

凍結によるコンシステンシー限界の変化要因に関する検討

北見工業大学大学院 学生員 ○川俣 さくら

北見工業大学工学部 正会員 川口 貴之, 中村 大

興亜開発株式会社 正会員 中島 美代子

1. はじめに

コンシステンシー限界は細粒土の分類やトラフィカビリティの判定に利用されるなど、物理的性質や工学的性質に関する重要な指標であり、力学的性質とも密接な関係がある。しかしながら、液性限界 w_L は凍結によって減少することが比較的古くから知られているが、どのような細粒土でどの程度減少するのか、更にはその影響因子が何であるかについて、詳細に検討した例は少ない。そこで本研究では、10 種類の細粒土に対して同様な凍結融解履歴を与え、コンシステンシー限界の変化を把握するとともに、その要因についても検討した。

2. 実験に用いた試料と試験方法

表-1 は本研究で使用した 10 種類の細粒土の名称や粒度組成等についてまとめたものである。市販の粉末試料を混合した KF 以外は全て自然堆積土であり、 $425\mu\text{m}$ ふるい通過分を使用した。また、KP, BH, FB は北海道東部の地表 1m 以浅から採取したものであり、明らかに度重なる凍結融解履歴を受けているが、それ以外の試料は少なくとも近年の凍結融解履歴はないものと考えられる。また、比表面積 $S.S$ (m^2/g) は窒素ガス吸着による BET 法、各試料の粒度組成は一般的なふるい分析と沈降分析から得られたものである。

各試料に与えた凍結融解履歴については、試料を球状にして水分の出入りが無いようにポリエチレン製の袋に入れて密封し、恒温水槽内に浸して $-10\sim 20^\circ\text{C}$ の 10 サイクルの凍結融解履歴を与えた。 w_L については、落下回数 N が異なるように調整した 3 つの試料に凍結融解履歴を与え、履歴前後の N と含水比 w の関係から流動曲線を描いた。また、塑性指数 w_p については、 $N > 50$ となるように調整した試料を二分割し、一方は直ちに塑性限界試験を行い、もう一方は上記の方法で凍結融解履歴を与えた後に同様な試験を実施した。

3. 試験結果と考察

図-1 は幾つかの試料で得られた流動曲線を比較したものである。いずれの試料でも凍結による w の変化は小さいにも関わらず、 N は減少し、それに伴って w_L も低下していることが分かる。また、凍結前後の流動曲線は概ね平行であるが、その低下量 Δw_L^{FT} は試料によって大きく異なることが分かる。

表-1 本研究で用いた試料のまとめ

試料名	略称	w _L (%)	w _P (%)	粒度組成				S.S (m ² /g)
				粘土分 (%)		シルト (%)	砂 (%)	
				≤ 2μm	≤ 5μm			
K+F細粒土	KF	39.8	15.5	33	50	49	1	21
バンコク粘土	BK	90.8	21.9	55	64	34	2	39
東京湾浚渫土	TK	106.7	37.5	45	73	27	0	28
博多港浚渫土	HK	74.1	25.2	36	52	40	8	21
訓子府土	KP	81.0	40.5	31	42	32	26	99
網走沖海底土	AB	126.0	44.7	62	68	29	3	25
双葉粘土	FB	44.0	23.5	46	60	36	4	29
美幌粘土	BH	50.0	25.2	33	39	51	10	34
関東ローム	KT	142.6	91.2	15	27	73	0	178
有明粘土	AA	114.4	39.6	41	61	37	2	39

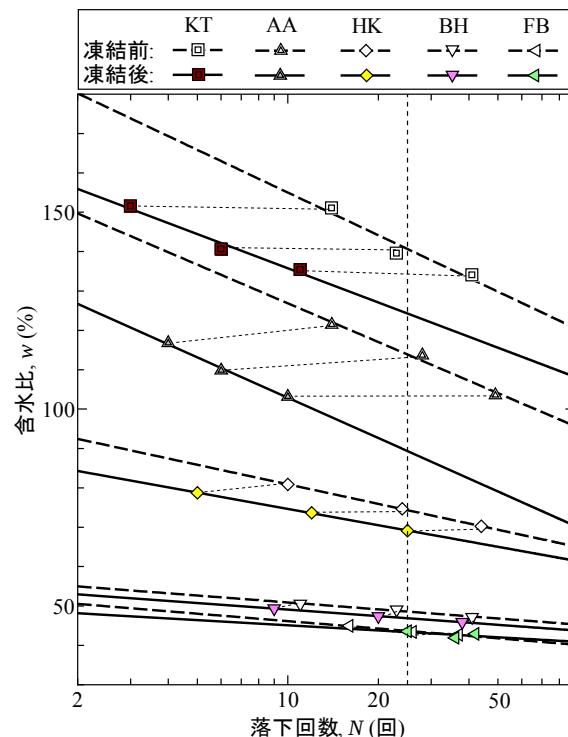


図-1 凍結による流動曲線の変化

キーワード 凍結融解, コンシステンシー限界

連絡先 〒090-8507 北海道北見市公園町 1 6 5 北見工業大学 TEL 0157-26-9487

図-2 は全試料の凍結によるコンシステンシー限界の変化を塑性図上にプロットしたものである。いずれの試料も凍結融解による w_p の変化 Δw_p^{FT} は Δw_L^{FT} に比べて小さかったため、A 線とほぼ平行に移動していることが分かる。また、全般的には未凍結の w_L が大きい方が Δw_L^{FT} も大きいことが分かる。さらに、季節凍土域から採取した3試料(KP, BH, FB)はいずれも Δw_L^{FT} が小さく、凍結によるコンシステンシー限界の変化は不可逆的であることが伺える。ここで、塑性図上でのスライド(右上→左下)は細粒分含有率が低下することによっても見られる現象であるため、凍結による粒度組成の変化をより客観的かつ詳細に確認することを目的として、レーザ回折式の粒子径分布測定によって凍結融解前後の変化を調べた。図-3 は最も Δw_L^{FT} が大きかった AA と比較的小さな BH の試験結果を比較したものであるが、その違いは分散剤の使用によらず極めて小さい。

