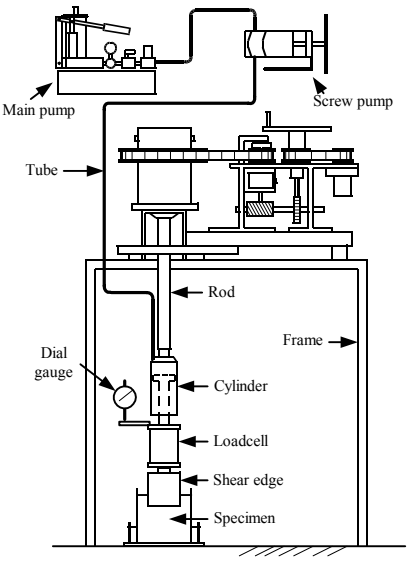
孔内ねじりせん断試験の不飽和土への適用性に関する研究

長岡技術科学大学　正会員　○中村公一　豊田浩史
明治コンサルタント株式会社　正会員　　酒井直樹　島内哲哉

1. はじめに

本試験装置は，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ことを目的としている．しかしこの試験を原位置のボーリング孔内で行うとき，孔底の状況確認が難しいなどの様々な問題がある．そこで，不攪乱試料をサンプリングチューブから取り出さずに直接試験装置にセットして試験する方法も検討している．室内試験では，原位置より，精度よく簡便に試験を行うことができる．孔内ねじりせん断試験に対するこれまでの研究により，乾燥砂や飽和粘土等の比較的軟らかい試料に対する検討はすでに行った[1)]．

本研究では，静的に締固めた不飽和土に対して試験を行うことにより，硬い試料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．



図－1：孔内ねじりせん断試験装置

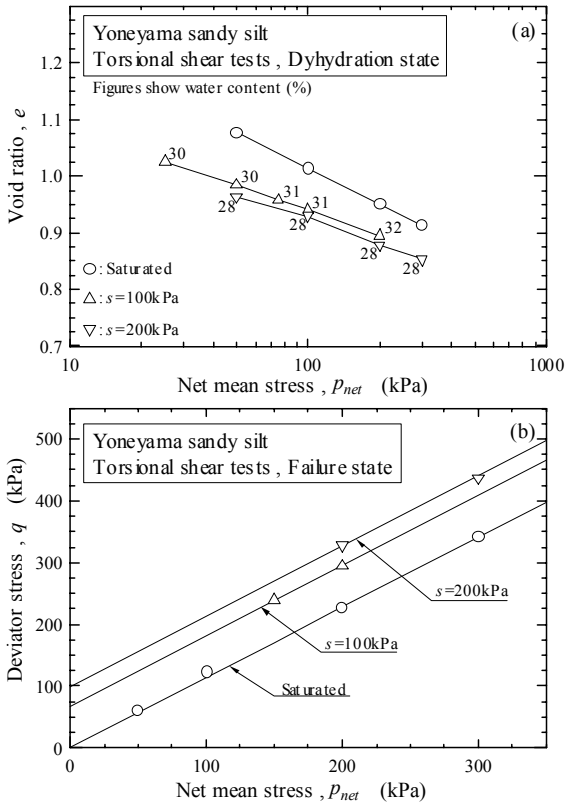
2. 試験装置・試験方法

孔内ねじりせん断試験装置の概要を図－1 に示す．ここで孔内ねじりせん断試験(Borehole Torsional Shear Test, 以降 BTST と略す)とは，ある鉛直応力でせん断刃を供試体表面に密着させ，モータで回転変位を加えることにより，供試体内にせん断破壊を生じさせ，そのトルクを測定する試験である．残留強度はピーク強度測定後，十分に大変位を与えてから測定を行った．

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．供試体作製の条件は，別途不飽和土の要素試験より得られている圧密脱水時の含水比と間隙比に一致させた（図－2 参照）．したがって，含水比を 27% (s=200kPa 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．最も小さい間隙比で作製した供試体の一軸圧縮強度は，w=22%では q_u=620kPa，w=27%では q_u=280kPa である．これらの条件で作製した供試体に対して，孔内ねじりせん断試験，リングせん断試験を行った．

ρ_s g/cm^3	W_L (%)	W_P (%)	clay (%)	silt (%)	sand (%)
2.746	52.4	29.9	23.6	57.0	19.4

