

調査番号11

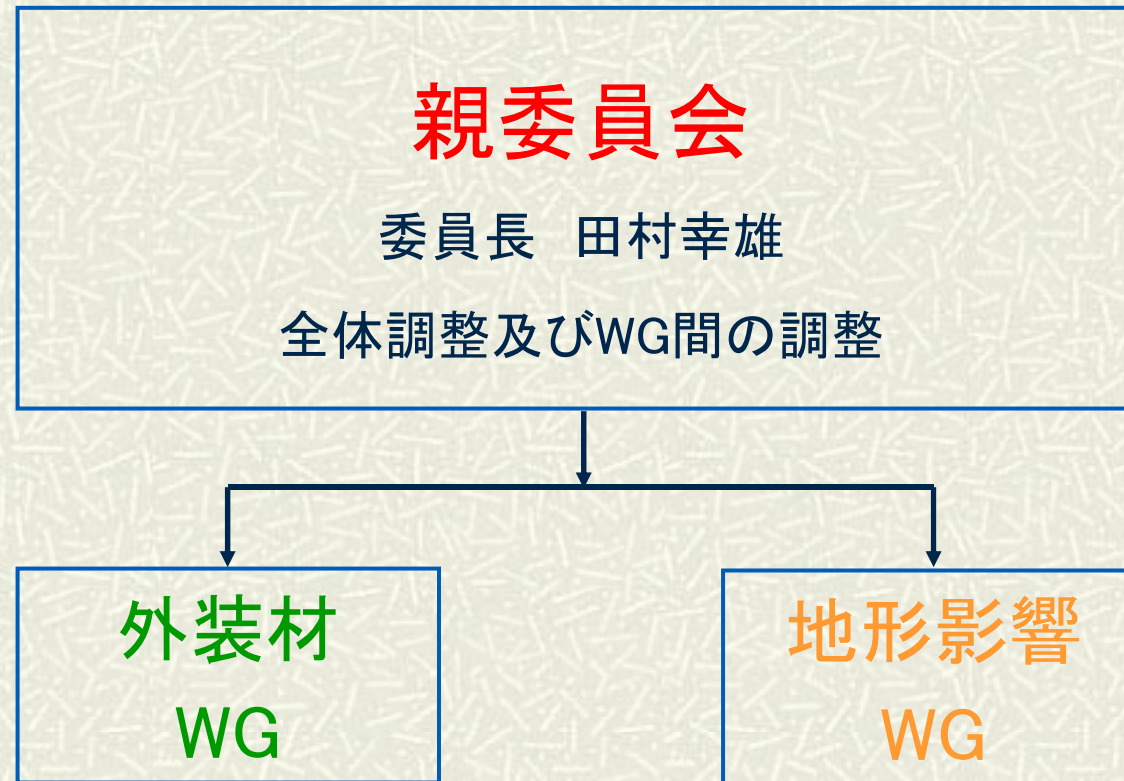
風圧力，耐風設計等に関する
基準の合理化に資する検討

(株) 風工学研究所

調査項目

- 風速の地形による影響評価に関する検討
- 外装仕上げ材及びその支持部材の耐風性能評価法に関する検討

委員会構成



本調査研究は独立行政法人建築研究所と株式会社風工学研究所との共同研究である。

第2章 風速の地形による影響評価

耐風設計時に、地形の影響により**設計風速が増速される**恐れがある場合



増速の評価が必要
(平成12年度建設省告示第1454号第1第2項ただし書き)



その評価方法や評価基準についての明確な情報が示されていない。



風速の割り増しの影響について、一般的に使用頻度の高い**数値流体計算**を用いて整理する。

実施項目

- 数値流体計算プログラムの性能評価のための**ベンチマークテスト**の提案
- 適切な数値流体計算を実施するための**条件の整理**
- 数値流体計算結果を用いた地形による風速割り増しに関する**データベース**の構築

ベンチマークテストの目的

地形の影響を受けた設計風速の推定にあたり、**数値流体計算の妥当性の評価基準**を明確化する。

検証用のデータには、**実在する複雑地形**を対象とした観測データを用いる。

特に、乱流モデルの導入方法の妥当性、地表被覆状況に基づく粗度評価の方法の適切さを検討する。

解析対象複雑地形

- ① 比較的単純な形状を有するスケールの小さな地形
⇒ Bolund
- ② 広範囲にわたり起伏を有するスケールの大きな地形
⇒ NEDO風況精査(愛知県・佐賀県)
- ③ 海岸線より入りこんで徐々に複雑化する地形
⇒ 白滝(山口県)
- ④ 海岸線より急激に立ち上がる半島
⇒ 竜飛(青森県)
- ⑤ 比較的広い領域で海に取り囲まれる島, 半島
⇒ 潮岬(和歌山県)

解析実施地形

			使用プログラム					
			LES		LES+ メソ気象モデルWRF		RANS	
			オープン ソースコード	LES (自作)	LES (商用)	商用	オープン ソースコード	
解析地形	単純	2次元	解析済	準備段階	今年度 対象外			
		3次元						
	複雑	①Bolund						
		②NEDO						
		③白滝						
		④竜飛						
		⑤潮岬						

ベンチマークテストの方法

○解析対象日

⇒比較的定常的で安定な強風時

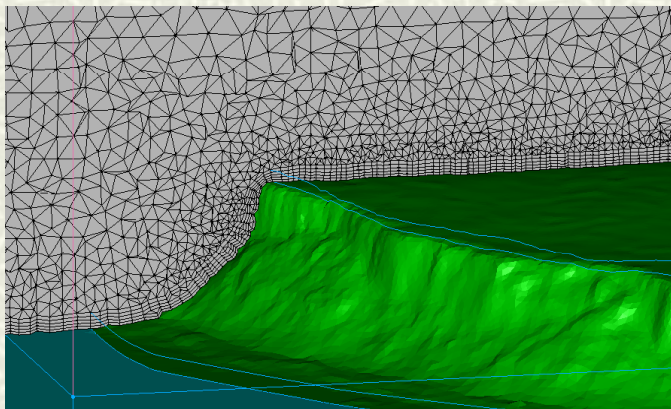
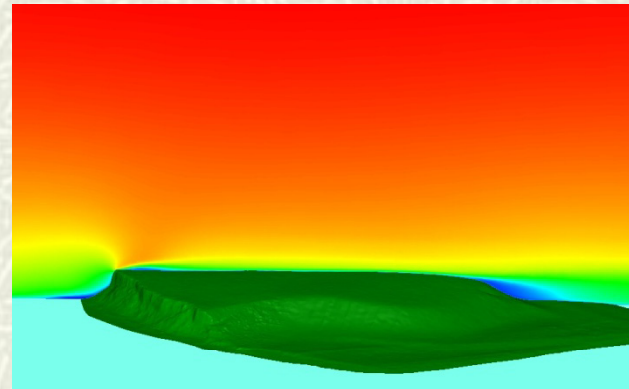
○解析結果と観測データの比較方法

