

III-162

自然砂の三軸圧縮特性

立命館大学大学院 学生員 ○炭崎宣幸

立命館大学理工学部 正会員 福本武明

1. まえがき 前報¹⁾では、全国26箇所から採取した自然砂の三軸圧縮試験結果に基づいて、わが国の自然砂のせん断特性、特にせん断抵抗角（内部摩擦角）と間隙比との関係に的を絞って詳細な検討を行った。引き続き本報では、前報と同じ全国砂の三軸試験データに基づいて、前報で扱わなかった変形性、応力比とダイレイタンスーの関係などについて検討を行ったので、その結果について報告する。

2. 試料と三軸試験方法 試料は、全国26箇所の自然砂で、水洗いのち炉乾燥してデシケートに保存したものをを用いた。試料の物理的特性は、Table1に示すとおりである。三軸圧縮試験は、供試体の相対密度 $D_r \approx 30, 60, 90(\%)$ の3通りに変え、拘束圧 $\sigma_3 = 1.0$ (kgf/cm²)、载荷速度1.0 (%/min) に設定して、圧密排水 (CD) 条件下で実施した。

3. 砂の分類特性 福本は、砂の最大間隙比 e_{max} と最小間隙比 e_{min} の値を用いて、粘土の塑性図に似た砂の分類図、すなわちFig.1を提案している。²⁾ この図上に26種類の全国砂のデータをプロットすると、ほとんどの点群が提案線の付近に位置し、かつ肉眼による粒子形状の観測結果（今回、割愛）とも良く対応する。したがって、文中ではこのFig.1を利用して今回の使用砂の特性を、粗くA, B, Cに3区分し、以後の考察の用に供することにする。

4. 変形係数とボアソン比 変形係数 E_{s0} を(1)式から求め、ボアソン比 ν を(2)式から求め

$$E_{s0} = \frac{(\sigma_1 - \sigma_3)_f}{2 \cdot \epsilon_{s0}} \quad \text{----- (1)}$$

$$\nu = \frac{1}{2} \left\{ 1 - \left(\frac{\epsilon_v}{\epsilon_1} \right)_f \right\} \quad \text{----- (2)}$$

て、それぞれ相対密度 D_r に対してプロットしたものがFig.2とFig.3である。これらの図から、密度の増加に伴う E_{s0} の増大と ν の漸減という

一般的傾向が確認できるとともに、密な場合、砂の種類によって E_{s0} が相当大きく変化 ($170 < E_{s0} < 675$) するのに対し、 ν が比較的狭い範囲 ($0.17 < \nu < 0.39$) に落ちつくことなどが分かる。

Table1 試料の物理的性質

No.	採取場所	G_s	e_{min}	e_{max}	D_{50} (mm)	U_c
1	宗谷岬	2.708	0.786	1.245	0.275	1.487
2	網走	2.986	0.532	0.872	0.385	2.000
3	磐井川	2.685	0.739	1.251	0.330	2.500
4	新潟西公園	2.700	0.651	1.056	0.300	1.650
5	佐渡	2.698	0.654	1.041	0.230	1.614
6	姫川	2.682	0.568	1.004	0.750	2.394
7	黒部川	2.703	0.691	1.166	0.340	1.767
8	千曲川	2.730	0.842	1.410	0.180	1.696
9	中田島砂丘	2.722	0.535	0.885	0.325	1.522
10	南知多	2.632	0.685	1.051	0.197	1.281
11	気比松原	2.627	0.602	0.857	0.810	2.071
12	木津川	2.661	0.713	1.203	0.225	1.613
13	紀伊勝浦	2.715	0.630	1.010	0.240	1.518
14	丹後浜詰	2.659	0.582	0.901	0.445	1.600
15	兵庫弁天浜	2.677	0.686	1.054	0.390	1.328
16	須磨浦	2.630	0.613	0.976	0.305	1.710
17	鳥取砂丘	2.697	0.569	0.899	0.260	1.298
18	弓ヶ浜	2.698	1.047	1.622	0.240	1.605
19	岡山波川	2.643	0.642	1.043	0.285	1.656
20	鳴門岡崎	2.698	0.677	1.131	0.265	1.676
21	愛媛三崎	2.725	0.698	1.171	0.350	1.689
22	海の中道	2.683	0.599	1.180	0.390	2.000
23	肥後長浜	2.761	0.727	1.139	0.410	1.440
24	宮崎青島	2.683	0.715	1.180	0.200	1.329
25	指宿	2.808	0.648	1.023	0.345	1.521
26	沖縄海中公園	2.793	0.815	1.258	0.253	1.618

