

独立上屋の風力係数に関する簡易推定法の提案

- その3 円弧及びドーム型の風力係数分布に対する発展形 -

元日大生産工 ○丸田榮藏

1. まえがき

近年、膜構造などのCanopy建築が数多く建設され、その安全性に鑑み風力係数の適切な設定による耐風設計が望まれている。法令においては規定に該当しない形状のCanopyに関する風力係数は、風洞実験により求めることが要求されている。しかし、巨大建築物であれば風洞実験は常識的に採用されるが、小規模なCanopyに対して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のが現状である。

本報告は、比較的世に普及している形状のCanopyに対し現状に近い風力係数を与える簡易な推定法を提案することを目的としている。

前報²⁾では、円弧屋根とドーム屋根形状に関して比較検証する対象の風洞実験結果が皆無という事情もあり、やむなくCFDによる風力係数を用いていた。また、連続的な曲面屋根にもかかわらず、建築学会指針による領域区分³⁾に従い提案を進めたが、最近発表された植松等^{14),13)}による風洞実験結果に対応させるべく、多項式近似による推定法として修正した。

2. 推定法について

Canopyの風力係数 C_R に関する推定は、現存する多くの閉鎖型建築の屋根面外圧係数 C_{Pe} から差分係数¹⁾ (仮称) C_{Df} を差し引くことによって得られる(1)式の簡易的な手法を提案するものである (Fig.1)。

$$C_R = C_{Pe} - C_{Df} \quad (1)$$

ここに、差分係数 C_{Df} は、閉鎖型建築物の屋根面外圧係数 C_{Pe} からCanopyの風力係数 C_R を差し引いた係数¹⁾であり、本報では新たに変数ライズ比 f/D と軒端からの位置 s/S の関数とした。

3. 差分係数 C_{Df} の導出方法

(2)式によって定義された差分係数 C_{Df} は、前報と同じくFig.2に示したCFD解析から得られた閉鎖型建物屋根の外圧係数 C_{Pe} とCanopyの

