

III-B 86

水ガラス系薬液により改良された砂質地盤の変形と止水特性について

— 止水安定性評価の一考察 — （その2）

株式会社青木建設 正会員 森川 義人
日本綜合防水株式会社 正会員 所 武彦

1. はじめに

報文（その1）では、水ガラス系薬液により改良された砂質地盤における、掘削等の応力状態の変化に伴う変形挙動時の止水性の変化について、砂質土の動水半径(R_H)とホモゲルの脆性度(BrH)をパラメータとした考察を行った。本報文（その2）では、薬液注入により改良された地盤について、変形挙動に伴う止水性の評価方法に重点をおいて検討を行う。そこで、注入改良固結砂が止水性に損傷を生じる時（変形に伴い透水係数 k が大きく変化する時点）のひずみについて櫻井により提案された限界ひずみ ϵ_o ¹⁾を用いることにより止水性の評価の一案を示した。

2. 透水係数変化時のひずみについて

薬液注入されたトンネル切羽周辺の地山が掘削等による応力変化に伴う変形により止水性に変化を生じるならば、それは掘削周辺地山全体に同時に生じるのではなく、変形の大きな部分から局所的に生じ、次第に止水性損傷領域や水みちが広がっていくと予想される。これは、薬液充填率や土質条件による改良効果のばらつきにより変形挙動が異なるためと考えられることから、薬液注入改良体が生じる変形量による止水性評価の検討を行う。そこで報文（その1）で示したように三軸圧縮透水試験により得られた軸ひずみ ϵ_1 と体積ひずみ ϵ_v から局所的な安定性評価として最大せん断ひずみ γ も求め、検討を行った。このとき、三軸圧縮試験は透水量測定のため供試体中を通水しているので排水状態の試験となり間隙水圧は発生しない。また、湧水により切羽が不安定になりやすいとされる未固結の砂地山の場合、均等係数が5以下で74 μm 以下の細粒分が10～20%以下の場合とされている²⁾ことから本実験においても使用した砂は、珪砂3号から7号の珪砂を用いた。使用した水ガラス系薬液は強度の異なる2種類である。また、実験結果を考察する時のパラメータとして砂質土の条件としては動水半径(R_H)³⁾を用い、薬液条件としてホモゲルの脆性度(BrH)³⁾をもって検討した。動水半径(R_H)は固結砂の強度特性に大きな影響を与える砂の密度と粒径および粒度分布を総合的に表現したもので、値が小さい程粒径の小さい砂が密度の大きい状態にある。脆性度(BrH)は脆性的破壊を示す水ガラス濃度と延性的破壊を示す水ガラス濃度に分けて行った。砂の動水半径(R_H)とホモゲルの脆性度(BrH)は報文（その1）表-1、2に示す。

3. 注入固結砂の限界ひずみ ϵ_o による評価

トンネル周辺地山の局所的な安定性を評価する場合の許容値として、櫻井らにより限界せん断ひずみ γ_o ⁴⁾が提案されている。そして、この限界せん断ひずみ γ_o は一軸・三軸圧縮試験によって求めることができると

