

豪雨時における斜面崩壊と竹林地帯の因果関係について

～竹林が植生する地盤の物理・力学特性～

福岡大学大学院 学生会員 大原 史稔

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 竹の地下茎は地表から 30cm 程度の浅い部分を横に伸びるため、豪雨により地下茎下面と地山面が弱面となって、竹林斜面全体が崩壊する危険性があるとされている。また、竹林は豪雨による斜面崩壊を起こしやすいと言われているが²⁾、その一方で、樹木類を主とする森林よりも崩壊の頻度は低い³⁾ともいわれている。これらは、竹林と地すべりの関係性が明らかにされておらず、十分な検証がなされていないことに起因していると考えられる。そこで本研究では、豪雨時における竹林地帯の斜面崩壊メカニズムを明らかにすることを目的としている。本報告では、竹林が植生する地盤の物理・力学特性について調べた結果について報告する。

2. 実験概要

2-1 実験試料 本研究では、福岡市早良区曲渕地区の土砂災害警戒区域に植生する竹林斜面を調査対象とした。この辺りの斜面は主に変成岩からなっており、3 地点の竹林斜面から試料のサンプリングを行った。以後、地点 A、地点 B、地点 C と称する。いずれも表層から深さ 0.5m の範囲でサンプリングを行っており、地点 C は過去に崩壊が発生した斜面に植生した竹林である。なお、比較のため同地区の杉林からもサンプリングを行った。3 地点の竹林斜面から採取した土壌には、竹林の根茎が多数混入されていたため、実験ではこれらの根茎を取り除いたものを用いている。表-1 にサンプリングを行った試料の物理特性、図-1 に粒径加積曲線、図-2 に締固め曲線を示す。サンプリングした試料の粒径については、崩壊履歴の有無および植生の違いに差異は見られず、粒径幅が広く、同じような粒度分布であることがわかる。

図-1 粒径加積曲線

図-2 締固め曲線

2-2 実験概要 (a) 簡易動的コーン貫入試験 竹の根は地表面から深さ 0.3~0.4m にかけて分布していることが知られていることから、深度 1m までの根の周辺地盤の支持力を把握するため、簡易動的コーン貫入試験(JGS 1433)を行った。簡易動的コーン貫入試験は自然斜面の調査方法に用いられており、短時間に多くの測点での調査が可能であり、急傾斜面などにおける表層土の調査や斜面崩壊地での風化層の面的把握ができる特徴を有している³⁾。

(b) 定圧一面せん断試験 降雨の浸透に伴うサンプリング地点の土壌の飽和度の増加がせん断特性と強度定数の変化に与える影響を把握するため、定圧一面せん断試験(JGS 0560)を行った。表-2 に実験条件を、図-3 に実験に用いた中型一面せん断試験装置の概略図を示す。なお今回の実験については、地点 A と杉地点の 2 試料を用いた。供試体は内径 $D=20\text{cm}$ 、高さ $H=7\text{cm}$ のせん断箱に締固め度 $D_c=80\%$ となるように各試料をタッピング法により作製した。なお、締固め度については現地で行ったコアサンプリングの密度が 80%前後であったことを考慮してこの値に設定している。本実験で用いた試験装置は、せん断箱を全て水浸させることが可能であり、水浸・非水浸の状態で行える特徴を有している。今回は、水浸時間を 24 時間として検討を行った。また、本実験は竹林の根が分布する表層付近の応力状態におけるせん断特性を把握すべく、載荷圧力を $\sigma_v=10, 20, 50\text{kPa}$ の三段階で行って

表-1 物理特性

	初期含水比 w_0 (%)	土粒子の密度 $\rho_s (\text{g/cm}^3)$	細粒分含有率 F_c (%)	強熱減量 $I_g\text{-loss}$ (%)	均等係数 U_c	曲率係数 $U_{c'}$
地点A	31.8	2.616	17.9	7.7	38.3	0.19
地点B	14.6	2.615	30.7	8.9	39.5	0.16
地点C	60.5	2.641	18.9	12.8	20.3	0.16
杉地点	23.2	2.723	22.2	14.1	36.4	0.30

