

孔内ねじりせん断試験の不飽和土への適用性に関する研究

地盤工学研究室 松本 卓也
指導教官 豊田 浩史

1. 研究目的

この試験装置は、実地盤を試験し評価することを目的としている。特に斜面の原位置強度(ボーリング孔内・サンプリングを含む)を精度よく求め、斜面の安定性を評価するための一手法となりうると考えている。最近では、不攪乱サンプリング試料を、室内で試験する方法も用いられている。原位置での試験では、孔底の成形や、機器の設置など様々な問題がある。室内で試験する事で、せん断面を確認する事ができ、せん断刃が正しく刺さっているかなど細かな試験状態を把握することができる。孔内ねじりせん断試験のせん断機構に関するこれまでの研究により、乾燥砂や飽和粘土については定体積・定圧試験ができることが確認できている。本研究の目的は、不攪乱をはじめとする、やや硬質な地盤においても孔内ねじりせん断試験でピーク強度・残留強度の測定が可能であるか検討した。これまでの検討結果を基に、原位置試料について試験を行い、三種類の強度(ピーク強度、軟化強度、残留強度)を求めることが出来た。

2. 供試体作製方法と試験方法

供試体は静的締固め法により作製した。用いた試料は米山粘性土である。米山粘性土の物性値を表-1に示す。供試体作製条件として、要素試験で求められた不飽和土の破壊規準(図-2)より、その圧密曲線(図-2)から、圧密圧力によらず含水比は一定、サクシオンによらず間隙比は一定であることが分かった。よって、含水比を27%($s=200\text{kPa}$ に相当)、それより5%低い22%に決定した。間隙比は、拘束圧50kPaのとき0.98、100kPaのとき0.94、200kPaのとき0.84に調整した。この条件で、孔内ねじりせん断試験、リングせん断試験を行った。

また、原位置サンプリング試料を用いて、不攪乱試験、水浸試験、再構成試験、残留試験を行いそれぞれの強度定数を求めた。

表-1 米山粘性土物性値

ρ_s (g/cm^3)	WL (%)	WP (%)	IP (%)	Clay (%)	Silt (%)	Sand (%)
2.746	52.4	29.9	22.5	23.6	57	19.4

