

北海道大学工学部 ○ 土 岐 祥 介

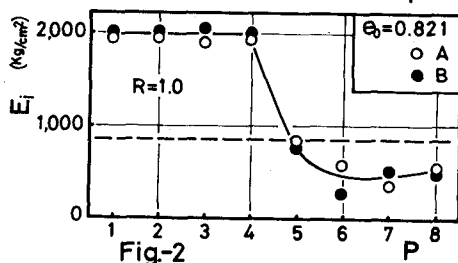
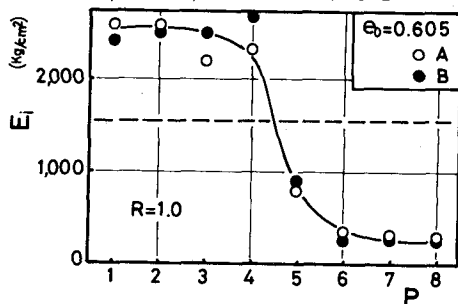
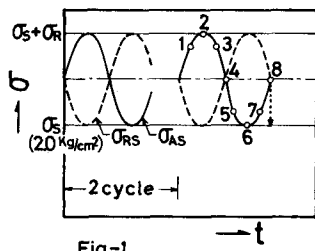
" 北 郷 繁

大成建設株式会社 藤 波 岳 臣

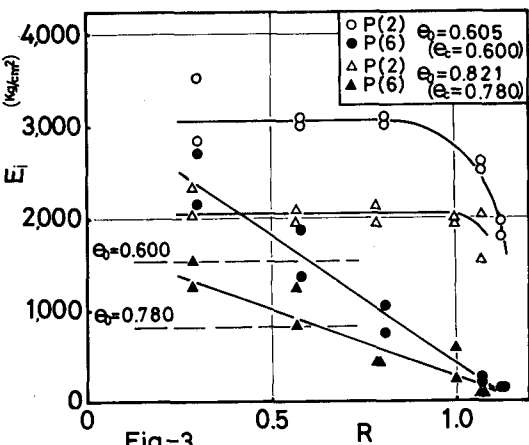
1. まえがき. 一般に材料の変形特性が応力履歴の影響を受けることはよく知られている. Casagrande⁽¹⁾ (1944), Arthur⁽²⁾ (1972)らは、砂の異方性には生得的 (inherent) および導入された (induced) 異方性の2つの型があることを述べているが、土の力学的性質に及ぼす応力履歴の影響は、応力により生じた異方性の結果と考えるのが自然であろう。この報告は、三軸圧縮試験機により応力の大きさを変えて圧縮あるいは伸張の応力履歴を供試体に与え、導入された異方性の変形係数に及ぼす影響をしらべ、変形係数が以前に受けた変形の入きと方向に支配されることを示したものである。

2. 実験方法. 供試体に種々の応力履歴をあたえる操作は、図-1の方法によった。まず正弦波的に変化する軸方向および半径方向の応力 σ_{AS} および σ_{RS} を逆位相で2サイクル载荷し、3サイクル目は45°毎の(1)~(8)いずれかの点で载荷を中断し、 $\sigma_{AS} = \sigma_{RS} = \sigma_s = 2.0 \text{ kg/cm}^2$ の等方応力状態に戻す。応力状態 P(2) および P(6) で最大の圧縮あるいは伸張が生ずるが、このときの粒子配列構造と応力を等方状態に戻したときのそれには大差がないと考えた。応力 (ヒズミ) の大きさの影響を調べるため、繰返し応力 σ_R と静的強度の比 R を0.3, 0.6, 0.8 および 1.0 に変え、ヒズミが4%に達するまで σ_R を増したケースを入れ σ_R を5種類とした。また、P(1)とP(8)では応力の载荷数がほぼ1サイクル違うが、この影響を小さくするため、供試体の生得的異方性を調べるため、第1サイクルで最初 σ_{AS} を増加するA-typeと、 σ_{RS} を増加するB-typeの2つの载荷法を採用した。変形係数 E_i は $\sigma_s = \sigma_s$ 一定のもとで σ_{AS} を増して求めた。試料は豊浦砂を用い、試験は全て排水条件で行なった。

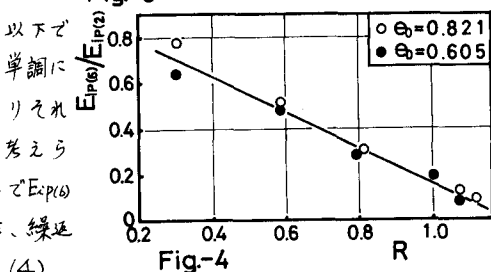
3. 実験結果と考察. (1) E_i と P(n) の関係: 繰返し応力を受けた供試体の σ - ϵ 曲線には直線部分があり、明確に E_i を決めることができる。図-2は E_i と最終応力状態を示す P(n) の関係を示したもので、2サイクル载荷後の供試体間ゲキ比 E_c と等しい初期間ゲキ比 E_0 の処女供試体の初期接線係数の値を点線で示してある。P(1)~P(4)の圧縮側および P(5)~P(8)の伸張側で E_i はそれぞれほぼ等しく、両者の比は5~10倍にも達し E_i に及ぼす応力履歴の影響の大きなことがわかる。以前に圧縮を受けた供試体では、粒子配列が圧縮応力の増加に応じ直ちに強度の動員ができる構造となっているのに対し、伸張を受けた供試体では σ_{RS} の方向に硬化が生じているが、 σ_{AS} の方向に強度発揮可能な構造に粒子が再配列するためには大きな変形が必要で、このような導入された粒子構造の異方性が図-2のような変形特性の違いをもたらすのであろう。(2) E_i と R の関係: 応力履歴の影響は応力の大きさによって違い、これを示したのが図-3である。圧縮あるいは伸張を受けた供試体の E_i は P(2) および P(6) で代表させた。この図において、P(2) に対する $E_{ip(2)}$ は E_0 の区別なく R が 0.8~1.0 まではほぼ一定で、それ以上の R を受けることにより減少しているのに対し、 $E_{ip(6)}$ は R の増加とともに減少している。 $E_{ip(6)}$ と $E_{ip(2)}$ の比は図-4に示すように E_0 の



