

島根原子力発電所第2号機 審査資料	
資料番号	NS2-補-027-10-44
提出年月日	2022年10月25日

耐震計算に用いる縦弾性係数算定のための
温度条件について

2022年10月

中国電力株式会社

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

目 次

1. はじめに	1
2. 代表設備	1
3. 確認方法	1
4. 確認結果	1
4.1 配管	1
4.2 燃料取替機	3
5. まとめ	4

1. はじめに

設計基準対象施設（以下「DB」という。）と重大事故等対処設備（以下「SA」という。）では、それぞれの施設区分に対応する許容応力状態及び荷重の組合せが定義されていることから、耐震評価における許容応力についても、それぞれの施設区分における温度条件に応じた値を適用している。一方、縦弾性係数については、温度条件の変更に伴う耐震計算結果への影響が軽微であることを踏まえ、多くの機器ではDBの温度条件等に基づき、統一した値を用いている。

本資料は、温度条件の変更に伴う縦弾性係数の変動が機器の耐震計算に与える影響は軽微であることの確認結果を示すものである。なお、重大事故時の建物－機器連成解析モデルへの影響は、補足説明資料「NS2-補-024-01 原子炉建物の地震応答計算書に関する補足説明資料」にて確認している。

本資料は以下に示す図書について補足する図書である。

- ・ VI-2 「耐震性に関する説明書」

2. 代表設備

確認の対象設備については、SAにおける耐震計算においても、DBの温度条件等に基づく縦弾性係数を適用して耐震計算を実施している設備のうち、柔構造となる設備であって温度条件の差が大きい以下のものを代表として選定した。

- ・ 配管
- ・ 燃料取替機

3. 確認方法

縦弾性係数の温度依存性を考慮し、現行計算結果（DB温度条件）とSAの温度条件による縦弾性係数を適用した計算結果を比較し、計算結果への影響程度を確認する。

4. 確認結果

4.1 配管

(1) 固有周期への影響

現行計算の温度条件（DB温度条件）とSAの温度条件で、それぞれの差が最大となるものを対象とした。対象となる温度条件を表1に示す。また、確認対象の配管は表1に示す条件が該当するもののうち、最小裕度となるSLC-R-1（VI-2-6-4-1-3「管の耐震性についての計算書（ほう酸水注入系）」における系統代表モデル）とし、SA温度条件による縦弾性係数を適用した固有値解析を実施することにより現行計算結果と比較した。固有値解析結果の比較結果を表2に示す。

確認の結果、縦弾性係数は9.3%変動し、これに伴う固有周期の変動率は平均4.9%、最大値にして6.0%に収まることを確認した。

表1 対象となる温度条件

材質	評価ケース	温度 (°C)	縦弾性係数 (MPa)	縦弾性係数の変動率 (②/①)
SUS304TP	DB温度条件(①)			90.7 %
	SA温度条件(②)			(9.3 %減)

表2 固有値解析における固有周期比較結果 (SLC-R-1)

振動 モード 次数	固有周期(s)		変動率 (%) (②/①×100)
	DB温度条件 (①)	SA温度条件 (②)	
1			105.3
2			105.5
3			104.9
4			104.3
5			104.8
6			103.8
7			106.0
平均変動率			104.9

(2) 耐震計算結果への影響

確認対象の配管は、(1) 同様 SLC-R-1 とし、現行計算結果 (DB温度条件) と SA温度条件の縦弾性係数を適用した耐震計算を比較した。比較結果を表3に示す。

表3に示すとおり、温度条件の差が最大となる条件を用いた場合においても、配管応力の変動率は2.2%程度に収まり、温度条件の変更に伴う縦弾性係数の変動が、耐震計算結果に与える影響は軽微であることが確認できた。

表3 温度条件の差が最大となる配管の耐震計算結果

モデル名	応力区分	計算応力 (許容応力状態 VAS)		変動率 (%) (②/①×100)
		DB温度条件 (①)	SA温度条件 (②)	
SLC-R-1	一次応力	93	91	97.8
	一次+二次応力	235	236	100.4

