

RC造建築物におけるピロティ上部空間の 温熱環境の改善に関する研究

松木 翔太¹⁾ 飯野 秋成²⁾

1. はじめに

新潟工科大学（以下本学）会議室は南棟と北棟を2階で連結するブリッジ内、すなわちピロティの上部に位置している。このため、冬季には足下が寒いなど不満の声が挙げられており、実際冬季の会議室では作業を行うには好ましくない温熱環境となっている。その原因としては床面が外張断熱となっていること、及び床下内部に840mmを超える大きな空気層を持つため、床面からの熱損失が大きいためであると考えられる。このような床下の構造はピロティ空間ではしばしば見られる。

そこで本研究では、本学会議室の温熱環境を内断熱を基本的な考え方として、カーペットを用いて改善した。またコンクリートスラブと金属パネルによって空気層が構成されたピロティ上部空間の床の熱収支の解析を行うための伝熱モデルを作成することを試みた結果を報告する。

2. 本研究における基本的な考え方

本学の会議室は1～2時間程度の会議が1～2回/日程度行われるといった使用状況である。そのため熱容量の極めて大きい躯体の影響をあまり受けることなく、短時間で室温を目的のレベルにコントロールできる内断熱の対策をとることが有効と考えられる。そこで本研究では、カーペットの敷設による本学会議室の温熱環境の改善を図り、その効果について夏季及び冬季において検証を行う。

床下内部の構造は150mmのコンクリートスラブの下に厚さ25mmの押出法ポリスチレンがあるのみで、その下には840mmの空気層がありそれが薄い金属パネルによって塞がれている。このような施工方法による断熱では会議室内の熱の多くは床スラブに吸収されてしまう。

そこで床面の熱収支の解析を行い、このようなピロティ上部空間の熱収支を把握するための伝熱モデルの作成を行った。



図1 対象施設2階平面図

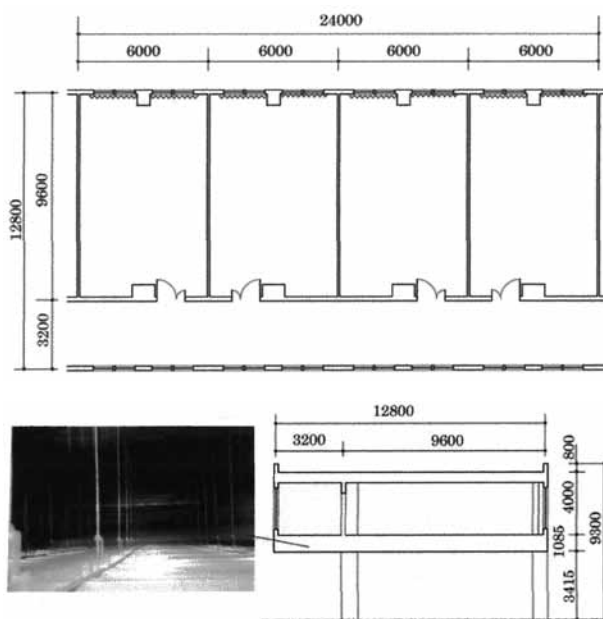


図2 対象施設詳細及び床下部分詳細

1) まつき しょうた

〒945-0047 新潟県柏崎市比角2丁目3番26号
株式会社阿部建設（勤務先）

2) いいの あきなる

〒945-1195 新潟県柏崎市藤橋1719
新潟工科大学工学部建築学科（勤務先）

3. 実測調査

本学会議室の温熱環境について、現状の調査とカーペット敷設による温熱環境改善への効果の検証を行うため、夏季と冬季に実測調査を行う。

対象施設は新潟工科大学会議室及び渡り廊下、また渡り廊下の屋上及び会議室床下内部その下のピロティ部分を対象とし調査を行う。カーペットは全厚6.5mmであり、上部はナイロン、下部はゴムシートによって構成されている一般的な事務室フロア用のものを用いた。

実測詳細は表1、計測機器の配置は図3の通りとする。

4. 調査結果

4-1 夏季調査結果

まず図4に会議室内の気温の平均を比較すると、冷房運転開始前は、CASE3よりもCASE1及びCASE2の方が平均で2℃程温度が高かったが、冷房の運転が開始されると急激に温度が下がった。1回目の冷房の運転停止直前の温度を比べてみると、CASE1及び2の方がCASE3に比べ平均で1℃程低い温度となった。

