

中央大学	学生員	○渡邊	圭
中央大学	正会員	●國生	剛治
飛島建設(株)	正会員	□沼田	淳紀
飛島建設(株)	正会員	■嶋本	栄治

1. はじめに

1987年千葉県東方沖地震では、細粒分の多い土の液状化が確認され、以来細粒分を含む土の研究が多くなされるようになった。これらの研究を行う時には繰返し非排水三軸試験機が多く用いられるが、この時にどのような載荷周波数を用いるかが問題となる場合がある。そこで、細粒分の異なる土の液状化実験を実施していく上で、載荷周波数の影響は検討しておかなければならない課題の一つである。すなわち、砂の液状化強度は周波数によって影響されない<sup>2)</sup>ことが、また粘性土については繰返し強度が周波数の影響を受けること<sup>3)</sup>が知られている。一方、シルトについては周波数の影響について、シルト分を変化させた試料を用いて研究はされている<sup>4)</sup>が、まだ不明な点も多い。ここでは、非塑性シルトを用いて三軸試験による非排水繰返し強度に対する載荷周波数の影響を検討した。

2. 試験方法

試料は、函館市浅野町の海岸埋立地で採取された非塑性シルトを用いた。函館市浅野町の海岸埋立地は、1968年十勝沖地震<sup>5)</sup>と1993年北海道南西沖地震<sup>6)</sup>において液状化が生じた地域である。用いた試料の粒度組成を図-1に示す。図中には、目安のために港湾基準<sup>7)</sup>も示した。供試体は緩いものと密なものを作成した。緩い供試体は、試料の含水比を液性限界  $w_L+20\%$ にしたものを小型圧密土槽<sup>8)</sup>を用いて24時間196kPaで圧密を行い作成した。密な供試体は、大型モールド(直径 $\phi$ 30cm×高さh36cm)で突固めによる締固め(JIS A 1210)により作成した。それぞれの供試体は、圧密または締固めの後シンウォールチューブ( $\phi$ 75mm)により採取した。供試体は、二重負圧法で飽和し、圧密応力98kPaで24時間圧密を行い、拘束圧98kPaで空圧制御による荷重振幅一定の繰返し非排水試験を行った。載荷周波数は1.0Hz、0.1Hz、0.01Hzの3種類である。

3. 試験結果

図-2に両振幅ひずみ  $DA=5\%$ に対する繰返し強度を示す。(a)は緩い供試体、(b)は密な供試体による結果である。それぞれの間隙比は  $e=1.016$  と  $e=0.781$  であった。緩い場合も密な場合も0.1Hzと0.01Hzはほぼ同じであるが、1Hzの液状化強度が大きくなる傾向が認められた。その差は特に緩いものより密なものの方が大きい。このように、周波数の大きなものの方が液状化強度が大きい傾向は、粘性土に対する性質<sup>3)</sup>と似ている。また、密な場合には0.1Hzよりも0.01Hzの方がやや強い結果になっている。

4. 考察

図-2に示したように1Hzの液状化強度が大きくなる要因として、載荷荷重の乱れが考えられる。そこで、 $DA=5\%$ に至るまでの荷重振幅の包絡線と、伸張荷重に対する圧縮荷重の比  $P_c/P_E$  について検討を行った。図-3に、一例として密な供試体について、繰返し回数を  $DA=5\%$ に至るまでの繰返し回数で正規化した正規化繰返し回数とこれらの関係を示す。荷重振

