

(78) 砂のせん断強度と密度の関係

東北大 諸戸靖史
東北大 ○中村俊夫

本報告は砂のような非粘着性の粒状材料の密度とせん断抵抗角の関係について調べたものである。非粘着性の土を対象とした強度公式は表-1のようにまとめられる。一般的にいて、理論的に導かれたものは仮定の検証あるいは実験値の再現性の面において不満がある。一方、実験的に求められたものではその式のもつ物理的な意味が不明である。また、式の精度の点からみた場合、一係数の式は精度の点で二係数の式に当然劣る。しかし、一係数の式には二係数の式よりも簡単で便利である利点があり、実用的である。表-1において我が国から提案されている式は No.2 と No.11 のものである。No.11 は No.10 と同じ内容を持つている。諸戸は No.2 の式を採用し最上の定数 $\bar{a}$ の平均的な値 $\bar{a}$ と最初間ゲキ比 e_{min} の間に直線的な関係

$$\bar{a} = a e_{min} + b$$

$$\bar{a} = (1 + e_0) \sin \phi$$

a : 粒子物性に関する定数

b : 定数

e_0 : 初期間ゲキ比

ϕ : せん断抵抗角

があることを見いだしている。そして、この関係を利用して砂・レキ枝の工学的分類のための便利な一図表を作成する試みをしている。本報告は最上の強度定数 $\bar{a}$ と最初間ゲキ比の関係に右下りの傾向のあることを観察し、二係数の強度式のもつ内容を考察しようとするものである。

最上の定数 $\bar{a}$ と最初間ゲキ比 e_0 の関係から観察されること :

図-1, 2, 3 に $\bar{a}$ と e_0 の関係を書いた。ここで、図-2, 3において、 e_0 が大きくなるにつれて $\bar{a}$ の値が減少する傾向にある。ただし、図-1ではこのような傾向は見られ

