

本資料のうち、枠囲みの内容は、機密事項に属しますので公開できません。

柏崎刈羽原子力発電所第6号機 設計及び工事計画審査資料	
資料番号	KK6添-2-047 改0
提出年月日	2023年12月13日

VI-2-11-2-2-2 非常用ディーゼル発電設備燃料移送配管防護板の
耐震性についての計算書

2023年12月

東京電力ホールディングス株式会社

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	2
2.1 配置概要	2
2.2 構造計画	2
2.3 評価方針	7
2.4 適用規格・基準等	8
2.5 記号の説明	9
2.6 計算精度と数値の丸め方	12
3. 評価部位	13
4. 地震応答解析及び構造強度評価	13
4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法	13
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	13
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	13
4.2.2 許容応力	13
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件	13
4.3 解析モデル及び諸元	17
4.4 固有周期	22
4.5 設計用地震力	26
4.6 計算方法	27
4.6.1 応力の計算方法	27
4.7 計算条件	30
4.8 応力の評価	30
4.8.1 防護鋼板の応力評価	30
4.8.2 架構の応力評価	30
4.8.3 アンカボルトの応力評価	31
5. 評価結果	32
5.1 設計基準対象施設としての評価結果	32
5.2 重大事故等対処設備としての評価結果	32

1. 概要

本計算書は、VI-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」にて設定している耐震評価方針に基づき、**下位クラス施設である**非常用ディーゼル発電設備燃料移送配管防護板**(Cクラス施設)**が**基準地震動 S_s による地震力**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、下部に設置された上位クラス**施設**である非常用ディーゼル発電設備燃料油系配管に対して、波及的影響を及ぼさないことを説明するものである。

2. 一般事項

2.1 配置概要

非常用ディーゼル発電設備燃料移送配管防護板の設置位置を図2-1に示す。

非常用ディーゼル発電設備燃料移送配管防護板は、上位クラス施設である非常用ディーゼル発電設備燃料油系配管の上部に設置されており、落下時に非常用ディーゼル発電設備燃料油系配管に対して波及的影響を及ぼすおそれがある。

