

柏崎刈羽原子力発電所7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20年6月27日

東京電力株式会社

目次

1 . はじめに	1-1
2 . タービン建屋の概要	2-1
3 . 点検・評価に関する基本的な考え方	3-1
4 . 点検	4-1
4 . 1 点検方法の策定	4-1
4 . 2 点検結果	4-3
5 . 耐震健全性評価	5-1
5 . 1 解析評価方針	5-1
5 . 2 タービン建屋における観測記録	5-3
5 . 3 地震応答解析	5-10
5 . 4 耐震健全性評価結果	5-23
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・参考資料一覧	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 7 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. タービン建屋の概要

耐震上重要な機器の間接支持構造物に該当する建物・構築物であるタービン建屋は、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・評価の対象となっている。

タービン建屋は、図-2.1～図-2.7 に示すように地上 2 階（一部 3 階）地下 2 階の鉄筋コンクリート造（一部鉄骨鉄筋コンクリート造及び鉄骨造）の建物であり、基礎底面からの高さは 52.2m、平面の長さは 97.0m(N S)×82.0m(E W)である。

基礎スラブは、厚さ 2.0mのベタ基礎で、支持地盤である新第三紀層の泥岩上に(一部マンメイドロックを介して)設置している。なお、マンメイドロックは支持地盤と同等以上の力学的特性を有しているが、設計上は支持地盤と同等のものとしている。

地震又は風による水平力は、耐震壁、ブレース及びラーメン構造で負担する。更に、耐震壁の配置にあたっては、ねじれを少なくするために各階とも偏心ができるだけ少なくなるようにしている。

タービン建屋は隣接する原子炉建屋及び廃棄物処理建屋と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-2.8 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。

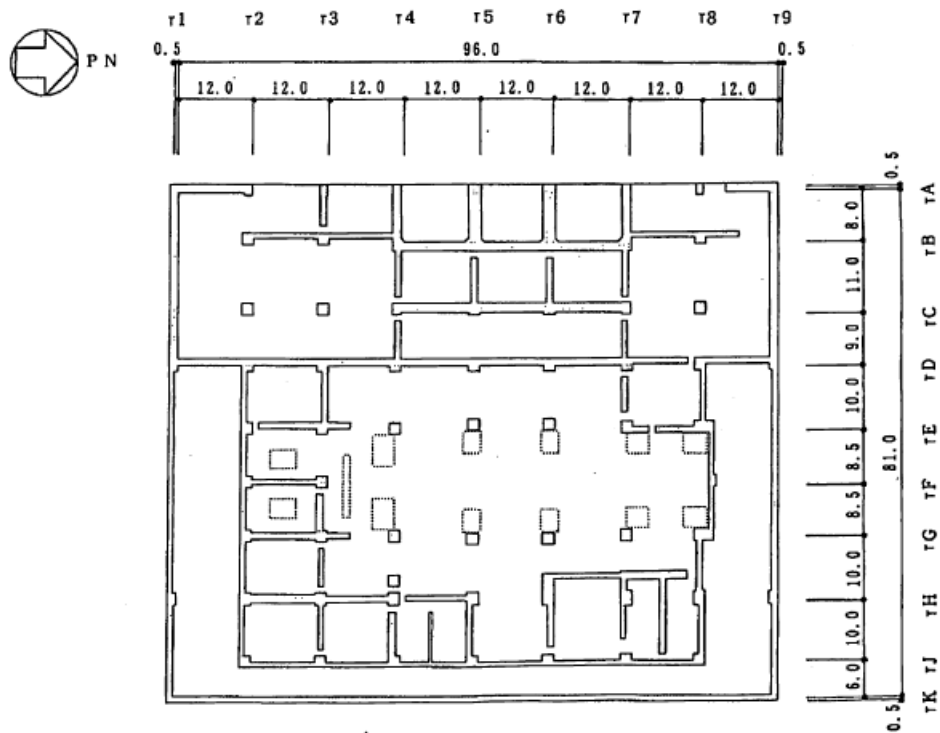


図-2.1 地下2階 (T.M.S.L. -5.1m)

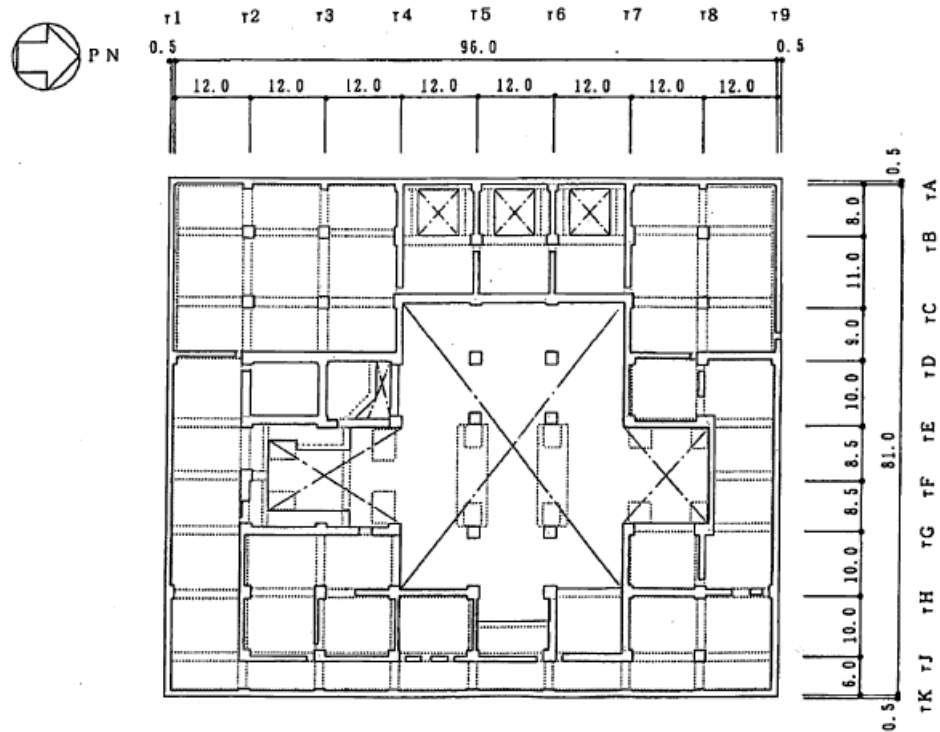


図-2.2 地下1階 (T.M.S.L. 4.9m)

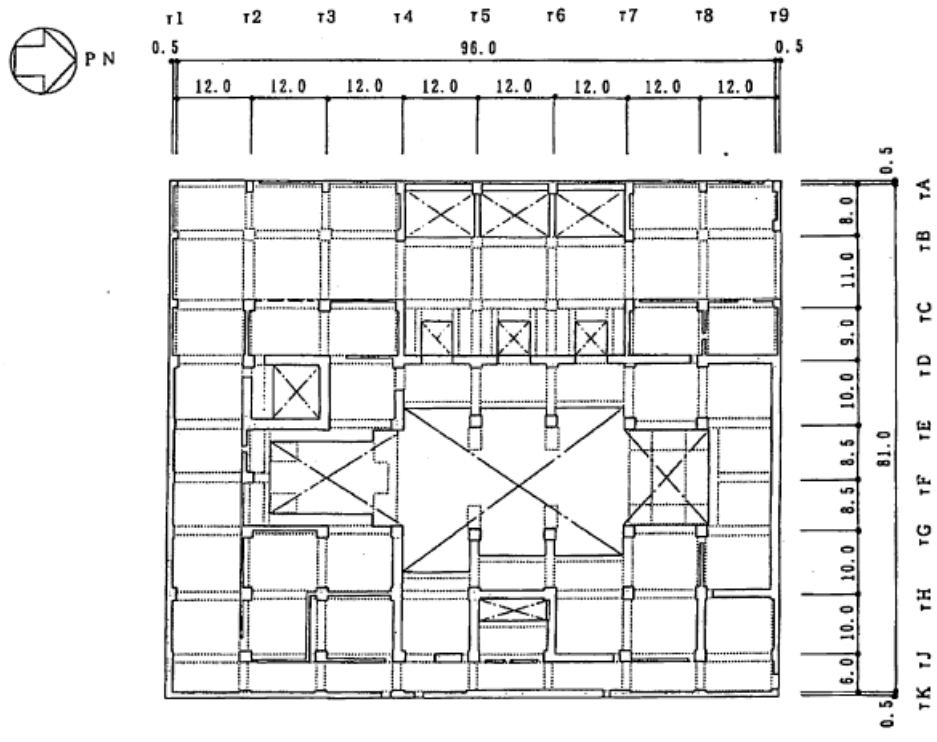


図-2.3 1階 (T.M.S.L. 12.3m)

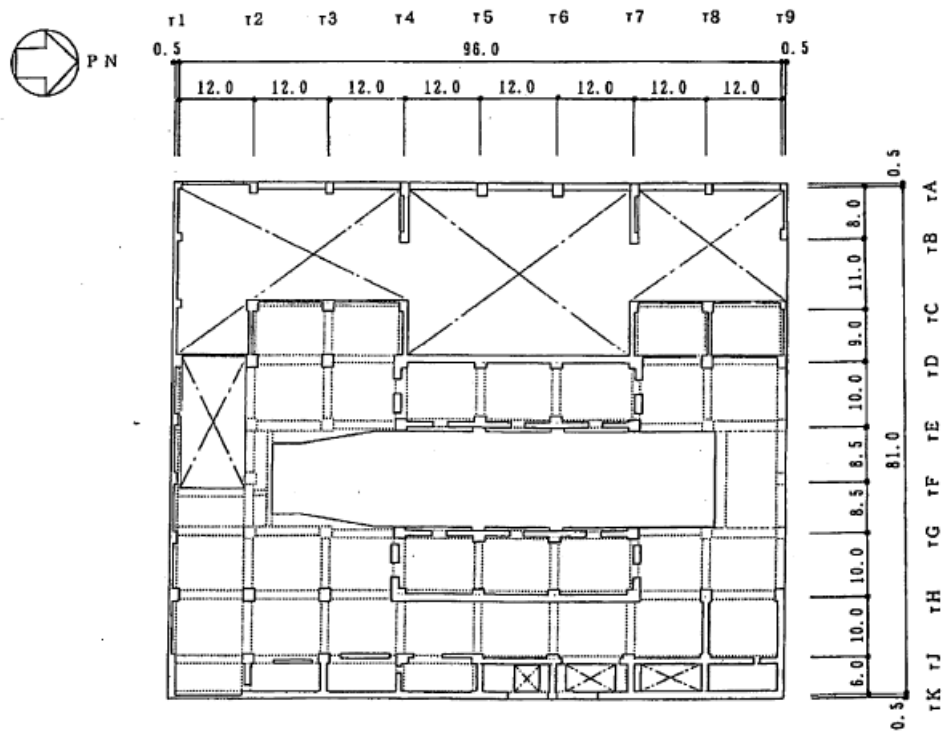


図-2.4 2階 (T.M.S.L. 20.4m)

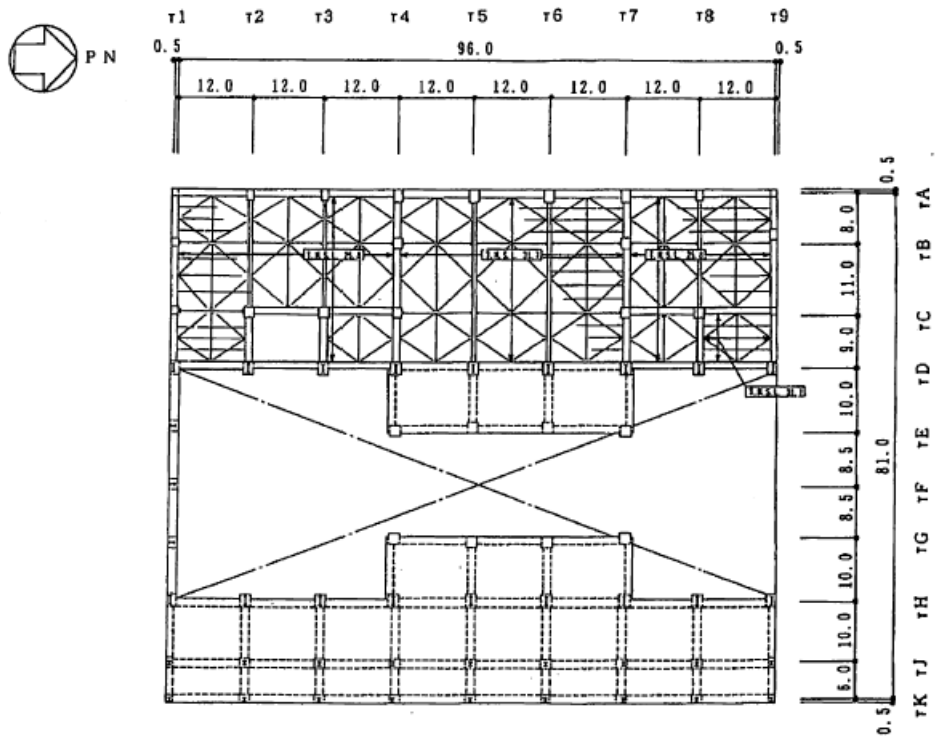


図-2.5 3階 (T.M.S.L. 30.9m)

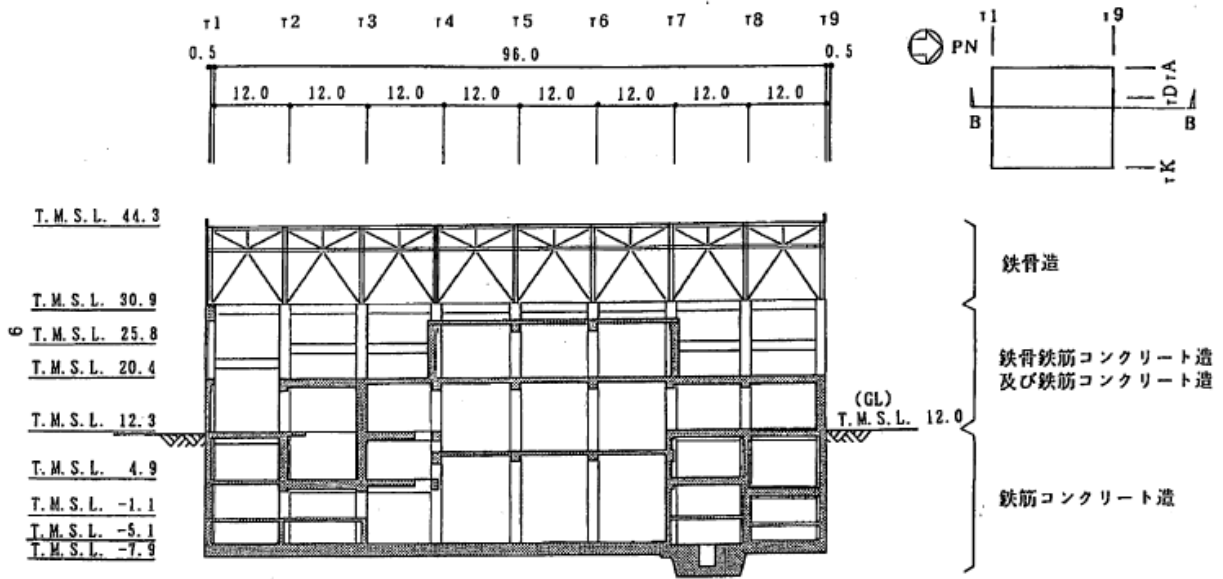


図-2.6 NS方向断面図

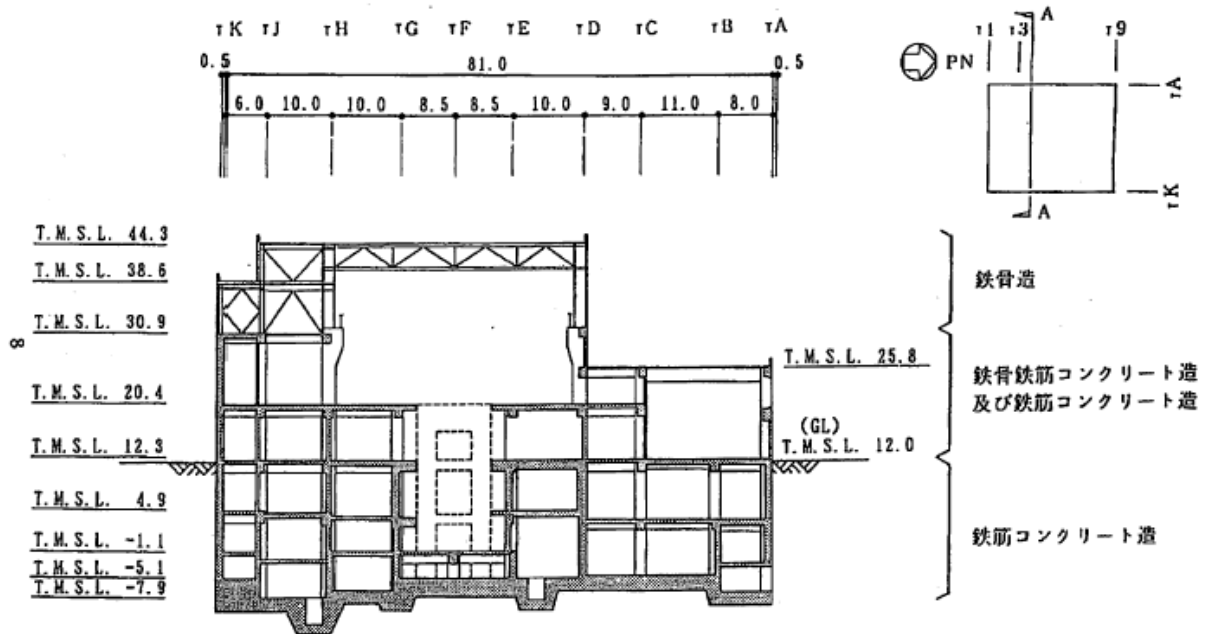
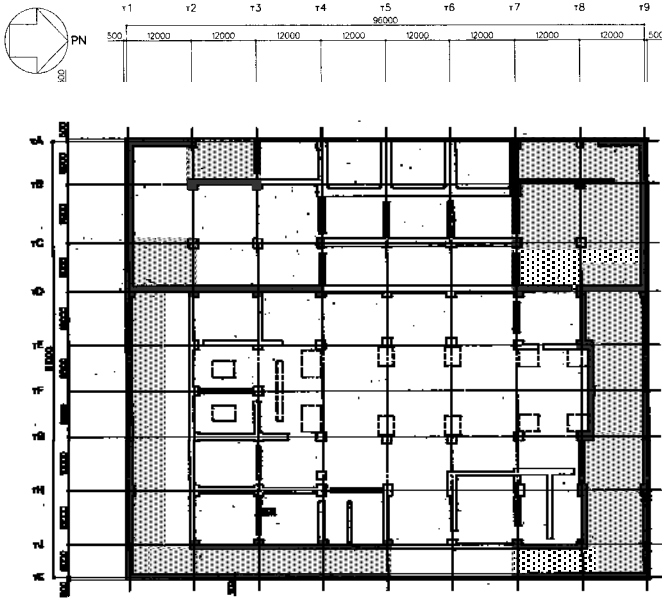


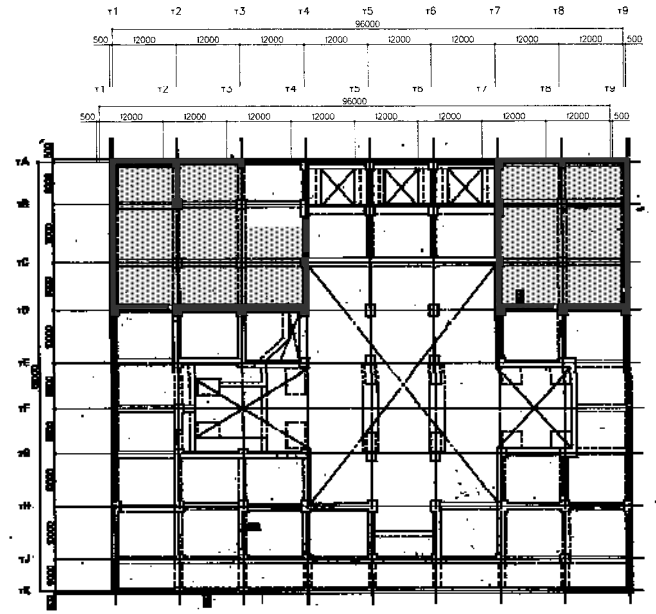
図-2.7 EW方向断面図

■ 機能維持要求部位の壁

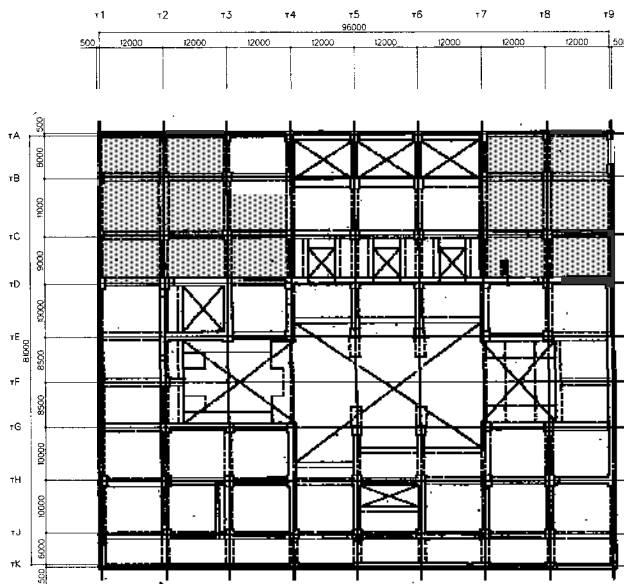
▨ 機能維持要求部位の床



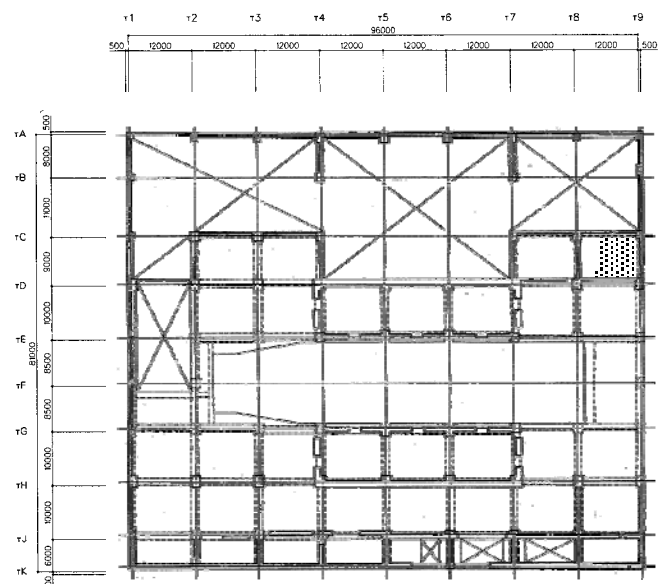
a) 地下2階伏図(T.M.S.L.-5.1m)



b) 地下1階伏図(T.M.S.L. 4.9m)



c) 1階伏図(T.M.S.L. 12.3m)



d) 2階伏図(T.M.S.L. 20.4m)

図-2.8 タービン建屋の機能維持範囲

3. 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-3.1 参照)

- ・耐震安全上重要な機器の間接支持構造物に該当する建物・構築物であるタービン建屋については、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少ない場合は、詳細検討を行う。

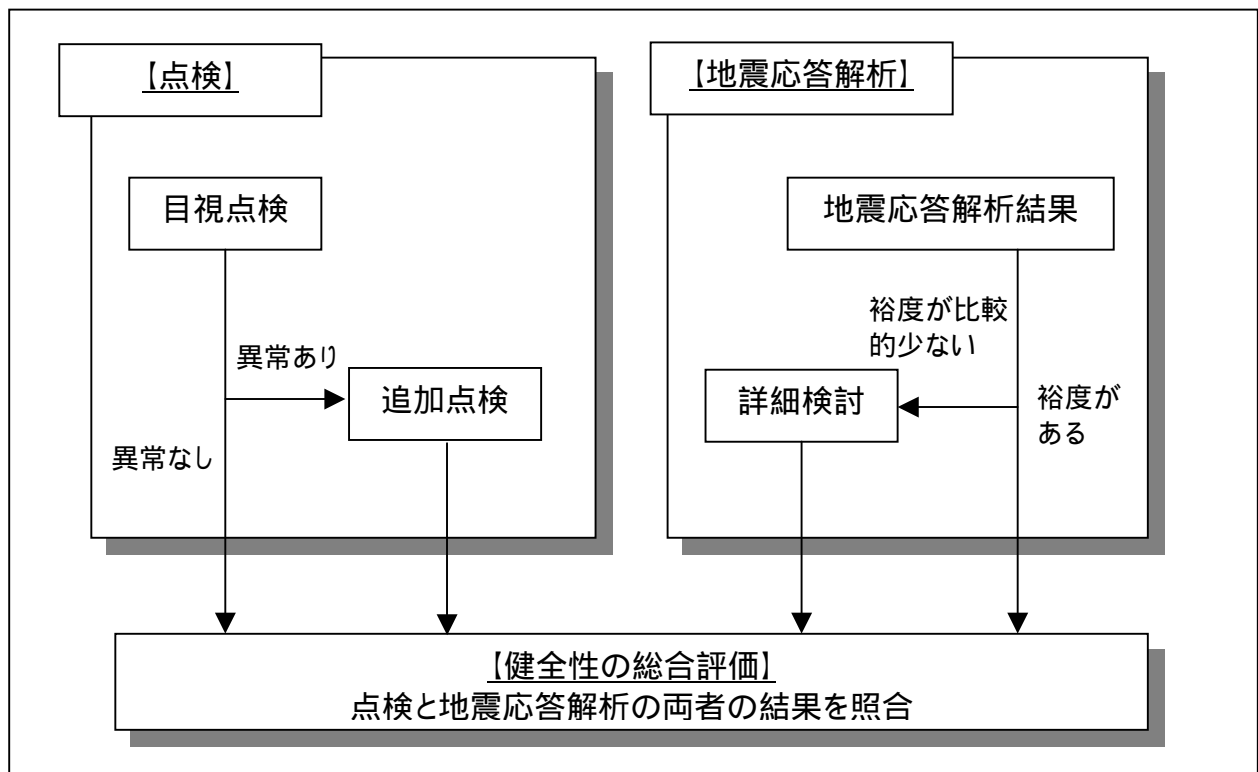


図-3.1 タービン建屋の点検・評価の全体フロー

4. 点検

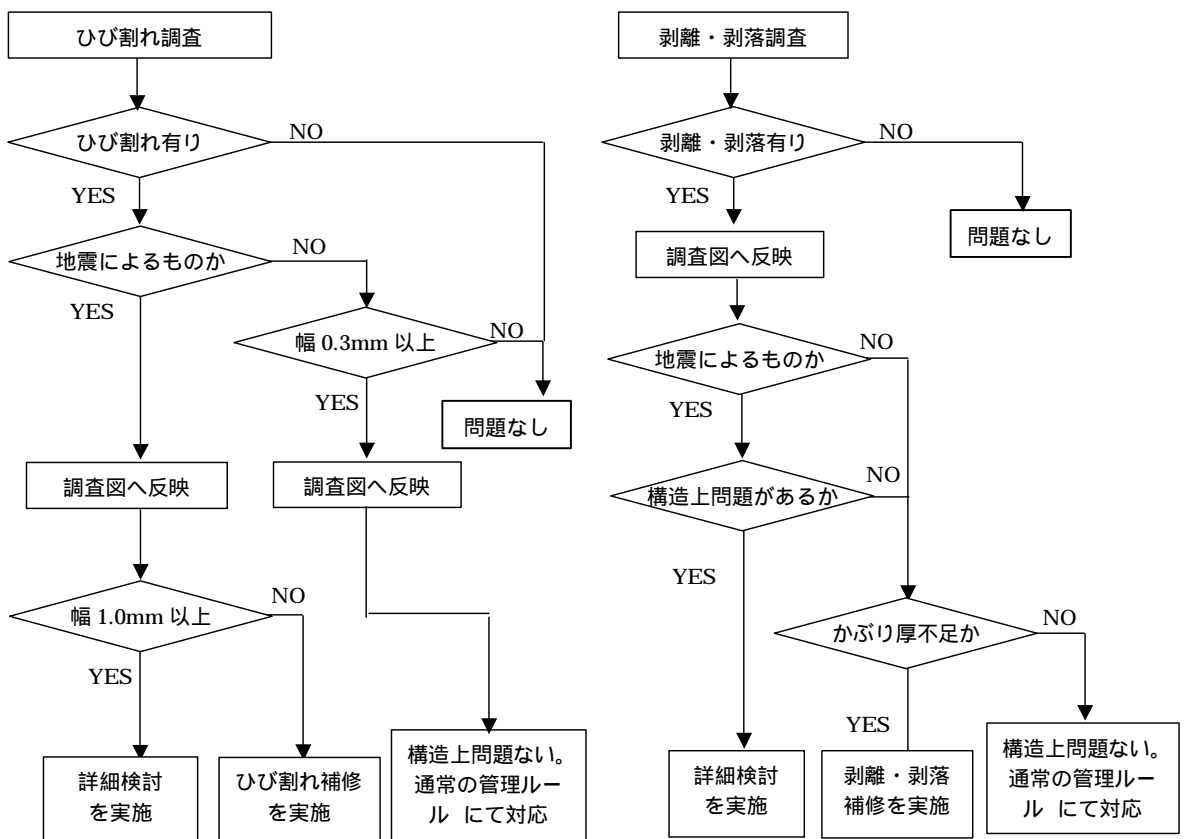
4.1. 点検方法の策定

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-4.1.1 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（設計時においては構造上考慮していなかった壁）を対象に点検を実施した。



発電所建物ひび管理・補修要領などの社内マニュアル

図-4.1.1 鉄筋コンクリート構造（タービン建屋）の点検の流れ

4.1.2. 遮へい性能における点検方法

建物・構築物の遮へい性能への地震の影響については、耐震性能の鉄筋コンクリート構造と同様の点検を実施した。点検の流れについても耐震性能の鉄筋コンクリート構造と同様である。

なお、タービン建屋の遮へい壁を対象に点検を実施した。

4.1.3. 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-4.1.2 に示す。

なお、タービン建屋の堰その他の設備を対象に点検を実施した。

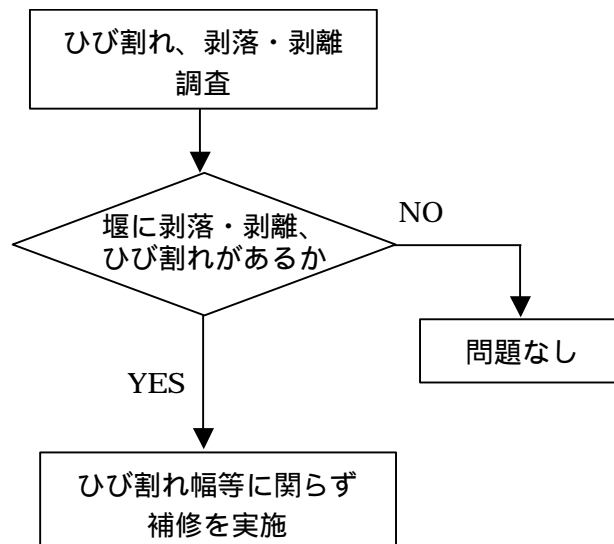


図-4.1.2 耐漏えい性能（堰その他の設備）の点検の流れ

4.2. 点検結果

「柏崎刈羽原子力発電所7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。

4.2.1. 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-4.2.1に示す。また、ひび割れ状況図を添付資料2に示す。点検の結果、耐震壁においては、ひび割れの発生はわずかに確認されたが剥離・剥落は生じておらず、ひび割れ幅についても全て評価基準値以下であ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（設計時においては構造上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-4.2.2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・剥落は生じていないことが確認された。

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も、地震による影響がないことが確認された。

表-4.2.1 7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	T1 - TA ~ B	1,400	0.25	1.3	1.0
	T1 - TA ~ B	1,400	0.25	1.5	
	T1 - TB ~ C	1,400	0.1	0.8	
	T1 - TC ~ D	1,400	0.1	1.3	
	T1 - TC ~ D	1,400	0.2	1.1	
	T1 - TC ~ D	1,400	0.2	0.8	
	T1 ~ 2 - TA	1,400	0.2	2.7	
	T2 - TD ~ E	800	0.2	0.5	
	T2 - TD ~ E	800	0.2	1.1	
	T2 - TE ~ F	1,100	0.1	1.8	
	T3 - TD ~ E	800	0.15	3.0	
	T3 - TE ~ F	1,000	0.1	0.8	
	T3 - TF ~ G	700	0.2	2.3	
	T4 ~ 5 - TD	1,400	0.3	1.5	
	T5 - TB ~ C	1,000	0.3	0.6	
	T5 ~ 6 - TJ	800	0.1	1.8	
	T5 ~ 6 - TJ	800	0.1	1.0	
	T5 ~ 6 - TJ	800	0.1	2.1	
	T7 ~ 8 - TG ~ H	1,200	0.15	1.5	
	T7 ~ 8 - TG ~ H	1,200	0.3	0.5	
MB 2F	T2 - TA ~ B	800	0.1	1.0	
	T2 - TA ~ B	800	0.25	2.0	
	T2 - TD ~ E	800	0.1	0.6	
	T2 - TD ~ E	800	0.1	0.3	
	T2 - TD ~ E	800	0.1	1.0	
	T2 - TD ~ E	800	0.1	0.5	
	T2 - TD ~ E	800	0.1	0.8	
	T4 - TH ~ J	1,000	0.1	0.9	
	T4 - TH ~ J	1,000	0.1	2.0	
	T4 ~ 5 - TJ	700	0.2	1.8	
	T5 - TH ~ J	1,000	0.25	1.2	
	T5 - TH ~ J	1,000	0.1	0.4	
	T5 - TH ~ J	1,000	0.1	0.6	
	T5 ~ 6 - TJ	800	0.15	2.5	

■ : 機能維持範囲を示す

表-4.2.1 7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)
MB 2F	T5~6-TJ	800	0.2	2.5	1.0
	T7~8-TJ	500	0.1	1.7	
	T8-TH~J	800	0.1	1.0	
	T8-TH~J	800	0.1	0.5	
	T8-TH~J	800	0.1	0.3	
	T8-TH~J	800	0.2	1.3	
	T8~9-TG	800	0.3	1.2	
	T8~9-TG	800	0.3	1.8	
B1F	T1-TD~E	950	0.1	1.2	
	T1-TD~E	950	0.1	1.3	
	T1-TF~G	950	0.1	0.9	
	T1-TF~G	950	0.1	0.9	
	T1-TG~H	950	0.1	1.0	
	T1-TG~H	950	0.1	0.6	
	T2-TA~B	400	0.1	0.8	
	T2-TA~B	400	0.2	1.9	
	T2-TA~B	400	0.2	1.0	
	T2-TA~B	400	0.2	1.6	
	T2-TA~B	400	0.1	0.8	
	T2-TA~B	400	0.2	1.0	
	T2-TA~B	400	0.15	1.4	
	T3-TA~B	400	0.2	3.7	
	T3~4-TG	1,200	0.1	3.0	
	T4-TB~C	1,000	0.2	3.0	
	T4-TB~C	1,000	0.15	1.3	
	T4-TB~C	1,000	0.35	2.2	
	T4~5-TH	1,000	0.2	4.0	
	T7-TD~E	1,000	0.35	1.4	
1F	T1-TF~G	800	0.1	0.8	
	T1-TF~G	800	0.15	2.0	
	T2-TC~D	600	0.65	1.7	
	T2-TE~F	400	0.1	1.2	
	T2-TE~F	400	0.1	1.8	
	T2-TE~F	400	0.2	0.9	

■ : 機能維持範囲を示す

表-4.2.1 7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)
1F	T2 - TE ~ F	400	0.15	0.7	1.0
	T2 ~ 3 - TK	800	0.1	0.1	
	T2 ~ 3 - TK	800	0.1	1.2	
	T3 - TD ~ E	1,600	0.3	0.6	
	T3 - TD ~ E	1,600	0.2	2.0	
	T3 ~ 4 - TJ	500	0.1	1.5	
	T3 ~ 4 - TJ	500	0.1	1.2	
	T3 ~ 4 - TJ	500	0.2	1.2	
	T3 ~ 4 - TK	800	0.1	1.4	
	T4 - TG ~ H	1,500	0.1	2.0	
	T4 - TG ~ H	1,500	0.1	1.3	
	T4 ~ 5 - TK	800	0.1	1.5	
	T6 ~ 7 - TK	800	0.1	1.4	
	T7 ~ 8 - TA	400	0.2	1.7	
	T7 ~ 8 - TD	1,400	0.1	1.1	
	T7 ~ 8 - TD	1,400	0.1	0.4	
	T7 ~ 8 - TD	1,400	0.1	0.4	
	T7 ~ 8 - TD	1,400	0.1	1.2	
	T7 ~ 8 - TD	1,400	0.1	2.0	
	T7 ~ 8 - TD	1,400	0.1	0.9	
T7 ~ 8 - TD	1,400	0.1	1.4		
T8 - TG ~ H	800	0.1	1.5		
T9 - TC ~ D	600	0.3	2.5		
2F	T1 - TE ~ F	400	0.1	3.5	
	T1 - TE ~ F	400	0.1	1.7	
	T1 ~ 2 - TK	400	0.1	0.9	
	T1 ~ 2 - TK	400	0.1	0.7	
	T1 ~ 2 - TK	400	0.1	1.8	
	T3 ~ 4 - TK	1,000	0.1	2.0	
	T4 ~ 5 - TE	900	0.1	1.6	
	T4 ~ 5 - TK	1,000	0.3	2.8	
	T5 ~ 6 - TE	900	0.3	1.1	
	T5 ~ 6 - TE	900	0.1	1.6	
	T5 ~ 6 - TE	900	0.1	1.0	
	T5 ~ 6 - TE	900	0.15	1.2	

■ : 機能維持範囲を示す

表-4.2.1 7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)
2F	T6 ~ 7 - TE	900	0.1	2.0	1.0
	T6 ~ 7 - TE	900	0.1	0.9	
	T6 ~ 7 - TE	900	0.1	0.8	
	T6 ~ 7 - TK	1,200	0.15	1.4	
	T6 ~ 7 - TK	1,200	0.1	0.9	
	T7 ~ 8 - TJ	1,000	0.1	0.8	
	T7 ~ 8 - TJ	1,000	0.1	0.5	
	T7 ~ 8 - TJ	1,000	0.1	0.1	
	T7 ~ 8 - TK	1,200	0.1	0.6	
	T7 ~ 8 - TK	1,200	0.1	1.1	
	T7 ~ 8 - TK	1,200	0.2	3.3	
	T8 - TJ ~ K	1,000	0.1	1.9	
	T8 - TJ ~ K	1,000	0.1	1.0	
	T8 ~ 9 - TD	400	0.15	1.3	
	T8 ~ 9 - TD	400	0.15	1.3	
	T8 ~ 9 - TD	400	0.1	1.1	
	T8 ~ 9 - TD	400	0.1	0.8	
	T8 ~ 9 - TD	400	0.15	1.5	
	T8 ~ 9 - TD	400	0.1	1.1	
	T8 ~ 9 - TH	400	0.1	1.3	
T8 ~ 9 - TH	400	0.1	1.0		

■ : 機能維持範囲を示す

表-4.2.2 7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	T5 ~ 6 - TH ~ J	400	0.25	2.0	7	1.0
MB2F	T7 ~ 8 - TH ~ J	300	0.1	3.5	4	
B1F	T7 ~ 8 - TB ~ C	300	0.45	2.4	3	

「各階における最大ひび割れ幅を記載」

(2) 遮へい性能

a) 遮へい壁

遮へい壁において、点検により確認された今回の地震によって生じたと考えられるひび割れを表-4.2.3に示す。ここでは、各壁厚の遮へい壁における最大ひび割れ幅を整理した。

点検の結果、遮へい壁においては、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全て評価基準値以下であることが確認された。

表-4.2.3 7号機 タービン建屋 遮へい壁のひび割れ状況

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	T1 ~ 2 - TE	300	0.15	1.5	1.0
	T5 ~ 6 - TH ~ J	400	0.25	2.0	
	T2 - TE ~ F	1,100	0.1	1.8	
	T7 ~ 8 - TG ~ H	1,200	0.3	0.5	
	T4 ~ 5 - TD	1,400	0.3	1.5	
MB2F	T8 ~ 9 - TG	800	0.3	1.8	
B1F	T7 - TD ~ E	1,000	0.35	1.4	
1F	T3 ~ 4 - TJ	500	0.2	1.2	
	T2 - TC ~ D	600	0.65	1.7	
	T4 - TG ~ H	1,500	0.1	2.0	
	T3 - TD ~ E	1,600	0.3	0.6	
2F	T5 ~ 6 - TE	900	0.3	1.1	

「各壁厚における最大ひび割れ幅を記載」

(3) 耐漏えい機能

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今回の地震によって生じたと考えられるひび割れを表-4.2.4 に示す。

点検結果、堰においては、ひび割れが確認されたが、いずれも軽微なものであることが確認された。また、剥離・剥落が生じていないことが確認された。

なお、堰において確認されたひび割れについては幅に関らず全て補修する。

表-4.2.4 7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 - TE ~ G	壁	0.1	0.2	1
	T1 ~ 2 - TF ~ H	床	0.1	14.1(8.7) ¹	1
	T2 ~ 3 - TF ~ G	床	0.1	3.5	1
	T2 ~ 3 - TH ~ J	床	0.1	1.0	1
	T2 ~ 3 - TH ~ J	床	0.1	2.0	1
	T2 ~ 3 - TH ~ J	床	0.1	0.5	1
	T2 ~ 3 - TJ ~ K	床	0.1	3.1(1.2) ¹	1
	T2 ~ 4 - TK	壁	0.1	0.2	7
	T3 ~ 4 - TD ~ E	床	0.1	4.4	1
	T3 ~ 4 - TD ~ E	床	0.1	0.7	2
	T3 ~ 4 - TE ~ F	床	0.1	0.6	1
	T3 ~ 4 - TE ~ F	床	0.1	2.3	1
	T3 ~ 4 - TE ~ F	床	0.2	1.5	1
	T3 ~ 4 - TF ~ G	床	0.1	0.5	1
	T3 ~ 4 - TG ~ H	床	0.1	2.0 × 2.1 ²	-
	T3 ~ 4 - TJ ~ K	床	0.1	2.4(0.7) ¹	1
	T4 - TJ ~ K	床	0.1	1.5(0.4) ¹	1
	T4 ~ 5 - TE ~ F	床	0.1	0.5	1
	T4 ~ 5 - TF ~ G	床	0.1	1.5	1
	T4 ~ 5 - TG ~ H	床	0.1	0.3	3
T4 ~ 5 - TG ~ H	床	0.1	0.3	2	

「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-4.2.4 7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 - TH~J	壁	0.1	0.7	1
	T5~6 - TD~E	床	0.1	0.5	1
	T5~6 - TD~E	床	0.1	0.3	1
	T5~6 - TE~F	床	0.1	0.8	1
	T5~6 - TE~F	床	0.1	0.8	1
	T5~6 - TF~G	床	0.1	0.6	1
	T5~6 - TG~H	床	0.1	1.1	2
	T5~6 - TG~H	床	0.1	1.0	1
	T5~6 - TG~H	床	0.1	0.9	1
	T5~6 - TG~H	床	0.1	0.4	1
	T5~6 - TG~H	床	0.1	0.5	1
	T5~6 - TG~H	床	0.1	0.4	1
	T5~6 - TG~H	床	0.1	0.3	1
	T5~6 - TG~H	床	0.1	0.5	1
	T5~6 - TJ~K	床	0.1	4.0(2.7) ¹	1
	T5~6 - TK	壁	0.1	0.2	1
	T5~6 - TK	壁	0.1	0.2	1
	T5~6 - TK	壁	0.1	0.2	1
	T5~7 - TK	壁	0.1	0.2	4
	T6 - TG~H	床	0.1	1.2	1
	T6~7 - TD~E	床	0.1	0.6	1
	T6~7 - TD~E	床	0.1	0.5	2
	T6~7 - TD~E	床	0.1	0.5	1
	T6~7 - TE~F	床	0.1	1.5	1
	T6~7 - TE~F	床	0.1	0.5	1
	T6~7 - TE~F	床	0.1	0.5	1
	T6~7 - TE~F	床	0.1	0.3	1
	T6~7 - TE~G	床	0.1	0.6	3
	T6~7 - TF~G	床	0.1	0.3	3
	T6~7 - TF~G	床	0.1	2.0	1
	T6~7 - TF~G	床	0.1	0.4	1
	T6~7 - TG~H	床	0.1	0.5(0.4) ¹	4
	T6~7 - TG~H	床	0.1	0.9	1
	T6~7 - TG~H	床	0.1	0.3	1
T6~7 - TJ~K	床	0.1	0.5	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-4.2.4 7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	T7 - TH ~ J	床	0.4	1.0	1
	T7 ~ 8 - TG ~ J	床	0.1	0.7	5
	T7 ~ 8 - TH ~ J	床	0.1	2.1	2
	T7 ~ 8 - TJ ~ K	床	0.1	3.7	1
	T7 ~ 8 - TJ ~ K	床	0.1	1.6	1
	T7 ~ 8 - TJ ~ K	床	0.1	2.4	1
	T7 ~ 8 - TK	壁	0.1	0.2	2
	T7 ~ 8 - TK	壁	0.1	0.2	1
	T8 ~ 9 - TD	壁	0.1	3.2(2.0) ×0.2 ^{1, 2}	-
	T8 ~ 9 - TK	壁	0.1	0.2	6
	T8 ~ 9 - TK	壁	0.1	0.2	2
	T9 - TE ~ H	壁	0.1	0.2	6

