

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-745 改1
提出年月日	平成30年8月10日

V-2-11-2-8 制御棒貯蔵ハンガの耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 配置概要	1
2.2 構造計画	2
2.3 評価方針	3
2.4 適用基準	4
2.5 記号の説明	5
2.6 計算精度と数値の丸め方	7
3. 評価部位	8
4. 地震応答解析及び構造強度評価	8
4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法	8
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	10
4.3 解析モデル及び諸元	14
4.4 固有周期	16
4.5 設計用地震力	17
4.6 計算方法	18
4.7 計算条件	20
4.8 応力の評価	20
5. 評価結果	21
5.1 設計基準対象施設としての評価結果	21
5.2 重大事故等対処設備としての評価結果	21

1. 概要

本計算書は、「V-2-11-1 波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の耐震評価方針」の耐震評価方針に基づき、**下位クラス設備である**制御棒貯蔵ハンガ（以下「ハンガ」という。）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確認することで、Sクラス施設への波及的影響を及ぼさないことを説明するものである。その耐震評価は、応力評価により行う。

2. 一般事項

2.1 配置概要

ハンガは原子炉建屋原子炉棟に設置される。ハンガは、図 2-1 の位置関係図に示すように、上位クラス施設である使用済燃料貯蔵ラックが設置された使用済燃料プール上に設置されていることから、落下により使用済燃料貯蔵ラック及び使用済燃料プールに対して波及的影響を及ぼすおそれがある。

