

九州工業高等学校 正会員 玉田 文吾

## 1. ま え が き

傾斜した岩盤面に自然的に堆積した崩積土が地すべり崩壊するケースは、地すべり地区でよく見受けられる。とくに豪雨時に見られる地すべりは可成大規模な崩壊を誘発している。

とくに地すべり性崩壊の場合には岩盤と崩積土との間、または崩積土内部にある地すべり粘土と呼称されている潤滑剤の賦存であるが、粘着力 $C$ 、内部摩擦角 $\phi$ 、間ゲキ水圧 $u$ などによる斜面安定計算では、地すべり崩壊発生の機構を十分に説明することができない場合もあること。ほゞ同じような工学的性質の地すべり粘土が広く分布している場合でも、連続した地すべり面が存在せず、崩壊が連鎖的に進行し、かつ周期性があること、などの現象が見受けられ、その発生過程においては従来の円弧すべり又は層すべりの考え方を適用することに無理があることが判明してきた。そこで、このような地すべり地区によく見られる鏡肌に着目し、これが地すべり崩壊におよぼす影響を調べるため、長崎県下で採取した試料について室内実験を主体に行なつた結果を簡単にまとめたものである。

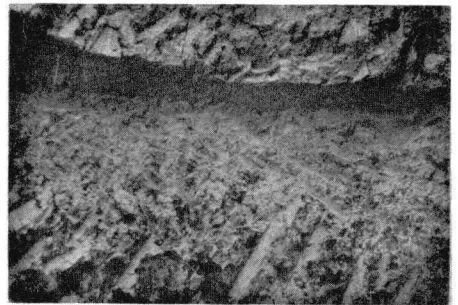
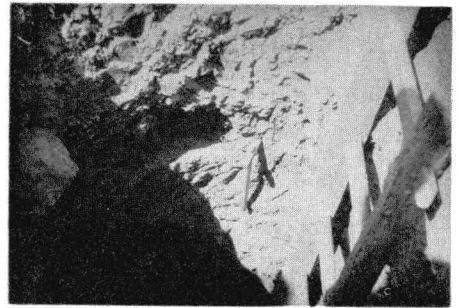
## 2. water film の生成

断層が生ずる際には、そのすべり面にあたる両側の岩石面が大きな圧力を受けてこすり合うために平行線状の擾痕を生じ、さらに、それが光る程平滑になつていることがあり、これを地学では鏡肌

(slikenside)と言つている。地すべり地区の崩積土中にも、これに類似したもので従来、鏡肌と呼称されている面を屢々見出すことができる。(写真は集水井掘さく時に見られたもので、ハンマーの位置にある平滑面が鏡肌と言われているものである。)長崎県下の地すべり地区について、このような面の賦存状態を見ると次の特徴がある。

(1) 粘質土の崩積土中に見られ、その面はモルタルの表面を鏡で仕上げたように非常に滑らかな面を呈している。またその表面に極めて薄い水膜があるので、鏡肌と混同を避けるため、これを 'water film' と呼称する。

(2) これらの面は、地すべり崩壊地区全体に見れば水平的にも、垂直的にも、不連続であるが、部分的にはあるゆるい円弧面に沿つてランダムに分布して、第1図に示すように幾面にも重なつて見られるが、岩盤



下の写真は water film 面の断面を示したものである

が急な傾きをなしている部分には殆んど見られない。

(3) water film 面は地すべり粘土層と呼ばれる層面附近に見られるが、同時に water film 面附近を界に土質、粒度構成などが変化しており、一種の層界面に生じたような状態を呈している。

このような water film 面が崩積土中にどのようにして形成されるかについては疑点が多いが、次のような室内実験をすると一種の water film 面をつくることのできる。先ず、型枠の中に地すべり面附近で採取した粘性土に加水して液状になった泥土をつくり流す。これらが固化した頃に前と同じ泥土をこの層の上部に流すと、次の条件のもとで層面附近の一部に water film が形成されることが判明した。

water film 附土の泥土は過飽和の状態であること。異層面附近の土は、粘土、シルト質粘土又はロームであること。徐々に堆積した後、層面附近で少くとも数ミリ以上のズレを発生すること。

