

飽和細粒土における凍結試験から得られる指標とコンシステンシー限界との関係

摂南大学 学生員 ○佛圓 典史
 摂南大学 正会員 伊藤 譲

1. 目的：飽和細粒土は、その間隙水の一部が土粒子の吸着作用を受けている。そのような間隙水は吸着作用を受けているため粘性が高く氷点下においては凍りにくい等の性質を有し、土の工学的性質を支配していると考えられてきた。これに対して、凍結試験から凍結間隙比と未凍結間隙比という指標を求め、土の強度と透水性と圧密係数との関係を検討してきた。その結果、一軸圧縮強さでは凍結間隙比が小さくなると一軸圧縮強さは大きくなり、未凍結間隙比は一軸圧縮強さに影響を与えていないことがわかった¹⁾。また、透水係数も同様であり、凍結間隙比に支配されていることが明らかとなった²⁾。しかし、圧密係数では、凍結間隙比より未凍結間隙比の方が影響を与えている可能性が示された³⁾。

今回の報告では、凍結試験から得られた指標とコンシステンシーとの関係を検討するものである。

2. 試験方法：表-1 に試料土の物性値を示す。なお、液性限界、塑性限界、塑性指数に対応する間隙比をそれぞれ e_L , e_p , e_{IP} とした。凍結実験から求める凍結間隙比 $e_{f(TC)}$ は土粒子体積に対する凍結水体積の比として式(1)で、未凍結水間隙比 $e_{u(TC)}$ は間隙比から凍結間隙比の差として式(2)で定義される。

$$e_{f(TC)} = \frac{V_{wf(TC)}}{V_s} \quad (1) \quad e_{u(TC)} = e - e_{f1} = \frac{V_{wu(TC)}}{V_s} \quad (2)$$

ここに、 V_s ：土粒子体積、 $V_{wf(TC)}$ ：凍結水体積、 $V_{wu(TC)}$ ：未凍結水体積とする。

3. 結果と考察

(1) 荷重と凍結間隙比、未凍結間隙比の関係：図-2 の荷重 p と凍結間隙比 $e_{f(-1°C)}$ の関係では、圧密により p が増加すると凍結しやすい水分が排水され、 $e_{f(-1°C)}$ は減少している。図-3 の p と未凍結間隙比 $e_{u(-1°C)}$ の関係では、 p の増加に対して $e_{u(-1°C)}$ の変化がほとんど認められない。つまり、土粒子近傍の吸着水は圧密によって排水されないことを意味している。

(2) 液性限界に対応する間隙比と間隙比の関係： $p = 19.6\text{kN/m}^2$ における e_L と供試体の間隙比 e_0 の関係では、 e_0 は e_L の 0.7～1.0 倍の値をとっている。このことから、 $p = 19.6\text{kN/m}^2$ の供試体において、図-1 のような構成図が考えられる。以下、 $p = 19.6\text{kN/m}^2$ の供試体について考察する。

(3) 塑性限界に対応する間隙比と未凍結間隙比の関係：図-4 に e_p と $e_{u(-1°C)}$ の関係を示す。 e_p と $e_{u(-1°C)}$ は近い値となると予想されたが、図では、 e_p が大きくなると $e_{u(-1°C)}$ は小さくなる傾向がある。このことは、塑性限界が小さい土では土粒子周囲の水分量は少ないが、強い吸着作用を受けているため $e_{u(-1°C)}$ が大きくなる w_p と解釈することができる。逆に、 w_p が大きい土ではその水分に弱い吸着作用を受けたものが含まれると考えられる。

(4) 塑性指数に対応する間隙比と凍結間隙比の関係：図-5 に e_{IP} と $e_{f(-1°C)}$ の関係を示す。こちらも e_{IP} と $e_{f(-1°C)}$ が近い値となると予想されたが、図では e_{IP} が大きくなると $e_{f(-1°C)}$ が若干小さくなる傾向があり、予想とは反する結果となった。

