

ドーム型独立上屋の風荷重に関する基礎的検討

丁 威*¹
文 礼志*²
植松 康*³

本研究では、ドーム型独立上屋を対象とし、風洞実験および数値流体解析(CFD)に基づき、ライズ・スパン比が屋根に作用する風圧・風力の特性や屋根まわりの流れ性状に与える影響を明らかにした。次に、それらの結果に基づき、構造骨組用風力係数を評価するための平均風力係数分布のモデルを提案した。また、風洞実験から得られた最大・最小ピーク風力係数に基づき、外装材用ピーク風力係数の提案を行った。

1. はじめに

独立上屋は、日除けや雨除けとして、駅舎、公園、スタジアムの観客席など様々な場所に利用されている。一般に壁がなく柱のみによって支えられているため、屋根の上下面が風に曝される。その結果、屋根の両面に作用する風圧の差によって与えられる風力の特性は閉鎖型構造物とは大きく異なる。また、一般に独立上屋の多くが骨組膜構造であり(写真1参照)、軽量であるため、設計時には風荷重が重要となる。



写真1 ドーム型独立上屋 (引用: 太陽工業株式会社ホームページ)

切妻や片流れなどの平面型独立上屋については、Gumley¹⁾、Ginger & Letchford^{2),3)}、Natalini et al.⁴⁾、Uematsu et al.^{5),6)}によって風洞実験に基づく詳細な検討がなされており、日本建築学会の建築物荷重指針・同解説⁷⁾(以下、「荷重指針」と呼ぶ)等に設計用風力係数が規定されている。一方、曲面型独立上屋については、既往の研究例は少なく、荷重指針等に設計用風力係数は規定されていない。レイノルズ数 Re の影響を受けると風洞実験模型の製作が困難(例えば、壁がないため多くの導圧管を風洞床下まで導くことが困難)であることがその要因と思われる。曲面型独立上屋の中で、HP型について

は、植松ら⁸⁾が風力測定実験に基づき構造骨組風力係数を提案した。また、円弧型については、Nataliniら⁹⁾がライズ・スパン比0.2の模型を用いて平均風力係数分布を求めているが、動的荷重効果は検討していない。山村ら¹⁰⁾および文・植松¹¹⁾は六分力計を用いて様々なライズ・スパン比を有する屋根の全体風力を測定した。風圧分布も測定しているが、屋根全体ではなく代表的な2ライン上での測定に限られている。丁・植松¹²⁾は、ライズ・スパン比0.1の屋根について、屋根の1/2領域に一樣に分布させた測定点における多点風圧同時測定結果に基づき、変動風圧の動的荷重効果を考慮した構造骨組風力係数のモデルを提案した。ドーム型については、著者の知る限り、山村・植松¹³⁾による実験的研究があるのみである。

本研究では、ドーム型独立上屋を対象とし、まず風洞実験を行った。実験模型は山村・植松¹³⁾と同じで、導圧管も含めて3Dプリンタで作製されたものである。それによって高い精度での風洞実験を実現した。屋根のライズ・スパン比 f/D は0.1~0.4の4種類である。圧力測定孔は屋根中心線に屋根上下面それぞれ9点ずつ設けられており、各風向に対して風圧の全点同時測定を行った。次に、屋根まわりの流れ性状と屋根に作用する風圧の分布特性との対応を把握するため、風洞実験結果をベンチマークとした数値流体解析(CFD)を行った。乱流モデルとしてLES(Large Eddy Simulation)を用いているので、風圧・風力の時間的変動特性を把握することができる。

本論文では、風洞実験およびCFDの結果により、ドーム型独立上屋に作用する風圧・風力の特性を把握し、設計用風荷重について検討する。具体的には、ライズ・スパン比 f/D が屋根に作用する風圧・風力の特性や屋根まわりの流れ性状に与える影響を把握するとともに、実験結果に基づき平均風力係数分布や外装材用ピーク風力係数のモデルを提案する。

2. 風洞実験の概要

風洞実験は、東北大学大学院工学研究科都市・建築学専攻所有のエッフェル型境界層風洞(測定部 $1.4\text{m}^H \times 1.0\text{m}^H \times 6.5\text{m}^L$)

*1 独立行政法人国立高等専門学校機構 秋田工業高等専門学校 講師・博士(工学)

*2 京都大学防災研究所 耐風構造研究分野 大学院生・修士(工学)

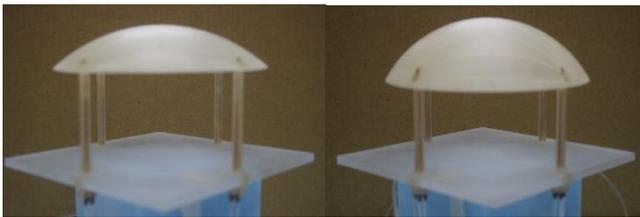
*3 独立行政法人国立高等専門学校機構 秋田工業高等専門学校 校長・工博

を用いて行った。

2.1 実験模型と実験気流

本研究では、写真2のように、アクリル系樹脂により、3Dプリンタを用いて $f/D=0.1, 0.2, 0.3, 0.4$ の4種類のドーム型独立上屋の模型を作製した。模型の幾何学的縮尺率は $\lambda_L=1/100$ である。屋根まわりの流れを忠実に再現するためには、実験模型の屋根厚さ t や柱の径 ϕ をできるだけ小さくする必要があるが、本模型では $t=2.0\text{mm}$ 、 $\phi=6.5\text{mm}$ である。実験模型の記号と座標系を図1に示す。また、模型の寸法を表1に示す。屋根平均高さ H はいずれも 80mm である。圧力測定孔は図2のように屋根中心線に沿って上下面それぞれ9点ずつ設けられている(計18点)。屋根に作用する風力(屋根上下面の風圧の差)を求めるには、上下面同位置に圧力測定孔を設ける必要があるが、屋根厚さ 2mm でそれを実現することは困難である。そこで、下面における風圧の空間的変化が比較的小さいことを考慮し、下面の圧力測定孔は図2に示した位置より 2mm ずれた位置(中心線上)に設けられている。

