

まえがき；砂の強度，変形特性は，主として供試体の初期間ゲキ比に依存し，応力履歴の影響は小さいとされている。飽和砂の液状化問題においては，応力履歴の重要性が指摘されているが，異なる応力履歴を経たのち同一間ゲキ比にいたった供試体の力学的性質の相違に関する報告は少ないように思われる。この実験は，初期間ゲキ比の異なる供試体に，間ゲキ比が所定の値に減少するまで載荷回数，拘束圧を変えて動的繰返し載荷を行ない，その後同一の方法で動的に破壊にいたらしめ，応力履歴の影響をしらべたものである。なお，動的載荷の振動数に関する実験も行なったのであわせて報告する。

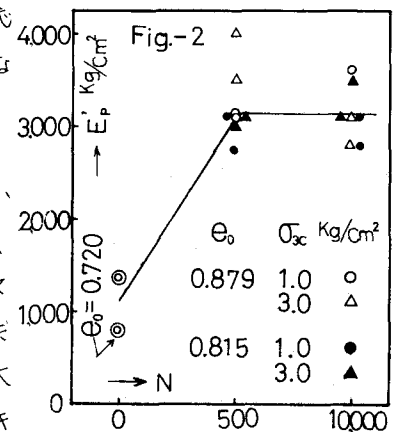
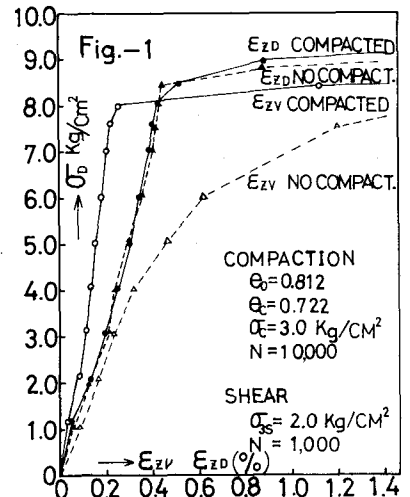
実験方法；静的等方応力状態にある供試体の軸および半径方向に，同じ大きさの動荷重 σ_0 を 180° の位相差で繰返し加えると等方的に変形し，間ゲキ比は e_0 にはほぼ比例して減少する。ある大きさの σ_0 を一定回数 N づつ加えながらその大きさを増加して行くと，体積変化の軸方向成分 ε_{zv} と， σ_0 の増減に対応する軸ヒズミのせん断成分 ε_{zd} も増加し破壊にいたる^(1,2)。これを以下において

e_0	σ_{sc} Kg/cm^2	N Cycles
0.879	1.0	300
		10,000
	3.0	300
0.815	1.0	300
		10,000
	3.0	300

Table-1

D-testと呼ぶ。表-1に示す初期間ゲキ比 e_0 ，締め固め時の拘束圧 σ_{sc} ，および N の組合せで，間ゲキ比が $e_0=0.720$ になるまでD-testによる載荷を行ない， $e_0=0.720$ のものを含め，9種類の応力履歴の異なる同一間ゲキ比の供試体を作った。これを，静的拘束圧 $\sigma_{sc}=2.0 \text{ Kg/cm}^2$ ， $N=1,000$ ，載荷振動数 $f=2 \text{ Hz}$ ，D-testにより破壊にいたらしめた。載荷振動数の影響をみる実験もD-testによった。試料は気乾した豊浦標準砂を使用した。

結果と考察；図-1は， $e_0=0.812$ の供試体を締め固めたもの，および $e_0=0.720$ のものについて行なったD-testの結果の比較である。D-test開始時の間ゲキ比が等しいにも拘らず， σ_0 と ε_{zv} の関係にはかなりの違いがみられる。等方的体積圧縮の関係がくずれて軸ヒズミが急増し，降伏が生じたと思われる点のヒズミ ε_{zv} は，繰り返し応力を受けた供試体では0.2~0.5%の間にあり，繰り返し応力を受けないものよりかなり小さく，かつ降伏点も明確で脆性破壊的である。 σ_0 と ε_{zv} の間に直線関係があるとした時の勾配 E_p を図-2に示す。 N ， σ_{sc} ， e_0 の違いによる差は明瞭ではないが，繰り返し応力を受けていないものに比べ E_p は約2倍で，繰り返し載荷により砂粒子の変形（主として間ゲキ比の減少による）に対する抵抗が著るしく増加していることがわかる。図-3は， σ_0 と ε_{zd} の比 E_D を σ_0 に対しプロットしたものである。以前に応力を受けたものの E_D は σ_0 の増加と無関係に大よそ一定の値を示すが，直ちにD-testを行なったものでは，間ゲキ



