

地形模型による風洞実験手法に関する基礎的研究

徳島大学大学院 学生員 ○吉 村 哲
 徳島大学工学部 正 員 宇都宮 英彦
 徳島大学工学部 正 員 長 尾 文明
 伊予三島市役所 今 村 昭造

1. まえがき 近年、大規模な構造物や土木工事に伴う地形の改変により、一部の地域に強風が発生することが新しい問題になっている。¹⁾ 本研究は基本的な地物周辺の流れを風洞実験により調べ、地形因子による風況変化を解明しようとするものである。また風況予測に必要な地形因子を重回帰分析により求め、同時にひずみ模型の有効性についても検討した。²⁾

2. 風洞実験 使用した模型は、切土、盛土等を対象として、台形模型を作成した。模型は、断面の底辺と上辺の幅を一定にし、高さを 5.0cm と 7.5cm、10cm の 3 種類に変化させ、それぞれ A、B、C とした。図 1 に示すように、模型を風洞流に直交するように設置し、地形による 2 次元の流れの場と、図 2 に示すように、模型中心に開口部を設けた 3 次元の流れの場を調べた。開口部の幅は、5cm と 10cm の 2 種類である。風洞流はスパイアにより各模型高さに応じた接地境界層を作成し、この時のべき指数を $\alpha=0.15$ とした。

3. 2次元模型実験 模型周辺の流れの様子を知るため、模型上下流および天板上の平均風速と乱れの強さを求めた。図 3 に設定風速 5m/s 時の上流側の基準点を 1 とした無次元風速の等速度線図を示す。X 座標は B (模型幅の 1/2) および H (模型高さ) により、また Z 座標は H によって無次元化している。これより模型の斜面勾配が大きくなるにつれ、斜面から剥離する自由流線が大きく湾曲していることがわかる。これは斜面勾配が大きくなるにつれ遮へい効果が高まり、後流域の巻き込みが大きくなることを示す。また斜面勾配が大きくなると地物の影響範囲も長くなり、速度回復に距離を要することが見受けられる。以上より台形のような斜面をもつ地物周辺の流れの変化を知るには、斜面勾配が重大な因子になると考えられる。2 次元の流れの場の観察により、高さ方向にひずみをもたせた地形模型を用いた風洞実験を行なうと、地物の斜面勾配が変化するため、地物の遮へい効果に変化し、ひずみの割合によっては、地物下流側の影響範囲に関して誤った情報を得る可能性があることが判明した。

4. 3次元模型実験 地形因子の変化に伴う地物周辺の流れの変化をさらに詳細に検討するため、模型中心に開口部を設け、3 次元の流れの様子を調べた。図 4 に 2 次元模型実験と同様に上流側の基準点の風速を 1 と

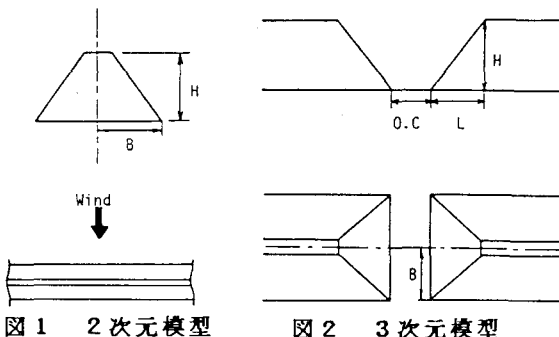
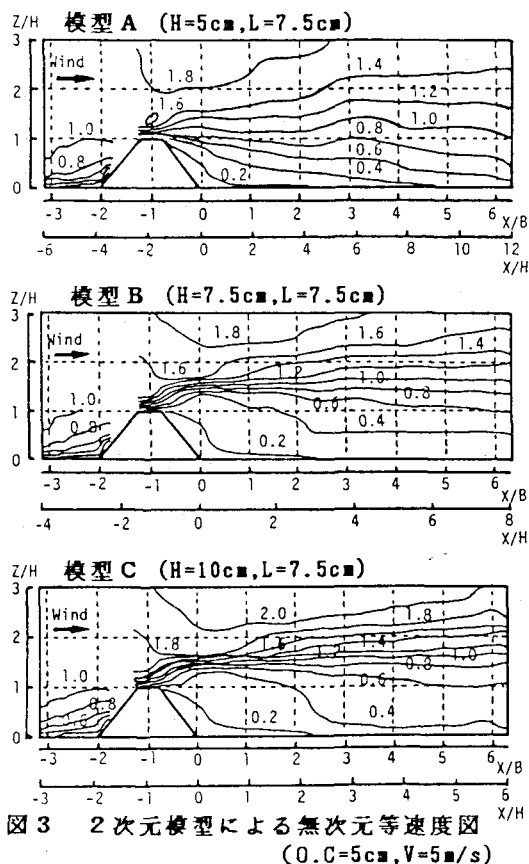


図 1 2次元模型

図 2 3次元模型

図 3 2次元模型による無次元等速度図
(0.C=5cm, V=5m/s)

した無次元風速の等速度線図を示す。これは設定風速 5m/s 、開口部 5cm 、各模型高さに対して 0.2 倍の平面における等速度線である。 X 軸 Y 軸共、それぞれ下流側模型裾からの距離と開口部中心からの距離を B および H により無次元化している。これより、模型高さが高くなるにつれ、風速増加域は下流に後退し風速増加率も大きくなることがわかる。これは模型の遮風効果と開口部の収束効果が大きくなるためである。開口幅を広げると強風域は下流に後退するが、全体的には大きな変化はなかった。高さ方向にひずませた地形模型を用いて風洞実験を行なうと、模型高さが大きくなるにつれ、模型下流の風況の変化が顕著に現われる。また模型中心に開口部をもつ地形模型による風況予測には、模型高さや斜面勾配が重大な因子になり、開口部の大きさは、たいした意味をもたない。したがってひずみ模型を用いて、狭い地域を対象とした風洞実験を行なう時、ひずみの割合によって風況変化が誇張表示される可能性がある。