- ・平均風速や乱れに関して、解析で求めた**プロファイル上での観測値**の比較
- ・複数の観測点における、ある観測点を基準とした**風速比**での比較
- ・風速変動に関して、**時系列データ**による比較など

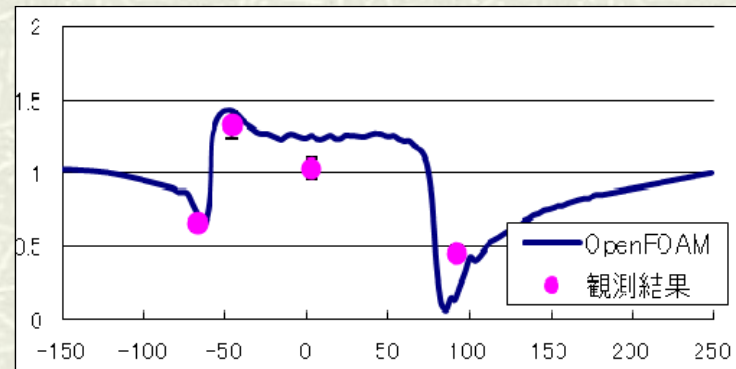
解析例①Bolund



対象地点

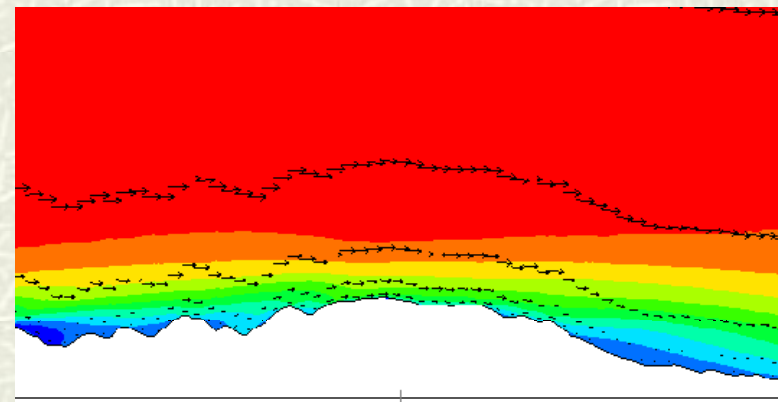
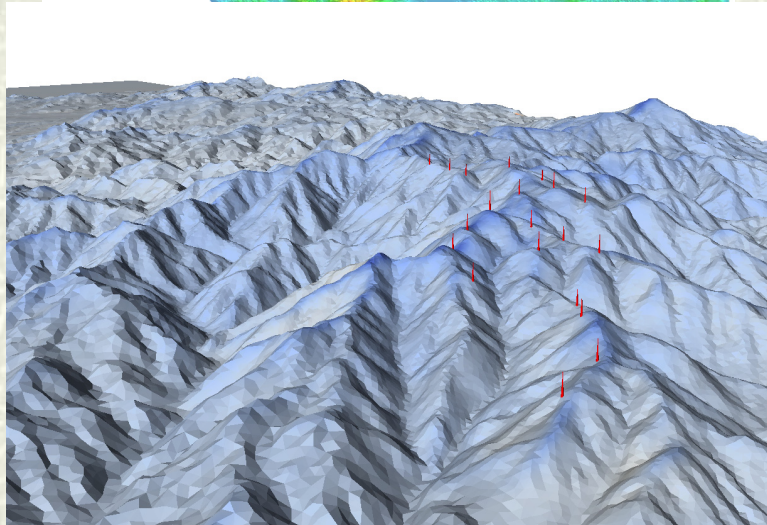
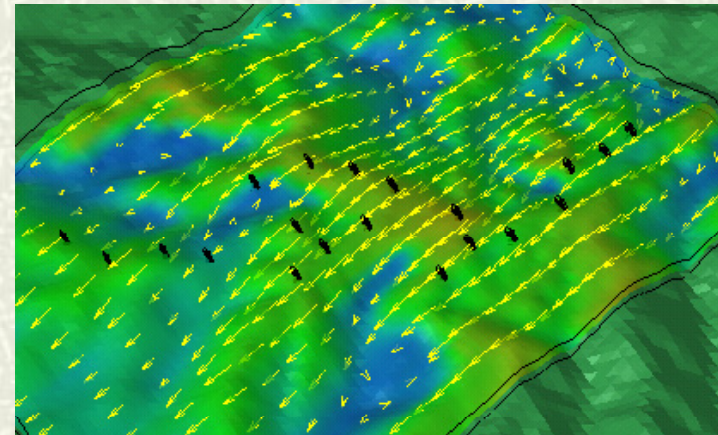
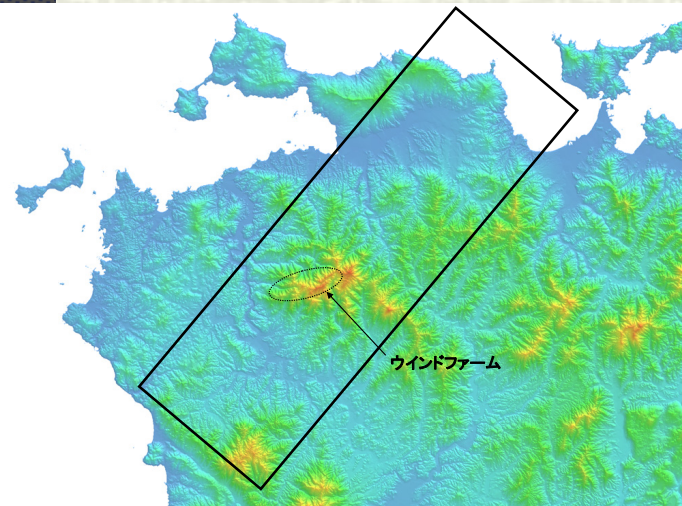


解析格子



解析結果

解析例③白滝



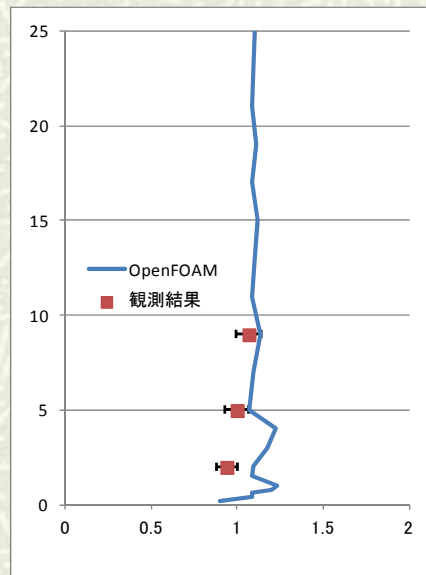
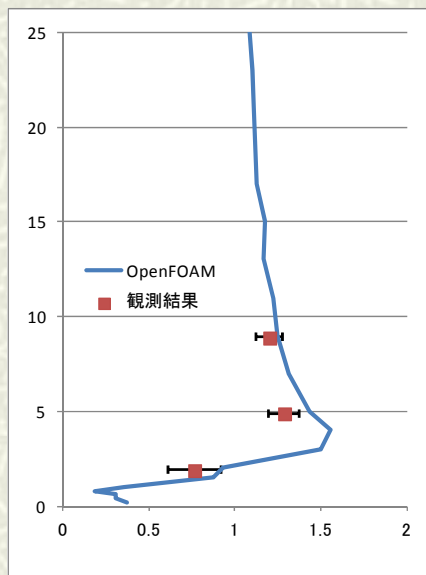
解析結果

