

基礎地盤コンサルタンツ(株)

○ 安田 進

曾我 誠

山口 勇

◆ さえがき ◆

今日までに提案されてきている液状化解析手法のほとんどは、対象地盤が液状化するかどうかの判定をし、液状化すると判断された場合には強度や変形係数を0にしないと判断された場合には常時のまの値を用いる、といった方法がとられている。ところが完全に液状化しない場合(不完全液状化)にも発生する過剰間ゲキ水圧に起因して地盤の変形係数が減いたり、盛工がすべり破壊を生じたりする事もある。また完全に液状化する場合にも液状化の程度(数値)により変形特性が異なり、構造物へ与える影響も異なってくると考えられる。そこで、不完全液状化～完全液状化の種々の液状化状態後の静的せん断特性について実験を行なって考察を助えてみた。

◆ 実験方法 ◆

実験装置は振動三軸試験装置を、試料は豊浦標準砂を用いた。水をはったモールドに脱気した試料を比較的ゆるく詰め(圧密後間隙比がすべて約0.75になるように)したあと、 $\sigma'_0 = 1 \text{ kg/cm}^2$ の圧力で等方圧密を行なった。そしてその後次のような載荷を行なった。

方法1 …… 非排水→繰返しせん断(完全液状化または不完全液状化)→静的せん断

方法2 …… 排水で静的せん断→静的せん断力を加えたまま供試体内に水圧を送りこむ

なお、繰返しせん断、静的せん断とも側圧一定で軸圧だけ変化させる方法をとった。また、方法1では完全飽和($B \approx 0.95$)を期すために 1 kg/cm^2 のバックプレッシャーを加えた。

◆ 繰返しせん断後に静的せん断を行なった場合 ◆

繰返しせん断後に静的せん断を行なった場合の静的応力比 R と σ'_0 の関係と Fig. 1 に示した。これは繰返しせん断力(4種類、ただし液状化応力比 R より小さいもの1種、大きいもの3種)を20サイクル加えた後に静的載荷した場合の実験結果である。図中 R と記したのは応力比(=繰返し軸応力の片振幅/200')であり、 U_r は20回繰返した時に残留していた間ゲキ水圧である。また、 E_r と示したのは静的せん断に移る前に生じていた軸ヒズミであり、横軸の軸ヒズミはその後のヒズミ量(ただし供試体高さとしては圧密後のものを用いた)を示している。なお、 $R=0$ の結果は繰返しせん断を行わず静的せん断のみ行なったものである。

Fig. 1 を見てわかるように、完全に液状化したものについても軸ヒズミの

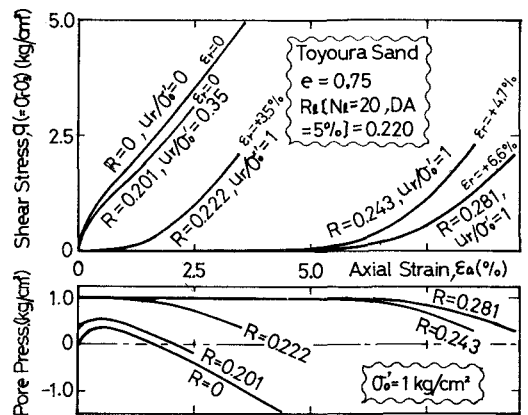


Fig. 1 繰返しせん断後の静的せん断実験結果

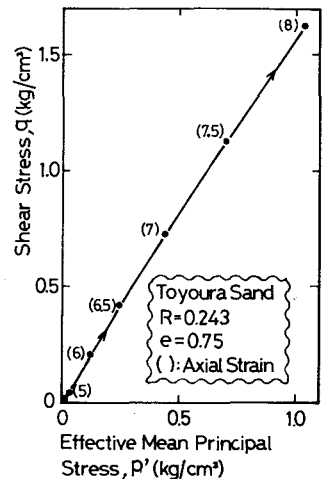


Fig. 2 静的せん断中のstress path

増加とともにせん断抵抗力は上昇している。この場合、Fig. 2に示したように、通常の静的せん断と同様にstress pathは破壊線に沿って昇ってゆく恰好となった。このように応力