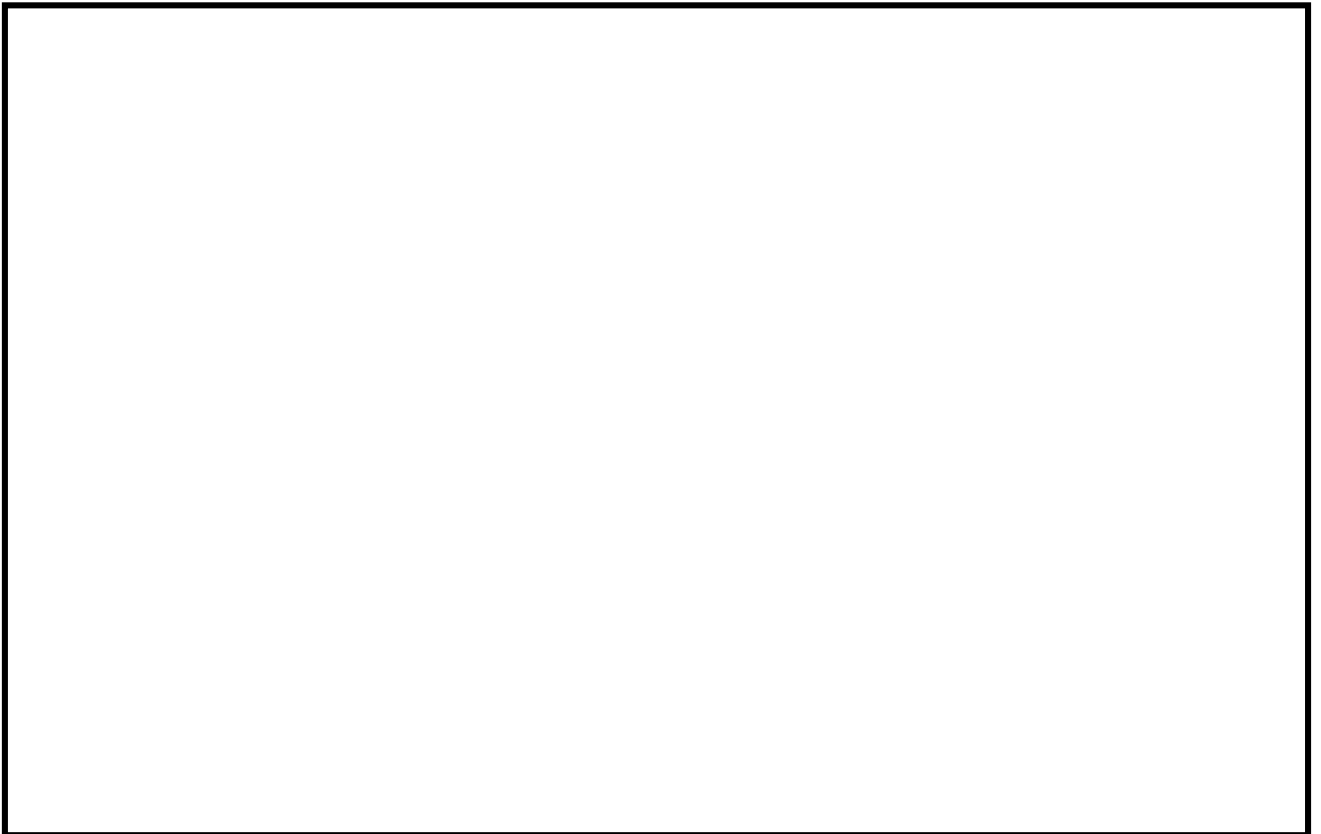


図 2-1 制御棒貯蔵ハンガの位置関係図

2.2 構造計画

ハンガの構造計画を表 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	
<p>ハンガは、原子炉建屋の使用済燃料プールの壁の埋込みプレートに溶接で固定している。</p>	<p>ステンレス鋼製。 ハンガは 52 本あり、ハンガ先端側吊り掛け部（切り欠き部）を除き、制御棒を 2 本貯蔵する。</p>	

2.3 評価方針

ハンガの応力評価は、V-2-11-1「波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の耐震評価方針」の「3. 耐震評価方針」に従い実施する。

評価については、「2.2 構造計画」にて示すハンガの部位を踏まえ、「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4.3 解析モデル及び諸元」及び「4.4 固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「4.1 地震応答解析及び構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5. 評価結果」に示す。

ハンガの耐震評価フローを図 2-2 に示す。

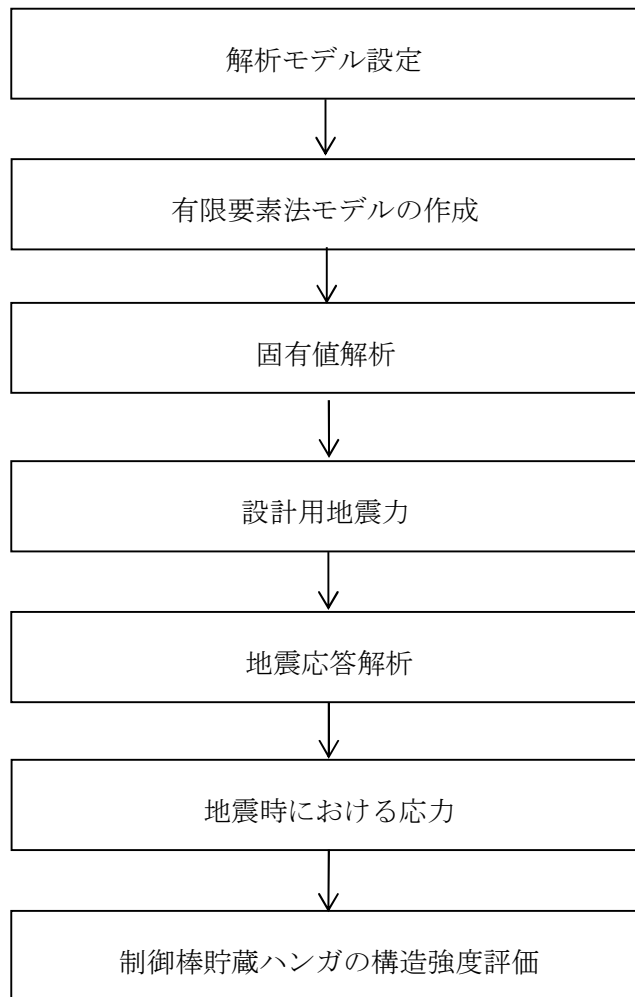


図 2-2 制御棒貯蔵ハンガの耐震評価フロー

2.4 適用基準

適用基準を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針（重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補一 1984 及び J E A G 4 6 0 1 -1987）（日本電気協会 電気技術基準調査委員会 昭和 59 年 9 月及び昭和 62 年 8 月）
- (2) 発電用原子力設備規格（設計・建設規格（2005 年版（2007 年追補版含む。）） J S M E S N C 1 -2005/2007）（日本機械学会 2007 年 9 月）（以下「設計・建設規格」という。）

