

本資料のうち、枠囲みの内容は、営業秘密又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	工認-778 改1
提出年月日	平成30年8月9日

V-2-3-4-3-1 原子炉圧力容器スタビライザの耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 構造説明	2
2.1 構造計画	2
2.2 評価方針	3
3. 形状及び主要寸法	4
4. 設計条件	5
4.1 設計荷重	5
4.2 材料及び許容応力	7
5. 応力計算	9
5.1 応力評価点	9
5.2 応力計算方法	10
6. 評価結果	11

1. 概要

本計算書は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の検討方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、原子炉压力容器スタビライザが設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。その耐震評価は原子炉压力容器スタビライザの応力評価により行う。

原子炉压力容器スタビライザは設計基準対象施設においては既設のSクラス施設に分類され、以下、基準地震動の策定に伴う耐震評価を示す。

2. 構造説明

2.1 構造計画

原子炉圧力容器スタビライザの構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
原子炉遮蔽壁に設置されたベースプレート上に溶接される。	原子炉圧力容器外周に□個等間隔に配置されている。	

2.2 評価方針

原子炉圧力容器スタビライザの応力評価は，東海第二発電所 昭和 50 年 10 月 6 日付け 50 資庁第 8314 号（既工認）にて認可された実績のある手法を適用する。

