

低層建物壁面風圧に関する Aylesbury 国際共同研究実験

Experiment for International Aylesbury Collaborative Experiment of Wind Pressures on Low-Rise Structure

村上周三*・加藤信介*・森川泰成*

Shuzo MURAKAMI, Shinsuke KATO and Yasushige MORIKAWA

1. はじめに

住宅の耐風性能や、換気、通風、漏気特性および暖房負荷計算等を検討するためには、風洞模型実験等により建物に働く風圧の性状を知ることが必要とされる。住宅のような低層建物を対象として風圧の性状に関する国際共同研究が企画され、筆者らもこれに参加する機会を得た。今回、そのための風洞模型実験を行い、既往の研究と比較を行ったので、その結果を報告する。

2. Aylesbury 国際共同研究¹⁾

Eaton, Mayne, Cook らによる Aylesbury (ロンドンの北西 65 km) に建設された 2 階建の実験住宅の風圧性状の測定は、^{2),3)} きわめて詳細であり、貴重な資料となっている。この結果を利用し、風洞を用いたシミュレーション手法に関する比較実験が、Cook, Davenport, Holmes らにより提案され、進行している。この実験の趣旨は、風洞実験におけるモデル化の手法や測定方法に固有な不確定要素を、各種機関における同一の巡回模型(実物の 1/100) を用いた実験結果と実測値との比較から評価し、模型による風圧測定法の向上を計ることにある。実験は、3 個の同一の住宅模型を作成し、これを世界各地域で巡回させて進められている。最新の計画では、日本には 6 月頃より 3 か月間、東京大学生産技術研究所村上研究室に、9 月頃より 3 か月間京都大学防災研究所石崎研究室に巡回保管される予定であり、このほか 2~3 の研究機関が参加を予定している。

3. Aylesbury 実験住宅とその実測の概要^{2),3)}

Aylesbury 実験住宅の配置を写真-1 に示す。写真は、実測における主な風向となる西側から実験住宅を見たものである。写真に示されるように実験住宅の風上側は、広い草地で生垣のほかは大きな気流障害物はない。写真-2 に実験住宅を示す。住宅は屋根勾配が可変となっており種々の屋根勾配のもとでの風圧データが得られている。風圧は、屋根、壁面に設置された差圧変換器により、実験住宅の東方約 80 m 位置の地表面静圧を基準として測定される。風向および風速は、実験住宅の南方約 25 m のマストの位置で測定される。

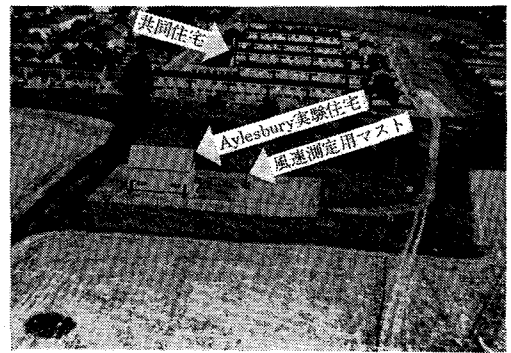


写真-1 Aylesbury 実験住宅

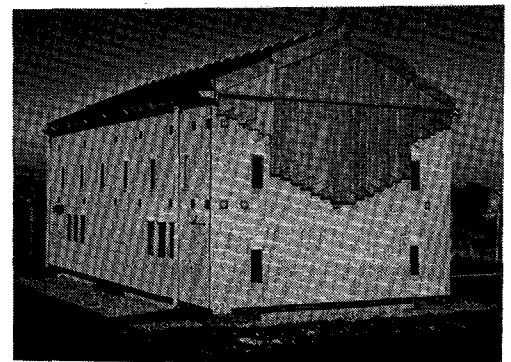


写真-2 Aylesbury 実験住宅 (屋根勾配可変)

