

東京大学大学院 ○ 粕田 金一
工学部 石原 研而
不動建設(株) 小屋町 法 久

◆まえがき◆ これまで、東京大学工学部土木工学科においては、不攪乱試料に不規則荷重を載荷する繰返し三軸試験を行ってきた。今回は、宮城県沖地震により崩壊した白石市寿山の宅地造成地から採取した土を突固めて、密度の異なる2種類の試料を作製し、不規則荷重を載荷する繰返し三軸試験を3種の拘束圧の下で行ってみた。この結果得られた動的強度にモール・クーロンの破壊基準を適用して動的強度定数を求め、あらかじめ求めておいた静的強度定数との比較を行った。

◆実験方法◆ 供試体は飽和度一定($S_r=84\%$)の条件で1層あたり25回の落下数で3層または5層に突固め、直径5cm、高さ11cmに成形した。試料は砂質シルトで比重 $G_s=2.58$ 、液性限界 $w_L=41\%$ 、塑性限界 $w_p=23\%$ であり、乾燥密度 γ_d 、含水比 w は2種の試料についてそれぞれ次に示す通りである。

3層突固め試料…… $\gamma_d=1.51\sim 1.53 \text{ t/m}^3$, $w=22\sim 23\%$

5層突固め試料…… $\gamma_d=1.57\sim 1.59 \text{ t/m}^3$, $w=20\sim 21\%$

実験には、十勝沖地震(1968)の際、八戸および室蘭で記録された加速度記録のNS成分とEW成分を不規則波形として用いた。なお、各々の波形について、圧縮側に不規則荷重の最大値を載荷するCMテストと伸張側に載荷するEMテストの2種の実験を行った。

実験は次の手順で実施した。

- (1) $\sigma'_0=0.5, 0.8, 1.0 \text{ kgf/cm}^2$ の3通りの拘束圧で1時間程度圧密する。
- (2) 斜面内の土はある程度の静的なせん断応力を受けていると考えられるので、あらかじめ静的試験より求めた静的強度 $\sigma'_s=(\sigma'_1-\sigma'_3)/2$ の6割の軸差応力 σ'_s を静的に載荷する。
- (3) 不規則荷重を載荷し、発生する軸ひずみを測定する。続けて同じ供試体に不規則荷重の振幅を増加させて同様な載荷を行い、これを適当な回数だけ繰返す。

◆実験結果◆ 不規則荷重載荷時の応力・軸ひずみの経時変化の測定例を3層試料、 $\sigma'_0=0.5 \text{ kgf/cm}^2$ 、室蘭EW波形、EMテストの場合について図1に示す。図1で ε_{re} はある段階の載荷により新たに生じた残留軸ひずみを、 ε'_{re} はその載荷以前に生じていた残留軸ひずみを表している。

こうして得られた軸差応力と残留軸ひずみの

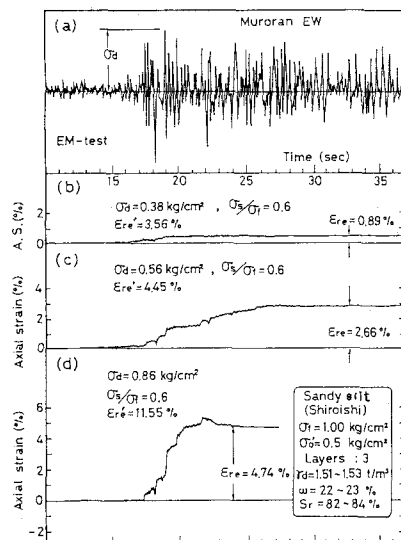


図1 不規則荷重載荷時の応力・軸ひずみの経時変化 ($\sigma'_0=0.5 \text{ kgf/cm}^2$, 室蘭EW, EMテスト, 3層試料)

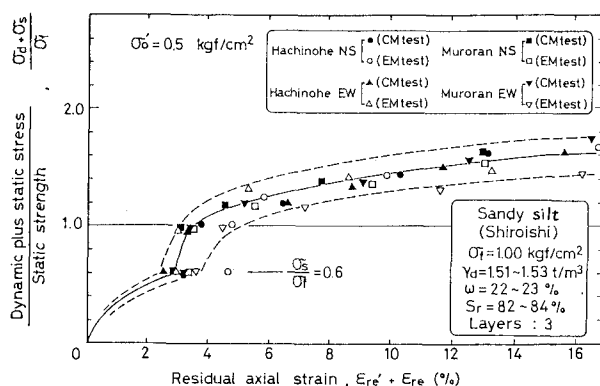


図2 応力比と残留軸ひずみの関係 (3層, $\sigma'_0=0.5 \text{ kgf/cm}^2$)

