

柏崎刈羽原子力発電所 6号機
新潟県中越沖地震後の設備健全性に係る
点検・評価結果報告
(建物・構築物編)

平成20年9月26日



東京電力

本日も報告する内容

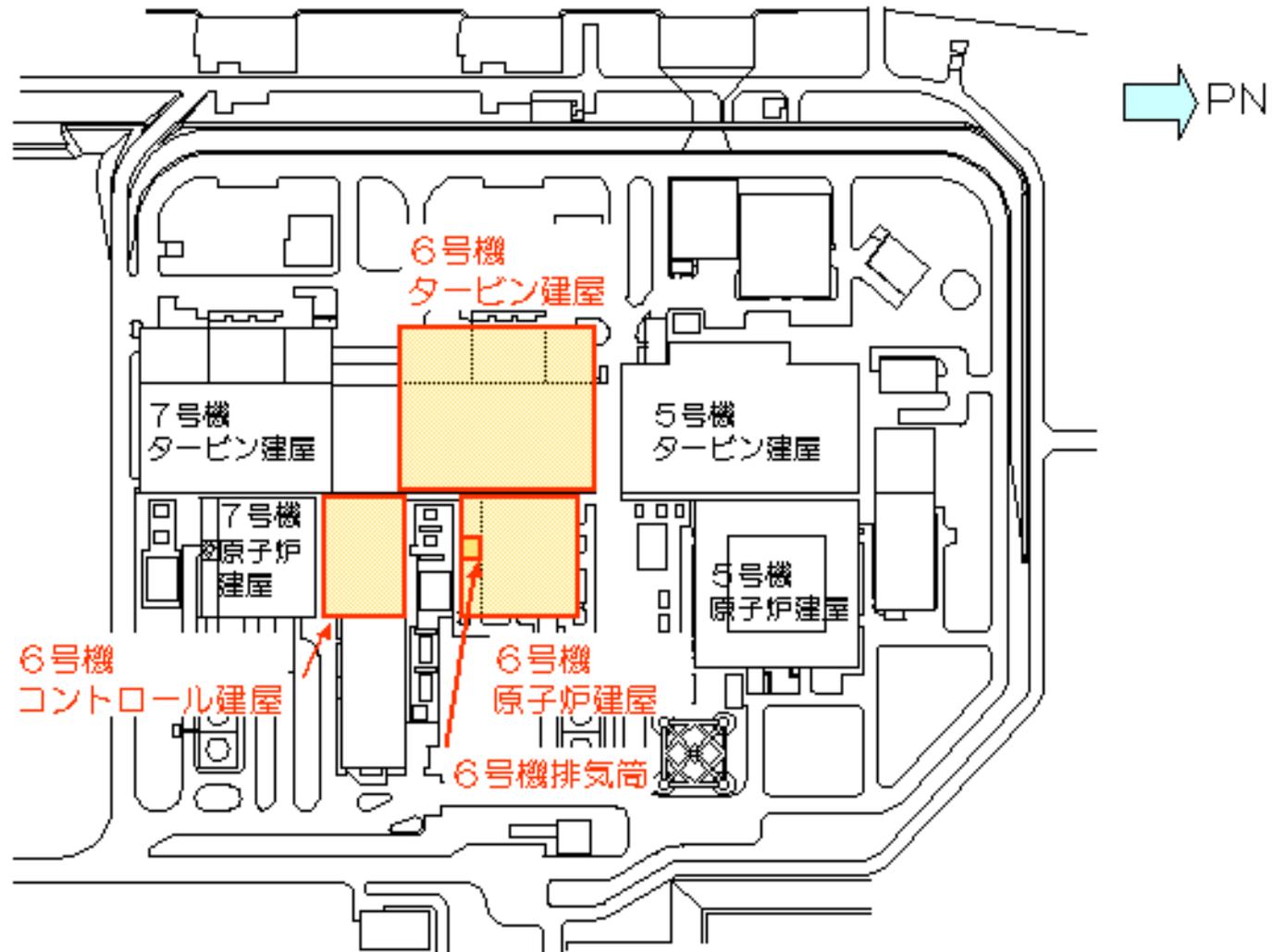
- ・ 原子炉建屋、タービン建屋、排気筒、コントロール建屋の点検・評価結果報告について
- ・ 非常用取水路の点検・評価結果報告について
- ・ 総合評価結果について

・原子炉建屋、タービン建屋、排気筒、コントロール建屋
の点検・評価結果報告について

1. 構内配置図 (全体)



1. 構内配置図 (5 ~ 7号機周辺)



2 . 対象設備の概要

■ 点検・評価の対象となる建物・構築物の比較

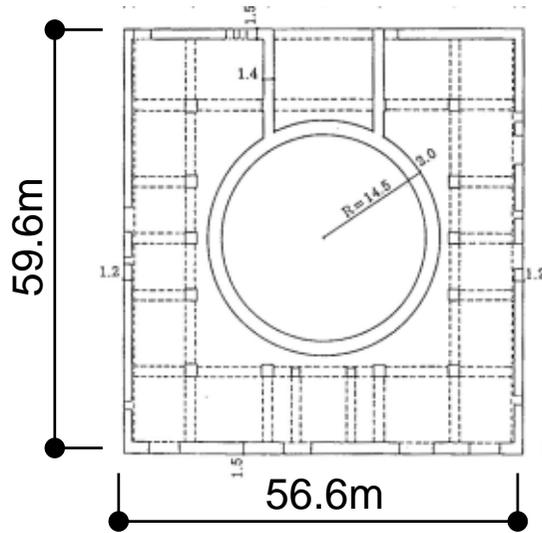
〔 6号機 〕

- ・ 原子炉建屋：平面形状 56.6m (NS) × 59.6m (EW)
- ・ タービン建屋：平面形状 97.0m (NS) × 82.0m (EW)
- ・ 排気筒：四角鉄塔支持型鋼管構造、高さ 46.8m
- ・ コントロール建屋：平面形状 42.0m (NS) × 59.0m (EW)
- ・ 非常用取水路：延長 150m

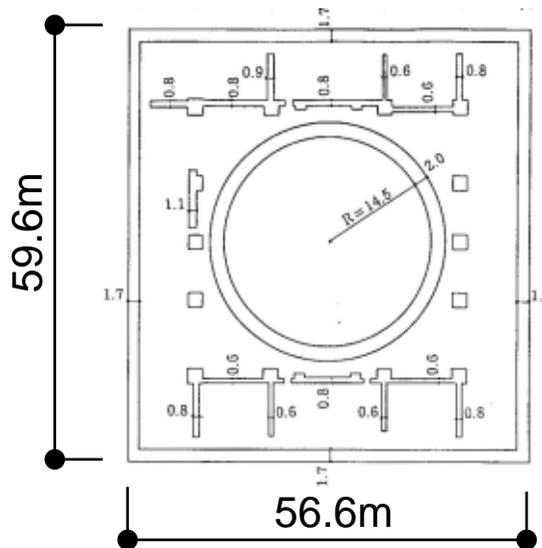
〔 7号機 〕

- ・ 原子炉建屋：平面形状 56.6m (NS) × 59.6m (EW)
- ・ タービン建屋：平面形状 97.0m (NS) × 82.0m (EW)
- ・ 排気筒：四角鉄塔支持型鋼管構造、高さ 46.8m
- ・ 非常用取水路：延長 150m

2. 対象設備の概要 (6号機原子炉建屋)

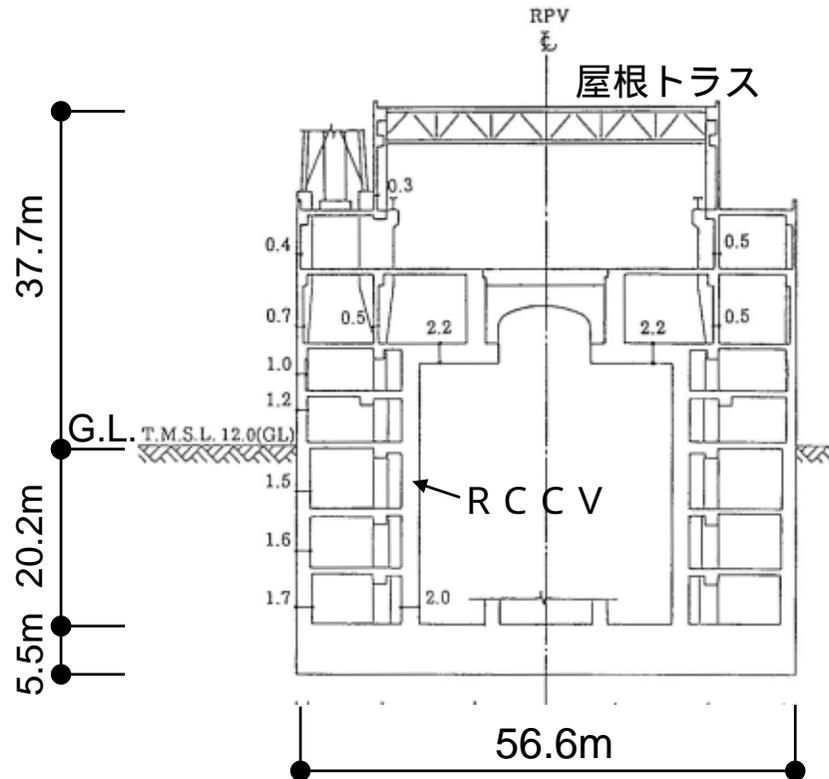


1階平面図



地下3階平面図

⇒ PN



断面図(NS方向)

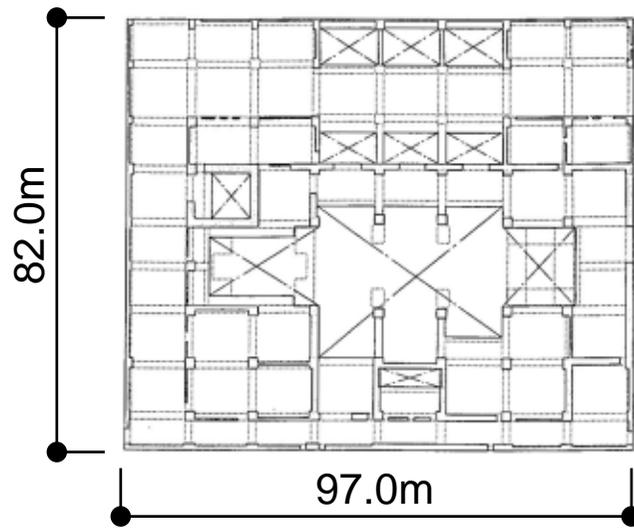
階数 : 地上4階・地下3階

延床面積 : 22,484m²

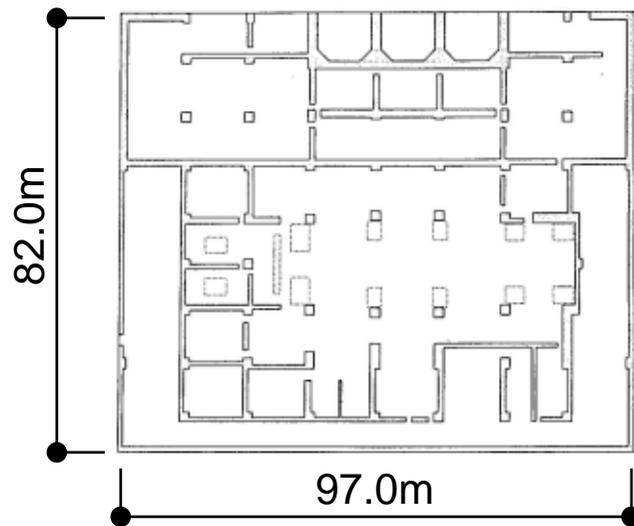
建屋容積 : 208,367m³

構造 : RC+SRC+S

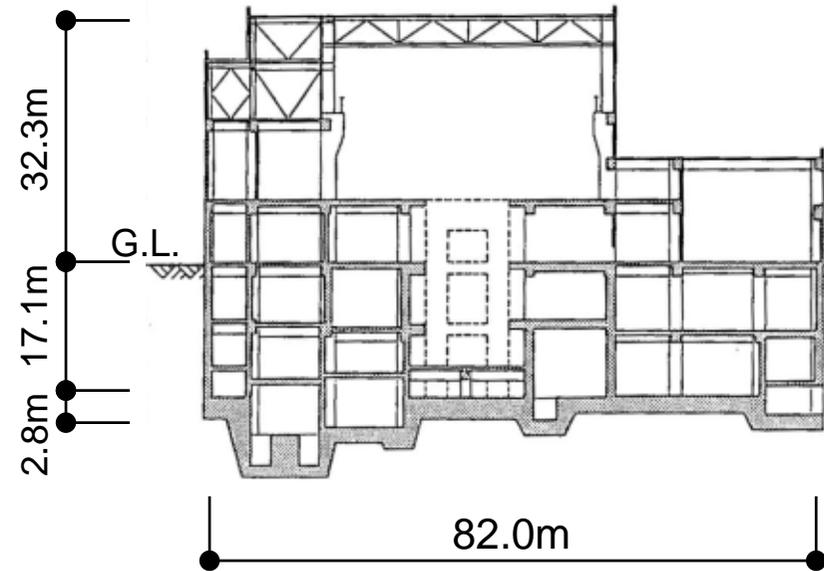
2. 対象設備の概要(6号機タービン建屋)



1階平面図



地下2階平面図



断面図(EW方向)

階数 : 地上2階(一部3階)

・地下2階

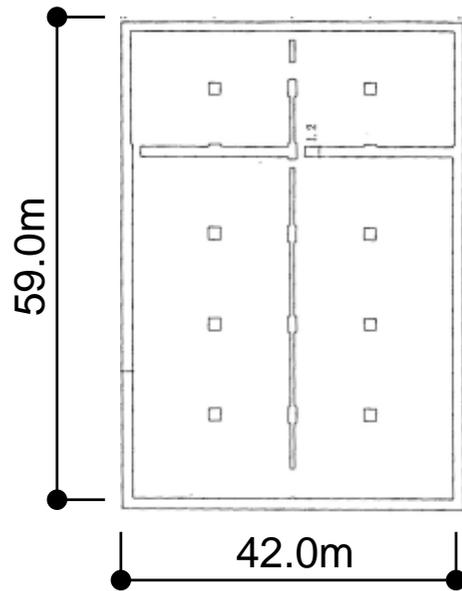
延床面積 : 32,712m²

建屋容積 : 379,750m³

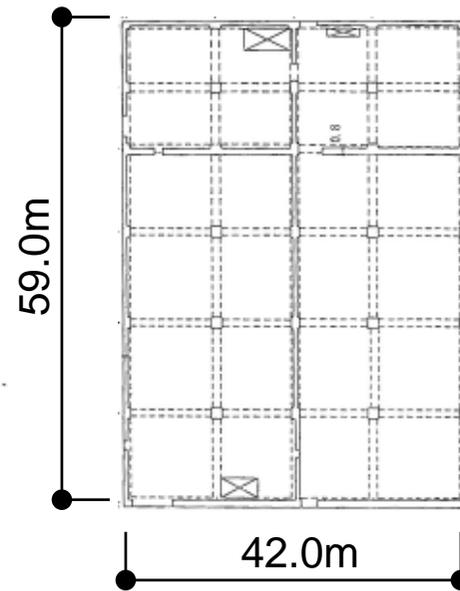
構造 : RC+SRC+S

2 . 対象設備の概要(6 号機コントロール建屋)

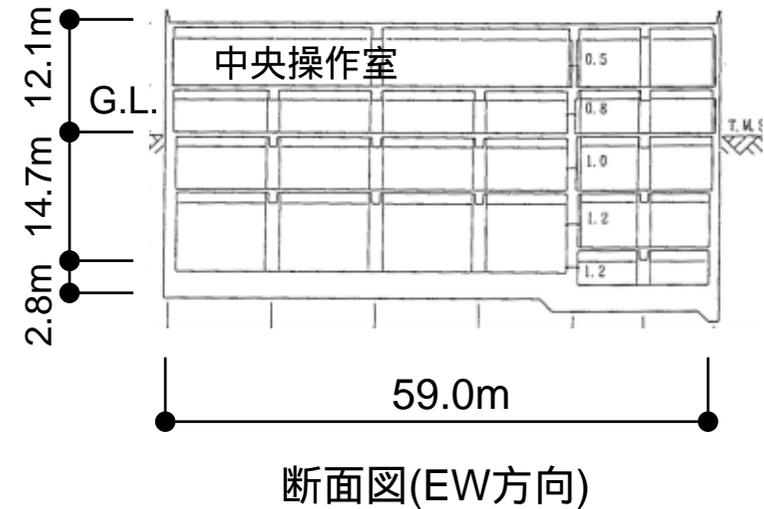
⇒ PN



地下2階平面図



1階平面図



断面図(EW方向)

階数 : 地上2階・地下2階

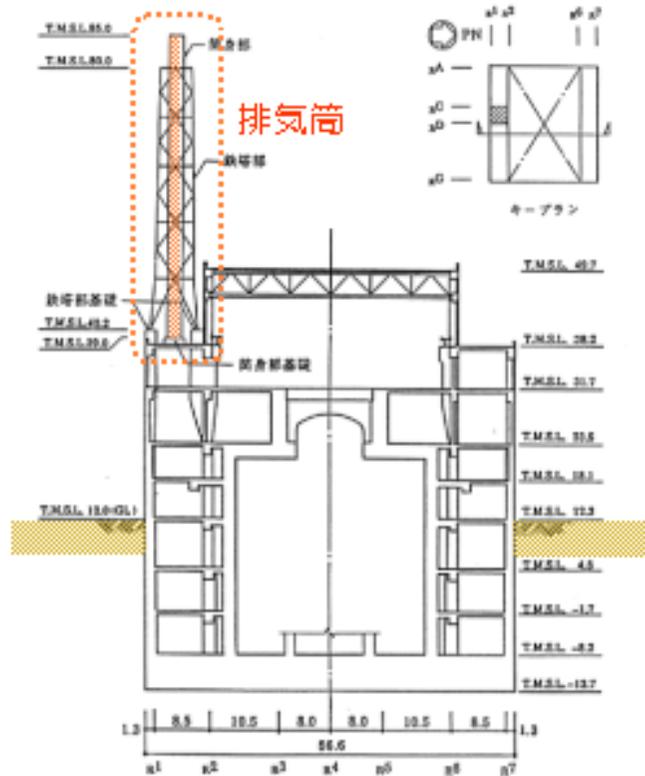
延床面積 : 10,454m²

建屋容積 : 75,700m³

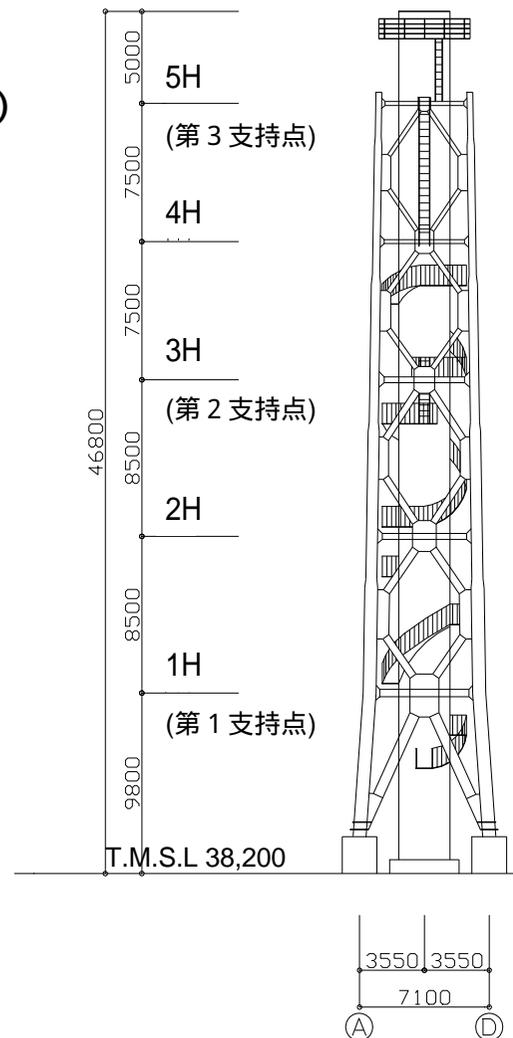
構造 : RC+SRC+S

2. 対象設備の概要 (6号機排気筒)

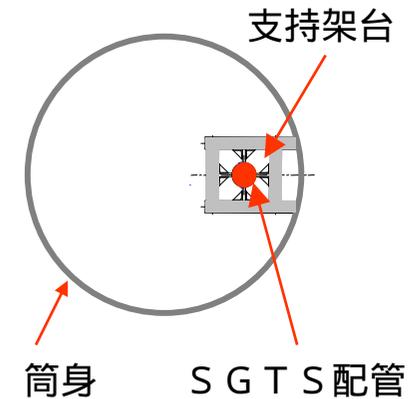
構造形式：四角鉄塔支持形鋼管構造
 高さ：46.8m (T.M.S.L85.0m)
 筒身内径：2.8 m (頂部は2.5 m)



原子炉建屋断面図



立面図



筒身断面図



排気筒頂部から撮影

SGTS (Stand by Gas Treatment System) : 非常用ガス処理系

3 . ひび割れ調査 (1)

■ ひび割れ調査手順 (1)

(1) 調査対象のひび割れ

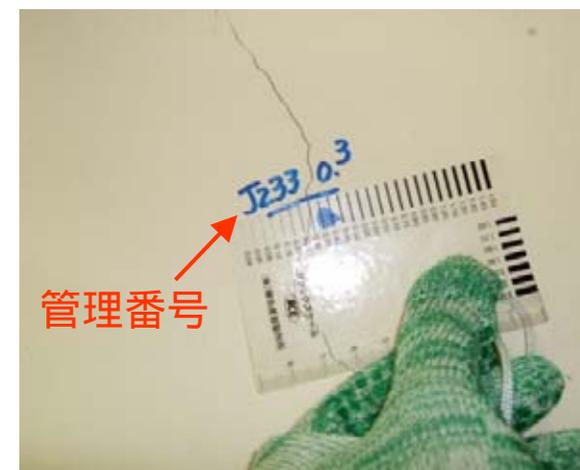
ひび割れ幅0.3mm以上	全てのひび割れを調査対象とする。
ひび割れ幅0.3mm未満	今回の地震によって発生したことが否定できないひび割れを調査対象とする。 (明らかな乾燥収縮・打ち継ぎ部などは対象としない)

(2) 現場調査の実施

現場へ管理番号を表記する。

ひび割れ幅・長さを計測し、管理表へ記載する。

ひび割れ形状を管理図へ記載する。

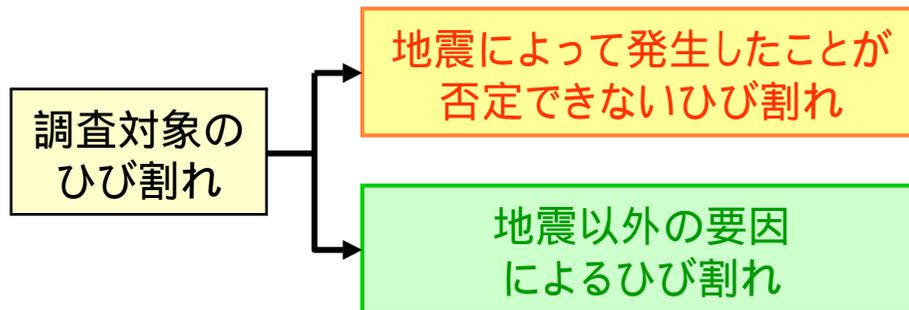


3 . ひび割れ調査 (2)

■ ひび割れ調査手順 (2)

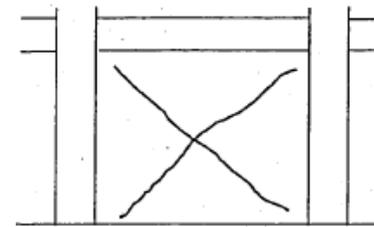
(3) スクリーニングの実施

ひび割れ種類の分類を行い、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抽出する。



- ・不規則なひび割れ
- ・縦方向のひび割れ
- ・水平方向のひび割れ
- ・温度収縮ひび割れ
- ・拘束ひび割れ
- ・古いひび割れ

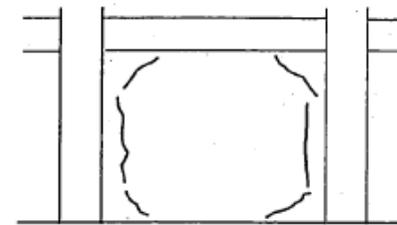
既往調査のチェックがあるひび割れも含む



地震によるひび割れ 1



不規則なひび割れ 2



拘束ひび割れ 1



古いひび割れ
(角が丸いもの等)

出典： 1 コンクリート構造物の目視試験方法NDIS3418
(社団法人日本非破壊検査協会)
2 建築物の耐久性向上技術シリーズ 建築構造編
鉄筋コンクリート造建築物の耐久性向上技術：
建設大臣官房技術調査室 監修
(財)国土開発技術研究センター 編

4 . ひび割れ調査の結果 (1)

■ 6号機原子炉建屋耐震壁ひび割れ調査結果 (1)

(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)

階	KK-6		KK-7	
	ひび割れ 箇所数	最大幅	ひび割れ 箇所数	最大幅
B3F	1	0.1mm	0	-
B2F	0	-	0	-
B1F	0	-	1	0.3mm
1F	3	0.35mm	1	0.1mm
2F	0	-	0	-
3F	5	0.2mm	8	0.3mm
4F	16	0.2mm	1	0.2mm
合計	23	-	11	-

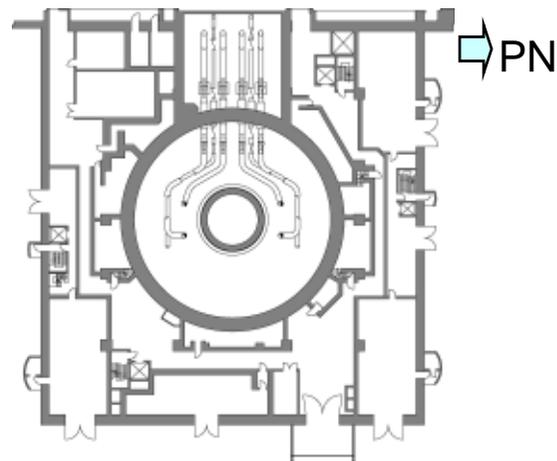
ひび割れ幅はすべて評価基準値(1.0mm)を下回っている

4 . ひび割れ調査の結果 (2)

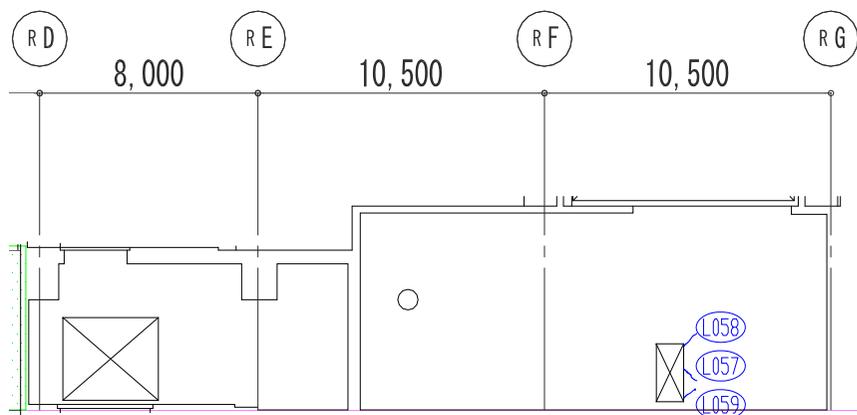
■ 6号機原子炉建屋耐震壁ひび割れ調査結果 (2)

(ひび割れの代表例)

階	1階
通り	R7
番号	L058
壁厚(mm)	1200
配筋	2-D35@200 + 2-D35@400
幅(mm)	0.35
長さ(m)	0.6



1階平面図



展開図



4 . ひび割れ調査の結果 (3)

■ 6号機タービン建屋耐震壁ひび割れ調査結果 (1)

(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)

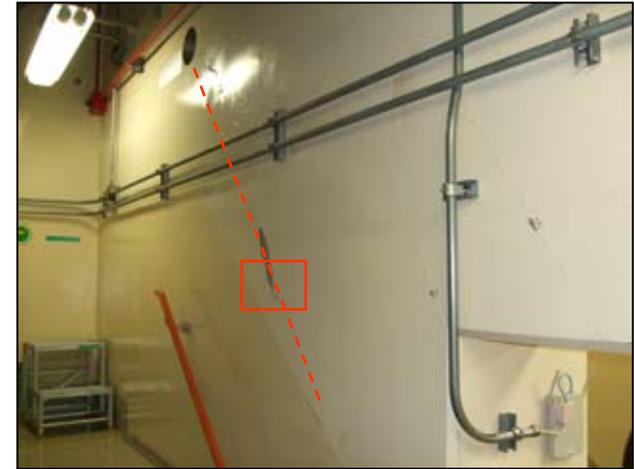
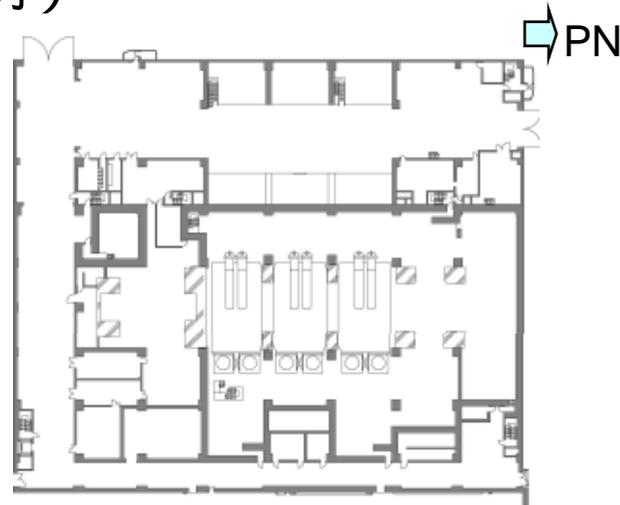
階	KK-6		KK-7	
	ひび割れ 箇所数	最大幅	ひび割れ 箇所数	最大幅
B2F	28	0.4mm	44	0.3mm
B1F	45	0.5mm	20	0.35mm
1F	35	0.65mm	29	0.65mm
2F	49	0.3mm	33	0.3mm
合計	137	-	126	-

ひび割れ幅はすべて評価基準値(1.0mm)を下回っている

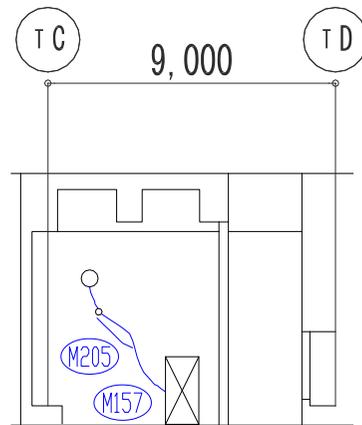
4 . ひび割れ調査の結果 (4)

- 6号機タービン建屋耐震壁ひび割れ調査結果 (2)
(ひび割れの代表例)

階	1階
通り	T8
番号	M157
壁厚(mm)	600
配筋	2-D16@200
幅(mm)	0.65
長さ(m)	3.8



1階平面図



展開図



4 . ひび割れ調査の結果 (5)

■ 6号機コントロール建屋耐震壁ひび割れ調査結果 (1)

(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)

階	KK-6	
	ひび割れ箇所数	最大幅
B2F	5	0.35mm
B1F	2	0.1mm
1F	2	0.1mm
2F	0	-
合計	9	-

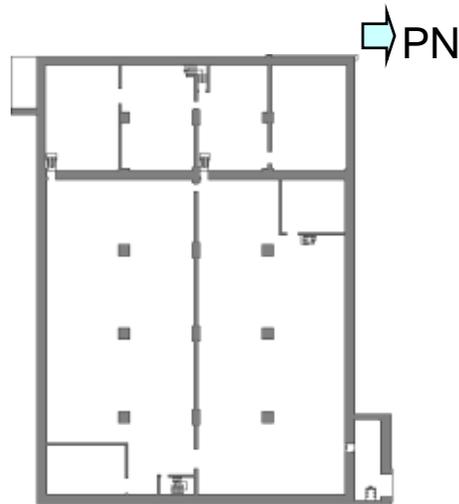
ひび割れ幅はすべて評価基準値(1.0mm)を下回っている

4 . ひび割れ調査の結果 (6)

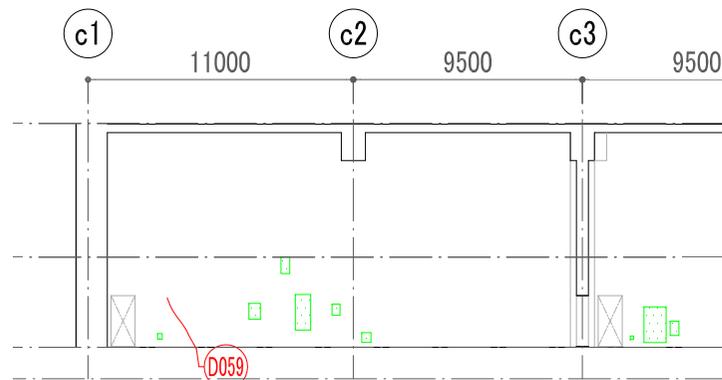
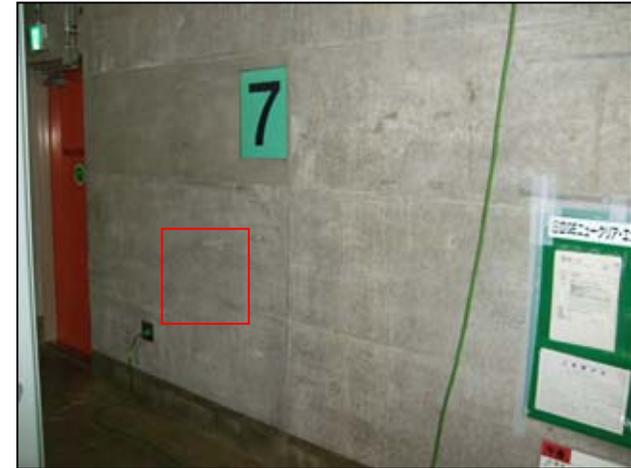
■ 6号機コントロール建屋耐震壁ひび割れ調査結果 (2)

(ひび割れの代表例)

階	地下2階
通り	CC
番号	D059
壁厚(mm)	1200
配筋	2 - D32@200
幅(mm)	0.35
長さ(m)	2.4



地下2階平面図



展開図



5 . 屋根トラスの点検方法

6号機原子炉建屋屋根トラスの健全性確認においては、以下の項目について点検を実施した。

屋根トラスの鋼材の目視点検

部材（主材・支柱・ブレース）の変形・座屈・破断

溶接接合部のきれつ・破断

ボルト接合部のボルト破断・緩み



トラス全景



ボルト接合部



ボルト接合部

6 . 屋根トラスの点検結果

■ 6号機原子炉建屋屋根トラス調査結果

対象	項目	発生の有無	
		KK-6	KK-7
部材	変形・座屈・破断	なし	なし
溶接接合部	きれつ・破断	なし	なし
ボルト接合部	ボルト破断・緩み	なし	なし

点検の結果、屋根トラスは地震による影響がないことを確認。

7 . 排気筒の点検方法（ 1 ）

排気筒の健全性確認においては、以下の項目について点検を実施した。

(1)筒身及び支持鉄塔の鋼材の目視点検

部材（主材・支柱・ブレース）の変形・座屈・破断

溶接接合部のきれつ・破断

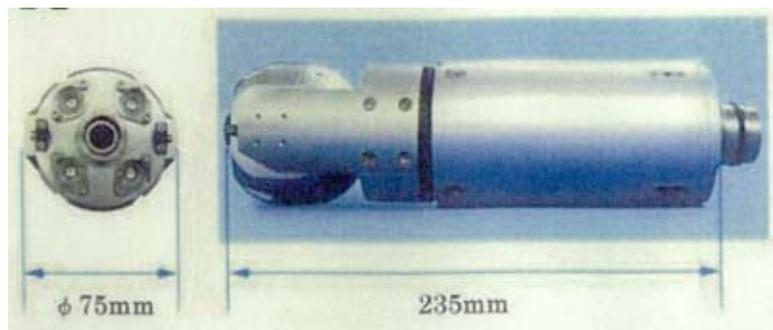
ボルト接合部のボルト破断・緩み

(2)筒身内部 S G T S 配管等の遠隔目視点検

排気筒筒身内部に設置された S G T S 配管及び支持部について、
点検用カメラによる遠隔目視点検

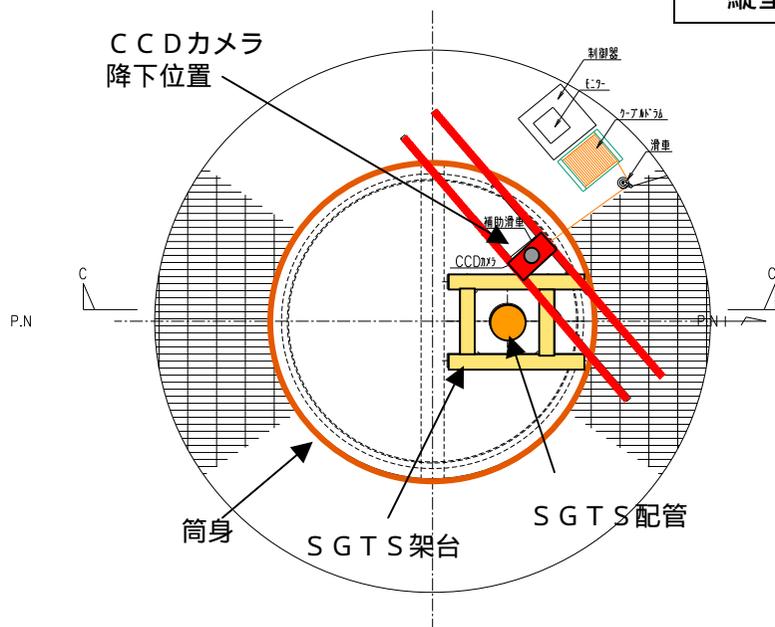
7. 排気筒の点検方法 (2)

点検用カメラの概要

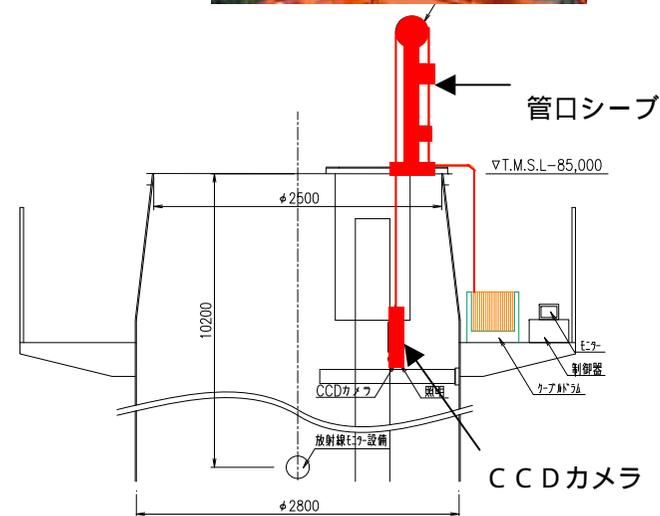


CCDカメラ

カメラの外形寸法
縦型 75 × L235mm



排気筒頂部平面図



排気筒頂部断面図

8 . 排気筒の点検結果（ 1 ）

(1) 筒身及び支持鉄塔の鋼材の目視点検結果

対象	項目	発生の有無	
		KK-6	KK-7
部材	変形・座屈・破断	あり	なし
溶接接合部	きれつ・破断	なし	なし
ボルト接合部	ボルト破断・緩み	なし	なし

