

柏崎刈羽原子力発電所6号機 点検状況報告

平成20年6月5日
東京電力株式会社



東京電力

6号機概略スケジュール

| | | 平成20年 | | | | | | | | |
|-----|------------|-------|----|----|----|----|-----------|----|----|----|
| | | 1月 | 2月 | 3月 | 4月 | 5月 | 6月 | 7月 | 8月 | 9月 |
| 6号機 | 設備点検 | | | ■ | | | ▽ 今回報告 | □ | | |
| | 地震応答 解析 | | | ■ | | | □ | | | |
| | 総合評価 | | | ■ | | | □ | | | |

当該工程は現時点におけるものであり、点検・評価の進捗等により変更する可能性がある。

今回の報告対象

■ 主要設備における目視点検結果と地震応答解析結果（添付 1）

- ✓ 残留熱除去系ポンプ（B系）¹
- ✓ 原子炉圧力容器基礎ボルト
- ✓ 炉心支持構造物（シュラウドサポート）
- ✓ 残留熱除去系配管
- ✓ 主蒸気系配管
- ✓ 原子炉格納容器
- ✓ 改良型制御棒駆動機構

1：残留熱除去系ポンプは作動試験結果についても報告

■ 6号機における不適合事象（添付 2）

■ 代表的な動的機器の作動試験結果について（添付 3）

主要設備における目視点検結果と 地震応答解析結果（添付1）

地震応答解析評価結果

主要設備の構造強度評価

| 確認対象 | 固有周期 (秒) | 応力 分類 | 算出値 (N/mm ²) | 許容応力(_A S) (N/mm ²) | 評価 方法 ¹ |
|------------------------|----------------------|----------|-----------------------------|---|-----------------------|
| 原子炉圧力容器 (基礎ボルト) | 0.067 | 引張 | 136 (115) | 499 ³ | A |
| 炉心支持構造物 (シュラウドサポート) | 0.131 | 軸圧縮 | 29 (32) | 243 ³ | A |
| 残留熱除去系配管 | 0.145 | 一次 | 104 ² (239) | 274 ³ | B |
| 残留熱除去系ポンプ (基礎ボルト) | 0.035 | せん断 | 4 (5) | 377 [SNCM439] (350)[SCM435] | A |
| 主蒸気系配管 | 0.106 | 一次 | 175 ² (136) | 281 ³ | B |
| 原子炉格納容器 (ドライウェル) | NS 0.436 EW 0.427 | 曲げ | 16 (27) | 264 ³ | A |

算出値における () 内の値は、K - 7 の算出値を記載

1 : Aは「簡易評価」、Bは「設計時と同等の評価」を示す

2 : K7とは箇所が異なる

3 : K6・K7で材質が同じため許容応力も同じ

地震応答解析評価結果

主要設備の構造強度評価

| 確認対象 | 水平加速度 (G ¹) | | 鉛直加速度 (G ¹) | |
|-----------|-------------------------|----------|-------------------------|----------|
| | 算出値 | 機能確認済加速度 | 算出値 | 機能確認済加速度 |
| 残留熱除去系ポンプ | 0.4 (0.4) | 10.0 | 0.5 (0.4) | 1.0 |

算出値における () 内の値は、K - 7 の算出値を記載

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

[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)

| 確認対象 | 相対変位 (mm) | |
|--------|--------------|-----------|
| | 算出値 | 機能確認済相対変位 |
| 制御棒挿入性 | 5.9 (7.1) | 40 |

算出値における () 内の値は、K - 7 の算出値を記載

1 . 残留熱除去系（RHR）ポンプの評価の概要（1 / 3）

■ 地震後の状況（RHR（B）ポンプ）

第8回定期検査のため、原子炉停止時冷却モード で運転中であった。

■ 点検結果と今後の予定

- RHRポンプ(B)外観の目視点検、作動試験を実施し異常なし。
- RHR ポンプ(B)基礎ボルトの目視点検、打診点検を実施し異常なし。
- RHRポンプ(A) (C)についても同様に点検を実施予定。
- RHRポンプ(A)は予め計画する追加点検として分解点検を実施予定。
- 振動診断により、振動値・周波数の測定を実施し、地震前後で顕著な変化なし。（5/16 設備健全性評価SWGにて報告済み(参考資料1参照))

RHR（B）ポンプ点検結果一覧

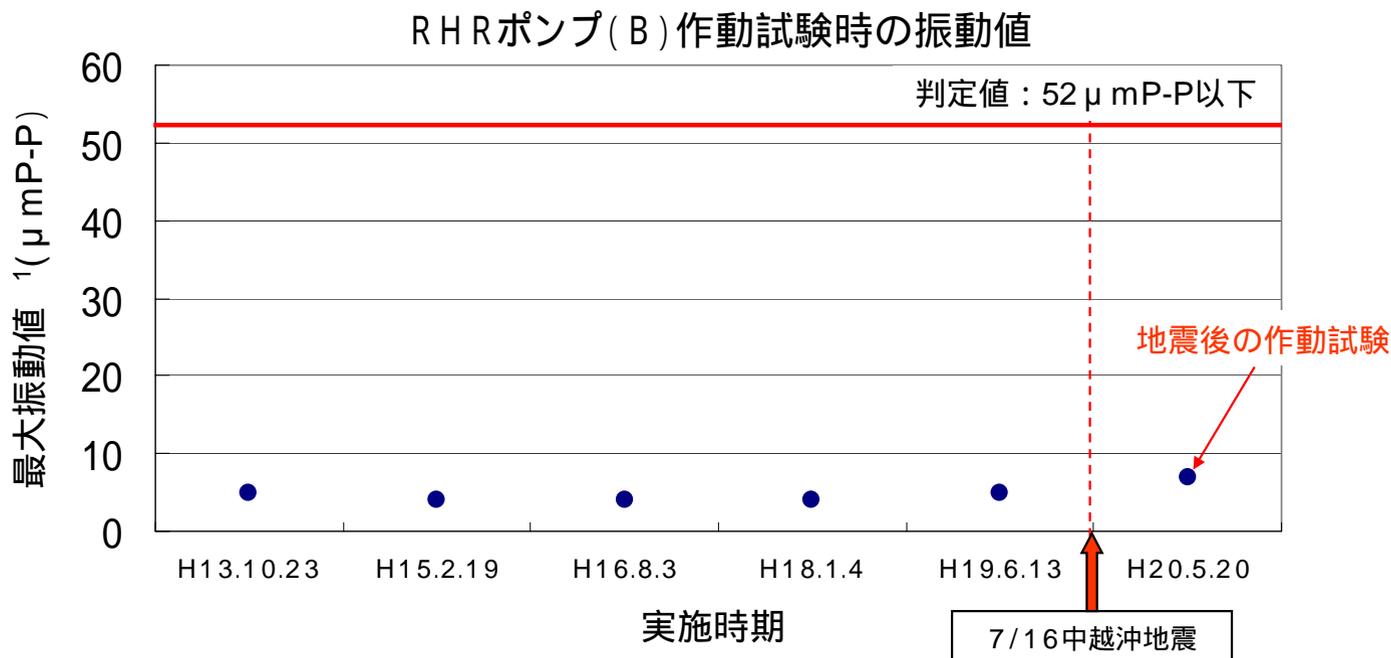
| | 点検結果 |
|---------------|---|
| ポンプ 外観目視点検 | ケーシング、小口径配管、軸受け部、カップリング、取付けボルト、基礎ボルト等を点検し、異常なし。 |
| 作動試験 | ポンプ性能確認、異音・異臭・振動・漏えい確認を実施し、異常なし |

原子炉停止後、炉心崩壊熱及び残留熱を除去して冷却する運転モード

1. 残留熱除去系 (RHR) ポンプの評価の概要 (2 / 3)

■ 地震後の作動試験の評価結果

- 地震後の作動試験における振動値が判定値を満足することを確認。
- 地震前過去5回の点検における作動試験時の振動値を参考に、今回の振動値と比較を行い、地震発生前後に顕著な変化が認められないことを確認。

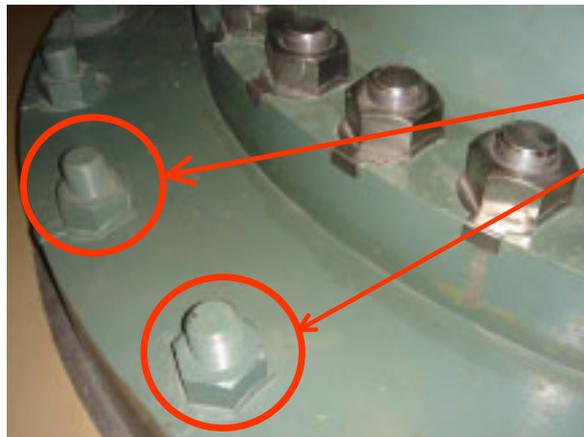


1 : 各測定部位の水平、垂直、軸方向の振動値のうち最大の値

1. 残留熱除去系 (R H R) ポンプの評価の概要 (3 / 3)

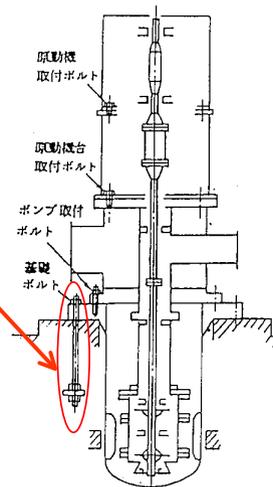
■ 解析結果

R H R ポンプの基礎ボルトに発生するせん断応力を解析的に求め、許容応力値以下であることを確認した。またR H R ポンプの動的機能維持についても確認を行い、動的機能が維持されることを確認した。



RHRポンプ基礎部外観

基礎ボルト



RHRポンプ外形図

構造強度
評価

| 評価部位 | 応力分類 | 発生応力 (N/mm ²) | 許容応力(AS) (N/mm ²) |
|-------|------|----------------------------|---------------------------------|
| 基礎ボルト | せん断 | 4 | 377 |

