

III-177 土質分類と工学的性質との対応について

名古屋大学工学部 正会員 ○桑 山 忠
名古屋大学工学部 正会員 植 下 協

1. まえがき

土の工学的性質を支配する要因は大きく分けて、土の種類と土の状態である。土の種類は統一土質分類ですべて分類されるが、土の状態を規定したときの工学的性質との対応をもたせているので利用価値が高い。しかし、フィルダム用の性質表としてよく知られているアメリカ開拓局の資料はアメリカ西部における経験を主として作られており、わが国にそのまま適用できない。今後、わが国に適する分類表を備えるためには、わが国の資料に基づいて、工学的性質との対応表を作成する必要がある。

筆者の一人(植下)はすでに東海地方を中心とした資料を基にして、粗粒土の最適含水比、最大乾燥密度、およびCBR値との対応¹⁾、細粒土の一軸圧縮強度、セン断定数、圧縮指数との対応²⁾を調査したが、今回は細粒土の締固め特性、セン断定数、および透水性について調査した結果を報告する。

この調査に使用した資料は主としてフィルダムの止水用工の試験値であり、採取地はほぼ日本全域にわたっている。

2. 締固め特性との対応

図-1はJIS A 1210、試験法 1-1-Cにもとづいて求めた最大乾燥密度と最適含水比の試験値をプロットしたものである。試験値より各土質グループごとに平均値と標準偏差を求め、アメリカの資料にもとづいた値と対比すると表-1のようになる。筆者らの資料による値はアメリカの資料による値にくらべバラツキも大きく、最大乾燥密度は1~2割小さい値となっている。これは実固め試験における乾燥法と非乾燥法との差が相当含まれているものと思われるが、日本の気象条件を配慮した締固めを考えると、筆者らの資料で行なわれている非乾燥法の方が締固め土の性質をあつかう上において、実際に即している。

表-1 最大乾燥密度、最適含水比の対応表

土質分類	最大乾燥密度 ρ_{dmax} (g/cm ³)		最適含水比 W_{op} (%)	
	筆者らの資料	アメリカの資料	筆者らの資料	アメリカの資料
SW	1.62 ± 0.17	1.91 ± 0.08	20.4 ± 7.9	13.3 ± 2.5
SP	*	1.76 ± 0.03	*	12.4 ± 1.0
SM	1.59 ± 0.15	1.83 ± 0.02	22.1 ± 6.3	14.5 ± 0.4
SC	1.60 ± 0.17	1.84 ± 0.02	23.5 ± 6.9	14.7 ± 0.4
ML	*	1.65 ± 0.02	*	19.2 ± 0.7
CL	*	1.73 ± 0.02	*	17.3 ± 0.3
MH	1.27 ± 0.15	1.31 ± 0.06	36.5 ± 10.4	36.3 ± 3.2
CH	1.23 ± 0.15	1.50 ± 0.03	40.6 ± 10.0	25.5 ± 1.2
VH	0.89 ± 0.12	*	67.4 ± 17.7	*

*: 試験値が不足、あるいはない場合を示す。

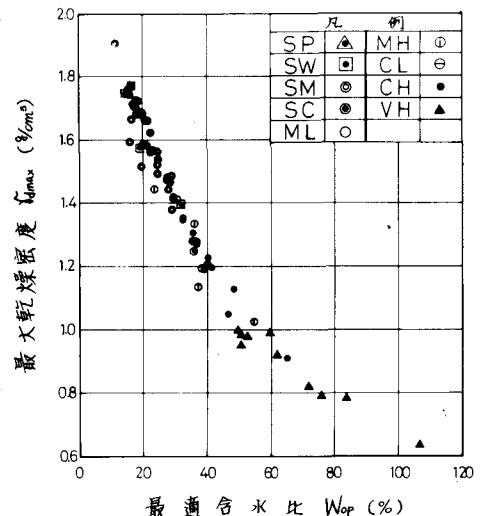


図-1 最大乾燥密度と最適含水比の関係

最大乾燥密度は粒度配合と
関連があり、 $\bar{\gamma}_{max}$ と60%粒
径(D_{60})との関係を図示する
と図-2のようになる。

この図から $\log_{10} D_{60}$ と $\bar{\gamma}_{max}$ と
の間に直線関係を規定して相
関を求めると、

$$\bar{\gamma}_{max} = 0.386 \log_{10} D_{60} + 1.709$$

なる式が得られる。 $\log_{10} D_{60}$ と
 $\bar{\gamma}_{max}$ とが直線関係にあること
はCLとSCグループの土質
についての実験値をもとに次
式を得た大根らの報告⁴⁾がある。

$$\bar{\gamma}_{max} = 0.31 \log_{10} \sqrt{D_{60}} + G_s - 0.862 = 0.155 \log_{10} D_{60} + G_s - 0.862$$

