

花崗岩地域における広域斜面の土層調査ならびに安定度評価事例

株式会社ダイヤコンサルタント ○岡崎 敬祐、鏡原 聖史、坂東 聡、柳田 寛、
高橋 良輔、伊東 陽希、日比野 共希
兵庫県農林水産技術総合センター森林林業技術センター 藤堂 千景

1. はじめに

日本は、斜面崩壊が発生しやすい地形・地質条件下で、豪雨や地震等の外的要因も伴い、土砂災害が多い国である。我が国では、表層崩壊発生箇所の予測や斜面对策工の配置を適切に行うため、従来から動的コーン貫入試験による斜面の土層調査が多く実施されてきた。

本稿では、表層崩壊の発生が予想される花崗岩地域の広域斜面に対して、従来型の簡易動的コーン貫入試験¹⁾と可搬性に優れた土壌検査棒²⁾を併用した土層調査を行い、両試験の調査結果の整合性や作業の効率性について検討した。また、調査結果を用いて当該地区における広域斜面の安定度評価を試みた。

2. 調査地概要

図-1に崩壊前のLP地形図を用いた調査地の机上判読結果を示す。調査地は兵庫県神戸市有野町の六甲山茶園谷上流部に位置する山腹斜面地であり、今回の調査範囲は図に示す黒点線の範囲(約2.4ha)を対象としている。

地質は六甲花崗岩が分布している。山腹斜面は浸食崖が非常に発達しており、沢の流水で長期的な風化浸食作用により形成されたものと思われる。沢部には崖錐堆積物が堆積し、山裾部の少し高い面に部分的に古期堆積物が分布している。これは、A、B沢の合流点付近が狭まっており、扇形状の地形を呈しているため、堆積と浸食を繰り返す中で高い位置にある古期堆積物が残り、段丘状の堆積面が形成されたと思われる。

また、調査地に隣接する谷沿いで北東-南西方向に湯谷川断層が分布している。断層に直交する方向にはリニアメントがいくつか認められ、リニアメント沿いの山腹斜面にクリープ地形が認められる。このクリープ地形の箇所では、平成26年8月豪雨で表層崩壊が発生している。

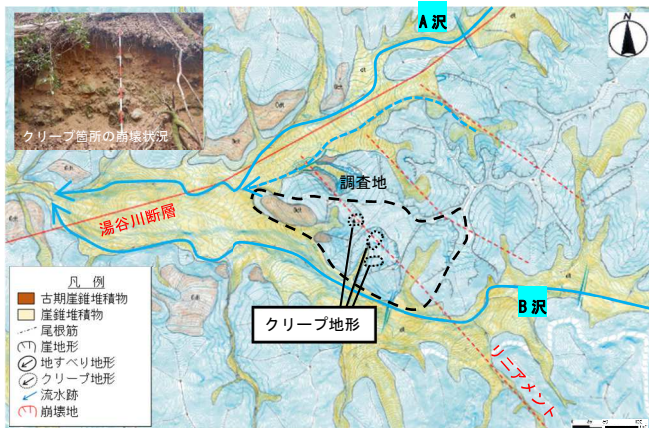


図-1 調査地周辺の机上判読結果(H23LP地形図)

3. 現地調査

(1) 調査手法

土層調査は、図-2に示す通り10m×10mの格子を組み、各格子点で実施した。簡易動的コーン貫入試験は、過去に数多く行われてきたため、信頼性の高い試験であるが、当該地では、土壌検査棒が簡易動的コーン貫入試験の代用可能かを検討するために土壌検査棒主体で調査した。土壌検査棒は10mピッチで256箇所実施し、両試験結果を比較するために、簡易動的コーン貫入試験を20mピッチで重複して68箇所で行った。

簡易動的コーン貫入試験は、図-3に示す器具を用いて重さ5kgのハンマーを落下させ、打撃により先端コーンを地盤へ貫入させることで地盤硬度(Nd値)を得た。本調査では、Nd≤30の深度または調査深度5m³⁾⁴⁾まで調べた。

