

改良型リングせん断試験機を用いた通電時における粘性土の強度特性に関する研究

(株)第一コンサルタンツ (正)

○ 片山直道

愛媛大学大学院理工学研究科 (正) バンダリ・ネトラ P.

1. はじめに

地すべり対策には抑止工と抑制工の方法があるが、現在用いられている工法は莫大な費用や工期の長期化などの課題があり、簡易で安価な対策法が重要視されている。本研究では、先行研究として通電による粘性土の強度特性への影響について研究を行った。電気による粘性土の強度変化に関する研究は過去に村山氏ら¹⁾が行っており、その研究結果により電気化学的固結や電気浸透のメカニズムが解明されてきた。しかし、それらは土塊に対する実験を行っており、せん断面を持つ供試体へを仮定していない。そこで、本研究ではリングせん断試験機を用いることにより、せん断面を有している供試体において残留状態に至っているすべり面を再現し、すべり面通す通電を行い、それがすべり面で発揮される抵抗にどう影響与えるかについて調べた。

2. 改良型リングせん断試験機

先ず、残留状態においてせん断中でも通電を可能にするために、リングせん断試験機の改良を行った。図-1 にその改良型リングせん断試験機の改良点を含む概略図を示す。図のように、リングせん断試験機の載荷板、底板に各々等間隔に4点穴を開け電極棒を挿した。電極棒と試験機の接合部分をビニールホースによって絶縁状態とし、試料との接続部のみ電極をむき出しにした。過去の研究²⁾より排水作用は陰極において生じるため、本研究では底板側を陰極とし、排水作用を視覚的にも確認できるようにした。また、通電は直流で一定の電圧を保持させるため、変圧器を用いて家庭用コンセントの交流電流を直流 30V に変換し行った。

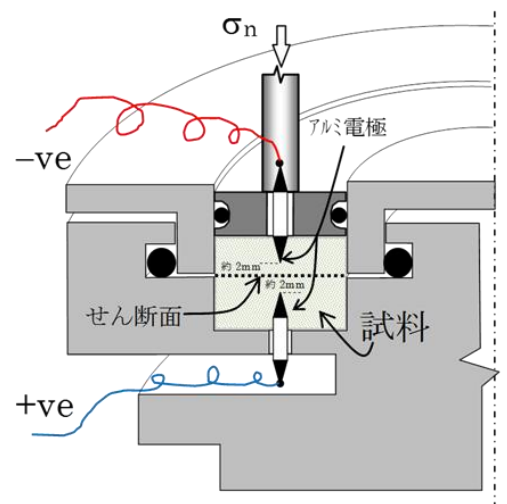


図-1 改良型リングせん断試験機概

3. 試験概要

試験に用いた粘土試料はカオリン粘土 100%とベントナイト 10%+カオリン 90%の混合試料の2種類（以下 K100, B10K90 と記す）である。通常のリングせん断試験と同様に圧密、せん断を行い供試体を残留状態に至らしめた。今回の試験は垂直応力（有効応力）30, 50, 100kPa の3パターンで行った。また、蒸留水に土中のイオンが溶け出し電気が流れることが推測されるが、より強い電気を流すため水溶液に蒸留水, NaCl 水溶液の2種類を用いた。実験条件として、定圧せん断試験とし、せん断速度は 0.16mm/min, 室温 20℃の恒温槽, 電極棒はアルミニウムとした。試験は通常せん断過程と通電せん断過程の2パターンでしたが、通電せん断過程では残留状態に至った供試体に1時間通電を行い、その後電気を止めせん断を継続した。また、通電によって生じた現象を鉱物的変化の観点から解明するためにX線回折試験、イオン交換的観点から解明するためにイオンクロマトグラフ試験を行った。X線回折試験では、電極棒付近のせん断面から試料を採取

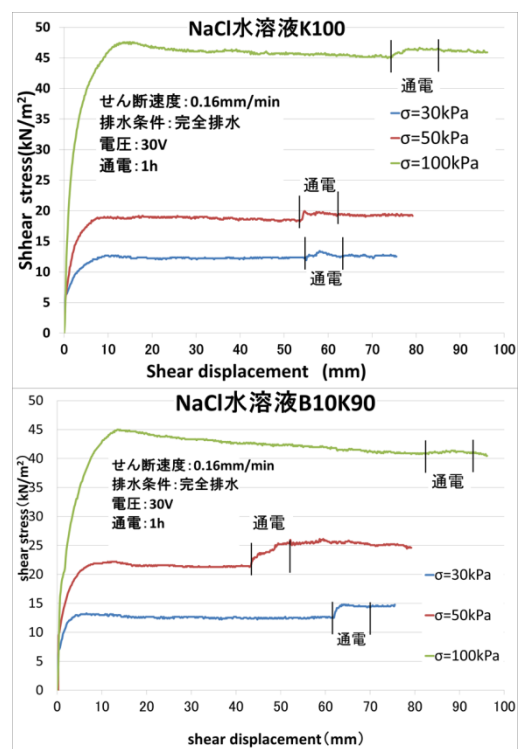


図-2 通電後せん断応力図

し含有鉱物を同定した．一方，イオンクロマトグラフ試験は土中の陽イオン量変化がせん断強度に与える影響を調べるために行った．試験方法として，B10K90 の粉末試料を NaCl 水溶液，CaCl 水溶液，蒸留水を混ぜ合わせ 3 種類の試料を作り 24 時間放置した後上澄み液を採取した．その後，NaCl 水溶液 CaCl 水溶液の試料に対し 15 分間通電を行い，上澄み液を採取し試験を行った．

