

2 質点系オンライン地震応答実験による地盤の液状化挙動 -その1 透水を考慮した飽和砂地盤に対する検討-

Liquefaction Behavior of Ground by Pseudo Dynamic Tests of 2 Mass System -Part 1 Consideration on Saturated Sand Considering Permeability-

○上原勇人¹ 山田雅一² 道明裕毅² 中里雄喜¹

*Hayato Uehara¹, Masaichi Yamada², Yuki Domyo², Yuki Nakazato¹

Abstract: In this paper, pseudo dynamic tests of multi-degree-of-freedom system in consideration of permeability were conducted. Experiment results, permeability due to the liquefaction of the lower layer influences the loss of effective stress accompanying the increase of excess pore water pressure and the development of shear strain due to the decrease of rigidity.

1. はじめに

地盤の表層付近において飽和砂層の液状化の可能性を検討する場合や透水性の高い砂層が直近に存在する場合には、地震動の継続時間中においても透水が起こるものと考えられる¹⁾。また、液状化強度の高い砂層においても下部砂層の液状化による過剰間隙水圧の伝搬で液状化近くまで至る可能性も示唆されている²⁾。

既報³⁾では、原地盤に近い応力・変形状態を再現できる中空ねじりせん断試験機を用いた透水を考慮した多質点系オンライン地震応答実験システムを開発している。

本報では、透水を考慮した 2 質点系オンライン地震応答実験(以下、オンライン実験)を用いて霞ヶ浦砂を用いた地盤を対象に、地盤特性による透水が液状化挙動に与える影響を評価する。

2. 実験概要

2.1 オンライン実験概要について

本実験では、既報³⁾で示した透水を考慮した多質点系オンライン地震応答実験を用いる。詳細は既報³⁾を参照されたい。

2.2 想定地盤および実験試料の物理特性

オンライン実験で想定する地盤は深さ 10m (上層 5m, 下層 5m) の 2 層系飽和砂地盤とした。供試体は各層の midpoint の有効上載圧を再現した。

実験に用いた試料は、霞ヶ浦砂を使用し、その物理的性質を Table 1 に示す。供試体は JGS 0550 に準拠して空中落下法により中空円筒状(高さ 10cm, 外径 10cm, 内径 6cm)に作製した。なお、B 値が 0.95 以上であることを確認した飽和砂供試体である。

また、本研究では、透水を考慮する際に重要な透水係数と体積圧縮係数が実験結果に大きく依存することに対して、試料の物性値を反映させたオンライン実験を行った。なお、透水係数 k は通過質量百分率 20% に値する D_{20} (mm)を用いて Creager の推定式⁴⁾をより算出し、体積圧縮係数 m_v は、要

素試験結果から想定する地盤深さの拘束圧に依存する値を算出した⁵⁾。

2.3 実験条件

実験条件を Table 2 に示す。ここで Case 1 では透水を考慮しないオンライン実験、Case 2 では透水を考慮したオンライン実験を行った。

なお、実験条件の設定は、Case 1 と Case 2 では上層と下層共に中砂程度である霞ヶ浦砂を用いた実験で、相対密度に関しては下層が液状化し、その透水の影響が上層に表れるような地盤を想定した。また、入力地震波は El Centro-NS 成分(最大加速度 270gal, 刻み時間 0.01 秒, 継続時間 53.76 秒)を用いた。

3. 実験結果および考察

オンライン実験で得られた過剰間隙水圧比時刻歴を Figure 1 に、有効応力経路および応力-ひずみ関係を Figure 2, 3 に示す。また、過剰間隙水圧比時刻歴には液状化と判断する過剰間隙水圧比 0.95 の値を点線で併せ示した。

Case 1 と Case 2 の各実験結果に着目すると、Figure 1 より過剰間隙水圧比時刻歴では透水を考慮していない Case 1 の上層は地震動に伴う過剰間隙水圧の上昇が見られるが、下層の液状化により上層へせん断波がほとんど伝わらずその

