

III-67 振動三軸圧縮試験による乾燥砂の強度と変形について

北海道大学工学部 正員 ○ 土 岐 祥 介
 “ “ “ 鈴 木 輝 之
 電源開発株式会社 “ 村 良 平

1. まえがき : 地震力などの動的外力を受ける地盤や土構造物の設計には、これまでいわゆる震度法のような、動的外力を静的力におきかえる方法が用いられてきたが、近年計算機の助けをかりた構造物の動的解析が普及するにつれ、土の動的性質に関する研究の必要性がさらに強まってきた。この報告は、乾燥砂に振動三軸圧縮試験機を用いて地震力を想定したくり返し応力を加え、破壊にいたるまでの供試体の変形と破壊強度を調べ、静的特性との比較を行なったものである。

2. 試験方法 : セン断波が地盤の下方より地表面に伝播するとき、地盤中の土要素は、ある鉛直応力のもとで水平方向のセン断応力が正負に交番するような応力を受けると考えることができる。この応力状態は、Lee¹⁾ らにより、飽和砂中に発生する間ゲキ水圧を巧みに利用した振動三軸圧縮試験の供試体の、主応力面と45°の傾きをなす面上に再現されている。今回の実験は乾燥砂について行なったもので、図-1(a)に示す载荷法を採用した。まず供試体に静的等方圧 σ_{3s} を負荷し、動圧 σ_D を、軸圧と側圧方向に互いに180°の位相差で加えた。動圧は図-1(b)に示すように、液圧 σ_3 一定のもとで、10~12の荷重段階をへて破壊荷重

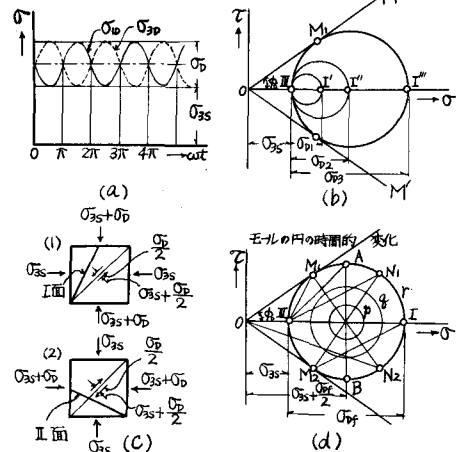


図-1 载荷方法及供試体に発生する応力

まで増加される。動圧 $\sigma_D = \sigma_D$ で破壊がおきたとすると、 $\widehat{MI''}$ がモールの破壊円となり、ここで $\angle MOI'' = \phi$ を動的内部摩擦角と定義した。供試体中の応力は、図-1(c)に示すように最大主応力の方向が周期的に交換され、合応力の傾角が最大となる面(I, II面。破壊時に破壊面となる。)も同時に交換される。同図の(1)および(2)の応力状態におけるI面上の応力は、図-1(d)の M_1 および N_2 、またII面上では N_1 および M_2 となり、モールの応力円の半径は時間とともに0と σ_D のあいだを p, q, r のように変化する。供試体内のセン断応力の方向を、実際の地盤内でそうであるように交番させたことにこの実験の特色があるものと思われる。荷重は一段階500回載荷され、その周期は0.5秒で一定とした。比較のため応力制御法による静的三軸圧縮試験が行なわれた。供試体寸法は $50^{\phi} \times 120^{mm}$ で、シリコンクリスを塗った薄いゴム膜を端面に用い、まさつの減少をはかった。

3. 動的くり返し载荷による間ゲキ比の変化 : 砂の強度は間ゲキ比と最も密接な関係にある。破壊にいたるまでの間ゲキ比の変化を、各段階の荷重500回載荷後、供試体内に負圧をかけて自立させ、ノギスで寸法の変化を測定することによって求めたものが図-2である。この図によると、間ゲキ比は破壊の直前まで σ_D に比例して直線的に減少している。動的载荷の継続による間ゲキ比の変化がかなり大きなものであることは、比較のため図-2の上部に示した初期間ゲキ比 $e_0 \div 0.89$, $\sigma_{3s} = 7.0^{kg/cm^2}$

の静的試験における軸差応力の増加にともなう間ゲキ比の変化を、同じ e_0 , σ_{vs} の動的試験の結果と比較することによってわかる。すでに柴田²⁾らによって指摘されているように、動的载荷のくり返しによる間ゲキ比の変化は大きく、しかも静的载荷時とやや趣を異にしているので、初期間ゲキ比を同一にした供試体の静的および動的強度の比較を行なうさいには考慮を要する。なおこのさい、供試体の軸および半径方向のヒズミは、破壊の直前までほぼ等しい大きさで増大し、この载荷法では当然のことながら、等方的な圧縮が進行している。

