

壁内中空層の自然換気による日射熱排除効果

第3報——中空層壁体モデルの気象ばく露実験結果

角	舎	輝	典 ^{*1}
溝	口		久 ^{*2}
本	間		宏 ^{*1}

キーワード：実験・気象ばく露実験・中空層付き外壁・日射熱排除・自然換気・
冷房負荷低減・浮力・実寸モデル

中空層の換気による冷房負荷低減効果の検討のために、単純化した中空層を備えた外壁の実寸模型を作成し、実際の気象にばく露して各部の温度などの変化を測定した。模型を南面させ、3月および10月の実験では、コンクリート中央の温度と外気温との差の24時間平均は、上下のスリット幅を0, 10, 40 mm と広げるにつれて7.2, 6.4, 4.5°Cと低下した。中空層内空気温度と外気温との差によって生ずる浮力から推定した平均流速は日射熱入射時にスリット幅10 mm では約0.1 m/s, スリット幅40 mm では約0.3 m/sであった。気流による外部への熱の搬出量の1日の合計値はスリット10 mm では369 W・h/m²であるが、スリット幅40 mm では871 W・h/m²に増大していた。

まえがき

壁内中空層の厚さを十分にとり、その上下に適切な開口を設けた場合、中空層中の空気は日射熱を吸収し、浮力によって最大流速0.3 m/s程度で上昇し、中空層を換気することがわかった^{1)~3)}。この換気が、壁外表面に吸収される日射熱を外部へ排除し、室内の冷房負荷軽減に貢献すると予想される。本研究では単純化された中空層を持つ壁体の模型を作成し、実際の気象の下での各部温度変動などの実測を行った。この結果に基づいて、自然換気を行う中空層の伝熱特性と、空気流動に伴う日射熱排除効果を検討している。

1. 実験装置と実験方法

本研究では、特に中空層内の自然換気に着目した実験を自然気象下で行うことを目的として、実験用模型の単

純化を図った。普通の建物の壁体は室内側は冷暖房などによりほぼ一定に保たれるが、本実験では室内側の温度制御を省き、この面は断熱面とした。そして中空層に面する壁表面の外気や日射による温度変動を抑制するために、壁本体を普通の壁よりやや厚めの密実なコンクリート板とした。模型の寸法、特に高さは、縮尺模型とした場合の次元を合わせるための煩雑さを避けること、気象条件の影響を直接分析できること、および測定用センサの設置による気流・熱流への干渉を避けること、またセンサ設定位置の精度上の条件などから一般的建物の階高に相当する寸法とし、高さ2.48 mとした。また、熱流および気流を鉛直断面に関して二次元流として扱うために、中空層の最大厚さ100 mm程度を想定し、幅をその4倍の400 mmに定め、幅の中心線上における熱流および気流を分析対象とすることとした。

図-1に実験に使用した壁体モデルの断面図を示す。壁体モデルの試験部分は、2250×400×150[mm](高さ×幅×厚さ)のコンクリート壁体を中心に、2250×400

*1 豊橋技術科学大学 正会員

*2 静岡県庁

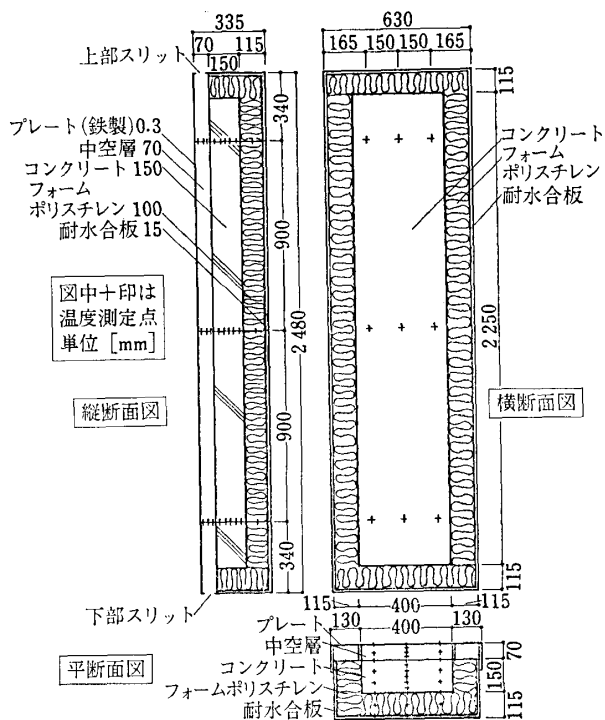


図-1 気象ばく露実験用中空層付き壁体モデル

[mm]の受熱側の1面を残し、周囲を厚さ100mmの断熱材で囲み、さらにその周囲を厚さ15mmの耐水合板で囲った。受熱面は70mmの空気層を間に挟んで厚さ0.3mmの茶褐色塗装鉄板製のプレートで覆った。中空層の上下はスリット状の開口を設け、その幅を調節できる構造とした。中空層の両側面には外気温変動の緩衝部として100mmずつの中空層を設け、この上下は試験部分と同じ幅のスリットを上下に設けた。温度測定は高さ方向の2等分点、およびこれより上下に900mmの位置で同図中に+印で示してある位置にCu-Const.熱電対φ0.3mmを設置した。以後、これらの測定位置を下より下部、中央、上部測定位置と呼ぶ。プレートおよびコンクリート表面温度測定には、熱電対の先端50mmを厚さ約0.1mm、幅約1mmに伸展し、測定点に接着した。各位置の中空層の空気温度測定はコンクリートおよびプレート表面より10mmの位置と中空層の中心位置の計3点に熱電対を設置した。空気温度測定用熱電対はふく射の影響を抑えるためステンレスパイプφ6mmを上下方向の気流を妨げない方向に向けて覆った。コンクリート壁体内部の温度測定点は、水平方向に25mm間隔で表面より断熱面まで合計7点で温度測定を行った。また、発泡ポリスチレン、合板の接触面にも熱電対を設置した。外界条件として外気温、模型側部に模型のプレート面と平行に取り付けた日射計による放射熱入射量の測定も同時に行った。これらのセンサの信号は金接点のリレーを通じて1台の電圧計に接続した。電圧計の使

