

北見工業大学 正員 ○ 鈴木輝久
北海道大学工学部 正員 土岐祥介

1, まえがき

着者は、規則的繰返し応力を受ける乾燥砂の体積ひずみおよび飽和砂の液状化特性に及ぼすせん断履歴の影響を調べる基礎的な実験を行い、構造変化によってもたらされる履歴効果に関する基本的性質のいくつかを明らかにした。これらの実験では基礎的知見を得ることを目的としているため、履歴荷重を主に排水（気）条件で加えるという手法を用いている。本実験は、主に非排水条件の履歴荷重を受けることによって、再圧密後の液状化特性がどのように変化するかを調べたものである。

2, 実験内容

用いた試料は豊浦砂 ($G_s = 2.65$, $e_{max} = 0.985$, $e_{min} = 0.61$) である。実験装置は空気圧切換え方式の繰返し三軸試験機で、供試体は直径 50 mm, 高 114 mm の円柱形である。供試体の作製は多重フルイ落下装置により行い、成形後炭酸ガスを通し、さらに脱気水を通すことにより飽和させた。

実験は4つのケースからなり、それらの載荷法を図1に示す。図1に示すように載荷は各種の履歴を加えた後再圧密するまでの前載荷と、一定荷重の繰返し載荷で液状化させる再載荷とからなる。この両載荷ともに等方拘束圧 $\sigma_0 = 196 \text{ kN/m}^2$ から出発し、半径方向応力を一定として軸方向に1サイクルあるいは繰返しの軸差応力を加える載荷法によっている。

供試体の初期相対密度 D_{r0} は総て 50% であり、再載荷の応力比 $\sigma_1/\sigma_0 = 0.115$ を処女供試体に加えたときの液状化回数 N_L は 20 回である。

3, 前載荷で生じる体積ひずみ

図2, 図3は、前載荷での最大せん断ひずみ γ_{pre} と体積ひずみ ε_v の関係を示している。先ず図2から、前載荷の排水条件の違いによって、 ε_v に違いの表われることが分る。この違いの原因を十分に説明するデータは現在のところ見当らないようであるが、1つ考えられることとして、前載荷の過程で受ける有効平均主応力の差が挙げられよう。

次に図3で注目されることは、実験2と実験3の結果を比較し

たとき、 $\gamma_{pre} = 2.5\%$ を境として両者の関係が全く異なっていることである。この2つの実験の前載荷の条件の差は、せん断速さと圧縮側と伸張側の中間に等方応力状態となる段階を

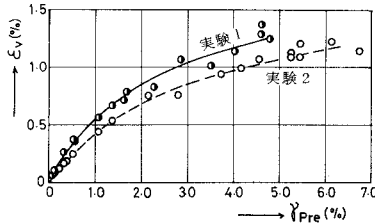


図2 前載荷を静的載荷としたときの体積ひずみ

実験名	前載荷	再載荷	前載荷の条件
1			静的排水で1サイクル 圧縮側での $\phi_{pre} = 10.5^\circ$ 伸張側での γ_{pre} を変化。
2			静的非排水で1サイクル その他の条件は実験1 に同じ。
3			1サイクルで液状化する 応力に加え伸張側で ストッパをかける。 圧縮側の $\phi_{pre} = 10.5^\circ$ $\sigma_0 = 196 \text{ kN/m}^2$ $\sigma_1/\sigma_0 = 0.115$
4			非排水で $\sigma_1/2\sigma_0 = 0.115$ の繰返し載荷。 軸ひずみ急増点を越え ストッパが効いた時点 でとめる。

図1 実験ケース

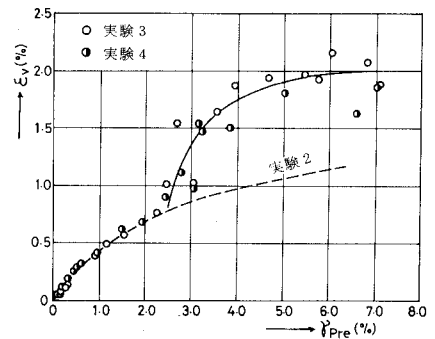


図3 前載荷を動的載荷としたときの体積ひずみ

入れた点である。なお、図には示していないが、非排水の前載荷では例外なく $\delta_{pre} = 2.5\%$ で、間隙水圧が拘束圧に等しくなり液状化に至っている。このように、前載荷で有効拘束圧がゼロになった後の、再圧密時における体積ひずみは、せん断ひずみ依存型でなくなることを分る。

