

足から床への伝導による熱の逃げに関する研究 (その2)

—人工足による測定—

田中辰明 渡辺真知子
岡建雄

Heat Fluxes Conducted to the Floor from the Sole of the Human Foot (Part 2)

—Measurements with Artificial Sole—

Tatsuaki Tanaka Machiko Watanabe
Tatsuo Oka

Abstract

This paper describes experimental evaluations of thermal properties of various floors measured with an artificial sole. The artificial sole is a cylinder of 15 cm diameter filled with water which is heated to 35°C by an electric heater inside. The artificial sole measures heat fluxes and temperatures between the sole and the actual building floor. The b value of the artificial sole obtained is 36, which is higher than that of the human sole, but favorable because it is always stable. The b values of actual building floors measured with the artificial sole agree well with b values obtained by a separate measure in a testing room and also with results of numerical calculations using response factors, which show that the artificial sole can accurately measure b values of actual floors on site.

概要

本報告は人工足を用いて床の熱浸入率を測定したものである。人工足は直径 15 cm の円筒に水を入れ、ヒーターで加熱し、床に接触させる。接触させてから10分間の熱流変化から熱浸入率を計測するもので、実際の建物の床で現場計測を行なうためのものである。人工足の熱浸入率は実際の人の足より大きく、約36であったが、常に安定した値を示しており、実験には好都合であった。この人工足を用いて実際の建物内で各種の床材について熱浸入率を求めた。実験室内で計測された熱浸入率と現場測定による熱浸入率は概ね同様の値となり、又応答係数を用いた計算値とも一致し人工足が充分、計測に耐え得るものであることが示された。

1. はじめに

床の温熱感は人体に対する快適性ばかりでなく、冷暖房の設定室温にも影響を与え、窮極的には建物の省エネルギーに貢献するものである。前報では床の接触温度から熱浸入率を実験により求め各種の床材の熱性能をまとめた。本報告では実際の建物における床の熱浸入率を直接計算するために人工足を試作した。これらの測定値と実験室で測定した試験体のb値を比較すると良好に一致し、試作された人工足が現場計測に耐え得るものである

ことが確認された。人工足は最終的には更に簡便な構成にする必要があり、今後一層計測し易い人工足を開発すべきである。また素足ばかりでなく床の熱浸入率と靴をはいた場合の快適性などの関係について明らかにすることも重要な課題である。

記号

b: 熱浸入率, $b = \sqrt{\lambda C \rho}$ kcal/m²h^{1/2}°C

但し, b_f は床のb値, b_n は足のb値を示す。

c: 比熱 (kcal/kg°C)

ρ : 比重 (kg/m³)

λ : 熱伝導率 (kcal/mh $^{\circ}$ C)

Q : 熱量 (kcal/m 2)

Q_1 は始めの1分間の総熱量で Q_{10} は10分間の総熱量である。

2. 実験装置及び実験方法

床の熱浸入率を測定する装置は諸外国においてもいくつか考案されているが、ここでは図-1, 写真-1 に示されるように直径 15 cm, 高さ 15 cm の円筒状の容器内に水を入れ、これを攪拌しながらヒーターで加熱し、一定水温に調節する方式を採用した。

2.1. 試験体及び床材の b 値

測定は水温35 $^{\circ}$ C一定にした人工足を急激に床表面に接触させて、20分間計測を行なうことにより床材の b 値を求めた。

2.2. 人工足の b 値

測定は2.1. に示す方法で行なった。

人工足の b 値 (b_h) を算出するには水温や熱流から b_h を算出する方法と床の b 値と接触温度から算出する方法がある¹⁾。この二つの方法により b_h の算出を行なった。

2.3. 人工足から床に逃げる熱流

図-1 に示される方法に従って人工足から床に逃げる熱流を測定した。評価時間を10分間とし、 Q_1 , Q_{10} から床材の熱的評価を行なった。

3. 測定結果

3.1. 試験体及び床材の b 値

人工足によって測定した床の熱浸入率 b 値 (b_f) を図-2に示す。計算値は表-1に示される物性値を仮定して応答係数法により求めた b 値であり、測定値と対比させた。表-2は測定された実際の建物の床の b 値と実験室内で測定した床の試験体の b 値を比較したものである。コンクリート及びPタイルとコンクリートの組み合わせでは時間と共に b 値が増大している。ジュータンとコンクリートの組み合わせでは3~4分後までは熱浸入率

