2. 風洞実験方法

模型を用いた系統的な風洞実験を実施するにあたり、事前に現場実測結果と風洞実験結果をつき合わせ、風洞実験方法の確認と性能の検証を実施している¹⁾。

2.1 実験気流の作成と検証

2.1.1 相似パラメータについて

風洞実験に用いられる入射気流は、1.2節の実験項目について適宜作成し、乱流境界層のシミュレー ションについて検討した。集合住宅や体育館・工場等の比較的規模の大きい建築物に関しては1/250を、 また戸建住宅のように小規模の建築物に関しては1/83を縮尺として風洞気流を再現した。

乱流境界層のシミュレーションに関しては、平均流および乱流に係る以下の相似パラメータについて 忠実に再現する必要がある。なお、ここでは温度による対流の影響が無視できるとした中立大気を対象 としたものである。

(1) べき指数 (a):地域係数

- (2) 粗度長(Z₀)
- (3) 乱れ強さ(It=ov/V)の鉛直分布:3成分u,v,w
- (4) レイノルズ応力 (-puw)
- (5) 乱れの平均スケール(Lx):主流方向成分
- (6) 変動風速のパワースペクトル (Sv(n)): 3 成分 u, v, w

一般に、相似性検証のためのターゲットとしては、これまで蓄積された J. Counihan、A. G. Davenport、 丸田等の風洞実験研究によるデータベースを基にした数値や日本建築学会荷重指針に示される提案数 値が引用されており、本研究においてもこれを踏襲している。

下式の(2-1)、(2-2)は、乱流境界層を表す平均風速の鉛直分布式で、それぞれべき指数分布と対数分布で ある。ここに、Vz: 地上からの高さ Z における平均風速、Vref: 基準高さ Zref における平均風速、α: ベ き指数、V*: 摩擦速度、k: カルマン定数=0.4、d: ゼロ平面変位、Zo: 粗度長である。

$$V_Z / V_{ref} = \left(Z / Z_{ref} \right)^{\alpha} \tag{2-1}$$

$$V_Z/V_* = \frac{1}{k} \log_e \frac{Z-d}{Z_0}$$
、(d=h: 周辺地域粗度の平均高さと置き換える) (2-2)

また、主流方向変動成分(u)に関する乱れ強さ($I_{ut}=\sigma_u/U$)、乱れの平均スケール(Lx)、ならびに変 動風速のパワースペクトル(Sv(n))については、日本建築学会指針として下式(2-3)、(2-4)、(2-5)を比 較対象としている。ここに、 σ_u :主流 u 成分の変動風速の標準偏差、 Z_G :地域粗度の摩擦の影響が無視 できるほどの地上からの十分な高さ、n:周波数である。

$$I_t = \left(\frac{Z}{Z_G}\right)^{-\alpha - 0.05} \tag{2-3}$$

¹⁾丸田,澤地他:高層集合住宅の風圧係数に関する風洞実験と実測の比較 その1~2日本建築学会大会 梗概集 D2, pp.677-680, 2001

$$L_x = 100 \left(\frac{Z}{30}\right)^{0.5}$$
 (2-4)

なお、主流方向以外の変動(v,w)については、これまでの既往研究を比較検討した。 さらに、レイノルズ応力(-puw)については、J. Counihanによる既往の研究結果を比較対象とした。 ここに、ρ: 空気密度、u,w: それぞれ主流・鉛直成分の変動風速である。

地域係数に相当するべき指数αは、日本建築学会荷重指針による地表面粗度区分に従って定めている。 本報での適用した粗度区分は、集合住宅に対しては地表面粗度区分 II (α=0.15)と地表面粗度区分 IV (α=0.27)の2種類を、また戸建住宅については地表面粗度区分 IV (α=0.27)とした。従って、シミュレー ションに際しては、これらの両地表面粗度区分に対応して相似パラメータを検討した。

2.1.2 風洞気流作成の装置

風洞は、日本大学生産工学研究所の境界層 風洞(風路断面:幅2.2m、高さ1.8m、吹走 距離:14.0m)である(図2.1)。



図 2.1 風洞装置

図 2.2 は、地表面粗度区分Ⅳに対応した気流を縮尺 1/250 と 1/83 で作成した際の装置である。



これらの装置として、鋸形状の障壁(Barrier)、Counihan タイプの渦発生装置、ラフネスブロック を用い、適切な相似乱流境界層ができるまで試行錯誤的に配置を試みた。測定部(Test area: 半径 1m) を含む風上および風下には、縮尺率と後述の建築密度に応じて適正にラフネスをランダムに作成しかつ 配置した。なお、風洞気流は、半径 1m のターンテーブル中心(模型中心)においてトラバース装置を用 いて X 型熱線風速計(Kanomax)により u, v, w 3 成分の鉛直風速分布を計測した。

2.1.3 シミュレーション結果

1) 縮尺 1/250 の風洞気流

縮尺 1/250 の気流は、集合住宅および体育館・工場の実験とし、地表面粗度区分としてはWを基本と しているが、地域の相違の影響として地表面粗度区分 II (α=0.15)についても気流の再現を行った。 a) 地表面粗度区分W(α=0.27)の気流

風洞床に敷き並べるラフネスは、丸田の方法による下式の(2-6)と(2-7)に従い、地域係数 α =0.27 に見 合う周囲地域の体積密度 γ と地域の建築密度 σ を求め、実況に応じて表 2.1 のようにランダムに作成し、 かつ図 2.3 のようにランダムに配置した。ここに、a: ラフネスの面積、h: ラフネスの平均高さ、A: $評価する地域の全面積、<math>Z_{10}$:高さ 10m である。

$$\gamma = \frac{\sum a \cdot h}{A \cdot Z_{10}}$$
 (2-6)
 $\sigma = \frac{\sum a}{A}$ (2-7)
本研究では、市街地における以下のような地域変化を考慮し、別途相度区分Ⅲと

また、本研究では、市街地における以下のような地域変化を考慮し、別途粗度区分ⅢとVをターンテ ーブル上(半径 250m の範囲を想定)に敷き並べた(図 2.3 を参照)。

- a) 地表面粗度区分Ⅳ→Ⅲに変化
- b) 地表面粗度区分IV→Vに変化

	衣 2.1 地衣面租度區力と対応するノノイへの運頻									
	ラ フ た え									計
φ	Ħ	1.9	2	3	3	1.9	3	3	2.4	
奥行	うき	1.9	2	3	3	1.9	3	1.5	2.4	
高	さ	1	2	1.5	3	5	5	5	5	/
Ш	個数	75	45	38	8		1	2	8	177
α=0.2	$\Sigma V(cm^3)$	270.75	360	513	216		45	45	230.4	1680.15
γ=0.048	$\Sigma A(cm^2)$	270.75	180	342	72		9	9	46.08	928.83
<i>σ</i> =0.104	,		γ =1	680.15/88	00/4=0.048	σ=928.	83/8800=0	.106		
IV	個数	90	38	70	15	2	2	4	30	251
$\alpha = 0.27$	$\Sigma V(cm^3)$	324.9	304	945	405	36.1	90	90	864	3059
$\gamma = 0.087$ $\sigma = 0.16 \sim$	$\Sigma A(cm^2)$	324.9	152	630	135	7.22	18	18	172.8	1458
0.18			γ	=3059/880	00/4=0.086	9 σ=1458	/8800=0.16	35		
V	個数	145	60	50	20	55	2	20	5	357
α=0.32	$\Sigma V(cm^3)$	523.45	480	675	540	992.75	90	450	144	3895.2
γ=0.113	$\Sigma A(cm^2)$	523.45	240	450	180	198.55	18	90	28.8	1728.8
σ=0.251			γ=	3895.2/880	0/4=0.111	σ=1728	.8/8800=0.	206		

