

第I部門 数値シミュレーションによる屋根上緑化パネルの耐風安定性の解析

神戸大学工学部建設学科
神戸大学大学院自然科学研究科

学生員 ○横山 直毅
正会員 中山 昭彦

1. 研究の目的

風の作用を受ける構造物の挙動は多岐にわたっている。したがって、構造物の風害の種類と、それらの原因となる現象との結び付きも複雑である。被害は屋根と外壁に発生することが多く、主体構造まで及ぶことは老朽家屋などに見られることがあるが一般には非常に少ない¹⁾。

近年都市気候の改善を目的とした屋上の緑化が検討され、既に平坦な屋上には芝生など軽量の植物を植える試みがなされている。しかし平坦な屋上のある大規模建物数は少ない。工場建屋や住宅など勾配のある屋根で緑化用植生パネルを設置するにはその耐風安定性を検討する必要がある。

本研究では、近年発展している流れの数値シミュレーション法を用い勾配のある屋根面に取り付けられた緑化パネルに建物周りの風が与える影響について検討する。

2. 計算手法

方法としては構造物の風圧、風力の予測ということに限れば、一般的に主として平均流れ場を求めるRANSと非定常計算を行うLESの二つの方法が考えられる。RANSはレイノルズ平均に基づく構成式で表される流れ場を再現する乱流計算手法であるのに対して、LESは比較的小規模の風速変動まで再現できる乱流計算手法で間欠的で比較的短い時間に生ずる風圧変動も捉える事が可能である。定常計算では平均風圧力しか予測できないのに対して、非定常流計算では風圧力の時刻歴データが得られ、そこから平均値と標準偏差、ピーク風圧を算定できる。LES法は平均化操作として空間平均が用いられ、そのモデル化の対象はSGS(Sub Grid Scale)成分であるため、RANS法に比べモデルに対する依存性が低く、広く適用できると考えられる²⁾。

流れを支配する微分方程式は時間空間内での連続的な状態量の変化を記述し、微分方程式を解くということは任意の時空点(x,t)における状態量を求めるということである。しかし、差分法では連続的な時空間の計算領域はこれを覆う格子網の各格子点で離散化され、流れの状態量は各格子点上に定義される離散化関数で代表される。各格子点での離散化関数は代表方程式の一つの系となる差分方程式によって関係づけられ、これを数値的に解くことによって各格子点上の流れの状態量が求められる。

3. 解析条件

図1のような屋根勾配 $\theta=25^\circ$ の切妻構造を対象にシミュレーションを行った。寸法は $L50 \times B30 \times H25$ m。ここでLは桁行き方向、Bははり間方向、Hは軒高である。また、屋根に設置した緑化パネルに作用する局所的な風荷重を知るため、屋根の一部を拡大した構造についても検討する。風向ははり間方向のときを想定している。それは屋根が波状の形をしており、風が桁行き方向に吹くときよりも、はり間方向に吹くときのほうが隙間に侵入した風の影響が大きいと考えられるためである。屋根上に緑化パネルを設置し、風が屋根とパネルとの隙間に侵入し、パネルとパネルとの開口部に作用する影響を考える。

計算領域は計算負荷を軽減するためなるべく少ない格子点で計算することが望ましい。

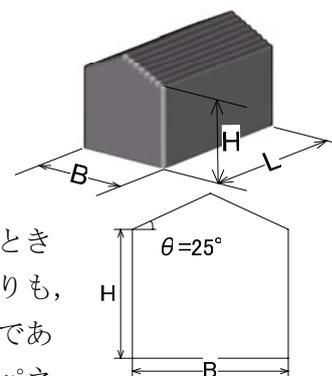


図1 建物モデル

本研究において計算格子は直線直交不等間隔格子を用いている。また必要な領域は建造物の形状や寸法，風向によって異なってくる。計算領域は建造物の形状や寸法，風向を考慮し，図2の領域で行った。このとき風向ははり間方向で，格子点数は $175 \times 150 \times 65$ とする。またレイノルズ数は建造物の高さを代表長さ，代表長さにおける速度を代表速度として $Re=100000$ とした。

