

III-A 277 不飽和地盤における伝熱・浸透挙動の現地計測

鹿児島大学大学院 学生員 宮本 裕二 正員 北村 良介 正員 井料 達生
東亜建設工業(株) (元鹿児島大学学生) 神鳥 淳 九州電力(株) 吉田 實

1. はじめに

自然環境は季節、天候等により移り変わり、地盤の状態も経時的に変化している。特に降雨、日射等による雨水の浸透・蒸発の繰り返しは不飽和状態の土塊に繰り返し荷重を与え、疲労破壊のような現象が生じているものと定性的には考えられる。このような過程を定量的に評価するため、北村らは熱を考慮した不飽和土の力学挙動のモデル化を行った¹⁾。また実際の地盤の伝熱現象を検討するために熱伝導率の算定法を提案した²⁾。一方、北村らは降雨、晴天の繰り返しによる地盤の浸透挙動を把握するため、浸透挙動の現地計測、およびモデル化を行っている^{3)・4)}。

本報告ではこれまで行ってきた浸透挙動の現地計測システムに温度計測を付け加え、不飽和地盤における伝熱、浸透挙動について若干の考察を加えている。そして、現地に適用できる不飽和土の伝熱挙動のモデル化についての検討を行っている。

2. 現地計測

本報告では、鹿児島県始良郡牧園町に建設中の九州電力大霧地熱発電所敷地内に温度計、テンシオメータ、雨量計、自動計測のためのデータロガからなる現地計測システムを設置した。今回の計測地点は黒ぼく、耕作土などからなる地盤であった。図-1、図-2 に現地計測システムの概略図を示す。自動計測したデータはノートパソコンによって回収した。

3. 計測結果および考察

現地計測によって得られた温度-pF値-時間雨量の平成8年1月4日から1月17日までの計測結果を図-3に示す。1月4日0:00から1月6日12:00の晴天時の温度は表層に近い浅い位置で大きく変動し、温度の日周期的変化は深さ20cm程度までみられるが、それ以深での温度変化はみられない。また晴天時における0、10、20cmの日周期的な温度変化に時間のずれがみられ、0、20cmにおいては約半日ずれていることが分かる。これは晴天時の温度変化の主な要因が熱伝導であることと関係し、本計測地点での日周期的伝熱が20cm程度の深さまで影響していると推測できる。また雨天時においては、1月8日0:00前後での降雨によりpF値が低下し、地盤に雨水の浸透が生じていることが分かる。この時の温度は深さ方向によらずほぼ一定値となり、間隙水の流入が地盤の温度変化に影響していることが分かる。そして降雨終了後、0cmの温度が低下し、伝熱により浅い位置から徐々に低下していく様子が見られる。またこの降雨は雪の影響もあり80cmのpF値はほとんど変化しない。それに比べ1月14日以降では全ての深さのpF値が減少している。10cmの温度もそれに伴い上昇している。このように天候の違いにより地盤の伝熱形態は、温度差による熱伝導と浸透、蒸発による対流熱伝達が相互に関連して伝熱挙動に影響していると考えられる。

次にモデル化について考える。地盤の伝熱形態は熱伝導と対流が考えられる。熱伝導に関して、同じ土でも含水比により熱伝導率が異なることが分かっている⁵⁾ので、現地に適用するには、含水状態の変化する地盤の熱伝導率を算定

