

平成 28 年度熊本地震で崩壊した斜面の動態モニタリングによる斜面安定性評価

日鐵住金建材株式会社 ○岩佐直人、堀 健吾

1. はじめに

平成 28 年熊本地震では多くの斜面崩壊が発生し、残存している自然斜面内には多数の亀裂や倒木が生じ、斜面崩壊リスクが存在しており、ハード対策・ソフト対策を有効的に活用していかなければならない。ソフト対策には、リアルタイムに斜面状態を把握し、警戒・避難、補強・補修、抜本的対策検討に反映することが求められており、その精度向上等を目的に土壌水分や斜面変位に着目した研究¹⁾が行われている。

本研究は、斜面変形をある程度抑制しながら不安定土塊の変位を計測できるネイリングセンサを、斜面変状が生じている斜面に設置して、さらに降雨量・土壌水分から斜面の不安定化メカニズムを把握して、土壌水分・変形量に着目した斜面危険度判定に関する研究の一環であり、その調査結果の一部について報告する。

2. モニタリング斜面の概要

対象斜面は、阿蘇山西に位置する北向山(図 2-1)の自然斜面であって、勾配約 40° の国有林内のウラジロガシ等照葉樹林を主とする北向き斜面であり、熊本地震により斜面天端付近から深さ 1~2m 程度の崩壊が発生した。写真 2-1 に斜面のり肩付近の変状状況を示すが崩壊源頭部付近は亀裂が多数生じ、樹木が斜面崩壊方向に転倒している状況であり、降雨や地震によって斜面崩壊部が拡大崩壊する可能性が考えられる。

図 2-3 にネイリングセンサ設置付近で実施した SH 式貫入試験における Nd/Ndrop 値を示す。深さ 2m 程度で Nd/Ndrop 値が 10 程度の値であり、深さ 3m より Nd/Ndrop 値が 10 以上であった。写真 2-3 に地盤状況を示すが、深さ 50cm 程度までが表土層で、50cm 以深で黒色の粘土層である。なお転倒している樹木根系深さ及び斜面崩壊深さは 1m 程度であった。図 2-2 に計測機器位置、写真 2-2 に計測箇所全景を示すが、設置した計測機器は、ネイリングセンサ (EGS-9112N)、誘電型土壌水分計 (EC-5:DECAGON 社) である。ネイリングセンサは想定すべり深さを考慮して、歪ゲージを地表面からの深さ 0.80m(N1)、0.85m(N2)、0.90m(N3) の 3 箇所に貼り付けた径 12mm の鋼管を径 28.5mm のロープネジ中空鋼管に内蔵したものであり、土塊の移動に伴って発生する中空鋼管の曲げひずみから、地盤変位量を把握するものである。なおネイリングセンサ(測点 B)は、のり肩より 2m の箇所に地表面に対し垂直