実験気流は平均風速のプロファイルを表す「べき指数」 α が約 0.27 、屋根平均高さにおける乱れの強さ I_{UH} が約 0.2 の境界層乱流である。 α および I_{UH} の値は、それぞれ荷重指針における地表面粗度区分IVおよびIIIに対する規定値に概ね相当している。なお、気流の詳細については文ら¹⁴⁾を参照されたい。



(a) $f/D=0.2$ (b) $f/D=0.3$

写真2 模型写真

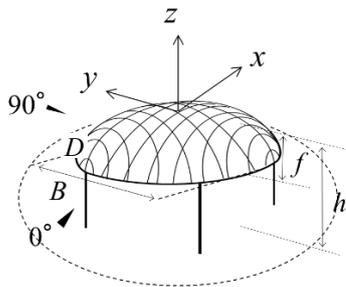


図1 記号および座標系

表1 実験模型の寸法

f/D	$f(\text{cm})$	$D(\text{cm})$	$h(\text{cm})$
0.1	1.5	15	8.8
0.2	3.0	15	9.5
0.3	4.5	15	10.3
0.4	6.0	15	11.8

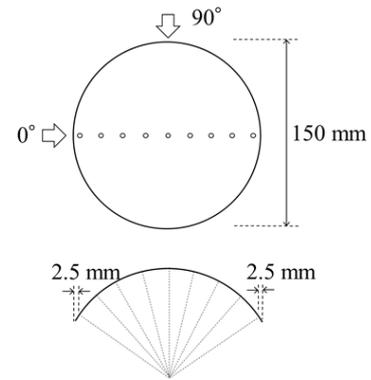


図2 圧力測定孔の配置図

2.2 風圧測定

本研究対象は曲面を有するため、実験ではレイノルズ数 Re の影響を適切に考慮する必要がある。山村ら^{10,13)}は Re 数の効果について、風洞実験で可能な範囲内で風圧分布に及ぼす Re 数の影響を検討し、 $Re > 1.0 \times 10^5$ では風圧係数分布がほとんど変化しないことを示した。なお、 Re 数を定義する際の代表長さとして屋根の曲率半径の2倍を用いた。そこで、本研究ではこの条件を満たすよう、屋根平均高さ H における風速 U_H を約 9m/s と設定する。このとき、 Re 数は $f/D=0.1, 0.2, 0.3, 0.4$ に対して、それぞれ約 $2.53 \times 10^5, 1.41 \times 10^5, 1.09 \times 10^5, 1.01 \times 10^5$ である。荷重指針における基本風速を $U_0 = 35\text{m/s}$ 、地表面粗度区分をIIIと仮定すると、屋根平均高さ $H = 8\text{m}$ における設計風速は 21.3m/s と計算される。したがって、風速の縮尺率 λ_V は約 $1/2.4$ となり、時間の縮尺率は $\lambda_T = \lambda_L / \lambda_V \approx 1/42$ となる。測定時間はフルスケール換算 10 分 (600s) を1セットとする。1セットの測定時間 T は $14.3\text{s} (=600\text{s}/42)$ であり、同一条件下で 10 回測定する。風圧のサンプリング周波数は 500Hz であり、高周波数のノイズを除去するため 300Hz のローパスフィルターを用いる。チューピングによる変動風圧の歪みは、予め測定されたチューピングシステムの周波数応答関数を用いて補正する。風向 θ は模型の対称性を考慮し、図1に示すように 0° から 90° まで 5° ピッチで変化させる。各風向の結果を組み合わせることで平均風圧・風力係数やピーク風力係数などの統計値について屋根全体の分布を求めることができる。なお、中央点の値は全風向の結果の平均値とする。

本研究では、屋根の上下面で測定された風圧 p を屋根平均高さ H での速度圧 $q_H (=1/2 \rho U_H^2)$ 、 ρ は空気密度) で基準化した値を風圧係数として定義し、上面および下面の風圧係数をそれぞれ $C_{p,t}$ および $C_{p,b}$ と表す。風圧係数の符号は面を押し方向を正とする。風力係数 C_f は、式(1)に示すように、上下面の風圧係数の差で定義する。風圧・風力係数の各種統計値は 10 セットの結果のアンサンブル平均で評価する。

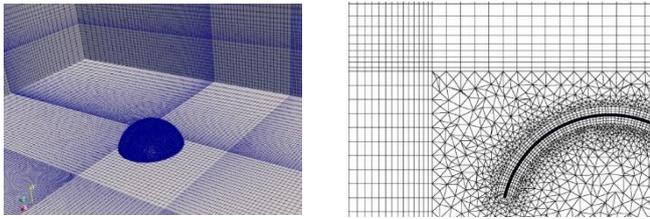
$$C_f = C_{p,t} - C_{p,b} \quad (1)$$

3. 数値流体解析の概要

本研究でのCFD解析は、風洞実験を再現するものとし、モ

デルスケールで行う。計算コードとして OpenFOAM(ver. 2.3.1)を用い、乱流モデルは LES とする。流入変動風を別途作成し、計算モデルの流入境界に与える。流入変動風の作成方法は文ら¹⁴⁾を参照されたい。

