

竹林斜面の地盤密度が豪雨時の斜面崩壊に及ぼす影響

福岡大学大学院 学生会員
福岡大学工学部 国際会員○松尾 雅伸
佐藤 研一 藤川拓朗 古賀千佳嗣

1.はじめに 我が国では国産のタケノコの需要が減少し、農家の高齢化や担い手の不足等の要因により、放置竹林や進入竹が増え、年々竹林の面積は増加傾向にある¹⁾。また、地球温暖化やヒートアイランド現象の影響により、時間雨量が50mmを超える短時間強雨の発生回数も増加²⁾し、大雨による土砂災害が毎年約1000件発生している。さらに、竹林は人里近い場所に多く分布し、過去の斜面崩壊の発生箇所に竹林が確認されていることから、これまで竹林と斜面崩壊の因果関係を解明することを目的とし、一連の検討を行ってきた³⁾。しかし、竹林斜面の地盤密度が豪雨時の斜面崩壊に及ぼす影響については明らかにしていない。そこで、本報告では小型模型土槽を用いて竹林斜面の地盤密度が斜面崩壊に及ぼす影響について検討を行った成果について報告する。

2. 実験概要

2-1 実験試料 実験試料は、太宰府まき土を用い、物理特性、粒径加積曲線を表-1、図-1に示す。また、日浦ら⁴⁾は、竹林の根茎網(写真-1)を模擬する材料として麻布を用いており、本報告ではこれに倣い目合い約3mmで6cm×6cmの麻布(写真-2)を用いた。

2-2 実験装置 実験に用いた小型模型土槽及び降雨装置の概略図を図-2に示す。この小型模型土槽は、傾斜20°の緩斜面部と傾斜40°の急斜面部の二つの斜面から構成されている。また、降雨装置は、装置内の水位をオーバーフローにより、注射針にかかる水压を変化させ、降雨強度を変化させる仕組みである。小型模型土槽の傾斜角度は実際に斜面崩壊が発生した現場の角度を用いている。さらに、模型土槽の底部はアクリル板となっており、摩擦が少ないことから、模型土槽の底部にはすべり止めを敷設している。

2-3 実験条件及び実験手順

実験条件を表-2に示す。実験手順は、図-2 実験装置
まず間隙水压の変化を把握するために間隙水压計 P-1～P-4 を斜面底部に設置した。次に試料の初期含水比を10%に調整し、均一に混ぜた試料を緩斜面のブロックから順に所定の密度となるようにコテを用いて締固め、模型斜面の作製を行った。今回設定した湿潤密度は、現地調査により、1.0～1.4 g/cm³を竹林が好んで繁殖するという結果をもとに緩い1.35、中密な1.50、密な1.65 g/cm³の3パターン設定した。実験 Case としては麻布無し(Case1)、麻布あり(Case2)とした。また、土砂の動きを把握するために加速度計 A-1～A-4 を間隙水压計 P-1～P-4 上部の斜面表層部に埋設した。最後に降雨装置を設置し降雨強度を調整後、録画・間隙水压・加速度の記録を開始した。麻布の敷設深さは竹林は地表面付近の浅い箇所を生育するため斜面表層部から深さ2cmの箇所とし、敷設箇所が視認できるように斜面の側面にガラスビーズを埋設した。今回設定した降雨強度(144mm/h)は実際の降雨としては異常に強いが、実験の目的は雨水の浸透による斜面内間隙水压分布と斜面の崩壊形態を調べるためであるため、この値を用いている。

表-1 物理特性	
試料名	太宰府まき土
土粒子の密度 $\rho_s(\text{g/cm}^3)$	2.634
初期含水比 $w(\%)$	8.3
強熱減量 $I_g\text{-loss}(\%)$	2.8
細粒含有率 $F_c(\%)$	20.9



