

神戸大学工学部

学生員○横田太作

神戸大学自然科学研究科 正会員 中山昭彦

1. はじめに

実地形上気流は、その大小さまざまな起伏により上昇・下降し、またそれに伴い加速・減速・逆流などの効果があり非常に複雑である。平坦な地表面上接地境界層の特性は風洞実験や現地観測で明らかにされているが¹⁾、地面の起伏による加速・減速の効果についてはあまり知られていない^{2)・4)}。そこで本研究では地面の起伏のない加速・減速効果を調べるため、圧力勾配のかかる平坦粗面乱流境界層の平均流速、乱れ強度等の特性を風洞実験にて詳しく調べた。

2. 実験

実験には断面 $0.6\text{m} \times 0.6\text{m}$ 、測定部 5m の風洞装置を用いた。粗面は粒径 5mm の発泡スチロールを敷き詰めたボードを風洞内片側壁に貼り付け、圧力勾配は粗面境界層の反対側の壁に滑らかな仕切り板を設置することにより生成した。粗度レイノルズ数 h^+ は 20 程度、圧力勾配は表-1 に示す。計測は圧力変化開始地点より 0.8m 、 1.7m 、 2.6m の 3 station で行い、平均流速はピトー管、乱れ強度は X 型熱線流速計を用いた。摩擦速度 u_* は平均流速分布の対数領域の傾きから算出し決定した。

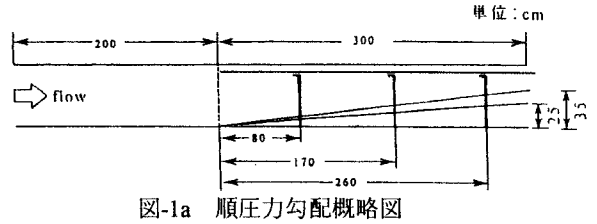


図-1a 順圧力勾配概略図

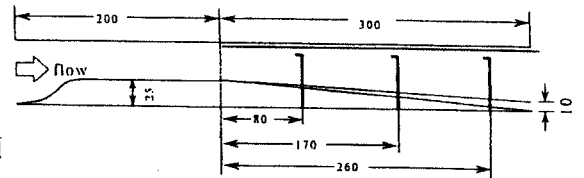


図-1b 逆圧力勾配概略図

3. 実験結果および考察

本研究では無次元圧力パラメーター β 、 P^+ は流れ方向に単調に増加する場合のみを扱っているが、今後境界層を十分に発達させた後に計測を行うか、 β や P^+ に含まれる排除厚 δ^* や摩擦速度 u_* を把握した後、圧力勾配の与え方を工夫するなどして β 、 P^+ を一定に保った場合の検討が必要である。定性的には、図-2 の平均流速分布より粗面の影響で順圧・逆圧どちらにおいても境界層内層にて対数則が下方に平行移動しているだけであり、圧力勾配の影響は無いことが伺える。境界層外層においては順圧時には対数則の勾配が緩くなり、逆圧時には対数則の勾配がきつくなっている。また β や P^+ が大きくなる程、順圧・逆圧両ケースとも対数則からのずれが大きくなっている。この傾向は逆圧影響下における Nagano et al の実験結果⁵⁾ とも一致する。また図-3 よりすべての乱れ諸量は順圧においてゼロ圧を下回り、逆圧においてゼロ圧を上回っている。また、順圧影響下においては β や P^+ の大きい方がより乱れが弱まっており、これは Kline et al⁶⁾ の、圧力勾配が強くなると burst の発生率が減少し乱れが小さくなることを裏付けている。逆圧影響下においては β や P^+ が大きい方が抵抗係数が減少するため、逆に乱れが強まっている。逆圧においてさらに圧力勾配を強めていくと、逆に抵抗値が増してついには剥離現象を生じさせる⁷⁾ が今回は ($\beta=0.46 \sim 4.32$) 生じなかった。逆圧時のレイノルズ応力が大きく乱れているのは時間スケールが大きくなり、平均時間が足りなかった為と思われる。今回の実験で圧力変化の影響は定性的には捉えられたが定量的には捉えられなかった。

参考文献 1) M. R. Raupach, R. A. Antonia, and S. Rajagoplan: *Appl. Mech. Rev.*, Vol. 44, pp. 1-25, 1991. 2) P. A. Krogstad, R. A. Antonia: *J. Fluid Mech.*, Vol. 277, pp. 1-21, 1994. 3) A. E. Perry, P. N. Joubert: *J. Fluid Mech.*, Vol. 17, pp. 193-211, 1963. 4) H. W. Coleman: *J. Fluid Mech.*, Vol. 82, pp. 507-528, 1977. 5) Y. Nagano, T. Tsuji and T. Houra 6) S. J. Kline, W. C. Reynolds, F. A. Schraub and P. W. Runstadler *J. Fluid Mech.*, Vol. 30, pp. 741-773, 1967. 7) S. J. Kline: *J. Basic Engineering*, ASME, pp. 305-319, 1959.