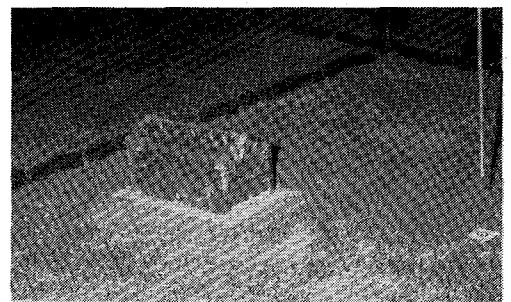


写真-3 模型 (風洞内に設置したところ)

4. Aylesbury 実験住宅を対象とする既往の研究

Aylesbury の実験住宅における実測値と風洞実験の比較は、Holmes,⁴⁾ Apperley,⁵⁾ Tieleman⁶⁾ らにより報告されている。(これらの研究は、共同研究が提案される

* 東京生産大学技術研究所 計測技術開発センター

研 究 速 報

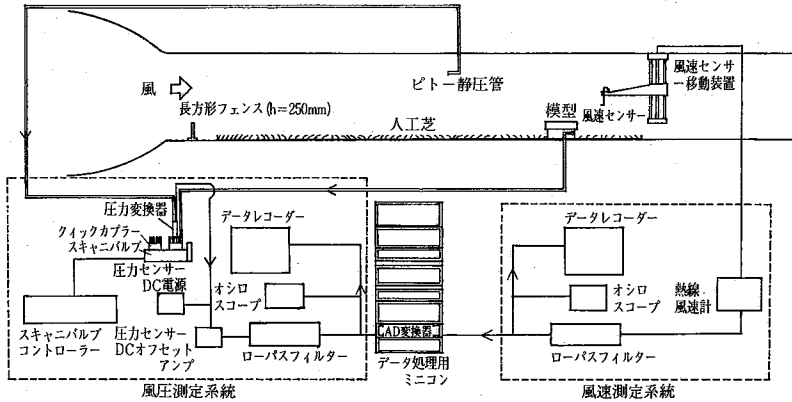


図-1 風洞模型実験 実験系統図

以前のものであり、各研究機関で、独自に作成した模型を用いている。) Holmes は、現在までのこれら報告を要約して、¹¹⁾ ① Aylesbury の実測値は、低層建物の変動風圧測定資料として、今日利用できる最良のものである。②平均風速の鉛直分布の差異を考慮しておのおの実験結果を比較すると、いずれも実測値と良い対応を示す。③風圧係数および風圧変動は、平均風速、乱流強度の鉛直分布の正確な相似が重要な要素となる。④乱れのスケールを相似にすることは、この場合あまり重要ではない。等としている。

5. 実験概要

実験は、① Incident Flow の Simulation と、②建物壁面、屋根面の変動風圧測定^④の2つに大別される。国際共同研究では、Incident Flow に関し、③ Aylesbury で実測した Incident Flow に関し6 ケースおよび、⑥個々の研究機関で独自の方法による「Rural」の Incident Flow の simulate が求められている。また、変動風圧に関しては、実物の 0.002~2 Hz の周波数に対応する測定が求められている。なお、本報告では紙面の関係から実験住宅のほぼ西側正面に風があたるケース (ケース1) に関して報告する。

5.1 模型

写真-3 に、実験に用いた模型および風洞内部を示す。模型は、実物の 1/100 で、屋根部分が取り替え可能であり、屋根勾配 5°, 10°, 15°, 22.5° のものが用意されている。本報告では、屋根勾配 22.5° のものについて報告する。

5.2 Incident Flow Simulation

使用した風洞は、1.2×1.8×9.8 m の境界層風洞である。図-1 に示すように、風洞中にフェンス、カーペット等を設置して境界層を Simulate する。また境界層の性状を、I 型熱線風速計、X 型熱線風速計により測定し、

