

竹林地帯の斜面形状や繁殖分布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 松尾 雅伸
 福岡大学工学部 正会員 佐藤 研一 藤川 拓朗 古賀 千佳嗣

1.はじめに 我が国では国産の竹の需要が減少し、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、以前から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も竹林が確認されていることから、災害が起きた際に甚大な被害が予想される。このような背景から竹林と斜面崩壊の因果関係を解明することは災害発生時の被害の減少に繋がると考え、著者らは一連の検討を行っている³⁾。本報告では、斜面形状や竹林の繁殖状況が斜面崩壊に及ぼす影響を明らかにすべく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、太宰府まさ土を使用し、シリカパウダーを用いて細粒分含有率を10%に調整を行った。各試料の物理特性、粒径加積曲線を表-1、図-1に示す。また、日浦ら⁴⁾は竹林根茎網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の麻布を根茎網として用いた。

表-1 物理特性

試料名	太宰府まさ土	シリカパウダー
土粒子の密度 $\rho_s(\text{g/cm}^3)$	2.615	2.600
初期含水比 $w(\%)$	8.3	0.2
強熱減量 $Ig\text{-loss}(\%)$	1.5	0.3
細粒分含有率 $F_c(\%)$	20.9	100.0

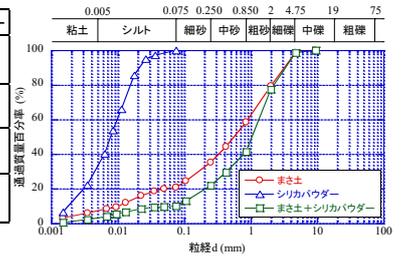


図-1 粒径加積曲線

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(凸型斜面)、3(凹型斜面)に示す。この小型模型土槽は、傾斜40°の急斜面部と傾斜20°の緩斜面部の二つの斜面から構成されており、本研究では斜面の形状による影響を把握するため2種類の形状を用いた検討を行った。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。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、模型土槽の底部に滑り止めを敷設している。

表-2 地盤作製条件

$w_c(\%)$	10
$\rho_d(\text{g/cm}^3)$	1.5
$\rho_t(\text{g/cm}^3)$	1.65
$F_c(\%)$	10
$Sr(\%)$	34.84
(実験開始前) 降雨強度 (mm/h)	144
麻布の有無	無 有

2-3 実験条件及び実験手順 地盤作製条件を表-2に示す。実験手順として、まず間隙水压の変化を把握するため間隙水压計 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ブロック毎に順に所定の密度($\rho_t=1.65\text{g/cm}^3$)となるようにコテを用いて締固め、斜面の作製を行った。また、土砂の動きを把握するため加速度計 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。今回検討した竹林の繁殖タイプ及び麻布の敷設方法を表-3に示す。竹林は低標高地域から高標高地域に広がり分布している⁵⁾。さらに、林⁶⁾らによると、竹林の分布は地形条件に影響を受け、竹林の拡大は、斜面凹凸度では斜面で、斜面傾斜では平地で早く、尾根地形及び急傾斜地で遅いとされている。そのため、繁殖状況のタイプ分けを行う際には、鈴木⁷⁾による斜面型の基本的分類を用い、繁殖タイプを決定した。また、本報告では、直線斜面を採用し、高所から低所に至るほど、傾斜角が増加する斜面を凸型、減少する斜面を凹型と定義する。麻布の敷設深さは、竹林が地表面付近の浅い箇所を生育する特徴より斜面表層部から深さ2cmの箇所に敷設した。

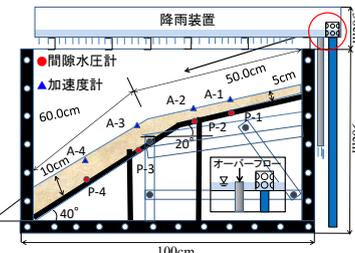


図-2 小型模型斜面(凸型斜面)

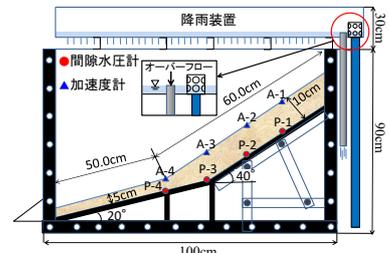


図-3 小型模型斜面(凹型斜面)

表-3 繁殖タイプ及び麻布の敷設方法

	Case1-1	Case1-2	Case2-1	Case2-2
水平断面形による斜面分類				
繁殖エリア	繁殖なし		繁殖なし	
麻布の敷設方法				
模型斜面	(図-2)凸型斜面	(図-2)凸型斜面	(図-3)凹型斜面	(図-3)凹型斜面

麻布の敷設深さは、竹林が地表面付近の浅い箇所を生育する特徴より斜面表層部から深さ2cmの箇所に敷設した。

3. 実験結果及び考察

3-1 斜面形状の違いが間隙水圧の発生挙動に及ぼす影響

本報告では、初期段階における流動化が生じ崩壊が発生したものを小規模崩壊、流動化やすべり面を伴う崩壊を大規模崩壊と定義する。Case1-1における間隙水圧の発生挙動を図-4に示す。各地点において間隙水圧が発生後、すべり面を伴う大規模崩壊(写真-1)に至るまで水圧が増加し続ける様相を呈した。Case2-1における間隙水圧の発生挙動を図-5に示す。P-2地点で

