

土のフォールコーン試験に関する一考察

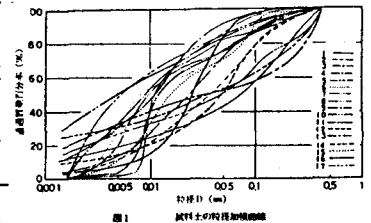
岐阜工業高等専門学校 吉村優治
岐阜県 ○中川将己

1. まえがき 現在の土のコンシステンシー限界を測定する方法は、アッターベルグが創始した方法を機械的に統一したキャサグランデの方法が広く各国で採用され、我国においてもJIS¹⁾として規定されている。しかし、液性限界は他の二限界（塑性限界、収縮限界）と比較すると、試験自体に問題があること、実験値のバラツキがはなはだ大きいことが指摘されている。カールソン²⁾によれば、スウェーデンではかなり前から自由落下のコーン法による静的貫入試験が、液性限界試験法として利用されており、我国でも北郷³⁾、矢野⁴⁾、筋内・五味⁴⁾などによって研究が行われてきた。本報告は、数種類の試料について実施した現行の液性限界試験、塑性限界試験及びフォールコーン試験結果についての一考察である。

2. 試料および実験方法 実験用に準備した試料は市販の陶土6種類を含めて17種類で、これらを全て420 μ mふるいで水洗いして、その通過分のみを実験用試料として使用した。この17種類の試料名、採取地及び比重を表1に、粒径加積曲線を図1に示す。本研究では液性限界・塑性限界試験の実施はJISの方法¹⁾に従い、フォールコーン試験もこれに準じたが、注水量、放置時間など試験結果に影響の大きい項目もあり、現行のJISの規定では不十分な点が多いので予備試験により試験細目を定めた後に各々の試験を実施した（ここでは試験細目の記載は省略する）。フォールコーン試験で使用するコーンは先端角60°、質量60gで、試料容器は60mm ϕ $\times$ 25mmである。

表1 実験に使用した試料一覧

No.	試料	採取地	比重	$w_p(\%)$	$w_L(\%)$	$F(\%)$	$F_{12}(\%)$
1	赤陶土	岐阜県羽島市赤陶	2.60	22.3	20.4	22.7	25.2
2	黄土	愛知県一宮市	2.60	23.1	21.8	22.1	24.9
3	黒土	岐阜県安八郡黒田町	2.72	30.8	27.7	23.3	25.8
4	凡六川土	岐阜県本巣郡神岡町凡六川	2.72	54.2	42.8	60.3	42.4
5	八幡土	岐阜県本巣郡神岡町八幡	2.77	43.0	26.2	31.9	22.7
6	赤野土(1号)	岐阜県大野町赤野村長野	2.76	42.1	22.8	36.3	41.1
7	赤野土(2号)		2.84	42.8	22.2	36.3	41.0
8	赤野土(3号)	岐阜県土岐市	2.68	38.8	22.3	34.3	36.5
9	土岐土	(岐阜県神岡町)	2.68	39.3	22.1	34.6	37.0
10	土岐土(2)		2.64	47.8	25.1	42.4	44.5
11	土岐土(3)		2.68	46.6	25.1	35.9	38.3
12	赤陶土	岐阜県羽島市赤陶中之瀬川	2.77	27.6	27.6	46.1	
13	赤陶土	岐阜県羽島市赤陶中之瀬川	2.71	27.6	27.6	46.1	
14	文相土	岐阜県本巣町文相	2.76	27.6	27.6	46.1	
15	生野土	岐阜県多治野市生野	2.71	19.7	19.7	60.1	
16	7号土	岐阜県土岐市下石町西山	2.75	23.7	23.7	46.1	
17	高知土	高知県	2.70	18.7	18.7	36.9	

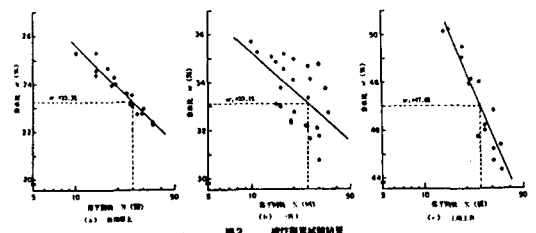


3. 実験結果および考察 試験の結果の一覧を表1の試料名などに合わせて示した。この表中のFとは先端角60°、落下自重60gのコーンの貫入量10mmの場合の含水量で、フェイスナンバー(Finenss Number)の略称であり、現行の液性限界値と非常によく一致するとされ²⁾、これが実験的にも確かめられている^{3) 4)}。F₁₂は貫入量が12mmの場合の含水量である。

図2, 3に現行の液性限界試験、フォールコーン試験の代表的な試験結果を示す。図中の縦軸のスケールが異なるため、結果の精度を単純に比較することはできないが、個人差、バラツキともフォールコーン試験の結果の方が小さいようである。

