

I - B 16

地表面粗度の風況特性に及ぼす影響に関する基礎的研究

徳島大学大学院 学生員 山田 元紘 徳島大学 正員 長尾 文明
 徳島大学 フェロー 宇都宮 英彦 日本技術コンサルタント 赤松 秀樹

1.はじめに 縮尺地形模型を用いた風洞実験を行う際の問題点の一つとして、地表面の粗度の決定法が挙げられる。現在、地表面粗度のモデル化は完全には確立されておらず、現地観測結果等との比較検討を行い試行錯誤的に模型表面粗度を決定するといった方法が用いられている。そこで本研究は、縮尺地形模型を作成する際の模型表面粗度を現地の写真等から容易に決定できるようにすることを最終目的として、地表面粗度と風況特性の関係についての調査結果を報告するものである。まず、縮尺地形模型を用いた風洞実験において、模型表面粗度として用いられる可能性のある材料について、粗度長、べき指数、境界層高さ、乱流特性等に関する調査検討を行った。また、実際の地表面粗度を考えた場合、一様な粗度が広範囲にわたって続いているような状態はほとんど存在しないため、粗度変化が起こった場合の風況特性の変化に関する調査を実施した。

2.実験概要 実験に使用した風洞は徳島大学工学部多目的風洞（閉断面押込式エッフェル型風洞、測定洞部：1.5m×1.5m×5m）である。測洞部における上流端に原点を設定し、流れ方向にX軸、鉛直上向きにZ軸を設定し、X=0より粗度を敷き詰め、X型熱線流速計をトラバース装置によって移動し、境界層内の風況特性を調査する。また、使用した粗度については模型表面粗度として使用される可能性のある4種類であり、風洞内風速U=6m/sにおいてX=3500mmの断面におけるべき指数、境界層高さを併せて表1に示す。Model Bは、工場で造園用に整形された玉砂利（10mmふるいを通過し5mmふるいを通過しなかったもの）であり、Model Cは川砂（2.5mmふるいを通過し0.85mmふるいを通過しなかったもの）であるが、これらを1500mm×900mmの合板上に木工用ボンド700gを一様にのびし、粒子をその上にふりかけ12時間後、ラッカー Sprey を吹き付け硬化したものを用いた。べき指数は、X=3500mmにおいてほぼ一定値に収束しているが、境界層高さは下流側で若干増加している。

表1 使用した粗度とX=3000mmにおけるべき指数、境界層高さ

	材質	最大粒径 ($\Phi=12\text{mm}$)	最小粒径	べき指数	境界層高さ(mm)
Model A	EVA樹脂			0.25	183
Model B	玉砂利	7.8mm	5.0mm	0.25	148
Model C	川砂	2.5mm	0.85mm	0.21	138
model D	合板			0.14	118

3.粗度変化時の風況特性 表1に示す粗度モデルの中で、ここでは相対的な粗面、滑面という意味でModel Aを粗面、Model Dを滑面として用い、粗度変化が生じた場合の風況特性について報告する。

本研究では、上流側粗度によって形成される境界層が定常状態に達していないために下流側粗度に対する条件が定量的に判断できないという問題がある。そこで上流側粗面の長さを900mm, 1800mm, 2700mmと変化させて実験を行った。図1に粗面から滑面へと変化した場合の上流側粗面の長さを900mm（図1(a)）、2700mm（図1(b)）と変化した場合の粗度変化点からの吹走距離600mmの断面における結果をそれぞれPT1, PT3として示す。図中Model Aは原点から粗面が続いたと仮定した場合の風速分布を、Model Dは粗度変化点から上流側粗面の影響を受けることなく滑面(Model D)による境界層が発達したと仮定した場合の風速分布を示す。また内部境界層高さは吹走距離の1/10～1/30程度の高さであるとする考え方¹⁾や、Deavesの提案式²⁾による内部境界層高さを併せて示す。これらの図から粗度が粗面から滑面へと変化した場合、境界層の下部（内部境界層）では滑面側境界層の特性に近づく傾向が見られるものの、上流側粗面に影響され十分には風速は回復していない。また、遷移領域であると考えられる領域では、粗面のみによって構成された風速分布よりも粗度変化が起こったあの方が減速されている。これらの傾向は上流側粗面を長くした場合のほうが小さくなっており、このことから上流側粗面の風況による影響を強く受けていると言える。これは乱れの強さについても同様で図2に上流側粗面の長さ900mmの場合の粗度変化点から吹走距離600mmにおける乱れの強さ(PT1)を示すが内部境界層、遷移境界層と考えられる領域ではModel AとModel Dの中間値となり地表面に近いほど下流側滑面の値に近づいている。また、図1(a),(b)

