

## 資 料

粘性土の塑性限界の測定における  
フォールコーン試験の適用性

甲 本 達 也\*

Applicability of the Fall Cone Test for Measuring the Plastic Limit of Cohesive Soils

Tatsuya KOUMOTO

Faculty of Agriculture, Saga University, Saga

## 1. はじめに

現在行われている土の塑性限界の測定方法は簡単ではあるが、試験者の手加減が影響しやすく<sup>1)</sup>、力学的意味がはっきりしない等の欠点がある。これに対して箭内ら<sup>2)</sup>の整形した供試体を一定高さから落下したときの変形量から塑性限界を推定しようとする試みは興味深く、北郷ら<sup>3)</sup>、Campbell<sup>4)</sup>、甲本<sup>5)</sup>、のコーンを一定高さから自由落下させたときの貫入量から塑性限界を推定しようとする試みは塑性限界の簡易測定法として注目される。特に甲本<sup>6)</sup>はフォールコーンの貫入機構を明らかにするとともに、フォールコーン試験による液性・塑性両限界の同時測定法の提案<sup>5)</sup>も行っている。しかし提案によるフォールコーン法の場合、コーン重量は $Q=0.6\text{ N}$ としているため塑性限界状態のように粘性土の強度が大きくなると貫入量が極端に小さく(約1.3 mm)なり測定精度が問題となると思われる。本論文は、先の $Q=0.6\text{ N}$ コーンを用いた試験<sup>5)</sup>の追加試験として更に重量の大きいコーンを用いてフォールコーン試験を行い、粘性土の塑性限界の測定の適用性を測定精度の点から再調査したものである。

## 2. フォールコーン試験

フォールコーン試験は表-1に示すような物理的性質を有する11種類の粘性土について行った。使用したコーンは先端角 $2\alpha=60^\circ$ 、重量 $Q=10\text{ N}$ ( $60^\circ$ 、 $10\text{ N}$ コーンと称す)のものである。これは供試体の含水比が塑性限界近傍になると剪断強さは相当大きくなることが予想されたことから、このような供試体に対して少なくとも5 mm くらいの貫入量が得られるようにしたためである。

試料容器は内径100 mm、深さ50 mmの円筒容器とした。貫入装置には図-1に示すような骨材試験用の引き硬度測定器を改良したフォールコーン試験器(シャフトの先端にコーンを取り付けシャフトとコーンの重量を10 Nにしたもの)を使用した。試験は各供試土の含水比を塑性限界近傍から液性限界近傍まで数段階に変化させたものを容器に充填し、コーン先端を試料表面に接した状態からコーンを自由落下させ貫入量の測定を行った。試験は同一供試体について5回ずつ、その都度詰めなおしたものについて行った。尚、供試体は含水比調整後1週間から10日間の養成を行って供試体内部の含水状態の均一化を計った。

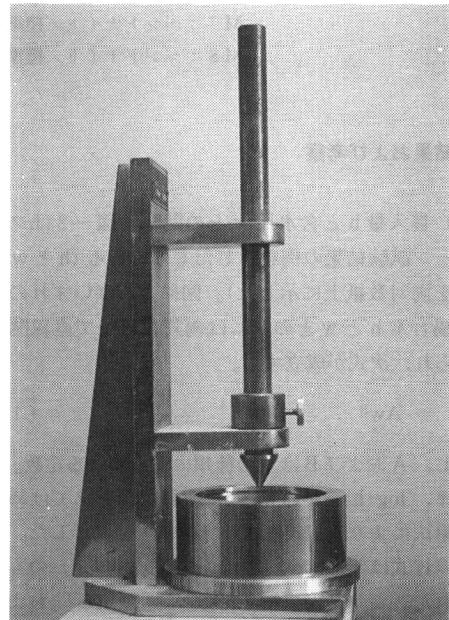


図-1 引き硬度測定器を改良したフォールコーン試験器

\*佐賀大学農学部 〒840 佐賀市本庄町1  
土壌の物理性 第62号 p.63~67 (1991)

