

Ⅲ-A217

新第三紀堆積岩地域における切土斜面の崩壊

金沢工業大学土木工学科 川村國夫, 大塚 博, 大塩 豊

1. 目的

能登半島一帯は、新第三紀に形成された堆積岩で広く覆われ、日本でも有数な地すべり地帯である。最近、この地域で、道路施工などに伴う切土による斜面崩壊が頻発した。本報告は、実際の切土による斜面崩壊をとり上げ、その地形と地質、施工条件と崩壊状況を説明した後、有限要素法から崩壊メカニズムを検討した。その結果、崩壊は過去に受けた地すべり履歴に強く依存するため、切土設計には決して過大なせん断強度を採用してはならないことを示した。

2. 新第三紀堆積岩

能登半島は、新第三紀中新世前中期（約1000万年）前に形成された堆積岩が図1のごとく分布する。特徴は砂岩、泥岩・シルト岩および凝灰岩いずれも脆弱で、強風化層が見受けられる。これは、砂、泥、火山灰が浅い水域で乱堆積をくり返し、その後、自重圧密が十分でないまま隆起したり、褶曲作用を受けた堆積岩だからである。従って、この地域は日本を代表する地すべり地帯にもなっている。

この新第三紀堆積岩地域で、最近、切土による斜面崩壊が数多く発生した。図1中には本報告でとり上げた崩壊現場の位置を示し、各現場での崩壊後のすべり面近くで採取された土性を表1にとりまとめた。表1より、能登半島新第三紀層堆積岩強風化層の特徴は、いずれも自然含水比が高く、間隙比が大きい。また、塑性図上で、液性限界の高いA線付近にプロットでき、大きな圧縮性を示す。そして、スレーキングに伴い大きな吸水量と、強度の低下が著しい、ことにある。

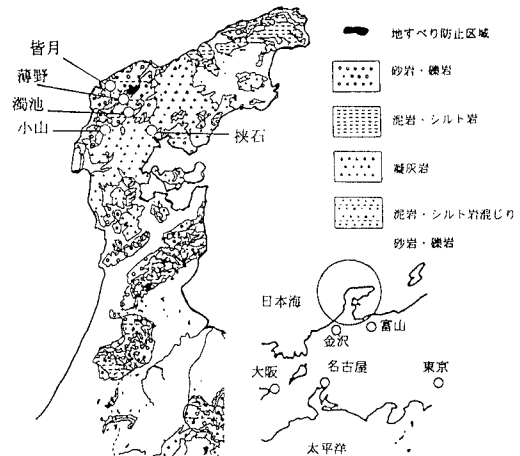


図1 能登半島堆積岩分布の崩壊現場

表1 強風化堆積岩切土崩壊現場の土性

土性 母岩	現場	狭石	皆月	薄野	濁池	小山
	分類	凝灰岩 CH	泥岩 CH	泥岩 CH	泥岩 CH	砂岩 SC
湿潤密度 γ_t (KN/m ³)		16	17.5	19.5	17.2	16.8
間隙比 e		1.67	1.25	0.6	1.28	0.73
自然含水比 w_n (%)		67.2	44.8	20.6	45.6	10.7
飽和土 S_s (%)		98.6	97.5	89.6	95.6	38.4
液性限界 W_L (%)		81.8	75	51	73.3	—
塑性限界 PI (%)		33.5	32.8	23	43.9	—
一軸圧縮試験 q_u (kPa)		61.4	55.3	192.1	94	120.0
N値		5~10	5~14	15~30	8~14	10~30
備考		2度の崩壊	地すべり規模に匹敵	流れ目尾根尻	ため池あり	表層すべり

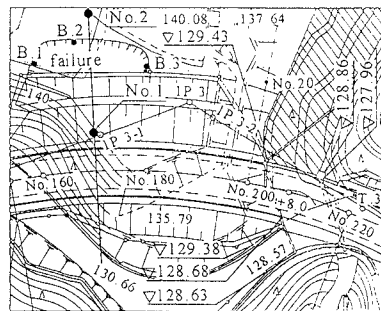


図2 濁池平面図

（キーワード）切土斜面，第三紀堆積岩，崩壊，設計

（連絡先）金沢南郵便局内野々市，TEL 076-248-1100，FAX 076-294-1480

3. 切土斜面の崩壊（濁池）

（1）地形、地質と崩壊状況

能登半島の典型的な地すべり地形にあるこの崩壊現場は図2の平面図に示すごとく、斜面の上部から現道にまで及び段階地形の末端部に当たり、その平坦部が水田に利用され、頂部に幾つもの池沼をもつ。崩壊断面の地質は、新第三紀中期の砂まじり泥岩で図3から、地表面より崩壊土層2m厚、強風化層1～4.5m厚および基岩部で構成する。地下水位は、孔内ボーリングNo.2地点でGL-6.5mであるが、崩壊直前にはもっと高い位置にあったと推定できる。