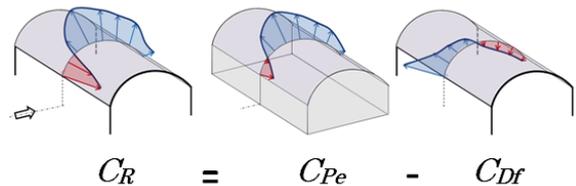


Fig.1 閉鎖形建物の外圧係数 C_{Pe} から差分係数 C_{Df} を用いた Canopy 風力係数 C_R の導出概念図¹⁾

風力係数 C_R の差によって求めた。

$$C_{Df} = C_{Pe} - C_R \quad (2)$$

なお、本報で用いる変数およびCanopyの寸法記号は、Fig.3に示す。

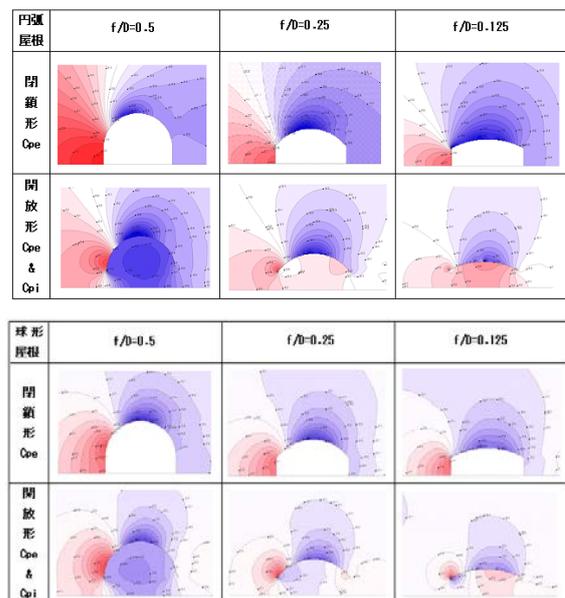


Fig.2 CFD 解析による風圧係数分布¹⁾

上段：円弧屋根 下段：ドーム屋根

4. 差分係数 C_{Df} の多項式近似

前章で導出したCanopy屋根の差分係数 C_{Df} は、風上端からの距離 s/S に対してFig.4にプロットし、(3)式の4次の多項式により近似させた。

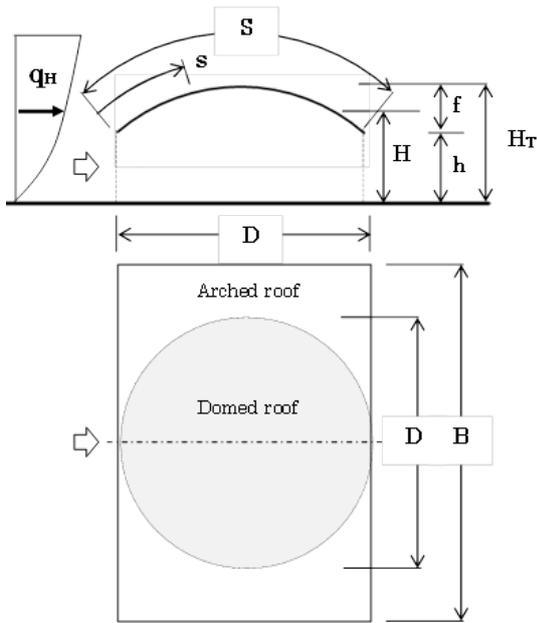


Fig.3 変数および Canopy の寸法記号

$$C_{Df} = at^4 + bt^3 + ct^2 + dt + e \quad (3)$$

$$; t = s/S$$

Fig.4のドット値は、CFD解析によるライズ比 $f/D=0.125, 0.25, 0.5$ の3タイプの C_{Df} 値であり、

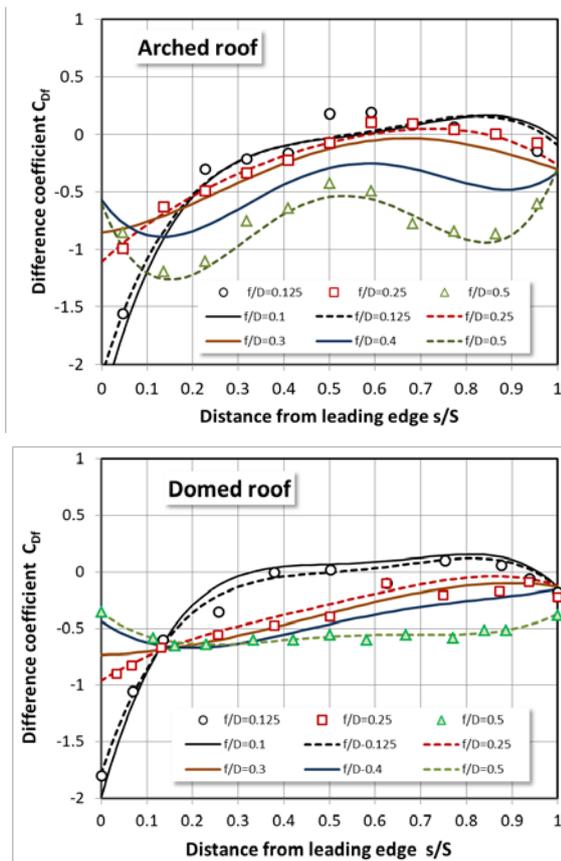


Fig.4 差分係数 $C_{Df}(f/D, s/S)$
 上段：円弧屋根 下段：ドーム屋根

それぞれの近似曲線は破線で示した。そして、各3タイプの (3) 式の近似係数 $a \sim e$ をライズ比 f/D を変数とする Fig.5 にプロットし、同じく (4) 式により多項式近似させた。

$$a \sim e = \alpha k^2 + \beta k + \gamma \quad (4)$$

$$; k = f/D$$

Fig.4にある実線の近似曲線は、Fig.5に表されるように (4) 式により内挿および外挿した任意のライズ比 f/D に対する C_{Df} を表している。なお、Fig.4のドーム屋根に関しては、ライズ比 $f/D=0.5$ のCFD解析の C_{pe} 値については、 C_R の最終調整から多少の修正を加えている。

