

調査番号11

風圧力，耐風設計等の基準の
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
- 外装材等の耐風性能評価法に関する検討
- 細長い部材の風による振動に関する検討
- 季節による設計風速の低減に関する検討
- 塔状工作物の地震応答スペクトルによる構造計算に関する検討

検討会の構成

委員会

委員長 田村幸雄

全体調整及び検討グループ間の調整

地形影響
評価検討
グループ

外装材
検討
グループ

部材振動
検討
グループ

季節別設計
風速検討
グループ

応答スペク
トル検討
グループ

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3章 外装材等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ヤリング調査の実施



屋根ふき材等耐風設計構造計算確認表・マニュアルの提案

本年度(平成24年度)の主なる活動

屋根ふき材等耐風設計構造計算確認表・作成マニュアル
の完成へ



設計者へのアンケート調査
日本建築行政会議との意見交換会



屋根ふき材等耐風設計構造計算確認表・作成マニュアル
提案

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

ガラス, サッシ, 重量シャッター

屋根ふき材等耐風設計構造計算確認表の例 (帳壁: 金属系サイディング)

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				

屋根ふき材等耐風設計構造計算確認表マニュアル

屋根ふき材等耐風設計構造計算確認表作成マニュアル の構成



- ・確認表の主旨とマニュアルの目的
- ・屋根ふき材等の構造計算に関する申請の方法
- ・各基規準の屋根ふき材等の耐風安全性の要求項目
- ・確認表の構成
- ・確認表の作成手順
- ・確認表作成のための責任分担
- ・確認表の作成事例
- ・参考資料 など

屋根ふき材等耐風設計構造計算確認表作成 マニュアル:参考資料

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	13m以下	13m超	↓	↓	
地表面粗度区分		Ⅲ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅰ	Ⅳ

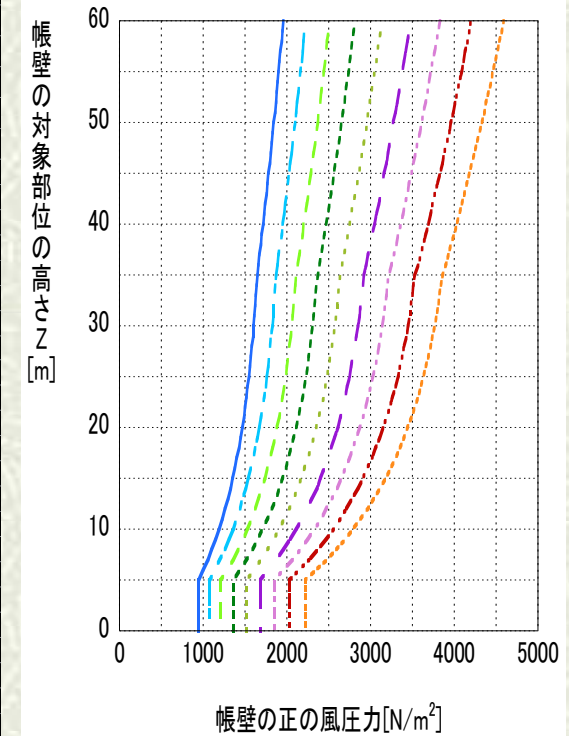
屋根ふき材等耐風設計構造計算確認表作成 マニュアル: 参考資料

風圧力早見表

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	1620	1850	2090	2340	2610	2890	3180	3490	3820
34	1620	1850	2090	2340	2610	2890	3180	3490	3820
35	1620	1850	2090	2340	2610	2890	3180	3490	3820
36	1910	2180	2460	2750	3070	3400	3740	4110	4490
37	1910	2180	2460	2750	3070	3400	3740	4110	4490
38	1910	2180	2460	2750	3070	3400	3740	4110	4490
39	1910	2180	2460	2750	3070	3400	3740	4110	4490
40	1910	2180	2460	2750	3070	3400	3740	4110	4490
41	1910	2180	2460	2750	3070	3400	3740	4110	4490
42	1910	2180	2460	2750	3070	3400	3740	4110	4490
43	1910	2180	2460	2750	3070	3400	3740	4110	4490
44	1910	2180	2460	2750	3070	3400	3740	4110	4490
45	1910	2180	2460	2750	3070	3400	3740	4110	4490
46	1910	2180	2460	2750	3070	3400	3740	4110	4490
47	1910	2180	2460	2750	3070	3400	3740	4110	4490
48	1910	2180	2460	2750	3070	3400	3740	4110	4490
49	1910	2180	2460	2750	3070	3400	3740	4110	4490
50	1910	2180	2460	2750	3070	3400	3740	4110	4490
51	1910	2180	2460	2750	3070	3400	3740	4110	4490
52	1910	2180	2460	2750	3070	3400	3740	4110	4490
53	1910	2180	2460	2750	3070	3400	3740	4110	4490
54	1910	2180	2460	2750	3070	3400	3740	4110	4490
55	1910	2180	2460	2750	3070	3400	3740	4110	4490
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

地表面粗度区分Ⅲ
帳壁 正圧
風圧力(N/m²)



基準風速 V_0

- 30m/s
- 32m/s
- 34m/s
- 36m/s
- 38m/s
- 40m/s
- 42m/s
- 44m/s
- 46m/s

WEI

屋根ふき材等耐風設計構造計算確認表作成 マニュアル:参考資料

屋根ふき材等の許容耐力評価試験方法一覧表

試験の種類	項目	屋根								
		粘土瓦(平部)	スレート(平部)	スレート(納まり部)	金属板①	金属板②	折板①	折板②	銅板	
アセンブリ試験	試験方法	試験内容	瓦の機械的引き上げ試験	スレート機械的引き上げ試験	①スレート機械的引き上げ試験 ②受荷加力試験	耐力試験	耐風圧性試験	②等分2点載荷試験	耐風圧性試験	①つり子(はせ部)引張試験② つり子の引張試験
		試験体の仕様	瓦4枚×4枚	スレート1枚+拵全部 (施工法を再議)	①、②種500mm程度の納まり 部を再議	ふき材+拵子+拵全部材(ク 等)+下地	ふき材+拵子+拵全部材(ク 等)+下地	折板+ボルト(固定金具)+タイ トフレーム+下地	①山型折板×長さ1スパン× 高さ1スパン ②山型折板×長さ1スパン× 高さ1スパン(固定金具は実況に 応じた折板又は山型の2倍)	①野地板につり子を釘留めし、 はせによりふき材を拵金②野 地板につり子を釘留め
		試験規定	瓦葺標準設計・施工ガイドラ イン	住宅用標準設計・スレート葺 屋根用標準設計・施工ガイドラ イン	住宅用標準設計・スレート葺 屋根用標準設計・施工ガイドラ イン	銅板製屋根構造標準SSR2007	銅板製屋根構造標準SSR2007	JIS A 6514	銅板製屋根構造標準SSR2007	銅板製屋根構造マニュアル
	試験の概要	試験内容	野地板	野地板	野地板	下地との接着部まで 引き上げ試験	下地との接着部まで 圧力荷試験	下地との接着部まで 圧力荷試験	下地との接着部まで 圧力荷試験	①、②野地板
		試験内容	機械的引き上げ試験	機械的引き上げ試験	①機械的引き上げ試験②載荷 試験	引き上げ試験	圧力荷試験	②等分2点載荷試験	圧力荷試験	①、②引張試験
	破壊までの 試験 (最大耐力の 評価)	備考	破壊荷重は参考値	破壊荷重は参考値であるが、 安全率に考慮されている	破壊荷重は参考値であるが、 安全率に考慮されている		折板の試験方法に準ずる	折板の試験方法に準ずる	正曲げ、負曲げ (最大耐力は3体以上の試験 結果の平均値)	破壊荷重は参考値。 許容耐力は安全率を考慮して 設定する。
	試験体数	数	規定なし	規定なし	規定なし	折板の試験方法に準ずる	折板の試験方法に準ずる	3体	規定なし	規定なし
	安全率	数値	規定なし	概ね1.33	概ね2	3~4程度	折板の評価方法に準ずる	2	規定なし	①1.33(強性範囲の75%)②1.5 (強性範囲の2/3)
		備考	—	最大引き上げ荷重平均値の概 ね75%	①最大引き上げ荷重平均値の 概ね50%	概ね強性範囲内			別に算出する個別要素試験で 規定されている。	
		備考	ガイドライン標準試験の検討時 に、100mm程度の繰り遅しで不 安全率を算出する事が分かり、安 全率の設定で150mmとした。	高さ別安全率を設定	高さ別安全率を設定 (平部と同様)	銅板製屋根構造標準 SSR2007の原則に記載		最大荷重(2と1/200t)のみ時 の荷重の小さいほうで許容曲 げモーメントを決定。	耐風圧性試験は参考試験の 位置づけであり、設計用実況 にかならずしも実況の算出に 着目する。有害な変形や損 傷、等しい積留位置の荷重を 確認して、耐風圧性評価を行 う。	はせについては、実況拵子 があるため試験荷重×1.2とした もの。安全率を考慮する
繰り遅し試験	繰り遅し試験	150mm引き上げ試験	150mm引き上げ試験	①150mm引き上げ荷重	規定なし	折板の試験方法に準ずる	規定なし	規定あり(たけ繰り遅し間隔 の規定はない。折板の試験例 では150mmで実施)実況は任意 で規定なし(折板の試験例では1 50mm)	規定なし	
試験体数	試験体数	1体	規定なし	規定なし	—	—	—	規定なし(折板の試験例では1 50mm)	—	
耐力試験	試験方法	試験対象	粘土瓦			規定なし		①タイトフレーム ②拵全部(タイトフレーム+固 定金具、折板+固定金具、タイ トフレーム+下折板+拵金 具)	一文字ふきの剥離試験	
		試験内容	曲げ破壊試験			—	—	①耐力試験(引張・圧縮) ②耐力試験(引張・圧縮) ③繰返し+繰返し後の引き上げ 試験	引張試験	
		試験規定	JIS A 5208			—	—	①JIS A 6514 ②~③銅板製屋根構造標準 SSR2007	銅板製屋根構造マニュアル	
	試験体数	数	3枚	耐風圧試験の場合は、アセン ブリ試験のみである	耐風圧試験の場合は、アセン ブリ試験のみである	—	耐風圧試験の場合は、耐力試 験を必要ないと考えている	①3枚 ②3枚以上 ③3枚	規定なし	
	備考	概ね3枚の平均としている			—	—	—	②は折板の試験例では3体で 実施 ③は引張3以上、圧縮2以上 の2以上 ④規定なし	1.33(3/4)と1.5(2/3)と両方 かかれている	
安全率	備考	安全率の設定はないが、JIS規 格では概ね150mm以上、のし瓦 600mm以上と決まっている。			—	—	—	③の試験は参考試験の位置づ けであり、繰返し+引き上げ載荷 後の断断金具等の破断強度 の程度に着目する。		
その他	アセンブリ試験、耐力試験の 実施割合および実施順序につ いて	引き上げ試験は必要に応じて実 施するが、基本的には各社、 互の種ごとに取合ごとの、出 来るだけ厳しい条件で計算し た風圧力に合格した成績書を 用いている。各社が互条件 の再確認試験をどのくらいの 頻度で行っているかは不明。 (場合によっては1度行った試験の再 確認を行っていない。)耐力試 験については、JISを取得した 瓦メーカーではロット(毎日) に試験を実施している。	取合および工法が新しく決まった場合または耐風性能に關わ る仕様が変更になった場合			特になし			当方では把握できていない。 釘の引き抜き強度の確保は各 現場で実施しているものと思 われる。	
	耐力の評価に関する試験につ いての取扱い	ガイドラインの引き上げ試験は、 条件(基準風速、高さなど)を決 めて計算される数値に対して、 150mmの繰返し引き上げ試験を 行い合格できるかの評価をして いる。	特になし	特になし			特になし		統一した標準値を板の耐風強 度の試験方法を確立したい。	

