

HY-0026 風車倒壊原因究明 および再発防止対策について

2022年1月12日

目次：

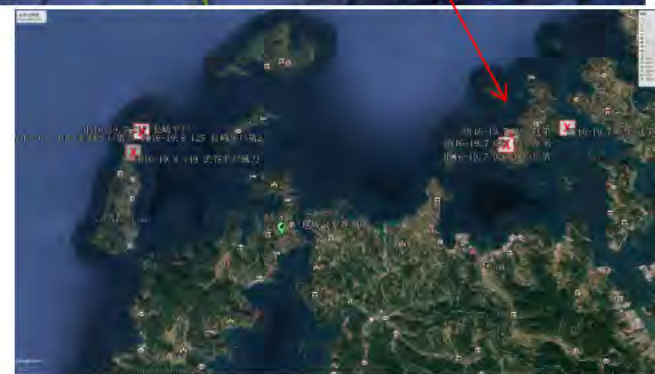
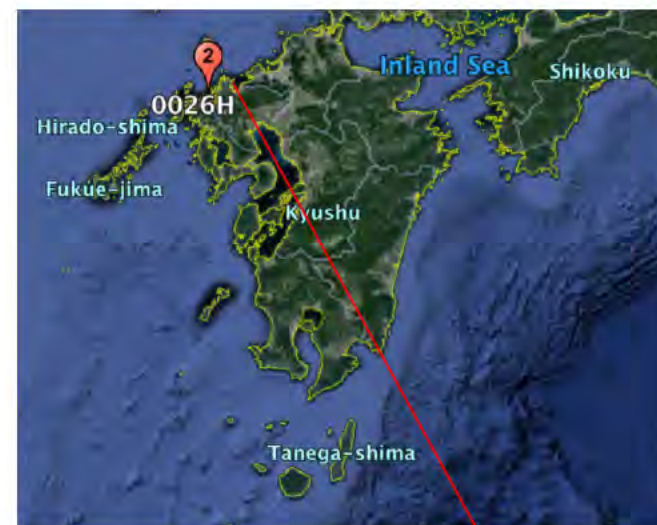
1.事故概要	P3～4
2.事故原因究明について	P5～29
◆設計について	P6～7
◆稼働荷重について	P8～16
◆タワー製造について	P17～28
◆その他の原因について	P29
3.事故原因究明の結論	P30～31
4.再発防止対策について	P32～41

□ 事故概要①

2020年10月1日13時ぐらい株式会社ナチュラルエナジークリエイトから長崎鷹島に設置された風車（SCADA番号：HY16-19.7_16-0026）が倒れた連絡を頂きました。それと、当日に風車状態写真も入手頂きました。翌日（10月2日）ナチュラルエナジークリエイト社、グリーンパワー社、GHREは現場検査を実施しました。

発電所基本情報：

事業主	株式会社センコーコーポレーション
EPC	ナチュラルエナジークリエイト社
風車型式	HY16/19.7（NK認証番号：TC-0018）
風車NK登録者	HYエネルギー株式会社（会社法人等番号：1300-01-053868）
販売先	HYエネルギー株式会社（会社法人等番号：1800-01-123917）
風車製造工場	Shanghai Ghrepower Green Energy Co.,Ltd.
設置地：九州鷹島 (33.419896；129.730426)	
組立日	2019年3月18日
連系日	2019年4月29日
事故時間	2020年10月1日朝6:10（SCADA監視より）
事故日天候	東南風4～6m/s、23℃、晴



GHREPOWER

事故概要②

事故機基本情報：

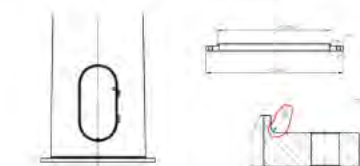
定格出力	19.7kW
ローター直径：15.6m タワー高さ：20m タワータイプ：2段外フランジ式タワー	風車立面図： 
ナセルシリアル番号	GA180057

事故情報：

風速	倒壊時風力が4.6m/s；当日平均風速が5.42m/s；当日瞬間最大風速が10.84m/s；事故1時間前風速範囲が3～8m/s。
回転速度	倒壊時瞬間回転数が54.76rpm（定格回転数：60rpm）。
出力	倒壊時瞬間出力が3.43kW（10分間平均出力が10kW以下）。

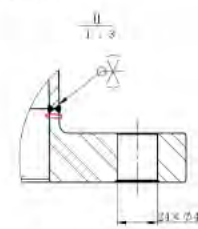
事故写真

風車はタワー下フランジの「R角」あたりに断裂が発生し、倒壊したこと。



下タワー局部図面

「R角」図面



断裂ところ（赤粋）図面



下フランジ外径が1500mm，厚さが50mm；
当日風向は東風、転倒時ローターの向きが東、倒壊後、ブレードが転倒力によって、西南方向に地面にぶつかったこと。

断面写真：



倒壊写真：



GHREPOWER

□ 事故原因の究明について

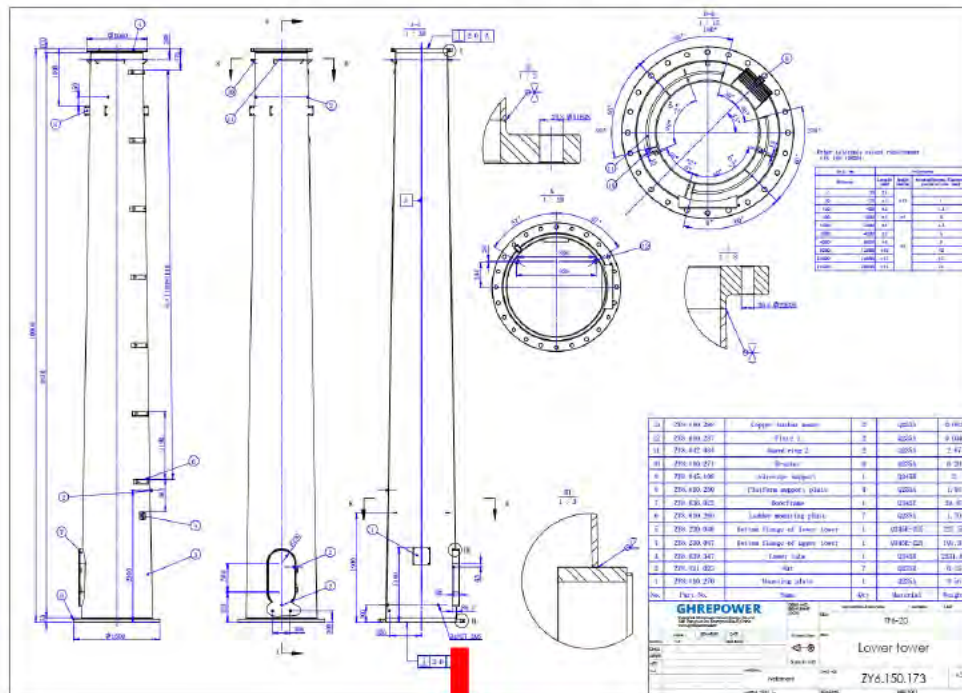
5/41

事故原因分析表						判定： ●：可能性かなし △：可能性小 X：可能性大	
事象	原因分析				確認・調査結果		判定
HY 26# 風車倒壊事故	A	設計	A1	図面	タワーの図面の確認	タワーはIEC Class IIの設計要求を満たす。異常なし。	●
			A2	強度	タワーの計算書の確認	タワーはIEC Class IIの設計要求を満たす。異常なし	●
	B	極限荷重調査	B1	極限荷重調査	設計耐風速の超過	1. SCADAが検知した最大風速が54m/s； 2. 第5号、第1C号台風経過期間、電力系統が停電のため、SCADA記録データがない。 3. 同一区域其它机组（未断电）有记录到超过59.5m/s的风速； 事故機と30km離れた風車は耐風速59.5m/sを超える風を検知したこと。	△
					設計最大回転数の超過	設計最大回転数：70rpm SCADAデータ：63.8rpm 異常なし。	●
					極限振動について	1. ナセル振動スイッチを触発されなかった。 2. 地震0.3g振動模擬計算結果は設計要求を満たすこと。	●
					風車回転数変動について	SCADAデータを確認して、異常なし。	●
					風速分布について	SCADAデータを確認して、異常なし。	●
					ブレード不平衡について	出荷前のバランス検査など記録を確認し、特に問題なし。	●
			B2	疲労荷重調査	ブレードボルト緩みについて	1.事故機のブレードボルトを確認して、転倒力による断裂したことがあって、その他の異常がなし。 2.近くその他の4基のメンテナンス記録（事故後実施されたこと）を確認し、ブレード緩みが無かったため、事故機のブレードボルトが緩み可能性が低い。	●
					ブレードボルト材質についてについて	1. 同ロットのブレードボルトの材質報告書を確認して、規格を満たす、異常なし。 2. 同ロットのブレードボルトの性能試験報告書を確認して、規格を満たす、異常なし。	●
					そのほかの振動について	0.3g加速度の条件で模擬計算して、計算結果による、振動が200万回以上があった場合、タワーは疲労損壊が発生することをわかる。しかし、実際の様子の振動があった可能性が非常に低い。	●
	C	タワー製造	C1	寸法の確認	溶接前の寸法検査	検査報告書を確認し、異常なし。	●
					溶接後の寸法検査	検査報告書を確認し、異常なし。ただし、溶接継ぎ目の目視検査及び寸法検査報告書が無かった。	X
					事故機サンプルの寸法検査	タワー根部の外壁の溶接継ぎ目はフランジR所に接近する、かつ内壁及び外壁の溶接継ぎ目の中心はばらつきが存在する。	X
					継ぎ目食い違いの検査	タワー本体と下フランジの溶接は食い違いが存在する、事故機サンプルを検査して、最大食い違い寸法は5.1mmであること。	X
			C2	材料の確認	タワー本体材料の検査	1. タワー本体の原材料の材料証明及び性能報告書を審査し、異常なし。 2. タワー本体のサンプルについて、Metallographic analysis、化学成分、性能試験を分析し、結果はGB/T 1591-2018の規格を満たすことを確認する、異常なし。	●
					フランジ材料の検査	1. タワー下フランジのサンプルについて、Metallographic analysis、化学成分を分析し、結果はGB/T 1591-2018の規格を満たすことを確認する、異常なし。 2. タワー下フランジのサンプルについて、性能試験を分析して、結果平均値は314Mpaであり、タワーの設計極限要求（285.6MPa）に満たす。	●
					タワー溶接棒など材料の検査	溶接棒などの材料証明を審査し、異常なし。	●
					断断面の分析	1. 亀裂所を判明する。 2. 断裂は疲労損傷により発生すること。	●
			C3	製造プロセス	溶接プロセスの検査	タワー溶接プロセスを審査して、特に問題なし；	●
			C4	溶接	溶接の品質検査	1. タワー溶接継ぎ目のUT、MT検査報告書を確認して、特に問題なし； 2. 同ロット風車に対して、非破壊探傷検査を実施して、特に異常無し。	●
			C5	管理	生産過程の管理検査	* タワー溶接対応の作業手順書、作業記録および溶接技術評定を確認して、特に問題なし； * タワー溶接対応の作業員の技能（資格）を確認して、特に問題なし； * タワー溶接継ぎ目の検査設備の校正記録を確認して、特に問題なし。	●
	D	その他の原因	D1	風車建設及び保守	建設の検査	風車組立記録表がない。	△
					メンテナンスの検査	初期メンテ（2015年8月）；半年点検（2020年2月）；年度点検（2021年8月）を実施したことがない。	X

事故原因の分析-設計：図面について

6/41

下タワー



タワー下フランジ図

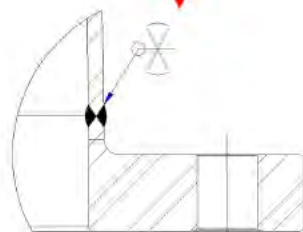
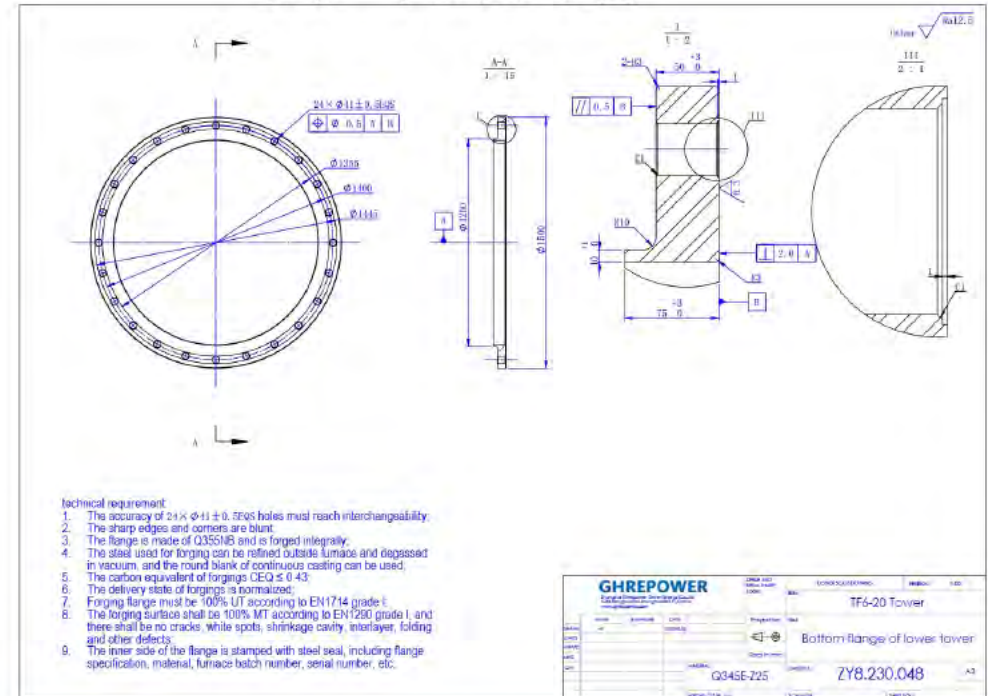


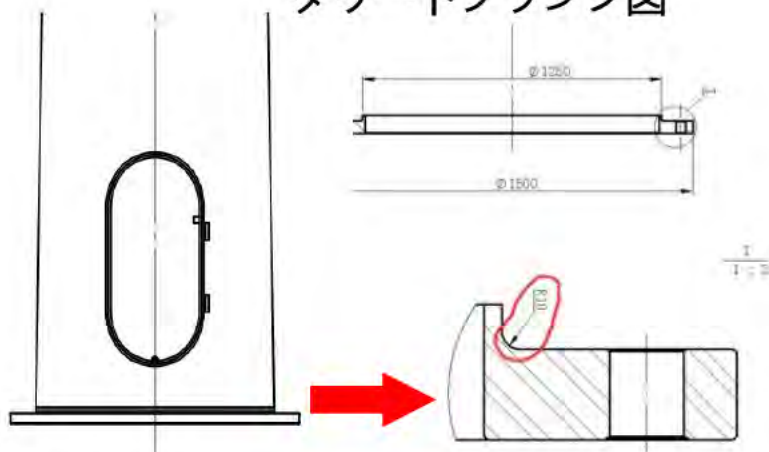
Fig4-2. Tower weld design drawing

説明：タワー本体の材料はQ345B, フランジ材料はQ345E-Z25です。フランジは高ネック型フランジで、タワーとフランジの溶接は突合せ溶接方法を採用して、継ぎ目とフランジR所は同じ位置にしないことです（つまり、継ぎ目位置と応力集中位置とは分離されること）。

事故原因の分析-設計：タワー設計強度について

7/41

タワー下フランジ図

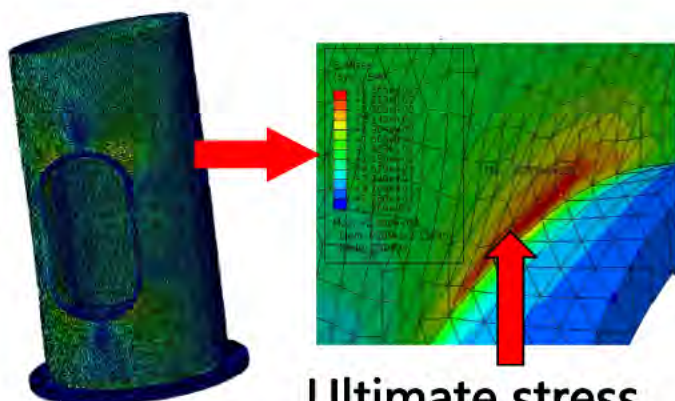
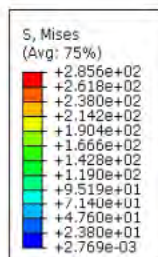


タワー設計強度計算結果のまとめ

Ultimate analysis of tower:

DLC	ultimate Stress MPa	Tower characteristic material strength fK-tower MPa	Partial safety factor for material rm-tower-U	Admissible stress fk/(rm *rn) MPa	Ultimate strength analysis
5.1a9	285.6	325	1.1	295	pass
Max value	285.6				pass

説明：タワーの強度計算の極限強度は285.6MPa、材料の yield strengthは325MPa（安全係数を含まれて、295MPaになる）で、タワーは極限強度の状況になっても、材料の耐えられる強度の範囲以内ですので、合格と評価します。



Ultimate stress
285.6MPa

表 6 鋼材の拉伸性能

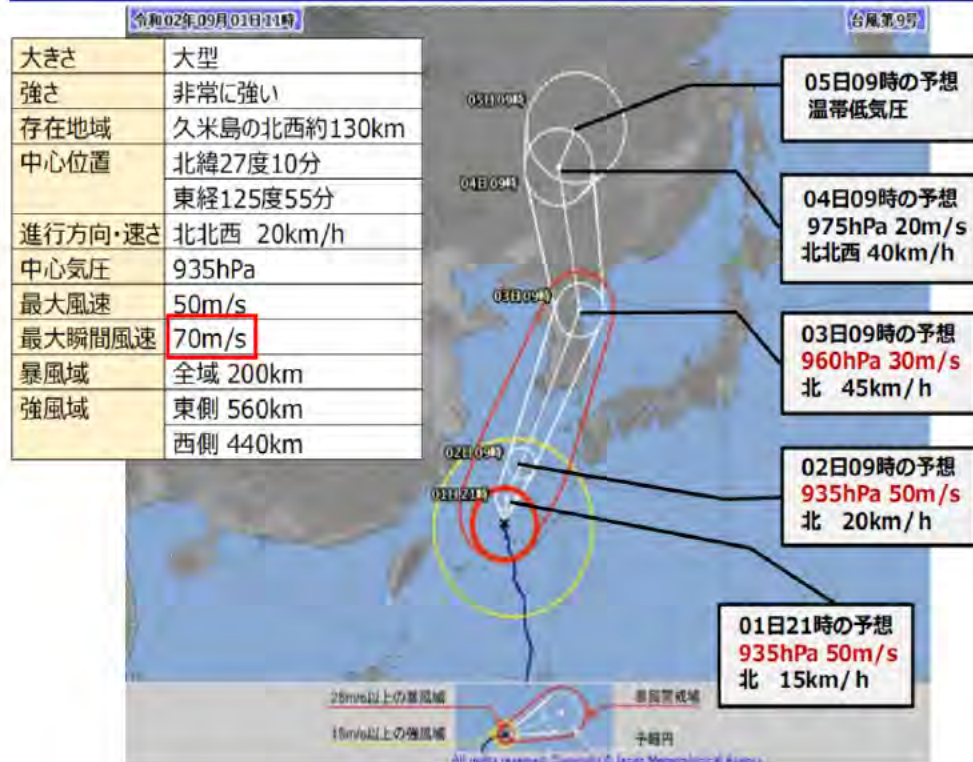
牌号	質量等級	拉伸試験***																	
		以下公称厚度(直径,边长)下屈服强度(R _{eL})/MPa								以下公称厚度(直径,边长)抗拉强度(R _m)/MPa								断后伸长率(A)/%	
		公称厚度(直径,边长)								公称厚度(直径,边长)								公称厚度(直径,边长)	
Q345	A	≤16 mm	>16 mm	>40 mm	>43 mm	>80 mm	>100 mm	>150 mm	>200 mm	>250 mm	≤40 mm	>40 mm	>63 mm	>80 mm	>100 mm	>150 mm	>250 mm	≤40 mm	>40 mm
	B	40 mm	63 mm	80 mm	100 mm	150 mm	200 mm	250 mm	400 mm	63 mm	80 mm	100 mm	150 mm	250 mm	400 mm	63 mm	100 mm	150 mm	250 mm
	C	≥345	≥335	≥325	≥315	≥305	≥285	≥275	≥265	470~630	470~630	470~630	470~630	450~600	450~600	450~600	450~600	≥21	≥20
	D																	≥21	≥20
	E									≥265								≥21	≥20

325MPaの出典：規格（GB-T 1591-2008）

GHREPOWER

事故原因の分析-稼働荷重：極限荷重調査-超風速について

台風第9号の進路予報（1日11時現在）



2020年台風第9号経路 出典——気象局

○期間最大瞬間風速（9月4日から9月7日）

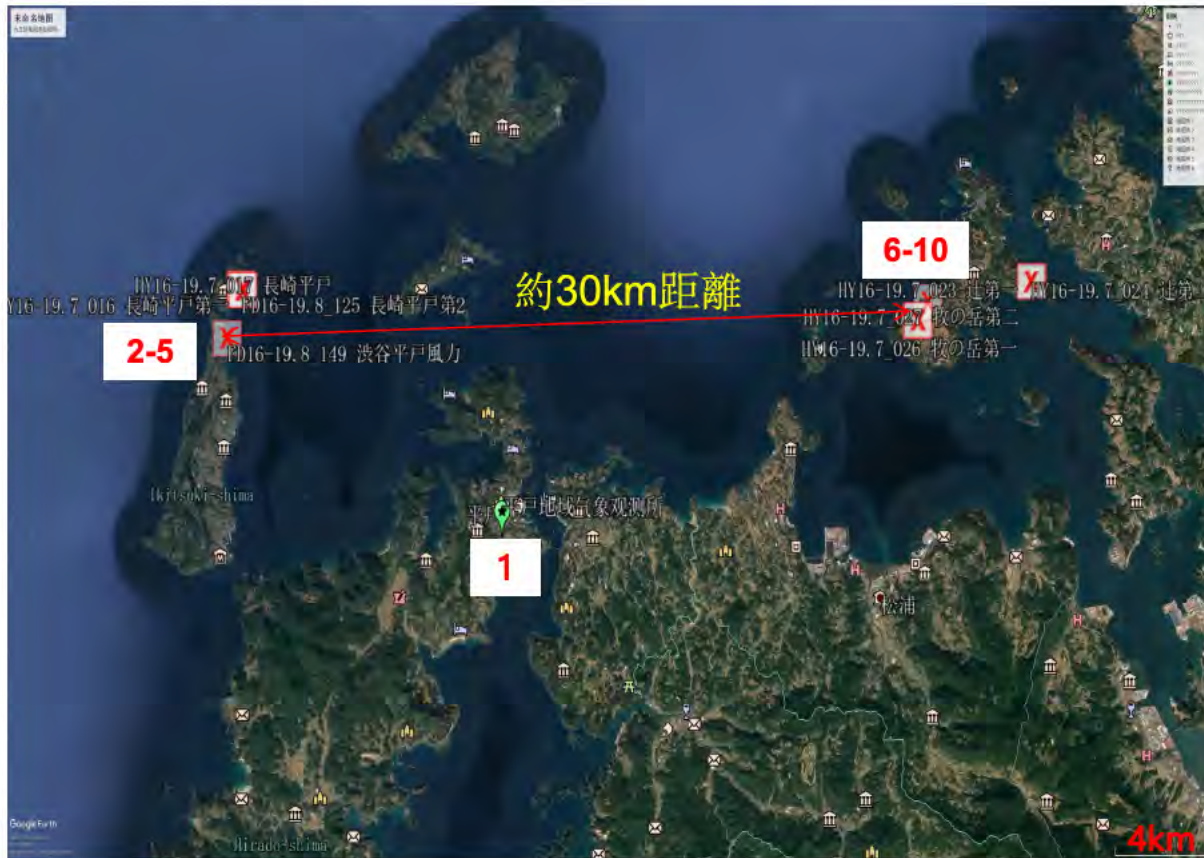
順位	都道府県	市町村	地点名(よみ)	風速			
				(m/s)	風向	月日	時分
1	長崎県	長崎市	野母崎(ノモザキ)	59.4	南東	2020/9/7	01:45
2	沖縄県	島尻郡南大東村	南大東(南大東島)(ミナミダ)	51.6	東	2020/9/5	21:38
3	長崎県	対馬市	鰐浦(ワニウラ)	48.9	南東	2020/9/7	07:20
4	鹿児島県	鹿児島郡十島村	中之島(ナカノシマ)	46.5	北東	2020/9/6	14:57
5	鹿児島県	枕崎市	枕崎(マクラザキ)	45.9	南東	2020/9/6	19:49
6	鹿児島県	熊毛郡屋久島町	屋久島(ヤクシマ)	44.8	東南東	2020/9/6	15:53
7	長崎県	対馬市	美津島(ミツシマ)	44.2	南東	2020/9/7	06:18
8	長崎県	雲仙市	雲仙岳(ウンゼンダケ)	43.5	南東	2020/9/7	01:45
9	長崎県	対馬市	厳原(イツハラ)	43.1	南東	2020/9/7	05:55
10	長崎県	平戸市	平戸(ヒラド)	42.8	南東	2020/9/7	03:47
11	長崎県	大村市	大村(オオムラ)	42.2	南南東	2020/9/7	03:51
12	長崎県	佐世保市	佐世保(サセボ)	41.6	東南東	2020/9/7	03:23
12	佐賀県	佐賀市	佐賀(サガ)	41.6	南東	2020/9/7	03:31
14	鹿児島県	大島郡喜界町	喜界島(キカイジマ)	41.2	西	2020/9/6	12:49
15	鹿児島県	西之表市	種子島(タネガシマ)	41.0	南南東	2020/9/6	18:07
16	愛媛県	西宇和郡伊方町	瀬戸(セト)	40.8	南	2020/9/7	06:21
17	長崎県	壱岐市	石田(イシダ)	40.6	南南西	2020/9/7	06:25
18	大分県	佐伯市	蒲江(カマエ)	40.4	南東	2020/9/6	22:15
19	鹿児島県	熊毛郡屋久島町	尾之間(オノアイダ)	40.1	東	2020/9/6	15:18
20	鹿児島県	薩摩川内市	中甕(ナカコシキ)	39.4	東南東	2020/9/6	23:51

出典：

気象庁災害時自然現象報告書2021年第2号「台風第10号災害時気象報告」

説明：事故発生30日間前に台風第9号を経過しました。
事故発生25日間前に台風第10号を経過しました。

事故原因の分析-稼働荷重：極限荷重調査-超風速について



事故機と近辺（約30km距離）の風車の稼働状況を確認します。

N O	風車SCADA名称番号	経度	緯度	台風第9号	台風第10号
1	平戸地域気象観測所	E129°33.0'	N33°21.6'	37.1m/s	42.8m/s
2	FD16-19.8_16-0125 長崎平戸第二	E129°26'9"	N33°25'55"	台風時 68.74m/s	台風時 42.79m/s
3	FD16-19.8_16-0149 渋谷平戸風力	E132°54'3"	N33°39'25"	台風時 65.34m/s	台風時 30.09m/s
4	HY16-19.7-16-0016 長崎平戸第一	E129°25'46"	N33°25'52"	台風時 74.70m/s	台風時 44.12m/s
5	HY16-19.7-16-0017 長崎平戸	E129°27'7"	N33°25'57"	台風時 70.47m/s	台風時 38.94m/s
6	HY16-19.7_16-0023 辻第一	E129°46'52.26"	N33°25'51.81"	停電前 50.13m/s	停電前 33.14m/s
7	HY16-19.7_16-0024 辻第二	E129°46'49.69"	N33°25'49.98"	停電前 44.19m/s	停電前 33.14m/s
8	HY16-19.7_16-0025 坪水第一	E129°44'6.51"	N33°26'7.42"	停電前 41.59m/s	停電前 27.73m/s
9	HY16-19.7_16-0026 牧の岳第一（事故機）	E129°43'49.53"	N33°25'11.62"	停電前 47.09m/s	停電前 33.50m/s
10	HY16-19.7_16-0027 牧の岳第二	E129°43'46.62"	N33°25'10.71"	停電前 54m/s	停電前 28.08m/s

事故原因の分析-稼働荷重：極限荷重調査-超回転数について

10/41

GP风电/HY/HY16-19.7_16-0026 枚の岳第一

Real Data His Data System Set Log 调试

Report

Query Type: Year Start Date: 2019 Search Save

Report of Year

Base Information

Report Type	Report of Year	Time interval	2019	Re
Device name	HY16-19.7_16-0026 枚の岳第一	Installation site		

Out Stat

DateTime	OutEnergy	AvgWindSpeed	MaxWindSpeed	TimeofMaxSpeed	PitchCtrl	Dumload	TimeSpanOfDump	MaxRPM
01	0.00	--	--	--	--	--	--	--
02	--	--	--	--	--	--	--	--
03	--	--	--	--	--	--	--	--
04	615.12	5.47	20.60	2019-04-27 00:21:32	0	0	0.00	62.27
05	974.35	4.12	21.35	2019-05-27 22:12:58	0	0	0.00	62.10
06	2623.60	4.50	32.18	2019-06-07 01:59:41	0	0	0.00	62.35
07	2431.58	4.57	24.26	2019-07-11 00:29:07	0	0	0.00	61.99
08	2467.76	4.57	28.39	2019-08-06 11:04:59	0	0	0.00	62.05
09	3147.91	5.22	35.96	2019-09-22 18:38:59	0	0	0.00	62.40
10	3617.24	5.90	31.82	2019-10-12 15:59:58	0	0	0.00	62.17
11	2880.85	4.78	21.48	2019-11-26 02:23:44	0	0	0.00	63.11
12	3153.74	4.95	21.04	2019-12-27 00:02:21	0	0	0.00	62.80
Tot:	21912.15	4.85	35.96	2019-09-22 18:38:59	0	0	0.00	63.11

GP风电/HY/HY16-19.7_16-0026 枚の岳第一

Real Data His Data System Set Log 调试

Report

Query Type: Year Start Date: 2020 Search Save

Report of Year

Base Information

Report Type	Report of Year	Time interval	2020	
Device name	HY16-19.7_16-0026 枚の岳第一	Installation site		

Out Stat

DateTime	OutEnergy	AvgWindSpeed	MaxWindSpeed	TimeofMaxSpeed	PitchCtrl	Dumload	TimeSpanOfDump	MaxRPM
01	4008.60	5.57	32.62	2020-01-07 23:31:56	0	0	0.00	63.04
02	3620.02	5.49	29.18	2020-02-17 21:23:18	0	0	0.00	63.53
03	4396.39	5.80	27.73	2020-03-15 19:02:55	0	0	0.00	63.09
04	3767.82	5.60	30.55	2020-04-13 00:40:40	0	0	0.00	63.39
05	2145.51	4.31	20.47	2020-05-07 14:26:36	0	0	0.00	62.78
06	2475.79	4.48	24.74	2020-06-30 02:41:36	0	0	0.00	62.51
07	3210.94	5.04	26.46	2020-07-10 11:54:42	0	0	0.00	63.52
08	3228.30	5.01	31.08	2020-08-09 16:52:02	0	0	0.00	63.67
09	3900.91	5.76	54.00	2020-09-02 22:37:54	0	0	0.00	63.83
10	20.96	5.42	10.84	2020-10-01 00:07:09	0	0	0.00	61.69
11	--	--	--	--	--	--	--	--
12	--	--	--	--	--	--	--	--
Tot:	30775.24	5.24	54.00	2020-09-02 22:37:54	0	0	0.00	63.83

SCADAデータに基づいて、風車稼働期間（連系時から事故時まで）には最大回転数履歴データは63.8rpm、設計最大回転数は70rpmで異常なしです。

GHREPOWER

事故原因の分析-稼働荷重：極限荷重調査-極限振動について

11/41

according to Wind power generation equipment regulation based on electric utilities, The load of earthquake or Vibration is calculated by the following formula:

$$T = G + P + R + 0.35S + K$$

where: G: dead load;

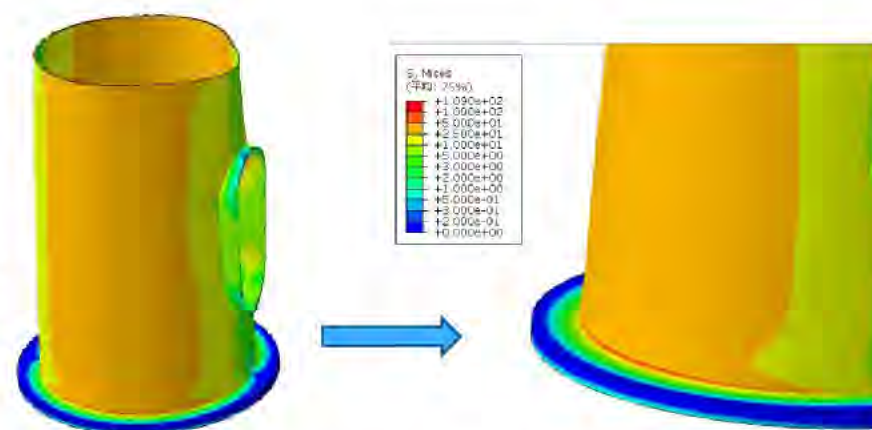
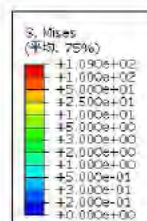
P: Cumulative load;

