

(Ⅲ-26) 砂の繰返し永久変形に及ぼす拘束応力比の影響

建設省土木研究所

○高橋晃浩

建設省土木研究所

正員 松尾 修

1. まえがき

盛土のような土構造物が基礎地盤の液状化による被害を受ける場合、一般に沈下が生じる。これは、基礎地盤が液状化によりせん断変形するとともに、鉛直方向に圧縮変形することによることが実験的に明らかとなっている。¹⁾ これは、盛土直下地盤の鉛直応力が水平応力よりも常に大きい状態で繰返しせん断を受けているためと考えられる。このような観点からの要素試験は石原ら²⁾によっても行われている。そこで、異方圧密状態における繰返しせん断試験を行ってその特性を調べたので以下に報告する。

2. 試験方法

外径10×内径6×高さ10cmの中空供試体を用いて、非排水繰返しねじりせん断試験を行った。試験に使用した材料は豊浦砂で、その物理特性は $G_s=2.635$ 、 $e_{max}=0.977$ 、 $e_{min}=0.599$ である。

供試体は空中落下法(ロート法)にて作成し、相対密度は $Dr=75\sim 81\%$ である。圧密応力については、鉛直応力 σ'_{ac} がすべて 1.0kgf/cm^2 、水平応力 σ'_{rc} は 1.0 、 0.9 、および 0.7kgf/cm^2 の3種類とした。繰返しせん断は、通常の軸ひずみ拘束方式とは異なり、拘束全応力一定の下で、周波数 0.1Hz の正弦波ねじりせん断力を与えて行った。

3. 試験結果

(1)試験結果例

図-1に拘束応力比 $K=\sigma'_{rc}/\sigma'_{ac}=0.7$ のときの試験結果例を示す。この図で、せん断ひずみはいったん大きくなるが、その後小さくなっている。また、軸ひずみは、繰返しとともにほぼ単調に進行している。また、過剰間隙水圧は最初の数波でピークに達しているが、その値は約 0.6kgf/cm^2 にとどまっている。せん断ひずみ振幅が途中から小さくなっているのは、供試体が軸方向に圧縮されたことにより断面積が大きくなり、実際のせん断応力が小さくなったためである。図-2には、上記試験例における有効応力経路および、等方圧密供試体における有効応力経路を比較のために示すが、異方拘束供試体((a)図)では、常に $\sigma_{ac} > \sigma_{rc}$ という応力状態になっていることにより有効応力が0に達することができず、有効応力経路も原点から離れたところでループを描くようになっている。また、軸ひずみは、繰返しせん断の過程において、最大主応力方向に卓越してひずみが累積していくことによるものと解釈することができる。