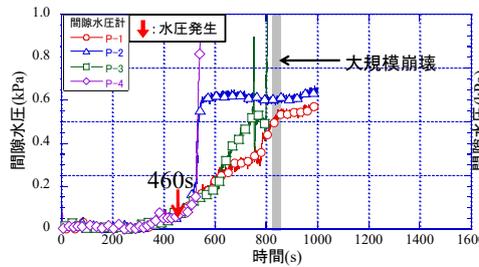


図-4 Case1-1の間隙水圧の発生挙動

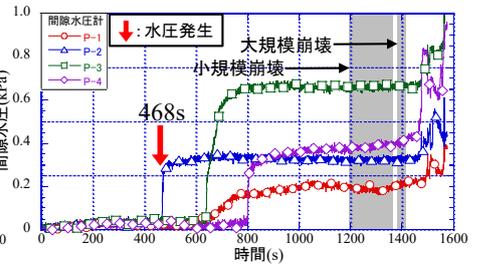


図-5 Case2-1の間隙水圧の発生挙動

間隙水圧の上昇が始まり、時間をかけて降雨が浸透することで崩壊が進行する。そして、徐々に崩壊領域が大きくなる後退性崩壊という崩壊形態を辿り、大規模崩壊に至った。凸型斜面に対し凹型斜面は、ポイントによって間隙水圧の発生時間が異なっている。また、発生後もしばらくは一定値を維持したまま小規模崩壊が発生し、大規模崩壊に伴い一気に水圧が増加する様相を呈することが分かる(写真-2)。

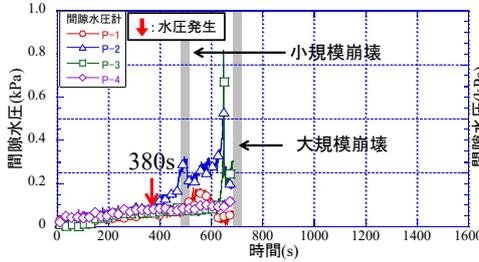


図-6 Case1-2の間隙水圧の発生挙動

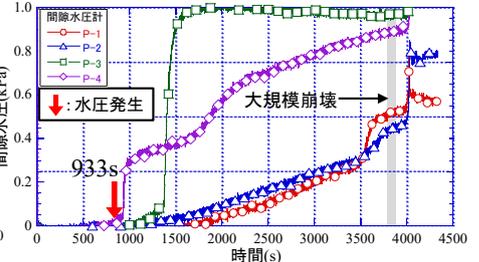


図-7 Case2-2の間隙水圧の発生挙動



写真-1 Case1-1の崩壊の様子



写真-2 Case2-1の崩壊の様子

3-2 竹林の有無が間隙水圧の発生挙動に及ぼす影響

Case1-2における間隙水圧の発生挙動を図-6に示す。緩斜面下部のP-2地点において間隙水圧が発生した。次に、麻布の敷設箇所や斜面勾配の変わる地点において、複数の亀裂を生じ、急斜面上部から大規模崩壊に至った。Case2-2における間隙水圧の発生挙動を図-7に示す。麻布と麻布の間などで複数の亀裂が生じた後、時間をかけて斜面に降雨が浸透して、大規模崩壊に至った。これらの結果を踏まえ、大規模崩壊の発生時間を図-8に示す。Case1-1, 1-2に着目すると、麻布の敷設により水圧の上昇を抑制している。しかし、崩壊の時間にほとんど差はなく、凸型斜面において麻布の有無による崩壊への影響は少ないと考えられる。Case2-1, 2-2においては、麻布を敷設した場合に間隙水圧の急上昇を抑制し、崩壊の時間を著しく遅らせている。よって、竹林が広範囲で分布する凹型斜面においては麻布が斜面の補強効果をもたらすと考えられる。さらに、Case1-1, 2に比べ、Case2-1, 2の方が崩壊時の水圧が高くなっていることから、降雨を貯めやすいことが示唆された。

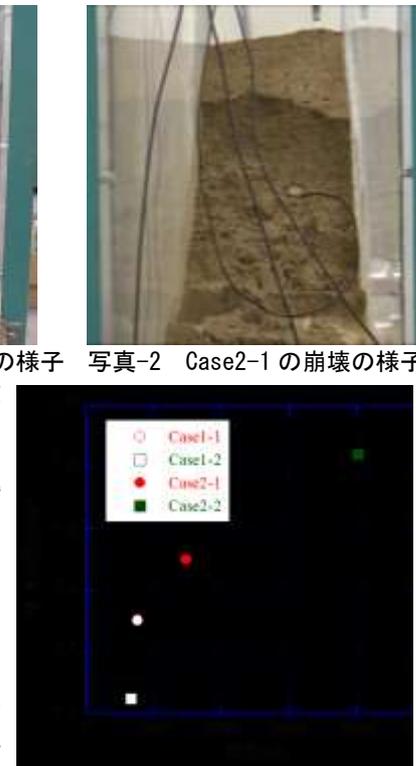


図-8 大規模崩壊の発生時間

4. まとめ 豪雨時の斜面崩壊において斜面形状や竹林の繁殖状況は斜面崩壊に影響を及ぼす重要な影響因子である。

また、竹の繁殖状況によっては竹林が補強効果の役割を果たし斜面崩壊の抑制に寄与する可能性が示された。今後はさらに斜面の分類や竹の繁殖状況を細かく変化させた検討を行った後、崩壊モデルについて検討を行っていく予定である。

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: 竹林の繁殖状況に着目した豪雨時の斜面崩壊メカニズムの検討, 土木学会西部支部研究発表会, 2017.3 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)鳥居厚志: 里山林の放置と竹林の拡大, 平成16年度 森林総合研究所四国支所 研究発表会要旨集 p6-7, 2004 6)林加奈子, 山田俊弘: 竹林の分布拡大は地形条件に影響されるのか?, 保全生態学研究, pp.55-64, 2008. 7)鈴木隆介: 建設技術者のための地形図読図入門, 古今書院, pp.122-123, 1997.