

フォールコーンを用いての液性限界に関する研究 (第1報)

田 中 実*

Experimental Study on Liquid Limit using the Fall-cone. (1 st. Report)

Minoru TANAKA

Abstract

Liquid-limit is used as one of the most important characteristics to judge the physical properties of soil.

Presently, nevertheless, we do not have any complete methods for measuring Liquid-limit. The fall-cone method is well known by its simple operation and high accuracy of measurement.

In this paper it is discussed the applicability of the above method to the examination of sand mattel clay. The following results were obtained. The relation between the value of con-penetration and the moisture content shows linear change on the both-logrithmic paper. Moreover, the constant values of cone-penetration corresponding to each Lipuid-limit were obtained.

1. 緒 言

アッターベルグ限界のうち、液性限界は土の物理的性質の判定に欠かすことの出来ない重要な役割をもつと同時に力学的な性質の推察にも応用されているのが現状である。

この液性限界の測定において、わが国では JIS A-1205 (1970) に規定されている方法を採用しているが、これには種々の問題点のある。先ず基本的な問題として、現在の方法は、土の動的な挙動を測定し、土の静的な性質を推定しようとしていることである。また、現行法で測定した実験値には、バラッキがはげしく、(変異係数が30%になることがあるといわれている^{1),2)}このバラッキを少なくするためには測定に高度の技術的熟練が要求される。更に測定器において、台板の硬軟、ミゾ切りが困難なども挙げられる。

このような問題を有する現行の液性限界の測定法に代るものとして R. Karlsson³⁾、北郷繁⁴⁾、箭内寛治²⁾等が自由下落方式によるフォールコーン法を提案している。

そこで筆者は、この自由落下方式によるフォールコーン法を使用し、砂質粘性土についても適用可能かどうかを調べた。

2. 試料及び実験装置

実験に用いた試料は2種類の粘土でこれ等は共に宇部附近の沖積粘土(採取深度は5.0m~7.0mである)である。この粘土を蒸留水を用い420 μ のフルイでふるい。通過した土を密閉した容器に入れ約1ヶ月養生をした。次に養生した粘土を取出し、3日以上蒸留水に浸した標準砂の水をよく切り少量づつ加えよく練返して砂混り粘土試料を作った。

標準砂を混入する前の粘土と標準砂の粒径加積曲線を Fig. 1 に示す。

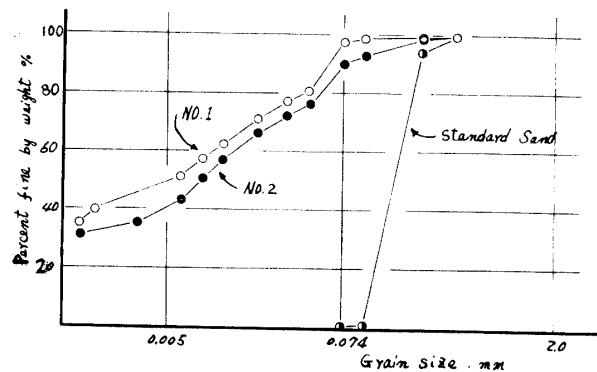


Fig. 1 Grain size distribution curve

実験装置について、液性限界の測定に用いたものは JIS 規格に準ずるものである。また円すいの貫入量の

* 工業短期大学部土木工学科

測定に使用した測定器は Photo. 1 に示すように R. Karlsson により紹介されたものに類似した K.K マルイ製のコーン式液性限界測定器である。

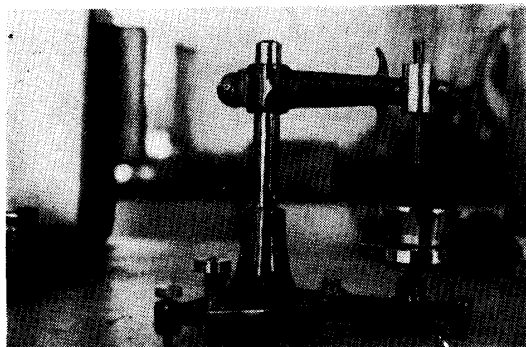


photo. 1 Photograph of fall-cone apparatus

この装置の中でコーンの先端角度は60度、コーンとその軸部分の合計重量は60gr. とした。また試料を入れる容器の寸法については上端の内径70mm, 底面の内径60mm, 深さ30mm の円錐台状のものを用いた。円すいの貫入値の測定にはダイヤルゲージを用い、その目盛は0.1mm 刻みで目分量では0.01mm まで測定可能である。

3. 試料の調整及び試験方法

本実験は液性限界の測定とフォールコーンによる貫入量の測定を同時に実施するため試料を多量に必要とする。そこで試料の調整には細心の注意を払い次のようにして調整した。

まず測定値に大きく影響する因子とされている1回の注水量、こね返しについては、1回の注水量は2cc 以下で注水毎に毎分90回程度へらを動かしこね返す。この状態を繰返し、ミゾの閉じる状態のサラの打撃回数が50回程度になる柔らかさを得るまで試行しながら続け、この間のこね返し時間は最低30分とした。

