熱伝導を利用した含水比測定法の検討

東京都市大学　学生会員　○石垣拓也
正会員　　末政直晃

1. はじめに

近年，東京周辺などの住宅造成事業は利用度の低かった台地間の谷地が主な対象地になってきている．しかし，このような土地は圧密による不等沈下や盛土法面のすべり破壊等の事故が起こりやすい．腐植土層などの軟弱地盤ではこのような圧密沈下などの被害が発生しやすいため，腐植土層の分布と性質の調査は急務である．腐植土や泥炭などは自然含水比が非常に高いという特徴がある．**表-1** に自然含水比の測定例を示す．

そこで本研究では，腐植土層や軟弱地盤の自然含水比が高い数値を示すことに着目し，原位置で可能な含水比測定試験について検討した．即ち，銅板やアルミなどの熱伝導性の高い金属を媒体とし，含水比の違いによって温度変化や伝熱変化に及ぼす影響を調査し，その変化から原位置で可能な含水比測定法の検討と装置の開発を本研究の目的とする．

本論では，含水比ごとで温度変化を測定するため熱源としてペルチェ素子を使用する．温度測定用高精度サーミスタ型センサを熱伝導性の良い金属に取り付け試料土に装置を差し込み，ペルチェ素子で 1 点を加熱し，各含水比での温度変化の測定実験を行ったのでその結果を示す．

表-1　自然含水比の測定例 [2)]

土質名	自然含水比(%)
沖積粘土 （東京）	50～80
洪積粘土 （東京）	30～60
関東ローム(関東)	80～150
まさ土 （中国）	6～30
しらす （南九州）	15～33
黒ぼく （九州）	30～270
泥炭 （石狩）	110～1300
腐植土	100～300

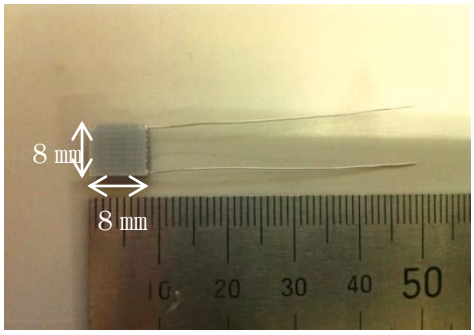

写真-1　ペルチェ素子

3. 含水比測定装置

3-1. ペルチェ素子

本試験では，熱源として小型のペルチェ素子を使用した．**写真-1** にペルチェ素子を示す．ペルチェ素子とは，2 種類の金属の接合部に電流を流すと，片方の金属からもう片方へ熱が移動するというペルチェ効果を利用した板状の半導体素子のことである．**図-1** にペルチェ素子の基本構造を示す．P 型と N 型の熱電半導体を銅電極にはんだ付けした構造になっており，N 型から P 型へ直流電流を流すと，上の接合面から熱を吸収して下の接合面へ熱を運び，逆に P 型から電流を流すと，熱は下から上へ流れる．本試験では縦 8mm×横 8mm×厚さ 4mm，最高温度が 200℃に達する小型ペルチェ素子を，電圧をかけることで一定の熱量を与えるヒーターの代わりとし，装置内部に組み込んで使用した．

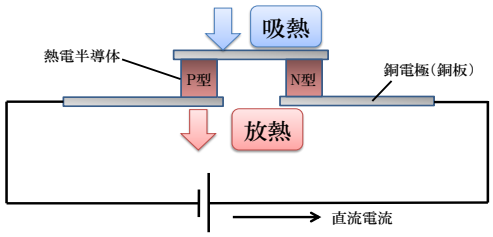

図-1　ペルチェ素子の基本構造

3-2. 測定装置作製

図-2 に実験装置概要を示す．ペルチェ素子の発熱（排熱）面と吸熱面の温度変化を計測するため，サーミスタ型の小型センサを両面の 2 か所に設置した．ペルチェ素子の発熱部と吸熱部が互いの温度に影響されないよう，断熱板をペルチェ素子の形にくりぬき，銅板で挟み込む．このとき，隙間から空気や水が入らないように周囲を接着した．銅板はペル

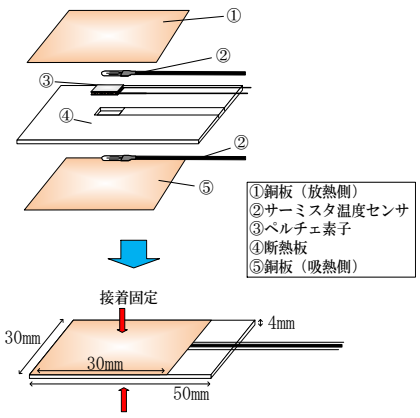

図-2　実験装置概要

Keywords：含水比、熱伝導、温度変化
連絡先：〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 東京都市大学　TEL03-5707-2202 E-mail:g1018010@tcu.ac.jp

チェ素子の発熱，吸熱する面の素材と同じ熱伝導性の高い金属として，厚さ 0.1mm のものを使用した．装置を採取した試料土の中に差し込み，センサの温度が周囲と同じ温度となった時点でペルチェ素子を加熱し，温度変化の測定を開始した．本試験では，測定時間を 2 分間とした．

4. 試験結果

ここではロームと山砂の混合試料おける各含水比での排熱面，吸熱面の温度経時変化の試験結果を示す．含水比設定に使用した水は，あらかじめ冷蔵保存し，9℃に温度設定したものである．また，試料土は乾燥炉から取り出した後ラップをかけ，常温状態となったもの（室温と同じ 25℃）を使用した．また，試料は脱気をせず，不飽和な状態のものを使用し，測定を行った．