表 2.1 地表面粗度区分と対応するラフネスの種類

* 板面積 (80×110) =8800cm²、 高さ 10m=4cm (1/250) で計算



(b) 地表面粗度区分Ⅳ (c) 地表面
 (c) 地表面
 (c) 地表面
 (c) 地表面
 (c) 地表面
 (c) 地表面
 (c) 地表面

図 2.4 は、平均風速の速度分布である。地表面粗度区分Ⅳ→Ⅲの変化においては、地上 30m の高さ範囲において風速増大が認められるが、地表面粗度区分Ⅳ→Vの変化ではさほど差異は生じていない。図 2.5 は、(2-8) 式で与えられる u, v, w 3 成分の乱れ強さを表している。主流方向 u 成分については、(2-3) 式の日本建築学会指針値とほぼ近似した。





- 図 2.4 平均風速の鉛直分布
- 図 2.5 乱れ強さの鉛直分布
- 図 2.6 レイノルズ応力

図 2.6 は、レイノルズ応力-puw の鉛直分布を表しており、高さ 250m の平均風速の 2 乗 U²250 で除して無次元化している。地表面粗度区分の変化においても殆ど影響されていない。

図 2.7 は、(2-2) 式の対数分布を表しており、粗度長 Z₀は実寸で 1.35m を示している。この値は既 往の数値と比べても適切な大きさであると考えられる。

図 2.8 は、主流方向の乱れのスケール Lx の高度分布である。乱れのスケールは、変動風速の自己相関係数 R(r)の積分を Taylor の仮設を基に求められる積分スケールで下式 (2-10) である。ここに、t: 時

刻、τ: ラグ時間である。

$$Lx = U \times \int_{0}^{\infty} R(\tau) d\tau \qquad (2-10)$$

$$R(\tau) = \frac{1}{\sigma^2} \cdot \overline{(u(t) - U)(u(t + d\tau) - U)}$$
 (2-11)

結果は、地上 30m までは(2-4)式で示した日本建築学会指針に近似するが、それ以上の高さでは実験値は大きめである。



図 2.7 対数分布と粗度長

図 2.8 乱れのスケール Lx

図 2.9 は、u, v, w 3 成分の変動風速パワースペクトルを表しており、u 成分については式(2-5)の カルマンスペクトルと比較している。どの高さにおいてもカルマンスペクトルに比較的よい近似を示し ている。



図 2.9 変動風速のパワースペクトル(地上高さ Z=15m、30m、50m)

以上の結果を総合して、地表面粗度区分IVの風洞気流は縮尺 1/250 において相似なシミュレーション がなされたものと判断できる。

b) 地表面粗度区分Ⅱ(α=0.15)の気流

地表面粗度区分Ⅱの気流作成は、バリアー、渦発生装置およびラフネスを図 2.10 に示すように配置 した。



図 2.10 地表面粗度区分Ⅱの気流作成におけるラフネス等の配置方法

図2.11~図2.15は、地表面粗度区分Ⅳと同じ形式で求めている。結果として適切な気流と判断した。



図 2.11 平均風速・乱れ強さの鉛直分布

図 2.12 レイノルズ応力分布



図 2.15 変動風速のパワースペクトル(地上高さ Z=15m, 30m, 50m)

2) 縮尺 1/83 の風洞気流 (α=0.27)

地表面粗度区分IVに対する縮尺 1/83 の気流は、後述する風洞内の異常な静圧分布が生じないように 図 2.1 に示されるような鋸状のバリアーを高くすることによって再現した。特に、注意を払った点は乱 れの強さの鉛直分布であり、縮尺 1/250 の風圧検証実験により相似な風圧係数分布が得られるように相 似高さでの乱れの強さを一致させている。





このことから、結果として、図 2.14 で示される平均風速分布が一致しているにもかかわらず、地上 20m の間で乱れの強さが日本建築学会指針より多少下回っている(図 2.17)。このため、周辺ラフネス については、式(2.6)、(2.7)で求められるものよりかなり間引きした配置となった。

図 2.18 のレイノルズ応力および図 2.17 の乱れのスケールは、縮尺 1/250 と比べてほぼ近似して再現できた。



図 2.18 レイノルズ応力

図 2.19 乱れのスケール Lx

図 2.20 の対数分布から得られる粗度長 Zo は、実寸で 1.2m となった。これは、縮尺 1/250 の 1.35m より多少小さいが妥当な値とみなされる。

図 2.21 は、戸建住宅の軒高さ相当の地上 7m における変動風速のパワースペクトルであり、U 成分 についてはカルマン型スペクトルに一致している。

以上の結果を総合して、縮尺1/83の風洞気流は適切に相似に再現されているものと判断できた。



2.2 風圧係数の定義

- 般に境界層流中の実験においては、風圧係数 C_Pは(2-12)式として定義される。ここに、*q*_H、および U_H: 模型基準高さ H での基準速度圧および風速、ρ: 空気密度、P_s: 模型表面の静圧、P_s: 模型基準高 さ H 相当での基準静圧としている。

$$C_{p} = \frac{P_{s}^{'} - P_{s}}{q_{H}} = \frac{P_{s}^{'} - P_{s}}{\frac{1}{2}\rho U_{H}^{2}} \qquad (2-12)$$

本研究の風洞実験では、基準静圧 Psを直接計測できないので、模型真上の盤上 1m でのピトー管静圧 Pspとの差圧で測定した後、風洞内の静圧分布を測定し(図 2.22)、(2-13)式のように風洞床上 1m での ピトー管静圧と模型基準高さ H での基準静圧の差の相当分を補正した。

$$P_{s}' - P_{s} = P_{s}' - P_{sP} + (P_{sP} - P_{s})$$
 (2-13)

これらの補正分 ($P_{sp}-P_{s}$)の結果は、風圧係数に換算すると縮尺 1/250 の実験では補正風圧係数として $C_{p}'=-0.015\sim-0.02$ 、また縮尺 1/83 の実験では $C_{P}'=+0.025$ 程度であった。これらの値は、(2-12)式の C_{p} から逐次補正している。



図 2.22 風洞静圧の鉛直分布



また、速度圧 qHは、同様に模型真上の盤上 1mの位置に設置したピトー静圧管により qpを求め、地表面粗度区分に応じた風速分布に従い基準速度圧 qHを(2-14)式のように補正した。

$$q_{H} = q_{p} \left(\frac{H_{100}}{100} \right)^{2\alpha} \tag{2-14}$$

2.3 風圧計測方法

模型に作用する風圧力は、図 2.23 に示される測定システムからわかるように、模型表面に設けた測 定孔から、内径 1.5mm、長さ 1.0m のビニールチューブを介して圧力センサーより測定し、その値を A/D 変換機でデジタル化し、パーソナルコンピュータに取り込んだ。 風圧のデータサンプリングは、

(1) 縮尺 1/250 実験: サンプリングタイム $\Delta t=1.2 \text{msec}$ 、サンプル数 n=8192 とし、変動風圧特性は、 チューブ内径・長さにより歪みが生じるため 0~416.7Hz の周波数域において補正した。

(2) 縮尺 1/83 実験:サンプリングタイム Δt=1.8msec、サンプル数 n=16384 とし、変動風圧特性は、 チューブ内径・長さにより歪みが生じるため 0~277.8Hz の周波数域において補正した。

1/250 と 1/83 の両縮尺のサンプルデータに対しては、時間スケールに従い移動平均し、1 秒評価時間 相当の系列データ(10 分間相当)を作成した。なお、これらの計測値については 5 波の平均としている。

2.4 実験 Case と模型

風洞実験は、1.2 節に示したように(1)集合住宅、(2)体育館・工場、(3)戸建住宅の3 Case について行い、模型はそれに応じた縮尺および規模を考慮して作成した。

