

風倒木地における表層崩壊発生に及ぼす根系の影響

神戸市立工業高等専門学校 正〇鳥居宣之
 神戸市立工業高等専門学校 川畑将大
 ダイヤコンサルタント 正 鏡原聖史

1. はじめに

近年では地球温暖化に伴う気候変動等により集中豪雨の発生頻度が高まっており、豪雨による土砂災害の発生の危険性はますます増加する傾向にあるといえる。土砂災害のうち、がけ崩れを起因とする被害が全体の約7割を占めており、台風や集中豪雨による自然斜面での表層崩壊型の崩壊が多発している。一般に、表層崩壊は基岩と表土層の境界面をすべり面として崩壊が発生しやすいが、風倒木被害を被った斜面ではその後の降雨により、従来のすべり面よりも浅い位置（樹木根系の進入している土層とほぼ同様の深さ）で土層が擾乱され強度が低下したことにより崩壊が発生していたとの報告がなされている。一方、従来から植生は斜面の安定性に効果（例えば、根系による粘着力の増加）があるともいわれており、植生が表層崩壊の発生に及ぼす影響は大きいと思われる。そこで、本研究では前報¹⁾に引き続き、二層型多平面安定解析手法を用いて、風倒木地における表層崩壊の発生に及ぼす根系の影響に関する解析的検討を行ったので、以下に報告する。

2. 風倒木地の概要

検討対象地は、2004年台風21号の豪雨を起因とする斜面崩壊現場である。対象斜面では台風21号以前に、強風を伴う台風11、16、18号によって樹木がゆすられ樹木根系が分布する土層が擾乱され、根系の粘着力増分が低下していたところに、台風による強風とその後の豪雨によって植生侵入層深さ程度が崩壊したと推定している箇所である。斜面崩壊は、図-1に示すように発生しており、集水面積はおよそ0.15haで比較的小さい。また崩壊した斜面の平均傾斜は45度程度で、崩壊した土層深は、滑落崖が不明瞭なほど薄層の崩壊で厚さ0.5m程度であった。崩壊した土層は、粘性土質砂質砂礫であり、崩壊地内と未崩壊地で実施した簡易動的コーン貫入試験の比較結果から $N_d < 5$ 以下の土層が崩壊していた。

3. 二層型多平面安定解析手法の適用

図-2に示した解析対象範囲を対象に二層型多平面安定解析手法を適用する（図-2参照）。地盤定数は、土質試験ならびに既往の文献等を参考にして表-1のように設定した。また、植生による粘着力増分 Δc は、現地調査結果（ヒノキ林（40年生）、平均樹林間隔1.8m）をもとに、木下ら²⁾のヒノキ林の粘着力増分と立木間隔の整理結果を参照して、次式より算定し、表-2のように設定した。なお、根系による粘着力増分が立木間中央でもっとも低い値となるよう25%低減させることとしている。

$$\Delta c = 37.2X - 1.32 \quad \text{ここで、} X \text{は立木の間隔 (m)}$$

計算条件は、通常時、豪雨時（飽和による土の見かけの粘着力低下+根系の粘着力増分の低減）、崩壊発生時（風による樹木根系の強度低下）を考慮して、表-3のように設定した。

計算結果を図-3に示す。ケース1の通常時では、サクシオンに伴う土の見かけの粘着力ならびに植生による粘着力増分

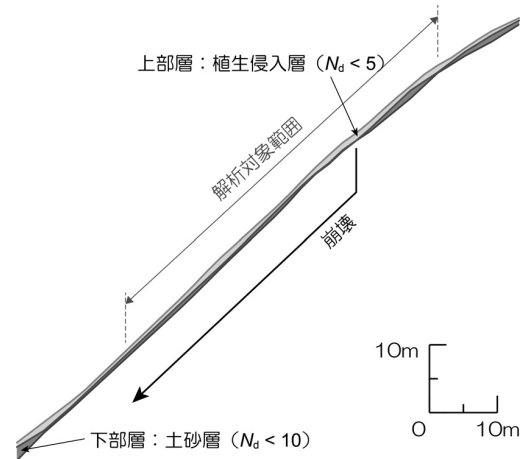


図-1 縦断面図

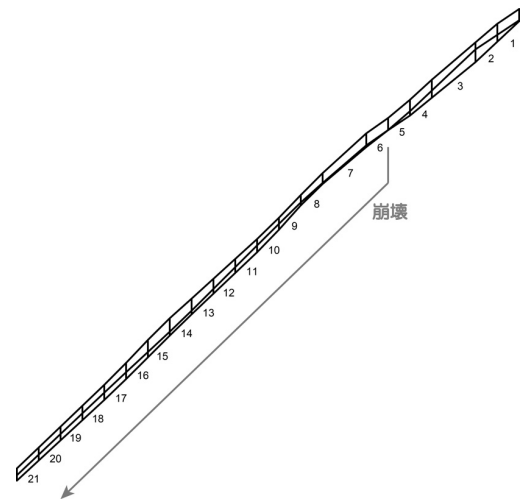


図-2 解析断面のブロック分割

表-1 入力物性値

土層	上部層 (植生侵入層)	下部層 (土砂層)
物性値		
γ_t (kN/m ³)	16.0	17.0
γ_{sat} (kN/m ³)	18.0	19.0
ϕ (°)	32.0	36.0
c (kN/m ²) 湿潤時	5.5	12.0
c (kN/m ²) 飽和時	0.0	6.0