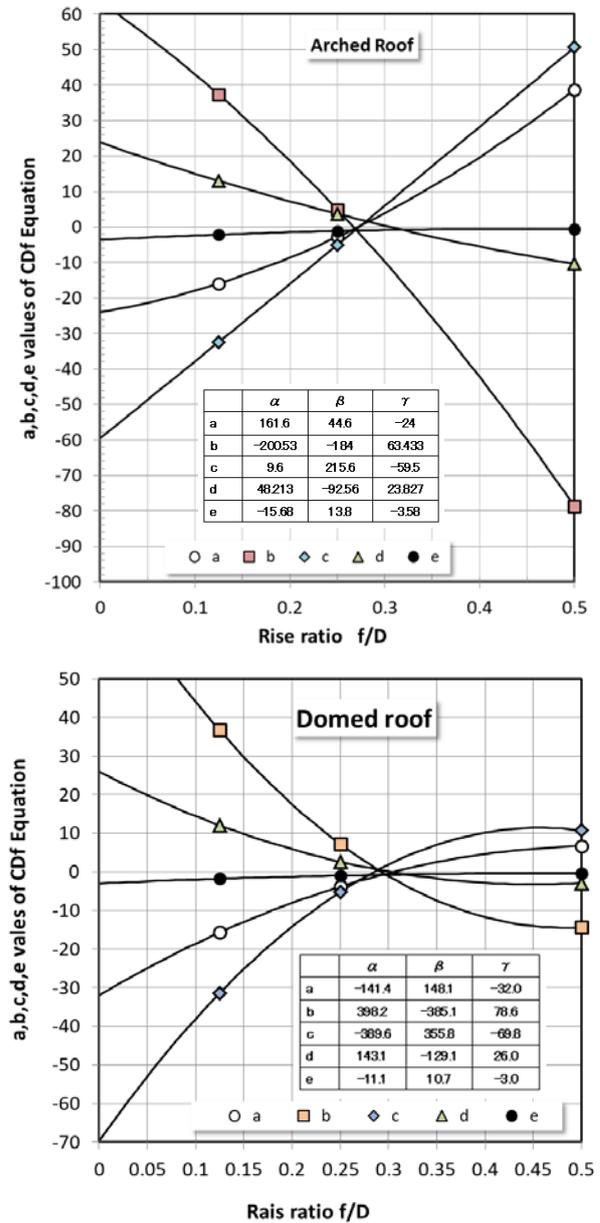


Fig.5 差分係数 $C_{Df}(f/D, s/S)$ の多項式近似係数 $a \sim e$ ((4)式に α, β, γ 代入)
 上段：円弧屋根 下段：ドーム屋根

5. 閉鎖形建物のC_{Pe}

Fig.6は、円弧屋根およびドーム屋根を有する閉鎖形建築物に関する論文^{4)~11)}において掲載された外圧係数分布C_{Pe}を表している。図において、ライズ比 $f/D=0.1\sim 0.5$ の風洞実験結果であり、基準速度圧 q が頂部 H_r ないしは軒高 h を基準としている場合は屋根部の平均高さ H で補正し、統一した。

