

京都大学工学部 正員 松尾 新一郎

同上 正員 ○富田 武 満

1. まえがき

自然あるいは人為的に形成された斜面が、かなりの年月を経た後とか、何年かの周期、あるいは、過去の地すべり発生地域の隣接地で安定を失って崩壊もしくは滑動するに到ることがしばしばある。

この現象をひき起すものは斜面を構成している土質の自然変化にほかならない。この変化には、周期的な自然営力を主とする物理的、力学的なものと、連続的に作用する化学的なものがあり、両者相まって作用するものと考えられる。しかし、前述の場合、かなりの長年月、時、日、月ないし年的な周期で降雨、温度変化、地震、地下水位の変動などと経験してきているので、崩壊の原因として、物理的、力学的なものよりもむしろ連続的に緩慢に作用する化学的なものの方がより大きく影響を及ぼすものと考えられる。とくに、地すべり粘土は粒子表面積が大であり、種々の化学的作用を受け入れ易い状態におかれている。化学的作用の中でも、粘性土の工学的性質に関与するところ大なイオン交換作用に着目し、以下のような地すべりの調査を行なった。

すなわち、大阪府堺市の泉北ニュータウン建設予定地の地すべり、大阪府柏原市国分地すべり、そして、大阪府と奈良県の境となしている生駒山地すべりの3ヶ所の結果について考察を加える。

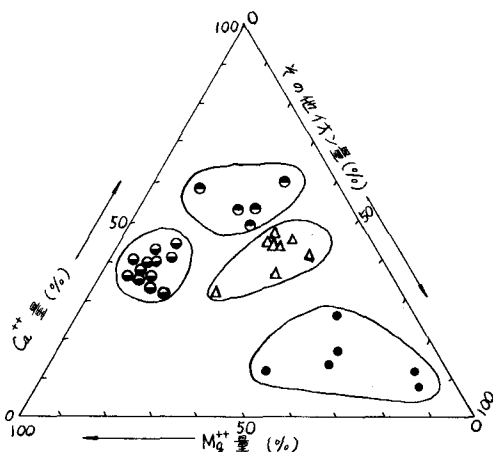
2. 吸着カチオン

筆者らが、過去の研究で明らかにしたように、すべり面付近の土試料は Ca^{++} 、 Mg^{++} などの2価イオンの吸着量が少なく、その他イオン(H^+ 、 Al^{+++} 、 Fe^{+++})の量がとくに大となる。

このことは図-1で明白である。図は Ca^{++} 、 Mg^{++} の2価イオンとその他イオン量の相関関係を示すために、3角座標表示したものである。それぞれのイオン量はC.E.C.に対する比率で表わしている。

図中の黒丸の領域は地下水、降雨などの影響をとくに良く受け、イオン交換作用が異常に進み、水素あるいは、アルミニウム粘土化が著しい。自然斜面においては、表層1m程度までと、すべり面粘土がこの領域に入る。

3角形印の領域は、ある程度イオン交換が進んでいるが、強度その他の工学的性質において、弱体化がまだ起っていない。しかし、将来はこの層ですべり面が形成される恐れがある。地すべりの反復性は、この層のイオン交換を受ける時間、機会などによって規定され、それが大であれば、反復期間が縮小されることになると考えている。

図-1 Ca^{++} 、 Mg^{++} 、その他イオンの関係

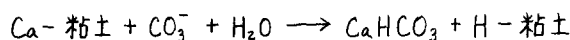
上半分が黒い丸の領域は Ca^{++} が、下半分が黒い丸の領域は Mg^{++} が多く、それぞれ、極めて安定な地層を構成している。 Ca^{++} と Mg^{++} の量的な差は母岩の違いによって出たものと考えられる。

この図から明らかなように、斜面の安定度は、その他イオンのC.E.Cに占める割合が30~40%付近で境界をなしており、30%以下ならば、安定な地層である。

3. 地下水中の溶存成分

地すべり地内の地下水は水位変動による移動量の変化に寄与するだけでなく、地すべり粘土のイオン交換を促進させる作用がある。これは表-1、2の雨水と地下水中の溶存成分を比較すれば明らかである。表中の地下水はすべり面粘土内を浸出してきたものを採取し測定した。

溶存成分においては、遊離炭酸イオンに顕著な差異が見られる。地下水中の遊離炭酸イオンは次のような作用により、地すべり粘土のイオン交換を促進させる。



生成された重炭酸カルシウムは水溶解性であり、地下水で運搬されていく。その結果、地すべり粘土は水素粘土化し、強度その他の工学的性質の弱体化が起る。

地下水中の溶存カチオンは Ca^{++} 濃度の差が大となっているが、これは前項の土試料の結果と併せ考えれば明らかなように、土試料に吸着していた Ca^{++} が置換浸出され、地下水中に溶存イオンとして遊離したものである。

地すべりの交互性および、反復性は地下水中の溶存成分と、地下水量、透水係数などに規定される。すなわち、2価イオンの溶脱に伴う粘土の弱体化による斜面の安全率低下速度との関連をとらえるべきであろう。

4. あとがき

吸着カチオンと地下水中の溶存成分が斜面のイオン交換にいかに関与するかについて考察してきたが、今後、イオン交換の時間的な要因と、斜面安定度の簡易的な測定法(イオン交換方面から)と確立する必要がある。

[参考文献]

1. S. Matsuo, "A Study of Effect of Cation Exchange on the Stability of Slope" Proc. of the Fourth Int. Conf. on Soil Mechanics and Foundation Engineering. PP. 330, 1957
2. 松尾・富田;「地すべり粘土の構造的変質について」
土木学会第24回年次学術講演会講演概要集, Ⅲ-54, PP. 157~158, 1969.9
3. 松尾・富田;「地すべり粘土の物理化学的性質とその対策について」土質工学会, 第5回土質工学研究発表会, 昭和45年度発表講演集 PP. 413~416

表-1 雨水と地下水中の溶存成分

試料	Cl^{-} m.e./l	SO_4^{--} m.e./l	SiO_3^{--} m.e./l	酸度 m.e./l	アルカリ度 m.e./l	遊離炭酸 イオン m.e./l
雨水	3.04	0.019	—	0.498	—	0.0398
地下水	1.14	0.044	40.54	2.77	0.247	2.40

表-2 雨水と地下水中の溶存カチオン

試料	K^{+}	Na^{+}	Ca^{++}	Mg^{++}	その他イオン
m.e./l 雨水	0.16	0.07	0.07	0.01	0.021
m.e./l 地下水	0.18	0.07	1.13	0.02	0.023