解析領域は幅 1.4m × 高さ 1.0m × 長さ 1.5m である。図 3 にメッシュ分割を示す。屋根面に沿って 3 層の境界層要素が挿入されている。ライズ・スパン比によってメッシュ分割が異なり、総格子数は 120 万~140 万である。境界条件と計算条件は文ら¹⁴⁾と同様である。



(a) 鳥瞰図 (b) 屋根近傍の格子
図 3 メッシュ分割(ライズ・スパン比 0.4 の場合)

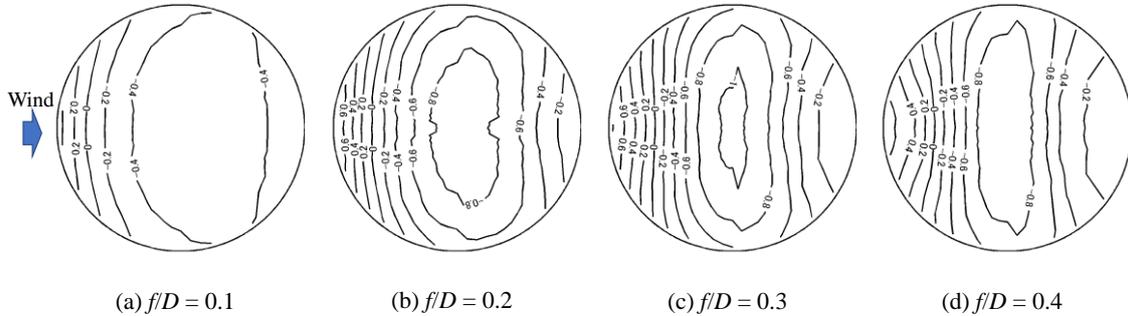


図 4 屋根上面の平均風圧係数 $\bar{C}_{p,t}$ の分布(風洞実験結果)

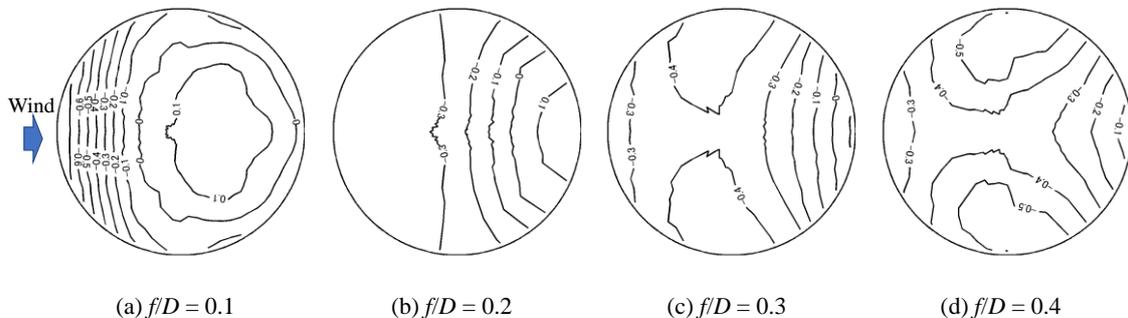


図 5 屋根下面の平均風圧係数 $\bar{C}_{p,b}$ の分布(風洞実験結果)

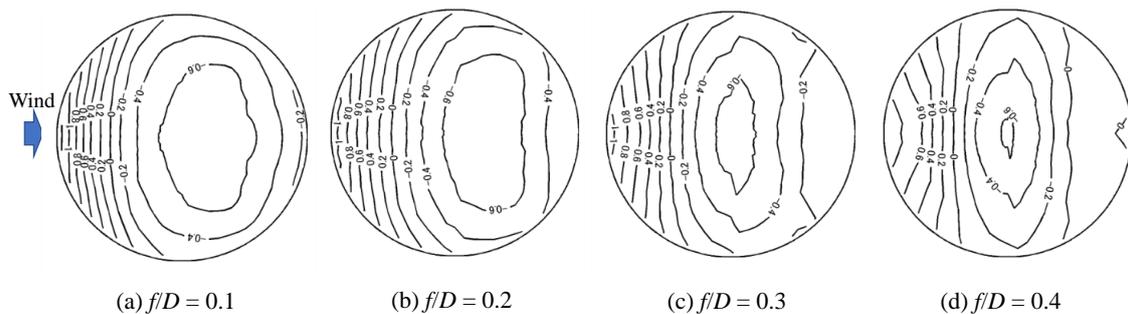


図 6 平均風力係数分布 \bar{C}_f の分布(風洞実験結果)

4. 結果と考察

4.1 平均風圧・風力係数分布

図 4~6 は、 $\theta = 0^\circ$ のときの屋根上下面の平均風圧係数分布並びに平均風力係数分布(風洞実験結果)をコンター図で示したものである。いずれの f/D でも、平均風圧・風力係数の等値線は風向にほぼ直角に走っている。そこで、以下においては、風向に平行な屋根中心線上の平均風圧・風力係数分布($\theta = 0^\circ$ の結果)に着目する。図 7 はすべての f/D に関する平均風圧係数分布を示す。横軸の s は風上端からラインに沿った距離を表し、最大値 s_{max} で基準化されている。比較のため、CFD による結果も併せて示した。上面・下面いずれにおいても、計算結果と実験結果は全体的に良い対応を示しており、本研究で用いた CFD 手法は概ね妥当であると判断できる。