3. 形状及び主要寸法

原子炉圧力容器スタビライザの形状及び主要寸法を図 3-1 に示す。

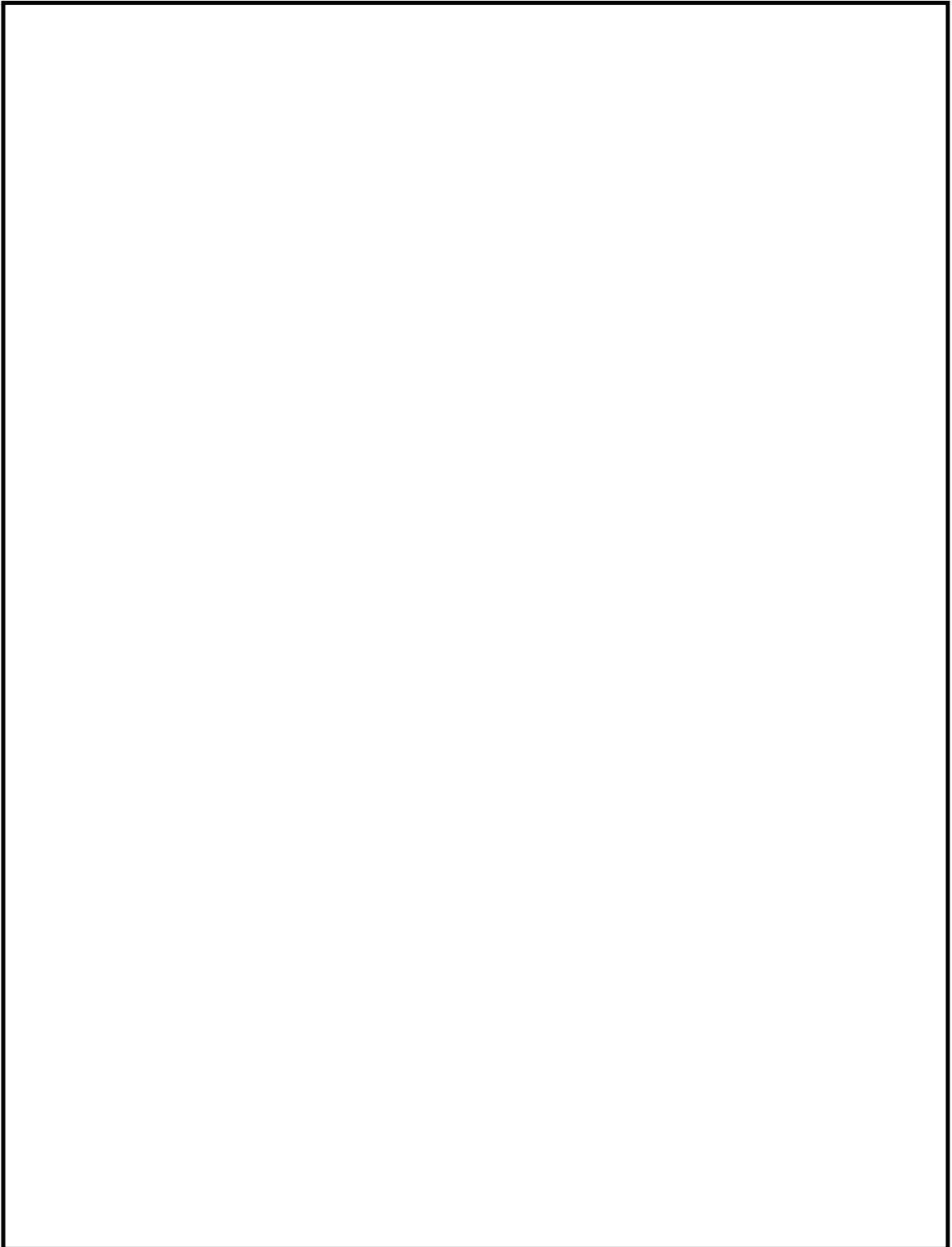


図 3-1 原子炉圧力容器スタビライザの形状及び主要寸法（単位：mm）

4. 設計条件

4.1 設計荷重

- (1) 最高使用温度

温度 T_D 302 °C

- (2) スタビライザ初期締付荷重

$F_o = 1.69 \times 10^6$ N

- (3) 地震荷重

スタビライザに加わる地震荷重について、添付書類「V-2-3-2 炉心，原子炉压力容器及び压力容器内部構造物並びに原子炉本体の基礎の地震応答計算書」において計算された計算結果を用いる。弾性設計用地震動 S_d 及び基準地震動 S_s による水平方向地震荷重を表 4-1 に示す。

また，スタビライザ各部における初期締め付け荷重と外力との力の釣合関係は図 4-1 に示すようになる。

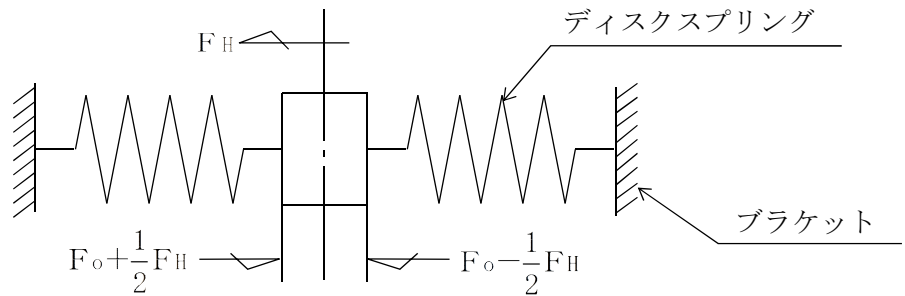


図 4-1 スタビライザに加わる荷重

表 4-1 弾性設計用地震動 S_d 及び基準地震動 S_s による水平方向地震荷重

(単位：N)

地震荷重	S_d	S_s
水平方向地震荷重 W_H		

- (4) スタビライザ各部に加わる荷重

- a. スタビライザブラケットに加わる荷重

$$F_H = \frac{1}{4} \cdot W_H$$

- b. ロッドに加わる荷重

構造上ロッドには初期締付荷重による引張荷重と水平荷重の 1/2 が加わる。

$$W_R = F_o + \frac{1}{2} \cdot F_H$$

- c. スプリング支持板に加わる荷重

構造上スプリング支持板には最大で次の荷重が加わる。

$$W_A = F_o + \frac{1}{2} \cdot F_H$$

荷重の計算結果を表 4-2 に示す。

表 4-2 スタビライザ各部に加わる設計荷重

(単位：N)

設計荷重	S _d	S _s
スタビライザブラケットに加わる荷重F _H	[Empty Box]	[Empty Box]
ロッドに加わる荷重W _R		
スプリング支持板に加わる荷重W _A		