動的機能
維持評価

| 水平加速度 (G ¹) | | 鉛直加速度 (G ¹) | |
|--------------------------|----------|--------------------------|----------|
| 応答加速度 | 機能確認済加速度 | 応答加速度 | 機能確認済加速度 |
| 0.4 | 10.0 | 0.5 | 1.0 |

1 : G = 9.80665(m/s²)

2 . 原子炉压力容器基礎ボルトの評価の概要

■点検の結果と今後の予定

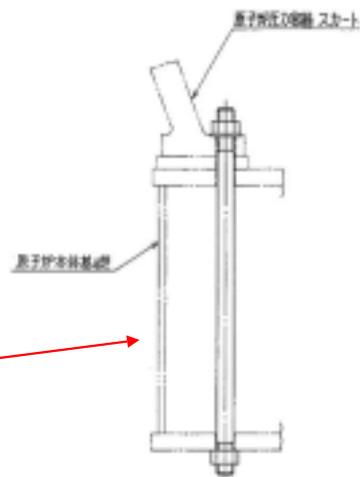
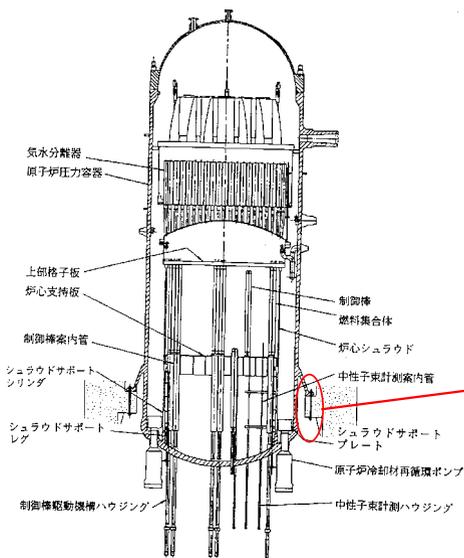
- 目視点検を実施し，異常のないことを確認。
- 基礎ボルトの打診試験を計画中。

■解析結果

- 原子炉压力容器基礎ボルトに発生する引張応力を解析的に求め，許容応力以下であることを確認。



原子炉压力容器基礎ボルト外観図



压力容器基礎ボルト

| 構造強度 評価 | 評価部位 | 応力分類 | 発生応力 (N/mm ²) | 許容応力(AS) (N/mm ²) |
|------------|-------|------|---------------------------|--------------------------------|
| | 基礎ボルト | 引張 | 136 | 499 |

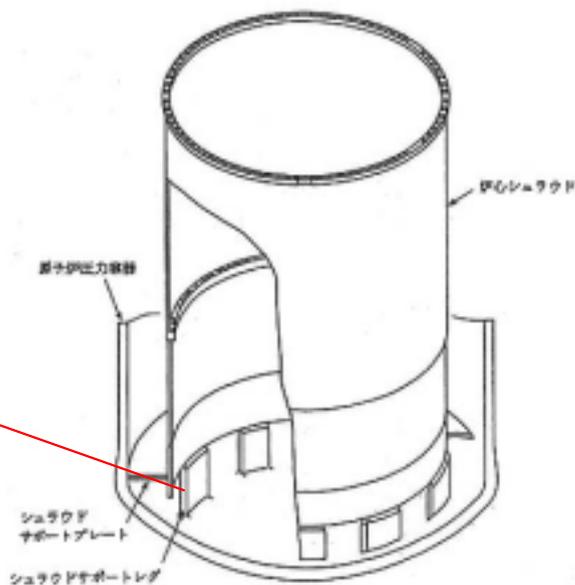
3 . シュラウドサポートレグの評価の概要

■点検の結果

- 水中カメラによる目視点検を実施し，異常のないことを確認。

■解析結果

- シュラウドサポートレグに発生する軸圧縮応力を解析的に求め，許容応力値以下であることを確認。



シュラウドサポートレグを炉心側から目視点検する様子

構造強度
評価

| 評価部位 | 応力分類 | 発生応力 (N/mm ²) | 許容応力(AS) (N/mm ²) |
|------------------------|------|---------------------------|--------------------------------|
| 炉心支持構造物 (シュラウドサポート) | 軸圧縮 | 29 | 243 |

4 . 配管（残留熱除去系 RHR）の評価の概要（1 / 2）

■ 地震後の状況

第8回定期検査のため、B系については原子炉停止時冷却モードで運転中であつた。

■ 点検結果と今後の予定

- 最大応力発生部を対象に目視点検を実施中であり、現時点において異常なし
- 配管の残りの部位についても目視点検を継続して実施
(RHR配管全体の約90%完了済み)
- 漏えい確認(基本点検)を今後実施予定。

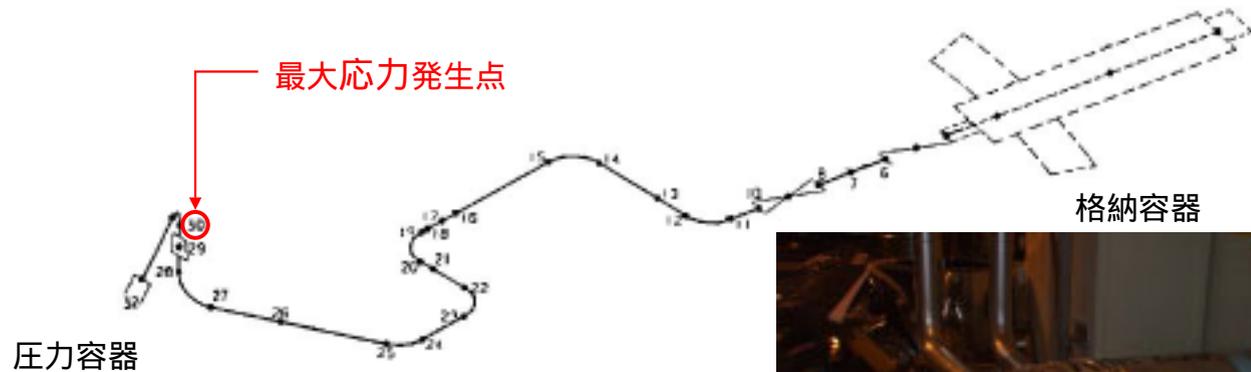
残留熱除去系配管の点検結果

| | 点検項目 | 点検結果 |
|------|-----------------------------------|----------|
| 目視点検 | 表面に強度・性能に影響を及ぼす恐れのある傷、割れ、変形等がないこと | 現時点で異常なし |

4 . 配管（残留熱除去系 RHR）の評価の概要（2 / 2）

■ 解析結果

残留熱除去系配管低圧注入ライン、エルボ部に発生する一次応力を解析的に求め、許容応力値以下であることを確認した。



残留熱除去系配管外観
(最大応力発生部)

| 構造強度 評価 | 応力分類 | 発生応力 (N/mm^2) | 許容応力(AS) (N/mm^2) |
|------------|------|-----------------------------|----------------------------------|
| | 一次 | 104 | 274 |

5 . 配管（主蒸気系MS）の評価の概要（1 / 2）

■ 地震後の状況

地震時6号機は定期検査中であり、主蒸気系配管は常温、大気圧の状態であった。

■ 点検結果と今後の予定

- 最大応力発生部を対象に目視点検を実施中であり、現時点において異常なし。
- 配管の残りの部位についても目視点検を継続して実施
(MS配管全体の約80%完了済み)
- 漏えい確認(基本点検)を今後実施予定。

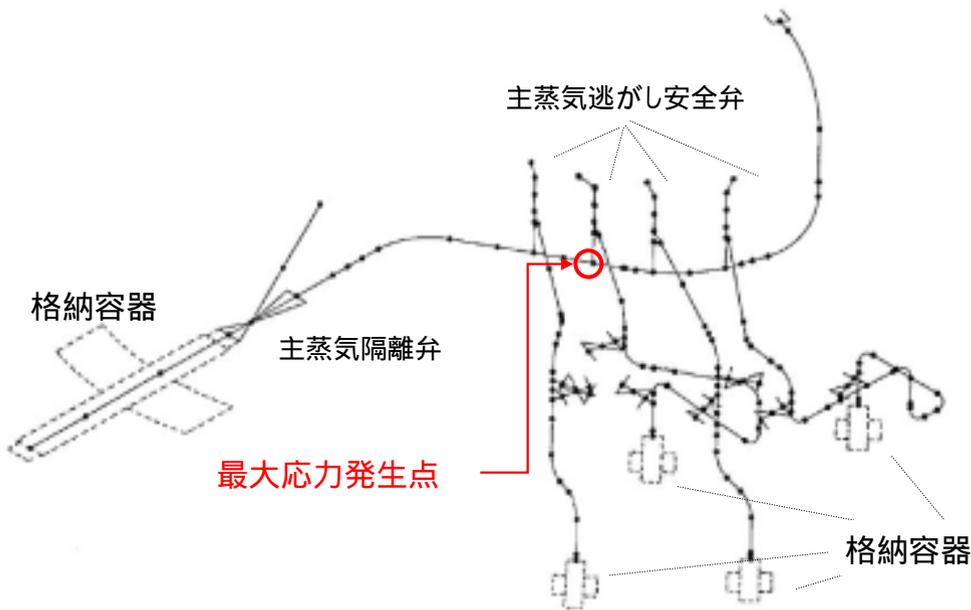
主蒸気系配管の点検結果

| | 点検項目 | 点検結果 |
|------|-----------------------------------|----------|
| 目視点検 | 表面に強度・性能に影響を及ぼす恐れのある傷、割れ、変形等がないこと | 現時点で異常なし |

5 . 配管 (主蒸気系MS) の評価の概要 (2 / 2)

■ 解析結果

主蒸気系配管から分岐している主蒸気逃がし安全弁用管台近傍において発生する一次応力を解析的に求め、許容応力値以下であることを確認した。



主蒸気系配管外観
(最大応力発生部)

| 構造強度 評価 | 応力分類 | 発生応力 (N/mm^2) | 許容応力(AS) (N/mm^2) |
|------------|------|------------------------------------|---|
| | 一次 | 175 | 281 |