次に、屋根上下面の平均風圧係数分布のメカニズムを検討するため、屋根のまわりの時間平均流れ場の流速分布と流線図を図 8 に示す。ライズ・スパン比が小さい時、例えば $f/D = 0.1$ の場合には、風は屋根上面に沿って流れ剥離しない。上面の平均風圧係数 $\bar{C}_{p,t}$ は風上側端部で正となっているが、それ

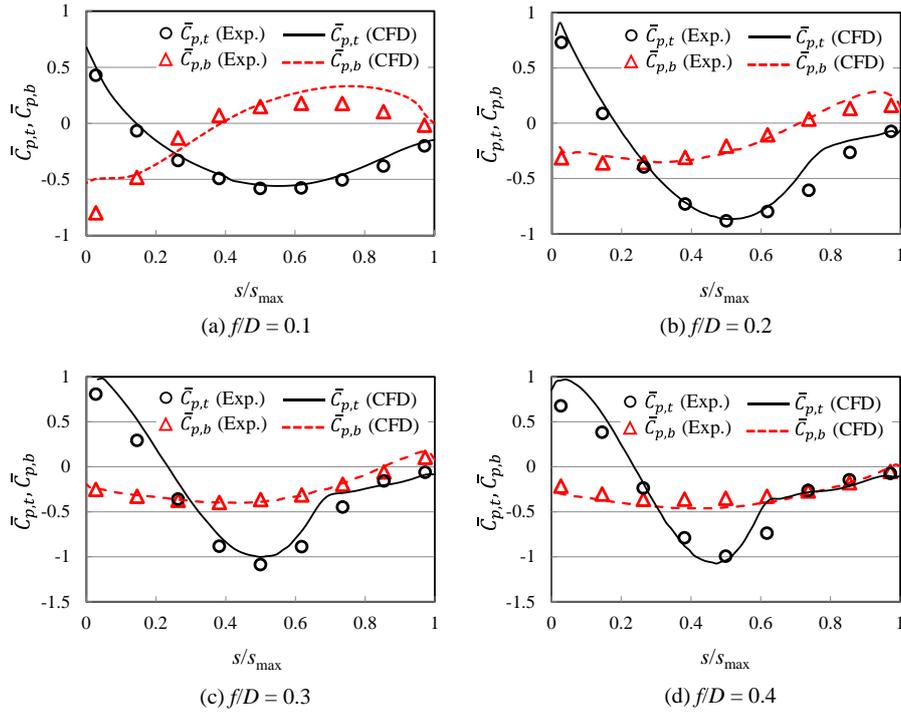


図7 中心線上の平均風圧係数分布：CFDと風洞実験の比較

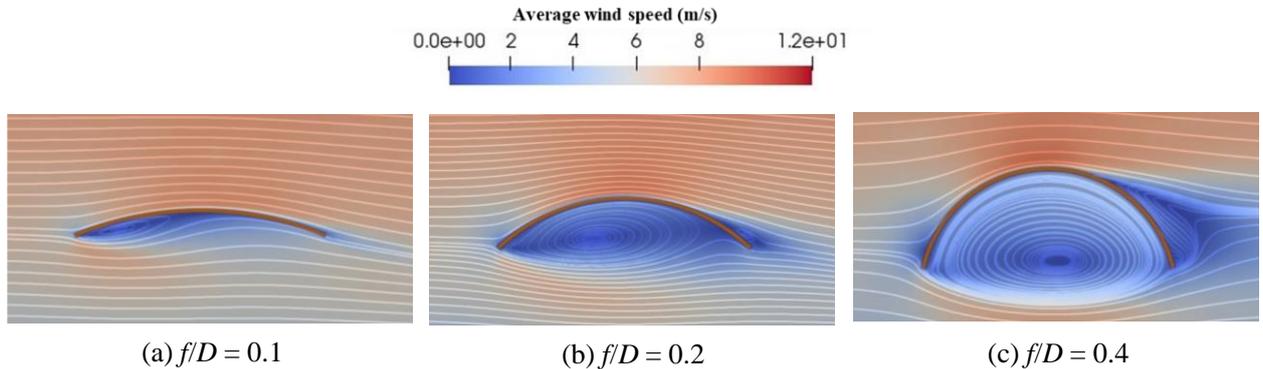


図8 平均流れ場の速度分布と流線図(CFD)

以降の領域では全体的に負となっている。最大負圧は屋根頂部付近($s/s_{\max} \approx 0.5$)で発生しているが、これは流れの増速効果によるものである。下面では流れが風上側端部で下方に剥離するため端部領域に大きな負圧が発生する。その後、流れが $s/s_{\max} \approx 0.4$ で再付着し、下面の平均風圧係数 $\bar{C}_{p,b}$ の符号が負から正に変わっている。 $f/D = 0.2$ の場合には、上面に沿う流れの剥離が $s/s_{\max} \approx 0.8$ で生じる。下面では風上側端部で剥離した流れが $s/s_{\max} \approx 0.7$ で再付着し、それ以降は $\bar{C}_{p,b} > 0$ となる。 $f/D = 0.4$ の場合には、上面の流れは $s/s_{\max} \approx 0.65$ で剥離し、下面の剥離流は再付着しない。上面の流れの剥離点は $\bar{C}_{p,t}$ 分布の変曲点と概ね一致している。同様に、下面の剥離流れの再付着点も $\bar{C}_{p,b}$ 分布の変曲点と概ね一致している。本実験気流より乱れ強さがやや小さい気流 ($I_{uH} \approx 0.16$) を用いた山村ら¹³⁾の風洞実験結果と比較したところ、平均風圧係数分布、平均風力係数分布いずれもほぼ一致することが分かった。し

