本資料のうち,枠囲みの内容は, 営業秘密あるいは防護上の観点 から公開できません。

| 東海第二発電所 | 工事計画審査資料 |
|---------|------------------|
| 資料番号 | 補足-340-13 改 11 |
| 提出年月日 | 平成 30 年 5 月 18 日 |

工事計画に係る補足説明資料

耐震性に関する説明書のうち

補足-340-13【機電分耐震計算書の補足について】

平成 30 年 5 月 日本原子力発電株式会社

- 1. 炉内構造物への極限解析による評価の適用について
- 2. 設計用床応答曲線の作成方法及び適用方法
- 3. 建屋-機器連成解析モデルの時刻歴応答解析における拡幅マージンの考慮 について
- 4. 機電設備の耐震計算書の作成について
- 5. 弁の動的機能維持評価の検討方針
- 6. 動的機能維持の詳細評価について(新たな検討又は詳細検討が必要な設備の機能維持評価について)
- 7. 原子炉格納容器の耐震安全性評価について

下線:ご提出資料

2. 設計用床応答曲線の作成方法及び適用方法

目 次

| 1. | は | じめに・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・1 |
|----|-----|--|
| 2. | 設 | |
| 3 | 設計 | +用床応答曲線の適用方法・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ |
| _ | 3.1 | 設計用床応答曲線の適用について・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・1 |
| | 3.2 | 耐震計算に用いる耐震評価条件の設計上の考慮について・・・・・・・・・・・・・ 4 |

参考 床応答スペクトル固有周期計算間隔について

添付1 機器・配管系の耐震設計における剛柔判定を行う固有周期について

添付2 設計用床応答曲線の作成点について

下線:本日ご提出資料

1. はじめに

本資料は,東海第二発電所で適用している設計用床応答曲線の作成方法及びその適用方法について纏めたものである。

2. 設計用床応答曲線の作成方法

床応答曲線の作成に係る方針については、「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に 記載しており、そこで設計用床応答曲線の作成手順、解析方法、解析モデル等について説 明している。この設計用床応答曲線は、JEAG4601-1987 に従い、周期 0.05 秒未満の領 域は応答増幅を考慮しない剛な領域として扱い、周期 0.05 秒以上の領域について応答を求 めている。固有周期の計算間隔は、表 2-1 に示す計算間隔を用いている。

| 固有周期 | 計算間隔 |
|-----------------|--------------------------------|
| (s) | $(\Delta \omega : rad \neq s)$ |
| $0.05 \sim 0.1$ | 4.0 |
| $0.1 \sim 0.2$ | 1.5 |
| $0.2 \sim 0.39$ | 1.0 |
| $0.39 \sim 0.6$ | 0.3 |
| $0.6 \sim 1.0$ | 0.5 |

表 2-1 円振動数の計算間隔

- 3. 設計用床応答曲線の適用方法
- 3.1 設計用床応答曲線の適用について

2. で作成した設計用床応答曲線は,評価する機器・配管系の固有周期における加速度 を読み取ることで用いるが,解析モデルや固有周期により複数のケースがあることから, 最大応答加速度(以下「ZPA(Zero Period Acceleration)」という。)を適用ケースも含 めて表 3-1 にて整理する。

| モデル | 1 次固有周期 | 適用方法 (解法) | 適用例 |
|-----------|-----------------|---------------|----------|
| 1 質点系モデル | 0.05 秒超え | 設計用床応答曲線 | — |
| | | (静解析) | |
| | 0.05 秒以下 | 1.2ZPA | アキュムレータ |
| | | (静解析) | |
| 多質点系モデル*1 | 0.05 秒超え | 設計用床応答曲線(スペ | 配管系 |
| | | クトルモーダル解析)及 | |
| | | び 1.2ZPA(静解析) | |
| | 0.05 秒以下 1.2ZPA | | 制御ユニット |
| | | (静解析) | |
| 有限要素モデル | 0.05 秒超え | 設計用床応答曲線(スペ | 使用済燃料貯蔵ラ |
| | | クトルモーダル解析)及 | ック |
| | | び 1.2ZPA(静解析) | |
| | 0.05 秒以下 | 1.2ZPA | 使用済燃料乾式貯 |
| | | (静解析) | 蔵容器 |

表 3-1 設計用床応答曲線の適用方法

*1 時刻歴応答解析法を適用する設備もある。その場合は設計用床応答曲線を用いずに時刻歴波形 を応答解析に用いるとともに、材料物性のばらつき等を適切に考慮している。

表 3-1 の整理において、1.2ZPA による静解析を実施する旨を整理しているが、これ は設置変更許可申請書の添付書類八において、「剛性の高い機器は、その機器の設置床面 の最大応答加速度の1.2 倍を震度として作用させて地震力を算定する。」との方針として いることから、1 次固有振動数が 20H z 以上の機器に対して、設置床面の最大応答加速 度(ZPA)の1.2 倍を震度として作用させた地震力にて評価を行う。

また,各解析手法として静解析及びスペクトルモーダル解析にて適用する加速度値を 図 2-1 に示す。静解析は,建物・構築物等の地震応答解析結果から得られる最大応答加 速度(ZPA)を1.2倍した加速度値を適用する。スペクトルモーダル解析については,0.05 秒(20Hz)までの加速度値を考慮し解析を実施する。高次モードの影響を確認するため に実施する配管に設置された弁の動的機能維持評価に対するスペクトルモーダル解析は, 0.02秒(50Hz)までを考慮する。

2



図 2-1 静解析及びスペクトルモーダル解析にて適用する加速度値

3.2 耐震計算に用いる耐震評価条件の設計上の考慮について

今回工認の機器・配管系の耐震計算書の作成において「V-2-1-7 設計用床応答曲線 の作成方針」に示す設計用床応答曲線等の耐震評価条件に設計上の配慮を考慮して設定 したものを用いる。以下では、各建物・構築物、土木構造物における設定方法を説明す る。

3.2.1 原子炉建屋

原子炉建屋の設計用床応答曲線は、「V-2-2-1 原子炉建屋の地震応答計算書」による 地震応答解析結果を用いて、「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設計 用床応答曲線の作成を行っている。

原子炉建屋床面に設置された機器・配管系については,設計上の配慮を考慮した床応 答曲線を適用した耐震計算を行い,その結果として耐震計算書を作成している。動的解 析に適用する床応答曲線は,以下に示す(1)項又は(2)項とする。

(1) 設計用床応答曲線に設計上の配慮を考慮して設定

「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に示す設計用床応答曲線から得られる 震度に設計上の配慮として加速度方向に一律1.5倍を考慮する(図3-1)。また,1.2ZPA を用いる場合も同様に1.2ZPA に一律1.5倍を考慮する。

(2) 材料物性のばらつき等を踏まえた考慮

「V-2-1-2 耐震設計の基本方針」において、材料物性のばらつき等を適切に考慮 する方針としており、その対応としては、床応答曲線を周期軸方向に±10%拡幅する ことにより考慮している。

材料物性のばらつき等の影響を確認するための検討ケースについて,床応答曲線を 作成し「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に示す設計用床応答曲線に加える (図 3-2)。

3.2.2 使用済燃料乾式貯蔵建屋

使用済燃料乾式貯蔵建屋の設計用床応答曲線は、「V-2-2-4 使用済燃料乾式貯蔵建屋の地震応答計算書」による地震応答解析結果を用いて、「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成を行っている。

使用済燃料乾式貯蔵建屋床面に設置された機器・配管系については,設計上の配慮を 考慮した床応答曲線を適用した耐震計算を行い,その結果として耐震計算書を作成して いる。動的解析に適用する床応答曲線は,以下に示す(1)項又は(2)項とする。

(1) 設計用床応答曲線に設計上の配慮を考慮して設定

「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に示す設計用床応答曲線から得られる 震度に設計上の配慮として加速度方向に一律 1.5 倍を考慮する。また, 1.2ZPA を用 いる場合も同様に 1.2ZPA に一律 1.5 倍を考慮する。

(2) 材料物性のばらつき等を踏まえた考慮

「V-2-1-2 耐震設計の基本方針」において、材料物性のばらつき等を適切に考慮 する方針としており、その対応としては、床応答曲線を周期軸方向に±10%拡幅する ことにより考慮している。 材料物性のばらつき等の影響を確認するための検討ケースについて,床応答曲線を 作成し「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に示す設計用床応答曲線に加える。



図 3-1 設計用床応答曲線に一律 1.5 倍を考慮(例)



図 3-2 地盤物性等のばらつきを踏まえた考慮(例)

(参考)

床応答スペクトル固有周期計算間隔について

固有周期計算間隔の設定手順は①,②のとおりである。また,設定手順のイメージを図-1 に示す。

- ① 固有周期Tの計算間隔は、0.05~1.0秒の間を固有周期で区分けし、各区分の間を円振動数の計算間隔Δω=一定の間隔で刻むこととしている。ここでΔω=一定で刻むのはT=2π/ωの関係から同一のΔωに対して短周期になるほど計算間隔が密になるためである。これは、床応答スペクトルは一般的に短周期(建屋の高次モード)において加速度の変化が大きいこと、また、床応答スペクトルを用いて耐震解析を行う機器・配管系の固有周期は短周期側にあるため、短周期でより精度よく応答スペクトルを計算する必要があることになる。
- ② 床応答スペクトルを作成する周期範囲 0.05~1.0秒において,短周期側の区分が狭くなるように領域分けを行い、建屋の卓越周期にあたる区間の計算間隔が比較的細かくなるようにΔωを設定する。なお、東海第二原子力発電所の Ss8 波に対する原子炉建屋1次固有周期は 0.42~0.39 秒である。図-2 に床応答スペクトル固有周期計算間隔の設定手順を示す。



図-1 床応答スペクトル固有周期の計算間隔

| 表 2-1 で定義した 周期と計算間隔 | 国有 | | |
|------------------------|----------------------|------------------|---------------|
| | | | 床応答曲線作成 |
| 固有周期T | 計算間隔 $\Delta \omega$ | 円振動数ω | に用いる |
| (s) | (rad∕s) | (rad∕s) | 固有周期 T(=2π/ω) |
| | | | (s) |
| 1.000 | _ | 6. 283185 | 1.000 |
| | 0.500 | 6. 783185 | 0.926 |
| | 0.500 | 7. 283185 | 0.863 |
| | 0.500 | 7.783185 | 0.807 |
| | 0.500 | 8. 283185 | 0.759 |
| | 0.500 | 8. 783185 | 0.715 |
| | 0.500 | 9. 283185 | 0.677 |
| | 0.500 | 9. 783185 | 0.642 |
| | 0.500 | 10. 283185 | 0.611 |
| 0.600 | 0.300 | 10. 471976 | 0.600 |
| | 0.300 | 10. 771976 | 0.583 |
| | 0.300 | 11.071976 | 0.567 |
| | • | • | • |
| | • | • | • |

表-2 床応答曲線作成に用いる固有周期計算間隔の設定手順

機器・配管系の耐震設計における剛柔判定を行う固有周期について

1. 剛柔判定を行う固有周期の考え方

機器・配管系の耐震設計では,基準地震動S_s,弾性設計用地震動S_dに対して動的解析 を行い水平及び鉛直方向の動的地震力を定める。その機器・配管系が柔構造と判断される場 合には,動的解析により地震力を算定し,剛構造と判断される場合には,機器・配管系の設 置床面の最大応答加速度の 1.2 倍の加速度を震度(1.2ZPA)とした静的解析により地震力を 算定する。

ここで,剛柔判定の固有周期と動的解析の適用範囲の概要を図1に示す。剛柔判定の固有 周期は,地震動による応答増幅が大きくなる建物・構築物の卓越周期から(十分)離隔した 位置に設定し,動的解析の適用要否の決定に用いている。なお,この考え方は,JEAG 4601-1970に示されている。



図1 剛柔判定の固有周期と動的解析の適用範囲(概要図)

2. 剛柔判定を行う固有周期と地震力の算定法

JEAG4601-1987の抜粋を図2に示す。機器・配管系の剛柔判定については、JEA G4601-1987に例示されているとおり、機器・配管系の1次固有周期が0.05 秒以下の場 合は剛、0.05 秒を超える場合は柔とする。この方針は、既工認と同じである。

機器・配管系の耐震設計では、剛柔判定の固有周期 0.05 秒を超える場合は地震応答を 動的解析により行い、0.05 秒以下の地震応答は動的解析を行うのに代えて静的解析を行 う。

6.4.3 動的地震力の概要

機器・配管系の耐震設計に用いる動的地震力は,重要性の高い As クラス機器の地震力 を基本に定めるものである。本項では,その概要を示し,地震力算定の詳細は「6.5 地震 応答解析」に述べることとする。

As 及び A クラス機器

A クラス機器に関しては、基準地震動 S1 に対し動的解析(地盤-建屋-機器連成の 解析あるいは据付位置における設計用床応答スペクトルを用いた解析等)により算定さ れる水平地震力を適用する。A クラス機器の中で特に重要な As クラス機器に関しては、 さらに基準地震動 S2 に対し動的解析によって得られる水平地震力をも適用する。ただ し、その機器が剛構造と判断される場合(例えば機器の1次固有振動数が20Hz 以上、 あるいは、設計用床応答スペクトルの卓越する領域より高い固有振動数を有する場合) には、その機器の据付位置における建物の応答加速度を基に定まる震度により地震力を 算定する。なお、As、A クラスの機器については鉛直地震力をも考慮し、基準地震動 の最大加速度を1/2とした鉛直震度(高さ方向については一定とする)より求まる鉛直 地震力を水平地震力と同時に不利な方向で組合せる。

図 2 JEAG4601-1987 (抜粋)

11

3. 実機に対する適用性

JEAG4601-1987 の記載は、水平方向の動的解析への適用として剛柔判定の固有周期 0.05 秒の考え方を示したものである。新規制基準においては、鉛直方向についても水平方 向と同様に動的な扱いとするため、鉛直方向も含め剛柔判定の固有周期 0.05 秒が地震力算 定に適用可能であることを検討した。本検討に際して参照した JEAG4601-1970 の抜粋 を図3に示す。JEAG4601-1970に示す建物・構築物の卓越固有周期の1/2を剛柔判定 の固有周期とするとの考え方が示されており、原子力発電所の建物・構築物の卓越周期は一 般に、0.1~0.5 秒(2~10Hz)であることを考慮して、0.05 秒を剛柔判定の固有周期とすれ ば十分であると記載されている。

東海第二発電所の原子炉建屋地震応答解析モデルに基づく,水平方向及び鉛直方向にお ける固有周期(基準地震動S_S-D1の例)を表1及び表2並びに図4~図6に示す。建屋 の卓越固有周期は水平及び鉛直方向とも0.2 秒以上であり,剛柔判定の固有周期0.05 秒 は,原子炉建屋の卓越固有周期に対して十分な離隔(卓越固有周期の1/2以下)をもって設 定されている。また加速度応答スペクトルを図7に,変位応答スペクトルを図8に示すが, 固有周期0.05秒で加速度はおおむね収斂している。

上記の検討結果より,既工認と同じ剛柔判定の固有周期0.05秒は,建屋の卓越固有周期 に対して十分な離隔をもっており,東海第二発電所の水平及び鉛直方向の地震力算定に適 用可能であることを確認した。

> 原子力発電所の場合について一般的にみると、地盤の卓越振動数、構築物の固有振動数を あわせ考えて、2~10 Hz が取付け点の卓越振動数域すなわち床応答曲線が持ち上る領域 と考えられる。したがって動特性がまったく不明な場合には一応これより共振領域としては 1~20 Hz を考えれば一応十分であろう。

> そこで固有振動数の評価に当って重要なことは、対象となっている機械系が固有振動数解 析を必要とする範囲にあるか否かを判定することである。明らかに20Hzよりはるかに高 い固有振動数を有すると推定される対象につき、多くの計算を行なり必要はない。その推定 は在来の経験であってもよし、対象物あるいはそれと類似な機器についての試験の結果であ ってもよい。この試験もたとえば簡単に木槌でたたいてみるといったことであってよいので ある。ときには、これによって支持金具の不完全さなどを見出すことができる。

> > 図 3 JEAG4601-1970 (抜粋)

12

| | NS方向 | | EW方向 | |
|----|--------|-------|--------|-------|
| 次数 | 固有周期 | 固有振動数 | 固有周期 | 固有振動数 |
| | (s) | (Hz) | (s) | (Hz) |
| 1次 | 0. 409 | 2.44 | 0. 411 | 2. 43 |
| 2次 | 0.202 | 4.96 | 0.202 | 4.96 |

表1 原子炉建屋地震応答解析モデルの固有値解析結果(水平方向)

表2 原子炉建屋地震応答解析モデルの固有値解析結果(鉛直方向)

| Vir Xir | 固有周期 | 固有振動数 |
|---------|------------------|-------|
| 八 | (_S) | (Hz) |
| 1次 | 0.274 | 3.65 |

屋根トラス部が卓越するモード除く



図5 刺激関数図(S_s-D1, EW方向)



図6 刺激関数図(S_s-D1, UD 方向)



図 7-1 原子炉建屋(EL.8.2m)の加速度応答スペクトル(水平方向,減衰定数1.0%)



図 7-2 原子炉建屋(EL.8.2m)の加速度応答スペクトル(鉛直方向,減衰定数1.0%)



図 8-1 原子炉建屋(EL.8.2m)の変位応答スペクトル(水平方向,減衰定数1.0%)



図 8-2 原子炉建屋(EL.8.2m)の変位応答スペクトル(鉛直方向,減衰定数1.0%)

- 4. 剛柔判断及び打切り振動数に係る検討
- (1) 剛柔判断の閾値を 0.05 秒とすることに関連する知見

地震動の高振動数領域においては地震力が短い周期で交番することから地震による変 位やエネルギーが小さくなる傾向があり、設備の損傷の観点からは影響は小さいと考えら れることから、0.05秒を剛柔判断の閾値としている。この地震動の高振動数領域が設備の 損傷に与える影響は小さいとの考え方は、米国における地震時の点検・再起動等において も取り入れられている。

地震動の0.1秒以下の高振動数領域が設備の損傷に与える影響は小さいと考えられてい る知見を以下に記載する。

a. JEAG4601-1987版で機器が剛構造と判断される場合の例示として、1次固有振動 数が20Hz以上、あるいは、設計用床応答スペクトルの卓越する領域より高い振動数を有 する場合を掲示している。また、JEAG4601-1970では、一般的なものとして、2~ 10Hzが取付け点の卓越振動数域と考えられ、共振領域としては1~20Hzを考えれば十分 であろうとしている。

JEAG4601-1987における剛柔判断の固有振動数 20Hz 以上の考え方は,水平方向の 動的解析への適用として示したものであるが,鉛直方向においてもJEAG4601-1970の 考え方に基づき,原子炉建屋の卓越固有周期が剛柔判断の固有周期 0.05 秒に対して,十 分な離隔を有することを確認している。また,変位応答スペクトルにおける 0.1 秒での 応答について概ね収斂していることを確認している。

b. 過去に, 観測された地震動が 0.1 秒以下の周期領域のみで設計時の想定を超えた原子 力発電所では被害の発生が無い。

【周期0.1秒以下で設計時の想定を超える地震動が観測された原子力発電所】

女川原子力発電所(2005年宮城県沖地震)

米国 Perry 原子力発電所(1986年 Leroy 地震) ※

米国 Summer 原子力発電所(1978年小規模地震多数) ※

- ※出典:EPRI 1988.7 A Criterion for Determining Exceedance of the Operating Basis Earthquake
- c. 気象庁の震度階 : 近地地震などでは短周期成分が多く含まれており、日本では経験 的に地震動と破壊の状態との関係を震度で示している。気象庁震度階の元となっている 計測震度では、周期 0.1 秒よりも短周期側の地震動成分をフィルタでカットしている。
- d. 米国の規格: 地震後の対応に関する米国の規格:Nuclear Plant Response to an Earthquake (ANSI/ANS-2.23-2002)では、観測された地震が設計用の地震動を超えたか 否かの判定 (OBE Exceedance Criteria)で、応答スペクトルで0.1秒以下の周期帯につ いて考慮外としている。本規格では、CAV (Cumulative absolute Velocity)という指標 を導入して観測された地震動の有効性(構造物の破壊に対する影響度)を判定している。 原波形と 0.1 秒のフィルタを掛けた波形について各々CAV を算出し、その比を地震によ る影響の程度を示す震度(米国では修正メルカリ震度を使用している)に対してプロットすると、破損が生じるといわれる修正メルカリ震度VII程度以上で安定し、0.1 秒のフ

ィルタを掛けた波形が破損との関係をより良く表している。

- e. 米国電力研究所の調査: 10Hz を超える振動数領域における高加速度振動による設備の影響について調査を行い、一部の設備を除き影響は無視できると結論付けている。固有振動数が低い設備は高振動数領域の加速度には影響を受けず、また、固有振動数が高い設備についても、高振動数領域における加速度では変位や応力が小さくなるため。高振動数領域で SSE (Safety Shutdown Earthquake)を超える地震動に見舞われた米国内で発電所(上記 b.の発電所)において、設備に影響が無かったことも紹介されている。
 ※出典: EPRI 2006.12 Program on Criterion Technology Innovation: The Effects of High-Frequency Ground Motion on Structures, Components, and Equipment in Nuclear Power Plants
- f. 建築構造学大系振動理論: 振動理論(大崎著)によると,速度応答スペクトルに関して系に与える最大のエネルギーと密接な関係があると述べられている。最大相対変位に角周波数を乗じたものが速度応答スペクトルとなるため、単位質量あたりの最大エネルギーは、速度応答スペクトルで表すことができる。よって、速度応答スペクトルは構造物に対して固有周期に応じて与える一種のエネルギースペクトルであると解釈することが出来る。

なお, b. ~d. についての情報は,一般社団法人 日本原子力技術協会(現一般社団法人 原子力安全推進協会)地震後の機器健全性評価ガイドライン(平成 24 年 3 月)にまとめ て記述されている。

http://www.gengikyo.jp/archive/pdf/JANTI-SANE-G1.pdf

(2) 変位応答スペクトルを踏まえた剛柔判定の検討

原子炉格納容器(EL.39.431m)における基準地震動Ssによる加速度応答スペクトルを図9に示す。また、同様に変位応答スペクトルを図10に示す。

加速度応答スペクトルでは 0.05 秒未満で一定の加速度値を有するが,構造強度の評価 に直接かかわる変位応答スペクトル*1の卓越周期に対し,剛柔判定の固有周期 0.05 秒は, 十分な離隔をもって設定されていることが分かる。

*1 機器・配管系の動的解析に適用されるスペクトルモーダル解析(JEAG4601-1987 P565,567)では、加速度応答スペクトルから各モードに対応する応答変位を求め、 この応答変位に剛性を乗じて部材力(曲げモーメント,せん断力等)を算出している。



図 9-1 原子炉格納容器(EL.39.431m)の加速度応答スペクトル (水平方向,減衰定数 1.0%)



図 9-2 原子炉格納容器(EL.39.431m)の加速度応答スペクトル (鉛直方向,減衰定数 1.0%)



図 10-1 原子炉格納容器 (EL. 39. 431m)の変位応答スペクトル (水平方向,減衰定数 1.0%)



図 10-2 原子炉格納容器(EL. 39. 431m)の変位応答スペクトル (鉛直方向,減衰定数 1.0%)

(3) 動的解析法の妥当性確認

本項では現行の動的解析法が,構造強度設計を行う上で妥当であること,すなわち,変 位スペクトルをベースに設定した剛柔判定の固有周期が耐震設計を行う上で妥当性を有 していることを確認する。

a. 検討対象設備

検討対象設備は、20Hz 近傍に卓越する応答に対する検討を行う観点から 20Hz 近傍に卓 越する応答を有する構築物の設計用床応答曲線を適用する設備を選定する。また、設計用 床応答曲線を 20Hz までの作成としていることを踏まえて、1 次固有周期が 20Hz 近傍に有 する設備を選定する。

(a) 20Hz 近傍に卓越する応答を有する設計用床応答曲線を適用する設備

代表構築物の設計用床応答曲線の傾向を確認する。代表構築物の設計用床応答曲線を添 付図 1~添付図 6 に,最大応答加速度(1.2ZPA)を添付表 1~添付表 3 に示す。なお,添 付図及び添付表の設計用床応答曲線及び最大応答加速度(1.2ZPA)は設計上の配慮として 1.5 倍したものである。

• 原子炉建屋

水平及び鉛直ともに剛領域になるに従って加速度値が低下傾向にあり 20Hz 近傍に 卓越するピークはない。

· 原子炉格納容器

水平方向では下層階にて 20Hz 近傍に卓越する応答を有する。鉛直方向では全階層 で 20Hz に卓越する応答を有する。

原子炉遮蔽及び原子炉本体の基礎

水平及び鉛直ともに剛領域になるに従って加速度値が低下傾向にあり 20Hz 近傍に 卓越するピークはない。

上述した各構築物の設計用床応答曲線の傾向として原子炉建屋,原子炉遮蔽及び原子炉 本体の基礎の応答については,剛領域になるに従って加速度値は低下傾向にあり,20Hz 近 傍に卓越する応答はないため,20Hz 近傍に卓越する応答を有する原子炉格納容器の設計用 床応答曲線を適用し評価する設備に対して検討を行う。

原子炉格納容器の設計用床応答曲線を適用し耐震評価を実施する設備を表3に示す。動 的解析法の妥当性確認のための検討対象設備については,設計用床応答曲線の加速度値が 最も大きい原子炉格納容器上層階 EL.39.431m の設計用床応答曲線を適用する原子炉隔離 時冷却系配管を対象として検討する。