平均風速、乱れ、Shear Stress の鉛直分布、乱れのパワースペクトル等をミニコンピユーターを用いてオンラインで解析する。

5.3 風圧測定^{④-12)}

壁面、屋根面の風圧測定は、それぞれの風圧測定口と圧力変換器 (Setra 237, full scale 70 mmAq) を、模型付属の内径 1 mm、長さ 42 cm の圧力導管および、Scanivalve を介して接続し、測定する。なお導管は、途中に共鳴防止用の Restrictor を付属しており、200 Hz 以下の圧力変動に関しては、増幅効果がないことが保障されている。^{11,9)} 今回の実験では、圧力変換器からの信号を 200 Hz のローパスフィルターにより高周波成分をカットし(実物値換算で、ほぼ 2 Hz のローパスフィルターに対応)、これを変動圧データとして用いた。また、圧力測定における基準静圧は、模型風上上空の静圧を用いた。この点の静圧が、模型設置位置の静圧と等しいこと、および模型を設置したことによる影響を受けないことは、事前に確認している。

5.4 換算

実験結果は、すべて実物換算して示す。風圧係数算出時の基準速度圧は、実測での風速測定マスト位置の地上 10 m 高さの速度圧を用いている。

6. 実験結果

6.1 Incident Flow Simulation

今回、Simulate した境界層の平均風速、乱れの鉛直分布を実物値および既往の研究による Aylesbury Incident Flow Simulation 結果とともに図-2、図-3 に示す。平均風速、乱れとも実物値、既往の研究とほぼ同様の値を示す。図-4 には、地上 10 m のマスト位置に対応する点の速度のパワースペクトルを示す。形状は実物と良く似ているが、ピークを示す周波数位置が実物より高波数側

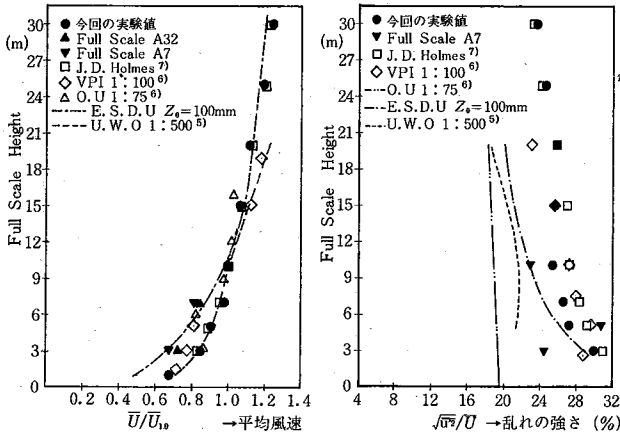


図-2 平均風速の鉛直分布 (10m高さの風速 \bar{U}_{10} 基準)

図-3 乱れの強さの鉛直分布

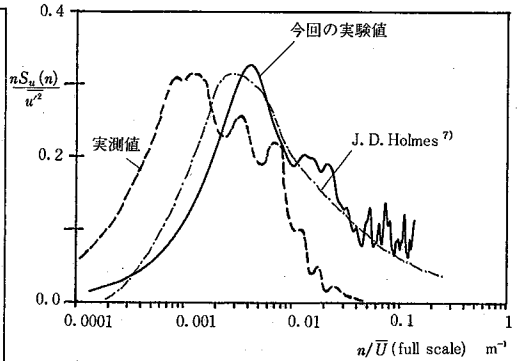


図-4 インシデントフローのパワースペクトル (地上 10m, 風速測定用マスト位置)