たがって、平均風圧・風力係数分布への乱れ強さの影響は小さいと考えられる。

本研究で対象としているような比較的小規模な構造物の場合、構造骨組用風荷重を準定常仮定に基づいて設定することが可能である¹⁵⁾。その場合、構造骨組用風力係数は近似的に平均風力係数で与えられる¹²⁾。そこで、構造骨組用風力係数を屋根中心線上の平均風力係数分布 \bar{C}_f に基づき提案する。図9に屋根中心線上の \bar{C}_f 分布を示す。同図には \bar{C}_f 分布を式(2)で近似した結果も併せて示した。

$$\bar{C}_f = \sum_{i=0}^4 a_i \cos \frac{i\pi s}{s_{\max}} \quad (2)$$

式(2)中の係数 a_i は、風洞実験結果を用いて最小二乗法で決定した。その結果を表2に示す。

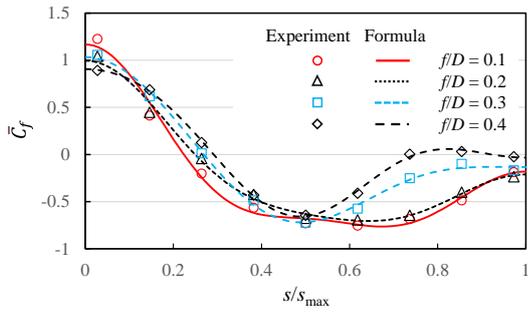


図9 中心線上の平均風力係数：実験値と近似値の比較

表2 平均風力係数分布を表すフーリエ係数

	$f/D=0.1$	$f/D=0.2$	$f/D=0.3$	$f/D=0.4$
a_0	-0.265	-0.218	-0.101	0
a_1	0.530	0.522	0.415	0.312
a_2	0.586	0.511	0.584	0.545
a_3	0.144	0.081	0.167	0.158
a_4	0.172	0.098	-0.033	-0.109

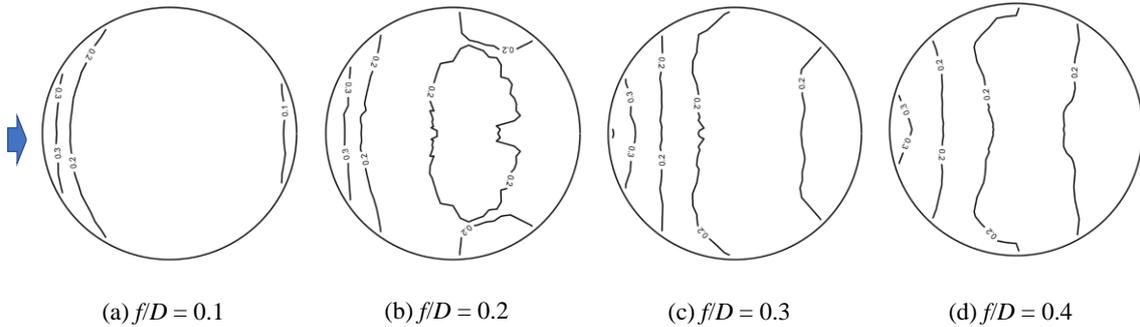


図10 屋根上面における変動風圧係数 $C'_{p,t}$ の分布(風洞実験結果)

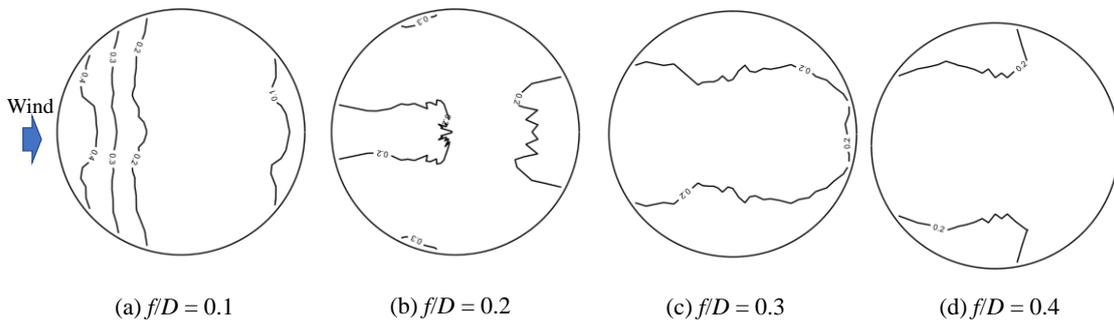


図11 屋根下面における変動風圧係数 $C'_{p,b}$ の分布(風洞実験結果)

