Ⅲ－A1 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

岐阜工業高等専門学校　環境都市工学科　正会員　吉村 優治*
〃　建設工学専攻　学生員　○田中 大輔**

1. はじめに

土はその含水状態によって変形特性が異なる．土の状態は固体・半固体・塑性体・液体に分けられ，それぞれの境界の含水比を液性限界・塑性限界・収縮限界といい，これらをコンシステンシー限界と呼んでいる．試験方法はJGSに定められた方法(JGS T 141-1990)[1]（以下、現行法と呼ぶ）によって実施されている．しかし液性限界を求める試験法については，これまで多くの問題点が指摘されてきた[2]．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)[3]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幾つかの問題点が指摘されており[2]，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．過去にも貫入量から塑性限界を推定する試みがされてきたが，実用化には到っていない．また，最近では試料を粉体から液体までの貫入量を測定したとき，貫入量はある含水比でピーク値(最小値)を示し，このピーク値と塑性限界が対応しているという報告[4]もある．しかし，塑性限界付近での貫入量はばらつきが大きく，貫入量から塑性限界を推定することは困難であると考えられる．

そこで本研究では，フォールコーン試験時の密度を測定し，この密度と空気量の変化から塑性限界を推定し，液性限界と塑性限界の同時測定について検討した．

2. 実験概要

実験に用いた試料は，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種類の計15種類の試料である．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[1]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．

3. 実験結果および考察

3.1 液性限界

図-1は含水比 w と貫入量 h の関係を示す一例（上述の試料①のNo.6）である．この関係図で，貫入量が11.5mmに相当する含水比がフォールコーン法での液性限界であり，現行法により求めた液性限界と比較したものを図-2に示す．この図には本研究室で得た過去の結果も含んでいる．フォールコーン法により求めた液性限界は，現行法により求めた液性限界によく対応している．

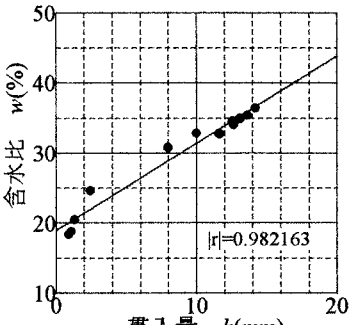

図-1　貫入量と含水比の関係(試料No.6)

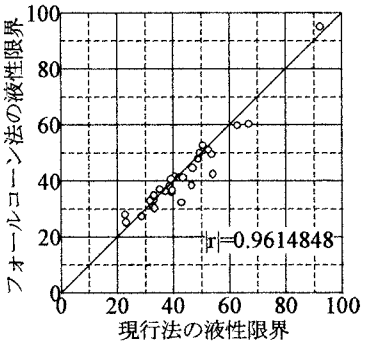

図-2　現行法の液性限界とフォールコーン法の液性限界の関係

Key words : *Consistency Limit, Test Procedure*

*岐阜工業高等専門学校（〒501-0495 岐阜県本巣郡真正町 TEL.058-320-1401 FAX.058-320-1409）
**岐阜工業高等専門学校建設工学専攻

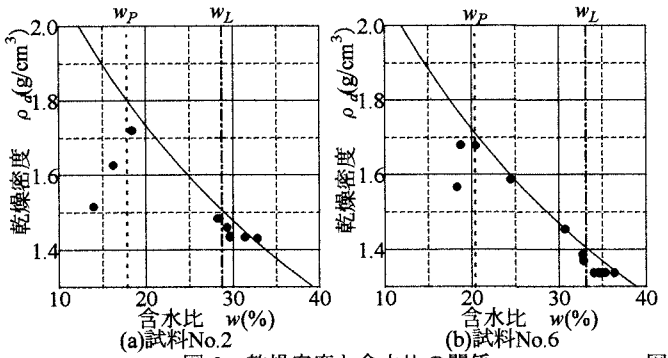

図-3　乾燥密度と含水比の関係

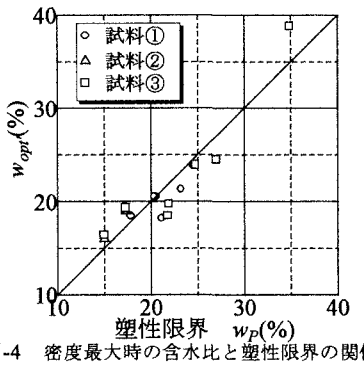

図-4　密度最大時の含水比と塑性限界の関係

3.2 塑性限界

図-3 に乾燥密度 ρ_d と含水比 w の関係の一例（上述の試料①の No.2, No.6）を表す．図にはゼロ空気間隙曲線，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．密度は含水比に応じて変化をしており，土の締め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，塑性限界の値と非常に近いことがわかる．この密度が最大となる含水比を w_{opt} として，塑性限界 w_P と比較したものが図-4 であり，含水比 w_{opt} と塑性限界 w_P はほぼ対応していることがいえる．

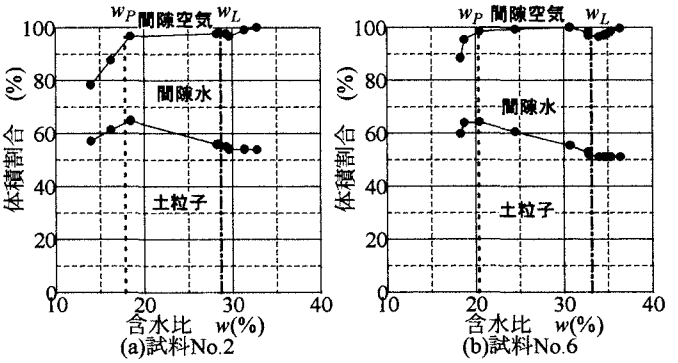

図-5　体積割合と含水比の関係

図-5 は図-3 で示した試料の体積割合（土粒子 Va・間隙水 Vw・間隙空気 Va）と含水比 w の関係を示したものである．この図より間隙空気の体積割合 Va（以下、空気量と呼ぶ）は，塑性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試料は亀裂を生じ脆くなることが考えられる．現行の塑性限界試験では，土をひも状にして転がし，直径が 3mm で切れる時の含水比を塑性限界 w_P としているが，これは土中の空気量が急増して，土の構造のバランスが崩れるためであると考えられる．

4. おわりに

本研究からも，フォーコーン法が現行の液性限界試験の代替法として，十分な結果を得ることができた．また塑性限界は，土中の空気量が急増するときの含水比であることが明らかになった．これまでの現行の塑性限界試験では，土が切れたときの含水比を測定するだけであったが，今回の方法では密度や空気量の変化から，塑性限界の物理的な意味を知ることができた．以上のことから，密度を測定するフォーコーン試験により，液性限界と塑性限界を同時に測定することが可能であるといえる．

参考文献　1)　地盤工学会編：土質試験の方法と解説，pp.71 ～ 88，1990.　2) 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.36 ～ 37，1995.1.　3) 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.　4) 鈴木介人・関延子・高野昭信：フォーコーン法・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.