

建物外表面における対流物質伝達率に関する実大風洞実験

正会員 ○成田健一*1
 同 澤地孝男*2
 同 瀬戸裕直*3

対流熱伝達率 風洞実験 乱流エネルギー

1. 序 筆者らは、建物外表面の対流熱伝達率の把握を目的に、物質伝達と熱伝達のアナロジーを利用した、濾紙面蒸発による検討を行ってきた^{文1)2)}。対流伝達率の測定値には、いわゆる edge 効果による試料寸法依存性が存在すること、また外表面に関しては乱れの大きい自然風という条件下での振る舞いの把握が必要であることから、実測による検討が望ましい。しかしながら、建物外表面の伝達率には、上空風向・風速、建物形状、周辺状況など様々な影響要因が存在し、これら全てを系統的に検討するのは実測のみでは到底困難である。従って、模型を用いた風洞実験の併用が不可欠となる。

建設省建築研究所に新設された通風実験用の実大風洞は、吹き出し口寸法が幅 9.5m 高さ 5m の風路に、一辺 5.55m 高さ 3m の実大建物模型がターンテーブル上に設置されている。この実大模型にこれまでと同様の濾紙試料を貼り付けることにより、edge 効果を含まない実スケールでの系統的な検討が初めて可能となった。特に今回は、試料面近傍の 3 次元気流性状や壁面の風圧力をあわせて詳細に検討し、伝達率との関連について検討を加えた。

2. 実験方法 測定面の位置を図 1、濾紙試料面の状況を図 2 に示す。今回は、建物面中央近くの point-C と端部に近い point-e の 2 ヶ所を対象に、風向 7.5 度毎に測定した。試料は 5mm 厚の亚克力板に厚さ 1mm の濾紙を貼り付けたもので、600×462.5mm の濾紙面中央 60mm 角部分の重量を電子天秤で秤量し蒸発量を求めた。試料面の周囲には壁面全体に厚さ 7mm の MDF 板を貼り付け、段差をなくした。蒸発面の温度は、濾紙の表面直下に直径 1mm のサーミスタを側方から挿入して測定している。

測定時間は 30 分で、温湿度は壁面から約 50cm 位置でサーミスタと容量型湿度計で測定している。表面近傍の気流は、5cm スパンの 3 次元超音波風速計を用い、壁面から 3,5,7,10,15,20,30cm の位置で別途測定した。実験風速は、風速変化のケース以外は 3m/s とした。また、試料位置の壁面に直径 1mm のステンレス製のタップを取り付け、微差圧計を用いて壁面風圧を別途測定した。

$$k = E / (e_s - e_a)$$

k は蒸気圧基準の物質伝達率 $[g/(m^2 \cdot h \cdot hPa)]$ 、 E は蒸発のフラックス $[g/(m^2 \cdot h)]$ 、 e_s と e_a は各々蒸発面の飽和蒸気圧 $[hPa]$ とアプローチフローの蒸気圧 $[hPa]$ を表す。

3. 測定結果 (1)風速変化 図 3 は point-e における 4 種類の風向について、風速による伝達率の変化を検討した結果である。同一条件下においては、伝達率は平均風速ときれいな対応関係を示す。

(2)風向変化 図 4 に両測定点における物質伝達率 k の風向変化と試料面から 3cm および 30cm 位置における平均風速の変化を示す。 k は、風向 60 度と 300 度付近に極大値を示す。近傍気流の測定結果 (図 6) から、ピークとなる風向では試料面位置が剥離域～再付着域となっていることがわかる。近傍風速との対応関係に注目すると、予想に反して試料面に近い 3cm よりも 30cm 位置の風速との相関が高い (図 5)。なお、30cm 風速との関係図には、自然風下の窓面での同様の測定結果^{文1)}を併示した。今回の風洞での値は、低風速では一致しているものの、風速が強くなるに従い、自然風の結果よりも k が小さくなっている。