対象地点

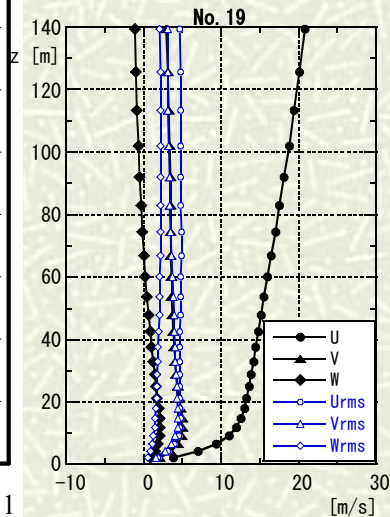
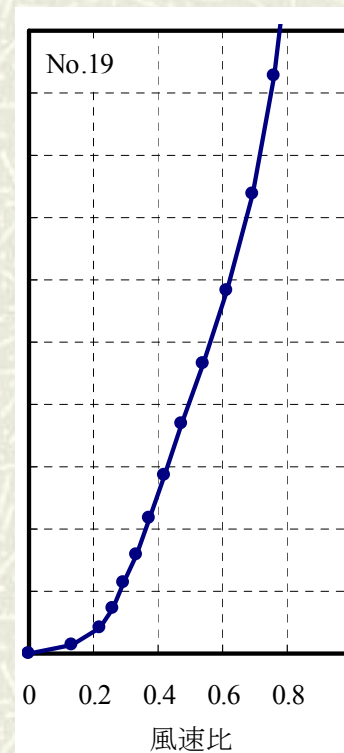
解析結果の総合評価

- ・解析手法
- ・解析条件
- ・観測地点の地形

これらを整理して、整合性を比較検討する。



観測結果との比較例



解析プログラムの比較例

複雑地形における条件の整理

今年度の複雑地形で実施したモデル作成方法や解析条件を整理し、**計算実施の道筋を示した。**

整理する項目

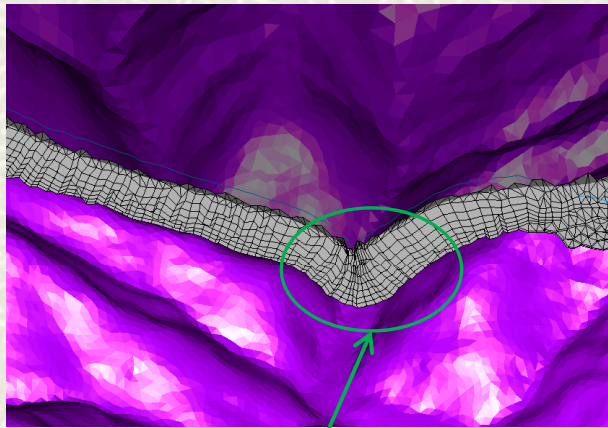
- ・解析領域の大きさの設定
- ・メッシュ形状
- ・地表面境界条件
- ・土地利用データ
- ・流入風の変動

解析条件のまとめ

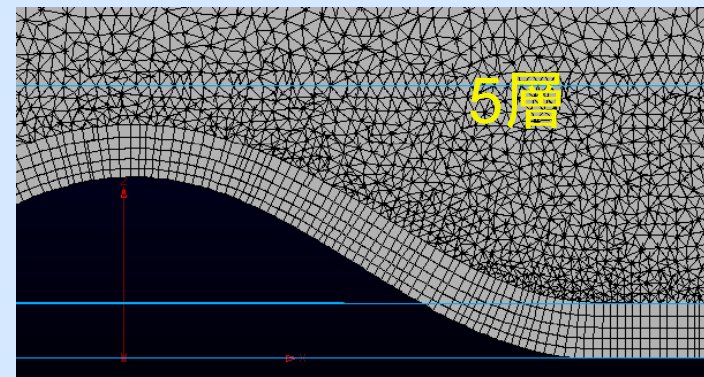
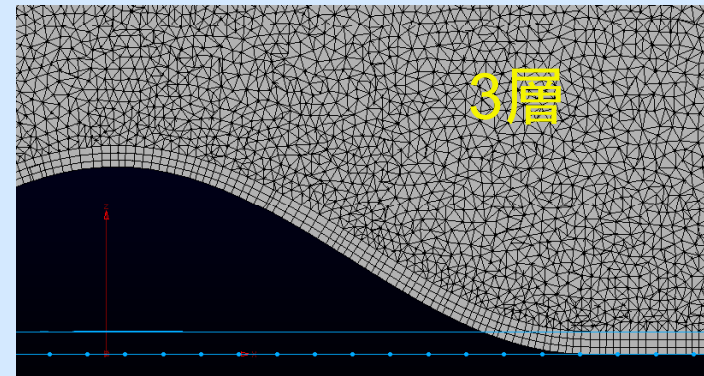
手法		LES(オープンソース)						LES(自作)+WRF		LES(商用)+WRF		RANS商用(中心部)				
地形		Bolund		白滝		竜飛		潮岬		白滝		白滝	竜飛	潮岬	NEDO 愛知	NEDO 佐賀
格子系		非構造						構造								
境界層数		5層		3層		5層		—		—		—	—	—	—	—
解析領域	風方向	0.5km		25km		15km		10km		21km		18km	18km	18km	32.4km	54km
	風直交	0.45km		8km		6km		10km		8km		8km	8km	8km	14.4km	24km
	鉛直	0.3km		8km		8km		3.3km		2km		10km	10km	10km	10km	10km
最高高さ		約11m		約600m		約400m		約85m		681m		704m	551m	184m	1397m	532m
境界層厚さ		150m		600m		600m		800m		680m		上流側緩衝領域内の 平均地表面粗度に応じて自動設定				
要素数		約940万		約1,000万		約1,040万		格子1 240万	格子2 約380万	約70万		約510万	約510万	約510万	約560万	約520万
	風方向	—		—		—		200	240	211		425	425	425	474	470
	風直交	—		—		—		200	200	81		354	354	354	346	328
	鉛直	—		—		—		60	80	41		34	34	34	34	34
最小解像度	風方向	約0.5m		20m		10m		15m		35m		15m	15m	15m	30m	50m
	風直交	約0.5m		20m		10m		12m		38m		15m	15m	15m	30m	50m
	鉛直	約0.2m		5m		5m		0.05m		2m		5m	5m	5m	5m	5m
地表境界条件		滑面 対数則	z0型 対数則	滑面 対数則	z0型 対数則	滑面 対数則	z0型 対数則	キャノピーモデル		滑面 対数則						
ReH		37500		4.5×10^5		6.7×10^5		40000								
流入境界		滑面lund	粗面lund	滑面lund	粗面lund	滑面lund	粗面lund	片岡の方法+粗面								
乱流モデル		標準型スマゴリンスキーモデル						ダイナミックスマゴリン スキーモデル				標準k-εモデル				