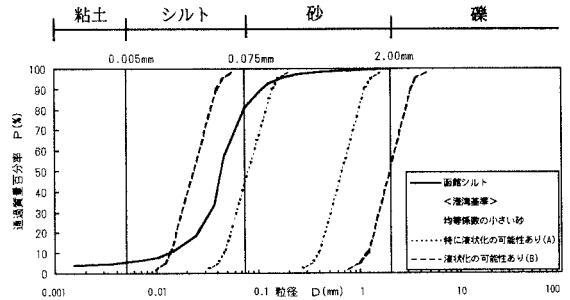
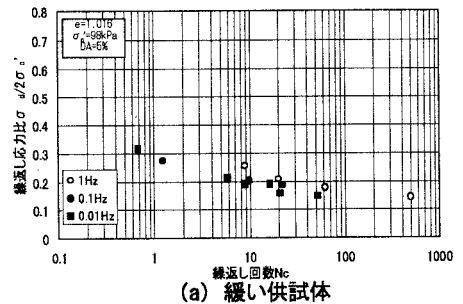
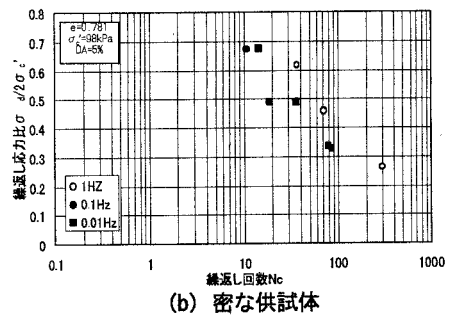


図-1 函館シルトの粒度組成



(a) 緩い供試体



(b) 密な供試体

図-2 DA=5%に対する繰返し強度

キーワード：シルト 液状化 埋立地盤 周波数 三軸試験

連絡先：中央大学理工学部土木工学科土質研究室 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 TEL 03-3817-1799

幅の包絡線は、比較しやすいように DA=1%に至るまでの平均振幅で正規化した。これらの図から、1Hz は 0.1Hz、0.01Hz に比べ、荷重振幅に乱れが大きいことが分かる。液状化強度は、DA=5%に至るまでの荷重回数  $N_c$  と、両振幅ひずみ DA=1%に至るまでの荷重荷重の平均値を用いて、繰返し応力比を定義している。しかし、図-3(a)より DA=1%に至ってから後に、荷重振幅に乱れがある場合もあることがわかる。また  $P_c/P_E$  は、1Hz については大きな乱れが観察できる。変位時刻歴や、応力ひずみ関係より、ひずみ振幅は圧縮側より伸張側が2倍以上大きく、伸張荷重が破壊に大きく寄与しているものと思われる。そこで DA=1%までの繰返し回数を求めるとともに伸張荷重で応力比を定義し各周波数の液状化強度を比較することにした。この結果を図-4 に示す。緩い場合も密な場合もほとんど同一の関係にあることがわかり、荷重周波数 1~0.01Hz の範囲では液状化強度に荷重周波数の影響がないものと考えられる。

### 5. まとめ

- (1) ここで用いた非塑性シルトの液状化強度は、周波数 1~0.01Hz の範囲で荷重周波数の影響はほとんど認められない。
- (2) 液状化強度に荷重周波数の影響があるように見えたのは、周波数の影響というよりも、むしろ空圧制御による試験方法による荷重荷重の乱れの影響であることがわかった。

