

床暖房の放熱特性について

正会員 清水則夫

床暖房パネル 放熱特性 集合住宅

1. はじめに 床暖房は、使用されるエネルギーがすべて室内の暖房に使用されるのではなく、その一部は床下へ放出される。住宅の省エネルギー化を考えると、この床下への放熱量を削減することが重要である。そこで床暖房パネルを木造住宅に使用したときの室内への放熱量、床上・下への放熱量の比率を実際の使用状態に近い形で求める試験方法を作成し¹⁾、優良住宅部品の評価のための試験を行い、結果の概要を報告してきた¹⁾²⁾。この試験方法は、床暖房パネルが木造住宅や集合住宅の1階など床下が外気に近い状態を想定したものであり、集合住宅の中間階の床構造や床下の環境条件とは異なる。本報では、集合住宅の中間階に床暖房パネルを設置したときの放熱特性を測定する機会を得たので、その結果を報告する。

2. 測定条件 集合住宅の洋室は、床スラブに乾式二重床を設置し床暖房パネルを載せフローリング仕上げする場合と床スラブにセルフレベリング材や合板を介して床暖房パネルを載せフローリング仕上げ(以下、直貼りフローリング)するケースが多い。乾式二重床は、スラブと置き床の間の空気層が断熱材の役割をするため、1階スラブが無断熱の場合でも床暖房パネルの床上放熱量の比率は60%程度になる。また、空気層内に吸音材や断熱材を設置し床上放熱量の比率を上げることも可能である。一方、直貼りフローリングは、1階スラブが無断熱の場合、床暖房パネルの上部と下部の熱抵抗がほぼ同じになるため供給熱量の50%が

床下に放熱され暖房効果が上がらない可能性が強い。そこで、集合住宅で直貼りフローリングが使用されたときを想定して放熱特性を求めることとした。スラブの断熱条件を以下に、測定条件を表1に示す。

- 省エネ法に定められた断熱を実施した1階のスラブ
- 無断熱の1階スラブ
- 無断熱の中間階スラブ
- 中間階での条件での放熱特性に近づけるための断熱を実施したスラブ
- の断熱条件を実施した1階のスラブ

3. 測定方法および試験体 床暖房パネルの放熱特性は、恒温室・保護箱、内箱、ファン・ヒーターユニット、供試体設置用架台、軸流ファンで構成される装置(図1)を用いて測定した。床暖房パネルを中間階に設置し居室と下階室の設定室温が18℃の時は、床暖房パネルからの放熱量で箱内の温度が18℃を超えるため、試験装置の保護箱・内箱・ファンヒーターユニットを取り除き、恒温室内に風除けの衝立を設置して試験を行うことにした。

床暖房パネルは、フローリング施工による上部閉塞状況が測定結果に与える影響が大きいため仕上げ材一体型の電気床暖房パネルを使用することにした。一体

表1 測定条件

中間階				
試験番号				
居室室温	設定 18			
居室風速	微風			
下階室室温	設定 18		設定 12	
下階室風側	微風			
床上断熱厚 (mm)	無	6	12	無
床下断熱厚 (mm)	無			
1 階				
試験番号				
居室室温	設定 18			
居室風速	微風			
下階室室温	設定 4			
下階室風側	弱風			
床上断熱厚 (mm)	無	6	12	
床下断熱厚 (mm)	50	無		

断熱材の種類、風速についての詳細は後述

一般的には、1階のスラブは省エネ法に基づき外断熱で断熱補強されるケースが多いが、中間階のスラブは断熱補強が行われない。

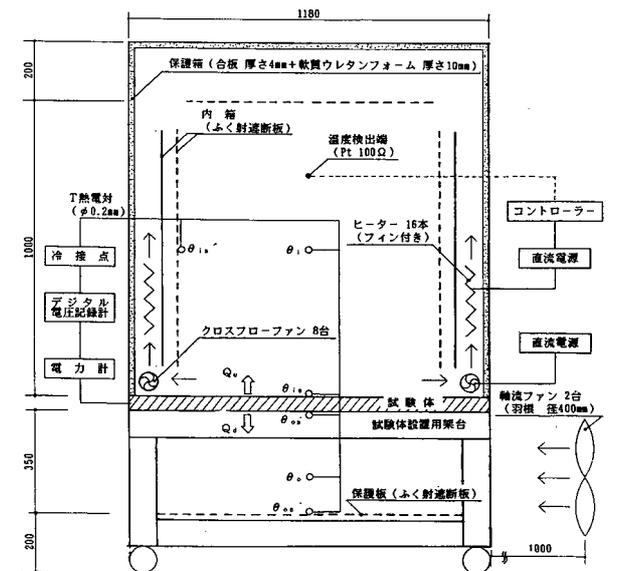


図1 試験装置の概要

型のパネルはフローリング施工の場合と比較して上部のフローリング部分の厚みが薄くなるため、厚さ 4mm の合板を上部に貼り付けて測定を実施することにした。

最近の集合住宅は、厚さ 200mm のスラブが一般的であるため、試験はスラブ部分をコンクリート (200mm 厚) と熱抵抗がほぼ同等となる合板 (12mm 厚 2 枚貼り) に置き換え実施した。スラブの上に設置する断熱材にはスチレンボード、スラブ上に設置する断熱材にはスタイロフォームを使用した。試験時の断熱材の仕様を図 2 に示す。

