

43. 砂質土地山の浸透水に対する安定性評価のための簡易試験法

Examination method for stability evaluation to seepage water of sandy ground

○川越健, 浦越拓野 ((財) 鉄道総合技術研究所)

Takeshi KAWAGOE, Takuya URAKOSHI

1. はじめに

砂質土地山におけるトンネル掘削では、湧水による切羽の崩壊がしばしば問題となる。このような湧水を伴う砂質土地山における地山分類の指標には、粒径や粒度分布および密度などの物理的な性質が主に用いられている¹⁾。しかし、切羽でこれらの指標を簡易かつ定量的に評価することは現時点では困難である。そこで、本発表では更新統の砂質土からなる堆積物を対象として地山のせん断強さと浸透水に対する安定性との関係を考察し、現地で簡易に浸透水に対する安定性を評価する方法として土壌硬度計、針貫入試験器の適用性について検討した結果を報告する。

2. 調査対象とした地層と試験方法

(1) 試料

調査対象は上北平野に分布する野辺地層、高館段丘面構成層ならびに下総台地に分布する藪層、木下層である。試料は露頭やトンネル切羽からブロックサンプリングにより乱れの少ない状態で採取した。

(2) 室内試験

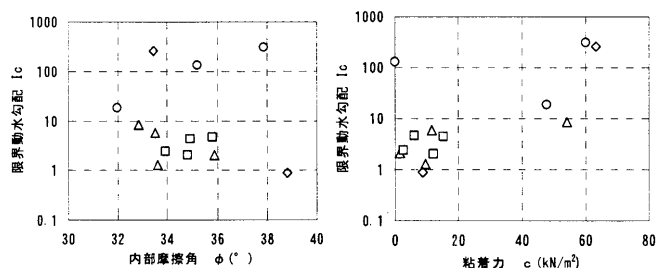
上記(1)の試料を用いて三軸圧縮試験および水平一次元浸透崩壊試験²⁾を行った。三軸圧縮試験は透水性の良い砂質土を対象とするため圧密排水条件で実施した。試験方法はJGS0524に準拠した。また、水平一次元浸透崩壊試験はトンネルを模擬した試験装置内に試料を設置し、試料の一方から水圧を作用させて試料を崩壊させる試験である。浸透水により試料が流出する際の動水勾配を限界動水勾配(I_c)と定義している²⁾。

(3) 土壌硬度計と針貫入試験器による測定

試料採取箇所の地山において、土壌硬度計(藤原製作所製、山中式土壌硬度計 No.351)と針貫入試験器(丸東製作所製、軟岩ペネトロ計 SH-70)による測定を行った。測定は約10cm四方の領域中で各計測点が等間隔となるように9点で行った。計測結果は最大、最小値を除く7回の計測値の平均値として整理した。

3. 限界動水勾配と粘着力

限界動水勾配と内部摩擦角、粘着力との関係を図-1に示す。限界動水勾配と内部摩擦角の間には明瞭な関係は認められないが、限界動水勾配と粘着力の間には正の相関が認められる。水平一次元浸透崩壊試験で求められる限界動水勾配はせん断強さに関係する³⁾。図-1から、限界動水勾配と粘着力との間に相関性が認め



△：野辺地層 ○：高館段丘面構成層 ◇：藪層 □：木下層
図-1 限界動水勾配と内部摩擦角、粘着力との関係

られることは、せん断強さのうち粘着力が浸透水に対する地山の安定性に強く影響していることを示唆する。

4. 試料の微視的構造

砂質土のせん断強さは細粒分含有率の影響を受ける⁴⁾。細粒分含有率と粘着力の関係をみると、本検討で用いた試料では明瞭な相関は認められない(図-2)。このことから、砂質土の粘着力は細粒分が砂粒子同士を結びつける強さの影響を受けていることが考えられる。そこで、デジタルマイクロスコープにより乱れの少ない試料の微視的構造の観察を行った。その結果から、細粒分による間隙の充填状況や砂粒子表面を覆う半透明物質の分布状況から、今回対象とした試料は図-3に示す3つのグループに区分される。以下にグループ毎に微視的構造の特徴を示す。

グループA：粘土分、半透明物質をほとんど含まない。

グループB：砂粒子の表面に粘土分や半透明物質が付着するが、間隙はほとんど充填されていない。

グループC：砂粒子の表面全体に粘土分や半透明物質が付着し、間隙中にはこれらが多く認められる。

粘土分を対象としたX線回折結果から、粘土分を構成するのはスメクタイト、カオリン鉱物などである。

試料の微視的構造の観察結果と粘着力、限界動水勾配との関係を図-4に示す。グループAに属する試料の粘着力は10kN/m²以下で、グループCに属する試料の粘着力は60kN/m²以上である。また、グループBに属する試料では粘着力が10～60kN/m²であるが、粘着力が大きい試料ほど細粒分や半透明物質が多い傾向がある。砂粒子を覆う粘土皮膜によるセメンテーションの効果が水による浸食抵抗力を増す例が報告されている

5). セメンテーションは粘着力に関係するため、粘着力が大きい試料では細粒分による砂粒子同士の結びつきが強いと考えられる。限界動水勾配は粘着力と関係する(図-1)こと、また粘着力は砂粒子同士の結びつきに依存すると考えられることから、砂質土試料の浸透水に対する安定性は砂粒子同士の結びつきの強さに関係するといえる。