図5は気温の鉛直分布である。カーペットの敷設を行ったCASE1及び2の方がカーペットの敷設を行っていないCASE3に比べ上下の温度差が大きくなっていったが、これは全体的に温度が低くなっており、冷房が効果的に利用出来たためであると考えられる。

図6の床表面温度では、冷房の運転開始前カーペット敷設を行った方が表面温度が高かった。これはカーペットが熱を保持したためであるが、冷房の運転を開始すると急激に表面温度が下がり、その温度差はカーペットを敷設しない場合に比べて2倍以上の温度変化があった。また、カーペットのみ敷設した場合とカーペットと押出法ポリスチレンをあわせて敷設した場合を比較すると、押出法ポリスチレンをあわせて敷設した方は、カーペット下の床表面温度の温度変化があまり見られなかった。これは、ス押し出法ポリスチレンによって会議室から床コンクリートスラブへの熱流が遮断されたためだと考えられる。

夏季実測調査では、カーペットを敷設することで冷房の効果を効率よく得ることができ、夏季温熱環境の改善について効果が見られた。

さらに押し出法ポリスチレンをあわせて敷設することで室内から床コンクリートへの熱流の大半を遮断し、床面からの熱損失を大きく低減することができる。これによって会議室の温熱環境の改善に高い効果を得ることができる。しかし、本学会議室は可動式間仕切壁によって仕切られており、押し出法ポリスチレンを敷設すると、間仕切壁を動かしにくい状況となる。

4-2 冬季調査結果

冬季実測調査の結果、カーペットの敷設は冬季温熱環境の改善にも効果が見られた。

表1 実測詳細

計測条件	
窓及び遮光カーテンを閉め切り、10:40~12:00、14:40~16:00の間、冷暖房の運転を行い計測する。(冷房の設定温度は26℃、暖房の設定温度は24℃とする。)また夏季、冬季の違い等詳細な条件は下記の通りとする。	
夏季実測調査 (2012年8月30日~9月3日)	
CASE1: 第2会議室において、床面にカーペットを敷設し、冷房の運転を行い計測する。	
CASE2: 第2会議室において、床面にカーペット及び押出法ポリスチレン25mmを敷設し冷房の運転を行い計測する。(CASE2のみ、冷房の設定温度を26℃と、20℃の状態での実測を行う。)	
CASE3: 第3会議室において、床面は現状のまま、冷房の運転を行い計測する。	
冬季実測調査 (2012年12月21日~12月23日)	
CASE1: 第4会議室において、床面にカーペットの敷設し、暖房の運転を行い計測する。	
CASE2: 第3会議室において、床面は現状のまま、暖房の運転を行い計測する。	
CASE3: 第2会議室において、床面は現状のままとし、暖房の運転は行わず計測する。	
気温・相対湿度	屋上、ピロティ部分、各会議室、前面廊下に温度計を設置し、一定間隔毎に自動計測する。また床下内部に熱電対を設置し、スラブ内の計測も行う。
表面温度	ピロティ部分、各会議室、前面廊下、床下内部に熱電対を貼り付け、一定間隔毎に自動計測する。
グローブ温度	各会議室の中央にグローブ球を設置し、熱電対を用いて一定間隔毎に自動計測する。
熱流	会議室床表面、床下内部に熱流計を設置し、一定間隔毎に自動計測する。
日射	屋上に日射計を設置し、一定間隔毎に自動計測する。
風速	屋上及び、ピロティ部分の2点において、風速計を設置し、一定間隔毎に計測を行う。



