

地盤内の熱伝導に関する一考察

鹿児島大学工学部 学生員 名倉照彦
同 上 正 員 北村良介

1 まえがき

化石燃料の大量消費等の人間活動が21世紀の地球の温暖化を確実なものとなることが明らかになっており、必然的に地盤内の熱的な環境にも変化をもたらすことが予想される。すなわち、地盤表面の乾燥、湿潤に伴う地盤の力学特性の変化は新しい地盤工学の問題を生み出し、対象療法的な手法ではなく、総合的な見地からの手法の研究が必要となる。

ところで、当研究発表では土粒子レベルでの土粒子自身、および、間隙流体の運動を解析し、それを数値的に積分することにより土質力学の種々の問題（透水¹⁾、圧密²⁾、圧縮³⁾、せん断⁴⁾、流動問題^{5), 6)}）に取り組んで来ている。本報告では、これらの研究で用いている手法を発展させ、地盤のような多孔質材料内の熱的問題へのアプローチについて若干の考察を加えている。

2 熱伝達のモデル化

図-1(a)は、側方、下端が断熱状態、上端が温度 T_0 に保たれた多孔質材料を示している。図に示すように厚さを h とし、これを n 個の微小厚さ Δh の薄片に分割し、上から順に第1層、第2層…第 n 層とし、 $t=0$ におけるそれぞれの温度を $T_1, T_2, \dots, T_n$ とする。図-1(b)は、図-1(a)の中の隣接する3つの層を取り出したものである。 $T_0 < T_1 < \dots < T_n$ とすると、熱が下から上へと流れていく。微小時間 Δt の間に第 $(m+1)$ 層から第 m 層へ流れる単位面積当たりの熱量を E_m とすると、 E_m は次のように表わされる。

$$E_m = k_p \cdot \frac{T_{m+1} - T_m}{\Delta h} \cdot \Delta t \quad (1)$$

ここで、 k_p : 多孔質材料の熱伝導率

T_m : 第 m 層の温度

Δt 秒間の第 m 層における熱量の増分を ΔE_m とすると、次式が成り立つ。

$$\Delta E_m = E_{m+1} - E_m \quad (2)$$

第 m 層の ΔE_m による温度変化 ΔT_m は次式によって求められる。

$$\Delta T_m = \frac{\Delta E_m}{\left[C_s \cdot \rho_s \cdot \frac{1}{1+e} + C_w \cdot \rho_w \cdot \frac{e}{1+e} \right] \cdot \Delta h} \quad (3)$$

ここで、 C_s, C_w : 多孔質材料実質部と間隙流体の比熱

ρ_s, ρ_w : 多孔質材料実質部と間隙流体の密度

e : 間隙比

上記の式を用いると、図-1(a)に示したような条件での多孔質材料の時間に伴う温度分布の変化が図-2に示すような手法で求まることになる。但しここでは間隙流体の対流は考慮していない。

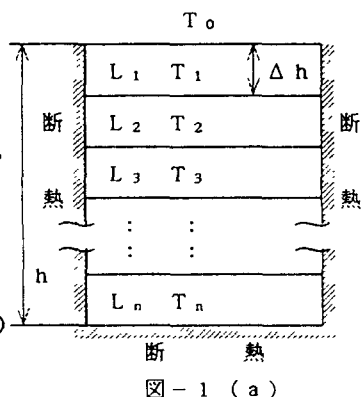


図-1(a)

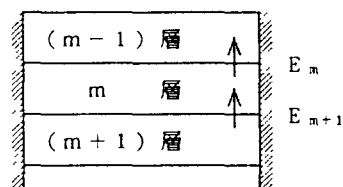


図-1(b)

3 数値実験

多孔質材料として土を想定した数値実験を行った。表-1はその入力データを示している。多孔質材料実質部分については粘性土の値を入力し、

間隙部分は水の数値を理科年表等^{7),8)}より選り出した。図-3は数値実験結果を示している。図において縦軸は温度、横軸は時間を示しており、各層の経時的な温度変化が示されている。

