

京都大学工学部 正員 松尾 新一郎
京都大学工学部 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の突然の滑落あるいは地すべりを斜面構成土の物理化学的な変質と捕え、筆者らは地すべりの調査および効果的な対策工法を追求してきた。これまでの結果を要約すると、物理化学的な調査法として、斜面構成土の粘土鉱物の変化、吸着カチオンおよびC.E.C.と地下水中の溶存イオンの変化が挙げられる。とくに、吸着カチオン組成が明らかになれば、すべり面の位置の推定あるいは地すべり発生の予知がある程度可能である。この結果にもとづいて、将来地すべりが起りそうな地域の安定工法として、イオン交換工法を提案し、その施工例を示してきた。

今回対象とした地域は兵庫県三田市の地すべり指定地域で、たまたま谷筋に道路を設置する計画があり、以前すべての斜面の反対側斜面から谷にわたって、高盛土が施工されたことになった。当地域の地層は神戸層群有馬層で、当然地すべりの再発が予想された。そこで物理化学的な調査を進め、最も危険な層を見出し、それに対処すべくイオン交換工法の施工を行ない、その後効果確認の調査を行なった結果である。

2. 物理化学的調査

粘土鉱物の同定：図-1はX線回析による粘土鉱物の同定を示したものであるが、当地域は全般的にモンモリロナイト系粘土鉱物が卓越している。とくに3.15~3.45mでモンモリロナイトの含有量が多くなっている。

吸着カチオンとC.E.C.：吸着カチオンの測定結果は表-1に示しているが、当地は全般的にC.E.C.の値が高い。これはX線回析結果でも明らかなように、モンモリロナイト粘土鉱物が多量に含まれていることによる。吸着カチオンの量的な関係は、 $H^+ + Al^{+++}$ が非常に大であり、とくに3.15~3.45

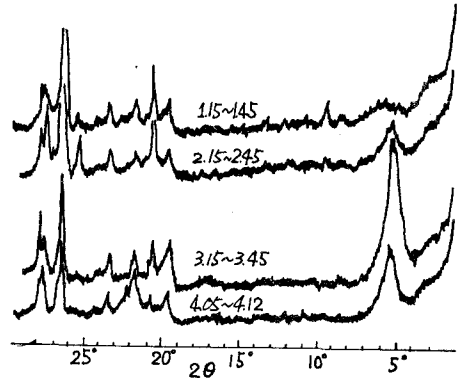


図-1 X線回析結果

mの層において著しい。モンモリロナイトの膨潤特性に最も影響を及ぼす Na^+ の吸着量を見ると、4.05~4.12mの付近が最大で、次いで3.15~3.45mの層である。

地下水中の溶存イオンを見ると、 Na^+ の量が極めて多い(表-2)。したがって、現状のまま放置すれば、交換反応が進行し、 Na^+ の豊富なNa-粘土の生成が起る。

表-1 吸着カチオンとC.E.C. (m.e.g./100g)

深さ(m)	K^+	Na^+	Ca^{++}	Mg^{++}	$H^+ + Al^{+++}$	C.E.C.
1.15~1.45	1.54	0.81	8.62	4.89	22.04	37.90
2.15~2.45	1.35	0.94	9.61	4.46	19.75	36.20
3.15~3.45	1.15	1.68	17.94	7.29	29.11	57.20
4.05~4.12	0.02	4.70	20.44	5.45	10.99	44.60

3. イオン交換工法の施工

上記のように、物理化学的な調査により、イオン交換の進行が明らかになった。したがって、逆に、 Ca^{++} を地下水流の助けのもとに、吸着させるイオン交換工法を施工するのが最も自然の理にかなった方策である。

具体的には盛土予定斜面に $\phi 10\text{ cm}$ 、深さ4mのボーリング掘削孔を10mピッチで4基に開け、孔内の水を抜き、塩化カルシウムまたは消石灰を投入した。塩化カルシウムは水溶解性なので斜面上部に、消石灰は周辺の粘土との硬化反応を期待することができるので、クイ効果を併せ持たせるべく斜面下部に施工した。その詳細については図-2に示している。なお、施工後の効果の確認を行なうため、調査井戸二本を配置した。

4. 施工後の効果の確認

施工後の効果確認を行なうために地下水中の溶存イオンの変化を追跡調査した。その結果を図-3、図-4に示している。図-3は Ca^{++} 濃度の変化を示したものであるが、地下水中の Ca^{++} は施工後100~200日後に顕著な変化を示し、その後の変化も順調である。 Na^{+} の変化を見ると(図-4)、施工後200日頃まではその濃度が増大し、その後激減して除々に定常状態に落ちついていく傾向にある。これは、土の吸着イオン組成から明らかのように、当初 Na^{+} が非常に多量に吸着していたため、イオン交換工法の施工により、交換溶出された Na^{+} の増大によるものと考えられる。

上記の結果より、 Ca^{++} 濃度が Na^{+} 濃度よりも大になる施工後240日頃にはほぼ、地すべり粘土の吸着イオン組成が Ca^{++} となり、安定な斜面になったものと考えられる。

5. あとがき

地すべり発生の子想された斜面での物理化学的調査、対策および施工後の確認調査を行なったが、施工後すでに2年余じ、当初の成果は得られたと確信している。

(参考文献) 松尾他、「斜面崩壊の予知と対策-物理化学的予知-」日本道路協会、第11回日本道路会議 特定課題論文集、pp.124~123、1972。

表-2 地下水中の溶存イオン(P.P.m.)

採水位置	K^{+}	Na^{+}	Ca^{++}	Mg^{++}
NO.1	3.64	2345	1.06	1.64
NO.2	2.70	2575	0.32	1.05

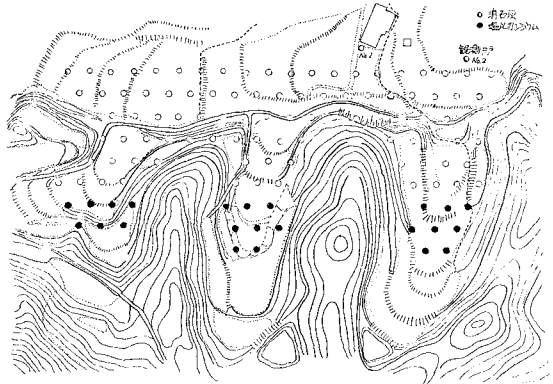


図-2 イオン交換工法施工位置図

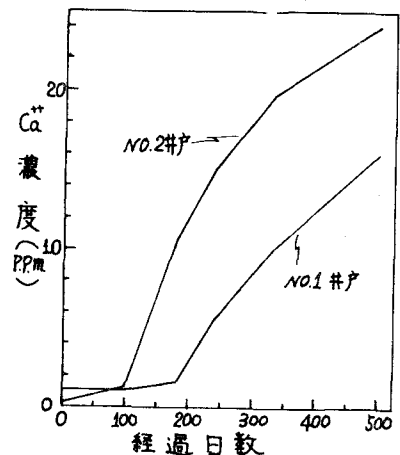


図-3. 施工後の地下水中の Ca^{++} 濃度

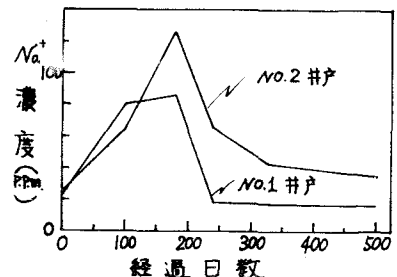


図-4. 施工後の地下水中の Na^{+} 濃度