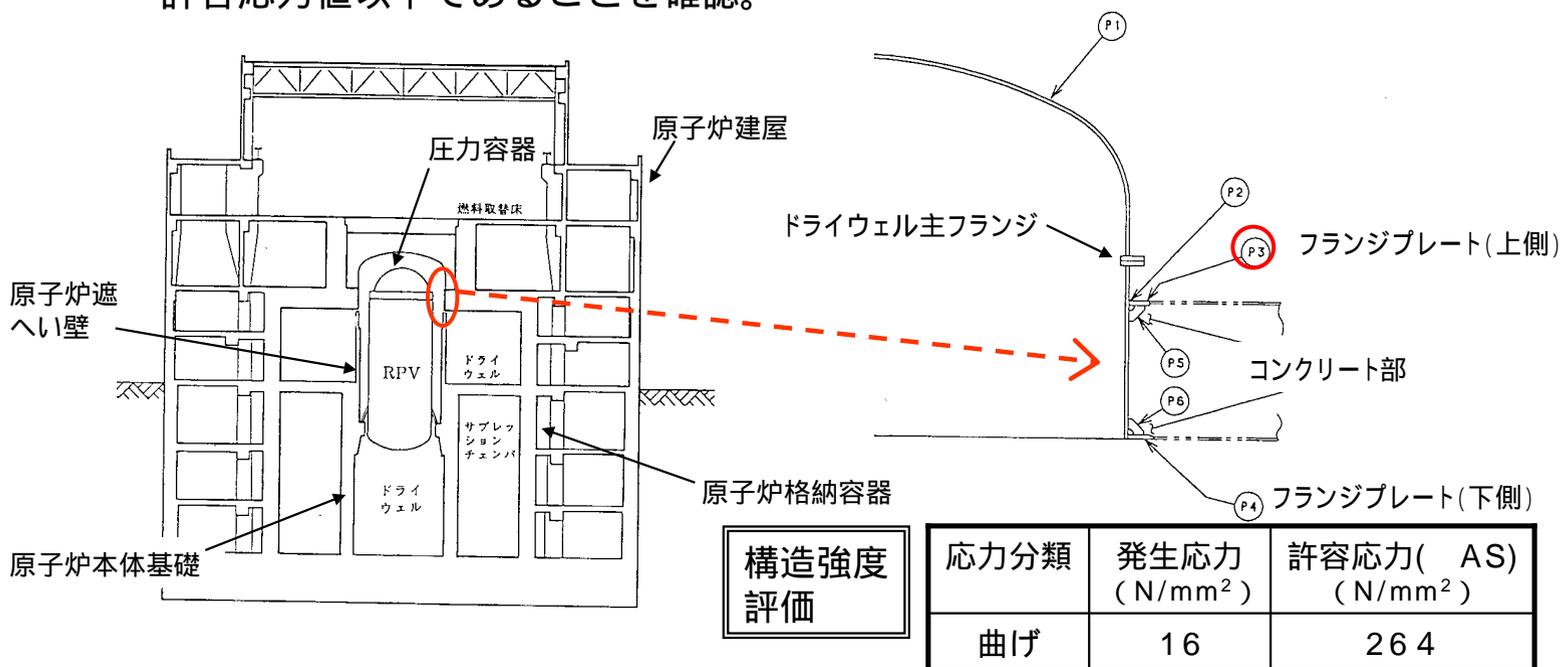
6 . 原子炉格納容器の評価の概要

■点検結果と今後の予定

- 目視点検を実施中であり、ドライウェル主フランジ(胴側)以外について異常のないことを確認。当該部については原子炉ウェル水抜き後実施予定。
- 漏えい確認(基本点検)を今後実施予定。

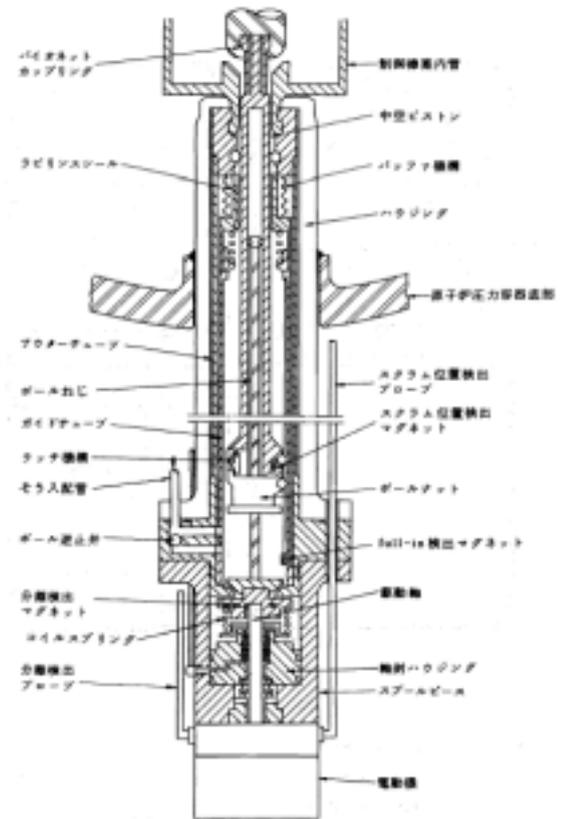
■解析結果

- ドライウェル上鏡フランジプレート(上側)に発生する曲げ応力を解析的に求め、許容応力値以下であることを確認。



7. 改良型制御棒駆動機構 (FMCRD) の評価の概要

- 地震後の状況
地震時6号機は定期検査中であり、制御棒は全挿入状態であった。
- 点検結果と今後の予定
 - 目視点検を実施し、異常のないことを確認。
 - FMCRDの配置等を考慮し、代表として15体について分解点検を実施し、異常のないことを確認。
 - 作動試験(基本点検)について実施中。
- 解析結果[参考 1]
地震により発生する燃料集合体の相対変位が、確認済相対変位²より小さく、制御棒の挿入性が維持されることを確認した。



制御棒駆動機構
断面図

| | | |
|--------------|---------------------------|-----------------|
| 動的機能 維持評価 | 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) |
| | 5.9 | 40 |

1：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

2：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

6号機における不適合事象（添付2）

1. 点検時確認された不適合について

| 分類 | 不適合内容 | | 件数 |
|-----------------|------------------|--|-----|
| 原子炉安全上 重要な機器 | 地震の影響による不適合 | なし | 0件 |
| | 経年劣化等による不適合 | FMCRD分離事象 D/G(A)燃料油にじみの件 起動領域モニタ用コネクタケーブル被覆部のずれ 非常用ガス処理系フィルタ装置内部の塗装の剥離 格納容器内雰囲気放射線モニタ用コネクタ芯線抜け 他 | 12件 |
| | 地震の影響の有無を評価中の不適合 | 非常用ディーゼル発電機(C)基礎部ひび割れ 他 | 2件 |
| その他の機器 | 地震の影響による不適合 | R/B天井クレーンカバージョイント破損 所内変圧器巻線間スペーサの位置ずれ 主発電機コレクタハウジングエアークラッチ板と軸の接触 他 | 7件 |
| | 経年劣化等による不適合 | 低起動変圧器温度高検出装置接点部接触不良 他 | 3件 |
| | 地震の影響の有無を評価中の不適合 | 主タービンの損傷 真空遮断器シャフト押さえリング突出 廃棄物処理建屋送風機(A)基礎部ひび割れ 他 | 18件 |

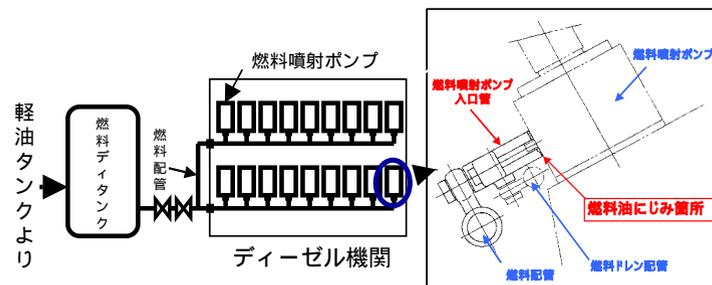
工事計画書に記載のある設備で、設備点検等で不適合が見つかったものを抽出

2 . 不適合事象の事例紹介 (1 / 2)

経年劣化等による不適合

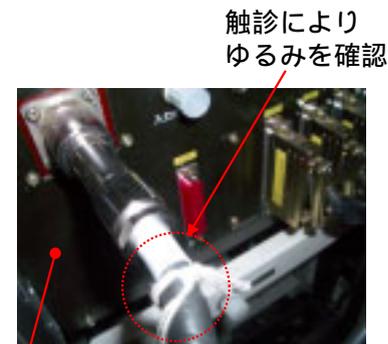
非常用ディーゼル発電機(A)燃料油にじみ

- ・ 事象：燃料噴射ポンプ付根部（フランジ部）より燃料油のにじみを確認
- ・ 原因：分解点検の結果、パッキンに割れが確認された。パッキンシール面が配管取付穴に対し偏心していたことから、施工時の取付不良による割れと推定
- ・ 対策：作業性を考慮した改良型パッキンに交換を実施



起動領域モニタ用コネクタケーブル被覆部ずれ

- ・ 事象：起動領域モニタ（G）チャンネル用のコネクタ接続ケーブルにゆるみを確認
- ・ 原因：コネクタ接続ケーブルの取付部が経年的に緩んだものと推定
- ・ 対策：コネクタ接続ケーブルの交換を予定



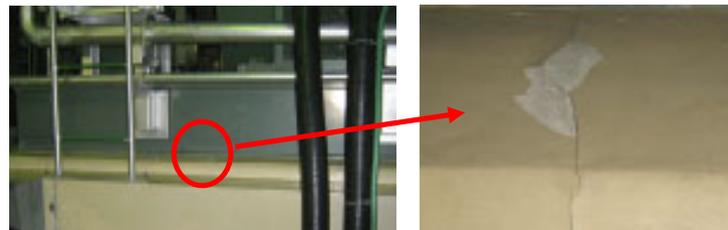
起動領域モニタ (G)背面

2 . 不適合事象の事例紹介 (2 / 2)