点検の結果、第1支持点において筒身支持用ターンバックルの変形が確認された。ターンバックルに変形が確認されたものの、要求性能を損なうような事象は確認されなかった。なお、今回の点検により変形が確認されたターンバックルについては今後適切な補強を行う計画としている。



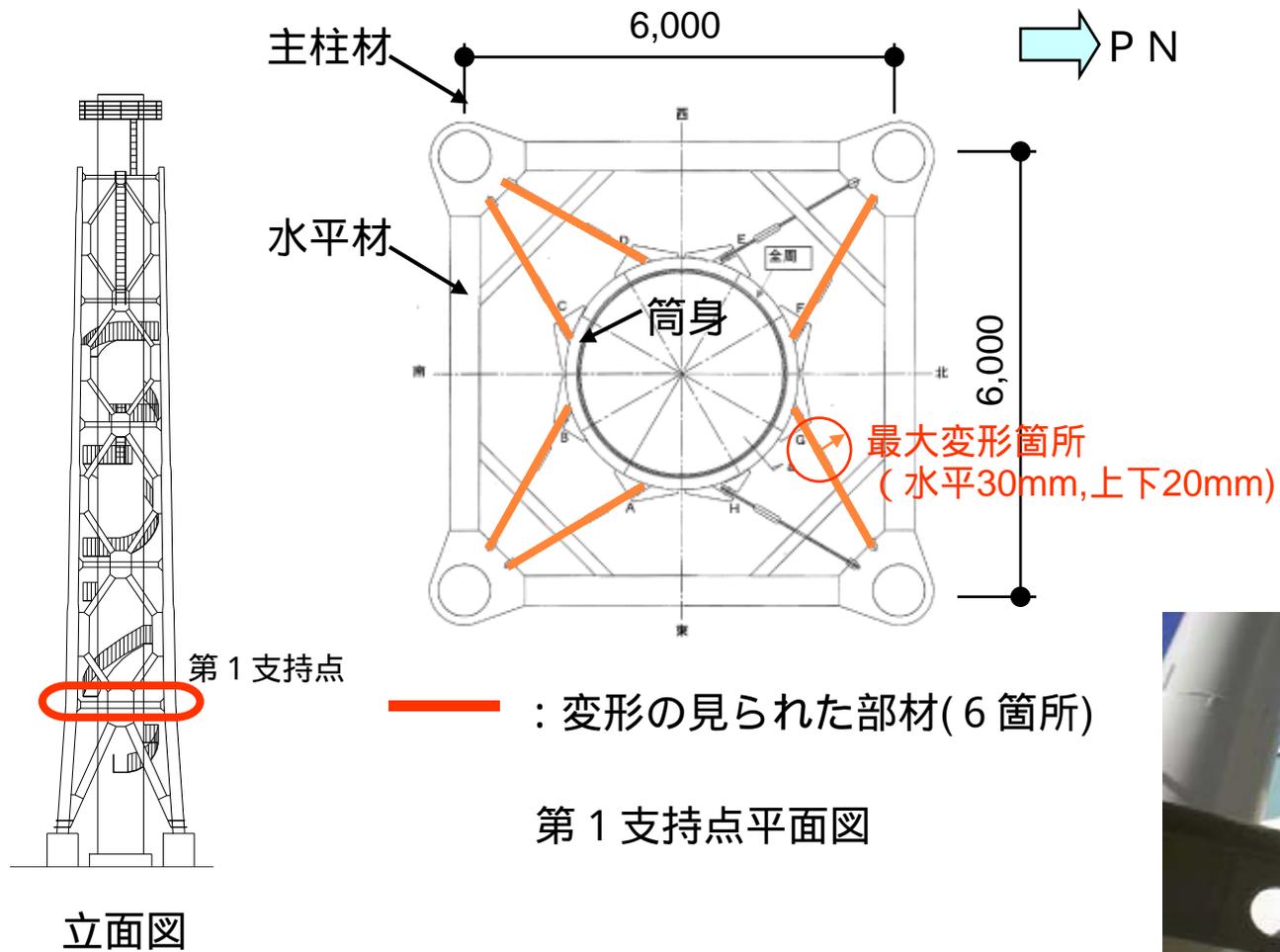
ターンバックルの変形



ブレース接合部

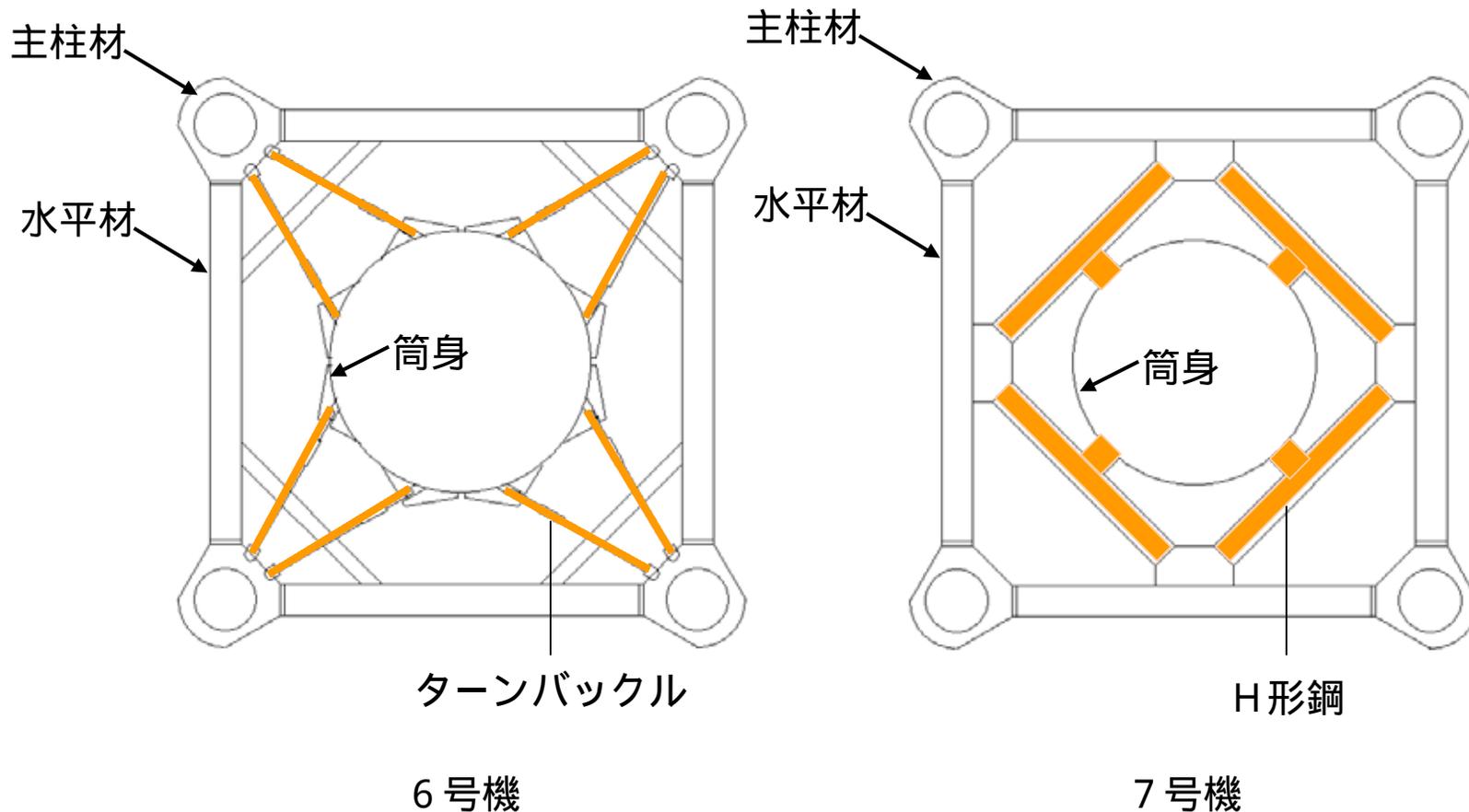
8 . 排気筒の点検結果 (2)

(2)第1支持点ターンバックルの変形状況



8 . 排気筒の点検結果 (3)

(3) 6号機と7号機の第1支持点について



8 . 排気筒の点検結果（ 4 ）

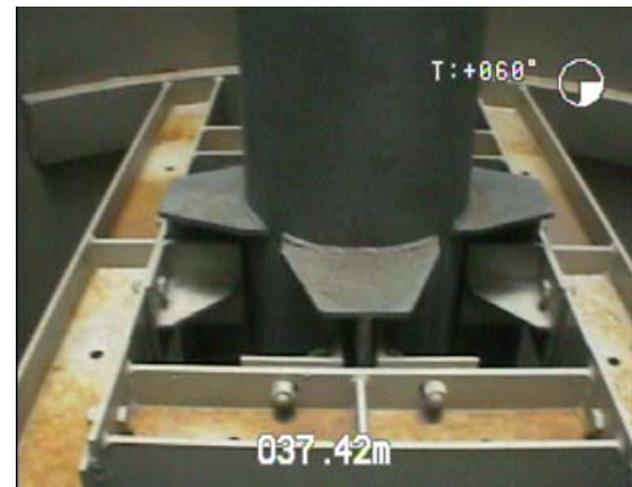
(3)筒身内部及びS G T S 配管等の遠隔目視点検

対象	項目	発生の有無	
		KK-6	KK-7
筒身内部	変形・座屈・破断	なし	なし
S G T S 配管 及び支持部	変形・座屈・破断	なし	なし

点検の結果、筒身内部、S G T S 配管及び支持部は地震による影響がないことを確認。



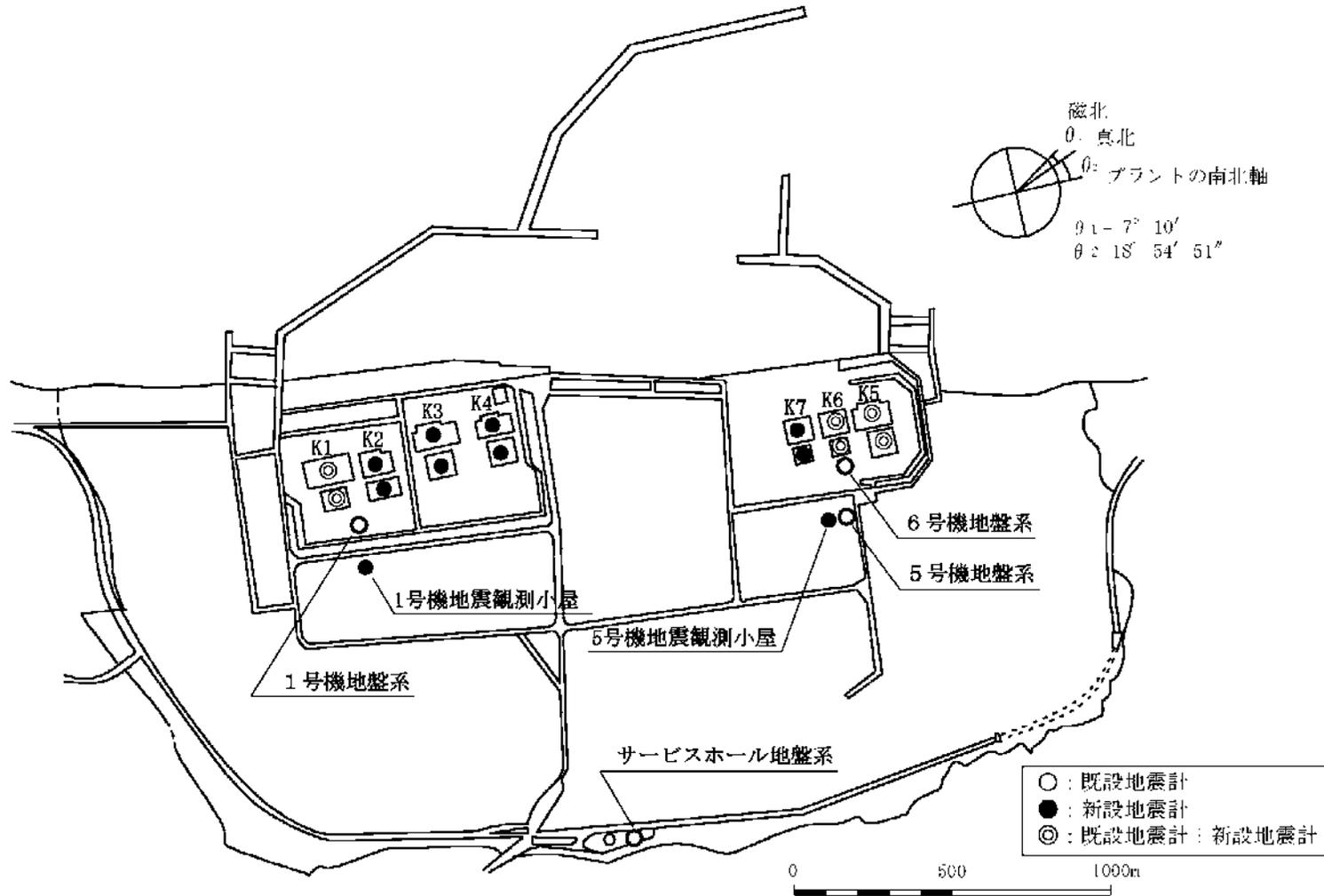
S G T S 配管



配管支持部

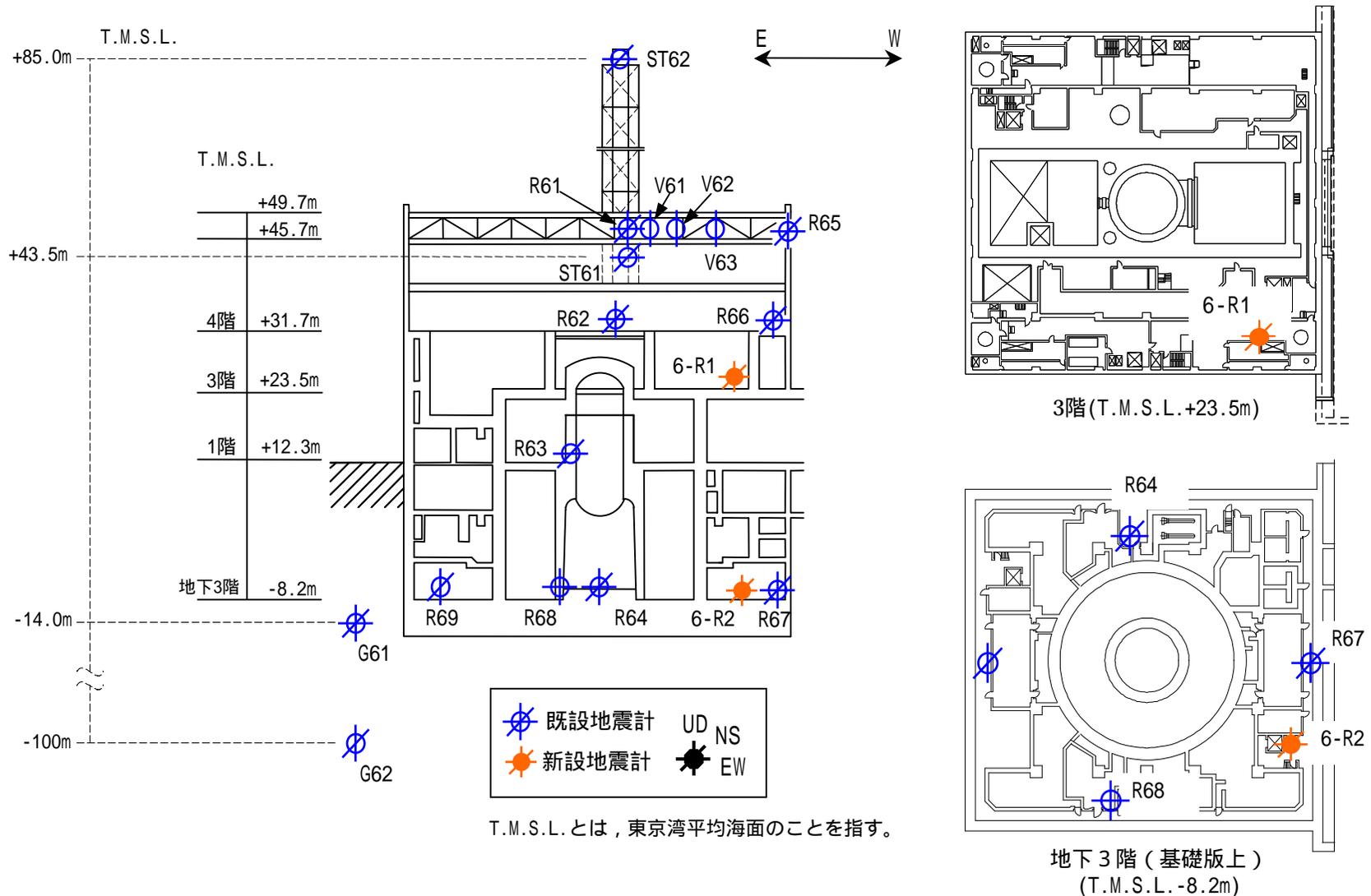
9 . 原子炉建屋の地震観測記録 (1)

柏崎刈羽原子力発電所に設置されている地震計の配置を示す。



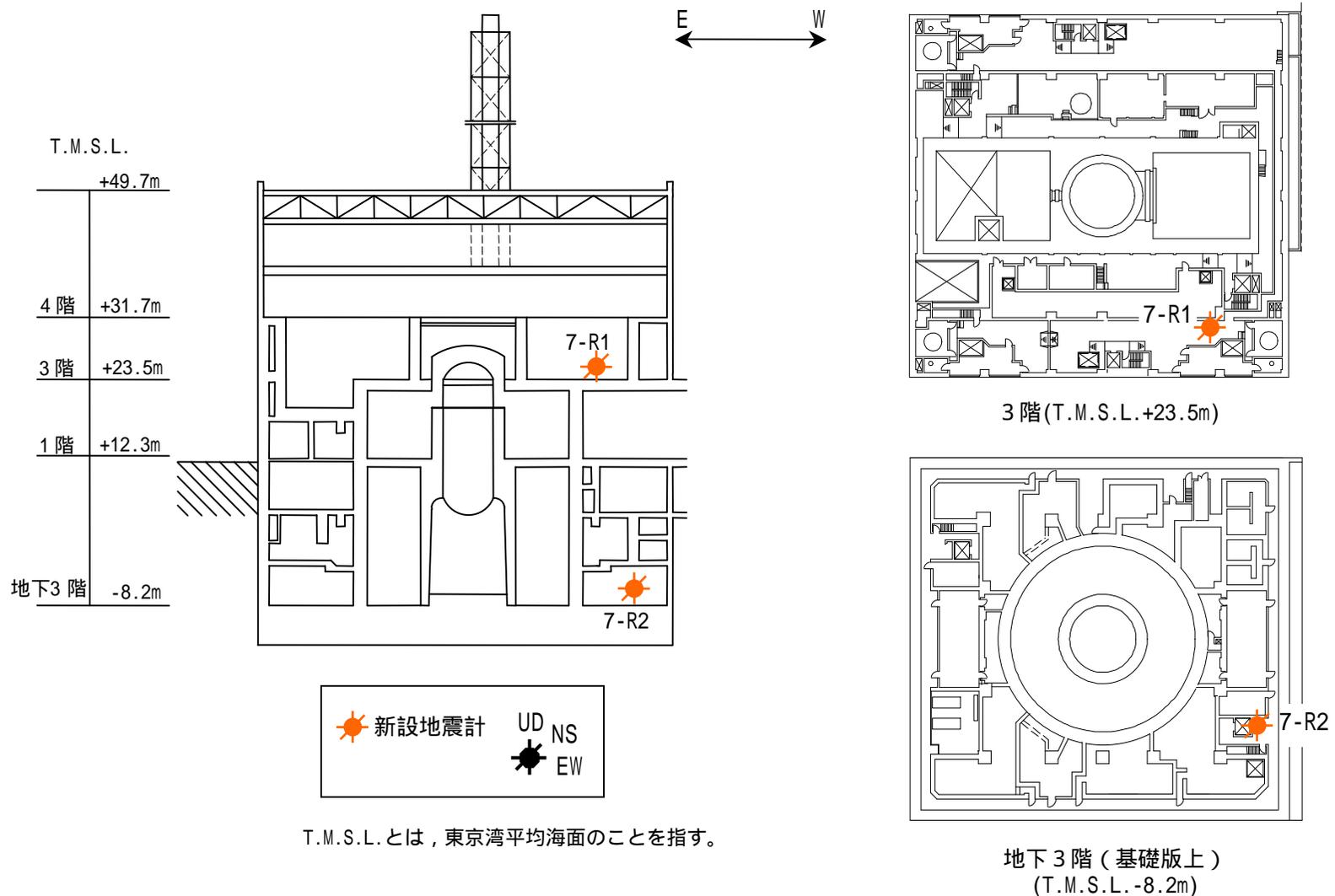
9 . 原子炉建屋の地震観測記録 (2)

6号機原子炉建屋に設置されている地震計の配置を以下に示す。



9 . 原子炉建屋の地震観測記録 (3)

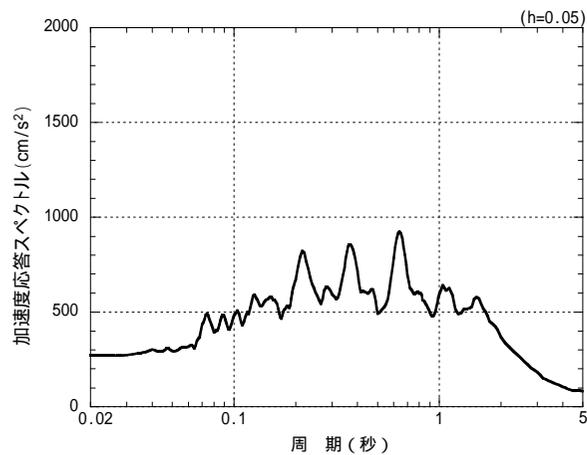
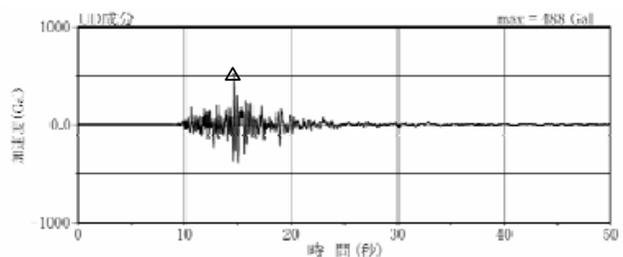
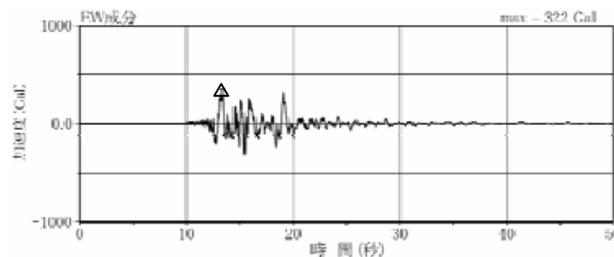
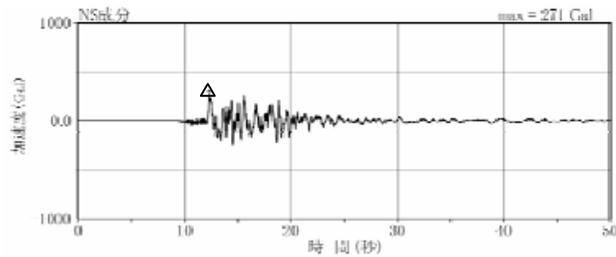
7号機原子炉建屋に設置されている地震計の配置を以下に示す。



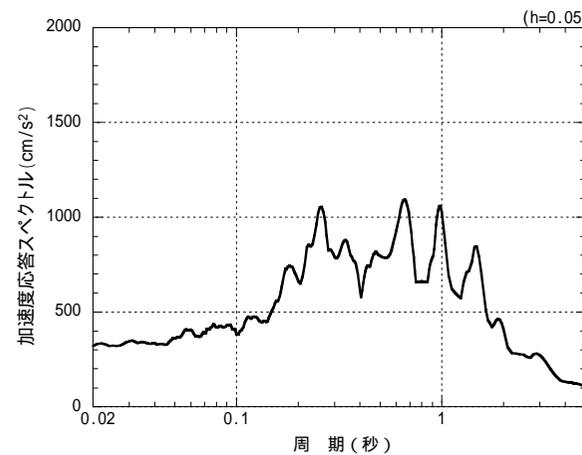
9 . 原子炉建屋の地震観測記録 (4)

6号機原子炉建屋の基礎版上で得られた観測記録を以下に示す。

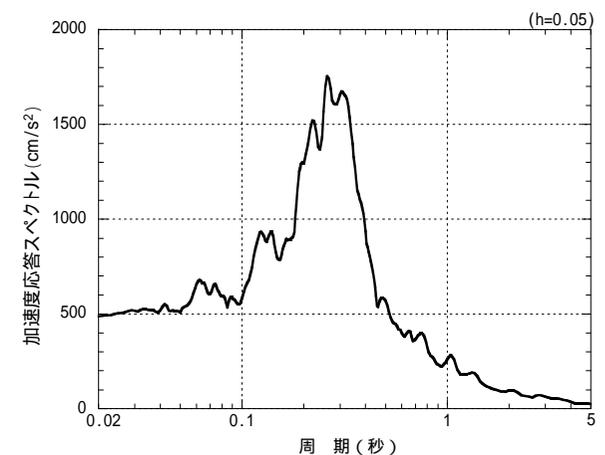
△ 最大値



NS方向



EW方向



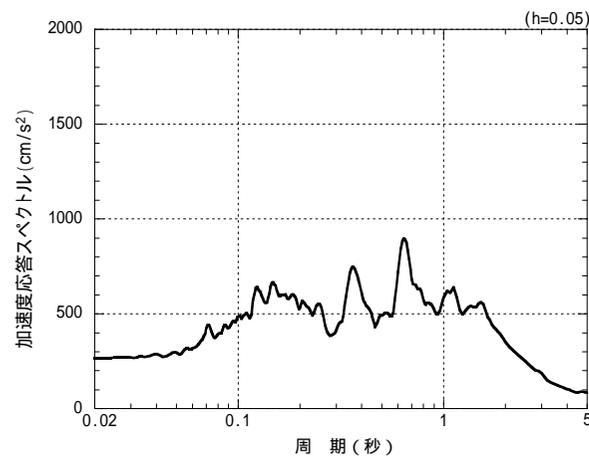
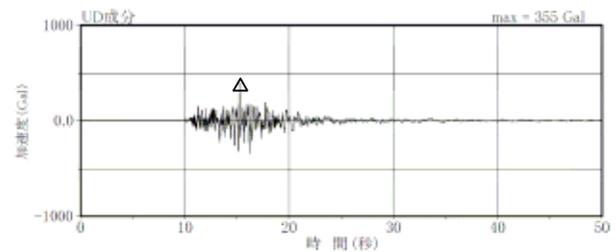
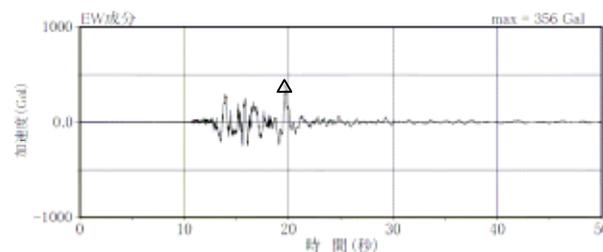
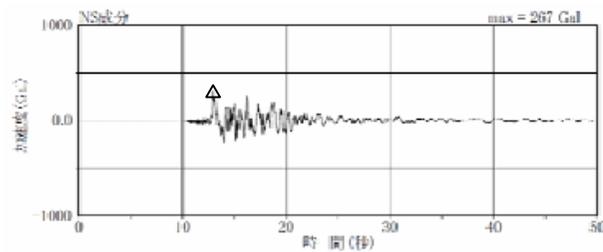
UD方向

(記録の主要動を含む50秒間を表示)

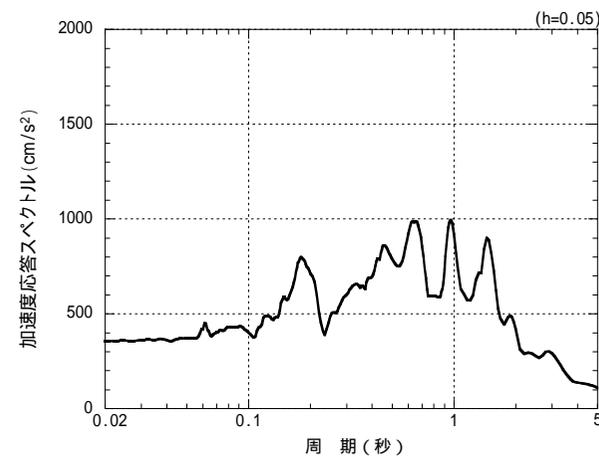
9 . 原子炉建屋の地震観測記録 (5)

7号機原子炉建屋の基礎版上で得られた観測記録を以下に示す。

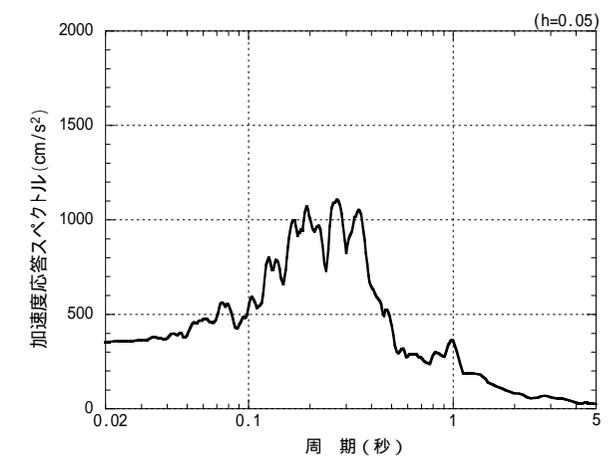
△ 最大値



NS方向



EW方向

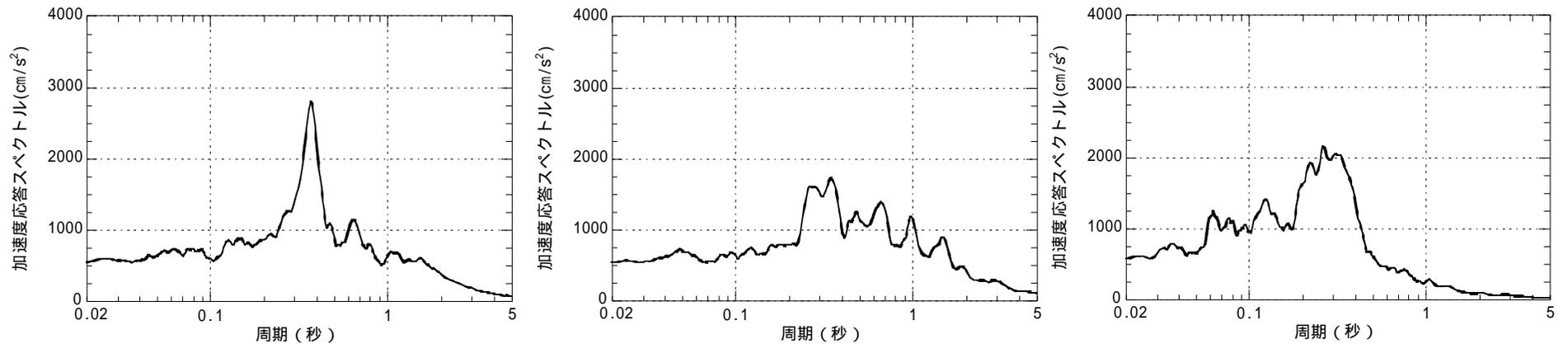
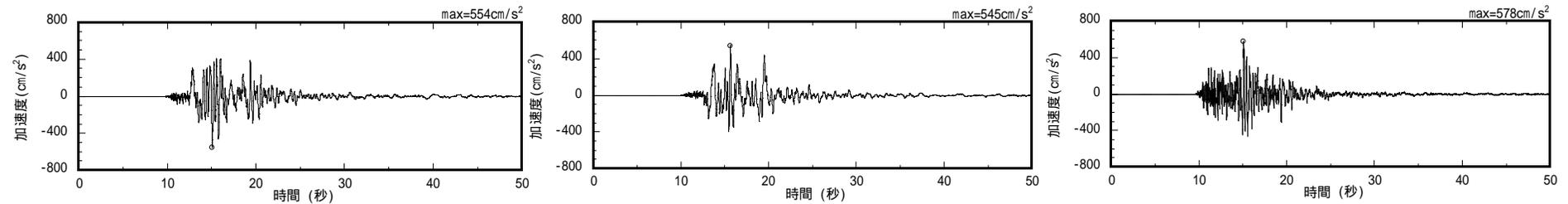


UD方向

(記録の主要動を含む50秒間を表示)

9 . 原子炉建屋の地震観測記録 (6)

6号機原子炉建屋の中間階で得られた観測記録を以下に示す。



NS方向

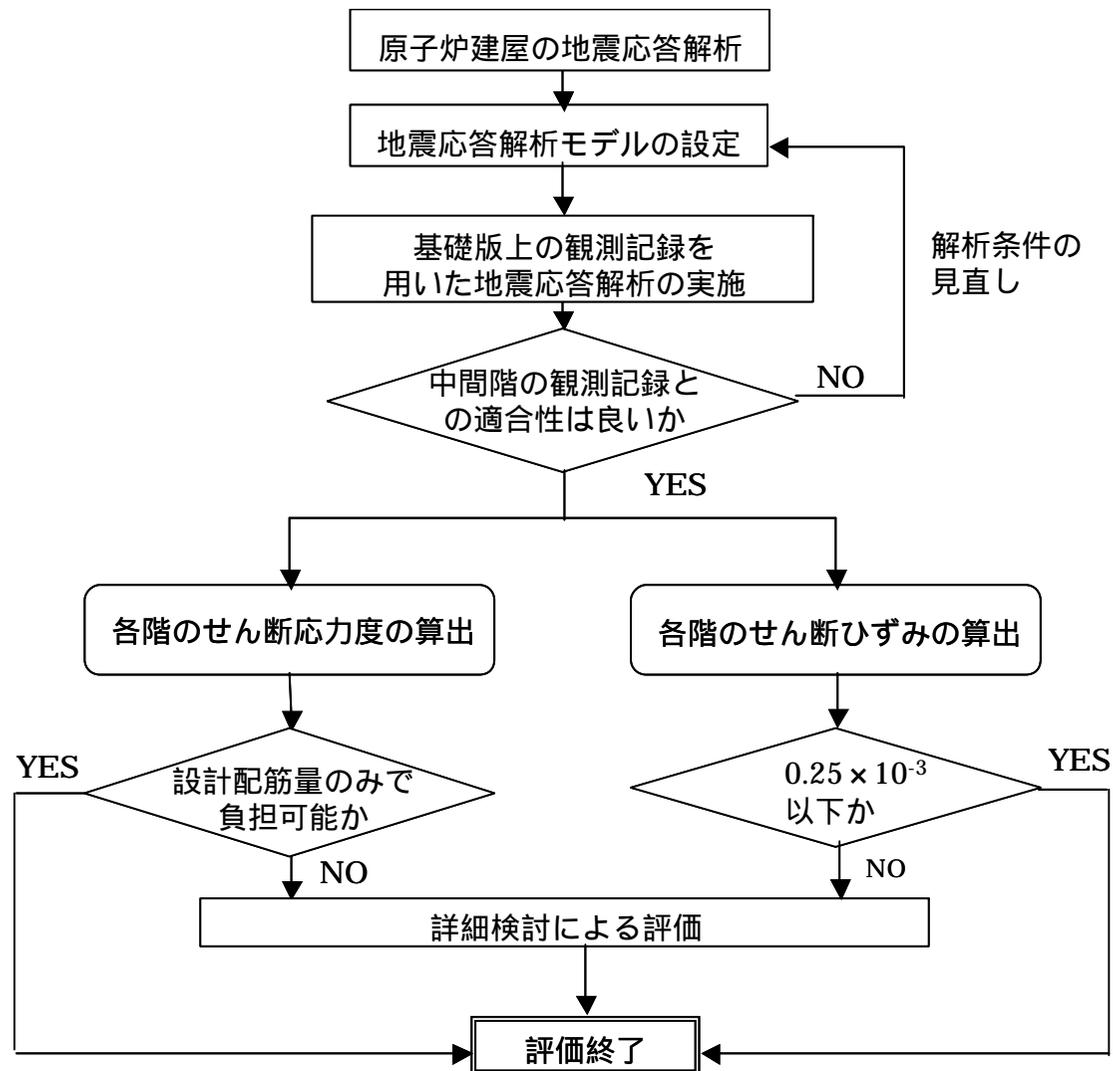
EW方向

UD方向

(記録の主要動を含む50秒間を表示)

9 . 原子炉建屋のシミュレーション解析 (1)

