

カサグランデの塑性図におけるA線に関する一考察

甲本 達也*

A Consideration of the A-Line in the
Plasticity Chart by Casagrande

Tatsuya KOMOTO

Faculty of Agriculture, Saga University, Saga

1. はじめに

土質材料の細粒土の分類は、Casagrande¹⁾の提案になる塑性図を利用して行われる。塑性図は周知のように、塑性指数 (I_p) と液性限界 (W_L) との直角座標系において、細粒土をA線と呼ばれる直線と2本の液性限界一定線とによる6つの区分に分類しようとするものである。この場合、A線は細粒土を線の上下で有機質であるか無機質であるか、また、粘土質土であるかシルト質土であるかの分類を行う役目を果たしている。

A線は数多くの土質試験データを用いて経験的に導かれたものであるから、實際上、その適用に際しては問題はないし、その有用性は一般に認められている通りである。しかし、その内容の解明は、いくつか試みられてはいるもののいまのところ十分ではないように思われる。本論文では、代表的な粘土鉱物であるベントナイト、イライト、およびカオリナイトのアッターベルグ限界の物理的性質を用いて、A線の内容解明に接近することを試みる。

2. 代表的粘土鉱物の W_L と W_p の関係

細粒土のアッターベルグ限界は、土中の粘土分含有率により変化することが知られている。図-1²⁾は粘土分含有率とアッターベルグ限界との一般的関係を示したものである。図から細粒土の液性限界 W_L および塑性限界 W_p は粘土分含有率 C の一次関数として次式で表されよう。

$$W_L = a + bC \dots \dots \dots (1)$$

$$W_p = a + b'C \dots \dots \dots (2)$$

(1)、(2)式において、直線式の切片 a が共通している理由として、塑性指数 I_p ($=W_L - W_p$) と粘土分 ($< 2 \mu$) との間には、図-2³⁾に示すごとき原点を通る直線関係が成立することが挙げられる。

(1)、(2)式より C を消去すると次式がえられる。

$$\begin{aligned} W_p &= (b'/b) W_L + a(b-b')/b \\ &= \alpha W_L + \beta \dots \dots \dots (3) \end{aligned}$$

(3)式によれば、 W_L と W_p との間には直線関係が成立することが分かる。いま、既存のデータを用いて、代表的粘土鉱物であるベントナイト(モンモリロナイト)、イライトおよびカオリナイトについての W_L と W_p との関係を示すと図-3の通りである。図によれば、 $W_L \leq 120\%$ の範囲において(3)式のごとき直線関係が成立することが分かる。また、図より、この液性限界の範囲にはイライトおよびカオリナイトが全て含まれていることが分かる。イライトやカオリナイトの場合、粒径の変化につれて液性限界も塑性限界もともに増加するが、前者の増加率が後者のそれに比較して大なるために(3)式のごとき直線関係が成立するものと思われるが、その物理的理由ははっきりしない。また、同図より、 $W_L > 120\%$ の範囲(ベントナイトのみ)では、少々ばらつきはあるが、 W_p はほぼ一定値($W_p=69.8\%$)をとると考えられそうである。 $W_L > 120\%$ の範囲における W_L の差異はベントナイトの層間の膨潤水の増大によってもたらされるもので、それを乾燥させて得られる W_p には差異がないためである。

* 佐賀大学農学部 〒840 佐賀市本庄町1

1988年11月30日 受理

土壌の物理性 第60号 P. 2~5 (1990)