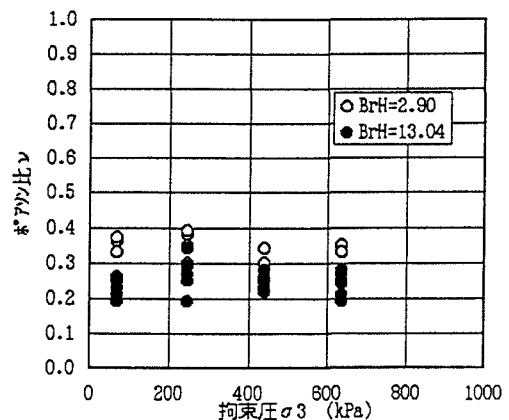


図-1 拘束圧 σ_3 とポアソン比 ν の関係

報告されており、岩石試験による限界ひずみは不連続面等の岩盤条件や環境の影響を受けないことも明らかにされている。図-1には、限界せん断ひずみ γ_0 を求める際に必要な弾性領域におけるポアソン比 ν と拘束圧 σ_3 の関係を示した。固結砂のポアソン比 ν は拘束圧依存性は見られず、ホモゲル脆性度(BrH)による差もあまり顕著ではないことがわかった。そこで、まず、薬液注入固結砂の限界ひずみ ε_0 を求め、弾性係数 E との関係を調べてみる。図-2には、固結砂の弾性係数 E と限界ひずみ ε_0 および透水系数変化時における軸圧縮ひずみ $\varepsilon(k(ini))$ を示した。限界ひずみ ε_0 は弾性係数 E が大きくなるに従い減少しており、砂の動水半径(R_w)やホモゲルの脆性度(BrH)の影響は見られない。一方、透水系数変化時($k(in)$)における軸圧縮ひずみ $\varepsilon(k(ini))$ はばらつきの違いはあるものの、ホモゲル脆性度(BrH)による差はあまり見られない。また、限界ひずみ ε_0 の領域と比較するとホモゲル脆性度(BrH)が大きい固結砂の場合は、限界ひずみ ε_0 の上限を越える場合がほとんどである。この関係を、図-3に示すような限界せん断ひずみ γ_0 と透水系数変化時($k(in)$)のせん断ひずみ γ の関係で示すと、限界せん断ひずみ γ_0 が約2%を境にしてホモゲルの脆性度(BrH)の小さい場合はそれ以上、大きい場合はそれ以下となっている。また、いずれの場合も限界せん断ひずみ γ_0 よりも大きな値となっている。

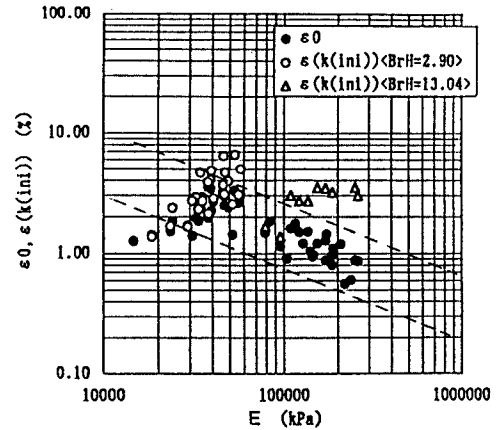


図-2 弾性係数 E と ε_0 および $\varepsilon(k(in))$ の関係

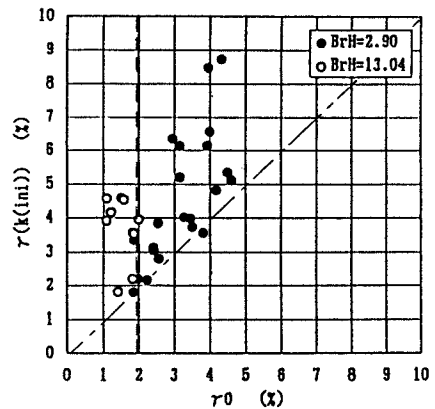


図-3 限界せん断ひずみ γ_0 と $\gamma(k(in))$ の関係

4. 止水性変化時($k(in)$)のひずみ ε の予測

水ガラス系薬液によって改良された砂質地盤の止水性評価を行う場合に、一軸・三軸圧縮(排水)試験によって求められる限界ひずみ ε_0 は比較的容易に求めることができる。そこで、この限界ひずみ ε_0 と止水性変化時のひずみ $\varepsilon(k(ini))$ の関係を示すと図-4のようになる。この図より限界ひずみ ε_0 による止水性評価がある程度可能であると考えられる。限界ひずみ ε_0 による評価は、砂の動水半径(R_w)やホモゲルの脆性度(BrH)に影響を受けないが、均一な固結体を想定しており、注入効果の違いは重要な検討課題である。

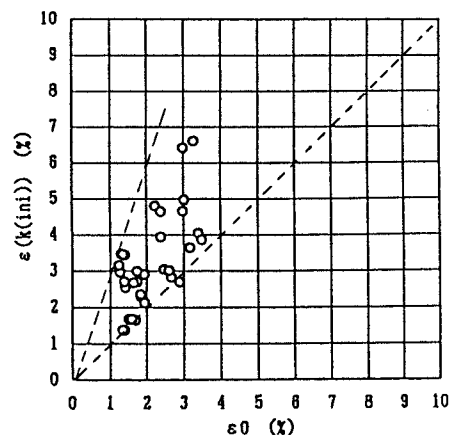


図-4 限界ひずみ ε_0 と $\varepsilon(k(in))$ の関係

<参考文献>

- 1) 櫻井: トンネル工事における変位計測結果の評価法, 土木学会論文集, No. 317, pp. 93-100, 1982
- 2) 櫻井, 足立: 都市トンネルにおけるNATM, 鹿島出版会, pp. 156-157, 1988
- 3) 森川: 薬液注入固結砂の粘着力の評価方法に関する研究, 土木学会論文集, No. 517, pp. 73-82, 1995
- 4) 櫻井, 川嶋, 他: トンネルの安定性評価のための限界せん断ひずみ, 土木学会論文集, No. 493, pp. 185-188, 1994