

柏崎刈羽原子力発電所1号機

新潟県中越沖地震後の設備健全性に係る
タービン建屋の点検・評価状況について

平成21年4月27日

東京電力株式会社

目 次

1 . はじめに	1-1
2 . 点検・評価に関する基本的な考え方	2-1
3 . タービン建屋の概要	3-1
4 . 点検	4-1
4 . 1 点検方法の策定	4-1
4 . 2 力量管理	4-3
4 . 3 点検結果	4-4
5 . タービン建屋の耐震健全性評価	5-1
5 . 1 解析評価方針	5-1
5 . 2 解析に用いる入力地震動	5-3
5 . 3 地震応答解析モデル	5-5
5 . 4 地震応答解析結果	5-13
5 . 5 耐震健全性評価結果	5-15
6 . 総合評価	6-1
6 . 1 総合評価の方法	6-1
6 . 2 総合評価結果	6-2
7 . 添付資料一覧	7-1

1. はじめに

本報告は、「新潟県中越沖地震を受けた柏崎刈羽原子力発電所の設備の健全性に係る点検・評価計画について（経済産業省 平成 19・11・06 原院第 2 号 平成 19 年 11 月 9 日）」を受け、原子力安全・保安院に提出した「柏崎刈羽原子力発電所 1 号機新潟県中越沖地震後の設備健全性に係る点検・評価計画書（建物・構築物編）」に基づき実施したタービン建屋の点検・評価結果について取り纏めたものである。

2. 点検・評価に関する基本的な考え方

点検・評価とは、タービン建屋について点検、地震応答解析による評価および両者の結果を踏まえた健全性の総合評価をいう。

点検は、タービン建屋を対象に共通的に実施する目視点検により行う。地震応答解析では、本地震の観測波に基づくタービン建屋の解析的な評価を実施する。

点検・評価に関しては、以下の基本的な考え方に従った。(図-2.1 参照)

- ・耐震安全上重要な建物・構築物については、点検と地震応答解析を実施し、両者の結果を照合して健全性の総合評価を行う。
- ・目視点検で異常が確認された場合は、非破壊試験等の追加点検を行い、必要に応じて補修を実施することも検討する。
- ・地震応答解析結果において裕度が比較的小さい場合は、詳細検討を行う。

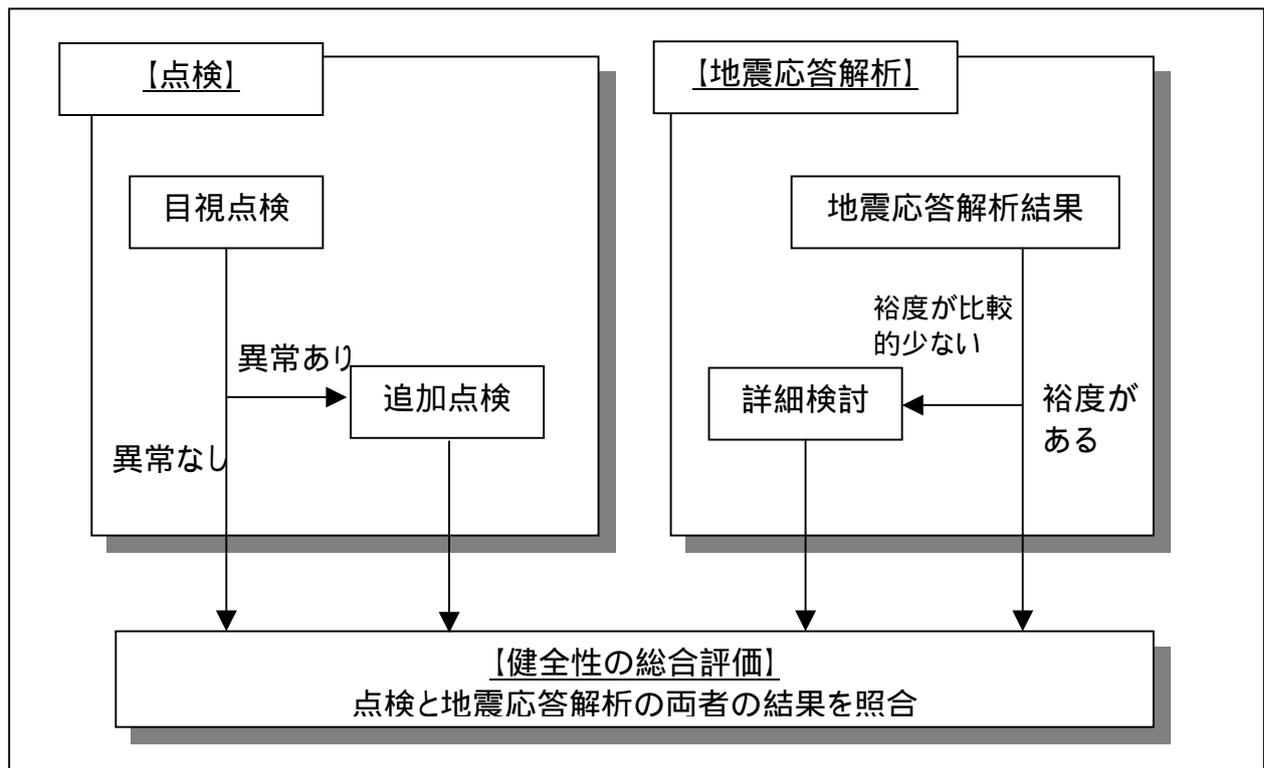


図-2.1 タービン建屋の点検・評価の全体フロー

3. タービン建屋の概要

タービン建屋は、図-3.1～図-3.5に示すように地下2階、地上2階の主要構造が鉄筋コンクリート造（一部鉄骨鉄筋コンクリート造）壁付ラーメン構造の建物である。

タービン建屋の高さは、基礎底面から49.2m（地上部24.0m¹、地下部25.2m）、平面は、地下部で143.0m(NS)×89.0m²(EW)、地上部のT.M.S.L.5.3m～T.M.S.L.18.3mまでは122.1m(NS)×89.0m²(EW)、T.M.S.L.18.3m以上では122.1m(NS)×41.0m²(EW)の長方形をなしている。

さらに、タービン発電機上部は鉄骨造陸屋根で、スラブは鉄筋コンクリート造である。また、基礎は厚さ3.5mのべた基礎（蒸気タービンの基礎マット部およびその周辺部は厚さ4.5m）で支持地盤である新第三紀層の泥岩盤上に直接または、コンクリートを介して設置されている。

地震時または暴風時の水平荷重に対しては、耐震壁およびラーメン部材が抵抗する。さらに、各階の耐震壁はねじれをできるだけ少なくするような平面配置となっている。また、各階床レベルは水平力の伝達をスムーズにするために統一されている。

タービン建屋は隣接する原子炉建屋とは構造的に分離されている。

また、タービン建屋は耐震重要度分類によるBクラスに属する施設であり、建屋そのものに動的解析を要求されていないが、建屋の一部に耐震上重要な機器・配管系が設置されていることから、シミュレーション解析を行い、該当部位の健全性を評価することとした。機能維持部位を図-3.6に示す。解析モデルとして全ての耐震壁及び解析上耐震要素として補助壁を取り込み、解析結果を用いて機能維持部位に対しての構造評価を実施する。

- 1 パラペットの上端までの高さ
- 2 建屋寸法は壁外面寸法

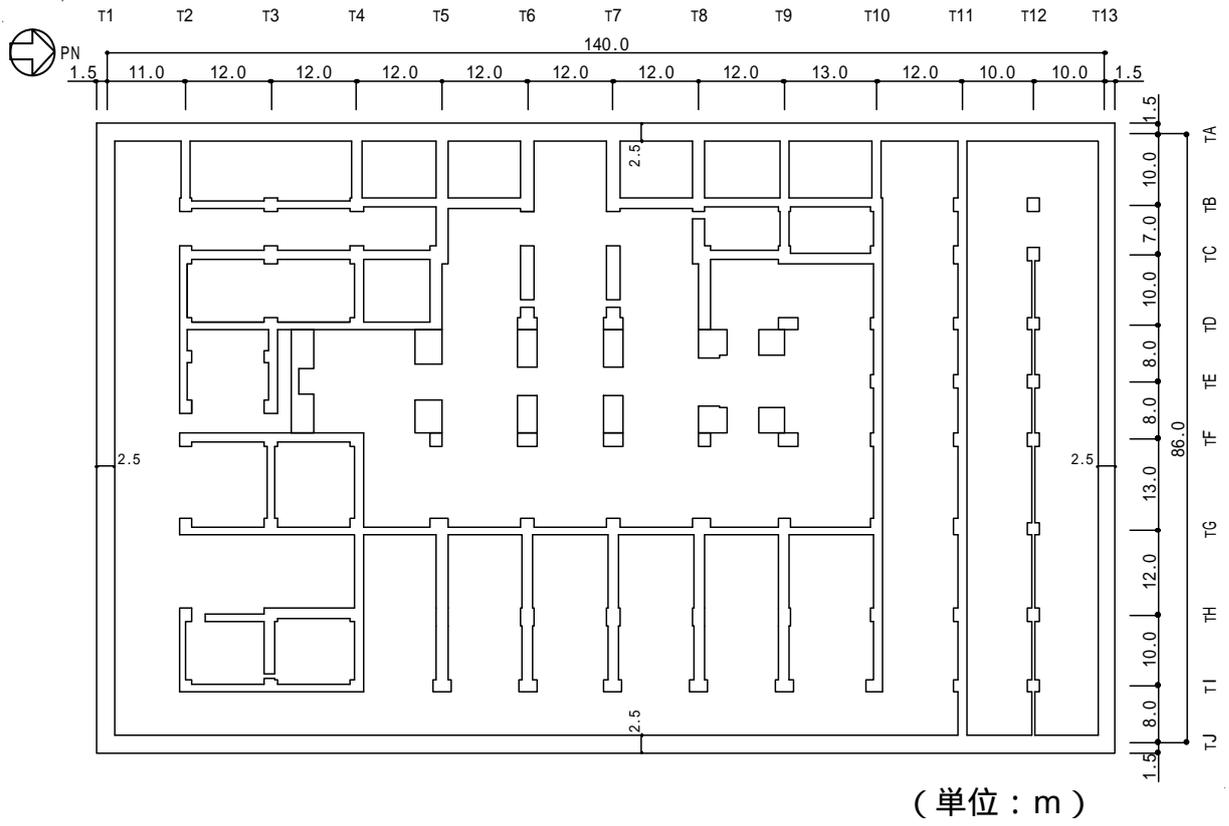


图-3.1 地下2階 (T.M.S.L. 16.7m)

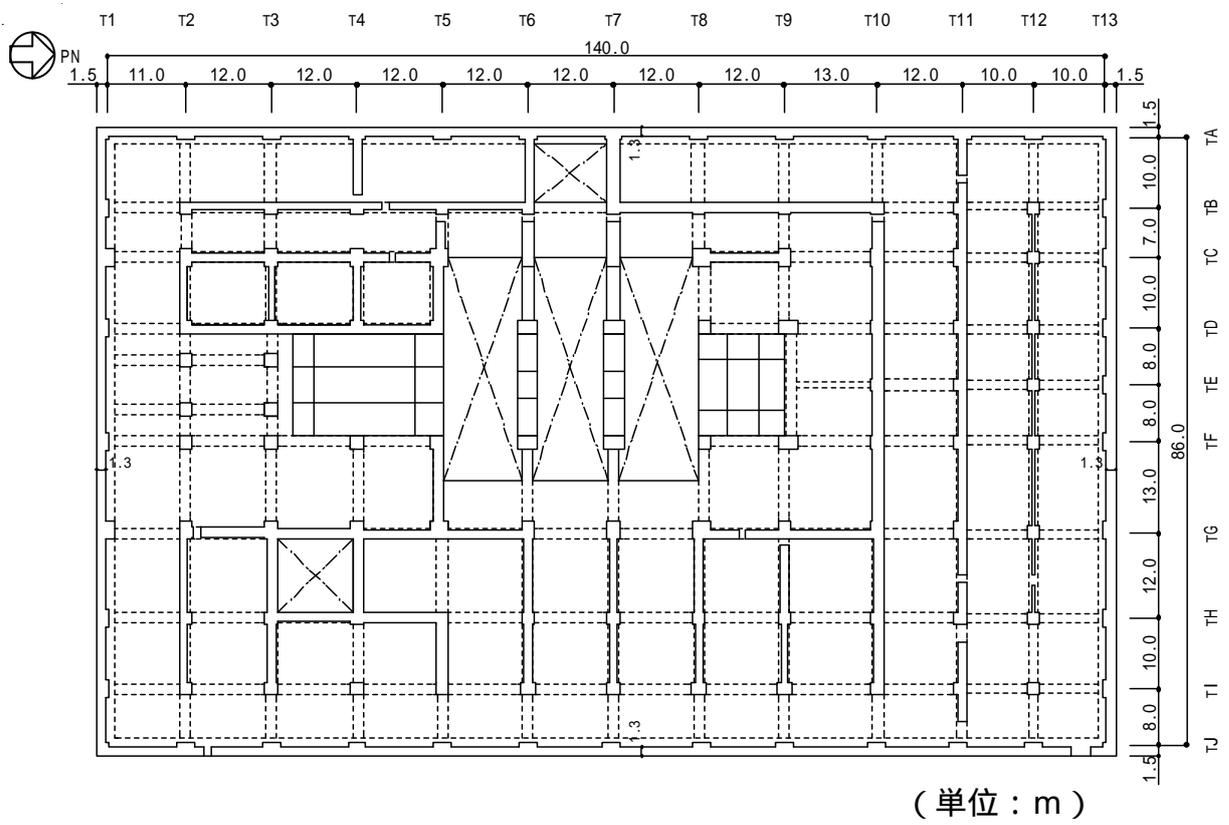
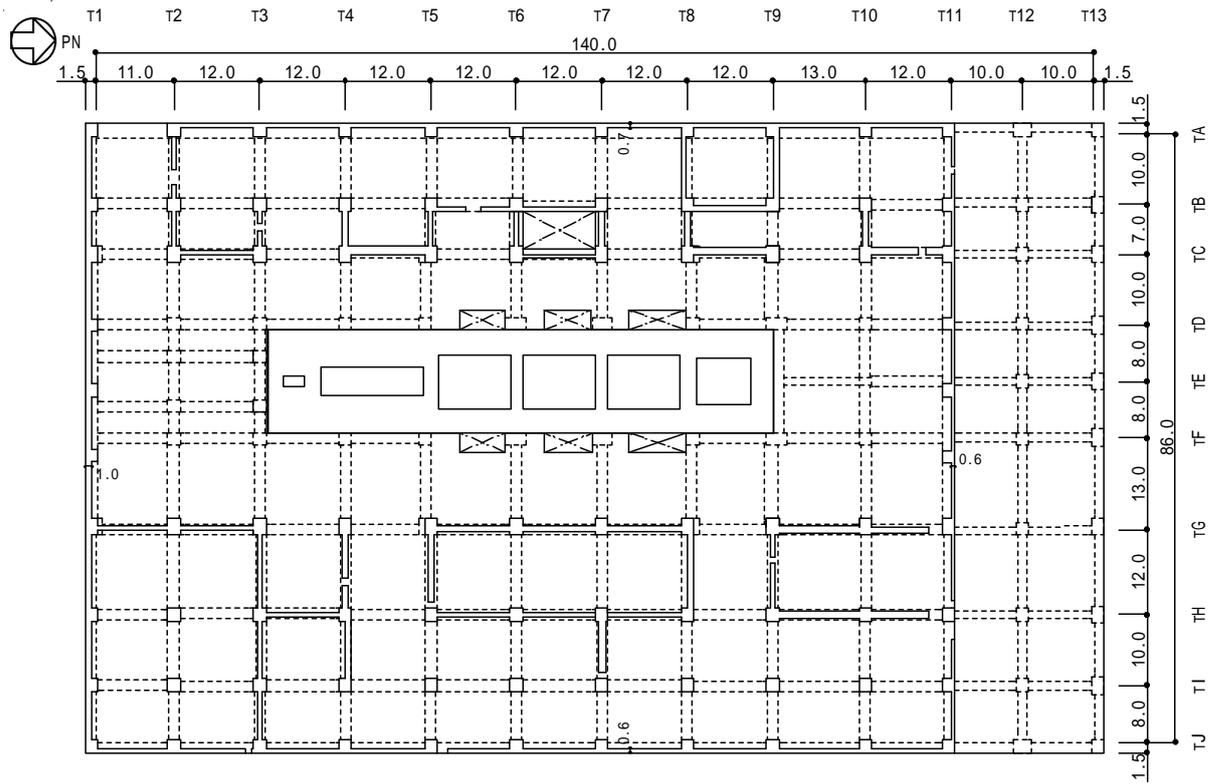


图-3.2 地下1階 (T.M.S.L. 4.5m)



(单位：m)

图-3.3 1階 (T.M.S.L. 5.3m)

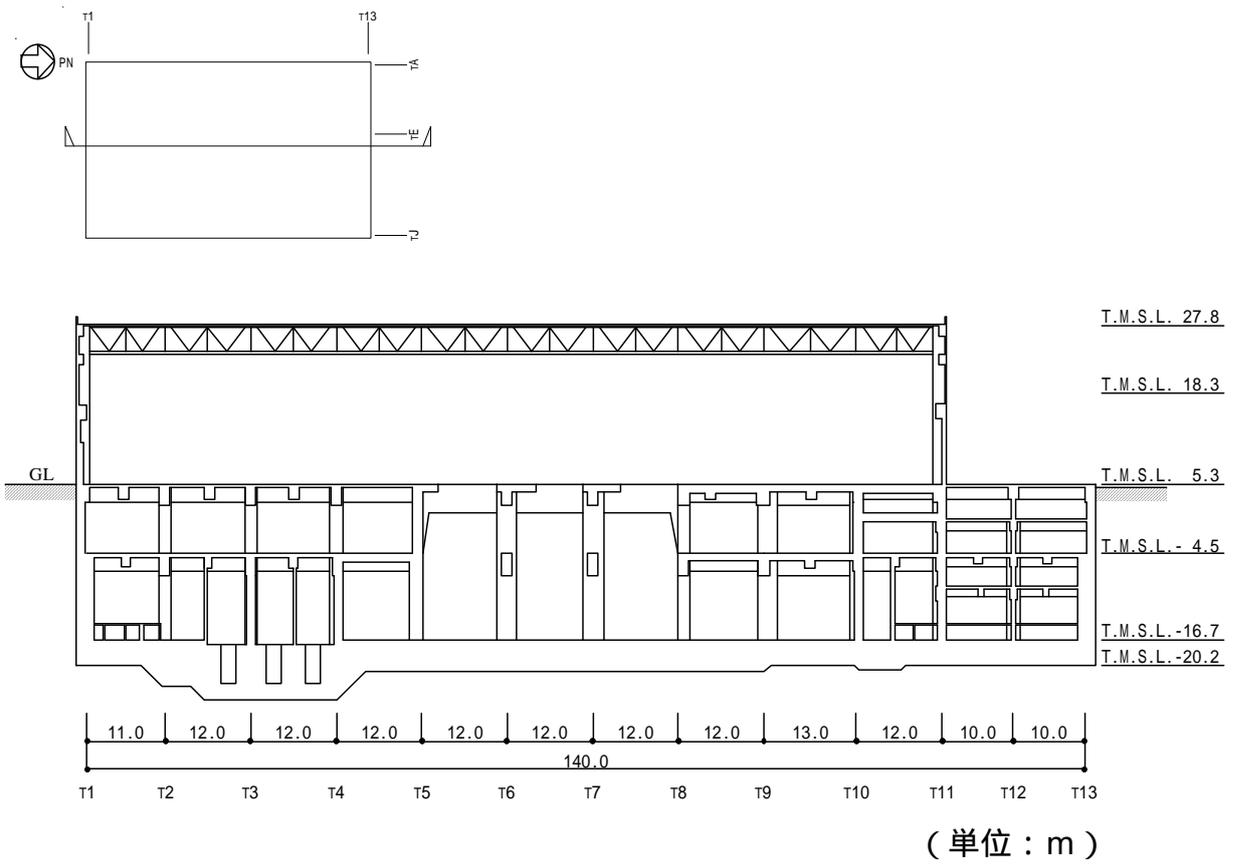


图-3.4 NS方向断面图

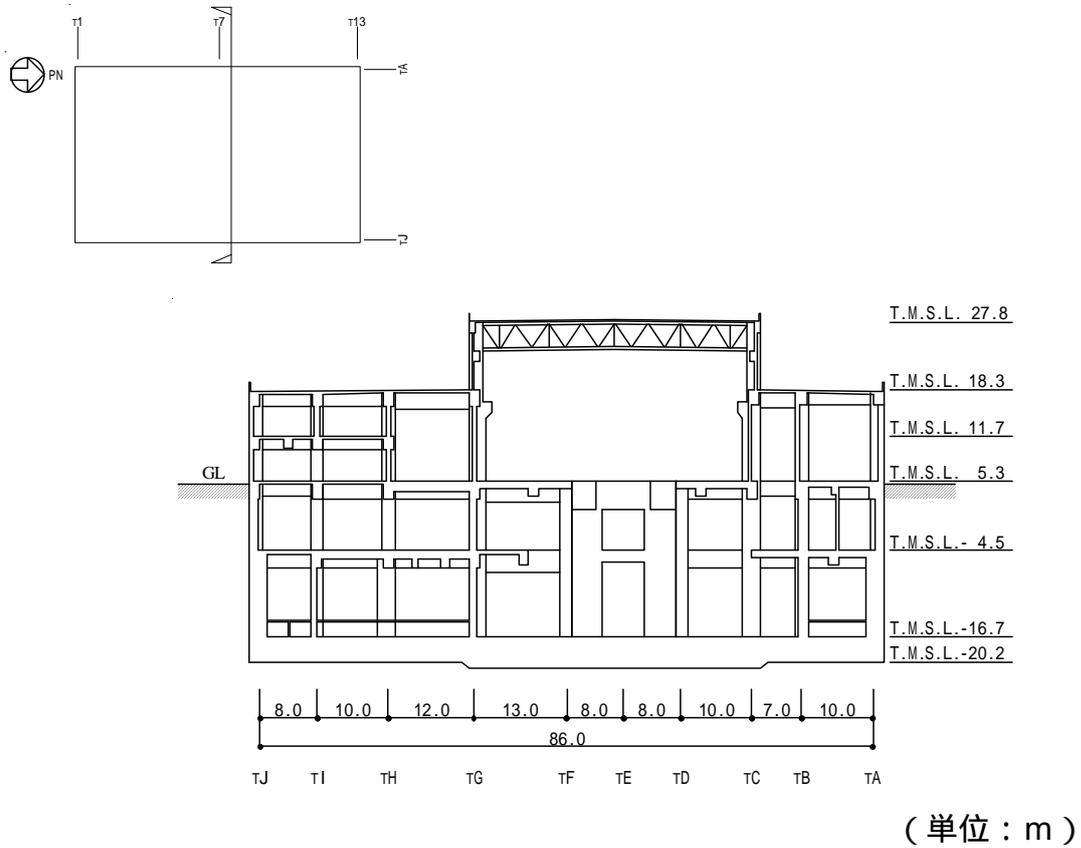
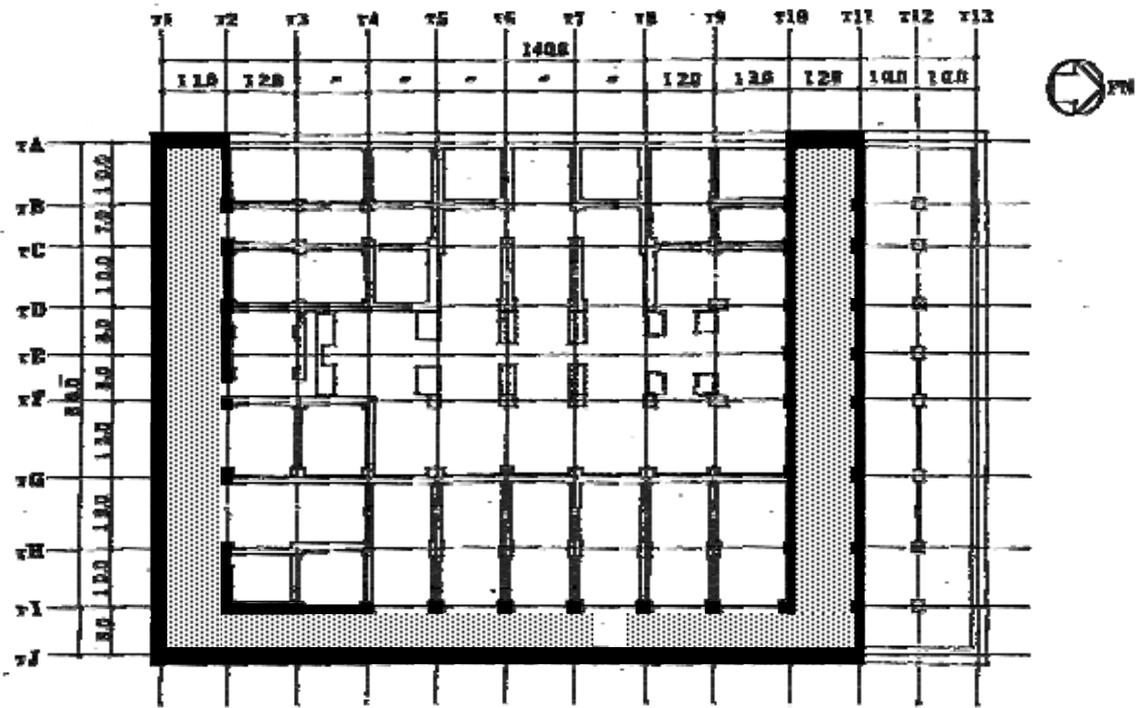


图-3.5 EW方向断面图

- 機能維持要求部位の壁(間接支持機能)
- ▨ 機能維持要求部位の床(間接支持機能)



地下2階伏図 (T.M.S.L. -16.7m)

図-3.6 タービン建屋の機能維持範囲

4. 点検

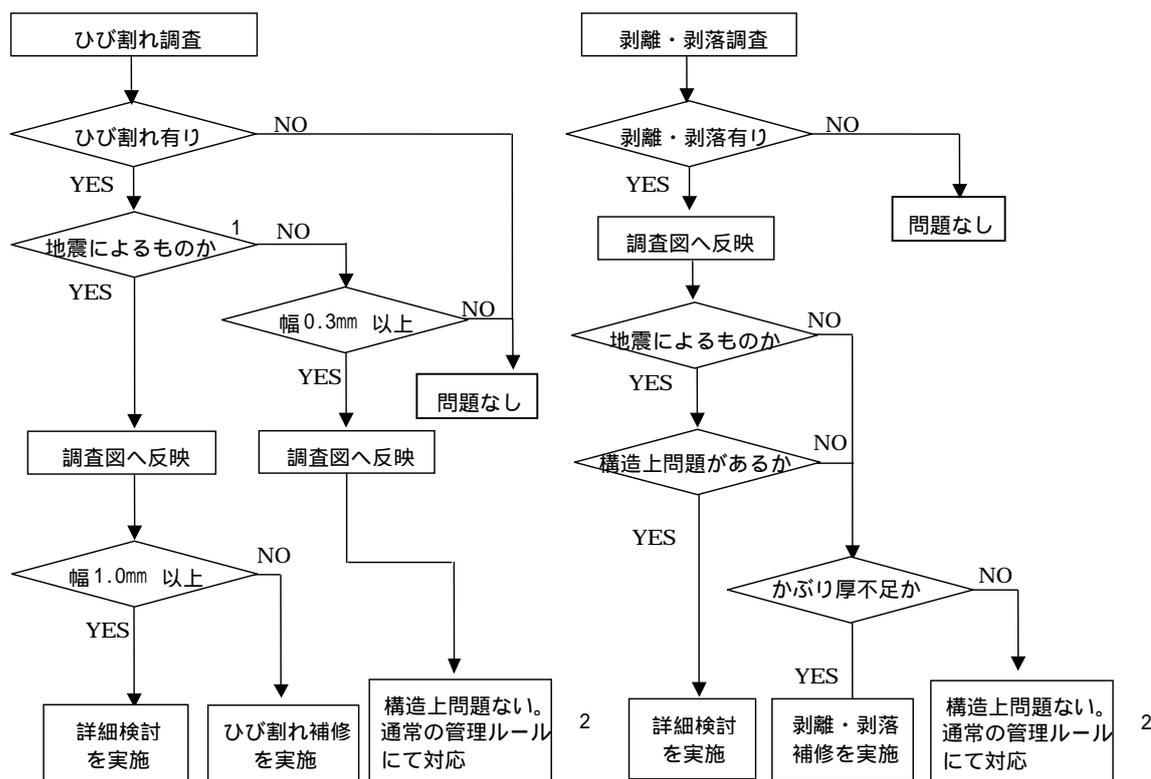
4.1. 点検方法の策定

建物・構築物への本地震の影響を把握するにあたり、構造形式に着目した点検を行う必要がある。そこで、要求される性能ごとに、各構造形式への地震の影響を整理し、それに応じた点検を行う。

4.1.1. 耐震性能における点検方法

鉄筋コンクリート構築物への地震の影響については、ひび割れおよび剥離・剥落が想定され、外観の確認が有効であると考えられるため、「日本非破壊検査協会コンクリート構築物の目視試験方法」に準拠し、目視点検を主体とした点検を実施した。タービン建屋の点検の流れを図-4.1に示す。

なお、耐震壁および地震応答解析に上記耐震壁に加えて考慮した補助壁（設計時には構造要素として考慮していなかった壁）を対象に点検を実施した。

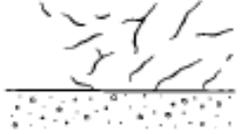
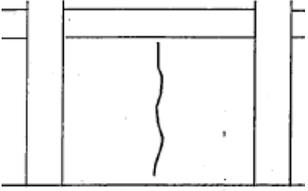
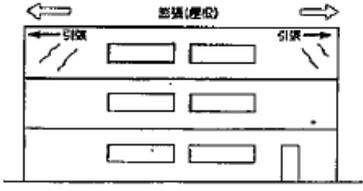
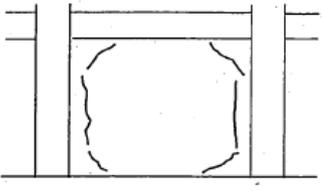
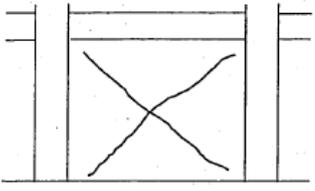


¹表-4.1により今回の地震によって発生したことが否定できないひび割れを選定

²発電所建物ひび管理・補修要領などの社内マニュアル

図-4.1 鉄筋コンクリート構造（タービン建屋）の点検の流れ

表-4.1 ひび割れ種類の分類

番号	ひび割れ種類	発生原因等
	<p>不規則なひび割れ</p> 	<p>主に躯体表面部の乾燥収縮により発生する、不規則なひび割れ。コンクリート打設後 1~2 年程度で伸展は収束する。</p>
	<p>縦方向ひび割れ</p> 	<p>周囲を柱・梁等で拘束された壁面の縦方向に生じるひび割れ。コンクリートの乾燥収縮に起因する。コンクリート打設後 1~2 年程度で伸展は収束する。</p>
	<p>温度収縮ひび割れ</p> 	<p>躯体厚の比較的薄い壁に発生する、一方向のみの斜めひび割れ。昼夜の温度差や乾燥収縮が原因で発生するひび割れ。</p>
	<p>水平ひび割れ</p>	<p>躯体の打継ぎ部、打設後に生じたコールドジョイント等に沿って発生した水平方向のひび割れ。</p>
	<p>拘束ひび割れ</p> 	<p>周囲を拘束された境界部に生じる乾燥収縮ひび割れ。柱・梁等により拘束された壁部の境界面に発生する。</p>
	<p>地震時ひび割れ</p> 	<p>地震時水平力により壁部に生じる斜めひび割れ。地震の繰返し荷重により X 型に生じるのが特徴。今回の調査では、下記に示すひび割れを地震によって発生したことが否定できないひび割れとした。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 上記の ~ に分類できないひび割れ ・ 既往調査で記録されているひび割れのうち ~ に分類されない伸展のあったひび割れ
	<p>古いひび割れ</p>	<p>ひび割れのエッジ部が丸くなっていたり、ひび割れ部にゴミ等の目詰まり、塗装部の変色、あるいは既往調査跡等、明らかに古いひび割れとわかるもの。(~ に分類されたひび割れを除く)</p>

4.1.2. 耐漏えい性能（堰その他の設備）における点検方法

建物・構築物の耐漏えい性能（堰その他の設備）への地震の影響については、鉄筋コンクリート構造と同様の点検を実施した。点検の流れを図-4.2 に示す。

なお、堰その他の設備を対象に点検を実施した。

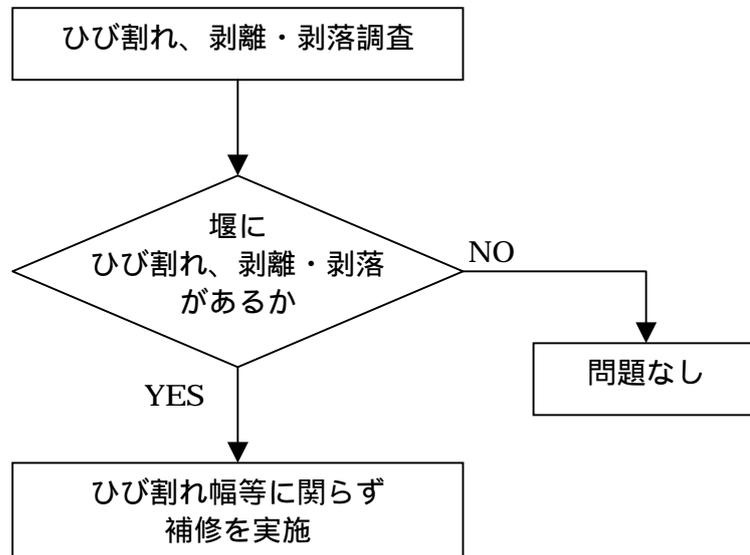


図-4.2 耐漏えい性能（堰その他の設備）の点検の流れ

4.2. 力量管理

目視点検に従事する点検実施者（東京電力および協力企業）の力量管理については、以下の項目を確認した。

- ・ JIS Z 2305「非破壊試験 - 技術者の資格及び認証」に規定の非破壊試験員に要求される近方視力の確認が行われていること。
- ・ 建物・構築物に関する業務経験等、適切な力量を有する者が配置されていること。
- ・ 地震によって影響を受け破損しやすい箇所等については、必要に応じ設計者に意見を求めることが可能な体制を整えていること。

4.3. 点検結果

「柏崎刈羽原子力発電所 1 号機 新潟県中越沖地震後の設備健全性に係る点検・評価計画書（建物・構築物編）」に基づき、ひび割れ等の点検を壁、柱、梁等について実施した。主要な性能に対する部位の点検結果を、以下に示す。

4.3.1. タービン建屋の点検結果

(1) 耐震性能

a) 耐震壁

耐震壁において、点検により確認された今回の地震によって発生したことが否定できないひび割れを表-4.2 に示す。また、ひび割れ調査図を添付資料 1 に示す。点検の結果、耐震壁においては、ひび割れの発生は確認されたが剥離・剥落は生じておらず、ひび割れ幅についてもすべて評価基準値を下回っていることが確認された。

また、地震応答解析に上記耐震壁に加えて考慮した補助壁（設計時には耐震要素として考慮していなかった壁）において、点検により確認された今回の地震によって発生したことが否定できないひび割れを表-4.3 に示す。点検の結果、補助壁においては、ひび割れの発生は確認されたが剥離・剥落は生じておらず、ひび割れ幅についてもすべて評価基準値を下回っていることが確認された。

以上のことから、点検の結果、耐震壁には異常が認められないと判断した。

なお、耐震壁において今回の点検により確認された、今回の地震によって発生したことが否定できないひび割れについては、今後適切な補修を行う計画としている。

b) その他の構造部位

点検の結果、柱、梁などのその他の構造部位については、今回の地震によって発生したことが否定できないひび割れ（最大ひび割れ幅 0.4 mm）および剥離・剥落（添付資料 2 参照）が確認された。

ひび割れ幅はすべて評価基準値を下回っていることが確認された。また、剥離・剥落については構造上問題ないことが確認された。

以上のことから、点検の結果、柱、梁などのその他の構造部位には異常が認められないと判断した。

なお、柱、梁などのその他の構造部位において今回の点検により確認された、今回の地震によって発生したことが否定できないひび割れおよび剥離・剥落については、今後適切な補修を行う計画としている。

表-4.2 1号機 タービン建屋 耐震壁のひび割れ状況（その1）

階	場所	厚さ (mm)	ひび割れ幅 (mm)	長さ (m)	ひび割れ幅の 評価基準値 (mm)
B2F	T2 - TH ~ I	1,000	0.1	1.7	1.0
	T2 - TH ~ I	1,000	0.1	1.1	
	T2 ~ 3 - TD	1,200	0.1	1.3	
	T2 ~ 3 - TD	1,200	0.15	0.9	
	T2 ~ 3 - TD	1,200	0.3	2.5	
	T2 ~ 3 - TF	1,200	0.2	2.2	
	T2 ~ 3 - TF	1,200	0.1	1.2	
	T2 ~ 3 - TF	1,200	0.1	1.3	
	T2 ~ 3 - TF	1,200	0.2	3.1	
	T3 - TD ~ E	1,200	0.1	2.2	
	T3 - TF ~ G	1,200	0.1	0.7	
	T3 - TF ~ G	1,200	0.1	1.7	
	T3 - TF ~ G	1,200	0.2	2.6	
	T3 - TF ~ G	1,200	0.1	1.8	
	T3 - TF ~ G	1,200	0.1	1.1	
	T3 - TF ~ G	1,200	0.1	2.1	
	T3 - TH ~ I	1,500	0.1	0.5	
	T3 - TH ~ I	1,500	0.1	1.6	
	T3 - TH ~ I	1,500	0.1	0.6	
	T3 ~ 5 - TD	1,200	0.1	1.7	
	T4 - TA ~ B	1,500	0.1	1.0	
	T4 - TC ~ D	1,500	0.1	1.1	
	T4 - TF ~ G	1,200	0.1	1.8	
	T4 - TF ~ G	1,200	0.1	1.0	
	T4 - TF ~ G	1,200	0.1	3.6	
	T4 - TF ~ G	1,200	0.1	3.0	
	T4 - TG ~ H	1,200	0.1	2.4	
	T4 - TH ~ I	1,200	0.1	1.1	
	T4 ~ 5 - TB	1,200	0.15	3.5	
	T4 ~ 5 - TG	1,200	0.2	1.2	
T5 - TB ~ C	1,800	0.15	2.5		
T5 - TB ~ C	1,800	0.1	1.0		
T5 ~ 6 - TB	1,500	0.1	5.5		

■ : 機能維持範囲を示す

1 : 今回の地震により変動した可能性のあるひび割れを示す [() は記録がある地震前の値]

2 : 近接した範囲に微小なひび割れが数本発生している場合 [範囲の幅, 長さ] を示す

表-4.2 1号機 タービン建屋 耐震壁のひび割れ状況（その2）

階	場所	厚さ (mm)	ひび割れ幅 (mm)	長さ(m)	ひび割れ幅の 評価基準値 (mm)
B2F	T5 ~ 6 - TB	1,500	0.1	1.5	1.0
	T7 - TA ~ B	1,800	0.1	2.2	
	T7 - TH ~ I	1,600	0.1	2.0	
	T7 ~ 8 - TB	1,500	0.35	3.9	
	T7 ~ 8 - TB	1,500	0.3	4.0	
	T7 ~ 8 - TB	1,500	0.3	3.5	
	T7 ~ 8 - TG	1,200	0.2	3.0	
	T8 - TB ~ C	1,800	0.1	1.5	
	T8 - TH ~ I	1,500	0.1	1.2	
	T9 - TA ~ B	1,200	0.2	1.8	
	T9 - TA ~ B	1,200	0.2	1.5	
	T9 - TA ~ B	1,200	0.3	1.0	
	T9 - TG ~ H	1,500	0.1	2.2	
	T9 ~ 10 - TC	1,300	0.1	1.8	
	T9 ~ 10 - TG	1,200	0.1	1.7	
	T10 - TA ~ B	1,200	0.3	2.3	
	T10 - TA ~ B	1,200	0.3	0.8	
	T10 - TA ~ B	1,200	0.3	0.4	
	T10 - TA ~ B	1,200	0.2	4.0	
	T10 - TB ~ C	1,300	0.4	4.1	
	T10 - TB ~ C	1,300	0.1	1.1	
	T10 - TB ~ C	1,300	0.25	3.0	
	T10 - TE ~ F	1,300	0.25	3.0	
	T10 - TF ~ G	1,300	0.2	3.0	
	T11 - TA ~ B	1,200	0.3	2.3	
	T11 - TH ~ I	1,200	0.55(0.5) ¹	2.6	
	T11 - TH ~ I	1,200	0.1	0.7	
	T11 - TI ~ J	1,200	0.1	0.6	
	T11 - TI ~ J	1,200	0.1	1.1	
	T11 - TI ~ J	1,200	0.2	1.3	
T11 - TI ~ J	1,200	0.3	0.8		
T11 - TI ~ J	1,200	0.4	2.4(2.3) ¹		
T11 - TI ~ J	1,200	0.2	1.5		

■ : 機能維持範囲を示す

1 : 今回の地震により変動した可能性のあるひび割れを示す [() は記録がある地震前の値]

2 : 近接した範囲に微小なひび割れが数本発生している場合 [範囲の幅, 長さ] を示す

表-4.2 1号機 タービン建屋 耐震壁のひび割れ状況（その3）

階	場所	厚さ (mm)	ひび割れ幅 (mm)	長さ (m)	ひび割れ幅の 評価基準値 (mm)
B2F	τ11 - τI ~ J	1,200	0.1	1.0	1.0
	τ11 - τI ~ J	1,200	0.1	0.8	
	τ11 - τI ~ J	1,200	0.3	1.1	
	τ11 - τI ~ J	1,200	0.1	0.7	
	τ11 - τI ~ J	1,200	0.2	0.7	
	τ11 - τI ~ J	1,200	0.1	1.3	
	τ11 - τI ~ J	1,200	0.1	0.4	
	τ11 - τI ~ J	1,200	0.2	0.5	
	τ11 - τI ~ J	1,200	0.3	0.3	
	τ11 - τI ~ J	1,200	0.2	1.2	
	τ12 - τG ~ H	500	0.2	1.2	
	τ12 - τG ~ H	500	0.4	2.3	
MB 2F	τ3 ~ 4 - τD	1,200	0.1	1.2	
	τ11 - τI ~ J	1,200	0.2	1.7	
	τ13 - τA ~ B	2,500	0.1	1.1	
	τ13 - τB ~ C	2,500	0.1	1.2	
	τ13 - τB ~ C	2,500	0.1	1.2	
	τ13 - τB ~ C	2,500	0.1	1.0 × 0.7 ²	
	τ13 - τC ~ D	2,500	0.2	1.2	
B1F	τ1 - τA ~ B	1,300	0.1	3.0	
	τ1 - τA ~ B	1,300	0.15	1.1	
	τ1 - τA ~ B	1,300	0.15	0.8	
	τ1 - τA ~ B	1,300	0.1	1.5	
	τ1 - τF ~ G	1,300	0.3	2.0	
	τ1 - τF ~ G	1,300	0.25	2.0	
	τ1 ~ 2 - τA	1,300	0.25	2.4	
	τ1 ~ 2 - τJ	1,300	0.2	1.0	
	τ2 - τB	1,200	0.15	1.5	
	τ2 ~ 3 - τB	1,200	0.15	2.3	
	τ2 ~ 3 - τB	1,200	0.15	0.9	
	τ2 ~ 3 - τJ	1,300	0.25	2.0	
	τ3 - τH ~ I	1,300	0.15	5.1	
	τ3 - τH ~ I	1,300	0.15	2.9	

■ : 機能維持範囲を示す

1 : 今回の地震により変動した可能性のあるひび割れを示す [() は記録がある地震前の値]

