

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-830 改1
提出年月日	平成30年8月15日

V-2-6-5-41 サプレッション・プール水位の耐震性についての計算書

目次

1. サプレッション・プール水位 (LT-26-79.5A)	1
1.1 概要	1
1.2 一般事項	1
1.2.1 構造計画	1
1.2.2 評価方針	3
1.2.3 適用基準	4
1.2.4 記号の説明	5
1.2.5 計算精度と数値の丸め方	7
1.3 評価部位	8
1.4 地震応答解析及び構造強度評価	8
1.4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法	8
1.4.2 荷重の組合せ及び許容応力	8
1.4.3 解析モデル及び諸元	11
1.4.4 固有周期	13
1.4.5 設計用地震力	13
1.4.6 計算方法	14
1.4.7 計算条件	16
1.4.8 応力の評価	16
1.5 機能維持評価	17
1.5.1 電氣的機能維持評価方法	17
1.6 評価結果	17
1.6.1 設計基準対象施設としての評価結果	17
2. サプレッション・プール水位 (LT-26-79.5B)	21
2.1 概要	21
2.2 一般事項	21
2.2.1 構造計画	21
2.2.2 評価方針	23
2.2.3 適用基準	24
2.2.4 記号の説明	25
2.2.5 計算精度と数値の丸め方	27
2.3 評価部位	28
2.4 固有周期	28
2.4.1 固有値解析方法	28
2.4.2 解析モデル及び諸元	28
2.4.3 固有値解析結果	30
2.5 構造強度評価	31

2.5.1	構造強度評価方法	31
2.5.2	荷重の組合せ及び許容応力	31
2.5.3	設計用地震力	33
2.5.4	計算方法	34
2.5.5	計算条件	36
2.5.6	応力の評価	36
2.6	機能維持評価	37
2.6.1	電氣的機能維持評価方法	37
2.7	評価結果	37
2.7.1	評価結果	37
3.	サブプレッション・プール水位 (LT-26-79.60)	37
3.1	概要	37
3.2	一般事項	37
3.2.1	構造計画	37
3.2.2	評価方針	39
3.2.3	適用基準	40
3.2.4	記号の説明	41
3.2.5	計算精度と数値の丸め方	42
3.3	評価部位	43
3.4	固有周期	43
3.4.1	固有周期の計算方法	43
3.4.2	固有周期の計算条件	44
3.4.3	固有周期の計算結果	44
3.5	構造強度評価	45
3.5.1	構造強度評価方法	45
3.5.2	荷重の組合せ及び許容応力	45
3.5.3	設計用地震力	46
3.5.4	計算方法	47
3.5.5	計算条件	49
3.5.6	応力の評価	49
3.6	機能維持評価	50
3.6.1	電氣的機能維持評価方法	50
3.7	評価結果	50
3.7.1	重大事故等対処設備としての評価結果	50
4.	サブプレッション・プール水位 (LT-26-79.60 用遮へい体)	58
4.1	概要	58
4.2	一般事項	58
4.2.1	構造計画	58

4.2.2	評価方針.....	60
4.2.3	適用基準.....	61
4.2.4	記号の説明.....	62
4.2.5	計算精度と数値の丸め方.....	64
4.3	評価部位.....	65
4.4	固有周期.....	65
4.4.1	固有値解析方法.....	65
4.4.2	解析モデル及び諸元.....	66
4.4.3	固有値解析結果.....	68
4.5	構造強度評価.....	69
4.5.1	構造強度評価方法.....	69
4.5.2	荷重の組合せ及び許容応力.....	69
4.5.3	設計用地震力.....	72
4.5.4	計算方法.....	73
4.5.5	計算条件.....	75
4.5.6	応力の評価.....	75
4.6	評価結果.....	76
4.6.1	重大事故等対処設備としての評価結果.....	76

1. サプレッション・プール水位 (LT-26-79.5A)

1.1 概要

本計算書は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」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、サプレッション・プール水位 (LT-26-79.5A) が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能維持を有していることを説明するものである。

サプレッション・プール水位 (LT-26-79.5A) は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に分類される。以下、設計基準対象施設としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

1.2 一般事項

1.2.1 構造計画

サプレッション・プール水位 (LT-26-79.5A) の構造計画を表 1-1 に示す。

表 1-1 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>検出器は、計器取付ボルトにより計器取付板に固定され、取付板は、取付板取付ボルトにより計器スタンションに固定される。</p> <p>計器スタンションは、埋込金物に溶接で設置する。</p>	<p>差圧式水位検出器</p>	

1.2.2 評価方針

サプレッション・プール水位 (LT-26-79.5A) の応力評価は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針 3.1 構造強度上の制限」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「1.2.1 構造計画」にて示すサプレッション・プール水位 (LT-26-79.5A) の部位を踏まえ「1.3 評価部位」にて設定する箇所において、「1.4.3 解析モデル及び諸元」及び「1.4.4 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、「1.4 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「1.6 評価結果」に示す。

サプレッション・プール水位 (LT-26-79.5A) の耐震評価フローを図 1-1 に示す。

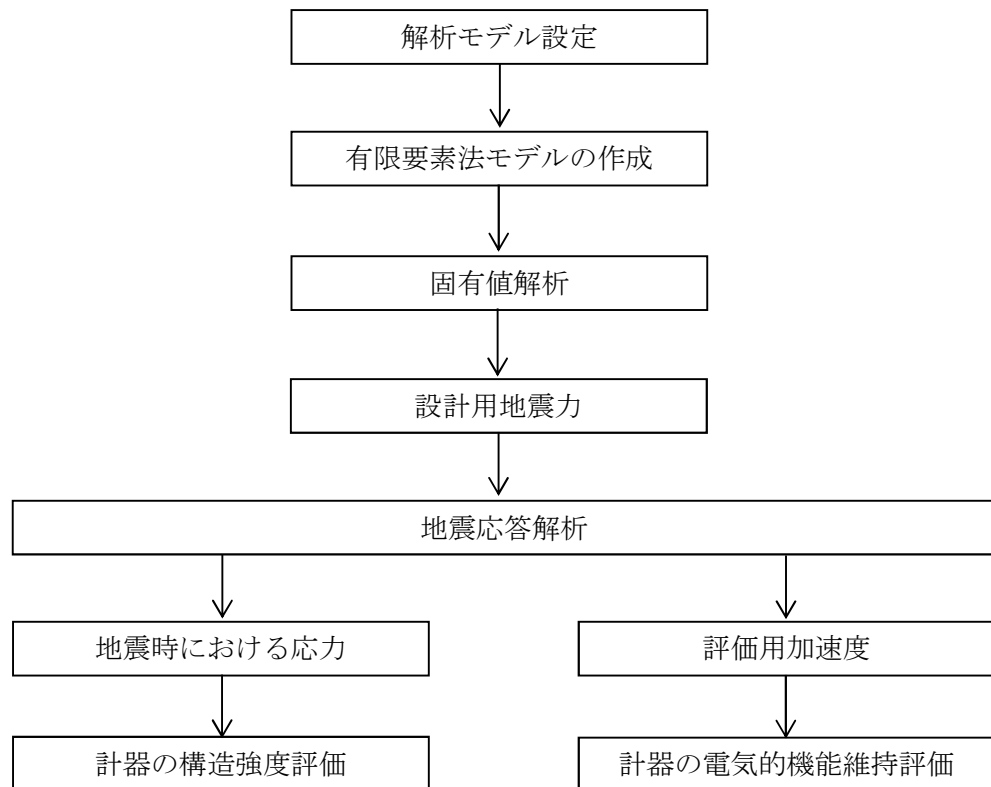


図 1-1 サプレッション・プール水位 (LT-26-79.5A) の耐震評価フロー

1.2.3 適用基準

適用基準等を以下に示す。

- (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－1984, J E A G 4 6 0 1 －1987及びJ E A G 4 6 0 1 －1991 追補版）（日本電気協会 電気技術基準調査委員会 昭和59年9月, 昭和62年8月及び平成3年6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。）

1.2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
a	溶接部の有効のど厚	Mm
A	サポートの断面積	mm ²
A _w	溶接部の有効断面積	mm ²
A _{wY}	溶接部のF _Y に対する有効断面積	mm ²
A _{wZ}	溶接部のF _Z に対する有効断面積	mm ²
C _H	水平方向設計震度	—
C _V	鉛直方向設計震度	—
D	計器スタンプの径	mm
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-3121.1に定める値	MPa
F _X	溶接部に作用する力 (X方向)	N
F _Y	溶接部に作用する力 (Y方向)	N
F _Z	溶接部に作用する力 (Z方向)	N
f _s	溶接部の許容せん断応力	MPa
I _p	サポートの断面二次極モーメント	mm ⁴
I _y	サポートの断面二次モーメント (y軸)	mm ⁴
I _z	サポートの断面二次モーメント (z軸)	mm ⁴
ℓ	据付面から検出器の重心までの距離	mm
m _a	検出器及び検出器固定金具の質量	kg
M _X	溶接部に作用するモーメント (X軸周り)	N・m
M _Y	溶接部に作用するモーメント (Y軸周り)	N・m
M _Z	溶接部に作用するモーメント (Z軸周り)	N・m
s	溶接脚長	mm
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 _p	溶接全断面におけるねじり断面係数	mm ³
Z _Y	溶接全断面におけるY軸方向の断面係数	mm ³
Z _Z	溶接全断面におけるZ軸方向の断面係数	mm ³
Z _{p1}	サポートのねじり断面係数	mm ⁴
Z _{y1}	サポートの断面係数 (y軸)	mm ³
Z _{z1}	サポートの断面係数 (z軸)	mm ³
ν	ポアソン比	—

記号	記号の説明	単位
π	円周率	—
σ_t	溶接部に生じる引張応力	MPa
σ_b	溶接部に生じる曲げ応力	MPa
σ_w	溶接部に生じる組合せ応力	MPa
τ	溶接部に生じるせん断応力	MPa

1.2.5 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1-2に示すとおりとする。

表 1-2 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
震度	—	小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位
温度	°C	—	—	整数位
質量*1	kg	—	—	整数位
長さ*1	mm	—	—	整数位
面積	mm ²	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
力	N	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の場合は、小数点以下表示とする。

*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引張強さ及び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。

1.3 評価部位

サプレッション・プール水位 (LT-26-79.5A) の耐震評価は、「1.4.1 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、耐震評価上厳しくなる溶接部を選定して実施する。サプレッション・プール水位 (LT-26-79.5A) の耐震評価部位については、表 1-1 の概略構造図に示す。