Table 1. Physical properties of sample

Sample	Soil particle density ρ_s (g/cm ³)	Maximum void ratio e_{max}	Minimum void ratio e_{min}	20% grain diameter D_{20} (mm)	Average grain diameter D_{50} (mm)	Uniformity coefficient U_c
Kasumigaura sand	2.755	0.94	0.61	0.32	0.53	3.26

Table 2. Experiment condition

Case No.	Ground condition	D_r (%)	G_0 (kN/m ²)	ρ_t (g/cm ³)	k (cm/s)	m_v (m ² /kN)
1	High layer	78	45413	2.045	-	-
	Lower layer	64	72354	2.019	-	-
2	High layer	82	39308	2.053	0.02	8.77×10^{-5}
	Lower layer	64	71840	2.015	0.02	6.92×10^{-5}

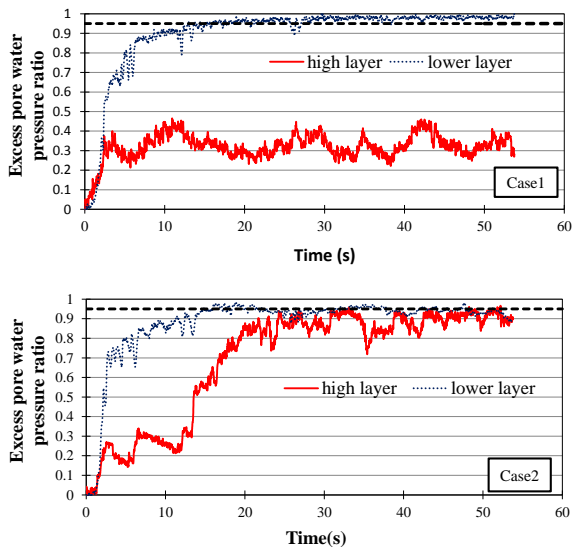


Figure 1. Time history of excess pore water pressure

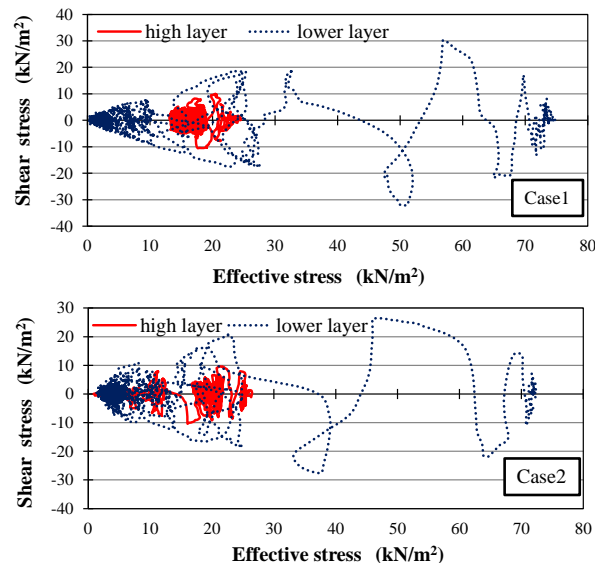


Figure 2. Effective stress path

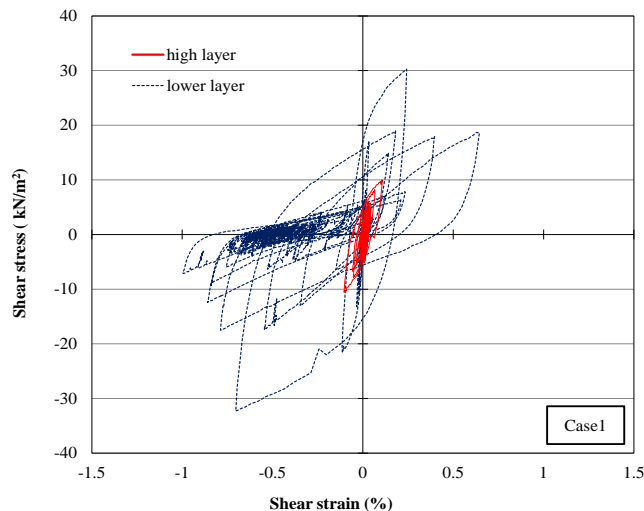
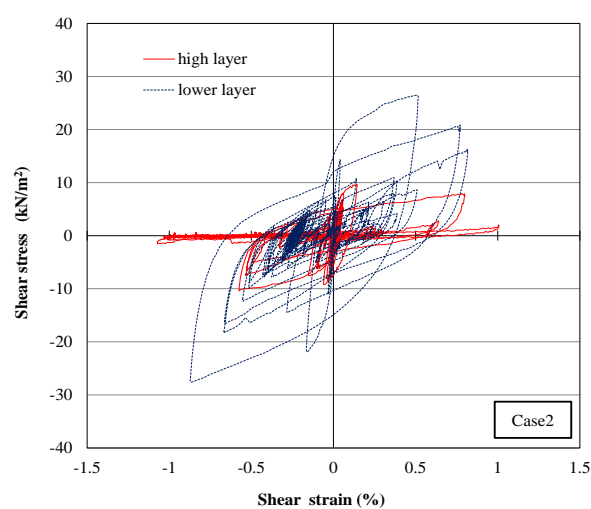


Figure 3. Relationships between shear stress and shear strain