原子炉建屋のシミュレーション解析の評価手順

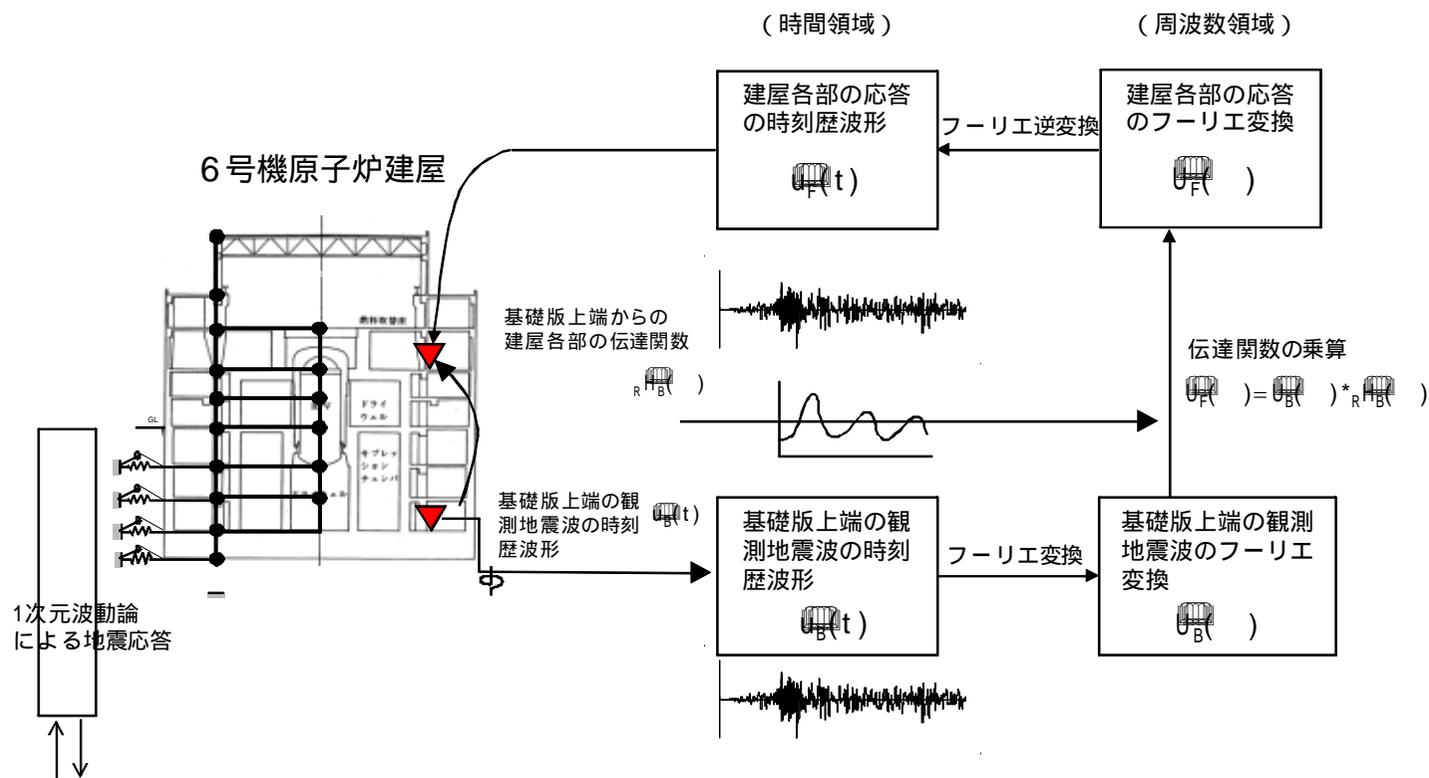


9 . 原子炉建屋のシミュレーション解析 (2)

シミュレーション解析方針

本地震に対する原子炉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観測記録を用いた動的解析による。

建屋各部位の応答は、原子炉建屋の基礎版上での観測記録波と、基礎版上から建屋各部の伝達関数を用いて算出する。



9 . 原子炉建屋のシミュレーション解析 (3)

シミュレーション解析の考え方

- (1) 1 ~ 7号機原子炉建屋に共通の条件を設定
建屋および地盤ばねともに線形
水平および鉛直3成分 (NS,EW,UD)
を独立に解析
基礎版上における観測記録を入力

- (2) 解析モデル

 - 建屋質点系モデル

 - ・重量：各床位置の質点に重量を集中
 - ・剛性：曲げ・せん断剛性 (水平)、軸剛性 (鉛直) を考慮

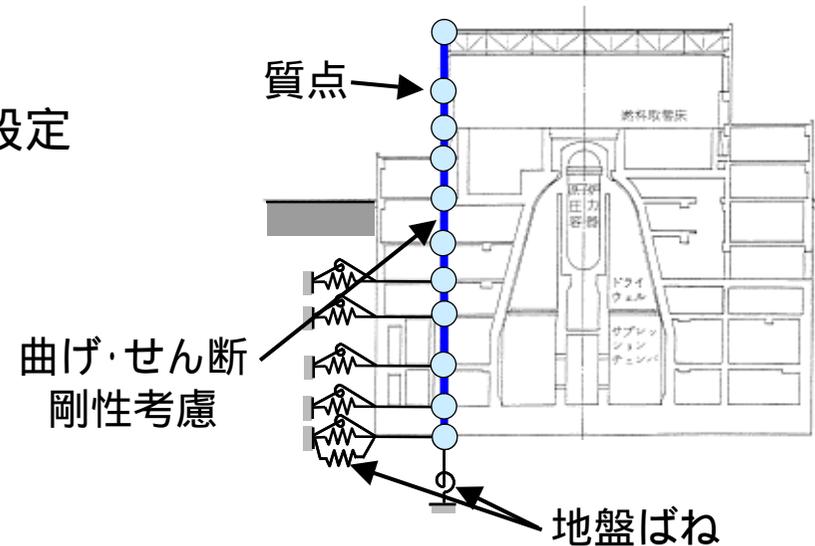
 - 地盤ばね

 - ・水平：底面および側面地盤ばね (水平、回転) を考慮
 - ・鉛直：底面ばねを考慮

 - 地盤物性

 - ・地震動レベルに応じて、号機毎に物性を設定し、地盤ばねの評価に反映

質点系モデル(水平)



9 . 原子炉建屋のシミュレーション解析 (4)

シミュレーション解析の考え方

(3) 実情に応じて、設計条件を変更

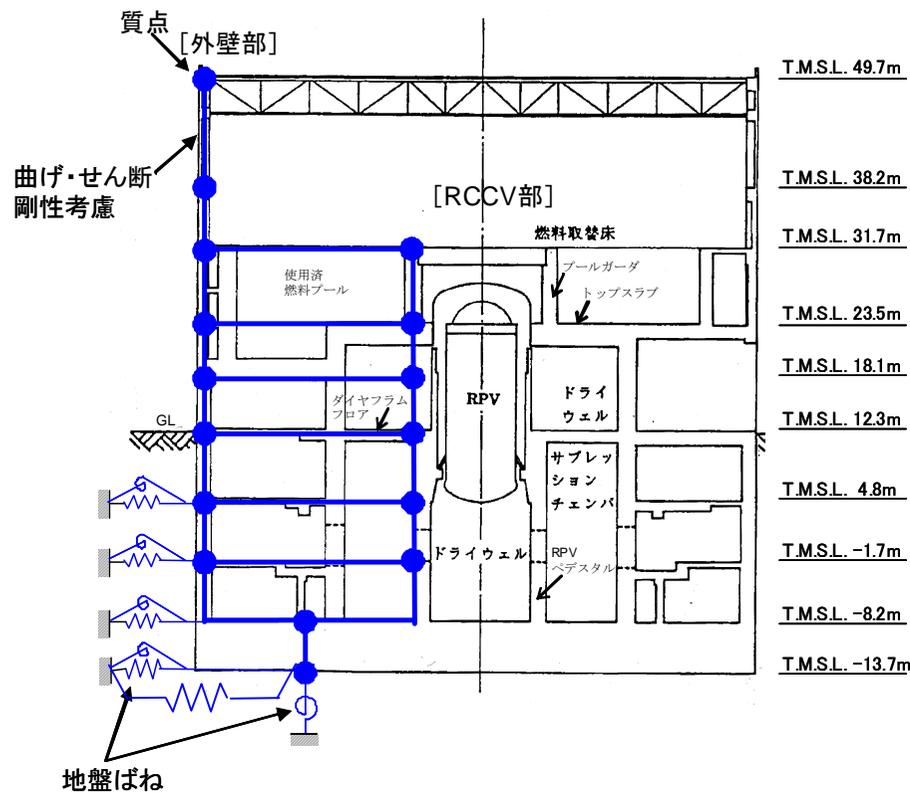
		設計時	シミュレーション解析時
建屋剛性	コンクリートのヤング係数	設計基準強度を用いて算出 1,2,5号機 : 240kgf/cm ² 3,4,6,7号機 : 330kgf/cm ²	実強度*を用いて算出 1,2,5号機 : 450kgf/cm ² 3,4,6,7号機 : 500kgf/cm ²
	剛性を考慮する部位	耐震壁のみ (弾性)	耐震壁 + 補助壁** (弾性)
建屋減衰 (減衰定数)		5 %	5 %

* 圧縮強度試験結果の平均値を用いて設定

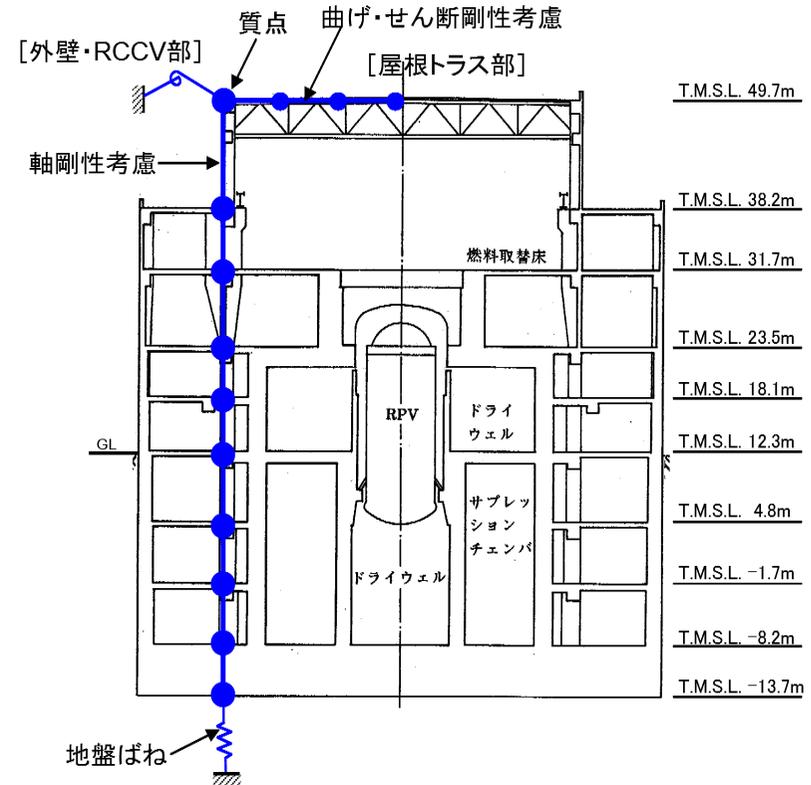
** 設計時には考慮していないが、「日本建築学会 鉄筋コンクリート 構造計算規準・同解説 - 許容応力度設計法 - 1999」の規定に照らして耐震壁として評価可能な壁

9. 原子炉建屋のシミュレーション解析 (5)

■ 6号機原子炉建屋の地震応答解析モデルを以下に示す。



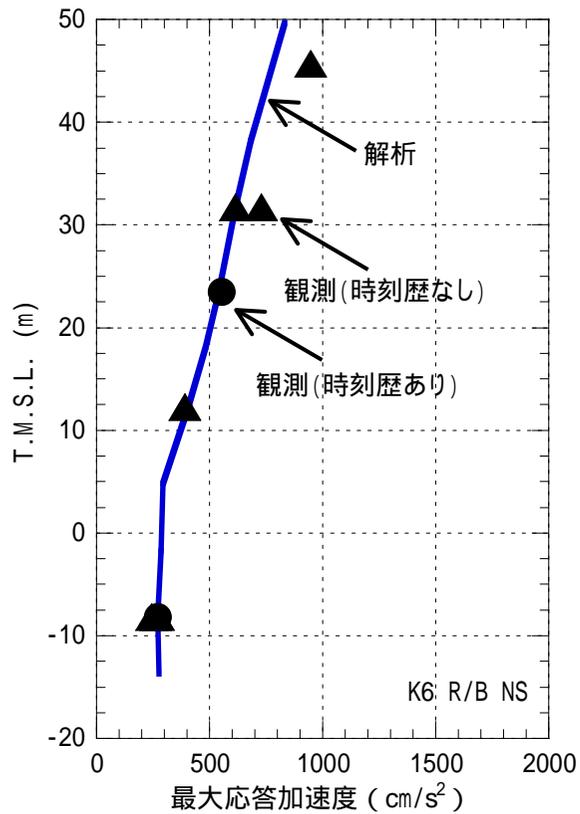
水平方向



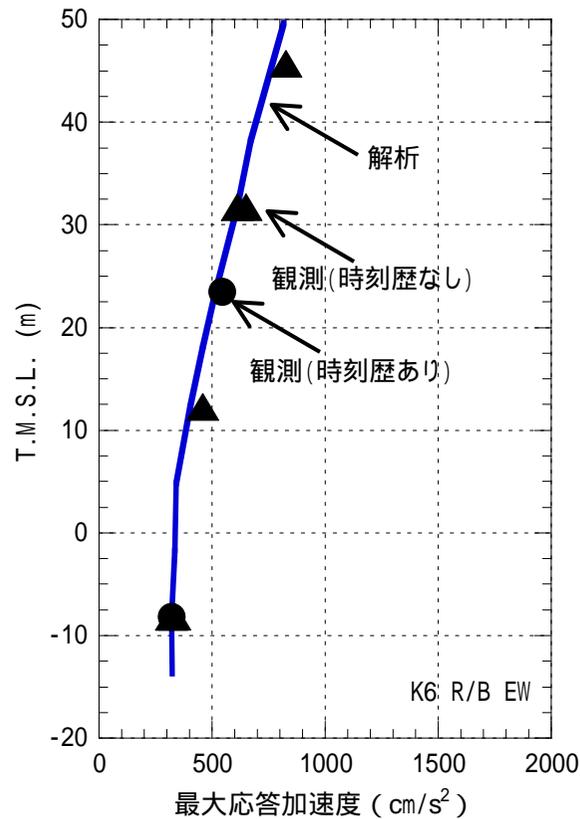
鉛直方向

10 . 原子炉建屋のシミュレーション解析結果 (1)

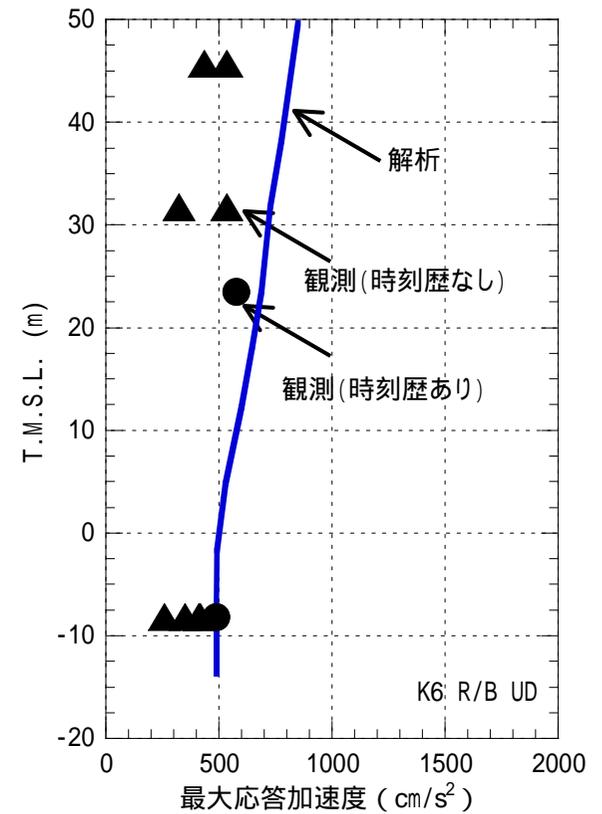
6号機原子炉建屋 最大応答加速度



南北方向



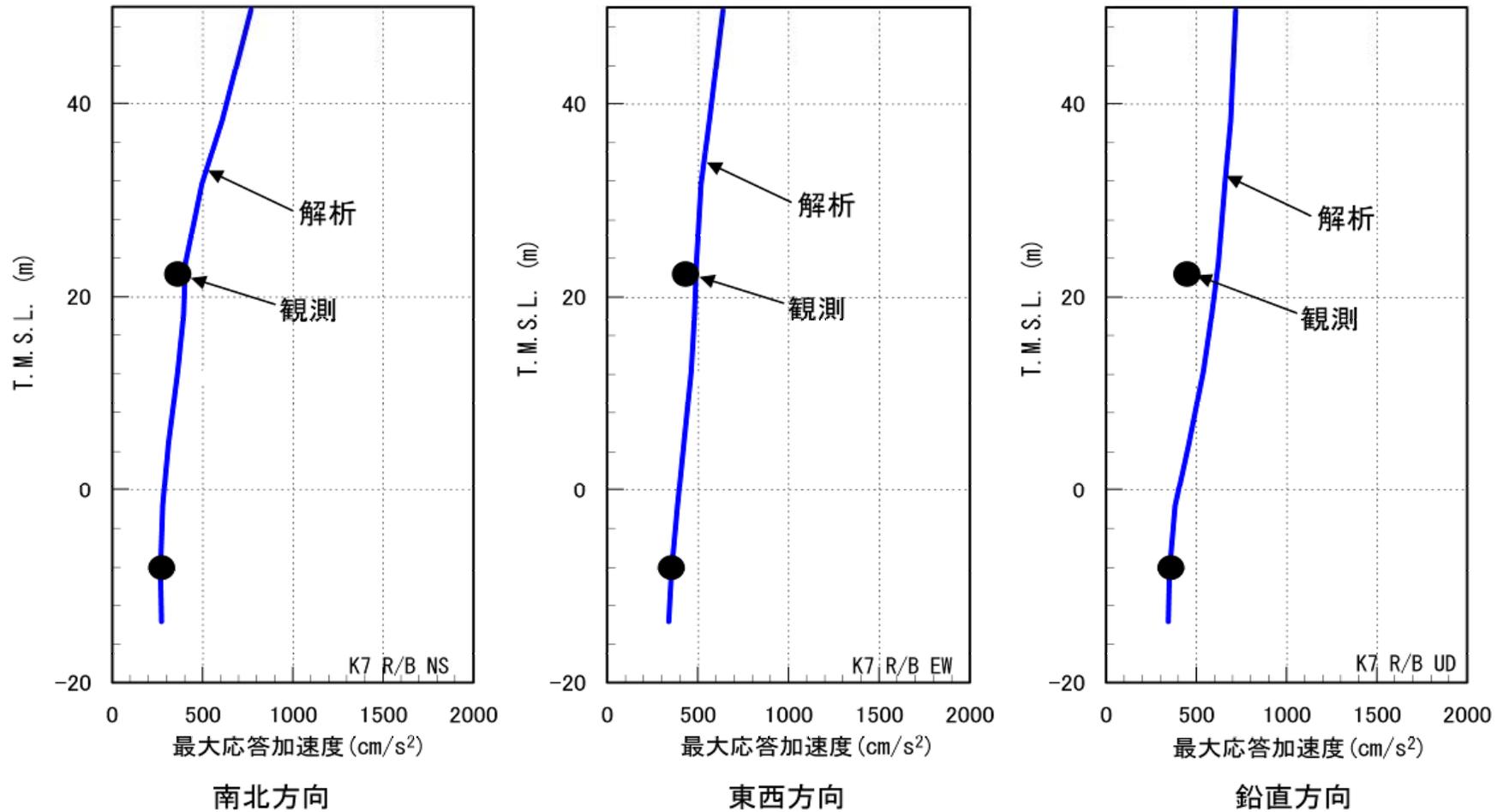
東西方向



鉛直方向

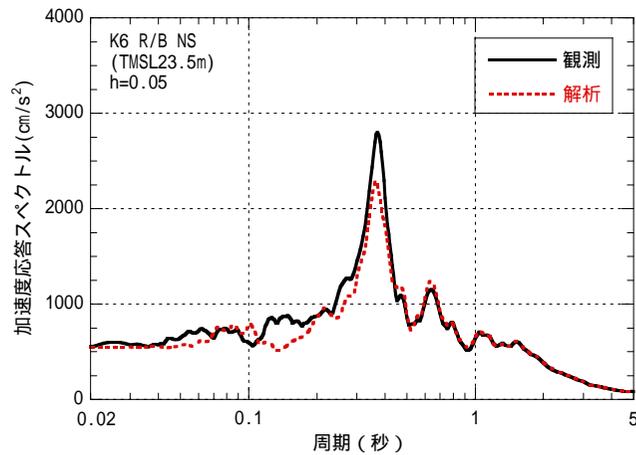
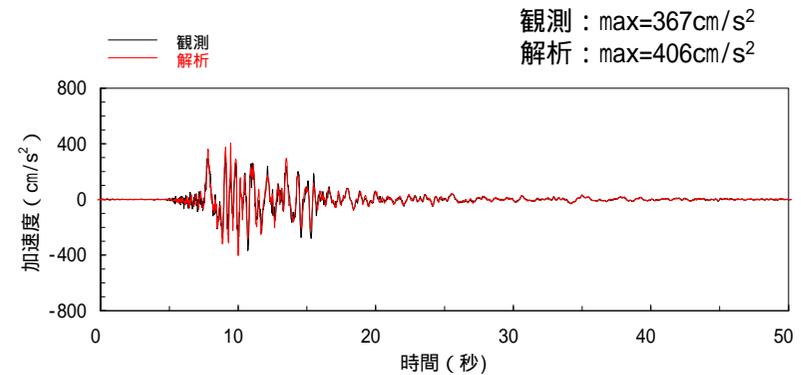
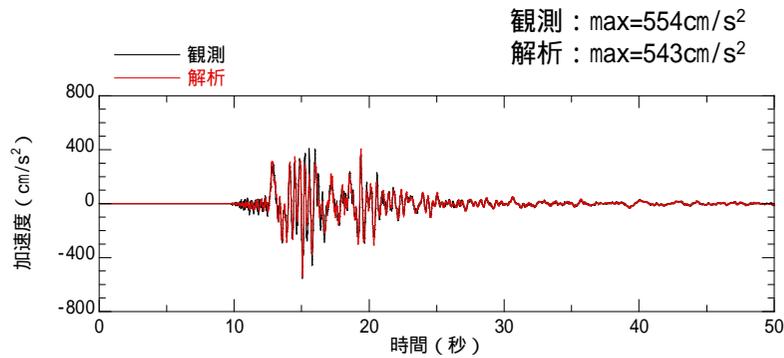
10 . 原子炉建屋のシミュレーション解析結果 (2)

7号機原子炉建屋 最大応答加速度

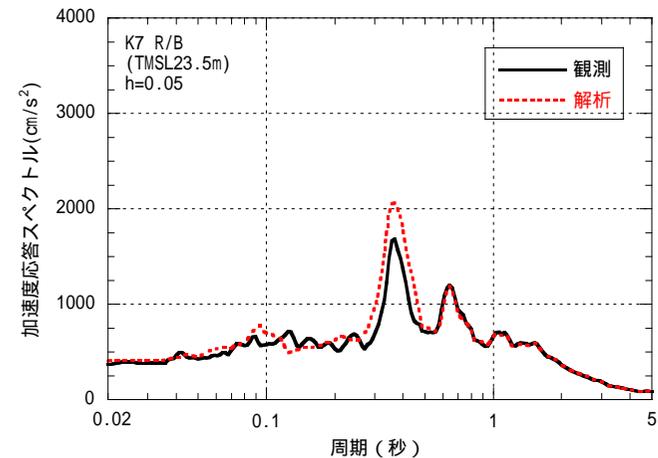


10 . 原子炉建屋のシミュレーション解析結果 (3)

加速度応答スペクトルの比較



6号機



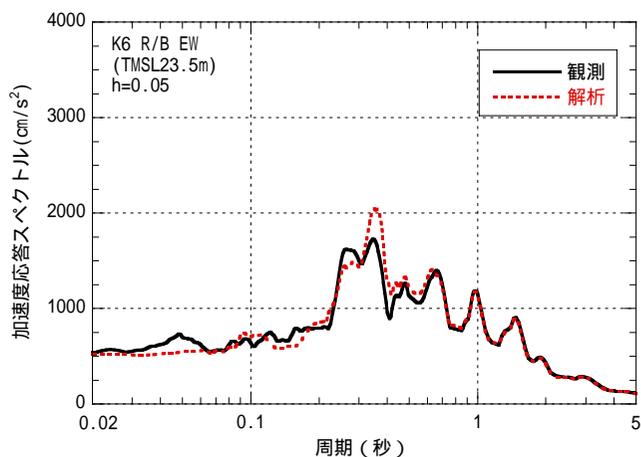
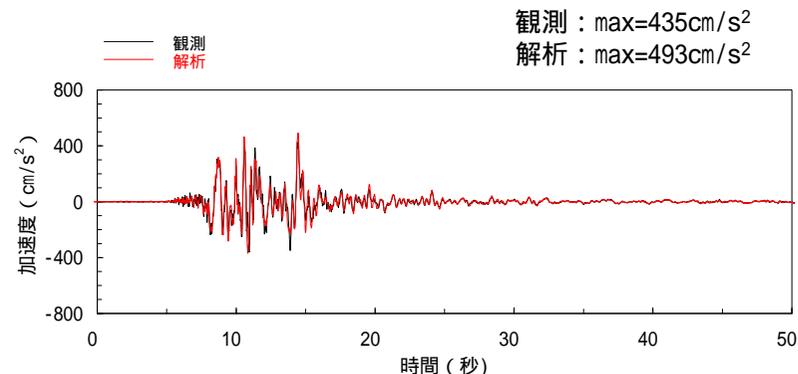
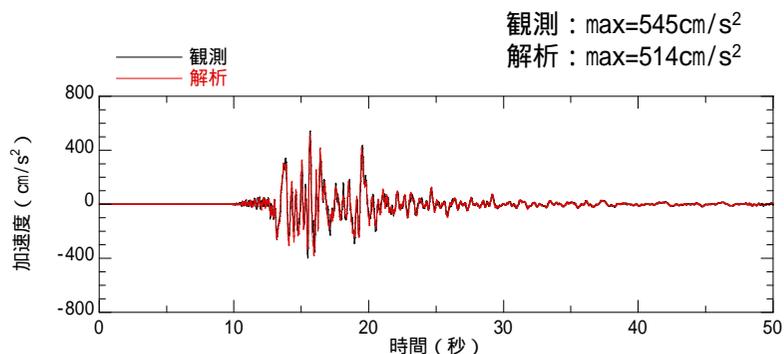
7号機

(記録の主要動を含む50秒間を表示)

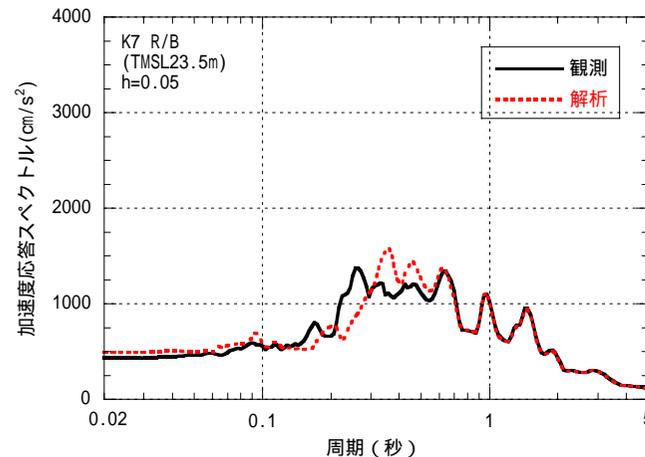
床応答スペクトル (南北方向, 3階, T.M.S.L.23.5m)

10 . 原子炉建屋のシミュレーション解析結果 (4)

加速度応答スペクトルの比較



6号機



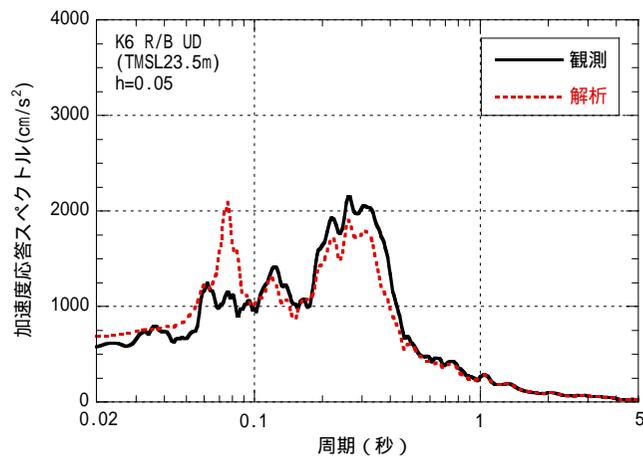
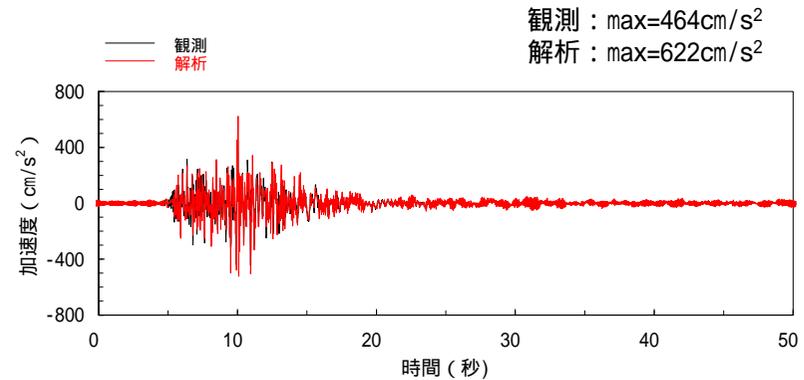
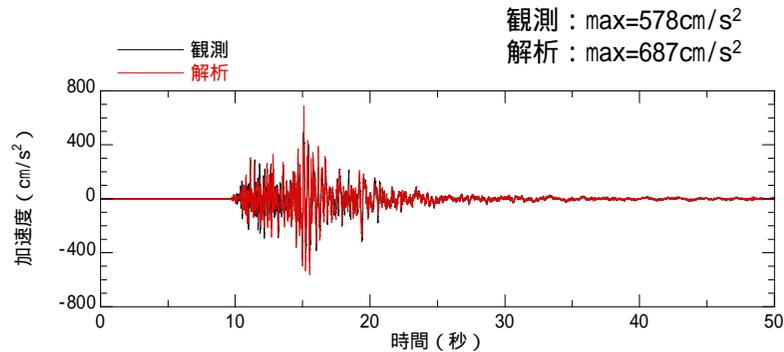
7号機

(記録の主要動を含む50秒間を表示)

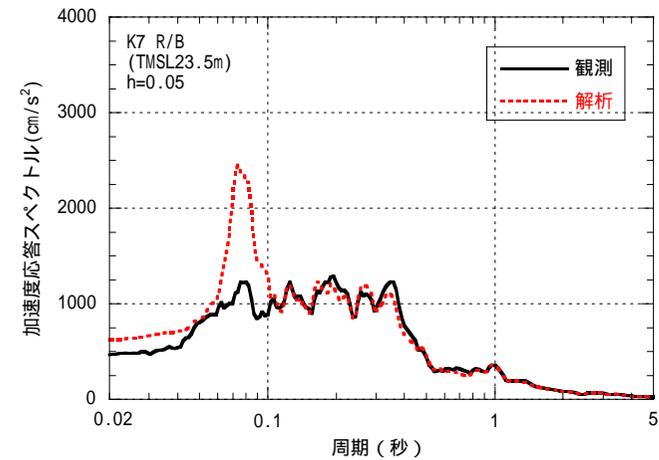
床応答スペクトル (東西方向, 3階, T.M.S.L.23.5m)

10 . 原子炉建屋のシミュレーション解析結果 (5)

加速度応答スペクトルの比較



6号機



7号機

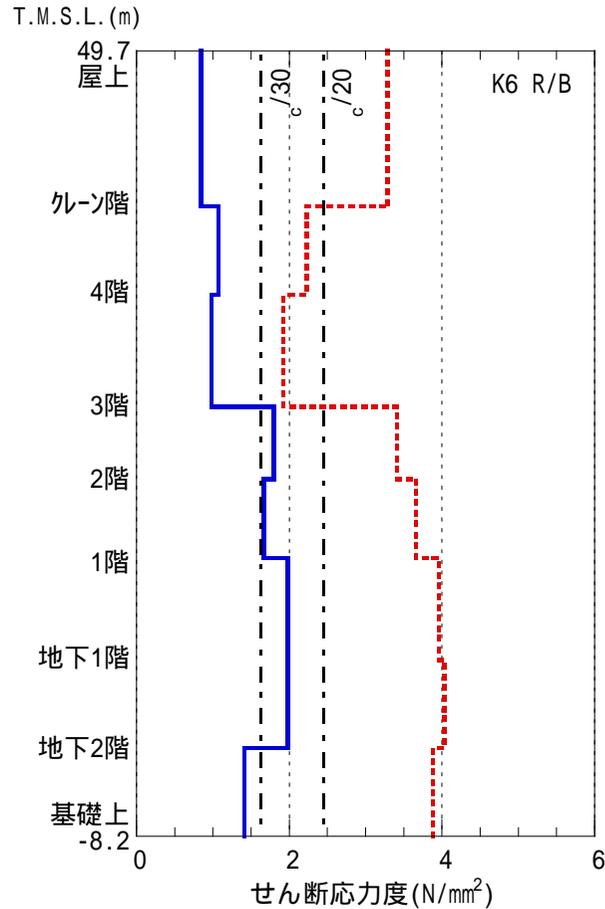
(記録の主要動を含む50秒間を表示)

床応答スペクトル (鉛直方向, 3階, T.M.S.L.23.5m)

1 1 . 原子炉建屋の耐震健全性評価結果 (1)

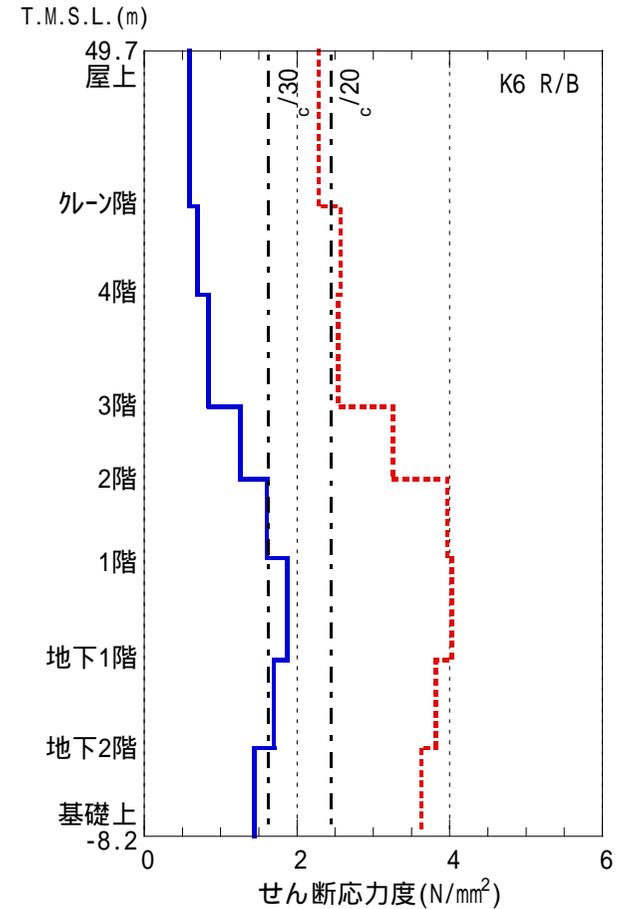
6号機原子炉建屋 耐震壁のせん断応力度

— せん断応力度
⋯⋯⋯ 設計配筋量のみで負担できる短期せん断応力度 ($\rho_w \cdot y$)
- - - - - コンクリートの許容せん断応力度 (参考)



南北方向

— せん断応力度
⋯⋯⋯ 設計配筋量のみで負担できる短期せん断応力度 ($\rho_w \cdot y$)
- - - - - コンクリートの許容せん断応力度 (参考)

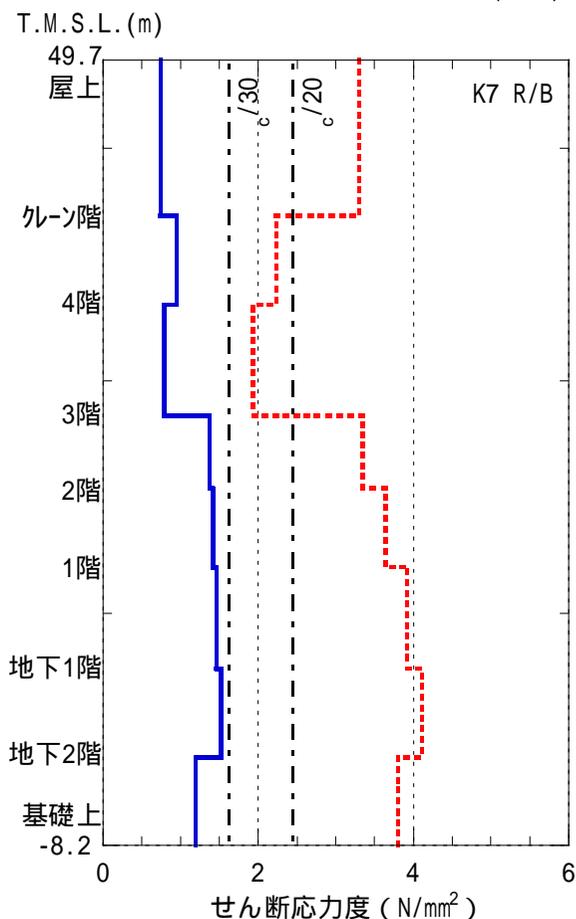


東西方向

1 1 . 原子炉建屋の耐震健全性評価結果 (2)

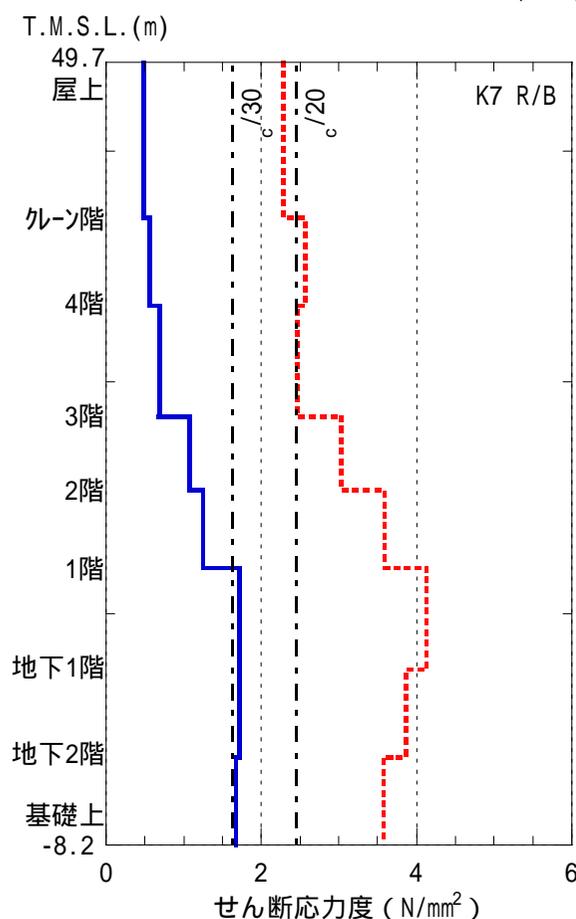
7号機原子炉建屋 耐震壁のせん断応力度

— せん断応力度
⋯⋯⋯ 設計配筋量のみで負担できる短期せん断応力度 ($\rho_w \cdot y$)
- - - - - コンクリートの許容せん断応力度 (参考)



