

三軸圧縮(CD)試験を用いた砂質土試料における凍結の影響度評価

中部土質試験協同組合 ○小倉 教弘, 坪田 邦治
岩田 暁, 石原 聖子, 伊藤 康弘

1. はじめに

砂質土地盤においてサンプリングを行う際に、想定以上に細粒分を含んでいることがある。その場合、試料を凍結させるか否かは現場での判断に委ねられている。

細粒分の少ない砂質土であれば、凍結させても試料の静的挙動に影響がないことが知られている¹⁾。一方、細粒分を比較的多く含んでいる場合、間隙水が排出されにくい為、凍結の体積膨張による構造の変化から静的挙動への影響が考えられる。

本報文では、細粒分含有率の異なる4種類の砂質土を用いて、再構成試料を作製し、三軸圧縮(CD)試験を実施した。その結果、試料の凍結の有無が三軸圧縮(CD)試験結果(c_d , ϕ_d)に及ぼす影響度合を検討した。

2. 試験に用いた試料と試験の概要

(1) 使用した試料

本研究に使用し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。試料は愛知県産の砂質土を用い、 F_c15 と F_c20 の試料は現状土、 F_c30 と F_c40 の試料に関しては細粒分を補う為に京都産の青粘土を添加した。粗砂が全体の57%含む F_c20 の試料を除いては、比較的粒径幅の広い試料だといえる。

(2) 試験の概要

各試料について、「突固めによる土の締固め試験」(JIS A 1210:2009 A-b 法)²⁾を実施し、最大乾燥密度と最適含水比を把握した。本研究に用いた三軸圧縮試験の供試体径が5cmであるため、9.5mmフルイ通過試料を使用し、最適含水比に含水調整を行ってから、締固め度90%となるように5層に分けて締め固めて供試体を作製した。非凍結の供試体は作製後直ちに三軸試験機に設置した。凍結の供試体は鋳鉄製モールドに充填された状態のまま冷凍庫内で一晚静置後に脱型し、試験に供するまでは冷凍庫内でラップされた状態で静置させた。

三軸試験機に設置後は、セル内で3時間程度解凍させた。試験は「土の圧密排水(CD)三軸試験(JGS0524-2009)²⁾に準拠し、せん断速度を遅めの0.2%/min、側圧については、50kN/m²と200kN/m²の2種類とした。すべての供試体は、二重負圧法により飽和させ B 値 ≥ 0.96 を確認した。

3. 試験結果

(1) F_c15

図-2に F_c15 の主応力差～軸ひずみ曲線を示す。50 kN/m²の側圧では、どちらも軸ひずみ $\leq 1.5\%$ 程度で破壊ひずみがピークを迎えた後、ひずみ軟化挙動がみられる。主応力差については、若干の差がみられ凍結させた供試体の主応力差が5%程度低い。200kN/m²の側圧では、どちらの

表-1 土質試験結果

供試体名	F_c15	F_c20	F_c30	F_c40	
土粒子の密度 (g/cm ³)	2.660	2.632	2.685	2.691	
含水比(試料調整後) (%)	11.5	11.6	9.7	8.6	
粒度構成	礫分 (%)	31.2	5.6	13.9	14.6
	砂分 (%)	55.3	73.5	52.6	44
	シルト分 (%)	8.0	13.9	20.1	26.2
	粘土分 (%)	5.5	7.0	13.4	15.2
最大乾燥密度 (g/cm ³)	1.873	1.902	1.933	1.894	
最適含水比 (%)	12.7	12.7	11.7	11.9	

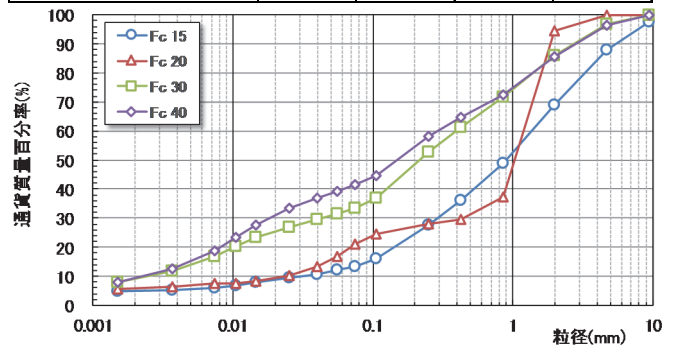


図-1 各試料の粒径加積曲線

供試体もせん断終了まで主応力差が増加し続ける曲線を描いている。主応力差については、ほとんど差がないが0.5%程度凍結させた供試体が低い。どちらの側圧も初期のせん断剛性は、凍結させた供試体の方が大きい傾向を示している。

