

日本大学理工学部 正会員 ○ 木下 効志
日本大学理工学部 正会員 宮森 建樹

1 まえがき

本報告は三主応力条件下での飽和砂のせん断挙動を明らかにしようとするものであり、今までに得られた研究成果をもとに、特に間隙比および拘束圧が砂の強度および変形特性に及ぼす影響を実験的に調べた。

2. 試験方法

- (1) 試料； 実験試料として豊浦標準砂($G_s=2.644, D_{10}=0.12\text{mm}, D_{60}=0.16\text{mm}, U_c=1.33, U_e=0.95$)を用いた。
- (2) 供試体の作成； 煮沸により脱気した試料を、脱気水中に水浸させたモールド内に静かに堆積させた後、種々の間隙比の供試体を得るために振動を加えて締固めた。締固めた試料を凍結し、その後モールドから脱形することによって供試体を得た。供試体は長さ80mm、幅40mm、高さ85mmの直方体形状である。
- (3) 供試体の解体と等方圧縮； モールドから脱形した供試体に加圧板をとりつけ、三軸室内にセットした後に側方拘束装置を組立てた。供試体は、 0.2kgf/cm^2 の水圧で自立を保たれた状態で解凍した後、所定の拘束圧まで等方圧縮した。

- (4) セン断試験； 拘束圧(最小主応力)を $\sigma_x (= \sigma_z) = 0.5, 1.0$ および 2.0kgf/cm^2 に設定し、それぞれの拘束圧まで供試体を等方圧縮した後、せん断を行なった。せん断時の応力条件は拘束圧 σ_x は一定であり、せん断応力成分の軌跡が図-1に示すように、 $\theta = 0^\circ, 15^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ$ の5通りとした。

3. 応力とひずみ

供試体の鉛直方向(堆積方向)を z 、拘束方向を y 、およびセル圧方向を x 軸方向とした。応力状態は平均主応力 P 、せん断応力 q および応力経路 θ で表現し、ひずみは体積ひずみ v とせん断ひずみ γ で表現した。それぞれは次のようである。

$$P = \frac{1}{3}(\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z)$$

$$q = \frac{1}{3}\{(\sigma_z - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_x)^2 + (\sigma_x - \sigma_z)^2\}^{1/2}$$

$$\tan \theta = \sqrt{3} \frac{(\sigma_y - \sigma_x)}{(\sigma_z - \sigma_y) + (\sigma_z - \sigma_x)}$$

$$v = \varepsilon_x + \varepsilon_y + \varepsilon_z$$

$$\gamma = \{(\varepsilon_z - \varepsilon_y)^2 + (\varepsilon_y - \varepsilon_x)^2 + (\varepsilon_x - \varepsilon_z)^2\}^{1/2}$$

ここに、 $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$ は主応力であり、 $\varepsilon_x, \varepsilon_y, \varepsilon_z$ は主ひずみである。

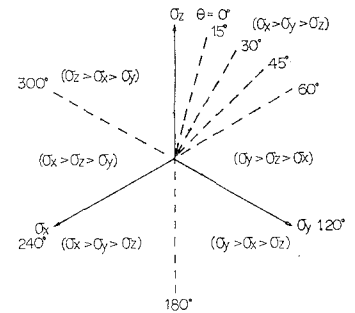


図-1 応力経路

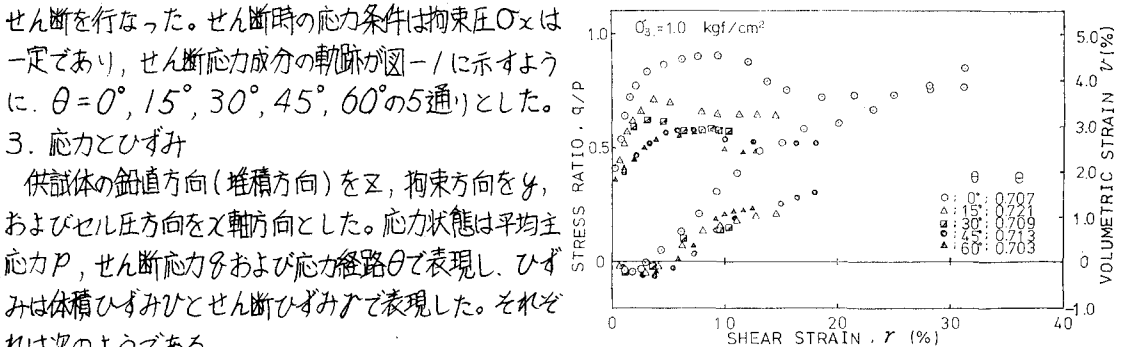


図-2 応力比-ひずみ関係

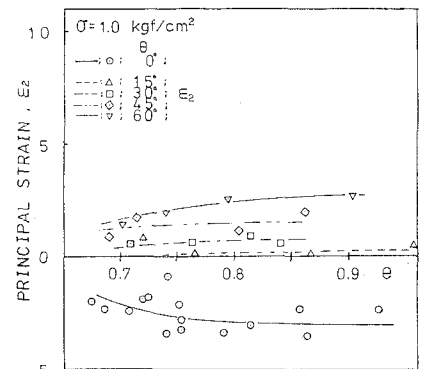


図-3 破壊時の中間主ひずみ(ε_2)-間隙比関係

4. 実験結果と考察

(1) 応力比・ひずみ関係：図-2に応力比・ひずみ関係を示した。この図から θ の増大とともに破壊時および残留強さ時の q/p の値は減少することがわかる。最大圧縮時の体積ひずみは応力経路により大きな変動はみられない。

