

§1. 序 土木構造物は常に大気の流れにさらされており、bluff body周辺の平均流特性に及ぼす乱れの影響を明らかにすることは耐風設計上重要な課題である。乱れの特性を規定するパラメータには強さとスケールとがあるが、過去の研究では乱れの強さの効果は認めてもスケールの効果は存在しないという報告が多い。筆者らは文献(1),(2)で3次元直方体や2次元矩形断面柱について実験を行い物体周辺の平均流れに及ぼす乱れの影響を調べ、乱れのスケールによる効果が著しいという知見を得た。これら鋭い角からの剥離を伴う物体に引き続き、文献(3)では曲面から境界層が剥離する円柱について実験を行い、スケール効果の存在を指摘した。本報では、D型(上流側が平面)やカマボコ型(上流側が曲面)などの曲面を持つ2次元柱をとりあげ、次いで各物体の後流中心線上に尾板(splitter plate)を設置した場合についても調べる。その結果、全てのモデルで平均流れに及ぼす乱れのスケール効果が見られたので報告する。

§2. 実験装置、モデルおよび計測方法

実験の方法は既報(3)とほぼ同様であり、高さ4m×幅2m×奥行6mの試験部を持つ大型低速風洞で実験を行った。図-1に実験装置の概略図を示す。既報との相違点はモデルの後流中心線上に尾板を取り付けるケースがあることである。

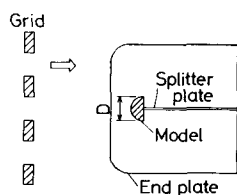


図-1 実験装置略図

乱れを生成するため次の2種類の乱流格子を用いた。
① $M=13\text{ cm}$, $b=2.5\text{ cm}$ ② $M=60\text{ cm}$, $b=15\text{ cm}$ (ただし M はメッシュサイズ, b はバーサイズを表わす) ①は小スケール, ②は大スケールの乱れを各々生成する。ここで、小スケールの乱れとは代表的渦が剪断層厚さ程度の大きさで $L_x/D \sim 0.1$ (L_x : 縦方向乱れの積分スケール) のものを言い、大スケールの乱れとは代表的渦が物体代表長程度の大きさで $L_x/D \sim 1.0$ のものを指す。乱れの強さはモデル前面と格子間の距離を変化させ

て調節した。本実験で用いた接近流れの特性値を表-1に示す。

用いたモデルは図-2 a~e の5種類である。図中 $D=11\text{ cm}$ である。a, b, d, e は同一の半円断面柱を使用した。c, d, e は後流中心線上に尾板(スプルー集成材、板厚1cm)を設置した。高レイノルズ数流れをシ

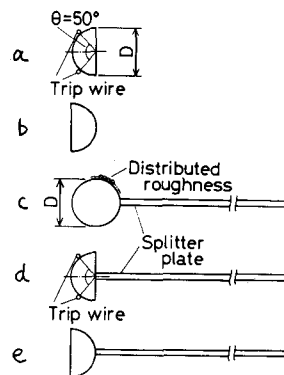


図-2 モデル

ミュレートするため a, d では前方定め糸から $\theta = \pm 50^\circ$ 位置に trip wire (直径 $d=0.5\text{ mm}$, $d/D=0.45 \times 10^{-2}$) を、c では全表面に粗度粒子(平均粒径 $d'=1.1\text{ mm}$, $d'/D=1.0 \times 10^{-2}$) を貼り付けた。

モデル a, b, c については物体表面圧分布を計測し、a, b は後流中心線上の静圧分布、c, d, e は尾板の表面圧分布をそれぞれ調べた。尾板の表面圧は静圧管をトラバース装置に取り付け所定の位置に移動させて計測し上下の平均値を求めた。閉塞率は2.8%と小さく閉塞効果の補正は行っていない。

平均流速 $U=20\text{ m/s}$ を用い、直径(あるいは弦) D を代表長にとるとレイノルズ数 $Re \approx 1.5 \times 10^5$ であった。上流側が曲面であるモデル a, c, d についてはレイノルズ数の影響を調べたが各モデルとも $U=20\text{ m/s}$

表-1

	X/M	$u'/U(\%)$	$L_x(\text{cm})$	L_x/D
Small Grid	11	6.3	3.9	0.35
	6	10.9	3.0	0.27
Large Grid	14	6.9	24.0	2.18
	8	11.0	16.5	1.50

で起臨界的挙動が得られた。モデルaの背圧をスパン方向に数点計測し、良好な二次元性が得られていることを確認し、他のモデルでも充分な二次元性が得られているものと考えた。