22

| 乳供なか | 評価に適用する | 田左に動粉 | |
|--------------|---------------------------------------|---|--|
| | 設計用床応答曲線 | 回有旅期致 | |
| 原子炉隔離時冷却系配管 | 原子炉格納容器 EL.39.431 | 1 次: 12.60Hz 7 次: 29.30Hz 2 次: 15.10Hz 8 次: 32.82Hz 3 次: 21.18Hz 9 次: 35.54Hz 4 次: 22.23Hz 10 次: 39.90Hz 5 次: 25.02Hz 11 次: 44.48Hz 6 次: 27.24Hz 12 次: 48.69Hz | |
| 機器搬入用ハッチ | 原子炉格納容器 EL. 16. 319 EL. 13. 523 | 1 次: 5.5Hz 2 次: 8.1Hz 3 次:12.4Hz 4 次:27.3Hz | |
| 所員用エアロック | 原子炉格納容器 EL. 16. 319 EL. 13. 523 | 1 次: 6.1Hz 2 次: 7.4Hz 3 次:13.0Hz | |
| サプレッション・チェン | 原子炉格納容器 | 1次: 4.4Hz | |
| バアクセスハッチ | EL. 3. 787 | 2 次 · 8. 0hz 3 次 : 12. 4Hz | |
| ベント管 | 原子炉格納容器 EL. 13. 523 (水平のみ) | 1 次: 6.4Hz 2 次:26.4Hz | |
| 残留熱除去系ストレーナ | | 水平方向 | |
| (高圧炉心スプレイ系スト | 原子炉格納容器 | 1 次:12. SHZ 2 次:21. 1Hz | |
| レーナ及び低圧炉心スプ | EL0.013 | 鉛直方向 | |
| レイ系ストレーナを含む) | | 1 次:23. 2Hz | |
| 格納容器スプレイヘッダ | 原子炉格納容器 EL.11.191 EL.13.523 | 1次:19.06Hz 10次:24.96Hz 2次:19.33Hz 11次:25.32Hz 3次:20.21Hz 12次:25.78Hz 4次:20.39Hz 13次:27.41Hz 5次:21.16Hz 14次:28.93Hz 6次:21.41Hz 15次:30.35Hz 7次:22.08Hz 16次:30.93Hz 8次:22.37Hz 17次:30.97Hz 9次:24.12Hz 18次:32.89Hz | |

| 衣う 原丁炉格納谷奋り取訂用床応合曲線を適用 9 0 | の設備 |
|----------------------------|-----|
|----------------------------|-----|

(b) 1 次固有周期が 20Hz 近傍に有する設備

原子炉建屋に設置される配管系において,20Hz 近傍に1次固有振動数を有する配管 系を選定する。20Hz 近傍に1次固有振動数を有する配管系として,1次として19.592Hz, 2次として21.867Hzの振動モードを有する可燃性ガス濃度制御系配管(モデルNo.FC-2) を選定する。

b. 確認方法

図 11 に検討における地震応答解析で考慮する固有振動数領域を示す。本検討は,50Hz の領域まで作成した検討用の床応答曲線を適用した地震応答解析結果を用いて行う。 また従来の耐震設計で適用している 20Hz までの領域を考慮した地震応答解析結果と比 較する。



図11 地震応答解析で考慮する固有振動数領域

c. 検討用床応答曲線

地震応答解析に適用する検討用床応答曲線を図 12 に示す。剛領域の設備応答の影響 を確認する観点から,固有周期 0.02 秒(50Hz)まで作成するとともに,設計用床応答 曲線と同様に周期軸方向に 10%拡幅する。また,検討用床応答曲線の固有周期の計算 間隔は,表4に示す計算間隔を用いる。



図 12-1 検討用床応答曲線(原子炉隔離時冷却系配管用) (原子炉格納容器 EL. 39. 431m 水平方向,減衰定数 2.5%)



図 12-2 検討用床応答曲線(原子炉隔離時冷却系配管用) (原子炉格納容器 EL.39.431m 鉛直方向,減衰定数2.5%)



図 12-3 検討用床応答曲線(可燃性ガス濃度制御系配管用) (原子炉建屋 EL.20.3m 水平方向,減衰定数2.0%)



(原子炉建屋 EL. 20. 3m 鉛直方向, 減衰定数 2.0%)

| 固有周期 | 計算間隔 |
|-----------------|--------------------------------|
| (s) | $(\Delta \omega : rad \neq s)$ |
| $0.02 \sim 0.1$ | 4.0 |
| $0.1 \sim 0.2$ | 1.5 |
| $0.2 \sim 0.39$ | 1.0 |
| $0.39 \sim 0.6$ | 0. 3 |
| $0.6 \sim 1.0$ | 0.5 |

表4 円振動数の計算間隔

d. 解析結果

検討対象設備の原子炉隔離時冷却系配管及び可燃性ガス濃度制御系配管の主要諸元に ついて別紙1示す。また設計用床応答曲線を用いた地震応答解析結果,検討用床応答曲 線を用いた地震応答解析結果及び静的解析結果を示す。なお,以下に示す解析結果は, 設計用床応答曲線等の震度を1.5倍した値を用いた結果として示している。

(a) 原子炉隔離時冷却系配管

評価結果を表5に示すとともに、最大応力点発生部位を図13に示す。現行の手法で ある設計用床応答曲線を用いた20Hz までの領域を考慮した地震応答解析結果146MPa に対して、検討用床応答曲線を用いて50Hz までの領域を考慮した地震応答解析結果 は148MPa であり、応力値は増加したものの、その増加は僅かであることが確認され た。

| | | 1 次応力 | 許容応力 |
|----------------|---------------|-------|-------|
| | | (MPa) | (MPa) |
| | 20Hz までの領域を考慮 | | |
| | した地震応答解析結果 | 146 | |
| 現行の手法に | (設計用床応答曲線) | | |
| よる評価結果 | 静的解析 | 94 | 364 |
| | (1.2ZPA) | 51 | |
| | 包絡値 | 146 | |
| 页出研 | 50Hz までの領域を考慮 | | |
| 安 当 住 検 討 用 | した地震応答解析結果 | 148 | 364 |
| | (検討用床応答曲線) | | |

表5 原子炉隔離時冷却系配管の評価結果



図13 原子炉隔離時冷却系配管の最大応力発生部位

(b) 可燃性ガス濃度制御系配管

評価結果を表6に示すとともに、最大応力点発生部位を図14に示す。現行の手法である設計用床応答曲線を用いた20Hz までの領域を考慮した地震応答解析結果124MPaに対して、検討用床応答曲線を用いて50Hz までの領域を考慮した地震応答解析結果は134MPaであった。また1.2ZPAを用いた静的解析による評価結果は133MPaであった。

以上のとおり現行の手法による評価結果は133MPaとなり,妥当性検討用として実施 した評価結果 134MPa に対して応力値は増加したものの,その増加は僅かであること が確認された。

以上のとおり,原子炉隔離時冷却系配管及び可燃性ガス濃度制御系配管ともに現行の 手法による評価結果に対して,妥当性検討として実施した 50Hz までの領域を考慮した地 震応答解析結果による応力値の増加は僅かであった。

応力値の増加が僅かである理由としては,図 10 変位応答スペクトルで示したように, 高振動数側では応答変位が小さく,配管に発生する応力への寄与は,低振動数側と比較 しても相対的に小さくなるため,20Hz 未満の振動数領域での応力が支配的となり,20Hz 以上の振動数領域を考慮しても有意な応力の上昇が現れなかったものと考えられる。

| | | 1 次応力 | 許容応力 |
|------------------|-----------------------------|-------|-------|
| | | (MPa) | (MPa) |
| 現行の手法に よる評価結果 | 20Hz までの領域を考慮 した地震応答解析結果 | 124 | |
| | (設計用床応答曲線) | | |
| | 静的解析 (1.2ZPA) | 133 | 363 |
| | 包絡値 | 133 | |
| 妥当性 検討用 | 50Hz までの領域を考慮 した地震応答解析結果 | 134 | 363 |
| 1人1111 | (検討用床応答曲線) | | |

表5 可燃性ガス濃度制御系配管の評価結果



図 13 可燃性ガス濃度制御系配管の最大応力発生部位

(4) まとめ

現行手法の妥当性検討として,20Hz 近傍に卓越する応答を有する床応答スペクトルを 適用する原子炉隔離時冷却系配管及び20Hz 近傍に1次固有振動数を有する可燃性ガス 濃度制御系配管を対象に地震応答解析を実施した(表5参照)。

| 対象設備 | 説明 | | |
|--------------|--|--|--|
| 原子炉隔離時冷却系配管 | 20Hz 近傍に卓越する応答を示す原子炉格納容器の床応 | | |
| | 答スペクトルを適用する設備として選定した。 | | |
| 可燃性ガス濃度制御系配管 | 20Hz 近傍に 1 次固有振動数を有する設備として選定し | | |
| | た。1 次固有振動数 19.592Hz, 2 次固有振動数 21.867Hz | | |
| | であり,現行手法では1次固有振動数のみ考慮される。 | | |

表5 妥当性検討に用いた対象設備

解析結果のまとめを表 6 に示す。現行手法の発生応力に対して,妥当性検討のために 実施した発生応力は原子炉隔離時冷却系配管で 2MPa の増加,可燃性ガス濃度制御系で 1MPa の増加が認められた。両配管ともに発生応力の増加が確認されたものの、その増加 は僅かであった。

また,可燃性ガス濃度制御系配管における動的解析結果同士での比較では,現行手法の発生応力124MPa に対して,妥当性検討の発生応力は134MPa となり10MPa の増加が認められたものの,20Hz より高振動数領域への影響を考慮可能な静的解析では,妥当性検討の同等の発生応力として133MPa を算出することが確認できた。

以上のとおり現行手法の評価に対して、解析評価上において厳しくなる観点から検討 対象として抽出した設備に対して発生応力の増加が僅かであること,更に変位応答スペ クトルで示したように,高振動数側では応答変位が小さく,配管に発生する応力への寄 与は,低振動数側と比較しても相対的に小さくなることを踏まえれば,現行手法で実施 することは妥当と考える。

| 対象設備 | 発生応力 (MPa) | | 就家内力(MDa) |
|------------------|-------------------------------|-------|-----------|
| | 現行手法 | 妥当性検討 | 计谷心刀(MPa) |
| 原子炉隔離時 冷却系配管 | 146 (動的解析:146 静的解析:94 | 148 | 343 |
| 可燃性ガス濃度 制御系配管 | 133 (動的解析:124 静的解析:133) | 134 | 363 |

表6 現行手法及び妥当性検討の評価結果まとめ

1. 原子炉隔離時冷却系配管

原子炉隔離時冷却系配管の主要仕様を表1に,解析モデル図を図1に,固有振動数及び刺激 係数を表2に,主要次数のモード図を図2に示す。

| 項目 | 主要仕様 | |
|--------|-------------------|--|
| 最高使用圧力 | 8.62 | |
| (MPa) | | |
| 最高使用温度 | 302 | |
| (°C) | | |
| 外 径 | 165. 2 | |
| (mm) | | |
| 厚さ | 14. 3 | |
| (mm) | | |
| ++ | GSTPL 相当 | |
| 723 个子 | (ASME SA333Gr. 6) | |

表1 原子炉隔離時冷却系配管の主要仕様



図1 原子炉隔離時冷却系配管の解析モデル図
| | 固有振動数 (Hz) | | | 古いみな 米ケ * | | 設計震度 | | | |
|------|---------------|-------------|-------|------------------|-------|-------|------|------|--|
| モード | | 固有周期 (S) | | 刺激 係 数 | | 水平 | 方向 | 鉛直方向 | |
| | | | X 方向 | Y 方向 | Z 方向 | X方向 | Z方向 | Y方向 | |
| 1次 | 12.60 | 0.079 | 0.160 | 0.093 | 0.084 | 2. 41 | 2.41 | 1.71 | |
| 2次 | 15.10 | 0.066 | 0.096 | 0.286 | 0.008 | 1.97 | 1.97 | 3.68 | |
| 3次 | 21.18 | 0.047 | 0.088 | 0.069 | 0.006 | 1.91 | 1.91 | 6.93 | |
| 4次 | 22. 23 | 0.045 | 0.131 | 0.148 | 0.051 | 2.00 | 2.00 | 6.93 | |
| 5 次 | 25.02 | 0.040 | 0.053 | 0.059 | 0.204 | 2.72 | 2.72 | 4.98 | |
| 6次 | 27.24 | 0.037 | 0.100 | 0.015 | 0.193 | 2.72 | 2.72 | 3.64 | |
| 7次 | 29.30 | 0.034 | 0.107 | 0.081 | 0.123 | 2.72 | 2.72 | 2.42 | |
| 8次 | 32.82 | 0.030 | 0.017 | 0.027 | 0.160 | 2.51 | 2.51 | 2.30 | |
| 9次 | 35.54 | 0.028 | 0.023 | 0.028 | 0.007 | 2.43 | 2.43 | 2.30 | |
| 10 次 | 39.90 | 0.025 | 0.101 | 0.010 | 0.081 | 2.28 | 1.79 | 2.28 | |
| 11 次 | 44. 48 | 0.022 | 0.009 | 0.004 | 0.024 | 1.89 | 1.34 | 1.89 | |
| 12 次 | 48.69 | 0.021 | 0.092 | 0.009 | 0.092 | 1.77 | 1.22 | 1.77 | |

| 表2原 | 子炉隔離時冷却 | 副系配管の固有 | 「振動数及C | バ刺激係数 |
|-----|---------|---------|--------|-------|
|-----|---------|---------|--------|-------|

* モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリクスの積から算出した値(以下、同様)



図2 原子炉隔離時冷却系配管のモード図

2. 可燃性ガス濃度制御系配管

可燃性ガス濃度制御系配管の主要仕様を表3に,解析モデル図を図3に,固有振動数及び 刺激係数を表4に,主要次数のモード図を図4に示す。

| 項目 | 主要仕様 | | | | |
|--------|------------------|--|--|--|--|
| 最高使用圧力 | 0.21 | | | | |
| (MPa) | 0.31 | | | | |
| 最高使用温度 | 171 | | | | |
| (°C) | 171 | | | | |
| 外 径 | 60.5 | | | | |
| (mm) | 114.3 | | | | |
| 厚さ | 5.5 | | | | |
| (mm) | 6.0 | | | | |
| | STPL39 相当 | | | | |
| 材料 | (ASME SA333Gr.6) | | | | |
| | STPT42 | | | | |

表3可燃性ガス濃度制御系配管の主要仕様

上段,下段の記載があるものは,上段が図3に示す質点No.1N~2 に該当し,下段が質点No.3~33Aに該当する。



図3可燃性ガス濃度制御系配管の解析モデル図

| | 固有振動数 (Hz) | 固有周期 (S) | | 士山泊6亿米6 | | 設計震度 | | | |
|-----|---------------|-------------|-------|---------|-------|------|------|-------|--|
| モード | | | | 刺激休毅 | | 水平 | 方向 | 鉛直方向 | |
| | | | X 方向 | Y 方向 | Z 方向 | X方向 | Z方向 | Y方向 | |
| 1次 | 19. 59 | 0.051 | 0.077 | 0.136 | 0.067 | 1.37 | 1.37 | 1.51 | |
| 2次 | 21.87 | 0.046 | 0.112 | 0.114 | 0.078 | 1.36 | 1.36 | 1.98 | |
| 3次 | 25.34 | 0.039 | 0.000 | 0.006 | 0.010 | 1.32 | 1.32 | 2.06 | |
| 4次 | 29.92 | 0.033 | 0.098 | 0.006 | 0.106 | 1.23 | 1.23 | 1.32 | |
| 5次 | 36.30 | 0.028 | 0.029 | 0.065 | 0.010 | 1.26 | 1.26 | 1.00 | |
| 6次 | 41. 58 | 0.024 | 0.025 | 0.039 | 0.010 | 1.26 | 1.26 | 0.94 | |
| 7次 | 43. 59 | 0.023 | 0.020 | 0.034 | 0.023 | 1.26 | 1.26 | 0. 91 | |
| 8次 | 49.73 | 0.020 | 0.022 | 0.027 | 0.014 | 1.19 | 1.19 | 0.86 | |

表4可燃性ガス濃度制御系配管の固有振動数及び刺激係数



図4(1)可燃性ガス濃度制御系配管のモード図



固有振動数:29.92 Hz

図4(2)可燃性ガス濃度制御系配管のモード図



(水平方向, 減衰定数 1.0%)



添付図 1-4 原子炉建屋(EL. 29.0m)の加速度応答スペクトル (水平方向,減衰定数 1.0%)



添付図 1-6 原子炉建屋(EL. 14. 0m)の加速度応答スペクトル (水平方向,減衰定数 1.0%)



添付図 1-7 原子炉建屋(EL.8.2m)の加速度応答スペクトル (水平方向,減衰定数 1.0%)



添付図 1-8 原子炉建屋(EL.2.0m)の加速度応答スペクトル (水平方向,減衰定数 1.0%)



(水平方向, 減衰定数 1.0%)



添付図 2-2 原子炉建屋(EL. 38.8m)の加速度応答スペクトル(鉛直方向,減衰定数 1.0%)





(鉛直方向, 減衰定数 1.0%)





(鉛直方向,減衰定数1.0%)



添付図 3-1 原子炉格納容器(EL. 39. 431m)の加速度応答スペクトル (水平方向,減衰定数 1.0%)



添付図 3-2 原子炉格納容器(EL. 33. 431m)の加速度応答スペクトル (水平方向,減衰定数 1.0%)



添付図 3-3 原子炉格納容器(EL. 27. 432m)の加速度応答スペクトル (水平方向,減衰定数 1.0%)



添付図 3-4 原子炉格納容器(EL. 21. 420m)の加速度応答スペクトル (水平方向,減衰定数 1.0%)



添付図 3-6 原子炉格納容器(EL.11.191m)の加速度応答スペクトル (水平方向,減衰定数 1.0%)



添付図 3-8 原子炉格納容器(EL.-0.013m)の加速度応答スペクトル (水平方向,減衰定数 1.0%)



添付図 4-1 原子炉格納容器 (EL. 39. 431m)の加速度応答スペクトル (鉛直方向,減衰定数 1.0%)



添付図 4-2 原子炉格納容器 (EL. 33. 431m)の加速度応答スペクトル (鉛直方向,減衰定数 1.0%)



添付図 4-3 原子炉格納容器 (EL. 27. 432m)の加速度応答スペクトル (鉛直方向,減衰定数 1.0%)



添付図 4-4 原子炉格納容器(EL. 21. 420m)の加速度応答スペクトル(鉛直方向,減衰定数 1.0%)



添付図 4-5 原子炉格納容器 (EL. 16. 319m)の加速度応答スペクトル (鉛直方向,減衰定数 1.0%)



添付図 4-6 原子炉格納容器 (EL. 11. 191m)の加速度応答スペクトル (鉛直方向,減衰定数 1.0%)



添付図 4-7 原子炉格納容器(EL.5.141m)の加速度応答スペクトル(鉛直方向,減衰定数 1.0%)



添付図 4-8 原子炉格納容器(EL.-0.013m)の加速度応答スペクトル (鉛直方向,減衰定数 1.0%)



添付図 5-2 原子炉遮蔽(EL.28.308m)の加速度応答スペクトル (水平方向,減衰定数 1.0%)



添付図 5-4 原子炉本体の基礎(EL. 19. 856m)の加速度応答スペクトル (水平方向,減衰定数 1.0%)



添付図 5-5 原子炉本体の基礎(EL.13.198m)の加速度応答スペクトル (水平方向,減衰定数1.0%)



添付図 5-6 原子炉本体の基礎(EL.8.395m)の加速度応答スペクトル (水平方向,減衰定数 1.0%)



添付図 5-7 原子炉本体の基礎(EL.2.189m)の加速度応答スペクトル (水平方向,減衰定数1.0%)



添付図 5-8 原子炉本体の基礎(EL.-2.167m)の加速度応答スペクトル (水平方向,減衰定数 1.0%)



添付図 6-2 原子炉遮蔽(EL.28.308m)の加速度応答スペクトル(鉛直方向,減衰定数 1.0%)



添付図 6-3 原子炉遮蔽(EL. 25. 212m)の加速度応答スペクトル(鉛直方向,減衰定数 1.0%)



添付図 6-4 原子炉本体の基礎(EL. 19. 856m)の加速度応答スペクトル(鉛直方向,減衰定数 1.0%)



添付図 6-5 原子炉本体の基礎(EL.13.198m)の加速度応答スペクトル (鉛直方向,減衰定数1.0%)



添付図 6-6 原子炉本体の基礎(EL.8.395m)の加速度応答スペクトル(鉛直方向,減衰定数 1.0%)



添付図 6-7 原子炉本体の基礎(EL.2.189m)の加速度応答スペクトル (鉛直方向,減衰定数1.0%)



添付図 6-8 原子炉本体の基礎(EL.-2.167m)の加速度応答スペクトル(鉛直方向,減衰定数 1.0%)

| | | | 最大床加速度 (×9.8 m/s ²) | | | | | | | | | | |
|-----|-------|-------------|---------------------------------|------|------|-------------|------|--------------|------|------|--|--|--|
| 構築物 | EL. | $S_s - D_1$ | | | C . | $S_{s} - 1$ | L | $S_{s} - 12$ | | | | | |
| | (m) | ΝS | ΕW | 鉛直 | N S | ΕW | 鉛直 | ΝS | ΕW | 鉛直 | | | |
| | | 方向 | 方向 | 方向 | 方向 | 方向 | 方向 | 方向 | 方向 | 方向 | | | |
| | 46.50 | 1.56 | 1.55 | 1.20 | 0.59 | 0.63 | 1.28 | 0.71 | 0.65 | 1.08 | | | |
| | 38.80 | 1.41 | 1.41 | 1.16 | 0.47 | 0.57 | 1.19 | 0.60 | 0.60 | 1.07 | | | |
| | 34.70 | 1.35 | 1.32 | 1.08 | 0.41 | 0.54 | 1.10 | 0.54 | 0.57 | 1.02 | | | |
| 原子 | 29.00 | 1.22 | 1.25 | 0.99 | 0.45 | 0.48 | 0.98 | 0.51 | 0.59 | 0.93 | | | |
| 炉 | 20.30 | 1.07 | 1.07 | 0.95 | 0.45 | 0.53 | 0.81 | 0.50 | 0.57 | 0.81 | | | |
| 建屋 | 14.00 | 0.96 | 0.98 | 0.93 | 0.50 | 0.54 | 0.75 | 0.51 | 0.53 | 0.78 | | | |
| | 8.20 | 0.83 | 0.84 | 0.92 | 0.51 | 0.54 | 0.77 | 0.53 | 0.48 | 0.78 | | | |
| - | 2.00 | 0.80 | 0.80 | 0.89 | 0.48 | 0.51 | 0.77 | 0.51 | 0.42 | 0.77 | | | |
| | -4.00 | 0.77 | 0.77 | 0.84 | 0.47 | 0.48 | 0.77 | 0.53 | 0.39 | 0.74 | | | |

添付表 1-1 原子炉建屋の最大応答加速度(1.2ZPA)

添付表 1-2 原子炉建屋の最大応答加速度(1.2ZPA)

| | | | 最大床加速度(×9.8 m/s ²) | | | | | | | | | | |
|-----|-------|------|--------------------------------|------|------|--------------|------|------|--------------|------|--|--|--|
| 構築物 | EL. | c, | S _s -13 | | | $S_{s} - 14$ | | | $S_{s} - 21$ | | | | |
| | (m) | ΝS | ΕW | 鉛直 | ΝS | ΕW | 鉛直 | ΝS | ΕW | 鉛直 | | | |
| | | 方向 | 方向 | 方向 | 方向 | 方向 | 方向 | 方向 | 方向 | 方向 | | | |
| | 46.50 | 0.72 | 0.65 | 1.10 | 0.59 | 0.51 | 0.80 | 1.61 | 0.77 | 1.52 | | | |
| | 38.80 | 0.60 | 0.60 | 1.07 | 0.48 | 0.47 | 0.75 | 1.37 | 0.63 | 1.44 | | | |
| | 34.70 | 0.54 | 0.60 | 1.01 | 0.45 | 0.45 | 0.72 | 1.17 | 0.59 | 1.34 | | | |
| 原 | 29.00 | 0.50 | 0.60 | 0.92 | 0.44 | 0.45 | 0.71 | 1.05 | 0.53 | 1.17 | | | |
| 炉 | 20.30 | 0.54 | 0.59 | 0.78 | 0.45 | 0.44 | 0.68 | 0.89 | 0.56 | 1.01 | | | |
| 屋 | 14.00 | 0.57 | 0.54 | 0.75 | 0.45 | 0.41 | 0.65 | 0.89 | 0.56 | 0.93 | | | |
| | 8.20 | 0.56 | 0.50 | 0.72 | 0.45 | 0.39 | 0.62 | 0.86 | 0.54 | 0.87 | | | |
| - | 2.00 | 0.57 | 0.44 | 0.69 | 0.44 | 0.36 | 0.60 | 0.78 | 0.53 | 0.81 | | | |
| | -4.00 | 0.59 | 0.42 | 0.71 | 0.41 | 0.35 | 0.60 | 0.72 | 0.51 | 0.77 | | | |

| | | | 最大床加速度 (×9.8 m/s ²) | | | | | | | | | |
|----|-------|------|---------------------------------|------|--------------------|------|------|--|--|--|--|--|
| 構 | EL. | 01 | $S_{s} - 2$ | 2 | S _s -31 | | | | | | | |
| 衆物 | (m) | ΝS | ΕW | 鉛直 | ΝS | ΕW | 鉛直 | | | | | |
| | | 方向 | 方向 | 方向 | 方向 | 方向 | 方向 | | | | | |
| | 46.50 | 1.58 | 1.29 | 1.38 | 1.74 | 1.71 | 0.57 | | | | | |
| | 38.80 | 1.32 | 1.04 | 1.29 | 1.62 | 1.67 | 0.54 | | | | | |
| | 34.70 | 1.28 | 0.95 | 1.19 | 1.62 | 1.64 | 0.51 | | | | | |
| 原子 | 29.00 | 1.07 | 0.81 | 1.08 | 1.55 | 1.53 | 0.45 | | | | | |
| 炉 | 20.30 | 0.89 | 0.75 | 1.01 | 1.26 | 1.34 | 0.38 | | | | | |
| 屋 | 14.00 | 0.75 | 0.66 | 0.99 | 1.10 | 1.13 | 0.35 | | | | | |
| | 8.20 | 0.66 | 0.62 | 0.96 | 1.02 | 1.10 | 0.33 | | | | | |
| | 2.00 | 0.68 | 0.60 | 0.92 | 0.95 | 0.96 | 0.32 | | | | | |
| | -4.00 | 0.68 | 0.56 | 0.90 | 0.87 | 0.83 | 0.32 | | | | | |