「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

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、タービン建屋の基礎上観測記録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度に対して、設計配筋量によって負担できる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評価を行うこととする。

なお、この段階で裕度が比較的小さい場合には、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-5.1.1 に示す。

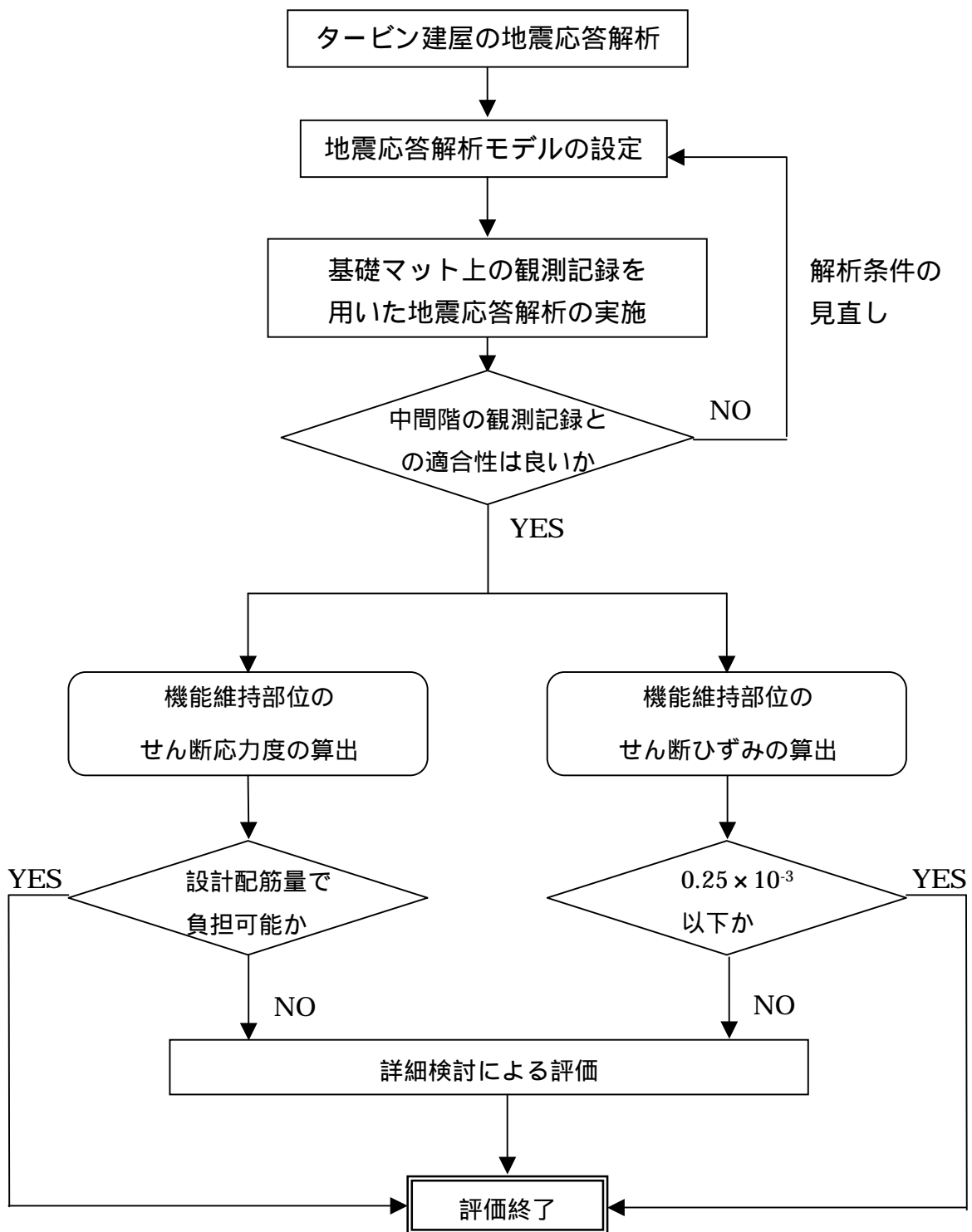


図-5.1.1 タービン建屋の地震応答解析の評価手順

5.2. タービン建屋における観測記録

7号機のタービン建屋においては、図-5.2.1 に示すように新潟県中越沖地震本震の際に基礎版上、2階で新設地震計により加速度時刻歴波形を取得している。7号機タービン建屋で取得された加速度時刻歴波形および観測記録に基づく床応答スペクトルを図-5.2.2～図-5.2.5 に示す。

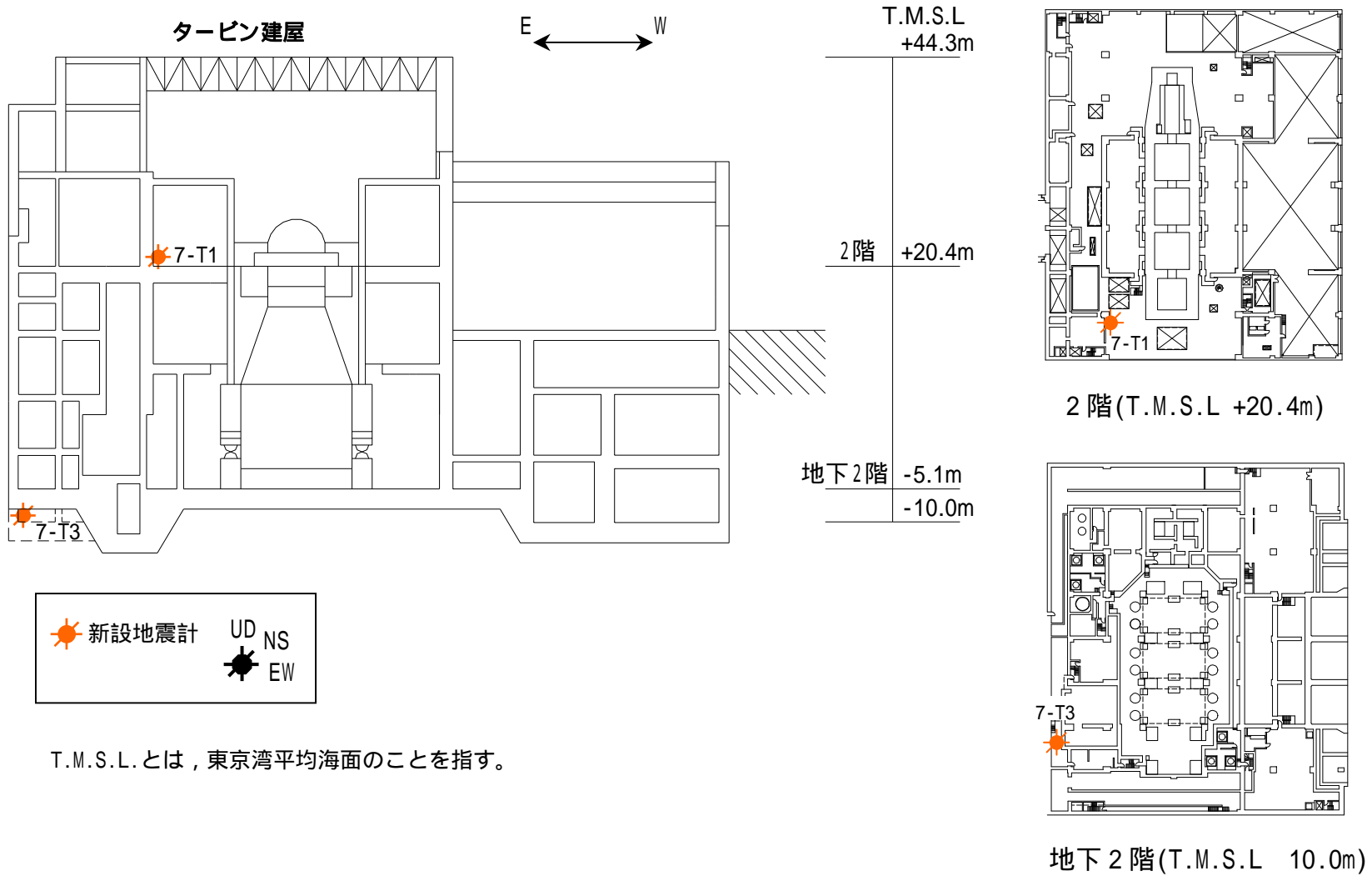
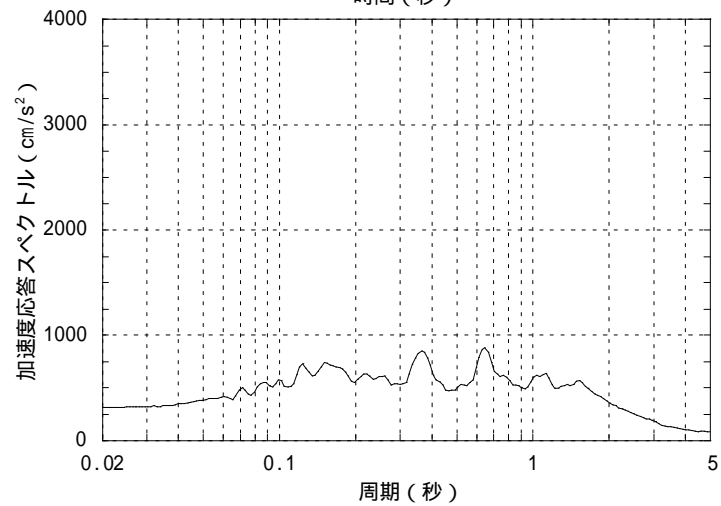
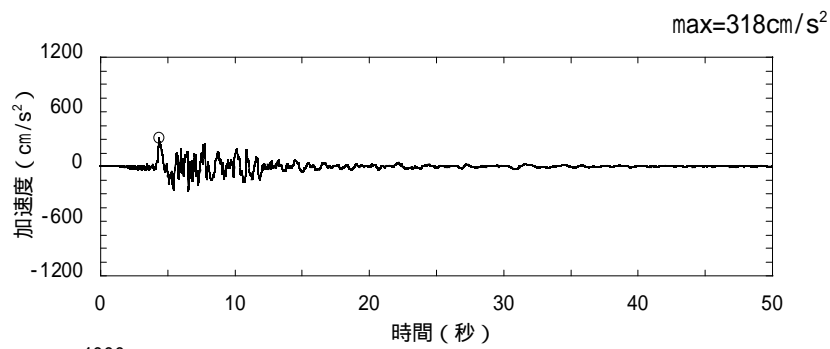
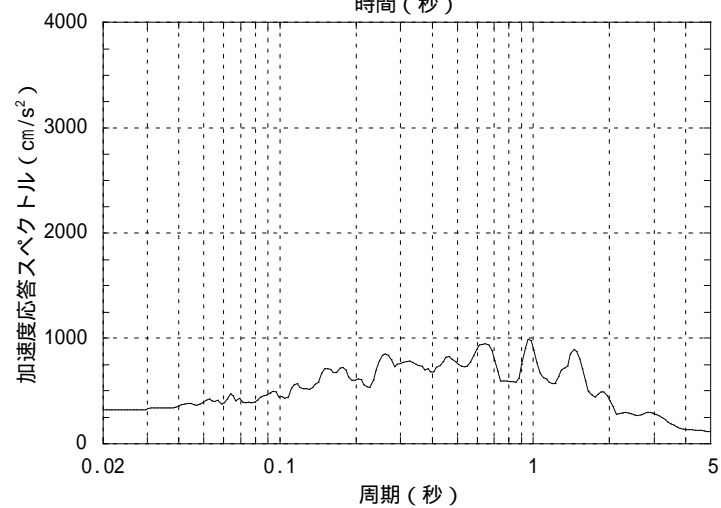
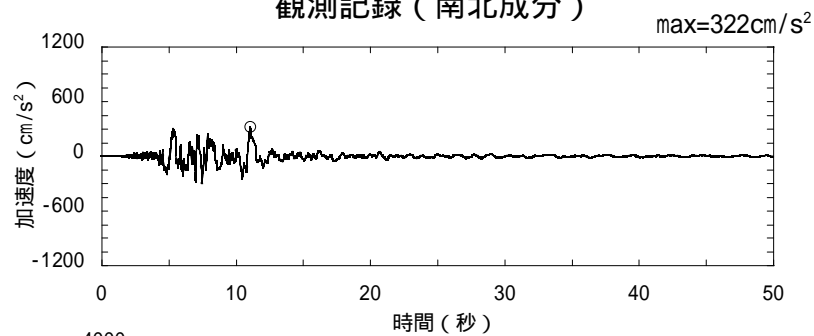


図-5.2.1 7号機タービン建屋地震計配置断面図および平面図

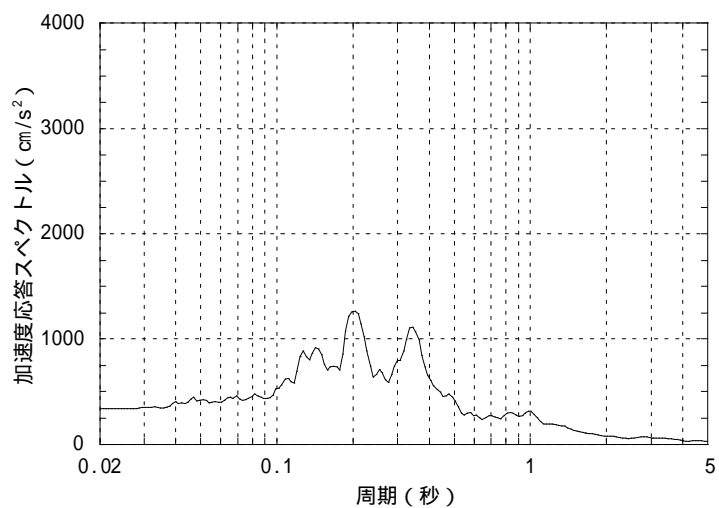
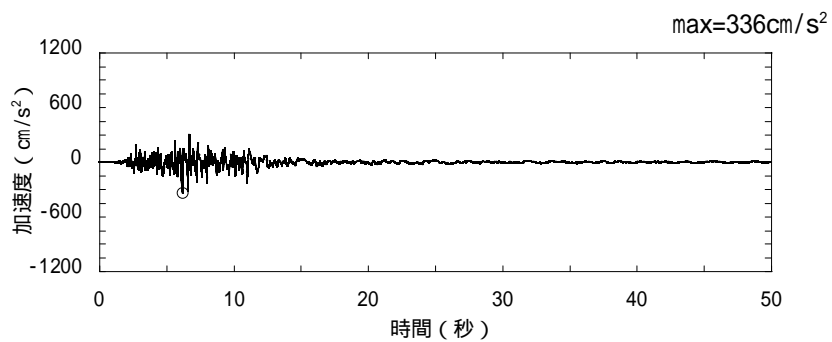


観測記録 (南北成分)



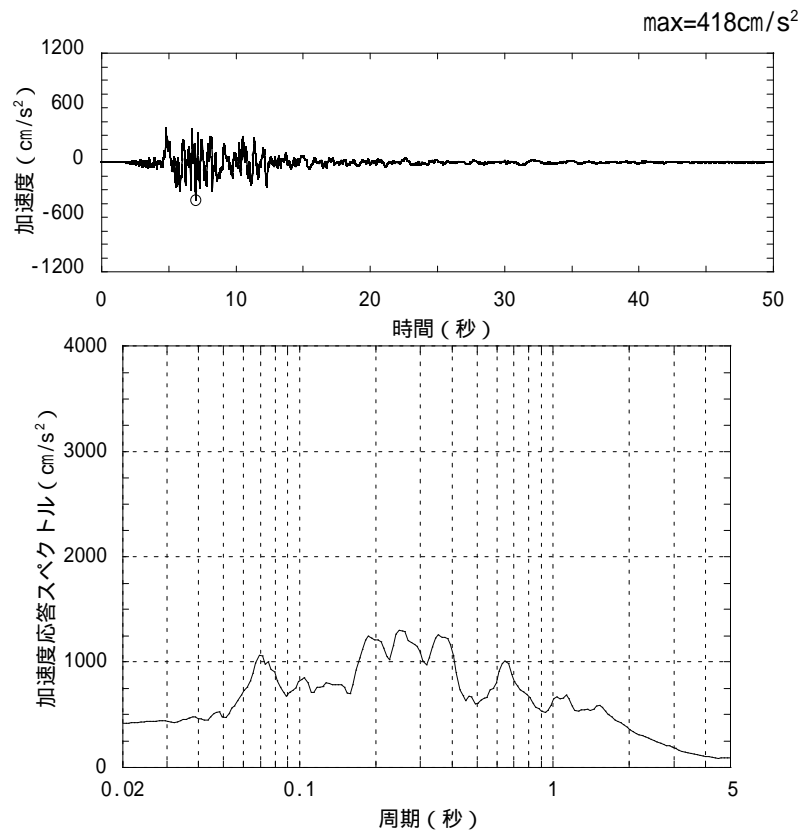
観測記録 (東西成分)

図-5.2.2 7号機タービン建屋地下2階（基礎版上：7-T3観測点）の
 加速度時刻歴波形、加速度応答スペクトル（水平方向）

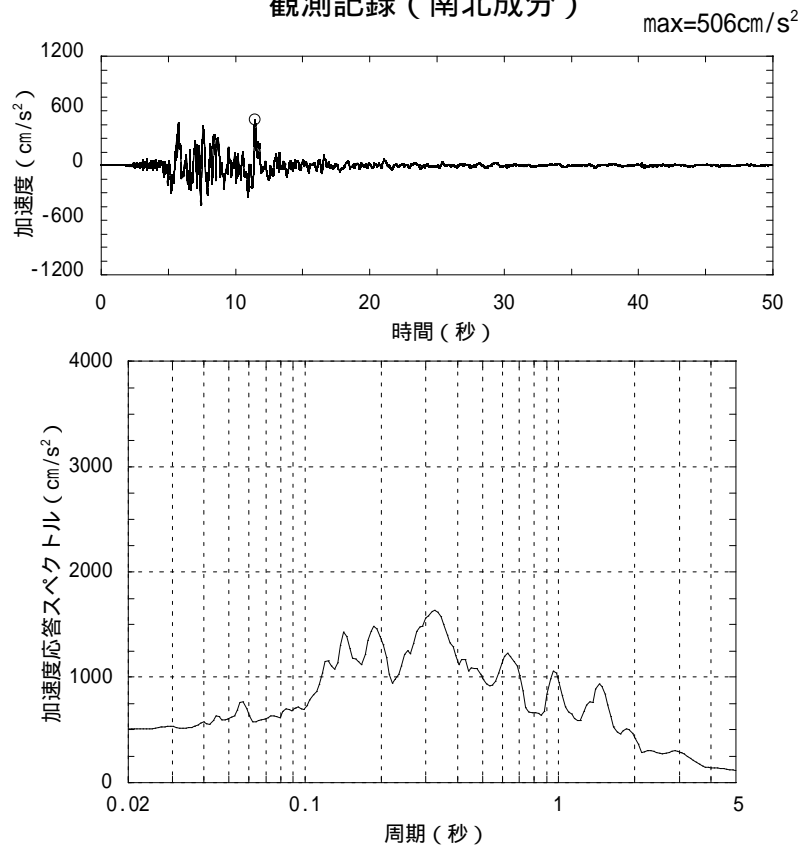


観測記録 (鉛直成分)

図-5.2.3 7号機タービン建屋地下2階 (基礎版上: 7-T3 観測点) の
 加速度時刻歴波形、加速度応答スペクトル (鉛直方向)

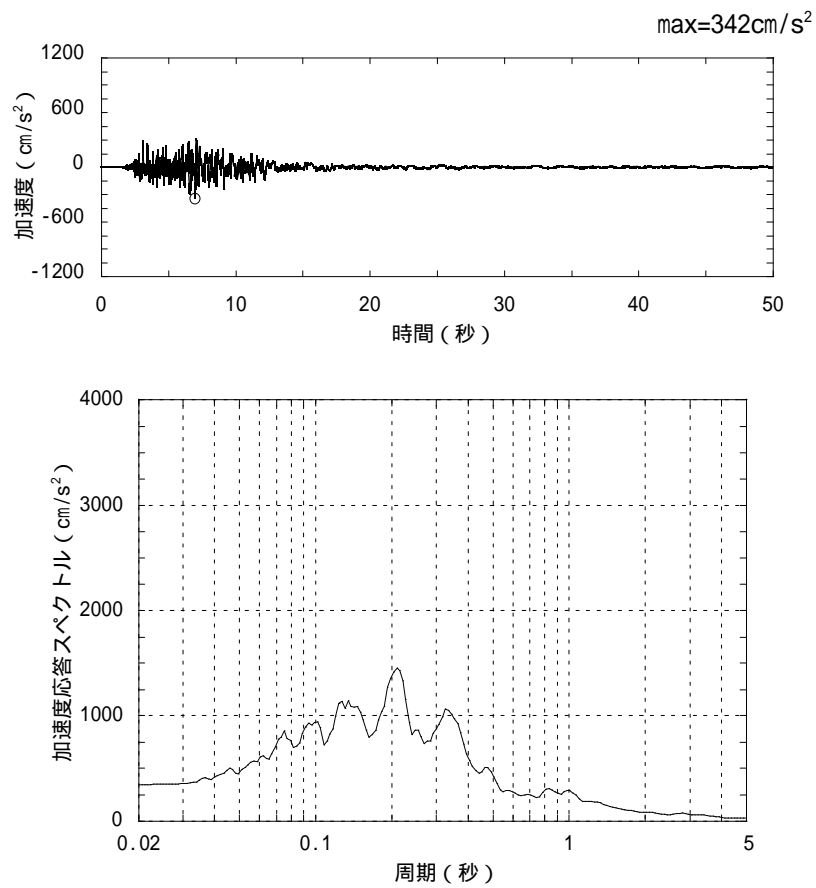


観測記録（南北成分）



観測記録（東西成分）

図-5.2.4 7号機タービン建屋2階（7-T1観測点）の
加速度時刻歴波形、加速度応答スペクトル（水平方向）



観測記録（鉛直成分）

図-5.2.5 7号機タービン建屋2階（7-T1観測点）の
加速度時刻歴波形、加速度応答スペクトル（鉛直方向）

5.3. 地震応答解析

本地震に対するタービン建屋の地震応答解析は、地震時に観測した基礎版上における水平方向及び鉛直方向の地震観測記録を用いた動的解析による。

建屋各部位の応答は、タービン建屋の基礎版上での観測記録波（図-5.2.2～図-5.2.3）から基礎底面位置における地盤の応答波を求め、これを振動モデルに入力して算定する。

解析結果と観測記録の整合性は、タービン建屋中間階における観測記録との比較によって評価する。

本検討では、7号機原子炉建屋の地震応答解析方針と同様に、次の5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。

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、建物と地盤の相互作用を反映するために側面ばねとして Novak の水平ばねを考慮していたが、Novak の回転ばねも新たに考慮することとする。

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、「JEAG 4601-1991」に示された手法に従うこととする。

5.3.1. 水平方向の地震応答解析モデル

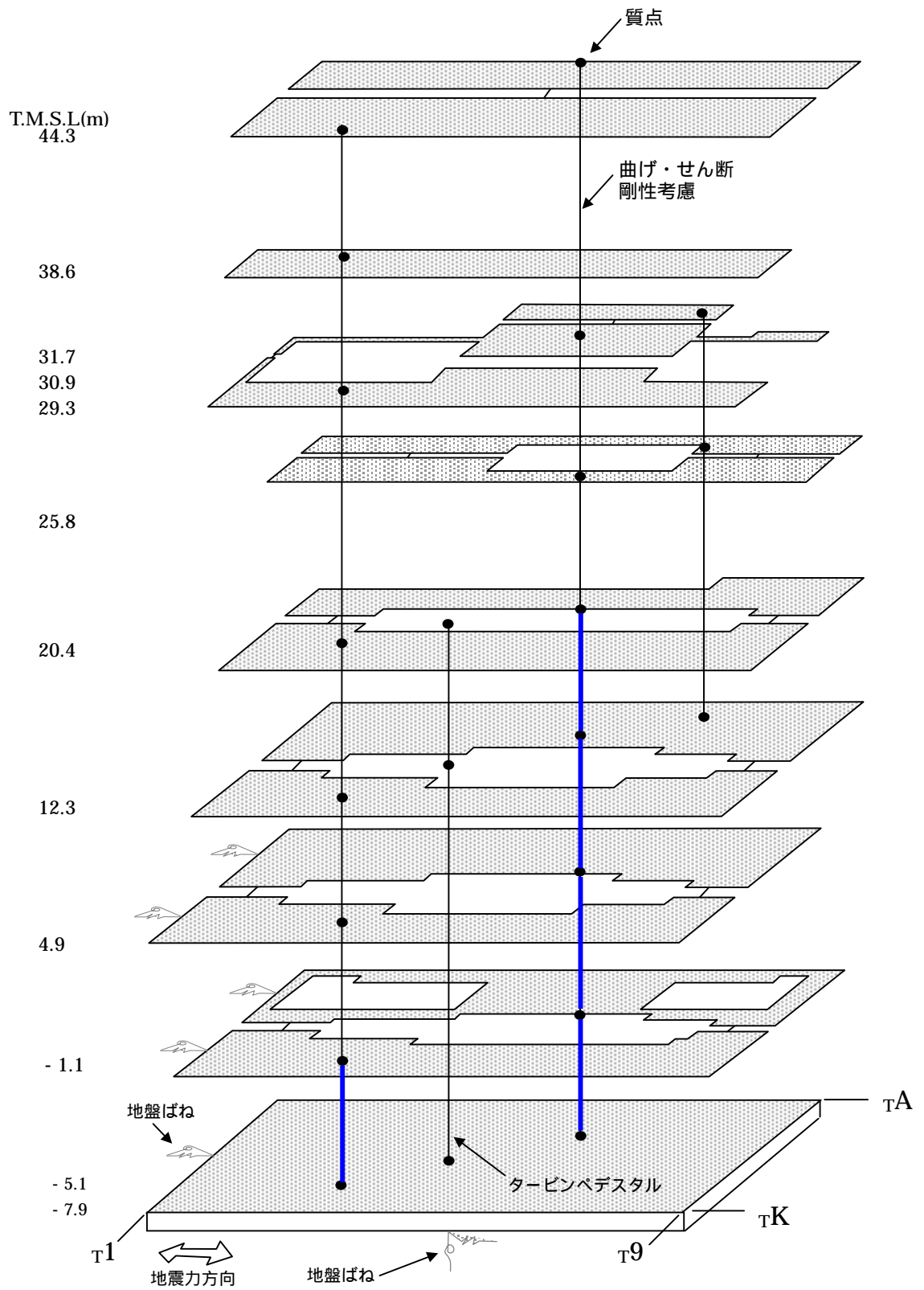
地震時に観測した基礎版上における水平方向の地震観測記録を用いた動的解析は、設計時に用いた解析モデルを基本としている。

水平方向の地震応答解析モデルは、図-5.3.1～図-5.3.2 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-5.3.1 に示す。

地盤は、水平成層地盤と仮定し、地震時のせん断ひずみ度レベルを考慮して地盤定数を定めた。解析に用いた地盤定数を表-5.3.2 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。また、埋め込み部分の建屋側面地盤ばねについては、建屋側面位置の地盤定数を用いて、水平および回転ばねを「JEAG 4601-1991」に示された手法を参考にして、Novak ばねに基づく近似法により評価する。

いずれのばねも振動数に依存した複素剛性として得られるが、図-5.3.3 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。



— : 機能維持範囲を含む

図-5.3.1 地震応答解析モデル(南北方向)

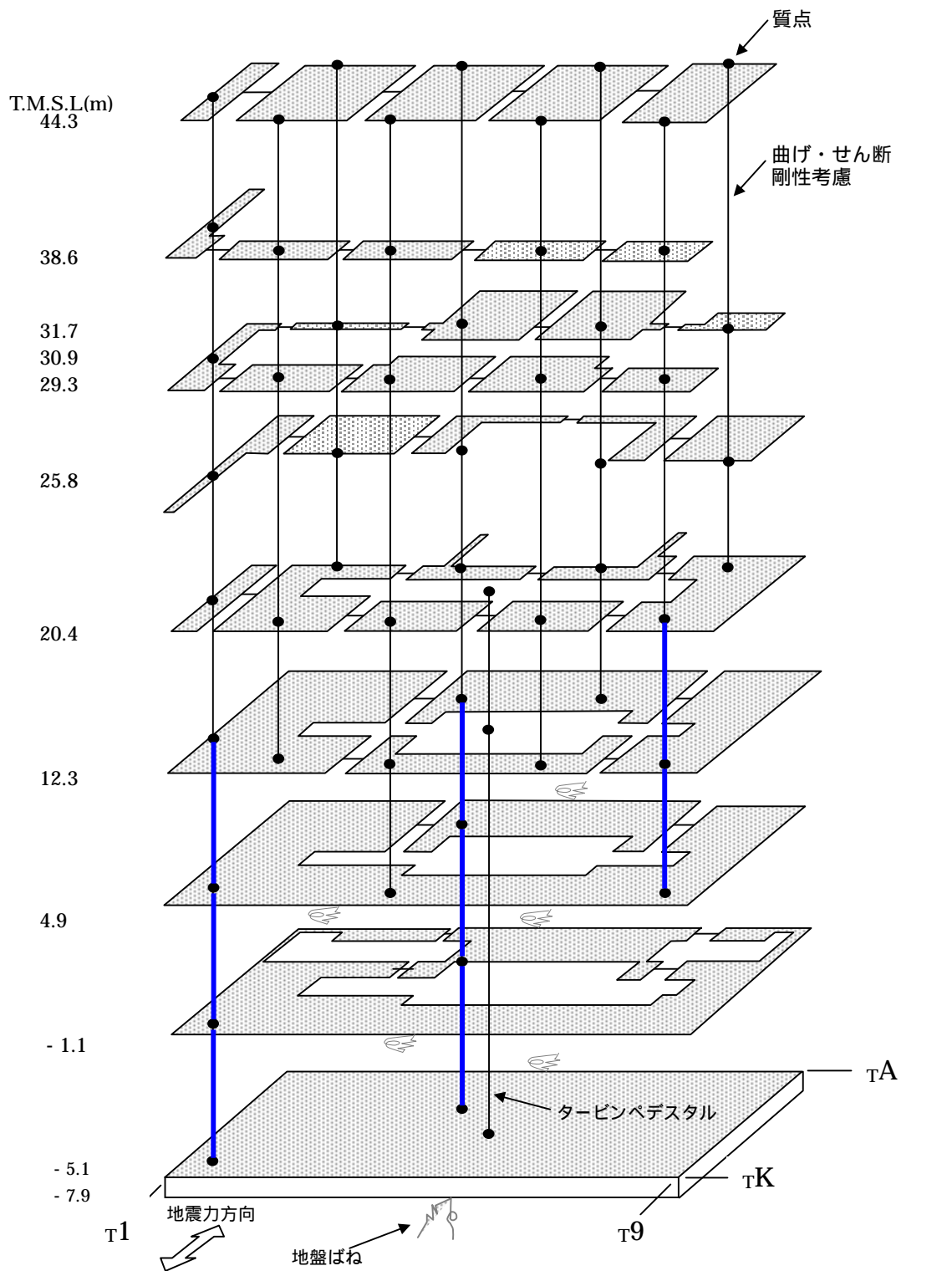


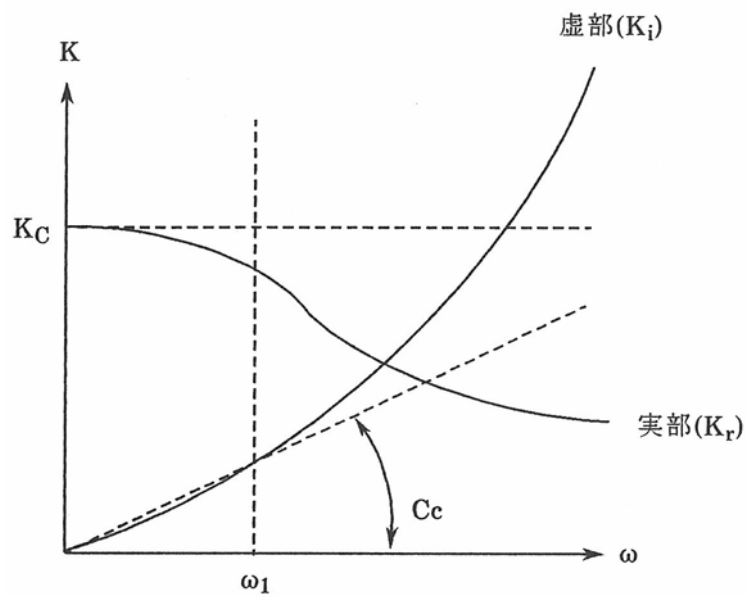
図-5.3.2 地震応答解析モデル（東西方向）

表-5.3.1 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	3.13×10^4	1.31×10^4	0.20	0.05
鉄 骨	2.05×10^5	7.90×10^4	0.30	0.02

表-5.3.2 地盤定数

標高 T.M.S.L (m)	地質	せん断波 速度 V_s (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 G_0 (kN/m ²)	剛性低下率 G/G_0	減衰定数 h (%)
+12.0	砂層	150	16.1	0.347	36,900	0.25	23
+8.0		200	16.1	0.308	65,700	0.25	23
+4.0	安田層	330	17.3	0.462	192,000	0.60	5
-6.0	西山層	490	17.0	0.451	416,000	0.90	3
-33.0		530	16.6	0.446	475,000	0.90	3
-90.0		590	17.3	0.432	614,000	0.90	3
-136.0		650	19.3	0.424	832,000	0.90	3
-155.0 解放基盤	西山層	720	19.9	0.416	1,050,000	1.00	-



ω_1 : 建屋-地盤連成系の
1次固有振動数

図-5.3.3 地盤ばねの近似

5.3.2. 鉛直方向の地震応答解析モデル

鉛直方向の地震観測記録を用いた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-5.3.4 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-5.3.3 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。

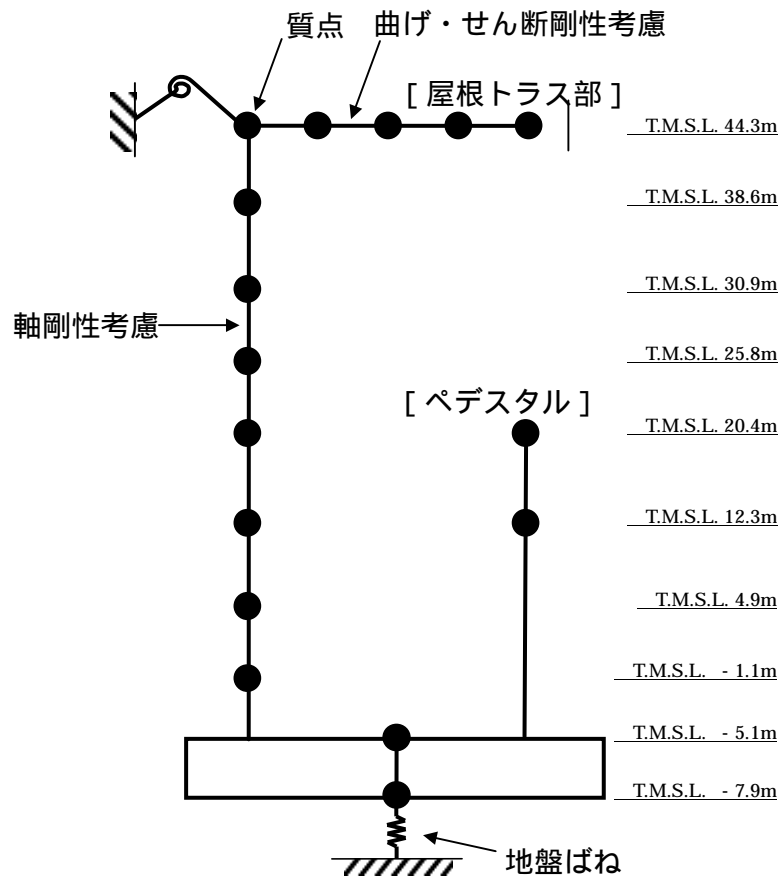


図-5.3.4 地震応答解析モデル（鉛直方向）

5.3.3. 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-5.3.5～図-5.3.7に示す。また、加速度応答波形および加速度応答スペクトルについて、観測記録と比較したものを図-5.3.8～図-5.3.10に示す。これより、南北方向および東西方向の中間階における観測結果と解析結果は、最大応答加速度、加速度応答波形、加速度応答スペクトル共に十分整合していることを確認した。また、鉛直方向については、加速度応答スペクトルの解析結果が一部の周期帯で大きめの評価となっているが、概ね観測結果と解析結果が整合していることを確認した。

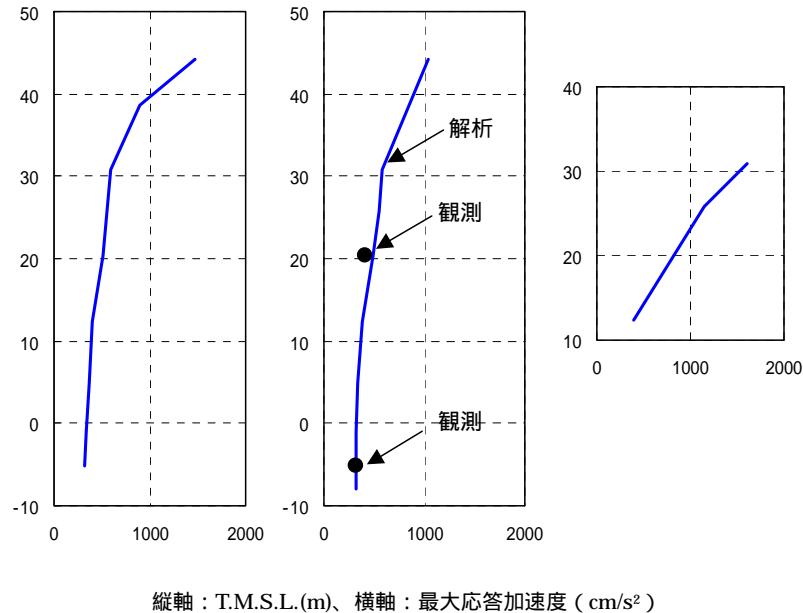
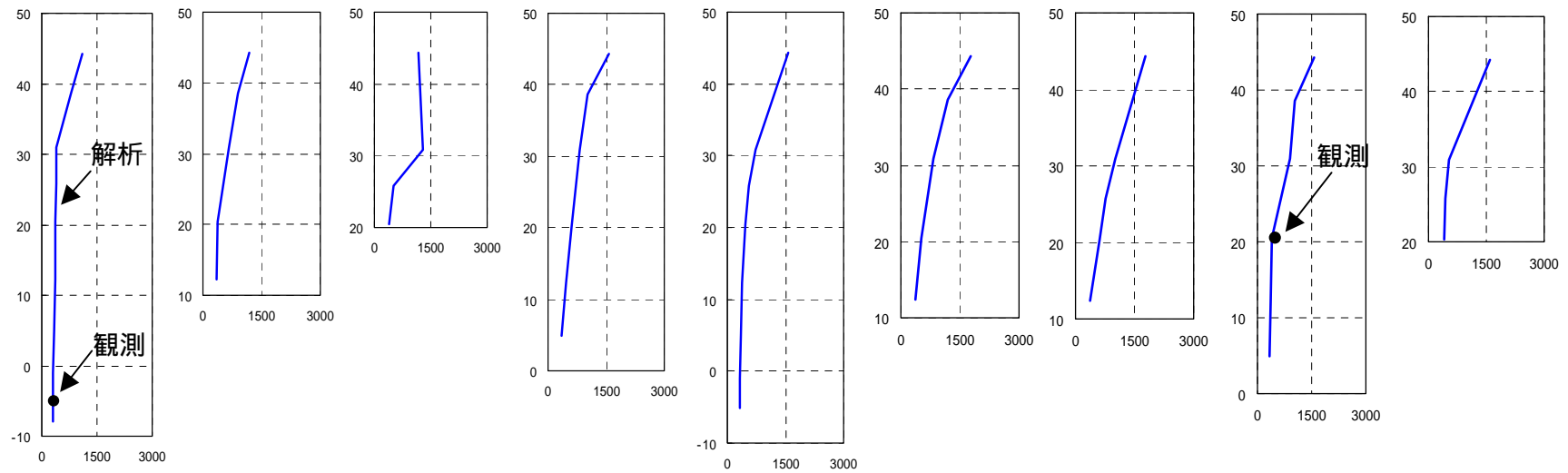


図-5.3.5 最大応答加速度 (南北方向)



縦軸：T.M.S.L.(m)、横軸：最大応答加速度 (cm/s²)

図-5.3.6 最大応答加速度 (東西方向)

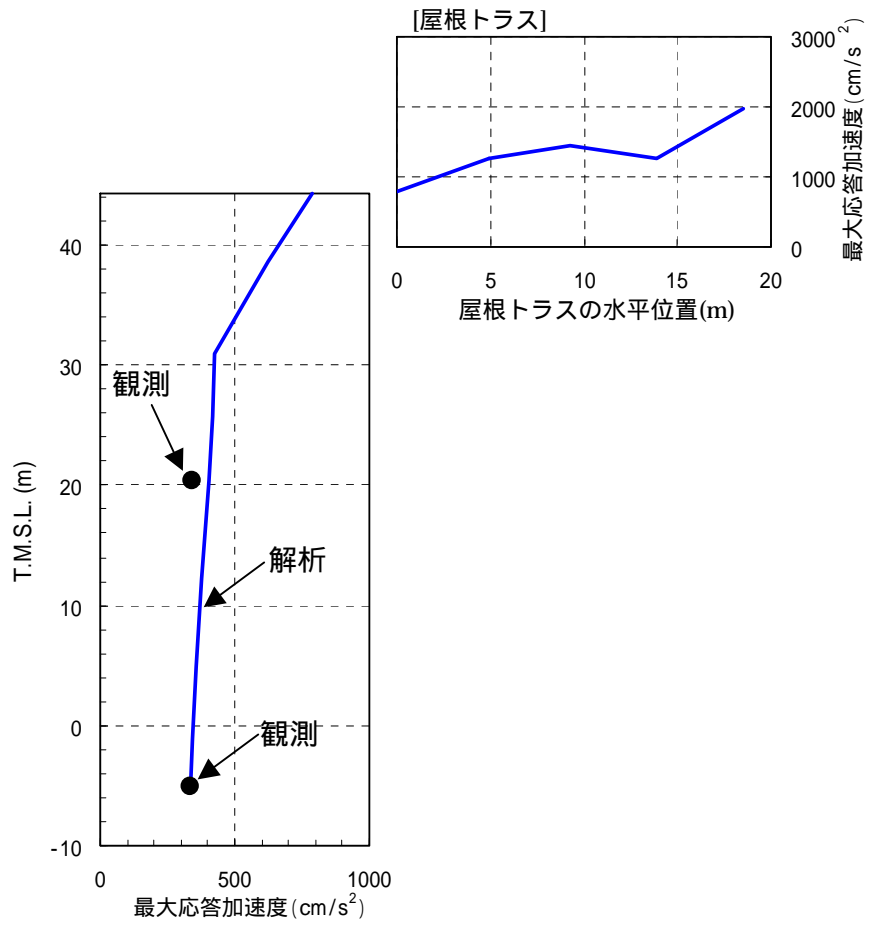


図-5.3.7 最大応答加速度（鉛直方向）

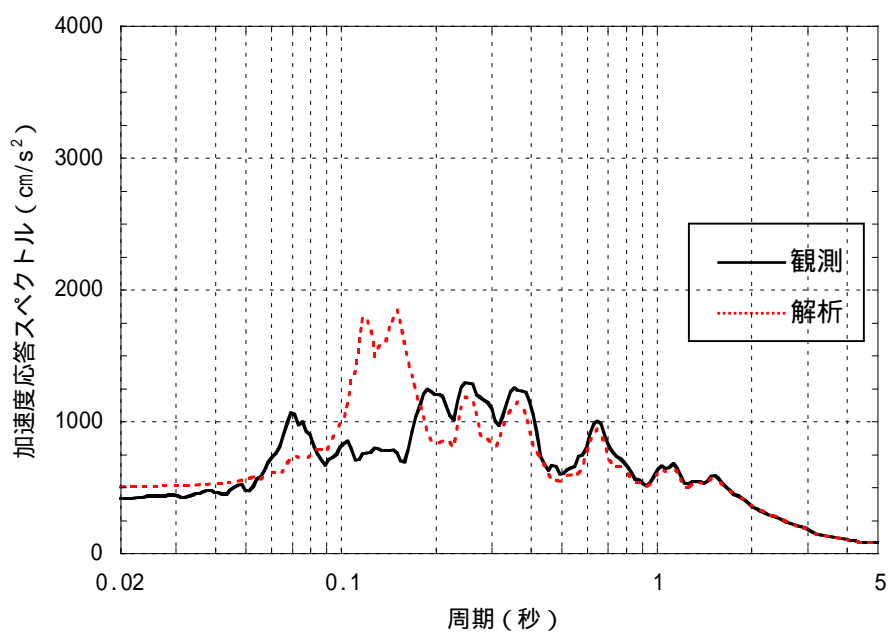
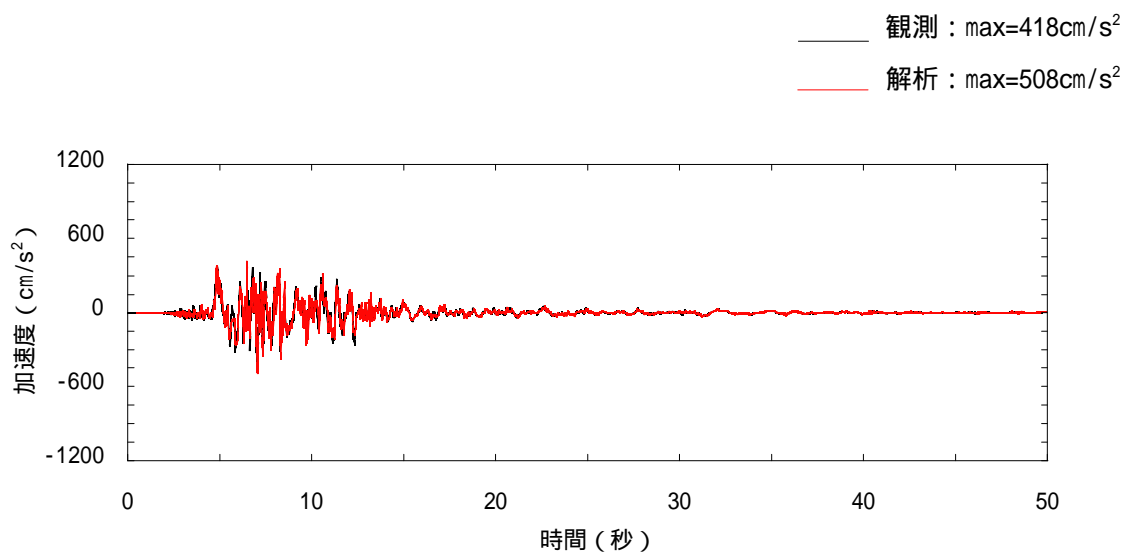