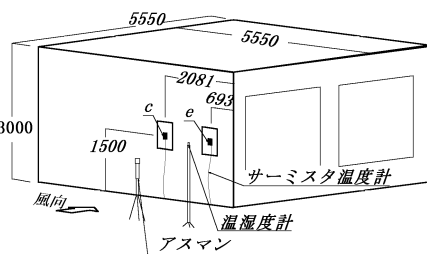


図 1. 測定面の位置と測器の配置状況

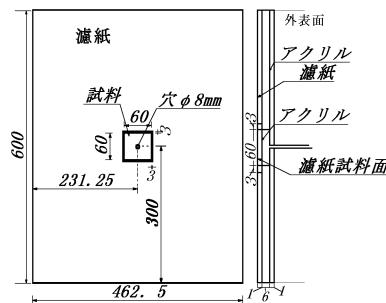


図 2. 濾紙試料面

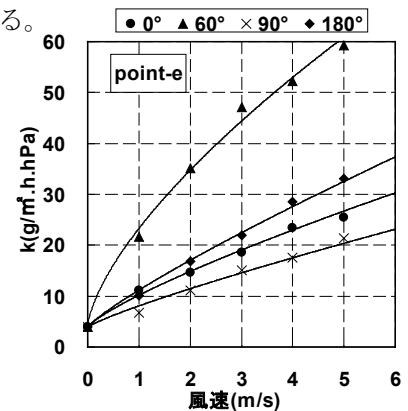


図 3. 物質伝達率と風速の関係

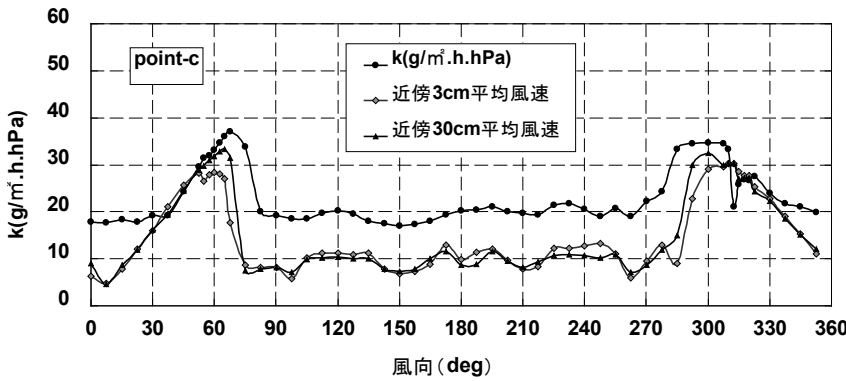
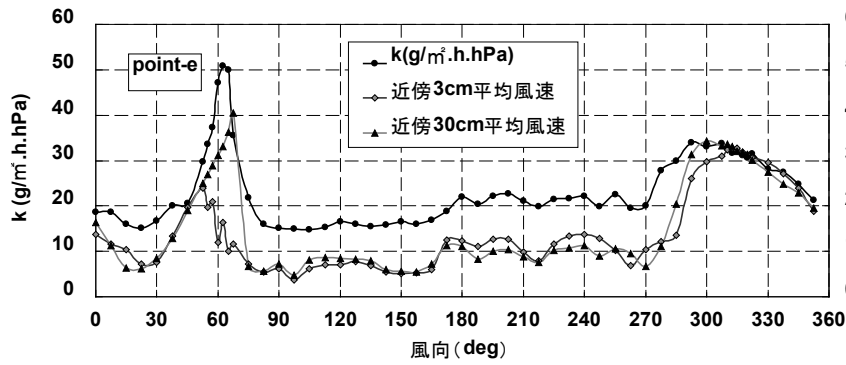


図4. 物質伝達率と近傍平均風速の風向変化

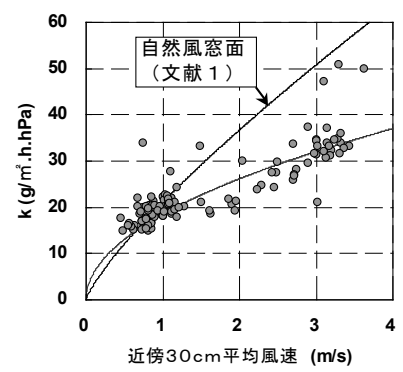
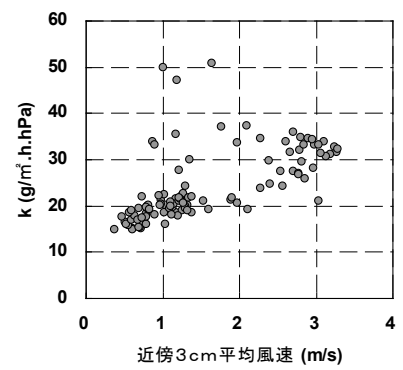