メッシュ形状の工夫

非構造格子では、**地表面に境界層セルを3~5層程度**挿入することが有効



境界層の数が多いことによる質の悪いメッシュ



風洞実験結果との対応を確認

風速割り増しに関するデータベース

風速の割り増しをもたらすことが想定される代表的な地形について、抽出および分類を行う。

これらの選定された単純地形を対象に、数値流体計算を実施する。解析結果のデータを蓄積し、データベースの構築を目指す。

設計者にとって、実務上の風速の割り増しの算定に用いられることになる。

データベース構築の方法

今年度は、乱流に対する**数値流体計算の妥当性**を確認する。

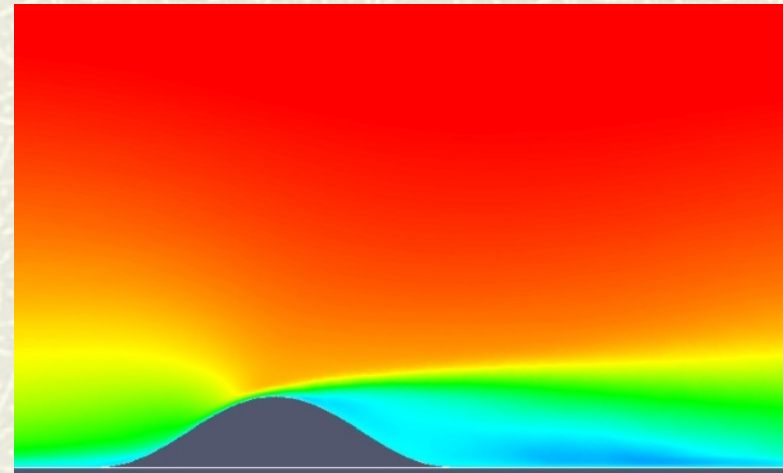
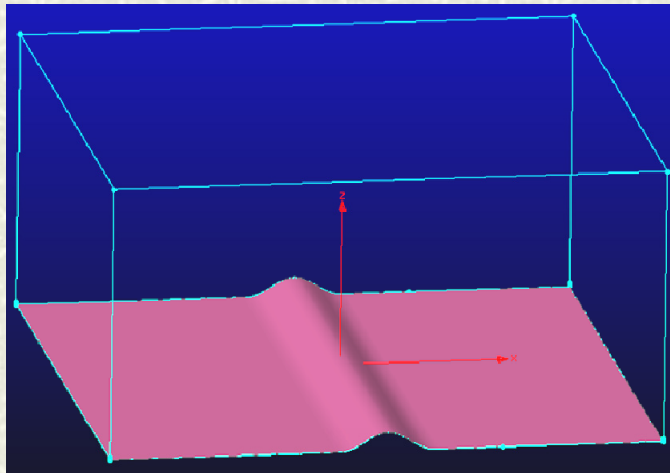
信頼性のある風洞実験データが存在する、**正弦波型の丘陵地(2次元および3次元)**を計算対象とする。



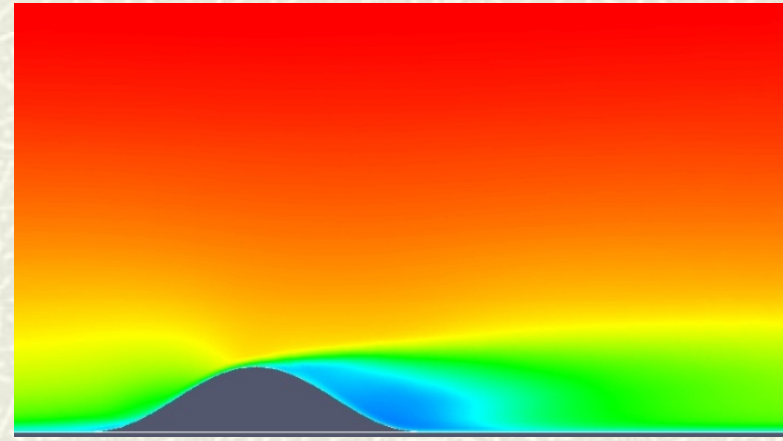
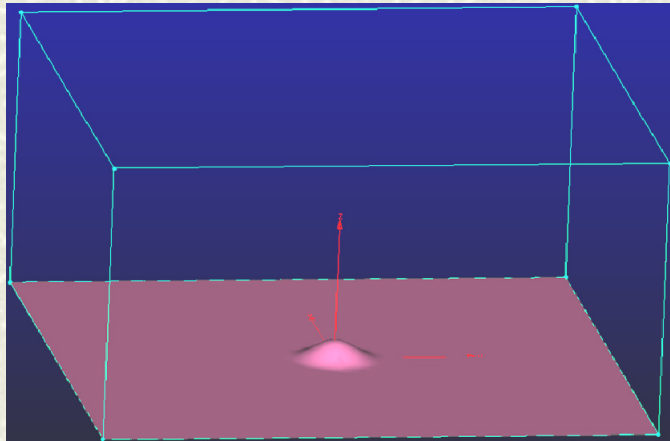
自然風の乱流に対してLESおよびRANSを用いることで、風速の割り増しに関する数値流体計算を実施し、風洞実験結果と比較する。