写真 2-2 計測状況



写真 2-3 地盤状況

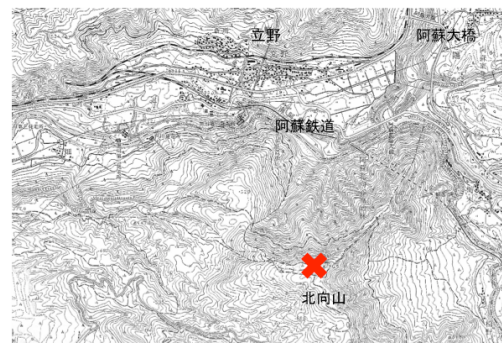


図 2-1 モニタリング斜面位置



写真 2-1 斜面変状状況（のり肩付近）

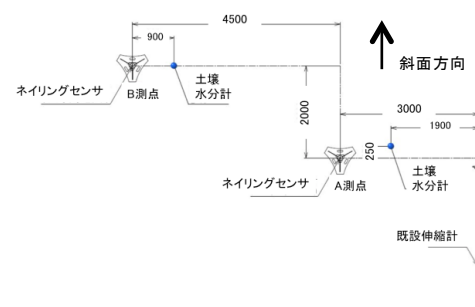


図 2-2 計測機器位置

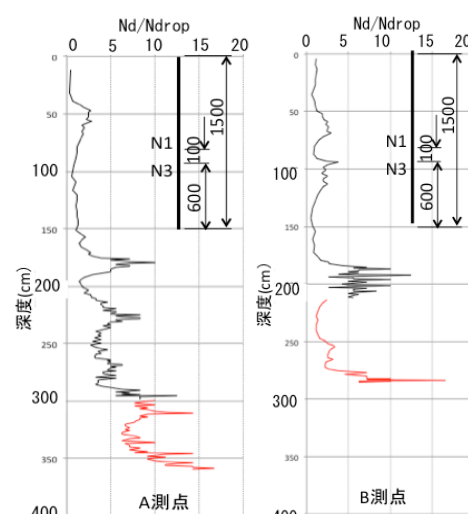


図 2-3 A,B 測点簡易貫入試験結果

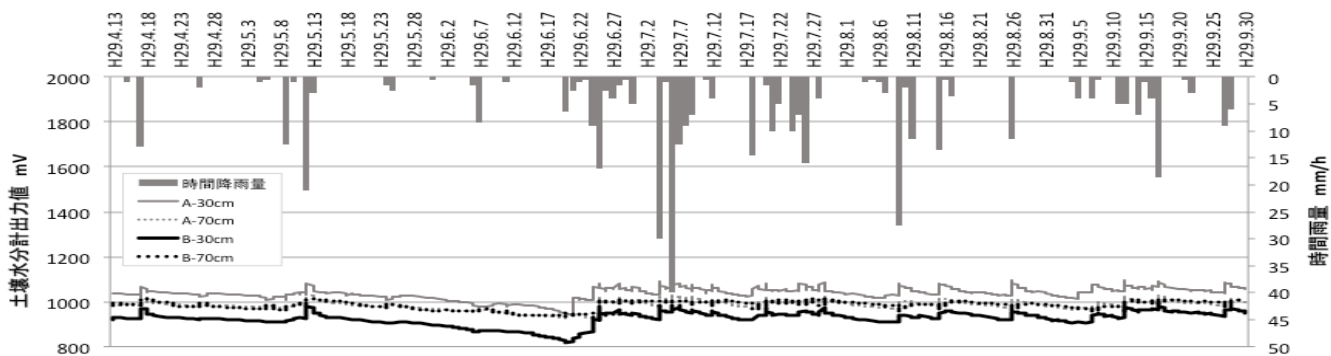


図 3-1 時間雨量と土壌水分出力値履歴(H29.4.13~9.30)

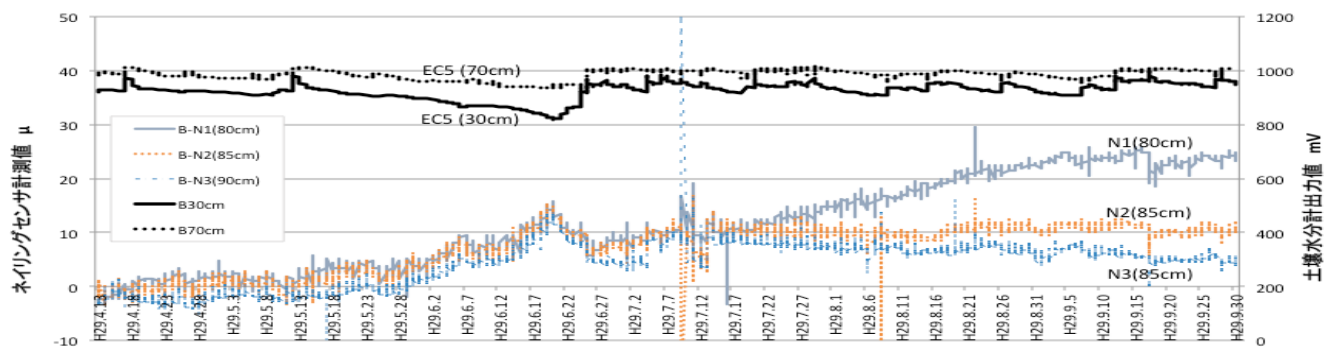


図 3-2 測点 B 土壌水分出力値とネイリングセンサ値履歴(H29.4.13~9.30)

に設置し、土壌水分計は、ネイリングセンサ設置箇所より 1.1m(A 測点)、0.9m(B 測点)横に、深さ 30cm、70cm の箇所に設置した。なおネイリングセンサによるデータ及び土壌水分計は 2 時間間隔で取得している。

3. 調査結果

図 3.1 に、H29.4.13～H29.9.30 までの時間雨量（南阿蘇気象庁データ）と土壌水分（現地土砂との関係が未確認なため出力値で表示）履歴を示す。土壌水分は、測点 A,B とも深さ 30cm 位置が降雨に対する挙動が顕著に表れており、特に H29.6.19～6.28 降雨時の土壌水分値の上昇が大きい。なお深さ 70cm 位置は降雨による影響があるものの、その挙動変化は小さく、降雨イベントに対し 1 日程度遅れて反応している。このような現象は深さ 50cm 付近以深で見られる粘土層の影響と考える。図 3.2 は、同期間の B 測点ネイリングセンサ値（曲げひずみ）と土壌水分の履歴を示している。H29.5.12-13 の降雨をきっかけにしてネイリングセンサ値が徐々に上昇しており、5.28 頃から急激に値が上昇し、6.20 頃から値が低下している。これは降雨により表土層の土壌水分が上昇し、表土層がゆるみすり抜け現象が生じたためと考えている。その後 H29.9.5 頃まで深さ 80cm の値が上昇しているが、若干の低下がみられるものの H29.9.20 以降はほぼ一定の値で推移している。なおネイリングセンサ値の変化は $10\sim 20\mu$ （応力 $4N/mm^2$ 程度）と小さく土塊移動レベルの変状ではなく、地盤ゆるみ現象を捉えているものと考えている。したがって崩壊箇所周辺部では、降雨によって粘土層上部の表土層内の土壌水分が上昇することにより、地盤のゆるみ現象が発生しているものと考えている。

4. まとめ

平成 28 年熊本地震で斜面崩壊が発生した斜面に、ネイリングセンサ・誘電型土壌水分計を設置して斜面動態モニタリング調査を行い、以下のことが明らかになった。

- (1) 土壌水分は降雨量に連動して変動しており深さ 30cm の位置で顕著である。一方深さ 70cm 位置ではその変動量は小さく時間遅れで表れている。これは深さ 50cm 付近の粘土層の影響と考える。
- (2) ネイリングセンサ値は、H29.5.12～9.20 の多雨期間で変動があり、最大 20μ と小さい値変化である。
- (3) ネイリングセンサ値の変動は、表土層のゆるみ現象を表しているものと考えられ、崩壊箇所周辺部では、降雨によるゆるみ現象が生じているものと推定される。

今後もモニタリング調査を継続し、斜面危険度判定に反映するデータを収集する。なおモニタリング調査を行うにあたり九州森林管理局熊本森林管理署及び日本林業土木（株）の方々にご協力をいただいた。末筆ながら御礼を申し上げる。

<参考文献> 1)例えば岩佐他,ネイリングセンサを用いた斜面動態モニタリングによる既設盛土安定性の検討,第 52 回地盤工学研究発表会発表講演,0909,2017