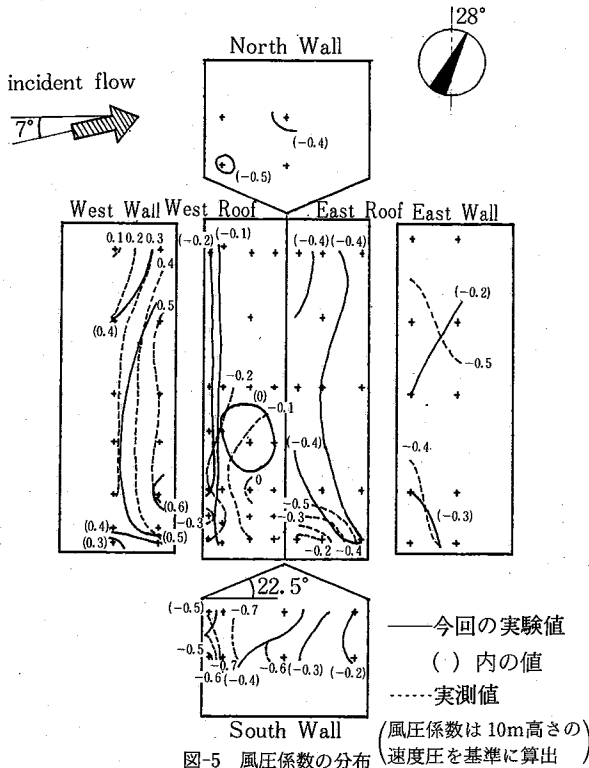


図-5 風圧係数の分布 (西壁面のほぼ正面に風が当たる場合、屋根勾配 22.5°)

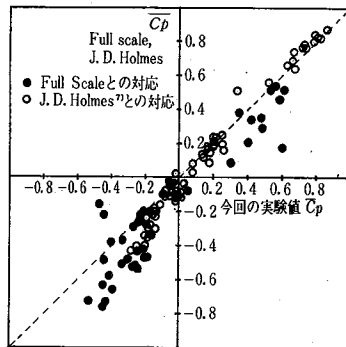


図-6 風圧係数 \bar{C}_p の対応 (西壁面のほぼ正面に風が当たる場合、屋根勾配 22.5°)

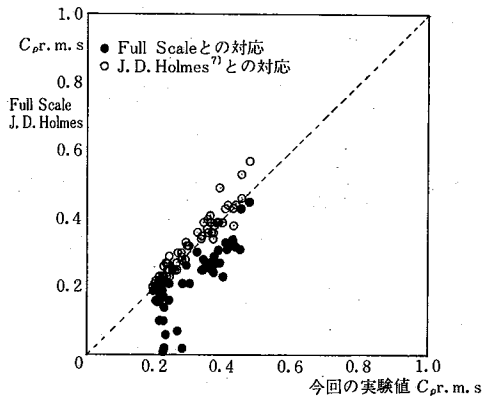


図-7 風圧係数の RMS 値 $C_{p,r.m.s}$ の対応 (西壁面のほぼ正面に風が当たる場合、屋根勾配 22.5°)

に移動しておりスペクトルスケールは小さくなっている。

6.2 風圧測定

図-5 に住宅のほぼ西正面に向う風向での風圧係数の分布を示す。また、図-6、図-7 には、この場合の風圧係数およびその RMS 値と実測値および他研究機関との比較を示す。実測値との対応は、多少バラツキがあるもの

他研究機関の実験値とは良い対応を示す。なお、風圧係数の比較図において、対応を示す回帰直線の接片は、風圧係数測定の際の基準静圧測定との差異に関連し、またその傾きの 45° からのずれは、基準速度圧測定との差異に関連するものと思われる。風圧変動の測定例として図 8 に西壁面中央、図-9 に風下屋根面中央の風圧変動のパワースペクトルを示す。壁面ではほぼ実物と同様の形状を

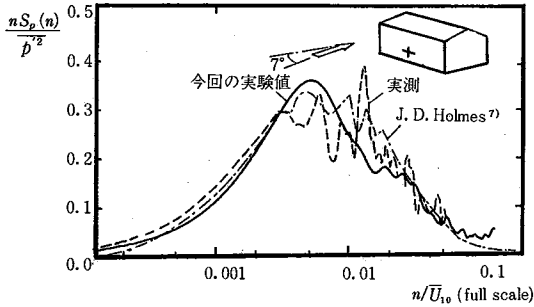


図-8 壁面の風圧変動のパワースペクトル
(測定点 風上壁面中央, 屋根勾配 22.5°)

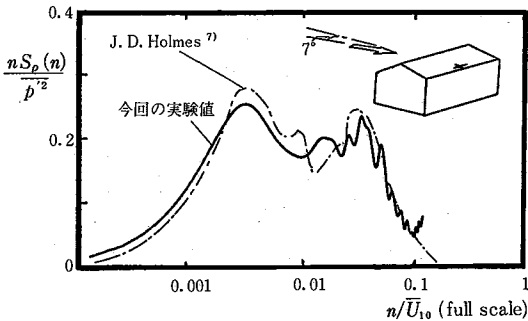


図-9 屋根面の風圧変動のパワースペクトル
(測定点 風下屋根面中央, 屋根勾配 22.5°)

