

# 柏崎刈羽原子力発電所 6号機 設備の地震応答解析について

平成20年7月14日



東京電力

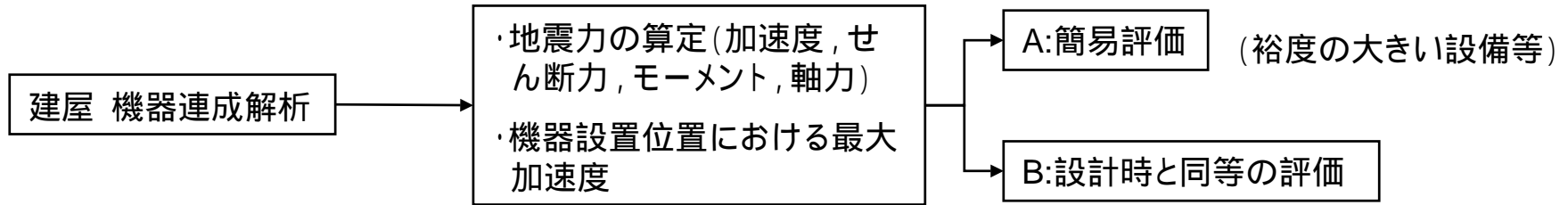
---

---

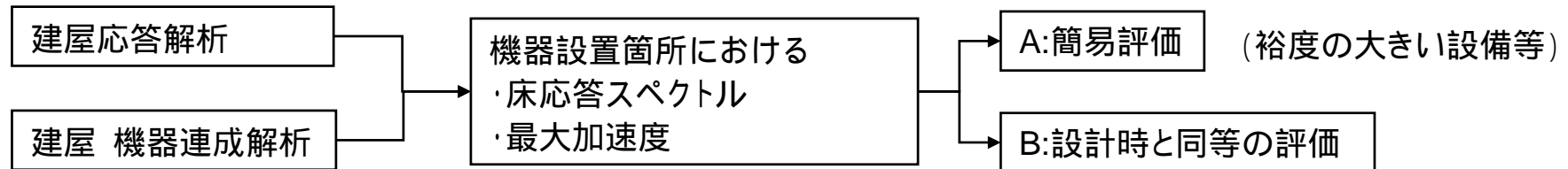
# 構造強度評価

# 構造強度評価の概要

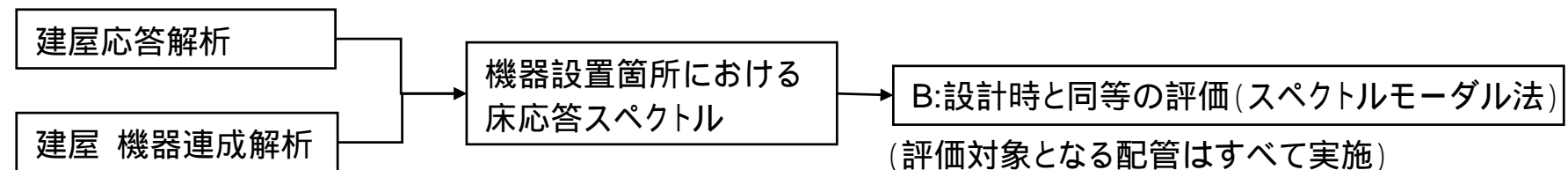
## ■ 大型機器（格納容器，圧力容器，炉内構造物）



## ■ 床置機器（ポンプ，熱交換器，換気空調設備等）



## ■ 配管系



---

# 大型機器の評価

# 構造強度評価結果：大型機器

## 原子炉压力容器

確認対象	評価部位	応力分類	発生応力 (N/mm <sup>2</sup> )	許容応力 (AS) (N/mm <sup>2</sup> )	評価 方法
原子炉压力容器	胴板	膜	178	303	A
下部鏡板	球殻部	膜	188	303	A
支持スカート	スカート	座屈	0.1	1.0 <sup>1</sup>	A
原子炉压力容器基礎ボルト	基礎ボルト	引張	136	499	A

A: 簡易評価, B: 設計時と同等の評価

1 座屈に対する評価式により, 発生値は評価基準値に対する比率で示す

# 構造強度評価結果：大型機器

## 原子炉圧力容器

確認対象	評価部位	応力分類	発生応力 (N/mm <sup>2</sup> )	許容応力 (AS) (N/mm <sup>2</sup> )	評価 方法
原子炉圧力容器スタビライザ	ロッド	引張	211	513	A
制御棒駆動機構ハウジングレストレントビーム	レストレントビーム	曲げ	42	175	A
原子炉冷却材再循環ポンプ モータケーシング	ケーシング	軸圧縮	95	123	A
ブラケット類	原子炉圧力容器スタビライザ ブラケット	曲げ	19	454	A

A: 簡易評価, B: 設計時と同等の評価

# 構造強度評価結果：大型機器

## 炉内構造物

確認対象	評価部位	応力分類	発生応力 (N/mm <sup>2</sup> )	許容応力( AS) (N/mm <sup>2</sup> )	評価 方法
蒸気乾燥器	耐震用ブロック	純せん断	21	181	A
給水スパージャ	ヘッド	膜+曲げ	25	214	A
高圧炉心注水スパージャ	ヘッド	膜+曲げ	38	214	A
低圧注水スパージャ	ヘッド	膜+曲げ	21	214	A
高圧炉心注水系配管 (RPV内部)	パイプ	膜+曲げ	22	214	A

