

# 土層強度検査棒の調査方法と活用例

Investigation Method and Usage Examples of Soil Strength Probe

稲垣 秀輝 (いながき ひでき)  
 (株)環境地質 代表取締役

佐々木 靖人 (ささき やすひと)  
 国立研究開発法人土木研究所 地質・地盤研究グループ 首席研究員

太田 英将 (おおた ひでまさ)  
 (株)太田ジオリサーチ 代表取締役

谷川 正志 (たにがわ まさし)  
 応用地質(株) エンジニアリング本部 GMCセンター長

## 1. はじめに

斜面表層崩壊は斜面崩壊の約8割を占めている。この表層地盤の深度や強度を簡易に調べる方法として土木研究所を中心に土層強度検査棒 (Soil Strength Probe (SSP)) が開発された。その調査法 (SSPT) と活用事例を紹介し、多発する表層崩壊の予測や環境に配慮した対策工案について現状と今後の課題について報告する。

## 2. 土層強度検査棒 (土検棒)

土層強度検査棒は、図-1に示したとおり、先端がコーン形状で土層の貫入抵抗を直接計測できる他、先端をベーンコーンにすると土層や表土の力学強度 (C・φ) を同時に求めることができ (Vane Cone Shear Test (VCST)), 斜面表土の安定性を評価することができる。

また、機器は約4.5 kg と軽量で持ち運びが便利であるので、土層深を多点で設定して測定できる。図-2には、土層強度検査棒で測定した土層深の分布例を示した。土層深と微地形がよく対応していることが分かる。

## 3. 調査事例と対策工案

### 3.1 調査事例

2010年9月8日に神奈川県北部で発生した土砂災害の崩壊地について、土層強度検査棒により土層深を24地点、土層強度は宝永スコリア層及び崩積土、旧表土を代表するC、Dの2地点で調査を行った。また、土層強度検査棒による測定値と  $N_d$  値との関係を確認するために、両地点で簡易動的コーン貫入試験を行った。

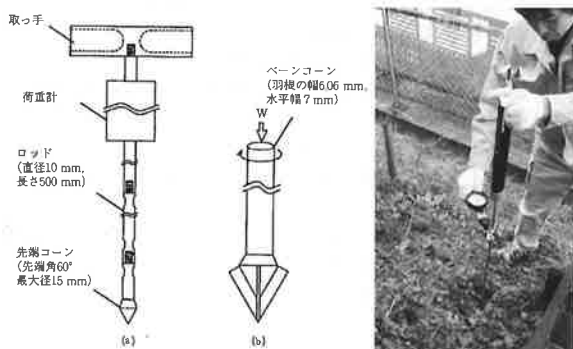


図-1 土層強度検査棒の構成<sup>1)</sup>と試験の様子

図-3に示した崩壊地の右岸側で、崩壊斜面全体にわたる土層深を調査した。簡易動的コーン貫入試験の結果によれば、深度0.5~2.5 mから風化岩盤が分布し、 $N_d$ 値が10を超える。土層強度検査棒の貫入深度は、この風化岩盤の上限分布域までであり、崩壊面の深さ、 $N_d$ 値 >10とよく一致する (図-4)。このことから、スコリア層直下の旧表土で表層崩壊が発生したと考えられる。ここに分布する崩積土、スコリア及び旧表土のC・φを土層強度検査棒で求めると表-1のとおりになり、スコ