2.4.1 集合住宅

2.4.1.1 独立集合住宅の平面形状変化の Cp 実験

1) 建物平面形状と建物規模

実験に使用した模型は、縮尺 1/250 とし、図 2.24 と表 2.2 に示すように平面が奥行き D=12.5mを一 定とする片廊下形式の集合住宅を想定したもので、低層 5 階、中層 10 階、高層 15 階、に規模の変化を 考えた。なお、建物幅は、長方形の集合住宅 A については、実寸で W=12.5、30、60、90mの変化と平 面形状を W/D=1.0、2.4、4.8、7.2 と 4 段階に変化させ、集合住宅 B・C については、W=12cm (30m)、 W'=15cm (37.5m)、および W-D=7cm (17.5m) とした。



図 2.24 独立集合住宅の平面形状

模型種類		形状	模型寸法 (cm)					
			W (W')	D		Н		
独立集合	А	長方形	5	5	6	12	18	
住宅		断面	12					
			24					
			36					
	В	L型	12					
		コ型	(15)					
		ロ型	(15)					
		Y 型	W-D					
	С	十型	=5					
		H 型	15					
		へ型						

表 2.2 模型形状種別と模型寸法

2) 入射気流の相違と周囲粗度変化

建蔽率 40%を想定し、図 2.25 のように模型壁面からの至近距離とする範囲に対して周辺ラフネスを 取り除いた。なお、円盤内においても同じようなラフネス密度でランダムに配置した。



図 2.25 実験模型周りのラフネス配置





図 2.26 実験模型と周辺ラフネス配置(地表面粗度区分IV)

b)中層

周囲粗度変化による Cp の影響を調べるために、集合住宅 A の実験において、2.1.1 実験気流とシミ ユレーションにて記述したように、(1) 地表面粗度区分Ⅳ→Ⅲの変化、(2) 地表面粗度区分Ⅳ→Vの変 化をターテーブル(半径 1m:250m)内に再現した。図 2.26 は、地表面粗度区分Vの状態を表してい る。また、長方形の基本模型 5×12 に対して入射気流を地表面粗度区分 II として地表面粗度区分Ⅳとの 比較検討を試みた。



a) 低層

図 2.26 実験模型と周辺ラフネス配置(地表面粗度区分V)

b) 中層

C) 高層

3) 建物模型、測定孔および実験風向

模型は、厚さ 5mm ないしは 8mm のアクリル板を成型し、各模型種別・規模に応じて以下各項においてに記述される測定孔を設け、内径 1.5mm、かつ長さ 1m のビニールチューブに長さ 1.5cm の銅管 を介して連結した。また測定孔は、建物縁近傍の風圧増大に対処するため端から 5mm とした。

各模型の風圧測定孔は、図 2.27 に示す模型外表面に設けている。なお、長方形 5×12 の測定孔は、高 さ方向に関して窓の中心部相当に設けている。

模型種別		低層	中層	高層	実験風向 θ
模型高さ(軒高)		6cm	12cm	18cm	(pitch)
	独立 5×5	125	185	265	$0{\sim}45^{\circ}$ (11.25 $^{\circ}$)
	独立 5×12	147	216	262	$0{\sim}90^\circ$ (11.25 $^\circ$)
	独立 5×24	215	311	407	$0{\sim}90^\circ$ (11.25 $^\circ$)
測	独立 5×36	245	353	461	$0{\sim}90^\circ$ (11.25 $^\circ$)
定	L型模型	236	344	452	$0{\sim}180^\circ$ (11.25 $^\circ$)
点	コ型模型	339	492	645	$0{\sim}180^\circ$ (11.25 $^\circ$)
数	ロ型模型	392	560	728	$0{\sim}45^\circ$ (11.25 $^\circ$)
	Y型模型	397	568	739	$0{\sim}60^\circ$ $(12^\circ$)
	H 型模型	449	641	833	$0{\sim}90^\circ$ (11.25 $^\circ$)
	+型模型	421	601	781	$0{\sim}45^\circ$ (11.25 $^\circ$)
	へ型模型	249	357	465	$0{\sim}180^\circ$ $(15^\circ$)

表 2.3 壁面風圧測定点数と実験風向



図 2.27-3 正方形断面の風圧測定孔(5×24) 図 2.27-4 長方形断面の風圧測定孔(5×36)





図 2.27-7(b) ロ型断面の風圧測定孔



図 2.27-8(b) Y型断面の風圧測定孔





図 2.27-11 へ型断面の風圧測定孔

実験風向は、時計回りの方向を正とし、対称性を考え表 2.3 のように 0~45°、0~90°、0~180°とし、 11.25°ないしは 12°(Y型)、15°(へ型)のピッチにおいて風向を変化させている。

2.4.1.2 バルコニーの影響に関する Cp 実験

実験模型は、図 2.28 に示す 10 階建て相当の集合住宅を想定した模型で、前節の長方形模型(5×12)の基本模型を用いた。風圧測定孔は図 2.29 に示す通りであり、模型表裏の同位置に設けた。バルコニーは、図 2.30 に示す充実率が 3 種類に変化した手摺り壁を持つ、表 2.3 に示す 6 種類である。 バルコニーおよび隔て間仕切りについては、図 2.31 に詳細を示す。



図 2.28 実験模型



図 2.29 風圧測定孔およびベランダ取り付け位置



図 2.30 手摺壁の種類と充実率

実験風向は、バルコニー壁面を 0°とし、時計回り方向に 11.25°ピッチに 0~90°回転させた。

バルコニー和	重別	手摺壁の充実率 φ	隔て壁の種類	実験風向(ピッチ)		
	А	1.0		$0{\sim}90^\circ$ (11.25 $^\circ$)		
Type 1	В	0.4	全パネル			
	С	0.2				
	А	1.0				
Type 2	В	0.4	上部に隙間			
	С	0.2				

表 2.3 ベランダ模型の種類と実験風向



図 2.31 ベランダ模型詳細および測定孔の取り合い(単位:mm)

2.4.1.3 隣接建物配置の影響に関する Cp 実験

風上側に隣接する建物による対象建物の風圧減少を検討する目的で、風上側に隣接する建物規模の変化、建設建物から風上側隣接建物までの離隔距離の変化および配置変化による影響を調べるものである。なお、対象建物の模型は、基本模型(独立長方形5×12)を用いている。

1) 実験パターン

実験は、図 2.32 に示す 2 種パターンで行った。

- a) 隣接建物の影響 A
- b) 隣接建物の影響 B

隣接建物の影響Aの実験においては、風上建物の配置形式による影響を調べようとしたもので、対象 建物に隣接する建物模型(以降、ダミー模型と呼ぶ)を図 2.33の組み合わせで以下の配置とした。

- (1) 並行配置:平行に配置し Case 1 ~ Case 3 の組み合わせで隣等距離を変化させる場合
- (2) ずれ配置:平行に配置し Case 1 の組み合わせで横方向にずらせた場合
- (3) T型配置: 直角に配置し Case 1 の組み合わせでずれの距離を変化させた場合
- (4) 傾斜配置: Case 1 の組み合わせで対象建物と傾斜する角度を変化させた場合

隣接建物の影響 B の実験においては、風上建物が作る剥離の影による影響を調べようとしたもので、 配置は並行配置とするものの、ダミー模型は、 (1) ダミー模型の高さが対象建物(中層基本)と同じとし幅が3倍(36cm)とした場合、

(2) ダミー模型の幅が同じで高さが2倍(24cm)とした場合の2種類とした。



図 2.33 ダミー模型の種類と対象模型との組み合わせ

2) 隣棟間隔

ダミー模型との隣棟間隔および傾斜は、表 2.4 に示される。

配置	置形式	対	象模	型	ダ	ミーオ	摸型	ja katalan kata	粦棟間隔と傾	(斜		風向
		W	D	Н	W	D	Н	L1 (D)	L2 (W)	L3(D)	γ (°)	β (°)
	平行1	12	5	12	12	5	12	1, 2, 4, 8	0	—	0	0~180
				18			6					
							12					
	平行 2			12			12	1,4	1/4, 2/4,			$0 \sim \pm 90$
隣接	(ずれ)								3/4, 4/4,			
建物									5/4,6/4			
の影	T 型						12	1	_	0, 0. 7,		
響 A										1.7,		
										2.7		
	傾斜								0	—	15, 30,	0
											45, 60,	$0\sim\pm90$
											75	(=45)
隣接	平行 3				36			1/2, 1, 2, 3, 4,	0	_	0	0
建物	平行 4				12		36	6, 8, 16, 20, 24,				
の影								28, 32				
響 B												