## 炉心支持構造物

シュラウドサポート	レグ	軸圧縮	29	243	A
上部格子板	グリッドプレート	膜+曲げ	20	214	A
炉心支持板	補強ビーム	膜+曲げ	63	214	A

A: 簡易評価, B: 設計時と同等の評価

# 構造強度評価結果：大型機器

## 格納施設

確認対象	評価部位	応力分類	発生応力 (N/mm <sup>2</sup> )	許容応力( A S) (N/mm <sup>2</sup> )	評価 方法
ドライウェル上鏡	フランジプレート	曲げ	16	264	A
下部ドライウェルアクセスシールドスリーブ 及び鏡板（所員用アロック付）	ガゼットプレート	せん断	54	132	A
電気配線貫通部	ガゼットプレート	せん断	94	132	A
ベント管	リターンの垂直管と の結合部	一次	77	127	A

## 核計測装置

局部出力領域モニタ	LPRM検出器集合 体カバーチューブ	膜+曲げ	79	200	B
起動領域モニタチューブ	SRNMドライチューブ	膜+曲げ	80	308	B

A: 簡易評価, B: 設計時と同等の評価



---

# 床置機器の評価

# 構造強度評価結果：床置機器（ 1 / 5 ）

## 制御棒駆動水系

確認対象	評価部位	応力分類	発生応力 (N/mm <sup>2</sup> )	許容応力( AS) (N/mm <sup>2</sup> )	評価 方法
水圧制御ユニット	フレーム	組合せ	15	241	A

## 残留熱除去系

残留熱除去系熱交換器	胴板	一次	136	373	A
残留熱除去系ポンプ	原動機取付ボルト	せん断	9	350	A

## 原子炉隔離時冷却系

原子炉隔離時冷却系ポンプ	基礎ボルト	引張	29	169	A
原子炉隔離時冷却系ポンプ駆 動用蒸気タービン	基礎ボルト	引張	23	169	A

## 高圧炉心注水系

高圧炉心注水系ポンプ	原動機取付ボルト	せん断	10	350	A
------------	----------	-----	----	-----	---

A:簡易評価, B:設計時と同等の評価

# 構造強度評価結果：床置機器（2 / 5）

## 主蒸気系

確認対象	評価部位	応力分類	発生応力 (N/mm <sup>2</sup> )	許容応力( AS) (N/mm <sup>2</sup> )	評価 方法
主蒸気逃がし安全弁逃がし弁 機能用アキュムレータ	Uバンド及びリブ	組合せ	8	203	A
主蒸気逃がし安全弁自動減圧 機能用アキュムレータ	Uバンド及びリブ	組合せ	132	203	A

## ほう酸水注入系

ほう酸水注入系ポンプ	ポンプ取付ボルト	せん断	16	122	A
ほう酸水注入系貯蔵タンク	基礎ボルト	せん断	34	133	A

## 可燃性ガス濃度制御系

可燃性ガス濃度制御系 可搬式再結合装置ブローア	ブレース	圧縮	5	178	A
可燃性ガス濃度制御系 可搬式再結合装置	取付ボルト	せん断	34	350	A

A: 簡易評価, B: 設計時と同等の評価

# 構造強度評価結果：床置機器（3 / 5）

## 非常用ガス処理系

確認対象	評価部位	応力分類	発生応力 (N/mm <sup>2</sup> )	許容応力( AS) (N/mm <sup>2</sup> )	評価 方法
非常用ガス処理系排風機	基礎ボルト	せん断	15	130	A
非常用ガス処理系乾燥装置	基礎ボルト	引張	23	169	A
非常用ガス処理系フィルタ装置	取付ボルト	せん断	120	342	A

## 放射線管理用計測装置

燃料取替エリア排気放射線モニタ	検出器取付ボルト	引張	3	180	A
-----------------	----------	----	---	-----	---

## 計測制御系統設備

現場盤 原子炉系（系）計装ラック	取付ボルト	引張	3	173	A
---------------------	-------	----	---	-----	---

A: 簡易評価, B: 設計時と同等の評価

# 構造強度評価結果：床置機器（4 / 5）

## 非常用ディーゼル発電設備

確認対象	評価部位	応力分類	発生応力 (N/mm <sup>2</sup> )	許容応力( AS) (N/mm <sup>2</sup> )	評価 方法
ディーゼル機関	基礎ボルト	せん断	23	195	A
空気だめ	基礎ボルト	引張	10	173	A
燃料ディタンク	スカート	座屈	0.08	1 <sup>1</sup>	A
発電機	機関側軸受台下部ベース 取付ボルト	引張	38	180	A

A:簡易評価, B:設計時と同等の評価

1 座屈に対する評価式により, 発生値は評価基準値に対する比率で示す

# 構造強度評価結果：床置機器（5 / 5）

## 燃料設備

確認対象	評価部位	応力分類	発生応力 (N/mm <sup>2</sup> )	許容応力( AS) (N/mm <sup>2</sup> )	評価 方法
燃料取替機	構造物フレーム	組合せ	112	231	B
原子炉建屋クレーン	クレーン本体ガー ダ中央	曲げ	161	309	B
使用済燃料貯蔵ラック176体	ラック本体	組合せ	106	205	A
制御棒・破損燃料貯蔵ラック	ラック本体	組合せ	18	205	A