関係を3層試料, $\sigma'_0 = 0.5 \text{ kg/cm}^2$ についてまとめたのが図2である。図の縦軸には圧縮側に作用する最大の軸差応力 $\sigma'_s + \sigma'_a$ を静的強度 σ'_f で正規化した応力比を、横軸には累積した残留軸ひずみをとっている。図の実線は平均値を、破線はバラツキの範囲を示している。今回の実験では、残留軸ひずみ $\epsilon'_{re} + \epsilon_{re} = 15\%$ に対応する応力比 $\sigma'_s + \sigma'_a / \sigma'_f$ から、動的強度 $\sigma'_{df} = (\sigma'_s + \sigma'_a)_f$ を求めている。

このようにして求めた平均的な応力比と残留軸ひずみ曲線を3層試料で3種の拘束圧について、まとめたのが図3である。

図3より、拘束圧が大きくなるにつれて、動的強度の静的強度に対する比 $\sigma'_s + \sigma'_a / \sigma'_f$ は小さくなる事がわかる。5層試料についても同様な結果が得られている。

◆結論◆ 以上の結果から得られた動的強度を用いてモールの応力円と破壊包絡線を図4(3層試料)、図5(5層試料)に実線で描いてみた。なお、図中の破線は静的試験により得られたモール円と破壊包絡線を示している。この図より、動的試験で得られた粘着力 C_D は静的試験で得られた粘着力 C に比べて、3層試料では1.9倍、5層試料では1.7倍程度に大きくなっているのに対し、内部摩擦角中は両者ともほとんど変化していない事がわかる。土の動的強度は、地震などの繰返し荷重が作用した場合、静的強度の粘着力成分が増加した形で発揮されると考えられる。

今回のように静的載荷と動的載荷とで内部摩擦角 ϕ , ϕ_0 がほとんど変わらない場合には、 $\phi = \phi_0$ よりモール円と破壊包絡線の図形的関係より、

$$\frac{C_D}{C} - 1 = \left(1 + \frac{\sigma'_0}{C \cdot \cot \phi}\right) \left(\frac{\sigma'_{df}}{\sigma'_f} - 1\right)$$

なる関係式が成立し、静的強度定数 C , ϕ とある拘束圧における動的強度を実験で求めれば、動的載荷の場合の粘着力 C_D が定まり、従って、他の拘束圧における動的強度が推定できる事になる。

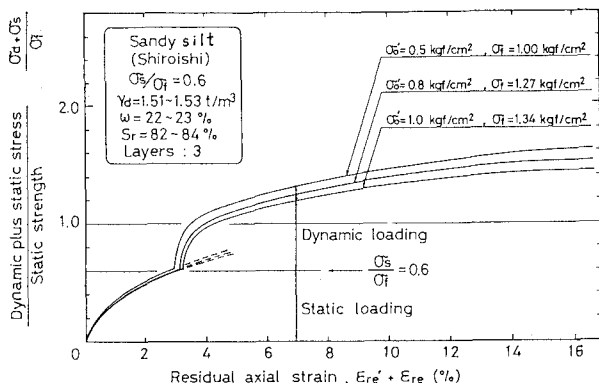


図3 応力比と残留軸ひずみの関係 (3層試料)

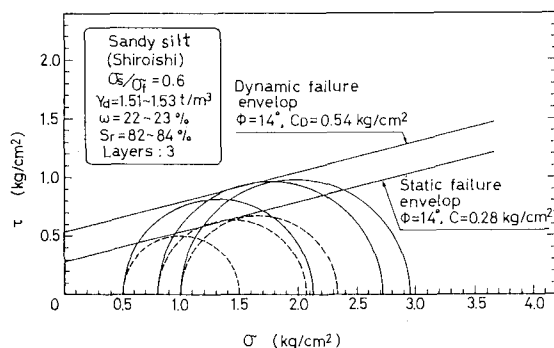


図4 動的および静的三軸試験により得られた破壊包絡線 (3層試料)

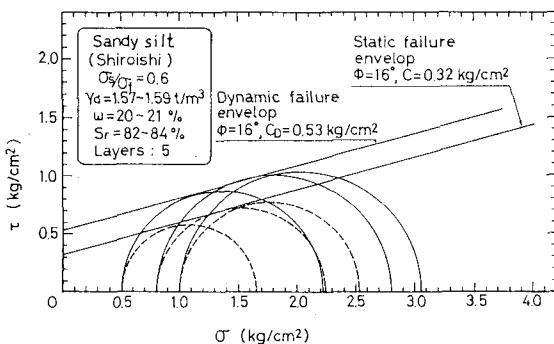


図5 動的および静的三軸試験により得られた破壊包絡線 (5層試料)

◆参考文献◆ 真野亮二・石原研而・吉田喜忠・長尾哲 「不規則荷重載荷時の不撓乱ロームの動的強度特性」 (1982) 第17回土質工学研究発表会発表講演集 pp1581~1584 土質工学会