甲本：カサグランデの塑性図におけるA線に関する一考察

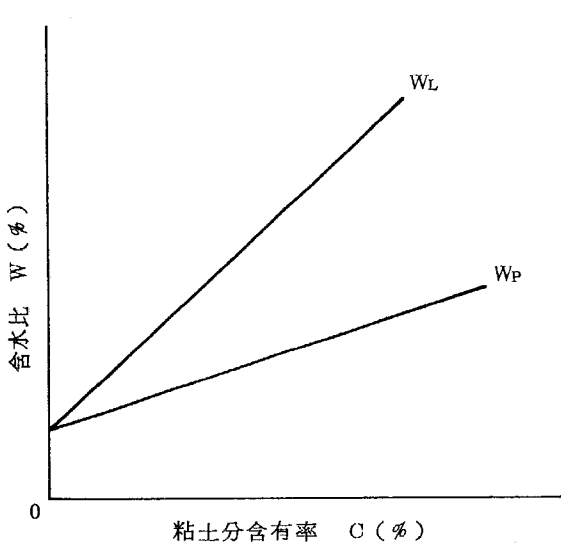


図-1 粘土分含有率とアッターベルグ限界の一般的関係²⁾

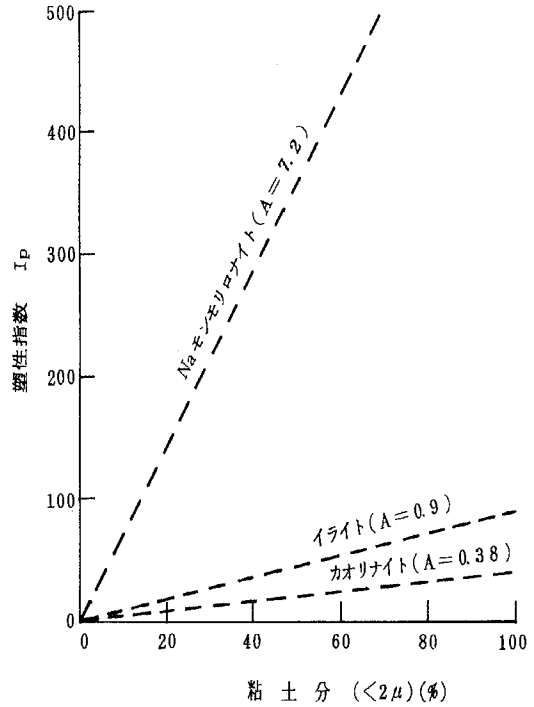


図-2 塑性指数と粘土分 (<2μ) との関係³⁾
(Aは粘土の活性度)

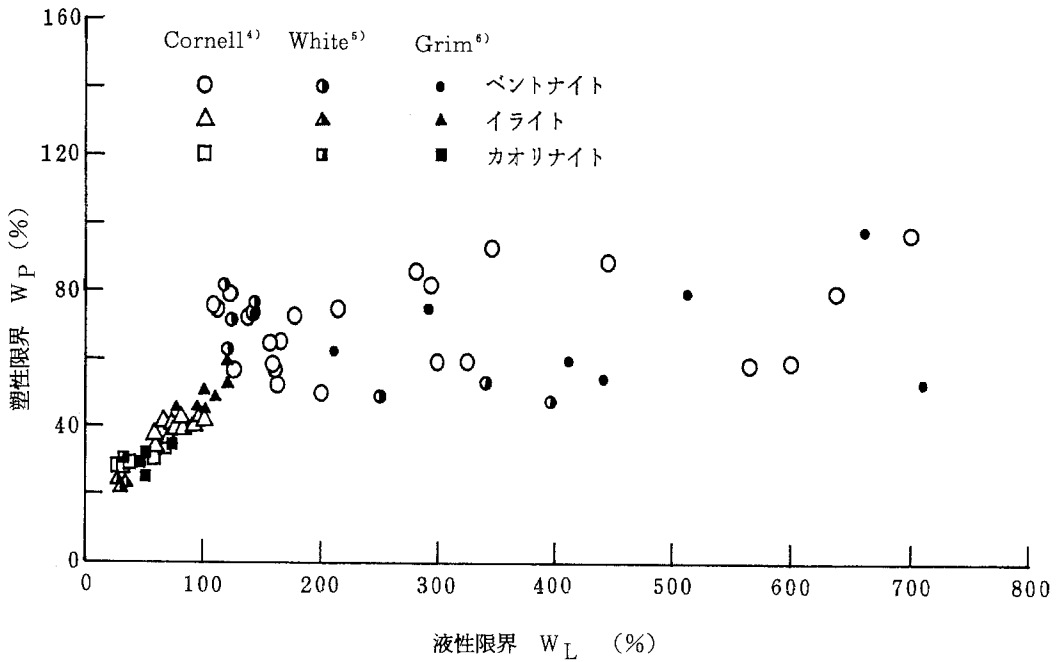


図-3 代表的な粘土鉱物の液性限界と塑性限界の関係 (既存のデータによる)

ここで、 $W_L \leq 120\%$ の範囲における W_L と W_P との関係をクローズアップして示すと図-4のごとくになる。図において、 W_L と W_P との間に(3)式をあてはめて直線式を求めると次式が得られる。

$$W_P = 0.30W_L + 15.85 \dots\dots (4)$$

(但し、 $N_s = 53$, $r_c = 0.914$)

ここで、 N_s はデータ数、 r_c は相関係数である。(4)式における W_L と W_P との間の直線関係は大変相関よく成立している。

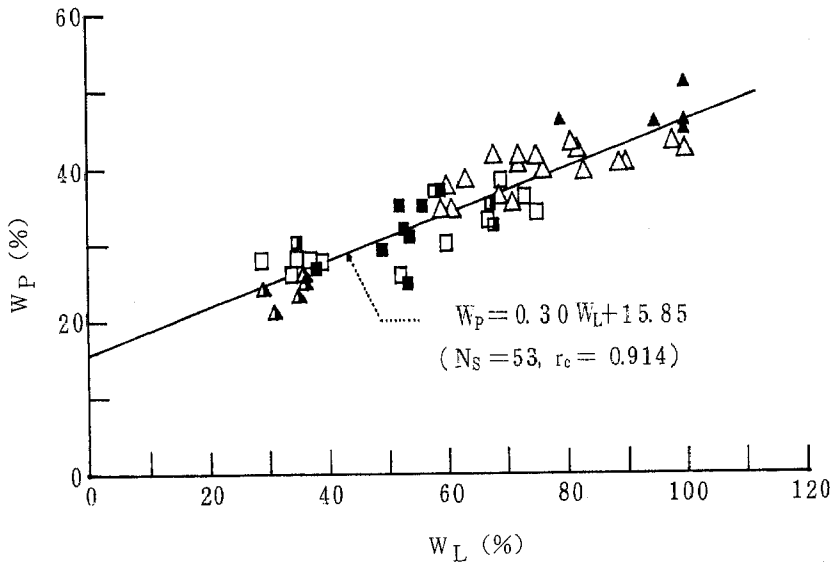


図-4 液性限界の低い領域 ($W_L \leq 100\%$) における W_L と W_P の関係 (記号は図-3に同じ)

