

熱伝導による原位置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、このような土地は腐植土層が厚く堆積していることが多く、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地盤沈下は発生しやすく、こういった軟弱地盤の分布の調査・把握は重要な課題となっている。一般に軟弱地盤といわれ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。土の種類、粒径や間隙などの違いにより、含水比の値に差が生じると考えられる。

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。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する。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、含水比ごとに温度変化を測定するため簡易的な測定装置を作成し、原地盤で温度変化の測定実験を行ったのでその結果を示す。

2. 含水比測定装置

本論文では、はんだごてに使用されるヒーターを用い、直接地盤や土試料に挿入できるナイフ形の簡易測定装置を作製した。図-1 に簡易測定装置ヒートナイフの概要図を示す。ナイフ部分は厚さ 1.5mm の銅板で、幅 12mm、長さ 110mm（加熱部含め 160mm）となっている。発熱部からナイフを伝わる熱伝導、温度変化を計測するため、サーミスタ型の小型センサをヒーターから 50mm ずつ距離を開けて 2 か所に設置した。測定装置は採取した試料、あるいは原位置地盤に挿入する。

温度センサが周囲と同じ値となった時点でヒーターを加熱し、温度変化の測定を開始する。挿入深さは、いずれもナイフ部分（銅板部）が隠れるまでとする。

本実験では、現場の地盤に直接装置を挿入し、測定を行った。測定時間は 3 分間とした。

3. 実地盤実験

茨城県境町にある宅地にて、作製した装置ヒートナイフを用いて実地盤における温度変化測定の実験を行った。

測定現場は 1m 四方、深さ 1.1m の穴を掘削してあり、その穴の側面に装置を直接刺して測定を行った。現場の様子と、地盤の測定面の図面をそれぞれ写真-2、図-2 に示す。原地盤での測定は側面の 9 箇所を対象とした。測定点はそれぞれ 30cm ずつ離しており、刺し込む深さは（ナイフ）の部分が隠れる 10cm までとした。

表-1 自然含水比の測定例

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

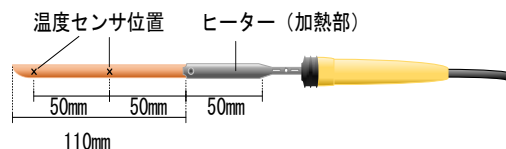


図-1 ヒートナイフ概要図



写真-1 実地盤の様子

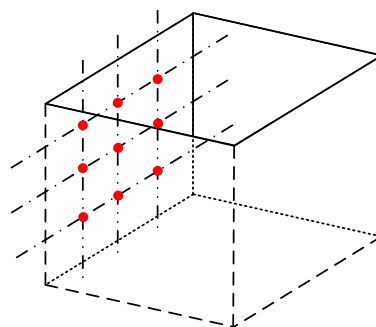


図-2 測定地盤の図面

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

4. 測定結果 (温度経時変化)

測定した原地盤の測定面を図-3に示す。各測定箇所での測定結果を図-4に示す。図-4の(1), (2), (3)は熱源から5cm離れた測定点の測定結果, (4), (5), (6)は熱源から10cm離れた測定点の測定結果を示している。

測定した地盤は一番上の層が黒木土, 2層目がロームが混じった凝灰質粘土, 3層目が凝灰質粘土となっている。それぞれの層で3箇所ずつ測定を行ったが, どれも温度変化は近い挙動を示した。

