

簡易貫入試験を用いた土層区分手法の検討

国土技術政策総合研究所 ○松下 一樹、遊佐 直樹、鈴木 大和、國友 優
 パシフィックコンサルタンツ株式会社 船山 淳、松澤 真

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¹⁾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²⁾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、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を検討したので報告する。

2. 検討手法

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（表.1）、その結果を踏まえて土層区分を検討した。

表.1 室内土槽実験ケース

図番号	着目点	case 番号	締め固め程度			粒度条件	
			湿潤密度 (g/cm ³)	乾燥密度 (g/cm ³)	含水比 (%)	礫混入率 (wt%)	礫粒径 (mm)
図.1	締め固め程度の違いによる変化	1-1	1.825	1.644	11.1	真砂土のみ	
		1-2	2.004	1.770	13.2	真砂土のみ	
		1-3	2.108	1.874	12.5	真砂土のみ	
図.2	礫当りに対する締め固め程度の影響	5-1	1.990	1.849	7.6	30%	20~40
		3-3	2.057	1.896	8.5	30%	20~40
		5-2	2.175	2.000	8.7	30%	20~40
図.3	礫混入率の違いによる変化	4-1	2.054	1.873	9.6	15%	20~40
		3-3 (再掲)	2.057	1.896	8.5	30%	20~40
		4-2	2.089	1.932	8.1	45%	20~40
図.4	礫径の違いによる変化	3-2	1.982	1.836	8.0	30%	8~12
		3-3 (再掲)	2.057	1.896	8.5	30%	20~40

1m 四方の鋼製型枠に真砂土及び川砂利（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。

3. 室内土槽実験結果

図.1 から図.4 に土槽実験による Nc 値^{注)} 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。

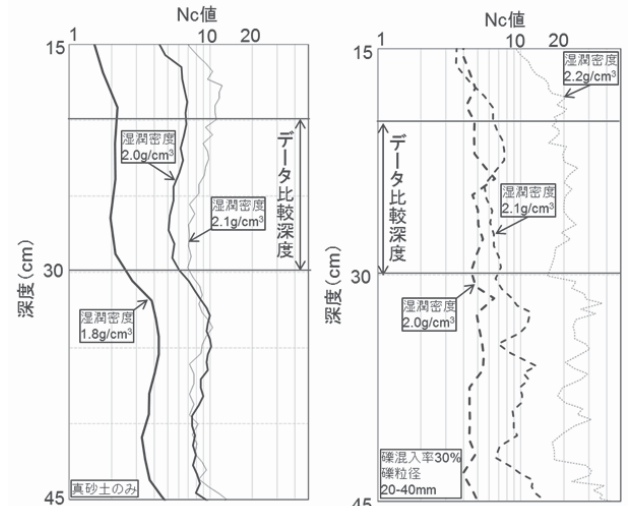


図.1 貫入図 (締め固め程度の違いによる変化) 図.2 貫入図 (礫当りに対する締め固め程度の影響)

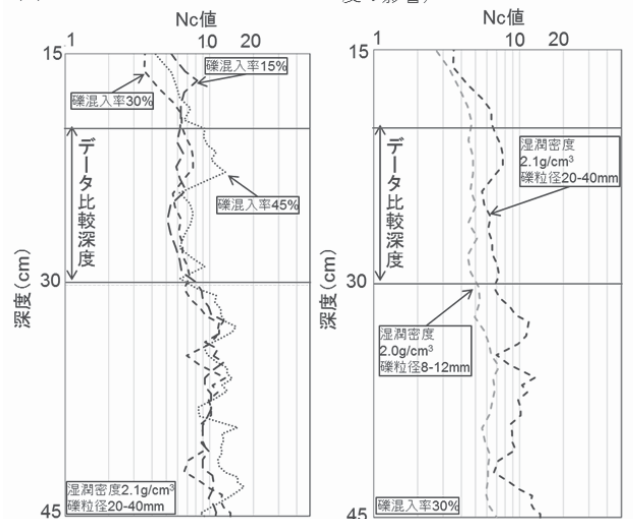


図.3 貫入図 (礫混入率の違いによる変化) 図.4 貫入図 (礫径の違いによる変化)

