

絶対圧センサを用いた風圧実測システムの検証：超高層建築物での実測

Verification of wind pressure measurement system using absolute pressure sensors
at a super high-rise building

西嶋一欽・○米田 格・佐々木澄

Kazuyoshi NISHIJIMA, ○Itaru YONEDA, Kiyoshi SASAKI

We have developed a full-scale wind pressure measurement system using absolute pressure sensors. The developed system is expected to expand the opportunities to measure wind pressure in full scale during strong wind, benefiting from its ease of installation. To evaluate the performance of the system as well as to identify possible improvements, the system was installed in a high-rise building under demolition, together with a traditional differential pressure measurement system as reference. The measurements of wind pressure by the developed system well compare the measurements by the traditional one, albeit bias occurred in several sensors (95 words).

1. はじめに

建築物の耐風設計においては、設計に用いる風荷重を合理的に算定することが求められる。現状、超高層建築物の耐風設計においては、主に風洞実験の結果に基づいて風荷重を算定している。これらの風洞実験では一般的に評価時間として実スケール換算で10分間を想定し、この期間中において風向は一定、風速は定常ランダムと仮定し、複数回の測定における時刻歴風圧等のデータあるいはアンサンブル統計量を取得し、風荷重評価に用いている。一方、実際の建築物における風向風速は非定常であり、風洞実験は必ずしも実際の接近流を模擬しているものではない。

気候変動の影響により極端気象の頻度が増加する可能性が高いことが報告されており、超高層建築物を含む建築物の風荷重の増加が懸念される。気候変動の影響による風荷重の増加に対して、現行の耐風設計法に基づいて設計された建築物の安全性がどう変化するかを定量的に把握することは重要な課題である。また、既存の建築物においては、当初の設計に基づいて建設された建築物が増加する風荷重に対して必要十分な余力を有しているかを明らかにすることは、建築物のライフサイクル管理に関する判断に資するものである。

風洞実験と実際の風況の差異が、どの程度風荷重に影響するかは明らかではないところ、もし現状の風洞実験での想定が設計上安全側の評価となっているのであれば、この「隠された余力」を明らかにし安全性評価に織り込むことで、気候変動

の影響による風荷重の増加に対しても必要な安全性を確保できると判断できる可能性もある。

高精度な風荷重評価のため、第一著者らの研究グループでは風圧実測の機会を飛躍的に拡大することを目的として、絶対圧センサを用いた風圧実測システム（以下、本システム）を開発してきた[1]。本システムでは2台の絶対圧センサを用いて、建築物の外皮に作用する絶対圧および基準となる圧力を別々に計測し、事後的にそれらの差を計算することで風圧を計測する。

本システムの性能検証および性能向上のためのデータ取得を目的として、東京都内の解体中の高層建築物にて差圧計を用いた風圧計測との同時計測を行う機会を得たので、その概要を報告する。

2. 風圧測定の概要

対象建築物は東京都港区の高層建築物（高さ約160m）である。当該建築物の36階の平面形状ならびに風圧測定点を図1に示す。図中の太線は典型的な階の平面であり、上層階は凹み部分がなく点線に示す平面となっている。計測期間は2025年8月3日から10月30日までの89日間（ただし8月18日～8月24日と9月9日～10月2日は除く）である。計測当初は31階に計測機器を設置していたが、10月8日に36階に移動した。通常の建築物では外皮に孔を開けることは困難であるが、今回の測定ではアルミニウム製外装材に孔をあけて導圧チューブを接続することができた。差圧計の導圧チューブは内径1.5mm・長さ1000mm、本システムの導圧チューブは内径3mm・長さ1000mmで

ある。差圧計の出力はサンシステムサプライ社製ロガーDNA-AI-217にてサンプリング周波数 100Hz で記録した。本システムではセンサーの出力信号を 23bitADCにて 100Hz で変換し 10 秒ごとに内蔵 SD カードへ書き込んだ。

3. 計測結果

気象庁の地上気象観測地点（東京）にて瞬間風速 15.2m/s が観測された 10 月 9 日 12 時～13 時の結果を報告する。図 2 に示す通り、位置 2 において本システムは差圧計で捉えられている風圧変動を捉えている。一方、位置 10 では校正に伴うと考えられる一定のバイアスが見られた。この原因は今後検証する。なお、差圧計と本システムの時刻には約 1.55 秒のずれがあり、以降の分析ではこの時刻のずれを補正したデータを用いる。