土壌検査棒は、図-4に示す器具を用いて、人力で貫入可能な深度まで調べた。人力では場所によりばらつきが認められたため、試験地点の周辺で3~5回の試験を行い、最大貫入深度を記録した。

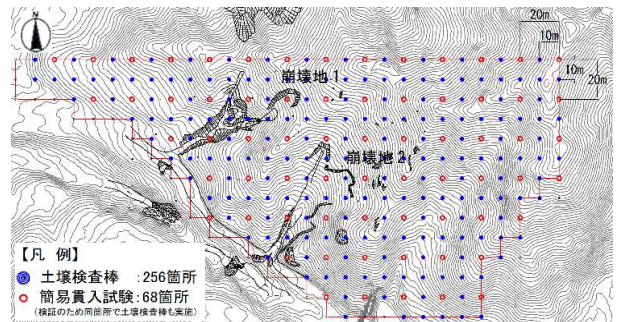


図-2 試験位置図

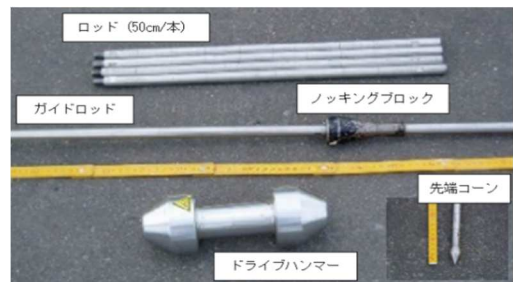


図-3 簡易動的コーン貫入試験器¹⁾



図-4 土壌検査棒²⁾

(2) 調査結果

図-5にある箇所での土層調査の試験結果を示す。図-5の黒線が簡易動的コーン貫入試験結果を示しており、Nd ≤ 12の土層を潜在崩土層（表層崩壊の可能性が高い土層）とした。調査地は、潜在崩土層が1~1.5m程度分布しており、その下位層で急激にNd値が高くなる傾向にあった。また、堆積域では局所的なNd値の上昇後にまた小さいNd値となるような挙動を繰り返す箇所も認められた。堆積土層内には礫が多い状況にあることが推察される。

土壌検査棒の試験結果は、図-5に青点で示した。最大貫入深度は、先述の潜在崩土層厚の下端付近まで貫入し、土壌検査棒においても簡易動的コーン貫入試験同様に潜在崩土層を調べることが可能であることが分かった。

図-6に重複して実施した68箇所分の両試験結果の相関について示す。横軸に簡易動的コーン貫入試験結果（Nd ≤ 12の深度）、縦軸に土壌検査棒試験結果（最大貫入深度）を示す。貫入深度GL-2m程度までは相関性のいい結果が得られているが、GL-2mを超える深度においては右下側に寄っていく結果となった。これは貫入深度が深くなるにつれて、地盤との摩擦が増え、人力の土壌検査棒では貫入しづらくなることが要因と考えられ、土壌検査棒の適用範囲は比較的浅い土層に対して有効だと言える。

また、表-1に両試験の作業時間の比較を示す。比較の結果、貫入深度が深くなる場合は特に土壌検査棒のほうが効率よく作業できることが分かった。今回の比較は各箇所の作業時間のみであり、搬入、移動の時間を考慮した場合、全体の調査時間としては、可搬性に優れた土壌検査棒のほうがさらに作業性に優ると言える。

