

III-43 飽和砂の液状化強度に及ぼすせん断履歴の影響

北見工業大学 正員 ○鈴木輝之
北海道大学工学部 正員 工波祥介

まえがき 以前に加えられた繰返しせん断応力の影響が、その後引続く異なった大きさの繰返しせん断応力の下での変形に、どのように現われるかを調べることは、不規則繰返し応力による土の変形特性を明らかにしていく上で重要な問題である。この問題に関する基本的実験を乾燥砂について行なった結果を既に報告した¹⁾。

今回は、同様な実験を飽和砂について行ない、液状化強度に及ぼすせん断履歴の影響について、2・3の知見が得られたので、報告するものである。

実験内容 用いた試料は豊浦砂で、実験装置は、一般的な円柱供試体を用いる、空気圧切環方式の繰返し三軸試験機である。供試体は、乾燥状態で多重フルイ落下法により作製し、炭酸ガスを20分間通した後、脱気水を通して飽和させた。さらに 147 kN/m^2 のバックプレッシャーを加え、 B 係数が0.96以上となるようにした。

図-1に載荷法を示す。載荷は、前載荷と再載荷からなり、各載荷とも等方応力状態($\sigma_0 = 196 \text{ kN/m}^2$)から出発し、半径方向応力一定で、軸方向応力のみを変化させて行なった。各実験の再載荷は、前載荷終了後、 σ_0 の下で30分間再圧密してから行なった。また再載荷は、非排水条件で圧縮方向と伸張方向に同一の繰返し軸差応力($\sigma_0/2\sigma_0 = 0.225$ で固定)を加える液状化試験で、載荷速率は 0.5 Hz とした。なお前載荷がない場合の液状化試験は、 $\sigma_0/2\sigma_0$ を変えて行なった。以後この実験を実験1としている。

実験結果および考察 図-2は、実験1で得られた、応力比 $\sigma_0/2\sigma_0$ と液状化回数 N_L の関係である。液状化発生の判定は、同ゲキ水圧が σ_0 に等しくなった時刻とした。なおこの時点で軸ひずみ振幅が3~5%程度の大きさに急増する傾向がほぼ例外なく見られた。図-2から、実験2~5で前載荷の応力がゼロの場合に相当する N_L は40回になることが分る。

図-3は、前載荷として圧縮側の応力も加えた、実験2~4において得られた、 N_L と $\tan \phi_{pre}$ の関係を示す。ここで

ϕ_{pre} は前載荷の有効応力から求められる動員まじつ角の最大値である。また図-4は、同じく実験2~4において、 N_L を前載荷時の最大せん断ひずみ ϕ_{pre} に対してプロットしたものである。これらの図から次のことが分る。すなわち、本

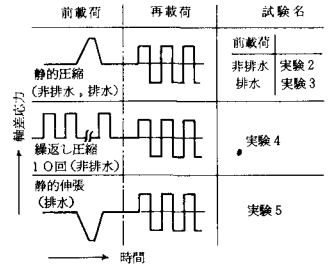


図-1. 載荷法の説明

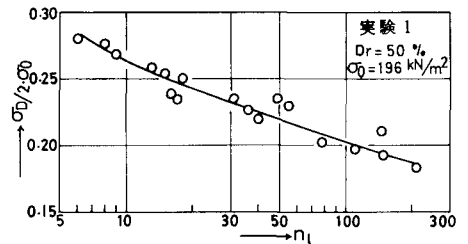


図-2. 前載荷を受けていない供試体の $\sigma_0/2\sigma_0$ - N_L 関係

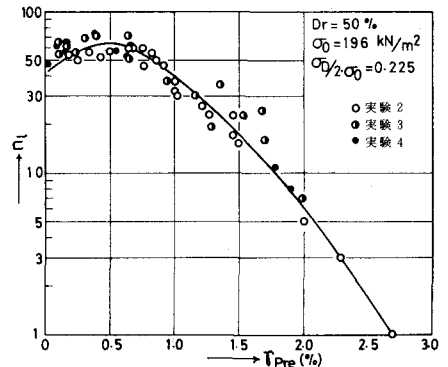


図-3. 圧縮方向前載荷の影響

図-4. 圧縮方向前載荷の影響

実験を行なった前載荷時の排水条件あるいは載荷数の範囲では、その違いにかかわらず N_e と $\tan \phi_{pre}$ 、あるいは δ_{pre} との関係は、ほぼ一本の曲線で表わされる。ただしこの結果は、前載荷が片振り応力という条件で得られていることに注意する必要がある。

