

中空ねじりせん断試験による不攪乱粘土の単純せん断特性

山口大学工学部

石川島播磨重工株式会社

山口大学大学院

正 員

兵動正幸

中田幸男

正 員

山本 寛

学生員

○渡辺真悟

1. まえがき

今日、構造物や土構造物に対し性能照査型設計が導入され、より厳密な設計が要求されている。その中で粘土に対してもより精密な要素試験を行いそのせん断特性を正しく評価する必要性が生じている。中空ねじりせん断試験機は、軸力、トルク力、内圧、外圧をそれぞれ独立に制御することにより供試体内の要素に作用する 3 つの直応力と 1 つのせん断応力を任意に作用させることのできるものである。一般的に原位置の水平地盤は K_0 圧密状態にあり、地震や波浪などの外力に対し単純せん断挙動をとることが知られている。このような粘土の単純せん断特性を明らかにするために、これまで NGI 型やケンブリッジ型の直接せん断タイプの単純せん断試験が用いられた。しかしこれらは、応力や変形の境界条件に問題が残るものであった。これに対し、中空ねじり単純せん断試験の実施は、3 主応力状態が明確となることや側方向の境界の影響がないことなどの理由から力学特性を明確にする上で、きわめて意義の高いことであるといえる。そこで本研究では、シンウォールサンプラーにより採取された不攪乱粘土に対して、それに対応できる中空ねじりせん断試験機¹⁾を用いて非排水単調単純せん断試験を行い、粘性土の単純せん断挙動を明らかにすることを目的としている。

2. 試料の物理的性質及び試験条件

試料は広島県出島地区埋立予定地より採取された不攪乱海成粘土であり、表 1 に示すそれぞれの試料に対して単調載荷単純せん断試験を行った。また、本研究においては、 $k=0.5$ の異方圧密下の単調単純せん断状態で、ひずみ速度一定のもと初期有効圧密圧力 σ_{zc}' を 50, 70, 100, 150 kPa の 4 通りに変化させて試験を行った。

3. 試験結果

図 1(a),(b),(c) はせん断応力 σ_{zs} と平均有効主応力 σ_m' における有効応力経路、図 2(a),(b),(c) はせん断応力 σ_{zs} とせん断ひずみ γ_{zs} の関係をそれぞれ示している。尚、図 1、図 2 の図中に主応力方向角 α_s が 10° , 30° , 45° に至った点にそれぞれプロットを記した。図 1(a),(b),(c) のいずれの試料においても初期有効圧密圧力 σ_{zc}' の増加に伴いせん断応力 σ_{zs} の最大値 $\sigma_{zs\theta f}$ が大きくなるのが分かる。また、 σ_{zc}' が小さ

