

III-46 三主応力状態における砂のダイレタンシー特性

電力中央研究所 正 岡本敏郎
東北大学工学部 正 柳沢栄司
八戸工業大学 正 諸戸靖史

(1) はじめに

現在までに行なわれた三主応力試験から得られた破壊曲線は、各研究者により異なり未だ定っていない。我々は Ko & Scott 型の試験機を使って砂のせん断特性を調べ、その結果を前回報告した。それによると、三主応力状態の破壊曲線は、Green, Procter & Barden, Lade & Duncan らと同一となった。今回はダイレタンシーに着目して他の実験結果と異なる原因を考察した。

(2) 実験概要

用いた実験装置、方法、試料については前回のとおりである。平均主応力 $p = \frac{1}{3}(\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3) = \text{一定}$, Lade のパラメーター $\mu = (2\sigma_2 - \sigma_1 - \sigma_3) / (\sigma_1 - \sigma_3) = \text{一定}$ ($\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$) の条件で乾燥砂の排気せん断試験を行った。ここに $\mu = -1$ のとき $\sigma_2 = \sigma_3$, $\mu = 1$ のとき $\sigma_1 = \sigma_2$, 最大主応力は砂の堆積方向に載荷しており、せん断中に主応力方向の回転はしない。

(3) ダイレタンシー特性

本実験から得られたダイレタンシー係数 $(-dv/de_1)_{\max}$ をプロットしたのが図-1 である。バラツキはあがるが、密になる程 $(-dv/de_1)_{\max}$ は大きくなり、いずれの密度においても三軸圧縮 ($\mu = -1$) から平面圧 ($\mu = -1/3$) を通り三軸伸張 ($\mu = +1$) にかけて $(-dv/de_1)_{\max}$ が増大する傾向にある。medium, loose では三軸圧縮付近で $(-dv/de_1)_{\max}$ の増加のし方が大きい。全体的には $\mu = +1/3$ 付近から $\mu = 1$ にかけて増加のし方が大きいようである。そして $\mu = 1$ における $(-dv/de_1)_{\max}$ は $\mu = -1$ におけるものの dense で約 2.4 倍, medium で約 2.0 倍, loose で約 2.8 倍となっている。砂のもつ強度が、砂粒子間の摩擦とダイレタンシーに支配されていると考えらるなら、本実験のように密度が違ふ場合、ダイレタンシーの相異が強度に反映していることは判る。

ダイレタンシーが中間主応力 σ_2 によりどのように変わるかという点を他の実験結果と比較するため図-2 を作成した。Green, Lade & Duncan の場合、三軸圧縮 ($\mu = -1$) から $\mu = 1$ にかけて $(-dv/de_1)_{\max}$ は増大し $\mu = 1$ 付近での増加の割合は大きい。そして $\mu = 1$ での $(-dv/de_1)_{\max}$ は $\mu = -1$ のものの約 2.4 ~ 2.5 倍になっている。一方、Sutherland & Mesdary の場合 $\mu = -1$ から $\mu = 1$ にかけて増加している傾向は同じであるが、 $\mu = 1$ における $(-dv/de_1)_{\max}$ は $\mu = -1$

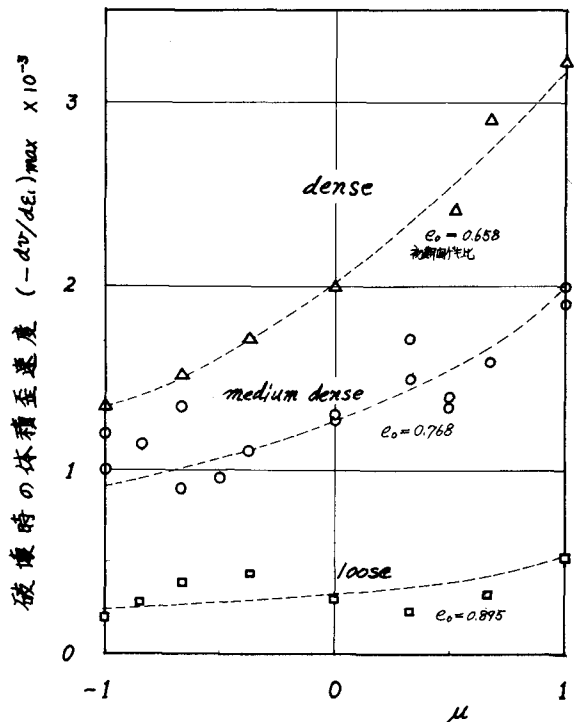


図-1

のその約2.1倍となっている。

Rowe の導いた stress-dilatancy 理論によれば、三軸圧縮状態で $\sigma_1/\sigma_3 = K(1 - \frac{dv}{de_1})$