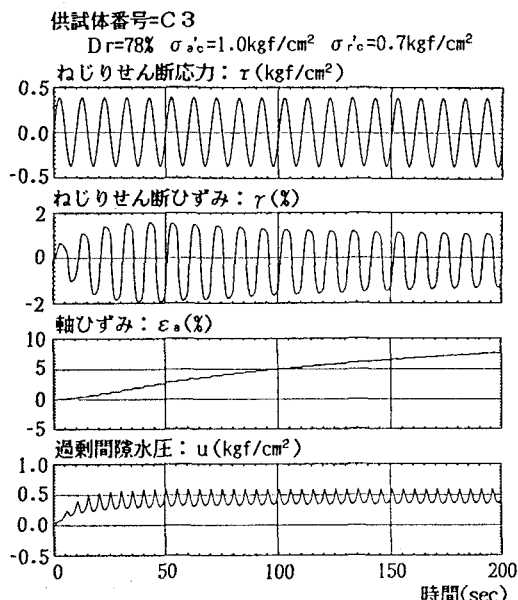


図-1 異方拘束供試体の試験結果例

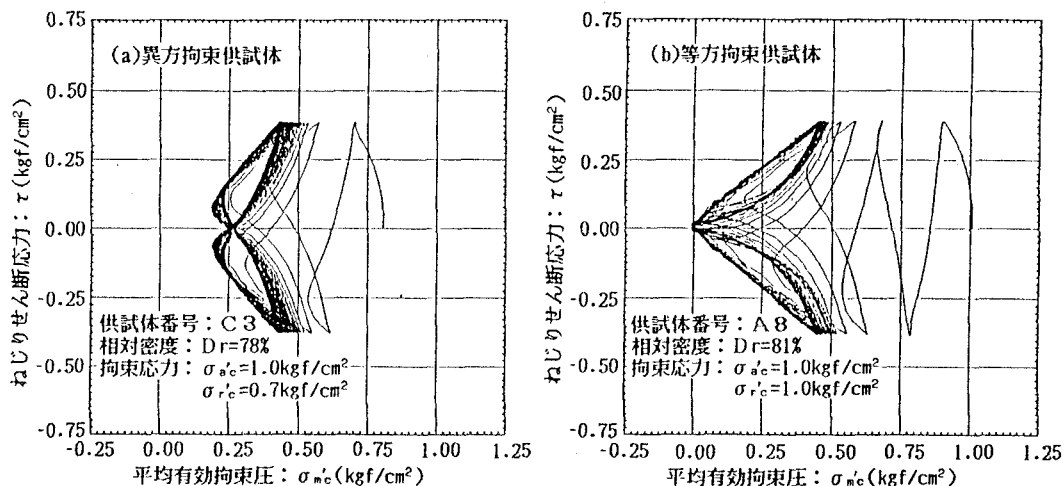


図-2 有効応力経路図の比較

(2)繰返しせん断強さ

異方拘束供試体の繰返しせん断強さをここでは次のように規定した。破壊ひずみ規準としては、単に強制せん断面上でのせん断ひずみをとることが適切でないと考えられるため、 $\gamma_{max} = \sqrt{(9/4 e_a^2 + \gamma^2)}$ で与えられる最大せん断ひずみをとった。図-3にその結果を示す。なお縦軸には繰返しせん断応力を平均有効圧密で正規化してとっている。同図より、繰返しせん断強度は等方圧密 ($K=1.0$) のものに比べて、 $K=0.9$ のときわずかに小さく、 $K=0.7$ では逆に大きくなっているのがわかる。ひずみの発生しかたは、等方圧密の場合には当然ながらせん断ひずみが卓越する（実際には、実験誤差のため軸ひずみも生じる）が、 $K=0.9, 0.7$ では軸ひずみの方が卓越する。上記試験結果は、わずかに異方である $K=0.9$ の場合の方がひずみが進行し易いことを示している。このことから、盛土のような構造物の基礎地盤の液化化抵抗は必ずしも水平地盤の場合と同列には評価できないということが言える。

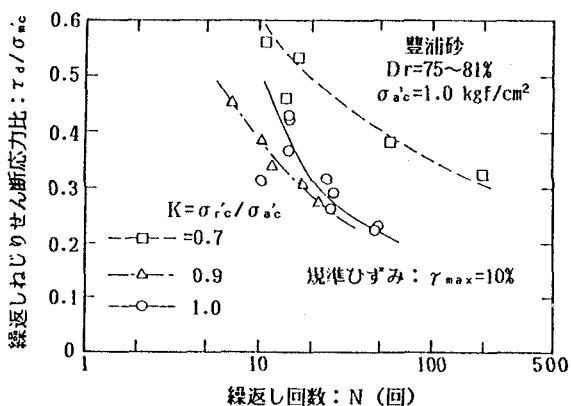


図-3 繰返しせん断強度

4. まとめ

① 異方圧密（軸変位非拘束）の状態で行うと、せん断ひずみと共に軸ひずみ（最大主応力軸方向）が卓越して発生する。

② 異方圧密状態の下での繰返しせん断強さを、主せん断ひずみを破壊規準にとって規定すると、等方圧密状態に比べて、圧密応力比 $K=0.9$ の場合にはやや弱くなり、 0.7 になると逆に強くなる。

＜参考文献＞ 1) 古賀・松尾・武藤・唐沢：盛土の地震時被災度に及ぼす入力地震動特性の影響に関する模型振動実験、第22回土質工学研究発表会講演集、pp.801~804, 1987. 2) 石原・安田：初期にせん断力を受けた砂の液化化、土木学会第29回年講、第3部、pp.150~151, 1974.