

北見工業大学 正員 ○池浦 勲  
北海道大学工学部 正員 土岐祥介

1. まえがき

本研究は、飽和した種々の砂の繰返し載荷による排水三軸圧縮試験を行なって、砂の強度、ダイレイタンシー特性、弾性係数などが、粒子の性質、粗密、粒度分布、載荷条件によってどう変化するかについて、実験的考察を加えたものである。

2. 実験方法

実験に使用した砂は表-1に示す性質とそつ。4段階の密度の直径5cm、高さ12cmの供試体を乾燥砂で作成したのち約720mmHgの真空のもとで水を下部から徐々に導き入れて供試体を飽和させ、ノギスで寸法をはかり初期間キキ比 $e_0$ を求めた。供試体の体積変化 $\Delta V$ はピュレットにて測定した。載荷方法は図-1のようにヒズミ速度 $\dot{\epsilon} = 0.5\%/min$ で供試体初期高さの1%に相当するヒズミに達したとき除荷するという繰返し載荷を8サイクル行ない、その後破壊させた。各サイクルの応カーヒズミ曲線の立上り部分は差動トランスにて測定しX-Yレコーダーで記録した。

砂名	$G_s$	$D_{50}$ (mm)	$C_u$	$e_{max}$	$e_{min}$	粒形その他
T(豊浦)	2.65	0.21	1.2	1.01	0.67	角ばっている。大部分石英
S(相馬)	2.66	0.47	1.6	0.83	0.49	" "
K(北広島)	2.71	0.66	2.6	0.87	0.50	扁平。丸みをおびる。
Z(銭函)	2.76	0.19	1.2	1.16	0.41	比較的角ばっている。
Y <sub>1</sub> (勇払)	2.78	0.43	2.3	0.84	0.52	扁平。丸みをおびる。
Y <sub>2</sub> ( " )	2.73	0.13	1.2	1.24	0.66	" "
Y <sub>3</sub> ( " )	2.84	0.21	1.8	1.08	0.62	" "
Y <sub>4</sub> ( " )	2.81	0.34	3.0	1.00	0.50	" "
Y <sub>5</sub> ( " )	2.74	0.57	5.0	0.76	0.37	" "

表-1 実験に使用した砂

3. 実験結果とその考察

(1) ダイレイタンシー特性

砂のせん断抵抗のうちダイレイタンシーによる抵抗の大小は、体積変化の割合とヒズミの割合の比  $\frac{d(A^V/V)}{d\epsilon} = DI$  に支配される。図-2は $\sigma_3 = 1.0, 5.0 \text{ kg/cm}^2$ の場合のDIと相対密度 $D_r$ の関係をプロットしたものであるが低圧力のもとではほぼ $DI = D_r$ であり、圧力が高くなるにつれてDIは減少し、かつこの度合は砂粒子の形または鉱物組成によって変化することが認められ次の実験式が得られた。  $DI = D_r - A \log \sigma_3$  ( $A = 0.2 \sim 0.8$ )

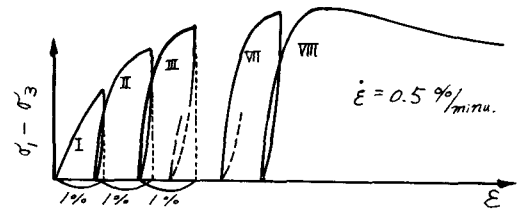


図-1 載荷方法

(2) セン断抵抗角

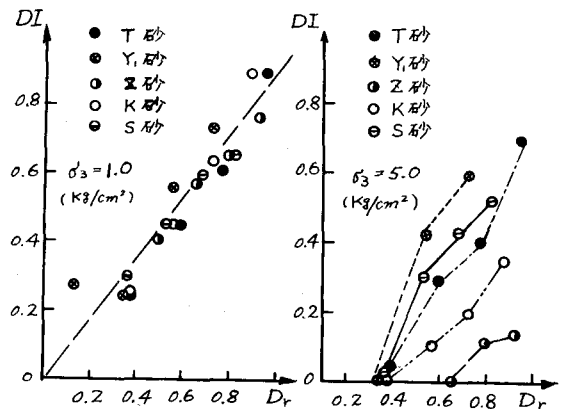


図-2 DIと $D_r$ の関係

赤井の式<sup>1)</sup>によってダイレイタンス補正を施したせん断抵抗角 $\phi_{rf}$ と、 $D_r$ の関係を図-3に示す。モールの応力円の包絡線は多くの場合上に凸の曲線となったが、必ずしも単調な曲り具合ではなかつたので便宜上最小二乗法により $\phi_{rf}$ を定めた。図-3に示されるように $\phi_{rf}-D_r$ 関係は一義的には定まらず粒形、鉱物組成に左右されるようである。すなわち図は大ざっぱに見れば上、下群に分かれる。上群の3砂は粒子が扁平で、石英、安山岩石基その他の混合物から成るのに対し下群のT、S砂の粒子は立方体に近く、大部分石英である。その他考えられる粒径、粒度分布の影響については、図-3のT、Z砂の関係および図-4を見ればそれらが $\phi_{rf}$ に大きく影響するとは考えられない。また図-5は含水条件以外の<sup>2)</sup>初期条件の等しい乾燥砂と飽和砂の $\phi$ を比較したものであるが、飽和砂の $\phi$ は乾燥砂のそれより小さくなり、さらに鉱物組成(または表面性状)によりその程度の異なることが認められる。