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。

継ぎ目処理を実施しなかったため、締め固め方法の影響を受けた Nc 値変化が見られた。そのため、均一な土層が作成できていた 20cm から 30cm の深度に着目してデータを比較した。室内土槽実験の結果、密度が大きいほど Nc 値が大きくなる傾向があり、同時に Nc 値上下限のばらつきが明瞭となった(図. 1)。礫混じり土でも密度が大きくなるほど Nc 値が大きくなり、真砂土のみより Nc 値上下限のばらつきが大きくなった(図. 2)。礫混入率を変えると 15%・30%の場合と比較して 45%では Nc 値上下限のばらつきが大きかった。ただし礫混入率を変えても下限値の変化は 1 程度に留まり影響は見られなかった(図. 3)。混入する礫径を変化させると 8-12mm の礫を混入した場合よりも 20-40mm の礫を混入したケースの方が Nc 値上下限のばらつきが明瞭になった。また、Nc 値下限の差よりも Nc 値上限の差の方が大きかった(図. 4)。

以上より、Nc 値は密度(礫混じり土の場合は礫間の充填物の密度)の影響を受けており、Nc 値上限よりも Nc 値下限の方が密度の指標に適していると考えた。また、Nc 値上限は礫径や礫混入率の影響を受けており、Nc 値変動幅が指標に適していると考えた。

4 土層区分(案)の作成と土層の解釈

室内土槽実験の結果から、Nc 値下限及び Nc 値の変動幅を指標として土層区分(案)を作成した(表.2)。また、この土層区分(案)に基づき山地斜面(地質:花崗岩) 34 地点で実施された SH 型貫入試験のデータを用いて土層区分を試行し、貫入試験実施箇所の地形と調査地点で出現した土層区分との関係を整理した(表.3)。遷急線より下の斜面に出現する II 2 層について、土層区分(案)からは想定土層が表層土層相当部か基岩相当部かが判断できない。今後、縦横断的な土層のつながりや微地形との関連性を踏まえて想定土層を解釈する手法を検討する必要がある。

また、局所的に Nc 値下限を越えて小さな値を記録ケースがあった。下位に Nc 値の大きい層が分布する箇所では Nc 値が急激に低下する場合は、水の影響が疑われた。このようなケースは崩壊面を想定する上で重要と考えて、弱部として抽出することとした。

5 おわりに

今後は土層区分指標(案)について現地検証を進

めたい。また、貫入図から想定土層を判読する手法について検討する必要があり、室内土槽実験や現地検証等が必要と考えている。今回の検討で除外した礫や粒子破碎等の影響度についても検討を進めたい。

表.2 土層区分(案)

記号	Nc値 プロファイル Nc値 0 10 20 30 40 50 60	記事		
		Nc値下限 範囲	Nc値の 変動	Nc値プロファイルの特徴
I	I 1	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
	I 2		変動有り	貫入量に変動が有り、若干Nc値がゆらぐ
II 1	II 1a	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
	II 1b		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)	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
	II 2b (III 1b)		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

表.3 土層と地形との関係

記号	想定 土層	風化想定領域	侵食領域	堆積領域
		遷急線		遷緩線
		斜面上部(遷急線より上)	斜面中部(遷急線より下)	斜面下部(遷緩線より下)
I	I 1	・表土	・表土 ・崩壊堆積物(縮まりの非常に緩いもの)	・表土
	I 2	・表土 ・風化岩(風化程度が強いもの)	・表土 ・崩壊堆積物(縮まりの緩いもの)	・表土 ・崖錐堆積物(縮まりの緩いもの)
II 1	II 1a	・風化岩(風化程度が強いもの)	・崩壊堆積物(やや縮まりの緩いもの)	・崖錐堆積物(やや縮まりの緩いもの)
	II 1b	・風化岩(風化程度が強いもの)	・崩壊堆積物(やや縮まりの緩いもの)	・崖錐堆積物(やや縮まりの緩いもの)
II 2 (III 1)	II 2a (III 1a)	・風化岩(風化程度がやや強いもの)	-	・崖錐堆積物(比較的縮まったもの)
	II 2b (III 1b)	-	-	・崖錐堆積物(比較的縮まったもの)
III 2	基岩相当部	・風化岩	・風化岩	・崖錐堆積物(縮まったもの) ・風化岩

— : 土層区分を試行した34地点では区分されなかった

【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