R: Load at the time of annual average wind speed, for this project, annual average wind speed is 8.5m/s (The wind speed of lower

No.	hi	Horizontal force			axial force V	Moment			Turning moment Mz
		Fx [kN]	Fy [kN]	resultant force Q		Mx	My	resultant moment M	
1	20	14.66	0.02	14.66	38.32	4.62	18.49	19.06	0.75
2	10.4	22.61	0.02	22.61	58.65	4.90	198.17	198.23	0.75
3	9	23.78	0.02	23.78	64.65	4.93	228.09	228.14	0.75
4	0	31.14	0.02	31.14	87.24	5.12	421.38	421.41	0.76

地震0.3g加速度での荷重について

acceleration	stress (bottom tower)	Evaluation standard value	result
0.3g	109MPa	Ultimate strength $\sigma_b=470\text{Mpa}$ Yield strength $\sigma_{0.2}=325\text{Mpa}$	ok



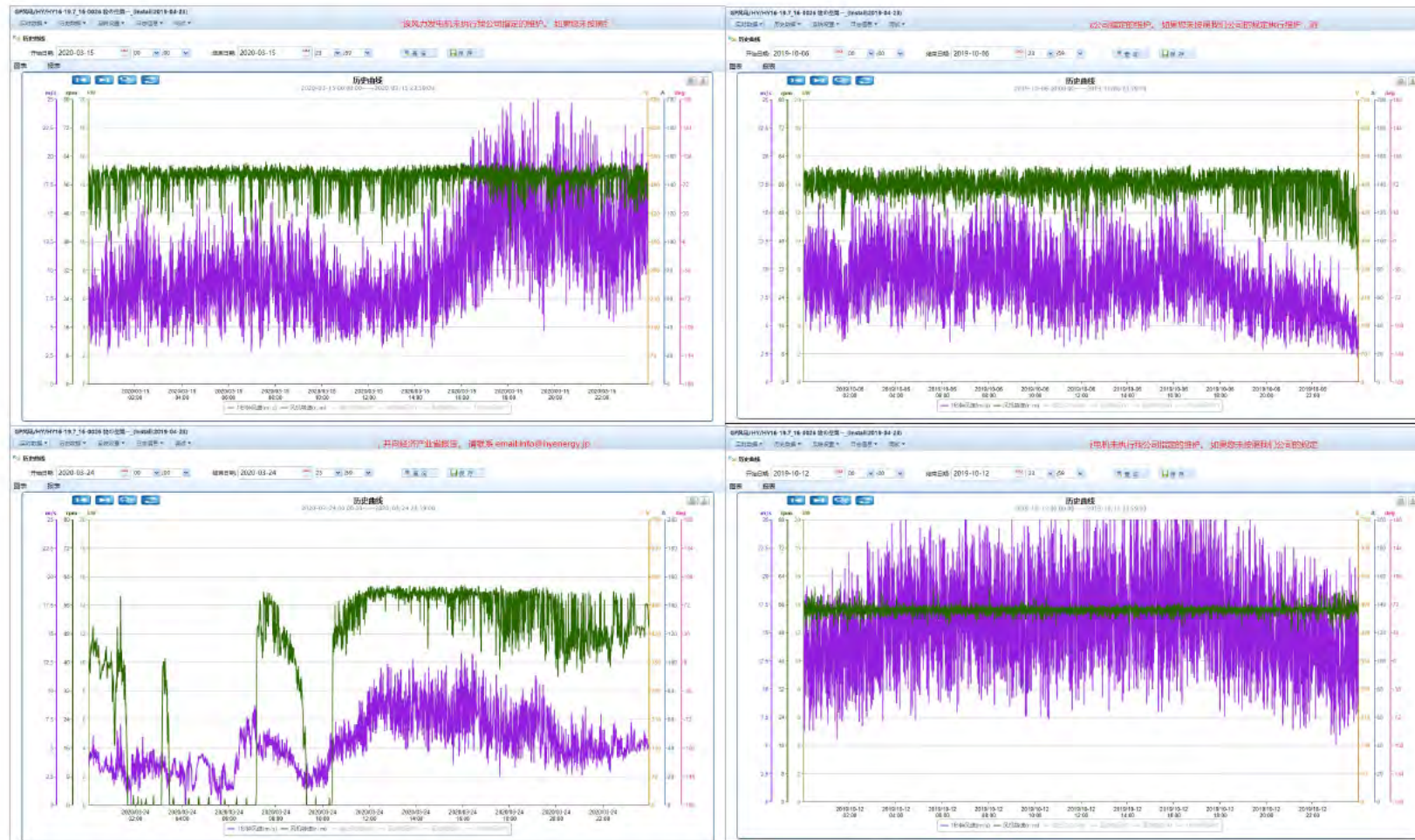
説明：地震0.3g加速度で模擬計算を実施して、結果は109MPaです。材料のyield strengthは295MPa（安全係数を含む）で、材料の耐えられる強度の範囲以内ですので、合格と評価します。

事故機は振動スイッチを搭載します。0.3g加速度な振動が発生する場合、スイッチが動作し風車が停止します。0.3gの由来：MW風車の設計を参考して、小型風車自身の特性を考えた上に0.3gを設定しました。

GHREPOWER

事故原因の分析-稼働荷重：疲労荷重調査一回転数波動について

12/41



SCADA稼働データを確認して、異常な回転数（正常範囲：0～70rpm）がありません。

GHREPOWER

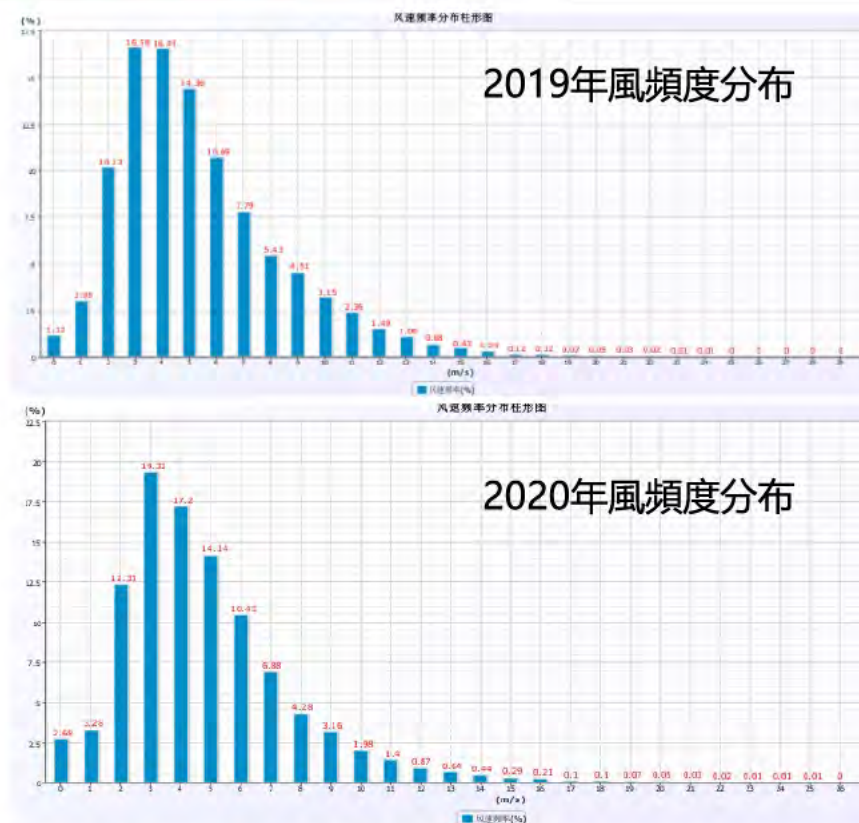
事故原因の分析-稼働荷重：疲労荷重調査—風速分布について

13/41

時間	発電量	平均風速	時間	発電量	平均風速
01	--	--	01	4217.62	5.57
02	--	--	02	3804.64	5.49
03	--	--	03	4664.83	5.80
04	650.90	5.47	04	3975.01	5.60
05	1064.90	4.12	05	2303.08	4.31
06	2845.79	4.50	06	2625.63	4.48
07	2662.96	4.57	07	3392.98	5.04
08	2658.65	4.57	08	3391.56	5.01
09	3376.75	5.22	09	4070.93	5.76
10	3929.84	5.90	10	27.75	5.42
11	3081.10	4.78	11	--	--
12	2998.81	4.95	12	--	--
統	23269.70	4.85	統	32474.03	5.24

2019年平均風速

2020年平均風速



年間平均速度及び風頻度を確認して、異常がありません。
 判定基準：①IEC Class II風車の設計年間平均風速が8.5m/sです。
 ②風頻度分布はワイブル分布を満たします。

事故原因の分析-稼働荷重：疲労荷重調査ーブレード不平衡について

14/41

叶片成套检验记录表				
打包成套入库前必须经过表中所列项目检查，合格后将此表作为叶片竣工资料的封面与其订在一起存档。				
检验项目	检验内容要求			检验结果
叶片组号	2/1801712			/
叶片编号	1801774	1801782	1801784	/
资料检查	叶片生产过程检验记录单、配重单、不合格品处理单、记录完整，数据符合。			✓
外观检查	车间提供最新叶片的质量测量报告，数据符合要求。			✓
	叶片表面清理干净，与托架接触处包裹工业绝缘胶布。			✓
	叶根端面整洁，白卡胶漆抹均匀。			✓
	叶身油漆表面无色差。			✓
	叶片端板已固定，完全露出不得露出端面。			✓
	叶片端板面用白卡胶漆厚度及厚度需抹均匀。			✓
	端板孔内清理干净后涂漆，基面涂漆（红色）并封上。			✓
标识检查	端面感应器表面不得被其他物体覆盖。			✓
	叶片侧面喷涂统一颜色的重心标识。			✓
	根部喷涂正反字样。（如含同重号）			✓
铭牌检查	叶尖喷涂统一颜色的警示标识。（如含同重号）			✓
	叶片后缘已焊接铭牌，刻有组号与对应的叶片编号。			✓
	叶片前缘已焊接零位刻度板。			✓
包装检查	铭牌：刻度盘上的0度需与法0度线（0度孔中心）对齐。			✓
	叶片与支架固定牢固，松紧带已收紧。			✓
	与托架接触处垫橡胶垫防护。			✓
	固定叶片的松紧带挂钩不得在叶片与支架间。			✓
包装外须有重心标识，与叶片上的中心标识位置一致。			✓	
检验员/日期	李磊 4/5			
文件编号：	FW-QA-R8-007 版本号：B 日期：2017.7.24			

昆山风速时代新能源有限公司

R8 叶片质量矩测量报告

适用范围：R8.0 规格叶片

项目	单位	A	B	C
叶片组号	组	2/1801712		
叶片编号	片	1801774	1801782	1801784
配重前重量	kg	23265	22979	23075
重心位置 R	m	2.43	2.427	2.42
配平后重量 (互差±0.5 kg)	kg	23265	2327	23305
重心位置 R (互差±10mm)	m	2.43	2.43	2.426
配平后质量矩	kg.m	565.340	565.300	565.425
质量矩平均值	kg.m	565.371		
偏差 (互差±1%)	kg.m	-0.031	-0.021	0.056

昆山风速时代新能源有限公司

质量部

2018年1月21日

FW-QA-R8-008

版本：A

日期：2017.7.24

ブレードの作業記録、出荷前のバランス検査など記録を確認し、問題がありません。

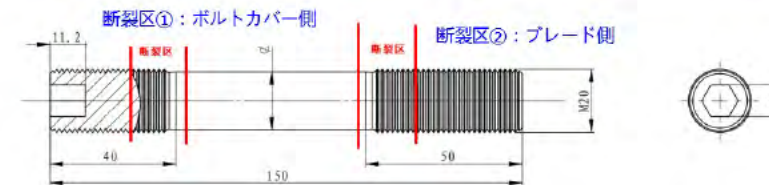
GHREPOWER

事故原因の分析-稼働荷重：疲労荷重調査ーブレードボルト緩みについて

15/41



ブレードのボルトは10.9級42CrMoの高強度ボルトです。断裂ところはボルト両側のねじ山の根部です。



ボルト図面



- 1.地面に脱落した全部の断裂ボルトは倒壊機体の近くに発見された、そのほかのところに飛散しなかったです。
- 2.風車は転倒時、ブレード②と①は前後して地面に衝撃して、損壊されて、ブレードボルトも同じ衝撃を受けたことを考えられます。実際ブレード②のボルトの断裂状況が一番酷かった、次はブレード①です。
- 3.事故機近辺そのほかの4基風車のメンテナンス記録（事故後実施されたもの）を確認し、ブレードボルトは緩みおよび断裂がなかったです。

GHREPOWER

事故原因の分析-稼働荷重：疲労荷重調査ーブレードボルト材質について

16/41



上海群力紧固件制造有限公司
磁粉检测报告

编号: JLCXQ 14-11

客户	上海致远绿色能源股份有限公司	材质	42CrMo 10.9级	炉号/热处理号	E1170423/E20181113-05
名称	双头螺栓	产品规格	M20x150	表面状态	热处理后
产品标准	GB/T 921-2013	环境温度	室温	检测种类	受光磁粉
总数量/检测数量	497件/497件	磁化电流值	周向250A/纵向200A	检测标准	JB/T 4730.4-2013
检测部位	螺纹	检测部位	工件表面	检测标准	JB/T 4730.4-2013
磁悬液浓度	1.200g/100ml	设备型号/编号	C36-40000/150727677	检测类型	荧光磁粉
磁悬液配比浓度	2.56/L	检测方法	连续法	标准试片	A, 30/100
检测图:					
结论	合格	不合格			
检测员	金林	审核	张江		
日期	2018.11.30	日期			

报告编号 No.: 2018-L-8000
页码 Page: 2 of 3

检测报告 TEST REPORT

样品名称 Sample Name	双头螺栓	环境温度 Room Temperature	23℃
型号规格 Type&Specification	M20x150	炉号批号 Heat&Lot No.	/
制造商 Manufacturer	/		
样品描述 Sample Description	来样实物 1 件,加工成圆棒试样 1 件		

拉伸试验 Tension Test
测试标准 Ref Standard: GB/T 228.1-2010

检测项目 Test Item	单位 Unit	检测结果 No. 存在品
规定非比例延伸强度(R _{p0.2}) proof strength (0.2% plastic extension)	MPa	1067
抗拉强度(R _m) Tensile Strength	MPa	1147
断后伸长率(A) Elongation	%	14.5

备注: /
Note

以下空白
End of report



SHANGHAI QUNLI FASTENER MANUFACTURE CO., LTD.

上海群力紧固件制造有限公司

FASTENER INSPECTION CERTIFICATE

紧固件质量证明书

报告编号: SHQL20181204-01

CUSTOMER 客户: 上海致远绿色能源股份有限公司						TAG 表码		JLCXQ8.2.4-9	
MATERIAL: 材料: 42CrMo			ITEM NAME: 品名: 双头螺栓			GRADE: 性能等级: 10.9			
SPECIFICATION: 规格: M20x150			QUANTITY: 数量/件(套): 497 件			STANDARD: 标准: ZY8.921.031/ZY9.043.350CG Ver1.00			
CHEMICAL COMPOSITION 化学成分(%)									
STANDARD VALUE 标准值	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	批号 Lot No.	炉号 Heat No.
RESULT 成品值	0.38-0.45	0.17-0.37	0.50-0.80	≤0.030	≤0.030	0.90-1.20	0.15-0.25	E20181113-05	E11704423
MECHANICAL PROPERTY 机械性能									
TEST ITEM 试验项目	HEAT TREATMENT 热处理	TENSILE 抗拉强度	ELONGATE STRESS 规定非比例伸长应力	REDUCTION 断面收缩率	ELONGATION 断后伸长率	HARDNESS 硬度	BLOW TEST 冲击试验	SURFACE 表面缺陷	SURFACE 表面处理
STANDARD VALUE 标准值	淬火 回火	R _m /MPa	R _{p0.2} /MPa	%	%	HBW	J	MT	达克罗
RESULT 成品值	合格	1135	1058	58.55	16.2	350	34.34/55.91/40.04	合格	

WE HEREBY CERTIFICATE THAT THE MATERIAL HEREIN DESCRIBED HAS MANUFACTURED, SAMPLED, TESTED IN ACCORDANCE WITH ABOVE STANDARD SPECIFICATION SATISFIED THE REQUIREMENT AND NO WELDING REPAIR. 兹证明本表所列之产品均依标准规定制造和检验, 未进行焊接修补, 并符合标准要求。

EDITOR 编制: 李美英 AUDITOR 审核: 张江平 DATE (日期): 2018.12.04

同ロットのブレードボルトの材質報告書及び性能試験報告書を確認して、規格(GBT 3098. 1-2010)を満たして、異常がありません。

GHREPOWER

事故原因の分析-タワー製造：寸法の確認ー溶接前後の寸法検査について

尺寸檢驗報告
DIMENSION INSPECTION REPORT

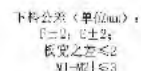
日期DATE:2017.8.5
页码PAGE:7/8

质检员: 陈国
INSPECTOR

审核员: 王超

日期: 2004 年 月 日 第 页 共 页

示意图:



H#: 2017.9.20

日期: 2011 年 11 月 10 日 自编号: DM-37 单件: 100

重檢呈。

复核: 于高阳

日期: 2018.11.12

图 2-1-10 图例

陳錦屏 著

第 11 页

日期: 2018. 10.