4.2 材料及び許容応力

(1) 材料

表4-3 使用材料表

使用部位	使用材料	備考
ロッド		
ブラケット		

注記 * : 現行の JIS を示す。

(2) 荷重の組合せ及び許容応力

基準地震動の策定に伴う地震荷重との組合せの評価として、荷重の組合せ及び許容応力状態を表4-4に示す。各材料の許容応力状態に対する許容応力を表4-5に、許容応力状態に対する許容限界について表4-6に示す。

表4-4 荷重の組合せ及び許容応力状態

施設区分		機器名称	耐震設計上の重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉本体	原子炉圧力容器付属構造物	原子炉圧力容器 スタビライザ	S	-	$D + P + M + S_d$	Ⅲ _A S
					$D + P + M + S_s$	Ⅳ _A S

表4-5 許容応力

(単位 : MPa)

材料	許容応力状態	基準応力 F	許容応力 (一次応力)			
			引張り f_t	曲げ f_b	せん断 f_s	組合せ f_t
SNCM439	Ⅲ _A S	587	440	-	-	-
	Ⅳ _A S	587	440	-	-	-
SM400A	Ⅲ _A S	149	-	172	86	149
	Ⅳ _A S	179	-	207	103	179

表4-6 許容限界 (その他の支持構造物)

(設計基準対象施設)

許容応力 状 態	許容限界*1,*2,*3 (ボルト等以外)										許容限界*2,*4 (ボルト等)		形式試験に よる場合
	一次応力					一次+二次応力					一次応力		許容荷重
	引張	せん断	圧縮	曲げ	支圧	引張 圧縮	せん断	曲げ	支圧	座屈*5	引張	せん断	
Ⅲ _A S	1.5・f _t	1.5・f _s	1.5・f _c	1.5・f _b	1.5・f _p	3・f _t	3・f _s *6	3・f _b *7	1.5・f _p *8	1.5・f _b *7,*8	1.5・f _t	1.5・f _s	$T_L \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{S_{y d}}{S_{y t}}$
Ⅳ _A S	1.5・f _t *	1.5・f _s *	1.5・f _c *	1.5・f _b *	1.5・f _p *	S _d 又はS _s 地震動のみに よる応力振幅について評価 する。			1.5・f _p *8	1.5・f _s 又は 1.5・f _c	1.5・f _t *	1.5・f _s *	$T_L \cdot 0.6 \cdot \frac{S_{y d}}{S_{y t}}$

- ∞ 注記*1: 「鋼構造設計規準 SI 単位版」(2002年日本建築学会)等の幅厚比の制限を満足させる。
- *2: 応力の組合せが考えられる場合には, 組合せ応力に対しても評価を行う。
- *3: 耐圧部に溶接等により直接取り付けられる支持構造物であって耐圧部と一体の応力解析を行うものについては, 耐圧部と同じ許容応力とする。
- *4: コンクリートに埋め込まれるアンカボルトで地震応力の占める割合が支配的なものであって, トルク管理, 材料の照合等を行わないものについては, 材料の品質, 据付状態等のゆらぎ等を考慮して, Ⅲ_ASの許容応力を一次引張応力に対しては f_t, 一次せん断応力に対しては f_sとして, またⅣ_AS→Ⅲ_ASとして応力評価を行う。
- *5: 薄肉円筒形状のもの座屈の評価にあつては, クラスMC容器の座屈に対する評価式による。
- *6: すみ肉溶接部にあつては最大応力に対して 1.5・f_sとする。
- *7: 設計・建設規格 SSB-3121.1(4)により求めた f_bとする。
- *8: 自重, 熱膨張等により常時作用する荷重に, 地震動による荷重を重ね合わせて得られる応力の圧縮最大値について評価する。