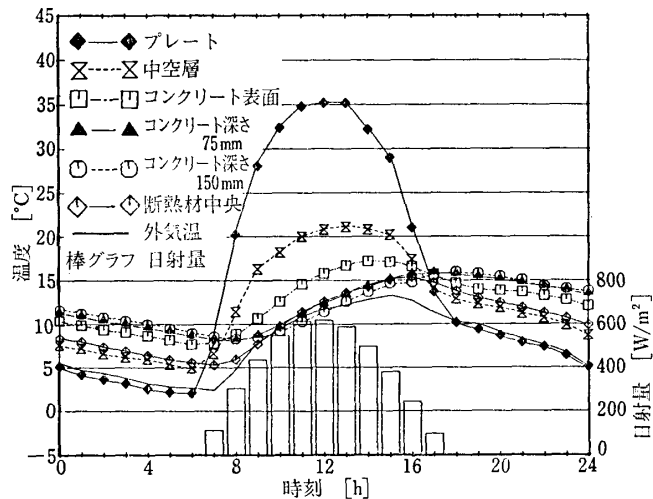


図-2 中空層上下開口幅40mmの場合のモデル各部温度変化(中央測定位置, 1982年3月10日, 24時間平均気温7.75°C, 日射量合計4430 W・h/m², 南面)

用レンジは20mVで、このときの測定精度0.045%、分解能1μVである。これにより、Cu-Const.熱電対による温度測定の分解能は約0.025°Cとなる。

測定結果はパソコンに送り、作表・記録した。測定はパソコンによる24時間連続測定であり、多点測定の処理能力の関係で6分間隔で測定を行った。この模型を2体作製し、豊橋技術科学大学構内の低層実験室屋上にプレート面を南面させ、鉛直に設置した。測定は1981年10月27日より12月1日および1982年3月8日より3月29日の期間で行った。上下の開口幅を0, 10, 40mmと変化させ、一つの開口幅の条件に対し約1週間ずつ測定を行い、スリット幅を変化させた場合にはその後2日間は平衡に達するまでの過渡期間とし、それ以後のデータで検討を行った。また熱流解析を行うためのデータとしては、快晴無風または微風時のものを選択している。また、自動測定の時計は当地方の真太陽時に合わせた。

2. 実験結果

図-2は上下の開口幅40mmの場合で、晴れた日の24時間の中央測定位置の各部の温度変化を示す。プレート温度は夜間は外気温に等しいが、それよりやや低めの温度であったが、日射の入射とともに上昇し、正午過ぎには外気温より約23°C高くなった。16時まで外気温は上昇を続けたが、プレート温度は13時以降は降下し始めた。コンクリート内部で中空層側表面より深さ75mmの位置の温度は最高と最低の差が約8°Cで、外気温の日較差10.5°Cの約75%に縮まり、かつ3~4時間の時間遅れを示した。コンクリートの中空層側表面温度は夜間はコンクリート内部温度より1~2°C低く推移したが、日射入射時には外気温より約4°C高くなり、かつ最

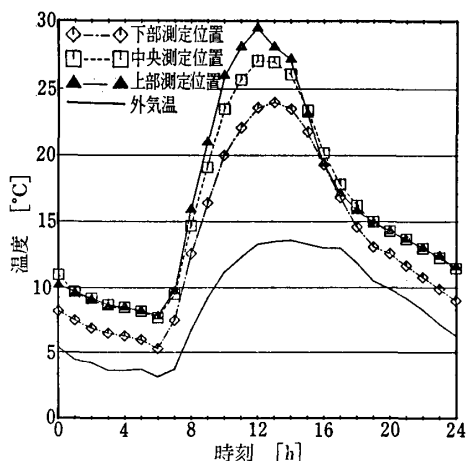


図-3 中空層上下開口幅 10 mm の場合の上・中・下部測定位置での中空層厚さ方向中央における空気温度変化(1982年3月29日, 24時間平均気温 8.56°C, 日射量合計 3724 W·h/m², 南面)

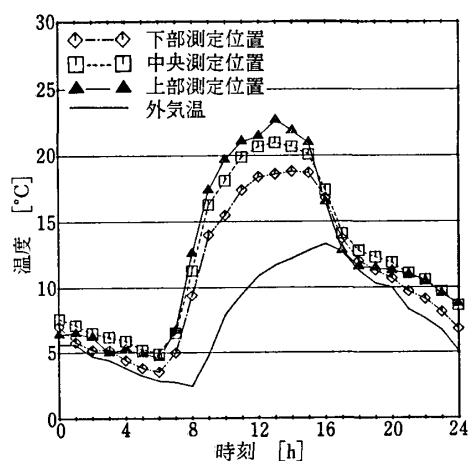


図-4 中空層上下開口幅 40 mm の場合の上・中・下部測定位置での中空層厚さ方向における空気温度変化(1982年3月10日, 24時間平均気温 7.75°C, 日射量合計 4430 W·h/m², 南面)

高温度を示す時刻はプレート温度のそれより2~3時間遅く, 外気温より1時間程度早かった. 断熱層中央の温度は24時間の平均が外気温平均より約2°C高く, 較差は外気温のそれとほぼ等しい. したがって, この実験模型の断熱層より中空層側は室温が外気温より約2°C高い部屋の内断熱を行ったコンクリート壁にほぼ相当するものと思われる.