$$\text{三軸伸張状態で } \sigma_1/\sigma_3 = \frac{K}{1 - \frac{dv}{de_3}}$$

ここに $K = \tan^2(45^\circ + \phi/2)$ が成り立つとしている。ここで三軸圧縮と三軸伸張との ϕ が等しく、破壊時の主応力比が等しいとすると

$$(dv/de_1)_{\text{ext.}} = 2 (dv/de_1)_{\text{comp.}}$$

が導かれ、三軸伸張での $(-dv/de_1)_{\text{max}}$ は三軸圧縮でのその2倍であることを示している。

Sutherland & Mesdary の場合は Rowe の考えたダイラタンシー特性に近いようであり、本実験や Green, Lade & Duncan の場合は $\mu = 1$ 付近でダイラタンシー効果が大きいようである。

(4) 強度とダイラタンシー効果

本実験や Green, Lade & Duncan の実験結果では $\mu = -1$ から強度が増大するが、 $\mu = -2/3$ 付近から $\mu = 1$ まではほぼ同じ強度となっている。したがって $\mu = 1$ での強度は $\mu = -1$ での強度より大きくなっている。Sutherland & Mesdary の実験では $\mu = 0$ に關して左右対称な破壊曲線が得られ、 $\mu = -1$ と $\mu = 1$ における強度は等しくなっている。砂の持つ強度はダイラタンシー効果が大きい、(3) でみたように本実験や Green, Lade & Duncan のような破壊曲線になるのは、Sutherland & Mesdary の実験と比較して又 Rowe の考えたダイラタンシー効果よりも $\mu = 1$ 付近での強度に及ぼすダイラタンシーの寄与が大きいためであると考えられる。Sutherland & Mesdary の実験でこのようなダイラタンシー効果が生じるのは、最大主応力方向と砂の堆積方向とが $\mu = -1$ では一致しているのに対し、 $\mu = 1$ 付近では一致していないことによると考えられる。

三主応力状態でのせん断試験は多くの研究者連同行なれりようになつたが、実験から得られた破壊曲線は種々様々である。これを解決するには、データの蓄積を増すことや試験方法に一貫性を持たせること(例えば砂の異方性を考慮すること)が必要ではないかと思われる。

未筆ながら日頃御指導御援助戴っている河上房義東北大学名誉教授(現宮成高等学校長)に感謝致します。また実験を手伝って戴いた東武敏雄 手塚繁己君に感謝致します。

参考文献

1. 柳沢 諸戸 岡本「三主応力状態における砂のせん断特性」第1回国土重工業学会前刷
2. Green「Strength and Deformation of Sand measured in Independent Stress Control Cell」Roscoe memorial symp.
3. Lade & Duncan「Cubical Triaxial Tests on Cohesionless Soil」ASCE Vol. 99
4. Sutherland & Mesdary「The Influence of the Intermediate Principal Stress on the strength of Sand」Proc. 7th I.C.S.M.F.E.

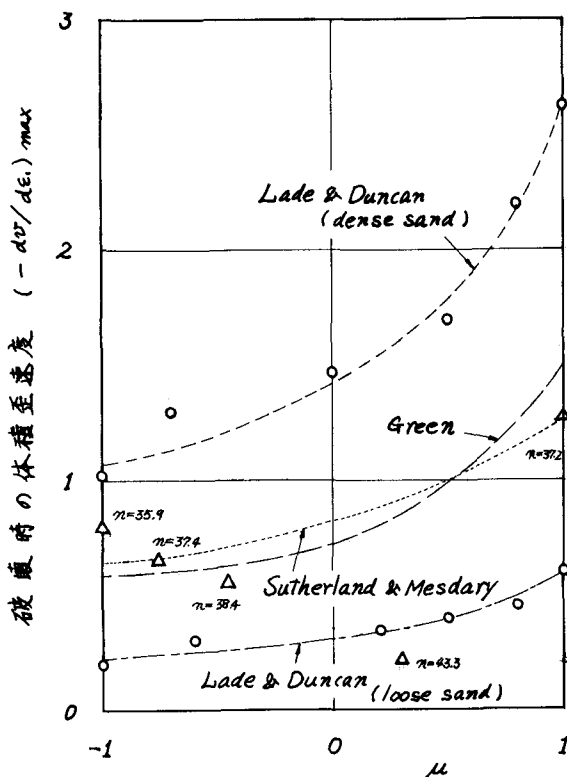


図-2