

凍結試料における解凍後の放置時間による強度変化

上山試験工業株式会社 ○湯川 嘉月, 大迫 祐一

1. はじめに

凍結された試料を三軸圧縮試験 (UU) にて試験を行う際、強度が低下することがある。¹⁾これは凍結による構造の劣化に起因するものと考えられる。²⁾

本論文では、現状の地盤状態との比較のため、飽和・圧密の過程をたどらない (UU) 法にて試験を行い、凍結した試料の解凍後の放置時間を変え、その際の経過時間による強度の変化について考察した。

2. 試験に用いた試料と試験の概要

(1) 用いた試料

本実験に用いた試料の土質試験結果を表-1に、粒径加積曲線を図-1に示す。試料は北海道産の砂質土を用いた。

表-1 物性値と最大乾燥密度

土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)	自然含水比 (%)	粒 度 分 布				最大乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)
		機分 (%)	砂分 (%)	細粒分 Fc(%)	最大粒径 (mm)	
2.659	27.2	0.5	87.4	12.1	9.50	1.475

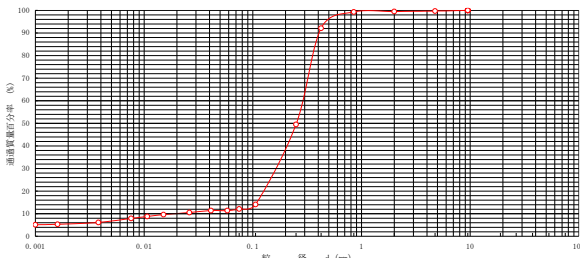


図-1 粒径加積曲線

(2) 試験の概要

本試料について、「突固めによる土の締固め試験」(JIS A 1210:2020 A-c 法)³⁾を実施し、最大乾燥密度を把握した。試験に用いた供試体の寸法は、試料の最大粒径が9.5mmであるため、直径 ϕ 50mm、高さ100mmとした。供試体作製は、自然含水比において締固め度90%となるようプラグを用い静的に締固めて行った。非凍結状態、解凍直後、解凍後6・24・72時間放置した供試体をそれぞれ用意し、試験値のばらつきを考慮し3供試体ずつ試験を行い、平均値にて考察した。

事前に解凍時間の推移を把握するため、供試体中心部にサーモクロンを入れ、-18℃の冷凍庫内で凍結させた後、解凍過程における供試体の温度を測定した。その結果、供試体を冷凍庫から取り出した約35分後に0℃(解凍)を上回ることがわかった。結果を図-2に示す。

凍結した供試体は三軸試験機セル内で等方圧力(20kN/m²)のもと解凍させた。

試験は「土の非圧密非排水 (UU) 三軸圧縮試験方法」(JGS0521-2020)³⁾に準拠し、せん断速度は1.0%/min、側圧については30kN/m²と60kN/m²と120kN/m²の3種類とした。

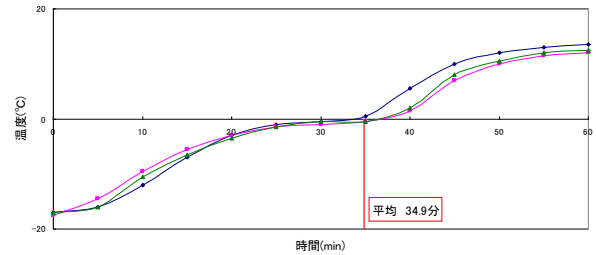


図-2 供試体の温度変化

3. 試験結果と考察

図-3に最大圧縮強さと放置時間の関係を、表-2に各試料の最大圧縮強さを示す。

解凍後の放置時間が24時間までは、最大圧縮強さは徐々に低下していく傾向が見られた。しかし、放置時間が72時間経過した時の値では、24時間経過した時の値とほぼ同程度の値を示した。このことから、凍結による構造の劣化は時間経過により徐々に進むが、ある程度時間が経過すると落ち着くのではないかと推定される。また、試験値のばらつきはあるものの、側圧の違いによる影響もあまり見られなかった。

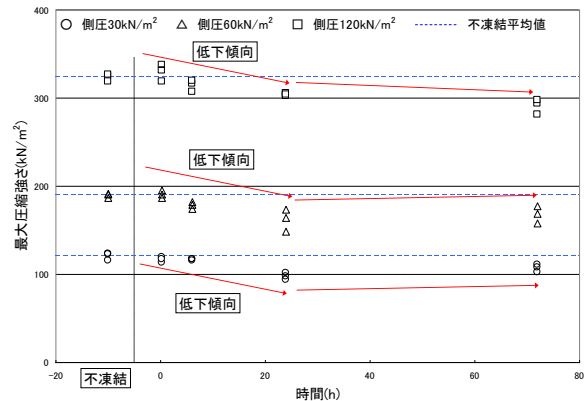


図-3 最大圧縮強さ～時間

表-2 各試料の最大圧縮強さ

	側圧(30kN/m ²)		側圧(60kN/m ²)		側圧(120kN/m ²)	
	最大圧縮強さ (kN/m ²)	平均	最大圧縮強さ (kN/m ²)	平均	最大圧縮強さ (kN/m ²)	平均
非凍結	120.43	116.75	186.71	189.66	324.66	323.48
	115.08		191.62		326.77	
	114.75		190.66		319.00	
解凍直後	113.50	116.80	195.01	190.77	337.60	329.16
	119.74		186.64		330.96	
	117.16		190.66		318.91	
解凍6時間後	115.60	116.62	178.58	178.14	316.60	314.30
	117.43		174.00		307.13	
	116.84		181.85		319.17	
解凍24時間後	101.75	97.78	148.79	162.05	305.24	303.75
	97.90		164.24		302.02	
	93.68		173.11		304.00	
解凍72時間後	107.50	106.99	177.20	168.01	281.14	290.60
	110.88		157.99		293.37	
	102.59		168.83		297.28	

