

熱線法を用いた地盤材料の熱物性値測定実験の検討

武蔵工業大学 学○片根弘人 正 末政直晃 学 野口晴央

1. はじめに

東京を始めとした日本の大都市特有の環境問題として、ヒートアイランド現象がある。ヒートアイランド現象の主要な要因として、アスファルトなどの蓄熱効果の高い人工物による地表面被覆、人口や産業の集中による空調や自動車などの人工排熱の増加がある。人工排熱のうち約半分は空調によるものとされている¹⁾。ヒートアイランド対策の一つに、地中熱ヒートポンプを利用した冷暖房システムがある。このシステムは、土壤の莫大な蓄熱能力を考慮し、夏期には土壤をヒートポンプの放熱源として、冬期には採熱源として利用することで外気への人工排熱の排出を抑制し、ヒートアイランド現象に対する有効な施策としても注目されている²⁾。そこで本研究では、地盤材料の熱物性値を得ることを目的としており、地中熱利用空調等の地中の熱を扱うシステムの設計や性能評価に役立つものであると考えている。本発表では、新たに熱線法に着目し、地盤材料の熱物性値を測定するための基礎実験を行った。

2. 試料および実験装置・実験方法

本実験では、試料には関東ロームと山砂の2種類を用いて実験を行った。実験条件を表-1に示す。今回の実験では、試料の含水比が熱伝導率に最も影響を与えと考えられる。そのため、関東ロームでは、含水比が53.4%と71.1%の2ケースを、山砂は、含水比が18.0%、23.0%の2ケースについて実験を実施した。図-1に実験装置の概要を示す。模型地盤の作製は、縦279mm、横345mm、高さ220mmの発泡スチロール製の容器に、締固め後の模型地盤の高さが約12cmになるように、ペロフラムシリンダー（締固め圧力は22kPa）を用い、3層分けて作製した。写真-1に模型地盤作製の様子を示す。作製した模型地盤の中心に外径が4.5mmの銅管を貫入し、熱電対を銅管の側面、銅管の中心から1cm、2cm、5cmの計4箇所を設置した。熱電対の計測点の深度は、模型地盤の中心位置としている。また、模型地盤の上端に、断熱材として厚さ20mmのウレタンフォームを2枚と厚さ18mmの木製の板を設置し、最後に発泡スチロールの蓋をして、熱漏れを防止した。実験方法として、模型地盤の中心に設置した銅管に、約55℃に温めた熱湯をポンプによって循環させ、配置した4本の熱電対によって模型地盤内の温度変化を測定した。地盤内温度の測定は、熱湯の循環開始からの温度上昇変化および循環後の温度低下変化が、試料の種類や含水比の違いによって異なることが予測されるため、循環開始から30分間は温度上昇の様子を測定し、30分後ポンプを停止し、続けて30分間の温度低下の様子を測定した。

3. 実験結果および考察

表-1: 供試体試料の諸元

	w[%]	ρ_t [g/cm ³]
関東ローム①	71.1	2.88
関東ローム②	53.4	1.13
山砂①	18.0	1.28
山砂②	23.0	1.49

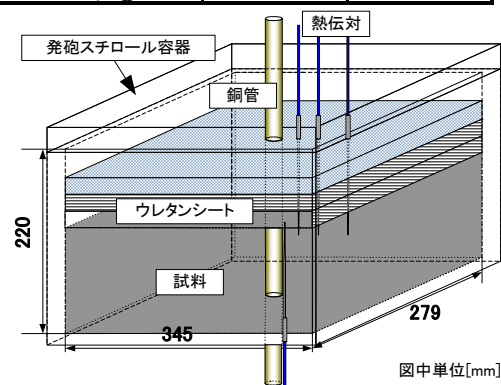


図-1: 実験装置の概要



写真-1: 模型地盤作製の様子

キーワード：熱伝導率、熱線法、模型実験

連絡先：武蔵工業大学 都市基盤工学科 地盤環境工学研究室 TEL03-5707-2202

3. 1 温度分布の比較

図-2 に関東ローム, 図-3 に山砂の温度の経時変化をそれぞれ示す. 関東ロームにおいて, 1cm,2cm,5cm 点での測定値を比較すると, 1cm では含水比の低い関東ローム②の方が高い温度を示しているが, 2cm,5cm の点では含水比の高い関東ローム①の方が高くなっている. このことから, 関東ロームにおいて含水比の増加に伴い熱伝導率が上昇すると考えられる. 一方で, 山砂においては, 山砂①, ②ともに, 銅管付近の温度が 50℃程度まで上昇しているのに対して, 1cm,2cm,5cm の点では, 関東ロームに比べ温度上昇が見られず, このことから, 山砂は関東ロームよりも熱伝導率は小さいと考えられる. しかし, 山砂は関東ロームに比べ試料内の水量が少ないため, 含水による影響を大きく受けたと考えられる. また, 1cm,2cm,5cm の点での測定値を比較すると, 1cm の点では含水比の低い山砂①の方が高い温度を示しているが, 2cm,5cm の点では含水比の高い山砂②の方が高くなっている. このことから, 関東ローム同様に, 含水比の増加に伴い熱伝導率が上昇すると考えられる.