A: 簡易評価, B: 設計時と同等の評価

---

## 配管系の評価

# 構造強度評価結果：配管

確認対象	評価部位	応力分類	発生応力 (N/mm <sup>2</sup> )	許容応力( AS) (N/mm <sup>2</sup> )	評価 方法
主蒸気系	配管	一次	175	281	B
原子炉冷却材浄化系	配管	一次	118	274	B
残留熱除去系	配管	一次	104	274	B
原子炉隔離時冷却系	配管	一次	148	182	B
高压炉心注水系	配管	一次	81	274	B
給水系	配管	一次	127	281	B
放射性ドレン移送系	配管	一次	72	199	B
原子炉補機冷却系	配管	一次	109	233	B
制御棒駆動系	配管	一次	74	243	B
ほう酸水注入系	配管	一次	53	112	B
非常用ガス処理系	配管	一次	37	220	B
可燃性ガス濃度制御系	配管	一次	74	211	B
不活性ガス系	配管	一次	137	201	B

A:簡易評価, B:設計時と同等の評価



---

## 動的機能維持の評価

# 動的機能維持評価の概要

---

## ■ 床置設備（ポンプ等の回転機器）

- 剛な場合（1次固有周期 0.05秒）
  - ✓ 設置床の最大加速度を機能確認済み加速度と比較
- 剛でない場合（1次固有周期 > 0.05秒）
  - ✓ 設備の応答加速度を機能確認済み加速度と比較

## ■ 弁

- 配管+弁のスペクトルモーダル解析
  - ✓ 弁の応答加速度を求め、機能確認済み加速度と比較

## ■ 制御棒挿入性

- ✓ 建屋-機器連成解析により求めた燃料の相対変位を機能確認済み相対変位と比較

# 動的機能維持評価結果（床置設備）

評価対象設備	機能確認済加速度との比較			
	水平加速度 (G <sup>1</sup> )		鉛直加速度 (G <sup>1</sup> )	
	応答加速度	機能確認済加速度 <sup>2</sup>	応答加速度	機能確認済加速度 <sup>2</sup>
ほう酸水注入系ポンプ	0.6	1.6	0.6	1.0
残留熱除去系ポンプ	0.4	10.0	0.5	1.0
原子炉隔離時冷却系ポンプ	0.4	1.4	0.6	1.0
原子炉隔離時冷却系ポンプ 駆動用蒸気タービン	0.4	2.4	0.6	1.0
高圧炉心注水系ポンプ	0.4	10.0	0.5	1.0
可燃性ガス濃度制御系可搬式再結合装置ブロー	0.5	2.6	0.7	1.0
非常用ガス処理系排風機	0.6	2.3	0.7	1.0
ディーゼル機関	0.5	1.1	0.7	1.0

1 G = 9.80665(m/s<sup>2</sup>)

2 適用する機能確認済加速度

JEAG4601-1991追補版

試験等をもとに鉛直方向の機能確認済加速度を定めるとともに水平方向についても見直された値（現行JEAGは水平方向のみ規定）

# 動的機能維持評価結果（弁：1 / 2）

評価対象設備	機能確認済加速度との比較			
	水平加速度 (G <sup>1</sup> )		鉛直加速度 (G <sup>1</sup> )	
	応答加速度	機能確認済 加速度 <sup>2</sup>	応答加速度	機能確認済 加速度 <sup>2</sup>
主蒸気系 (主蒸気内側隔離弁)	1.5	10.0	2.5	6.2
主蒸気系 (主蒸気逃がし安全弁)	3.3	9.6	1.7	6.1
給水系 (原子炉給水ライン内側隔離弁)	1.2	6.0	2.7	6.0
原子炉補機冷却系 (非常用D/G冷却水出口弁)	2.1	6.0	0.7	6.0
残留熱除去系 (RHR系LPFL試験可能逆止弁)	1.1	6.0	3.0	6.0
原子炉隔離時冷却系 (RCIC系タービン止め弁)	1.3	6.0	1.1	6.0

1 G = 9.80665(m/s<sup>2</sup>)

2 適用する機能確認済加速度  
JEAG4601-1991追補版

試験等をもとに鉛直方向の機能確認済加速度を定めるとともに水平方向についても見直された値（現行JEAGは水平方向のみ規定）

# 動的機能維持評価結果（弁：2 / 2）

評価対象設備	機能確認済加速度との比較			
	水平加速度（G）		鉛直加速度（G）	
	応答加速度	機能確認済 加速度 <sup>2</sup>	応答加速度	機能確認済 加速度 <sup>2</sup>
高圧炉心注水系 （HPCF系試験可能逆止弁）	1.1	6.0	3.2	6.0
非常用ガス処理系 （SGTS入口隔離弁）	1.0	6.0	1.2	6.0
可燃性ガス濃度制御系 （FCS出口第二隔離弁）	2.1	6.0	1.8	6.0
不活性ガス系 （HVAC側PCVベント用隔離弁）	3.2	6.0	2.8	6.0