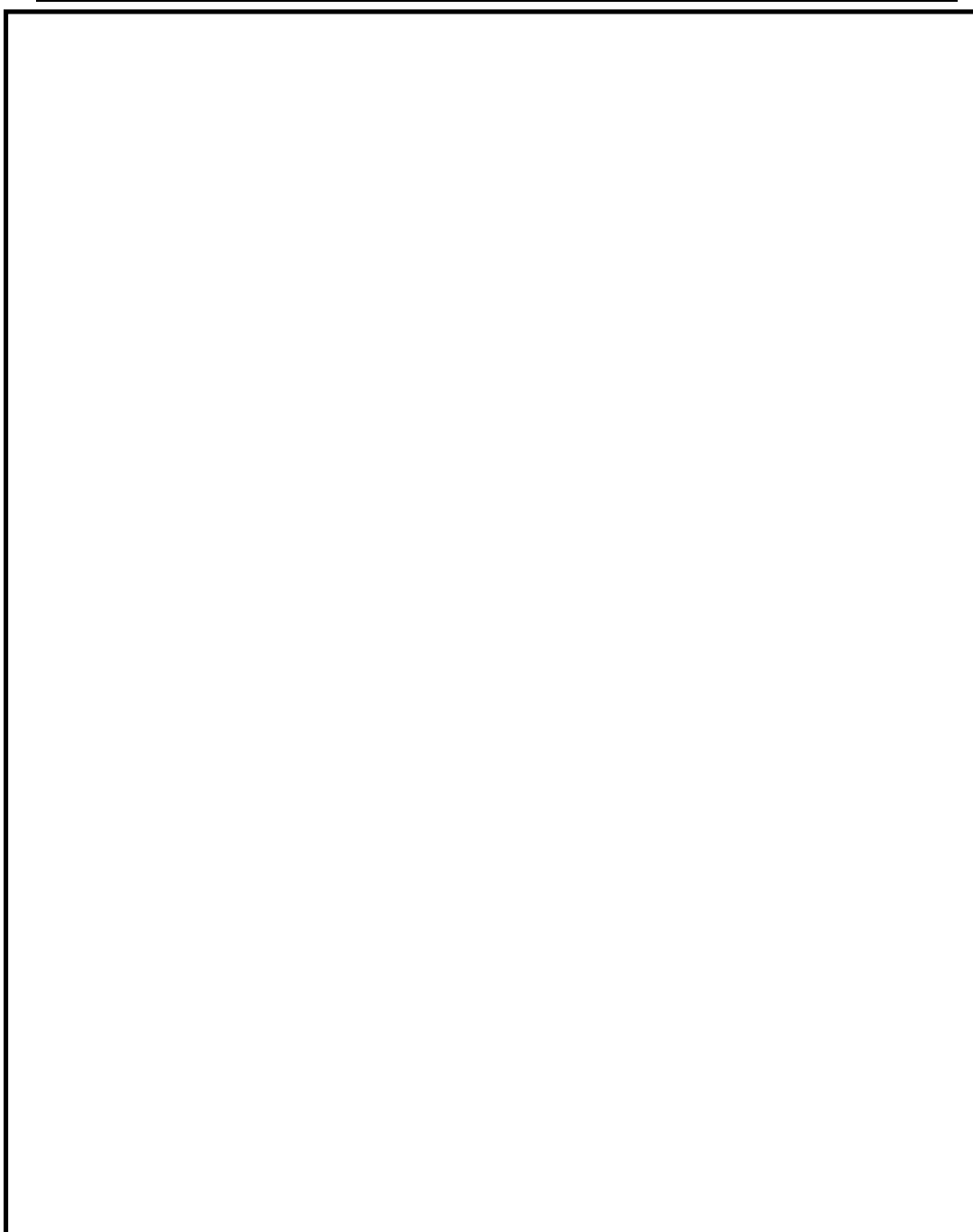
5. 応力計算

5.1 応力評価点

応力評価点を表 5-1 に示す。

表 5-1 応力評価点

応力評価点番号	応力評価点
P 1	ロッド
P 2	スプリング支持板



5.2 応力計算方法

(1) ロッド (応力評価点 P 1)

①点における引張応力

$$\sigma_t = \frac{W_R}{A}$$

ここで,

$$A = 6.86 \times 10^3 \text{ mm}^2$$



(2) スプリング支持板 (応力評価点 P 2)