南北方向

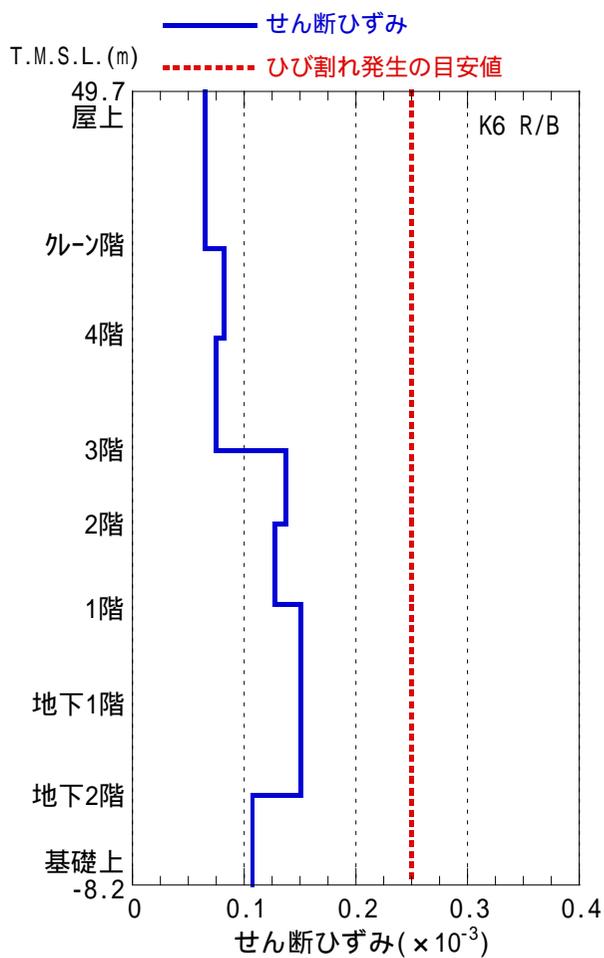
— せん断応力度
⋯⋯⋯ 設計配筋量のみで負担できる短期せん断応力度 ($\rho_w \cdot y$)
- - - - - コンクリートの許容せん断応力度 (参考)



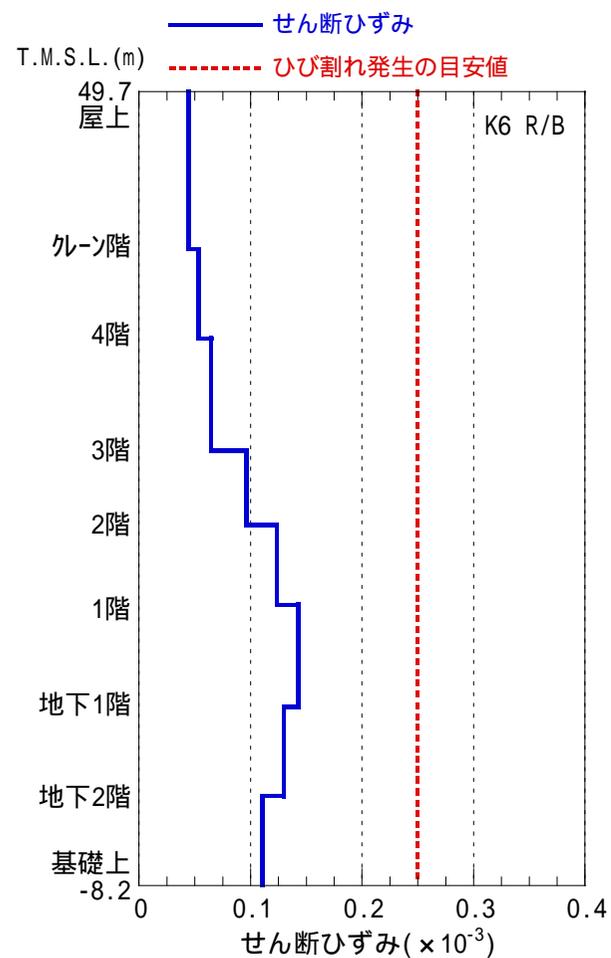
東西方向

1 1 . 原子炉建屋の耐震健全性評価結果 (3)

6号機原子炉建屋 耐震壁のせん断ひずみ



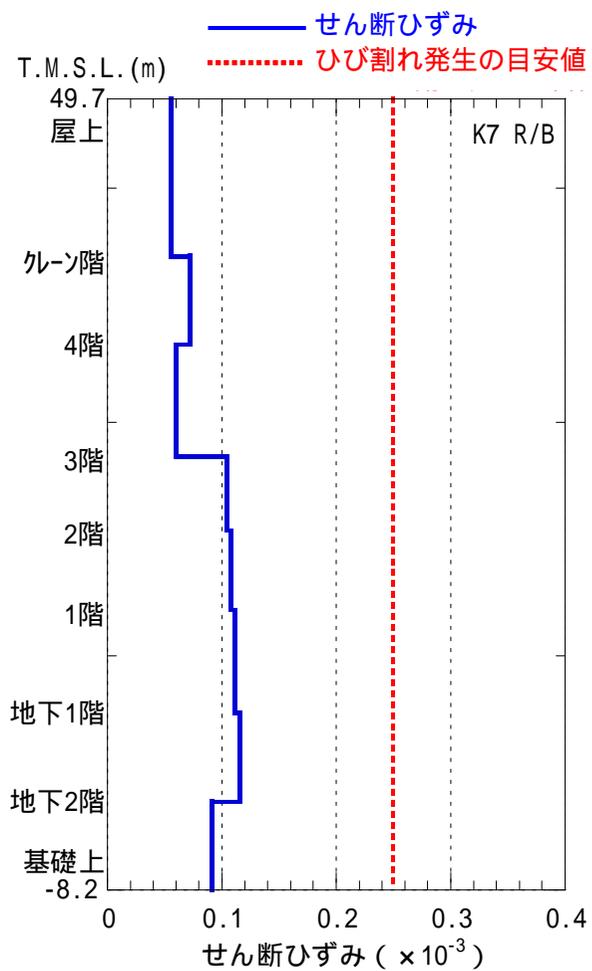
南北方向



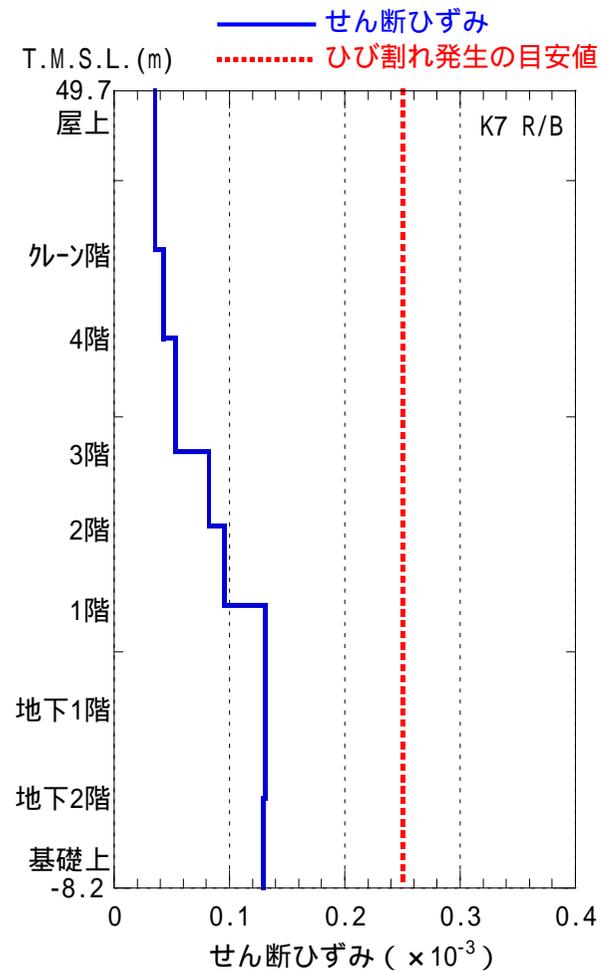
東西方向

1 1 . 原子炉建屋の耐震健全性評価結果 (4)

7号機原子炉建屋 耐震壁のせん断ひずみ



南北方向

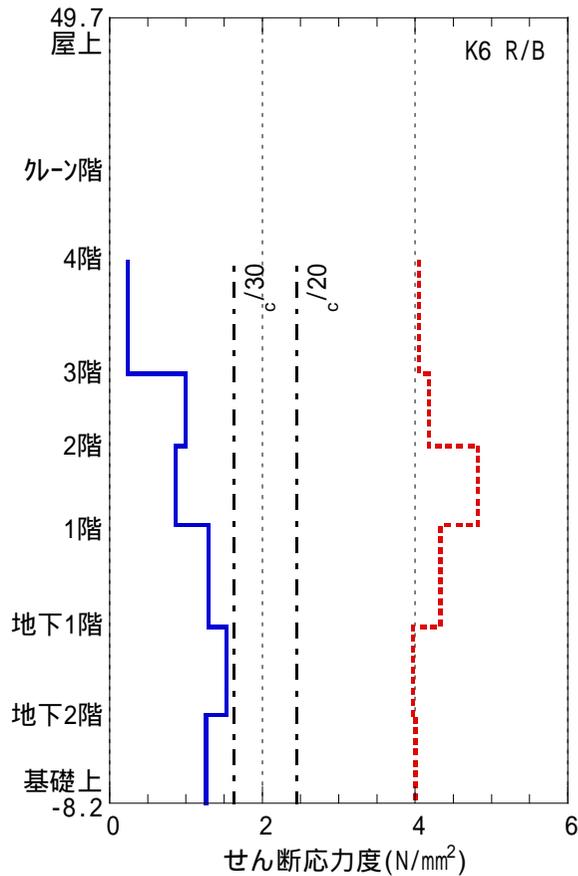


東西方向

1 1 . 原子炉建屋の耐震健全性評価結果 (5)

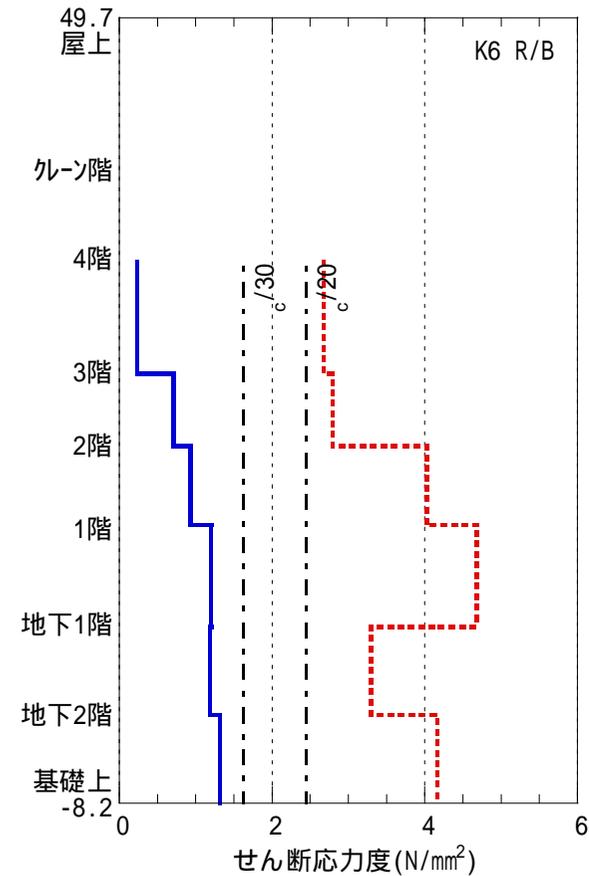
6号機原子炉建屋 RCCVのせん断応力度

— せん断応力度
⋯⋯⋯ 設計配筋量のみで負担できる短期せん断応力度($p_w \cdot y$)
- - - - コンクリートの許容せん断応力度(参考)
 T.M.S.L. (m)



南北方向

— せん断応力度
⋯⋯⋯ 設計配筋量のみで負担できる短期せん断応力度($p_w \cdot y$)
- - - - コンクリートの許容せん断応力度(参考)
 T.M.S.L. (m)

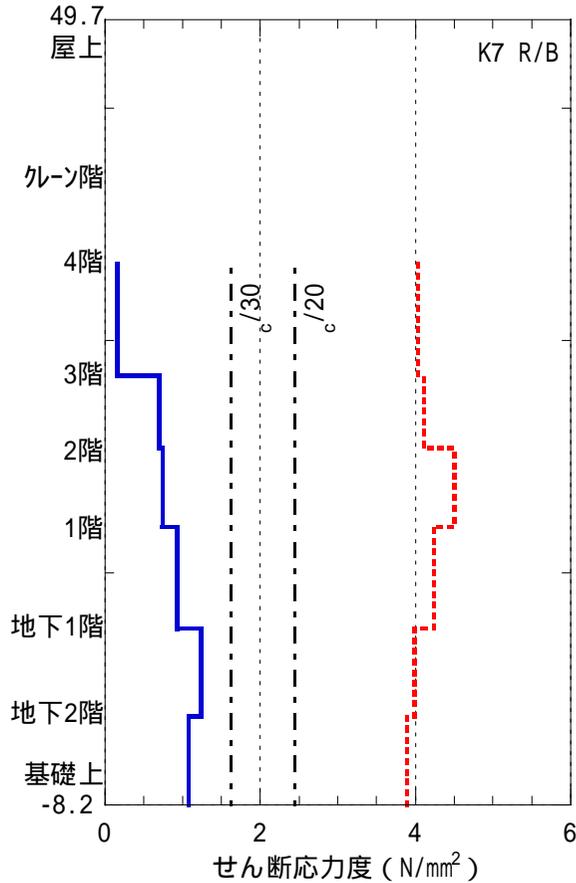


東西方向

1 1 . 原子炉建屋の耐震健全性評価結果 (6)

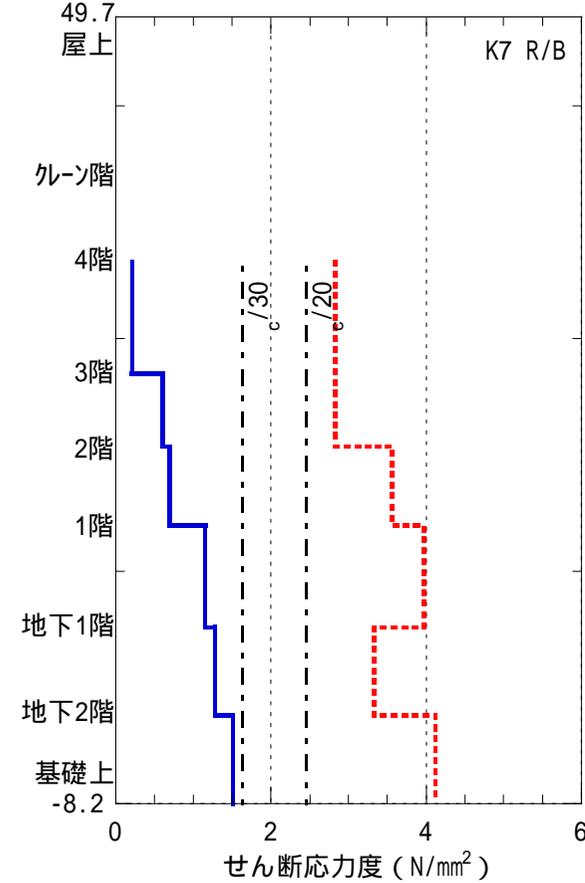
7号機原子炉建屋 RCCVのせん断応力度

—— せん断応力度
⋯⋯⋯ 設計配筋量のみで負担できる短期せん断応力度($\rho_w \cdot y$)
- - - - コンクリートの許容せん断応力度(参考)
 T.M.S.L. (m)



南北方向

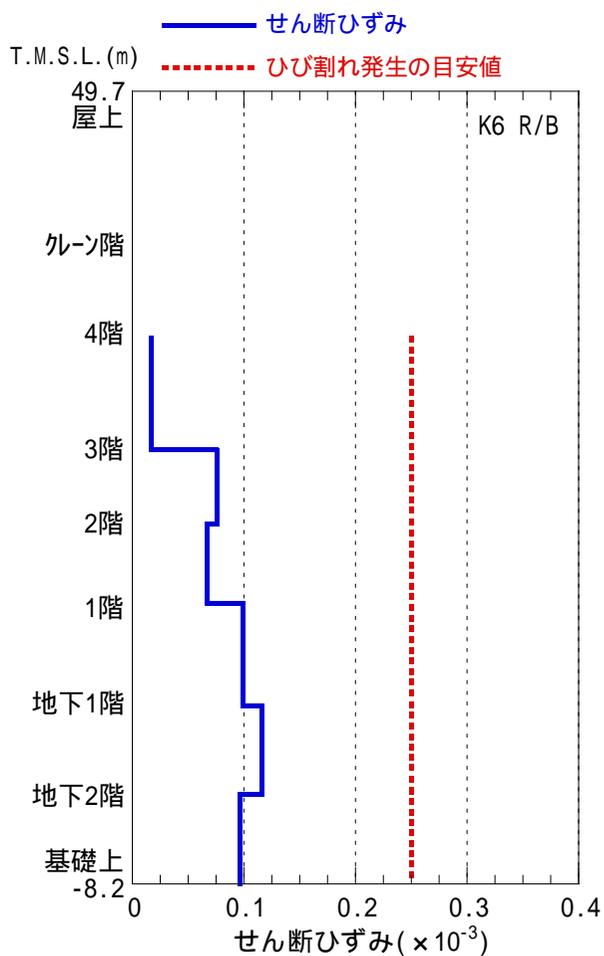
—— せん断応力度
⋯⋯⋯ 設計配筋量のみで負担できる短期せん断応力度($\rho_w \cdot y$)
- - - - コンクリートの許容せん断応力度(参考)
 T.M.S.L. (m)



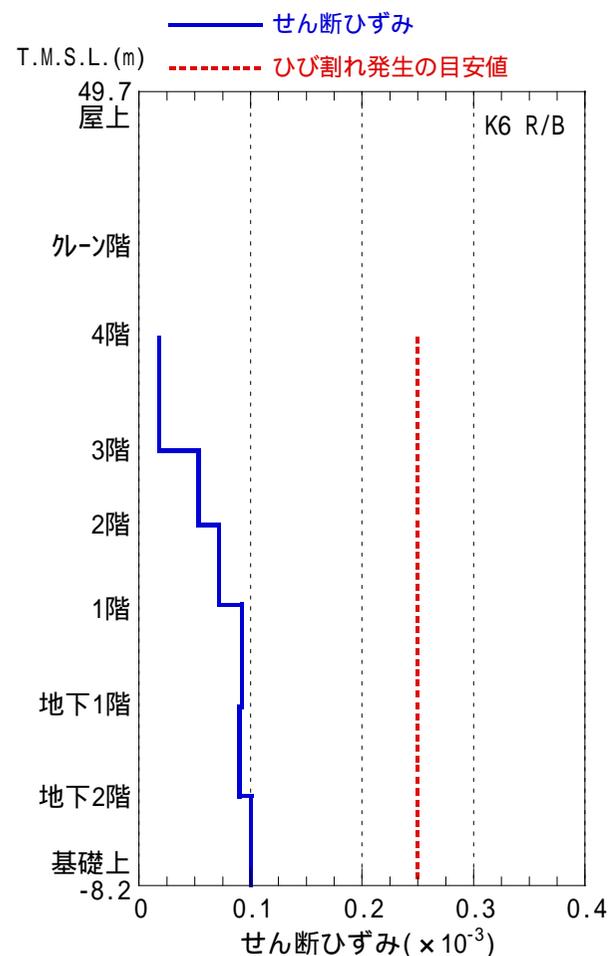
東西方向

1 1 . 原子炉建屋の耐震健全性評価結果 (7)

6号機原子炉建屋 RCCVのせん断ひずみ



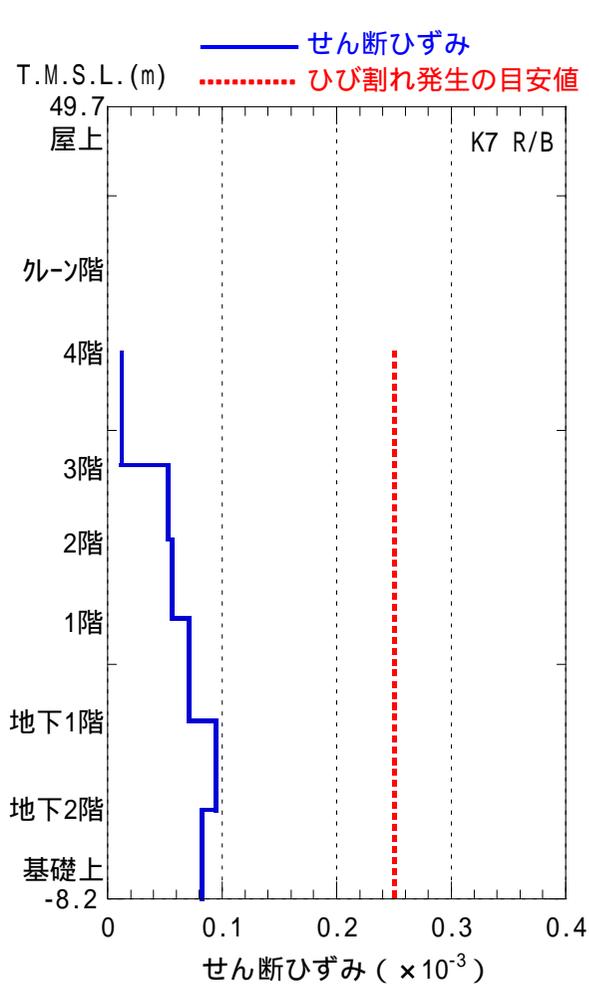
南北方向



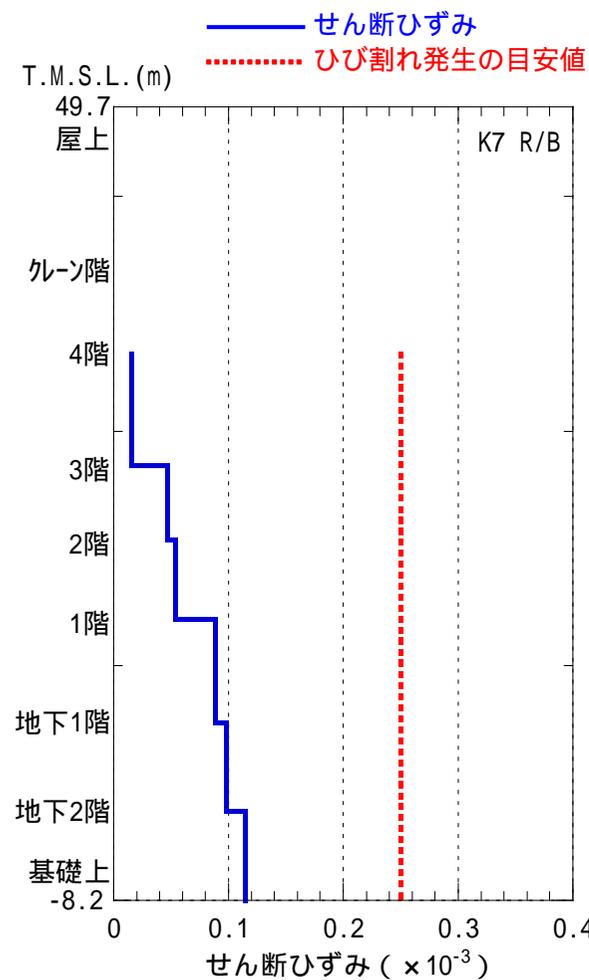
東西方向

1 1 . 原子炉建屋の耐震健全性評価結果 (8)

7号機原子炉建屋 RCCVのせん断ひずみ



南北方向

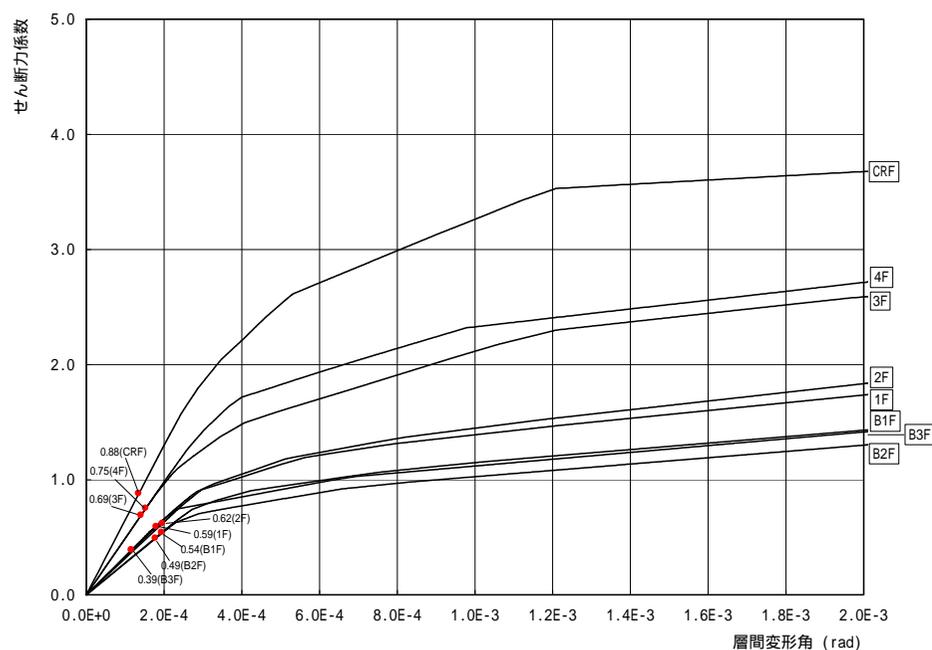


東西方向

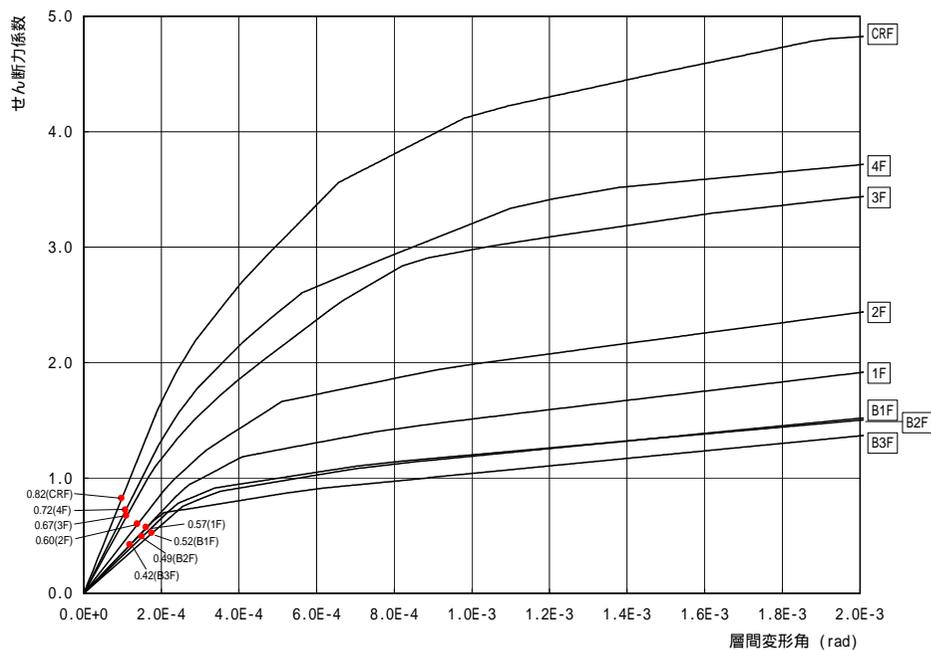
1 1 . 原子炉建屋の耐震健全性評価結果 (9)

6号機原子炉建屋 荷重増分解析による確認

建屋全体としての余裕に着目し、荷重増分解析からせん断力係数 - 層間変形角関係を求め、中越沖地震による建屋応答と比較した結果、概ね弾性範囲にあると判断される。



南北方向



東西方向

1 1 . 原子炉建屋の耐震健全性評価結果（ 1 0 ）

6号機原子炉建屋の耐震健全性評価結果

地震応答解析により得られた耐震壁およびRCCVのせん断応力度と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した結果、20%以上余裕のある結果となっており、概ね弾性範囲にあると判断される。

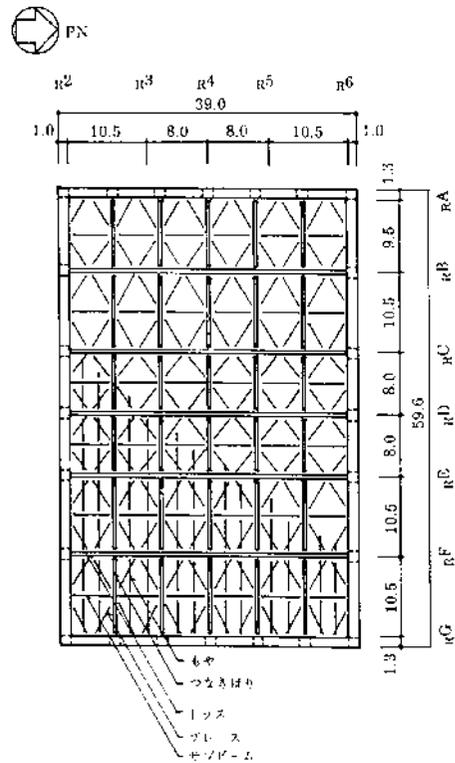
地震応答解析により得られた耐震壁およびRCCVのせん断ひずみと壁のひび割れが発生するひずみの目安値とを比較した結果、応答結果は目安値を下回っており、概ね弾性範囲にあると判断される。

以上のことから、原子炉建屋の鉄筋コンクリート部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ものと評価した。

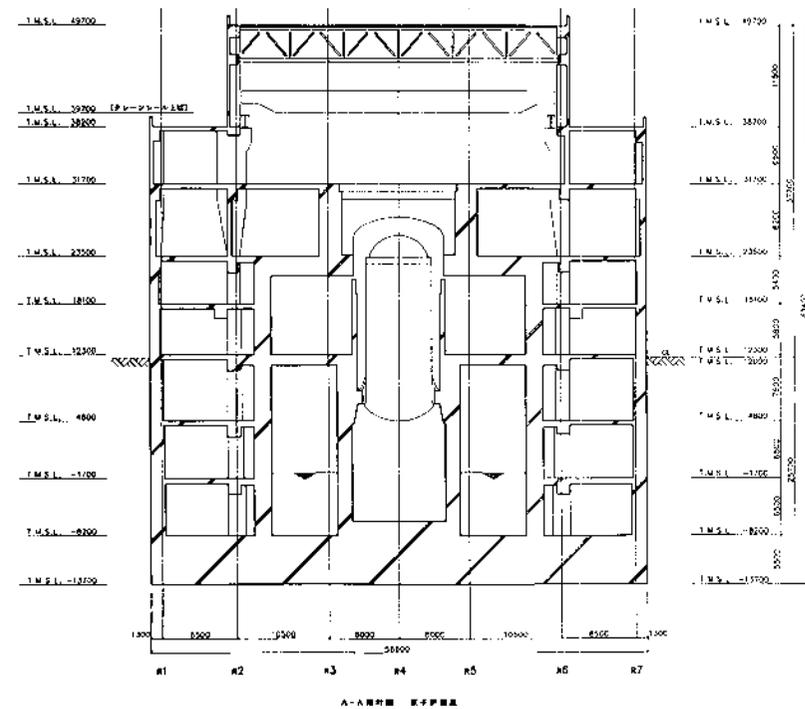
1 2 . 屋根トラスの耐震健全性評価 (1)

屋根トラスの概要

6号機原子炉建屋の上部構造は、鉄骨造陸屋根をもつ屋根トラスで構成されている。屋根トラスは、鉛直方向の地震動の影響を受けやすいと考え、水平方向と鉛直方向の同時入力による評価を行うため、3次元モデルによる地震応答解析を行う。



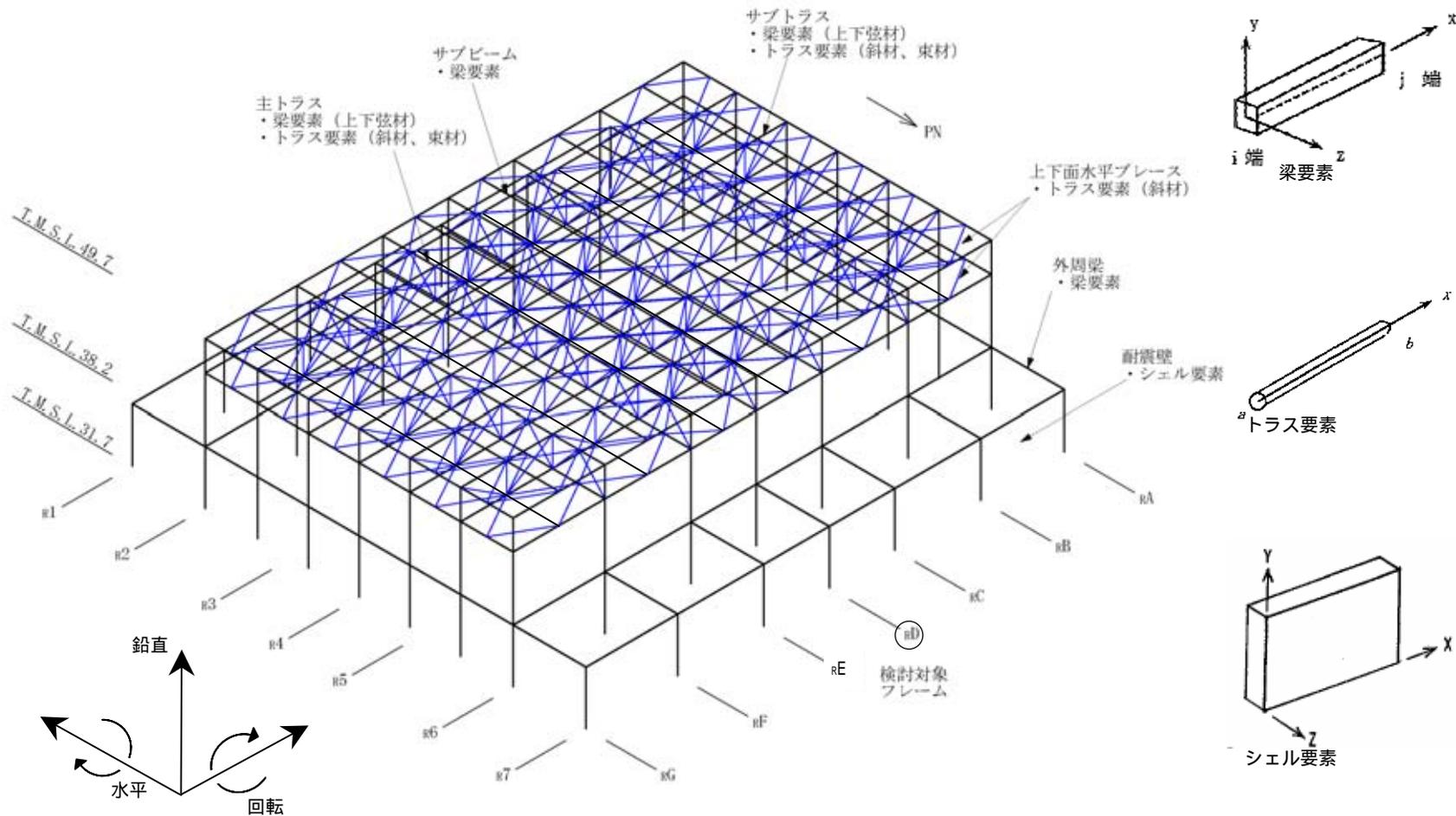
屋根伏図 (T.M.S.L.49.7m)



断面図

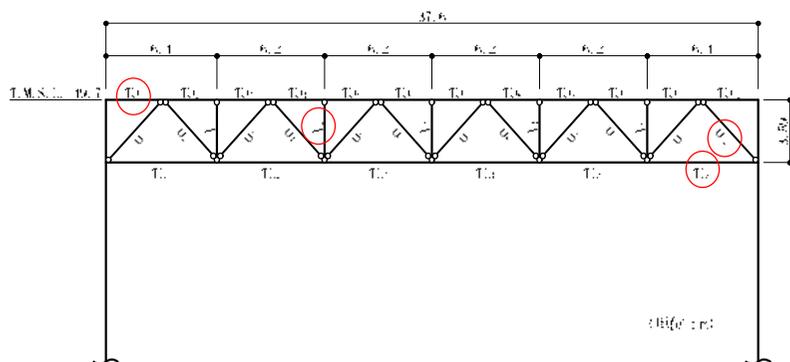
1 2 . 屋根トラスの耐震健全性評価 (2)

屋根トラスの解析モデルと入力イメージ



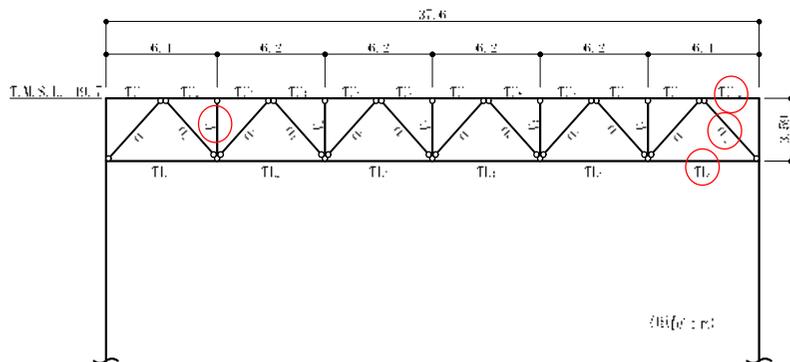
1 2 . 屋根トラスの耐震健全性評価結果 (1)

屋根トラスの評価結果の比較



部材	発生応力度 (N/mm ²)	評価基準値 (N/mm ²)	発生応力度 / 評価基準値	位置	使用部材
上弦材	(引張)	31.6	0.29	TU ₁	H-428 × 407 × 20 × 35
	(曲げ)	62.2			
下弦材	(圧縮)	48.6	0.37	TL ₆	H-400 × 408 × 21 × 21
	(曲げ)	50.3			
斜材	(圧縮)	101.7	0.38	O ₁₂	H-400 × 400 × 13 × 21
束材	(圧縮)	36.9	0.23	V ₂	2[s-200 × 90 × 8 × 13.5]

6号機



部材	発生応力度 (N/mm ²)	評価基準値 (N/mm ²)	発生応力度 / 評価基準値	位置	使用部材
上弦材	(引張)	50.9	0.22	TU ₁₂	H-428 × 407 × 20 × 35
	(曲げ)	21.2			
下弦材	(圧縮)	65.4	0.42	TL ₆	H-400 × 408 × 21 × 21
	(曲げ)	44.3			
斜材	(圧縮)	103.3	0.38	O ₁₂	H-400 × 400 × 13 × 21
束材	(圧縮)	22.4	0.13	V ₁	2[s-200 × 90 × 8 × 13.5]

