

独立上屋の風力係数に関する簡易推定方法の提案

-その1 推定方法-

元日大生産工 ○丸田榮藏 (株)Wind-Style 松山哲雄
(株)Wind-Style 吉田幸彦

1 まえがき

膜構造などのCanopy建築が数多く建設される昨今、風荷重算定に際し風力係数が不確定要素を抱えたまま設定され、過度に安全な状況、場合によっては危険な状況を醸し出している。巨大建築物であれば風洞実験は常識的に採用される。しかし、小規模なCanopy建築に対して風洞実験には高額な費用を要することから建築費を考えると実行されるに至らない。

現行の建築学会荷重指針¹⁾では切妻・翼・片流の独立上屋が規定されているのみである。Digital designの普及²⁾による多様な建築形態のCanopyが出現している中、風洞実験によらない風力係数決定の手法が求められている。

本報告においては、普及的な形態のCanopyに対しては比較的現状に近い風力係数を与える簡易推定法を提案することにある。

一方、日本建築学会ではCDF解析の利用を荷重指針に組み込む策案が提案³⁾されている。上述のCanopyに関してもCFD解析の手段は有用であり、採用の可能性について検討する。

2 簡易推定法について

これまで閉鎖形建築物の外圧係数に関しては数多くの風洞実験例が蓄積されてきた(例えば文献4)。しかしながら4面壁が開放されたCanopyに対する風洞実験は切妻・翼・片流れを除いては皆無に近い。

一般に、Canopyに作用する風力係数 C_R は屋根の裏面に生じる圧力が室内圧に代わって発生し屋根表面外圧に加算して風力が生じる。

$$C_R = C_{pe} - C_{pi} \quad (Obverse - Reverse) \quad (1)$$

常識的に、内圧係数 C_{pi} は建築物の壁面が1面ずつ開放されると同時に外圧係数も周辺流れの偏向によって元の閉鎖形の外圧係数とは大きく変化する。よってCanopyに対する風力係数は、(1)式の外圧係数と内圧係数を用い

て算出するには、結局は新たに風洞実験が必要となるので無意味である。

そこで本報は、現存する多くの閉鎖型建築の屋根面外圧係数 C_{pe} から、下式の差分係数(呼称) C_{df} を利用して同型Canopyの風力係数 C_R を与える下式の簡易的な手法を提案するものである。

$$C_R = C_{pe} - C_{df} \quad (2)$$

上式の差分係数 C_{df} は、Canopyの実在する風力係数 C_R を差し引く架空の係数で定義した。

$$C_{df} = C_{pe} - C_R \quad (3)$$

上式で解るように、 C_{df} は架空の係数ではあるが固有の係数でもある。

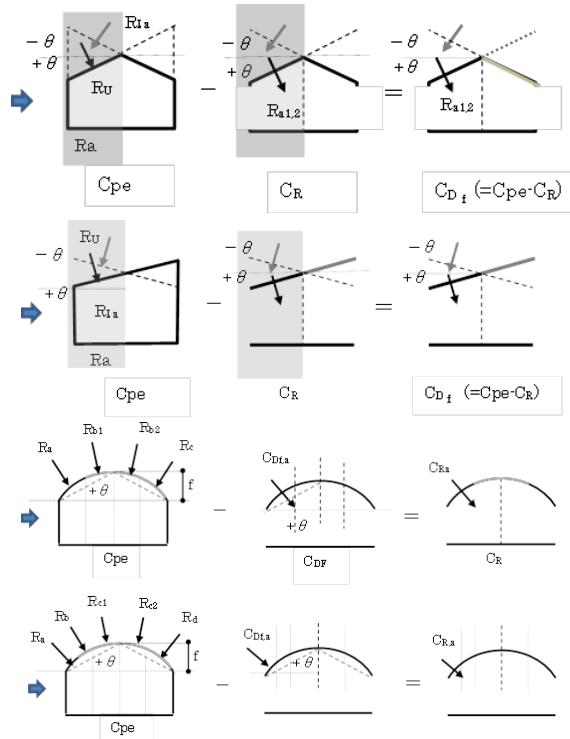


図1 評価領域の設定

Proposal for Simplified Estimation on the Wind Force of Canopy Roofs - Part 1 Estimating Method -