3. 2 温度上昇速度の比較

試料の初期温度から約 5℃上昇するまでの時間と温度の値より近似式を求め, 得られた勾配を温度上昇速度と定義し, 各試料の含水比と温度上昇速度との関係を調べた. 図-4 に含水比と温度上昇速度の関係を示す. 熱源から 1cm の測定点での値を比較すると, 関東ロームの方がはるかに高い値を取っている. このことから, 関東ロームの方が山砂より熱伝導率が高いと推測できる. また, 山砂において $w=23\%$ で 1cm と 2cm の温度上昇速度の値がほぼ同じになることがわかった. 次に, 関東ロームと山砂に共通して, 1cm の測定点では, 含水比が上昇するにつれて温度上昇速度は低下する傾向があり, 2cm の測定点では, 含水比が上昇するにつれて温度上昇速度は増加する傾向がある. 1cm の測定点での温度上昇速度が含水比の増加により低下していることから, 供試体の空隙が水に置換され, これによって比熱が高くなり, 温度が伝わりにくくなったのではないと思われる. しかし, 供試体の比熱の測定は行っていないため, 今後, 比熱の測定も視野に入れていかなければならないと考えている.

5. まとめ

熱伝導率は, 関東ロームの方が山砂より高くなると考えられる. また, 含水比の増加に伴い, 山砂, 関東ロームはともに熱伝導率は上昇すると思われる. 温度上昇速度において, 1cm の測定点では含水比が上昇するにつれて低下する傾向があり, 2cm の測定点では増加する傾向を示した.

参考文献

- 1) 環境省ヒートアイランド対策手法検討委員会報告書
- 2) 関根賢太郎・大岡龍三 他: 場所打ち杭を用いた地中熱空調システムの普及・実用化に関する研究, 空気調和・衛生工学会論文集, No. 107, 2006 年 2 月

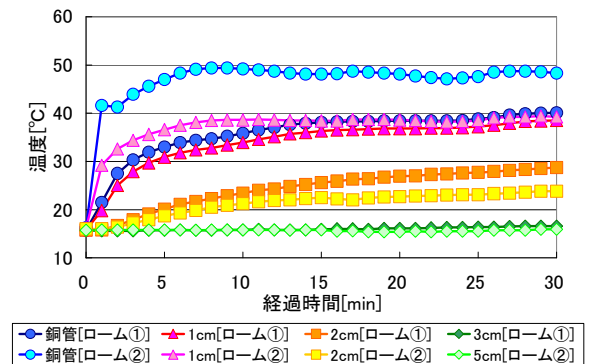


図-2: 関東ロームの温度の経時変化

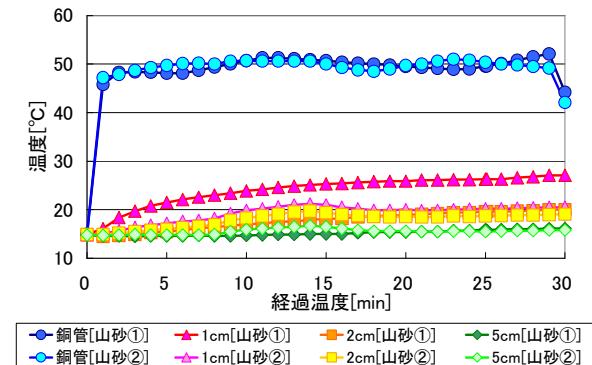


図-3: 山砂の温度の経時変化

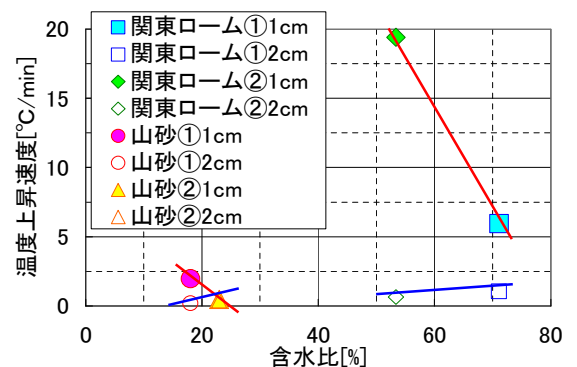


図-4: 含水比-温度上昇速度

表-2: 温度上昇速度の値

			温度上昇速度
関東ローム	①	1cm	5.95
		2cm	1.06
	②	1cm	19.4
		2cm	0.642
山砂	①	1cm	1.97
		2cm	0.203
	②	1cm	0.473
		2cm	0.391