飛来物に対する外装材の耐衝撃性能

- 被害の実態，飛来物耐衝撃試験に関する海外の基規準等の調査（H20，H21年度）
- 窓シャッター・雨戸の飛来物耐衝撃性能（H22年度）
- 外壁の飛来物耐衝撃性能（H23年度）



H24年度

過去4年間の調査結果及び試験結果の取りまとめ

飛来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	○	○	×	

ASTM E1886の試験方法に準じ、ASTM E1996の標準使用に従って **WEI** 試験を行った

第4章 細長い部材の風による振動に関する検討

煙突支持部材等の細長い部材は、質量が軽く構造減衰も小さいため低い風速で部材の振動が発生する恐れがある。



部材振動に関する判定条件および風荷重評価手法は、建築物荷重指針・同解説や煙突構造設計指針に示されているが、複雑で詳細な構造特性が必要である。



円形断面を含むいくつかの断面形状を有する細長い部材の渦励振の判定基準を整理し、風荷重算定のための簡便な方法について検討した。

鋼管の渦励振に対する検討

判断基準

$$l/D \geq \frac{121}{\sqrt{V_d}}$$

l/D : 部材のアスペクト比 (= 部材長さ l ÷ 部材径 D)

V_d : 照査風速 (m/s)

風直交方向荷重の簡易式の提案

$$W_r = (2\pi f_L)^2 \sin\left(\frac{\pi x}{L}\right) \cdot 63.4D^3$$

※減衰定数0.2%と仮定

f_L : 部材の曲げ振動の1次固有振動数(Hz)

L : 部材の長さ(m)

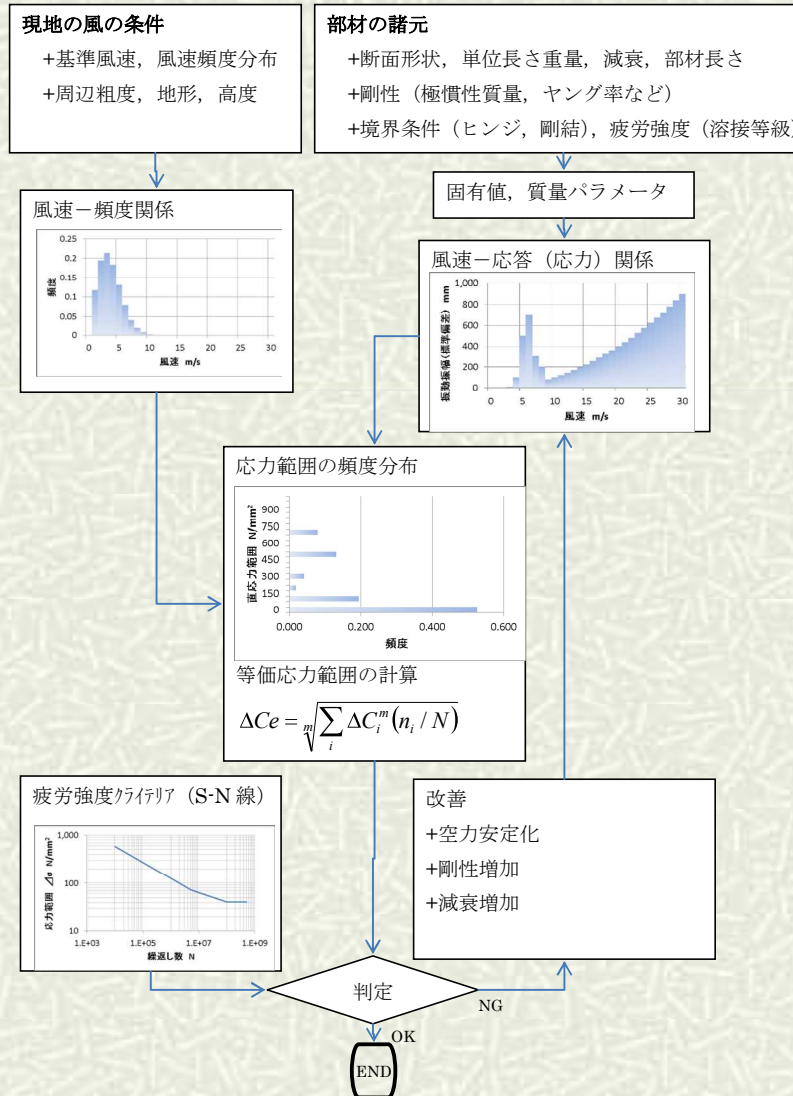
x : 部材端部からの距離(m)

D : 部材の直径(m)

