

大阪市立大学工学部 正 高田直俊
同 大島昭彦

まえがき 一次元圧密粘土が強度異方性、すなわちせん断面の角度およびせん断の向き(主働, 受働)によって異なった非排水強度を有していることが、次第に具体的に知られるようになってきた。異方強度を知るための試験法として、圧密方向に対してある角度に切り出した供試体を用いた急速せん断方式による一面 UU せん断試験法を提案した¹⁾。この試験法では供試体整形時の圧密圧力解放と、せん断時の直圧力再載荷段階があり、特に後者は最大主応力の方向が圧密時と異なるので、非排水状態での操作とはいえ、圧密時と同じ有効応力・変形状態がせん断開始時に保持されているかどうかに不安がある。そこで今回は、円柱試料を斜めに切り落した供試体を用いる直接せん断方式(斜せん断 A)と、せん断面の角度を予め決めた円柱供試体を用いる直接せん断方式(斜せん断 B)を用いて、せん断開始時を一次元圧密状態とした試験を行なった。

一方三軸試験方式では、三軸 UU 、 K_0CU 三軸、 K_0CU 平面変形三軸による圧縮、伸張試験によって異方性が調べられている。これらはせん断面の角度を規定できない共通の弱点がある。また三軸 UU 試験は供試体整形時の応力解放の影響程度が未知なこと、前2者は最も普通に考える平面変形ではないので、直接せん断方式と直接比較できないこと、さらに後2者は従来、圧密中の排水が圧密方向と異なるので厳密には一次元圧密状態にないなど、それぞれ異方性を調べるためには、決め手を欠いている。ここでは4種の直接せん断試験方式と共に、圧密中の供試体を剛な板で拘束して排水方向を一次元にした軸対称三軸(K_0A)²⁾、平面三軸(K_0P)試験を行なって得た異方強度試験法の相関関係を紹介する。

試験法 一面 UU 試験は不透水加圧板を用いた急速せん断(15mm/分)方式で、一面 CU 試験は $K_0=0.5$ とした θ 面上の直圧 σ_0 (図-1)と圧密圧力 P_0 とでせん断する。斜せん断 A, B は図-2, 3に示す通りである。 A は直圧載荷時に供試体の圧縮が生じないように、試料の圧密圧力と等しい P_0 を θ 面せん断面の垂直圧は反力ローラーで直接刺した。供試体作製時の応力解放による膨張が直圧載荷時に再圧縮する際の変

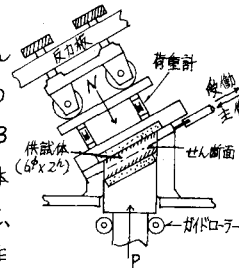


図-2 斜せん断 A

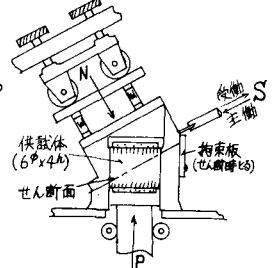


図-3 斜せん断 B

形は図-4のようになるので、これを土けたのが斜せん断 B である。可動箱と固定箱間にせん断時のすき間を開ける際に、一次元圧密応力状態の初期せん断応力 τ_0 (図-1)を解放しないように、固定箱につけた拘束板に沿って可動箱を上昇させてすき間を開け、次に可動箱に τ_0 を与えて拘束板をはずしてせん断する。

2種の K_0 三軸試験機は図-5, 6に示した。軸対称試験では2つ割円筒内で圧密した後円筒を油圧で開く。平面変形三軸試験機は電動モーターでネジをゆるめて開く方式を採った。両者とも拘束円筒、板内面はテフロン仕上の浮動リング形式で、また圧密中は K_0P_0 に近い側圧を加えて供試体周面の摩擦を減らした。

試料粘土は大阪南港埋立粘土の0.2mm通過分に市販のカオリンを乾燥質量比1:2に

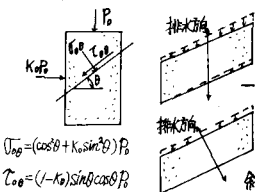


図-1 一次元圧密応力状態

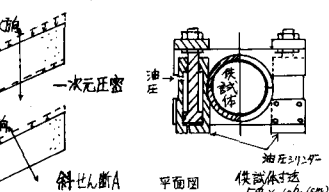


図-4

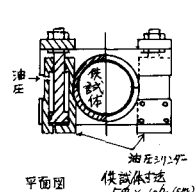


図-5 K_0A 三軸圧密セル

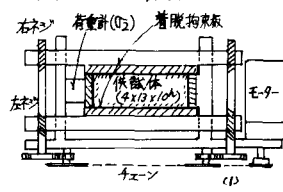
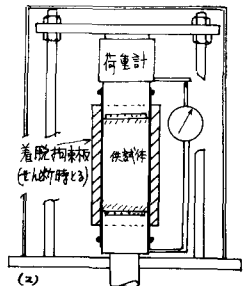


図-6 K_0P 三軸試験機



(2)

混合したもの ($w_L=69.1\%$, $w_P=27.4\%$) を、含水比 90% のスラリーから圧密して作った。斜せん断 B、三軸試験用試料は 1 kg/cm^2 で圧密した。

