

九州大学大学院 学生員 落合英彦
九州大学工学部 正員 山内豊聡

1. 予えがき 土の破壊を知るためには、せん断破壊時の応力などのように定めるが、つまり土の破壊規準の確立がその基本的問題となる。物質の破壊規準として通常用いられるものとして、Mohr-Coulomb, 拡張された Tresca, 拡張された von Mises の規準があるが、Mohr-Coulomb の規準は連続的に物質のせん断、すなわちスベリ面と平行なせん断の概念に基づくものであり、拡張された Tresca, 拡張された von Mises の規準はもともと金属材料に因つてのものである。しかしこれらの規準は土壌力学において、粘着力の無い物質の集合体とみられる砂質土に対して通用されている。

著者は粒状体のせん断特性の研究の一環として、砂質土を試料として用い、側圧を一定にして軸応力を増加させる三軸圧縮試験と軸応力を減少させる三軸伸張試験を行つた。その結果、これらの規準を粘着力の無い物質の集合体とみられる砂質土に適用し考察を加えてみた。またスチールボール供試体についても同様の試みを行つた。その結果を報告する。

2. 試料および試験方法 試験に用いた試料は比重2.64の九州大学構内砂(九大砂)と比重2.83のスチールボールである。九大砂の粒径の範囲は74~2000 μ で均等係数 σ_1/σ_3 である。スチールボールは粒径1.56mmのほぼ均一な球を用いている。供試体の大きさは直径5.0cm, 高さ12.5cmであり、九大砂では3種類、スチールボールでは2種類の初期固相キ比を調整した。せん断にあつては σ_1/σ_3 と σ_2/σ_3 とをそれぞれ供試体高さの約1/3とし、定側圧法とスミ法で軸応力を増加させる三軸圧縮試験と軸応力を減少させる三軸伸張試験を行つた。試験はすべて気乾状態の試料について排水(気)試験を行つた。二重には、ている圧力円筒のうち、内側円筒内の水の流入入量により体積変化を測定した。

3. 試験結果とその考察 $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$ ($\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$ とする) を受ける時、粘着力の無い物質に対して上記の破壊規準はそれぞれ次のように表わされる。Mohr-Coulomb ; $(\sigma_1 - \sigma_3) = (\sigma_1 + \sigma_3) \sin \phi'$ --- (1) 拡張された Tresca ; $(\sigma_1 - \sigma_3) = \alpha \frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}{3}$ --- (2) 拡張された von Mises ; $(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2 = 2\alpha^2 \left(\frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}{3} \right)^2$ --- (3)。ところで破壊時の応力は等方的応力成分と偏差応力成分に分けて考へられる。ここで同じ σ_1 の主応力のうち σ_1 が等しい三軸装置で試験を行つたので平均主応力 $\bar{\sigma}$ と軸差応力 σ_f によつて破壊規準を考へてみる。 $\sigma_1 > \sigma_2 = \sigma_3$ である三軸圧縮試験では $\bar{\sigma} = (\sigma_1 + 2\sigma_3)/3$, $\sigma_f = \sigma_1 - \sigma_3$ であり、 $\sigma_1 = \sigma_2 > \sigma_3$ である三軸伸張試験では $\bar{\sigma} = (2\sigma_1 + \sigma_3)/3$, $\sigma_f = \sigma_1 - \sigma_3$ である。図-1は九大砂についての三軸圧縮と三軸伸張試験での破壊時の $\bar{\sigma}$ と σ_f の関係である。この図によれば、両試験とも試験を行つた側圧の範囲内においては、原状を通る直線とみられることができ、その直線の傾きは固相キ比により変化する。これを a_1, a_2 を固相キ比の関数とすれば、圧縮試験では $\sigma_f = a_1 \bar{\sigma}$ 、伸張試験では $\sigma_f = a_2 \bar{\sigma}$ と表わすことができる。ところで拡張された Tresca および拡張された von Mises の規準は式(2),(3)よりわかるように、 σ_1 の主応力のうち σ_1 が等しい通常の三軸装置では、同じ固相キ比であれば $a_1 = a_2$ と等しくなるはずである。一方 Mohr-Coulomb の規準では破壊時には圧縮と伸張試験で同じ主応力比と対らねばならないので、同じ固相キ比であれば $a_2 = \frac{3a_1}{2} + a_1$ と等しくなるはずである。図-2は九大砂についての破壊時の $(\sigma_f/\bar{\sigma})$ と $\bar{\sigma}$ の関係を示すものである。曲線Iは圧縮試験、IIは伸張試験の結果であり、IIIはIの縦距を a とした時に $\frac{3a}{2} + a$ 倍し

たものである。以上述べたことより、拡張された Tresca および拡張された von Mises の規準では曲線 I と II が一致し得くても得られず、Mohr-Coulomb の規準では曲線 II と III が一致し得くても得られず、図-2 に示す 3 つの規準のうちでは Mohr-Coulomb の規準を用いるのが妥当なようである。