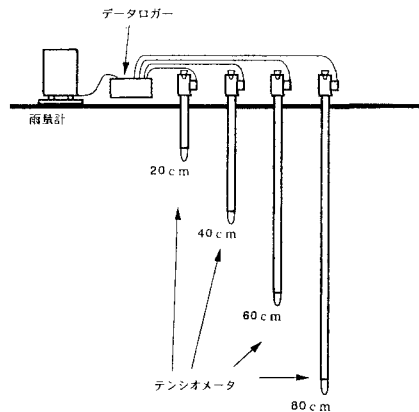


図-1 現地計測システム

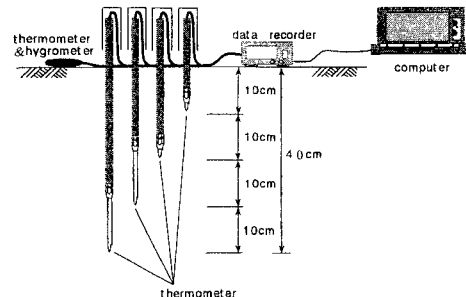


図-2 温度計測システム

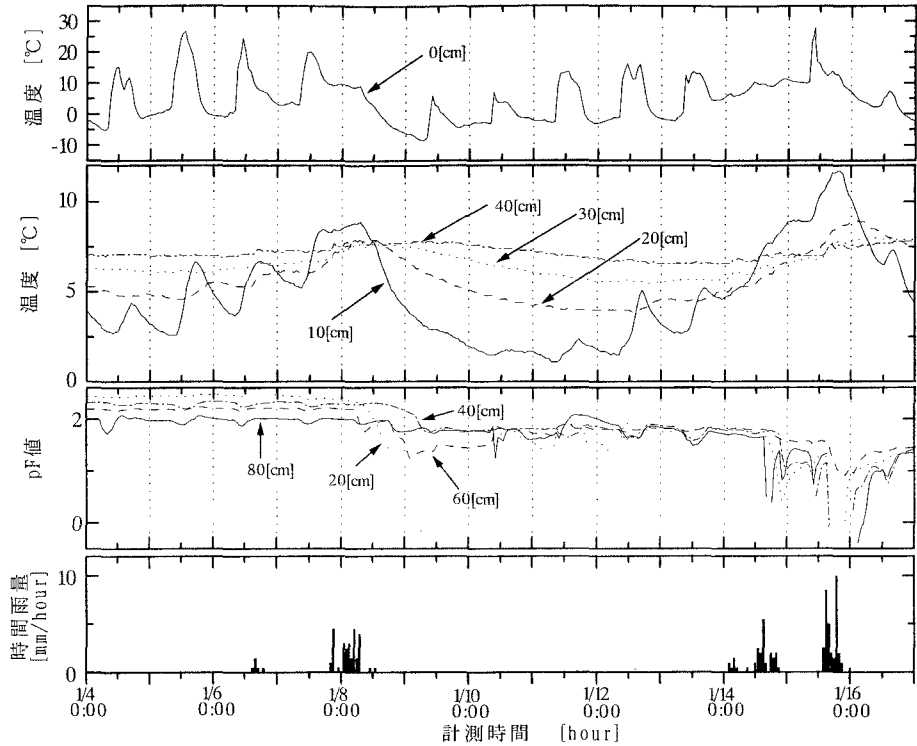


図-3 計測結果 1996年1月

する必要がある。本報告での計測システムではテンシオメータでサクシオンを測定しているので、地盤の pF 値と含水比の関係をもとに水分特性曲線によって定めれば経時的に変化する地盤の含水状態を把握することは可能である（図-4）。また水分特性曲線は北村らによって提案されている間隙モデル⁶⁾によって求めることができる。また対流熱伝達に関する間隙モデルによってサクシオンによる間隙流体の移動を検討することができる。以上のことを経時的に変化する土の状態方程式と捉えることにより現地に適用できる不飽和土の伝熱挙動のモデル化が可能となる。

5. あとがき

本報告では不飽和地盤の伝熱、浸透挙動の現地計測と現地に適用できる不飽和土の伝熱挙動のモデル化について検討した。今後現地計測のデータを蓄積し、伝熱、浸透挙動の定性的、定量的評価を行い、また不飽和地盤の熱環境問題を考慮した浸透挙動を検討していきたい。

本研究に対して平成7年度科研費（一般(c)）の助成をいただいた。ここに謝意を表します。

参考文献

- 1) 北村、宮本；熱を考慮した不飽和土の数値力学モデルの提案、不飽和地盤の透水にかかわる諸問題シンポジウム発表論文集、pp. 201-208、1996。
- 2) 宮本、北村；不飽和土の熱伝導率に関する一考察、平成7年度土木学会西部支部研究発表会、pp. 604-605、1996。
- 3) 北村ら；不飽和地盤における浸透挙動の現地計測、平成7年度土木学会西部支部研究発表会、pp. 626-627、1996。
- 4) 北村ら；斜面への不飽和浸透挙動の数値シミュレーション、不飽和地盤の透水にかかわる諸問題シンポジウム、pp. 193-200、1996。
- 5) 北村、宮本；不飽和土の熱伝達に関する一考察、第31回地盤工学研究発表会（投稿中）、1996。
- 6) 北村、福原；間隙モデルに関する一考察、土木学会第49回年次学術講演会、pp. 206-207、1994。

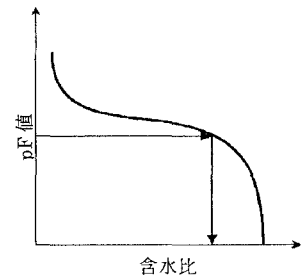


図-4 水分特性曲線