4 あとがき

地盤内での熱伝達のメカニズムを解明するための簡単な一次元モデルを提案した。本研究はまだ緒についたばかりのものであり、今後は対流の考慮、蒸発問題への発展、二次元への拡張、さらには、土質力学の主要問題である浸透、透水、圧密、圧縮、せん断問題との結合を行っていきたいと考えている。

(参考文献)

1) 藤安、北村：平成3年度土木学会西部支部研究発表会，1992（投稿中）。2) 北村、植松：平成3年度土木学会西部支部研究発表会，1992（投稿中）。3) 新地、北村：昭和61年度土木学会西部支部研究発表会，pp. 422-423，1987。4) 北村：S&F，vol. 21，No. 3，pp. 67-82，1981。5) 木佐貫、北村：平成3年度土木学会西部支部研究発表会，1992（投稿中）。6) 中村、木佐貫、北村：平成3年度土木学会西部支部研究発表会，1992（投稿中）。7) 理科年表：p. 442，p. 474，国立天文台編，丸善，1992。8) 西川、藤田：伝熱学，p. 457，理工学社，1982。

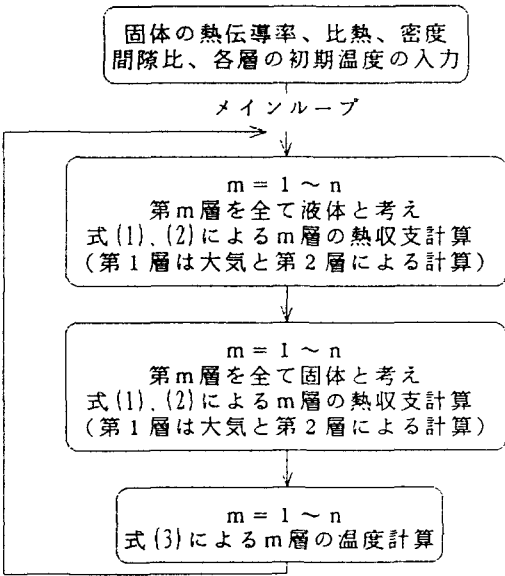


図 - 2

表 - 1

設定条件	
計算時間	1 0 0 0 0 時間
計算間隔	1 0 分間
データ採取時間間隔	6 0 分間
Δh	1 0 0 cm
層数	5 層
固体設定条件	
熱伝導係数	2.09952 W/m $\cdot$ °C
比熱	1.05 J/g $\cdot$ °C
密度	1.65 g/cm ³
間隙比	0.8
初期温度	大気温度 20°C (一定)
1 層温度	30°C
2 層温度	40°C
3 層温度	50°C
4 層温度	60°C
5 層温度	70°C

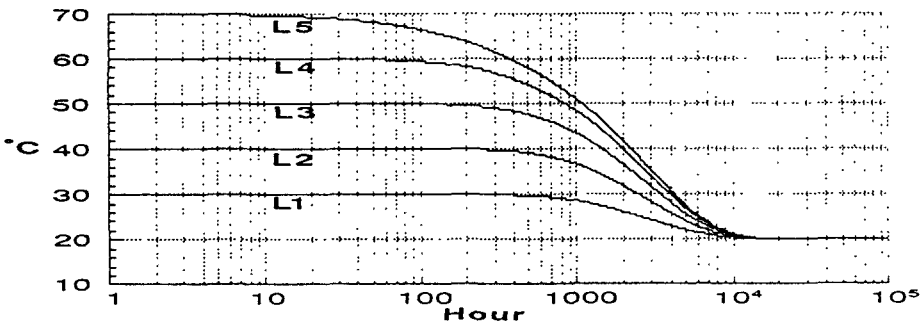


図 - 3