図-3, 4はそれぞれ上下の開口幅 10 および 40 mm の場合の下部, 中央, 上部測定位置で, 中空層中央における温度変化を示す. 開口幅 10 および 40 mm の測定日の全日総日射量は 3724 および 4430 W·h/m² で, 正午における値は 522 および 617 W/m² であった. 開口幅 10 mm の場合, 正午における下部測定位置空気温度と外気温の差は約 11°C であるのに対し, 開口幅 40 mm ではこの差は 4°C に縮まっていた. 上部測定位置空気温度と外気温との差は, 開口幅 10 mm の場合 15.5°C, 40 mm の場合 10°C となる. 開口幅 10 mm では下部測定点ですでに空気温度の上昇が 40 mm の場合の約 3 倍に達しており, これは空気の流速が低いことを示している. 正午において中央測定位置における中空層内空気温度は, 開口幅 10, 40 mm とともにプレートより 10 mm では約 1°C 高く, コンクリート面より 10 mm では中央より約 1°C 低くなっていた.

図-5~7に, 上下の開口幅がそれぞれ 0, 10, 40 mm の場合の各部温度変化を示す. 各図は左より右へ, それぞれ下部, 中央, 上部測定位置の測定結果である.

これらの場合を通じて, プレート温度の下部, 中央, 上部における温度差は最大 2.5°C であった. このような小さな温度差はプレートが鉄製であり, 上下方向の熱伝

導率の高さのためと考えられる. また, 下部, 中央, 上部の温度の比較では, 上部プレート温度より中央部プレート温度のほうがやや高くなる場合が見受けられた. これは, 外側表面熱伝達率がモデルの形状などにより中央部と上部で異なるためと思われる.

どの開口幅においても日射のあるときには中空層内空気温度は測定高さが高いほど高くなっている. 上下開口を密閉した場合の中空層内空気と外気との温度差の正午における値は, 下部測定位置で 15.6°C, 中央および上部ではそれぞれ 17.1, 20.8°C であった. 開口幅 10 mm の場合この温度差は, 下部測定位置で約 10.8°C に対し, 中央および上部では 13.7, 16.0°C であった. 上下開口幅 40 mm の場合には, この温度差は下から 6.8, 9.1, 10.0°C であった. このように日射のあるときには下部開口より流入した空気は中空層内でプレート内表面より熱を吸収しながら上昇し, 上部開口より流出する. これに伴い, コンクリート表面温度は上部ほど高くなっていた.

中央測定位置におけるコンクリート表面温度と外気温との差の24時間平均値は, 開口幅 0, 10, 40 mm でそれぞれ 7.7, 6.4, 4.7°C と, 開口が大きくなるにつれて低下するとともに, 表面温度が最も上昇する時間が密閉では, 正午に対し開口幅 10 mm では 14時, 開口 40 mm で 15時, と次第に遅くなっていた. この時間遅れは, 開口が大きくなるにつれて, コンクリート内部の蓄熱量に対して, 中空層側からコンクリート表面へ流入する熱流が少なく, 内部温度の上昇に時間がかかったことを示す. また, 表面温度の最高値と最低値の差も, 開口幅 0, 10, 40 mm に対し 12.2, 10.7, 9.5°C と減少し, 表面における熱の出入りも, 開口幅が大きくなるにつれて低下

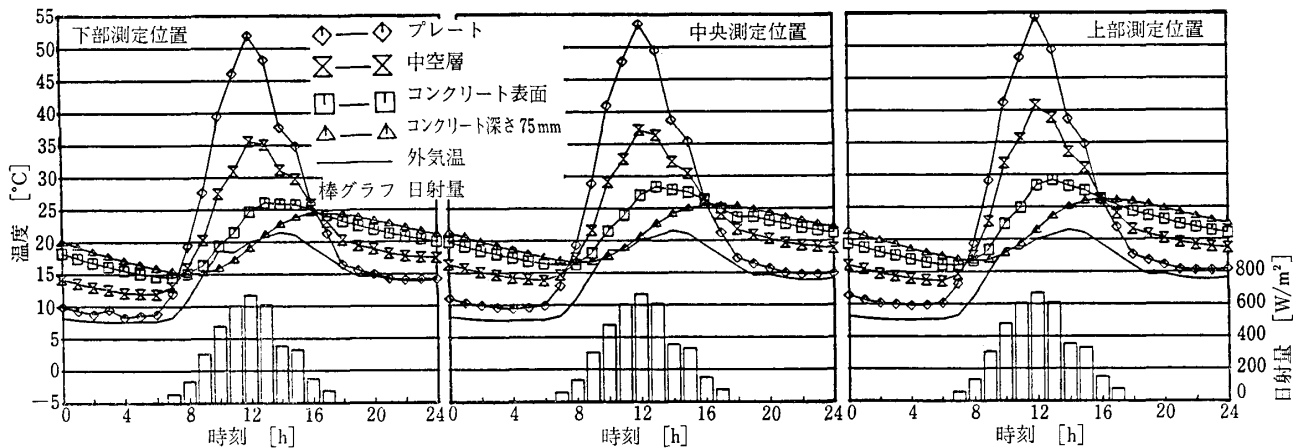


図-5 中空層上下開口幅0mmの場合の各部温度変化(1981年10月27日, 24時間平均気温13.89°C, 日射量合計3772 W·h/m², 南面)

