

B-2

多孔板を用いたダブルスキンファサードの風圧力特性に関する研究
 -2次元多孔板の抵抗係数と抗力係数-

Study on Wind Pressure Characteristics of Double Skin Facade Using Perforated Plate
 -Resistance Coefficient and Drag Coefficient of Perforated Plate-

○伊東準史³, 岡田章¹, 宮里直也¹, 廣石秀造²
 *Hitoshi Ito³, Akira Okada¹, Naoya Miyasato¹, Shuzo Hiroishi²

Abstract: In recent years, double skin facades with low environmental load have attracted attention as a method of energy-saving architecture. Double skin consists of outer skin facing the outdoor side, inner skin facing the indoor side, and cavity layer. The current wind resistant design is intended for single skins, and for the double skin facade has not been established yet. In this paper, the resistance coefficient and drag coefficient of a two-dimensional perforated plate were ascertained by CFD analysis, and compared with the previously estimated equations. The wind force coefficient of the perforated plate is different from that of the mesh structure, but it is suggested that the AIJ load guideline value can be applied in a case of $S > 0.6$.

1. はじめに

近年、環境問題に関心が高まる中、環境負荷の少ないダブルスキンファサードが、省エネルギー建築の手法として注目されている。ダブルスキンは、室外側に面するアウトースキン(以下「OS」と称す)と室内側に面するインナースキン(以下「IS」と称す)、及びOSとISの中間層(キャビティ層)で構成される。

現行の耐風設計は、シングルスキンの設計に基づいており、一般に、OSにはシングルスキン構造の70%程度の風圧力(風荷重)がかかるとされている。また、ISは、シングルスキンと同じ風圧力(風荷重)を用いて設計されるなど、ダブルスキンファサードの耐風設計において明確な設計手法は確立されていない。

以上の背景を踏まえ、既報^[1]では、OSに多孔板を用いたダブルスキンファサードを対象として風洞実験を実施し、ISの風圧力特性の把握を行っている。しかし、OSの風圧力特性は把握されず、多孔板自体の抵抗特性も明らかになっていない。

本報では、多孔板を用いたダブルスキンファサードの風圧力特性の把握に先立ち、最も基本形である2次元多孔板単体を対象として、CFD解析により、抵抗係数と抗力係数の把握、及び各規・基準値との比較を行った。なお、本解析にはscFLOW(ver14.1)を用いた。

2. 多孔板の抵抗係数

2-1. 解析概要

Fig. 1にCFD解析概要を示す。文献^[2]の網状構造物を対象とした水槽実験を模擬し、解析条件を設定した。また、文献の実験結果^[2]と比較を行うため、レイノルズ数は7000に統一した。なお、レイノルズ数 Re は、以下(1)式より算定した。