添付表 1-3 原子炉建屋の最大応答加速度(1.2ZPA)

| | | | 最大床加速度 (×9.8 m/s ²) | | | | | | | | | |
|-------------|---------|------|---------------------------------|------|------|---------------|------|------|--------------|------|--|--|
| 構築物 | EL. | 0, | S _s -D1 | | | $S_{s} - 1 1$ | | | $S_{s} - 12$ | | | |
| | (m) | ΝS | ΕW | 鉛直 | ΝS | ΕW | 鉛直 | ΝS | ΕW | 鉛直 | | |
| | | 方向 | 方向 | 方向 | 方向 | 方向 | 方向 | 方向 | 方向 | 方向 | | |
| | 39. 431 | 1.44 | 1.43 | 0.99 | 0.52 | 0.57 | 1.14 | 0.60 | 0.62 | 1.19 | | |
| | 33. 431 | 1.26 | 1.27 | 0.97 | 0.41 | 0.52 | 1.06 | 0.54 | 0.57 | 1.10 | | |
| 原子 | 27.432 | 1.14 | 1.11 | 0.94 | 0.41 | 0.48 | 0.97 | 0.48 | 0.55 | 1.00 | | |
| , 炉 枚 | 21.420 | 1.03 | 0.98 | 0.90 | 0.42 | 0.49 | 0.91 | 0.47 | 0.54 | 0.94 | | |
| 裕納 | 16.319 | 0.91 | 0.91 | 0.88 | 0.41 | 0.51 | 0.91 | 0.49 | 0.52 | 0.90 | | |
| 谷器 | 11. 191 | 0.88 | 0.88 | 0.85 | 0.46 | 0.54 | 0.87 | 0.51 | 0.49 | 0.87 | | |
| нн | 5.141 | 0.86 | 0.86 | 0.81 | 0.48 | 0.58 | 0.83 | 0.53 | 0.45 | 0.82 | | |
| | -0.013 | 0.83 | 0.83 | 0.78 | 0.52 | 0.61 | 0.79 | 0.58 | 0.46 | 0.77 | | |

添付表 2-1 原子炉格納容器の最大応答加速度(1.2ZPA)

添付表 2-2 原子炉格納容器の最大応答加速度(1.2ZPA)

| | | 最大床加速度 (×9.8 m/s ²) | | | | | | | | | | |
|----|---------|---------------------------------|------|------|------|--------------|------|--------------|------|------|--|--|
| 構 | EL. | S _s -13 | | | Ś | $S_{s} = 14$ | 1 | $S_{s} - 21$ | | | | |
| 築物 | (m) | N S | ΕW | 鉛直 | ΝS | ΕW | 鉛直 | ΝS | ΕW | 鉛直 | | |
| | | 方向 | 方向 | 方向 | 方向 | 方向 | 方向 | 方向 | 方向 | 方向 | | |
| | 39. 431 | 0.61 | 0.65 | 1.26 | 0.47 | 0.48 | 0.85 | 1.50 | 0.64 | 1.39 | | |
| | 33. 431 | 0.53 | 0.60 | 1.17 | 0.45 | 0.44 | 0.78 | 1.20 | 0.57 | 1.33 | | |
| 原子 | 27.432 | 0.48 | 0.57 | 1.05 | 0.41 | 0.42 | 0.73 | 1.01 | 0.51 | 1.25 | | |
| 炉 | 21.420 | 0.52 | 0.55 | 0.93 | 0.42 | 0.40 | 0.67 | 0.84 | 0.52 | 1.17 | | |
| 俗納 | 16.319 | 0.54 | 0.53 | 0.88 | 0.43 | 0.39 | 0.64 | 0.85 | 0.52 | 1.11 | | |
| 容器 | 11. 191 | 0.55 | 0.51 | 0.85 | 0.44 | 0.38 | 0.64 | 0.84 | 0.52 | 1.05 | | |
| | 5.141 | 0.59 | 0.46 | 0.80 | 0.44 | 0.38 | 0.63 | 0.84 | 0.50 | 0.96 | | |
| | -0.013 | 0.64 | 0.48 | 0.75 | 0.45 | 0.39 | 0.61 | 0.88 | 0.50 | 0.85 | | |

| | | | 最大床加速度 (×9.8 m/s ²) | | | | | | | | |
|----|---------|------|---------------------------------|------|--------------------|------|------|--|--|--|--|
| 構 | EL. | S | $S_{s} - 2$ | 2 | S _s -31 | | | | | | |
| 築物 | (m) | N S | ΕW | 鉛直 | N S | ΕW | 鉛直 | | | | |
| | | 方向 | 方向 | 方向 | 方向 | 方向 | 方向 | | | | |
| | 39.431 | 1.46 | 1.04 | 1.28 | 1.85 | 1.81 | 0.39 | | | | |
| | 33. 431 | 1.26 | 0.89 | 1.18 | 1.61 | 1.62 | 0.38 | | | | |
| 原子 | 27.432 | 1.03 | 0.76 | 1.10 | 1.60 | 1.61 | 0.37 | | | | |
| 炉枚 | 21.420 | 0.90 | 0.72 | 1.06 | 1.41 | 1.43 | 0.36 | | | | |
| 約 | 16.319 | 0.80 | 0.68 | 1.02 | 1.23 | 1.25 | 0.35 | | | | |
| 谷器 | 11.191 | 0.72 | 0.62 | 0.97 | 1.07 | 1.11 | 0.35 | | | | |
| | 5.141 | 0.68 | 0.62 | 0.91 | 1.02 | 1.00 | 0.34 | | | | |
| | -0.013 | 0.72 | 0.64 | 0.87 | 0.96 | 0.93 | 0.33 | | | | |

添付表 2-3 原子炉格納容器の最大応答加速度(1.2ZPA)
| | | | | 最大床加速度 (×9.8 m/s ²) | | | | | | |
|------------------|--------|------|-----------|---------------------------------|------|-------------|------|--------------|------|------|
| 構 | EL. | 0, | $S_s - D$ | L | 0, | $S_{s} - 1$ | L | $S_{s} = 12$ | | |
| 築物 | (m) | N S | ΕW | 鉛直 | N S | ΕW | 鉛直 | ΝS | ΕW | 鉛直 |
| | | 方向 | 方向 | 方向 | 方向 | 方向 | 方向 | 方向 | 方向 | 方向 |
| 日 | 34.643 | 1.35 | 1.34 | 1.15 | 0.85 | 0.77 | 1.11 | 0.89 | 0.77 | 1.11 |
| 遮 示子 偏 | 28.308 | 1.31 | 1.25 | 1.14 | 0.84 | 0.81 | 1.08 | 0.80 | 0.80 | 1.07 |
| | 25.212 | 1.28 | 1.21 | 1.13 | 0.80 | 0.84 | 1.04 | 0.81 | 0.79 | 1.03 |
| | 19.856 | 1.19 | 1.12 | 1.10 | 0.77 | 0.81 | 0.95 | 0.78 | 0.73 | 0.96 |
| 原の子 | 13.198 | 0.99 | 1.00 | 0.98 | 0.65 | 0.67 | 0.79 | 0.63 | 0.58 | 0.82 |
| 基炉 | 8.935 | 0.91 | 0.92 | 0.89 | 0.58 | 0.61 | 0.75 | 0.57 | 0.49 | 0.73 |
| ^{碇 本} 体 | 2.189 | 0.85 | 0.86 | 0.77 | 0.49 | 0.53 | 0.70 | 0.51 | 0.42 | 0.69 |
| | -2.167 | 0.84 | 0.84 | 0.74 | 0.46 | 0.50 | 0.73 | 0.54 | 0.40 | 0.72 |

添付表 3-1 原子炉遮蔽及び原子炉本体の基礎の最大応答加速度(1.2ZPA)

添付表 3-2 原子炉遮蔽及び原子炉本体の基礎の最大応答加速度(1.2ZPA)

| | | | 最大床加速度(×9.8 m/s ²) | | | | | | | |
|---------------------------------------|--------|------|--------------------------------|------|------|-------------|------|------|-------------|------|
| 構 | EL. | Ś | $S_{s} - 1$ | 3 | S | $S_{s} = 1$ | 4 | S | $S_{s} = 2$ | 1 |
| 業物 | (m) | N S | ΕW | 鉛直 | N S | ΕW | 鉛直 | ΝS | ΕW | 鉛直 |
| | | 方向 | 方向 | 方向 | 方向 | 方向 | 方向 | 方向 | 方向 | 方向 |
| | 34.643 | 0.92 | 0.80 | 1.11 | 0.81 | 0.59 | 0.74 | 1.38 | 0.90 | 1.37 |
| 遮子 | 28.308 | 0.79 | 0.83 | 1.07 | 0.88 | 0.60 | 0.73 | 1.55 | 0.95 | 1.34 |
| 1 | 25.212 | 0.71 | 0.82 | 1.03 | 0.87 | 0.59 | 0.74 | 1.59 | 0.95 | 1.31 |
| | 19.856 | 0.67 | 0.76 | 0.93 | 0.82 | 0.56 | 0.74 | 1.54 | 0.92 | 1.24 |
| 原の子 | 13.198 | 0.59 | 0.60 | 0.75 | 0.62 | 0.47 | 0.69 | 1.18 | 0.75 | 1.05 |
| 基炉 | 8.935 | 0.56 | 0.50 | 0.72 | 0.50 | 0.41 | 0.63 | 0.98 | 0.64 | 0.93 |
| 一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一 | 2.189 | 0.58 | 0.42 | 0.68 | 0.44 | 0.35 | 0.62 | 0.80 | 0.53 | 0.83 |
| | -2.167 | 0.60 | 0.41 | 0.69 | 0.42 | 0.35 | 0.60 | 0.74 | 0.52 | 0.77 |

| | | | 最大床加速度 (×9.8 m/s ²) | | | | | | |
|---------------------------------------|--------|------|---------------------------------|------|--------------------|------|------|--|--|
| 構 | EL. | S | $S_{s} - 2$ | 2 | S _s -31 | | | | |
| 築物 | (m) | N S | ΕW | 鉛直 | N S | ΕW | 鉛直 | | |
| | | 方向 | 方向 | 方向 | 方向 | 方向 | 方向 | | |
| | 34.643 | 1.46 | 1.22 | 1.31 | 1.64 | 1.59 | 0.42 | | |
| 遮子 | 28.308 | 1.28 | 1.22 | 1.29 | 1.51 | 1.45 | 0.42 | | |
| 1 | 25.212 | 1.24 | 1.22 | 1.27 | 1.46 | 1.42 | 0.41 | | |
| | 19.856 | 1.20 | 1.15 | 1.22 | 1.35 | 1.34 | 0.39 | | |
| 原の子 | 13.198 | 0.91 | 0.85 | 1.12 | 1.19 | 1.19 | 0.35 | | |
| 基炉 | 8.935 | 0.80 | 0.71 | 1.02 | 1.11 | 1.10 | 0.33 | | |
| 一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一 | 2. 189 | 0.70 | 0.61 | 0.90 | 1.00 | 0.97 | 0.30 | | |
| | -2.167 | 0.70 | 0.58 | 0.87 | 0.92 | 0.89 | 0.31 | | |

添付表 3-3 原子炉遮蔽及び原子炉本体の基礎の最大応答加速度(1.2ZPA)

5. 弁の動的機能維持評価の検討方針

1. はじめに

本資料では,実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈等に おける動的機能保持に関する評価に係る一部改正(以下「技術基準規則解釈等の改正」 という)を踏まえて,弁の動的機能維持の検討方針を示す。

2. 弁機能維持評価に用いる配管系の応答値について

技術基準規則解釈等の改正を踏まえて,東海第二発電所の配管系に設置される弁の機 能維持評価に適用する加速度値の算定方針について,規格基準に基づく設計手順を整理 し,比較することにより示す。規格基準に基づく手法としてJEAG4601の当該記載 部の抜粋を図1に示す。

(1) 規格基準に基づく設計手順の整理

JEAG4601において,弁の動的機能維持評価に用いる弁駆動部の応答加速度の算 定方針が示されている。

配管系の固有値が剛と判断される場合は最大加速度(以下「ZPA」という。)を用いること、また、柔の場合は設計用床応答スペクトルを入力とした配管系のスペクトル モーダル解析を行い算出された弁駆動部での応答加速度を用いることにより、弁の動 的機能維持評価を実施することとされている。

(2) 今回工認における東海第二発電所の設計手順

今回工認における東海第二発電所の弁駆動での応答加速度値の設定は、上記のJE AG4601の規定に加えて一定の余裕を見込み評価を実施する方針とする。

a. 剛の場合

配管系が剛な場合は,最大加速度に一定の余裕を考慮し 1.2 倍した値(1.2ZPA)を 用いて弁駆動部の応答加速度を算出し,機能維持評価を実施する。

b. 柔の場合

配管系の固有値が柔の場合は、JEAG4601の手順と同様にスペクトルモーダル 解析を行い弁駆動部の応答加速度を算出した値に加えて、剛領域の振動モードの影 響を考慮する観点から1.2倍した最大加速度(1.2ZPA)による弁駆動部の応答加速 度を算定し、何れか大きい加速度を用いて機能維持評価を行う方針とする。

また、今回工認における弁駆動部の応答加速度の算定に用いる配管系のスペクト ルモーダル解析において、剛領域の振動モードの影響を踏まえて、振動数領域を 20Hz から今回工認においては、50Hz まで考慮した地震応答解析により、弁の応答 加速度値の算定を行う。

弁の機能維持評価における規格基準に基づく耐震設計手順及び東海第二発電所の耐 震設計手順の比較を表1に示す。表1に示すとおり、東海第二発電所における弁の機 能維持評価に用いる加速度値としては、規格基準に基づく設定方法に比べて一定の裕 度を見込んだ値としている。

| 配管系の | | 古海体二水母正 |
|------|---------------------|---------------------|
| 固有値 | J E A G 4001 | □ 果做弗→光电別 |
| 剛の場合 | 最大加速度(1.0ZPA)を適用する。 | 最大加速度を 1.2 倍した値 |
| | | (1.2ZPA)を適用する。 |
| 柔の場合 | スペクトルモーダル解析により | スペクトルモーダル解析*1か |
| | 算出した弁駆動部の応答を適用 | ら算定される弁駆動部の応答 |
| | する。 | 加速度値又は最大加速度を |
| | | 1.2 倍した値(1.2ZPA)の何れ |
| | | か大きい方を適用する。 |

*1 振動数領域として 50Hz まで考慮した地震応答解析により算定する。

2

(5) 地震応答解析

弁の地震応答を算出するに当たり、(4)項で作成した弁モデルを配管系モデルに組み込み、地震応答解析を実施する。この場合の解析方法は、配管系の固有値に応じて静的応 答解析法あるいはスペクトルモーダル応答解析法を用いる。

配管系の固有値が剛と判断される場合は,静的応答解析を行うが,この場合弁に加わる加速度は設計用床応答スペクトルのZPA(ゼロ周期加速度)であり,これを弁駆動部応答加速度と見なして評価を行う。また,剛の範囲にない場合には,原則として(3)項で定めた設計用床応答スペクトルを入力とする配管系のスペクトルモーダル解析を行い,算出された弁駆動部応答加速度を用いて弁の評価を実施する。更に,弁の詳細評価が必要となる場合には,弁各部の強度評価に必要な応答荷重を算出する。

なお、減衰定数については現在配管系の解析に使用されている0.5~2.5%の値を用いるものとする。

図1 JEAG4601 (1991)の抜粋

3. スペクトルモーダル解析における考慮する振動数領域の検討について

高振動数領域を考慮した弁の機能維持評価について,動的機能維持要求弁として主蒸 気逃がし安全弁,主蒸気隔離弁が設置された主蒸気系配管に対して検討を行った。本検 討では,東海第二発電所における従来の弁の機能維持評価に用いる振動数領域は20Hz までとしていたが,新たに50Hz,100Hzまで考慮したスペクトルモーダル解析を実施し た。本検討の詳細は添付1に示す。

解析結果として 50Hz まで振動数を考慮した場合については,20Hz に比べて応答加速 度が増加したものの,100Hz まで考慮した場合では,50Hz の応答加速度に対して,弁の 応答加速度値に増加がないことから,東海第二発電所における弁の機能維持評価に用い る周波数領域については,50Hz までを基本として評価を実施することとする。

また,本評価は代表的な弁での検討であるため,その他の動的機能要求弁についても 同様の検討を行うことにより,機能維持の確認を行う。

3

1. はじめに

高振動数領域を考慮した弁の機能維持評価として,主蒸気逃がし安全弁及び主蒸気隔離弁が設置された主蒸気系配管について,スペクトルモーダル解析にて考慮する範囲として 20Hz,50Hz 及び 100Hz までとし,各々評価結果として,弁駆動部の応答加速度を 算定した。

2. 解析モデル

弁の機能維持評価に用いる主蒸気系配管の解析モデルを図2に示す。評価に用いる解 析モデルは,原子炉圧力容器ノズルから主蒸気隔離弁の下流側をアンカ点としたモデル であり,また主蒸気逃がし安全弁の排気管についてもモデル化している。



図2 主蒸気系配管の解析モデル図

3. 入力条件

当該解析モデルは柔構造であることから,スペクトルモーダル解析から算定される弁 駆動部の応答加速度値又は最大加速度を1.2倍した値(1.2ZPA)の何れか大きい方を適 用して機能維持評価を行う。

スペクトルモーダル解析における入力条件としては,設計用床応答曲線に1.5 倍の余裕を見込んだ加速度値を用いることとする。なお設計用床応答曲線の作成を20Hz としていることから,20Hz を超えた範囲については,最大応答加速度を入力とする。入力条件となる動的機能維持評価用床応答スペクトルを図3に示す。動的機能維持評価用床応答スペクトルの適用性を添付2に示す。



図 3(1) 原子炉本体の基礎(EL.19.856m)の動的機能維持評価用床応答スペクトル (水平方向,減衰定数 2.0%)



図 3(2) 原子炉本体の基礎(EL.19.856m)の動的機能維持評価用床応答スペクトル (鉛直方向,減衰定数 2.0%)

4. 固有值解析結果

主蒸気系配管の固有値解析結果として,固有周期,刺激係数及び設計震度を表2に,振動モード図を図4に示す。

| | | | | 訓測係粉 | | | 設計震度 | |
|-------|---------------|-------------|-------|------------|-------|------|------|------|
| モード | 固有振動数 (Hz) | 固有周期 (S) | | 州 66 67 58 | | 水平 | 方向 | 鉛直方向 |
| | | | X方向 | Y方向 | Z方向 | X方向 | Z方向 | Y方向 |
| 1次 | 8.489 | 0.118 | 0.222 | 0.045 | 0.054 | 8.85 | 8.85 | 5.98 |
| 2 次 | 9. 177 | 0.109 | 0.179 | 0.043 | 0.016 | 8.85 | 8.85 | 4.23 |
| 3 次 | 10.208 | 0.098 | 0.254 | 0.148 | 0.320 | 5.91 | 5.91 | 3.45 |
| 4次 | 10.361 | 0.097 | 0.106 | 0.015 | 0.333 | 5.50 | 5.50 | 3.11 |
| 5 次 | 10.540 | 0.095 | 0.640 | 0.069 | 0.735 | 4.79 | 4.79 | 3.04 |
| 6 次 | 10.717 | 0.093 | 0.027 | 0.009 | 0.310 | 4.48 | 4.48 | 3.04 |
| 7 次 | 10.787 | 0.093 | 0.039 | 0.222 | 0.311 | 4.36 | 4.36 | 3.04 |
| 8 次 | 10.892 | 0.092 | 0.921 | 0. 199 | 0.213 | 4.17 | 4.17 | 3.02 |
| 9次 | 11.127 | 0.090 | 0.231 | 0.030 | 0.074 | 3.66 | 3.66 | 2.98 |
| 10 次 | 11.201 | 0.089 | 0.535 | 0.396 | 0.932 | 3.59 | 3.59 | 3.11 |
| 138 次 | 49.900 | 0.020 | 0.095 | 0.039 | 0.042 | 1.29 | 1.29 | 1.04 |

表2 主蒸気系配管の固有周期,刺激係数及び設計震度



図4(1) 主蒸気系配管の振動モード図



図4(2) 主蒸気系配管の振動モード図



図4(3) 主蒸気系配管の振動モード図

5. 解析結果

解析モデルを用いた地震応答解析による弁駆動部位置における応答加速度の算定結 果を表1に示す。表3に示すとおり20Hzの応答加速度に対して,50Hzまで考慮した応 答加速度は増加しているものの,100Hzまで考慮した応答加速度は,50Hzに対して増加 は認められなかった。

| 弁名称 | 方向 | スペクトルモーダル 解析(G) | | | 最大加速度 (1.2ZPA) |
|-----------|----|--------------------|-------|-------|-------------------|
| | | 20Hz | 50Hz | 100Hz | (G) |
| 主蒸気逃がし安全弁 | 水平 | 5.41 | 5.52 | 5.52 | 1.54 |
| | 鉛直 | 1.84 | 2.05 | 2.05 | 1.24 |
| 主蒸気隔離弁 | 水平 | 7.35 | 7.35 | 7.35 | 1.54 |
| (格納容器内側) | 鉛直 | 5.41 | 5.41 | 5.41 | 1.24 |
| 主蒸気隔離弁 | 水平 | 4.90 | 5.00 | 5.00 | 1.54 |
| (格納容器外側) | 鉛直 | 3. 88 | 3. 88 | 3. 88 | 1.24 |

表3 弁駆動部位置における応答加速度

1. はじめに

工事計画に係る補足説明資料【補足-340-13機電分耐震計算書の補足について】の「2. 設計用床応答曲線の作成方法及び適用方法」にて,機器・配管系の耐震設計における剛 柔判断の固有振動数を 20Hz とすることの妥当性を確認している。前述の資料では, 20Hz 近傍にて卓越する応答を示す原子炉格納容器の設計用床応答曲線を用いる配管系につい て,従来の応力評価手法の妥当性の確認を実施している。

本資料では上記図書と同様に、当該配管に設置された動的機能維持要求弁の加速度応 答の算出に用いる床応答スペクトル(図5参照)として、20Hzまで作成した設計用床応 答曲線に20Hzより剛側を最大加速度とすることが妥当であることを確認する。



図5 動的機能維持要求弁に用いる床応答スペクトル(イメージ図)

2. 配管系の地震応答解析

原子炉格納容器の設計用床応答曲線を適用し、スペクトルモーダル解析を実施する解 析モデルは、原子炉隔離時冷却系配管の1モデルのみである。当該解析モデルを図6に 示すとおり、原子炉圧力容器ノズル付近に逆止弁を有し、当該弁が動的機能維持の確認 が必要となる。



図6原子炉隔離時冷却系配管解析モデル図

3. 確認内容

動的機能維持対象弁の応答加速度値の算出に用いる床応答スペクトルとして,以下2 種類作成し,スペクトルモーダル解析により弁位置の応答加速度を算出することにより 行う。

a. 動的機能維持評価用床応答スペクトル

東海第二発電所動的機能維持評価に用いる床応答スペクトルで有り,床応答スペクトルの作成を20Hzとし,20Hzを超えた範囲は最大加速度として作成する(図7)。

b. 検討用床応答スペクトル

動的機能維持確認用床応答スペクトルでの応答比較のために用いる床応答スペクトルとし,床応答スペクトルの作成範囲を 50Hz とする (図 8)。









(原子炉格納容器 EL. 39.431m 減衰定数 2.5%)

