

I-328

厚板前縁の剝離-再付着流れに及ぼす乱れの影響

九大応力研 正会員 小園茂平 同 中村泰治 渡辺公彦

§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次元立方体や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の存在と機構を論じた。これらの物体に対しスケール効果は、剝離せん断層厚さ程度の“小スケールの効果”とカルマン渦の大きさ(物体代表長)程度の“大スケールの効果”に大別される。しかし厚板前縁の剝離-再付着流れではカルマン渦が存在せずどのような挙動を示すか興味深い。そこで、厚板前縁の剝離-再付着流れをとりあげその平均流れに及ぼす乱れの影響、特にスケール効果を調べてみる。

§2 実験装置および計測方法

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に実験装置の概略を示す。

乱れを生成するための次の

3種類の乱流格子を用いた。

(A) $M = 13\text{cm}$, $b = 2.5\text{cm}$

(B) $M = 26\text{cm}$, $b = 7.5\text{cm}$

(C) $M = 60\text{cm}$, $b = 15\text{cm}$

(ここにMはメッシュサイズ、bはバーサイズを示す)

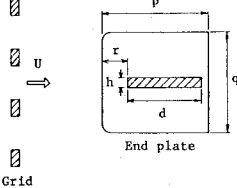


図-1 実験装置

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。

乱れのスケール効果は本質的には乱れのスケールと物体代表長との比で決まる。本実験では格子の種類と板厚 h ($= 1 \sim 6\text{cm}$) を色々かえて計測を行い、この時、表-1のような Lx/h の範囲をとった。辺長比 $d/h = 17 \sim 102$ で後流の剝離流れに及ぼす影響は少ないものと考えた。

全てのモデルについて平均表面圧分布を計測した。厚板中心線上に静圧孔(内径0.5mm)を穿ち、ビニール

表-1 乱流特性

	X/M	$u'/U(\%)$	$Lx(\text{cm})$	Lx/h	Symbol
Grid A	6	12.8	3.0	$0.5 \sim 3.0$	▲
	11	6.6	3.9	$0.7 \sim 3.9$	●
Grid B	8	11.2	8.4	$1.4 \sim 8.4$	▲
	14	7.3	12.6	$2.1 \sim 12.6$	●
Grid C	8	11.0	16.5	$2.8 \sim 16.5$	▲
	14	6.9	24.0	$4.0 \sim 24.0$	●

チューブで表面圧を差圧変換器に導き測定した。また、スパン方向に数点表面圧を計測し2次元性が良好であることを確認した。

§3 レイノルズ数効果および閉塞効果

図-2はレイノルズ数に対し色々な高さでの表面圧をプロットしたものである。レイノルズ数(代表長さ)が約 1.4×10^4 以上で表面圧はほぼ一定となる。そこで本実験では $h = 1, 1.5\text{cm}$ の時、平均風速 $U = 20\text{m/s}$ を使い、 $h =$

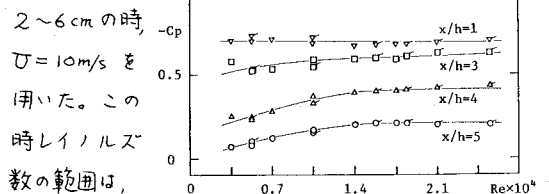


図-2 レイノルズ数効果
(ツノ無 $h = 1\text{cm}$, ツノ付 $h = 1.5\text{cm}$)

図-3は閉塞比 h/H に対し色々な高さでの表面圧をプロットしたものである。各高さとも h/H の増加につれて表面圧が低下しており閉塞効果が見られる。ここでは圧力分布は相似で主流速度のみが閉塞によって増加すると仮定し補正を行った。乱流についても同じ方法を適用した。

一方、図-4は次式、

$$\tilde{C}_p = \frac{C_p - C_{ps}}{1 - C_{ps}}$$

(C_{ps} : 剝離点での圧

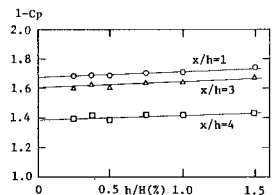


図-3 閉塞効果

力係数)で定義された無次元静圧³⁾を板厚 $h=1\sim 6\text{cm}$ の各モデルについてプロットしたものである。全モデルともハッチ領域内におさまる式(1)の無次元化は閉塞効果を自動的に除去するものと考えられる。

