

繰り返しせん断応力によるシルト質ロームの破壊

山口大学工学部 正会員 大原資生
山口大学工業短期大学部 正会員 山本哲朗
広島市役所 正会員 ○岡田義成
応用地質(株) 住田賢二

1. まえがき 飽和砂の液状化については数多くの研究成果が得られているが、粘着力を有する土の液状化に関する研究はあまり行われていない。本文では、振動台を利用した実験装置を用いて2種類のシルト質ロームと比較のために飽和砂の液状化実験を行い、粘着力がシルト質ロームの破壊および間隙水圧の上昇に及ぼす影響を調べた結果が述べられている。

2. 実験装置 実験装置は図-1に示すとおりである。この装置は振動台⑬に固定したケルマン型のせん断箱④をもつ単純せん断試験機である。せん断箱内の供試体は、ゴムスリーブで包まれており、その外側に厚さ1cmのドーナツ状の塩化ビニールリングが積み重ねられているので、供試体のせん断変形は拘束されず、横方向への膨れ出しは防止される。本実験では、鉛直圧49kPaの圧密によって、飽和状態のシルト質ローム供試体を作製した。したがって、本装置では載荷板にドーナツ状の重錘を吊すことにより、供試体に鉛直圧を加えた。

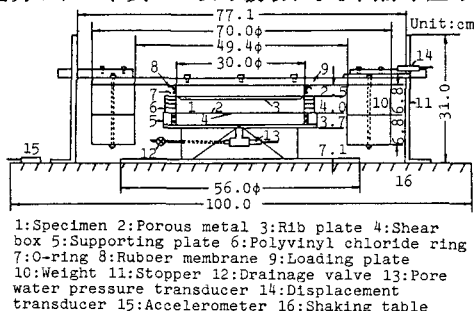


図-1 実験装置概略図

表-1 試料の物理的定数
および強度定数

3. 試料および実験方法 実験で用いた試料は、豊浦砂および山口県宇部市と愛媛県松山市伊方町で採取されたシルト質ロームである。本文では、前者をシルト質ローム(I)、後者をシルト質ローム(II)と呼ぶ。二つのシルト質ロームは炉乾燥した後、0.84mmのふるいを通過したものを用いた。各試料の物理的定数および強度定数は表-1に示す。

	Silty loam(I)	Silty loam(II)	Toyoura sand
G _s	2.566	2.939	2.633
D _{max} (mm)	0.840	0.840	0.840
D ₅₀ (mm)	0.027	0.025	0.260
U _c	11.7	10.0	1.6
e _{max}	-	-	1.005
e _{min}	-	-	0.631
w _L (%)	55.9	NP	-
w _P (%)	32.1	27.8	-
I _p (%)	23.8	-	0
c _{cu} (kPa)	16.0	10.0	0
φ _{cu} (deg)	22.1	25.1	39.7
(Static)			
c _p (kPa)	3.0	1.8	0
φ _p (deg)	19.3	17.2	16.8
(Dynamic)			

実験方法は次のとおりである。まずシルト質ロームは次の方法で作製した。含水比が約80%(シルト質ローム(I))、50%(シルト質ローム(II))のスラリー状の試料を作り、一昼夜放置した。その後、真空脱気後の試料をせん断箱内に詰め圧密を行う。圧密圧9.8kPaで1時間、その後圧密圧49kPaで20時間圧密を行った。圧密後の供試体の寸法は、直径30cm、高さ約4cmであった。次に振動台を駆動して、供試体全体に振動数3Hz、振幅一定のほぼ正弦波状の水平加速度を与えた。この実験では、加速度の大きさを変えることで供試体に加えるせん断応力の大きさを加減した。

豊浦砂の実験では、せん断箱にあらかじめ脱気水を入れておき、その中に湿潤状態の試料をふるいを用いて均一になるように流しこんで詰めて供試体を作製した。この

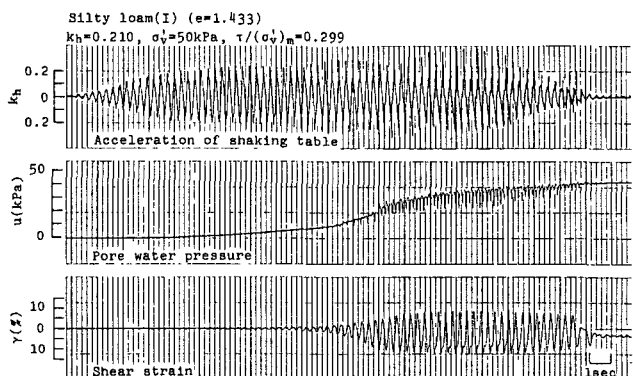


図-2 実験記録波形の一例(シルト質ローム(I))