2)

a. 曲げ応力

①, ②点における曲げ応力

$$\sigma_{①} = \frac{6M_{①}}{l_4 \cdot l_7^2}$$

$$\sigma_{②} = \frac{6M_{②}}{l_2 \cdot l_7^2}$$

ここで,

$$M_{①} = \gamma_{①} \cdot q \cdot l_2^2$$

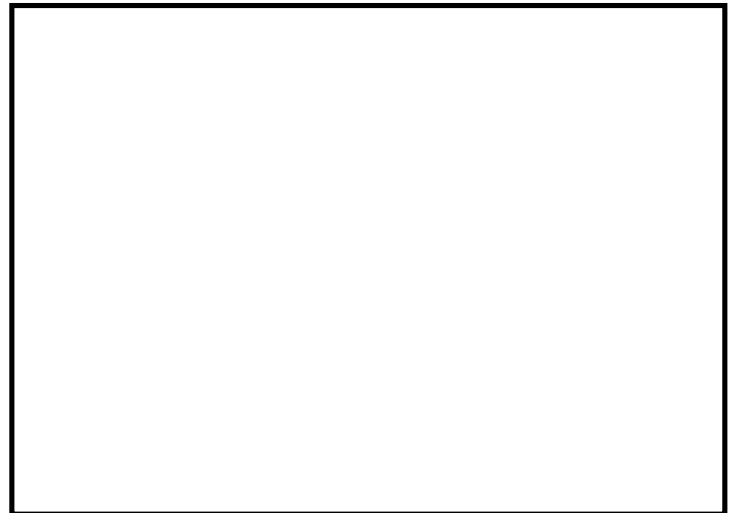
$$M_{②} = \delta_{②} \cdot q \cdot l_2^2$$

$$\gamma_{①} = -0.0818$$

$$\delta_{②} = -0.0567$$

$$q = \frac{W_A}{S_W}$$

$$S_W : \text{ワッシャーの側面積} = 3.528 \times 10^4 \text{ mm}^2$$



b. せん断応力

$$\tau = \frac{W_A}{A}$$

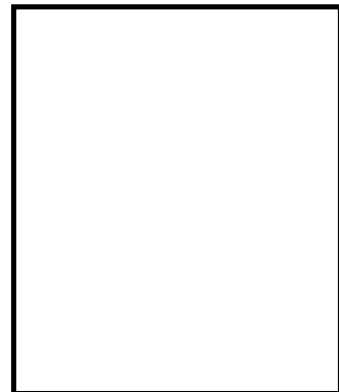
ここで,

$$A = 1.245 \times 10^5 \text{ mm}^2$$

c. 組合せ応力

$$\sigma_{\tau} = \sqrt{\sigma_{①}^2 + 3 \cdot \tau^2}$$

$$\sigma_{\tau} = \sqrt{\sigma_{②}^2 + 3 \cdot \tau^2}$$



6. 評価結果

原子炉圧力容器スタビライザの設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は評価基準値を満足しており、耐震性を有することを確認した。

(1) 許容応力状態Ⅳ_ASに対する評価

許容応力状態Ⅳ_ASに対する応力評価結果を表 6-1 に示す。

表 4-4 に示す荷重の組合せのうち、D + P + M + S_s の評価について記載している。

(2) 許容応力状態Ⅲ_ASに対する評価

許容応力状態Ⅲ_ASに対する応力評価結果を表 6-2 に示す。

表 4-4 に示す荷重の組合せのうち、D + P + M + S_d の評価について記載している。

表 6-1 許容応力状態IV_ASに対する応力評価結果 (D + P + M + S_s)

評価対象設備	評価部位		応力分類	IV _A S		判定	備考
				発生値	評価基準値		
				(MPa)	(MPa)		
原子炉圧力容器 スタビライザ	P 1	ロッド	引張応力	410	440	○	
	P 2	スプリング支持板	曲げ応力	1	207	○	
			せん断応力	23	103	○	
			組合せ応力	40	179	○	

表 6-2 許容応力状態Ⅲ_AS に対する応力評価結果 (D + P + M + S_d)

評価対象設備	評価部位		応力分類	Ⅲ _A S		判定	備考
				発生値	評価基準値		
				(MPa)	(MPa)		
原子炉圧力容器 スタビライザ	P 1	ロッド	引張応力	404	440	○	
	P 2	スプリング支持板	曲げ応力	1	172	○	
			せん断応力	23	86	○	
			組合せ応力	40	149	○	