



高層建築物に作用する風圧の予測 —実在街区に建ち複雑な表面形状を有するケースの評価—

研究・開発機関 : 鹿島建設株式会社、東京工業大学、神戸大学
 利用施設 : スーパーコンピュータ「京」
 計算規模 : メッシュ数約1億4000万要素
 利用ソフトウェア : OpenFOAM 2.2.1 (pisoFoam 改良)

Before

- バルコニーや手摺などを有する高層建築物の全体あるいは表面付加物自体に作用する風圧の予測を行うにも、計算負荷が大きいためほとんど不可能でした。
- 複雑な風圧予測に必要な数学的なアプローチも体系的に確立していませんでした。

After

- 街区に建つ複雑表面形状を有する高層建築物を対象に、風圧予測を行えるシミュレーション手法を確立し、風洞実験結果との対比により、その有効性を確認しました。
- 骨組用風荷重評価については実用的な精度で計算結果を提供できるようになりました。

背景と目的

高層建築物等を建てる際には、構造設計用に風荷重を解析したりビル建設後の風環境変化を評価したり、気流に関するだけでも様々な解析が必要となります。

近年、高精度な数値流体力学解析手法の一つであるLarge-Eddy Simulation (LES) を用いた建築物の外装材や構造骨組の風荷重評価が計算機の発達に伴い実用化されつつあります。

しかし、バルコニーや手摺などの表面付加物がある高層建築物を対象とした風圧予測は計算負荷が大きいためほとんど不可能でした。

そこで街区に建つ、これらの付加物を有する高層建築物の構造骨組や外装材設計時に有用な風荷重を精度良く評価できるシミュレーションの開発が望まれていました。

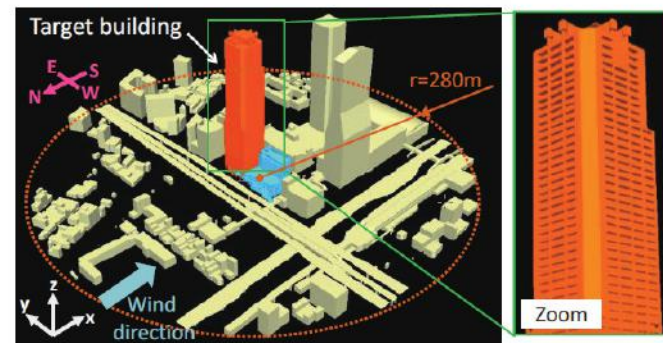


図1. 計算対象である街区中の複雑表面形状を有する高層建築物

利用成果

○建築物表面近傍の流れ

図2に主流(流れ)方向風速の瞬間値の分布を示します。「京」を利用することにより、建築物表面の十数cmオーダーの小さな凹凸による建築物表面近傍の流れへの影響を把握することが可能となりました。その結果、インナーバルコニー(柱や梁の内側にあるバルコニー)やアウトフレーム(マンション等における室外に出された梁や柱)周りの複雑な流れが表現され、インナーバルコニーの形状に起因する微細な渦構造を含む逆円錐渦を放出していることなどを確認できました。

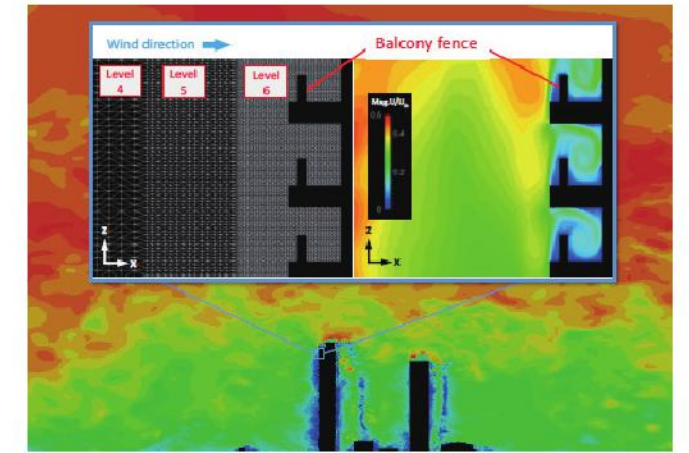


図2. 高層建築物の主流方向瞬時風速の分布

○「京」による計算と風洞実験結果との比較

外圧係数*の平均値分布を図3に示します。インナーバルコニーを有するため、風上壁面の風圧分布が直方体形状の建築物に比べて、同一高さにおける幅方向の風圧分布が均一になる傾向が確認されます。また、隅切りが有る階と無い階で側壁面の圧力分布の傾向が異なっており、隅切りの影響が分かります。

図4に外圧係数の計算と風洞実験結果との比較を示します。A、B領域で相違が生じていますが、多くの計測点で中央値の±20%以内に収まっており、実務適用に供する上での判断基準を満たしています。

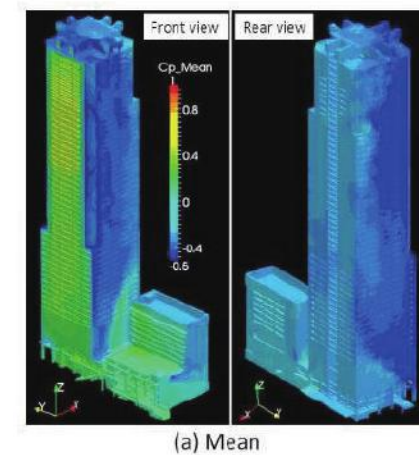


図3. 高層建築物の外圧係数の平均値分布

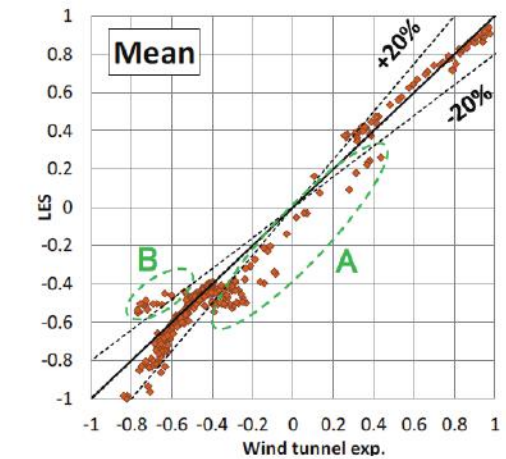


図4. 高層建築物の外圧係数の平均値計算結果と風洞実験結果の比較分布

○まとめ

計算と風洞実験結果とは良く合致しており、平均値のみならず標準偏差、最大/最小ピーク値も良く一致することを示しました。外装材設計に使用する局所的な風圧評価については、対象建築物の剥離流れと周辺建築物との干渉の再現性に関連した予測精度の改善余地があるものの、転倒モーメント係数等の骨組用風荷重評価に使用する建築物全体に作用する風力評価については実用的な精度で供することが可能であることが分かりました。

外圧係数*: 建築物の外壁面に作用する風圧を基準風速(通常は流入面における建築物頂部高さの平均風速を使用)と空気密度を用いて基準化したもの。