

Ⅲ－39

砂の液状化過程における体積弾性係数の変化

東北大学工学部土木工学科

○浅野隆司

東北大学工学部土木工学科 正会員 仙頭紀明, 渦岡良介, 風間基樹

1.はじめに

有効応力解析モデルのパラメータとして用いられる体積弾性係数 K は間隙水圧上昇特性を規定する重要なパラメータである。液状化過程における砂質土のせん断弾性係数 G の実験結果は古関ら¹⁾によって報告されているが、 K に関する実験は行われていない。現状では、 K の拘束圧依存性は0.5または1.0乗として扱われているが、その明確な実験的根拠は示されていない。そこで、本研究では中空ねじりせん断試験装置と間隙水流量制御装置を用いて、せん断および体積弾性係数を直接測定し、豊浦砂の液状化過程における弾性剛性の変化を計測した実験結果を報告する。

2.実験方法

供試体寸法は、外径10cm、内径6cm、高さ10cmである。実験に用いた試料は、豊浦砂である。供試体は空中落打法 ($Dr=43\%, 64\%$) または突き固め法 ($Dr=64\%$) で作成した。供試体は20kPaにて予備圧密した後、二酸化炭素、脱気水を循環させ飽和させる。さらに背圧200kPaを約1時間作用させた後、有効拘束圧100kPaで等方圧密した。非排水繰返しせん断履歴は、ひずみ振幅漸増型の三角波とし、その振幅は片振幅で0.1%(5波)、0.2%(5波)、0.5%(3波)、1%(3波)、2%(3波)、5%(1波)とした。弾性係数を求める除荷・再載荷はせん断ひずみで片振幅0.005%程度、体積ひずみは片振幅0.0063%とし、図1の拡大図(a)のような挙動を示す。相対密度64%のケースについては、図1に示すように繰返しせん断試験前に圧密応力の等方除荷と圧密再載荷試験を行った。繰返しせん断試験後は図1に示すように再圧密を行った。なお、上記の圧密過程にも図1拡大図(b),(c)に示すような微小な除荷・再載荷（体積ひずみ片振幅0.0063%）を行った。

3.結果と考察

供試体を空中落打法で作成した非排水繰返しねじりせん断試験における応力とひずみの関係を図2に、有効応力経路を図3にそれぞれ示す。図2の拡大図

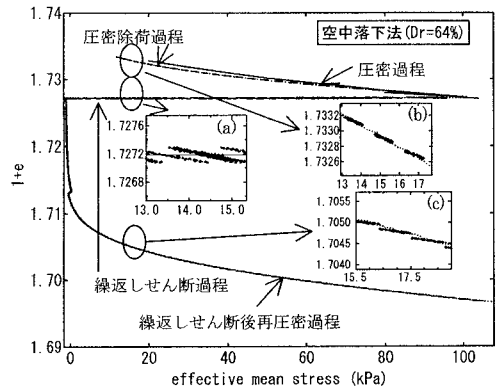


図1 実験全体の比体積と有効平均主応力の関係

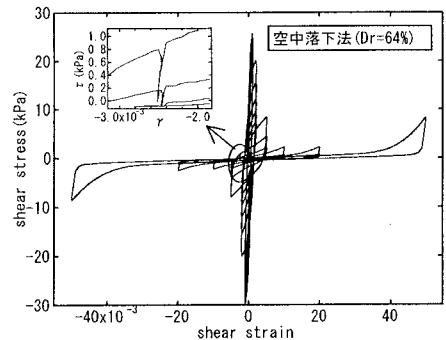


図2 せん断応力とせん断ひずみの関係

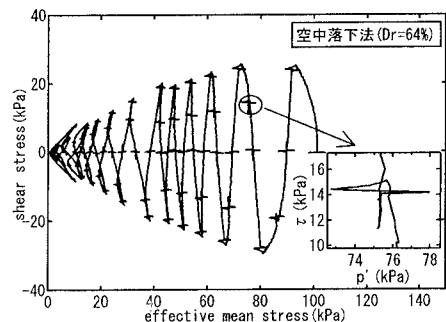


図3 せん断応力と有効平均主応力の関係

でわかるように微小除荷・再载荷を行った地点ではせん断ひずみの変化とともにせん断応力の変化が見られる。また、図3の拡大図において水平方向の突起部が体積ひずみの除荷・再载荷を行った地点である。