図3 実測機器配置図

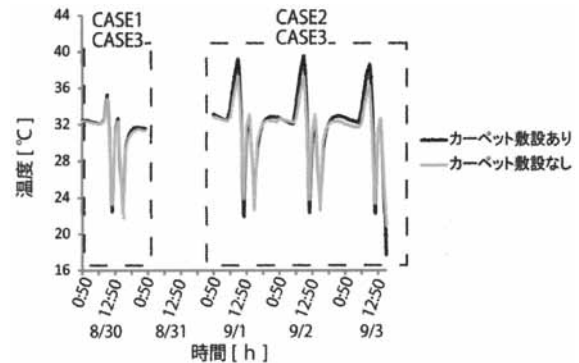


図4 会議室内平均温度の時系列変化

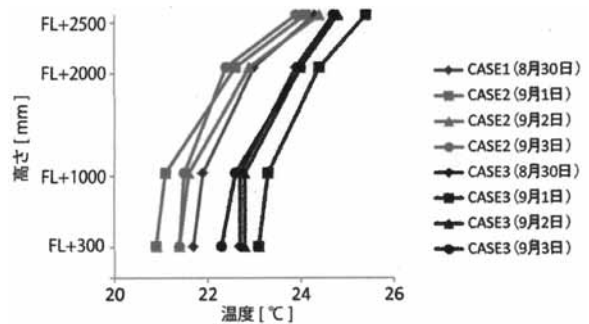


図5 各日11時50分の鉛直方向温度分布

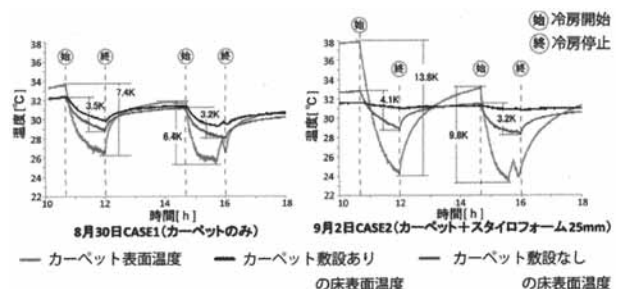


図6 夏季における床表面温度の時系列変化

図7は12月22日のグローブ温度の比較である。カーペットを敷設した場合はしない場合と比べると、敷設した方が約3℃高くなり、会議室が暖まっているといえる。

図8に示す床表面温度では、夏季に見えたようにカーペットが熱を保持するため、敷設しない場合に比べて1℃程高くなった。暖房の運転を開始すると急激に温度が上がリ、暖房使用前後の温度差はカーペットを敷設した場合で5.7K、していない場合は2.9Kと倍近い温度差になっていた。また暖房の停止時には4Kも温度差が見られた。

図9は会議室内気温の鉛直方向温度分布である。床付近の気温と天井付近の温度差は暖房開始前では鉛直方向での温度差はほとんどないが、暖房運転停止時の鉛直方向温度分布は、カーペット敷設を行った場合は平均で8.3K、行わない場合は12.0Kと敷設した場合の方が4K程低くなった。

このように素早く温度が上がることによって足下温度を素早く上昇させることができ、冬季温熱環境の大きな問題点であった足下の寒さを改善することができた。また床面への熱損失を低減することによって暖房を効率よく利用することができ、省エネの観点でも効果があったと言える。

5. 床下内部の温熱環境について

5-1 床下内部空気層の調査結果伝熱モデルの作成

図10は床下内部空気層の鉛直方向温度分布である床下内部空気層は、中央で温度の違う2つの空気層分かっていた。

また図11に示す空気層の温度変化を見ると、2つの空気層の温度差は一定で変化しており、また空気層の温度変化に注目すると、外気温から強い影響を受けており、外気温の方が温度変化の起伏は激しいが、空気層は外気温の温度変化から若干遅れて同じ波形で変化していた。

この空気層の実測結果から床面の熱収支の解析を行うために、図12に示す2つのアプローチから伝熱モデルを作成した。伝熱モデルは物理的意味合いを保持したモデルとし、熱容量を無視し熱抵抗を与えることで床面の熱収支を解析する「熱抵抗モデル」と、実測結果の統計から空気層の温度を外気温から回帰させ与える「温度回帰モデル」の2つのアプローチから伝熱モデルを作成し、シミュレーションを行いその精度の確認を行った。

5-2 シミュレーション結果

「熱抵抗モデル」を用いてシミュレーションを行うために、計測した熱流から熱抵抗の算出を行った結果を図13に示す¹⁾。熱抵抗の値は夏季では平均0.5 (m²K/W)、標準偏差0.3 (m²K/W) 程度の範囲での変動であった。しかし、冬季では平均2.4 (m²K/W)、標準偏差1.4 (m²K/W) と大きい範囲で変動した。また夏季と冬季で値が大きく変動してしまい、伝熱モデルを作成してシミュレーションを行うことができなかった。