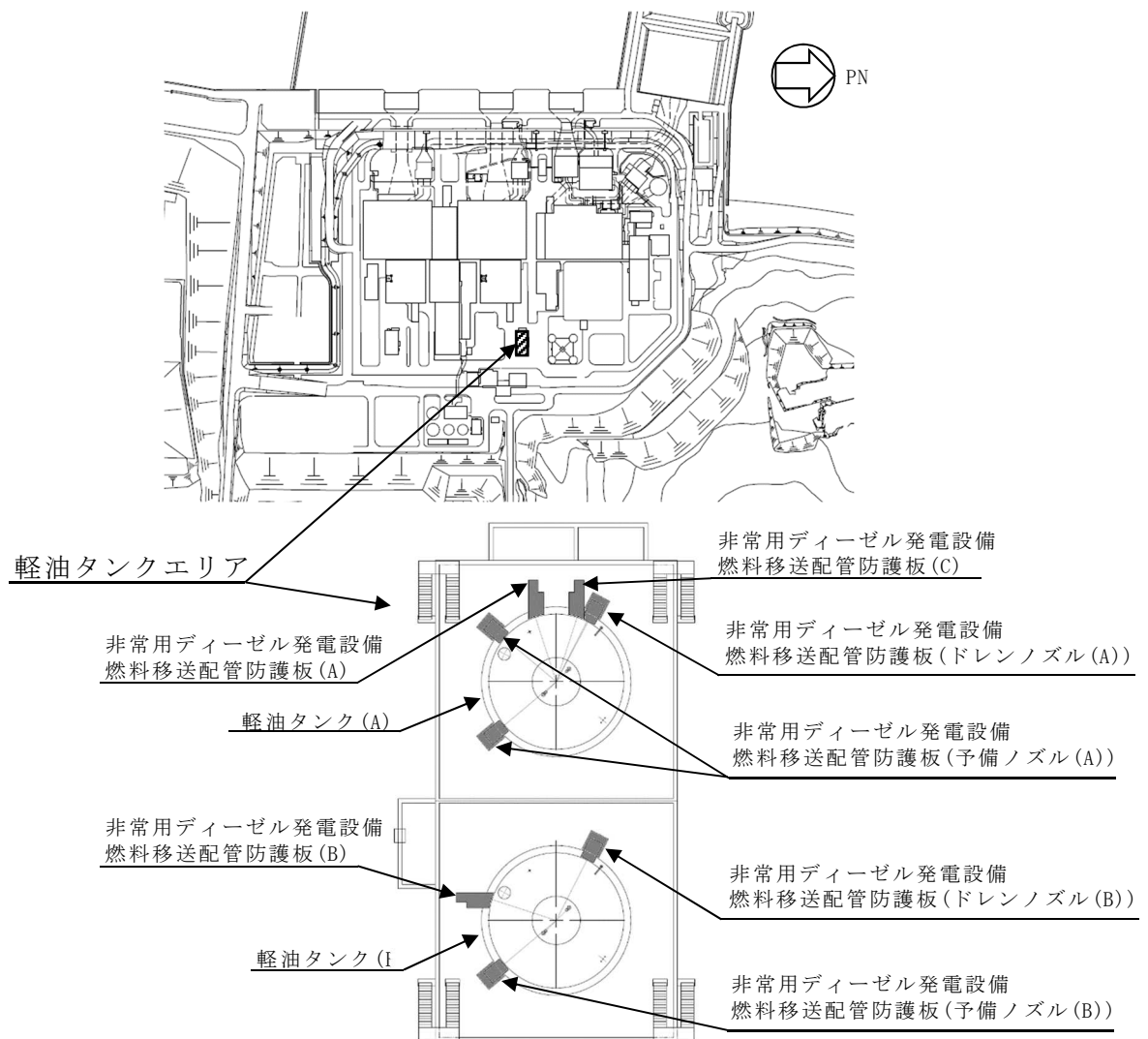


図2-1 非常用ディーゼル発電設備燃料移送配管防護板の設置位置図

2.2 構造計画

非常用ディーゼル発電設備燃料移送配管防護板の構造計画を表2-1に示す。

表2-1 構造計画 (1/4)

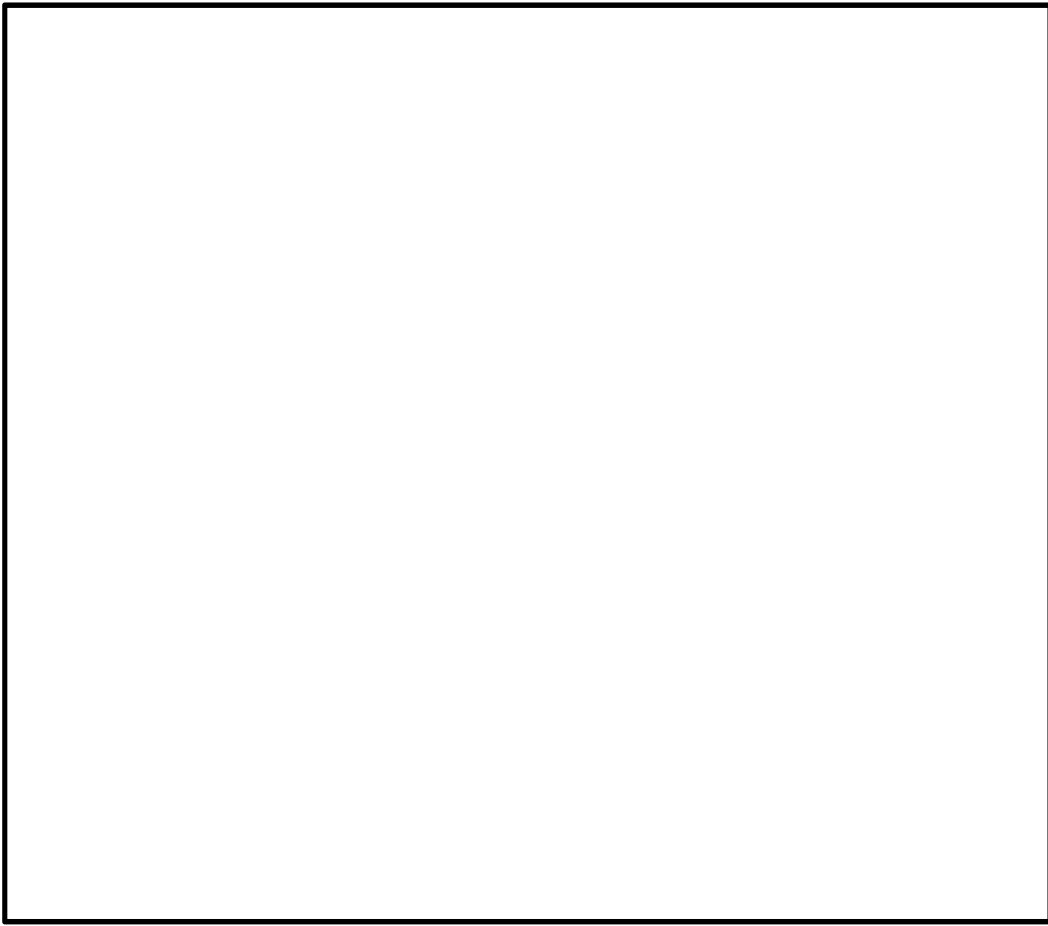
計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
非常用ディーゼル発電設備燃料移送配管防護板は、アンカボルトにより軽油タンク基礎に固定される。	防護鋼板及び架構により構成する。	 <p style="text-align: center;">非常用ディーゼル発電設備燃料移送配管防護板(A)及び(C)</p>

表2-1 構造計画 (2/4)