ローム山砂の排熱面，吸熱面の温度経時変化の結果をそれぞれ**図-3**, **図-4** に示す．排熱面の試験結果では，含水比によって温度変化に違いが見られ，計測開始時の温度（初期温度）は土中の水分量によって低い傾向がみられる．また，測定開始から 30 秒時付近まで温度の上昇率が高く，1 分を経過すると，ゆるやかに上昇する傾向が見られた．含水比が高くなるにつれ，その温度変化は小さくなっている．吸熱面においては各ケースとも約 10 秒間温度が下がり続け，その後，ゆるやかに上昇する傾向が見られた．ペルチェ素子は電圧負荷をかけるため、排熱面の温度が急激に上がる．そのため、ペルチェ素子内部を熱が逆流し、吸熱面に流れ込む現象が起きる．このような現象により、温度上昇の挙動は排熱面での温度上昇時の熱挙動と連動している．

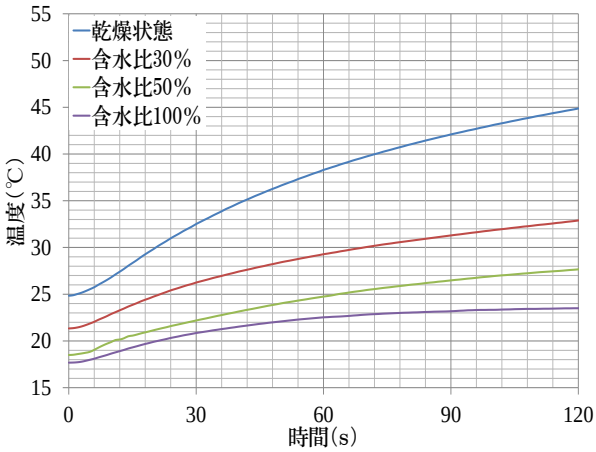

図-3　ローム山砂　温度経時変化（排熱面）

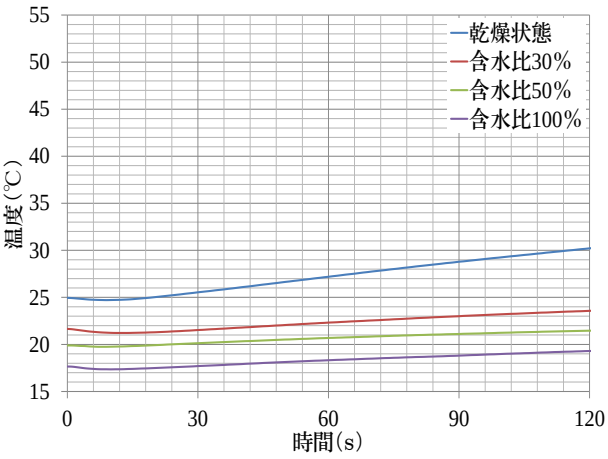

図-4　ローム山砂　温度経時変化（吸熱面）

5. 温度指数（含水比推定指標）

含水比推定の指標として温度指数を定義する．これは，初期温度とある秒数時点とのそれぞれの温度差である．本試験では温度変化の乱れが少なかった排熱面での温度指数を定義した．測定開始から温度変化が大きくなる 15 秒から 20 秒時までの 5 秒間における温度と初期温度との温度差を 1 秒ごとにグラフにプロットした．ローム山砂における排熱面の温度指数と含水比との関係を**図-5** に示す．含水比の増加に伴って温度指標は低下することが分かる．温度指数のプロットした範囲から，含水比を予測することが出来ると考えられる．

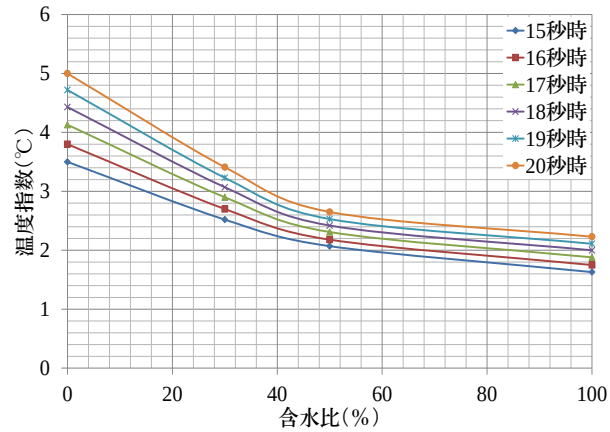

図-5　ローム山砂　温度指数（排熱面）

6. おわりに

本論では測定装置の作製と，その装置を使用して各含水比における温度変化の測定を行い，その結果を示した．結果として含水比ごとで温度上昇率に差が出ることが確認できた．また，温度指数を定義し含水比推定指標を作製した．このような指標を作成することにより，含水比の予測，測定ができると考えられる．今後の展望として，バックグラウンドの条件を考慮する．即ち，装置自体の温度や外気温などの影響による変化を測定する．また，試料の種類や状態等を変えて測定ケースを増やしていき，試料ごとに温度変化の違いを確認し比較，解析を行う．

≪参考文献≫

1) 土質工学会：土質試験の方法と解説 pp49-53 ， pp496-508

2) 自然含水比　http://blog.livedoor.jp/gijutunohiroba/archives/cat_50010626.html

3) 神宮寺元治ら：「貫入試験装置を用いた原位置地盤熱伝導率探査法」日本地熱学会誌　第 24 巻 4 号　pp.349-356(2002)