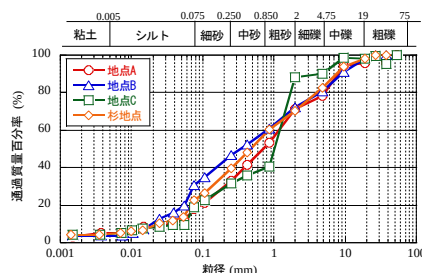


図-1 粒径加積曲線

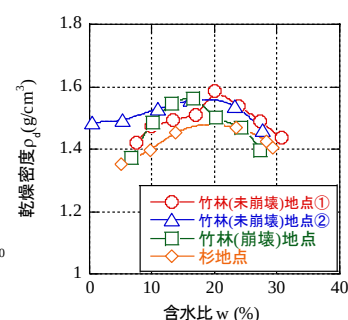


図-2 締固め曲線

表-2 実験条件

実験試料	w (%)	$\rho_s (\text{g/cm}^3)$	$\rho_d (\text{g/cm}^3)$	載荷圧力 (kPa)	締固め度 D_c (%)	水浸
竹林地点	最適含水比	1.523	1.268	10	80	有
				20		
				50		
杉地点	1.411	1.182				無

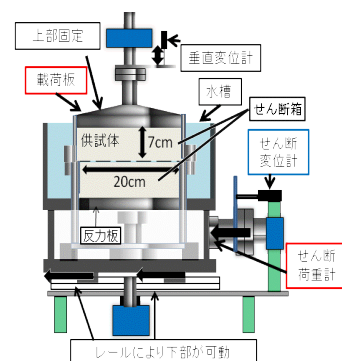


図-3 中型一面せん断試験機概略図

おり、せん断速度は
0.8mm/min とした。実験終
了はせん断変位が 15mm に
達した時とした。

3. 実験結果及び考察

3-1 竹林斜面の支持力特性

図-4 に簡易動的コーン貫
入試験により得られた竹林
斜面の貫入深さと換算 N
値の関係を示す。図中の色

枠は竹林の根茎網が分布している深度を意味しており、ここでは比較のため、杉林の結果も併せて示している。調査は、それぞれ試料のサンプリングを行った周辺で行っており、それぞれの凡例の数は調査を行った数を示す。竹林斜面においては、崩壊履歴の有無に関わらず深度 1m までは緩く堆積した地盤であり、換算 N 値は 5 以下であることが分かる。また、根系網が分布する深度においても崩壊履歴の有無に差異は認められないことが分かる。測定箇所によっては、深度 0.5m 以降に高い N 値を示すものが見られるが、これはコーンに軽石や礫、あるいは片岩に当たった可能性が考えられる。杉林も竹林と同様に深度 1m まで緩く堆積した地盤であるが、N 値は 10 以下と竹林斜面よりもやや高い値を示していることが分かる。

3-2 竹林斜面のせん断特性 図-5～図-7 に竹林(地点 A)と杉林より採取した土壌の一面せん断試験結果を示す。垂直変位については、圧縮を正(+)、膨張を負(-)と定義している。なお、竹林の土壌においては降雨の影響を考慮し、水浸の有無がせん断特性に及ぼす影響について検討を行った。いずれの条件においても垂直応力の増加に伴いせん断応力は増加する傾向にあるが、せん断応力は明確なピークを示さず緩い砂の挙動を呈していることが分かる。水浸の有無に着目すると水浸に伴い飽和度の上昇が見られるが、せん断応力や体積変化にその影響が見られない。はなお、杉林については竹林と同様に垂直応力の増加に伴い、せん断応力は増加する傾向を示した。次に、図-8 に最大せん断応力と垂直応力の関係を示す。せん断抵抗角については、いずれも図-4 で得られる N 値から換算して求められるせん断抵抗角⁴⁾に比べて高い値を示した。これは、用いた中型一面せん断試験機のせん断箱が大きく、上下せん断箱に摩擦が生じ易い試験機の特性と考えられる。今後、この点については改善が必要であるが、竹林の土壌の粘着力に着目すると水浸の前後で粘着力の低下が見られることが分かる。これは飽和度の上昇に伴うサクシジョンの低下によるものと考えられる。飽和度の増加に伴う粘着力の低下は、地盤の安定性を検討する上で重要である³⁾ことから、他の竹林の土壌についても検討を行い、データの蓄積を行う必要がある。