溶接前後のタワー本体およびフランジの寸法検査報告書を確認し、異常がありません。
溶接継ぎ目の寸法検査及び目視検査がなかったです。

事故原因の分析-タワー製造：寸法の確認—事故機サンプルの寸法検査について

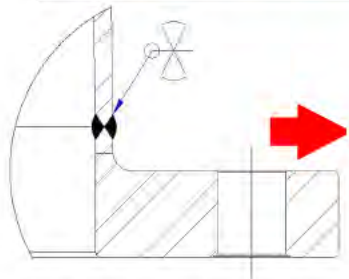


Fig4-2 . Tower weld design drawing

バラつきない状態

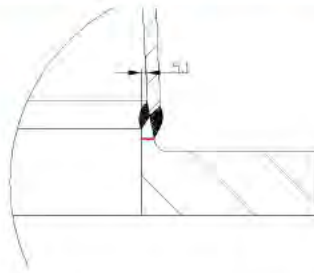
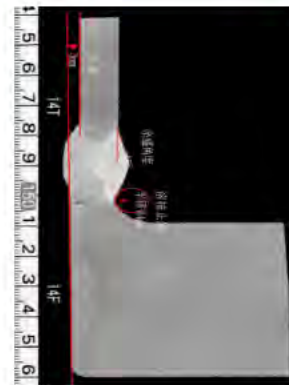


Fig4-3 . Tower practical weld drawing

バラつきある状態



サンプル③バラつきの表現形式

事故機サンプルの寸法と設計図面の要求とバラつきがあります。サンプルの寸法検査記録表は以下にします。

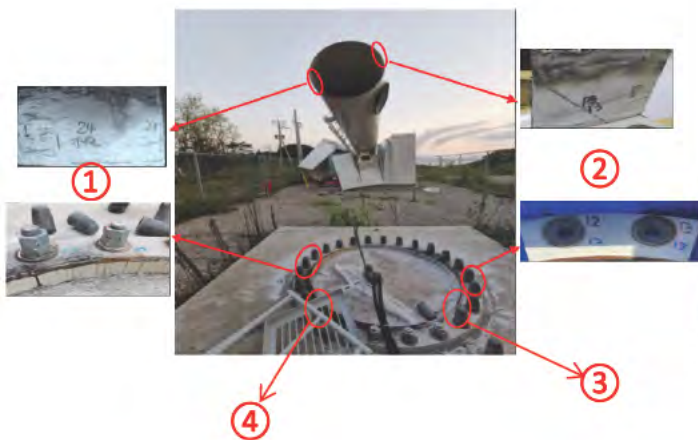
説明：内壁、外壁の溶接継ぎ目の高さはバラつきがあります。外壁の溶接継ぎ目はフランジR所に接近しています。応力集中が発生しやすいです。



説明：フランジR所は溶接に拠る熱影響部にあります。

塔架样块检测							
塔架编号		GXTFG-20-037					
序号	名称	基准	MIN	MAX	量具	测试值	测试结果
1	筒体板厚	10mm			游标卡尺	9.5	OK
2	法兰厚度	50+2mm 0	50	53	游标卡尺	51.8	OK
3	法兰R角	R10			角度尺	R10	OK
4	孔径尺寸	φ41±0.5mm	41.05	40.5	游标卡尺	φ41	OK
5	环缝错边量1	≤0.1mm	1	1.5	游标高度尺	4.52	NG
6	环缝错边量2	≤0.1mm	1	1.5	游标高度尺	5.07	NG
7	环缝错边量3	≤0.1mm	1	1.5	游标高度尺	3.45	NG
8	环缝错边量4	≤0.1mm	1	1.5	游标高度尺	2.18	NG
9	环缝错边量5	≤0.1mm	1	1.5	游标高度尺	2.17	NG
10	环缝错边量6	≤0.1mm	1	1.5	游标高度尺	2.43	NG
取样检测样块							
检 验:	赵红兵	审 核:	沙从虎	日期:	2021/7/23		

事故原因の分析-タワー製造：寸法の確認—継ぎ目食い違いの検査について①



サンプル③

サンプル④

サンプル①テスト結果

塔架内表面塔架底法兰与筒体环缝对口错边量

序号	尺寸(mm)	备注
1	4.52	图 8
2	5.07	图 9
3	3.45	图 10
4	2.18	图 11
5	2.17	图 12
6	2.43	图 13

1.外壁の溶接継ぎ目はフランジR所に接近しています。
2.。サンプルの確認により、タワーの内壁とフランジの内壁は食い違いがあります。最大食い違い寸法は5.1mmです。（設計図面要求が1mm以下のこと）

GHREPOWER



事故原因の分析-タワー製造：寸法の確認—継ぎ目食い違いの検査について②

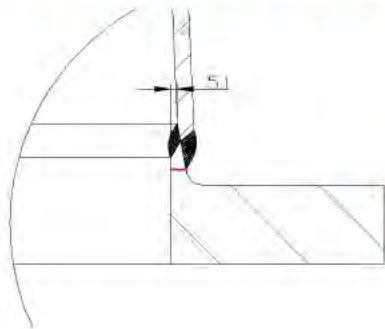


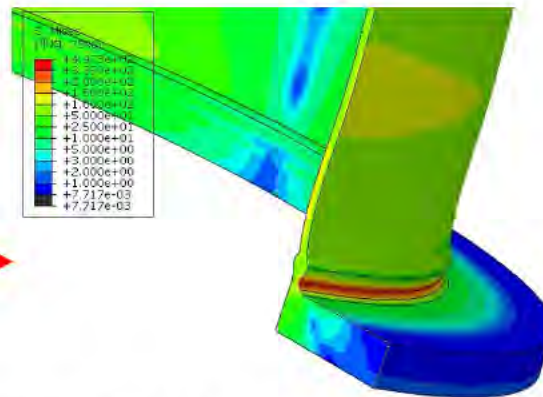
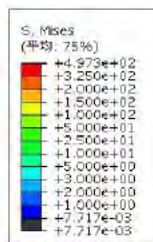
Fig4-3. Tower practical weld drawing



検査により、最大食い違いの5.1mmの条件に基づいてタワー強度計算を実施します。計算結果は以下にします。

Ultimate analysis of tower:

DLC	ultimate Stress MPa	Tower characteristic material strength f _K -tower MPa	Partial safety factor for material r _m -tower-U	Admissible stress f _k /(r _m * r _m) MPa	Ultimate strength analysis
5.1a9	497.3	325	1.1	285.5	NG
Max value	497.3				NG



name	value	summary
Ultimate stress (bottom tower)	497.3MPa	NG
Fatigue damage (bottom tower)	4.4903	NG

耐風速59.5m/sの場合、応力が497.3MPaで、材料屈服強度の325MPaを超えて、設計基準を満足しません。20年疲労損傷は4.49で、設計要求の1を超えて、20年の設計寿命を満足しません、計算寿命は4～5年です。もし、台風など暴風を遭う場合、あるいは食い違い寸法がもっと大きい場合、寿命はさらに低下することを考えられます。

事故原因の分析-製造：タワー製造について

21/41



无损检测部位示意图 Non-destructive Detective Point				
产品名称 Product Name	20M	产品编号 Product Drawing No.	产品自编号 GX No.	DA-37
示意图: Sketch Map:				

报告人: 余传江 日期: 2018.11.21 审核人: 吕方 日期: 2018.11.21

超声波检测报告 UT Inspection Record						
产品自编号 (GX code): DA-37		报告编号: Report No. GXUT20181121				
材料 Material	Q345B /Q345E	坡口形式 Break in the form	I型	焊接方法 Welding method	SAW OMAW	
验收标准 Acc. Criterion	NB/T47013.3 -2015	检测标准 Test criterion	NB/T47013.3 -2015	检测等级 Exam. level	B	
合格级别 Acc. Grade	I	仪器型号 Instrument type	HS600	仪器编号 Serial No.	BH1-1021	
探头 Probe	2.5P9*9K2.5	试块 Test block	CSK-II A	检测灵敏度 Detection sensitivity	φ2×40-18dB	
表面补偿 Surface compensation	3dB	耦合剂 Couplant	化学浆糊 Chemical paste	检测日期 Test date	2018.11.21	
备注: NSD-未见记录缺陷 (no defect) D-缺陷至检测面的深度 (depth) (mm) L-缺陷指示长度 (length)						
序号 NO	焊缝编号 Seams No.	板厚 thickn ess	检测长度 Length detection	缺陷情况 (定量/区域) Maximum amplitude	评定 Access	备注 Remark
1	A1	-10	2141	NSD	/	/
2	A2	-10	1930	NSD	/	/
3	A3	-10	1930	NSD	/	/
4	A4	-10	1930	NSD	/	/
5	A5	-10	1930	NSD	/	/
6	B1	-10	1790	NSD	/	/
7	B2	-10	2015	NSD	/	/
8	B3	-10	2218	NSD	/	/
9	B4	-10	2420	NSD	/	/
10	B5	-10	2623	NSD	/	/
11	B6	-10	2827	NSD	/	/
12	A6	-10	1930	NSD	/	/
13	A7	-10	1930	NSD	/	/
14	A8	-10	1930	NSD	/	/
15	A9	-10	1930	NSD	/	/
16	A10	-10	2131	NSD	/	/
17	B7	-10	2827	NSD	/	/
18	B8	-10	3035	NSD	/	/
19	B9	-10	3244	NSD	/	/
20	B10	-10	3455	NSD	/	/
21	B11	-10	3664	NSD	/	/
22	B12	-10	3895	NSD	/	/
23	门框Door	10/25	2524	NSD	/	/
检测/tested by 余传江			审核/verification 吕方			
签发日期 (issuing date)		2018.11.21				

焊缝射线检测报告 (Radiographic Examination Report)					
工件名称 Part Name		检测标准 Examination Standard		报告编号 Report No.	
材料 Material	Q345B	坡口形式 Break in the form	I型	焊接方法 Welding method	SAW OMAW
验收标准 Acc. Criterion	NB/T47013.3 -2015	检测标准 Test criterion	NB/T47013.3 -2015	检测等级 Exam. level	B
合格级别 Acc. Grade	I	仪器型号 Instrument type	HS600	仪器编号 Serial No.	BH1-1021
探头 Probe	2.5P9*9K2.5	试块 Test block	CSK-II A	检测灵敏度 Detection sensitivity	φ2×40-18dB
表面补偿 Surface compensation	3dB	耦合剂 Couplant	化学浆糊 Chemical paste	检测日期 Test date	2018.11.21
备注: NSD-未见记录缺陷 (no defect) D-缺陷至检测面的深度 (depth) (mm) L-缺陷指示长度 (length)					
序号 NO	焊缝编号 Seams No.	板厚 thickn ess	检测长度 Length detection	缺陷情况 (定量/区域) Maximum amplitude	评定 Access
1	A1	-10	2141	NSD	/
2	A2	-10	1930	NSD	/
3	A3	-10	1930	NSD	/
4	A4	-10	1930	NSD	/
5	A5	-10	1930	NSD	/
6	B1	-10	1790	NSD	/
7	B2	-10	2015	NSD	/
8	B3	-10	2218	NSD	/
9	B4	-10	2420	NSD	/
10	B5	-10	2623	NSD	/
11	B6	-10	2827	NSD	/
12	A6	-10	1930	NSD	/
13	A7	-10	1930	NSD	/
14	A8	-10	1930	NSD	/
15	A9	-10	1930	NSD	/
16	A10	-10	2131	NSD	/
17	B7	-10	2827	NSD	/
18	B8	-10	3035	NSD	/
19	B9	-10	3244	NSD	/
20	B10	-10	3455	NSD	/
21	B11	-10	3664	NSD	/
22	B12	-10	3895	NSD	/
23	门框Door	10/25	2524	NSD	/
检测/tested by 余传江		审核/verification 吕方			
签发日期 (issuing date)		2018.11.21			

タワー溶接継ぎ目のUT、MT
検査報告書を確認して、異
常なしです。

GHREPOWER

事故原因の分析-タワー製造：材料の材質確認について①

サンプルの位置



④のMetallographic analysis写真

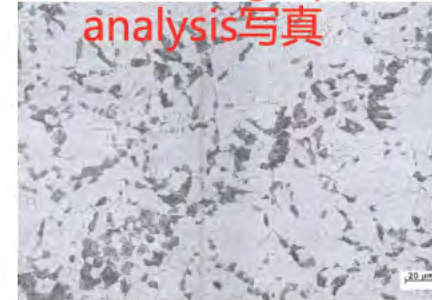


图5 来样心部显微组织形貌

④の成分分析報告書

報告書 No.: 2021-H-1382 Page: 2 of 2

检测報告
TEST REPORT

样品名称 Sample Name	检测部位/材料 1	客户编号 Sample Number	/
样品规格 Type/Specification	Q345E+Z25	炉号/批号 Heat/lot No.	/
制造商/商 Manufacturer	/		
样品描述 Sample Description	实物		

化学分析 Chemical Analysis

测试标准 Ref Standard: GB/T 20123-2006; GB/T 20124-2006; GB/T 4336-2016

检测项目 Test Item	碳(C)	硅(Si)	锰(Mn)	磷(P)	硫(S)	铜(Cu)	镍(Ni)	钒(V)
结果 Result, %	0.16	0.24	1.35	0.010	0.001	0.030	0.047	
检测项目 Test Item	钛(Ti)	铬(Cr)	铌(Nb)	钼(Mo)	氮(N)	硼(B)		
结果 Result, %	0.002	0.053	0.009	0.009	<0.002	0.007		

备注: /

Note:

①の成分分析報告書

检测報告 TEST REPORT

样品名称 Sample Name	检测部位/材料 1	客户编号 Sample Number	/
样品规格 Type/Specification	Q345E	炉号/批号 Heat/lot No.	/
制造商/商 Manufacturer	/		
样品描述 Sample Description	实物		

化学分析 Chemical Analysis

测试标准 Ref Standard: GB/T 20123-2006; GB/T 20124-2006; GB/T 4336-2016

检测项目 Test Item	碳(C)	硅(Si)	锰(Mn)	磷(P)	硫(S)	铜(Cu)	镍(Ni)
结果 Result, %	0.17	0.34	1.36	0.019	0.031	<0.02	<0.009
检测项目 Test Item	钛(Ti)	铬(Cr)	铌(Nb)	钼(Mo)	氮(N)	硼(B)	
结果 Result, %	0.014	0.095					

备注: /

Note:

①のMetallographic analysis写真



图2 来样显微组织形貌

Fig. 2 Microstructure morphology of the sample

表 1

牌 号	质量等级	化学成分 ^{a,b} (质量分数)/%																
		C	Si	Mn	P	S	Nb	V	Ti	Cr	Ni	Cu	N	Mo	B	Als		
					不大于													
Q345	A	≤0.20	≤0.50	≤1.70	0.035	0.035	0.07	0.15	0.20	0.30	0.50	0.30	0.012	0.10	—	—		
	B				0.035	0.035										—		
	C	≤0.18			0.030	0.030										0.015		
	D				0.030	0.025										0.015		
	E				0.025	0.020												

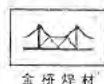
判定基準の出典：規格 (GB-T 1591-2008)

説明：事故機のサンプルを4つ (①②③④) 取得し、代表的な①④を持って、成分分析及びMetallographic analysisを行いました。試験報告書により、タワー本体材料の材質は異常なし；タワー下フランジ材料の材質は異常なしです。

GHREPOWER

事故原因の分析-タワー製造：材料の材質確認について②

23/41



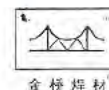
TIANTIN GOLDEN BRIDGE WELDING MATERIALS GROUP CO., LTD.
天津市金桥焊材集团有限公司

