

Ⅲ－34

地盤の透水性が地震時の繰返しせん断挙動に及ぼす効果について —二相系地震応答オンライン実験システムの検証—

東北大学工学部土木工学科 学生会員
同 上 正 会 員

○坂本克洋 大村洋史
仙頭紀明 渦岡良介 風間基樹

1. はじめに

飽和土の地震時の力学特性は非排水条件下での繰返しせん断履歴を対象に議論されてきた。しかし間隙水の移動を考慮した研究は数値解析的には行われているが、要素試験¹⁾を用いてはほとんど行われていない。

本研究では、3 質点 3 要素のオンライン実験を行い、透水性の効果を検討した。オンライン実験では数値構成モデルの代わりに、要素試験から直接的に繰返しせん断挙動を反映させることができる点が特徴である。

2. 試験方法

2.1 対象とした地盤構造と質点系へのモデル化

本研究で対象とした地盤構造と質点系へのモデル化を図 1 に示す。地盤モデルは 3 層構造とし、層厚は各 2 m とした。飽和地盤を多質点系バネモデルでモデル化し、境界条件は、上部境界は上載圧が大気圧、間隙水圧が 0 の応力境界、自由排水境界とする。下部境界は変位固定境界、非排水境界とする。拘束圧は等方圧で 1 層目から順に 9.1, 27, 46 kPa である。

2.2 試料

試料として常陸那珂砂を使用した。最大、最小間隙比は $e_{\max}=1.438$, $e_{\min}=0.505$, 比重は $G_s=2.674$ である。供試体の相対密度は約 80% に統一した。

2.3 入力波

入力波は最大加速度 220 Gal, 時間刻み 0.01 秒の El Centro 波(NS 成分)を用いた。加振時間は 40 秒である。入力波の加速度の時刻歴を図 2 に示す。

2.4 供試体作成方法

比較的低拘束圧の 1, 2 層目の要素試験には簡易単純せん断試験機を使用した。簡易単純試験機は拘束圧を負圧で与えるため低拘束圧での試験に適している。最も拘束圧の大きい 3 層目には拘束圧を正圧で与える単純せん断試験機を使用した。以下に供試体作成方法を示す。

i) 簡易単純せん断試験機

凍結させた試料 7.8 kPa で予備圧密し、供試体を十分に解凍して通水し、その後所定の拘束圧をかける。供試体の寸法は直径 6 cm, 高さ 2.5 cm である。

ii) 単純せん断試験機

試料は乾燥試料を用い 10 kPa で供試体を予備圧密し、十分に二酸化炭素を流し、通水する。飽和度を高めるために 98 kPa の背圧をかけ、拘束圧をかける。供試体の寸法は直径 7 cm, 高さ 3 cm である。

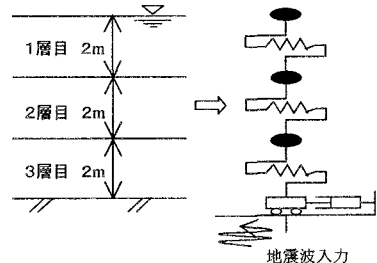


図 1 対象地盤と質点系へのモデル化

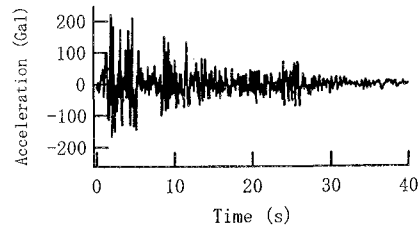


図 2 入力波形

3. 実験結果及び考察

地盤の透水性を表す指標として透水係数を考える。仮想的に数値計算上の層の透水係数 k を変化させて間隙水の移動を制御した 3 質点 3 要素のオンライン実験を行った。水平地盤を仮定しているため、初期せん断応力はゼロである。

図 3 に $k=0.1, 0.01, 0.001 \text{ cm/s}$ の条件での 3 層目の応力ひずみ関係を示す。図 3 より透水係数が小さくなる、つまり排水性が悪くなるほど大きなひずみが発生していることが分る。排水性が向上すると 3 層目から 2 層目への間隙水の移動量が大きくなりその結果過剰間隙水圧の上昇が抑えられ、変形に対する抵抗も大きくなる。 $k=0.01$ と 0.001 cm/s の応力ひずみ関係のパターンはほぼ同じとみなせるが、最も透水係数の大きい $k=0.1 \text{ cm/s}$ の場合、ひずみの発生量は他の条件と比較して明らかに小さくなっている。このことは図 4 に示した残留変位からも分る。最も排水性の良い条件では他と比較してほとんど残

