

建設省建築研究所 正員 大岡 弘
同上 正員 横坂 博
東京工業大学 学生員 畑中 宗憲

1. 緒 論

筆者らは不凍試料採取の困難な飽和砂の現位置試料採取法の一つとして地盤凍結法を試みてきた。しかし、この方法には、凍結することによって地盤が体積変化を起こすのではないかという問題点がある。これについてはすでに文献^{1,2,3,4}で実験結果の一部を報告したが、今回上載圧範囲をさらに大きくし、凍結膨張量計測の信頼性を高めるため試料の高さを2種類にし、さらに、試料の間ゲキ木に3%の塩分を加えて人工海水を作り、凍結膨張量に及ぼすこれらの影響を調べたので報告する。

2. 実験装置と実験方法

実験砂としては、新潟砂、豊浦砂、稲城砂(細粒分除去砂)に加えてモデル地盤凍結実験で用いた利根川砂を使った。その物理定数等については文献⁵を参照された。

図1は実験装置を示している。これは従来の装置を次の二点に改良したものである。1). 鋼製底板にアクリル円筒固定用の深さ6mmの溝をつけたこと。2). 鋼製底板に竹棒固定用のネジ止めを作ったこと。

実験条件としては、試料を最密状態にし、上載圧も0.1kg/cm²まで載荷した。冷却温度に付いてはモデル地盤凍結実験との条件をそろえるため、一例前後に保った。また凍結膨張に及ぼす容器側壁の摩擦の影響を間接的に調べるために、試料の高さを10cmと5cmの2種類とし、その影響を調べた。更に本凍結法による飽和砂の採取の対象の一つに埋立地盤があることにちなみ、地盤中の間ゲキ木中に塩分が含まれている場合の凍結膨張歪と凍結速度について調べた。

3. 実験結果及び考察

図2は上載圧及び砂の種類が凍結完了時膨張歪に及ぼす影響を示している。新潟砂と豊浦砂は上載圧が0.1kg/cm²になると膨張歪は殆どなくなり、今回新たに加えた利根川砂は新潟砂よりわずかに膨張歪が大きくなる。その値は $\sigma_v = 0.1 \text{ kg/cm}^2$ で0.1%弱である。

図3は実験砂の透水係数と間ゲキ比の関係を示したものである。稲城砂の間ゲキ比が小さい時の透水係数は他と比較してひと桁小さいので図中にはプロットしていない。稲城砂の大きな膨張量は、この小さい透水係数のためと考えられるが、しかし、新潟砂と豊浦砂では、透水係数と膨張量の関係は逆の傾向を示している。凍結に伴う膨張量を透水係数だけで評価しようとするのは不十分であることを示唆していると思われる。

図4は試料の高さが膨張量に及ぼす影響を示したものである。図から明らかに、試料の高さの違い(10cmと5cm)による影響は殆どない様であり、間接的に、アクリル円筒と試料間の摩擦の影響は無視できることを示してい

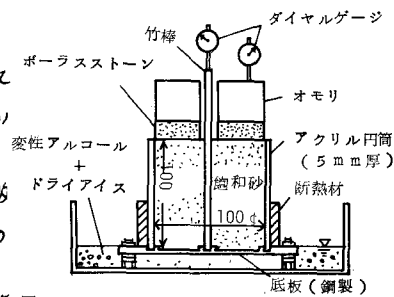


図1 一次元凍結変位測定実験装置

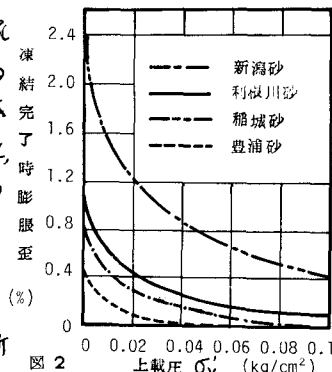


図2 上載圧と砂の種類が凍結膨張歪への影響

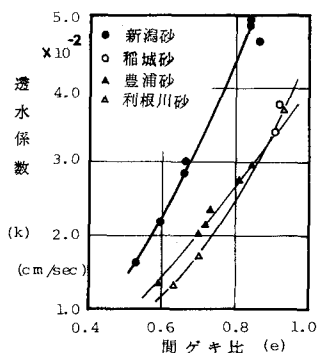


図3 実験砂の透水係数

と思われる。なお、実験の場合、後に述べる様に、試料の高さが半分になると凍結には要する時間は半に短縮され、実験の労が少なくなるが、余り低くすると、凍結の一次元性がとこなわれるおそれが生じ、しかも測定精度が悪くなることから、本実験の場合は5cm程度が妥当であると考えている。