4. 試験結果・考察

図-2 に通電前後のリングせん断試験結果を示す．試験結果より，NaCl 水溶液を用いた試料の場合通電によってせん断強度が増加することがわかった．しかし，蒸留水を用いた供試体の場合には電気が流れなかった．これは土中より溶け出すイオンの量が少量であったことが推測される．また，通電終了後電極棒を確認すると NaCl 水溶液を用いた供試体の場合は溶けていることが分かった．図-2 より，通電を止めた後せん断を継続してもせん断強度，垂直ひずみとも大きく変化していないことが見て取れる．また，通電後垂直ひずみが増加しているが，せん断面だけに着目すると影響はほとんどないと考えられ垂直ひずみの変化による強度特性への影響はないと判断できる．

また，X 線回折試験では通電前後での鉱物的変化は確認することができず，通電による鉱物的変化はないと判断できた．イオンクロマトグラフ試験では，表-1 の試験結果から，通電前後での陽イオン濃度に明らかな違いが見られることから通電による陽イオン交換は行われていると判断することができた．また通電前後での Na イオン Ca イオンの変化量に差があることから，通電時陽イオン交換の際電極から析出した Al イオンが置換されている可能性があることも考えられる．図-3 に示す通電前後での試験別内部摩擦角変化から，B10K90 試料の方が K100 の試料よりも変化が激しいことが見て取れる．これは土の持つ交換性陽イオン量の違いであると考えられる．ベントナイトを含む B10K90 試料では強度増加が激しく見られたことから，強度増加には陽イオン交換が影響していることが考えられる．これらの結果より通電による粘性土の強度特性に影響を与えているメカニズムとして，通電による陽イオン交換が影響していると判断できた．

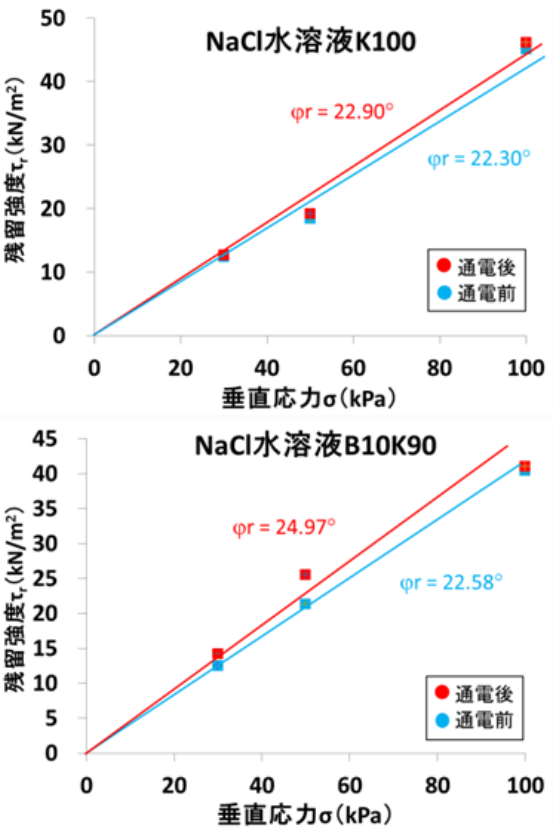


図-3 試験別内部摩擦角の変化

5. まとめ

残留状態の供試体に通電を行うことで，せん断応力，垂直ひずみに影響を及ぼすことが確認できた．通電時の強度増加のメカニズムとして，電気的陽イオン交換が影響していることがわかった．しかし，垂直ひずみ，鉱物的変化は強度増加へ影響していないことがわかった．通電時の陽イオン交換の際電極棒として使用していたアルミニウムが，電解し析出した Al イオンが層間陽イオンへ置換されている可能性も得られた．今後これらを物理的に確認する必要がある．

表-1 イオンクロマトグラフ試験結果

上澄み液中の陽イオン濃度					
mg/l	蒸留水	Nacl水溶液		Cacl水溶液	
		電気後	電気前	電気後	電気前
Na	294.28	1623.42	1439.12	27.92	31.70
Ca	4.68	9.82	91.84	1594.00	1630.98

参考文献

1) 村山・越智・三瀬：アルミニウム電極による土の電気化学的固結法，土木学会誌，第 38 巻第 3 号
2) 矢野・奥園他：電気浸透工法における地盤の排出効果に関する基礎実験，平成 14 年度 土木学会西支部研究発表
3) Endell,K., Hoffmann,U.：Electrochemical hardening of clay soils, Proc.1st Int. Conf. on Soil Mech. Found. Eng Vol1 (1936) pp.273~275