地震の影響を評価中の不適合

非常用ディーゼル発電機 (C) 基礎部ひび割れの件

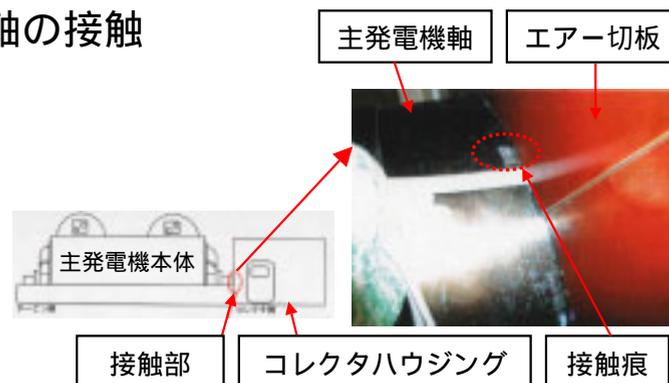
- ・ 事象：非常用ディーゼル発電機 (C) の基礎部に表面塗装に軽微なひびを確認
- ・ 原因：地震の影響を含め検討中
- ・ 対策：検討中



地震の影響による不適合

主発電機コレクタハウジングエアークラウドと軸の接触

- ・ 事象：主発電機軸にコレクタハウジングエアークラウドとの接触痕を確認
- ・ 原因：地震の影響により軸及びコレクタハウジングが揺れたことにより接触したものと推定
- ・ 対策：主発電機分解点検に合わせてエアークラウドの交換を行う。



代表的な動的機器の作動試験結果について (添付3)

代表的な動的機器の作動試験結果について

- 地震後の作動試験における振動値が判定値を満足することを確認すると共に、過去の作動試験時と地震後の振動値のデータ比較により、異常のないことを確認。
- また、地震前後の動的機器の状態変化を確認するため、可能な範囲で振動診断を用いた状態監視技術により設備健全性評価を実施し、異常のないことを確認。



動的機器の代表として、次の機器の点検結果を示す。

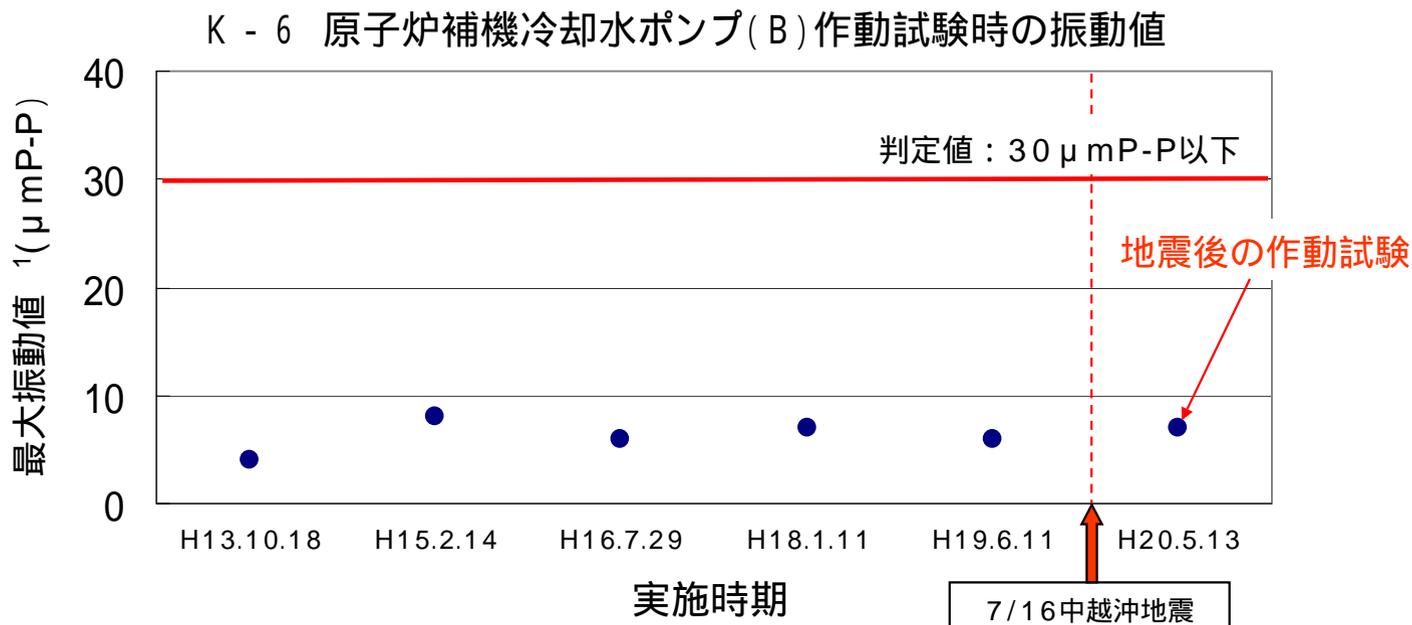
- [横形ポンプ] 原子炉補機冷却水ポンプ(B)
- [電動機] 残留熱除去系ポンプ(B)電動機
- [ファン] 非常用ガス処理系ファン(A)
- [弁] 高圧注入系 S/P側吸込隔離弁(B)

1 . 原子炉補機冷却水ポンプ(B) の点検状況 (1 / 2)

■ 点検の結果

- ポンプの目視点検、作動試験を実施し、異常のないことを確認

■ 地震前過去5回の点検後の作動試験における振動値の比較



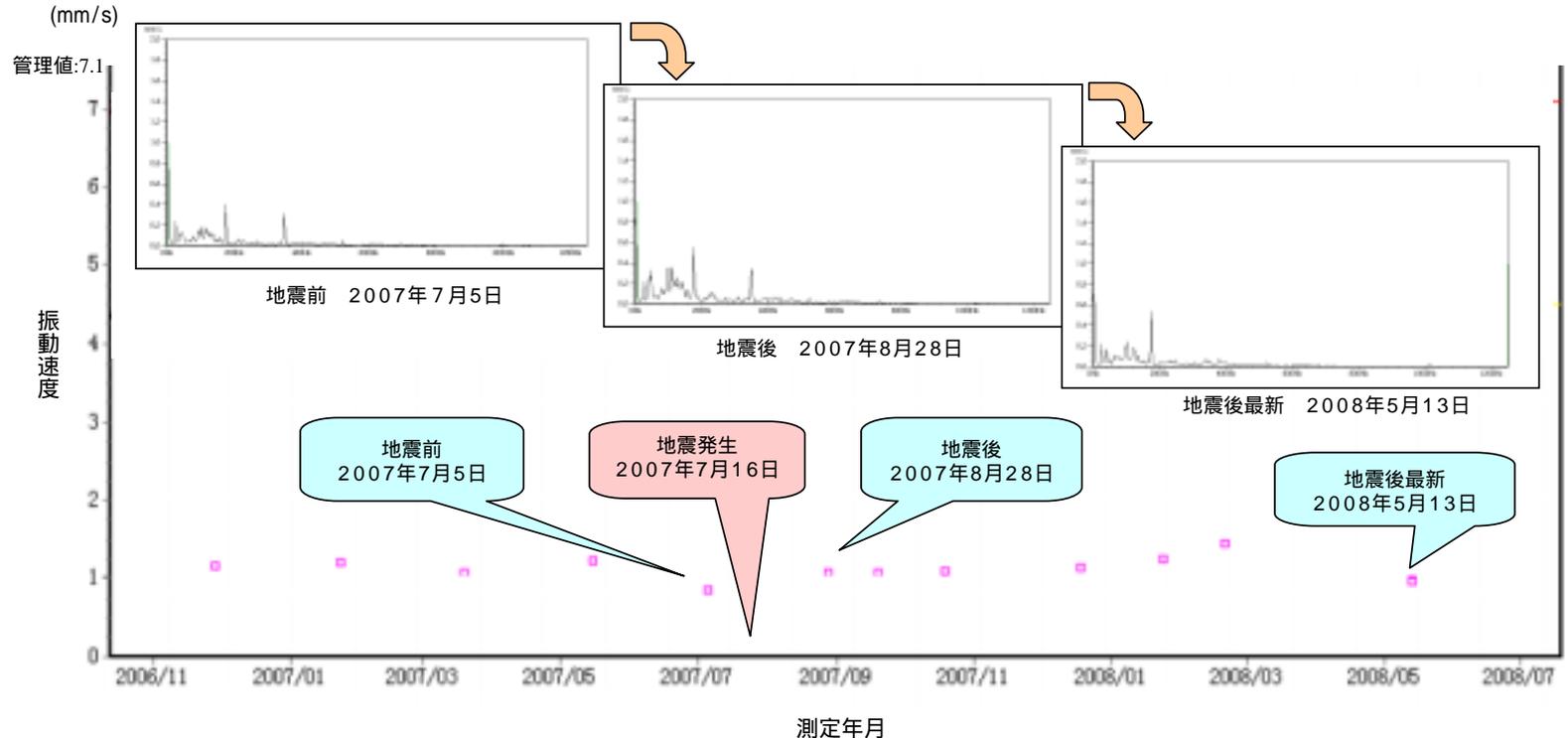
過去の作動試験時の振動値と比較しても、地震発生前後に顕著な変化は認められない

1：各測定部位の水平、垂直、軸方向の振動値のうち最大の値

1. 原子炉補機冷却水ポンプ(B) の点検状況 (2 / 2)

