

豪雨時の斜面崩壊における竹林根茎網のモデル化の検討

福岡大学工学部 学生会員 松尾 雅伸 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 日本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、地球温暖化や都市部のヒートアイランド現象の影響により、近年、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も発生している。このような背景の中、高知県集中豪雨による土砂災害では被災地の約1/3の地点に竹林が確認され、斜面崩壊に竹林が関与している可能性が高い³⁾。そのため、本研究では竹林と斜面崩壊の因果関係を解明することを目的とし、既往の研究³⁾に倣い麻布を用いて竹林の根茎網の模擬を行ってきた⁴⁾。しかし、麻布が竹林の根茎網を模擬できているかが課題として残された。そこで本報告では、竹林の根茎網の特徴である①横方向に広く繋がっていること、②斜面表層部(根茎が生育する箇所)で集水することの2点に着目し、竹林の根茎網のモデル化の検討を行った結果について報告する。

2. 実験概要

2-1 実験試料 実験試料として、太宰府まき土を使用した。太宰府まき土の物理特性、粒径加積曲線を表-1、図-1に示す。また、竹林の根茎網(写真-1)を模擬する材料として、6cm×6cmの麻布(写真-2)、水槽用の濾過フィルター(写真-3)を用いた。さらに、これらの材

表-1 物理特性

試料名	太宰府まき土
土粒子の密度 $\rho_d(\text{g/cm}^3)$	2.634
初期含水比 $w(\%)$	8.3
強熱減量 $I_g(\%)$	2.8
細粒分含有率 $F_c(\%)$	20.9

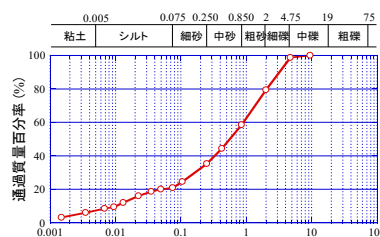


図-1 まき土の粒径加積曲線

料が竹林の根茎網として適切か比較を行うために、実際の竹の根も使用した。

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。



写真-1 竹林の根茎網



写真-2 麻布

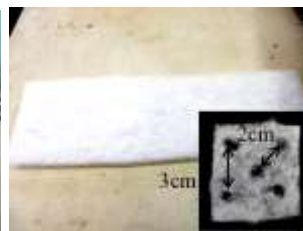


写真-3 濾過フィルター

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、まず間隙水圧の変化を把握するために間隙水圧計 P-1～P-4 を斜面底部に設置した。

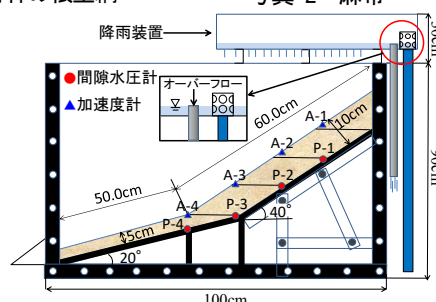


図-2 実験装置

表-2 実験条件

	Case1	Case2	Case3
$w_0(\%)$		10	
$\rho_d(\text{g/cm}^3)$		1.5	
$\rho_t(\text{g/cm}^3)$		1.65	
e		0.76	
$S_r(\%)$ (実験開始前)		34.84	
降雨強度 (mm/h)		144	

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所定の密度となるように締固め、模型斜面の作製を行った。その後、土砂の動きを把握するために加速度計 A-1～A-4 を間隙水圧計 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・間隙水圧・加速度の記録を開始した。根茎網の敷設方法を表-3に示す。また、竹の根は実地盤を再現するために、まき土と混ぜ合わせて用いた。さらに、模擬材料は斜面表層部から深さ2cmの箇所敷設し、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。

表-3 根茎網の敷設方法

	Case1	Case2-1	Case2-2	Case2-3	Case3-1	Case3-2
写真						
断面図						
模擬材料		竹の根	麻布	濾過フィルター	麻布	濾過フィルター
根茎網の敷設方法	無し	竹の根をまき土と混ぜ合わせたものを2cm埋設	斜面下部に敷設		斜面全体に4cm×4cmの布を敷	

3. 実験結果及び考察

3-1 根茎網のモデル化の検討

本研究では、初期段階における流動化が生じ比較的崩壊領域の小さい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領域の大きな崩壊を大規模崩壊と定義する。Case1 の間隙水圧及び加速度挙動の結果を図-3 に示す。まさ土のみの Case1 は、P-3 地点で間隙水圧が発生し、斜面下部での小規模崩壊が発生した。これにより安定力が失われ、大規模崩壊に至った。Case2-1 の間隙水圧及び加速度挙動の結果を図-4 に示す。竹の根を使用した Case2-1 は、P-2 地点で間隙水圧が発生したが、各間隙水圧は上昇後に一定となり斜面崩壊に至らなかった。また、麻布を敷設した Case2-2 は、P-4 地点で間隙水圧が発生し、斜面中腹に亀裂が入り、大規模崩壊に至ることが確認された。さらに、濾過フィルター敷設した Case2-3 は、Case2-1 と同様に各間隙水圧は上昇後に一定となり、崩壊に至らないことが確認された。P-3 地点での Case1~Case2-3 の間隙水圧の挙動を図-5 に示す。斜面下部での間隙水圧に着目すると、まさ土のみの Case1 は早い時間で間隙水圧が発生したが、その後の間隙水圧はなだらかな上昇傾向を示している。しかし、竹の根を使用した Case2-1 では、急激に水圧が発生する挙動を呈している。この要因として、降雨が根茎網によって蓄えられ、その後限界に達し斜面内に急激に浸透したためであると考えられる。また、竹の根を使用した Case2-1 と麻布、濾過フィルターを使用した Case2-2, 2-3 を比較すると、間隙水圧が急激に上昇しているという点で、同様の挙動を示している。さらに、間隙水圧の増加量も同程度であった。この結果より、今回使用した模擬材料として使用した麻布と濾過フィルターは、斜面表層部で集水するという竹林の根茎網の特徴を再現できていると考えられる。