上述の式では比重の値を用いて D_{60} と $\bar{\gamma}_{max}$ の関係を補正しているが、図-2に示したごとく各種土
質を全体としてとらえると比重との関連はほとんどなかった。

3. セン断定数との対応

ここで調査したセン断定数は、三軸圧縮試験機を用いて、不飽和、非圧密状態で急速試験を行ない、
試験中に生じた間隙圧を測定し、有効応力によって求めた内部摩擦角と粘着力であり、いわゆる、
 ϕ'_u 、 C'_u に相当する。図-3は最適含水比状態で締固め土の ϕ'_u と C'_u の関係を示したものである。

試験値により、各土質グループごとに平均値と標準偏差を求め、アメリカの資料に対比すると表-
2のようになる。筆者らの使用した資料による値はアメリカの資料による値にくらべほとんど小
さい値を示している。これは締固め試験法の違いによる最適含水比の相違にも関連していると考え
られるが、表-1の対比で明

らかなように、密度の差による
ものであろう。しかし、こ
こで用いた資料の値には相当の
バラツキが認められるので、十
分なる注意が必要である。

土質分類において細粒分含有
量(74μ以下)は分類上の大
きな目安となっているが、セン
断定数に関してみると、定性的
に傾向だけはつかめるが、非常
にバラツキが大きく、細粒分含
有量とセン断定数との関係は求