4, 再載荷サイクルでの間隙水圧

図4, 図5は再載荷サイクルの残留間隙水圧を圧縮側で生じた u_{cl}/σ_0 と伸張側で生じた u_{el}/σ_0 に分けて、 δ_{pre} に対してプロットしたものである。なお図4中の実験2は、実験2の前載荷のせん断方向を逆にして圧縮側に大きな δ_{pre} を生じさせた実験である。

図4によれば、前載荷を静的せん断とした場合、前載荷で大きなひずみを生じさせる方向を伸張側としたときは u_{cl}/σ_0 が大きくなり、圧縮側としたときは u_{el}/σ_0 が大きくなっている。この結果は前載荷においてそのせん断方向に応じた強い構造異方性を生じていることを示している。一方、図5から実験3と実験4では、特に $\delta_{pre} > 2.5\%$ で前載荷で作られる構造が等方化していることが分る。また図5で全体の間隙水圧発生量が図4に比べて小さいのは、再圧密時の密度の増加に起因していると思われる。

5, 再載荷時の液状化回数 n_e の変化

図6, 図7に再載荷時の液状化回数 n_e の変化すなわち液状化強さの変化と δ_{pre} の関係を示す。これらの図と、図4及び図5から前載荷のせん断過程で形成された構造異方性が、等方圧による再圧密の過程で等方化する度合の少ない程、液状化回数 n_e の δ_{pre} による変化が著しくなると言えよう。

また、図7において $\delta_{pre} = 2 \sim 3\%$ を越え、 n_e の低下傾向が鈍るのは、図5で分るように前載荷によって作られる構造が等方的になってくることの他に図3に示される著しい密度の増加も原因していると思われる。

6, まとめ

以上述べてきたように、液状化に至るような非排水載荷も含んだせん断履歴の影響を考える場合には、前載荷のせん断過程における構造変化の他に、再圧密による構造変化や密度の変化の影響も考える必要がある。

文献) 鈴木, 土岐: 土質工学会論文報告集 Vol.22, No.2 (予定), 2) 鈴木, 土岐: 第36回土木学会年講義

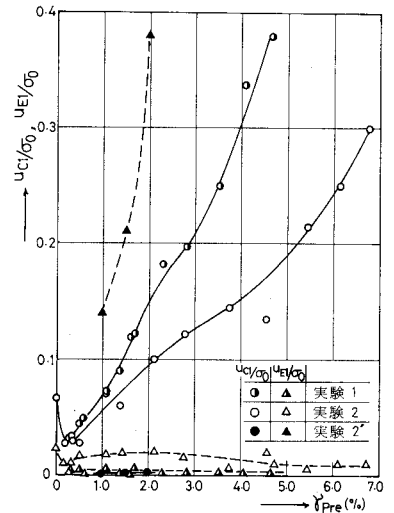


図4 再載荷サイクルの残留間隙水圧 (前載荷静的)

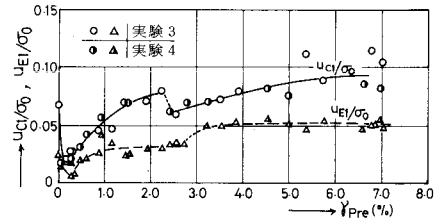


図5 再載荷サイクルの残留間隙水圧 (前載荷動的)

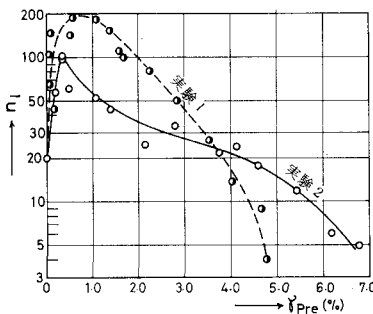


図6 再載荷の液状化回数の変化 (前載荷静的)

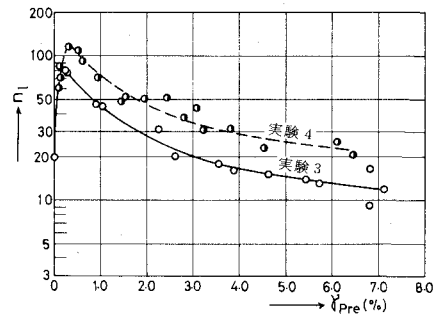


図7 再載荷の液状化回数の変化 (前載荷動的)