

I-307 風洞試験に於ける端板効果と閉塞効果に関する2, 3の考察

住友重機械 正員 宮崎正男
同 工藤秀彦

1. まえがき

風洞試験に於ける部分模型実験では、従来より流れの三次元効果を緩和し二次元性を保持するために端板が使用されている。この端板と模型の大きさとの比（端板比）については、中口¹⁾、高田²⁾、久保³⁾、らの研究成果があり、いずれも、流れの三次元効果を排除するためには、かなり大きな端板が必要であるとの結論が得られている。一方、垂直平板をはじめとする剝離型断面の閉塞効果については、Maskell⁴⁾、Melbourne⁵⁾、岡本⁶⁾らの研究成果があり、閉塞比が5%程度までは実用上問題はないとされているようである。

本研究では、橋梁をはじめとする構造物の二次元試験で使用される二次端板の存在が模型の端板効果に与える影響を明らかにすると共に、閉塞効果に関する実験時に生じた2状態の流れの場についての若干の検討結果を報告する。

2. 実験

実験に使用した風洞は当社平塚研究所の押し込みエッフェル型風洞で、測定部寸法は幅1.5m×高2.0m×長6.0mである。二次端板は、図1に示すようにNACA0033の翼型カバーに長さ×幅が2m×1mの平板を付けてある。模型が無い状態での二次端板間の流れは平均風速の分布偏差0.7%以下、乱れの強さは0.5%以下である。実験は垂直平板及び角柱模型を用いて抗力背圧、及び断面周りの流速分布を測定した。使用端板はφ=400mm, 800mmの円形端板であり、垂直平板は端板比に応じて高さH=50mm~500mmまでを適宜選択した。模型長さはいずれも1100mmである。また、角柱模型では、この平板背後に必要な大きさの発泡スチロールを取付けて実験を実施した。

3. 端板効果

図2は垂直平板の抗力係数に及ぼす端板比の効果を示したものである。図中の久保³⁾による実験結果は二次端板が無い状態での端板効果を示したものであり、この場合には端板比 $2r/H=6\sim 8$ 付近に大きな変化が認められる。 $2r/H < 8$ の領域では端板を越流した流れが平板背後に周り込むためにこの変化が生じたとされている。本実験結果では、この抗力係数が大幅に低下している領域に於いても、十分な大きさが確保された端板比の場合に等しい抗力係数が得られている。このことは、二次端板の設置によって上述の如き流れの巻込みが抑制されたことを示している。実験結果から、二次端板が存在する場合には久保らによって指摘された効果は軽減され、実用上端板比は $2r/H \geq 2.0$ 程度あれば問題はないと言えよう。

4. 閉塞効果

図3は抗力係数が閉塞比によって受ける変化を示したもの

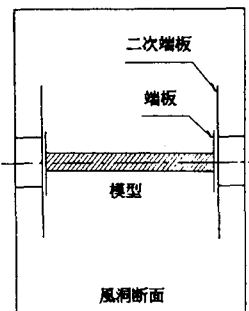


図1 風洞断面と二次端板

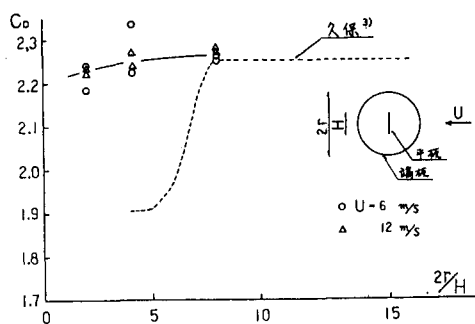


図2 端板比が抗力に及ぼす効果

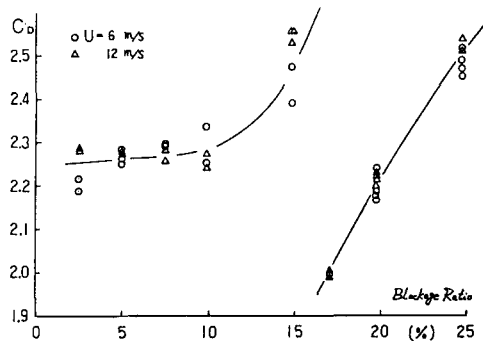


図3 閉塞比の変化が抗力係数に及ぼす効果

である。図より明らかなように、閉塞比が10%以下の小さい値の範囲では抗力係수에際立った変化は認められないが、15%を越えて増加した場合には抗力係数は急激に増加すると共に、さらにもうひとつの抗力係数が同時に存在する。いずれの場合にもレイノルズ数効果は現れてはいない。図4は閉塞比の変化に対する背圧係数の値を示したものである。2つの抗力係数に対応するように背圧係数が変化しているのが読みとれよう。