図-5.3.8 加速度応答波形および加速度応答スペクトルの比較
2階 (T.M.S.L. 20.4m) 南北方向

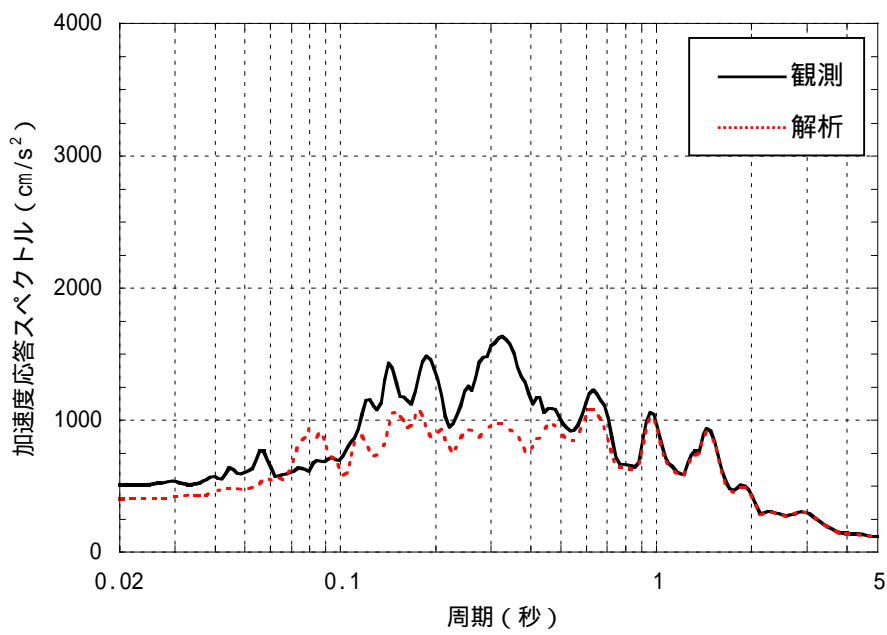
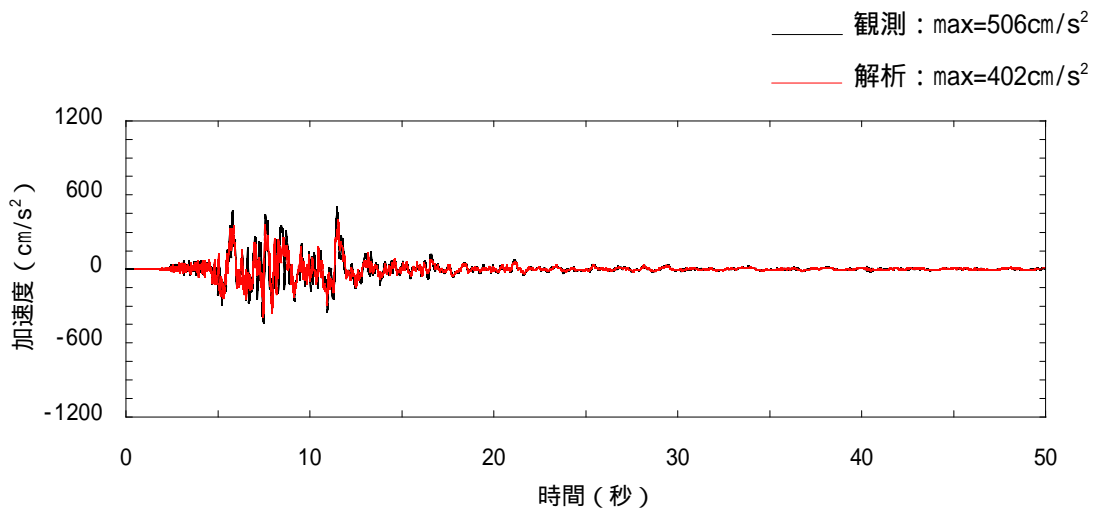


図-5.3.9 加速度応答波形および加速度応答スペクトルの比較
2階 (T.M.S.L. 20.4m) 東西方向

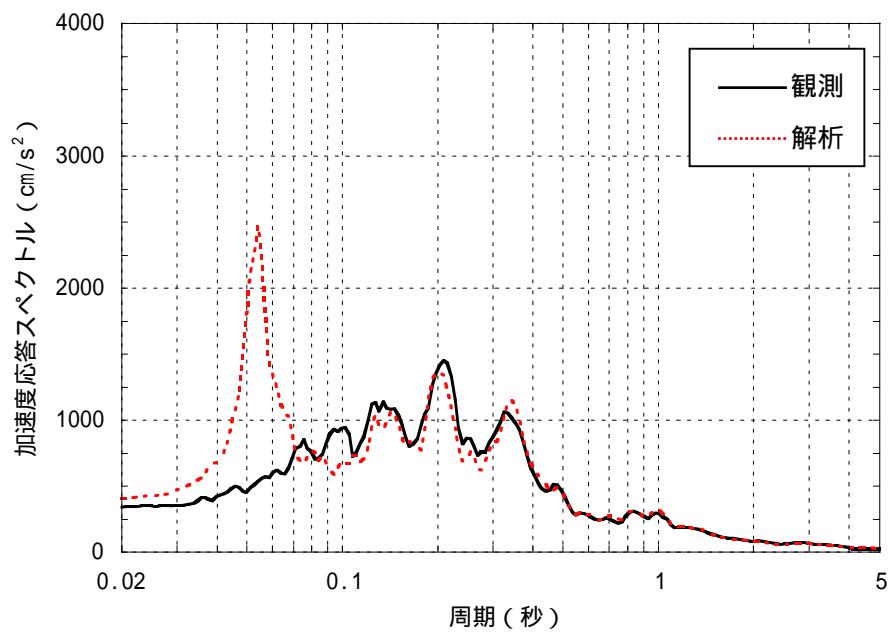
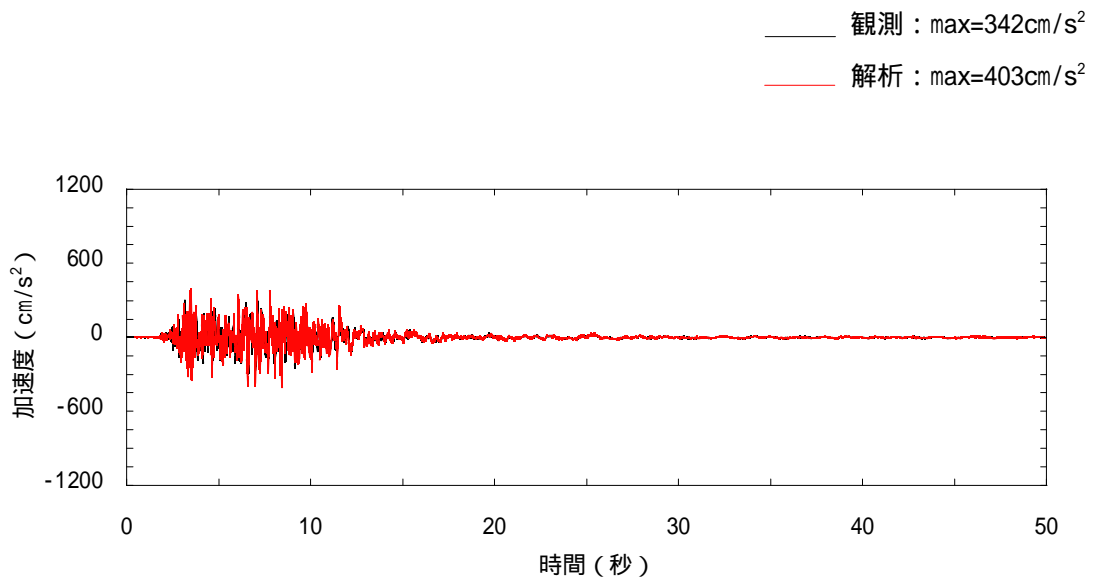


図-5.3.10 加速度応答波形および加速度応答スペクトルの比較
 2階 (T.M.S.L. 20.4m) 鉛直方向

5.4. 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度を、設計配筋量によって負担できるせん断応力度 ($p_w \cdot \sigma_y$) と併せて図-5.4.1 および図-5.4.2 に示す。これより、機能維持部位のせん断応力度は、設計配筋量によって負担できるせん断応力度に対して余裕がある状態にある。

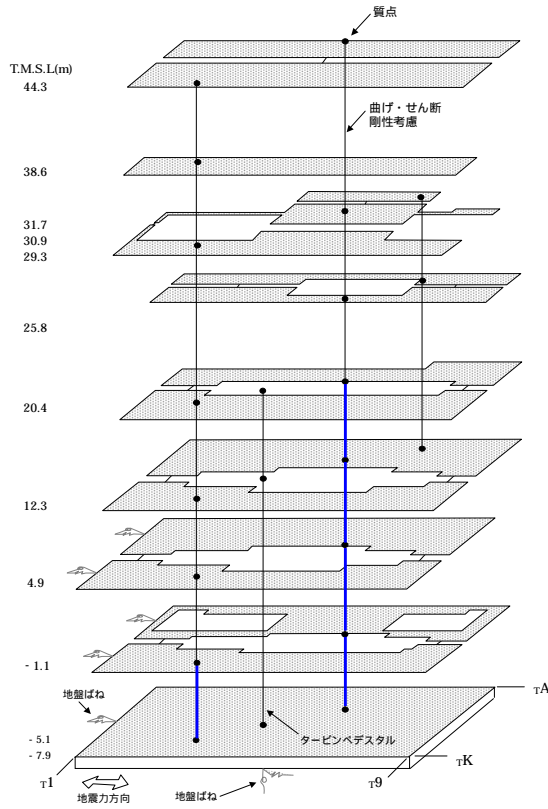
また、地震応答解析により得られた機能維持部位のせん断ひずみを、壁のひび割れが発生するひずみの目安値と併せて図-5.4.3 および図-5.4.4 に示す。これより、機能維持部位のせん断ひずみは、壁のひび割れが発生するひずみの目安値を下回っている。

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及び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、応答結果をスケルトン曲線上にプロットしたものを図-5.4.5 および図-5.4.6 に示す。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。

なお、図-5.4.1～図-5.4.6 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。

以上より、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、耐震健全性は確保されていると評価した。

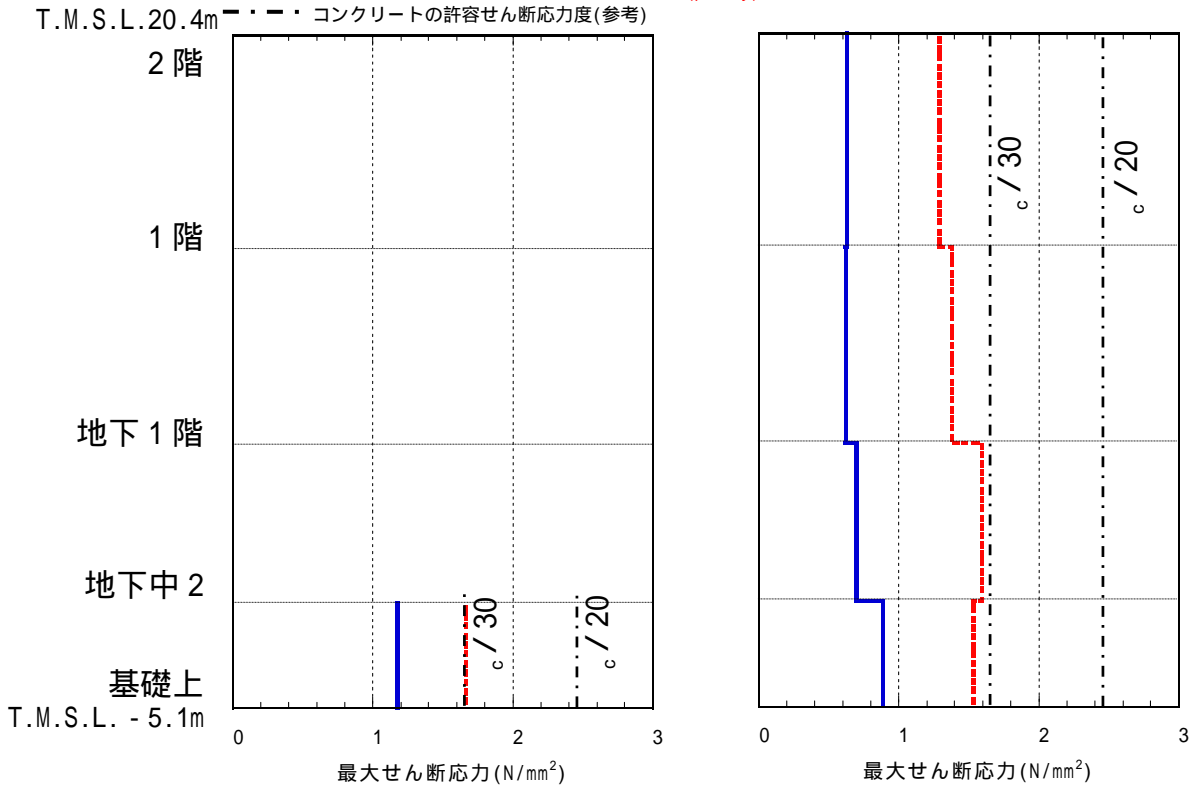
- 1 : p_w 耐震壁の設計鉄筋比
y 鉄筋の短期許容引張応力度 (SD345 : 345N/mm²)



～ は機能維持範囲を含む

— せん断応力度
⋯⋯ 設計配筋量によって負担できるせん断応力度 ($p_w \cdot y$)
- - - コンクリートの許容せん断応力度 (参考)

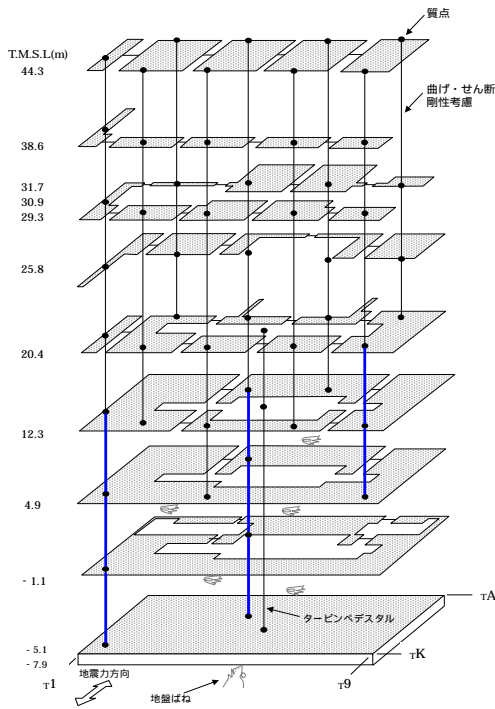
c : コンクリートの実強度
 $c/30$: コンクリートの長期許容せん断応力度相当
 $c/20$: コンクリートの短期許容せん断応力度相当



機能維持部位

機能維持部位 ~

図-5.4.1 機能維持部位のせん断応力度 (南北方向)



～ は機能維持範囲を含む

- せん断応力度
- 設計配筋量によって負担できるせん断応力度 ($p_w \cdot y$)
- - - - コンクリートの許容せん断応力度 (参考)

- c : コンクリートの実強度
- $c/30$: コンクリートの長期許容せん断応力度相当
- $c/20$: コンクリートの短期許容せん断応力度相当

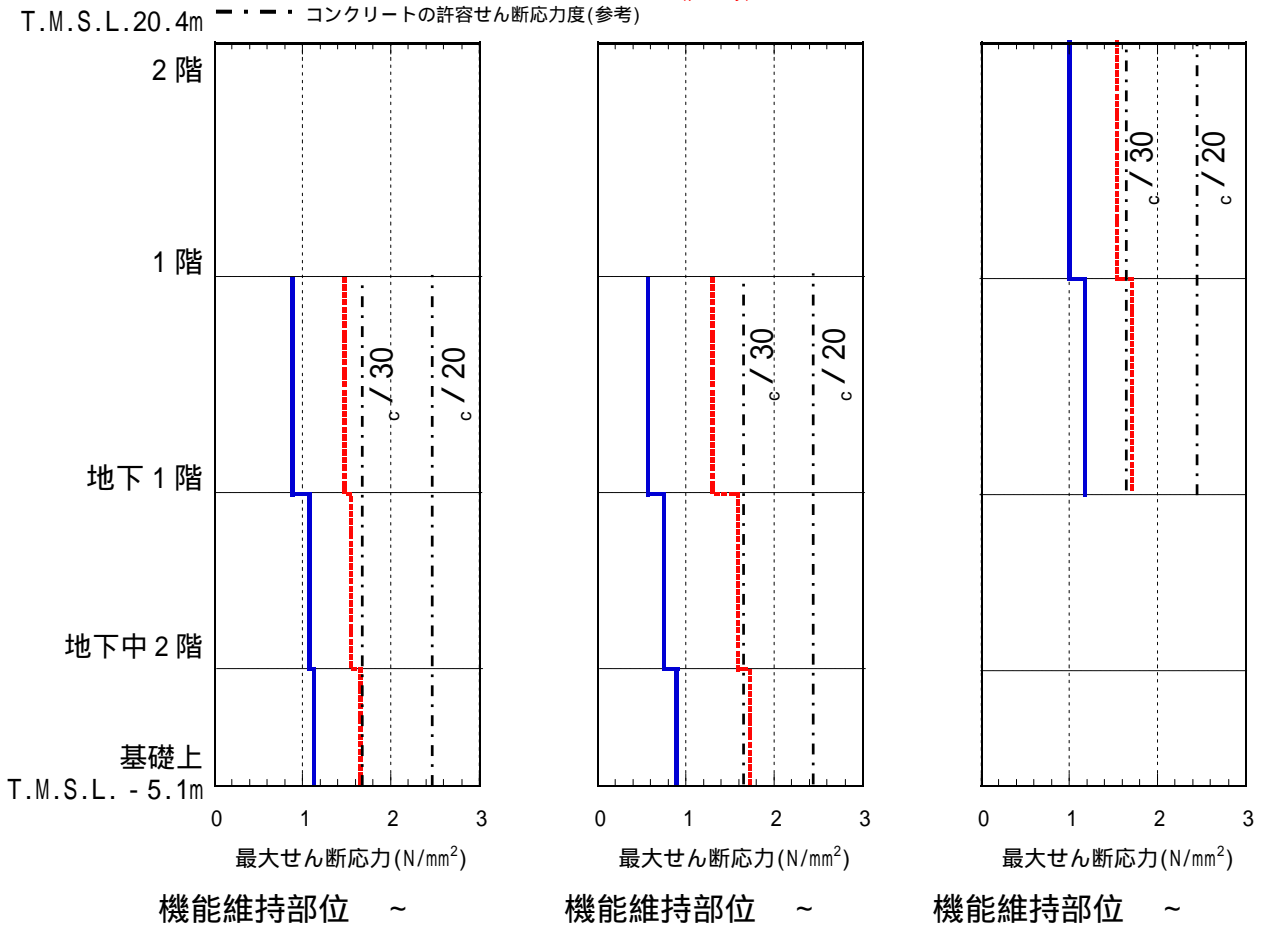
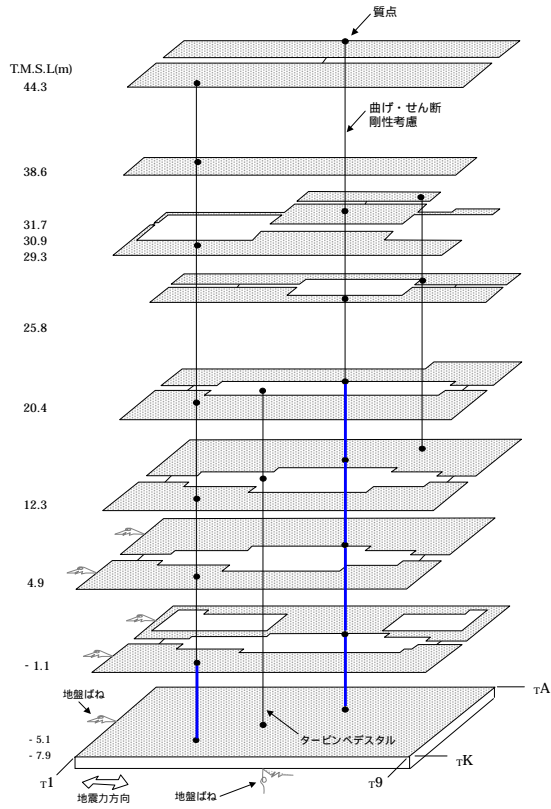
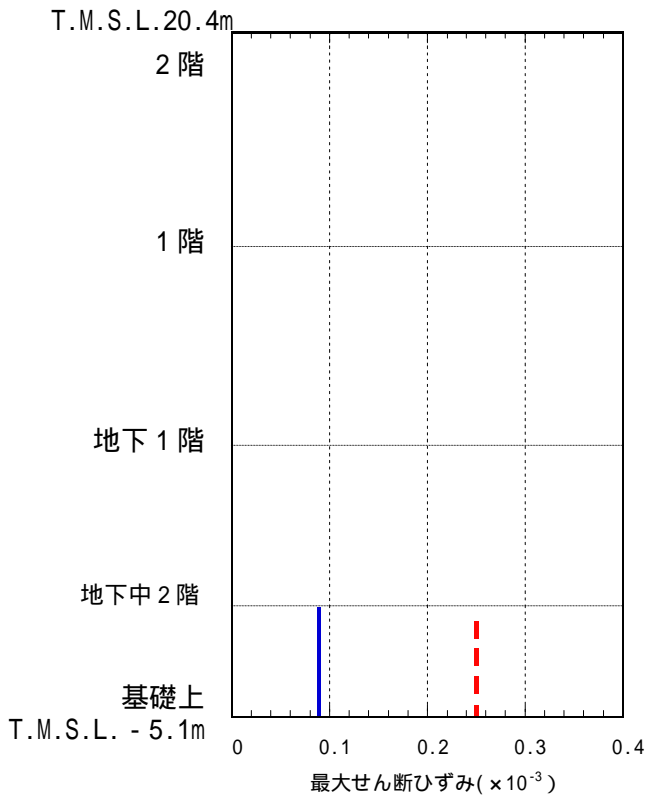


図-5.4.2 機能維持部位のせん断応力度 (東西方向)

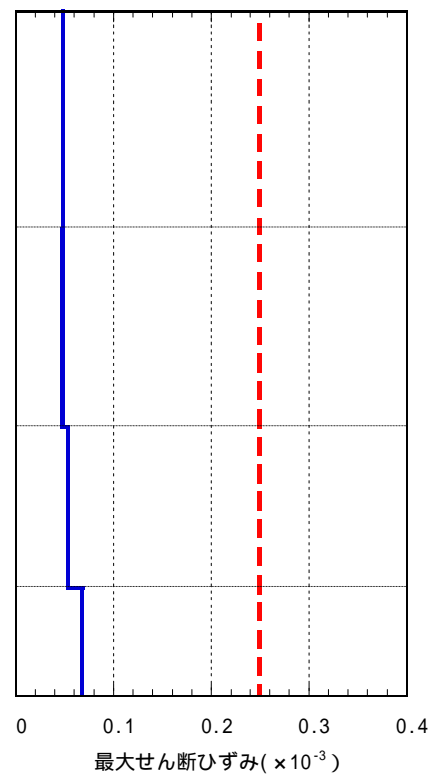


～ は機能維持範囲を含む

— せん断ひずみ
 - - ひび割れ発生の目安値

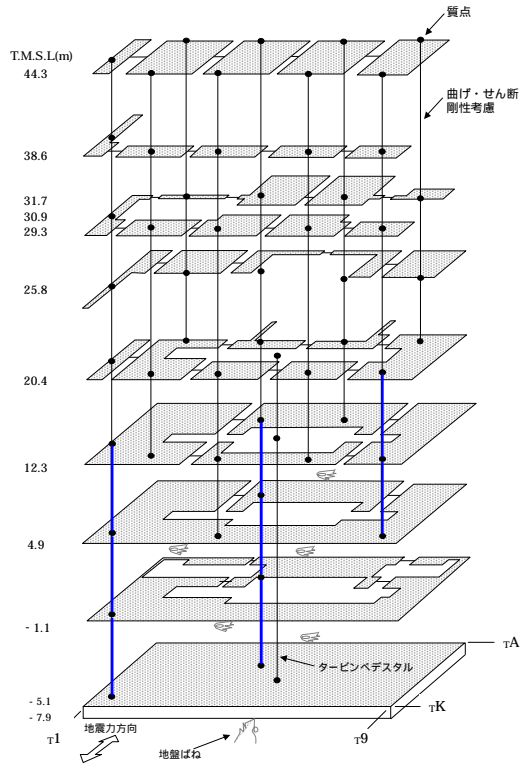


機能維持部位



機能維持部位 ~

図-5.4.3 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

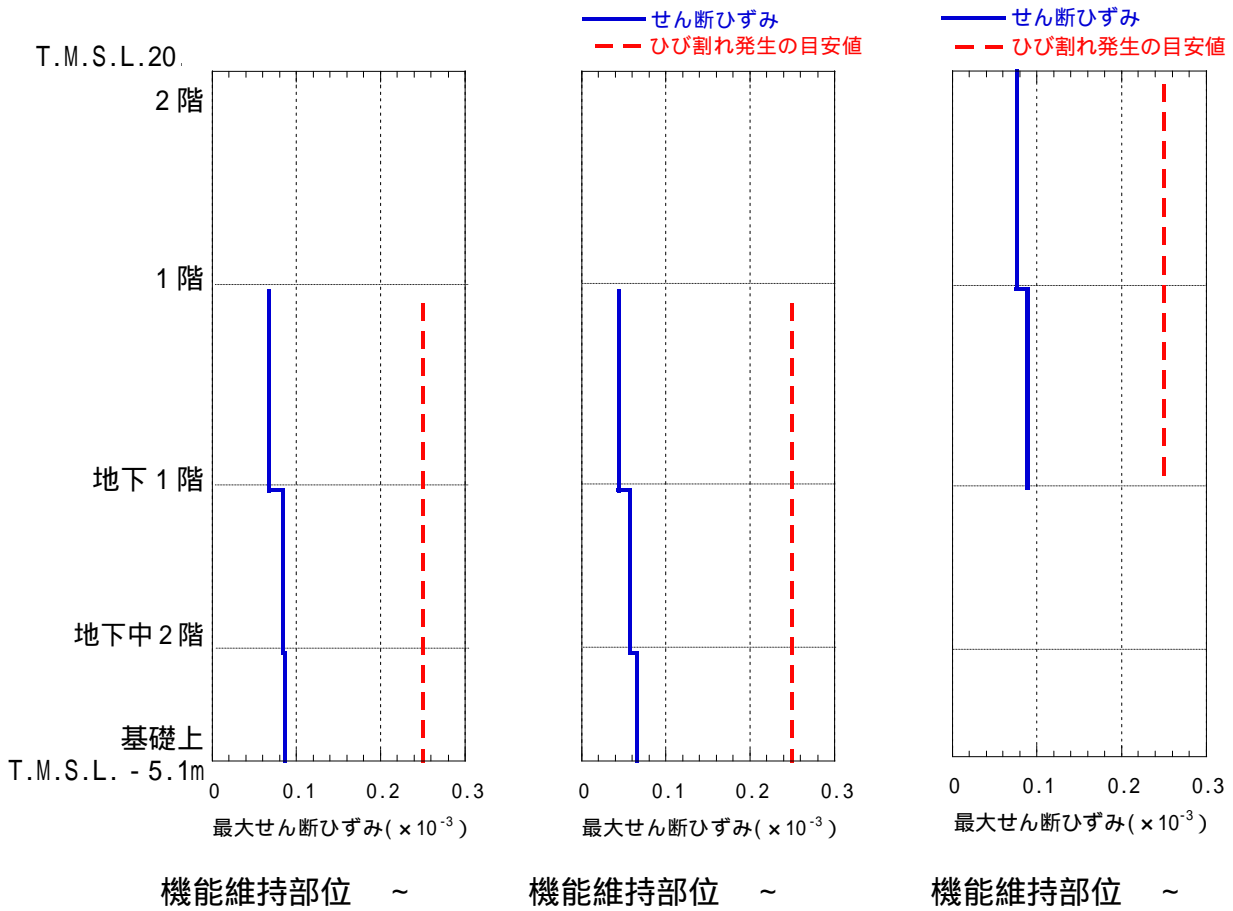
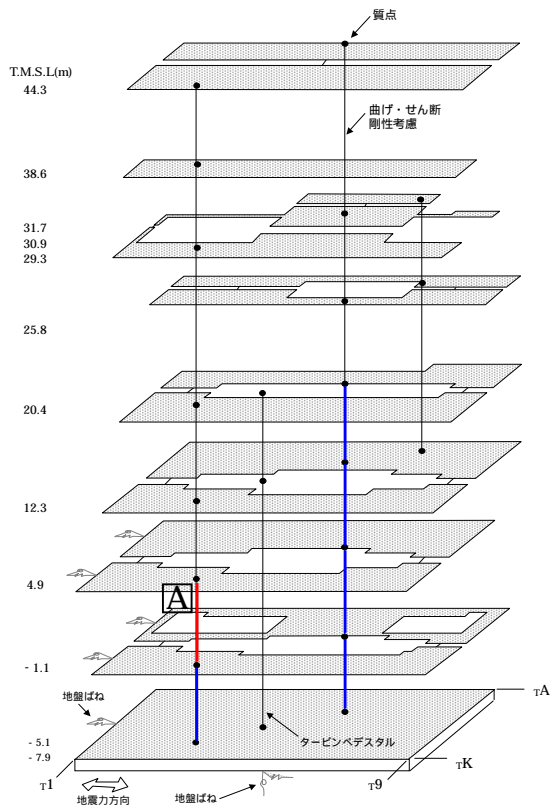
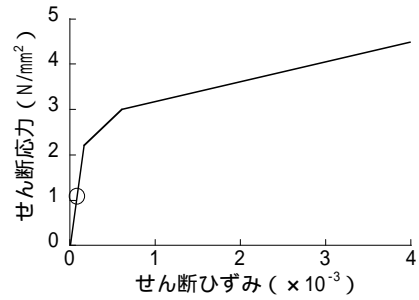


図-5.4.4 機能維持部位のせん断ひずみ（東西方向）



~ は機能維持範囲を含む



機能維持範囲を含まない部位で第1折点に最も近い部位 A

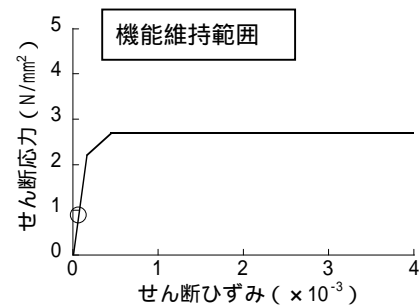
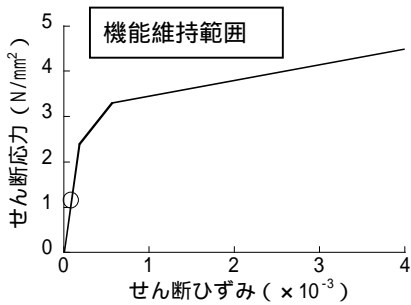
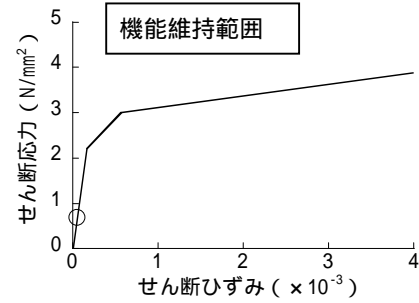
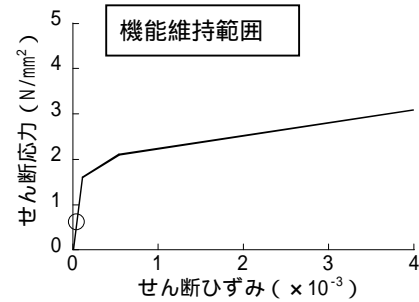
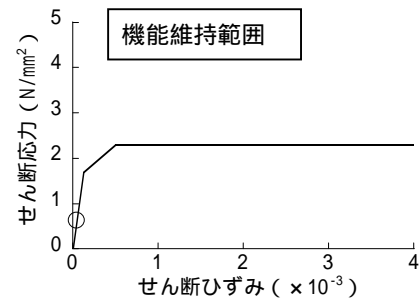
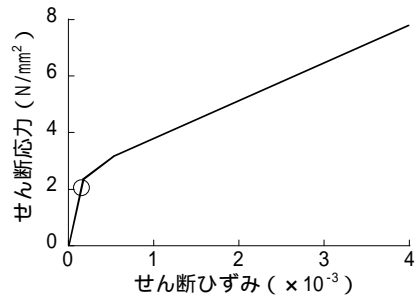
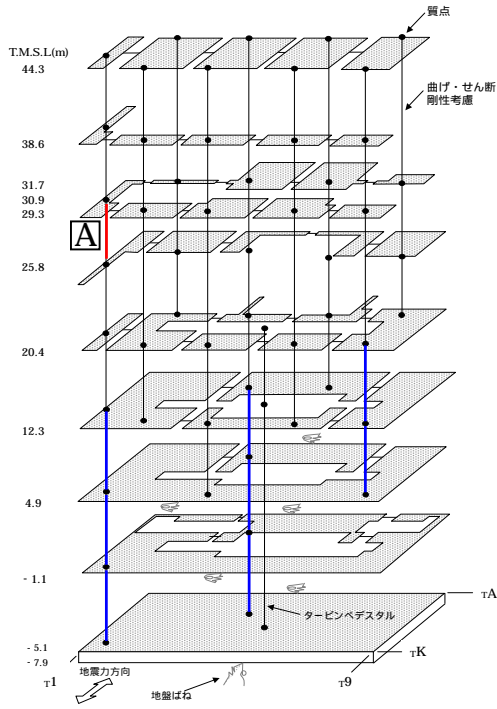


図-5.4.5 せん断スケルトン曲線上の最大応答値（南北方向）



機能維持範囲を含まない部位で
第1折点に最も近い部位A

～ は機能維持範囲を含む

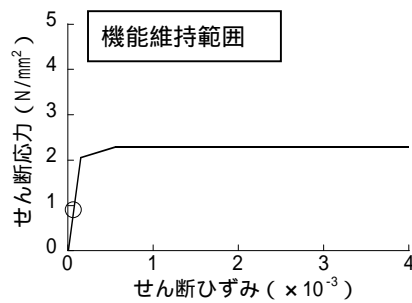
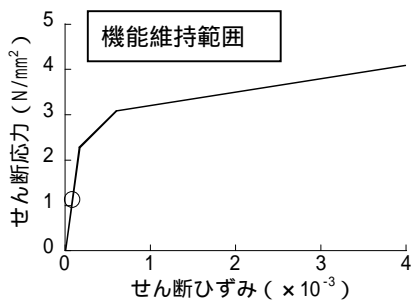
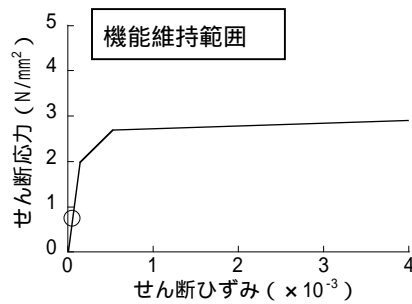
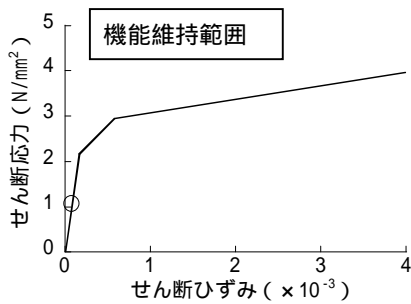
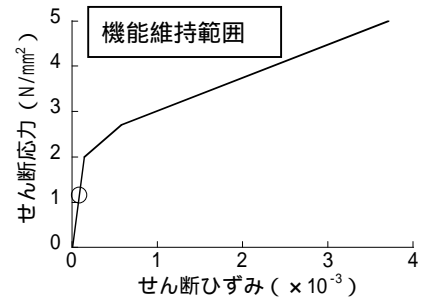
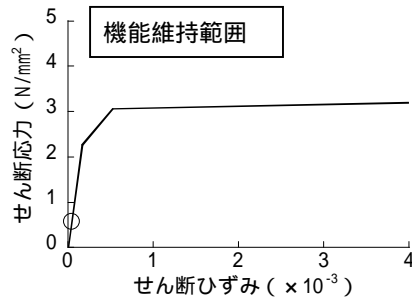
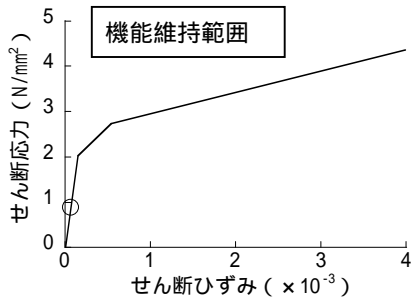
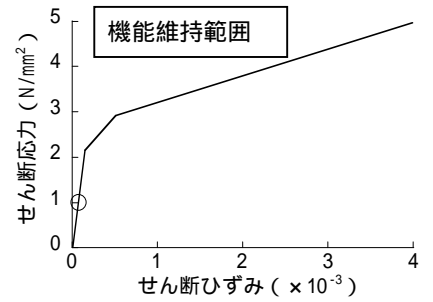


図-5.4.6 せん断スケルトン曲線上の最大応答値（東西方向）

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を評価し、健全性を評価する。

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	

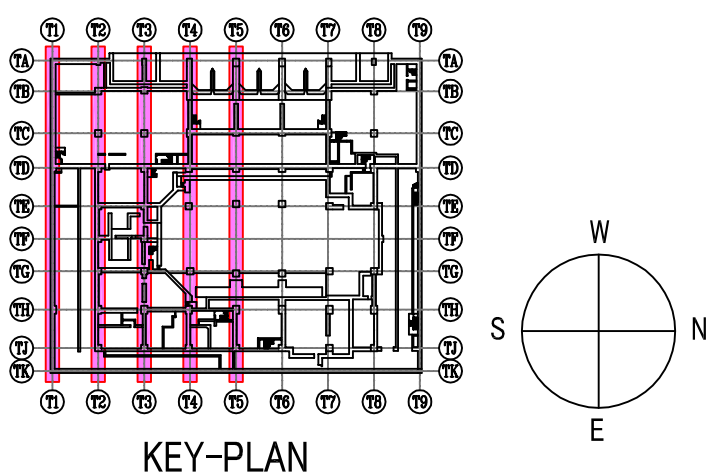
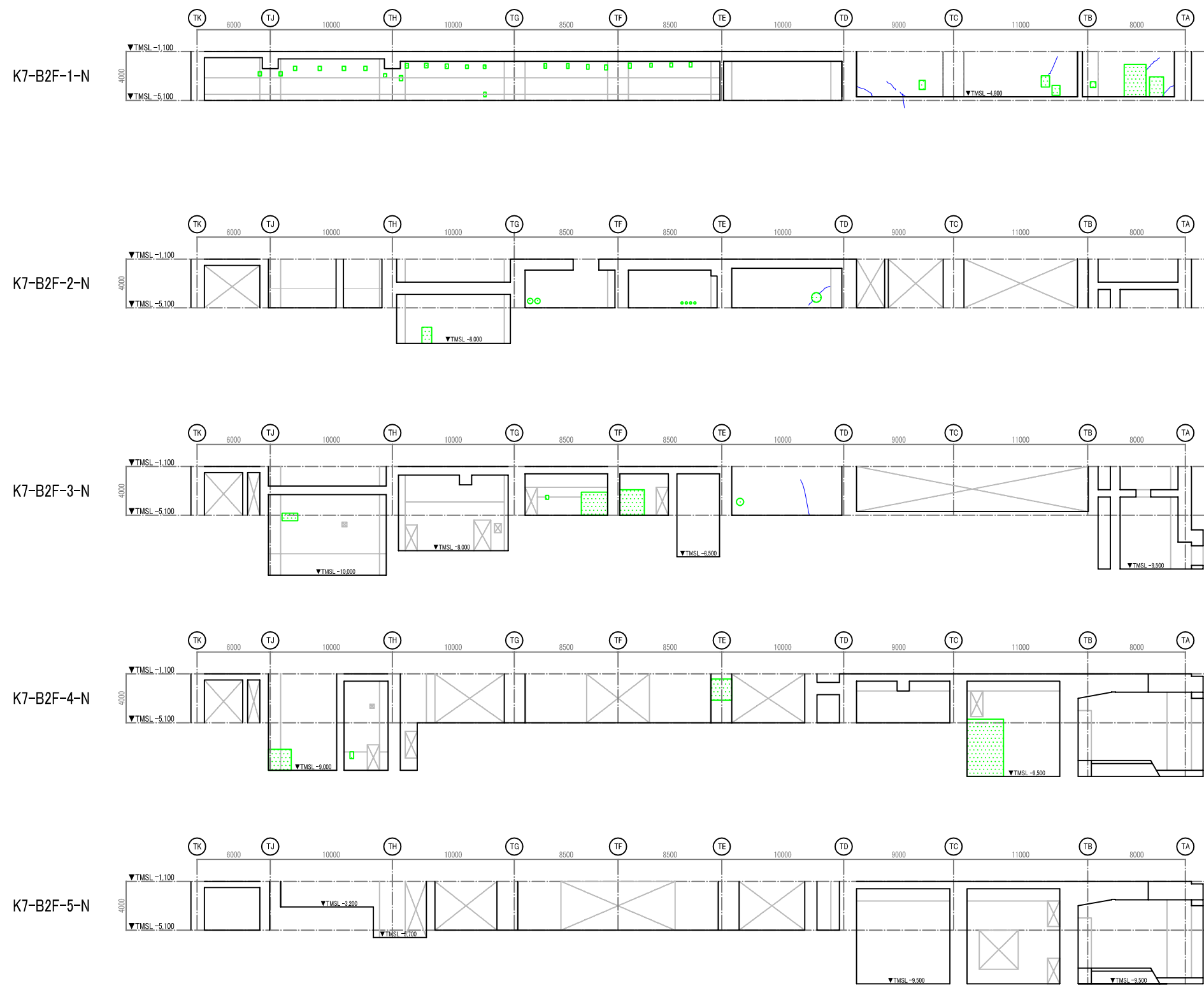
6.2. 総合評価結果

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。

また、今回の新潟県中越沖地震で発生したものと評価し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。

7 . 添付資料・参考資料一覧

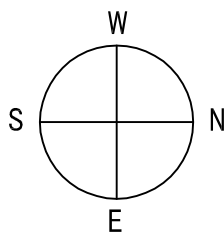
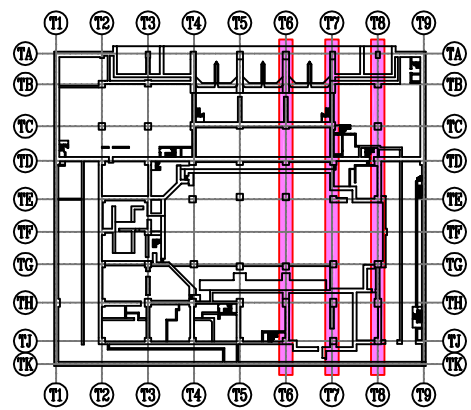
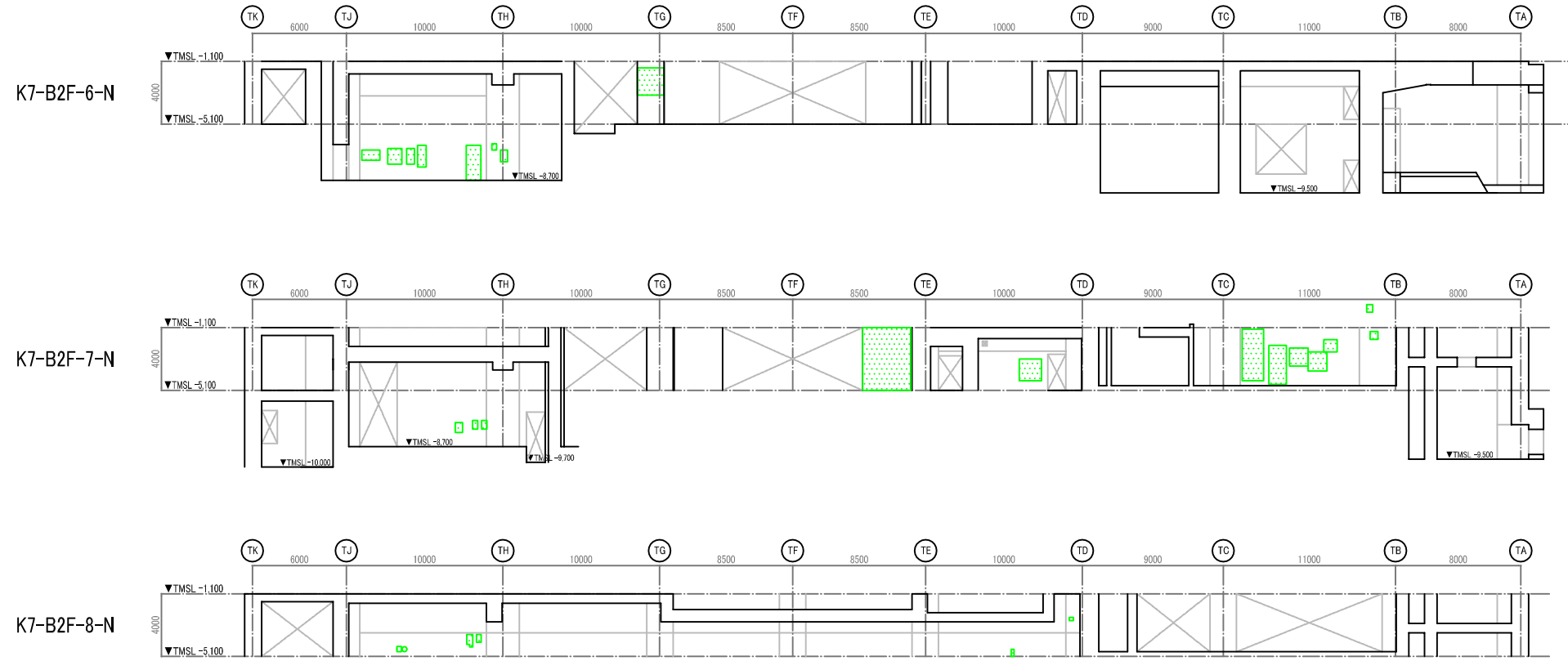
- 添付資料 1 7号機タービン建屋ひび割れ状況図
- 参考資料 1 補助壁の評価について(7号機タービン建屋)
- 参考資料 2 タービン建屋地震応答解析結果