1  $G = 9.80665(m/s^2)$

2 適用する機能確認済加速度  
JEAG4601-1991追補版

試験等をもとに鉛直方向の機能確認済加速度を定めるとともに水平方向についても見直された値（現行JEAGは水平方向のみ規定）

# 動的機能維持評価結果（制御棒挿入性）

[参考] (地震時は全制御棒全挿入位置であったため参考として記載)

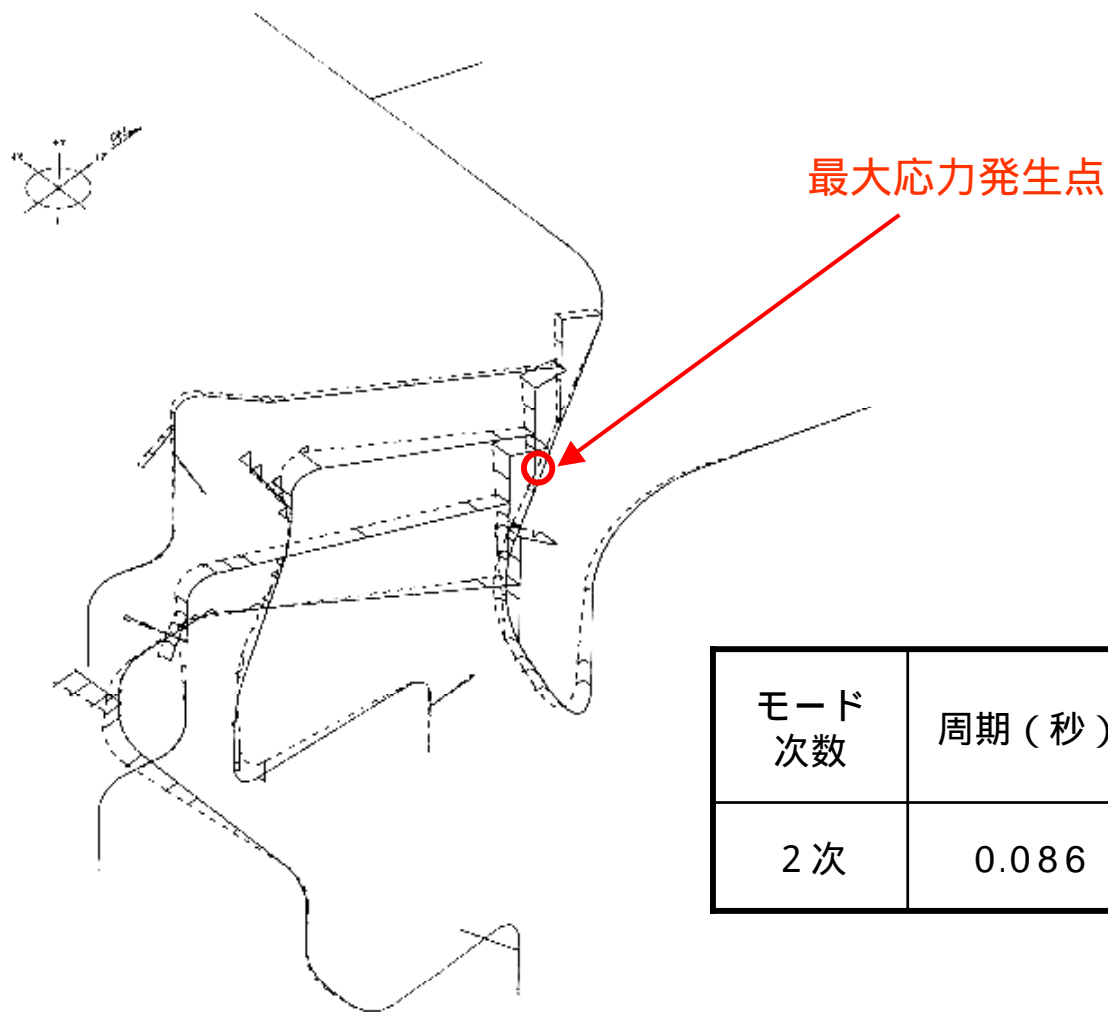
評価対象設備	燃料集合体の中越沖地震時 相対変位 (mm)	確認済相対変位 (mm)
制御棒 (地震時の挿入性)	5.9	40.0