(5) 液性指数に対応する凍結間隙比と未凍結間隙比の関係：図-6 に液性指数 IL と $e_{f(-1°C)}$ の関係を示す。図より、 IL が大きくなると $e_{f(-1°C)}$ が大きくなると考えられたが、そのような関係は見られない。粒度分布からは、シルト分が多い土はグラフの左側にプロットされ、粘土分が多い土はグラフの右側にプロットされている。

図-7 の IL と $e_{u(-1°C)}$ の関係では、 IL が大きくなると凍結する水分が大きくなり $e_{u(-1°C)}$ が若干小さくなる傾向が認められる。

凍結試験 未凍結間隙比 コンシステンシー

大阪府寝屋川市池田中町 17-8 TEL/FAX 072-839-9116

向がある。

4. 結論：本論文の結果を以下に示す。

(1)凍結間隙比 $e_{f(-1\text{℃})}$ は圧密荷重 p の増加に伴い減少し、未凍結間隙比 $e_{u(-1\text{℃})}$ は p に影響されない。

(2) e_{IP} と $e_{f(-1\text{℃})}$ 、 e_p と $e_{u(-1\text{℃})}$ の関係、液性指数 IL と $e_{f(-1\text{℃})}$ 、 $e_{u(-1\text{℃})}$ の関係では、図-1 に示す仮説は証明されなかった。今後は、この原因を考察してコンシステンシー限界を支配している原因を明らかにする予定である。

謝辞：本研究には、科学研究費補助金(基盤研究(c))課題番号 22560501 番が使用されています。

参考文献：(1)伊藤ら：凍結試験から粘性土の一軸圧縮強さのメカニズムを知る方法，第46回地盤工学研究発表会，pp.285-286，2011。(2)堀家・伊藤：飽和細粒土の透水係数と凍結試験から評価される間隙比の関係，材料第61巻第1号，pp.85-88，2012。(3)佛圓・伊藤：飽和細粒土の凍結間隙水と圧密係数に関わる係数との関係，土木学会関西支部，2012。(予定)

表-1 試料土の物性値

試料土	記号	密度 ρ_s g/cm ³	液性限界 w_L %	塑性限界 w_p %	粒度分布		
					砂分 %	シルト分 %	粘土分 %
藤森06N	N-C	2.684	48.0	27.9	24.4	54.5	21.1
藤森08P	P-C	2.681	44.6	25.5	26.4	47.1	26.5
藤森08F	F-A	49.8	21.2				
藤森08F凍結融解	F-B	2.688	51.1	21.2	10.3	47.3	42.4
藤森08F炉乾燥	F-D		38.1	22.2			
藤森10P	10-C	2.708	45.2	21.8	4.6	65.4	30.0
藤森11P	11-C	2.686	42.6	25.0	19.0	55.2	25.8
カオリン5号クレー	G-C	2.805	39.6	26.1	0.0	57.7	42.3
STカオリンクレー	S-C	2.720	53.2	40.7	0.0	51.3	48.8
カタルボ	T-C	2.704	31.7	19.7	0.0	73.1	26.9
京橋粘土	B-C	2.676	43.4	22.6	0.5	3.3	96.2
上白	U-C	2.615	44.6	30.4	0.1	6.8	93.1
赤7号	A-C	2.659	49.1	31.4	6.5	2.0	91.5
稲荷山黄土	Y-C	2.763	58.2	33.3	5.3	26.5	68.2
稲荷山白土	W-C	2.697	62.5	23.3	4.2	32.5	63.3
稲荷山黄土11	Y11-C	2.719	59.2	27.1	3.0	34.5	62.5
稲荷山白土11	W11-C	2.647	71.8	27.7	2.5	22.4	75.1
万古土	BA-C	2.651	60.8	27.7	0.0	26.0	74.0
園芸用茶土	TY-C	2.762	48.8	28.0	15.6	41.3	43.1
藤森06N+ベントナイト(4.0%)	F-4	2.684	50.5	31.5	-	-	-
藤森06N+ベントナイト(8.0%)	F-8	2.684	54.9	34.2	-	-	-