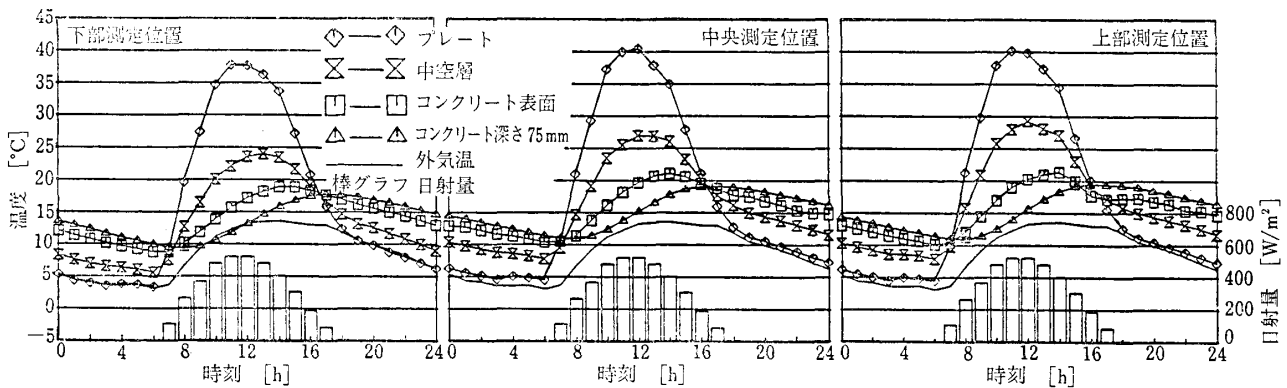


図-6 中空層上下開口幅10mmの場合の各部温度変化(1982年3月29日, 24時間平均気温8.56°C, 日射量合計3724 W·h/m², 南面)

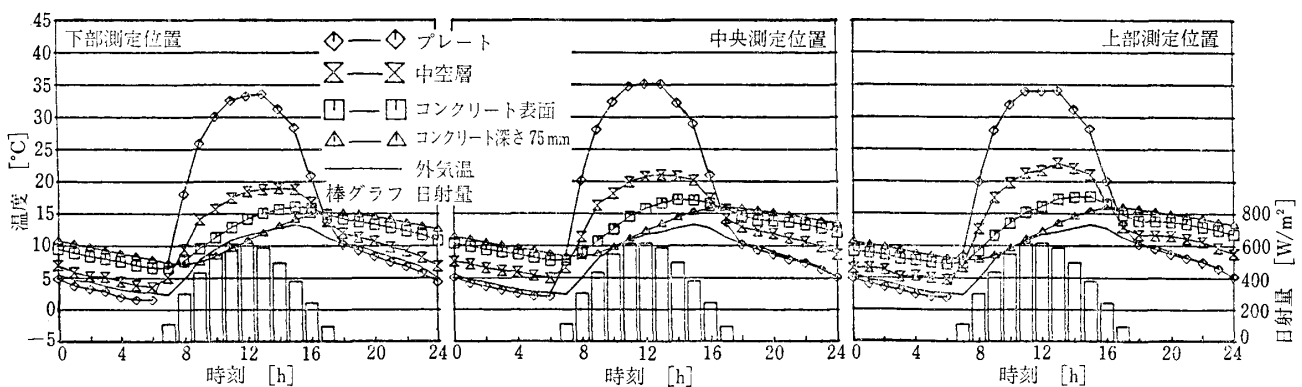


図-7 中空層上下開口幅40mmの場合の各部温度変化(1982年3月10日, 24時間平均気温7.75°C, 日射量合計4430 W·h/m², 南面)

している。

3. コンクリート表面における熱流

中空層を換気する壁は従来の熱通過率法では室内の熱負荷を計算できないが、コンクリートの表面より室内側だけに関してならば扱いが単純で明確である。図-8にコンクリート壁表面における熱収支の模式図を示す。図

は昼間の日射のある場合のもので、熱流の方向は図の右方向を正として扱う。コンクリート表面から内部に向かう熱流 Q は、コンクリート表面および内部の過去の温度履歴の測定値を用いて非定常の差分法により計算した。コンクリートの熱伝導率は、両側面の温度変動に実測値を与えたとき、差分法で計算した内部の温度変動が実測値に最もよく合う値として、 $2.43 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ を選んで使

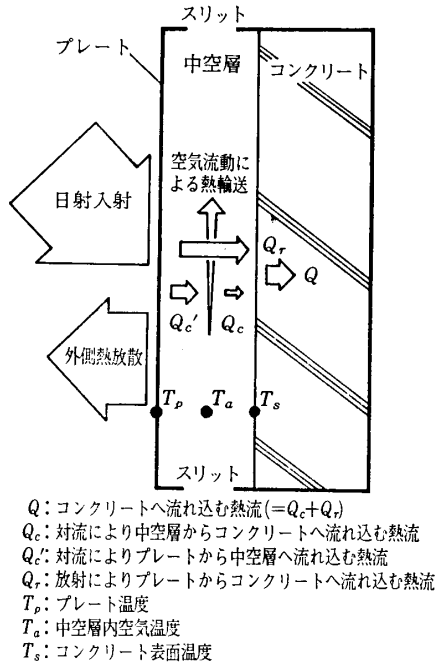


図-8 換気中空層をもつ壁体の熱平衡

用した. またプレートとコンクリート表面間の放射熱流 Q_r は, 両面の温度測定値に対してその放射熱流を計算し, 1時間ごとに総計して求めた. この計算で, プレートの中空層側表面およびコンクリート表面の放射率をそれぞれ 0.95, 0.90 と仮定した. 層内空気からの対流熱流 Q_c は, Q と Q_r の差により $Q_c = Q - Q_r$ として求めた⁴⁾. このような方法で求めた各部の熱流の1日間の変化を図-9~11に示す. 比較のため本実験に用いたモデルで日射遮へいプレートを設けない場合の各部温度および熱流を二次元差分法により, 開口40mmの実測と同じ気象データを用いて計算した結果を図-12に示す.