室内実験結果を総合すると、地すべり崩壊地区に見られる、water film の生成過程は次のようなものと考えられる。とくに薄い崩積土の場合を除くと、これらが可成厚い堆積層として形成されるためには、多量の水を含んだ崩積土が斜面上を流下しながら幾層にも積重なることが必要であるが、このときに層面が形成され易く、第1図に示したような water film 面が不規則に重なることになる。ところが一度堆積した泥土はできるだけ安定な状態になるような挙動をするため、充分脱水固化していない泥土は自重又は僅かな外力により層面に沿って動き易い。岩盤傾斜が大きい所に余り見受けられないのは堆積時に侵食されたり、烈しく乱れるので、water film が生成し難いものと思う。一方、崩積土の粒度構成などの物理的性質は均一でなく、既往の自然条件が揃うことは難しいので、water film の多くは不連続である。要するに water film は不安定な傾斜層中に出来たセン断破壊面が、そのままの状態で見つかるかとして残つたものと解される。

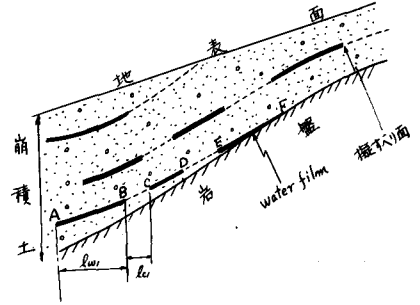
3. water film を含む地すべり機構

先に室内において試料に人工的な不連続面をつくり、この面に沿うセン断強度を求めた結果

$$\tau = [c - f(w)] + \tan \phi_a \quad \dots \dots \dots (1)$$

なる関係式が見出されることを述べた。しかしこのような試料による試験方法が、実在する water film の状態および強度を表示するか否かについては可成の疑点があつた。今般、長崎県南高来郡口之津町大抜地すべり地区の地表面下、2.5~3.0 m 附近の崩積土(口之津層群の砂岩、砂質頁岩を母岩とする地すべり性崩積土)において water film を含む試料を採取することを得たので、これを含む面のセン断強度  $\tau_w$  を直接セン断試験によつて求め、更に water film を含まない試料のセン断強度  $\tau$  と対

第 1 図  
water film の賦存状態の模型表示  
(断面図)



第 1 表  
大抜地すべり粘土の物理性質

物理性質	試料	16.1	16.2
土粒子比重		2.61	2.68
湿潤密度(g/cm <sup>3</sup> )		1.801	1.785
含水比(%)		34.7	32.6
乾燥密度(g/cm <sup>3</sup> )		1.337	1.346
間げき比		0.952	0.991
飽和度(%)		95.1	88.1
液性限界(%)		75.5	68.5
塑性限界(%)		20.7	25.0
塑性指数(%)		54.8	43.5
流動指数		25.0	15.0
レキ分(%)		0.29	2.20
砂分(%)		3.11	15.80
シルト分(%)		56.1	51.9
粘土分(%)		40.5	30.0

比して第2図の結果を得たが

$$\tau = c + \sigma \tan \phi \dots\dots (2)$$

$$\tau_w = (c - c_w) + \sigma \tan \phi_a \doteq \sigma \tan \phi_a \dots\dots (3)$$

の関係が見出された。とくに内部摩擦角は

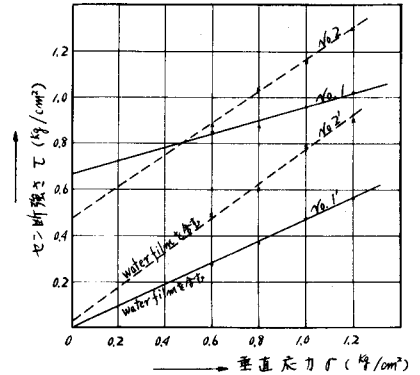
$$\phi_a > \phi \dots\dots (4)$$

となつている。即ち water film 面は圧密非排水のせん断条件では、粘着力は零に等しく、内部摩擦角は他の部分より大きい。式(1)と式(3)とは同一形式となり、人工的な不連続面と実在の water film 面とのせん断試験における  $\tau$  と  $\sigma$  との関係は、ほぼ一致する。試料の物理力学的性質は第1表のようであり飽和土であるから、間ゲキ水圧が作用すれば、