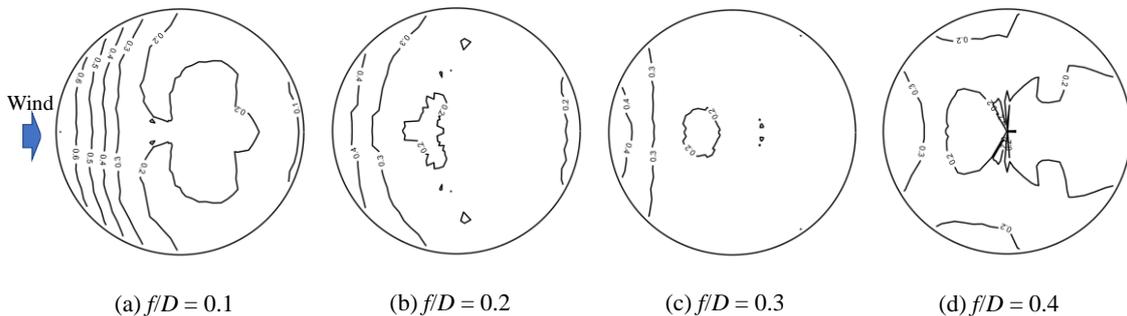


図12 変動風力係数 C'_f の分布(風洞実験結果)

4.2 変動風圧・風力係数分布

図10～12は屋根上下面の変動風圧係数 $C'_{p,t}$ 、 $C'_{p,b}$ および変動風力係数 C'_f の分布をコンター図で示したものである。平均風圧係数・風力係数と同様、等値線は風向にほぼ直角に走っている。いずれの f/D でも、分布の空間的な変化は比較的

小さく、 $C'_{p,t}$ は0.1～0.3、 $C'_{p,b}$ は0.1～0.4の間に分布している。

4.3 最大・最小ピーク風力係数分布

外装材用ピーク風力係数は一般に各点における全風向中の最大・最小ピーク風力係数に基づいて設定される。本研究では、荷重指針と同様、複数回の実験結果(本研究では10個)の

アンサンブル平均を用いて最大ピーク風力係数 \hat{C}_f (正)と最小ピーク風力係数 \hat{C}_f (負)を求めた。図 13 と 14 は屋根の最大・最小ピーク風力係数分布を示す。いずれの f/D においても、風上側端部近傍で最大ピーク風力係数が大きな値を示し、その値は端部に近いほど大きい。これは、屋根上面に正圧が作用し、同時に屋根下面に大きなピーク負圧が作用するためである。一方、屋根の頂部近傍では絶対値の大きな最小ピーク風力係数が発生している。これは、屋根上面に沿った流れの増速効果によって屋根上面に大きな負圧が発生するためである。ただし、上面の負圧と下面の負圧が相殺するため、その大きさは風上側端部の \hat{C}_f より小さくなっている。

ピーク風力係数について、乱れがやや小さい気流を用いて行った山村ら¹³⁾の実験結果と比較してみると、本研究でのピーク風力係数の絶対値は山村らの結果より14~35%程度大きい。特に最大(正)ピーク風力係数の方が両者の差は大きい。

これより、気流の乱れの強さ I_u が大きいほどピーク風力係数の絶対値が大きくなる傾向にあるといえる。

外装材用ピーク風力係数については、荷重指針に示されているドーム屋根をもつ閉鎖型建築物のピーク外圧係数の規定に倣い、屋根面を図 15 のように R_a, R_b, R_c の3領域に分割し、領域ごとに絶対値が最大となる正・負ピーク風力係数に基づき、表 3 に示す値を提案する。最大ピーク風力係数 \hat{C}_f (正)は領域によって値が大きく異なり、屋根端部の領域 R_a の値が最も大きく、内側ほど小さな値をとる。一方、最小ピーク風力係数 \hat{C}_f (負)については、屋根頂部の領域 R_c における値が最も大きい。各領域の値にそれほど大きな差はない。山村ら¹³⁾の提案値と比較すると、傾向は一致しているが、いずれの f/D でも、本研究の \hat{C}_f と \hat{C}_f の提案値の方が山村らの値より絶対値がやや大きい。これは、前述したように気流の乱れが大きいことが影響している。

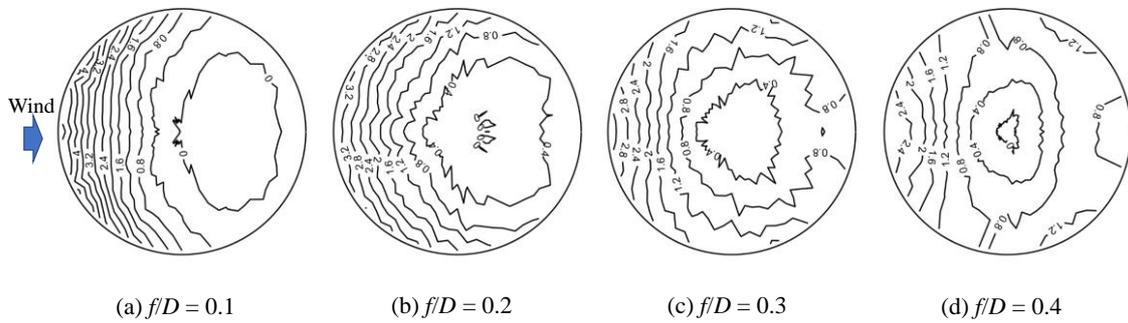


図 13 最大(正)のピーク風力係数 \hat{C}_f の分布(風洞実験結果)

