

根占風力発電所 タワー健全性調査結果について (第5報)

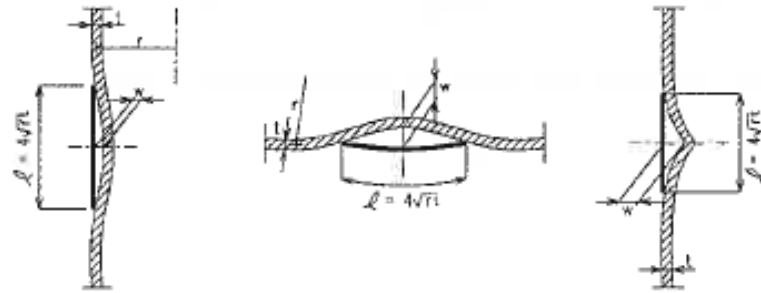
2015/07/30

南九州ウィンドパワー社

1. タワー表面不整調査

根占7号タワーの損傷が、当初からあったタワーの初期不整であると推定されたことから、2014年10月29日～11月6日に、根占7号以外のタワーの初期不整の状況について調査した。なお、初期不整の許容値については、土木学会風力発電設備支持構造物設計指針の以下を参考とした。

なお、座屈耐力に関しては初期不整や残留応力の影響が大きいことが知られているが、初期不整等の問題については実験値も少なく、また、筒身の製作や据付の管理基準も少ないことから、タワー製作・施工の実状に合わせて設計することが望ましい。DIN 18800 Part4<sup>10)</sup>に許容初期不整値が規定されており参考となる。この中では図解7.16に示したように、筒身半径と板厚をもとに計算したゲージ長さ $l$ に対して、初期不整値 $W$ が $0.01l$ 以下であれば座屈耐力の影響が少ないとされている。



図解7.16 ゲージ長さ $l$ と初期不整値 $W$ の関係<sup>10)</sup>

位置	タワー半径 r(mm)	板厚 t(mm)	ゲージ長さ L(mm)	許容 不整値 W(mm)	
					位置
T4	H	1117.5	10	422.8	4.23
	G	1099	14	496.2	4.96
T3	F	1099	15	513.6	5.14
	E	1428.5	19	659.0	6.59
T2	D	1428.5	20	676.1	6.76
	C	1661	22	764.6	7.65
T1	B	1661	22	764.6	7.65
	A	1937.5	24	862.6	8.63



