

動的プレッシャーメータ試験による砂地盤の液状化判定の可能性

立命館大学大学院 正員 石原 成樹
奥村組土木興業 正員 伊藤 文隆

立命館大学理工学部 正員 深川 良一
基礎地盤コンサルタンツ(株) 正員 森田 悠紀雄

1. はじめに

地盤の耐震性を精度良く評価するためには通常室内試験結果を利用するが、サンプリングなどを含めてかなりのコストと手間がかかるのが普通である。また、各種インデックステストの結果を元にいくつかの間接的な手法も提案されているが、推定精度が落ちることは避けられない。本研究はこうした現状に対して新しい精度の良い原位置での動的載荷試験機を提案することを最終目標とするが、その基礎的研究として、今回ミニチュア動的プレッシャーメータ試験機による載荷速度と砂の透水性との関係について検討した。このミニチュア試験機と豊浦砂に対するいくつかの簡単な試験結果についてはすでに報告している¹⁾。

2. ミニチュア動的プレッシャーメータ試験機の構造

ミニチュア動的プレッシャーメータ試験機は動的載荷部(モーター、電磁クラッチ、タイミングベルト、タイミングプリー、クランク円盤、クランクロッド、シリンダー、ピストン)、膨張部(測定管)、チャンバーから成る。以下、それぞれについて簡単に説明する。

2.1 動的載荷部 モーターの回転力をタイミングベルト等を介しクランク円盤に与える。クランク円盤に与えられた回転力をクランクロッドにより軸方向力へ変換しピストンへ与える。シリンダー内に蓄えられた水をピストンにより測定管へ圧送する。クランク円盤に取り付けるクランクロッドのクランク円盤中央からの距離の2倍がピストンの運動距離(ストローク)になり、クランクロッドの取り付け距離により円周方向ひずみ振幅(動的ひずみ)量 ϵ_i を設定する。また、シリンダー側壁には外部から水注入できるように注入口を設けてあり、その注入量により初期ひずみを調整する。

2.2 膨張部 膨張部のサイズは直径40mm、高さ300mmである。シリンダーより圧送された水の圧力により、メンブレンを円周方向に膨張させる構造になっている。メンブレン表面中央高さの位置に土圧計と間隙水圧計を取り付け、膨張部孔壁近傍の全応力と間隙水圧を測定する。

2.3 チャンバーの構造 チャンバー内部のサイズは直径305mm、高さ540mm、メンブレン高さ420mmである。モデル地盤は中心に直径40mmの孔が空いた中空供試体である。供試体円周方向へは、チャンバーの内面に張られているメンブレンを空気圧により膨らませ拘束圧をかける。また、供試体軸方向へは中蓋へ空気圧をかけ、中蓋を押し下げるにより行う。これにより等方圧密だけでなく、異方圧密も行うことができる。排水はチャンバー底盤に埋め込んだポーラスストーンを通して行い、給水はチャンバー底盤の給水口より行う。

3. 試料特性

本研究では、豊浦砂、山砂、8号珪砂の3種類の試料を使用した。各試料の物理特性を表1、図1に示す。また、それぞれの試料の透水係数 k と試料の相対密度 D_r との関係を図2に示す。

試料	豊浦砂	山砂	8号珪砂
e_{max}	0.95	1.00	1.49
e_{min}	0.58	0.62	0.80
ρ_s (g/cm ³)	2.61	2.64	2.64
D_{60} (mm)	0.19	0.56	0.071
D_{50} (mm)	0.17	0.50	0.066
D_{10} (mm)	0.12	0.23	0.041
均等係数	1.58	2.43	1.75

表1 試料の物理特性

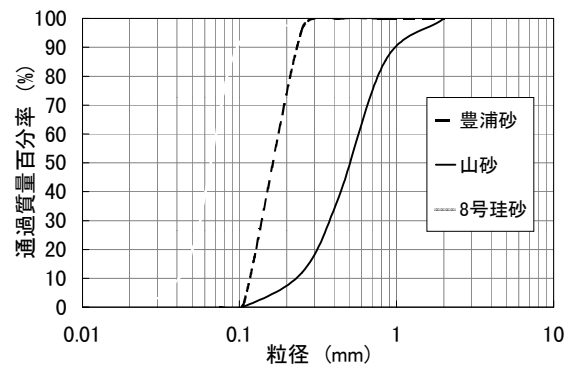


図1 粒径加積曲線

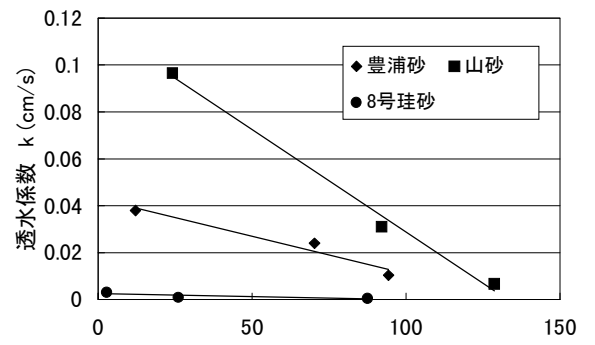


図2 k-Dr 関係

Keywords: プレッシャーメータ, 透水係数, 載荷速度, 液状化

4. 試験手順

- 1) チャンバー内に水を入れ、多重ふるいにより試料を自由落させモデル地盤を作成する。
- 2) チャンバー内を密封し、B 値を測定する。
- 3) 所定の拘束圧 ($\sigma'_0 = 0.5 \text{ kgf/cm}^2$) による 1 次圧密を行う。
- 4) 所定の円周方向ひずみ $\epsilon_{i0} = 4\%$ まで静的載荷を行う。
- 5) 一定円周方向ひずみ振幅 (動的ひずみ ϵ_i) で繰返し載荷を行う。