けれども、粘着力の無い物質の破壊条件を完全に表わしては得ないようである。なお図-2 で曲線 II と III が交差していることは、Mohr-Coulomb の規準を砂質土に適用した時、軸歪力を減らすと三軸伸張試験の ϕ' が軸歪力を増やすと三軸圧縮試験のそれと比べて密着試験体で大きく、ゆるい試験体で小さくして行くということである。

図-3 はステールボールについての $(\sigma/p)_f$ と e_f の関係である。ステールボールは粒径が一様な球状であるため、広範囲の割合キ比について試験を行なったが、丸太砂に関する結果とほぼ同様の傾向を示している。

4. 丸太砂 土の破壊規準を厳密に論ずるには中間主歪力を考慮した三軸試験を行なう必要があるが、2つの主歪力が等しい圧縮および伸張試験にすれば、3つの規準のうちでは Mohr-Coulomb の規準が妥当なように思われる。しかし粘着力の無い物質にその規準を適用した時は、圧縮と伸張試験での ϕ' が異なるといふ矛盾した結果が得られる。このことは両試験での ϕ' が等しくなりあるいは等しくならぬ²⁾ という従来の報告と符合させてみると、Mohr-Coulomb の規準を粘着力の無い物質にそのまま適用する点に問題があるのではないかと考えられる。なおダイクタンニートによるせん断抵抗の影響、せん断中の供試体の変形の不均一さによる歪力計算の誤差等と比べて今後の検討が必要である。

- 1) 例として A.W. Bishop & A.K.G. Eldin, "The Effect of Stress History on the Relation Between ϕ and Porosity of Sand," Proc. 3rd. Int. Conf. S.M.F.E. Vol. 1, 1953.
- 2) 例として R.M. Haythornthwaite, "Mechanics of the Triaxial Test for Soils," Proc. A.S.C.E. Vol. 86, No. S.M.S., 1960.

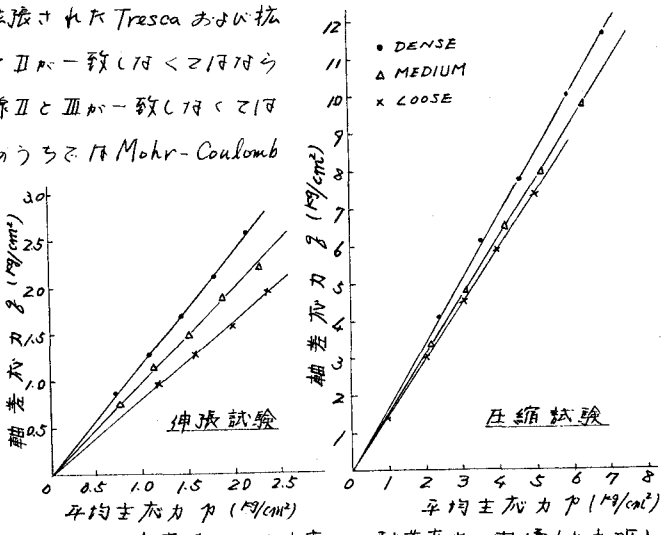


図-1. 破壊時の平均主歪力と軸歪力 ϕ' の関係 (丸太砂)

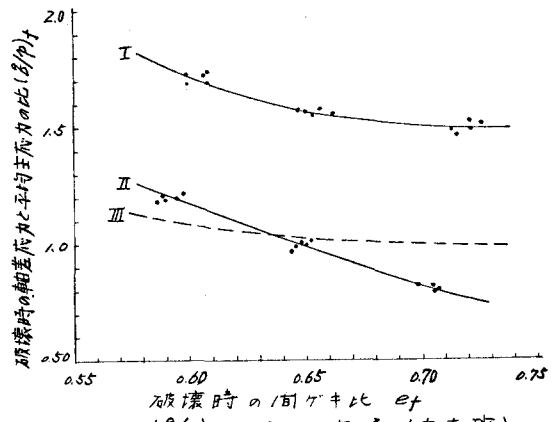


図-2. $(\sigma/p)_f$ と e_f の関係 (丸太砂)

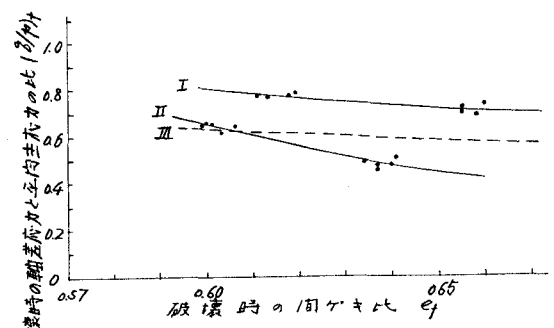


図-3. $(\sigma/p)_f$ と e_f の関係 (ステールボール)