

ビル風の数値シミュレーション

渋谷 みさき (指導教員：河村 哲也)

1 はじめに

ビル周辺に強い風や高く舞い上がる風が発生することがある。「ビル風」と呼ばれるこれらの風が高層ビルの増加にともなって増えており、深刻な問題になりつつある。ビル風のために人が転倒したり、傘がとばされる事故さえ起こっている [1]。

本研究では、ビル風の起こり方の特性を知り、ビル風対策に役立つ情報を得ることを目的とし、様々な条件下でビル風のシミュレーションを行う。

2 研究概要

一般的な直方体の形状とビル風対策がされた形状の2つの高層ビルのモデルについて、ビル風発生シミュレーションを行った。建物形状のビル風への影響に加え、次の2点についても調べるために2つの検証を行った。

- 高層ビル周辺の建物による影響
- 高層ビルの高さの影響と対策の効果

なお、ビル風対策がされた形状として、日本電気本社ビル(高さ180m)の形状を使用した。図1がモデル化した様子であり、建物中央部の南北方向に風穴があるのが特徴である。

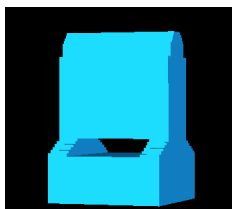


図1: 日本電気本社ビルのモデル化

3 計算方法

具体的な計算方法について次に示す。

3.1 基礎方程式

風速は音速に比べて非常に小さいため、非圧縮性流体の流れと見なすことができる。したがって、連続の式と非圧縮性 Navier-Stokes 方程式を支配方程式として解析することができる。

$$\nabla \cdot v = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + (v \cdot \nabla)v = -\nabla p + \frac{1}{\text{Re}} \Delta v \quad (2)$$

ただし v は速度、 p は圧力、 Re はレイノルズ数を示している。

3.2 計算格子

x - z 平面を地表面、 y 方向を鉛直方向とした3次元直交座標を用いた。計算領域は地表面が $350\text{m} \times 350\text{m}$ 、上空に 300m とした。格子数は x , y , z それぞれに 150, 100, 150 であり、建物が建っている範囲から外側に向かって格子が大きくなる不等間隔格子を用いている。概要図を図2に示す。

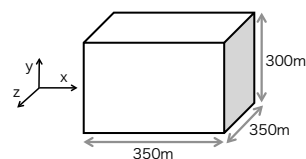


図2: 計算格子モデル

4 検証1

以下に示す3種類の環境に180mの高層ビルが建った場合のシミュレーションを行い、結果を比較し、周辺の建物がビル風発生にどのように影響するのかを調べた。

- 周囲に何も無い
- 50mのビルに囲まれている
- 90mのビルに囲まれている

4.1 結果

地上1.5m一面に一定時間毎に粒子を置き、それらが移動する様子を観察した。一定時間毎に粒子を置いていることから、粒子の少ない部分は風速が大きくなっていると捉えることができる。

次に示す検証結果では、すべてのモデルにおいて、風向きは南南西であり、図内の左下の矢印で示している。また、4.1.2, 4.1.3で参照する図については、説明の都合上、ビルに番号を振ってある。

4.1.1 周囲に何も無い

東南方向から見た結果を図3に示す。ビル風対策されていないビルが建った場合の結果を(a)、ビル風対策されたビルが建った場合の結果を(b)に示す。

(a)と(b)を比較すると、(a)では建物の背面で舞い上がっている風が2つあるのに対して(b)では1つに減っていることが分かり、対策の効果を確認することができる。



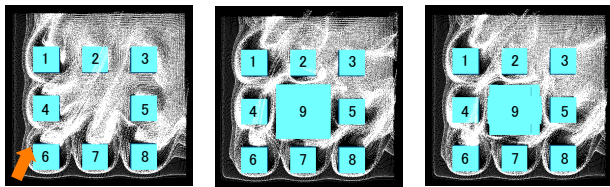
(a) 通常のビル (b) 対策されたビル

図3: 周囲に何も無い場合のビル風発生の様子

4.1.2 50mビル群

上空から見た結果を図4に示す。高層ビルがない場合の結果を(a)に、ビル風対策がされていない高層ビルが建った場合の結果を(b)に、ビル風対策がされた高層ビルが建った場合の結果を(c)に示す。

図4の(b),(c)と(a)の結果を比較し、変化が大きい場所と変化の仕方を表1にまとめた。ただし、観察場所を示すのに図上の番号を用いる。例えば、「1-2間」は「1と2のビルの間」を指している。