2.5 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A	部材の断面積	mm ²
A _y , A _z	部材のせん断断面積	mm ²
A _b	ネルソンスタッドの断面積	mm ²
C _H	水平方向設計震度	—
C _V	鉛直方向設計震度	—
D	死荷重	N
E	縦弾性係数	MPa
F	設計・建設規格 SSB-3121.1 に定める値	MPa
F*	設計・建設規格 SSB-3121.3 に定める値	MPa
F _x	部材及び埋込みプレートに働く引張力	N
F _y , F _z	部材及び埋込みプレートに働くせん断力	N
f _s	部材の許容せん断応力	MPa
f _{s b}	せん断力のみを受けるネルソンスタッドの許容せん断応力	MPa
f _t	部材の許容引張応力	MPa
f _{t o}	引張力のみを受けるネルソンスタッドの許容引張応力	MPa
f _{t s}	引張力とせん断力を同時に受けるネルソンスタッドの許容引張応力	MPa
I _x , I _y , I _z	部材の断面二次モーメント	mm ⁴
ℓ ₁ , ℓ ₂ , ℓ ₃	埋込みプレート端から各ネルソンスタッドまでの距離	mm
M _D	機械的荷重	N
M _y , M _z	部材及び埋込みプレートに働く曲げモーメント	N・mm
m _{CR}	制御棒 1 本当たりの質量	kg
m _h	ハンガの質量	kg
N _m	M _y , M _z により生じるネルソンスタッド 1 本当たりの最大引張力	N
n	ネルソンスタッドの全本数	—
n ₁ , n ₂ , n ₃	ネルソンスタッドの各部の本数	—
P _D	最高使用圧力による荷重	N

記号	記号の説明	単位
S_s	基準地震動 S_s により定まる地震力	N
S_u	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値	MPa
S_y	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値	MPa
Z_y, Z_z	部材の断面係数	mm^3
σ_{fa}	部材に生じる組合せ応力	MPa
σ_{ft}	部材に生じる引張応力	MPa
σ_b	ネルソンスタッドに生じる引張応力	MPa
τ_f	部材に生じるせん断応力	MPa
τ_b	ネルソンスタッドに生じるせん断応力	MPa
P_{SAD}	重大事故等時の状態（運転状態V）における運転状態等を考慮して当該設備に設計上定められた設計圧力による荷重	N
M_{SAD}	重大事故等時の状態（運転状態V）における運転状態等を考慮して当該設備に設計上定められた機械的荷重	N
$IV_A S$	運転状態IV相当の許容応力を基準として、それに地震により生じる応力に対する特別な応力の制限を加えた許容応力状態	—
$V_A S$	運転状態V相当の応力評価を行う許容応力状態を基本として、それに地震により生じる応力に対する特別な応力の制限を加えた許容応力状態	—

2.6 計算精度と数値の丸め方

精度は6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表2-2に示すとおりとする。

表2-2 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	s	小数点以下第4位	四捨五入	小数点以下第3位
設計震度	—	小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位
最高使用温度	℃	—	—	整数位
質量	kg	—	—	整数位
長さ	mm	—	—	整数位*1
面積	mm ²	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
力	N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
モーメント	N・mm	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力*3	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位

注記 *1：設計上定める値が小数点以下第1位の場合は、小数点以下第1位表示とする。

*2：絶対値が1000以上のときは、べき数表示とする。

*3：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における設計引張強さ及び設計降伏点は、比例法により補間した値の小数点以下第1位を切り捨て、整数位までの値とする。

3. 評価部位

ハンガの耐震評価は、「4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法」に示す条件に基づき、ハンガ、ネルソンスタッドについて実施する。

4. 地震応答解析及び構造強度評価

4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法

- (1) ハンガは、原子炉建屋の使用済燃料プールの壁（EL. 39.312 m 及び EL. 44.138 m）に埋め込まれた埋込金物に溶接され固定されるものとする。
- (2) ハンガの質量には、制御棒の質量とハンガ自身の質量のほか、制御棒及びハンガ部材の排除水質量を考慮する。
- (3) 地震力は、ハンガに対して水平方向から作用するものとする。
ここで、水平方向地震力は、ハンガの長辺方向に作用する場合と短辺方向に作用する場合を考慮する。
また、鉛直方向地震力は、水平方向地震力と同時に不利な方向に作用するものとする。
- (4) 貯蔵本数は、制御棒 2 本とし、ハンガ先端側吊り掛け部（切り欠き部）を除いて貯蔵とする。
- (5) 構造概要図を図 4-1 に示す。