解析概要

2次元



3次元



解析モデル

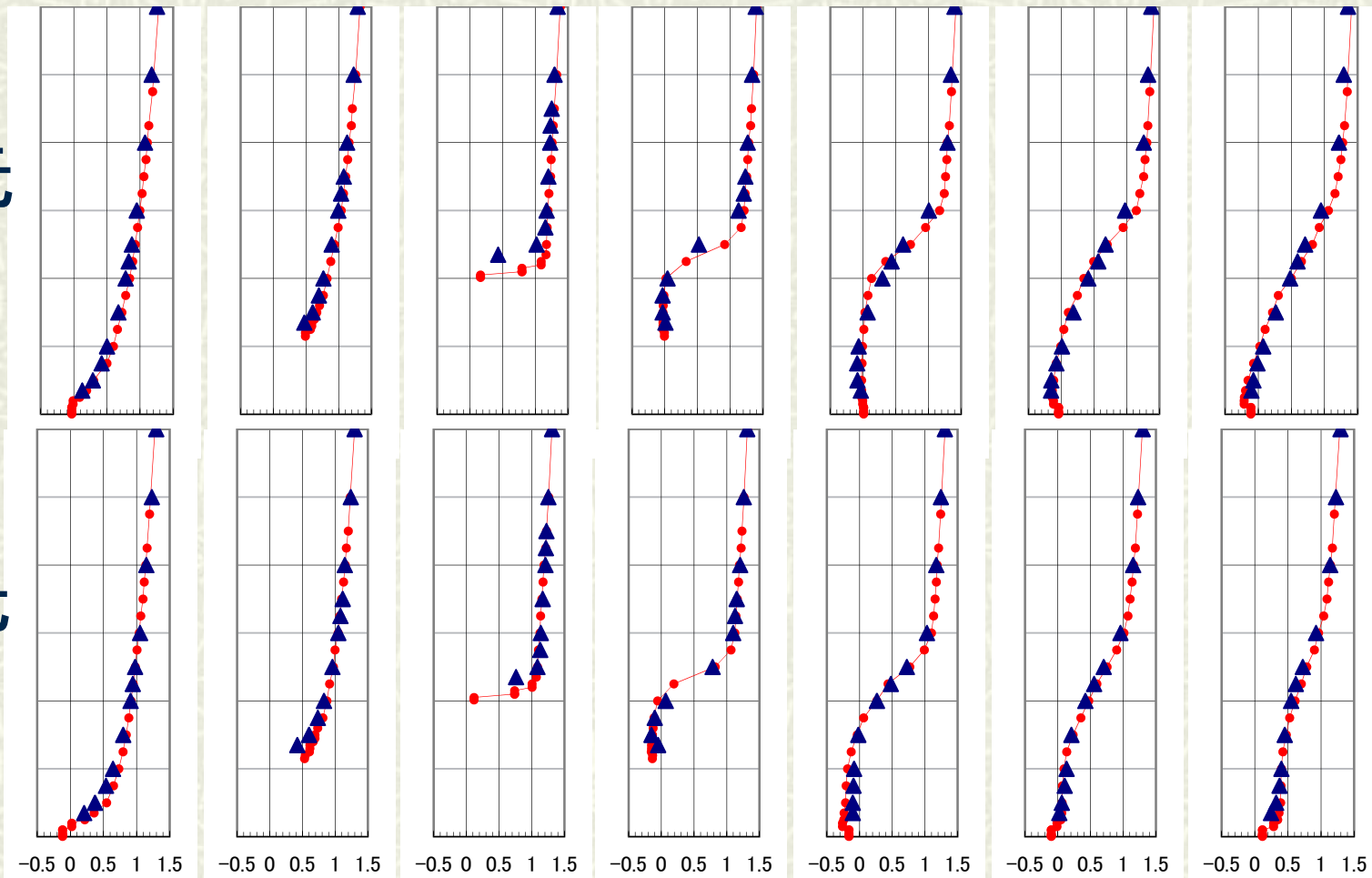
解析結果

解析結果例(平均風速)

-2.5H -1.25H 0 1.25H 2.5H 3.75H 5.0H

2次元

3次元



—●— 解析

▲ 風洞実験

WEI

第3章 外装仕上げ材及びその支持部材 の耐風性能評価法に関する検討

平成19年の建築基準法**施行規則の改定**により外装材等に作用する風圧力は平成12年度建設省告示第1458号の規定に基づく**計算書等が必要**



標準的な計算書がないこともあり、建築確認時に様々な形式のものが提出され、間違いなどのため確認業務に手間がかかる。**統一化が望まれる。**



建築主事、設計者、外装材関連業界へのアンケート調査及びヒアリング調査の実施



昨年度(平成22年度)は標準化として確認表の提案

本年度(平成23年度)の主なる活動

確認表の完成へ



再度, 建築主事, 設計者, 外装材関連業界へのアンケート調査及びヒアリング調査の実施



改訂版の提案

マニュアル, 耐力試験法の一覧表, 風圧力早見表,
地表面粗度区分確認表の作成

対象とした外装材

屋根

粘土瓦, 住宅屋根用化粧スレート, 鋼板製屋根,
銅板屋根, アスファルトシングル, シート防水

外壁

窯業系サイディング, 複合金属サイディング,
鋼板製角波, 押出成形セメント板, ALCパネル,
金属カーテンウォール, PCカーテンウォール

開口部

サッシ, ガラス, 重量シャッター

確認表の作成マニュアル(案)

1. 建築確認申請する建築物の総ての外装材を一覧表にまとめてください。
(各メーカー又は工業会では該当部分のみ記入)
2. 使用部位には、2階屋根棟部、2階屋根隅角部、2階屋根一般部、1階屋根隅角部、1階屋根一般部、外壁一般部、外壁隅角部、等外装材が取り付けられる総ての部位について分けて記載してください。
なお、接合方法を含めて同じ外装材が使われる場合には、部位を2階屋根隅角部及び一般部のよう記載し、外装材の許容値が最も大きい設計用風圧を上まわっていることを示していただければ結構です。
3. 構成材料の名称は、外装材から構造材にいたる総ての部材について欄を分けて示してください。
4. 種別・材料・規格・寸法・材料強度・取付方法・取付間隔・商品名・型番等については、商品名・型番のみでなくこれらの情報を必ず記載してください。推奨値や指定種別・材料でも構いません。メーカーが仕様基準を設けているので、商品名や標準施工のような表現のみで良いかという問い合わせがありましたが、メーカーの仕様基準の確認のためにも詳細な情報は不可欠であることをご了解ください。
5. 選定された材料の許容値は N/m^2 の単位で、例えば $2,357 N/m^2$ の場合は $2,350 N/m^2$ のように1の位を切り捨てて記載してください。
(以下、割愛)

確認表の例(帳壁:複合金属サイディング)

木造2階建住宅, 高さ7m, 地表面粗度区分Ⅲ

使用部位	構成材料の名称	種別・材料 規格・寸法 材料強度 取付方法・取付間隔, 商品名・型番等	耐力の許容 値Pac	風圧力Wc (ピーク風 力係数)	判定	図面 (構造図, 取り付け 詳細図)
1,2階外壁 一般部 周辺部	複合金属サイディング	本体 ガルスパン15J/i 働き幅396mm 製品長3000~7000mm 役物 縦用スターター15	正圧 2100N/m ² 以上	正圧 1520N/m ²	OK	詳細図 注3
	くぎ	ステンレス鋼スクリュー釘 φ2.15×L38mm 胴縁上500mm間隔	負圧 -1100 N/m ² 注1	負圧 一般部 -770N/m ² ($\hat{C}_f = -1.8$) 周辺部 -940N/m ² ($\hat{C}_f = -2.2$)		
	胴縁	杉材 断面18mm×45mm 柱・間柱上500mm間隔				
	胴縁釘	鉄丸釘 N65 柱・間柱上455mm間隔	負圧 -1760 N/m ² 注1	注2		
	柱、間柱	柱 集成材 105mm×105mm 間柱 集成材 105mm×30mm				

