

福岡県庁 正員 溝口 信二
 九州大学工学部 正員 内田 一郎
 九州大学工学部 正員 平田 登基男

1. はじめに

地すべりのメカニズムについてはさまざまな解釈がなされている。そのメカニズムの解明がいかに困難であるかを物語っている。しかし水が地すべりの主要な誘因であることは明らかである。降雨等による水が地下に浸透し、地下水位が上昇し、地すべりが発生すると考えられる。間引き水圧の上昇が有効応力の低下をまねくからである。崖錐等の、水を通しやすい土質の場合はこの解釈が成立つ。ところが地すべり粘土を含んだ地盤がすべる場合にはこの解釈がそのまま成立つのか疑問である。わずかな水の供給でも、地すべり粘土は膨潤圧を発生し、膨潤し、粘土の強度低下をきたし、地すべりを起こすことも考えられる。この場合は間引き水圧の上昇は不要であり、粘土の表面が濡れる程度でよい。そこでこのような考え方が地すべりのメカニズムの解釈として成立ち得るかを、実際の地すべり粘土を含んだ数種の粘土について調べ、いくつかの知見を得たのでここに報告する。

2. 試料および試験方法

用いた試料は表-1に示した6種類である。実際の地すべり粘土3種、市販のカオリン、ベントナイトおよび真砂土である。鉱物組成はX線回折によって調べ、走査型電子顕微鏡写真も利用した。

膨潤圧に関する研究はかなり進んでおり、三軸方向膨潤圧測定装置等も開発されている。膨潤圧に関する実験は大別して二重層理論の検証と、種々の工学的目的のための実験とである。ここでは膨潤圧による地すべりのメカニズムの工学的解釈の可能性を調べる目的から、圧密試験機を改良したのを用い、供試体寸法が、直径5.0cm、高さ2.0cmの円板状のものがセットできるようにした。それを図-1に示すが、供試体の体積変化が生じないように操作できる。試料に水を満たした後、圧密試験の測定時刻と同じ経過時間に膨潤圧を測定した。また膨潤によるせん断強度の低下を調べるために一面せん断試験を行なった。

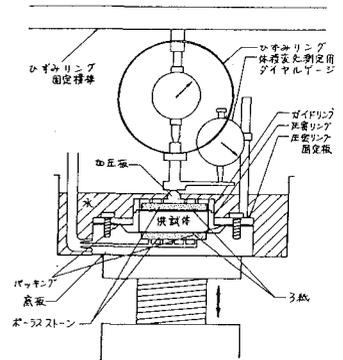


図-1 膨潤圧測定試験機

3. 試験結果および考察

表-1には各試料の鉱物組成を示す。市販カオリンといわれながら

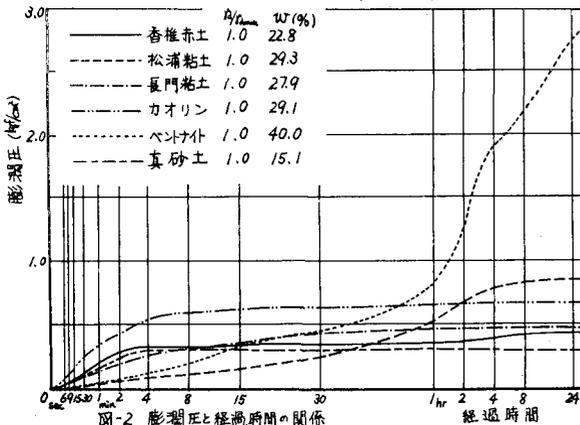


図-2 膨潤圧と経過時間の関係

カオリンを含んでいなかったり、市販ベントナイトにも多量のクリストバライトを多く含んでいたりして必ずしも商標どおりの鉱物組成でない。図-2は膨潤圧と経過時間の関係を示す。松浦粘土、ベントナイトが他の試料に比較して大きな膨潤圧を発生している。これはモンモリロナイトによるものと考えられる。

地すべり問題を考える時、その膨潤圧 P_s を、 $P_s = f(\eta/\eta_{dmax}, w, w_c, I_p, \dots)$ のような関数形で表わせると考えた。図-3は長門粘土の膨潤圧と含水比の関係を示す。 η/η_{dmax} をパラメータにとるといすれもよい直線性を示す。他の試料についても同様なことと言えるので図-3のグラフから膨潤圧と含水比の関係 $P_s = a - b \cdot \log w$ という帰直線に近似して求めた。a, bの値および w_c, I_p を表-2に示す。これらの実験結果から、膨潤圧 P_s の関数形を次のように決定できる。 $P_s = A I_p^m \log(w/w_c) (\eta/\eta_{dmax})^n$ 、ここにA, m, nは定数である。m=1/2, n=5, A=1/2~1/4として実験値と比較するとよく一致する。図-3にその一例を示す。式から吸水による膨潤圧はよく締った、含水比の小さい、塑性指数の大きいものほど大きいことがわかる。膨潤圧は松浦粘土、市販のベントナイトでそれぞれ最大3.36 kg/cm² ($\eta/\eta_{dmax}=1.0, w=6.8\%$)、3.22 kg/cm² ($\eta/\eta_{dmax}=1.0, w=20.1\%$)である。地表面下10m程度の所にある地すべり粘土は何らかの原因で吸水すると、土かぶり圧以上の膨潤圧を発生して膨潤する事が容易に考えられる。