図4にフォールコーン試験から求めたF₁₂と現行法で求めた液性限界の関係を示す（貫入量はコーンの先端角・質量、試料容器の寸法が違くと変わってくるので、本研究ではフェイスナンバーではなくF₁₂を用いた。ちなみに、容器寸法が小さいと貫入量はやや小さくなる⁴⁾）。これより、液性限界が大きいデータは不足しているが従来から報告されているように、フォールコーン法は十分現行の液性限界試験方法に代用できることが確認できる。さらに、液性限界とは本来静的な方法で求めるべき（概念的に、土が含有水の多少に応じて塑性から液性に状態を変ずるときの含水比が液性限界であり、それはある種のせん断強さを表わすと理解できる）³⁾であること、現行の液性限界試験は試験中に個人差が入る要素が多い、測定器に使われる材質によって誤差が入るなどの点を考慮すれば、フォールコーン法はむしろ現行法より優れている点が多いと考えられる。

また、液性限界を求めるこの現行法とフォールコーン法を比較すると、現行法は比較的狭い含水量の



範囲で w_L を求めるのに対し、フォールコーン法は幅広い含水量で試験を行うという特徴がある。

塑性限界試験の結果は表1に示した通りであり、それほど個人誤差なく塑性限界 w_P を求め得ることができた。ただし、表中印(N)

を付けた試料は、3mmまで伸びる前に切れてしまうなど本来はNPの記号で報告すべき試料であったが、参考までに実験値を記した。北郷・佐藤⁵⁾は、フォールコーン試験で塑性限界も同時に測定でき、その精度はJIS法にならぶと報告しているが、本研究の結果についてこれを検討したところ、フォールコーン試験のコーン貫入量が3~5mmのときの含水量がJISの塑性限界にほぼ一致したが、精度的には現行のJIS法の方が優れているようであった。ただし、この性質を利用すれば、上述したNPの記号で報告しなければならないような試料についても含水量とコーン貫入量の関係は片対数紙上で直線に近いので、おおよその塑性限界を推定することは可能である。

一方、試験値の個人差は、塑性指数の大きい土を用いたときに、塑性指数の小さい土を用いたときより大きいという報告⁶⁾もあるが、例えば図2 (a) $I_P=2.9\%$, (b) $I_P=5.3\%$, (c) $I_P=21.3\%$)を見てわかるように、本研究の試験に用いた試料の塑性指数の範囲では、これは一概には結論できないようである。

4. むすび

- 1) 現行の液性限界試験は、試料によっては個人差、バラツキがかなり大きくなる。また個人差、バラツキが大きくなる試料は、必ずしも塑性指数の大きい土とは限らない。
- 2) 現行の塑性限界試験は、それほど個人誤差は入らない。
- 3) フォールコーン法は、現行の液性限界試験よりも広範囲の含水量比で液性限界を求めるという特徴があり、数値的に十分現行の液性限界試験方法に代用できる。さらに、現行の塑性限界試験方法では、NPの記号で報告しなければならないような土についてもおおよその塑性限界を推定できる。また、このフォールコーン法は液性限界を静的に求めており、現行の液性限界試験が動的な試験であり、試験中に個人差が入る要素が多い、測定器に使われる材質によって誤差が入るなどの点を考慮すれば、フォールコーン法はむしろ現行法より優れている点が多い。

謝辞 実験ならびにデータ整理には、佐野弘君(現:中部電力㈱)、服部浩至君(現:岐阜県)に助力頂いたことを記して謝意を表わします。また、試料採取に御協力頂いた岐阜高専建築学科・土井康生助教授に心から感謝致します。

参考文献

- 1) 土質工学会:「土質試験法-第2回改訂版-」, pp.117-141(1979)
- 2) Karlson, R.: Suggested Improvements in the Liquid Limit Test with Referent to Flow Properties of Remoulded Clays, Proc. 5th. Int. Conf. SMFE, Vol. 1, P. 171(1961)
- 3) 北郷繁: 液性限界測定法に関する実験, 土と基礎, Vol. 13, No. 9, pp. 13-18(1965)
- 4) 箭内寛治・五味貞夫: フォールコーン(円錐貫入)法で液性限界を求め得るか, 土と基礎, Vol. 13, No. 10, pp. 17-21(1965)
- 5) 北郷繁・佐藤正義: 液性塑性両限界の同時測定法に関する研究(第5報), 土と基礎, Vol. 18, No. 6, pp. 9-15(1970)
- 6) 松本鎌三: 土の物理的試験値の個人差について, 土と基礎, Vol. 6, No. 6, pp. 24-26(1956)

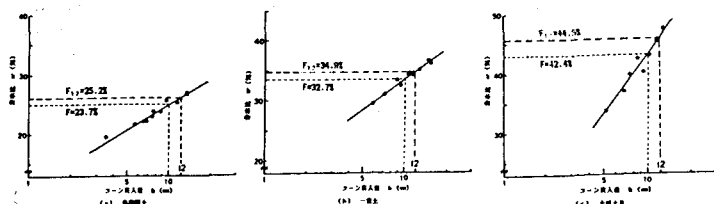


図3 フォールコーン試験結果

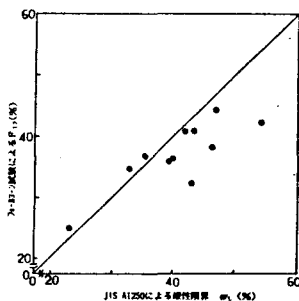


図4 F_{12} と液性限界との関係