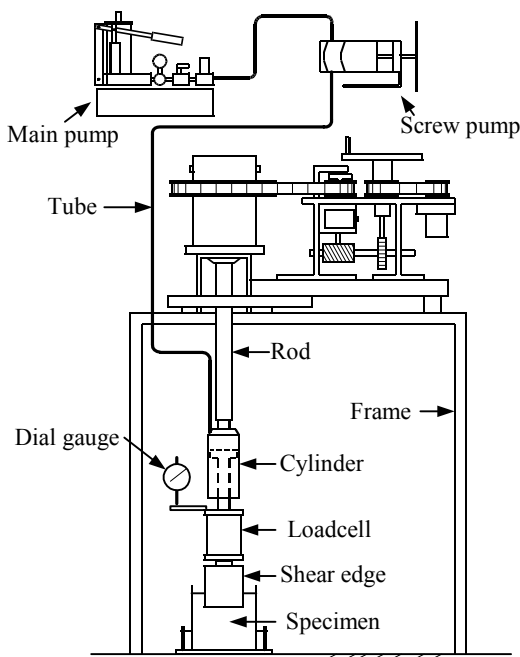


図-1 孔内ねじりせん断試験装置概要

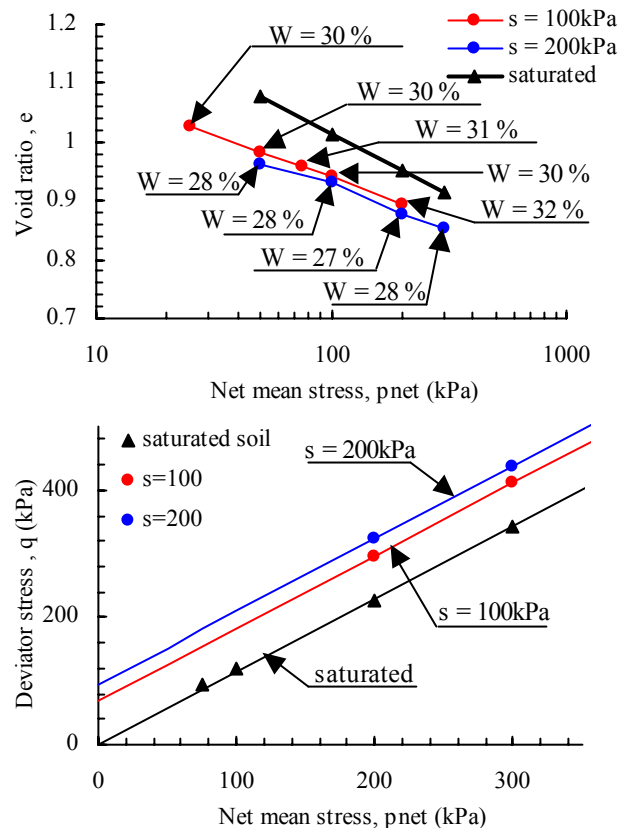


図-2 不飽和破壊規準と圧密曲線

3. 試験結果

3.1 リングせん断試験との比較

3.1.1 ピーク強度

図-3に孔内ねじりせん断試験、図-4にリングせん断試験の試験結果を示す。図-3(a)、図-4(a)はせん断応力-せん断変位関係、図-3(b)、図-4(b)は鉛直変位-せん断変位関係である。図-4(a)、図-4(b)では、不飽和粘性土の特性である、 σ が小さいほど供試体破壊時のせん断変位は小さいという傾向を示しており、両試験ともにピーク強度も良く一致している。図-3(b)、図-4(b)では、 σ が小さい領域では供試体の体積収縮量が減少するという不飽和土の体積変化特性が見られ、両試験ともに良く一致している。含水比27%でも同様の結果が得られている(図-5、図-6)

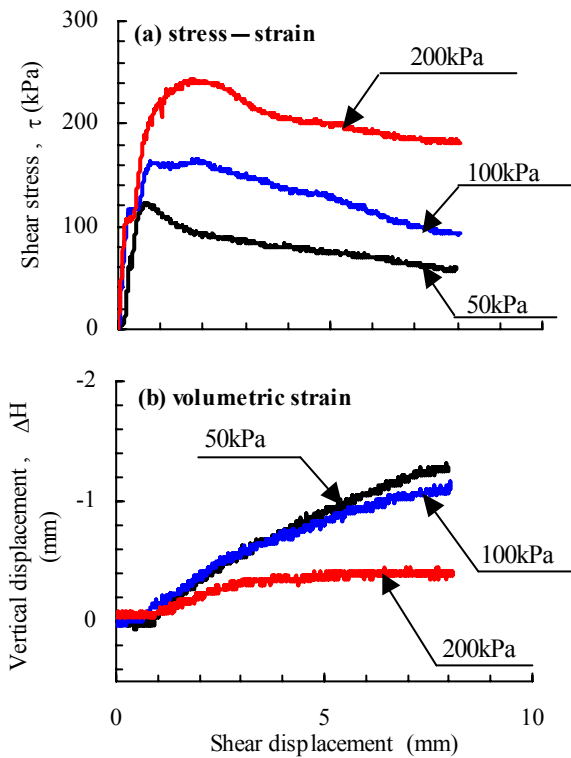


図-3 孔内ねじりせん断試験(22%)