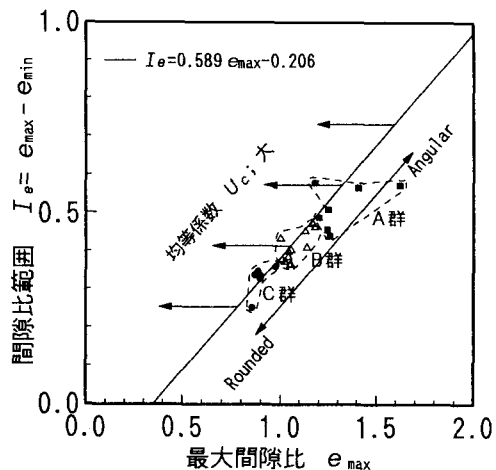


Fig.1 砂の分類特性

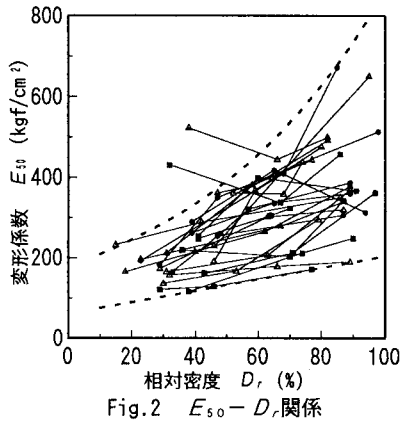


Fig.2 $E_{s0} - D_r$ 関係

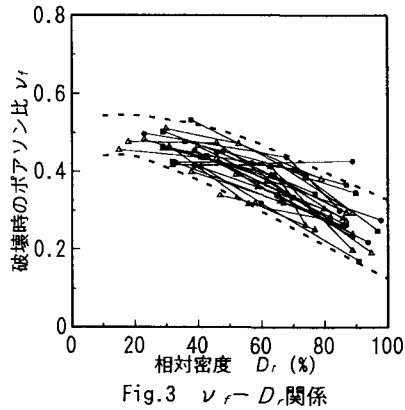


Fig.3 $\nu_r - D_r$ 関係

5. 応力比とダイレイタンスの関係 破壊時の応力比 (q/p)_rとダイレイタンス ($d\varepsilon_v/d\varepsilon_1$)_rとの間に、(3)式のような関係があると言われている。^{3) 4)}

$$\left(\frac{q}{p}\right)_r = a \left(\frac{d\varepsilon_v}{d\varepsilon_1}\right)_r + b \quad (3)$$

Fig.4は、今回の三軸データを一括図示したものであって、これより大局的に直線関係のあることが認められる。今回のデータで(3)式中の係数 a 、 b を求めると、Table2に示すような値となる。なお、表中の a 、 b と他の要素つまり試料の平均粒径 D_{s0} 、均等係数 U 。あるいは e_{min} などの関係についても調べたが、はっきりとした傾向は見い出せなかった。一方、大胆に見方をかえてFig.4から図上の各直線の勾配がほぼ同じであると考えれば、表中の a の平均値 $\bar{a}$ を用いて新たに(3)式から、この場合の係数 b' (Table2中の右欄)を求めることができる。このようにして算定した b' と e_{max} との間には、Fig.5に示すような関係が存在し、かつ図上の3区分(A, B, C)とFig.1の分類図のそれとが良く対応する。

Table2 (3) 式中の係数 a 、 b の値

No.	a	b	b'	群	No.	a	b	b'	群
1	0.567	1.504	1.514	A	14	0.444	1.354	1.207	C
2	0.687	1.086	1.115	C	15	0.310	1.488	1.378	B
3	0.585	1.427	1.446	A	16	0.442	1.331	1.290	C
4	0.568	1.336	1.344	B	17	0.573	1.346	1.358	C
5	0.633	1.310	1.348	B	18	0.637	1.553	1.595	A
6	0.360	1.515	1.409	B	19	1.080	1.051	1.252	B
7	0.473	1.423	1.393	B	20	0.493	1.460	1.435	B
8	0.543	1.442	1.440	A	21	0.217	1.578	1.436	B
9	0.548	1.347	1.347	C	22	0.408	1.413	1.349	A
10	0.589	1.317	1.330	B	23	0.568	1.378	1.389	B
11	0.469	0.622	1.249	C	24	0.587	1.364	1.380	B
12	0.985	1.365	1.520	A	25	0.604	1.267	1.291	B
13	0.449	1.346	1.303	B	26	0.422	1.531	1.431	A

ただし、 a の平均値 $\bar{a}$ は、0.548である。

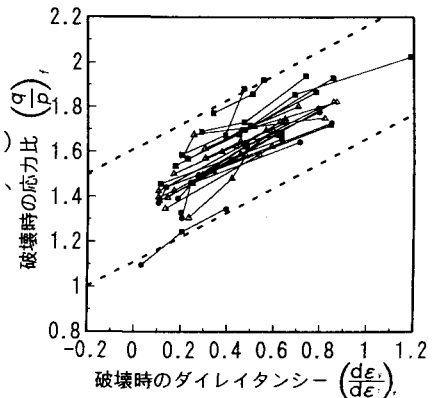


Fig.4 応力比とダイレイタンスとの関係

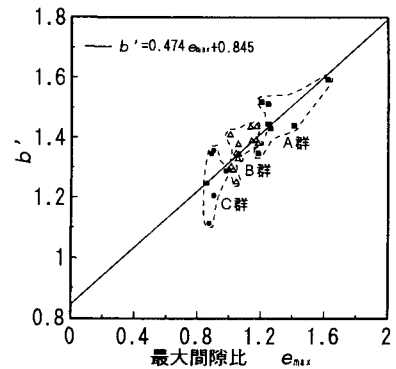


Fig.5 係数 b' と e_{max} との関係

6. おわりに 以上より、わが国の自然砂に関する三軸圧縮特性の一端を整理して示すことができた。今後、さらに多数の自然砂の実験データを積み重ね、全国砂の特性の全容を明らかにしてゆきたい。

参考文献 1) 福本・炭崎ら：自然砂のせん断特性に関する考察，平成6年度土木学会関西支部年次学術講演会，1994 2) 福本：砂の分類特性としての最大最小間隙比の効用，第37回土木学会年次学術講演会概要集，pp.635~636，1982 3) Rowe, P.W. : The stress-dilatancy relation for static equilibrium of an assembly of particles in contact, Proc. Royal Society London, Series A, Vol.269, pp.500~527, 1962 4) 軽部：土の c と ϕ ，「わかりやすい土質力学」講習会テキスト，土質工学会関西支部，pp.76~94，1985