

(II-17) 降雨による斜面浸食に及ぼす土砂の粘着性の影響について

早稲田大学理工学部 学生員 徳屋守啓
早稲田大学理工学部 正会員 関根正人
早稲田大学大学院 学生員 小野 了
早稲田大学理工学部 和田博士

1. はじめに

裸地斜面上に降雨が継続すると、雨水は斜面に浸透し、不透水面に達して浸透流を形成するが、やがて地中が飽和すると表面流が生じるようになる。下流端まで斜面が飽和し、表面流が下流端に達すると、下流端からの土砂流出が活発となり、ガリ浸食に相当する浸食が生じ始め、やがて水みちが形成される¹⁾。水みちの上流部先端では、表面流と浸透流により大規模な浸食が生じ、大量の土砂を下流に供給している²⁾。著者らはこれまでの基礎的研究を通じて、水みち形成のプロセス^{3), 4), 6)}、および浸食に及ぼす植生の影響⁵⁾についての検討をしてきており、本研究では斜面浸食に及ぼす土砂の粘着性の影響についての検討結果を報告する。

2. 実験概要

実験は、幅50cm、長さ150cmの可変勾配水路に土砂を厚さ5cmにわたって敷き詰め、締め固めた斜面を対象に行ない、その上方から斜面全域にわたって時空間的に均一の人工降雨を2時間にわたって与えた。実験条件は表-1に示す通りである。ここで、斜面を構成する土砂は、平均粒径1.29mmの珪砂3号、0.77mmの珪砂5号、および0.07mmの珪砂8号を用い、粘着性材料として平均粒径1.5mmのカオリナイトを用いた。実験では、粘土含有率の異なる5通りの材料からなる斜面に対して、5分毎に斜面下流端からの流出水量と流出土砂量を測り、さらに降雨停止後にレーザー式変位センサーを使用して斜面形状を測定した。また、斜面浸食の進行状況を写真ならびにビデオに収録し、後にその画像解析を行なった。

3. 実験結果

図-1に実験終了時における斜面土層厚のコンター図を示す。これによると、斜面構成材料に含まれる粘土の含有率が増加するにつれて、下流端から上流へ向かって遡上する水みちの形成が抑制されていることが確認できる。さらに、Case 4およびCase 5では下流端での斜面浸食が起こらず、水みちの形成が見られなかった。次に、下流端からの累積流出土砂量の時間変化を図-2に示す。ここでも粘着性材料が多く含まれるほど、土砂の生産、流出される量が抑えられるという傾向が見られる。しかし、図-3に示す通り、Case 4とCase 5については粘着性材料を多く含むCase 5の方が下流端から流出する土砂が多くなっている。これは、浸食によって流出する珪砂の量が増加したわけではなく、粘着性材料が多いCase 5の場合ほど、浸透流、あるいは表面流が流下する際に溶け出す粘土の量が多くなったためと推定される。

以上のように、粘土を10%程度含有するだけで、斜面の耐侵食性が急激に増加することが理解された。これは別途進めている粘土と砂からなる「粘着性土」の浸食実験から明らかになった結果と一致する。なお、粘着性土の浸食は粘土の溶出形式で進む小規模なものと塊状の剝離浸食の形をとる大規模なものがあることがわかっているが⁷⁾、Case 4, 5で生じたのは前者であった。

また、Case 1における流出水量の時間変化を図-4に、Case 5における流出水量の時間変化を図-5にそれぞれ示す。なお、縦軸に示す流出水量は、降雨開始から降雨停止まで斜面下流端より5分毎に連続して取った値である。粘土の入っていない図-4について見ると、初めの15分は流出水量があまり変化しないが、それ以降は急激に増加している。これは、土砂の浸透能が降雨強度を上回っているため、降った雨がすべて土砂層へ浸透し、この浸透水によって土砂層が飽和するまでは下流端付近に降った雨がわずかに流出するだけであったためによる。しかし、粘土を含有した図-5については、降雨強度が土砂の浸透能を上回っているため、降った雨は一部が表面流として流下し、一部が土砂層に浸透する。土砂層への浸透が進んでいくと、土砂層表層の飽和度が上がり空隙が減少していく。そうすると、浸透能が下がり浸透水量も減少していくため、表面流の流量が増加していき、下流端からの流出水量も、降雨によって給水される流量と等しくなるまで緩やかに増加していく。

表-1 実験条件

Case	斜面勾配 (deg)	降雨強度 (mm/hr)	初期含水比 (%)	斜面構成材料の配合割合 (%)			
				3号珪砂	5号珪砂	8号珪砂	カオリナイト
1	10	50	5	30	50	20	0
2						17	3
3						15	5
4						10	10
5						0	20

