

I-305

2次元模型に作用する空気力の風洞壁の影響に関する実験

日本鋼管(株) 正会員 加藤 真志
日本鋼管(株) 村田 守

1. まえがき 風洞実験のように、人工壁を有する流路内に模型を設置して空気力を測定する場合、模型周辺の気流が風洞壁の影響を受け、自然気流中よりも大きめの空気力が得られることが知られている。Maskell¹⁾、Melbourne²⁾らは、充実したBluff Bodyについて、風洞壁の影響を閉塞率を用いて解析し、空気力に及ぼす風洞壁の影響が大きいことを明らかにした。本報告は、平板の他、種々の形状の模型について風洞壁の影響を明らかにすると共に、任意の閉塞率における空気力の補正法を確立することを目的とした。

2. 実験の概要 閉塞率を種々の値に変化させ、各閉塞率における抗力係数 C_D を測定した。また、模型によって背圧係数 C_{pb} も測定した。閉塞率を変化させるため、次の2シリーズに分けて実験を行った。

①相似模型シリーズ…相似で大きさの異なる模型を用いて閉塞率を変化させる(図1)

②仮設天井・床シリーズ…風洞の天井・床に仮設天井・床を設置し、風洞の有効断面積を変化させる(図2)

①の実験では、開口率0%(PCNシリーズ)、7%(PCSシリーズ)、30%(PCLシリーズ)の有孔板について、各シリーズ共、高さの異なる3種類の模型を用意し、3種類の閉塞率で実験した。②の実験で用いた模型は流線形箱桁、トラス桁、円柱、充実平板、有孔板の5種類である。通常の実験では測定胴入口にピトー管を設置して風速を測定するが、本実験では閉塞率30%程度のものまで実験すること、仮設天井・床を設置すると通常的位置にピトー管を設置できないこと等を考慮し、図2に示す縮流胴断面A、Bの静圧差と模型位置の動圧の対応関係を求め、模型位置の風速を推定した。また、今回の実験は一樣流中での空気力を対象とするが、仮設天井・床を設置した場合でも模型位置での風は一樣流であることを確認している。

3. 実験結果および考察 Maskell¹⁾は、Bluff Bodyに関し、完全死水域モデルを考え、次式を導いた。

$$\frac{C_D}{C_{Dc}} = \frac{k^2}{k_c^2} = 1 + \frac{1}{k_c^2 - 1} \cdot \left(\frac{C_{Dc} S}{C} \right) + O \left\{ \left(\frac{S}{C} \right)^2 \right\}$$

$-C_{Dc} = k^2 - 1$
 C_D : drag coef.
 C_{pb} : base pressure coef.
 C : cross sectional area of wind tunnel
 S : reference area of model
 subscript c: corrected value

$O\{(S/C)^2\}$ は (S/C) の2乗以上の微小量を示す。上式で、 $(S/C)^2$ 以上の高次項を省略すれば $C_D \sim C_{Dc} S/C$ 、 $k^2 \sim C_{Dc} S/C$