Daisaku YOKOTA, Akihiko NAKAYAMA

$x(m)$	dp/dx	$Ue(m/s)$	$Re\theta$	$u_*(m/s)$	$\delta^*(m) \times 10^{-3}$	$\theta(m) \times 10^{-3}$	β	$P^+ \times 10^{-3}$
0.8		3.28	434	0.176	2.80	1.99	-0.51	-15.90
1.7	-6.70	3.94	1275	0.189	6.47	4.85	-0.98	-12.10
2.6		4.85	1384	0.226	9.05	4.28	-0.96	-7.07
0.8		3.05	74	0.178	0.79	0.36	-0.15	-15.20
1.7	-8.41	3.87	845	0.201	4.24	3.28	-0.63	-10.50
2.6		5.2	684	0.267	2.59	1.97	-0.21	-4.30
0.8		5.24	1791	0.221	7.83	5.12	0.46	4.01
1.7	3.60	4.63	3385	0.168	17.30	11.00	1.77	9.17
2.6		4.27	4961	0.139	28.90	17.40	4.32	16.10
0.8		5.17	1457	0.242	6.02	4.23	0.20	2.05
1.7	2.40	4.85	2826	0.197	12.90	8.75	0.64	3.81
2.6		4.52	3927	0.172	19.50	13.00	1.28	5.69

表-1 Flow parameters

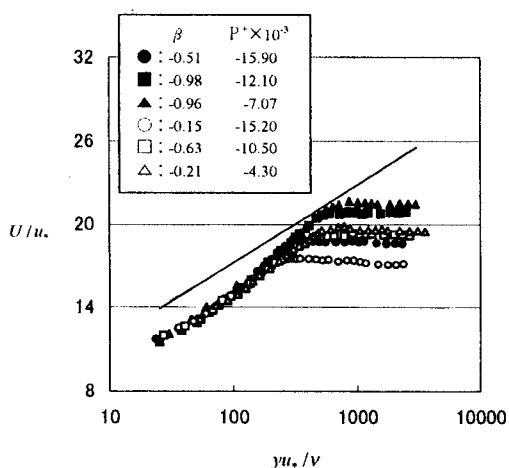


図-2a 順圧下の平均流速分布

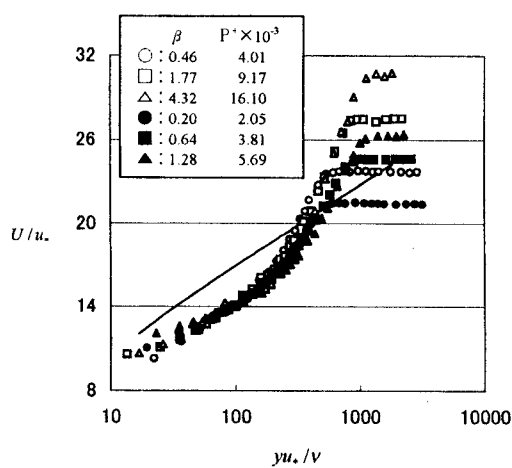


図-2b 逆圧下の平均流速分布

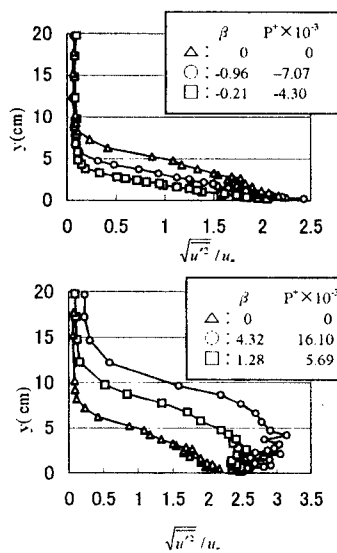


図-3a U の乱れ ($x=2.6m$)

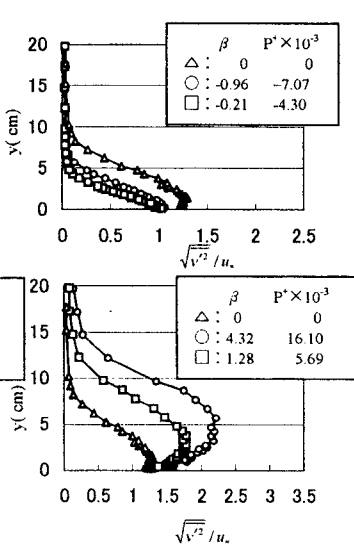


図-3b V の乱れ ($x=2.6m$)

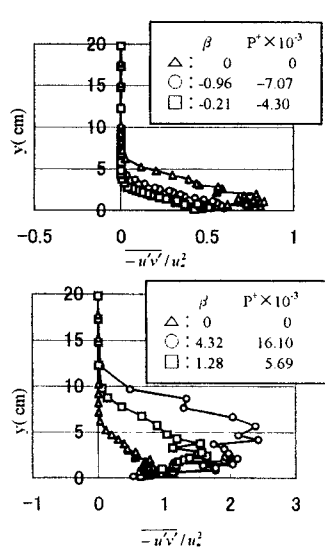


図-3c Reynolds 応力 ($x=2.6m$)