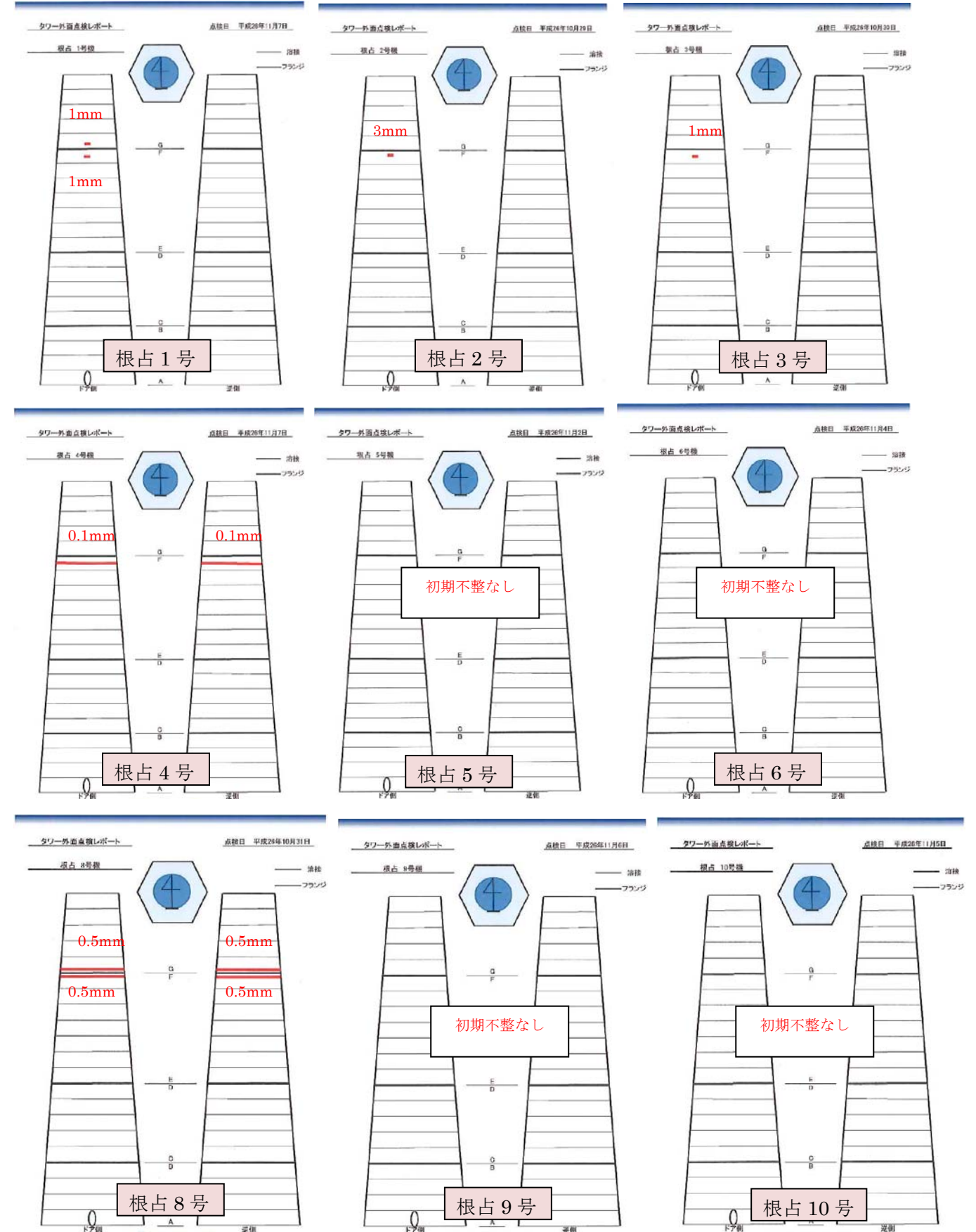
No.1 Gポジション  
測定  
1mmの凹みを確認  
許容不整値内

タワー節	高さ位置	B-3 (C-3)
T4	H	2235
	G	2198
T3	F	2198
	E	2857
T2	D	2857
	C	3322
T1	B	3322
	A	3875

←タワー直径(mm)  
300mmのゲージを用いて行う場合は、  
上記式より、許容初期不整値は3mmとなる。

調査方法は、ロープアクセスでタワーに登り、初期不整部分に楕円ゲージを当てて、不整値を計測した。最も初期不整が大きかった根占2号機は、2014年10月29日の調査では300mmゲージを用いて許容限度の3mmの初期不整値であった。そのため、2015年6月20日に根占2号機のみ600mmゲージを用いて再度計測したところ、不整は許容値の6mmに対して3mmであった。

タワー表面不整調査結果



2度の計測の結果、許容値を越える初期不整は見つからなかった。

## 2. 根占タワー3D スキャンによる真円度測定結果

根占1号機～10号機のタワーを3Dスキャンして真円度を確認した。

短径と長径の差を高さ方向に示したものが下のグラフである。真円度（短径と長径の差）は、最小で45mm（7号、9号）、最大で86mm（5号）であった。どの塔体にも満遍なく変形が現れている。フランジとフランジの間で変形が大きく、フランジ部は変形が小さい。変形の大きな塔体に真円度の高いフランジを取付ける際に、塔体に力を加えて接合した可能性がある。