図-3および4から今一つ分ることは、前載荷応力の増加とともに、 N_e の値が初めは増加し、その後ピークを示して減少に転じることである。このように N_e にピークが表われる理由を考えてみる。図-1において、再載荷応力を圧縮と伸張に分けて考えると、前載荷は再載荷に対して、変形を小さくする同一方向せん断履歴の影響と、変形を大きくする反対方向せん断履歴の影響の両方を及ぼすことになる。これら2種のせん断履歴の影響について、前者は後者に比べて前載荷応力が小さいうちに現れ始めること、さらに両者の重ね合わせの可能性があることが乾燥砂の実験から分っている¹⁾。したがって図-3、4(図-5、6も同様)において、 N_e の増加過程は同一方向せん断履歴の影響が、減少過程は反対方向せん断履歴の影響が各々卓越して現れた結果として理解できる。

図-5は、前載荷として伸張応力を静的に1サイクル加える。実験5で得られた $N_e - \tan \phi_{pre}$ 関係を示し、図-6は、同実験で得られた $N_e - \delta_{pre}$ 関係を示している。これらの図中には比較のため、実験2~4の結果も併記してある。これらの図から、伸張側の前載荷を加えた場合も圧縮側の前載荷を加えた場合と同様に、前載荷応力の増加にともない、 N_e にピークが現れた後減少に転じること分る。しかしこのピークに至る N_e の増加過程は、前載荷が圧縮応力であるか伸張応力であるかによって大きく異なっている。

前載荷の応力の方向によって N_e の変化の仕方がなぞ変わってくるかを検討してみる。本実験の再載荷では圧縮側と伸張側に同じ大きさの繰返し軸差応力を加えており、この場合、動負まさつ角は圧縮側より伸張側の方が大きくなる(図-7)。さらに多重フルイ落下法で作られた本実験の供試体の初期堆積構造は、伸張側の変形抵抗が圧縮側のそれより小さい²⁾。これらの事実から、バージン供試体で疲状化試験を行なうときの残留間隙水圧の上昇は、伸張側応力に強く支配されていると考えられる。したがって、前載荷として伸張側の応力を加えて、再載荷の時点で伸張応力に対する変形抵抗を増してやる方が、前載荷として圧縮側の応力を加えるよりも、再載荷による疲状化強度(回数)の増加が著しくなる。

以上述べてきたように、繰返し応力を受ける飽和砂の疲状化強度に及ぼす、せん断履歴の影響の現れ方は、乾燥砂の場合と同様に、せん断履歴を、同一方向せん断履歴と反対方向せん断履歴に分けて考えることで、かなり説明されることが分った。

文献 1) 鈴木、土岐: 第35回工不学会年講3部, p.169~170. 2) 土岐、三浦、船: 土質工学会北海道支部技術報告集第20号, 1980, p.61~70.

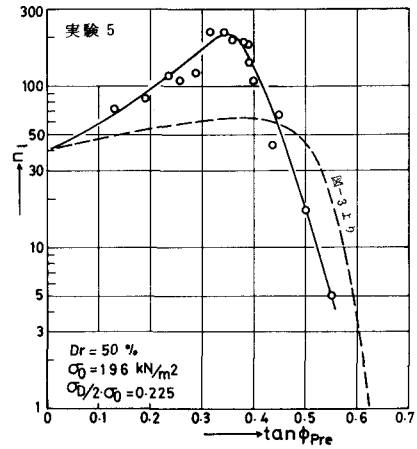


図-5 伸張方向前載荷の影響

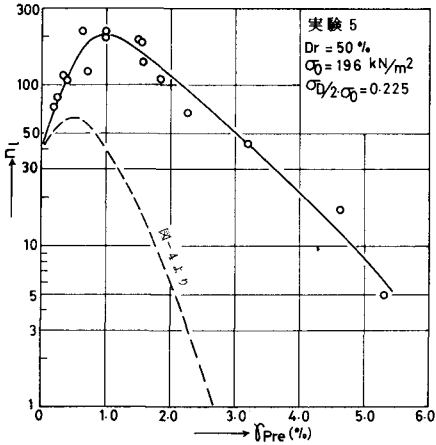


図-6 伸張方向前載荷の影響

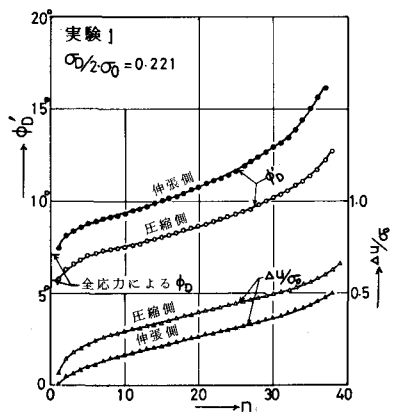


図-7 疲状化試験における動負まさつ角と間隙水圧