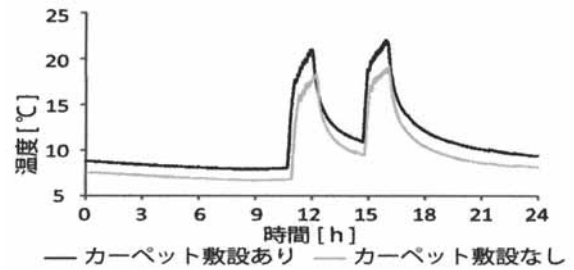


図7 冬季のグローブ温度時系列変化

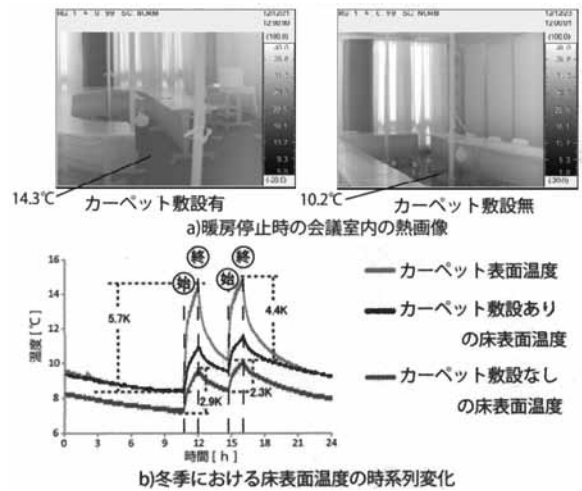


図8 冬季における床表面温度

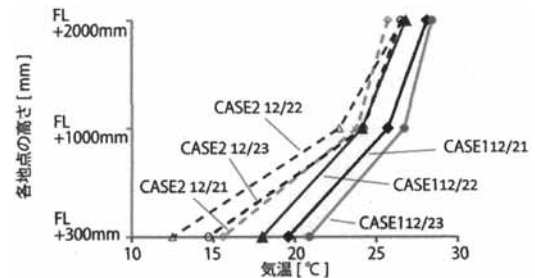


図9 各日12時の会議室内鉛直方向温度分布

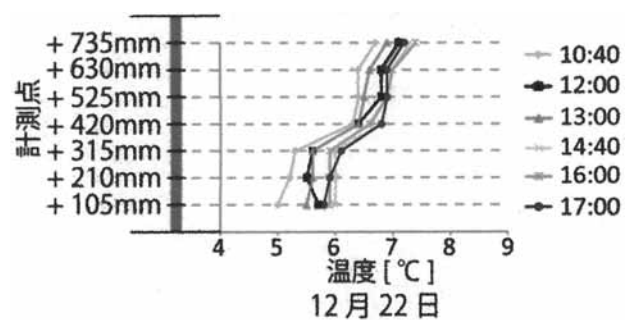


図10 床下内部空気層の鉛直方向温度分布

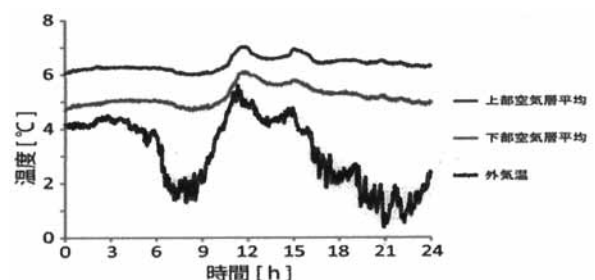


図11 床下内部空気層の時系列変化

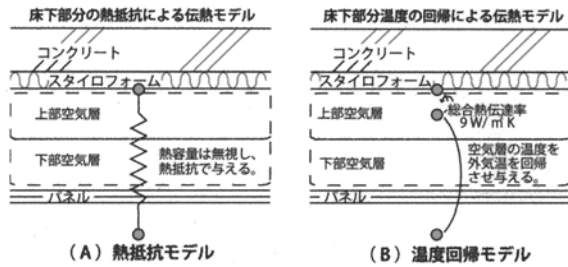


図12 作成した伝熱モデルの概念図

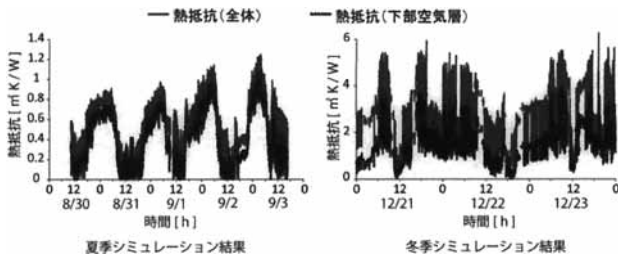


図13 熱抵抗算出結果

そこで「温度回帰モデル」を用い解析を行ったところ、図14のような回帰式を用いることで外気温から空気層の温度を与えることができた。この回帰式を用い空気層温度を算出し、床面の熱収支のシミュレーションを行い、空気層を外気温とした場合としたものと比較を行った²⁾。

図15にシミュレーション結果を示す。室内側床表面温度のモデルでも外気温相当のシミュレーション結果も実測値とほぼ等しい値となった。床下内部室内側表面温度ではモデル、外気温相当ともに、実測値よりも若干温度変化の起伏が激しかったが、変化の波形は等しかった。

