

III-22 竹内シルトの液状化特性と繰返し変形特性に関する研究

愛媛大学大学院 学生会員 ○松下 怜
愛媛大学工学部 フェロー 森 伸一郎
愛媛県土木部 正会員 岡崎 健

1. はじめに

2000 年鳥取県西部地震では鳥取県境港市にある浚渫による埋立地である竹内工業団地において広範囲で重度の液状化が発生した。おびただしい量の噴砂の多くは暗灰色の非塑性シルトであった。竹内工業団地における地盤柱状図¹⁾によると、TP+3 m～TP-10 m は埋立層であり N 値が 0 から 4 の砂質シルト層が卓越する。TP-14～-16 m 以深に TP-16～-42 m まで続く N 値が 0 から 4 のシルト層・粘性土層が卓越している。液状化によって地表に噴出したのは地表から 13m 続く埋立シルト層であると考えられる。

一方、有効応力解析の結果、深さ 20～30 m のシルト層においても過剰間隙水圧比が 0.95 を越えたとする研究²⁾もあり、TP-16～-42 m のシルト層が液状化という観点から見た挙動は解明されていない。そこで、そのような地盤の精度の高い有効応力解析を行うためには、このようなシルトの液状化特性および繰返し特性を求めることが重要である。不攪乱試料が望まれるが、ここでは噴砂を用いた再構成試料によりそれらの特性を調べる。

2. 実験に用いた試料と実験方法

表-1 に供試体の試料として用いた竹内シルトの物理特性を示す。図-1 に竹内シルトの粒径加積曲線を示す。竹内シルトは均等な非塑性シルトである。本研究では油圧制御の中空ねじり試験機を用いて、荷重制御で非排水繰返しせん断試験を行った。供試体寸法は、外径 10 cm、内径 6 cm、高さ 12 cm の中空円筒状である。供試体作成は漏斗を用いた空中落下法により、豊浦砂で相対密度 50% となるような移動早さと落下高である。実験は等方圧密で拘束圧が 50, 100, 200, 300 kPa の 4 ケース、せん断応力比が 0.15, 0.20, 0.25 の 3 ケースであり、全部で 3×4=12 ケースである。密度の状態を相対密度で見ると圧密前で 36～44%, 圧密後では 43～55% にばらついている。二酸化炭素置換と脱気水による飽和化を行い、原則として B 値 0.96 以上とした。圧密時間を 6 時間としたが、厳密には完全に圧密は終了していない。

3. 液状化試験結果と考察

図-2 に拘束圧 200kPa、せん断応力比 0.15 の場合における有効応力経路を、図-3 に応力ひずみ関係を示す。有効応力経路に見られるように、豊浦砂と比

表 - 1 竹内シルトの物理特性

50 % 粒径	U_{50} (mm)	0.033
均等係数	U_c	4.100
土粒子の密度	G_s (g/cm ³)	2.598
最大乾燥密度	ρ_{dmax} (g/cm ³)	1.407
最小乾燥密度	ρ_{dmin} (g/cm ³)	0.968
最大間隙比	e_{max}	1.684
最小間隙比	e_{min}	0.846
液性限界	w_L (%)	27.08
塑性指数	I_p	NP

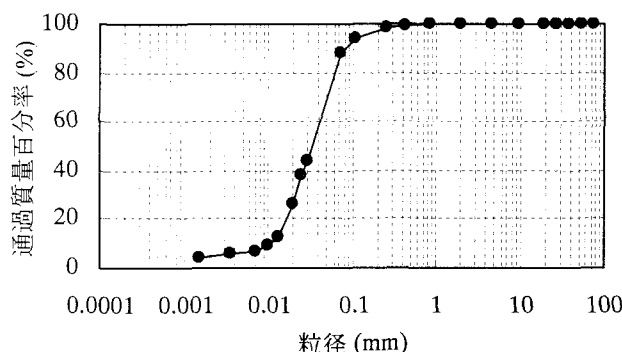


図 - 1 竹内シルトの粒径加積曲線

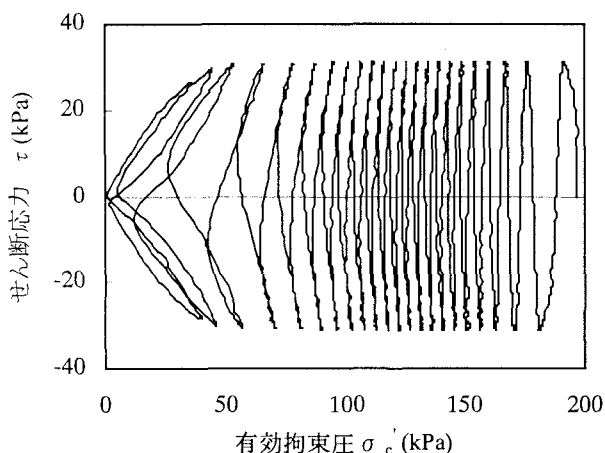


図-2 拘束圧 200kPa、せん断応力比 0.15 の場合における有効応力経路 (竹内シルト)

べて変相角が小さいのは竹内シルトの特徴である。

本研究では、せん断ひずみの両振幅が5%（三軸試験の場合には7.5%に相当する）になったときを液状化とした。図-4に異なる拘束圧での竹内シルトの液状化強度曲線を示す。なお、拘束圧300kPa、応力比0.25の場合は、不測の事態によりデータが得られなかった。図-5からは、実験結果にややばらつきはあり、一部で逆転するものもあるが、全体的には拘束圧の大きいものほど同一応力比での繰返し回数が多いという傾向がある。すなわち、全体の傾向としては、液状化強度曲線は拘束圧が大きいほど上にあり、液状化強度は大きい。これより、竹内シルトの液状化強度は拘束圧に依存しているといえる。