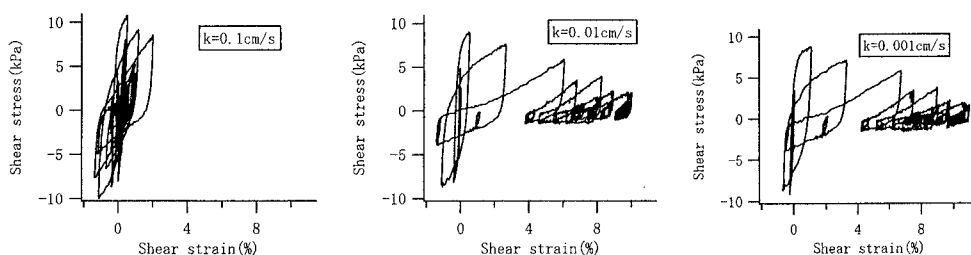


図3 応力ひずみ関係

留変位を生じていない。また入力波の加速度が直接的に影響する3層目が最も大きく変位している。図3において $k=0.01\text{cm/s}$ と 0.001cm/s の場合ひずみが大きく正側に偏っているが、これは入力波形の特性によるものである。

図5に体積ひずみの加振中の時刻歴を示す。図5より各層間での間隙水の移動を把握できる。体積ひずみの正の値は体積が収縮する、つまり間隙水が排出されることを意味する。透水係数が大きくなるにつれて間隙水の移動量が大きくなり、体積ひずみも大きくなる傾向が見られる。また、どの透水係数においても1層目は他の層と比較してほとんど体積ひずみを生じていない。3層目は下部が非排水境界であり、排水される間隙水は2層目に移動する。1層目が他の層と比較してほとんど体積ひずみを生じていないことを考慮すると、3層目から排水された間隙水を2層目が吸収してしまい1層目と2層目の間では間隙水のやり取りがほとんど行われていない。以上のことは2層目と3層目のグラフの形状が上下対称になっていることから分る。図6に加振終了時の地表面の沈下量を示す。排水性の良い $k=0.1\text{cm/s}$ の条件では大きな沈下量が見られ、より多くの間隙水が排出されたことが確認できる。

図5で $k=0.01, 0.001\text{cm/s}$ の場合、加振終了まで体積ひずみがほぼ線形に増加する。一方、 $k=0.1\text{cm/s}$ の場合、加振時間の半分の20秒付近に達すると、それまでほぼ線形に増加していた体積ひずみの変化が見られなくなる。図2より分るように入力波形の主要動は前半に集中しており、これらの加速度の大きい波の影響で、排水性のよい($k=0.1\text{cm/s}$)の条件では加振前半で間隙水の移動が終了し体積ひずみの増加が止まったものと思われる。

4. おわりに

間隙水の移動を制御した3質点3要素のオンライン実験を行い地盤の透水性が繰返しせん断挙動に及ぼす力学特性について考察した。今後の課題として、初期せん断が加わった場合の挙動について実験を行

い、比較・考察することが考えられる。

参考文献

- 1) 仙頭紀明, 山口晶, 君島芳友, 風間基樹, 渦岡良介: 非排水繰返しせん断履歴後の砂の間隙水流入時せん断変形発達特性, 第11回日本地震工学シンポジウム, pp.807-812, 2002.

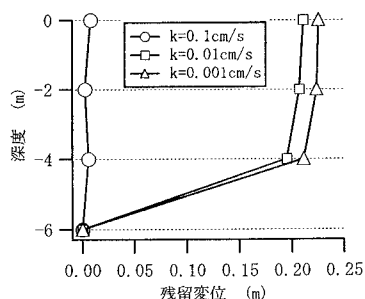


図4 残留変位(加振終了時点 $t=40\text{s}$)

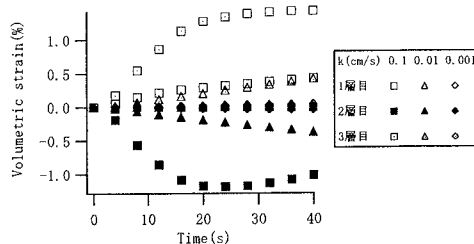


図5 体積ひずみ時刻歴

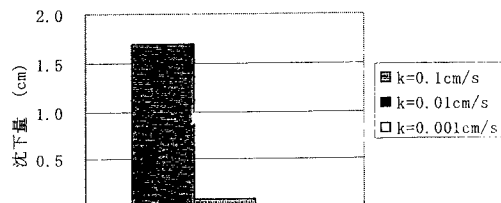


図6 地表面における沈下量(加振終了時点 $t=40\text{s}$)