WEI

渦励振による疲労の照査

部材の風による振動の疲労検討フロー



第5章 季節による設計風速の低減に関する検討

現在の建築基準法施行令で規定されている設計風速は、**基準風速 V_0** として、概ね**再現期間50年の年最大風速**の全国分布が示されている。



特定の期間のみに設置される仮設構造物等について、**設計風速の低減の可能性**を検討する。

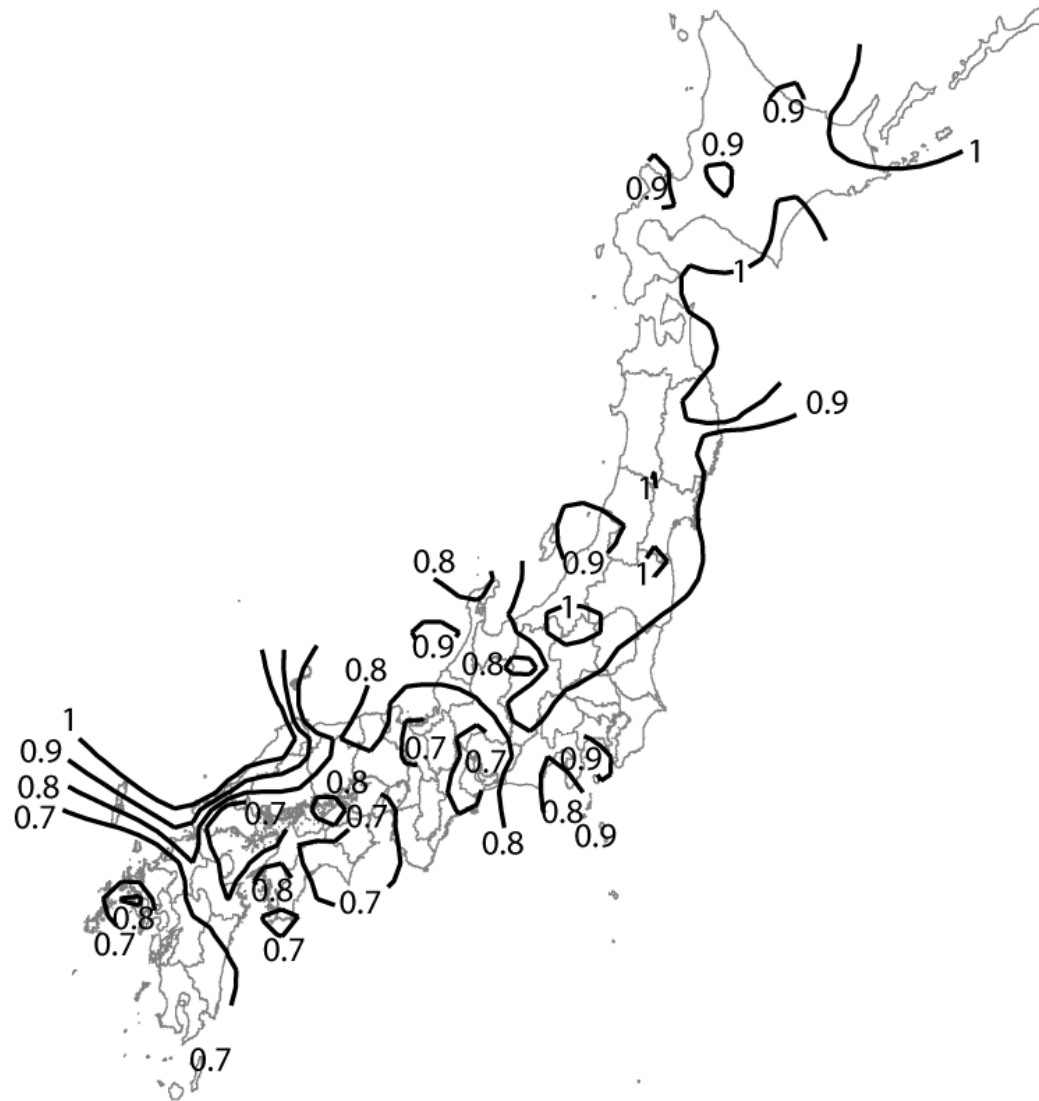


現行の建築基準法の基準風速に対し、**季節係数**を導入することで、季節限定で設置される構造物や工作物の設計風速を評価することを検討した。

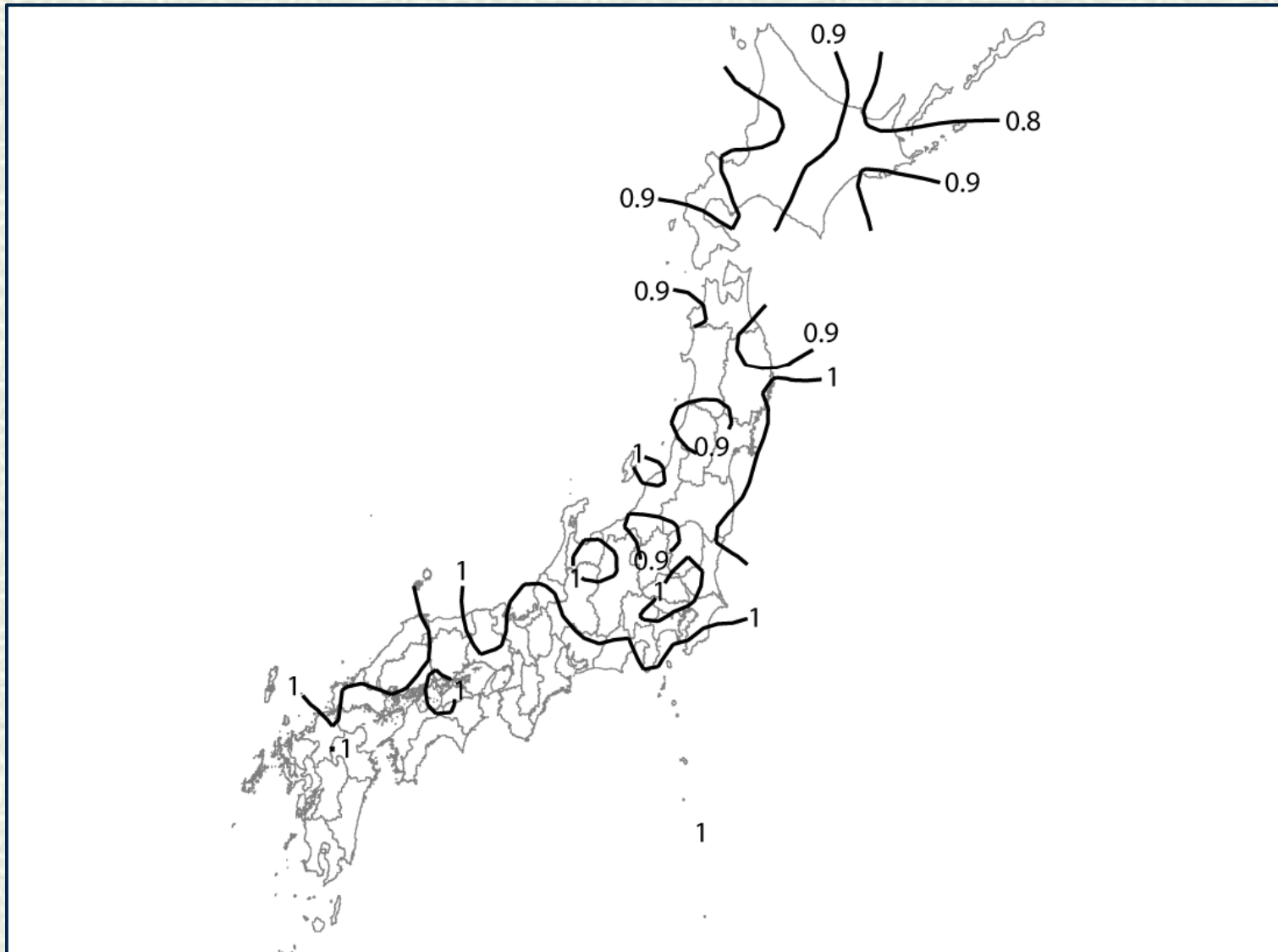
解析使用データ

解析条件	
解析対象期間	1929～1991年(63年間)
データの収集	1929～1960年 日本風工学会強風マップ研究会で提案された手法により整理された値 1961～1991年 地上気象観測統計値の日最大風速
観測点	148カ所
台風・非台風期間	台風季 : 6月～10月 非台風季 : 11月～5月

季節係数マップ(非台風季)



季節係数マップ(台風季)



第2章 風速の地形による影響評価に関する検討

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

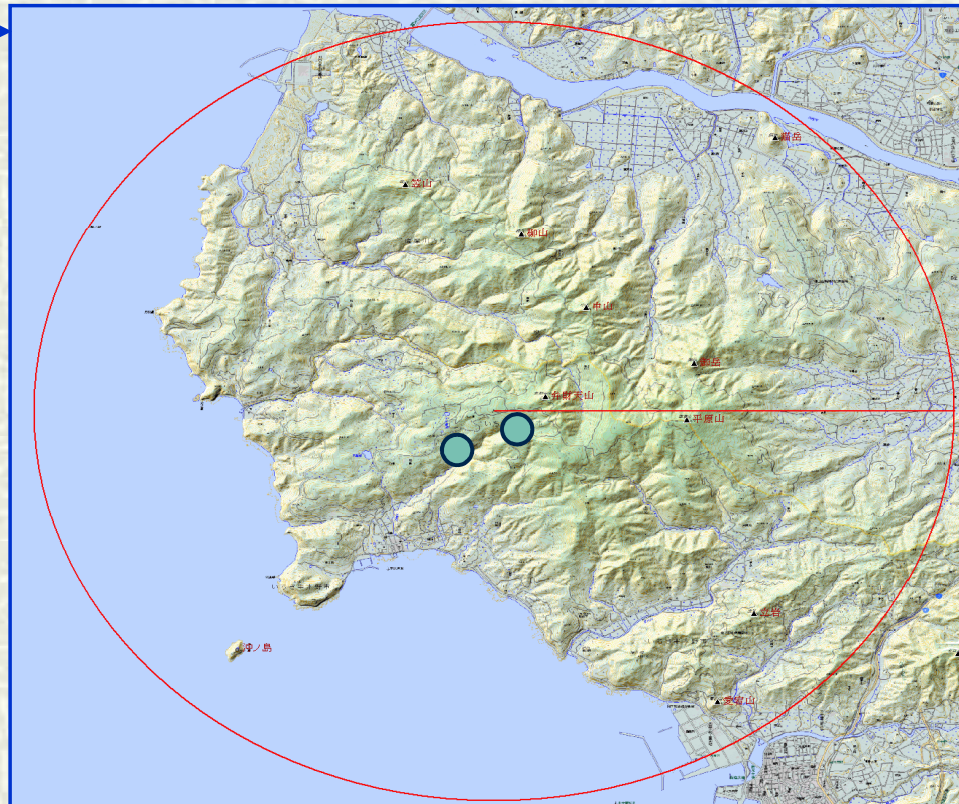
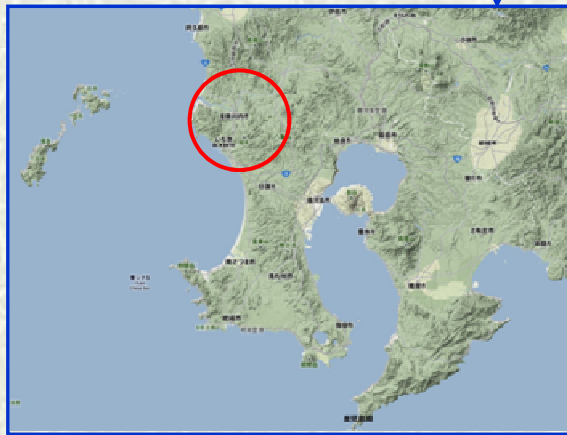
地形の影響を受けた設計風速の推定にあたり、**数値流体計算の妥当性の評価基準**を明確化する。

実在する複雑地形を対象として、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**および**そのデータ(入力条件・出力結果比較用データ)**を提示する。

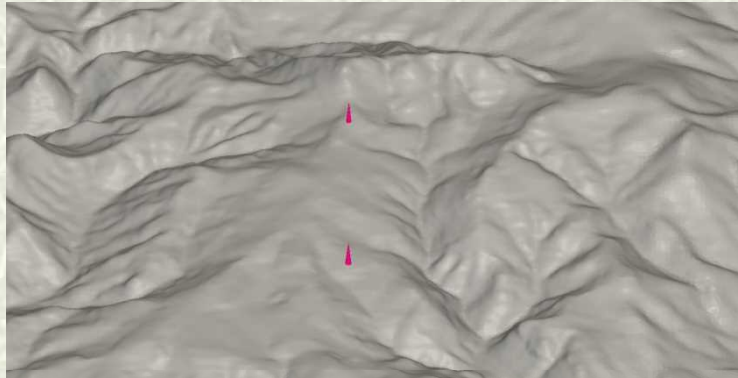
ベンチマークテスト対象地域

①鹿児島県いちき串木野

②山口県白滝

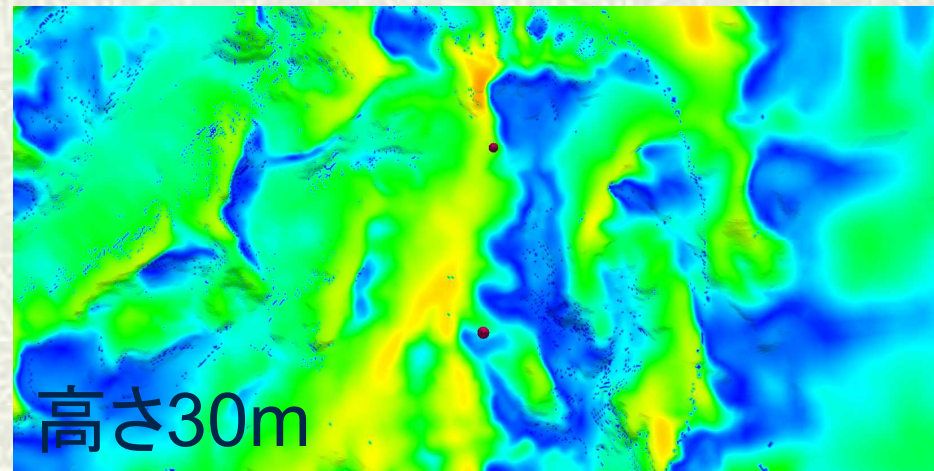
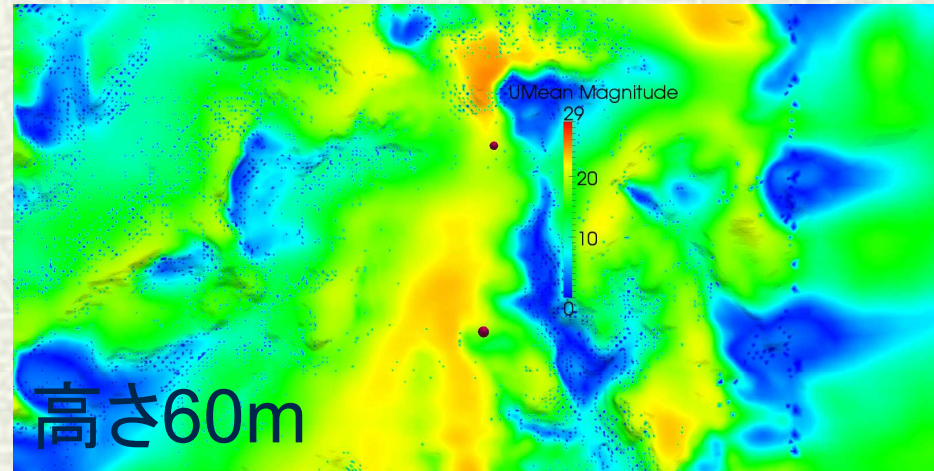