表－1：米山粘性土の物性値



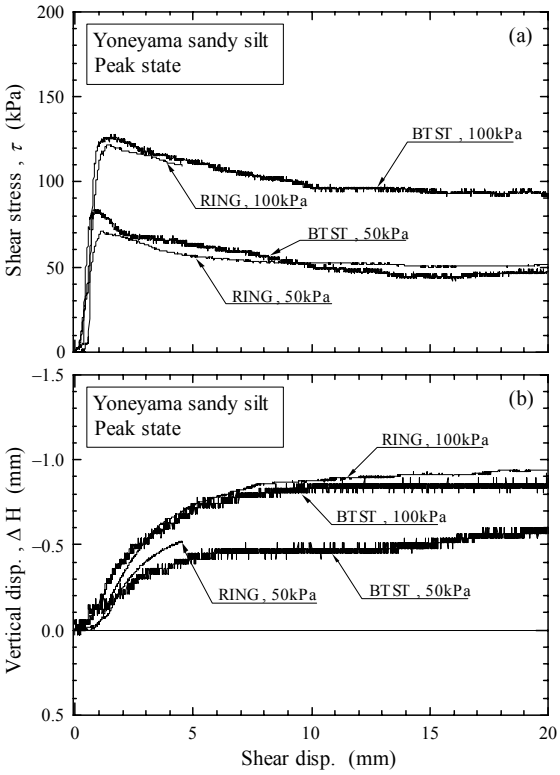
図－2：脱水後の間隙比・含水比と不飽和土の破壊規準

キーワード：原位置試験，不飽和土，締固め，せん断強さ，残留強さ
連絡先：〒940-2188　新潟県長岡市上富岡 1603-1　長岡技術科学大学　環境・建設系　地盤工学研究室

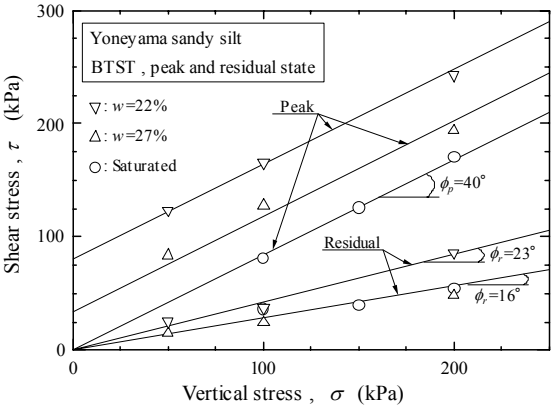
3. 試験結果

図－3 にリングせん断試験と孔内ねじりせん断試験のピーク強度測定例を示す．図－3(a) のせん断応力－せん断変位関係，図－3(b) の鉛直変位－せん断変位関係ともによい一致がみられる．この他の試験条件においても同様の結果が得られた．残留強度も同様に検討した．残留強度測定時にはリングせん断試験，孔内ねじりせん断試験ともに，残留状態の特徴である鉛直変位がなく，せん断応力が一定のまません断のみ進行することを確認した．その上で得られた残留強度は，リングせん断試験結果と孔内ねじりせん断試験結果もピーク強度同様によい一致がみられた．

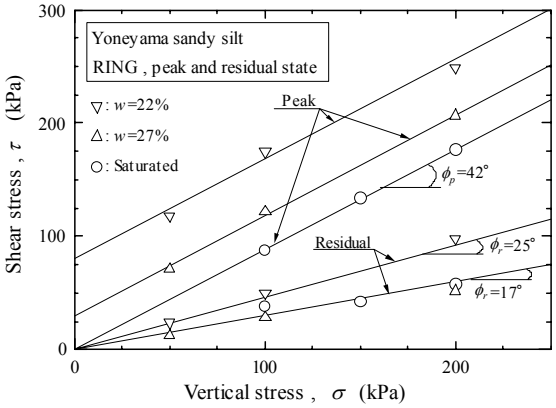
図－4 と図－5 に孔内ねじりせん断試験とリングせん断試験それぞれの破壊規準を示す．不飽和土のピーク強度は，どちらの試験も飽和土の破壊線を平行に移動したものとなり，従来の破壊規準と一致している．また，図－1 に示した要素試験例と同様に，サクションの影響により含水比が小さいほど粘着力が大きくなっている．不飽和土の残留状態における粘着力は，含水比によらずゼロとなっている．したがって，ピーク強度にみられるサクションの影響はないものと考えられる．これに対し不飽和土の残留状態におけるせん断抵抗角は，含水比が小さい，すなわちサクションが大きいとせん断抵抗角も大きくなる傾向を示した．この理由として，十分に大変位を与えても含水比が小さい場合，すなわちサクションが大きい場合はきれいな鏡面が形成されないことが考えられるが，まだ試験ケースが少ないため，これは今後の検討課題である．



図－3：ピーク強度測定例



図－4：孔内ねじりせん断試験により
えられた不飽和土の破壊規準



図－5：リングせん断試験により
えられた不飽和土の破壊規準

4. 結論

① 孔内ねじりせん断試験により得られる不飽和土のピーク強度，残留強度は，リングせん断試験と等価である．

② 含水比と間隙比を調整した不飽和土の破壊線は，従来の不飽和土の破壊規準と同様に，飽和土の破壊線を平行に移動させたもので表すことができる．

③ 残留状態における不飽和土のせん断抵抗角は，含水比が大きいと飽和土に等しく，含水比が小さいと大きくなる傾向にある．

④ 残留状態における不飽和土の粘着力は，含水比によらずゼロになる．

以上のように，静的に締固めた不飽和土に対して孔内ねじりせん断試験を行うことにより，硬い試料においてもピーク強度・残留強度ともに，リングせん断試験とほぼ等しい結果が得られることがわかった．今後，実際に不攪乱試料に対して検討を行う予定である．

参考文献

1）中村・豊田・酒井・島内：孔内ねじりせん断試験のせん断破壊特性に関する実験的研究，土木学会論文集，2004.6 掲載予定