(1) 解凍直後

図-4の応力ひずみ曲線とモール円を示すように、いずれの側圧においても、非凍結と同程度の強度特性を示す。

(2) 解凍6時間後

図-5の応力ひずみ曲線とモール円を示すように、試験値にばらつきが見られるものの、非凍結と比較すると、側圧30kN/m²では同程度であるが、側圧60kN/m²と120kN/m²では強度特性に若干（5%程度）の低下が見られる。

(3) 解凍24時間後

図-6の応力ひずみ曲線とモール円を示すように、試験値にばらつきが見られるものの、非凍結と比較すると、いずれの側圧においても強度特性に低下が見られる。特に、側圧30kN/m²と側圧60kN/m²では、15%程度強度特性が低下している。

(4) 解凍72時間後

図-7の応力ひずみ曲線とモール円を示すように、試験値にばらつきが見られるものの、非凍結と比較するといずれの側圧においても強度特性に低下が見られるが、解凍24時間後と同程度の強度特性を示す。

(5) 各試料の粘着力(Cu)とせん断抵抗角(φu)の評価

表-3の粘着力(Cu)とせん断抵抗角(φu)を示すように、非凍結と比較すると、解凍直後および解凍6時間後までは同程度の強度特性を示し、解凍24時間後では粘着力(Cu)が、解凍72時間後ではせん断抵抗角(φu)が若干低い値を示した。

4. まとめ

今回の実験では、凍結させた供試体の解凍後の放置時間を変えて試験値の変化を測定した。この結果、以下のことがわかった。

- ① 凍結による構造の劣化は時間の経過とともに進行し、ある時間を境に進行は落ち着く。
- ② 強度特性は、非凍結と比較すると、解凍後の放置時間が24時間までは低下傾向を示す。
- ③ 解凍後の放置時間が6時間までは非凍結と同程度の強度特性を示す。

以上のことから Fc12.1%の砂質土であっても、解凍後の放置時間の経過によって強度の低下が起こることがわかった。したがって三軸圧縮試験(UU)を行う際に、凍結された試料を用いる場合には、解凍後の放置時間をできるだけ短く設定するのが望ましい。

今後の課題として、材料特性や供試体寸法の違いによる解凍時間の把握、また、供試体の密度・飽和度・細粒分含有率の違いによる影響について、さらに実験を行い、室内での三軸圧縮試験(UU)を行う際の適切な放置時間を検討する際の基礎資料をより詳細にしていきたい。

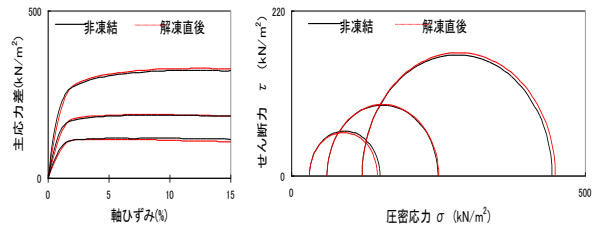


図-4 応力ひずみ曲線・モール円(非凍結・解凍直後)

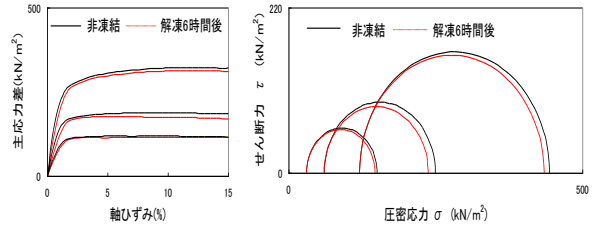


図-5 応力ひずみ曲線・モール円(非凍結・解凍6時間後)

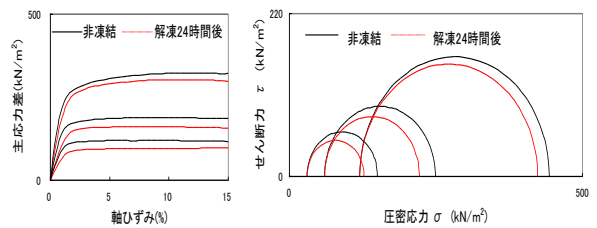


図-6 応力ひずみ曲線・モール円(非凍結・解凍24時間後)

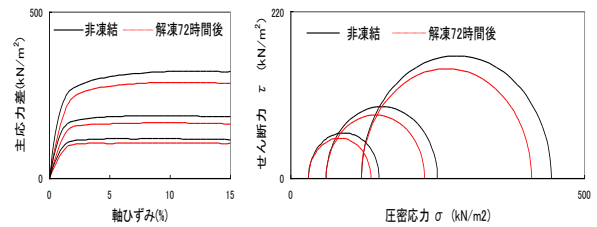


図-7 応力ひずみ曲線・モール円(非凍結・解凍72時間後)

表-3 各試料の粘着力(Cu)とせん断抵抗角(φu)

	全応力	
	Cu (kN/m ²)	φu (°)
非凍結	14.8	32
解凍直後	12.8	32.7
解凍6時間後	13.3	31.7
解凍24時間後	7.4	32.3
解凍72時間後	13	30.3

《引用・参考文献》

- 1) 高橋孝輔, 平信明: 土の凍上による強度低下について, 全地連技術フォーラム 2022
- 2) 久保裕一, 池田謙信, 石原聖子, 法安章二, 小高猛司: 砂質粘性土の凍結による力学特性への影響, 技術フォーラム 2020 Web 技術発表会
- 3) 地盤工学会編: 地盤材料の方法と解説-二冊分の 2-, pp. 393~404, pp610~613, 2020