2 : 近接した範囲に微小なひび割れが数本発生している場合 [範囲の幅, 長さ] を示す

表-4.2 1号機 タービン建屋 耐震壁のひび割れ状況（その4）

階	場所	厚さ (mm)	ひび割れ幅 (mm)	長さ(m)	ひび割れ幅の 評価基準値 (mm)
B1F	T3~4 - TA	1,300	0.2	1.6	1.0
	T3~4 - TB	1,200	0.15	1.3	
	T3~4 - TB	1,200	0.15	3.0	
	T3~4 - TG	1,500	0.2	2.7	
	T3~4 - TG	1,500	0.2	0.9	
	T4 - TG~H	1,400	0.1	2.4	
	T5~6 - TA	1,300	0.2	7.0	
	T5~6 - TA	1,300	0.15	3.0	
	T5~6 - TB	1,300	0.15	1.2	
	T5~6 - TB	1,300	0.15	1.9	
	T5~6 - TB	1,300	0.15	3.5	
	T5~6 - TG	1,200	0.1	2.5	
	T5~6 - TG	1,200	0.15	1.5	
	T6 - TA~B	1,200	0.15	0.8	
	T6 - TA~B	1,200	0.15	1.5	
	T7 - TG~H	1,200	0.1	2.2	
	T8~9 - TA	1,300	0.1	3.0	
	T8~9 - TC	1,200	0.4	2.6	
	T8~9 - TC	1,200	0.1	3.3	
	T9~10 - TB	1,500	0.1	4.0	
	T9~10 - TG	1,200	0.1	1.4	
	T10~11 - TA	1,300	0.4	3.3	
	T10~11 - TA	1,300	0.4	4.0(1.0) ¹	
	T10~11 - TJ	1,300	0.3	4.2	
	T11 - TA~B	1,200	0.3	2.5	
	T11 - TA~B	1,200	0.4	4.0	
	T11 - TG~H	1,200	0.25	1.7	
	T11~12 - TA	1,300	0.25	1.8	
	T12 - TE~F	500	0.2	2.0	
	T12 - TE~F	500	0.25	2.0	
T12 - TF~G	500	0.25	2.1		
T12 - TF~G	500	0.25	1.0		
T12 - TF~G	500	0.1	1.6		

■ : 機能維持範囲を示す

1 : 今回の地震により変動した可能性のあるひび割れを示す [() は記録がある地震前の値]

2 : 近接した範囲に微小なひび割れが数本発生している場合 [範囲の幅, 長さ] を示す

表-4.2 1号機 タービン建屋 耐震壁のひび割れ状況（その5）

階	場所	厚さ (mm)	ひび割れ幅 (mm)	長さ (m)	ひび割れ幅の 評価基準値 (mm)
B1F	T12 - TF ~ G	500	0.1	1.5	1.0
	T12 - TG ~ H	500	0.2	0.9	
	T13 - TA ~ B	1,300	0.2	1.1	
	T13 - TA ~ B	1,300	0.1	0.7	
MB 1F	T12 - TE ~ F	500	0.1	1.0	
	T12 - TF ~ G	500	0.3	2.3	
	T12 - TF ~ G	500	0.1	2.7	
	T12 - TF ~ G	500	0.2	2.7	
	T12 - TF ~ G	500	0.2	1.5	
1F	T1 - TC ~ D	1,000	0.15	1.5	
	T1 - TE ~ F	1,000	0.7(0.5) ¹	7.0(3.6) ¹	
	T1 ~ 2 - TG	500	0.2	2.0	
	T1 ~ 2 - TG	500	0.25	3.0	
	T2 - TB ~ C	700	0.2	2.4	
	T2 ~ 3 - TC	500	0.1	1.5	
	T2 ~ 3 - TC	500	0.1	2.5	
	T2 ~ 3 - TC	500	0.2	3.2	
	T3 - TG ~ H	700	0.15	3.5	
	T3 - TG ~ H	700	0.5	3.6	
	T3 - TG ~ H	700	0.1	4.0	
	T3 - TG ~ H	700	0.5	5.0	
	T3 - TH ~ I	700	0.35	4.0	
	T3 - TH ~ I	700	0.35	4.0	
	T3 ~ 4 - TH	500	0.1	1.5	
	T4 - TB ~ C	700	0.25	3.3	
	T4 - TB ~ C	700	0.3	1.0	
	T4 - TB ~ C	700	0.45	0.7	
	T4 - TB ~ C	700	0.2	2.1	
	T4 - TB ~ C	700	0.15	1.0	
	T5 - TB ~ C	700	0.1	1.5	
	T5 - TB ~ C	700	0.15	2.0	
	T5 - TB ~ C	700	0.15	2.0	
	T5 - TB ~ C	700	0.1	1.7	

■ : 機能維持範囲を示す

1 : 今回の地震により変動した可能性のあるひび割れを示す [() は記録がある地震前の値]

2 : 近接した範囲に微小なひび割れが数本発生している場合 [範囲の幅, 長さ] を示す

表-4.2 1号機 タービン建屋 耐震壁のひび割れ状況（その6）

階	場所	厚さ (mm)	ひび割れ幅 (mm)	長さ (m)	ひび割れ幅の 評価基準値 (mm)
1F	T5～6 - TG	800	0.2	3.0	1.0
	T5～6 - TG	800	0.5(0.4) ¹	5.0(4.5) ¹	
	T5～6 - TG	800	0.1	3.0	
	T5～6 - TG	800	0.1	4.0	
	T5～6 - TH	800	0.1	3.0	
	T6～7 - TB	600	0.2	3.0	
	T6～7 - TB	600	0.25	2.3	
	T6～7 - TB	600	0.2	4.5	
	T6～7 - TB	600	0.5	5.0(4.5) ¹	
	T6～7 - TB	600	0.1	1.9	
	T6～7 - TB	600	0.15	2.0	
	T6～7 - TJ	600	0.1	1.3	
	T6～7 - TJ	600	0.1	1.0	
	T6～7 - TJ	600	0.1	0.4	
	T7 - TH～I	1,000	0.1	2.0	
	T7 - TH～I	1,000	0.1	2.5	
	T7～8 - TG	800	0.5(0.4) ¹	4.2	
	T7～8 - TG	800	0.2	3.0	
	T7～8 - TH	800	0.2	1.0	
	T8 - TA～B	800	0.1	3.4	
	T8～9 - TC	900	0.2	4.0	
T9～10 - TA	700	0.25	1.5		
T9～10 - TG	900	0.1	5.0		
T10～11 - TA	700	0.4	5.0		
T10～11 - TG	900	0.3	2.0		
T11 - TA～B	600	0.1	2.2		
2F	T1～2 - TG	500	0.1	1.4	
	T1～2 - TG	500	0.1	1.8	
	T1～2 - TG	500	0.1	1.2	
	T1～2 - TG	500	0.2	1.8	
	T1～2 - TG	500	0.1	0.8	
	T1～2 - TG	500	0.1	0.9	
	T1～2 - TG	500	0.1	1.3	

■ : 機能維持範囲を示す

1 : 今回の地震により変動した可能性のあるひび割れを示す [() は記録がある地震前の値]

2 : 近接した範囲に微小なひび割れが数本発生している場合 [範囲の幅, 長さ] を示す

表-4.2 1号機 タービン建屋 耐震壁のひび割れ状況（その7）

階	場所	厚さ (mm)	ひび割れ幅 (mm)	長さ(m)	ひび割れ幅の 評価基準値 (mm)
2F	T1~2-TG	500	0.1	0.8	1.0
	T1~2-TG	500	0.15	1.2	
	T1~2-TG	500	0.1	3.5	
	T1~2-TG	500	0.1	2.5	
	T3-TI~J	700	0.1	3.0	
	T4~5-TH	800	0.3	2.3	
	T5-TH~I	500	0.1	1.3	
	T6-TI~J	500	0.2	2.5	
	T6-TI~J	500	0.2	2.5	
	T6-TI~J	500	0.2	2.0	
	T6-TI~J	500	0.3	2.0	
	T6-TI~J	500	0.1	3.0	
	T6-TI~J	500	0.2	2.2	
	T7~8-TI	800	0.1	2.0	
	T9~10-TI	800	0.1	2.5	
	T9~10-TI	800	0.2	3.0	
	T10-TH~I	1,000	0.3	3.0	
	T10-TH~I	1,000	0.2	1.4	
T11-TI~J	600	0.3	3.0		

■：機能維持範囲を示す

- 1：今回の地震により変動した可能性のあるひび割れを示す〔()は記録がある地震前の値〕
 2：近接した範囲に微小なひび割れが数本発生している場合〔範囲の幅，長さ〕を示す

表-4.3 1号機 タービン建屋 補助壁のひび割れ状況

階	場所	厚さ (mm)	ひび割れ幅 (mm)	長さ (m)	本数	ひび割れ幅の 評価基準値 (mm)
B2F	T2~3-TA~B	400	0.3	1.8	3	1.0
B1F	T5~6-TA~B	500	0.2	2.7	11	

「各階における最大ひび割れ幅を記載」

(2) 耐漏えい性能

a) 堰その他の設備

液体状の放射性物質の漏えい拡大を防止するために設置されている堰において、点検により確認されたひび割れを表-4.4に示す。

点検の結果、堰においては、ひび割れの発生（最大ひび割れ幅 0.8 mm）は確認されたが、剥離・剥落は生じていないことが確認された。

なお、堰において今回の点検により確認されたひび割れについては、今後適切な補修を行う計画としている。

表-4.4 1号機 タービン建屋 堰その他の設備のひび割れ状況（その1）

階	場所	部位	ひび割れ幅 (mm)	長さ (m)	本数
B2F	T1～2 - TE～F	床	0.1	0.9	1
	T1～2 - TH～I	床	0.1	1.1	3
	T2 - TG～H	床	0.4	4.8	1
	T2 - TG～H	床	0.8	4.8	1
	T2～3 - TA～B	床	0.1	3.0(2.9) ¹	1
	T2～3 - TF～G	床	0.1	0.6	4
	T2～3 - TG～H	床	0.2	4.2	1
	T2～3 - TG～H	床	0.1	1.1	1
	T2～3 - TH～I	床	0.1	1.0	1
	T2～3 - TI～J	床	0.1	1.2	2
	T3～4 - TA～B	床	0.1	3.0(2.9) ¹	1
	T3～4 - TB	床	0.1	1.0	2
	T3～4 - TE～F	床	0.1	0.6	1
	T3～4 - TG～H	床	0.1	0.6	1
	T3～4 - TG～H	床	0.1	2.6	1
	T3～4 - TI～J	床	0.1	0.7	2
	T3～4 - TI～J	床	0.1	1.1(0.8) ¹	4
	T3～4 - TI～J	床	0.1	3.3	1
	T4 - TE～F	床	0.1	1.1	1
	T4～5 - TC～D	壁	0.1	35.2×0.2 ²	-
T4～5 - TD～E	床	0.1	2.9×2.9 ²	-	
T4～5 - TF～G	床	0.1	0.7	1	

「各箇所における最大ひび割れ幅・長さを記載」

1：今回の地震により変動した可能性のあるひび割れを示す〔（ ）は記録がある地震前の値〕

2：近接した範囲に微小なひび割れが数本発生している場合の「範囲の幅，長さ」を示す

表-4.4 1号機 タービン建屋 堰その他の設備のひび割れ状況（その2）

階	場所	部位	ひび割れ幅 (mm)	長さ (m)	本数
B2F	T4~5 - TF~G	床	0.1	0.7	1
	T4~5 - TF~G	床	0.1	0.8	1
	T4~5 - TG~H	床	0.2	1.7	1
	T4~5 - TG~H	床	0.1	1.0	2
	T4~5 - TG~H	床	0.1	0.3	2
	T4~5 - TG~H	床	0.1	3.0	1
	T4~5 - TH~I	床	0.2	1.7	2
	T4~5 - TH~I	床	0.2	0.4	1
	T4~5 - TH~I	床	0.1	0.7	1
	T5~6 - TC~D	床	0.1	1.1	3
	T5~6 - TD~E	床	0.1	0.8	2
	T5~6 - TD~F	床	0.1	8.2	1
	T5~6 - TE~F	床	0.1	1.9	1
	T5~6 - TF~G	床	0.1	1.5×1.5 ²	-
	T5~6 - TF~G	床	0.1	2.5(0.6) ¹	1
	T5~6 - TF~G	床	0.1	1.0(0.5) ¹	1
	T5~6 - TF~G	床	0.1	0.9	2
	T5~6 - TG~H	床	0.1	0.5	3
	T5~6 - TG~H	床	0.1	0.4	3
	T5~6 - TG~H	床	0.1	1.4	1
	T5~6 - TG~H	床	0.1	0.3	2
	T5~6 - TH~I	床	0.1	1.8	1
	T5~6 - TH~I	床	0.1	0.4	4
	T5~6 - TH~I	床	0.3	5.2(3.4) ¹	1
	T6 - TG~H	床	0.1	1.7	3
	T6~7 - TB~C	床	0.1	2.5	1
	T6~7 - TB~C	床	0.1	0.7	1
	T6~7 - TC~D	床	0.1	0.9	3
	T6~7 - TC~D	床	0.1	0.5	1
	T6~7 - TC~D	床	0.1	0.3	1
	T6~7 - TD~F	床	0.1	7.4	1
	T6~7 - TF~G	床	0.1	0.4	2
	T6~7 - TG~H	床	0.1	0.3	9
	T6~7 - TH~I	床	0.2	6.7(6.1) ¹	1
	T6~7 - TH~I	床	0.1	0.9	1

「各箇所における最大ひび割れ幅・長さを記載」

1：今回の地震により変動した可能性のあるひび割れを示す〔（ ）は記録がある地震前の値〕

2：近接した範囲に微小なひび割れが数本発生している場合の「範囲の幅，長さ」を示す

表-4.4 1号機 タービン建屋 堰その他の設備のひび割れ状況（その3）

階	場所	部位	ひび割れ幅 (mm)	長さ (m)	本数
B2F	T6~7 - TH~I	床	0.1	0.9	2
	T7~8 - TA	壁	0.1	0.2	1
	T7~8 - TC~D	床	0.1	1.0	4
	T7~8 - TC~D	床	0.1	0.8	3
	T7~8 - TC~D	床	0.1	0.5	1
	T7~8 - TC~D	床	0.1	0.9	2
	T7~8 - TD~F	床	0.1	8.7	1
	T7~8 - TE~F	床	0.1	1.7	6
	T7~8 - TE~F	床	0.1	1.2	1
	T7~8 - TF~G	床	0.1	2.1	1
	T7~8 - TF~G	床	0.1	0.4	3
	T7~8 - TG~H	床	0.1	1.0	1
	T7~8 - TG~H	床	0.1	0.3	11
	T7~8 - TG~H	床	0.1	0.3	3
	T7~8 - TH~I	床	0.1	1.1	1
	T7~8 - TI~J	床	0.1	1.1	2
	T8~9 - TE~F	床	0.1	4.3	1
	T8~9 - TF~G	床	0.1	5.6×7.1 ²	-
	T8~9 - TG~H	床	0.1	2.1(1.6) ¹	1
	T8~9 - TH~I	床	0.1	1.9	1
	T8~9 - TH~I	床	0.1	0.8(0.4) ¹	1
	T8~9 - TH~I	床	0.1	1.6(1.4) ¹	1
	T9~10 - TD~F	床	0.1	5.0×10.9 ²	-
	T9~10 - TG~H	床	0.1	1.7	1
	T9~10 - TG~H	床	0.1	0.5	1
	T9~10 - TH~I	床	0.2	1.0	1
	T9~10 - TH~I	床	0.3	3.1(2.7) ¹	1
	T9~10 - TH~I	床	0.45	3.1(1.0) ¹	1
	T9~10 - TI~J	床	0.1	0.7	1
	T10~11 - TA~B	床	0.1	3.9	2
	T10~11 - TB~C	床	0.1	2.2	1
	T10~11 - TB~C	床	0.1	3.4(2.4) ¹	1
	T10~11 - TB~C	床	0.1	0.4	2
T10~11 - TC~D	床	0.1	3.4	1	
T10~11 - TC~D	床	0.1	1.4	1	

「各箇所における最大ひび割れ幅・長さを記載」

1：今回の地震により変動した可能性のあるひび割れを示す〔（ ）は記録がある地震前の値〕

2：近接した範囲に微小なひび割れが数本発生している場合の「範囲の幅，長さ」を示す

表-4.4 1号機 タービン建屋 堰その他の設備のひび割れ状況（その4）

階	場所	部位	ひび割れ幅 (mm)	長さ (m)	本数
B2F	T10～11 - TD～E	床	0.1	2.4	1
	T10～11 - TD～E	床	0.1	1.1	2
	T10～11 - TE～F	床	0.1	1.9	1
	T10～11 - TE～F	床	0.1	1.0	1
	T10～11 - TE～F	床	0.1	1.7	1
	T10～11 - TE～F	床	0.1	1.2	1
	T10～11 - TF～G	床	0.1	1.2	1
	T10～11 - TG～H	床	0.1	1.2	1
	T10～11 - TG～H	床	0.1	0.5	1
	T10～11 - TH	床	0.3	1.1	3
	T10～11 - TH～I	床	0.1	0.6	2
	T10～11 - TH～I	床	0.1	2.6	1
	T10～11 - TH～I	床	0.1	0.8	1
	T10～11 - TH～I	床	0.1	1.9	1
	T10～11 - TH～I	床	0.1	1.0	1
	T10～11 - TI～J	床	0.1	1.6	1

「各箇所における最大ひび割れ幅・長さを記載」

- 1：今回の地震により変動した可能性のあるひび割れを示す〔（ ）は記録がある地震前の値〕
- 2：近接した範囲に微小なひび割れが数本発生している場合の「範囲の幅，長さ」を示す

4.4. 第三者機関による確認

建物・構築物の点検の計画および点検結果の妥当性について、第三者機関の確認を受けた。

建物関係

第三者機関：（社）建築研究振興協会（国土交通省所管）

- ・「2007年新潟県中越沖地震後の柏崎刈羽原子力発電所1号機タービン建屋点検結果の妥当性検討結果報告書（平成21年4月3日）」

5. タービン建屋の耐震健全性評価

5.1. 解析評価方針

タービン建屋の構造評価については、タービン建屋の一部に耐震上重要な機器の間接支持機能が要求されることから、該当部位の機能維持について評価することとする。

タービン建屋の耐震健全性評価は、1号機原子炉建屋基礎上観測記録に基づく入力地震動を用いた地震応答解析によることを基本とし、建物・構築物や地盤の応答性状を適切に表現できるモデルを設定した上で行う。この時には、機能維持部位だけでなく建屋全体をモデル化することとする。

機能維持部位の構造評価を行う具体的方法としては、地震応答解析により得られた該当部位のせん断応力に対して、設計配筋量のみで負担できる短期せん断応力度とを比較することによって評価を行うことを原則とする。また、地震応答解析により得られたせん断ひずみについても確認を行うこととする。

なお、この段階で裕度が比較的少ない場合には、追加点検を含めてさらに詳細な検討を行うこととする。

タービン建屋の地震応答解析の評価手順例を図-5.1に示す。

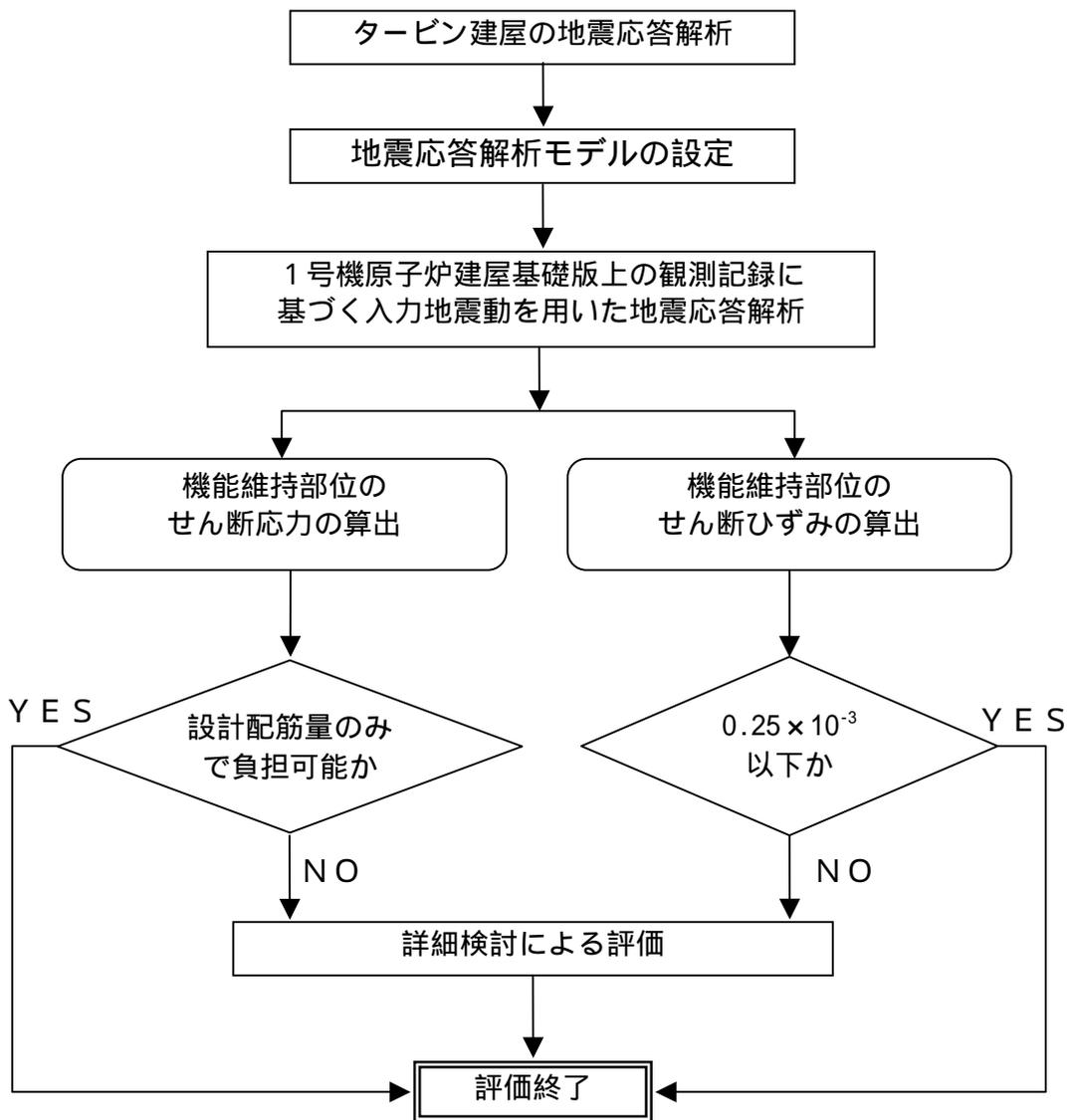


図-5.1 タービン建屋の地震応答解析の評価手順例

5.2. 解析に用いる入力地震動

本地震に対するタービン建屋の地震応答解析は、観測記録のない建屋であることから、1号機原子炉建屋の地震時に観測した基礎版上における水平方向および鉛直方向の地震観測記録に基づく入力地震動を用いた動的解析による。

このタービン建屋の地震応答解析に用いる入力地震動は、図-5.2 に示すように、1号機原子炉建屋の基礎版上での観測記録波から原子炉建屋の解析モデルの伝達関数を用いて基礎下端における入力地震動を算出し、それをタービン建屋の地盤モデルの同一レベル位置に定義し、地盤の応答解析を実施してタービン建屋の入力地震動を求める手順で行う。

以上の考え方より求めた1号機タービン建屋の基礎下端レベル (T.M.S.L-20.2 m) における入力地震動を図-5.3 および図-5.4 に示す。

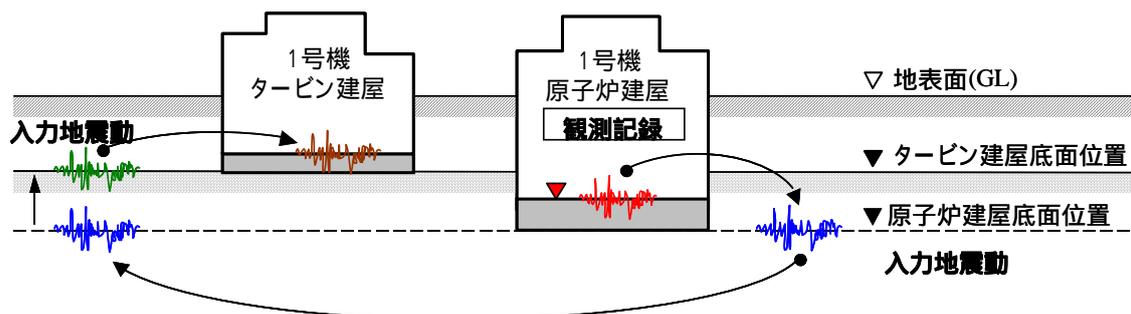


図-5.2 タービン建屋の地震応答解析に用いる入力地震動の考え方

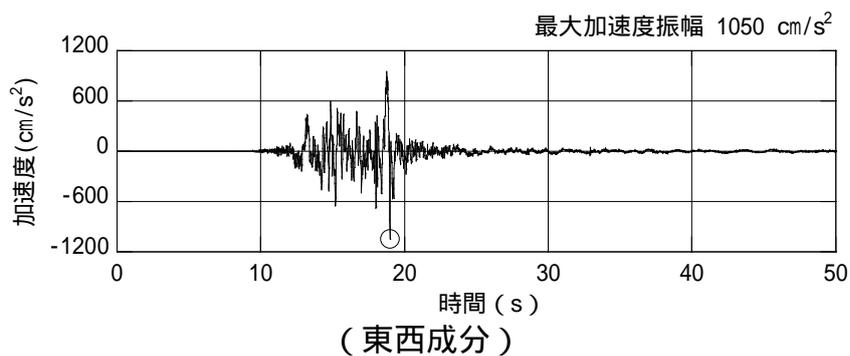
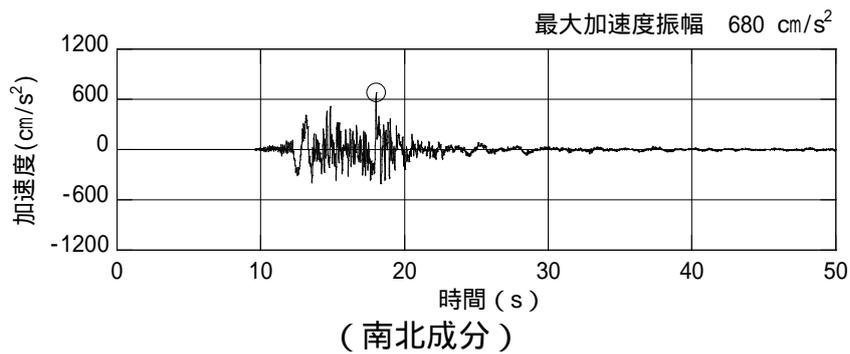


図-5.3 1号機タービン建屋の解析に用いる
入力地震動の加速度時刻歴波形（水平方向）

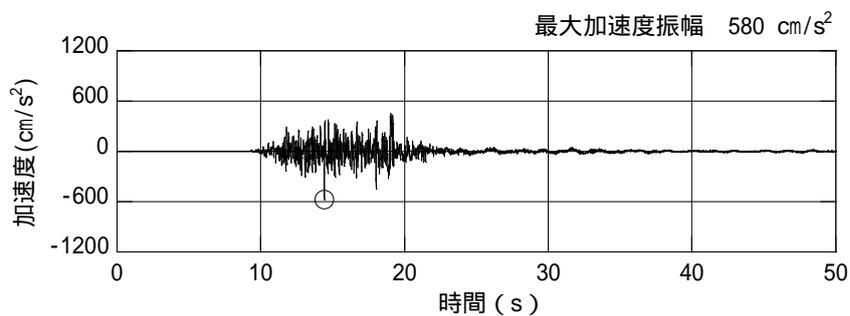


図-5.4 1号機タービン建屋の解析に用いる
入力地震動の加速度時刻歴波形（鉛直方向）

5.3. 地震応答解析モデル

本地震に対するタービン建屋の地震応答解析は、地震時に観測した1号機原子炉建屋の基礎版上での観測記録波に基づき算定したタービン建屋の基礎版下端における入力地震動を用いた動的解析による。

本検討では、1号機原子炉建屋の地震応答解析方針と、次の6項目について設計時に用いた解析モデルから修正して新たな解析モデルを構築することとしている。

本検討では、柏崎刈羽原子力発電所7号機等の耐震健全性評価に用いた解析モデルと同様にスウェイ・ロッキングモデルを用いることとする。

設計時にはコンクリートの設計基準強度を基に算定していた鉄筋コンクリート部の剛性評価を、コンクリートの実際の平均的な強度を基に算定して見直すこととする。

設計時には耐震要素として考慮していなかった補助壁について、上下階に応力伝達が可能と考えられる壁を再評価して、新たに耐震要素に取り入れることとする。

設計時には、多質点系並列地盤モデルである格子型モデルにより建物と地盤の相互作用を考慮していたが、本検討では、底面を振動アドミタンス理論により算定した水平及び回転地盤ばねを考慮する。(地盤表層部についてはの通り)

設計時には地盤表層部も地盤ばねとして考慮していたが、今回は地震時の表層地盤の変状を踏まえ、地盤 - 建屋相互作用効果が見込めないと判断し、この部分のばね評価を行わないこととする。

設計時には地震応答解析は弾性応答解析であったが、弾塑性応答解析を行うこととする。復元力特性については、「原子力発電所耐震設計技術指針 追補版 JEAG 4601-1991」(以下「JEAG 4601-1991」という。)に示された手法に従うことを基本とする。

(1) 水平方向の地震応答解析モデル

動的解析は、設計時に用いた解析モデルを基本としている。

水平方向の地震応答解析モデルは、図-5.5 および図-5.6 に示すように、建屋を曲げ変形とせん断変形をする質点系とし、地盤を等価なばねで評価した建屋 - 地盤連成系モデルとする。建屋 - 地盤連成系としての効果は地盤ばねおよび対応する入力地震動によって評価される。解析に用いるコンクリートおよび鉄骨の材料定数を表-5.1 に示す。

地盤定数は、水平成層地盤と仮定し、地震時のせん断ひずみレベルを考慮して定めた。解析に用いた地盤定数を表-5.2 に示す。

水平方向の解析モデルにおいて、基礎底面地盤ばねについては、「JEAG 4601-1991」に示された手法を参考にして、成層補正を行ったのち、振動アドミタンス理論に基づいて、スウェイおよびロッキングばね定数を近似的に評価する。

地盤ばねは振動数に依存した複素剛性として得られるが、図-5.7 に示すようにばね定数として実部の静的な値 (K_c) を、また、減衰係数 (C_c) として建屋 - 地盤連成系の 1 次固有振動数に対応する虚部の値と原点を結ぶ直線の傾きを採用することにより近似する。

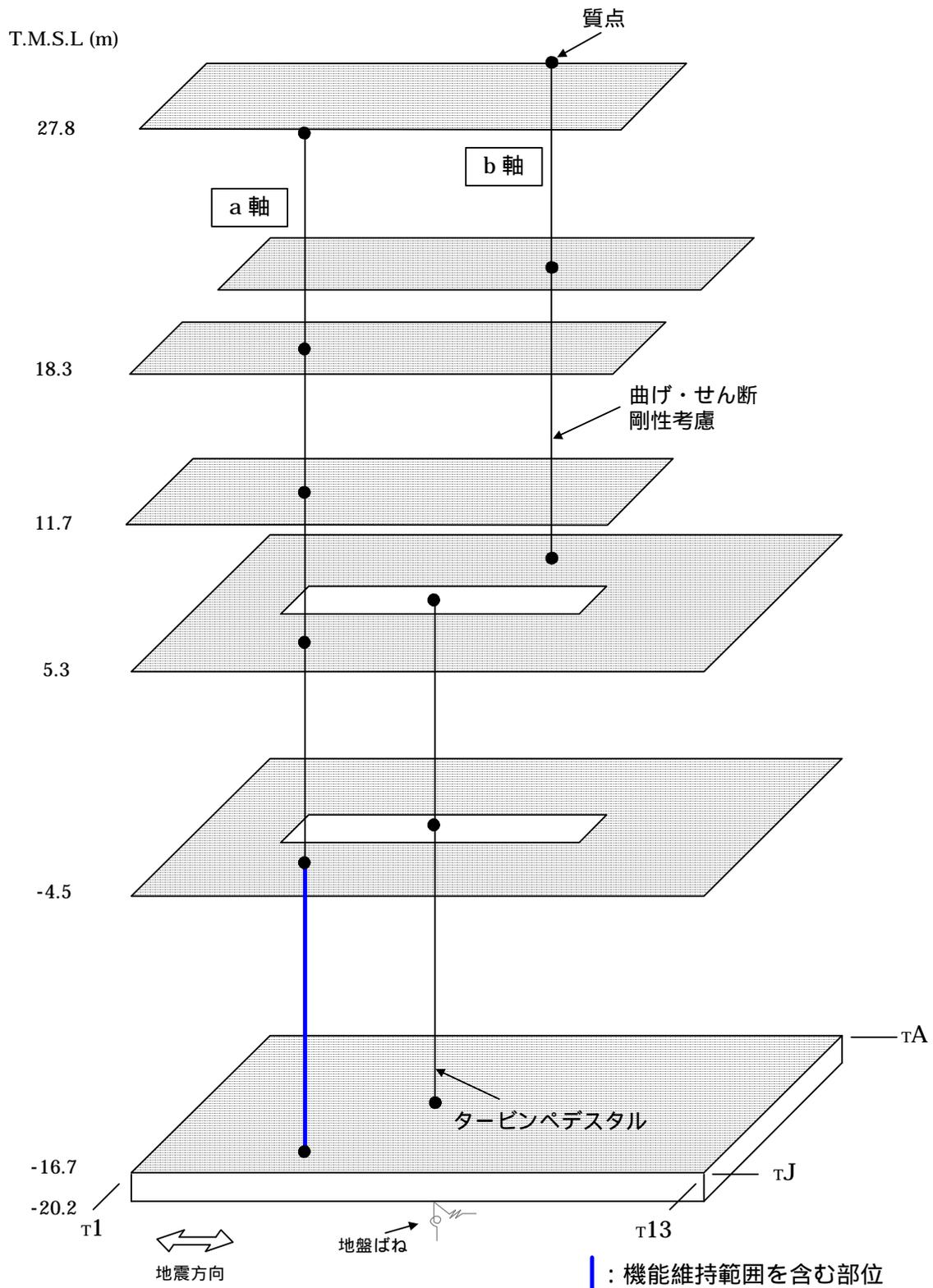


図-5.5 地震応答解析モデル（南北方向）

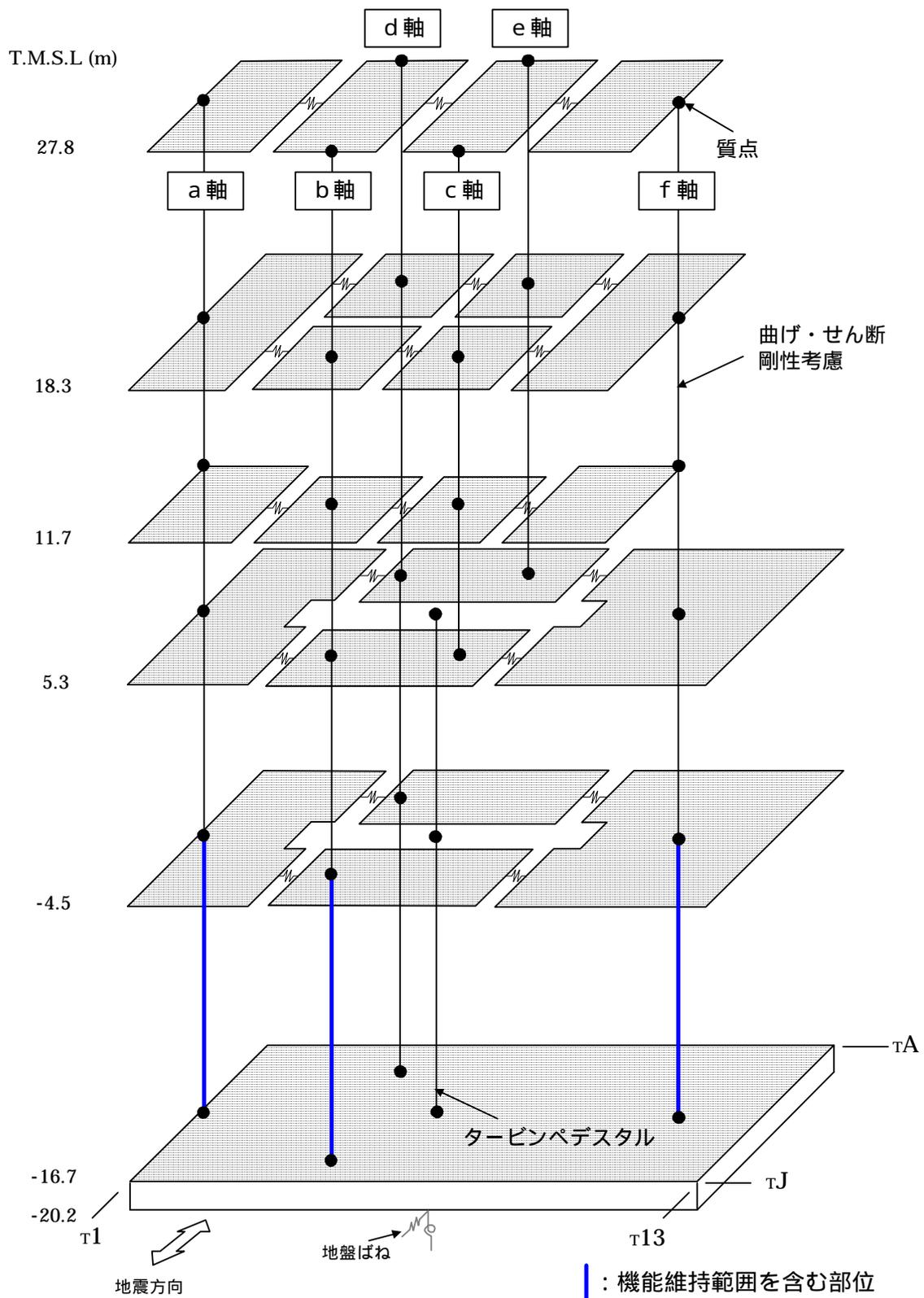


図-5.6 地震応答解析モデル（東西方向）

表-5.1 材料定数

材料	ヤング係数 E (N/mm ²)	せん断弾性係数 G (N/mm ²)	ポアソン比	減衰定数 h (%)
コンクリート	2.90×10^4	1.21×10^4	0.20	5
鉄骨	2.05×10^5	7.90×10^4	0.30	2

表-5.2 地盤定数

標高 T.M.S.L. (m)	地層	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 γ (kN/m ³)	ポアソン比	初期せん断 弾性係数 Go ($\times 10^{-3}$ N/mm ²)	剛性 低下率 G/Go	減衰定数 h (%)
+5.0	(砂層)	107	18.6	0.33	21,700	0.30	19
+1.2		154			45,000		
-2.7		182			62,800		
-6.2		201			76,600		
-9.7		217			89,300		
-12.9		230			100,000		
-16.1		246			115,000		
-20.2							
-62.0	西山層	540	16.9	0.43	503,000	0.90	3
-77.0		590			600,000		
-103.0		620			662,000		
-128.0		650			728,000		
-192.0		670			774,000		
-284.0		690			820,000		
-284.0	(解放基盤)	730	16.9	0.43	918,000	1.00	-

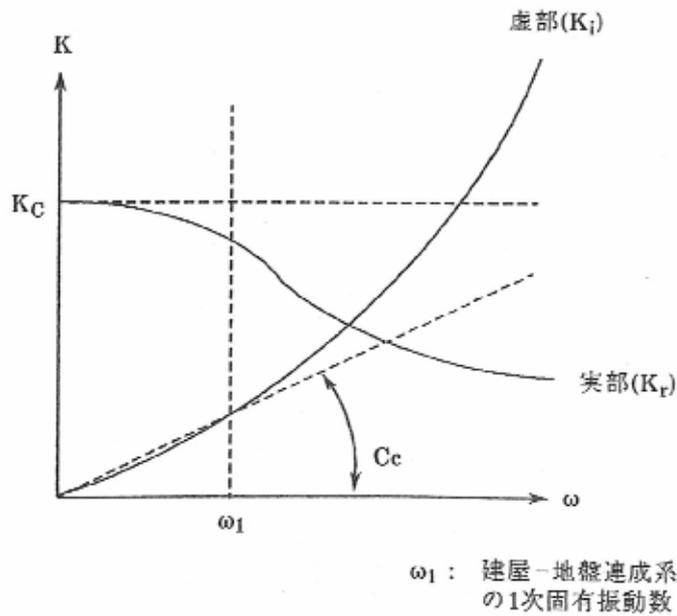


図-5.7 地盤ばねの近似

(2) 鉛直方向の地震応答解析モデル

動的解析については、水平方向の解析モデルに用いた解析諸元を基に新たに構築した解析モデルを基本としている。

鉛直方向の地震応答解析モデルは、図-5.8 に示すように、軸変形をする外壁・内壁、および曲げ変形とせん断変形をする屋根トラス部から成る質点系とし、地盤を等価なばねで評価した建屋 - 地盤連成系モデルとする。なお、屋根トラス端部の柱が屋根トラス部の曲げ変形を拘束する影響を考慮して回転ばねを取り付けている。建屋 - 地盤連成系としての効果は地盤ばねおよび対応する入力地震動によって評価される。

地盤は、水平方向の地震応答解析モデルと同様な地盤定数を用いる。

鉛直方向の解析モデルにおいて、基礎底面地盤ばねについては、スウェイおよびロッキングばね定数の評価法と同様、成層補正を行ったのち、振動アドミッタンス理論に基づいて、鉛直ばね定数を近似的に評価する。

鉛直ばねは振動数に依存した複素剛性として得られるが、図-5.7 に示すようにばね定数として実部の静的な値 (K_c) を、また、減衰係数 (C_c) として建屋 - 地盤連成系の 1 次固有振動数に対応する虚部の値と原点を結ぶ直線の傾きを採用することにより近似する。

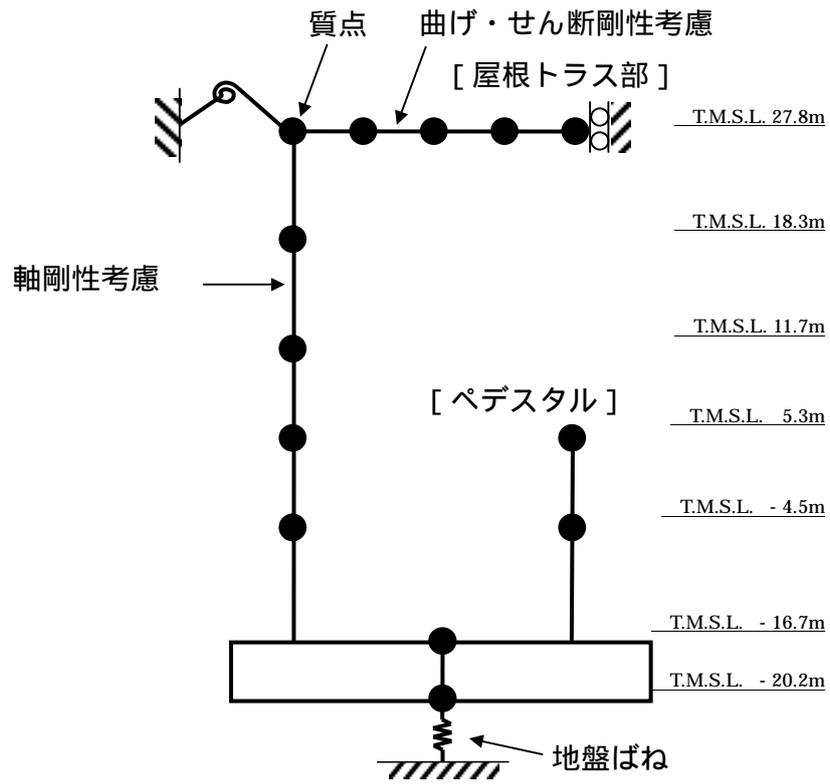


図-5.8 地震応答解析モデル（鉛直方向）

5.4. 地震応答解析結果

地震応答解析により求められた南北方向、東西方向、鉛直方向の最大応答加速度を図-5.9～図-5.11 に示す。これより、概ね観測記録と解析結果が整合していることを確認した。

