

御荷鈴帯における地すべり層粘性土の鉱物と強度特性

愛媛大学工学部

富士建設コンサルタント(株)

愛媛大学大学院

正 矢田部龍一・横田公忠

正 武田学

学 ○森聖

1. まえがき

日本には1万を越える地すべりの危険箇所が存在し、その主な分布地域は北陸と四国である。いずれの地域も山岳地が多く人口も少ない。しかしこのような場所でも高速道路をはじめ、大規模な建設工事が行われるようになり地すべりの危険性が増してきた。このような背景から地すべりの発生機構、力学特性を調べる必要がある。そこで本報告では、御荷鈴帯地すべり地の粘性土において鉱物と強度特性について調べた。

2. 試料および試験方法

実験に使用した試料は、御荷鈴帯地すべり地に分布する愛媛県の沢渡地すべり地(8)、高知県の東庵谷(3)、蔭地すべり地(5)より計16試料を用いた。いずれも粘土化され、すべり面もしくは、潜在すべり面の試料である。また試料は全てボーリングコアから採取した。

実験方法として、せん断試験に用いた試料は全て420 μ mのふるいを通し、練り返した試料を用いた。そして、圧密非排水三軸圧縮試験によりピーク強度に対するせん断抵抗角 ϕ' を求め、排水条件において一面せん断型リングせん断試験により、残留強度に対するせん断抵抗角 ϕ_r を求めた。せん断は定速度載荷で行い三軸試験の軸変位速度は0.0625mm/min、リングせん断試験のせん断速度は0.044°/min(試料の中心部は0.05mm/min)で行った。

構成鉱物を同定するためのX線回折試験は、粉末法、沈降定方位法、エチレングリコール処理の3つの段階を経て行った。粉末法は、試料を自然乾燥後メノウの乳鉢で粉碎しスライドガラスに充填して行い、沈降定方位法は、試料の一定量を試験管に取り水で攪拌分散させ、その分散液をスライドガラスの上に落とし、水を蒸発乾固させた。エチレングリコール処理は、エチレングリコール溶液の蒸気で試料を湿らせて測定した。X線の発生条件は、電圧30kv、電流15mA、走行速度1°/min、紙送り10mm/minとした。X線発生管のターゲットはCu、フィルターはNiを通して含有鉱物を調べた。

表-1 試料の物性値および強度定数

Soil sample	Sampling GL-	Parent rock	三軸 ϕ' (°)	リング		WL (%)	WP (%)	IP	GS	全体の割合(%)			
				ϕ_d (°)	ϕ_r (°)					粘土 ≤5 μ m	シルト 5-75	砂 75-2	礫 2mm<
沢渡B-12-1	6.5-7.0m	風化残積土	24.1	-	20.5	35.4	24.9	10.5	2.81	-	-	-	-
沢渡B-12-3	31.6-32.0m	破碎緑色片岩	24.7	-	20.1	50.4	27.9	22.5	2.90	-	-	-	-
沢渡B-13-1	15.4-16.0m	酸化崩積土	26.3	-	19.6	41.3	14.8	26.5	2.77	-	-	-	-
沢渡B-13-3	27.5-28.0m	強風化緑色片岩	20.5	21.7	14.0	37.4	23.0	14.4	2.98	6.5	8.5	42.8	42.2
沢渡B-13-4	29.3-30.0m	強風化緑色片岩	20.5	20.2	13.6	37.6	23.9	13.7	2.94	16.7	12.5	32.2	38.6
沢渡B-15-1	5.4-6.0m	緑色片岩	27.7	25.6	22.0	44.9	18.1	26.8	2.94	21.8	8.2	39.6	30.4
沢渡B-15-2	9.6-10.0m	緑色片岩	25.2	29.6	20.1	36.3	22.1	14.2	2.94	17.5	14.3	45.9	22.3
沢渡B-15-3	14.5-15.0m	緑色片岩	28.2	33.2	25.2	31.2	18.4	12.8	2.85	13.1	11.0	44.8	31.1
東庵7-3-1	5.2-5.6m	強風化緑色岩	26.3	21.1	16.1	43.8	18.3	25.5	3.02	21.4	26.5	26.2	25.9
東庵7-3-2	8.2-8.7m	強風化緑色岩	21.1	18.6	16.6	40.8	16.4	24.4	2.99	18.9	25.2	37.1	18.8
東庵7-3-3	10.0-10.4m	強風化緑色岩	23.5	26.4	21.8	41.2	22.1	19.0	2.98	17.9	19.4	39.6	23.1
蔭7-1-1	100.5-101.0m	強風化緑色片岩	24.8	25.2	18.5	26.4	13.8	12.7	2.96	9.0	7.6	24.5	58.8
蔭7-5-1	24.0-24.5m	強風化緑色片岩	32.9	38.1	33.9	45.3	19.6	25.8	2.96	44.0	19.7	24.4	11.9
蔭7-5-2	49.0-49.5m	弱風化緑色片岩	37.7	38.0	34.5	29.2	14.1	15.1	2.99	18.6	15.5	40.7	25.3
蔭7-5-4	88.7-89.2m	弱風化緑色片岩	25.2	22.0	20.2	36.5	25.1	11.4	2.94	28.2	12.4	30.7	28.6
蔭7-5-5	94.5-95.5m	強風化黒色片岩	32.3	33.6	30.8	50.6	18.6	32.0	2.74	23.3	18.0	51.3	7.4