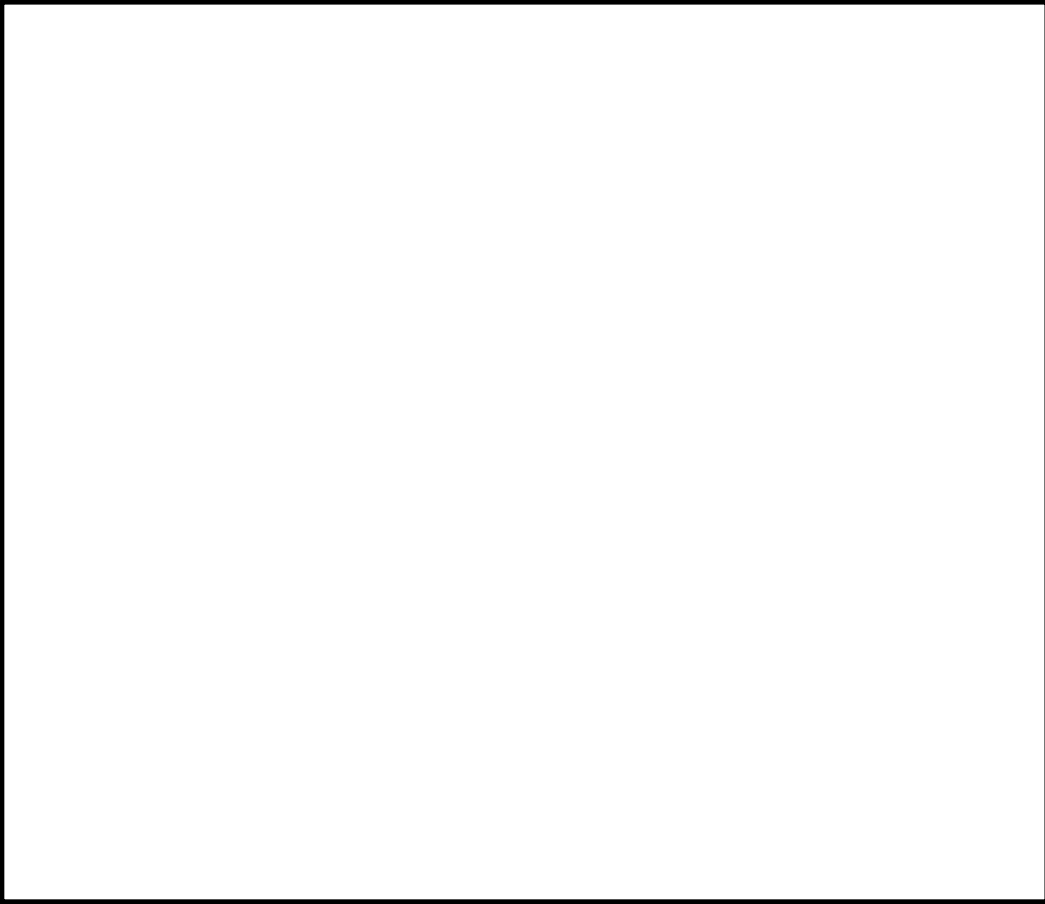
計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
非常用ディーゼル発電設備 燃料移送配管防護板は、アンカボルトにより軽油タンク基礎に固定される。	防護鋼板及び架構により構成する。	 <p>非常用ディーゼル発電設備燃料移送配管防護板(B)</p>

表2-1 構造計画 (3/4)

