

金沢大学 工学部 学生員 大森 晃治
東京ソイルリサーチ (株) 鈴木 喜久枝
金沢大学 工学部 正会員 西田 義親
金沢大学 工学部 正会員 松本 樹典

1. はじめに 切取りのり面崩壊の要因としては一般に(i)土質条件(ii)地形(iii)地下水、降雨(iv)人為的要因などがある。このうち土質条件としては、物理的性質、力学的性質(強度特性、変形特性)および透水性などが挙げられる。さらに風化に対する耐久性やクラックの発達しやすいなどの因子も、のり面の安定性を考える上で重要な土質条件となる。実際、能登半島、国道249号線沿線中屋-西円山地区(図-1参照)において生じたのり面崩壊の主要因は、のり面地盤の風化にともなう強度低下であると考えられている。そこで本研究では同地区のり面崩壊の実態に基づき、凝灰質砂岩の風化にともなう劣化特性について調べた。

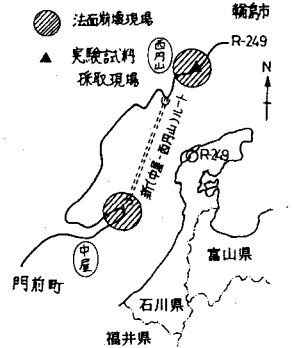


図-1 のり面崩壊発生現場

2. のり面崩壊の経過 切取りのり面工事は、国道249号線 中屋-西円山地区のルート新設にともなうトンネル開口部において昭和57年5月に着工され、昭和57年7月に無事終了した。しかし、完成5ヶ月後にのり面崩壊が生じている。図-2に西円山地区のり面崩壊の状況図を示す。崩壊が生じた凝灰質砂岩の一軸圧縮強度は風化を受けていない岩塊の状態においては280 kg/cm²程度であり、この値を見るかぎり崩壊は生じないと思われる。しかしながら、切土後斜面は応力解放を受け、表面露頭状態となっていたため、乾燥-湿潤の繰返しによる風化作用を受けやすい状態にあった。実際崩壊が生じた凝灰質砂岩の表面部には多くの亀裂が生じていることなどから、この風化作用による凝灰質砂岩の強度低下がのり面崩壊の主原因であると考えられる。以下の節では中屋地区ののり面を構成している凝灰質砂岩の劣化特性について調べた結果について述べる。

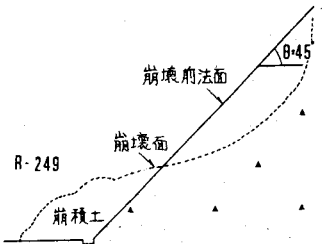


図-2 西円山地区のり面崩壊状況

表-1 凝灰質砂岩の物理的性質

比重 G_s	2.80	最大密度(% ρ_m)	1.202
液性限界値(% w_L)	72.75	(最小間隙比)	1.296
塑性限界値(% w_P)	8.75	最小密度(% ρ_{min})	1.000
塑性指数 I_P (%)	4.00	(最大間隙比)	1.800

3. 軟岩の劣化特性 凝灰質砂岩の風化

に対する要因としては、物理的作用として、切土の応力解放に伴う吸水膨張、天候による乾燥-湿潤繰返し、凍結などがある。また化学的作用としては、雨水、空気による溶脱、酸化などが考えられる。このうち、本研究では特に、乾燥-湿潤の繰返しによる凝灰質砂岩の強度低下

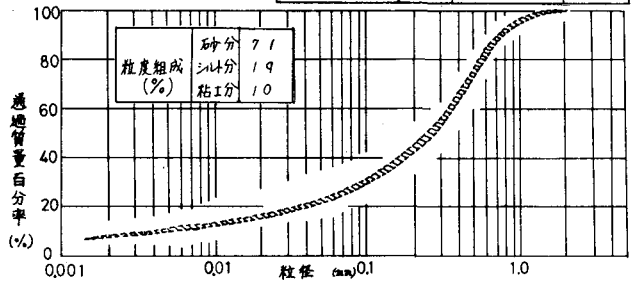


図-3 凝灰質砂岩の粒度加積曲線

を調べるために以下に述べる試験を行なった。試料は実際の現場の湿潤状態にある未風化ブロック状サンプルを用いた。表-1にこの凝灰質砂岩の物理的性質を示す。図-3は、凝灰質砂岩の粒度分布を示したものである。ただし、これらの値は風化した後の試料を用いて求めたものである。

Q) 乾燥-湿潤繰返し試験 この試験は、直径5 cm、高さ10 cmにコア抜きした供試体を用いて24時間周期で、自然乾燥および水浸を繰返し、その各段階終了時点で吸水量増加率 m 、弾性波伝播速度 V_p 、一軸圧縮強度 σ_c を測定するものである。図-4に繰返し日数と一軸圧縮強度 σ_c との関係を示す。横軸の繰返し日数はコア抜きした日を