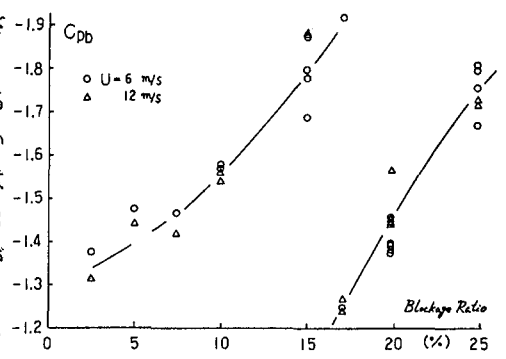


図4 閉塞比の変化が背圧係数に及ぼす効果

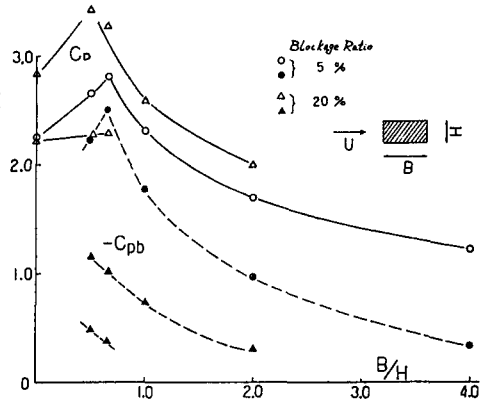


図5 角柱に於ける閉塞効果

一方、角柱断面にも同様の傾向が発生する可能性の有無を閉塞比が5%及び20%としたケースについて比較した。結果を図5に示す。B/H=0.67より小さな辺長比では、平板と同様に2つの流れの状態が存在しているようであるが、B/H=1.0以上の範囲では流れの状態はただひとつに定まるようである。閉塞比5%の場合に認められる、限界辺長比付近のいわゆる中口ピークは閉塞比が大きくなるにつれ(B/H)_{cr}の値がやゝ小さくなる傾向にあるようである。

5. 流れの場からの検討

閉塞効果の実験結果から同一の閉塞比で2つの異なる流れの場が存在することが予想されたので、垂直平板周りの流速分布並びに剝離境界層流中での速度変動を熱線流速計にて計測した図6は後流域での流れのようすを示したものである。平均流速比と乱れの強さの分布からも明らかなように、閉塞比の大小による差に比較して極めて大きな相違がこの2状態にはあるようである。結果から判断して、閉塞比15%付近から発生する抗力係数が小さい方の流れの場は、平板背後で剝離流が交番的に巻込むことがなく、従って、後流域にKarman渦が存在しない流れである。このことは剝離境界層流部分にのみ突出した風速の乱れの強さ分布や剝離境界層流を境に急変する流速によっても明らかである。図7はB/H=0.5断面の剝離境界層流中の速度変動のトレースであり、Karman渦の存在の有無が両状態で明確になっている。

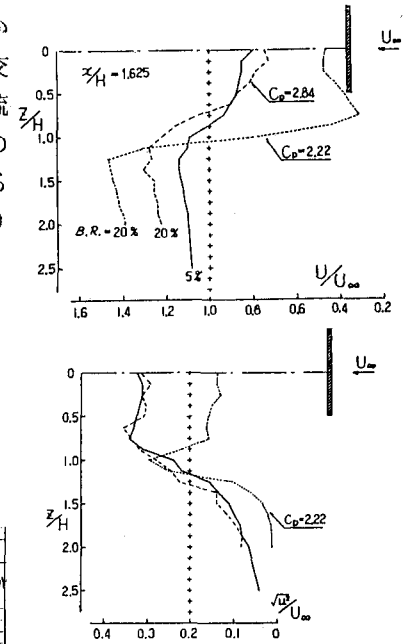


図6 後流域の流速分布

参考文献

- 1) 中口他 宇航学会誌 Vol.24 No.121 1964
- 2) 高田 乱流実験シミュレーション 1968
- 3) 久保他 第9回風工学会シンポジウム 1986
- 4) Maskell Aero. Res. Coun. R. & M. No.3400 1963
- 5) Melbourne 他 Proc. 3rd Int. Conf. of Wind Effects on Buildings and Structures 1971
- 6) 岡本他 第51回機械学会全国大会 1973

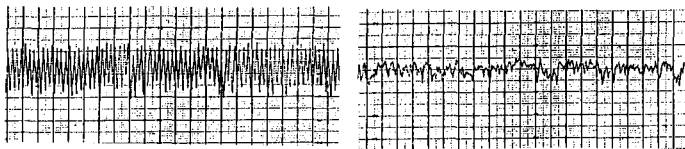


図7 剝離境界層流中のストローハル数成分の有無