4. 繰返し変形特性試験結果と考察

図-5に正規化した G/G_0 , $h \sim \gamma$ の関係を示す。図中のマークで、塗りつぶしは G 、白抜きは h である（以下同様）。TS1～TS4はそれぞれ、拘束圧が50, 100, 200, 350 kPaのときの結果である。 G/G_0 は拘束圧が大きいほど剛性の低下の割合は小さく、その傾向は滑らかである。図-6に豊浦砂の拘束圧50, 100, 200 kPaのときの G/G_0 , $h \sim \gamma$ の関係を示す。 G/G_0 は拘束圧が大きいほど剛性の低下の割合は小さい（基準ひずみが大きい）。竹内シルトを豊浦砂と比較した場合、規準ひずみが大きく、相対的に剛性低下しにくいことがわかる。また、同じひずみで見ても、同じ剛性低下率で見ても、減衰は豊浦砂よりも小さいことがわかる。以上のことから、竹内シルトは、ひずみが大きくなっても剛性低下が小さく減衰が小さいことから、大きな地震動に対して安定した増幅特性を付与する性質があることを示唆している。

4. 結論

竹内シルトは変相角が小さく、液状化とともに急激なひずみの増大が見られる性質を示すのに対して、繰返し変形特性としては、ひずみが大きくなっても剛性低下が小さく減衰が小さいことから地盤の増幅特性に寄与することがわかる。すなわち、増幅させ、あるひずみで一気に液状化するような地盤を構成する可能性がある。

参考文献

- 1) 鳥取県：弓ヶ浜半島液状化対策研究会報告書，2001.3.
- 2) 森 伸一郎，阿部 雅弘，服部 加奈子：2000年鳥取県西部地震における境港市の埋立地の地震応答，土木学会第26回地震工学研究発表会講演論文集，pp.349-352，2001.8.

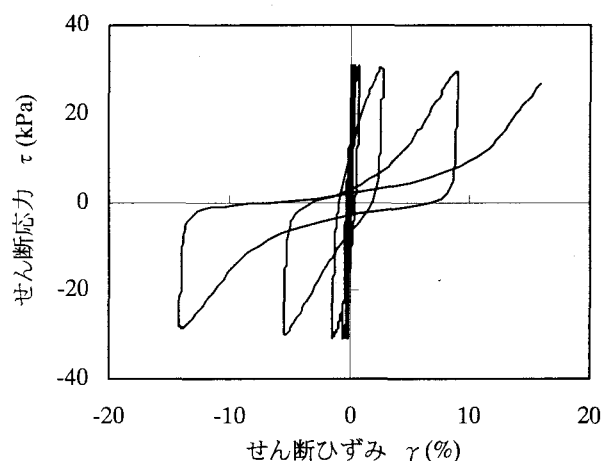


図-3 拘束圧 200kPa, せん断応力比 0.15 の場合における場合の応力ひずみ関係

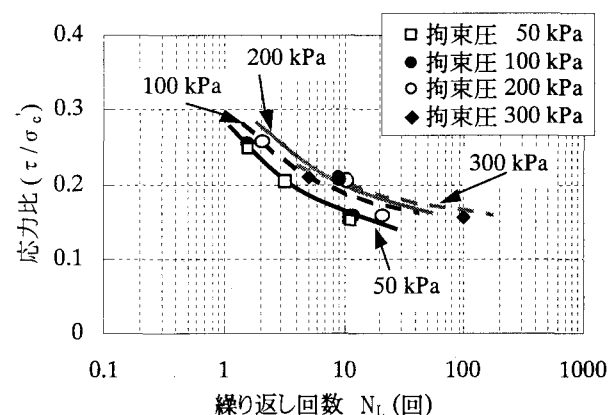


図-4 異なる拘束圧での液状化強度曲線

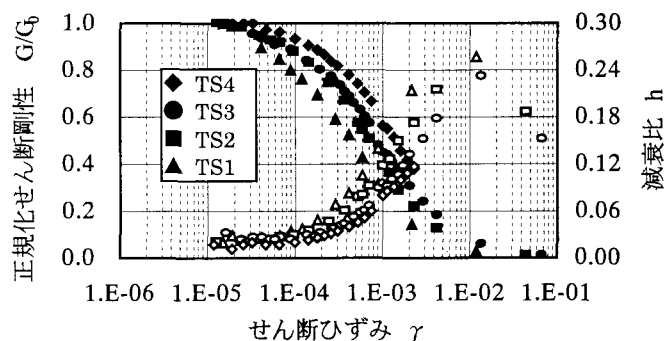


図-5 竹内シルトの正規化 G/G_0 , $h \sim \gamma$ 関係

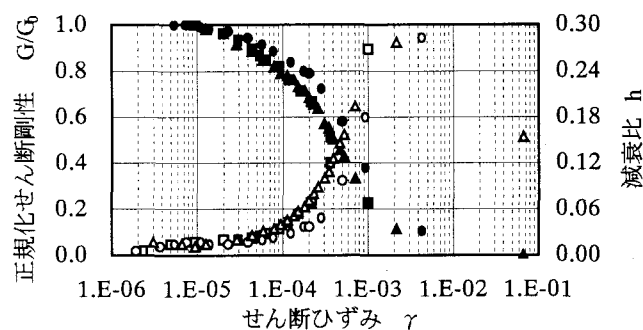


図-6 豊浦砂の正規化 G/G_0 , $h \sim \gamma$ 関係