§ 3. 実験結果

(1) モデルa, b (尾板無し) : 図-3 (a), (b) はカマボコ型およびD型断面柱の後流中心線上の静圧分布を示す。カマボコ型では乱れは背圧や後流最小圧を回復させ、この効果は大スケールの乱れの方が小スケールよりも大きい。D型でも大スケールの乱れは背圧や後流最小圧を回復させるが、小スケールと一様流との差はわずかである。

(2) モデルc, d, e (尾板付き) : 図-4 (a-c) はモデルc, d, eの尾板上の圧力分布を示す。全モデルで乱れによって剥離泡が縮小する傾向が見られる。大、小スケールの乱れを比較すると小スケールの乱れは背圧や負圧極小値を低下させるが大スケールでは一様流との差は小さい。負圧レベルは小スケールの乱れの方が大スケールよりも低く、特にD型(尾板付き)では大スケールの乱れの方が小スケールより剥離泡を著しく縮小させる。文献(4)では剥離角が0°の物体周辺の平均流れに対し乱れの効果がないと予測しているが、図-3 (a), 図-4 (b) はカマボコ型の剥離角が0°であるにもかかわらず明らかに乱れの効果が存在していることを示す。

§ 4. 結論

高レイノルズ数における曲面を有する二次元柱の周辺平均流に及ぼす乱れの影響を調べる目的で風洞実験を行い、以下のことが明らかになった。

- (1) カマボコ型およびD型断面柱(尾板無し)では、大スケールの乱れは背圧や後流最小圧を著しく回復させるが、小スケールの乱れの効果は小さく、明らかにスケール効果が認められる。
- (2) カマボコ型, D型断面柱および円柱(尾板付き)の剥離・再付着流れでは、乱れにより剥離泡が縮小する。また、剥離泡の挙動に乱れのスケール効果の存在が認められる。

〈参考文献〉

- (1) Y. Nakamura & Y. Ohya: The effects of turbulence on the mean flow past square rods, J.F.M., Vol.137, 1983
- (2) Y. Nakamura & Y. Ohya: The effects of turbulence on the mean flow past two-dimensional rectangular cylinders, J.F.M., Vol.149, 1984
- (3) 中村, 小園, 渡辺: 高レイノルズ数における円柱空力特性に及ぼす乱れの影響, 第8回風工学シンポジウム論文集
- (4) P.W. Bearman & T. Morel: Effect of free stream turbulence on the flow around bluff bodies, Aero-space Sciences

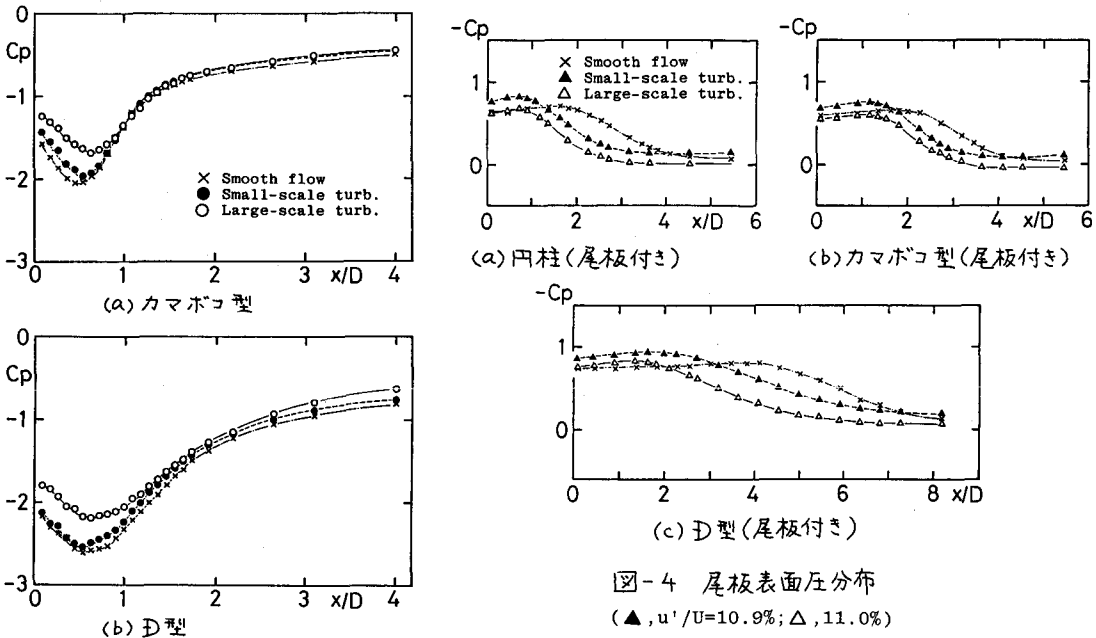


図-3 後流静圧分布 (●, $u'/U=6.3\%$; ○, 6.9%)

図-4 尾板表面圧分布 (▲, $u'/U=10.9\%$; △, 11.0%)