解析結果①平均風速コンター図

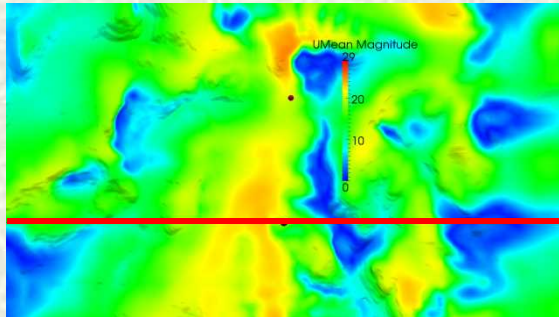


Wind
→

平面的な平均風速分布の傾向を確認



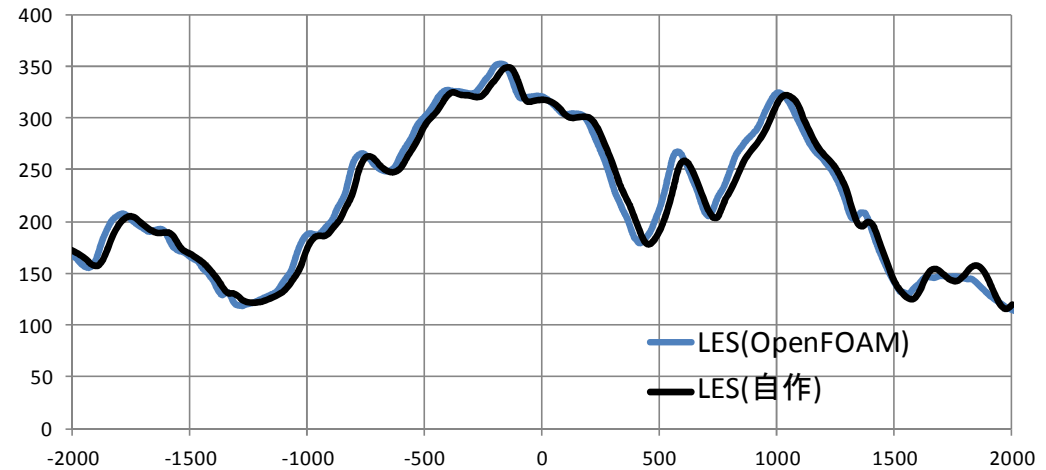
解析結果②鉛直断面の風速



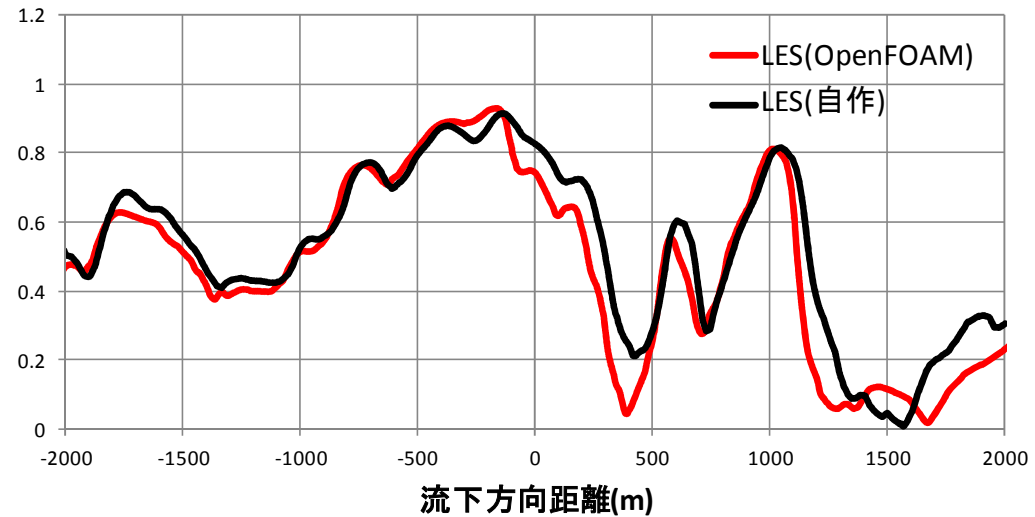
Wind
→

地形断面と平均
風速の関係を確
認

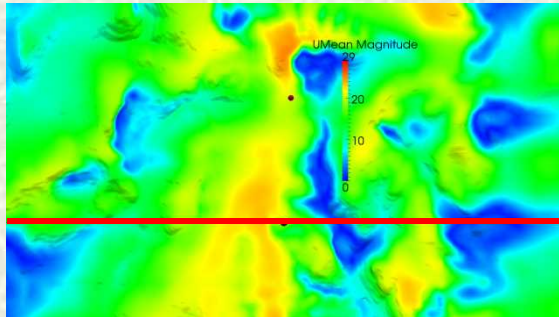
標高(m)



風速比

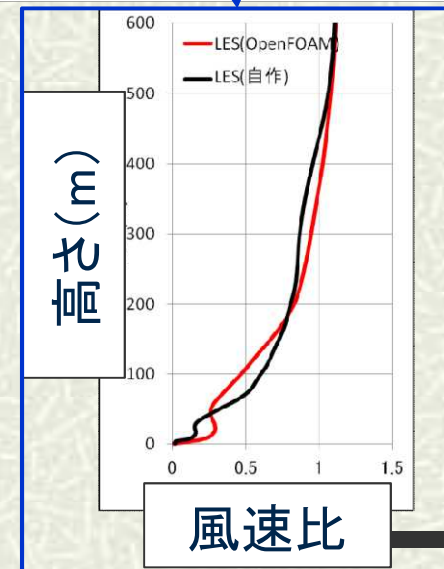
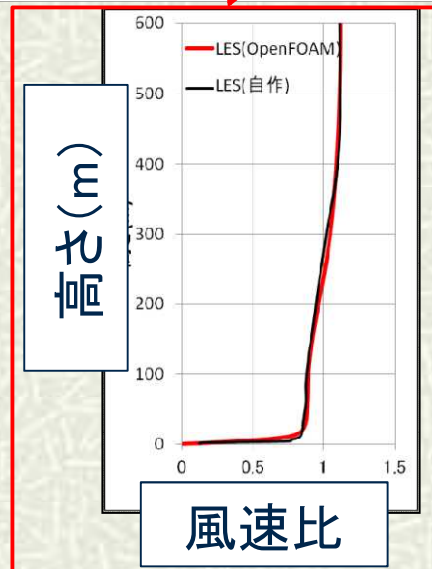
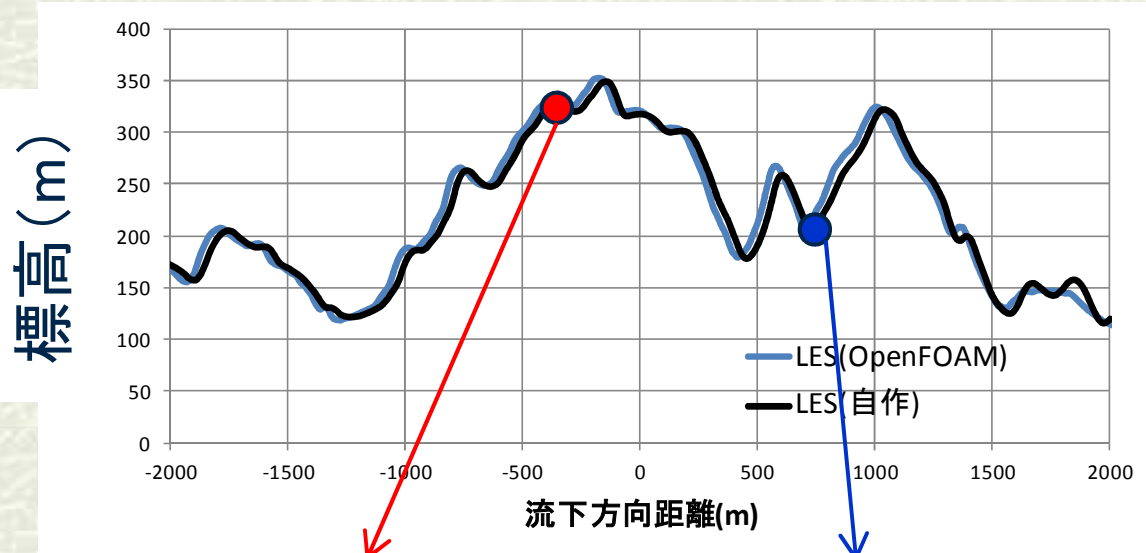


