

III-494

浸透と熱伝導挙動の予測に関する研究

岡山大学工学部 正会員 西垣 誠
 日本国土開発㈱ 正会員 梅田美彦
 動燃事業団 正会員○見掛信一郎
 日本道路公団 正会員 真浦義樹

1. はじめに

本研究は、不飽和土中の物質の移動を定量的に評価することを目的とし、不飽和領域での浸透解析に熱を考慮にいれ、低温によって土中水が水から氷へと相変化することや、またその変化によって土のサクシオンが増大し、それによって地下水が移動する点に着目して、解析に必要なパラメーターの測定方法を確立し、数値解析を行った。その数値解析手法は、モデル実験を行なうことにより、その妥当性を検証した。

2. 低温状態における土の材料特性とその測定方法

(1) 解析に用いる材料特性

浸透に熱を考慮に入れた解析に用いるパラメーターには、不飽和浸透特性に加えて、地盤の熱的性質である不凍水分量と温度の関係と、土の熱伝導率が必要である。

(2) 熱量計法¹⁾による水-氷比の測定

間隙水は、土粒子表面の吸着力などの影響により0℃以下になっても液体のまま不凍水として存在する。この間隙水の相状態は、水-氷比と温度の関係から判断することができる。この水-氷比は、相変化をあらわす因子であり、次式で示される。

$$\kappa = \frac{\theta_w \rho_w}{\theta_w \rho_w + \theta_i \rho_i} \quad (1)$$

κ : 水-氷比

θ_w, θ_i : 体積含水率（含水率）(cm³/cm³)

ρ_w, ρ_i : 水（氷）の密度(g/cm³)

熱量計法によってえられた水-氷比と温度の関係をFig. 1に示す。

(3) ヒートプローブを用いた熱伝導率の測定

一般に熱の移動は、地盤内では伝導によって輸送されると考えられ²⁾、熱の伝導を評価する熱物性値として、熱伝導率がある。ここでは、熱伝導率の水分、温度依存性をヒートプローブを用いて測定を行なった。結果をFig. 2に示す。

3. 浸透凍結実験と解析手法の検証

(1) 不飽和領域における2次元浸透凍結実験

実験に用いた装置（横幅20cm、高さ40cm、奥行き10cm）をFig. 3に示す。試料は豊浦標準砂を用いた。モールド側面から-3℃の一定温度で冷却し、間隙水圧、供試体内温度及び流量の変化を測定した。さらに、実験開始から6時間経過後に供試体中から直接サンプルを採取することにより、供試体内の体積含水率分布を調べた。サンプル採取は、温度の測定ポイントの25箇所と同様の位置から直径1cmの金属円筒を用いて採取した。そして、採取したサンプルについて含水比試験を行ない、供試体内の体積含水率分布を調べた。また、間隙水圧は低温状態で測定を行なうことから、測定の媒体の凍結を防止するために不凍液を用いた³⁾。

(2) 実験値と解析値との比較

温度変化を比較したものをFig. 4に示し、間隙水圧変化について比較したものをFig. 5に示す。また、実験

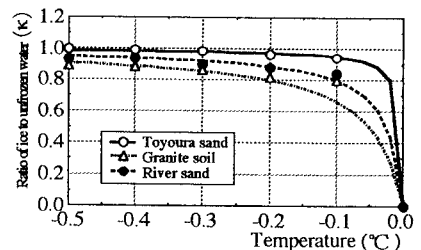


Fig.1 Relationships between temperature and ratio of ice to unfrozen water.

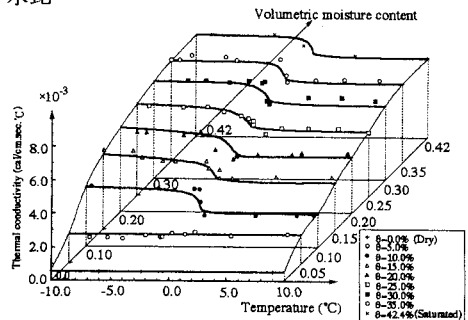


Fig.2 Three-dimensional for thermal conductivity versus temperature and volumetric moisture content.

