

絶対圧センサを用いた風圧実測システムの開発とその性能の検証
Development and performance verification of on-site wind pressure measurement system featured
with absolute pressure sensor

○岩崎弘高・西嶋一欽・米田格・清水勝

○Hirotaka IWASAKI, Kazuyoshi NISHIJIMA, Itaru YONEDA, Masaru SHIMIZU

For the purpose of appropriate wind resistant designs and risk evaluations for buildings, wind pressure acting on buildings is required to be evaluated. These wind pressures are normally evaluated based on wind tunnel experiment results or numerical simulations. However, the discrepancies between those evaluated wind pressures and actual wind pressures are not fully investigated, especially for low-rise buildings surrounded by obstacles. In this study, a system for wind pressure measurement featured with absolute pressure sensor, which is mobile and easy to install, is newly developed and its performance is verified by on-site wind pressure observation. Verification shows that two wind pressure measurement modules in the system can work similarly as a classical system with single differential pressure sensor, if appropriately configured.

1. はじめに

建物の耐風設計あるいは強風リスク評価においては、建物の各部分に作用する風圧力を評価する必要がある。現状では、風圧力は風洞実験あるいは数値流体解析の結果に基づいて評価されている。しかし、高層建築物に対する風圧力評価の妥当性は実測による検証が行われている^[例えば、1]ものの、周辺の影響を受けた複雑な気流の中におかれている低層建築物に対しては、観測結果に基づいた妥当性が十分に検証されていない。これは、既存の風圧実測システムが差圧センサを用いたものであり、センサの一端に計測対象位置における圧力を、もう一端に静謐な環境での圧力をそれぞれ導圧チューブを用いて導圧する必要があるという制約から、設置に多大な手間と費用を伴うことが一つの要因である。また、設置に時間を要するために、台風進路予報に基づいてオンデマンドに設置することもできず、風圧実測の機会が著しく制限されている。

そこで西嶋ら^[2]は、低層建築物に作用する風圧力の計測を目的として、差圧センサの代わりに絶対圧センサを用いた風圧実測システムを開発してきた。圧力測定に絶対圧センサを用いる場合、大気圧 (10^5 [Pa]程度) に上乗せされた風圧 ($10^1 \sim 10^3$ [Pa]程度) を計測することになるので、極めて高いダイナミックレンジで計測できることが求められる。このため、風速 10[m/s]程度の風による

風圧力を絶対圧センサを用いて計測することは、これまで実現されていなかった。本研究では、このような高いダイナミックレンジで計測できる電子回路を製作し、また測定値を温度ごとに校正することで、高精度に絶対圧を計測できる圧力計測モジュールを開発した。このモジュールを風圧計測対象位置と静謐な環境にそれぞれ1つ配置して圧力を計測し、それらの計測値を事後的に数値処理することで、風圧を算出することが可能である。

2. 風圧実測システムの開発と実測を通じた検証

西嶋らの研究^[2]では、上述の圧力計測モジュールを用いた風圧実測システムを開発し、その性能を風洞実験で検証している。本稿では、同システムの屋外での検証結果を報告する。

屋外での運用に際しては、風雨の中で計測が行われる可能性があることから、導圧チューブおよびモジュール内部に雨滴が侵入しない工夫が必要である。このために、防水対策を施した保護容器(以下、ハウジングと呼ぶ)を設計した。設計したハウジングの断面を図1に示す。この設計では、ハウジング基部とハウジングキャップ部の間に空けられた隙間から圧力が伝播する一方で、その伝播経路には返しがついており、風雨にさらされても雨滴が内部に侵入しない工夫が施されている。ハウジングの存在自体が圧力計測に影響する可能性があるが、この影響評価は今後の課題とする。

性能検証は京都大学防災研究所潮岬風力実験所本館を用いて実施した。同建物の窓には強化ガラスが用いられ、圧力計測のための孔が空けられているので、これらの測定孔を活用した(図2)。また、開発した圧力測定モジュール(以下、圧力測定モジュール)の出力の検証には、差圧センサ(A11 Sensors製の1INCH-D2-4V-MINI)を用いた。測定は、本館3階西面の窓面において、圧力測定モジュールによる測定2点、差圧センサによる計測2点の合計4点で行った。また、大気圧は建物内に設置された無風箱内で測定した。測定孔および無風箱の位置関係および導圧チューブとモジュール・センサとの接続を図3に示す(図3左上の大きな黒丸が圧力測定モジュールでの測定点、小さな黒丸が差圧センサでの測定点)。圧力測定モジュールでの測定点にはガラス面にハウジングを装着した。また、差圧センサでの測定点には雨滴が逆流しないようにトラップが設けられている。