開口幅0mmでは, 下部のコンクリートへの流入熱流 Q は正午において 166 W/m^2 , 中央では 172 W/m^2 , 上部では 194 W/m^2 である. 開口幅40mmでは下部で 99 W/m^2 , 中央で 107 , 上部で 111 と各開口幅とも上部にいくに従って増大している. このコンクリートへの流入熱流 Q の増分のほとんどは, 対流熱流 Q_c の増加によるものであり, 層内空気温度が上部にいくに従って上昇

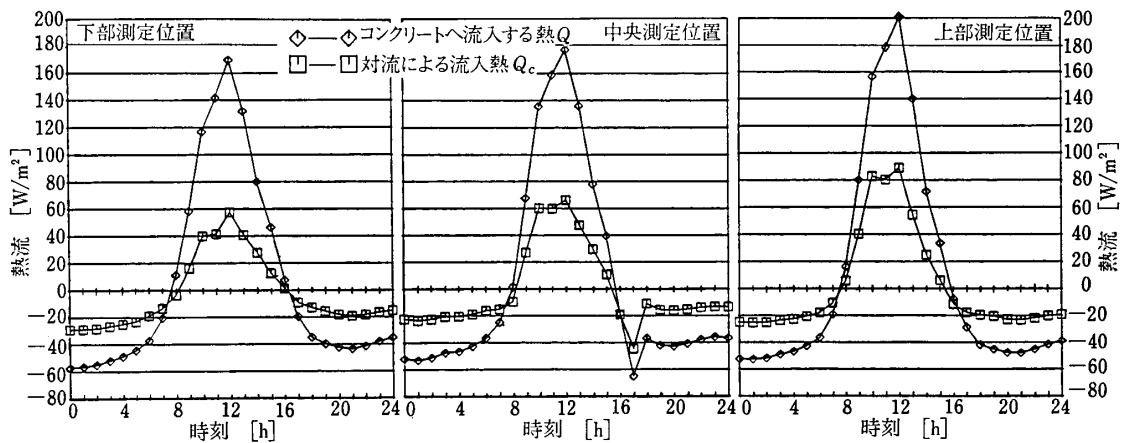


図-9 中空層上下開口幅0mmの場合の各部熱流(1981年10月27日, 24時間平均気温 13.89°C , 日射量合計 $3772 \text{ W}\cdot\text{h/m}^2$, 南面)

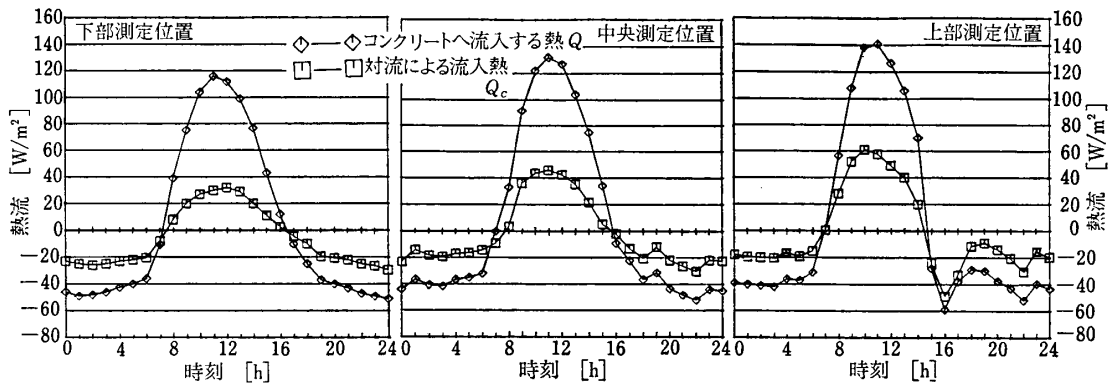


図-10 中空層上下開口幅10mmの場合の各部熱流(1982年3月29日, 24時間平均気温 8.56°C , 日射量合計 $3724 \text{ W}\cdot\text{h/m}^2$, 南面)