地すべり粘土が膨潤すると一面せん断強度がどのように変化するかを調べたものが図-4である。膨潤量が10%程度でせん断強度が半分以下に低下している。

これらの結果より、膨潤圧の考え方から地すべりのメカニズムの説明が可能であることがわかる。つまり何らかの原因で地すべり粘土に水が供給されると工學上問題になるに十分な膨潤圧が生じ、また膨潤によって強度が大きく低下することが明らかになったからである。この考え方はトンネル掘削時に生じる膨張性地山の原因等の解明にも応用できる。

4. おまけ

地すべりのメカニズムの一つの解釈方法を述べた。さらに多数の試料について検証していく必要があり、今後の課題である。
 [参考文献] 1) 斎藤・箭内：締固めた土の二、三の膨潤特性について、土木学会論文報告集, Vol. 172, 1969. 12, PP. 11~18
 2) 吉賀・河野・岩田：土の膨潤圧について、土と基礎, 21-12, 1973. Dec., PP. 61~66

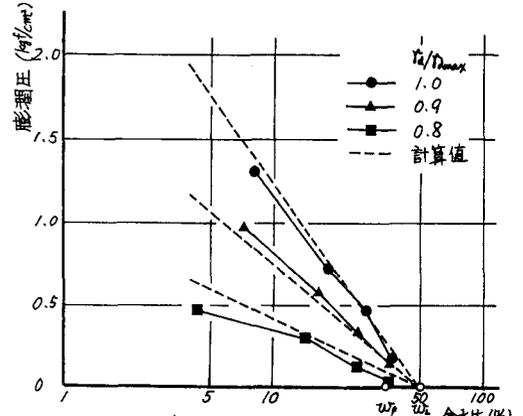


図-3 膨潤圧と含水比の関係

表-2 w - w_c 曲線の近似直線の切片及び傾き

試料	η/η_{dmax}	a	b	$P=0$ 時の含水比(%)	液性指数	塑性指数
香榎赤土	1.0	2.478	1.498	45.0	50.7	17.7
	0.9	0.969	0.583	45.8		
	0.8	0.568	0.316	62.8		
松浦粘土	1.0	6.762	4.013	48.4	71.9	48.5
	0.9	2.956	1.660	60.3		
	0.8	1.501	0.860	55.7		
長門粘土	1.0	2.840	1.676	49.5	50.3	15.5
	0.9	2.005	1.191	48.3		
カオリン	1.0	2.457	1.330	70.4	55.4	28.8
	0.9	2.204	1.286	51.7		
	0.8	0.881	0.538	43.4		
ベントナイト	1.0	12.226	6.060	104.1	236.2	195.7
	0.9	6.894	3.344	115.2		
	0.8	1.207	0.242	95.809.3		
真砂土	1.0	1.433	0.965	30.5	46.9	17.0
	0.9	0.944	0.657	27.3		
	0.8	0.327	0.204	39.5		

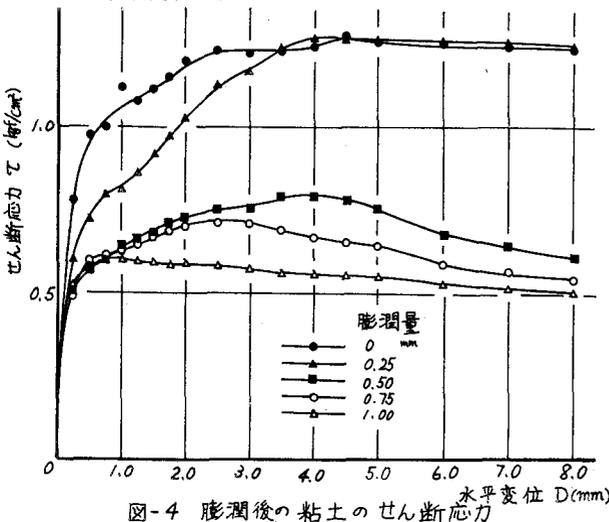


図-4 膨潤後の粘土のせん断応力