MILL CERTIFICATE 产品质量证明书

NO. 890000185865

GB/T 15001-2008 - ISO9001:2008

Commodity 品 名	Trade Model 牌 号	GB Model 国标型号	AMS Model 美标型号	Size 规 格	Batch No. 批 号	Execute Standard 执行标准			
焊条型号	TQ SJ101	E40-00804	E60-0012	10-00H	16127013	GB/T 5293-1989 & AMS A5.17-97			
Chemical Composition of Sintered Plug 施 焊 剂 化 学 成 分 (%)			Mechanical Properties of Deposited Metal 熔 敷 金 属 力 学 性 能			Others 其 他			
Items 项 目	Requirement 标准要求	Test Result 实测值	Items 项 目	Requirement 标准要求	Test Result 实测值	Items 项 目	Requirement 标准要求	Test Result 实测值	
C	—	27.00	Tensile Strength 抗 拉 强 度 R_m (MPa)	480-650	534	Reduction of Area 断 面 收 缩 率 A_{50} (%)	≥40	43	
Si	—	26.00							
S	—	38.00	Yield Strength 屈 服 强 度 $R_{0.2}$ (MPa)	≥380	425	Particle Size (GB 5052) 颗 粒 度 ϕ (μm)	≤12.0	10.00	
Mn	—	17.00							
P	≤0.005	0.003	Percentage Elongation after Fracture 伸 长 率 A (%)	≥22.0	82.0	Particle Size (AMS 5052) 颗 粒 度 ϕ (μm)	≤12.0	10.00	
Fe	≤0.080	0.035							
Cr	—	—	Impact Temp. 试 验 温 度 T_K (°C)	50	≥50	Absorbed Energy 吸 收 能 A_K (J)	—	—	
			Impact Temp. 试 验 温 度 T_K (°C)	50	≥50				
									Absorbed Energy 吸 收 能 A_K (J)
CCS, LR, BV, ABS, DNV, GL, etc.			We hereby certify that we have examined and inspected and that all test results are in compliance with the specification and that the manufacturing process of this product is in accordance with the certification issued by the competent authority. We are responsible for the quality of our products.			We hereby certify that we have examined and inspected and that all test results are in compliance with the specification and that the manufacturing process of this product is in accordance with the certification issued by the competent authority. We are responsible for the quality of our products.			
Approved by 审 批 人	Complied with CCS (Refer to Materials and Welding) 满 足 CCS《材料焊接规范》			Remarks 备 注			QUALITY ASSURANCE DEPARTMENT 质量保障部		



TIANTIN GOLDEN BRIDGE WELDING MATERIALS GROUP CO., LTD.
天津市金桥焊材集团有限公司

MILL CERTIFICATE 产品质量证明书

NO. 890000158003

GB/T 15001-2008 - ISO9001:2008

Commodity 品名	Trade Model 牌 号	GB Model 国标型号	AMS Model 美标型号	Size 规 格	Batch No. 批 号	Execute Standard 执行标准		
镀锌焊丝	TD-H02Mn2	H02Mn2	HU4	4.0(2kg)	03192060	GB/T 5293-1999		
Chemical Composition of Welding Wires 焊丝化学成分(%)			Mechanical Properties of Deposited Metal 熔敷金属力学性能			Others 其他		
Items 项目	Requirement 标准要求	Test Result 实测值	Items 项目	Requirement 标准要求	Test Result 实测值	Items 项目	Requirement 标准要求	Test Result 实测值
C	≤0.120	0.073	Tensile Strength 抗拉强度 R_m (N/mm ²)	480-650	534	Reduction of Area 断面收缩率 A_{50} (%)	I级	I级
S	≤0.035	0.009	Yield Strength 屈服强度 $R_{0.2}$ 或 $R_{0.01}$ (N/mm ²)	≥480	437			
Mn	1.50-1.90	1.73	Percentage Elongation after Fracture 伸长率 A (%)	≥22.0	82.0	Impact Temp. 冲击温度 T_K (°C)	—	—
Si	≤0.070	0.044		Particle Size (GB 5052) 颗粒度 ϕ (μm)	≤12.0			
P	≤0.035	0.006	V-notch Impact Test V型缺口冲击试验	Impact Temp. 试验温度(°C)	-40	Absorbed Energy 吸收能 A_K (J)	134, 124, 129	—
Cr	≤0.200	0.022		—40	—40			
Ni	≤0.300	0.005						
Co	≤0.35	0.108						
C.S., L.R., A.R.S., B.W., G.L., N.R., R.R			WE HEREBY CERTIFY THAT THIS REPORT IS CORRECT AND THAT ALL TEST RESULTS ARE IN COMPLIANCE WITH THE SPECIFICATION DESCRIBED HEREIN THE MANUFACTURING PROCESS OF OUR PRODUCT IS IN ACCORDANCE WITH THE CERTIFICATION CONDITION WE ARE RESPONSIBLE FOR THE QUALITY OF OUR PRODUCTS.			总说明此报告所收测试样品禁止擅自与合格证号要求。产品的生产过程与认可条件相符。致：我们承认该产品质量合格。		
Approved by 产品认证			Complied with CCS《Rules for Materials and Welding》 满 足CCS《材料与焊接规范》 符合IG-53101标准			制表：刘锦静 审核：尹纪芳 制表日期：2010-05-10 11:11		
Remarks 备注			QUALITY ASSURANCE DEPARTMENT 质量保证部					

溶接棒、溶接剤などの材料証明を審査して、プロセス要求を満たし、母材へもマッチングします。異常なしです。

GHREPOWER

事故原因の分析-タワー製造：材料の性能確認について

サンプルの位置



原力番号 No.: 2021-1-132
 発行日 2021.03.13

③の性能試験報告書

検 測 報 告

TEST REPORT

样品名称 Sample Name	弯曲强度二样块 1	环境温度 Room Temperature	18℃
型号规格 Type&Specification	/	炉号编号 Heat&Lot No	/
制造厂家 Manufacturer	/		
材料描述 Sample Description	碳纤维加工改造成碳纤维零件上件		

拉伸试验 Tension Test

拉伸曲线 Ref Standard: GB/T 228.1-2010

检 测 项 目 Test Item	单 位 Unit	数 值 Value
下屈服强度(R _{eL}) Lower Yield Strength	MPa	310
抗拉强度(R _m) Tensile Strength	MPa	491
断后伸长率(A) Elongation	%	36.5

备注: /

Name: _____

* (中文) *
 * End of report *



検査報告 No.: 2021-0-0933

④の1回目性能試験報告書

検測報告 TEST REPORT

材料名称 Sample Name	堺東鋼材株式会社 1	环境温度 Room Temperature	18℃
型号规格 Type/Specification	Q345E-Z25	炉号批号 Heat/Lot No.	
制造商 Manufacturer	/		
试样描述 Sample Description	热轧正火屈服强度试样 1 号, V 型冲击试样 3 号 The supplied material is processed into 1 round tension test specimen and 3 V-notch impact test specimens.		

拉伸试验 Tension Test
 测试标准 Ref Standard: GB/T 1591-2008

检测项目 Test Item	单位 Unit	结果 Result
下屈服强度(R_{eL}) Lower Yield Strength	MPa	310
抗拉强度(R_m) Tensile Strength	MPa	493
断后伸长率(A) Elongation	%	31

冲击试验 Impact Test
 测试标准 Ref Standard: GB/T 1591-2008

试样编号 Specimen No.	试样尺寸(mm) Specimen Dimension	检测项目 Test Item	单位 Unit	结果 Result
1#	10×10×55	-40℃冲击吸收能量(KJ/m²) CVN Absorbed Energy	J	147 222 210

备注
 Note

冲击试验机品牌: 300J
 [Impact Testing Machine Max Impact Energy: 300J.]

2021-L-1321
 2 of 3

④の2回目性能試験報告書

検 測 報 告

TEST REPORT

样品名称 Sample Name	环氧板法三样块 Z	环境温度 Room Temperature	18℃
型号规格 Type&Specification	/	炉号批号 Heat&Lot No	/
制造厂家 Manufacturer	/		
样品描述 Sample Description	采样加工成型拉伸试样 1 件		

拉伸试验 Tension Test
 测试标准 Ref Standard: GB/T 228.1-2010

检 测 项 目 Test Item	单 位 Unit	1#
下屈服强度(R _{eL}) Lower Yield Strength	MPa	322
抗拉强度(R _m) Tensile Strength	MPa	501
断后伸长率(A) Elongation	%	31.0

备注: /
 Note:

以下空白

End of report



報告書 No. 2021-0193
 2 of 3

①の性能試験報告書

検 測 報 告

TEST REPORT

样品名称 Sample Name	规格标准编号 3	环境温度 Room Temperature	18℃
零件名称 Type/Description	Q345B	样品数量 Quantity (No.)	/
制造商 Manufacturer	材料 1: 检测前经1次人工夏比冲击试验 3次		
Sample Description	The supplied material is processed into 1 round tension test specimen and 3 V-notch impact test specimens.		

试验标准 Testion Test

检测方法 Test Method: GB/T 1591-2008

检测项目 Test Item	单位 Unit	结果 Result
屈服强度 (R_{eL}) (R_{eL} yield strength)	MPa	345
抗拉强度 (R_m) (Tensile Strength)	MPa	510
伸长率 (A) (Elongation)	%	24

判定标准 Accept Test

检测方法 Test Method: GB/T 1591-2008

检测项目 Test Item	检测标准 Specimen Dimension	检测项目 Test Item	检测单位 Test Unit	检测结果 Test Result
1	式(4) 7.5×55	20℃夏比冲击功 CVN Charpy Absorbed Energy	J	31.34 J

备注 Note

冲击试验符合GB 2600, 2018; 冲击功结果符合GB 2600.
 Impact Testing Machine has impact energy 300J. The thickness of tensile specimen increases the thickness of part layer.

規格 (GB-T 1591-2008)

[illegible]

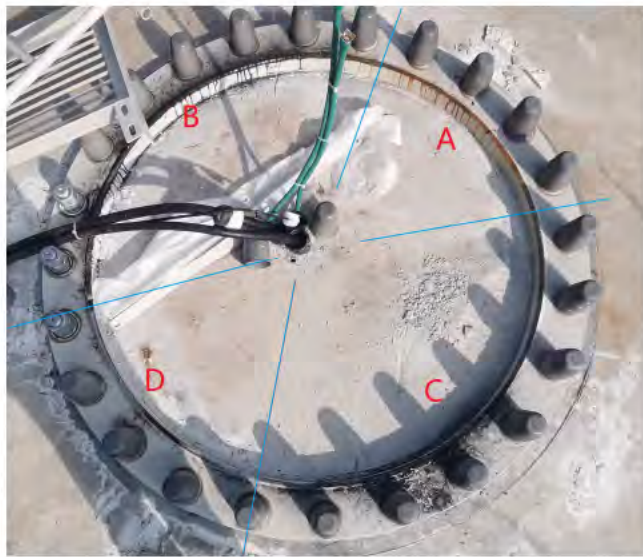
判定基準：規格（GB-T 1591-2008）により、実際材料の引っ張り試験のyield strength結果数値は325MPaより大きい場合、材料の強度は異常なしとことが判明されます。

説明：A,①番サンプルの性能試験を実施して、試験報告書により、タワー本体材料のyield strength数値は345MPaで、異常なし。

B,②タワー下フランジの③④サンプルについて、計3回の性能試験を実施して、yield strengthの平均値は314MPaで、最小数値の310MPaは材料規格の要求の325MPaより2.8%低下することが判明されます。310MPaでも、タワーの設計極限要求(285.6MPa)に満たすため、この強度低下の原因で、風車の倒壊を起こる可能性が非常に低いと思われます。

事故原因の分析-タワー製造：材料の確認—断裂面の分析について

25/41



A:亀裂開始エリア；
B,C：亀裂伸展エリア；
D：引き裂くエリア。

Aエリアには亀裂の発生を始まり、B、Cエリアまでにゆっくりまたは持続的に広がります。B、Cエリアに亀裂が急速に伸展し、Dエリアまでに広がり後急に完全に引き裂かれて、風車が倒壊しました。

Aエリアの亀裂の発生時間が長いため、湿っぽい空気にさらされて錆びが発生します。

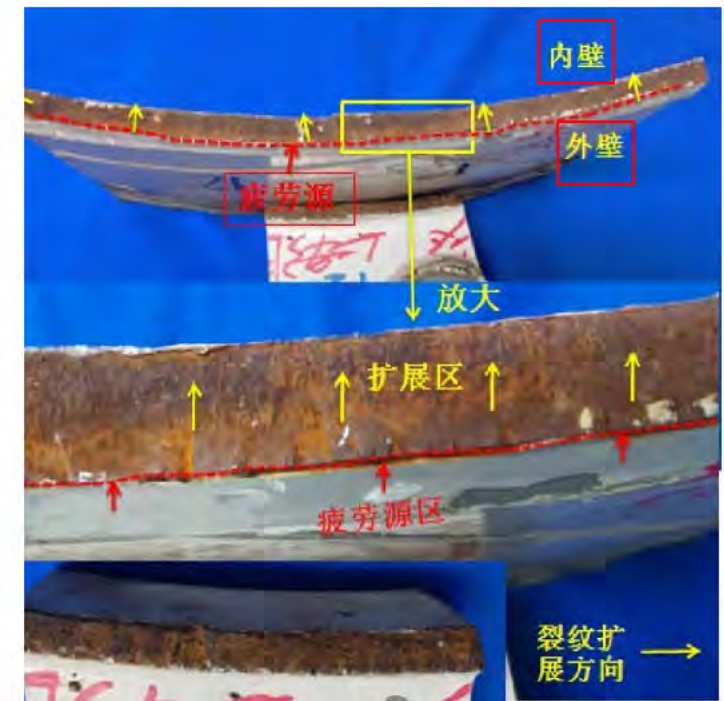
B、Cエリアは亀裂開口が大きいいため、相対摩擦が発生し、フランジには黒い摩擦鉄粉が残っています。



断裂局部拡大写真（10X）



断裂局部拡大写真（20X）

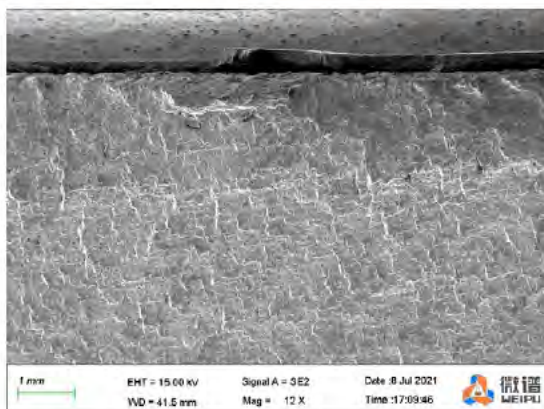


写真出典：第三者分析報告書「WP-21076552-JC-01」

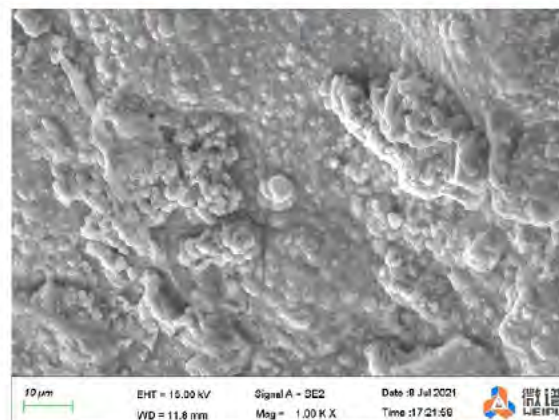
黄色矢印方向は亀裂伸展方向です。亀裂はフランジの外壁から内壁及び左側まで伸展します。

GHREPOWER

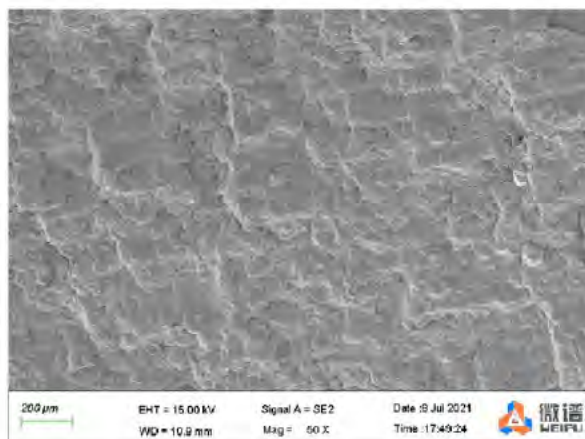
事故原因の分析-タワー製造：材料の確認—断裂面の分析について



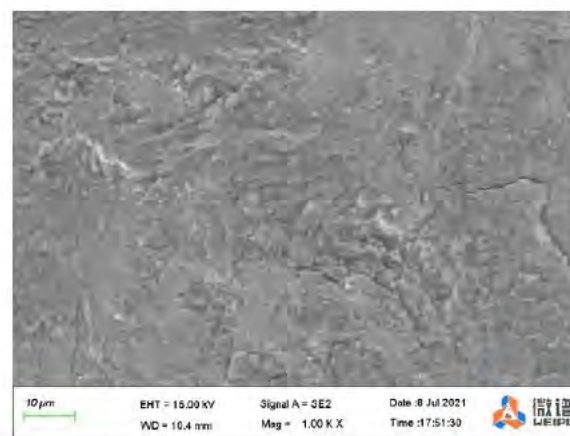
断裂面疲労源局部SEM図（12X）



断裂面疲労源局部SEM図（1000X）



断裂面疲労源局部SEM図（50X）



断裂面疲労源局部SEM図（1000X）

表1 断口EDS 测试结果

元素	C	O	Na	Al	Si	Ca	Mn	Fe	Zn	Nb
1	9.30	30.93	1.88	1.00	0.91	1.43	0.23	42.64	11.35	0.32
2	12.39	16.95	0.67	0.52	0.73	2.70	0.38	53.56	11.73	0.37
3	13.59	23.53	1.33	0.32	0.47	1.00	0.56	46.48	12.23	0.48
4	2.28	6.35	0.03	0.00	0.00	0.94	0.51	81.78	7.73	0.39

