

東北大学 学生員 ○姚 義 久
同 正 員 柳 沢 栄 司

1. まえがき

従来、凍結-融解を受けた土の軟弱化現象に関しては、多くの研究がなされてきたが、これらの研究は、ほとんど過圧密土について検討されたものが主である。しかしながら、土の物理化学的な性質を考慮すると、土が凍結-融解を受けるために、過圧密土に限らずに、正規圧密土でも、土の力学的性質に及ぼす影響があると考えられる。そこで、本研究は異なる圧密状態にある粘性土、つまり過圧密比の大きさにより、凍結-融解後の強度特性について、閉式で圧密排水試験を行ない、凍結-融解のサイクル数を変えた供試体について、その力学的性質の変化を検討したので、その結果について報告するものである。

2. 実験概要

試料は青葉山ロームを採取したものである。供試体が均一性を保ち、同一初期条件が得られるように、次の手順で飽和供試体を作製した。試料土を気密筒した後に粉砕し、2mmフルイを通過したものに水道水を加え、煮沸による脱気処理をして、スラリー状態にした。これを直径15cm、高さ30cmのサンプルシリンダーに入れ、約10日間それを水荷重1.03, 2.05, 4.11と5.14 kgf/cm²で圧密した。この時の物理性質を表-1に示す通りである。この試料土は比較的時間比が小さく、含水比の低い低塑性の粘性土であることから、凍上性はあるが、凍結-融解の影響を比較的に受けにくい土質である。この試料を4等分に切り出し、所要のサイクル数の凍結-融解を与えた後、直径5cm、高さ12.5cmの円筒供試体を作製し、圧密排水試験を行った。

表-1 試料土の性質

G_s	$w_L(\%)$	I_p	砂分(%)	シルト分(%)	粘土分(%)	日本統一土質分類
2.71	48.8	22.6	45	20	35	CL
p_0 (kgf/cm ²)	$w(\%)$	p_a (g/cm ³)	e			
1.03	34.9~36.6	1.34~1.38	0.970~1.021			
2.05	32.4~34.2	1.41~1.42	0.907~0.928			
4.11	30.8~31.5	1.46~1.48	0.832~0.853			
5.14	29.6~30.1	1.50~1.52	0.807~0.830			

凍結-融解を与える方法は、試料を外部からの水分の供給がないようにして、-18°Cで24時間凍結し、その後20°Cに保った恒温恒湿槽で24時間融解する。この行程を1サイクルとした。

3. 実験結果及び考察

3.1 サイクル数と最大軸差応力の関係

異なる過圧密比OCRを得るために、一例として、先行圧密力 $p_0=5.14, 4.11, 2.05$ と 1.03 kgf/cm²で、側圧 $\sigma_3=0.5$ kgf/cm²で圧密排水試験を行った。凍結-融解のサイクル数 N と最大軸差応力 $(\sigma_1-\sigma_3)_p$ の関係を示すと、図-1のようになる。 N が増加するに従って、OCRは大きければ大きいほど、 $(\sigma_1-\sigma_3)_p$ は減少する傾向が著しくなる。一方、OCR=1の場合、例えば $p_0=1.03$ kgf/cm²のとて、 $(\sigma_1-\sigma_3)_p$ は増加する一方である。つまり、圧密状態により、融解土の強度が著しく変化している。正規圧密領域では、増える一方で、過圧密領域では、過圧密比が大きければ大きいほど、減少する傾向が顕著である。

3.2 乾燥密度と最大軸差応力の関係

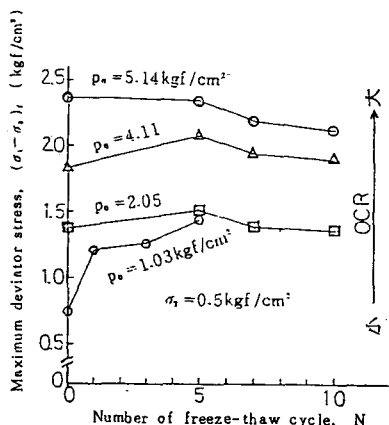


図-1 サイクル数と最大軸差応力の関係

ここでは、土の強さにとって極めて重要な因子である供試体の乾燥密度をとりあげ、凍結-融解土の強度特性の一面を考察する。図-2は乾燥密度 ρ_d と $(\sigma_1 - \sigma_3)_f$ の関係を示している。 N が増加するにつれて、正規圧領域では、 ρ_d は大きくなると共に $(\sigma_1 - \sigma_3)_f$ は大きくなり、過圧領域では、多少バラツキはあるが、OCRが大きければ大きいほど、 ρ_d は小さくなると共に $(\sigma_1 - \sigma_3)_f$ は小さくなる傾向が著しくなるのである。