4. まとめ 1) 竹林斜面は調査地点や崩壊履歴に関係なく、表層から 1m までにおいては換算 N 値が 5 以下と緩く堆積した地盤である。2) 竹林が植生する地盤は飽和度の上昇に伴い粘着力が低下し、その粘着力は杉林に比べ小さい。

【参考文献】1) 「竹の利活用推進に向けて」報告書、林野庁、平成 30 年 10 月 URL: <https://www.rinya.maff.go.jp/j/tokuyou/take-riyou/> 2) 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. 3) 村田ら, 風化度に着目した乱さないま土の圧縮・せん断特性, 土木学会論文誌, 第 382 号, III-7, pp.131-140, 1987. 4) 日本道路協会:道路橋示方書・同解説, N 下部構造編, pp.235~237, 1996.

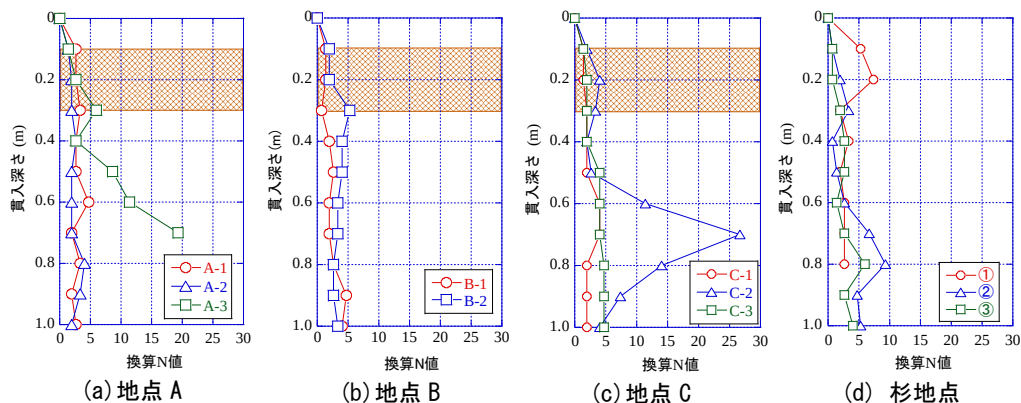


図-4 簡易動的コーン貫入試験結果

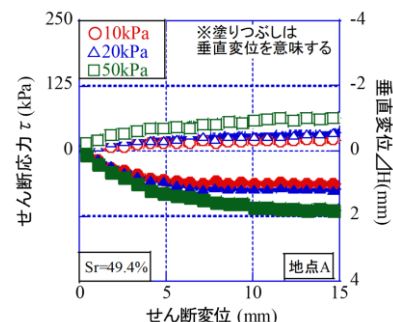


図-5 竹林_一面せん断試験結果 (Dc=80%、水浸なし)

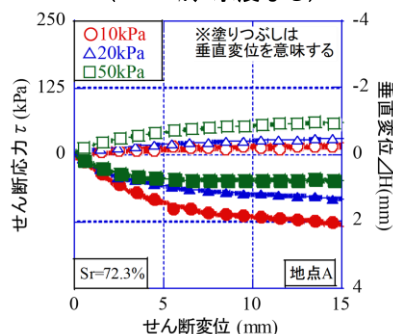


図-6 竹林_一面せん断試験結果 (Dc=80%、水浸あり)

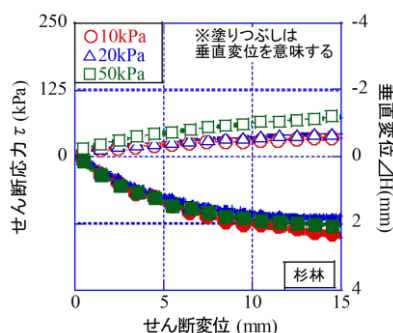


図-7 杉林_一面せん断試験結果 (Dc=80%、水浸なし)

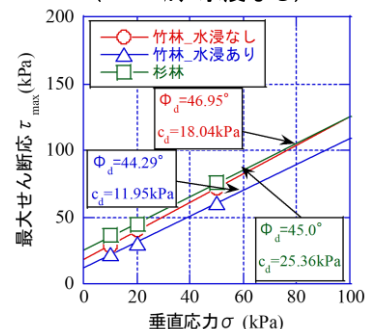


図-8 最大せん断応力と垂直応力の関係