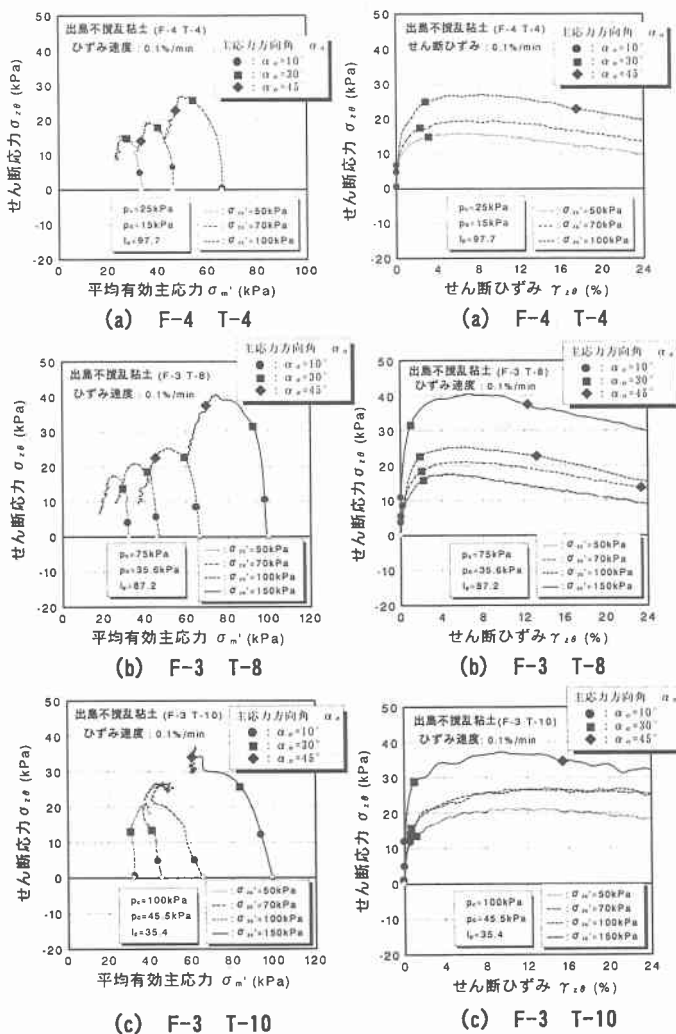


図 1 有効応力経路

図 2 σ_{zs} と γ_{zs} の関係

表1 試料の物理的性質

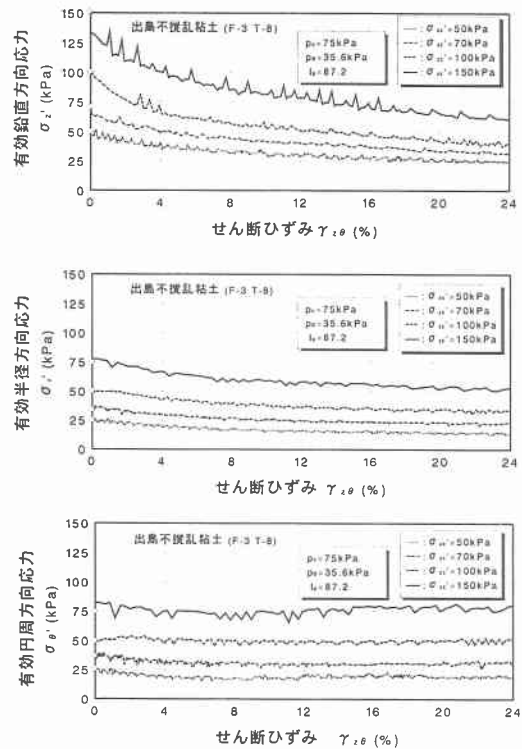
試料番号	サンプリング 深度 (m)	G_s	w_L (%)	w_p (%)	I_p	F.C. (%)	C.C. (%)
F-3 T-8	10.00~10.80	2.650	128.0	41.6	86.4	91.0	55.5
F-3 T-10	12.00~12.80	2.682	57.0	21.6	35.4	42.1	16.4
F-4 T-4	4.00~4.80	2.612	138.8	41.1	97.7	99.4	56.2

いほどと最大せん断 σ_{z0f} に達するまでの平均有効主応力の減少量が小さいと判断できる。次に、せん断応力 σ_{z0} とせん断ひずみ γ_{z0} の関係についてみると、図(a),(b)においてせん断ひずみが 5~6%前後でせん断応力は最大となり、その後徐々に減少していることが観察される。一方、図 2(c)においては、せん断ひずみの発達に伴うせん断応力の低下がほとんど見られないことが観察された。主応力方向角 α_σ の値に着目すると、図 2(a),(b),(c)いずれの試料においてもせん断ひずみが 4%に至るまでに主応力方向が大きく回転していることが分かる。この傾向は、(a)の試料よりも(b),(c)の試料の方が顕著に表れている。また(b),(c)の試料における擬似過圧密領域の試験では、せん断ひずみが 2%までに主応力方向が大きく回転していることがみてとれる。図 3 は F-3 T-8 の試料の有効鉛直方向応力 σ'_z とせん断ひずみ γ_{z0} 、有効半径方向応力 σ'_r とせん断ひずみ γ_{z0} 、有効円周方向応力 σ'_θ とせん断ひずみ γ_{z0} の関係を表したものである。 σ'_z と γ_{z0} の関係、 σ'_r と γ_{z0} の関係のいずれにおいても、拘束圧に関係なく、 σ'_z と σ'_r がひずみの発達に伴い減少する傾向にあることが分かる。特に、拘束圧の高い試験では拘束圧の低い試験に比べて σ'_z と σ'_r の減少する割合が大きいことが分かる。中でも σ'_z と γ_{z0} の関係における $\sigma'_{zc}=150\text{kPa}$ の試料はその傾向がよく見て取れる。また、 σ'_θ と γ_{z0} の関係においては σ'_θ は σ'_{zc} の大きさにかかわらず、せん断が進行してもほぼ一定であることが分かる。

4. あとがき

サンプリング深度の違う出島不攪乱粘土に対して、異方圧密状態で、ひずみ速度一定のもと初期有効圧密圧力 σ'_{zc} を変えて、中空ねじり単純せん断試験を行った。いずれの試料においても、 σ'_{zc} が大きいほどせん断応力の最大値 σ_{z0f} が大きくなり、一定の強度増加率が存在することが認められた。全般的に、 γ_{z0} が 6%前後で σ_{z0} は最大となりその後徐々に減少していく傾向が認められた。また、その減少の割合は σ'_{zc} によらずほぼ等しいようであった。主応力方向角 α_σ の値に着目すると、どの試料においても γ_{z0} が 4%までに主応力方向が大きく回転していることが分かった。また、擬似過圧密領域の試験では γ_{z0} が 2%までに主応力方向が大きく回転していることが観察された。 σ'_z と σ'_r に着目すると、拘束圧に関係なく、ひずみの発達に伴い減少する傾向にあることが分かった。特に、拘束圧の高い試験では拘束圧の低い試験に比べて減少する割合が大きいことが分かった。また、 σ'_θ は σ'_{zc} の大きさにかかわらず、せん断が進行してもほぼ一定であることが認められた。

〔参考文献〕1) 中田幸男・山本修三・安福規之・村田秀一・兵動正幸：「自動制御・計測可能な中空ねじりせん断試験装置の試作とひずみ制御試験への適用」(土木学会論文集) No.505/Ⅲ-29, pp.329-332 (1994)

図3 F-3 T-8の σ'_z ・ σ'_r ・ σ'_θ と γ_{z0} の関係