

液性限界・塑性限界試験における初期含水比の影響について

中部土質試験協同組合 ○伊吹 卓紘

坪田 邦治 加藤 雅也

石原 聖子 大橋 翔

清水 亮太 久保 裕一

1. はじめに

液性限界・塑性限界試験は土のコンシステンシー特性を把握する目的のみならず、圧縮指数・圧密係数の推定や、液状化判定の指針¹⁾にも用いられている重要な試験である。同試験は測定機器を用いず、試験者が直接手と試験器具を使って行うため、感覚的で試験者の熟練度が要求される。また、試験手順においても加水・乾燥の具体的手順が明記されておらず、それらが試験者の判断に委ねられており、試験結果のばらつきが大きくなる原因にもなる。本研究では、液性限界・塑性限界試験において、初期含水比が小さい状態から試料に適宜加水して試験する方法と、初期含水比が大きい状態から試料を乾燥させて試験する方法では、試験結果にどのような影響があるのかを比較検討した。

2. 試験条件

(1) 試験者

液性限界・塑性限界試験は技術の熟練を要する試験であり、個人差によるデータのばらつきや、傾向の違いが出ることが考えられる。また、本研究の目的である試験方法の違いによる影響および傾向が、異なる試験者であっても顕現するか検討するため、試験者は複数人であることが望ましい。そこで、日常的に同試験を行っている2人の試験者 A、B を選定し、同一試料を用いて試験を行った。

(2) 試験に用いた試料

本試験では、試料の材質による結果のばらつきを小さくするため、自然の土ではなく、市販されている青粘土と三河珪砂6号を使用した。試料における砂分の混合比が試験結果に与える影響を検討するため、青粘土のみを用いたものと、青粘土と珪砂の湿潤重量比 1:1 で混合したものを試料とした。それぞれの試料に充分な量の水を加え、ミキサーを用いて混合した後、水になじませるために 12 時間以上静置した。青粘土および混合土の粒度分布を図-1 に示す。

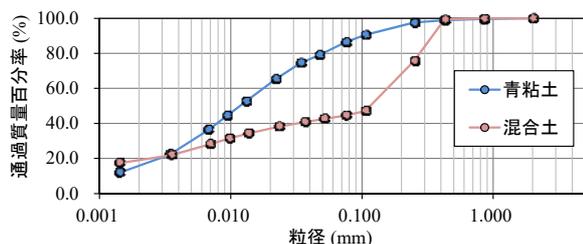


図-1 各試料の粒度分布

3. 試験方法

(1) 液性限界試験

試験器具、各試料の裏ごし、練返し方法は JIS に従った。本試験では加水・乾燥の手順の違いによる影響を検討するため、同一の試料に対して、2通りの方法による液性限界試験を行った。それぞれの方法で得られた含水比から流動曲線を作成し、落下回数 25 回に相当する含水比を液性限界 w_L (%) とする。試験方法について以下のように定義する。

① 加水法

試料の初期含水比が、落下回数約 35 回となるように調整して練返しを行う。その後、試料を乾燥させることなく加水のみを行い、落下回数 35~25 回を 2 点以上、落下回数 25~10 回を 2 点以上で合計 6 点となるように含水比を測定する。

② 乾燥法

試料の初期含水比が、落下回数約 10 回となるよう調整して、練返しを行う。その後、試料に加水することなく空気乾燥させ、落下回数 10~25 回を 2 点以上、落下回数 25~35 回を 2 点以上で合計 6 点となるように含水比を測定する。

(2) 塑性限界試験

加水法、乾燥法それぞれの試験で使われた試料を用いて、手のひらとすりガラスの間で転がしながらひも状にする。直径 3mm の段階で土が切れ切れになったときの含水比を塑性限界 w_P (%) とする。

4. 試験結果および考察

(1) 液性限界試験結果

青粘土における各試験者の液性限界試験結果を図-2 に示す。また、混合土における同試験結果を図-3 に示す。試験結果として採用したデータは、流動曲線の決定係数 R^2 が 0.9 以上となるものを用いた。

図-2 を見ると、青粘土においては両試験者とも液性限界 w_L に大きな差異は見られなかった。しかしながら、いずれの試験者においても、加水法より乾燥法において、流動曲線の傾きが緩やかになっていることが分かる。図-3 に着目すると、混合土においても同様に、液性限界 w_L に大きな差異は見られなかった。また、試験者 A の結果に着目すると、青粘土と同様に加水法より乾燥法において流動曲線の傾きが緩やかになっていることが分かる。試験者 B においても、僅かであるが加水法より乾燥法において、流動曲線の傾きが緩やかになる傾向が見られた。

液性限界試験で得られる流動曲線の傾きは流動指数 I_f と呼ばれ、次式で表される。

$$I_f = \frac{w_1 - w_2}{\log_{10}(N_1 - N_2)} \quad \dots \text{式 (1)}$$

ここに、 M_1 , w_1 , N_2 , w_2 は流動曲線上の任意の 2 点 (N_1 , w_1) および (N_2 , w_2) である。流動指数 I_f は塑性限界における土のせん断強さの度合いを表すタフネス指数 I_t に利用されている重要な諸量である。青粘土および混合土における両試験法によって得られた流動指数 I_f を比較したものを図-4 に示す。図-4 に着目すると、青粘土においては、加水法の流動指数 I_f が乾燥法より約 2 倍大きく、差異が見受けられた。混合土の場合も僅かではあるが同様の傾向が見られた。