測定日 根占7号 ナセル下架前 2014年7月11日 ナセル下架後 7月14日 7号以外 2014年11月5日～10日

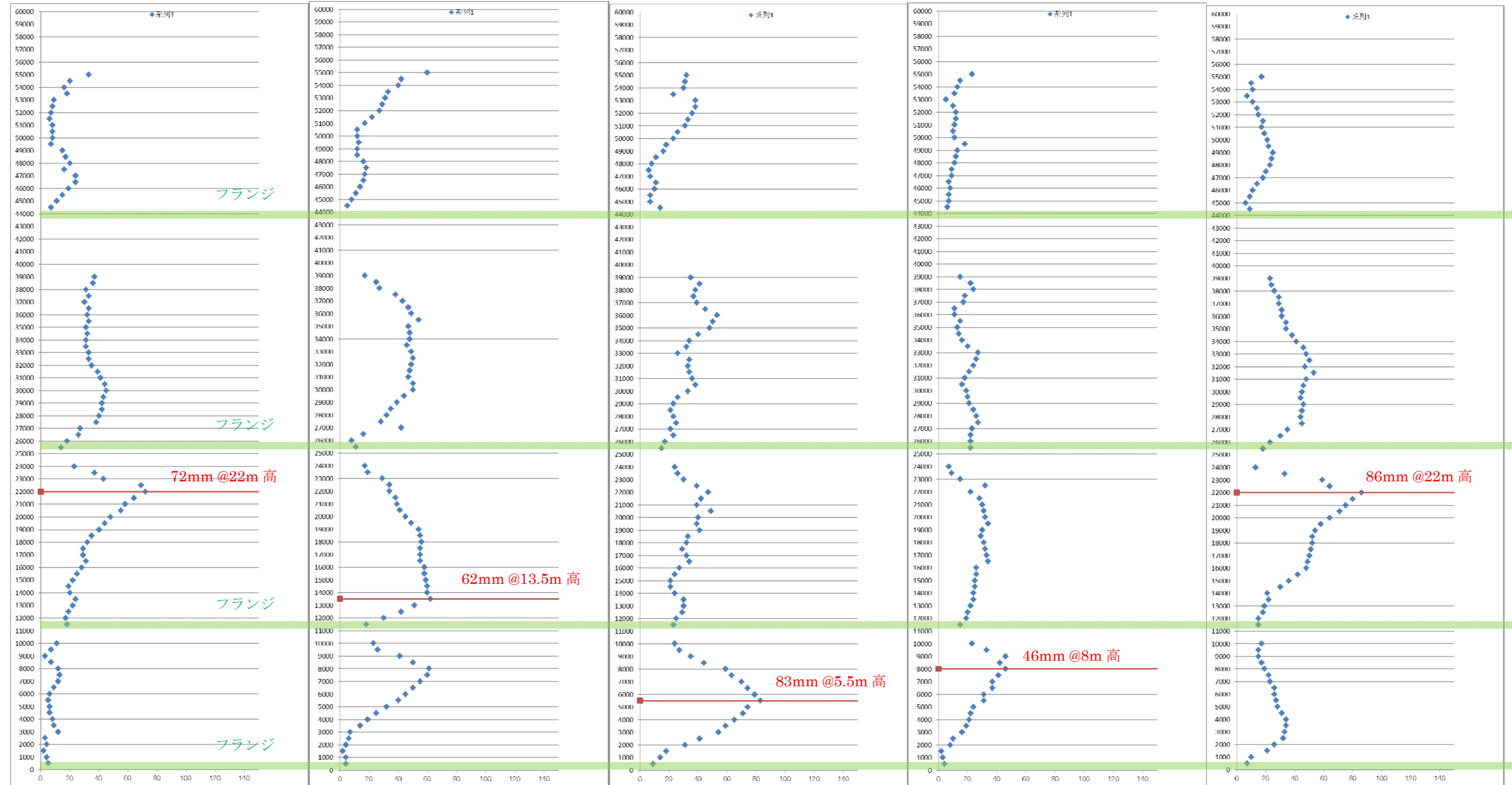
根占1号機