注解:

1. 所给结果为质量百分比。
2. EDS 为定性半定量分析，测试结果仅供参考。
3. 测试位置见图 34。

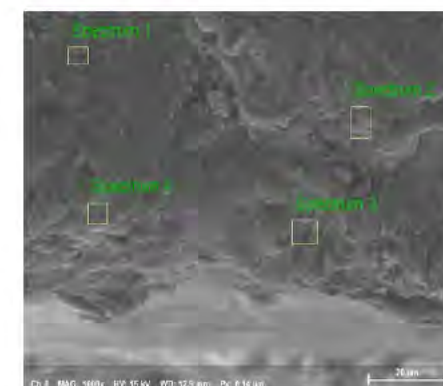


图 34 断口 EDS 测试位置（1000X）

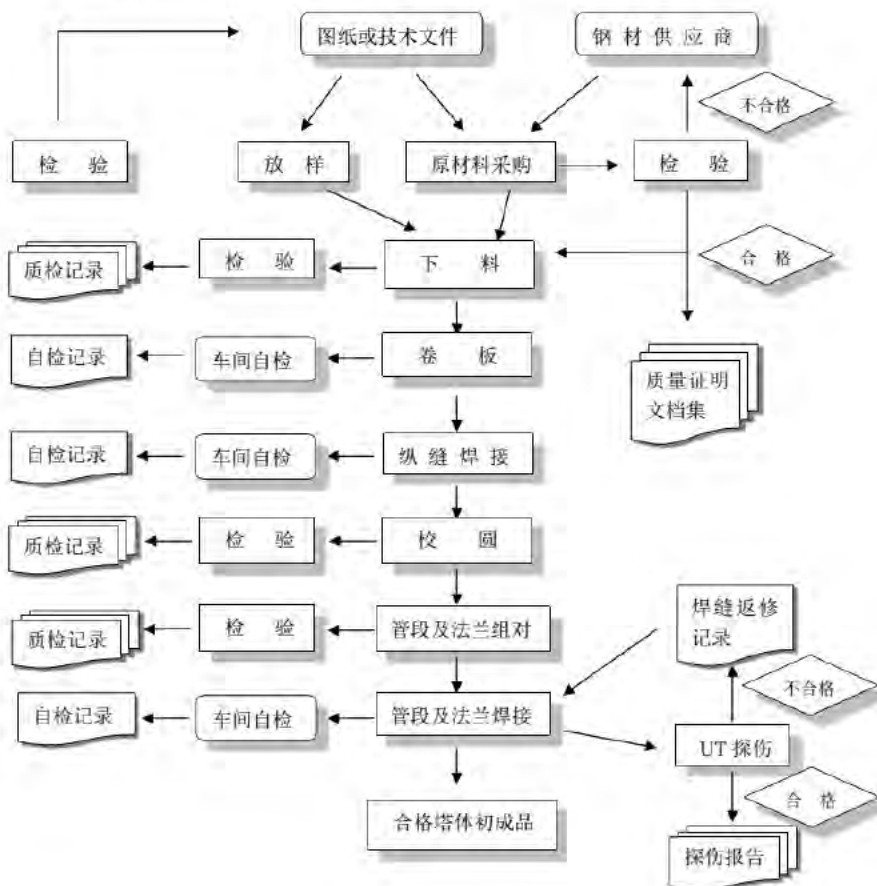
写真出典：第三者分析報告書「WP-21076552-JC-01」

断面特性は疲労断裂であり、疲労源はタワーフランジ外壁に線形で分布し、外壁から内壁までに伸展します。

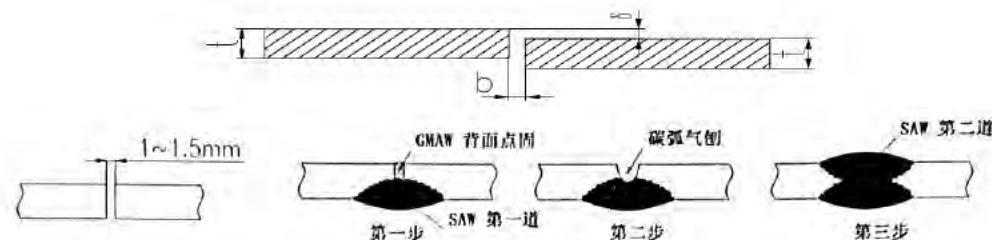
事故原因の分析-タワー製造：製造プロセス-溶接プロセスの検査について

27/41

3.3.1 塔身制作流程图 タワー製造プロセスについて



7.2.3 环缝对口错边量 $\delta \leq 0.1t$ mm, 且最大不超过 1.5mm, 在测量对口错边量 δ 时, 不应计入两板厚度差值, t 为钢板公称厚度 (mm)。环缝对口间隙 $b \leq 3$ mm, b 为环缝对口间隙。



接头尺寸图

焊接顺序图

出典：溶接プロセス

7.3.2.2 环缝对口错边量(见图 6) h 应 $\leq 0.1t$, 且最大不超过 2 mm, 在测量对口错边量 h 时, 不应计入两板厚度差值, t 为钢板厚度 (mm)。

6

出典：GB/T19072-2010 風力発電機のタワー

製造プロセスは規格に満たし、溶接継ぎ目の食い違い要求は規格の要求を上回ります。溶接方式は設計図面と一致します。

GHREPOWER

产品自编号: D6-(8~12) 预埋

序号	姓名	性别	焊工钢印
1	彭志辉	男	S
2	何增峰	男	C
3	李占峰	男	G
4	王志刚	男	3

1.彭志辉:钢印号5



2.何增峰：钢印号C



国星实业设备清单——管塔车间						
序号	设备名称	型号	供应商	设备编号	加工能力	数量
1	数控立式加工中心	OK	无锡华辰科技有限公司	OK-A-013	深度0-25mm	1台
2	钢板折弯机	WJ32045360	自购	OK-A-014		1台
3	卧式车床	WJ1370-25A3500	香港特利机床有限公司	OK-A-015	深度0-35mm 长度2500	1台
4	三轴车床机	WJ13042500	福建晋江泰成机械有限公司	OK-A-016	深度0-35mm 长度3000	1台
5	外环十字车磨床中心		福建晋江德恒机械有限公司	OK-A-017	深度0-30mm 长度2800	1台
6	内环十字车磨床中心		无锡中研科技有限公司	OK-A-018	工作范围:3500*3500	2台
7	滚齿机		无锡凯通	OK-A-020	工作范围:4300*6300	1台
8	齿条滚齿机		无锡凯通	OK-A-019	床身180T	1台
9	蜗轮滚齿机		无锡凯通	OK-A-021	床身5T	1台
10	蜗杆滚齿机	101	无锡凯通	OK-A-022	床身160T	1台
11	宝鼎1号数控加工中心	YET	无锡凯通机械有限公司	OK-A-023	床身5T	1台
12	宝鼎1号数控加工中心		无锡凯通机械有限公司	OK-A-024	工作范围:4000*2000	1台
13	数控铣床			OK-A-025		1台
14	数控铣床			OK-A-026		1台
15	数控铣床			OK-A-027		1台
16	数控铣床			OK-A-028		1台
17	数控铣床			OK-A-029		1台
18	数控铣床			OK-A-030		1台
19	冲压机	OK35-冲头		OK-A-031		1台
20	三轴铣床	KLJ-10A*2500	镇江康尔登机械制造有限公司	OK-A-032	深度0-20mm 长度2500	1台
21	立式加工中心		江苏众人	OK-A-033	工作范围:3000*3000*3000	1台
22	立式加工中心		江苏众人	OK-A-034	工作范围:3000*3000*3000	1台
23	立式加工中心		江苏众人	OK-A-035	工作范围:3000*3000*3000	1台
24	冷干机	150型	江苏中正工业	OK-A-045		1台
25	数控铣床	OK1100-6*3000	浙江江五环	OK-A-046	工作范围:2100*/3100	1台
26	数控铣床	Z905-1-3000X	浙江江五环	OK-A-047	工作范围:2100*/3100	1台
27	数控铣床		鑫昌	OK-A-048	工作范围:2100*/3100	1台
28	数控铣床		鑫昌	OK-A-049	工作范围:2100*/3100	1台
29	数控铣床	Y11-A-200		OK-A-050	工作范围:2100*/3100	1台
30	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-051	工作范围:2100*/3100	1台
31	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-052	工作范围:2100*/3100	1台
32	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-053	工作范围:2100*/3100	1台
33	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-054	工作范围:2100*/3100	1台
34	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-055	工作范围:2100*/3100	1台
35	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-056	工作范围:2100*/3100	1台
36	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-057	工作范围:2100*/3100	1台
37	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-058	工作范围:2100*/3100	1台
38	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-059	工作范围:2100*/3100	1台
39	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-060	工作范围:2100*/3100	1台
40	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-061	工作范围:2100*/3100	1台
41	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-062	工作范围:2100*/3100	1台
42	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-063	工作范围:2100*/3100	1台
43	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-064	工作范围:2100*/3100	1台
44	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-065	工作范围:2100*/3100	1台
45	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-066	工作范围:2100*/3100	1台
46	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-067	工作范围:2100*/3100	1台
47	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-068	工作范围:2100*/3100	1台
48	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-069	工作范围:2100*/3100	1台
49	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-070	工作范围:2100*/3100	1台
50	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-071	工作范围:2100*/3100	1台
51	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-072	工作范围:2100*/3100	1台
52	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-073	工作范围:2100*/3100	1台
53	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-074	工作范围:2100*/3100	1台
54	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-075	工作范围:2100*/3100	1台
55	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-076	工作范围:2100*/3100	1台
56	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-077	工作范围:2100*/3100	1台
57	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-078	工作范围:2100*/3100	1台
58	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-079	工作范围:2100*/3100	1台
59	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-080	工作范围:2100*/3100	1台
60	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-081	工作范围:2100*/3100	1台
61	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-082	工作范围:2100*/3100	1台
62	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-083	工作范围:2100*/3100	1台
63	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-084	工作范围:2100*/3100	1台
64	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-085	工作范围:2100*/3100	1台
65	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-086	工作范围:2100*/3100	1台
66	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-087	工作范围:2100*/3100	1台
67	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-088	工作范围:2100*/3100	1台
68	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-089	工作范围:2100*/3100	1台
69	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-090	工作范围:2100*/3100	1台
70	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-091	工作范围:2100*/3100	1台
71	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-092	工作范围:2100*/3100	1台
72	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-093	工作范围:2100*/3100	1台
73	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-094	工作范围:2100*/3100	1台
74	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-095	工作范围:2100*/3100	1台
75	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-096	工作范围:2100*/3100	1台
76	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-097	工作范围:2100*/3100	1台
77	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-098	工作范围:2100*/3100	1台
78	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-099	工作范围:2100*/3100	1台
79	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-100	工作范围:2100*/3100	1台
80	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-101	工作范围:2100*/3100	1台
81	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-102	工作范围:2100*/3100	1台
82	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-103	工作范围:2100*/3100	1台
83	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-104	工作范围:2100*/3100	1台
84	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-105	工作范围:2100*/3100	1台
85	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-106	工作范围:2100*/3100	1台
86	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-107	工作范围:2100*/3100	1台
87	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-108	工作范围:2100*/3100	1台
88	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-109	工作范围:2100*/3100	1台
89	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-110	工作范围:2100*/3100	1台
90	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-111	工作范围:2100*/3100	1台
91	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-112	工作范围:2100*/3100	1台
92	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-113	工作范围:2100*/3100	1台
93	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-114	工作范围:2100*/3100	1台
94	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-115	工作范围:2100*/3100	1台
95	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-116	工作范围:2100*/3100	1台
96	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-117	工作范围:2100*/3100	1台
97	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-118	工作范围:2100*/3100	1台
98	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-119	工作范围:2100*/3100	1台
99	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-120	工作范围:2100*/3100	1台
100	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-121	工作范围:2100*/3100	1台
101	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-122	工作范围:2100*/3100	1台
102	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-123	工作范围:2100*/3100	1台
103	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-124	工作范围:2100*/3100	1台
104	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-125	工作范围:2100*/3100	1台
105	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-126	工作范围:2100*/3100	1台
106	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-127	工作范围:2100*/3100	1台
107	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-128	工作范围:2100*/3100	1台
108	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-129	工作范围:2100*/3100	1台
109	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-130	工作范围:2100*/3100	1台
110	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-131	工作范围:2100*/3100	1台
111	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-132	工作范围:2100*/3100	1台
112	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-133	工作范围:2100*/3100	1台
113	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-134	工作范围:2100*/3100	1台
114	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-135	工作范围:2100*/3100	1台
115	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-136	工作范围:2100*/3100	1台
116	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-137	工作范围:2100*/3100	1台
117	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-138	工作范围:2100*/3100	1台
118	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-139	工作范围:2100*/3100	1台
119	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-140	工作范围:2100*/3100	1台
120	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-141	工作范围:2100*/3100	1台
121	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-142	工作范围:2100*/3100	1台
122	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-143	工作范围:2100*/3100	1台
123	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-144	工作范围:2100*/3100	1台
124	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-145	工作范围:2100*/3100	1台
125	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-146	工作范围:2100*/3100	1台
126	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-147	工作范围:2100*/3100	1台
127	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-148	工作范围:2100*/3100	1台
128	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-149	工作范围:2100*/3100	1台
129	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-150	工作范围:2100*/3100	1台
130	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-151	工作范围:2100*/3100	1台
131	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-152	工作范围:2100*/3100	1台
132	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-153	工作范围:2100*/3100	1台
133	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-154	工作范围:2100*/3100	1台
134	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-155	工作范围:2100*/3100	1台
135	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-156	工作范围:2100*/3100	1台
136	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-157	工作范围:2100*/3100	1台
137	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-158	工作范围:2100*/3100	1台
138	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-159	工作范围:2100*/3100	1台
139	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-160	工作范围:2100*/3100	1台
140	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-161	工作范围:2100*/3100	1台
141	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-162	工作范围:2100*/3100	1台
142	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-163	工作范围:2100*/3100	1台
143	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-164	工作范围:2100*/3100	1台
144	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-165	工作范围:2100*/3100	1台
145	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-166	工作范围:2100*/3100	1台
146	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-167	工作范围:2100*/3100	1台
147	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-168	工作范围:2100*/3100	1台
148	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-169	工作范围:2100*/3100	1台
149	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-170	工作范围:2100*/3100	1台
150	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-171	工作范围:2100*/3100	1台
151	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-172	工作范围:2100*/3100	1台
152	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-173	工作范围:2100*/3100	1台
153	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-174	工作范围:2100*/3100	1台
154	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-175	工作范围:2100*/3100	1台
155	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-176	工作范围:2100*/3100	1台
156	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-177	工作范围:2100*/3100	1台
157	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-178	工作范围:2100*/3100	1台
158	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-179	工作范围:2100*/3100	1台
159	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-180	工作范围:2100*/3100	1台
160	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-181	工作范围:2100*/3100	1台
161	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-182	工作范围:2100*/3100	1台
162	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-183	工作范围:2100*/3100	1台
163	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-184	工作范围:2100*/3100	1台
164	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-185	工作范围:2100*/3100	1台
165	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-186	工作范围:2100*/3100	1台
166	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-187	工作范围:2100*/3100	1台
167	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-188	工作范围:2100*/3100	1台
168	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-189	工作范围:2100*/3100	1台
169	数控铣床	2000-6*3000		OK-A-190	工作范围:2100*/3100	1台
170	数控铣床</					

