

フォールコーン試験による液性限界・塑性限界の測定に関する研究

岐阜工業高等専門学校専攻科 学生員 ○田中大輔

岐阜工業高等専門学校 正会員 吉村優治

1. はじめに

これまで現行の液性限界試験方法には、静的性質である液性限界を動的に求めようとしていること、測定に個人誤差が入りやすいことなどの問題点が挙げられてきた¹⁾。この現行法の代替法として、「フォールコーンを用いた土の液性限界試験方法」(JGS T 142-1997)²⁾が地盤工学会で基準化された。また塑性限界試験についても、測定に個人誤差が入りやすいといった問題点が指摘³⁾されており、フォールコーン法による塑性限界の同時測定が期待されている。これまでに、筆者らはフォールコーン試験により液性限界を求めると同時に試験時の密度を測定し、密度が最大となる含水比、また空気量が急変する含水比が塑性限界と対応することを報告^{4) 5)}してきた。本報告では、密度、空気量から塑性限界を推定するとともに、試料の容器への詰め方による、貫入量、乾燥密度、空気量の影響について検討している。

2. 実験概要

試料は、①骨材採取工場の骨材を洗い流した時の水に沈殿する粘性土6種類、②濃尾平野南部で採取されたボーリング試料2種類、③市販の陶土を含むその他7種類を用いた。これらの試料について、JGSに規定されている液性・塑性限界試験⁶⁾およびフォールコーン試験を行う。フォールコーン試験は試料容器の体積が既知であるものを使用して、含水比、貫入量の他に試験時の密度を測定する。これらの実験より液性限界 w_L 、塑性限界 w_P およびフォールコーン試験時の含水比、貫入量、密度を知ることができる。

また、土の締固め曲線は、突固め回数の多いほど乾燥密度は大きく、含水比の小さな所で曲線の山の頂点が現れることが知られている。フォールコーン試験でも試料の容器への詰め方により乾燥密度-含水比曲線に影響がでることが予想されるので、この影響を調べるために以下のように試験を行った。

(a) 密に詰める場合・・・試料を3層に分けて、スプーンで強い力で30回ずつ詰める。

(b) 緩く詰める場合・・・試料を2層に分けて、スプーンで弱い力で5回ずつ詰める。

2. 実験結果および考察

試験結果はいずれも同じ傾向を示したので、ここでは上述③のB、G試料を例に示す。

図-1は、乾燥密度 $\rho_d(g/cm^3)$ と含水比 $w(%)$ の関係を表している。図にはゼロ空気間隙曲線(実線)、現行法により求めた液性限界 w_L (一点鎖線)、塑性限界 w_P (点線)を併記している。また、詰め方の影響を調べるため(a)の密詰を●、(b)の緩詰を○で示した。この図で(a)密詰を例にとると、密度は含水比に応じて変化をしており、土の締固め曲線のような上に凸の山形の曲線を示すことがわかる。この曲線の頂点となる含水比、つまり密度が最大となる含水比に注目すると、 w_P と非常に近いことがわかる。また、詰め方の影響については、(a)と(b)を比較すると、締固め曲線と同様に密詰の方が密度は大きく、曲線の頂点の含水比は若干小さくなっているが、いずれの点を w_P としても十分であると考えられる。

図-2は、図-1で示した試料を土粒子 V_s ・空隙水 V_w ・空隙空気 V_a の体積割合に換算したものと含水比 $w(%)$ の関係を表したものであり、含水比に応じた試料内部の体積割合の変化がよくわかる。図-3は、この図の間隙空気量の変化に着目して、書き改めたものである。これらの図から間隙空気の体積割合 V_a (以下、空気量と呼ぶ)は、塑性

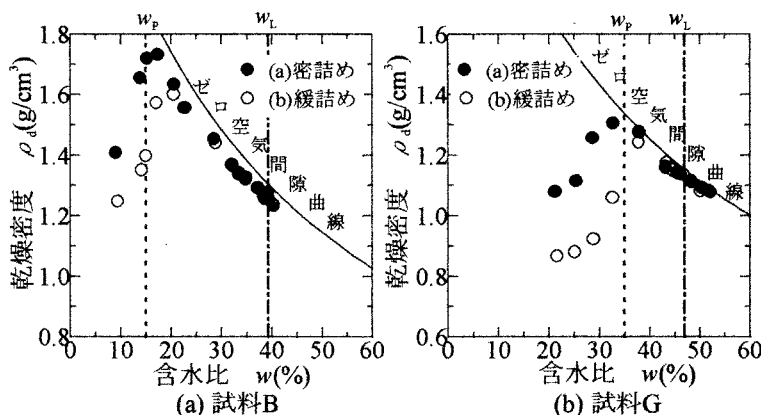


図-1 乾燥密度と含水比の関係

限界以上では比較的小さいが、塑性限界より低含水比になると急増し始めることがわかる。このことから、塑性限界は試料の含水比が減少していく過程で空気量が急増し始める含水比を表しており、空気量が急増することにより亀裂を生じ脆くなると考えられる。また、(a)密詰と(b)緩詰による詰め方の影響については、空気量が急増し始める点に差はみられなかった。