根占2号機

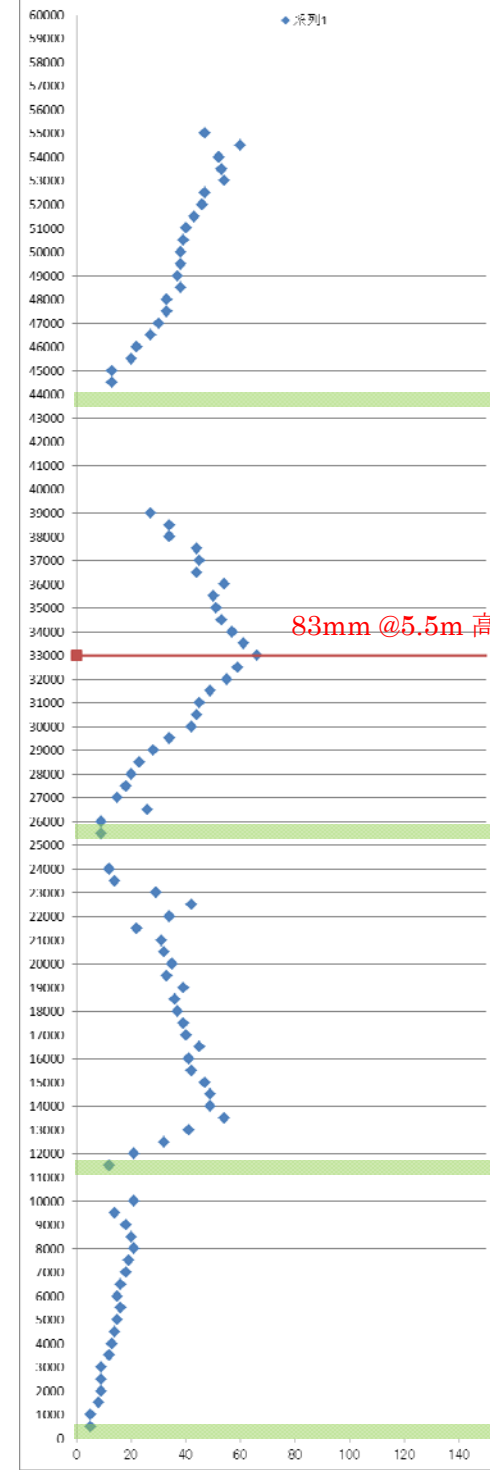
根占3号機

根占4号機

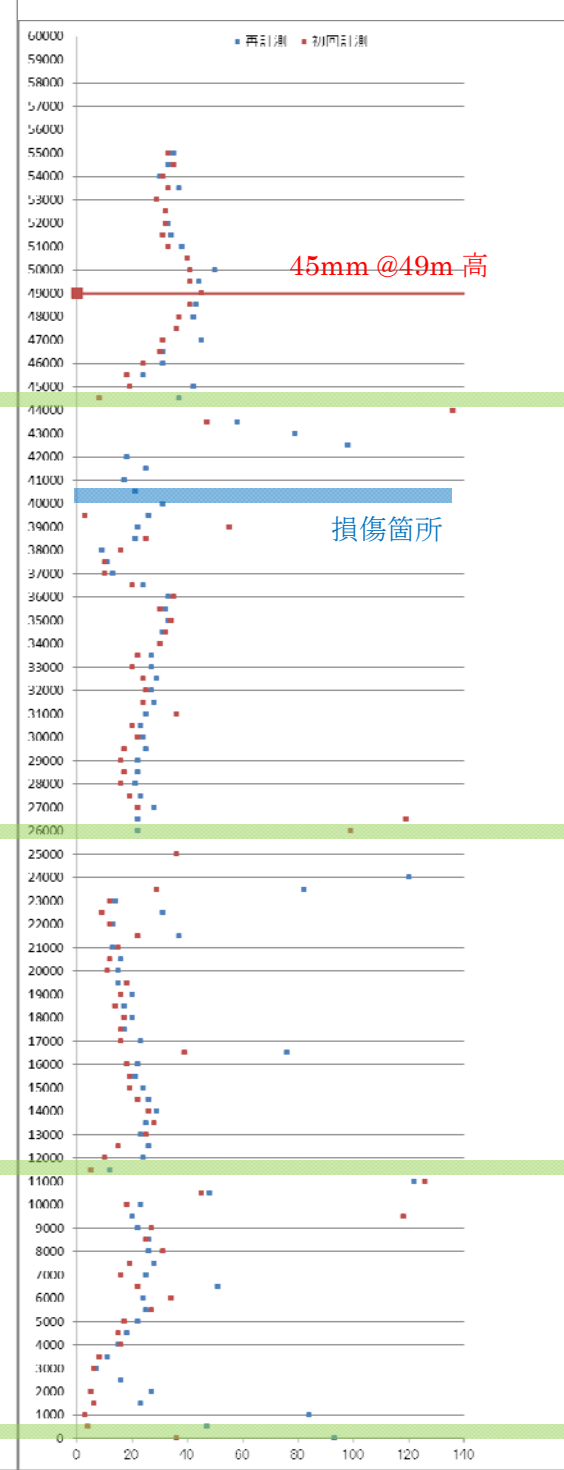
根占5号機