既報¹⁾の実験で床暖房パネルの放熱面積の 80% 以上に熱流計を貼り付けて測定した床上放熱量と消費電力から床下への放熱量が求められることが確認されているため、試験では電気床暖房パネルの消費電力を電力計、床上への放熱量を熱流計で測定し、その差を床下放熱量とすることにした。

床暖房の放熱特性は、床表面の風速 (表面熱伝達抵抗) に影響される。室内と 1 階の床下では表面熱伝達抵抗が変わる。そこで、表面熱伝達抵抗の設定は、室内 0.11 ± 0.02 ($\text{m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$): 微風、1 階床下 0.06 ± 0.02 ($\text{m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$): 弱風 [熱負荷計算で使用される熱伝達抵抗に近い値] で行うことにした。ここでいう、熱伝達抵抗は、測定結果から下式により求めた見掛けの表面熱伝達抵抗とした。

$$r_i = (i_s - i) \times A / Q_u$$

$$r_o = (o_s - o) \times A / Q_d$$

r_i : 見かけの床上表面熱伝達抵抗 [($\text{m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$)]
 r_o : 見かけの床下表面熱伝達抵抗 [($\text{m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$)]
 A : 床暖房パネルの放熱面積 [m^2]
 Q_u : 床上放熱量 [W]
 Q_d : 床下放熱量 [W]
 i : 室内空気温度 []
 i_s : 床仕上げ材平均表面温度 []
 o_s : 床下平均表面温度 []
 o : 床下空気温度 []

試験装置、測定方法、見かけの熱伝達抵抗の詳細は、既報による¹⁾。

4. 測定結果 優良住宅部品の認定では、標準施行状態での床上放熱量の比率 (以下、比率という) が一般タイプで 60% 以上、高効率タイプで 80% 以上としている。1 階のスラブを省エネ法に示された断熱施行すると、高効率タイプ (比率が

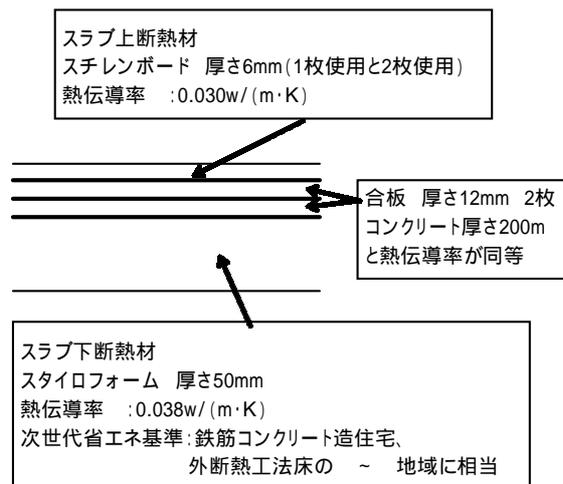


図2 試験時の断熱材の仕様

88%) となるが、無断熱の場合は比率が 53% と一般タイプに満たないことが示された。中間階は、無断熱であっても、一般タイプの基準を満たしていた。中間階を高効率タイプにするには 12mm 厚程度の断熱施行が必要なことが示された。一方、1 階は中間階で高断熱タイプとなる 12mm 厚の断熱施行では比率が 74% 程度であることが示された。

5. まとめ 床暖房パネルを中間階に設置した時の放熱特性が把握できた。床暖房パネルを設置するために中間階のスラブを断熱施行するのは、床の段差 (バリアフリー) 解消などを考えると難しい。しかし、地球温暖化防止・省エネを考えるとエネルギーの浪費を避ける必要がある。集合住宅の中間階は、スラブに蓄熱された熱エネルギーが再放出されるため必ずしも浪費されたエネルギーとはいえない。今後は、このエネルギーの評価も必要と考える。

【文献】

- 1) 清水: 床暖房システムの放熱量に関する研究、日本建築学会計画系論文集、第 516 号、61-68、1999 年 2 月
- 2) 清水: 床暖房の放熱量について、空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集、289 - 292、1999 年 9 月

表 2 測定結果

試験番号	中間階						1 階			
	無	6mm	12mm	無	6mm	12mm	無	6mm	12mm	
スラブ上の断熱材厚	無	6mm	12mm	無	6mm	12mm	無	6mm	12mm	
スラブ下の断熱材厚	無						50mm	無		
居室室温	18.2	18.3	18.3	18.0	18.1	18.2	18.2	18.1	18.3	18.3
下階室温	18.3	18.2	18.1	11.6	11.8	11.6	3.4	3.5	3.8	3.8
床上放熱量の比率	72%	79%	84%	62%	74%	79%	88%	53%	66%	74%
床下放熱量の比率	28%	21%	16%	38%	26%	21%	12%	47%	34%	26%
床上熱伝達抵抗	0.11	0.11	0.10	0.12	0.11	0.11	0.10	0.11	0.11	0.10
床下熱伝達抵抗	0.09	0.09	0.09	0.09	0.10	0.10	0.06	0.06	0.05	0.07

熱伝達抵抗の単位: ($\text{m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$)

*1 ベターリビング筑波建築試験センター 博(工)

*1 Center for Better Living, Tukuba Building Test Laboratory, Dr. eng.