3. 実測結果および結論

潮岬風力実験所本館が2020年台風14号の影響を受けた10月10日に計測された圧力を用いて計算された差圧(圧力計測モジュールと差圧センサ)の一部を図4に示す。この図に示されている差圧は図3の「グラフで表示する部分」で示された測定点に関する風圧(差圧)である。グラフの時刻は、10月10日の午前0時を0としたものである。差圧を計算する際には、計測点での圧力に静水圧分を足して無風箱の高さでの圧力に換算している。図4に示す通り、差圧センサの出力と圧力計測モジュールから求めた差圧には時間差があり、差圧センサの出力を約1.2秒進めると差圧変動の傾向が一致する。これは、2つのデータ記録装置が同期していないことが原因で、開発した風圧実測システムの問題ではないと考えられる。そこで、絶対圧モジュールと差圧センサから計算された差圧の差を見るために、差圧センサの出力を1.2秒ずらした差圧と圧力計測モジュールから求めた差圧と比較する。図5に、これら2つの差圧の差をとり1分間の移動平均処理を施したものを示す(左軸)。図より、2つの差圧の差は、グラフの範囲において最大15[Pa]程度である。また、この差は図5に示す通り、気温(右軸)と相関があり、この差の原因が開発した圧力計測モジュールの出力の温度に対する補正にあることを示唆している。このことから、温度に対する補正方法を改良するこ

とで、開発した風圧実測システムは差圧センサを用いた風圧実測と同様の性能を実現できることが期待できる。

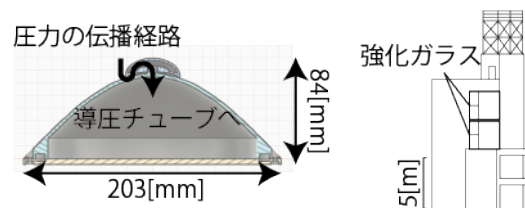


図1：ハウジング断面 図2：建物立面図(西面)

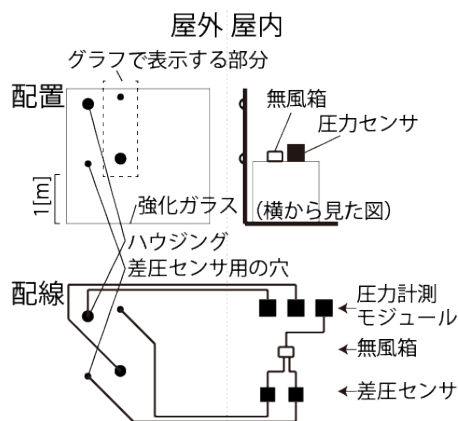


図3：センサ類の配置(上)、導圧チューブの接続(下)

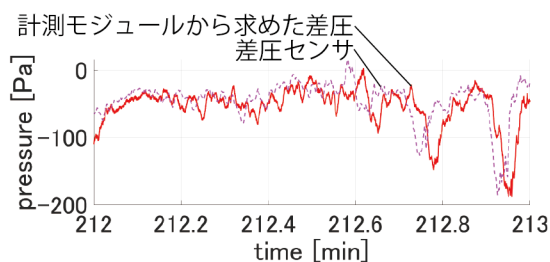


図4：絶対圧モジュールと差圧センサから計算された差圧

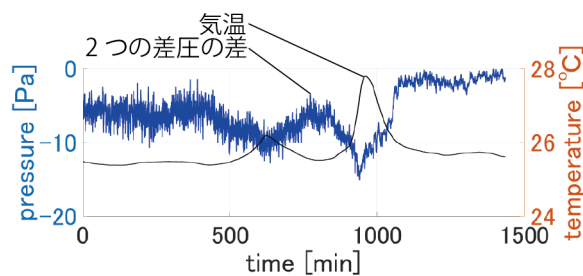


図5：2つの差圧の差と気温の関係

謝辞

本研究は、科研費(20H02415)の成果である。本研究にあたり、京都大学防災研究所潮岬風力実験所を実験に使用させていただいた。ここに謝意を表します。

参考文献

- [1] 松井源吾, 須田健一, 永井亮一, 高層建築物に作用する風圧力について—早稲田大学51号館における実測をもとに—, 日本建築学会論文報告集, 第299号, 1981.
- [2] 西嶋一欽, 米田格, 清水勝, 絶対圧センサを用いた高精度風圧実測システムの開発, 風工学研究論文集, 第26巻, pp.314-323, 2020.