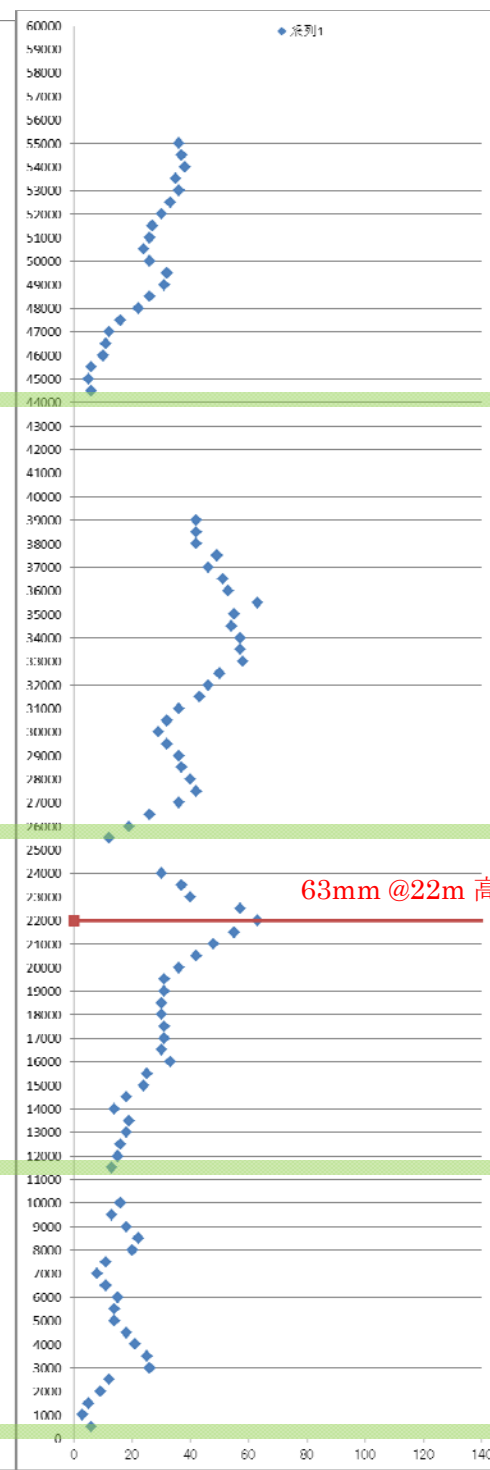
根占 6 号機



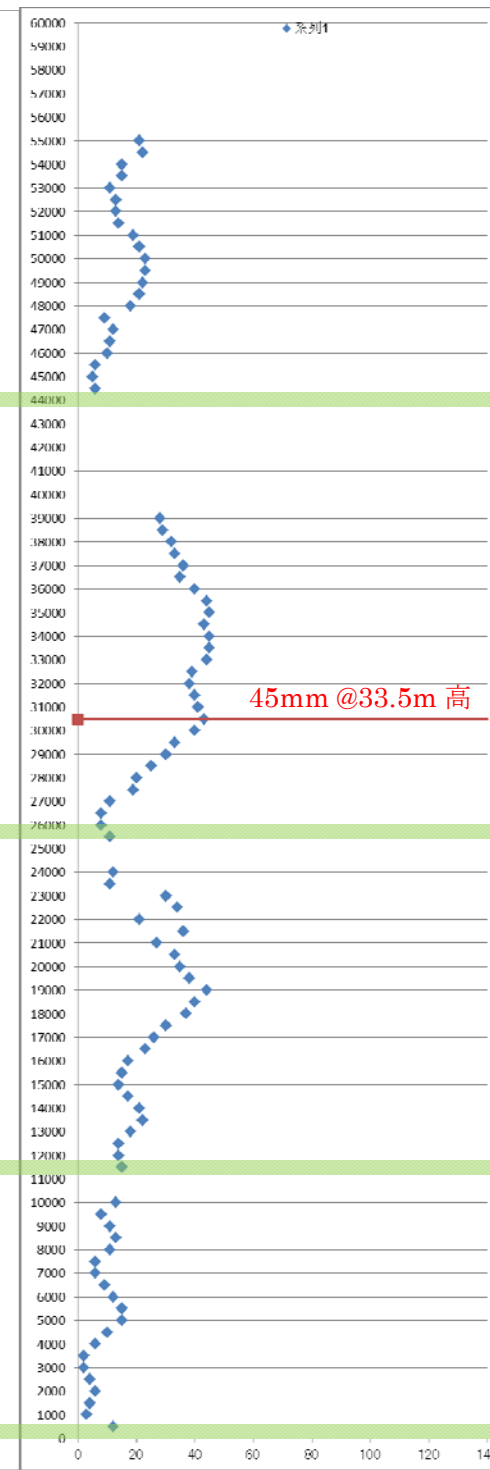
根占 7 号機 (タワー損傷)