4. 解析結果及び考察

(1) 解析結果

固有値解析結果として,固有振動数及び刺激係数を表5に,主要次数のモード図を図 9に示す。

各床応答スペクトルを用いた地震応答解析による弁位置の応答加速度の算定結果を表 4 に示す。表 4 に示すとおり今回評価に適用する 20Hz まで作成した床応答スペクトル 及び最大加速度1.2ZPAの弁位置の応答加速度よりも 50Hz まで作成した応答スペクトル のほうが大きく値となったものの,その差は僅かであり,また確認済加速度より小さい ことが確認できた。

| | | 弁位置のM ((| 確認済加速度 | |
|---------------------------|------------------------------------|-------------|--------|-----|
| | | 水平方向 | 鉛直方向 | (G) |
| 動的機能 | 動的機能維持確認用床応答ス ペクトル*1による結果 | 1.53 | 4.90 | |
| 動的機能 維持 亚 田 | 最大加速度 1.2ZPA | 1.85 | 1.39 | 6.0 |
| 評価用 | 包絡値 | 1.85 | 4.90 | |
| 検討用 | 検討用床応答スペクトル* ² による結果 | 1.94 | 5.10 | 6.0 |

表4 弁設置位置における応答加速度

*1:床応答スペクトルの作成を20Hzとし,20Hzを超えた範囲は最大加速度として作成(図7) *2:床応答スペクトルの範囲を50Hzとして作成(図8)

(2) 解析結果を踏まえた対応方針

本検討に用いた床応答スペクトルは、20Hz に応答が卓越する構築物に設置される配管 系を用いて検討を実施した。20Hz に卓越する応答を有する厳しい条件においても弁位置 の応答増加は、1.85Gから1.94Gの増加でその割合は5%程度で有った。

本解析結果を踏まえて、20Hzに卓越する応答を示す構築物として原子炉格納容器の床

応答スペクトルを用いる配管系において、10%の裕度が確保できない弁については、3. 項に示す「検討用床応答スペクトル」を用いた地震応答解析結果から算定される弁位置 の応答加速度に対しても、弁の機能維持が確保できることを確認する。具体的には、弁 位置の応答加速度が確認済加速度に収まることを確認する。応答加速度が確認済加速度 を超える場合には、JEAG4601-1991による詳細解析により弁の機能維持が確保でき ることを確認する。

| | | | 刺激係数 | | | | 設計震度 | |
|------|---------------|-------------|-------|-------|-------|------|------|------|
| モード | 固有振動数 (Us) | 固有周期 (S) | | | | 水平 | 方向 | 鉛直方向 |
| | (nz) | (3) | X 方向 | Y 方向 | Z 方向 | X方向 | Z方向 | Y方向 |
| 1次 | 12.60 | 0.079 | 0.160 | 0.093 | 0.084 | 2.41 | 2.41 | 1.71 |
| 2 次 | 15.10 | 0.066 | 0.096 | 0.286 | 0.008 | 1.97 | 1.97 | 3.68 |
| 3次 | 21.18 | 0.047 | 0.088 | 0.069 | 0.006 | 1.91 | 1.91 | 6.93 |
| 4 次 | 22.23 | 0.045 | 0.131 | 0.148 | 0.051 | 2.00 | 2.00 | 6.93 |
| 5 次 | 25.02 | 0.040 | 0.053 | 0.059 | 0.204 | 2.72 | 2.72 | 4.98 |
| 6次 | 27.24 | 0.037 | 0.100 | 0.015 | 0.193 | 2.72 | 2.72 | 3.64 |
| 7 次 | 29.30 | 0.034 | 0.107 | 0.081 | 0.123 | 2.72 | 2.72 | 2.42 |
| 8 次 | 32.82 | 0.030 | 0.017 | 0.027 | 0.160 | 2.51 | 2.51 | 2.30 |
| 9次 | 35.54 | 0.028 | 0.023 | 0.028 | 0.007 | 2.43 | 2.43 | 2.30 |
| 10 次 | 39.90 | 0.025 | 0.101 | 0.010 | 0.081 | 2.28 | 1.79 | 2.28 |
| 11 次 | 44.48 | 0.022 | 0.009 | 0.004 | 0.024 | 1.89 | 1.34 | 1.89 |
| 12 次 | 48.69 | 0.021 | 0.092 | 0.009 | 0.092 | 1.77 | 1.22 | 1.77 |

表5 原子炉隔離時冷却系配管の固有振動数及び刺激係数



図 9(1) 原子炉隔離時冷却系配管の振動モード図



図 9(2) 原子炉隔離時冷却系配管の振動モード図



振動モード図(11次) 固有振動数:44.48 Hz

振動モード図(12次) 固有振動数:48.69 Hz

図 9(3) 原子炉隔離時冷却系配管の振動モード図

動的機能維持の詳細評価について
(新たな検討又は詳細検討が必要な設備の機能維
持評価について)

1. はじめに

本資料では,実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈等に おける動的機能保持に関する評価に係る一部改正(以下「技術基準規則解釈等の改正」 という)を踏まえて,動的機能維持が必要な設備の検討方針及び検討結果を示す。

実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈(抜粋)

第5条(地震による損傷の防止)

3 動的機器に対する「施設の機能を維持していること」とは、基準地震動による応答に対して、当該機器に要求される機能を保持することをいう。具体的には、当該機器の構造、動作原理等を考慮した評価を行うこと、既往研究で機能維持の確認がなされた機能確認済加速度等を超えていないことを確認することをいう。

耐震設計に係る工認審査ガイド(抜粋)

4.6.2 動的機能

【審査における確認事項】

Sクラスの施設を構成する主要設備又は補助設備に属する機器のうち、地震時又は地震 後に機能保持が要求される動的機器については、基準地震動Ssを用いた地震応答解析結 果の応答値が動的機能保持に関する評価基準値を超えていないことを確認する。

【確認内容】

動的機能については以下を確認する。

- (1)水平方向の動的機能保持に関する評価については、規制基準の要求事項に留意して、機器の地震応答解析結果の応答値が JEAG4601 の規定を参考に設定された機能確認済加速度、構造強度等の評価基準値を超えていないこと。(中略)また、適用条件、適用範囲に留意して、既往の研究等において試験等により妥当性が確認されている設定等を用いること。
- (2)鉛直方向の動的機能保持に関する評価については、規制基準の要求事項に留意して、機器の地震応答解析結果の応答値が水平方向の動的機能保持に関する評価に係る JEAG4601の規定を参考に設定された機能確認済加速度、構造強度等の評価基準値を超え ていないこと。(中略)また、適用条件、適用範囲に留意して、既往の研究等において試験等により妥当性が確認されている設定等を用いること。

- (3)上記(1)及び(2)の評価に当たっては、当該機器が JEAG4601 に規定されている機種、形式、適用範囲等と大きく異なる場合又は機器の地震応答解析結果の応答値が JEAG4601の規定を参考にして設定された機能確認済加速度を超える場合(評価方法が JEAG4601に規定されている場合を除く。)については、既往の研究等を参考に異常要因分析を実施し、当該分析に基づき抽出した評価項目毎に評価を行い、評価基準値を超えていないこと。また、当該分析結果に基づき抽出した評価部位について、構造強度評価等の解析のみにより行うことが困難な場合には、当該評価部位の地震応答解析結果の応答値が、加振試験(既往の研究等において実施されたものを含む。)により動的機能保持を確認した加速度を超えないこと。
- 2. 動的機能維持のための新たな検討又は詳細検討が必要な設備の検討方針 動的機器の耐震性評価法は原子力発電所耐震設計技術指針JEAG4601-1991 追補版 (以下JEAG4601 という)に従い実施するものとするが、JEAG4601 で定める機 能確認済加速度(JEAG4601 に定められた既往研究で機能維持の確認がなされた入力 又は応答レベル)と評価用加速度との比較による評価法には適用機種の範囲が定められ ている。本資料では、JEAG4601 に定められた適用機種の範囲から外れ新たな検討 (評価項目の検討)が必要な設備と、評価用加速度が機能確認済加速度を超えるため詳 細検討が必要な設備について、設備の抽出を行うとともに、抽出された設備における動 的機能維持のための検討方針を示す。
- 2.1 動的機能維持のための新たな検討又は詳細検討が必要な設備の抽出
 - (1) 検討対象設備

検討対象設備は,耐震Sクラス並びに常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大 事故緩和設備とし,動的機能が必要な設備としてJEAG4601 で適用範囲が定められ ている機種(立形ポンプ,横形ポンプ,電動機等)とする。

(2) 新たな検討又は詳細検討が必要な設備の抽出

第1図に抽出フローを示す。検討対象設備について、JEAG4601に定める機能確 認済加速度(At)との比較による評価方法が適用できる機種に対して構造,作動原理 等が同じであることを確認する。同じであることが確認できない場合は,新たに評価 項目の検討が必要な設備として抽出する。

さらに評価用加速度がJEAG4601及び既往の研究等※により妥当性が確認されて

いる機能確認済加速度(At)以内であることの確認を行い,機能確認済加速度を超え る設備については詳細検討(基本評価項目の評価)が必要な設備として抽出する。な お,弁についてはJEAG4601にて評価用加速度が機能確認済加速度を超えた場合の 詳細検討の具体的手順が定められているため,本資料の対象外とする。

上記の整理結果として別表1に検討対象設備を示すとともに,新たな検討又は詳細 検討が必要な設備の抽出のための情報としてJEAG4601に該当する機種名等を整 理した。

※ 電力共同研究「鉛直地震動を受ける設備の耐震評価手法に関する研究(平成10 年度~平成13年度)」



第1図 検討が必要な設備の抽出フロー

(3) 抽出結果

別表1をもとに新たな検討又は詳細検討が必要な設備を抽出した結果を第1表に示 す。

新たに評価項目の検討が必要となる設備として, 横形スクリュー式ポンプ(以下「ス クリュー式ポンプ」という。), 横形ギヤ式ポンプ(以下「ギヤ式ポンプ」という。) として非常用ディーゼル発電機燃料移送ポンプ, 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電 機燃料移送ポンプ, 常設代替高圧電源装置燃料移送ポンプ及び緊急時対策所用発電機 給油ポンプが該当する。

また,評価用加速度が機能確認済加速度を超え詳細検討が必要となる設備として残 留熱除去系海水系ポンプ,非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ及び高圧炉心スプレ イ系ディーゼル発電機用海水ポンプ並びにこれらポンプ用の電動機が該当する。

3. 動的機能維持評価について

JEAG4601 に定められた機能確認済加速度との比較による評価方法が適用できる 機種の範囲から外れ,新たに評価項目の検討が必要な設備,評価用加速度が機能確認済 加速度を超えるため詳細検討が必要な設備における動的機能維持評価について別紙に て説明する。

【機能確認済加速度との比較による評価方法が適用できる機種の範囲から外れ新たに評価 項目の検討が必要な設備】

・別紙1:非常用ディーゼル発電機燃料移送ポンプ,高圧炉心スプレイ系ディーゼル
発電機燃料移送ポンプ,常設代替高圧電源装置燃料移送ポンプ及び緊急時
対策所用発電機給油ポンプ

【評価用加速度が機能確認済加速度を超えるため詳細検討が必要な設備】

- ・別紙3:残留熱除去系海水系ポンプ用電動機,非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ用電動機及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプ及び 電動機

| 機種名 | 設備名称 | At との比較 が可能か ○:可 ×:否(新た な評価項目の 検討が必要) | At 確認 ○:0K ×:NG(詳細 検討が必要) |
|----------------|------------------------------|--|------------------------------------|
| 立形ポンプ | 残留熱除去系ポンプ | 0 | \bigcirc |
| | 高圧炉心スプレイ系ポンプ | 0 | 0 |
| | 低圧炉心スプレイ系ポンプ | 0 | 0 |
| | 残留熱除去系海水系ポンプ | 0 | × |
| | 非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ | 0 | × |
| | 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用 海水ポンプ | 0 | × |
| | 緊急用海水ポンプ | 0 | 追而 |
| 横形ポンプ | 原子炉隔離時冷却系ポンプ | 0 | 0 |
| | 非常用ディーゼル発電機燃料移送ポンプ | × | _ |
| | 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃 料移送ポンプ | × | _ |
| | 常設低圧代替注水系ポンプ | 0 | 追而 |
| | 代替燃料プール冷却系ポンプ | 0 | 0 |
| | 格納容器圧力逃がし装置移送ポンプ | 0 | 追而 |
| | 代替循環冷却系ポンプ | 0 | 0 |
| | 常設代替高圧電源装置燃料移送ポンプ | × | _ |
| | 緊急時対策所用発電機給油ポンプ | × | _ |
| ポンプ駆動用 タービン | 原子炉隔離時冷却系ポンプ用駆動タービ ン | 0 | 0 |
| 電動機 | 残留熱除去系ポンプ用電動機 | 0 | 0 |
| | 高圧炉心スプレイ系ポンプ用電動機 | 0 | \bigcirc |
| | 低圧炉心スプレイ系ポンプ用電動機 | 0 | 0 |
| | 残留熱除去系海水系ポンプ用電動機 | 0 | × |
| | ほう酸水注入ポンプ用電動機 | 0 | 0 |
| | 中央制御室換気系空気調和機ファン用電 動機 | 0 | 0 |

第1表(1)新たな評価項目の検討又は詳細検討が必要な設備の抽出結果

| 機種名 | 設備名称 | At との比較 が可能か ○:可 ×:否(新た な評価項目の 検討が必要) | At 確認 ○:0K ×:NG(詳細 検討が必要) |
|-----|----------------------------------|--|------------------------------------|
| 電動機 | 中央制御室換気系フィルタ系ファン用電 動機 | 0 | 0 |
| | 非常用ガス処理系排風機用電動機 | 0 | 0 |
| | 非常用ガス再循環系排風機用電動機 | 0 | 0 |
| | 可燃性ガス濃度制御系再結合装置ブロワ 用電動機 | 0 | 0 |
| | 非常用ディーゼル発電機燃料移送ポンプ 用電動機 | 0 | 追而 |
| | 非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ用 電動機 | 0 | × |
| | 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃 料移送ポンプ用電動機 | 0 | 追而 |
| | 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用 海水ポンプ用電動機 | 0 | × |
| | 常設低圧代替注水系ポンプ用電動機 | 0 | 追而 |
| | 代替燃料プール冷却系ポンプ用電動機 | 0 | \bigcirc |
| | 格納容器圧力逃がし装置移送ポンプ用電 動機 | 0 | 追而 |
| | 代替循環冷却系ポンプ用電動機 | 0 | 0 |
| | 緊急用海水ポンプ用電動機 | 0 | 追而 |
| | 緊急時対策所非常用送風機用電動機 | 0 | 追而 |
| | 常設代替高圧電源装置燃料移送ポンプ用 電動機 | 0 | 追而 |
| | 緊急時対策所用発電機給油ポンプ用電動 機 | 0 | 追而 |
| ファン | 中央制御室換気系空気調和機ファン | 0 | 0 |
| | 中央制御室換気系フィルタ系ファン | 0 | \bigcirc |
| | 非常用ガス処理系排風機 | 0 | 0 |
| | 非常用ガス再循環系排風機 | 0 | 0 |
| | 可燃性ガス濃度制御系再結合装置ブロワ | 0 | 0 |
| | 緊急時対策所非常用送風機 | 0 | 追而 |

第1表(2)新たな<mark>評価項目の</mark>検討又は詳細検討が必要な設備の抽出結果

| 機種名 | 設備名称 | At との比較 が可能か ○:可 ×:否(新た な評価項目の 検討が必要) | At 確認 ○:0K ×:NG (詳細 検討が必要) |
|-----------------|--|--|-------------------------------------|
| 非常用ディー ゼル発電機 | 非常用ディーゼル発電機 | 0 | 0 |
| | 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機 | 0 | 0 |
| | 非常用ディーゼル発電機調速装置及び非 常用ディーゼル発電機非常調速装置 | 0 | 0 |
| | 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機調 速装置及び高圧炉心スプレイ系ディーゼ ル発電機非常調速装置 | 0 | 0 |
| 往復動式ポン プ | ほう酸水注入ポンプ | 0 | 0 |
| 制御棒 | 制御棒挿入性 | 0 | ○注1 |

第1表(3)新たな<mark>評価項目の</mark>検討又は詳細検討が必要な設備の抽出結果

注1) 地震応答解析結果から求めた燃料集合体変位が加振試験により確認された制御棒挿入機能に支障 を与えない変位に対して下回ることを確認 JEAG4601 に定められた機能確認済加速度との比較による評価方法が適用できる機種 の範囲から外れ,新たに評価項目の検討が必要な設備における動的機能維持の検討方針

1. はじめに

非常用ディーゼル発電機燃料移送ポンプ,高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料 移送ポンプ,常設代替高圧電源装置燃料移送ポンプ及び緊急時対策所用発電機給油ポン プの動的機能維持評価について,JEAG4601に定められた機能確認済加速度との比較 による評価方法が適用できる機種の範囲から外れ,新たに評価項目の検討が必要となる。 本資料では,それら設備の動的機能維持の検討方針を示す。

2. 評価項目の抽出方針

JEAG4601 に定められた機能確認済加速度との比較による評価方法が適用できる 機種の範囲から外れた設備における動的機能維持の検討方針としては、技術基準規則解 釈等の改正を踏まえて、公知化された検討として(社)日本電気協会 電気技術基準調 査委員会の下に設置された原子力発電耐震設計特別調査委員会(以下「耐特委」という。) により取り纏められた類似機器における検討をもとに実施する。

具体的には,耐特委では動的機能の評価においては,対象機種ごとに現実的な地震応 答レベルでの異常のみならず,破壊に至るような過剰な状態を念頭に地震時に考え得る 異常状態を抽出し,その分析により動的機能上の評価点を検討し,動的機能維持を評価 する際に確認すべき事項として,基本評価項目を選定している。

今回JEAG4601 に定められた適用機種の範囲から外れた設備については、基本的な 構造が類似している機種/型式に対する耐特委での検討を参考に、型式による構造の違 いを踏まえた上で地震時異常要因分析を実施し、基本評価項目を選定し動的機能維持評 価を実施する。動的機能維持評価のフローを第1図に示す。なお、JEAG4601 におい ても、機能維持評価の基本方針として、地震時の異常要因分析を考慮し、動的機能の維 持に必要な評価のポイントを明確にすることとなっている。



*対象物の複雑さ等で選択

━ 本評価でのフロー

第1図 動的機能維持評価のフロー

地震時異常要因分析を検討するに当たり、参考とする機種/型式を第1表に示すとと もに、第2図、第3図及び第4図に今回工認にて新たな検討が必要な設備及び耐特委で 検討され新たな検討において参考とする設備の構造概要図を示す。また、主要仕様を第 2表及び第3表に示す。

スクリュー式ポンプ及びギヤ式ポンプは、共に容積式の横形ポンプであり、一定容積 の液をスクリュー又はギヤにて押し出す構造のポンプである。一方、遠心式横形ポンプ (以下「遠心式ポンプ」という。)はインペラの高速回転により液を吸込み・吐出すポ ンプであり内部流体の吐出構造が異なるが、ケーシング内にて軸系が回転し内部流体を 吐出する機構を有していること、固定方法については、基礎ボルトで周囲を固定した架 台の上に、駆動機器である横形ころがり軸受の電動機とポンプが取付ボルトにより設置 され、電動機からの動力を軸継手を介してポンプ側に伝達する方式であること、主軸、 軸受及びメカニカルシール部のクリアランスにより地震荷重はメカニカルシール部に は負荷されず、軸受を通してケーシングに伝達されることから、基本構造が同じといえ る。このため、スクリュー式ポンプ及びギヤ式ポンプについては、遠心式横形ポンプを 参考とし、地震時異常要因分析を実施する。

なお,非常用ディーゼル発電機燃料移送ポンプ,高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電 機燃料移送ポンプ,常設代替高圧電源装置燃料移送ポンプ及び緊急時対策所用発電機給 油ポンプについては,新規制基準により新たに動的機能要求が必要となり,評価する設 備となる。

| 新たな検討が必要な設備 | 機種/型式 | 参考とする 機種/型式 |
|-----------------------|--------|----------------|
| ・非常用ディーゼル発電機燃料移送ポンプ | 横形ポンプ/ | 横形ポンプ/ |
| ・高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料移 | スクリュー式 | 単段遠心式 |
| 送ポンプ | | |
| ・常設代替高圧電源装置燃料移送ポンプ | | |
| ・緊急時対策所用発電機給油ポンプ | 横形ポンプ/ | |
| | ギヤ式 | |

第1表 新たな検討が必要な設備において参考とする機種/型式





: 接液部 注:スリーブ内に納められた主ねじと従ねじはかみ合って回転しており,ねじの 1リードごとに作られる密閉される空間に入った流体は,ねじ面に沿って吐 出側へ移動する。

第2図 スクリュー式ポンプ構造概要図





第3図 ギヤ式ポンプ構造概要図





第4図 遠心式ポンプ構造概要図
| | | | 非常用ディーゼル 発電機燃料移送 ポンプ | 高圧炉心スプレイ系 ディーゼル発電機 燃料移送ポンプ | 常設代替高圧電源 装置用燃料移送 ポンプ |
|----------|---------|---------------------|------------------------------|----------------------------------|----------------------------|
| 容 | 围 | m ³ /h/個 | 1.92以上 | 1.04 以上 | 3.02以上 |
| 揚 | 程 | MPa | 0.195以上(2C用) 0.156以上(2D用) | 0.190以上 | 0.285以上 |
| 最高使 圧 | 更用 力 | MPa | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 最高使 温 | E用 度 | °C | 55 | 55 | 55 |
| 原 動 出 | 機力 | kW/個 | 1.2 | 1.2 | 2.2 |

第2表 スクリュー式ポンプの主要仕様

第3表 ギヤ式ポンプの主要仕様

| | | | 緊急時対策所用発電機給油ポンプ |
|--------|---|---------------------|-----------------|
| 容 | 量 | m ³ /h/個 | 1.3以上 |
| 揚 | 程 | MPa | 0. 3 |
| 最高使用圧力 | | MPa | 0. 5 |
| 最高使用温度 | | °C | 45 |
| 原動機出力 | | k₩/個 | 1.5 |

3. 新たな検討が必要な動的機能維持評価の評価項目の抽出

新たな検討が必要な設備として、スクリュー式ポンプ及びギヤ式ポンプに対する地 震時異常要因分析を踏まえて評価項目を抽出する。また当該検討において参考とする 耐特委での機種/型式に対する評価項目を踏まえた検討を行う。動的機能維持評価の ための評価項目の抽出フローを第5図に示す。



第5図 動的機能維持評価のための評価項目の抽出フロー

- a. スクリュー式ポンプ及びギヤ式ポンプの地震時異常要因分析による評価項目の抽 出
- (a) スクリュー式ポンプの評価項目の抽出

スクリュー式ポンプの地震時異常要因分析図(以下「要因分析図」という。)及び評価項目は、電共研*での検討内容を用いる。電共研では第6図に示すとおり、耐特委における遠心式横形ポンプ及びNUPECにおける非常用DGの燃料供給ポンプに対する 異常要因分析結果(非常用ディーゼル発電機システム耐震実証試験(1992年3月)) を網羅するように、スクリュー式ポンプに対する地震時異常要因分析を行い、評価項目を抽出している。

スクリュー式ポンプの要因分析図を第7図に示す。要因分析図に基づき抽出される 評価項目は第4表のとおりである。

※ 動的機器の地震時機能維持の耐震余裕に関する研究(平成25年3月)



第6図 地震時異常要因分析の適用(スクリュー式ポンプ)



第7図 スクリュー式ポンプの地震時異常要因分析図

| | 評価項目 | 異常要因 |
|------------|------------|--------------------------------|
| 1 | 基礎ボルト | ポンプ全体系の応答が過大となることで、転倒モーメント |
| | (取付ボルト含む) | により基礎ボルト(取付ボルトを含む)の応力が過大とな |
| | | り損傷に至り、全体系が転倒することで機能喪失する。 |
| 2 | 支持脚 | ポンプ全体系の応答が過大となることで、転倒モーメント |
| | | により支持脚の応力が過大となり損傷に至り、全体系が転 |
| | | 倒することで機能喪失する。 |
| 3 | 摺動部 | 軸系 (主) ねじの応答が過大となることで, 軸変形が過大と |
| 4 | (③スリーブ④主ねじ | なることによりスリーブと主ねじが接触し、摺動部が損傷 |
| 5 | ⑤従ねじのクリアラン | に至り回転機能及び移送機能が喪失する。 |
| | ス) | |
| 4 | 軸系(主ねじ) | 軸応力が過大となり、軸が損傷することにより回転機能及 |
| | | び移送機能が喪失する。 |
| 6 | 逃がし弁 | ケーシングの応答が過大となり逃がし弁フランジ部が変形 |
| | | し油の外部漏えいに至る。 |
| \bigcirc | メカニカルシール | 軸系(主)ねじの応答過大により軸変形に至りメカニカル |
| | | シールが損傷することにより移送機能及び流体保持機能が |
| | | 喪失する。 |
| 8 | 軸受 | 軸変形が過大となり、軸受が損傷することで回転機能及び |
| | | 移送機能が喪失する。 |
| 9 | 電動機 | 電動機の応答が過大になり電動機の機能が喪失すること |
| | | で、回転機能及び輸送機能が喪失する。 |
| 10 | 軸継手 | 電動機の変形過大により軸受部の相対変位が過大となり, |
| | | 軸継手が損傷することで回転機能が喪失する。 |
| 11 | ケーシングノズル | 接続配管の応答が過大となり、ケーシングノズルが損傷す |
| | | ることで移送機能及び流体保持機能が喪失する。 |

