間を通水開始後14、46、65、110、140、155、170、200、230分としておこなわれた。

5)横断面形状の測定：横断面形状の測定は、測線20と25において、通水開始後50分を初期断面、通水開始後140分を浸食最盛期の断面、また通水開始後300分の断面を浸食安定期の断面として、それぞれ停水後に5～10cm間隔にておこなった。

3. 実験結果と考察

3-1. 実験の観察

側岸の浸食過程は、水際下での浸食と天端の崩壊とに大別できよう。まず、通水開始後シルト分が溶け出し、粒径の粗いものが徐々に現れてそれらもやがて水底へ落ちて行き、水際での浸食が徐々に進んでいく様子が確認できた。水際の浸食が進むにつれ水面上の側壁がえぐられ、オーバーハング状態になるがやがてこれらの土塊は支持力をなくして水中に崩落していく。こうした現象の繰り返しによって流路は拡幅していく。通水停止後、斜面に崩落した礫の移動経路が残留礫による筋によって確認できた。そこでは、始めに重力の効果で陥落した礫が、掃流力の影響でしだいに弧を描いて流されていく様子がうかがえる。

河床は、平坦部分と斜面部分に分けられる。また斜面部分でも水際に近い急斜面部分と平坦河床部分に近い緩斜面部分とに分けられる。急斜面部分は20cm弱の高さで垂直に近い切り立ちをみせ、細粒分に富んでいる。粒土構成中のシルト・粘土による粘着力が急斜面を保つ要因であろうが、この深さにおいては掃流力が弱く、細粒分の限界掃流力をも下まわっていることが急斜面部形成の真因であろう。一方、緩斜面部分で活発な砂礫の移動があることは上でも述べた。しかし、細粒分の抜け出しが多く、表面は比較的粒径の粗いものが残っている。これらがアーマ・コートを形成していることは明かである。平坦部分には小規模ではあるが砂碓の発生が確認できた。

また上流端では断面を固定しているために流入渦が発生し、それが河岸をかなりの速さで浸食してい

く様子が確認できた。

3-2. 実験結果

3-2-1. 水際線について：図-3は測線20と25における流路拡幅量の時間変化を示したものである。

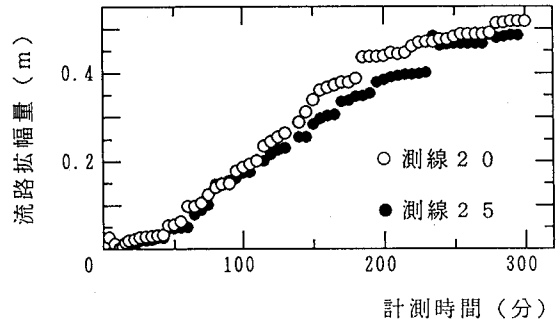
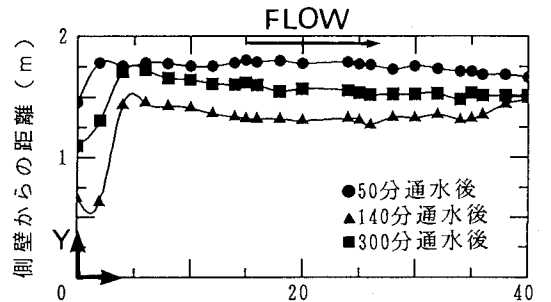


図-3 流路拡幅量の時間変化

この図から分かるように、当初測線20よりも測線25のほうが流路拡幅量が多いが、河岸の浸食が安定してくると両者ともほぼ同じ値をとっている。またこの図から流路拡幅量の時間変化に不連続の生じていることがわかる。浸食の中断は、側岸のオーバーハングによって見かけ上起こることもあるが、実際に浸食の弱まりが現れることもある。後者は、上流部で局部的に浸食が進み、結果的にゆるやかな凸部ができてその下流になった場所で起こる。この局所浸食が下流に進み、中断部分を活発に洗掘しはじめると水面上側岸の崩落が生じ、幅が一挙に大きく広がる。このことから流路の拡幅は、水際下での浸食と斜面の崩壊とを繰り返しながら進行していることがわかる。図-4は流路平面形状の時間変化を示したものである。この図より流路の上流では流水の進入により渦が発生し、側岸が激しく浸食されている様子がわかる。また、測線15～35までは流路の拡幅はほぼ一様に生じていることがわかる。このことは、実験が比較的広い範囲で流下方向に平衡していることを示すものである。



上流端からの距離 (m)

