

温度成層風洞における建物周辺流れ場の可視化と温度場の測定

正会員 ○吉村孝信 *1
同 足永靖信 *2
同 ヴタンカ *3
同 浅枝 隆 *4

温度成層 風洞実験 建物周辺気流 気流可視化 温度場

1. はじめに 筆者らは屋外の表面温度と大気の成層安定度が、建物周辺空間の熱環境にどのように作用するか解明することを目的として、温度成層風洞における建物周辺の流れ場と温度場に関する測定実験を行っている。既報¹⁾では温度成層条件下の断熱建物モデル周辺の流れ場について、2次元LDVを用いて測定した結果について報告した。本報では同様の条件において建物周辺の気流可視化実験及び温度分布の測定実験を行い、流れ場と温度場の性状について検討した結果について報告する。

2. 実験概要 主な実験条件は既報¹⁾と同様であり、基準風速は1m/sである。風洞の温度成層条件を表1に示す。

(1) 気流可視化実験 建物上流のノズルから放出した煙を上部観測窓からレーザーライトシートで照射して可視化した。記録はVTR及びデジタルカメラで行い、各成層条件における平均的な流れ場をVTRの動画から目視で判別した。ただしビデオキャプチャー画像及びデジタルカメラ画像は画質の面で問題があったため、別途高感度フィルムを用いたスチル撮影を行ったものである。図1に気流可視化実験概要を示す。

煙発生装置：DANTEC社 SAFEX FOG GENERATOR

煙：同社 SAFEX INSIDE FOG FLUID SANDARD

撮影条件：ASA3200 シャッタースピード 1/320~1/500sec

(2) 温度測定実験：コールドワイヤ温度計を用いて建物周辺鉛直断面の温度及び温度の乱れについて、洞内トラバース装置により自動計測した。図2に温度測定実験概要を示す。

センサ：DANTEC社 55P11 Pt抵抗温度計 5μm

データサンプリング：300Hz 1点につき3000データ

測定ポイント：モデルを中心とする前後300mm高さ480mmの範囲でX,Z方向とも20mmピッチ計634点を測定した。

3. 実験結果

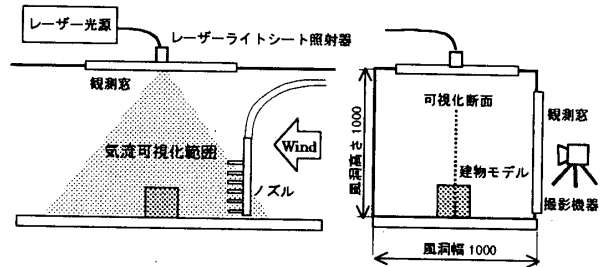


図1 気流可視化実験の概要

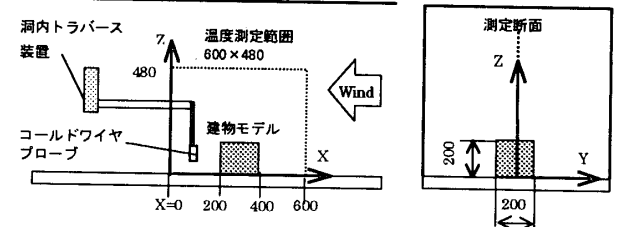


図2 温度測定実験の概要

表1 風洞の温度成層条件

成層条件	吹出気流	床面
不安定	10℃	66℃
中立	25℃	23℃
安定	40℃	10℃

<記号>
U: 風速X成分[m/s]
U₀: 基準風速X成分[m/s]
σ_u: Uの標準偏差[m/s]
T: 気流温度[℃]
σ_T: Tの標準偏差[℃]
T_f: 床面平均温度[℃]
T_a: 吹出気流平均温度[℃]

3.1 気流可視化実験 気流の可視化により動的な渦の形成過程が明確に確認された。不安定成層では全般に気流中の煙の乱れ方がやや強い、standing vortex が形成されにくく形成されても早期に消滅しやすい、剥離流の上昇傾向が強いなどの特徴が見られた。安定成層では気流中の煙の乱れ方は不安定に比べ弱い、standing vortex はほぼ常に形成されている、剥離流の上昇傾向が弱いなどの特徴が見られた。視覚情報から導かれたこれらの特徴は既報¹⁾のLDV測定で得られた結果と一致している。スチル写真1~3は一瞬の映像であるが、屋上面の剥離の様相を成層条件毎によく捕らえている。

