

崩積土のせん断抵抗に与える先行载荷の影響について

熊本大学 学生会員 ○柿原 孝一郎
 熊本大学 国際会員 北園 芳人
 熊本大学 正会員 和田 昌大
 熊本大学 国際会員 鈴木 敦巳

1. まえがき

台風通過後、期間を経て雨量がさほど多くなくても斜面崩壊が発生することがある。その原因として、強風を受けた樹木の揺動が地盤の強度低下をもたらしていることが考えられる¹⁾。そこで、本研究では平成11年9月の台風18号及び昭和61年に起こった斜面崩壊事例を解析対象とした。まず、風速²⁾、風向、降雨、湧水の有無、地形、立木、崩壊状況などを調べる。次に、強風時の樹木の揺動が地盤に与える影響を解析するために樹木と地盤のモデル化を行う。その時、解析に必要な強度定数を、単純せん断試験及び繰返しせん断試験を行い決定する。なお、この研究では、斜面崩壊は樹根の分布範囲より深いところで発生するものとして取り扱うので、根系は含まない実験を行う。最後に、強風を受けた樹木の揺動が、傾斜地盤域にいかなる影響を与えるかについて吟味し、斜面の安定性を検討する。

2. 対象試料

本研究では、強風の影響を受けたと考えられる斜面崩壊の崩積土である河岸段丘堆積土を対象試料とした。この試料に対し、密度試験・粒度試験・単純せん断試験・繰返しせん断試験を行った。物理試験の結果を表-1に示す。

表-1 物理試験結果

	自然状態	調整試料
粒度構成	礫分(%)	31.2
	砂分(%)	32.6
	細粒分(%)	36.2
	均等係数	130
	曲率係数	1.3
$W_L(\%)$	—	52.1
$W_P(\%)$	—	27.6
I_p	—	24.5
$\rho_s(g/cm^3)$	2.77	2.75
初期含水比(%)	10.2	19.4

3. 単純せん断試験

試験の結果として得られる強度定数(粘着力： c 、内部摩擦角： ϕ)を用いて、斜面の安定解析を行うことを目的とする。実験結果を図-1に示す。せん断応力がピークを越えた後、せん断ひずみが一定値に落ち着いたことを確認できたところでせん断終了とした。図中の破壊包絡線(破線)は、せん断応力が最大の点をとって直線で近似したものである。実験結果より、 $c=6.8kPa$ 、 $\phi=27^\circ$ となった。

4. 繰返しせん断試験

繰返しせん断試験はせん断強度に対する繰返し応力の影響を調べるために実施した。図-2にひずみ速度と繰返し応力比の関係を示す。図より、ひずみ速度の急変点に着目し、繰返し降伏応力比³⁾(R_{τ_y})を求めると $R_{\tau_y}=0.4\sim0.5$ となった。従って、 $R_{\tau_y}=0.5$ を超えると地盤が降伏しやすい状態になると考えられる。

5. 風荷重

樹木に与える風の影響を大きく種類に分類した。i)樹木の正面にぶつかることで作用し、森林の内部への影響は少ないと考えられる風(正面風= P_{na})、ii)樹木の上部を薙いでいく風(上送風= P_b)である。これら2種類の

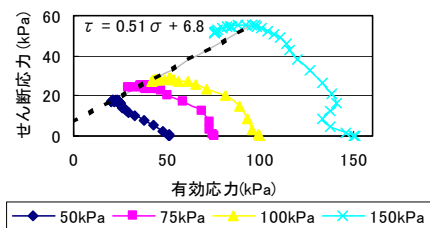


図-1 単純せん断試験結果図

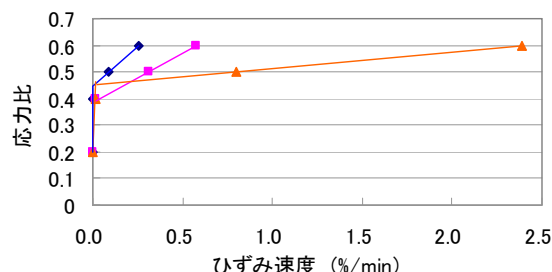


図-2 応力比—ひずみ速度

キーワード: 繰返し载荷・せん断強さ・FEM 解析

連絡先: 〒860-8555 熊本市黒髪 2-39-1 環境システム工学科 地盤環境研究室 TEL&FAX 096-342-3540

風を合計することで適切な風荷重が導き出せると考えた。それぞれの風荷重は以下のように推定した。^{4), 5)}

$$P_{na} = \frac{K}{2^n} \cdot 0.931 \cdot U_d^2 \cdot A \quad (N) \quad P_b = 0.1872 \cdot U_d^2 \quad (N)$$