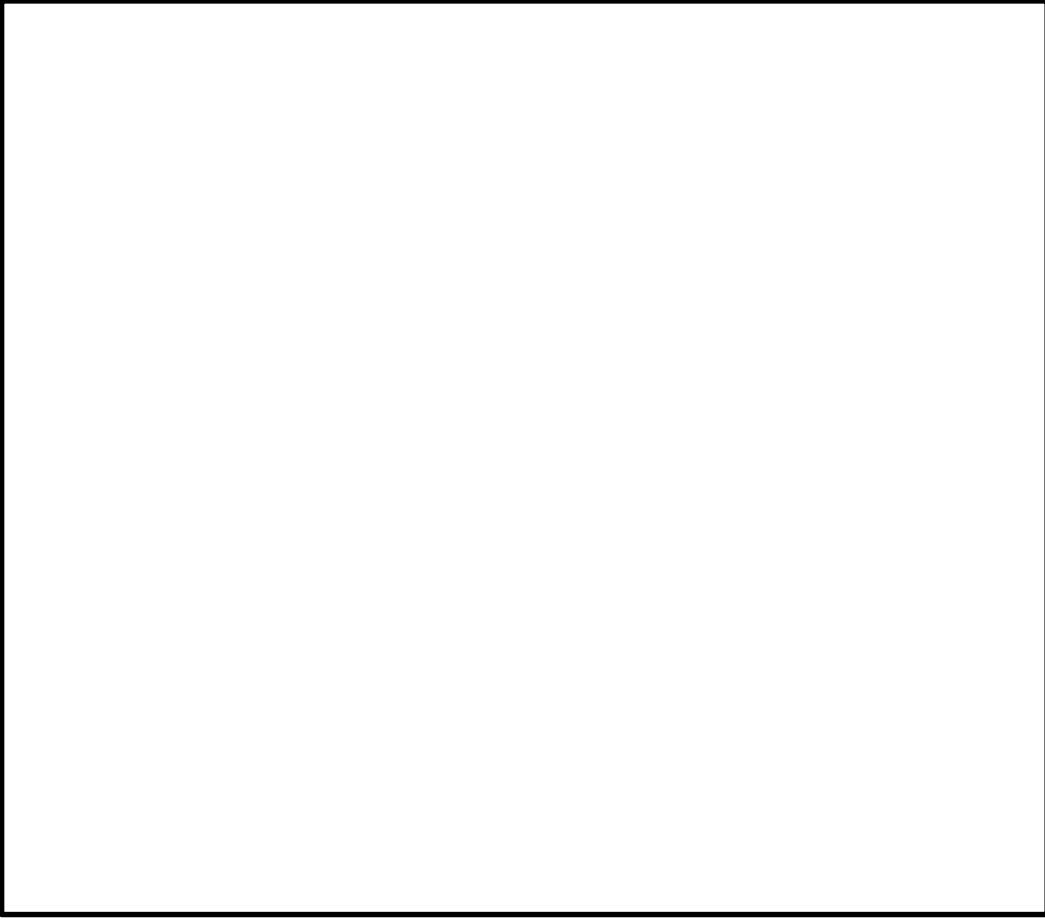
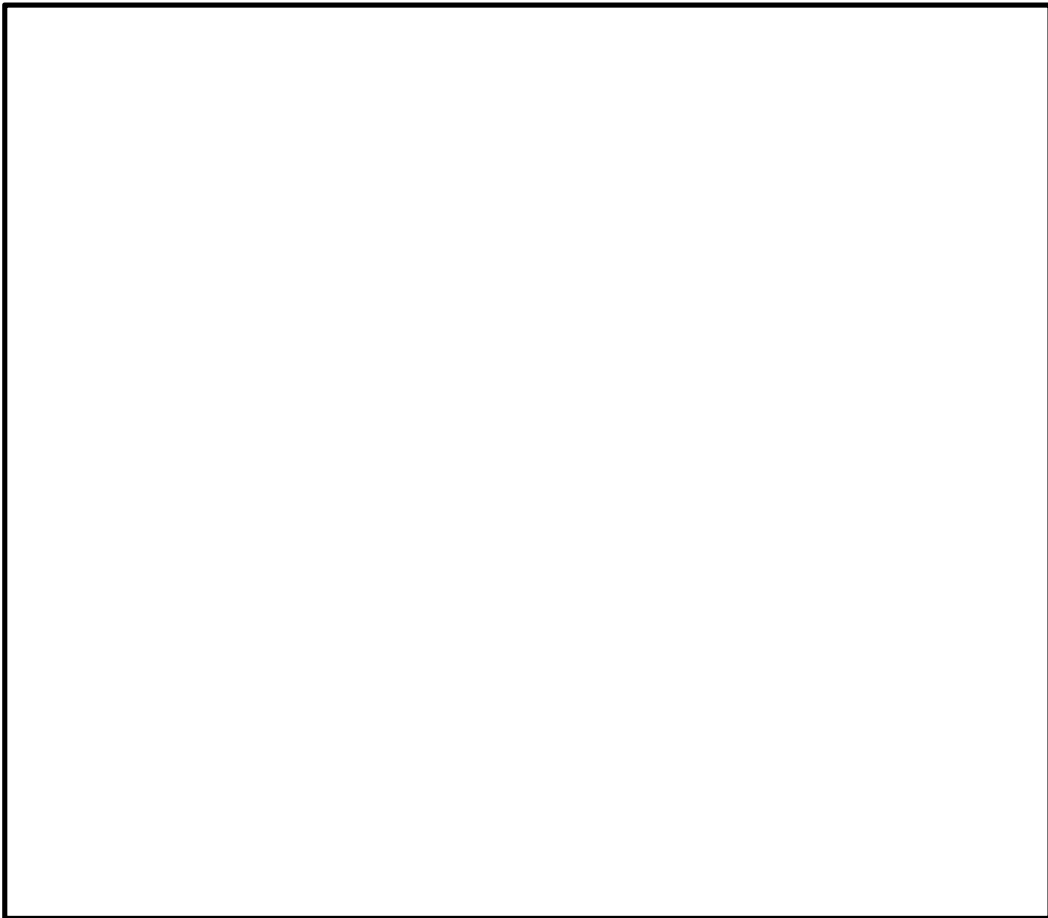
計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
非常用ディーゼル発電設備 燃料移送配管防護板は、アンカボルトにより軽油タンク基礎に固定される。	防護鋼板及び架構により構成する。	 <p>非常用ディーゼル発電設備燃料移送配管防護板 (ドレンノズル(A))</p>

