

防府市奈美地区におけるまさ土斜面の地盤特性

山口大学大学院 学生会員 ○居石和昭 中出雄也 後田真理
山口大学大学院 正会員 中田幸男 兵動正幸

1. はじめに

平成 21 年 7 月 21 日に防府市を中心に各地で大規模な土砂災害が多発し、奈美地区では死者 1 名、住家の一部損壊 55 戸という人的、物的損害を受けた。土石流災害が発生した地域は風化花崗岩であるまさ土が広く分布しており、多量の雨とその地質が土砂災害を特徴付けている。まさ土は、風化の程度で著しく異なる物理・化学・力学的性質が知られているため、奈美地区に分布するまさ土の地盤特性を知ることは、今回の土石流災害の原因を考える上で重要であると考えられる。そこで本研究では、防府市奈美地区のまさ土を用いて物理・化学・力学試験を行うと共に、斜面安定解析によりこの被災地の地盤特性について考察する。

2. 試料採取場所、採取方法および試料の調整

本研究では、防府市奈美地区十七溪流の崩壊斜面源頭付近で 2 カ所、中腹付近で 1 カ所それぞれ不攪乱試料と攪乱試料を採取する。ここで源頭付近の風化残積土の試料を奈美 A、崩積土を奈美 B、中腹付近の崩積土を奈美 C とする。不攪乱試料は原位置サプリング方法¹⁾で採取し、不攪乱試料の円柱供試体は凍結供試体成形方法¹⁾で成形する。攪乱試料は、土粒子の破碎程度、ときほぐしの程度を共通させる必要があるため、ビニール袋に入れた試料を、落下高さが 1.5m になる位置から 30 回落下させたものを初期状態として使用する。

3. まさ土斜面の物理・化学・力学的性質

物理・化学・力学的性質を調べるため、含水比試験、比重試験、粒度試験、強熱減量試験、安息角の測定を行った。その結果より、表-1 に物性値、図-1 に粒度を防府市の他地区の既往の結果²⁾とともに示す。奈美地区の結果を防府市の他地区の既往の結果と比べると、強熱減量の値が多少高く、細粒分含有率も高めであり、安息角はわずかに大きい。また間隙比、乾燥密度、含水比の結果から、奈美 C は奈美 A、B よりも乾燥密度が低く、含水比が高かった。奈美 C はリニアメント上で採取しており、隣の溪流沿いに露出したリニアメントでは湧水も確認できたため、これが含水比の高い要因と考えられる。

4. 斜面安定の評価

斜面安定を評価するにあたって、地盤を無限斜面とモデル化して安定計算する。ここでは、地表面から水が浸透する場合をタイプ A、すべり面から地下水が上昇し、粘着力がある場合をタイプ B、粘着力がない場合をタイプ C とした。それぞれの安全率を式(1)~(3)に示す。

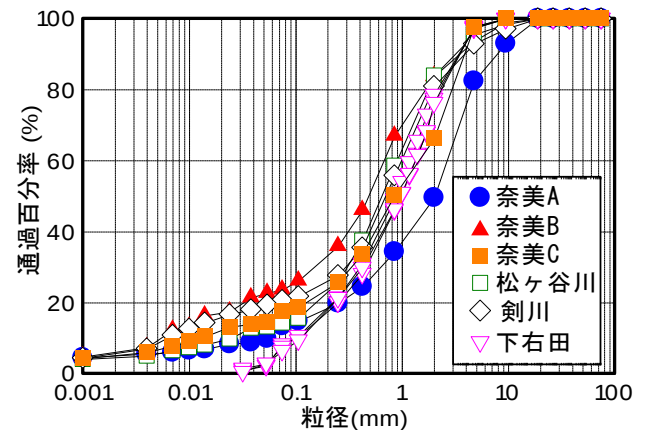


図-1 粒度

表-1 物性値

	比重(g/cm ³)	含水比(%)	均等係数U _c	細粒分含有率(%)	安息角(°)	強熱減量(%)	乾燥密度(g/cm ³)	間隙比	土の分類
奈美A	2.571	9.8	52.6	13.4	35.4	3.05	1.873	0.375	GFS
奈美B	2.539	18.6	124.9	23.6	35.1	3.55	1.501	0.692	SFG
奈美C	2.638	22.7	121.4	17.6	34.8	4.40	1.102	1.394	SFG
松ヶ谷川	2.607	13.2	35.7	14.3	35.8	2.93	1.382	0.886	SFG
剣川	2.558	14.8	163.5	20.7	34.8	4.30	1.498	0.733	SFG
下右田A	2.614	10.7	13.2	8.3	33.2	2.44	1.455	0.833	SFG
下右田B	2.621	10.9	12.1	7.6	32.3	2.89	1.450	0.768	SFG
下右田C	2.612	16.4	11.8	6.4	32.1	4.61	1.214	1.152	SFG
下右田D	2.616	13.8	13.2	17.3	32.4	2.36	1.594	0.644	SF-G

$$F_s = \frac{c' + \{\gamma_t(H - H_1) + \gamma_{sat} H_1\} \cos^2 \beta \tan \phi'}{\{\gamma_t(H - H_1) + \gamma_{sat} H_1\} \cos \beta \sin \beta} - (1)$$

$$F_s = \frac{c' + \{\gamma_t(H - H_2) + \gamma' H_2\} \cos^2 \beta \tan \phi'}{\{\gamma_t(H - H_2) + \gamma_{sat} H_2\} \cos \beta \sin \beta} - (2)$$

$$F_s = \frac{\{\gamma_t(H - H_2) + \gamma' H_2\} \cos^2 \beta \tan \phi'}{\{\gamma_t(H - H_2) + \gamma_{sat} H_2\} \cos \beta \sin \beta} - (3)$$