(a) ビルなし (b) 対策なし (c) 対策あり

図 4: 50m ビル群におけるビル風発生の様子

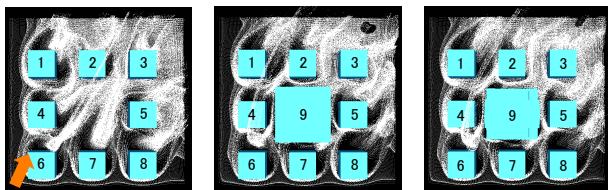
表 1: ビルがない場合との比較 (50m ビル群)

場所	(b) 対策なし	(c) 対策あり
1-2間, 1-4間	広い範囲で風速が大きくなっている	局地的に風速が大きくなっている
2-9間, 5-9間	特に風速の大きい風が新たに発生	風速の大きい風が新たに発生
9-7間, 5-8間	風速が特に大きくなっている	風速が大きくなっている

4.1.3 90m ビル群

上空から見た結果を図5に示す。高層ビルがない場合の結果を(a)に、ビル風対策がされていない高層ビルが建った場合の結果を(b)に、ビル風対策がされた高層ビルが建った場合の結果を(c)に示す。

また4.1.2と同様に、図5の(b)、(c)と(a)の比較結果を表2にまとめた。



(a) ビルなし (b) 対策なし (c) 対策あり

図 5: 90m ビル群におけるビル風発生の様子

表 2: ビルがない場合との比較 (90m ビル群)

場所	(b) 対策なし	(c) 対策あり
2北側	風速が特に大きくなっている	風速が大きくなっている
2-9間	風速の大きい風が新たに発生している	
2東側	風速の大きい風が無くなっている	
5-8間	風速が大きくなっている	

4.2 結果のまとめ・考察

結果より、50mビル群と90mビル群の結果には2つの違いがあることが分かる。1つ目は高層ビルの影響である。50mビル群では高層ビルがあると風が強くなっていることが容易に確認できる。対して90mビル群では、高層ビルが建つことによる影響がそれほど見られない。これは周囲のビルに遮られて高層ビルまであまり風が届いていないことや高層ビルが無い時点で既に強い風が発生していることなどが関係していると考えられる。2つ目は対策の効果の違いである。50mビル群では、対策の効果が確認しやすい。対して90mビル群では、対策されたビルとされていないビルの結果にあまり違いが見られなかった。これには、90mビル群

によって、対策されたビルの地上50m付近にある風穴が塞がれていることが関係していると考えられる。

以上より、ビルの形状に加えて、周辺の建物の高さもビル風の発生に影響することが分かった。また、条件によってはビル風対策の効果が無くなる場合もあり、様々な条件下で有効となる対策をたてるには工夫が必要であるといえる。

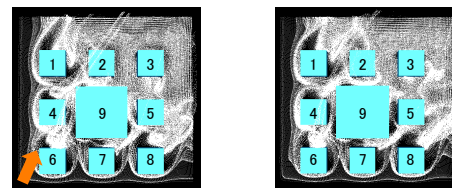
5 検証2

次の3つのシミュレーション結果を比較し、高層ビルの高さと対策がビル風の発生にどのように影響するのかを調べた。周囲の環境は、検証1において通常のビルと対策されたビルの結果に最も大きな差が見られた50mビル群とした。

- 高さ90mの対策されていないビル
- 高さ145mの対策されていないビル
- 高さ180mの対策されているビル

5.1 結果

上空から見た結果を図6に示す。画像の下の数値は、ビルの高さを示している。ただし、対策されているビルの結果には図4(c)を用いる。



(a) 90m (b) 145m

図 6: 異なる高さのビル建設後のビル風発生の様子

5.2 考察

3つの結果を比較すると、風の色や強い風の発生範囲は図6(a)の高さ90mのビルで最も小さいことが分かる。他の2つを比較すると図6(b)の高さ145mのビルの方が9-5間で風速が大きくなっていることが分かるが、それ以外ではあまり差がないように見える。

よって、同じ形状であれば、ビルが高いほどビル風が発生しやすくなるが、一切対策がされていない低めのビルよりは高くても対策されたビルの方がビル風の発生を緩和させることができる場合もあるといえる。

6 まとめ

一連の検証から、高層ビル周辺の建物と高層ビルの高さ・対策がビル風にどのように影響するのかを調べることができた。また、本研究の様々な簡易モデルでのシミュレーションによって得られたビル風発生の特性に関する情報は、今後のビル風対策の検討に役立つと考えられる。

参考文献

- [1] 山田由紀子: 建築環境工学, 培風館, pp. 17, (2008).
- [2] 河村哲也: 流れのシミュレーションの応用!, 山海堂, (2008).
- [3] 柳本望帆: お茶の水女子大学卒業研究発表会要旨集, pp. 17-18, (2011).