

## 2021 年台風 14 号および 16 号通過時の低層建築物に作用する風圧の実測 Measurement on wind pressure on low-rise buildings during passage of TY202114 and TY202116

西嶋一欽・伊藤耕介・○米田格・清水勝

Kazuyoshi NISHIJIMA, Kosuke ITO, ○Itaru YONEDA, Masaru SHIMIZU

Pressure acting on low-rise buildings during the passage of TY202114 and TY202116 were measured by using a pressure measurement system developed by authors' group, which adopts absolute pressure sensor, instead of differential pressure sensor. Due to this, it was possible that the system was installed just prior to the impact of the typhoons. The measurement succeeded in recording sudden pressure drops associated with separation flow at the roof edge. Given appropriate correction - either empirical or rational, it seems possible to estimate wind pressure, i.e. total pressure less atmospheric pressure, based on the measured pressure data.

### 1. はじめに

建築物の強風被害メカニズムの解明や合理的な耐風設計のためには、当該建築物に作用する風圧力を正しく評価する必要がある。超高層建築物や特殊構造物に対しては対象およびその周辺状況を再現した風洞実験により、対象に作用する風圧力を評価する場合がある。一方、低層建築物に対しては個別の周辺状況を再現した風洞実験を行うことは困難であることから、単純化された周辺状況を模型で再現するかあるいは粗度に応じた単純な風速鉛直プロファイルを有する接近流を用いることで風圧力を評価している。しかしながら、低層建築物に作用する風圧を実測した事例は極めて少なく、このような単純化された風洞実験の結果が実現象をどの程度再現しているかは明らかではない。また、周辺状況の何をどこまで再現すれば、強風被害メカニズムの解明や設計に必要な十分な情報が得られるかも不明である。

通常、風圧計測には差圧センサが用いられる。これは風圧が大気圧に比べて  $1/100 \sim 1/1000$  程度のオーダー（風圧変動はさらに一桁程度小さくなる）なので、差圧計測により大気圧相当の圧力を相殺しようという考えである。具体的には、差圧センサの測定孔の片方を空気が流れない位置での大気に開放し大気圧相当の圧力を相殺する。しかしながら、このような計測方法では差圧センサの測定孔の片方に接続した導圧チューブを空気が流れない位置まで配線することに多大な労力を要する。そこで、著者らの研究グループは台風襲来時に台風に先回りして機動的に設置・計測できる、絶対圧センサを用いた圧力計測システムを開

発した[1]。このシステムは、絶対圧センサによって全圧（＝大気圧＋風圧）を計測する。絶対圧センサの圧力測定孔は風圧を測定したい位置に設置する。また、別の絶対圧センサの圧力測定孔を空気が流れない位置に設置する。台風通過時の実測が完了したのち、それぞれの絶対圧センサで測定された全圧を事後的に引き算することで台風通過時の風圧変動を計測するものである。これにより、導圧チューブの配線作業が不要になり、機動的な風圧計測が可能になる。

なお、本実測で用いた計測モジュールは西嶋ら[1]が開発したモジュールを大幅に小型化し M5Stack Core2 にスタックしたものである(図1)。上左から順に、M5Stack Core2、アンプシフト回路部、圧力センサ・バッテリーケース部で、計測時はバッテリーを装着し、重ねて使用する。下は、圧力センサーと接続する導圧チューブおよび圧力測定孔の防水キャップである。

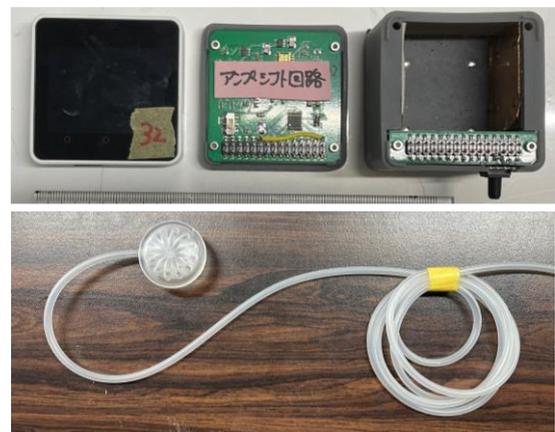


図1. モジュール外観

## 2. 絶対圧センサ校正

前述した方法で風圧を計測するためには、センサの出力電圧範囲 (3V) に対して 1/1000 ~ 1/10000 程度の電圧変動を高精度に計測する必要がある。このために、校正用の装置を作成し異なる気温と印加圧力に対して絶対圧センサ電圧出力値とサーミスタ電圧出力値を記録することで校正用データを準備し、校正曲線を作成した。校正範囲は温度 24°C~38°C、圧力 975hPa から 1015hPa で、サンプル数は約 200 万点である。作成された校正曲線を用いて精度検証を行った。作業標準の圧力値 (横軸) と校正曲線を用いて計算された圧力値 (縦軸) の関係を図 2 に示す。ただし、SD カードへのデータ書き込み時に 10Pa 相当のノイズが発生するので、書き込み時のデータは除いている。誤差の絶対値は±5Pa 程度、誤差標準偏差は 1.95Pa であり、実用上十分な精度を有している。