表-1 供試土の物理的性質

試料	真比重 G <sub>s</sub>	液性限界 W <sub>L</sub> (%)	塑性限界 W <sub>P</sub> (%)	塑性指数 I <sub>p</sub>
陶土	2.680	38.3	23.8	14.5
M1	2.673	30.0	14.1	15.9
有明粘土	2.584	130.0	48.9	81.1
M2	2.761	121.8	24.6	97.2
M3	2.733	204.4	25.1	179.3
M4	2.653	261.0	39.2	221.8
M5	2.653	264.0	23.9	240.1
M6	2.589	282.8	29.2	253.6
M7	2.685	303.5	27.4	276.1
M8	2.726	336.0	32.2	303.8
ベントナイト	2.743	402.0	35.6	366.4

M1：陶土／標準砂・・・・・・・・・・ 10：3

M2：陶土／ベントナイト・・・・・・・・・・ 5：2

M3：陶土／ベントナイト・・・・・・・・・・ 1：1

M4：ベントナイト／有明粘土・・・・・・・・・・ 5：2

M5：ベントナイト／標準砂・・・・・・・・・・ 10：3

M6：陶土／ベントナイト・・・・・・・・・・ 2：5

M7：ベントナイト／標準砂・・・・・・・・・・ 5：1

M8：ベントナイト／標準砂・・・・・・・・・・ 10：1

### 3. 結果および考察

1) 貫入量  $h$  と含水比  $w$  との関係：図-2 はフォールコン試験結果の例を示したものである ( $h$  と  $w$  との関係を示した)。図によればいずれの供試土の場合も  $h$  と  $w$  との間には両対数紙上で直線関係が認められ、次式が成立する。

$$h = Aw^B \quad (1)$$

ただし、 $A$  および  $B$  は土の種類により異なる定数。

いま、 $\log(h) - \log(w)$  間に直線関係をあてはめ、最小自乗法により直線式を求め実際に図に示した。これらの直線式は非常に高い相関係数 (0.97以上) のもとに得られた。この直線関係は北郷ら<sup>3)</sup>、藤川ら<sup>7)</sup> および甲本<sup>5)</sup> によって実験的に得られた結果とも一致するものである。

2) 塑性限界時の貫入量  $h_p$ ：図-2 に示す  $\log(h)$

$-\log(w)$  直線上においてカサグランデ法による塑性限界  $w_p$  との交点の  $h$  の値を塑性限界時の貫入量  $h_p$  とし、このようにして得られた  $h_p$  の値を塑性指数  $I_p$  に対して示したものが図-3 である。図によれば  $h_p$  は  $I_p$  によらずほぼ一定となるようで、その平均値を求めると、 $h_p = 5.4 \text{ mm}$  が得られた。

いま、図-2 において  $\log(h) - \log(w)$  直線上の貫入量  $h = 5.4 \text{ mm}$  の時の含水比を求め、現行のカサグランデ法による塑性限界と対比したものが図-4 である。図にはまた  $60^\circ$ 、 $0.6 \text{ N}$  コールよりのデータをも示している。図によればコーンの重量にはあまり関係なく、両方法による測定値はよく一致しておりその誤差はたかだか  $\pm 10$  数%であった。