1.4 地震応答解析及び構造強度評価

1.4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法

- (1) 地震力はサプレッション・プール水位 (LT-26-79.5A) に対して、水平方向及び鉛直方向から同時に作用するものとする。
- (2) サプレッション・プール水位 (LT-26-79.5A) は、溶接により壁面の埋込金物に固定されるものとする。
- (3) サプレッション・プール水位 (LT-26-79.5A) の質量は、検出器、取付板及び計器スタンを考慮する。
- (4) サプレッション・プール水位 (LT-26-79.5A) の質量は、検出器、取付板及び計器スタンの質点に集中するものとする。
- (5) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を用いる。

1.4.2 荷重の組合せ及び許容応力

1.4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

サプレッション・プール水位 (LT-26-79.5A) 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 1-3 に示す。

1.4.2.2 許容応力

サプレッション・プール水位 (LT-26-79.5A) の許容応力を表 1-4 に示す。

1.4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

サプレッション・プール水位 (LT-26-79.5A) の使用材料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 1-5 に示す。

表 1-3 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
計測制御 系統施設	計測装置	サプレッション・プール 水位	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	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 1-4 許容応力（その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト以外)			
	一次応力			
	引張り	せん断	圧縮	曲げ
Ⅲ _A S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	$1.5 \cdot f_c^*$	$1.5 \cdot f_b^*$
Ⅳ _A S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$	$1.5 \cdot f_c$	$1.5 \cdot f_b$

注記 *1：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。

*2：当該の応力が生じない場合、規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 1-5 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 _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
溶接部	□	周囲環境温度	□	188	373	—

1.4.3 解析モデル及び諸元

サプレッション・プール水位 (LT-26-79.5A) の解析モデルを図 1-2 に、解析モデルの概要を以下に示す。また、機器の諸元を表 1-6、部材の機器要目を表 1-7 に示す。

- (1) サプレッション・プール水位 (LT-26-79.5A) は、図 1-2 に示す 3次元はりモデルとして考える。
- (2) 図 1-2 中の○内の数字は部材番号 (要素番号) を示す。
- (3) 図 1-2 中の ⊕ は検出器の質点を示し、 m_a は 13kg である。
- (4) 図 1-2 中の実線はサポート鋼材、点線は仮想鋼材を示す。
- (5) 拘束条件として、基礎部の XYZ 方向及び回転方向を固定する。
- (6) 解析コードは、「NSAFE」を使用し、固有値及び荷重を求める。なお、評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「V-5-4 計算機プログラム (解析コード) の概要・HISAP 及びNSAFE」に示す。
- (7) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

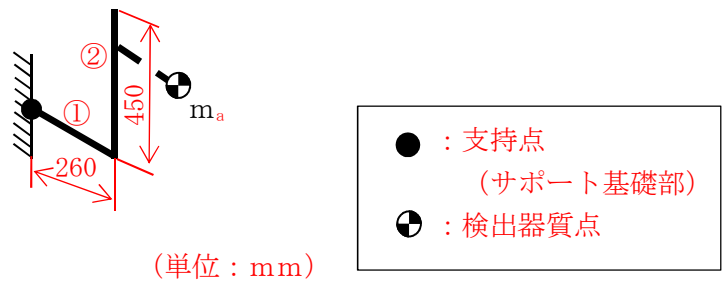
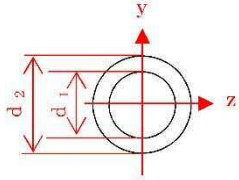


図 1-2 サプレッション・プール水位
(LT-26-79.5A) 解析モデル

表 1-7 機器諸元

項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	
質量	m	kg	
温度条件 (雰囲気温度)	T	°C	
縦弾性係数	E	MPa	
ポアソン比	ν	—	
要素数	—	個	
節点数	—	個	

表 1-8 部材の機器要目

材料	
対象要素	①-②
A (mm ²)	
I _y (mm ⁴)	
I _z (mm ⁴)	
I _p (mm ⁴)	
Z _y (mm ³)	
Z _z (mm ³)	
Z _p (mm ³)	
断面形状	 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> $d_1=52.5, d_2=60.5$ </div>

1.4.4 固有周期

固有値解析結果を表 1-9 に示す。

1 次モードは水平方向に卓越し、固有周期が 0.05 秒以下であり、剛であることを確認した。また、鉛直方向は 2 次モード以降で卓越し、固有周期は 0.05 秒以下であり剛であることを確認した。

表 1-9 固有値解析結果(s)

モード	固有周期	卓越方向
1 次		水平

1.4.5 設計用地震力

「弾性設計用地震動 S_d 又は静的震動」及び「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」に基づき設定する。耐震評価に用いる設計用地震力を表 1-10 に示す。

表 1-10 設計用地震力（設計基準対象施設）

据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		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	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉建屋 <div style="border: 2px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-top: 5px;"></div>			$C_H=0.58$	$C_V=0.48$	$C_H=0.96$	$C_V=0.92$

注記 *1：基準床レベルを示す。

*2：固有値解析より 0.05 秒以下であり剛であることを確認した。

1.4.6 計算方法

1.4.6.1 溶接部の応力

3次元はりモデルによる地震応答解析から溶接部の内力を求めて、その結果を用いて手計算にて溶接部を評価する。

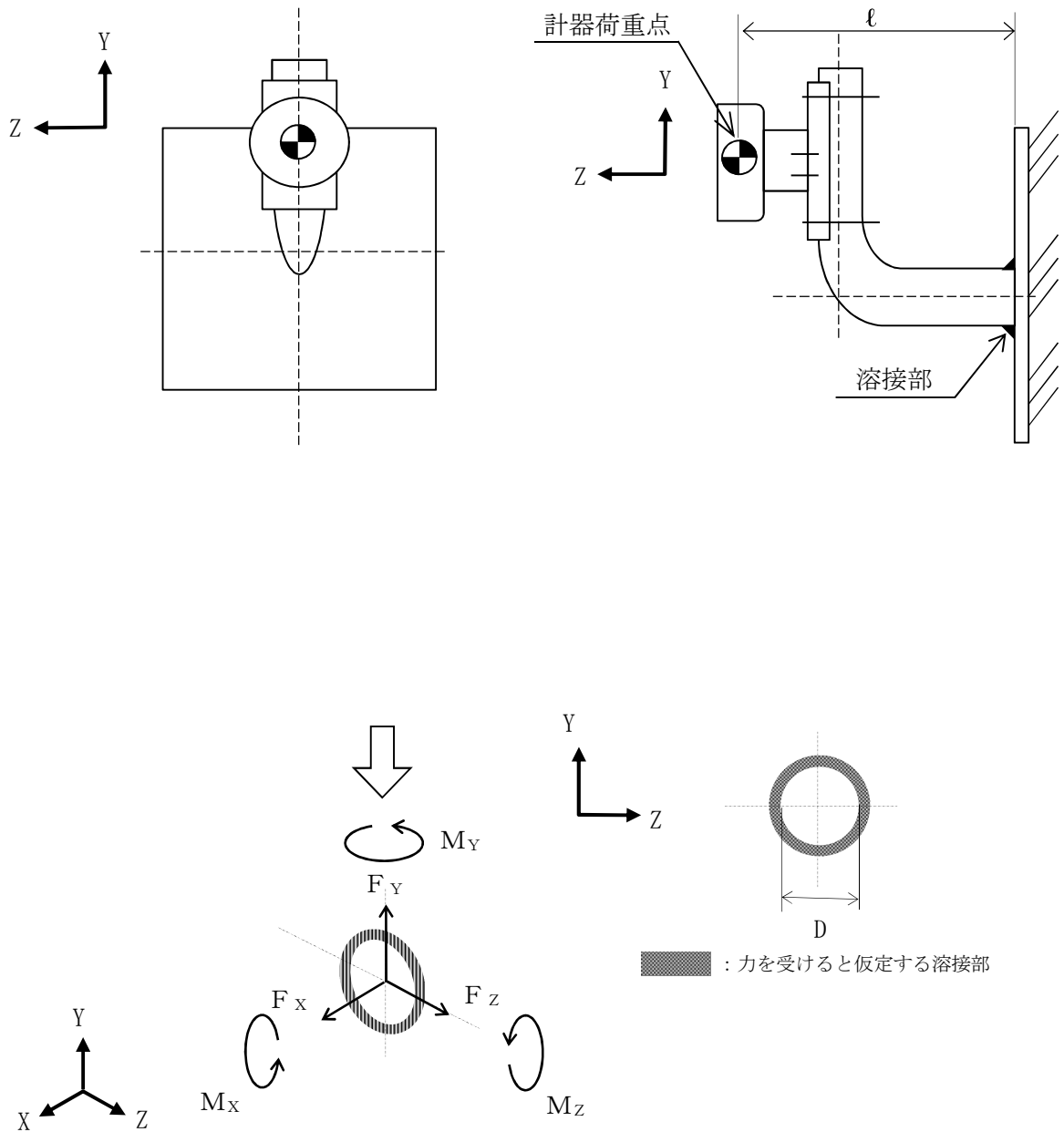


図 1-3 計算モデル (溶接部)

地震応答解析によって得られた溶接部評価点の最大反力とモーメントを表 1-11 に示す。

表1-11 溶接部発生反力, モーメント

対象計器	許容応力状態	反力(N)			モーメント(N・m)		
		F _X	F _Y	F _Z	M _X	M _Y	M _Z
LT-26-79.5A	C (Ⅲ _A S)						
	D (Ⅳ _A S)						

(1) 引張応力

溶接部に対する引張応力は、全溶接断面積で受けるものとして計算する。

引張応力 (σ_t)

$$\sigma_t = \frac{F_X}{A_w} \dots\dots\dots (1.4.6.1.1)$$

ここで、引張り力を受ける溶接部の有効断面積 A_w は、次式により求める。

$$A_w = \frac{\pi}{4} \{ (D+2 \cdot a)^2 - D^2 \} \dots\dots\dots (1.4.6.1.2)$$

ただし、溶接部の有効のど厚 a は、

$$a = 0.7 \cdot s \dots\dots\dots (1.4.6.1.3)$$

(2) せん断応力

溶接部に対するせん断応力は、各方向の有効せん断面積で受けるものとして計算する。

せん断応力 (τ)

$$\tau = \sqrt{\left(\frac{F_Y}{A_{wY}} + \frac{M_X}{Z_p}\right)^2 + \left(\frac{F_Z}{A_{wZ}} + \frac{M_X}{Z_p}\right)^2} \dots\dots\dots (1.4.6.1.4)$$