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)

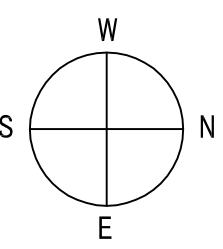
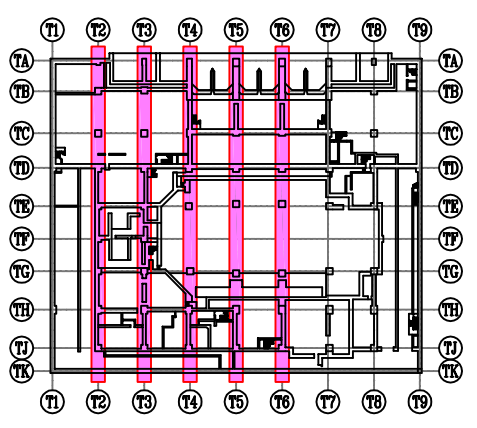
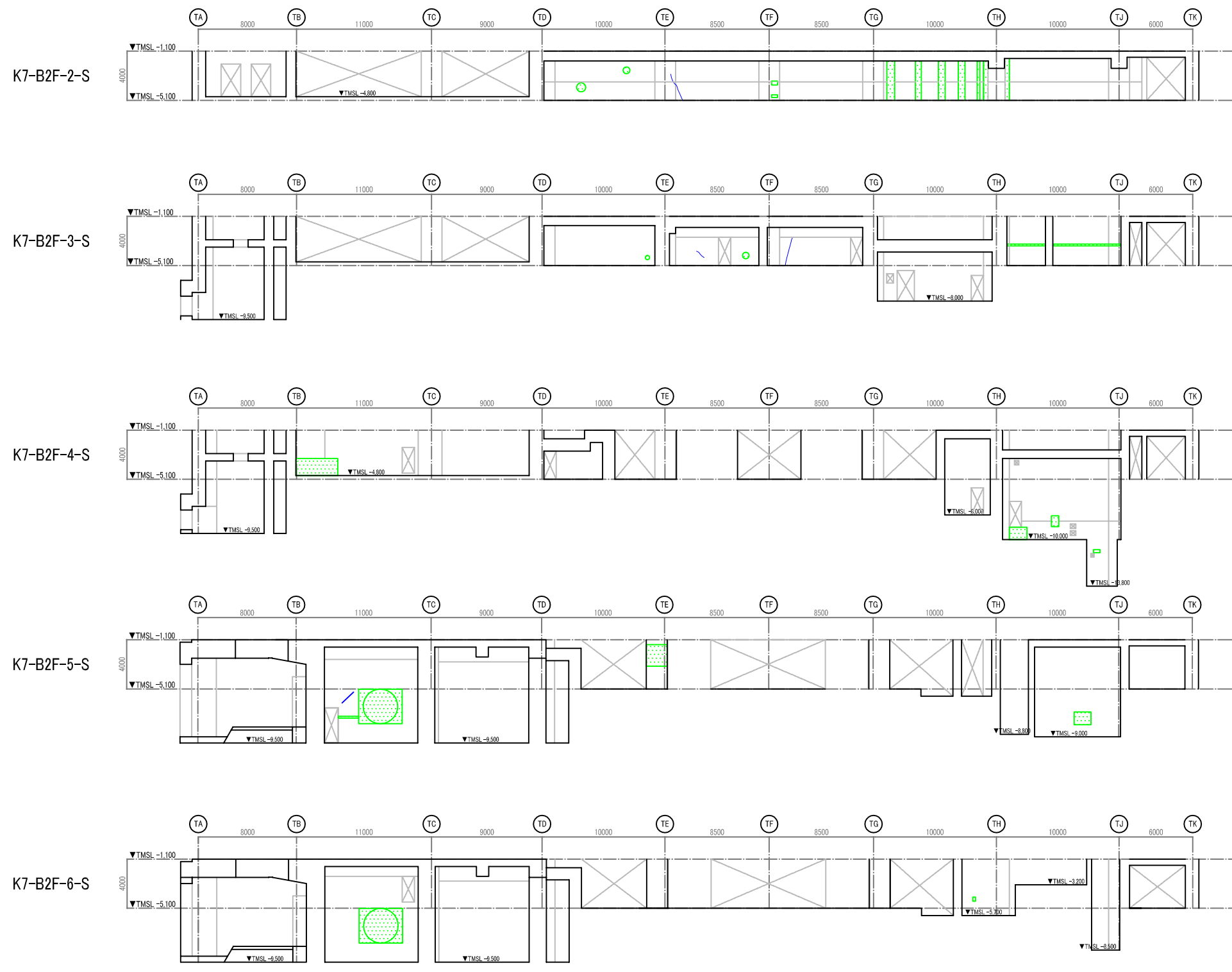
建屋名	7号機タービン建屋	階数	地下2階 1/8	部位	耐震壁-T1通り-N 耐震壁-T2通り-N	耐震壁-T3通り-N 耐震壁-T4通り-N	耐震壁-T5通り-N
-----	-----------	----	----------	----	--------------------------	--------------------------	------------



- 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	7号機タービン建屋	階数	地下2階 2/8	部位	耐震壁-T6通り-N 耐震壁-T7通り-N	耐震壁-T8通り-N
-----	-----------	----	----------	----	--------------------------	------------

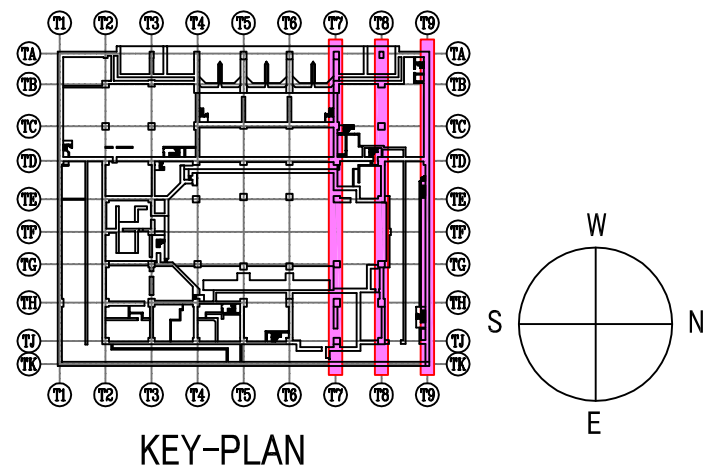
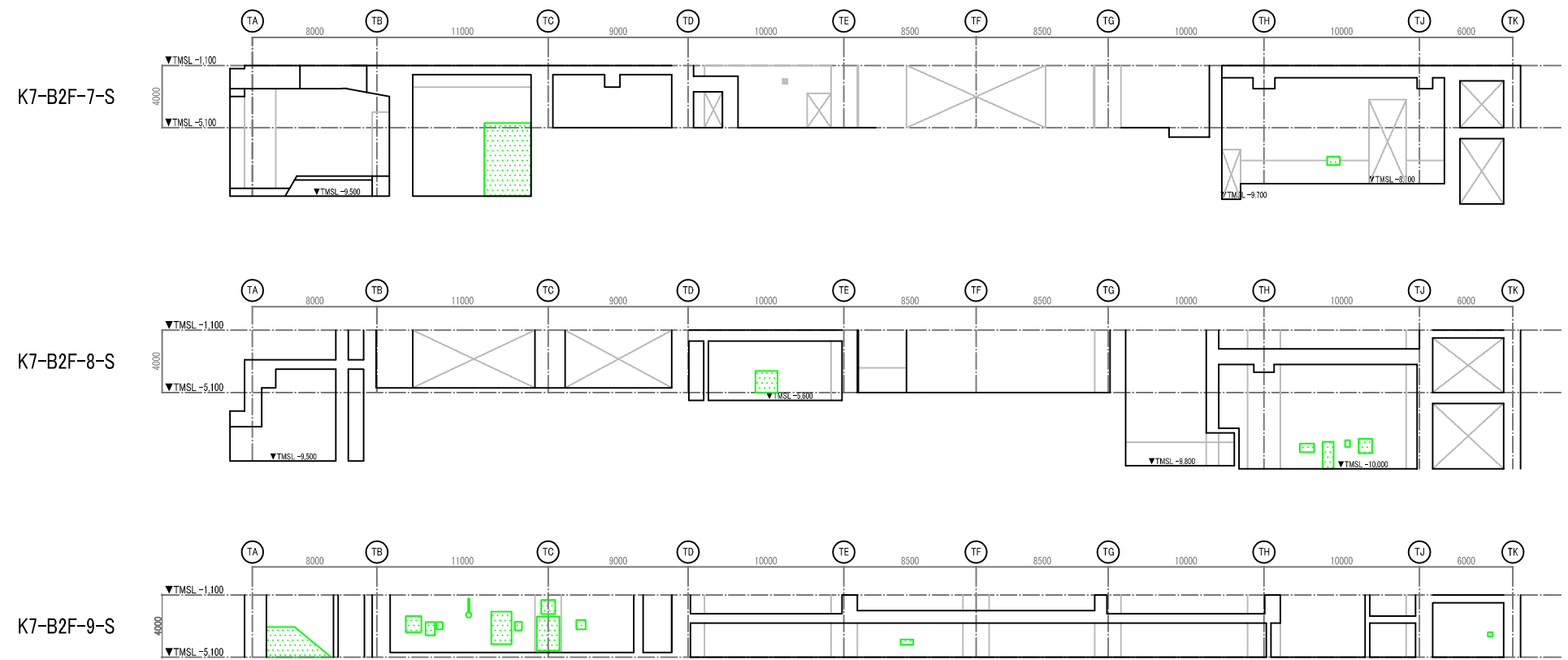


凡 例

- 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	7号機タービン建屋	階数	地下2階 3/8	部位	耐震壁-T2通り-S 耐震壁-T3通り-S	耐震壁-T4通り-S 耐震壁-T5通り-S	耐震壁-T6通り-S
-----	-----------	----	----------	----	--------------------------	--------------------------	------------



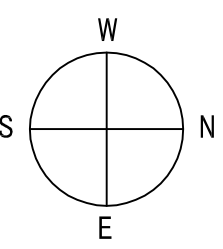
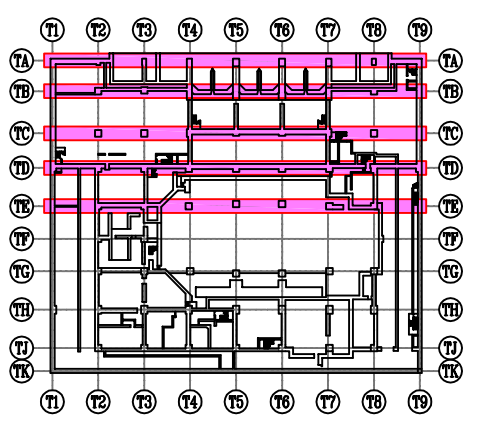
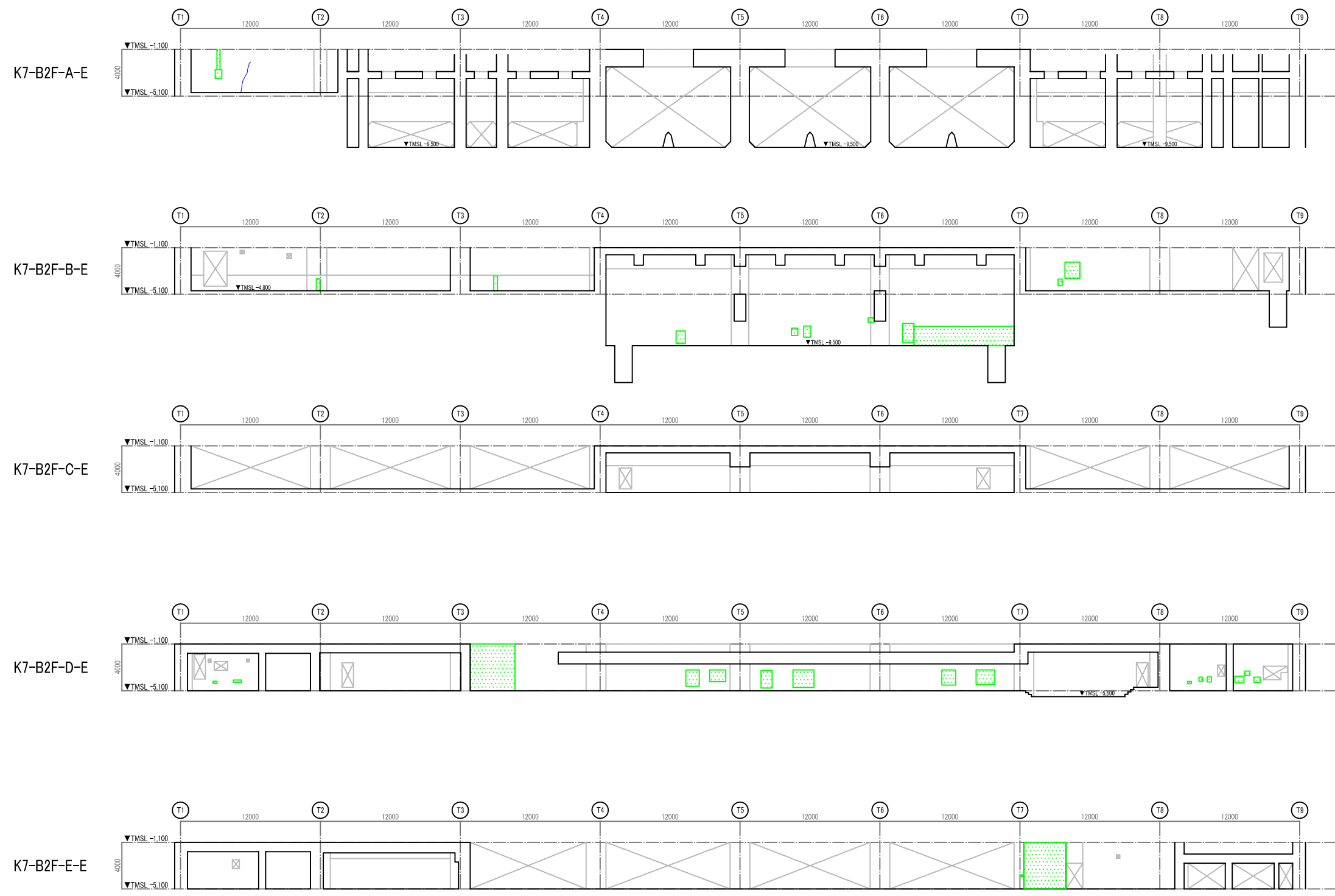
- 凡 例
- 地震によるひび割れ
 - 目視点検が困難な範囲

ひび割れ調査図 (展開図)

建屋名 7号機タービン建屋

階数 地下2階 4/8

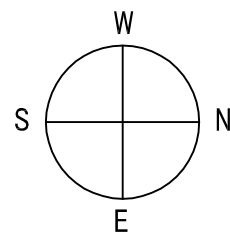
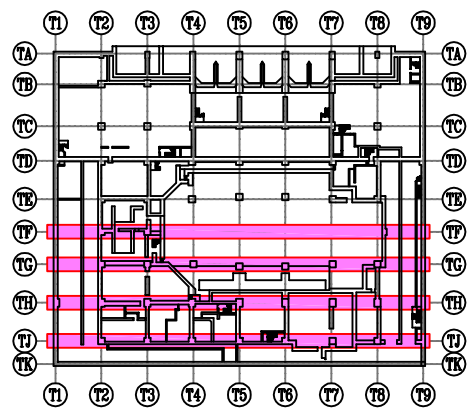
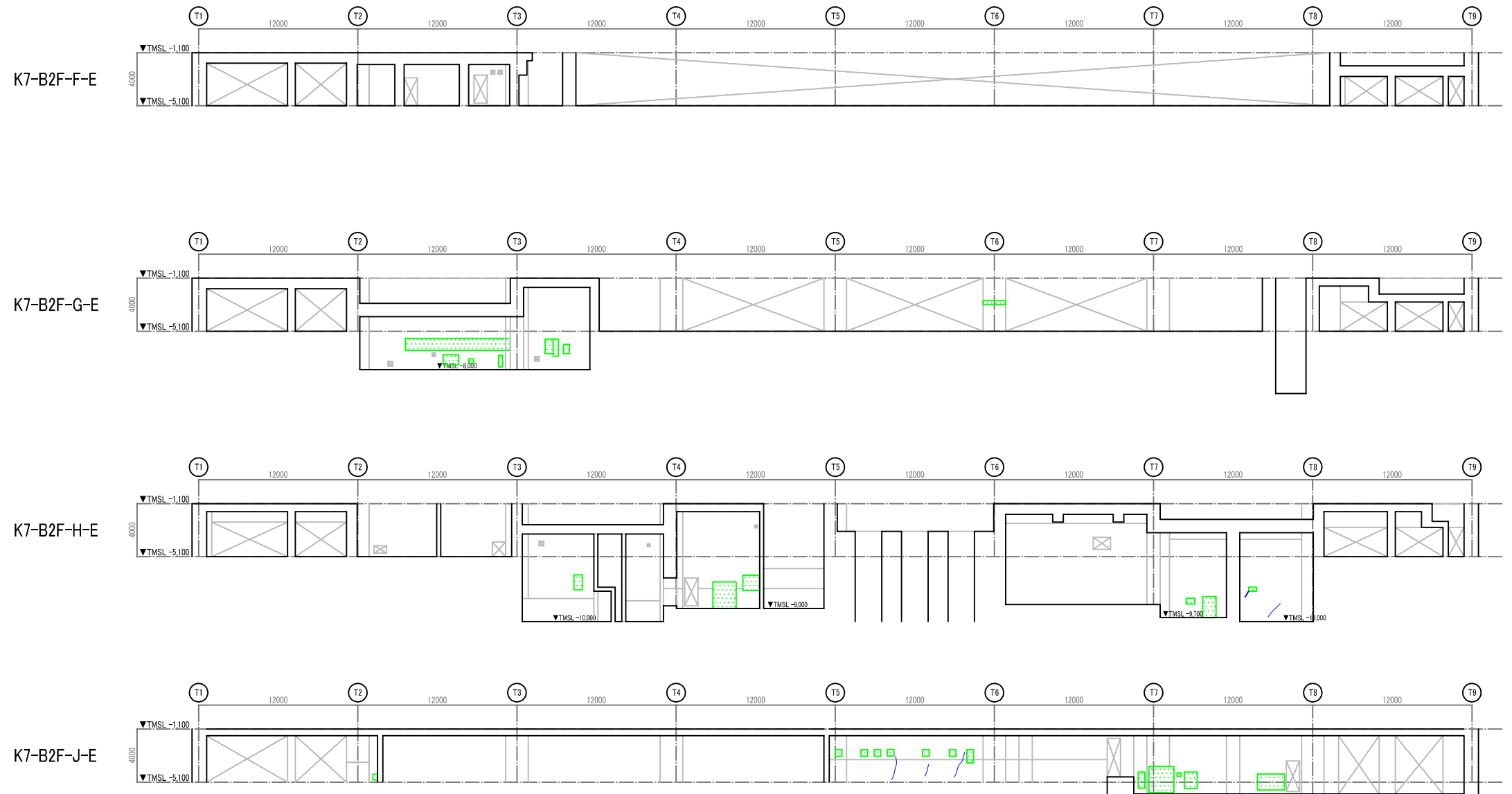
部位 耐震壁-T7通り-S 耐震壁-T8通り-S 耐震壁-T9通り-S



- 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	7号機タービン建屋	階数	地下2階 5/8	部位	耐震壁-TA通り-E 耐震壁-TB通り-E	耐震壁-TC通り-E 耐震壁-TD通り-E	耐震壁-TE通り-E
-----	-----------	----	----------	----	--------------------------	--------------------------	------------



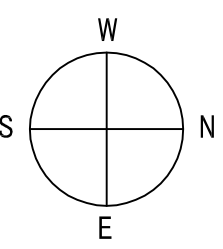
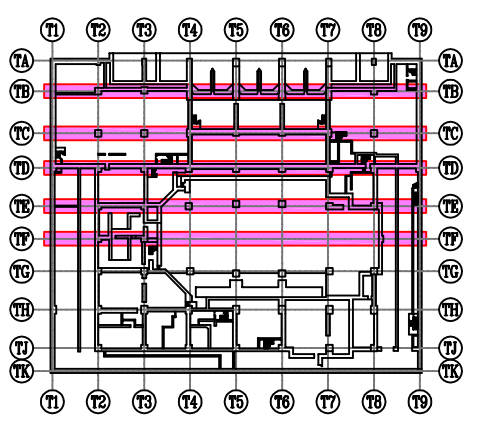
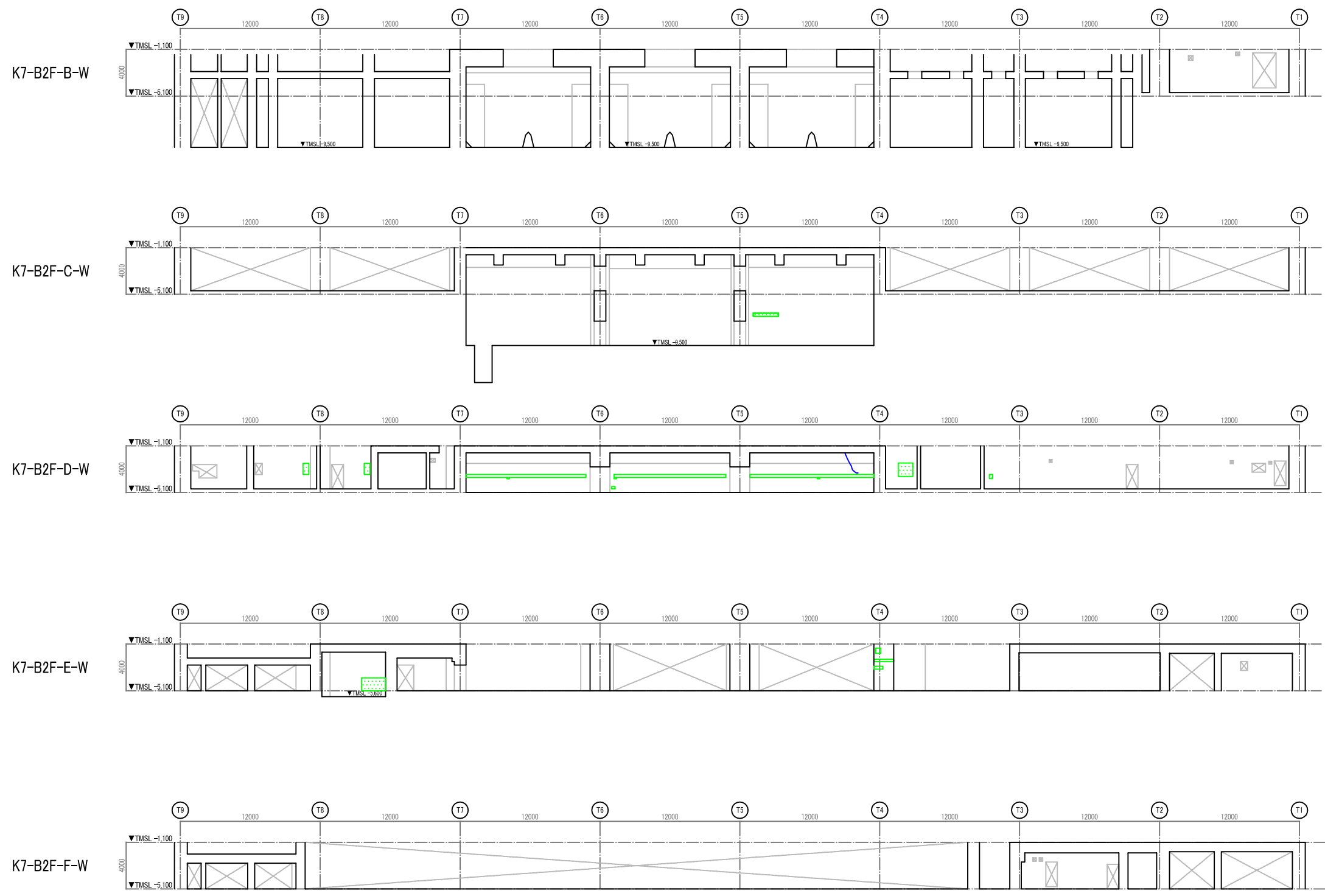
- 凡 例
- 地震によるひび割れ
 - 目視点検が困難な範囲

ひび割れ調査図 (展開図)

建屋名 7号機タービン建屋

階数 地下2階 6/8

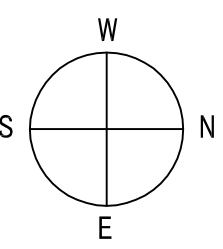
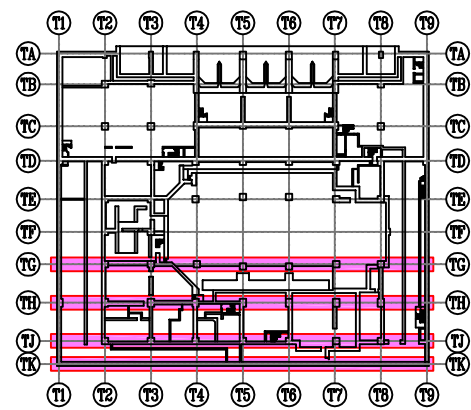
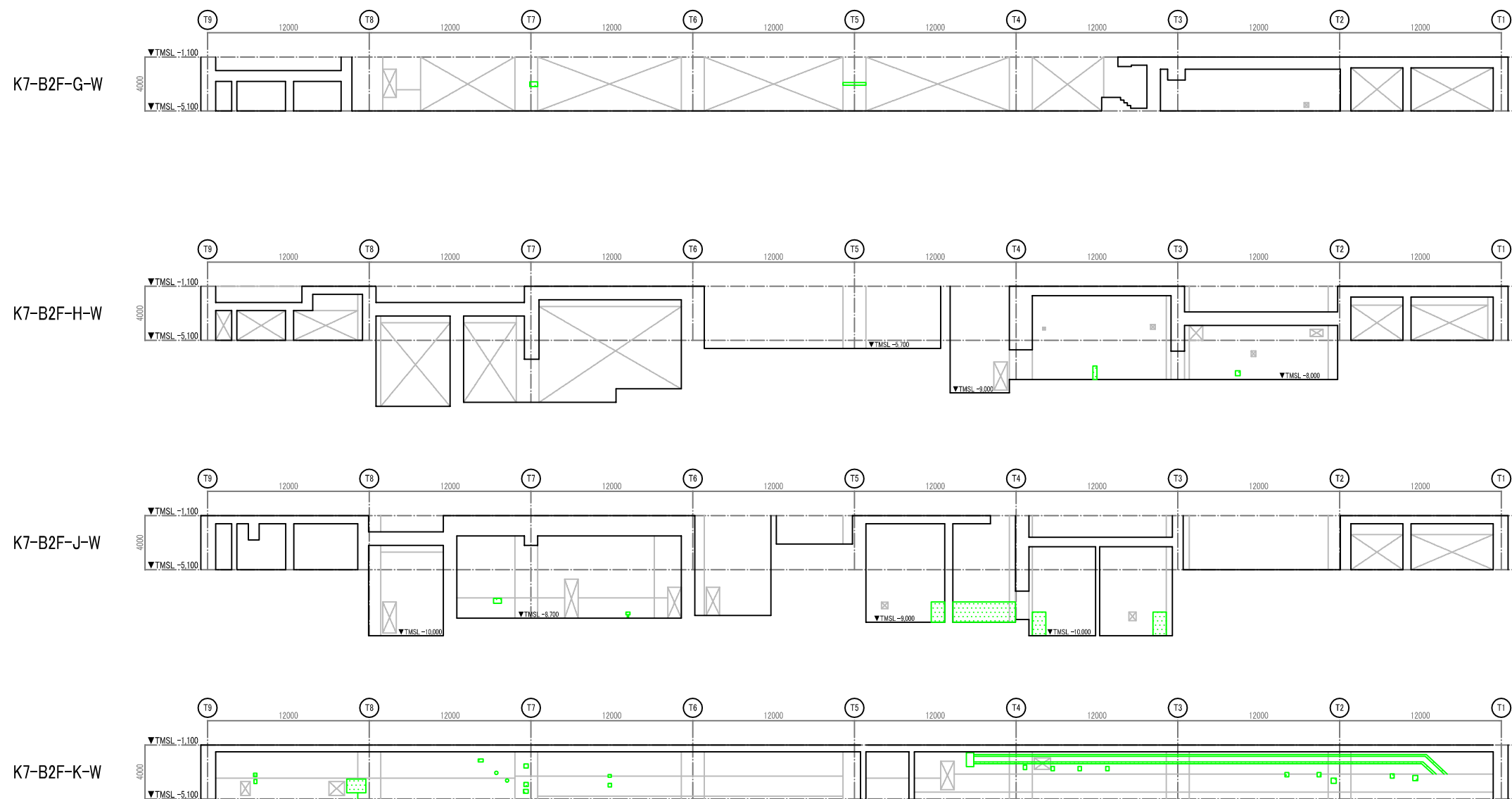
部位 耐震壁-TF通り-E 耐震壁-TH通り-E
耐震壁-TG通り-E 耐震壁-TJ通り-E



- 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)

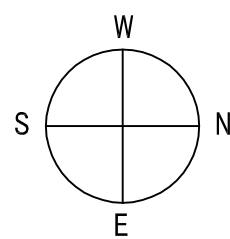
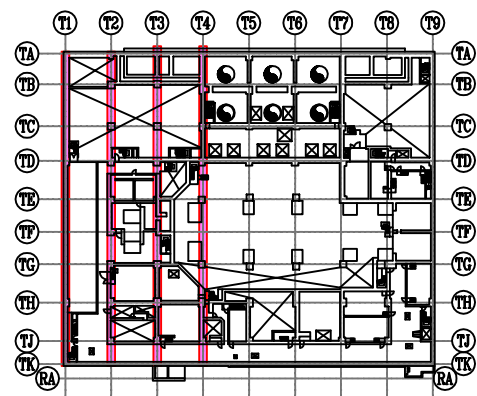
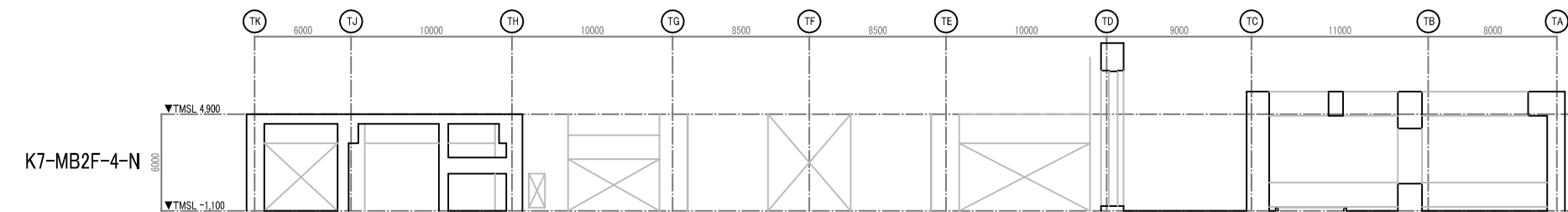
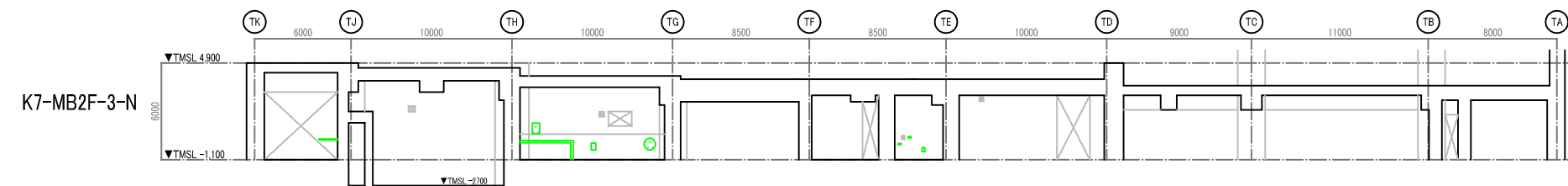
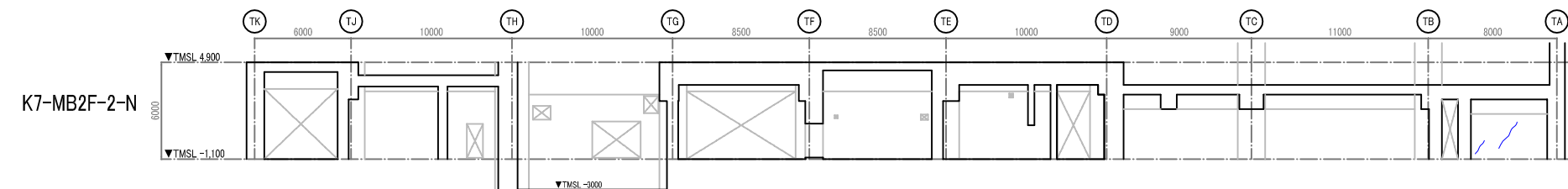
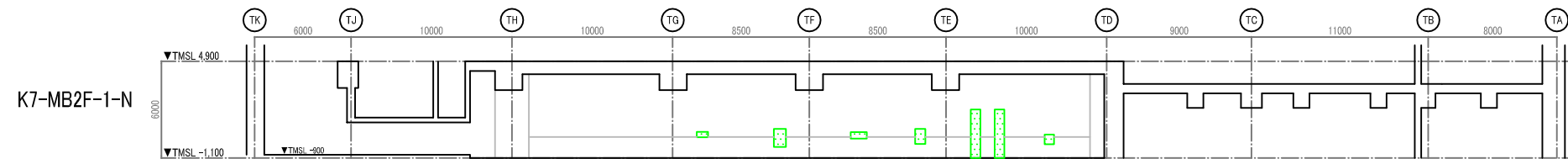
建屋名	7号機タービン建屋	階数	地下2階 7/8	部位	耐震壁-TB通り-W 耐震壁-TC通り-W	耐震壁-TD通り-W 耐震壁-TE通り-W	耐震壁-TF通り-W
-----	-----------	----	----------	----	--------------------------	--------------------------	------------



- 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	7号機タービン建屋	階数	地下2階 8/8	部位	耐震壁-TG通り-W 耐震壁-TH通り-W	耐震壁-TJ通り-W 耐震壁-TK通り-W
-----	-----------	----	----------	----	--------------------------	--------------------------



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

7号機タービン建屋

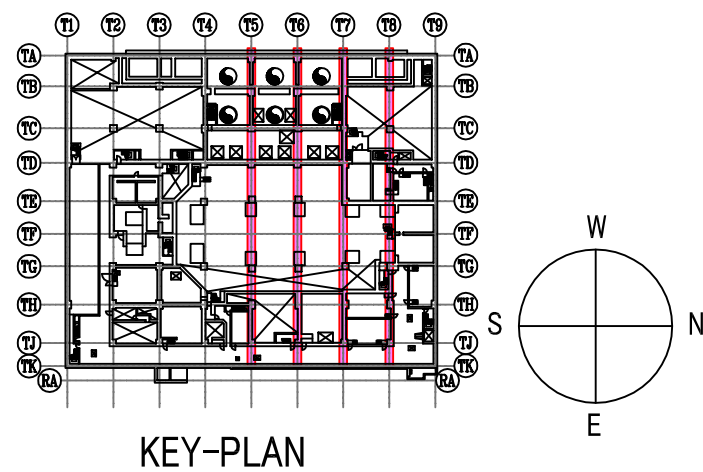
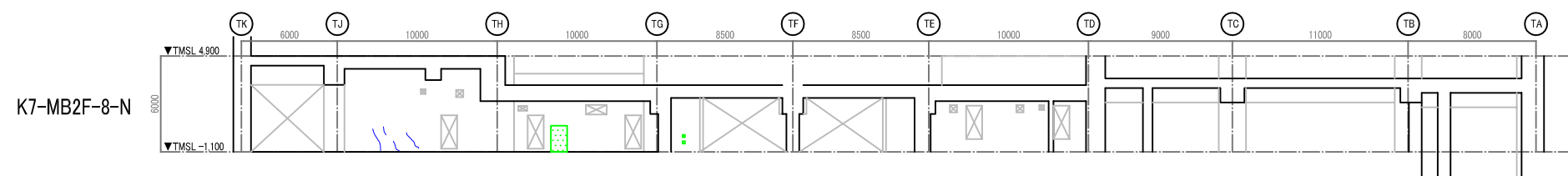
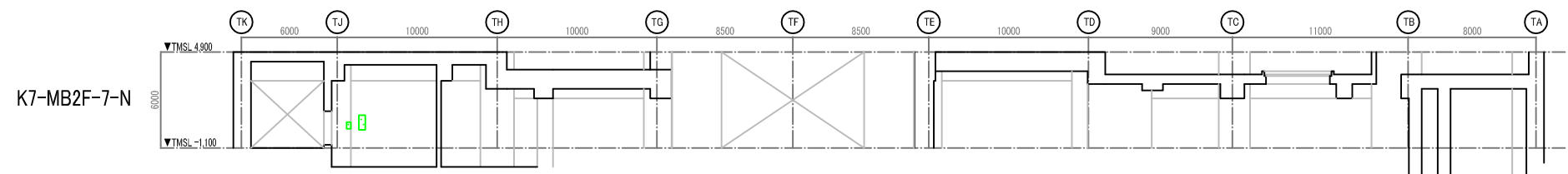
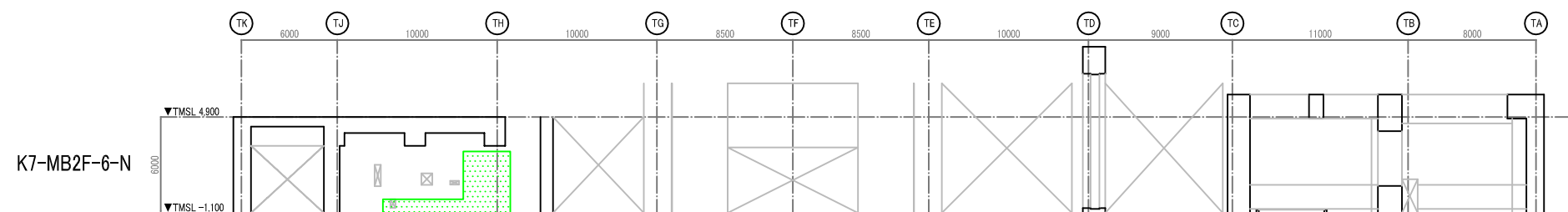
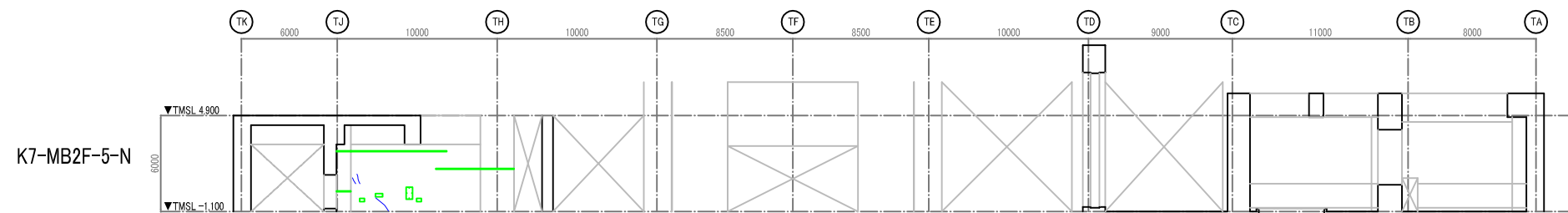
階数

地下2階中間階 1/8

部位

耐震壁-T1通り-N
耐震壁-T2通り-N

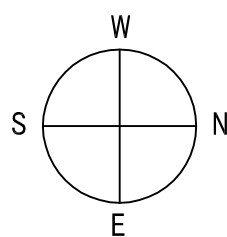
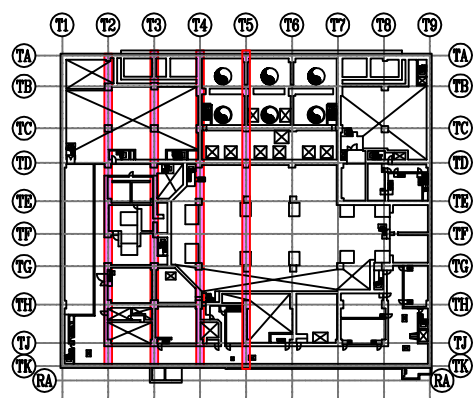
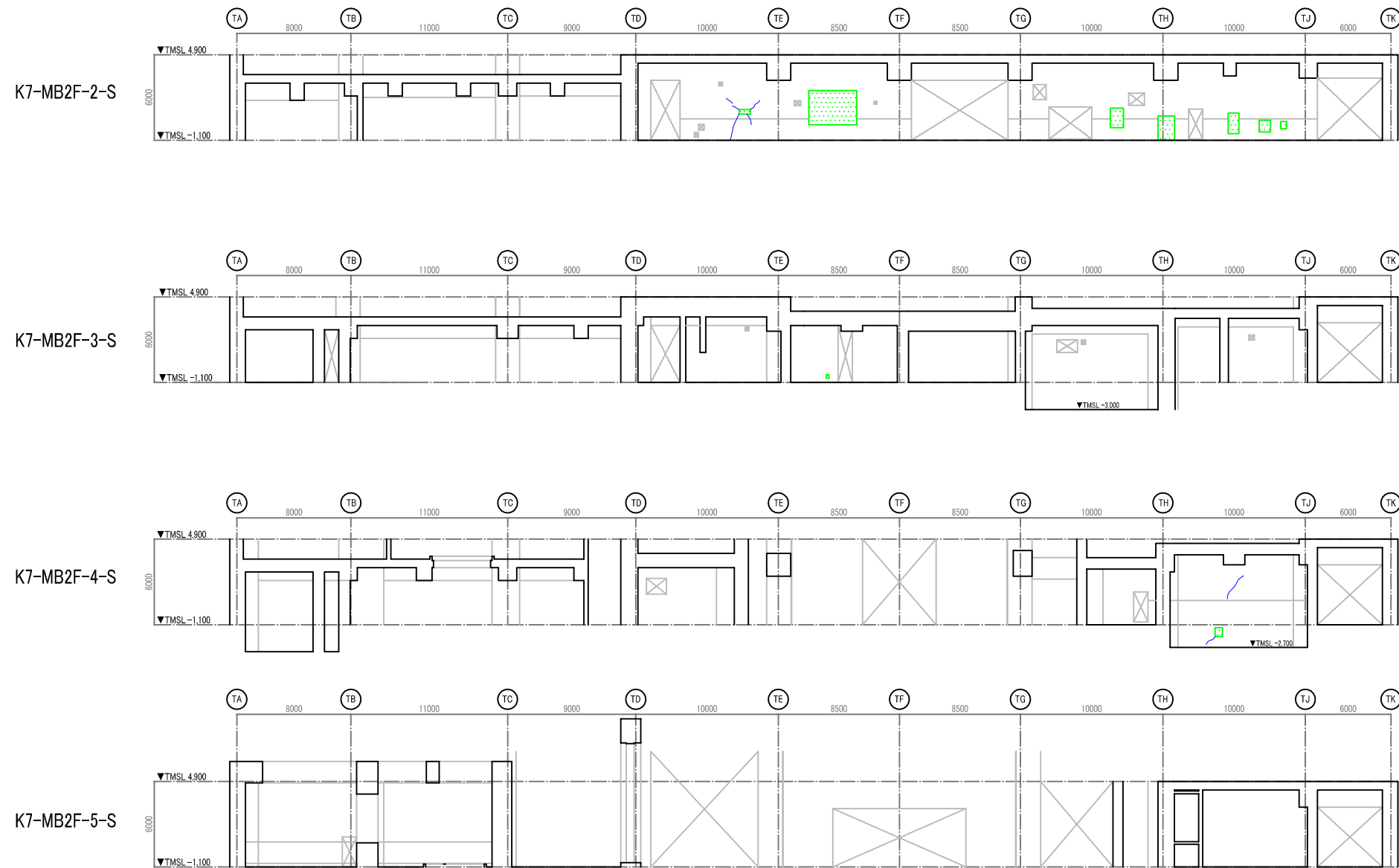
耐震壁-T3通り-N
耐震壁-T4通り-N