§4 実験結果

図-5は $h=1\text{cm}$ の板の静圧分布を示す。図中 $C_{p,c}$ は閉塞効果を修正したものである。乱れによって剥離泡が縮小し、この効果は小さなスケールの乱れほど強いようである。

図-6(a, b)は Lx/h に対し $x/h=0.5$ および 2.5 位置の静圧を全ケースにわたってプロットしたものである。図-6(a)は未補正值で異なった格子を用いたデータ間に食い違いが見られるが、閉塞効果補正後は図-6(b)のように改善される。したがって閉塞効果の修正は妥当である。実験結果は Lx/h が約 $1.0\sim 2.0$ まではほぼ一定であるが、それ以上では一様流の値に漸近することを示している。

図-7は式(1)で定義された無次元静圧の分布を $h=1, 2, 6\text{cm}$ の板、格子(A), (C)の乱れについてプロットしたものである。この時、乱れの強さ u'/U は格子(A)で 6.6% 、格子(C)で 6.9% であった。格子(C)の乱れでは h とともに $\bar{C}_p$ が大きく変化するが格子(A)の乱れではそれほど大きくない。これは図-6(b)の挙動によく対応しておりスケール効果の存在を示している。

§5 結論

厚板前縁の剥離-再付着流れ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) 乱れは剥離泡を縮小させる。
- (2) 物体代表長に相対的な乱れのスケール Lx/h が約 $1.0\sim 2.0$ まではほぼ一定の挙動を示し、それ以上では一様流に漸近する。
- (3) 無次元静圧 $\bar{C}_p$ の分布は(2)とよく対応しておりスケール効果が存在することを示している。

＜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) N. J. Cherry, R. Hillier & M. E. M. P. Latour: The unsteady structure of two-dimensional separated-and-reattaching flows, J. Wind Engng. Indust. Aero., 11, 1983.

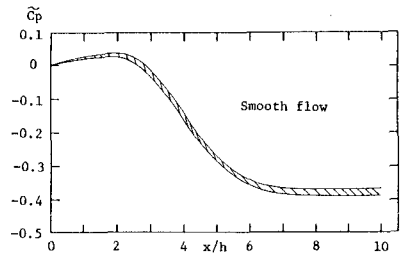


図-4 無次元静圧分布(一様流)

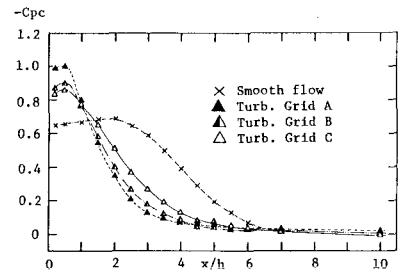


図-5 表面圧分布($h=1\text{cm}$)

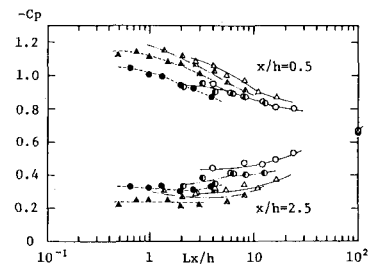


図-6(a) C_p 未補正(○, ●-一様流)

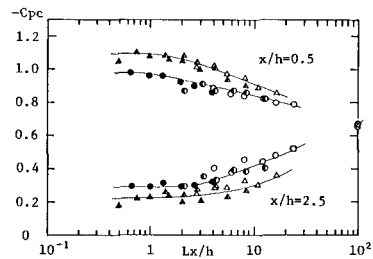


図-6(b) C_p 補正 (○, ●-一様流)

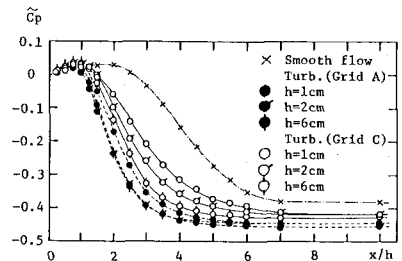


図-7 無次元静圧分布