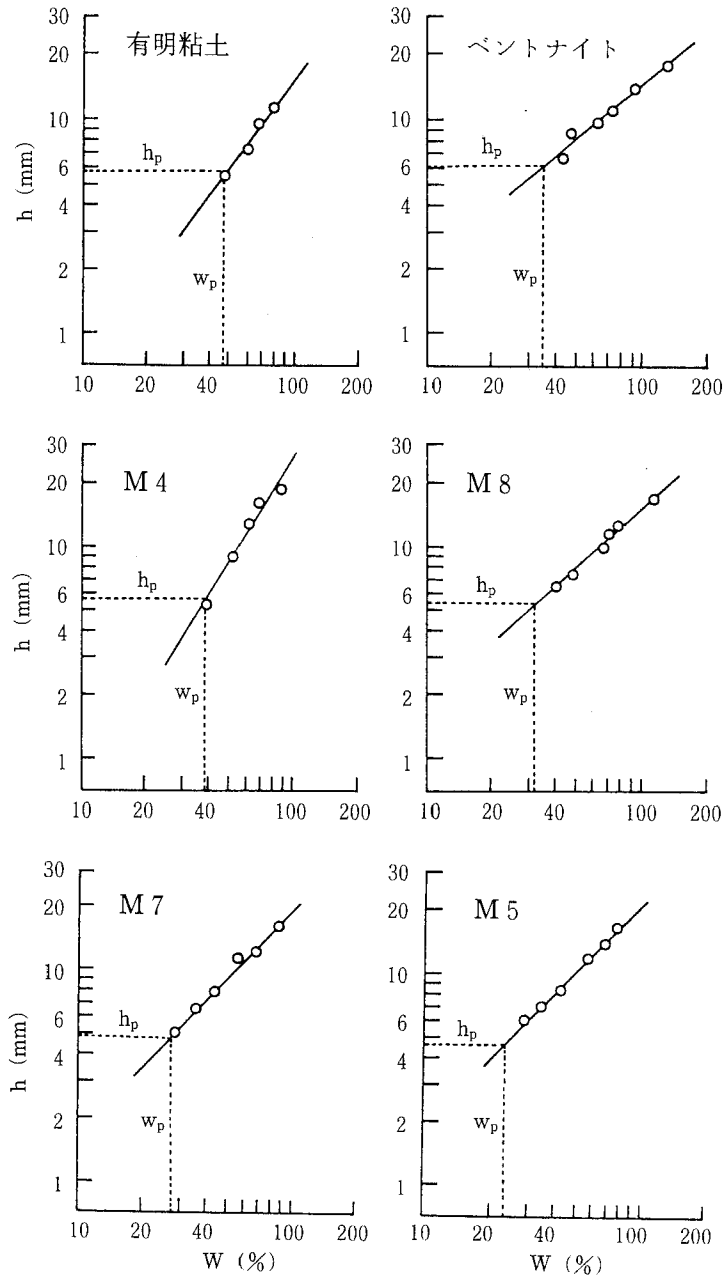


図-2 フォールコン試験結果の例  
(60°, 10Nコーン使用)

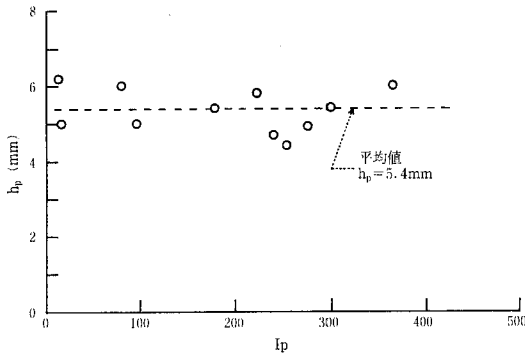


図-3 塑性限界時の貫入量 $h_p$ と $I_p$ との関係  
( $60^\circ$ , 10Nコーン使用)

#### 4. 結 論

塑性限界の測定におけるフォールコーン試験の適用性を、 $2\alpha=60^\circ$ ,  $Q=10\text{N}$ コーン ( $60^\circ$ , 10Nコーン)を用いて11種類の粘性土について実験的に検討を行うとともに、既存の $2\alpha=60^\circ$ ,  $Q=0.6\text{N}$ コーン ( $60^\circ$ , 0.6Nコーン)の実験結果との対比を行った。

実験によれば、 $60^\circ$ , 10Nコーンを用いた場合も貫入量 $h$ と含水比 $w$ との関係は両対数紙上で直線で表された。この直線上において、カサグランデ法の塑性限界に対する貫入量 $h$ は粘性土の種類には関係なく $h=5.4\text{mm}$ とほぼ一定であった。