第4表 スクリュー式ポンプ要因分析図から抽出した評価項目

(b) ギヤ式ポンプの評価項目の抽出

ギヤ式ポンプの要因分析図及び評価項目は,電共研*での検討内容を用いる。電共 研では,第8図に示すとおり耐特委における遠心式横形ポンプ及びNUPECにおける非 常用 DG の燃料供給ポンプに対する異常要因分析結果(非常用ディーゼル発電機シス テム耐震実証試験(1992年3月))を網羅するように,ギヤ式ポンプに対する異常要 因分析を行い,評価項目を抽出している。

ギヤ式ポンプの要因分析図を第9図に示す。要因分析図に基づき抽出される評価項 目は第5表のとおりである。



※ 動的機器の地震時機能維持の耐震余裕に関する研究(平成25年3月)

第8図 地震時異常要因分析の適用(ギヤ式ポンプ)



第9図 ギヤ式ポンプの地震時異常要因分析図

| | 評価項目 | 異常要因 |
|------------|------------|--------------------------------|
| 1 | 基礎ボルト | ポンプ全体系の応答が過大となることで、転倒モーメント |
| | (取付ボルト含む) | により基礎ボルト(取付ボルトを含む)の応力が過大とな |
| | | り損傷に至り、全体系が転倒することにより機能喪失する。 |
| 2 | 摺動部 | ポンプ全体系の応答が過大となることで、主軸(主動歯車) |
| 3 | (②主軸又は③従動軸 | 及び従動軸(従動歯車)の応答が過大となり軸部の変形に |
| 4 | と④ケーシングのクリ | より、ギヤがケーシングと接触することで損傷に至り、回 |
| | アランス) | 転機能及び輸送機能が喪失する。 |
| 2 | 軸 | 軸応力が過大となり、軸が損傷することにより回転機能及 |
| | | び輸送機能が喪失する。 |
| 5 | 軸受 | 軸受応力 (軸受荷重) が過大となり, 軸受が損傷することで |
| | | 回転機能及び輸送機能が喪失する。 |
| 6 | 電動機 | 電動機の応答が過大になり電動機の機能が喪失すること |
| | | で、回転機能及び輸送機能が喪失する。 |
| \bigcirc | 軸継手 | 被駆動機軸と電動機軸の相対変位が過大となり、軸継手が |
| | | 損傷することで回転機能及び輸送機能が喪失する。 |
| 8 | ケーシングノズル | 接続配管の応答が過大となり、ケーシングノズルが損傷す |
| | | ることで輸送機能及び流体保持機能が喪失する。 |
| 9 | 逃がし弁 | 弁の応答が過大となり、弁が損傷又は誤作動することで外 |
| | | 部漏えい、ポンプ内循環が発生し、輸送機能及び流体保持 |
| | | 機能が喪失する。 |

第5表 ギヤ式ポンプ要因分析図から抽出した評価項目

- (c) スクリュー式ポンプ及びギヤ式ポンプの抽出した評価項目に対する相互確認 スクリュー式ポンプ及びギヤ式ポンプは、ポンプ構造が類似していることを踏ま えて、各ポンプの評価項目の抽出結果を比較することにより、その検討結果につい て相互の確認を行う。
 - i) スクリュー式ポンプで抽出した評価項目に対してギヤ式ポンプで抽出されな かった評価項目
 - 支持脚

ギヤ式ポンプはポンプケーシングに取付ボルト用のフランジが直接取り付 けられており構造上存在しない。

② メカニカルシール

ギヤ式ポンプについてもメカニカルシールが設置されており、損傷すれば

別紙 1-14

スクリュー式ポンプと同様に輸送機能及び流体保持機能に影響を与えること からギヤ式ポンプについても評価項目として選定する。メカニカルシールを 追加したギヤ式ポンプの要因分析図を第10図に示す。



第10図 ギヤ式ポンプの地震時異常要因分析図

ii) ギヤ式ポンプで抽出した評価項目に対してスクリュー式ポンプで抽出されなかった

評価項目

③ 逃がし弁(移送機能)

スクリュー式ポンプについても逃がし弁が設置されており, 誤作動すれば ギヤ式ポンプと同様に移送機能に影響を与えることからスクリュー式ポンプ についても評価項目として選定する。逃がし弁を追加したスクリュー式ポン プの要因分析図を第11図に示す。



第11図 スクリュー式ポンプの地震時異常要因分析図

b. 耐特委で検討された遠心式ポンプの地震時異常要因分析による評価項目

新たな検討が必要な設備としてスクリュー式ポンプ及びギヤ式ポンプの評価項目 の検討において、公知化された検討として参考とする耐特委での遠心式ポンプの要 因分析図を第12回に、要因分析図から抽出される評価項目を第6表に示す。

| 対象 | 要求機能 | 要 | 因 | 現 | 象 | 喪失機能 |
|------|---|---|---|---|--|--|
| 横ボンプ | 地震後の運転と 水力性能確保 ④ 回転機能 ⑤ 水力特性機能 ⑥ 流体保持機能 | ポンプ 応答 全体系(ケ グ)応答過 輪系(ロ 応答 電動機応 配管応 (冷却水配管) | 本 本 大 - 過 茶 過 大 で 茶 過 大 | | ト応力過大 を力過大 支持脚損傷 な力過大 支持脚損傷 () () () () () () () (| A.B.C < |

* 駆動用タービンの場合も同様。また,増速機も含む。

第12図 遠心式ポンプの地震時異常要因分析図

| | 評価項目 | 異常要因 |
|----------------|------------|----------------------------|
| 1 | 基礎ボルト(取付ボル | ポンプ全体系の応答が過大となることで、転倒モーメント |
| 2 | ト含む),支持脚 | により基礎ボルト(取付ボルト含む)の応力が過大となり |
| | | 損傷に至り、全体系が転倒することにより機能喪失する。 |
| | | またポンプ全体系の応答が過大となることで、支持脚の応 |
| | | 力が過大となり損傷に至り、ポンプが転倒することにより |
| | | 機能喪失する。 |
| 3 | 摺動部 | 軸変形が過大となり、インペラがライナーリングと接触す |
| | (インペラとライナー | ることで損傷に至り、回転機能及び輸送機能が喪失する。 |
| | リングのクリアラン | |
| | ス) | |
| 4 | 軸 | 軸応力が過大となり、軸が損傷することにより回転機能及 |
| | | び輸送機能が喪失する。 |
| 5 | メカニカルシール | 軸変形が過大となり、メカニカルシールが損傷することに |
| | | より流体保持機能が喪失する。 |
| 6 | 軸受 | 軸受荷重が過大となり、軸受が損傷することで回転機能及 |
| | | び輸送機能が喪失する。 |
| \overline{O} | 電動機 | 電動機の応答が過大になり電動機の機能が喪失すること |
| | | で、回転機能及び輸送機能が喪失する。 |
| 8 | 軸継手 | 被駆動機軸と電動機軸の相対変位が過大となり、軸継手が |
| | | 損傷することで回転機能及び輸送機能が喪失する。 |
| 9 | ケーシングノズル | 接続配管の応答が過大となり、ケーシングノズルが損傷す |
| | | ることで輸送機能及び流体保持機能が喪失する。 |
| 10 | 軸冷却水配管 | 冷却水配管の応答が過大となり、損傷することで軸冷却不 |
| | | 能に至り、回転機能が喪失する。 |

第6表 遠心式ポンプ要因分析図から抽出した評価項目

- c. 遠心式ポンプの評価項目を踏まえたスクリュー式ポンプ及びギヤ式ポンプの評価 項目の検討
- (a) スクリュー式ポンプの評価項目の検討

スクリュー式ポンプの要因分析結果について,耐特委における遠心式ポンプの要因 分析結果と同様に整理した結果,スクリュー式ポンプの評価項目は,遠心式ポンプと ほぼ同様となった。スクリュー式ポンプの動的機能維持の評価項目の抽出に当たり, 遠心式ポンプの耐特委における評価項目に加え,構造の差異により抽出されたスクリ ュー式ポンプの評価項目を加えて検討を行う。なお,構造の差異として抽出された評 価項目は下記の通りである。

- ・逃がし弁(遠心式ポンプの評価項目になくスクリュー式ポンプのみで抽出)
- ・ 摺動部(スクリュー式ポンプ及び遠心式ポンプの両方で抽出された評価項目で あるが、構成部品が異なる。)

・軸冷却水配管(スクリュー式ポンプの評価項目になく遠心式ポンプのみで抽出)
 耐特委で検討された遠心式ポンプは、大型のポンプであり軸受としてすべり軸受を
 採用していることから、軸受の冷却が必要となる。このため、地震により軸冷却水配
 管の損傷に至ればポンプの機能維持に影響を及ぼすため、軸冷却水配管を評価項目と
 して抽出している。一方でスクリュー式ポンプの標準設計として、軸冷却水配管を有
 していない。軸冷却水配管は軸受の冷却のため設置されるが、スクリュー式ポンプの
 軸受は内部流体で冷却が可能であるため、軸冷却水配管は設置されていない。

① 基礎ボルト(取付ボルトを含む)の評価

スクリュー式ポンプは遠心式ポンプと同様に,基礎ボルトで固定された架台の上 に,駆動機器及び被駆動機器が取付ボルトに設置されており,地震時に有意な荷重が かかることから動的機能維持の評価項目として選定する。

支持脚部については、スクリュー式ポンプと遠心式ポンプとで構造に大きな違い はなく、高い剛性を有するためにケーシング定着部に荷重がかかる構造となってい る。このため、取付ボルト及び基礎ボルトが評価上厳しい部位であるため、取付ボ ルト及び基礎ボルトの評価で代表できる。

③④⑤ 摺動部の評価

摺動部の損傷の観点より,遠心式ポンプの検討におけるケーシングと接触して損 傷するライナーリング部の評価を行うのと同様に,スクリュー式ポンプにおける評 価項目を以下のとおり選定する。

スクリュー式ポンプのスクリュー部は、構造が非常に剛であり、地震応答増幅が小 さく動的機能評価上重要な部分の地震荷重が通常運転荷重に比べて十分小さいと考 えられる。また、スリーブ部については、ケーシング部に設置されている。

軸系(主ねじ)についてはラジアル軸受で支持されており、軸変形によりスリーブ 部と接触することで回転機能及び輸送機能が喪失に至ることが考えられるため、動 別紙1-19 的機能維持の評価項目として選定する。

 ④ 軸系の評価

スクリュー式ポンプは主ねじ及び従ねじを有する構造であり,一軸構造の遠心式 ポンプとは軸の構造が異なるが,軸系の損傷によってポンプとしての機能を喪失する ことは同様である。このため,スクリュー式ポンプにおいても,遠心式ポンプと同様 に,軸応力過大により軸損傷が発生しないことを確認するため,軸系の評価を動的機 能維持の評価項目として選定する。

⑥ 逃がし弁の評価

逃がし弁はばね式であり,フランジ部の構造評価に対する確認も含め,弁に作用す る最大加速度が,安全弁の機能確認済加速度以下であることを確認する。

⑦ メカニカルシール

メカニカルシールは、高い剛性を有するケーシングに固定されており、地震時に有 意な変位が生じない。また軸封部は軸受近傍に位置し、軸は地震時でも軸受で支持 されており、有意な変位は生じることはなく、軸封部との接触は生じないため、計 算書の対象外とする。

⑧ 軸受の評価

ポンプにおいて,軸受の役割は回転機能の保持であり,その役割はスクリュー式ポ ンプも遠心式ポンプも同じである。当該軸受が損傷することにより,ポンプの機能喪 失につながるため,動的機能維持の評価項目として選定する。また,評価においては 発生する荷重としてスラスト方向及びラジアル方向の荷重を考慮して評価を行う。

 (9) 電動機の評価

スクリュー式ポンプの電動機は横向きに設置されるころがり軸受を使用する電動 機であり,耐特委(JEAG4601)で検討されている横型ころがり軸受電動機の適用 範囲内であることから,機能確認済加速度との比較により評価を行う。

 10 軸継手の評価

スクリュー式ポンプは、遠心式ポンプと同様に、軸受でスラスト荷重を受け持つこ と及びフレキシブルカップリングを採用していることから、軸継手にはスラスト荷重 による有意な応力が発生しないため、計算書の評価対象外とする。

① ケーシングノズルの評価

東海第二発電所で使用するスクリュー式ポンプの吸込,吐出部は直接配管のフラ 別紙 1-20 ンジを接続する構造でありノズル形状を有さないため、計算書の対象外とする。

以上から,スクリュー式ポンプにおいて抽出される動的機能維持の評価項目のうち, 計算書の評価対象とするものは以下の通りである。

- ・基礎ボルト及び取付ボルトの評価
- ・ 摺動部 (軸系) の評価
- ・軸系としてねじの評価
- ・逃がし弁の評価
- ・軸受の評価
- ・電動機の評価

評価項目における評価基準値の説明を表7に示す。

以上の検討に基づく評価結果を表8に示す。

| 評価項目 | 評価基準値の設定 |
|--|---------------------------------|
| 基礎ボル | 支持機能の確保の観点から、運転状態IVを基本として、通常材料の |
| ト,ポンプ取付 | 実降伏点が設計値に対し余裕があることを考慮し、概ね降伏点以下 |
| ボルト | と同等とした値としてIVASを評価基準値とした。 |
| | 主ねじとスリーブの接触により回転機能、移送機能が阻害されると |
| ③④ 摺動部 | いう観点から、主ねじとスリーブのクリアランスを評価基準値とし |
| | た。 |
| ④ 軸 | 回転機能の確保の観点から、軸(主ねじ)の変形を弾性範囲内に留 |
| (4) = ================================== | めるようⅢASを評価基準値とした。 |
| ⑥ 淋惑上台 | 移送機能の確保の観点から、安全弁の機能確認済加速度を評価基準 |
| ● 題ハ⁴ ∪开 | とした。 |
| ② 動巫 | 回転機能の確保の観点から、メーカが推奨する許容面圧を評価基準 |
| ① ¹¹¹ 文 | とした。 |
| ① 季動機 | 回転機能、移送機能の確保の観点から、電動機の機能確認済加速度 |
| じ 电動機 | を評価基準とした。 |

表7 評価基準値の設定

| 評価部位 | 項目 | 応力分類 | 発生値 | 許容値 | 評価 |
|--|--------------------|--------------------|--|----------------------------------|----|
| ①1甘7株平月月 | 1 /2 +1 | 引張 | 4 MPa | 184 MPa | 0 |
| ①-1 基礎ボルト | がいフリ | せん断 | 4 MPa | 142 MPa | 0 |
| ①-2 ポンプ取付 | 応力 | 引張 | 3 MPa | 433 MPa | 0 |
| ボルト | | せん断 | 2 MPa | 333 MPa | 0 |
| ③スリーブ ④主ねじ | 変位 | — | | | 0 |
| ④ 軸 | 応力 | せん断 | 8 MPa | 495 MPa | 0 |
| | 11) 年 年 | 水平 | $0.87 \times 9.8 \text{m/s}^2$ | 5.0 \times 9.8m/s ² | 0 |
| ⑥ 地がし井 | 加速度 | 鉛直 | $0.71 \times 9.8 \text{m/s}^2$ $1.0 \times 9.8 \text{m/s}^2$ | 0 | |
| | | ⑧−1 ラジアル (原動機側) | 0.0790 MPa | | 0 |
| ⑧ 軸受 | 面圧 | ⑧−2 ラジアル (負荷側) | 0.1356 MPa | | 0 |
| | | ⑧-2 スラスト | 0.1588 MPa | | 0 |
| ① 百動機 | 加油座 | 水平 | $0.81 \times 9.8 \text{m/s}^2$ | 4. 7 × 9.8m/s ² | 0 |
| 11月11日である。 しんしょう しんしょ しんしょ | 加速度 | 鉛直 | $0.71 \times 9.8 \text{m/s}^2$ | 1.0 ×9.8m/s ² | 0 |

表8(1) 非常用ディーゼル発電機燃料移送ポンプ 評価結果

| 評価部位 | 項目 | 応力分類 | 発生値 | 許容値 | 評価 |
|---------------|-------|--------------------|--------------------------------|----------------------------------|----|
| ①-1 基礎ボルト | | 引張 | 4 MPa | 184 MPa | 0 |
| | ルロフリ | せん断 | 4 MPa | 142 MPa | 0 |
| ①-2 ポンプ取付ボ | ر ملي | 引張 | 3 MPa | 433 MPa | 0 |
| ルト | ルロフリ | せん断 | 2 MPa | 333 MPa | 0 |
| ③スリーブ ④主ねじ | 変位 | _ | | | 0 |
| ④ 軸 | 応力 | せん断 | 8 MPa | 495 MPa | 0 |
| | 加速度 | 水平 | 0.87 × 9.8m/s ² | 5.0 \times 9.8m/s ² | 0 |
| の地かし升 | | 鉛直 | 0.71 ×9.8m/s ² | 1.0 \times 9.8m/s ² | 0 |
| ⑧ 軸受 | 面圧 | ⑧−1 ラジアル (原動機側) | 0.0790 MPa | | 0 |
| | | ⑧−2 ラジアル (負荷側) | 0.1356 MPa | | 0 |
| | | ⑧-2 スラスト | 0.1588 MPa | | 0 |
| ① 百動燃 | 加油産 | 水平 | $0.81 \times 9.8 \text{m/s}^2$ | 4. 7 × 9.8m/s ² | 0 |
| | 加速度 | 鉛直 | 0.71 ×9.8m/s ² | $1.0 \times 9.8 \text{m/s}^2$ | 0 |

表8(2) 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料移送ポンプ 評価結果

| 評価部位 | 項目 | 応力分類 | 発生値 | 許容値 | 評価 |
|---------------|------------|--------------------|--------------------------------|----------------------------------|----|
| | | 引張 | 4 MPa | 184 MPa | 0 |
| (1)-1 基礎ホルト | ルロフリ | せん断 | 4 MPa | 142 MPa | 0 |
| ①-2 ポンプ取付ボ | 卡 书 | 引張 | 3 MPa | 433 MPa | 0 |
| ルト | がいフリ | せん断 | 3 MPa | 333 MPa | 0 |
| ③スリーブ ④主ねじ | 変位 | — | | | 0 |
| ④ 軸 | 応力 | せん断 | 6 MPa | 495 MPa | 0 |
| | 加速度 | 水平 | $0.81 \times 9.8 \text{m/s}^2$ | 5.0 ×9.8m/s ² | 0 |
| ③ 地かし井 | | 鉛直 | 0.71 ×9.8m/s ² | 1.0 \times 9.8m/s ² | 0 |
| | | ⑧−1 ラジアル (原動機側) | 0.0678 MPa | | 0 |
| ⑧ 軸受 | 面圧 | ⑧−2 ラジアル (負荷側) | 0.0835 MPa | | 0 |
| | | ⑧-2 スラスト | 0.1769 MPa | | 0 |
| ④ 雲動機 | 加速度 | 水平 | $0.81 \times 9.8 \text{m/s}^2$ | 4.7 × 9.8m/s ² | 0 |
| | 加速度 | 鉛直 | 0.71 ×9.8m/s ² | $1.0 \times 9.8 \text{m/s}^2$ | 0 |

表8(3) 常設代替高圧電源装置燃料移送ポンプ 評価結果

(b) ギヤ式ポンプの評価項目の検討

ギヤ式ポンプの要因分析結果について,耐特委における遠心式ポンプの要因分析結 果と同様に整理した結果,ギヤ式ポンプの評価項目は,遠心式ポンプとほぼ同様とな る。ギヤ式ポンプの動的機能維持の評価項目の抽出に当たり,遠心式ポンプの耐特委 における評価項目に加え,構造の差異により抽出されたギヤ式ポンプの評価項目を加 えて検討を行う。なお,構造の差異として抽出された評価項目は下記の通りである。

- ・逃がし弁(遠心式ポンプの評価項目になくギヤ式ポンプのみで抽出)
- ・ 摺動部(ギヤ式ポンプと遠心式ポンプの両方で抽出された評価項目であるが, 構成部品が異なる。)

・軸冷却水配管(ギヤ式ポンプの評価項目になく遠心式ポンプのみで抽出)

耐特委で検討された遠心式ポンプは,大型のポンプであり軸受としてすべり軸受を 採用していることから,軸受の冷却が必要となる。このため,地震により軸冷却水配 管の損傷に至ればポンプの機能維持に影響を及ぼすため,軸冷却水配管を評価項目と して抽出している。一方でギヤ式ポンプの標準設計として,軸冷却水配管を有してい ない。軸冷却水配管は軸受の冷却のため設置されるが,ギヤ式ポンプの軸受は内部流 体で冷却が可能であるため,軸冷却水配管は設置されていない。

① 基礎ボルト(取付ボルトを含む)の評価

ギヤ式ポンプは遠心式ポンプと同様に,基礎ボルトで固定された架台の上に,駆動 機器及び被駆動機器が取付ボルトに設置されており,地震時に有意な荷重がかかるこ とから動的機能維持の評価項目として選定する。

②③④ 摺動部の評価

摺動部の損傷の観点より,遠心式ポンプの検討におけるケーシングと接触して損 傷するライナーリング部の評価を行うのと同様に,ギャ式ポンプにおける評価項目 を以下のとおり選定する。

ギャ式ポンプのギャ部は、構造が非常に剛であり、地震応答増幅が小さく動的機能 評価上重要な部分の地震荷重が通常運転荷重に比べて十分小さいと考えられる。また、 ケーシングについては、横形ポンプと同様に耐圧構造であり、使用圧力に耐えられる 強度の肉厚を有している。

主軸又は従動軸については、損傷によってギヤがケーシングと接触することで回 別紙 1-25 転機能及び輸送機能が喪失に至ることが考えられる。主軸の重量は,従動軸の重量に 比べ大きく,軸を支持する距離は双方の軸で同じであるため,評価項目は,主軸(ギ ヤ部)を対象として行う。

主軸の評価

ギヤ式ポンプは二軸(主軸及び従動軸)構造であり,一軸構造の横形ポンプとは軸 の構造が異なるが,主軸の重量は,従動軸に比べ大きく,軸を支持する距離は双方の 軸で同じであるため,主軸の健全性確認を行うことによって,一軸構造の横形ポンプ と同様の見解が適用できるものである。そのため,ギヤ式ポンプにおいても,遠心式 ポンプと同様に,軸損傷が発生しないことを確認するため,主軸の評価を動的機能維 持の評価項目として選定する。

⑤ 軸受の評価

ポンプにおいて,軸受の役割は「回転機能の保持」であり,その役割は遠心ポンプ もギヤ式ポンプも同じである。

当該軸受が損傷することにより、ポンプの機能喪失につながるため、動的機能維持 の評価項目として選定する。また、評価においては発生する荷重としてスラスト方向 及びラジアル方向の荷重を考慮して評価を行う。

⑥ 電動機の評価

ギヤ式ポンプの電動機は横向きに設置されるころがり軸受を使用する電動機であ り,耐特委(JEAG4601)で検討されている横型ころがり軸受電動機の適用範囲内 であることから,機能確認済加速度との比較により評価を行う。

⑦ 軸継手の評価

ギヤ式ポンプは,遠心式ポンプと同様に,軸受でスラスト荷重を受け持つことから, 軸継手にはスラスト荷重による有意な応力が発生しないため,計算書の評価対象外と する。

⑧ ケーシングノズルの評価

ギヤ式ポンプのケーシングノズル部は,遠心式ポンプと同様に,機器と配管の接続 部であるが,ノズル出入口配管のサポートについて適切に配管設計することで,ノ ズル部に過大な配管荷重が伝わらないため,計算書の評価対象外とする。

⑨ 逃がし弁の評価

逃がし弁はばね式であるため,弁に作用する最大加速度が,安全弁の機能確認済加 速度以下であることを確認する。

1 メカニカルシール

メカニカルシールは、高い剛性を有するケーシングに固定されており、地震時に有 意な変位が生じない。また軸封部は軸受近傍に位置し、軸は地震時でも軸受で支持 されており、有意な変位は生じることはなく、軸封部との接触は生じないため、計 算書の対象外とする。

以上から,ギヤ式ポンプにおいて抽出される動的機能維持の評価項目のうち,計算 書の評価対象とするものは以下の通りである。

- ・基礎ボルト(取付ボルトを含む)の評価
- ・主軸(ギヤ部)の評価
- ・主軸の評価
- ・軸受の評価
- ・電動機の評価
- ・逃がし弁の評価

評価項目における評価基準値の説明を表9に示す。 以上の検討に基づく評価結果を表10に示す。

| 評価項目 | 評価基準値の設定 |
|--------------------------|--------------------------------|
| 基礎ボル | 支持機能の確保の観点から、運転状態Ⅳを基本として、通常材料の |
| ト,ポンプ取付 | 実降伏点が設計値に対し余裕があることを考慮し、概ね降伏点以下 |
| ボルト | と同等とした値としてWASを評価基準値とした。 |
| ⑦④ ナ軸(ギ | 主軸とケーシングの接触により回転機能、移送機能が阻害されると |
| ②④ 土軸(イ ヤ회) | いう観点から、主ねじとスリーブのクリアランスを評価基準値とし |
| (4日 7) | た。 |
| ① 子軸 | 回転機能の確保の観点から、主軸の変形を弾性範囲内に留めるよう |
| | ⅢASを評価基準値とした。 |
| ① 盐平 | 回転機能の確保の観点から、メーカが推奨する許容面圧を評価基準 |
| ③ 軸文 | とした。 |
| ④ 電動機 | 回転機能,移送機能の確保の観点から,電動機の機能確認済加速度 |
| ① 电别阀 | を評価基準とした。 |
| | 移送機能の確保の観点から、安全弁の機能確認済加速度を評価基準 |
| の地かし升 | とした。 |