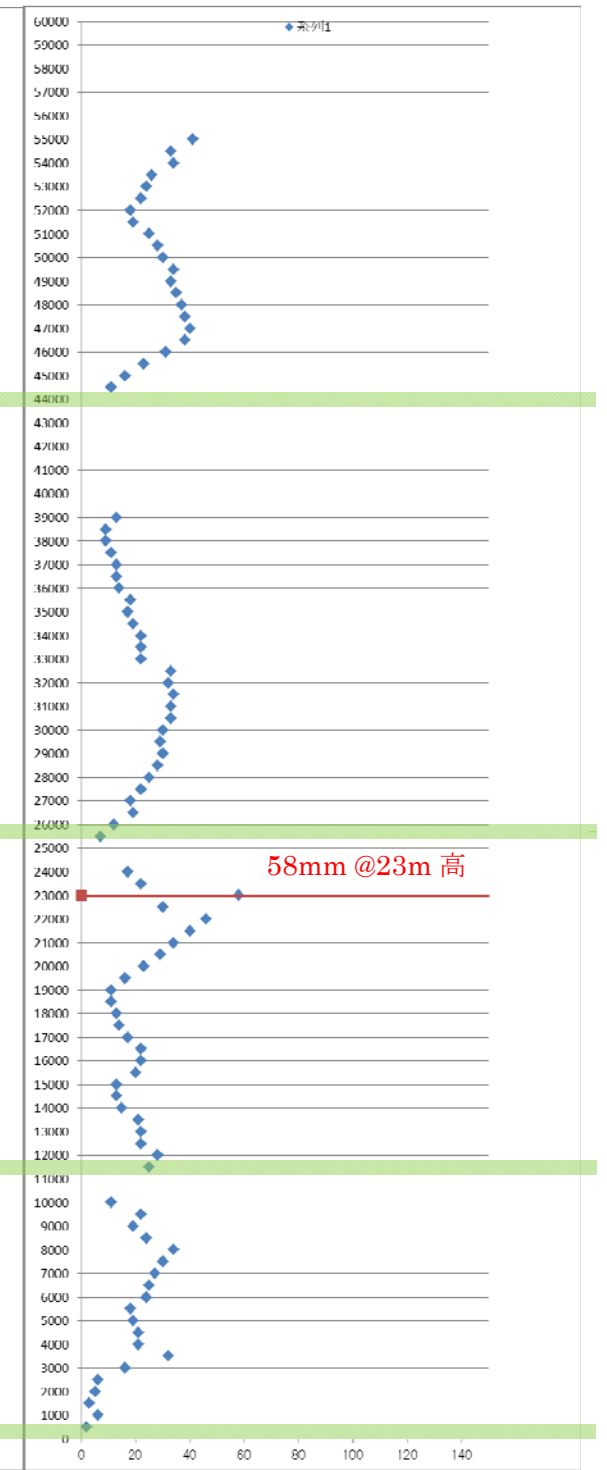
根占 8 号機



根占 9 号機



根占 10 号機



### 3. タワー強度 FEM 解析

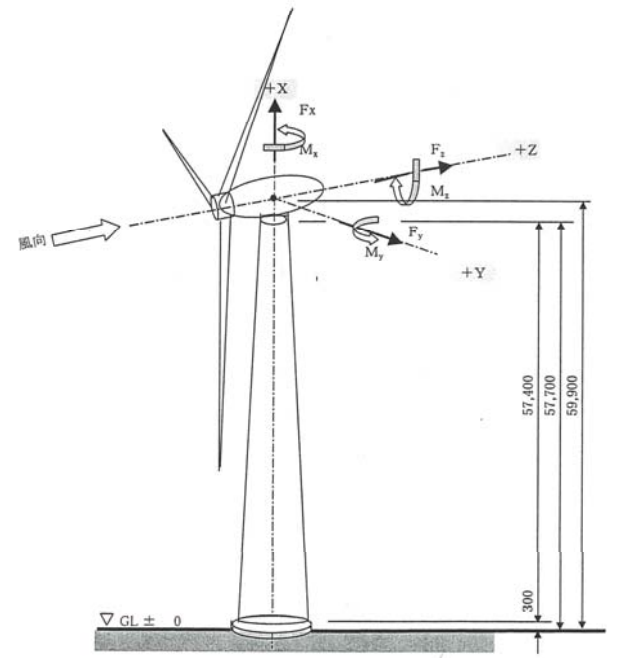
3D スキャンによる真円度測定により、最も変形が大きいと判断した根占 5 号機について、FEM 解析により強度検討を実施した。