図-4 流路平面形状の時間変化

3-2-2. 流路の横断面形状：図-5,6はそれぞれ、測線20と25における通水開始後50, 140, 300分の河床横断面形状である。

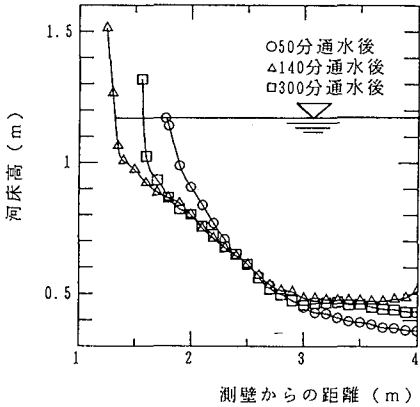


図-5 測線20における河床横断面形状の時間変化

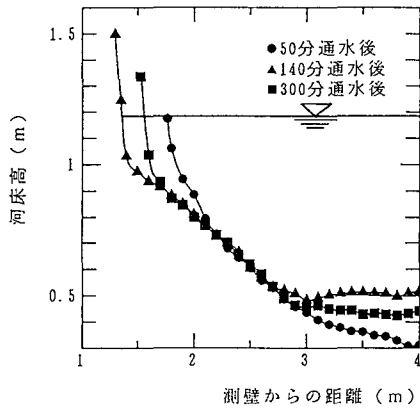


図-6 測線25における河床横断面形状の時間変化

これらの図から、両測線ともに側壁から約2.5～4.0mまでの平坦河床部分では、河床が堆積傾向にあることがわかる。また斜面は両測線ともに緩、急斜面部分とに分かれ、それぞれ経時変化によらず同様な勾配を示していることがわかる。興味深いことは、緩斜面部分がほぼ直線状を呈しており、しかも、時間経過とともにこれが伸びつつ一定状態を保つことである。このことは、この部分で動的平衡が実現していることを示すものである。水際近傍で浸食された土砂がこの部分を通過し、河床に堆積するという過程が明瞭である。

単一粒径砂の実験ではこうした現象は認められず、混合粒径砂の分級をとまなう水路の特徴のように見られる。実際、掃流力は水深の増加とともに増加するので、単一粒径砂の場合に流砂量がバランスする（形状が保たれる）ためには、局所的横断勾配が調節される必要がある。水深の浅いところで急に、深くなるにしたがって順に緩くなる。しかし、混合粒径砂においては、調節手段として他に粒度構成比を有しているので、勾配を変えなくてもその粗粒分の構成比を上げることにより横断方向に順次大きくなる掃流力に対処しようということができよう。したがって、斜面上で表面の粒度構成の変化は注目値するが、現在までにふるい分け試験を終えていない。

3-2-3. 水路の水面形：図-7は水路の水面形の時間変化を示したものである。

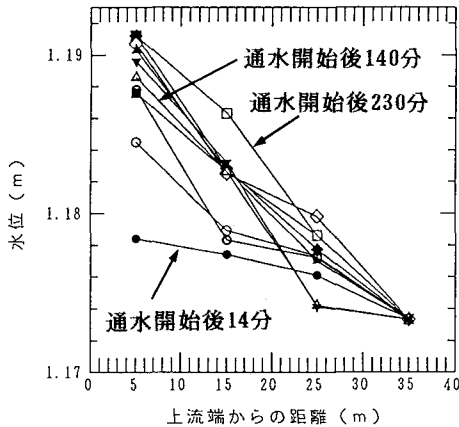


図-7 水面形の時間変化

この図から、水面勾配は時間の経過とともに上昇傾向が確認できる。また、測線35での水位は時間経過によらず1.1773mと一定値をとっていることがわかる。このことは、下流端で流量を一定とするためにゲートの開度を調節していたためにおこったことであると考えられる。また、上流端では時間の経過とともに水位の上昇がみられる。このことは、水路上流端にあるポンプで汲み上げた水をためておくプールにおいて実験開始後もまだ十分に水がたまっておらず、そこでの時間経過にともなう水位上昇が影響を及ぼしているためと考えられる。

3-2-4. 横断方向流砂量：図-8、9、10はそれぞれ無次元掃流力 (τ_*) と無次元限界掃流力 (τ_{*c}) の比を横軸にとり、浸食断面積から求めた横断方向流砂量 ($q_{B,*}$) を縦軸にとって両者の関係を見たものである。図-8は、通水開始後50分までを表したものであり、図-9、10はそれぞれ通水開始後50～140分と通水

開始後140～300分までを表している。限界掃流力の計算には河床材料のシルト分を除いた部分の平均粒径である1.0mmを用いた。これらの図から通水開始から50分までの間でとらえた測定値は、下記の長谷川式において $\chi=3$ とおいた曲線によくあっており、従来の高橋ら(1984.)の実験と一致している。しかし、50～140分、140分～300分と時間が経過するにつれて、実測流砂量は $\chi=9$ の線に移動している。これは、分級作用と無関係ではなからう。横軸の値は $d=1.0\text{mm}$ で計算されているが、分級のために平均粒径が大きくなっているために生じた現象と考えられる。