$$\tau_w \doteq (\sigma - u) \tan \phi_a \dots\dots (5)$$

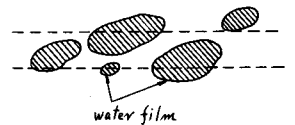
となつて  $\sigma = u$  のときは  $\tau_w \doteq 0$  の場合も考えられぬことはない。water film の賦存を模式的に平面図に描くと第3図のようになるので破線の単位幅についての断面を検討すると、第一図のように部分的な water film を含む面を考えることができる。これを擬すべり面と言つておく。直接せん断試験は、強制的にある面において土を破壊させる機構にあるが、実際地中ではこのような拘束された破壊面だけがあるとは限らず、地すべり面の破壊機構と室内実験における破壊機構とでは可成の差があるとされていたが、water film 面は擬すべり面中の一種の弱線であるため BC, DE などの面は他の部分に比較すると破壊を受ける拘束された面となり易い。今、降雨などによつて擬すべり面に対して間ゲキ水圧  $u$  が作用し、仮りにこれが  $\sigma = u$  になつたとすれば、 $l_{wi}$  (第1図 AB, CD ……)部のせん断強さは零に近くなることが予測される。擬すべり面には崩壊土の自重によつて斜方分力が作用しているので、 $l_{ci}$  (第1図 BC, DE ……)部分には  $l_{wi}$  部の斜方分力に相当するものが余分に掛るため応力集中が発生する。即ち  $l_{ci}$  附近の BC 面に沿う強制的なせん断応力が作用するため、擬すべり面における未破壊部分 BC, DE ……の粘性土が破壊を受ける状態となり、 $l_{ci}$  部が部分的に破壊をすると、これが応力集中を更に強めて周辺の  $l_{ci}$  部に作用し破壊が連鎖的に進行すると言つた発生機構をもつために地すべり性の崩壊を誘発するようになるものと推定される。

このケースにおいて、 $l_{ci}$  部の粘性土の破壊については、この部分に作用するせん断応力の大きさ、応力集中に起因する  $d\tau/dt$  に関係する。これらは間ゲキ水圧の時間に関する微係数  $du/dt$  とその大きさにも関係し、これによつて破壊にいたる挙動、とくに  $de/dt$  ( $e$  はヒズミ) に特有の変化があるはずであるから、このような状態下に置かれた場合、 $l_{ci}$  の挙動を地表面又は地中において観測すれば、破壊への経過、すなわち地すべり性崩壊の予知

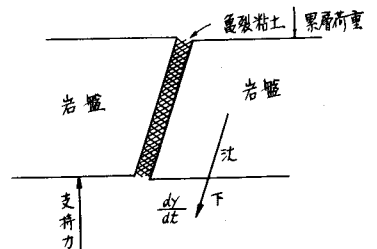


第2図  
地すべり粘性土の直挿せん断試験

第3図  
water film の賦存状態 (平面図)



第4図  
岩盤亀裂をもつ天盤の破壊沈下



も理論的には不可能ではないと思う。筆者は第4図に示す岩盤亀裂面の粘土の破壊にいたるまでの挙動について、これを岩盤表面の移動速度  $dy/dt$  を

$$\frac{dy}{dt} = \frac{c}{(t_a - t)^m} \dots\dots\dots (6)$$

なる形式を見出したことがある<sup>(2)</sup>

こゝに  $t$  は経過時間、 $t_a, c, m$  は係数である。式(6)は  $dy/dt$  と時間との間には近似的な反比例関係があることを示しているが、斜面の崩壊時における挙動についても経過時間との間に特別な関係のあることが報告されている。<sup>(3)</sup> 勿論式(6)は特別な条件下における破壊形式であり、条件によつて種々な  $de/dt - t$  曲線を描くので、実際に地すべり性崩壊の予知するには可成難しい面がある。

#### 4. あとがき

崩積土に見られる地すべり性崩壊が殆んどこのケースと考えることは誤りであるが、water film を持つ地すべり性崩壊の誘発については次のことが言えると思う。

(1) water film が崩積土中に生成するには特別な地形と地質構造とを必要とする。従来、地すべりは特殊な地形又は地質構造地帯に発生し易いと言われているが、両者の関係を water film の観点からも検討する必要がある。

(2) 降雨後の地すべり崩壊は屢々見られる現象である。このような時期に地すべりが発生する原因は、間ゲキ水圧の上昇、粘土の粘着力の低下、土塊の単位体積重量の増加などとされて来たが、地中に賦存する粘土の粘着力低下は特別な状態でない限り、降雨によつては起り難い。<sup>(4)</sup> 従来、water film を含まない地すべり粘土について  $c, \phi$  の測定を行なつて安定を検討していたが、water film 面の  $\phi_a$  は可成大きく、この部分のせん断抵抗は  $\phi_a$  に負う所が多い。よつて降雨で water film 面の間ゲキ水圧が上昇する機構にあるならば、周辺におよぼす応力集中によつて粘土の破壊が促進され、地すべり崩壊を発生することは充分考えられる。

(1) 玉田文吾	第4回土質工学研究発表会講演集
(2) 玉田文吾	九州鉱山学会誌 vol130 (昭37), 頁6
(3) 斉藤迪考	土と基礎 vol117 (昭44), 頁2
(4) 玉田文吾	第13回土質工学シンポジウム