3.3 圧密後間隙比と最大軸差応力の関係

圧密後(せん断直前)の間隙比 e と $(\sigma_1 - \sigma_3)_f$ の関係を示すと、図-3のようになる。傾向から見ると、乾燥密度とは逆比例の関係がある。 N が増加するにつれて、正規圧領域では、 e は小さくなると共に $(\sigma_1 - \sigma_3)_f$ は大きくなり、過圧領域では、OCRが大きければ大きいほど、 e は大きくなると共に $(\sigma_1 - \sigma_3)_f$ は小さくなる傾向が顕著である。

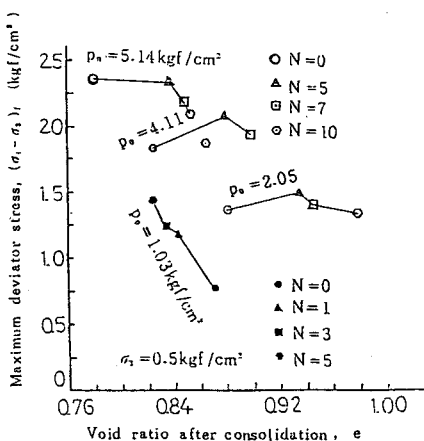


図-3 圧密後間隙比と最大軸差応力の関係

3.4 間隙水圧、間隙圧係数と先行圧密圧力の関係

図-4と図-5は、それぞれ先行圧密圧力 p_0 と最大間隙水圧 u_{max} の関係及び p_0 と破壊時の間隙圧係数 A_f の関係を示している。図-4において、OCRの増大と共に u_{max} は減少しており、多少のバラツキはあるが、その値は、正規圧領域では、 $N=0$ より $N>0$ の方が小さくなっている。過圧領域では、 u_{max} は $N>0$ の方が大きくなっている。図-5において、OCRの増大に伴う A_f の変化はほぼ図-4に類似している。これは凍結履歴により過圧領域が正規圧領域に移行していくのに対して、正規圧領域は過圧領域に移行していくものと考えられる。

4. まとめ

土が凍結履歴を受けると、1)軟弱化現象はOCRが大きければ大きいほど顕著であるが、OCR=1の場合、逆に硬化する。2) u_{max} または A_f はOCRの増大と共に減少しており、正規圧領域では、 $N=0$ より $N>0$ の方が小さくなり、過圧領域では逆に増大する。なお本研究をすすめるに当たり、中央研究所元主任技師山本忠雄氏と現在支店長大野忠雄氏には研究面でもお世話になったことを記し謝意を表します。[参考文献]: 青山, "凍結-融解を受けた土の力学的特性" 土木学会第34回年次学術講演会報告集

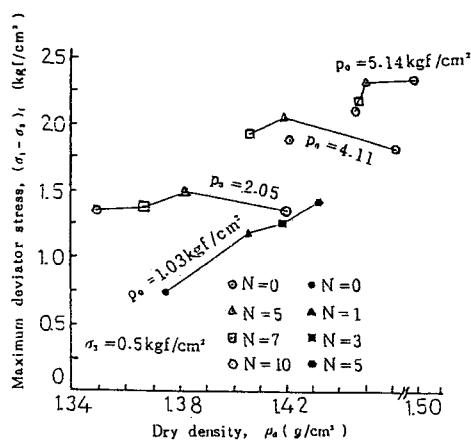


図-2 乾燥密度と最大軸差応力の関係

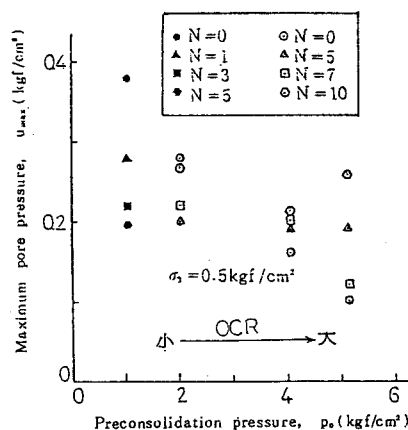


図-4 先行圧密圧力と最大間隙水圧の関係

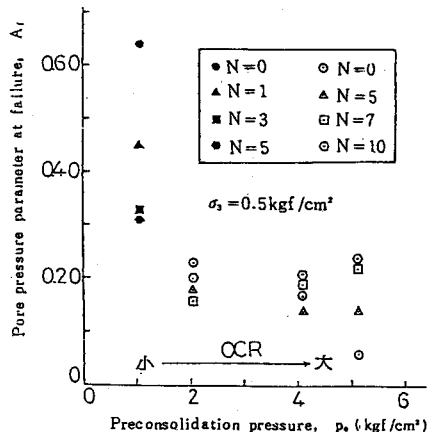


図-5 先行圧密圧力と間隙圧係数の関係