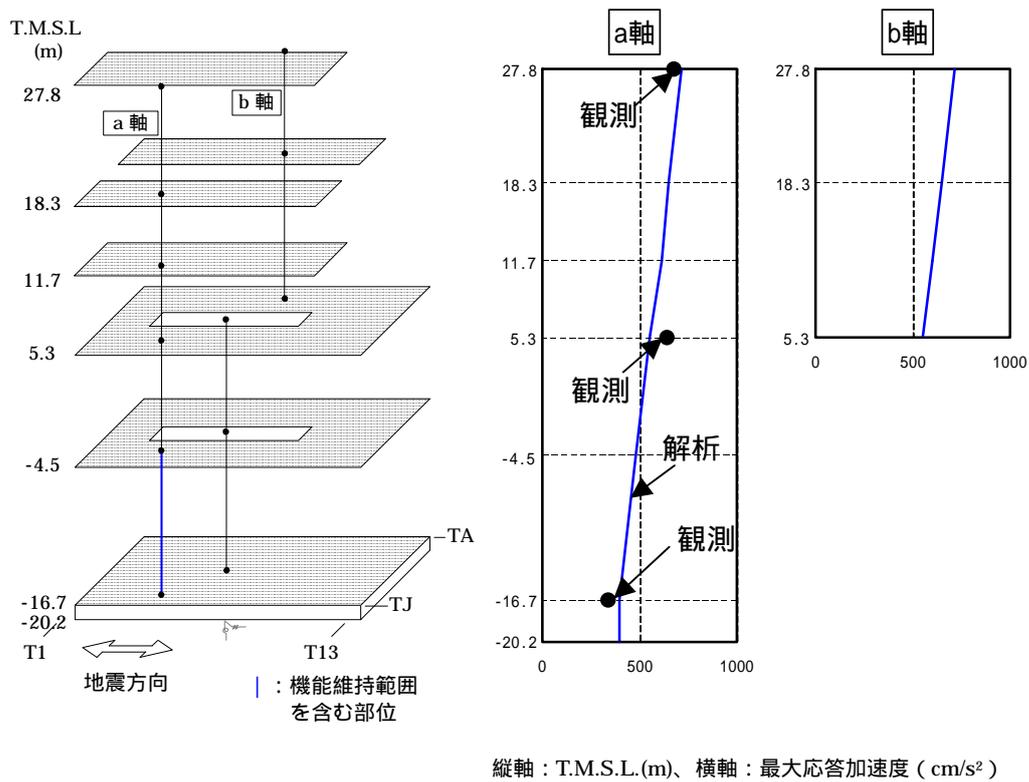
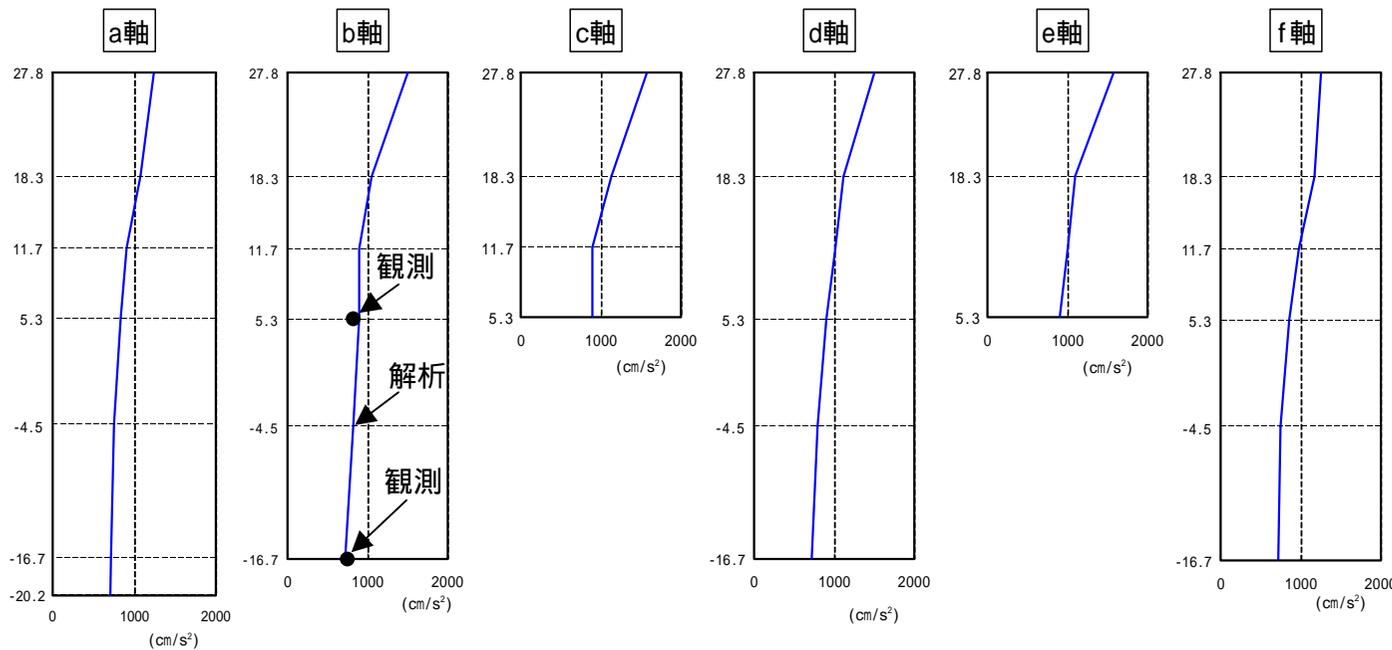


図-5.9 最大応答加速度（南北方向）



縦軸：T.M.S.L.(m)、横軸：最大応答加速度 (cm/s²)

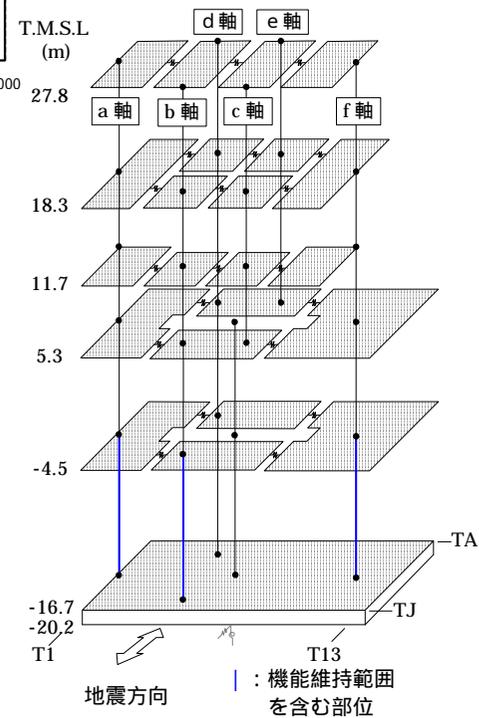


図-5.10 最大応答加速度 (東西方向)

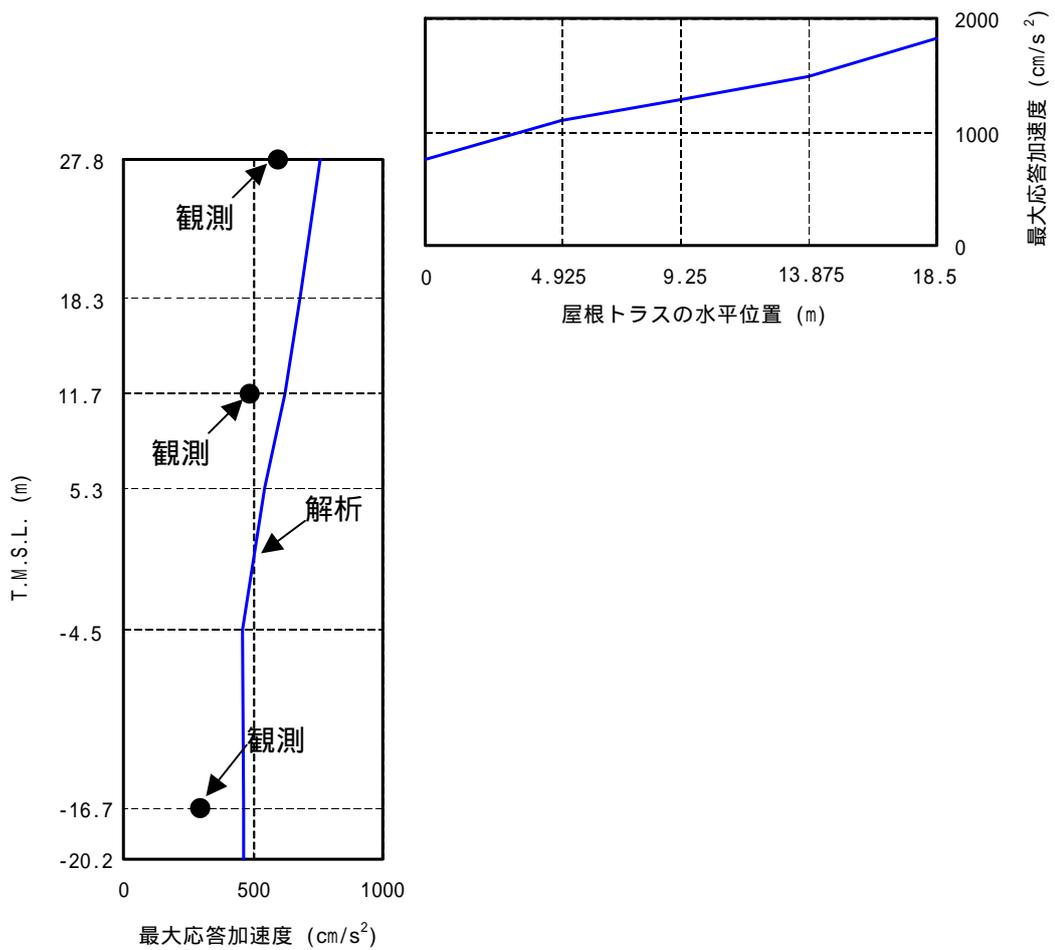
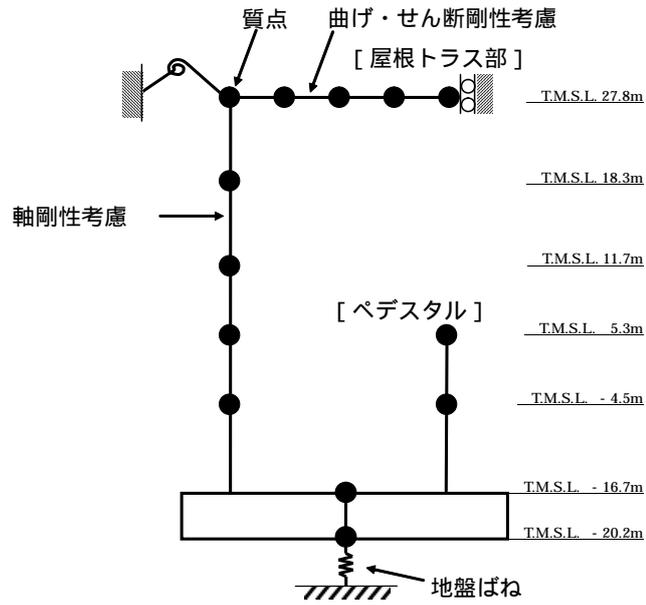


図-5.11 最大応答加速度（鉛直方向）

5.5. 耐震健全性評価結果

地震応答解析により得られた機能維持部位のせん断応力を、設計配筋量のみで負担できる短期せん断応力度($p_w \cdot \sigma_y^{-1}$)と併せて図-5.12 および図-5.13 に示す。これより、機能維持部位のせん断応力は、設計配筋量のみで負担できる短期せん断応力度に対して余裕がある状態にある。

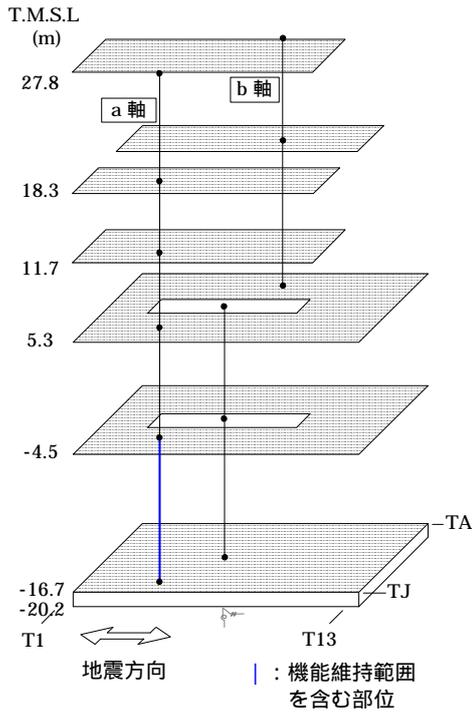
また、地震応答解析により得られた機能維持部位のせん断ひずみを、壁のひび割れが発生するひずみの目安値と併せて図-5.14 および図-5.15 に示す。これより、機能維持部位のせん断ひずみは、壁のひび割れが発生するひずみの目安値を下回っている。

タービン建屋については、弾塑性解析を行っている。機能維持範囲を含む部位について、応答結果をスケルトン曲線上にプロットしたものを図-5.16 および図-5.17 に示す。

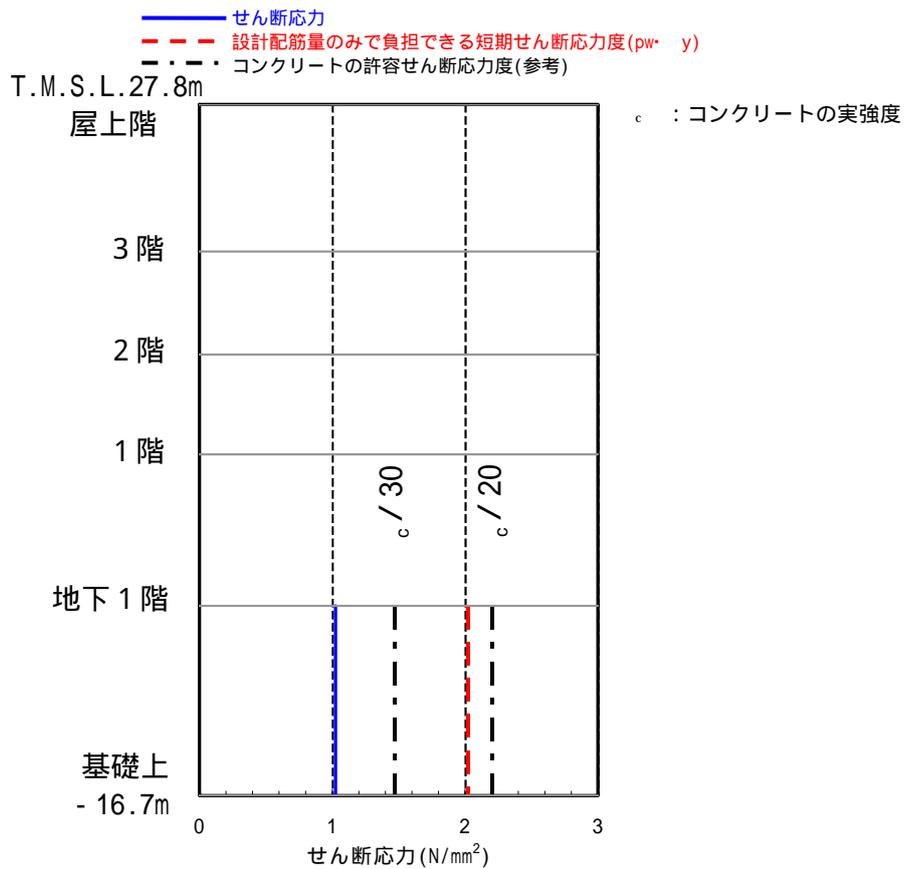
なお、図-5.12～図-5.17 に示す機能維持範囲を含む部位については、耐震壁に加えて設計時に耐震要素として考慮していなかった補助壁の分も含めて評価している。なお、機能維持範囲を含まない部位で最もひずみの大きかった部位についても同じ図に示している。タービン建屋の耐震壁のせん断ひずみについては、最もひずみの大きかった耐震壁において、ほぼ第1折点の近傍となっている。

以上のことから、タービン建屋の機能維持部位は概ね弾性範囲にあると判断されるとともに裕度を有しており、耐震健全性は確保されていると評価した。

- 1 : p_w 耐震壁の設計鉄筋比
 σ_y 鉄筋の短期許容引張応力度(SD345 : 345N/mm²)

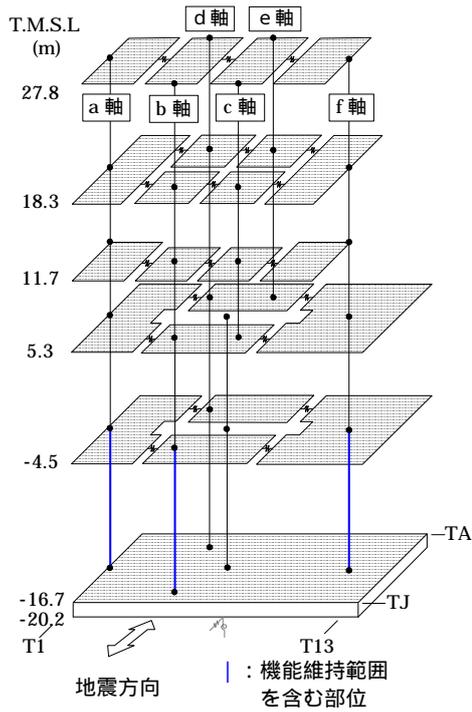


は機能維持範囲を含む



機能維持部位

図-5.12 機能維持部位のせん断応力（南北方向）



～ は機能維持範囲を含む

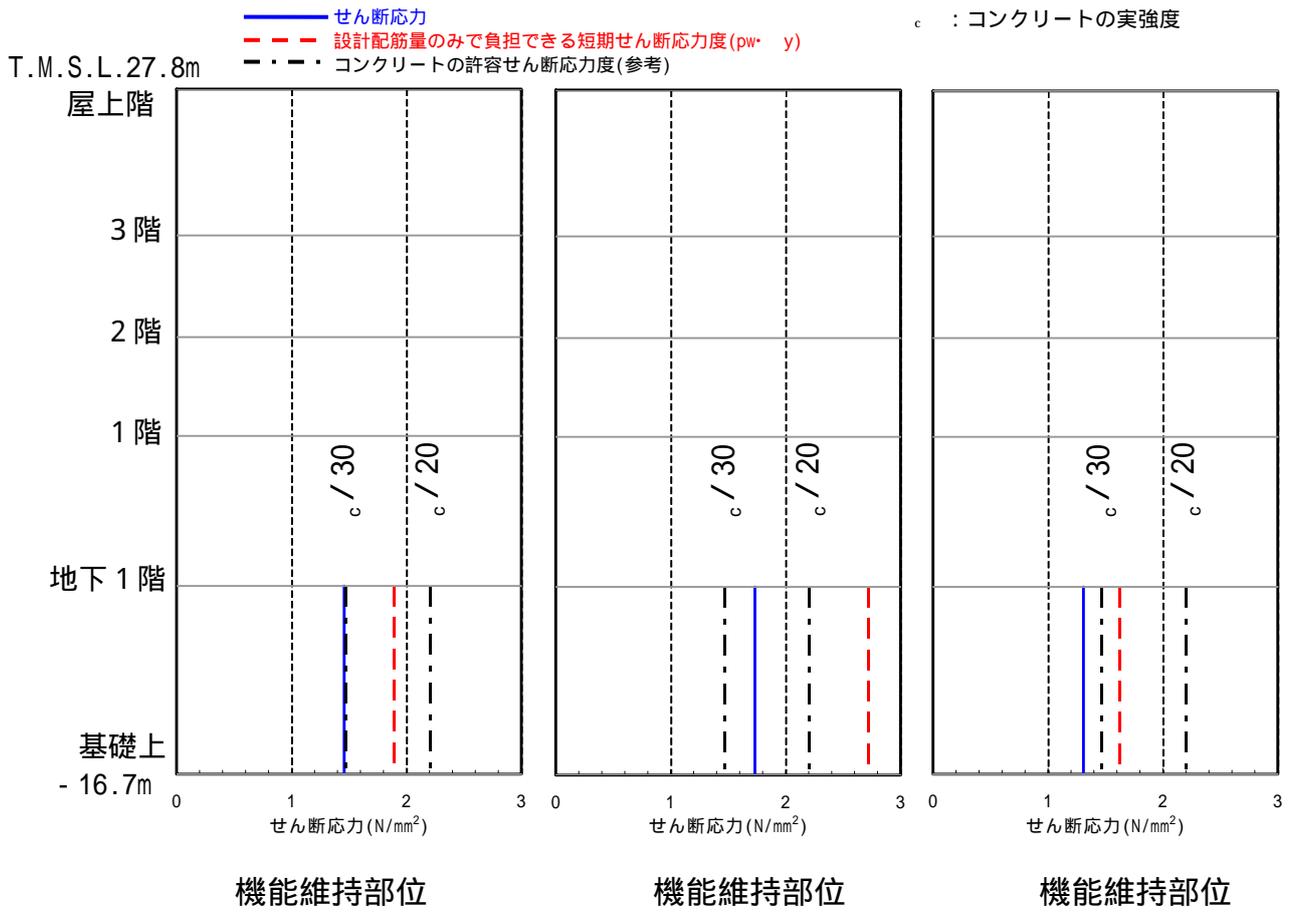


図-5.13 機能維持部位のせん断応力 (東西方向)

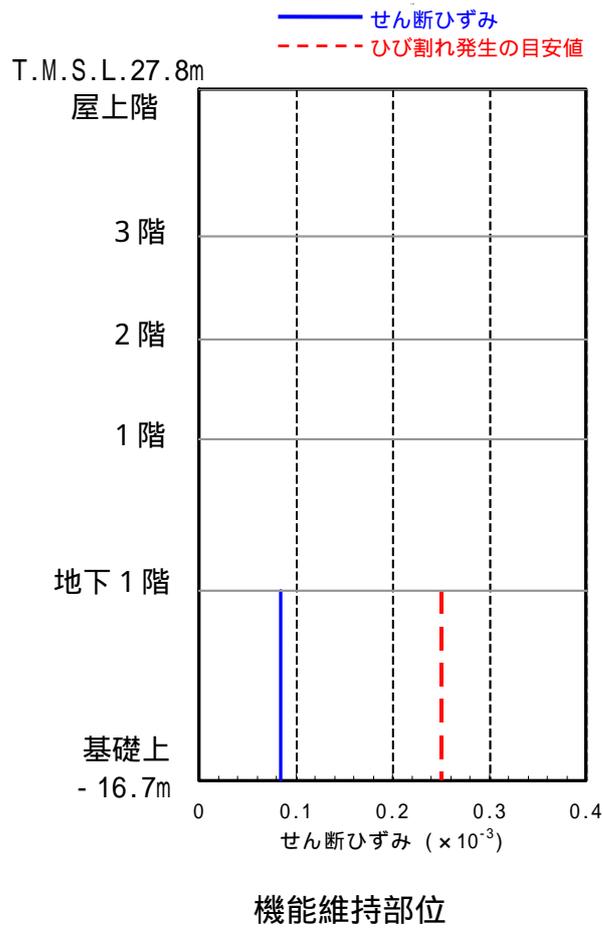
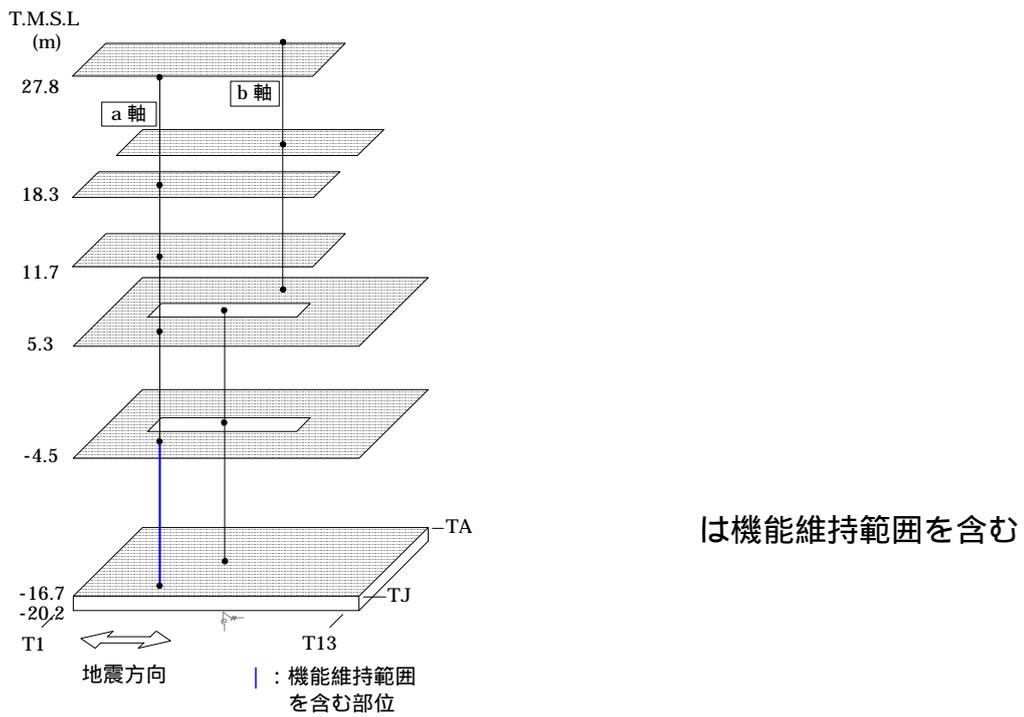
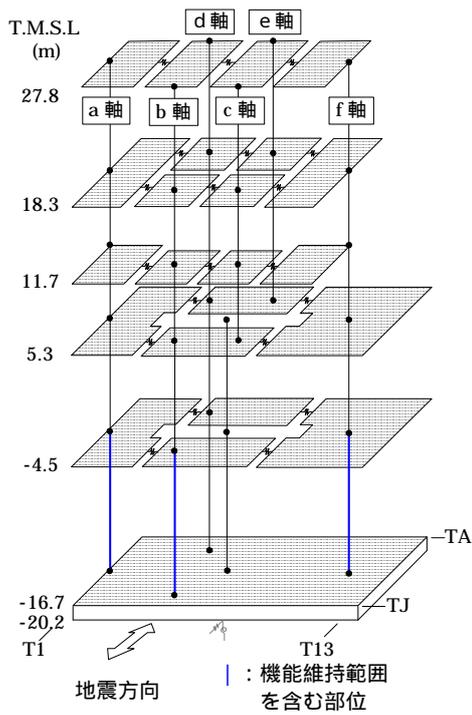


図-5.14 機能維持部位のせん断ひずみ（南北方向）



～ は機能維持範囲を含む

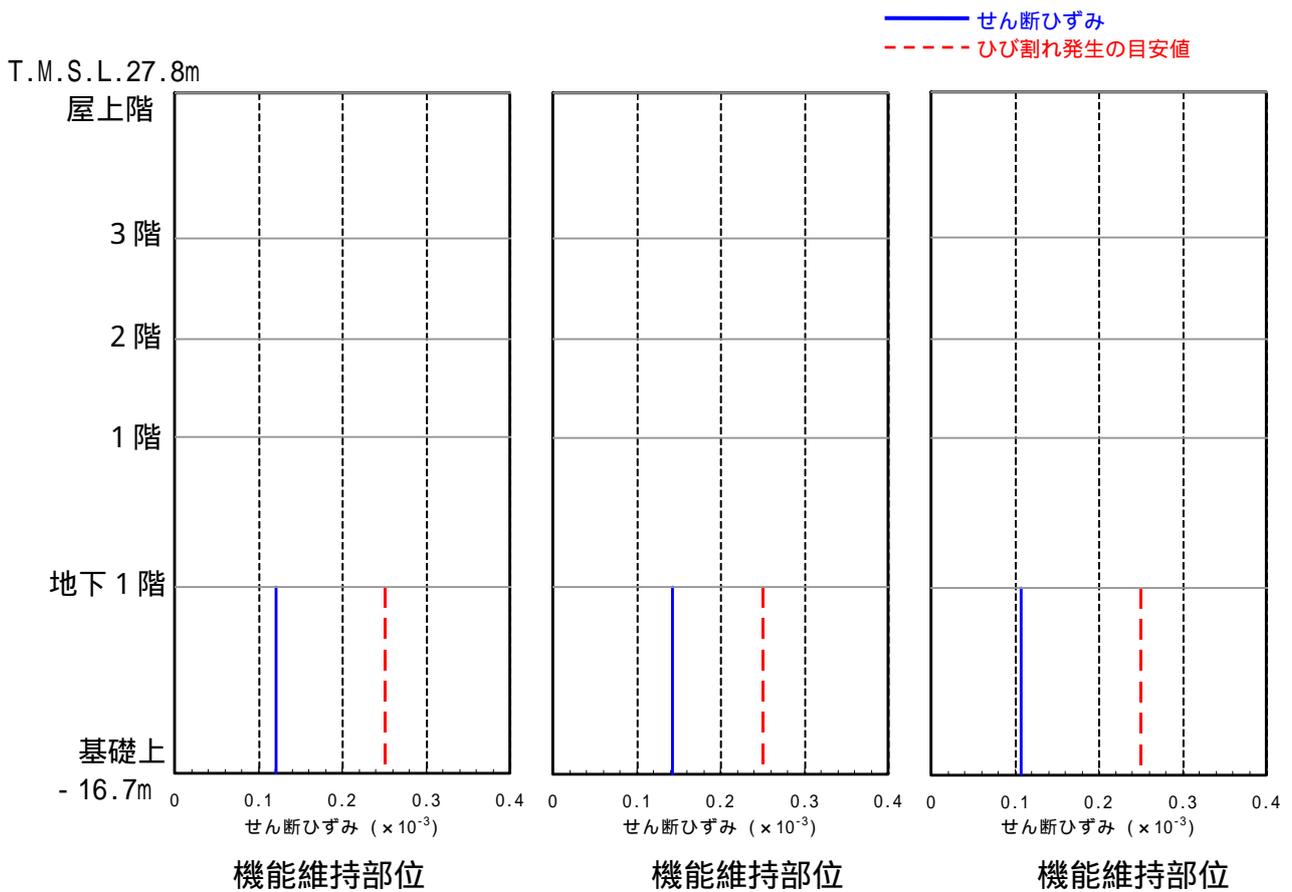
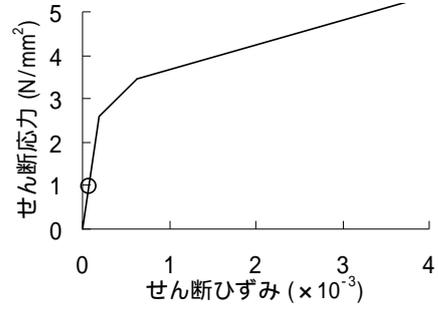
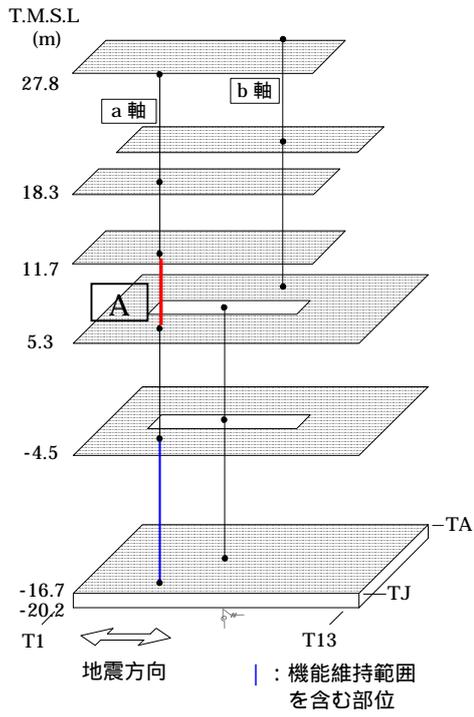


図-5.15 機能維持部位のせん断ひずみ（東西方向）



機能維持範囲を含まない部位で耐震壁のせん断ひずみが最も大きかった部位 **A**

は機能維持範囲を含む
はせん断スケルトン曲線上の最大応答値

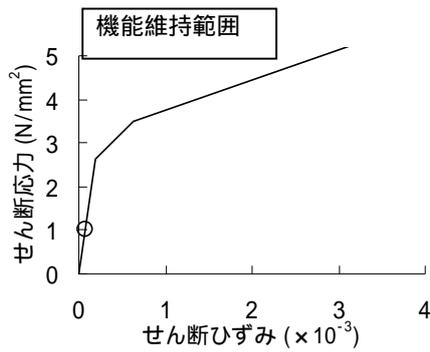
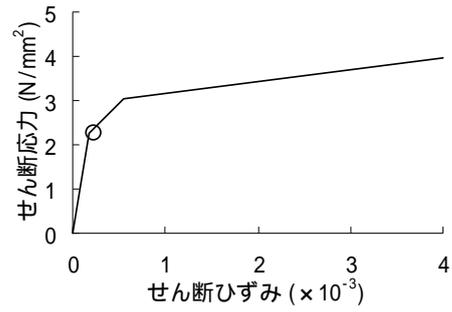
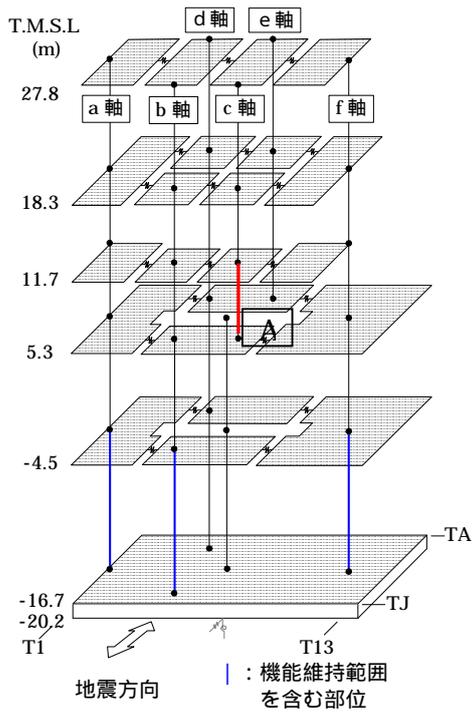


図-5.16 せん断スケルトン曲線上の最大応答値（南北方向）



機能維持範囲を含まない部位で耐震壁のせん断ひずみが最も大きかった部位 **A**

～ は機能維持範囲を含む
はせん断スケルトン曲線上の最大応答値

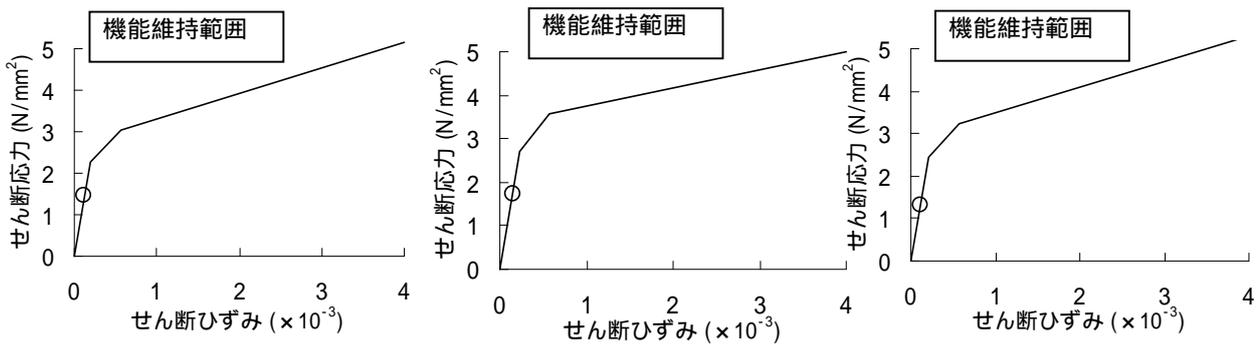


図-5.17 せん断スケルトン曲線上の最大応答値 (東西方向)

6. 総合評価

6.1. 総合評価の方法

「4.点検」及び「5.耐震健全性評価」の結果を踏まえ、建物・構築物の健全性の総合評価を行う（表-6.1 参照）。

点検結果において異常がなく、かつ、地震応答解析において裕度がある評価結果（鉄筋等が短期許容応力度レベル以下であることなど）が得られた建物・構築物については、健全性を満足するものと評価する。

点検結果において異常がないにもかかわらず、地震応答解析において裕度が比較的少ないとの結果が得られた建物・構築物については、地震応答解析において保守的な配慮が行われている可能性を考慮し、より詳細な追加解析やモックアップ試験等により十分な構造強度を有することが確認できる場合には、健全性を満足するものと評価する。

点検結果において異常が認められた建物・構築物（判定基準を満足できないもの）については、原則として、損傷原因の究明を行うとともに、必要に応じてモックアップ試験等により要求性能への損傷の影響がないことを確認できる場合には、健全性を満足するものと評価する。

表-6.1 総合評価（解析-点検）

		点検による評価	
		異常なし	異常あり
地震応答解析の結果に基づく構造評価	裕度がある	評価終了 （健全）	・ 損傷の原因究明 ・ 損傷の健全性への影響を評価
	裕度が比較的少ない	下記検討を実施。 ・ より詳細な追加解析 ・ モックアップ試験等	

6.2. 総合評価結果

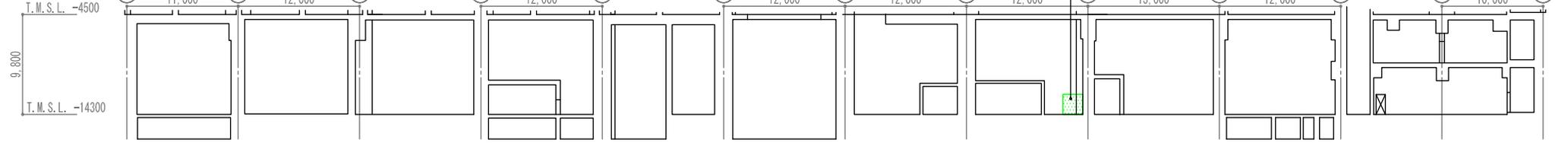
点検においては、タービン建屋の各部位で要求性能を損なうような事象は確認されなかった。

地震応答解析においても、評価基準を満足するとともに裕度を有していることを確認したことから、設備健全性が確保されているものと評価した。

以上のように、点検と地震応答解析の両面から評価を行った結果、1号機のタービン建屋の健全性が確保されているものと評価した。

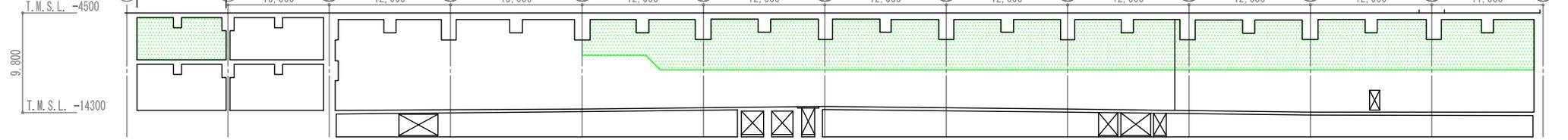
K1-B2F-A-E

MB2F

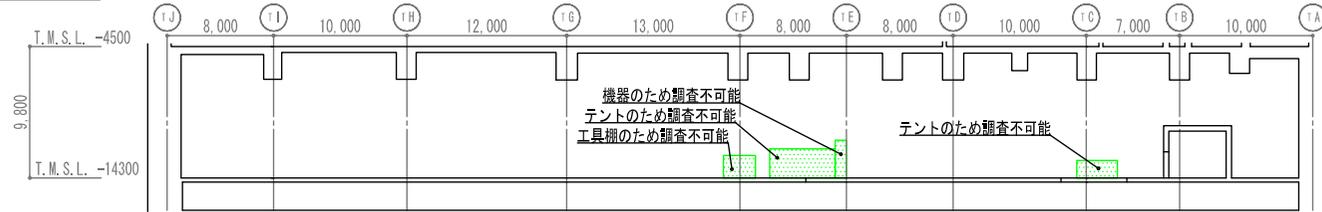


K1-B2F-J-W

MB2F

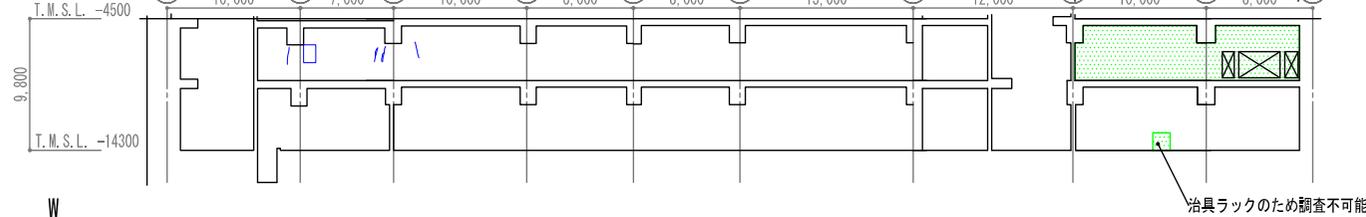


K1-B2F-1-N



K1-B2F-13-S

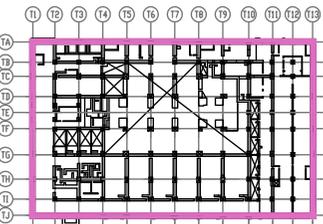
MB2F



W



KEY PLAN



- 凡 例
- 地震によるひび割れ
 - 目視点検が困難な範囲

ひび割れ調査図 (展開図)

建 屋 名

1号機タービン建屋

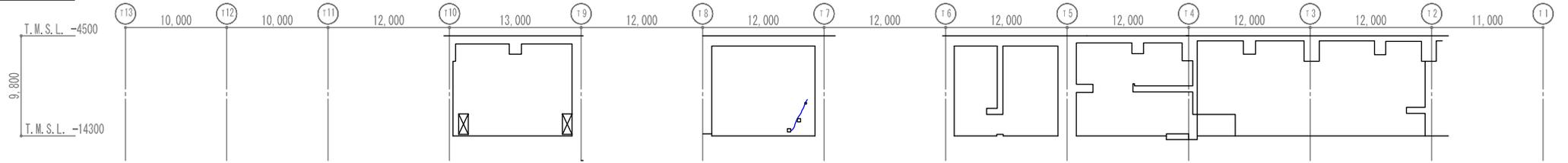
階 数

地下2階(1/11)

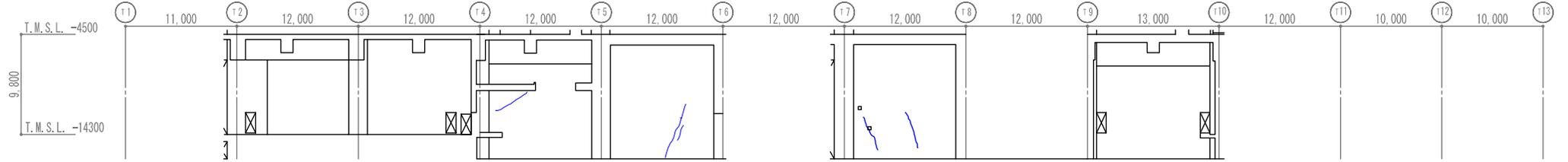
部 位

耐震壁 TA TJ T1 T13 通り

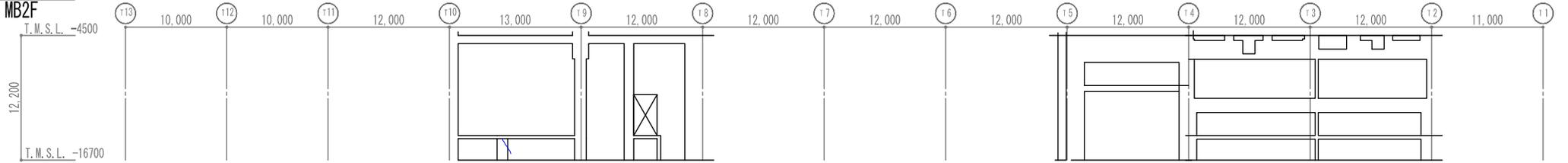
K1-B2F-B-W



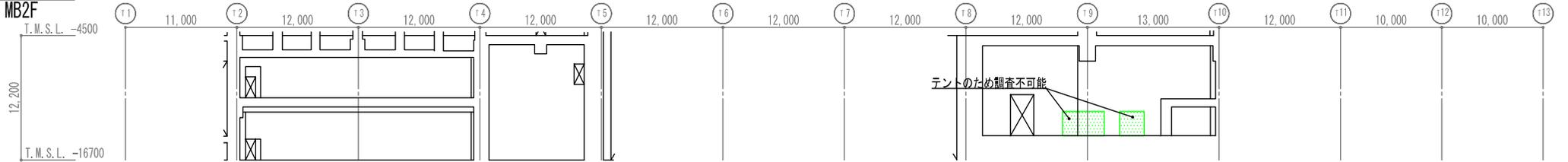
K1-B2F-B-E



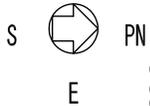
K1-B2F-C-W



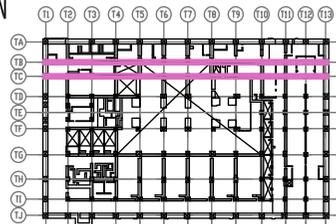
K1-B2F-C-E



W



KEY PLAN



- 凡 例
- 地震によるひび割れ
 - 目視点検が困難な範囲

ひび割れ調査図 (展開図)