上海致远绿色能源股份有限公司

章序号: 11070001-05 版数: 2.01 页次号: 2Y2015-10-9

供应商调查评估表

评估时间: 2015 年 1 月 8 日

1	企业名称	浙江宁波星实业有限公司	1.1 是否大型制造企业	是 ☒ 否 ☐
2	地址	浙江省湖州市安吉县 塘浦工业区	1.2 是否大型制造企业	是 ☒ 否 ☐
3	联系人	朱月水	1.3 是否大型制造企业	是 ☒ 否 ☐
4	联系电话	15088302038	1.4 是否大型制造企业	是 ☒ 否 ☐
5	电子邮箱	15661257923	1.5 是否大型制造企业	是 ☒ 否 ☐
6	成立时间	2007 年	1.6 是否大型制造企业	是 ☒ 否 ☐
7	注册资金	91188 万元	1.7 是否大型制造企业	是 ☒ 否 ☐
8	经营范围	Endurance wind power (英国, 加拿大)	1.8 是否大型制造企业	是 ☒ 否 ☐
9	主要产品	HUB (风车大轴) 叶片	1.9 是否大型制造企业	是 ☒ 否 ☐
10	年产量	2.5 亿	1.10 是否大型制造企业	是 ☒ 否 ☐
11	主要客户	500 天	1.11 是否大型制造企业	是 ☒ 否 ☐
12	主要设备	10	1.12 是否大型制造企业	是 ☒ 否 ☐
13	主要材料	500 天	1.13 是否大型制造企业	是 ☒ 否 ☐
14	主要工艺	10	1.14 是否大型制造企业	是 ☒ 否 ☐
15	主要设备	500 天	1.15 是否大型制造企业	是 ☒ 否 ☐
16	主要材料	500 天	1.16 是否大型制造企业	是 ☒ 否 ☐
17	主要工艺	500 天	1.17 是否大型制造企业	是 ☒ 否 ☐
18	主要设备	500 天	1.18 是否大型制造企业	是 ☒ 否 ☐
19	主要材料	500 天	1.19 是否大型制造企业	是 ☒ 否 ☐
20	主要工艺	500 天	1.20 是否大型制造企业	是 ☒ 否 ☐



仕入れ先の作業員の技能（資格）、製造工場の資格を検査して、異常なしです。

□事故原因の分析-その他の原因：風車建設及び保守検査について

①組立時、製造メーカー技師の指導があったが、風車組立記録表（組立マニュアルに従い、風車組立完了後提出必要）がないため、組立に不適合行為があるかどうかについて、証拠不足で判定できない。

② * 定期的メンテ：

初期メンテ（2019年8月）/半年メンテ（2020年2月）/年度メンテ（2020年8月）を実施した記録がない。

* 台風など自然災害後、臨時点検：

2020年9月の9号台風及び10号台風が経過後の臨時点検を実施した記録がない。

メンテナンス時間(年)は初回運行から計算する。メンテナンス周期は、作業内容により、A、B、C、X(X1 X2)計四種類に分けて記載しています。

メンテナンスコード X1、X2 は拡張を示します。X1 は三年ごとに、X2 は五年ごとに実施する作業項目である。

メンテナンスリストに X1、X2 で標識するメンテナンス項目は当該ランクのメンテナンス作業で実施する。

1) メンテナンス A: 運転後 1~3 ヶ月のメンテナンスである。風力発電ユニットの運転メンテナンス計画中に一回執行する。全てのボルトを締め直す。

2) メンテナンス B: 半年毎にメンテナンスする。メンテナンス B 実施時間の誤差は±1ヶ月。

3) メンテナンス C: 1年毎にメンテナンスする。トルク表の規定値に従いボルト締め検査を実施して、重複検査しないように検査後標識してください。緩めたボルトが発見されたら当該項目全てのボルトを締めて記録してください。メンテナンス B 実施時間の誤差は±1ヶ月。

⚠ 定期メンテナンス以外、悪天候や災害の後に、風力発電ユニット検査とメンテナンスを実施する必要がある。
通常メンテナンスや台風メンテナンス以外で、必要がある場合、風車や個別の部品を検査してください。

1. 台風天気、**風速 45m/s 以上の台風が直撃した場合**
2. 地震災害、地震強度がレベル 5 以上、震源から 100 km 以内である場合。
3. **風力ユニットに落雷が確認され運転に異常をきたしている場合**（雷天気や落雷季節に、都合がよければ、避雷器や避雷モジュールを検査することをお勧めします）。

37 / 54

出典：メーカーの19.7kw風車メンテナンスマニュアル

* EPCのナチュラルエナジークリエイト社から風車は設置したから2020年8月まで、定期的な目視巡回検査を実施したことがあったが、記録は残されていないと言われた。

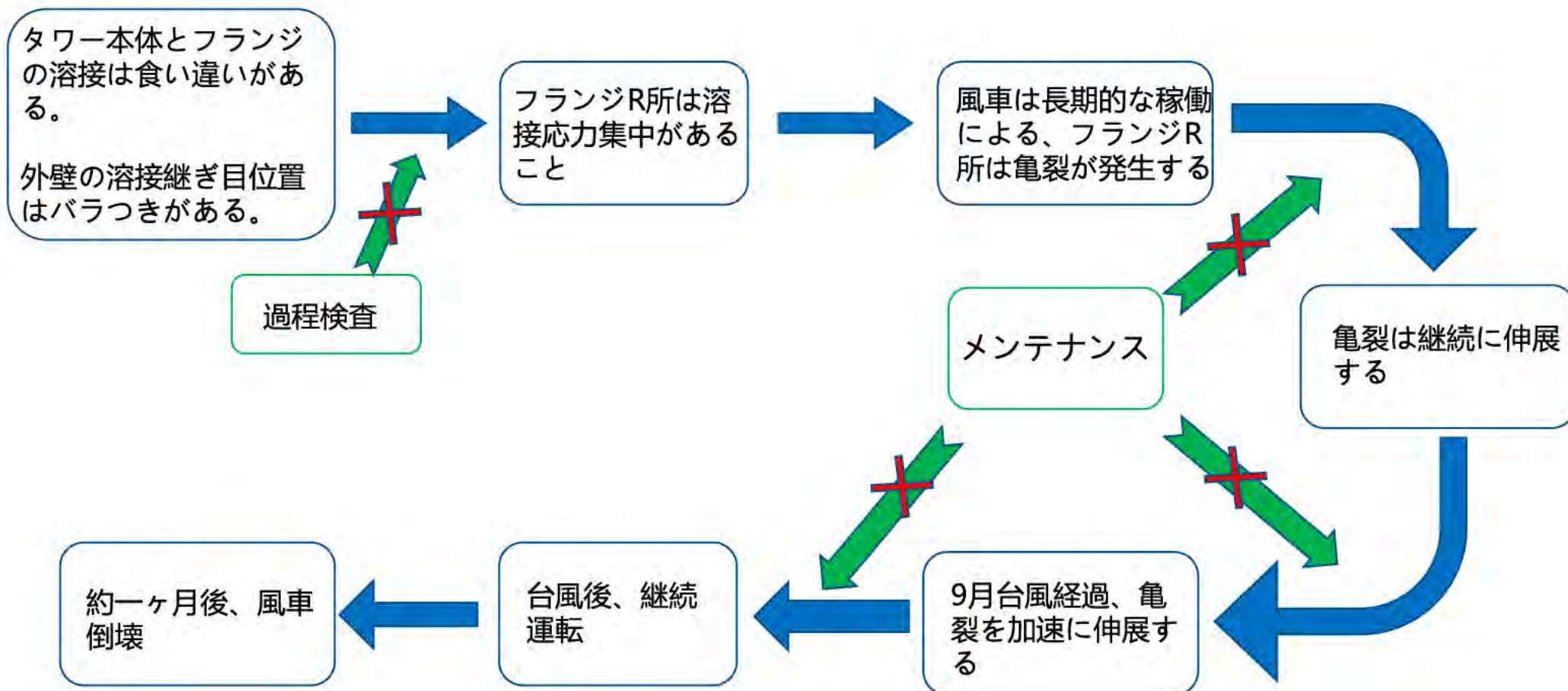
▣ 事故原因究明の結論

上記の調査と分析に基づいて、以下の結論が得られます。

1. タワー実際の溶接継ぎ目の位置が図面と一致しなく、塔筒の内壁とフランジの内壁の食い違いがあること。
2. タワーの生産過程で、円型溶接継ぎ目の食い違いに対して検査を実施したが、検査箇所が少ない。検査不完備のため、食い違いの識別が出来なかったまま製品を出荷したこと。
3. タワー内壁とフランジ内壁の食い違い及び外壁溶接継ぎ目がR角に接近することにより、タワーに応力が集中し、寿命が急激に低下された。
4. タワーに応力集中されるところは長期運行により、疲労損傷が亀裂まで発展される。疲労源は応力集中されるところにある。
5. 2020年9月の2回の台風は亀裂の伸展を加速したこと。
6. 規定なメンテナンスは一回でも実施したことがない為、亀裂及び異常なことが識別されなかった。風車が続いて稼働して倒壊したこと。

事故機倒壊推論図

31/41



▣ 再発防止対策について@まとめ

①健全機に対して： (事故機以外40機風車)

- 1、全数風車に対し、目視検査を実施します。
- 2、4割風車に対し、探傷検査を実施します。
- 3、全数風車に対し、食い違い検査を実施します。
- 4、検査結果を分析し、リスク等級を分別します。
高リスク：振動センサー改良＋タワー交換
低リスク：振動センサー改良＋メンテ頻度増加
許容リスク：振動センサー改良＋メンテ確保

②今後出荷品について：

製造工場向け：食い違い検査点を増加します。
溶接継ぎ目の寸法検査及び目視検査の実施を要求します。

GHRE向け：品質コントロールを強化します。
食い違い検査及び寸法検査について、全数で実施します。

運営及びメンテについて：

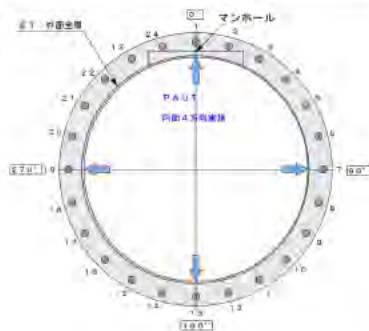
定期的メンテナンスを実施する重要性を周知します。

台風など自然災害が発生後、事業主に臨時メンテナンスの注意を通告します。

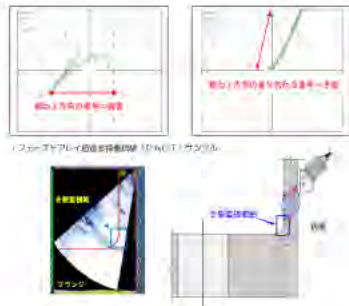
再発防止対策について①：健全機再発防止対策（１）

健全機に対して、以下の再発防止対策を実施します。

項目	事故機	鷹島風車	同ロット下フランジ原材料を利用した風車	同型式風車（日本において設置された全てのHY16/19.7風車、NK認証番号：TC-0018）
基数	1基	5基（事故機を含む；16基中の5基）	16基（41基中の16基）	41基（但し、別途2基北海道に設置され、撤去予定）
検査内容	①サンプル検査（材質、性能、食い違い寸法など）を実施しました。	①目視検査を実施しました。	①目視検査を実施しました。	①3月20日まで41基風車の目視検査を実施しました。異常なしです。
	②食い違い及び風向、地形などの分析を実施しました。	②事故機以外の4基風車に対して超音波探傷検査を実施しました。異常なしです。	②超音波探傷検査を実施しました。異常なしです。	
		③溶接継ぎ目の食い違い寸法検査及び風向、地形などの分析を実施しました。結果はスライド39にて報告します。	③溶接継ぎ目の食い違い寸法検査の実施及び風向、地形などの分析を実施しました。結果はスライド39にて報告します。	②溶接継ぎ目の食い違い寸法検査の実施及び風向、地形などの分析を実施しました。結果はスライド39にて報告します。



・再発防止対策（エド）サンプル



非破壊探傷検査



食い違い寸法検査

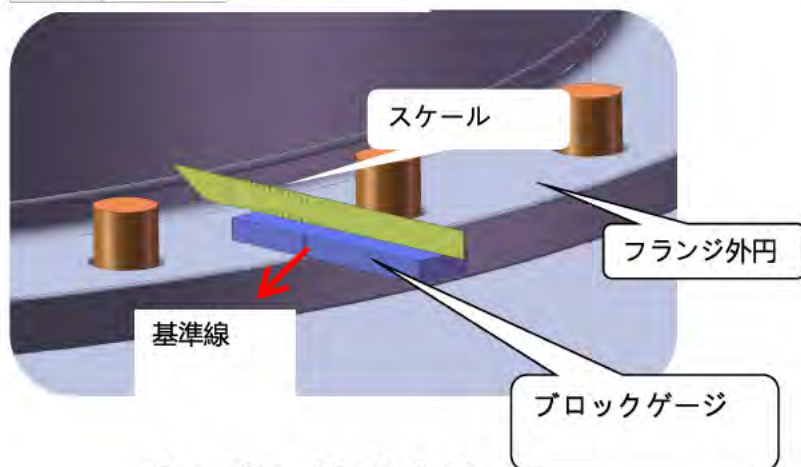
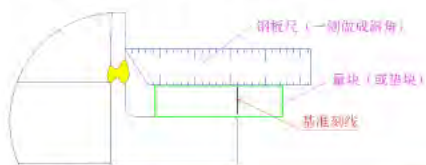
GHREPOWER

健全機に対して、全数の目視検査結果及び4割の探傷検査結果が異常なしです。

再発防止対策について①：健全機再発防止対策（3）

食い違い測量概要：

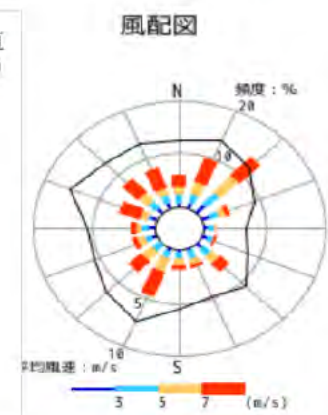
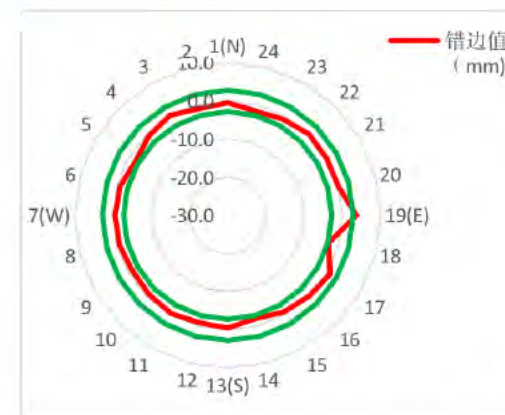
- 1、フランジ平面を基準として、フランジ外円と継ぎ目近辺のタワーシェルとの距離を測量します。
- 2、食い違い検査は24方位を実施します。
- 3、24方位の測量値を記録して、最大値、最小値と主風向の関係を分析します。