写真-1 竹林の根茎網

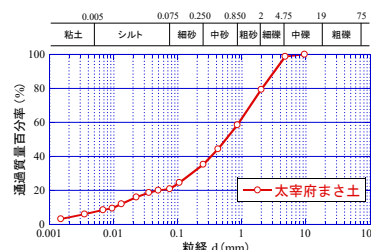


図-1 実験試料の粒径加積曲線



写真-2 麻布

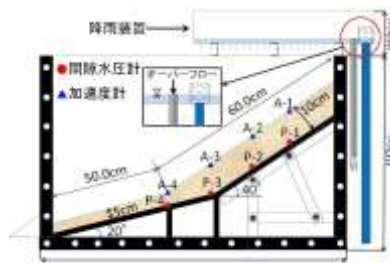


図-2 実験装置

表-2 実験条件

	Case1-1	Case1-2	Case1-3	Case2-1	Case2-2	Case2-3
$w_0(\%)$	10					
$\rho_d(\text{g/cm}^3)$	1.23	1.36	1.50	1.23	1.36	1.50
$\rho_t(\text{g/cm}^3)$	1.35	1.50	1.65	1.35	1.50	1.65
$Sr(\%)$ (実験開始前)	22.97	28.29	34.84	22.97	28.29	34.84
降雨強度 (mm/h)	144					
麻布の敷設方法						
	無し			6cm×6cmの麻布を斜面下部に約4cmで等間隔		

キーワード 斜面崩壊, 竹林, 模型実験

連絡先 〒814-0180 福岡市城南区七隈 8-19-1 福岡大学工学部 TEL092-817-6631(ext.6464)

3. 実験結果及び考察

模型地盤内の間隙水圧及び斜面表層部の加速度挙動の結果を図-3に示す。模型地盤密度の緩い $\rho_t=1.35\text{g/cm}^3$ の Case 1-1 は、斜面下部にて間隙水圧発生、斜面上部からせん断破壊が生じたことにより亀裂が入った後、流動化による大規模崩壊に至った。中密な $\rho_t=1.50\text{g/cm}^3$ の Case 1-2 は、斜面下部にて間隙水圧発生、複数の亀裂が生じた後で流動化による大規模崩壊に至った。一方、密な $\rho_t=1.65\text{g/cm}^3$ の Case 1-3 は、斜面下部にて間隙水圧発生、水圧はなだらかに上昇し、小規模崩壊が複数回発生し、徐々に崩壊の領域を広げる後退性崩壊⁵⁾と呼ばれる崩壊形態を辿った後に大規模崩壊に至った。ここで、最も緩い密度の Case 1-1 においては、実験開始後まもなく斜面上部に小さな亀裂を複数(写真-3)確認できた。また、Case 1-2 においても、複数の亀裂が生じていた。以上の結果より、密度が低くなるほど斜面上部での亀裂の発生が頻発すると考えられる。さらに、柴田ら⁶⁾は、平均粒径 0.48mm の試料を用いて実験を行った結果、相対密度が低いほど透水係数は大きくなり崩壊発生までの降雨時間は長くなることから流動性崩壊が発生しやすいとを報告している。このことから、模型地盤密度が低くなるほど流動性崩壊という崩壊形態に移行しやすいと考えられる。次に麻布有りの緩い $\rho_t=1.35\text{g/cm}^3$ の Case 2-1 は、斜面上部で間隙水圧発生後、麻布の敷設箇所において亀裂が生じ、流動化による大規模崩壊に至った。麻布有りの中密な $\rho_t=1.50\text{g/cm}^3$ の Case 2-2 は、斜面上部で間隙水圧発生後、加速度計 A-2 が上昇していることから斜面上部で亀裂発生前に麻布敷設箇所の土砂が下方に移動したことで、斜面が安定力を失い、崩壊に至ったと考えられる。さらに、麻布有りの密な $\rho_t=1.65\text{g/cm}^3$ の Case 2-3 は、斜面上部で間隙水圧発生後、斜面上部に源頭部が見られ、流動性を伴う大規模崩壊に至った。各密度ごとに敷設なしと麻布を敷設した場合を比較すると、それぞれ麻布による集水効果で間隙水圧の上昇を遅れさせ、Case 2-2, 3 においては、水圧の発生時間も遅れさせている。全 Case の大規模崩壊の発生時間を図-4に示す。 $\rho_t=1.65\text{g/cm}^3$ では、麻布による間隙水圧の抑制により大規模崩壊の発生が遅くなった。しかし、地盤密度が極端に低くなると麻布の影響で斜面下部の安定力が失われ、流動性崩壊に至ると考えられる。

4. まとめ 1)地盤密度が高い斜面では、すべり面を伴う崩壊が発生し、地盤密度が低くなるに従い流動性崩壊が発生したことから、密度によって崩壊の形態が変化する。2)地盤密度が極端に低くなると麻布を敷設した際に、斜面下部の安定力が失われ、流動性崩壊に至りやすくなると考えられる。3)麻布による集水効果が見られたことから、実地盤においても竹林の根茎網の集水効果により斜面崩壊の時間を遅らせると示唆される。