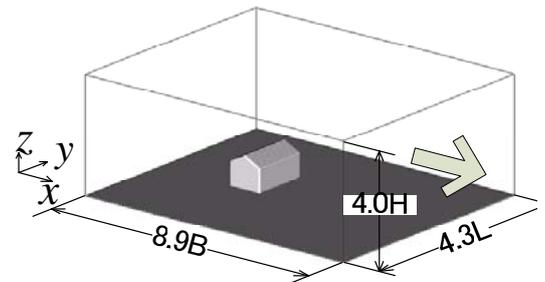


図2 計算領域

4. 計算結果

本シミュレーションでは乱れを入れていないが，自然風には乱れがあり，風速，風向が絶えず変化している。したがって，建造物に作用する風圧力も，その大きさ，方向および受圧面上の圧力の分布状態が常に変動する。建造物周辺の流れは，衝突，剥離，再付着，渦放出を含む大変複雑な流れである。図3は速度ベクトルの分布，図4は圧力分布である。

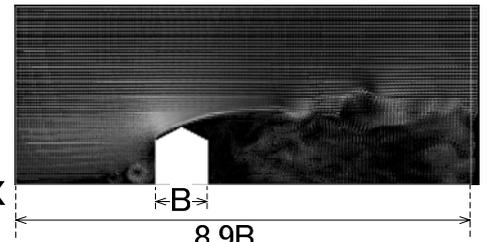


図3 速度ベクトルの計算結果

屋根面に緑化パネルを設置した状態を考え，パネルとパネルとの間に開口幅を設ける。このときパネルの寸法は $500 \times 500\text{mm}$ として，開口幅は 50mm に相当する間隔を設けた。図5は速度ベクトルの分布，図6は圧力分布である。

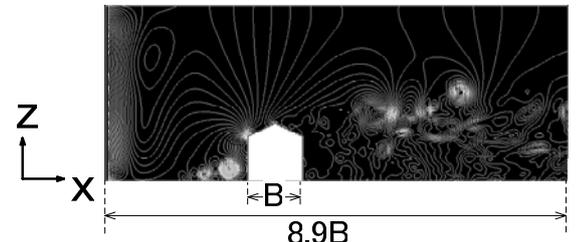


図4 圧力分布の計算結果

5. 結論

本研究で用いたモデルにおいて，屋根の風上面の隅角部で風の剥離が見られた。そのため屋根の風上側の隅角部付近では大きな負圧がはたらいっていると考えられる。切妻屋根は屋根勾配を持つため，屋根の風上面と風下面とは異なる挙動が見られる。

風が建造物と直角に当たる場合は風上側の隅角部において大きな負圧がはたらくことがわかる。建造物の周辺を流れる風は建造物の形状により遅速を生ずるが，隅角部付近は風の流れが速くなり，したがってその付近の屋根面は，局部風圧が大きくなり被害が生じやすい。屋根面に緑化パネルなどの取り付け物を設置する場合は，特に建造物の隅角部付近で圧力の変化が大きいとされる。しかし自然界において風は常に一方向から吹いている訳ではなく，風速も常に変化している。そのため日常においてはパネルのみが飛散するという被害が起こるとは考えにくい。被害は風の強さと建造物の強度との相対的關係で決まるものであると言える。しかし台風などの強風時などにおいては飛散などの被害が起こることが考えられる。

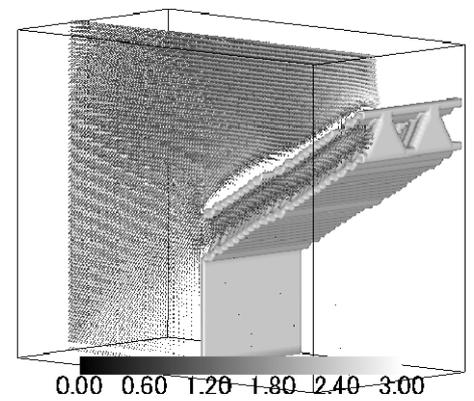


図5 屋根面における速度ベクトルの計算結果

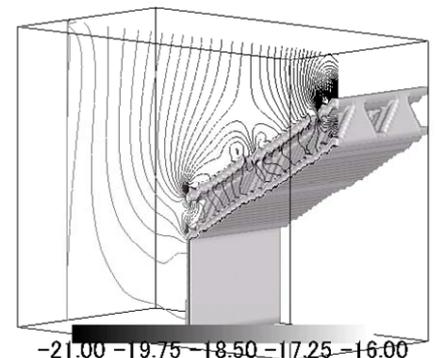


図6 屋根面における圧力分布の計算結果

参考文献

- 1) 藤本盛久，羽倉弘人：現代建築防災工学，オーム社，pp.1116-117, 1981.
- 2) 大島まり：有限要素法による流れのシミュレーション，日本数値流体力学会有限要素法研究委員会編，pp.161-162,1998.