Eizo MARUTA, Tetuo MATUYAMA and Yukihiko YOSIDA

差分係数 C_{Df} の評価は、煩雑さを避けるため領域ごとに図1に示すように屋根形状ごとに区分している。この区分は建築学会荷重指針を参考にした。

3 Cpeおよび C_R のデータセット

(3) 式中の閉鎖形建物の外圧係数CpeおよびCanopyの風力係数 C_R は、切妻・翼・片流れ型に関しては建築学会指針値¹⁾を用い、円弧・ドーム型に関してはCFD解析値を用いることとした。なお、翼型の外圧係数については丸田の風洞実験結果⁴⁾を用いた。

1) 切妻・翼・片流れ型上屋

翼型の外圧係数に関しては図2の実験結果をまた風力係数に関しては風上側のみ片流れの C_R を用いた。

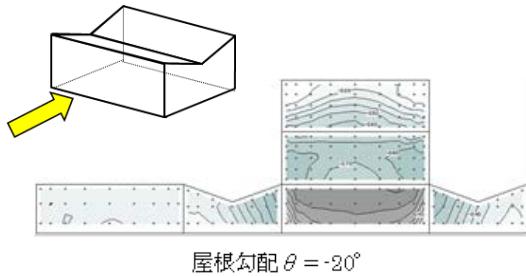


図2 風洞実験による閉鎖形屋根のCpe分布例

2) 円弧型上屋とドーム型上屋のCFD解析 解析条件を表1、結果は図3～図6に示す。

表1 解析条件

	円弧型上屋 (2次元)	ドーム型上屋 (3次元)
解析コード	STREAM for Windows Ver9	
離散化アルゴリズム	有限体積法	
計算アルゴリズム	SIMPLEC法	
空間差分	u,v,wの移流項 3次精度(QUICK) p,k, ε の移流項 1次精度(風上差分)	
乱流モデル	Launder-Katoモデル	
計算領域	200m × 100m	100m × 100m × 100m
計算格子数	380 × 140	280 × 280 × 140
境界条件	流入流出面 $u(z) = u_H(z/H)^\alpha$ 、 $v=w=0$ $k(z)=0.5(u'(z)^2+v'(z)^2+w'(z)^2)$ $\varepsilon(z)=C_u^{0.5}k(z)(\delta u(z)/\delta z)$ ただし、 $H=5(m)$, $uH=10(m/s)$, $v'=w'=0.5u'$ $C_u=0.09$, k および ε は $h=10m$ 以下一定	Free Slip Log-Law
上空面		
地表&壁面		

ここで、 $u v w$: 風速(m/s)('付きは変動値), p : 圧力(Pa), k : 乱流エネルギー(m^2/s^2), ε : 乱流逸散率(m^2/s^3), z : 高さ(m), α : べき指数 (地表面粗度区分IV=0.27)

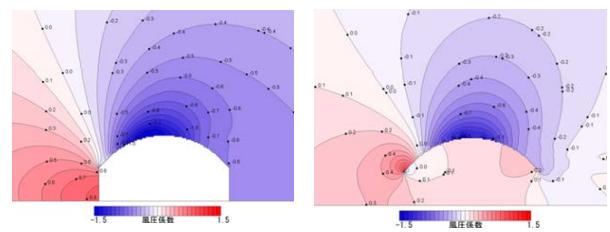
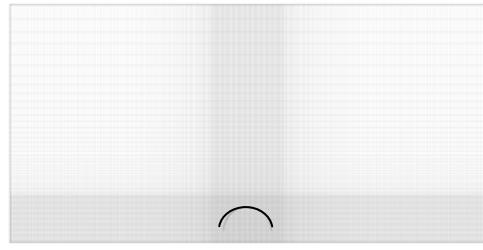