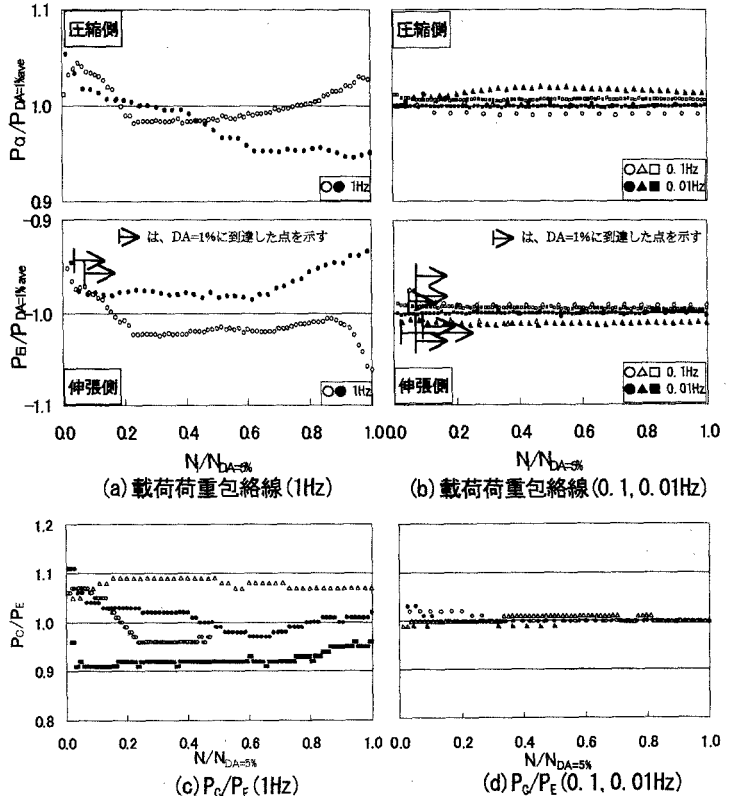


図-3 繰返し荷重回数に対する荷重荷重の包絡線と圧縮伸張荷重比の密な場合の一例

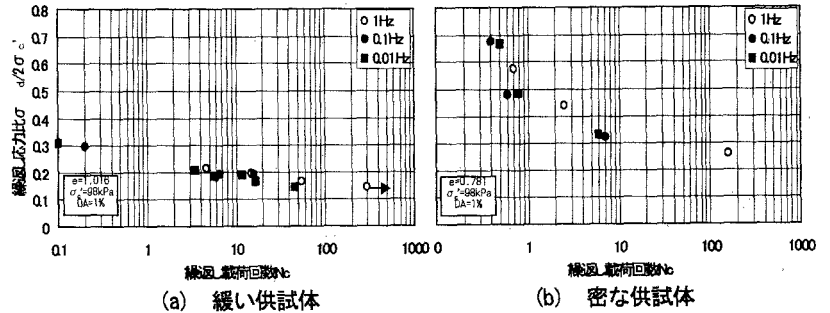


図-4 DA=1%および、伸張荷重で評価した繰返し強度

繰返し三軸試験は空圧制御で行われていることが多い<sup>9)</sup>が、荷重周波数が大きい場合には、試験結果の解釈に十分注意が必要であることがわかった。

### 参考文献

- 1) 森 伸一郎, 沼田 淳紀, 境野 典夫, 長谷川 昌弘: 埋立地の液状化で生じた噴砂の諸特性, 土と基礎, No.39-2(397), pp.17-22, 1991.2
- 2) 吉見 吉昭: 砂地盤の液状化 第二版, pp.31, 1991.5.
- 3) 山本 陽一, 兵動 正幸: 粘性土の繰返しせん断特性に及ぼす荷重速度の影響, 土木学会論文集, No.645/III-50, pp.63-76, 2000.3.
- 4) 黄 大振, 柳沢 栄司, 菅野 高弘, 川辺 英昭: シルトを含む砂の液状化強度に及ぼす荷重速度の影響, 第 29 回土質工学研究発表会, pp.849-850, 1992.6.
- 5) 1968 年十勝沖地震調査委員会: 1968 年十勝沖地震調査報告, 847pp., 1969.3.
- 6) 森 伸一郎, 沼田 淳紀: 1993 年北海道南西沖地震における函館市の臨海埋立地の液状化, 第 29 回土質工学研究発表講演集, pp.1015-1018, 1994.6.
- 7) 日本港湾協会: 13 章 地盤の液状化, 港湾の施設の技術上の基準・同解説 改訂版 (上巻), pp.281-288, 1999.5.
- 8) 沼田 淳紀, 嶋本 栄治, 染谷 昇: 非塑性シルトのサンプリング方法の検討(その 1: 土槽圧密), 土木学会第 54 回年次学術講演会, 第 3 部, pp.176-177, 1999.9.
- 9) 土岐 祥介, 三浦 清一: 飽和と非排水の共通仕様に基づく全国一斉非排水繰返し三軸試験の結果について, 土の非排水繰返し試験に関するシンポジウム発表論文集, pp.1-35, 1988.12