

京都大学大学院 学生員○白 丙基  
 京都大学工学部 正 員 松本 勝  
 京都大学工学部 正 員 白石 成人

1.はじめに 構造物の耐風設計において風の性状を明らかにすることは構造物の安全性、信頼性を保つために重要なことである。しかし、構造物が直接面している地形は複雑であり、かつ風の特長も地形によって大きく変わるので風に及ぼす地形の影響が合理的に評価されているとはいえない。一方、英国などにおいては風が崖、傾斜地を越えて吹く場合に仮想の地表面を設定することにより、風速の鉛直分布の高度補正を行っている。しかし、その補正の根拠は明確でなく、その補正がまだ十分ではないことが指摘されている<sup>1)</sup>。従って、現在では複雑な地形では現地観測または風洞実験による検証等が必要であり、地形影響の正確な評価及び大規模な地形特性に及ぼす風況の評価などを明らかにする問題点がまだ残されている。本研究では、任意の地形断面における気流特性を調べるため、 $\kappa-\varepsilon$ 型2方程式モデルを用いた。

2.数値解析の概要 解析する大気の流れ場は、気温の分布状態は対流現象が起こらない一定温度とみなした中立安定状態の強風時の風を対象とした。計算は $\kappa-\varepsilon$ 型2方程式モデルを用い、任意形状断面の流れ場をQM3DMGTB アルゴリズムで解いた<sup>2)</sup>。

3.数値計算方法 流れ場の無次元化は図-1のような四角の立方断面に対して基準風速 $U_B$ を1.0とし、断面の高さ $H_B$ を1.0として無次元化し、流れ場のRe数は $5 \times 10^4$ とした。計算の格子網は、等間隔直交座標計算格子網として $32 \times 16 \times 32$ のGridとして格子間隔は、 $\delta x = \delta y = \delta z = 0.2$ とした。計算は初期流速場を0.0、流入速度を左壁面全体から無次元高さの1/4乗則で与え、この時の流出速度は連続流出としてスタートした。計算時間は、非定常解を等間隔として $\delta t = 0.005$ より時間ステップ1200回非定常解を進展させ(無次元時刻 $T=6$ )、その時点での諸値をデータとしてグラフ化した。

4.数値解析結果の考察 図-2、図-3は計算諸条件による $T=6$ の無次元時刻での計算の結果である。図-2の鉛直断面図では、風速は断面の風上側で剥離した流れが逆流域を形成してその後部で後ろに流れ去っている。これは計算時刻がまだわずかであるので以後どのような渦の成長や剥離を見せるかは不明であるが、平均流に関する乱流モデルであるので渦粘

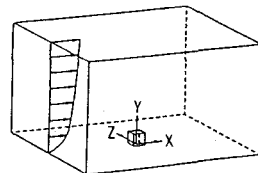
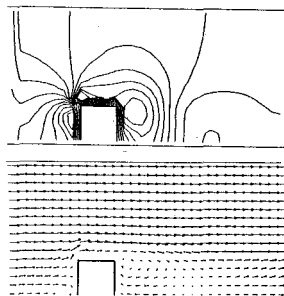


図-1 解析モデル



(鉛直断面)

図-2 圧力及び平均風速ベクトル分布

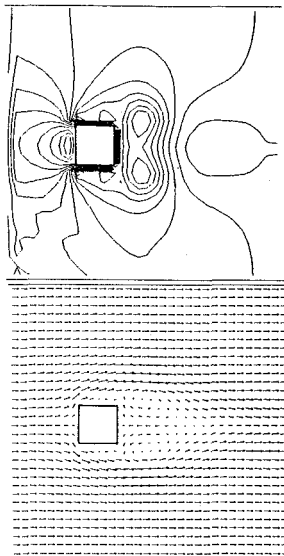
(水平断面、高さは0.6H<sub>B</sub>)

図-3 圧力及び平均風速ベクトル分布

性の効果によってこれ以降もそう大きな流れ場の変化は発生しないものと考えられる。この計算の結果は、過去の研究結果とほぼ同等の計算結果と見なせる<sup>3)</sup>。圧力の分布図においても、断面の前方では高圧になっており、断面の風下側での剥離した渦の部分で低圧を形成してその後部で速度分布のように流れ去ることをよく再現している。図-3の水平断面では、速度の流れは横方向へ断面により曲げられ、後流は双子渦を形成して流下する。圧力分布も鉛直断面図のように剥離した渦の形状をよく再現している。

