

珪砂・ベントナイト混合体のせん断強度特性に及ぼす珪砂混合率ならびに乾燥密度の影響

名城大学大学院 学生会員 ○平手寿大・元山泰久
名城大学 正会員 小高猛司

1. はじめに

緩衝材として用いられる珪砂・ベントナイト混合体は施工時には不飽和状態にあるものの、不飽和状態におけるせん断強度特性については、それほど明確には評価されてきていない。本報では、種々の供試体密度と珪砂混合率を変えた供試体を用いて高圧一面せん断を実施し、それらの要因が不飽和状態の珪砂・ベントナイト混合体のせん断強度特性にどのような影響を及ぼすのかを示す。

2. 試験方法

緩衝材は高圧で圧縮成型され、かつ硬質であるために、せん断試験機にも高圧性能が必要とされる。そのため、本試験では図 1 に示す高圧一面せん断試験機¹⁾を使用する。载荷機構にはメガトルクモータを使用し、垂直応力および水平応力の载荷容量はそれぞれ 15MPa および 12.5MPa である。使用する供試体は、粉末状ベントナイト(クニゲル V1) に三河珪砂 6 号を混合率 30%の割合で配合した試料を乾燥密度 1.55, 1.60, 1.70, 1.75Mg/m³ になるように一面せん断試験機内で圧縮成型して作製する。また、乾燥密度 1.55Mg/m³ については珪砂の混合率を 40%および 50%に増加した供試体も作製した。圧縮成型時の垂直応力を加圧したまません断する供試体(以下、正規圧密供試体と呼ぶ)と圧縮成型時の垂直応力を 0MPa まで除荷してせん断する供試体(以下、過圧密供試体と呼ぶ)の 2 種類の供試体について水平変位 6.0mm になるまで定体積一面せん断試験を行った。また、せん断帯の生成・発達過程を観察するために図 2 に示すせん断箱の前面に設置している硬質アクリル板を通して、せん断箱のエッジ部分から伝播してくるせん断帯を観察できるように、枠線で囲った箇所にマイクロスコップを設置して、せん断終了まで供試体の表面を撮影する。撮影した画像より PIV 画像解析を行い、速度ベクトルを計測する。さらに、せん断後の供試体を専用の器具を用いてせん断箱から取り出し、真空パックによって供試体を保護した後、京都大学に搬入し、マイクロフォーカス X 線 CT 装置 KYOTO-GEOμXCT(東芝製 TOSCANER-32250μHDK)を用いて供試体内部の観察を行った。

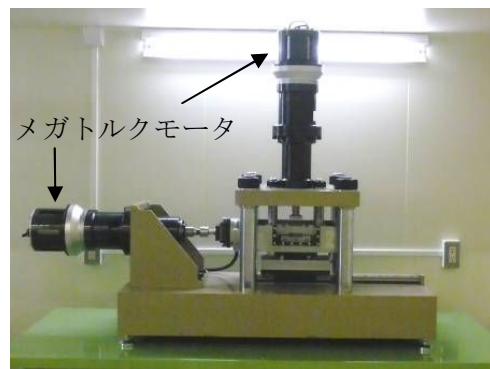


図 1 高圧一面せん断試験機

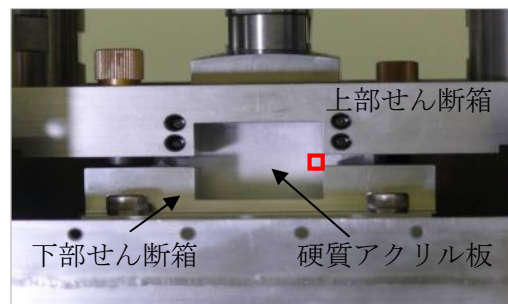


図 2 前面アクリルせん断箱

3. 試験結果

図 3 に珪砂の混合率を 30%に限定して、供試体密度を各種変えて行った試験結果を示す。凡例の数字は乾燥密度を示しており、正規圧密供試体には N, 過圧密供試体には O を記す。まず、図 3 (a) のせん断応力～変位関係を見ると、正規圧密供試体ではせん断開始直後にせん断応力は急激に増加し、水平変位 1.5mm 付近で最大せん断応力に達して減少している。乾燥密度が高くなるほど最大せん断応力は大きく、その後の減少幅も大きくなっている。一方、過圧密供試体は正規圧密供試体より緩やかにせん断応力は増加し、水平変位 2.0mm 付近で一定もしくはわずかな減少となり、明確なピークは確認できない。次に図 3 (b) の応力経路を見ると、正規圧密供試体では密度が高くなるほど供試体の圧縮成型時に高い垂直応力を要するため、初期の垂直応力に

キーワード：地層処分 一面せん断試験 密度 珪砂混合率

連絡先：〒468-8502 名古屋市天白区塩釜口 1-501 名城大学理工学部建設システム工学科 (TEL: 052-838-2347)

違いが見られる。しかしながら、どの乾燥密度でもせん断が進むにつれて負のダイレイタンスの発現により塑性圧縮を伴うひずみ軟化の挙動を示している。原点とそれぞれの乾燥密度のピーク強度を直線で結んでせん断抵抗角を求めると $\phi' = 33^\circ$ となる。一方、過圧密供試体では正のダイレイタンスによりせん断応力が増加するとともに垂直応力も増加する挙動を示している。