■ 振動診断結果

K - 6 原子炉補機冷却水ポンプ (B) カップリング側 (水平方向) の振動診断結果



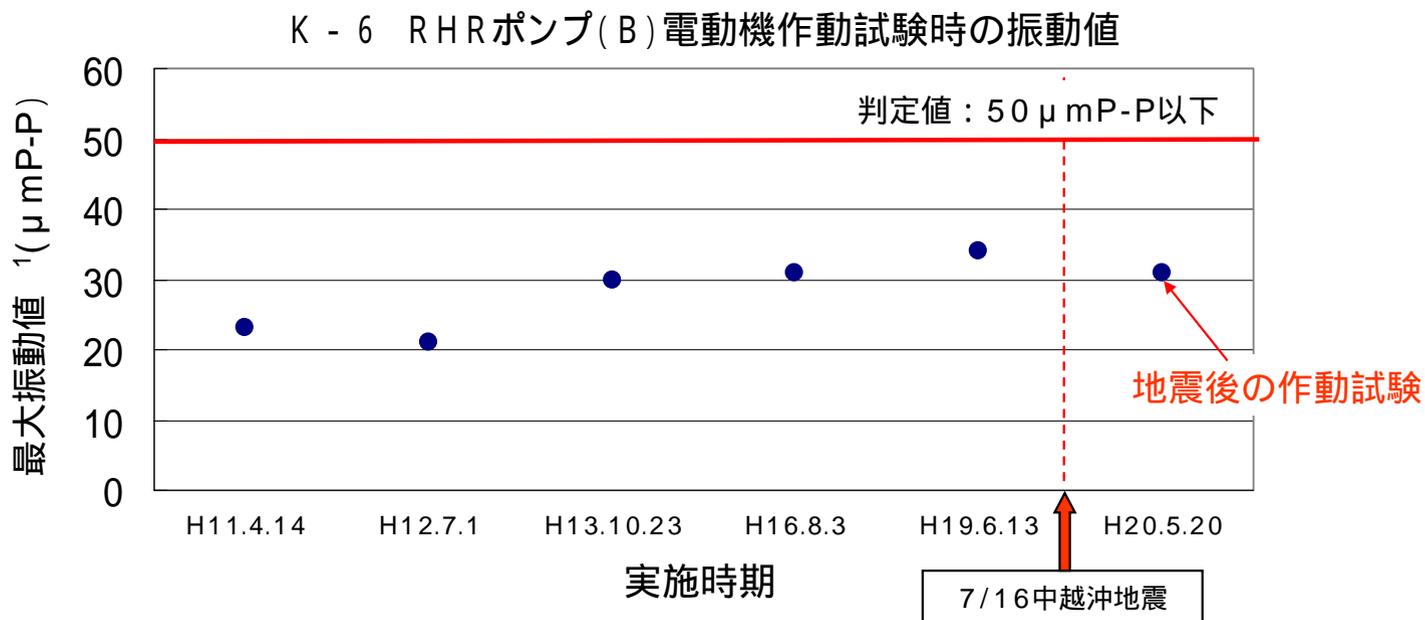
振動速度・周波数とも地震発生前後に顕著な変化は認められない。

2. 残留熱除去系ポンプ(B)電動機の点検状況 (1 / 2)

■ 点検の結果

- 電動機の目視点検、作動試験を実施し、異常のないことを確認

■ 地震前過去5回の点検後の作動試験における振動値の比較

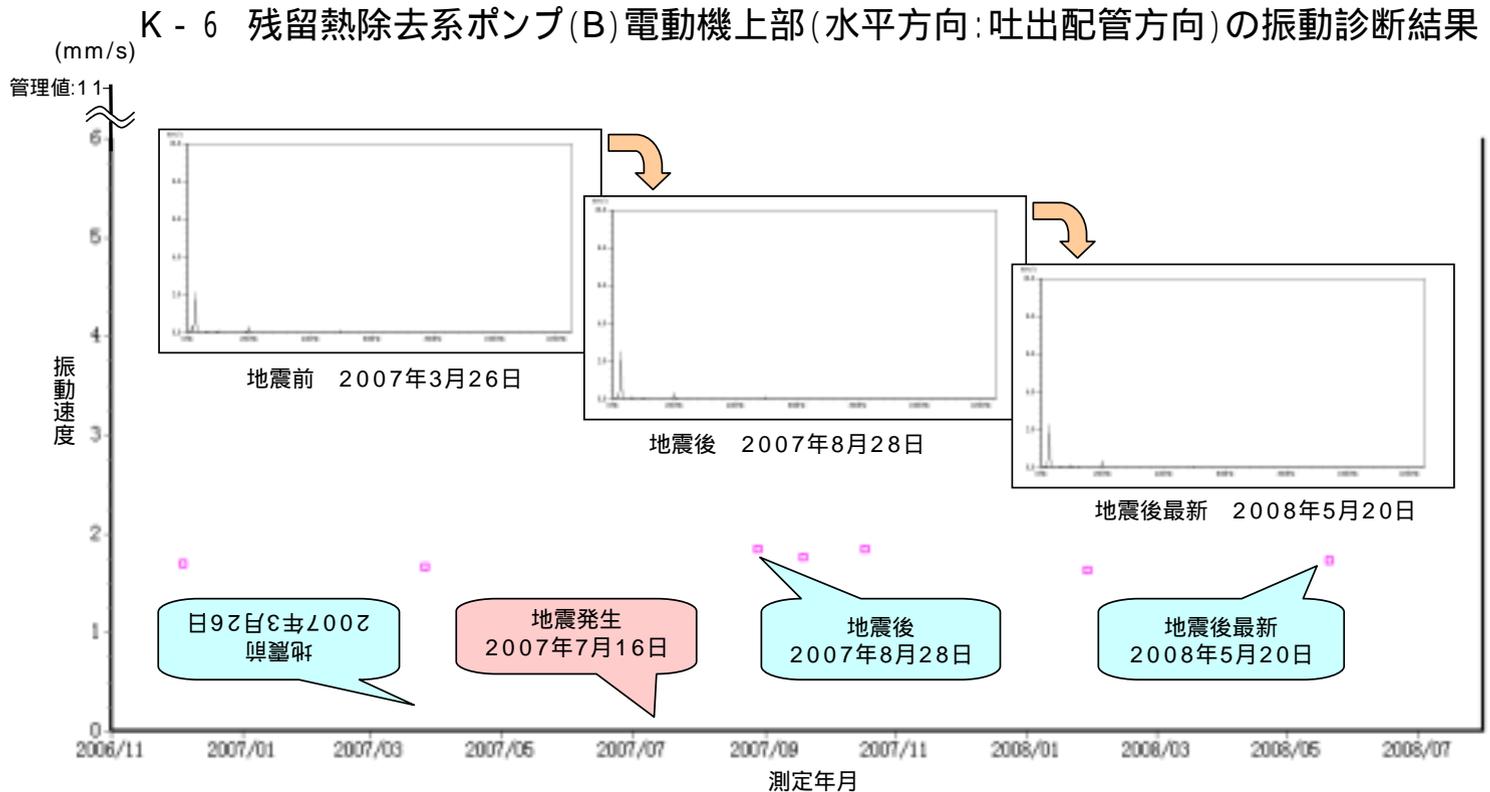


過去の作動試験時の振動値と比較しても、地震発生前後に顕著な変化は認められない

1：各測定部位の水平、垂直、軸方向の振動値のうち最大の値

2. 残留熱除去系ポンプ(B)電動機の点検状況 (2 / 2)

■ 振動診断結果



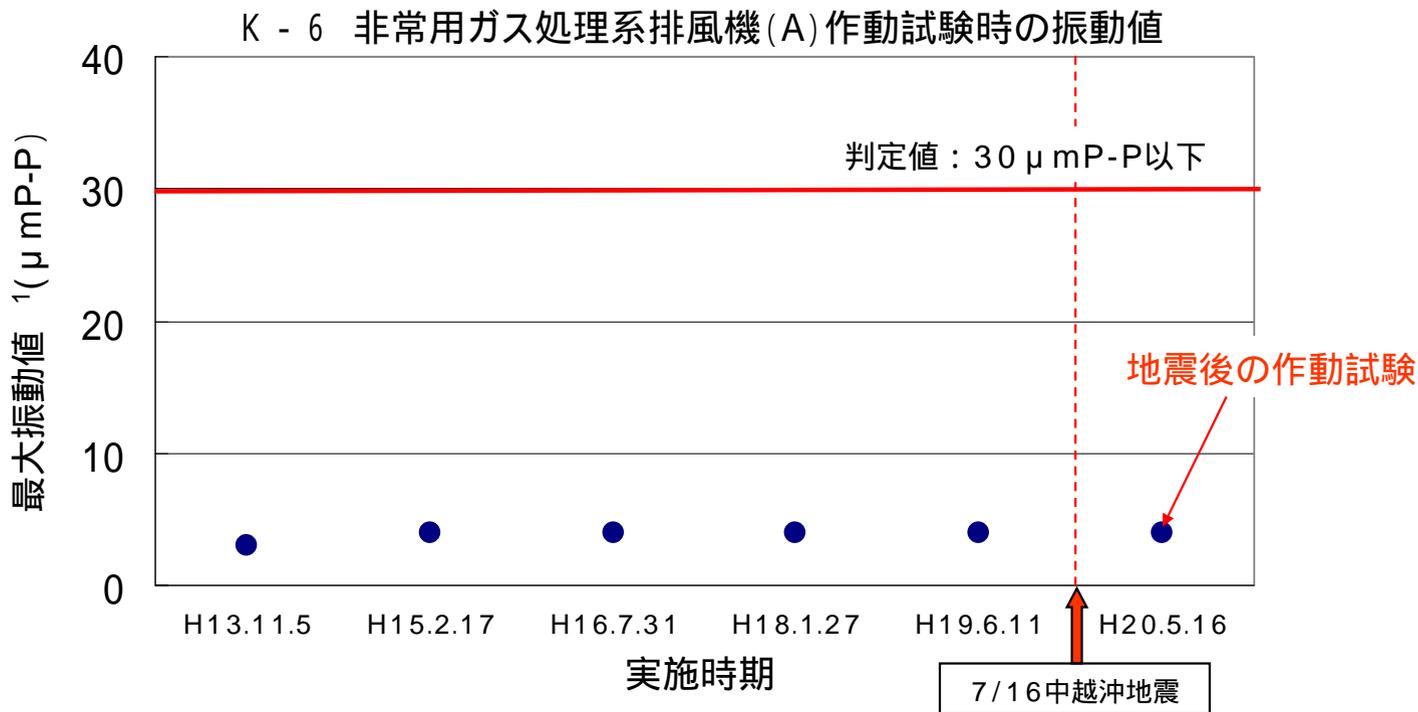
振動速度・周波数とも地震発生前後に顕著な変化は認められない。

3 . 非常用ガス処理系排風機(A) の点検状況 (1 / 2)