長谷川式：

$$\frac{q_{By*}}{\tan \theta} = 8.5 \frac{\sqrt{\tau_{*c}}}{\mu_s \sqrt{\mu_s \mu_k}} \left\{ \left(\frac{\tau_*}{\chi \tau_{*c}} \right)^{\frac{1}{3}} - \left(\frac{\tau_*}{\chi \tau_{*c}} \right)^{-\frac{1}{3}} \right\} \times (\tau_* - \chi \tau_{*c})$$

ここに、 μ_s は静止摩擦係数、 μ_k は動摩擦係数、 θ は斜面傾斜角

4. おわりに

著者らは、現在までに分級作用を考慮した浸食過程の数値解析を進めている。しかし、混合砂礫流路に特有な現象とみられる斜面の直線化などを十分に表し得ていない。講演時に成果を報告したいと考えている。

参考文献

- 1) 福岡捷二・山坂昌成(1984)：なめらかな境界形状をもつ直線流路の浸食過程、第31回水理講演会論文集2)
- 2) 長谷川和義(1981)：非平衡性を考慮した側岸浸食量式に関する研究、土木学会論文報告集、第316号
- 3) 長谷川和義・望月明彦(1987)：シルト・細砂からなる流路の浸食過程、第31回水理講演会論文集4)
- 4) 長谷川和義・望月明彦・水端 聡(1987)：河岸浸食における斜面効果の影響に関する研究、土木学会北海道支部論文報告集5)
- 5) 平野宗男(1973)：拡幅をとまなう流路変化について、土木学会論文報告集、第210号
- 6) 平野宗男(1971)：Armoringをとまなう河床低下について、土木学会論文報告集、第195号
- 7) 水子龍彦(1989)：Analysis on a formation process of a channel cross section with suspended sediment considering the sorting、平成元年度北海道大学修士論文8)
- 8) 望月明彦(1987)：粘着性と浮遊効果を考慮した河岸の浸食と堆積効果機構に関する研究、昭和62年度北海道大学修士論文9)
- 9) 高橋博行・望月明彦・長谷川和義(1986)：シルト・細砂混入河岸の浸食に関する実験的研究、昭和62年度北海道支部論文報告集

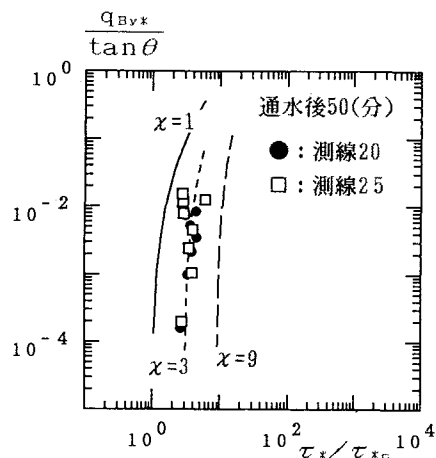


図-8 通水開始後(50分後)の横断方向流砂量式

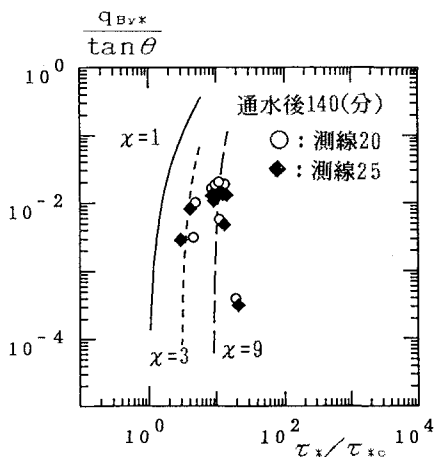


図-9 通水開始後(140分後)の横断方向流砂量式

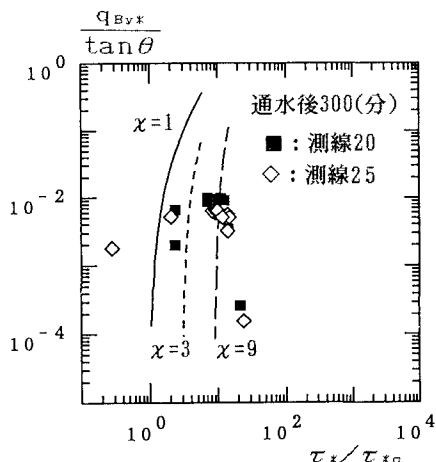


図-10 通水開始後(300分後)の横断方向流砂