ここで、 A_{wY} 、 A_{wZ} はせん断力を受ける各方向の有効断面積、 Z_p は溶接断面におけるねじり断面係数を示す。

A_{wY} 、 A_{wZ} は、次式により求める。

$$A_{wY} = \frac{1}{2} \cdot \frac{\pi}{4} \{ (D+2 \cdot a)^2 - D^2 \} \dots\dots\dots (1.4.6.1.5)$$

$$A_{wZ} = \frac{1}{2} \cdot \frac{\pi}{4} \{ (D+2 \cdot a)^2 - D^2 \} \dots\dots\dots (1.4.6.1.6)$$

(3) 曲げ応力

溶接部に対する曲げモーメントは、図1-3でY軸方向、Z軸方向に対する曲げモーメントを最も外側の溶接部で受けるものとして計算する。

曲げ応力 (σ_b)

$$\sigma_b = \frac{M_Y}{Z_Y} + \frac{M_Z}{Z_Z} \dots\dots\dots (1.4.6.1.7)$$

Z_Y , Z_Z は溶接断面のY軸及びZ軸に関する断面係数を示す。

(4) 組合せ応力

溶接に対する組合せ応力は、各応力を足し合わせたものとして計算する。

$$\sigma_w = \sqrt{(\sigma_t + \sigma_b)^2 + \tau^2} \dots\dots\dots (1.4.6.1.8)$$

1.4.7 計算条件

1.4.7.1 溶接部の応力計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【サブプレッション・プール水位 (LT-26-79.5A) の耐震性についての計算結果】の設計条件および機器要目に示す。

1.4.8 応力の評価

1.4.8.1 溶接部の評価

1.4.6.1項で求めた溶接部に発生する応力は、許容応力 f_s 以下であること。ただし、 f_s は下表による。

弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度による 荷重との組合せの場合	基準地震動 S_s による 荷重との組合せの場合
許容せん断応力 f_s	$\frac{F}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$ $\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

1.5 機能維持評価

1.5.1 電氣的機能維持評価方法

サプレッション・プール水位 (LT-26-79.5A) の電氣的機能維持評価について、以下に示す。なお、機能確認済加速度は添付書類「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

サプレッション・プール水位 (LT-26-79.5A) の機能確認済加速度は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同型式の検出器単体の正弦波加振試験において電氣的機能の健全性を確認した評価部位の加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 1-12 に示す。

表 1-12 機能確認済加速度 (×9.8 m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
サプレッション・プール水位 (LT-26-79.5A)	水平	
	鉛直	

1.6 評価結果

1.6.1 設計基準対象施設としての評価結果

サプレッション・プール水位 (LT-26-79.5A) 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及び動的機能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頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【サブプレッション・プール水位(LT-26-79.5A)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)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		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	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
サブプレッション・プール水位	S	原子炉建屋 []	[]		$C_H=0.58$	$C_V=0.48$	$C_H=0.96$	$C_V=0.92$	[]

注記 *1: 基準床レベルを示す。

*2: 固有値解析により 0.05 秒以下であることを確認した。

1.2 機器要目

1.2.1 サブプレッション・プール水位(LT-26-79.5A)

部材	ℓ (mm)	s (mm)	a (mm)	D (mm)	A_w (mm ²)	A_{wY} (mm ²)	A_{wZ} (mm ²)	Z_Y (mm ³)	Z_Z (mm ³)	Z_P (mm ³)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
溶接部	[]										188	373	188	225

1.3 計算数値

1.3.1 溶接部に作用する力

(単位：N)

部 材	F _x		F _y		F _z	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
溶接部						

1.3.2 溶接部に作用するモーメント

(単位：N・m)

部 材	M _x		M _y		M _z	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
溶接部						

1.4 結論

1.4.1 溶接部の応力

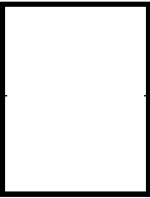
(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
溶接部		引張り	$\sigma_t=1$	$f_s=108$	$\sigma_t=1$	$f_s=129$
		せん断	$\tau=5$	$f_s=108$	$\tau=7$	$f_s=129$
		曲げ	$\sigma_b=24$	$f_s=108$	$\sigma_b=34$	$f_s=129$
		組合せ	$\sigma_w=24$	$f_s=108$	$\sigma_w=35$	$f_s=129$

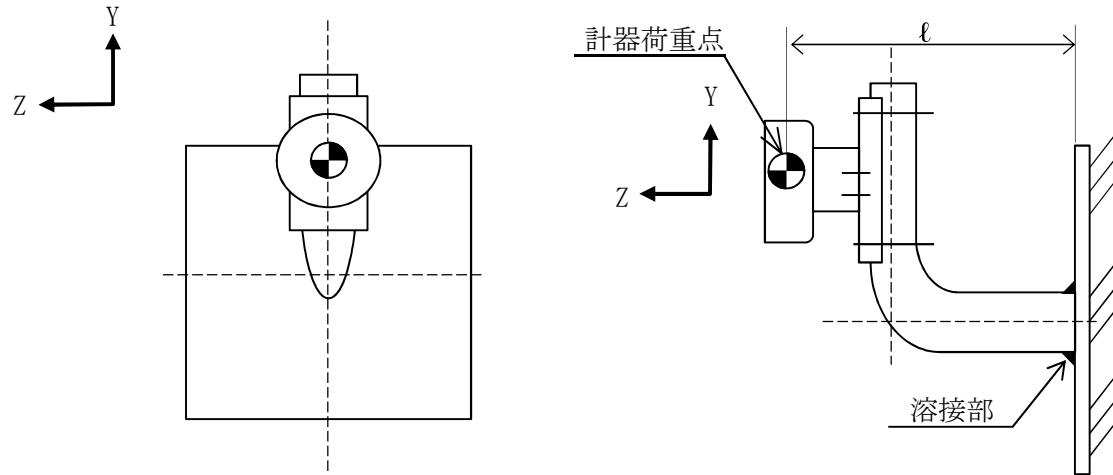
すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

($\times 9.8 \text{ m/s}^2$)

		評価用加速度	機能確認済加速度
溶接部	水平方向	0.80	
	鉛直方向	0.77	

評価用加速度 (1.0ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



2. サプレッション・プール水位 (LT-26-79.5B)

2.1 概要

本計算書は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」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、サプレッション・プール水位 (LT-26-79.5B) が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

サプレッション・プール水位 (LT-26-79.5B) は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に分類される。以下、設計基準対象施設としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

2.2 一般事項

2.2.1 構造計画

サプレッション・プール水位 (LT-26-79.5B) の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画 (LT-26-79.5B)

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより計器取付板に固定され、取付板は、取付板取付ボルトにより計器スタンションに固定される。</p> <p>計器スタンションは、基礎に基礎ボルトで設置する。</p>	<p>差圧式水位検出器</p>	

2.2.2 評価方針

サプレッション・プール水位 (LT-26-79.5B) の応力評価は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針 3.1 構造強度上の制限」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.2.1 構造計画」にてサプレッション・プール水位 (LT-26-79.5B) の部位を踏まえ「2.3 評価部位」にて設定する箇所において、「2.4 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、「2.5 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。また、サプレッション・プール水位 (LT-26-79.5B) の機能維持評価は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針 4.3 電氣的機能維持」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを、「2.6 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「2.7 評価結果」に示す。

サプレッション・プール水位 (LT-26-79.5B) の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

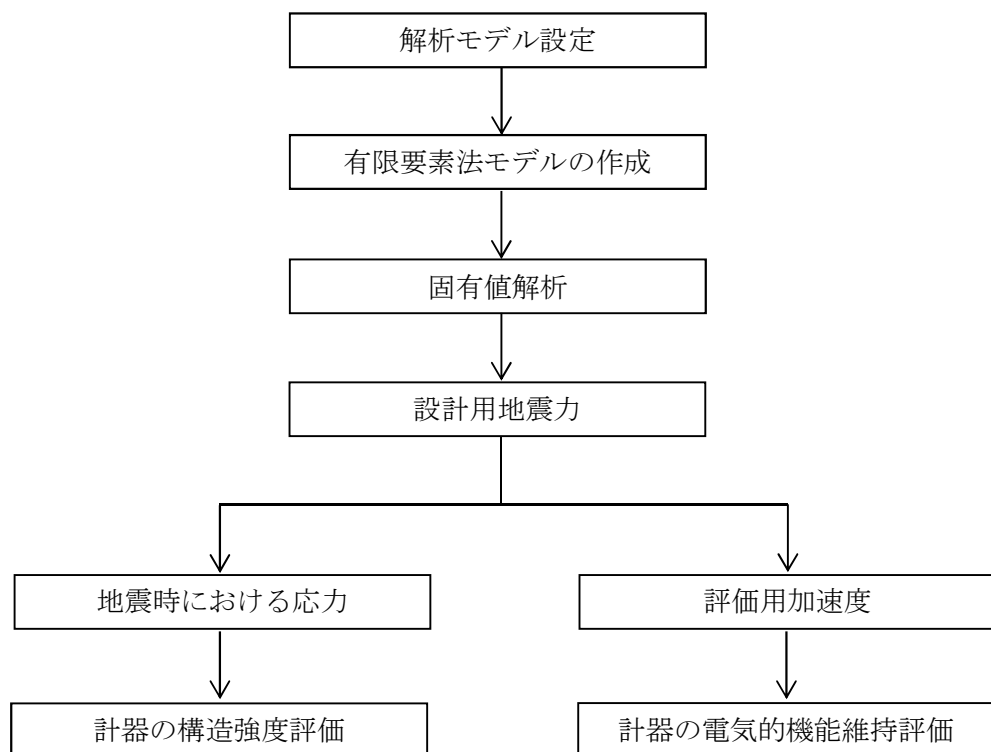


図 2-1 サプレッション・プール水位 (LT-26-79.5B) の耐震評価フロー

2.2.3 適用基準

適用基準等を以下に示す。

- (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 JEAG 4601・補-1984, JEAG 4601-1987及びJEAG 4601-1991 追補版)(日本電気協会 電気技術基準調査委員会 昭和59年9月, 昭和62年8月及び平成3年6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。)) JSME SNC1-2005/2007)(日本機械学会 2007年9月)(以下「設計・建設規格」という。)