(K：並列の効果による風荷重の補正係数， U_d ：10 分間平均風速，A：樹冠の投影面積)

上記の式に 1999 年の台風 18 号の 10 分間平均風速を入力し，計算した結果を図-3 に示す。

6. 有限要素法による数値解析

本研究では数値解析として，GeoFem 地盤解析汎用プログラム⁶⁾を使用し，単純せん断試験及び繰返しせん断試験で求めたデータを物性値として入力し解析を行うことにする。本研究では実際に崩壊した範囲(傾斜方向に 8m，深さ 4m，傾斜角 27 度)に樹齢 35 年のスギが立っているモデルを想定した。また，樹木の数はその範囲で植林されている 4 列とした。モデルを決める際，樹木部分を弾性体とし，地盤および，根系部分に Cam-Clay モデルを採用した。根系部分を太さ約 5cm までの部分を地盤①，1cm までの部分を地盤②，それ以外の部分を地盤③と分類した。解析モデルの概略図を図-4 に，解析結果図を図-5 に示す。

台風通過時の斜面の解析結果については，せん断試験結果のせん断抵抗力と地盤への伝達応力の比 W_1 を用いて表した。

$$W_1 = \tau / (0.51 \cdot \sigma_y + 6.8)$$

ただし， τ ：解析より得られたせん断力， σ_y ：土要素の垂直応力 W は $W = \tau / \tau_f$ で表される。この比の絶対値が繰返し降伏応力比： $R_{\tau_y} = 0.5$ より大きいと地盤が降伏するため状態にあると予想される。

7. まとめ

(1) 繰返しせん断試験結果より R_{τ} の 0.2・0.4・0.5・0.6 における土のせん断強度の低下を確認した。

(2) FEM 解析結果より，平常時は安定していた斜面が強風の影響

によりせん断応力が根系部分より深い部分まで及び，強風後もその影響が続いていることが確認できた。

(3) 台風などの強風を受けた樹木の揺動により，斜面が降伏しやすい状態になることがわかった。

(4) 斜面崩壊は，台風通過時に崩壊しなかった場合でも，その後強度低下した斜面は，ひずみによって進行しクリープ破壊に至る可能性もあることがわかった。

8. 参考文献

- 1) 川内田がけ崩れ災害調査委員会：熊本県益城町川内田がけ崩れ災害調査報告書，1988，
- 2) 熊本地方気象台：H11 年 9 月 23 日 00 時～24 時の台風 9918 号の風向風速データ，1999，
- 3) 北園 芳人：締固めた火山灰質粘性土の繰返し載荷効果に関する研究 pp18～52，1990，
- 4) 道路橋示方書：2.1.10 風荷重 pp51～61，1996，
- 5) 松岡 延浩：森林の風に対する抵抗係数について 第 19 回日本自然災害学会学術講演会後援概要集 pp169～170，2000，
- 6) 沿岸開発技術センター：地盤解析汎用プログラム GeoFem マニュアル，1997

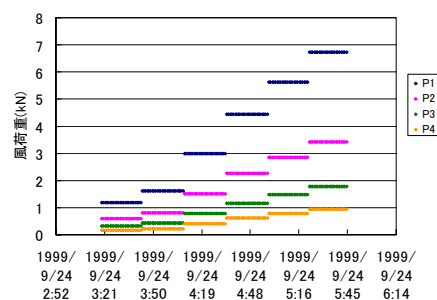


図-3 台風 9918 号推定荷重

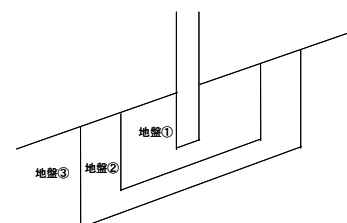
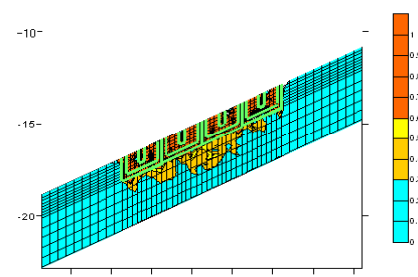
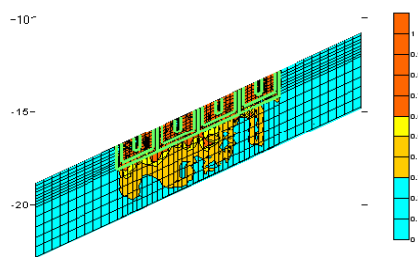


図-4 モデル概略図



(a) 応力比 0.2



(b) 応力比 0.4

図-5 解析結果図