次に試料を湿った布で覆い約30分放置し、2分間こね返し、測定を開始した。新しい含水状態を作る場合も1回の注水量2cc 以下、2分以上のこね返しをした。

砂質粘土については密閉した容器内より取出した粘土と蒸溜水に3日以上浸した標準砂のよく水をきったものをロール板上で少量の蒸溜水を加えこね返しながら混合する。混合した後、これも湿った布で覆い、30分放置し、液性限界のミゾの閉じる状態のサラの打撃回数の50回程度になるまでの注水、こね返しは前出の方法と同じである。

このようにして調整した試料で、まず液性限界の第1回の測定を JIS 規格に従って行い、その直後に残り

の試料を1分間こね返し、フォールコーン用の容器内に空気を連行しないようにへらで、手早く結込み表面を仕上げる。試料表面に円すいの先端を密着させ試料表面とコーン先端に間げきのないことを確かめ、ダイヤルゲージにより始読 h_1 をとる。機械の中央部のチャックを押し、コーンを自由落下させ、円すいが試料内に十分貫入した後、プッシュボタンをはなし、落下軸を固定して終読 h_2 をとり h_1, h_2 の差を貫入量 (p) とする。

この操作を繰返し、液性限界試験において、ミゾが閉じる打撃回数が25回以上の含水状態が2個以上、以下が2個以上測定した。

5. 試験結果及び考察

Fig. 1 に示した試料 No. 1, No. 2 について、液性限界及びその値と等しい含水比の円すいの貫入値について、バラッキをみるためにその測定値の平均と不偏分散を求め、変異係数を次の式より計算し、その結果を Table 1 に示す。

$$\text{変異係数 (\%)} = \sigma' / \bar{X} \times 100$$

$$\sigma' = \sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 / (n-1)}$$

Table 1 Variability of an experimental Value

No.	Liquid limit (%)	Penetrative value
1	2.17	9.46
2	2.88	2.25

標準砂混入前の粘土試料の液性限界 (W.L.L) とそれに対応する貫入値 (P.L.L) の変異係数は共に10% 以下の値を示し、あまり大きなバラッキがないことが認められたので、砂混り粘土試料を作り実験を始めた。

Table 2 Relation between modulus content of sand, incipient moisture content and liquid limit.

No.	S _r (%)	W.L.L (%)	w _i (%)
1	2.24	46.20	36.63
1-1	14.56	43.90	36.60
1-2	14.97	42.70	40.07
2	9.43	52.20	40.61
2-1	12.46	51.40	40.18
2-2	23.59	44.70	37.00
2-3	28.56	42.40	35.81
2-4	41.58	36.40	31.38

Table 2 は試料内の砂の含有率 (S_r) とこの状態における液性限界 ($w_{L,L}$)、及び液性限界、フォールコーン法による実験開始直前の試料の含水比 (w_i) を示したものである。

次に標準砂混合試料 (No. 1-1, No. 1-2, No. 2-1, No. 2-2, No. 2-3, No. 2-4) の円すい貫入試験における貫入値 (p) とその時の含水比 (w) の関係を示すと Fig. 2 (a), Fig. 2 (b) となる。