ここでHは地表面から仮想すべり面までの高さ、H₁は地表面から浸透した水までの深さ、H₂はすべり面から地下水位までの高さ、βはすべり面傾斜角を示す。Hは簡易動的コーン貫入試験の結果から決定した。図-2に崩壊地内、崩壊地外それぞれで数回ずつ試験を行った簡易動的コーン貫入試験の結果を示す。貫入抵抗値に基づいてN_d<5を表層土、5<N_d<30を風化層、N_d>30を基岩に区分できる²⁾。斜面崩壊は層厚が厚いほど崩れやすく、安全率が低くなるので、Hは地表面からN_d>30までの深さのうちの最大値を採用した。βは、崩壊前の等高線のデータより、c'とφ'は三軸圧縮試験より求めた。安定計算に必要な値を表-2に示す。H₁、H₂を変数とし、地下水の挙動による安全率の変化を調べた。地下水の高さと安全率の関係を図-3に示す。タイプAとタイプBの場合、地下水の高さがHと等しくなっても安全率は1を下回らない。タイプCは地下水位が0.2m上がると安全率が1を下回った。本来自然斜面は降雨により、タイプA、Bが起りつつ、粘着力は徐々に低下し、タイプCに近づく。さらに、被圧した地下水の存在の可能性もあるため、崩壊のプロセスを正確に理解するためには、さらなる検討が必要である。

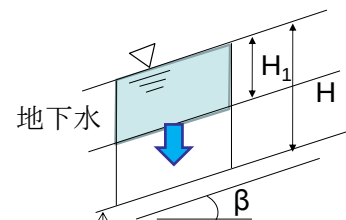
5. 結論

防府市奈美地区のまさ土斜面では、強熱減量が3~4%、細粒分含有率が13~23%、安息角が35°程度であった。また、採取場所によって乾燥密度、間隙比、含水比が異なった。特にリニアメント上の土は、含水比は高く、間隙比が大きい。この地盤の斜面安定性は、粘着力がなくなると仮定した場合に損なわれることがわかった。

参考文献

- 1) 村田秀一・安福規之・山本修三：凍結法による乱さないま
さ土供試体の作成方法，風化残積土に関するシンポジウム
論文集，昭和63年12月
- 2) 後田真理・中田幸男・兵動正幸・吉本憲正：土砂災害の発生した防府市下右田におけるまさ土の地盤材料特性
- 3) 大久保駿・上坂利幸・船崎昌継：簡易貫入試験機に地盤調査(2)-試験機の性能-，土木技術資料，Vol.13, No.8, 1971

タイプ A



タイプ B,C

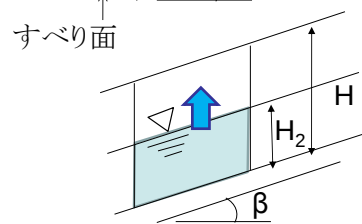


表-2 安全率の計算に必要な値

	粘着力 c'(kN/m ²)	せん断抵抗角 φ(°)	すべり面から地表面までの 高さH(m)	すべり面傾斜角 β(°)
奈美B	18.6	34.6	2.3	33.69

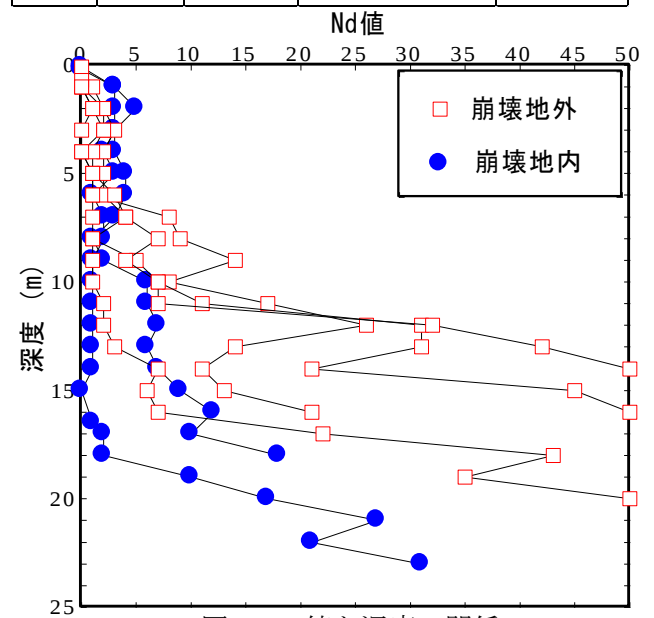


図-2 N_d値と深度の関係

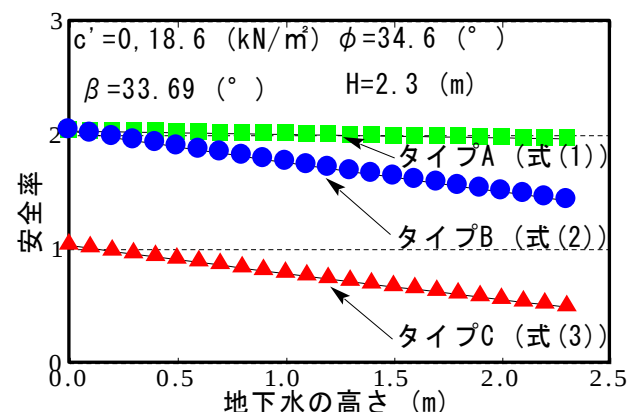


図-3 地下水の高さと安全率の関係