飽和細粒土における凍結試験と圧密特性との関係

摂南大学　学生員　○堀家直也
摂南大学　正会員　伊藤　譲
高松工業高等専門学校　フェロー　嘉門雅史

1. 目的

細粒土の圧密の過程で荷重を加えると間隙水が排水される．この時，最初に低圧力下で排水されるのは土粒子から比較的距離のあるバルクな自由水に誓いの水分であり，高圧力下で排水されるのは吸着水のような水分である．ところで，細粒土を凍結すると，温度降下に従い徐々に水分が凍結する．このことから，土の圧密と凍結には類似性があり，凍結試験から圧密現象を説明できるのではないかと考えられた．

本研究では，土の凍結時の凍結水量と圧密特性である圧密係数と圧縮指数について何らかの関係があるのではないかと考え，実験的検討を行った．

2. 実験方法

表- 1 に今回用いた 7 種類の試料土の物性値を示す．

(1) 圧密透水試験

試料土に蒸留水を加え液性限界の約 1.5 倍の含水比として練り混ぜと真空ポンプによる脱気を行い，圧密リングに気泡が入らないように流し込み，加圧板を載せ 12 時間以上静置した．そして，圧密圧力 p=9.8kN/m^2 で 12 時間以上の予圧密を行い，荷重増分比⊿p/p=1 で 1256kN/m^2 までの 7 段階の荷重で 24 時間の圧密を行った．

(2) 凍結水量測定試験

(1)と同様に準備した飽和スラリー状試料土を圧密圧力 p=19.6kN/m^2 から 1256kN/m^2 まで圧密し，試料をポリエチレン袋に入れ，アスピレーターで吸引パックして，エチレングリコールで満たしたアルミニウム製円筒容器入れた．容器ごと，低温恒温バスで，-1，-3，-5，-7，-10，-15，-20℃の順に冷却し，各温度において，試料中の凍結した水分量を試料土の体積変化を利用して求め，凍結間隙比 $e_{(T℃)}$を次式で計算した．

$$e_{(T℃)} = \frac{V_{wf(T℃)}}{V_s} \quad (1)$$

ここで，V_s：土粒子体積，$V_{wf(T℃)}$：凍結水の体積とする．

表-1　試料土の物性値

試料名	試料記号	土粒子密度	液性限界	塑性限界	粒度分布				
					砂			シルト	粘土
		ρ_s g/cm^3	LL %	PL %	粗砂 %	中砂 %	細砂 %	%	%
藤森06N	N-C	2.684	48.0	27.9	0.0	5.8	18.6	54.5	21.1
藤森08P	P-C	2.681	44.6	25.5	0.0	3.6	22.8	47.1	26.5
藤森08F	F-A	2.688	49.8	21.2	0.0	0.2	10.1	47.3	42.4
藤森08F凍結融解	F-B		51.1	21.2					
藤森08F炉乾燥	F-D		38.1	22.2					
関東ローム	K-A	2.638	169.8	99.5	0.0	0.0	6.0	64.5	29.5
関東ローム凍結融解	K-B		137.9	93.3					
関東ローム炉乾燥	K-D		NP	NP					
カオリン 5号クレー	G-C	2.805	39.6	26.1	0.0	0.0	0.0	57.7	42.3
STカオリンクレー	S-C	2.720	53.2	40.7	0.0	0.0	0.0	51.3	48.8
カタルポ	T-C	2.704	31.7	19.7	0.0	0.0	0.0	73.1	26.9

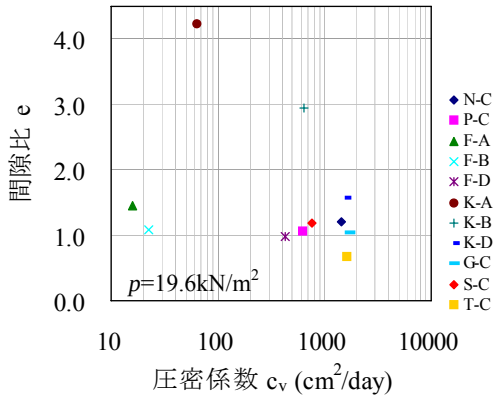

図-1　間隙比 e と圧密係数 c_v

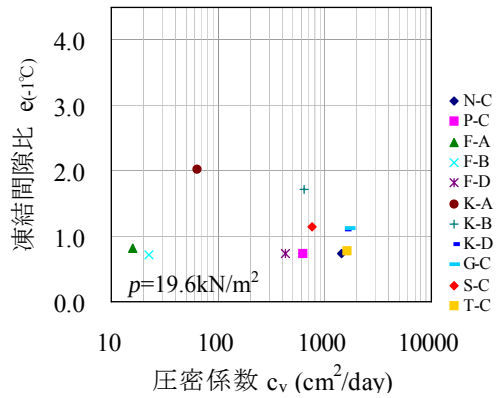

図-2　凍結間隙比 $e_{(-1℃)}$ と圧密係数 c_v

3. 結果と考察

(1) 間隙比と圧密係数の関係

図-1 に間隙比と圧密係数の関係を示す．図より，全体的に左上がりのグラフではあるが，F-A および F-B のようにグループから大きく離れたデータもある．

(2) 凍結間隙比と圧密係数の関係

キーワード　圧密試験，凍結試験，間隙比
連絡先　〒572-8503　大阪府寝屋川市池田中町 17-8　摂南大学　TEL　072-839-9701

図-2 に-1℃の凍結間隙比と圧密係数の関係を示す．図より凍結間隙比で整理してみるとプロットは全体的に下方に移動しているが，間隙比と圧密係数の関係と同様に関係は弱いことがわかる．