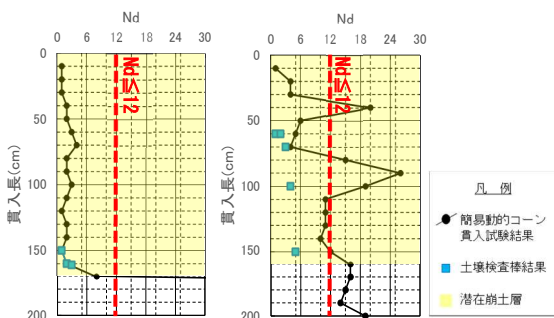


図-5 両試験結果の比較（左：斜面部、右：堆積域）

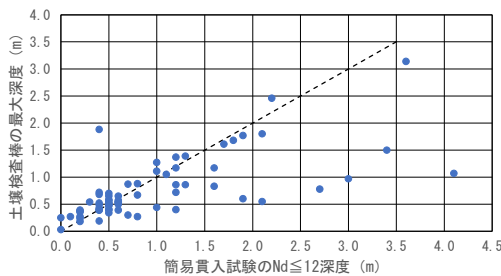


図-6 両試験結果の相関性（重複68箇所）

表-1 試験作業時間の比較

試験地	簡易動的コーン貫入試験			土壌検査棒	
	貫入深度 (m)	潜在崩土層厚 Nd ≤ 12 (m)	作業時間	最大貫入深度 (m)	作業時間
15-28	3.48	1.5	0:30	1.5(5回)	0:11
15-20	0.60	0.5	0:05	0.5(5回)	0:05

4. 安定度評価

調査で得られた面的な土層厚情報を用いて、斜面の安定度評価を行った。安定計算は、図-7に示す表層崩壊危険評価手法の一つである沖村・市川モデル⁵⁾を使用した。本モデルは、傾斜、表土層深分布、集水性の3つの要因を考慮して広域を対象に表層崩壊の発生危険度を評価できる手法として知られている。今回の検討では、崩壊前のLP地形図で平成26年8月豪雨災害時の降雨を入力し経時的な安全率の推移を計算した。

計算結果を図-8に示す。最大降雨時には、崩壊地を含む広い範囲で安全率が1.0を下回る結果であり、崩壊地を捕捉することができた。ただし、未崩壊斜面も広く赤判定が付いており現状と整合しないが、本計算には植生の効果や露頭状況を加味していないためと思われる。今後はこれらを加味してさらに危険箇所を絞る必要がある。

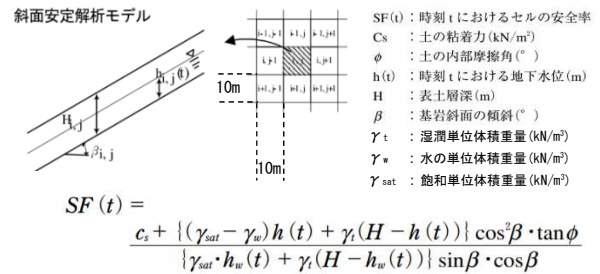


図-7 計算モデルと無限長斜面安定解析式⁵⁾

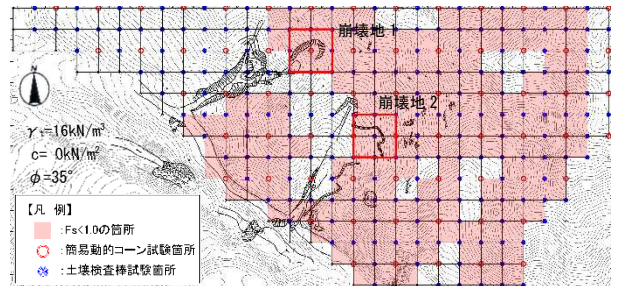


図-8 危険度評価結果（最大降雨時）

5. まとめ

広域斜面の土層調査を行い、土壌検査棒で表層の潜在崩土層を精度よく効率的に調べることができた。また、課題は多いが、面的な安定解析を実施し、全体の危険箇所を特定した。今後は植生の効果を加味して検討したい。

《引用・参考文献》

- 1) 社団法人地盤工学会:新規定地盤工学会基準・同解説 動的コーン貫入試験方法(JGS 1437-2014)基準,2014.
- 2) 独立行政法人土木研究所材料地盤研究グループ:土層強度検査棒による斜面の土層調査マニュアル(案), ISSN0386 5878,土木研究所資料,第4176号,2010.
- 3) 沖村ら:一試験地における風化花崗岩斜面の土層構造と崩壊発生深さに関する研究,新砂防,33-1,pp.7-16,1980.
- 4) 小山内ら:簡易貫入試験を用いた崩壊の恐れのある層厚推定に関する研究,国土技術政策総合研究所資料,第261号,pp.1-29,2005.
- 5) 沖村ら:数値地形モデルを用いた表層崩壊危険度の予測法,土木学会論文集 第358号/Ⅲ-3,1985.