

斜面表層の地震時挙動に与える樹木の影響に関する数値解析
Numerical analysis of the influence of the tree on the seismic behavior of the slope surface

○田中宣多・上田恭平・渦岡良介

○Yoshikazu TANAKA, Kyohei UEDA, Ryosuke UZUOKA

On the 2018 Hokkaido Eastern Ibari Earthquake, a slope failure accompanied by standing trees was confirmed from the middle of the hill, leaving a ridge. Trees were distributed in the remaining part of the ridge and the collapsed part. Trees may have affected the collapse. The effect of trees on slopes during an earthquake is not well understood. Therefore, this study assumed the slope with a tree in order to clarify the response on the slope at the time of the earthquake. The linear total stress analysis was performed to achieve our purpose. As a result, the tree behaviour affected the slip layer when the natural frequency of the ground was close to that of the tree in the tree-ground system. It was suggested that the slope during the earthquake might have some conditions affected by the tree.

1. はじめに

平成 30 年北海道胆振東部地震では、北海道胆振地方に位置する厚真町において、斜面崩壊が同時多発的に発生した。崩壊斜面は、尾根を残して斜面中腹から立木を伴って崩れる形が多くみられた。被害地域の斜面は、概ね同じ地質条件であるが、植生分布は均質では無かった。崩壊斜面は、崩壊分布図と植生分布図を比較すると、針葉樹人工林が主に分布する箇所があることが分かった (Tanaka ら、2020)。本研究は、樹木植生が崩壊の誘因として影響を及ぼす可能性を明らかにするために、数値解析を行った。

2. 全応力解析の概要

本研究は、全応力解析を実施した。解析メッシュを図 1 に示す。解析は、傾斜角 35 度の無限長斜面を模擬した仮想斜面を線形弾性体としてモデル化した。樹木は、高さ 12m を想定し、直径 0.3 m と 0.7 m の線形の杭としてモデル化した。なお、根系抵抗力を粘着力として考慮していない。樹木根系は、2.0 m 深さまで到達すると仮定し、根入れ深さは 2.0 m とした。地盤の解析メッシュは、縦 0.5 m、横 0.6 m の平行四辺形を表層で 8 要素、すべり層で 2 要素、基盤層で 10 要素とした。地盤モデルの諸元を表 1 に示す。表層地盤は N 値が 10 の地盤とし、すべり層は緩い地盤とした。基盤層は、文献値 (吉中ら、2012) を用いた。樹木の解析メッシュは、29 節点、28 要素とした。樹木モデ

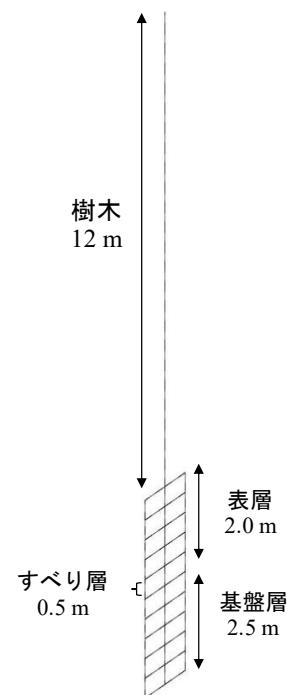


図 1 解析メッシュ

表 1 地盤モデルの諸元

項目	表層	すべり層	基盤層
ポアソン比	0.33	0.33	0.37
湿潤密度 (g/cm ³)	2.0	2.0	2.6
せん断弾性係数 (kN/m ²)	59403	20318	1.26×10 ⁷

ルの諸元を表2に示す。樹木根入れ部分の境界条件は、地盤と同一節点を同一自由度とした。斜面地表面より同一深度に位置する節点ペアの x 方向、y 方向自由度がそれぞれ同一であると仮定した。メッシュ底面は節点自由度を拘束し、固定境界とした。入力波は、K-net HKD127 追分観測点における2018年北海道胆振東部地震の観測波(EW成分)の振幅を調整し200 cm/s²を用いた。