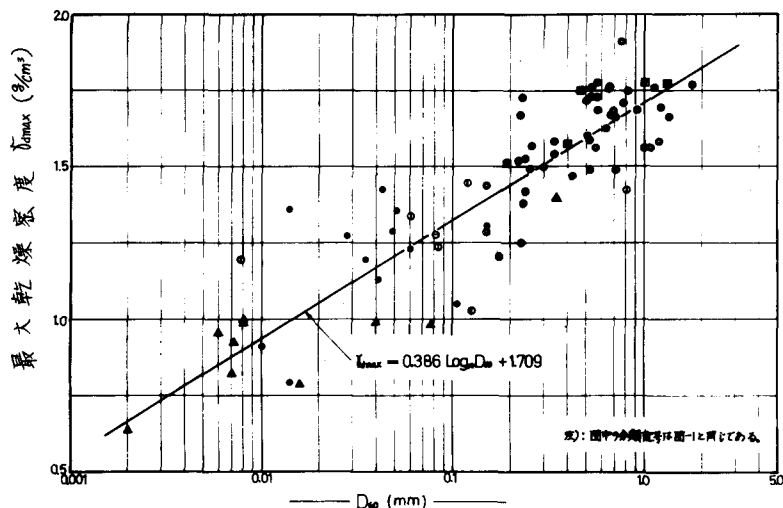


図-2 最大乾燥密度と60%粒径(D_{60})の関係

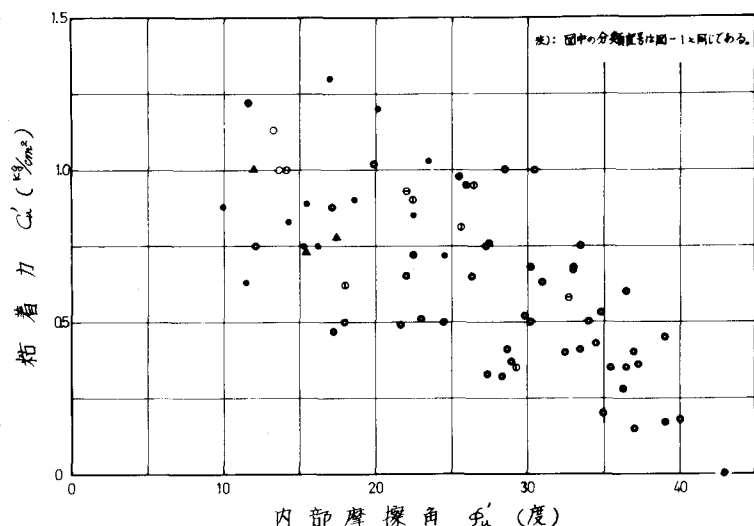


図-3 粘着力と内部摩擦角の関係

められなかった。また、最大乾燥密度と内部摩擦角との関係も、定性的なものではっきりした関係は得られない。

4. 透水性との対応

図-4は最適含水比状態で締め固めた土の透水係数と細粒分（74μ以下）含有率との関係を示したものである。この図でみると、細粒分含有率が多くなれば透水係数が小さくなる傾向はあるが、透水係数のバラツキの範囲が $10^2 \sim 10^3$ オーダーである。また、この図では土質分類との対応が判然としない。すなわち、透水係数の最小値はどの土質グループともほぼ同じオーダーの値を示し、土質グループとは対応していない。

いま、最適含水比状態での透水係数を土質分類ごとに範圍をとると表-3のようになり、アメリカの資料による値と対比するとMH、CHなどは幾分大きい値を示し、SMは小さい値を示している。SC、CLはほぼ同程度の範囲に入っている。

締め固められた土の透水係数は締め固めときの含水状態によって大きく異なることはよく知られているが、どのように変化しているかについて調べた。

図-5は縦軸に最適含水比状態の透水係数と試験時含水比の透水係数の比をとり、横軸に締め固め含水比と最適含水比との比をとっている。CH、MHなど細粒分含有量が多くなると最適含水比より稠固側（ $W/W_{op} > 1$ ）での透水係数の変化が比較的少ないが、SM、SCなどでも細粒分含有量が少なくなると、わずかな含水比の変化で透水係数は大きく変化している。

5. おすび

以上、土質分類と工学的性質との対応、とくに細粒土における締め固め特性、セン断定数、透水性との関係について調査したが、収集資料数が100前後

表-2 セン断定数の対応表

土質分類	内部摩擦角 ϕ (度)		粘着力 c (kg/cm^2)	
	筆者らの資料	アメリカの資料	筆者らの資料	アメリカの資料
SW	*	38 ± 1	*	0.40 ± 0.04
SP	*	36 ± 1	*	0.23 ± 0.06
SM	30 ± 5	34 ± 1	0.53 ± 0.25	0.32 ± 0.06
SC	28 ± 9	31 ± 3	0.62 ± 0.41	0.76 ± 0.15
ML	*	32 ± 2	*	0.68 ± 0.10
CL	25 ± 9	28 ± 2	0.79 ± 0.20	0.88 ± 0.10
MH	24 ± 8	25 ± 2	0.73 ± 0.30	0.73 ± 0.30
CH	17 ± 4	19 ± 5	0.89 ± 0.20	1.04 ± 0.34
VH	15 ± 3	*	0.84 ± 0.14	*

*: 試験値が不足、あるいはない場合を示す。

表-3 透水係数の対応表

土質分類	筆者らの資料による k (cm/sec)	アメリカの資料による k (cm/sec)
SW	*	$5 \times 10^{-2} \sim 5 \times 10^{-4}$
SP	*	$5 \times 10^{-1} \sim 5 \times 10^{-4}$
SM	$5 \times 10^{-5} \sim 3 \times 10^{-8}$	$5 \times 10^{-4} \sim 1 \times 10^{-7}$
SC	$4 \times 10^{-5} \sim 3 \times 10^{-8}$	$5 \times 10^{-5} \sim 1 \times 10^{-8}$
ML	*	$5 \times 10^{-5} \sim 1 \times 10^{-8}$
CL	$2 \times 10^{-6} \sim 4 \times 10^{-8}$	$1 \times 10^{-6} \sim 1 \times 10^{-8}$
MH	$3 \times 10^{-6} \sim 6 \times 10^{-8}$	$1 \times 10^{-7} \sim 1 \times 10^{-9}$
CH	$5 \times 10^{-6} \sim 3 \times 10^{-8}$	$1 \times 10^{-8} \sim 1 \times 10^{-9}$
VH	*	*

