

III - 111

切羽安定性評価のための砂質地山の分類法

鉄道総合技術研究所 正員 木谷日出男、 太田 岳洋
正員 大島 洋志、 榎本 秀明

1. はじめに

砂質地山の自立性評価は、地山の不均質性や的確な湧水状況の予測の難しさから、従来各トンネル現場での施工実績や切羽試料を用いた試験結果の組合わせから得られた粒度特性、密度、比重等を評価指標として検討し、さらに施工中の観察で検証する方法が用いられているのが現状である。筆者等は、砂質地山の分類法の作成を目標として、新第三紀鮮新世から第四紀洪積世の土砂地山を対象とした事例分析¹⁾と、砂質土の限界動水勾配に着目した浸透崩壊実験を行ってきた。今回の報告では、主に浸透崩壊実験の結果を報告し、さらに、その結果を基に切羽安定性評価のための砂質地山分類基準（暫定案）を提案する。なお、事例分析による検討から、従来提案されている主な物性値では「安定」と「流出」の明瞭な境界値は得られず、湧水量との組合わせで区分する必要があることがわかった。

2. 浸透崩壊実験

2.1 実験の目的と方法

砂質土の浸透崩壊に関する基礎的特性を実験的に検証し、砂質土の基本的性質と流出現象の関係を明らかにすることを目的として実験を行った。実験は試作したアクリル製の円筒状浸透崩壊実験装置に試料をセットし、鉛直上向きに低い水圧をかけて試料を飽和状態とし、さらに、これを水平方向に固定する。負荷水圧は、段階的に 0.025 kg/cm^2 を基本として加圧しながら、各水圧時の試料状態の観察及び流量測定を行い、試料全体が流動崩壊あるいは試料にパイピングホールが形成された時点での水圧を各試料の崩壊水圧とし、限界動水勾配を求めた。

2.2 実験結果

(1) 攪乱試料による実験結果

任意の粒度分布に調整した試験試料を作成し、15cmのアクリル管中に密度を調整して供試体とした。攪乱試料を用いた実験の結果、砂質土の相対密度と限界動水勾配との間には、同一の砂質土、細粒分含有率ならば、指数関数で表現し得る関係があることがわかった。図1にこの関係を示す。各回帰式の相関係数は、鉄道総研構内の細粒分含有率2%の調整試料($r=0.532$)と稲城砂の土槽実験($r=0.794$)以外はすべて0.9前後である。なお、相対密度が80%以下では限界動水勾配のばらつきが大きい傾向も確認された。

(2) 不攪乱試料による実験結果の検討

鉄道総研構内および川崎市麻生区でトリプルサンドサンプラーを用いたボーリングを行い、採取時に内管として使用したアクリル管（内径76mm）に30～100cmの長さで収納、保存したものの中から、ボーリング時に乱されていない部分を選別して、試験直前に約15cmの長さに切断したものを供試体とした。

図2(a), (b)に同じ試料による、攪乱試料

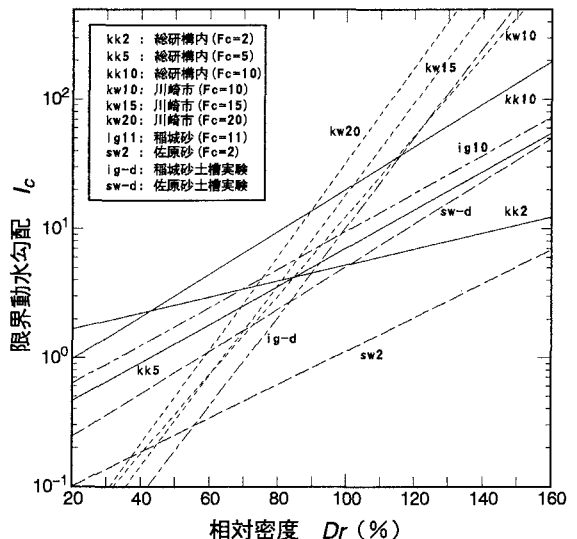


図1 浸透崩壊実験結果（攪乱試料）

の細粒分含有率別の回帰曲線と不攪乱試料の実験結果を示す。不攪乱試料の実験値はそれぞれ対応する細粒分含有率の攪乱試料の回帰線よりも相対密度に対して限界動水勾配の高い側にプロットされる。この関係は、不攪乱試料は攪乱試料に比べ、同等の相対密度ならば水圧に対する抵抗力が高いこと、あるいは攪乱試料の限界動水勾配はある細粒分含有率、ある相対密度の砂質土のうち最も低くなることを示すものである。