キーワード 粗度変化 内部境界層 遷移境界層

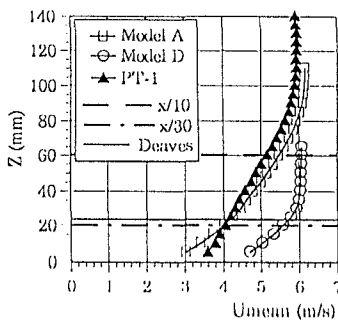
連絡先 〒770-8506 徳島市南常三島町2丁目1 徳島大学工学部建設工学科 TEL/FAX (0886)56-9443

では明らかではない内部・遷移境界層高さも図2では ModelA の分布に従う $Z=70\text{mm}$ 程度の高さであることがわかる。これは 600mm の滑面上に発達する境界層高さである $Z=50\text{mm}$ を大きく上回っており上流側粗面の影響により、下流側滑面による境界層は急速に発達すると考えられる。

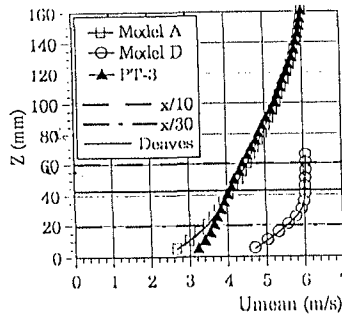
一方、図3に滑面から粗面へと変化した場合の、上流側滑面の長さを 900mm （図3(a)）、 2700mm （図3(b)）と変化した結果を示す。粗度変化点からの吹走距離は 600mm である。図中 ModelA' として原点から粗面が続いたと仮定した場合の風速分布を示し、ModelA は粗度変化点から上流側滑面の影響を受けることなく粗面による境界層が発達したと仮定したものであり、ModelD は原点より滑面が続いたと仮定した場合の風速分布である。ある程度境界層が発達している上流側滑面長が 2700mm の場合の風速分布（図3(b)）は、一般によく知られているように下層では新たな粗度に対応する内部境界層が生じ、その上部に遷移層が形成され、さらにその上層では上流側粗度に対応する風速分布となっている。

一方、上流側の境界層が発達していない状態（図3(a)）では、上流側から粗面が続いた場合の風速分布である ModelA' の風速分布に近づく。また、遷移領域と考えられる部分においては風速は Model A と比較して若干減速しており、上流側滑面の影響を強くは受けていないものと考えられる。図4に乱れの強さの分布（図3(a)に対応したもの）を示すが、乱れの強さは ModelA に類似しており複雑な性状となっている。また、内部境界層高さは粗度変化点からの吹走距離の $1/30$ であるとした提案は本風洞実験においてよく一致しており、Deaves の提案式は若干大きめの値を与えることが明らかとなった。また吹走距離の $1/10$ に相当する高さは遷移境界層高さによく一致している。

4.あとかき 本研究では上流側粗度上に十分発達した境界層の作成が困難であり、粗度変化が境界層に及ぼす影響の定量的な把握が今後の課題であり、スパイヤを併用した境界層中における粗度変化の風況特性に影響を調査、検討する予定である。



(a)



(b)

図1 粗面から滑面へ粗度変化した場合の風況特性

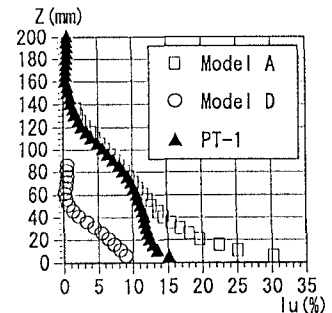
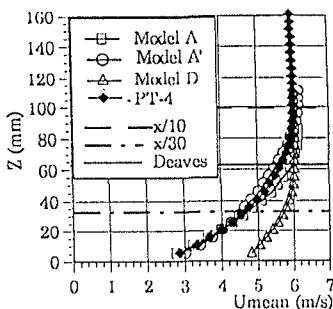
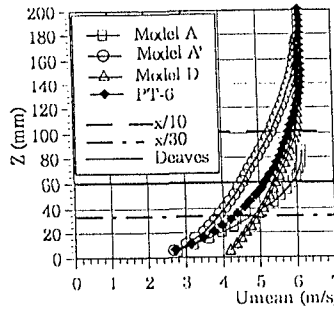


図2 粗面→滑面 乱れの強さ



(a)



(b)

図3 滑面から粗面への粗度変化した場合の風況特性

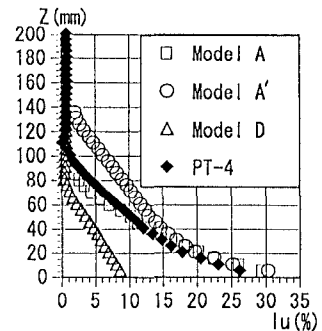


図4 滑面→粗面 乱れの強さ

参考文献) 1)橋と風編集グループ；橋と風、1990

2)Deaves, D.M ; Computations of Wind Flow over Changes in Surface Roughness

J.Wind Eng.Ind.Aerodyn.,No.7,1981