

締固め粘性土の力学的性質について

岐阜工業高等専門学校 ○吉村優治
高松工業高等専門学校 土居正信
長岡技術科学大学 小川正二

1. まえがき 砂や粘土の力学的性質については様々な目的に応じて詳細に研究されているが、実際に現場で取り扱う土は兩者の中間的な混合土が多い。倉田・藤下の研究¹⁾によれば細粒分含有量（ここでは、0.05mm以下の土粒子含有量をいう。以下同様。）が20%以下を砂質領域、20～40%を中間領域、40%以上を粘土質領域として取り扱うのが妥当であると報告されている。したがって、この中間領域にある土は砂と粘土の性質を共有しており、基礎地盤を取り扱う際には想定される砂と粘土の過渡的な性質を考慮・検討する必要があると考えられる。本報告は、この中間領域の中でわずかに粒度組成を変化させた5種類の試料土の締固め供試体について、せん断強度特性および吸水膨潤後の圧密特性について述べたものである。

2. 試料および実験方法 実験に用いた試料A,B,C,D,Eは岐阜県、各務原市各務から採した赤色性土の840 μ mふるい通過分、木曽川砂の840 μ mふるい通過分を各々乾燥質量率(M)で0.5, 10, 15, 20%混入したもの（細粒分含有量は各々36.9, 35.1, 33.2, 31.4, 29.5%に相当する）で、A～E試料土の粒径加積曲線は図1に示す通りである。また、各々の試料土の諸性質を表1に示す（表中の Ip' は試料そのものの状態での塑性指数）。

実験には各々の試料土がJIS-1210(11a)の締固め試験（締固め仕事量 $E_c = 5.6 \times 10^4 \text{ m} \cdot \text{kgf/m}^3$ ）で求めた最大乾燥密度、最適含水比（図2）になるよう自動突固め装置で締固めた後、モールドの中央付近から切りだした供試体（直径6cm, 高さ2cm）を用いた。

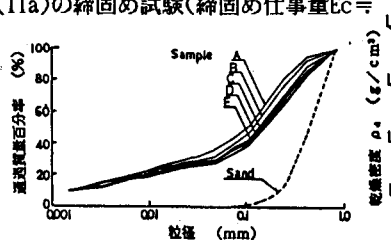


図1. 粒径加積曲線

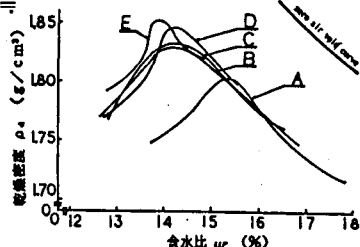


図2. 締固め曲線

〈せん断試験〉 せん断速度 1

mm/min. のひずみ制御で一面せん断試験を実施（垂直応力 σ は0.5～3.0kgf/cm²）した。

〈圧密試験〉 圧密リング内にセットした供試体を無載荷の状態の水浸させて一次元的に吸水膨潤（48時間）させた後、標準圧密試験を実施した。

表1. 試料土の諸性質

	JIS					Ip' (%)
	G _o	w_L (%)	Ip (%)	w_{opt} (%)	$\rho_{d,max}$ (g/cm ³)	
A	2.690	23.3	2.9	15.35	1.804	2.0
B	2.689	23.6	4.4	14.15	1.830	1.8
C	2.688	24.0	2.6	14.10	1.834	1.5
D	2.687	23.6	2.1	14.18	1.846	0.8
E	2.686	24.8	3.4	13.83	1.852	0.6

3. 実験結果と考察

〈せん断試験〉 図3は一面せん断試験から得るせん断強さ τ_f と垂直応力 σ の直線関係（一般には飽和土では $\tau_f - \sigma$ 関係は上に凸の曲線になるが本研究ではほぼ直線で近似できた。なお、供試体の飽和度は85%程度である。）から求めた粘着力 c_u とせん断抵抗角 ϕ_u の砂混入率Mに対する変化を示したものである。図3(a)には粘着力が砂含有量の増加に伴って徐々に減少する様子が顕著に現れている。また、せん断抵抗角は図3(b)に示すようにM=5%でやや小さい値を示したが、やはり砂含有量の増加に伴い増大しているのがわかる。粘土分を多く含むほど粘着力が大きく、砂分を多く含むほどせん断抵抗角が大きいというのが粒度組成とせん断