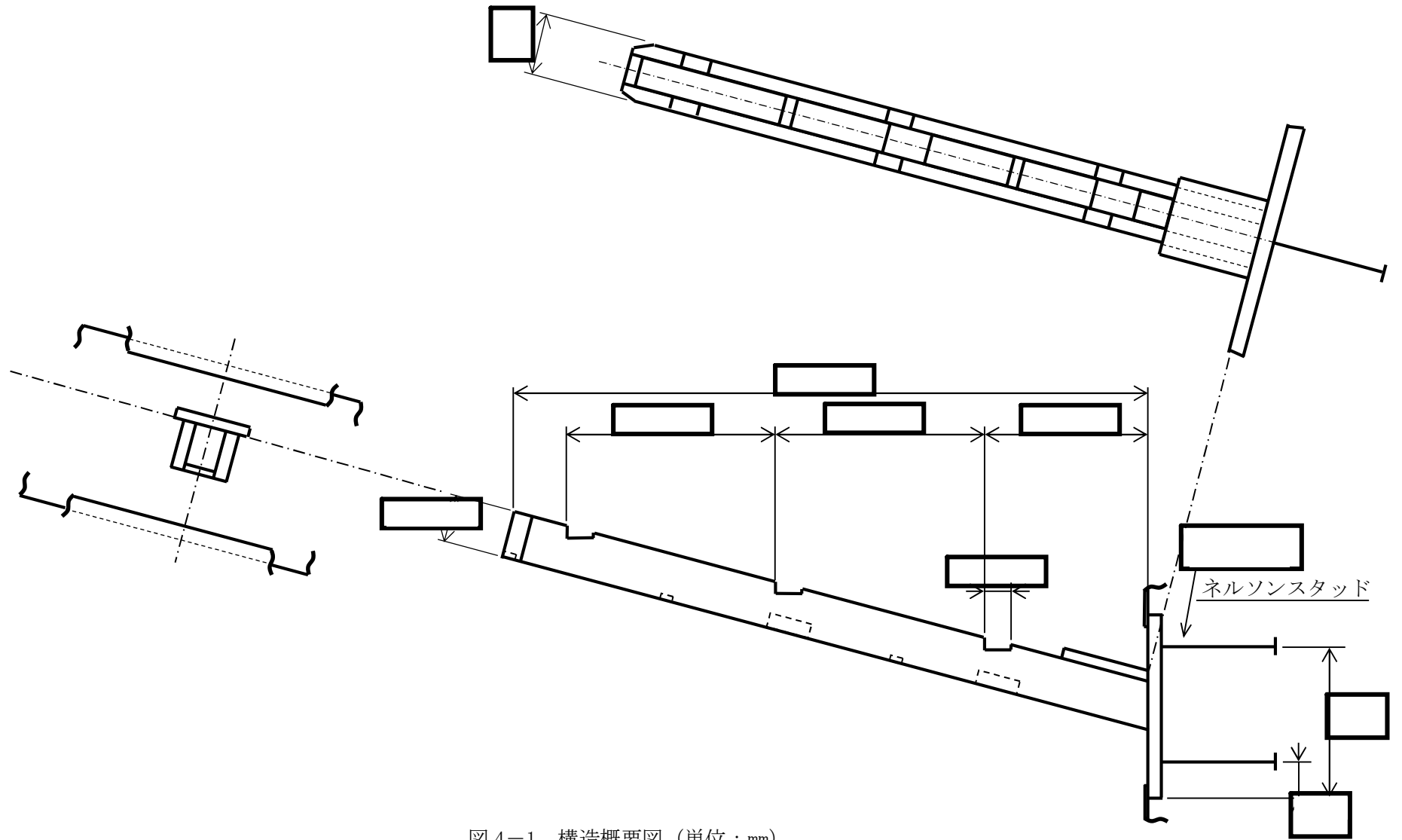


図 4-1 構造概要図 (単位 : mm)

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

ハンガの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-1 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-2 に示す。

ラックは設計基準対象施設においては B クラス、重大事故等対処設備には該当しないが、上位クラスへの波及的影響を踏まえて、基準地震動 S_s に対する荷重の組合せに対して、 IV_{AS} 及び V_{AS} による評価を行う。

4.2.2 許容応力

ハンガの許容応力を表 4-3 に示す。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

ハンガ及びネルソンスタッドの許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-4 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-5 に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

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
核燃料物質の 取扱施設及び 貯蔵施設	使用済燃料 貯蔵設備	制御棒貯蔵 ハンガ	B	—*	$D + P_D + M_D + S_s$	$IV_A S$

注記 *：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
核燃料物質の 取扱施設及び 貯蔵施設	使用済燃料 貯蔵設備	制御棒貯蔵 ハンガ	—	—*	$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	$V_A S$ ($V_A S$ として $IV_A S$ の 許容限界を用いる。)

注記 *：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 4-3 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界（ボルト等以外）*1		許容限界（ボルト等）*1	
	一次応力		一次応力	
	引張り	せん断	引張り	せん断
IV _A S	1.5・ft*	1.5・fs*	1.5・ft*	1.5・fs*
V _A S (V _A SとしてIV _A Sの 許容限界を用いる。)	1.5・ft*	1.5・fs*	1.5・ft*	1.5・fs*