5. 土壌硬度計と針貫入試験器による計測結果

現地で簡易に砂粒子同士の結びつきの強さを計測する方法として、従来から試料の強度特性との関係についての検討例が多い土壌硬度計⁶⁾および針貫入試験器^{7,8)}による計測の適用性を検討した。

図-5に土壌硬度計の計測から得られる支持強度、針貫入試験の計測から得られる針貫入勾配と粘着力との関係を示す。いずれも正の相関が認められ、特に支持強度と粘着力の間には高い相関がある。これらの計測結果が砂質土における粘着力と相関があるのは、土壌硬度計の円錐部や針貫入試験器の針を地盤に圧入するために砂粒子を移動させる必要があり、この時に砂粒子同士の結びつきを断つ力を貫入抵抗として計測しているためと考える。砂質土試料の浸透水に対する安定性は砂粒子同士の結びつきと関連すると考えられることから、土壌硬度計、針貫入試験器による計測で砂質土地山の浸透水に対する相対的な安定性を現地で評価できると考えられる。

6. まとめ

- 1) 浸透水に対する砂質土地山の安定性は物理的な性質の他に粘着力が強く影響すると考えられる。
- 2) 砂質土試料の限界動水勾配は砂粒子同士の結びつきの強さと関係する。
- 3) 土壌硬度計、針貫入試験器による計測は、砂質土地山の浸透水に対する安定性を簡易に評価する方法として適用できることがわかった。

文献

- 1) たとえば、斉藤(1975):アーストンネルの地質調査, 土木工学社.
- 2) 木谷ほか(1991):切羽安定性評価のための砂質地山の分類法, 鉄道総研報告, Vol.5, No.6, pp39-46.
- 3) 木谷:土砂トンネルの切羽安定性評価に基づく地山分類法に関する研究, 鉄道総研報告(2000), 特別第41号, 240p.
- 4) 陶野郁雄(1980):堆積物の年代と土質力学的性質, 土と基礎, Vol. 28, No. 7, pp.21-28.
- 5) 山口ほか(1978):稲城砂の土質工学的性質と微視的考察, 土と基礎, Vol. 26, No. 2, pp. 41-48.
- 6) たとえば、大関ほか(2004):山中式土壌硬度計を用いたソイルセメントの品質管理, 第39回地盤工学研究発表会, pp.767-768.
- 7) 小島ほか(1974):千葉県下における泥質軟岩の軟弱化の要因, 第9回土質工学研究発表会, pp.737-740.
- 8) 高橋ほか(1991):針貫入試験による軟岩基礎の強度評価, ダム工学, No.4, pp.30-40.

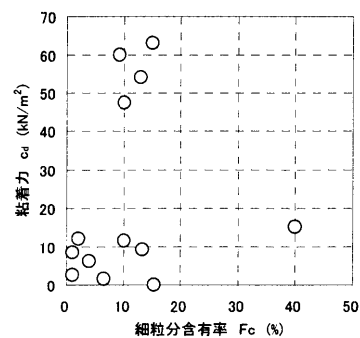


図-2 細粒分含有率と粘着力の関係

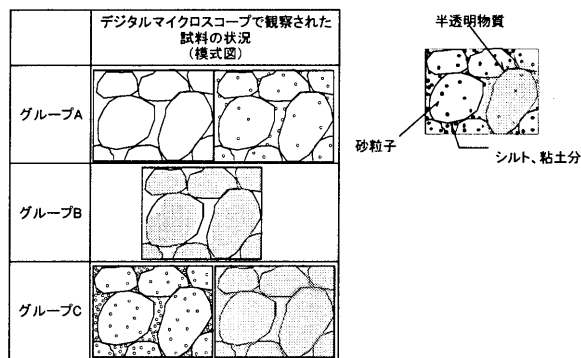


図-3 試料の微視的構造の模式図

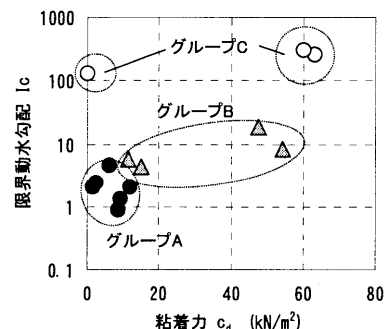


図-4 試料の微視的構造と粘着力、限界動水勾配との関係

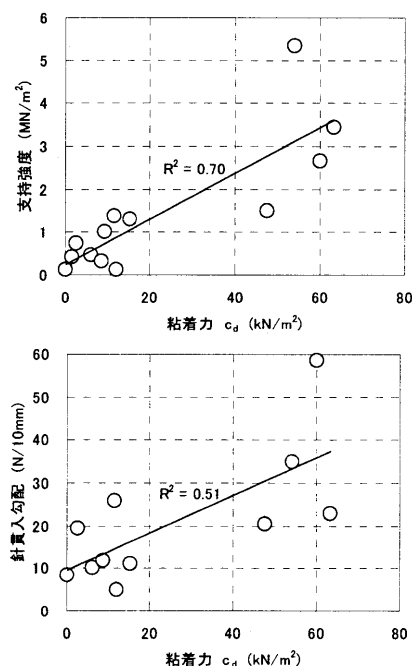


図-5 粘着力と支持強度、針貫入勾配の関係