後、収まっている。一方、透水を考慮した Case2 では下層の液状化による過剰間隙水圧の伝搬で時間とともに上層の過剰間隙水圧比が大きく上昇し 0.95 に至り、液状化している。また、Figure 2 より、有効応力経路においても Case1 では上層の有効応力が過剰間隙水圧と同様に収束しているが、Case2 の上層は下層からの透水によって有効応力が著しく損失し、せん断応力がゼロとなっていることが確認できる。Figure 3 より、Case1 の上層では剛性の低下が見られない一方で、Case2 の上層は過剰間隙水圧の伝搬が剛性の低下に影響を与え、せん断ひずみが大きく発達していることが見て取れる。したがって、下層の液状化による透水は、過剰間隙水圧の上昇に伴う有効応力の損失、剛性低下によるせん断ひずみの発達に影響を与える。

4. まとめ

本報告では、透水を考慮した 2 質点系オンライン地震応答実験を行った。実験結果より、下層の液状化による過剰

間隙水圧の伝搬に伴い、上層の過剰間隙水圧比の上昇や有効応力の損失が確認された。また、剛性低下によるせん断ひずみの発達が起きたことから、透水の有無は液状化挙動に影響を与えることを示した。

【参考文献】

- 1) 梅原靖文, 善功企, 浜田浩二: 排水効果を考慮した飽和砂の液状化強度, 港湾空港技術研究所報告, Vol.20, No.1, 1981.3.
- 2) 小林恒一, 吉田望, 規矩大義: 液状化が上部非液状化層に及ぼす影響, 第 41 回地盤工学研究発表会, No.1023, pp.2045-2046, 2006.7.
- 3) 山田峻作, 山田雅一, 道明裕毅, 安達俊夫: 透水が地盤の液状化挙動に与える影響—2 質点系オンライン地震応答実験に与える影響—, 第 50 回地盤工学研究発表会, No.245, pp.489-490, 2015.9.
- 4) Creager, W.P., Justin, J.D and Hinds, J: soil tests and their utilization in, in Engineering for dams, Vol.III: Earth, Rock-fill, Steel and Timber Dams, John Wiley and Sons, pp.645-654, 1944.
- 5) 酒匂教明, 畑中宗憲, 内田明彦, 田屋裕司: 不攪乱砂質土の体積圧縮係数, 第 34 回地盤工学研究発表会, No.197, pp.395-396, 1999.7.