: 最大応力度発生位置を示す。

7号機

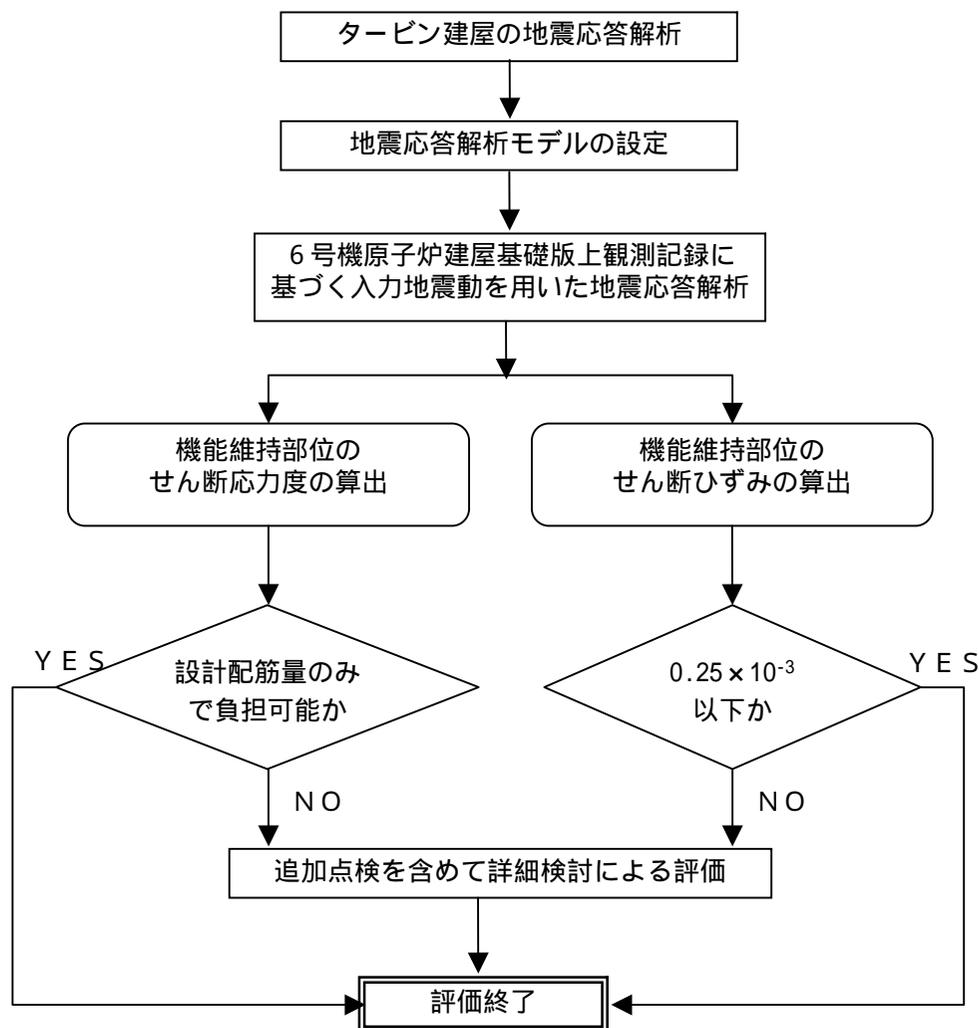
1 2 . 屋根トラスの耐震健全性評価結果（ 2 ）

屋根トラスの耐震健全性評価

6号機原子炉建屋の屋根トラスを構成する各部材の発生応力度と評価基準値の比は最大でも0.2～0.4程度であり、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ものと評価した。

13. タービン建屋のシミュレーション解析(1)

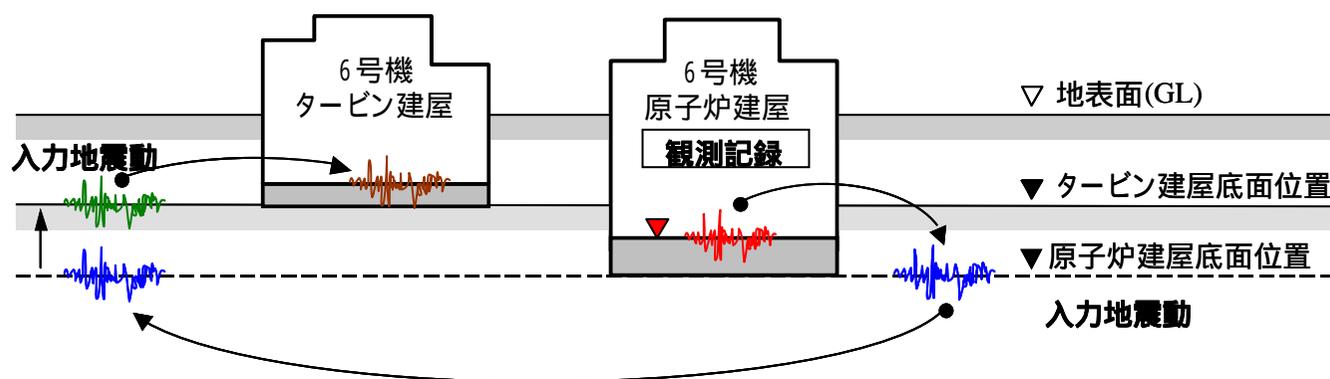
タービン建屋のシミュレーション解析の評価手順



1 3 . タービン建屋のシミュレーション解析 (2)

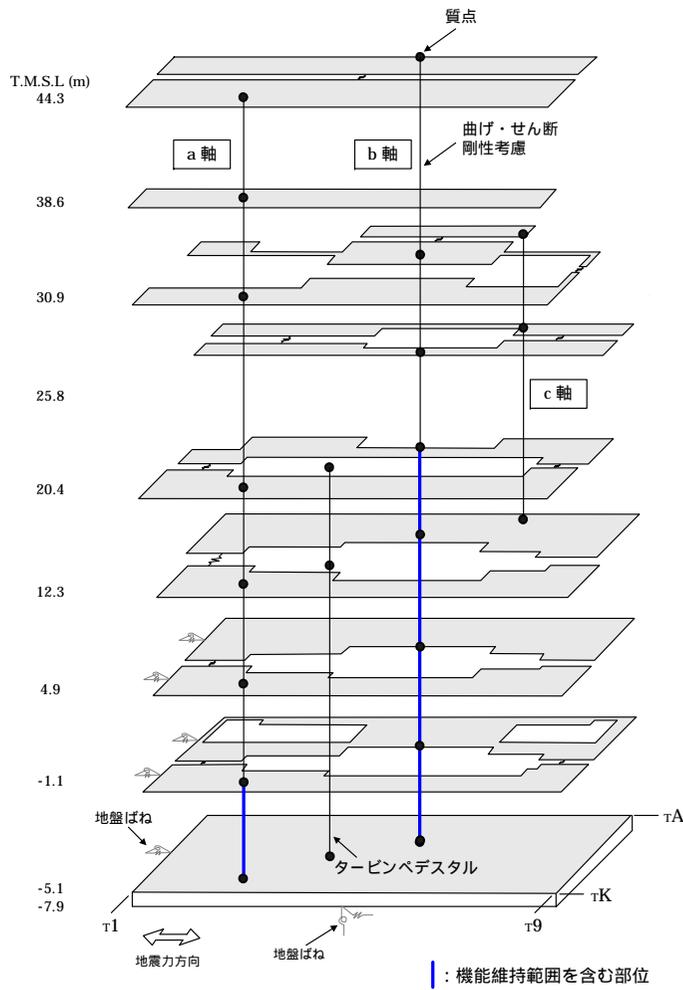
タービン建屋のシミュレーション解析方針

6号機タービン建屋の地震応答解析に用いる入力地震動 は、6号機の原子炉建屋の基礎版上における観測記録波から、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求める。

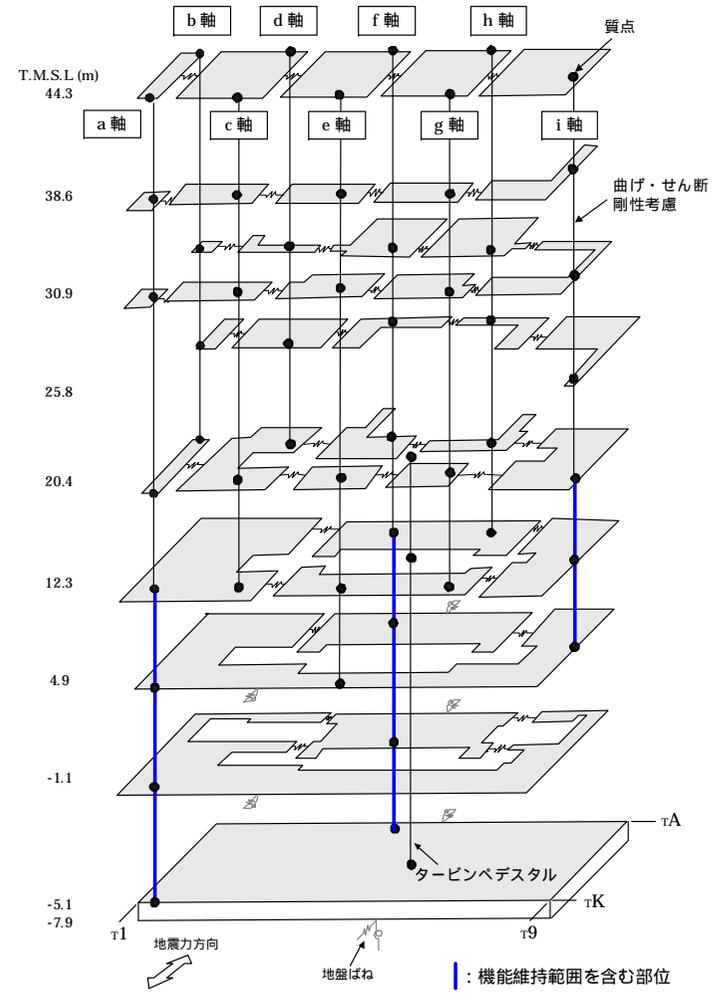


13. タービン建屋のシミュレーション解析(4)

タービン建屋の地震応答解析モデル



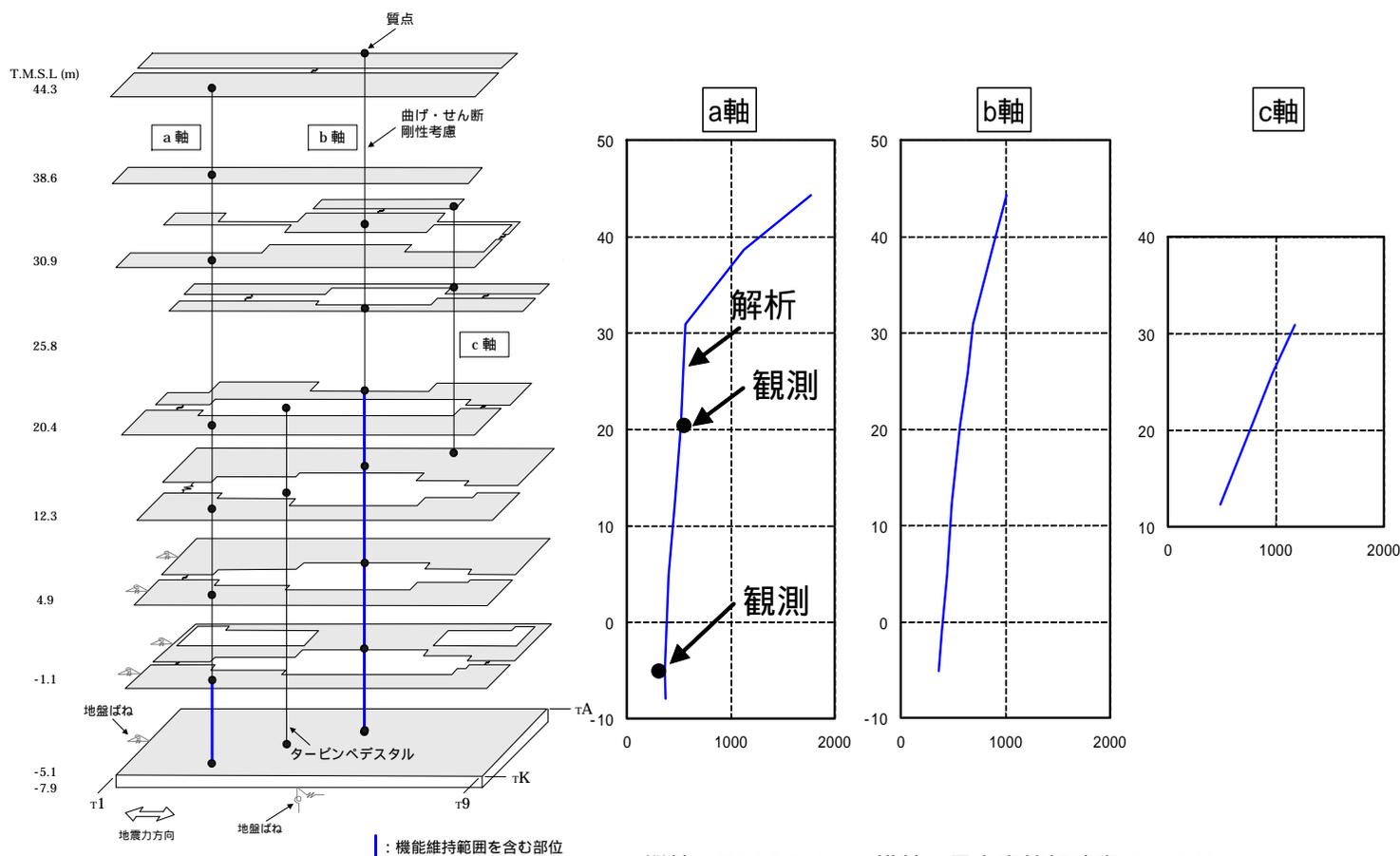
南北方向



東西方向

13. タービン建屋のシミュレーション解析結果 (1)

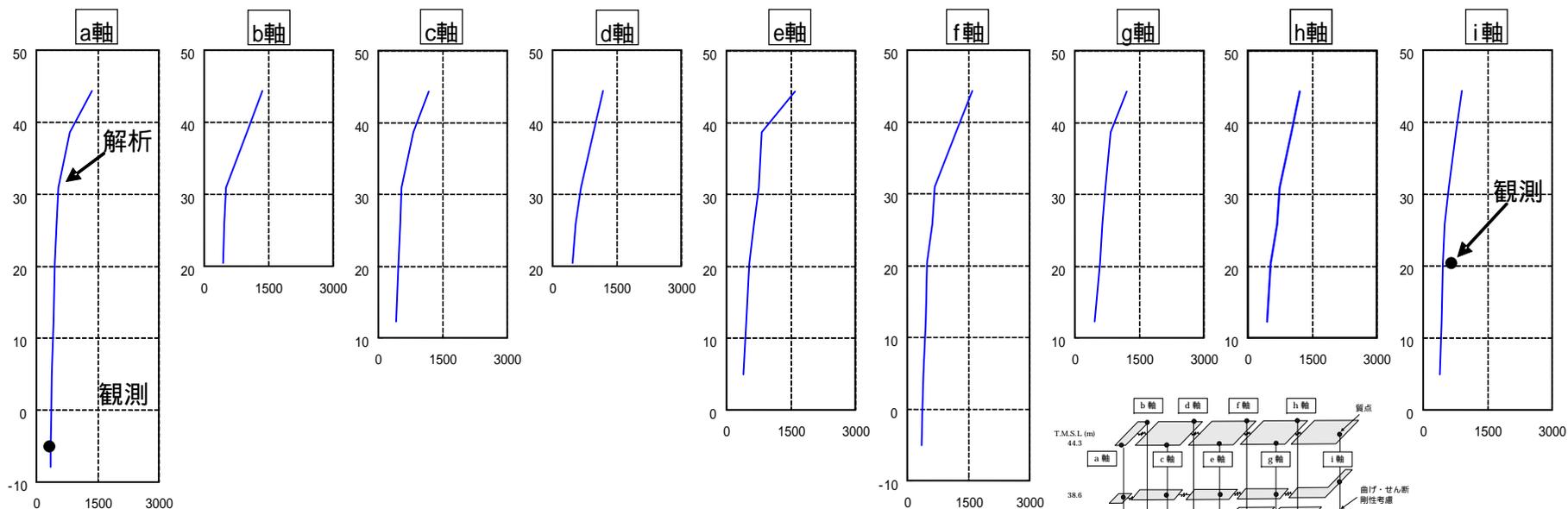
最大応答加速度の比較 (南北方向)



南北方向

1 3 . タービン建屋のシミュレーション解析結果 (2)

最大応答加速度の比較 (東西方向)

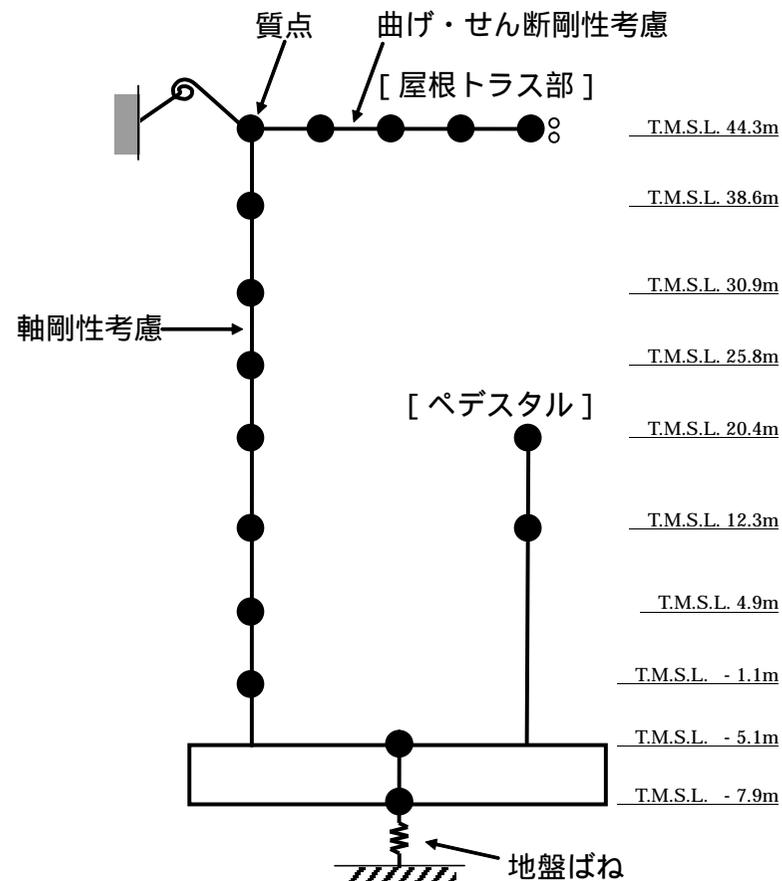
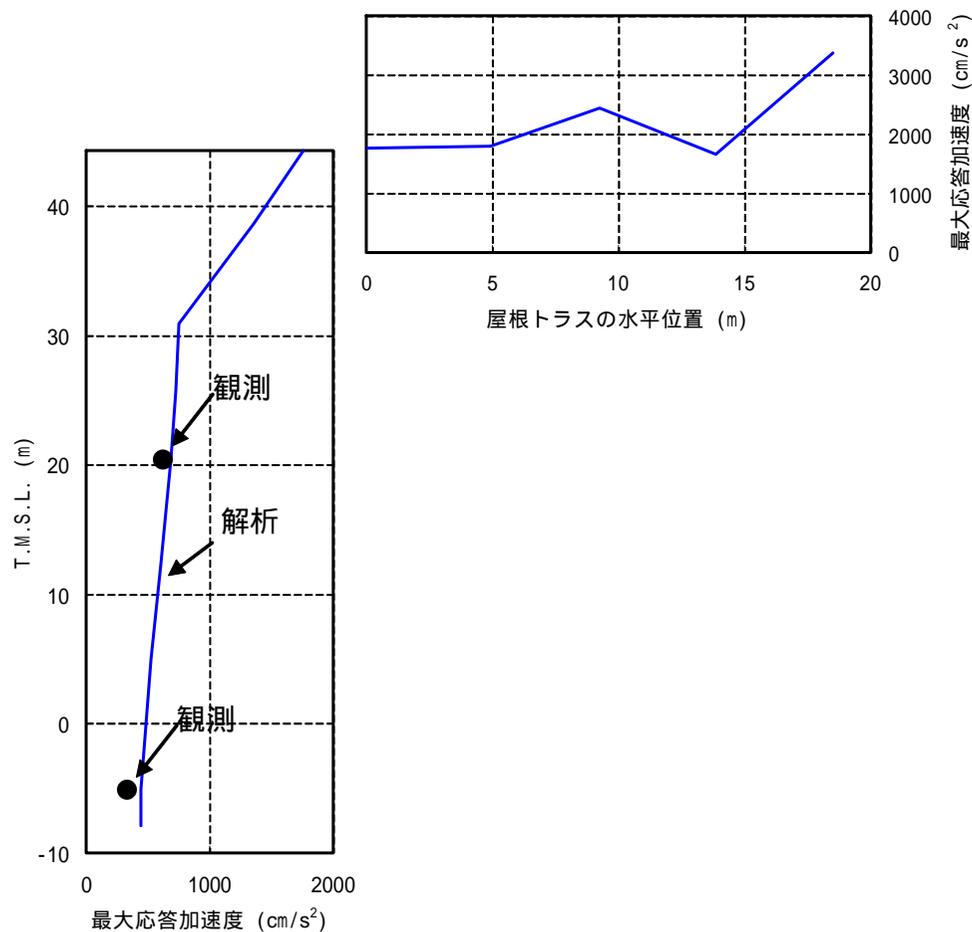


縦軸 : T.M.S.L.(m)、横軸 : 最大応答加速度 (cm/s^2)

東西方向

13. タービン建屋のシミュレーション解析結果 (3)

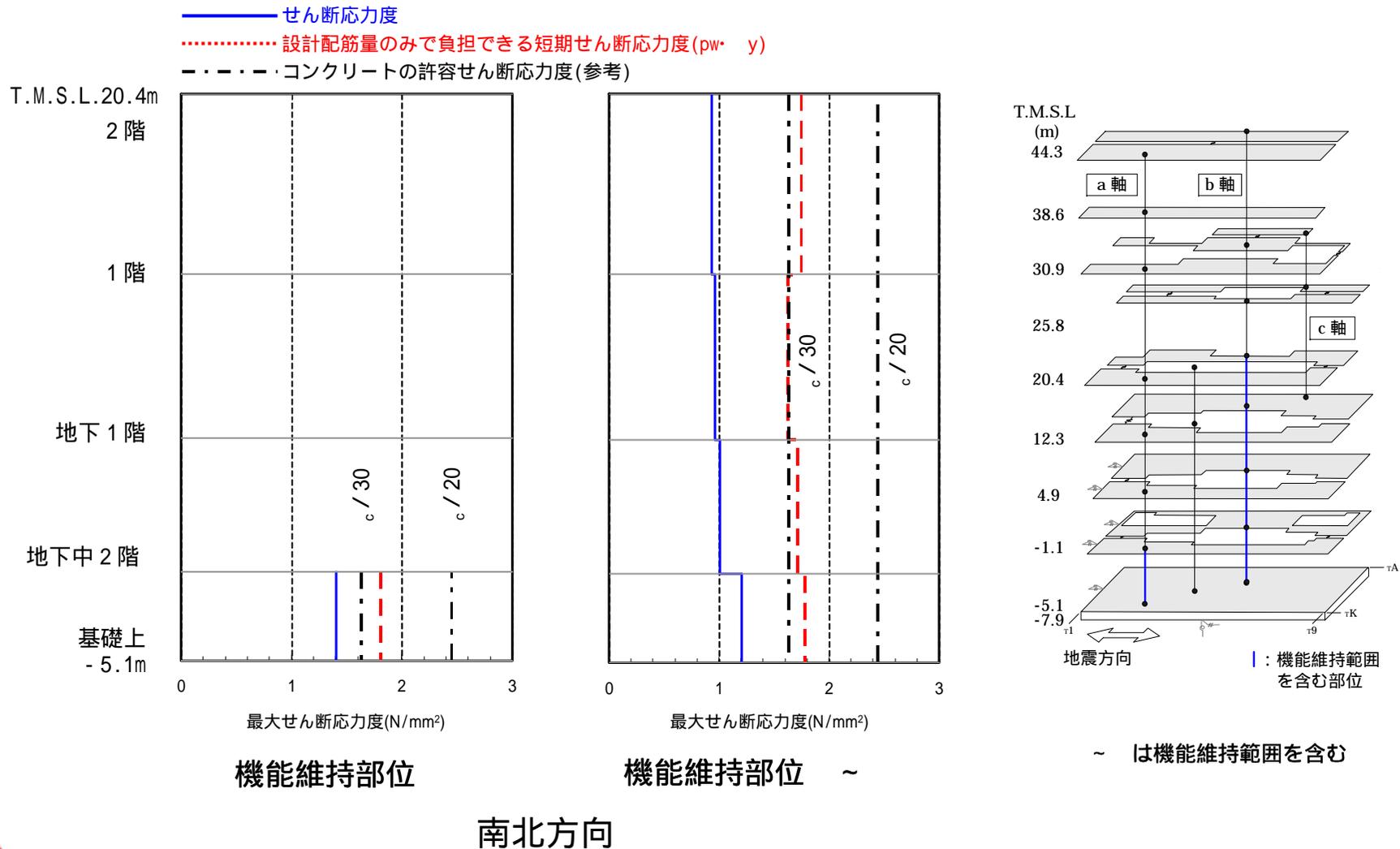
最大応答加速度の比較 (鉛直方向)



鉛直方向

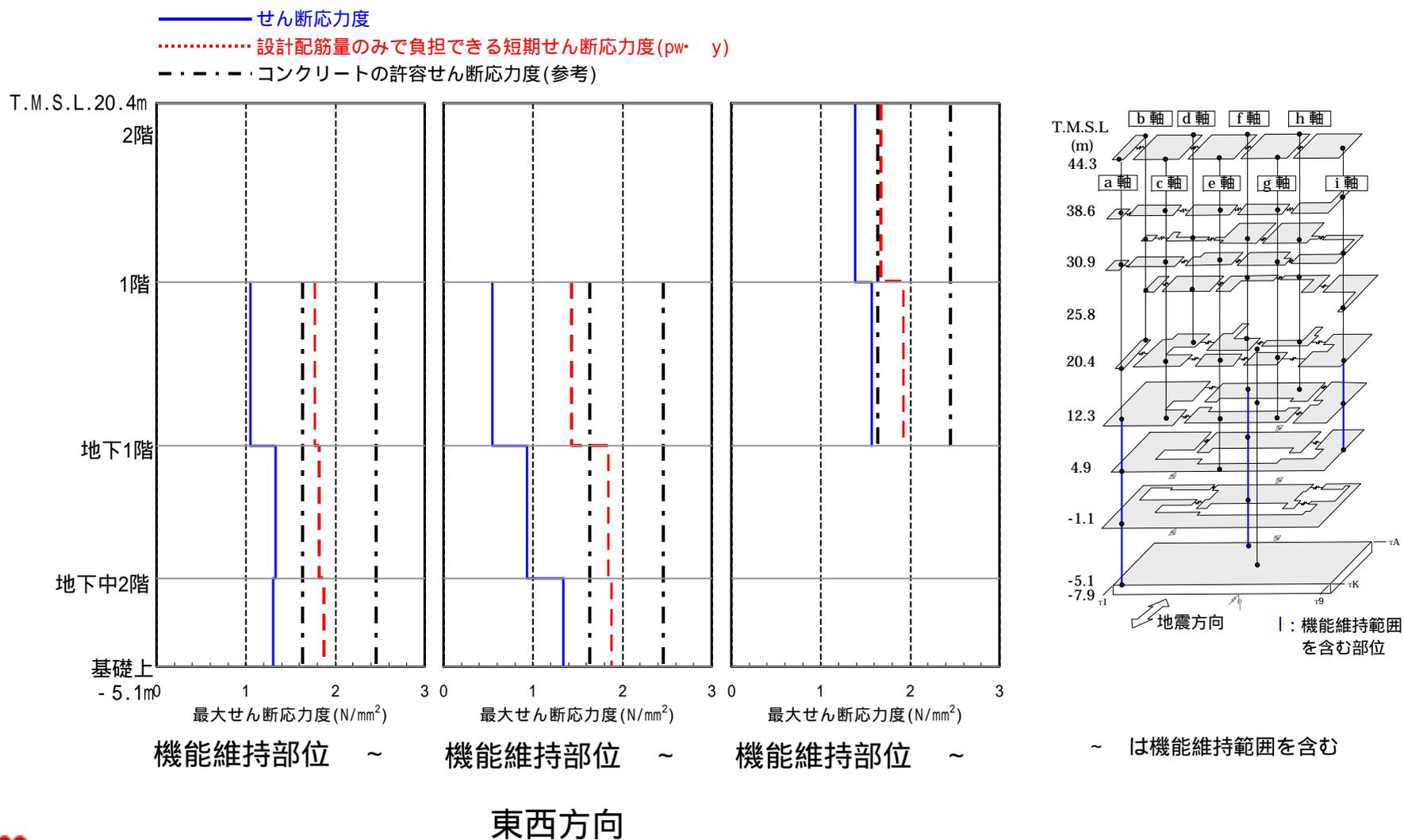
1 3 . タービン建屋の耐震健全性評価結果 (1)

耐震壁のせん断応力度の比較 (南北方向)



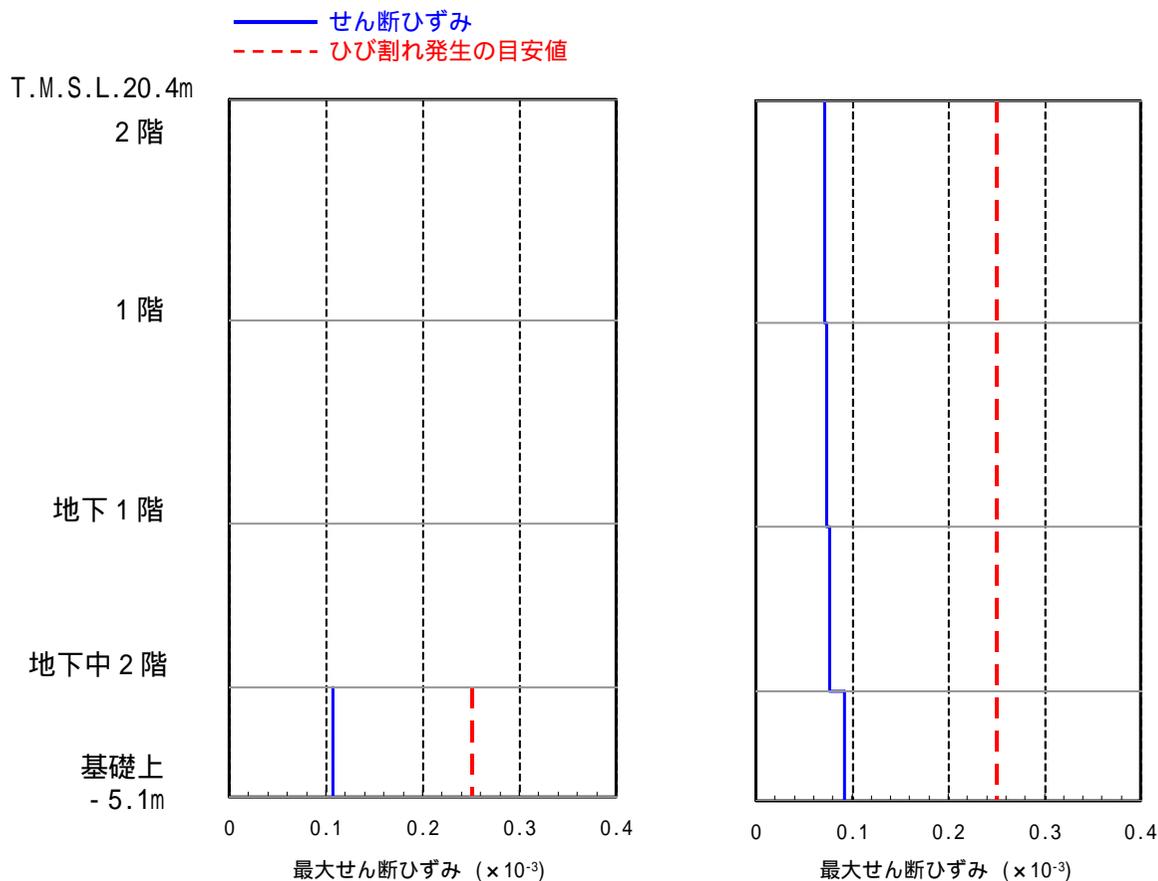
13. タービン建屋の耐震健全性評価結果（2）

耐震壁のせん断応力度の比較（東西方向）



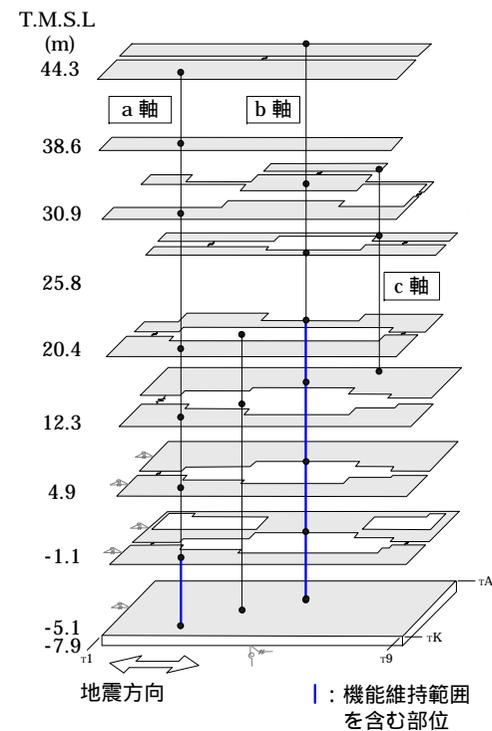
13. タービン建屋の耐震健全性評価結果 (3)

耐震壁のせん断ひずみの比較 (南北方向)



機能維持部位

機能維持部位 ~

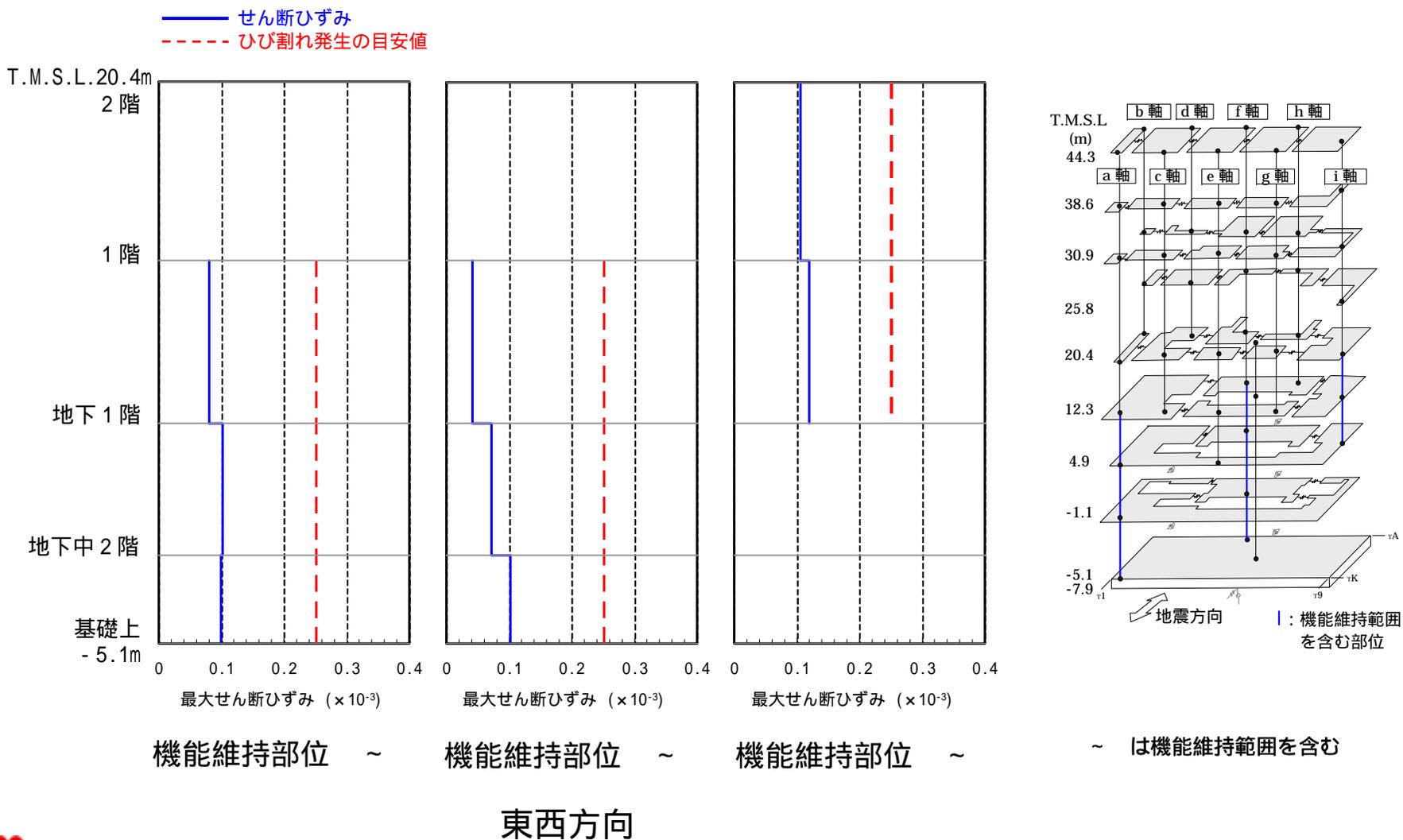


~ は機能維持範囲を含む

南北方向

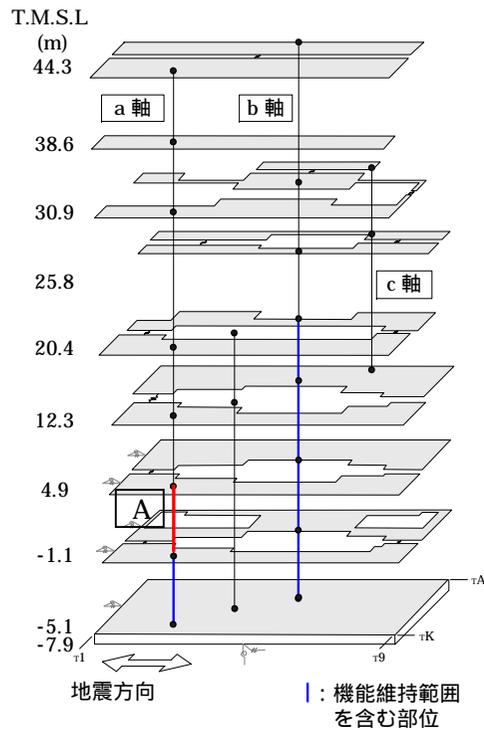
13. タービン建屋の耐震健全性評価結果（4）

耐震壁のせん断ひずみの比較（東西方向）



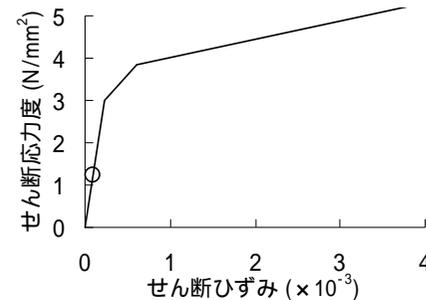
13. タービン建屋の耐震健全性評価結果 (5)