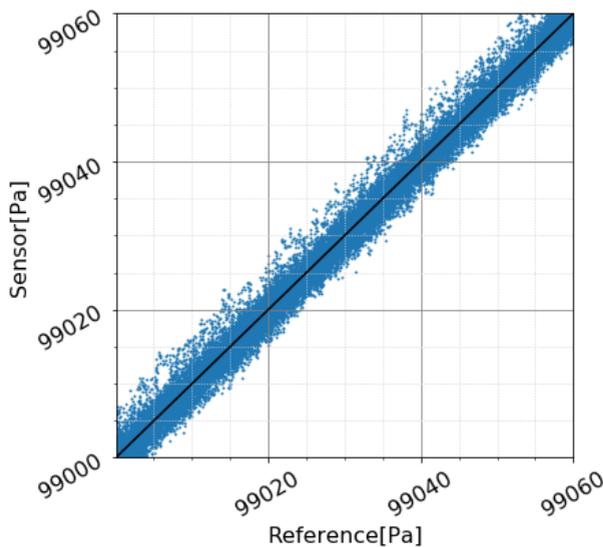


図 2. 圧力校正結果 (990hPa~990.6hPa を図示)

## 3. 台風通過時の圧力実測

2021 年台風 14 号および 16 号通過時にそれぞれ沖縄県石垣市内に位置する住宅兼民宿 (3 階建て陸屋根)、京都大学防災研究所潮岬風力実験所 (SWEL) 敷地内の倉庫 (平屋切妻屋根) で圧力を実測した。ここでは、台風 16 号通過時の実測結果を示す。台風 16 号は 9 月 30 日~10 月 1 日にかけて SWEL の南側を北東方向に進んだ。本州に上陸はしなかったものの SWEL 本館屋上に設置された風速計では 20m/s 程度の最大瞬間風速が観測された。倉庫屋根面の圧力計測の配置を図 3 に示す。視認性を高めるために防水キャップは赤く塗ってある。



図 3. 圧力計測位置 (赤色防水キャップの位置)

## 4. 計測された圧力変動

9 月 30 日 21 時 57 分 10 秒からの 30 秒間に圧力測定点 5 および 36 で計測された圧力時刻歴を図 3 上に示す。また、SWEL 風速計の風速風向を中下に示す。この時間帯では北東寄りの風が吹いており、測定点 5 および 36 は屋根面風上側に位置する。接近流が屋根先端部で剥離し発生した渦に伴うと考えられる急激な負圧が捉えられている。測定点 5 および 36 の急激な負圧の時刻が 1 秒ほどずれているが、これには内部クロックの誤差によるものが含まれていると考えられ、補正可能である。また、測定点 5 の圧力は 36 の圧力に比べて約 40Pa 程度高い値を示しているが、原因は現在究明中である。

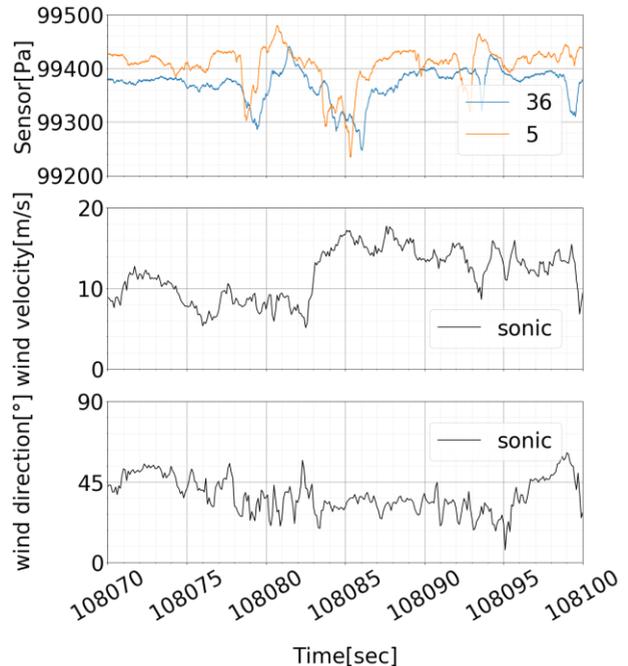


図 4. 各測定点における圧力変動と同じ時間帯において SWEL で観測された風向風速

謝辞：本研究は科研費基盤研究 (B) (20H02415) の成果である。また、SWEL における風向風速データは吉田聡氏に提供していただいた。ここに謝意を記します。

参考文献：[1] 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, 26, pp. 314-323, 2020.