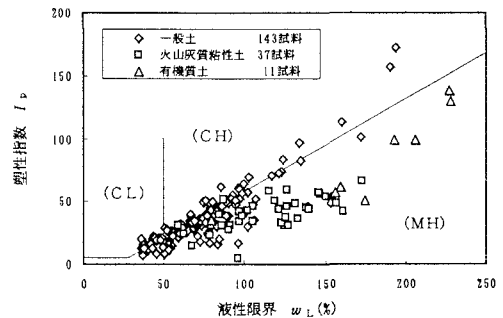


Ⅲ－12 フォールコーン法による液性限界・塑性限界の同時測定

日本大学工学部 正会員 ○古河幸雄
 〃 〃 藤田龍之

1. まえがき フォールコーン法は、JIS 法(Casagrande 法)以外で液性限界を求める方法であり、1997 年に地盤工学会により基準化された。海外では、既に Casagrande 法の代替法として推奨され規格化している国もある。フォールコーン法の利点は、液性限界から塑性限界程度の幅広い含水比で試験ができ、液性限界試験として基準化された方法であっても、塑性限界まで適用できれば一つの装置で2つの物理量を求められ、これまで別々に行っていた試験方法の統一が可能になる。そこで、JIS 法とフォールコーン法で行った結果から土質分類を行い、その差異からフォールコーン法による液性限界・塑性限界の同時測定についての可能性について検討する。

2. 試験方法および試料 用いたコーンは 60° 、60g コーンであり、貫入時のコーン解放時間は5秒間とした。試験は、貫入量＝5～16mm の含水比範囲で多点法により行い、試料は、総計191試料(一般土:143、ローム:37、有機質土:11)を用い、その塑性図を図－1に示す。



図－1 用いた試料の塑性図（試験方法はJIS法による）

3. 流動曲線の直線性と液性限界・塑性限界に対応する貫入量 試験結果の整理は、JIS 法が片対数紙、基準化されたフォールコーン法（液性限界試験）が正方眼紙を用いることを規定している。ここで行ったフォールコーン法は塑性限界も考慮していることから、流動曲線の直線性を考慮する必要がある。そこで、図－1に示した試料を用いて、図化する目盛りの違いによる直線、曲線の頻度の出現率を表－1に示す。試験範囲Aは貫入量が5～16mm、試験範囲BはJIS法の落下回数が35～10回に対応する貫入量の範囲を図化した場合である。当然図化する含水比範囲はAよりBの方が狭い。これより、A、Bの範囲で直線となる目盛の出現率を比較すると、両者とも（正方眼＞両対数＞片対数）の順

表－1 図化目盛りの違いによる直線、曲線の出現率

	フォールコーン法						JIS 法
	試験範囲 A 貫入量 5～16mm の範囲 (%)			試験範囲 B JIS 法の落下回数 35～10 回 に対応する貫入量の範囲 (%)			落下回数 35～10 回 (%)
目盛の種類	正方眼	片対数	両対数	正方眼	片対数	両対数	片対数
直線	77.2	65.3	72.0	93.8	91.7	92.7	83.9
凸形の曲線	20.2	4.7	5.2	5.2	2.1	2.1	5.9
凹形の曲線	2.6	30.0	22.8	1.0	6.2	5.2	10.7
3つの目盛で全て直線	44.1			84.5			
3つの目盛で全て曲線	4.2			1.0			

であり、正方眼が直線となる割合が最も多くなっている。表には JIS 法についても、片対数で整理した結果も示し、試験範囲が同じ程度であれば、フォールコーン法は JIS 法より直線となる確率が高い。また、表には3つの目盛すべてが直線あるいは曲線となる出現率も示した。これによると、直線となる出現率は、試験範囲Aが約44%であるのに対し、JIS法の落下回数の範囲であるBは約85%とその範囲を狭めると2倍

表－2 液性限界・塑性限界に対応するコーン貫入

単位：mm	正方眼	片対数	両対数
液性限界	11.3	11.1	11.2
塑性限界	－6.9	2.3	1.5

Determination of the liquid and plastic limits of soils by the fall cone test.