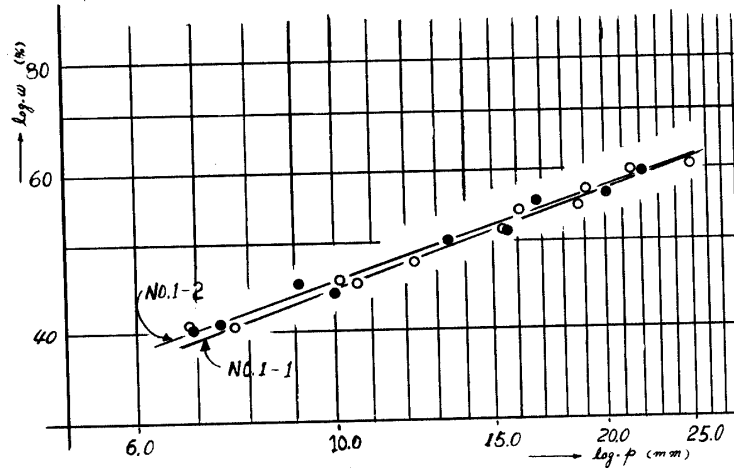


Fig. 2 (a) Relationship between w and P

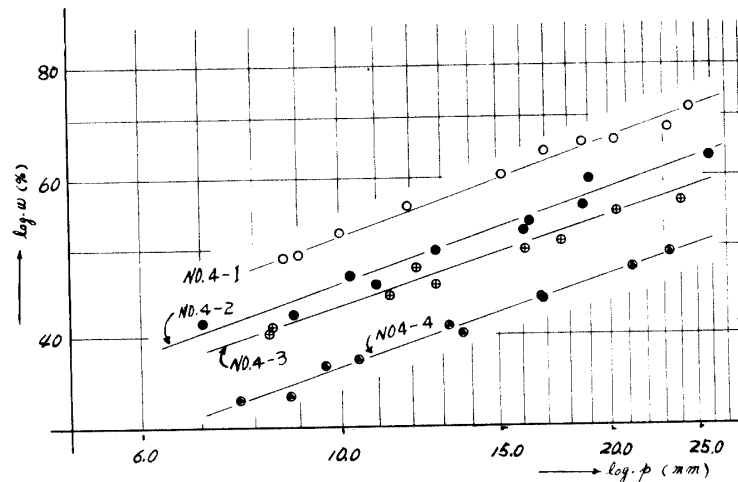


Fig. 2 (b) Relationship between w and P

Fig. 2 に示した w , p の相互関係の表示法においてこの試験の目的から考え半対数表示が妥当と考え、 w - $\log p$ 曲線を求めたが、砂の含有率が30%以上になると低含水比の点群が直線よりはずれる傾向にある。そこでこの試料が飽和正規圧密粘土とみなすことができることと R. Karlsson の提唱する理論³⁾より $\log w$ - $\log p$ も直線的な変化をするので両対数目盛にプロットし、その点群を直線で結んだのである。Fig. 2 にみられるように多小のバラッキはあるもの、 w - $\log p$ に比べ $\log w$ - $\log p$ 曲線の方が直線性に優れていることが認められた。砂の含有量の多い試料における低含水比の点群が w - $\log p$ 曲線よりはずれる原因

についてはまだ明らかでない。

つぎに各試料において JIS 法により求めた液性限界に対応するコーンの貫入値 ($p_{L,L}$) を求めたところ 8.7mm~9.8mm の値を得た。この $p_{L,L}$ の値を 9.5mm と仮定し、 $p_{L,L}=9.5$ mm のときの含水比 $w_{(P,L)}$ と液性限界試験における打撃回数25回の含水比 ($w_{L,L}$) の関係を示すと Fig. 3 となる。

この図から液性限界に対応する円すい (60°, 60gr) の貫入値は 9.5mm を示すことがわかる。

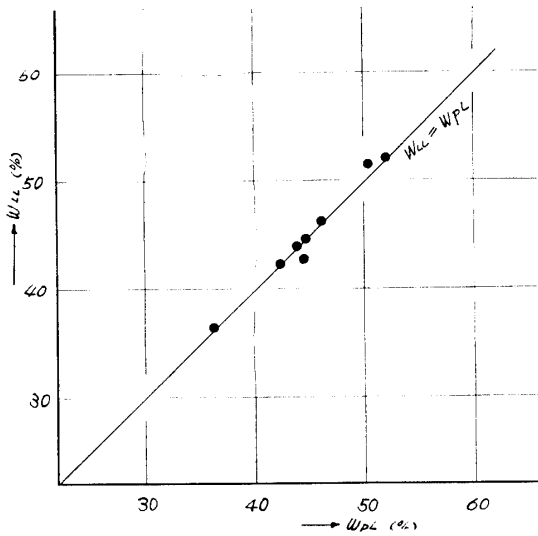


Fig. 3 Relationship between $W_{L.L}$ and $W_{P.L}$

6. 結 語

沖積粘土の 420μ フルイを通過する試料に標準砂を加え砂質粘土を作り、これについて、フォールコン法を用い液性限界を推定したが、Fig. 2, Fig. 3 より砂

の含有量が 50% 以下ではこれが可能であり、この時の貫入値は 9.5mm であることがわかった。然し低含水の点群が偏倚すること、 p_L が 9.5mm となり R.

Karlsson のファイネスナンバーの 10.0mm と 0.5mm の差がある。更に瞬間的に自由落下させるためのコーン軸のチャック、空気を連行しないで試料を容器につめる方法等、多くの問題点があるので今後試料を多種とし、コーンの角度、落下総重量を変え実験を続け解明していく予定である。

終りに試料の提供を賜った K.K 宇部建設コンサルタント専務伊藤嘉治氏、ならびに短大土木工学科高藤愛子君の労に対し深甚な謝意を表す。

参 考 文 献

- 1) 松本練三：土と基礎，10，3 (1962)
- 2) 箭内寛治，五味貞夫：土と基礎，13，10 (1961)
- 3) R. Karlsson：SMFE Proc. 5 (1961)
- 4) 北郷繁：土と基礎，13，9 (1965)

(昭和50年10月14日受理)