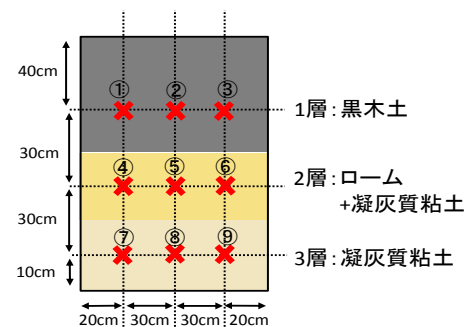


図-3 原地盤測定面 概要図

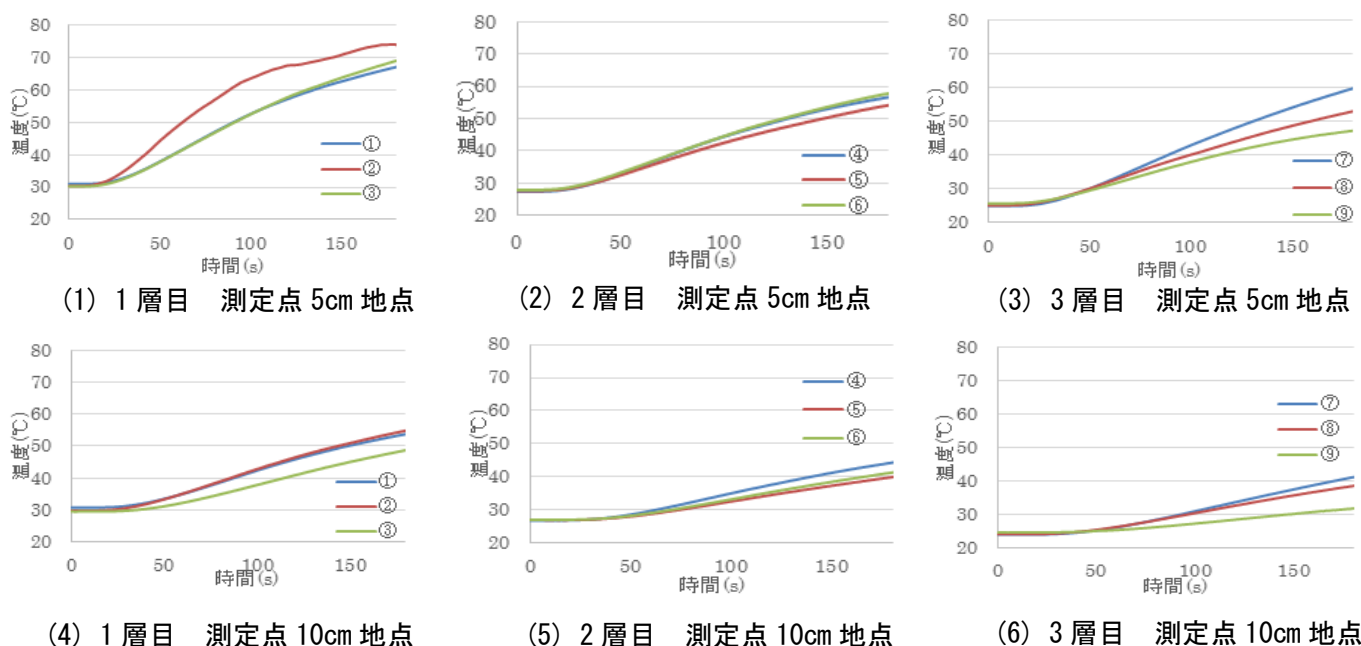


図-4 各測定箇所の温度変化計測結果

5. 実際の含水比

現場の土を測定した箇所ごとに採取し、乾燥炉に入れて含水比を測定した。各測定点の含水比を表-2に示す。含水比は、上の層から順に 61%, 103%, 134%となった。測定した温度変化と照らし合わせると、含水比が高いほど温度変化は小さくなる傾向となった。

6. 二次元熱伝導方程式を用いた解析

本論文で行なった測定試験について、妥当性を判断するため中央差分による二次元熱伝導方程式を用いた数値解析を行った。解析条件として、地盤は一般的な粘性土の密度と熱伝導率と予想し、熱拡散率を求めた。解析条件を表-3に示す。ここでは、1層目における測定について、熱伝導解析を行った。解析値と測定値の比較を図-5に示す。解析値と測定値が、ほぼ一致したことから、本試験の信頼性は高いと考えられる。

7. まとめ

本論文では、原位置で測れるような実験装置の作製と、その装置を使用して実際の地盤での測定を行った。実際に測定した箇所の含水比を測り、測定結果と照らし合わせると、含水比が高くなるにつれ、温度変化が小さくなることがわかった。より細かく解析を行い、温度変化から含水比の推定を行う必要がある。

表-2 各測定点 含水比

層	測定点	含水比(%)	層平均(%)
1層目 黒木土	①	62.5	61.2
	②	59.5	
	③	61.5	
2層目 ローム、 凝灰質粘土	④	105	103.8
	⑤	106	
	⑥	100.5	
3層目 凝灰質粘土	⑦	137.5	134.3
	⑧	130.5	
	⑨	135	

表-3 解析条件

	熱伝導率 (W/m/K)	比熱 (J/kg/K)	密度 (kg/m ³)	熱拡散率 (m ² /s)
銅板	372	419	8900	9.9756E-05
地盤	1.5	1680	1860	4.80031E-07

	初期温度 (℃)
熱源	300
地盤	30

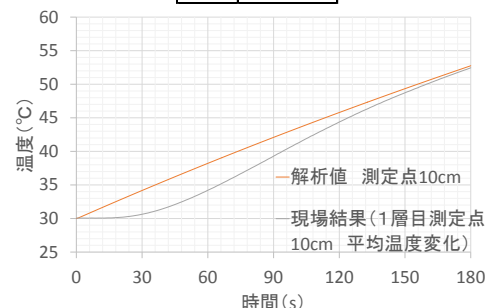


図-5 解析値と測定値 比較

《参考文献》

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