表 4-4 使用材料の許容応力評価条件 (設計基準対象施設)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		ハンガ	[]	周囲環境温度	[]	—	188
ネルソン スタッド	周囲環境温度	[]		—	234	385	—

注記 * : 新 J I S における SS400 相当

表 4-5 使用材料の許容応力評価条件 (重大事故等対処設備)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		ハンガ	[]	周囲環境温度	[]	—	171
ネルソン スタッド	周囲環境温度	[]		—	221	373	—

注記 * : 新 J I S における SS400 相当

4.3 解析モデル及び諸元

4.3.1 解析モデル

ハンガの解析モデルは、はり要素を用いた有限要素モデルとする。

ハンガは、使用済燃料プールの壁の埋込みプレートに溶接で固定されており、ハンガ単体の部材として計算する。

ハンガの質量には制御棒の質量、ハンガ自身の質量、制御棒及びハンガ部材の排除水質量を考慮し、これらハンガ部材に含まれる水の質量及び排除水質量は、はり要素部に等分布に与える。

また、制御棒の質量及び排除水質量は、ハンガの吊り掛け部（切り欠き部）の節点に集中質量で与える。

ハンガの解析モデルを図4-2に示す。

また、計算に用いる設計条件を「4.5 設計用地震力」に、固有周期の算出及び部材の応力評価に用いる要目を「【制御棒貯蔵ハンガの耐震性についての計算結果】2. 機器要目」にそれぞれ示す。

固有周期は、計算機コード「SAP-IV」を用いて求める。

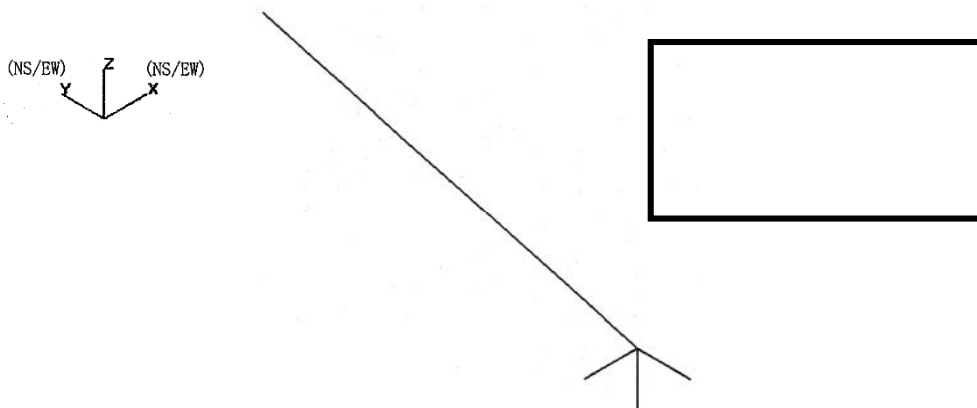


図4-2 ハンガ解析モデル

4.3.2 機器諸元

機器の諸元を下記に示す。

(1) 材料，縦弾性係数

材料及び縦弾性係数を表 4-6 に示す。

表 4-6 部材物性

部材	使用材料	縦弾性係数 (MPa)
ハンガ	<input type="text"/>	192000
ネルソンスタッド	<input type="text"/>	—

(2) 死荷重

運転時質量..... kg

4.4 固有周期

計算機コード「SAP-IV」により求めた固有値解析の結果を表 4-7 に示す。固有周期は 0.05s 以下であり剛であることを確認した。

表 4-7 固有周期

次数	卓越方向	固有周期 (s)
1	水平方向	<input type="text"/>
2	水平／鉛直方向	<input type="text"/>

4.5 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 4-8 及び表 4-9 に示す。

基準地震動 S_s による地震力は、「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づく。

表 4-8 設計用地震力（設計基準対象施設）

耐震設計上の 重要度分類	据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		基準地震動 S_s	
		水平 方向	鉛直 方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
B	原子炉建屋 EL. 38.8* ¹ , EL. 46.5* ¹			$C_H=1.74$	$C_V = 1.52$

注記 *1：基準床レベルを示す。

表 4-9 設計用地震力（重大事故等対処施設）

設備分類	据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		基準地震動 S_s	
		水平 方向	鉛直 方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
—	原子炉建屋 EL. 38.8* ¹ , EL. 46.5* ¹			$C_H=1.74$	$C_V = 1.52$