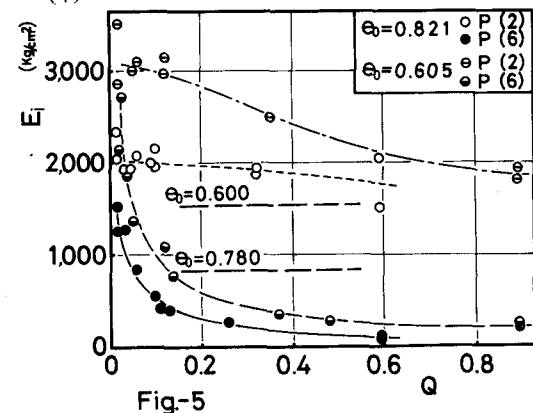
大小によらず $R=0.3$ で約 70%, $R=1.0$ 付近で 10~15% であって以前に受けた応力が大きいほど異方性も大きくなっている。これまでモールド内に作られた同じ e_0 の供試体の生得的異方性に起因する変形係数の違いは 2~3 倍に及ぶことが報告されているが、図-3 および 4 に示すように大きな応力により導入された異方性は生得的異方性よりかなり大きな影響を E_i に及ぼしている。(3) E_i と Q の関係: 図-5 は応力履歴を加えるさい生じた圧縮あるいは伸張ヒズミと処女供試体の破壊ヒズミの比 Q に対する E_i の変化を示したものである。 $E_{ip(6)}$ は Q の増加とともに急激に減少し、 $Q=0.2$ で Q がごく小さい場合の約 20%



の大きさとなる。一方 $E_{ip(2)}$ は、 R でみるかぎり R が 0.8~1.0 以下ではほとんど変化していなかった(図-3)が、 Q の増加とともに単調に減少し、以前に受けた応力の影響は、応力の大きさそのものよりそれにより生じたヒズミの大きさに支配されるところが大であると考えられる。図-3 および 4 において、 R あるいは Q の小さいところで $E_{ip(6)}$ が e_0 と同じ e_0 の処女供試体の初期割線係数より大きいのは、繰返し

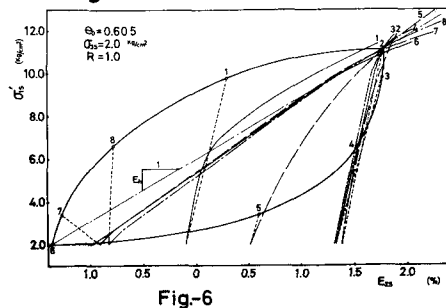


し载荷中に軸方向応力により生じた硬化のためであろう。(4) 再载荷時の $\sigma \sim \epsilon$ 曲線の特性: 図-6 は繰返し载荷時のヒステリシスループで、(1)~(8)点で除荷後再载荷を行なったさいの $\sigma \sim \epsilon$ 曲線に対応する番号で示してある。 $\sigma \sim \epsilon$ 曲線は、 $P(1)$ をのぞいていずれもヒステリシスループの右上端付近を通り、以前に受けた最大応力に達したとき再び同じヒズミが生ずるという特性を示している。図は示していないが、ヒステリシスループの割線係数 E_i は σ_R の増加とともに直線的に減少し、また除荷時 ($\sigma_{d0} = \sigma_{R0} = 2.0$ kgf/cm²) の供試体の状態は最終応力状態が伸張側にあるほど図-5 の左側によるので、 $\sigma \sim \epsilon$ 曲線が P のいかにかわらずほとんど同じ点を通過すると、伸張を受けた供試体では R の大きいほど、また最終応力状態が伸張側にあるほど、 E_i が小さくなることになる。また圧縮を受けた供試体では、 Q が増加するほど除荷の過程において生じるヒズミが増加する傾向にあるので、再载荷時の E_i は図-5 に示すように Q の増加とともに減少する。詳細は改めて報告したい。



4 むすび. 同じ間ガキ比の砂の変形係数は、応力履歴により 10 倍も違い、応力へヒズミの特性には以前に受けたヒズミの方向とその大きさの影響の大きいことを示した。

なお、実験の実施ならびに結果の整理にあたり、昭和 49 年本学卒業生一篠昌幸君におうところが大きい。記して謝意を表するものである。



- 参考文献 1) Casagrande A. and Carillo N. (1944) "Shear failure of anisotropic ~", J. Boston Soc. 3/4, 122.
2) Arthur J. and Menzies B. (1972) "Inherent anisotropy in a Sand, Geotechnique, vol. 22 No. 1
3) Oda M. (1972) "Initial fabric and their relation to ~", Soil and Foundation vol. 12, No. 1