2.2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A	サポートの断面積	mm ²
A _b	ボルトの軸断面積	mm ²
C _H	水平方向設計震度	—
C _V	鉛直方向設計震度	—
d	ボルトの呼び径	mm
E	縦弾性係数	MPa
F	設計・建設規格 SSB-3131 に定める値	MPa
F [*]	設計・建設規格 SSB-3133 に定める値	MPa
F _b	ボルトに作用する引張力 (1本当たり)	N
F _{b1}	鉛直方向地震及び壁掛盤取付面に対し左右方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力 (1本当たり) (壁掛形)	N
F _{b2}	鉛直方向地震及び壁掛盤取付面に対し前後方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力 (1本当たり) (壁掛形)	N
f_{sb}	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力	MPa
f_{to}	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力	MPa
f_{ts}	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s ²
h ₁	取付面から重心までの距離	mm
h ₂	取付面から重心までの距離(壁掛形)	mm
I _p	サポートの断面二次極モーメント	mm ⁴
I _y	サポートの断面二次モーメント (y 軸)	mm ⁴
I _z	サポートの断面二次モーメント (z 軸)	mm ⁴
ℓ ₁	重心とボルト間の水平方向距離*	mm
ℓ ₂	重心とボルト間の水平方向距離*	mm
ℓ ₃	重心と下側ボルト間の距離(壁掛形)	mm
ℓ _a	側面(左右)ボルト間の距離(壁掛形)	mm
ℓ _b	上下ボルト間の距離(壁掛形)	mm
m	検出器及びサポート鋼材の総質量	kg
m _a	検出器の質量	kg
n	ボルトの本数	—
n _f	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数	—
n _{fV}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数(側面方向)(壁掛形)	—
n _{fH}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数(正面方向)(壁掛形)	—
Q _b	ボルトに作用するせん断力	N

記号	記号の説明	単位
Q_{b1}	水平方向地震によりボルトに作用するせん断力(壁掛形)	N
Q_{b2}	鉛直方向地震によりボルトに作用するせん断力(壁掛形)	N
S_u	設計・建設規格 付録材料図表 Part 5 表9に定める値	MPa
S_y	設計・建設規格 付録材料図表 Part 5 表8に定める値	MPa
Z_p	サポートのねじり断面係数	mm ³
Z_y	サポートの断面係数 (y 軸)	mm ³
Z_z	サポートの断面係数 (z 軸)	mm ³
ν	ポアソン比	—
π	円周率	—
σ_b	ボルトに生じる引張応力	MPa
τ_b	ボルトに生じるせん断応力	MPa

注記 * : $l_1 \leq l_2$

2.2.5 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
震度	—	小数点以下第 3 位	切上げ	小数点以下第 2 位
温度	℃	—	—	整数位
質量* ¹	kg	—	—	整数位
長さ* ¹	mm	—	—	整数位
面積	mm ²	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
力	N	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の場合は，小数点以下表示とする。

*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間における引張強さ及び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。

2.3 評価部位

サプレッション・プール水位 (LT-26-79.5B) の耐震評価は、「2.4.1 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、耐震評価上厳しくなる基礎ボルトについて実施する。サプレッション・プール水位 (LT-26-79.5B) の耐震評価部位については、表 2-1 の概略構造図に示す。

2.4 固有周期

2.4.1 固有値解析方法

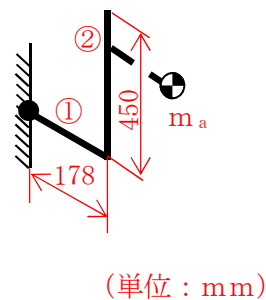
サプレッション・プール水位 (LT-26-79.5B) の固有値解析方法を以下に示す。

- (1) サプレッション・プール水位 (LT-26-79.5B) は、2.4.2 解析モデル及び諸元に示す 3 次元はりモデルとして考える。

2.4.2 解析モデル及び諸元

サプレッション・プール水位 (LT-26-79.5B) の解析モデルを図 2-2 に、解析モデルの概要を以下に示す。また、機器の諸元を表 2-3、部材の機器要目を表 2-4 に示す。

- (1) 図 2-2 中の○内の数字は部材番号 (要素番号) を示す。
- (2) 図 2-2 中の ⊕ は検出器質点を示し、 m_a は 11kg である。
- (3) 図 2-2 中の実線はサポート鋼材、点線は仮想鋼材を示す。
- (4) 拘束条件として、基礎部の X Y Z 方向及び回転方向を固定する。
- (5) 解析コードは、「NSAFE」を使用し、固有値及び荷重を求める。なお、評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、「V-5-4 計算機プログラム (解析コード) の概要 ・ HISAP 及び NSAFE」に示す。
- (6) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。



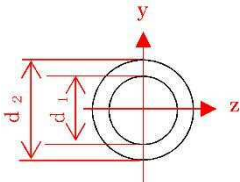
- | | |
|---|--------------------|
| ● | : 支持点
(サポート基礎部) |
| ⊕ | : 検出器質点 |

図 2-2 サプレッション・プール水位 (LT-26-79.5B) 解析モデル

表 2-3 機器諸元 (LT-26-79. 5B)

項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	
質量	m	kg	
温度条件 (雰囲気温度)	T	°C	
縦弾性係数	E	MPa	
ポアソン比	ν	—	
要素数	—	個	
節点数	—	個	

表 2-4 部材の機器要目

材料	
対象要素	①-②
A (mm ²)	
I _y (mm ⁴)	
I _z (mm ⁴)	
I _p (mm ⁴)	
Z _y (mm ³)	
Z _z (mm ³)	
Z _p (mm ³)	
断面形状	 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> $d_1=52.5, d_2=60.5$ </div>

2.4.3 固有値解析結果

固有値解析結果を表 2-5 に示す。

1 次モードは水平方向に卓越し、固有周期が 0.05 秒以下であり、剛であることを確認した。また、鉛直方向は 2 次モード以降で卓越し、固有周期は 0.05 秒以下であり剛であることを確認した。

表 2-5 固有値解析結果(s)

モード	固有周期	卓越方向
1 次	<input type="text"/>	水平

2.5 構造強度評価

2.5.1 構造強度評価方法

2.4.2 項(1)～(6)のほか、次の条件で計算する。

- (1) 地震力はサブプレッション・プール水位 (LT-26-79.5B) に対して、水平方向及び鉛直方向から同時に作用するものとする。

2.5.2 荷重の組合せ及び許容応力

2.5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

サブプレッション・プール水位 (LT-26-79.5B) 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 2-6 に示す。

2.5.2.2 許容応力

サブプレッション・プール水位 (LT-26-79.5B) の許容応力を表 2-7 に示す。

2.5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

サブプレッション・プール水位 (LT-26-79.5B) の使用材料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 2-8 に示す。

表 2-6 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
計測制御 系統施設	計測装置	サプレッション・プール水位 (LT-26-79.5B)	S	—*	$D + P_D + M_D + S_d^*$	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	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 2-7 許容応力（その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
Ⅲ _A S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
Ⅳ _A S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

注記 *1：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。

*2：当該の応力が生じない場合、規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

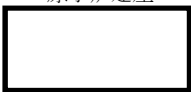

表 2-8 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
基礎ボルト		周囲環境温度		221	373	—

2.5.3 設計用地震力

「弾性設計用地震動 S_d 又は静的震動」及び「基準地震動 S_s 」による地震力は、添付書類「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。耐震評価に用いる設計用地震力を表 2-9 に示す。

表 2-9 設計用地震力（設計基準対象施設）

据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		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	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉建屋 			$C_H=0.69$	$C_V=0.53$	$C_H=1.13$	$C_V=0.99$

注記 *1：基準床レベルを示す。

*2：固有値解析より 0.05 秒以下であり剛であることを確認した。

2.5.4 計算方法

2.5.4.1 基礎ボルトの計算方法

基礎ボルトの応力は、地震による震度により作用するモーメントによって生じる引張力とせん断力について計算する。

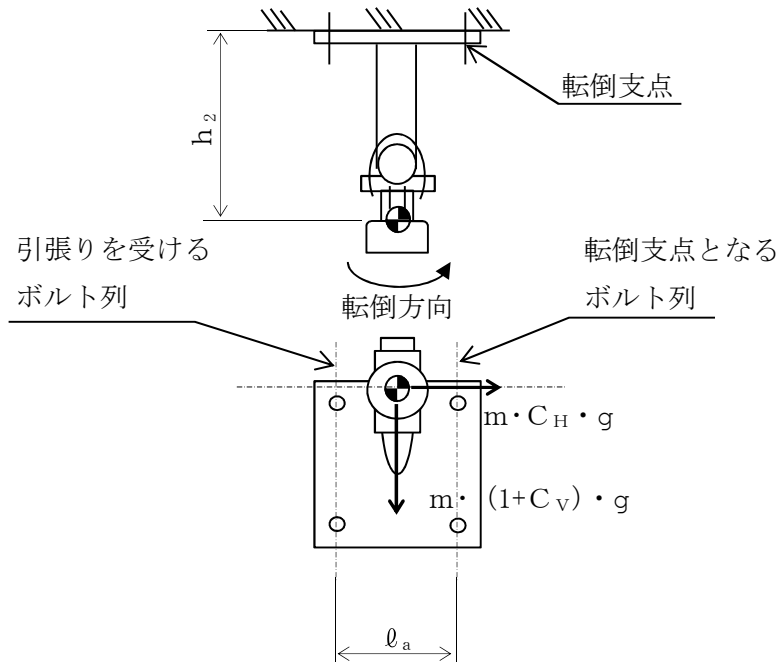


図2-3(1) サプレッション・プール水位 (LT-26-79.5B) 計算モデル
(壁掛形 正面方向転倒の場合)

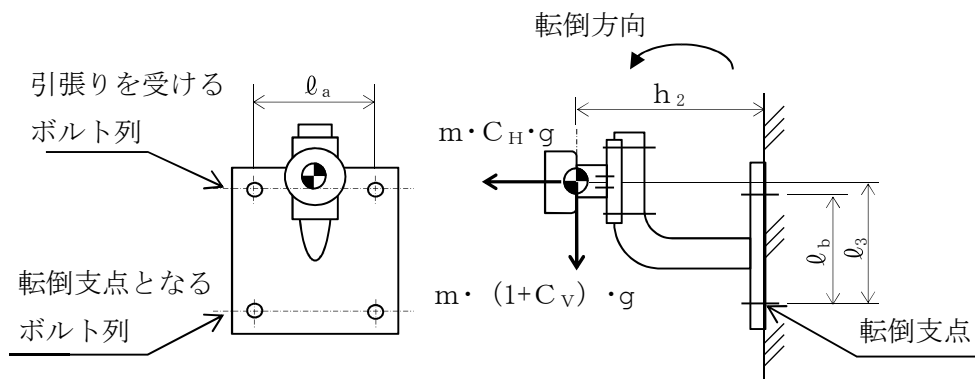


図2-3(2) サプレッション・プール水位 (LT-26-79.5B) 計算モデル
(壁掛形 側面方向転倒の場合)

(1) 引張応力

基礎ボルトに対する引張力は、最も厳しい条件として、図2-3で最外列の基礎ボルトを支点とする転倒を考え、これを片側の最外列の基礎ボルトで受けるものとして計算する。

引張力 (F_b)

