

1. まえがき

地形や地面粗度は、風による構造物の不規則振動を検討する時に重大であり、通常に両者が一様ではなく、位置によって変化する。それに、実際は、地形の変化があれば、これに併せて地面粗度の変化も起きる場合が多い。

他方、粗度の変化が風に与える影響についての検討は、変化の前に釣り合い境界層が存在するという仮定に基づいているものが多い。従って、粗度の変化を風洞でシミュレーションする時には、正確さのため、本当の釣り合い境界層を利用すれば良い。

地形による影響をシミュレーションする場合もそうである。しかし、粗度変化だけのシミュレーションはもっと単純である。従って、粗度変化のシミュレーションの研究は、地形による影響のシミュレーションの研究への一步として考えて良いが、地形と関係ないものとして行っても良い。

2. 地面の局所的性質と乱流との間の釣り合い、及び渦の大きさ

文献¹⁾によって、風が海から岸へ吹いていた場合、パワースペクトルは陸上で観測されており、次の特徴を持っていたことが分かった。

$U/f \ll$ 新しい地形上の吹送距離という条件を満たす周波数領域内は、パワースペクトルと新しい地形との間の釣り合いがあったが、 $U/f >$ 新しい地形上の吹送距離という条件を満たす周波数領域内は、パワースペクトルと海面との間の釣り合いがあった。これは粗度が低くて突然比較的高くなる一例である。

乱れた風の中の渦は、広範囲内のすべての大きさを持っている。従って、粗度変化直前の粗度によってだけではなく、粗度変化直前の境界層が発展していくか釣り合いにあるかによっても、粗度変化後の風のパラメーターが異なることを期待する。自然に発展していく境界層の中では、十分に小さい渦しか地面の局所的性質に対応できないことを期待する。主流方向において長い渦は、局所的な地面特徴よりも風上の地面特徴を反映することを期待する。しかし、理想的な釣り合い境界層の場合は、広範囲のすべての渦が局所的な地面特徴に対応し、地面の性質が変わらない限りパワースペクトルが主流方向に沿って変わらない。

粗度変化がパワースペクトルに及ぼす影響を風洞でシミュレーションすることを目指す時には、粗度変化前のパワースペクトルとの比較、新しい粗度で引き起こされた釣り合い境界層のパワースペクトルとの比較を行えば良い。しかし、後者のパワースペクトルは、風洞の中のものとして定義しやすくはないかもしれない。風洞では、境界層は不自然に発展し、床の粗さの他様々な措置を用いて発生させられる場合がほとんどである。

3. 2, 3の重大な文献

粗度変化による内部境界層の成長、平均風速プロファイルなどについての概観は、文献²⁾を参照させていただければ幸い。中立的な成層に対して境界層の高さまでに及ぼす高度をカバーする論述は、文献³⁾である。

Counihan による渦発生器を用いて風洞で相当に長い釣り合い境界層をシミュレーションできる方法は文献⁴⁾で説明されている。しかし、日本では、Counihan によるシミュレーション法はあまり利用されていないが、Irwin⁵⁾によるスパイヤー方法は人気が高い。これにも関わらず、シミュレーションされた境界層が釣り合いに達した程度は、この文献⁴⁾に基づいて判断できる。

4. 文献⁵⁾に関する2, 3の備考

もし風の基本的なパラメーターが主流方向において長い距離（境界層の高さの数倍）をわたって不変である釣り合い境界層を目指すなら、粗度による平均風速プロファイルは、スパイヤーによるそれに対応すれば良い。文献⁵⁾では、次式を満たす高さ k と隔たり D を持つ正六面体を用いてこういう粗度を実現できることが示唆されてある。

$$k/\delta = \exp\{ (2/3)\ln(D/\delta) - 0.1161[(2/C_f)+2.05]^{1/2} \} \quad (1)$$

ただ、 δ は境界層の高さであり、 C_f は摩擦係数（skin friction coefficient）である。 k/δ についての上記の方程式は次の基準が満たされている限り適用して良い。

$$30 < \delta D^2/k^3 < 2000 \quad (2)$$

摩擦係数 C_f と平均風速プロファイル指数とは次の関係にある⁵⁾。

$$C_f = 0.136[\alpha/(1+\alpha)]^2 \quad (3)$$

しかし、式(1)や式(3)に基づいて、 $\delta D^2/k^3$ は α 以外の変数に依存しなく、 $\alpha < 0.241$ の時には基準(2)が満たされない。すなわち、釣り合い境界層のスパイヤーによるシミュレーションの時の適当な粗度を実現できる方法は、この論文⁵⁾で提案されているが、 $\alpha < 0.241$ の場合には特定されたように利用できない。

文献

- /1/ Panofsky, H.A., Dutton, J.A.: Atmospheric Turbulence - models and methods for engineering applications, John Wiley & Sons, 1984
- /2/ Garrat, J.R., 1990. The internal boundary layer - a review. Boundary-Layer Meteorology, 50, 171-203
- /3/ Cook, N.J., 1997. The Deaves and Harris ABL model applied to heterogeneous terrain. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 66, 197-214
- /4/ Robins, A.G., 1979. The development and structure of simulated neutrally stable atmospheric boundary layers. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 4, 71-100
- /5/ Irwin, H.P.A.H., 1981. The design of spires for wind simulation. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 7, 361-366