の効果によって、当該斜面の安全率は 1.889 と安定している。また、危険すべり土塊ブロックのすべり面は、下部層の境界 ($N_d = 10$) となっている。植生による粘着力増分を考慮しなかった場合のケース 1' では、安全率が 1.400 とケース 1 に比して低下している。また、危険すべり土塊ブロックのすべり面も上部層と下部層との境界 ($N_d = 5$) と浅くなっており、植生による粘着力増分の有無が安全率や危険すべり土塊形状に影響を及ぼしていることがわかる。ケース 2 の豪雨時では、土の飽和化に伴って見かけの粘着力を低下させた結果（植生による粘着力増分も低減）、安全率が 1.031 と通常時に比して大きく低下しているものの、植生による粘着力増分の効果によって、豪雨時でも斜面は崩壊せずに安定していることがわかる。また、危険すべり土塊ブロックのすべり面は、ケース 1' と同様に、ケース 1 に比して上部層と下部層との境界 ($N_d = 5$) に位置している。ケース 3 の崩壊発生時（植生侵入層への降雨浸透による土のみかけの粘着力の低下を考慮するため、粘着力の値を 5.5 から 0.5 ピッチで減少させ、安全率が 1.0 を下回ったとき）では、完全飽和に至っていない（土の見かけの粘着力が消失していても）上部層と下部層との境界 ($N_d = 5$) をすべり面として崩壊が発生する結果となっている。以上の結果から、地盤条件のみならず植生の粘着力増分の効果を斜面安定解析に取り入れることで精度の高い斜面の安定性評価を行うことができるといえる。

謝辞：本研究の遂行にあたり、JSPS 科研費 24510261 の助成を得た。ここに記して謝意を表します。

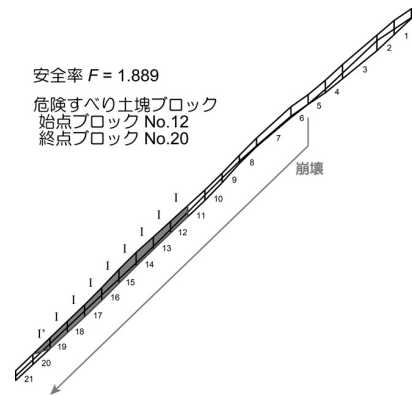
参考文献：1) 鳥居ら：表層崩壊発生に及ぼす植生の影響に関する解析的検討-二層型多平面安定解析手法を用いて-, 砂防学会研究発表会, B322, 2013., 2) 木下ら：スギ・ヒノキ林における水平根が発揮する抵抗力の検討, 砂防学会誌, 65-5, pp.11-20, 2013.

表-2 植生による粘着力増分

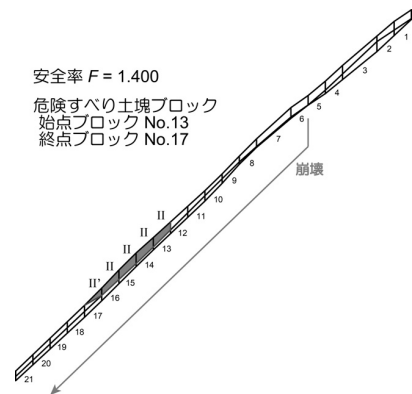
条件	Δc (kN/m ²)
通常時	4.3
豪雨時	3.0
崩壊発生時	0.0

表-3 計算条件

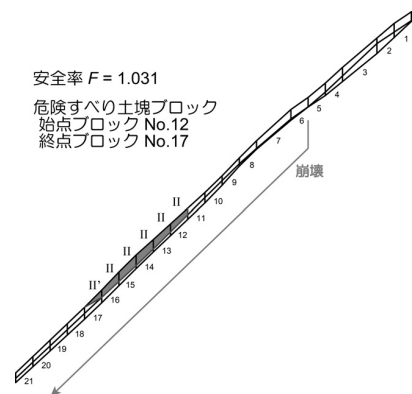
case	想定状況	土層	地盤条件	植生条件
1	通常時	上部層	湿潤状態	通常時
		下部層	湿潤状態	—
1'	豪雨時 (Δc 無)	上部層	湿潤状態	—
		下部層	湿潤状態	—
2	豪雨時	上部層	飽和状態	豪雨時
		下部層	飽和状態	—
3	崩壊発生時	上部層	湿潤→飽和	崩壊発生時
		下部層	湿潤状態	—



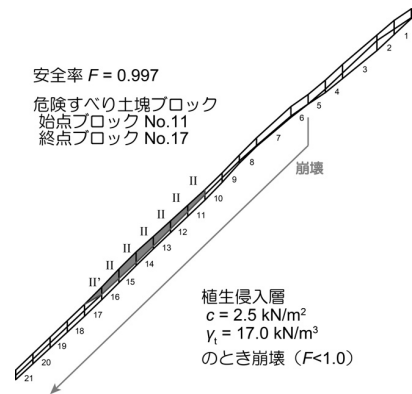
a) case 1



b) case 1'



c) case 2



d) case 3

図-3 二層型多平面安定解析による計算結果