計算モデル図2-3(1)の場合の引張力

$$F_{b1} = m \cdot g \cdot \left(\frac{C_H \cdot h_2}{n_{fH} \cdot \ell_a} + \frac{(1 + C_V) \cdot h_2}{n_{fV} \cdot \ell_b} \right) \dots\dots\dots (2.5.4.1.1)$$

計算モデル図2-3(2)の場合の引張力

$$F_{b2} = m \cdot g \cdot \left(\frac{C_H \cdot \ell_3 + (1 + C_V) \cdot h_2}{n_{fV} \cdot \ell_b} \right) \dots\dots\dots (2.5.4.1.2)$$

$$F_b = \text{Max} (F_{b1}, F_{b2}) \dots\dots\dots (2.5.4.1.3)$$

引張応力 (σ_b)

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b} \dots\dots\dots (2.5.4.1.4)$$

ここで、基礎ボルトの軸断面積 A_b は次式により求める。

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \dots\dots\dots (2.5.4.1.5)$$

(2) せん断応力

基礎ボルトに対するせん断力は、基礎ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力 (Q_b)

$$Q_{b1} = m \cdot g \cdot C_H \dots\dots\dots (2.5.4.1.6)$$

$$Q_{b2} = m \cdot g \cdot (1 + C_V) \dots\dots\dots (2.5.4.1.7)$$

$$Q_b = \sqrt{(Q_{b1})^2 + (Q_{b2})^2} \dots\dots\dots (2.5.4.1.8)$$

せん断応力 (τ_b)

$$\tau_b = \frac{Q_b}{n \cdot A_b} \dots\dots\dots (2.5.4.1.9)$$

2.5.5 計算条件

2.5.5.1 基礎ボルトの応力計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【サプレッション・プール水位 (LT-26-79.5B) の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器様目に示す。

2.5.6 応力の評価

2.5.6.1 ボルトの応力評価

2.5.4.1項で求めたボルトの引張応力 σ_b は次式より求めた許容引張応力 f_{ts} 以下であること。

せん断応力 τ_b は、せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 f_{sb} 以下であること。ただし、 f_{to} 及び f_{sb} は下表による。

$$f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}] \dots\dots\dots (2.5.6.1.1)$$

せん断応力 τ_b は、せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 f_{sb} 以下であること。

	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度による 荷重との組合せの場合	基準地震動 S_s による 荷重との組合せの場合
許容引張応力 f_{to}	$\frac{F}{2} \cdot 1.5$	$\frac{F^*}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 f_{sb}	$\frac{F}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

2.6 機能維持評価

2.6.1 電氣的機能維持評価方法

サプレッション・プール水位（LT-26-79.5B）の電氣的機能維持評価について以下に示す。電氣的機能維持評価は、添付書類「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に記載の評価方法に基づき評価する。

サプレッション・プール水位（LT-26-79.5B）の機能確認済加速度には、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 2-10 に示す。

表 2-10 機能確認済加速度 (×9.8 m/s²)

評価部位	方向	機能確認済加速度
サプレッション・プール水位 (LT-26-79.5B)	水平	□
	鉛直	

2.7 評価結果

2.7.1 評価結果

サプレッション・プール水位（LT-26-79.5B）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及び電氣的機能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頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【サブプレッション・プール水位(LT-26-79.5B)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)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		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	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
サブプレッション・プール水位	S	原子炉建屋			$C_H=0.69$	$C_V=0.53$	$C_H=1.13$	$C_V=0.99$	

注記 *1: 基準床レベルを示す。

*2: 固有値解析より 0.05 秒以下であり剛であることを確認した。

1.2 機器要目

1.2.1 サブプレッション・プール水位(LT-26-79.5B)

部材	m (kg)	h_2 (mm)	ℓ_3 (mm)	ℓ_a (mm)	ℓ_b (mm)	A_b (mm ²)	n	n_{FV}	n_{FH}
基礎ボルト								2	2

部材	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s
基礎ボルト	221	373	221	261	側面方向	側面方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位: N)

部材	F_b		F_{b1}		F_{b2}		Q_b	
	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s
基礎ボルト	375.5	532.7	345.3	482.8	375.5	532.7	436.5	589.4

2.4 結論

2.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SS400	引張り	$\sigma_b=4$	$f_{ts}=132^*$	$\sigma_b=5$	$f_{ts}=156^*$
		せん断	$\tau_b=1$	$f_{sb}=102$	$\tau_b=2$	$f_{sb}=120$

すべて許容応力以下である。

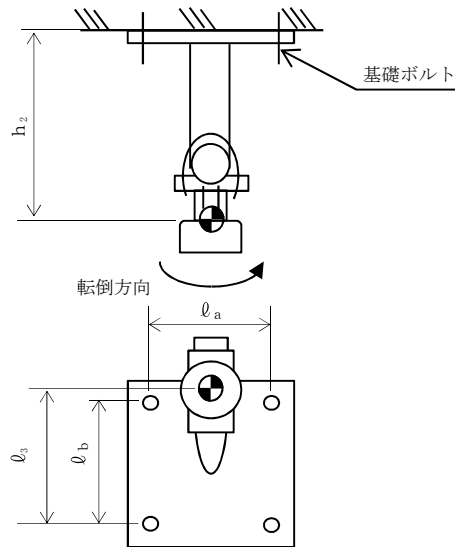
注記*： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$ より算出

2.4.2 電気的機能維持の評価結果

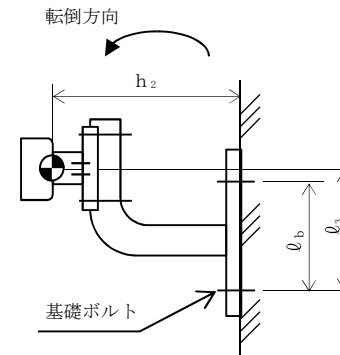
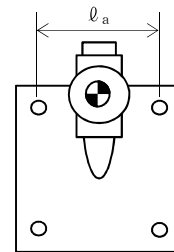
($\times 9.8 \text{ m/s}^2$)

		評価用加速度	機能確認済加速度
サブプレッション・プール水位	水平方向	0.80	
	鉛直方向	0.77	

評価用加速度 (1.0ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



正面 (水平方向)



側面 (鉛直方向)

3. サプレッション・プール水位 (LT-26-79.60)

3.1 概要

本計算書は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」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、サプレッション・プール水位 (LT-26-79.60) が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

サプレッション・プール水位 (LT-26-79.60) は、重大事故等対処設備において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に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

3.2 一般事項

3.2.1 構造計画

サプレッション・プール水位 (LT-26-79.60) の構造計画を表 3-1 に示す。

表 3-1 構造計画 (LT-26-79.60)

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は、計器取付ボルトにより計器取付板に固定され、取付板は、取付板取付ボルトにより計器スタンションに固定される。</p> <p>計器スタンションは、基礎に基礎ボルトで設置する。</p>	<p>差圧式水位検出器</p>	

3.2.2 評価方針

サプレッション・プール水位 (LT-26-79.60) の応力評価は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針 3.1 構造強度上の制限」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「3.2.1 構造計画」にて示すサプレッション・プール水位 (LT-26-79.60) の部位を踏まえ「3.3 評価部位」にて設定する箇所において、「3.4 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、「3.5 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。また、サプレッション・プール水位 (LT-26-79.60) の機能維持評価は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針 4.3 電氣的機能維持」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを、「3.6 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「3.7 評価結果」に示す。

サプレッション・プール水位 (LT-26-79.60) の耐震評価フローを図 3-1 に示す。

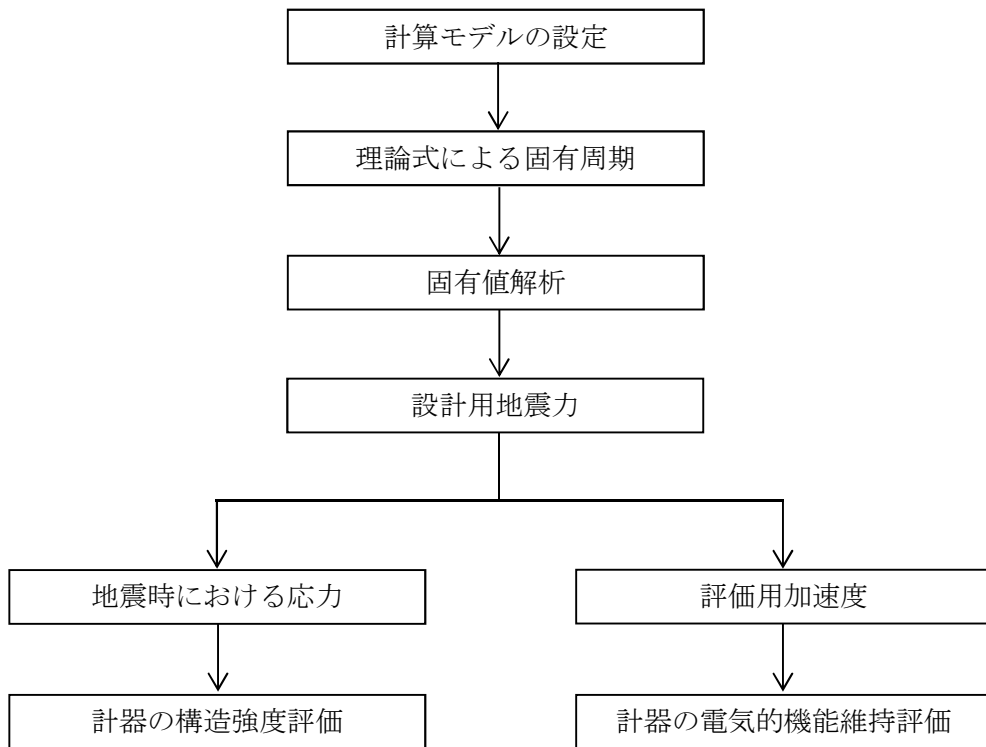


図 3-1 サプレッション・プール水位 (LT-26-79.60) の耐震評価フロー

3.2.3 適用基準

適用基準等を以下に示す。

- (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
－1984, J E A G 4 6 0 1 －1987及びJ E A G 4 6 0 1 －1991 追補版）（日本電気
協会 電気技術基準調査委員会 昭和59年9月, 昭和62年8月及び平成3年6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。）