融雪時の3月に斜面勾配45°、直高5mに小段を入れ、深さ10～11m掘削したとき、突然、斜面左側が延長約20mに渡って崩壊した（図2）。崩壊すべり面は切土斜面頂部の滑落崖から、主に強風化層を通り最深部13m深で地下水位以下に位置した。

（2）強風化泥岩層のすべり

崩壊の原因と進行過程を検討するため、応力除荷下の有限要素法線形弾性解析を行った。現場は、図4のメッシュ割りと一軸圧縮試験およびN値から推定した入力物性値に基づき、①地山の初期応力解析、②一段階（小段の深さ）掘削レベル、③二段階（崩壊時深さ）掘削レベル、④地下水位（天端まで）の上昇、の順で解析された。その結果、図5には④地下水位が天端まで上昇したときの変位図を、また、崩壊を検討するため、すべり面近傍で選定した強風化層のエレメントをそれぞれ示した。変位は、斜面肩で大きく沈下してはらみ出し、他方、斜面先でほぼ水平方向だけに広がるなど、実際の崩壊を反映した変位結果を得た。

掘削に伴う各エレメントの応力経路を図6に示す。図中には、事前に実施された強風化泥岩の室内三軸圧縮試験（CU）の有効ピーク強度 q_p' 、 ϕ_p' と有効残留強度 q_r' 、 ϕ_r' を併記した。図によれば、すべり面付近全域で選定した各エレメントの③二段階（崩壊時）掘削レベルの応力状態は、いずれもある一本の直線上（図中点線）に位置し、同様に、④地下水位上昇時のそれらも、また、別の直線（破線）上でプロットできた。すなわち、これら両応力レベルでは、エレメントA～Jの降伏や局所破壊がほぼ同時に発生したことになる。しかし、いずれの直線とも有効残留強度より小さい。他のいずれの現場も同じ結果を得ており、今後の設計に重要な課題を投げかけた。

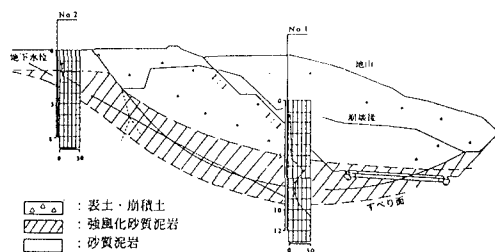
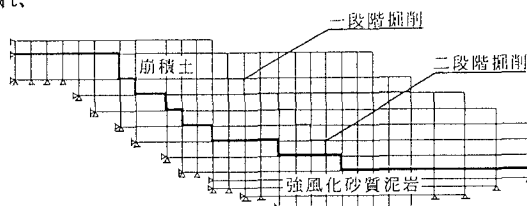


図3 濁池崩壊断面



濁池					
物性値	弾性係数	ポアソン比	湿潤単位体積重量	有効単位体積重量	
層	E (KN/m ²)	ν	γ (KN/m ³)	γ' (KN/m ³)	
崩壊土	5600	0.35	16.0	6.0	
強風化砂質泥岩	28000	0.35	17.0	7.1	

図4 有限要素法メッシュ図と入力物性値

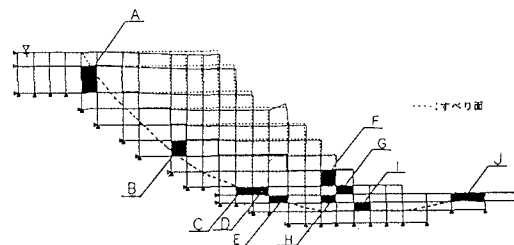


図5 変位図と強風化層代表エレメント

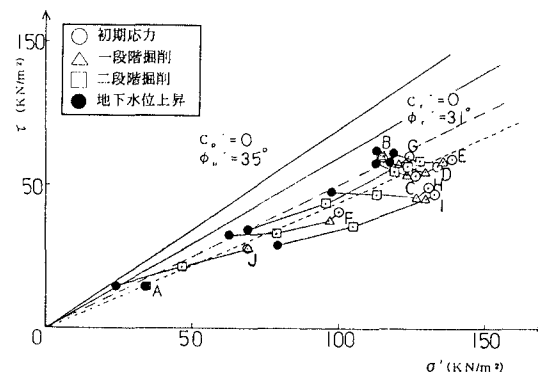


図6 応力経路図（濁池）