流動指数 I_f における差異の理由は次のことが考えられる。不飽和状態において間隙水は、土粒子表面の吸着力と土粒子間隙に発生する表面張力（毛管力）によって保持されている。加水法の場合、加水した水によって毛管力が大きくなる。従って、試料内における間隙水の保持能力が大きくなり、流動を起こすために必要な加水量が大きくなる。その結果、流動曲線の傾斜が急になり、流動指数 I_f が大きくなると考えられる。乾燥法では、乾燥することにより毛管力が減少し、間隙水の保持能力が小さくなる。その結果、僅かな含水比の変化に従って流動性が増減するため、流動曲線の傾斜が緩やかになり、流動指数 I_f が小さくなると考えられる。

(2) 塑性限界試験結果

青粘土および混合土における塑性限界試験結果を表-1 に示す。表-1 に着目すると、青粘土と混合土どちらの場合においても、塑性限界 w_p については加水法と乾燥法との間に大きな差異はなく、試験開始時の含水比による影響は見られなかった。

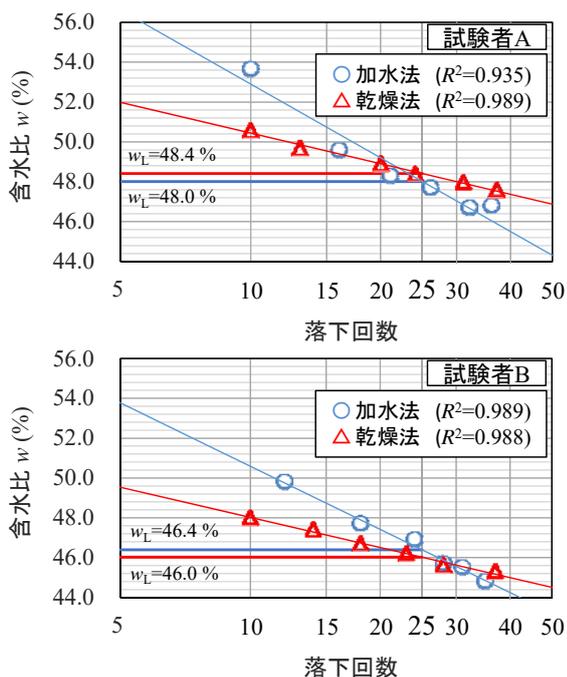


図-2 青粘土における各試験者の液性限界試験結果

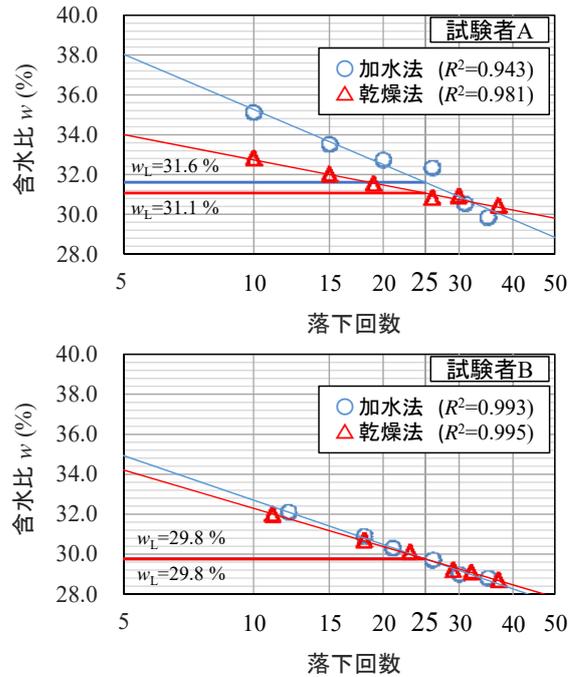


図-3 混合土における各試験者の液性限界試験結果

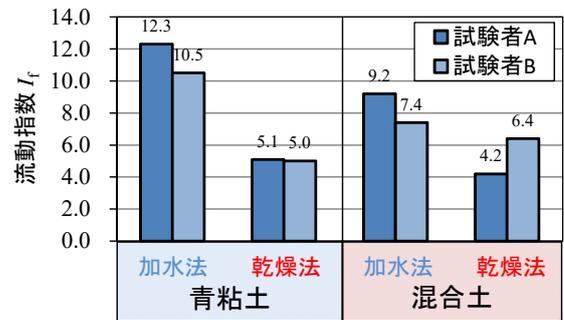


図-4 各試料における流動指数 I_f の比較

表-1 各試料における塑性限界試験結果

| | 加水法 | 乾燥法 |
|--------------------|------|------|
| 青粘土の塑性限界 w_p (%) | 21.5 | 21.8 |
| 混合土の塑性限界 w_p (%) | 13.4 | 13.5 |

5. まとめ

本研究では液性限界・塑性限界試験において、加水法と乾燥法の 2 つの試験方法を 2 種類の試料に対してそれぞれ実施し、試験結果にどのような影響があるのかを比較検討した。その結果、加水法と乾燥法それぞれの液性限界 w_L および塑性限界 w_p について大きな差異がなく、試験結果の代表値に大きな影響は見られなかった。しかしながら、流動曲線の傾きを表す流動指数 I_f に着目すると、乾燥法より加水法においてその値は大きくなった。このことから、液性限界試験を行う際に加水と乾燥を繰り返すことが試験結果のばらつきに大きく影響することがわかった。

《引用・参考文献》

- 1) 地盤工学会：地盤材料試験の方法と解説-二分冊の 1-, No.719, p.147, 2009.