

実斜面での簡易貫入試験結果を用いた崩壊土層推定手法の検討

国土技術政策総合研究所 ○村田 郁央、遊佐 直樹、鈴木 大和、野呂 智之  
 パシフィックコンサルタンツ株式会社 船山 淳、松澤 真  
 砂防エンジニアリング株式会社 渡部 真

表.1 土層区分 (案)

記号	No値 プロフィール Nc値 0 10 20 30 40 50 60	記事		
		No値下限 範囲	No値の 変動	No値プロフィールの特徴
I	I 1 I 2	5以下	変動無し	1打撃の貫入量が大きく、Nc値が揃っている
			変動有り	貫入量に変動があり、若干Nc値がゆらぐ
II 1	II 1a II 1b	5~10	変動小さい	Nc値下限の変化が小さい。Nc値上下限の変動が小さい
			礫当たり様の 変動あり	Nc値下限の変化が小さい。Nc値上下限の変動が大きい
II 2 (III 1)	II 2a (III 1a) II 2b (III 1b)	10~20	変動小さい	Nc値下限の変化が小さい。Nc値上下限の変動が小さい
			礫当たり様の 変動あり	Nc値下限の変化が小さい。Nc値上下限の変動が大きい
III 2		10~50	礫当たり様の 変動あり	Nc値下限が連続的に上昇する。
IV		50以上	簡易貫入試験 では調査でき ない	

— 土層境界  
 ■ 弱部  
 ■ 層区分の中部や下部に分布するNc値の低い部分

1. はじめに

待受け擁壁設計において堆積土砂容量を設定するためには地質調査等に基づき、崩壊土砂量を推定する必要がある。表土・崩積土・強風化岩の滑落が想定される斜面において、簡易貫入試験は有効な地質調査法であり、等Nc値線に着目した縦横断形状や微地形との対比から表層土層を解釈し相対的に崩壊危険性の高い範囲を設定する手法<sup>1)</sup>や崩壊地内外で実施した調査結果を比較し崩壊の恐れのある土層を推定する手法<sup>2)</sup>などが検討されてきた。これらの手法により多点の試験結果から精度良く面的な土層分布を把握するには、貫入図から土層を区分する手法が必要となる。本研究では、過去に検討された1打撃毎の貫入深を計測するSH型貫入試験機を用いてNc値の深度変化に着目した土層区分手法(以下、手法案)<sup>3)</sup>(表.1)を用いて既崩壊斜面の崩壊土層を推定した。また、手法案を崩壊事例の多い風化花崗岩斜面に適用する場合向けに改良検討したので報告する。