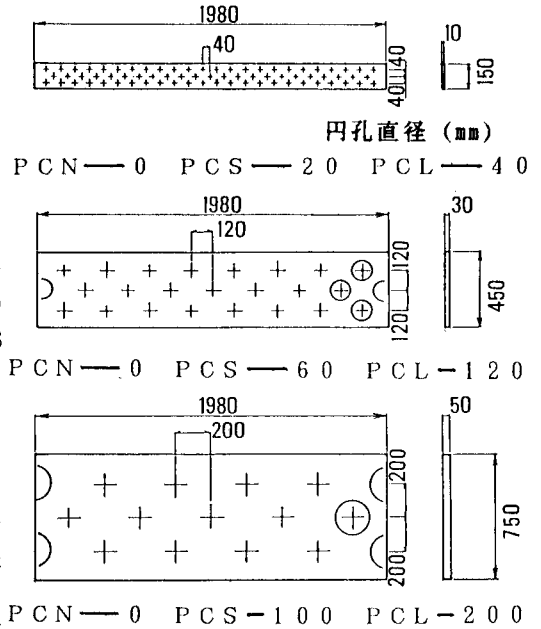


図1 相似模型シリーズ供試模型

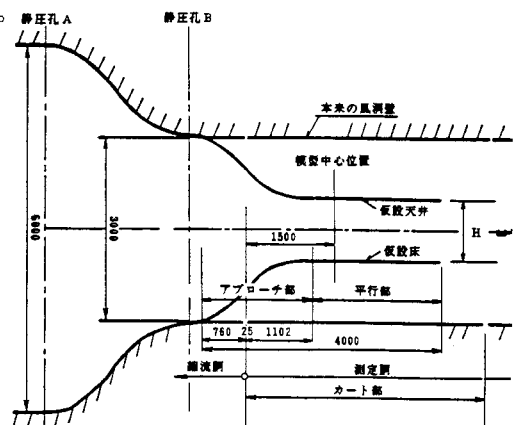


図2 仮設天井・床シリーズ実験概況

が線形関係で結ばれ、従って $C_{pb} \sim C_{DS}/C$ も線形関係になる。また、 $S/C \rightarrow 0$ のとき $C_D \rightarrow C_{Dc}$ 、 $k^2 \rightarrow kc^2$ 、 $C_{pb} \rightarrow C_{pbc}$ となる。 $1/(kc^2-1)$ は一般に知られている Maskell の補正式中の ε (Blockage Factor) に相当し、上式が線形式であれば ε を用いて空気力の補正を容易にすることができる。図3は相似模型シリーズについて $C_D \sim C_{DS}/C$ 、 $C_{pb} \sim C_{DS}/C$ の関係を調べたもので、いずれも相関係数 0.999 以上で線形関係である。図4は仮設天井・床シリーズの $C_D \sim C_{DS}/C$ の関係である。トラス桁、Bluff Bodyでない流線形箱桁、円柱等についても $C_D \sim C_{DS}/C$ がほぼ線形的(5模型で相関係数 0.95~0.99)であった。これは充実した平板については勿論のこと、開口部を有する平板、Bluff でない流線形箱桁、円柱等の模型についても Maskell の補正法の適用可能性を示すものである。相似模型、仮設天井・床各シリーズの模型について、以上の実験結果から ε と開口率の関係を示すと図5のようになる。流線形箱桁と円柱を除いて ε が開口率の増加関数になっている。kcはMaskellの死水域モデルにおける剝離流の風洞風速に対する増速係数に相当し、流路内の模型の空力抵抗が小さく、流路内を気流が流れやすい程 $kc \rightarrow 1$ となり、したがって $\varepsilon \rightarrow \infty$ となる。模型の開口率が大きい程、 ε が大きくなるのはこのためである。 ε と開口率の関係が1本の曲線上に乗れば、任意の開口率に対する ε が得られ、補正式を容易に用いることができる。今回の結果をみる限り、トラス桁が、開口部を有する平板の延長曲線上にあるように思われるが、今後より多くの開口率のトラス桁模型に関して実験を行い、この傾向を裏付ける必要がある。流線形箱桁、円柱のような形状は空力抵抗が小さいため、開口率0%の平板より ε が大きい、今後、これらの模型について、 ε の推定法を確立することが望まれる。

4. 結論

- (1) Bluff な模型について、完全死水域モデルを仮定した Maskell の補正法は、流れに直角に置かれた充実平板、開口部を有する有孔板の補正にうまく適用できる。
- (2) 円柱、流線形箱桁、トラス桁のような平板とは異なった形状の模型に関しても、(1) の補正法が大まかに適用できる。
- (3) ε は開口率の関数として大まかに表せる。ただし、流線形箱桁、円柱のように Bluff でない模型の ε は開口率ではうまく表せない。

5. あとがき 本報告を行うにあたり、東大名誉教授中口博先生に多くの助言を承ったので、ここに感謝の意を表します。

参考文献 1) Maskell, E.C.: A Theory of Blockage Effects on Bluff Bodies and Stalled Wings in a Closed Wind Tunnel, R & M, No. 3400, ARC, 1963 2) McKeon, R.J., Melbourne, W.H.: Wind Tunnel Blockage Effects and Drag on Bluff Bodies in a Rough Wall Boundary Layer, Proc. 3rd Int. Conf. Wind Effects on Buildings and Structures (Tokyo 1971)

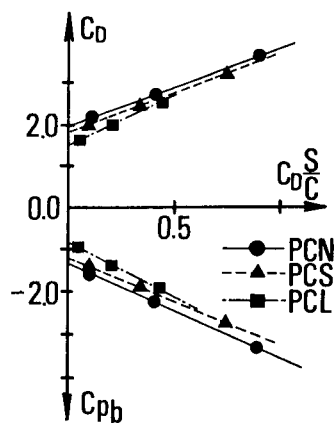


図3 相似模型シリーズ実験

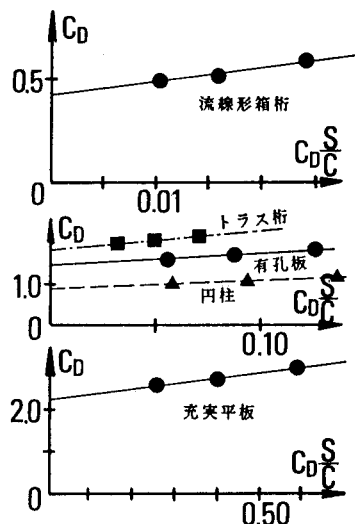


図4 仮設天井・床シリーズ実験

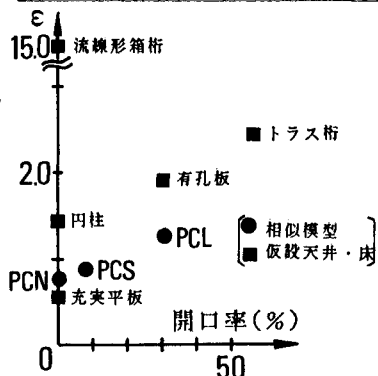


図5 開口率と ε の関係