Ver1.2

WCI

地表面粗度区分確認表

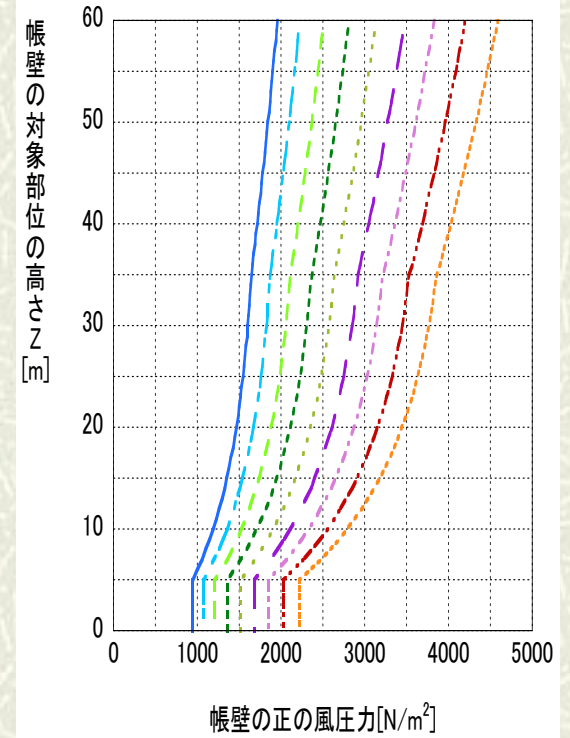
①	特定行政庁が定める規則	なし							あり	
②	都市計画区域	区域外		区域内					↓	
③	海岸線又は湖岸線までの距離	↓		200m以下		200m～500m		500m超		↓
④	建築物の高さ	13m以下	13m超	13m以下	13m超	31m以下	31m超	↓	↓	
地表面粗度区分		III	II	III	II	III	II	III	I	IV

風圧力早見表

地表面粗度区分Ⅲ
帳壁 正圧
風圧力(N/m²)

基準風速V ₀ (m/s)	30	32	34	36	38	40	42	44	46
0	950	1080	1210	1360	1520	1680	1850	2030	2220
1	950	1080	1210	1360	1520	1680	1850	2030	2220
2	950	1080	1210	1360	1520	1680	1850	2030	2220
3	950	1080	1210	1360	1520	1680	1850	2030	2220
4	950	1080	1210	1360	1520	1680	1850	2030	2220
5	950	1080	1210	1360	1520	1680	1850	2030	2220
6	1000	1140	1290	1440	1610	1780	1960	2150	2350
7	1060	1200	1360	1520	1690	1870	2070	2270	2480
8	1100	1260	1420	1590	1770	1960	2160	2370	2590
9	1150	1310	1480	1650	1840	2040	2250	2470	2700
10	1190	1360	1530	1710	1910	2110	2330	2560	2790
11	1230	1400	1580	1770	1970	2180	2410	2640	2880
12	1260	1440	1620	1820	2030	2240	2470	2710	2970
13	1300	1470	1660	1870	2080	2300	2540	2780	3040
14	1330	1510	1700	1910	2130	2360	2600	2850	3110
15	1350	1540	1740	1950	2170	2400	2650	2910	3180
16	1380	1570	1770	1990	2210	2450	2700	2960	3240
17	1400	1600	1800	2020	2250	2490	2750	3020	3300
18	1430	1620	1830	2050	2290	2530	2790	3060	3350
19	1450	1650	1860	2080	2320	2570	2830	3110	3400
20	1470	1670	1880	2110	2350	2610	2870	3150	3440
21	1490	1690	1910	2140	2380	2640	2910	3190	3490
22	1500	1710	1930	2160	2410	2670	2940	3230	3530
23	1520	1730	1950	2190	2440	2700	2970	3260	3570
24	1530	1750	1970	2210	2460	2720	3000	3300	3600
25	1550	1760	1990	2230	2480	2750	3030	3330	3630
26	1560	1780	2000	2250	2500	2770	3060	3350	3660
27	1570	1790	2020	2260	2520	2790	3080	3380	3690
28	1580	1800	2030	2280	2540	2810	3100	3400	3720
29	1600	1810	2050	2290	2560	2830	3120	3430	3740
30	1600	1830	2060	2310	2570	2850	3140	3450	3770
31	1610	1840	2070	2320	2590	2870	3160	3470	3790
32	1620	1840	2080	2330	2600	2880	3170	3480	3810
33	1630	1850	2090	2340	2610	2890	3190	3500	3820
34	1640	1860	2100	2350	2620	2910	3200	3510	3840
35	1650	1870	2110	2370	2640	2920	3220	3530	3860
36	1660	1890	2130	2390	2660	2950	3250	3570	3900
56	1910	2180	2460	2750	3070	3400	3740	4110	4490
57	1920	2190	2470	2770	3080	3420	3770	4130	4520
58	1940	2200	2480	2780	3100	3440	3790	4160	4540
59	1950	2210	2500	2800	3120	3460	3810	4180	4570
60	1960	2230	2510	2820	3140	3470	3830	4200	4590

帳壁の対象部位の高さz(m)