解析結果③鉛直プロファイル



Wind
→

地形断面と風速
の鉛直分布の
関係を確認



WEI

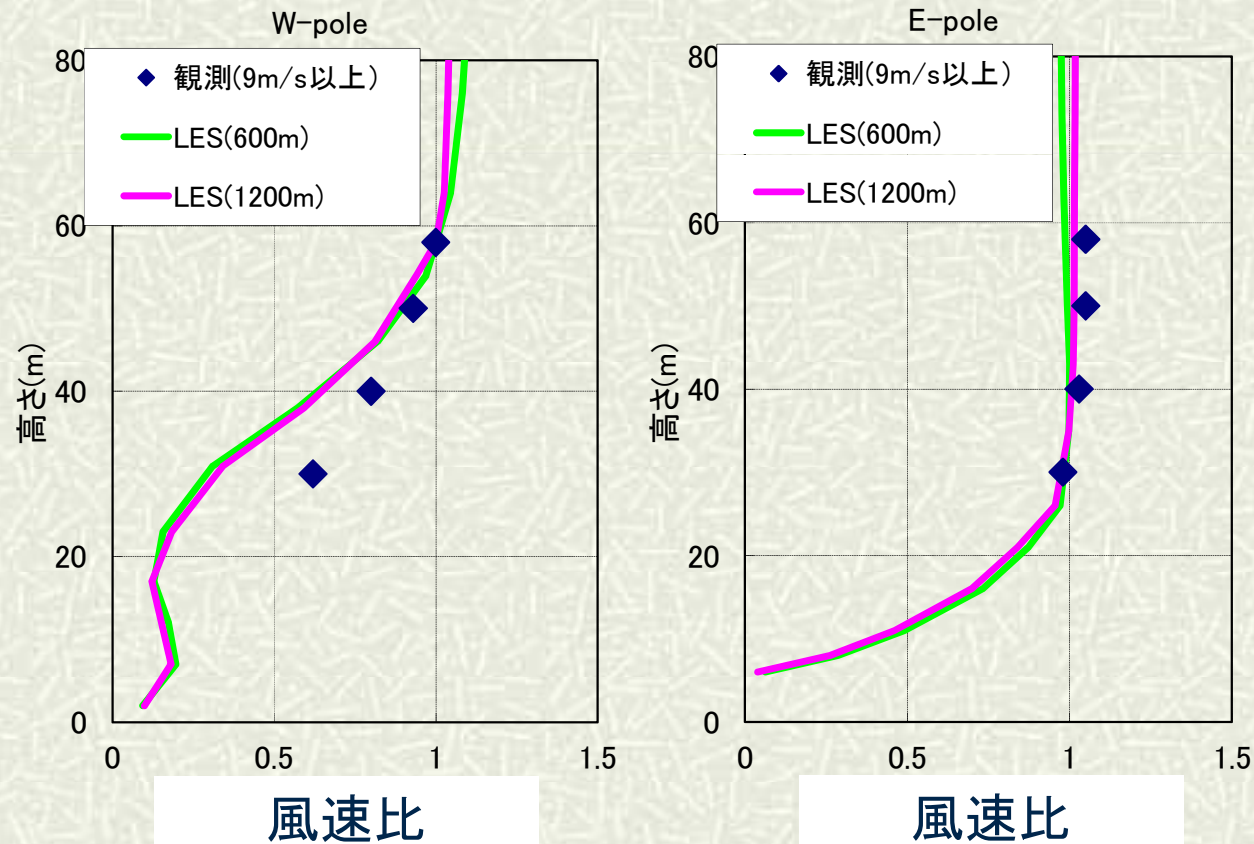
複雑地形における条件の整理

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た。

- 解析領域の大きさの設定
- 地形データ
- 地表面境界条件
- メッシュ形状
- 流入境界条件
- 乱れのスケール

乱れのスケールの影響

局所的な地形の起伏の影響を強く受ける地表近傍では境界層厚さ δ の大きさによる差はほとんど見られない。



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単純地形(傾斜地, 孤立峰)を対象に, 数値流体計算を実施してデータを蓄積し, データベースの構築を目指す。

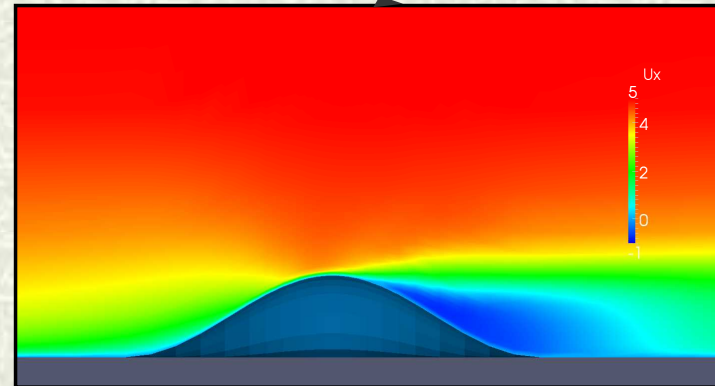
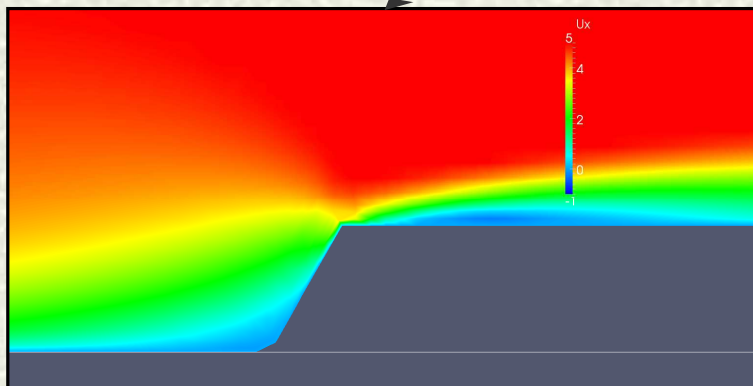
傾斜角, 風向角, 地表面粗度を変えた場合の風速の割り増しを整理する。

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。

データベース計算パターン

傾斜地			風向角				
			0°	15°	30°	45°	60°
傾斜角	7.5°	滑面	Blue				
		粗面	Yellow				
	15°	滑面	Blue				
		粗面	Yellow				
	30°	滑面	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue
		粗面	Yellow				
	45°	滑面	Blue				
		粗面	Yellow				
	60°	滑面	Blue				
		粗面	Yellow				

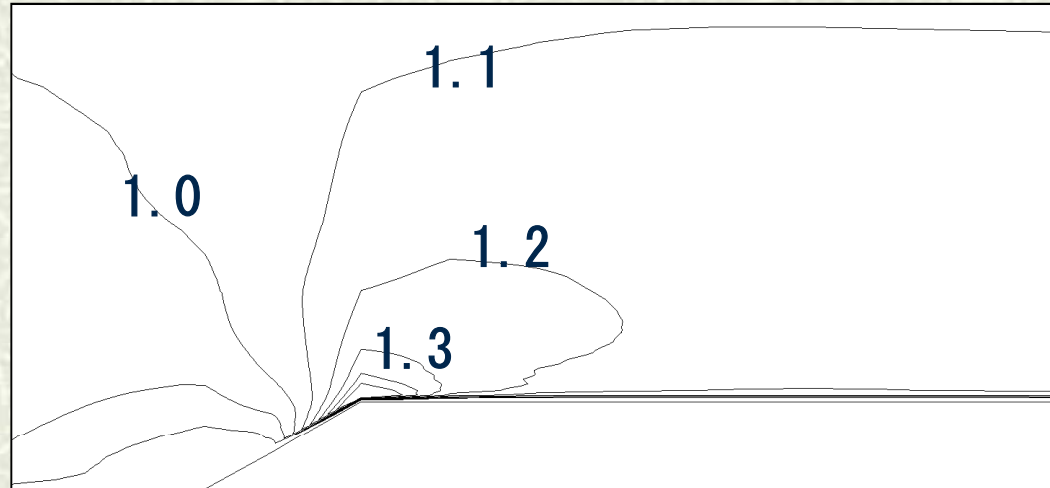
孤立峰			
高さ	H/4	滑面	Blue
		粗面	Yellow
	H/2	滑面	Blue
		粗面	Yellow
	H	滑面	Blue
		粗面	Yellow