建 屋 名

1号機タービン建屋

階 数

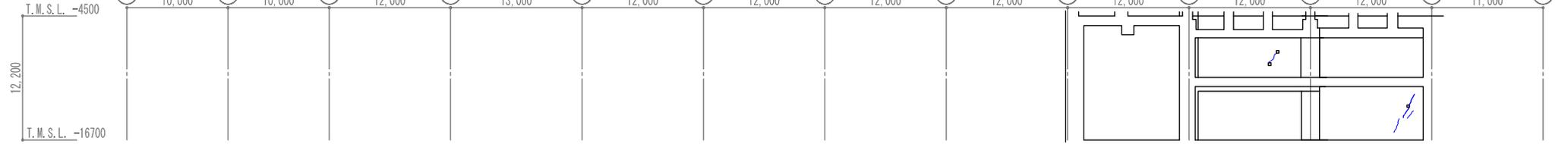
地下2階(2/11)

部 位

耐震壁 TB TC 通り

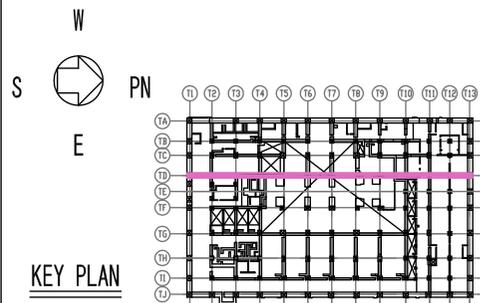
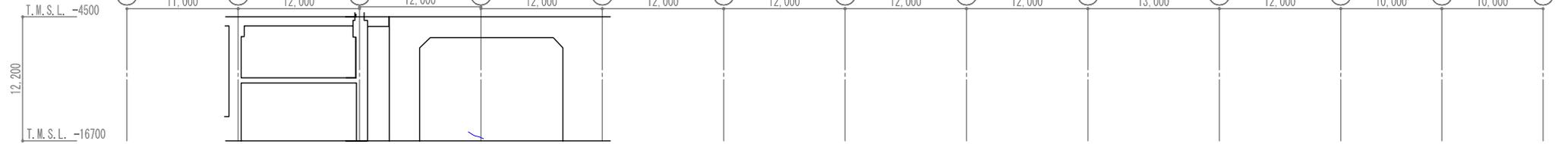
K1-B2F-D-W

MB2F



K1-B2F-D-E

MB2F



- 凡 例
- 地震によるひび割れ
 - 目視点検が困難な範囲

ひび割れ調査図 (展開図)

建 屋 名

1号機タービン建屋

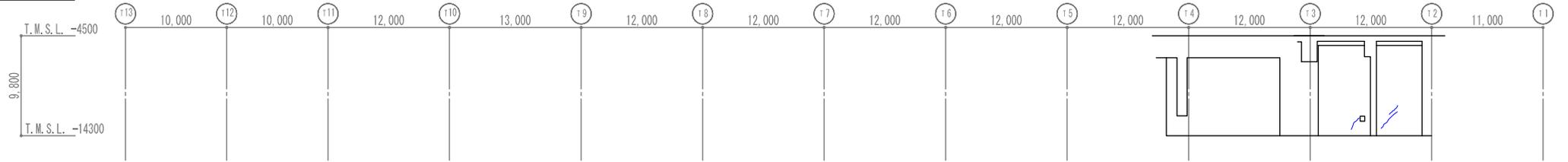
階 数

地下2階(3/11)

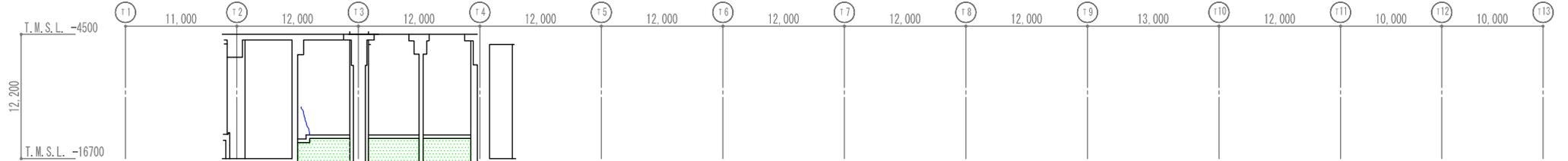
部 位

耐震壁 TD 通り

K1-B2F-F-W

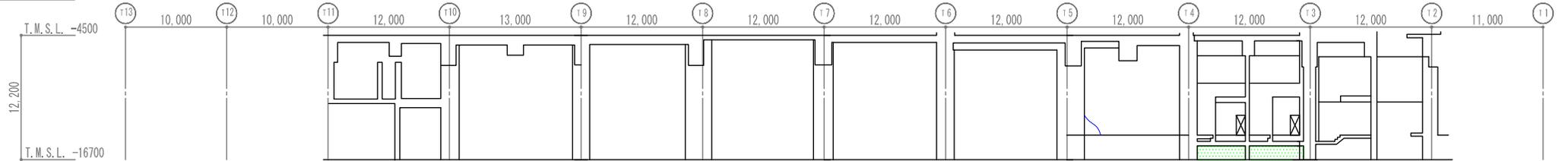


K1-B2F-F-E



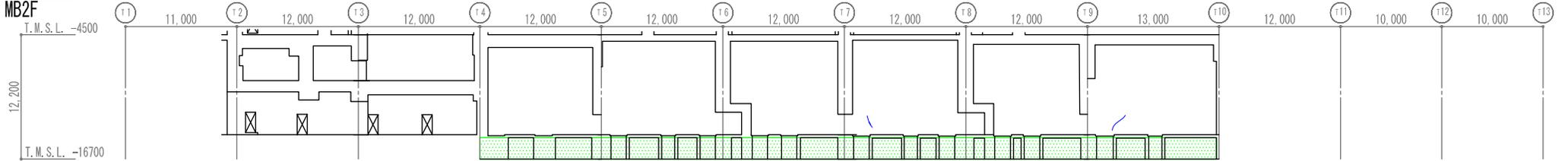
タンク架台下部のため調査不可能

K1-B2F-G-W



コンクリート蓋のため調査不可能

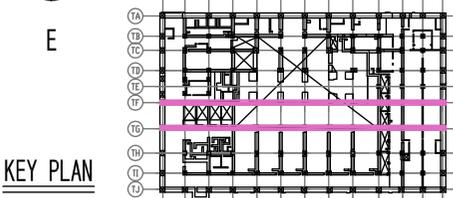
K1-B2F-G-E



配管スペースのため調査不可能

W

S E PN



KEY PLAN

- 凡 例
- 地震によるひび割れ
 - 目視点検が困難な範囲

ひび割れ調査図 (展開図)

建 屋 名

1号機タービン建屋

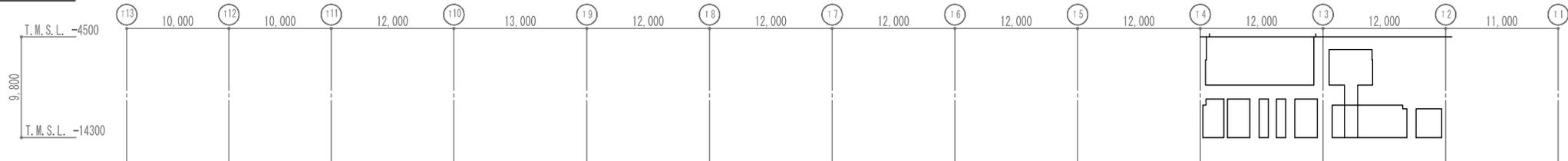
階 数

地下2階(4/11)

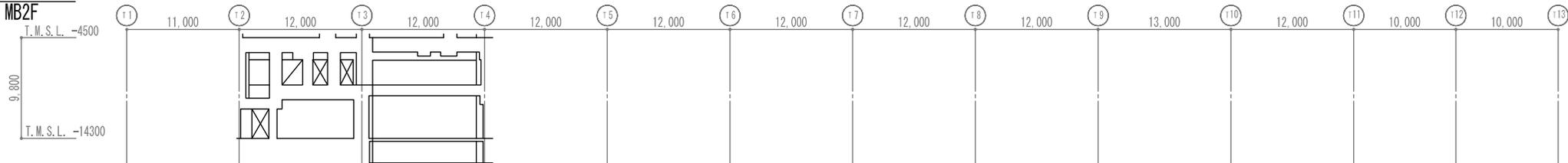
部 位

耐震壁 TF TG 通り

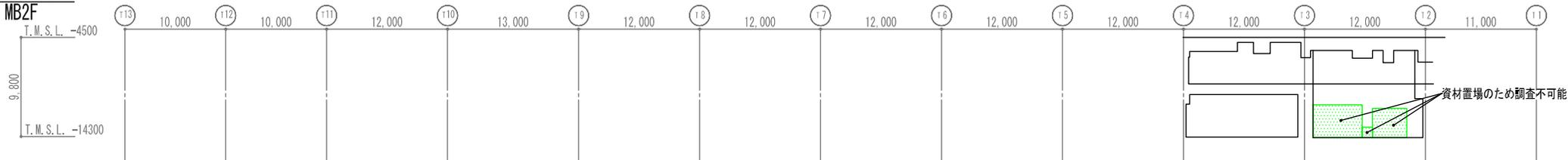
K1-B2F-H-W



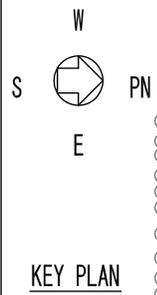
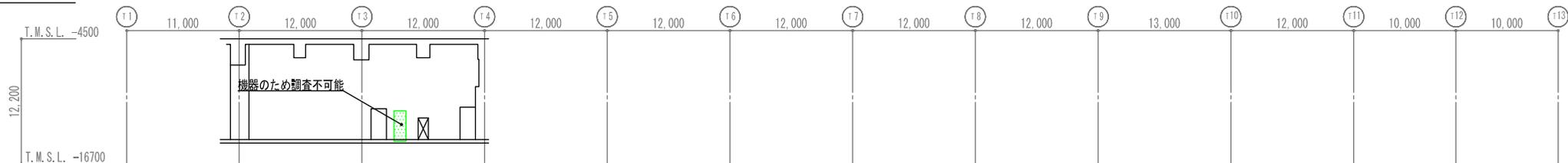
K1-B2F-H-E



K1-B2F-I-W



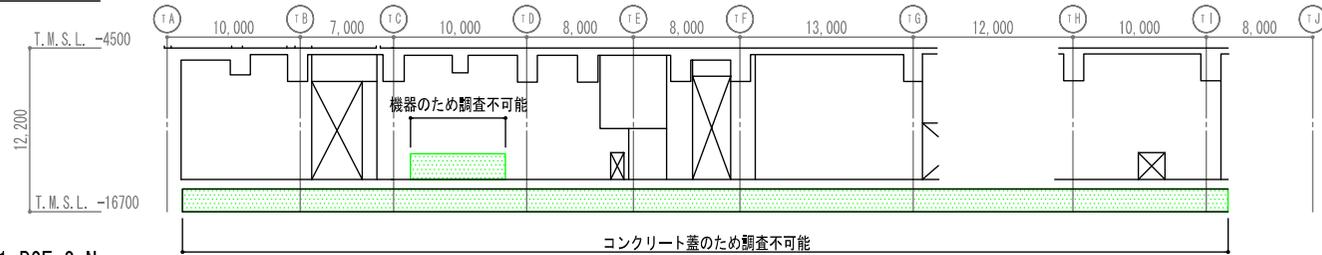
K1-B2F-I-E



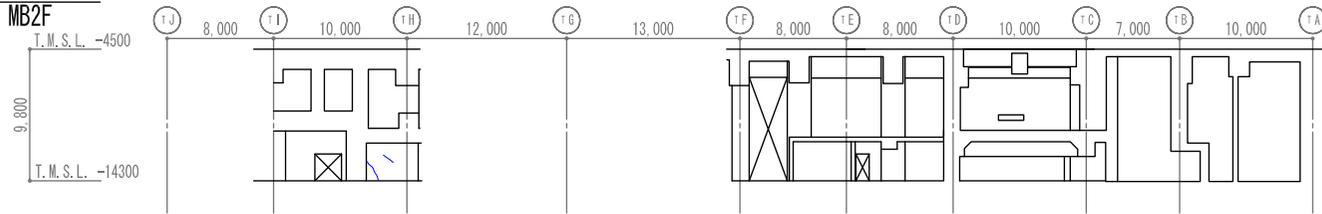
- 凡 例
- 地震によるひび割れ
 - 目視点検が困難な範囲

ひび割れ調査図 (展開図)	建 屋 名	1号機タービン建屋	階 数	地下2階(5/11)	部 位	耐震壁 TH TI 通り
---------------	-------	-----------	-----	------------	-----	--------------

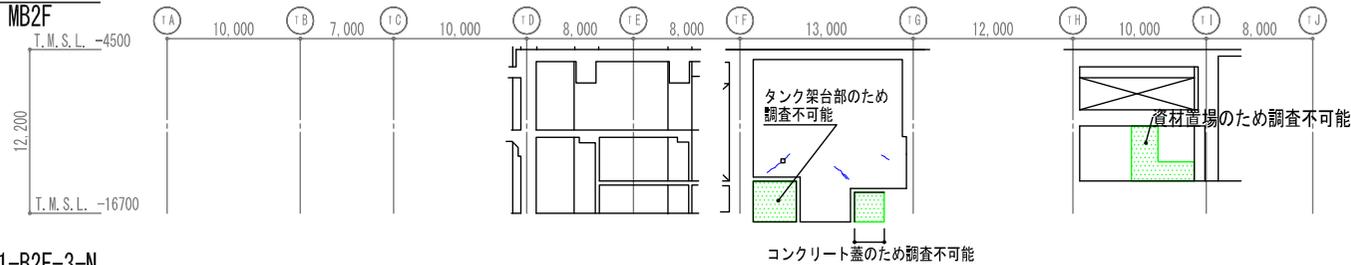
K1-B2F-2-S



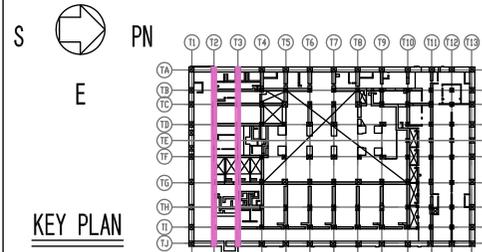
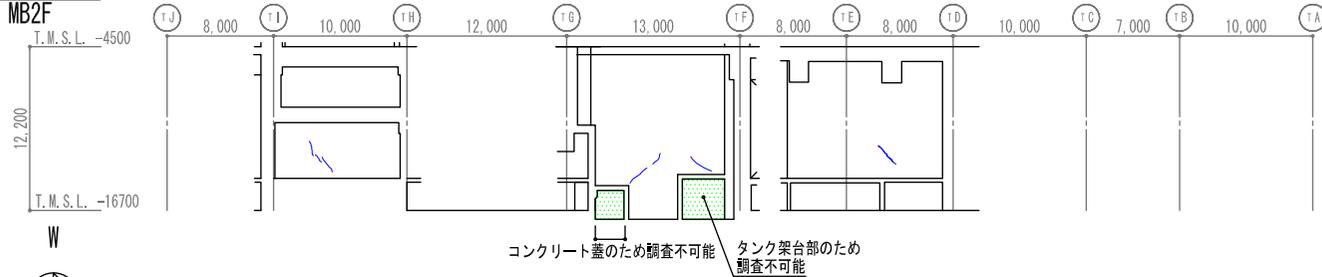
K1-B2F-2-N



K1-B2F-3-S



K1-B2F-3-N



- 凡 例
- 地震によるひび割れ
 - 目視点検が困難な範囲

ひび割れ調査図 (展開図)

建 屋 名

1号機タービン建屋

階 数

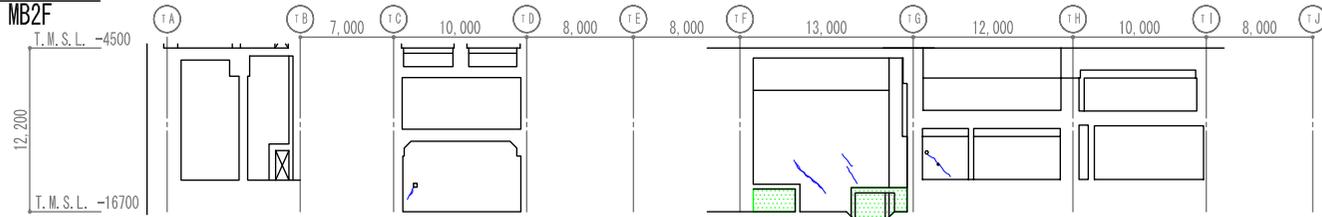
地下2階(6/11)

部 位

耐震壁 T2 T3 通り

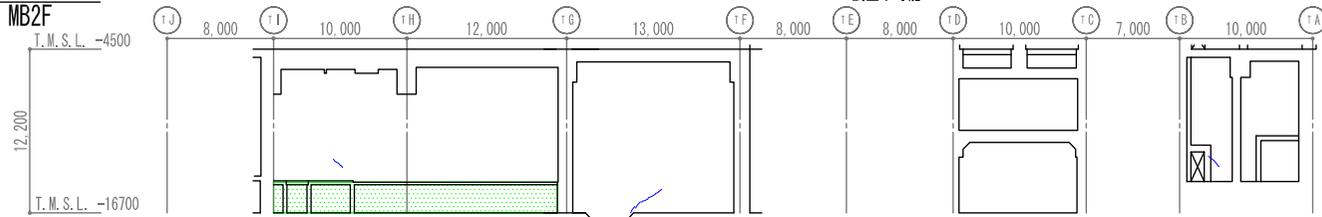
K1-B2F-4-S

MB2F



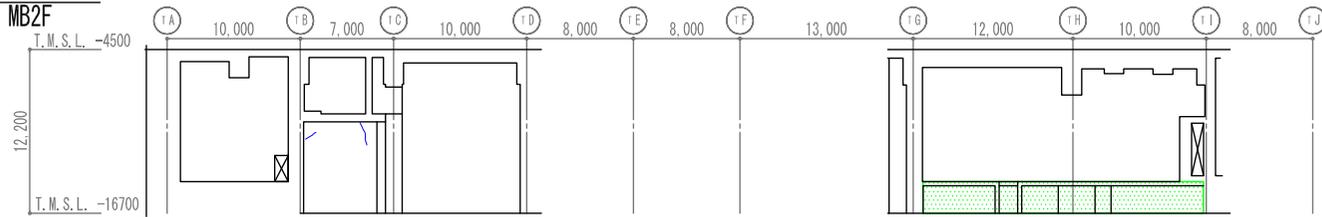
K1-B2F-4-N

MB2F



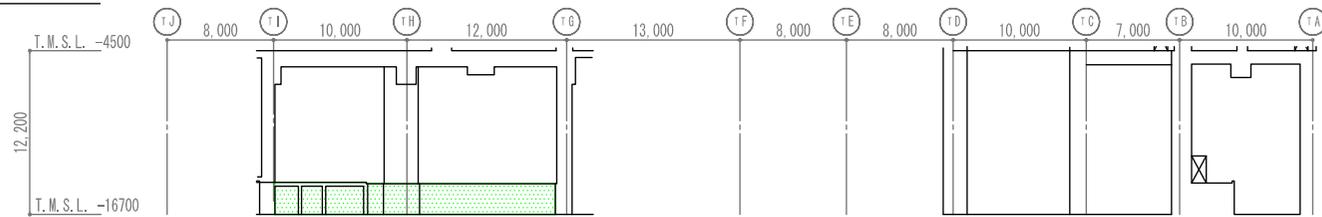
K1-B2F-5-S

MB2F

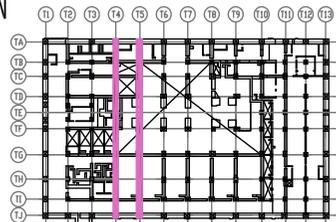


K1-B2F-5-N

W



KEY PLAN



- 凡 例
- 地震によるひび割れ
 - 目視点検が困難な範囲

ひび割れ調査図 (展開図)

建 屋 名

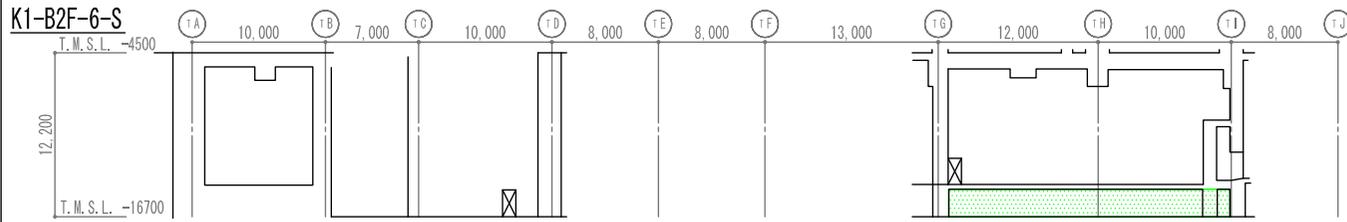
1号機タービン建屋

階 数

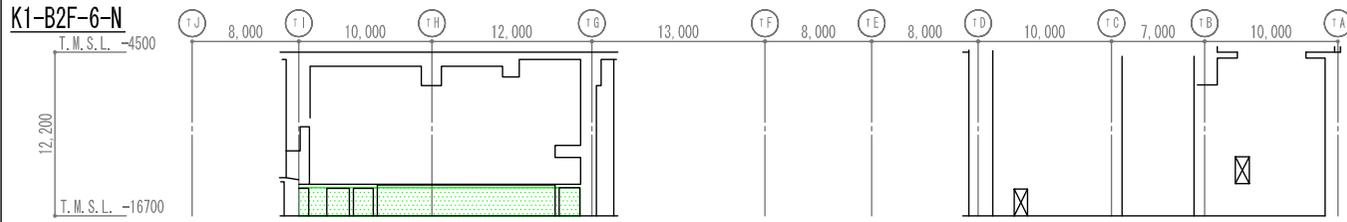
地下2階(7/11)

部 位

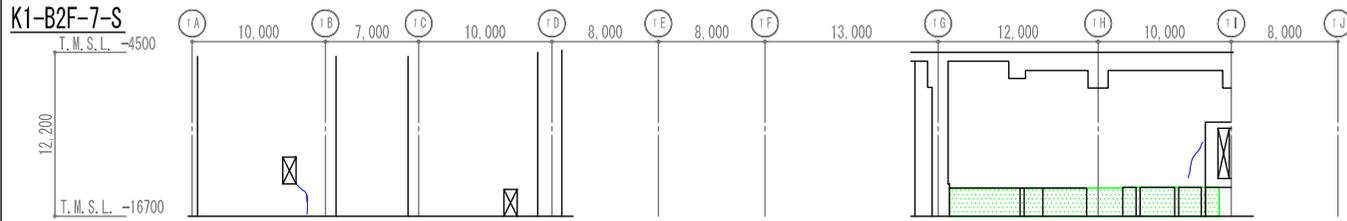
耐震壁 T4 T5 通り



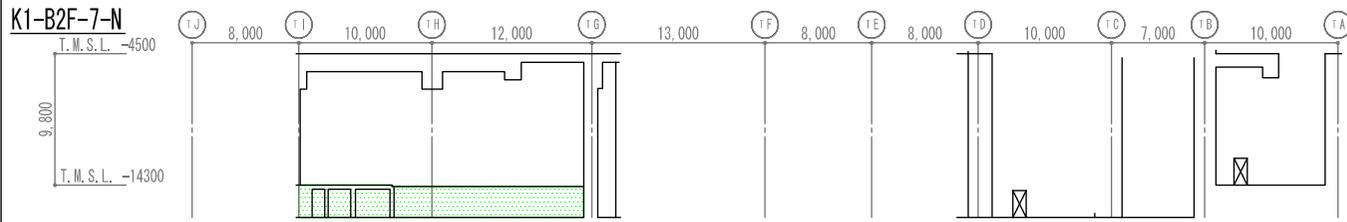
配管スペースのため調査不可能



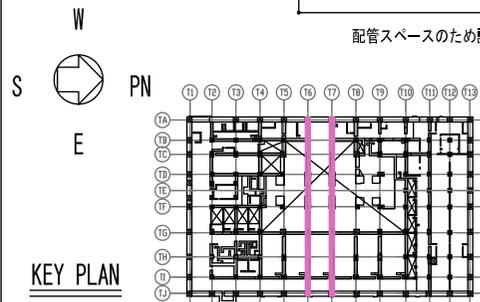
配管スペースのため調査不可能



配管スペースのため調査不可能



配管スペースのため調査不可能



- 凡 例
- 地震によるひび割れ
 - 目視点検が困難な範囲

ひび割れ調査図 (展開図)

建 屋 名

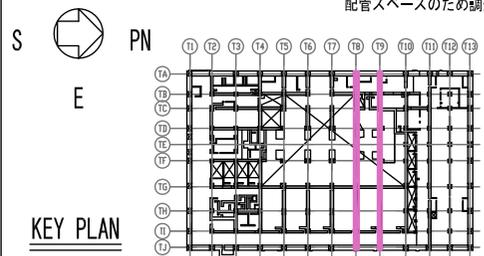
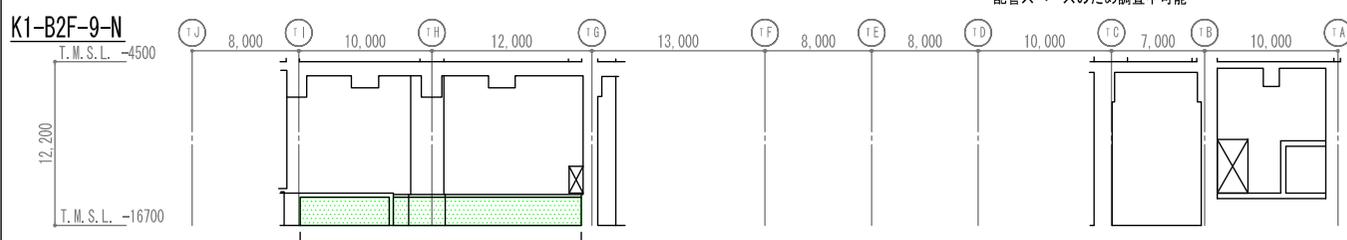
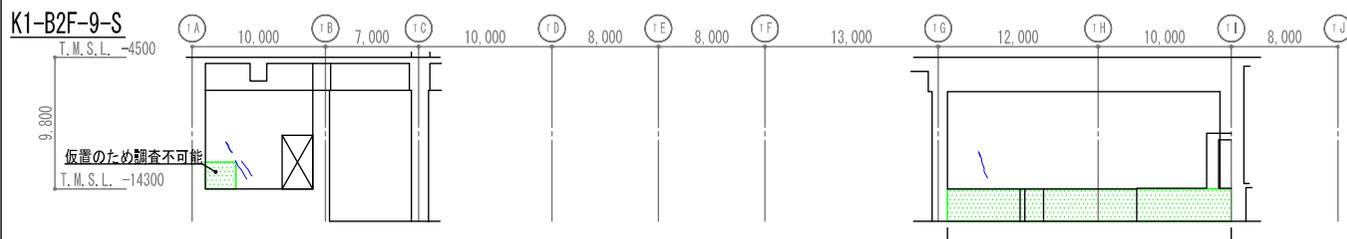
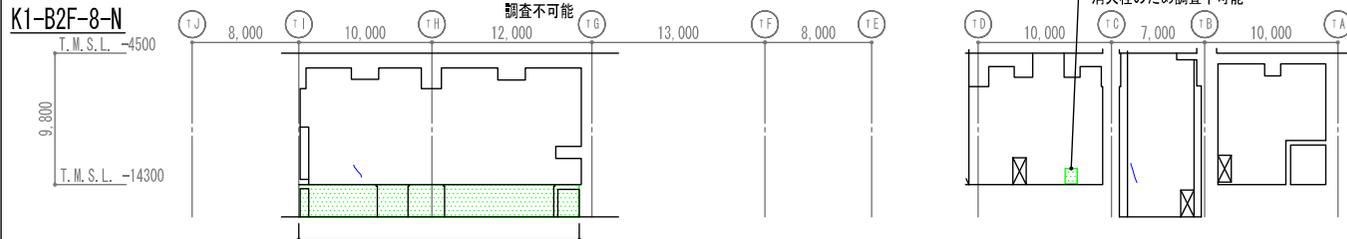
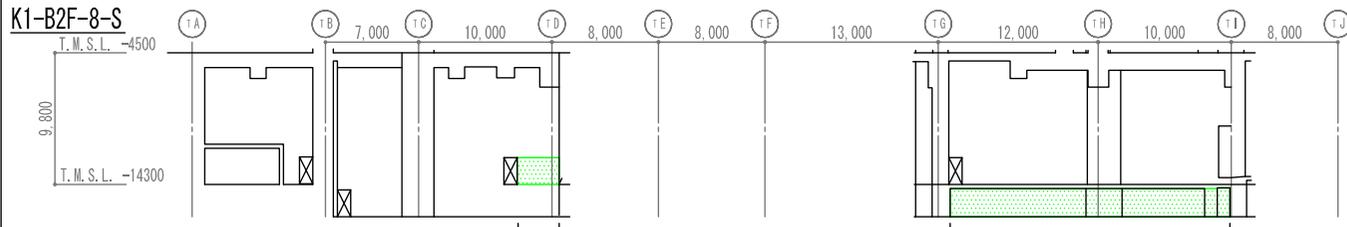
1号機タービン建屋

階 数

地下2階(8/11)

部 位

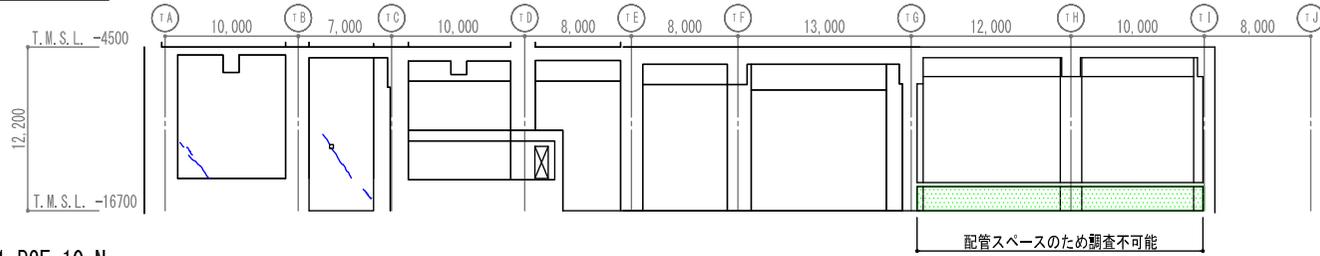
耐震壁 T6 T7 通り



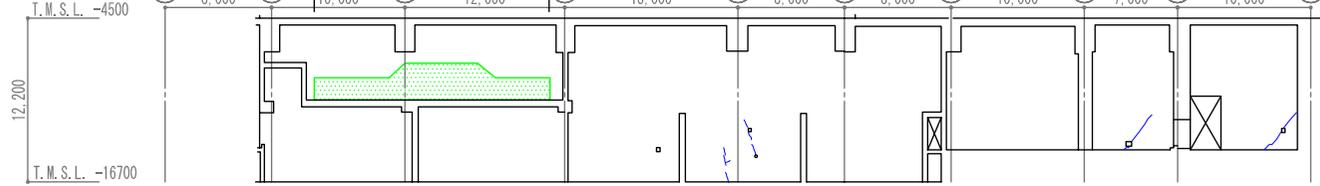
- 凡 例
- 地震によるひび割れ
 - 目視点検が困難な範囲

ひび割れ調査図 (展開図)	建 屋 名	1号機タービン建屋	階 数	地下2階(9/11)	部 位	耐震壁 T8 T9 通り
---------------	-------	-----------	-----	------------	-----	--------------

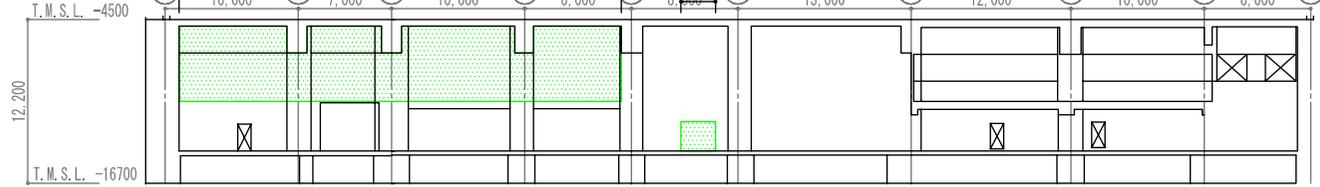
K1-B2F-10-S



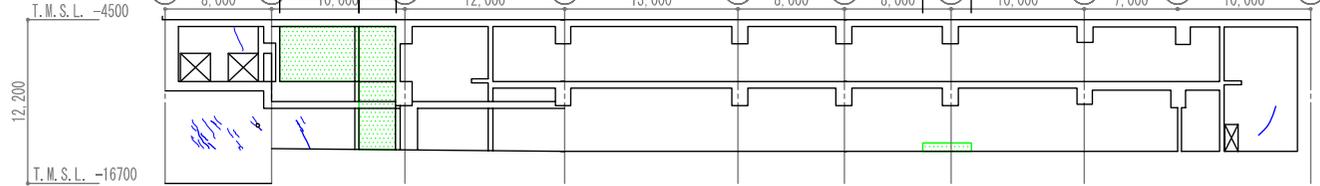
K1-B2F-10-N
MB2F



K1-B2F-11-S
MB2F



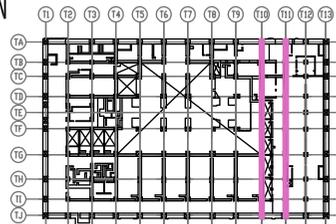
K1-B2F-11-N
MB2F



W



KEY PLAN



- 凡 例
- 地震によるひび割れ
 - 目視点検が困難な範囲

ひび割れ調査図 (展開図)

建 屋 名

1号機タービン建屋

階 数

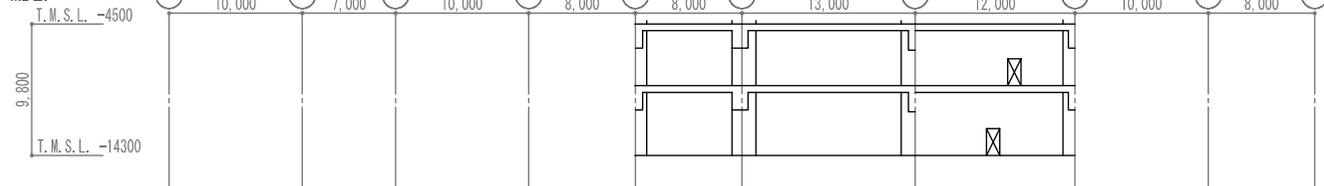
地下2階 (10/11)

部 位

耐震壁 T10 T11 通り

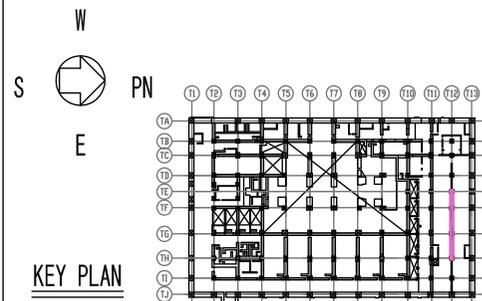
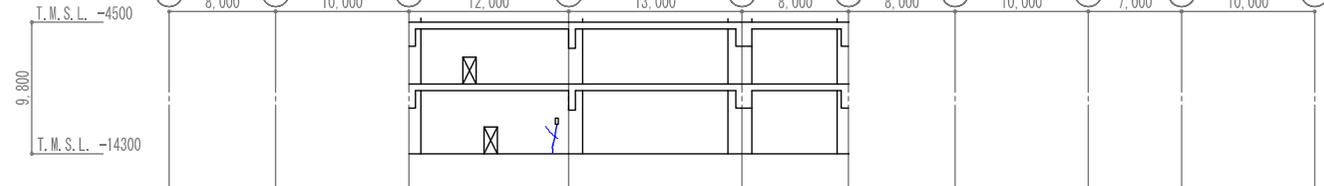
K1-B2F-12-S

MB2F



K1-B2F-12-N

MB2F



- 凡 例
- 地震によるひび割れ
 - 目視点検が困難な範囲

ひび割れ調査図 (展開図)

建 屋 名

1号機タービン建屋

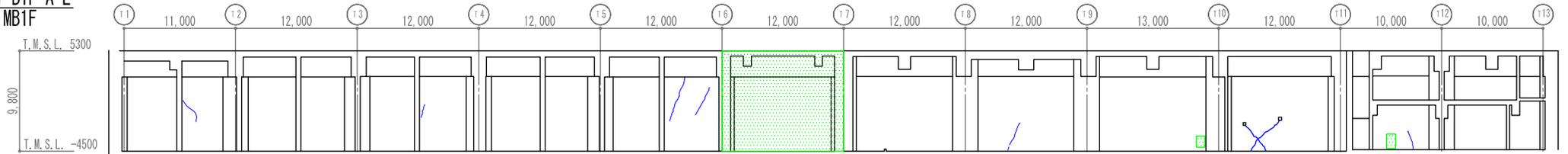
階 数

地下2階(11/11)

部 位

耐震壁 T12 通り

K1-B1F-A-E
MB1F

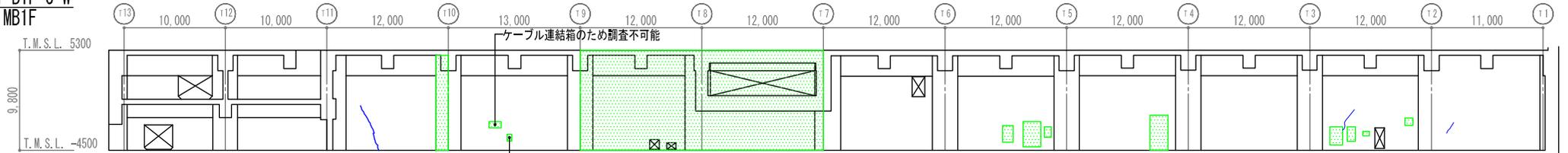


開口部のため調査不可能

工具棚のため
調査不可能

消火栓のため調査不可能

K1-B1F-J-W
MB1F



ケーブル連結箱のため調査不可能

仮置物のため
調査不可能

分電盤のため調査不可能

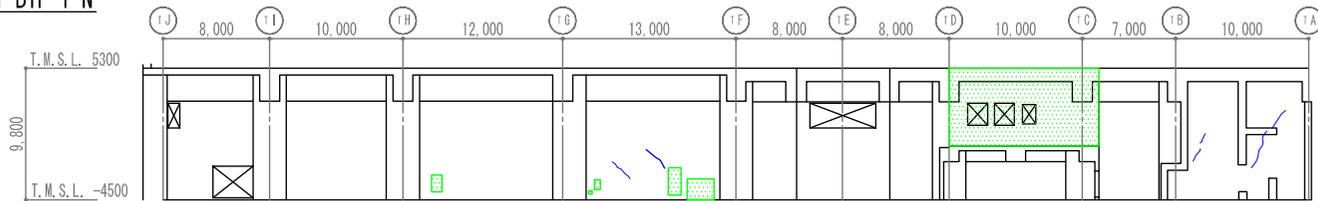
ケーブルトレイのため調査不可能

分電盤のため調査不可能

火気養生のため
調査不可能

分電盤のため調査不可能

K1-B1F-1-N



保安器のため
調査不可能

電源箱のため
調査不可能

分電盤のため
調査不可能

工具棚のため
調査不可能

昇降設備がないため調査不可能

K1-B1F-13-S
MB1F



機器のため調査不可能

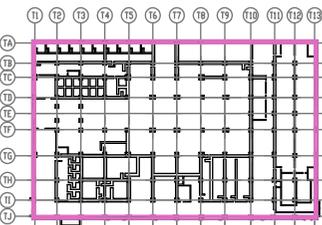
検出器のため調査不可能
電線連結箱のため調査不可能

パネルのため
調査不可能

W



KEY PLAN



凡 例

— 地震によるひび割れ

目視点検が困難な範囲

ひび割れ調査図 (展開図)

建 屋 名

1号機タービン建屋

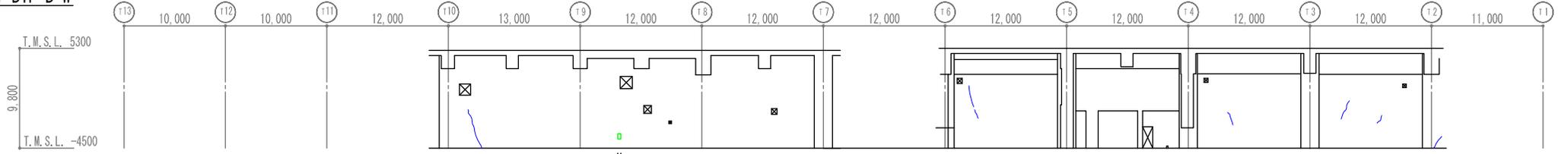
階 数

地下1階(1/10)

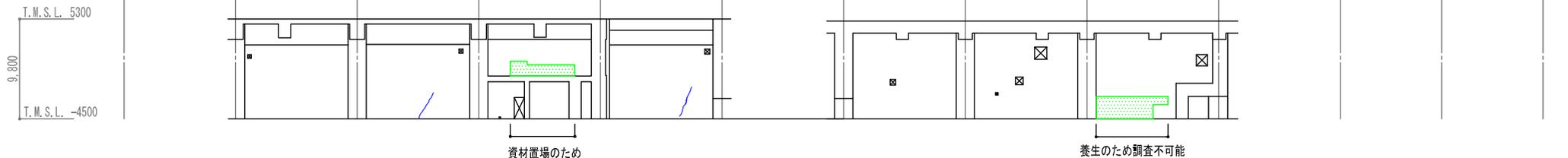
部 位

耐震壁 TA TJ T1 T13 通り

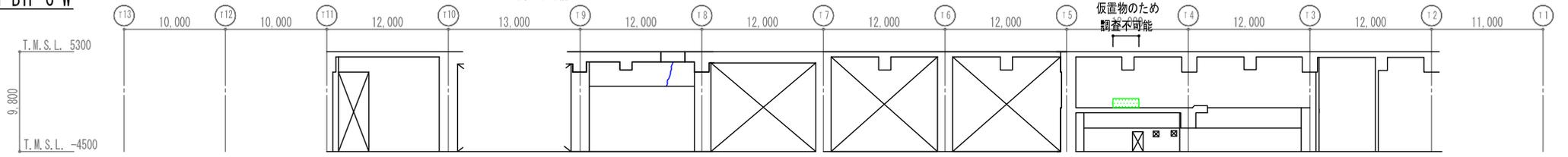
K1-B1F-B-W



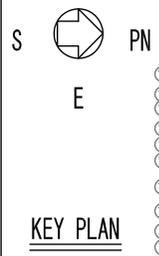
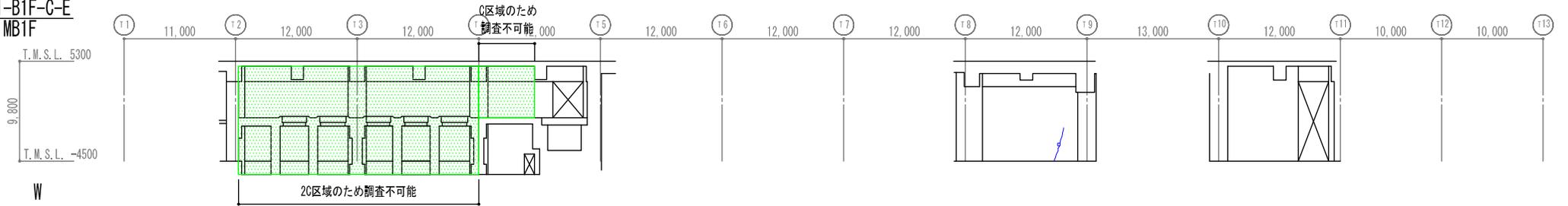
K1-B1F-B-E
MB1F