$$Re = Ud/\nu \quad (1)$$

ここで、 U :流速, d :代表長さ(孔径), ν :動粘性係数

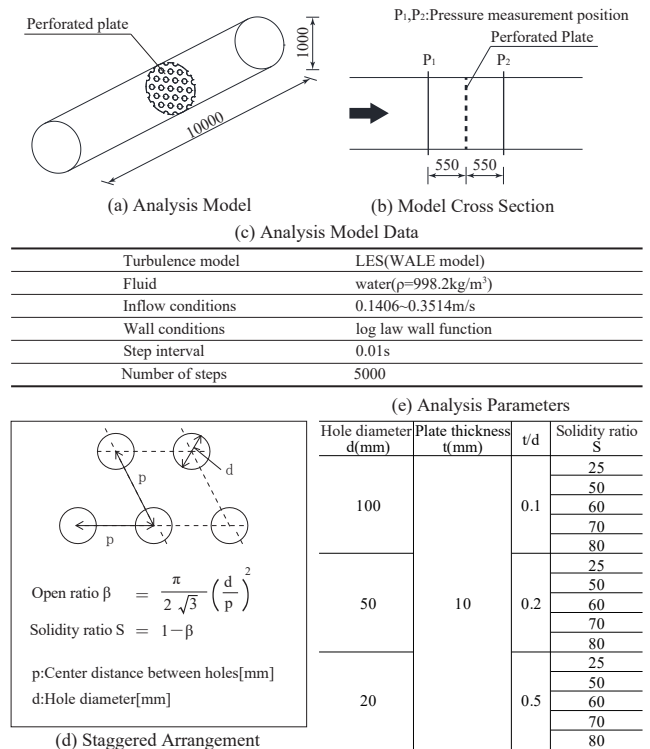


Fig.1 Outline of CFD Analysis

である。また、解析結果より、多孔板の抵抗係数 K は以下(2)式により算出した。

$$K = (P_1 - P_2) / 0.5\rho u^2 \quad (2)$$

ここで、 P_1 :モデル上流側の圧力, P_2 :モデル下流側の圧力, ρ :水の密度, u :管内の平均流速である。また、抵抗特性 K は、板厚 t と孔径 d の比 t/d との影響が大きいと推測されることから、 t/d と充実率 S を変えた複数のモデルを対象とした。なお、充実率 S は多孔板の外郭面積に対する見付面積の比であり、孔径 d と孔同士の間隔 p を用いて、Fig. 1(d)に示す式より算出した。

2-2. 解析結果

Kは実験値, K'は(3)式より求められる推定値と定義すると, 文献^[2]より, 抵抗係数K'は以下(3)式より推定することができる.

$$K' = C \cdot S / (1-S)^2 \quad (3)$$

ここで, C: 比例定数である.

ここで解析結果の妥当性の検証を行う. CFD解析結果より得られた, 抵抗係数K及びK'と充実率Sの関係をFig. 2に示す. 図より, 多孔板の解析結果は(3)式の定数Cを1.5から2.0程度とした場合の推定値と一致することが把握された. 文献^[2]より, レイノルズ数7000, t/d=0.2における多孔板の定数Cは2.0であることから, 本報の解析結果は妥当であると考えられる. また, t/dが大きいほど孔内部での圧力損失が大きくなると考えられるが, 抵抗係数においてはt/dの影響は少ないことが把握された.

3. 多孔板の抗力係数と風力係数

3-1. 解析概要

多孔板の風荷重の把握を目的に, 風洞実験を模倣したCFD解析により抗力係数の算出を行った. Fig. 3にCFD解析概要を示す. 解析モデルは1,000×4,500mmの長方形多孔板とし, 多孔板の諸元は前章と同一とした. また, 解析結果の妥当性を確認するために, 充実率S=1(孔なし)の平板(板厚10mm)についても解析を行った. 抗力係数C_Dを以下(4)式により算出した.

$$C_D = F_D / (0.5 \cdot \rho \cdot u^2 \cdot A) \quad (4)$$

ここで, F_D: 抗力, A: モデルの外郭面積(4.5m²)である. 風力係数C_Fは, 上記の抗力係数C_Dを充実率Sで除すことにより算出した.

3-2. 解析結果

解析結果より求めた風力係数C_Fと各規・基準の推定式を比較し, 多孔板の風荷重の検討を行う. 多孔板の風力係数C_Fと充実率Sの関係をFig. 4に示す. 文献^[3]より, 網状構造物の抗力係数C_Dの推定式は, 以下(5)(6)式となる.

$$K \leq 0.73 \quad C_D = K / (1 + 0.25K)^2 \quad (5)$$

$$0.73 < K \leq \infty \quad C_D = 2.8 \log(K + 0.6 \sqrt{1.2K + 0.36}) - 2.8 \log K + 2.0 \quad (6)$$

図中の実線は, 上記の式を多孔板の抗力係数C_Dに適用し, 風力係数C_Fに変換したものである. 図より, 多孔板の風力係数C_Fは充実率0.25付近で最も大きくなり, 規・基準値に規定されるフェンスやネットなどの網状構造物とは異なる傾向となった. 一方, 充実率0.6以上ではネットと同様の傾向となり, 充実率0.6以上ではネットの荷重指針値を適用できることが把握された. また, t/dが大きくなるほど風力係数も大きくなり, 充実率0.6の時, t/d=0.5の風力係数はt/d=0.1の約1.2倍となった. このため孔径は, 風力係数C_Fに大きな影響を及ぼすことが示唆された.