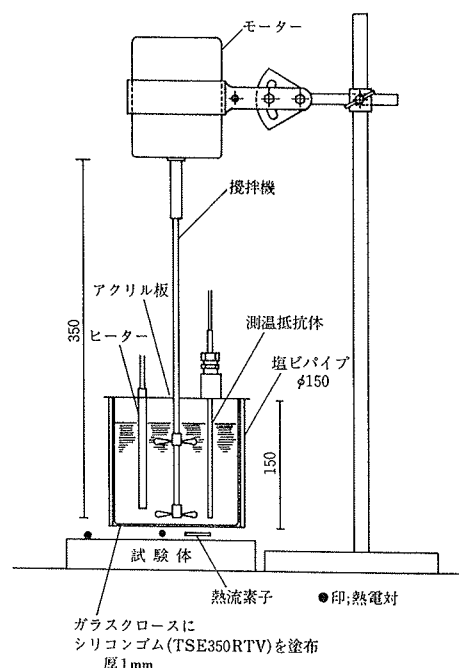


図-1 人工足

が小さくその後 b 値が増大している。逆にPタイルと板との組み合わせではその逆の現象が現われている。他の材料に関してはほぼ安定した値が得られている。試験体と実際の床の b 値と比較するとほぼ同様な値であった。

3.2. 人工足の b 値

水温や熱流から b_h を算出した値と床の b 値と接触温度から算出した値の比較を図-3に示す。両者は良好に一致している。人間の足の b 値は5~20の間に分散していたが、人工足の b 値は40前後に集中している。但し大きい b_h の例は床材が畳の場合である。

3.3. 人工足から床に逃げる熱流

人工足を各種の床に接触させてから10分間の熱流測定を行なった結果を図-4に示す。応答係数法による計算値との比較も示されている。実際に人間の足を用いた既報の熱流¹⁾も図-4中に示した。但し、本測定中は室温が20~21 $^{\circ}$ C前後であったのに対し既報告での室温は13~14 $^{\circ}$ C前後であった。

計算値と測定値は概ね一致していると考えられるが、人間の足を用いた前報の熱流の値とは必ずしも一致していない。 b 値の大きい床ほど床に伝えられる熱量は大きくPタイルとコンクリートの組み合わせは畳板の6倍程度になっている。床の b 値を求める場合、 b 値は伝熱理論上の値であるから、周囲温度や人工足の b 値に左右されない。しかし人工足から床に逃げる熱流は周囲空気温度、初期温度あるいは人工足自身の b 値によって大きく異ってしまう。従って熱流や人工足内の水温降下から直接 b 値を求める場合には十分な注意が必要となろう。

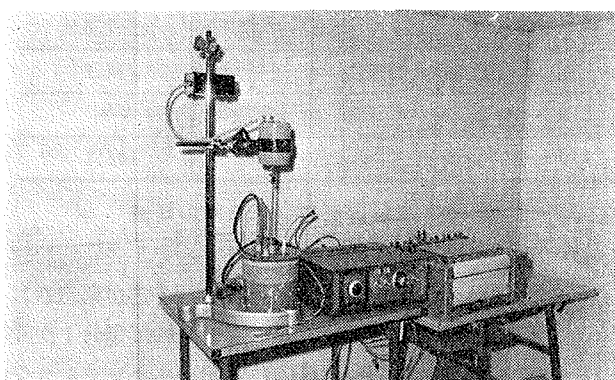


写真-1 実験装置

4. 結論

直径 15 cm の容器内に水を入れた人工足によりその特性及び床の熱浸入率を測定したものである。

(1) コンクリート及びPタイルとコンクリートの組み合わせで、時間とともにb値が増大しているが、これは床に吸収される熱流が大きいため人工足内部の伝熱機構や熱流板自体の影響と考えられる。