K1-B1F-C-W



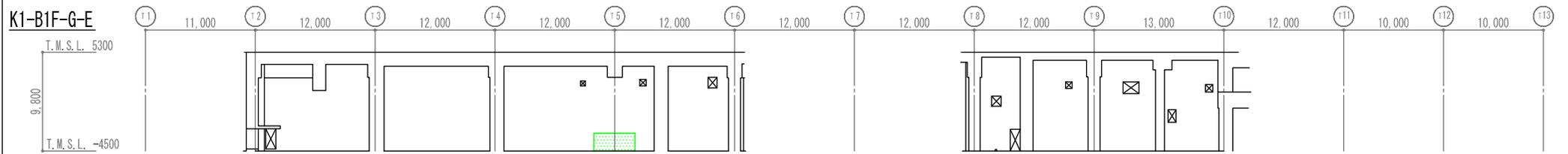
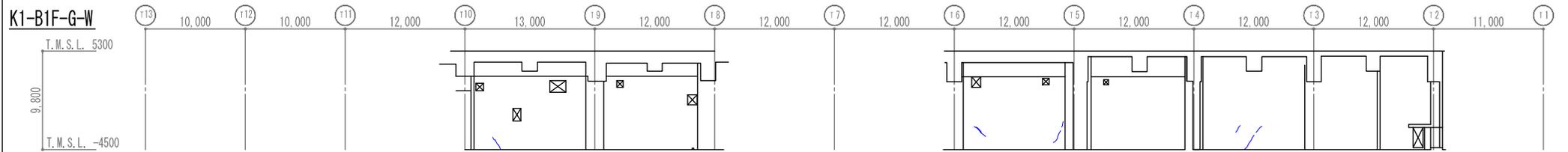
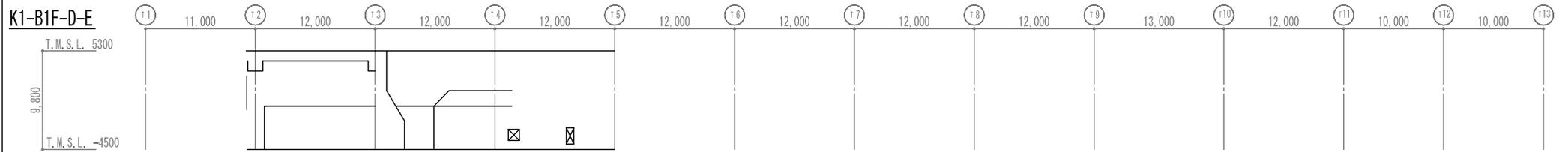
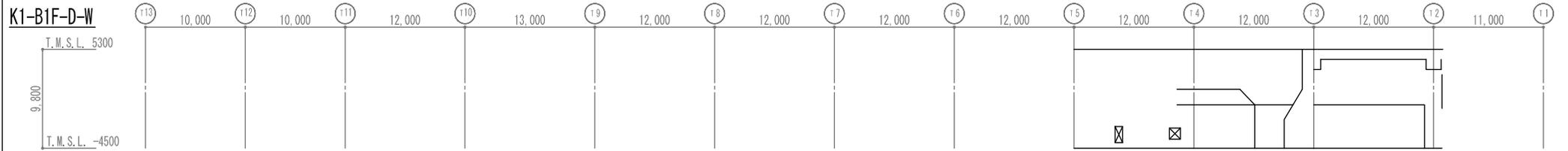
K1-B1F-C-E
MB1F



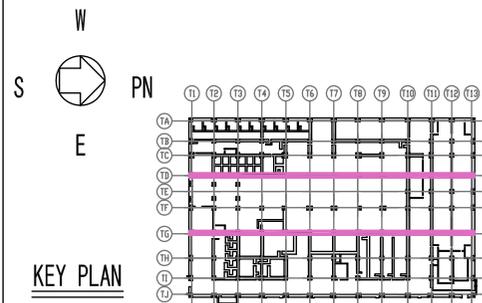
- 凡 例
- 地震によるひび割れ
 - 目視点検が困難な範囲

ひび割れ調査図 (展開図)

建屋名	1号機タービン建屋	階数	地下1階(2/10)	部位	耐震壁 TB TC 通り
-----	-----------	----	------------	----	--------------



火気養生のため
調査不可能



- 凡 例
- 地震によるひび割れ
 - 目視点検が困難な範囲

ひび割れ調査図 (展開図)

建 屋 名

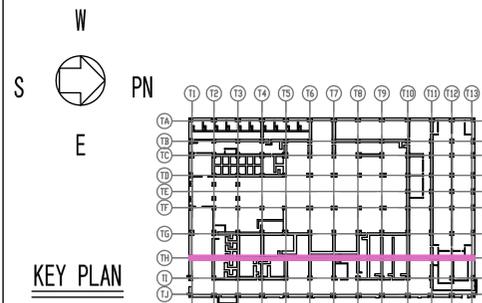
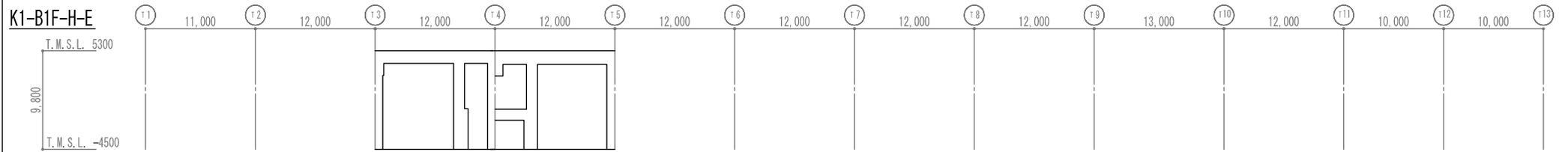
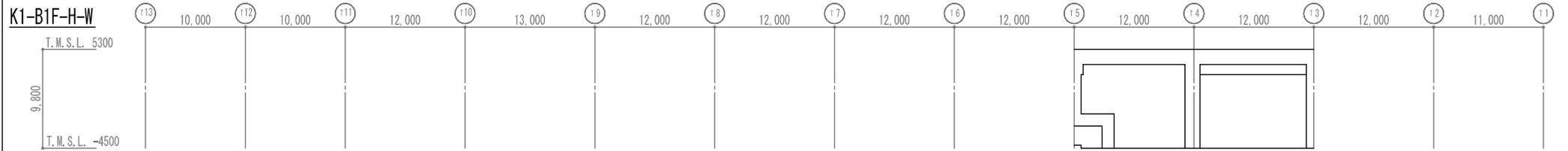
1号機タービン建屋

階 数

地下1階(3/10)

部 位

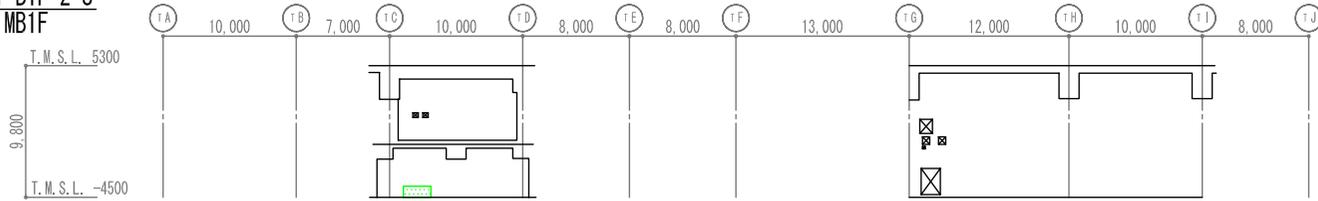
耐震壁 TD TG 通り



- 凡 例
- 地震によるひび割れ
 - 目視点検が困難な範囲

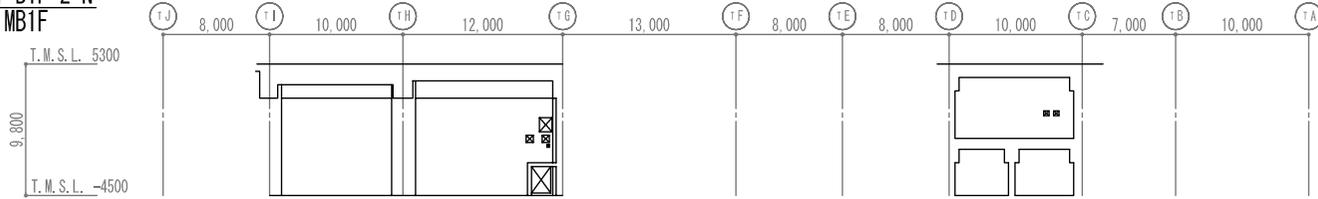
ひび割れ調査図 (展開図)	建 屋 名	1号機タービン建屋	階 数	地下1階(4/10)	部 位	耐震壁 TH 通り
---------------	-------	-----------	-----	------------	-----	-----------

K1-B1F-2-S
MB1F

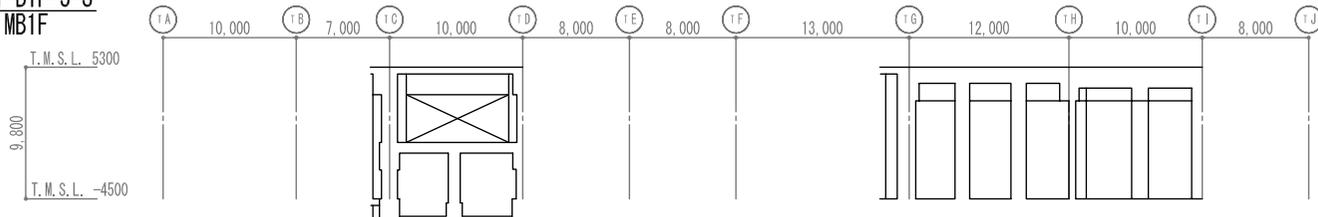


仮置場のため
調査不可能

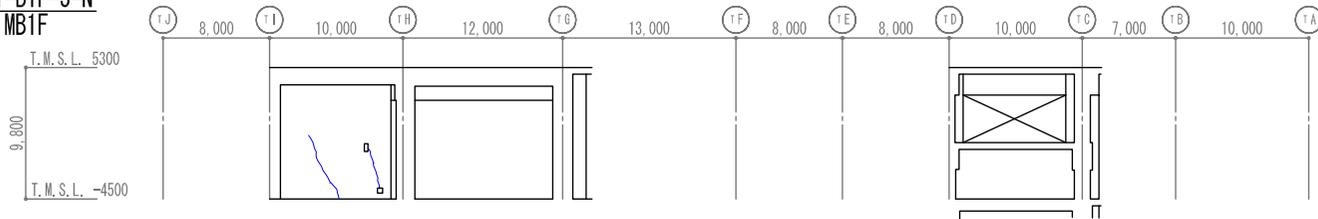
K1-B1F-2-N
MB1F



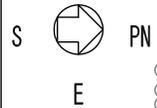
K1-B1F-3-S
MB1F



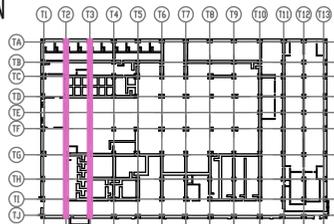
K1-B1F-3-N
MB1F



W



KEY PLAN



- 凡 例
- 地震によるひび割れ
 - 目視点検が困難な範囲

ひび割れ調査図 (展開図)

建 屋 名

1号機タービン建屋

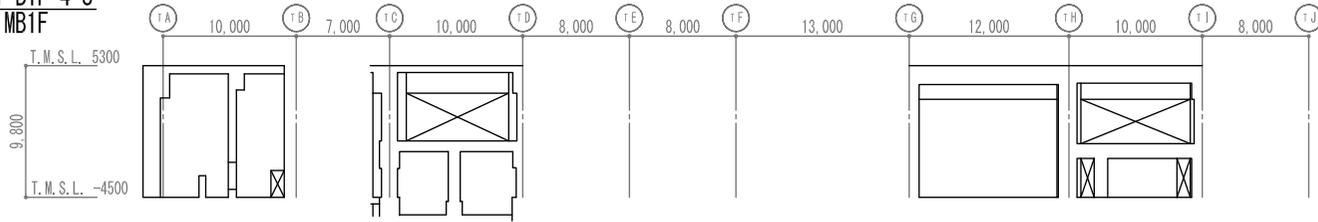
階 数

地下1階(5/10)

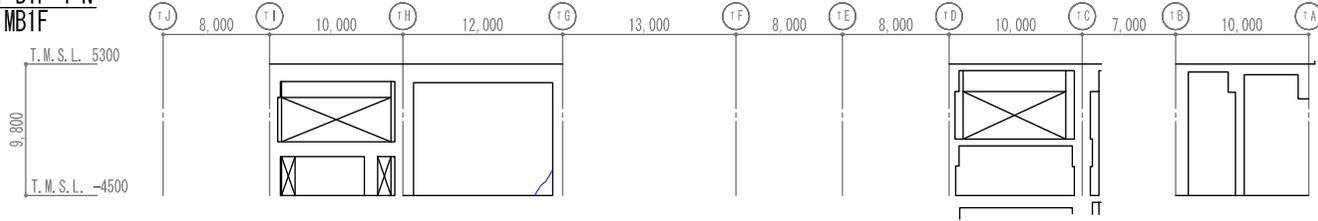
部 位

耐震壁 T2 T3 通り

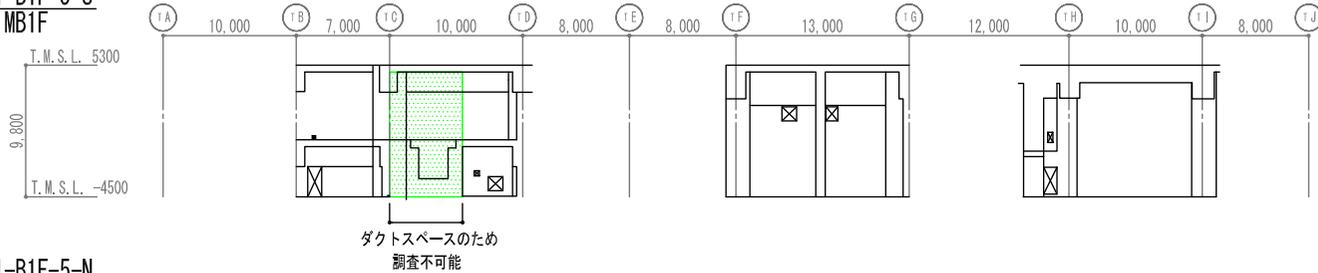
K1-B1F-4-S
MB1F



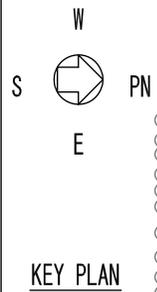
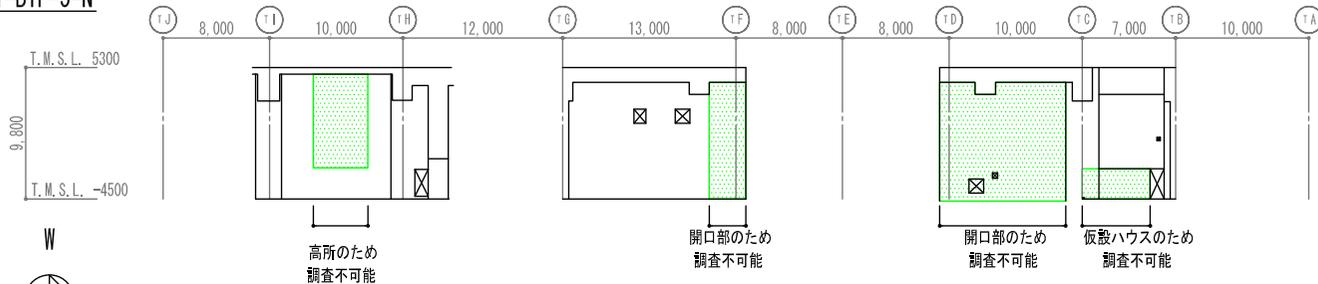
K1-B1F-4-N
MB1F



K1-B1F-5-S
MB1F



K1-B1F-5-N



- 凡 例
- 地震によるひび割れ
 - 目視点検が困難な範囲

ひび割れ調査図 (展開図)

建 屋 名

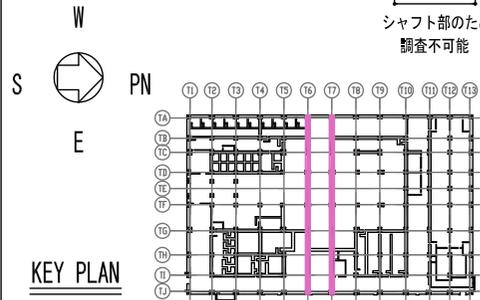
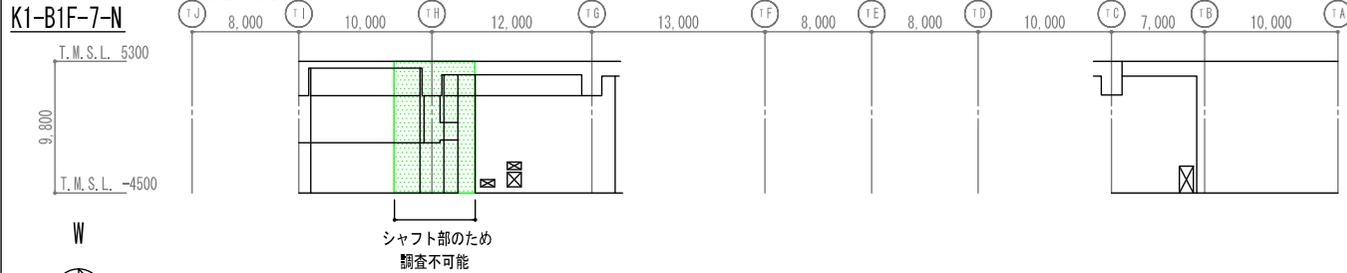
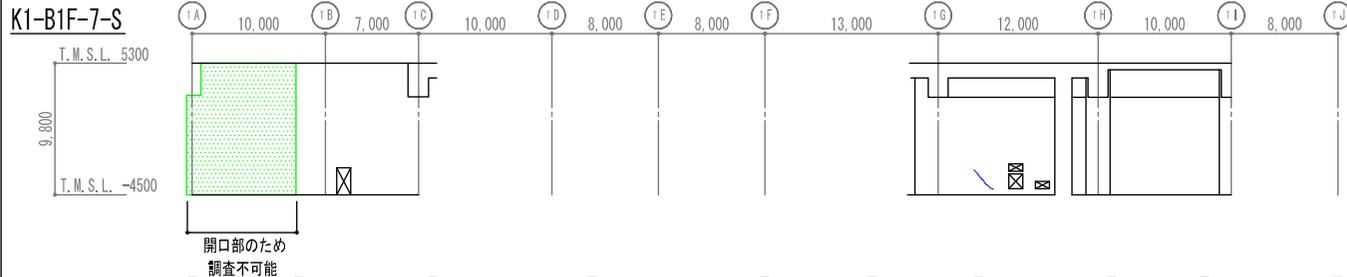
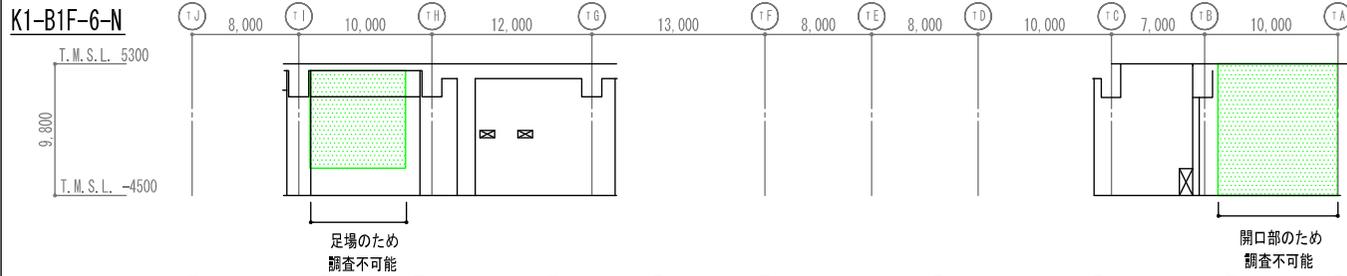
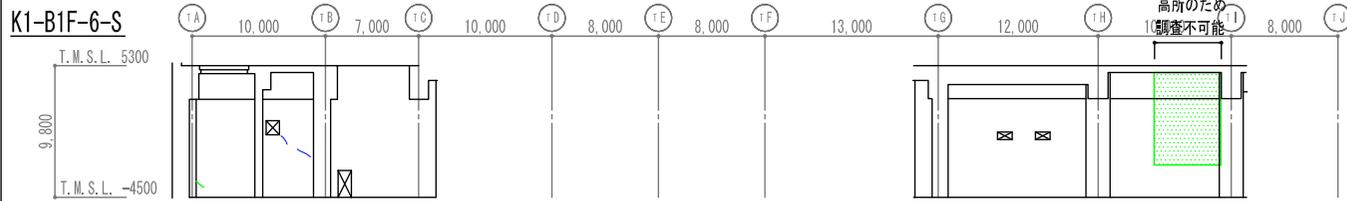
1号機タービン建屋

階 数

地下1階(6/10)

部 位

耐震壁 T4 T5 通り



- 凡 例
- 地震によるひび割れ
 - 目視点検が困難な範囲

ひび割れ調査図 (展開図)

建 屋 名

1号機タービン建屋

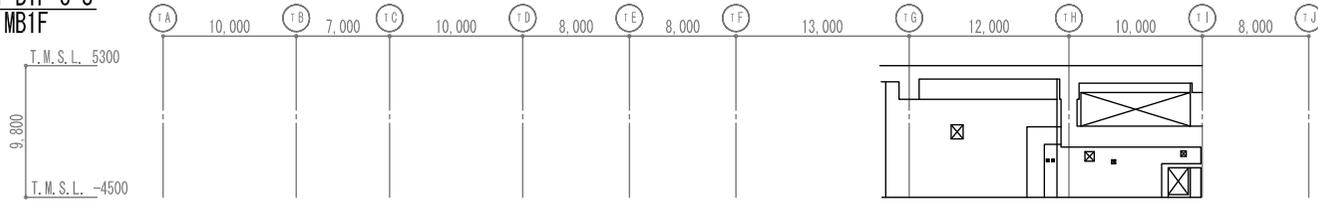
階 数

地下1階(7/10)

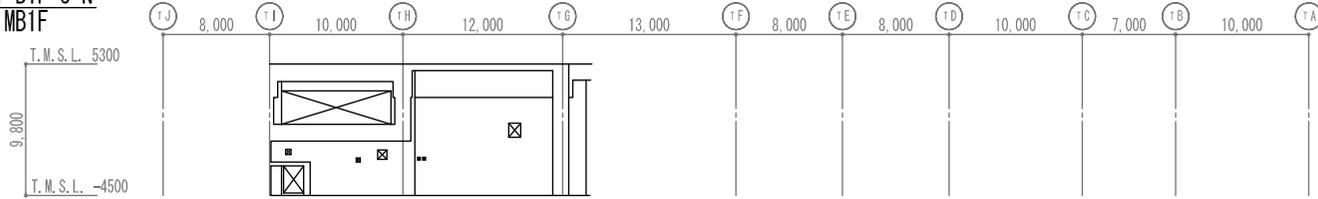
部 位

耐震壁 T6 T7 通り

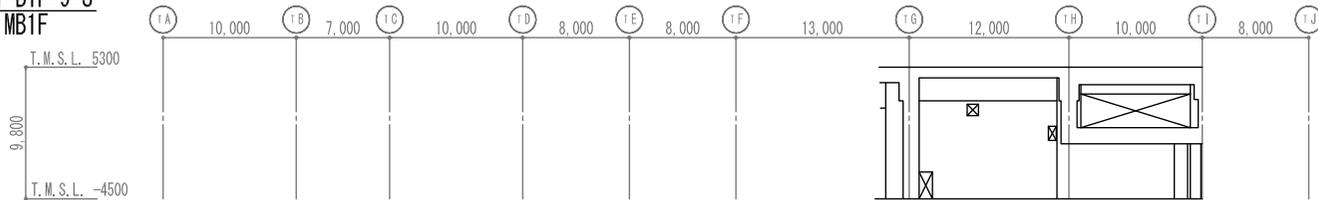
K1-B1F-8-S
MB1F



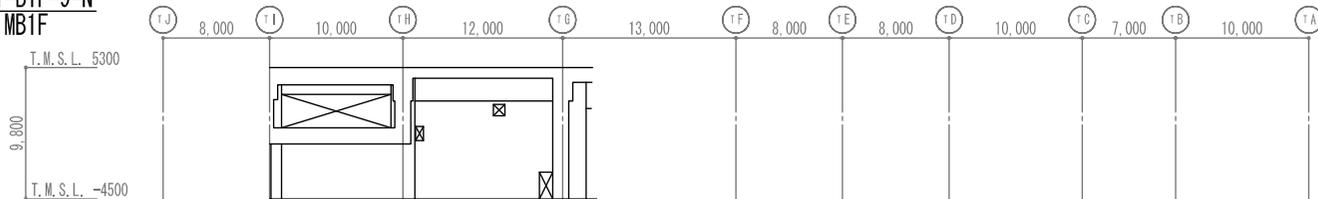
K1-B1F-8-N
MB1F



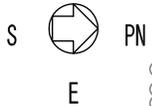
K1-B1F-9-S
MB1F



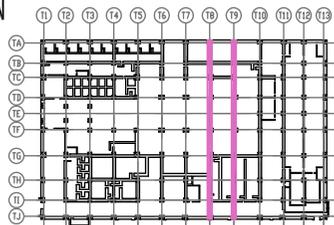
K1-B1F-9-N
MB1F



W



KEY PLAN



- 凡 例
- 地震によるひび割れ
 - 目視点検が困難な範囲

ひび割れ調査図 (展開図)

建 屋 名

1号機タービン建屋

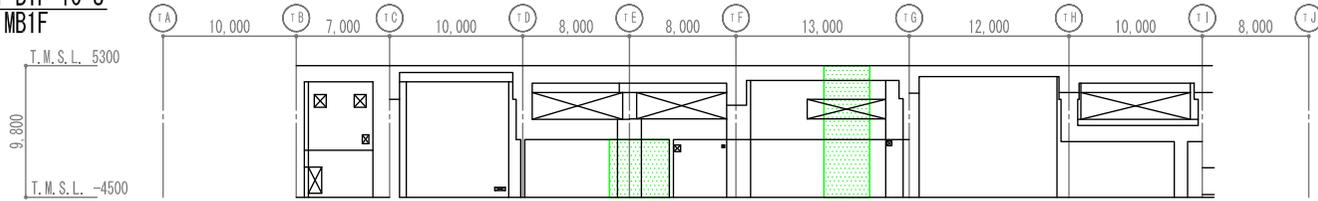
階 数

地下1階(8/10)

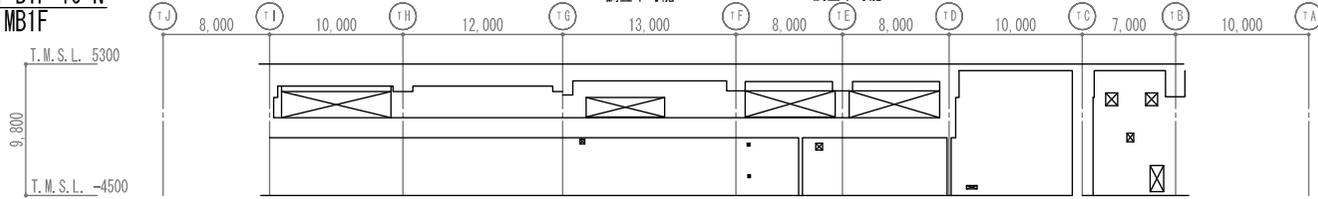
部 位

耐震壁 T8 T9 通り

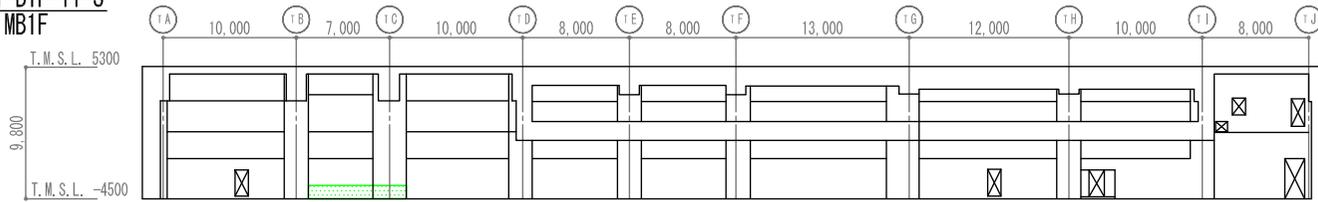
K1-B1F-10-S
MB1F



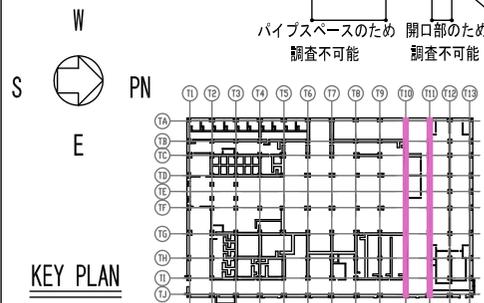
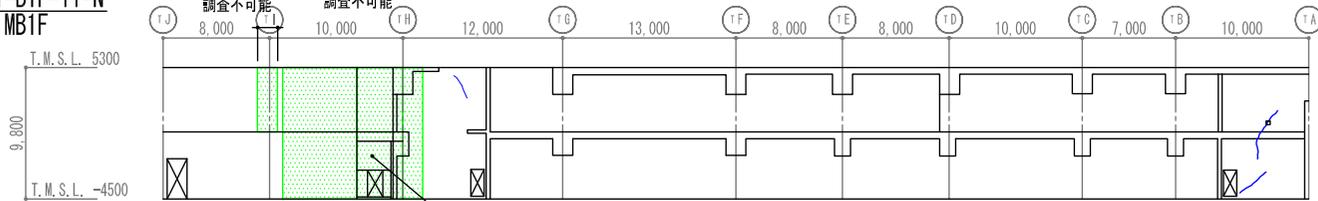
K1-B1F-10-N
MB1F



K1-B1F-11-S
MB1F



K1-B1F-11-N
MB1F

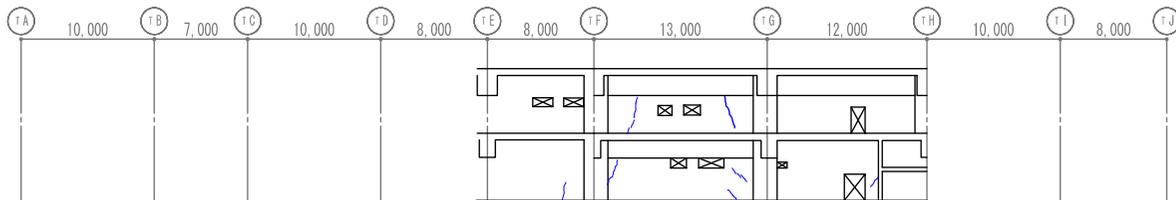


- 凡 例
- 地震によるひび割れ
 - 目視点検が困難な範囲

ひび割れ調査図 (展開図)	建 屋 名	1号機タービン建屋	階 数	地下1階(9/10)	部 位	耐震壁 T10 T11 通り
---------------	-------	-----------	-----	------------	-----	----------------

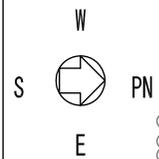
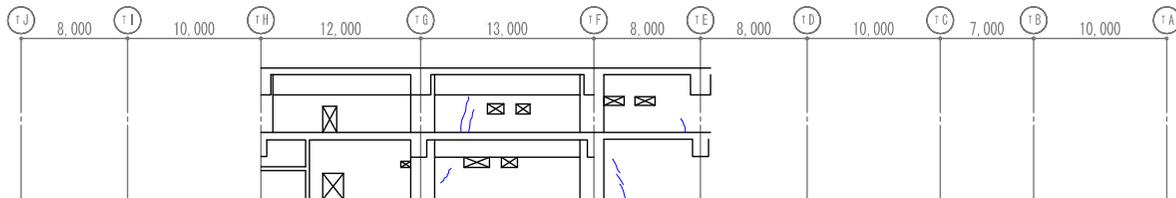
K1-B1F-12-S

MB1F

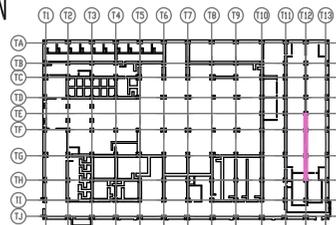


K1-B1F-12-N

MB1F



KEY PLAN



- 凡 例
-  地震によるひび割れ
 -  目視点検が困難な範囲

ひび割れ調査図 (展開図)

建 屋 名

1号機タービン建屋

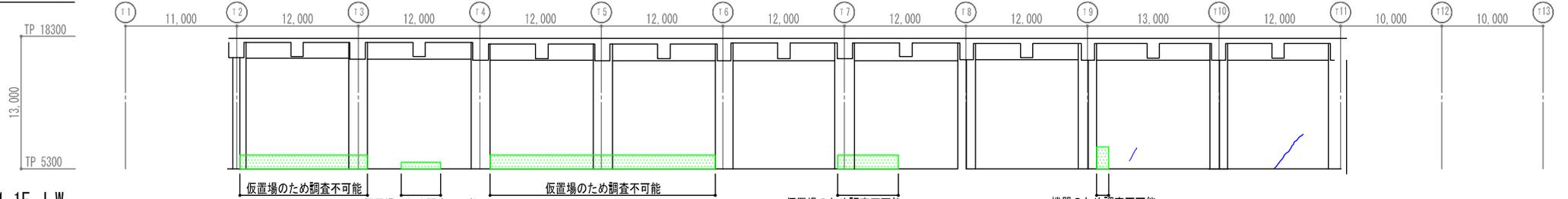
階 数

地下1階(10/10)

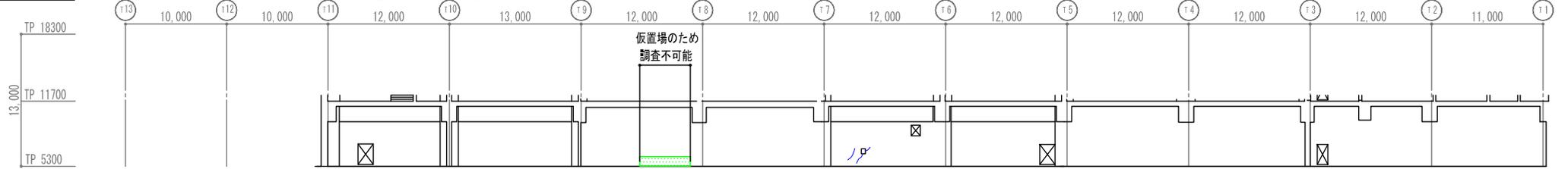
部 位

耐震壁 T12 通り

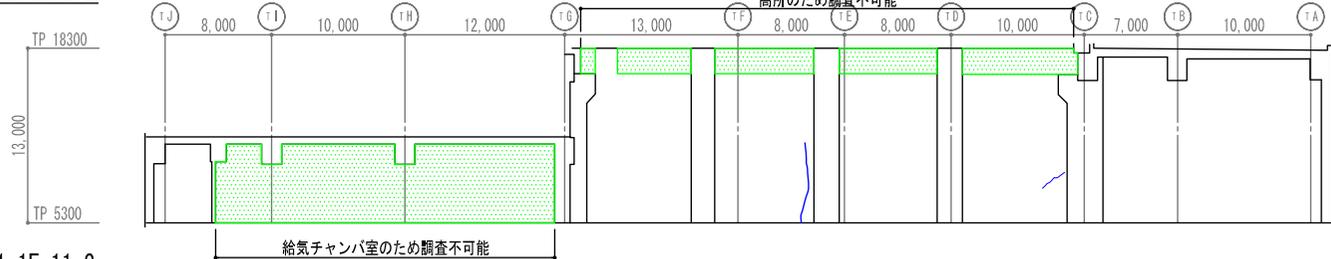
K1-1F-A-E



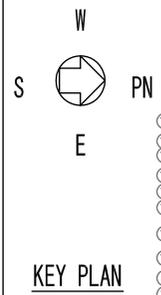
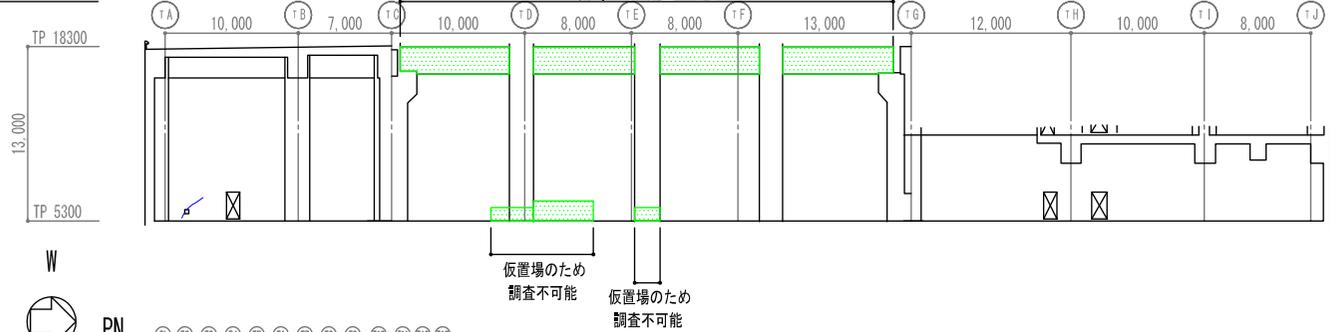
K1-1F-J-W



K1-1F-1-N



K1-1F-11-S

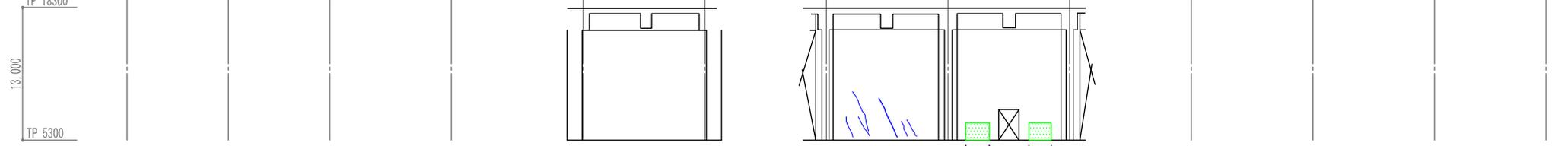


- 凡 例
- 地震によるひび割れ
 - 目視点検が困難な範囲

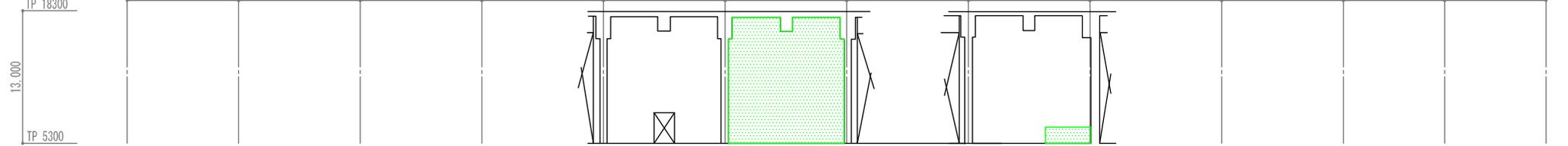
ひび割れ調査図 (展開図)

建屋名	1号機タービン建屋	階数	1階(1/8)	部位	耐震壁 TA TJ T1 T11 通り
-----	-----------	----	---------	----	---------------------

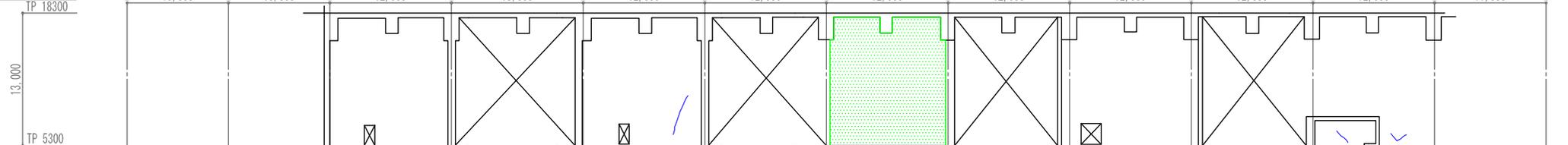
K1-1F-B-W



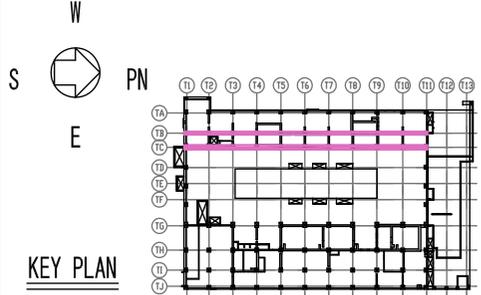
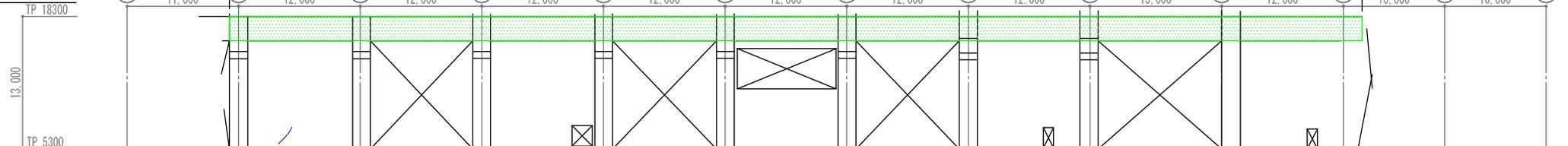
K1-1F-B-E



K1-1F-C-W



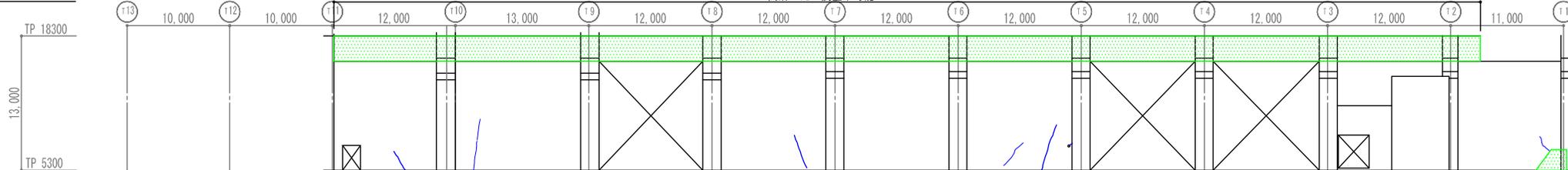
K1-1F-C-E



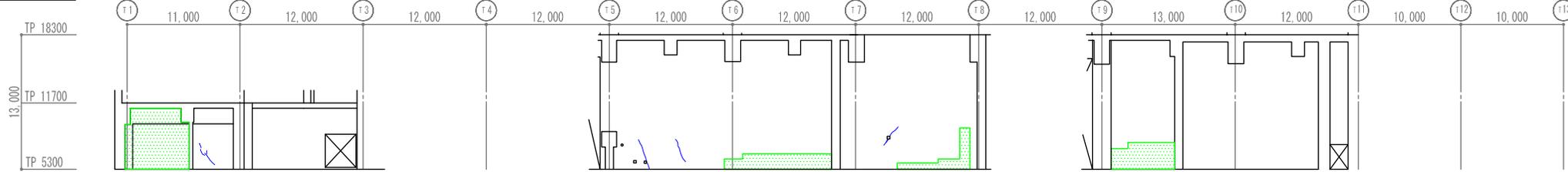
- 凡 例
- 地震によるひび割れ
 - 目視点検が困難な範囲

ひび割れ調査図 (展開図)	建 屋 名	1号機タービン建屋	階 数	1階(2/8)	部 位	耐震壁 TB TC 通り
---------------	-------	-----------	-----	---------	-----	--------------

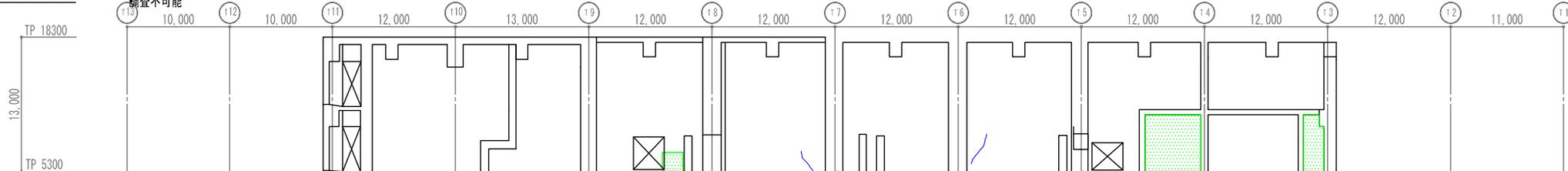
K1-1F-G-W



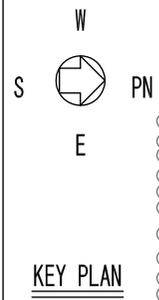
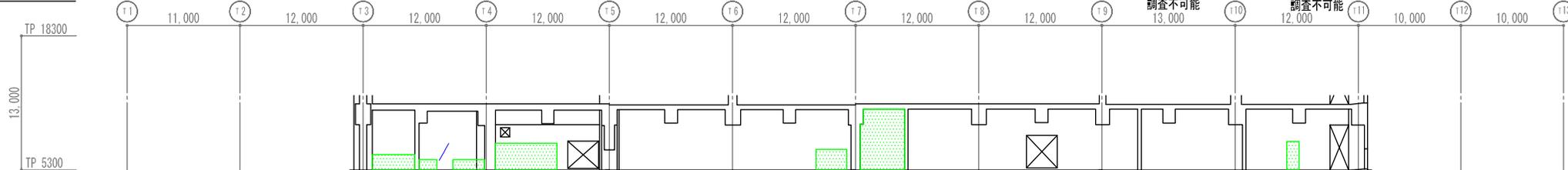
K1-1F-G-E