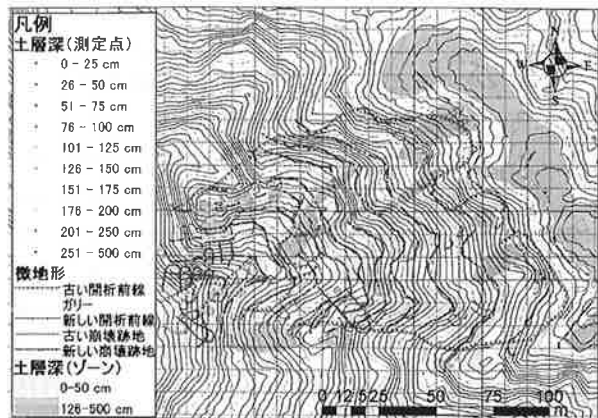


図-2 土層強度検査棒による土層深と微地形の関係<sup>1)</sup>

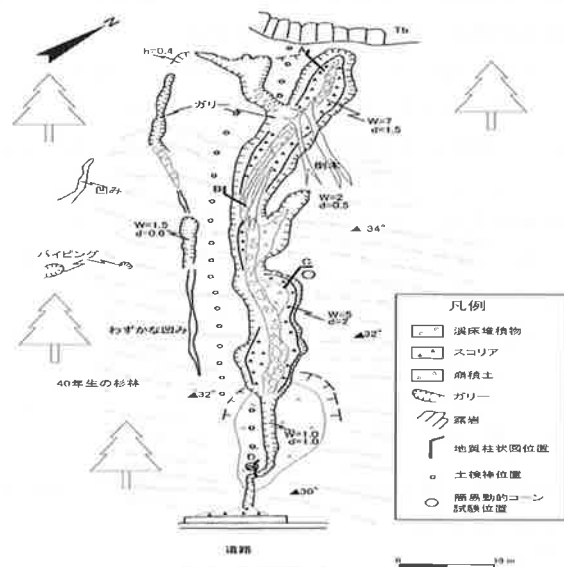


図-3 崩壊地の地質平面<sup>3)</sup>

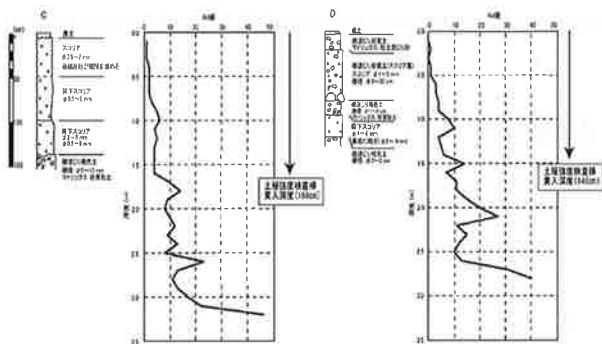


図-4 土層強度検査棒による土層深と地質の関係<sup>3)</sup>

表-1 土層強度の測定結果例 (C地点)<sup>3)</sup>

地質	崩積土	宝永スコリア	旧表土
粘着力 (C: N/m <sup>2</sup> )	9.0	4.5	18.1
内部摩擦角 (φ: °)	30.4	39.6	17.7

リア層直下の旧表土の土層強度が最も小さく、ここですべりが発生した事実とよく一致する。

盛土の安定性の確認調査においても、土層強度検査棒が利用されている。盛土の強度は、安定性評価のための安定計算の最重要項目である。評価のための常時の安定計算は、順計算で行わねばならず、崩壊後対応時に用いる逆算法を用いることはできない。順計算のためには、直接現地地盤から、粘着力と内部摩擦角の値を得ることが必要となる。

従来の土質調査法では、ボーリング調査を行い、不攪乱試料を採取し、三軸圧縮試験等の土質試験により強度を計測する方法が一般的だったが、現状評価のための土質調査では、そこまでコストをかけることは、難しいと思われる。そこで土層強度検査棒を利用すると、短時間・低コストでC・φの計測が可能となる。現在、土層強度検査棒に間隙水圧測定装置等をオプションで装着する開発が予定されており、さらに、土層強度検査棒による盛土の安定性評価の精度が上がると期待している。

### 3.2 対策工法

神奈川県北部豪雨災害後、隣接する箱根町の植林斜面(幅8m, 比高4m, 勾配40°)で、宝永スコリア層を主体とした表層崩壊防止のために、土層強度を調査した。

この調査でも、土層強度検査棒の貫入深度は簡易動的コーン貫入試験のN<sub>d</sub>値が10以上となる地点とよく一致している。また、宝永スコリア層の土層強度は、先述した神奈川県北部の崩壊地のものと近い値を示し、崩壊しやすい条件下にあると考えられた。このような結果から、当該斜面は表層を安定させる必要が高いと判断され、ここで、植林を残したまま斜面の表層崩壊防止工法を施工した。この工法は、森林の根系がもつ国土保全機能を維持したまま斜面の表土層を補強する工法である。細長い鉄製の有孔管を木の根のように配置することで、表土層の杭効果、緊迫効果を期待し、有孔ストレーナ加工をすることで吸水効果(間隙水圧の低減)を期待するもので、簡便で環境負荷も少ない。いわば、鉄製の擬似根系を作るともいべき工法で、「鉄根打設工法」と称される工



写真-1 鉄根打設工法概念図と施工状況<sup>3)</sup>



写真-2 鋼製有孔パイプによる盛土対策例<sup>4)</sup>

法である(写真-1)。鉄根打設工法施工後、台風8号等時間雨量50mm以上の豪雨があったが、今のところ表層崩壊はなく、効果を発揮している。

また、盛土では崩壊深度がやや深くなり、湧水により繰返し崩壊する箇所がある。ここでは、鋼製有孔パイプを法面に打ち込む工法が用いられることが多い。この工法は、東海道新幹線が開通した直後に盛土の降雨時崩壊防止工法として開発されたものであり、低コストの工法で、長い実績がある。近年は、鉄道のみならず道路の盛土にも利用されてきている(写真-2)。盛土表層部が施工後の風化等により細粒化し盛土本体と比べて相対的に難透水層となっている場合に発生しやすい局部的な崩壊防止にも、この鋼製有孔パイプは有効である。

### 4. おわりに

土層強度検査棒の技術普及並びに関連技術の開発を通じて、複雑な土質・地質に対する共通理解と調査精度の向上を図り、信頼性の高い国土建設・管理に資することを目的として、2016年3月から著者らを中心として土層強度検査棒研究会が発足予定であり、活動を始めている。この活動を通じて、さらなる土層強度検査棒の普及や関連する技術開発に努めたい。

### 参考文献

- 1) 国土研究所 地質・地盤研究グループ:土層強度検査棒による斜面の土層調査マニュアル(案), 土木研究所資料第4176号, 40p, 2010.
- 2) 地盤工学会:地盤調査の方法と解説, p. 1161, 2013.
- 3) 下河敏彦・稲垣秀輝・小坂英輝・鷲沢貴文:斜面表層の簡便な土層強度調査と対策工の提案—平成22年9月神奈川県北部豪雨災害の調査事例一, 砂防学会誌, Vol. 65, No. 5, pp. 41~44, 2013
- 4) 地盤工学会:防災・環境・維持管理と地形地質, p. 102, 215, 2015.

(原稿受理 2016.3.17)