

I-348 自然風を相似させた境界層乱流の一発生方法について

建設省土木研究所 正員 福田 誠
 正員 横山 功一
 正員 佐藤 弘史

1. まえがき

構造物の対風応答特性は、気流の乱れの作用により特性が大きく変化することがある。このため、構造特性のみならず気流の特性も建設地点の風に相似させて実験を行うことが重要である。ここでは、自然風を相似させた境界層乱流の発生方法について検討した結果を報告する。

2. 発生方法

乱流中の風洞実験では、以下の無次元量を実構造物と実験とで等しくする必要があると考えられる。

$$U_{z2}/U_{z1}, \quad I_u, \quad I_w, \quad L_u/B, \quad L_w/B$$

ここに、 U_{z1} ：高度 Z_1 における平均風速、 U_{z2} ：高度 Z_2 における平均風速、 I_u ： u (主流方向変動風速) の乱れ強さ、 I_w ： w (鉛直方向変動風速) の乱れ強さ、 L_u ： u の乱れのスケール、 L_w ： w の乱れのスケール、 B ：構造物断面の代表長。

これらの相似パラメータのうち平均風速の鉛直方向のべき指数が粗度の影響を最も単純な形で反映させているため、実験ではまずこのべき指数を相似させることを目標とした。いくつかの地表条件に対応するべき指数 α の代表的な値は次のとおりである。¹⁾

荒れた海(Rough Sea) : $\alpha = 0.12$, 開けた草原(Open Grassland) : $\alpha = 0.16$,

郊外(Suburban Area) : $\alpha = 0.28$, 都心(City Centres) : $\alpha = 0.40$

このうち本実験では荒れた海(乱流Ⅰ)、開けた草原(乱流Ⅱ)および郊外(乱流Ⅲ)からの風に対応するべき指数をもつ境界層乱流を風洞内で発生させることとした。スパイアーについてはIrwinの方法²⁾に従い設計し、床面粗度については試行錯誤的に設定した。

3. 実験結果

3.1 平均風速の鉛直分布

最終的に良好と認められたスパイアー、床面粗度の設定方法およびこれらにより発生させた乱流の平均風速の鉛直分布をそれぞれ図1および図2に示す。図2にはべき法則に従う風速分布もあわせて示してある。乱流Ⅲでは α として当初目標の0.28よりわずかに大きな0.30が得られたが、風洞で発生させた乱流の鉛直分布はそれぞれ目標とした自然風の分布に概ね相似であるといえる。

なお乱流Ⅲの発生装置よりブロックを取り除いた場合の鉛直分布を図3に示す。この場合には床面付近のべき指数が目標とした0.28に比べ著しく小さくなっている。したがって、床面付近の鉛直分布を相似させるためには床面粗度を適切に設定することが重要であると考えられる。