- 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	7号機タービン建屋	階数	地下2階中間階 2/8	部位	耐震壁-T5通り-N 耐震壁-T6通り-N	耐震壁-T7通り-N 耐震壁-T8通り-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

7号機タービン建屋

階数

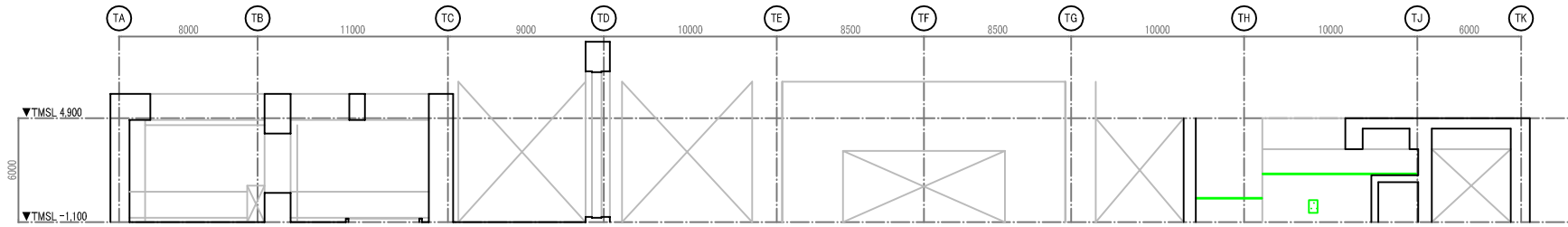
地下2階中間階 3/8

部位

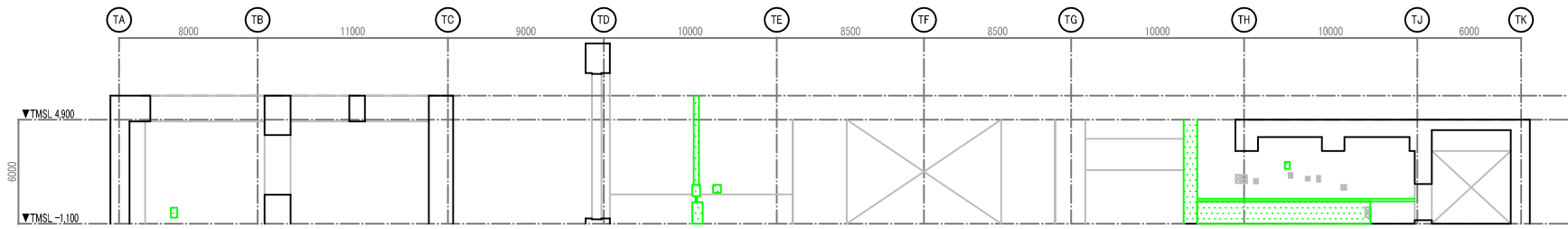
耐震壁-T2通り-S
耐震壁-T3通り-S

耐震壁-T4通り-S
耐震壁-T5通り-S

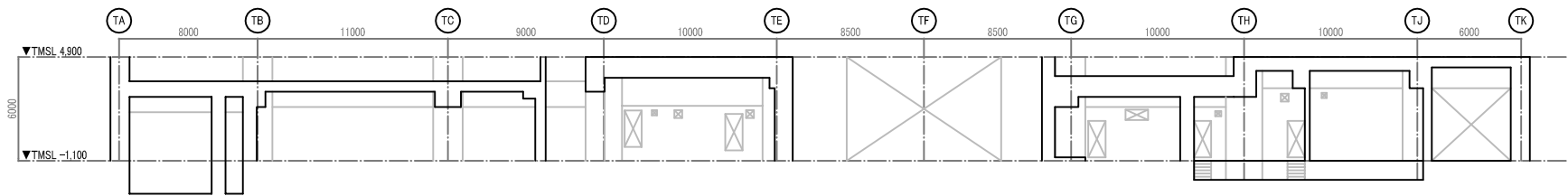
K7-MB2F-6-S



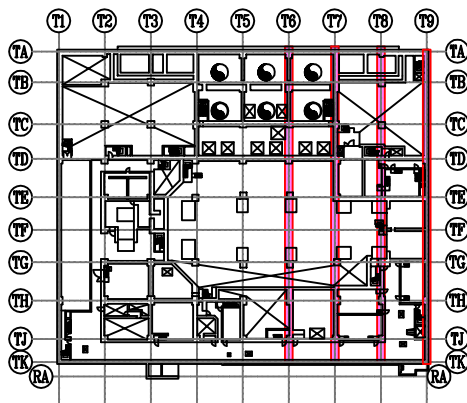
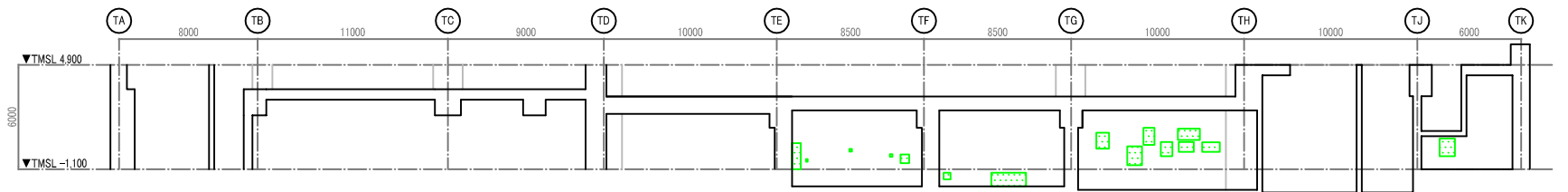
K7-MB2F-7-S



K7-MB2F-8-S



K7-MB2F-9-S



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

7号機タービン建屋

階数

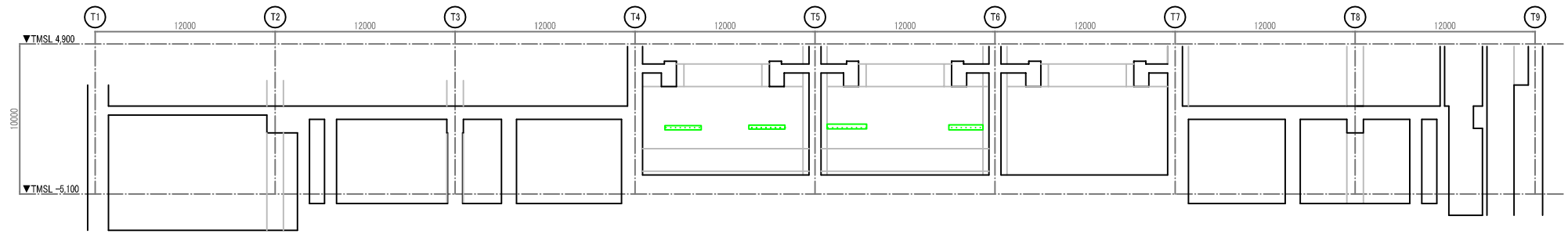
地下2階中間階 4/8

部位

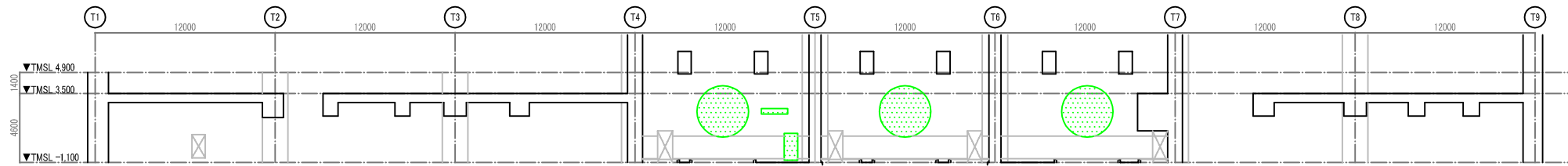
耐震壁-T6通り-S
耐震壁-T7通り-S

耐震壁-T8通り-S
耐震壁-T9通り-S

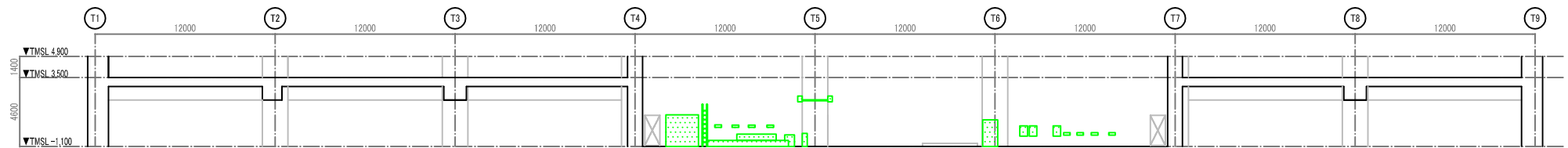
K7-MB2F-A-E



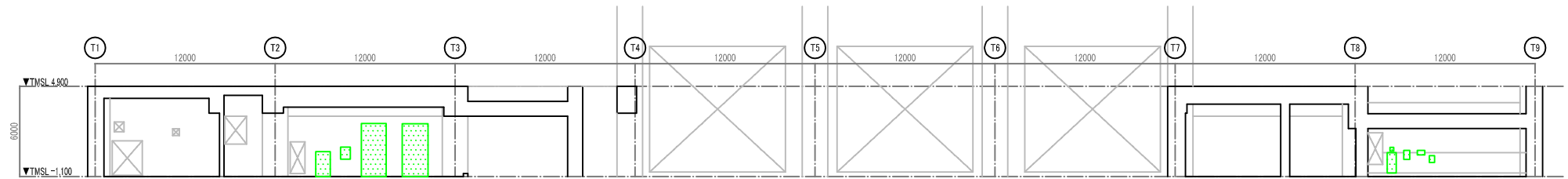
K7-MB2F-B-E



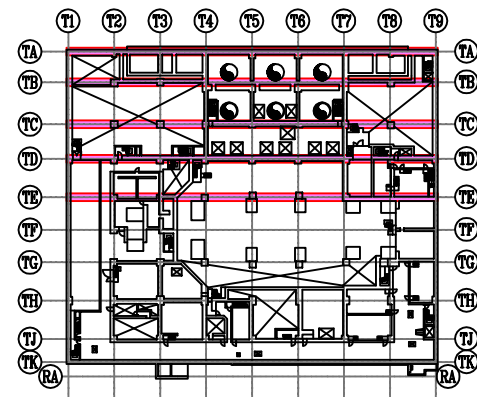
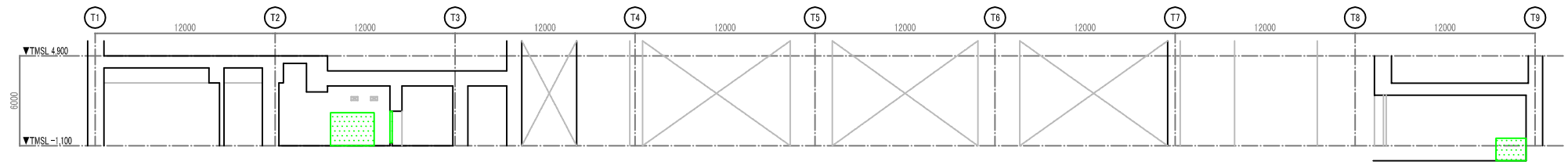
K7-MB2F-C-E



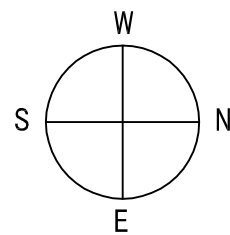
K7-MB2F-D-E





K7-MB2F-E-E



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

7号機タービン建屋

階数

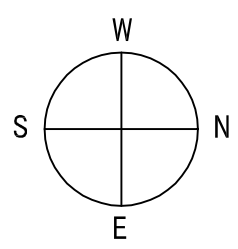
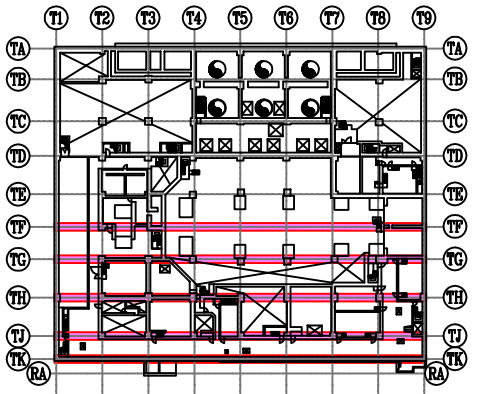
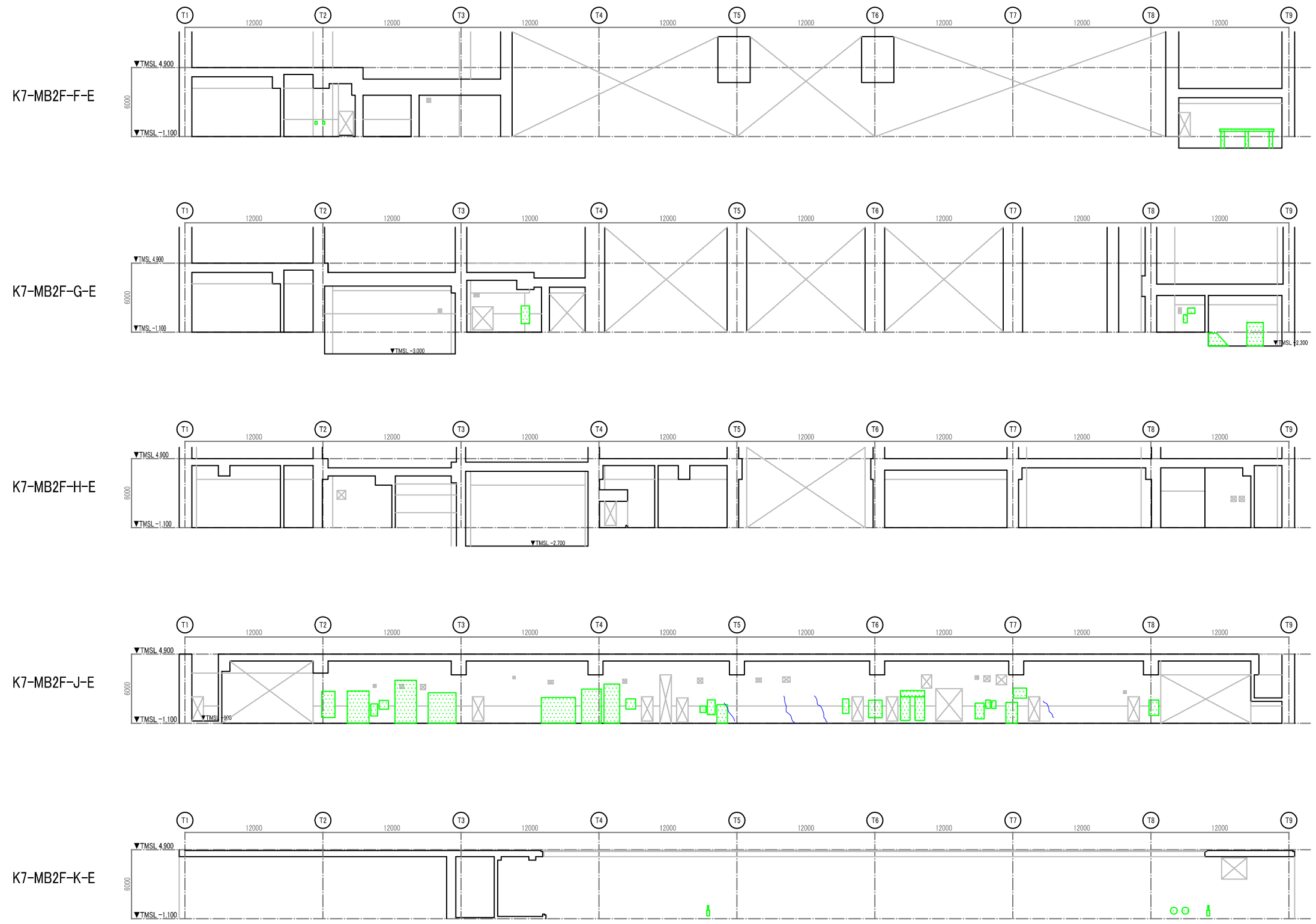
地下2階中間階 5/8

部位

耐震壁-TA通り-E
耐震壁-TB通り-E

耐震壁-TC通り-E
耐震壁-TD通り-E

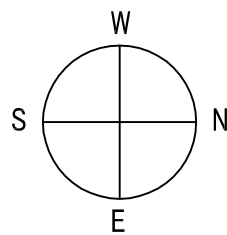
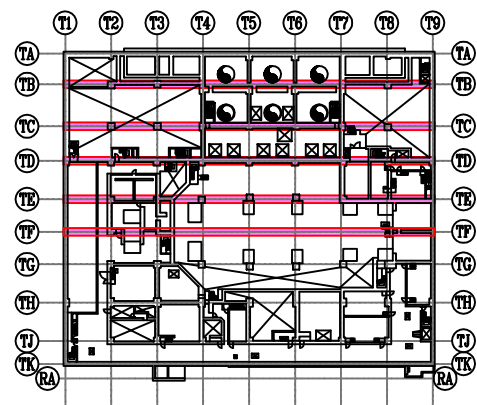
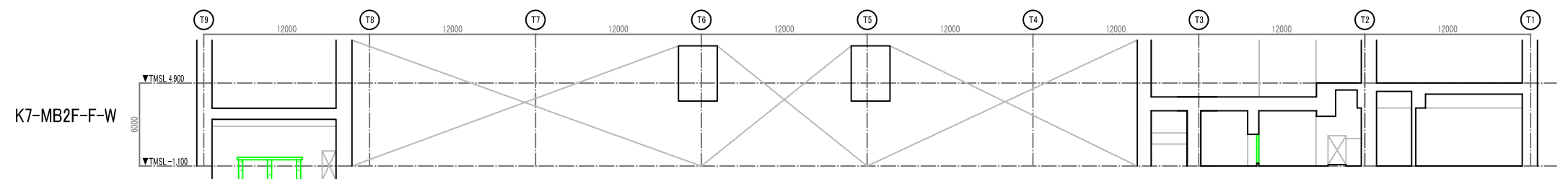
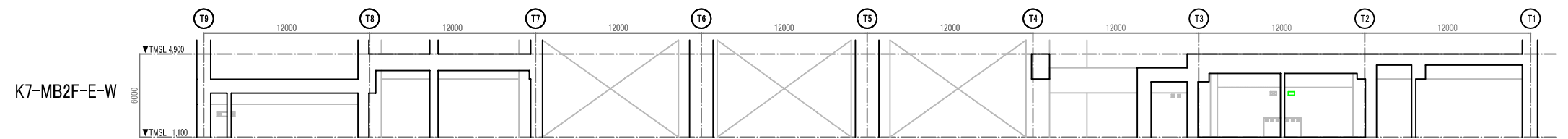
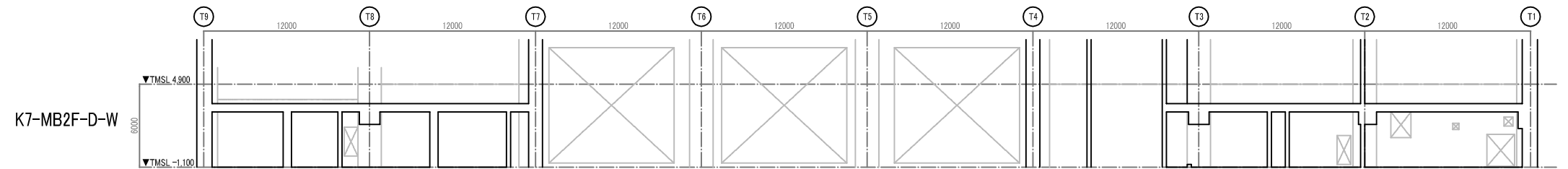
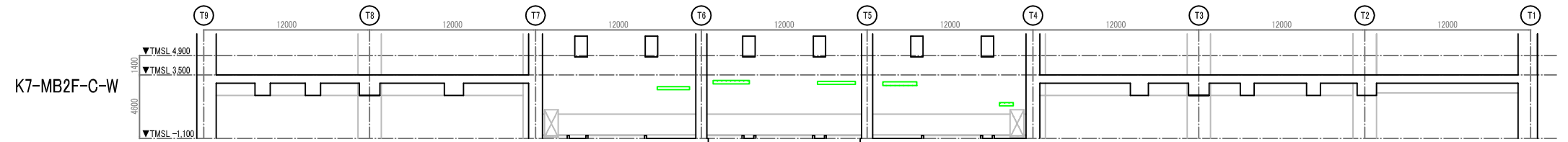
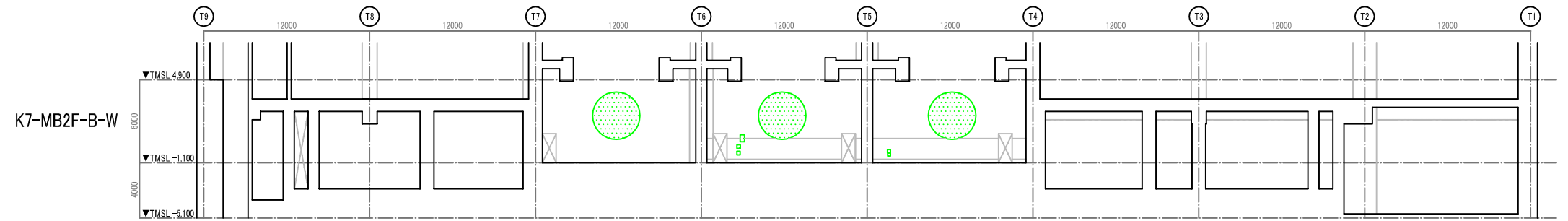
耐震壁-TE通り-E



- 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)

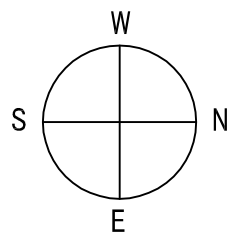
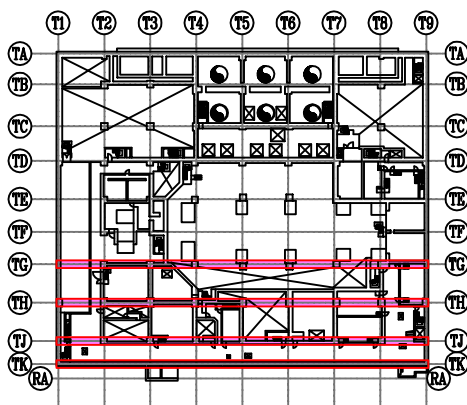
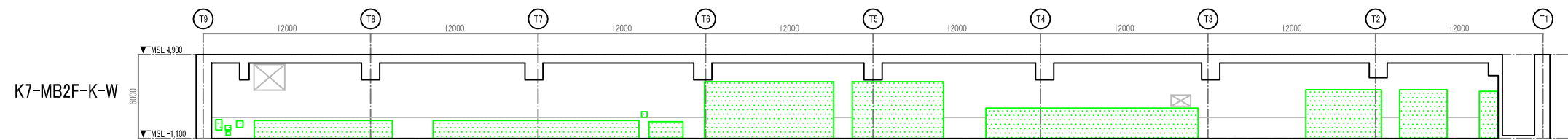
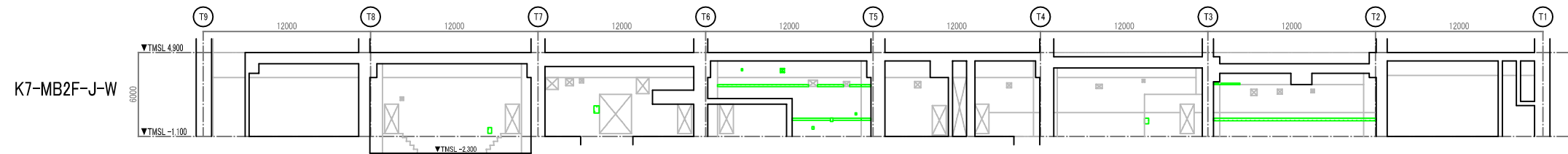
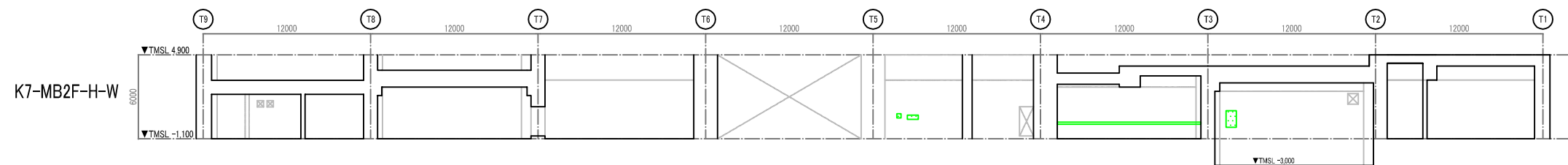
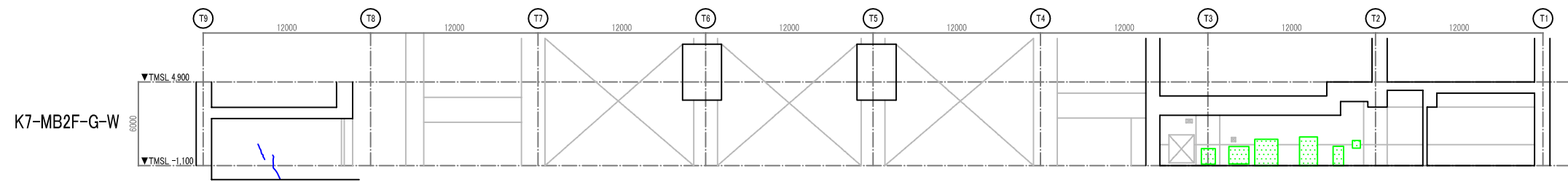
建屋名	7号機タービン建屋	階数	地下2階中間階 6/8	部位	耐震壁-TF通り-E 耐震壁-TG通り-E	耐震壁-TH通り-E 耐震壁-TJ通り-E	耐震壁-TK通り-E
-----	-----------	----	-------------	----	--------------------------	--------------------------	------------



- 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	7号機タービン建屋	階数	地下2階中間階 7/8	部位	耐震壁-TB通り-W 耐震壁-TC通り-W	耐震壁-TD通り-W 耐震壁-TE通り-W	耐震壁-TF通り-W
-----	-----------	----	-------------	----	--------------------------	--------------------------	------------



- 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)

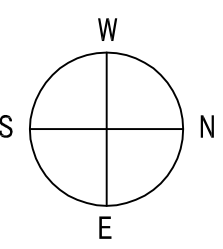
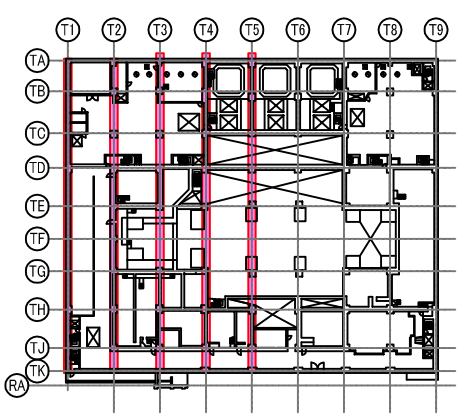
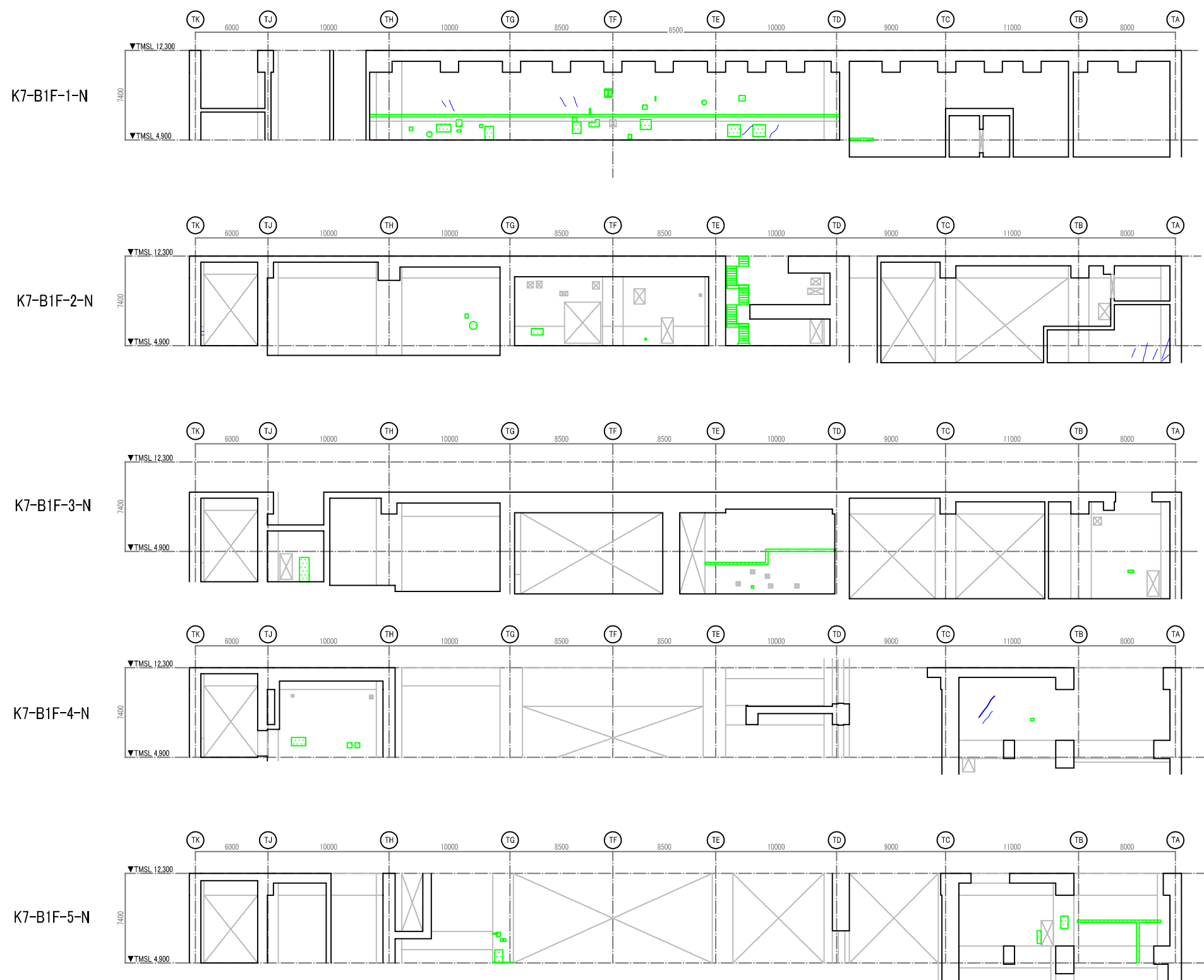
建屋名 7号機タービン建屋

階数 地下2階中間階 8/8

部位

耐震壁-TG通り-W
耐震壁-TH通り-W

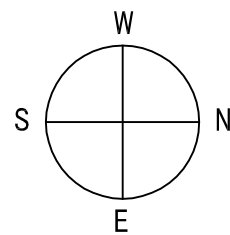
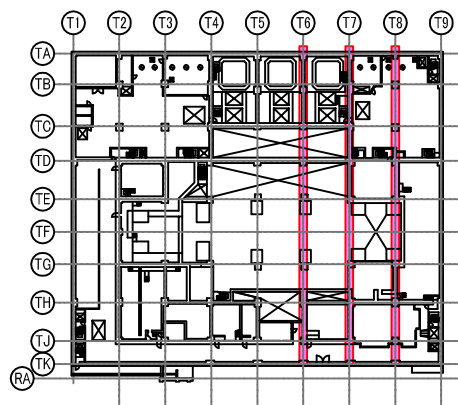
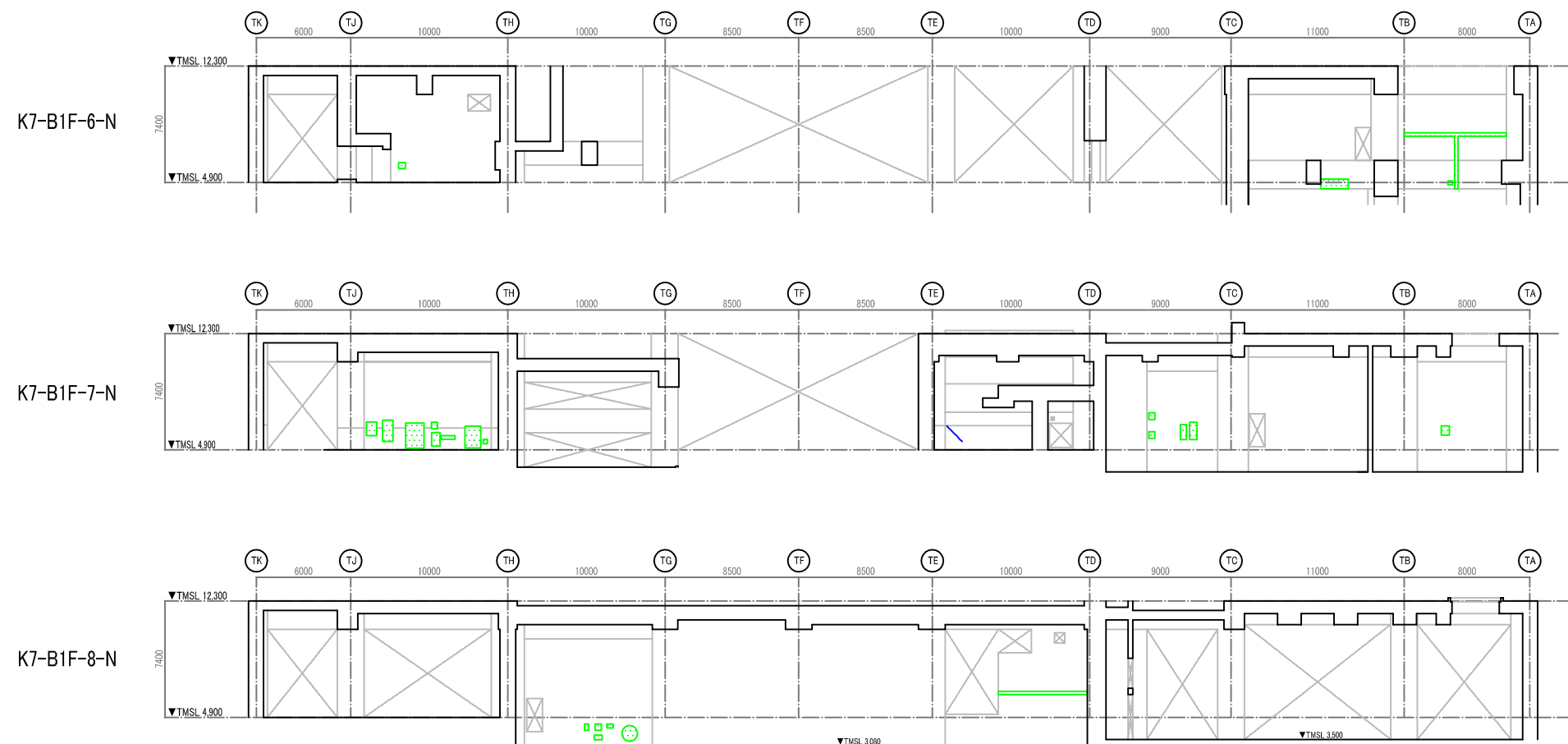
耐震壁-TJ通り-W
耐震壁-TK通り-W



- 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)

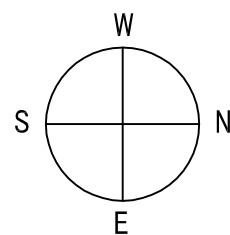
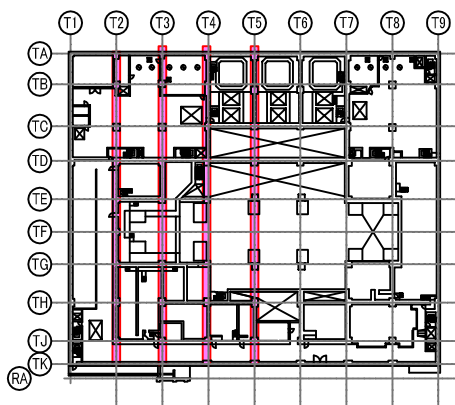
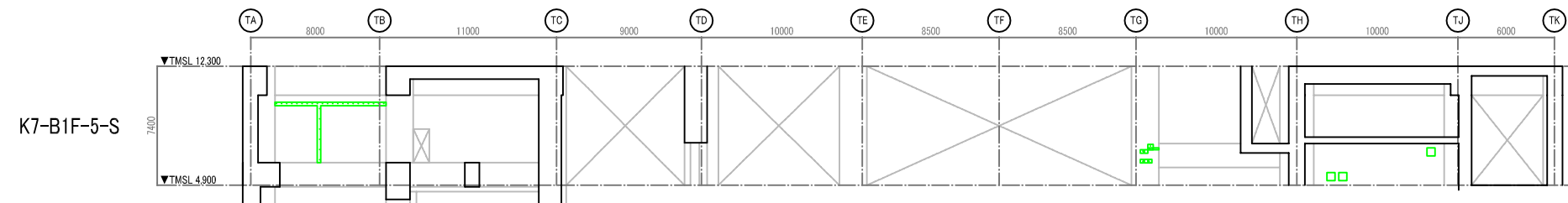
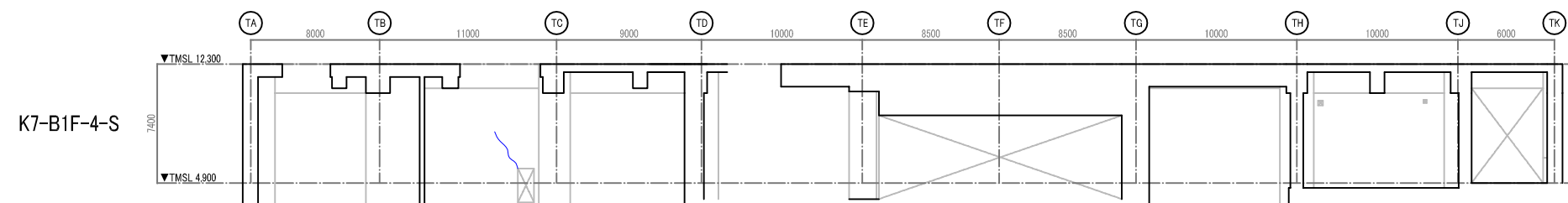
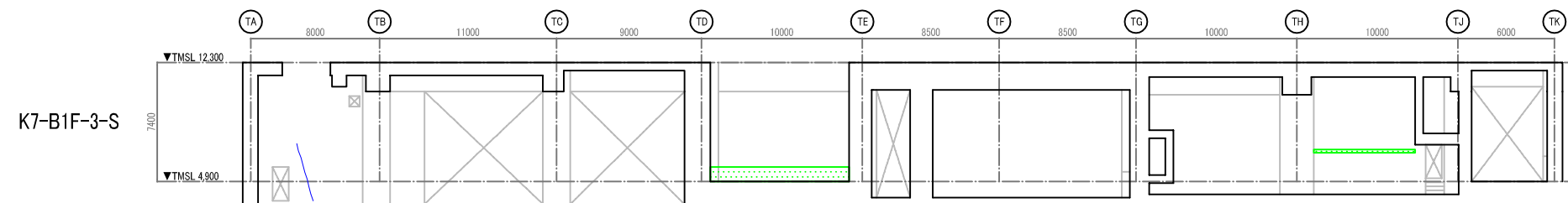
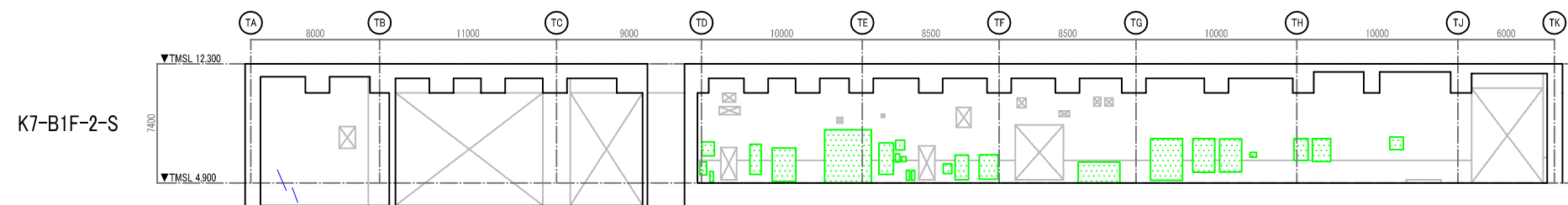
建屋名	7号機タービン建屋	階数	地下1階 1/8	部位	耐震壁-T1通り-N 耐震壁-T2通り-N	耐震壁-T3通り-N 耐震壁-T4通り-N	耐震壁-T5通り-N
-----	-----------	----	----------	----	--------------------------	--------------------------	------------



- 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	7号機タービン建屋	階数	地下1階 2/8	部位	耐震壁-T6通り-N 耐震壁-T7通り-N	耐震壁-T8通り-N
-----	-----------	----	----------	----	--------------------------	------------



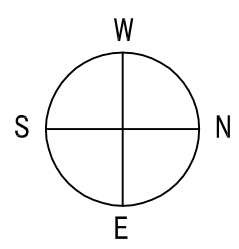
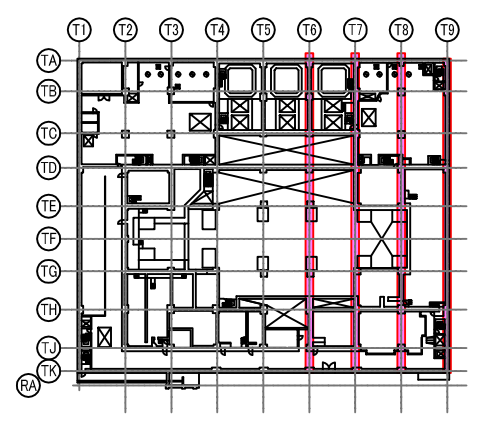
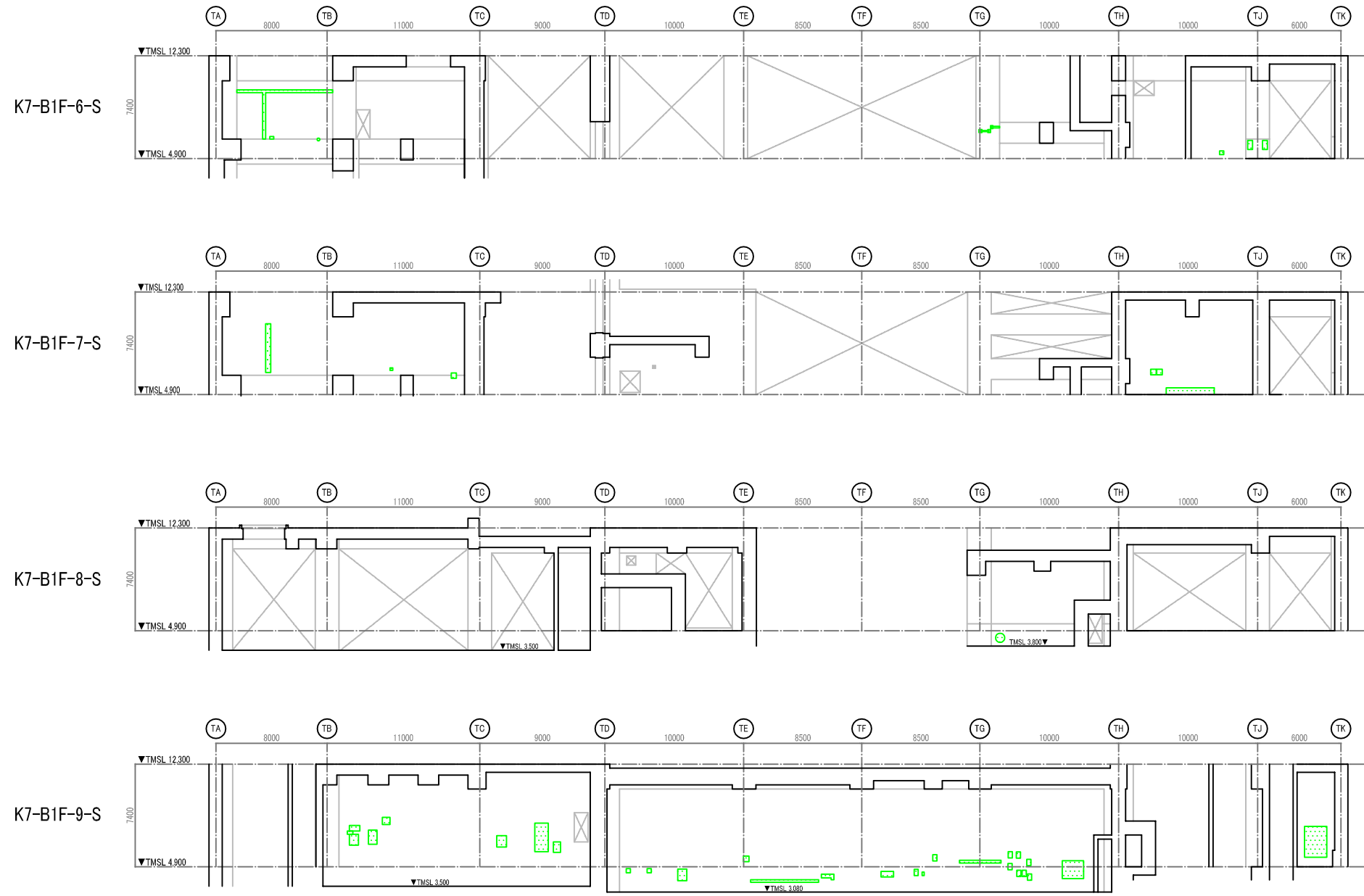
- 凡 例
- 地震によるひび割れ
 - 目視点検が困難な範囲

