

凍結時の土中における含水比分布と間ゲキ水圧

東北大学工学部
同

正 員 柳沢栄司
学生員 ○佐藤諭志

1. はじめに

土の凍結現象を理解する場合に、土中水分の移動現象を把握することが不可欠である。この水分移動には様々な形態があるが、本研究では液相による移動に着目し、温度勾配、間ゲキ水圧を計測し、含水比分布に基づいて算定した水分移動量との関係について、実験の結果について報告するものである。

2. 実験方法

図1に実験装置を示す。上面から3cm毎に、間ゲキ水圧測定用センサーとサーミスター温度計を挿入した。供試体の側面を断熱材でおかい、側面からの熱の出入りがないようにし、約5.0℃の冷凍室内に鉛直に立て上面から冷却した。冷却面は-7.5℃でほぼ一定であり、下面は約-5℃の水に接触させ水分の供給ができるようにした。

試料は、初期含水比43.6%に調整した粘土質ロームを用いた。これを高さ20cm、内径10cmの塩ビ管に、5層に分けて締め固めた。このような供試体を4本作製し、うち1本について間ゲキ水圧と温度分布を測定した。含水比分布の時間変化を調べるために、3時間後、6時間後、24時間後の含水比分布と、温度勾配を手えないで24時間放置したものの含水比分布を測定した。試料の比重は2.69、4本の供試体の間ゲキ比の平均は1.28であった。

3. 実験結果および考察

冷却開始後24時間経過をもって、実験を止めた。終了後の供試体では、上面から2.5cm付近に厚さ6.5mmのアイスレンズの形成が認められ、凍結部分の含水比は103.5%にまで上昇していた。図2に、3時間後、6時間後、24時間後及びダミーのアイスレンズより下方の含水比分布を示す。この図から、アイスレンズより下方の含水比が、時間の経過とともに減少しているのがわかる。これは、水分が非凍結層から凍結層に移動したためである。

水分移動量を次式より求める。

$$W = \int_0^x w \alpha dx \Big|_t - \int_0^x w \alpha dx \Big|_{t=0}$$

w ; 含水比 t ; 経過時間

x ; 供試体下面からの距離

水分移動速度 ϕ は、

$$\phi = -\Delta W / \Delta t$$

と表わされる。 W と t の関係を図3に示し、これから

$\Delta t = 1/\text{hr}$ として ϕ を求めた。

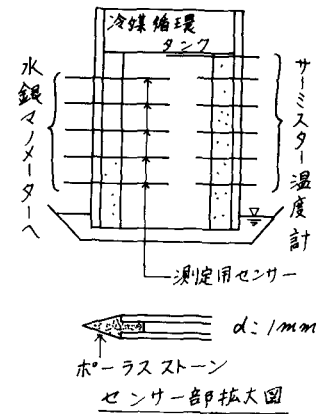


図1 実験装置

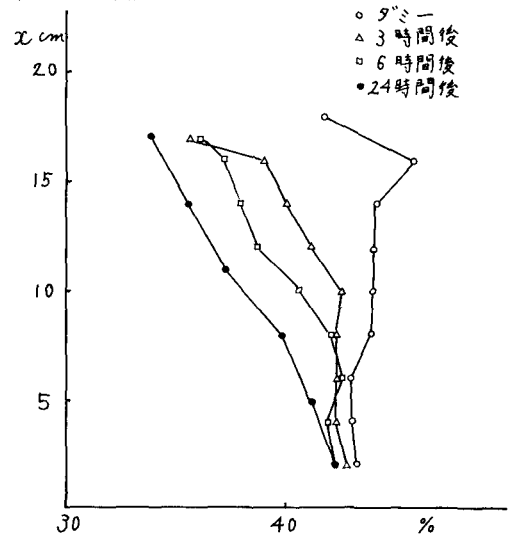


図2 供試体含水比分布

図4は、温度勾配を示した曲線である。これから求めた各測定点での温度勾配 $\Delta T/\Delta x$ ($\Delta x = 1 \text{ cm}$ とした)と、 θ との関係を示したのが図5である。ただし、図中の横軸は $-\Delta T/\Delta x$ をとった。3時間後、6時間後のデータとも

