

試料調製時の含水比が液性限界・塑性限界試験に及ぼす影響

中部土質試験協同組合 ○石原 聖子
法安 章二

1. はじめに

液性限界・塑性限界試験から得られるコンシステンシー限界およびこれらから導かれる諸指数は、土の工学的分類や力学的性質の推定に利用される重要な指標である。試験では原則として自然含水比状態から調製をした試料を用いるが、採取状況によっては試料の全体量が少なく含水比試験後の絶乾試料で試験を行うことを余儀なくされている。そのため試験結果の差異が懸念される。

本研究では、試料調製時の含水比が液性限界・塑性限界試験に及ぼす影響について比較をおこなった。

2. 試験条件と試験試料

試験条件として、試験試料の調製時の含水比は自然状態と(110±5)℃で一定質量になるまで炉乾燥させた乾燥状態の2条件で実施した。調製は地盤材料試験の方法と解説¹⁾に従って目開き0.425mmのふるいを通過させ、自然状態の試料は含水比が低い場合は加水し、高すぎる場合は自然乾燥によって脱水させた。乾燥状態の試料は加水後に十分に練り合わせて10時間以上放置した。試料名は自然含水比の試料をN、乾燥の試料をDとした。

本研究では、愛知・岐阜・三重・静岡で採取された性質が異なる8試料を用いて試験を行った。今回は有機質土やロームといった特殊土を含まず、細粒土主体の一般的な試料を採用した。試験では目開き0.425mmふるいを通過した土を使用するため、粒度は最大粒径が0.425mmの通過質量百分率に換算して、その他の物理特性と合わせて表-1に示した。各試料のNとDの土粒子の密度試験

表-1 各試料の物理特性

試料No.	ρ_s g/cm ³	w %	砂分 %	シルト分 %	粘土分 %	
試料1	1-N	2.616	40.6	7.0	47.2	45.8
	1-D	2.624	0.0	8.1	48.0	43.9
試料2	2-N	2.580	79.8	2.3	54.7	43.0
	2-D	2.579	0.0	5.0	59.6	35.4
試料3	3-N	2.644	27.6	26.9	37.6	35.5
	3-D	2.635	0.0	21.8	32.1	46.1
試料4	4-N	2.663	25.8	10.2	56.5	33.3
	4-D	2.648	0.0	8.5	54.5	37.0
試料5	5-N	2.674	49.5	14.6	43.1	42.3
	5-D	2.662	0.0	16.6	55.1	28.3
試料6	6-N	2.648	45.9	12.4	57.5	30.1
	6-D	2.651	0.0	12.5	64.1	23.4
試料7	7-N	2.687	68.4	0.7	29.1	70.2
	7-D	2.667	0.0	1.1	41.8	57.1
試料8	8-N	2.583	28.0	4.2	34.5	61.3
	8-D	2.598	0.0	3.9	37.8	58.3

や粒度試験(ふるい分析)の値は総じて差異は少なく、粒度試験(沈降分析)についても団粒化の影響によって粘土分とシルト分の割合に多少の変化は生じたが、粒径加積曲線に大きな変化が見られなかった。そのため、代表して各試料のNの粒径加積曲線を図-1に示した。