参考文献 1)鳥取市公式ウェブサイト：放置竹林の整備と拡大・侵入防止対策について, <https://www.city.tottori.lg.jp/www/contents/1190794069342/files/tikurin.pdf> 2)環境省：ヒートアイランド現象の現状, https://www.env.go.jp/air/life/heat_island/guideline/chpt1.pdf 3)高口ら：豪雨による竹林斜面の崩壊と根茎網の影響, 第8回土砂災害に関するシンポジウム論文集, 2016 4)日浦啓全：都市周辺山麓部の放置竹林の拡大に伴う土砂災害危険性, Journal of the Japan Landslide Society, pp.323-334, 2004 5)沖村孝：山腹表層崩壊発生位置の余地に関する研究, 土木学会論文報告集, pp.113-120, 1983 6)柴田博希, 汪尧武, 坂野友洋, 奥野岳志, 松本樹典：降雨による流動性崩壊に及ぼす土の透水性及び相対密度の影響に関する実験的研究, 第38回地盤工学研究発表会, pp.2187-2188, 2003.

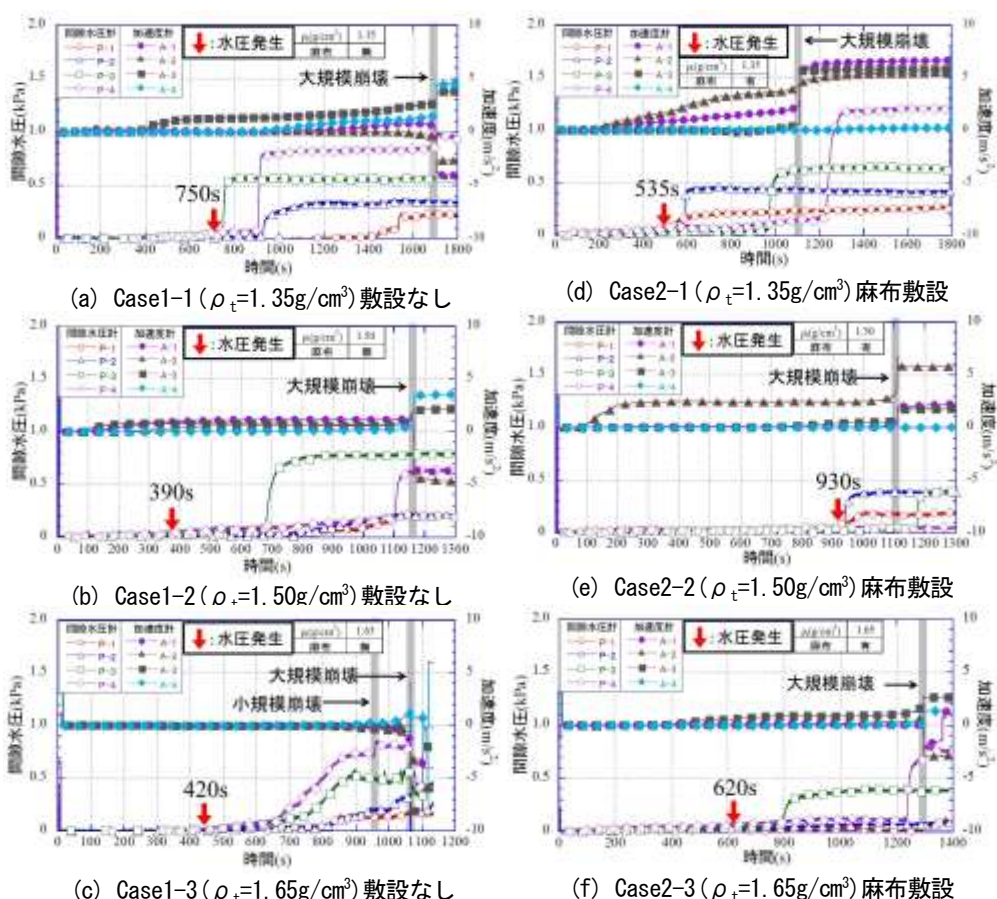


図-3 間隙水圧及び加速度挙動



写真-3 複数の亀裂

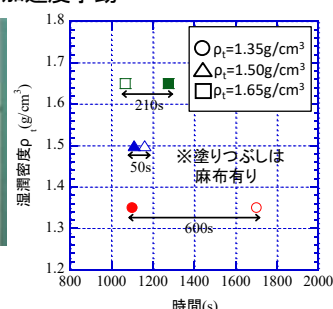


図-4 大規模崩壊の発生時間