

地盤材料に対する熱伝導率の測定結果に関する考察

徳島大学大学院生 学生員 ○高橋和希

徳島大学大学院 正会員 鈴木 壽

(株)平成建設

青野寛之

1. はじめに 熱伝導率を測定する既製品は、現在も市販されているが、その測定原理は理解しにくい。そこで本研究では、測定原理の明確な熱伝導率簡易測定法を開発し、その結果と文献 1)の結果を比較し、また、種々の地盤材料に対する実験を数多く行い、その測定精度を明らかにする。

2. 測定原理 単位時間内に土の中を伝わる熱量 Q は温度勾配 $d\theta/dx$ に比例ことが知られており、

$$Q = k_s \frac{d\theta}{dx} A$$

によって表される。ただし、 θ は温度、 x は熱が伝わる方向の距離を表す。式(1)において、熱量と温度勾配を結ぶ定数 k_s は熱伝導率と呼ばれている。図-1 は、本研究で開発した熱伝導率測定装置である。直径 10 cm のモールドの中央に発熱体として、特ボルトヒーターを設置し、同心円上に同量の熱を加える。地盤材料の温度は、中心部で最も高く、中心から離れると共に温度は減少する。この温度低下の現象を A 点、B 点での温度センサーで測定する。なお、この発熱体は、任意の温度に設定できる温度コントローラーを装備している。式(1)において、 Q は発熱体から与えた熱量であり、既知である。また、 $d\theta/dx$ は A 点、B 点での温度勾配であり、この装置で厳密に測定可能である。当然の事ながら、 A はモールドの断面積で既知であり、これらの値を式(1)に代入すれば熱伝導率 k_s は容易に求められる。

3. 測定結果

(a) 自然地盤材料

表-1 は、自然地盤材料の熱伝導率を文献による値と、本実験で測定した値を比較したものである。熱伝導率の値に大きく影響する含水比の値は、文献 1)と同じにした。表から分かるように、砂の含水比 10%の文献での値は 1.80 で、実験による測定値は 1.817 と極めて近い値となっている。今回の実験では、サンドクッション砂を用いた。また、含水比 25%の粘土の文献値は 1.00 で、実験値は 1.105 とこれもまた近い値である。こ

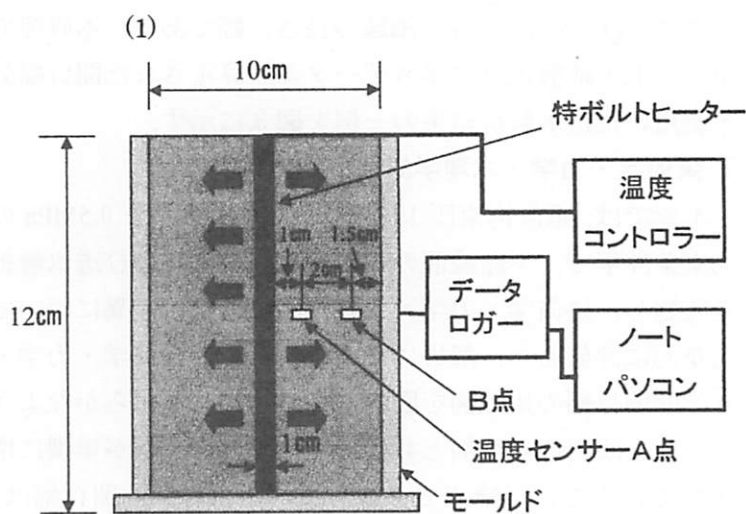


図-1 熱伝導率実験装置

表-1 文献と実験値の比較

文献による値			実験による測定値		
名称	含水比 (%)	熱伝導率 (kcal/m・h・℃)	名称	含水比 (%)	熱伝導率 (kcal/m・h・℃)
粗砂	10	1.30	砂	10	1.817
	18	2.10		18	2.251
細砂	10	1.80			
	18	2.70			
シルト質粘土	25	1.20			
粘土	25	1.00	粘土	25	1.105