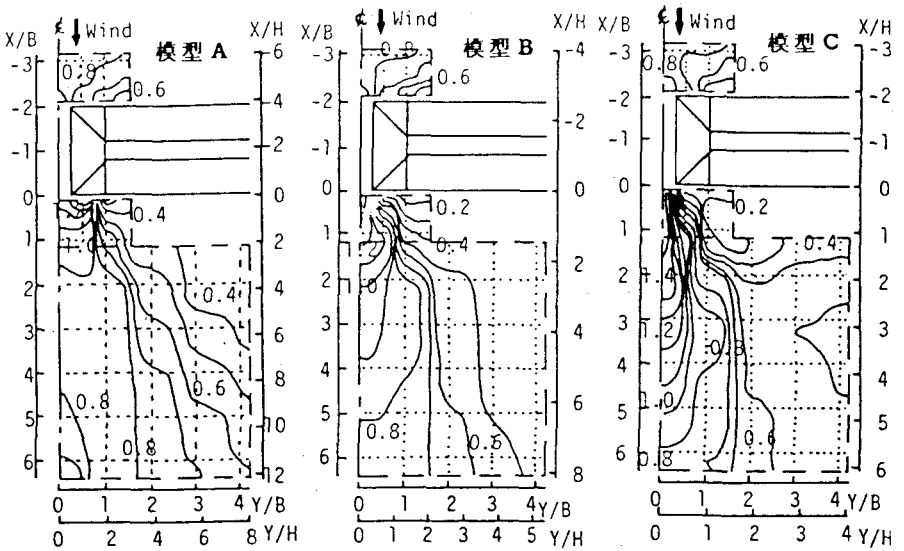


図4 3次元模型による無次元等速度図 ($0.C=5\text{cm}$, $V=5\text{m/s}$, $Z=0.2H$)

表1 有意性の検定

説明変数	回帰係数	偏相関係数	回帰係数の標準誤差	F値 (分散比)
模型高さ	0.29036	0.49683	0.08982	10.48740
斜面勾配	-0.95666	-0.27709	0.58642	2.66128
測点高さ	0.04248	0.79340	0.00576	54.36560
定数項	2.37250		0.13383	
従属変数	—	—	—	63.46480

表2 解析結果

測点高さ cm	開口幅 (5cm)				開口幅 (10cm)			
	観測値	予測値	残差	観測値	予測値	残差	観測値	予測値
模型A	1.0	2.65	3.15	-0.50	2.76	3.15	-0.39	
	2.0	2.94	3.19	-0.25	2.97	3.19	-0.22	
	4.0	3.30	3.28	0.02	3.25	3.28	-0.03	
	6.0	3.54	3.36	0.18	3.45	3.36	0.09	
	9.0	3.72	3.49	0.23	3.68	3.49	0.18	
	12.0	3.97	3.62	0.35	3.97	3.62	0.35	
模型B	1.5	3.41	3.66	-0.25	3.58	3.66	-0.08	
	3.0	3.64	3.72	-0.09	3.75	3.72	0.03	
	6.0	3.93	3.85	0.08	3.97	3.85	0.12	
	9.0	4.03	3.98	0.05	4.09	3.98	0.11	
	13.5	4.16	4.17	-0.01	4.27	4.17	0.10	
	18.0	4.26	4.36	-0.10	4.41	4.36	0.05	
模型C	2.0	4.04	3.93	0.11	4.11	3.93	0.18	
	4.0	4.14	4.02	0.12	4.18	4.01	0.16	
	8.0	4.12	4.19	-0.66	4.33	4.19	0.14	
	12.0	4.48	4.36	0.12	4.39	4.36	0.03	
	18.0	4.57	4.61	-0.04	4.45	4.61	-0.16	
	24.0	4.61	4.87	-0.26	4.51	4.87	-0.36	

5. 重回帰分析 地物周辺の風況予測に必要な因子を知るため、先に行なった実験に基づいて線形重回帰分析を3次元模型について行なった。使用データは開口部中心線上、下流側模型裾より下流に $X/B=1.16$ 離れた点の高さ方向6点に対して得られたものである。説明変数に、①模型高さ、②斜面勾配、③測点高さ、④開口幅、⑤境界層内風速を選び解析を行なった結果、有効な説明変数は、模型高さ、斜面勾配、測点高さの3つとなった。この時の重回帰式は、(1)式ようになる。

$$y = 2.37250 + 0.2936x_1 - 0.95668x_2 + 0.04248x_3 \quad \text{--- (1)}$$

x_1 : 模型高さ x_2 : 斜面勾配 x_3 : 測点高さ

(1)式の有意性の検定を表1に、解析結果を表2に示す。これより回帰は非常に有意であり、上記3つの説明変数による風速予測が十分に可能であることがわかる。今後さらに解析範囲を広げ、最終的に実験で得られた3次元データ全てに対して重回帰分析を行ない、台形模型周辺の風速予測に役立つ地形因子を求明する予定である。さらに他の単純化模型についても実験および解析を続け、風洞実験データを検討する解析手法を見出していきたい。

【参考文献】 1) 宇都宮他、第36回土木学会中国四国支部概要集、昭59,7

2) 宇都宮他、第8回風工学シンポジウム論文集、昭59,12