2. 検討手法

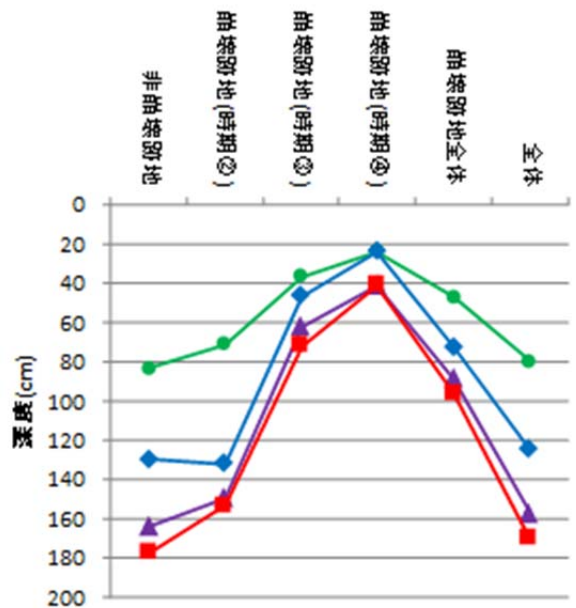
全国の10地区17断面177地点の簡易貫入試験結

果を対象に手法案を用いて土層区分を行い、複数時期の空中写真判読により崩壊跡地を抽出し、崩壊跡地内外の土層の厚さを推定した。

手法案では混入礫として玉石を使用していたが、実際の斜面条件に近づけるため、風化花崗岩礫を使用して室内土槽実験を行った。貫入深の変化(下限値、上限値、上下限値のばらつき)は深度方向の密度変化、粒度変化の影響を受けていると仮定して研究を実施した。この影響を定性的に把握するために室内土槽実験を実施した。実験土層の密度や粒度を変えた感度分析を実施し、その結果を踏まえて手法案の改良を検討した。

1m四方の鋼製型枠に真砂土及び玉石、花崗岩の掘

● I下限 ● II 1下限 ▲ II 2下限 ■ III下限



崩壊時期区分	①	②	③	④
米軍写真 (1947~1949)	有	無	無	無
1970年代カラー写真 (1974~1976)	有	無	無	無
国土地理院最新写真 (2004~2014)		有	無	無
現況				有

図.1 崩壊時期ごとの土層区分結果及び判定時期

削土及び花崗岩礫（いずれも購入）を用いて敷き均し厚 15cm とし 90cm 厚の実験土層を作成した。締め固めは電動タンパによった。下部 30cm は Nc 値 20 以上に締め固めた。密度管理として仕上り 15cm ごとに土槽の重量測定を行った。また、風化花崗岩を採取した土取場においても簡易貫入試験を行った。

### 3. 崩壊跡地区分結果

図.1 に崩壊跡地の区分土層下限深度の集計結果を示した。近年（1974 年以降）崩壊した箇所は I 層から III 層まで薄くなっていることが確認できた。対して、古い（1974 年以前）崩壊箇所の表土層の厚さは非崩壊地と差が無かった。これは周辺の崩壊土砂が堆積したためと考えられる。

### 4. 室内土槽実験結果

図.2 から図.5 に土槽実験による Nc 値<sup>注)</sup> 測定結果を深度-Nc 値対数グラフで示した。図には深度 0～60cm のうち、15～45cm 区間の測定結果を示した。図.6 には同様に土取場での 0～350cm 区間の測定結

