

間隙水圧消散工法の改良効果の評価に関する実験的研究

日本大学工学部・学生会員 ○橘 篤司
日本大学工学部・正会員 仙頭 紀明

1.はじめに

間隙水圧消散工法とはドレーンを地盤中に設置することにより地盤の透水性を高め、地震時の砂層内で生じる過剰間隙水圧を消散させ、液状化を防止しようとする工法である¹⁾。そのため、ドレーン材周辺の土要素は地震時中、いくらかの排水を伴う部分排水状態にあると考えられる²⁾。しかし液状化の発生を抑制することができるものの、液状化強度の増加や過剰間隙水圧が消散されることにより起こる残留沈下などが明確にされていない。そこで、非排水条件ならびに地震時のドレーン間の地盤の状態を模擬した部分排水条件の繰返しせん断試験を行い、液状化強度と体積ひずみ ε_v を定量的に評価することを目的とする。

2 実験方法

実験には中空ねじりせん断試験装置を用いた。試験に用いた試料は硅砂5号(物理特性 $\rho_s=2.654\text{g/cm}^3$ 、 $D_{50}=0.390\text{mm}$ 、 $e_{\text{max}}=1.14$ 、 $e_{\text{min}}=0.694$)である。供試体は外径7cm、内径3cm、高さ10cmの中空円筒状である。供試体作製は空中落下法により相対密度 D_r を70～75%に調整した。供試体の飽和には間隙の空気を二酸化炭素に置き換えて、脱気水を通水し、背圧を100kPa载荷した。供試体の圧密条件は有効拘束圧100kPaの等方圧密とする。圧密が終了すると所定の排水条件にて繰返しせん断した。繰返し载荷はせん断ひずみが両振幅で10%(DA=10%)に至るまで継続した。非排水または部分排水繰返しせん断が終了した後に排水量を測定し、载荷開始から再圧密終了までの体積ひずみを求めた。なお、排水条件を制御する方法を図-1に示す。供試体下部からの排水経路中に排水量を微小に調整できるバルブを設けることによって部分排水状態を再現した³⁾。所定のバルブの開度における排水量はダルシーの法則に従うものとして(1)式を用いた。

$$v = k \frac{\Delta h}{l} = \left(\frac{k}{l} \right) \Delta h = \alpha \Delta h \quad (1)$$

ここに、 v 、 k 、 Δh 、 l 、 α は、流速(cm/s)、透水係数(cm/s)、水頭差(cm)、排水距離(cm)とする。また、 α は土要素からドレーンまでの平均的な透水係数と排水距離との比で表される²⁾。図-2は、図-1に示した排水経路に対して三軸セル内を所定の圧力水で満たした状態でペデスタルから排水量調整バルブを通じてビューレットに排水される排水量を測定して求めたバルブの検定結果である。このようにしてあらかじめバルブの開度(R:目盛)との関係を流速 v と水頭差 Δh に関連づけることによって排水量の制御を行うことができる。また、(2)式を用い、 α_s^2 を求めた。

$$\alpha_s = \left(\frac{A_b}{A_s} \right) \times \alpha_b \quad (2)$$

ここに、 A_b 、 A_s 、 α_b は、ビューレットの面積(cm^2)、中空円筒状の供試体の断面積(cm^2)、傾きとする。

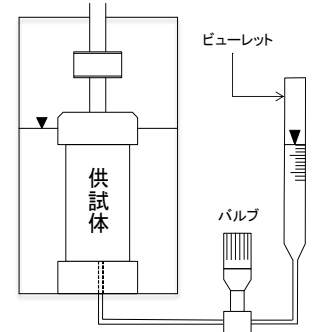


図-1 排水経路

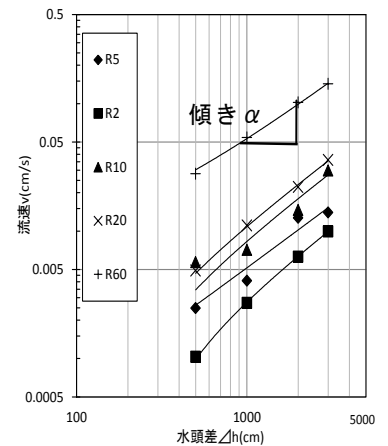


図-2 排水量調節バルブの検定結果

表-1 実験ケース

ケース	目標 α	R	f(Hz)	応力比	相対密度(%)
1-1	0	0	0.1	0.24	72.3
1-2				0.3	73.5
1-3				0.35	72
2-1	3×10^{-7}	2	0.5	0.25	73.4
2-2				0.3	72.9
2-3				0.35	74.2
3-1	1×10^{-6}	4	0.2	0.25	70.9
3-2				0.3	73.5
3-3				0.35	72.4
4-1	3×10^{-8}	16	0.2	0.25	73.1
4-2				0.35	71.8
4-3				0.4	72.2
5-1	1×10^{-5}	60	0.2	0.3	72.4
5-2				0.35	70.2
5-3				0.4	70

