

I-269 乱流境界層を用いた風洞実験における閉塞効果

徳島大学大学院 学生員 ○野田 稔 積水ハウス株式会社 中西 修一
 徳島大学工学部 正 員 宇都宮英彦 西松建設技術研究所 神谷 宏
 徳島大学工学部 正 員 長尾 文明

1. まえがき 近年の構造物の大型化、複雑化は構造物周辺の風環境の変化や構造物自体に作用する風荷重の予測などを困難にしている。これらの予測は、一部では理論的解析によって試みられてはいるものの、現在のところは風洞実験によるものが主流となっている。風洞実験では、実現象の再現性が重要とされるが、すべてを再現することは不可能であることは周知のとおりである。その理由は数多く挙げられるが、その一つとして、風洞壁によって空間が閉じられることで流れが拘束される、いわゆる閉塞効果が挙げられる。従来の閉塞効果に関する研究は一様流中の2次元模型に対する研究が多く、乱流境界層中の3次元模型に対する研究例は、数少ない。乱流境界層中の研究については、村上¹⁾は限界値として1~2%、Hunt²⁾は、ずんぐりした模型であれば10%程度までとしているように、定説が確立されていないのが現状である。そこで、今回、風洞中に大気乱流境界層を模擬し、数種類の大きさの立方体を設置して、立方体に作用する空気力特性を実験的に調査し、閉塞効果についての考察を行うとともに、表面圧の基準化方法についての考察を行った。

2. 風洞実験概要 実験には、徳島大学の押し込み式エッフェル型風洞(1.5m×1.5m×5.0m)を使用した。実験に使用した乱流境界層は、Irwinの方法³⁾で設計した三角形スパイヤーとマットを用い、市街地風を想定したべき乗数1/5を目標として、境界層高さδの違う3種類(δ=15, 30, 60cm)のものを用意した。図1に乱流境界層の平均風速と乱れの強さの鉛直分布特性を示す。模型は、立方体で背面に図2に示すような3つの圧力孔(φ1.0mm)を配置し、表1に示すような組み合わせで模型を作成した。境界層外風速は、根本の1/3乗則⁴⁾を用いて各境界層で相似性を保つようにした。

3. 結果および考察 紙面の都合上、ここでは圧力孔②の結果を取り上げて報告する。乱流境界層高さ(δ)に対する模型の高さ(h)の比と定義した侵入度h/δと背圧係数C_pの関係を図3に、閉塞率(風洞断面積A_wに対する模型投影面積Aの比A/A_w)と背圧係数の関係を図4に示す。背圧係数は、図3の(a)、(b)でそれぞれ境界層外の風速、模型高さhの平均風速で基準化している。この2つの図を比較すると(a)に対して(b)では、ほぼ一定の背圧係数となっており、侵入度の影響がほぼ取り除かれていると考えられる。図4は上記の(b)に示した方法で背圧係数を求めている。それぞれの境界層が完全な相似気流となっていないことから、各境界層において背圧係数に若

Case	δ (cm)	H (cm)	A/A _w (%)
A	15	3.0	0.039
	30	6.0	0.157
	60	12.0	0.627
B	15	4.5	0.088
	30	9.0	0.353
	60	18.0	1.411
C	15	6.0	0.157
	30	12.0	0.627
	60	24.0	2.508
D	15	7.5	0.245
	30	15.0	0.980
	60	30.0	3.919
E	15	9.0	0.353
	30	18.0	1.411
	60	36.0	5.643
F	15	10.5	0.480
	30	21.0	1.920
	60	42.0	7.681
G	15	12.0	0.627
	30	24.0	2.508
	60	48.0	10.032

表1 模型寸法および閉塞率

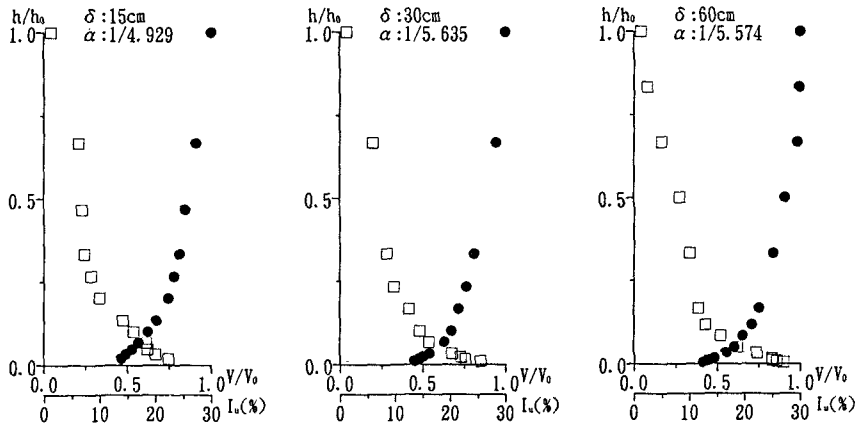


図1 平均風速および乱れの強さの鉛直分布特性(●:平均風速 □:乱れの強さ)