3. 代表的粘土鉱物の I_P と W_L の関係

塑性指数 I_P は定義より次式で与えられる。

$$I_P = W_L - W_P \dots\dots (5)$$

(4)、(5)式より、

$$I_P = W_L - (0.30W_L + 15.85) = 0.70(W_L - 22.6) \dots\dots (6)$$

(6)式によれば、 I_P と W_L の間には直線関係が成立することが分かる。また、(6)式は Casagrande が得たA線の式、即ち次式、

$$A線: I_P = 0.73(W_L - 20) \dots (7)$$

と驚くほどよく一致しているのが図-5からもよく分かる。図-5では(6)式をA'線として示している。A'線は代表的粘土鉱物の内、イライトとカオリナイトについての I_P と W_L との関係を表す式であり、この式が、本文のはじめにも述べた通り数多くの土質試験データに基づいて経験的に得られたA線と非常によく近似しているのは大変興味深いことと思われる。

4. おわりに

以上、代表的な粘土鉱物のアッターベルグ限界の物理的性質を用い、イライトおよびカオリナイトについての I_P と W_L との関係式として、塑性図のA線に近似するA'線(6)式が得られることを示した。しかし、A線は種々の粘土鉱物や有機物が複雑に混じり合った細粒土について求められたものであり、A'線とは式は確かに近似してはいるがその物理的意味は多少異なっている。

甲本：カサグランデの塑性図におけるA線に関する一考察

るようである。今後、更にA線の持つ物理的意義を調べる必要がある。

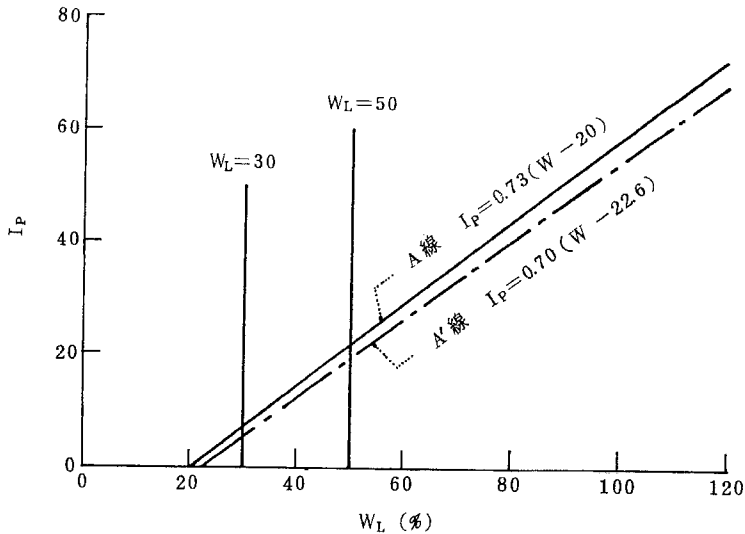


図-5 塑性図におけるA線と新しいA'線

引用文献

- 1) Casagrande, A. : Classification and Identification of Soils, Trans. ASCE, 113, pp. 901-991(1948)
- 2) 土質工学会 : 土質工学ハンドブック、p. 41(1982)
- 3) Skempton, A. W. : The Colloidal Activity of Clays, Proc. 3rd ICSMFE, vol. 1, pp. 57-61(1953)
- 4) Cornell University : Final Report on Soil Solidification Research, Ithaca, N. Y. (1951)
- 5) White, W. A. : Atterberg Plastic Limits of Clay Minerals, Am. Mineralogist, 34, pp. 508-512 (1949)
- 6) Grim, R. E. : Applied Clay Mineralogy, McGraw-Hill, p. 207 (1962)

Summary

A hypothesis was performed on the A-line in the plasticity chart proposed by Casagrande for laboratory classification of fine-textured soils.

By examining the results of tests on both the liquid and plastic limit published earlier on Bentonite, Illite and Kaolinite which are typical clay minerals, it was found that the relationship between the liquid limit (W_L) and plastic limit (W_P) could be expressed by the equation:

$$W_P = 0.30W_L + 15.85 \quad (W_L \leq 120\%) \text{ and}$$

$$W_P = 69.8 \text{ (constant)} \quad (W_L > 120\%).$$

On the basis of this linear relationship and the definition of the plasticity index (I_p), the following equation, which is closely similar to that of the A-line, was obtained as follows:

$$I_p = 0.70 (W_L - 22.6) \quad (W_L \leq 120\%).$$