図4に非排水繰返しねじりせん断試験によって求められた体積弾性係数 K と有効平均主応力の関係を示す。図4からわかるように、中密の供試体では空中落下法または突き固め法のいずれで作成してもほぼ同じ K の値が得られた。一方、ゆる詰めめの供試体では K の値は中密の供試体と比べると小さい値が得られた。図4に実線と2点鎖線で示したように、有効拘束圧 $0 \sim 100 \text{ kPa}$ の範囲で K は拘束圧の 0.7 乗に依存していると考えられる。

図5にせん断試験前圧密除荷、繰返しせん断過程、液状化後再圧密過程のそれぞれにおける体積弾性係数と有効平均主応力の関係を示す。図5からわかるように、せん断前とせん断中の過程はほぼ同じように変化している。このことから、いわゆる膨潤過程における K と液状化過程における K はほぼ同じとみなせる。再圧密過程がわずかに大きな値をとっているが、これはせん断試験後には粒子の再配列が起こり、再圧密時には供試体が密になるためだと考えられる。

図6に非排水繰返しねじりせん断試験によって求められたせん断弾性係数 G と有効平均主応力との関係を示す。 G に関してはバラツキが多いが、実線で示した有効拘束圧の 0.6 乗の付近に分布している。バラツキが多いのは、先に示したせん断ひずみの除荷量が微小であるので誤差が大きくなるためである。

図7にそれぞれの実験で得られた K と G より求めたポアソン比 $\nu = (3K - 2G) / (6K + 2G)$ と有効平均主応力の関係を示す。有効拘束圧が $0 (\text{kPa})$ の付近では測定限界となるため、データの信頼性は低い。信頼できるのは有効拘束圧 $5 (\text{kPa})$ 以上のデータであろう。また、全体的に見てポアソン比は 0 の付近に分布している。

4. 結論

(1) 豊浦砂の体積弾性係数 K は有効拘束圧の 0.7 乗に依存している。(2) 豊浦砂の体積弾性係数 K は試料の作成方法によらず密度に依存する。(3) 弾性域に置けるポアソン比は 0 の付近に分布している。

参考文献 1) 古関ら(1999), "液状化過程における豊浦砂の微小変形特性", 第34回地盤工学研究発表会, pp.411-412

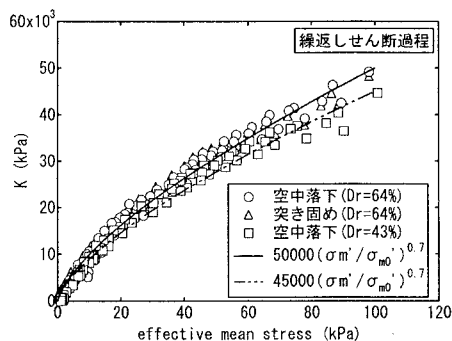


図4 異なる供試体の体積弾性係数

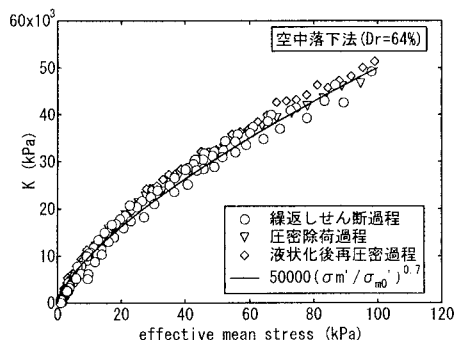


図5 圧密・繰返しせん断・再圧密過程の体積弾性係数

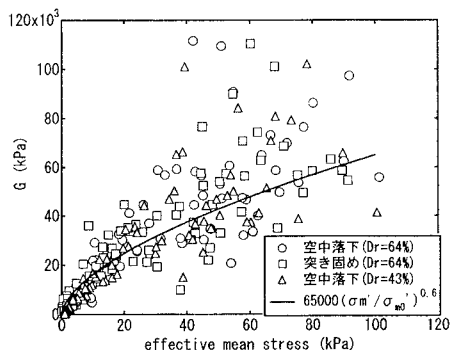


図6 異なる供試体のせん断弾性係数

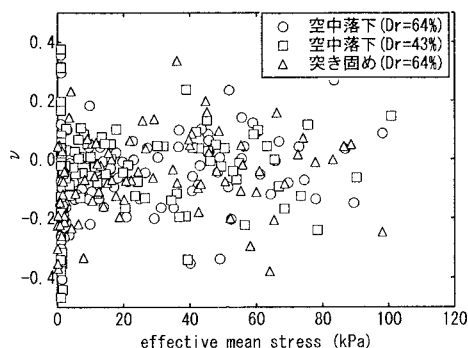


図7 KとGから算定した供試体のポアソン比