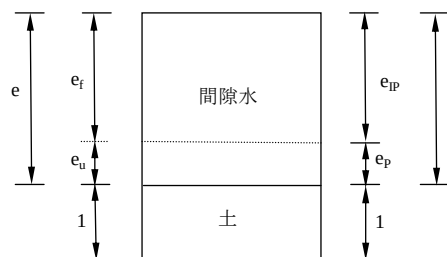


図-1 凍結試験とコンシステンシー限界の関係

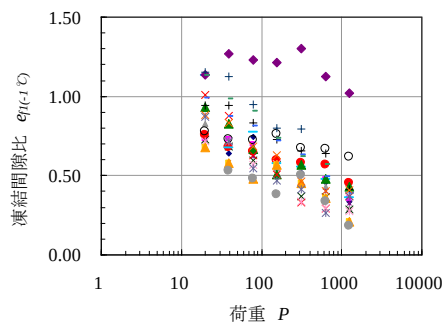


図-2 p と $e_{f(-1\text{℃})}$ の関係

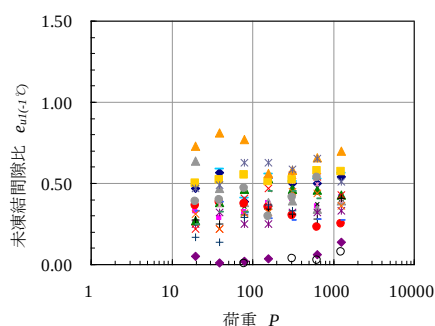


図-3 p と $e_{u(-1\text{℃})}$ の関係

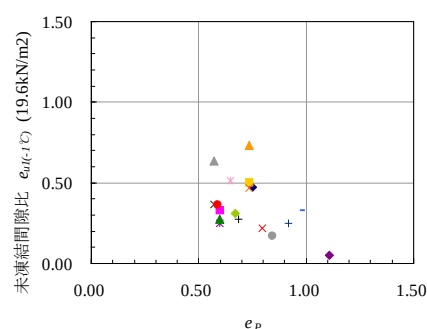


図-4 e_p と $e_{u(-1\text{℃})}$ の関係

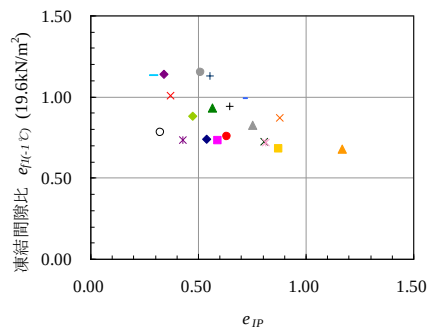


図-5 e_{IP} と $e_{f(-1\text{℃})}$ の関係

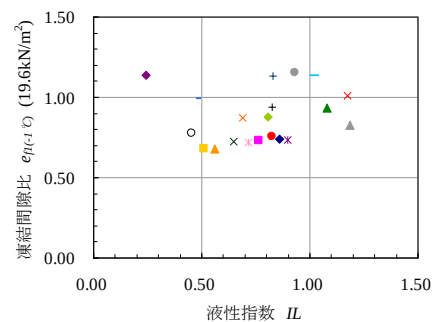


図-6 IL と $e_{f(-1\text{℃})}$ の関係

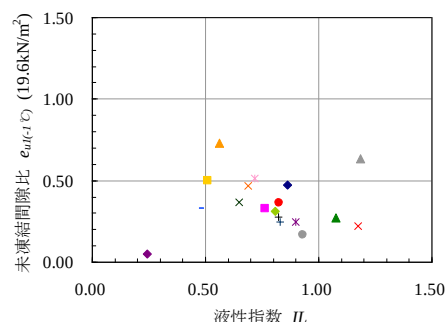


図-7 IL と $e_{u(-1\text{℃})}$ の関係