ときの供試体の相対密度は、ほぼ50%であった。豊浦砂の実験方法は、シルト質ロームの場合と同様である。

4. 実験結果および考察 図-2に、シルト質ローム(I)の実験記録波形を示す。記録波形は上から順に水平震度(k_h)で表した振動台の加速度、間隙水圧(u)、せん断ひずみ振幅(γ)を示す。また、波形の左上に示す、 τ はせん断応力であり、 $(\sigma_v)_m$ は供試体底面に作用する鉛直圧(σ_v)から振動時の載荷板などのロッキングによる鉛直圧の増減を考慮した場合の供試体底面に作用する有効鉛直圧である。図-2からわかるように、せん断ひずみ振幅の増加に伴って、間隙水圧も増加する。しかし、シルト質ロームの間隙水圧は砂の場合のように鉛直圧に等しくなることはない。これはシルト質ロームの粒子間に存在する粘着力の影響によると考えられる。

図-3は、所定のせん断ひずみ両振幅(γ_D)の時に得られた動的破壊線より求めた動的な粘着力 C_D と、動的な内部摩擦角 ϕ_D を示す。この図から、シルト質ローム(I)の C_D は、 γ_D が15%の時に最大となることがわかる。同様な結果はシルト質ローム(II)でも得られた。この結果から $\gamma_D=15\%$ でシルト質ロームの全粘着力が動員されたと考えて、本研究ではシルト質ロームの破壊ひずみを15%と定義した。

図-4は、 $\gamma_D=15\%$ を生じるまでの応力比 $\tau/(\sigma_v)_m$ と繰返し回数 n_{15} の関係を示す。図-4から、各試料とも応力比が大きくなるほど、繰返し回数が小さくなることがわかる。さらに、図-4から、 $n_{15}=20, 50, 100$ 回での各試料の応力比を求め、これを静的粘着力(C_{cu})との関係で示したのが図-5である。この図から、粘着力が大きい試料ほど応力比が大きくなることがわかる。すなわち、シルト質ローム(I) ($C_{cu}=16\text{kPa}$)およびシルト質ローム(II) ($C_{cu}=10\text{kPa}$)の破壊に要する応力比は、砂の場合の約3倍、2倍となっている。

図-6は、 $\gamma_D=15\%$ の時の間隙水圧比 u_{15}/σ_v と応力比 $\tau/(\sigma_v)_m$ の関係を示したものである。同図には、比較のため $\gamma_D=5\%, 10\%$ の結果も示した。図-6からわかるように、砂の場合、 γ_D が5%-10%で間隙水圧比は、ほぼ1.0となり液状化を生じている。これに対して、シルト質ロームでは応力比が大きいほど間隙水圧比の上昇が小さい時に破壊を生じている。なお、破壊時の間隙水圧比は0.4-0.8の範囲であった。このことから、砂の液状化は間隙水圧の上昇のみによって生じるのに対して、シルト質ロームの液状化に似た破壊は間隙水圧の上昇とせん断応力の大きさに関与すると考えることができる。

5. まとめ 繰返しせん断によるシルト質ロームの破壊は、間隙水圧の上昇とせん断応力の大きさによって生じる。また、シルト質ロームの破壊を生じる応力比は、豊浦砂の場合よりも2-3倍大きい。

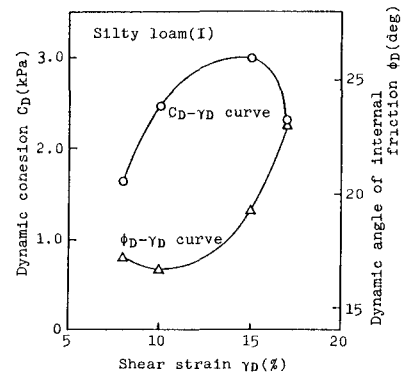


図-3 $C_D-\gamma_D$, $\phi_D-\gamma_D$ 関係

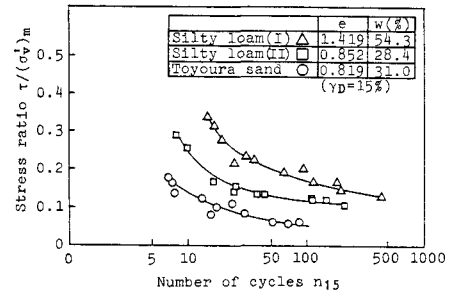


図-4 $\tau/(\sigma_v)_m-n_{15}$ 関係

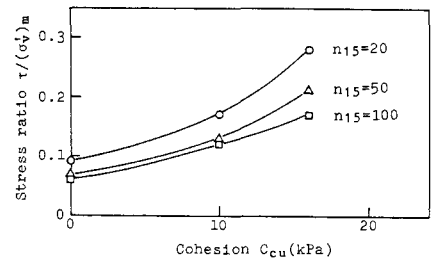


図-5 $\tau/(\sigma_v)_m-C_{cu}$ 関係

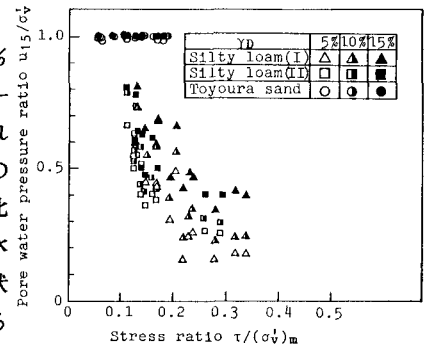


図-6 $u_{15}/\sigma_v-\tau/(\sigma_v)_m$ 関係