以上のことから、フォールコーン試験において $60^\circ$ , 0.6Nコーンの貫入量 $h$ が $h=1.3\text{mm}$ の時の含水比 $w$ , または $60^\circ$ , 10Nコーンの貫入量 $h$ が $h=5.4\text{mm}$ の時の含水比 $w$ を塑性限界とみなし得ることがわかる。しかし、塑性限界のみが測定の対象となるような場合、この様な比較的硬い状態の上に対しては $60^\circ$ , 10Nコーンの方が $60^\circ$ , 0.6Nコーンより貫入量を大きく、しかも容易に測定できるので実験上有利と言えよう。

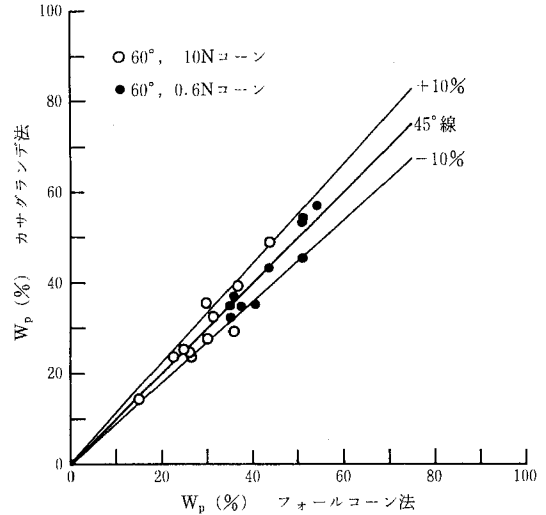


図-4 フォールコーン法とカサグランデ法とによる塑性限界値の対比

#### 引 用 文 献

- 1) 占藤田喜久雄：第6章 液性限界・塑性限界，土質試験法，土質工学会編，p.128 (1979)。
- 2) 箭内寛治・西堀高弘・五味貞夫：塑性限界を求める二つの近似簡便法の試み，第3回土質工学研究発表会，昭和43年度発表講演要旨，pp.299-304 (1968)。
- 3) 北郷繁・益田栄治：液性限界測定に関する実験的研究 (第4報)，土と基礎，17-9，pp.5-14 (1969)。
- 4) Campbell, D. J.: Plastic Limit Determination Using A Drop-Cone Penetrometer, Journal of Soil Science, 27, pp.295-300 (1976)。
- 5) 甲本達也：フォールコーンテストによる粘土の液性・塑性両限界の決定，農土論集，146，pp.95-100 (1990)。
- 6) 甲本達也：フォールコーンテストの動的解析，農土論集，144，pp.51-56 (1989)。
- 7) 藤川武信・甲本達也：フォールコーンの貫入に関する三次元的解析，農土論集，83，pp.38-43 (1979)。

## Summary

An investigation was made on the applicability of the Fall Cone Test for determining the plastic limit of cohesive soils.

The test was carried out by using  $2\alpha=60^\circ$ ,  $Q=10\text{ N}$  cone ( $60^\circ$ ,  $10\text{ N}$  cone) where  $\alpha$  and  $Q$  are semi-angle of the cone tip and the cone weight, respectively, on 11 cohesive soils. The test results were compared with those obtained previously using  $2\alpha=60^\circ$ ,  $Q=0.6\text{ N}$  cone ( $60^\circ$ ,  $0.6\text{ N}$  cone).

According to the results, the penetration depths  $h_p$  read at the Casagrande plastic limit on the logarithmic penetration ( $h$ ) vs logarithmic water content ( $w$ ) straight lines became constant and took the mean value of  $h_p=5.4\text{ mm}$ .

The accuracy of the plastic limits determined by using  $60^\circ$ ,  $0.6\text{ N}$  cone and  $60^\circ$ ,  $10\text{ N}$  cone for those by the Casagrande method was found to be almost same. However,  $60^\circ$ ,  $10\text{ N}$  cone should be preferably used rather than  $60^\circ$ ,  $0.6\text{ N}$  cone in case that the Fall Cone Test was carried out to determine only the plastic limit.

(Soil Phys. Cond. Plant Growth, Jpn., **62**, 62–66, 1991)