キーワード：非排水条件ならびに部分排水条件の繰返しせん断試験、体積ひずみ ε_v とDAの関係

連絡先：福島県郡山市田村町徳定字中河原1番地 TEL024-956-8710 FAX 024-956-8858

そして、載荷速度を考慮した部分排水条件として用いるために、 α_s を載荷周波数 f で正規化して無次元化したパラメータを排水効果係数 $\alpha^*(=\alpha/f)$ とした²⁾。実験ケースを表1に示す。実験では、 α^* の目標値を5つ設定し、それぞれの α^* において応力比を3つ変化させた。なお、目標 $\alpha^*=0$ は非排水条件である。繰返し載荷はせん断ひずみが両振幅で10%(DA=10%)に至るまで継続した。非排水または部分排水繰返しせん断が終了した後に排水量を測定し、載荷開始から再圧密終了までの体積ひずみを求めた。

3. 実験結果

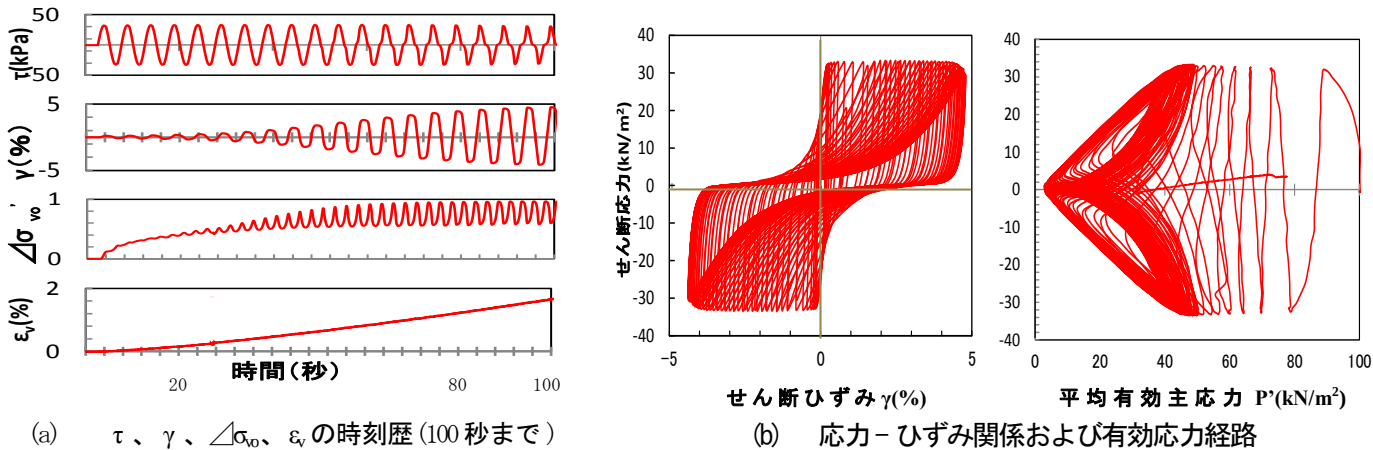


図-3 実験結果の一例 ($\alpha^*=1\times10^5$ 相対密度:70.2% 繰返し応力振幅比:0.35)

図-3に実験結果の一例を示す。図-3(a)はケース5-2のせん断応力、せん断ひずみ、過剰間隙水圧比および体積ひずみの時刻歴を示し、図-3(b)に応力-ひずみ関係および有効応力経路を示す。排水を伴いながら繰返しせん断を行ったため、体積ひずみが発生する。また排水を伴うため有効応力はゼロにならない。図-4を見ると、非排水条件とそれぞれの目標 α^* を比較してみると、非排水条件に近い目標 α^* ほど液状化強度曲線が非排水条件のものに近づいていることがわかる。よって非排水条件が最も液状化しやすく、排水効果係数 α^* が大きくなると排水効果が大きくなるため液状化しにくいことがわかる。また、目標 $\alpha^*=3\times10^6$ 、 1×10^5 のケースはある応力比より小さくなると液状化が発生しないことも分かった。図-5の横軸は、繰返し載荷せん断ひずみの両振幅 DA=1、5、10%、および再圧密終了時を示す。ケース5-2を見ると非排水条件のケースよりも体積ひずみが発生していることがわかる。これは、DA=10%に至りづらく、繰返し回数が多かったためである。ケース5-1、5-3を見ると非排水条件のケースよりも体積ひずみが発生しておらず特にケース5-1は残留沈下量が低く抑えられている。

4 まとめ

排水効果係数 α^* を大きくするとせん断中に間隙水圧が消散しやすくなるため液状化強度は大きくなることがわかった。排水効果係数 α^* を大きくすると液状化しにくくなるが、ある応力比を超えると体積ひずみが発生しやすくなり、むしろ、非排水条件のケースよりも残留沈下量が増加することがわかった。

参考文献

- 1) 地盤工学会 (2004): 地盤工学・実務シリーズ18液状化対策工法、pp.363
- 2) 山本陽一・兵頭正幸・上原精治・高橋直樹 (2001): 飽和砂の部分排水繰返し三軸試験に基づくグラベルドレーン液状化抑止効果の評価、土木学会論文集No.687/III -56、pp.77-79
- 3) 梅原靖文・善功企・浜田浩二 (1981): 排水効果を考慮した飽和砂の液状化強度、港湾技術研究所報告第20巻1号