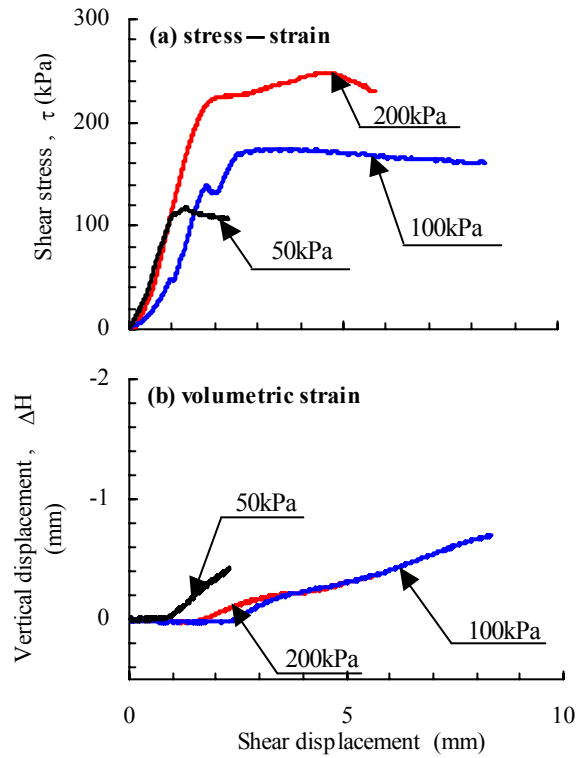


図-4 リングせん断試験(22%)

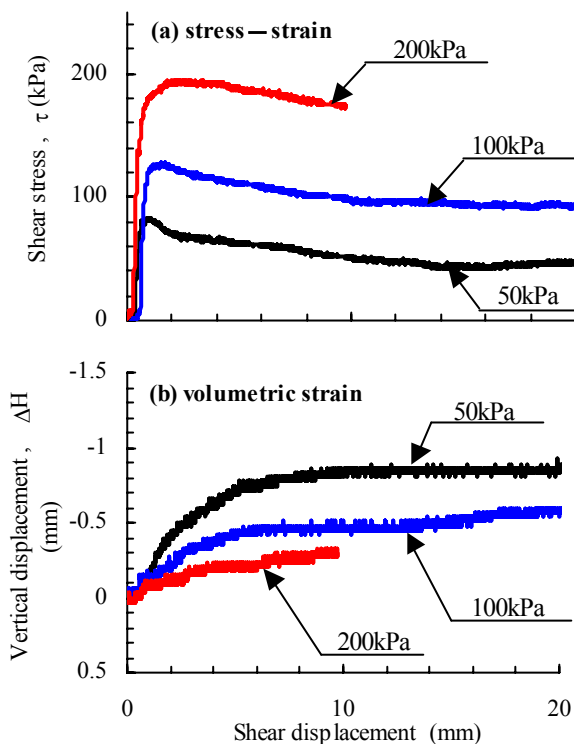


図-5 孔内ねじりせん断試験(27%)

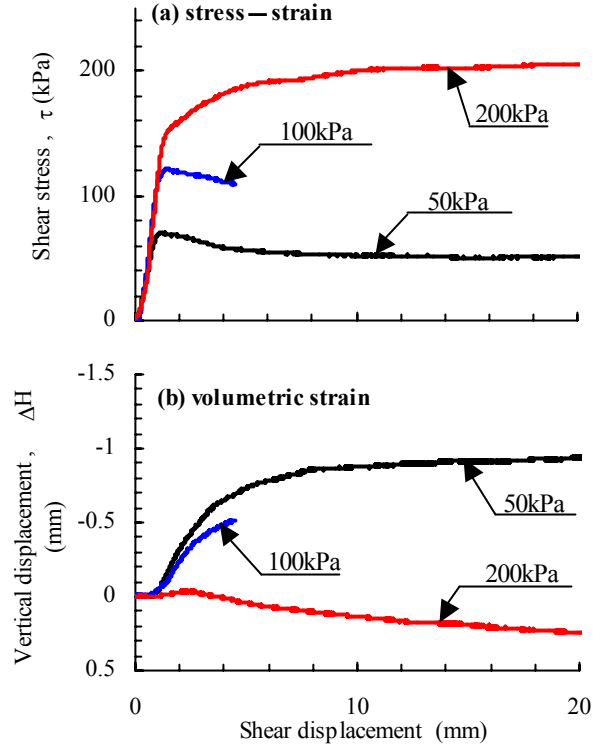


図-6 リングせん断試験(27%)