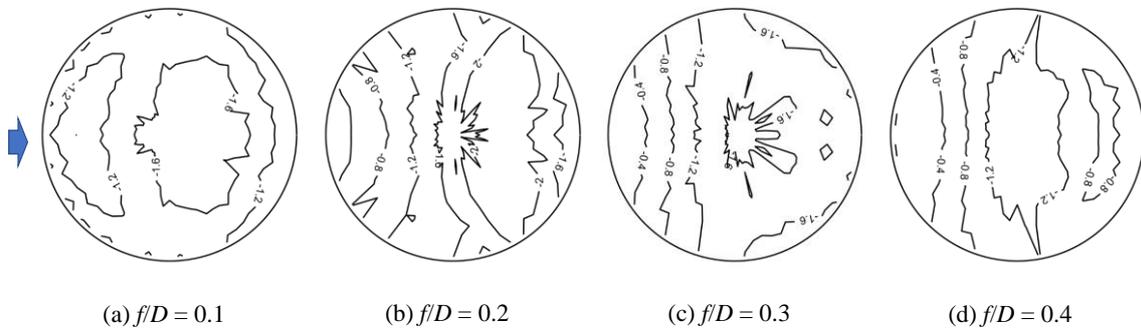


図 14 最小(負)のピーク風力係数 \hat{C}_f の分布(風洞実験結果)

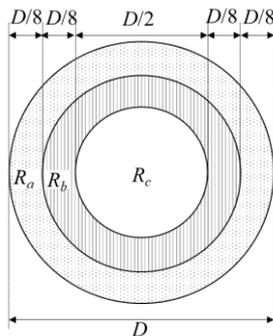


図 15 外装材用ピーク風力係数のための領域分け

表 3 外装材用ピーク風力係数の提案値

	R_a	R_b	R_c
$f/D = 0.1$	5.0/-1.8	3.1/-1.7	1.5/-2.0
$f/D = 0.2$	3.4/-1.5	2.3/-1.7	1.3/-2.3
$f/D = 0.3$	3.4/-1.3	2.4/-1.5	1.3/-1.8
$f/D = 0.4$	2.8/-1.1	2.3/-1.3	1.2/-1.6

5. 全体風力

図 16 に、ドーム型独立上屋に作用する風力の定義を示す。CFD 解析によって得られた風圧分布を積分することで、屋根

全体に作用する x, y, z 軸方向の風力 F_x, F_y, F_z を求めた。それらは式(3), (4), (5) のように無次元化される。

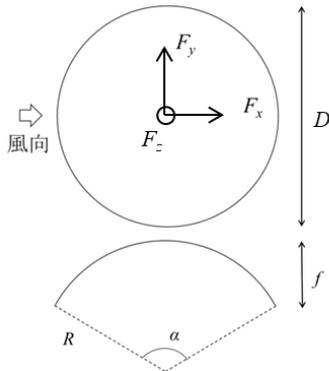


図 16 風力の定義

$$C_{F_x} = \frac{F_x}{q_H A_x} \quad (3)$$

$$C_{F_y} = \frac{F_y}{q_H A_y} \quad (4)$$

$$C_{F_z} = \frac{F_z}{q_H A_z} \quad (5)$$

ここに、 A_x, A_y, A_z はそれぞれ y - z 平面、 x - z 平面、 x - y 平面への屋根の投影面積 (見附面積) を表す。

図 17 は $C_{F_x}, C_{F_y}, C_{F_z}$ の平均値並びに最大・最小ピーク値の f/D による変化を示す。 f/D が大きくなると、 C_{F_x} と C_{F_y} の平均値が小さくなる。一方、平均風力係数分布が風向に平行な中心線に関して対称であることより、 C_{F_y} の平均値は 0 となっている。また、 f/D の増大に伴い、 C_{F_x} および C_{F_y} の最大・最小ピーク値の絶対値は小さくなる。一方、 C_{F_z} については最大・最小ピーク値とも、 f/D の増大に伴い全体的に低下する。

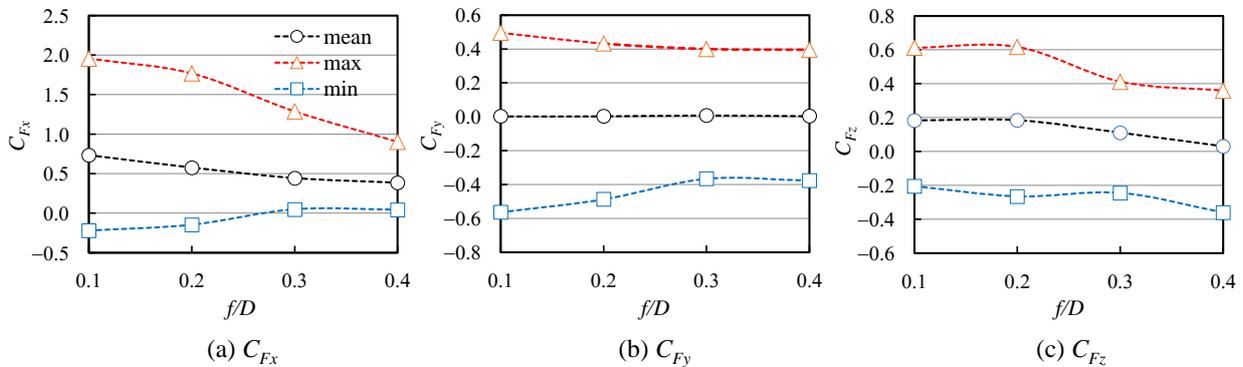


図 17 f/D による屋根全体風力係数 $C_{F_x}, C_{F_y}, C_{F_z}$ の変化

6. おわりに

本研究では、ドーム型独立上屋の風荷重を風洞実験並びに CFD 解析に基づき検討した。

まず、ライズ・スパン比 f/D が風圧・風力の分布特性や屋根まわりの流れ性状に与える影響を把握した。 f/D は屋根上面に沿う流れの剥離や風上端で下方向に剥離した流れの屋根下面への再付着の有無並びに剥離点や再付着点の位置に大きな影響を及ぼす。また、屋根全体風力に及ぼす f/D の影響も確認された。