WEI

風圧力の算定

注2) 風圧力の計算

風圧力早見表により算定

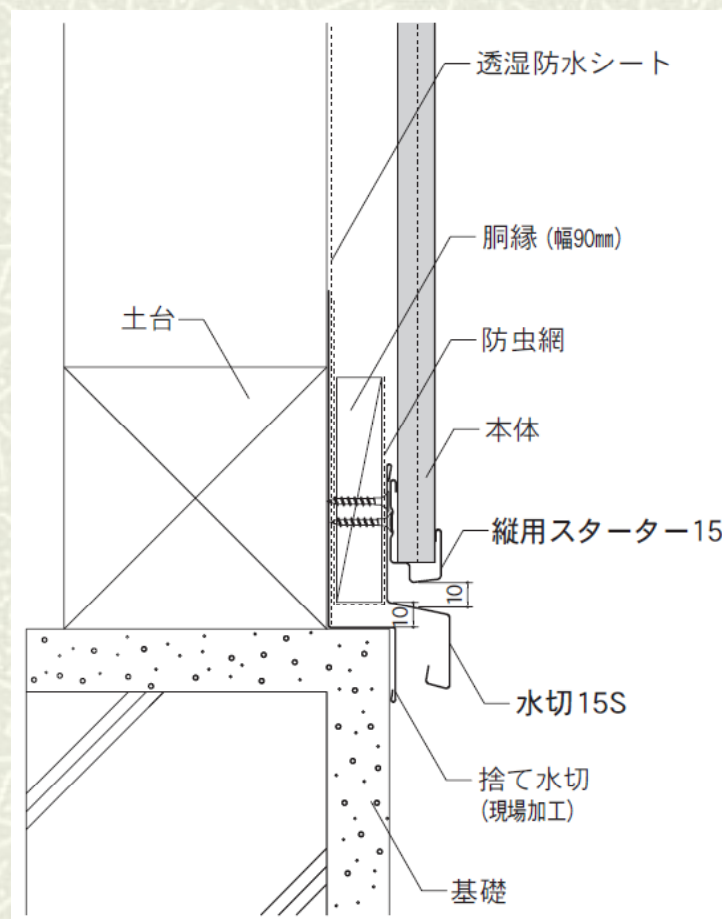
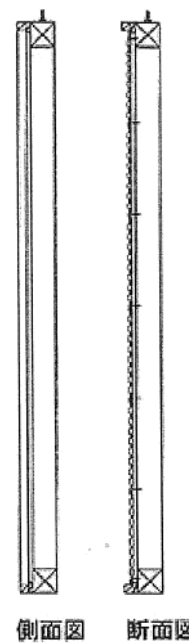
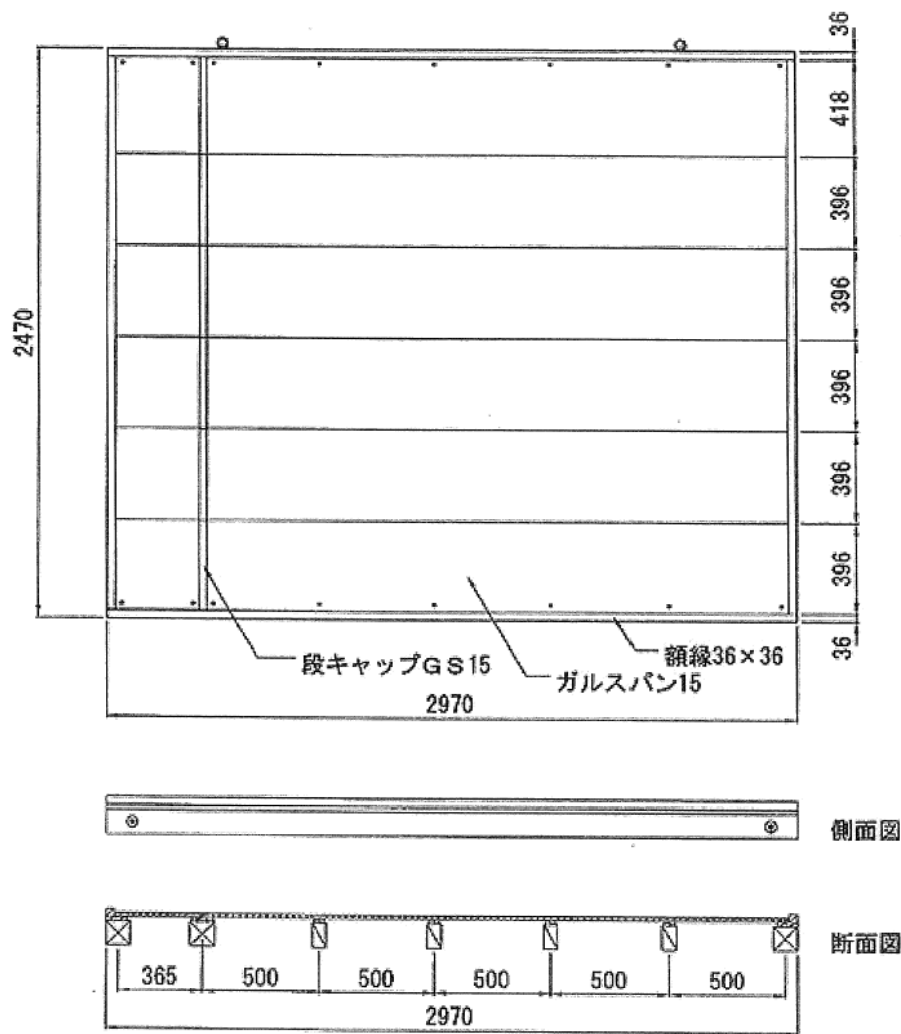
地表面粗度区分Ⅲ，高さ=7m $\Rightarrow V_0=36\text{m/s}$

正圧：1520N/m²

負圧（一般部）：-770 N/m² ($\hat{C}_f = -1.8$)

負圧（周辺部）：-940N/m² ($\hat{C}_f = -2.2$)

確認表の例(帳壁:複合金属サイディング)



試験報告書

発行番号: 第10A3580号

品質性能試験報告書

試験名称	複合金属サイディングの性能試験
依頼者	ABC工業株式会社
試験項目	耐風圧性
試験体	<p>商品名: ガルスパン15 材料: (サイディング材) (表面材) 塗装熔融55%アルミニウム-亜鉛合金めっき鋼板 厚さ0.35mm (しん材) ポリイソシアヌレートフォーム (裏面材) アルミライナー紙 (下地材) 木材</p> <p>有効幅: 396mm 試験体寸法: 2970mm×2470mm 試験体図: 図-1~図-4及び写真-1, 写真-2 備考: 試験体は、たて葺きのサイディング材を室外側から見て90°右回転した状態で下地材に設置したものである。</p>
試験方法	<p>試験は、図-5に示す動風圧試験装置を使用し、図-6に示す加圧プロセスで加圧したときの試験体の変位量を圧力ステップ毎に測定すると共にサイディング材の破壊等の異常の有無を観察した。 なお、各ピーク圧力の保持時間は3分間、その他の各圧力の保持時間は10秒以上とした。 変位測定位置を図-7に示す。</p>
試験結果	<p><u>正圧4200Paまでの加圧でサイディング材の破壊等の異常は認められなかった。</u> <u>負圧2200Paにおいて、サイディング材が嵌合部から外れて破壊に至った。</u> 変位測定結果を表-1, 表-2及び図-8~図-13に示す。 たわみ及びたわみ率計算結果を表-3~表-6及び図-14, 図-15に、相対変位計算結果を表-7, 表-8及び図-16に示す。 破壊状況を写真-3, 写真-4に示す。</p>
試験期間	平成23年2月16日
担当者	<p>環境グループ 統括リーダー 藤本 哲夫 試験責任者 和田 鶴治 試験実施者 松本 智史 松本 知大</p>
試験場所	中央試験所

* 正圧は4200Paまでは破壊等の異常は認められなかった。
 * 負圧は2200Paでサイディング材が嵌合部から外れて破壊に至った。

安全率: 2.0

耐力

正圧: 2100N/m²
 負圧: 1100N/m²

WEI

飛散物に対する外壁の耐衝撃性能

(1) 昨年度は開口部に設置される雨戸や窓シャッターについて検討した。

(2) 本年度は外壁を対象に以下について検討した。

試験体No. 1 : 窯業系サイディング (厚さ14mm)

試験体No. 2 : 窯業系サイディング (厚さ18mm)

試験体No. 3 : 金属系サイディング (厚さ16mm)

試験体No. 4 : 金属系サイディング (厚さ21mm)

試験体No. 5 : ラスモルタル塗壁 (厚さ15mm)

試験体No. 6 : 住宅用ALCパネル (厚さ37mm)