の粘土は、大谷焼粘土を用いた。残りの18%の砂の場合は、それら熱伝導率の差は0.45程度異なるが、概ね両者は一致していると考えられる。以上から、本研究で開発した熱伝導率の簡易測定法は妥当であると言える。

(b) 空気乾燥状態

表-2 は空気乾燥状態での土質材料の熱伝導率の測定結果を示している。実験は二回実施し、表中の値はそれらの平均値を示している。湿潤状態の熱伝導率を示した表-1 と比べると、非常に小さい値となっている。この傾向は、水の10℃の熱伝導率が0.529 と実験値と比較して大きいのに関係していると考えられる。

表-2 空気乾燥状態での土質材料の熱伝導率

名称	熱伝導率(kcal/m・h・℃)
信楽粘土	0.303
豊浦砂	0.493

(c) リサイクル材

また、表-3 は廃ガラス材を中心としたリサイクル材の熱伝導率の実験結果である。アスファルトの熱伝導率は、既存のデータであるが、その他は本研究で求めたものである。ここで注目すべきは、廃ガラス材の中でもガラス発泡骨材とガラスカレットは、ほぼ同じ熱伝導率の値となっている。しかし、ガラス発泡骨材の粒径が小さくなると、熱伝導率は極端に小さくなる。つまり、ガラス発泡骨材の粒径の大きなものとガラスカレットは、アスファルトより熱伝導率の値が大きく、熱を伝え易い。これらは粘土や砂よりも小さく、熱を伝えにくい。また、繊維化樹脂舗装の熱伝導率は、原材料より舗装用に固結した時の方が大きく、これは蓄熱量を抑える有用な舗装材料と言える。次に、アスファルトの場合は、他の材料に比べ熱伝導率の値が極めて小さく、熱を通しにくい、すなわち蓄熱量の大きい材料ということが分かった。RC 材の熱伝導率は、本研究で調べた材料の中では大きな数値となった。最後に、石炭灰の熱伝導率は、極めて小さく熱を通しにくい材料であることが分かる。空気乾燥状態での各材料に対する熱伝導率の値を図-3 に示す。ガラス発泡骨材の粒径が4.76mm 以上の場合が最も熱伝導率が0.83 と大きく、熱を通しやすい。残りの材料は同程度で0.25 ぐらいである。その中でも汚泥改良材は0.405 と少し大きい。この結果からガラス発泡骨材は通しやすい材料であると分かった。

表-3 リサイクル材の熱伝導率

名称		熱伝導率(kcal/m・h・℃)
ガラス発泡骨材 (4.76mm 以上)		0.833
(2.00～4.76mm)		0.254
(0.074～2.00mm)		0.260
ガラスカレット		0.981
繊維化樹脂舗装	固 結	6.485
	原材料	0.560
アスファルト		0.641
RC 材		1.259
汚泥処理材		0.405
石炭灰		0.259

4. おわりに 熱伝導率の測定では、ガラス発泡骨材の粒子の大きいときが最も大きく、熱を伝えやすい性質を有している。次に豊浦砂で、リサイクル材は一般に小さな値となった。すなわち、その他のリサイクル材は熱を通しにくい性質を持っているということが分かる。特にガラス発泡骨材では、細粒化すると極端に熱伝導率が小さくなり、熱を伝えにくくなった。

参考文献

1) 石原研而：土質力学，丸善株式会社，pp.43－49，2001. 2) 高橋和希・鈴木 壽：地盤材料の比熱・熱伝導率の簡易測定法の開発，第42回地盤工学研究発表会，pp.547－548，2007. 3) 高橋和希・板坂悠司・鈴木 壽：地盤材料の比熱・熱伝導率の簡易測定法の提案，地盤工学会四国支部平成18年度技術研究発表会講演概要集，pp.55－56，2006.