表9 評価基準値の設定

| 評価部位 | 項目 | 応力分類 | 発生値 | 許容値 | 評価 |
|----------------|------------------|------|-------------------------------|----------------------------------|----|
| | r , + | 引張 | 6 MPa | 475 MPa | 0 |
| | ルロフリ | せん断 | 5 MPa | 366 MPa | 0 |
| ①-2 ポンプ取付 | r ← + | 引張 | 12 MPa | 205 MPa | 0 |
| ボルト | 心刀 | せん断 | 2 MPa | 157 MPa | 0 |
| ②④ 主軸(ギヤ 部) | 変位 | _ | | | 0 |
| ② 主軸 | 応力 | 組合せ | 4 MPa | 858 MPa | 0 |
| 5 軸受 | 面圧 | | 1 MPa | | 0 |
| (2) 傳動發 | 加油座 | 水平 | 1.2 × 9.8m/s ² | 4.7 × 9.8m/s ² | 0 |
| | 加述反 | 鉛直 | $1.0 \times 9.8 \text{m/s}^2$ | 1.0 \times 9.8m/s ² | 0 |
| @ 迷愁上女 | 加油座 | 水平 | $1.2 \times 9.8 \text{m/s}^2$ | 5.0 \times 9.8m/s ² | 0 |
| | 加处这 | 鉛直 | $1.0 \times 9.8 \text{m/s}^2$ | $1.0 \times 9.8 \text{m/s}^2$ | 0 |
| | | | | ▼、\ | |

表10 緊急時対策所用発電機給油ポンプ 評価結果

4. まとめ

新たな検討が必要な設備について、地震時要因分析を行い、基本的な機構造が類似 している機種/型式に対する耐特委での検討を参考に、型式による構造の違いを踏ま

暫定値

えた上で地震時異常要因分析を行い,評価項目の抽出を行った。また,抽出した項目 について評価を行い,機能が喪失することがないことを確認した。 評価用加速度が機能確認済加速度を超えるため詳細検討が必要な設備の動的機能維持評価 について(立形ポンプ)

1. はじめに

本資料は,残留熱除去系海水系ポンプ,非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ及び 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプの動的機能維持評価における詳細 検討についてまとめたものである。

2. 動的機能維持の評価方針

動的機能維持評価の結果,表1に示すとおり,残留熱除去系海水系ポンプ,非常用 ディーゼル発電機用海水ポンプ及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポン プについて,評価用加速度が機能確認済加速度を超えるため,詳細検討が必要とな る。

動的機能の評価においては,JEAG4601及び耐特委報告書「動的機器の地震時機 能維持評価に関する調査報告書」(昭和61年12月)において,対象機種ごとに,現 実的地震応答のレベルでの異常のみならず,破壊に至る様な過剰な状態を念頭に地震 時に考え得る異常要因を抽出し,その分析により動的機能上の評価点を検討し,動的 機能維持を評価する際に確認すべき項目として,基本評価項目を摘出している。

そのため,評価用加速度が機能確認済加速度を超える設備の機能維持評価について は,JEAG4601及び耐特委報告書により選定された基本評価項目に基づき,動的機 能維持評価として,詳細検討を実施する。

表1 評価用加速度と機能確認済加速度の比較

| | | | | / · · | | | |
|---------------------------------|-------------------|------------------------------|-------|-------------------|----------------------------|------|--|
| | 評価結果, | | | | | | |
| | 水平(G) | | | | | | |
| 機器 | 評価用 加速度 (G) | 機能 確認済 加速度 ▲ (G) *1 | 裕度 | 評価用 加速度 (G) | 機能 確認済 加速度 (G) *2 | 裕度 | |
| 残留熱除去系 海水系ポンプ | 0.57 | 10.0 | 17.54 | 2.22 | 1.0 | 0.45 | |
| 非常用ディーゼル発電機 用海水ポンプ | 0.57 | 10.0 | 17.54 | 2.22 | 1.0 | 0.45 | |
| 高圧炉心スプレイ系 ディーゼル発電機用 海水ポンプ | 0.57 | 10.0 | 17.54 | 2.22 | 1.0 | 0.45 | |

解析実施中につき 見直し予定

※1 JEAG4601 に定められた評価基準

※2 1.0G は,機器一般の浮き上がりの目安として設定したもの。

耐専(原子力発電耐震設計専門部会)において,鉛直地震動に対する検討として, 改めて鉛直地震動に注意して異常要因分析結果を見直しても,新たに加える損傷モー ドはなく,既往の水平地震動を前提とした評価の考え方が適用できることが確認され ている。

3. 立形斜流ポンプの基本評価項目

残留熱除去系海水系ポンプは容量 885.7 m³/h の立形斜流ポンプ,非常用ディーゼル 発電機用海水ポンプは容量 272.6 m³/h の立形斜流ポンプ,高圧炉心スプレイ系ディー ゼル発電機用海水ポンプは容量 232.8 m³/h の立形斜流ポンプであり,JEAG4601 記 載の適用機種の範囲に該当する設備である。残留熱除去系海水系ポンプを代表として 構造の概要を図1に示す。



図1 残留熱除去系海水系ポンプの構造図

耐特委における立形ポンプの地震時異常要因分析結果を図2に示す。



図2 立形ポンプの地震時異常要因モード図(耐特委)

耐特委報告書においては異常要因モードに基づき評価項目が以下①~⑨の項目のとお り抽出され,①~⑨の評価項目について評価することで,回転機能,水力特性機能及び 流体保持機能が確認できるとされている。

これは、機能確認済加速度を超える地震加速度レベルにおいても、これらの①~⑨に ついて全て評価基準値以下に収まっていれば、動的機能が維持できると解される。本項 では、上記考え方に基づき各基本評価項目における機能喪失にいたる現象と、機能確認 済加速度を越えた場合の評価の考え方を記述する。 ①取付ボルトの健全性

立形ポンプの応答が過大となり, 立形ポンプをポンプベースに固定しているポン プ取付ボルト, ポンプベースを基礎に固定している基礎ボルトに発生する応力が過

大となり損傷に至り、回転機能、水力特性機能及び流体保持機能が喪失する。 ②ディスチャージケーシングの健全性

ディスチャージケーシングの応力が過大となり,損傷又は変形過大となることに より回転機能,水力特性機能及び流体保持機能が喪失する。

③バレルの健全性

バレルの応力が過大となり,損傷することにより回転機能,水力特性機能及び流 体保持機能が喪失する。

(注)当該機器にバレルはないが,コラムサポート(ストッパ)あり。 ④コラムパイプの健全性

コラムパイプの応力が過大となり,損傷することにより回転機能及び水力特性機 能が喪失する。

⑤軸受の健全性

軸受荷重が過大となり,軸受のかじり又は損傷することにより回転機能,水力特 性機能及び流体保持機能が喪失する。

⑥軸の健全性

軸変形が過大となり、ライナーリングがかじることにより回転機能及び水力特性 機能が喪失する。また、軸応力が過大となり、軸が損傷することにより回転機能及 び水力特性機能が喪失する。

⑦冷却水配管の健全性

冷却水配管応力が過大となり,冷却水配管が損傷することにより流体保持機能が 喪失する。

(注)当該機器に冷却水配管はない。

⑧メカニカルシール熱交換器の健全性

メカニカルシール熱交換器応力が過大となり,メカニカルシール熱交換器が損傷 することにより流体保持機能が喪失する。

(注)当該機器にメカニカルシール熱交換器はない。

⑨電動機の健全性

電動機部の応答が過大となり,駆動機能が喪失することにより回転機能,水力特 性機能及び流体保持機能が喪失する。また,電動機部の応答が過大となり,ディス チャージケーシングが損傷することにより回転機能及び水力特性機能が喪失する。

(注) 当該機器の電動機はディスチャージケーシングに支持されていない。

4. JEAG4601, 耐特委報告書及び耐専報告書後の知見について

平成 13 年の耐専報告書後の知見として,平成 24 年度電共研「動的機器の地震時機能 維持の耐震余裕に関する検討」にて,機能確認済加速度の引き上げを目的として代表機 器を対象に機能維持評価を行っている。立形ポンプについては表 2 に示すとおり,各項 目について解析による評価を実施している。表 3 に評価の概要を示す。なお,本評価に ついては,日本電気協会 原子力規格委員会において審議され,JEAC4601-2015 に取り 込まれている。

| 拔粋) |
|----------------|
| (JEAC4601-2015 |
| プの機能維持評価結果 |
| 立形ポン |
| 平成 24 年度電共研 |
| 表 2 |

| | | 水力性能 | | AGT共研での成果を基に、 左記基本評価項目により 水力性能を代替評価 | → | → | → | 左記各項の評価により性 能も維持されると判定 | 左記代表項目の評価結果 により水力性能維持を判 定 | |
|--------------|---|--|-----------|---|--|---|---|---------------------------|--|---|
| | 0 | 電動機 | 水平・鉛直 | 別途電動機側にて評価 | → | → | → | -> | 〇 (別途電動機備 にて評価実施 | 電動機の型式により 構造差異がある。 駆動側は必ず評価す る。 |
| | 8 | メカニカルシール熱交換器 | 水平・鉛膚 | 静的機器として耐震 設計を実施 | → | > | → | → | ー 静怒機器として 酸酸設計や実施 | |
| | Ø | 冷却火配管 | 水平・鉛量 | 記憶系として耐震設 計を実施 | → | | → | → | 「 「 「 「 「 「 「 」 「 」 「 」 「 」 「 」 「 」」 「 」」 「 」」 「 」」 「 」」」 「 」」」」 「 」」」」」」 | |
| は計画哲米 | 0 | 2 | 水平・路層 | 解析により面圧 を評価 | 8 | - જં | 1. 0 | 許容値を満足 している。 | 1 | I |
| クム、ノノンの時期 | 0 | а Та | 米书 | 解析により面圧 を評価 | Ξ | 1.0 | ମ ରା | 許容値を満足 している。 | 〇 (風圧) | 回転機能、水力特性 機能に係わる代表的 な項目で余裕度小で ある。 |
| X 4: 11. 1–7 | 8 | □ し ムバイブ (ビットバレル形、 立形弱流) ケーツング (立形単段床置形) | 水平・鉛直 | 解析により応力 を評価 | 4 80 | જ્ | 1. 2 | 許容値を満足 している。 | O (成力) | 回転機能、水力特性 機能に係わる代表的 な項目で余裕度小で ある。 |
| | 0 | バレル (ビットバレル形) 酸れ止め台 コラムサポート (江形弊道) | 水平・鉛直 | 解析により応力 を評価 | 6 2 | | Ι | 許容値を満足 している。 | 〇 (応力) | 回転機能、水力特性 機能、流体保持機能 に係わる代表的な項 目で余裕度小であ る。 |
| | Ø | ディスチャージケーシ ング | 水平・鉛直 | ノズル許容荷重以下 になるよう配管設計 を実施 | → | ÷ | → | → | ー 設計配管反力により 応力値が定められて おり別途評価 | |
| | O | 基礎ポルト 取付ポルト | 水平・鉛直 | 強度評価側にて耐 腐 設計を実施 | → | → | → | ÷ | 0 強度評価側にて 耐震設計を実施 | 支持郎の機能確認と して重要である。 |
| | | | 2 | | 評価加速度 (XS, 8415 ⁵) 永平 12.0 約菌 2.0 | 評価加速度 (×9.8m/s ⁵) 永平 12.0 鉛菌 2.0 | 評価加速度 (XS, 646 ⁵) 永平 12.0 鉛菌 2.0 | | | cħ |
| | | 基本評価項目 | 地震力が寄与する方 | 評価方法 | 1692a ¹ /h BWR ポンプ | 7600m ³ /h Part 原子存績緩冷却 第大ポンプ | 1180m ¹ /h PBR 後朝容器内照 スプレイボソゾ | 評価結果 | 代表評価項目(〇印) | 代表評価項目選定の考 |
| | | | | | ビットバレル形ポンプ | 立形斜流ポンプ | 立形単段床置形ポンプ | | | |
| | | | | | | 確認余裕度 违 | | | | |

参表 4.11.1-2 立形ポンプの機能維持評価結果

別紙 2-7

(注1) 余裕度 =(許容値一通常発生値) / 地震による発生値

| 評価項目 | 評価内容 |
|---------------|-----------------------|
| ①基礎ボルト | 強度評価側にて耐震設計を実施 |
| 取付ボルト | |
| ②ディスチャージケーシング | ノズル許容荷重以下になるよう配管設計を実施 |
| ③コラムサポート | 解析により応力を評価 |
| ④コラムパイプ | 解析により応力を評価 |
| ⑤軸受 | 解析により荷重を評価 |
| ⑥軸 | 解析により応力を評価 |
| ⑦冷却水配管 | 配管系として耐震設計を実施 |
| ⑧メカニカルシール熱交換器 | 静的機器として耐震設計を実施 |
| ⑨電動機 | 別途電動機側にて評価 |

表 3 平成 24 年度電共研 立形ポンプ 動的機能維持評価概要

5. 立形ポンプ評価概要

機能維持評価については、JEAG4601 及び耐特委報告書により動的機能維持評価 上,評価が必要な評価項目が選定されており、その評価項目に基づき,計算書対象とす る動的機能維持確認の基本評価項目の考え方を示す。

①基礎ボルト,ポンプ取付ボルト

立形ポンプはポンプベースにポンプ取付ボルトを用いて固定されており,ポンプ ベースは基礎に基礎ボルトを用いて固定されており,地震時の荷重は当該ボルトに 作用し,有意な荷重がかかることから評価項目として選定する。

②ディスチャージケーシング

ディスチャージケーシングはノズル荷重が作用するが、ノズル許容荷重以下になるよう配管設計を実施するため、立形ポンプの計算書の評価対象外とする。

③ストッパ(当該機器にバレルはないためコラムサポート(ストッパ)を評価)

ストッパはコラムをサポートしており,地震時はコラムの振れ止めとして荷重を 受ける。ストッパは取付ボルトを用いて固定されており,地震時の荷重は当該ボル

トに作用し、有意な荷重がかかることから評価項目として選定する。 ④コラムパイプ

回転機能,水力特性機能の観点から動的機能維持の評価項目として選定する。 ⑤軸受

回転機能,水力特性機能の観点から動的機能維持の評価項目として選定する。 ⑥軸

回転機能,水力特性機能の観点から動的機能維持の評価項目として選定する。 ⑦冷却水配管

当該機器に冷却水配管はないため評価対象外とする。

⑧メカニカルシール熱交換器

当該機器にメカニカルシール熱交換器はないため評価対象外とする。

⑨電動機

回転機能、水力特性機能の観点から動的機能維持の評価項目として選定する。

以上から、立形ポンプにおいて抽出される動的機能維持の基本評価項目のうち、計 別紙 2-9 算書の評価対象とするものは以下の通りである*。

※ 表4においては、①~⑨の全ての評価項目を記載し、以下の評価項目に該当す るものは評価内容を示し、それ以外の項目については評価省略理由を記載する。

①基礎ボルト,ポンプ取付ボルト

- ③ストッパ(取付ボルト)
- ④コラムパイプ
- ⑤軸受
- ⑥軸
- ⑨電動機

上記評価項目に基づき,表4のとおり機能維持評価を実施している。

評価項目における評価基準値の説明を表 5 に,また各設備における評価部位について は図 3,4,5 に示す。

以上の検討に基づく評価結果を表 6,7,8 に示す。

| | | 計算書対象 | |
|-------------|-------------------------|-----------|--|
| 評価項目 | 評価内容 | (○:計算書対象, | |
| | | -:計算書省略) | |
| ①基礎ボル | 多質点はりモデルによる海水ポンプの応答解析結 | | |
| ト, ポンプ取 | 果を用い、材料力学等の公式により、基礎ボルト及 | 0 | |
| 付ボルト | びポンプ取付ボルトの発生応力を評価 | | |
| ②ディスチ | ノブル新安共手以下になてとる町体訊また中世ナ | | |
| ャージケー | ノスル計谷何里以下になるよう配官設計を実施す | _ | |
| シング | るため、立形ホンフとして計算書は省略。 | | |
| ③ストッパ | 多質点はりモデルによる海水ポンプの応答解析結 | | |
| (取付ボル | 果を用い、材料力学等の公式により、取付ボルトの | 0 | |
| ト) | 発生応力を評価 | | |
| ④コラムパ イプ | 多質点はりモデルによる応答解析結果を用い、材料 | | |
| | 力学等の公式によりコラムパイプの発生応力を評 | 0 | |
| | 価 | | |
| O th ví | 多質点はりモデルによる応答解析結果を用い、軸受 | | |
| ②軸文 | の発生荷重を評価 | 0 | |
| ⑥軸 | 多質点はりモデルによる応答解析結果を用い、材料 | 0 | |
| | 力学等の公式により軸の発生応力を評価 | | |
| ⑦冷却水配 | | | |
| 管 | 当該機益に行却水配官なし。 | 該当部無し | |
| ⑧メカニカ | | | |
| ルシール熱 | 当該機器にメカニカルシール熱交換器なし。 | 該当部無し | |
| 交換器 | | | |
| ⑨電動機 | 別紙-3参照。 | 0 | |

表 4 動的機能維持評価内容

| 評価項目 | 評価基準値の設定 |
|--|----------------------------------|
| ①甘珠ザルト | コラムパイプおよびポンプ取付ボルトは、軸や軸受といった構成部 |
| ① 産碇 小 ルト, | 品を固定・支持しており、これらが大きな変形を起こさなければ、 |
| | 構成品の相互の位置関係は維持され、立形ポンプの地震時の機能は |
| 「 ③ストッパ (取 | 確保される。 |
| () (山) (山) (山) (山) (山) (山) (山) (山) (山) (| 支持機能の確保の観点から、告示 501 号の運転状態Ⅳを基本とし |
| [1] (A)フラムパイプ | て,通常材料の実降伏点が設計値に対し余裕があることを考慮し, |
| | 概ね降伏点以下と同等とした値としてⅣASを評価基準値とした。 |
| | 回転子については、電動機で発生させた回転トルクを羽根車に伝え |
| | る。 |
| | 回転機能の確保の観点から、軸の変形を弾性範囲内に留めるようⅢ |
| | ASを評価基準値としている。軸の発生応力を弾性範囲内に留める |
| | ことで、地震後の軸の応力過大による損傷はないことから、作動不 |
| ⑥軸 | 良には至らず、軸の機能は確保される。 |
| <u></u> | また、地震による軸の変形は、通常運転時より大きくなるため、弾 |
| | 性範囲内でも軸に取り付ける羽根車とケーシングリングの接触によ |
| | り、回転機能及び水力特性に影響を与える可能性があるが、モデル |
| | 解析において回転体とコラムパイプの相対変位が、羽根車とケーシ |
| | ングリングのクリアランス以下であることを確認することで、回転 |
| | 機能及び水力特性に影響を与える可能性はない。 |

表5(1) 評価基準値の設定

| 評価項目 | 評価基準値の設定 |
|------|--------------------------------|
| | 当該ポンプの軸は水中軸受で支持されており、水中軸受は軸と軸受 |
| | との間に水膜を形成することで回転機能を維持しているため、運転 |
| | 中に軸と軸受が接触しない水膜が保持されれば、回転機能、支持機 |
| | 能が維持される。 |
| | 軸受部では、軸の回転により軸と軸受との間に水膜が形成され、水 |
| ⑤軸受 | 圧により軸と軸受とが直接接触しない状態が保持される。この状態 |
| | で地震力等の外荷重が作用し水膜が押しつぶされると軸と軸受とが |
| | 直接接触し損傷に至る恐れがあるが、非常に瞬時の事象のため、水 |
| | 切れによる影響は少なく、軸受に掛かる荷重が軸受の強度にとって |
| | より重要となる。そのため、軸受メーカが推奨する許容面圧と軸受 |
| | 径及び軸受長さから求まる荷重を評価基準値(許容荷重)とした。 |
| ⑨電動機 | 別紙-3参照。 |

表5(2) 評価基準値の設定


別紙 2-14

| 評価部位 | 項目 | 応力 | 分類 | 発生値 | 許容値 | 評価 |
|-----------|------------|------------------|----|-----------------------|-------------------|------------|
| | 下 于 | 引張 | | 94 MPa | 225 MPa | 0 |
| | ルロノノ | せん断 | | 16 MPa | 173 MPa | 0 |
| ①-2 ポンプ取付 | 亡士 | 引張 | | 148 MPa | 153 MPa | 0 |
| ボルト | ルロフリ | せん断 | | 26 MPa | 118 MPa | 0 |
| ③-1 ストッパ | 応力 | せん断 | | 47 MPa | 118 MPa | 0 |
| (取付ボルト) | | | | | | |
| ③-2 ストッパ | 応力 | せん断 | | 15 MPa | 118 MPa | 0 |
| (取付ボルト) | | | | | | |
| ④コラムパイプ | 応力 | 一次一般膜応 力 | | 118 MPa | 283 MPa | 0 |
| | | ⑤-1軸 | 受 | 4.626 $\times 10^3$ N | | 0 |
| | | <u>(5)</u> −2 軸受 | | 2.613 $\times 10^4$ N | | 0 |
| | | ⑤-3 軸受 | | 3.469 $\times 10^4$ N | | 0 |
| ⑤軸受 | 荷重 | 5-4 | 下側 | 2.659 $\times 10^3$ N | | 0 |
| | | 軸受 | 上側 | 2.659 $\times 10^3$ N | | 0 |
| | | (5)-5 | 下側 | $1.771 	imes 10^4$ N | | \bigcirc |
| | | 軸受 | 上側 | 1.771×10^4 N | | \bigcirc |
| 高軸 | 応力 | 追 | 而 | 追而 | - ▲ ↓ 追而 | 追而 |
| ₩ ₩ | 変位 | | _ | 追而 | `, 追而 | 追而 |
| | | | | ; | | , |
| | | | | | 解析実施中につき 見直し予定 | |

表 6 残留熱除去系海水系ポンプ 評価結果

_ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _



| 評価部位 | 項目 | 応力分類 | | 発生値 | 許容値 | 評価 |
|---------------------|------------|--------|------|----------------------------------|---------------------------------|------------|
| ①_1 甘淋ギョル | 六五 | 引張 | | 28 MPa | 205 MPa | 0 |
| | 心刀 | せん | し断 | 7 MPa | 158 MPa | 0 |
| ①-2 ポンプ取付 | 内土 | 引 | 張 | 11 MPa | 153 MPa | 0 |
| ボルト | ルロ ノリ | せん | し断 | 2 MPa | 118 MPa | 0 |
| ③-1 ストッパ (取付ボルト) | 応力 | せん | し断 | 6 MPa | 118 MPa | 0 |
| ③-2ストッパ | 亡士 | 井) | 一時代 | 4 MDe | 119 MDo | (|
| (取付ボルト) | ルロフリ | | し 肉 | 4 MFa | 110 MPa | 0 |
| ④コラムパイプ | 応力 | 一次一舟 | 殳膜応力 | 22 MPa | 283 MPa | \bigcirc |
| | | ⑤-1 軸受 | | 434.3 N | | 0 |
| | | ⑤-2 軸受 | | 3.472 $	imes$ 10 ³ N | | 0 |
| | | (5)-3 | 下側 | 3.452 $\times 10^3$ N | | 0 |
| 同動受 | 古 重 | 軸受 | 上側 | 3.452 $	imes$ 10 ³ N | | 0 |
| ◎軸文 | 111 里 | 5-4 | 下側 | 2.259 $\times 10^3$ N | | 0 |
| | | 軸受 | 上側 | 2.259 $	imes$ 10 ³ N | | 0 |
| | | 5-5 | 下側 | 4.141 \times 10 ³ N | | 0 |
| | | 軸受 | 上側 | 4.141 \times 10 ³ N | | 0 |
| 高曲 | 応力 | 追 | 而 | 追而 | ▶, 追而 | 追而 |
| ● #□ | 変位 | | | 追而 | `` 、追而 | 追而 |
| | | | | | 、、、、、、、、、、、 解析実施中に~ 見直し予定 | つき |

表7 非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ 評価結果





①-1 基礎ボルト

原動機台取付ボルト(注) ①-2 ポンプ取付ボルト

原動機取付ボルト (注)





D~D夭視図

C~C失視図

B~B矢視図

A~A关視図

L

 D_2

 D_3

D4

L₁

| 評価部位 | 項目 | 応力 | 分類 | 発生値 | 許容値 | 評価 |
|---------------------|----------------------|---------|----|----------------------------------|------------------------|----|
| ①1甘7株ギルト | r, ,,,, , | 引 | 張 | 28 MPa | 205 MPa | 0 |
| | 心刀 | せん | し断 | 7 MPa | 158 MPa | 0 |
| ①-2 ポンプ取付 | 内土 | 引 | 張 | 11 MPa | 153 MPa | 0 |
| ボルト | ルレフリ | せん | し断 | 2 MPa | 118 MPa | 0 |
| ③-1 ストッパ (取付ボルト) | 応力 | せん | し断 | 6 MPa | 118 MPa | 0 |
| ③-2 ストッパ (取付ボルト) | 応力 | せん断 | | 4 MPa | 118 MPa | 0 |
| ④コラムパイプ | 応力 | 一次一般膜応力 | | 22 MPa | 283 MPa | 0 |
| | | ⑤-1 軸受 | | 434.3 N | 1 | 0 |
| | | ⑤-2 軸受 | | 3.472 $\times 10^3$ N | | 0 |
| | | 5-3 | 下側 | 3.452 $\times 10^3$ N | | 0 |
| 同軸受 | 荷重 | 軸受 | 上側 | 3.452 $\times 10^3$ N | | 0 |
| | 何里 | 5-4 | 下側 | 2.259 $\times 10^3$ N | | 0 |
| | | 軸受 | 上側 | 2.259 $\times 10^3$ N | | 0 |
| | | (5)-5 | 下側 | 4.141 \times 10 ³ N | | 0 |
| | | 軸受 | 上側 | 4.141×10^3 N | | 0 |
| 商 曲 | 応力 | 追 | 而 | 追而 | 追而 | 追而 |
| ₩ | ② 型 変位 一 | | 追而 | ``、追而 | 追而 | |
| | | | | | 、 、、、、、、 解析実施中につ | Dき |