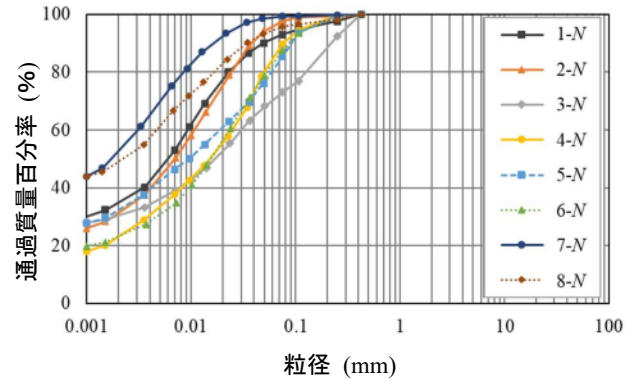


図-1 各試料Nの粒径加積曲線

3. 試験結果

各試験の試験結果を図-2~6に示した。

(1) 液性限界 w_L

塑性状から液状になる変移点である液性限界 w_L の結果を図-2に示す。全体にNよりDの値が低くなっていることが読み取れる。特に試料4のDは48.7%と顕著に低下しておりNの半分以下の0.47倍となった。次に試料2は0.63倍、試料1は0.68倍となった。試料3, 5, 6, 7はNよりDが0.71~0.82倍低下した。しかし試料8の差は1%と0.98倍でほぼ変化がみられない結果となった。

(2) 流動指数 I_f

流動指数 I_f は液性限界試験で得られる流動曲線の傾きを示している。この値は土の圧縮性や透水性または乾燥強さなどに関係がある。コンシステンシーは流動性と捉えられるため、流動指数 I_f が示す流動曲線の傾きは重要な指数であると言える。流動指数 I_f の結果を図-3に示す。Nと比べてDの値は全体に低下した。液性限界と同様に試料4のDはNの0.47倍であったが、試料2は0.71倍となり試料1, 5, 7の0.63~0.67倍より差は小さくなった。液性限界で違いの小さかった試料8は13.5から9.9へと0.73倍変化した。試料6は0.89倍、試料3は0.97倍と流動指数 I_f への影響が低いことが読み取れる。

(3) 塑性限界 w_p

塑性状から半固体状になる変移点である塑性限界 w_p の試験結果を図-4に示す。他と同様にDの含水比はNと比べて全体に低い結果となった。顕著に変化した試料2の値は0.73倍となり、試料1は0.8倍となった。試料3

～7 は 0.9 倍前後の差に留まった。試料 8 は 0.1% 差で 0.99 倍となり液性限界と同じくほぼ変化はなかった。

(4) 塑性指数 I_p

液性限界 w_L と塑性限界 w_P の差である塑性指数 I_p の試験結果を図-5 に示す。大幅に変化のあった試料 4 は N と比べ D が 0.31 倍となり、試料 6 は 0.5 倍となった。試料 3, 5, 7 の含水比は 0.7～0.8 倍を示した。試料 8 は液性限界と塑性限界の変化が小さいため、差は少なかった。

(5) 液性指数 I_L

土の状態が液性限界 w_L や塑性限界 w_P に対してどの状態にあるかを表している液性指数 I_L は次式によって求められる。

$$I_L = \frac{w - w_P}{w_L - w_P} \quad \dots \text{式(1)}$$

これにより土は $I_L=0$ のときに塑性状態にあり、 $I_L=1$ は液性状態にあると言える。液性指数 I_L を図-6 に示す。全てにおいて N より D の値が高くなっていることが読み取れる。これにより、塑性状態に評価される試料が液性状態とされ、安全側に見積もられる可能性を示している。

4. まとめ

各項目の比較を行った結果、液性指数 I_L 以外は試料調製時の含水比が自然含水状態 N の値に比べ、乾燥状態 D の値は全てにおいて下がった。これは乾燥させた後に加水しても戻らない土粒子表面の吸着力と土粒子間に発生する表面張力が関係していると推察する。土が本来持っていた結合を高める働きが失われることにより塑性指数 I_p の高い試料ほど D の値が N に比べて低下したと考えられる。塑性状を保つ含水比を示す塑性限界 w_P は前者ほど大きな影響はなかったが軽視できない差が生じた。²⁾

5. おわりに

試料調製時の含水比によって液性限界・塑性限界試験に差が出ることは過去の研究³⁾により既に周知されている。しかし、はじめに触れたように試験試料が潤沢ではないのにも関わらず複数の試験項目の結果を求められる場合には乾燥試料で試験を実施せざるを得ない。液性限界・塑性限界試験の値が液状化判定の指針として用いられることを踏まえて、試験を実施した土が N か D のどちらで実施したのかデータシートに明記することは、液状化判定のみならず他の物理特性や力学特性の妥当性を確認する要素の一つとして有意義であると考えられる。

《引用・参考文献》

- 1) 地盤工学会：地盤材料試験の方法と解説 -第一回改訂版-, pp.158-174, 2020.
- 2) 中野正樹：地盤力学, pp.4-23, 2012.
- 3) 相馬 尅之：初期含水比が土の液性、塑性限界に及ぼす影響 土壌の物理性 38 巻, pp.16-22, 1978.