表 2.4 隣接建物(ダミー模型)・配置種別および実験風向 *単位:cmもしくは()内の記述

3) 風洞気流および風向

風洞実験における入射気流は、地表面粗度区分IV(a=0.27)である。また、建蔽率40%とこれまでの独立集合住宅の実験の場合と同様、周囲ラフネスを取り除いている。

実験風向 β は、隣接建物の影響 A のパターンの平行配置(1) については 0~180°、平行 2(ずれ) 配置と T 型配置の場合については 0~±90°とし 11.25°ピッチで変化させ、隣接建物の影響 B のパターン については 0°のみとした(表 2.4)。

2.4.2 体育館·工場

2.4.2.1 建物平面形状と建物規模

体育館・工場等の規模(軒高h=5cm、実寸で 12.5m相当)の建築物を想定し、図 2.34 に示す代表 的な屋根形状として、

- (1) 陸屋根 (Flat roof)
- (2) 片流屋根 (Mono-pitched roof)
- (3) 切妻屋根 (Gable roof)

- (4) 寄棟屋根(Hipped roof)
- (5) M型屋根(Trough-pitched roof)
- (6) 円弧屋根 (Arched roof)

を選び、屋根勾配 θ (円弧屋根にあってはライズ比 f/D)を変化させた。また、平面形状としては、表 2.5 に示されるように、断面比 W/D=1.5 とするが、陸屋根、切妻屋根、寄棟屋根、円弧屋根の 4 種類 については 2 倍の断面比 W/D=3.0 についても実験している。



図 2.34 体育館・工場を対象とした建物形状

模型	形状	模型寸法(cm)				屋根勾配		風向(°)			
種類		W	D	Н	h	heta (°)		heta (°)		β	ピッチ
体育	陸屋根	15/30	10	5	5	円弧:f/D		0~90	11.25		
館•	片流	15		5.9/6.8/7.9		10	20	30	0~180		
工場	切妻	15/30		5.4/5.9/6.4					0~90		
	寄棟	15/30		5.4/5.9/6.4							
	M 屋根	15		4.6/4.1/3.6							
	円弧	15/30		5.3/5.6/6.3		1/8	1/4	1/2			

表 2.5	体育館・	工場の実験模型寸法と実験風向

2.4.2.2 入射気流および基準速度圧

風洞実験の入射気流は、地表面粗度区分 とし、2.1.1 実験気流とシミュレーションにおいて示された 縮尺 1/250 の乱流境界層を用いた。

風圧係数 Cp の算定については、2.1.2 風圧係数の定義で示される基準高さ H (日本建築学会指針では 屋根勾配のある場合には屋根の最高部と最低部の平均高さと定義される) に代えて一定の軒高 h を基準 高さとしている。なお、表 2.5 では基準高さに従った速度圧 q_H への換算を可能にするために基準高さ H の値を示した(補正換算値 $Fc = q_h/q_H = (h/H)^{2\alpha}$)。 2.4.2.3 建物模型、測定孔および実験風向

模型は、厚さ 5mm のアクリル板を成型し、各模型種別・規模に応じて以下においてに記述される測定孔を設け、内径 1.5mm、かつ長さ1m のビニールチューブに長さ 1.5cm の銅管を介して連結した。 また測定孔は、建物縁近傍の風圧増大に対処するため端から 5mm とした。





図 2.42 切妻屋根 (W/D= 3.0)



実験風向は、時計回りの方向を正とし、対称性を考え表 2.5 のように、0~90°、0~180°とし、11.25° のピッチにおいて風向を変化させている。

2.5 戸建住宅

戸建住宅の外皮風圧係数のデータベース化を図ることは、わが国の大半を占める建物比率から考えて 極めて重要である。特に、戸建住宅の風圧係数性状は建物の平面形状はもちろんのこと、軒出や屋根の 形状、周囲の垣根・隣接建物、地域密集度などの周辺環境による影響を無視できないことから、対象と した。

2.5.1 戸建住宅の風圧係数に関する風洞実験方法の検証

戸建住宅の平面形・立面形の変化に対応させた模型の風圧を計測するには、極めて小規模な建築物を 対象とすることから、比較的大きな縮尺模型による風洞実験を行う必要がある。研究は、縮尺 1/250 で simulate された境界層流の中で3種の規模の異なる相似模型の風圧分布の連続性から、戸建住宅に対応 するミニチュア模型の風圧性状を基準化し、そして3倍大きな縮尺 1/83の境界層の Simulation および 風圧性状について検証することによって戸建住宅に対する風洞実験の妥当性を示した。

2.5.1.1 縮尺 1/250 実験

1) 実験気流および静圧分布

風洞の入射気流は、地表面粗度区分IV(a=0.27)の縮尺 1/250 とする境界層乱流である。図 2.45 は、 図 2.4 および図 2.5 の風洞気流に対して地上 1.25m~25.0mの平均風速分布ならびに x, y, z 3 成分の乱 れの強さの分布を再現したもので、対象とする戸建住宅規模(軒高:6~7m)に対応する高さに関して 適切な Simulation が認められた。また、基準静圧についても、図 2.46 によってこれまでと同様、基準 高差レベルでの静圧を測定し補正した。



図 2.45 地上近傍の気流分布の適合性

図 2.46 静圧分布

2) 模型寸法、測定孔および実験風向

実験模型は、アクリル板で作られた勾配 20°の切妻屋根を有する 3 種類の相似模型である(表 2.6 および図 2.47 参照)。基本模型は、延べ床面積 137m²の一般的な総 2 階建て戸建住宅(軒高 5.85m、幅 10m、奥行き 6.7m)を想定したもので、縮尺 1/250 で作成した。

図 2.48 と図 2.49 に示すように圧力測定孔は模型表面に 144 点、3 種の模型に関してすべて比例した 位置に設けた。また、実験風向は、図 2.50 のように時計回りを正の風向とする 0~90°の風向であり、 11.5°ピッチに変化させた。



基本模型 a)

b) 2 倍模型 百建住宅の風圧測定に関する検証実験模型

c)) 3	倍模型

表 2.6 検証実験の模型寸法 単位 mm 模型種別 軒高 幅 奥行 風向 ピッチ (°) W β (°) h D 基本模型 23.4 40 26.7 $0 \sim 90$ 11.252倍模型 46.8 80 53 3倍模型 70.2 120 80



図 2.48 検証実験模型の測定孔番号



図 2.49 基本模型の測定点位置

b



図 2.50 検証実験状況および実験風向

2.5.1.2 縮尺 1/83 実験

風洞実験気流は、地表面粗度区分IV(α=0.27)の縮尺 1/83 とする境界層乱流である。風圧実験模型は、 前項の縮尺 1/250 実験に用いた 3 倍模型である。実験風向は、縮尺 1/250 実験と同じである。

2.5.2 住宅形状と軒の出の影響実験

2.5.2.1 建物形状と規模

実験対象建物は、図 2.51 に示す矩形と L 型平面形状である切妻型と寄棟型の屋根形状で、軒の出が 0,15,45,90cm の 4 種類に変化させた総 2 階建て戸建住宅を想定した(表 2.7)。なお、平面の寸法、幅 B および奥行き D は、軒出部分を含まない。



図 2.51 戸建住宅の形状

建物形状	屋根形状	幅 B	奥行 D	軒高 h	延べ面積	軒出 mm
		mm (m)	mm (m)	mm (m)	cm^2 (m^2)	(実寸 cm)
矩形平面	切妻	131.4	87.6	70.2	229.3	0/2.55/6.36
	寄棟	(10.91)	(7.27)	(5.83)	(158)	/12
L型平面	切妻	142.7	95.2		232.3	(0/15/45/90)
	寄棟	(11.85)	(7.9)		(160)	

