

透水を考慮したサブストラクチャ・オンライン地震応答実験

—その3 透水が地盤挙動に与える影響—

Substructure Pseudo Dynamic Test Considering Permeability

-Part 3 Influence of Permeability on Ground Behavior-

○小島幹生¹, 山田雅一², 道明裕毅², 井上健太³*Mikio Kojima¹, Masaichi Yamada², Yuki Domyo², Kenta Inoue³

Abstract: In this study, a substructure pseudo dynamic test considering permeability was conducted. We compared the excess pore water pressure ratio time history to shear stress time history, relationship between shear stress and shear strain, and effective stress path obtained from the experiment results. We examined the influence of permeability on their behaviors. The knowledge obtained are shown below. (1) When the excess pore water pressure ratio fluctuates greatly, the shear stress increased. (2) Due to the decrease of the excess pore water pressure ratio due to permeability, shear stress increased and rigidity increased. (3) The effective stress path showed behaviors following fracture line, and the effective stress recovered during permeability.

1. はじめに

本研究では、透水を考慮したサブストラクチャ・オンライン地震応答実験システムを開発し、透水が地盤の液状化に与える影響について検討する。前報その1¹⁾では、開発した実験システムの概要について報告した。前報その2²⁾では、開発を行ったシステムを用いて予備実験を行い、その実験結果および透水が地盤の地震時挙動に与える影響について報告をしている。本報では、前報その2²⁾の実験結果を用いて、透水が地盤挙動に与える影響について検討する。

2. 実験概要

Table 1 に地盤モデルを示し、Fig.1 に入力地震動を示す。本実験では、2 層目をオンライン地震応答実験層（液状化対象層）、その他の層を非線形解析層とした。オンライン地震応答実験には中空ねじりせん断試験機を用い、解析層には H-D モデルを用いた。詳細については、前報その2²⁾を参照されたい。

3. 試験結果

本報では、透水による地盤挙動を検討するために、実験層の水圧挙動に着目し、変動の大きい箇所について検討を行う。以下に示す Fig.2~Fig.5 において、図中

の灰色の点線は全時刻歴を示し、本報で着目した箇所を黒色の実線で示す。Fig.2 に実験で得られた過剰間隙水圧比時刻歴を示す。本報では、Fig.2 中の破線で囲い示す①部を初期液状化時、②部を液状化時、③部を透水時と称す。

まず、せん断応力時刻歴に着目し、過剰間隙水圧比時刻歴との関連性について検討する。Fig.3 にせん断応力時刻歴を示す。同図中に、Fig.2 で着目した挙動と同じ時刻の地点を破線で囲い示す。Fig.3 の初期液状化時の結果を見ると、せん断応力が大きく増加している。これにより、初期液状化時において過剰間隙水圧比が大きな変動を起こすとせん断応力も大きく変動することが確認できる。また、液状化時、透水時においても同様に過剰間隙水圧比の変動に伴い、せん断応力の変動が確認できる。

次に、せん断応力-せん断ひずみ関係に着目する。Fig.4 にせん断応力-せん断ひずみ関係を示す。同図(a)より、初期液状化時では液状化によって剛性が低下し、せん断応力の増加に伴って剛性が回復している挙動が見られた。これにより、ダイレイタンシーによる剛性の回復挙動が確認できる。同図(b)より、液状化時では初期液状化時と同様の挙動を示すが、地震動加速度が小さくなった影響からせん断ひずみが減少した。同図

Table 1. Ground model

Layer No.	Soil	Layer thickness H (m)	Wet density ρ_w (g/cm ³)	Void ratio e	Effective overburden pressure σ'_v (kN/m ²)	Initial shear modulus G_0 (kN/m ²)	Reference strain γ_r (%)	Coefficient of volume compressibility m_v (m ² /kN)	Coefficient of permeability k (cm/s)
1	Sand and gravel	3	2.141	0.644	42.0	1.48×10^5	0.012	4.10×10^{-3}	0.2
2(Test)	Fine sand	3	1.929	0.756	142.8	$8.12 \times 10^4 \sim 8.45 \times 10^4$	—	2.58×10^{-3}	0.002
3	Fine sand	3	1.949	0.719	237.8	1.26×10^4	0.076	2.12×10^{-3}	0.002
4	Fine sand	3	1.949	0.719	333.3	1.46×10^5	0.092	1.87×10^{-3}	0.002
5	Fine sand	3	1.970	0.682	429.3	1.79×10^5	0.128	1.70×10^{-3}	0.002
6	Fine sand	3	1.970	0.682	525.9	1.92×10^5	0.144	1.57×10^{-3}	0.002

