

京都大学工学部 正 員 松尾 新一郎
 同 上 正 員 ○富田 武 満
 京都大学大学院 学生員 石黒 得 也

1. まえがき

奈良県と大阪府の境をなしている生駒山において、昭和44年7月地すべりが発生し、移動は間歇的に約1年続いた。当地は約10年毎に突発的に移動を繰り返している。この場合、かなりの長年月、時、日、月ないしは年的な周期で降雨、温度変化、地下水位の変化などを経験してきているので、崩壊の原因として、物理的、力学的なものとは考えられない。

このような前提のもとで、調査した結果を「地すべり粘土の物理化学的性質とその対策について⁽¹⁾」として報告した。その結果、地すべり発生の原因が斜面構成土の物理化学的な変質、とくに、イオン交換作用による2価イオンのその他イオン(H^+ , Al^{+++} , Fe^{++})への置換によるものと判明し、イオン交換工法を提案した。

イオン交換工法は地すべり斜面にボーリングその他で削孔し、塩化カルシウムなどのカルシウム塩を投入して地下水の流れにより強制的に土の塩基置換を行なわせる工法である。この工法の特徴としては、斜面構成土の物理化学的な弱体化を阻止し、逆に強度回復をある程度の時間をかけて行なうことにある。

具体的には、図-1に示すような位置に、27本のボーリングで削孔し、斜面上部の8孔に塩化カルシウムを投入して地下水流動による塩基置換を期待した。また、斜面下部の15孔には生石灰パイルを打設し、生石灰の発熱、脱水および固結によるクイ効果とイオン交換の両方を併せ持たせた。残りの4本のボーリング孔は施工後のイオン交換の動態調査を行なうための観測井として利用した。

2. 地下水中の溶存カチオンの変化

施工後の効果観測のため、観測井よりサイフォンで地下水を採取し、その溶存カチオンの変化を調べたのが表-1である。

各孔ともに、地下水中の溶存カルシウムイオンが増大し、ナトリウムイオンが減少している。とくにそれが著しいのはボーリングNO.8孔であるが、これは地下水の流動方向が

図-1 イオン交換工法施工位置図

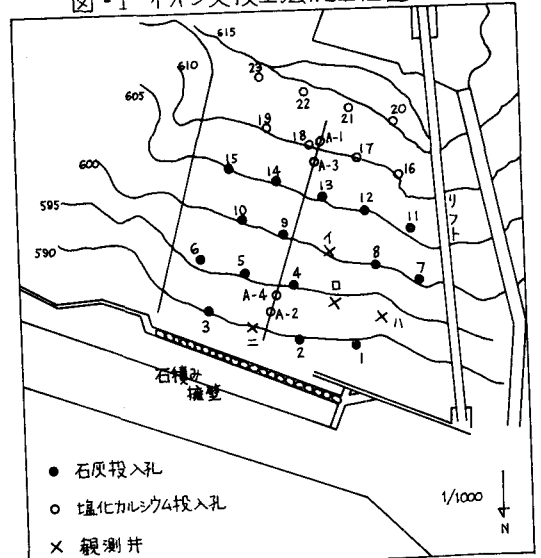


表-1 地下水中の溶存イオン

Boring No.	試料採取日	PH	Ca ⁺⁺ (mg/l)	Mg ⁺⁺ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)
ハ	1969. 10. 28	6.52	0.056	0.133	0.418
	1970. 1. 19	7.12	0.756	0.189	0.133
□	1969. 8. 25	7.28	0.053	0.069	0.252
	1969. 12. 3	6.83	0.062	0.062	0.139
二	1969. 10. 28	6.41	0.055	0.158	0.400
	1970. 1. 19	7.20	0.133	0.010	0.127

ら見て、塩化カルシウムの投入孔に最も近いことによる。また、溶存ナトリウムイオンの減少は、すべり面粘土の膨潤を支配する Na⁺の不都合な影響を取り除くには効果著しいものと考えられる。

したがって、当工法の地下水流動を利用した強制的なイオン交換は順調にその成果を挙げている。

3. 土試料の吸着カチオン

施工後の斜面構成土の吸着カチオンの変化を調査すべく5ヶ月後にボーリングを2本行なった。図-1のA-3, A-4が試料採取位置であり、A-1, A-2は施工前の試料採取位置である。

採取土のC.E.Cと吸着Ca⁺⁺のC.E.Cに対する比率を表-2に示している。表から明らかに、施工前に比較してCa⁺⁺濃度は大となっており、これは斜面上部において著しいが、斜面下部においてもかなりの変化を示している。

採取土の深さ方向のC.E.Cに対するCa⁺⁺濃度を平均値と比較すると施工前には31.2%, 施工後の上部斜面で47.4%, 下部斜面で41.1%となっている。著者らが以前に報告したように、斜面の安定度に及ぼすCa⁺⁺濃度のC.E.Cに対する割合の下限值30%を超えてかなり安定な斜面に変化したと考えられる。

表-2 吸着カルシウムイオン濃度

深さ(m)	(mg/l) C.E.C	Ca ⁺⁺ 濃度 (%)		
		A-1	A-3	A-4
0.75 ~ 1.75	6.61	14.0	11.6	27.9
3.75 ~ 4.75	5.61	11.5	52.2	48.0
4.75 ~ 5.75	6.19	45.2	55.9	47.1
5.75 ~ 6.75	7.58	43.5	55.7	39.4
6.75 ~ 7.75	7.68	26.8	31.3	47.1
7.75 ~ 8.75	7.16	29.1	31.4	30.8
8.75 ~ 9.75	8.98	23.3	31.4	30.9
10.75 ~ 11.75	9.13	33.4	57.6	47.1
11.75 ~ 12.75	8.73	38.4	56.2	39.7
13.75 ~ 14.75	9.43	41.5	92.1	60.0
14.75 ~ 15.75	11.65	37.0	51.1	46.4

4. あとがき

地すべりの安定に初めてイオン交換工法を施工し、その効果について報告してきたが、施工後移動は見られず、当初の成果は得られたと確信している。今後、更に動態調査を続け、イオン交換現象の平衡状態と斜面の安定度の関係を明らかにしたい。

終りに、当工法の施工および調査にあたり、種々の便宜を図って下さった近畿日本鉄道森俊彦氏に謝意を表したい。

参考文献

- (1) 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」 第5回土質工学研究発表会講演概要集P.413(1970)
- (2) 松尾, 富田, 「斜面安定に及ぼすイオン交換の影響」 日本材料学会誌「材料」1970年10月号 P.53~58
- (3) 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, P.157(1969)