

(株) 精研 正員 山本英夫 正員 高志 勤 正員 生頼孝博
正員 岡本 純 正員 伊豆田久雄

1. 緒言

我が国における地盤凍結工法やLNG地下タンク等では、凍結対象地盤が軟弱な沖積層であることが屢々ある。このような地盤は、高含水比でしかも正規圧密状態である場合が多く応力の変化に対して著しく体積が変化し、複雑な凍上特性を示す。又、解凍後には凍結前に較べて体積が収縮する所謂解凍次下が生じ問題となることが多い。本報告では、試料土の過圧密比に着目して、室内で圧密して作製した供試体を用いて行なった凍上・解凍次下実験より得られた結果を示し考察したものである。

2. 実験方法

試料土には藤の森黄粘土を用いた(図1)。前報¹⁾の藤の森黄粘土に較べて粒径が細かく、透水性係数が $1/10$ 以下であり、凍上性が大きい。実験装置は、供試体に載荷した状態で一定速度で一次元的に凍結・解凍することが出来る開放型の凍上試験機で詳細は文献2に譲る。

供試体は、水で飽和したスラリー状の試料土を荷重を変えて圧密を行ない、直径10 cm、高さ4 cmに整形したものである。供試体の含水比と圧密圧力の関係を図2に示す。

凍結中の拘束応力 σ_1 と圧密圧力 P の組合せを変え、凍結速度を平均3 mm/hになるように温度制御し凍結を行なった。凍結完了後同じ σ_1 で供試体両端から解凍を行なった。

3. 実験結果及び考察

供試体作製時の圧密圧力 P と凍結中の拘束応力 σ_1 の比 P/σ_1 を過圧密比と定義する。又、凍上率 ξ 及び解凍次下率 ζ_s は、凍結前、凍結完了時、解凍完了後供試体体積を各々 V 、 V_f 、 V_b とすると

$$\xi = (V_f - V)/V \cdots (1) \quad \zeta_s = (V_b - V)/V \cdots (2)$$

で定義しパーセントで表示する。 $\zeta_s < 0$ は解凍後凍結前に較べて収縮したことを、 $\zeta_s > 0$ は膨脹したことを示す。

$P/\sigma_1 = 1$ 即ち正規圧密状態における ξ 、 ζ_s を σ_1 を図3に、 $P/\sigma_1 = 2, 4$ の過圧密状態における ξ 、 $\zeta_s \sim \sigma_1$ を各々図4、5に示す。

$\xi \sim \sigma_1$ に関して著者等は過圧密土を用いた実験より次の実験式を得ている。²⁾

$$\xi = \xi_0 + C/\sigma_1 \quad (\xi_0, C \text{ は定数}) \cdots (3)$$

図3、4、5の(b)は各々横軸に $1/\sigma_1$ をとって整理したものである。過圧密土だけでなく正規圧密土に対しても(3)式が適用できることを示

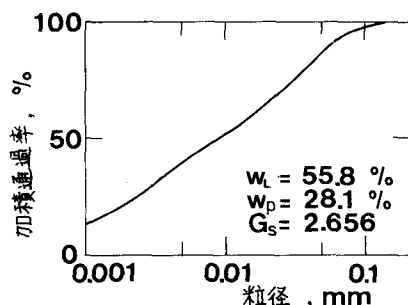


図1. 試料土の粒度分布

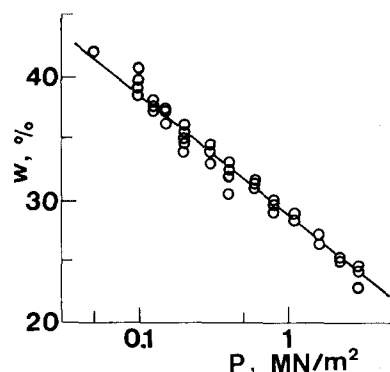


図2. 供試体の含水比と圧密圧力の関係

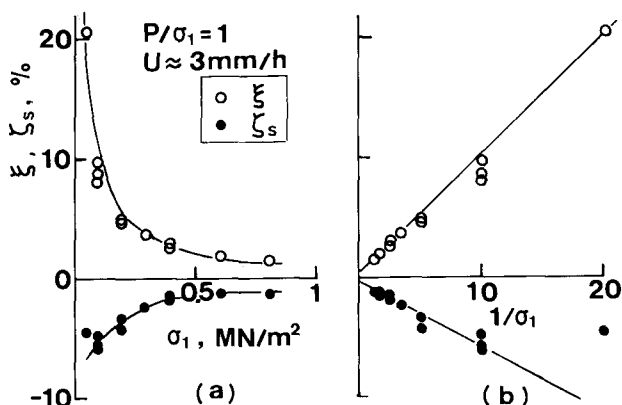


図3. ξ 、 $\zeta_s \sim \sigma_1$ ($P/\sigma_1 = 1$ 、正規圧密土)