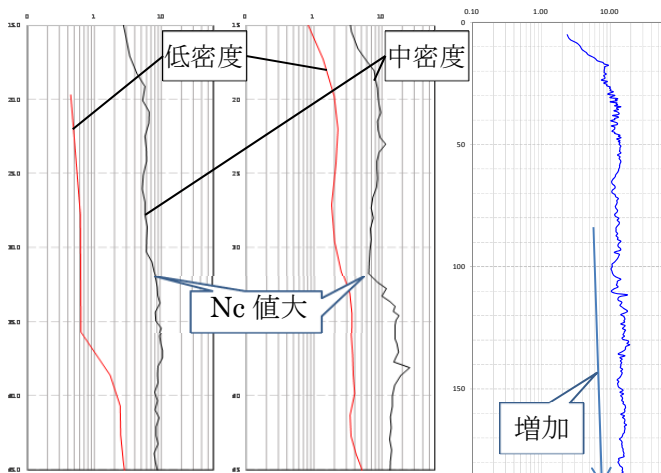


図.2 掘削土 図.3 礫混入

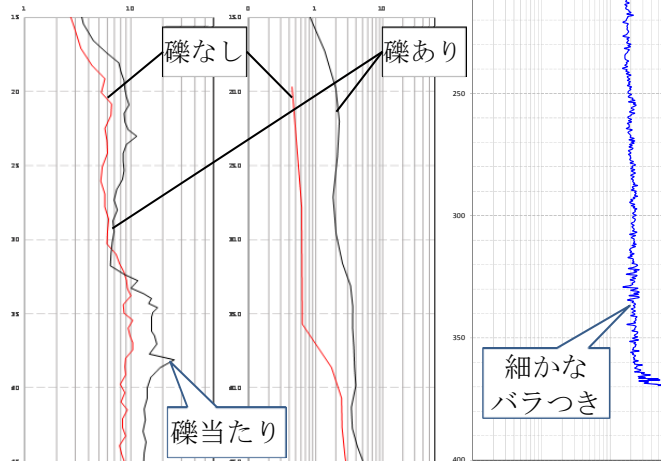


図.4 中密度 図.5 低密度 図.6 土取場

果を示した。

継ぎ目処理を実施したものの、締め固め方法の影響を受けた Nc 値変化が見られた。室内土槽実験の結果、真砂土同様に風化花崗岩も密度が大きいほど Nc 値が大きくなる傾向があった（図.2、図.3）。密度が同程度の場合は礫を混入させた方が、Nc 値が高い傾向が認められ、礫当たりも顕著となった（図.4）。玉石混じり土の場合は低密度でも礫当たりが確認されたが、風化花崗岩礫の場合は低密度では礫当たりは確認されなかった（図.5）。土取場の地山にて実施したケースの比較の結果、風化程度が低下すると Nc 値は漸移的に上昇すること、細かい波形のばらつきが発生することが確認された（図.6）。

以上の室内土槽実験および土取場の地山での結果から、Nc 値下限及び Nc 値の変動幅を指標として土層区分指標の改良案を作成した（表.2）。

表.2 土層区分指標改良案

層区分	記号	表層土層相当部 風化花崗岩礫(礫状真砂土)					想定される土層		
		土質条件		No値のばらつき(10cm区間における値の1σ)	No値のばらつき(10cm区間における値の1σ)	No値のばらつき(10cm区間における値の1σ)			
		【密度条件】 乾燥密度 ρ <sub>d</sub> (g/cm <sup>3</sup> )	【混入礫径】					【礫混入割合】	【No値の範囲(平均値)】
I層	I 1	・ρ <sub>d</sub> =1.544	風化花崗岩礫(自然敷設)		0.4~3.0 (1.8)	0.4~0.6 (0.6)	0.0~2.4 (0.9)	細い礫状真砂土の堆積物	
	I 2	・ρ <sub>d</sub> =1.624	風化花崗岩礫に9.5mm以上の風化花崗岩礫を混入	・礫混入率30%	1.4~5.2 (3.2)	1.4~3.4 (2.1)	0.4~2.0 (1.3)	細い花崗岩礫入りの堆積物	
II層	II 1	II 1a	・ρ <sub>d</sub> =1.700	風化花崗岩礫(自然敷設)		6~10.4 (8)	6~7.9 (7)	1~3 (2)	締まった礫状真砂土の堆積物
		II 1b							
	II 2	II 2a							
		II 2b	・ρ <sub>d</sub> =1.807	風化花崗岩礫に9.5mm以上の風化花崗岩礫を混入	・礫混入率30%	12~25.6 (14)	12~13.0 (12)	6~18 (8)	締まった花崗岩礫入りの堆積物

### 5 おわりに

今後は土層区分指標改良案について現地検証を進め崩壊土砂量算出を行いたい。また、軟岩斜面（第三紀の砂岩および泥岩）のような崩壊が多発する斜面についても検討を進めたい。

#### 【参考文献】

- 1) 小山内ら：簡易貫入試験を用いた崩壊恐れのある層厚保推定に関する研究、国土技術政策総合研究所資料、第 261 号、2005
- 2) 松澤ら：簡易貫入試験を用いた崩壊土砂量の推定に向けた考察、平成 27 年度砂防学会研究発表大会概要集 (B)、p.94-p.95、2015
- 3) 松下ら：簡易貫入試験を用いた土層区分手法の検討、平成 28 年度砂防学会研究発表大会概要集 (B)、p.260-p.261、2016

注) 1 打撃ごとの貫入深を Nc/drop 値に換算した。ここでは Nc 値と表記した。