粗度変化が２次元丘状地形周辺の風況特性に及ぼす影響

徳島大学大学院　学生員　井本　昌彦　　徳島大学工学部　フェロー　宇都宮　英彦
徳島大学工学部　正員　長尾　文明　　徳島大学工学部　正員　野田　稔
徳島大学大学院　学生員　板東　信一

1.はじめに　強風は地震とともに自然界の最も厳しい外力の一つであり，科学技術が発達した現代においても，構造物に対する風害は科学者を悩ませている．風の強さは地形の影響を受けやすいが，複雑な地形と風況特性の関係を把握することは非常に困難であるため，本研究では比較的単純である２次元丘状地形に着目し，地形あるいはその表面粗度と風況特性の関係を把握することを目的とした．その中でも丘状地形と風況特性の関係において最も重要な問題である増速効果に注目し，検討を行った．

2.実験概要　本研究では徳島大学工学部多目的風洞（押し込み式 NPL 型風洞, 測定胴部：1.5m×1.5m×5m）を使用し，模型周辺の風速を X 型熱線プローブにより計測した．図１に実験に使用した２次元丘状模型の概要を示す．模型高さ H=50mm に固定し，法面勾配を $H/2L$, 天端長さを Bu/H で表した．また，表１のように $H/2L$ を３種類，Bu/H を３種類に変化させた模型を用意し，それらを組み合わせることにより，合計９種類の模型形状について，周辺の風況特性を検討した．図２に実験の際の風洞内の様子を示す．風洞実験においてスパイアとラフネスマットを用いて接近流を作成し，その接近流は式（１）で示されるべき法則に従うものとする．

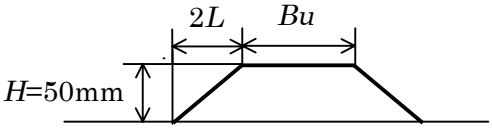

図１　模型概要

表１　模型の形状

法面勾配(H/2L)	0.27	0.47	0.84
天端 長さ(Bu/H)	0	1	2

$$\frac{V_Z}{V_G}=\left(\frac{Z}{Z_G}\right)^{\alpha} \qquad (1)$$

この式中の α はべき指数で，表 2 に本実験で使用した接近流の概要を示す．

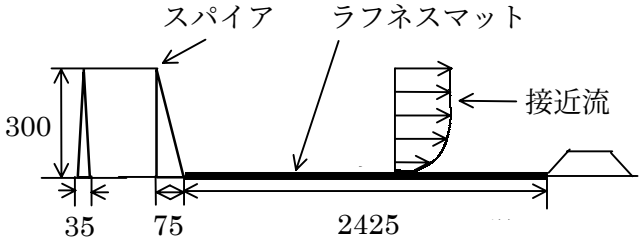

図２　スパイア，ラフネスマット，模型配置

3.実験結果　２次元丘状地形の増速効果を把握するために，式(2)示す増速率 S を定義した．

$$S=\frac{V(z)-V_0(z)}{V_0(z)} \qquad (2)$$

表２　境界層概要

地形条件	設定風速	α(吹走距離2500mm	境界層高さ
市街地	6(m/s)	1/4.83	317.4(mm)

ここで，$V(z)$ は丘表面からの高さ z における平均風速の合成成分であり，$V_0(z)$ は地表面からの高さ z における接近流速である．増速率 S は正の値で増速しており，値が大きくなるほど，増速効果が大きいことを示している．また，本研究では２次元丘状地形の天端上流端に着目し，マット，さらし，合板，塩化ビニル樹脂の４種類の粗度を模型表面に貼り付けて実験を行った．図 3 に増速率の鉛直分布の一例を示す．地表面に近づくにつれ増速率は大きくなっており，模型表面粗度が大きいほど増速率は小さくなっている．この増速効果を予測するために実験結果から式(3)のような増速率の推定式を定めた．

キーワード：２次元丘状地形，模型表面粗度，天端上流端，増速率，推定式
〒770-8506　徳島市南常三島町 2-1 TEL/FAX 088-656-7323

$$S = 0.31(H/2L - 0.27) + S_0 + S_A + S_R \qquad (3)$$

ここで，右辺の第 1 項から第 3 項までは形状によるパラメーターであり，S_0 は完全剥離型では S_0=0.67，再付着型では S_0=0.97 という値をとる．その式にさらに，接近流によるパラメーター S_A と粗度によるパラメーター S_R を足し合わせることにより，増速率が与えられる．これは接近流，粗度の影響は推定式の切片にのみ影響するということを示している．S_A は完全剥離型では S_A=0.27, 再付着型では S_A=0.16 という値をとる．完全剥離型とは，図 5(a)のように天端上流端で流れが完全に剥離しているものを指し，天端長さ Bu/H=0 のものがこれにあたる．また，再付着型とは同図(b)のように天端上流端で剥離した流れが天端下流端に至るまでに再び付着しているものを指し，Bu/H=1 および 2 のものがこれにあたる．次に S_R は接近流中に模型を設置する位置に各粗度の平板を敷き詰めて粗度変化の影響のみを考慮する実験を行った結果，計測点での平均風速 V_z と，粗度変化点における z/H=0.1 での平均風速 V_{z0} により式(4)のように与えられる．