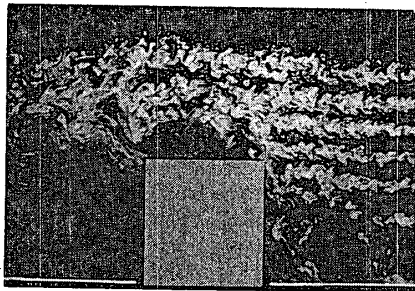


写真1 不安定成層の気流可視化

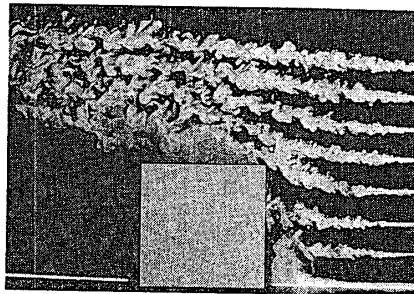


写真2 中立成層の気流可視化

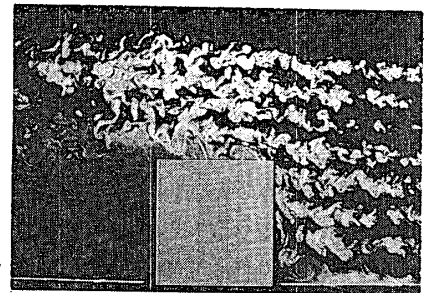


写真3 安定成層の気流可視化

Visualization of Airflow and Measurement of Temperature Field around a Building Model in the Thermal Stratification Wind Tunnel

