

縮尺地形模型を用いた風洞実験法に関する基礎的研究

徳島大学工学部 正会員 宇都宮英彦 徳島大学工学部 正会員 長尾 文明
 徳島大学大学院 学生員○近藤 順 兵庫県 山下 卓也

1. 研究目的 本研究では縮尺地形模型を用いた風洞実験において、縮尺の異なる2種類の地形模型（1/4000と1/800）と2種類の乱流境界層を用いて、縮尺の違いや乱流特性の差が風況特性に及ぼす影響等を調査することにより、縮尺地形模型を用いた風洞実験法の妥当性についての検討を行うものである。

2. 実験概要 本研究は、風洞実験による小地形周辺の風況特性の推定の可能性を探るものであり、大気境界層を風洞内に設定し、模型に作用する自然風を相似させることが重要となる。今回、徳島大学多目的風洞（水平押込式エッフェル型風洞：測定洞1.5m×1.5m×5m、最大風速18m/s）

を使用し、縮尺1/4000と1/800（図1参照）の地形模型を使用した。実験風向は、16風向中12風向（NNE, SSE, SSW, NNWを除く）で行った。計測には熱線風速計とI型熱線プローブを使用した。また接地境界層作成にはべき法則を用いて、2種類の模型に対し形状の異なる4種類のスパイアを用いた。また数種類のラフネスブロック、平板、マットをスパイアと組み合わせることで、表1に示す境界層厚さとべき指数を有する風洞気流を作成した。

3. 模型縮尺の差異による風況特性の比較 図2に計測点を示す。図3に、両模型の地表高さ20mでの、境界層外風速で無次元化した風速の相関を示す。図より1/800模型における風速が若干大きい、相関係数が風向Eでは0.82、風向Wでは0.70と比較的高い値が得られている。なお、他の風向に関しても同様に比較的高い相関が得られている。次に図4にC2-C6の横断面の等風速線を示す。図中の値は、図3同様、境界層外風速で無次元化した風速値で、1/4000模型では高度3段階

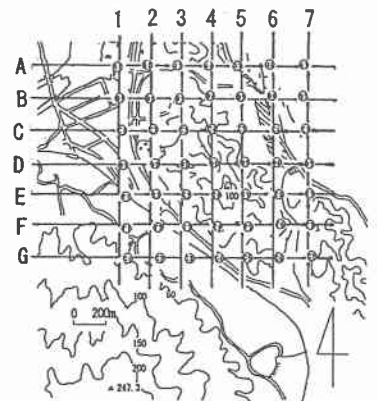
（20m, 40m, 80m）、1/800模型では高度4段階（5m, 10m, 20m, 40m）の値を示している。図より山の下流では風速値が大幅に低下しているが、1/800模型の方が相対的に風速値が大きく、尾根の下流側の風速の回復が早くなっている。図5に地表高さ20mでの変動風速のパワースペクトルと乱れのスケールを示す。なお、図中の滑らかな曲線は等方性乱流理論より導かれるkarman型パワースペクトルであり、乱れのスケール値は地表高さで無次元化している。図より1/4000模型におけるパワースペクトルは、高周波数成分が減衰しており、Karman型とは異なった傾向が見られるが、両模型の対応は比較的良好な結果であると考えられ、また乱れのスケールも、目立った差はないといえる。

4. 乱流境界層の違いによる風況特性の比較 ここでは、1/4000模型

において2種類の乱流境界層（海風： $\alpha=0.163$ 、陸風： $\alpha=0.269$ ）中における風況特性について調べてみる。図6に境界層外風速で無次元化した風速の相関を示す。海風と陸風の接近流に本来生じている風速比（図中一点鎖線、陸風=0.728海風）と比較すると、陸風の値が本来の接近流の風速比より若干大きくなっている。これは測点C2から西側の海まで切り通し状の地形（図1参照）が内部境界層の発達を促すため、海風にお

表1 境界層厚さおよびべき指数 α

α	1/4000	1/800	境界層厚さ	
			1/4000	1/800
海 風				
1/10~1/7	0.163	0.158	100mm(400m)	500mm(400m)
陸 風				
1/6~1/4	0.269	0.268	175mm(700m)	600mm(480m)

等高線間隔は50m
図1 縮尺模型化範囲

(測点は図1の1/800模型範囲内に配置)

図2 計測点分布

る各測点の風速が減少し、風速差が小さくなるものと考えられる。次に図7に2種類の乱流境界層の違いによる変動風速のパワースペクトルと乱れのスケールを示す。乱れのスケール値は測定高さで無次元化している。図よりパワースペクトルは両境界層において比較的良好な対応結果が得られている。また乱れのスケール値は粗度の大きい陸風が海風よりもやや大きく、従来とは少し異なった結果になっているが、模型の精度や測定高さ20m(5mm)が低いことから考慮して、乱流の違いによるスケールの変化は小さいと考えられる。