注記 *1：基準床レベルを示す。

4.6 計算方法

4.6.1 部材の応力

応力計算は、図 4-2 の解析モデルにて、計算機コード「SAP-IV」を使用して行い、引張力 F_x 、せん断力 F_y 、 F_z 及び曲げモーメント M_y 、 M_z を求め、本項に示す計算方法に従って計算する。

計算機コード内では、各部材の局所座標系及び引張力 F_x 、せん断力 F_y 、 F_z 及び曲げモーメント M_y 、 M_z の働く向きを図 4-3 に示すように設定している。

(1) せん断応力

せん断力 F_y 、 F_z により部材に生じるせん断応力 τ_f は、(4.6.1.1) 式より求める。

$$\tau_f = \sqrt{\left(\frac{F_y}{A_y}\right)^2 + \left(\frac{F_z}{A_z}\right)^2} \quad \dots\dots\dots (4.6.1.1)$$

(2) 引張応力

引張力 F_x 及び曲げモーメント M_y 、 M_z により部材に生じる引張応力 σ_{ft} は、(4.6.1.2) 式より求める。

$$\sigma_{ft} = \frac{F_x}{A} + \frac{M_y}{Z_y} + \frac{M_z}{Z_z} \quad \dots\dots\dots (4.6.1.2)$$

(3) 組合せ応力

組合せ応力 σ_{fa} は、(4.6.1.3) 式より求める。

$$\sigma_{fa} = \sqrt{\sigma_{ft}^2 + 3 \cdot \tau_f^2} \quad \dots\dots\dots (4.6.1.3)$$

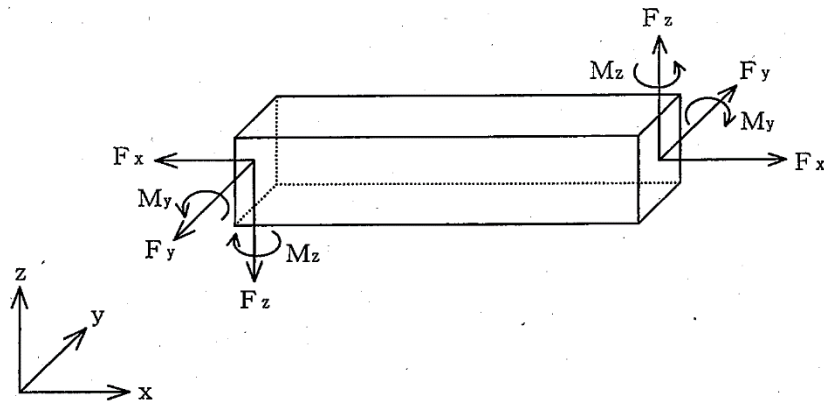


図 4-3 部材の応力計算モデル

4.6.2 ネルソンスタッドの応力

応力計算は、図4-2の解析モデルにて、計算機コード「SAP-IV」を使用して行い、埋込みプレートに生じる反力及びモーメントを求め、本項に示す計算方法に従って計算する。

埋込みプレートの荷重状態を図4-4に示す。

(1) 引張応力

曲げモーメント M_y 、 M_z により生じるネルソンスタッド1本当たりの最大引張力 N_m 及び引張力 F_x より生じるネルソンスタッドの引張応力 σ_b は、(4.6.2.1)式より求める。

$$\sigma_b = \frac{N_m}{A_b} + \dots\dots\dots (4.6.2.1)$$

ここで、

$$N_m = \frac{\ell_1 \cdot M_y}{n_1 \cdot \ell_1^2 + n_2 \cdot \ell_2^2} + \frac{\ell_3 \cdot M_z}{n_3 \cdot \ell_3^2}$$