確認済相対変位：加振時の挿入性試験により、規定時間内に制御棒が挿入されたことが確認された燃料変位

# 主蒸気系配管のモードについて

## ■解析結果

主蒸気系配管の振動モードは2次のモードが卓越している。



モード 次数	周期 (秒)	刺激係数		
		X	Y	Z
2次	0.086	0.962	0.257	0.352

# まとめ

---

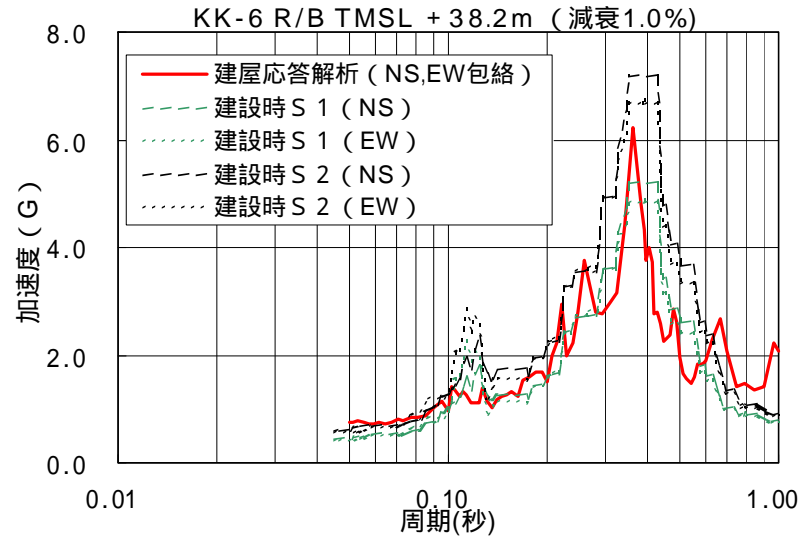
- 6号機の設備の地震応答解析を実施し、いずれの設備も評価基準値を満足することを確認した。



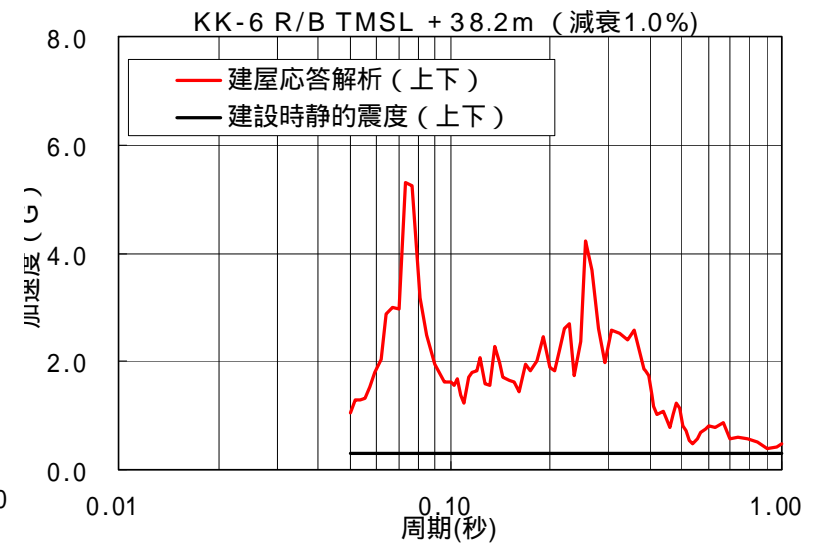
# 6号機原子炉建屋 床応答スペクトル ( 1 / 4 )

天井  
クレーン階

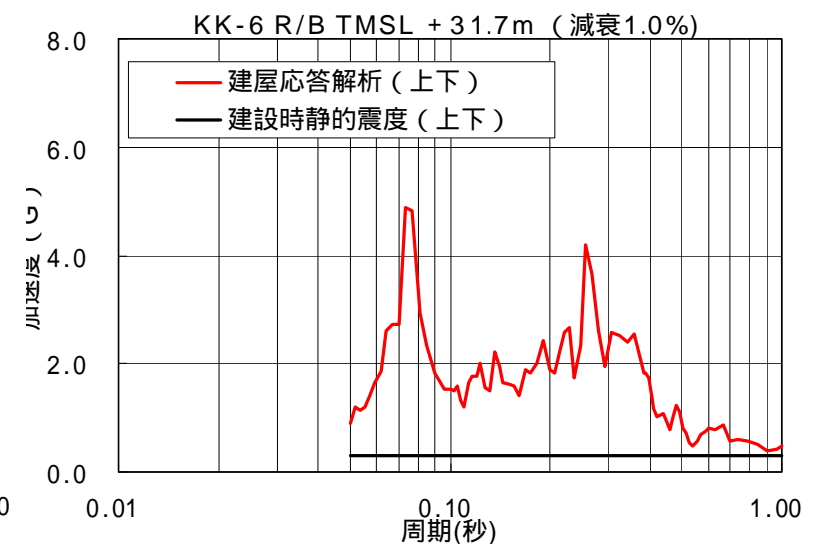
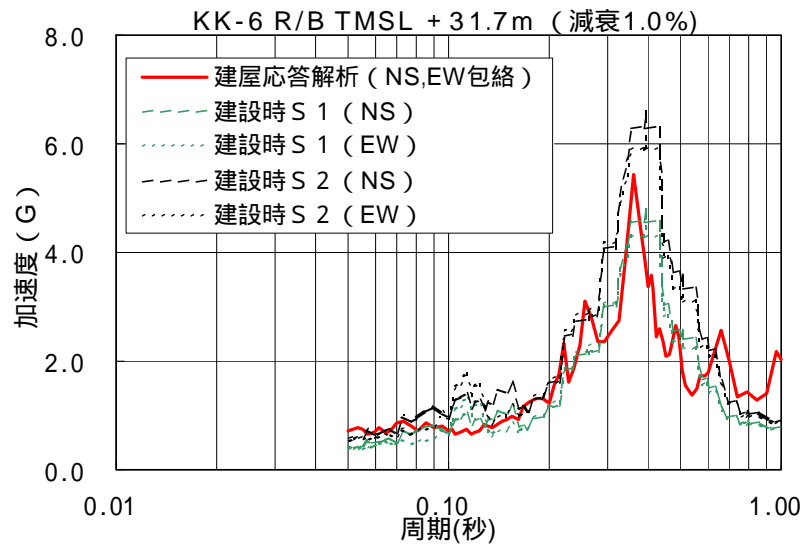
(水平方向)