5. 現地風観測結果と風洞実験の比較 図8に、測点C2, C6での現地風観測結果と1/800模型の実験結果による平均風速の相関を示す。なお図中の実線と・印は現地観測結果を示し、一点鎖線が風洞実験結果を示す。図よりC6を基準(横軸)とした場合、風洞実験のC6の値は若干過大評価であるが、観測結果と実験結果は比較的良好な対応関係にあり、ここでは紙面の都合で省略したが、他の風向においても現地風観測結果と風洞実験結果は良好な対応結果が得られた。

6. 結論 実験結果より、模型の縮尺の差異による風況特性にそれほど著しい変化は見られなかった。また、境界層乱流を変化させると接近流に含まれている風速差程度の変化が生じるが、内部境界層が発達する場合には、接近流特性と若干異なる風況特性を示すことも明らかになった。また現地風観測結果との比較から、地形・構造物をより詳細に再現している縮尺1/800模型により小地形周辺の風況を把握することができ、模型化範囲も妥当であると判断できる。

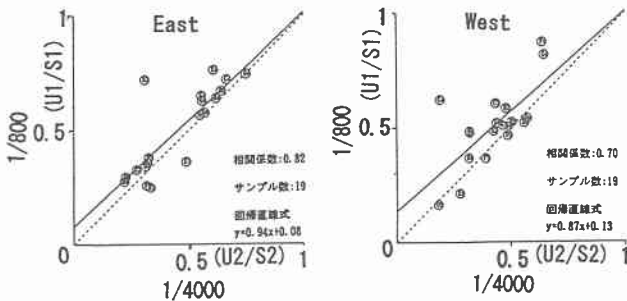


図3 1/4000模型と1/800模型の風速比の相関(地表高さ20m)

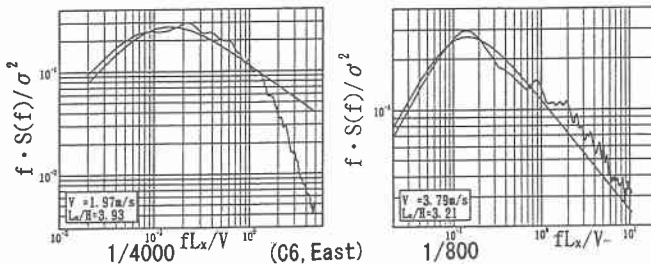


図5 変動風速のパワースペクトルおよび乱れのスケール

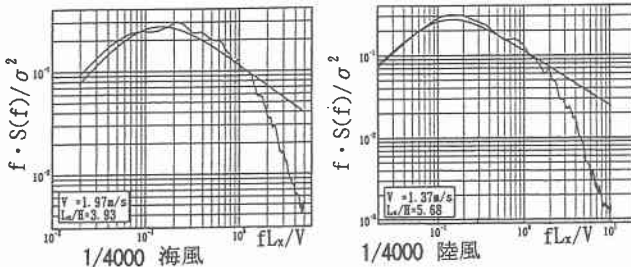


図7 変動風速のパワースペクトルおよび乱れのスケール(C6, East)

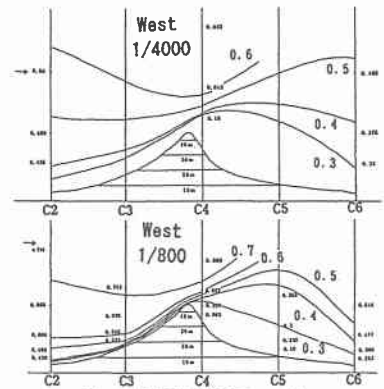


図4 等風速線(C2-C6)

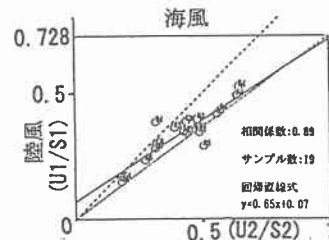


図6 海風と陸風の風速の相関(1/4000)

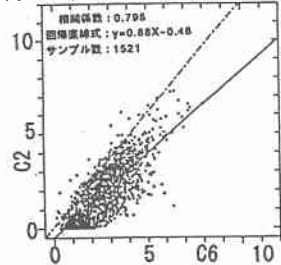


図8 現地風観測と風洞実験の風速の相関(West) (m/s)