$$S_R = \frac{V_z - V_{z0}}{V_{z0}} \qquad (4)$$

式(4)により得られた S_R と粗度変化点からの吹走距離 x/H の関係を図 4 に示す．図中の曲線は実験値を式(5)で便宜的に近似した近似曲線であり，式（5）の a_R は粗度変化による減速効果の程度を表している．ここで，各粗度の a_R を表 4 に示す．a_R が小さいほど，粗度が大きく，減速効果が大きいことを示している．

$$S_R = a_R \sqrt{x/H} \qquad (5)$$

図 6 に式(3)に示した推定式により求めた値と，実験値との比較を示す．

4.まとめ　２次元丘状地形の天端上流端における増速効果を把握するために，増速率の推定式を導いたところ，ほぼ実験値と推定値が一致してるという結果が得られた．推定式中のパラメーターを何らかの物理量の関数として表現することが今後の課題である．

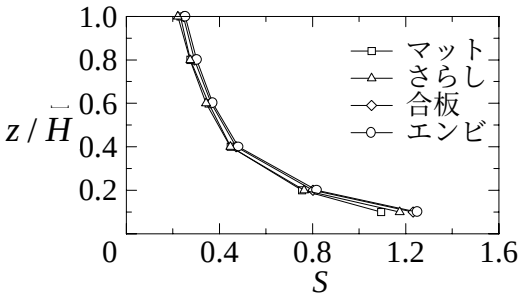

図 3　増速率の鉛直分布

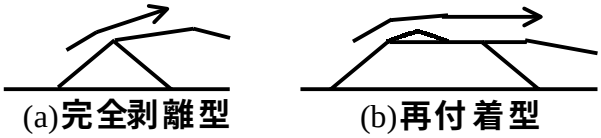

図 5　完全剥離型と再付着型の比較

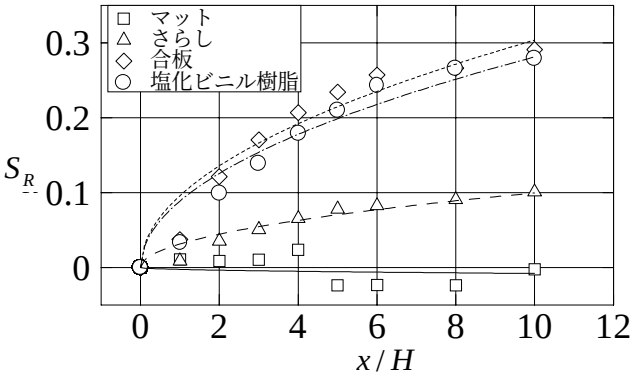

図 4　S_R と x/H の関係

表 4　各粗度の a_R

粗度	a_R
マット	-0.0025
さらし	0.0315
合板	0.096
塩化ビニル樹脂	0.0889

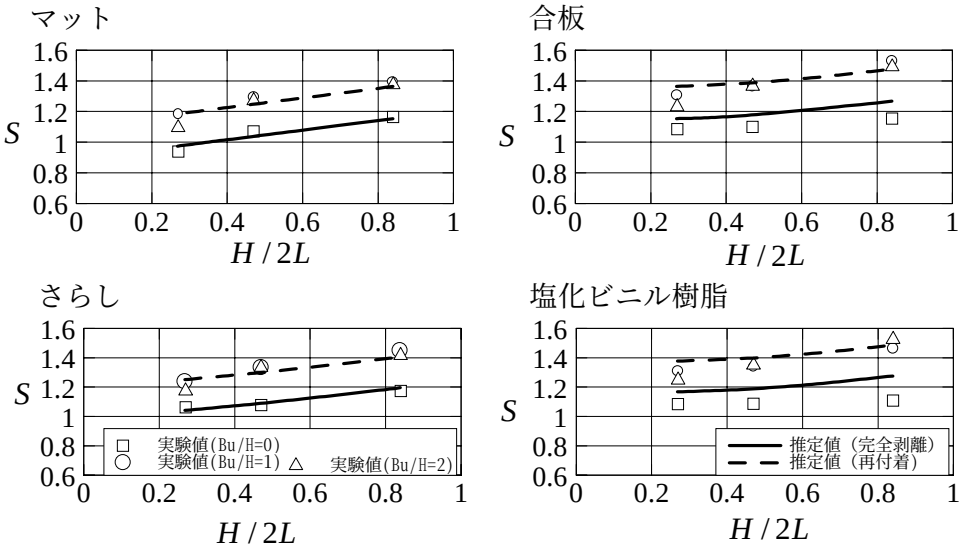

図.6　実験値と推定値の比較