次に図-3 に-20℃の凍結間隙比と圧密係数の関係を示す．図-2 では散布していたプロットが図-3 では移動し，図-1 の状態に近くなっているが，F-A および F-B のように全ての試料土においてその傾向にあるわけではない．

このことから，-1℃の凍結間隙比も，-20℃の凍結間隙比を用いても圧密係数を評価することは困難であると考えられる．

(3) 凍結間隙比差と圧密係数の関係

図-4 に-20℃の凍結間隙比と- 1 ℃の凍結間隙比の差を示す，凍結間隙比差と圧密係数の関係を示す．図-4 では凍結間隙比差が小さくなると圧密係数は大きくなる傾向が見られた．図-3 では全体から離れていた F-A および F-B も，他の試料土と同じラインに近づいている．

つまり，-1℃の凍結水は吸着作用が弱い自由水と考えられ，-20℃の凍結水は自由水と吸着水の合わさったの水分量と考えられる．凍結間隙比差とは，それらの差であり，圧密現象に直接関係のある水分量を示す．凍結間隙比差を用いることにより圧密係数をある程度予測できる可能性がある．つまり，圧密係数には間隙水中の吸着水に近い水分量が関係していると考えられる．

(4) 凍結間隙比と圧密圧力の関係

図-5 に K-A を例として間隙比，凍結間隙比と圧密圧力の関係を示す．図より，-3℃以下では通常の e-logp 曲線の傾きと，各温度での $e_{(T℃)}$-logp 曲線の傾き(C_C)がほぼ同じとなっている．

このことから，間隙比，凍結間隙比と圧密圧力には強い関係が存在することを示す．ゆえに，圧縮指数によって示される圧密現象は，今回示した凍結過程と類似することが確認できた．

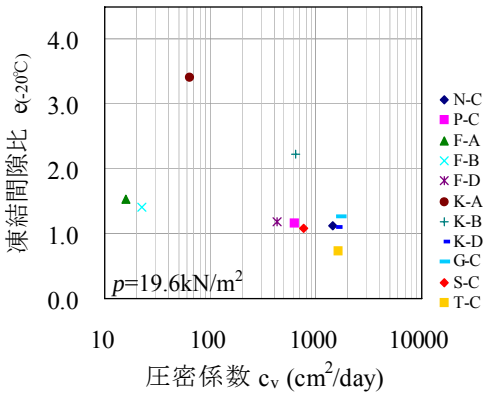

図-3 凍結間隙比 $e_{(-20℃)}$と圧密係数 c_v

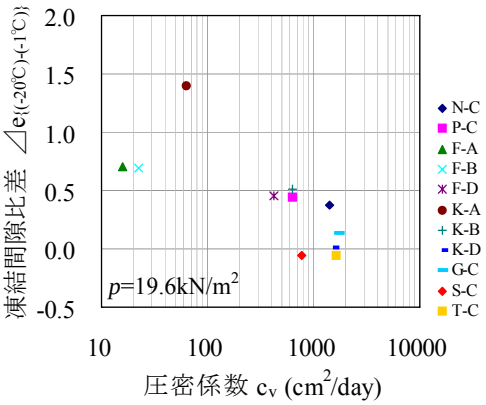

図-4 凍結間隙比差⊿e と圧密係数 c_v

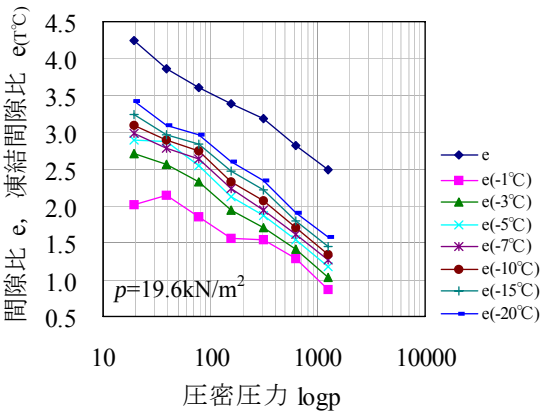

図-5 間隙比 e，凍結間隙比 $e_{(T℃)}$と圧密圧

4. まとめ

今回の報告を以下にまとめる．

(1) 凍結間隙比のみから圧密係数を評価することは困難なものの，凍結間隙比差と圧密係数においてはある程度の関係性が認められた．

(2) 通常の e-logp 曲線と今回示した各温度での $e_{(T℃)}$-logp 曲線において相関関係が示され，粘土の圧密過程と凍結過程には強い類似性が存在するのではないかと考えられた．

(3) これらより，凍結水量測定試験から圧密係数と特に圧縮指数が評価できる可能性が示された．

謝辞：この報告の研究データは東万里子氏，古川晶大氏の卒業研究として行われたものでもあります．また本研究には日本学術振興会科学研究補助金(基盤(C))No.19560499 の一部が使用されています．ここに記して感謝の意を表します．