図5. 物質伝達率と近傍平均風速の関係

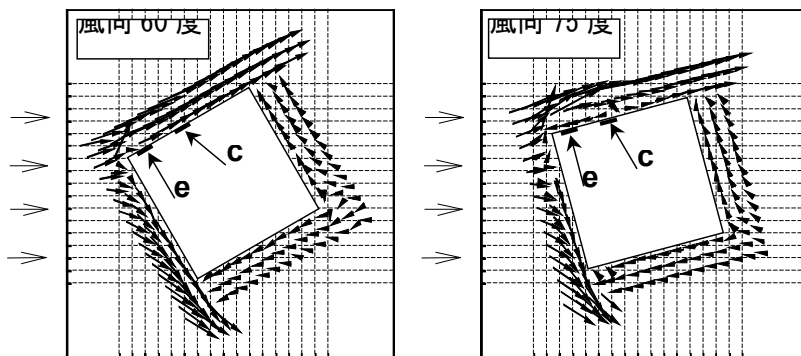


図6. 建物近傍気流ベクトル図

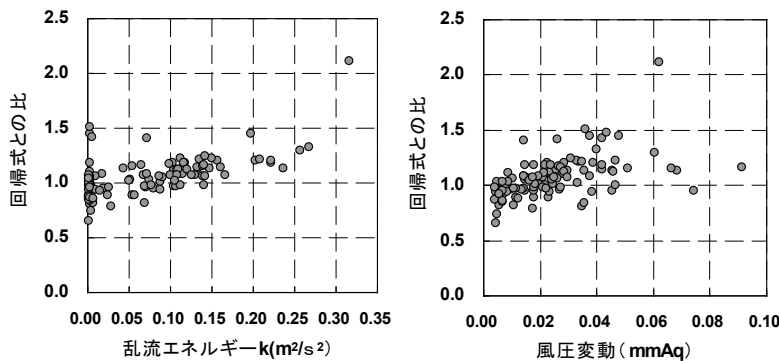


図7. 回帰式との比と乱流エネルギー、風圧変動の関係

これは、自然風下では常に乱れの強さが 40~70%存在するのに対し、今回の風洞では、ピーク領域でのみそれに相当する乱れがあるものの、その他の風向では乱れの強さが 20%程度しかないことが原因と考えられる。

*1 日本工業大学 教授 工博
*2 建設省建築研究所 室長 工博
*3 建設省建築研究所 主任研究員

なお、自然風下では、風上面と風下面で明確な k の差異が認められたが、今回の結果では、剥離域以外の風向は、風上・風下にかかわらずほぼ k は一定となっている。

図7は、図5の近傍 30cm 風速との回帰式と k の各測定値との比を計算し、壁面から 30cm 位置における乱流エネルギー、壁面風圧測定における風圧変動との関係をプロットしたものである。回帰式からのばらつきは、ある程度これらの統計量で説明されることがわかる。このほか、レイノルズ応力等との関係も考察したが、明確な傾向は得られなかった。

4. まとめ 表面の伝達率は、表面近傍 30cm の平均風速で概ね説明される。しかしながら、乱れの強さの影響も無視できない。剥離域など十分に乱れた条件下では、風洞の結果は自然風下の結果とよく一致した。

謝辞

実験に際しては、日本工業大学の北 志津恵・阿部 優美、両名の多大なる協力を得ました。ここに記して甚大なる謝意を表します。

参考文献

1) 成田健一ほか：自然風下における窓面对流物質伝達率の実測—都市域における建物外表面対流熱伝達率に関する実験的研究 (その 1), 日本建築学会計画系論文報告集, 第 491 号, pp. 49-56, 1997. 1
2) 成田健一ほか：都市表面における対流物質伝達率に関する風洞実験—都市域における建物外表面対流熱伝達率に関する実験的研究 (その 2), 日本建築学会計画系論文報告集, 第 527 号, pp. 69-76, 2000. 1

Prof. Nippon Institute of Technology Dr. Eng.
Head, Building Research Institute, Ministry of Construction Dr. Eng.
Senior Research Engineer, Building Research Institute, Ministry of