#### (1) 解析方法

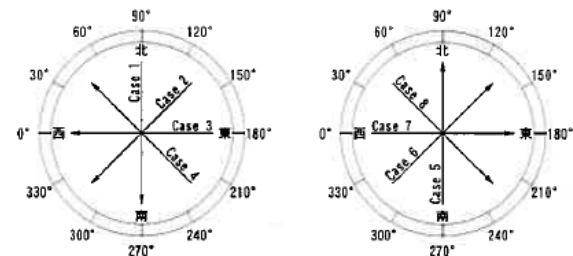
- (a) 3D 解析によりタワー形状を精密計測
- (b) タワーの FEM モデル構築
- (c) モデルに暴風（ハブ高にて 77.4m/s 相当）を加えて、タワー各部の歪みを解析

エ. 機械荷重  
翼及びナセルからタワー(鉄塔)へ伝達される機械荷重は以下の通りである。

	軸方向力			曲げモーメント		
	水平力			捻り	Y軸廻り	Z軸廻り
	鉛直	真横方向	正面方向			
$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$	
定格運転時	-709.75	-0.55	128.09	-197.13	203.05	-644.36
カット外時	-708.75	-1.20	175.65	-215.52	39.21	-614.44
暴風時	-714.90	0.00	628.72	0.00	-841.51	0.00
一翼折損時						
翼真上	-711.72	10.62	89.14	-155.17	1,131.19	-398.29
翼真横	-674.45	-47.28	91.28	-1,111.51	109.37	-548.48
翼真下	-617.48	-10.74	89.55	-142.24	-874.67	-455.43

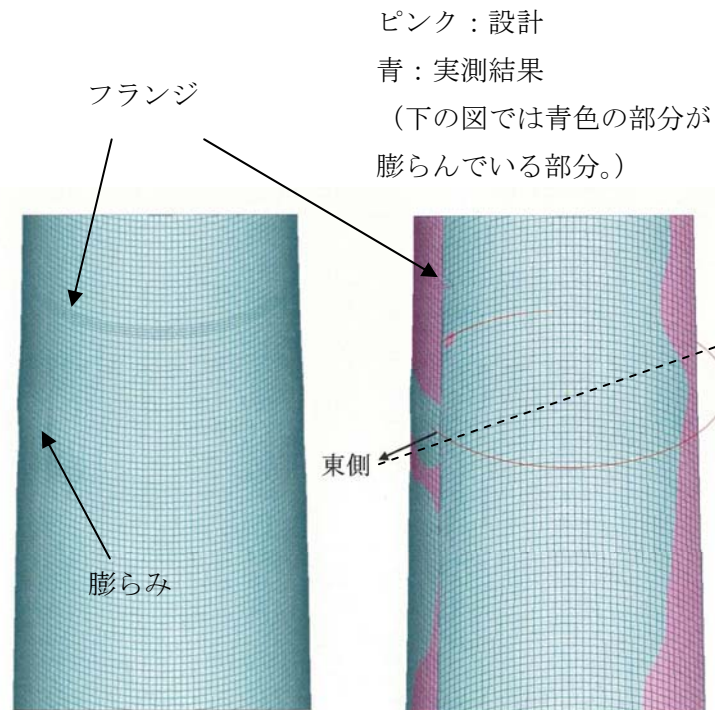


風荷重 (建築確認申請書より抜粋)



ラダー位置を基準(0°)として定義

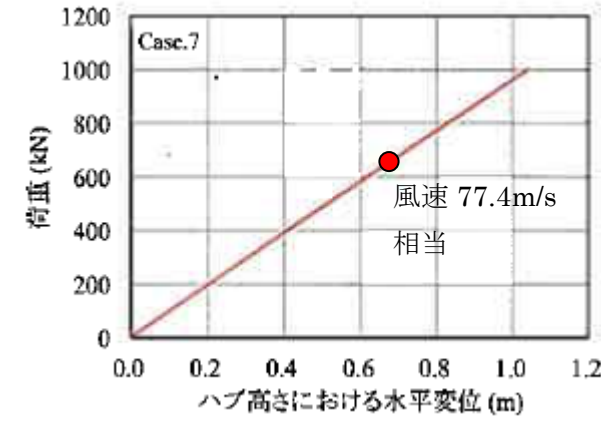
風荷重方向 (8 方位)



