

佐賀大学 理工学部 正員 三浦哲彦
山口大学 工学部大学院 ○岡藤博国
同 浅上洋一

1. まえがき

これまで、粒子破砕領域の砂のせん断特性に関する研究は、主として側圧一定の三軸圧縮試験によって検討されてきた。本報告では、最大側圧 150 kgf/cm^2 までの三軸圧縮および三軸伸張の両領域においてそれぞれ側圧一定および平均主応力一定の試験を行い粒子破砕特性およびせん断特性に及ぼす応力経路の影響を調べたものである。

2. 実験方法

2.1 試料：土粒子比重 2.65、最大粒径 2.0 mm 、50% 粒径 0.48 mm 、均等係数 2.6、最大間げき比 1.05、最小間げき比 0.58 の秋穂砂(山口県)を実験に用いた。直径 50 mm 、高さ 125 mm 、初期間げき比 $0.64 \sim 0.68$ の密な状態の供試体を作製し、三軸圧縮および三軸伸張試験に供した。

2.2 三軸試験：三軸圧縮試験は、最大 150 kgf/cm^2 までの等圧圧力にて圧縮した後、側圧(σ_r)一定または、平均主応力(p)一定でせん断した。これらの実験方法の詳細については文献¹⁾に示している。

3. 実験結果

3.1 破壊線：図1は4つの応力経路に対する破壊線を描いたものである。圧縮領域における破壊線の勾配は $M_c = 1.43$ であり、既に他の材料について示したのと同じように応力経路によらず破壊線は定まる。一方、伸張領域では $M_e = -1.04$ である。伸張領域の応力 $\sim$ ひずみ曲線は、図2に見られるように破壊ひずみまで至っておらず、実験結果の信頼性は十分とはいえないが、 σ_r 一定と p 一定の両試験の破壊点はやはり1本の線上にのるようである。

3.2 応力 $\sim$ ひずみ特性：図2に4種類の応力経路に対する応力 $\sim$ ひずみ曲線を示した。応力はせん断中の側圧 σ_r で正規化している。(a) $\sim$ (d)の4種類の曲線で共通してみられる特徴は、基準圧力(σ_{ri} , p_i)が高くなるのに伴って、(i)変形係数は小さくなる、(ii)降伏応力および破壊応力は小さくなる、(iii)破壊ひずみは大きくなる、および(iv)体積ひずみは大きくなる。

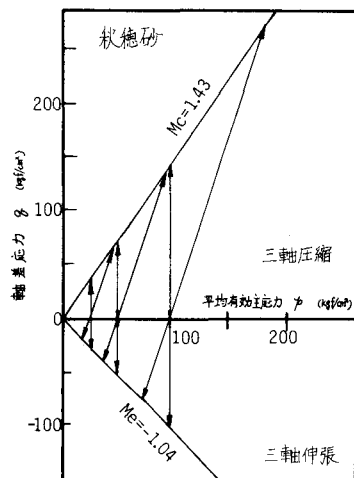


図1. 応力経路および破壊線

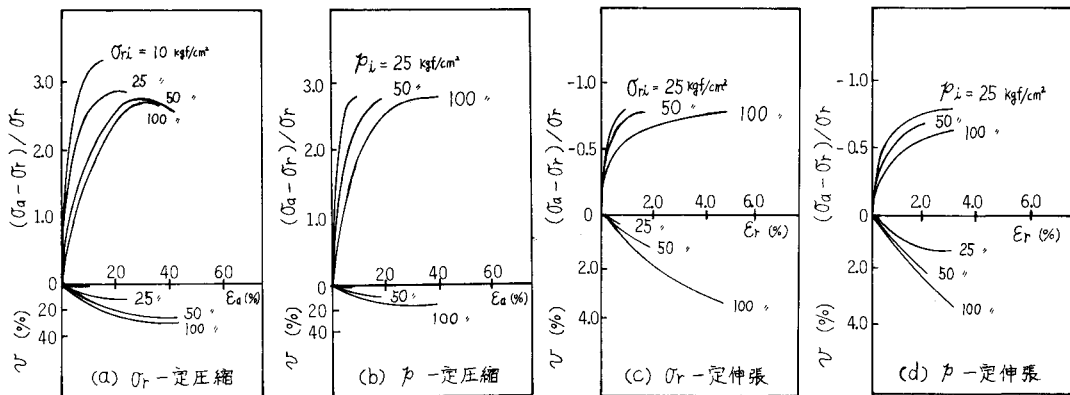


図2. 各応力経路に対する応力 $\sim$ ひずみの関係(秋穂砂)

