

竹林の根茎網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 高口拓也
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、放置竹林や進入竹の影響により、年々竹林の面積は増加傾向にある¹⁾。また、地球温暖化による気候変動により、近年、1時間に50mmを超えるような短時間強雨の発生回数が増えている²⁾。その結果、大雨による土砂災害が増加しており、毎年約1000件もの土砂災害が発生している。このような背景の中、竹は根が浅く森林や里山を構成する広葉樹のように治水効果がなく、写真-1のように大雨による斜面崩壊を起こしやすいといわれている⁴⁾。その一方で、竹林は樹木類を主とする森林よりも崩壊の頻度は低いという考え⁵⁾もある。さらに、竹が最も身近な資源のひとつとして用いられてきたことから竹林は人里に近い場所に多く分布している。これらのことから、竹林の根茎が斜面崩壊にどのように影響するのかを把握することは、災害発生時の被害の減少に繋がると考えられる。そこで本研究では、竹林の根茎が斜面崩壊に及ぼす影響について小型模型土槽を用いて検討した結果を報告する。



写真-1 竹林の崩壊の様子³⁾

2. 実験概要

2-1 実験試料 実験試料には、表-1に示す物理特性を有するまさ土を用いた。日浦ら⁶⁾は竹林土壌の表面を覆う竹の根茎網(写真-2)を模擬的に表現し得る材料として、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(写真-3)を竹の根茎網と仮定し実験を行った。

表-1 実験試料

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 $1g\text{-loss}(\%)$	2.8
細粒分含有率 $F_c(\%)$	7.3

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-1に示す。この小型模型土槽は、長さ50cm、幅30cm、傾斜20°の緩斜面部と長さ60cm、幅30cm、傾斜40°の急斜面部の二つの斜面から構成されている。降雨装置は長さ97.5cm、幅28cm、高さ20cm



写真-2 竹林の根茎網⁷⁾



写真-3 根茎網を模擬した麻布

の箱型であり、底部に降雨用の注射針が均等に配置され、装置内の水位により注射針にかかる水圧を変化させ、降雨強度を変化させる仕組みである。ここで、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。また、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滑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、まず間隙水圧の挙動を確認するために模型土槽の底面に間隙水圧計P-1～P-4を設置し、次に試料の初期含水比が10%になるように調整し、均一な含水比となるように混ぜた。含水比調整を行った試料を緩斜面部のブロックから順に所定の密度($\rho_t=1.65\text{g/cm}^3$)となるように、こてを用いて締固め、模型斜面の作製を行った。また、模型斜面を作製したのち斜面崩壊時の土砂の反応を確認するために加速度計A-1～A-4を間隙水圧計P-1～P-4の上部の斜面表面部にそれぞれ設置した。最後に降雨装置を設置し降雨強度を調整した後、降雨・録画・間隙水圧・加速度の記録を開始した。麻布の埋設位置については、斜面表層より深さ2cmの箇所に埋設し、埋設方法は、表-3に示す4パターンで実験を行い、竹の根が斜面崩壊に与える影響について検討を行った。また、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圧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。

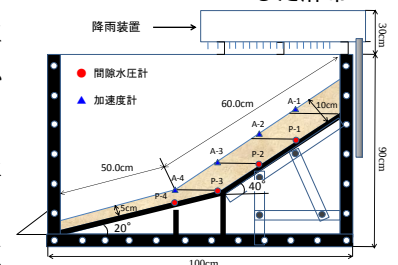


図-1 模型土槽及び降雨装置

表-2 実験条件

	case1	case2	case3	case4
$w_0(\%)$	10			
$\rho_d(\text{g/cm}^3)$	1.50			
$\rho_t(\text{g/cm}^3)$	1.65			
e	0.76			
$S_r(\%)$ (実験開始前)	34.66			
降雨強度 (mm/h)	144			

表-3 麻布の埋設方法

	Case1	Case2	Case3	Case4
写真				
概略図				
麻布の埋設方法	無し	斜面全体	6cm×6cmの麻布を約4cmで等間隔	6cm×6cmの麻布を縦10cm、横4cmの間隔

3. 実験結果及び考察 Case1～Case4 の間隙水圧及び加速度挙動の結果を図-2～5 に示す。また本研究では、流動化が生じ崩壊が発生したものを小規模崩壊、すべり面を伴う崩壊を大規模崩壊と定義する。

図-2 は、まさ土のみで構成された Case1 の結果を示したものである。420s あたりで間隙水圧の上昇が見られ、その後、間隙水圧の上昇に伴う有効応力や粘着力の減少により、斜面全体が下方に移動し、大規模崩壊に至った。

図-3 は、斜面全体に麻布を埋設した Case2 の結果を示したものである。Case1 と同様に 550s あたりで間隙水圧が上昇したものの、崩壊は発生しなかった。この原因として、八木ら⁸⁾によれば、斜面における浸潤前線は、斜面に対してほぼ平行に降下し、斜面下部で時間とともに鉛直方向に雨水の浸透を早める傾向があるとされている。本模型斜面では、麻布を連続して敷設したため水平ドレーンの役割を果たし、降雨は麻布を伝い表面部を斜面と平行に流れ、浸潤前線が降下しなかったため、P-1、P-2 で間隙水圧が上昇しなかったのではないかと考えられる。