図4は間ゲキ水中の塩分濃度(3%)の凍結膨張量への影響を示したものである。データ数が少ないのはつきりしたことは今後の研究に待つべきであるが、図中の結果が示す所では、上載圧が小さい小さい時には塩分のないものに比べてその値が半分程度であり、上載荷重が増えると塩分のない場合に比べてわずかに大きい様である。なお凍結時間に関しては高さが5cmの試料で見える限り、殆んど差がない様である。

4. 一次元凍結に於ける凍結面の成長速度の理論値と実測値

本実験の様、一次元的に試料を凍結させる場合、半無限導体に関する一次元の熱伝導としてNeumannの解として知られる解析解がある。これは図6に示す様に、凍結領域と未凍結領域に於いて、それぞれ微分方程式を立て(式(1)(2))、それに初期条件(式(3))と境界条件(式(4)(5)(6))を代入し、そして凍結面上での熱量授受の平衡(式(7))により解が得られる。その結果、時刻 t に於ける凍結面 X の位置は $X = \alpha \sqrt{t}$ で表わされる。図7中に示す条件で計算すると、 $\alpha = 0.0619$ となり、図中実験が時刻 t と凍結厚さの関係を示している。黒丸は実測値で、所者はよく一致している。

5. 結 論

1. 試料高さの違い(10cmと5cm)の凍結膨張歪に及ぼす影響はない様である。

2. 上載圧が無い場合は、海水を用いた場合の方が膨張量が小さいが、わずかの載荷でその傾向は逆転する。

3. 一次元凍結実験に於いて得られた凍結面成長速度は理論計算値とよく一致している。従って、氷の厚さの凍結試料を得るのには要する凍結時間は計算で精度よく推測でき、さらに現場実験の場合(1次元と軸対称の違いはあるが)にも役立つものと思われる。

謝 辞 本研究を行なうにあたって、御指導を賜った吉見吉昭東工大教授、及び実験装置に関し多くの労を賜った建設省建築研究所の森義夫氏に深謝の意を表します。

参考文献

1. 吉見 畑中「ゆるい砂地盤の現位置密度測定、第10回災害科学総合シンポジウム 1973
2. 畑中・大岡「凍結法による飽和砂試料採取の際の凍結の影響について、第11回土質工学研究発表会 1976
3. 畑中・大岡「凍結法による飽和砂試料採取の室内実験、昭和51年度 建築学会秋季大会学術講演要録集
4. 畑中・大岡・横坂「凍結法による飽和砂試料採取の際の凍結管設置に伴う周囲地盤の擾乱範囲について、1976

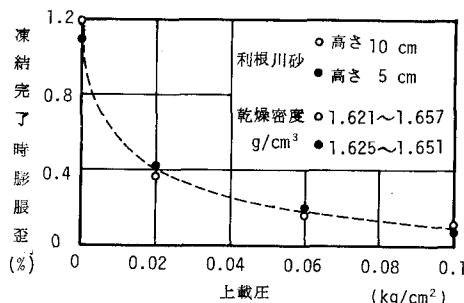


図 4 試料の高さの凍結膨張量への影響

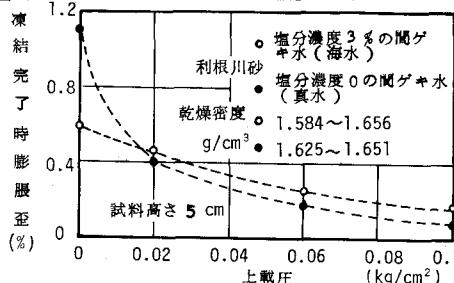


図 5 間ゲキ水の塩分濃度の凍結膨張量への影響

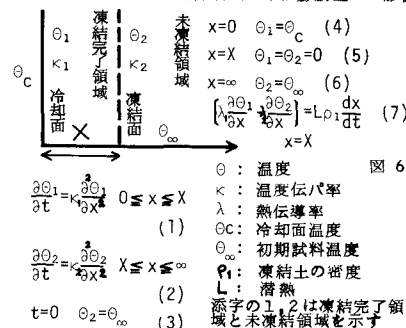


図 6

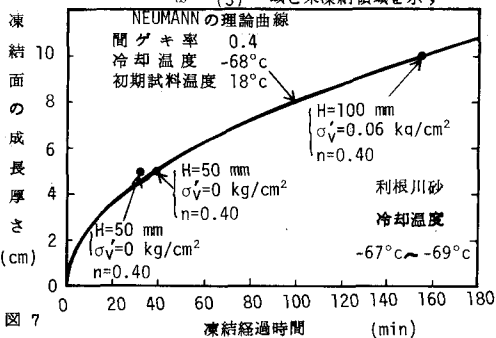


図 7