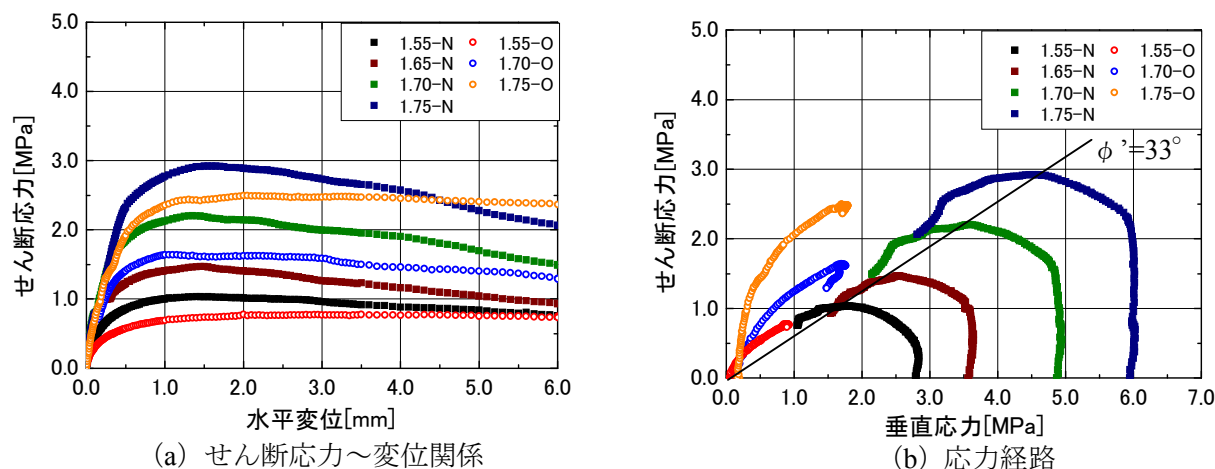


図3 乾燥密度の異なる供試体の試験結果

図4に乾燥密度 1.55Mg/m^3 に対して、珪砂混合率の異なる供試体の試験結果を示す。凡例には正規圧密供試体N、過圧密供試体Oと珪砂混合率を示している。図4(a)のせん断応力～変位関係を見ると、正規圧密供試体では珪砂混合率が高くなるほど最大せん断応力は小さくなっている。また、最大せん断応力を過ぎた後の減少幅も小さい。過圧密供試体O-40%およびO-50%においては、せん断開始直後に増加したせん断応力がわずかに減少した後、再び増加する挙動を示している。図4(b)応力経路を見ると、正規圧密供試体においては、珪砂混合率が高くなるほど高压成形を要する粉末状ベントナイトの割合が小さくなるために、初期の垂直応力は小さくなっている。せん断抵抗角を求めると正規圧密供試体N-40%およびN-50%では、N-30%より増加し $\phi' = 37^\circ$ となり、珪砂混合率が高くなるとせん断抵抗角が増加することを示唆している。

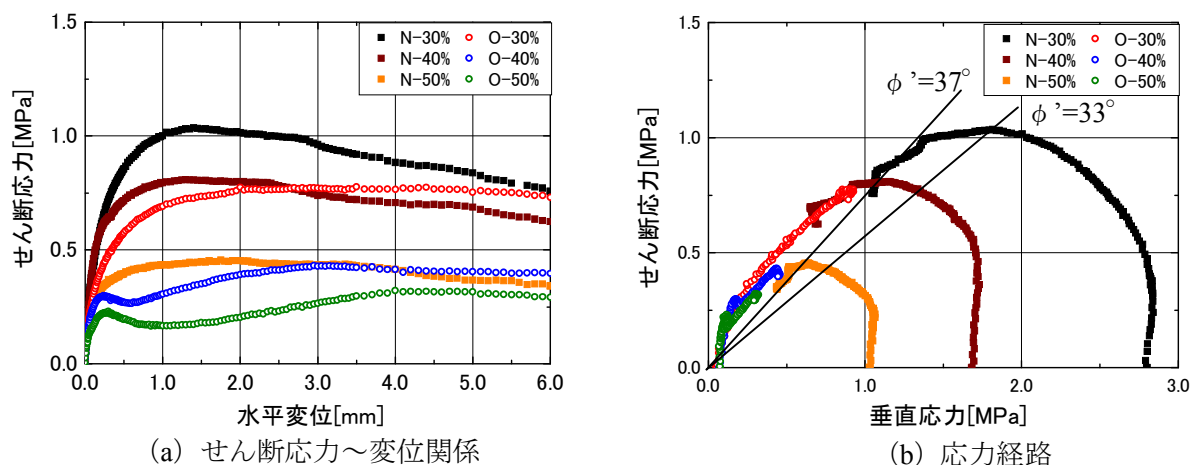


図4 珪砂混合率の異なる供試体の試験結果

4. まとめ

PIV画像解析およびX線CTの結果については講演時に報告する。今回の不飽和条件下の珪砂・ベントナイト混合体の一面せん断試験より、供試体密度が変化してもせん断抵抗角は同一のものとなるが、珪砂混合率が高くなるとせん断抵抗角は大きくなることが示唆された。今後の課題としては、より高密度な供試体を用いて珪砂混合率の影響を検討するとともに、実験ケースを増やして有効粘土密度で整理する必要がある。本研究は中部電力基礎研究所の研究助成により実施してものである。期して謝意を示します。

参考文献 1)小高・寺本：不飽和および飽和条件下での圧縮ベントナイトのせん断破壊特性，地盤工学ジャーナル，4 (1)，2009。