K1-1F-H-W



K1-1F-H-E

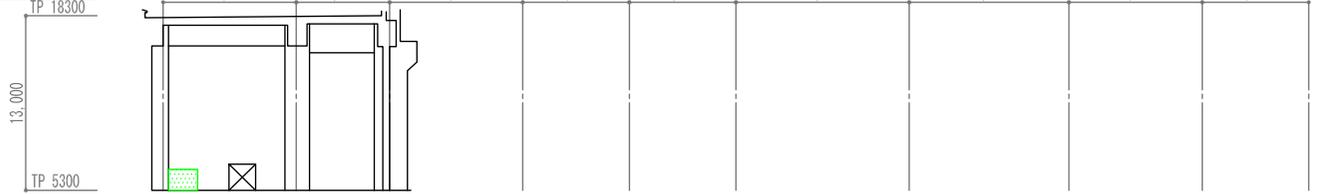


- 凡 例
- 地震によるひび割れ
 - 目視点検が困難な範囲

ひび割れ調査図 (展開図)

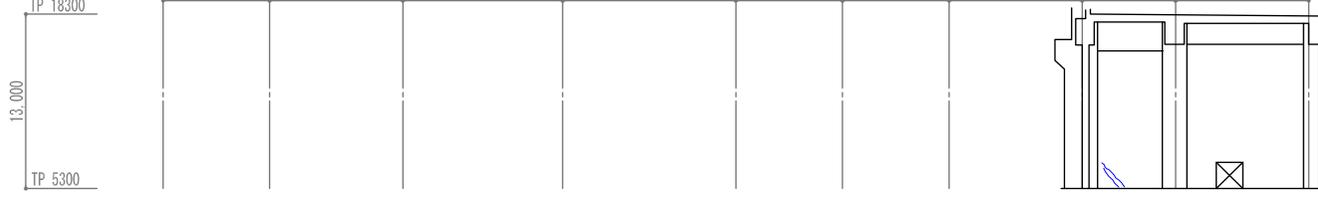
建屋名	1号機タービン建屋	階数	1階(3/8)	部位	耐震壁 TG TH 通り
-----	-----------	----	---------	----	--------------

K1-1F-2-S

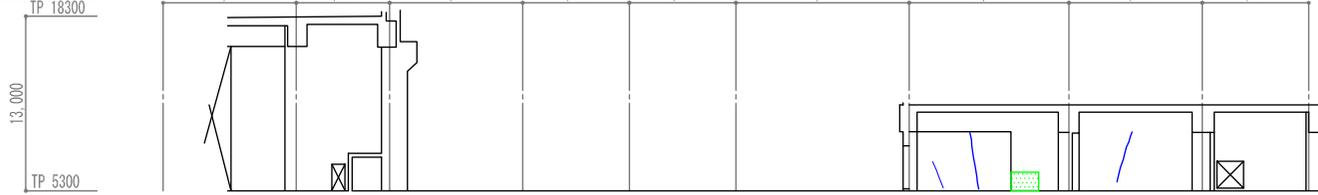


仮置場のため調査不可能

K1-1F-2-N

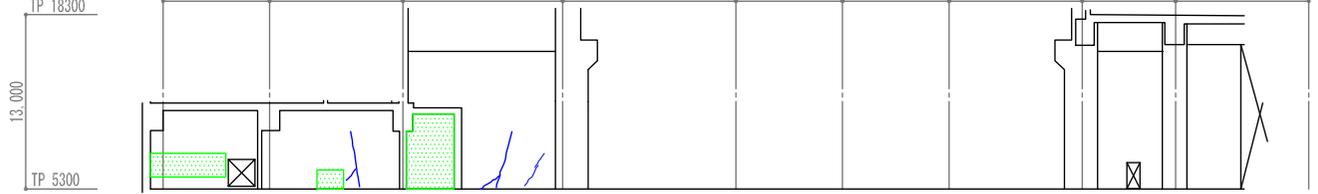


K1-1F-3-S



仮置場のため調査不可能

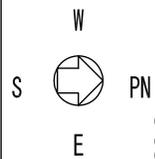
K1-1F-3-N



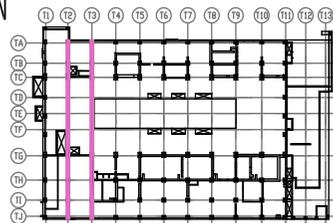
火気養生中のため
調査不可能

仮置場のため
調査不可能

ダクトスペースのため
調査不可能



KEY PLAN



- 凡 例
- 地震によるひび割れ
 - 目視点検が困難な範囲

ひび割れ調査図 (展開図)

建 屋 名

1号機タービン建屋

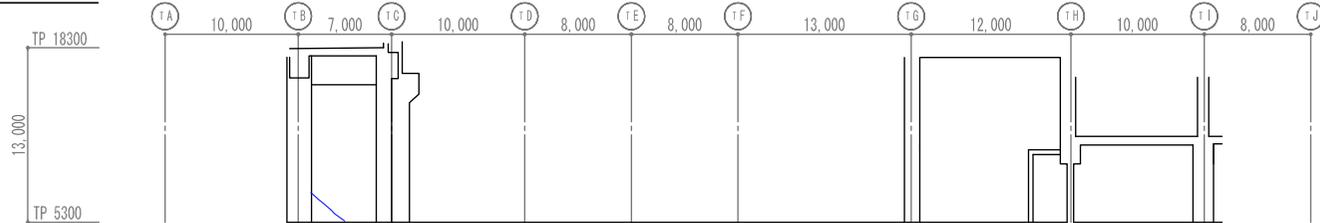
階 数

1階(4/8)

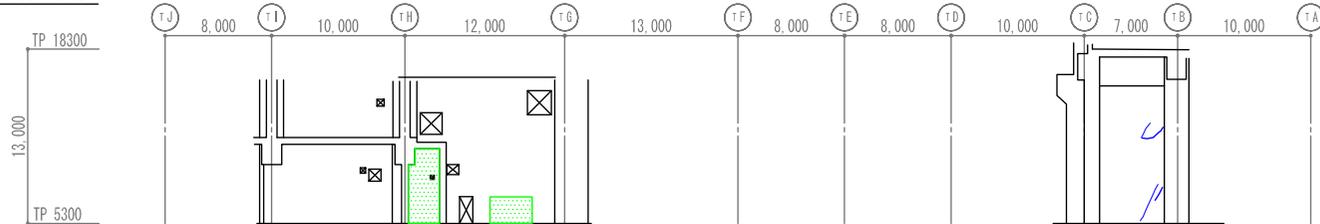
部 位

耐震壁 T2 T3 通り

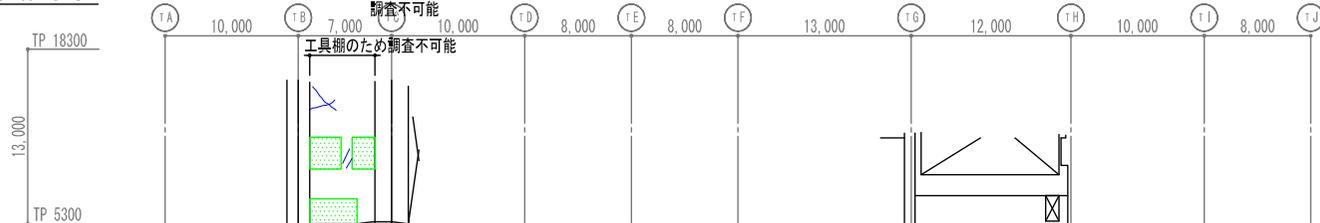
K1-1F-4-S



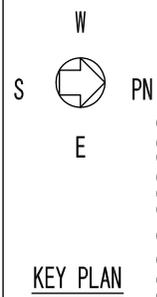
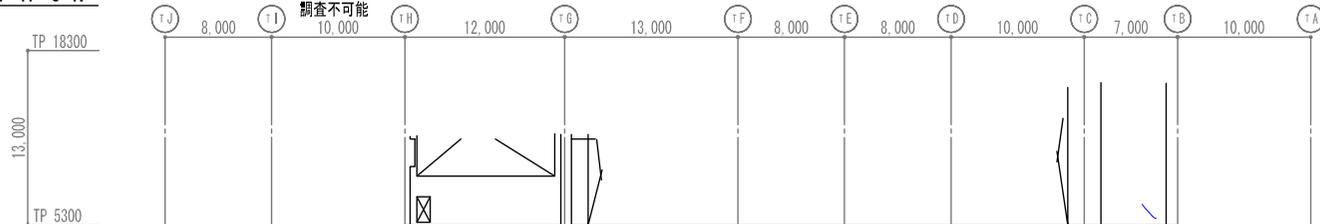
K1-1F-4-N



K1-1F-5-S



K1-1F-5-N

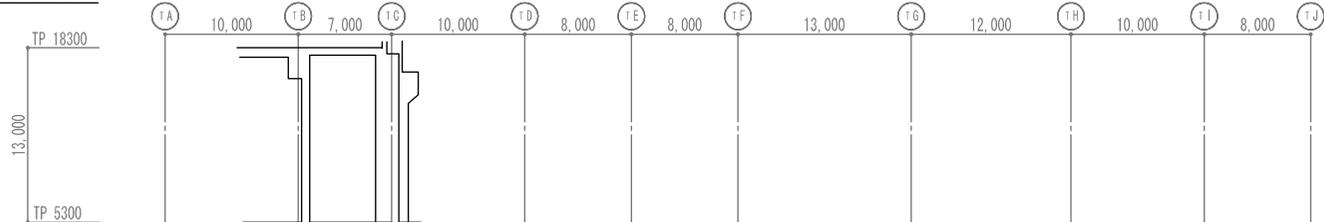


- 凡 例
- 地震によるひび割れ
 - 目視点検が困難な範囲

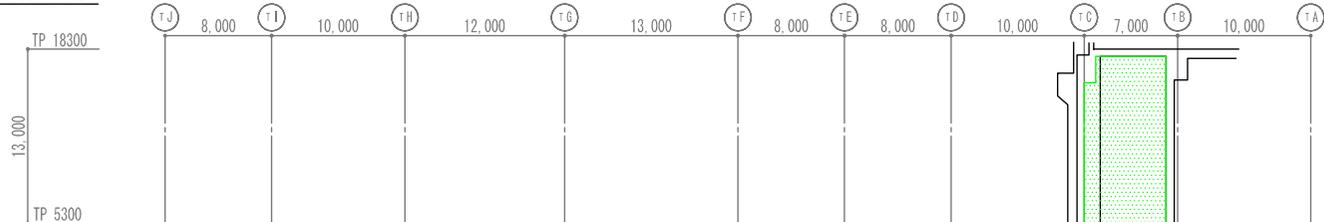
ひび割れ調査図 (展開図)

建 屋 名	1号機タービン建屋	階 数	1階(5/8)	部 位	耐震壁 T4 T5 通り
-------	-----------	-----	---------	-----	--------------

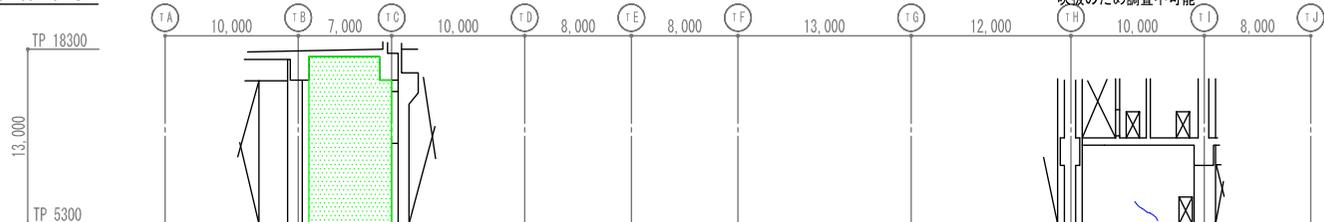
K1-1F-6-S



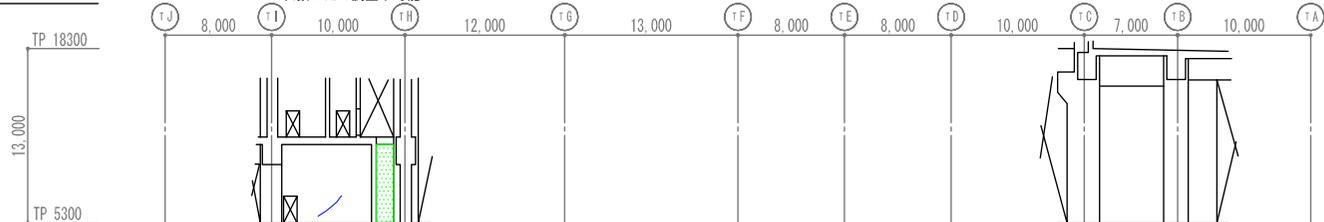
K1-1F-6-N



K1-1F-7-S



K1-1F-7-N

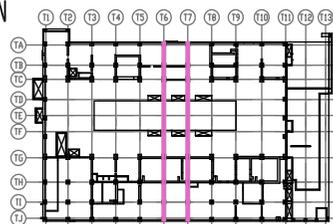


W

ダクトスペースのため調査不可能



KEY PLAN



- 凡 例
- 地震によるひび割れ
 - 目視点検が困難な範囲

ひび割れ調査図 (展開図)

建 屋 名

1号機タービン建屋

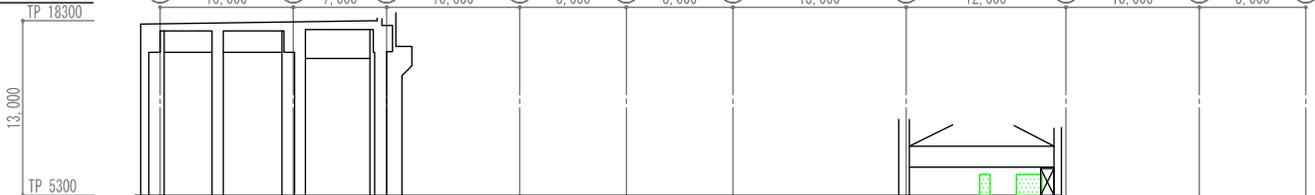
階 数

1階(6/8)

部 位

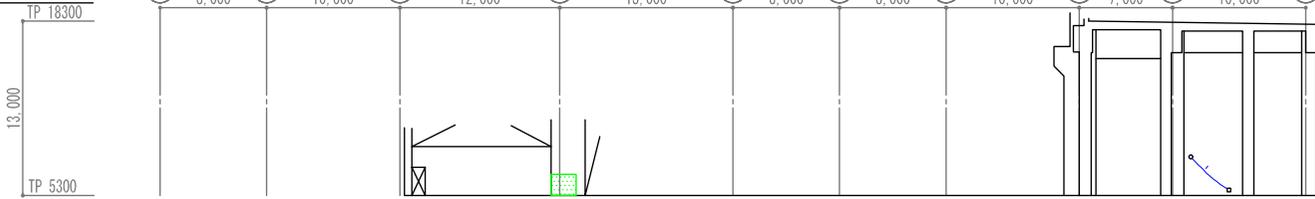
耐震壁 T6 T7 通り

K1-1F-8-S



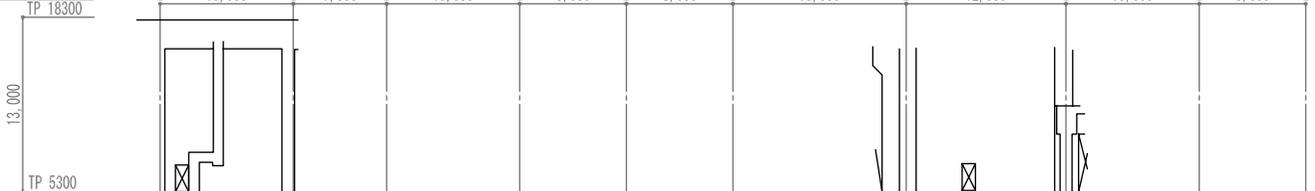
機器のため調査不可能 棚のため調査不可能

K1-1F-8-N

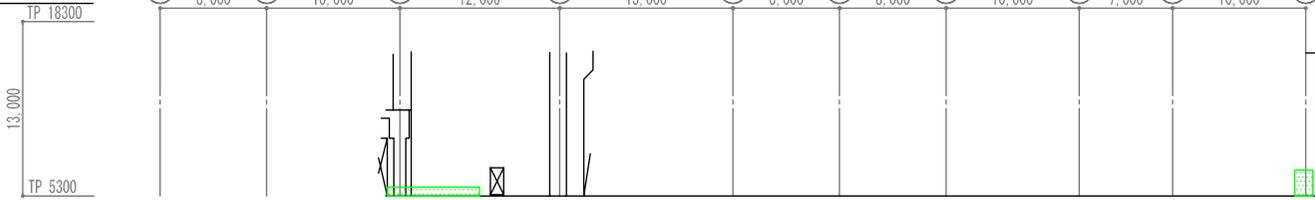


機器のため調査不可能

K1-1F-9-S

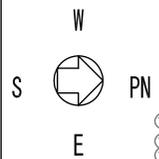


K1-1F-9-N

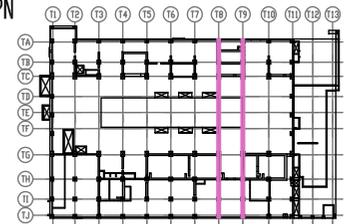


資材置場のため調査不可能

機器のため調査不可能



KEY PLAN

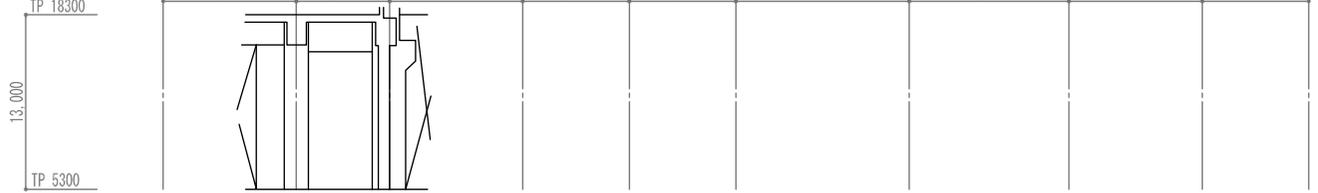


- 凡 例
- 地震によるひび割れ
 - 目視点検が困難な範囲

ひび割れ調査図 (展開図)

建 屋 名	1号機タービン建屋	階 数	1階(7/8)	部 位	耐震壁 T8 T9 通り
-------	-----------	-----	---------	-----	--------------

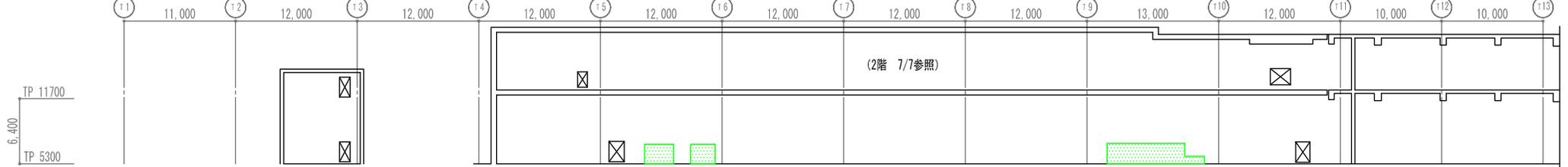
K1-1F-10-S



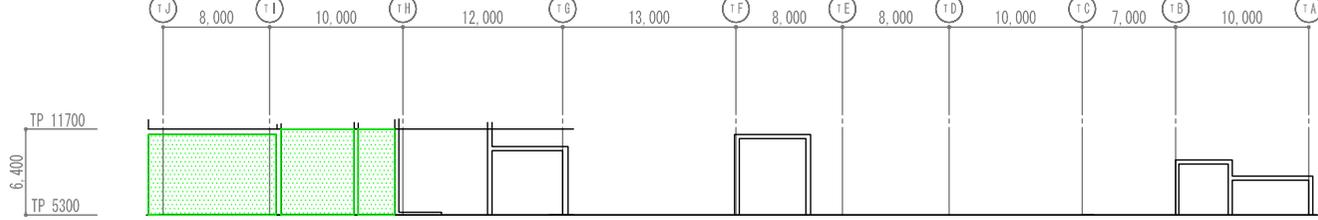
K1-1F-10-N



K1-1F-J-E



K1-1F-11-N



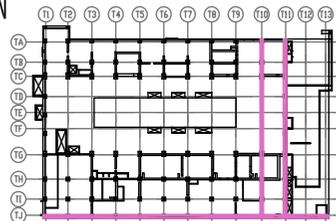
工具棚のため調査不可能 工具棚のため調査不可能

棚のため調査不可能

ダクトスペースのため調査不可能
EVシャフトのため調査不可能



KEY PLAN



- 凡 例
- 地震によるひび割れ
 - 目視点検が困難な範囲

ひび割れ調査図 (展開図)

建 屋 名

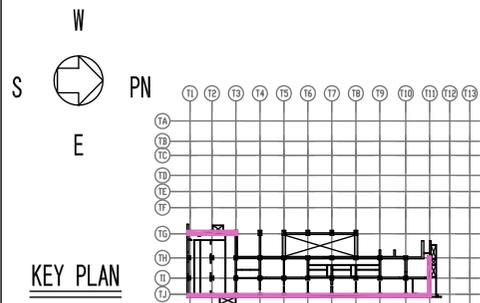
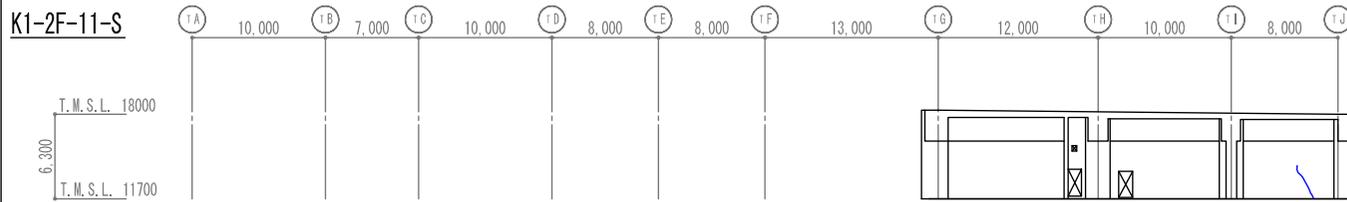
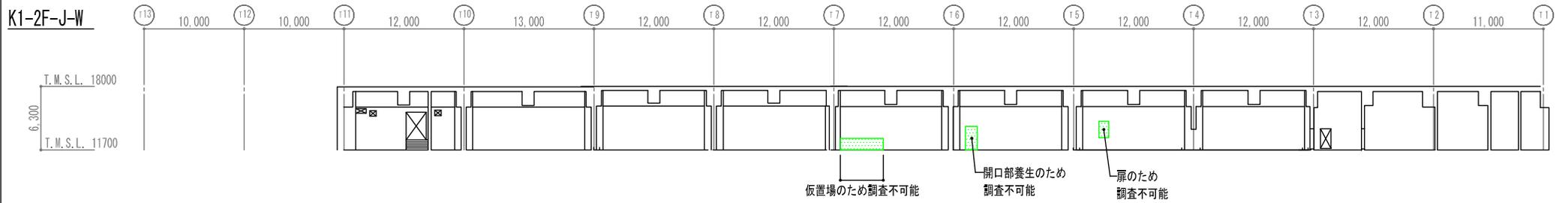
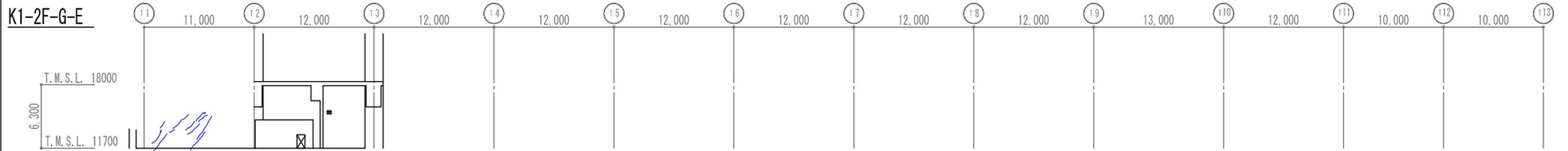
1号機タービン建屋

階 数

1階(8/8)

部 位

耐震壁 TJ T10 T11 通り



- 凡 例
- 地震によるひび割れ
 - 目視点検が困難な範囲

ひび割れ調査図 (展開図)

建 屋 名

1号機タービン建屋

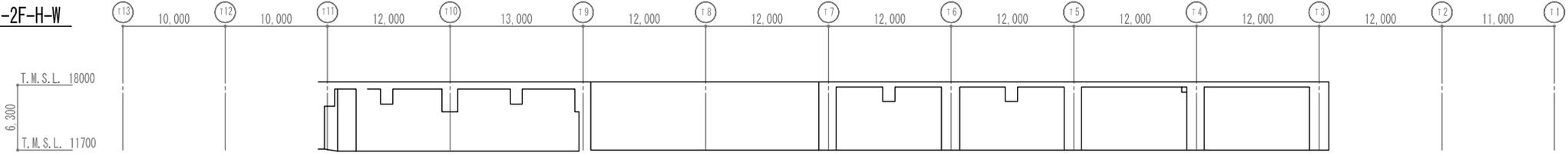
階 数

2階(1/7)

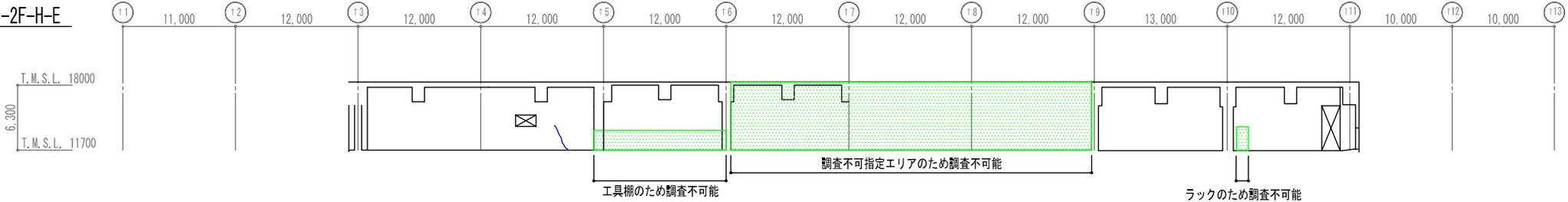
部 位

耐震壁 TG TJ T11 通り

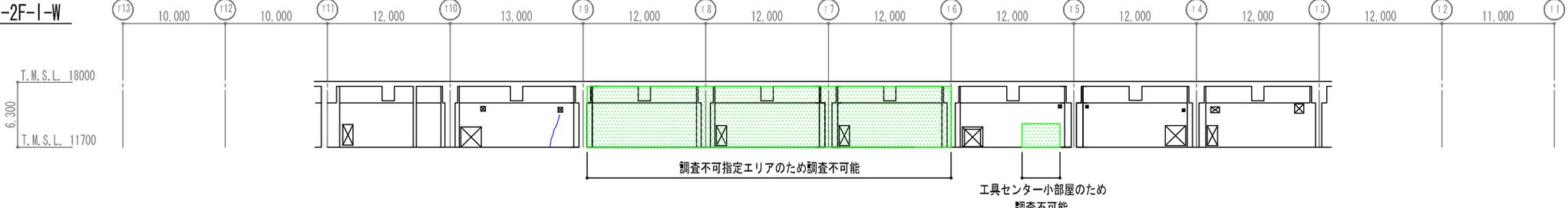
K1-2F-H-W



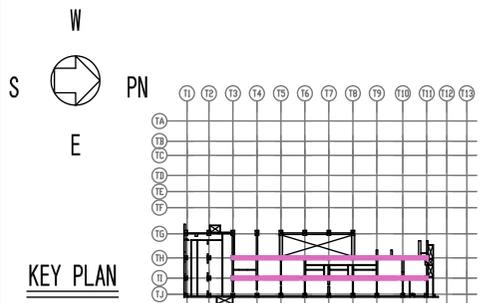
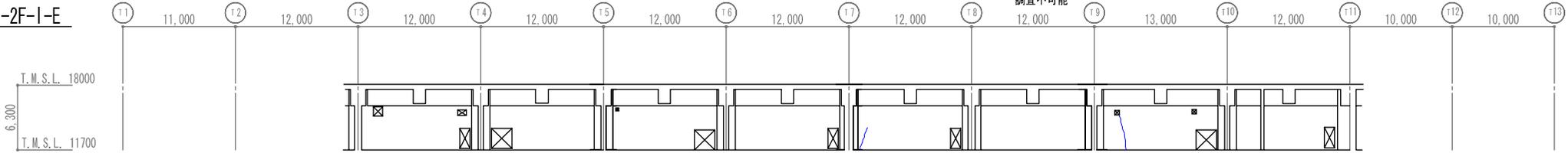
K1-2F-H-E



K1-2F-I-W



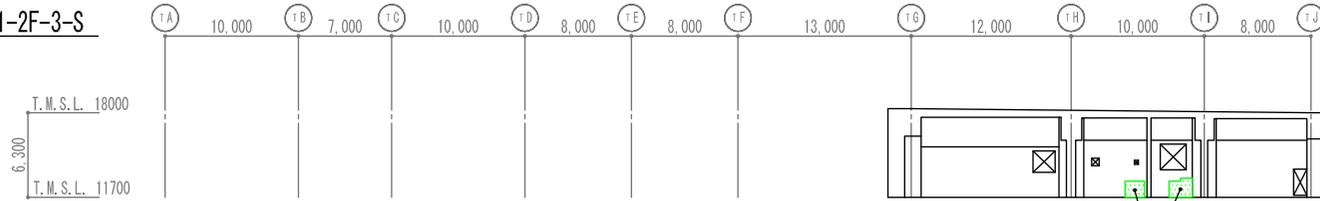
K1-2F-I-E



- 凡 例
- 地震によるひび割れ
 - 目視点検が困難な範囲

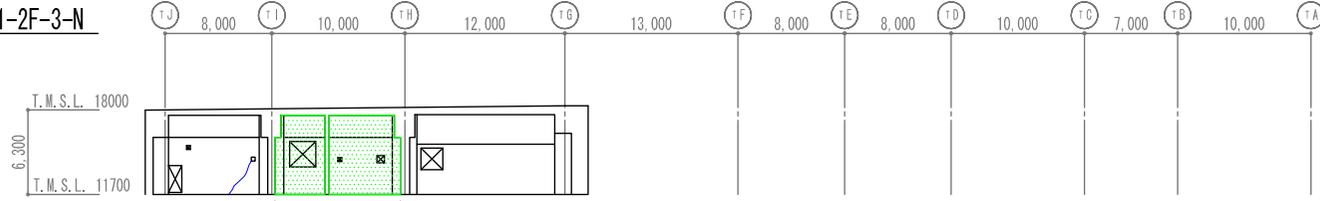
ひび割れ調査図 (展開図)	建 屋 名	1号機タービン建屋	階 数	2階(2/7)	部 位	耐震壁 TH TI 通り
---------------	-------	-----------	-----	---------	-----	--------------

K1-2F-3-S



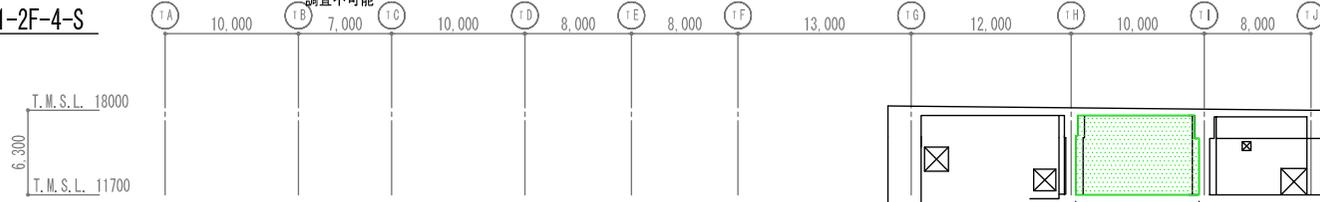
仮置場のため調査不可能

K1-2F-3-N



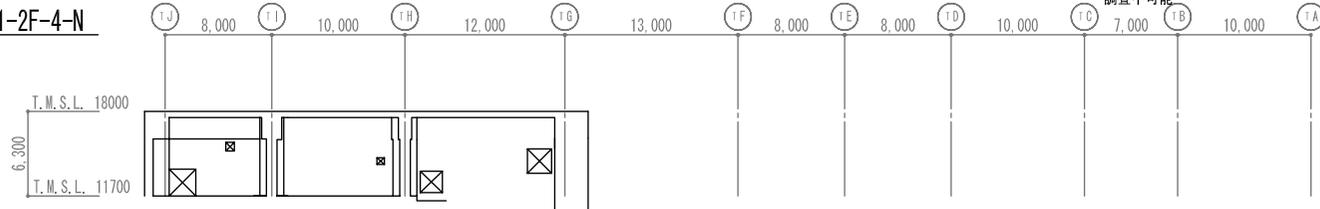
調査不可指定エリアのため
調査不可能

K1-2F-4-S

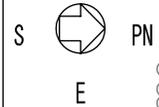


調査不可指定エリアのため
調査不可能

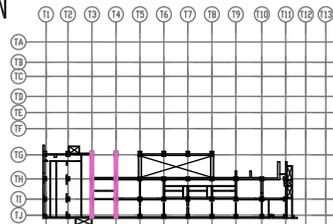
K1-2F-4-N



W



KEY PLAN



- 凡 例
- 地震によるひび割れ
 - 目視点検が困難な範囲

ひび割れ調査図 (展開図)

建 屋 名

1号機タービン建屋

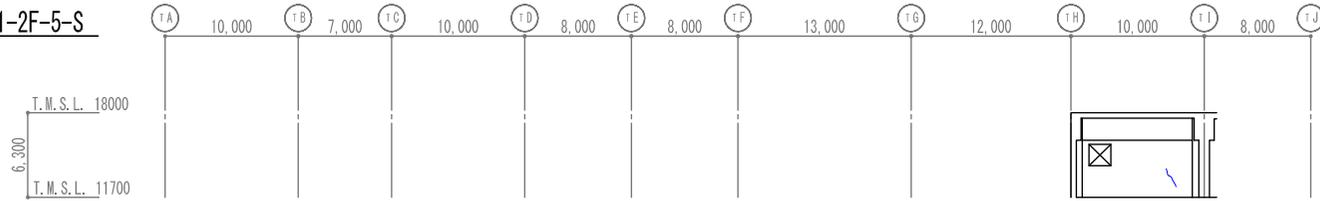
階 数

2階(3/7)

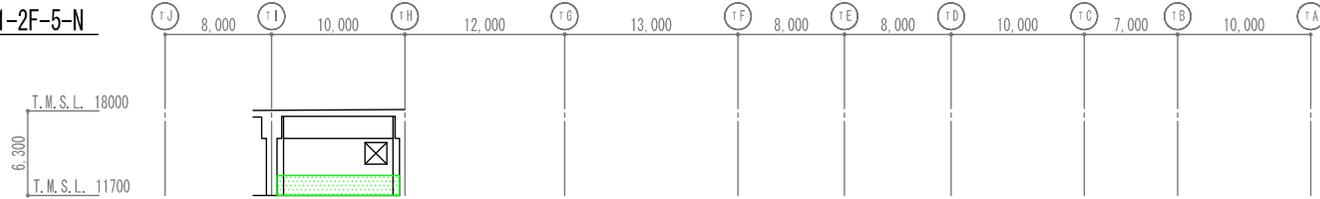
部 位

耐震壁 T3 T4 通り

K1-2F-5-S

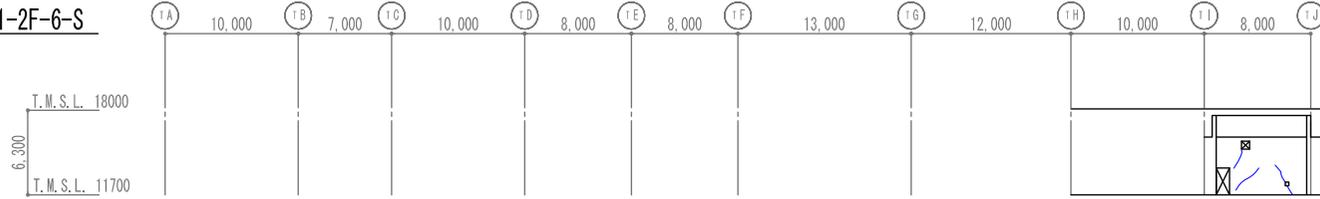


K1-2F-5-N

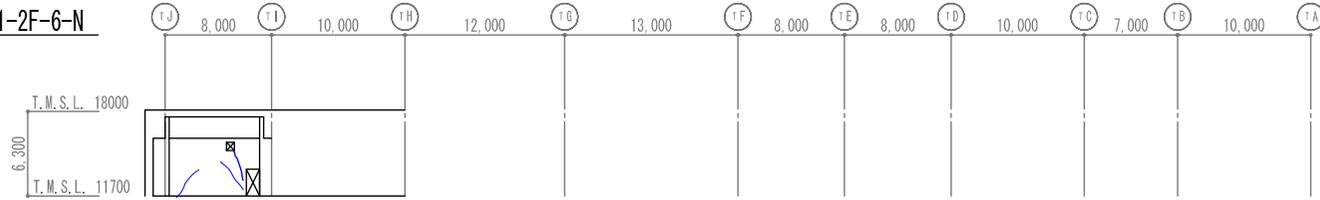


ラックのため調査不可能

K1-2F-6-S



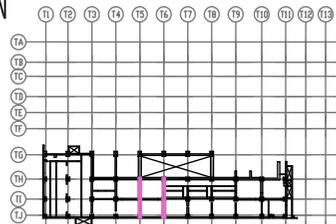
K1-2F-6-N



W



KEY PLAN



- 凡 例
- 地震によるひび割れ
 - 目視点検が困難な範囲

ひび割れ調査図 (展開図)

建 屋 名

1号機タービン建屋

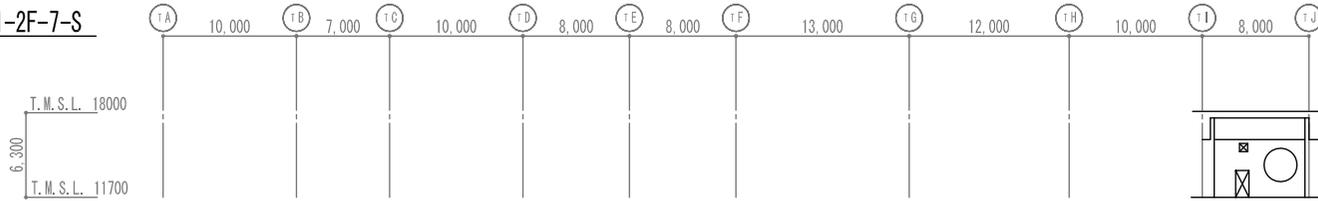
階 数

2階(4/7)

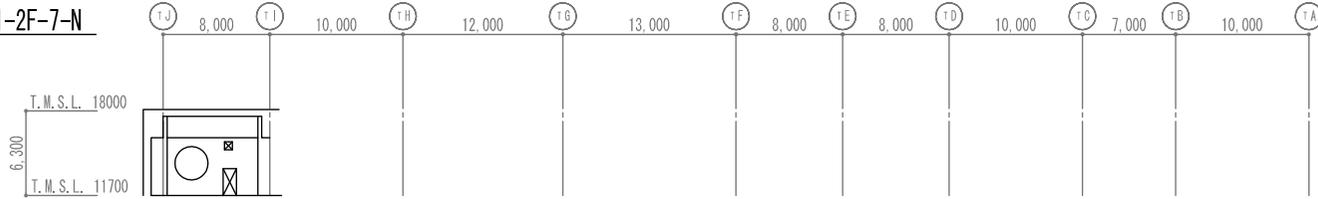
部 位

耐震壁 T5 T6 通り

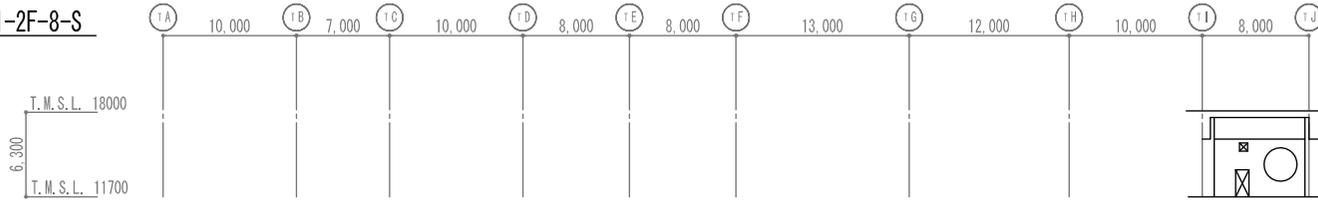
K1-2F-7-S



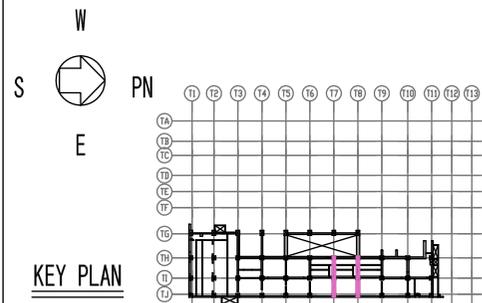
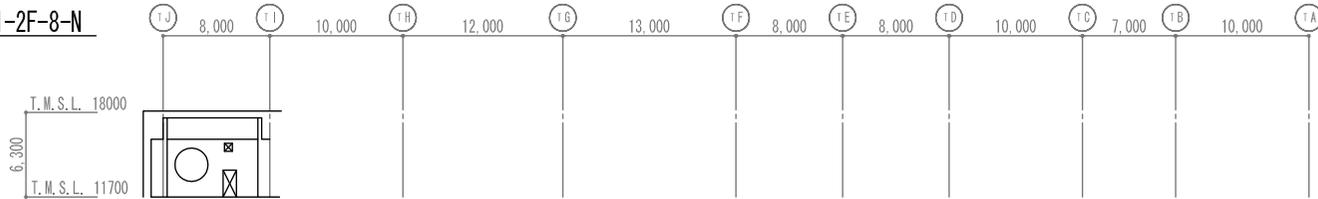
K1-2F-7-N



K1-2F-8-S



K1-2F-8-N



- 凡 例
- 地震によるひび割れ
 - 目視点検が困難な範囲

ひび割れ調査図 (展開図)

建 屋 名

1号機タービン建屋

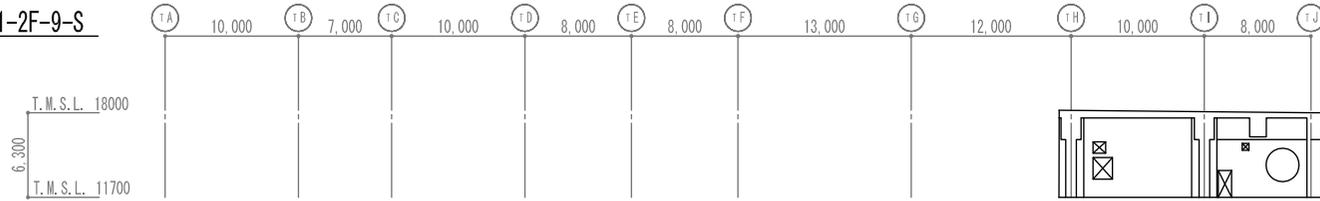
階 数

2階(5/7)