4. まとめ

多孔板の風圧力特性の把握を目的にCFD解析を行

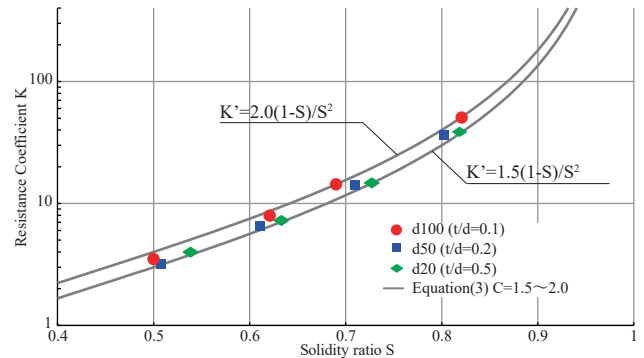
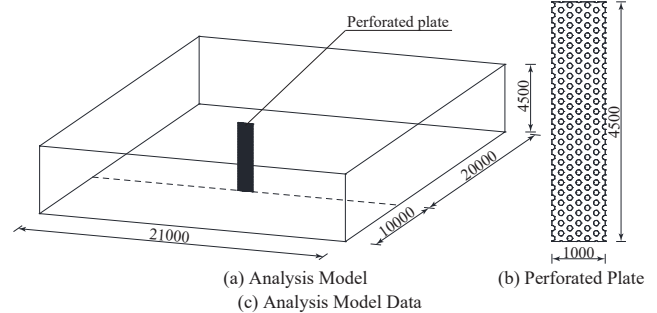


Fig.2 Relationship Between Resistance Coefficient and Solidity Ratio



(c) Analysis Model Data	
Turbulence model	RANS(SST k- ω model)
Fluid	air($\rho=1.206\text{kg/m}^3$)
Inflow conditions	10m/s
Wall conditions	free slip
Number of steps	5000

Fig.3 Outline of CFD Analysis

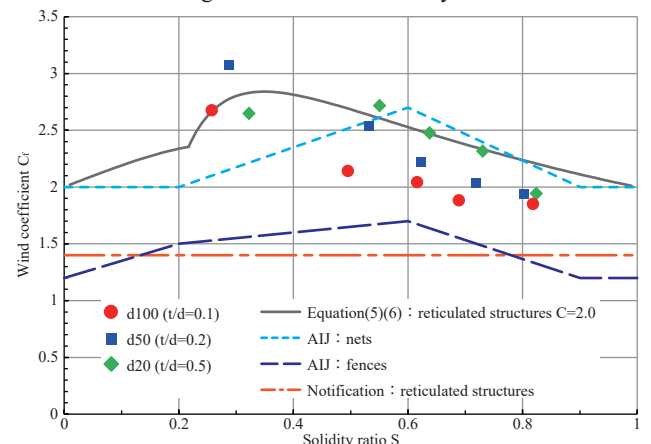


Fig.4 Relationship Between Wind Coefficient and Solidity Ratio

い, 抵抗係数と充実率の関係, 2次元多孔板の抗力係数について把握した. 多孔板の耐風設計時において, 充実率0.6以上ではネットの荷重指針値を適用できることが把握された. また, t/dが大きくなるほど風力係数が大きくなることから, 孔径についても考慮する必要性が示唆された.

5. 参考文献

- [1]小林, 他: 「アウトースキンに多孔板を用いたダブルスキンファサードに関する基礎的研究」, 日本建築学会大会学術論文集, 構造I, pp.797-800, 2015.9
- [2]日本機械学会: 管路・ダクトの流体抵抗, 丸善, pp.110-112, 1979.1
- [3]上田, 他: 「網状構造物の抗力係数に関する研究-二次元網状板の抗力係数-」, 日本建築学会構造系論文集, 第524号, pp.51-56, 1999.10