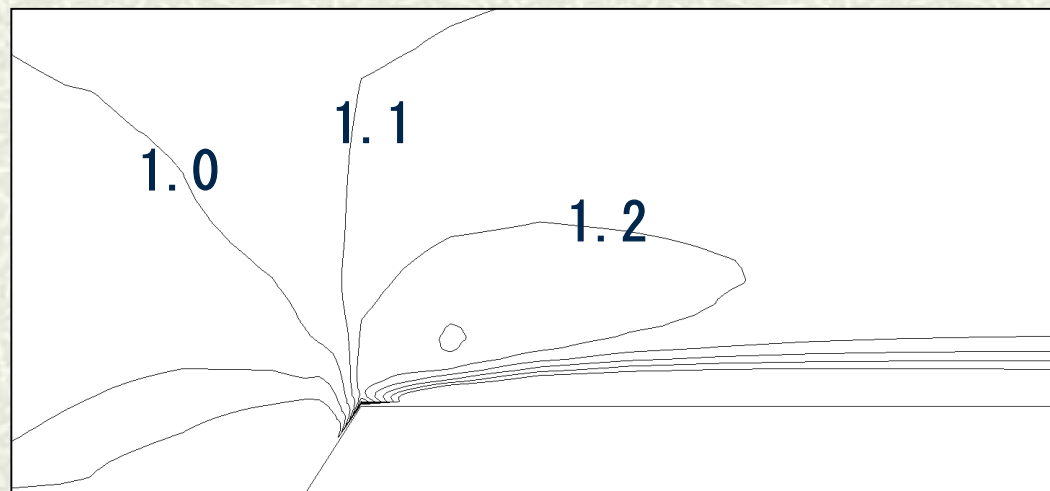
WEI

データベース①傾斜角の違い

風向 0°
滑面



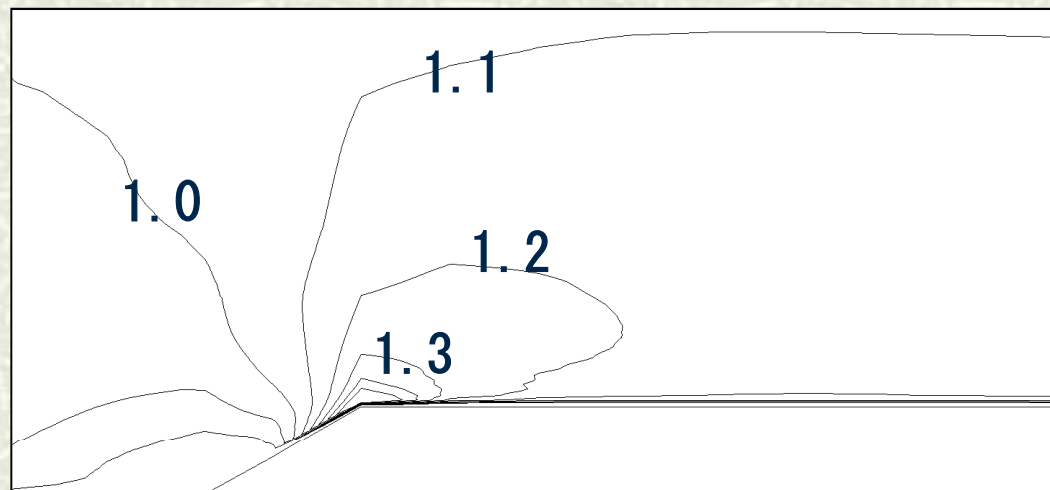
傾斜角
 30°



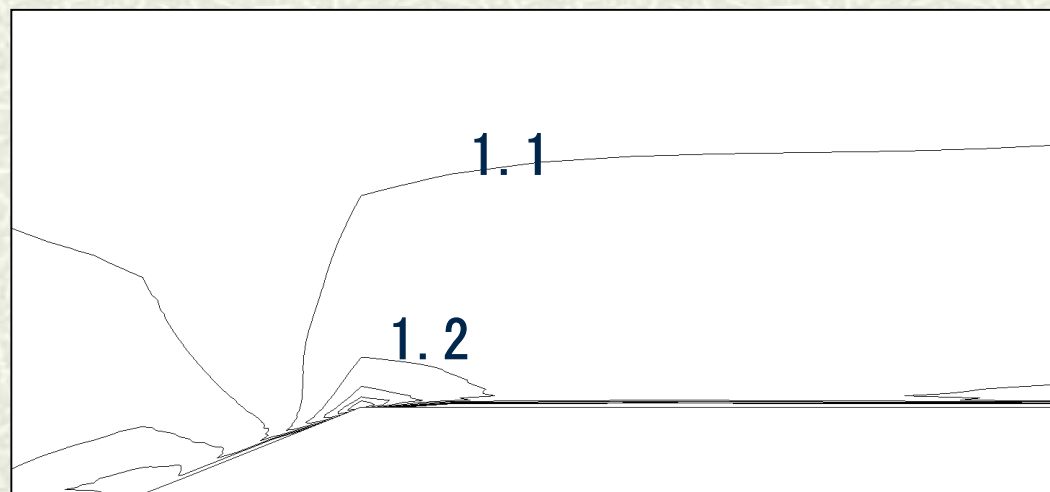
傾斜角
 60°

データベース②風向の違い

傾斜角 30°
滑面



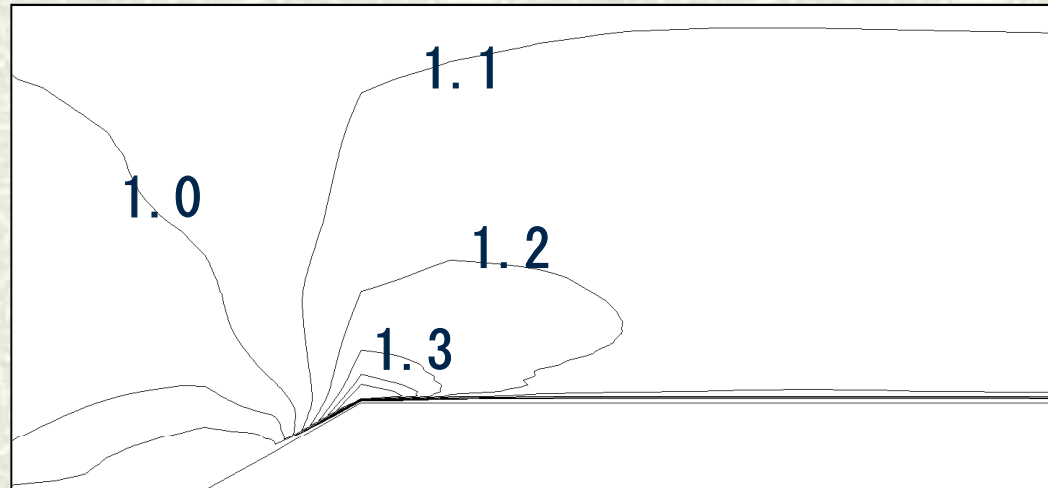
風向
 0°



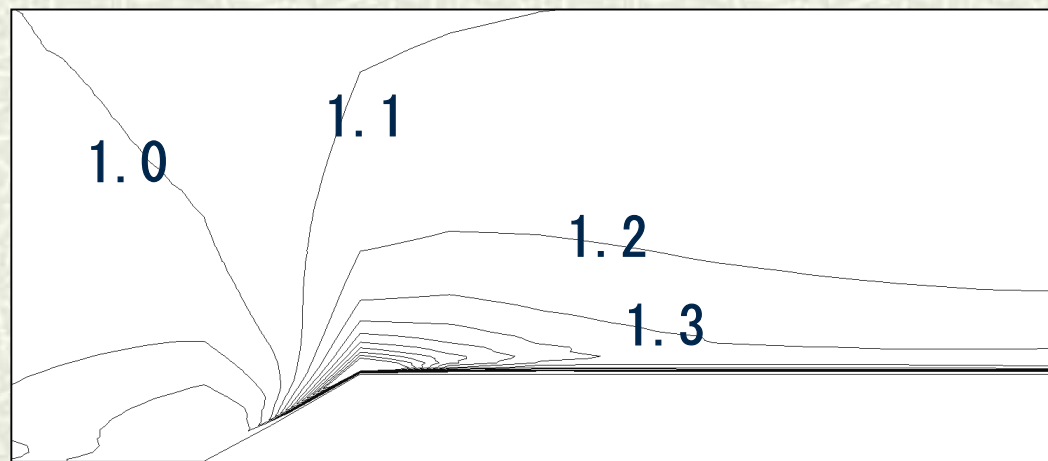
風向
 45°

データベース③地表面の違い

風向 0°
傾斜角 30°



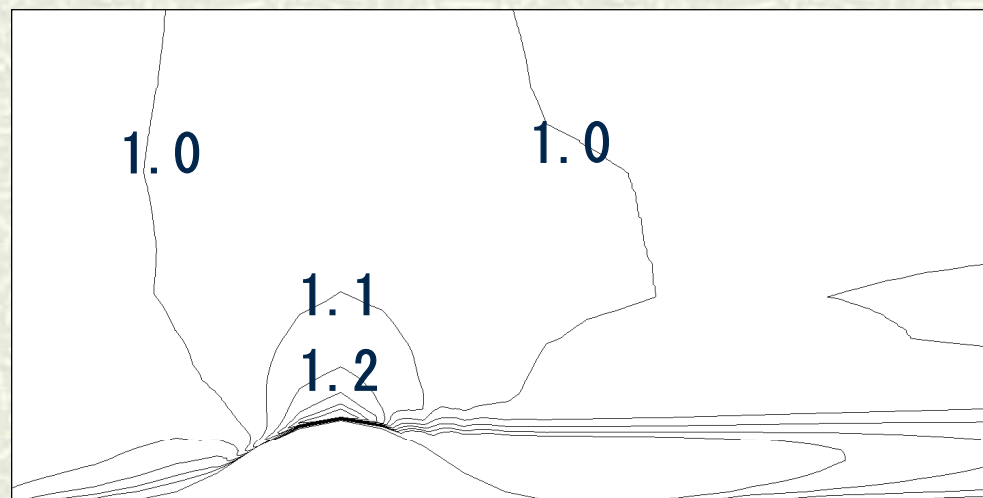
滑面



粗面

データベース④地表面の違い

孤立峰

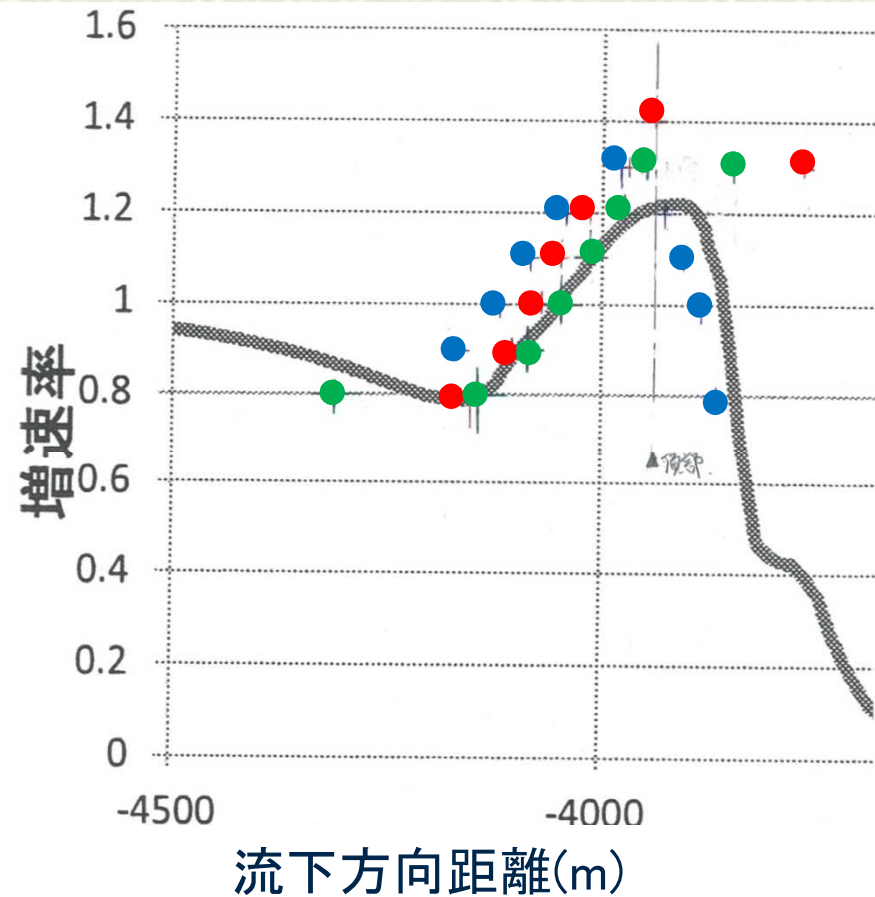


滑面



粗面

データベースの実地形への適用例



- : 2次元傾斜地(傾斜角30° 滑面)
- : 2次元傾斜地(傾斜角30° 粗面)
- : 孤立峰

第6章 塔状工作物の地震応答スペクトルによる構造計算に関する検討

- ・高さ60m以下の工作物
⇒平成20～22年度に構造計算について検討



- ・高さ60m超の工作物
⇒60m超の建築物と同様に大臣認定が必要
(時刻歴応答解析)



塔状工作物(風力発電設備支持物, 煙突)において, 時刻歴応答解析に代わり, 応答スペクトル法が適用できるかについて検討する。

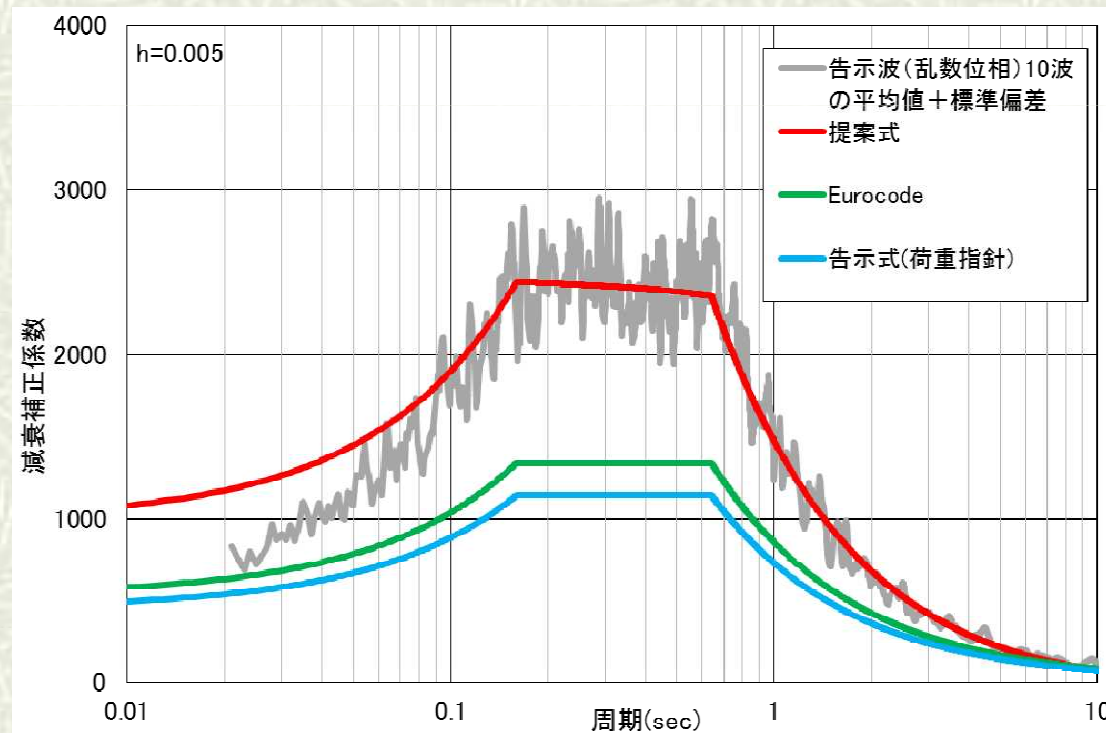
風力発電設備支持物における提案事項

	提案事項	告示 (時刻歴応答解析)
解析モデル	SRモデル	⇒
固有周期	固有値解析	⇒
地盤増幅	応答スペクトル法による地盤増幅評価	告示波を入力としたSHAKEあるいは逐次非線形解析による時刻歴応答解析
せん断力 曲げモーメント	応答スペクトル法 (CQC法) + 低減衰 補正係数	時刻歴応答解析