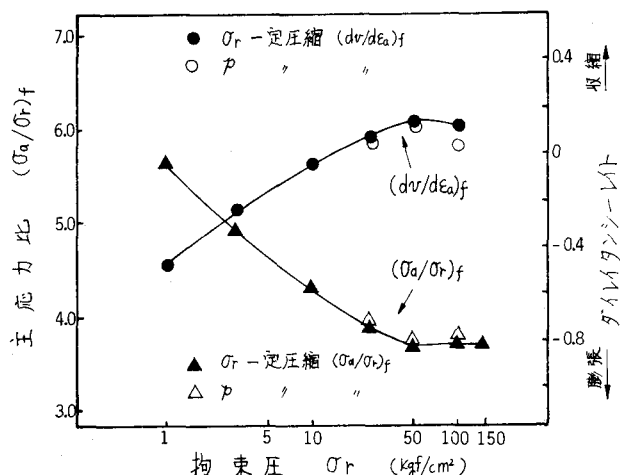


図3. 破壊時の拘束圧 σ_r と主応力比 $(\sigma_a/\sigma_r)_f$ とダイレイタンス $(dv/d\varepsilon_a)_f$ の関係

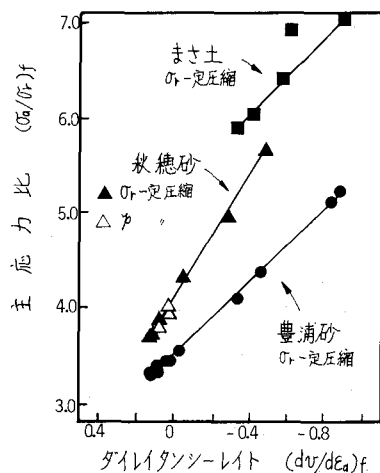


図4. $(\sigma_a/\sigma_r)_f$ と $(dv/d\varepsilon_a)_f$ の関係

3.3 ストレスダイレイタンス特性: σ_r -一定圧縮試験における破壊時主応力比 $(\sigma_a/\sigma_r)_f$ およびダイレイタンス $(dv/d\varepsilon)_f$ の変化を示したのが図3である。この結果は、これまでに豊浦砂その他について示してきたのと同じ σ_r 依存性を示している。 p -一定三軸圧縮の場合は、おおむね σ_r -一定の曲線上にのるようである。(この場合の σ_r は破壊時の側圧を意味する。)次に圧縮領域での主応力比とダイレイタンスの関係は図4に示すとおり広範な側圧域に対して直線関係にある。 p -一定のデータはほぼ σ_r -一定の曲線上にのっている。

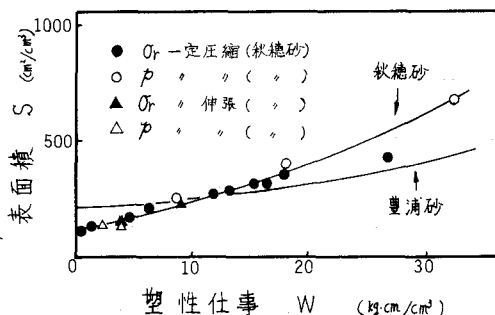


図5. 表面積 S と塑性仕事 W の関係

3.4 粒子破碎特性: セン断応力下の粒子破碎量を表わす指標として表面積増加²⁾を用いるのが便利である。側圧一定の三軸圧縮応力下における粒子破碎量 ΔS (cm²/cm²)は試料になされた塑性仕事 W のユニークな関数であることがわっている。本実験では、図1に示した4種類の応力径路の試験について $S \sim W$ 曲線の特性を調べた。各せん断特性のいろいろなひずみレベルにおいて試験を停止し、試料を取り出してその比表面積 S_w を測定した。²⁾これに供試体の乾燥密度 ρ_d を乗じて表面積 S を求めた。また、応力 $\sim$ ひずみ曲線で囲まれる面積より供試体単位体積当りの塑性仕事 W を求めた。図5はその結果を示したものである。この結果が示すように、 $S \sim W$ 曲線は応力径路に依存しないことが確かめられた。

4. まとめ

- (1) 破壊線は圧縮、伸張それぞれの領域で応力径路に依存しない。
- (2) 応力 $\sim$ ひずみ曲線は拘束圧増加に伴って変化するが、その変化の様子は応力径路の違いによらず類似している。
- (3) 拘束圧増加に伴う主応力比およびダイレイタンスの変化は圧縮、伸張それぞれの領域で応力径路依存性は小さい。
- (4) 圧縮領域でのストレスダイレイタンス関係は応力径路によらず直線関係にある。
- (5) 粒子破碎特性を表わす表面積 $\sim$ 塑性仕事関係は圧縮伸張の応力径路に依らずユニークな一本の曲線となる。

文献

- 1) Miura, N. et al: Stress-Strain Characteristics of Sand in Particle-Crushing Regions, S&F, Vol.24-No.1 1984
- 2) 三浦哲彦・他: 砂のせん断特性に及ぼす粒子破碎の影響について 土木学会論文報告集, No.260, 1977