図3 円弧型の解析メッシュと風圧係数分布例

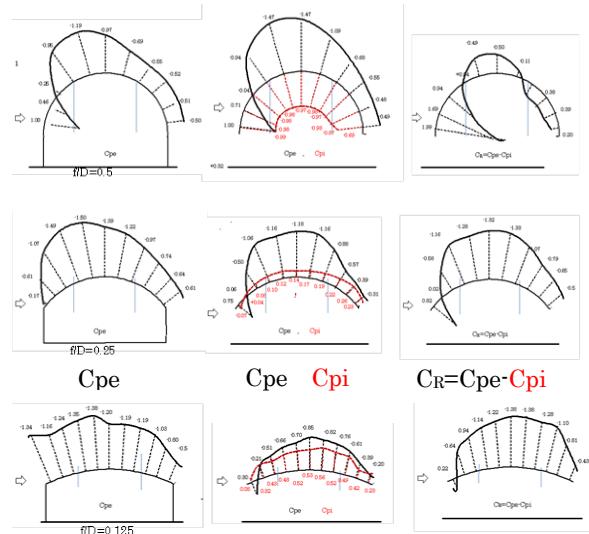


図4 円弧型の中心断面の風圧係数分布

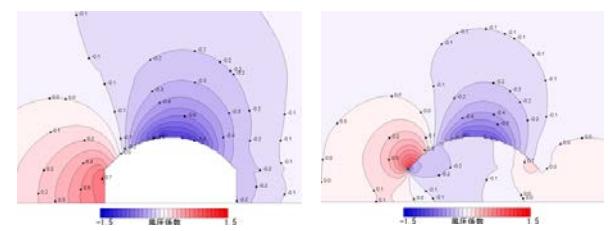
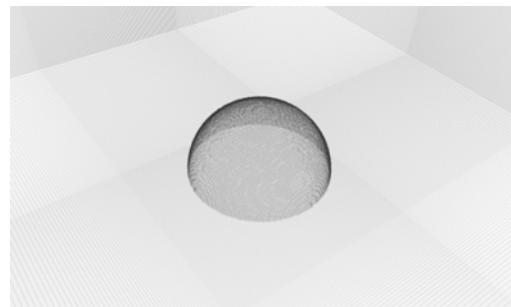


図5 ドーム型の解析メッシュと風圧係数分布例

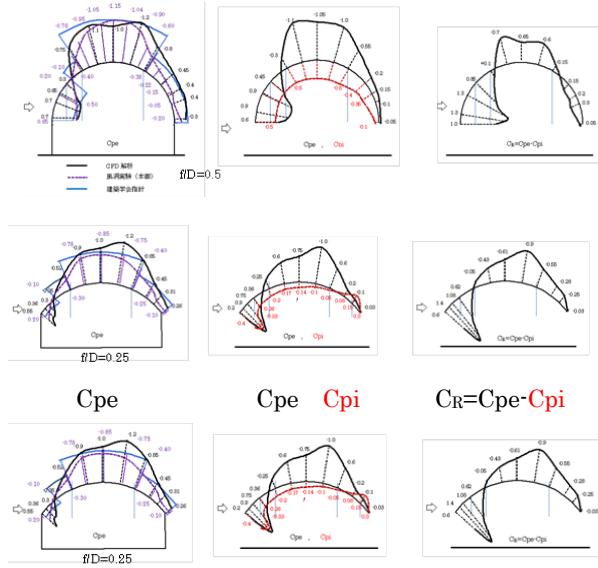


図6 ドーム型の中心断面の風圧係数分布

ここで、図4と図6にある C_R は、Canopyの外圧係数Cpeと内圧係数Cpiの差を取って作成した。

4 C_{Df} の性状と関数化

(3)式によって求めた各Canopy形状に対する差分係数 C_{Df} は、図1に対応した評価領域ごとに求め、屋根の平均勾配(θ)に対しプロットし、かつ特性にフィットした関数を導いた。

なお、図中の矢印方向は正と設定している。

1) 切妻・翼型Canopy

図5に示した C_{Df} は、学会指針の組み合わせや評価領域によって差異はあるものの、周期的三角関数の変化に近似している。また、風下側のRb部の C_{Df} は組み合わせの差異は顕著ではない。なお、学会指針では $D>H$ の規定も示されるがほぼ近似していた。

以上の特性を考慮して下式に示す C_{Df} の近似関数を導いた。

$$C_{Df}(Ra1) = -0.65 \sin(3\theta + 3.14) - 0.15$$

$$C_{Df}(Ra2) = -0.5 \sin(5.5\theta + 0.25) - 0.95$$

$$C_{Df}(Rb) = 0.4 \sin(5.5\theta + 3.14) - 0.4$$

$$\text{適用範囲 } -20^\circ \leq \theta \leq 20^\circ \quad \cdots (4)$$

2) 片流れ型Canopy

図6のRb部に対する C_{Df} は、切妻・翼型のRb部と大きく相違し、強いて言うなればRa部の連続的様相を呈している。また、Rb部では片流れ型に関しても組み合わせの差異は認められていない。