次に、風圧・風力係数の等値線が風向に対してほぼ直交していることより、風向に平行な屋根中心線上の平均風力係数 \bar{C}_f の分布に基づき構造骨組用風力係数を提案した。

最後に、正および負の外装材用ピーク風力係数について、屋根面の全風向中の最大・最小ピーク風力係数分布に基づき、屋根を 3 領域に分割し、それぞれの領域に対して提案値を与えた。

本研究では、スパン $D = 15\text{m}$ 、屋根平均高さ $H = 8\text{m}$ ライズ・スパン比 $f/D = 0.1 \sim 0.4$ のドーム型独立上屋を対象とし、風荷重を検討した。同程度の規模を有するドーム型独立上屋の耐風設計 (風荷重評価) に対して設計根拠を与えるものと考え

えられる。

【謝辞】

本研究の一部は能村膜構造技術振興財団研究助成 (2018 年) によるものである。

参考文献

- 1) Gumley S.J., A parametric study of extreme pressures for the static design of canopy structures, *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 16, pp. 43–56, 1984.
- 2) Letchford C.W., Ginger J.D., Wind loads on planar canopy roofs, Part 1 Mean pressure distributions, *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 45, pp. 25–45, 1992.
- 3) Ginger J.D., Letchford C.W., Wind loads on planar canopy roofs, Part 2 Fluctuating pressure distributions and correlations, *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 51, pp. 353–370, 1994.
- 4) Natalini B., Marighetti J.O., Natalini M.B., Wind tunnel modeling of mean pressures on planar canopy roof, *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 90, pp. 427–439, 2002.
- 5) Uematsu Y., Iizumi E., Stathopoulos T., Wind loads on free-standing canopy roofs: Part 1 local wind pressures, *Journal of Wind Engineering and*

- Industrial Aerodynamics*, 96, pp. 1015–1028, 2008.
- 6) Uematsu Y., Iizumi E., Stathopoulos T., Wind loads on free-standing canopy roofs: Part 2 overall wind forces, *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 96, pp. 1029–1042, 2008.
 - 7) 日本建築学会：建築物荷重指針・同解説，2015
 - 8) 植松康，宮本ゆかり，ガヴェンスキ江梨：メッシュ膜を用いた HP 型独立上屋の設計用風荷重，膜構造研究論文集，pp. 1-13，2013.
 - 9) Natalini M.B., Morel C., Natalini B., Mean loads on vaulted canopy roofs, *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 119, 102–113, 2013.
 - 10) 山村朗丸，高館祐貴，植松康：曲面屋根を有する独立上屋の設計用風荷重に関する研究：その 1 円弧屋根の場合，膜構造論文集，第 31 号，pp. 11-24, 2017.
 - 11) 文礼志，植松康：円弧型独立上屋に作用する風圧の時間的・空間的変動特性に関する研究，膜構造研究論文集，第 33 号，pp. 39-52, 2019 号，pp. 11-24, 2017.
 - 12) Ding, W., Uematsu, Y., Discussion of Design Wind Loads on a Vaulted Free Roof, *Wind*, 2, pp. 479-494, 2022.
 - 13) 山村朗丸，植松康：曲面屋根を有する独立上屋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，膜構造論文集，第 31 号，pp. 25-32, 2017.
 - 14) 文礼志，丁威，植松康：円弧型独立上屋の風力特性，膜構造ジャーナル，第 1 号，pp. 25-44, 2021.
 - 15) 日本建築学会：動的外乱に対する設計—現状と展望—，日本建築学会，1999.

FUNDAMENTAL STUDY OF WIND LOADS ON DOMED FREE ROOFS

Wei Ding ^{*1}
Lizhi Wen ^{*2}
Yasushi Uematsu ^{*3}

Summary

The characteristics of wind flow around and wind pressures on domed free roofs are investigated based on a wind tunnel experiment and a CFD simulation using LES. The wind tunnel models with rise-to-span ratio (f/D) of 0.1 to 0.4 were made by using a 3D printer. The distributions of wind pressure coefficients along a centerline on both the top and bottom surfaces were measured. The wind pressure distribution on the whole roof was obtained by rotating the model. The method of CFD simulation was validated by the wind tunnel experiment. Based on the results of wind tunnel experiment and CFD simulation, the effects of parameters such as rise/span ratio f/D on the characteristics of wind flow around and wind pressures on the roof were investigated. Then, based on the distributions of the mean wind force coefficients along a centerline parallel to the wind direction, we have proposed a model of wind force coefficient distribution for designing the main wind force resisting systems of the roofs. Furthermore, models of positive and negative peak wind force coefficients for designing the cladding and components have been proposed.

*1 Lecturer, National Institute of Technology (KOSEN), Akita College, Dr. Eng.

*2 Graduate Student, Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University.

*3 President, National Institute of Technology (KOSEN), Akita College, Dr. Eng.