(上下方向)



4階

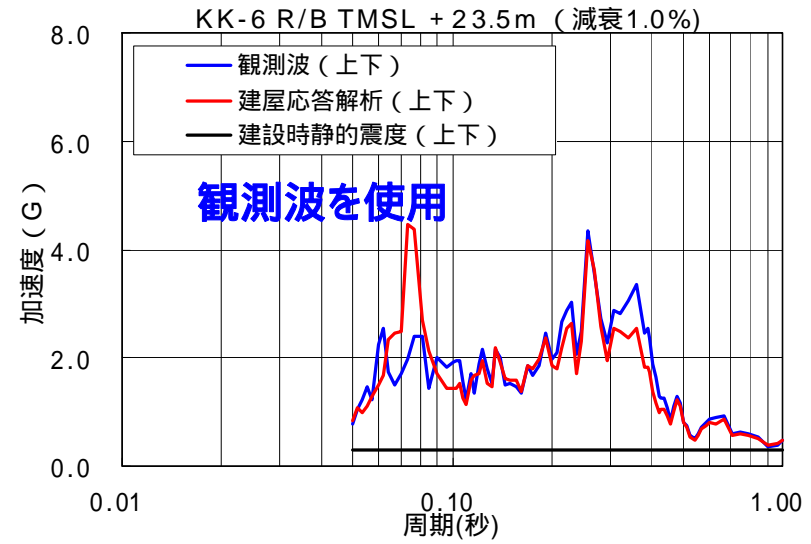
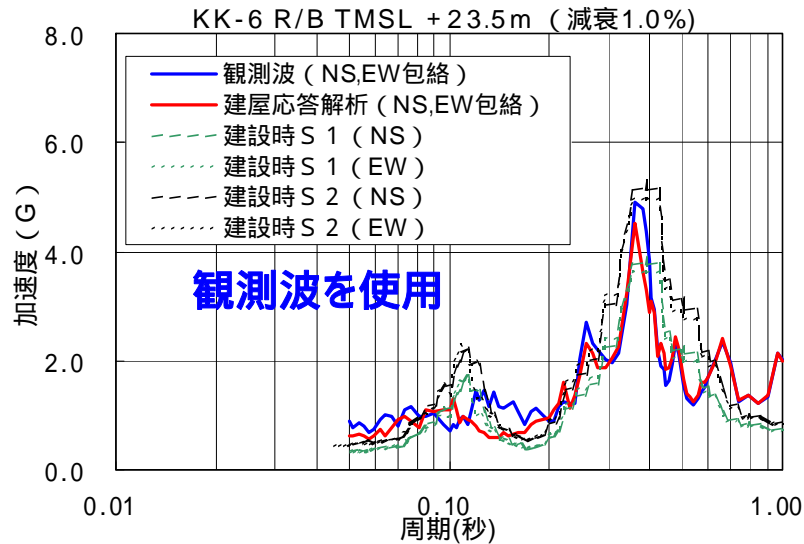


# 6号機原子炉建屋 床応答スペクトル ( 2 / 4 )

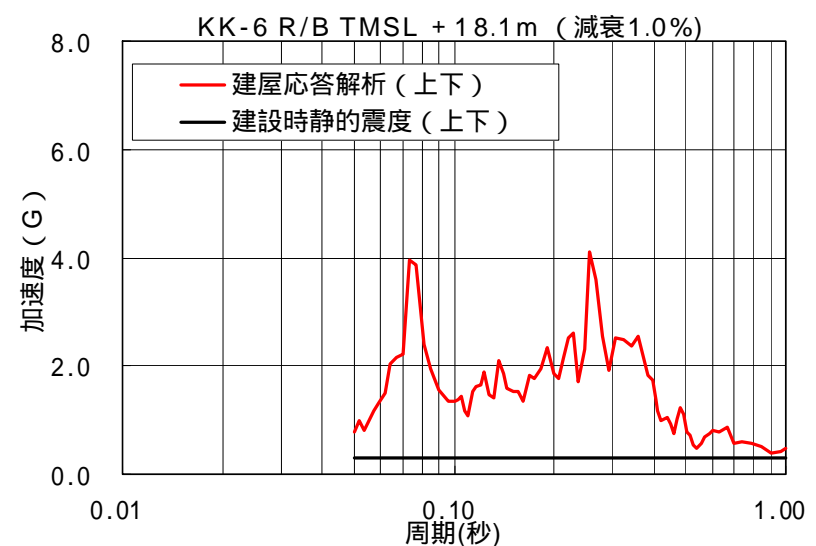
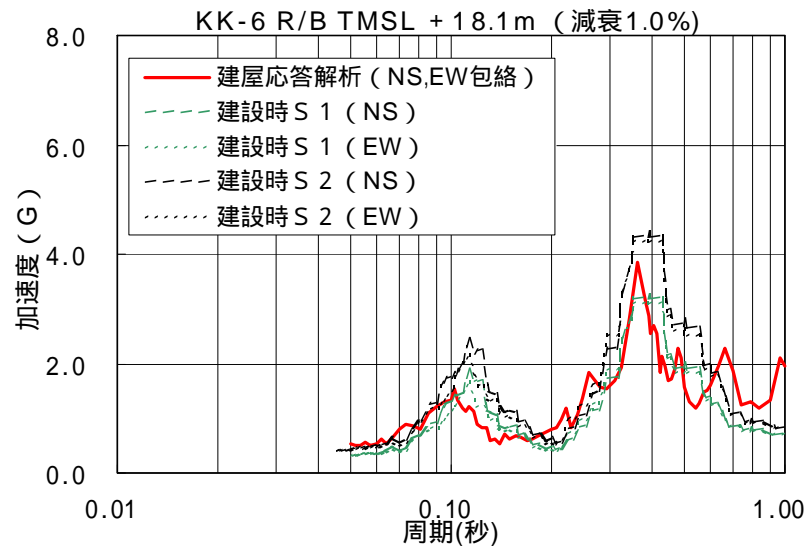
(水平方向)