(2) 試験体及び実際の床のb値が同様の値であり、評価時間が10分間であれば概ね安定した値が得られ、人工足により床の熱浸入率が計測できることが示された。

(3) 人間の足のb値は 10^{11} であるのに対して人工足のb値は36であった。しかし人間の足に比べるとばらつきが小さなものになった。

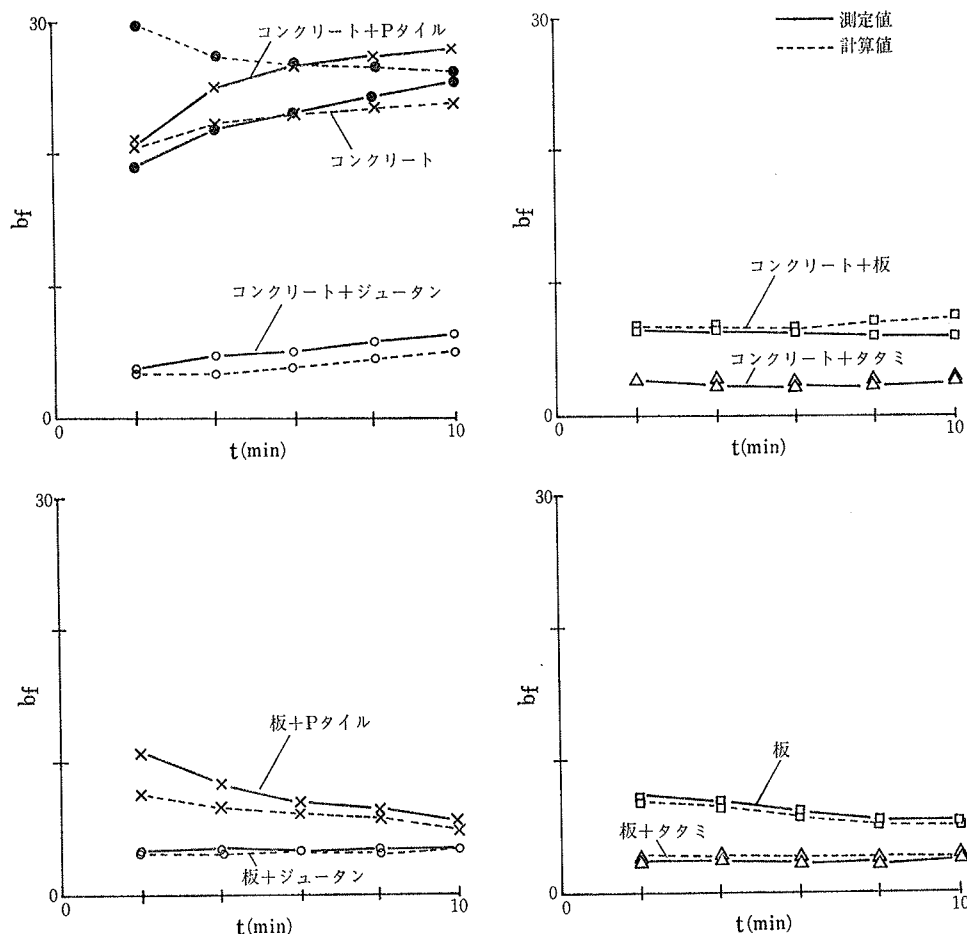


図-2 人工足による床のb値 (bf) と経過時間

	熱伝導率	比重量	比熱
	kcal/mh°C	kg/m ³	kcal/kg°C
コンクリート	1.4	2,222	0.21
Pタイル	0.24	1,190	0.3
जूータン	0.06	380	0.39
タタミ	0.06	290	0.31
板	0.18	590	0.35

表-1 材料の熱的性質

ているため、計測には好都合である。

(4) 人工足から床に逃げる熱流と人間の足を用いた前報の熱流の値とは必ずしも一致していない。これは室温と足のb値の相違に起因しているものと考えられる。

(5) 床に伝えられる熱量の時間的変動に関しては、前回の測定値及び計算値のいずれも異なった値であるが、熱流変動の相対値は同一である。

(6) b値の大きい床程、床に伝えられる熱量は大きく、Pタイルとコンクリートの組み合わせは畳板の6倍程度になっている。

	試験体のbf値	実際の床のbf値
コンクリート+Pタイル	24.5	20.1
コンクリート+タタミ	2.3	—
コンクリート+जूータン	5.1	4.8
コンクリート+板	6.2	—
板	6.0	—
板+タタミ	2.2	—
板+जूータン	3.4	—
板+Pタイル	7.6	7.8
土間コン+ウレタン樹脂	—	14.2
コンクリート	22.7	—
タイル	—	18.1