■ 点検の結果

- ファンの目視点検、分解点検及び作動試験を実施し、異常のないことを確認

■ 地震前過去5回の点検後の作動試験における振動値の比較



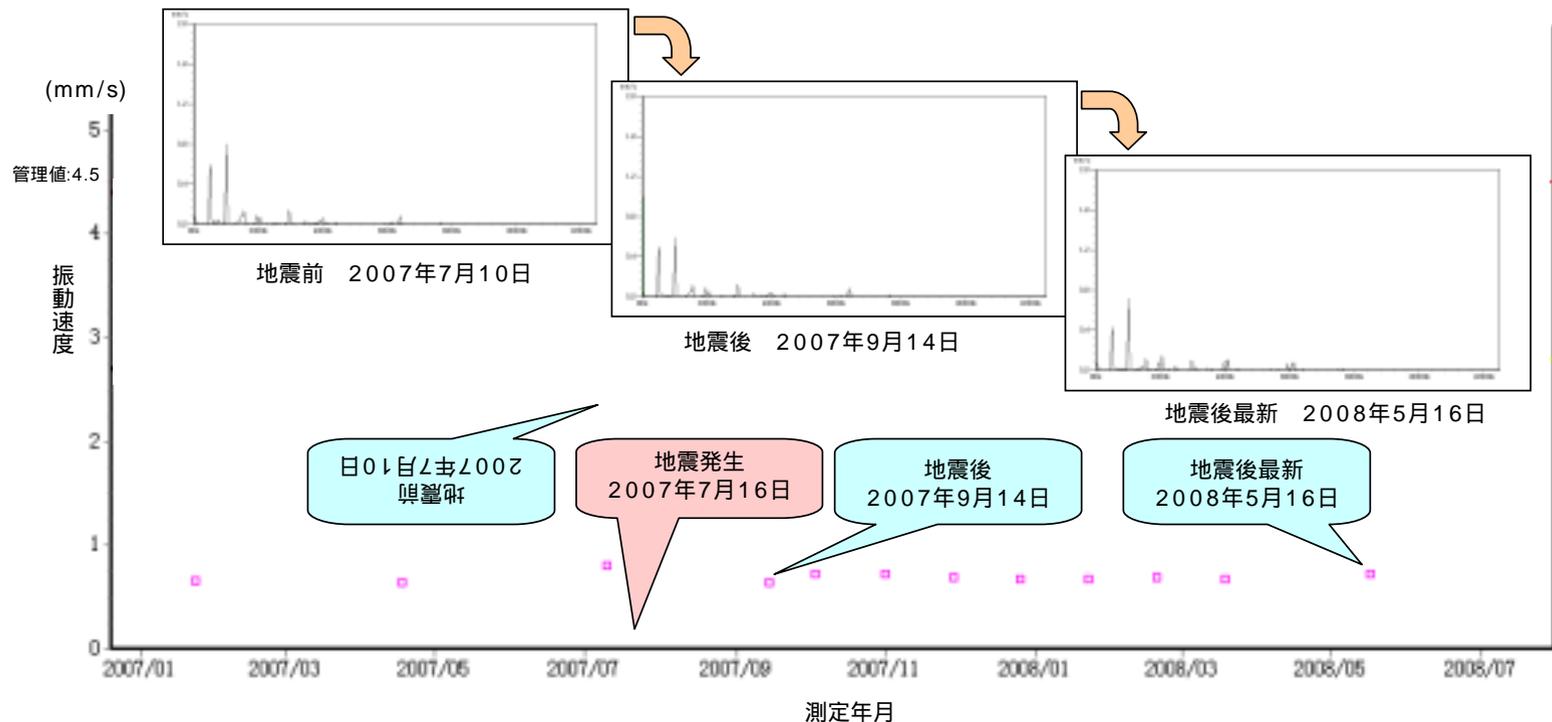
過去の作動試験時の振動値と比較しても、地震発生前後に顕著な変化は認められない

1 : 各測定部位の水平、垂直、軸方向の振動値のうち最大の値

3 . 非常用ガス処理系排風機(A) の点検状況 (2 / 2)

■ 振動診断結果

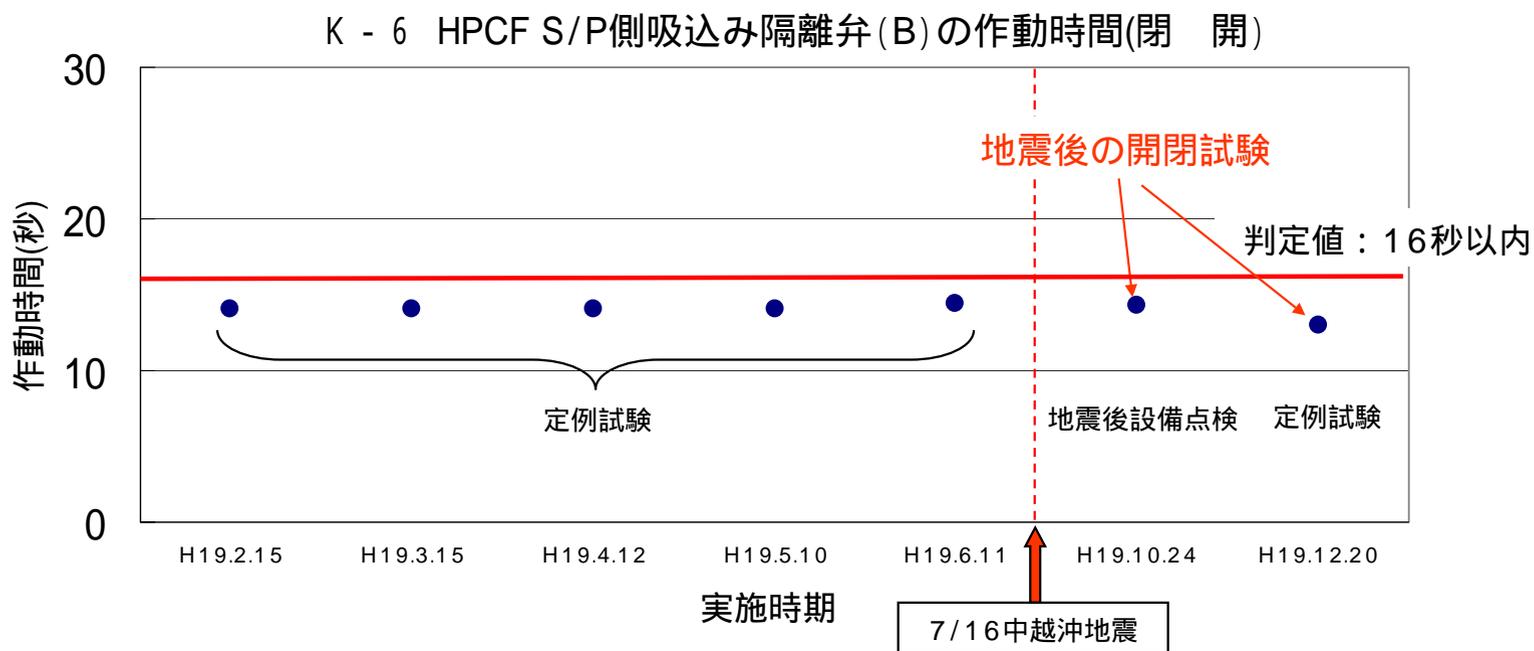
K - 6 非常用ガス処理系排風機(A)反カップリング側(水平方向)の振動診断結果



振動速度・周波数とも地震発生前後に顕著な変化は認められない。

4 . 高压注入系 S/P側吸込み隔離弁[E22-F006B]の点検状況

- 点検の結果
 - 弁の目視点検、作動試験を実施し、異常のないことを確認
- 地震前過去5回の弁作動試験時における作動時間の比較



第4回定期検査(H13年)実施の点検以降は、弁作動時間に影響する分解点検及びグランド取替等の作業は実施しておらず、地震前後において弁作動時間に有意な変化は確認されない