(2) 破壊時の中間主ひずみ ($\varepsilon_2 = \varepsilon_y$)・間隙比関係：図-3から $\theta = 0^\circ$ (三軸圧縮状態) の場合破壊時の ε_y は膨張側にあるが、それ以外では圧縮側となる。特に $\theta = 15^\circ$ の応力経路では $\varepsilon_y \approx 0$ であり、平面ひずみ状態に近いと推測できる。また間隙比が小さく密な砂では ε_y の絶対値は小さく、間隙比とともに大きくなるが、緩い状態の砂 ($e > 0.85$) では一定になるような傾向を示す。

(3) 最大圧縮時のせん断ひずみ・間隙比関係：図-4から全体的な傾向として間隙比の増大とともに最大圧縮時のせん断ひずみが增大することがわかる。また、三軸圧縮状態にくらべて三軸伸張状態においてせん断ひずみが大きく、その差は間隙比の小さな範囲で大きくなる傾向がある。このことは密な砂において応力経路の相違が変形特性に及ぼす影響が著しくなることを意味している。

(4) 内部摩擦角・間隙比関係：図-5に拘束圧 $\sigma_3 = 1.0 \text{ kgf/cm}^2$ の結果を示した。 ϕ は間隙比の増大とともにほぼ直線的に減少する傾向を示す。図中に最上の式を示したが三軸圧縮における ϕ とよい一致を示している。

(5) 内部摩擦角・応力経路関係：図-6に拘束圧をパラメータとして $\phi - \theta$ 関係を示した。 ϕ は θ の増大とともに大きくなるが、特に $\theta = 0 \sim 15^\circ$, $45 \sim 60^\circ$ の範囲で著しく増大することがわかる。このような傾向は同タイプの装置を用いた他の研究者の結果とも類似している。また拘束圧が小さいときには ϕ は大きくなっているが、これは通常の三軸圧縮試験の結果とも一致する。

(6) 最大応力比・体積・せん断ひずみ増分比関係：図-7より $(q/p)_{\max} - (dv/dr)$ 関係は応力経路が同一であれば間隙比および拘束圧に関係なく同一の直線関係にある。しかしながら、応力経路(θ)が $\theta = 0^\circ$ から $\theta = 60^\circ$ になるに従って、勾配は小さくなり、 $(dv/dr)_f$ 切片も小さくなる傾向を示す。

5. あとがき
三主応力条件下における砂のせん断挙動を間隙比及び拘束圧を種々に変化させて調べた。三主応力条件下においても砂のせん断挙動は、通常の三軸圧縮試験によるものと相対的には同じような傾向を示すものの、応力経路の相違によってそれらの影響の度合いが異なってくることを明らかにした。

参考文献

- 1). 宮森, 下邳; 供試体形状が砂の三軸圧縮特性に及ぼす影響について, 第16回土質工学研究発表会, PP497~500, 1981
- 2). 宮森, 森谷; 新しく試作した多軸圧縮試験装置の特性について, 第25回日本物理工学会学術講演会, PP466~468, 1981
- 3). 宮森, 下邳, 浅川; 平均主応力一定条件下における砂のせん断変形について, 第11回土質工学研究発表会, PP227~230, 1976

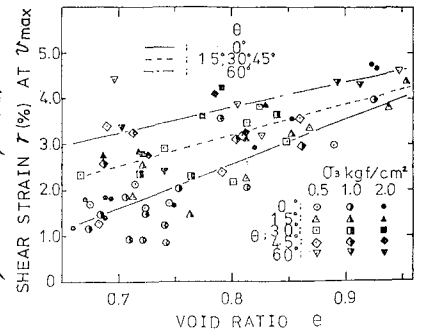


図-4 最大圧縮時のせん断ひずみ-間隙比関係

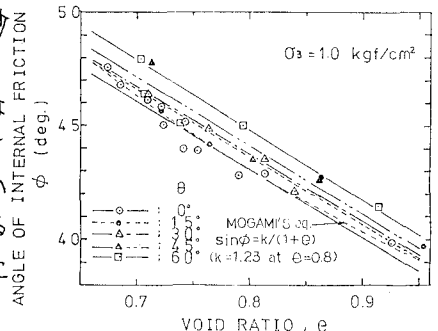


図-5 内部摩擦角-間隙比関係

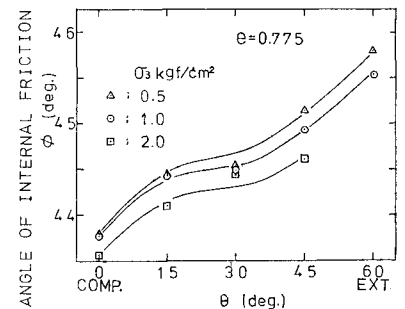


図-6 内部摩擦角-応力経路関係

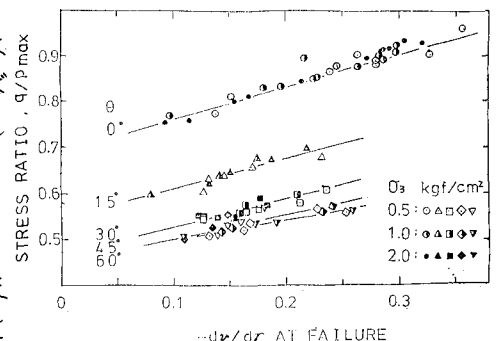


図-7 最大応力比-体積・せん断ひずみ増分比関係