3.1.2 残留強度

図-7に孔内ねじりせん断試験、図-8にリングせん断試験の試験結果を示す。図-7(a)、図-8(a)はせん断応力-せん断変位関係、図-7(b)、図-8(b)は鉛直変位-せん断変位関係である。図-7(a)、図-8(a)では、せん断応力は定常であり、両試験ともに良く一致している。

図-7(b)、図-8(b)では、鉛直変位は定常であり、両試験ともに良く一致している。含水比27%でも同様の結果が得られた(図-9、図-10)

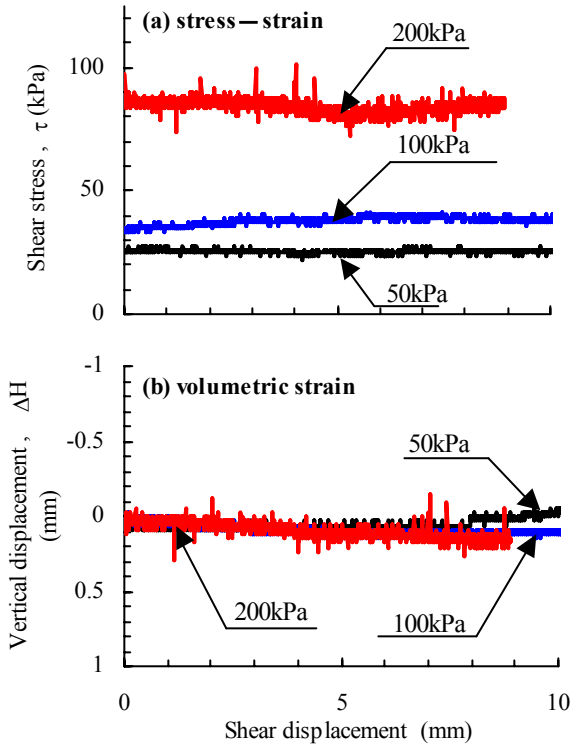


図-7 孔内ねじりせん断試験(w=22%)

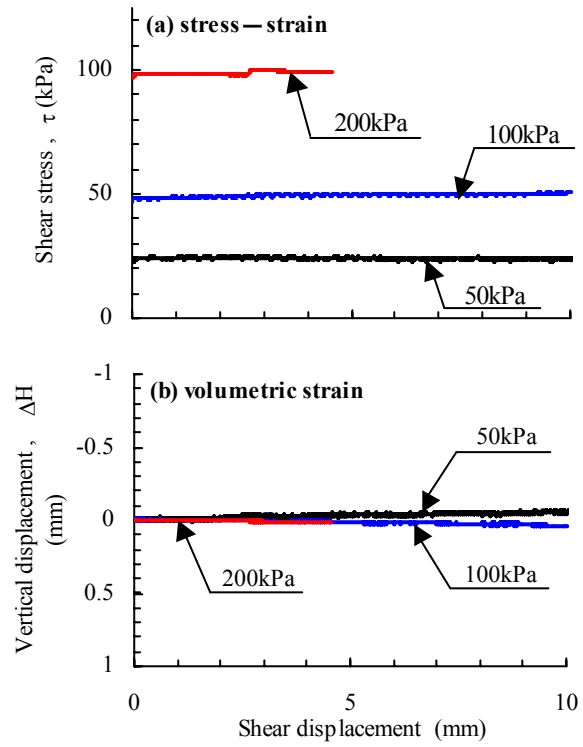


図-8 リングせん断試験(w=22%)