(上下方向)

3階



2階

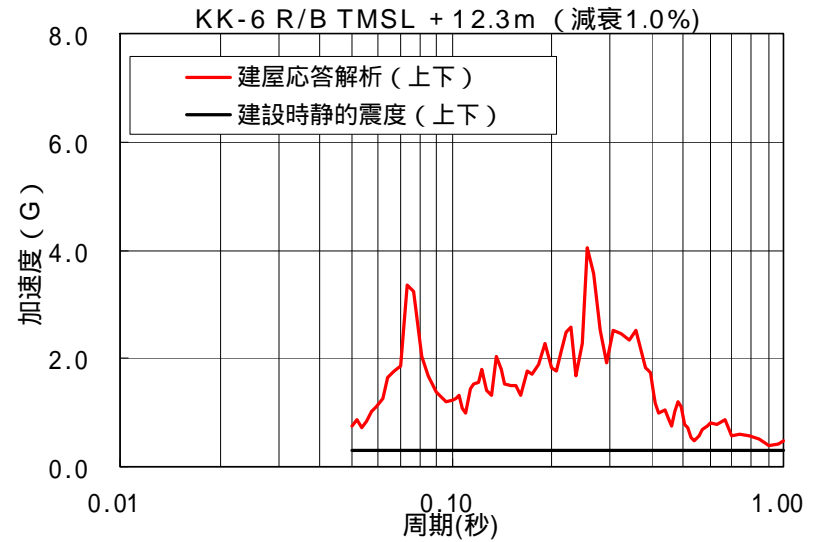
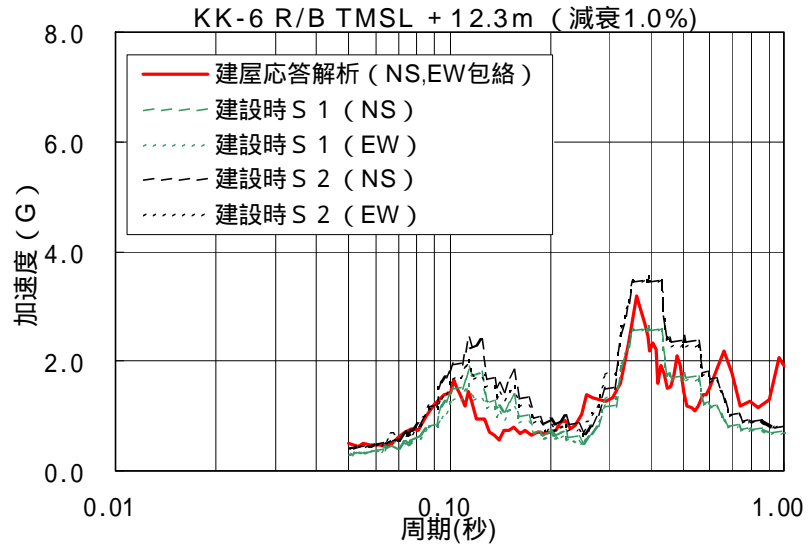