耐衝撃試験

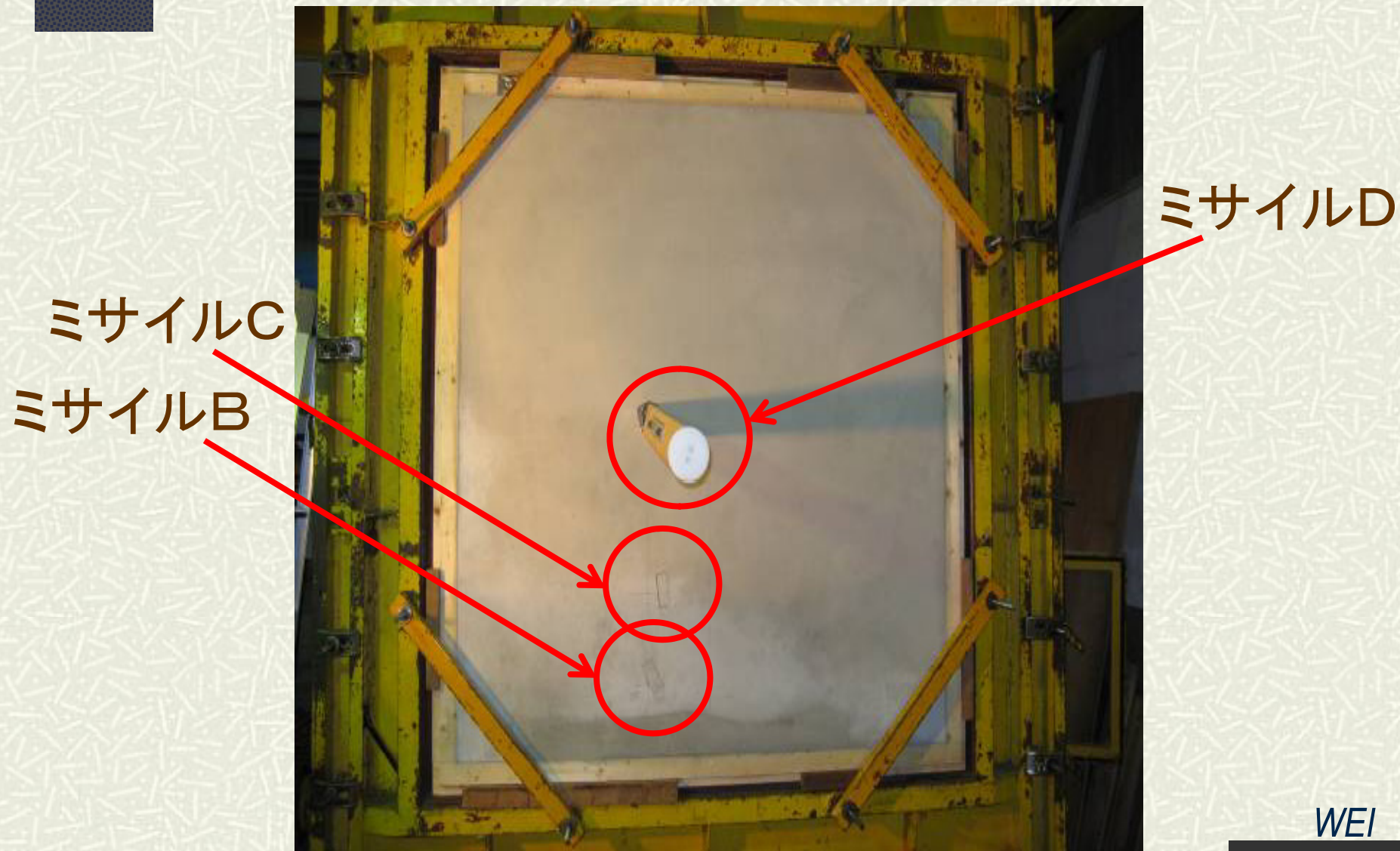
試験用ミサイルレベル (ASTEM E1996)

ミサイルレベル	種類 (重量・長さ)	衝撃速度
A	鋼球 (2g)	39.6m/s
B	2×4in.製材 (910g, 0.53m)	15.3m/s
C	2×4in.製材 (2050g, 1.2m)	12.2m/s
D	2×4in.製材 (4100g, 2.4m)	15.3m/s
E	2×4in.製材 (4100g, 2.4m)	24.4m/s

飛散物に対する耐衝撃性能

試験体			B	C	D	E
開口部	窓シャッターT	鋼製	○	○	×	
	窓シャッターY	鋼製	○	○	×	
	窓シャッターT	アルミ製	○	○	×	
	雨戸	鋼製	○	○	×	
	雨戸（断熱材入り）	鋼製	○	○	○	
外壁	窯業系サイディング	厚さ14mm	○	×		
	窯業系サイディング	厚さ18mm	○	×		
	金属系サイディング	厚さ16mm	○	○	○	×
	金属系サイディング	厚さ21mm	○	○	○	×
	ラスモルタル	厚さ15mm	○	○	×	
	住宅用ALCパネル	厚さ37mm	○	○	×	

飛来物耐衝撃試験結果例(ラスモルタル)



耐衝撃性能に関する基準 (ASTM E1996)

防御レベル	強化防御(重要施設) カテゴリーⅣ		基本防御 カテゴリーⅡ orⅢ		非防御 カテゴリーⅠ	
	≤9.1m	>9.1m	≤9.1m	>9.1m	≤9.1m	>9.1m
構成材の高さ	≤9.1m	>9.1m	≤9.1m	>9.1m	≤9.1m	>9.1m
強風ゾーン1	D	D	C	A	無	無
強風ゾーン2	D	D	C	A	無	無
強風ゾーン3	E	D	D	A	無	無
強風ゾーン4	E	D	D	A	無	無

第4章 結

地形影響関連

- (1) 風速の地形による影響評価の検討のため、既存の数値流体計算プログラムにより、実在する複雑地形を対象に計算を実施し、観測データ等と比較した。それらの結果に基づき、数値流体計算プログラムの性能評価のためのベンチマークテストを実施した。
- (2) 上記解析にあたり、適切な計算モデルの作成方法および計算条件を整理し、計算実施の道筋を示した。
- (3) 地形による風速の割り増しという観点から代表的な地形の抽出・分類を行い、それらについて数値流体計算を実施し、風洞実験との比較から解析結果の精度を確認した上で、耐風設計用の資料を整備した。

第4章 結

外装材関連

- (1) 建築主事，設計者および外装材関連業界へのアンケート調査及びヒアリング調査を通じ，昨年度に提案した外装材等の耐風性能評価のための確認表を改善し，合わせてマニュアルを作成した。
- (2) (1)に関連して，地表面粗度区分の設定に役立つ地表面粗度区分確認表，風荷重の算定が早く間違いなく計算できる風圧力早見表を作成した。
- (3) 風による飛散物に対する外壁の耐衝撃試験を実施し，サイディングなど国内流通品の耐衝撃性能を明らかにした。