

山腹斜面の土質構造と斜面安定度評価

アジア航測株式会社 ○小川紀一郎 鈴木隆司 白杵伸浩
建設省土木研究所 石川芳治 原 義文 西中 悟

1. はじめに

山地流域における土砂生産現象を予測する上で、豪雨時に発生する斜面表層崩壊を把握することは重要な課題である。表層崩壊は、降雨に伴い斜面表層土層中の地下水位が上昇し、土塊の安定性が失われて表層土が滑落する物理現象である。そこで、筆者らは斜面表層土層を対象に各種土質試験を行い、斜面安定解析を行ったものである。本調査の対象地は天竜川水系の藤沢川流域における野笹地区である。本流域の基盤地質は花崗岩である。

2. 土質状況の特性把握

本調査では、土砂生産の場としての斜面地盤の特性把握を目的として、一面せん断試験、透水試験、密度試験等の土質試験を行った。なお、本調査は斜面地盤の特性をできるだけ精度よく把握するため、基本的に不攪乱試験を用いて行った。

ある点的な土質データを面的に使用するためには、斜面全体が把握できるような土質指標との対応で土質データを評価する必要がある。本調査では、土質指標として簡易貫入試験によるNc値を用いるものとした。そして、浸透流解析、

斜面安定解析等の検討を考慮して、Nc値の目安として0~3、3~5、5~10、10~20、20以上の5深度について試料を採取することとした。試験結果を整理すると表-1のようになる。

- 本地区の地盤強度は、内部摩擦角は30°~40°で、Nc値が高ければ内部摩擦角も高いことがわかる(図-1)。また、粘着力は30 gf/cm²以下で、Nc値が高ければ粘着力は低くなるようである(図-2)。
- 本地区の透水係数は10⁻²~10⁻⁴cm/sで、深層部ほど小さい値となっている。また、鉛直方向と水平方向との関係は不明瞭であった。
- 本地区の湿潤密度は1.58~1.80(g/cm³)で、Nc値が高いほど密度は高くなっている。
- 本地区の比重は2.71~2.72である。
- 本地区の間隙比は0.730~1.164、間隙率は42.2~53.8(%)である。

表-1 土質試験結果一覧表

試料番号	9D-1	9D-2	9D-3	9D-4	9D-5	備 考
採取深さ (m)	0.4	0.8	1.0	1.3	1.7	
平均Nc値	2.3	7.8	16.5	18.0	29.5	
飽和係数(Ks) Ks(cm/s)	4.38×10 ⁻³	6.33×10 ⁻³	1.92×10 ⁻³	1.81×10 ⁻³	4.00×10 ⁻³	
飽和係数(Ks) Ks(cm/s)	2.87×10 ⁻³	4.14×10 ⁻³	2.05×10 ⁻³	1.41×10 ⁻³	4.84×10 ⁻³	
塵 (%)	15	15	12	15	27	
砂 (%)	54	51	52	54	49	
シルト (%)	20	22	22	20	15	
粘土 (%)	11	12	14	11	8	
D _{max} (mm)	37.5	26.5	26.5	19.0	53.0	
D ₅₀ (mm)	3.4	3.4	2.6	3.2	18.0	
D ₆₀ (mm)	0.58	0.47	0.41	0.52	0.90	
D ₇₀ (mm)	0.35	0.27	0.23	0.33	0.55	
D ₈₀ (mm)	0.067	0.048	0.041	0.065	0.16	
D ₁₀₀ (mm)	0.0042	0.0039	0.0025	0.0042	0.0075	
D _m (mm)						
均等係数 Uc	138.1	120.5	164.0	123.8	120.0	
曲率係数 Uc	1.84	1.26	1.64	1.93	3.79	
分 類	砂質土	砂質土	砂質土	砂質土	砂質土	
塊形比 Gs	2.711	2.708	2.723	2.712	2.719	
乾燥密度 γ _d (g/cm ³)	1.253	1.502	1.434	1.524	1.574	
湿潤密度 γ _w (g/cm ³)	1.582	1.796	1.725	1.797	1.789	
飽和密度 γ _{sat} (g/cm ³)	1.791	1.948	1.908	1.962	1.995	
水中密度 γ _{sub} (g/cm ³)	0.791	0.948	0.908	0.962	0.995	
飽和度 Sr (%)	61.3	66.5	61.4	62.6	51.9	
自然含水比 w (%)	26.3	19.6	20.3	17.9	13.6	
飽和含水比 ws (%)	42.9	29.8	33.0	28.9	26.9	
体積含水率 θ (%)	33.0	29.4	29.1	27.3	21.6	
間隙比 e	1.164	0.807	0.898	0.784	0.730	
間隙率 n (%)	53.8	44.3	47.3	43.9	42.2	
液性限界 LL (%)	32.4	30.6	31.8	28.5	35.1	
塑性限界 PL (%)	18.5	18.3	18.8	17.7	20.7	
塑性指数 Ip	13.9	12.3	13.0	10.8	14.4	
コンパクション指数 Ic	0.84	0.86	0.87	1.05	1.57	