示す。風下屋根面でも、ピークが2つ出る性状等、他研究機関に同様な形状を示す。

7. ま と め

国際共同研究で巡回される模型を用いて風圧に関する風洞模型実験を行い、既往の研究と比較した。

①平均風速、乱れの強さの鉛直分布は、ほぼ実物を再現することができた。乱れのスケールは、実物より多少小さい値を示す。1/100 模型では既往の研究においても、乱れのスケールを対応させることは、難しいとされ、このような差異を示している。

②平均風圧係数および、その RMS 値は、ほぼ実測値および既往の研究と同一の値を示す。乱れのスケールが小さくとも、これらが再現されることは、既に Holmes らが指摘している⁷⁾ところである。

③代表的な壁面における風圧変動スペクトルは、大まかに実物と一致する。また、風下屋根面における風圧変動スペクトルも、2つのピークを持つ形状等、既往の研究と一致している。

謝 辞

今回の実験を行うに際し、Dr. Holmes より数々の便宜を賜った。また、本国際共同研究の参加に関し石崎澄

雄京大教授よりご教示をいただいた。変動風圧の測定計器の使用に関し、竹中工務店技研・岩佐義輝氏、又木義浩氏および清水建設技研・藤井邦雄氏、上田宏氏より数々の便宜を賜った。記して感謝の意を表します。

(1983年6月30日受理)

参 考 文 献

- 1) J. D. Holmes: "Comparison of Model and Full-Scale Tests of the Aylesbury House", Wind Tunnel Modelling for Civil Engineering Applications, Cambridge University Press, 1982.
- 2) K. J. Eaton and J. R. Mayne: "The Measurement of Wind Pressures on Two-Story Houses at Aylesbury", Journal of Industrial Aerodynamics, vol. 1 (1975) 67-107.
- 3) K. J. Eaton, J. R. Mayne and N. J. Cook: "Wind Loads on Low-Rise Buildings Effects of Roof Geometry", Fourth International Conference on W. E. B. S., London 1975, Cambridge University Press 1977, pp 95-110.
- 4) J. D. Holmes and R. J. Best: "Further Measurements on Wind Tunnel models of the Aylesbury Experimental House", Wind Engineering, Vol. 2 (1978) 203-220.
- 5) L. Apperley, D. Surry, T. Stathopoulos and A. G. Davenport: "Comparative Measurements of Wind Pressure on a Model of the Full-Scale Experimental House at Aylesbury, England", Journal of Industrial Aerodynamics, vol. 4 (1979).
- 6) H. N. Tieleman, R. E. Akins, P. R. Sparks: "Model/Model and Full-Scale/Model Comparisons of Wind Pressures on Low-Rise Structures, Proc. Colloque "Designing with the Wind", Nantes, 1981, PP.IV-5-1 ~ 21.
- 7) J. D. Holmes: "Comparative Studies of Wind Pressures on a Low-Rise Building", Eighth Australasian Fluid Mechanics Conference, 1983.
- 8) Irwin, K. R. Cooper, R. Girard: "Correction of Distortion Effects Caused by Tubing Systems in Measurements of Fluctuating Pressures", J. of Industrial Aerodynamics, Vol. 5 (1979) 66 93~107.
- 9) J. D. Holmes: "Techniques and Modelling Criteria for the Measurement of External and Internal Pressures" Wind Tunnel Modelling for Civil Engineering Applications, Cambridge University Press, 1982.
- 10) 河井宏允, 石崎澄雄: "乱流中における2次元角柱の風上面に作用する風圧変動について", 日本建築学会論文集, 300号, 1980
- 11) 藤井邦雄, 上田宏, 金子俊幸 "高層建築物に作用する風圧力の性状について", 第7回風工学シンポジウム論文集, 1982.
- 12) 桂 順治, 守光正幸 "変動風圧力変換器プローブにおける Helmholtz の共鳴現象について", 日本建築学会学術講演便概集, 1972, 10.