3. 実験結果

試料の物性値、粒度、せん断抵抗角を表-1に示す。御荷鉾帯粘土では物性値の結果を見るといずれも低塑性であり、粘土分も少ない。そして、せん断試験によって得られた強度定数にはある程度違いが見られた。 ϕ' は、沢渡地すべり地で $20.5 \sim 28.2^\circ$ 、東庵谷地すべり地で $21.1 \sim 26.3^\circ$ 、蔭地すべり地で $24.8 \sim 37.7^\circ$ ϕ_r は、沢渡地すべり地で $13.6 \sim 25.2^\circ$ 、東庵谷地すべり地で $16.1 \sim 21.8^\circ$ 、蔭地すべり地では $18.5 \sim 34.5$ という結果が得られた。また強度定数は塑性指数及び粘土分の割合にあまり影響を受けていない。そしてすべり面粘性土の強度定数は ϕ' 、 ϕ_r ともほぼ一定の値を示しており、地すべり土塊内でかなりのせん断ひずみが生じ、ある一定の残留強度に漸近している。その強度定数はクロライトのそれとほぼ一致する。X線回折結果により3地区で同定された主要鉱物はクロライト、角閃石、雲母類、スメクタイトである。蔭地すべり地粘性土の粘土鉱物は深層部においてスメクタイトが見られるのみで主にクロライトであり、他には石英、長石といった粘土鉱物とされない鉱物が同定されている。また、その回折強度には違いが見られる。3地区に見られるクロライトやスメクタイト、マイカなどの粘土鉱物はせん断抵抗角が小さく、粘性土の強度定数に影響を与えていると思われる。そこで粘土鉱物であるクロライト、スメクタイトに着目した。

図-1にクロライトの回折強度と強度低下の関係を示すが、これを見る限りではクロライトの回折強度と強度定数低下には際だった特性は見られない。しかし、図-2に示すようにスメクタイトの回折強度とを比較してみると、スメクタイトの回折強度が大きくなるにつれて強度定数の低下も大きくなっている。そこで図-3、4で示した、クロライトとスメクタイトの回折強度を足したもののからスメクタイトの回折強度を割り、スメクタイトの割合で見たところ、ピーク強度定数よりはむしろ、残留強度定数に影響を及ぼしていることが伺える。また、スメクタイトの割合が増えるに従い、 ϕ' から ϕ_r への強度定数が低下する傾向が分かる。

4. まとめ

今回調べた結果では、御荷鉾帯地すべり地の粘性土は、粘土鉱物が強度定数の変化の一因であり、特にクロライト及びスメクタイトは、強度定数に影響を及ぼし強度定数低下の原因になっている。また今回の3地区においてはこの二つの粘土鉱物が含まれており、時間とともに風化され、こういった強度定数の低い粘土鉱物が生成されることで、地すべりが起きる可能性もあると思われる。

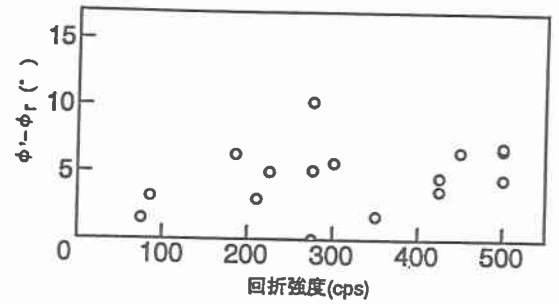


図-1
クロライトの回折強度と強度定数の低下

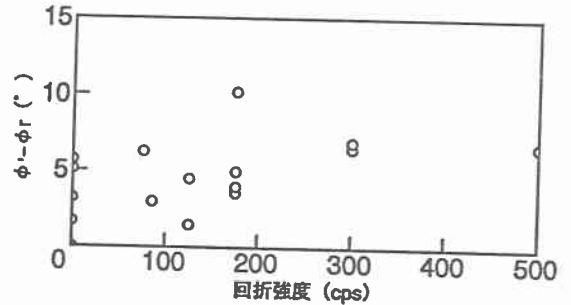


図-2
スメクタイトの回折強度と強度定数の低下

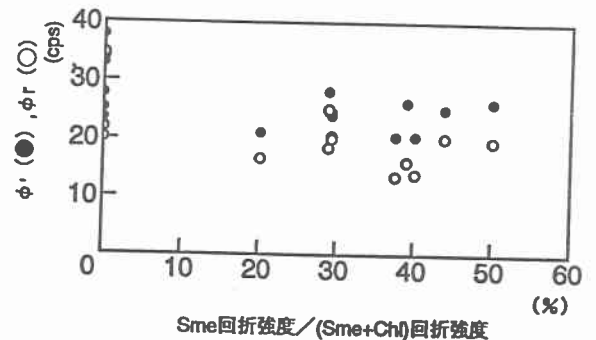


図-3 スメクタイトの割合と強度定数

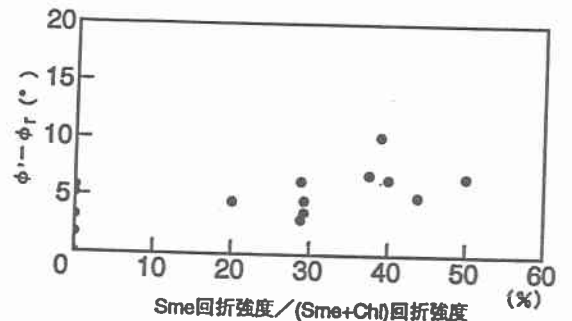


図-4
スメクタイトの割合と強度定数の低下