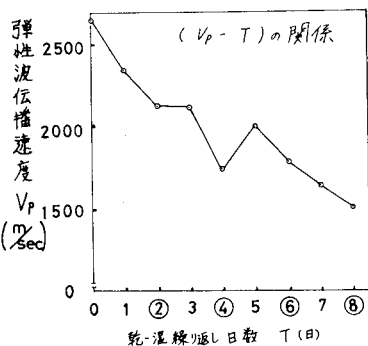
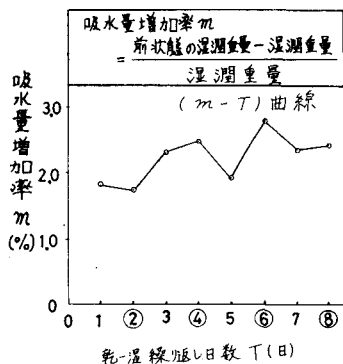
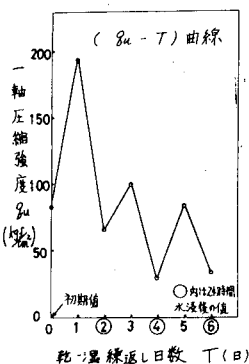


図4 乾湿繰返しによる一軸圧縮強度変化 図5 乾湿繰返しによる吸水量増加率変化 図6 乾湿繰返しによる弾性波伝播速度変化
 ゼロとして、また○印は水浸を24時間行なった後の測定を示している。自然乾燥によって間隙比が小さくなることから強度は水浸時に比べて増すが、全体的な傾向として、一軸圧縮強度 σ_c は繰返し日数とともに低下していることがわかる。図5に繰返し日数と吸水量増加率 m の関係を示す。吸水量増加率 m の定義を図5中に示す。吸水量増加率 m は繰返し日数とともに増加していることがわかる。このことは乾湿繰返しにより供試体にクラックが生じ、軟化が進むために凝灰質砂岩が水を吸収しやすい状態になることに起因している。図6は繰返し日数と弾性波伝播速度 V_p の関係を示したものである。乾湿の繰返し回数がふえるとともに弾性波伝播速度は減少していくことがわかる。一般に弾性波は伝播径路上にクラックがあると空隙を最短距離で迂回するという性質があるため、岩塊中のクラック数が増加すると伝播時間が長くなり、弾性波伝播速度は減少することになる。以上のことから先に図4で示した一軸圧縮強度 σ_c の減少傾向は乾湿繰返しにより凝灰質砂岩中にクラックが発生していくことに原因があると思われる。中屋地区の凝灰質砂岩は乾湿繰返しによる強度低下が著しいことがわかった。

b) 一面せん断試験 凝灰質砂岩の強度特性を調べるために風化後の試料を用いて一面せん断試験を行なった。試験方法としては表2に示す様に最小密度、最大密度に近い状態での試験と水浸状態で行なう水浸超繰速一面せん断試験、さらにせん断にともなう発生する過剰間隙水圧を完全に消散させるために水平変位 Δm ごとにいったんせん断を中止して24時間放置し、排水を十分行なった後に更にせん断を続ける水浸超繰速完全排水一面せん断試験の4つの試験を行なった。図7には水浸超繰速完全排水試験における水平変位とせん断応力の関係を示した。図8には各試験により求めた垂直応力 σ とせん断応力 τ の関係を示した。表2に図8より求めたせん断摩擦角を示した。図8より本研究で対象とした凝灰質砂岩は水浸により、その強度特性が大きく変化することがわかった。

表2 一面せん断試験結果

試験番号	一面せん断試験	飽和度 $S_r(\%)$	摩擦角 $\phi(^{\circ})$	初期間隙比 e_0	せん断時の 間隙比 e	水平せん断 速度(mm/sec)
①	粗な状態での一面せん断	4.57	45.85	1.415	1.354	0.5
②	密な状態での一面せん断	4.41	55.04	1.297	1.215	0.5
③	水浸超繰速一面せん断	100.00	13.39	1.424	0.958	0.045
④	水浸超繰速完全排水一面せん断	85.94	31.05	1.776	1.299	0.045

4. 謝辞 本研究を行なうにあたり京都大学、関口孝雄助教授より多大なる助言を得たことをしるし謝意を表す。
 /参考文献/ 山田他(1971): 地すべり斜面崩壊の実際と対策, 山海堂
 土質工学会(1976): 切土り面, 土質基礎ライブラリー12, 土質工学会

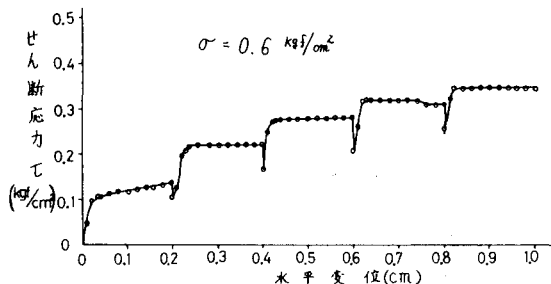


図7 水平変位-せん断応力 τ 関係(水浸超繰速完全排水一面せん断試験)

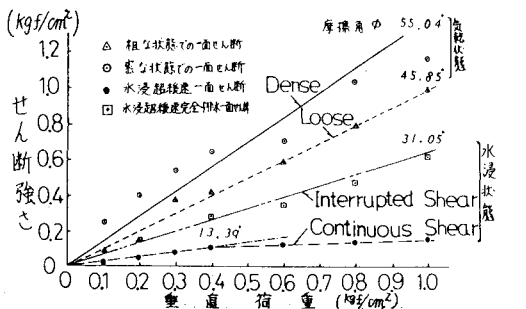


図8 一面せん断試験 せん断強さ τ -垂直荷重 σ の関係