FURUKAWA Yukio and FUJITA Tatsushi (Nihon University)

程度大きい。

4. 液性限界・塑性限界に対応する規定貫入量 フォールコーン法で液性限界と塑性限界を求める場合、その規定貫入量が必要になる。地盤工学会基準によれば、11.5mm 貫入量を液性限界としているが、塑性限界はその運用を認められていないためその規定値は不明である。そこで、191 試料全てについて正方眼、片対数、両対数で整理して JIS 法の液性限界と塑性限界に対応する貫入量を求めた平均値が表-2 である。液性限界に対応する貫入量はいずれの目盛りでも近似した値であるが、塑性限界では- 6.9 ~ 2.3mm とばらつきがあり、かつ正方眼では、負になり理論的にも現象的にも不合理で適切でないといえ、塑性限界試験まで対象にする結果の整理方法は、片対数または両対数を使用すべきである。従来から含水比と非排水せん断強さとの関係が両対数で直線関係が成り立つといわれていること、貫入量の平均値を算出したときの変動係数が最も小さかったことから、両対数が適当と考えられる。しかし、図化する含水比の範囲は、貫入量と含水比の 1 サイクルを同じスケールにすると直線の傾きが極端に小さくなるがあるので、スケール調整が必要である。両対数の結果を用いて塑性限界との対応を調べたのが図-2 である。図から分かるように、フォールコーン法の塑性限界が JIS 法の 0.5 ~ 2 倍になるものもあり、また、相対誤差 ± 5 % 以内に入るものは約 30% 程度であり、著しく対応が悪い。

一方、液性限界・塑性限界の同時測定法の評価は、誤差の程度のみならず、工学的な利用まで含めて検討することによりその価値が判断される。塑性限界は単独で利用することはほとんどなく、塑性指数などと組合わせて使われ、その代表的な利用方法としては「JGS 0051 地盤材料の工学的分類方法」の塑性図である。そこで、JIS 法の塑性指数とフォールコーン法による塑性指数の相関図を図-3 に示すと、両者の対応は著しく悪く、塑性指数が小さいと JIS 法との相対誤差

が ± 50% を越える土もあり、また、図-2 の塑性限界の場合と比較してもばらつきが大きい。この塑性指数の対応が悪いのは、塑性限界の対応の悪さをそのまま引き継いでいるためであり、その相対誤差が ± 50% 程度含む可能性があることから、JIS 法の実験誤差を考慮しても JIS 法と同等に扱うことは困難と判断される。この塑性指数の対応の悪さは、塑性図による土質分類にも影響を及ぼし、JIS 法とフォールコーン法により求めた液性限界と塑性限界から各試料を塑性図上で分類し、フォールコーン法の分類が JIS 法の分類と一致する的中率を調べると表-7 になる。火山灰質粘性土と有機質土は、液性限界以外に観察から分類できるのでこの検討から除外した。この分類において的中率が低いのは、(CH) と (ML) であり、特に (ML) は全く的中していない。また、的中率が高いのは、(CL) と (MH) であることが分かる。

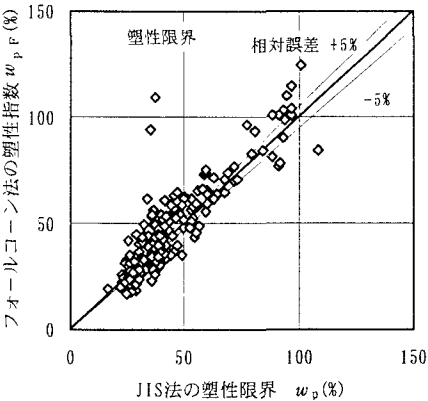


図-2 JIS法とフォールコーン法の塑性限界の相関

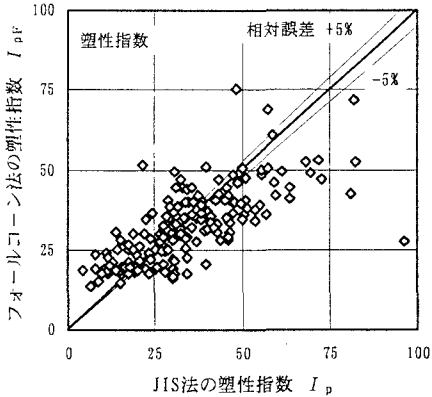


図-3 JIS法とフォールコーン法の塑性指数の相関

表-3 フォールコーン法による液性限界・塑性限界
同時測定法における土質分類名の的中率

分類記号	(CH)	(CL)	(MH)	(ML)	合計
JIS 法による分類	3 0	1 1	8 2	1 4	1 3 7
フォールコーン法による分類 が JIS 法と同じ場合	1 2	9	6 8	0	8 9
的中率 (%)	40.0	81.8	82.9	0.0	65.0