4.2 燃料取替機

(1) 固有振動数への影響

温度条件の変動に伴う縦弾性係数の変動による燃料取替機の耐震評価への影響に関し、ここでは機器の固有振動数に着目した確認を実施する。具体的には、燃料取替機を両端支持の単純な梁モデルと見なし、当該モデルでの固有振動数の算出式から縦弾性係数の変動による固有振動数の偏差を確認する。

固有振動数; f_n

$$f_n = \frac{\lambda_n}{2\pi L} \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

<機械工学便覧 α2-102 より>

固有振動数; f_n の比率

= 0.9925

L ; ガーダ長さ
 ρ ; 密度
 E ; ヤング率(縦弾性係数)
 DB :
 SA :

$\lambda_n = n \cdot \pi$ (n=1, 2, ...)
 <機械工学便覧 α2-102 より>

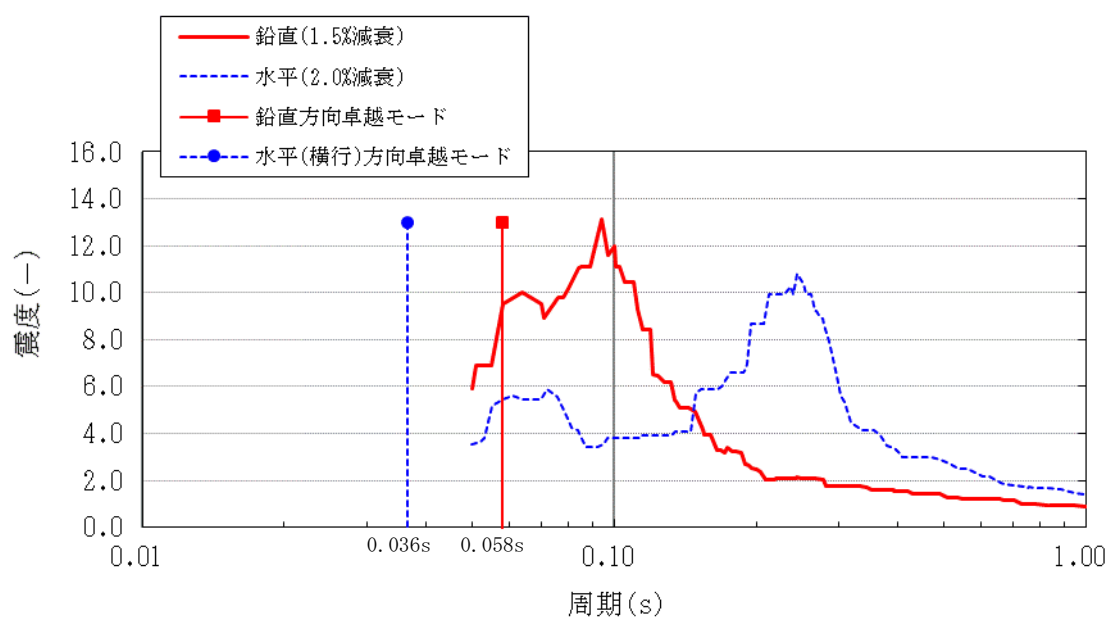
DBとSAの温度条件による縦弾性係数の差は約 1.5% (= 0.9851) であり、これによる固有振動数への影響は1%未満である。

(2) 耐震計算結果への影響

下図に、燃料取替機の卓越モードと設計用床応答スペクトルの関係を示す。

水平（横行）方向における卓越モードの固有周期（0.036s）は、長周期側にシフトした場合でも固有周期が0.05s以下と剛領域のままである。鉛直方向における卓越モードの固有周期（0.058s）は柔領域にあるが、先述するように固有振動数（固有周期）への影響が軽微であることから、固有周期のシフトを考慮しても震度はほとんど変わらない。

従って、温度条件の変動に伴う縦弾性係数の変動が耐震計算に与える影響は軽微と考えられる。



5. まとめ

配管と燃料取替機を代表設備として、SA温度条件での縦弾性係数を用いた場合の固有周期及び耐震計算結果への影響程度を確認した。

確認の結果、縦弾性係数の変動が設備の固有周期及び耐震計算結果に与える影響は軽微であり、縦弾性係数については、SAにおける耐震計算においても、DBの温度条件等に基づく値を適用することに問題はないことを確認した。