図16のシミュレーション結果と実測値の相関をしてみると、「温度回帰モデル」は冬季のシミュレーションにおいて外気温相当とした場合よりもより高い精度を持つ。

このことから「温度回帰モデル」を用いることで本学会議室の床面の熱収支を解析することができると言える。

6. まとめ

本研究により、以下の知見を得た。

- 1) カーベットの敷設により、冷暖房を効率的に利用することができ、床面からの熱損失を低減し足下の寒さなど温熱環境を改善することができた。
- 2) 本学のようにコンクリートスラブと金属パネルによって空気層が構成されたピロティ上部空間の床の熱収支は、外気温から床下内部空気層の温度を回帰して与える、「温度回帰モデル」を用いることで解析することができた。

今後は、伝熱モデルの精度を高めると共に、本学の建物以外でのピロティへの汎用性の確認を進めていく必要がある。

【参考文献】

- 1) 山形一彰;実用教材建築環境工学, 彰国社 (2000)
- 2) 三浦昌生;基礎力が身につく環境工学, 森北出版株式会社 (2006)

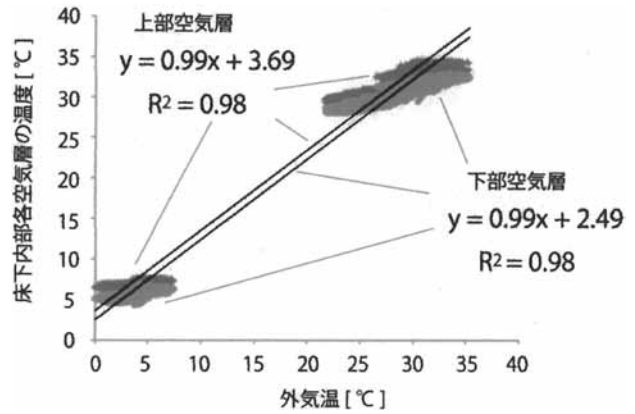


図14 温度回帰モデル回帰式

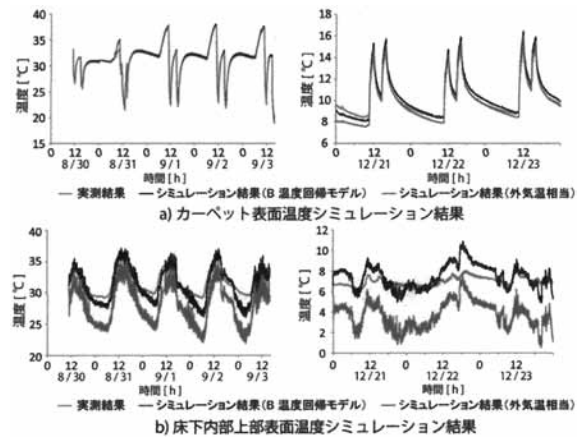


図15 温度回帰モデルによるシミュレーション結果

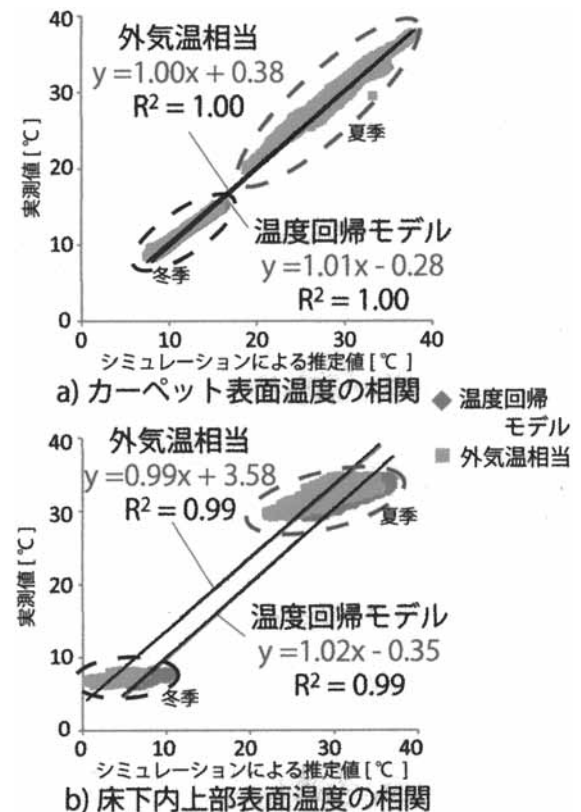


図16 シミュレーション結果と実測値の相関