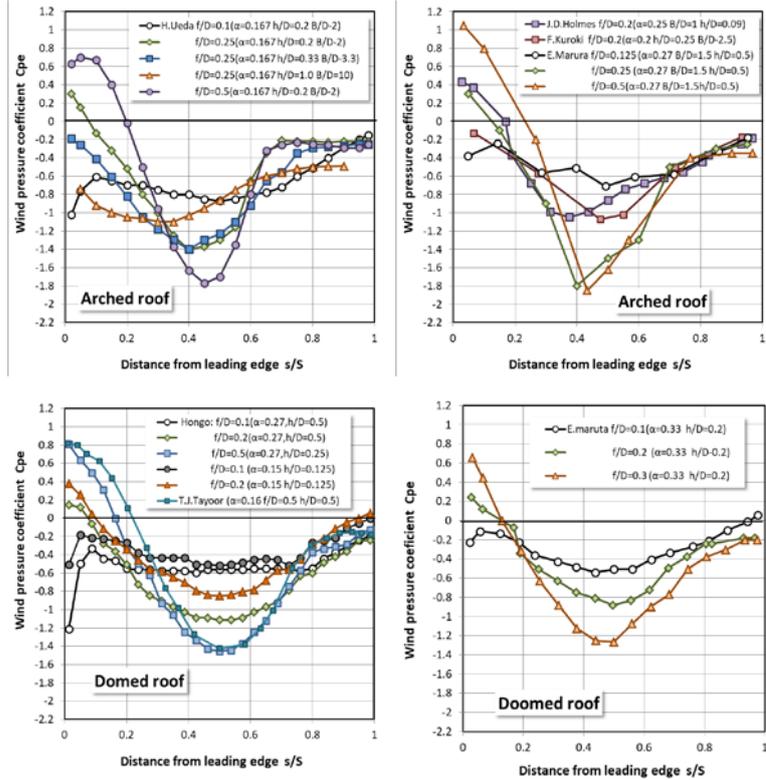


Fig.6 閉鎖形建物屋の外圧係数 C_{pe}(基準速度圧 q_H で補正) 上段：円弧屋根 下段：ドーム屋根

6. C_Rの推定値と検証

Fig.7およびFig.8に、それぞれ円弧型とドーム型Canopy屋根の風力係数C_R分布に関し、既往論文^{12)~15)}による風洞実験値と(3)式の差分係数C_{Df}を(1)式から差し引いた推定値を比較している。なお、実線および破線は推定値による分布であり、ドットは風洞実験値を示す。更に、折れ線は建築学会指針³⁾からの推定値 (h/D を実験値と同条件とした) である。両Canopy屋根とも風洞実験値に対する推定値のFittingは良好である。ただ、円弧屋根に関しては、指針値による推定値は高めにある。これは、設計安全性の見地から風向変動幅の影響を考慮しているものと推察される。