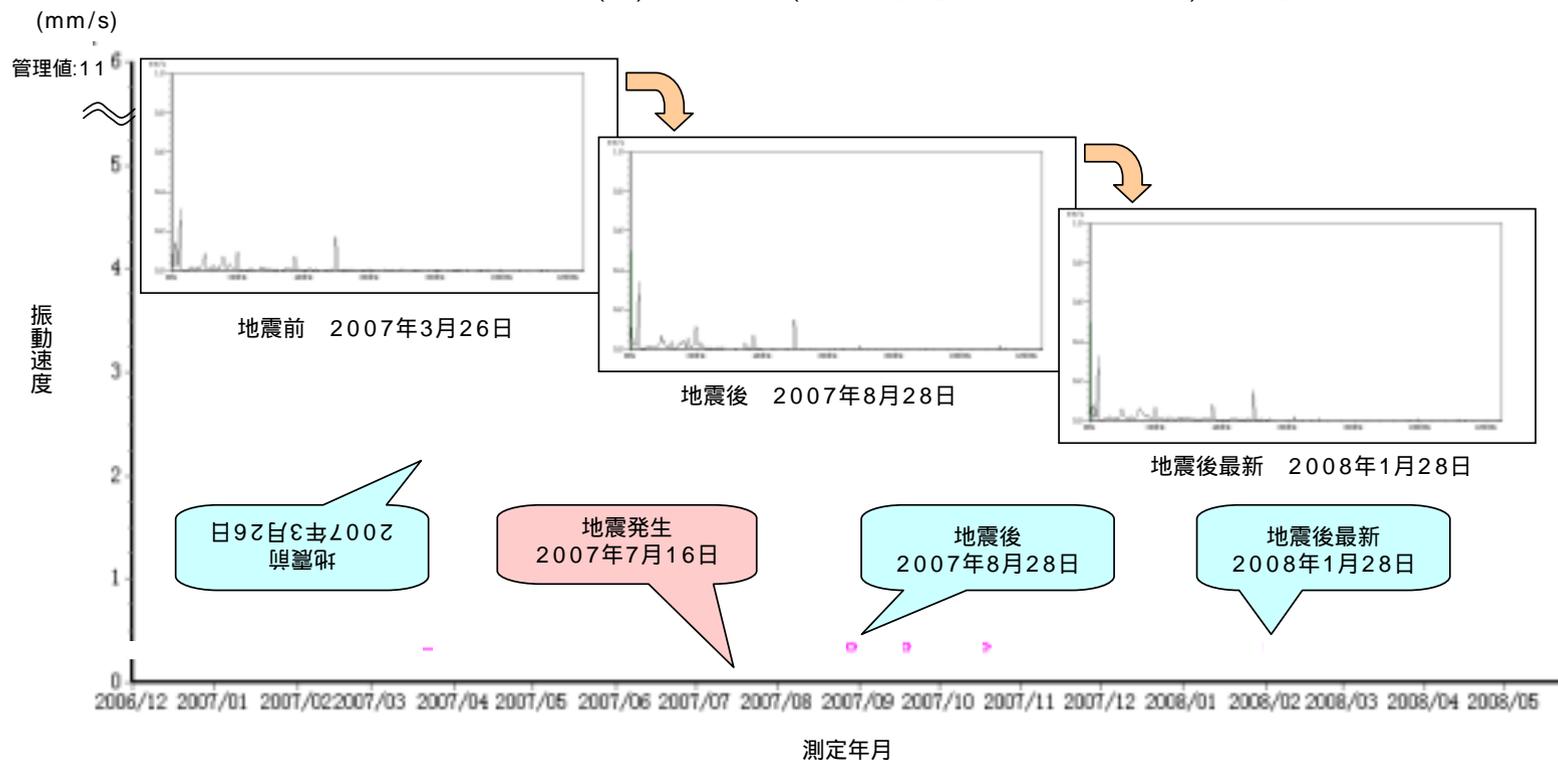
参 考 資 料

[参考1]：残留熱除去系ポンプ（B）の振動診断の傾向
（5/16設備健全性評価SWGにて報告）

[参考2]：6号機 原子炉建屋床応答スペクトル

[参考1] 残留熱除去系ポンプ(B)の振動診断の傾向

K - 6 残留熱除去系ポンプ(B)ポンプ側(水平方向:吐出配管方向)の振動診断結果

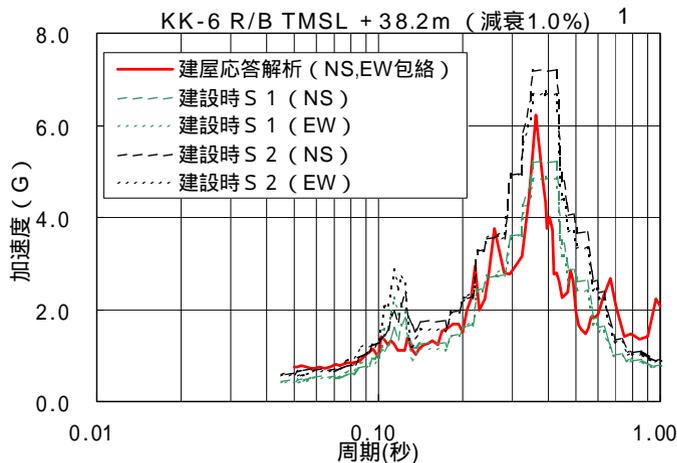


振動速度・周波数とも地震発生前後に顕著な変化は認められない。

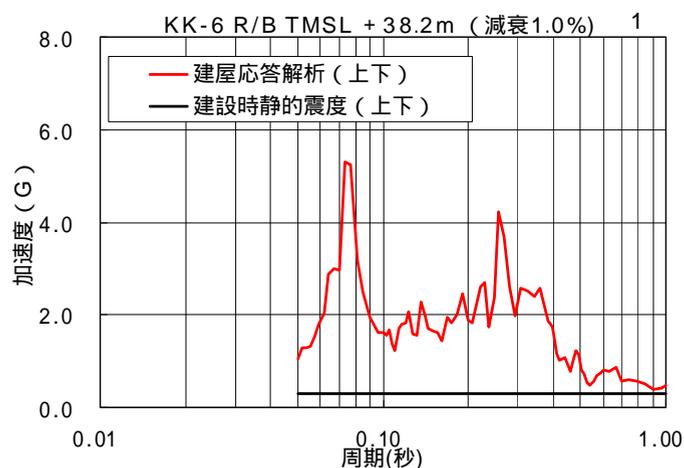
[参考2] 6号機原子炉建屋 床応答スペクトル (1 / 4)

天井
クレーン階

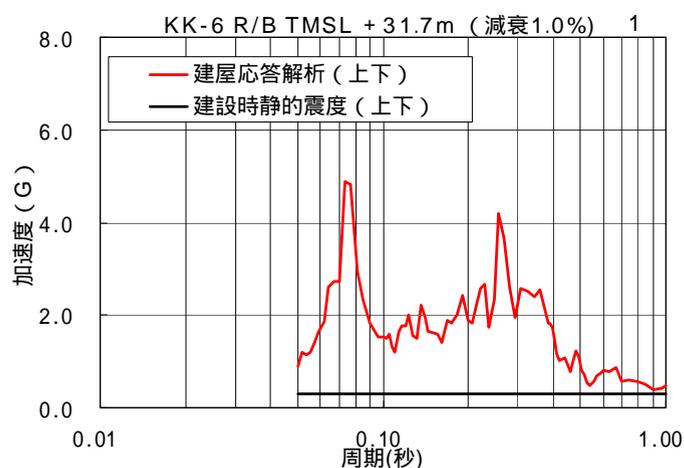
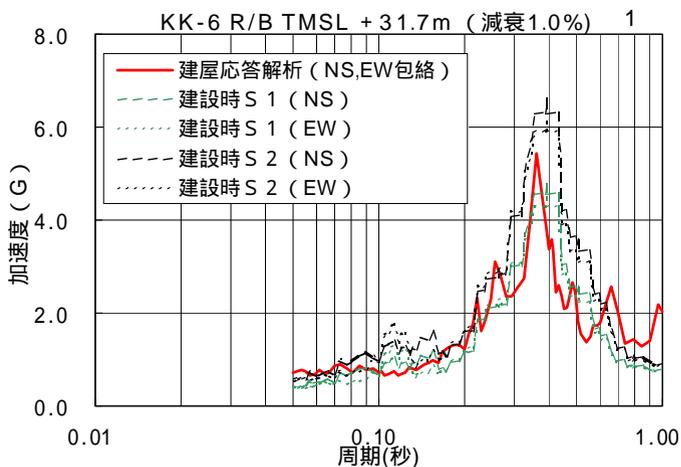
(水平方向)



(上下方向)



4階



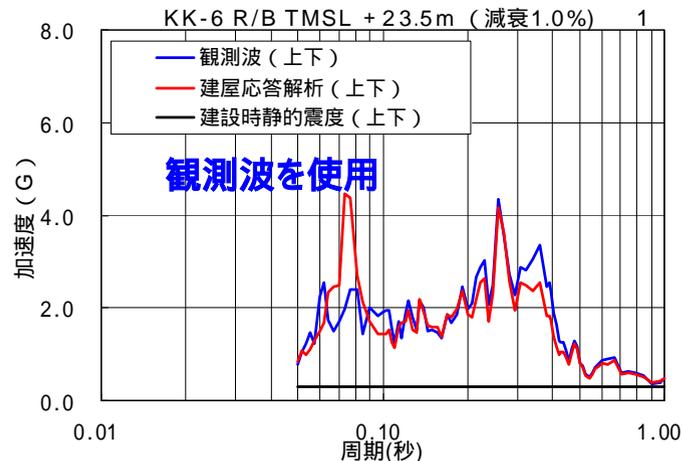
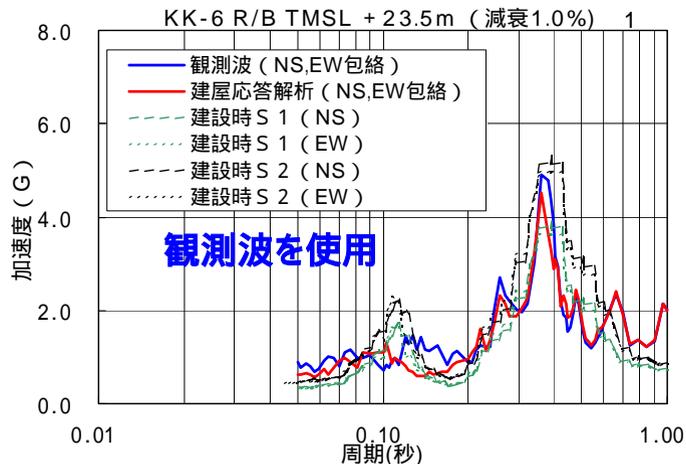
1 : 機器により減衰定数は異なるが減衰1.0%を代表して記載

[参考2] 6号機原子炉建屋 床応答スペクトル (2 / 4)

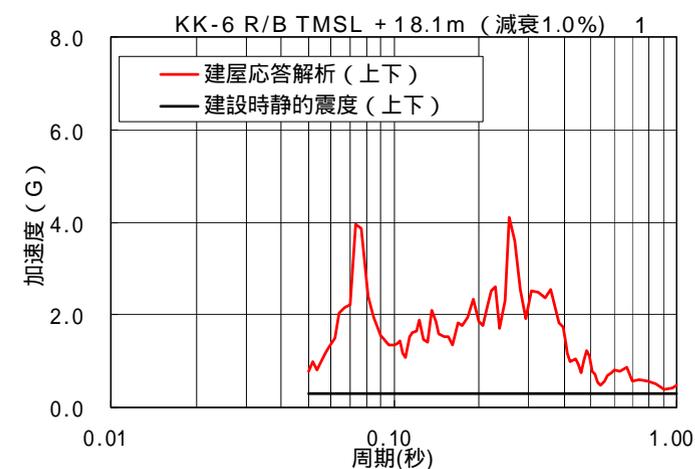
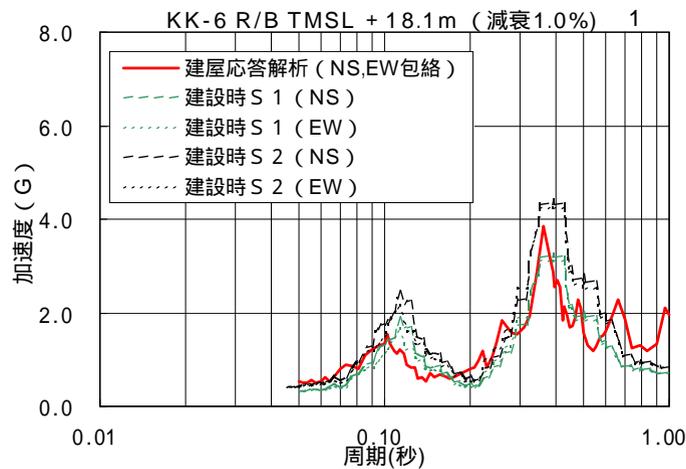
(水平方向)