YOSHIMURA Takanobu, ASHIE Yasunobu, VU Thanh Ca and ASAEDA Takashi

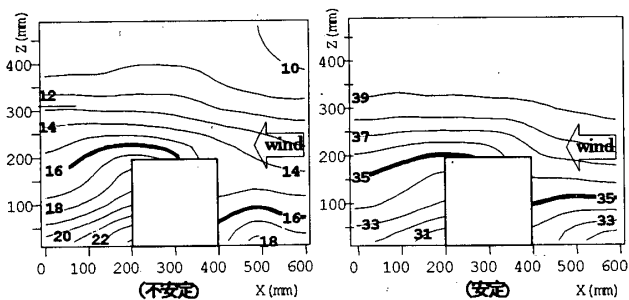


図3 平均温度[°C]分布

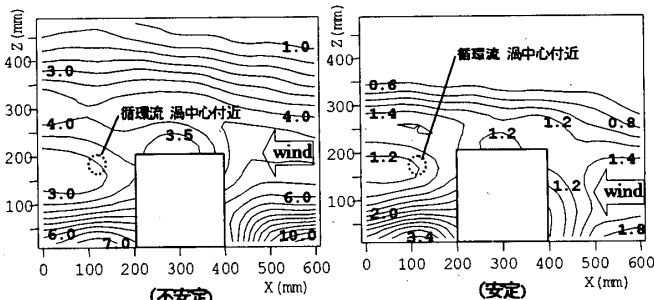


図4 温度の乱れの強さ $\sigma_T / (T_a - T_f)$ [%] 分布

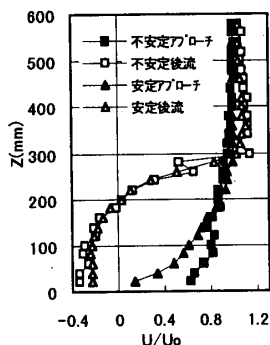


図5 U/U_0 鉛直分布

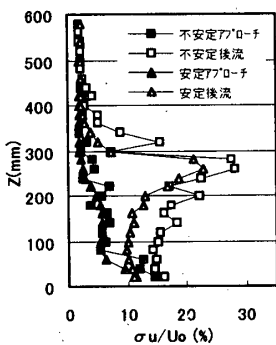


図6 σ_U / U_0 鉛直分布

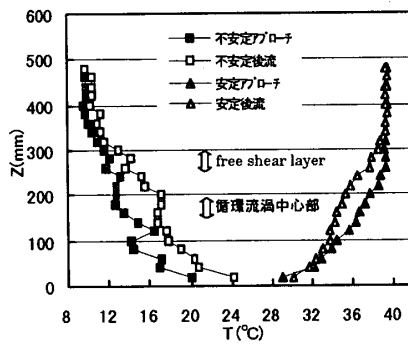


図7 平均温度鉛直分布

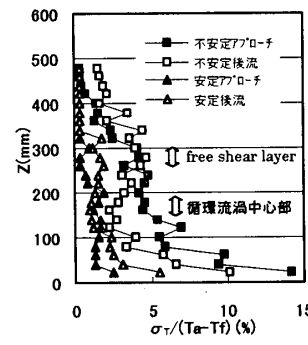


図8 $\sigma_T / (T_a - T_f)$ 鉛直分布

3.2 温度測定実験

(1) 建物周辺の温度場 不安定成層、安定成層における平均温度の分布を図3に示す。両者とも建物の上流側と下流側の温度分布が大きく異なっている。例えば不安定成層の場合、上流側では建物高さの半分(Z=100)付近にある16°Cの等値線は下流側では屋上よりやや上方に移行している。一方、安定成層の場合、建物高さの半分付近にある35°Cの等値線は下流側ではほぼ屋上面高さに存在する。いずれのケースも建物後流域にて熱溜まり及び冷氣溜まりが存在していることが分かる。これは建物の幾何的影響を受け形成された大きな循環流により温度分布が均一化される効果、循環流により空気の滞在時間が長く床面との熱授受が増加する効果、剥離流が乱流拡散を促進する効果が起因すると考えられる。また屋上付近では後流の熱溜まり(冷氣溜まり)が浸みだしている現象が見られるが、これは逆流によるものと考えられる。温度の乱れの強さ $\sigma_T / (T_a - T_f)$ の分布を図4に示す。不安定・安定成層とも床面付近の温度の乱れが大きく、循環流中心付近や屋上の逆流付近などの強い渦が形成される領域は温度の乱れが小さいという特徴が一致している。

(2) 建物前後の風速・温度の鉛直分布 建物前後の比較として、アプローチ X=600 と循環流の渦中心付近 X=120 における風速、温度及び乱れの強さの鉛直分布を図5~8に示す。図5の後流 Z=300 付近に見られる U/U_0 の急激な変化及び図6の後流 Z=260 付近に見られる σ_U / U_0 のピークは free shear layer によるものである。 $U/U_0=0$ となる Z=180 付近は循環流

の中心部である。図7の後流において、不安定成層、安定成層とも Z=300 以下で温度の変化が顕著であり、Z=260 付近は特にその鉛直勾配が大きい。これは温度が free shear layer の影響を受けていることを示す。一方循環流の渦中心に相当する Z=180 付近の温度変化は小さく、特に不安定成層では均一化が著しい。これは渦の中心部では活発な乱流拡散により温度の均一化が促進されるためと考えられる。床面近くでは熱授受の影響が強くなり、温度勾配は急激に大きくなる。 free shear layer と循環流の影響は、図8に示す温度の乱れの強さ $\sigma_T / (T_a - T_f)$ にも表れている。後流の $\sigma_T / (T_a - T_f)$ は両成層とも free shear layer 付近で大きく、循環流渦中心付近では小さい。これらのことから温度場と流れ場には密接な関係があり、温度場は流れ場に対して受動的に形成される傾向があると考えられる。

4. 結論 1) 可視化により各成層の動的な気流の様相を観測した結果、その平均の流れ場の特徴は LDV 測定で得たものと一致した。 2) 建物後流域に不安定成層では熱溜まり、安定成層では冷氣溜まりが発生した。 3) 建物周辺の温度場と流れ場には密接な関係があり、温度場は流れ場に対して受動的に形成される傾向があると考えられる。

[謝辞] この研究は建設省建築研究所他との共同研究「屋外空間の熱環境設計」の活動として行われたものである。ご協力いただいた関係各位に感謝の意を表します。
[参考文献] 1) 吉村、足永、他：温度成層風洞における建物周辺気流のLDV測定、日本建築学会大会学術講演梗概集、1997 2) 足永、浅枝、他：WIND TUNNEL TEST OF AIR FLOW AND TEMPERATURE FIELD AROUND A RECTANGULAR BUILDING 都市計画のための気候解析第2回独日会議、1997 3) 上原、老川、他：市街地における汚染物質の拡散に関する風洞実験その6 LDV によるストリートキャニオンの流れの測定、日本建築学会大会学術講演梗概集、1996

*1 (株) 青木建設研究所
*2 建設省建築研究所 工博
*3 埼玉大学工学部 助教授・工博
*4 埼玉大学理工学研究科 助教授・工博

Technical Research Center, Aoki Corporation
Building Research Institute, Ministry of Construction, Dr.Eng
Saitama University, Ph.D
Saitama University, Dr.Eng