

1. 目的

細粒土の工学的性質は間隙水の支配を受け、中でも、土粒子近傍の表面力の影響を受けた吸着水がその性質に大きく影響を与えている。これまでの研究¹⁾で、土の強度や透水性等は凍結間隙比(自由水)との関係が強いことがわかり、吸着水は土粒子の一部として挙動するため工学的性質には影響していないと考えられた。

本研究は、凍結試験により細粒土の性質を明らかにする一連の研究であり、今回の目的は、粘性土の凍結試験から得られる指標と圧密試験から得られる体積圧縮係数 m_v 、透水係数 k 、圧密係数 c_v との関係性を明らかにすることである。

2. 試験方法

表-1 に示す試料土に液性限界の約 1.5 倍のイオン交換水を加えて練り混ぜ、脱気した後、 $p = 19.6 \sim 1254.4 \text{ kN/m}^2$ まで圧密を行い、供試体を作成した。予圧密された供試体を真空パックして、不凍液で満たされたセルに挿入し、凍結用バスで $0^\circ\text{C} \sim 20^\circ\text{C}$ まで降下させ、供試体の体積変化を測定した。また、JIS A 1217 に従い $p = 19.6 \sim 1254.4 \text{ kN/m}^2$ までの 7 段階の圧密試験を行った。

凍結間隙比 $e_{f1(T^\circ\text{C})}$ は、式(1)に示すとおり土粒子に対する凍結水の体積の比と定義される。未凍結間隙比 $e_{u1(T^\circ\text{C})}$ は、式(2)に示すとおり通常の間隙比と凍結間隙比の差と定義される。

$$e_{f1(T^\circ\text{C})} = \frac{V_{wf(T^\circ\text{C})}}{V_s} \tag{1}$$

$$e_{u1(T^\circ\text{C})} = e - e_{f1(T^\circ\text{C})} = \frac{V_{wu(T^\circ\text{C})}}{V_s} \tag{2}$$

ここで、 $V_{wf(T^\circ\text{C})}$: 凍結水量、 $V_{wu(T^\circ\text{C})}$: 未凍結水量、 V_s : 土粒子体積である。

3. 結果と考察

図-1 に凍結間隙比 $e_{f1(-1^\circ\text{C})}$ と体積圧縮係数 m_v の関係を示す。 p が増加すると、 $e_{f1(-1^\circ\text{C})}$ が減少して、 m_v は減少する傾向が見られる。これは、 p が増加すると -1°C までに凍る間隙水、(自由水)が急激に排水されることを示す。図では全体的に $e_{f1(-1^\circ\text{C})}$ が半分になると m_v が 1/10 まで低下する傾向が読みとれる。

図-2 に未凍結間隙比 $e_{u1(-1^\circ\text{C})}$ と体積圧縮係数 m_v の関係を示す。図より、 p が増加しても $e_{u1(-1^\circ\text{C})}$ がほとんど変化しないが、 m_v は小さくなっている。これは、 $e_{u1(-1^\circ\text{C})}$ が -1°C 以下で凍る間隙水、(吸着水)の量を示し、吸着水は圧密によってほとんど排水さ

表-1 試料土の物性値

試料名	試料記号	密度 g/cm^3	液性限界 %	塑性限界 %	粒度 %		
					細砂	シルト	粘土
藤森11P	F	2.686	42.6	25.0	19.0	55.2	25.8
黄土11P	Y	2.719	59.2	27.1	3.0	34.5	62.5
白土11P	W	2.647	71.8	27.7	2.5	22.4	75.1
万古土	B	2.651	60.8	27.7	0.0	26.0	74.0
園芸茶土	T	2.762	48.8	28.0	15.6	41.3	43.1