3. 無限長斜面における樹木の影響

線形全応力解析の結果、地盤の固有振動数と樹木の固有振動数は、離れており、本解析条件ではすべり層における樹木振動の影響は見られなかった。直径0.7 m 樹木—地盤系のフーリエ振幅スペクトル比の比較を図2に示す。直径0.7 m 樹木の条件において、表層地盤の応答は、樹木の成分を含むことがわかった。解析条件において直径0.7 m 樹木は、直径0.3 m 樹木に比べて樹木の固有振動数が地盤の固有振動数に近くなっているためと考えられる。地盤の固有振動数と樹木の固有振動数が一致する場合、樹木振動はすべり層の加速度応答に影響する可能性がある。すべり層におけるせん断応力—せん断ひずみ関係の比較を図3に示す。すべり層のせん断応力は、樹木を有する斜面の方が樹木なし斜面よりも大きくなった。今後は、樹木を有する斜面について非線形条件下での解析を実施する予定である。

謝辞：本研究は、京都大学防災研究所共同研究(2019H-02)、京都大学教育研究振興財団、防災研究協会の助成を受けて行った。また、防災科学技術研究所 K-NET 強震記録を使用した。ここに記して、謝意を表す。

引用文献

- 1) Tanaka Y., Ueda K., and Uzuoka R.: The characteristics of the vegetation distribution related to the slope failure caused by the earthquake, Understanding and Reducing Landslide Disaster Risk, 2020 (accepted).
- 2) 吉中龍之進, 岩田直樹, 佐々木猛: 大型構造物基盤岩盤の地震挙動における複合降伏モデルの適用性, 土木学会論文集 C (地圏工学) 68(3), pp. 451-465, 2012.

表2 樹木モデルの諸元

項目	直径 0.3 m	直径 0.7 m
樹木高 (m)	12	12
ポアソン比	0.3	0.3
密度 (g/cm ³)	0.53	0.53
質量 (t)	0.45	2.45
断面2次モーメント (kN m ²)	3.98×10 ⁻⁴	1.18×10 ⁻²
せん断弾性係数 (kN/m ²)	1.70×10 ⁶	1.70×10 ⁶
ばね定数 (kN/m)	3.05	90.3
固有振動数 (Hz)	0.41	0.97

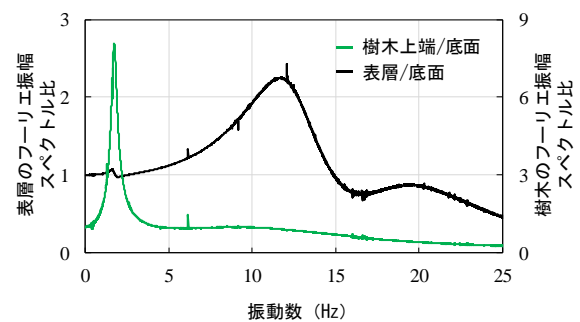


図2 直径0.7m 樹木—地盤系のフーリエ振幅スペクトル比の比較

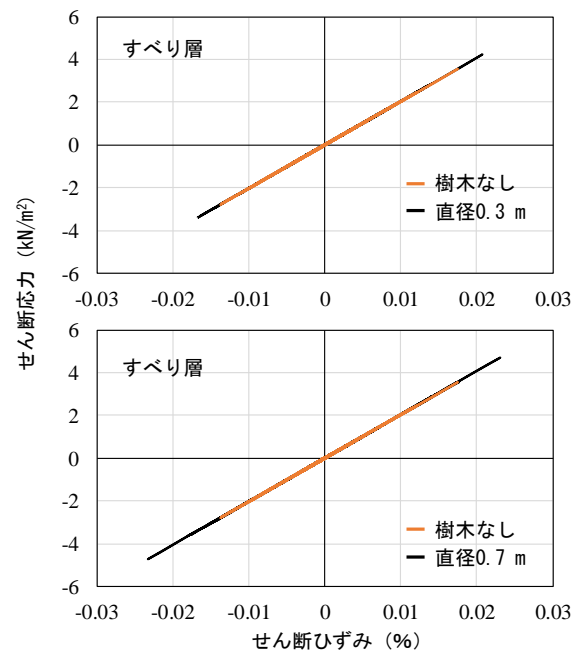


図3 すべり層におけるせん断応力—せん断ひずみ関係の比較