表8 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプ 評価結果

- 1

6. 動的機能維持確認結果について

異常要因分析に基づき抽出された評価項目に対し,機能維持詳細評価を実施した結 果を以下に示す。

①基礎ボルト,取付ボルト

応力評価の結果,基礎ボルト,取付ボルトは許容値を満足しており,基礎ボルト, 取付ボルトが損傷することはなく,回転機能,水力特性機能及び流体保持機能が喪 失することはないことを確認した。

②ディスチャージケーシング

ノズル許容荷重以下になるよう配管設計を実施しており,ディスチャージケーシングが損傷することはなく,回転機能,水力特性機能及び流体保持機能が喪失する ことはないことを確認した。

③ストッパ(当該機器にバレルはないためストッパを評価)

応力評価の結果,ストッパ取付ボルトは許容値を満足しており,ストッパ取付ボ ルトが損傷することはなく,回転機能,水力特性機能及び流体保持機能が喪失する ことはないことを確認した。

④コラムパイプ

応力評価の結果,コラムパイプは許容値を満足しており,コラムパイプが損傷す ることはなく,回転機能及び水力特性機能が喪失することはないことを確認した。 ⑤軸受

荷重評価の結果,軸受は許容値を満足しており,軸受が損傷することはなく,回 転機能及び水力特性機能が喪失することはないことを確認した。

⑥軸

追而

⑦冷却水配管

当該機器に冷却水配管はないため評価対象外とする。

⑧メカニカルシール熱交換器

当該機器にメカニカルシール熱交換器はないため評価対象外とする。

⑨電動機

別紙一3参照。

以上,各評価項目について地震時の健全性を確認出来たことから,残留熱除去系海 水系ポンプ,非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ及び高圧炉心スプレイ系ディーゼ ル発電機用海水ポンプの要求機能は喪失に至ることはなく,機能確認済加速度を超え た評価用加速度(水平:0.57G,鉛直:2.22G)において当該設備の動的機能維持を確 認することができた。 評価用加速度が機能確認済加速度を超えるため詳細検討が必要な設備の動的機能維持評価 について(電動機)

1. はじめに

本資料は,残留熱除去系海水系ポンプ電動機,非常用ディーゼル発電機用海水ポン プ電動機及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプ電動機の動的機能維 持評価における詳細評価についてまとめたものである。

2. 動的機能維持の評価方針

動的機能維持評価の結果,表1に示すとおり,残留熱除去系海水系ポンプ,非常用 ディーゼル発電機用海水ポンプ及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポン プの電動機について,評価用加速度が機能確認済加速度を超えるため,詳細検討が必 要となる。

動的機能の評価においては,JEAG4601及び耐特委報告書「動的機器の地震時機 能維持評価に関する調査報告書」(昭和61年12月)において,対象機種ごとに,現実 的地震応答のレベルでの異常のみならず,破壊に至る様な過剰な状態を念頭に地震時 に考え得る異常要因を抽出し,その分析により動的機能上の評価点を検討し,動的機 能維持を評価する際に確認すべき項目として,基本評価項目を摘出している。

そのため,評価用加速度が機能確認済加速度を超える設備の機能維持評価について は,JEAG4601及び耐特委報告書により選定された基本評価項目に基づき,動的機 能維持評価として,詳細検討を実施する。

| 表 1 | 評価用加速度と | 機能確認済加速度の比較 | 詨 |
|-----|---------|-------------|---|
|-----|---------|-------------|---|

| | | | | 1 | | | | | |
|------------------------------------|-------------------|----------------------------|------|-------------------|---------------------------------------|------|--|--|--|
| | 評価結果 | | | | | | | | |
| | ; | 水平(G) | | | 鉛直(G) | | | | |
| 機器 | 評価用 加速度 (G) | 機能 確認済 加速度 (G) *1 | 裕度 | 評価用 加速度 (G) | 機能 確認済 加速度 (G) ^{*2} | 裕度 | | | |
| 残留熱除去系 海水系ポンプ電動機 | 0.57 | 2.5 | 4.38 | 2.22 | 1.0 | 0.45 | | | |
| 非常用ディーゼル発電 機用海水ポンプ電動機 | 0.57 | 2.5 | 4.38 | 2.22 | 1.0 | 0.45 | | | |
| 高圧炉心スプレイ系 ディーゼル発電機用 海水ポンプ電動機 | 0.57 | 2.5 | 4.38 | 2.22 | 1.0 | 0.45 | | | |

解析実施中につき 見直し予定

※1 JEAG4601 に定められた評価基準。

※2 1.0G は,機器一般の浮き上がりの目安として設定したもの。

耐専(原子力発電耐震設計専門部会)において,鉛直地震動に対する検討として, 改めて鉛直地震動に注意して異常要因分析結果を見直しても,新たに加える損傷モー ドはなく,既往の水平地震動を前提とした評価の考え方が適用できることが確認され ている。今回の地震加速度レベルでは鉛直方向の機能確認済加速度を超える発生加速 度が生じているが,2.以下では耐専での上記考え方に変わりはないことを確認する。

3. 電動機の基本評価項目

残留熱除去系海水系ポンプ電動機は出力 900kW の立形ころがり軸受電動機,非常用 ディーゼル発電機用海水ポンプ電動機は出力 55kW の立形ころがり軸受電動機,高圧炉 心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプ電動機は 55kW の立形ころがり軸受電動機 であり,JEAG4601 記載の適用機種の範囲に該当する設備である。残留熱除去系海 水系ポンプ用電動機を代表として構造の概要を図1に示す。



図1 残留熱除去系海水系ポンプ用電動機の構造図

耐特委における電動機の地震時異常要因分析結果を図2に示す。



図2 電動機の地震時異常要因モード図(耐特委)

耐特委報告書においては異常要因モードに基づき評価項目が以下①~⑧の項目のとお り抽出され、①~⑧の評価項目について評価することで、回転機能及び駆動特性機能が 確認できるとされている。

これは,機能確認済加速度を超える地震加速度レベルにおいても,これらの①~⑧に ついて全て評価基準値以下に収まっていれば,動的機能が維持できると解される。本項 では,上記考え方に基づき各基本評価項目における機能喪失にいたる現象と,機能確認 済加速度を越えた場合の評価の考え方を記述する。

なお,全評価項目の中で一つでも評価基準値を超えれば,当該機器は評価用加速度に おける動的機能維持が維持できないものとするが,各評価結果が概ね弾性域内に留まっ ており,各異常要因が複合し,新たな損傷モードが発生することはないと考えている。 ①端子箱の健全性

端子箱の応答が過大となることにより,端子箱もしくは内部部品が損傷し,絶縁 不良や受電不能になることにより回転機能及び駆動特性機能が喪失する。

②フレームの健全性

全体系(フレーム)の応答が過大となることにより,電動機構成部品の支持構造 部材であるフレーム材の応力が過大となりフレームが損傷に至ることにより回転機 能が喪失する。

③取付ボルトの健全性

電動機の応答が過大となって発生する転倒モーメントにより電動機を原動機台 に固定している取付ボルトに発生する応力が過大となり損傷に至り,全体系が転倒 することにより回転機能が喪失する。

④固定子の健全性

全体系の応答が過大となることにより,固定子自身に作用する加速度が過大とな り固定子の損傷に至ることにより回転機能及び駆動特性機能が喪失する。

⑤軸の健全性

軸系(回転子)の応答が過大となることで軸応力が過大となり,軸が損傷するこ とにより回転機能が喪失する。

⑥軸受の健全性

軸系(回転子)の応答が過大となることで軸受荷重が過大となり,軸受が損傷す ることで軸の回転が阻害され,回転機能が喪失する。

⑦固定子・回転子の接触

全体系(フレーム)の応答が過大となることによる固定子変形量の増大に加え, 軸系(回転子)の応答が過大となることによる回転子変形量の増大により,固定子・

回転子の接触が発生し、固定子・回転子が損傷することで回転機能が喪失する。

⑧軸継手の健全性

被駆動機(ポンプ)軸と電動機軸の相対変位が過大となり,軸継手が損傷することで被駆動機への回転運動の伝達が喪失する。



図3 東海第二発電所 海水ポンプ電動機の構造(立形ころがり軸受)

3. JEAG4601, 耐特委報告書及び耐専報告書後の知見について

平成13年の耐専報告書後の知見として,平成24年度電共研「動的機器の地震時機能 維持の耐震余裕に関する検討」にて,機能確認済加速度の引き上げを目的として代表機 器を対象に機能維持評価を行っている。電動機については表2に示すとおり,各項目に ついて解析による評価を実施している。表3に評価の概要を示す。なお,本評価につい ては,日本電気協会 原子力規格委員会において審議され,JEAC4601-2015に取り込ま れている。 平成 24 年度電共研 電動機の機能維持評価結果 (JEAC4601-2015 抜粋)

表 2 参表 4, 11. 4-2 電動機の機能維持評価結果

| Г | | | 10 | | | | | 1 | 뵆 | <u> </u> | 뵆 | | | | |
|---|--------------------|---------------|--|------------------------------|--|--|---------------------------------------|---|----------------------------|--------------|------------------------|-----------------------------|--------------------|------------------------------------|--|
| | | 與以累內在無能 | 1 左股非太限価値目に上 | 東動性能を代替評価 | - | + | → | - | 機とも電気的特性及び駆逐 る。 | | により電気的特性及び駆動 | | | | |
| | | 和实际评计生 | 大記述太陽価値目に上り | 在自然本町市地口にあっ | | | | | 左記評価結果より各電動 能が維持されると判断す | | 左記代表項目の評価結果 | 能維持を判定する。 | | | |
| 8 | 執維手 | 水平・鉛直 | 小田市地区间内局在小市市地址管理中 | 数幅到数面間の評価の中で転帰同日 の相対変位を評価 | → | ÷ | a ⇒ 0 | 1 | - | | ののののでの | 被認知機器側 にて評価実施 | | 被駆動機器偶との軸系の連結方式 により相対室站の防衛が異なる。 | |
| ß | 固定子と回転子 のクリアランス | 火平・鉛画 | Mater - History | 発生しより設置 | 11.3 | 9.2 | 3 5 | 2.4 | 許容能位を満足している. | | 1 | T | | ļ | <u>į</u> |
| 9 | 権政 | 憲形: 米甲· 乾庫 | 江形:米半部方により | 単れてより舞り段高麗を評価 | 2.0 | 50 | 1.1 | 2.8 | 許容荷重を満足している。 | | 1 | 0 | | I | 輸系の共績に よる影響が大 きい。 |
| 8 | 輪(回転子) | 水平・鉛直 | 4411 - LIT+4 | かけいより1621 を評価 | 5 5 | 10.0 | 52 72 | ت ک | 許容応力を満足している. | | I | 0 (\$\$\$) | | I | 輸系の共振 たる影響が大 きい。 |
| 4 | 围定子 | 水平・鉛直 | WHOLF FULLER | 新知いより 1021 を評価 | 15.3 | 10.3 | 6 . 2 | 5.1 | 許存応力を満足 している。 | | 1 | 1 | | 1 | 1 |
| 8 | 限付ポルト 基礎ポルト | 水平・鉛直 | Philipping and a second se | 独反計画例にく | -> | Ļ | + | 1 | - | 0 | 独民評価語 にて評論技 計を実施 | 〇 後度評価側 にて計鑑設 計を実施 | 34 344 CA 44 44 44 | 文庁部の破眙 上、重要であ る。 | 王國 |
| 3 | タークム | 水平・鉛画 | 4411- F1144 | 存住により WON | 16. O | 25 | 16.5 | 17. 9 | 許容応力を満足 している。 | | Ĩ | 1 | | I | 1 |
| Θ | 端子箱 | 水平・鉛量 | 1011 - 1014-1 | 序町により/ic/J を評価 | 21 | 43 | 2.0 | 2.0 | 許容応力を満足 している。 | r I | I | 1 | | 1 | 1 |
| | н | | | | 詳価加速使 (×9.8m/5 ³) 米平 7.0 昭直 2.0 | 評価加速度 (×9.8m/s ³) 米平3.7 船直2.0 | 知信泊说段 (×9.8ē/s?) 水平2.5 笔直2.0 | 福伯治政疫 (X-3.8m/s ³) 次年2.5 始南1.0 | | したもの | 軸采が明な場合 | 袖承が開たない 場合 | したもの | 軸系が國な場合 | 輸系が朝でない 場合 |
| | 基本評価項目 | 地震力が寄与する方向 | | 諸 留 お 法 | 11/06/87 京田洋水ナイノ田 高型破壊 | 1400kW 応圧注入ポンプ用 電影機 | 1550km 岡田中心 メプレム線 ポソン用電動臨 | 2280kw 政任存心 スプレイ栄 ポソン用職動職 | % 面枯燥 | 軸系が被駆動機器個と独立 | 輸送が設備 | を注成したもの (被服動機器側で顕動解析) | 帕系が被戰動機器側と独立 | 軸系が被報動機器領 | 小道氏したもの 「彼民塾最認識になる」 「彼民塾最認識になる」 「彼民塾最認識になる」 「なもれ」がもの |
| | 20 | | | | 軸受電動機 検形ころがり | 輪受変動機 機形すべり | 軸受電動機 立形ころがり | 軸受電動機 立形すべり | | ÷. | 截距: | a va m 🛱 | ±κ: | t 10 (Kinn 10 | 1金の考えち (金の考えた) (金) |
| | | | | | | 確認余 | 希度社 | | | | -10° 142 (| <u>0</u> | | | |

別紙 3-7

| 評価項目 | 評価内容 |
|----------|----------------------------------|
| ①端子箱 | 材料力学等の公式により端子箱取付ボルトの応力を算出 |
| ②フレーム | 材料力学等の公式によりフレームの応力を算出 |
| ③取付ボルト | 材料力学等の公式により取付ボルトの応力を算出 |
| ④固定子 | 材料力学等の公式により固定子の応力を算出 |
| ⑤軸 (回転子) | 材料力学等の公式により軸(回転子)の応力を算出 |
| ⑥軸受 | 多質点はりモデルによる電動機の応答解析結果を用い,軸受の発生荷重 |
| | を評価 |
| ⑦固定子 | 多質点はりモデルによる電動機の応答解析結果を用い、相対変位が固 |
| ・回転子 | 定子-軸(回転子)間空隙寸法を下回ることを確認 |
| ⑧軸継手 | 被駆動機側にて評価を実施 |

表 3 平成 24 年度電共研 電動機 動的機能維持評価概要

4. 電動機評価概要

機能維持評価については,JEAG4601及び耐特委報告書により動的機能維持評価上, 評価が必要な評価項目が選定されており,その評価項目に基づき,計算書対象とする動 的機能維持確認の基本評価項目の考え方を示す。

①端子箱

電動機の端子箱本体は、箱状の構造物で十分な剛性が確認されていることから、地 震加速度の大きさに関わらず取付ボルトに最も荷重が作用し、有意な荷重がかかるこ とから評価項目として選定する。

②フレーム

フレームは固定子,軸受を支持する構造物であり,地震時にはこれら構成部材に作 用する地震荷重によりフレームに有意な荷重が作用することから,評価項目として選 定する。

③取付ボルト

電動機は原動機台に取付ボルトを用いて固定されており,地震時には全体系(フレ ーム)の転倒モーメントが当該ボルトに作用し,有意な荷重がかかることから評価項 目として選定する。

④固定子

固定子はフレーム内部に取り付けられ、フレームに比べ厚みが十分大きいことから、 フレームに比べて、高い剛性を有する設計であることを確認しているため、計算書の 評価対象外とする。

⑤軸

回転機能保持の観点から動的機能維持の評価項目として選定する。

⑥軸受

回転機能保持の観点から動的機能維持の評価項目として選定する。 ⑦固定子・回転子

全体系(フレーム)の応答が過大となることによる固定子変形量の増大に加え,軸 系(回転子)の応答が過大となることによる回転子変形量の増大により,固定子・回 転子の接触が発生し回転機能喪失にかかわるため,動的機能維持の評価項目として選 定する。 ⑧軸継手

軸継手は駆動機側(電動機)から,被駆動機(ポンプ)へ回転運動を伝達する機能 を有しており,地震時に駆動機側及び被駆動機側へ作用する相対荷重差あるいは相対 変位が過大となり軸継手が損傷することで被駆動機の回転機能損失につながる。

ただし、軸継手はポンプ軸とモータ軸をリジットに接続するタイプであり、相対変 位が発生しないこと、および地震荷重については軸受で負担するため軸継手部には有 意な応力が発生しないことから、計算書の評価対象外とする。

以上から,海水ポンプ電動機において抽出される動的機能維持の基本評価項目のう ち,計算書の評価対象とするものは以下の通りである^{*}。

※ 表4においては、①~⑧の全ての評価項目を記載し、以下の評価項目に該当す るものは評価内容を示し、それ以外の項目については評価省略理由を記載する。

①端子箱(取付ボルト)

②フレーム

③取付ボルト

⑤軸

⑥軸受

⑦固定子·回転子

上記評価項目に基づき,表4のとおり機能維持評価を実施している。 評価項目における評価基準値の説明を表5に,また評価部位については図1に示す。 以上の検討に基づく評価結果を表6に示す。

| 評価項目 | 評価内容 | 計算書対象 (○:計算書対象, -:計算書省略) |
|-------------|--------------------------|--------------------------------|
| ①端子箱 | 多質点はりモデルによる海水ポンプの応答解析結 | |
| (取付ボル | 果を用い、材料力学等の公式により、取付ボルトの | 0 |
| F) | 発生応力を評価 | |
| | 多質点はりモデルによる海水ポンプの応答解析結 | |
| ②フレーム | 果を用い、材料力学等の公式により、フレームの発 | 0 |
| | 生応力を評価 | |
| ②雨仕ギル | 多質点はりモデルによる海水ポンプの応答解析結 | |
| | 果を用い、材料力学等の公式により、取付ボルトの | 0 |
| | 発生応力を評価 | |
| | 固定子はフレームの内側に取り付けられ、フレーム | |
| ()田安7 | に比べ厚みが十分に大きいことから, フレームに比 | |
| ④固正于 | べ高い剛性を有する設計であることを確認してい | — |
| | る。(計算書省略) | |
| 同動 | 多質点はりモデルによる海水ポンプの応答解析結 | |
| | 果を用い、材料力学等の公式により軸の発生応力を | 0 |
| (回転于) | 評価 | |
| ②盐巫 | 多質点はりモデルによる海水ポンプの応答解析結 | |
| ① 軸文 | 果を用い、軸受の発生荷重を評価 | 0 |
| @田空子 | 多質点はりモデルによる海水ポンプの応答解析結 | |
| ①固正于 | 果を用い、固定子-軸(回転子)の相対変位が固定 | 0 |
| • 凹転于 | 子-軸(回転子)間空隙寸法を下回ることを確認 | |
| | ポンプ軸とモータ軸をリジットに接続するタイプ | |
| | の軸継手であり、相対変位が発生しないこと、およ | |
| ⑧軸継手 | び地震荷重については軸受で負担することから軸 | _ |
| | 継手部には有意な応力が発生しないとから、軸継手 | |
| | の評価を省略している。(計算書省略) | |

表 4 動的機能維持評価内容

別紙 3-11

| 評価項目 | 評価基準値の設定 |
|---|------------------------------------|
| | 端子箱は筐体とケーブルで構成されるが、ケーブルの質量は小さ |
| | く、かつフレームに直接支持されていることから、地震時の機能維 |
| | 持は、筐体の取付状態が健全であれば、これらの電気的機能に影響 |
| ①端子箱 | 及ぼすことはない。 |
| (取付ボルト) | 絶縁、受電機能の確保の観点から、動的機能維持の評価対象として |
| | 告示 501 号の運転状態IVを基本として,通常材料の実降伏点が設計 |
| | 値に対し余裕があることを考慮し、概ね降伏点以下と同等とした値 |
| | としてIVASを評価基準値とした。 |
| | フレームおよびその取付ボルトは、軸(回転子)や軸受、固定子と |
| | いった構成部品を固定・支持しており、これらが大きな変形を起こ |
| 071 | さなければ、構成品の相互の位置関係は維持され、電動機の地震時 |
| ②アレーム | の機能は確保される。 |
| ③取171/1/1/1/1/1/1/1/1/1/1/1/1/1/1/1/1/1/1 | 支持機能の確保の観点から、告示 501 号の運転状態Ⅳを基本とし |
| | て,通常材料の実降伏点が設計値に対し余裕があることを考慮し, |
| | 概ね降伏点以下と同等とした値としてⅣASを評価基準値とした。 |

表 5 評価基準値の設定(1/2)

| 評価項目 | 評価基準値の設定 |
|-------|---------------------------------|
| | 回転子については、作用する電磁気力を回転トルクとして被駆動機側 |
| | に伝える。また、回転子は軸と一体であり、軸が健全であればその機 |
| | 能に影響はない。 |
| | 回転機能の確保の観点から、軸(回転子)の変形を弾性範囲内に留め |
| | るようⅢASを評価基準値としている。軸(回転子)の発生応力を弾 |
| ⊂ #H | 性範囲内に留めることで、地震後の軸(回転子)応力過大による損傷 |
| | はないことから、作動不良には至らず、軸(回転子)の機能は確保さ |
| (凹転子) | れる。 |
| | また、地震による軸(回転子)の変形は、通常運転時より大きくなる |
| | ため、弾性範囲内でも軸(回転子)と固定子の接触により、回転機能 |
| | に影響を与える可能性があるが、これについては、以下の固定子・回 |
| | 転子の接触にて確認することで、回転機能は確保され異常振動が発生 |
| | することはない。 |
| | 海水ポンプ電動機の回転子はころがり軸受で支持されている。ころが |
| 同曲平 | り軸受は軌道と転同体が健全であれば、円滑な回転を得られることか |
| ①軸文 | ら、軌道と転同体の接触面に限度となる永久変形量を発生させる基本 |
| | 静定格荷重を評価基準値とした。 |
| ⑦固定子 | 軸(回転子)と固定子の接触により回転機能が阻害されるという観点 |
| ・回転子 | から、回転子と固定子のクリアランスを評価基準値とした。 |

表 5 評価基準値の設定(2/2)

| 評価部位 | 項目 | 応力分類 | 発生値 | 許容値 | 評価 | | | |
|-------------|------|---------------------------------------|------------------------|---------|----|--|--|--|
| ①農乙幣 | 下 十 | 引張, 組合せ | 追而 | 追而 | 追而 | | | |
| ①姉丁相 | ルロフリ | せん断 | 追而 | 追而 | 追而 | | | |
| | | 圧縮 | 追而 | 追而 | 追而 | | | |
| ②フレーム | 応力 | 曲げ | 追而 | 追而 | 追而 | | | |
| | | せん断 | 追而 | 追而 | 追而 | | | |
| ③-1 取付ボルト | 下土 | 引張 | 46 MPa | 153 MPa | 0 | | | |
| (原動機取付ボルト) | ルロフリ | せん断 | 12 MPa | 118 MPa | 0 | | | |
| ③-2 取付ボルト | 下于 | 引張 | 79 MPa | 153 MPa | 0 | | | |
| (原動機台取付ボルト) | ルロフリ | せん断 | 13 MPa | 118 MPa | 0 | | | |
| ⑤軸(回転子) | 応力 | 一次一般膜 | 20 MPa | 103 MPa | 0 | | | |
| | | (上部軸受)鉛直方向 | 追而 | 追而 | 追而 | | | |
| ⑥軸受 | 荷重 | (上部軸受) 水平方向 | 3. 397×10^3 N | | 0 | | | |
| | | (下部軸受) | 8. 879×10^3 N | | 0 | | | |
| ⑦固定子・回転子 | 変位 | | 追而 | 追而 | 追而 | | | |
| | | | | | | | | |

表 6(1) 残留熱除去系海水系ポンプ用電動機 評価結果



| 評価部位 | 項目 | 応力分類 | 発生値 | 許容値 | 評価 |
|-------------|-----------|----------------|-------------------------|---------|----|
| ①把了茨 | ₩ | 引張, 組合せ | 追而 | 追而 | 追而 |
| ①师丁相 | ルロフリ | せん断 | 追而 | 追而 | 追而 |
| | | 圧縮 | 追而 | 追而 | 追而 |
| ②フレーム | 応力 | 曲げ | 追而 | 追而 | 追而 |
| | | せん断 | 追而 | 追而 | 追而 |
| ③-1 取付ボルト | 内力 | 引張 | 15 MPa | 153 MPa | 0 |
| (原動機取付ボルト) | ルいフリ | せん断 | 7 MPa | 118 MPa | 0 |
| ③-2 取付ボルト | r ★ +1 | 引張 | 10 MPa | 153 MPa | 0 |
| (原動機台取付ボルト) | ルロフリ | せん断 | 3 MPa | 118 MPa | 0 |
| ⑤軸(回転子) | 応力 | 一次一般膜 | 14 MPa | 110 MPa | 0 |
| | | (上部軸受) 鉛直方向 | 追而 | 追而 | 追而 |
| ⑥軸受 | 荷重 | (上部軸受) 水平方向 | 3.599 $\times 10^3$ N | | 0 |
| | | (下部軸受)¦ | 1.543×10^{3} N | | 0 |
| ⑦固定子・回転子 | 変位 | _ // | 追而 | 追而 | 追而 |