3.2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_{bi}	ボルトの軸断面積* ¹	mm ²
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
d	ボルトの呼び径* ¹	mm
F	設計・建設規格 SSB-3133に定める値* ¹	MPa
F_b	ボルトに作用する引張力（1本当たり）* ¹	N
f_{sb}	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力* ¹	MPa
f_{to}	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力* ¹	MPa
f_{ts}	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力* ¹	MPa
g	重力加速度（=9.80665）	m/s ²
h_i	据付面又は取付面から重心までの距離* ¹	mm
l_1	重心とボルト間の水平方向距離* ¹ , * ³	mm
l_2	重心とボルト間の水平方向距離* ¹ , * ³	mm
m	検出器質点の質量* ²	kg
n	ボルトの本数* ¹	—
n_f	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数* ¹	—
Q_b	ボルトに作用するせん断力* ¹	N
S_u	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値* ¹	MPa
S_y	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値* ¹	MPa
π	円周率	—
σ_b	ボルトに生じる引張応力* ¹	MPa
τ_b	ボルトに生じるせん断応力* ¹	MPa

3.2.5 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3-2に示すとおりとする。

表3-2 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
震度	—	小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位
温度	°C	—	—	整数位
質量	kg	—	—	整数位
長さ*1	mm	—	—	整数位
面積*2	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
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の場合は、小数点以下表示とする。

*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引張強さ及び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。

3.3 評価部位

サプレッション・プール水位 (LT-26-79.60) の耐震評価は、「3.5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる基礎ボルトについて実施する。サプレッション・プール水位 (LT-26-79.60) の耐震評価部位については、表 3-1 の概略構造図に示す。

3.4 固有周期

3.4.1 固有周期の計算方法

サプレッション・プール水位 (LT-26-79.60) の固有周期の計算方法を以下に示す。

- (1) サプレッション・プール水位 (LT-26-79.60) の質量は、質点に集中しているものとする。
- (2) サプレッション・プール水位 (LT-26-79.60) は、図 3-2 に示す壁固定の 1 質点系振動モデルとして考える。

3.4.1.1 水平方向

- (3) 固有周期は次式で求める。

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m_1}{1000} \cdot \left[\frac{l_b^3}{48 \cdot E \cdot I} + \frac{l_b}{4 \cdot A_s \cdot G} \right]} \dots (3.4.1.1.1)$$

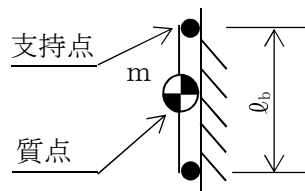


図 3-2 固有周期の計算モデル

3.4.1.2 鉛直方向

鉛直方向は十分な剛性を有していることから、固有周期の計算を省略する。

3.4.2 固有周期の計算条件

固有周期の計算に用いる数値を表 3-3 に示す。

表 3-3 固有周期の計算条件

項目	記号	単位	数値等
サプレッション・プール水位の質量	m_1	kg	
据付面から質点までの距離	l_b	mm	
縦弾性係数	E	MPa	
断面二次モーメント	I	mm ⁴	
最小有効せん断断面積	A _s	mm ²	
せん断弾性係数	G	MPa	

3.4.3 固有周期の計算結果

固有周期の計算結果を表 3-4 に示す。計算の結果、水平方向は剛であることを確認した。

表 3-4 固有周期 (s)

水平方向	鉛直方向
□	—*

注記 * : 固有周期は十分に小さく、計算は省略する。

3.5 構造強度評価

3.5.1 構造強度評価方法

- (1) サプレッション・プール水位 (LT-26-79.60) の質量は質点に集中するものとする。
- (2) 地震力はサプレッション・プール水位 (LT-26-79.60) に対して水平方向及び鉛直方向から同時に作用するものとする。
- (3) 検出器は壁面に基礎ボルトで固定されるものとする。
- (4) 転倒方向は、[図 3-2](#)、[図 3-3](#) 計算モデルにおける短辺方向及び長辺方向について検討し、計算書には計算結果の厳しい方（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。
- (5) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

3.5.2 荷重の組合せ及び許容応力

3.5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

サプレッション・プール水位 (LT-26-79.60) の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 [3-5](#) に示す。

3.5.2.2 許容応力

サプレッション・プール水位 (LT-26-79.60) の許容応力を表 [3-6](#) に示す。

3.5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

サプレッション・プール水位 (LT-26-79.60) の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 [3-7](#) に示す。

表 3-5 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*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	サプレッション・プール水位	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_S$ *3	IV_{AS}
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_S$	V_{AS} (V_{AS} として IV_{AS} の許 容限界を用い る。)

注記 *1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

*2：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。

*3：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_S$ 」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 3-6 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
IV_{AS}	$1.5 \cdot f_t$ *	$1.5 \cdot f_s$ *
V_{AS} (V_{AS} として IV_{AS} の許容限界を用いる。)		

注記 *1：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。

*2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。



表 3-7 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_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y (RT) (MPa)
基礎ボルト		周囲環境温度		221	373	—

3.5.3 設計用地震力

「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」に基づき設定する。耐震評価に用いる設計用地震力を表 3-8 に示す。

表 3-8 設計用地震力（重大事故等対処設備）

据付場所及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		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	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉建屋 			—	—	$C_H=0.96$	$C_V=0.92$

注記 *1：基準床レベルを示す。

*2：固有周期は十分小さく，計算は省略する。

3.5.4 計算方法

3.5.4.1 基礎ボルトの算出方法

基礎ボルトの応力は、地震による震度により作用するモーメントによって生じる引張りとせん断力について計算する。

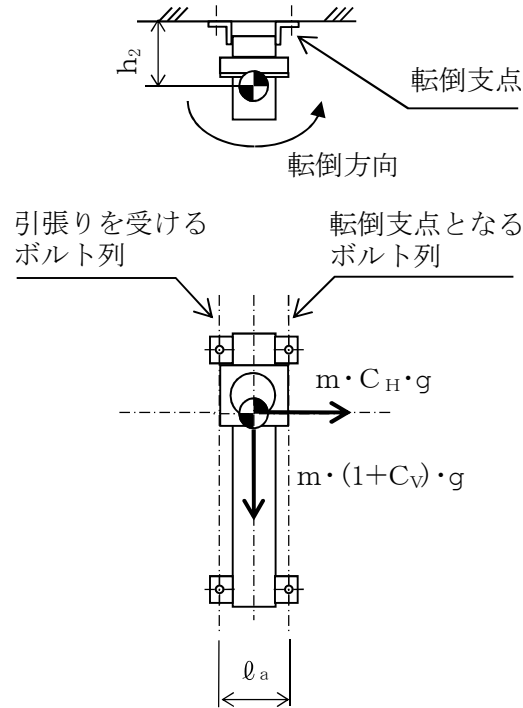


図3-5(1) LT-26-79.60 計算モデル
(壁掛形 正面方向転倒の場合)

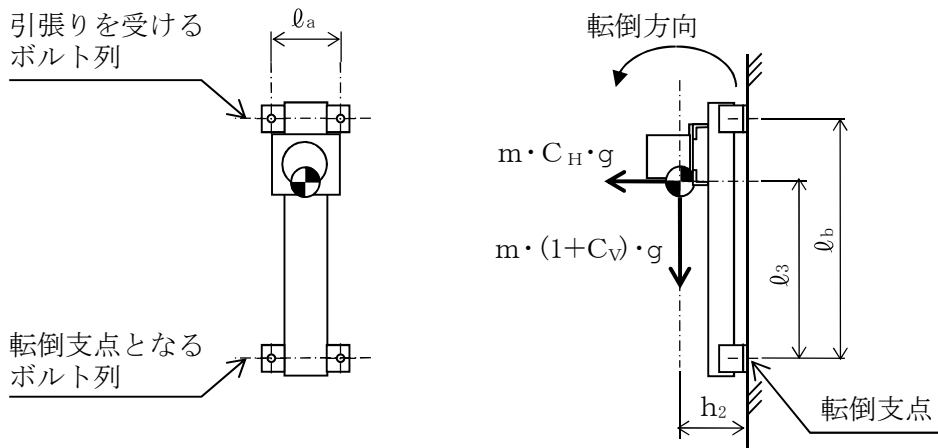


図3-5(2) LT-26-79.60 計算モデル
(壁掛形 側面方向転倒の場合)

(1) 引張応力

基礎ボルトに対する引張力は、最も厳しい条件として、図3-5で最外列の基礎ボルトを支点とする転倒を考え、これを片側の最外列の基礎ボルトで受けるものとして計算する。

引張力 (F_b)

計算モデル図3-5(1)の場合の引張力

$$F_{b1} = m \cdot g \cdot \left(\frac{C_H \cdot h_2}{n_{fH} \cdot l_a} + \frac{(1 + C_V) \cdot h_2}{n_{fV} \cdot l_b} \right) \dots\dots\dots (3.5.4.1.1)$$

計算モデル図3-5(2)の場合の引張力

$$F_{b2} = m \cdot g \cdot \left(\frac{C_H \cdot l_3 + (1 + C_V) \cdot h_2}{n_{fV} \cdot l_b} \right) \dots\dots\dots (3.5.4.1.2)$$

$$F_b = \text{Max} (F_{b1}, F_{b2}) \dots\dots\dots (3.5.4.1.3)$$

引張応力 (σ_b)

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b} \dots\dots\dots (3.5.4.1.4)$$

ここで、基礎ボルトの軸断面積A_bは次式により求める。

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \dots\dots\dots (3.5.4.1.5)$$

(2) せん断応力

基礎ボルトに対するせん断力は、基礎ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力 (Q_b)

$$Q_{b1} = m \cdot g \cdot C_H \dots\dots\dots (3.5.4.1.6)$$

$$Q_{b2} = m \cdot g \cdot (1 + C_V) \dots\dots\dots (3.5.4.1.7)$$

$$Q_b = \sqrt{(Q_{b1})^2 + (Q_{b2})^2} \dots\dots\dots (3.5.4.1.8)$$

せん断応力 (τ_b)

$$\tau_b = \frac{Q_b}{n \cdot A_b} \dots\dots\dots (3.5.4.1.9)$$

3.5.5 計算条件

3.5.5.1 基礎ボルトの応力計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【サブプレッション・プール水位 (LT-26-79.60) の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器様目に示す。

3.5.6 応力の評価

3.5.6.1 ボルトの応力評価

3.5.4.1 項で求めたボルトの引張応力 σ_b は次式より求めた許容引張応力 f_{ts} 以下であること。ただし、 f_{to} は下表による。

$$f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}] \dots\dots\dots (3.4.6.1.1)$$

せん断応力 τ_b はせん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力 f_{sb} 以下であること。ただし、 f_{sb} は下表による。

	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度による 荷重との組合せの場合	基準地震動 S_s による 荷重との組合せの場合
許容引張応力 f_{to}	$\frac{F}{2} \cdot 1.5$	$\frac{F^*}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 f_{sb}	$\frac{F}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