ひび割れ調査図 (展開図)

建屋名 7号機タービン建屋

階数 地下1階 3/8

部位 耐震壁-T2通り-S 耐震壁-T4通り-S
耐震壁-T3通り-S 耐震壁-T5通り-S

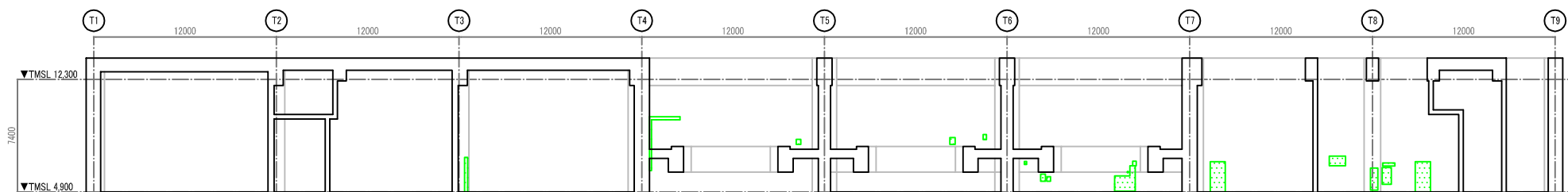


- 凡 例
- 地震によるひび割れ
 - 目視点検が困難な範囲

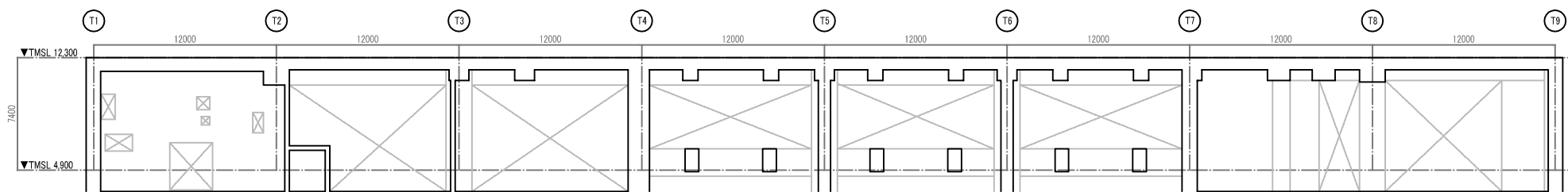
ひび割れ調査図 (展開図)

建屋名	7号機タービン建屋	階数	地下1階 4/8	部位	耐震壁-T6通り-S 耐震壁-T7通り-S	耐震壁-T8通り-S 耐震壁-T9通り-S
-----	-----------	----	----------	----	--------------------------	--------------------------

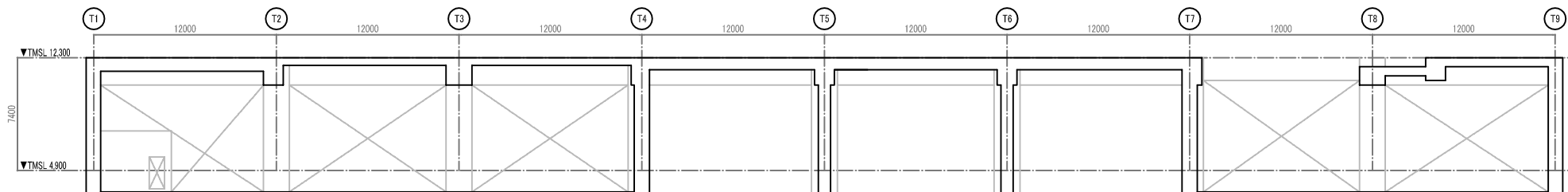
K7-B1F-A-E



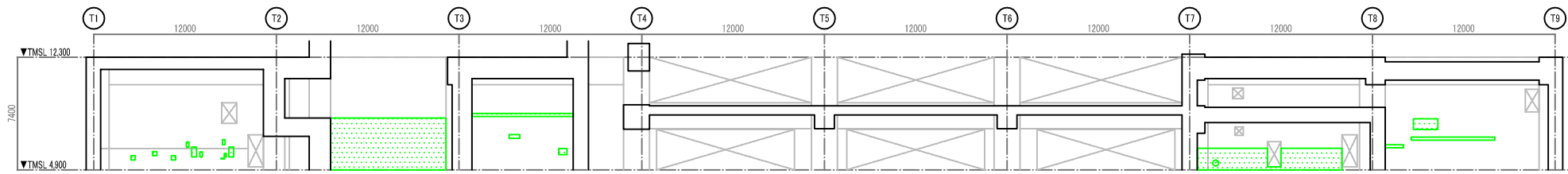
K7-B1F-B-E



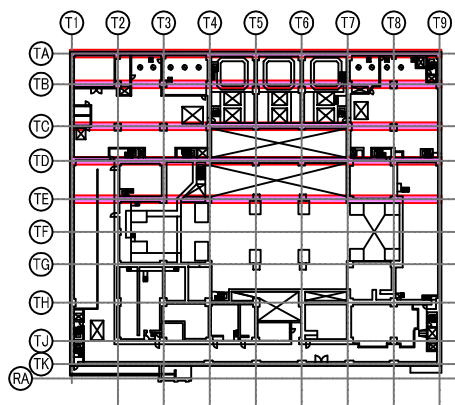
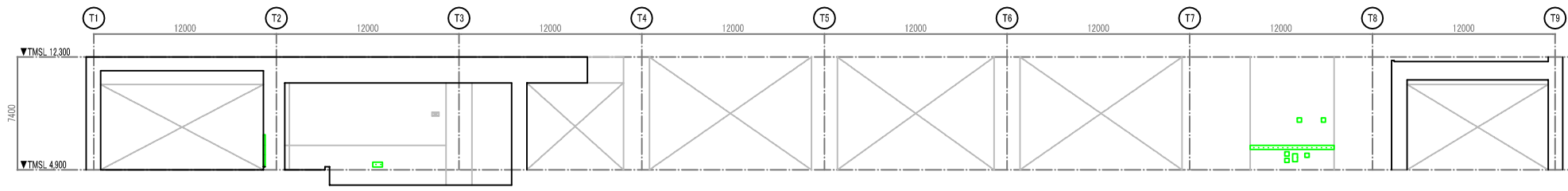
K7-B1F-C-E



K7-B1F-D-E



K7-B1F-E-E



KEY-PLAN

凡例

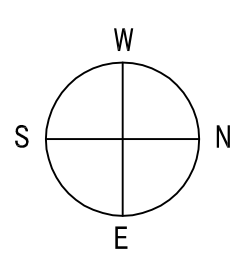
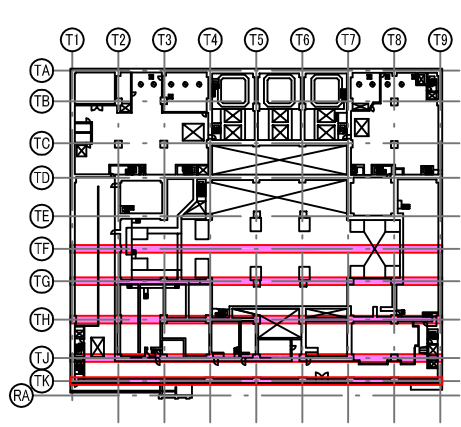
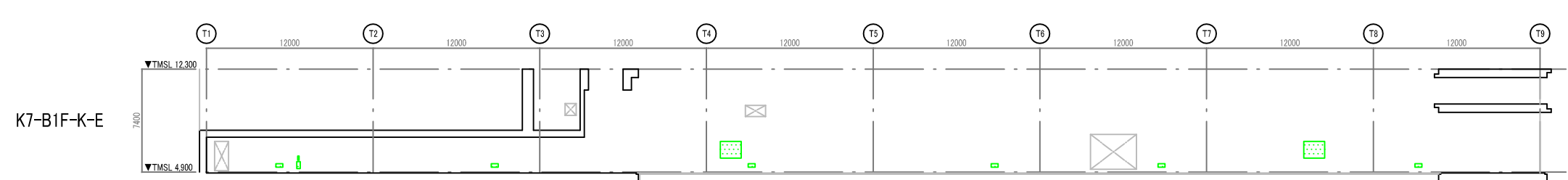
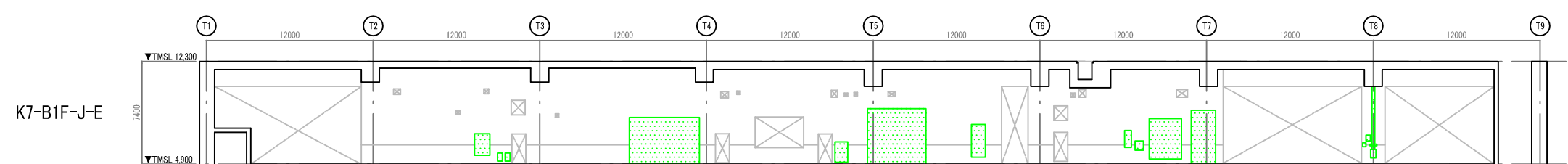
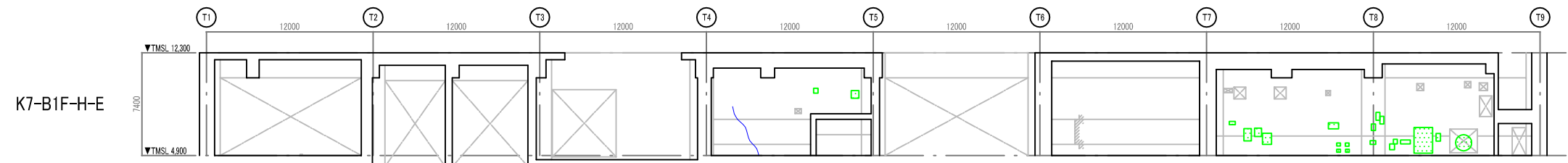
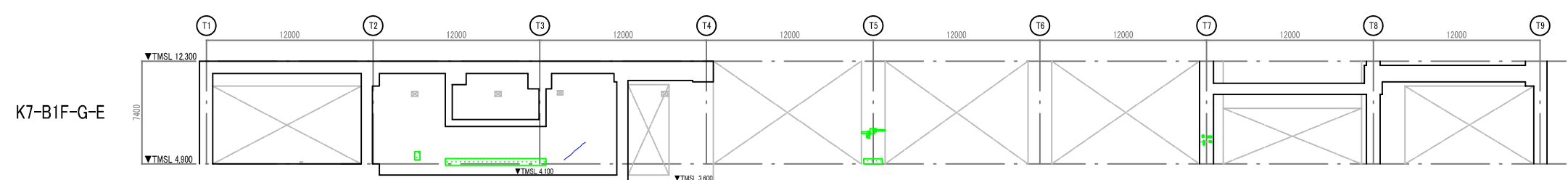
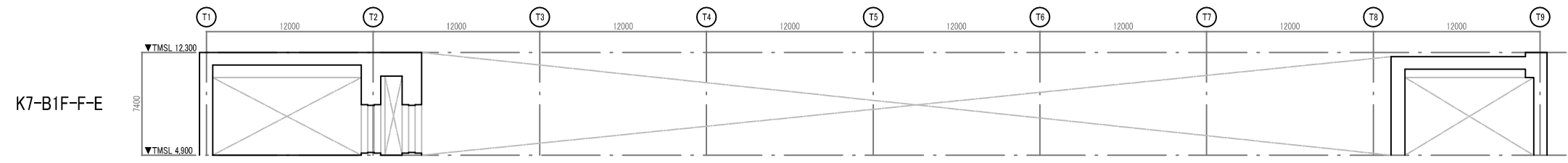
- 地震によるひび割れ
- 目視点検が困難な範囲

ひび割れ調査図 (展開図)

建屋名 7号機タービン建屋

階数 地下1階 5/8

部位 耐震壁-TA通り-E 耐震壁-TC通り-E 耐震壁-TE通り-E
耐震壁-TB通り-E 耐震壁-TD通り-E

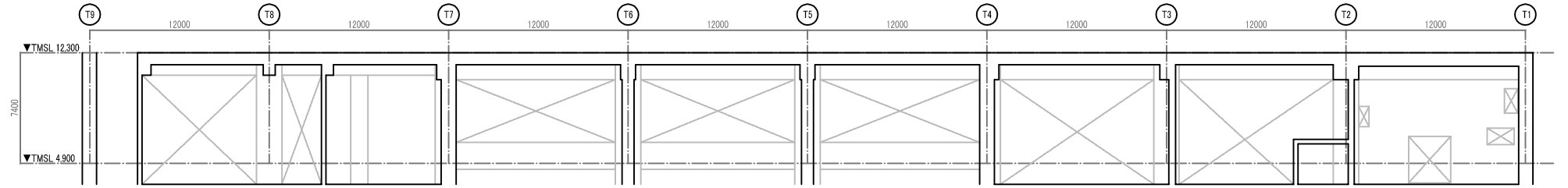


- 凡 例
- 地震によるひび割れ
 - 目視点検が困難な範囲

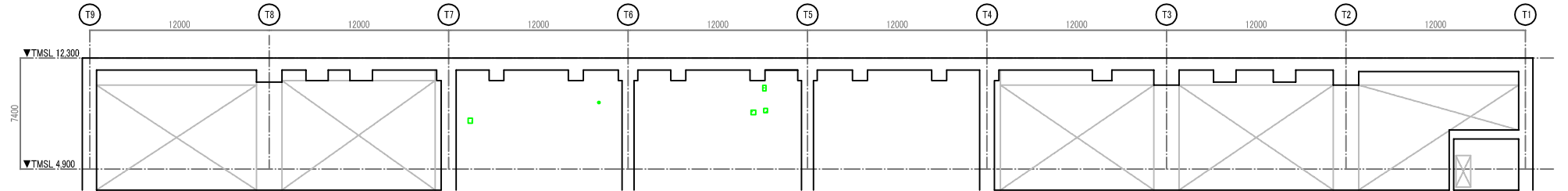
ひび割れ調査図 (展開図)

建屋名	7号機タービン建屋	階数	地下1階 6/8	部位	耐震壁-TF通り-E 耐震壁-TG通り-E	耐震壁-TH通り-E 耐震壁-TJ通り-E	耐震壁-TK通り-E
-----	-----------	----	----------	----	--------------------------	--------------------------	------------

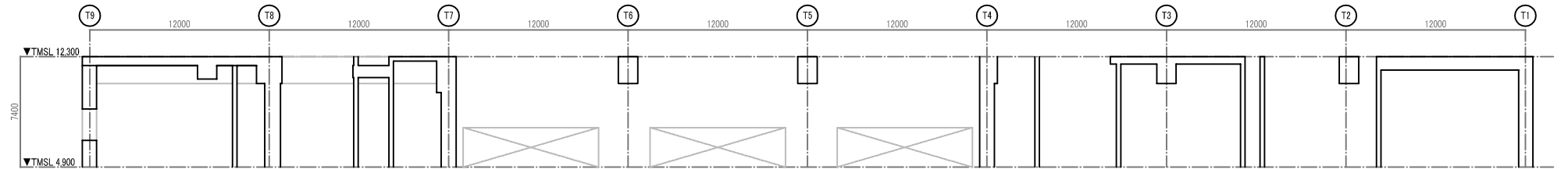
K7-B1F-B-W



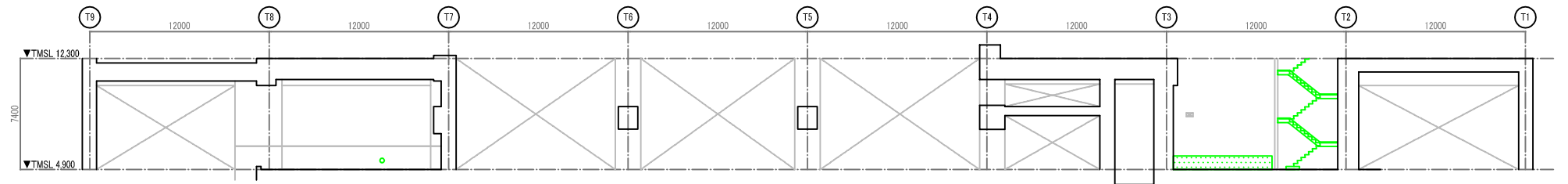
K7-B1F-C-W



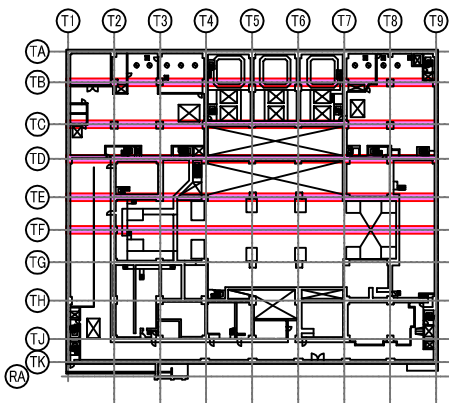
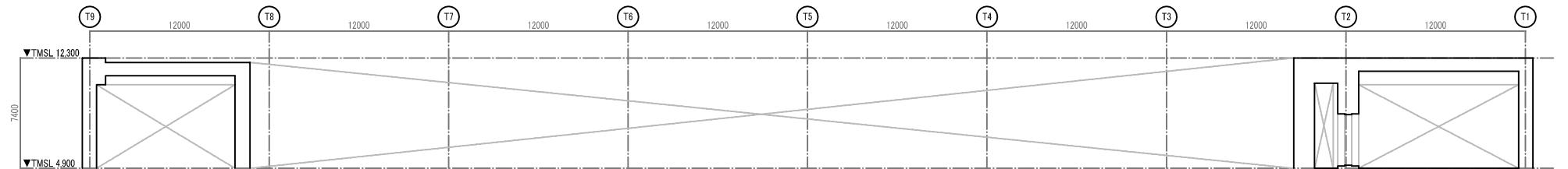
K7-B1F-D-W



K7-B1F-E-W



K7-B1F-F-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

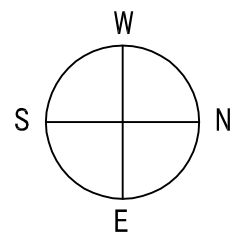
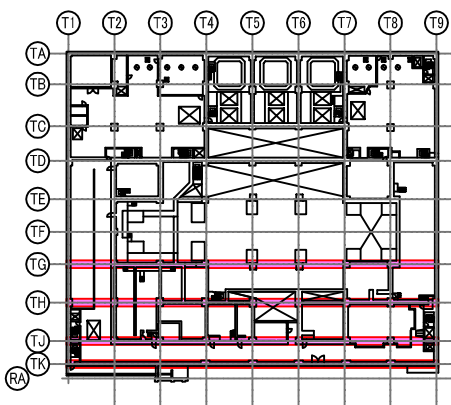
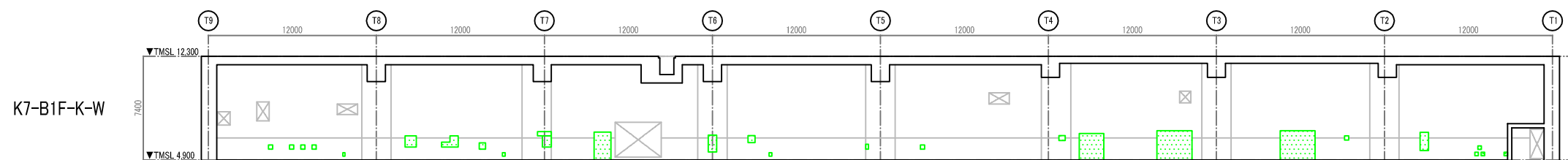
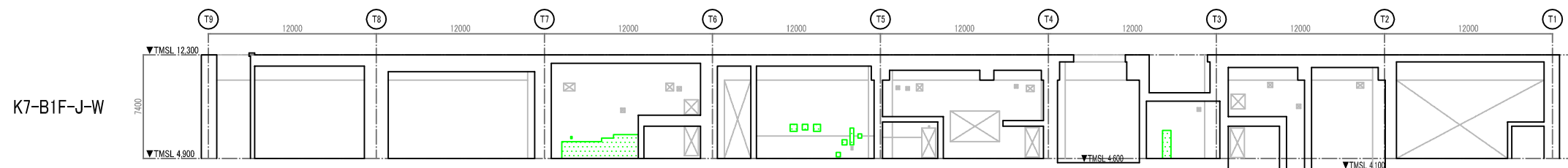
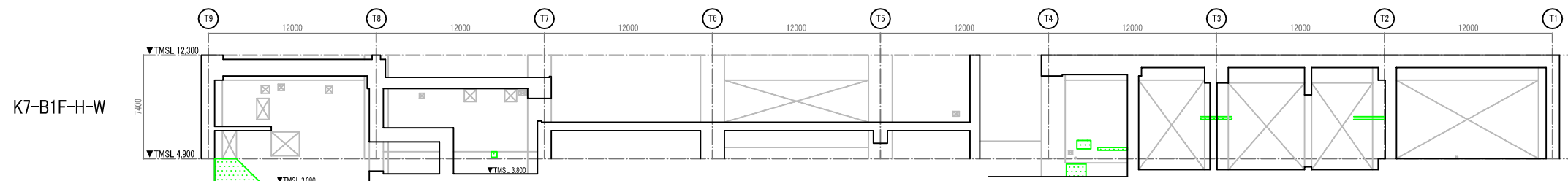
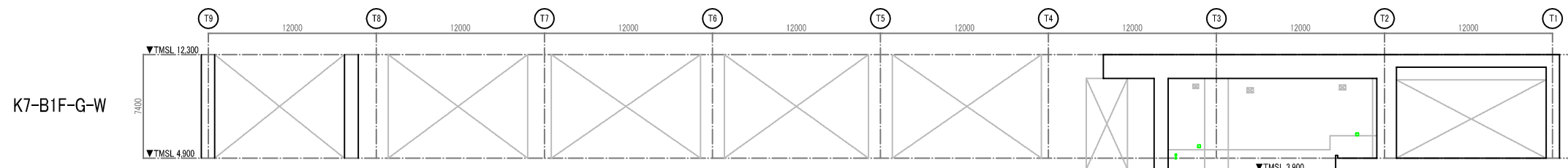
7号機タービン建屋

階数

地下1階 7/8

部位

耐震壁-TB通り-W 耐震壁-TD通り-W 耐震壁-TF通り-W
 耐震壁-TC通り-W 耐震壁-TE通り-W



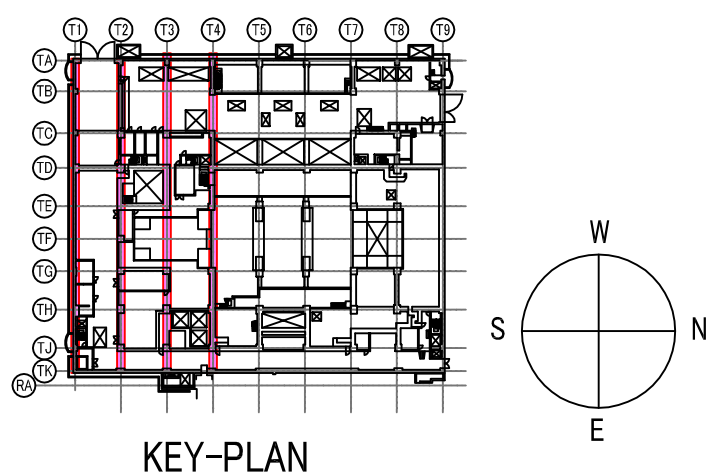
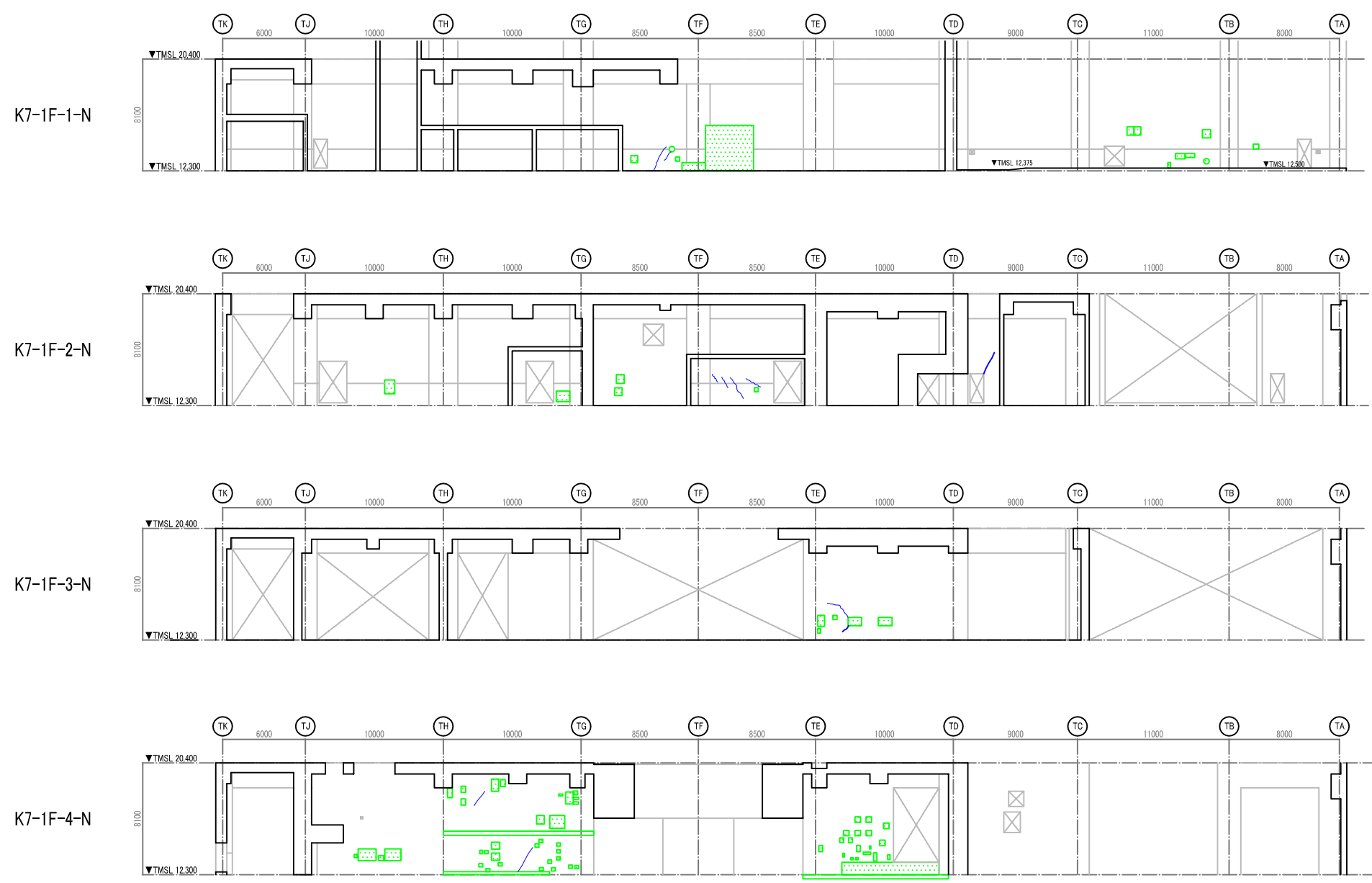
- 凡 例
- 地震によるひび割れ
 - 目視点検が困難な範囲

ひび割れ調査図 (展開図)

建屋名 7号機タービン建屋

階数 地下1階 8/8

部位 耐震壁-TG通り-W 耐震壁-TJ通り-W
耐震壁-TH通り-W 耐震壁-TK通り-W

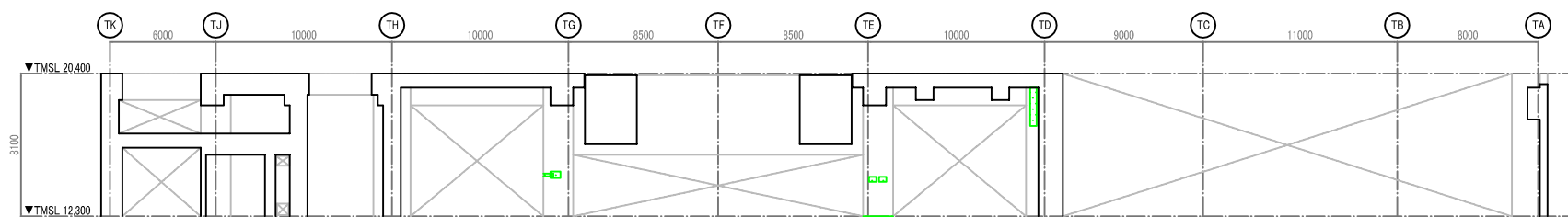


- 凡 例
- 地震によるひび割れ
 - 目視点検が困難な範囲

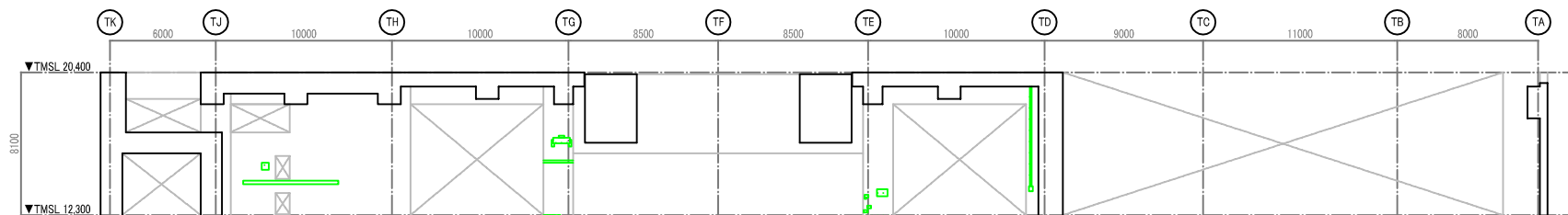
ひび割れ調査図 (展開図)

建屋名	7号機タービン建屋	階数	1階 1/8	部位	耐震壁-T1通り-N 耐震壁-T2通り-N	耐震壁-T3通り-N 耐震壁-T4通り-N	付1-25
-----	-----------	----	--------	----	--------------------------	--------------------------	-------

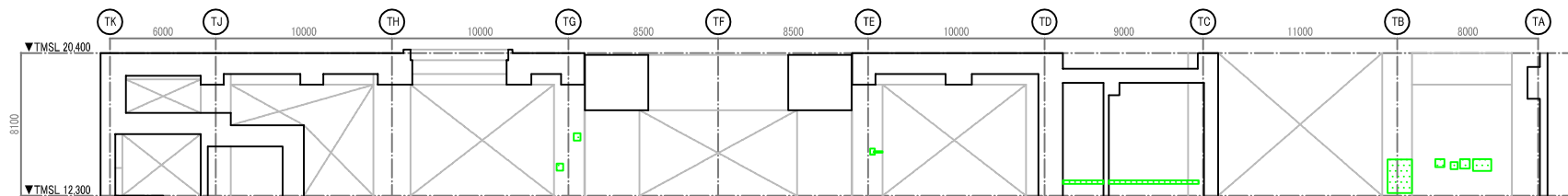
K7-1F-5-N



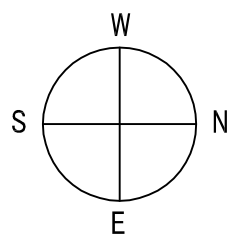
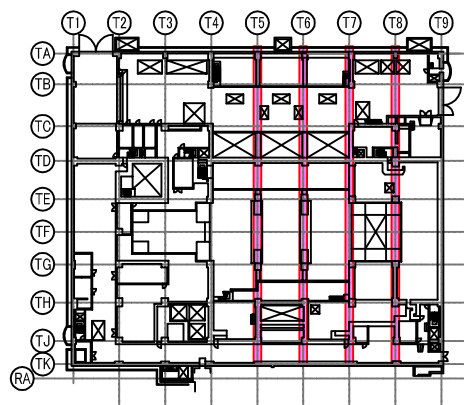
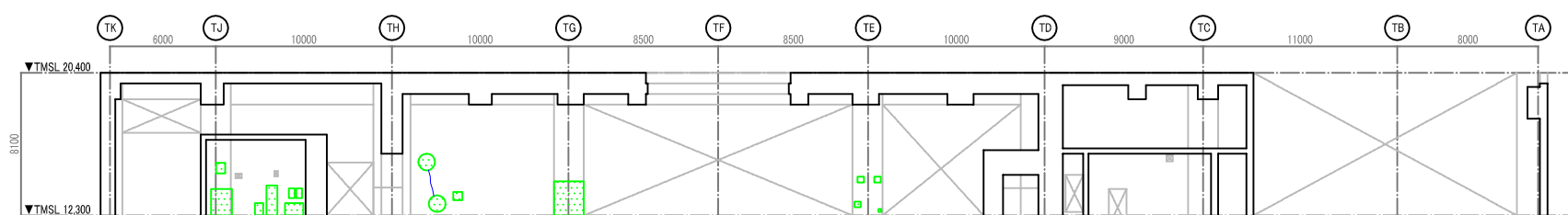
K7-1F-6-N



K7-1F-7-N



K7-1F-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 7号機タービン建屋

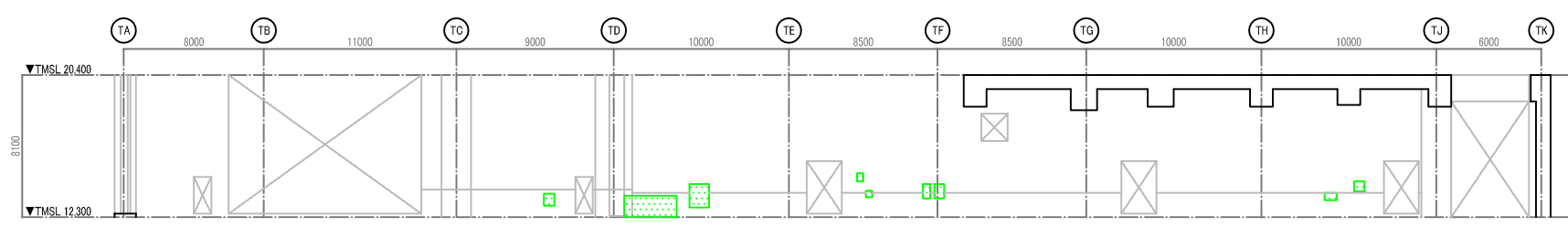
階数 1階 2/8

部位

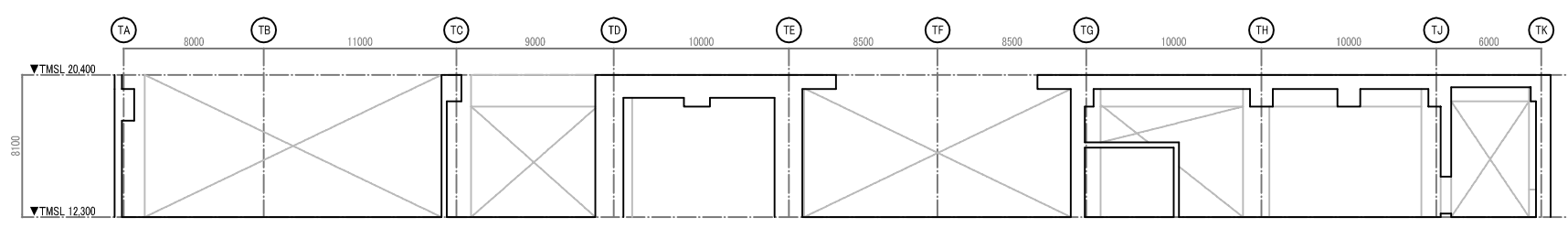
耐震壁-T5通り-N
耐震壁-T6通り-N

耐震壁-T7通り-N
耐震壁-T8通り-N

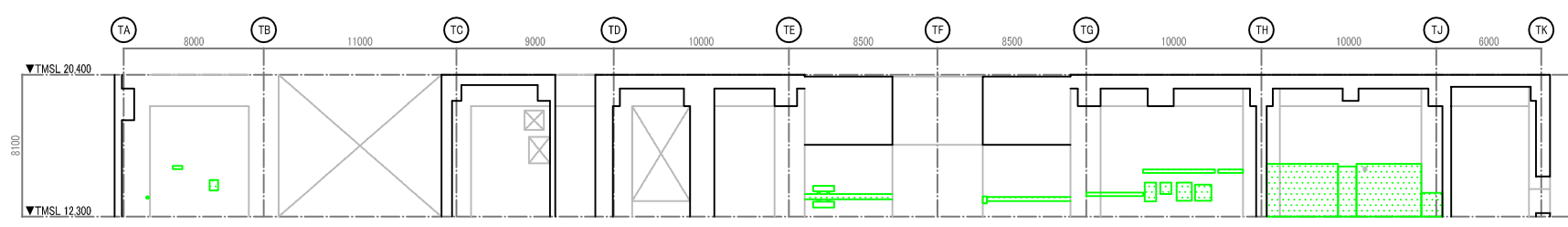
K7-1F-2-S



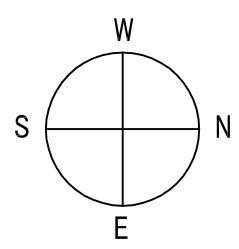
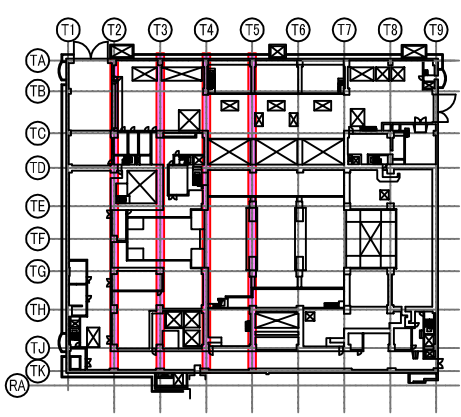
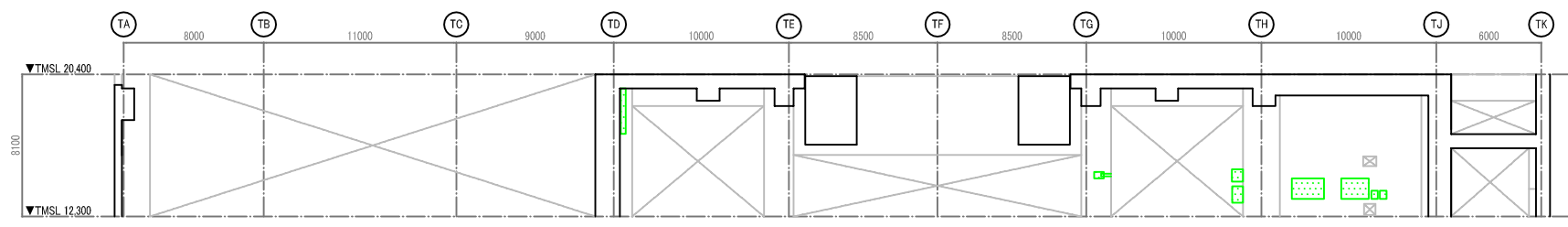
K7-1F-3-S



K7-1F-4-S



K7-1F-5-S



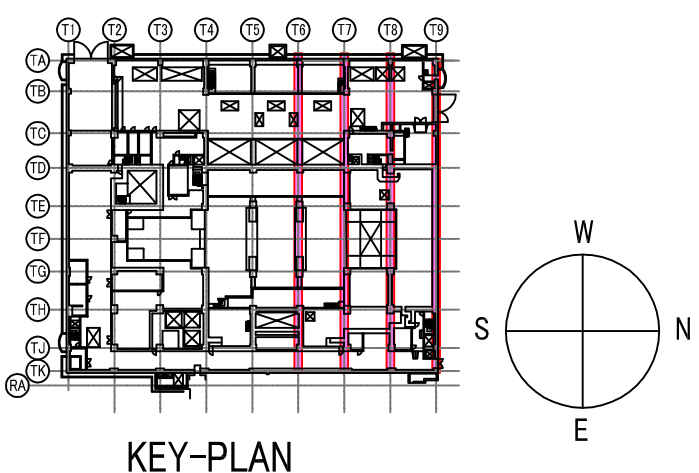
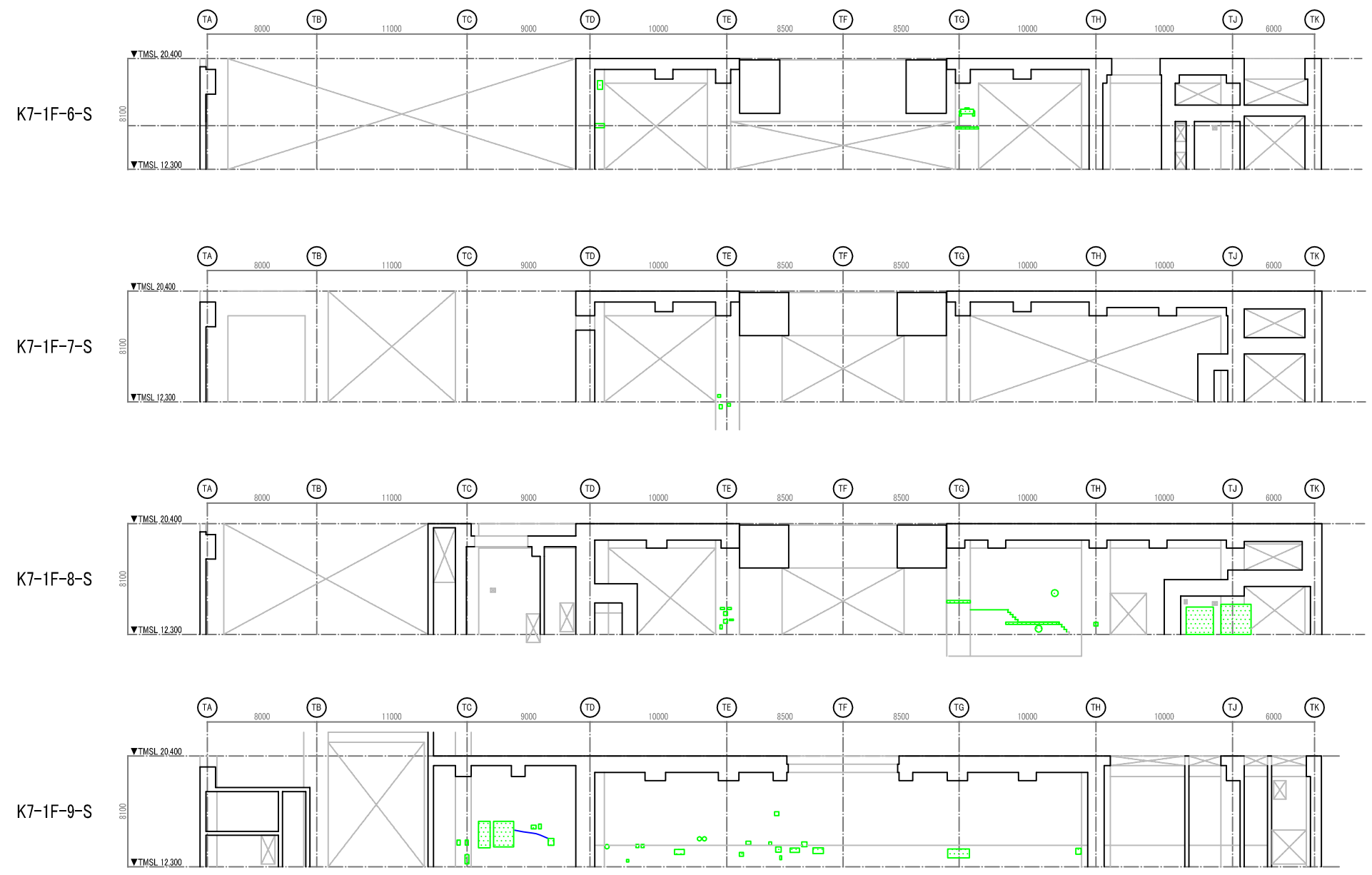
- 凡 例
- 地震によるひび割れ
 - 目視点検が困難な範囲

ひび割れ調査図 (展開図)

建屋名 7号機タービン建屋

階数 1階 3/8

部位 耐震壁-T2通り-S 耐震壁-T3通り-S 耐震壁-T4通り-S 耐震壁-T5通り-S

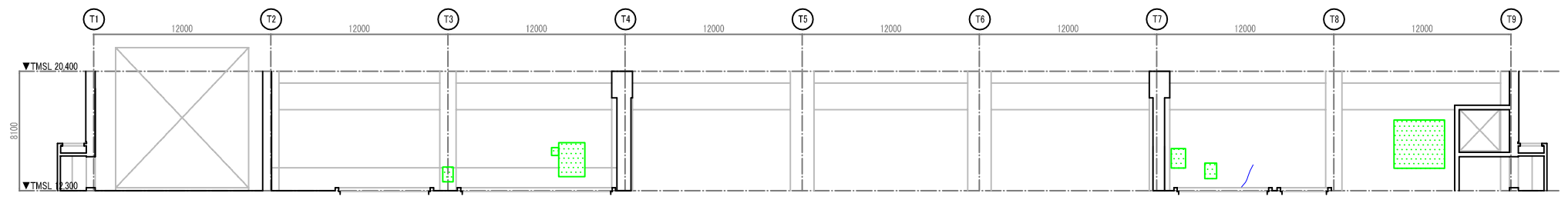


- 凡 例
- 地震によるひび割れ
 - 目視点検が困難な範囲

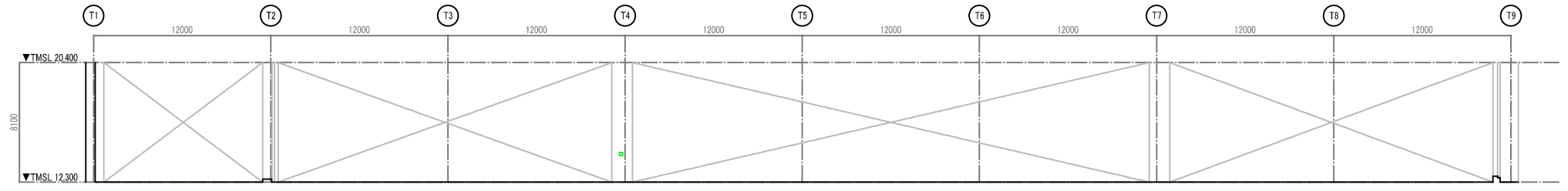
ひび割れ調査図 (展開図)