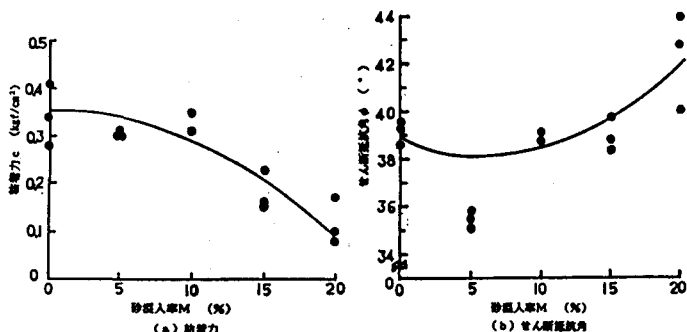


図3. 強度定数と砂混入率の関係

特性の関係における一般的な知見であるので、締固め不飽和土を用いた本実験でもそれが確かめられた。

〈圧密試験〉 上述した方法で吸水膨潤させた後の $e - \log p$ 曲線は過圧密領域を含む不攪乱試料の場合と類似した結果となった。そこで見かけの圧密降伏応力 p_c' を求め、砂混入率 M に対する変化を示したのが図4である。試料A~Eとも供試体作成時の締固め仕事量は一定で、吸水時の膨潤量比もほぼ同量であったが、見かけの圧密降伏応力は砂混入率が多いほど大きくなっている。これは砂分が多くなるほど締固めた供試体の密度が大きくなっているためであると考えられる(図2, 表1参照)。なお、吸水時の膨潤量比は約1%でSeedら²⁾の報告とおおよそ一致している。

図5は圧縮指数 C_c と砂混入率 M の関係を示したものであるが、本研究の砂混入の範囲内では圧縮指数に変化は見られなかった。液性限界は土粒子の同一体積に対しての水の接触面積の大小を示しており、液性限界が大きくなると地盤としての圧縮性が増すことが予想され、この傾向はが細粒土多くなるほど強くなると言われている³⁾。したがって、圧縮指数は液性限界に大きく左右されることになるが、本研究で用いた試料土では液性限界に大差がない(表1参照)ため、圧縮指数にも砂混入の影響が現れなかったものと思われる。圧縮指数の値が液性限界とともに増加するという性質からSkempton⁴⁾は、

練り返した試料について $C_c' = 0.007 (w_L - 10\%)$ (1)

乱さない試料について $C_c \div C_c' = 0.009 (w_L - 10\%)$ (2)

という実験式を提案した。また、山田ら⁵⁾は日本国内からほぼ全般的に採取した150種の土の試料に対する実験結果として式(3)を示しているが、本研究で得られた圧縮指数は、図5の通り試料A~Eとも $C_c \div 0.101$ であり、これはSkemptonによって提案された式(1)の關係にほぼ一致する。

山田・今井の提案式 $C_c \div 0.0125 (w_L - 20\%)$ (3)

4. むすび 本実験の範囲の中間土について次のことがわかった。

- 締固め不飽和土において、粘着力 c_u は粘土含有量の減少に伴って徐々に減少し、せん断抵抗角 ϕ_u は粘土含有量が減るにしたがい増大する。
- 締固め不飽和土を吸水膨潤後圧密すると、 $e - \log p$ 曲線は過圧密領域を含む不攪乱試料の場合と類似し、見かけの圧密降伏応力 p_c' が現れる。砂分が多くなるほど、その圧密降伏応力は大きくなるが、圧縮指数 C_c に変化は見られない。

謝辞 実験ならびにデータ整理には、小林朋広君(現:愛知県)に助力頂いたことを記して謝意をあらわします。

参考文献

- 倉田進・藤下利男:砂と粘土の混合土の工学的性質に関する研究, 運輸技術研究所報告, Vol. 11, No. 9, pp. 389-424(1961)
- H. B. Seed, R. Woodward, R. Lundgren: Prediction of swelling potential for compacted clays, Proc. ASCE, Vol. 88, SM3(1962)
- 箭内寛治:物理試験結果の意味と適用限界, 土と基礎, Vol. 21, No. 4, pp. 13-18(1973.4)
- Skempton, A. W.: Notes on the compressibility of clays, Quart. J. Geol. Soc., London, C, pp. 119-135 (1944)
- 山田剛二・今井重利:塑性図上における土の性質分布, 土の判別分類に関するシンポジウム, 土質工学会(1979.2)

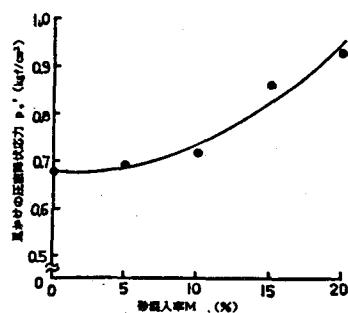


図4. 圧密降伏応力と砂混入率の関係

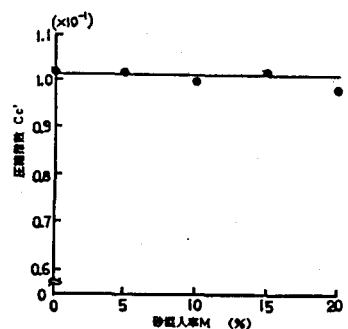


図5. 圧縮指数と砂混入率の関係