一方、図-4 は全試料の活性度 A と Δw_L^{FT} の関係を比較したものである。粘土に分類される試料に限定すると、塑性指数や粘土分含有率, S.S. と比べても高い相関があった。このことから、吸着水の自由水化といった化学的性質が変化し、保水性にも違いが生じている可能性もあると考え、 Δw_L^{FT} に違いがある KT と BH を用いて凍結の有無による水分特性曲線の変化を観察した。図-5 はこの試験結果を比較したものであるが、 Δw_L^{FT} の大小によらず凍結の有無による違いはほとんど確認できない。なお、未凍結と凍結後供試体の w と湿潤密度はほぼ等しく、吸引法と遠心法で計測した。しかしながら、 Δw_L^{FT} が大きい上位3試料(AA, KT, BK)はいずれも鋭敏な土として広く知られており、AA と KT については試験時に採取した炉乾燥試料の S.S. を計測したところ、凍結によって $5\text{m}^2/\text{g}$ 以上の低下が見られ、何らかの堆積構造の変化があったと推察される。よって、水分特性曲線の変化を引き起こすまでではないものの、凍結によって化学的性質が変化し、計測前に実施した超音波振動によって分散する程度の脆弱な結合で粗粒化していた可能性は十分に考えられ、今後イオン交換容量や間隙水のイオン濃度の変化等についても検討していきたいと考えている。

4. まとめ

- ・試料によって違いはあるが、いずれの試料も凍結によって w_L は低下した。また、凍結による w_p の変化は w_L の変化に比べて小さかったため、塑性図上において A 線とほぼ平行に移動することが明らかとなった。
- ・ Δw_L^{FT} の大小によらず、レーザ回折法による粒子径分布ならびに吸引法・遠心法による水分特性曲線において、凍結の有無による有意な違いは確認されなかった。

参考文献

1) L.D. Whittig & W.R. Allardice: X-Ray Diffraction Techniques, Methods of Soil Analysis: Part 1-Physical and Mineralogical Methods, 331-362, 1986., 2) 小林歩ら: 履歴と回復に着目した凍結融解による液性限界の変化, 地盤工学会北海道支部技術報告集, 55, 155-160, 2015.

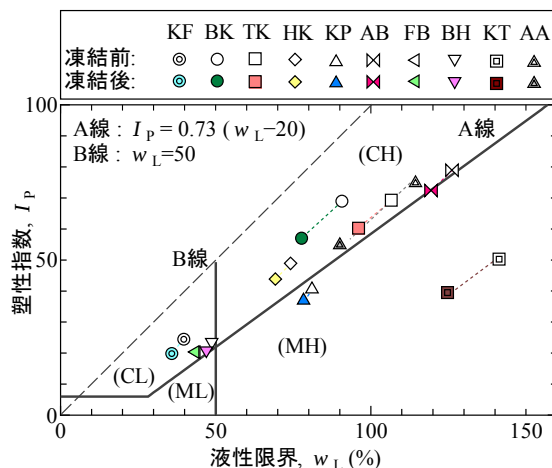


図-2 凍結による塑性図上の変化

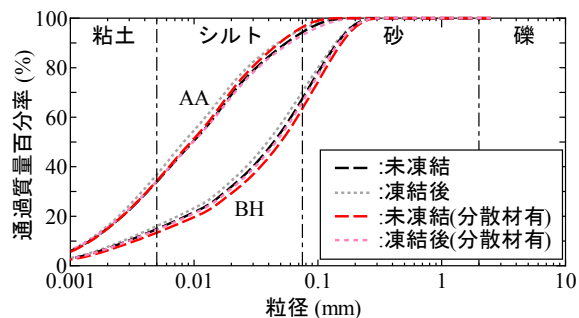


図-3 凍結による粒子径分布の変化

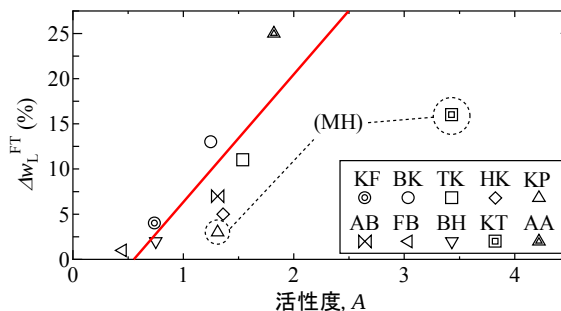


図-4 液性限界変化量と活性度の関係

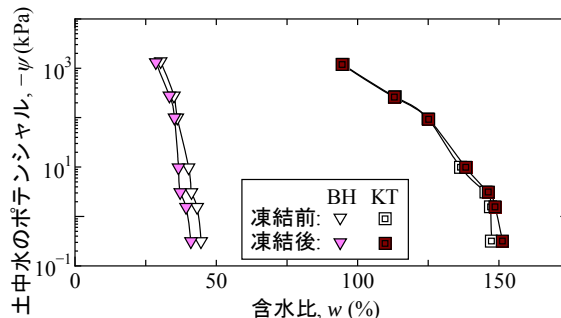


図-5 凍結による水分特性曲線の変化