

九州大学 ○学生員 森見 和宏

九州大学 正 員 平田登基男

九州大学 正 員 内田 一郎

1. はじめに

降雨によって盛土のり面が崩壊したり、地すべり地域が滑動を始めたりするのは、土のせん断強度の低下と土の単位重量の増加による土塊の不安定化のためである。そこで、この両方に影響を与える地下水位の動きが重要となる。通常の安定問題では、土のせん断強度は有効応力法を採用し、安定解析を行なう。透水係数の大きなまき土などの場合には、この解析法で一応納得出来るが、透水係数が非常に小さい粘土については、地すべり粘土をすべり面に含む地域が降雨時に滑動を始めるとはすべり土塊重量の増加と地すべり粘土表面の粘着力の低下によるものと考えられる。地すべりの形態は多様で一概に決められないが、藤田はこの粘土に注目し、図-I に示すようなすべり面粘土をふさぐ特殊な方法でせん断試験を行なっている。筆者等も降雨による粘土の表面が濡れることによる強度の低下が地すべりの大きな原因になりうると考えて、図-II のような試験装置を用いて強度試験を行なった。その結果について報告する。

2. 用いた試料

試験に用いた試料は、佐賀県玄海町浜ノ浦の地すべり現場で採取した地すべり粘土と福岡市近郊のまき土である。それを表-I に示す。X線回析試験結果、粘土は結晶度の悪い緑泥石-モンモリロナイト混合層粘土鉱物を含んでいる。まき土は2.0 mm以下の通過のものを用い、含水比は3.5%と16.0%、乾燥密度は最大乾燥密度の85%にした。粘土は試料を均一にするために、採取した粘土に多量の水を加え、攪拌してゾリ化し、それをせん断面を脱水圧密し、さらに載荷による圧密を行ない、圧密荷重を 5.2 kg/cm^2 までかけ、それを試料とした。

3. 試験装置および試験方法

せん断試験機は改良型一面せん断試験機を用いた。せん断箱の上部ポーラストーンの厚さを変えることにより、せん断面の位置を図-II に示すように試料の上面から0.2, 5, 10 mmと変えた。また降雨による地下水位の供給は水頭差3 mとした。これは上部のポーラストーンから与えられる。試験はまず 3.0 kg/cm^2 で圧密し、試料の状態を同一にするようにした。その後垂直応力を 1.0 kg/cm^2 にして透水を開始し、まき土の場合は0.1, 4, 9, 16分後にせん断試験を開始した。なお、その際に透水は止めた。粘土の場合は0.1, 4, 9, 16時間後にせん断試験を開始した。いずれも等体積せん断である。また粘土

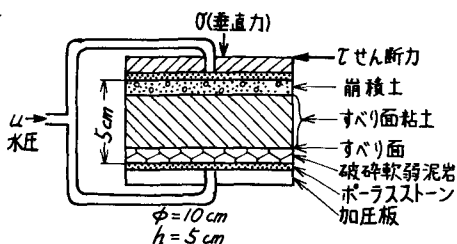


図-I 藤田の試験装置

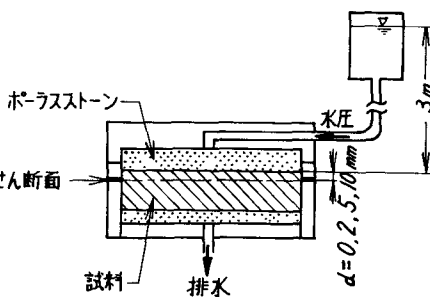


図-II 試験装置

比重 G_s		まき土	松浦粘土
粒度 (%)	$2.00 \text{ (mm)} < \text{レキ}$	17.0	0
	$0.074 < \text{砂} < 2.00 \text{ (mm)}$	48.0	17.0
	$0.005 < \text{シルト} < 0.074$	25.0	13.0
	粘土 < 0.005	4.0	70.0
統一分類法		SM	CH
液性限界 w_L		50.5	71.9
塑性限界 w_P		32.7	23.4
塑性指数 I_p		17.8	48.5
締固め	最大乾燥密度 $\rho_{dmax} \text{ (t/m}^3\text{)}$	1.748	1.445
	最適含水比 $w_{opt} \text{ (%)}$	16.0	26.5