開始から6時間経過したときの供試体の温度分布と体積含水率の比較をFig. 6、Fig. 7に示す。

Fig. 5において、間隙水圧の初期の挙動が一致していないが、これは実験では開始から60分経過した後に浸透流が定常になっているが、解析ではこの条件を開始直後から定常として取り扱っていることが原因である。

4. 結論

実験結果との比較により、解析手法の検証を行った。その結果、本解析手法は間隙水の凍結による間隙水圧の挙動を正確にあらわすことができ、凍結面への水分移動についても正確にあらわせることがわかった。これらのことから、解析手法が適正であるとともに、パラメーターの測定方法及びそれによって得られた結果が適正であることがわかった。

<参考文献>

- 1) 榎戸源則、亀田淳二：凍土中の不凍水量測定に関する基礎実験、土質工学会論文報告集、Vol. 32, No. 2, pp. 180-185, 1992. 6.
- 2) 松本順一郎、大久保俊治：土の伝熱特性に関する実験的研究、土木学会論文集、第257号、pp. 53-60, 1977.
- 3) 西垣誠、見掛信一郎、梅田美彦：不凍液を用いた地中のサクシジョンの計測法、第26回土質工学研究発表会、pp. 1073-1074, 1991.

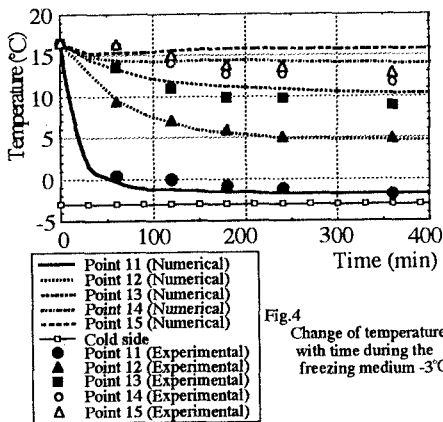


Fig. 4 Change of temperature with time during the freezing medium -3°C .

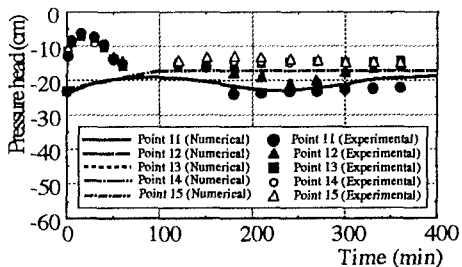


Fig. 5 Change of pressure head with time during the freezing medium -3°C .

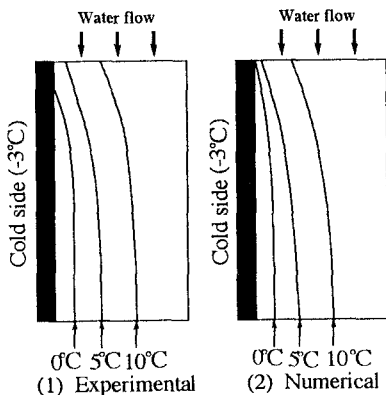


Fig. 6 Distribution of temperature. (t=6 hours)

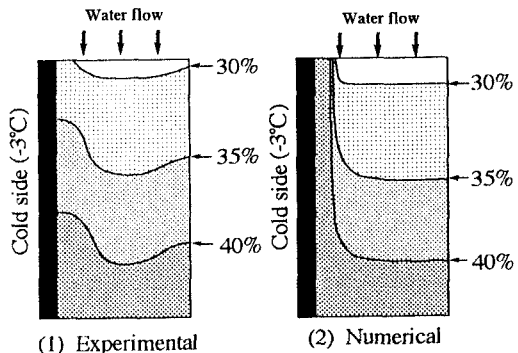


Fig. 7 Distribution of volumetric moisture content. (t=6 hours)

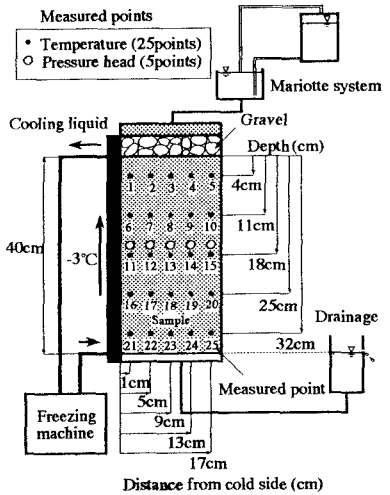


Fig. 3 Schematic diagram of the experimental apparatus.