表 2.7 住宅模型の形状と寸法

2.5.2.2 風洞気流と周辺ラフネス

風洞の入射気流は、地表面粗度区分IV(a=0.27)の縮尺 1/83 とする境界層乱流である。建物周辺のラ フネスは、気流シミュレション時のラフネスと同じである。

2.5.2.3 建物模型、測定孔および実験風向

圧力測定孔は、図 2.53~図 2.56 および表の 2.8 に示されるように、軒裏と模型表面に約 240~340 の点数を設け、軒裏に関しては、軒 45cm の軒に対し1列、軒 90cm の軒に対し2列とした(図.2.52)。



図 2.52 軒裏の風圧測定孔

風向は桁面に対峙する方向を 0°とし、11.25°毎に矩形では 90°、L型では 360°とした。

建物形状	屋根形状	軒出(cm)	測定孔数	実験風向β	ピッチ
矩形	切妻	0	244	0~90°	11.25°
		15	244		
		45	278		
		90	318		
	寄棟	0	240		
		15	240		
		45	272		
		90	336		
L型	切妻	0	277	0~360°	
		15	277		
		45	308		
		90	333		
	寄棟	0	287		
		15	287		
		45	320		
		90	341		

表 2.8 住宅模型の風圧測定孔数と実験風向









図 2.55 L形・寄棟屋根模型の風圧測定孔



図 2.56 L形・寄棟屋根模型の風圧測定孔

2.5.3 屋根勾配による影響実験

2.5.3.1 建物形状と規模

模型の形状および寸法は、表 2.7 に示される矩形平面と同じとし、軒の出を零とした切妻屋根と 寄棟屋根とした。

2.5.3.2 風洞気流と周辺ラフネス

風洞の入射気流は、地表面粗度区分IV(α=0.27)の縮尺 1/83 とする境界層乱流である。建物周辺のラ フネスは、気流シミュレション時のラフネスと同じである。

2.5.3.3 屋根勾配、測定孔および実験風向

屋根勾配および実験風向は表 2.8 および図 2.57~図 2.64 に示すとおり 259~328 点を設けた。

屋根勾配	測定	孔数	実験風向	ピッチ
θ (°)	切妻屋根	寄棟屋根	β (°)	
0	259 (陸	皆屋根)	0~90	11.25°
5	294			
10	298			
15	304	304		
20				
25	310			
30				
35				
40	316	328		
45				

表 2.8 住宅模型の屋根勾配、風圧測定孔数および実験風向

14 12 2 2 4 2 4 4 2 4 2 4 2 4 2 4 2 4 2	202107 206 205	284 288 282 281 280 229/2		
	161247 246 245	244 248 242 241 240 289!1	7	
11. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1.	10/100 004 000	ara ari ara ara ara a		
	10,106 234 236	252 251 250 249 246 2221	9	
	169.60 172 160	167 167 166 166 116 1111	•	
	15470 174 175	177 210 227 226 224 2201		
	165171 175 205	206 207 208 209 228 219:1	۹	
			·]	
1750 101 101 102 102 102 102 102 102 102 10	168172 198 199	200 201 202 208 204 2181	2	
20 00 01 01 02 02 01 00 100 100 100 100	161189 190 191	192 198 194 195 196 1921		
29 68 61 62 66 62 77 77 77 77 77 78 78 69 100 110 111 112 116 116 156 156 156 156 156 156 156 156	178179 180 181	182 188 184 185 186 1818		
प्रदेश को	29 80 81 82 88 84 85 72 78 74	76 76 77 78 79 80	109 110 111 112 118 114 115 152 158 154 155 156	157 158 159 160
	22 22 24 25 25 27 22 52 54 55	ee en ee ee n		149 140 160 161
। 				
ข้ามันที่ เป็นขึ้น เป็น เป็น เป็น เป็น เป็น เป็น เป็น เป็	15 16 17 18 19 20 21 54 55 56	57 58 59 60 61 62	95 96 97 98 99 100 101 184 185 186 187 188	169 140 141 142
1 1 12 16 46 46 47 41 49 51 52 52 10 10 12 124 125 126 127 124 128 100 11 121 125 126 127 124 128 100 11 121 125 126 127 124 128 100 11 121 121 124 125 126 127 124 128 100 11 121 <th></th> <th></th> <th></th> <th></th>				
	8 9 IO II I2 I8 I4 45 46 47	48 49 50 51 52 58	88 89 90 91 92 98 94 125 126 127 128 129	180 181 182 188
	1 2 8 4 5 6 7 86 87 88	89 40 41 42 48 44	SI 82 88 84 85 86 87 16 7 8 9 20	121 122 128 124

図 2.57 陸屋根模型の風圧測定孔(屋根勾配 θ=0°)

				2 2 2	59:88 150:49	287 248 259	286 247 258	285 246 257	284 245 256	288 244 255	282 248 254	281 242 258	280!2! 241!4 252!5	1															
				4	2171	270	269 280	268 279	267	266	265 276	264	268163	2															
				2 2 2	94!98 1218 06207	292 219 208	291 220 209	290 221 210	289 222 211	288 228 212	267 224 218	286 225 214	285!8 22622 219210	1															
				1	951 96 841 85	197	198 187	199 188	200	201	202 191	208	20/20	8															
29 80 22 28	। हा ह 24 2	61 2 88 5 26	84 27	85 28	78174 65168 72 68	175 164 78 64	176 165 74 65	177 166 75 66	167 76 67	179 168 77 68	169 78 69	181 79 70	185181 171175 80 71	109	110	111	228 112 105	118 106	114	115	152 148	158 144	154 145	155	156	157	158 149	159	
15 16	i i	s 19	20	21	54	55	56	57	58	59	60	61	62	25	26	97	98	99	100	101	184	185	186	187	188	189	140	141	1
۰. ^۰	ı . 1	i iz	18		45 [.]	46	47	48	49	50	51	52	58	88	89	90	a.	92	98	94 94	125	126	127	128	129	180	181	182	
1 2	۰ ۱	• •	•	<i>,</i> .	86 86	87	88	89	40	41	42	48	44	81 [°]	82	88	84	85	86	s7		ui,		119	120	121	122	128	

図 2.58-a 切妻屋根模型の風圧測定孔(屋根勾配 θ=5°)

							248:4 254:5	2 241	240 251	289 250	288 249	287 248	286 247	285 246	284!88 245!44																
							265!6	a 260 5 274	262	241	290	259	255	257	256151																
							28718 29819 21622 20228	6 285 7 296 1 221 2 210	284 295 222 211	200 294 220 212	202 295 224 215	281 292 225 214	280 291 226 215	279 290 227 216	276177 269180 226220 217210																
							19119	e 199 281 7	200	201	202	208	204	205	20620																
29	80	16) 81	168	162	84		17517) 16416) 72	6 177 6 166 78	178 167 74	179 168 75	160	181	182 171 78	188 172 79	184189 178174 80	109		280	282	28) 118			152	158	154	155	156	157	158	152	160
22	28	24	25	26	27	28	68 54	64 55	65 	66 57	67 58	68 59	69 60	70 61	71 62	102	108 96	104 97	105	106	107	108 101	148	144	145	146	147	148	149	150	151
•	<u>.</u> .		n i	12			45	46	47	48	49	50	51	52	58		89	90	a.	. 92	98	94			127	128	129				
· •	2.	٤.	٩.	s.	۰.	,.	86	87		89 89	40	41	42	48		دا	82		84	:	86 86	87		ı.;			120		122	128	124

図 2.58-b 切妻屋根模型の風圧測定孔(屋根勾配 θ=10°)