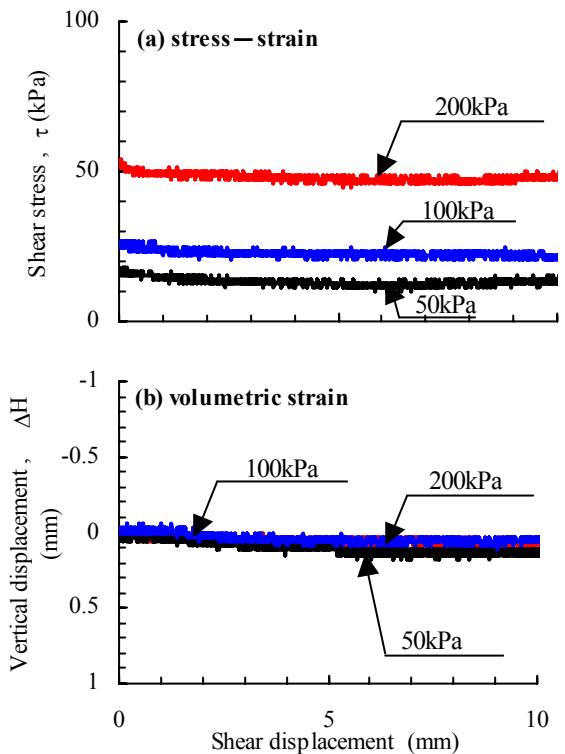


図-9 孔内ねじりせん断試験(w=27%)

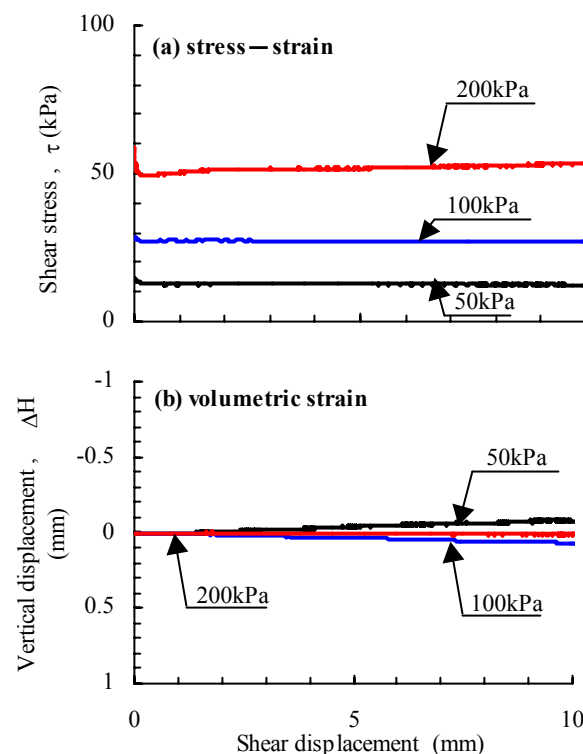


図-10 リングせん断試験(27%)

3.1.3 破壊規準

図-11に孔内ねじりせん断試験、図-12にリングせん断試験の結果を示す。両試験結果からピーク強度、残留強度は共に良く一致している。不飽和土のピーク強度の破壊線は、飽和土の破壊線を平行移動したものとなっている。不飽和土の残留強度は、含水比27%では飽和土と同じになり、含水比22%では若干せん断抵抗角が増加している。