試料番号	10D-1	10D-2	10D-3	10D-4	10D-5	備 考
採取深さ (m)	0.20	0.55	0.85	1.15	1.55	
平均Nc値	3.3	4.0	6.6	10.6	15.0	
粘着力 C (gf/cm ²)	27.21	17.11	0	0	112.6	
内部摩擦角 φ (°)	34.07	33.12	40.58	42.00	16.83	

- 本地区の最大粒径 D_{max} は19.0~53.0mm、60% 粒径 D_{60} は0.41~0.90mmであり、分類は砂質土で、粒度は大きなものから細かいものまで広い範囲にわたっていることになる。
- 本地区の液性限界は28.5~35.1%、塑性限界は17.7~20.7%である。

3. 斜面安定解析の検討

(1) 斜面安定解析の方法

本検討では、これまでの各種地盤調査等の成果をもとに斜面安定解析を試みるものとした。安定解析式は、二次元の極限平衡法の代表的な手法である修正簡便（修正ヘレニウス）法を用いた。

(2) 計算条件の設定

これまで野笹地区においてもいくつかの表層崩壊が発生している。現地においていくつかの崩壊を調査したところ、崩壊深として0.3m~1.0mのものが観測された。この場所のNc値は1~10程度である。そこで、本検討ではNc=3, 5, 10, 20, 50の位置にすべり面がくるような表層崩壊を仮定して解析を行うものとする。計算を行うにあたって、各種計算条件はこれまでの地盤ならびに土質調査の結果からNc値に対応した形で設定することとした。計算に用いた各種条件を整理すると表-2のようになる。

(3) 計算結果の検討

斜面谷頭上部を対象として斜面安定解析を行った。計算の結果を表-3、図-3に示す。表-3によれば、Nc値が5の所で安全率は1.517と最も低く、Nc値が10での安全率1.620がこれに次ぐ。すなわち、斜面のすべり面となり得る場合は深からず浅からずNc値で5~10の位置であることがわかる。これを深さで示せば0.65~1.40mである。この崩壊深は本地区における実績と一致する。

4. おわりに

本調査を行うにあたって現場一面せん断試験機を快く御貸しいただいた東京農工大学農学部森林保全学研究室関係各位ならびに調査に御協力をいただいた静岡大学農学部逢坂興宏氏に対し、深謝の意を表します。

Nc値-内部摩擦角φ

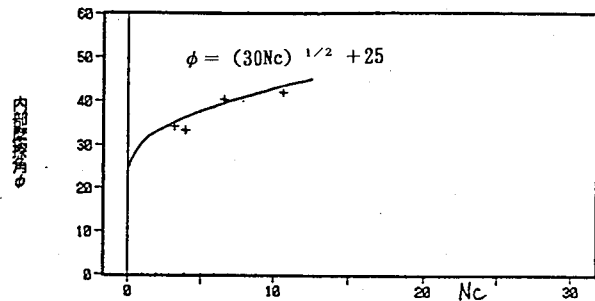


図-1 Nc値と内部摩擦角との関係

Nc値-粘着力c

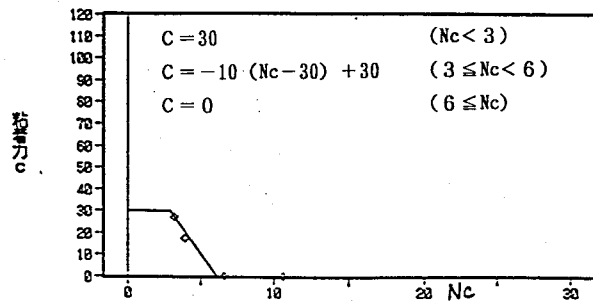


図-2 Nc値と粘着力との関係

表-2 計算諸条件の設定

計算条件	Nc=3	5	10	20	50	算定式
粘着力	30.0	10.0	0	0	0	$-10(Nc-3)+30$
内部摩擦角	34.5	37.2	42.3	45	45	$(30Nc)^{1/2} + 25$
湿潤密度	1.671	1.682	1.711	1.768	1.939	$0.0057Nc + 1.654$
比重	2.715	2.715	2.715	2.715	2.715	2.715 (一定)

表-3 斜面安定解析結果

Nc 値	深度	安全率
3	0.35	1.847
5	0.65	1.517
10	1.40	1.620
20	2.40	1.753
50	3.58	1.729

安全率 $F=1.517$ $Nc=5$

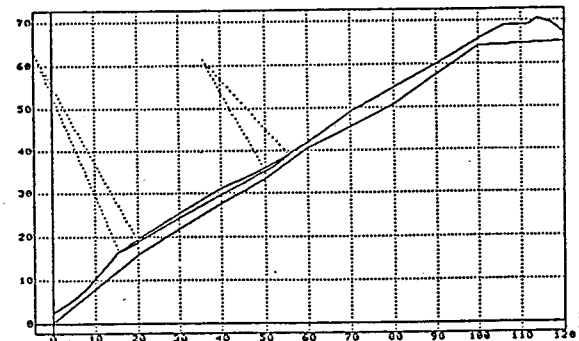


図-3 斜面安定解析の結果