

III-49

液性限界に及ぼす粗粒分含有率の影響について

九州大学工学部 学 井料達生

正 落合英俊 正 大嶺 聖

1. はじめに

コンシステンシー限界は、土の工学的性質を判断する上で広く用いられている指標である。自然地盤は様々な粒径の土粒子から構成されており、この様な土の工学的性質を判断する上でコンシステンシー限界に及ぼす粗粒分含有率の影響を評価することは重要である。このようなことから本研究では、自然地盤を細粒分と粗粒分からの混合土とみなして、細粒分と425 μ m以下の粗粒分からの混合土について液性限界を調べ、混合土の比表面積の変化を評価することによって、液性限界に及ぼす粗粒分含有率の影響の定量的な評価を試みた。

2. 液性限界と粗粒分含有率

2.1 液性限界と比表面積の関係: Farrarらは、19種類のBritish Clayについてその比表面積（単位質量あたりの土粒子の表面積）と液性限界との関係を調べ、液性限界は比表面積に支配され、両者は線形の関係にあると指摘している¹⁾。その液性限界と比表面積の関係を図-1に示す。また、これについて回帰式を求めると(1)式となる。

$$W_L = 0.56 \times S + 19 \quad (1)$$

W_L : 液性限界(%) S : 比表面積(m^2/g)

2.2 粗粒分含有率と比表面積: 細粒分のみからなる土に

粗粒分が混入した場合、その比表面積がどのように変化するかを以下に述べる。粗粒分、細粒分および混合土に関する物理的諸量は表-1に示すとおりである。まず、粗粒分含有率 C を全土粒子に対する粗粒分の体積含有率として次のように定義する。

$$C = \frac{V_{ss}}{V_{ss} + V_{sc}} \times 100 (\%) \quad (2)$$

また、混合土中の全土粒子の質量 m_s は、粗粒子と細粒子の質量の和として次のように表される。

$$m_s = m_{sc} + m_{ss} \quad (3)$$

この時、混合土の比表面積 S_F は次式で表される。

$$S_F = \frac{\text{混合土の全土粒子表面積}}{m_s} = \frac{m_{sc} \cdot S_c + m_{ss} \cdot S_s}{m_{sc} + m_{ss}} \quad (4)$$

式(2)、および粗粒子、細粒子の密度を用いて、式(4)中の粗粒子と細粒子の質量を消去すると混合土の比表面積 S_F は次式のように C を用いて表される。

$$S_F = \frac{S_c}{(1-C/100) + (\rho_{ss}/\rho_{sc}) \cdot C/100} \left((1-C/100) + \frac{S_s \cdot \rho_{ss} \cdot C}{S_c \cdot \rho_{sc} \cdot 100} \right) \quad (5)$$

ここで、粗粒子は球であると仮定すると、粗粒分の比表面積は次式で表される。

$$S_s = 4\pi \cdot (d/2)^2 \cdot n = \frac{6}{\rho_{ss} \cdot d} \quad (6) \quad n: \text{粗粒分単位質量あたりの粗粒子数} \quad d: \text{粗粒子の平均粒径}$$

一般的な粗粒子と細粒子の密度はそれほど違いがなく、 S_F の計算結果にはほとんど影響しないので、ここで

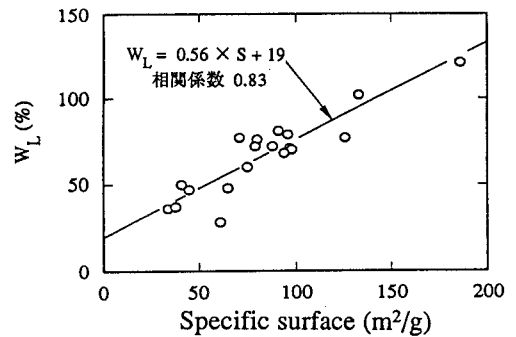


図-1 比表面積と液性限界の関係¹⁾

表-1 混合土の物理的諸量に関する記号の説明

	粗粒分	細粒分	混合土
構成粒子体積	V_{ss}	V_{sc}	V_s
構成粒子質量	m_{ss}	m_{sc}	m_s
比表面積	S_s	S_c	S_F
土粒子密度	ρ_{ss}	ρ_{sc}	ρ_s
液性限界		W_{L0}	W_{LF}