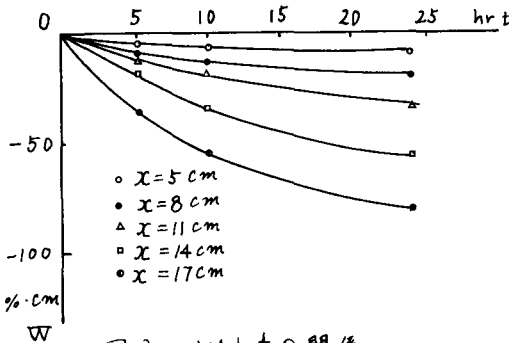


図3. W と t の関係

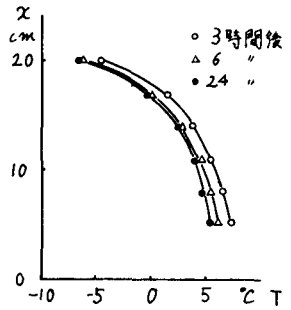


図4. 温度勾配

θ と $-\Delta T/\Delta x$ との間にはほぼ比例関係がみられる。2つの直線の傾きを比較すると、時間の経過とともにこの傾きが減少している。

土の温度の低下とともに、土中の水は凍結し、凍結層が形成される。凍結層が形成されると、凍結層内の不凍結水を通して、水が非凍結層から吸収される。吸収された水は凍結する。このような過程がくり返されることにより、凍上が生じるのである。水分移動を引き起こす原因は、凍結層による吸収ワシオンであり、これを間ゲキ水圧 u として考えることができる。図6に、間ゲキ水圧の時間変化を示す。9時間

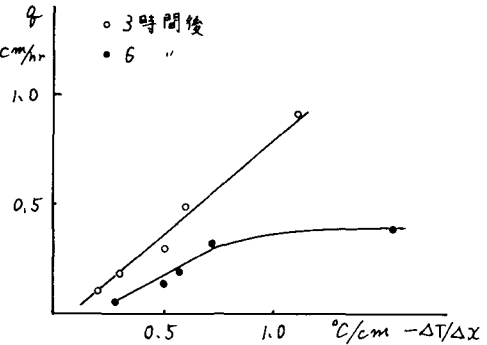


図5. $-\Delta T/\Delta x$ と θ の関係

経過以後の間ゲキ水圧には、ほとんど変化がみられず、各測定点での間ゲキ水圧が減少を始める時間にずれがある。また、図2に示した含水比分布をみると、時間の経過とともに含水比の減少が供試体下方に進んでいることから、上述の考え方を裏付けている。

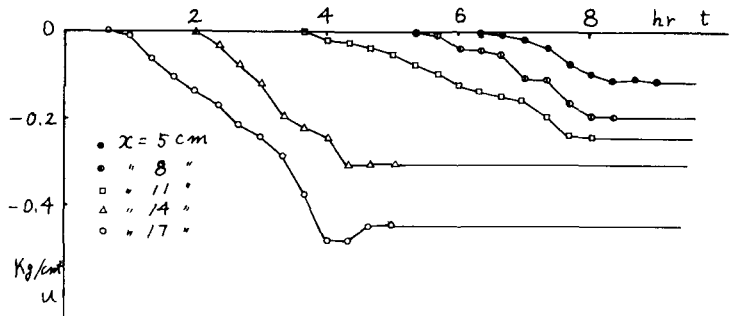


図6. 間ゲキ水圧の時間的変化

間ゲキ水圧 u と θ の関係を示

したものが、図7である。ある時間における u と θ の間には比例関係がみられ、時間の経過とともに、ある間ゲキ水圧での水分の移動量が小さくなっていくのがわかる。

4. あとがき

凍結時の土中における水分の移動と、温度勾配及び間ゲキ水圧の間には密接な関係があることがわかった。しかし、実験数が少ないため、例えば θ と u の関係などについては定量的に論ずるには至っていない。今後、実験を重ね検討する必要がある。

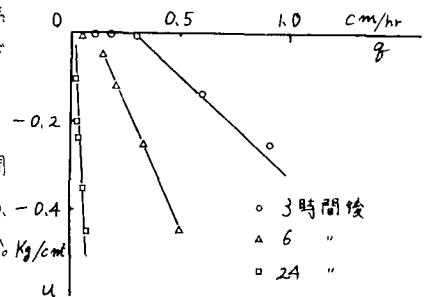


図7. u と θ の関係