5. 解析の適用及び応用 以上で検証された解析結果に基づいて任意形状を持つ地形に対してその適用性を試みた。計算の格子網は、等間隔直交座標計算格子網として $15 \times 15 \times 15$ のGridとして格子間隔は、 $\delta x = \delta y = \delta z = 0.5$ とした。計算は初期流速場を0.0、流入速度を左壁面全体から無次元高さの1/4乗則で与え、この時の流出速度は連続流出としてスタートした。地形断面の壁面は断純なno-slip条件を与えた。

6. 任意断面の数値解析の結果 図-4では今回行った数値解析に用いた任意の地形断面モデルの水平断面図(x-z平面図)を示す。この任意の地形断面モデルを用いて、平均風速のバクトル分布を解析した。図-5は水平面(x-z平面)についての数値解析結果である。この図より地形の前方や山越え及び地形断面後方の気流等の全体的な平均風速のバクトルについて、流れのパターンと風速の低減効果及び増速効果はおおよそ再現されていると言える。また、図-6は、図-4の断面I-I'における鉛直断面(x-y平面)についての解析結果である。この図から分かるように地形断面が複雑な断面では、風の流れも複雑になり、ときわけ風と地形との関係を定量的に把握することは難しくなるが、両方の関係を究明することは耐風設計上必要であると思われる。

7. まとめ 今回用いた $\kappa - \varepsilon$ 型2方程式モデルの数値解析の検証を得るため、簡単な四角の立方断面を使用して過去研究されたものと比較・検討した結果、ほぼ同じ結果が得られた。この四角の立方断面の数値解析の有効性に基づいて、任意地形断面に対して風との関係を試みた結果、任意断面における気流の分布を把握することが出来た。

#### 参考文献

- 1) A. J. Bowen and D. Lindly, A Wind tunnel investigation of the windspeed and turbulence characteristics close to the ground over the various escarpment shapes, Boundary-Layer Meteorol., 12, 1977
- 2) 武本 行正、山辺 春雄、三次精度風上差分スキームQUICK法を用いた非圧縮粘性流解析コード、京都大学大型計算機センター広報17-6、1984
- 3) 村上 周三、持田 灯、林 吉彦、 $\kappa - \varepsilon$ モデルにおける建物風上の $\kappa$ の過大評価とモデルの改良、風工学シンポジウム、1988

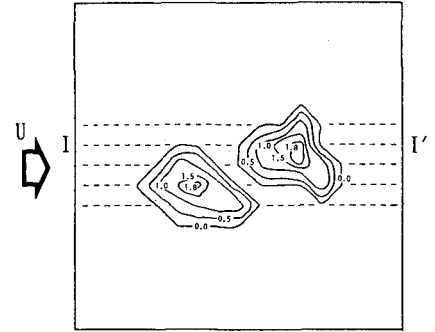
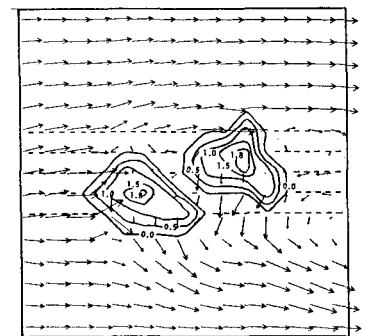
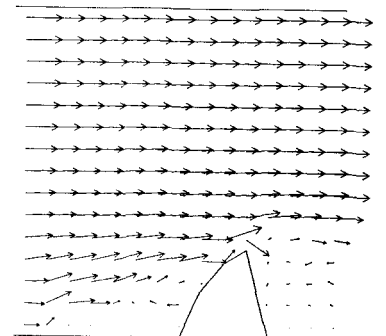


図-4 地形モデルの平面図(x-z軸)



(水平断面x-z軸、高さは1.0地点)  
図-5 平均風速バクトル分布



(鉛直断面x-y軸)  
図-6 平均風速バクトル分布