図-4は含水比 $w(\%)$ と貫入量 $h(\text{mm})$ の関係を示すもので、現行法により求めた液性限界 w_L (一点鎖線)、塑性限界 w_p (点線) を併記している。地盤工学会基準²⁾では、試験の貫入量範囲は 7 ~ 15mm であり、貫入量 11.5mm の含水比が液性限界に相当すると定義しており、図から明らかなように現行法で求めた w_L と良く対応しているのがわかる。また、この貫入量 7 ~ 15mm では、(a)密詰と(b)緩詰にはほとんど差がみられない。なお、これまでも貫入量から塑性限界を推定しようとする試み^{たとえば 3)}もされてきたが、図-4の低含水比(塑性限界)付近に見られるように(a)密詰、(b)緩詰による詰め方の影響や $w-h$ 関係に見られるばらつきがあり、実用化には至らなかったと推察される。

4. おわりに

本研究より、フォールコーン試験時の試料容器内の密度あるいは空気量の変化から塑性限界 w_p を十分に推定できることがわかった。

また、試料を容器に詰める時に空气の混入に注意すれば、詰め方に個人誤差があっても、地盤工学会基準²⁾(貫入量 7 ~ 15mm) の範囲では $w-h$ 関係に差が生じないので w_L に詰め方は全く影響しないことが明らかになった。したがって、フォールコーン試験は、個人誤差が入りにくく、液性限界・塑性限界の同時測定が可能であると言える。

参考文献

- 1) 土のコンシステンシーに関する研究委員会：土のコンシステンシーに関するシンポジウム発表論文集，土質工学会，pp.31 ~ 37，1995.1.
- 2) 地盤工学会編：新規制定地盤工学会基準・同解説IV，pp.1 ~ 10，1997.10.
- 3) 吉村優治・田中大輔：フォールコーン試験装置を用いた液性限界・塑性限界の同時測定に関する研究，土木学会第 54 回年次学術講演会講演概要集第 3 部(A)，pp.2 ~ 3，1999.9.
- 4) 地盤工学会編：土質試験の方法と解説，pp.71 ~ 88，1990.3.
- 5) 鈴木介人・関延子・高野昭信：フォールコーン法・ベーン法による液性・塑性限界の測定法について，第 32 回地盤工学会研究発表会発表講演集，pp.337 ~ 338，1997.7.

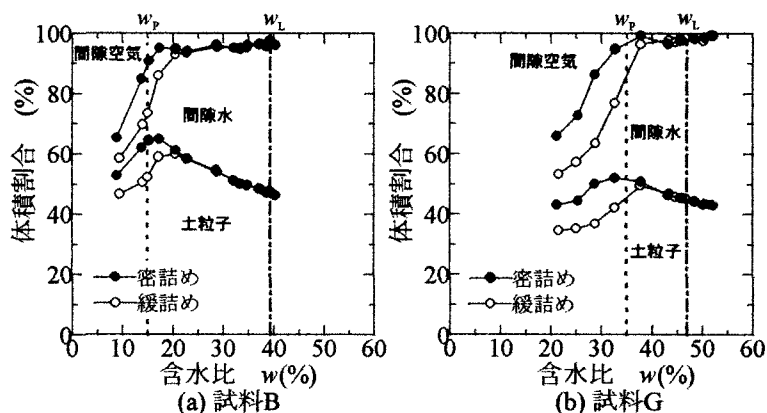


図-2 体積割合と含水比の関係

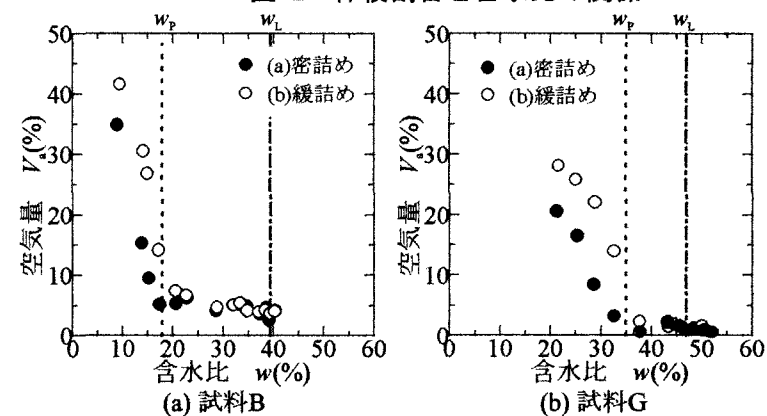


図-3 空気量と含水比の関係

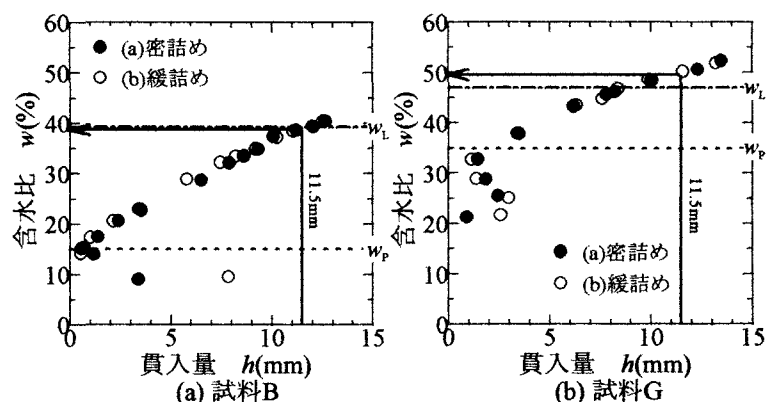


図-4 含水比と貫入量の関係