(上下方向)

3階



2階



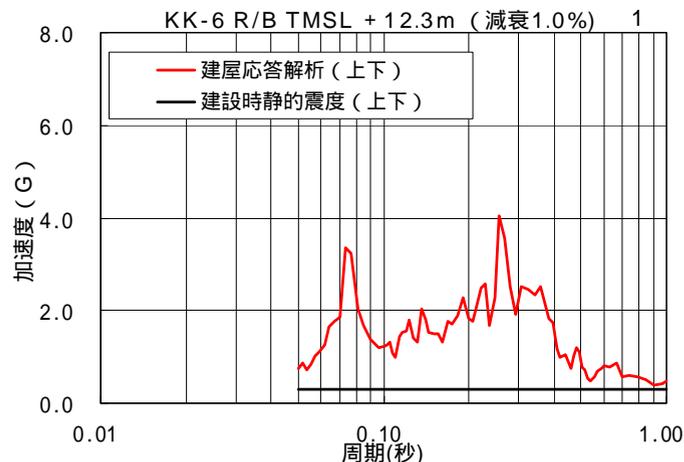
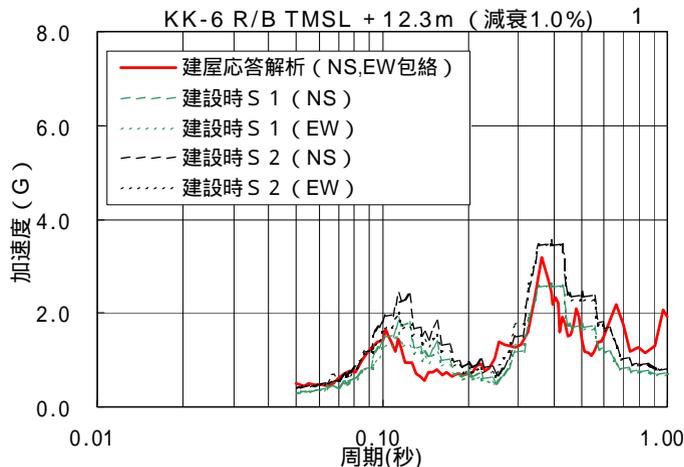
1 : 機器により減衰定数は異なるが減衰1.0%を代表して記載

[参考2] 6号機原子炉建屋 床応答スペクトル (3 / 4)

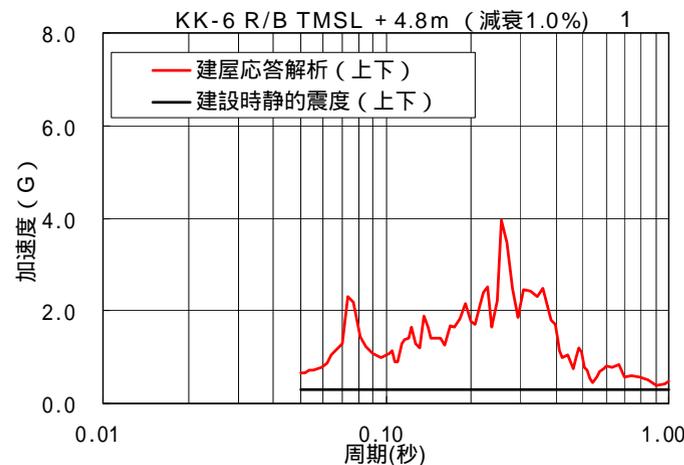
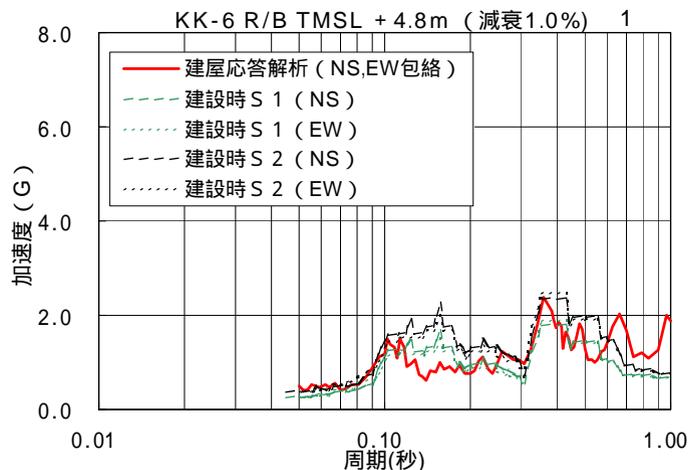
(水平方向)

(上下方向)

1階



地下
1階

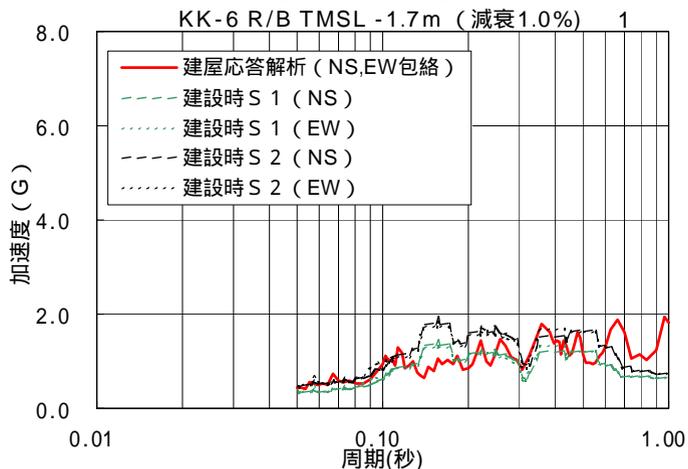


1：機器により減衰定数は異なるが減衰1.0%を代表して記載

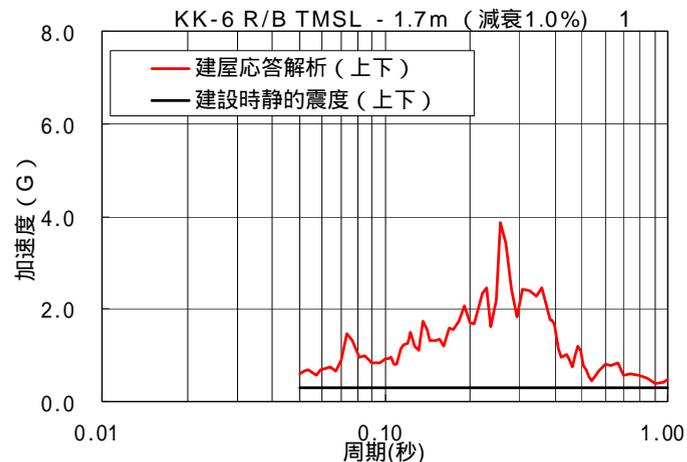
[参考2] 6号機原子炉建屋 床応答スペクトル (4 / 4)

地下
2階

(水平方向)

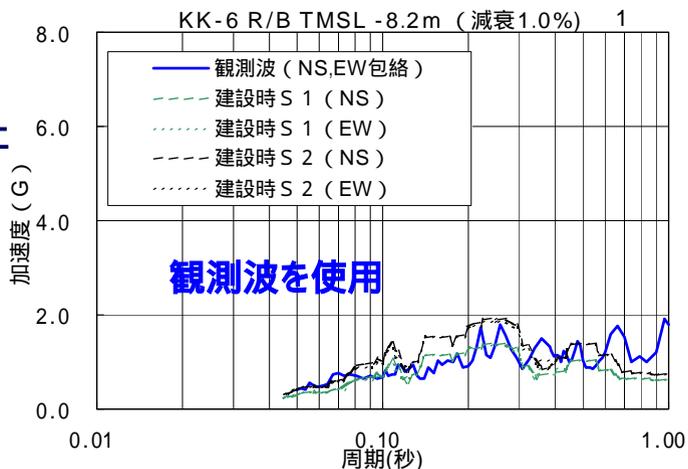


(上下方向)

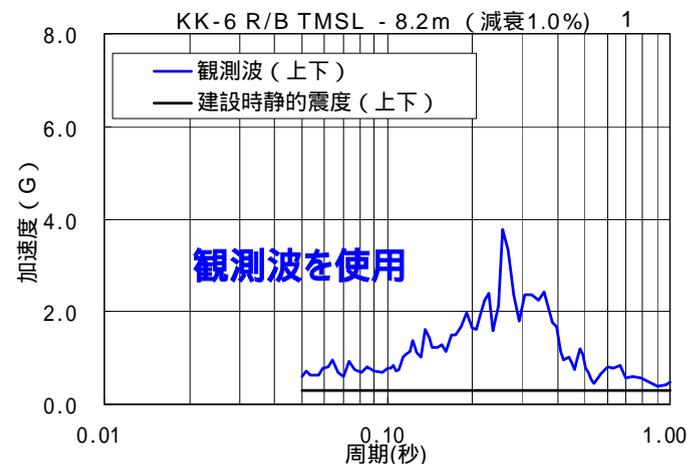


基礎版上

観測波を使用



観測波を使用



1: 機器により減衰定数は異なるが減衰1.0%を代表して記載