3.6 機能維持評価

3.6.1 電氣的機能維持評価方法

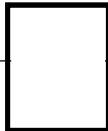
サプレッション・プール水位 (LT-26-79.60) の電氣的機能維持評価について以下に示す。

なお、評価用加速度は添付書類「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

サプレッション・プール水位 (LT-26-79.60) の機能確認済加速度は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において電氣的機能の健全性を確認した評価部位の加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 3-9 に示す。

表 3-9 機能確認済加速度 ($\times 9.8 \text{ m/s}^2$)

評価部位	方向	機能確認済加速度
サプレッション・プール水位 (LT-26-79.60)	水平	
	鉛直	

3.7 評価結果

3.7.1 重大事故等対処設備としての評価結果

サプレッション・プール水位 (LT-26-79.60) の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及び電氣的機能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頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【サブプレッション・プール水位 (LT-26-79.60) の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 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)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		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	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
サブプレッション・プール水位	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋 []	[]	[]	—	—	$C_H=0.96$	$C_V=0.92$	[]

注記 *1: 基準床レベルを示す。

*2: 固有周期は十分小さく, 計算は省略する。

1.2 機器要目

1.2.1 サブプレッション・プール水位 (LT-26-79.60)

部材	m (kg)	h_2 (mm)	ℓ_3 (mm)	ℓ_a (mm)	ℓ_b (mm)	A_b (mm ²)	n	n_f
基礎ボルト	[]							2

部材	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F (MPa)	F^* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s
基礎ボルト	221	373	—	261	—	水平方向

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位: N)

部材	F_b		F_{b1}		F_{b2}		Q_b	
	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s
基礎ボルト	[]							

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	□	引張り	—	—	$\sigma_b=3$	$f_{ts}=164^*$
		せん断	—	—	$\tau_b=2$	$f_{sb}=126$

すべて許容応力以下である。

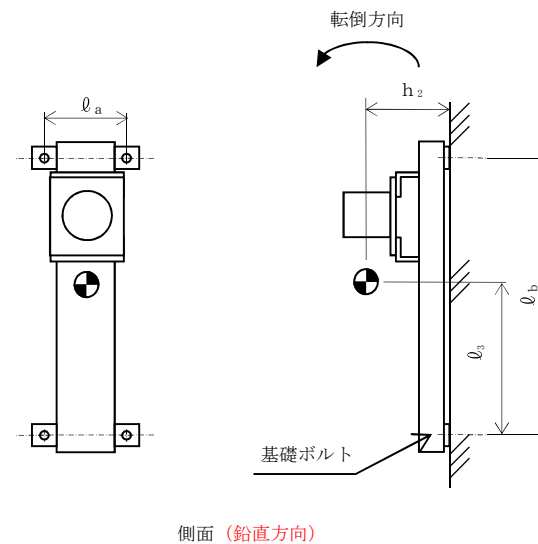
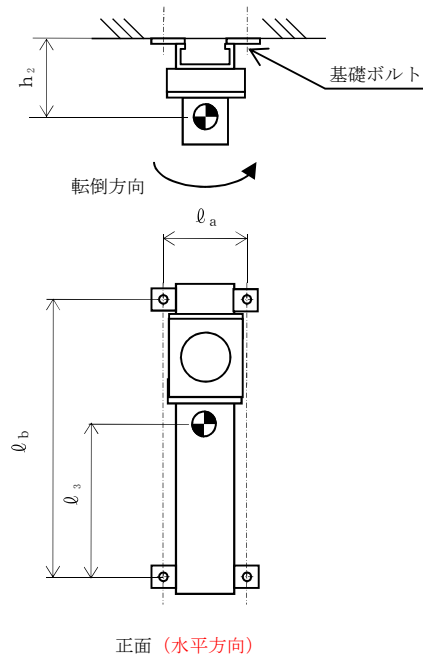
注記* : $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$ より算出

1.4.2 電気的機能維持の評価結果

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		評価用加速度	機能確認済加速度
サブプレッション・プール水位	水平方向	0.80	□
	鉛直方向	0.77	□

評価用加速度 (1.0ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



4. サプレッション・プール水位 (LT-26-79.60 用遮へい体)

4.1 概要

本計算書は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」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、サプレッション・プール水位 (LT-26-79.60 用遮へい体) が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

サプレッション・プール水位 (LT-26-79.60 用遮へい体) は、重大事故等対処設備においては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に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

4.2 一般事項

4.2.1 構造計画

サプレッション・プール水位 (LT-26-79.60 用遮へい体) の構造計画を表 4-1 に示す。

表 4-1 構造計画 (LT-26-79.60 用遮へい体)

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>遮へい体は、遮へい体固定ボルトにより遮へい体支持架構に固定される。</p> <p>遮へい体支持架構は、基礎に基礎ボルトで設置する。</p>	<p>遮へい体</p>	<p>上面</p> <p>平面 (水平方向)</p> <p>側面 (鉛直方向)</p> <p>基礎ボルト</p> <p>基礎(壁面)</p> <p>(単位: mm)</p>

4.2.2 評価方針

サプレッション・プール水位 (LT-26-79.60 用遮へい体)の応力評価は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針 3.1 構造強度上の制限」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「4.2.1 構造計画」にてサプレッション・プール水位 (LT-26-79.60 用遮へい体)の部位を踏まえ「4.3 評価部位」にて設定する箇所において、「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、「4.5 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「4.6 評価結果」に示す。

サプレッション・プール水位 (LT-26-79.60 用遮へい体)の耐震評価フローを図4-1に示す。

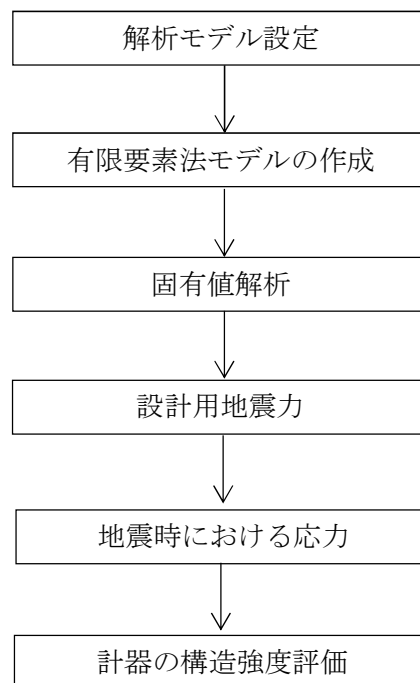


図4-1 サプレッション・プール水位 (LT-26-79.60 用遮へい体)の耐震評価フロー

4.2.3 適用基準

適用基準等を以下に示す。

- (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-1984, J E A G 4 6 0 1-1987及びJ E A G 4 6 0 1-1991 追補版）
（日本電気協会 電気技術基準調査委員会 昭和59年9月，昭和62年8月及び平成3年6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。）

4.2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A	サポートの断面積	mm^2
A_b	ボルトの軸断面積	mm^2
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
d	ボルトの呼び径	mm
E	縦弾性係数	MPa
F	設計・建設規格 SSB-3131 に定める値	MPa
F^*	設計・建設規格 SSB-3133 に定める値	MPa
F_b	ボルトに作用する引張力 (1本当たり)	N
f_{sb}	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力	MPa
f_{to}	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力	MPa
f_{ts}	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s^2
h_1	取付面から重心までの距離	mm
I_p	サポートの断面二次極モーメント	mm^4
I_y	サポートの断面二次モーメント (y 軸)	mm^4
I_z	サポートの二次モーメント (z 軸)	mm^4
ℓ_1	重心とボルト間の水平方向距離*	mm
ℓ_2	重心とボルト間の水平方向距離*	mm
m	遮へい体及びサポート鋼材の総質量	kg
m_a	遮へい体の質量	kg
n	ボルトの本数	—
n_f	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数	—
Q_b	ボルトに作用するせん断力	N
S_u	設計・建設規格 付録材料図表 Part 5 表9に定める値	MPa
S_y	設計・建設規格 付録材料図表 Part 5 表8に定める値	MPa
Z_p	サポートのねじり断面係数	mm^3
Z_y	サポートの断面係数 (y 軸)	mm^3
Z_z	サポートの断面係数 (z 軸)	mm^3
ν	ポアソン比	—
π	円周率	—

記号	記号の説明	単位
σ_b	ボルトに生じる引張応力	MPa
τ_b	ボルトに生じるせん断応力	MPa

注記 * : $l_1 \leq l_2$

4.2.5 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 4-2 に示すとおりとする。

表 4-2 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
震度	—	小数点以下第 3 位	切上げ	小数点以下第 2 位
温度	℃	—	—	整数位
質量* ¹	kg	—	—	整数位
長さ* ¹	mm	—	—	整数位
面積	mm ²	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
力	N	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の場合は，小数点以下表示とする。

*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間における引張強さ及び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。

4.3 評価部位

サプレッション・プール水位 (LT-26-79.60 用遮へい体) の耐震評価は、「4.5 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる基礎ボルトについて実施する。サプレッション・プール水位 (LT-26-79.60 用遮へい体) の耐震評価箇所については、表 4-1 の概略構造図に示す。

4.4 固有周期

4.4.1 固有値解析方法

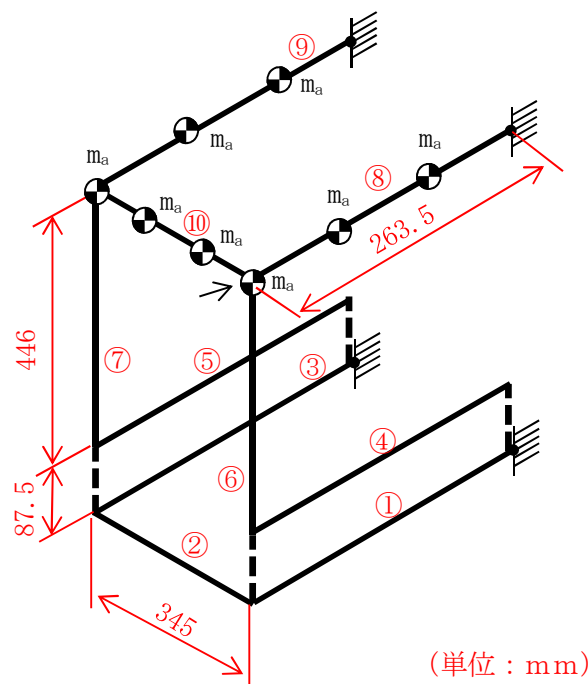
サプレッション・プール水位 (LT-26-79.60 用遮へい体) の固有値解析方法を以下に示す。