表-2 試験体及び実際の床のb値

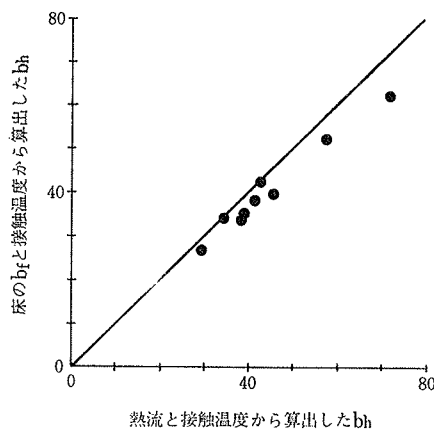
(7) 人工足の直径が小さくなるに従って3次元的影響が現われ1次元熱流として捉えられないことが懸念されたが、評価、測定時間が10分間程度であれば充分1次元として扱ってもさしつかえないことがシミュレーション結果から確認された。

謝辞

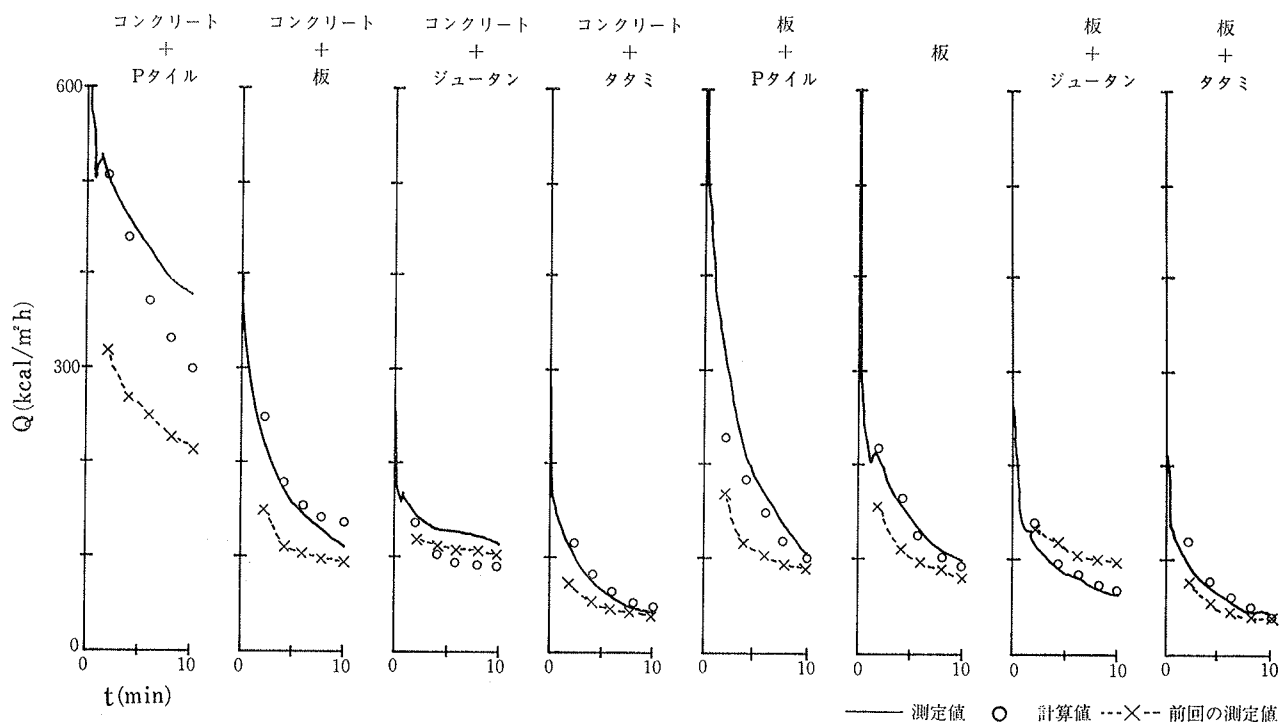
本報告は工業技術院から(財)建材試験センターへ委託された「省エネルギー用建材及び設備等の標準化に関する調査研究(藤井正一総合委員長)」の一環として行なわれたものである。関係者各位に謝意を表します。

参考文献

- 1) 田中, 岡, 渡辺: 足から床への伝導による熱の逃げに関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集, (昭和56.9), pp.713~714
- 2) Berber: Bauphysik, Bernh. Frieder. Voigt
- 3) DIN52614: Bestimmung der Wärmeableitung von Fußböden
- 4) 渡辺 要: 防寒構造, 理工図書, (1957)
- 5) E. グランジャン (洪 悦郎ほか訳): 住居と人間, 人間と技術社, (1978)



図—3 人工足の b_h 値



図—4 人工足から逃げる熱流 Q と経過時間