(2) せん断応力

ネルソンスタッドに生じるせん断応力 τ_b は、(4.6.2.2)式より求める。

$$\tau_b = \frac{\sqrt{F_y^2 + F_z^2}}{n \cdot A_b} \dots\dots\dots (4.6.2.2)$$

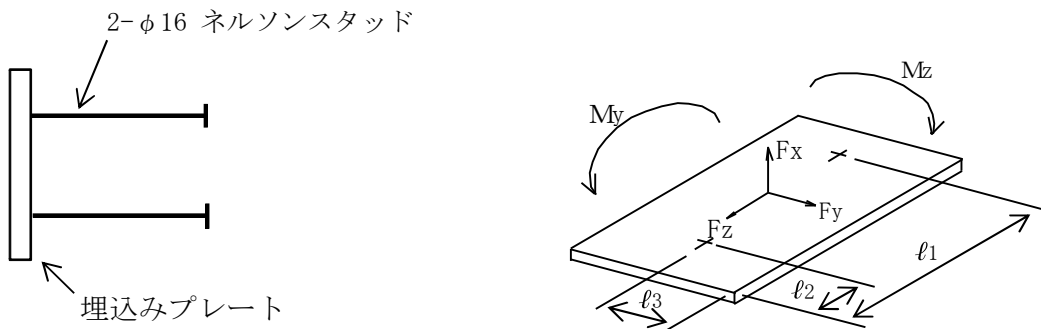


図4-4 埋込みプレートの荷重状態

4.7 計算条件

応力解析に用いる荷重は、本計画書の【制御棒貯蔵ハンガの耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

4.8 応力の評価

4.8.1 部材の応力評価

「4.6.1 部材の応力」で求めた部材の引張応力 σ_{ft} 及び組合せ応力 σ_{fa} が、許容引張応力 f_t 以下であること。

また、「4.6.1 部材の応力」で求めた部材のせん断応力 τ_f が、許容せん断応力 f_s 以下であること。

ただし、 f_t 及び f_s は下表による。

	基準地震動 S_s
許容引張応力 f_t	$\frac{F^*}{1.5} \cdot 1.5$
許容せん断応力 f_s	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

4.8.2 ネルソンスタッドの応力評価

ネルソンスタッドの許容応力はボルトの許容応力算出と同様とする。

「4.6.2 ネルソンスタッドの応力」で求めたネルソンスタッドの引張応力 σ_b が、次式よりもとめた許容引張応力 f_{ts} 以下であること。

また、「4.6.2 ネルソンスタッドの応力」で求めたネルソンスタッドのせん断応力 τ_b が、せん断力のみを受けるネルソンスタッドの許容せん断応力 f_{sb} 以下であること。

$$f_{ts} = 1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b \quad \dots \dots \dots (4.8.2.1)$$

かつ、

$$f_{ts} \leq f_{to} \quad \dots \dots \dots (4.8.2.2)$$

ただし、 f_{to} 及び f_{sb} は下表による。

	基準地震動 S_s
許容引張応力 f_{to}	$\frac{F^*}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 f_{sb}	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

5. 評価結果

5.1 設計基準対象施設としての評価結果

ハンガ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。発生値は許容限界を満足しており、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確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次項以降の【制御棒貯蔵ハンガの耐震性についての計算結果】に示す。

5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、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確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次項以降の【制御棒貯蔵ハンガの耐震性についての計算結果】に示す。

【制御棒貯蔵ハンガの耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震設計上の重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		基準地震動 S_s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
ハンガ	B	原子炉建屋 EL. 38.8*1, EL. 46.5*1			$C_H=1.74$	$C_V = 1.52$	

注記 *1: 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 固有周期の算出及び部材の応力評価に用いる要目

部材	材料	A^{*1} (mm ²)	A_y^{*1} (mm ²)	A_z^{*1} (mm ²)	I_x^{*1} (mm ⁴)	I_y^{*1} (mm ⁴)	I_z^{*1} (mm ⁴)	Z_y^{*1} (mm ³)	Z_z^{*1} (mm ³)	E (MPa)
ハンガ		1.036×10^3	3.453×10^2	6.907×10^2	6.769×10^4	1.182×10^5	6.137×10^5	6.389×10^3	1.980×10^4	192000

注記 *1: $A, A_y, A_z, I_x, I_y, I_z, Z_y, Z_z$ は部材の長手方向をx軸とした局所座標系に従う。

部材	材料	S_y (MPa)	S_y (RT) (MPa)	S_u (MPa)	F^* (MPa)
ハンガ		188	205	479	205

1.2.2 ネルソンスタッドの応力評価に用いる要目

部材	材料	m_h (kg)	m_{CR} (kg)	l_1 (mm)	l_2 (mm)	l_3 (mm)	n_1	n_2	n_3	n	A_b (mm ²)
ネルソン スタッド	<input type="text"/>										

部材	材料	短辺方向*					長辺方向*				
		F_x (N)	F_y (N)	F_z (N)	M_y (N・mm)	M_z (N・mm)	F_x (N)	F_y (N)	F_z (N)	M_y (N・mm)	M_z (N・mm)
ネルソン スタッド	<input type="text"/>	3.046×10^{-9}	3.447×10^3	4.992×10^3	1.433×10^6	9.892×10^5	3.447×10^3	6.253×10^{-14}	4.992×10^3	1.698×10^6	7.532×10^{-11}