応答スペクトルの減衰補正係数

$$\text{減衰補正係数 } F_{\zeta}(\zeta, T, \gamma) = \begin{cases} \left(\frac{7}{2+100\zeta} \right)^{aT+b\gamma+0.5} & , \zeta < 0.05 \\ \left(\frac{7}{2+100\zeta} \right)^{0.5} & , \zeta \geq 0.05 \end{cases}$$

$a=-0.07, b=0.7, \gamma=0.85$ (クォンタイル)



風車の試設計モデル

風車モデル

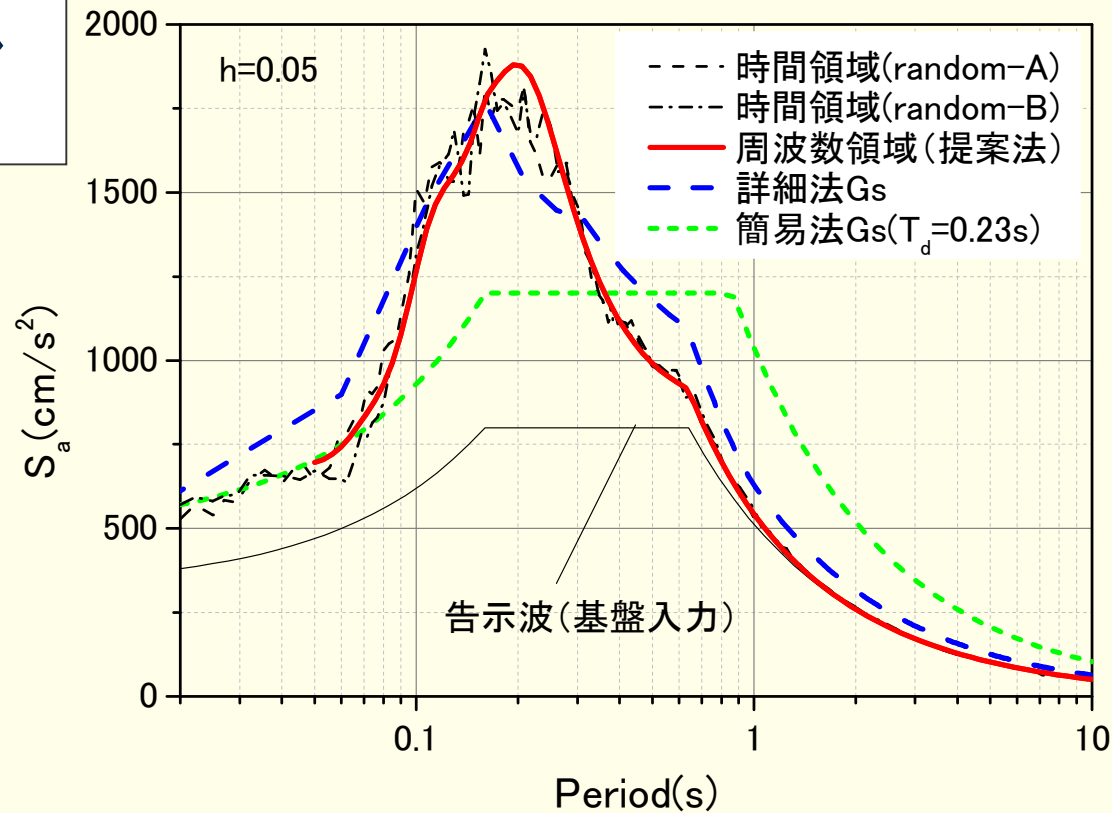
モデル	75mタワー	90mタワー
ハブ高さ(m)	75	90
1次モードの周期(s) (固有値解析)	2.52	3.33
構造減衰比(%)	0.8	0.8

地盤モデル

地盤1	直接基礎が成立する比較的良好な地盤
地盤2, 3	杭基礎支持となるやや軟弱地盤
地盤4	軟弱地盤

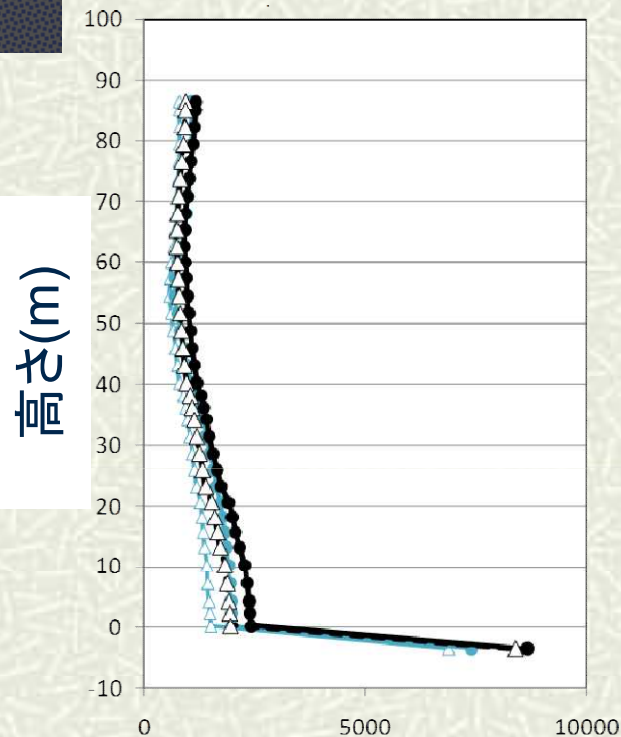
地表面応答の応答スペクトル

地盤モデル
1

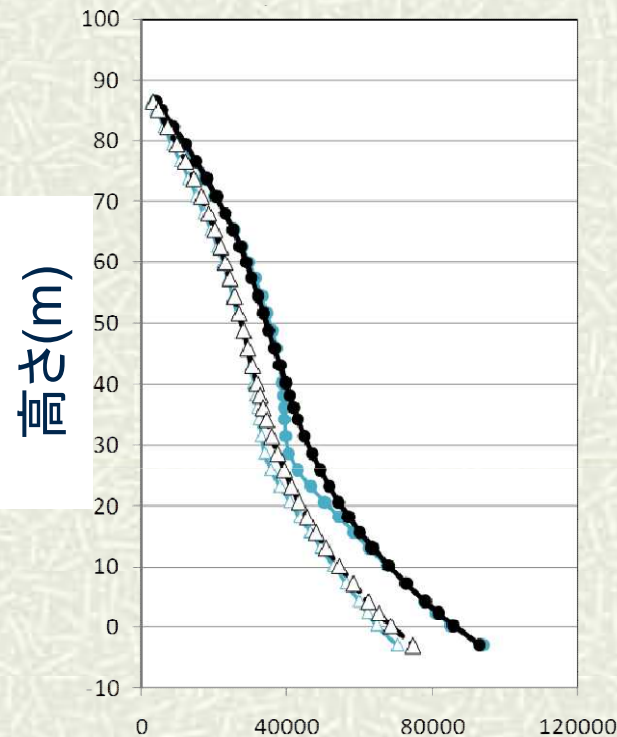


本提案法と時刻歴応答解析の対応が良い

風車タワーの地震荷重(90m)



せん断力



転倒モーメント

CQC法

—△— $\gamma = 0.5$

—●— $\gamma = 0.85$

時刻歴応答解析

—△— 平均値

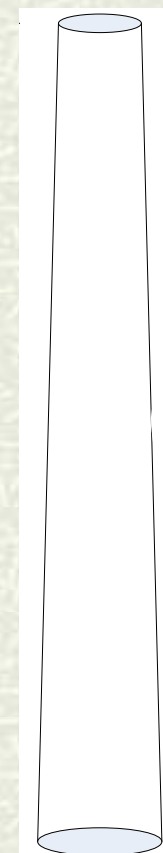
—●— 平均値 + 標準偏差

応答スペクトル法(CQC法)($\gamma=0.85, 0.5$)は、時刻歴応答解析(平均値 + 標準偏差, 平均値)と概ね対応していることを確認した。

S煙突の検討

煙突モデル

高さ(m)		60	80	100
筒身 内径(m)	頂部	3.7	5.0	6.2
	脚部	5.5	7.3	9.1
筒身 板厚(m)	頂部	9	12	12
	脚部	16	19	25
ライニング厚さ(mm)		50		
鋼板材質		SS400		



S煙突の検討結果

■稀に発生する地震力

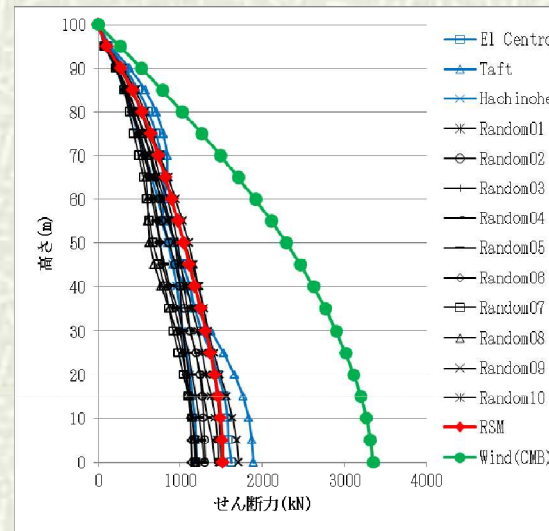
応答スペクトル法 (SRSS) と時刻歴
応答解析結果の対応は良い。

※ただし, 組み合わせ風荷重が支
配的

■極めて稀に発生する地震力
時刻歴応答解析結果は, 応答スペ
クトル法 (SRSS) の応答を上回って
いる。

⇒地震波形がGs(簡易式)に基づ
いて作成され, 応答レベルが稀
の地震力の5倍になるため

せん断力(100m)