また、ドーム型 Canopy に関しては、比較的によく一致している。高ライズ f/D では実験値と僅かに乖離する傾向にある。

7. まとめ

差分係数 C_{Df} の多項式近似による Canopy 屋根の風力係数 C_R 推定法は、有効な手法で

あることが分かった。今後は、高ライズ比 f/D の更なる近似に向けて差分係数C_{Df}の修正を検討するとともに、他の形状に対する応用性も進めていきたい。

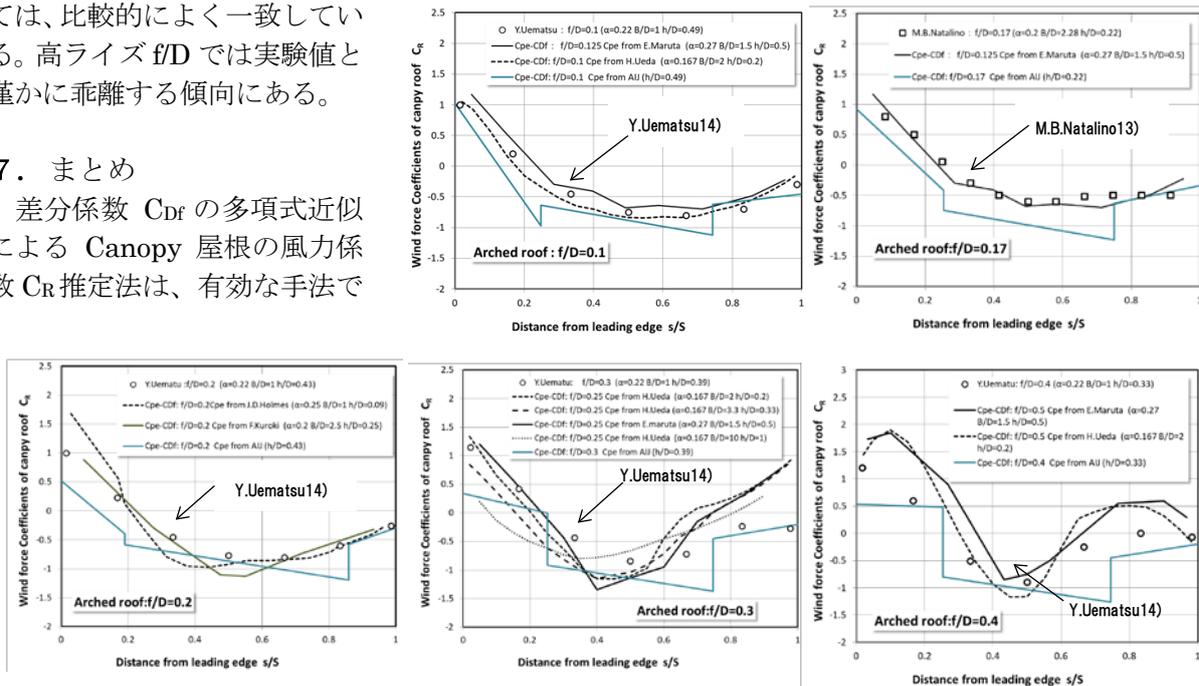


Fig.7 円弧 Canopy 屋根の風力係数 C_Rに関する風洞実験結果と簡易推定値の比較

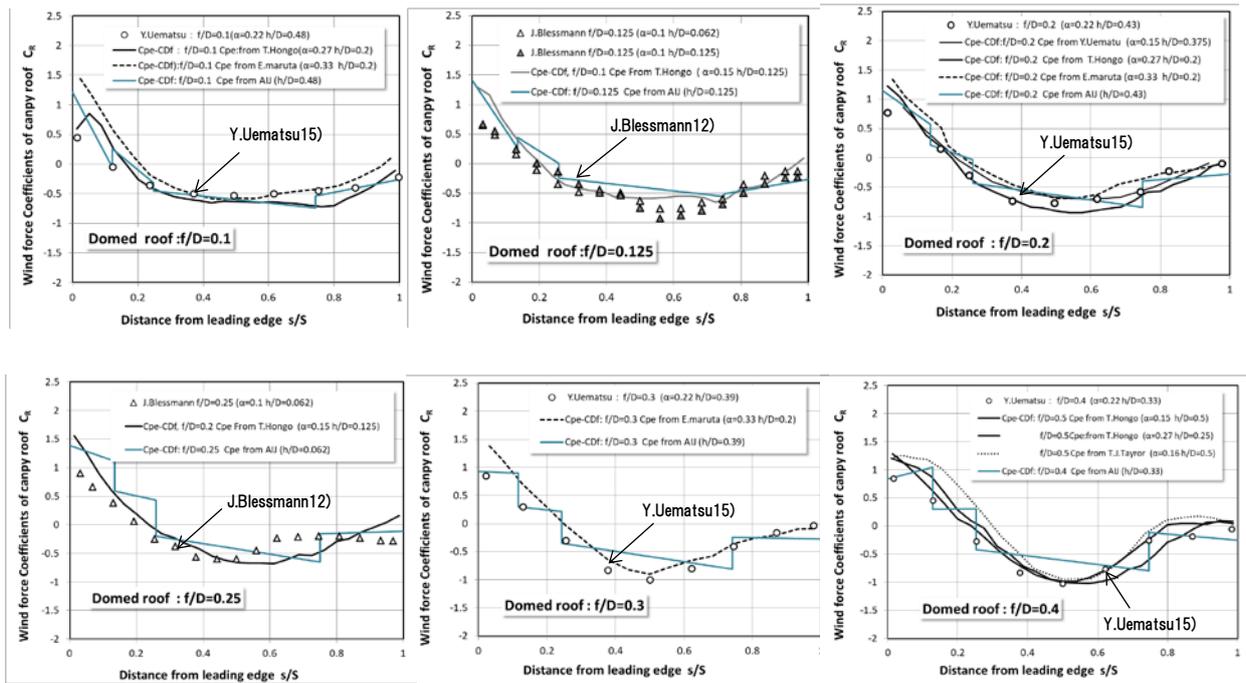


Fig.8 ドーム型 Canopy 屋根の風力係数 C_R に関する風洞実験結果と簡易推定値の比較

参考文献

- 1) 丸田榮藏, 松山哲雄, 吉田幸彦, 独立上屋の風力係数に関する簡易推定法の提案-その1 推定方法-, 日大生産工学術講演会, 2016.12
- 2) 丸田榮藏, 松山哲雄, 吉田幸彦, 独立上屋の風力係数に関する簡易推定法の提案-その2-検証-, 日大生産術講演会, 2016.12
- 3) 「建築物荷重指針・同解説」日本建築学会編, 2015 年度版
- 4) 丸田榮藏, 最終講義報告, 建築物の風圧係数 (2013.3.13)
- 5) 丸田榮藏, 澤地孝男, 佐藤健一, 高橋泰雄, 西澤繁毅, 「建築物の自然換気設計のための風圧係数データベース, 建築研究資料, No. 189, 国立研究開発法人 建築研究所, 2018-8
- 6) 本郷剛, 博士論文, 球形屋根に作用する風圧力に関する実験的研究 (1995.1)
- 7) 丸田榮藏, 神田亮, 杉井武弘, 開口ドーム屋根を有する建物の風圧係数に関する風洞実験, 日本大学生産工学部第 22 回学術講演会, 1980-12-2, p.p.65-58