は $\rho_{sc} = \rho_{ss}$ の場合を考える。さらに、式(6)から算定される粗粒子の表面積は、細粒子の比表面積と比べてかなり小さく、 $S_c \gg S_s$ となるので、式(5)の大括弧の第2項は、計算上ほとんど無視できる。したがって、式(5)は次のように簡単に表される。

$$S_r = S_c \cdot (1 - C/100) \quad (7)$$

2.3 液性限界と粗粒分含有率： 液性限界と粗粒分含有率との関係を調べるために、所定の粗粒分含有率に調整した3種類の混合土を試料として用いた。混合土Aは細粒分に市販のカオリン、粗粒分に豊浦標準砂を用いたもの、混合土Bは細粒分に市販のカオリンとベントナイトを重量比1:1で混合したもの、粗粒分に豊浦標準砂を用いたもの、混合土Cは細粒分に有明粘土、粗粒分に珪砂を用いたものである。カオリン、ベントナイト、有明粘土、豊浦標準砂、珪砂の粒径加積曲線はそれぞれ図-2に示すとおりである。これらの試料について液性限界試験を行った結果を図-3中にプロット点で示す。図中、 $C=0\%$ の場合が細粒分のみの場合である。これによると、混合土の液性限界はいずれの混合土の場合も粗粒分含有率の増加に対して、直線的に減少しているとみなす事ができる。次に、このような粗粒分含有率と液性限界の関係を、前述した液性限界-比表面積-粗粒分含有率の関係を用いて評価することを試みる。(1)式の関係が混合土にたいしても適用できると考えると、細粒分の液性限界および混合土の液性限界と比表面積の関係はそれぞれ次式のように表される。

$$W_{L0} = 0.56 \times S_c + 19 \quad (8) \quad W_{Lr} = 0.56 \times S_r + 19 \quad (9)$$

$$W_{L0} : \text{細粒分の液性限界} \quad W_{Lr} : \text{混合土の液性限界}$$

そして、(7)、(8)、(9)式より次式が誘導される。

$$W_{Lr} = (1 - C/100) \cdot W_{L0} + 19 \cdot C/100 \quad (10)$$

つまり、任意の粗粒分含有率を持つ混合土の液性限界が細粒分のみの場合の液性限界から算定される。

式(10)による計算結果を図-3中に実線で示す。計算結果はCの増加に伴う W_{Lr} の減少する傾向を比較的良好に表している。このように、混合土の比表面積の違いを評価することにより、粗粒分含有率の変化に伴う混合土の液性限界の変化を表すことができる。

3. まとめ

- 1) 粗粒分含有率の変化に対し、混合土の液性限界はほぼ直線的に変化する。
- 2) 混合土の比表面積を評価することにより、粗粒分含有率と液性限界から混合土の液性限界を推定することができる。

(10)式で表されるように、 W_{Lr} には粗粒分の粒径が影響しないと考えられることから、今後 W_{Lr} と比較的粒径の大きい粗粒子を含む土の工学的性質とを比較することにより W_{Lr} の有用性を調べていきたい。

参考文献：

- 1) Farrar, D. M. & Coleman, J. D. : The Correlation of Surface Area with Other Properties of Nineteen British Clay Soils, Jour. Soil Science, Vol. 18, pp. 118-124, 1967.

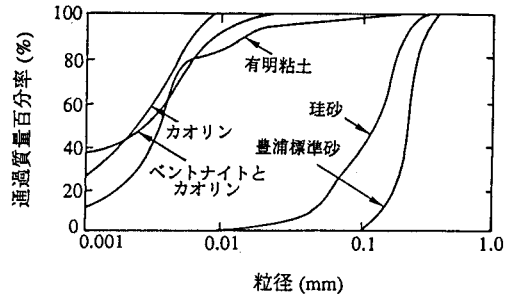


図-2 各試料の粒径加積曲線

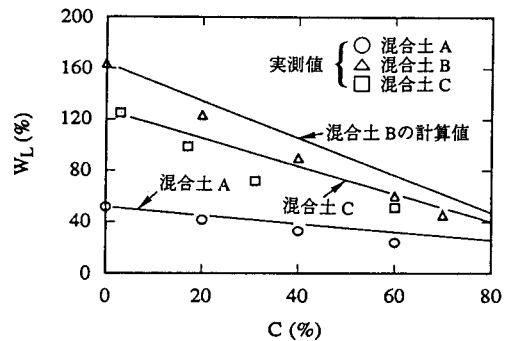


図-3 粗粒分含有率と液性限界の関係
(実測値と計算値の比較)