建屋名	7号機タービン建屋	階数	1階 4/8	部位	耐震壁-T6通り-S 耐震壁-T7通り-S	耐震壁-T8通り-S 耐震壁-T9通り-S
-----	-----------	----	--------	----	--------------------------	--------------------------

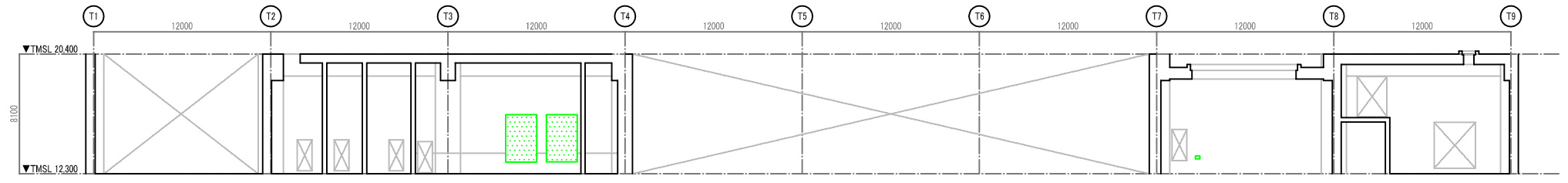
K7-1F-A-E



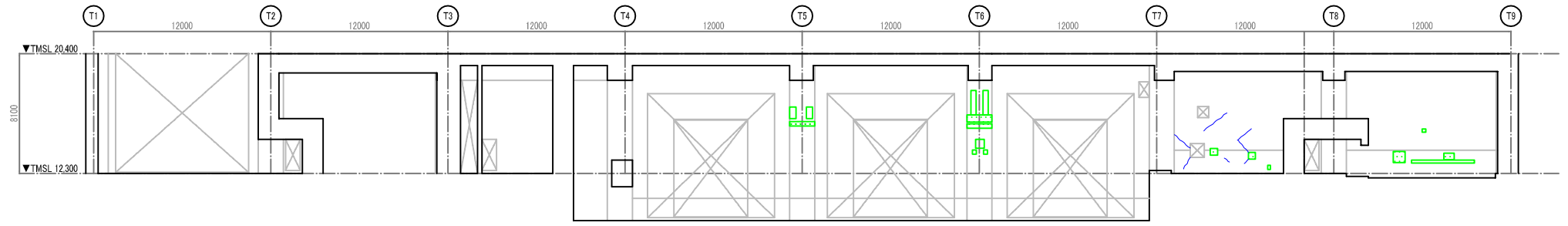
K7-1F-B-E



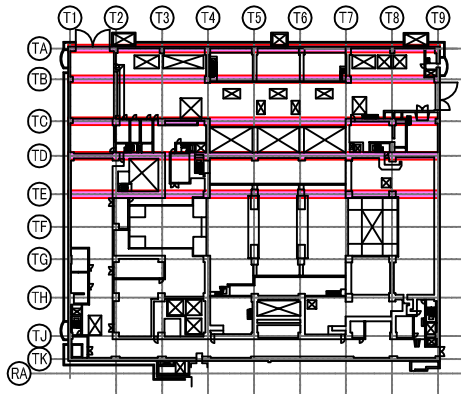
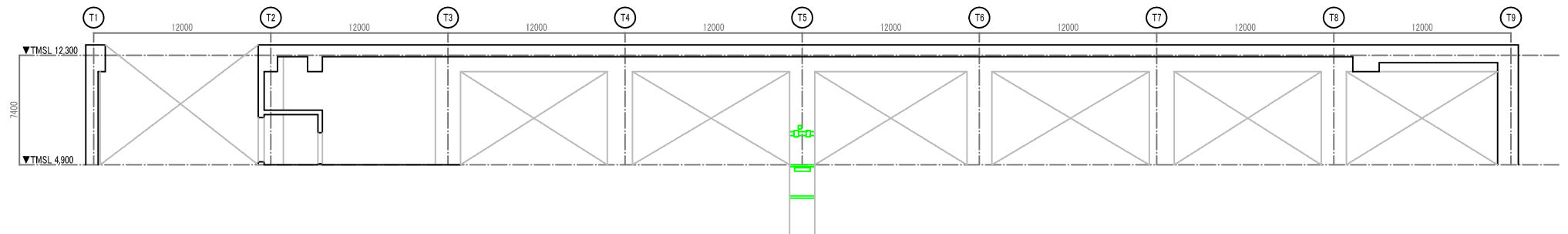
K7-1F-C-E



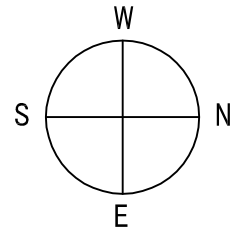
K7-1F-D-E



K7-1F-E-E



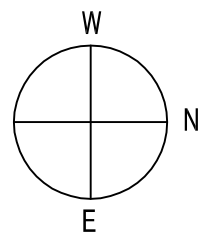
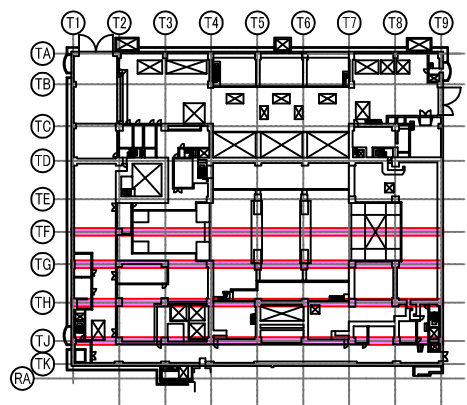
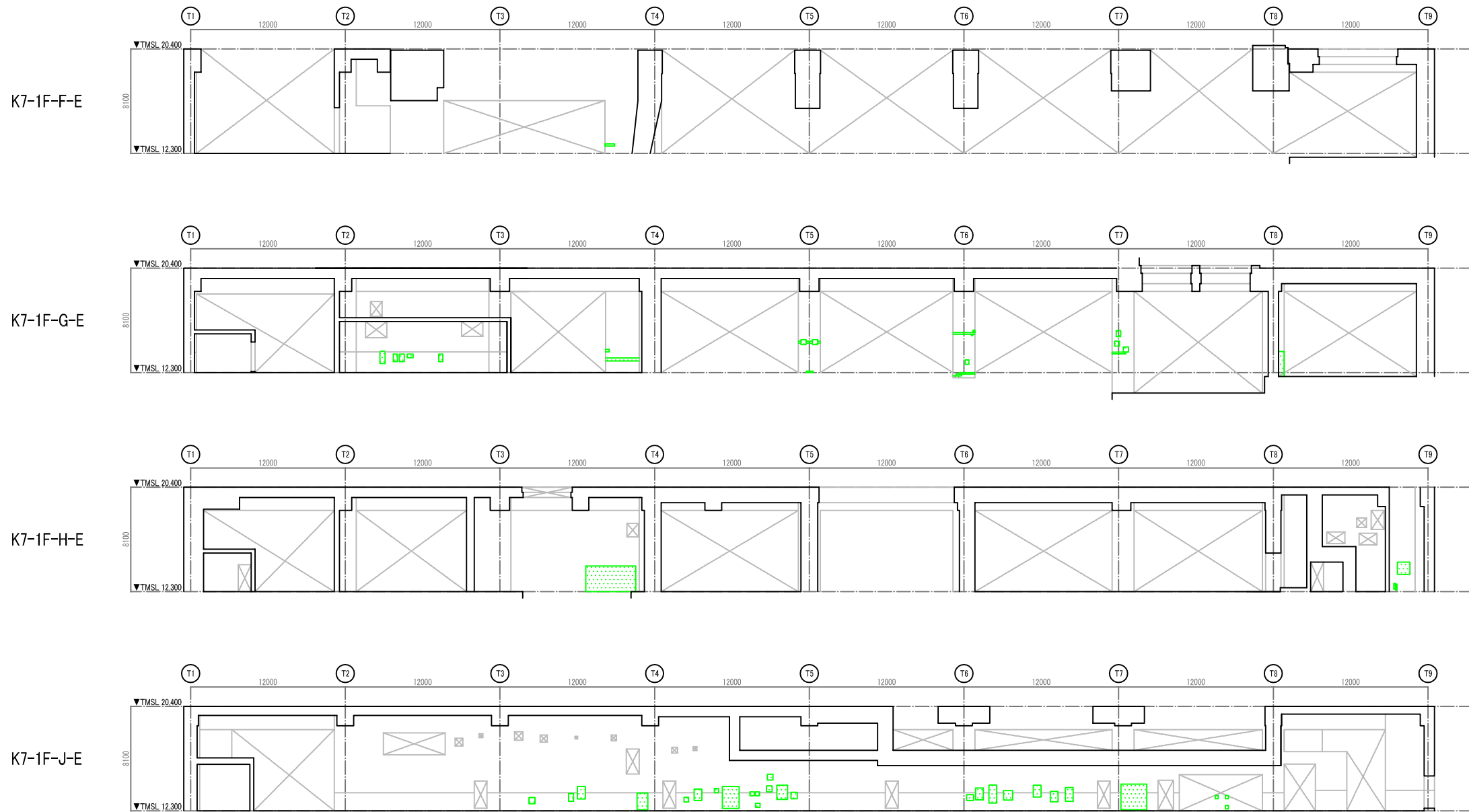
KEY-PLAN



- 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	7号機タービン建屋	階数	1階 5/8	部位	耐震壁-TA通り-E 耐震壁-TB通り-E	耐震壁-TC通り-E 耐震壁-TD通り-E	耐震壁-TE通り-E
-----	-----------	----	--------	----	--------------------------	--------------------------	------------



- 凡 例
- 地震によるひび割れ
 - 目視点検が困難な範囲

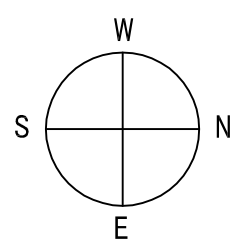
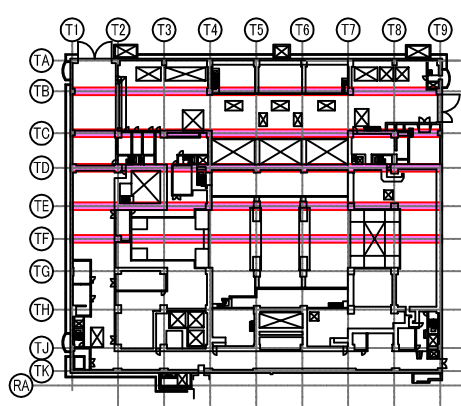
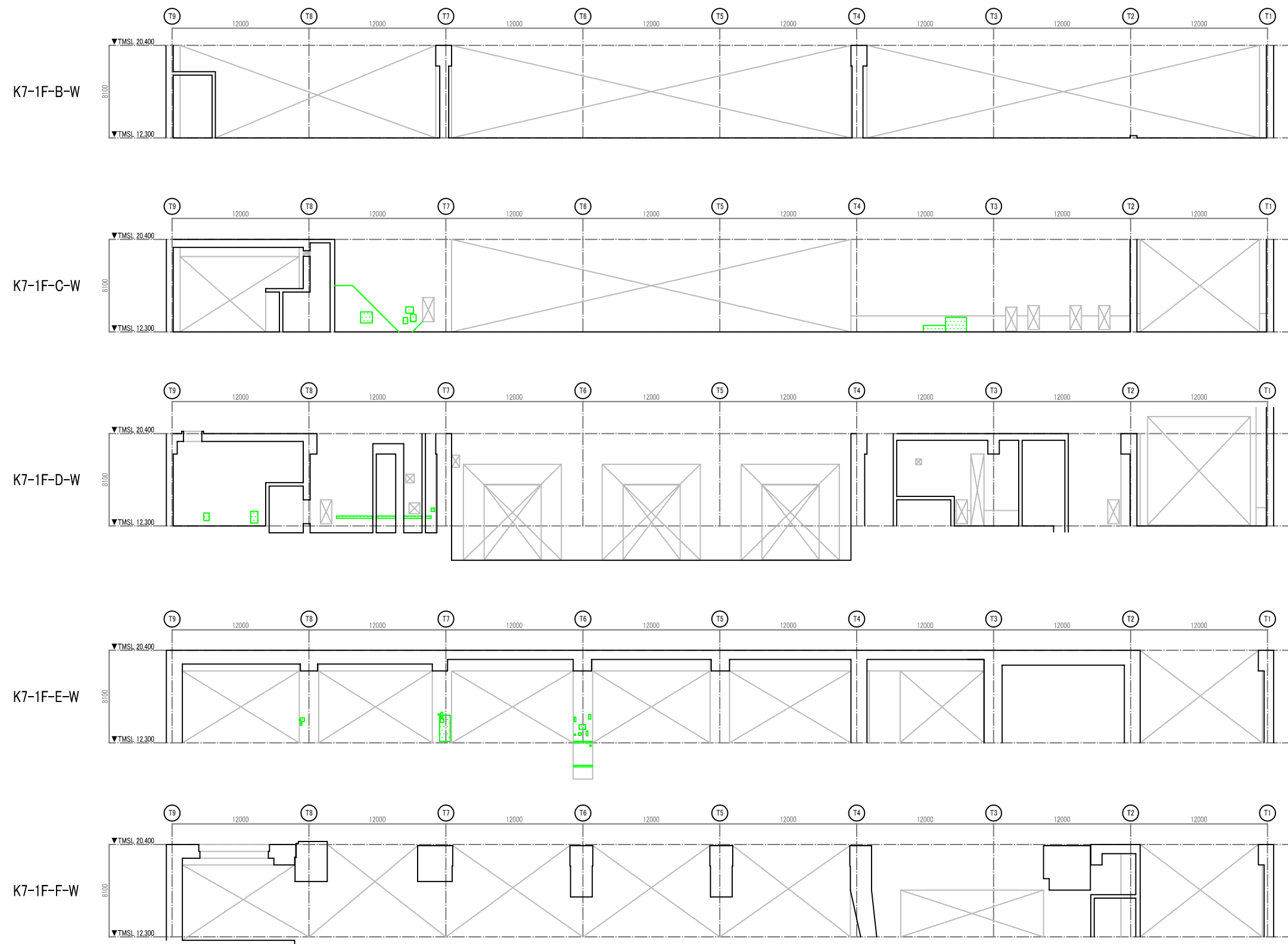
ひび割れ調査図 (展開図)

建屋名 7号機タービン建屋

階数 1階 6/8

部位

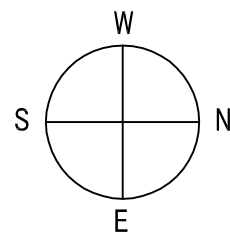
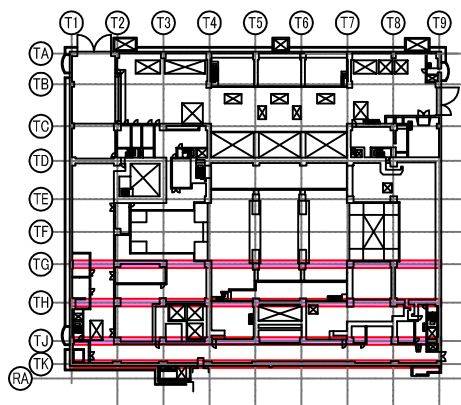
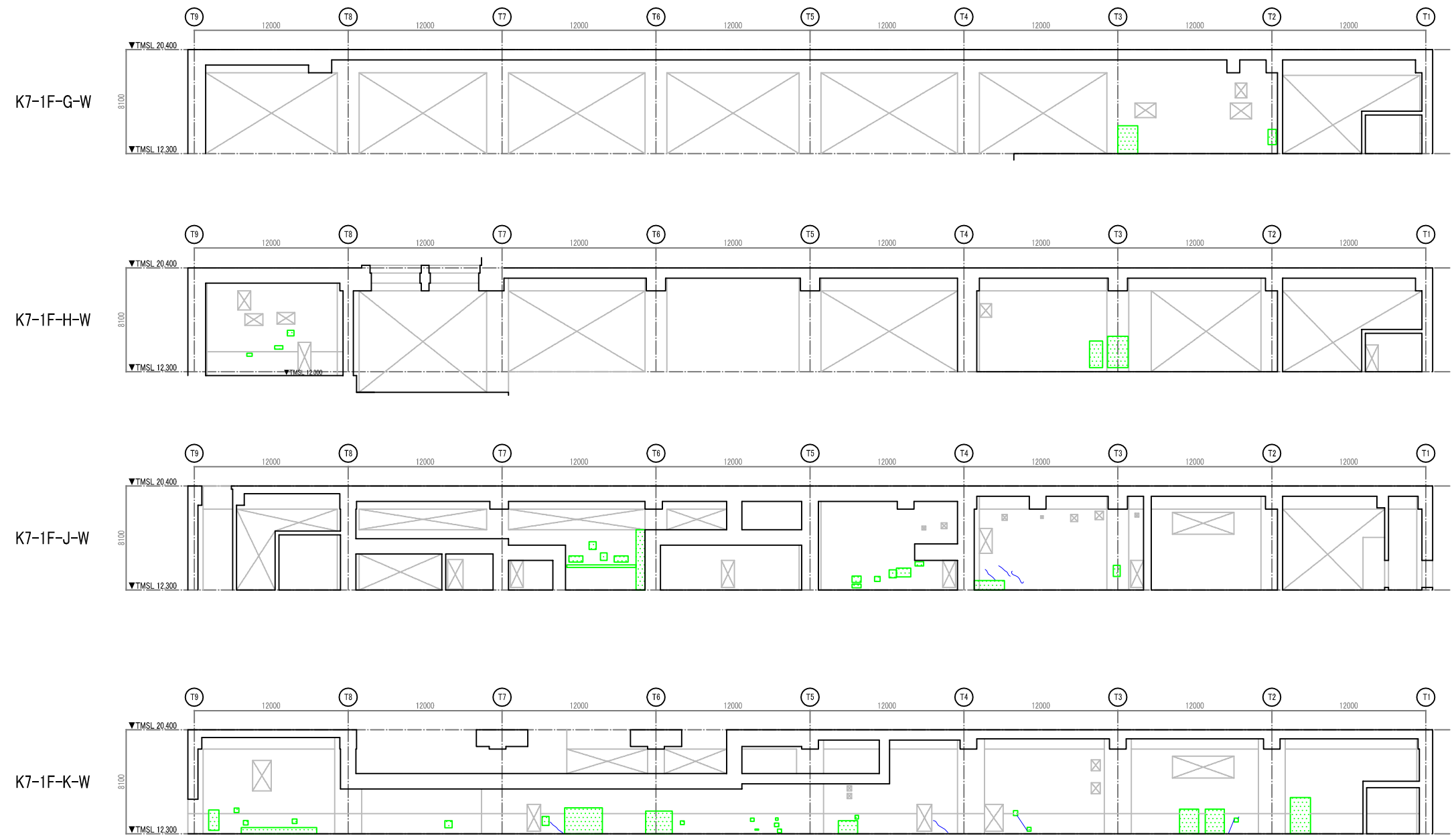
耐震壁-TF通り-E 耐震壁-TH通り-E
耐震壁-TG通り-E 耐震壁-TJ通り-E



- 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	7号機タービン建屋	階数	1階 7/8	部位	耐震壁-TB通り-W 耐震壁-TC通り-W	耐震壁-TD通り-W 耐震壁-TE通り-W	耐震壁-TF通り-W
-----	-----------	----	--------	----	--------------------------	--------------------------	------------



- 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)

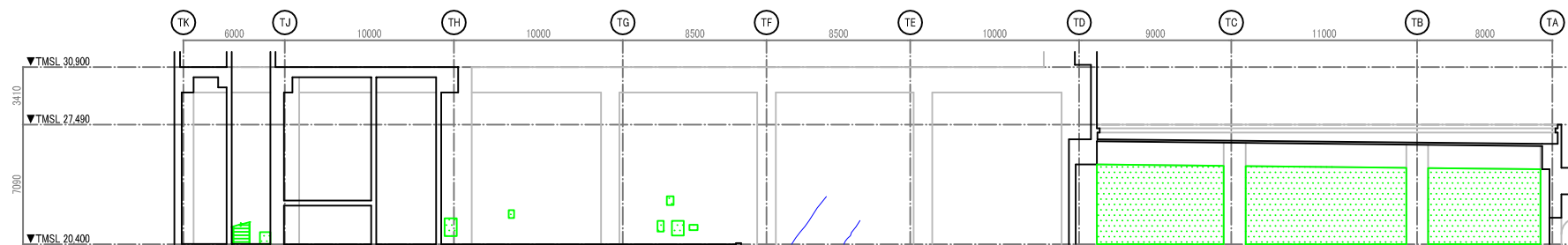
建屋名 7号機タービン建屋

階数 1階 8/8

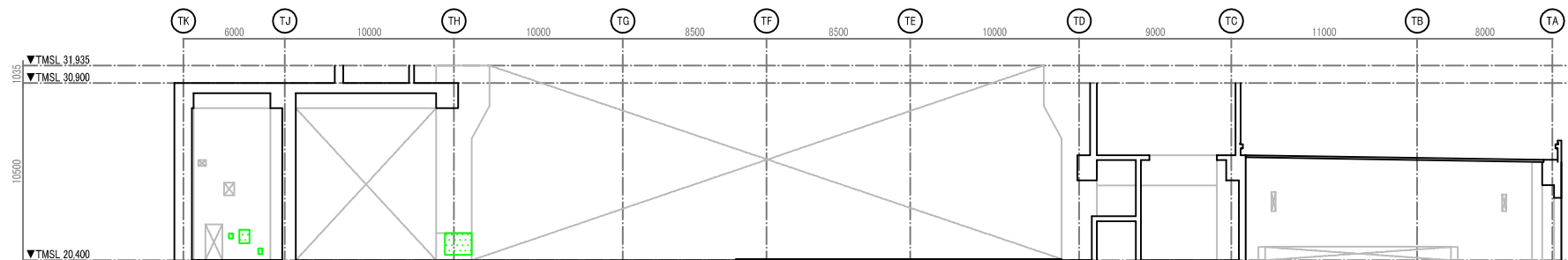
部位

耐震壁-TG通り-W
耐震壁-TJ通り-W
耐震壁-TH通り-W
耐震壁-TK通り-W

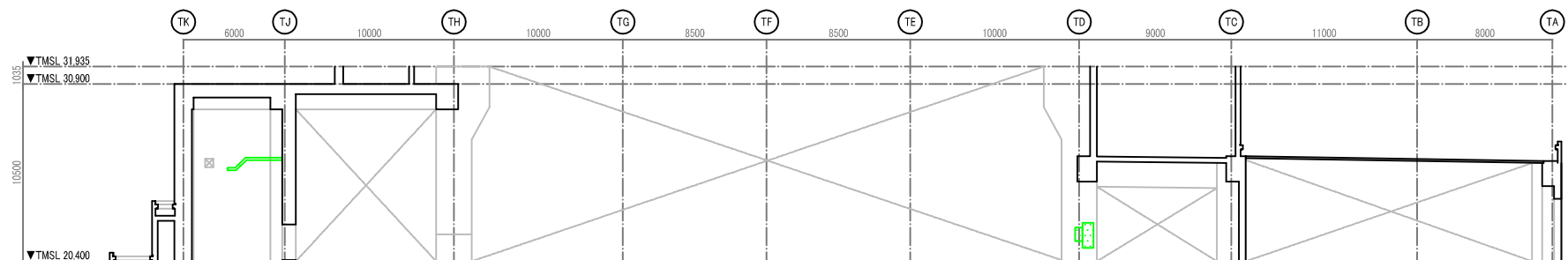
K7-2F-1-N



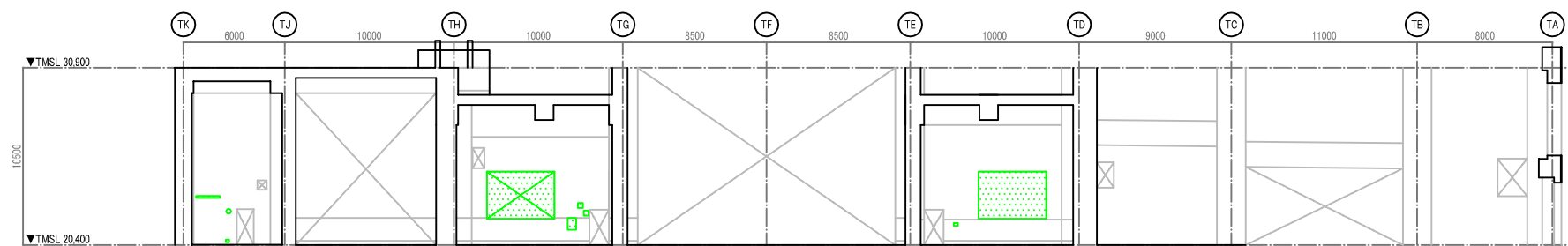
K7-2F-2-N



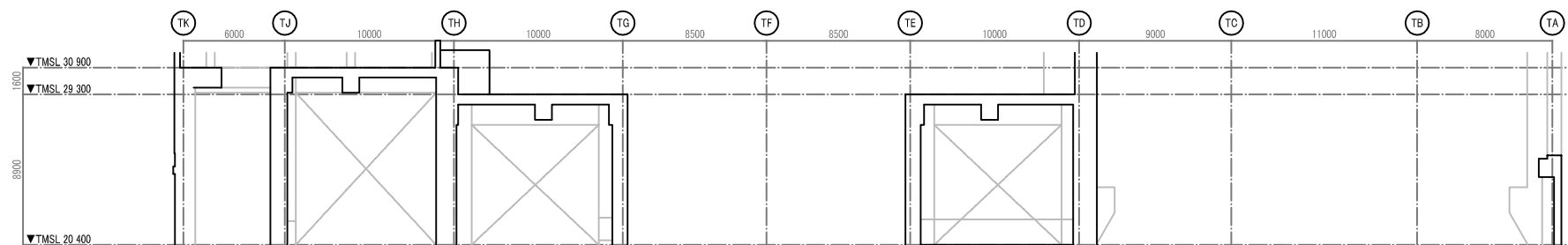
K7-2F-3-N



K7-2F-4-N

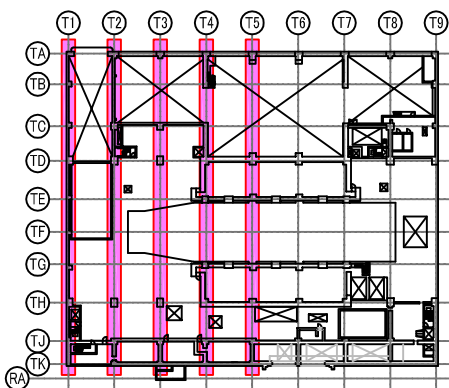


K7-2F-5-N



凡 例

- 地震によるひび割れ
- 目視点検が困難な範囲



KEY-PLAN

ひび割れ調査図 (展開図)

建屋名

7号機タービン建屋

階数

2階 1/8

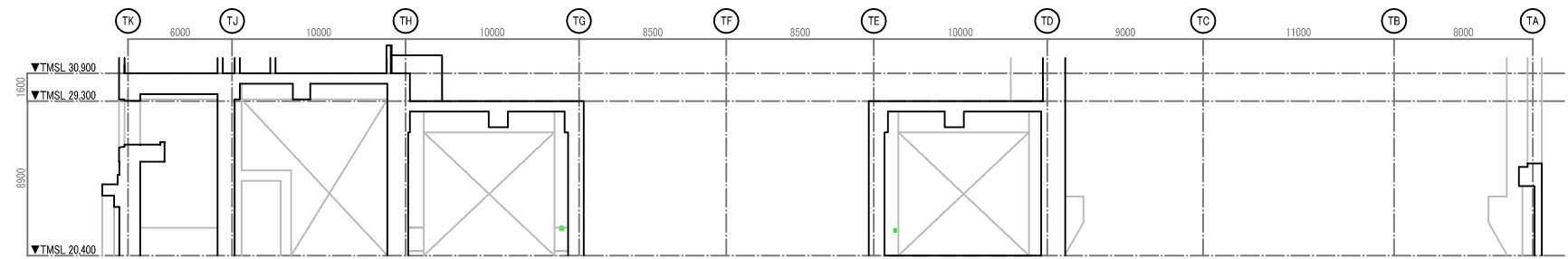
部位

耐震壁-T1通り-N
耐震壁-T2通り-N

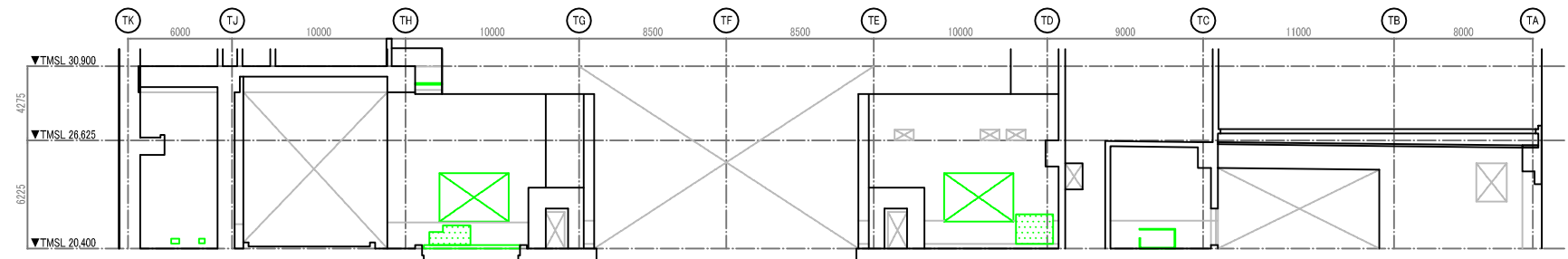
耐震壁-T3通り-N
耐震壁-T4通り-N

耐震壁-T5通り-N

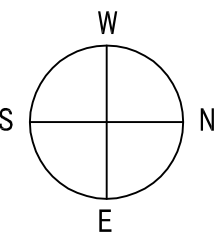
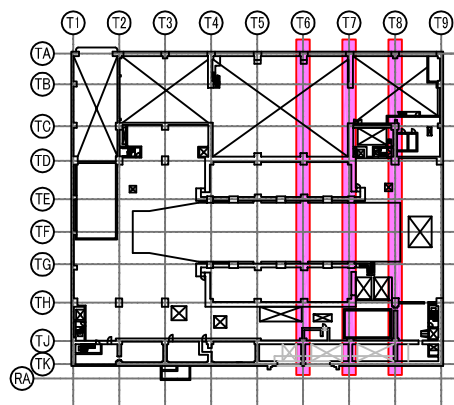
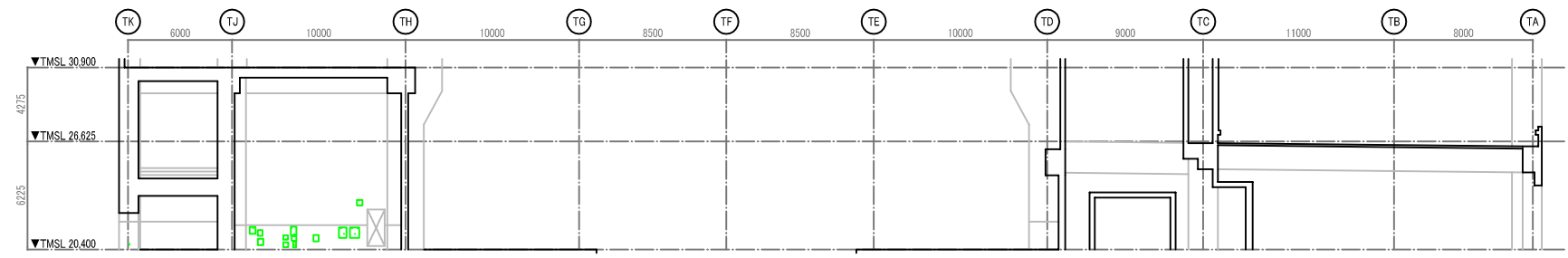
K7-2F-6-N



K7-2F-7-N



K7-2F-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

7号機タービン建屋

階数

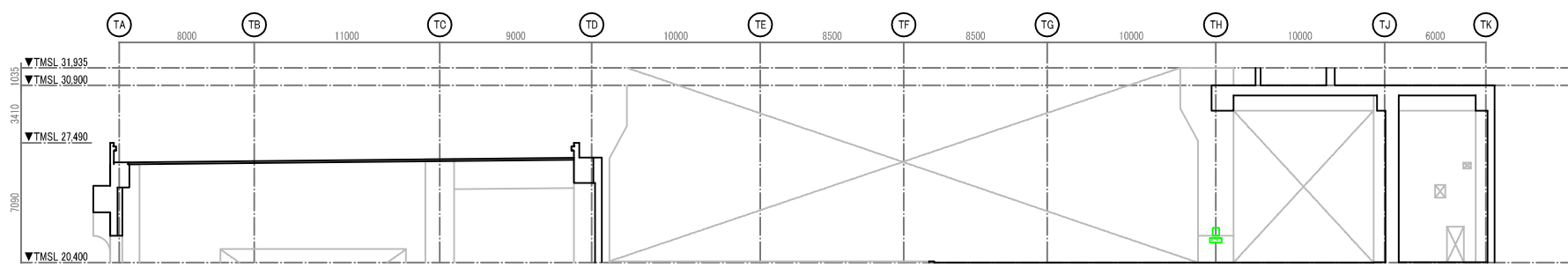
2階 2/8

部位

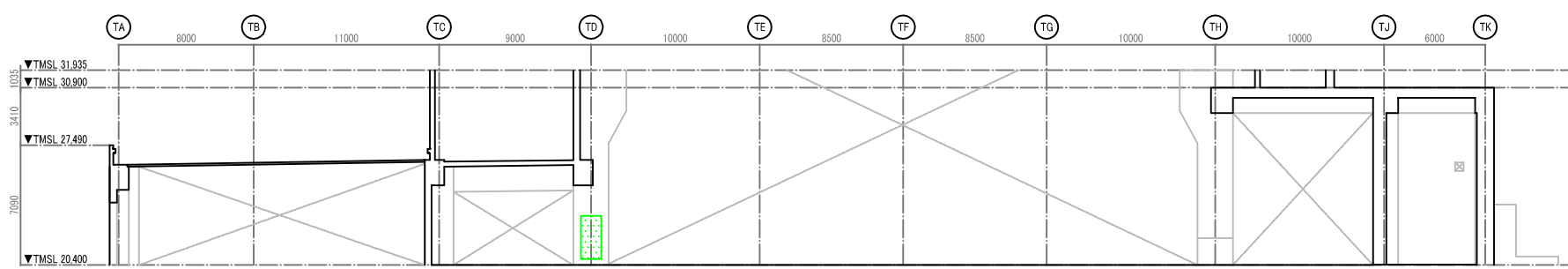
耐震壁-T6通り-N
耐震壁-T7通り-N

耐震壁-T8通り-N

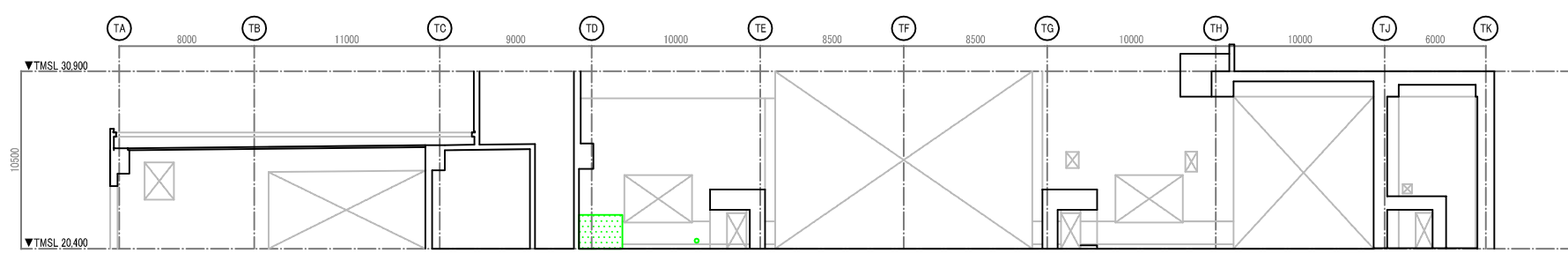
K7-2F-2-S



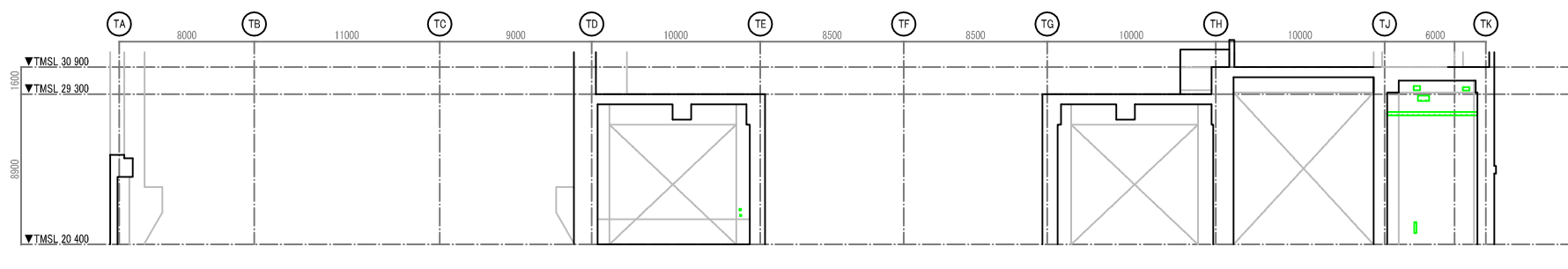
K7-2F-3-S



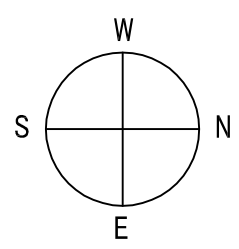
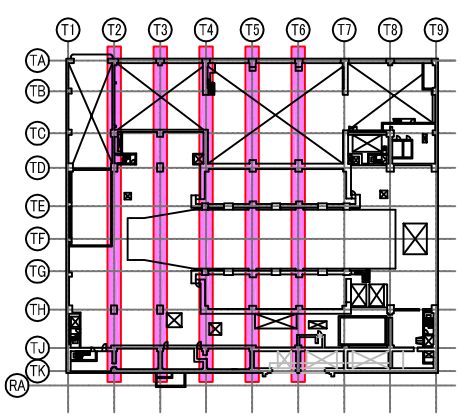
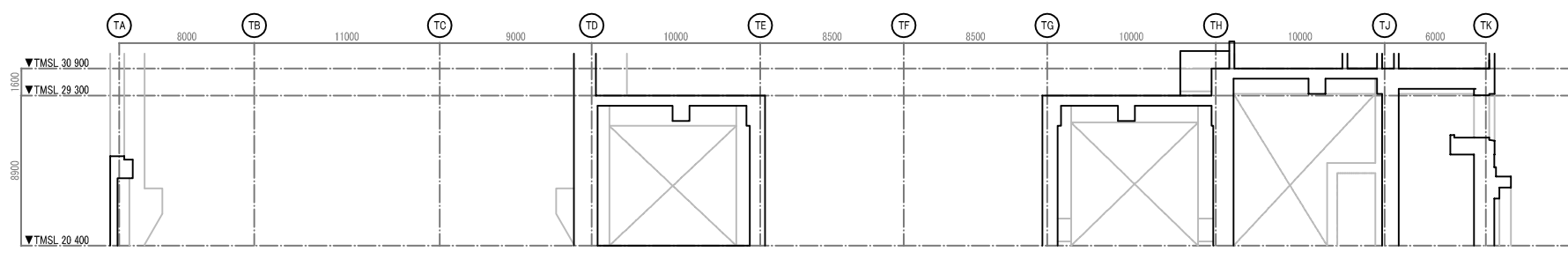
K7-2F-4-S



K7-2F-5-S



K7-2F-6-S



- 凡 例
- 地震によるひび割れ
 - 目視点検が困難な範囲

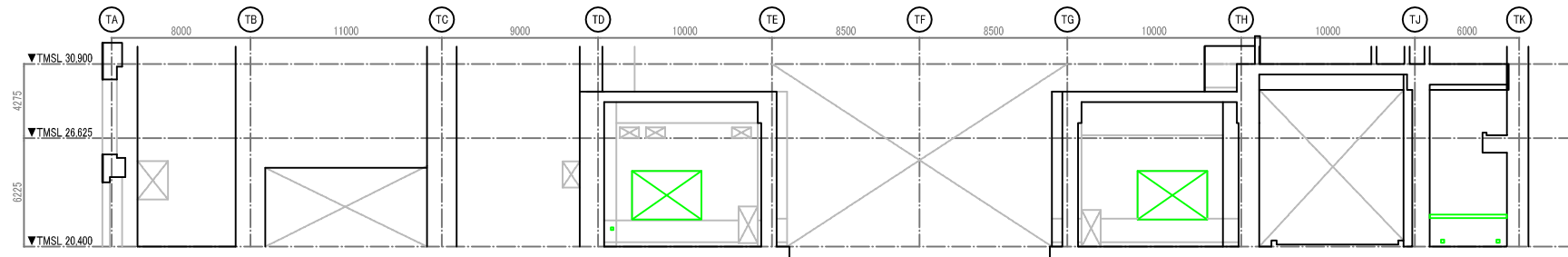
ひび割れ調査図 (展開図)

建屋名 7号機タービン建屋

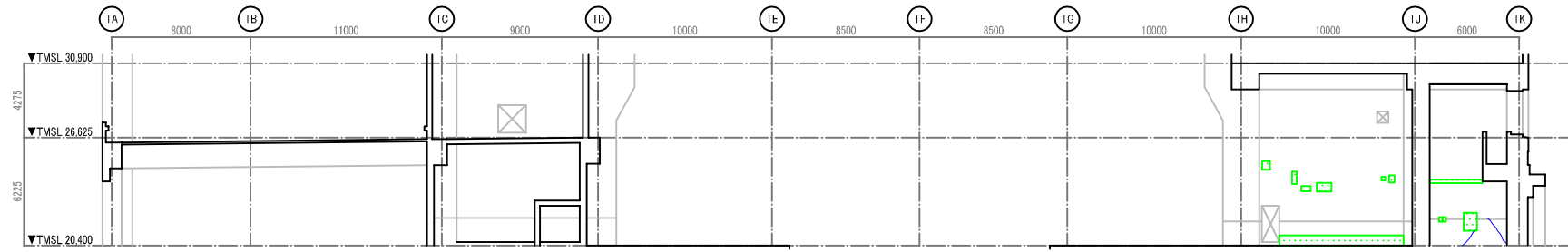
階数 2階 3/8

部位 耐震壁-T2通り-S 耐震壁-T3通り-S 耐震壁-T4通り-S 耐震壁-T5通り-S 耐震壁-T6通り-S

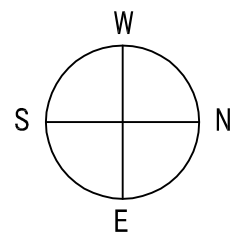
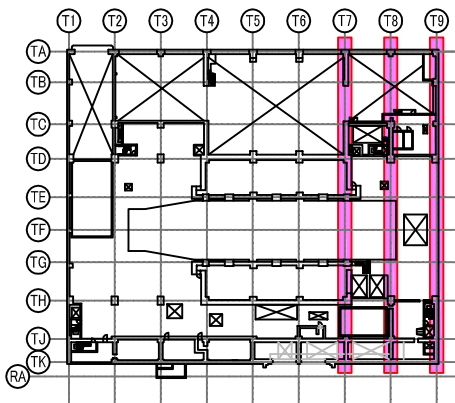
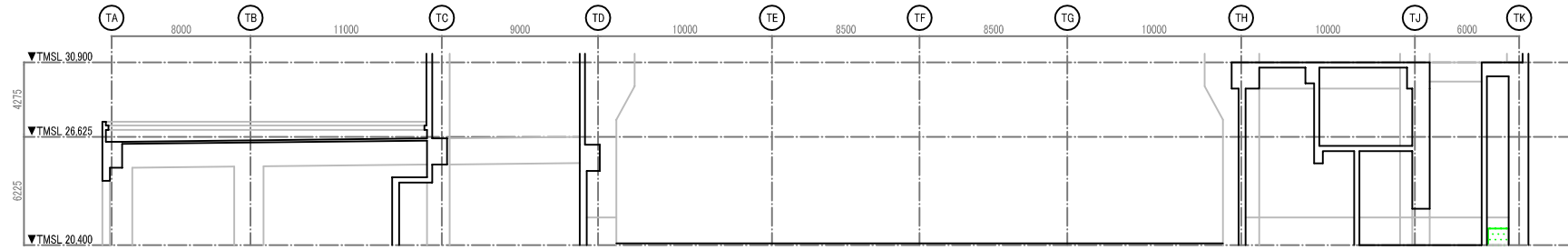
K7-2F-7-S