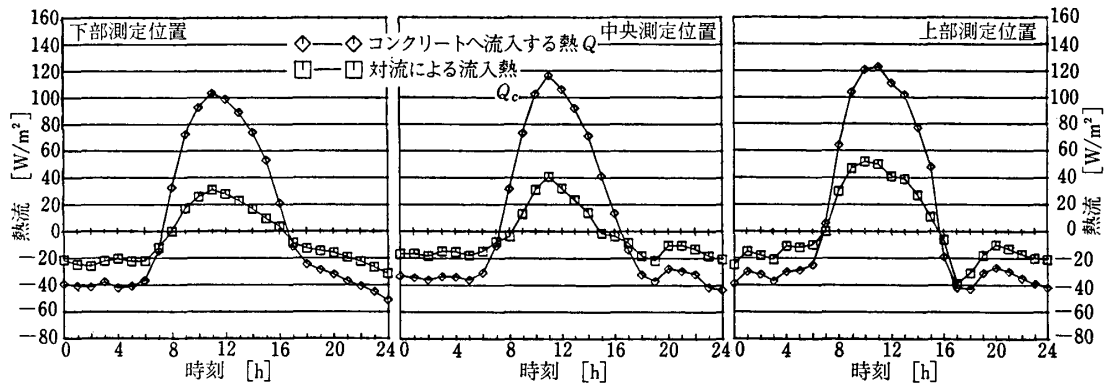


図-11 中空層上下開口幅 40 mm の場合の各部熱流(1982年3月10日, 24時間平均気温 7.75°C, 日射量合計 4 430 W·h/m², 南面)

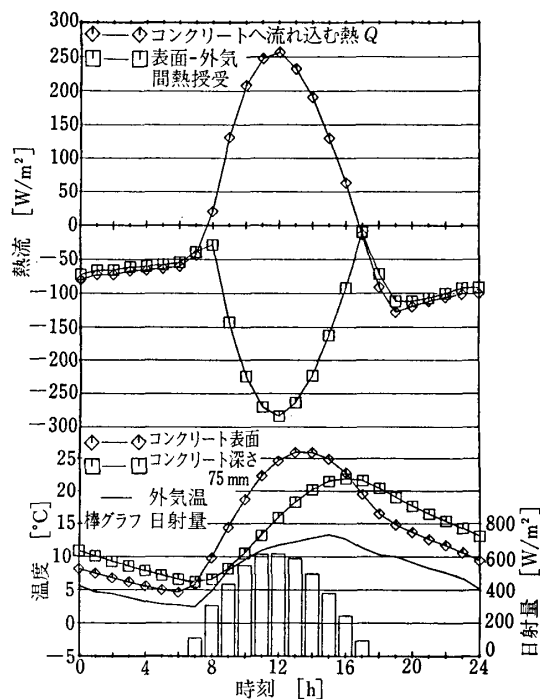


図-12 中空層なしの場合の熱流および温度変化の計算結果(気象条件: 1982年3月10日, 24時間平均気温 7.75°C, 日射量合計 4 430 W·h/m², 南面)

し、それがコンクリート内へ流れ込む熱流 Q の上部での増加を生じることがわかる。中央測定位置におけるコンクリート表面から流入する熱流の最大値の開口幅 0, 10, 40 mm の値は、それぞれ 172, 132, 117 W/m² である。日射量の最大値はどの場合にも正午に現れたが、コンクリートへの熱の流入の最大値が発生する時間は、開口幅 0 mm の場合は正午に対し、開口幅 10 mm, 40 mm の場合は 11 時となっている。これは、開口幅 0 mm の場合、プレート温度、中空層内空気温度とも日射による温度上昇が激しいのに対して、開口を持つ場合には、外気が流入することによる冷却効果により、それらの温度はあまり上昇しないためである。中央測定位置におけるコンク

リート内部で、表面より 75 mm の位置における温度の最高と最低の差は、開口幅 0, 10, 40 mm に対しそれぞれ 8.8, 8.2, 7.6°C となり、開口が拡大されるにつれてコンクリート表面を流入し、また流出する熱量が減少していることを示す。

中央測定位置でコンクリート内部の表面より 75 mm の 1 日平均温度と気温の日平均との差は、開口幅 0, 10, 40 mm についてそれぞれ 7.2, 6.4, 4.5°C と、開口幅が増大するにつれて外気温の平均に近づき、日射熱による温度上昇が小さくなる。また、プレートがなく、コンクリート表面に直接日射が入射する場合、正午におけるコンクリート表面の吸熱は 255 W/m² で、開口 40 mm の中空層付きの場合の約 2.5 倍に達する。しかし、夜間の冷却も大きくなる。このため、表面より深さ 75 mm における温度は午前 7 時の 6.2°C から 16 時の 21.9°C まで上昇し、この差は 15.8°C に達する。この位置の日平均温度と外気温の日平均との差は 6°C である。開口幅別の表面における熱流の昼間の流入量の合計と夜間の流出量の合計を表-1 に示す。流入量のほうが流出量を上回っているのは、コンクリート内部温度が 24 時間の開始時より終了時のほうがやや上昇したためである。開口幅 0 mm の場合、昼間の流入量は 768 W·h/m²、夜間の流出量は 626 W·h/m² であった。開口 40 mm の場合、これらの値はそれぞれ 645 W·h/m² および 468 W·h/m² であった。

4. 換気風量および換気による流出熱量の計算

実験により得られた中空層内空気温度のデータを基に上下開口幅 10 mm の場合と 40 mm の場合について、層内平均風速および換気による流出熱量の推定を行った。層内空気温度と外気温の差による密度差を換気の原因とし、それが開口部における圧力損失および層内空気と中空層内壁との摩擦損失に消費されると仮定して、中空

表-1 各壁体モデルの1日の熱収支

中空層の厚さ [mm]	なし	70			
測定日 [年/月/日]	82/3/10	81/10/27	82/3/29	82/3/10	
方位	南面	南面	南面	南面	
上下開口幅 [mm]		0	10	40	
日射量合計 [W·h/m ²]	4 430	3 772	3 724	4 430	
昼間コンクリート内へ流れ込む熱量 [W·h/m ²]	1 487	768	712	645	
夜間コンクリートから流出する熱量 [W·h/m ²]	1 244	626	566	468	