- (1) サプレッション・プール水位 (LT-26-79.60 用遮へい体) は、4.4.2 解析モデル及び諸元に示す 3 次元はりモデルとして考える。

4.4.2 解析モデル及び諸元

サプレッション・プール水位(LT-26-79.60用遮へい体)の解析モデルを図4-2に、解析モデルの概要を以下に示す。また、機器の諸元を表4-3、部材の機器要目を表4-4に示す。

- (1) 図4-2中○内の数字は部材番号(要素番号)を示す。
- (2) 図4-2中の●は遮へい体の質点を示し、 m_a は65kgである。
- (3) 図4-2中の実線はサポート鋼材、点線は仮想鋼材を示す。
- (4) 拘束条件は、XYZ方向及び回転方向を固定する。
- (5) 解析コードは、「NSAFE」を使用し、固有値及び荷重を求める。なお、評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「V-5-4 計算機プログラム(解析コード)の概要・HISAP及びNSAFE」に示す。
- (6) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。



(単位：mm)

///● : 支持点(サポート基礎部)

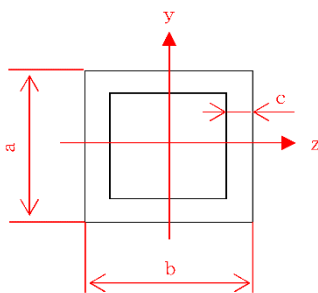
● : 遮へい体質点

図4-2 サプレッション・プール水位
(LT-26-79.60用遮へい体) 解析モデル

表 4-3 機器諸元 (LT-26-79.60 用遮へい体)

項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	
質量	m_i	kg	
温度条件 (雰囲気温度)	T	°C	
縦弾性係数	E	MPa	
ポアソン比	ν	—	
要素数	—	個	
節点数	—	個	

表 4-4 部材の機器要目

材料	STKR400	
対象要素	①-③	④-⑩
A (mm ²)	2163	
I _y (mm ⁴)	3.110×10^6	
I _z (mm ⁴)	3.110×10^6	
I _p (mm ⁴)	4.980×10^6	
Z _y (mm ³)	6.230×10^4	
Z _z (mm ³)	6.230×10^4	
Z _p (mm ³)	1.060×10^5	
断面形状	 <p>100×100×6 (a×b×c)</p>	

NT2 補② V-2-6-5-41 R1

4.4.3 固有値解析結果

固有値解析結果を表 4-5 に示す。

1 次モードは水平方向に卓越し、固有周期が 0.05 秒以下であり、剛であることを確認した。また、鉛直方向は 2 次モード以降で卓越し、固有周期は 0.05 秒以下であり剛であることを確認した。

表 4-5 固有値解析結果(s)

モード	固有周期	卓越方向
1 次		水平

4.5 構造強度評価

4.5.1 構造強度評価方法

4.4.2 項(1)～(6)のほか，次の条件で計算する。

- (1) 地震力はサブプレッション・プール水位 (LT-26-79.60 用遮へい体) に対して，水平方向及び鉛直方向から同時に作用するものとする。

4.5.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

サブプレッション・プール水位 (LT-26-79.60 用遮へい体) の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-6 に示す。

4.5.2.2 許容応力

サブプレッション・プール水位 (LT-26-79.60 用遮へい体) の許容応力を表 4-7 に示す。

4.5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

サブプレッション・プール水位 (LT-26-79.60 用遮へい体) の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-8 に示す。

表 4-6 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*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	計測装置	サプレッション・プール水位 (LT-26-79.60 用遮へい体)	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_d^{**3}$	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A S

注記 *1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は重大事故緩和設備を示す。

*2：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。

*3：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 4-7 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張り	せん断
Ⅲ _A S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
Ⅳ _A S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

注記 *1：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。

*2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-8 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 _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)
基礎ボルト		周囲環境温度		221	373	—

4.5.3 設計用地震力

「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」に基づき設定する。耐震評価に用いる設計用地震力を表4-9に示す。

表4-9 設計用地震力（重大事故等対処設備）

据付場所及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		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	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
原子炉建屋 □	□		—	—	$C_H=0.96$	$C_V=0.92$

注記 *1：基準床レベルを示す。

*2：固有値解析より0.05秒以下であり剛であることを確認した。

4.5.4 計算方法

4.5.4.1 基礎ボルトの計算方法

基礎ボルトの応力は、地震による震度により作用するモーメントによって生じる引張力とせん断力について計算する。

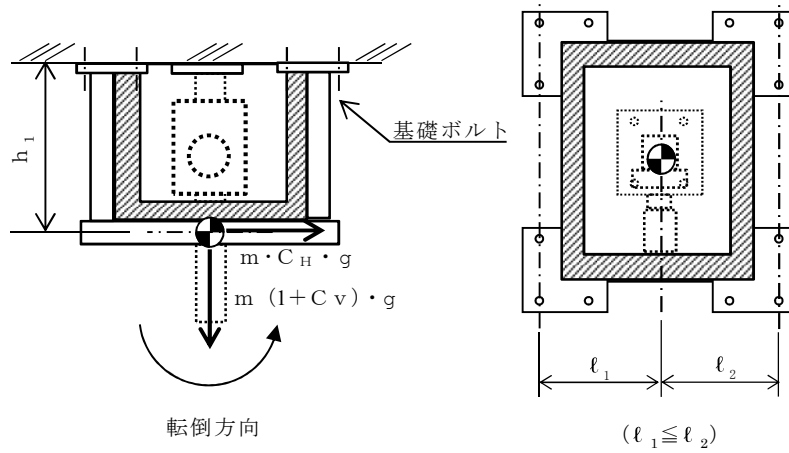


図4-3(1) サプレッション・プール水位 (LT-26-79.60用遮へい体) 計算モデル
(壁掛形 正面方向転倒の場合)

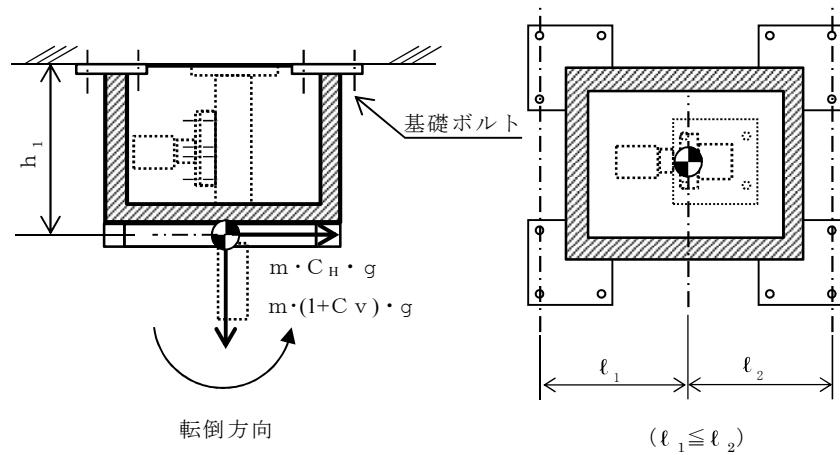


図4-3(2) サプレッション・プール水位 (LT-26-79.60用遮へい体) 計算モデル
(壁掛形 側面方向転倒の場合)

(1) 引張応力

基礎ボルトに対する引張力は、最も厳しい条件として、図4-3で最外列の基礎ボルトを支点とする転倒を考え、これを片側の最外列の基礎ボルトで受けるものとして計算する。

引張力 (F_b)

$$F_b = \frac{m \cdot g \cdot C_H \cdot h_1 + m \cdot g \cdot (1 + C_V) \cdot l_1}{n_f \cdot (l_1 + l_2)} \dots\dots\dots (4.5.4.1.1)$$

引張応力 (σ_b)

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b} \dots\dots\dots (4.5.4.1.2)$$

ここで、基礎ボルトの軸断面積 A_b は次式により求める。

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \dots\dots\dots (4.5.4.1.3)$$

(2) せん断応力

基礎ボルトに対するせん断力は、基礎ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力 (Q_b)

$$Q_b = m \cdot g \cdot C_H \dots\dots\dots (4.5.4.1.4)$$

せん断応力 (τ_b)

$$\tau_b = \frac{Q_b}{n \cdot A_b} \dots\dots\dots (4.5.4.1.5)$$

4.5.5 計算条件

4.5.5.1 基礎ボルトの応力計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【サプレッション・プール水位 (LT-26-79.60用遮へい体)の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器様目に示す。

4.5.6 応力の評価

4.5.6.1 ボルトの応力評価

4.5.4.1項で求めたボルトの引張応力 σ_b は次式より求めた許容引張応力 f_{ts} 以下であること。

せん断応力 τ_b は、せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 f_{sb} 以下であること。ただし、 f_{to} 及び f_{sb} は下表による。

$$f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}] \dots\dots\dots (4.5.6.1.1)$$

せん断応力 τ_b は、せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 f_{sb} 以下であること。

	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度による 荷重との組合せの場合	基準地震動 S_s による 荷重との組合せの場合
許容引張応力 f_{to}	$\frac{F}{2} \cdot 1.5$	$\frac{F^*}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 f_{sb}	$\frac{F}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

4.6 評価結果

4.6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

サプレッション・プール水位 (LT-26-79.60 用遮へい体)の重大事故等対処設備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頁以降の表に示す。

【サプレッション・プール水位(LT-26-79.60用遮へい体)の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

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)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		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	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	
サプレッション・プール水位(遮へい体)	S	原子炉建物			—	—	$C_H=0.96$	$C_V=0.92$	

注記 *1: 基準床レベルを示す。

*2: 固有値解析により 0.05 秒以下であることを確認した。

1.2 機器要目

1.2.1 サプレッション・プール水位(LT-26-79.60用遮へい体)

部材	m(kg)	h_2 (mm)	l_3 (mm)	l_a (mm)	l_b (mm)	A_b (mm ²)	n	n_{IV}	n_{IH}
基礎ボルト								4	4

部材	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F(MPa)	F^* (MPa)	転倒方向	
					弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s
基礎ボルト	221	373	—	261	—	正面方向

1.3 計算数値

1.3.1 基礎ボルトに作用する力

(単位: N)

部材	F_b		F_{b1}		F_{b2}		Q_b	
	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s
基礎ボルト	—	2.564×10^3	—	2.302×10^3	—	2.564×10^3	—	1.196×10^4

1.4 結論

1.4.1 サプレッション・プール水位 (LT-26-79.60 用遮へい体) の応力

(単位: MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト		引張り	—	—	$\sigma_b=23$	$f_{ts}=156^*$
		せん断	—	—	$\tau_b=9$	$f_{sb}=120^*$

すべて許容応力以下である。

注記 * : $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$ より算出