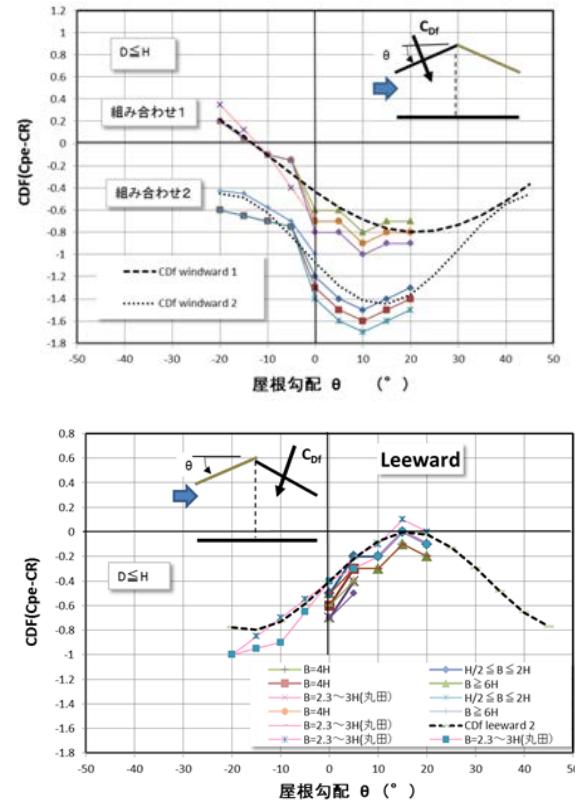


図5 切妻・翼型CanopyのRa部・Rb部における θ と C_{Df} の関係

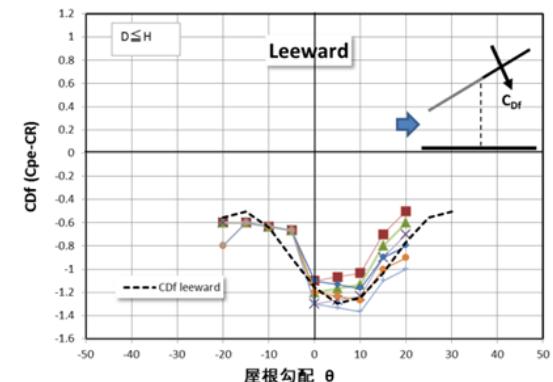
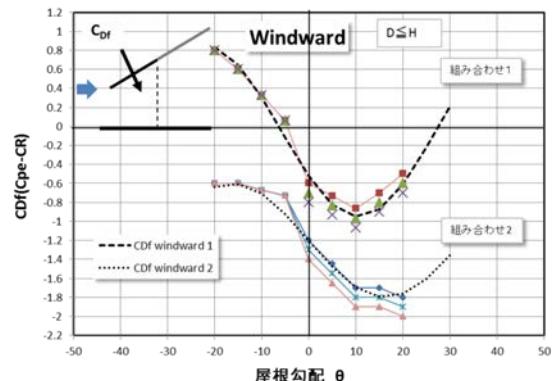


図6 片流れCanopyのRa部・Rb部における θ と C_{Df} の関係

以上の特性を考慮した C_{Df} 関数は以下の通りである。

$$C_{Df}(Ra) = -0.9 \sin(5.5\theta + 0.55) - 0.05$$

$$C_{Df}(Ra2) = -0.6 \sin(5.5\theta) - 1.2$$

$$C_{Df}(Rb) = -0.4 \sin(8\theta + 0.7) - 0.9$$

適用範囲 $-20^\circ \leq \theta \leq 20^\circ$ --- (5)

3) 円弧型Canopy

前述したように円弧型の C_{Df} については CDFのデータセットから設定した評価領域に対して算定し図7にプロット(塗り潰し)した。関数の整合性を保証するために、本報その2)の検討を踏まえて補正し関数化した。

$$C_{Df}(Ra) = -0.35 \sin(4.8\theta + 2.3) - 0.96$$

$$C_{Df}(Rb1) = -0.25 \sin(4.8\theta + 2.3) - 0.58$$

$$C_{Df}(Rb2, Rc) = -0.42 \sin(5.8\theta + 3) - 0.35$$

適用範囲 $10^\circ \leq \theta \leq 20^\circ$ --- (6)