3.2 乱流の特性

発生させた乱流の乱れ強さおよび乱れのス

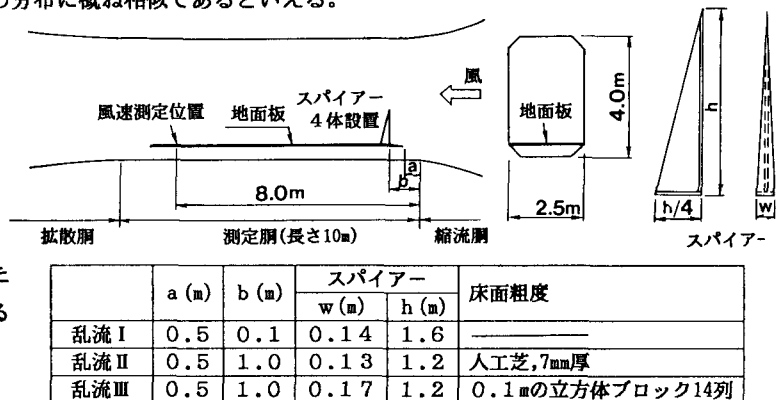


図1 地板およびスパイアーの設置図

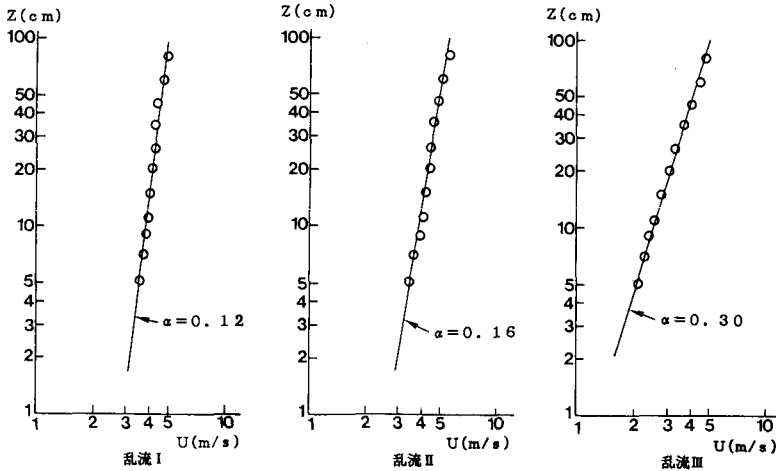
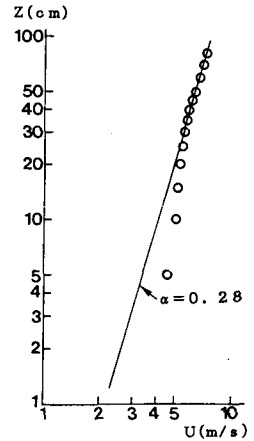


図2 平均風速の鉛直分布

図3 平均風速の鉛直分布
(乱流Ⅲで用いたスピアア
のみ取り付け)

ケールの特性を調べるため、変動風速のパワースペクトル密度関数(P.S.D.) S を計算し、周波数 f および高度 Z における平均風速 U_z で無次元化した。この無次元スペクトル $f S / U_z$ を無次元周波数 $f B / U_z$ に対してプロットし図4に示す。図には代表的な地表条件における自然風のP.S.D.³⁾ もあわせて示してある。この場合、 B および Z は縮尺1/200を想定している。

次の関係

$$f S / U_z^2 = I^2 (f S / \sigma^2)$$

$$f B / U_z = B / L (L f / U_z)$$

(ここに σ は変動風速の標準偏差) を考慮すれば、上述のように無次元化したP.S.D.を比較することにより乱れ強さ I および乱れのスケール L に関する相似性の度合いが判断できることがわかる。図より、縮尺1/200程度の模型を用いれば、乱れのスケールは実橋と模型とではほぼ相似であるとみなすことができる。また、風洞で発生させた各乱流の乱れ強さは以下の地表条件の自然風の乱れ強さに対応していることがわかる。

乱流Ⅰ：海上、 乱流Ⅱ：平らな草原、 乱流Ⅲ：郊外あるいは都心

4. まとめ

縮尺1/200程度の模型を用いた場合、自然風の特性和概ね相似となる境界層乱流を発生させることができた。

参考文献

- 1) A.G.Davenport; Wind Structure and Wind Climate, 1978,
- 2) H.P.A.H.Irwin; The Design of Spires for Wind Simulation, 1981,
- 3) ESDU; Engineering Science Data, Wind Engineering, 1982

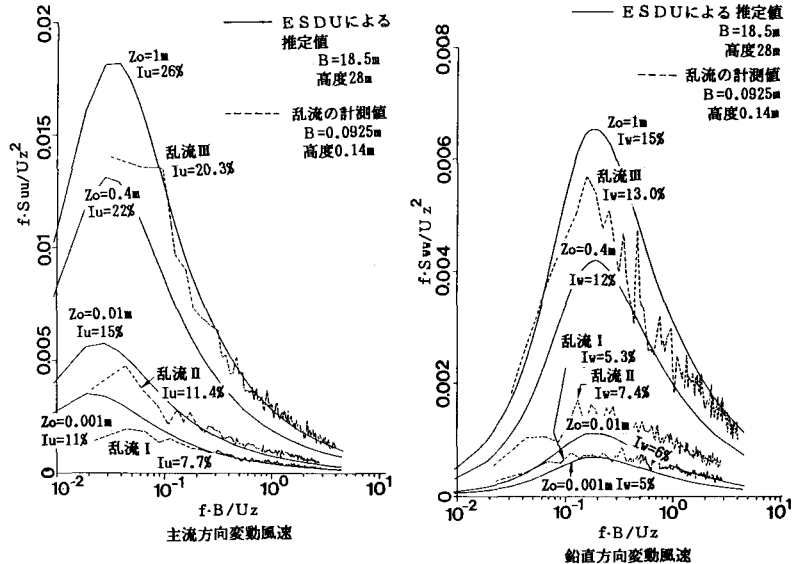


図4 パワースペクトル密度関数