注 中空層なしの場合の熱収支は、計算によるものである。

層厚さ方向の平均流速を求める方法*により計算を行った。外気との密度差を決定するときには中空層内の9点の温度測定結果を平均したものにより中空層温度を代表させ、開口部における流出入による圧力損失は流入側では外気温、流出側では上部測定位置(高さ2140mm、ただし全高2480mm)の3点の平均温度をもって流出空気温度とした。計算の仮定で、上下風圧差はないものとし、開口部の損失については参考文献5)の式を利用し、また層内空気と内壁との摩擦損失については長方形ダクトの低 Re 数の範囲に対する実験結果⁶⁾を使用した。

層内風速の計算結果を図-13(下段)に、換気による流出熱量の計算結果を同図(上段)に示す。開口幅10mmの場合は夜間で0.05~0.06 m/s、日射のある7時から16時で0.07~0.09 m/sに増加する。開口幅40mmの場合には層内平均風速は夜間で約0.1~0.15 m/s、日射のある時間帯で0.2~0.3 m/sとなる。比較のため、測定高さ2100mmにおいて同程度の温度上昇を示す室内実験結果⁷⁾によれば、開口幅10mmで平均風速約0.1 m/s、40mmでは0.3 m/sとほぼ同じ値を示している。流れの状態については、いずれの場合においても Re 数から判断すると層流域となったため、低 Re 数の範囲に対する摩擦損失を仮定したことは妥当であったと思われる。このようにして求めた結果から圧力損失の内訳を計算すると、密度差による浮力の95%以上は開口損失によって消費され、内表面との摩擦損失はわずかである。

夜間における層内風速は、開口幅10mmで0.05 m/s強、40mmで0.1 m/s強となったが、プレート面の温度は層内空気温度と比較して3~5°C程度低く、外気温とほとんど同じか天空との放射冷却により1~2°C低くなっている。このため、実際にはコンクリート面において加熱され、プレート面で冷却される中空層内での対流を生じている場合もあると推測される⁸⁾。このため、特に夜間の層内風速を平均風速のみでとらえることは実情に合わないおそれがある。

換気による流出熱量は、層内風速に流入空気と流出空

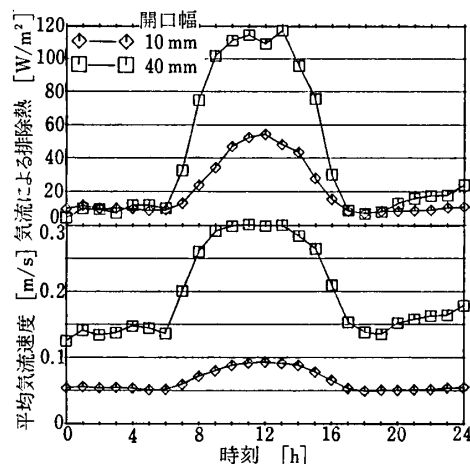


図-13 中空層内平均気流速度および気流による排除熱量(気象条件:1982年3月10日,24時間平均気温7.75°C,日射量合計4430 W·h/m²,南面)

気のエンタルピの差を乗じて求めた。以下の説明では、気流および気流による熱移動の方向が鉛直方向であるため、壁の単位面積1m²とは、高さ2.48m、幅0.403mの面積についての熱量収支を表す。1m²に入射する日射量の総和は、開口幅10mmの実験日には3724 W·h/m²であり、コンクリートに流入する熱量は712 W·h/m²である。換気による空気の持ち出し熱量は、計算より369 W·h/m²となる。また、開口幅40mmの場合には、それぞれ4430 W·h/m²、645 W·h/m²、871 W·h/m²となる。開口幅10mmの場合、全日射量の19.1%がコンクリート内へ流入し、9.9%が換気により持ち出されることとなり、開口幅40mmの場合は全日射量の14.6%がコンクリートへ流入し、19.7%が換気により持ち出されることとなる。実験の条件に差異があるため厳密な比較はできないが、開口幅が10mmから40mmと大きくなると、流速が約3倍となるが、中空層内における空気の温度上昇は小さくなるため、持ち出し熱量は単純に3倍とはならず、日射量との比率を考慮すると約2倍程度と思われる。

* 貝塚・小西:外断熱通気壁体の熱特性(その2),日本建築学会関東支部研究報告集,(昭和54年度),p.141~144

5. 結 語

中空層の上下に開口を設け、浮力による自然換気により放射熱を外部へ排出することにより室内への熱の流入を低減する方法について、屋外に設置した模型実験により検討した。空気層を密閉した場合に比べ、上下に40 mm 幅の開口を設けた場合、コンクリートに吸収される熱量は $768 \text{ W}\cdot\text{h}/\text{m}^2$ から $645 \text{ W}\cdot\text{h}/\text{m}^2$ に減少した。本実験の模型では壁の裏面が断熱されているため、開口部の狭い場合コンクリート部分の温度が上昇し、これが夜間の放熱量の増大となっているが、実際の建物で室内側が冷房や通風によりほぼ一定値が保たれる場合、開口幅にかかわらず夜間の放熱量は本実験の場合ほど大きな差を生じず、昼間の換気による熱排除効果のみが異なってくるため、実際の建物の壁では換気の効果は本実験よりも顕著に表れるものと思われる。プレートを持たない場合についても実験の気象データと同じデータを使用し、差分法による温度変動および表面熱流の計算を行ったが、この場合、夜間の冷却力は大きくなるが、日中の熱吸収も大きくなるため、壁内の温度振幅が大きくなる。プレートを持たない場合に比べ、中空層を持ち、上下開口幅0 mm の場合、コンクリート深さ75 mm における日平均温度は 1.2°C 高くなり、開口幅10 mm の場合には 0.5°C 高くなったが、開口幅が40 mm の場合には 1.5°C 低くなることがわかった。また、実験結果から密度差を原動力とする換気の風速を推定し、さらに換気による日射熱排除効果について推定したが、開口幅10 mm では最大 0.1 m/s 、開口幅40 mm で 0.3 m/s 程度の風