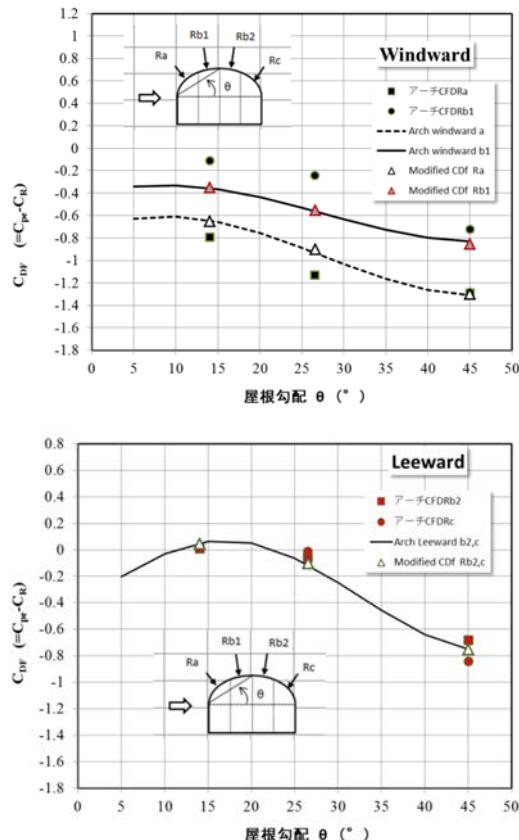


図7 円弧canopyのRa部～Rc部における θ と C_{Df} の関係

4) ドーム型Canopy

ドーム型についても円弧型同様、CFDのデータセットから C_{Df} を求め図8にプロットし、下式のように関数化した。

$$C_{Df}(Ra, Rb) = -0.3 \sin(6\theta + 2.3) - 0.6$$

$$C_{Df}(Rc1) = -0.3 \sin(6\theta + 2.3) - 0.3$$

$$C_{Df}(Rc2, Rd) = -0.3 \sin(6\theta + 3.5) - 0.3$$

適用範囲 $10^\circ \leq \theta \leq 20^\circ$ --- (7)

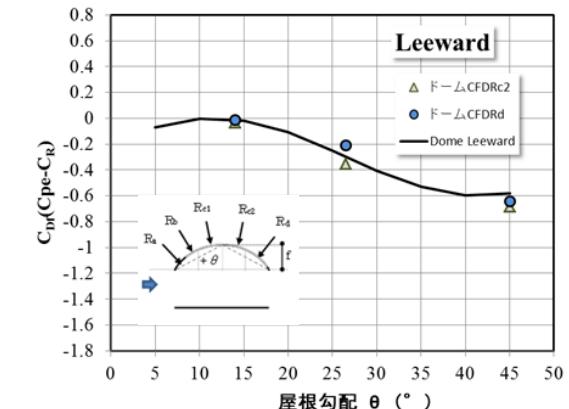
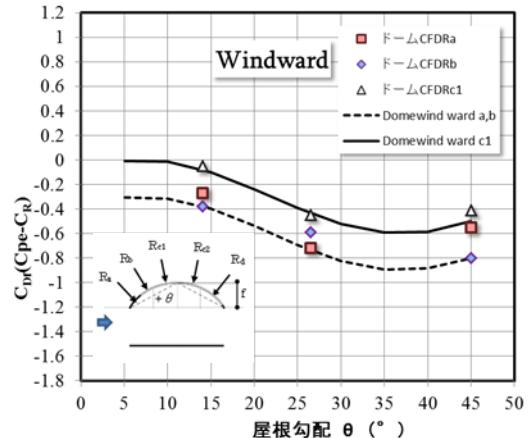


図8 ドームCanopyのRa部～Rd部における θ と C_{Df} の関係

「参考文献」

- 1) 「建築物荷重指針・同解説」 (2015) 日本建築学会、
- 2) 「空間構造デザインのデジタル化とアーキテクト/エンジニアの関係」 日本建築学会大会PD資料、構造委員会、シェル・空間構造運営委員会 (2016.8)
- 3) 「CFDに基づく新しい建築物風荷重評価法」 日本建築学会大会PD資料、構造委員会、荷重運営委員会 (2016.8)
- 4) 丸田榮藏、最終講義報告(DVD)、建築物の風圧係数(2013.3.13)