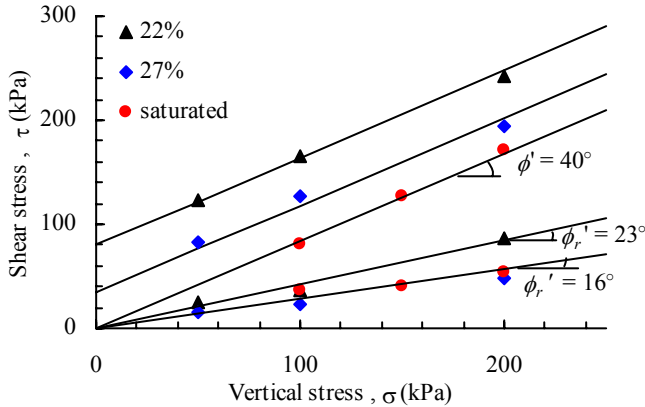


図-11 孔内ねじりせん断試験

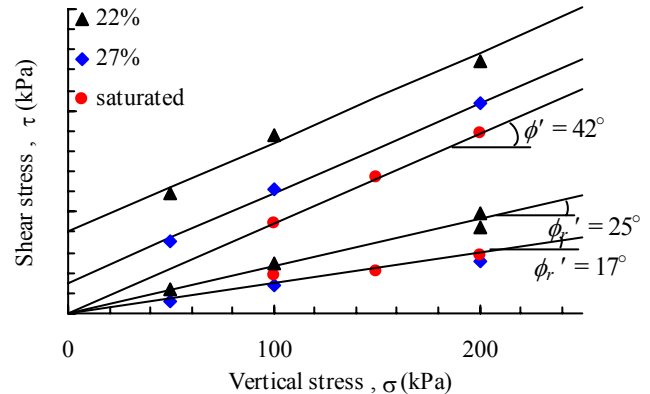


図-12 リングせん断試験

3.2 原位置試料室内試験

図-13に試験より求められた破壊線を示す。不攪乱強度は最大であり、残留強度は最小である。また、再構成・水浸強度はその中間の強度を示している。原位置に置いては、この三つの強度定数を条件により使い分けていく必要がある。

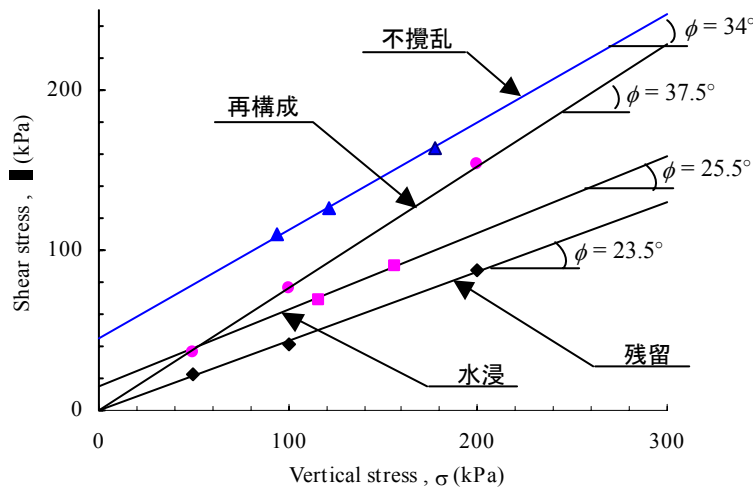


図-13 原位置試料破壊線

4. 結論

- ① 飽和土、不飽和土に対する最大(ピーク)強度と最小(残留)強度は、リングせん断試験と等価な試験結果が得られた。
- ② 含水比と間隙比を調整した不飽和土の破壊線は、従来の飽和土の破壊規準同様に、飽和土の破壊線を平行移動させたものになることが確認できた。
- ③ 不飽和土の残留状態におけるせん断抵抗角は、含水比が大きい飽和土と等しく、含水比が小さいとせん断抵抗角は大きくなる。
- ④ 不飽和土の残留状態における粘着力は、含水比によらずゼロになる。
- ⑤ 孔内ねじりせん断試験において、不攪乱試料のピーク強度・軟化強度・残留強度を測定することができる。
- ⑥ 孔内ねじりせん断試験を用いて、柔らかい試料から硬い試料(N値=25)まで、地盤調査を行うことが可能である。