3. 限界動水勾配を用いた安定性評価法

計画段階での評価：ボーリングコアをもとの試料として攪乱試料による浸透崩壊実験を細粒分含有率、相対密度を調整したうえで行う。この際に、切羽に出現する砂質土の細粒分含有率を地質調査結果から想定、分類した上で代表的な値ごとに図化し、この結果と、調査時に求める透水係数や想定される動水勾配を比較検討し、その危険度の評価あるいは水位低下工法の計画の資料とする。

施工中の評価：切羽に出現する砂質土の細粒分含有率と相対密度を調べ、上記の結果に基づく限界動水勾配と切羽付近で求められている動水勾配を比較検討し、関係式の線よりも実際の動水勾配が小さい時には切羽は自立し、大きい場合は崩壊の危険性があると判断する。

4. 地山分類の検討

砂質地山での設計施工のための地山分類としては、前述のように切羽周辺の限界動水勾配が重要な評価指標となるが、現段階ではその境界値を設定するに至っていない。そこで、表1に限界動水勾配の有効な評価指標であることが明らかとなった細粒分含有率と相対密度を用いた砂質地山分類基準（暫定案）を示す¹⁾。ここに、地山等級はNATMの設計施工指針（案）²⁾の地山等級に準じ、下記の3つに区分した。

〔I_N〕：切羽がほぼ安定した状態とみなされる地山

〔I_L〕：切羽が不安定で、わずかな変化によって流出する可能性のある状態の地山

〔特L〕：〔I_L〕よりもさらに切羽の自立性が著しく低い状況にある状態の地山

この分類案は、限界動水勾配による評価基準の設定まで間の暫定案として提案するものであるが、これまで行ってきた事例分析や実験的検討の結果から、同地山の自立性を簡便に評価する場合には有効な基準と考える。

5. おわりに

本報告は砂質地山の切羽安定性評価法に関する実験的検討を中心に整理したもので、必ずしもすぐに現場に適用し得る評価手法、あるいは基準とは言えない。今後、ここに述べてきた事項の検証を中心にさらに検討を進め、同種の地山条件に施工されるトンネルの計画、施工段階により有効な評価手法の開発を進めたいと考える。

引用文献

- 1) 木谷日出男、他：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, 1991
- 2) 日本国有鉄道：NATM設計施工指針（案）、1983

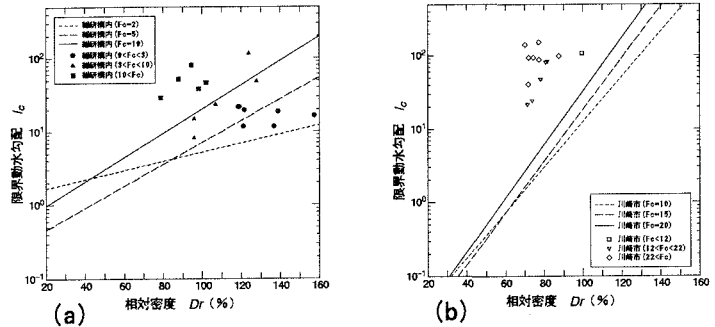


図2 浸透崩壊実験結果（不攪乱試料と攪乱試料の関係）

表1 切羽安定性評価に着目した砂質地山分類基準（暫定案）

文献2) 地山分類に準ずる地山等級	分類指標	
	細粒分含有率 (F_c)	相対密度 (Dr)
I _N	$F_c \geq 10\%$	$Dr \geq 80\%$
I _L	$6 \leq F_c < 10\%$	
特L	砂質土として挙動する含有率の範囲	$Dr \leq 80\%$