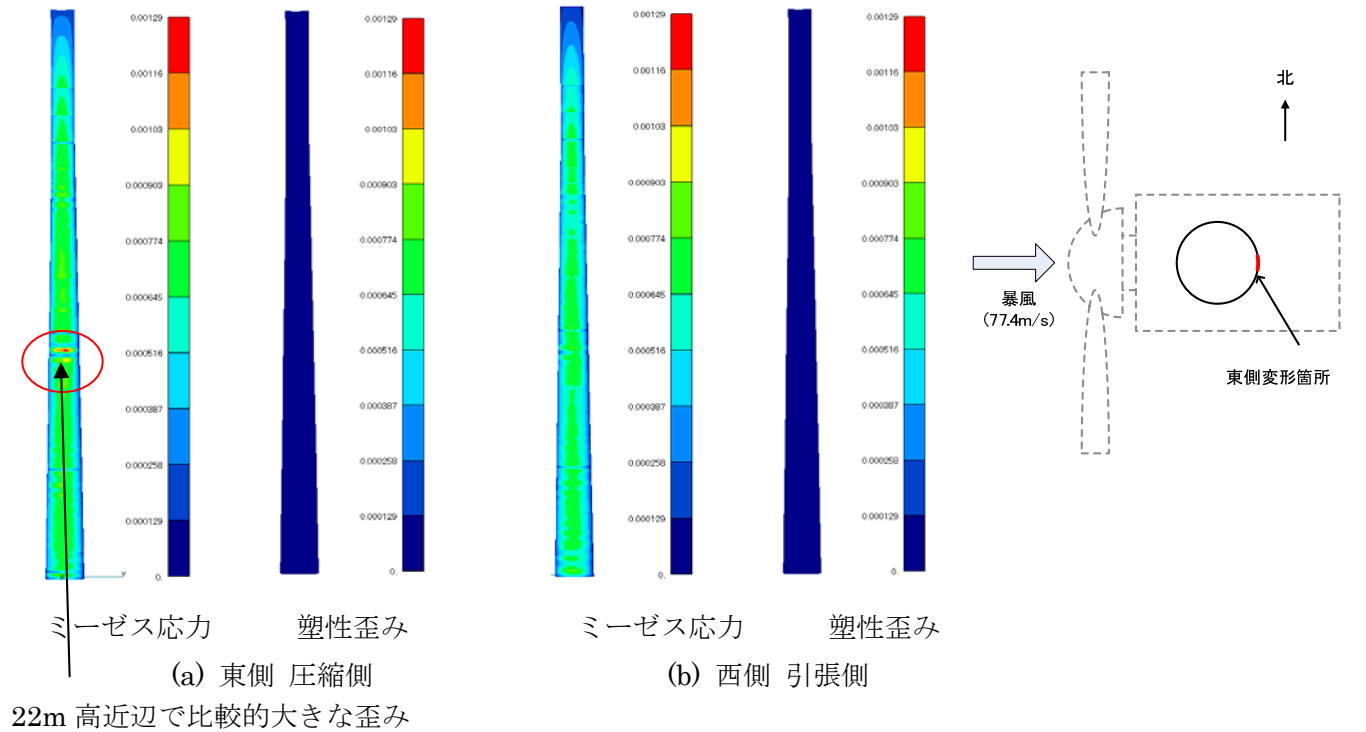
解析モデル (変位の大きい 22m 高付近を拡大)

#### (2) 解析結果

下図は、暴風の風荷重とタワートップの変位の関係を示している。タワートップは風速に対してリニアに変位しており、弾性領域での変位であることを示している。



8 方向の風荷重を与えた結果、Case7 (西風) 時の歪みが最大となった。下図は西風時のミーゼス応力と塑性歪みを示したものの。東側が圧縮側、西側が引張側となる。ミーゼス応力は、東側で変形 (膨らみ) の大きい 22m 高近傍で大きな値 ( $\epsilon=0.00116\sim 0.00129$ ) を示しているが、塑性歪みは現れていないので、変形には至っていないと判断する。(ミーゼス応力とは 3 次元で正負がある応力を一つの数値に代表させてスカラー値として表したものの、塑性歪みが現れるのは、 $\epsilon=0.00153$  以上)



#### (3) FEM 解析結論

タワー変位が最大であった 5 号機で FEM 解析を行った結果、暴風時 (ハブ高 77.4m/s 相当) においても、タワーの変形は見られなかった。従い、根占の風車タワーについては暴風に対する強度が確認されたと判断する。