試験結果 図-7 に $\theta=30^\circ$ の直接せん断方式によるせん断応力-変位関係を示した。いずれも主働せん断が速く、かつピークが明瞭にでる。UU 試験が最も弱く、斜せん断 B はせん断終期に主働抵抗が一致してくる。図-8 は有効応力経路で、斜せん断 A, B は受働側ではほぼ一致しているが、主働側では斜せん断 A の応力解放がくり返しせん断の効果を与えるためか、強度はやや低い (この時には斜せん断 B のような拘束板をつけていなかった)。一面 CU のピークは斜せん断 B とほぼ同じである。図-9 は τ の極座標表示で、UU 試験は従来通り 45° 面に主働、受働の最大最小を置き、 45° 軸を中心に対称分布を示すが、CU 試験では θ の小さい方にふくらんだ分布を示す。 θ が大きいところでは、平均応力を減少させた ($\theta=90^\circ$ で $\tau_f = K_0 P_0$) 圧密によるために小さな τ_f が得られたと考えている。

図-10, 11 には $K_0 A$, $K_0 P$ の全応力表示のモール円を示した。圧密終了時の K_0 値はいずれも 0.51 程度であった。圧縮試験では $\theta=60^\circ$ に明瞭なすべり面が現われたので、この面上の τ_f と OCT 面上の τ_f を P_0 上に落した。伸張試験ではすべり面が現われなかったので、すべり面を $\theta=30^\circ$ と仮定した場合と OCT 面上の τ_f で表わした。

表-1 に各試験法で得られた $\theta=30^\circ$ または 60° 面を主体とした c/p , ϕ' および主働、受働強度の比を示した。斜せん断 A, B の強度が 45° 面を中心に対称分布するとして $\theta=30^\circ$ を 60° に読みかえて三軸試験と対比した。 $\theta=30^\circ$ における斜せん断 B と UU 試験の主働強度比は等しく、斜せん断 A は主働強度が低いので強度比は小さくでている。また CU 試験の 30° と 60° もこの比が等しい。三軸 $K_0 P$ による 60° 面上の主働 c/p は $K_0 A$ よりも大きく、一面 CU の 60° 面上の主働 c/p と等しい。 $K_0 A$ による 60° 面上の主働強度比は大きく、OCT 面上でのものと等しいが、SMP 面で整理した値は直接せん断方式による値と同程度である。 ϕ' は各試験とも受働側で大きく、また $K_0 P$ 主働せん断の ϕ' が最も大きい事も、これまでの報告と同傾向である。

あとがき 異方性を量的に知るために種々の試験法を試みたが、直接せん断方式と三軸方式の試験結果を同列に比較できない点にもどかしさを感じる。さらに Data を積み重ねて相関性をつけていきたい。
<参考文献> 1) 高田他: 一面せん断 UU 試験による再圧密粘土の強度異方性: 第 33 回土壌学会 (1979)

2) 東田他: 新しい K_0 圧密三軸圧縮試験について: 第 36 回土壌学会 (1981)

表-1 各試験法の比較

試験法	直接せん断試験						三軸試験					
	UU	CU	CU	斜A	斜B		$K_0 A$			$K_0 P$		
θ	30°	60°	30°	60°	30°	30°	60°	OCT	SMP	60°	OCT	SMP
c/p	0.290	0.393	0.323	0.307	0.339		0.303	0.330	0.236	0.326	0.319	0.253
主働	0.230	0.260	0.266	0.273	0.270		0.166	0.181	0.182			
受働	1.26	1.32	1.31	1.12	1.26		1.83	1.82	1.30			
主働	29.3°	33.8	28.0	30.8			32.7°			37.1		
受働	32.8	35.8	38.7	35.2			36.5					

主働応力最大時, 受働応力 $\theta=30^\circ$ とした

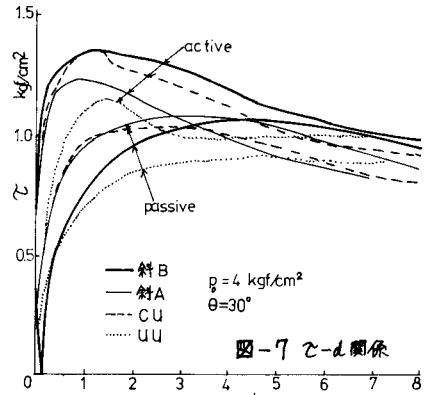


図-7 τ - d 関係

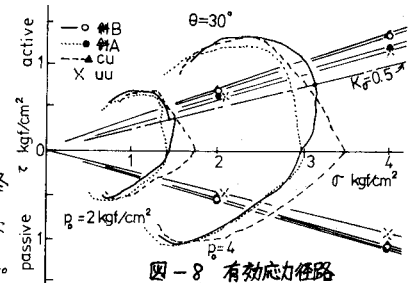


図-8 有効応力経路

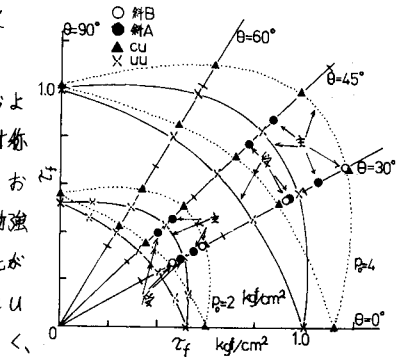


図-9 τ_f 極座標

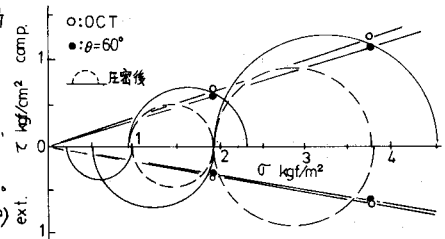


図-10 $K_0 A$ 全応力モール円

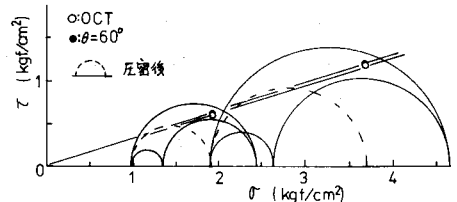


図-11 $K_0 P$ 全応力モール円