図-4 は、麻布を等間隔で埋設した Case3 の結果を示したものである。約 780s に P-3 で間隙水圧の上昇が始まり、約 1040s で斜面下部において小規模崩壊が発生し、その後 P-2 の間隙水圧の上昇に伴う有効応力や粘着力の減少により、大規模崩壊に至った。図-5 は麻布を縦 10cm、横 4cm の間隔で埋設した Case4 の結果を示したものであり、間隙水圧が上昇を始め、約 825s で斜面下部において小規模崩壊が発生した。しかし、その後間隙水圧は一定の値から変化せず、大規模崩壊には至らなかった。崩壊が発生した Case1, 3, 4 の間隙水圧計 P-3 地点での間隙水圧の発生から崩壊に要した時間を図-6 に示す。これより、麻布を敷設することで麻布が水を吸収し、間隙水圧の発生を遅れさせたのではないかと考えられる。また、Case1 と Case3 を比較すると、麻布を敷いたことにより間隙水圧の発生が遅れたものの、大規模崩壊の発生時間はほぼ同じであった。以上のことより、麻布の敷設箇所、間隔によって間隙水圧の発生の仕方や崩壊の形態が異なることが示唆された。今後は実際の竹林の分布状況を考慮した実験によるデータの蓄積を行い、斜面崩壊との関係性について引き続き検討が必要である。

4. まとめ 1)雨水浸透により斜面内に間隙水が蓄積され、過剰な間隙水圧の発生に伴い、斜面崩壊を発生させる因子となる。2)降雨時には、雨水が根茎網に集中し、斜面と水平方向へ排水を促すことから、斜面に対して鉛直方向への雨水の浸透を遅らせることが分かった。3)竹の根茎網は間隙水圧の発生を遅らせるため、短時間の降雨に対しては崩壊を抑制する可能性がある。

謝辞：本研究は、(一社)九州地域づくり協会より研究助成を受けたものであり、関係各位に感謝申し上げます。また本研究の遂行にあたり、山口大学大学院の中田幸男教授に多大なるご協力を頂きました。ここに末筆ながら感謝の意を表します。

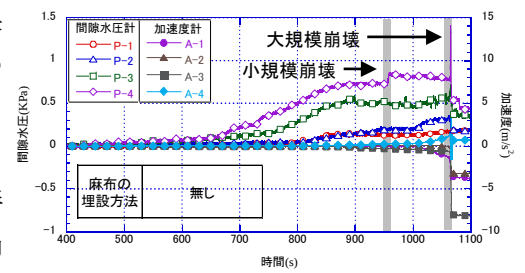


図-2 Case1 の間隙水圧及び加速度挙動

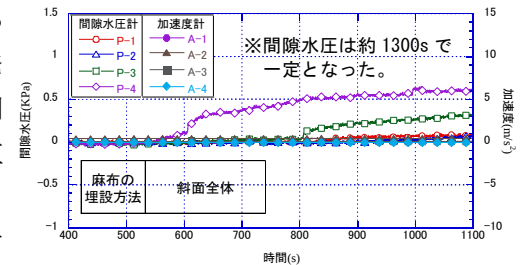


図-3 Case2 の間隙水圧及び加速度挙動

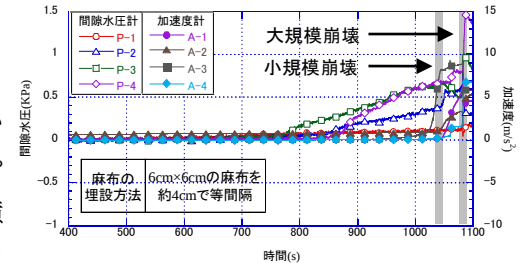


図-4 Case3 の間隙水圧及び加速度挙動

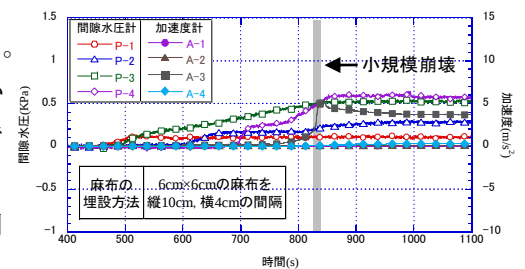


図-5 Case4 の間隙水圧及び加速度挙動

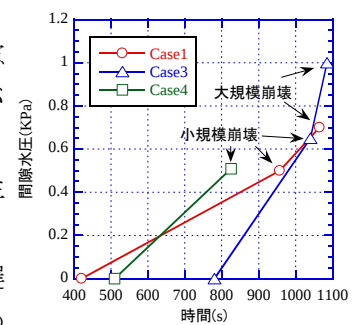


図-6 間隙水圧の発生から崩壊に要した時間

参考文献 1)林野庁:竹林面積の推移, 平成 25 年 7 月, <http://www.rinya.maff.go.jp/j/rinsei/singikai/pdf/13071914.pdf> 2)奈良県 県土マネジメント部 砂防・災害対策課:土砂災害の概要, http://www3.pref.nara.jp/doshasaigai/sabokyouikucontents/dosya_gaiyou/ 3)井原すがこ:新聞投稿欄 政務活動費・和木町の災害現場, <http://www1a.biglobe.ne.jp/sugako31/> 4)竹炭・竹酢液の竹炭紺屋, 放置竹林の現状, <http://takezumi-koya.com/> 5)佐渡靖紀:森林の保全技術の確保 竹林と山地崩壊との関係究明, 山口県林業指導センター研究年報, pp.59-62, 2004. 6)日浦啓全:都市周辺山麓部の放置竹林の拡大にともなう土砂災害危険性, Journal of the Japan Landslide Society, pp.323-334, 2004. 7)房総オルタナティブライフ:竹の根除去作業, <http://2are.blog10.fc2.com/blog-entry-11.html> 8)八木則男,矢田部龍一,山本浩司:雨水浸透による斜面崩壊, 土木学会論文報告集, pp.107-114,1983.