耐震壁のせん断スケルトン曲線上の最大応答値の比較 (南北方向)

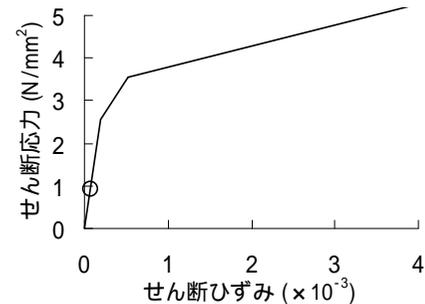
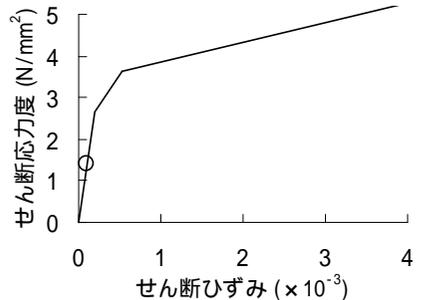


はせん断スケルトン曲線上の最大応答値を表す。

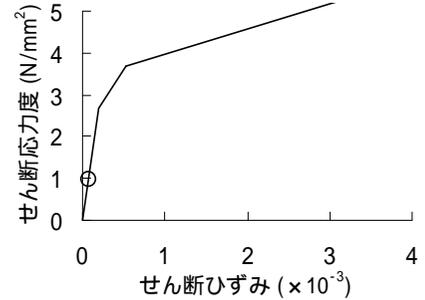
機能維持範囲外の最大応答値 A



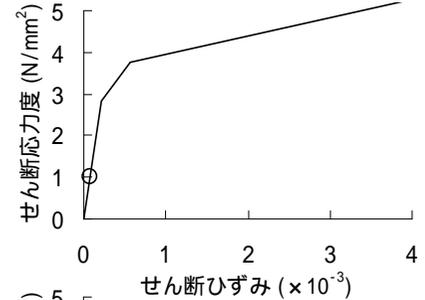
機能維持範囲



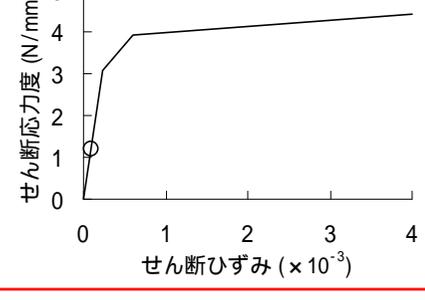
機能維持範囲



機能維持範囲



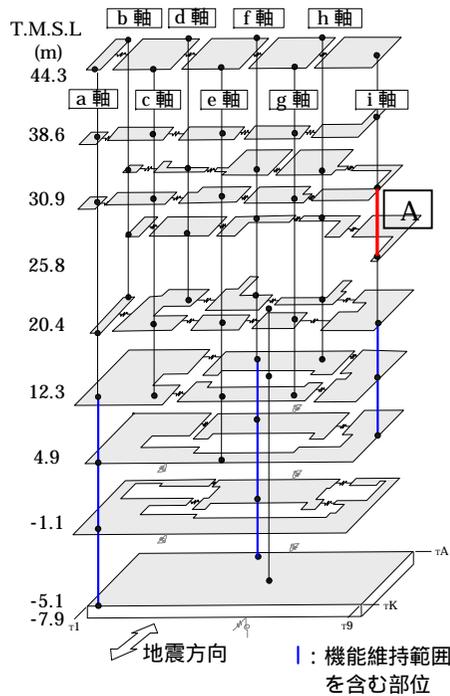
機能維持範囲



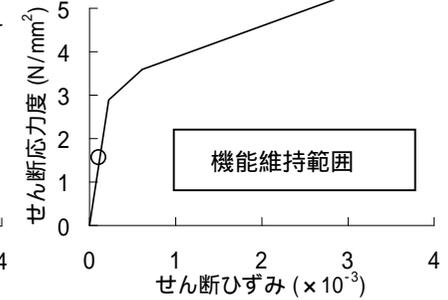
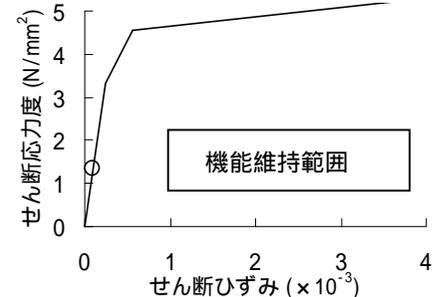
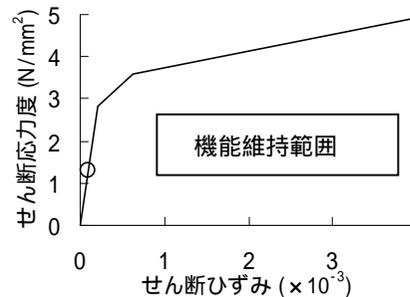
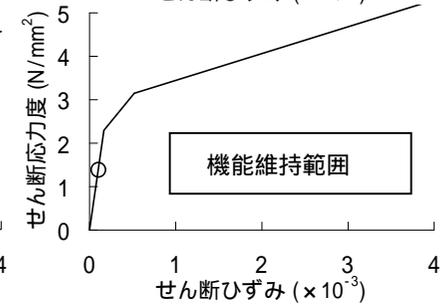
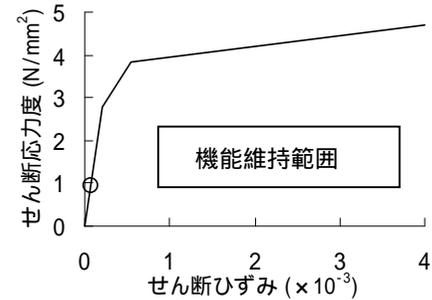
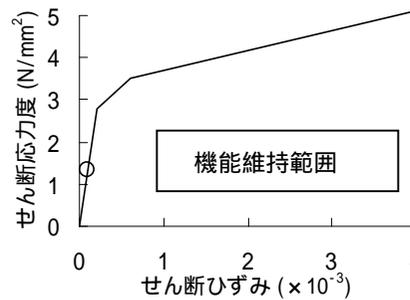
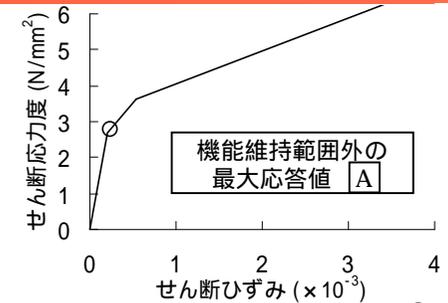
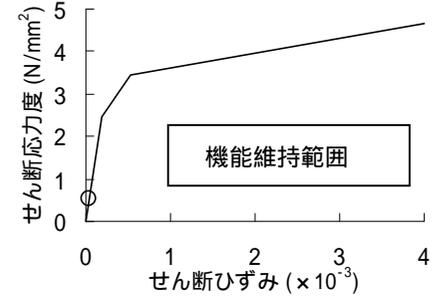
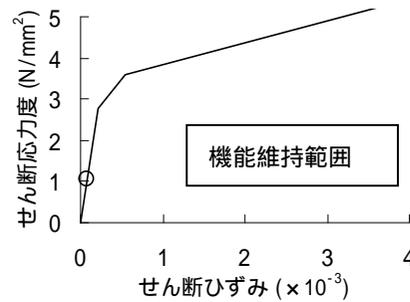
機能維持範囲

13. タービン建屋の耐震健全性評価結果 (6)

耐震壁のせん断スケルトン曲線上
の最大応答値の比較 (東西方向)



はせん断スケルトン曲線上の
最大応答値を表す。



1 3 . タービン建屋の耐震健全性評価結果（7）

6号機タービン建屋の耐震健全性評価結果

地震応答解析により得られた耐震壁のせん断応力度と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した結果、余裕のある結果となっており、概ね弾性範囲にあると判断される。

地震応答解析により得られた耐震壁のせん断ひずみと壁のひび割れが発生するひずみの目安値とを比較した結果、応答結果は目安値を下回っており、概ね弾性範囲にあると判断される。

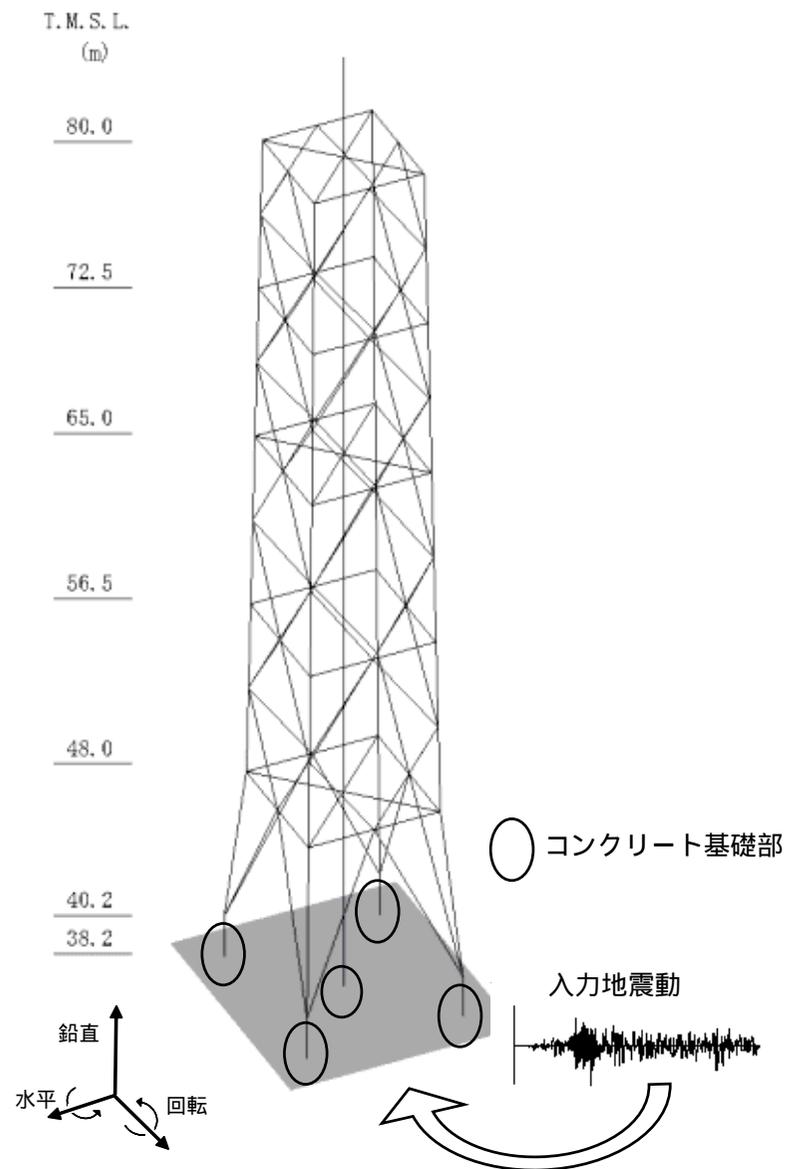
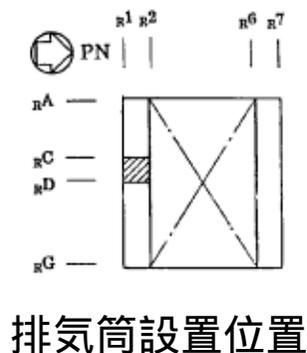
地震応答解析により得られた結果をスケルトン曲線上にプロットした結果、ほぼ第一折点の近傍となっており、概ね弾性範囲にあると判断される。

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ものと評価した。

1 4 . 排気筒の耐震健全性評価

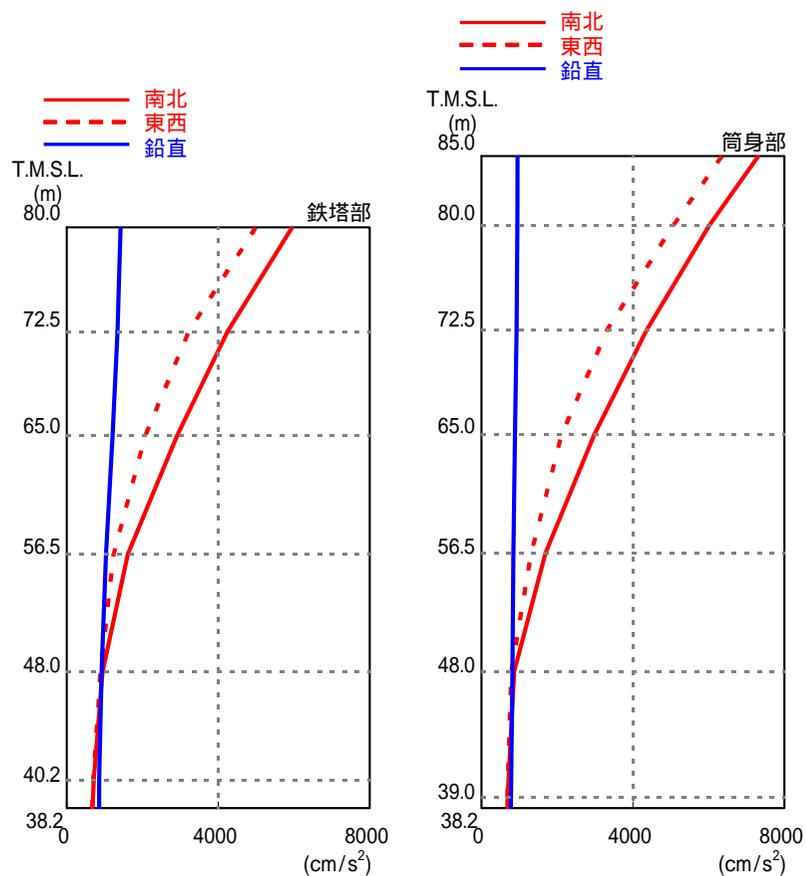
排気筒の地震応答解析モデル

排気筒の地震応答解析モデルは、屋上（T.M.S.L.38.2m）より上部を立体的にモデル化した立体架構モデルとする。解析モデルへの入力は、原子炉建屋全体の地震応答解析結果から得られる屋上レベル（T.M.S.L.38.2m）における応答結果を用いることとし、排気筒の基礎位置を固定として入力する（水平2成分、鉛直成分、回転2成分）。

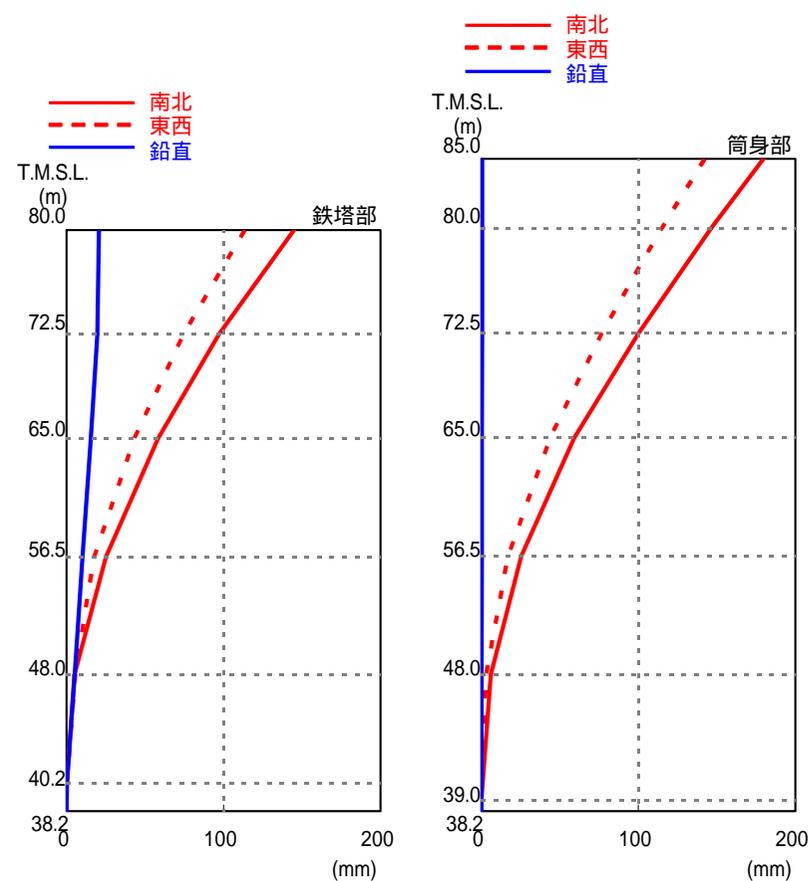


1 4 . 排気筒の耐震健全性評価結果 (1)

最大応答値の比較 - 1



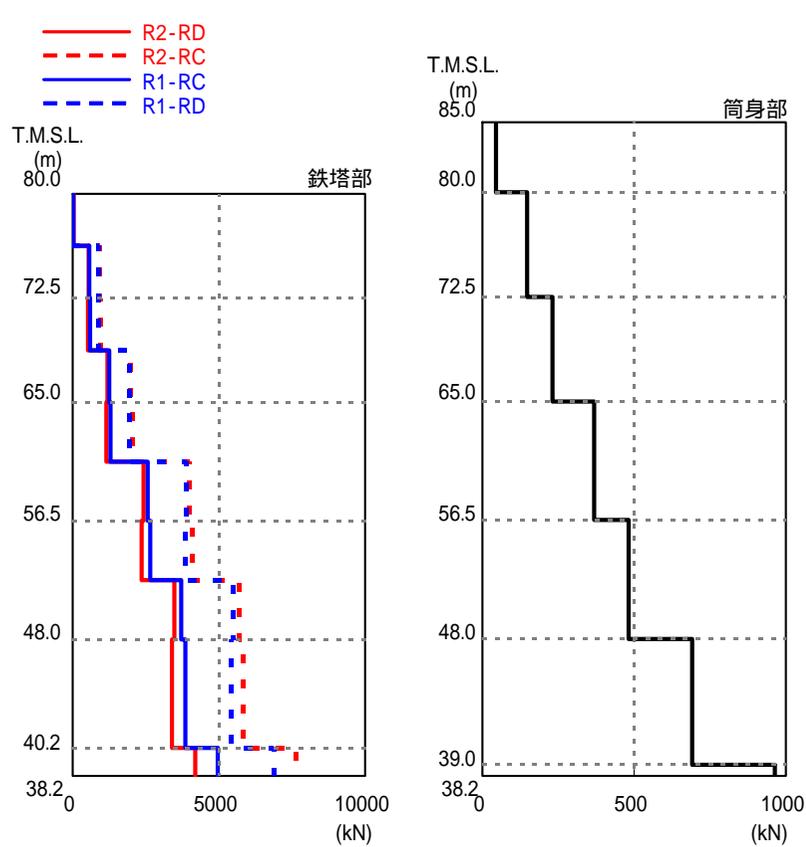
最大応答加速度



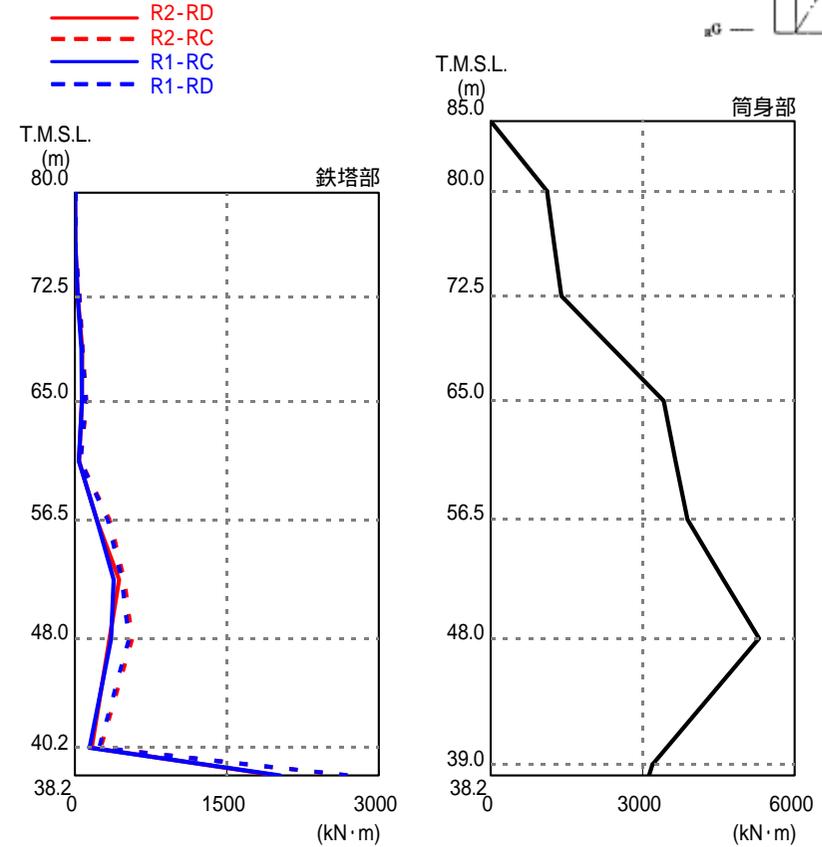
最大応答変位

1 4 . 排気筒の耐震健全性評価結果 (2)

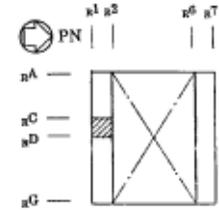
最大応答値の比較 - 2



最大応答軸力



最大応答曲げモーメント



凡例のR1-RCとは、原子炉建屋のR1通りとRC通りの交点に位置する主柱材を示す。(他も同様)

1 4 . 排気筒の耐震健全性評価結果 (3)

鉄塔部及び筒身部の健全性評価結果

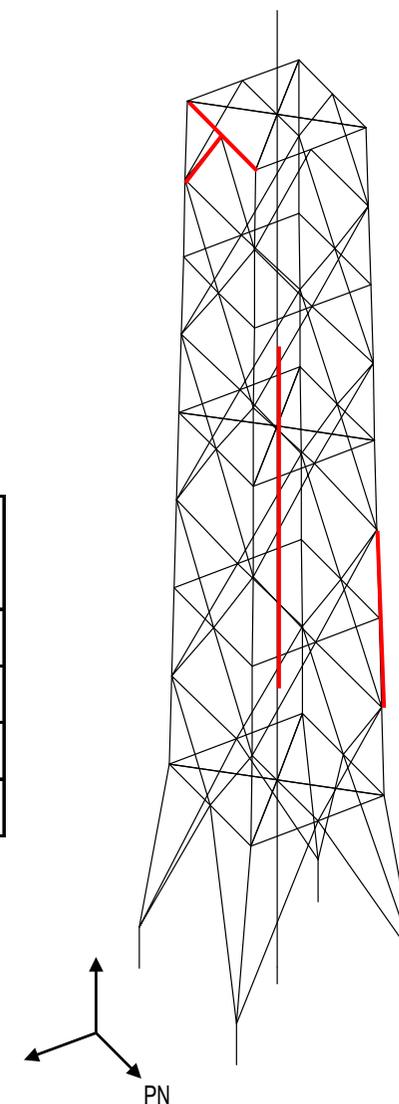
各部材の評価結果のうち、発生応力度と評価基準値の比（発生応力度 / 評価基準値）が最も大きい部材について、評価結果を示す。

各部の最大応力度比

箇所	部材	N (kN)	M (kN・m)	A (cm ²)	Z (cm ³)	c (N/mm ²)	b (N/mm ²)	fc (N/mm ²)	fb (N/mm ²)	$\frac{c}{fc} + \frac{b}{fb}$
鉄塔	主柱材	4087	487	298.4	4320	137.0	112.8	314.0	325.0	0.79
	斜材	343	-	29.94	-	114.6	-	241.0	-	0.48
	水平材	194	-	29.94	-	64.8	-	220.0	-	0.30
筒身	-	482	4589	529	37100	9.1	123.7	172.0	187.0	0.71

記号の説明

N :	軸力（圧縮を正とする。）	fc :	許容圧縮応力度
M :	曲げモーメント	fb :	許容曲げ応力度
A :	断面積	c :	圧縮応力度 (N/A)
Z :	断面係数	b :	曲げ応力度 (M/Z)



: 最大応力度発生位置を示す .

1 4 . 排気筒の耐震健全性評価結果 (4)

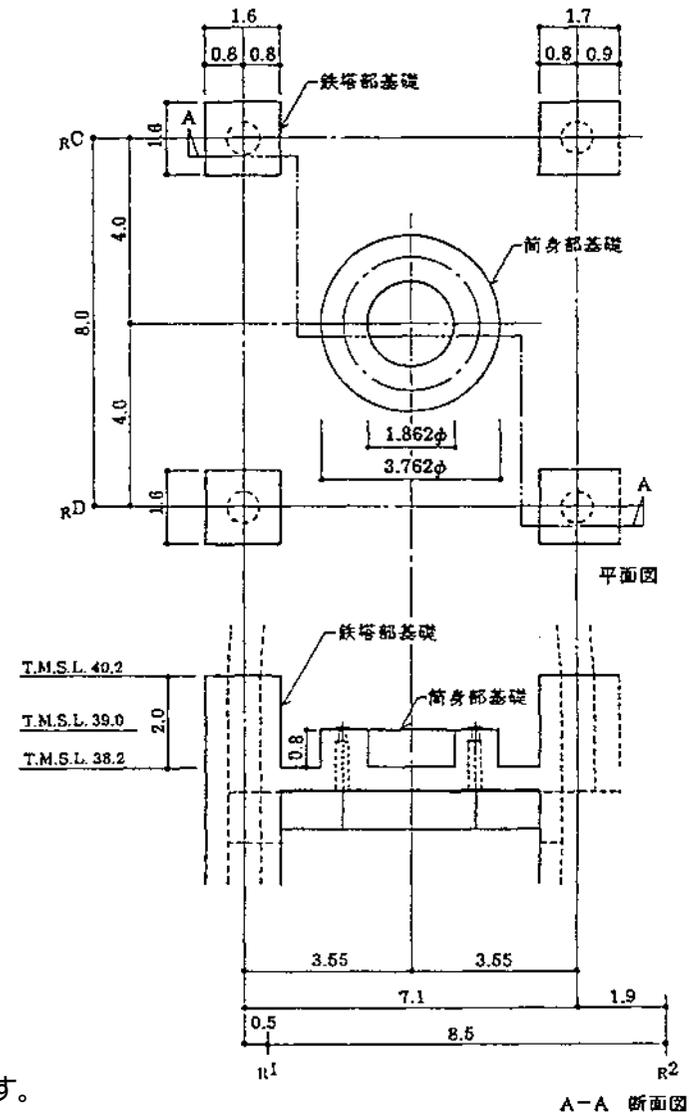
基礎部の健全性評価結果

鉄塔部および筒身部の基礎のボルト、鉄筋
コンクリート部および鋼管について、各部
位の評価結果を示す。

各部位の最大応力度比

箇所	部材	発生応力度		評価基準値	発生応力度 / 評価基準値
			(N/mm ²)		
鉄塔部 基礎	基礎 アンカーボルト	(引張)	127.0	180.0 *1	0.71
		(せん断)	24.7	135.0 *2	0.19
	基礎 コンクリート	(曲げ)	289.2	345.0 *3	0.84
		(せん断)	0.77	1.47 *4	0.53
	鋼管	(圧縮)	164.2	325.0 *5	0.51
筒身部 基礎	基礎 アンカーボルト	(引張)	99.9	180.0 *1	0.56

- *1: ボルトの短期許容引張応力度を示す。
- *2: ボルトの短期許容せん断応力度を示す。
- *3: 鉄筋の短期許容引張応力度を示す。
- *4: コンクリートの短期許容せん断応力度 (実強度) を示す。
- *5: 鋼管の短期許容圧縮応力度を示す。

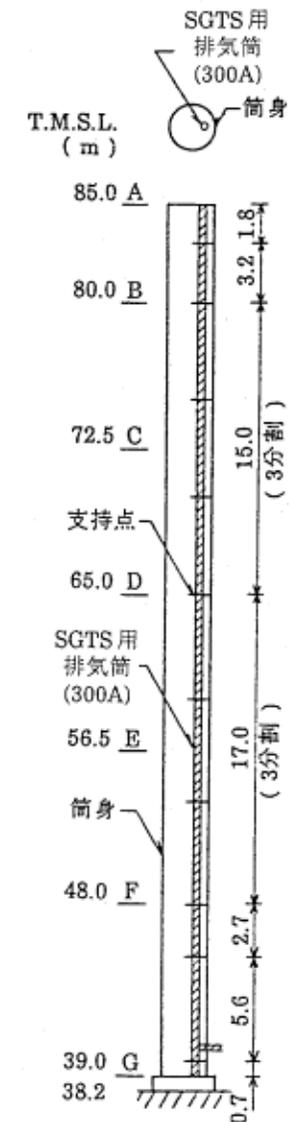


1 4 . 排気筒の耐震健全性評価結果 (5)

SGTS (非常用ガス処理系) 用排気筒の健全性評価結果

非常用ガス処理系用排気筒は筒身 (換気空調系用) 内で筒身に支持されている。SGTS用排気筒の剛性は筒身の剛性に比べて小さいので、変形は筒身の変形に追従する。したがって、筒身の変位をSGTS用排気筒に強制的に与えることにより応力を算出し、最大応力で健全性の確認を行う。

部材間	部材長 (m)	A (cm ²)	Z (cm ³)	c (N/mm ²)	b (N/mm ²)	fc (N/mm ²)	fb (N/mm ²)	$\frac{c}{fc} + \frac{b}{fb}$
A-B	3.20	80.9	611	1.0	4.6	232.0	245.0	0.03
B-C	5.00			2.0	3.8	216.0		0.03
C-D	5.00			3.0	7.9	216.0		0.05
D-E	5.67			4.2	8.2	207.0		0.06
E-F	5.67			5.3	8.7	207.0		0.07
F-G	5.60			6.8	6.9	208.0		0.07



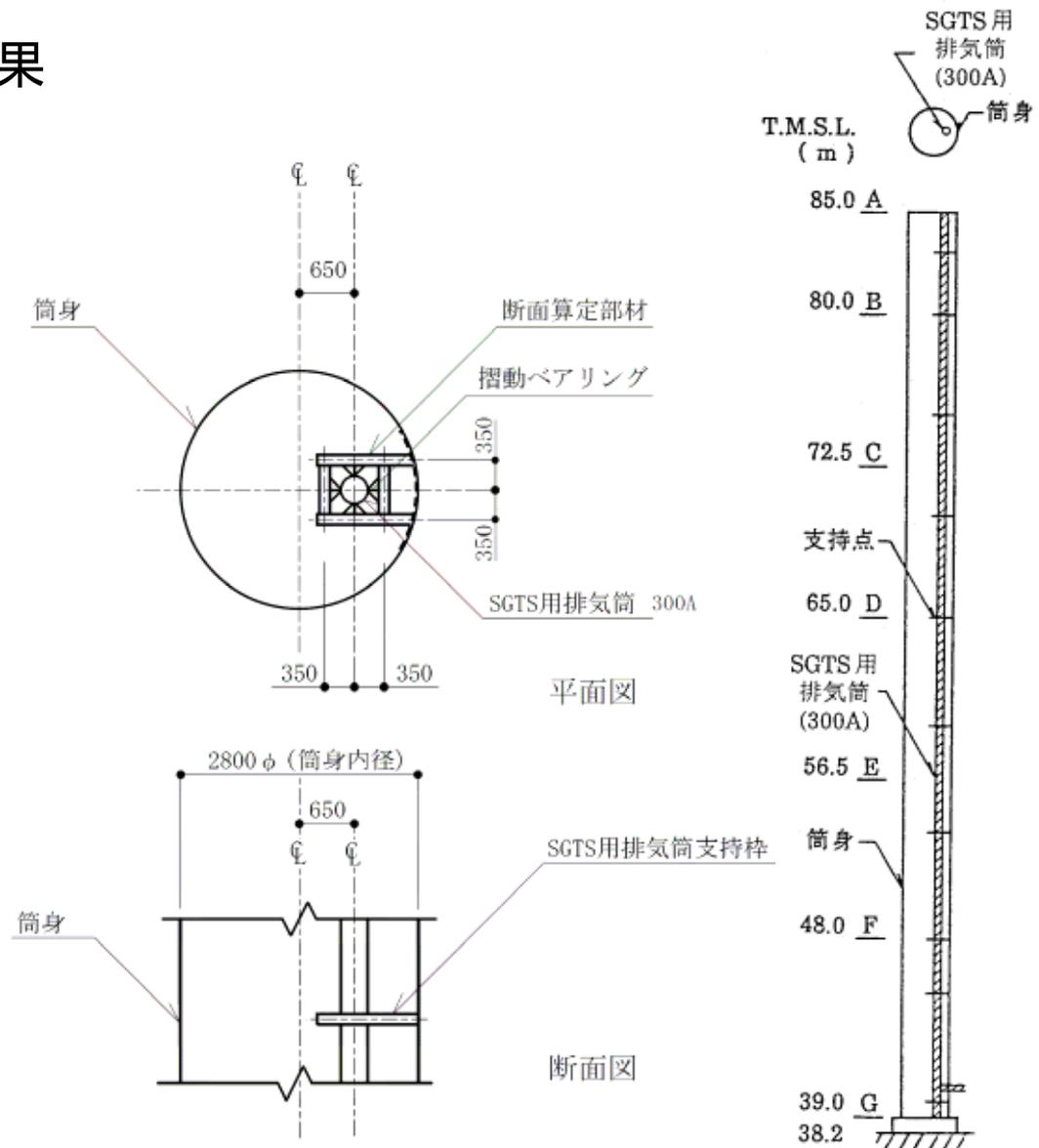
1 4 . 排気筒の耐震健全性評価結果 (6)

SGTS支持部の健全性評価結果

SGTS支持部は、筒身内部でSGTS用排気筒を水平方向に支持する構造である。

支持部の評価に用いる応力としては、支持部に発生する最大水平力を考慮する。応力度が最大となる部材の評価結果を示す。

部材長 (m)	c (N/mm ²)	b (N/mm ²)	fc (N/mm ²)	fb (N/mm ²)	$\frac{c}{fc} + \frac{b}{fb}$
1.06	0.0	109.6	136.0	235.0	0.47



1 4 . 排気筒の耐震健全性評価結果（ 7 ）

排気筒の健全性評価結果

排気筒の鉄塔部および筒身部における発生応力度は、評価基準値以下であり、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ものと評価した。

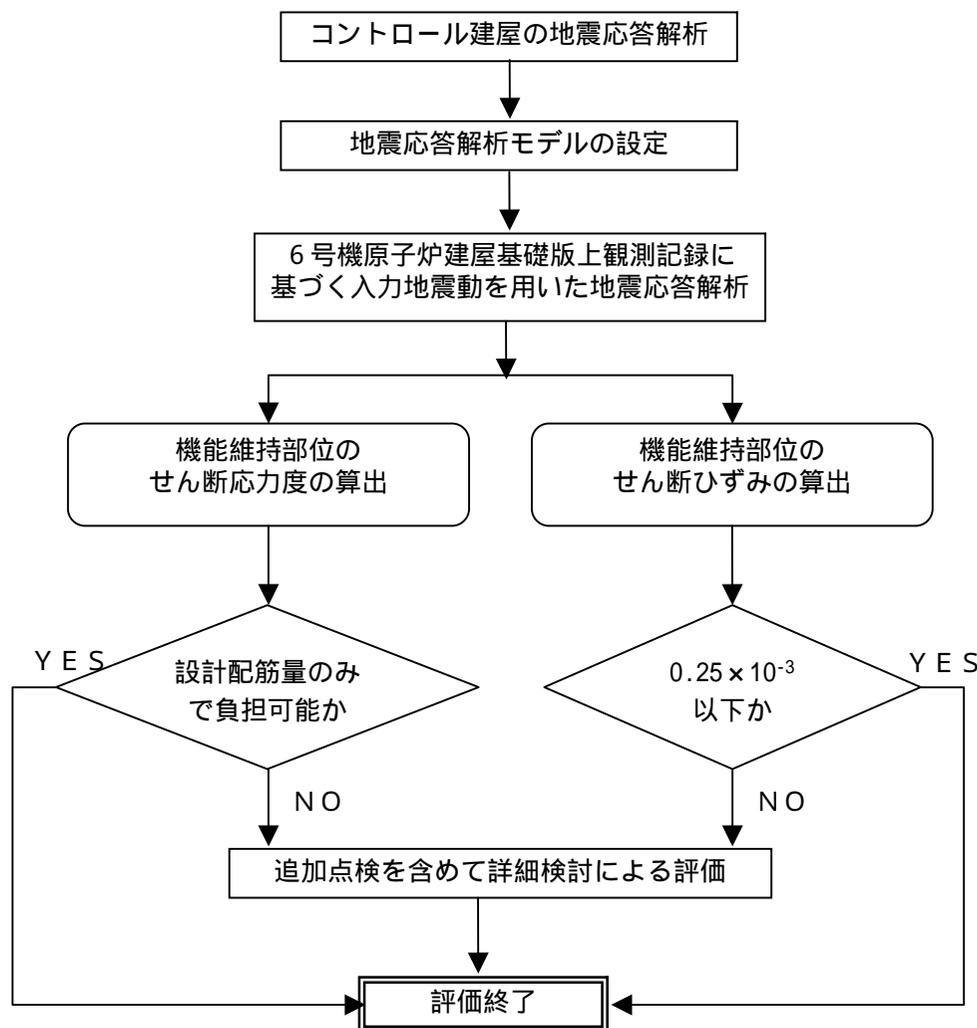
排気筒基礎における発生応力度は評価基準値以下であり、弾性範囲にあると判断されるとともに裕度を有しており、耐震健全性は確保されているものと評価した。

SGTS用排気筒における発生応力度は評価基準値以下であり、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ものと評価した。

SGTS用排気筒の支持部における発生応力度は評価基準値以下であり、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ものと評価した。

15 . コントロール建屋のシミュレーション解析 (1)

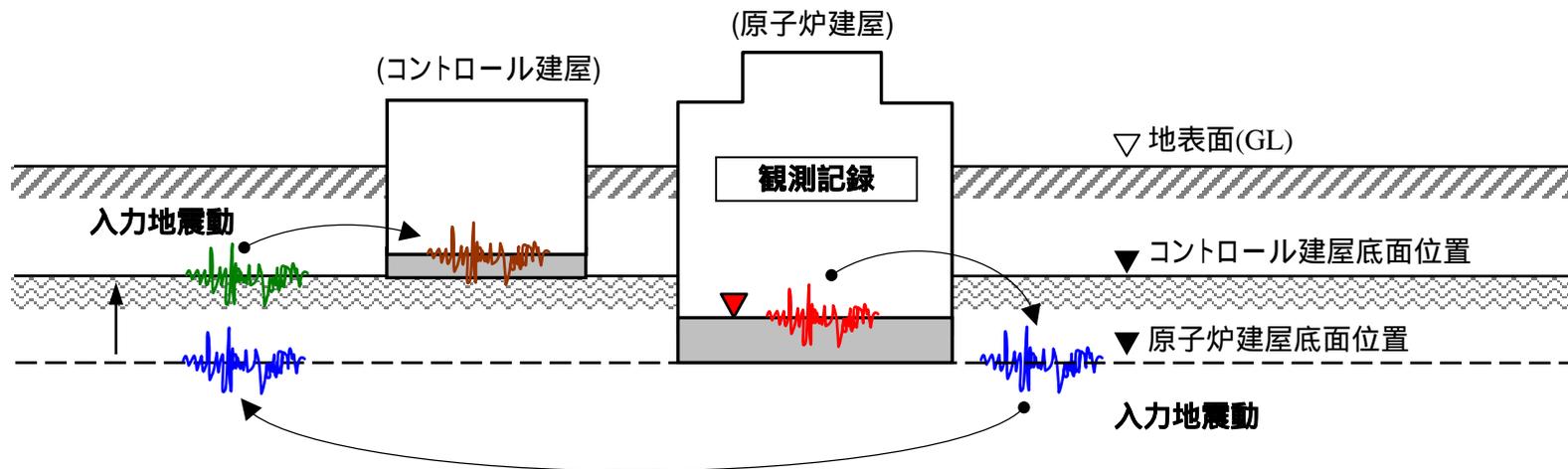
コントロール建屋のシミュレーション解析の評価手順



15 . コントロール建屋のシミュレーション解析 (2)