注記 * : ハンガに対して作用する水平方向地震力の方向を示す。

部材	材料	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F^* (MPa)
ネルソン スタッド	<input type="text"/>	234	385	234

1.3 計算数値


1.3.1 部材に生じる応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力分類	基準地震動 S_s
ハンガ	SUS304	引張り σ_{ft}	107
		せん断 τ_f	7
		組合せ σ_{fa}	108

1.3.2 ネルソンスタッドに生じる応力

(単位：MPa)


部材	材料	応力分類	基準地震動 S_s
ネルソン スタッド		引張り σ_b	60
		せん断 τ_b	15

1.4 応力

1.4.1 応力

(1) 部材に生じる応力


(単位：MPa)

部材	材料	応力分類	算出応力	許容応力
ハンガ		引張り	$\sigma_{ft}=107$	$f_t=205$
		せん断	$\tau_f=7$	$f_s=118$
		組合せ	$\sigma_{fa}=108$	$f_t=205$

すべて許容応力以下である。

(2) ネルソンスタッドに生じる応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力分類	算出応力	許容応力
ネルソン スタッド		引張り	$\sigma_b=60$	$f_{ts}=175^*$
		せん断	$\tau_b=15$	$f_{sb}=135$

すべて許容応力以下である。

$$* f_{ts} = 1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b$$

2. 重大事故等対処施設

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		基準地震動 S_s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
ハンガ	—	原子炉建屋 EL. 38.8*1, EL. 46.5*1			$C_H=1.74$	$C_V = 1.52$	

注記 *1: 基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

2.2.1 固有周期の算出及び部材の応力評価に用いる要目

部材	材料	A^{*1} (mm ²)	A_y^{*1} (mm ²)	A_z^{*1} (mm ²)	I_x^{*1} (mm ⁴)	I_y^{*1} (mm ⁴)	I_z^{*1} (mm ⁴)	Z_y^{*1} (mm ³)	Z_z^{*1} (mm ³)	E (MPa)
ハンガ		1.036×10^3	3.453×10^2	6.907×10^2	6.769×10^4	1.182×10^5	6.137×10^5	6.389×10^3	1.980×10^4	192000

注記 *1: $A, A_y, A_z, I_x, I_y, I_z, Z_y, Z_z$ は部材の長手方向をx軸とした局所座標系に従う

部材	材料	S_y (MPa)	S_y (RT) (MPa)	S_u (MPa)	F^* (MPa)
ハンガ		171	205	441	205

2.2.2 ネルソンスタッドの応力評価に用いる要目

部材	材料	m_h (kg)	m_{CR} (kg)	l_1 (mm)	l_2 (mm)	l_3 (mm)	n_1	n_2	n_3	n	A_b (mm ²)
ネルソン スタッド	<input type="text"/>										

部材	材料	短辺方向*					長辺方向*				
		F_x (N)	F_y (N)	F_z (N)	M_y (N・mm)	M_z (N・mm)	F_x (N)	F_y (N)	F_z (N)	M_y (N・mm)	M_z (N・mm)
ネルソン スタッド	<input type="text"/>	3.046×10^{-9}	3.447×10^3	4.992×10^3	1.433×10^6	9.892×10^5	3.447×10^3	6.253×10^{-14}	4.992×10^3	1.698×10^6	7.532×10^{-11}


注記 * : ハンガに対して作用する水平方向地震力の方向を示す。

部材	材料	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F^* (MPa)
ネルソン スタッド	<input type="text"/>	221	373	221

2.3 計算数値


2.3.1 部材に生じる応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力分類	基準地震動 S_s
ハンガ		引張り σ_{ft}	107
		せん断 τ_f	7
		組合せ σ_{fa}	108

2.3.2 ネルソンスタッドに生じる応力

(単位：MPa)


部材	材料	応力分類	基準地震動 S_s
ネルソン スタッド		引張り σ_b	60
		せん断 τ_b	15

2.4 応力

2.4.1 応力

(1) 部材に生じる応力


(単位：MPa)

部材	材料	応力分類	算出応力	許容応力
ハンガ		引張り	$\sigma_{ft}=107$	$f_t=205$
		せん断	$\tau_f=7$	$f_s=118$
		組合せ	$\sigma_{fa}=108$	$f_t=205$

すべて許容応力以下である。

(2) ネルソンスタッドに生じる応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力分類	算出応力	許容応力
ネルソン スタッド		引張り	$\sigma_b=60$	$f_{ts}=165^*$
		せん断	$\tau_b=15$	$f_{sb}=127$

すべて許容応力以下である。

$$* f_{ts} = 1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b$$