*: 試験値が不足、あるいはない場合を示す。

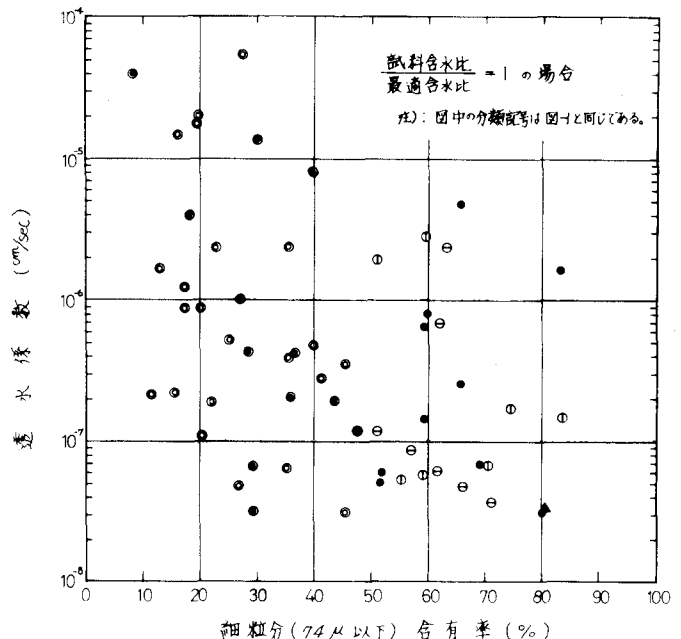


図-4 透水係数と細粒分含有率の関係 ($W/W_{op} = 1$)

であり、しかも特定の目的をもって行なわれた試験の結果であるため、片寄った資料であつたが、およそ次のようなことがわかつた。

(1) わが国の細粒土の最大乾燥密度はアメリカの資料にくらべて小さい値を示す。

(2) 最大乾燥密度は粒度分布における60%粒径(D_{60})との間におよそ次式の関係が認められた。

$$\gamma_{\max} = 0.386 \log_{10} D_{60} + 1.709$$

(3) セン断定数, e_c , C_u との対応はバラツキが非常に大きく、土質分類あるいは土の状態について種々の校訂を行つたが、定性的な傾向がわかるのみではつきりした関係は見出せなかつた。このため、詳細な設計に使用する値はその都度適切な試験を行つて求める必要がある。

(4) 締固めた土の透水性はアメリカの資料と比較的よく合致し、締固められた土の透水性を判断するには統一土質分類の対応表が利用できる。しかし、締固められた土の透水係数は細粒分含有量と含水比に大きく左右されるので、締固め時の含水状態を十分把握している必要がある。

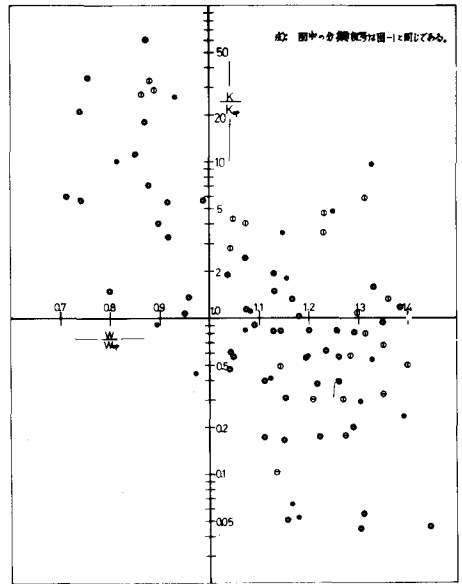


図-5 K/K_{op} と W/W_{op} の関係

参考文献

- 1) 植下 協, 野々垣一正, 浅井武彦: 粗粒土の統一土質分類に関する考察, 土木学会論文報告集, 第194号, pp. 103~112, 1971年10月。
- 2) 植下 協, 野々垣一正: わが国, 東海地方の細粒土ならびに砂質土の統一土質分類に関する考察, 土木学会論文報告集, 第184号, pp. 69~77, 1970年12月。
- 3) Bureau of Reclamation: Design of Small Dams, pp. 89~99, 1965年
- 4) 大根義男, 宇井利雄: 盛土材料の力学的特性に関する実験, 第5回土質工学研究発表会講演集, pp. 309~312。