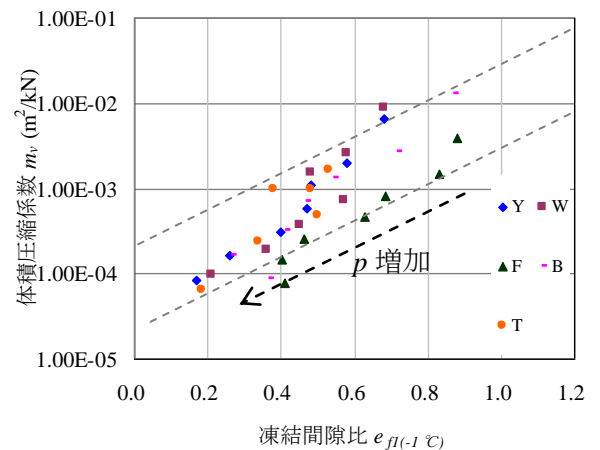


図-1 凍結間隙比 $e_{f1(-1^\circ\text{C})}$ と体積圧縮係数 m_v の関係

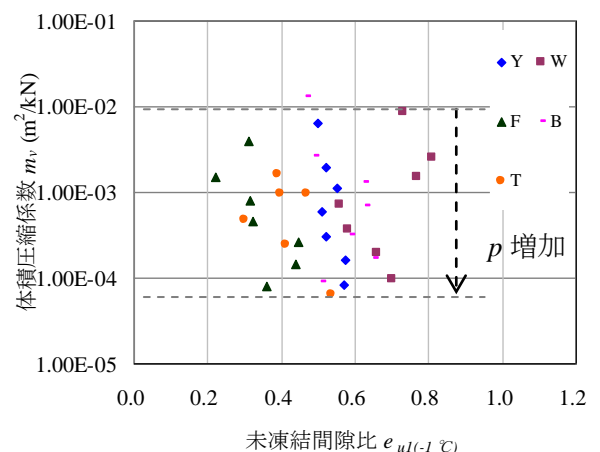


図-2 未凍結間隙比 $e_{u1(-1^\circ\text{C})}$ と体積圧縮係数 m_v の関係

れないことを示す。また、 m_v は圧密により小さくなっていることから、 m_v は $e_{ul(-1\text{℃})}$ (吸着水)の影響を受けていないといえよう。

図-3に凍結間隙比 $e_{fl(-1\text{℃})}$ と透水係数 k の関係を示す。 k も m_v と同様に p が増加すると減少する。図より、 $e_{fl(-1\text{℃})}$ が大きくなると k も大きくなる傾向があり、 $e_{fl(-1\text{℃})}$ が半分になると k が1/10まで低下する傾向があり興味深い。

図-4に未凍結間隙比 $e_{ul(-1\text{℃})}$ と透水係数 k の関係を示す。図より、 $e_{ul(-1\text{℃})}$ と m_v の関係と同様に、 p が増加すれば $e_{ul(-1\text{℃})}$ が変化しなくても k が小さくなることから、 k は $e_{ul(-1\text{℃})}$ の影響を受けないといえよう。

図-5に凍結間隙比 $e_{fl(-1\text{℃})}$ と圧密係数 c_v の関係を示す。図より、全体的な傾向は把握できないが、各々の試料については、圧密によって $e_{fl(-1\text{℃})}$ が小さくなるほど c_v が若干大きくなる傾向がある。また、 p が同じであれば、 $e_{fl(-1\text{℃})}$ が大きい試料ほど c_v は大きくなる。

図-6に未凍結間隙比 $e_{ul(-1\text{℃})}$ と圧密係数 c_v の関係を示す。図より、全体的に $e_{ul(-1\text{℃})}$ が大きいほど c_v が小さくなる関係が見られる。これは、吸着水が多いほど圧密の進行が遅くなる傾向を意味する。

図-2, 4から、 c_v に関わる係数である m_v と k は吸着水の影響を受けていない。しかし、 c_v では吸着水が多いほど圧密が遅く、吸着水の影響を受けている。

4. まとめ

以上の結果を以下にまとめる。

(1)凍結間隙比 $e_{fl(-1\text{℃})}$ と体積圧縮係数 m_v 、透水係数 k の関係において、 $e_{fl(-1\text{℃})}$ が半分になると m_v と k は約1/10にまで低下する。未凍結間隙比 $e_{ul(-1\text{℃})}$ との関係において、 $e_{ul(-1\text{℃})}$ は m_v と k に影響を与えていない。

(2)凍結間隙比 $e_{fl(-1\text{℃})}$ と圧密係数 c_v の関係では、試料土全体については明瞭な関係は見られなかったが、各試料で見ると、 $e_{fl(-1\text{℃})}$ が大きいほど圧密の進行は遅い。未凍結間隙比 $e_{ul(-1\text{℃})}$ との関係では、全ての試料について $e_{ul(-1\text{℃})}$ が大きくなるほど c_v は小さくなることから、 c_v は吸着水の影響を強く受けていることが分かる。

謝辞：本研究は摂南大学における2011年度の卒業研究として実施された。実験を行って頂いた摂南大学都市環境工学科の姫野勇真氏、植田崇仁氏に厚く御礼申し上げます。なお本研究には、