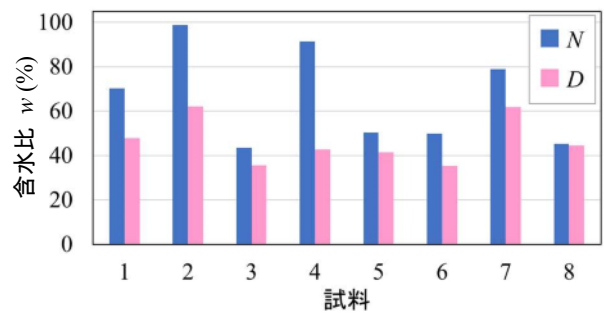


図-2 液性限界 w_L

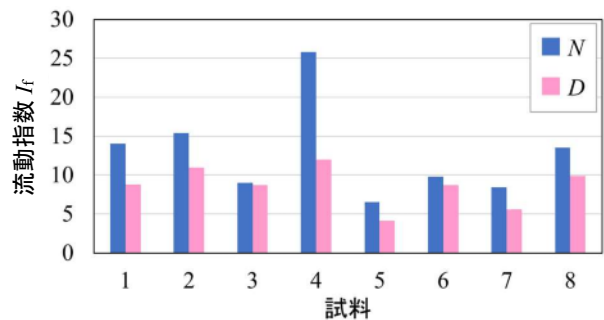


図-3 流動指数 I_p

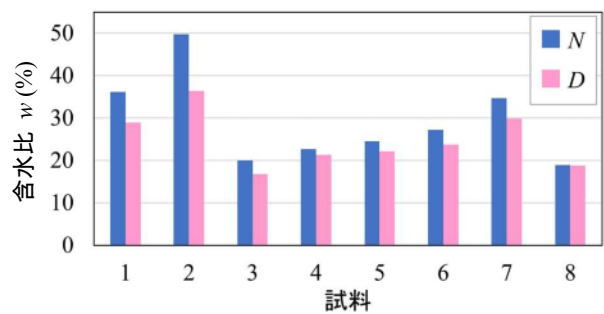


図-4 塑性限界 w_P

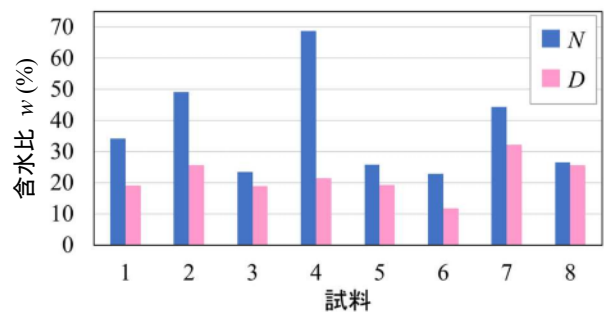


図-5 塑性指数 I_p

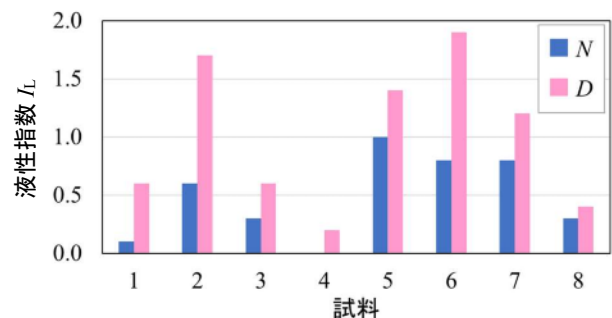


図-6 液性指数 I_L