

Ⅲ-10 土の強度に与える膨張性粘土鉱物の影響

愛媛大学大学院 学会員 ○呉 志 華
愛媛大学大学院 学会員 N.P.Bhandary
愛媛大学工学部 正会員 矢田部 龍一

1.はじめに

地すべり粘性土の多くはモンモリロナイト質の粘土である。モンモリロナイトは膨張性粘土鉱物で水を吸って膨れ、地すべりのひき金になる事が多いとされている。温泉作用で出来る温泉余土はモンモリロナイトを主成分としているので、地すべりの原因になる。したがって、膨張性粘土鉱物の土質力学特性を解明する必要がある。そこで西の谷地すべり粘性土を用いて膨張性粘土鉱物が強度への影響を調べた。結果は図-1 に示している。他の鉱物の影響でデータはかなりばらついて膨張性粘土鉱物と強度の関係が見られなかった。故に、他の鉱物の影響を排除するために膨張性を持つベントナイトと膨張性のないカオリンを用いて、サンドパウダーと様々な割合で混ぜて、純粋な膨張性粘性土と非膨張性粘性土を作った。この人工試料を用いて具体的に試験を行った。

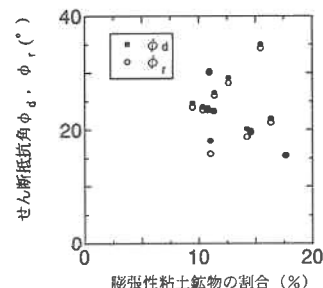


図-1 膨張性粘土鉱物の割合とせん断抵抗角の関係

2.試料

豊浦標準砂をボールミール型粉碎器により 24 時間粉碎して、75mm のふるいに通過したサンドパウダーとカオリン、ベントナイトを決めた重量比で混合したもの。混合の割合は表-1 に示している。試料の物性値は表-2 に示している。

3.試験方法

3.1 リングせん断試験 (CD)

人工試料を使って、水道脱イオン水を用い、高含水比で十分練返した。飽和度を高めるため、脱気を行った。その後、高含水比試料をリングせん断機に詰め込み、所定の上載荷重をかけ、圧密を行った。圧密応力は、98, 196kN/m² のいずれかで、圧密終了は時間～圧密沈下曲線で確認している。また、地すべりは同じ面に沿って滑っているので、現場に近い試験条件を求める目的で、垂直応力を変えるとき、試験機を外さず、直接変えることを考えた。圧密終了後にせん断を行う。

表-1 混合試料の各成分の割合

	サンドパウダー(%)	カオリン(%)	ベントナイト(%)
サンドパウダー100%	100	0	0
カオリン10%	90	10	0
カオリン20%	80	20	0
カオリン30%	70	30	0
ベントナイト10%	90	0	10
ベントナイト20%	80	0	20
ベントナイト30%	70	0	30

表-2 人工試料の物性値

	ρ_s (g/cm ³)	粘土(%)	シルト(%)
サンドパウダー100%	2.65	15.8	84.2
カオリン10%	2.65	23.1	76.9
カオリン20%	2.65	28	72
カオリン30%	2.64	34	66
サンド100%	2.65	15.8	84.2
ベントナイト10%	2.66	24.8	75.2
ベントナイト20%	2.67	29.8	70.2
ベントナイト30%	2.68	38.7	61.3

3.2 三軸試験 (CU)

三軸試験は地盤工学会基準「土の圧密非排水三軸圧縮試験方法」(JGS 0520)に準拠し試験を行った。人工試料を用いて、マイターボックスで間隙比 0.7 として、直径 3.5cm、高さ 8cm の円柱形の供試体を作製した。三軸セルにセットされた供試体の飽和度を高めるため、上部より真空圧-98kN/m² で脱気及び下部からの通水を行った。脱気及び通水時間は 1 日である。圧密応力は 196, 294kN/m² とした。圧密時間は全て 1440 分とし、それぞれ 3t 法により圧密終了を確認した。せん断前に 196kN/m² のバックプレッシャーを作用させた。バックプレッシャーの作用時間は 1440 分とし、間隙水圧係数 B 値が 0.95 以上の試料についてのみせん断試験を行った。せん断過程ではせん断速度を 0.044mm/min で行い、間隙水圧の測定を行った。

4.試験結果及び考察

図-2, 3 はそれぞれリングせん断試験、三軸試験より得られたカオリンあるいはベントナイトの割合とせん断抵抗角の関係である。図-2, 3 より、非膨張性粘土鉱物または膨張性粘土鉱物の割合の増加によってせん断抵抗

角は小さくなる。非膨張性粘土鉱物または膨張性粘土鉱物の割合 10%以上になる強度の変化は小さくなる。これより非膨張性粘土鉱物または膨張性粘土鉱物の割合が一定量に含まれていると強度低下を起こさないと考えられる。また非膨張性粘土鉱物または膨張性粘土鉱物の割合が同じの場合、膨張性粘性土が非膨張性粘性土よりせん断抵抗角は小さい。これより以下の原因と考えられる。ベントナイトは通常の湿度では2枚の水分子層をとまなっているため、層間の陽イオンは水分子をへだてて遠く離れているため、電気的な結びつきは非常に弱く又、重なり合う層の上面、下面とも4面体で負のイオンで占めている事も含めて相互に電氣的に反発し合う。このような事から、水中においては各個の層間に水分子が入って来て、半個体のような形で水分子層がどんどん積み重なり、層間を押し広げ、全体を膨れ上らせて、強度低下の原因になる。一方、カオリンは4面体と8面体シートの2層構造（又は1：1層）から出来ており、イオンの同型置換も少なく、電氣的にもバランスが取れています。即ち、2層構造の層状片が積み重なっている中で、上面が負の電荷を示し、下面が8面体の陽電荷を帯びているため、電氣的に分離を妨げようとする吸引力が働き、片と片の間が固着している為、水中に於いても層間に水分子を吸引しない。これがベントナイトと大きな違いである。したがって膨潤しない。そのためせん断しようと思えば極端に大きな機械的作用（粉碎する）を加えねばならない。