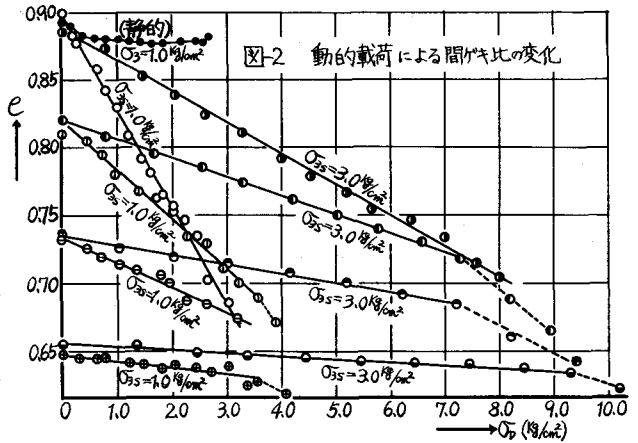
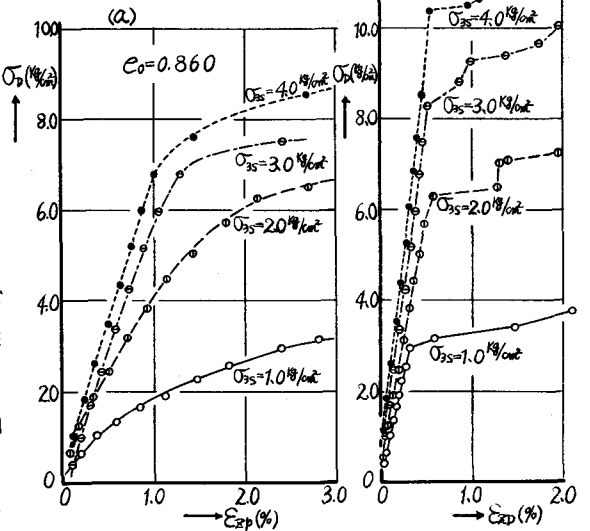


図-2 動的载荷による間ゲキ比の変化

4. 動的内部まさつ角：今回の実験において、 σ_p は応力制御法と同様な方法で増加されたが、破壊荷重の決定にやや困難を感じた。図-3(a)は、 σ_p と、軸圧および液圧が $\sigma_{vs} + \frac{\sigma_p}{2}$ (図-1(a)参照) と等しい値になった瞬間の軸ヒズミ ϵ_{xp} との関係を示したものであるが、破壊点は明確でない。図-3(b)は σ_p と ϵ_{xp} のあいだを増減する動的せん断ヒズミ ϵ_{dp} との関係を示したもので、この関係から破壊強度を決めることはかなり容易であった。図-4の ϕ_s , ϕ_p は、静的および動的内部まさつ角を初期間ゲキ比に対してプロットしたもので、 $e_0 = 0.65 \sim 0.90$ のあいだで両者の差はおおよそ 1° 前後しかなく、実用上両者は等しいとしてよい。しかし、破壊時の間ゲキ比を推定してこれに対してプロットすると同図中の $\bar{\phi}_s$, $\bar{\phi}_p$ のようになり、動的内部まさつ角の方が小さく、間ゲキ比の大きなところでその差は約 6° (約18%) となる。

図-3 σ_p とヒズミの関係



5. 謝辞：この研究は北大工学部北郷繁教授の指導のもとに行なわれたもので、紙上をかりて深謝の意を表するものであります。

参考文献

- 1) Seed, H.B. and Lee, K.L.: Liquefaction of Saturated Sand during Cyclic Loading., A.S.C.E. 1966. S.M.6
- 2) 柴田徹・行友浩：砂の動態時の強度について。土木学会論文集 第176号。1970年4月

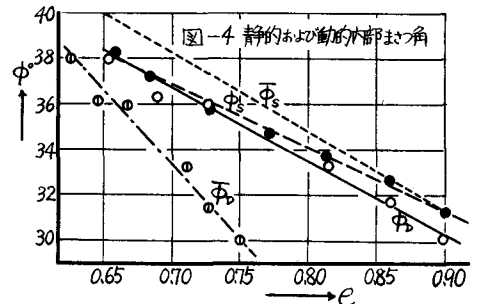


図-4 静的および動的内部まさつ角