比、粒子構造の変化による E_D の増加の傾向がみられる。 e_0 が80%まで増加する間に生ずる間ゲキ比の変化は約0.45と予想され、この変化による E_D の増加は、初期間ゲキ比を変えた一連の実験より約150%と推定される。しかし、図-3において e_0 の増加による E_D の増加は荷重の小さい部分を除くと約500%にもおよび、間ゲキ比の減少のみに起因するものとして説明することはできない。図-2および3より、繰り返し載荷による粒子構造の変化が、

砂質土の変形特性に大きな影響をあたえていることが想像される。

図-4に、 E_{D0} の急増点より求めた動的降伏荷重 σ_{Df} を示す。間ゲキ比を0.720まで低下させるに要する最大荷重は、締め固めの条件により2.5~10%の間に変化しているが、 e_0 、 N 、 σ_{3c} による σ_{Df} の違いは認められない。図中の点線は初期間ゲキ比を変えてD-testにより破壊にいたらせた場合の e_0 と σ_{Df} の関係であるが、前者と異なる傾向にある。以前に受けた応力の影響はヒズミが大きくなると消滅するといわれているが、この実験に関するかぎり σ_{Df} は e_0 よりも e_c に依存しており、かなり大きな変形が生じた後も応力履歴の影響が残っているようである。図-5に $\sin \phi_0 = \sigma_{Df} / (2\sigma_{3s} + \sigma_{Df})$ として計算した動的内部摩擦角 ϕ_0 と載荷振動数 f の関係を示す。 ϕ_0 は0.5~50Hzの間に実質上変化していない。図-6は σ_{3s} を1.0~25%の間に換え、 $f=2$ および5Hzの比較を行なったもので、両者はほとんど同一の線上にのっている。 e_0 が0.65~0.88の範囲で2Hzの ϕ_0 は5Hzより0.5~1.5度大きいと実用上差がないとしてよいと思われる。図-5の左端のSなる点は、 σ_{Df} の一段階前の荷重で動的載荷を中断し（この時の供試体の間ゲキ比はD-testにおける降伏点のものに近い）以後静的に破壊させ実際の軸差応力 σ_{Df} を示す。この静的強度は同じ e_0 の供試体についての通常の三軸圧縮強度より明らかに高いもので、 σ_{Df} はこれよりわずかに小さい関係にある。

おまけ；今回の実験により、砂においても応力履歴の影響が認められ、特に変形特性にそれが強くあらわれ、かつヒズミの大きなところまでおよびことがわかった。この実験は本学昭和46年度卒業生後藤五一・原克久君および本研究室片岡博技官が主として行なったものであり、記して謝意を表する次第である。なおこの研究は昭和46年度文部省科学研究費の補助を受けたものである。

おまけ；今回の実験により、砂においても応力履歴の影響が認められ、特に変形特性にそれが強くあらわれ、かつヒズミの大きなところまでおよびことがわかった。この実験は本学昭和46年度卒業生後藤五一・原克久君および本研究室片岡博技官が主として行なったものであり、記して謝意を表する次第である。なおこの研究は昭和46年度文部省科学研究費の補助を受けたものである。

おまけ；今回の実験により、砂においても応力履歴の影響が認められ、特に変形特性にそれが強くあらわれ、かつヒズミの大きなところまでおよびことがわかった。この実験は本学昭和46年度卒業生後藤五一・原克久君および本研究室片岡博技官が主として行なったものであり、記して謝意を表する次第である。なおこの研究は昭和46年度文部省科学研究費の補助を受けたものである。

参考文献：

- 1) 北郷・土岐・鈴木：振動三軸圧縮試験による乾燥砂の動的強度について：技術報告資料・土質工学会北海道支部・昭和45年2月。
- 2) 土岐・鈴木・村：振動三軸圧縮試験による乾燥砂の強度と変形について：第25回土木学会年次講演会議録・昭和45年11月。