コントロール建屋のシミュレーション解析方針

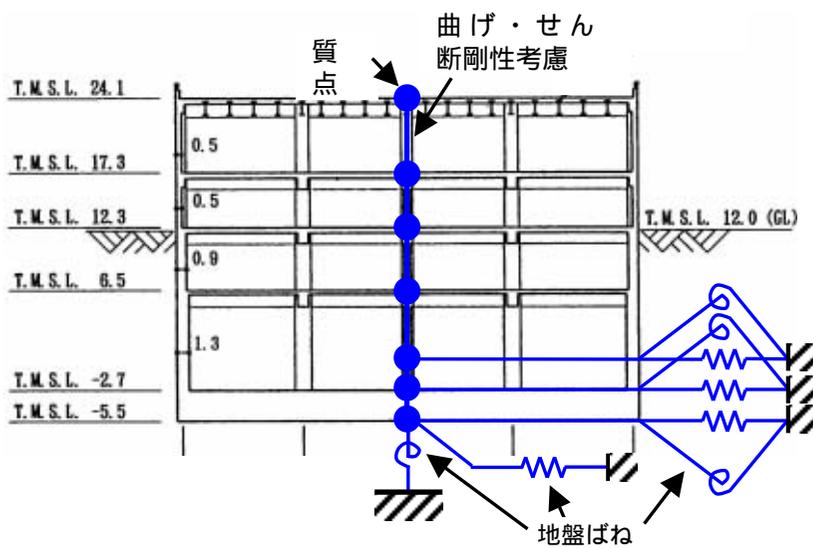
6号機コントロール建屋の地震応答解析に用いる入力地震動は、6号機の原子炉建屋の基礎版上における観測記録波から、原子炉建屋の解析モデルの伝達関数を用いて基礎下端における入力地震動を算出し、それをコントロール建屋の地盤モデルの同一レベル位置に定義し、地盤の応答解析を実施して求める。



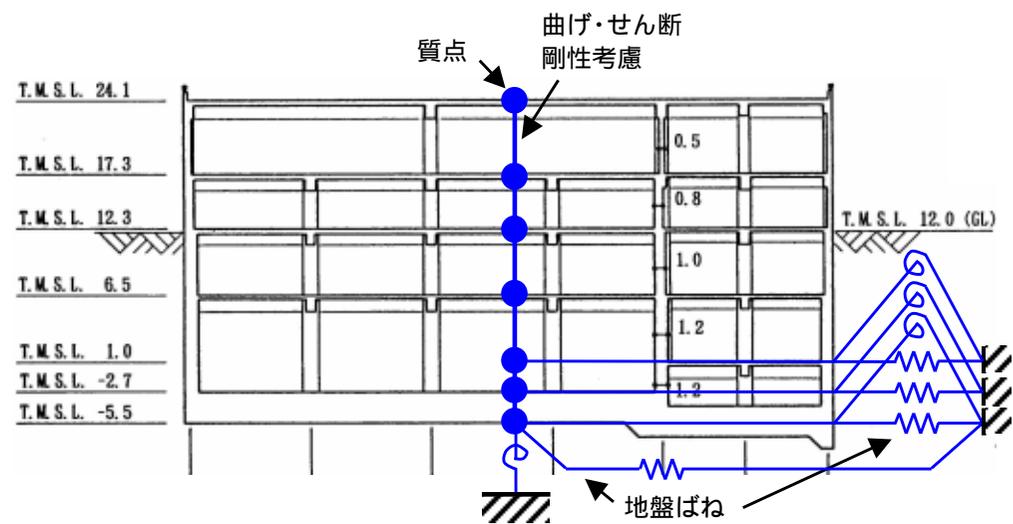
入力地震動の考え方

15 . コントロール建屋のシミュレーション解析 (3)

コントロール建屋の地震応答解析モデル



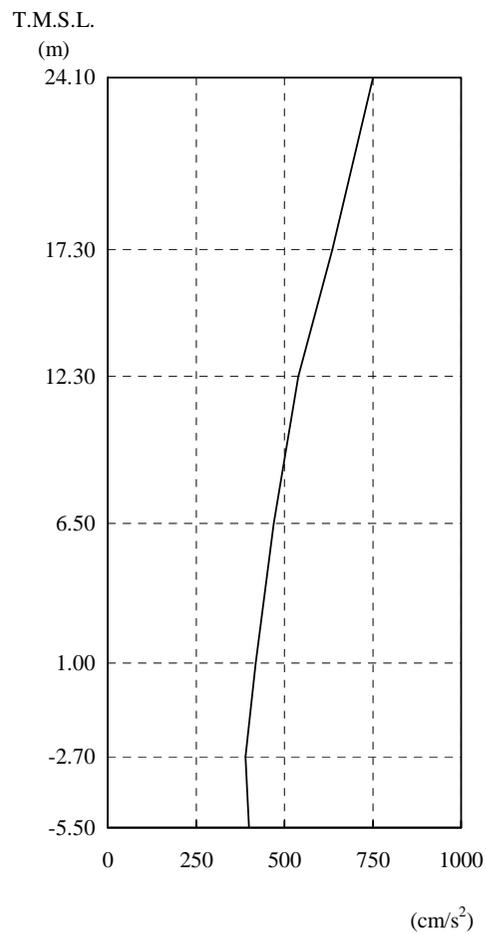
南北方向



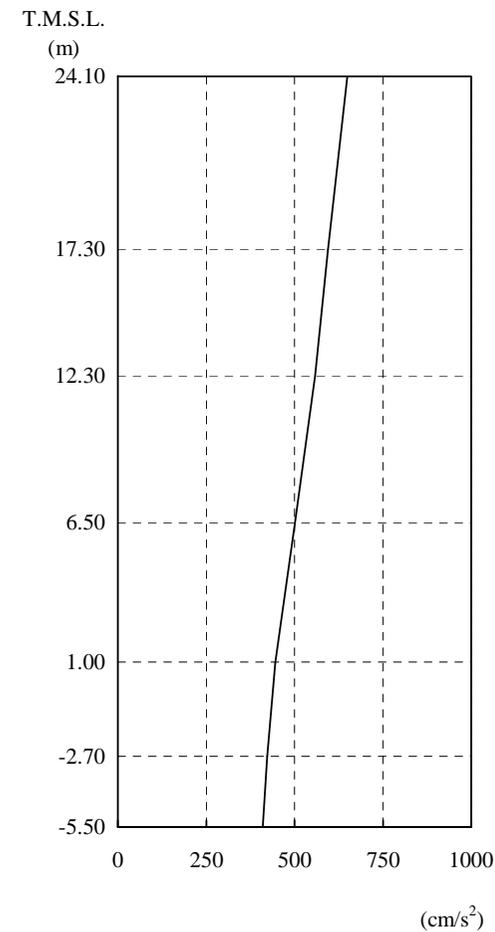
東西方向

15 . コントロール建屋の耐震健全性評価結果 (1)

最大応答加速度



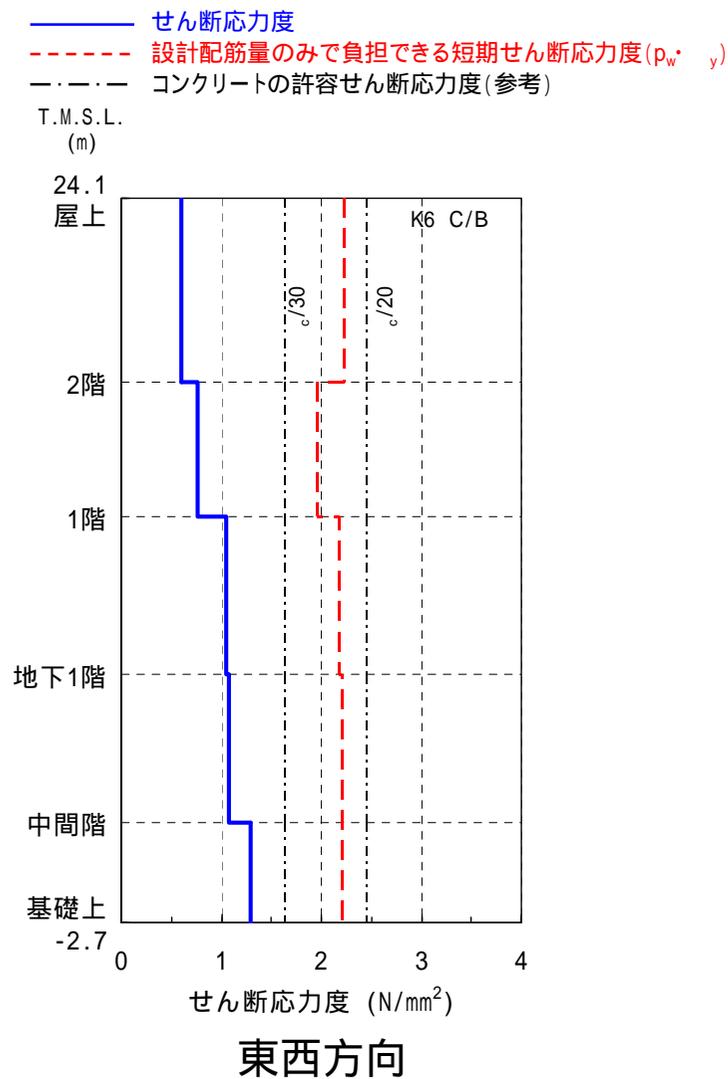
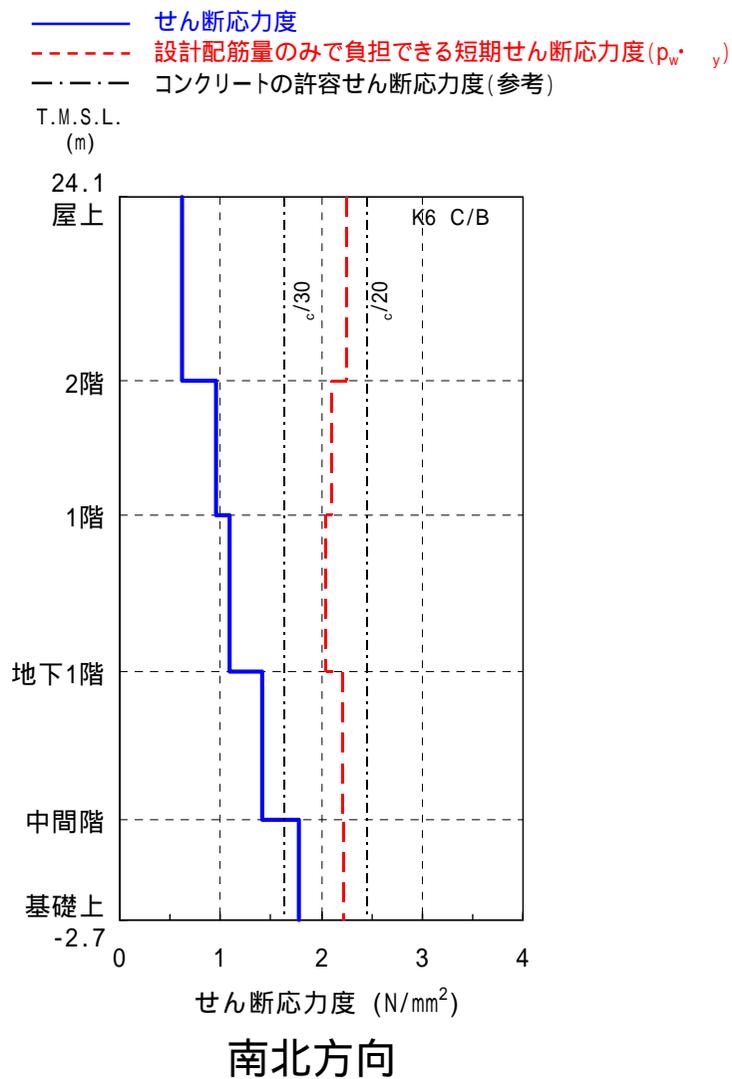
南北方向



東西方向

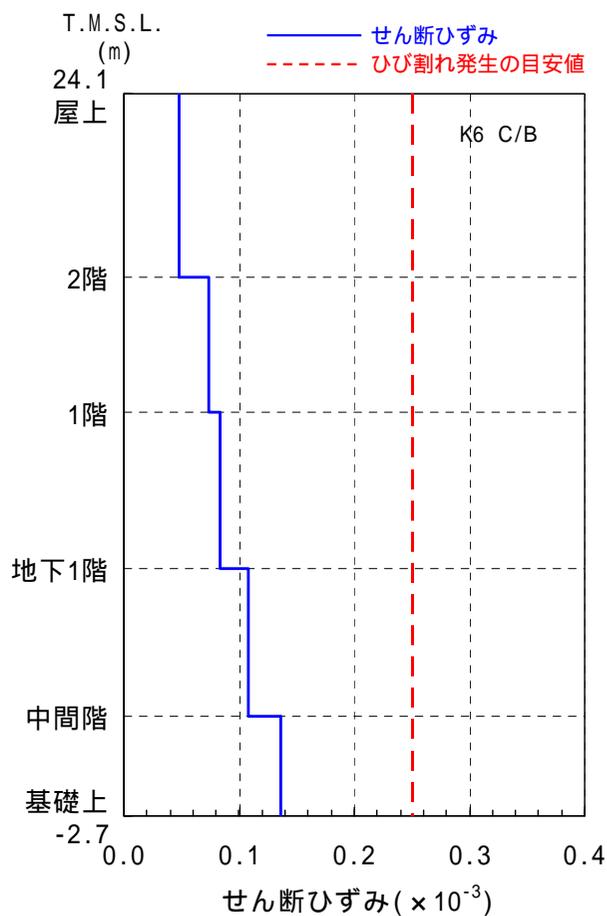
15 . コントロール建屋の耐震健全性評価結果 (2)

耐震壁のせん断応力度の比較

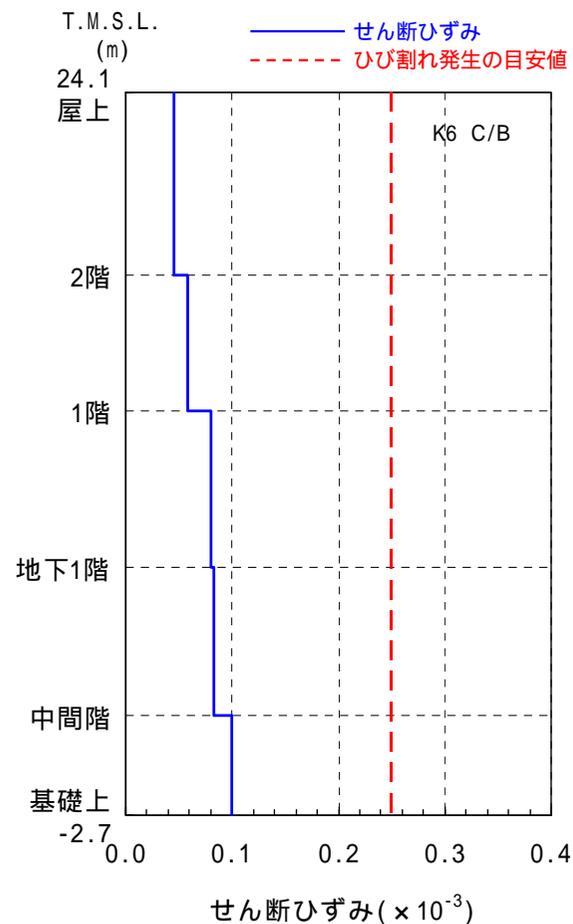


15 . コントロール建屋の耐震健全性評価結果 (3)

耐震壁のせん断ひずみの比較



南北方向



東西方向

15 . コントロール建屋の耐震健全性評価結果（4）

コントロール建屋の健全性評価結果

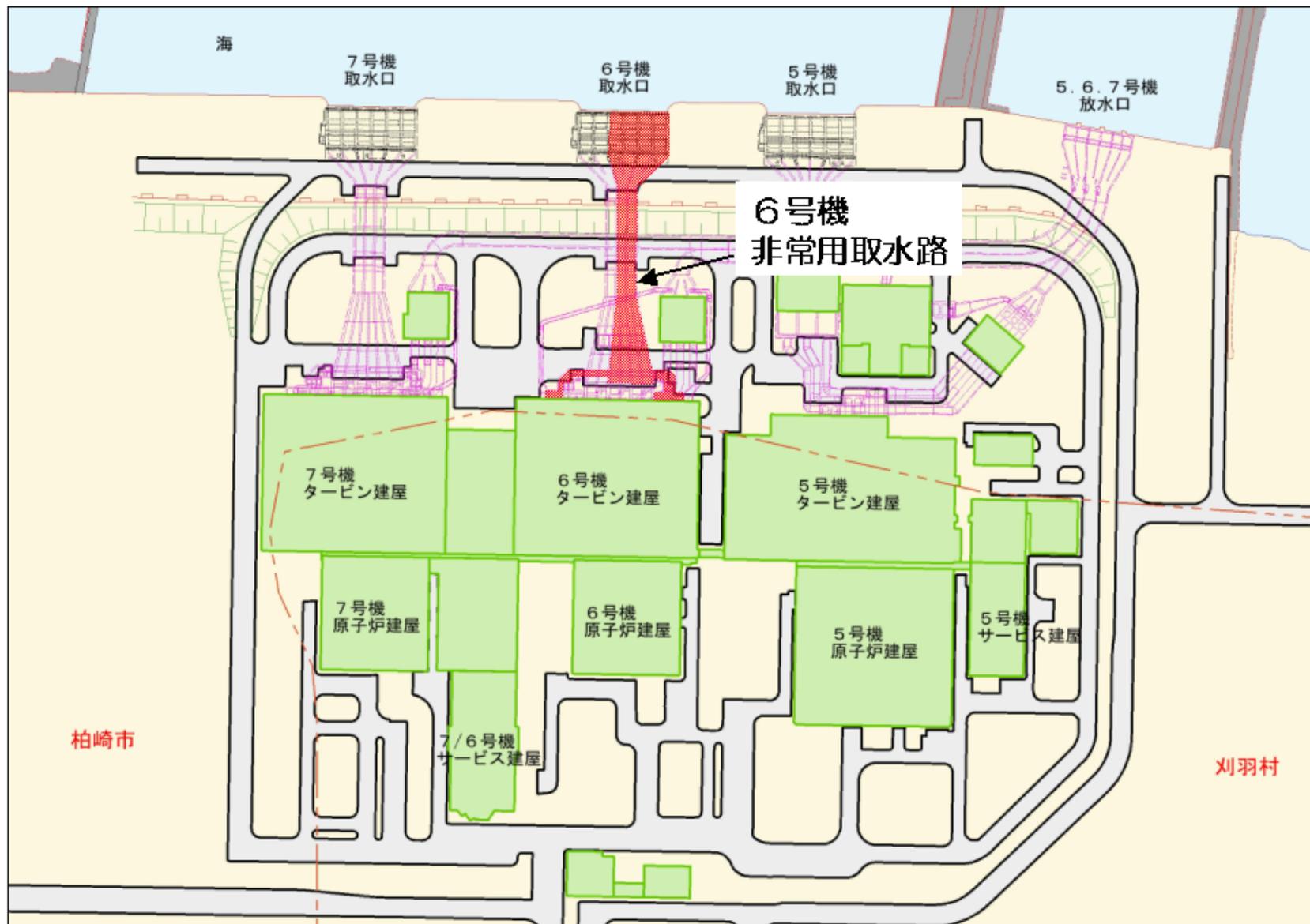
地震応答解析により得られた耐震壁のせん断応力度と設計配筋量のみで負担できる短期せん断応力度とを比較した結果、余裕のある結果となっており、概ね弾性範囲にあると判断される。

地震応答解析により得られた耐震壁のせん断ひずみと壁のひび割れが発生するひずみの目安値とを比較した結果、応答結果は目安値を下回っており、概ね弾性範囲にあると判断される。

以上のことから、コントロール建屋の鉄筋コンクリート部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ものと評価した。

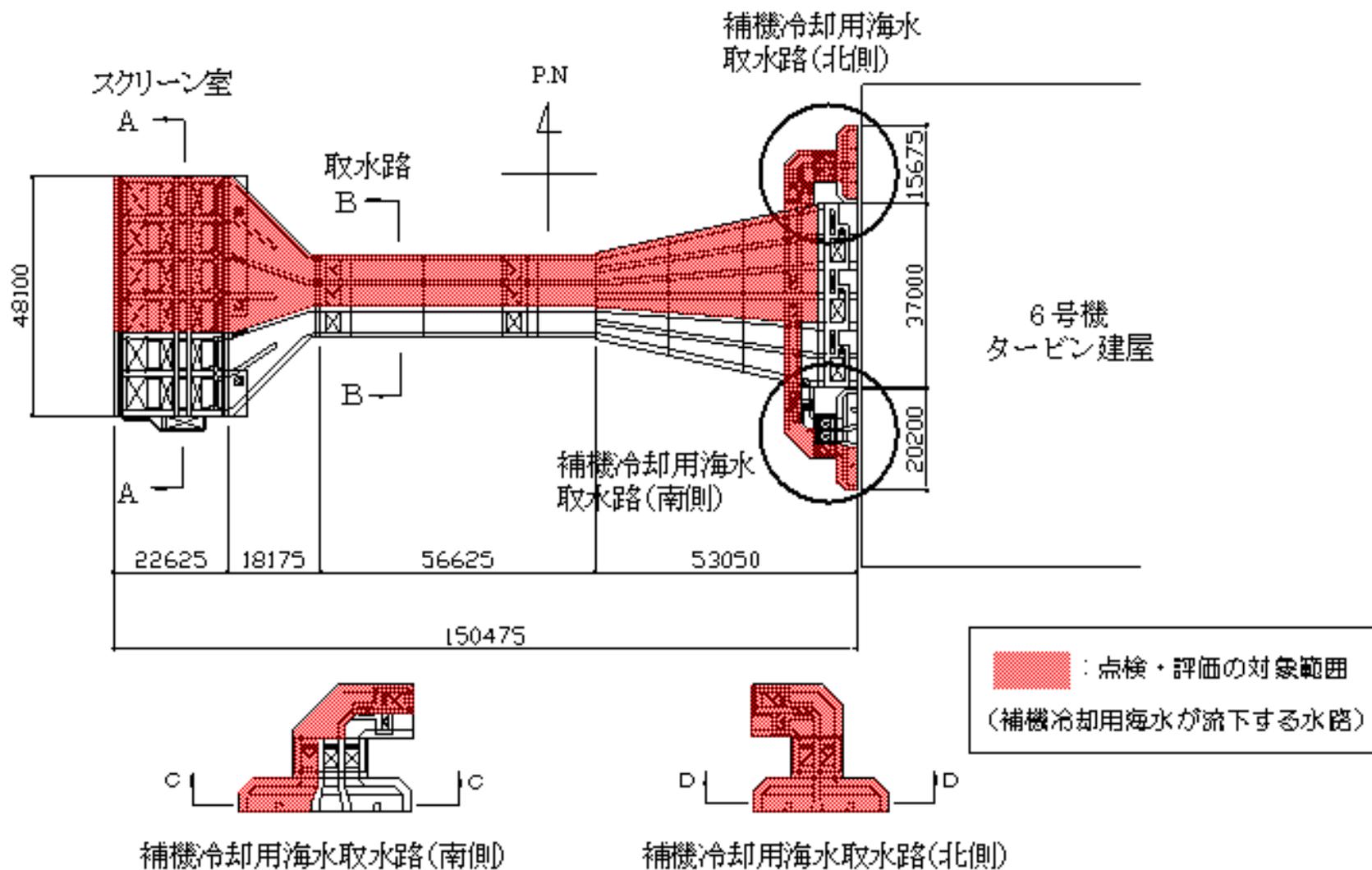
・非常用取水路の点検・評価結果報告について

16. 非常用取水路の配置図（5～7号機周辺）



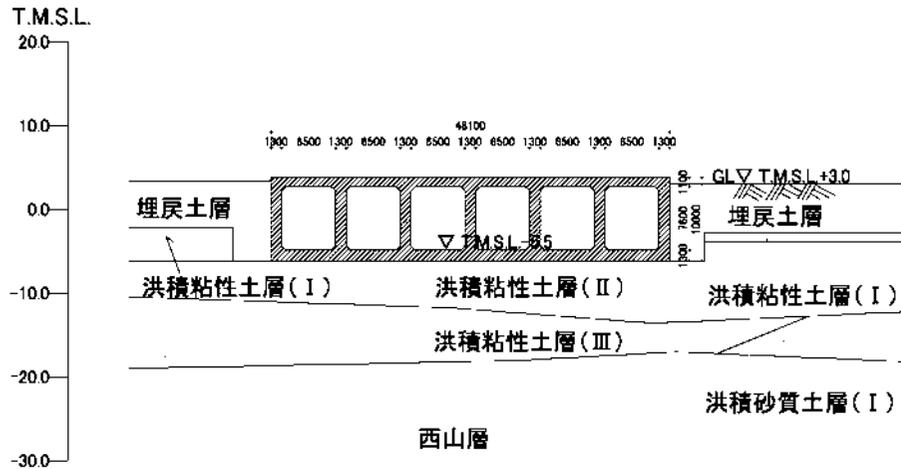
17 . 非常用取水路の概要 (1)

6号機非常用取水路

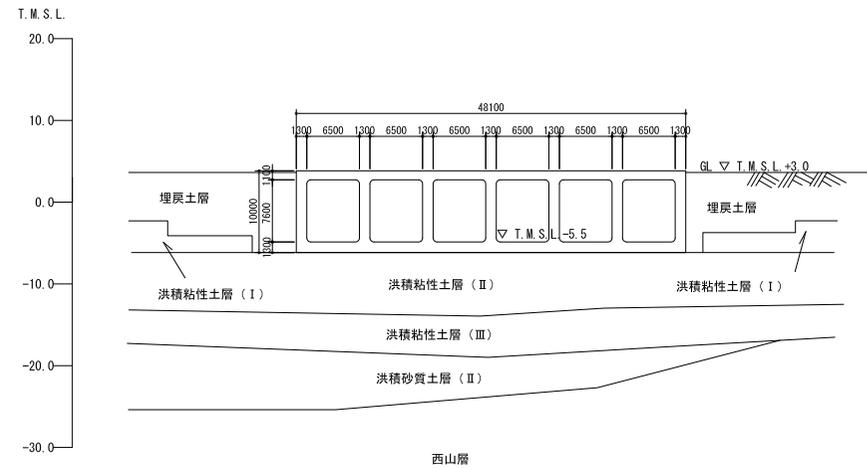


17 . 非常用取水路の概要 (2)

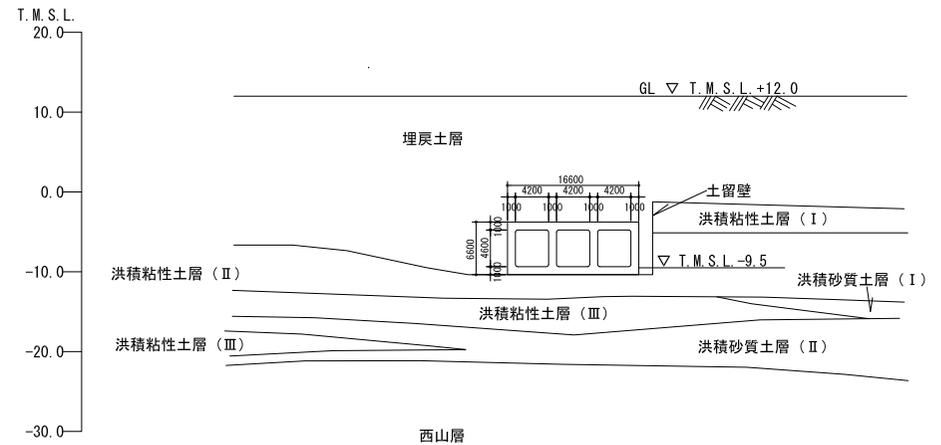
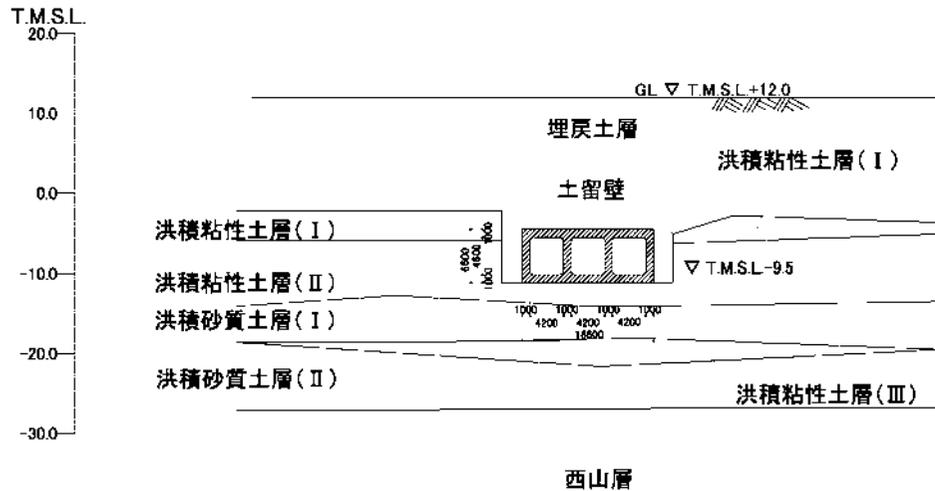
6号機非常用取水路



7号機非常用取水路



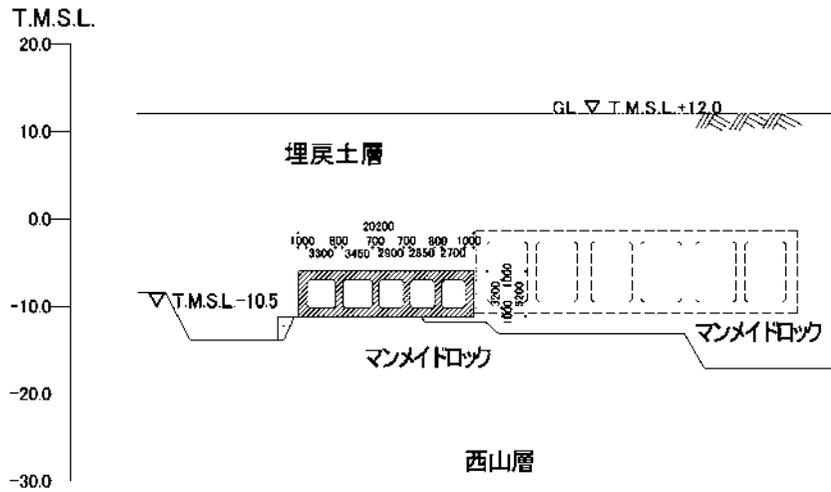
スクリーン室断面図 (A - A断面)



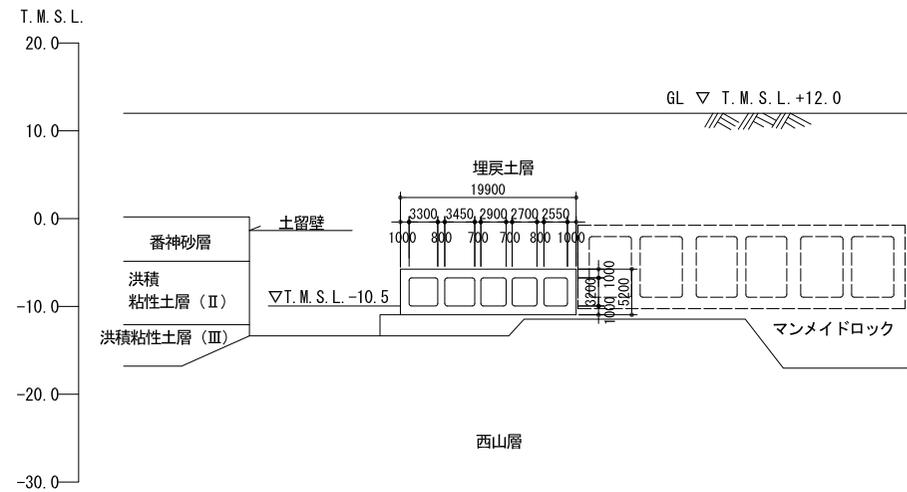
取水路断面図 (B - B断面)

17. 非常用取水路の概要 (3)

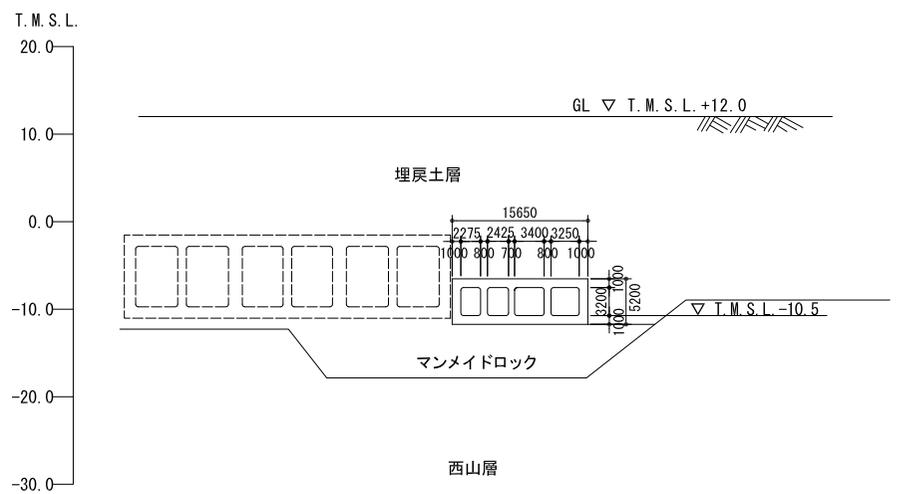
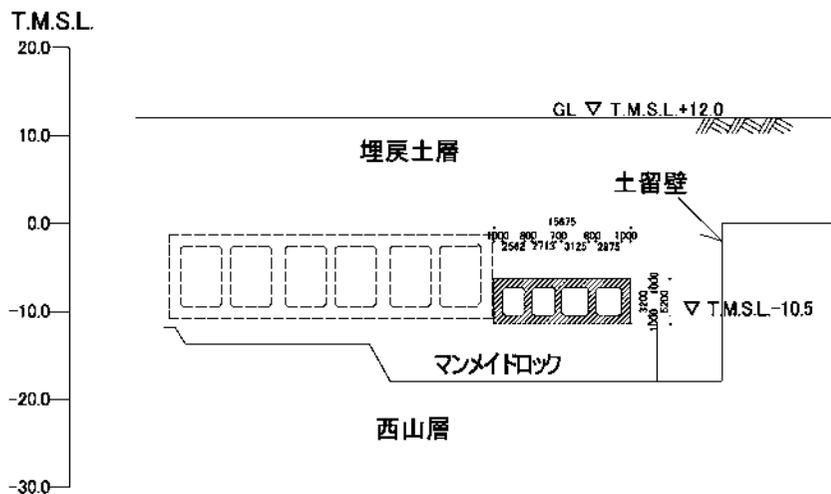
6号機非常用取水路



7号機非常用取水路



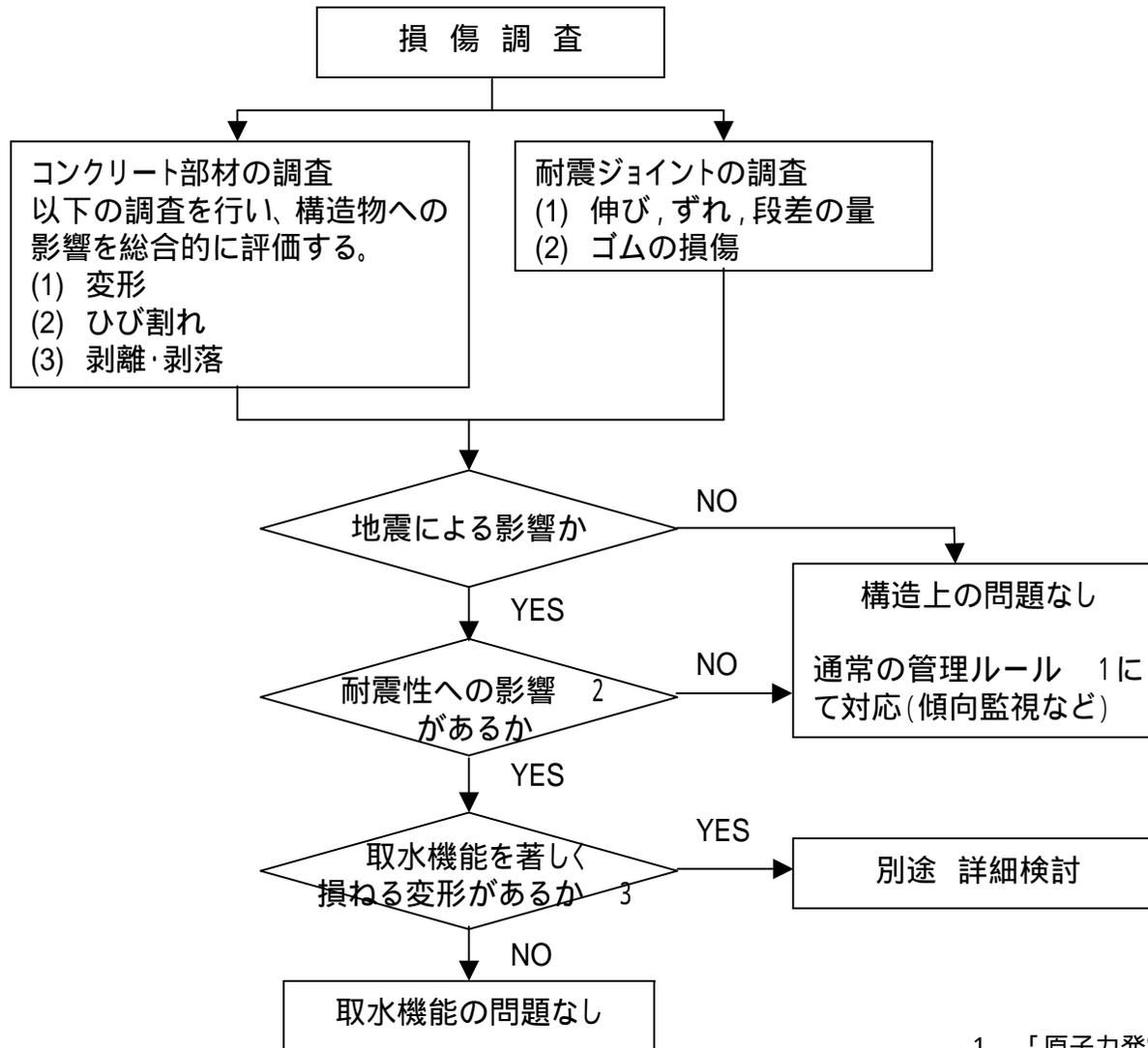
補機冷却用海水取水路 (南側) 断面図 (C - C断面)