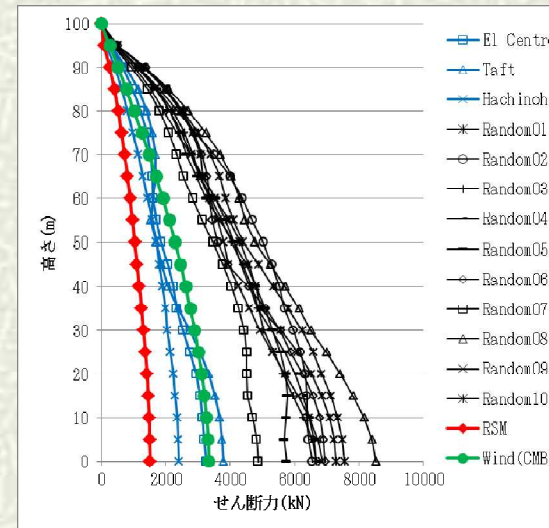
◆ SRSS

— 観測波

— 告示波

●

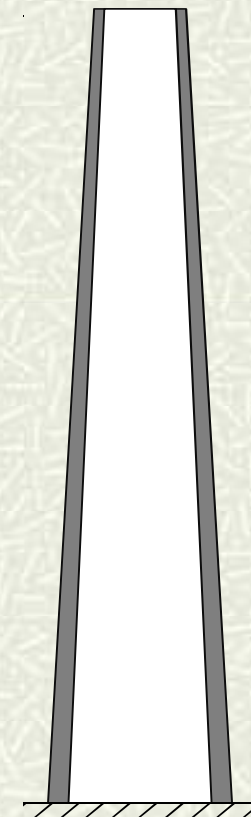
組み合わせ
風荷重



RC煙突の検討

煙突モデル

高さ(m)		60	100	150	200
筒身 外形(m)	頂部	3	5	7.5	10
	脚部	5.4	9	13.5	18
筒身 壁厚(m)	頂部	0.25			
	脚部	0.5			
コンクリート F_c		27			
鉄筋主筋		SD345			
鉄筋あばら筋		SD295A			
基礎		固定			



WEI

RC煙突の検討結果

■稀に発生する地震力

高さ150, 200mは, 時刻歴応答解析結果は
応答スペクトル法 (SRSS) と対応が良いが,
高さ60, 100mはSRSSによる値が大きい。

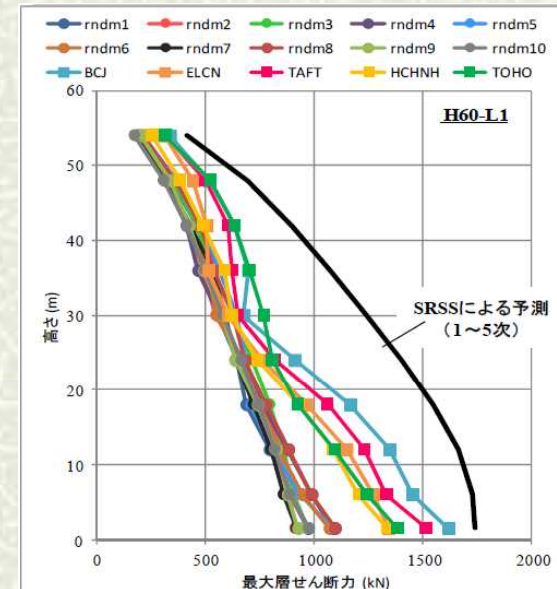
⇒高さの低いモデルでは, M_c を超えてから
の剛性低下が大きく, 長周期化したため
と考えられる。

■極めて稀に発生する地震力

高さの低いモデルで, 性能評価で求められるクライテ
リアを満足しない地震波が多くなることを確認した。

⇒地震波形が G_s (簡易式)に基づいて作成され, 応答
レベルが稀の地震力の5倍になるため

せん断力(高さ60m)



第7章 結（地形影響評価関連）

(1) 質の高い観測データが得られているいちき串木野を対象に、平成23年度と同様に数値流体計算による解析を実施し、数値流体計算プログラムの性能評価を行うための検討を行った。これらの検討結果および平成23年度の結果を踏まえて、いちき串木野と白滝を対象に、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提示した。数値流体計算を風速の割増係数の推定に用いることだけが目的であれば、このテストでほぼ十分である。ただし、実在地形においては、地表面の複雑な起伏の局所性、樹木などの地表被覆について、その影響がまだ未解明な部分も多く、これらの再現精度についての詳細な検討は、今後も継続する必要がある。また、今回は、対象となるサイトが2つだけであるが、その例も増やすことが望ましい。

(2) 実在地形を対象にした数値流体計算結果を基に、適切な数値流体計算を実施するための計算モデルの作成方法および計算条件を整理した。具体的には、解析領域の大きさの設定、地形データ、メッシュ形状、地表面境界条件、土地利用データ、スケールについて検討を実施した。今回示した条件が満たされれば、計算精度は確保されることになるが、最適な条件であるかについては、条件をパラメータとした感度解析を実施し、より詳細な検討を行うことが必要である。

第7章 結（地形影響評価関連）

(2) つづき…

特に、実在地形を切り出す範囲をどの程度にして計算モデルを作ればよいのか、重要な課題として挙げられる。

(3) 地形による風速の割り増しに関するデータベースを、数値流体計算結果を基に構築した。代表的な地形として、傾斜地および孤立峰を対象として数値流体計算を実施し、増速率のデータを整理した。特に、荷重指針では示されていない傾斜地における風向角の影響および地表面粗度の違いについても検討した。また、一例としてデータベースを実地形に適用した例を示した。告示における低層位置の設計風速は、本解析での接近流より大き目に設定している(Z_b 以下の風速を全て Z_b の風速としている)ので、この増速率は過大の評価となることがある。また、様々な実地形を対象とした場合、ここで示したデータベース以外にも、曲線の傾斜断面を有する場合、傾斜角が変化する場合、谷筋などのような三次元効果を有する特殊な地形などについてのデータベースの充実およびデータベースの適用方法に関する検討が必要である。

第7章 結（外装材関連）

(1) 平成23年度に提案した屋根ふき材等耐風設計構造計算確認表について、設計者へアンケート調査や日本建築行政会議の代表者らと意見交換会を行い、確認表運用上の課題等について把握し、屋根ふき材等耐風設計構造計算確認表作成マニュアルに反映させた。屋根ふき材等の構造計算が適切かつ円滑に実施されることを目的として確認表を提案した。

(2) 5年間の調査検討の成果として、屋根ふき材等の構造計算が確実に実施されるようになることを目的に、屋根ふき材等耐風設計構造計算確認表を提案し、そのマニュアルを作成した。

(3) 屋根ふき材等への風による飛来物に対する耐衝撃性能に関する海外の基準類を整理検討した。ASTME E1886とASTME E1996で定められた試験方法および評価法により窓シャッター・雨戸および外壁の国内流通品の耐衝撃試験を実施し、飛来物耐衝撃性能を評価した。

本外装材検討グループで実施した耐衝撃試験に使用した外装仕上げ材は、市販されている製品のうちのごく一部の製品である。今後様々な外装仕上げ材について耐衝撃試験が実施され、わが国の建築物の飛来物に対する防御を検討する上で参考となるデータの拡充が望まれる。

第7章 結（部材振動関連）

(1) 煙突支持部材などの細長い部材の共振（渦励振）に関して，国内外の諸基準や既往の研究成果を踏まえて，共振の判断基準，共振時の風荷重及び疲労などの評価手法を検討した。その結果，部材の長さ，剛性，質量および端部の境界条件に応じた共振風速の簡易推定式を提案した。特に，鋼管に対しては渦励振の検討をするための判断基準として，部材のアスペクト比を用いた簡易推定式を提案した。特に，鋼管に対しては渦励振の検討をするための判断基準として，部材のアスペクト比を用いた簡易推定式を提案した。

(2) 渦励振時における疲労の照査方法に関する一連の評価フローを提示した。

(3) 円形断面以外の部材では，渦励振のみならずギャロッピングやフラッター等の空力不安定振動の検討が必要となる。これらについては，現在多岐にわたる研究が進められており，今後の検討課題としてあげられる。

第7章 結 季節別設計風速関連

(1) 特定の期間に設置される構造物の設計風速の季節係数を検討した。その結果、台風季を6～10月、非台風季を11～5月とし、各気象官署について、月別、台風季および非台風季の季節係数を示した。このことにより、仮設建築物のように季節限定で設置されるような建築物等に対しては、建築物等を設置する季節と場所に応じて、建築基準法施行令第87条第12項に規定されている基準風速 V_0 に季節係数を乗ずることで、限定された季節に設置される構造物等の設計風速を評価する方法を提案した。

(2) ただし、気象記録が必ずしも十分でない、気象官署から離れた地域での取り扱い等、課題があり、具体的な使用に当たっては、非常に小さな値を用いないなど、留意する必要がある。

第7章 結（地震応答スペクトル関連）

(1) 風力発電設備支持物

地盤増幅について、提案している応答スペクトル法による評価法は、短周期側でやや過大な評価が見られるが、概ね時刻歴応答解析と同等の結果が得られた。なお、この手法は手計算では難しく、簡単なプログラムは必要である。限界耐力計算の評価方法は、簡便法は総じて過大評価、詳細法は短周期側で過大評価となっていた。

風力発電設備支持物の地震荷重の評価について、極稀な地震に対する減衰補正係数の算定において、クォンタイル0.5を用いた場合、時刻歴応答解析の平均値、クォンタイル0.85を用いた場合、時刻歴応答解析の平均値+1sと良い対応があることが分った。

以上から、ここで提案した手法は、地盤が等価線形性を維持する場合には、時刻歴応答解析とほぼ同等の評価を得るものと考えられる。

第7章 結（地震応答スペクトル関連）

(2) 煙突

稀に発生する地震，風に対しては，減衰補正式として石原の式を用いた場合，現状の設計と同程度の照査結果が得られることが分った。なお，SRSSと時刻歴応答解析の結果の比較では，鋼製煙突はほぼ同じ，鉄筋コンクリート煙突では高さ100m以下程度では，SRSSがやや大きめに評価を与えた。これはひび割れ後の剛性低下の影響と見られる。なお，鋼製煙突の場合，支配的な外力は風方向と渦励振による風直交方向の組合せ風荷重であった。

極稀に発生する地震，風に対しては，地震の告示波の検討で設計クライテリアに収まらないケースが多発した。これは，極稀地震が稀地震の5倍の強さになっていることが主な原因である。

従って，ここで想定した加速度応答スペクトル法を単純に適用した場合，現状設計と乖離したものとなる。適用にあたっては，地盤増幅等も含め，さらなる検討が必要である。