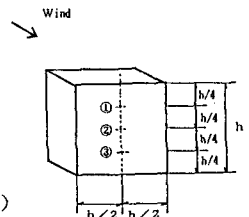
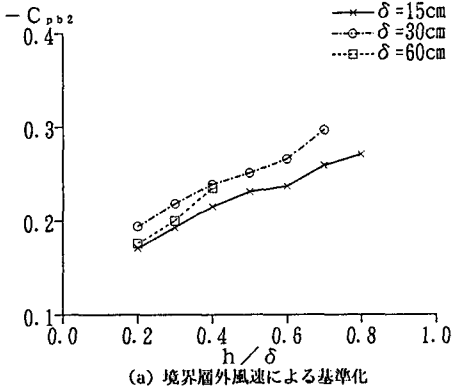
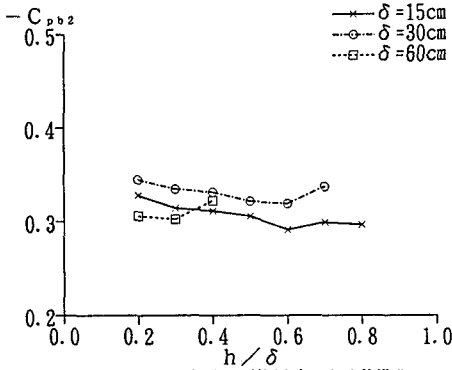


図2 圧力孔配置図

干の相違がみられるが、各境界層における背圧係数の変化から閉塞効果の影響を判断することは可能であると考えられる。各境界層における背圧係数の変化に注目すると、閉塞率1%あたりで背圧係数が増加する傾向に転じていることがわかる。このことから閉塞率1%付近から閉塞効果が発生していると判断することができる。次に、一様流中の立方体模型に関する閉塞率と背圧係数の関係を図5に示す。この結果によると常に背圧係数は増加の傾向を示しており、どの程度の閉塞率から閉塞効果が生じているのか判断できない。この結果は、風洞床面に存在している境界層の影響を受けている可能性があり、さらに詳細な検討が必要である。



(a) 境界層外風速による基準化



(b) 模型高さ(h)の平均風速による基準化

図3 侵入度の背圧係数に対する影響

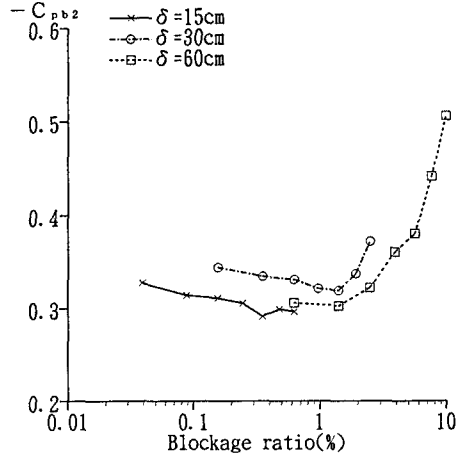


図4 乱流境界層中における閉塞率の背圧係数に対する影響

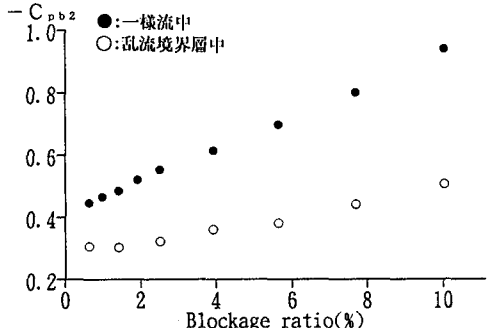


図5 一様流中における閉塞率の背圧係数に対する影響

4. あとがき 以上の実験結果は、立方体模型を例にとった事例報告に過ぎない。しかし、今回の結果では基準化の方法によっては侵入度の影響を除去できることがわかり、境界層を厳密に再現する必要がなくなる可能性が存在することがわかった。また、閉塞効果についてはかなり小さい閉塞率でも閉塞効果が発生していると考えられ、模型表面圧の変化や模型周辺の流れの場の変化などを詳細に調査し、閉塞効果の影響やその補正方法について検討する必要がある。

<参考文献>

- 1)勝田、村上、上原；建物周辺気流に関する風洞実験の測定器、模型寸法、及び再現性について、日本建築学会論文報告集 第232号 昭和50年6月。
- 2)Hunt, A；Wind-tunnel measurements of surface pressures on cubic building models at several scales, J.Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, Vol.10.
- 3)H.P.A.H Irwin；Design and Use of spires for Natural Wind Simulation, Laboratory Technical Report LTR-LA-233, National Research Council Canada.
- 4)根本；自然風を対象とした風洞実験の相似則，日本宇宙学会誌，Vol. 11.No. 46, 1963.