している³⁾。しかしながら、 ζ_0 、 C は同じ試料土にも拘らず P/σ_1 によって異なる値になる。前報¹⁾において、 σ_1 が同じで P が異なる場合、 ζ_0 が最大となる P が存在することを示した。この原因として、凍結中の吸水に起因する未凍結土の動水抵抗⁴⁾と未凍結土内の間隙水圧の低下による脱水压密⁵⁾等が複合して現われたことによることを指摘した。このことから、 P/σ_1 が異なっても C は本質的には変わらないが、未凍結土側から観測する ζ が未凍結土の動水抵抗と脱水压密に影響を受けて変化したとも考えられる。このことを確認する目的で現在 P/σ_1 の異なる供試体を用いて凍結中の供試体の含水比分布を調べる実験を行っている。

$\zeta_s \sim \sigma_1$ に関しても図3～5に示すように、 σ_1 が比較的大きい範囲に限れば、 ζ と同じように両者は双曲線の関係にある。

$$\zeta_s = A + B/\sigma_1 \quad (A, B \text{ は定数}) \quad \text{---- (4)}$$

$P/\sigma_1 = 1, 2$ では $\zeta_s < 0$ となり解凍後元の体積より収縮するが、 $P/\sigma_1 = 4$ では $\zeta_s > 0$ となり膨脹することになる。即ち B の符号が逆転する。この結果を実際の地盤の凍結・解凍に当て嵌めて考えると、正規圧密状態に近い軟弱な沖積シルト・粘土では σ_1 が小さくなる程大きく次下するが、比較的過圧密比の大きい赤積シルト・粘土では解凍後次下しないで浮き上がる場合もあるがその量は小さいと云える。

4. 結 言

圧密荷重が異なる飽和した供試体を用いて凍上・解凍次下実験²⁾を行ない以下の結論を得た。

- 1) 正規圧密土においても凍上率 ζ と拘束応力 σ_1 は実験式(3)で整理することができる。しかしながら、同じ試料土であっても、 C は過圧密比 P/σ_1 によって異なった値をとる。
- 2) 解凍次下率 ζ_s と σ_1 は ζ と同じように双曲線の関係にあり(4)式で近似することができる。 P/σ_1 によって A 、 B の値は異なる。本実験の場合、 P/σ_1 が2以下では $\zeta_s < 0$ となり解凍後次下し、 σ_1 が小さくなる程次下は大きくなる。一方、 $P/\sigma_1 = 4$ では $\zeta_s > 0$ となり解凍後元の体積より膨脹することになり、 σ_1 が小さくなる程膨脹は大きくなる。

参考文献

- 1) 山本・高志・生頼・岡本・伊豆田：圧密・飽和粘土における凍上及び解凍次下について。土木学会第37回年次学術講演会概要集、Ⅲ-143 (1977)
- 2) 高志・益田・山本：土の凍結膨脹率に及ぼす凍結速度・有効応力の影響に関する研究。雪氷、第36巻、2号、PP. 1-20. (1974)
- 3) 了成：一定上載圧力下における飽和した正規圧密粘土の凍上特性。土木学会第36回年次学術講演会概要集、Ⅲ-251 (1976)
- 4) 高志・益田・山本：凍上に及ぼす未凍結土内の動水抵抗の影響。雪氷、第38巻、1号、PP. 1-10. (1976)
- 5) 高志・生頼・山本：一次元定速度凍結における凍結面前方の間隙水圧と脱水压密。雪氷、第39巻、2号、PP. 53-64 (1977)

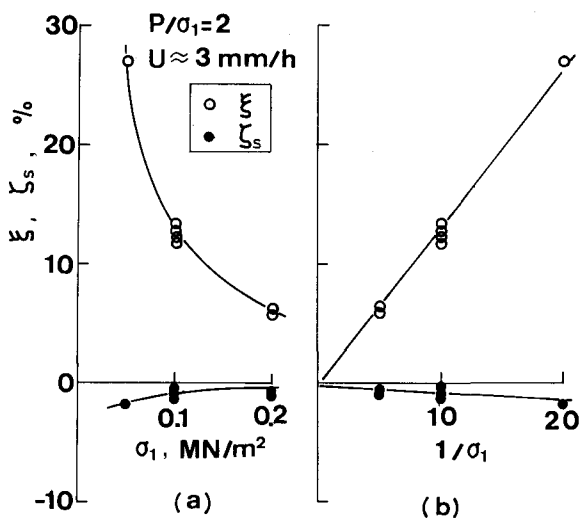


図4. $\zeta, \zeta_s \sim \sigma_1$ ($P/\sigma_1 = 2$, 過圧密土)

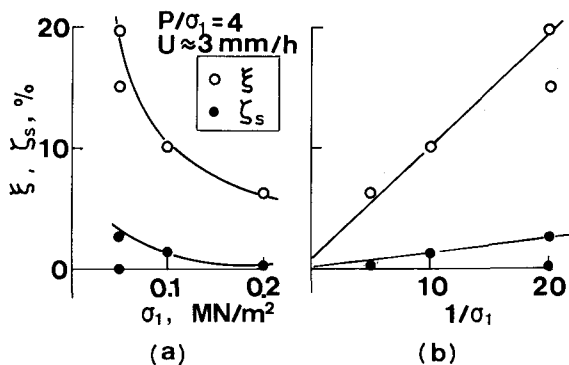


図5. $\zeta, \zeta_s \sim \sigma_1$ ($P/\sigma_1 = 4$, 過圧密土)