							_																									
							14014	- 141	246	146	144	142	141	141	140120																	
							26016	3 960	267	266	266	264	260	262	261160	1																
							1							·		1																
							27117	1 269	268	267	266	265	264	268	262!61	I .																
																I .																
							- · ·	•						•		I .																
							282!8	1 280	279	278	277	276	275	274	278!72	1																
							· ·	•					•			I .																
							298!9:	2 291	290	289	288	287	286	285	284!88	1																
							804:0	5-802	-sai -	800	299	298	297	296	295!94																	
							22222	\$ 224	225	226	227	228	229	280	281282	1																
							21 21:	2 218	214	215	216	217	218	219	22(22)	I .																
							- · ·	•				•		•		I .																
							20020	202	208	204	205	206	207	208	20210	1																
																I .																
			~~				1.00		107		104	100			10000					_												
	~		166	~	~~		Tissis.	1 191	192	196	194	195	194		196199	1	~		288		~~											
~	<i>.</i>	162	164	165		~	1787	031 6	181	182	100	184	105	186	101100	~	~.	224	226	282		~										
-	161				162		1606	37169	-170-	-171-	172	178	-174	-175	17677	۰.	288				284		ŀ.	•	•	•					•	•
29	80	61	62	- 88	- 84	85	72	78	74	75	76	77	76	79	80	109	110		112	118	114	115	152	168	154	155	156	15	7 15	8 I	59	160
							1.1									1							1						: .:	•		
22	26	24	25	26	27	26	95	64		99	67	92	62	70	21	102	108	104	105	106	107	108	148	144	145	146	147	14	8 14	a i	50	151
																I .																
							1.1									1.1							· ·									
15	16		18	19	20	21	54	55	56	57	58	59	60	61	62	25	36	87	25	33	Tuu	101	184	185	1.56	187	188	18	a 14	u 1	41	142
																I .																
																I .																
•	•	•	•	•	•	•	1 ·	•		•	•	•	•	•	•	·		•	•			•	· ·	•	•				• •		•	•
8	9	10		12	18	14	45	46	47	46	49	50	51	52	58	88	89	90	91	92	88	94	125	126	127	128	129	18	0 18		82	188
1																1							1									
•	. •	. •	. •	. •	. •	. •	1.1									. ·							· ·									
P -	2	8	4	s	6	7	86	87	88	89	40	41	42	48	44	181	\$2	88	84	85	86	87	li i e	117	118	119	120	12	1 12	2 1	28	124





図 2.58-d 切妻屋根模型の風圧測定孔(屋根勾配 0=20°)

							25515	1 258 264	252 268	251 262	250 261	249 260	248 259	247 258	246!49 257!50																
						1	277176	\$ 275	274	278	272	271	270	269	266167																
							286163	286	285	284	266	262	261	260	279170																
							299198	297	295	295	294	298	292	291	290:85																
							810:05 22:22	227	228	229	805 280	281	262	202	284289																
							2 4 1 5	216	217	218	219	220	221	222	228224																
							202204	1 205	206	207	206	209	210	ai.	212218																
			\sim	_			1												\sim												
		/	169															/	244	-											
	/	1.00	167	162	\geq	~	195198	\$ 194	195	196	197	198	199	200	20 20 5		/	141	242	240	\geq	 . 									
1	161	162	168	164	165	~	i și ii es	2 1 88	184	185	186	187	188	189	19091	\vdash	286	287	266	269	240	\sim	1								
							17071	172	178	174	175	176	177	178	175180	1															
29	80	81	82	88	84	*5	72	78	74	75	76	<i>"</i> .	78	79	80	102	110		112	118	114	115	152	158	154	155	155	157	158	159	160
22	28	24	25	26	27	28	68	64	65	66	67	68	69	70	71	102	108	104	105	106	107	108	148	144	145	146	147	148	149	150	isi
15	16	12	18	19	20	21	54		56	57		59	60	61	62		96	97	92		100		184	185	126	187	188	189	140	ца́.	142
							F.																								
														÷1			-	•••					1.16	1.16				120			
ľ	•	14					~							**										124	147	144		144			
	. •			. •	. •	. •																									
1	2	8	4	s	6	7	86	87	88	89	40	41	42	48	44	81	\$2	88	84	85	86	87	116	117	118	119	120	121	122	128	124

図 2.58-e 切妻屋根模型の風圧測定孔(屋根勾配 0=25°)



図 2.58-f 切妻屋根模型の風圧測定孔(屋根勾配 θ=30°)







図 2.58-h 切妻屋根模型の風圧測定孔(屋根勾配 θ=40°)



図 2.58-i 切妻屋根模型の風圧測定孔(屋根勾配 0=45°)

							271 61 2 63170	70 26	26	8 267 8 277 6 285	266 276 284	265 275 288	264 274 282	268 2 278 2 281	62:61 72 24 248:4	1															
							164173	2 178	29	2 291	290	289	200	258	247!8	9 8															
							69170	8 179	188	185 804 180 604 187 228 221222	297 296 808 802 229 280 228 224	295 29499 801 800 281 252 29 225 226227	19 255	251	245!8	;															
							16074 161179	4 180 5 181 20	184	6 217 0 211	218	219	254 220 214	250 249 215	244!8 248!8	6															
							6876	00 20	20	2 208	204	205	206	207 2	24218	4															
29	80	81	82	88	84	85	72	90 ⁻ 19 78	74	2 198	194	195 -	196 -	1971	22 13 2 0 3	109	110	-mi	112	118			152	158	154	155	156	157	158	159	160
22	28	24	25	26	27	28	68	64	65	66	67	60	69	70	71	102	108	104	105	106	107	100	140	144	145	146	142	146	149	150	151
15	16	17	18	19	20	21	54	55	56	57	58	59	60	61	62	95 [.]	96	97	26	99 99	100	ı.	184	ı es	186	187	188	189	140	ы	142
8		10	u ʻ	12	18	14	45	46	47	48	49	50	61	52	58	ee ⁻	89	90	91	92		94 94	125	126	127	128	129	100		162	100
ľ	2	۰.	4.	٠.	۰.	<i>,</i> `	86 86	\$7	88	89	40	41	42	48	44	ا	\$2	88	84	85 85		،		ui,		119	120	121	122	128	124

	271170 269 268 267 266 161 260 279 276 277 276 16170 1 227, 286 285 284	265 264 268 2525 275 274 278 273 241 288 282 281 288 282 281		
	16(17) 177 292 291 290 16(172 178 182 299(98 297 296 295	258 247162 289 285 256 252 246188 294195		
	ISENTE IT2 ISE 204 802 802 801 ISENTE IT2 ISE 184 222 220 221 221222 228 224 225 ISENTE ISENTE ISENTE	2010 255 2210 255 2210 257 210 257 210 257 210 257 210 257 210 250 244106		
	16175 181 209 210 211 212 16176 162,200 201 202 208 204	249, 248185 218 214 215 24258 205 206 207 208 20		
29 80 81 82 88 84 85	72 78 74 75 76	195 196 197 19899 77 78 79 80 109 110 111	112 116 114 115 152 156 154 155	156 157 158 159 160
22 28 24 25 26 27 28	68 64 65 66 67	68 69 70 71 102 108 104	105 106 107 108 148 144 145 146	147 148 149 150 151
15 16 17 18 19 20 21	54 55 56 57 58	59 60 61 62 95 96 97	98 99 100 101 184 185 186 187	188 189 140 141 142
8 9 10 11 12 18 14	45 46 47 48 40	50 51 52 58 88 89 90	91 92 98 94 125 126 127 128	129 180 181 182 188
1 2 8 4 5 6 7	86 87 88 89 40	41 42 48 44 81 82 88	84 85 86 87 116 117 118 119	120 121 122 128 124

図 2.59-b 寄棟屋根模型の風圧測定孔(屋根勾配 θ=10°)