表2-1 構造計画 (4/4)

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
非常用ディーゼル発電設備 燃料移送配管防護板は、アンカボルトにより軽油タンク基礎に固定される。	防護鋼板及び架構により構成する。	 <p>非常用ディーゼル発電設備燃料移送配管防護板 (ドレンノズル(B), 予備ノズル(A)及び(B))</p>

2.3 評価方針

非常用ディーゼル発電設備燃料移送配管防護板の応力評価は、VI-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」に従い実施する。

評価については、「2.2 構造計画」にて示す非常用ディーゼル発電設備燃料移送配管防護板の部位を踏まえ、「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. 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。

非常用ディーゼル発電設備燃料移送配管防護板の耐震評価フローを図2-2に示す。

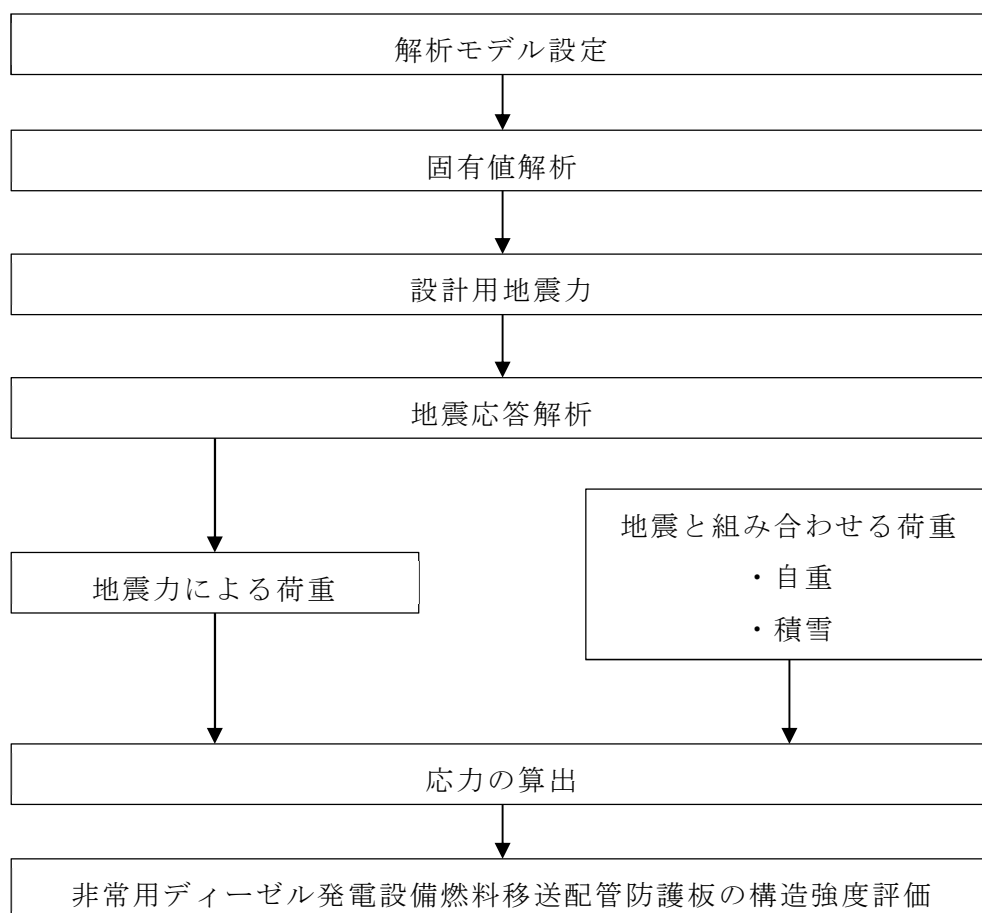


図2-2 非常用ディーゼル発電設備燃料移送配管防護板の耐震評価フロー

2.4 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・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 ((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 ((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版 ((社) 日本電気協会)
- ・発電用原子力設備規格 設計・建設規格 ((社) 日本機械学会, 2005/2007) (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	架構の断面積	mm ²
A _s	鋼板の単位長さ当たりの断面積	mm ²
A _{s y}	架構のせん断断面積 (y 軸)	mm ²
A _{s z}	架構のせん断断面積 (z 軸)	mm ²
A _b	接着系アンカボルトの軸断面積	mm ²
C _H	水平方向設計震度	—
C _V	鉛直方向設計震度	—
d	接着系アンカボルトの径	mm
E	縦弾性係数	MPa
F	設計・建設規格 SSB-3121.1 (1) に定める値	MPa
F*	設計・建設規格 SSB-3121.3又はSSB-3133に定める値	MPa
F _{s x}	防護鋼板の膜力 (x 軸)	N
F _{s y}	防護鋼板の膜力 (y 軸)	N
F _{s x y}	防護鋼板のせん断力	N
f _b	架構の許容曲げ応力	MPa
f _c	架構の許容圧縮応力	MPa
f _s	架構の許容せん断応力	MPa
f _{s b}	アンカボルトの許容せん断応力	MPa
f _t	架構又は防護鋼板の許容引張応力	MPa
f _{t o}	アンカボルトの許容引張応力	MPa
f _{t s}	引張力とせん断力を同時に受けるアンカボルトの許容引張応力	MPa
i	断面二次半径	mm
ℓ _k	座屈長さ	mm
M _y	架構の曲げモーメント (y 軸)	N・mm
M _z	架構の曲げモーメント (z 軸)	N・mm
M _{s x}	防護鋼板の曲げモーメント (x 軸)	N・mm
M _{s y}	防護鋼板の曲げモーメント (y 軸)	N・mm
M _{s x y}	防護鋼板のねじりモーメント	N・mm
m	解析モデル各節点の付加質量の合計	kg