参考文献：1)堀家・伊藤：飽和細粒土の透水係数と凍結試験から得られる間隙特性の関係について、日本材料学会、第9回地盤改良シンポジウム論文集、pp.321-326、2010。

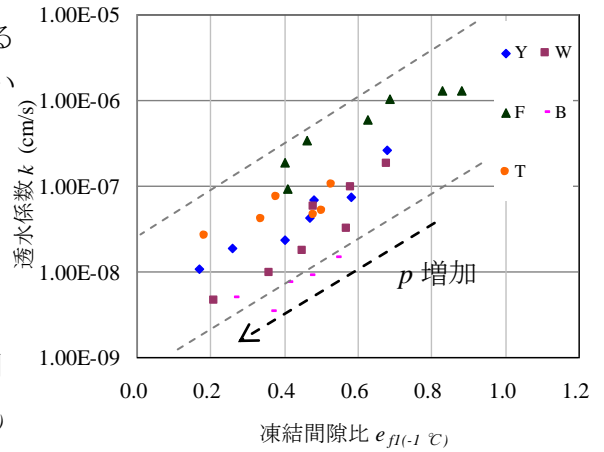


図-3 凍結間隙比 $e_{fl(-1\text{℃})}$ と透水係数 k の関係

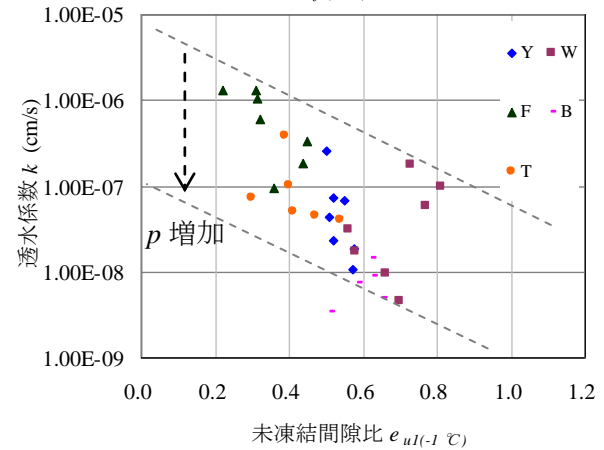


図-4 未凍結間隙比 $e_{ul(-1\text{℃})}$ と透水係数 k の関係

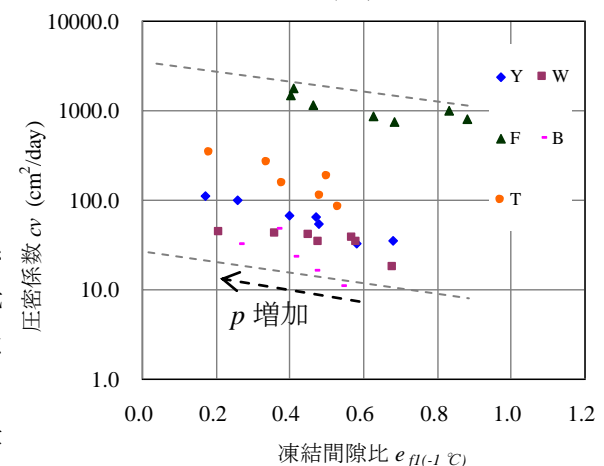


図-5 凍結間隙比 $e_{fl(-1\text{℃})}$ と圧密係数 c_v の関係

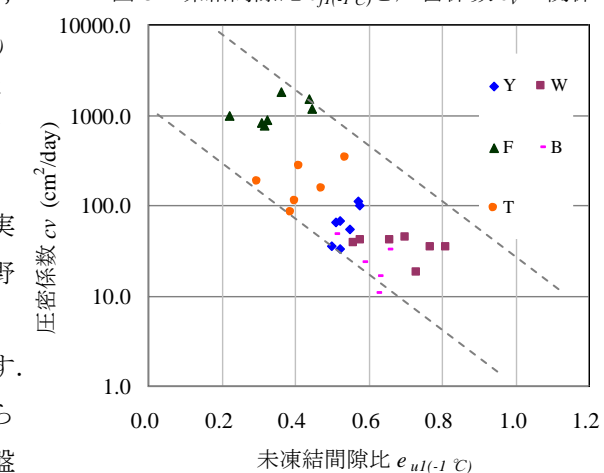


図-6 未凍結間隙比 $e_{ul(-1\text{℃})}$ と圧密係数 c_v の関係