- 8) 上田宏, 羽倉弘人, 小田富司, 円筒形屋根を支える剛な 2 ヒンジアーチに作用する風圧力並びに風荷重によって生じる応力の特徴, 日本建築学会構造系論文集 第 496号, 1997年6月, p.p.29-35
- 9) 黒木二三男, 開放型膜構造建築物の設計用風圧力に関する研究, 日本建築学会大会講演梗概集 (東北) 2009年8月, p.p.857-858
- 10) T. J. Taylor, Wind pressure on hemispherical dome, Journal of Wind Engineering and International Aerodynamics, Vol.40 1991, p.p.199-213
- 11) 野口満美, 植松康, 球形ドームに作用する風圧のモデル化と風荷重評価への応用, 日本風工学会誌 第 99 号 平 16 年 4 月, p.p.157-158
- 12) J. Blessmann, Researches on wind effects on domes in Brazil, Journal of Wind Engineering and International Aerodynamics 65, 1996, p.p.167-177
- 13) M.B.Nataloni, O.Canavavesio, B.Natalini, "Pressure Distribution on Curved Canopy Roof", Second International Symposium on Wind and Structure, Busan, Korea(2002)419-425
- 14) 山村, 植松, 他, 曲面屋根を有する独立上家の設計用風荷重に関する研究その 1 円弧型屋根の場合, 2017 P. P. 11-24
- 15) 山村, 植松, 曲面屋根を有する独立上家の設計用風荷重に関する研究 その 2 ドーム型屋根の場合, 日本膜構造協会研究論文集, 第 31 号, 2017 P. P. 25-32