(2) F_c20

図-3に F_c20 の主応力差～軸ひずみ曲線を示す。どちらの側圧も、せん断終了まで主応力差が増加し続ける曲線を描いているが、凍結させた50kN/m²の側圧の供試体では12.8%で破壊ひずみがピークを迎える。

凍結させた供試体の主応力差が低く、50kN/m²の側圧では4%程度、200kN/m²の側圧では3%程度低い。 F_c15 と同様に、初期のせん断剛性は、凍結させた供試体の方が大きい傾向を示している。

(3) F_c30

図-4に F_c30 の主応力差～軸ひずみ曲線を示す。 F_c20 の試料と同様に主応力差が増加し続ける曲線を描き、どちらの側圧においても、凍結させた供試体の主応力差が低く、50kN/m²の側圧では5%程度、200kN/m²の側圧ではほとんど差がないが、0.6%程度凍結させた供試体が低い。

F_c15 , F_c20 の試料と同様に、初期のせん断剛性は、凍結させた供試体の方が大きい傾向を示している。

(4) F_c40

図-5に F_c40 の主応力差～軸ひずみ曲線を示す。 F_c30 の試料と同様の結果が得られ、主応力差が増加し続ける曲線を描き、どちらの側圧においても、凍結させた供試体の主応力差が低く、50kN/m²の側圧では4%程度、200kN/m²

の側圧ではほとんど差がないが0.6%程度凍結させた供試体が低い。F_c15, F_c20, F_c30と同様に、初期のせん断剛性は、凍結させた供試体の方が大きい傾向を示している。

(5) 粘着力(c_d)とせん断抵抗角(φ_d)の評価

表-2に各試料の粘着力(c_d)とせん断抵抗角(φ_d)を示す。F_c15~40の試料は同様の結果が得られた。僅かであるが、非凍結の供試体より、凍結させた供試体の粘着力(c_d)が低くなり、せん断抵抗角(φ_d)が高くなる傾向が得られたが、その差は小さいことが判った。F_c20の試料の粘着力(c_d)は変わらず(c_d=0), 凍結させた供試体のせん断抵抗角(φ_d)が低くなった。

4. まとめ

今回の実験では、細粒分含有率の異なる4種類の砂質土を用いて、凍結の有無の違いによる三軸圧縮(CD)試験を実施した。この結果、以下のことが判った。

- ① 細粒分含有率15~40%程度の砂質土においては、試料を凍結させることにより、主応力差が僅かながら低い値を示す傾向がある。50kN/m²の比較的低い側圧では、主応力差が減少する割合が大きく、200kN/m²の高い側圧では主応力差が減少する割合が小さい。
- ② 凍結させた試料は、非凍結の試料と比較して、小さい破壊ひずみを示す傾向がある。主応力差~軸ひずみ曲線においては、初期のせん断剛性が大きい傾向がみられる。
- ③ 試料を凍結させると、僅かではあるが粘着力(c_d)は低い値を示す傾向があり、せん断抵抗角(φ_d)は高い値を示す傾向がある(F_c20の場合を除く)。

以上のことから、F_c≤40%程度の砂質土を凍結させると、三軸圧縮(CD)試験に微妙な影響があることが判ったが、その影響は小さいといえる。この結果、F_c≤40%程度の砂質土では、凍結して運搬することが、サンプリング試料の品質を確保する上で妥当であることを示しているといえる。なおF_c≥40%の試料では、三軸CD試験でも過剰間隙水圧が発生することから、三軸圧縮(CU)試験を適用することが望ましい³⁾。

今回は最適含水比かつ締固め度90%という密詰め状態であったため、凍結による体積膨張がしにくかったと考えている。今後の課題として、低い締固め度の設定や、含水比を高く設定するなどして、さらに実験を行って、ここで得られた結果を検証していき、現場で試料の凍結を検討する際の基礎資料をより詳細にしていきたい。