斜面浸食 水みち形成 降雨 粘着性土

〒169-1855 東京都新宿区大久保3-4-1 TEL.03-5286-3401 FAX.03-5272-2915

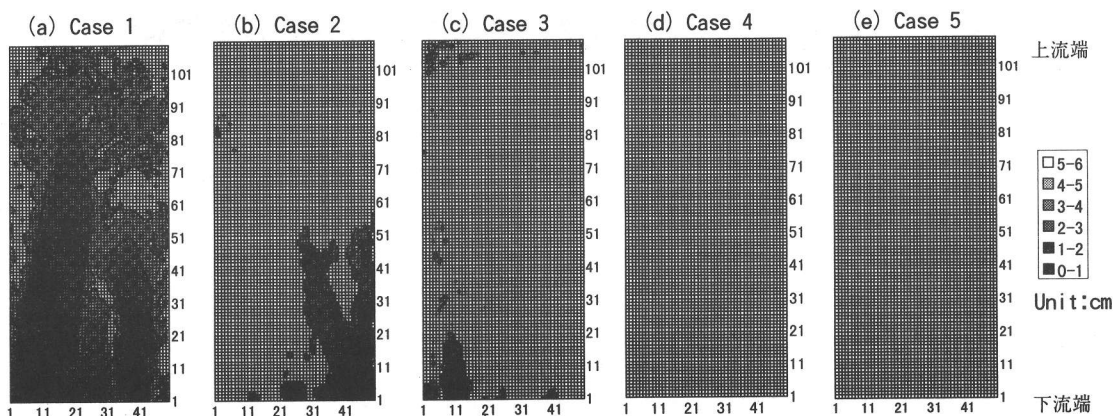


図-1 実験終了時における斜面土層厚のコンター図

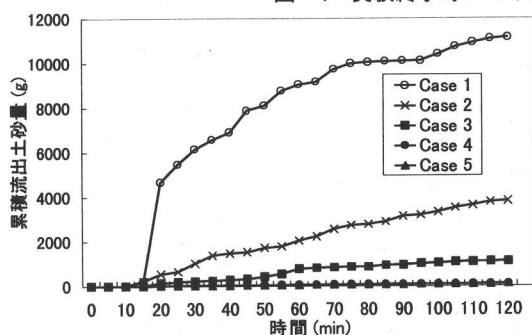


図-2 累積流出土砂量の時間変化

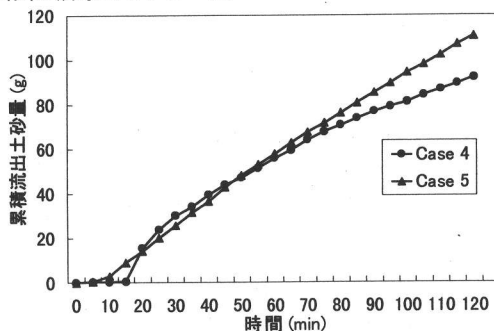


図-3 累積流出土砂量の時間変化(拡大図)

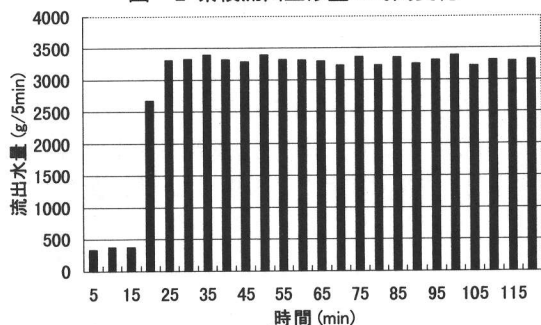


図-4 Case 1 における流出土砂量の時間変化

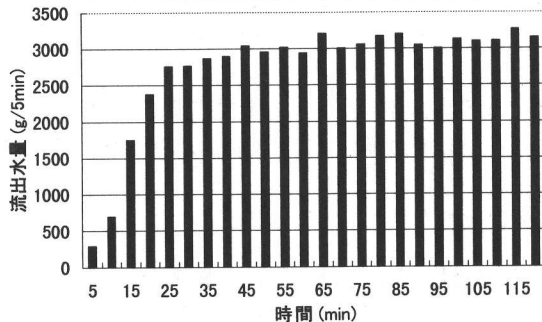


図-5 Case 5 における流出土砂量の時間変化

4. おわりに

本研究により、従来より指摘されてきた斜面構成材料の粘土含有率の違いが斜面浸食に及ぼす影響について、その定量的理解を得ることができた。斜面上流端から部分給水を行ない、斜面の表面を流下する流れが流路網を形成する過程についても調べていく予定である。

謝辞

本研究の遂行にあたり早稲田大学流体管理室の職員諸氏の協力を得た。ここに記して謝意を表わします。

参考文献

- 1) 澤井健二：粘着性流路床の変動機構に関する土砂水理学的研究，京都大学学位論文，1977。
- 2) 江頭，芦田：山地流域における微細土砂の生産場と流出過程に関する研究，京大防災研究所年報第24号B-2，1981。
- 3) 関根，金尾ら：裸地斜面における流路網形成とそれに伴う土砂生産，水工学論文集，第40巻，pp.849-854，1996。
- 4) 関根，金尾ら：山地斜面における河道網形成に関する研究，第49回年次学術講演会講演概要集，No.50，pp.498-499，1995。
- 5) 関根，加藤ら：降雨による裸地斜面の侵食と水みちの形成について，第53回年次学術講演会講演概要集，第2部，Ⅱ-262，pp.524-525，1998。
- 6) 関根，小野ら：降雨による斜面侵食とそれに及ぼす植生の影響について，第54回年次講演会講演概要集，第2部，Ⅱ-153，pp.306-307，1999。
- 7) 関根，飯塚ら：粘着性土の侵食特性に関わる諸要因の影響，水工学論文集，第44巻，2000。