# 6号機原子炉建屋 床応答スペクトル ( 3 / 4 )

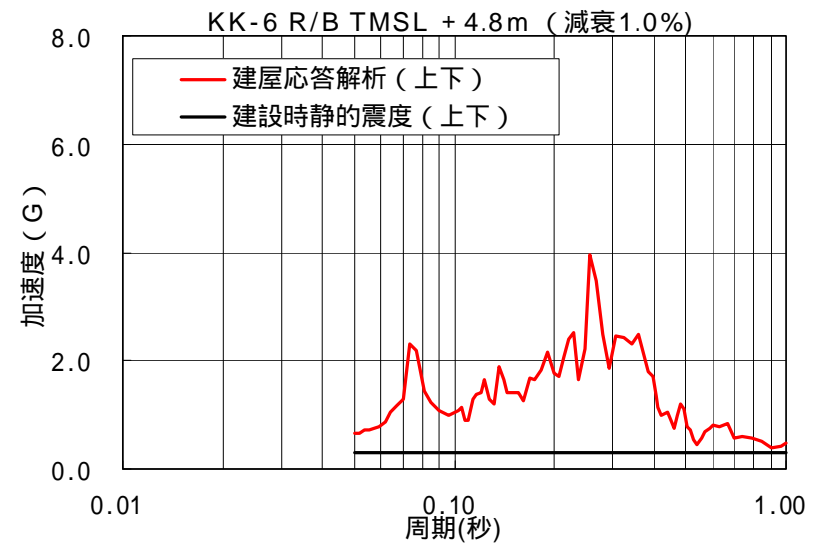
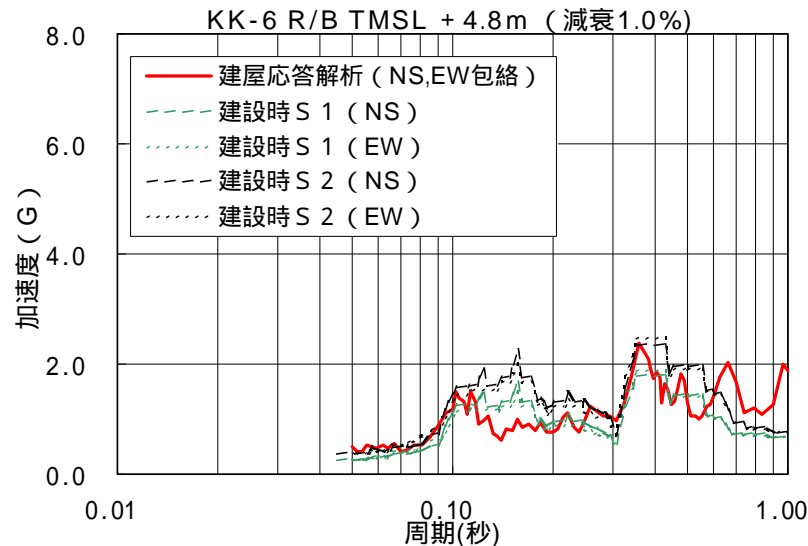
(水平方向)

(上下方向)

1階



地下  
1階

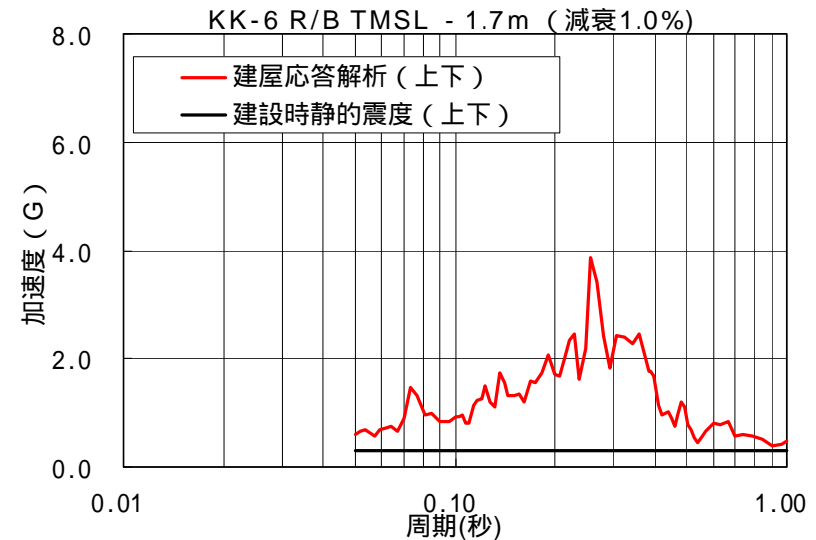
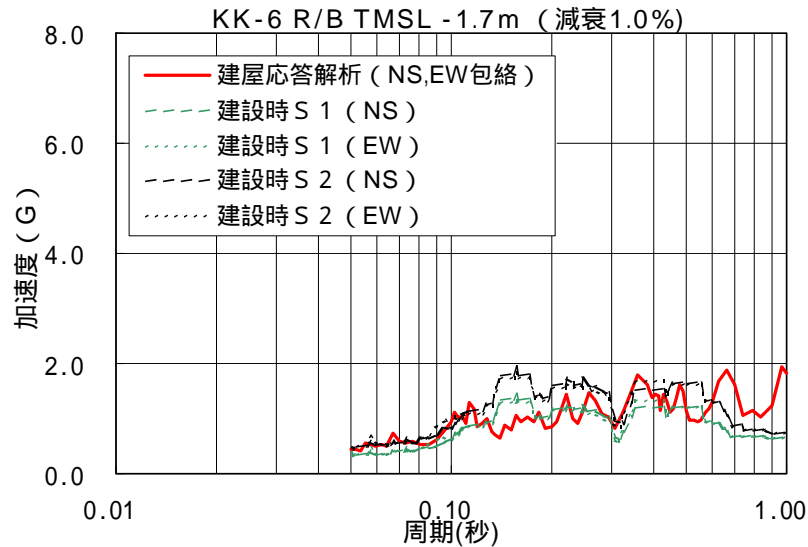


# 6号機原子炉建屋 床応答スペクトル ( 4 / 4 )

(水平方向)

(上下方向)

地下  
2階



基礎版  
上