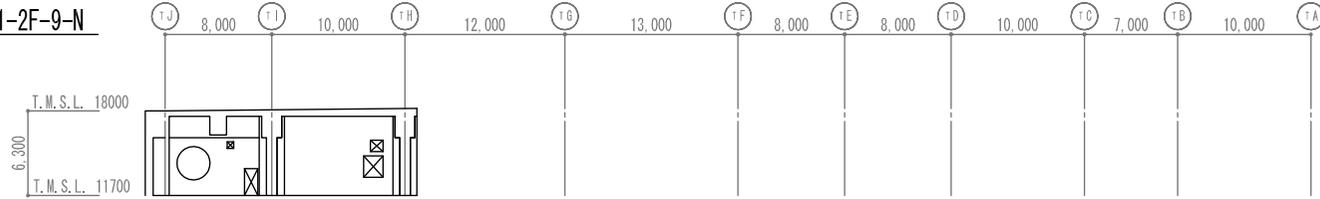
部 位

耐震壁 T7 T8 通り

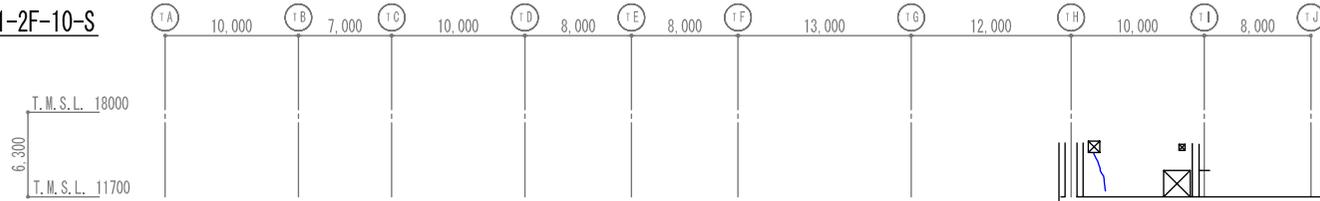
K1-2F-9-S



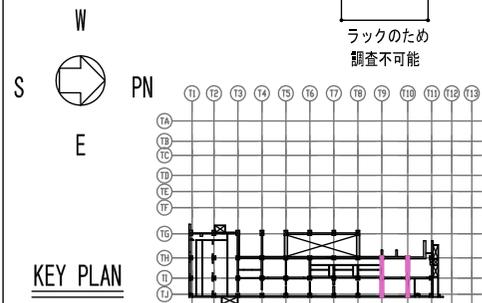
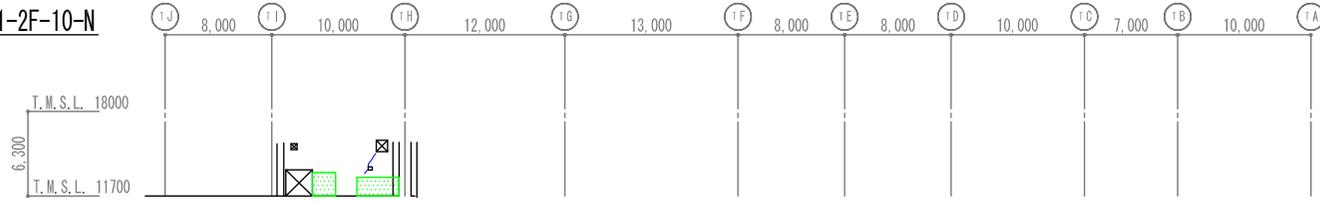
K1-2F-9-N



K1-2F-10-S



K1-2F-10-N



- 凡 例
- 地震によるひび割れ
 - 目視点検が困難な範囲

ひび割れ調査図 (展開図)

建 屋 名

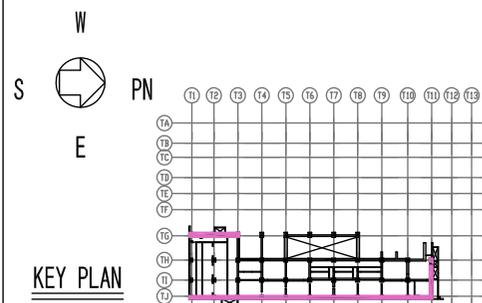
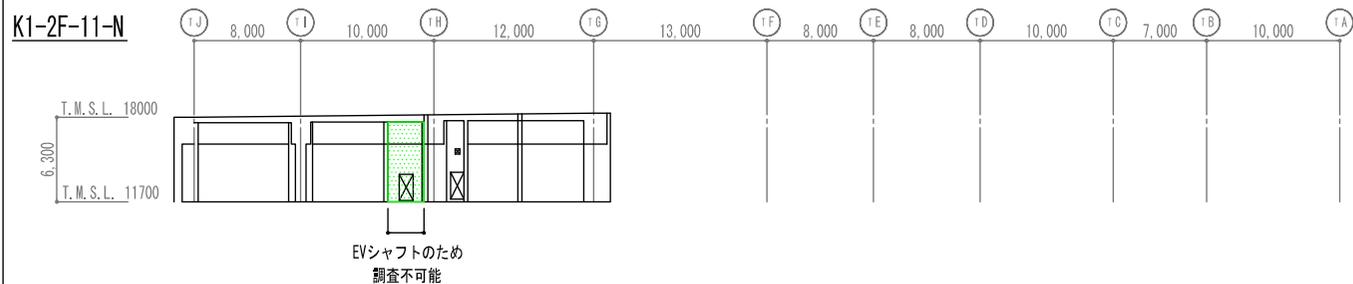
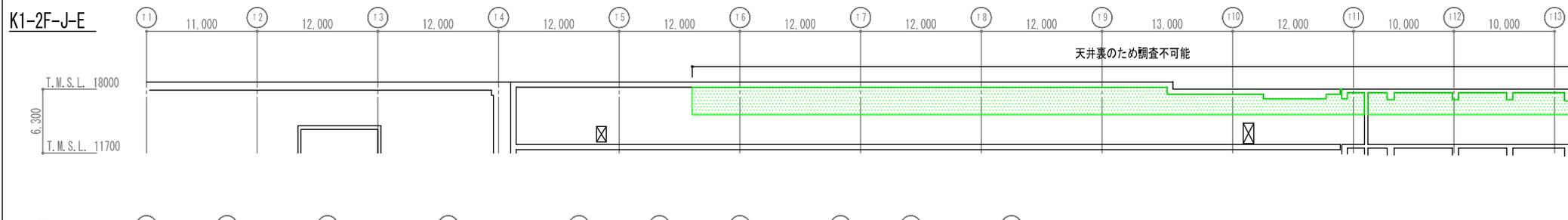
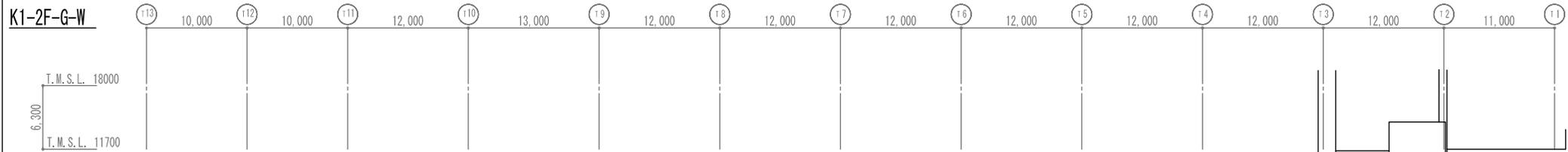
1号機タービン建屋

階 数

2階(6/7)

部 位

耐震壁 T9 T10 通り



- 凡 例
- 地震によるひび割れ
 - 目視点検が困難な範囲

ひび割れ調査図 (展開図)

建 屋 名

1号機タービン建屋

階 数

2階(7/7)

部 位

耐震壁 TG TJ T11 通り

添付資料2 タービン建屋オペレーティングフロア上部大梁のコンクリート片落下に関する調査結果及び対策について

1. はじめに

平成21年1月14日に、柏崎刈羽原子力発電所1号機タービン建屋1階オペレーティングフロア（以下、オペフロという）でコンクリート片（大きさ：20cm×20cm×厚3cm、付図-2.1）の落下物が確認された。コンクリート片の発見場所を付図-2.2に、付図-2.3に発見場所の周辺状況を示す。

これを受け、現況の調査、断面欠損が躯体強度に与える影響、補修方法について、とりまとめた。

2. 経緯

1月14日 1号機タービン建屋ランウェイガード頂部脇からコンクリート片が落下

1月15日～16日 当該部の目視確認および打診調査を実施

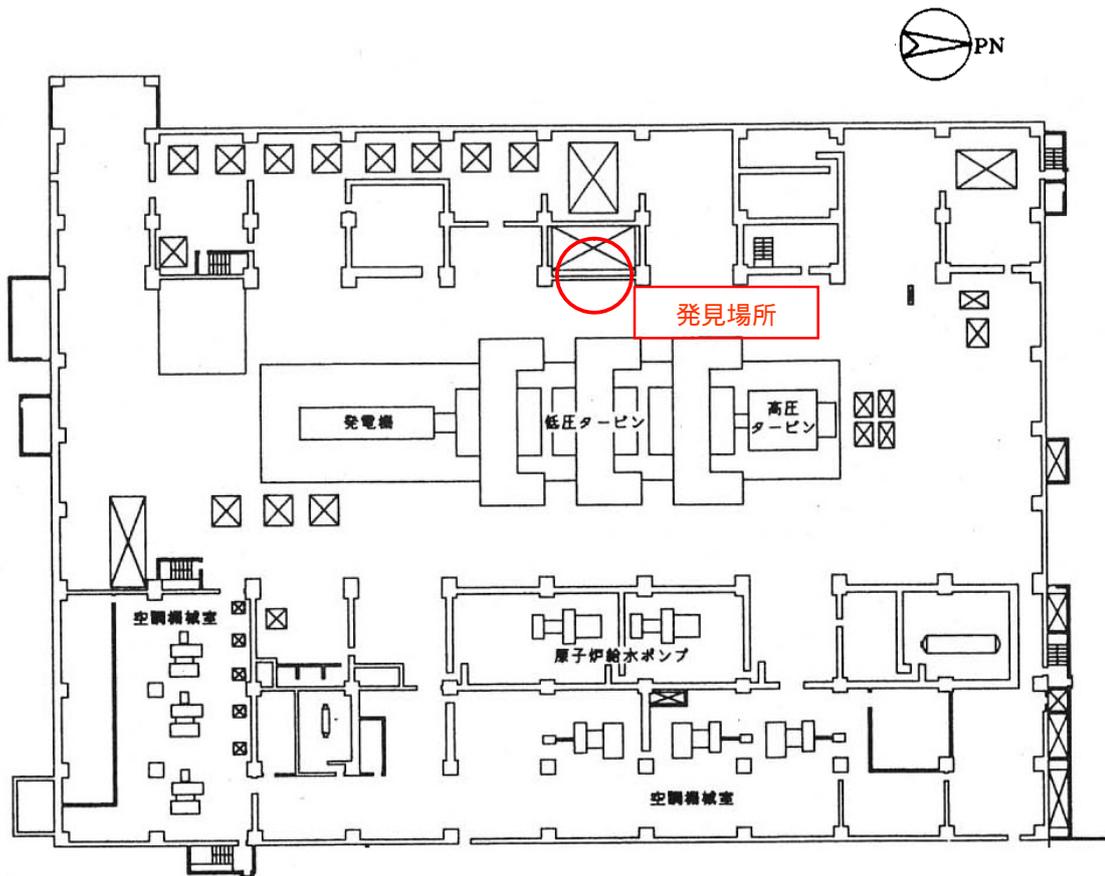
1月20日～23日 応急処置として、当該エリアのはつり作業を実施

2月7日 原子力安全・保安院による立入検査

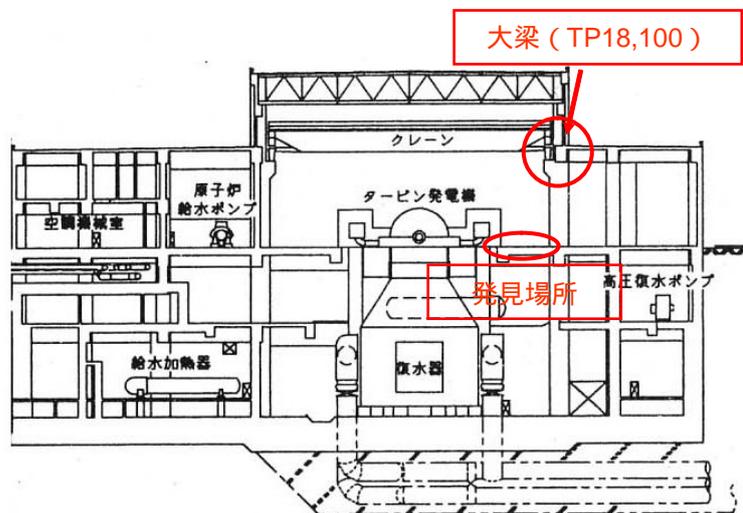
2月11日～14日 現地躯体調査を実施



付図-2.1 落下したコンクリート片

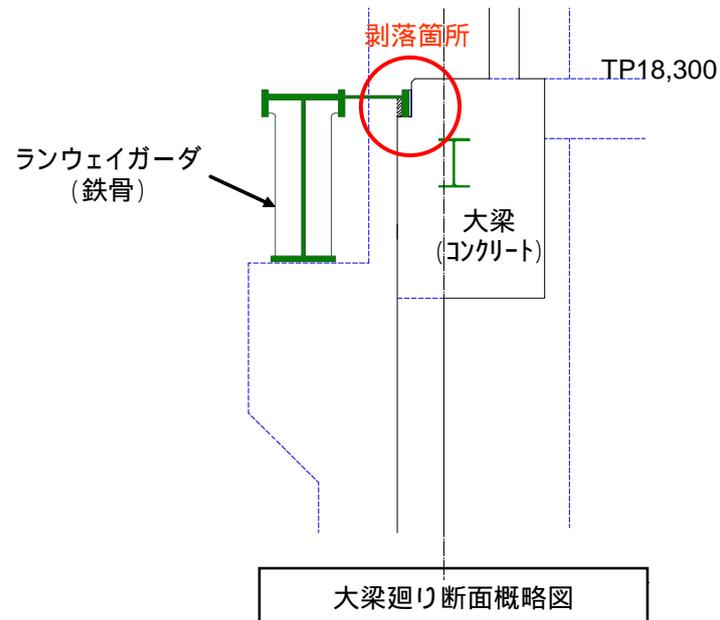


(平面図)



(断面図)

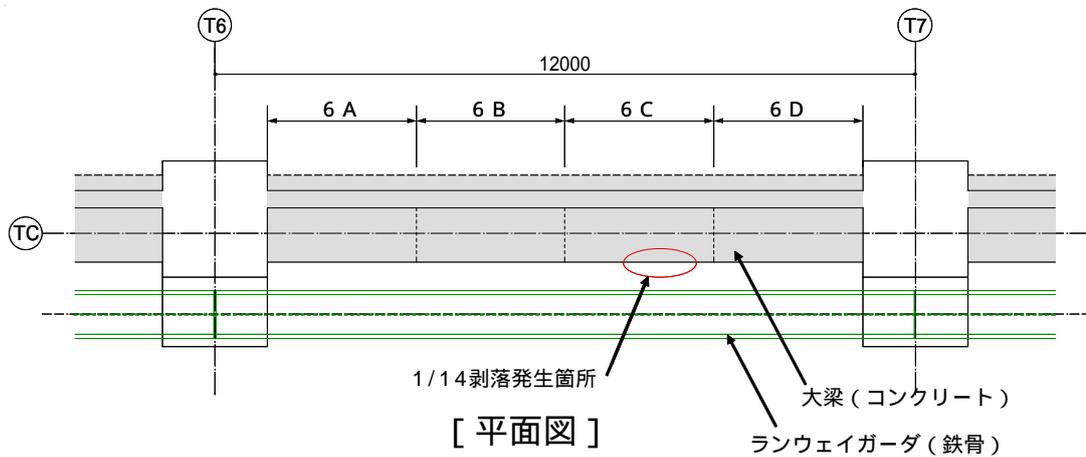
付図-2.2 1号機タービン建屋におけるコンクリート片の発見場所



付図-2.3 コンクリート片の発見場所の周辺状況

3. 目視確認及び打診調査

当該大梁(T6～T7 通り)の頂部および側面のうち、付図-2.4 に示す 6A～6D の 4 箇所について、目視確認および打診調査を実施した。



付図-2.4 目視確認及び打診調査の位置

調査結果概要

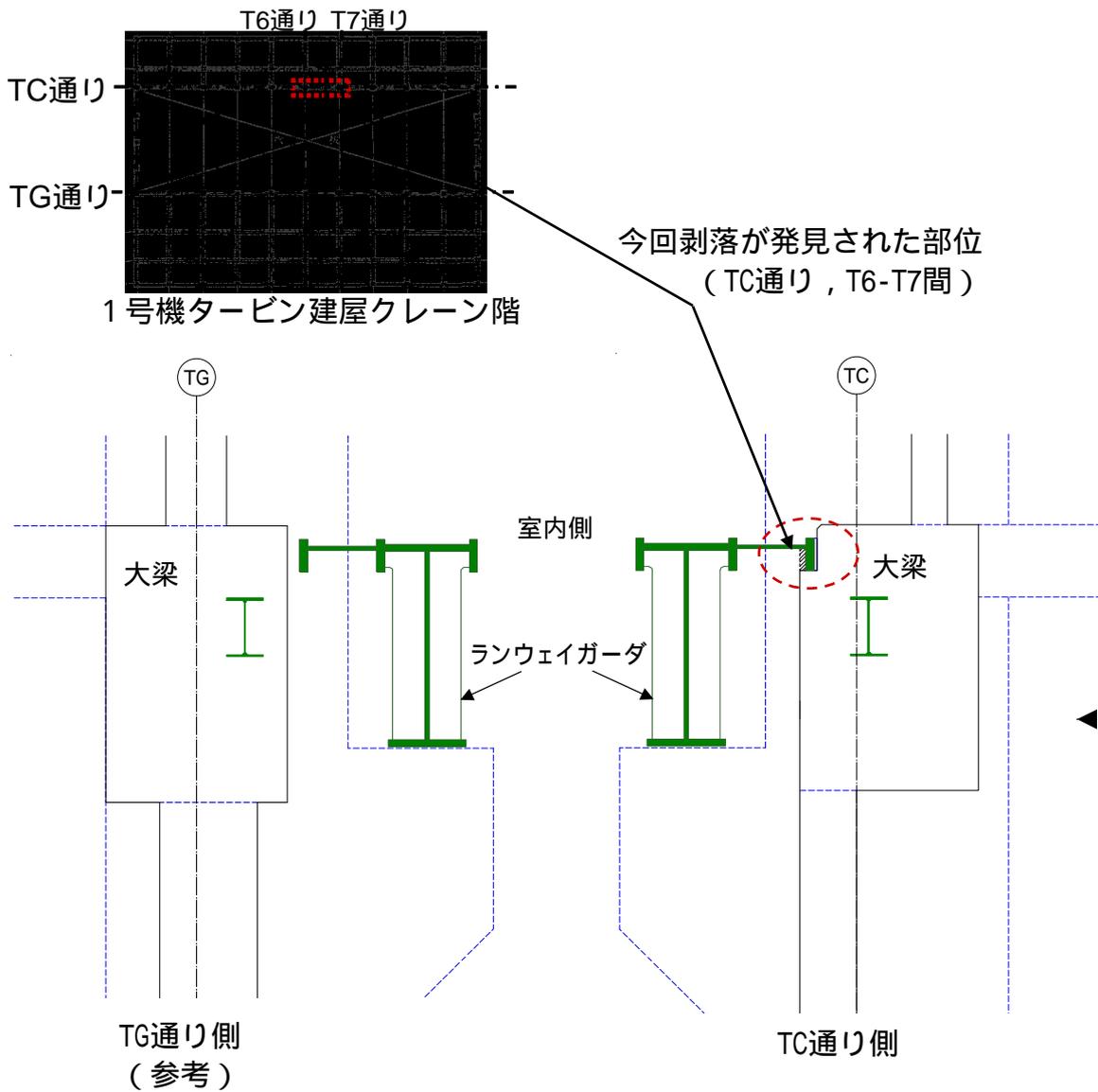
- 6 A : 鉄骨部とコンクリート部の境界 (上フランジの鉄骨から約 200 mm 下がりに沿ってひび割れあり)
- 6 B : 既にコンクリートの剥落を確認 (剥落時期は不明)
- 6 C : コンクリートにひび割れ、浮きあり
- 6 D : コンクリートにひび割れあり

目視確認および打診調査の結果を受け、安全確保のための応急処置として、T6～T7 間について剥落部と同様の箇所のはつり作業を実施した。

4. 当該部の構造について

コンクリート片の剥落が発見された箇所(TC 通り)の構造を付図-2.5 に示す。

1号機タービン建屋の TG 通り及び柏崎他号機及び他サイトの同様の箇所を調査した結果、ランウェイガーダと躯体との干渉がないことが確認された。



付図-2.5 コンクリート片の剥落箇所(TC 通り)の構造

5. 現地躯体調査

(1) 調査の概要

大梁の構造健全性を検討するため、躯体調査を行い、躯体形状及び鉄筋位置を確認した。

(2) 調査内容

躯体形状の確認

鉄筋位置の確認

非破壊検査による位置の確認

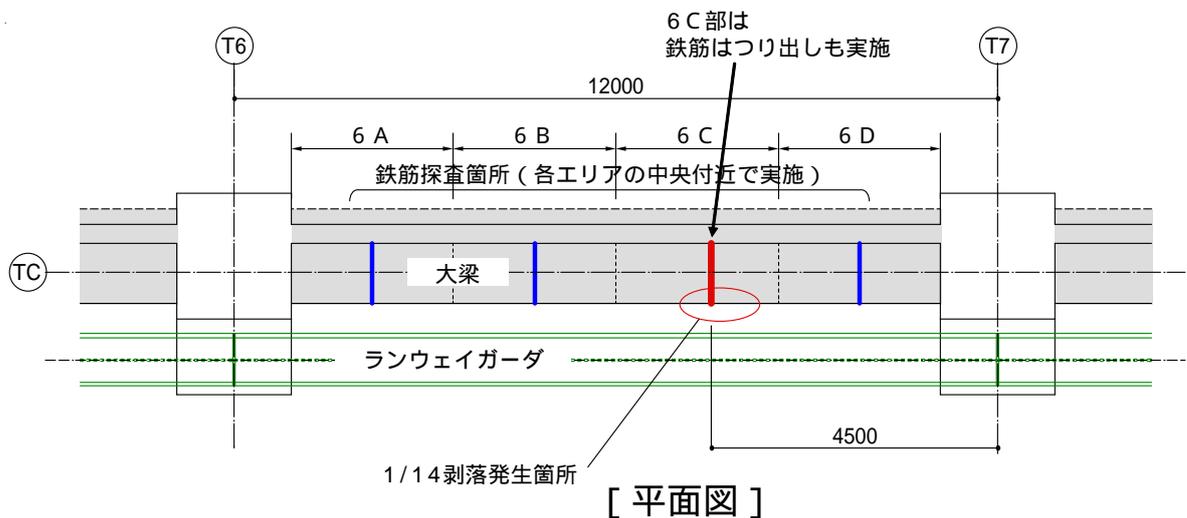
はつり出しによる位置の確認*

*：非破壊検査を行った4箇所のうち、1箇所を代表してはつり出した

(3) 調査箇所

当該大梁(T6～T7 通り)の頂部及び側面のうち、付図-2.6 に示す6A～6Dの4箇所について、非破壊検査により鉄筋位置を確認した。

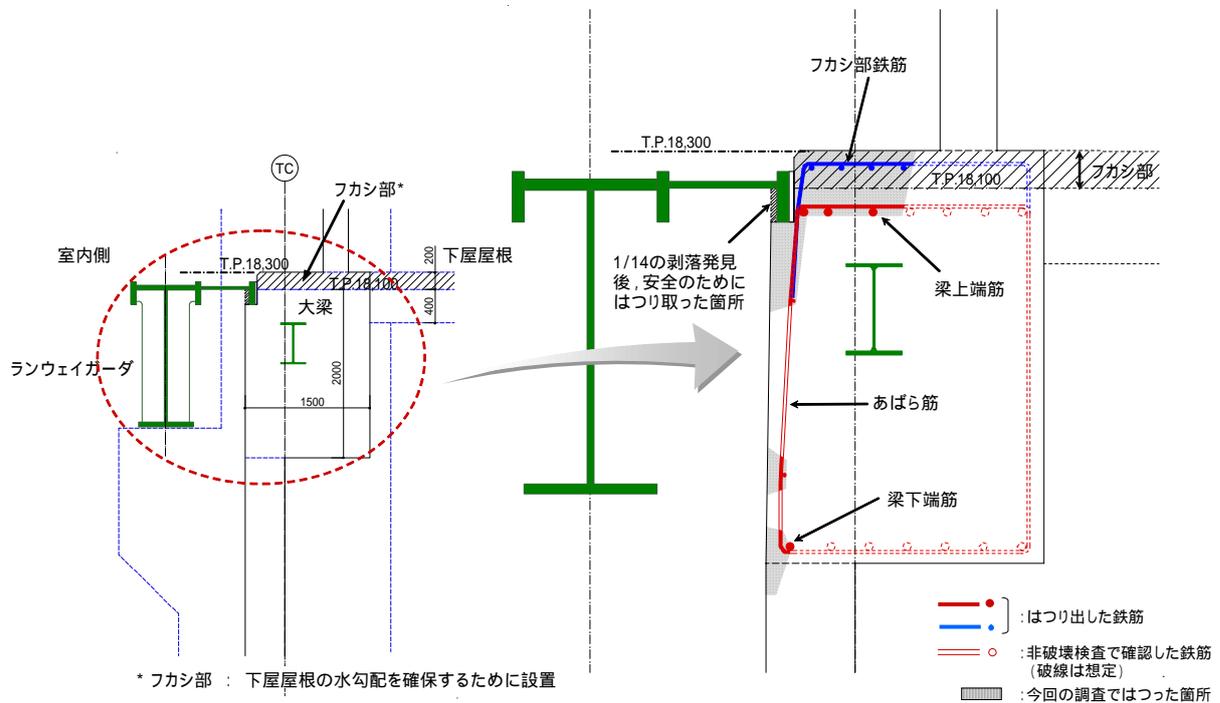
さらに、1月14日に剥落のあった6C部を代表部位としてコンクリートの一部をはつり、鉄筋位置を確認した。



付図-2.6 鉄筋位置の確認箇所

(4) 調査結果

調査の結果確認された大梁の形状及び鉄筋位置を付図-2.7 に示す。



付図-2.7 コンクリート剥落部分の大梁形状及び鉄筋位置

6. 干渉の発生原因

設計時において、当該部位はランウェイガードと鉄筋コンクリート躯体が近接して計画される部位であり、両者が干渉することの無いよう、設計段階で十分な干渉チェックが必要である。しかしながら、設計段階での確認が十分に行われず、今回の不具合（干渉）が生じたものと推察される*）。

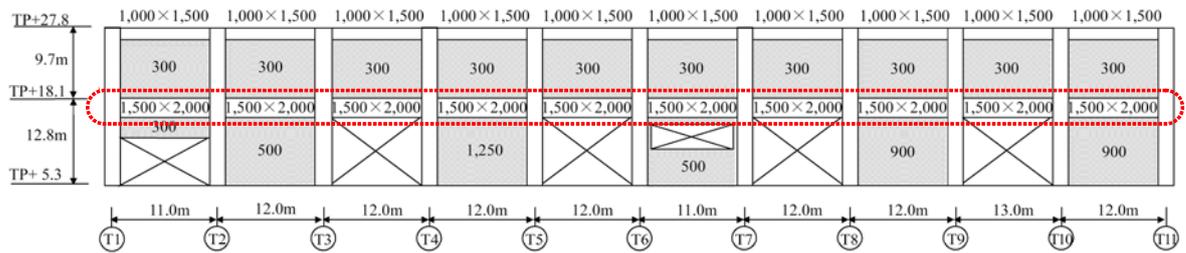
また、建設時において、ランウェイガードと鉄筋コンクリート躯体との干渉が確認されたため、設計-施工間で協議の上、今回の干渉回避策がとられたものと推察される*）。

*) 事実確認できる書類は発見できなかったため、当時の状況を推察したものである。

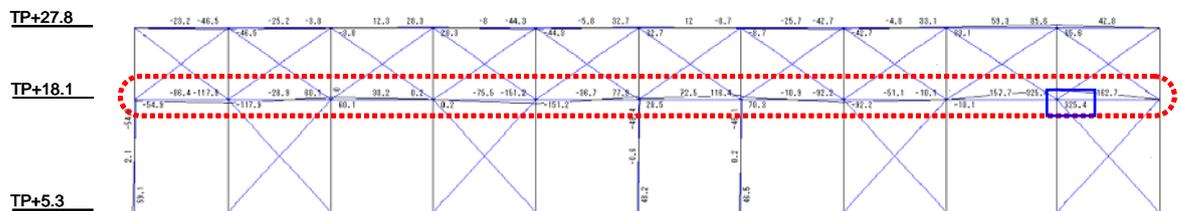
7. 断面欠損が躯体強度に与える影響について

(1) TC 通り架構の概要

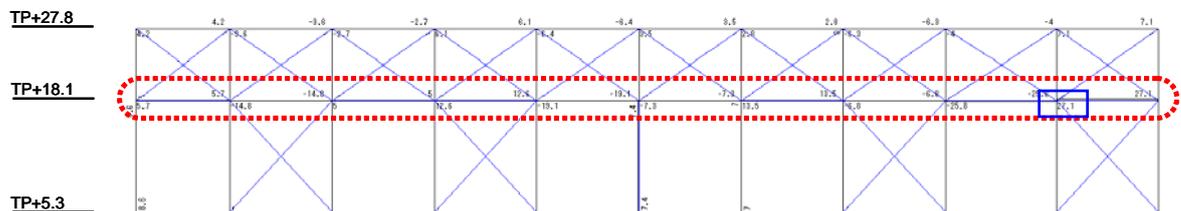
コンクリート剥落が生じた TC 通りフレーム架構図を付図-2.8 に示す。当該部の大梁（図中の赤点線部）は、連続した耐震壁を構成する部材の一部で、鉛直荷重や地震荷重に対しては耐震壁と一体となって抵抗する構造（耐震壁付きフレーム構造）である。このフレームについて、設計荷重に基づく応力を算定した結果を付図-2.9 に示す。



付図-2.8 コンクリート剥落部分の大梁形状及び鉄筋位置



曲げモーメント分布（単位：tm）



せん断力分布（単位：t）

付図-2.9 TC 通りフレーム架構応力図（設計荷重時：地震荷重時）

（図中の赤点線部は、当該部大梁の応力を示す。青線太枠内は最大値を示す。）

(2) 断面欠損が大梁強度に与える影響

(1)で算定した最大応力に対して、大梁の断面欠損を考慮した場合の断面検討結果を以下に示す。

- ・最大曲げモーメント $M = 325.4 \text{ t}\cdot\text{m}$
- ・最大せん断力 $Q = 27.1 \text{ t}$
- ・断面寸法 $130\text{cm} \times 200\text{cm}$ (梁幅 \times 梁せい), $d_c=15\text{cm}$,
 $j=7/8 \times (200-15) = 161.8\text{cm}$
- ・設計配筋 7-D38 (上下共: 全断面共通), SD345,
 $f_t = 3,500\text{kg}/\text{cm}^2$ (短期)
- ・コンクリートの設計基準強度 $F_c=240\text{kg}/\text{cm}^2$, $f_s=11.1\text{kg}/\text{cm}^2$, $f_a=23.1\text{kg}/\text{cm}^2$

1) 梁の曲げモーメントに対する検討 (地震荷重時)

$$\begin{aligned}\text{必要鉄筋量} &= M / (f_t \cdot j) = 325.4 \times 10^5 / (3,500 \times 161.8) \\ &= 57.5\text{cm}^2 < 79.8\text{cm}^2 \text{ (7-D38)}\end{aligned}$$

2) 梁のせん断力に対する検討 (地震荷重時)

$$\begin{aligned}\text{せん断応力度の検討} &= Q / (b \cdot j) = 27.1 \times 10^3 / (130 \times 161.8) \\ &= 1.29\text{kg}/\text{cm}^2 < 11.1 \text{ kg}/\text{cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{鉄筋の付着に対する検討} \quad \text{req} &= Q / (f_a \cdot j) = 27.1 \times 10^3 / (23.1 \times 161.8) \\ &= 7.25\text{cm} < 84.0\text{cm}\end{aligned}$$

以上より、大梁の断面欠損 (幅が 20cm 欠損したと想定) を考慮しても、作用応力に対して十分な裕度を保有しており、断面欠損が躯体強度に与える影響はないと判断できる。

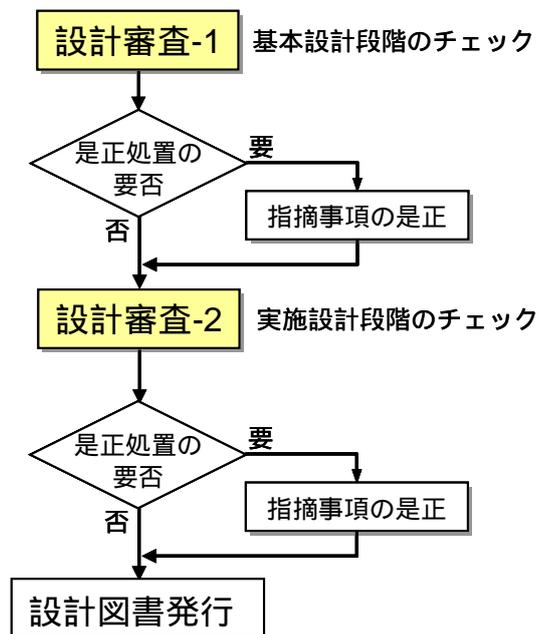
8 . 再発防止策について

(1) 設計管理の現状

- ・現在の設計図面は、CAD システムで管理し、機器配管系を含めて干渉調整を実施しているため、今回のような事例は発生しにくくなっている。
- ・現在は、品質管理・品質保証の国際規格である ISO9001 に基づく品質マネジメントシステムを構築し、設計業務の各段階で設計審査を義務付け、露見した設計上の不具合事象に対する是正処置を講じている。設計審査(デザインレビュー)の手順を付図-2.10 に示す。

(2) 今回の事象に対する是正措置

- ・今回の不具合事象の発生を踏まえ、品質マネジメントシステムに従って設計及び工事に係わる関連部署に対応策を水平展開し、同様の不具合事象の発生を未然に防止するための措置を講じることとする。

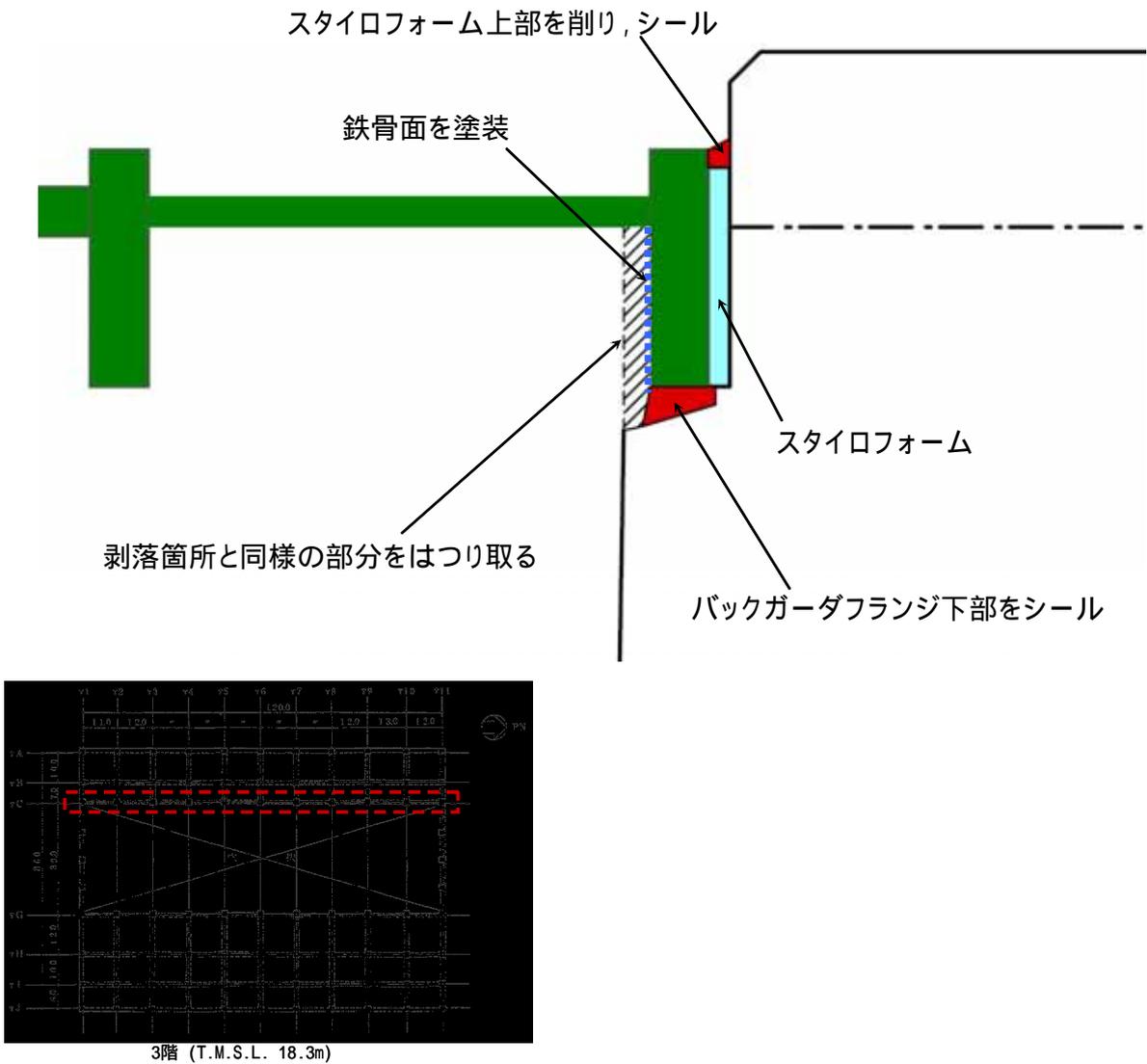


付図-2.10 設計審査（デザインレビュー）の手順

9. 補修方法

安全のため、干渉している TC 通り全長にわたって付図-2.11 に示す補修を実施する。

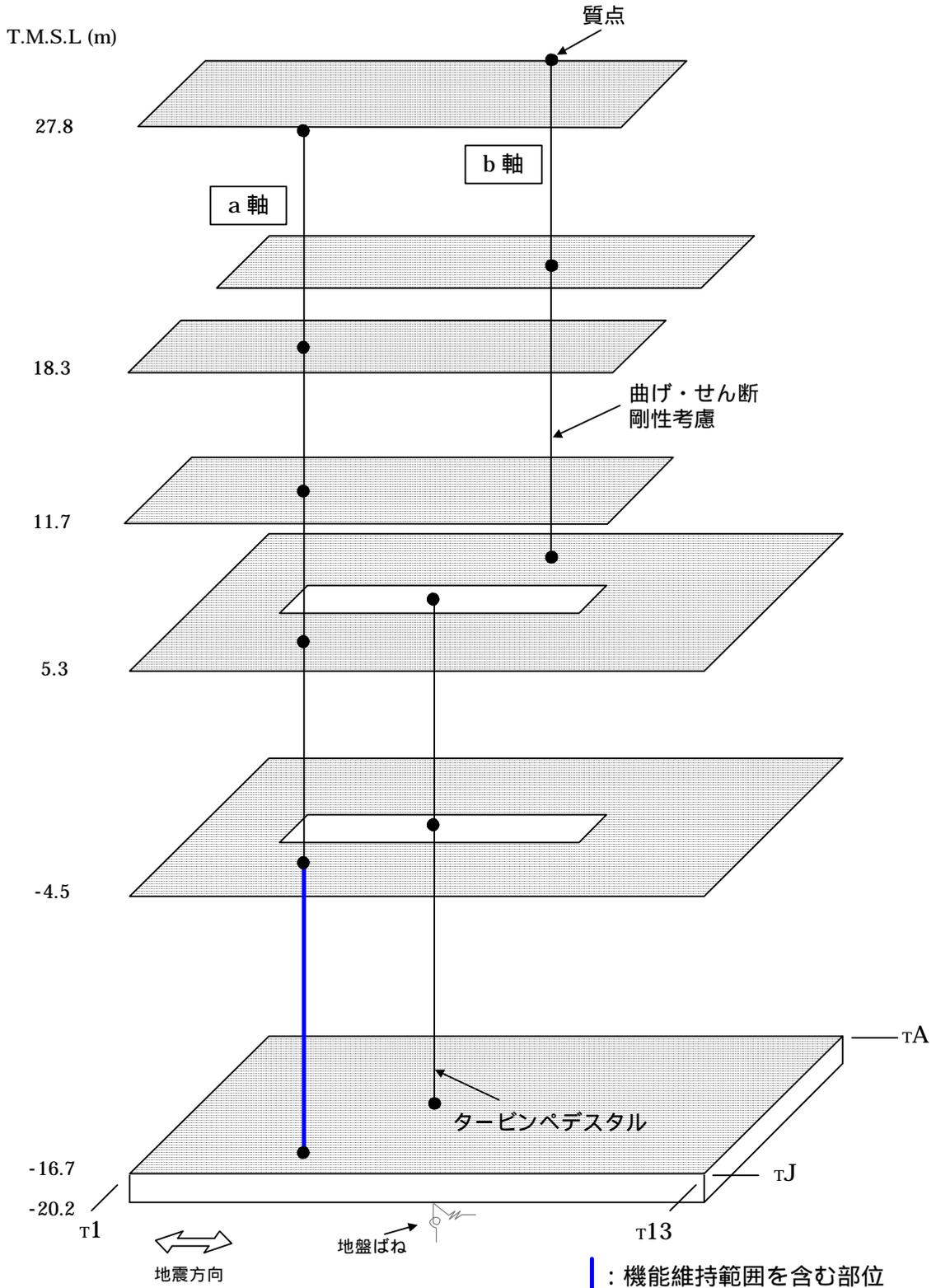
- ・剥落部と同様の箇所をはつり取り、鉄骨との取り付け部をシールする。()
- ・鉄骨面を塗装する。()
- ・スタイロフォーム上部を削り、シールする。()



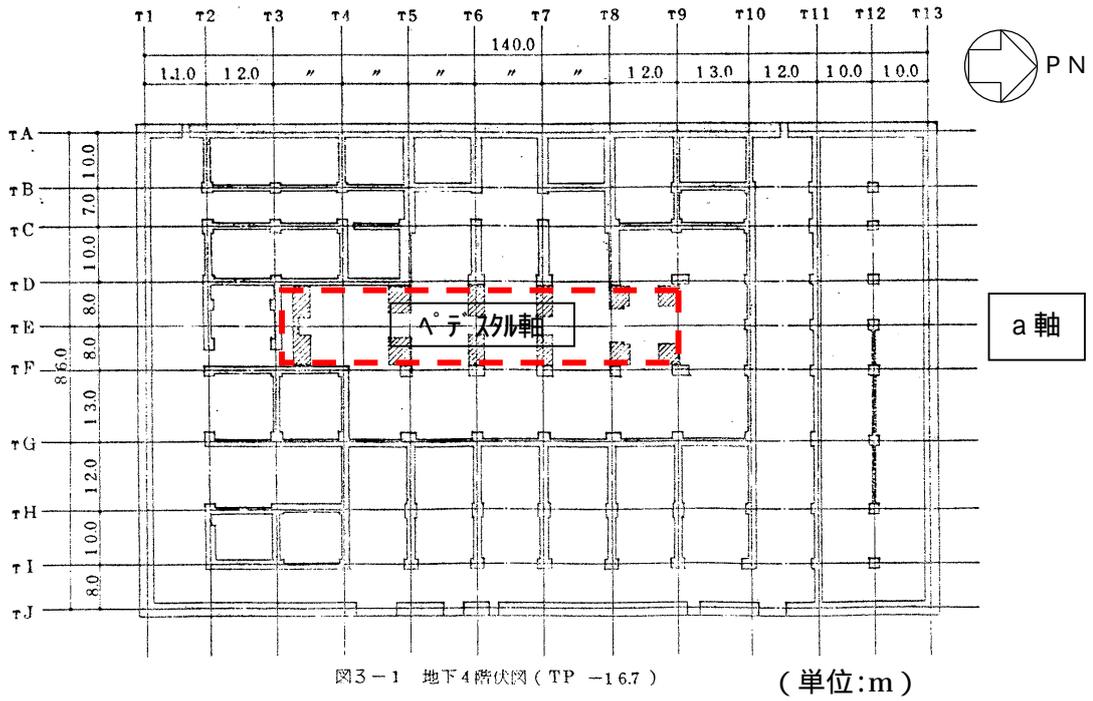
付図-2.11 補修方法の概要

参考資料 1 タービン建屋の各軸のモデル化範囲について

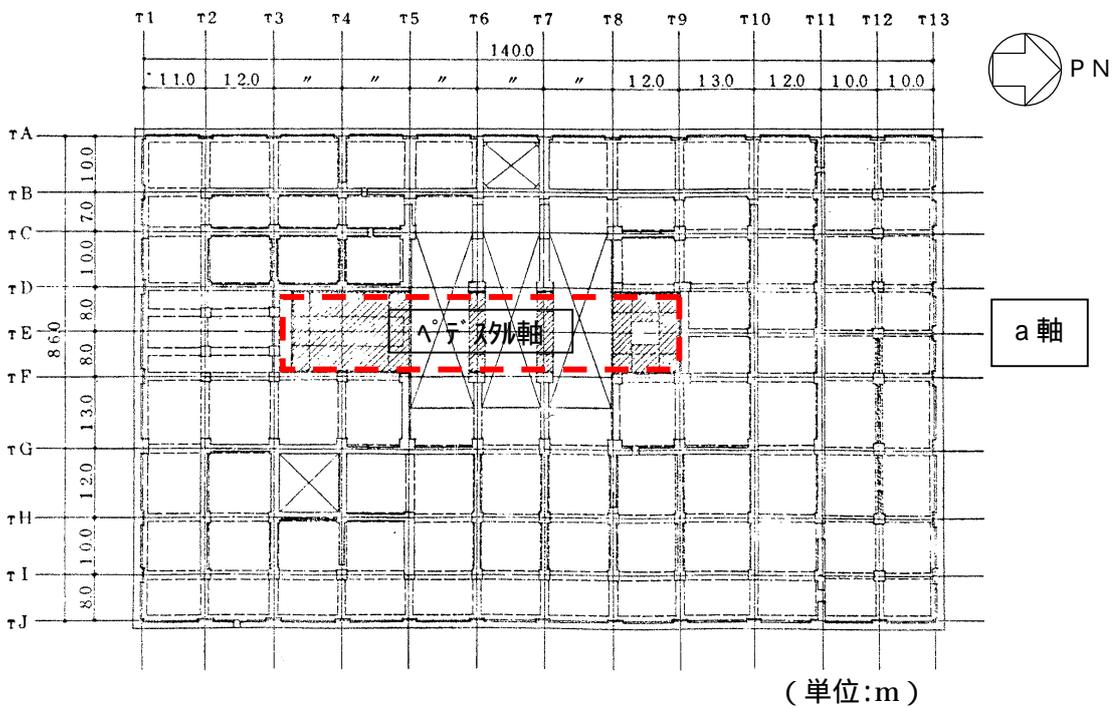
タービン建屋のモデル図およびそれぞれの軸が含まれるモデル化の範囲について以下の参図-1.1~1.10 に示す。