記号	記号の説明	単位
S	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表5に定める値	MPa
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
$S_y(RT)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める材料の 40°Cにおける値	MPa
X, Y, Z	絶対（節点）座標軸	—
x, y, z	局所（要素）座標軸	—
Z_b	鋼板の断面係数	mm ³
Z_y	架構の断面係数（y 軸）	mm ³
Z_z	架構の断面係数（z 軸）	mm ³
Z_t	鋼板のねじり断面係数	mm ³
Λ	架構の限界細長比	—
λ	架構の有効細長比	—
ν'	座屈に対する安全率	—
π	円周率	—
σ	防護鋼板の組合せ応力	MPa
σ_x, σ_y	互いに直交する垂直応力	MPa
N_c	架構の軸力（圧縮）	N
N_t	架構の軸力（引張り）	N
R_x	アンカボルト部の反力（x 軸）	N
R_y	アンカボルト部の反力（y 軸）	N
R_z	アンカボルト部の反力（z 軸）	N
p	アンカボルト1本当たりの引張力	N
q	アンカボルト1本当たりのせん断力	N
Q_y	架構のせん断力（y 軸）	N
Q_z	架構のせん断力（z 軸）	N
σ_b	架構に生じる曲げ応力	MPa
σ_{by}	架構に生じる曲げ応力（y 軸）	MPa
σ_{bz}	架構に生じる曲げ応力（z 軸）	MPa
σ_c	架構に生じる圧縮応力	MPa
σ_t	架構に生じる引張応力	MPa
σ_{tb}	アンカボルトに生じる引張応力の最大値	MPa

記号	記号の説明	単位
τ	防護鋼板に生じるせん断応力	MPa
τ_b	アンカボルトに生じるせん断応力の最大値	MPa
τ_k	架構に生じるせん断応力	MPa
τ_y	架構に生じるせん断応力 (y 軸)	MPa
τ_z	架構に生じるせん断応力 (z 軸)	MPa

2.6 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字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	°C	—	—	整数位
質量	kg	—	—	整数位 ^{*1}
長さ	下記以外の長さ	mm	—	整数位 ^{*1}
	部材断面寸法	mm	小数点以下第2位 ^{*3}	四捨五入 小数点以下第1位 ^{*2}
面積	mm ²	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 ^{*4}
モーメント	N・mm	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 ^{*4}
力	N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 ^{*4}
縦弾性係数	MPa	有効数字4桁目	四捨五入	有効数字3桁
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力 ^{*5}	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：設計上定める値が小数点以下第2位の場合は、小数点以下第2位表示とする。

*3：設計上定める値が小数点以下第3位の場合は、小数点以下第3位表示とする。

*4：絶対値が1000以上のときはべき数表示とする。

*5：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位を切捨て、整数位までの値とする。

3. 評価部位

非常用ディーゼル発電設備燃料移送配管防護板の耐震評価は、「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、落下により、非常用ディーゼル発電設備燃料油系配管が損傷することを防止するため、防護鋼板、架構及びアンカボルトについて実施する。非常用ディーゼル発電設備燃料移送配管防護板の耐震評価部位については、表2-1の概略構造図に示す。

なお、表2-1に示す施設のうち、同一構造である非常用ディーゼル発電設備燃料移送配管防護板(A)と同防護板(C)については同防護板(A)の評価結果を代表するものとする。同様に、同防護板(ドレンノズル(B))と同防護板(予備ノズル(A)及び(B))については同防護板(予備ノズル(B))の評価結果を代表するものとする。同一構造のない同防護板(B)及び同防護板(ドレンノズル(A))についてはそれぞれについて示すものとする。

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) 非常用ディーゼル発電設備燃料移送配管防護板の架構は、アンカボルトにより鉄筋コンクリート造である軽油タンク基礎に固定されるものとする。
- (2) 地震力は、非常用ディーゼル発電設備燃料移送配管防護板に対して水平2方向及び鉛直方向から個別に作用するものとする。また、水平2方向及び鉛直方向の地震力による荷重の組合せには、SRSS法を適用する。
- (3) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