3-2 模擬材料の違いが崩壊挙動に及ぼす影響 Case3-1 の間隙水圧及び加速度挙動の結果を図-6 に示す。麻布を斜面全体に等間隔で敷設した Case3-1 は、P-3 地点で間隙水圧が発生し、斜面上部で源頭部が生じた後に大規模崩壊に至った。Case3-2 の間隙水圧及び加速度挙動の結果を図-7 に示す。濾過フィルターを斜面全体に等間隔で敷設した Case3-2 は、P-4 地点で間隙水圧が発生し、Case3-1 と同様に斜面上部で源頭部が生じ、大規模崩壊に至った。P-3 地点における間隙水圧の発生から崩壊に要した時間を図-8 に示す。これより、麻布と濾過フィルターは共に、まさ土のみの Case1 よりも斜面下部での間隙水圧の発生を遅らせていることが分かった。また、大規模崩壊の発生時間もほぼ同じであった。したがって、麻布と濾過フィルターのどちらを用いても同様の結果が得られることが示唆された。

4. まとめ 1) 模擬材料として使用した麻布、濾過フィルターは、竹の根と比較すると、間隙水圧が急激に上昇するという挙動と間隙水圧の増加量が類似した結果となった。そのため、斜面表層部で集水するという竹林の根茎網の特徴を再現できたと考えられる。2) 麻布と濾過フィルターは、どちらを用いても同様の結果が得られることが示唆された。3) 竹林が存在する斜面では、竹林の根茎網により斜面下部での間隙水圧の発生を遅らせることが考えられる。

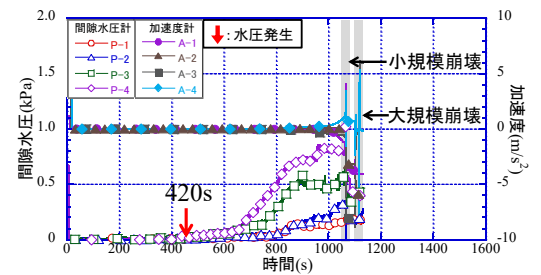


図-3 Case1 の間隙水圧及び加速度挙動

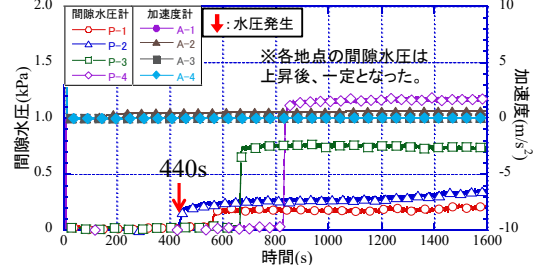


図-4 Case2-1 の間隙水圧及び加速度挙動

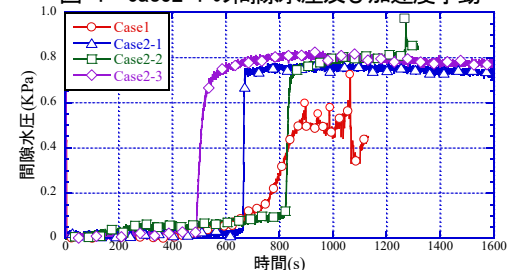


図-5 P-3 地点での間隙水圧の挙動

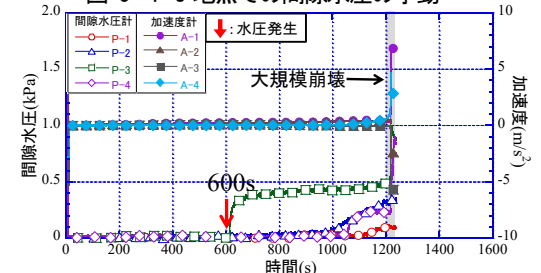


図-6 Case3-1 の間隙水圧及び加速度挙動

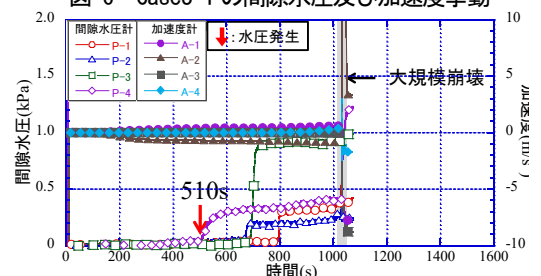


図-7 Case3-2 の間隙水圧及び加速度挙動

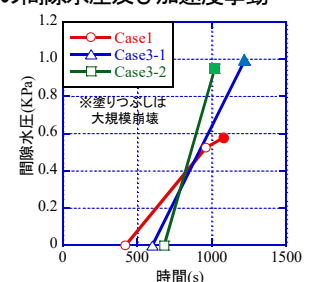


図-8 間隙水圧の発生から崩壊に要した時間(P-3)

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。2) 環境省：ヒートアイランド現象の現状。3) 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. 4) 高口拓也：豪雨時の斜面崩壊挙動に及ぼす竹林の根茎網の影響, 第 51 回地盤工学研究発表会, pp.1965-1966, 2016