

I-328

2次元物体に作用する空気力に関するブロッケージ効果

NKK 正員 加藤真志
NKK 正員 武田勝昭

NKK 村田 守

1. まえがき 人工壁を有する風洞流路内に模型を設置して空気力を測定する場合、Solid Blockage及び Wake Blockageの影響によって模型付近の動圧が上昇するため、壁の無い自然気流中に比べ、測定される空気力が大きめに評価される。Maskell¹⁾は風に直角に置かれた平板に作用する空気力について風洞壁の影響とその補正法について研究し、Awbis²⁾はAfter Bodyを有する矩形断面にMaskellの方法を拡張して、種々の辺長比と補正係数の関係を明らかにした。筆者ら³⁾は、平板に吹き抜け部(円孔)を設けた有孔板について実験を行ったところ、この模型についてもMaskellの理論が拡張できること、開口率(模型吹き抜け部面積/模型外郭面積)とMaskellの補正係数が何らかの関係で表されること等の確信を得た。本研究は、有孔板とそれに類似したトラス桁、さらに矩形断面、扁平六角形断面などについてデータを収集し、 ε を実用上一般化することを試みたものである。

2. 実験方法と実験ケース 閉塞率(模型投影面積/風洞断面積)を変化させ、各閉塞率における抗力係数 C_D を得る。閉塞率を変化させる方法としては、相似模型を用いて模型投影面積を変化させる方法と、仮設天井・床を設置して風洞の有効断面積を変化させる方法の2つを用いた。模型位置の動圧は、模型の設置により気流がその影響を受ける恐れがあるため、ピトー管は用いず、縮流嗣2断面の静圧差により評価した。抗力の測定においては、各ケースでレイノルズ数を一致させた。なお、今回対象としたのは、全て一様流中での空気力である。実験に用いた模型と模型名は表1の通りである。

3. 実験結果及び考察 Maskellの補正式は、次式によって表される。

$$\frac{C_D}{C_{DC}} = 1 + \varepsilon \cdot \left(C_D \frac{S}{C} \right) + O\left(\left(\frac{S}{C}\right)^2\right)$$

ここで、 S は模型投影面積、 C は風洞断面積、 ε は補正係数、 S/C が閉塞率である。添字 c は壁面修正が行われた値(at $S/C \rightarrow 0$)であることを示している。この式より、 S/C の高次項が無視できれば C_0 と $C_0 S/C$ は C_{DC} を切片、 $C_{DC} \cdot \varepsilon$ を傾きとして線形関係で結ばれることになる。従って、 S/C を変化させて C_0 を得、それが直線であれば C_{DC} と ε が得られる。また ε がわかっておれば、 S/C を変化させなくてもある S/C に

表1 実験ケース

Model Type	Model Name	Porous Ratio(%)	Blockage Ratio(%)
Porous Plate	PC1	0	5.0~25
	PC2	7	4.6~23
	PC3	12	4.4~22
	PC4	17	4.1~21
	PC5	30	3.4~17
Truss Girder	TRS0	0	7.2~14
	TRS20	20	5.9~12
	TRS40	40	4.5~9.0
	TRS60	60	3.1~6.1
	TRS80	80	1.6~3.2
Rectangular Section	REC	0	0.99~9.9
Hexagonal Section	HEX	0	0.99~9.9

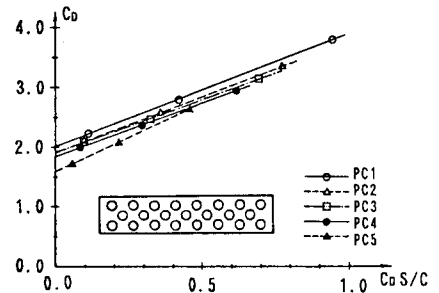


図1 有孔板シリーズ実験結果

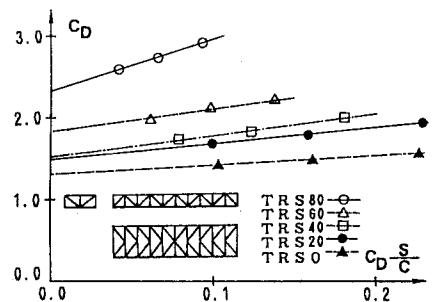


図2 トラス桁シリーズ実験結果

における C_D から容易に C_{DC} を得ることができる。Maskell は2次元平板について $\varepsilon \approx 1.0$ 、正方形板について $\varepsilon \approx 2.5$ であることを示した。