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

非常用ディーゼル発電設備燃料移送配管防護板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。

4.2.2 許容応力

非常用ディーゼル発電設備燃料移送配管防護板の許容応力は、VI-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」に基づき表4-3に示す。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

非常用ディーゼル発電設備燃料移送配管防護板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	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他	非常用ディーゼル発電設備 燃料移送配管防護板	C	—*	$D + P_D + M_D + S_s + P_s$	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状態を適用する。

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
その他	非常用ディーゼル発電設備 燃料移送配管防護板	—	—*	$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s + P_s$	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状態を適用する。

表4-3 許容応力（その他支持構造物）

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

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4-4 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)
防護鋼板	SUS304	周囲環境温度	40	—			—
架構	SS400 	周囲環境温度	40	—			—
アンカボルト	SS400 	周囲環境温度	40	—			—

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)
防護鋼板	SUS304	周囲環境温度	40	—			—
架構	SS400 	周囲環境温度	40	—			—
アンカボルト	SS400 	周囲環境温度	40	—			—

4.3 解析モデル及び諸元

非常用ディーゼル発電設備燃料移送配管防護板の解析モデルを図4-1に、解析モデルの概要を以下に示す。また、機器の諸元を本計算書の【非常用ディーゼル発電設備燃料移送配管防護板の耐震性についての計算結果】の機器要目に示す。

- (1) 非常用ディーゼル発電設備燃料移送配管防護板を構成する架構をはり要素，防護鋼板をシェル要素でモデル化した FEM モデルによって求める。
- (2) 拘束条件として，アンカボルト部の各軸方向を固定する。
- (3) 解析コード「ABAQUS」を使用し，固有値と各要素に発生する荷重及びモーメントを求める。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，別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