5. 試験結果および考察

5.1 繰返し載荷速度の影響

山砂の排水繰返し載荷試験より

繰返し載荷速度の影響を見る。試験結果より得られた膨張部における間隙水圧と繰返し回数との関係を図 3 に示す。図 3 より間隙水圧は繰返し載荷速度が速くなるにつれて値が大きくなっている。このことは豊浦砂、8号珪砂についても同じ傾向が見られる。また、通常排水条件の場合、過剰間隙水圧は 0 と考えるが、今回の試験のように繰返し載荷速度が 5~9Hz と高速な場合、試験結果より過剰間隙水圧が発生している。これは、間隙水が周辺地盤に浸透し消散するよりも速く膨張部が間隙水を押すためであろう。振動数 f (Hz) から推定される孔壁の平均載荷速度 v_s (cm/s) は、 $f=5, 7, 9$ (Hz) に対して各々 $v_s=0.2, 0.28, 0.36$ (cm/s) である。これらは明らかに透水係数より大きく結果的に周辺地盤で過剰間隙水圧の蓄積が起こったものと判断できる。

5.2 地盤の透水性の影響

図 4 に各試料における最大間隙水圧を有効拘束圧で無次元化した p_{wmax}/σ'_0 と載荷速度の関係を示す。この図を見ると各試料ともに繰返し載荷速度 v が速くなるにつれてリニアに p_{wmax}/σ'_0 の値も大きくなっていくことがわかる。それぞれ、最小 2 乗法により近似すると次の関係が得られる。

- ・ 豊浦砂 $p_{wmax}/\sigma'_0 = 0.0190 f + 0.4030$ (1)
- ・ 山砂 $p_{wmax}/\sigma'_0 = 0.0255 f + 0.1455$ (2)
- ・ 8号珪砂 $p_{wmax}/\sigma'_0 = 0.0145 f + 0.85$ (3)

間隙水圧 p_w が有効上載荷重 $\sigma'_v (= \sigma'_0)$ と等しくなった時点で液状化が発生するものとする、式(1)~(3)に $p_{wmax}/\sigma'_0 = 1$ を代入すれば、そのときの透水係数に対する繰返し載荷速度 f はそれぞれ図 5 のように得られる。本試験機は許容繰返し載荷速度が 0.5~10Hz であるため、その地盤の透水係数 k が 10^{-3} 程度以下であれば液状化判定が可能であると判断できる。

6. 結論

- (1) 本研究の様に高速の繰返し載荷を行った場合には排水条件下においても間隙水圧の蓄積が見られる。これは、地盤の透水係数 k よりも膨張部が間隙水を押すスピードの方が速いためと判断できる。また、実験の範囲内では繰返し載荷速度が速くなるほど間隙水圧の最大値 p_{wmax} は線形的に大きくなる。
- (2) 載荷速度 v を一定とすると、最大間隙水圧 p_{wmax} は透水係数 k が小さいほど大きくなる。また、本試験機はその地盤の透水係数が 10^{-3} 程度以下であれば液状化判定に使用できる可能性がある。

参考文献

- 1) 伊藤文隆, 深川良一, 森田悠紀雄: 砂質土に対する動的プレッシャーメータ試験機の適用性に関する基礎的研究, 第 34 回地盤工学研究発表会, 1999.

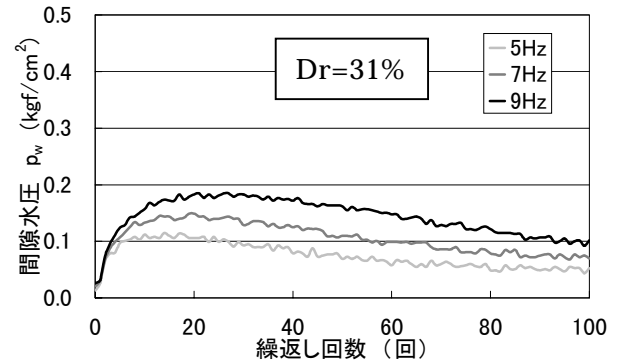


図 3 繰返し載荷速度の影響

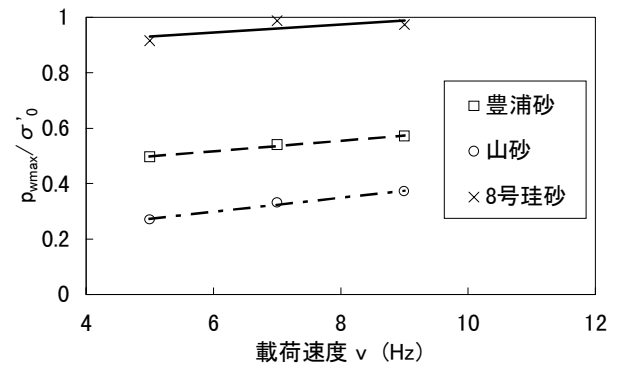


図 4 p_{wmax}/σ'_0 と載荷速度の関係

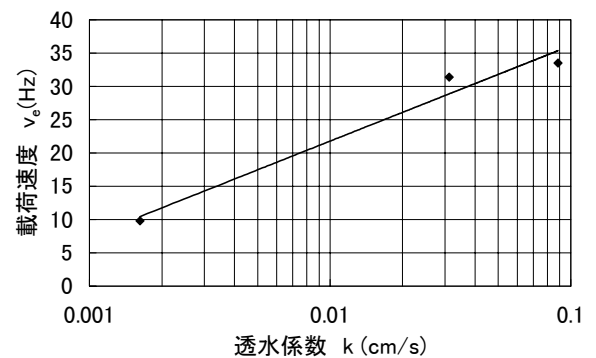


図 5 v_e-k の関係