

LESを用いた建物に作用する風圧力の数値的予測

Numerical Prediction of Wind Force and Pressure Acting on Various Buildings Using Large Eddy Simulation

伊藤 嘉晃 中山かほる

Yoshiaki Itoh and Kahoru Nakayama

数値シミュレーションの背景と目的

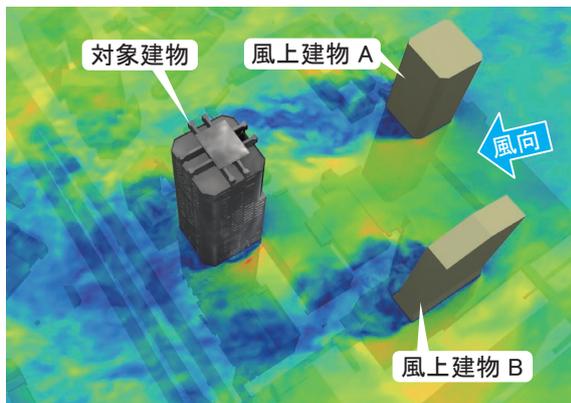
近年、台風による強風被害が増えている。風速は一般に上空ほど大きいのが、高層建物に衝突した上空の強風が地上部分に降りてきたり、上空の強風が風上の高層建物によって更に強められることがある。そうした場合には、高層建物の窓ガラス、手すり、ルーバー、庇などの外装材の破損や、高層建物の大きな揺れを防ぐために、高層建物に作用する風圧力を適切に予測する必要がある。従来は、周辺市街地も含めた建物の縮尺模型を作成し、風洞実験により風圧力を計測したが、近年の数値流体解析技術と高性能な並列計算機の普及により、数値流体解析での風圧力の予測が可能になってきた¹⁾。

解析例

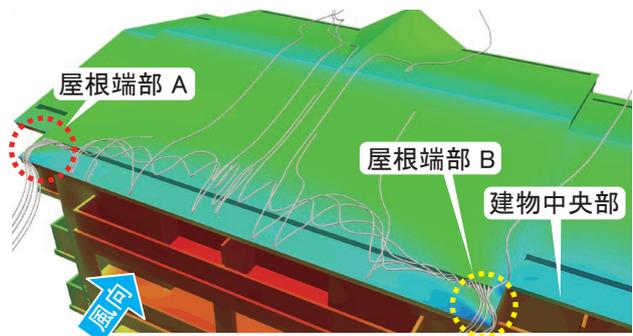
左図では、高層建物が3棟並び市街地に水色の矢印の方向から吹く強風を対象として、100m高さの瞬間風速を半透明の色コンター図で可視化している。風上建物AとBおよび対象建物の風下で風速が小さい青色の領域が広がっている。これは、高層建物による風の遮蔽効果の影響である。一方、風上建物のAとBの間を流れる風は、建物AとBによって縮流されることで、建物AとBの風上よりも風速が増加し対象建物に近づく。このような対象建物の接近流の増大は、対象建物の風上隅角部の風圧力を増大させる。このように対象建物に作用する風圧力の評価にあたり、周辺街区によって歪められた強風の影響を把握することが大切である。

右図には、ある低層建物の屋根面に吹き付ける風（水色の矢印）、低層建物表面の時間平均風圧分布と屋根面上の流線（灰色の線）を示す。屋根面の風上隅角部には、絶対値の大きな負圧（屋根面上向きの力）が発生することがあるが、本建物の場合、建物端部の屋根端部A（図中の赤点線丸）よりも、建物中央部の屋根端部B（図中黄色の点線丸）の負圧の絶対値の方が大きい。建物端部では桁行方向側方に風が逃げると比べて、建物の桁行方向中央部では、屋根の平面形状が凹であることから、風が中央部の屋根の端部から剥離するため、と考えられる。

このように数値流体解析手法を用いれば、風洞実験と同等の精度で風圧力を予測できるだけでなく耐風設計上問題となるような風圧力を生み出す風の流れを可視化することで、種々の対策の立案や検討に貢献できる。



市街地中の高層建物まわりの瞬間風速分布
(赤:高風速, 緑:中風速, 青:低風速)
Instantaneous Wind Speed Distribution
around Tall Buildings in the City



低層建物の屋根面まわりの時間平均流線（灰色線）と
低層建物表面の時間平均風圧分布（赤:正圧, 青:負圧）
Time-averaged Streamlines around the Roof Surface of the
Low-rise Building and Time-averaged Wind Pressure
Distribution on the Surface of the Low-rise Building

解析手法

空気の流れの支配方程式として、非圧縮性粘性流体のNavier-Stokes 方程式および連続の式を用い、有限体積法により離散化し、計算機を用いて解く。解析アルゴリズムはPISO法、移流項には適切な割合の数値粘性が導入された風上差分法、その他の項は2次精度中心差分法相当であり、乱流モデルには標準スマゴリンスキーモデルやWALEモデルを用いる。計算プログラムにはOpenFOAMを用いている。

参考文献

- 1) 建築物荷重指針を活かす設計資料2—建築物の風応答・風荷重評価/CFD適用ガイドー, 日本建築学会, 2017.