《引用・参考文献》

1) 吉見吉昭, 畑中宗憲, 大岡弘:凍結による飽和砂の乱ない試料採取, 土質工学会論文報集, Vol.18, No.3, pp.59

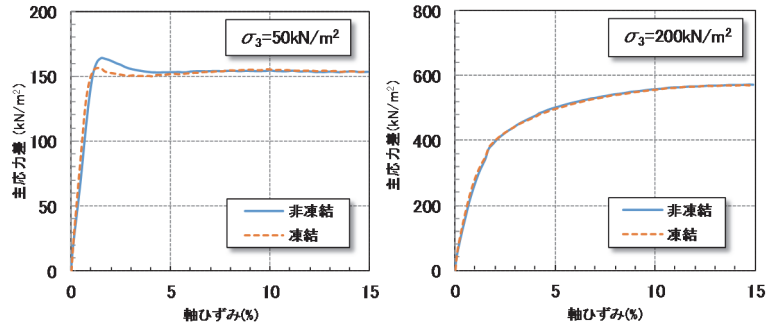


図-2 F_c15の主応力差~軸ひずみ曲線

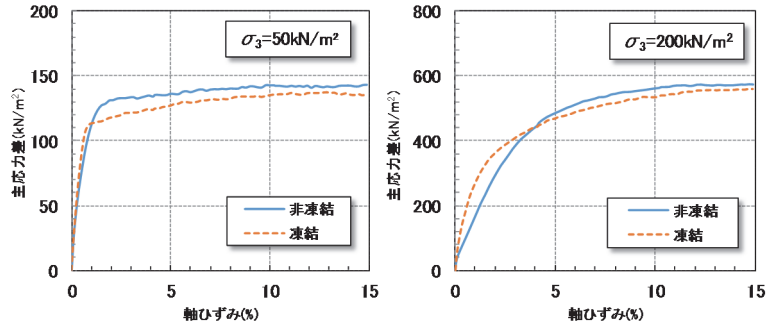


図-3 F_c20の主応力差~軸ひずみ曲線

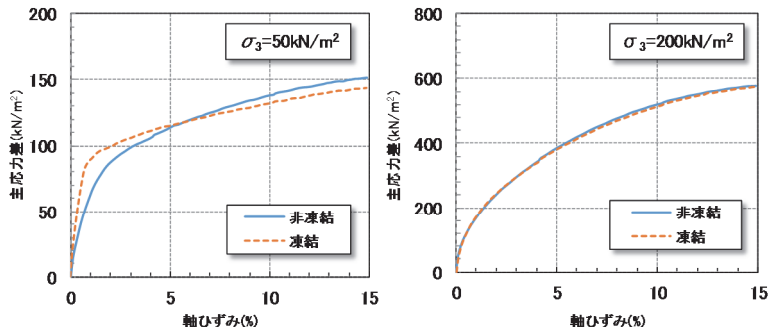


図-4 F_c30の主応力差~軸ひずみ曲線

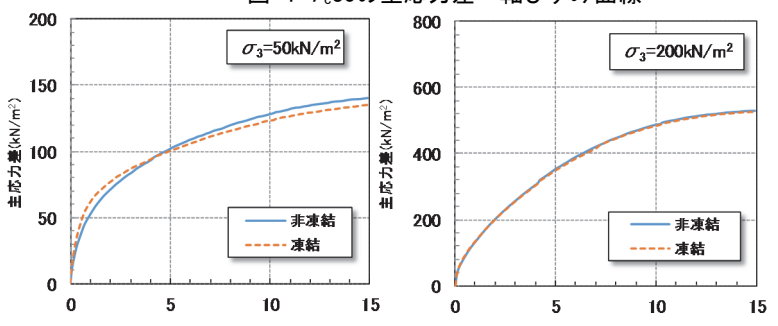


図-5 F_c40の主応力差~軸ひずみ曲線

表-2 各試料の粘着力(c_d)とせん断抵抗角(φ_d)

種別	非凍結		凍結	
	c _d (kN/m ²)	φ _d (°)	c _d (kN/m ²)	φ _d (°)
F _c 15	7	35.2	5	35.4
F _c 20	0	36.1	0	35.3
F _c 30	2	35.9	0	36.0
F _c 40	3	34.3	1	34.4

~73, 1978.9

2) 地盤工学会編:地盤材料試験の方法と解説-二冊分の2-, pp.373~383, pp.552~604, 2009
 3) 池田謙信, 坪田邦治, 久保裕一:細粒分含有率が与える土の圧密排水三軸圧縮試験への影響, 全地連技術フォーラム 2010