

多層リングせん断試験による北海道・厚真町で採取した火山灰土の大変形特性の分析



小野寺智哉

(卒業論文概要, 2020年3月)

東京大学社会基盤学科 土質/地盤研究室

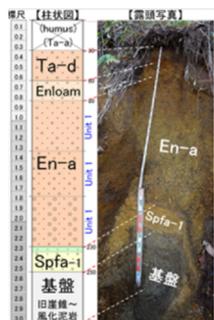
研究背景・目的

2018年北海道胆振東部地震により、厚真町などで同時多発的に大規模な斜面崩壊が発生した。この時発生した、**低角度斜面における長距離土砂流動**を伴う崩壊のメカニズムを地盤の力学特性の観点から検討した。

現地の層序は図のようになっており、場所によって樽前降下軽石(Ta-d), 恵庭ローム(Enloam), 支笏降下軽石(Spfa-1)がすべり面となったことが報告されている。現地でこれらの土を採取し、室内試験を行うことで、これらの層の力学特性を明らかにし、斜面崩壊が起こり得る性質を持っていか検討した。



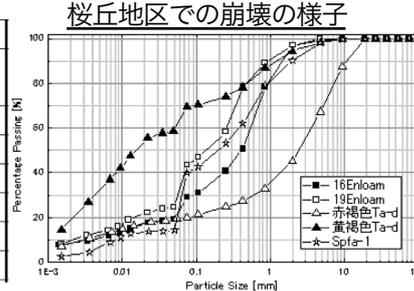
桜丘地区での崩壊の様子



試料名	土粒子密度 (g/cm³)	自然含水比 (%)	現地乾燥密度 (g/cm³)	コンシステンシー特性			細粒分含有率 (%)	せん断試験用供試体	
				w _L (%)	w _I (%)	I _p		乾燥密度 (g/cm³)	初期含水比 (%)
16Enloam	2.71	57.6	0.89	60.3	48.4	11.9	29.0	0.89	57.6
19Enloam	2.76	84.8	0.77	65.2	53.7	11.5	42.8	0.77	84.8
赤褐色 Ta d	2.68	189.1	0.34	169.2	139.5	29.7	20.0	0.37	224.4
黄褐色 Ta d	2.73	212.9	0.51	137.3	112.6	24.7	69.3	0.38	212.9
Spfa 1	2.55	107.7	0.59	49.0	40.0	9.0	39.9	0.59	93.3
稲城砂	2.71	—	—	—	—	—	4.8	1.44	18.5

←現地の典型的層序

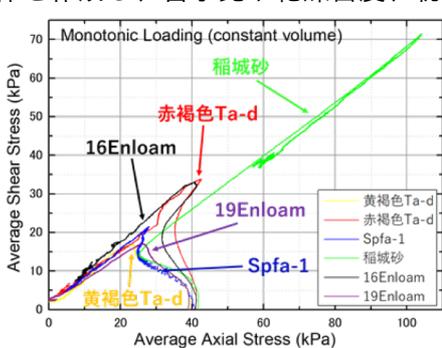
試料の物理試験結果



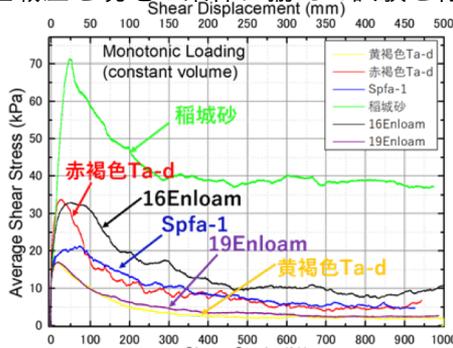
試料の粒径加積曲線

室内せん断試験

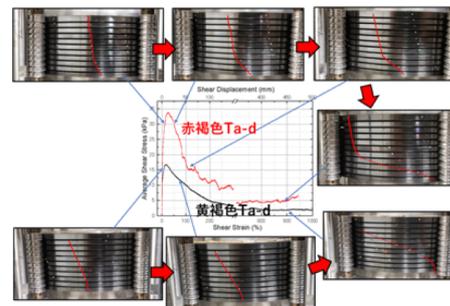
本研究では「多層リングせん断試験装置」を用いて、現場での大変形を模擬した定体積単調せん断試験を実施した。この装置は供試体断面を保ったまま、かつすべり面を限定せずに、せん断ひずみ**1000%以上の大変形領域までのせん断試験**を行えるのが特徴である。現地調査で採取した5種類の試料と一般的な砂(稲城砂)を用いて供試体を作成し、含水比や乾燥密度、初期上載圧を現地の条件に揃えて試験を行った。



応力経路図



応力-ひずみ関係図



せん断中の多層リングの回転

16Enloamや赤褐色Ta-dはダイレイタンスーが負→正→負と変化する「巻き返し挙動」が大きい特徴がある一方、19Enloamや黄褐色Ta-dはせん断中常に負のダイレイタンスーを示したまま破壊に至る。

厚真町の試料(特に19Enloam, 黄褐色Ta-d)は一般的な砂よりも大きなひずみ軟化挙動を示し、せん断ひずみ500%程度以上の領域で**非常に低い残留強度(5~10kPa程度)**を発揮している。

ピーク強度付近までは供試体全体が様にせん断されているのに対し、ピークを超えると**局所的なすべり面が発現**することが確認され、その結果として非常に低い残留強度を発現することが示唆された。

斜面安定解析

せん断試験から得られた強度を用いて、斜面の安定性について計算を行った。

仮定

- 地下水位は十分低い
- 上載土のγ_tは全て13.8kN/m³
- 直線すべり面(傾斜10°, 深さ3m)を仮定
- 近隣の観測所での地震加速度を採用
- 斜面が発揮する抵抗力として、常時と地震時にはピーク強度を、地震後には残留強度を採用
- 抵抗力は粘着力のみによると仮定(φ=0)

安全率を算出

安定解析結果(安全率F)

	常時 τ _{peak} α=0	地震時 τ _{peak} α=967gal	地震後 τ _{res} α=0
稲城砂	10.15	1.54	5.21
16Enloam	4.68	0.71	1.42
赤褐色Ta-d	4.79	0.73	0.70
黄褐色Ta-d	2.41	0.36	0.28
Spfa-1	3.12	0.47	0.71

常時はいずれの斜面も安定して存在するが、**地震慣性力により厚真町の土は不安定化する**。さらに、Ta-dやSpfa-1といった火山灰質土については、地震慣性力が無くなっても、**残留強度が自重すら支えられない結果**になった。

$$F = \frac{c_u l \cos \theta \text{ [抵抗力]}}{\gamma_t b H \sin(\alpha + \theta) \text{ [滑動力]}}$$

自重によって滑り続け、**長距離流動が発生した可能性**

まとめ 現地調査と現地の状況を模擬した室内試験、その結果に基づく安定計算により、厚真町での**低角度斜面での大規模崩壊を力学的側面から説明**できた。