モルタル製矩形断面流路を流下する溶岩流の流動・堆積特性に関する研究

群馬工業高等専門学校学生会員八千代エンジニヤリング株式会社非会員

学生会員 ○池本 敦哉 正会員 永野 博之非会員 西尾 陽介 非会員 佐藤 敏明東北大学大学院工学研究科 学生会員 柳原 駿太

1. はじめに

溶岩は火口から噴出し,谷形状を呈した山地の自然 河道を流下する場合があるため,谷形状の河道を流下 する溶岩流に関する知見は重要である.しかしながら, 谷形状の河道を想定した流路を用いた溶岩流の実験的 研究は少なく^{例えば1)},その知見は不足している.さらに, 溶岩流の抵抗則には粗度係数が考慮されていない.こ れは,溶岩流のせん断応力が,路床材料の変化による粗 度係数の変化よりも温度変化による粘性係数の変化に 支配されるためと考えられる.しかし,路床材料の変化 が溶岩流の流動特性に与える影響に関する研究は見当 たらない.そこで本研究では,モルタル製の矩形断面流 路を用いて溶岩流の流動実験を実施し,路床の材質や 流路の諸元が溶岩流の流動特性および堆積特性に与え る影響について考察を試みた.

2. 実験概要

2.1 実験方法

本実験で用いた溶岩は,著者ら2)と同様,重曹とホウ 砂を混合した川砂を高温加熱して生成した.加熱前の 各重量は、川砂 540g、重曹 270g、ホウ砂 540g である. 実験流路の模式図を図-1に示す.本研究では,矩形断面 流路を用いた. 矩形断面流路は, モルタルブロックを用 いて形成し, 流路高は 5cm, 流路幅は 5cm, 流路延長は 160cm とした. 溶岩流は、上流端から 30cm 地点に、加 熱容器を手作業で斜動させて溶岩を供給することで発 生させた. 溶岩流の初期温度は, 流路上方から赤外線サ ーモグラフィ(FLIR 製 CPA T-440, 放射率 0.9)を用いて 計測した. 溶岩の流下状況は, 流路上方, 流路右岸側方 に設置したビデオカメラにより撮影した.実験終了後, 固結した溶岩の体積,到達距離,堆積厚と堆積幅を計測 した. 堆積厚・堆積幅は、供給地点から 1cm ピッチで 計測した.本研究では,流路勾配θを10°,15°とした 2 ケースの実験を行なった.実験ケースを表-1 に示す.





3. 実験結果および考察

流路上方から撮影した動画から判読した流下距離を 用いて,溶岩流の流下速度を算出した.判読した流下距 離と算出した流下速度の時系列変化を,**図-2**に示す.溶 岩流停止までの時間は,CASE1で約8秒,CASE2で約 4秒であった.本研究で発生させた溶岩流は小規模であ るため,プラグ層は発達していないと考えられる.プラ グ層の発達していない溶岩流の平均流速vと粘性係数µ の関係は式(1)のように示されている³⁾.算出した流下速 度を式(1)に代入することで,粘性係数を推定した.

$$v = \rho g h^2 \sin \theta / 3\mu \tag{1}$$

ここに、v:流下速度、 ρ :溶岩の密度、 θ :流路勾配、 h:流動深である.本研究では、流動深の計測が困難で あったため、流動深の代わりに平均堆積厚を用いて粘 性係数を算出した.各ケースの流下フロント部温度 T_f と

粘性係数μの関係を図-3に示す.流下フロント部温度は, 赤外線サーモグラフィにより撮影した温度データ付き 動画を, FLIR Tools+(熱解析ソフトウェア)を用いて解 析することで求めた. 流下フロント部を 5×5 画素で抽 出し,抽出範囲における最大温度を流下フロント部温 度とした.著者ら3は、本研究と同様に、川砂を敷設し た平板流路を流下する溶岩流の粘性係数を推定してお り, 図-3 に示す結果を得ている. CASE1, CASE2 にお ける粘性係数は, 平板流路を流下する溶岩流の粘性係 数よりも極めて小さい値となっている.両ケースの溶 岩と平板流路を流下した溶岩流は、同様の手順で生成 されており、生成量は異なるもののいずれのケースの 溶岩流も類似した特性・傾向をもつと考えられる.本研 究では,著者らの実験と異なり,路床の材料を変更する とともに流路幅を固定して流動実験を実施した.この ため, 溶岩流の流動には, 路床の材料や流路の諸元が影 響を与える可能性が示唆される.

堆積結果を表-2に示す. 到達距離は,供給地点から固 結した溶岩流の先端部までの距離である. CASE1 の到 達距離Lは、CASE2 よりも大きくなった.これは、CASE1 の供給量がCASE2よりも多いためである.本研究では、 平均断面法を用いて区間体積を算出した. 図-4に,区間 体積の累加百分率と、到達距離比(供給地点からの距離 1と到達距離Lの比)の関係を示す.また,図-5と図-6に, 到達距離比に対する、各地点における堆積幅wと平均堆 積幅wの比(堆積幅比)および堆積厚dと平均堆積厚dの比 (堆積厚比)をそれぞれ示す. 図-4 に示すように, 区間体 積は、両ケースとも一定の割合で増加している. 図-5 に 示すように、堆積幅比は、一定の値をとる区間がほとん どで, CASE1, CASE2 ともに類似した傾向を示してい る. 図-5 に示すように、堆積厚比は、両ケースとも変動 している. CASE1 と CASE2 の堆積幅比が一定の値をと る区間で、堆積厚比が変動しているにもかかわらず、区 間体積は一定の割合で増加する.本研究で生成した溶 岩が、モルタル製の矩形断面流路を流下するケースで は、堆積幅が体積に対して支配的であると考えられる.

4. おわりに

本研究では,路床の材質や流路の諸元が溶岩流の流 動特性,堆積特性に与える影響を調べるために,モルタ ル製の矩形断面流路を用いて溶岩流の流動実験を実施 した.その結果,路床の材料や流路の諸元が溶岩流の流



図-3 粘性係数μと流下フロント部温度T_fとの関係



動に影響を及ぼす可能性が示唆された.今後は,供給量 を増加させた実験を実施し,本研究結果と比較する必 要がある.

参考文献

- 1) 永野ら(2021): 令和3年度砂防学会研究発表会概要 集 pp.69-70.
- 池本ら(2020):第48回土木学会関東支部技術研究 発表会講演概要,Ⅱ-45.
- 3) 砂防・地すべり技術センター(2000):研究報告,第 1号, pp.94-110.