表-I 試料の諸性質

の場合は完全に飽和しているため、圧密後試料の表面を、湿润・表乾(表面の水分をろ紙で吸いとり程度)・気乾状態にし、試料の表面からの位置が0mmの状態を試験した。

4. 試験結果について

図-Ⅲには、まさ土のせん断強度と透水時間との関係を示す。透水開始とともにせん断強度は小さくなる。初期含水比が小さい(3.5%)のものの強度低下が著しい。透水開始後1分以後は定常状態になり、せん断強度は0.5~1.0 kg/cm²の範囲にある。図-Ⅳには粘土の場合のせん断強度と透水時間との関係を示す。粘土の場合には透水開始後16時間経ても、せん断強度の低下はほとんど見られない。もちろん、試料が飽和状態での等体積せん断というのである。ということは地すべり粘土自身の強度は水頭差3m程度の水圧には無関係ということである。地すべり粘土が不飽和状態になり始める部分は表面からであり、逆に飽和し始める部分も表面からと考えられる。

それで図-Ⅴは、粘土表面の3つの状態でのせん断強度を調べたものである。それによらず湿润状態の時のせん断強度に対する気乾状態のその比はほぼ2であり、明らかに湿润および表乾状態に比べて気乾状態の場合にはかなり大きな強度を示す。

地すべりのメカニズムは非常に複雑で不明な点が多く、その解明は困難であるが、筆者等は地すべりと降雨量(地下水位)との相関性のあり方を次のように考え、透水係数の大きな場合には、有効応力の減少や地下水による滑動力の増加など直接地下水位に原因があるが、透水係数の小さい粘土が地すべりの滑動を支配している場合は、地下水位の上昇の前に粘土表面が濡れることにより粘土表面の粘着力の低下によるものと考え、特に、硬質な粘土の場合にその影響が大きいと思われる。

5. おわりに

降雨によるせん断強度低下をまさ土と粘土について調べたのであるが、まさ土は短時間のうちに強度低下を示すのに対し、粘土は降雨による強度低下は透水係数の小さいためなかなか起こり得ない。含水比の変化の大きな粘土表面が降雨と密着関係を示すものと考えられる。

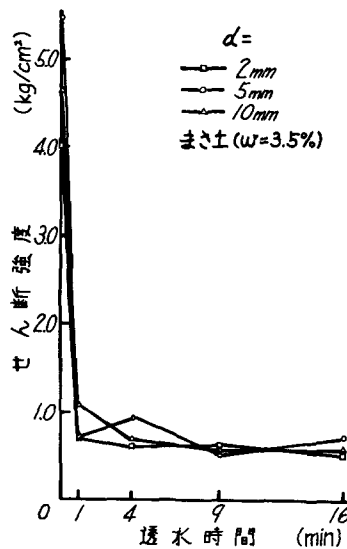


図-Ⅲ(a) せん断強度と透水時間

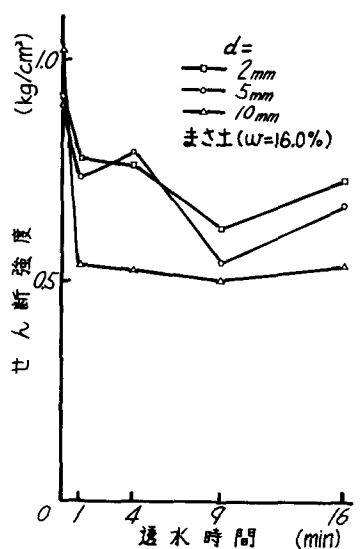


図-Ⅲ(b) せん断強度と透水時間

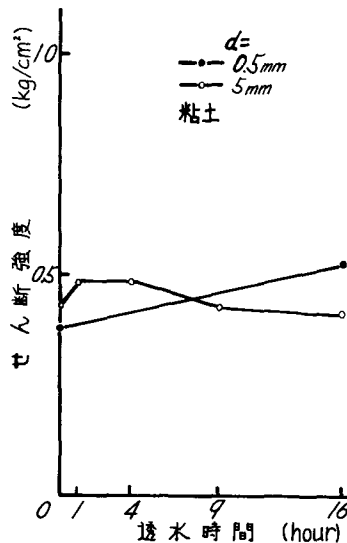


図-Ⅳ せん断強度と透水時間

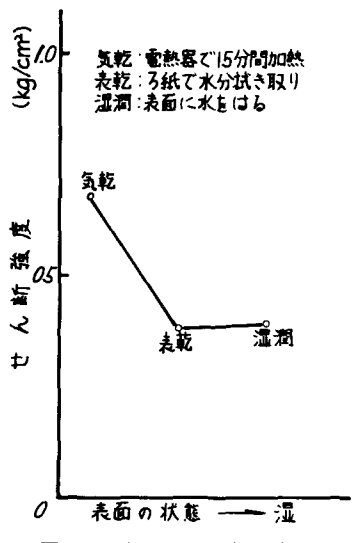


図-Ⅴ 粘土のせん断強度と表面の状態