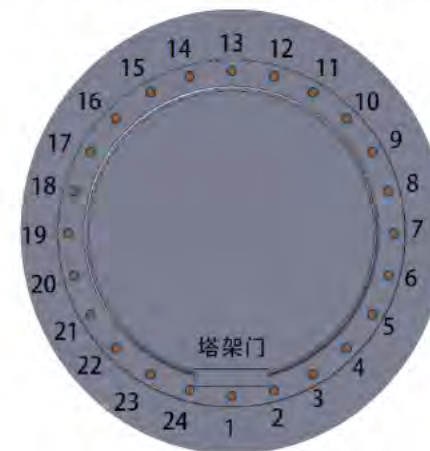
食い違い検査治具



食い違い検査写真



HY23風車の食い違い測量結果



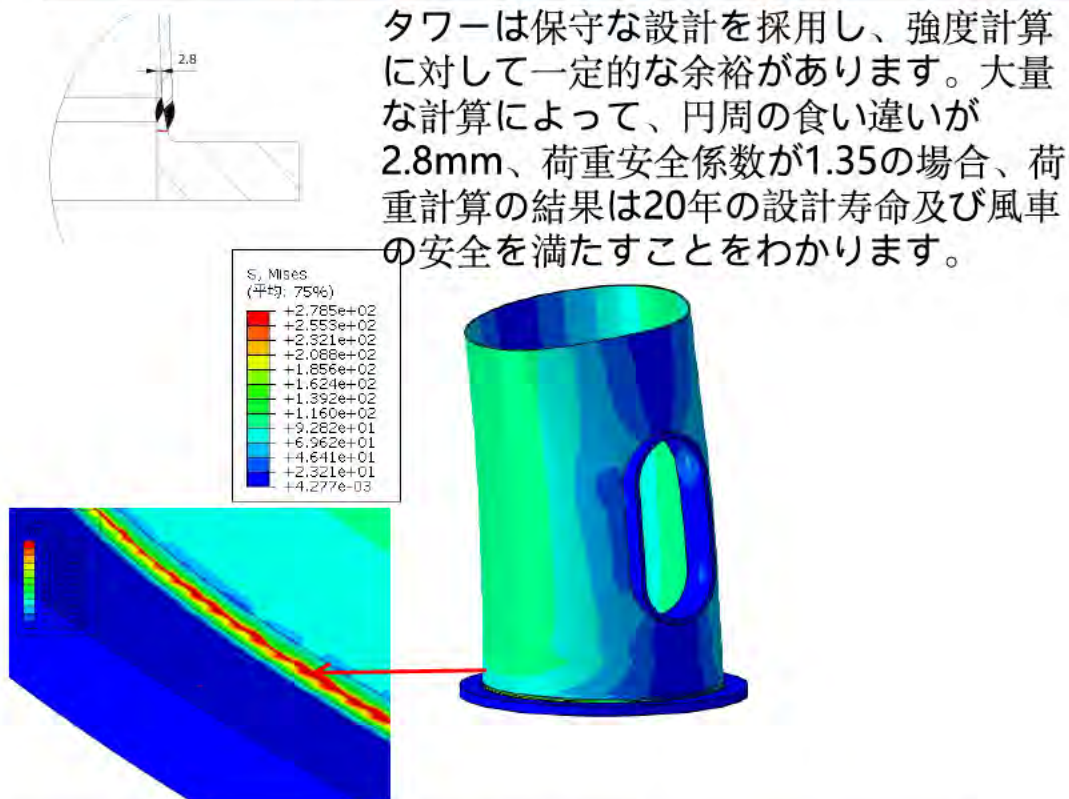
食い違い検査方位

再発防止対策について①：健全機再発防止対策（４）

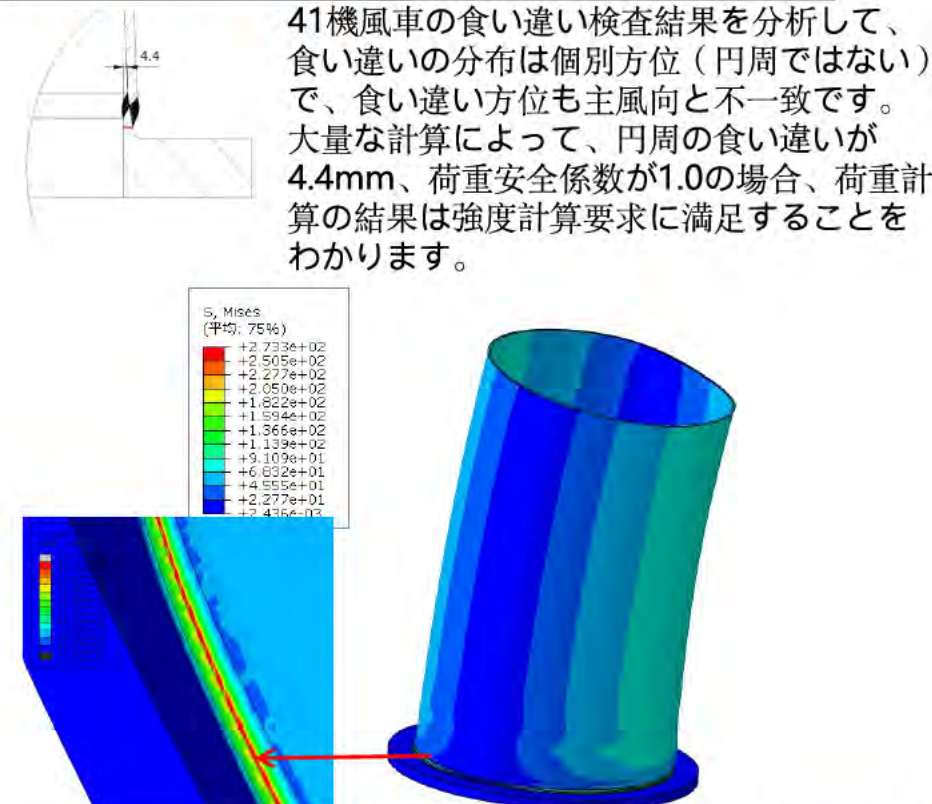
食い違い検査報告										
NO.	リスク等級	リスク説明	判定基準	基数	SCADA番号	タワー番号	ボルト番号と食い違い最大値	ボルト番号と食い違い最小値	主風向相応ボルト番号	対策措置
1	リスクない	食い違い寸法はタワー設計要求を満たす。	24方位検査数値が≤1mm	0						
2	許容リスク	ある方位の食い違い数値が設計要求を満たさないが、規格に従って計算する場合、20年の設計寿命及び風車の安全を満たす。 (計算によって、食い違いの2.8mmの場合、20年の設計寿命及び風車の安全を満たすことを評価します。)	2.8mm≥最大食い違い数値>1mm	13	HY16-19.7_0001前村内之浦1 HY16-19.7-16-0003藤崎風力発電所 3 HY16-19.7-16-0007藤崎風力発電所 7 HY16-19.7-16-0008藤崎風力発電所 7 HY16-19.7_16-0001吹越 HY16-19.7_16-0004六所村 1 HY16-19.7_16-0005六所村 2 HY16-19.7_16-0016長崎平戸第一 HY16-19.7_16-0017長崎平戸 HY16-19.7_16-0019秋田峰崎 7 HY16-19.7_16-0025坪水第一 HY16-19.7_16-0027 牧の岳第二 HY16-19.7_16-0028更紗第二 HY16-19.7-16-0001藤崎風力発電所 1 HY16-19.7_0002 藤崎第一風力発電所 1 HY16-19.7_0004霞崎 1 HY16-19.7-16-0005藤崎風力発電所 5 HY16-19.7_0006霞崎 2 HY16-19.7_16-0002箱内-1 HY16-19.7_16-0006深津棚原 2 号 HY16-19.7_16-0008北海道渡辺町 HY16-19.7_16-0009風間浦 1 HY16-19.7_16-0010大間町黒岩 4 HY16-19.7_16-0015 瀬棚町北松山区太櫓315-2 HY16-19.7_16-0023江第一 HY16-19.7_16-0029増巻海岸第 2 HY16-19.7_16-0032江差第 1 風力発電所	GXTF6-20-022 GXTF6-20-019 GXTF6-20-018 GXTF6-20-034 GXTF6-20-001 GXTF6-20-005 GXTF6-20-004 GXTF6-20-016 GXTF6-20-017 GXTF6-20-029 GXTF6-20-038 GXTF6-20-035 GXTF6-20-031 GXTF6-20-021 GXTF6-20-033 GXTF6-20-025 GXTF6-20-020 GXTF6-20-026 GXTF6-20-002 GXTF6-20-011 GXTF6-20-013 GXTF6-20-010 GXTF6-20-006 GXTF6-20-007 GXTF6-20-039 GXTF6-20-030 GXTF6-20-003	8(-2.3mm) 12(2.8mm) 23(2.7mm) 24(-2.6mm) 13(2.8mm) 7(1.9mm) 10(2.4mm) 6(-1.3mm) 18(-1.6mm) 5(1.8mm) 1(-2.8mm) 5(2.6mm) 4(2.6mm) 23(4.0mm) 18(3.4mm) 4(3.7mm) 13(4.0mm) 2(-3.4mm) 1(3.7mm) 2(4.3mm) 23(4.0mm) 10(3.8mm) 4(4.1mm) 22(3.2mm) 19(3.7mm) 17(-3.1mm) 22(3.8mm)	14(0.0mm) 13(-0.1mm) 24(0.0mm) 16(5(0.1mm)) 15(0.2mm) 9(0.1mm) 6(0.1mm) 22(0.1mm) 10(0.0mm) 24(0.0mm) 21(0.0mm) 17(-0.1mm) 20(0.0mm) 12(0.1mm) 14(0.1mm) 19\18(0.2mm) 10(0.0mm) 14(0.1mm) 10/8(-0.3) 13(0.2) 12(0.3mm) 22\21(0.6mm) 9\8(0.6mm) 10\9(0.1mm) 16(0.0mm) 4(0.0mm) 17(0.1mm)	11 21\9 22\10 1 11 10 8 22 15 20 8 22\7 24 19 21 22 22 17 22 12 13 4 9 7 12\6 1 12	1. メンテナンスマニュアルの通り保守すること。 2. 振動センサーをバージョンアップして、リアルタイム監視システムを用いてタワー異常を検知する。
3	リスクが低い	ある方位の食い違い数値が設計要求を満たさないが、荷重安全係数を含まれない場合、強度計算は要求に満足する。かつ当該食い違い場所は主風向にしないこと。ト2.8mm、かつ当該食い違い場所は主風向にしないこと。 (計算によって、食い違いの4.4mmの場合、荷重安全係数を含まれない場合の強度計算要求に満足する。)	4.4mm≥最大食い違い数値 ト2.8mm、かつ当該食い違い場所は主風向にしないこと。	14						1. メンテナンスマニュアルの通り定期的な保守を実施すること。 2. 振動センサーをバージョンアップして、リアルタイム監視システムを用いてタワー異常を検知する。 3. 台風、地震など自然災害後、メンテナンス検査を実施すること。 4. 毎年、台風時期に入る前に、半年点検の内容でタワーに関する検査を実施すること。＊検査頻度を増やすこと。
4	リスクが高い	前項の 1、2、3 を該当しない。		13	HY16-19.7_16-0003 秋田男鹿 HY16-19.7_16-0007深津棚山黒道 2 号 HY16-19.7_16-0011 野辺地町子明前69-B7 HY16-19.7_16-0012北海道南延町 HY16-19.7_16-0013ドリーム 1 HY16-19.7_16-0014ドリーム 2 HY16-19.7_16-0018秋田峰崎 8 号 HY16-19.7_16-0020三追風風力発電所 HY16-19.7_16-0021風間浦 2 HY16-19.7_16-0022ドリーム 3 HY16-19.7_16-0024江第二 HY16-19.7_16-0030サラキオオマナイ第一-C HY16-19.7_16-0031大間町二ツ石177-17HY	GXTF6-20-009 GXTF6-20-012 GXTF6-20-014 GXTF6-20-015 GXTF6-20-023 GXTF6-20-024 GXTF6-20-028 GXTF6-20-008 GXTF6-32-007 GXTF6-20-027 GXTF6-20-036 GXTF6-20-032 GXTF6-20-041	13(6.4mm) 10(4.5mm) 7(5.6mm) 4(4.9mm) 3(4.5mm) 21(4.9mm) 5(5.3mm) 15(7.2mm) 2(6.7mm) 8(7(4.5mm)) 21(-4.6mm) 2(-5.2mm) 12(5.0mm)	17(0.0mm) 22(0.6mm) 19(0.2mm) 1(0.0mm) 19\1(0.3mm) 8(-0.8mm) 24(0.3mm) 9\8(0.3mm) 23(0.2mm) 10(0.0mm) 21(-0.3mm) 24\23\22\5(0.0mm) 15(-0.2mm)	1 20 9\1 9\3 1 17 17 16 9 7 6 14\1 20	1タワーを交換すること。 2. 振動センサーをバージョンアップして、リアルタイム監視システムを用いてタワー異常を検知する。

40基健全について、事故機と同様、食い違い検査結果と風車主風向、地形、台風などを評価した上に、報告書を纏めます。

再発防止対策について①：健全機再発防止対策（5）



DLC	ultimate StressMPa	Tower characteristic material strength fK-tower MPa	Partial safety factor for material rm-tower-U	Admissible stressfk/(rm *rn)MPa	Ultimate strength analysis
5.1a9	278.5	325	1.1	295.5	pass
Max value	278.5				pass



DLC	ultimate StressMPa	Tower characteristic material strength fK-tower MPa	Partial safety factor for material rm-tower-U	Admissible stressfk/(rm *rn)MPa	Ultimate strength analysis
5.1a9	273	325	1.1	295.5	pass
Max value	273				pass

再発防止対策について②：品質管理対策(1)--即有品質管理の説明

38/41

1. 食い違い検査について：

タワー製造のプロセスの検査要求の通り食い違いへの検査を実施しましたが、検査箇所は少なく、検査後のデータも少ないです。



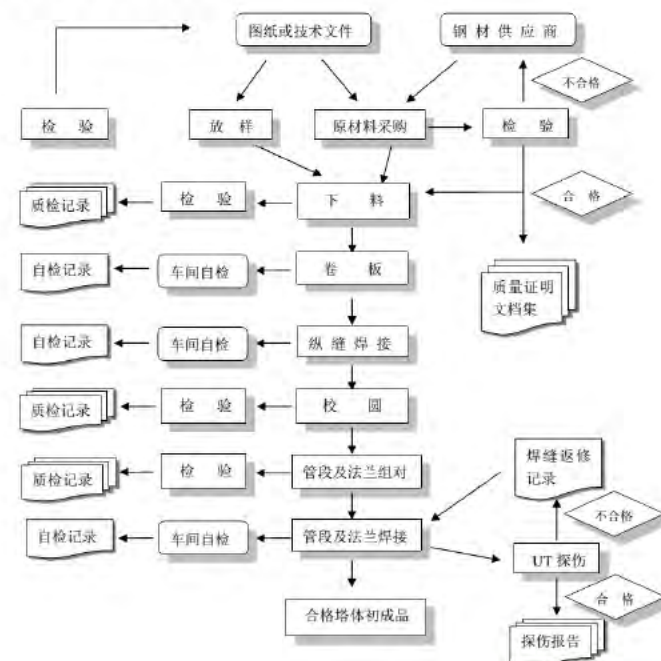
図1：食い違い検査写真

図2：検査報告書

2. タワー溶接継ぎ目の寸法検査及び目視検査はなかったです。

タワー製造プロセスについて

3.3.1 塔身制作流程图



再発防止対策について②：品質管理対策(2)--品質改善（タワー工場） 39/41

1. 食い違い検査箇所を増加し、検査報告書を改善します。改善内容の通り実施します。

改善前報告書
食い違い検査点：3箇所

改善後報告書
食い違い検査点：24箇所

管塔过程检验记录(筒节对接)

产品编号: 30118

部位	项目	检测值	检测工具	判定	备注
筒节对接	对口错边	0.003	卷尺	可接受	
	对口错边	0.003	卷尺	可接受	
对接焊缝及焊趾	对口错边	≤1	卷尺	可接受	
	对口错边	≤1	卷尺	可接受	

检验员: 孙 日期: 2021.12.13



塔筒总体尺寸检验报告

检测项目	检测点	检测值	检测工具	判定	备注			
筒节垂直度	T1	0.003	T8	0.004	T15	0.004	T22	0.004
	T2	0.002	T9	0.003	T16	0.002	T23	0.003
	T3	0.004	T10	0.003	T17	0.002	T24	0.002
	T4	0.002	T11	0.002	T18	0.003	T25	0.004
	T5	0.003	T12	0.003	T19	0.004		
	T6	0.004	T13	0.002	T20	0.002		
	T7	0.002	T14	0.002	T21	0.003		
筒节垂直度偏差	T1	1	T8	1	T15	0	T22	0
	T2	0	T9	0	T16	1	T23	0
	T3	0	T10	1	T17	0	T24	0
	T4	0	T11	0	T18	1	T25	0
	T5	1	T12	1	T19	1		
	T6	0	T13	0	T20	0		
	T7	0	T14	0	T21	0		
环焊缝对口错边	T1	0	T8	1	T15	0	T22	0
	T2	1	T9	1	T16	0	T23	0
	T3	0	T10	0	T17	0	T24	0
	T4	1	T11	0	T18	0	T25	0
	T5	0	T12	1	T19	0		
	T6	0	T13	0	T20	0		
	T7	1	T14	0	T21	0		

检验员: 孙 日期: 2021-12-13

2. タワー溶接継ぎ目の寸法検査及び目視検査を要求します。その要求についての教育を強化します。

■再発防止対策について②：品質管理対策(3)--品質改善（GHRE）

40/41

NO.	改善前	改善後	改善実施完成日	改善後判定物
1	食い違い検査： 1) GHRE は製造プロセス資料を審査します。	食い違い検査： 1) GHRE は製造プロセス資料を審査します。 2) GHRE検査員は実物へ 全数 検査を実施します。	9月20日	GHRE検査報告書
2	食い違い検査への認識が強くないです。	食い違い検査は重要な確認項目として、品質コントロール手順及び方法などを規定します。	9月25日	品質コントロール書類
3	タワー溶接継ぎ目の寸法検査： 1) GHRE は製造プロセス資料を審査します。	タワー溶接継ぎ目の寸法検査： 1) GHRE は製造プロセス資料を審査します。 2) 検査内容を周知します。関連教育を強化します。	9月30日	作業員への教育記録

GHREPOWER

▣再発防止対策について③：運営及びメンテについて

風車組立記録表未提出、及びメンテナンスマニュアル通り未点検への対策：

- a. 代理店、事業主へ風車の安全稼働及びメンテナンスの教育及び案内を強化する。メンテナンス未実施の危険性を強調する。
- b. メーカーは代理店及びEPCに対する資質審査を強化する。
- c. メンテナンス未実施への対策措置を強化する、SCADA、メール、電話など通常措置以外、相応な監督部門へ不適切案件を通報する。

その他最適化対策：

- a. 代理店、事業主へ風車の運用環境の教育及び案内を強化する。
- b. 台風など自然災害が発生後、遠隔監視システムまたはそのほか一切な有効的な手段で事業主へ臨時メンテナンスの注意を通告する。

以上でございます。