### (3) 限界間キキ比

限界間キキ比 $e_{cr}$ は定側圧限界間キキ比<sup>3)</sup>で定めた。 $e_{cr}$ と相対密度に換算したものを $D_{rc}$ と表わし、これと $\sigma_3$ との関係を両対数紙上にみるとそれらは図-6に示すように直線関係にあるようである。すなわち $D_{rc} = C \sigma_3^D$  ( $C \approx 0.35 \sim 0.55$ ,  $D \approx 0.4$ )となり、当然の事ながら $e_{cr}$ は地表面からの深さによって変化するわけであり、たとえば標準貫入試験のN値の補正式 $N' = 15 + \frac{1}{2}(N - 15)$ にもこのことの考慮がなされるべきであろう。

### 3. 結び 弾性係数(初期接線係数)Eはオ1サイクル

では小さくオ2サイクル以後はほぼ一定値 $E_R$ をとり、 $E_R = (800 \sim 1600) \sigma_3^{0.55 \sim 0.65}$  ( $\text{kg/cm}^2$ )で表わされ、砂粒子の表面の乾湿の違いの $E_R$ に与える影響は0~3%であったが詳しくは別の機会に譲りたい。粒子の形、表面性状の具体的表示法、相対密度の決定法、構成鉱物の力学的化学的性質、供試体変位条件、繰返し載荷の応力レベルの問題など多くの課題が残っている。なおこの実験は佐藤正義、吉田博之両君に負うところが大きい。記して謝意を表するものである。

### 4. 文献

- 1) 赤井; 砂のせん断におけるダイレイタンス効果について, 土木学会論文集, Vol. 58, 1958
- 2) 土岐池浦也; 砂の強度特性に関する実験的研究, 土壌工学会北海道支部技術報告資料, No. 9, 1969
- 3) Taylor, D.W; Fundamentals of soil mechanics, John Wiley & Sons, 1948

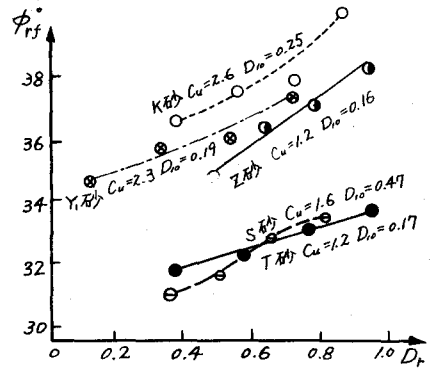


図-3  $\phi_{rf}$ と $D_r$ の関係

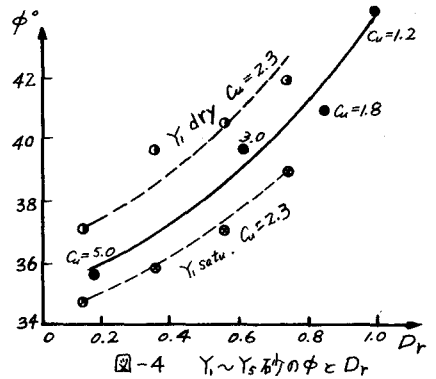


図-4  $Y_1 \sim Y_2$ 砂の $\phi$ と $D_r$

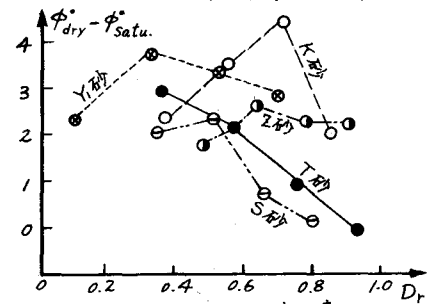


図-5 乾湿による $\phi$ の違い

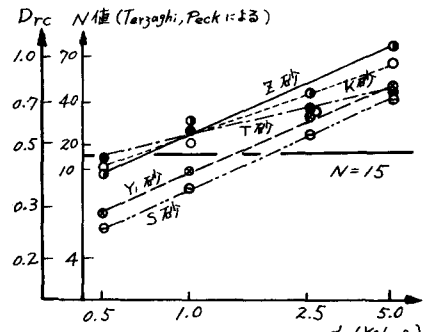


図-6  $D_{rc}$ と $\sigma_3$ の関係 ( $\sigma_3$  ( $\text{kg/cm}^2$ ))