本実験においては、平板ばかりでなく、有孔板、トラス桁、矩形、扁平六角形断面の全てにおいて、上式は線形関係を示した。結局、平板以外の模型でも、今回行った閉塞率の範囲内においては、線形関係が成立していることになる。

今回のトラス桁の抗力係数の結果を、本四基準⁴⁾のトラス桁の C_D 推定曲線と比較してみると、図4のようになる。横軸は充実率 ϕ (100-開口率)である。測定値は本四基準と近い所に分布しているが、補正値は大幅に曲線を下回り、推定曲線が大きめの所で評価されていることがわかる。

ここで、任意の形状について、何かをパラメータとして ε を表わすことができれば、補正法が実用的なものになる。開口率 α をパラメータとして ε を表わしたのが図5である。トラス桁、有孔板については、 ε は α に対し放物線的に分布する。充実平板(開口率0%)と TRS0(トラス側面を完全に覆ったもの)は、Maskell の結果と同じく $\varepsilon \approx 1.0$ を示した。ただしこの図では矩形、六角形断面が放物線から外れている。

次に C_{DC} を投影面積ではなく外郭面積で無次元化し、それを C_{DC}^* とする。この C_{DC}^* と ε の関係を示すと図6のようになる。同図には $Awbi$ の辺長比を変えた矩形断面の結果も参考値として載せた。このような関係で表わすと、有孔板、トラス桁、After Bodyを有する矩形、扁平六角形断面までも ε を一般化できたことになる。

4. 結論 (1) 平板ばかりでなく、有孔板、トラス桁、矩形、扁平六角形断面についても、 $C_D \sim C_{DC}/C$ は線形関係を有するため、Maskell の方法で抗力係数の補正が可能である。

(2) 有孔板、トラス桁については開口率によって Maskell の補正係数 ε を放物線近似できる。

(3) 模型の外郭面積によって C_{DC} を定義すると、有孔板、トラス桁ばかりでなく、After Bodyを有する矩形断面、フェアリングの付いた扁平六角形断面までも ε を一般化することができる。

あとがき 実験、まとめを通じ、多くの助言を承った東大名誉教授中口博先生に感謝の意を表します。

参考文献 1) Maskell : "A Theory of Blockage Effects on ...", No.3400, ARC, 1963

2) Awbi : "Wind-Tunnel...", J. of Ind. Aero., vol.3, 1978

3) 加藤他 : "2次元模型...", 土木学会年講, 1987

4) 本四公団 : 本四耐風設計基準, 1976

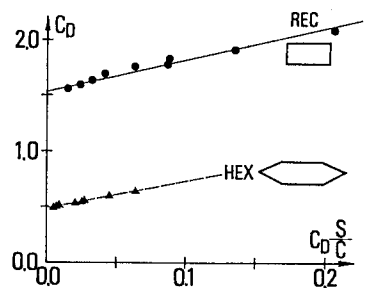


図3 矩形・六角形断面実験結果

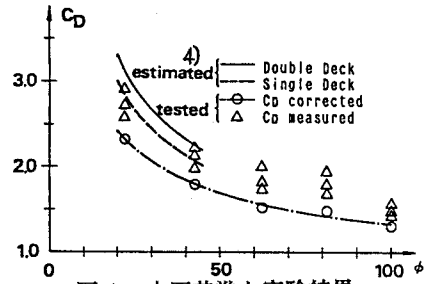


図4 本四基準と実験結果

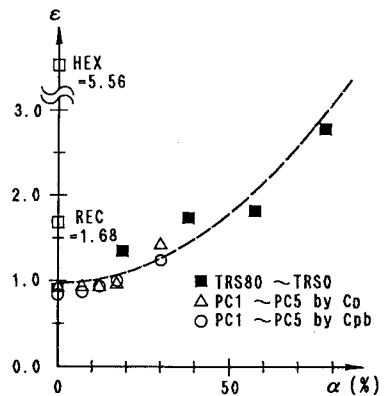


図5 開口率と補正係数の関係

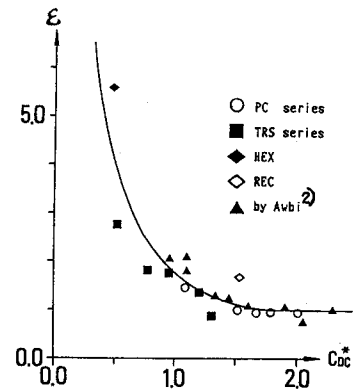


図6 C_{DC}^* と補正係数の関係