補機冷却用海水取水路 (北側) 断面図 (D - D断面)

1 8 . 非常用取水路の点検の流れ

■ 目視点検を主体とした点検を実施



2 耐震性への影響の判断基準

- (1) 曲げ破壊に対する限界性能
層間変形角 1/100以下
- (2) せん断破壊を示すひび割れがないこと
- (3) 耐震ジョイントの限界性能(ゴムの破断)
伸び 300mm以下
ずれ 400mm以下
段差 400mm以下

3 取水機能への影響の判断基準

設計上必要な取水量を流下させる通水断面が確保できていること

1 「原子力発電所土木設備点検マニュアル(東京電力株式会社)」

19 . 非常用取水路の点検結果 (1)

(1) 点検結果

構造的に問題のあるコンクリート部材の変形、ひび割れ、剥離・剥落および耐震ジョイントの変形、ゴムの損傷は認められず、取水機能への地震による影響がないことを確認した。

対象	項目	6号機非常用取水路	7号機非常用取水路
コンクリート部材	変形	・層間変形角1/100以上の残留変形は認められない	・層間変形角1/100以上の残留変形は認められない
	ひび割れ	・取水路の側壁、隔壁、頂版 最大幅0.6mm (長さ6.2m) ・スクリーン室地上部 最大幅0.4mm (長さ0.2m)	・取水路の側壁、隔壁、底版 最大幅0.3mm (長さ0.3m) ・スクリーン室地上部 最大幅0.2mm (長さ2.7m)
	剥離・剥落	・認められない	・スクリーン室地上部 3箇所, 最大面積0.13mm ²
耐震ジョイント	変位量	・最大伸び20mm ・最大段差20mm ・最大ずれ15mm	・最大伸び10mm ・最大段差25mm ・最大ずれ10mm
	ゴムの損傷	・認められない	・認められない

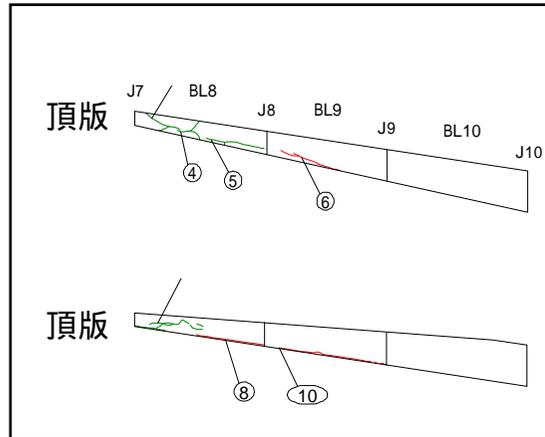
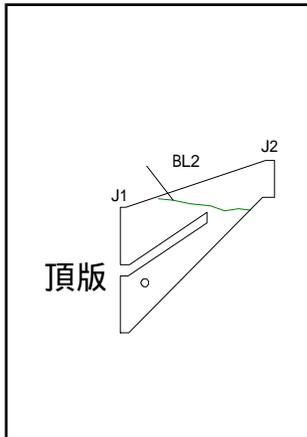
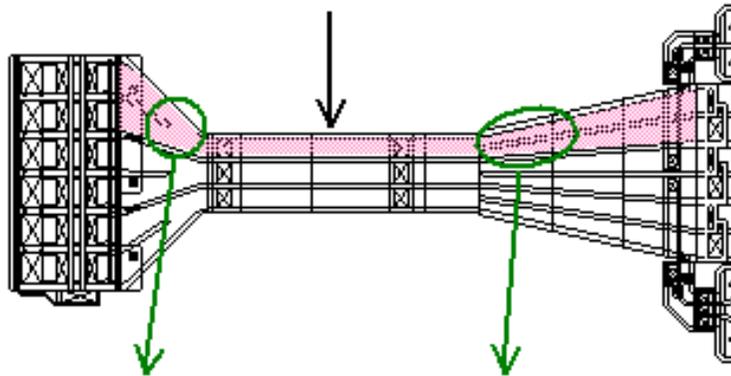
- ・構造WG委員による現地調査(平成20年6月12日)において、構造的に問題となる損傷ではないことを確認頂いている。
- ・ひび割れ幅が最大であった位置において、衝撃弾性波試験によるひび割れ深さを計測した結果、ひび割れ深さは30mm以上50mm未満であることを確認した。

(2) 第三者機関による確認

点検計画および点検結果の妥当性について、第三者機関((社)土木学会)による確認を受けた。

19 . 非常用取水路の点検結果 (2)

6号機非常用取水路 (A系)

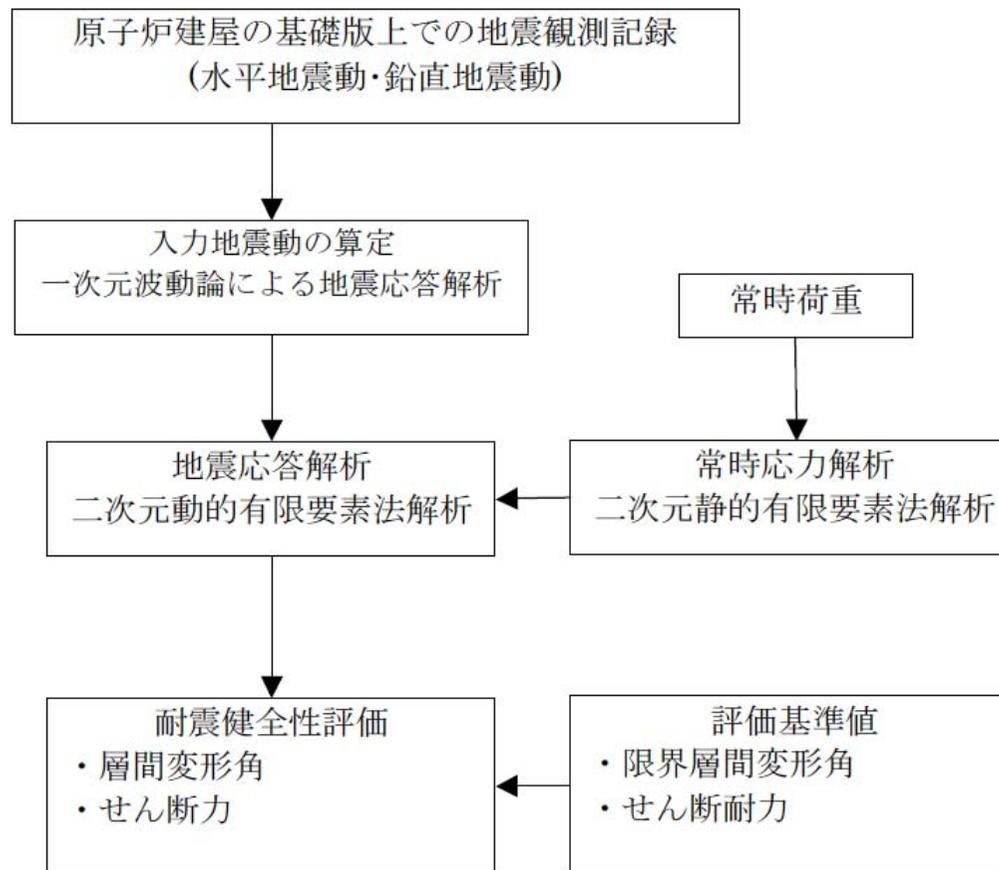


衝撃弾性波試験によるひび割れ深さ計測結果

損傷番号	ひび割れ幅	衝撃弾性波試験によるひび割れ深さ
	0.3mm	30mm未満
	0.6mm	30mm以上～50mm未満
	0.4mm	30mm以上～50mm未満

20 . 非常用取水路の評価手順

非常用取水路の場合には地震観測を行っていないことから、耐震健全性評価にあたっては、原子炉建屋の基礎版上での地震観測記録から地盤 - 構造物連成系の解析モデル下端における地震動を算定し、これを入力地震動として地震応答解析を実施した。



2 1 . 非常用取水路の地震応答解析の解析用物性値 (1)

地震応答解析に必要な地盤および非常用取水路の諸定数は、各種材料試験、地盤調査や文献調査の結果をもとに設定された設計時の値を用いる。

使用材料

コンクリート	設計基準強度 23.5N/mm^2 (240kg/cm^2)
鉄筋	SD345相当 (SD35)

材料の物性値

材料	単位体積重量 (kN/m^3)	ヤング係数 (kN/mm^2)	ポアソン比
コンクリート	24	25	0.2
鉄筋		200	0.3

鉄筋コンクリートとしての単位体積重量

2 1 . 非常用取水路の地震応答解析の解析用物性値 (2)

地盤の物性値

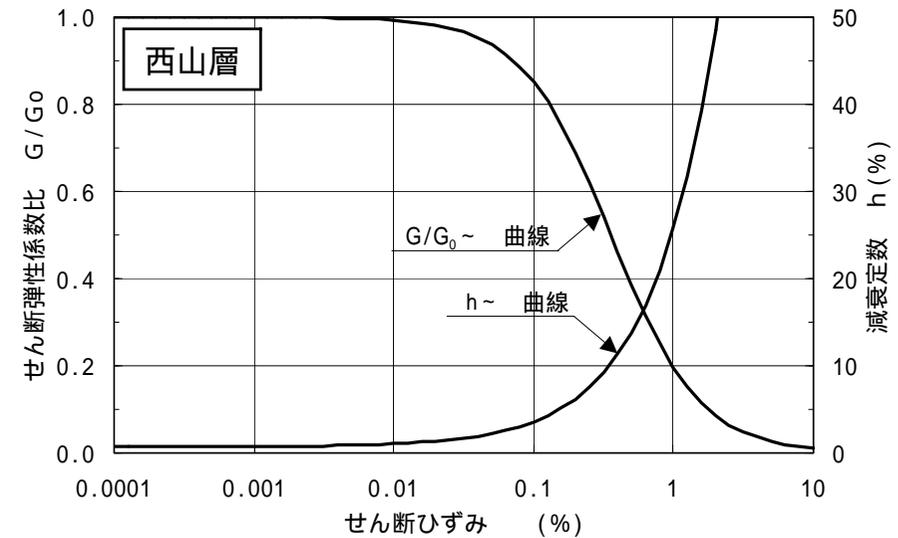
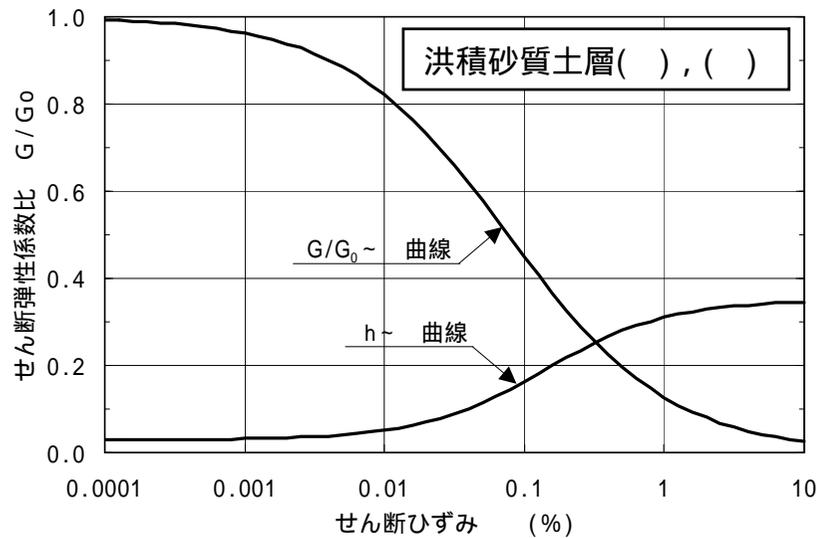
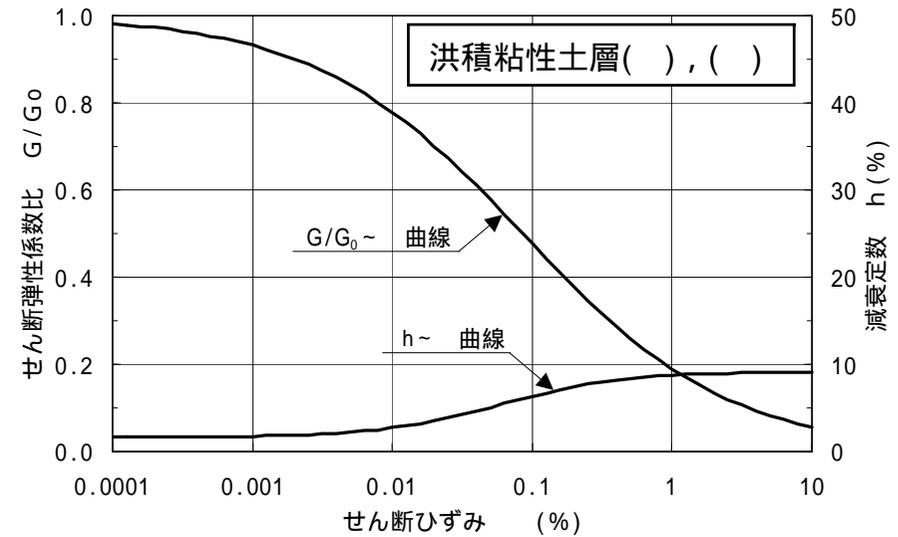
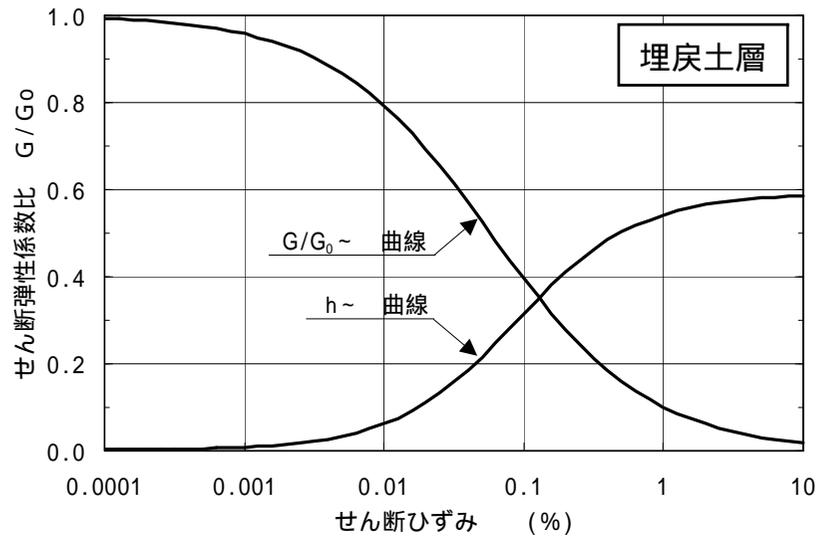
地層区分		単位体積重量 (kN/m ³)	ポアソン比	初期せん断 弾性係数 (kN/m ²)
埋戻土層		18.6 (19.6) 1	0.41	2
洪積粘性土層()		17.8	0.49	9.63×10^4
洪積粘性土層()		17.7	0.49	1.13×10^5
洪積粘性土層()		18.2	0.48	1.56×10^5
洪積砂質土層()		18.6	0.48	1.83×10^5
洪積砂質土層()		18.6	0.48	2.07×10^5
西山層	西山層上限面 ~ T.M.S.L.-33.0m	17.0	0.45	4.15×10^5
	T.M.S.L.-33.0m ~ -.60.0m	16.6	0.45	4.75×10^5

- 1 () は飽和単位体積重量
 2 $G_0 = 1980 \times \sigma_v^{0.667}$ (kN/m²)
 σ_v : 有効上載圧 (kN/m²)
 G_0 の下限値 2.75×10^4 (kN/m²)

マンメイドロックの物性値

	単位体積重量 (kN/m ³)	ポアソン比	初期せん断弾性係数 (kN/m ²)
マンメイドロック	17.2	0.36	1.90×10^6

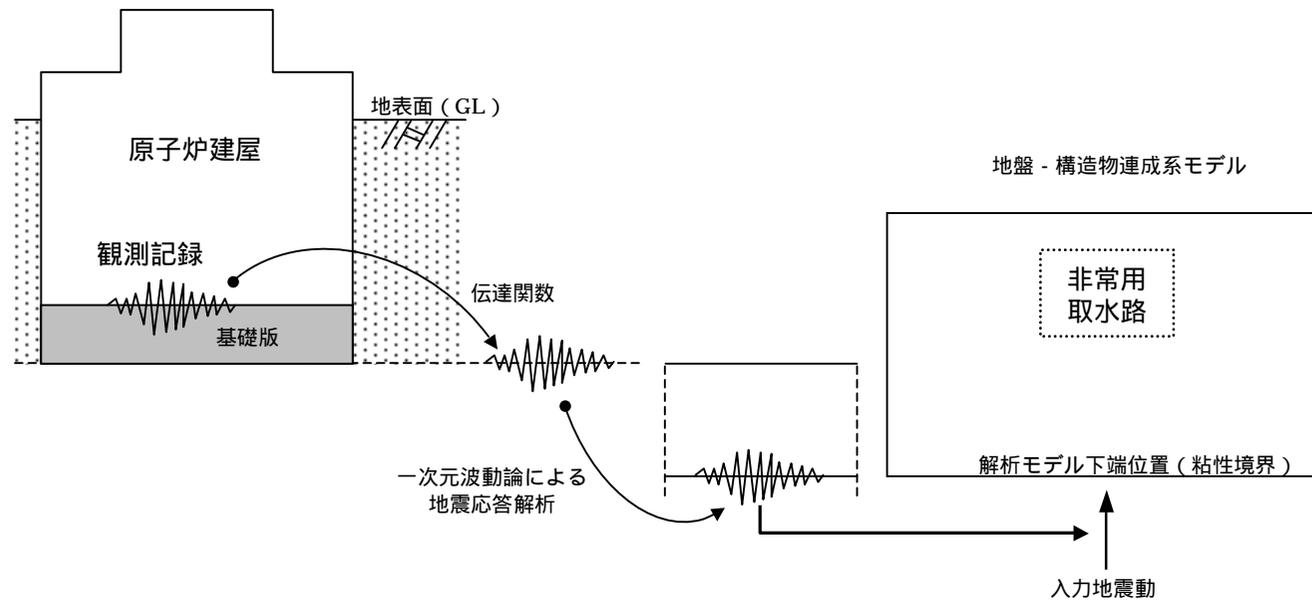
2 1 . 非常用取水路の地震応答解析の解析用物性値 (3)



せん断弾性係数および減衰定数のひずみ依存性

2 2 . 非常用取水路の地震応答解析の入力地震動

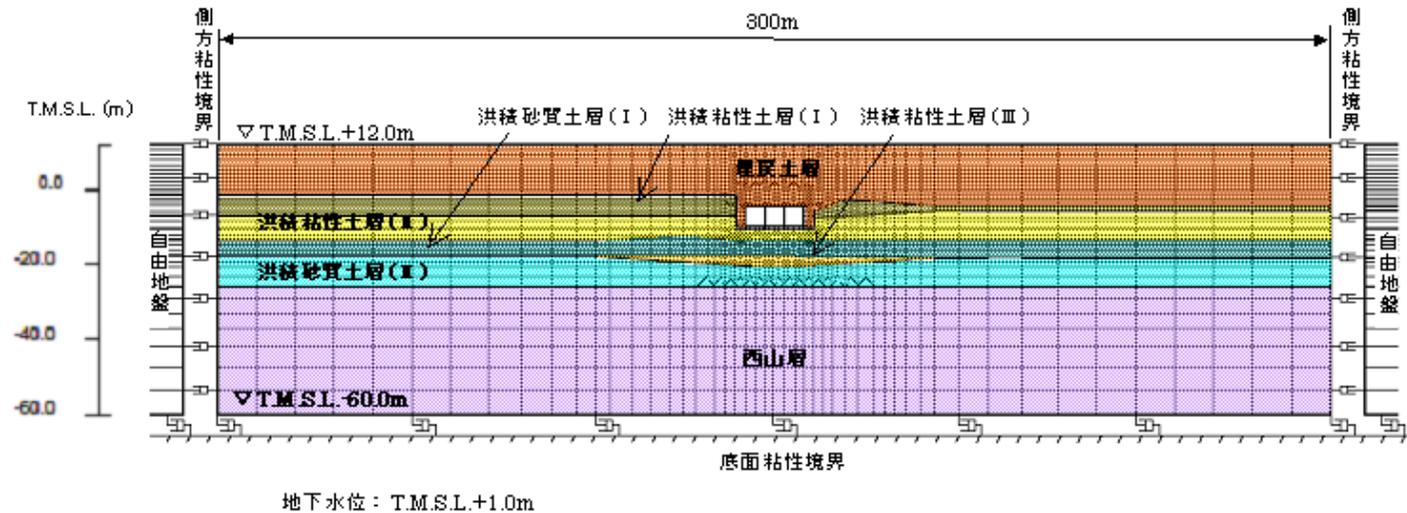
新潟県中越沖地震における6号機原子炉建屋の基礎版上での観測記録を用いて一次元波動論による地震応答解析を行い、地盤 - 構造物連成系の地震応答解析モデル下端位置で評価したものを入力地震動とする。



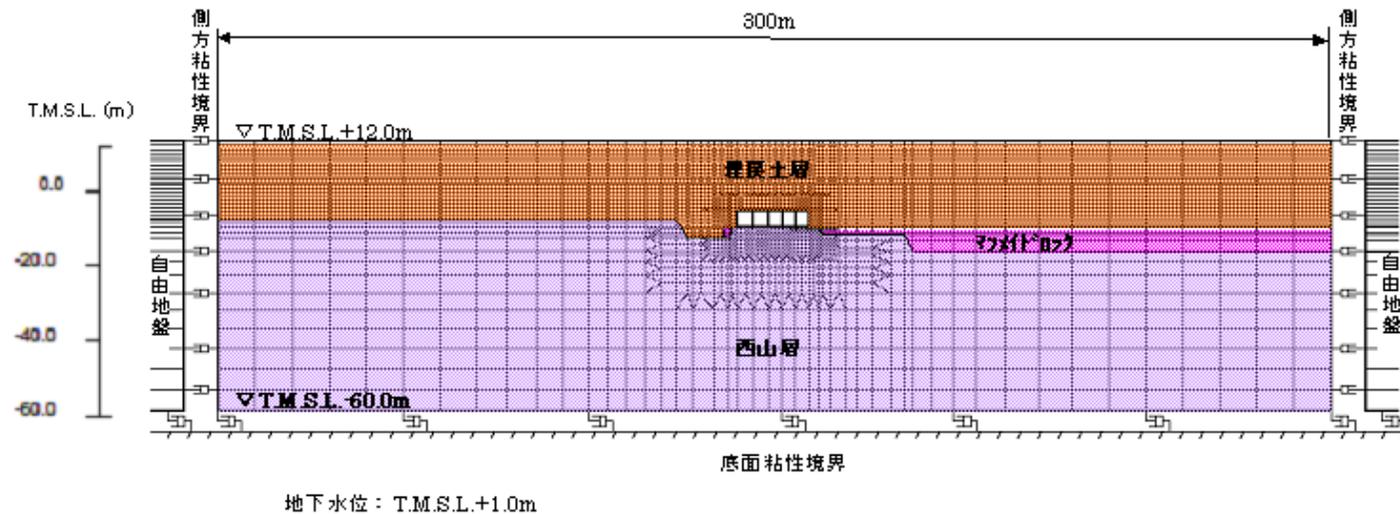
入力地震動の作成方法の概念図

23. 非常用取水路の地震応答解析モデル

取水路
地震応答解析モデル



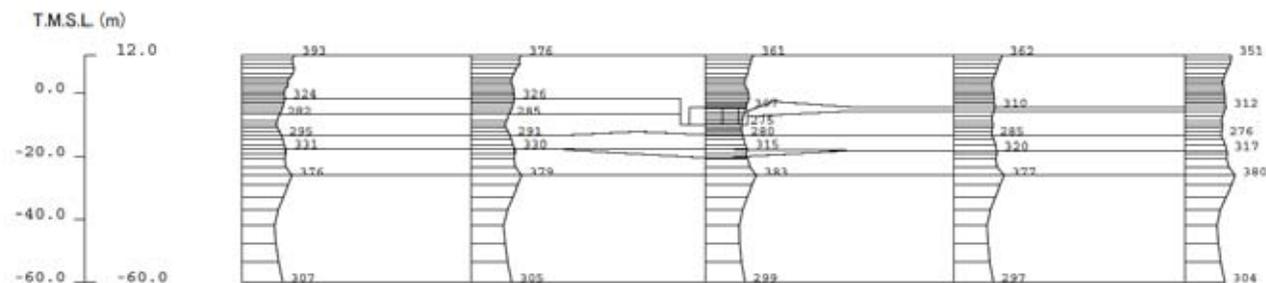
補機冷却用海水
取水路（南側）
地震応答解析モデル



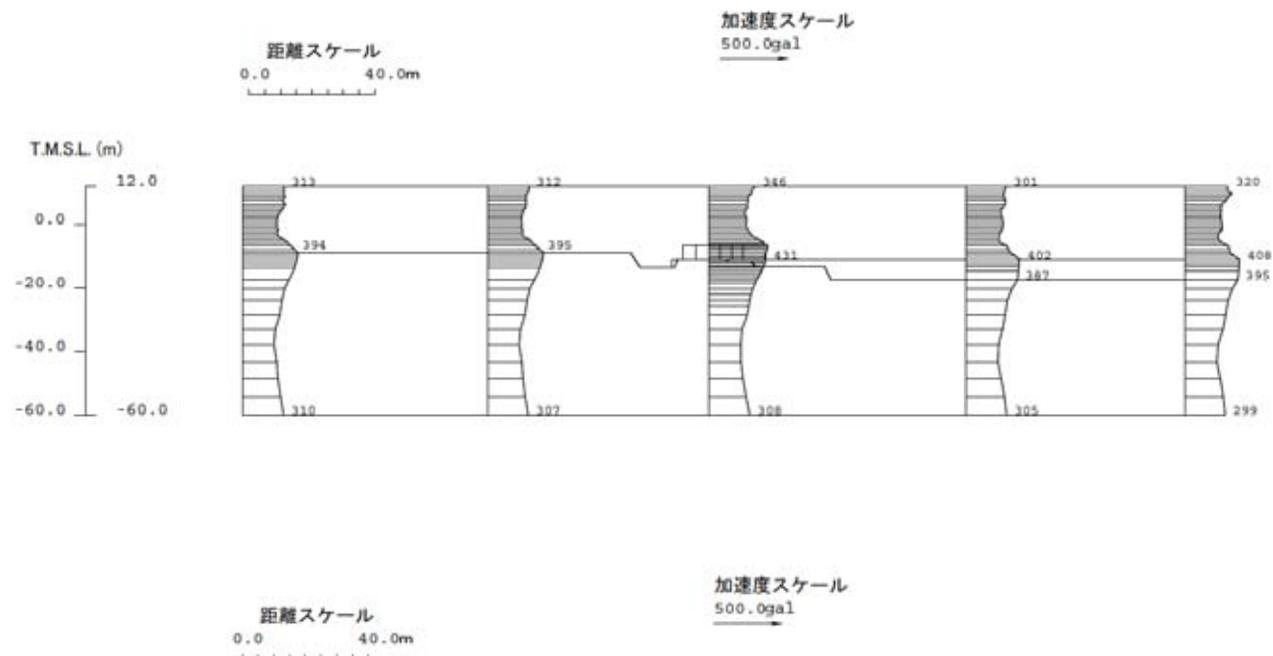
2 4 . 非常用取水路の地震応答解析結果 (1)

(1) 最大加速度分布

取水路
最大加速度分布図



補機冷却用海水
取水路 (南側)
最大加速度分布図



2 4 . 非常用取水路の地震応答解析結果 (2)

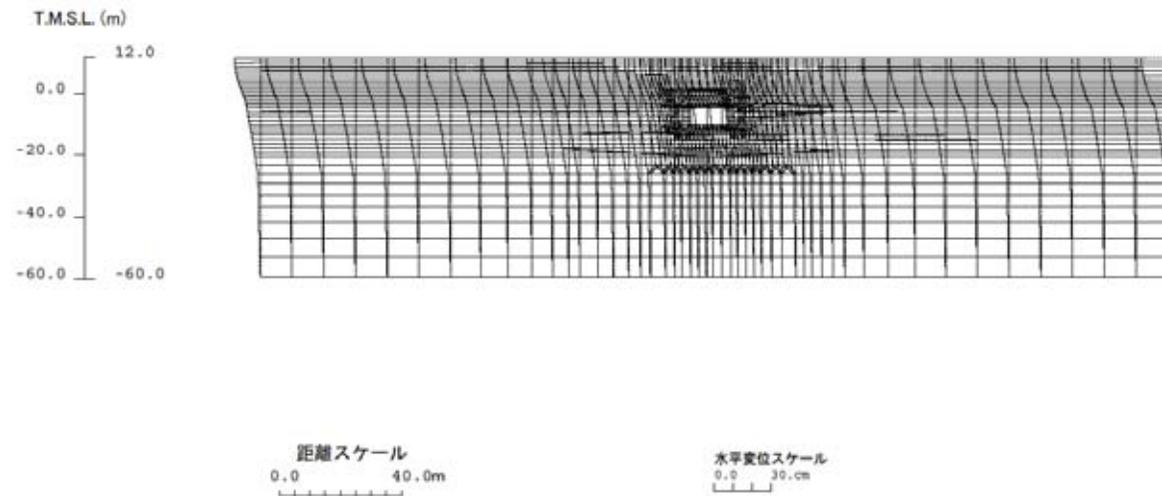
(2) 最大相対変位

	6号機非常用取水路		7号機非常用取水路	
	最大相対変位 (mm)	時刻 (秒)	最大相対変位 (mm)	時刻 (秒)
スクリーン室	8.3	10.30	5.4	11.40
取水路	11.1	8.25	12.6	8.21
補機冷却用海水 取水路 (南側)	5.3	8.17	5.1	8.16
補機冷却用海水 取水路 (北側)	5.2	8.16	5.1	8.16

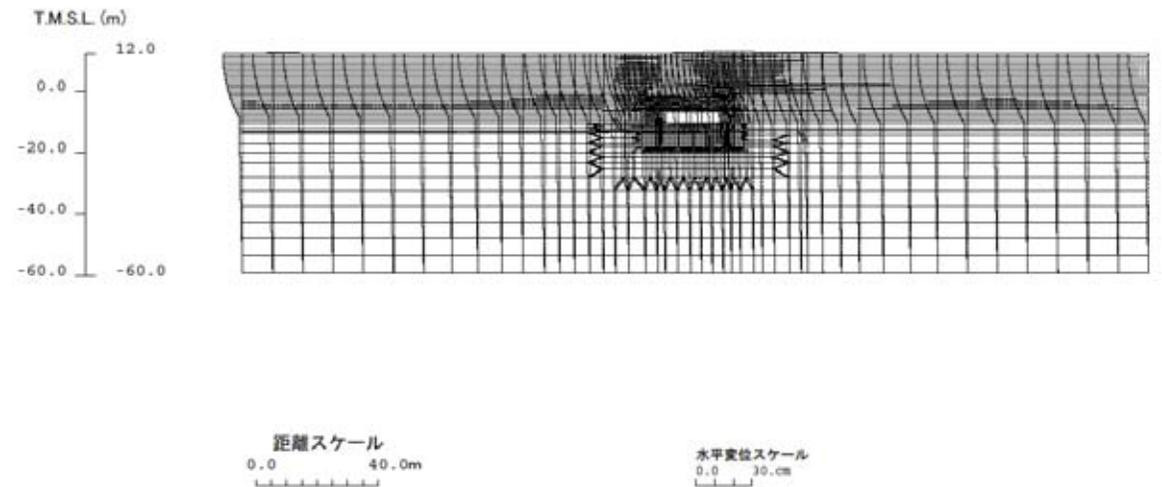
2 4 . 非常用取水路の地震応答解析結果 (3)

(3) 変形図

取水路
変形図 (8.25秒)



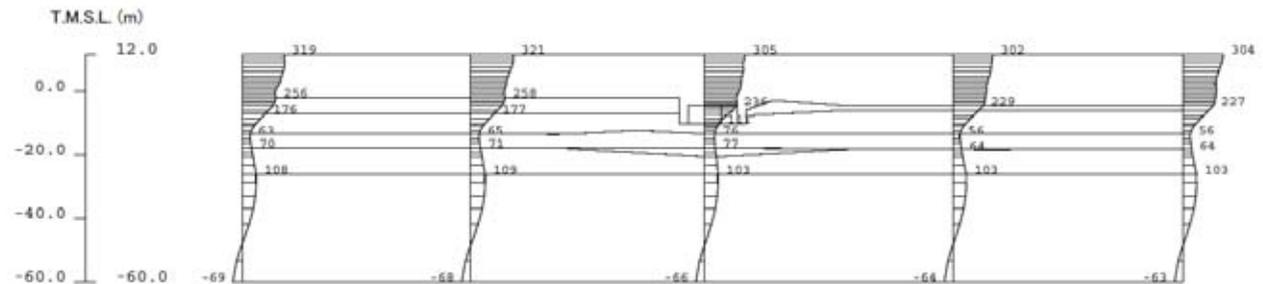
補機冷却用海水
取水路 (南側)
変形図 (8.17秒)



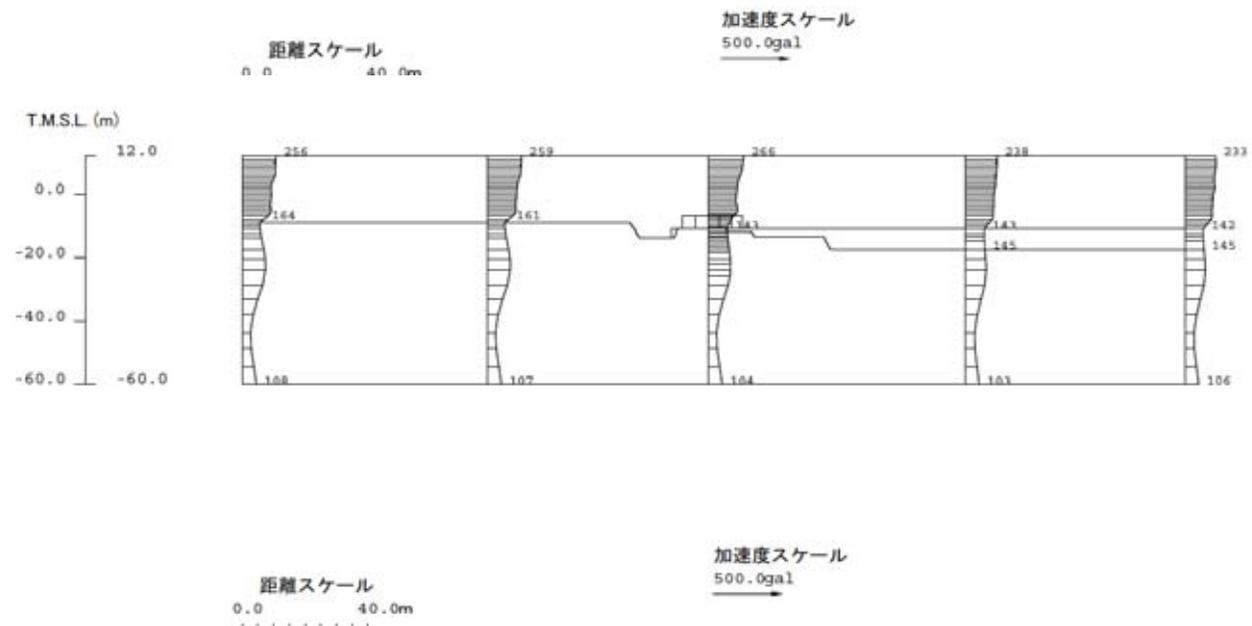
2 4 . 非常用取水路の地震応答解析結果 (4)

(4) 加速度分布

取水路
加速度分布図 (8.25秒)



補機冷却用海水
取水路 (南側)
加速度分布図 (8.17秒)



25 . 非常用取水路の耐震健全性評価結果 (1)

層間変形角，せん断力による照査結果

	6号機非常用取水路				7号機非常用取水路			
	層間変形角による 照査結果		せん断力による 照査結果		層間変形角による 照査結果		せん断力による 照査結果	
	評価位置	Rd / Ru 1	評価位置	Vd/Vyd 2	評価位置	Rd / Ru 1	評価位置	Vd/Vyd 2
スクリーン室	頂版～ 底版	0.094	隔壁	0.33	頂版～ 底版	0.061	隔壁	0.28
取水路	頂版～ 底版	0.20	隔壁	0.67	頂版～ 底版	0.23	隔壁	0.72
補機冷却用海水 取水路（南側）	頂版～ 底版	0.13	隔壁	0.75	頂版～ 底版	0.12	隔壁	0.73
補機冷却用海水 取水路（北側）	頂版～ 底版	0.12	隔壁	0.69	頂版～ 底版	0.12	隔壁	0.71

1 Rd：照査用層間変形角，Ru：限界層間変形角（1/100）

2 Vd：照査用せん断力（kN），Vyd：せん断耐力（kN）（等価せん断スパン比を用いた方法による）

2 5 . 非常用取水路の耐震健全性評価結果（ 2 ）

非常用取水路の耐震健全性評価結果

層間変形角による照査の結果、評価位置において照査用層間変形角が限界層間変形角を下回ることを確認した。

せん断力による照査の結果、評価位置において照査用せん断力がせん断耐力を下回ることを確認した。

地震応答解析の結果、曲げ、せん断のいずれも評価基準を満足す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ものと評価した。

・総合評価結果について

2 6 . 総合評価 (1)

総合評価

点検においては、原子炉建屋、タービン建屋、排気筒、コントロール建屋および非常用取水路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は、原子炉建屋、タービン建屋、排気筒、コントロール建屋および非常用取水路で評価基準を満足するとともに余裕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。

以上より、点検と地震応答解析の結果から、6号機の原子炉建屋、タービン建屋、排気筒、コントロール建屋および非常用取水路についての健全性が確保されているものと評価した。

2 6 . 総合評価（ 2 ）

7号機における検討を踏まえた、今後のご説明内容

6号機の原子炉建屋を対象とした、床の柔軟性を考慮した多軸質点系モデルによる追加検討

地震観測記録の得られていないタービン建屋、コントロール建屋、非常用取水路を対象とした、6号機の解放基盤波を用いた耐震健全性評価

非常用取水路を対象とした、実強度および近接構造物などを考慮した地震応答解析による耐震健全性評価