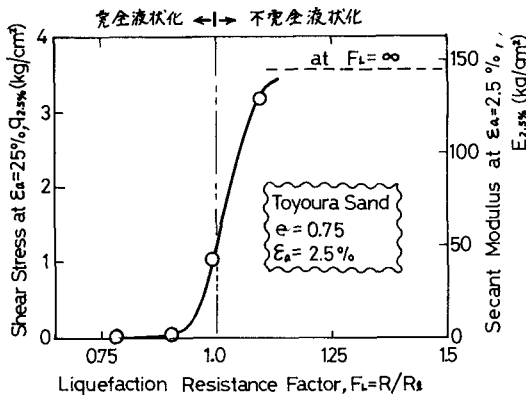


Fig. 3 液状化抵抗係数と $E_a=2.5\%$ における σ_v 、 E の関係

へヒズミ関係にピーク値が出ないため、 $E_a=2.5\%$ を破壊の目安にとり、この場合の応力 σ_v と割線係数 $E_{2.5\%}$ ($=\sigma_{2.5\%}/0.025$)をとってみた。これらの値と F_L との関係を示したのがFig. 3である。ただし F_L とは、各供試体の R を液状化応力 R_e (この試料では20回の繰返しで再度液状化する応力 R_e は0.220である)で除した値であり、液状化抵抗係数と同じ意味をもつ。図からわかるように、不完全液状化の場合でも F_L の値が大きいと $\sigma_{2.5\%}$ は小さくなり、完全液状化の場合でも F_L の値により $\sigma_{2.5\%}$ の値は異なっている。

次に、残留間隙水圧比 u_r/σ'_v と $\sigma_{2.5\%}$ 、 $E_{2.5\%}$ との値をプロットしたのがFig. 4である。 u_r/σ'_v が大きくなるにつれこれらの値が減少することがこの図からわかる。なお、不攪乱試料について同様の実験を行った結果(ただし、この場合は R を全供試体ともほぼ同じ値にし、所定の u_r/σ'_v に達した回数で繰返しせん断を止め、静的せん断を行っている)をまとめてみるとFig. 5のようになり同じような傾向となっている。

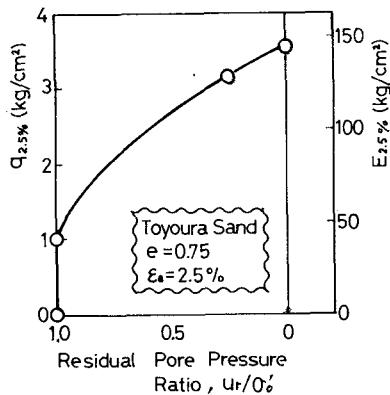


Fig. 4 残留間隙水圧比と $E_a=2.5\%$ における σ_v 、 E の関係

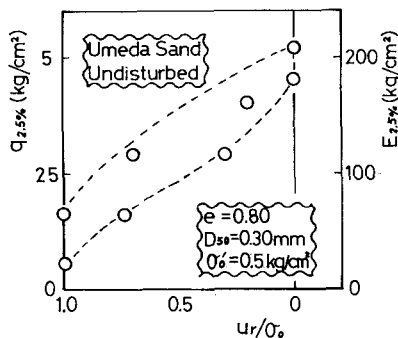


Fig. 5 不攪乱砂の $u_r/\sigma'_v \sim \sigma_v$ 、 E 関係

◆ 静的せん断後に供試体内部の間隙水圧を上昇させた場合 ◆

圧密後排水状態で静的せん断力を加え、そのまわの載荷状態で供試体内に水圧を加えた場合の実験結果をFig. 6に示した。当然の事ながらある間隙水圧に達するとヒズミが急増し、その間隙水圧の値は静的せん断力が大きいほど小さくなっている。

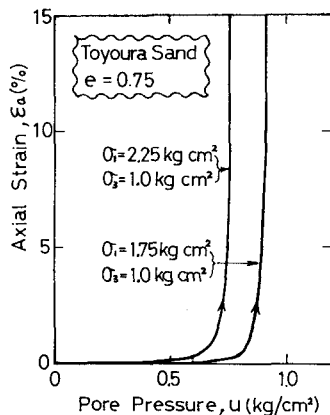


Fig. 6 水圧上昇量と軸ヒズミ関係

◆ あとがき ◆

繰返しせん断後に静的せん断を行なって、液状化の程度と変形特性の関係などについて考察してみた。ただし、以上の結果は土の一要素についての基礎的な実験結果であり、液状化に至る時の地盤と構造物との相互作用を扱う場合には、問題はさらに複雑になるであろう。²⁾

＝謝辞＝ Fig. 5のデータに関しては首都高速道路公団の中川誠志氏の御協力を得た。末筆ながら感謝する次第である。

＝参考文献＝ 1) 中川誠志(1979), "不攪乱砂の液状化傾向に関する2, 3の実験", 土木学会関東支部講演会 2) 例えば 若柳敏男、龍岡文夫、丸山泉、佐原章雄(1978), "液状化する砂層中の杭の動的挙動に関する模型振動実験(2報)", 初回土工学会研究発表会