K7-2F-8-S



K7-2F-9-S



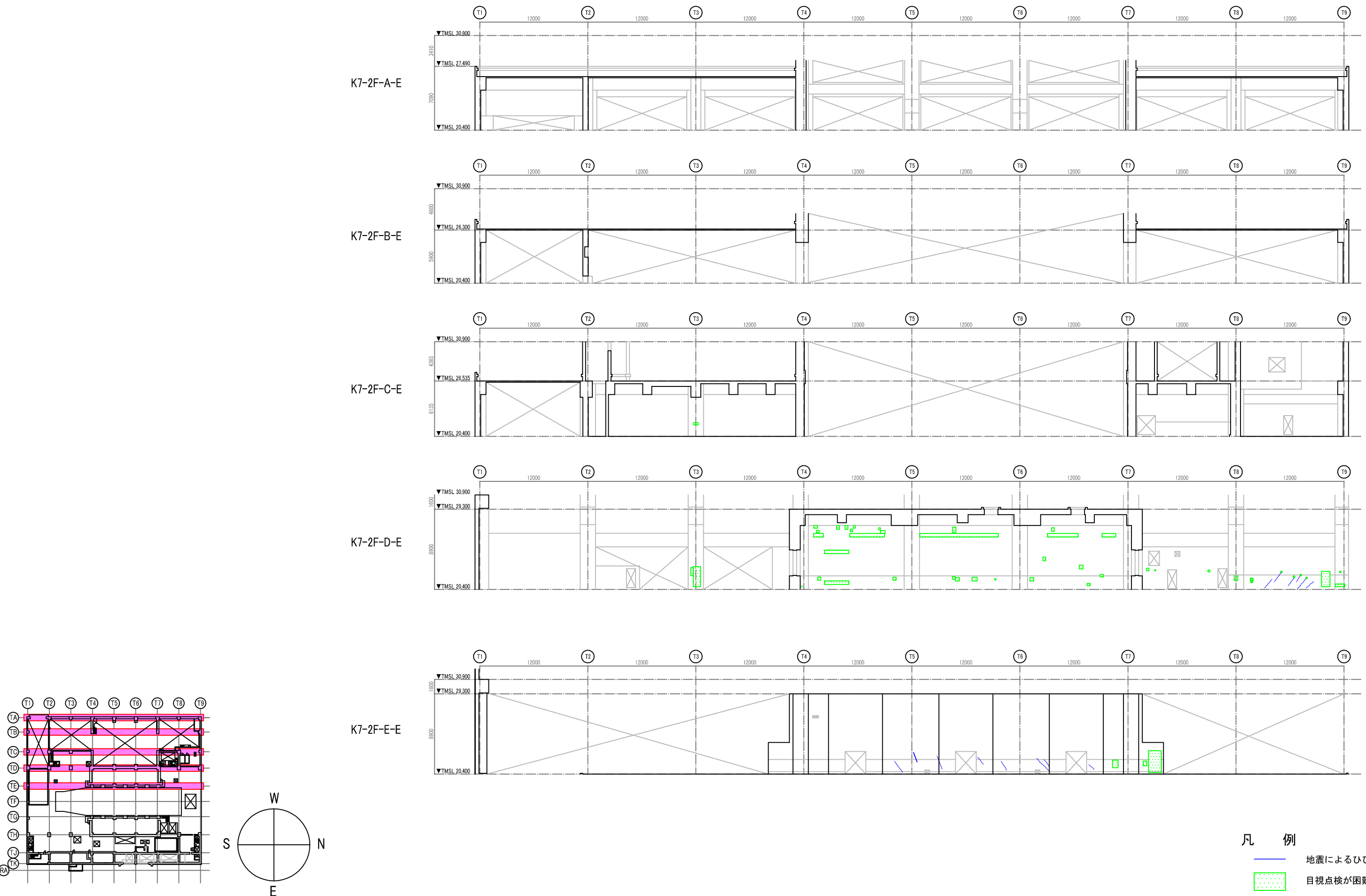
- 凡 例
- 地震によるひび割れ
 - 目視点検が困難な範囲

ひび割れ調査図 (展開図)

建屋名 7号機タービン建屋

階数 2階 4/8

部位 耐震壁-T7通り-S 耐震壁-T8通り-S 耐震壁-T9通り-S

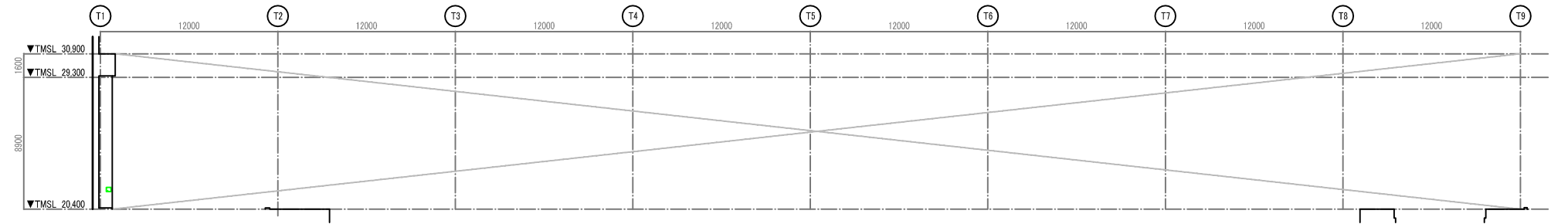


- 凡例
- 地震によるひび割れ
 - 目視点検が困難な範囲

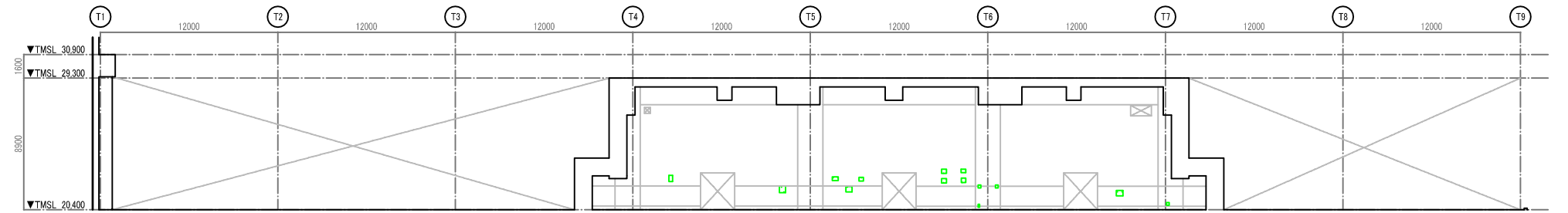
ひび割れ調査図 (展開図)

建屋名	7号機タービン建屋	階数	2階 5/8	部位	耐震壁-TA通り-E 耐震壁-TB通り-E	耐震壁-TC通り-E 耐震壁-TD通り-E	耐震壁-TE通り-E
-----	-----------	----	--------	----	--------------------------	--------------------------	------------

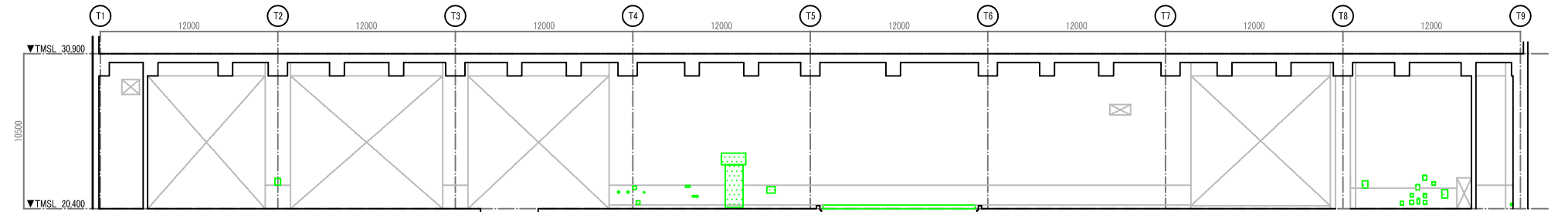
K7-2F-F-E



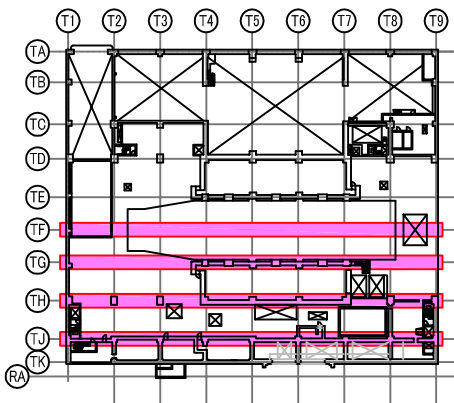
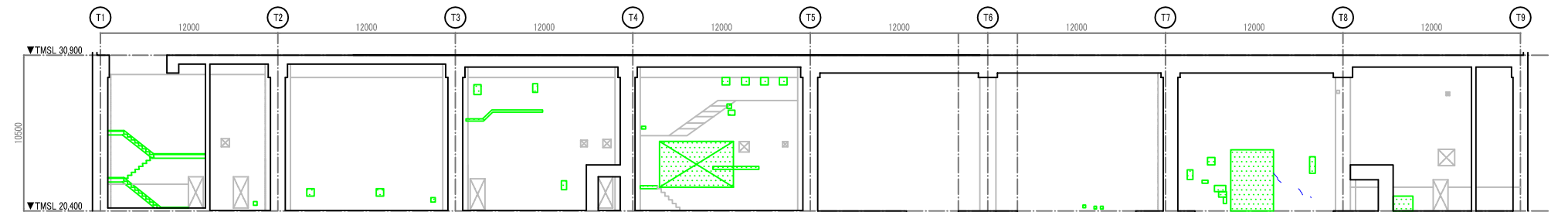
K7-2F-G-E



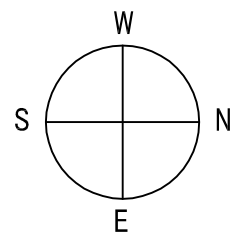
K7-2F-H-E





K7-2F-J-E



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

7号機タービン建屋

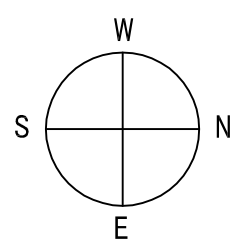
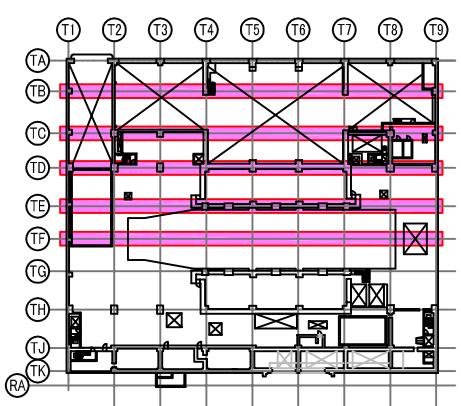
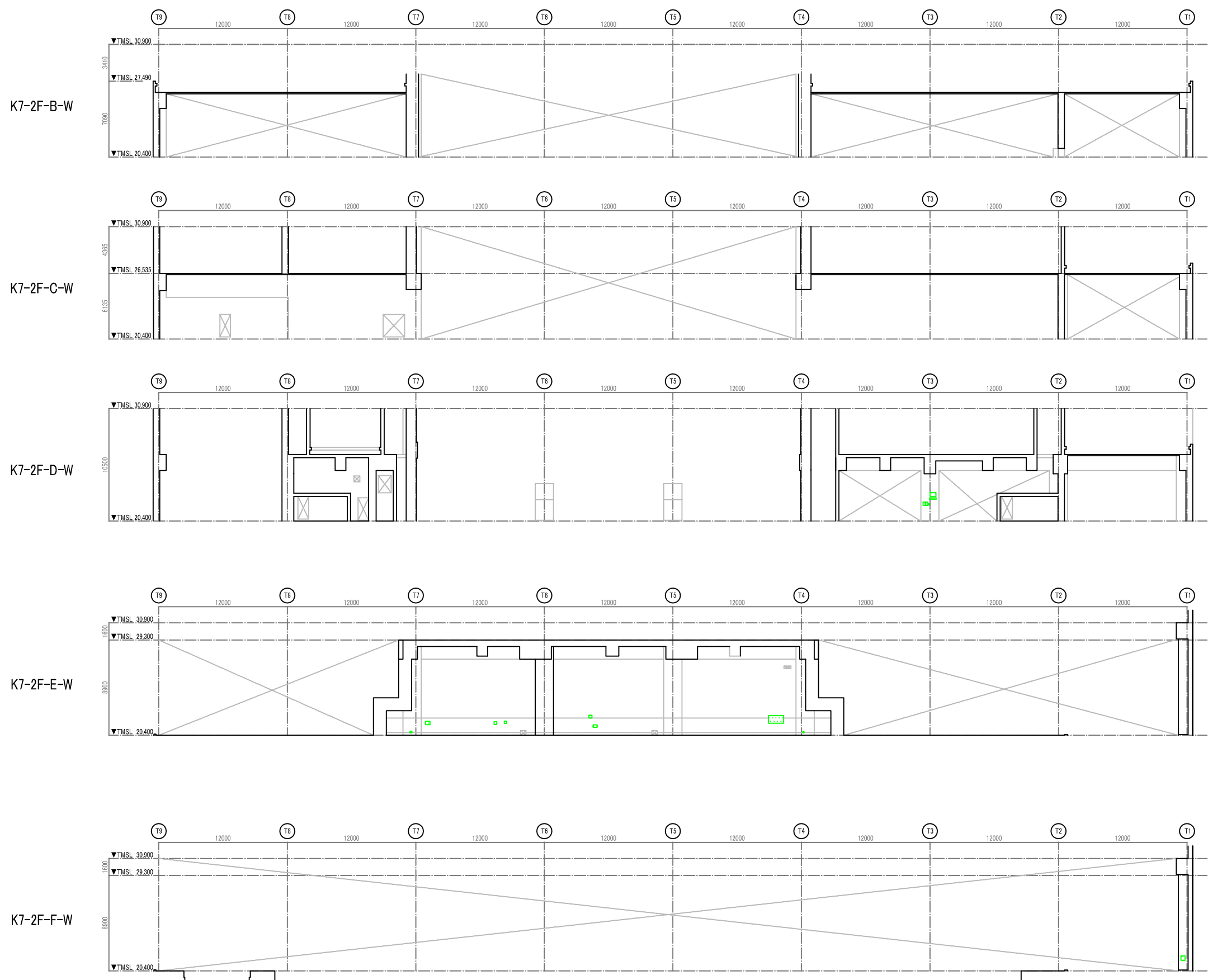
階数

2階 6/8

部位

耐震壁-TF通り-E
耐震壁-TG通り-E

耐震壁-TH通り-E
耐震壁-TJ通り-E

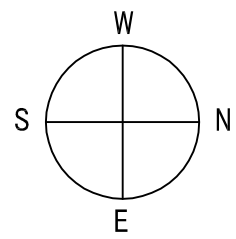
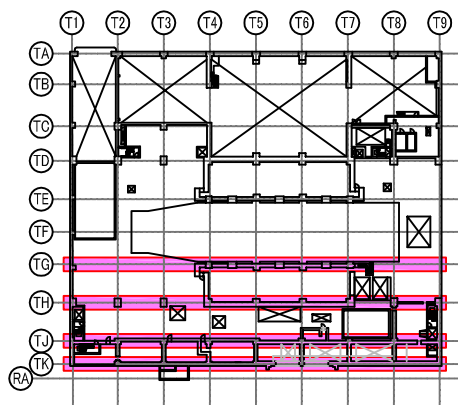
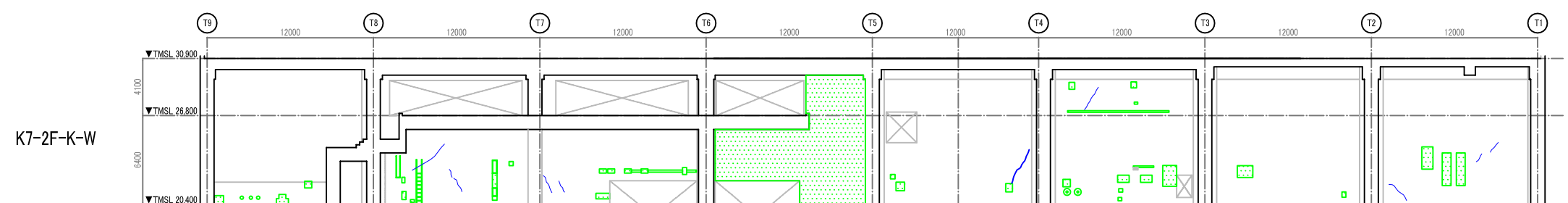
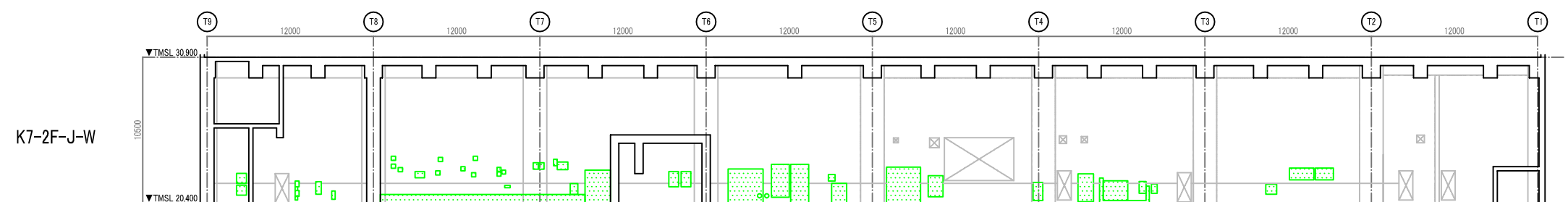
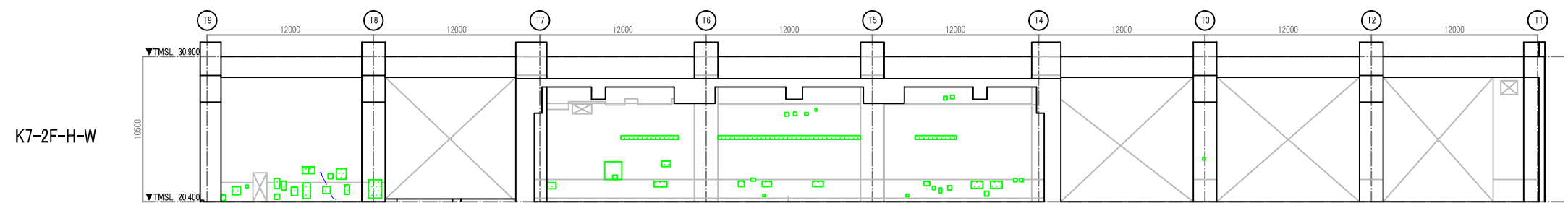
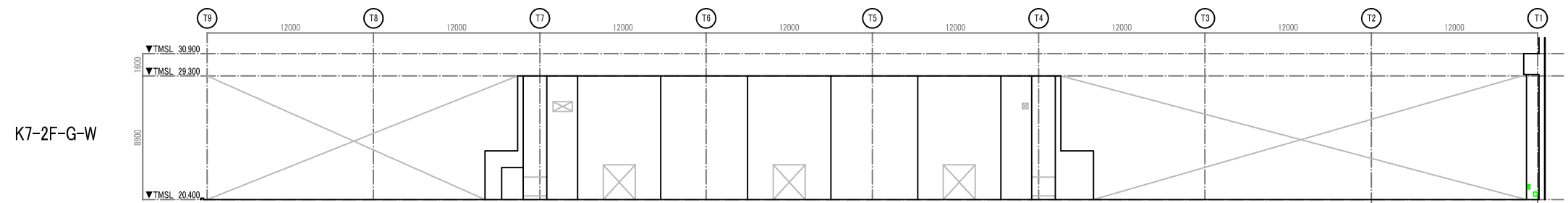


凡 例

- 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	7号機タービン建屋	階数	2階 7/8	部位	耐震壁-TB通り-W 耐震壁-TC通り-W	耐震壁-TD通り-W 耐震壁-TE通り-W	耐震壁-TF通り-W
-----	-----------	----	--------	----	--------------------------	--------------------------	------------



- 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	7号機タービン建屋	階数	2階 8/8	部位	耐震壁-TG通り-W 耐震壁-TH通り-W 耐震壁-TJ通り-W 耐震壁-TK通り-W
-----	-----------	----	--------	----	--

参考資料 1 補助壁の評価について（7号機タービン建屋）

(1) 耐震壁の規定と補助壁として考慮した壁の選定条件

原子力施設における耐震壁の一般的な規定としては、以下に示すとおりである。

日本建築学会 RC-N 規準*における耐震壁の規定（算定外の規定）

- ・壁厚 200mm 以上、かつ、壁板の内法寸法の 1/30 以上
- ・せん断補強筋は、0.25% 以上(直交する 2 方向それぞれ)
(付帯ラーメンのない場合のせん断補強筋比は、壁筋の許容引張応力度に対するコンクリートの許容せん断応力度との比以上を確保)
- ・壁筋は複筋配置とする
- ・壁筋は D13 以上の異形鉄筋を用いる
(壁の見付け面に対する間隔は 300mm 以下)
- ・開口補強筋は D13 以上、かつ、壁筋と同径以上の異形鉄筋を用いる
- ・付帯ラーメンがある場合には、その柱・梁に適切な靱性を確保させる

*原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（2005）

一方、タービン建屋において設計時に採用した耐震壁の判断基準、及び今回のシミュレーション解析に採用した補助壁の判断基準を参表-1.1 に示す。

参表-1.1 シミュレーション解析に採用した耐震壁と補助壁の選定条件

耐震壁	補助壁
・壁の厚さは 300mm 以上、かつ壁の内法高さの 1/30 以上	同左
・基礎スラブから連続して立ち上がっている壁	・下階まで壁が連続している、もしくは床スラブを介して壁に生じるせん断力を下階の耐震壁に伝達できる壁
・フレーム構面内（柱、梁間）の壁	・フレーム構面外でも上記を満たす壁

(2) 剛性を評価した壁の範囲

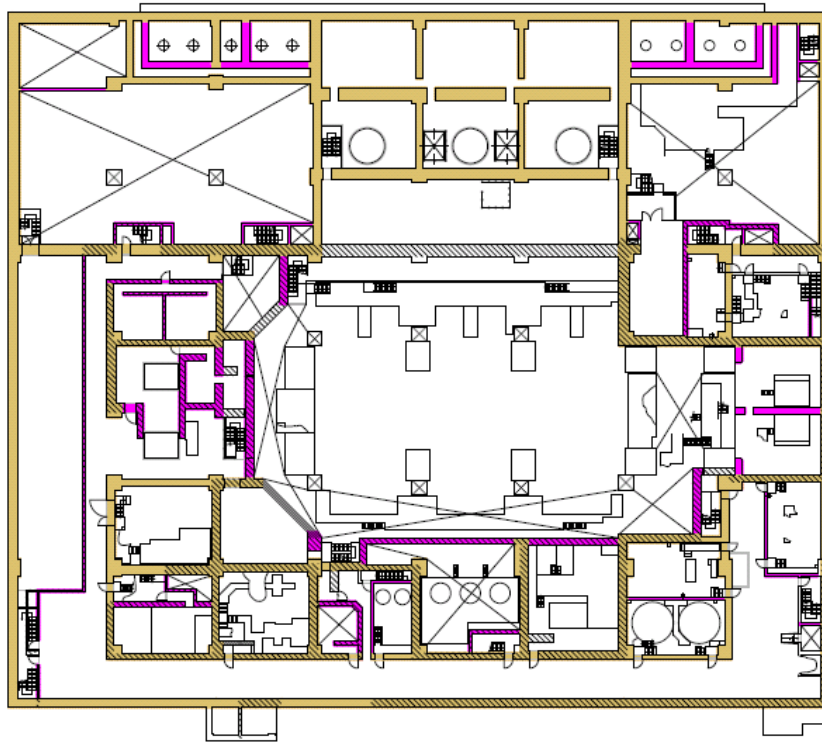
タービン建屋の地震応答解析時に耐震壁及び補助壁として剛性を評価する範囲を以下に示す。



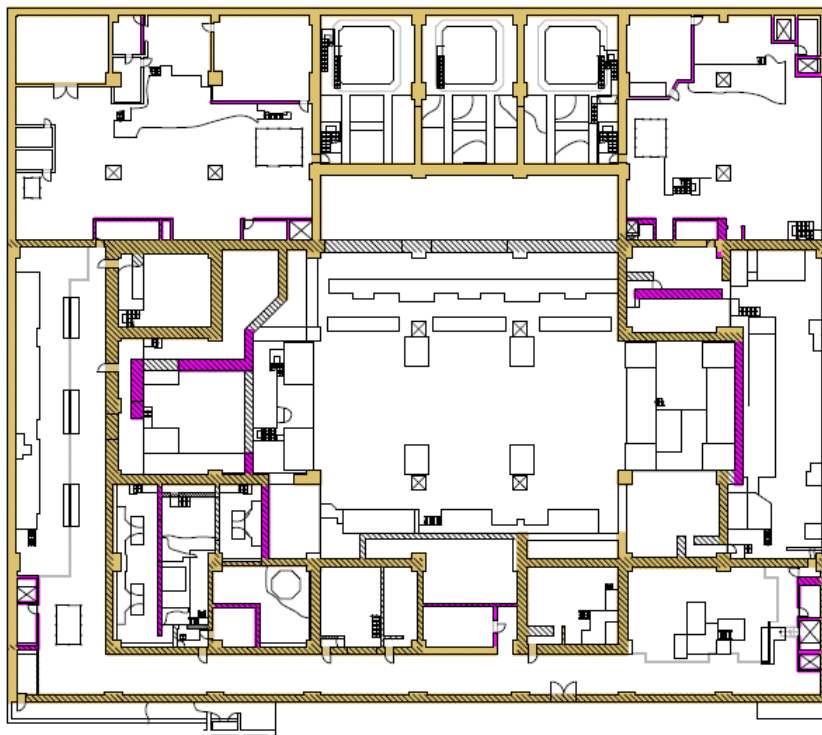
地下2階 (T.M.S.L. -5.1m)

- 耐震壁として剛性を評価する範囲(設計時と同じ)
- 補助壁として剛性を評価する範囲
- 遮蔽壁

参図-1.1 剛性を評価する壁の範囲



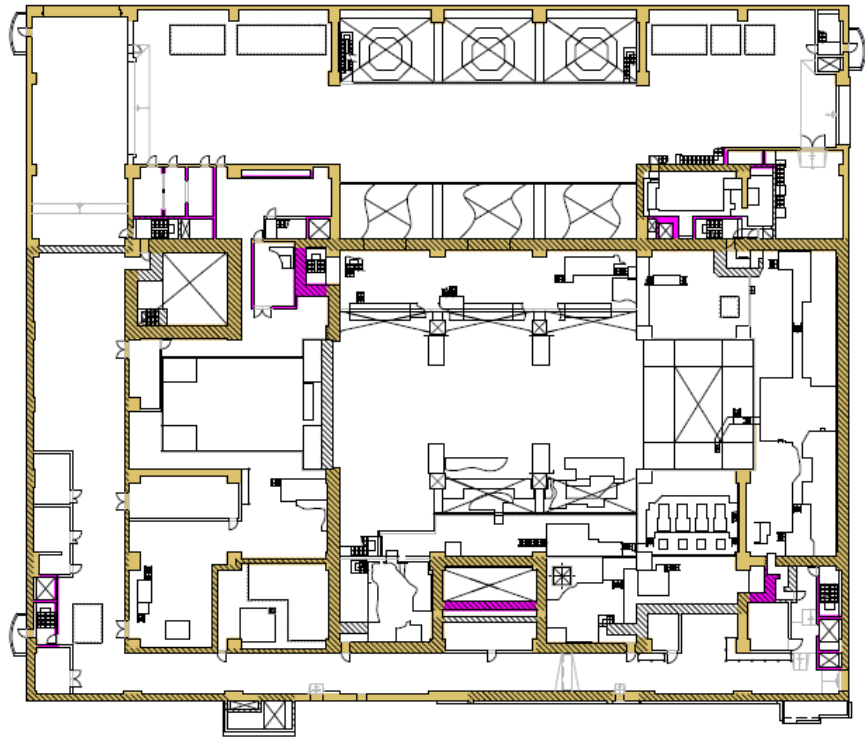
地下中2階 (T.M.S.L.-1.1m)



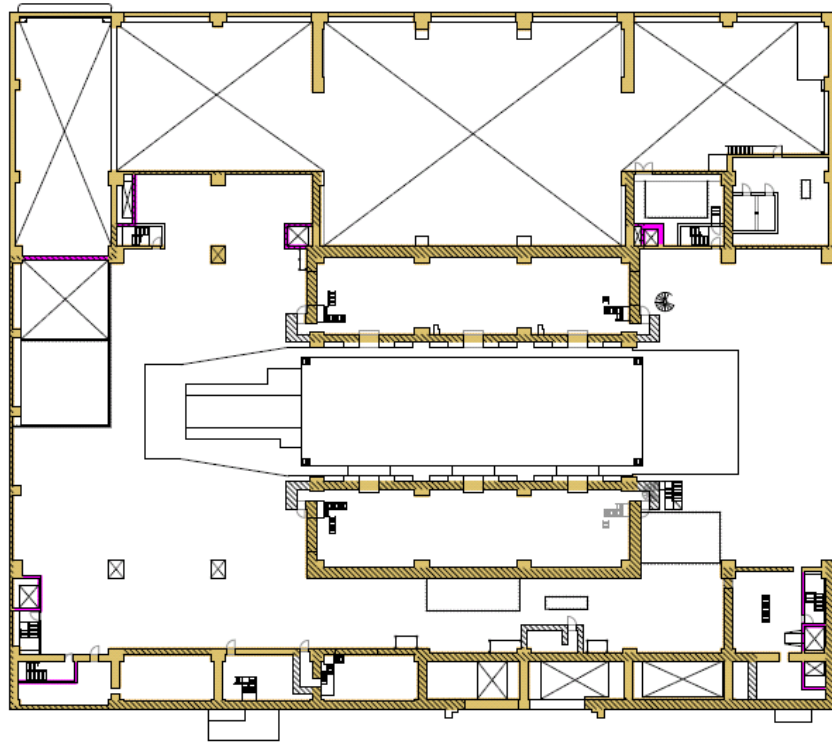
地下1階 (T.M.S.L. 4.9m)

- 耐震壁として剛性を評価する範囲(設計時と同じ)
- 補助壁として剛性を評価する範囲
- 遮蔽壁

参図-1.2 剛性を評価する壁の範囲



1階 (T.M.S.L. 12.3m)



2階 (T.M.S.L. 20.4m)

耐震壁として剛性を評価する範囲(設計時と同じ)
 補助壁として剛性を評価する範囲
 遮蔽壁

参図-1.3 剛性を評価する壁の範囲

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。

またタービン建屋のシミュレーション解析は、タービン建屋の基礎版上の記録を基に実施している。一方で、観測記録の無い建物・構築物(7号機の場合は非常用取水路が該当)については、原子炉建屋基礎版上の記録を基にした入力地震動を用いることとしている。この手法の妥当性を確認するために、7号機のタービン建屋において、比較解析を実施した。その手法のイメージを参図-2.5 に、原子炉建屋の基礎版上観測記録を用いた解析結果と、タービン建屋の基礎版上観測記録の加速度応答スペクトルの比較を、参図-2.6 に示す。

參表-2.1 固有值解析結果

(南北方向)

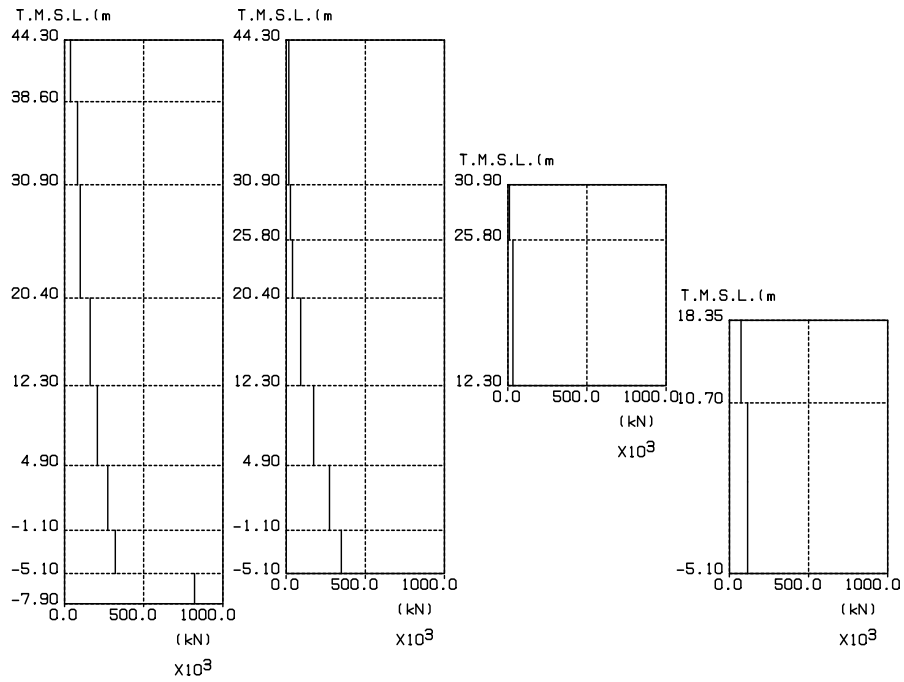
次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数
1	0.358	2.797	2.374
2	0.284	3.524	- 1.202
3	0.208	4.803	- 1.722
4	0.164	6.107	- 0.952
5	0.159	6.281	- 0.242
6	0.131	7.623	0.332
7	0.104	9.592	0.026
8	0.090	11.150	- 0.011
9	0.080	12.517	0.038
10	0.080	12.561	- 0.019

(東西方向)

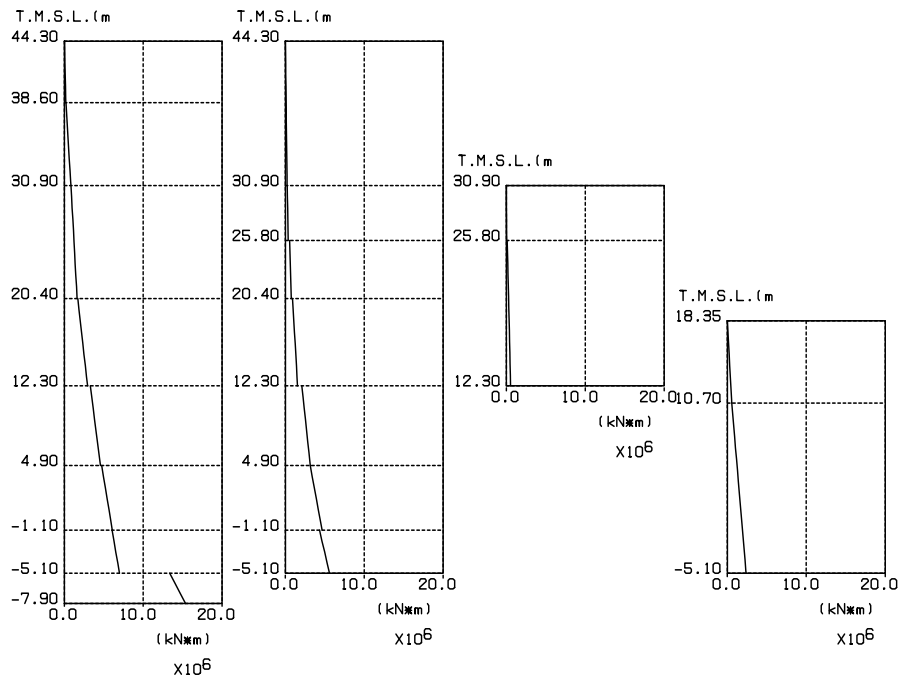
次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数
1	0.375	2.666	3.263
2	0.297	3.370	- 1.036
3	0.246	4.069	- 1.815
4	0.203	4.918	- 0.452
5	0.159	6.286	- 1.162
6	0.152	6.581	- 0.316
7	0.146	6.829	0.564
8	0.133	7.522	0.278
9	0.122	8.220	- 0.454
10	0.114	8.750	0.399

(鉛直方向)

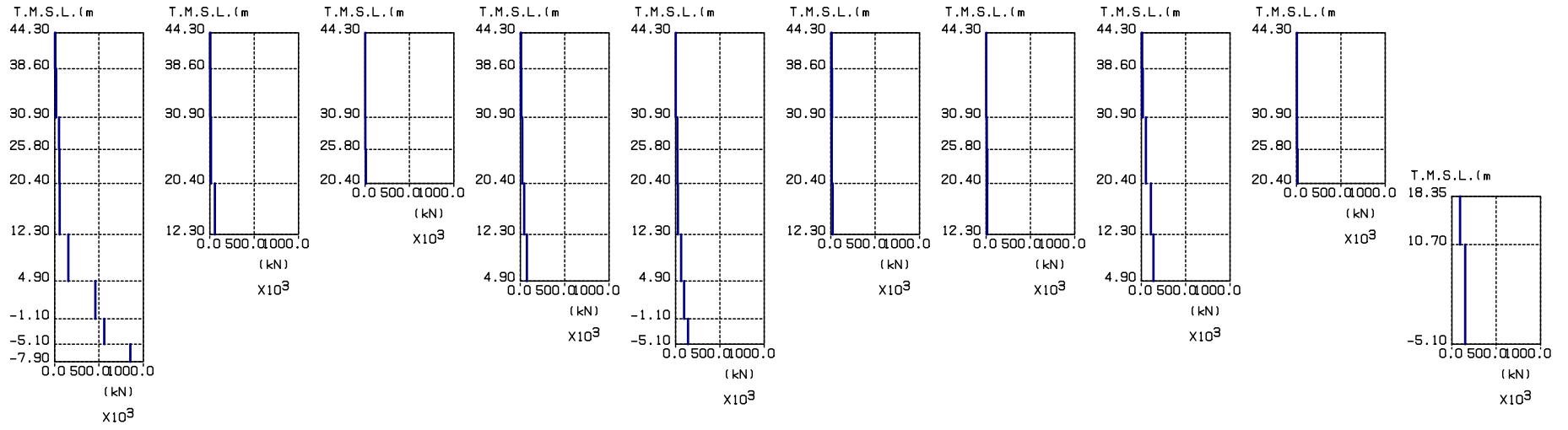
次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数
1	0.264	3.782	5.694
2	0.229	4.361	- 4.778
3	0.072	13.859	- 0.171
4	0.055	18.093	0.034
5	0.054	18.438	- 0.116
6	0.034	29.358	0.075
7	0.032	30.845	- 0.070
8	0.028	36.044	0.026
9	0.027	37.728	0.019
10	0.019	53.560	0.011



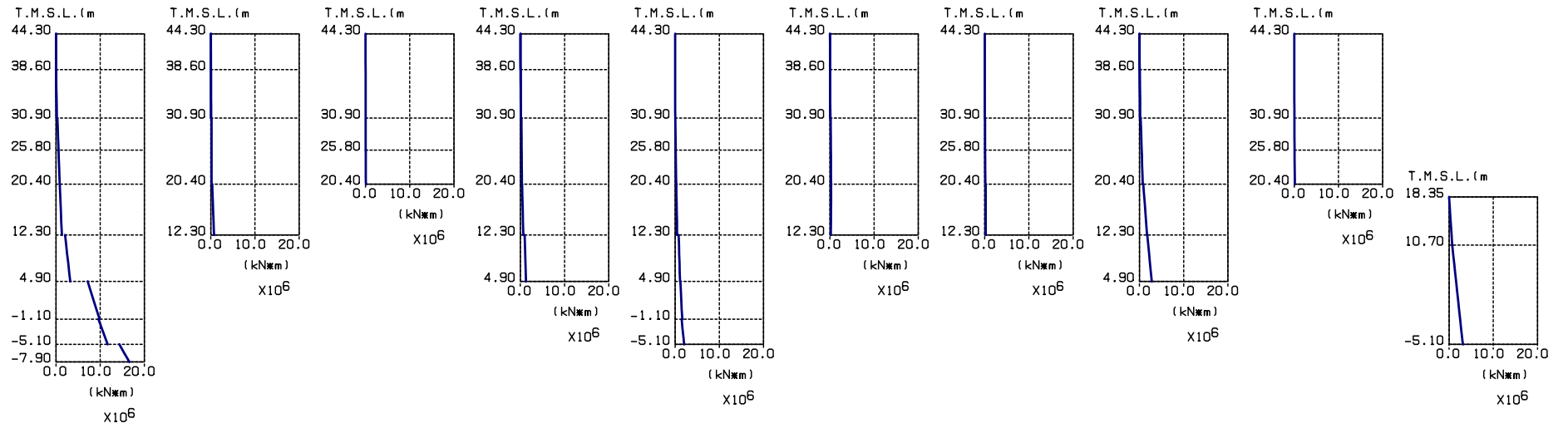
参図-2.1 最大応答せん断力（南北方向）



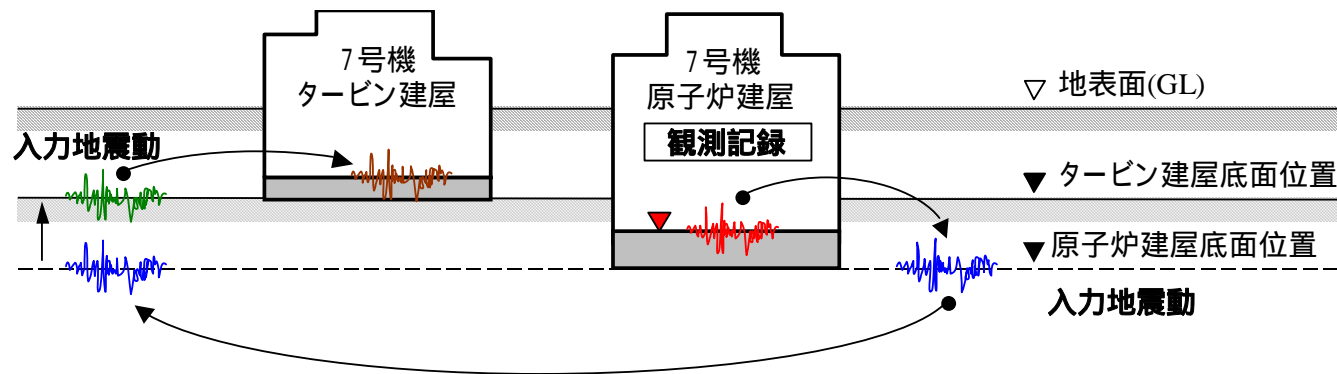
参図-2.2 最大応答曲げモーメント（南北方向）



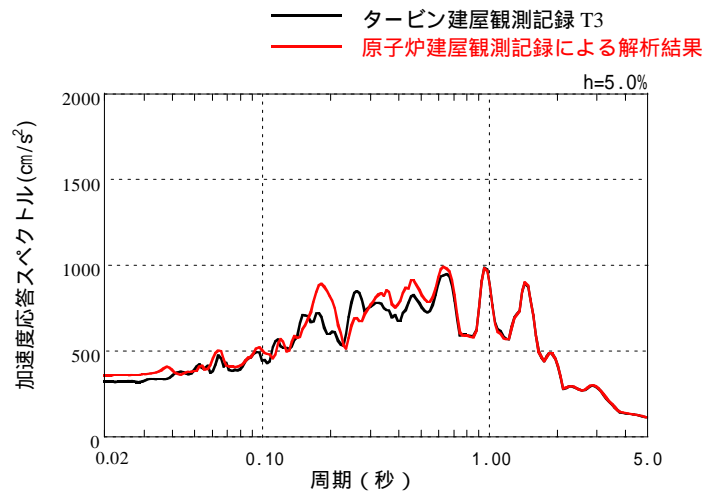
参图-2.3 最大応答せん断力（東西方向）



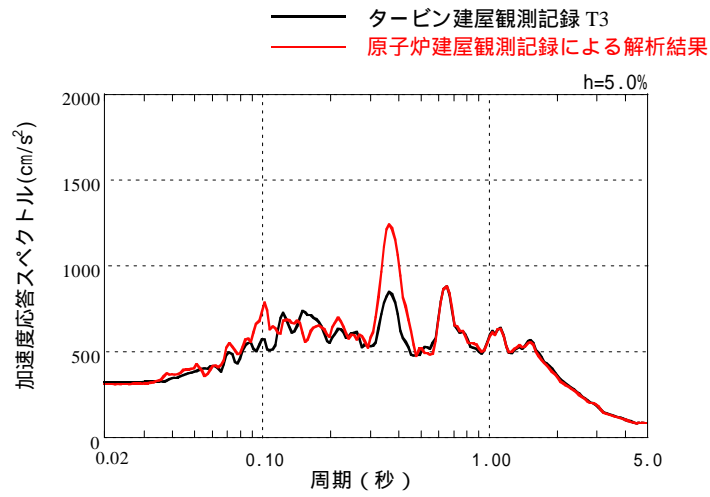
参图-2.4 最大応答曲げモーメント（東西方向）



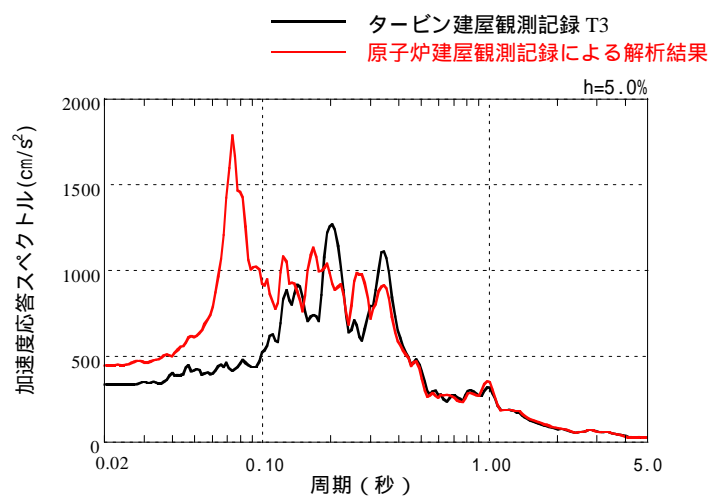
参図-2.5 原子炉建屋基礎版上の観測記録を基にした入力地震動の算出イメージ



(a) 南北方向の基礎版上



(b) 東西方向の基礎版上



上下方向の基礎版上

参図-2.6 7号機原子炉建屋の基礎版上観測記録を用いた解析結果と、タービン建屋の基礎版上観測記録の加速度応答スペクトル