							4271 61 23 62170 64171 64172 65173 65173	20 265 20 275 28 177 178 179	268 278 286 292 182 183 184	2617 2777 285 29998 181 228 181 228 181 228 181 228 217 217	266 276 284 290 297 296 293 200 281 229 280 281 228 224 225 218	265 275 289 28493 284945 28493 28495 28493 28495 28495 28495 28495 28495 28495 28495 28495 2849	264 274 282 288 255 255 254 220	268 2 278 2 281 250 252 251 250	2451 2451 2451 2451 2451 2451																
_							68 76 69/2	// 205 10 201	202	211	212	218	214	215	2421	4															
29 22	80 28	81 24	82 25	88 26	84 27	85 28	72	78 64	74 65	75 66	76	77 68	78 69	79 70	80 80 71	109 102	110	111 104	112 105	118 106	114 107	115 108	152 148	158 144	154 145	155 146	156 147	157 148	150 149	159 150	160 151
15	16	u,		19	20	21	54	55	56	57	58	59	60	61	62	95 95	26	97	88		100		184	185	186	187	188	182	140		142
8	· .·	10		12			45	46	47	48	49	50	51	52	58		89	02	91	92	38		125		127	128	129	180			
,	2	۰.	۰.	٠.	¢.	<i>,</i> ·	86 [.]	e7 [.]	**	89	40	41	42	48	44	81 [°]	82	88	84	85	86	¢7		ı.;		119	120	121	122		124

図 2.59-c 寄棟屋根模型の風圧測定孔(屋根勾配 θ=15°)



図 2.59-d 寄棟屋根模型の風圧測定孔(屋根勾配 θ=20°)

							271	10 269 10 279 287 77	261 271 201 201 201 201	267 277 285 291	266 276 284 290	265 275 288 289	264 274 282 282 285 285	268: 278: 281 281 29 29	16261 172 248 18 247 18 247	241 340 189 286															
						16 16 16 16	178 174 175 176	179 180 181 209	188 188 210 210 210	211	212 224 224 2 228 224 2 218 212 212 212	23 2249 01 2000225 81 28226 25 22227 219 218 218 205	255 259 250 214 214	25 25 215 207	1 245 0 244 9 245 242	887 186 185 184															
[29 80	81	82	88	84	85	1813	10191 78	74	75	194	195 -	196 -	197	9199 80	100	110		112			115	152	150	154	155	156	157	158	159	160
	22 28	24	25	26	27	28	68	64	65	66	67	68	62	70	71	102	108	104	105	106	107	108	148	144	145	146	147	148	149	150	ısı
	is is	17	18	19	20	21	54	55	56	s7	58	59	60	61	62	25	96	97	98	99	100	101	184	is	105	187	100	189	140	ы.	142
	• •	10	nî.	12	18	14	45	46	47	48	49	50	51	52	st		e9.	90	91	92	98	94	125	126	127	128	129	1 60	ı.	182	iė
	· 2	۰.	۰.		۰.	,.	86 86	s7 •	88	89	40	41	42	48	44	۱	\$2 •		84		86	e7		ui,		119	120	121	122	128	







20027254 255 264 2017254 255 264 1917 - 644 051 254 1917 177 181 059 1917 177 181 059 1917 177 182 184 059 1917 177 182 184 05 1917 182 187 187 189 1917 182 187 187 189 1917 187 187 187 187 187 187 187 187 187 1	201 201 201 201 201 201 201 201 201 201
14074 173 144 167 173 244 167 173 244 167 173 244 167 173 244 167 173 244 167 167 245 245 167 167 167 167 167 167 167 167 167 167	104 105 104
29 80 81 82 88 84 85 72 78 74 75 22 28 24 25 26 27 28 66 64 65 66	1992 2010 2022/2024 76 77 76 73 62 100 110 111 112 116 114 115 152 156 154 155 156 157 156 159 160 67 68 69 70 71 1102 106 104 105 106 107 106 146 144 145 146 147 146 149 146 149 150 151
15 16 17 18 19 20 21 54 55 56 57	st sa ed ei ez as se s7 at sa red rei res res ret
8 9 10 11 12 18 14 45 46 47 48	40 60 51 52 52 62 60 60 51 52 52 56 54 25 125 125 125 125 100 101 102 102

図 2.59-g 寄棟屋根模型の風圧測定孔(屋根勾配 θ=35°)



図 2.59-h 寄棟屋根模型の風圧測定孔(屋根勾配 θ=40°)



図 2.59-i 寄棟屋根模型の風圧測定孔(屋根勾配 0=45°)

2.5.4 バルコニーによる影響

2.5.4.1 建物形状と模型寸法

実験対象建物は、図 2.60 に示す 3 寸 5 分屋根(屋根勾配 θ=約 18.9°)とする屋根形状が、矩形、L型の、切妻屋根を有する 2 階建て戸建住宅を想定した。軒の出は 0、15、45、90cm の 4 種類に変化させた。





2.5.4.2 バルコニーの寸法と設置位置

実験模型は、縮尺 1/83 で作成した。バルコニーは、表 2.9 に示すように、バルコニーの出 A を 90、 120、180cm と3種類に、また幅Lを矩形平面では4m、L型平面では10.9、6.16m と変化させ、位置 は図 2.61 のように設置した。

平面形状	軒の出d (cm)	バルコ	ニーの出	A(cm)	バルコニー	の幅 L(cm)	測定孔数	風向
	0						244	$0 \sim 90^{\circ}$
矩形平面	15(0.18)	90	120	180	400	1090		11.25°
Case 1	45(0.54)	(1.08)	(1.45)	(2.17)	(4.82)	(13.14)	279	ピッチ
	90(1.08)						318	
	0						277	-90 \sim
L 型平面	15(0.18)	90	120	180	400	616		90°
Case 2	45(0.54)	(1.08)	(1.45)	(2.17)	(4.82)	(7.42)	308	11.25°
	90(1.08)						349	ピッチ

表 2.9 バルコニー屋根を有する戸建模型の風圧測定孔数および実験風向

*()内の数値は、模型寸法



矩形平面

図 2.61 バルコニーの設置位置と風向

2.5.4.3 風圧測定孔

圧力測定孔は、図 2.62 および図 2.63 に示すように模型表面と軒裏に設け、軒裏に関しては、軒45 cmの軒に対して1列、軒90 cmに対して2列とした。なお、測定孔の数は、表 2.9 に示したとおりであ る。

																									-		<u> </u>
								-							1						20	172171170	169	168	167	16616	5 164
						236	237	238	239	240	241	242	243	244							1	į					1
						227	228	229	230	231	232	233	234	235							31	5					12
																					38	ė I					12
						218	219	220	221	222	223	224	1225	226													
						200	210	211	212	213	214	219	216	217							41	î					12
						200	•201	202	203	204	205	200	0207	208							4	b					12
						191	192	193	194	195	196	197	198	199								ţ					
		~				. •	•	. • .	. • .	. •	. • _	. •	•	•								ł					. i
		41		~	_	182	183	•	185	180	187	188	• 189	190				127		~	31	78 79 80	81	82	83	84 85	86
29 36	38	39	40	37	35	173	174	175-	_176_	177	178_	-179	1180	181	115	122	124	125	120	123	121						
						18	79	80	20	82	83	84 75	80	80								104100100	107	108	169	12017	0.160
22 23	24	20	20	21	20	09	/0	~	12	/3	74	70	70	<i></i>	100	109	110		112	113	114	155150157	100	109	100	10110	2103
15 16	17	18	19	20	21	6Ô	61 61	62	63	64	65	66	67	68	1 01	1 02	1 03	104	1 05	1 06	107	146147148	1 49	150	151	15215	3154
		•	•	. •	•	•	•	•	•						•	. •	•	•	. •	. •	•		•	. •.	. •		•
89	10	11	12	13	14	51	52	53	54	55	56	57	58	59	94	95	96	97	98	99	100	137138139	140	1 41	142	14314	4145
10,00	، •	4°	ь°	6°	~°	49	43	aå	45	46	47	40	40	50°	97	••	e0	٥Ô	oi	å	°.	100100130	1 31	132	122	13413	5136
<u> </u>	*	•		~						.0	"	/0			v'		~~		21			120129100		.02	100		0.00
	—		-				-				- 11 ⁺	1 1	-	· `m.		L	+ I	/ t	· /	·	÷			L → → →		-	\