表 6(2) 非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ用電動機 評価結果



別紙 3-15

| 評価部位 | 項目 | 応力分類 | 発生値 | 許容値 | 評価 | | | |
|-------------|------------|----------------|-------------------------------|---------------|----|--|--|--|
| ①農乙幣 | ⊢ + | 引張, 組合せ | 追而 | 追而 | 追而 | | | |
| ①姉丁相 | ルロフリ | せん断 | 追而 | 追而 | 追而 | | | |
| | | 圧縮 | 追而 | 追而 | 追而 | | | |
| ②フレーム | 応力 | 曲げ | 追而 | 追而 | 追而 | | | |
| | | せん断 | 追而 | 追而 | 追而 | | | |
| ③-1 取付ボルト | 下 十 | 引張 | 15 MPa | 153 MPa | 0 | | | |
| (原動機取付ボルト) | ルロフリ | せん断 | 7 MPa | 118 MPa | 0 | | | |
| ③-2 取付ボルト | 下 十 | 引張 | 10 MPa | 153 MPa | 0 | | | |
| (原動機台取付ボルト) | ルロフリ | せん断 | 3 MPa | 118 MPa | 0 | | | |
| ⑤軸(回転子) | 応力 | 一次一般膜 | 14 MPa | 110 MPa | 0 | | | |
| | | (上部軸受) 鉛直方向 | 追而 | 追而 | 追而 | | | |
| ⑥軸受 | 荷重 | (上部軸受) 水平方向 | 3. 599 $\times 10^3$ N | | 0 | | | |
| | | (下部軸受) | $1.543 \times 10^3 \text{ N}$ | | 0 | | | |
| ⑦固定子・回転子 | 変位 | _ | 追而 | 追而 追而 | | | | |
| | | | | | | | | |

解析実施中につき 見直し予定

表 6(3) 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプ用電動機 評価結果

5. 動的機能維持確認結果について

異常要因分析に基づき抽出された評価項目に対し,機能維持詳細評価を実施した結 果を以下に示す。

①端子箱

追而

②フレーム

追而

③取付ボルト

応力評価の結果取付ボルトは許容値を満足しており,全体系が転倒することはな く,取付ボルト損傷による回転機能が喪失することはないことを確認した。

④固定子

固定子はフレームの内側に取り付けられ、フレームに比べ厚みが十分に大きいこと から、フレームに比べ高い剛性を有する設計であり、応力評価の結果フレームは許容 値を満足していることからも固定子は健全であり、回転機能及び駆動特性機能が喪失 することはないことを確認した。

⑤軸

応力評価の結果軸は許容値を満足しており、軸の損傷による回転機能が喪失することはないことを確認した。

⑥軸受

荷重評価の結果軸受は許容値を満足しており、軸受の損傷による回転機能が喪失することはないことを確認した。

⑦固定子·回転子

追而

⑧軸継手

ポンプ軸とモータ軸をリジットに接続するタイプの軸継手であり,相対変位が発生 しないこと,および地震荷重については軸受で負担するため軸継手部には有意な応力 が発生しないことから,軸継手は健全であり,回転機能が喪失することはないことを 確認した。 以上,各評価項目について地震時の健全性を確認出来たことから,残留熱除去系海 水系ポンプ,非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ及び高圧炉心スプレイ系ディーゼ ル発電機用海水ポンプの電動機の要求機能は喪失に至ることはなく,確認済加速度を 超えた評価用加速度(水平:0.576,鉛直:2.226)において当該設備の動的機能維持 を確認することができた。

| 施設区分/設備名称 | | 単持 動的機能維持 の確認方法 | At超え時の評価方 法がJEAGに規定さ れている設備 ○:規定されて いる ×:規定されて いない -:対象外 | 検討対象設備 としての抽出結 | JEAG4601 機種/型式 | | A t 確認 | | |
|------------------------------|------------------------|------------------------|---|-----------------------|-------------------|--------------|--------|------------|--|
| | 動的機能維持 要求の有無 | | | | 機種 | 型式 | 方向 | 評価用 加速度 | 機能確認済 加速度 |
| 原子炉本体 | | | | | | | | | I |
| 核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設 | | | | | | | | | |
| 使用済燃料貯蔵槽冷却浄化設備 | | | | | | | | | |
| 代替燃料プール注水系 | | | | | | | | | |
| | | | | | lithout 10. 0 | add a la | 水平 | 追而 | 3.2(軸直角方向) 1.4(軸方向) |
| | | TEAC4601 | | | 横形ボンブ | 遠心式 | 鉛直 | 追而 | 1.0 |
| 常設低圧代替注水系ボンプ | 有 | による確認 | × | 0 | | 構形~ス | 水平 | 追而 | 4.7 |
| | | | | | 電動機 | がり軸受 | 鉛直 | 追而 | 1.0 |
| 可搬型代替注水大型ポンプ | 有 | 加振試験 | _ | - | _ | _ | _ | _ | _ |
| 代替燃料プール冷却系 | | による帷節 | | | | | | | |
| | | | | | | | 水平 | 0, 86 | 3.2(軸直角方向) |
| | | | | | 横形ポンプ | 遠心式 | 鉛直 | 0.65 | 1.4(眶方回) 1.0 |
| 代替燃料プール冷却系ポンプ | 有 | JEAG4601 による確認 | × | 0 | | | 水亚 | 0.86 | 4.7 |
| | | | | | 電動機 | 横形ころ がり軸受 | 小十 | 0.65 | 1.0 |
| 百了后边却可结长到 | | | | | | | 归巴 | 0.05 | 1.0 |
| 原了后海却并再 任 是现 <i>供</i> | | | | | | | | | |
| 原了后边却甘東從農药 | | | | | | | | | |
| 原ナ炉行却材持値東糸 | here | 1 | | | 1 | | | 1 | |
| 原子炉冷却材再循環ホンプ | * | - | _ | - | - | _ | | - | _ |
| 原子炉冷却材の循環設備 | | | | | | | | | |
| 残留熱除去設備 | | | | | | | | | |
| 残留熱除去系 | 1 | 1 | | 1 | 1 | | | 1 | |
| | | 有 JEAG4601 によろ確認 | × | 0 | 立形ポンプ | ピットバレ ル形 | 水平 | 0.48 | 10.0 |
| 残留熱除去系ポンプ | 有 | | | | | | 鉛直 | 0.50 | 1.0 |
| | | 1 C C . C 10 10 | | | 電動機 | 立形ころ | 水平 | 0.48 | 2.5 |
| | | | | | | 77-9 和4文 | 鉛直 | 0.50 | 1.0 |
| 格納容器圧力逃がし装置 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | 1 | |
| | 有 | JEAG4601 | × | 0 | 横形ポンプ | 遠心式 | 水平 | 追而 | 3.2(軸直角方向) 1.4(軸方向) |
| 格納容器圧力逃がし装置 | | | | | | | 鉛直 | 追而 | 1.0 |
| 移达小ノノ | | による帷部 | | | 電動機 | 横形ころ | 水平 | 追而 | 4.7 |
| | | | | | | がり軸交 | 鉛直 | 追而 | 1.0 |
| 非常用炉心冷却設備その他原子炉注水 | 設備 | | | | | | | | |
| 高圧炉心スプレイ系 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | r | | 1 | T |
| | 有 | | | | 立形ポンプ | ピット バレル形 | 水平 | 0.48 | 10.0 |
| 高圧恒心スプレイ系ポンプ | | JEAG4601 による確認 | × | 0 | | | 鉛直 | 0.50 | 1.0 |
| | | | | 0 | 雪動越 | 立形すべり | 水平 | 0.48 | 2.5 |
| | | | | | 12,301,00 | 軸受 | 鉛直 | 0.50 | 1.0 |
| 低圧炉心スプレイ系 | | | | | | | | | |
| | | | | | 1. met 10. 0 | ピット バレル形 | 水平 | 0.48 | 10.0 |
| がにはくっていくズボント | 有 JEAG4601 による確認 | TEAG4601 | ž × | 0 | 立形ホンノ | | 鉛直 | 0.50 | 1.0 |
| 低圧炉心スプレイ糸ホンプ | | による確認 | | 0 | | 立形下ス | 水平 | 0.48 | 2.5 |
| | | | | | 電動機 | がり軸受 | 鉛直 | 0.50 | 1.0 |
| 原子炉隔離時冷却系 | | 1 | | | 1 | • | | | |
| | | | | | Librar 0 | | 水平 | 0.48 | 3.2(軸直角方向) 1.4(軸方向) |
| | 有 | JEAG4601 による確認 | æ × | 0 | 横形ポンプ | 遠心式 | 鉛直 | 0.50 | 1.0 |
| 原子炉隔離時冷却系ポンプ | | | | | ポンプ駆動用 タービン | RCIC ポンプ用 | 水平 | 0.48 | 2.4 |
| | | | | | | | 鉛直 | 0.50 | 1.0 |
| 高圧代替注水系 | | I | I | | I | 1 | | 1 | 1 |
| 常設高圧代替注水系ポンプ | 有 | 加振試験 | _ | _ | - | _ | _ | - | _ |

別表1 検討対象設備の抽出結果

| 施設区分/設備名称 | | 症維持 動的機能維持 の確認方法 イ無 の確認方法 ・7 ・7 ・7 ・7 ・10 ・10<!--</th--><th>At超え時の評価方 法がJEAGに規定さ</th><th>検討対象設備</th><th colspan="2">JEAG4601 機種/型式</th><th colspan="3">A t 確認</th> | At超え時の評価方 法がJEAGに規定さ | 検討対象設備 | JEAG4601 機種/型式 | | A t 確認 | | |
|---------------------------------|--------------------|--|---|--------|-------------------|----------|------------|---------------|------------------------|
| | 動的機能維持 要求の有無の確認 | | 果 ○:検討対象 とする設備 -:検討対象 でない設備 | 機種 | 型式 | 方向 | 評価用 加速度 | 機能確認済 加速度 | |
| 低圧代替注水系 | | | | | | | | | |
| 常設低圧代替注水系ポンプ | | (前段で整理済) | | | | | | | |
| 可搬型代替注水大型ポンプ | | (前段で整理済) | | | | | | | |
| 代替循環冷却系 | | | | | | | | | |
| | | | | | Life were 19 5 | 345 3 _b | 水平 | 0.48 | 3.2(軸直角方向) 1.4(軸方向) |
| | | TEAG4601 | | 0 | 1世が シノ | 14-1-1-4 | 鉛直 | 0.50 | 1.0 |
| 1、管値 東 行 却 永 小 ン ノ | 有 | による確認 | ~ | 0 | anti-atal Joka | 横形ころ | 水平 | 0.48 | 4.7 |
| | | | | | 電動機 | がり軸受 | 鉛直 | 0.50 | 1.0 |
| 原子炉冷却材補給設備 | | | | | I | | | | |
| 原子炉隔離時冷却系 | | | | | | | | | |
| 原子炉隔離時冷却系ポンプ | | | | — (i | 前段で整理済) | | | | |
| 原子炉補機冷却設備 | | | | | | | | | |
| 残留熱除去系海水系 | | | | | | | | | |
| | | | | | Long 10. 0 | 立形 | 水平 | 0.38 | 10. 0 |
| | | TEAG4601 | | | 立形ホンプ | 斜流式 | 鉛直 | 1.48 | 1.0 |
| 残留熱除玉糸海水糸ホンフ | 有 | による確認 | × | 0 | | 立形ころ | 水平 | 0.38 | 2.5 |
| | | | | | 電動機 | がり軸受 | 鉛直 | 1.48 | 1.0 |
| 代替残留熱除去系海水系 | | | I | | I | | | | |
| 可搬型代替注水大型ポンプ | | | | — (前 | 前段で整理済) | | | | |
| 緊急用海水系 | | | | | | | | | |
| | | | | | Land 10. 0 | 立形 | 水平 | 追而 | 10.0 |
| attraction of the second second | 有 JEAG による | TEAC4601 | | 0 | 立形ホンフ | 斜流式 | 鉛直 | 追而 | 1.0 |
| 繁急用海水ホンワ | | による確認 | × | | | 立形≃ろ | 水平 | 追而 | 2.5 |
| | | | | | 電動機 | がり軸受 | 鉛直 | 追而 | 1.0 |
| 計測制御系統施設 | | | | | 1 | | | | |
| 制御材 | | | | | | | | | |
| the film film | 有 | 加振試験 による確認 | _ | _ | 制御棒 | BWR | 水平 | 11.2mm | 40mm |
| 制御榉 | | | | | | 標準型式 | 鉛直 | 鉛直方向地震 而)。 | による影響を整理する(追 |
| ほう酸水注入設備 | | | | | | | | | |
| ほう酸水注入系 | | | | | | | | | |
| | | | | | 往復動式ポン | | 水平 | 0.93 | 1.6 |
| | | TEAC4601 | 601 × 確認 × | 0 | プ | 横形 | 鉛直 | 0.80 | 1.0 |
| ほう酸水注入ボンプ | 有 | による確認 | | | | 雄形とス | 水平 | 0.93 | 4.7 |
| | | | | | 電動機 | がり軸受 | 鉛直 | 0.80 | 1.0 |
| 放射性廃棄物の廃棄施設 | | | I | | I | | | | |
| 放射線管理施設 | | | | | | | | | |
| 放射線管理用計測装置 | | | | | | | | | |
| 换気設備 | | | | | | | | | |
| 中央制御室換気系 | | | | | | | | | |
| 中央制御室検気系空気調和機 ファン | 有 JEAG460 による确 | | 4601 × 疏認 × | | ファン | | _ | - | _ |
| | | JEAG4601 | | 0 | | - | _ | - | _ |
| | | による確認 | | | 電動機 横形ころ がり軸受 | 水平 | 0.86 | 4.7 | |
| | | | | | | がり軸受 | 鉛直 | 0.65 | 1.0 |
| | | | | | | | _ | _ | _ |
| 中央制御室換気系フィルタ系 | | 有 JEAG4601 による確認 | × | 0 | ファン | _ | _ | - | _ |
| ファン | 有 | | | | | 構形~ス | 水平 | 0.86 | 4.7 |
| | | | | | 电助阀 | がり軸受 | 鉛直 | 0.65 | 1.0 |

| 施設区分/設備名称 | | 持 動的機能維持 の確認方法 ・ 以定さ ・ いない ・ 、 ・ 、 ・ 、 ・ 、 ・ 、 ・ 、 ・ 、 ・ 、 | At超え時の評価方 法がJEAGに規定さ | 検討対象設備 | JEA(機種/ | G4601 型式 | 4601 A t 確認 | | 確認 |
|--|---------------------|--|--|--|-------------|--------------|-------------|------------|--------------|
| | 動的機能維持 要求の有無 | | れている設備 ○:規定されて いる ×:規定されて いない -:対象外 | としての 抽田 揺 果 〇 :検討対象 とする設備 一 :検討対象 でない設備 | 機種 | 型式 | 方向 | 評価用 加速度 | 機能確認済 加速度 |
| 緊急時対策所換気系 | | | | | | | | | |
| | | | | | | 造る | 水平 | 0.90 | 2.6 |
| | | TEAC 4601 | | | ファン | 直動式 | 鉛直 | 0.78 | 1.0 |
| 緊急時対策所非常用送風機 | 有 | による確認 | × | 0 | | HARTIN - Z | 水平 | 0.90 | 4.7 |
| | | | | | 電動機 | がり軸受 | 鉛直 | 0.78 | 1.0 |
| 原子炉格納施設 | I | I | | I | | | | 1 | I |
| 圧力低減設備その他の安全設備 | | | | | | | | | |
| 原子炉格納容器安全設備 | | | | | | | | | |
| 格納容器スプレイ冷却系 | | | | | | | | | |
| 残留熱除去系ポンプ | | | | — (j | 前段で整理済) | | | | |
| 代替格納容器スプレイ冷却系 | 1 | | | | | | | | |
| 常設低圧代替注水系ポンプ | | | | — (j | 前段で整理済) | | | | |
| 可搬型代替注水大型ポンプ | | | | — (j | 前段で整理済) | | | | |
| 代替循環冷却系ポンプ | | | | — (j | 前段で整理済) | | | | |
| 緊急用海水ポンプ | | | | — (j | 前段で整理済) | | | | |
| 格納容器下部注水系 | 1 | | | | | | | | |
| 常設低圧代替注水系ポンプ | | | | — (j | 前段で整理済) | | | | |
| 可搬型代替注水大型ポンプ | | | | — (j | 前段で整理済) | | | | |
| 原子炉建屋放水設備 | 1 | | | | | | | | |
| 可搬型代替注水大型ポンプ 放射性物質濃度制御設備及び可燃性ガン 並びに体納容要再循環設備 | ス濃度制御設備 | | | — (į | 前段で整理済) | | | | |
| 非常用ガス処理系 | | | | | | | | | |
| | | | | | | | _ | - | _ |
| | - | JEAG4601 による確認 | × | - | ファン | _ | - | - | _ |
| 非常用刀入処埋糸排風機 | 有 | | | 0 | ■●● ## 横形ころ | 横形ころ | 水平 | 1.4 | 4.7 |
| | | | | | 電動機 | がり軸受 | 鉛直 | 1.0 | 1.0 |
| 非常用ガス再循環系 | | | | | | | | | |
| | | | | 0 | 7-214 | 遠心 | 水平 | 1.4 | 2.6 |
| 非常用ガス再循環系排圖機 | 右 | JEAG4601 | × | | /// | 直動式 | 鉛直 | 1.0 | 1.0 |
| | H. | による確認 | ~ | | 電動機 | 横形ころ | 水平 | 1.4 | 4.7 |
| | | | | | | がり軸受 | 鉛直 | 1.0 | 1.0 |
| 可燃性ガス濃度制御系 | | | | | | | | | |
| | | | | | ファン | 遠心 直動式 | 水平 | 1.11 | 2.6 |
| 可燃性ガス濃度制御系再結合 | 有 | JEAG4601 | × | 0 | | | 鉛直 | 0.84 | 1.0 |
| 装置フロリ | | による確認 | | Ŭ | 雷動機 | 横形ころ | 水平 | 1.11 | 4.7 |
| | | | | | | かり軸受 | 鉛直 | 0.84 | 1.0 |
| その他発電用原子炉の附属設備 | | | | | | | | | |
| 非常用電源設備 | | | | | | | | | |
| 非常用発電装置 | | | | | | | | | |
| 非常用ディーゼル発電機 | | | 1 | 1 | 1 | 1 | | 1 | 1 |
| 非常用ディーゼル発電機 | 有 JEAG4601 による確認 | 4601 × 5 確認 × | 0 | 非常用ディー ゼル 発電機 調速装置 UG型 | 機関本体 | 水平 | 0.72 | 1.1 | |
| | | | | | 鉛直 | 0.75 | 1.0 | | |
| | | | | | UG型 | 水平 | 0.72 | 1.8 | |
| | | | | | | | 鉛直 | 0.75 | 1.0 |
| | | | | 0 | 横形ポンプ ー | - | _ | - | - |
| 非常用ディーゼル発電機 燃料移送ポンプ | 有 | JEAG4601 によろ確認 | 恩 × | | | | _ | - | - |
| And the second second second | | | | | 電動機 | 横形ころ がり軸受 | 水平 | 0.81 | 4.7 |
| | | | 1 | | | / THIX | 鉛直 | 0.71 | 1.0 |

_

| | | 動的機能維持 1.超え時の評価方 法がJEAGに規定されている設備 の確認方法 2.環定されている設備 ・2. 2. ・2. 1. ・2. 対象外 | At超え時の評価方 洗がIFAGに相定さ 検討対象設備 | JEAC 機種/ | JEAG4601 機種/型式 | | A t 確認 | | |
|----------------------------|-----------------|--|---|-------------|-------------------|--------------|------------|--------------|------|
| 施設区分/設備名称 | 動的機能維持 要求の有無 | | 2しての抽血結 果 ():検討対象 とする設備 -:検討対象 でない設備 | 機種 | 型式 | 方向 | 評価用 加速度 | 機能確認済 加速度 | |
| | | | | | 立形ポンプ | 立形 | 水平 | 0.72 | 10.0 |
| 非常用ディーゼル発電機 | 有 | JEAG4601 | × | 0 | | 新初正式 | 鉛直 | 1.48 | 1.0 |
| 用御小小シノ | | による権秘 | | | 電動機 | 立形ころ | 水平 | 0.38 | 2.5 |
| | | | | | | かり軸交 | 鉛直 | 1.48 | 1.0 |
| 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発行 | 電機 | - | T | T | 1 | 1 | | Т | I |
| | | | | | 非常用ディー ゼル | 機関本体 | 水平 | 0.72 | 1.1 |
| 高圧炉心スプレイ系ディーゼ | 有 | JEAG4601 | × | 0 | 発電機 | | 鉛直 | 0.75 | 1.0 |
| ル発電機 | | による確認 | | _ | 調速装置 | UG型 | 水平 | 0.72 | 1.8 |
| | | | | | | | 鉛直 | 0.75 | 1.0 |
| | | | | | 構形ポンプ | _ | - | - | _ |
| 高圧炉心スプレイ系ディーゼ | 有 | JEAG4601 | × | 0 | | | - | - | _ |
| ル発電機燃料移送ホンプ | | による確認 | | Ŭ | 雷動機 | 横形ころ | 水平 | 0.81 | 4.7 |
| | | | | | PELKY DX | がり軸受 | 鉛直 | 0.71 | 1.0 |
| | | | | | 立形ポンプ | 立形 | 水平 | 0.72 | 10.0 |
| 高圧炉心スプレイ系ディーゼ | ち | JEAG4601 | ~ | 0 | 11/1/1/2 / | 斜流式 | 鉛直 | 1.48 | 1.0 |
| ル発電機用海水ポンプ | 71 | による確認 | ^ | | 研究研究分析 | 立形ころ | 水平 | 0.38 | 2.5 |
| | | | | | 电则阀 | がり軸受 | 鉛直 | 1.48 | 1.0 |
| 常設代替高圧電源装置 | 1 | 1 | | | | | | | |
| 常設代替高圧電源装置 | 有 | 加振試験 による確認 | - | - | _ | _ | _ | _ | - |
| 常設代替高圧電源装置燃料 移送ボンプ 有 | | | | 0 | Life and 10 1 | - | _ | _ | _ |
| | +- | JEAG4601 | JEAG4601 × による確認 × | | 1世形小 ンフ | | - | - | _ |
| | 伯 | による確認 | | | anto ato Li isto | 横形ころ | 水平 | 0.81 | 4.7 |
| | | | | | 电则阀 | がり軸受 | 鉛直 | 0.71 | 1.0 |
| 緊急時対策所用発電機 | | | | | | | | | |
| 緊急時対策所用発電機 | 有 | 加振試験 による確認 | - | - | - | - | - | - | - |
| | | | z × | | http://www.co.org | ペンプ ー | _ | _ | _ |
| 緊急時対策所用発雷機給油 | | 有 JEAG4601 による確認 | | 0 | 傾形ホンワ | | _ | _ | _ |
| ポンプ | 伯 | | | | 電動機 | 横形ころ がり軸受 | 水平 | 追而 | 4.7 |
| | | | | | | | 鉛直 | 追而 | 1.0 |
| 可搬型代替低圧電源車 | | | | | | | | | |
| 可搬型代替低圧電源車 | 有 | 加振試験 による確認 | - | - | - | - | - | - | — |
| タンクローリー | 有 | 加振試験 による確認 | - | - | - | - | _ | - | _ |
| 可搬型窒素供給装置用電源車 | | | | · | | | | | |
| 可搬型窒素供給装置用電源車 | 有 | 加振試験 による確認 | - | - | - | - | _ | - | _ |
| タンクローリー | | | | — (j | 前段で整理済) | | | | |
| 補機駆動用燃料設備 | | | | | | | | | |
| 可搬型 | | | | | | | | | |
| タンクローリー | | | | — (j | 前段で整理済) | | | | |
| 弁 | | | | | | | | | |
| 一般弁 | | | | | | | | | |
| グローブ弁 | 有 | JEAG4601 による確認 | 0 | - | - | - | - | - | - |
| ゲート弁 | 有 | JEAG4601 による確認 | 0 | - | - | _ | _ | - | _ |
| バタフライ弁 | 有 | JEAG4601 による確認 | 0 | - | - | _ | _ | - | _ |
| 逆止弁 | 有 | JEAG4601 による確認 | 0 | - | - | _ | _ | - | _ |
| 特殊弁 | | - 700 PC | | | | | | | |
| 主蒸気隔離弁 | 有 | JEAG4601 による確認 | 0 | - | - | - | _ | - | _ |
| 安全弁 | 有 | JEAG4601 による確認 | 0 | - | - | - | _ | - | - |
| 制御棒駆動系スクラム弁 | 有 | JEAG4601 に上ス確認 | 0 | - | - | - | _ | _ | - |