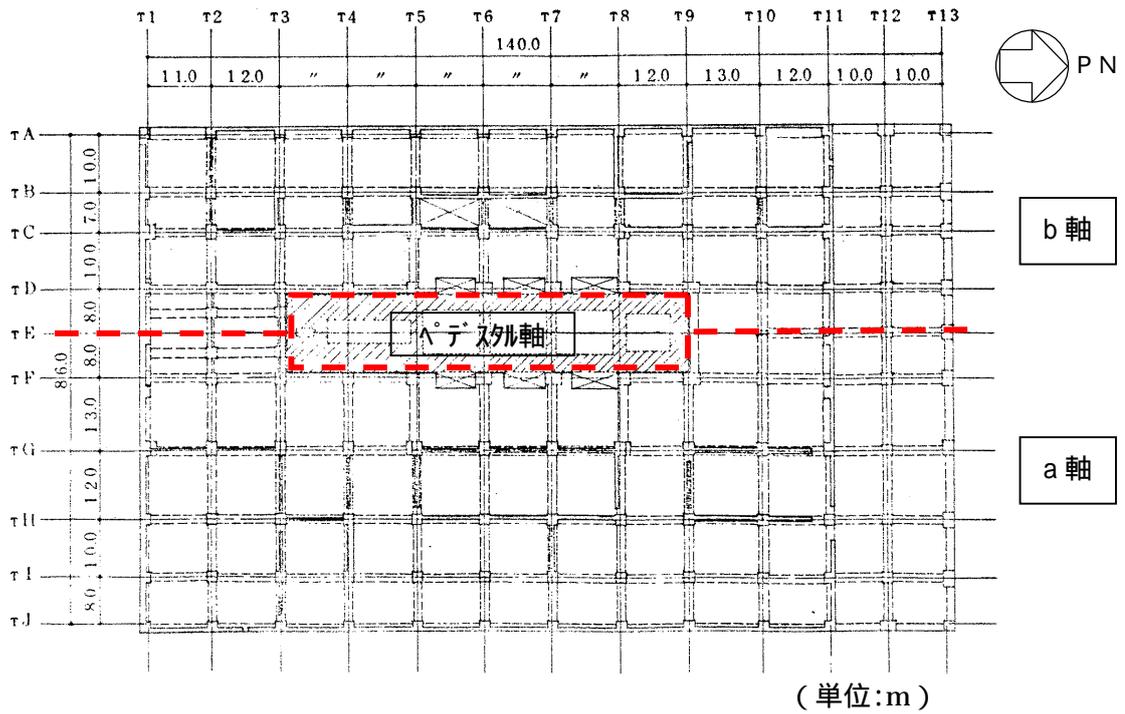
参図-1.1 振動モデル図(1号機タービン建屋、南北方向)



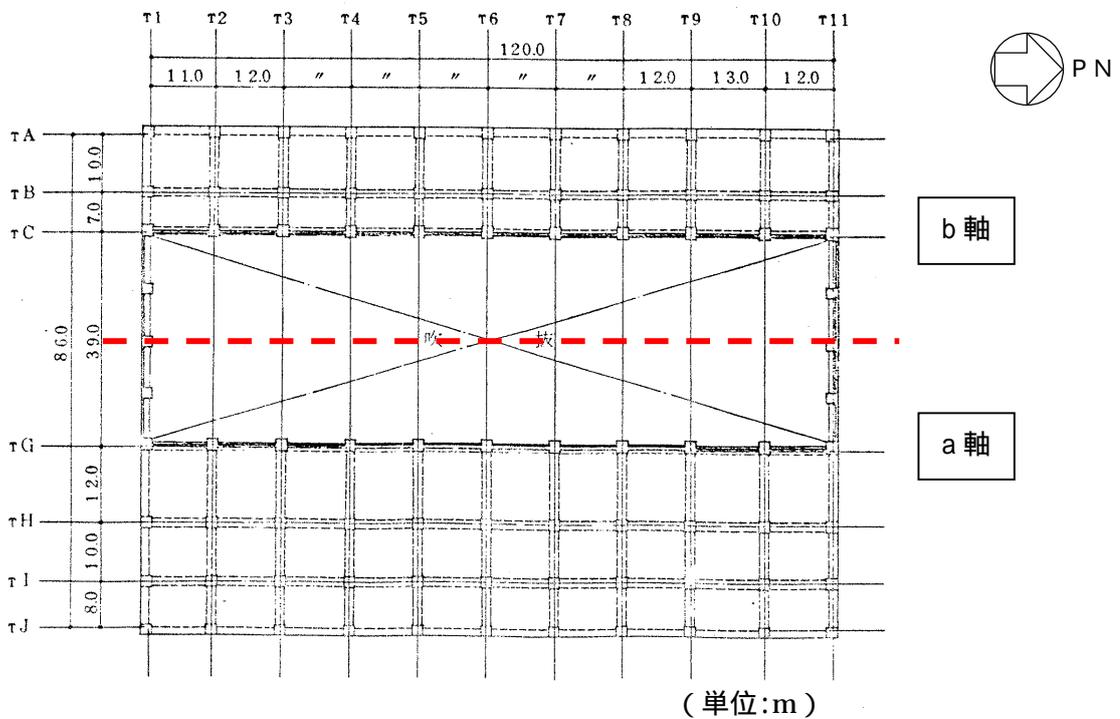
参図-1.2 振動モデル各軸のモデル化範囲
(南北方向の地下2階 T.M.S.L.-16.7m)



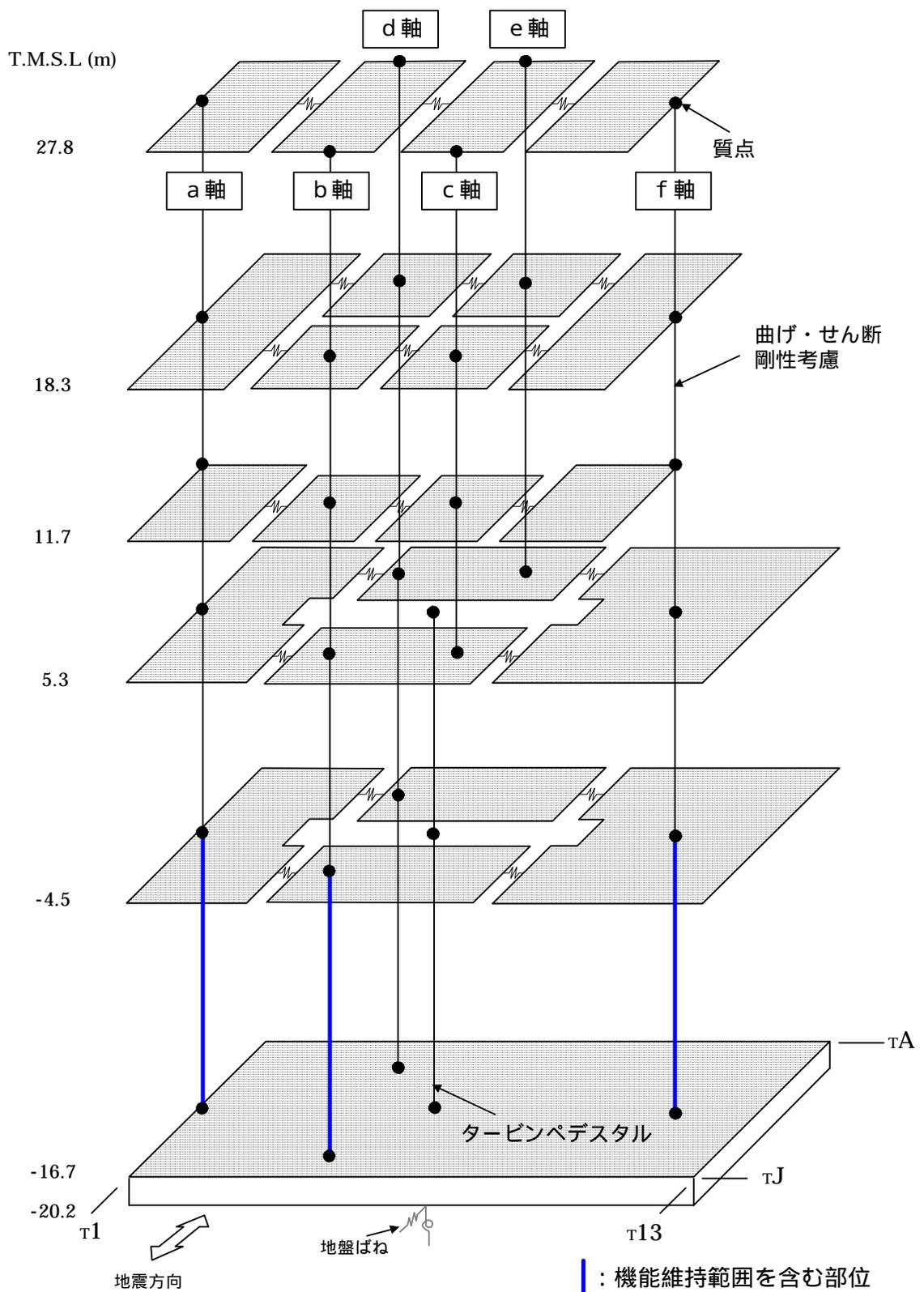
参図-1.3 振動モデル各軸のモデル化範囲
(南北方向の地下1階 T.M.S.L.-4.5m)



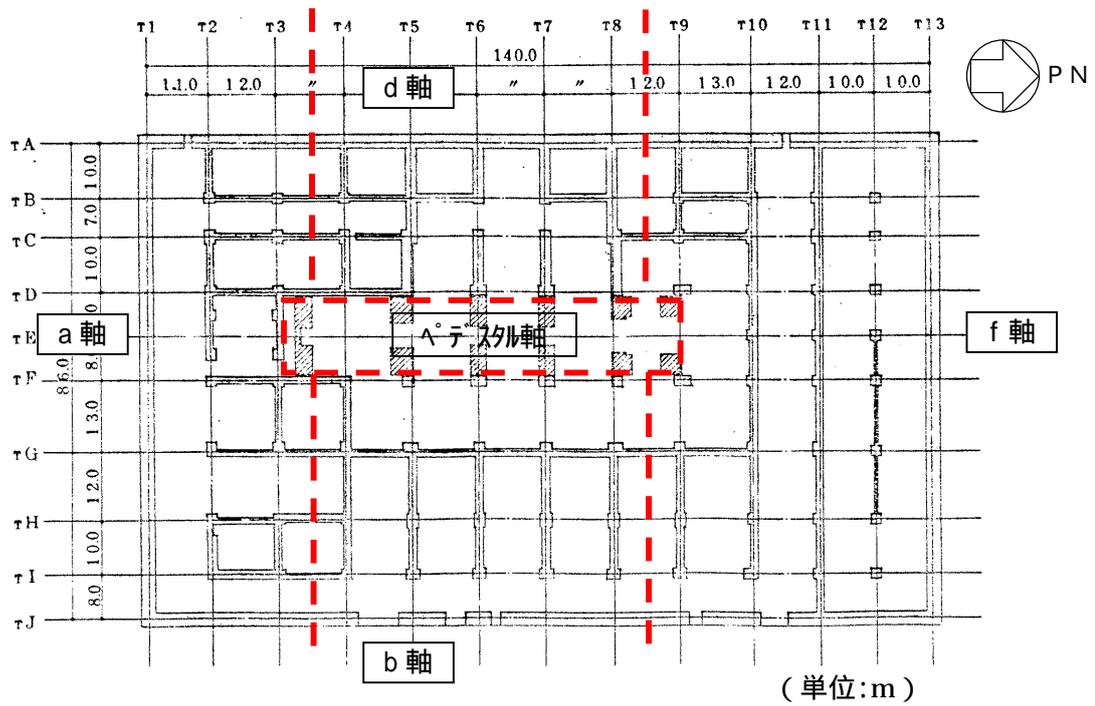
参図-1.4 振動モデル各軸のモデル化範囲
(南北方向の1階 T.M.S.L.5.3m)



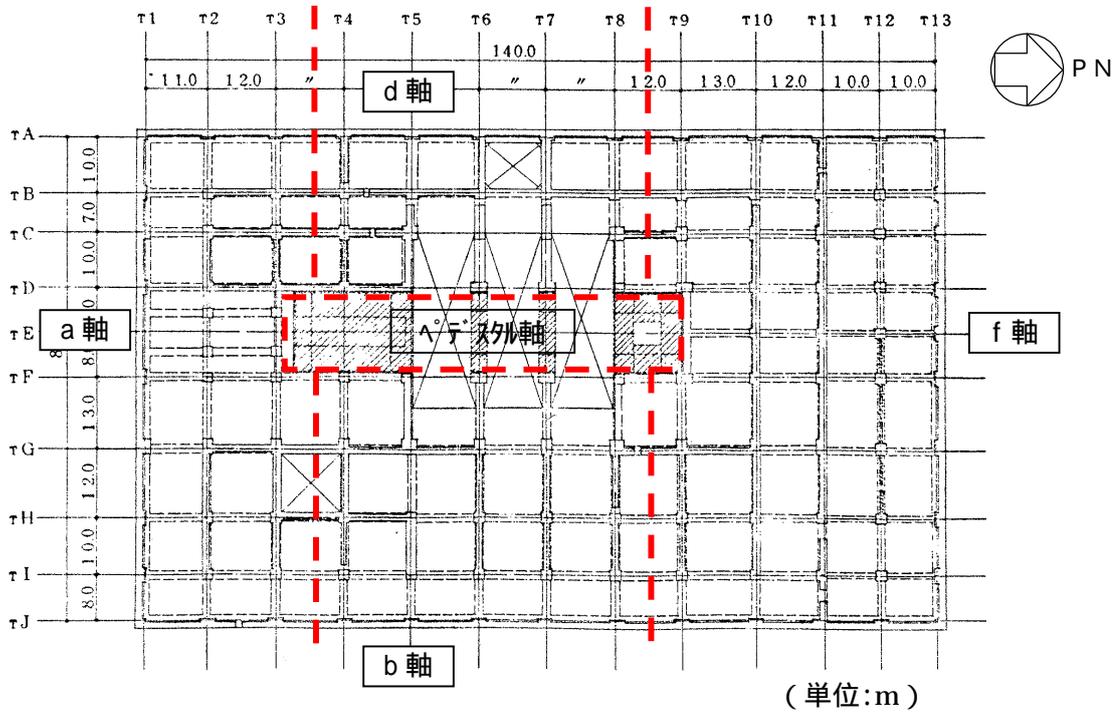
参図-1.5 振動モデル各軸のモデル化範囲
(南北方向の3階 T.M.S.L.18.3m)



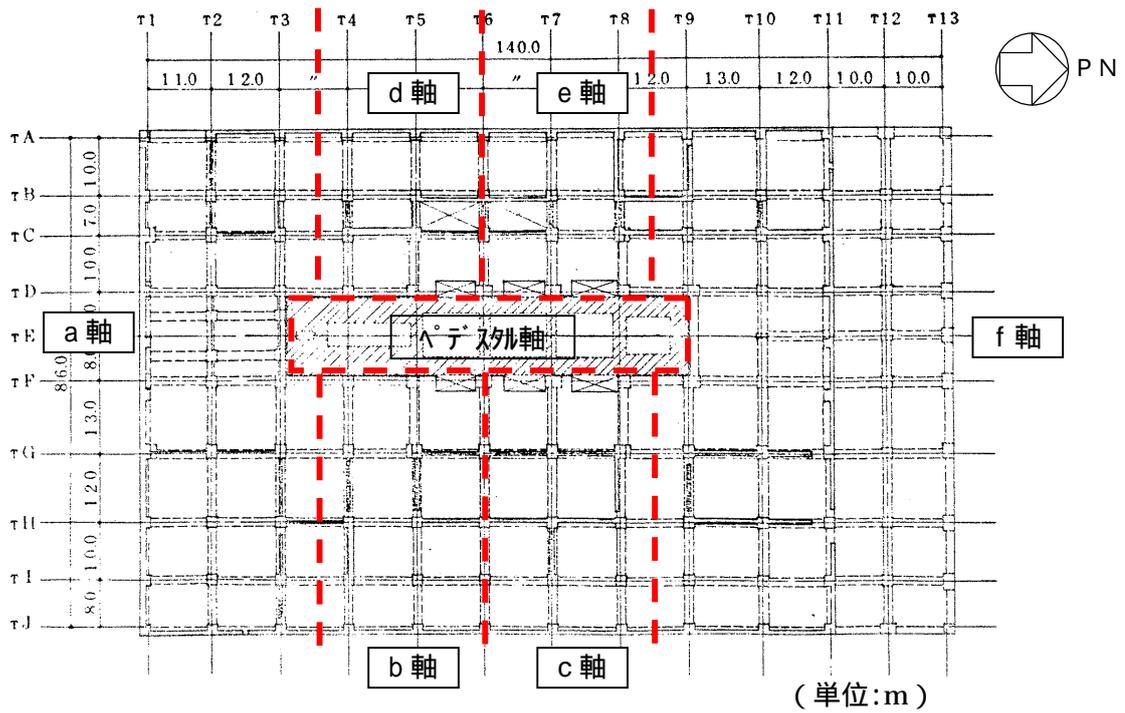
参図-1.6 振動モデル図(1号機タービン建屋、東西方向)



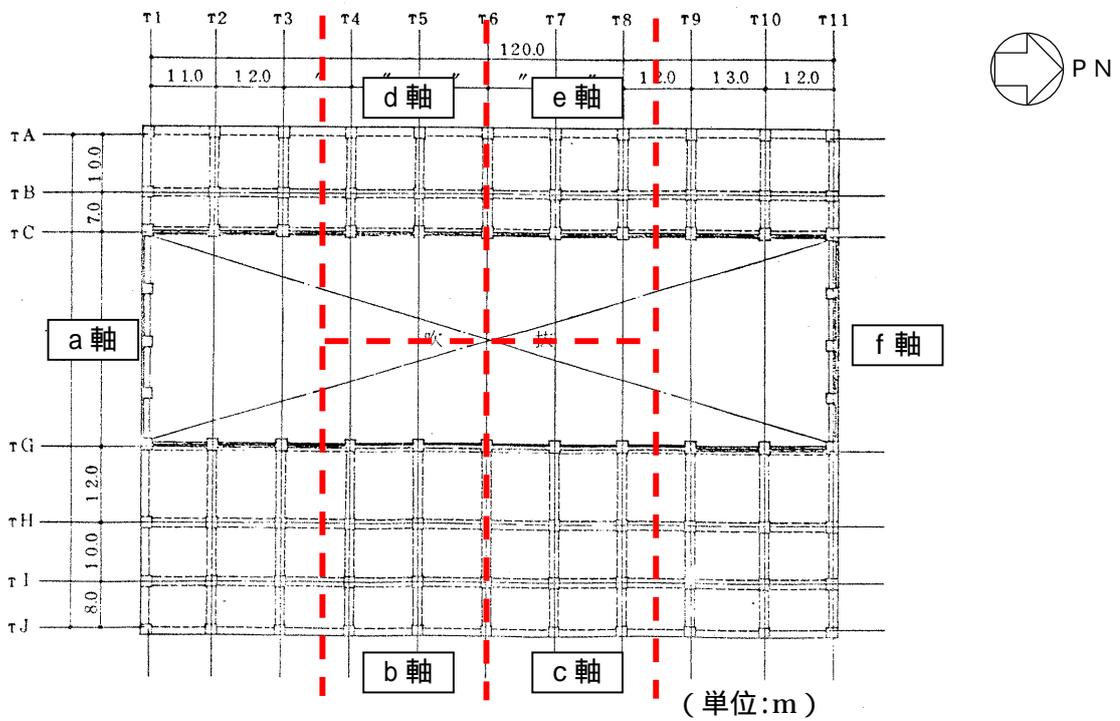
参図-1.7 振動モデル各軸のモデル化範囲
(東西方向の地下2階 T.M.S.L. -16.7m)



参図-1.8 振動モデル各軸のモデル化範囲
(東西方向の地下1階 T.M.S.L. -4.5m)



参図-1.9 振動モデル各軸のモデル化範囲
(東西方向の1階 T.M.S.L.5.3m)



参図-1.10 振動モデル各軸のモデル化範囲
(東西方向の3階 T.M.S.L.18.3m)

参考資料 2 タービン建屋地震応答解析結果

地震応答解析モデルの固有値(固有周期および固有振動数)を、参表-2.1 に示す。
地震応答解析(水平)により求められた最大応答値を参図-2.1~参図-2.4 に示す。

参表-2.1 固有値解析結果

(南北方向)

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*1
1	0.345	2.90	1.60
2	0.216	4.62	- 0.55
3	0.186	5.38	- 0.14
4	0.079	12.65	- 0.13
5	0.063	15.93	- 0.01

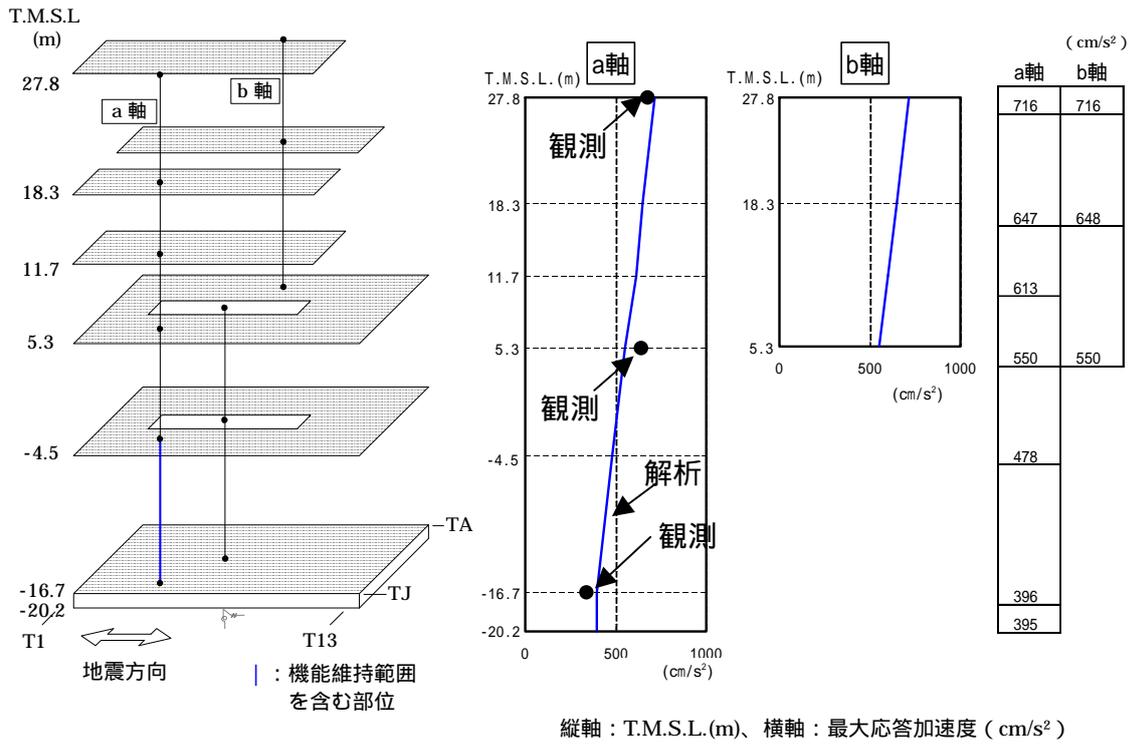
(東西方向)

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*1
1	0.348	2.87	1.70
2	0.176	5.67	- 0.35
3	0.169	5.92	- 1.16
4	0.149	6.71	0.79
5	0.122	8.17	- 0.02

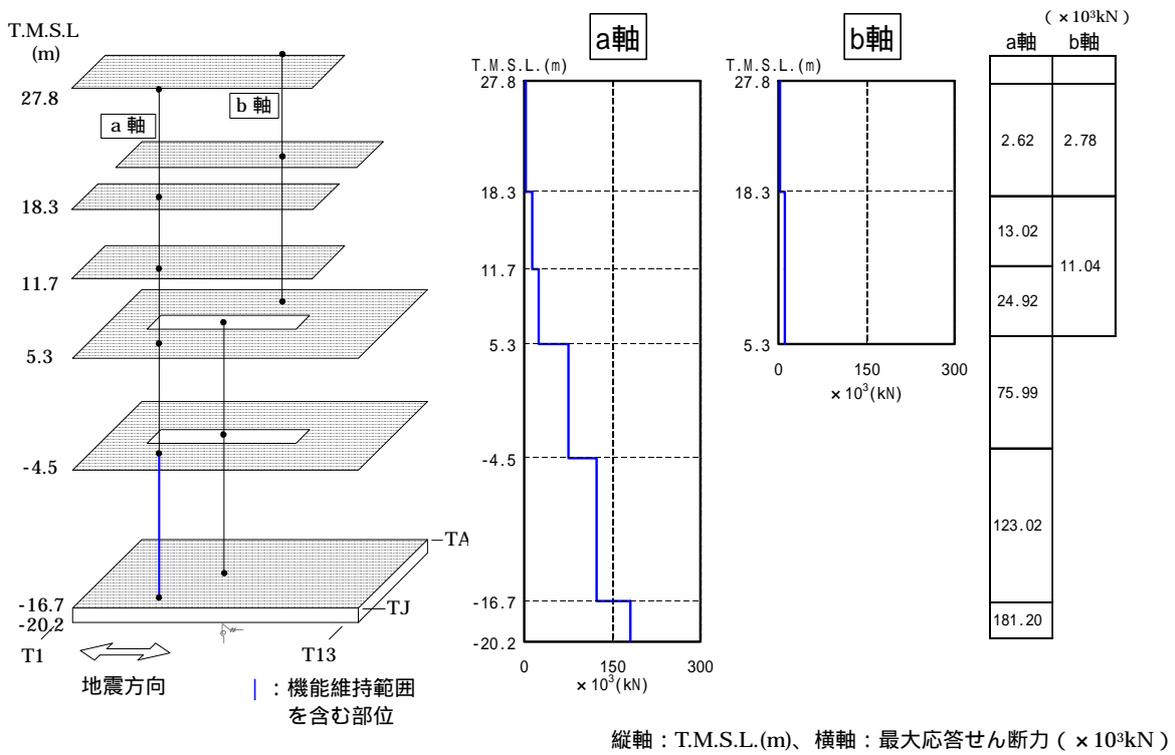
(鉛直方向)

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*1
1	0.319	3.13	3.47
2	0.251	3.98	- 2.53
3	0.083	12.04	0.08
4	0.050	19.88	- 0.03
5	0.048	21.04	0.02

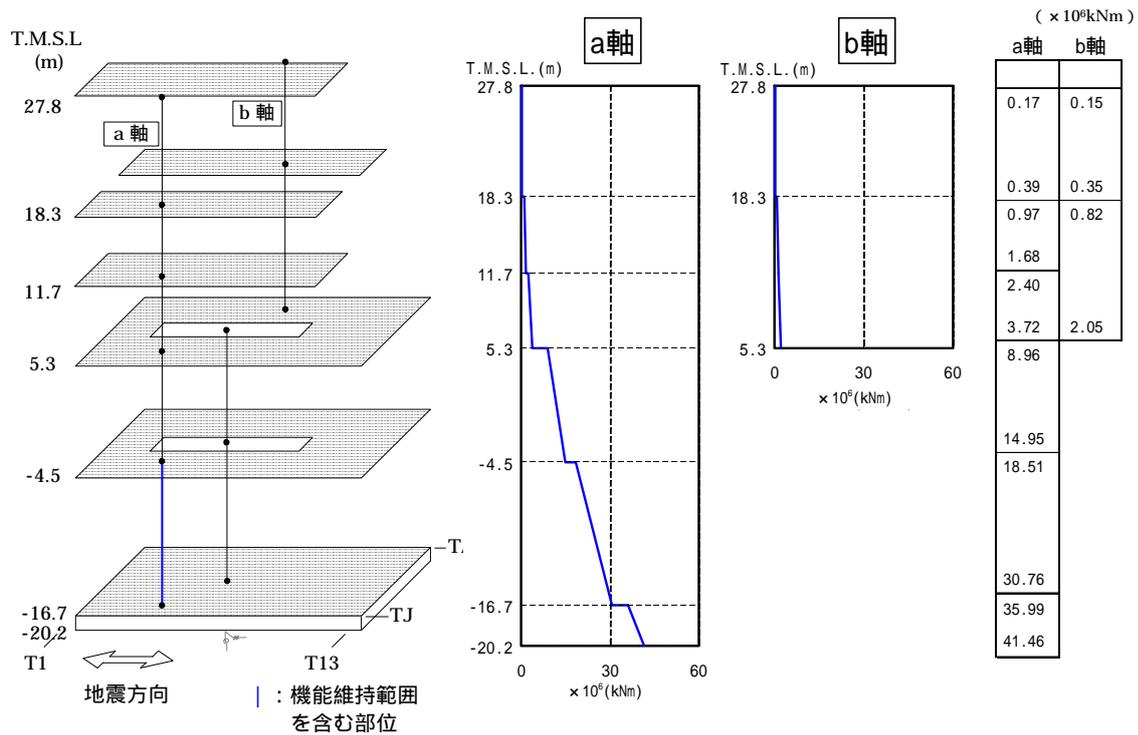
*1 : 各モードごとに固有ベクトルの最大値を1に基準化して得られる刺激係数を示す。



参図-2.1 最大応答加速度 (南北方向)

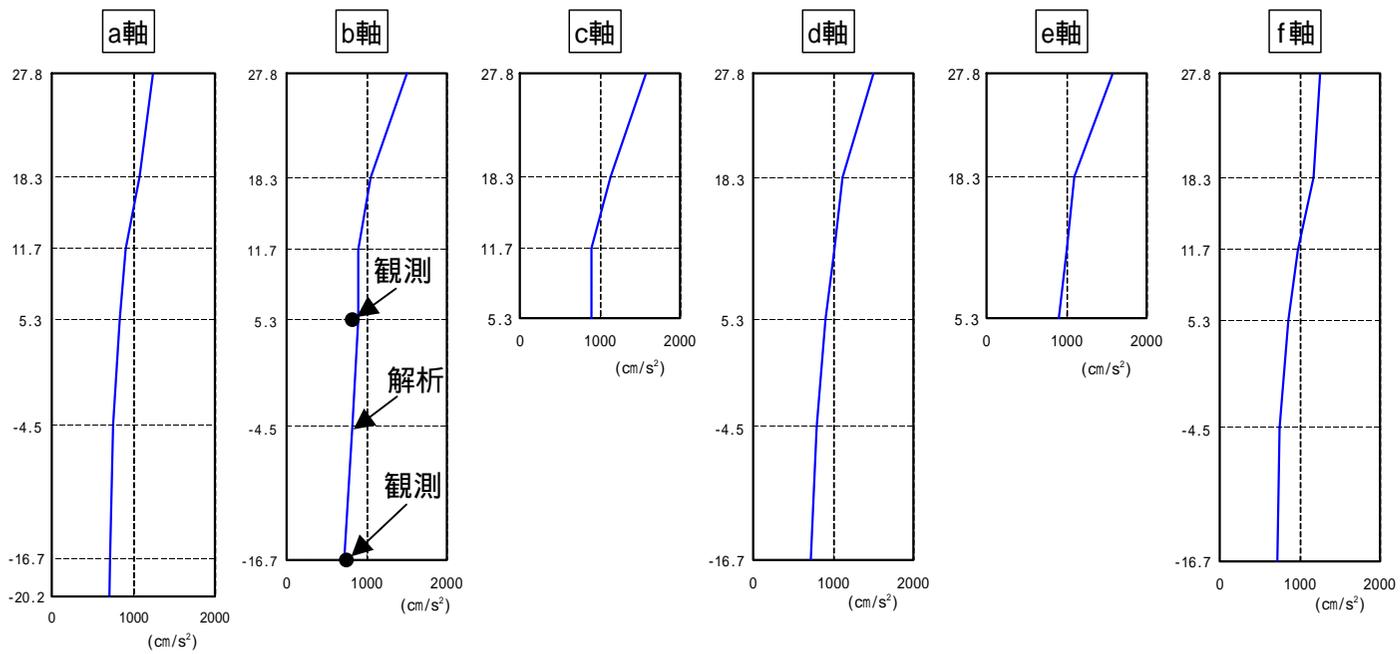


参図-2.2 最大応答せん断力 (南北方向)



縦軸：T.M.S.L.(m)、横軸：最大応答曲げモーメント (× 10⁶kNm)

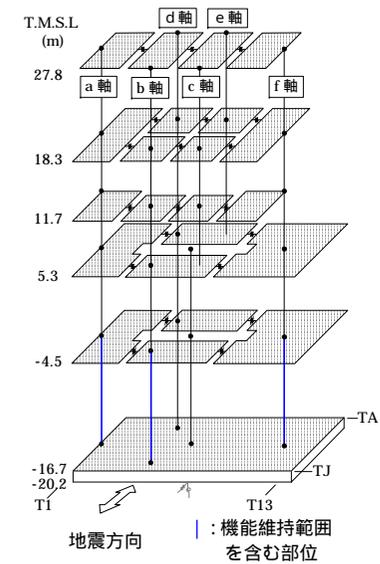
参図-2.3 最大応答曲げモーメント (南北方向)

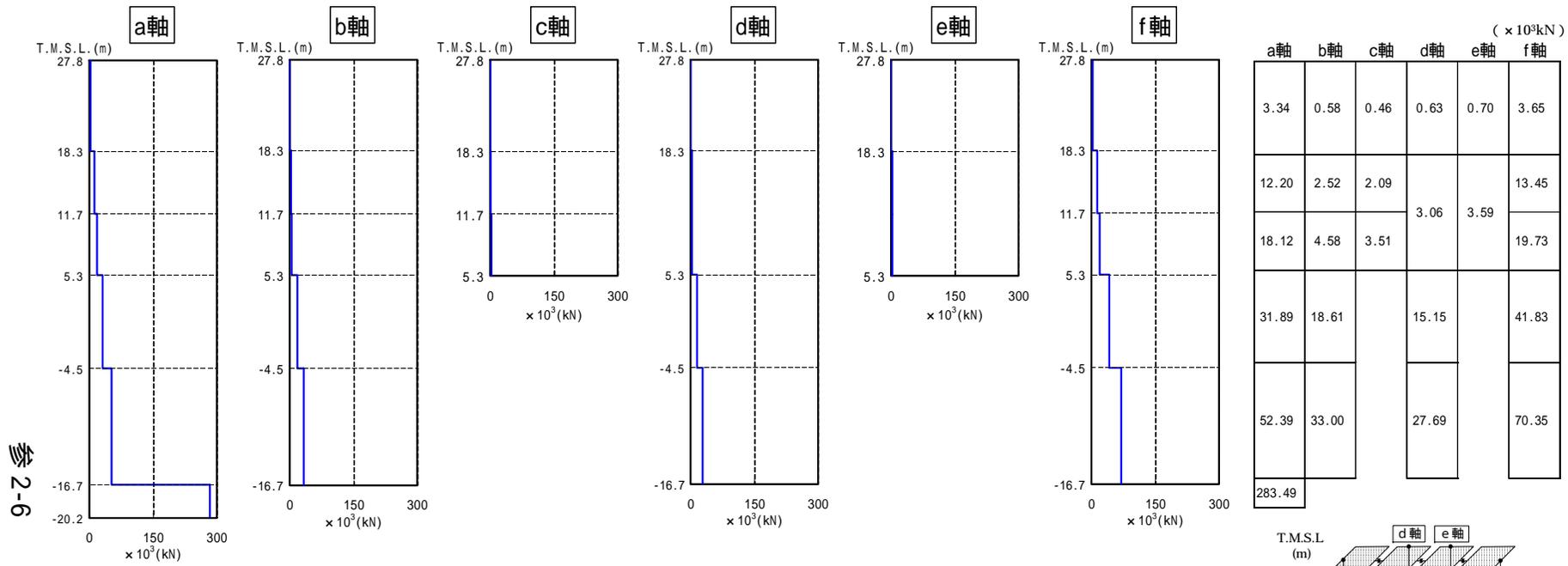


縦軸：T.M.S.L.(m)、横軸：最大応答加速度 (cm/s²)

参图-2.4 最大応答加速度 (東西方向)

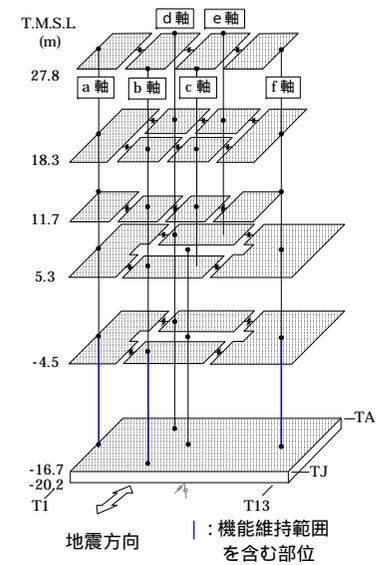
(cm/s²)					
a軸	b軸	c軸	d軸	e軸	f軸
1242	1500	1574	1500	1574	1257
1075	1049	1134	1120	1099	1170
907	896	892			974
830	890	890	905	905	856
748	822		795		745
716	716		716		716
708					

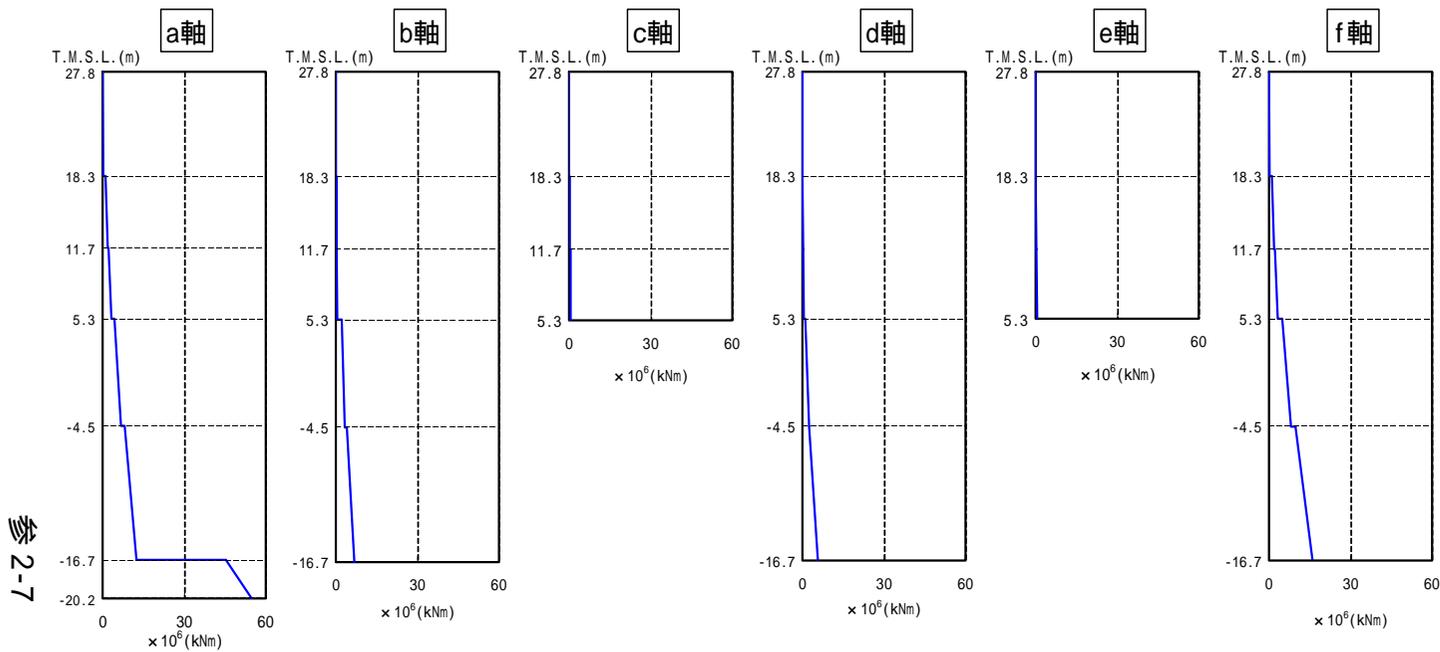




縦軸：T.M.S.L.(m)、横軸：最大応答せん断力 (× 10³kN)

参图-2.5 最大応答せん断力 (東西方向)



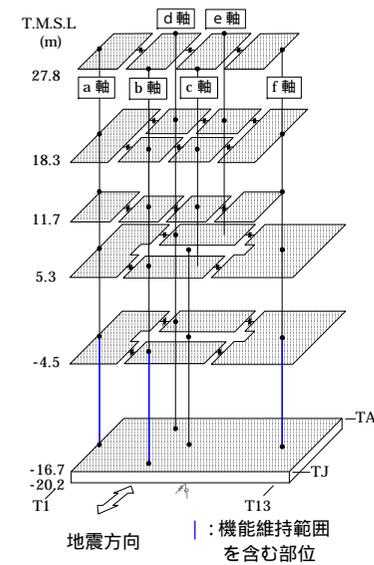


(× 10⁶kNm)

a軸	b軸	c軸	d軸	e軸	f軸
0.05	0.01	0.01	0.02	0.01	0.04
0.37	0.06	0.05	0.07	0.07	0.38
1.16	0.15	0.17	0.10	0.09	0.97
1.79	0.28	0.28			1.79
2.29	0.39	0.44			2.17
3.21	0.60	0.62	0.44	0.54	3.35
4.46	2.29		1.11		4.81
6.83	3.17		2.41		8.20
8.22	4.20		2.47		9.72
12.62	6.69		5.70		16.15
45.47					
54.77					

縦軸：T.M.S.L.(m)、横軸：最大応答曲げモーメント (× 10⁶kNm)

参図-2.6 最大応答曲げモーメント (東西方向)



参 2-7

タービン建屋の接地率は、JEAG4601-1991 に基づき、地震応答解析の結果得られた最大転倒モーメントを用い、地盤反力を三角形分布と仮定して算出する。
基礎浮上りの検討結果を参表-2.2 に示す。

参表-2.2 浮上りの検討結果

	浮上り限界モーメント M_0 (kNm)	最大転倒モーメント M_{max} (kNm)	接地率 (%)
南北方向	1.04×10^8	3.32×10^7	100
東西方向	6.48×10^7	5.32×10^7	100