図 2.62-a バルコニーの模型の風圧測定孔 (矩形平面・切妻屋根:軒の出 0cm)





図 2.62-d バルコニーの模型の風圧測定孔 (矩形平面・切妻屋根:軒の出 90cm)





図 2.63-c バルコニーの模型の風圧測定孔

(L形平面・切妻屋根:軒の出 45cm)



図 2.63-d バルコニーの模型の風圧測定孔 (L形平面・切妻屋根:軒の出 90cm)

2.5.4.5 隣接する風上建物による影効果

1) 風洞実験気流と周辺ラフネス

入射気流は、地表面粗度区分IV(α=0.27)とする縮尺 1/83 の境界層乱流とした。建物周辺のラフネスは、気流シミュレション時のラフネスをそのまま残し、ダミー模型の移動によって重なるラフネスを一時的に撤去した。

2) 実験模型およびダミー模型

風圧測定模型は、2.3.2 独立住宅で示した矩形平面・切妻屋根の戸建住宅を対象としたもので、軒出 を一定の 45cm とし、風圧測定孔も同じである(図 2.53)。ダミー模型についても同じ形状とした。

3) 隣接建物の配置および実験風向

隣接建物の配置は、図 2.64 および表 2.10 に示すように平行に配置した建物同士のずれ距離と建物間 隔を変化させた。また、実験風向は、ずれ間隔 ℓ=0 の場合では 0°~90°とし、それ以外では 90°~-90° において 11.25°ピッチで変化させた。





 $\boxtimes 2.64$

40

隣接住宅の配置方法

配置方法	ずれ距離	隙間間隔	建物間隔	風向 β	ピッチ
	ℓ (B)	L(B)	d (D)	(°)	(°)
	0		1.0/1.5/2.0/3.0	0°~90°	11.25°
Slid-type	0.5	—		$90^{\circ} \sim -90^{\circ}$	
	1.0				
		0.25		0°~90°	
Gap-type	—	0.5			
		1.0			

表 2.10 隣接建物の配置および実験風向

2.5.5隣接住宅群の影効果

2.5.5.1 風洞実験気流および実験模型

入射気流および実験模型は、2.3.5の実験と全く同じである。

2.5.5.2 隣接建物群の配置および実験風向

隣接建物群の配置は、図 2.65 および表 2.10 に示すように平行に配置した 3 種の Case で建物同士の ずれ距離(ℓ)と建物間隔(L と d)を変化させた。また、実験風向は、Case1 と Case2 の配置では 0°~ 90°とし、Case3 の配置では 90°~-90°において 11.25°ピッチで変化させた。



配置方法	ずれ距離	隙間間隔	建物間隔	風向 β	ピッチ	
	ℓ (B)	L (B)	d (D)	(°)	(°)	
		0.25	1, 1.5, 2, 3	0°~90°	11.25°	
		0.5		9 風向		
Case1	0	1.0				
(正方配置)		0.125	0.25			
		0.25	0.5			
Case2		0.25	1, 1.5, 2, 3			
(千鳥配置)	-	0.5				
		1.0				
	0.25	0.25, 0.5, 1.0				
Case3	0.5					
(ずれ配置)	1.0					
	0.5*	0.5*		$90^{\circ} \sim -90^{\circ}$		

表 2.11 隣接建物群の配置および実験風向

*印の Case のみ実験風向を 90°~-90°の 17 風向としている。

2.5.6 密集住宅の地域性による影響

2.5.6.1 風洞実験気流と静圧分布

入射気流は、地表面粗度区分IV(a=0.27)とする縮尺 1/83 の境界層乱流としたもので、計測は中心の



図 2.66 縮尺 1/83 の風洞気流と周辺地域模型による変動

風圧模型を取り除いた状態で行った。図 2.66 は、地盤面上 100mmの間で内部境界層を形成し、主流方 向の平均風速の低下とともに u 成分の乱れ強さは日本建築学会荷重指針値を大きく上回り、鉛直方向の w 成分についても地域周辺ダミー模型なしと比較して 2 倍程度増大している。また、静圧分布の地域模 型による影響は、図 2.46 に示したとおりで、これについても適正に補正した。

2.5.6.2 実験建物・地域周辺建物の形状

風圧実験の対象とした住宅建物は、図 2.67 に示す建築面積 71.21 m²、延床面積 121.13 m²(1 階床面 積 69.14 m²、2 階床面積 52.99 m²)の一般的な軒高 6.15m とする 2 階建て戸建住宅である。

建物形状は、軒出 45cm の 4 寸勾配の屋根であり、2 階が方形屋根、1 階が寄棟屋根としている。2 階の南側壁面(東側半面)には 90cm 出のバルコニーが設けられている。

地域周辺建物は、上記の風圧建物と同一としたものの他に、図 2.68 に示す 2 階建ての軒高 6.15m の 切妻屋根建物(1 階平面が 10.92m×7.17m で 2 階の北側が 2.27m セットバックしている)である。



図 2.67 実験対象戸建住宅の平面図



図 2.68 実地域周辺建物の寸法と配置・間隔

2.5.6.3 地域周辺建物 (ダミー模型) の配置

隣接する地域周辺建物の配置は、図 2.68 のような間隔であり、敷地面積 41 坪、建蔽率約 53%を想 定したものである。風洞実験においては、一般住宅地を考えて図 2.69 および図 2.70 に示されるように、 風圧測定模型をターンテーブル中心にして少なくとも前後に 2 ないしは 3 列(南方向に 3 列、来た方向 に 2 列)を、そして同じ列内には 4 棟を直列に配置した。これは相当に密集した印象を与える。

地域周辺建物の外側領域では、地表面粗度区分の風洞気流を作成した際のラフネスをそのまま配置 している(地域模型と重複するラフネスについては除去した)。



図 2.69 隣接する地域周辺建物の配置



図 2.70 模型配置の鳥瞰

2.5.6.4 基本屋根模型の風圧測定孔と実験風向

基本屋根模型の風圧測定孔は、図 2.71 の位置とし、計 216 点(壁面:121 点、屋根面:1 階屋根 27 点、2 階屋根 68 点)とした。



図 2.71 基本地域模型の風圧測定孔と番号

実験風向は、図 2.72 に示すように南面を 0°とし、時計回りを正の方向の 11.25°ピッチで 360°変化させた。



図 2.72 実験風向

2.5.6.5 屋根形状による影響

屋根形状の変化によって風圧係数の増減を期待し、あるいは強制的に風を取り込むことができる。屋 根形状は、図 2.73 の(a)~(d)のように前節の基本方形屋根を部分的に改造した。

(a) Wind-catcher を持つ屋根

- (b) 頂部に越屋根を持つ方形屋根
- (c) 南屋根の1面を撤去した屋根
- (d) 頂部に側窓を設けた切妻屋根



図 2.73 改造した 2 階屋の屋根形状

風圧測定孔は、各々の屋根タイプに対して図 2.74~図 2.77 に示す。実験風向は、基本屋根模型と同じである。







図 2.75 頂部に越屋根を持つ方形屋根の風圧測定孔



図 2.76 南屋根の1面を撤去した屋根の風圧測定孔



図 2.77 頂部に側窓を設けた切妻屋根の風圧測定孔

2.5.6.6 バルコニーの種類による影響

実験模型は、方形屋根の基本模型にバルコニーを付けたものである。

バルコニーの種類は、図 2.78 に示されるように充実率 φ=1.0(タイプ a)と充実率 φ=0.3 の縦格子の手 摺壁の 2 種類を模型化した。なお、充実率 φ=1.0(タイプ a)の実験は、基本も模型と全く同じである。 実験風向は、南面 180°に対し±45°の間を 11.25°ピッチに変化させた。



図 2.78 バルコニーの種類