図-4,5,6,7は三軸試験より得られた軸ひずみと間隙水圧の関係曲線である。まずカオリンまたはベントナイトの割合が10%の場合比べてみると非膨張性粘性土の間隙水圧は軸ひずみの増加によってあがっていくことに対して膨張性粘土の間隙水圧は軸ひずみの増加によってピークに達してから下がっていく。カオリンまたはベントナイトの割合が20%の場合、軸ひずみと間隙水圧の曲線の違いは見られない。カオリンまたはベントナイトの割合が30%の場合比べてみると非膨

張性粘性土の間隙水圧は軸ひずみの増加によって間隙水圧がピークを現してから下がっていくことに対して膨張性粘性土の場合間隙水圧は軸ひずみの増加につれて増加する。カオリンの含有率の増加によって、間隙水圧のピークが現れる。ベントナイトの含有率の増加によって間隙水圧のピークがなくなる。これはカオリンの場合せん断すると体積膨張して、間隙水圧が減少したのに対して、ベントナイトはせん断すると体積減少して、間隙水圧が増加すると考えられる。

5.まとめ

膨張性粘土鉱物と非膨張性粘土鉱物は同じ含有率であるとき、膨張性粘性土のせん断抵抗角は非膨張性粘性土のせん断抵抗角より小さい。非膨張性粘土鉱物の含有率が高いほど圧密非排水せん断のとき間隙水圧のピークが現れるに対して、膨張性粘土鉱物の含有率が高いほど間隙水圧のピークは現れない。

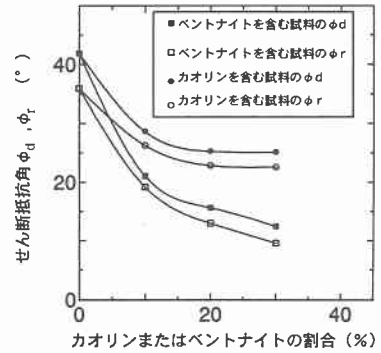


図-2 カオリンまたはベントナイトの割合とせん断抵抗角の関係

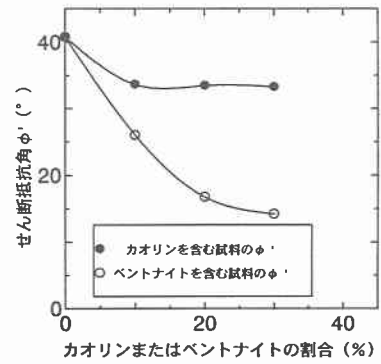


図-3 カオリンまたはベントナイトの割合とせん断抵抗角の関係

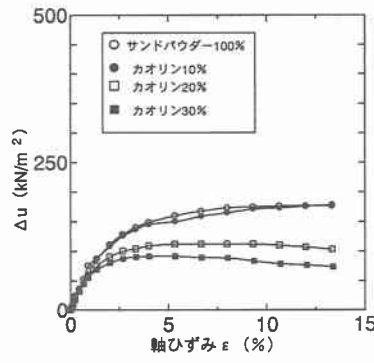


図-4 $\sigma_c = 196 \text{ kN/m}^2$ 時の $\varepsilon - \Delta u$ 曲線

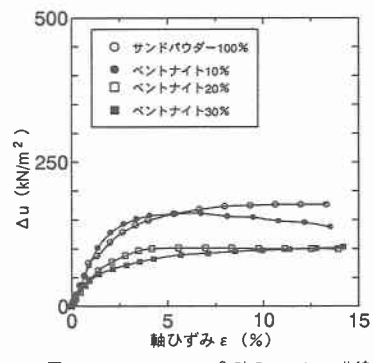


図-5 $\sigma_c = 196 \text{ kN/m}^2$ 時の $\varepsilon - \Delta u$ 曲線

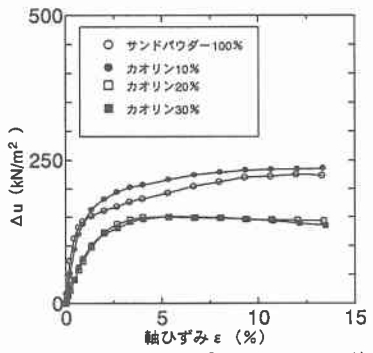


図-6 $\sigma_c = 294 \text{ kN/m}^2$ 時の $\varepsilon - \Delta u$ 曲線

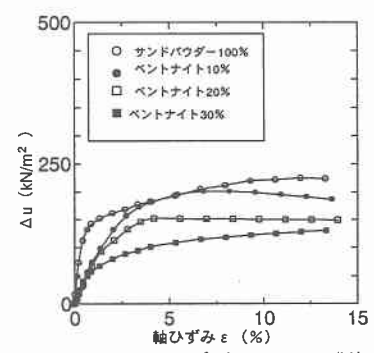


図-7 $\sigma_c = 294 \text{ kN/m}^2$ 時の $\varepsilon - \Delta u$ 曲線