速が得られ、これは、室内実験結果とおおむね一致した。これより、日射のある時間帯における換気による日射熱排除効果は、開口幅10 mm で全日射量の10%程度で、同じく40 mm では20%程度であることがわかった。

参 考 文 献

- 1) 本間・溝口：壁内中空層の自然換気による日射熱排除効果(第1報)中空層中に生ずる気流および熱流についての実測結果, 空気調和・衛生工学会論文集, No. 30(1986-2), pp. 100, 101
- 2) 本間・溝口：壁内中空層の自然換気による日射熱排除効果(第2報)中空層中に生ずる気流および熱流の計算法, 空気調和・衛生工学会論文集, No. 30(1986-2), pp. 111, 112
- 3) 角舎・溝口・本間：上下に開口のある壁内中空層の気流及び熱流の実験的研究(その2), 日本建築学会東海支部研究報告, (昭57-2), pp. 197~200
- 4) 角舎・溝口・本間：上下に開口のある壁内中空層の気流及び熱流の実験的研究(その5)壁本体の温度上昇に対する上下開口幅の影響について, 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集, (1986-10), pp. 269~272
- 5) 日本機械学会：機械工学便覧(改訂第6版)(8)水力学および流体力学, (昭51), pp. 8~14
- 6) R. B. Dean : Reynolds Number Dependence of Skin Friction and Other Bulk Flow Variables in Two-Dimensional Rectangular Duct Flow, Transactions of ASME Journal of Fluids Engineering, Vol.100 (June 1978), pp. 217~219
- 7) 参考文献1)に同じ, pp. 99, 100
- 8) 角舎・溝口・本間：上下に開口のある壁内中空層の気流及び熱流の実験的研究(その6)壁内中空層の換気効果の計算方法の検討, 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集, (1986-10), pp. 273~276

(昭和 61. 9. 18 原稿受付)

Natural Ventilation of Wall Air Cavity for Solar Heat Gain Reduction

Part 3—Behavior of Cavity Wall Models exposed to Weather

by Terunori KADOYA*¹, Hisashi MIZOGUCHI*² and Hiroshi HOMMA*¹

Key Words : Experiment, Weather Exposed Experiment, Cavity Wall, Solar Radiation Release, Natural Ventilation, Cooling Load Reduction, Buoyant Force, Real Size Model

Synopsis : It was indicated from the indoor model experiment (Part 1) that the cavity in a wall is satisfactorily ventilated by the buoyant force of the air, when the cavity thickness is sufficient and appropriate openings are prepared on the top and bottom of the cavity. In the present part, the effect of the ventilation to evacuate solar irradiation to outside and to reduce cooling load by it is examined by exposing models of a cavity wall to the weather.

The structure of the two model walls is shown in figure 1. Each model consists mainly of a massive concrete plate. The front surface of it is the experimental surface of the heat penetration into a building. In front of this surface, a metal plate was arranged to form an air cavity between them. Slit shape openings were arranged on the top and bottom of the air cavity. The back side of the model should be the interior surface of a building, if the model was a part of a real building. In this study, this surface was thermally insulated to simplify the model. Around 60 temperature measuring points were arranged in each of the models. The models were set on the roof of a low laboratory in the campus of Toyohashi University of Technology. The thickness of the air cavities were fixed to 70 mm, and the slit widths were altered from 0 to 40 mm.

The daily average temperatures of the central point of the concrete plate were higher than the outdoor air temperature by 7.2, 6.4 and 4.5°C,

respectively for the slit widths 0, 10 and 40 mm. The temperature amplitudes at the points were 8.8, 8.2 and 7.6°C, respectively. The both of the average temperature and the temperature amplitude decreased as the slit width enlarged. The temperature changes at various points in the models are shown in figure 5 to 7. The time to time heat flow on the experimental surface was analytically attained using the measured temperature change in the concrete plate. Then the heat transmission across the cavity was separated into radiative- and convective-transmission. The absorbed heat into the concrete plates through a day was 768 W·h/sq.m for slit 0 mm, and was 645 W·h/sq.m for slit 40 mm.

The average air velocities were estimated from the measured air temperature in the cavities by balancing the buoyant force with the dynamic and frictional losses. At noon, the calculated average air velocity was ca. 0.1 m/s for slit 10 mm, and was ca. 0.3 m/s for slit 40 mm. These velocities correspond reasonably well with the measured air velocities, which were attained in the experiment with the indoor cavity model (see Part 1).

The heat, which was evacuated by the ventilation, is calculated by multiplying the temperature rise through the flow-in and out of the cavities with the estimated air velocities. The heat evacuation rate through a day time was 369 W·h/sq.m for slit width 10 mm. This rate increased to 871 W·h/sq.m, when the slit width was enlarged to 40 mm. The increment in the air velocity by the widening the slit was 3 folds, but the increment in the heat evacuation was depressed to 2.

(Received September 18, 1986)

*¹ Department of Regional Planning, Toyohashi University of Technology, Member

*² Department of City Planning and Housing, Shizuoka Prefecture Office