図 3 に差圧計と本システムによって計測された風圧値の比較を示す。おおむね良好な対応を示しており、誤差 (RSME) は約 6.4% である。ただし、差圧計では捉えられている急激な負圧が本システムでは捉えられていない時間帯が確認され (図 3 左の矢印)、今後その原因を分析する。パワースペクトル密度 (PSD) の比較では、差圧計にはローパスフィルタが入っていない影響でエイリアシングが生じているが、5Hz 程度までは良好な対応である。本システムによる計測から得られた PSD では 0.5Hz から 2Hz あたりに離散的なピークがみられる。これはデータの書き込み時の生じる電氣的ノイズによるものである。本報告ではこのノイズを除去する前の結果を示しているが、データ書き込み時にはフラグを立てているので当該ノイズを含むデータを除去することは可能である。また、本システムによる計測では 25Hz 付近にピークが生じているがこの原因は不明である。

4. まとめ

開発した風圧実測システムを解体中の高層建築物に設置し性能を検証した。本報告では、近隣での瞬間風速が 15.4m/s の強風時の計測結果を示した。一部のセンサー個体について校正に伴うと考えられるバイアスが存在していたが、正しく計測できていると考えられるケースについては、差圧計の代用として風圧実測に用いることができる可能性を示唆する結果を得た。

参考文献

[1] 西嶋一欽, 米田格, 清水勝 (2022), 2021 年台風 16 号通過時の低層建築物屋根への作用圧力と周辺風速の同時計測, 風工学研究論文集, 27, pp. 99-108

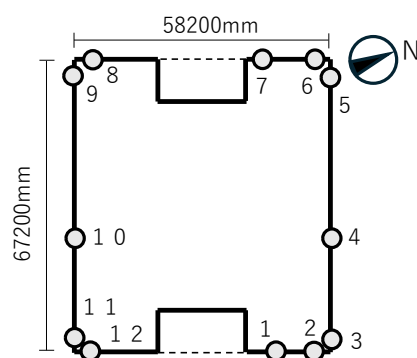


図 1. 36 階平面図および計測機材の設置位置

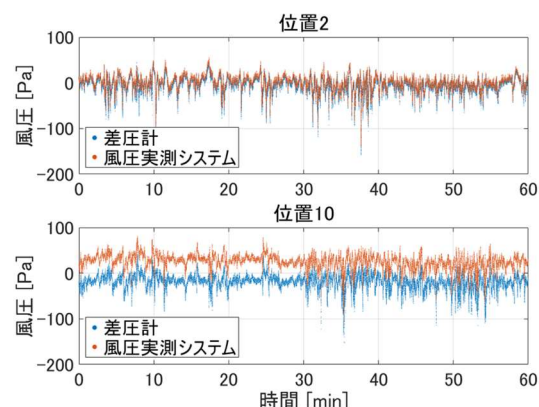


図 2. 計測された風圧の時刻歴

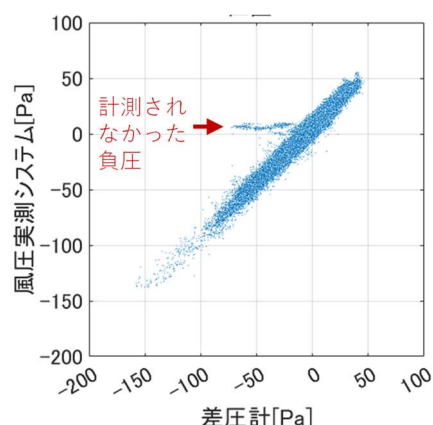


図 3. 計測された風圧値の比較 (位置 2)

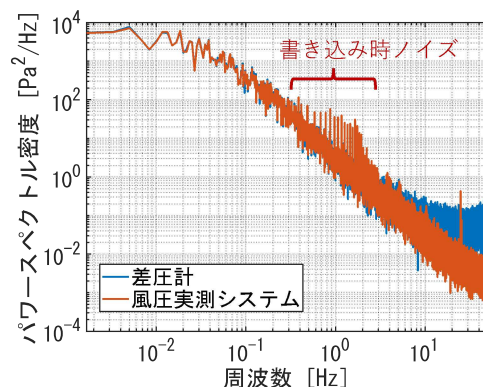


図 4. 計測されたパワースペクトル密度の比較 (位置 2)