1 : 日大理工・学部・建築 2 : 日大理工・教員・建築 3 : 日大理工・院(前)・建築

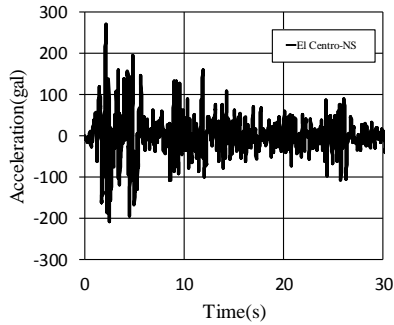


Fig.1. Input ground motion

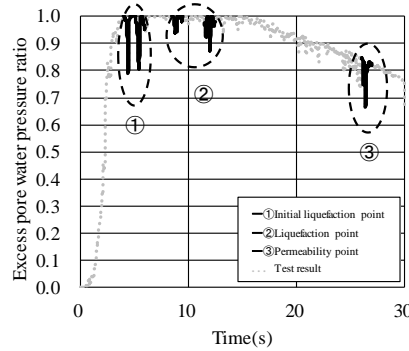


Fig.2. Excess pore water pressure ratio time history

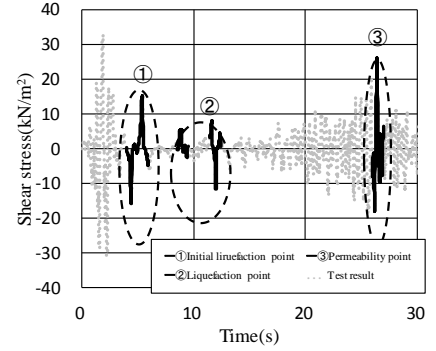
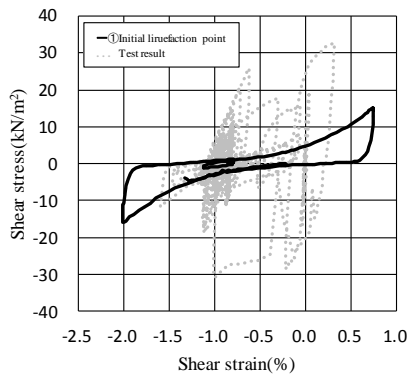
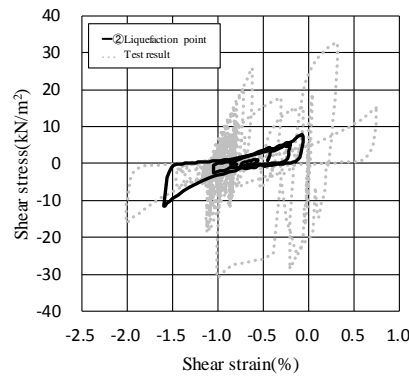


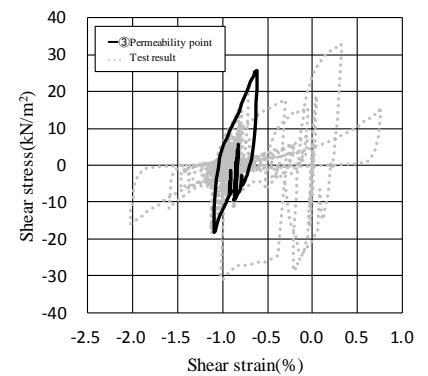
Fig.3. Shear stress time history



(a) Initial liquefaction point

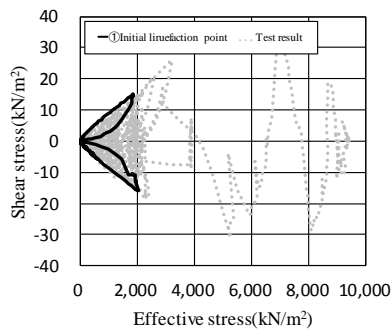


(b) Liquefaction point

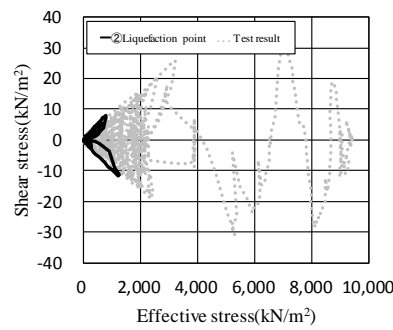


(c) Permeability point

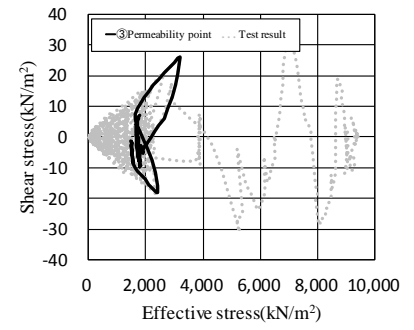
Fig.4. Relationship between shear stress and shear strain



(a) Initial liquefaction point



(b) Liquefaction point



(c) Permeability point

Fig.5. Effective stress path

(c)より、透水時では透水の影響による過剰間隙水圧比の減少を受け、剛性の回復が確認できた。

最後に、有効応力経路に着目する。Fig.5に有効応力経路を示す。同図(a)より、初期液状化時では有効応力が0に達し、負のダイレイタンスによる破壊線をなぞるような挙動を示した。同図(b)より、液状化時では初期液状化時と同様の挙動を示すが、地震動加速度が小さくなった影響からせん断応力が小さくなった。同図(c)より、透水時では過剰間隙水圧比の減少に伴って、有効応力が回復した。一方、せん断応力が増加する際には、破壊線に沿った挙動が確認できた。

4. まとめ

本研究では、前報その1¹⁾で開発した透水を考慮した

サブストラクチャ・オンライン地震応答実験システムによる実験を行った。実験より得られた過剰間隙水圧比時刻歴とせん断応力時刻歴、せん断応力-せん断ひずみ関係、有効応力経路を比較し、透水がそれらに与える影響について報告した。

【参考文献】

- 1) 粉谷拓実 他：透水を考慮したサブストラクチャ・オンライン地震応答実験 ―その1 システム概要―，平成 30 年度日本大学理工学部学術講演会予稿集，2018。
- 2) 朱俊毅 他：透水を考慮したサブストラクチャ・オンライン地震応答実験 ―その2 予備実験結果―，平成 30 年度日本大学理工学部学術講演会予稿集，2018。