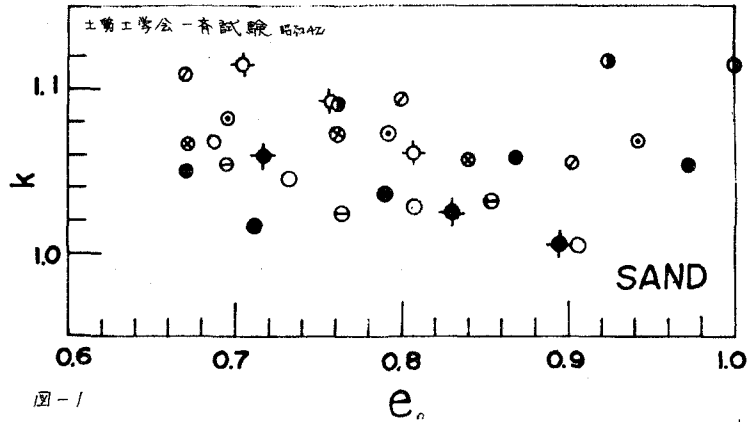


図-1

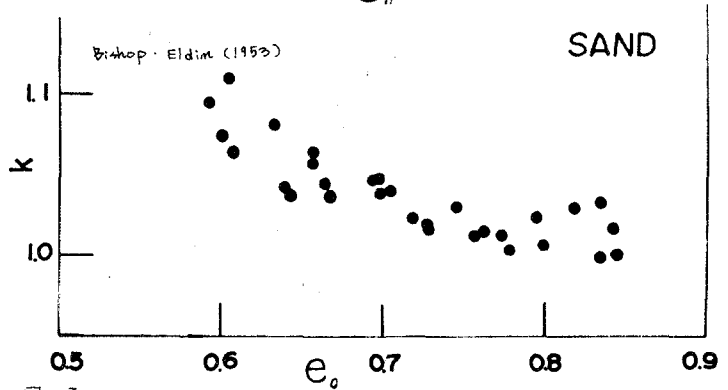


図-2

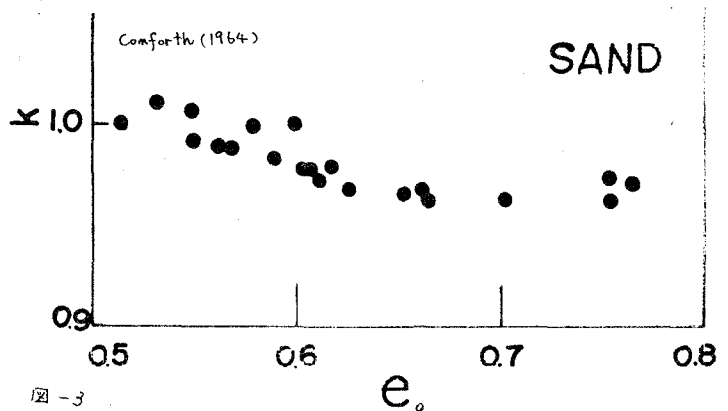


図-3

表 - 1

STRENGTH FORMULI OF COHESIONLESS SOIL

NO.	Author	Formula
No.1	Caquot et Kerisel(1967/1956)	$e \tan \phi = C_1$
No.2	Mogami(1964)	$\sin \phi = \frac{C_2}{1 + e}$
No.3	HeleneLund(1966)	$\phi = C_3 \frac{\gamma_s}{1 + e}$
No.4	Idel(1960)	$\tan \phi = - C_4 n + C_5$
No.5	Winterkorn(1960)	$\tan \phi = \frac{C_6}{e - e_{min}}$
No.6	Feda & Kamenov(1963)	$\phi = C_7 + C_8 n$
No.7	Kezdi(1964)	$\tan \phi = \frac{C_9 \sqrt{e - e_{min}}}{\exp(\frac{e - e_{min}}{C_{10}}) - 1}$
No.8	Helbst & Winterkorn(1965)	$\tan \phi = \frac{C_{11} (e_{cr} - e_{min})}{e - e_{min}}$
No.9	Shultze(1966)	$\cot \phi = C_{12} e + C_{13}$
No.10	Brinch Hansen(1967)	$\sin \phi = C_{14} - C_{15} n$ $= \frac{C_{16}}{C_{17} + e^2}$
No.11	Mogami(1968)	$\sin \phi = \frac{C_{18}}{1 + e} + C_{19}$
ϕ : Internal Friction Angle e_{min} : Minimum Void Ratio e : Void Ratio e_{cr} : Critical Void Ratio n : Porosity γ_s : Specific Gravity C_i : Constants		

ない。図-2, 3 の傾向にしたがうとき、砂やゆるい場合に k の値が一定に近い値をとっている意味はどのようなものであろうか。ここでダイレイタンスの傾向に思いあたる。ゆるい状態ではダイレイタンスの出力が密な状態よりも少ないであろう。このようなダイレイタンスの出力の低い領域で k の一定性が良いということは、Taylor・Bishop の修正をほぼ ϕ を用いて k の値を算定してみたらどうかということを示唆する。

豊浦標準砂についての一実験： そこで、筆者らは乾燥した豊浦標準砂について、 $\sigma_3 = 1.0 \text{ kg/cm}^2$ のもとで排水三軸圧縮試験を行い上述の傾向を検討する。供試体の直径 D は 10.0 cm と 3.5 cm であった。供試体の高さ H は D の 2 倍とした。破壊時のせん断抵抗角 ϕ は

$$\sin \phi = \frac{\sigma_1' - \sigma_3}{\sigma_1' + \sigma_3} \quad (1)$$

から求めた。図-4 には $D=10.0 \text{ cm}$ の場合の結果が示されている。 ϕ_r は Taylor・Bishop のエネルギー修正を行って求めたせん断抵抗角である。これらの ϕ および ϕ_r を用いて

$$k = (1 + e_0) \sin \phi \quad (2), \quad k_r = (1 + e_0) \sin \phi_r \quad (3)$$

の値を計算している。 k - e_0 曲線

は e_0 が大きくなるにしたがって

やや右下りになる傾向があるが、

k_r - e_0 曲線はほとんど一定である

図-5 の $D=3.5 \text{ cm}$ の場合において

も同様の傾向がある。このこと

とから、図-4, 5 の実験結果は

$$\sin \phi = \frac{a}{1 + e_0} + b \quad (4)$$

として整理されることになる。

この式は表-1 の No. 10 と No. 11

の式に一致するものである。こ

こで、 $a = C_{1\beta}$ は粒子物性、

$b = C_{2\beta}$ は相対密度 D_r の関数

であることが示唆される。

以上まとめると本実験において、

Taylor・Bishop のエネルギー

修正をほぼ ϕ を用いて求めたせん

断抵抗角 ϕ_r を用いて、強度定

数 k_r を求めるとその k_r の一

定性は最上の強度定数 k より

もさらによくなる。このことを

用いて強度式 式 (4) の解釈

ができた。