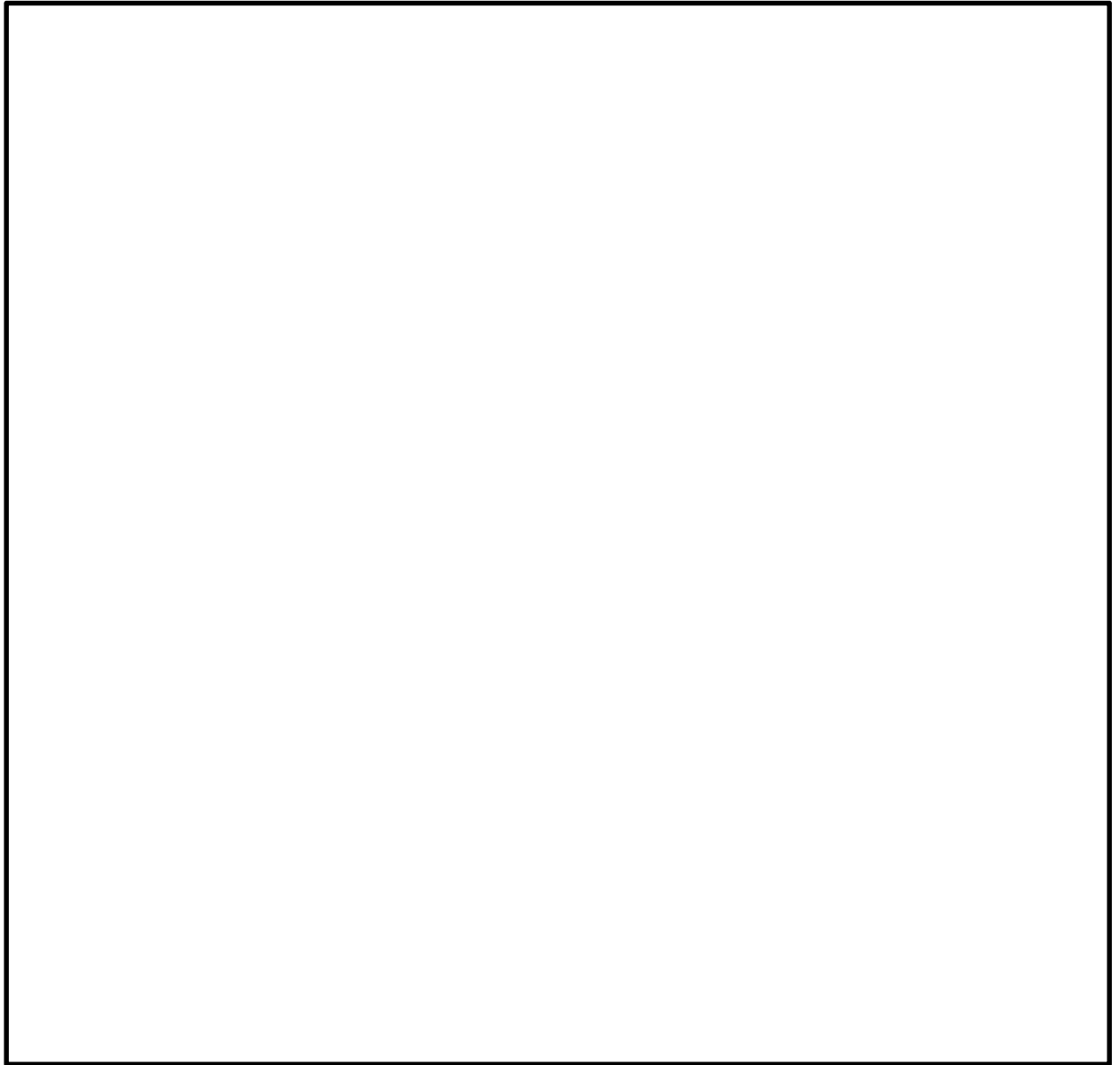


図4-1 (1/4) 非常用ディーゼル発電設備燃料移送配管防護板(A)の解析モデル

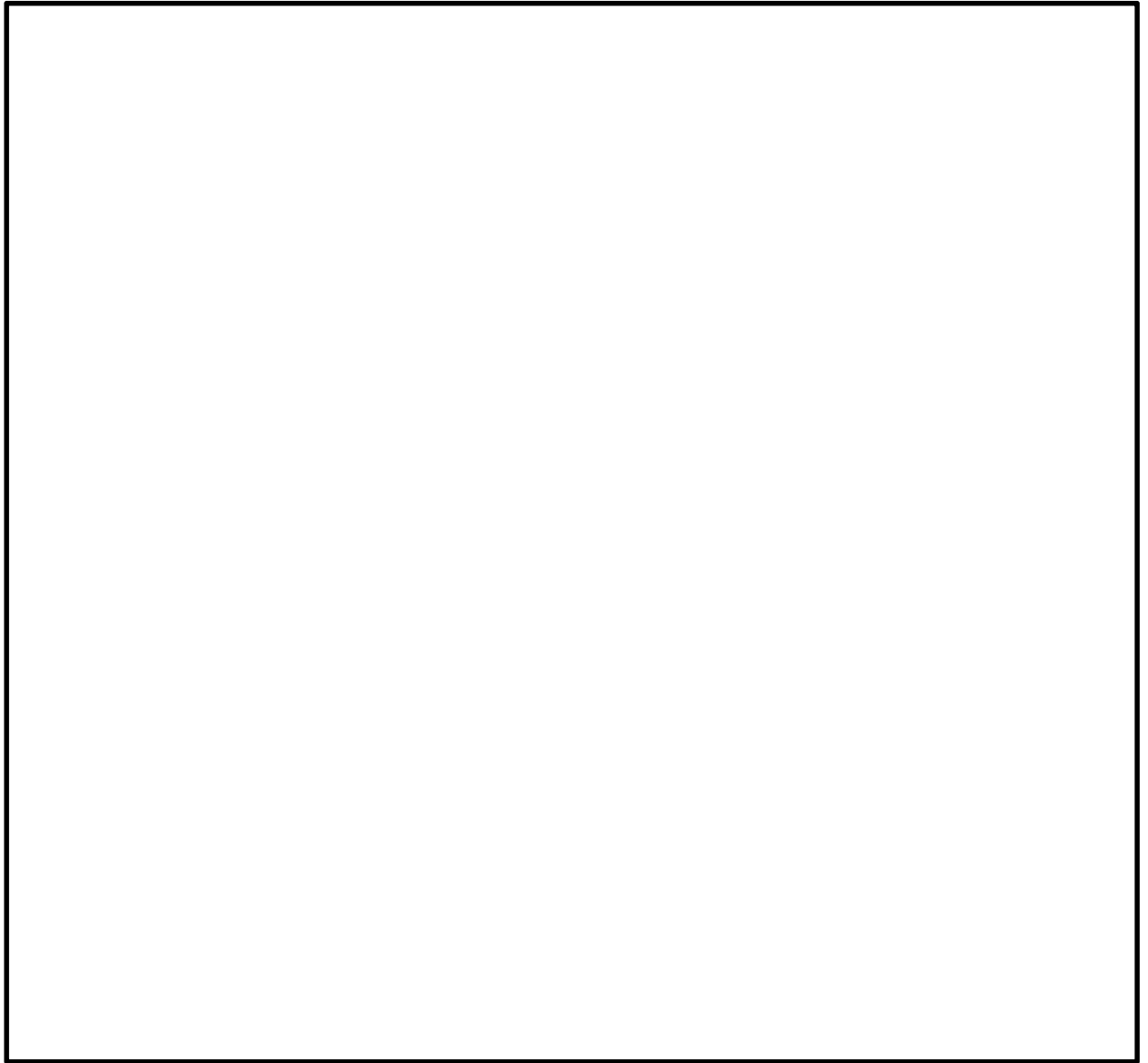


図4-1 (2/4) 非常用ディーゼル発電設備燃料移送配管防護板(B)の解析モデル

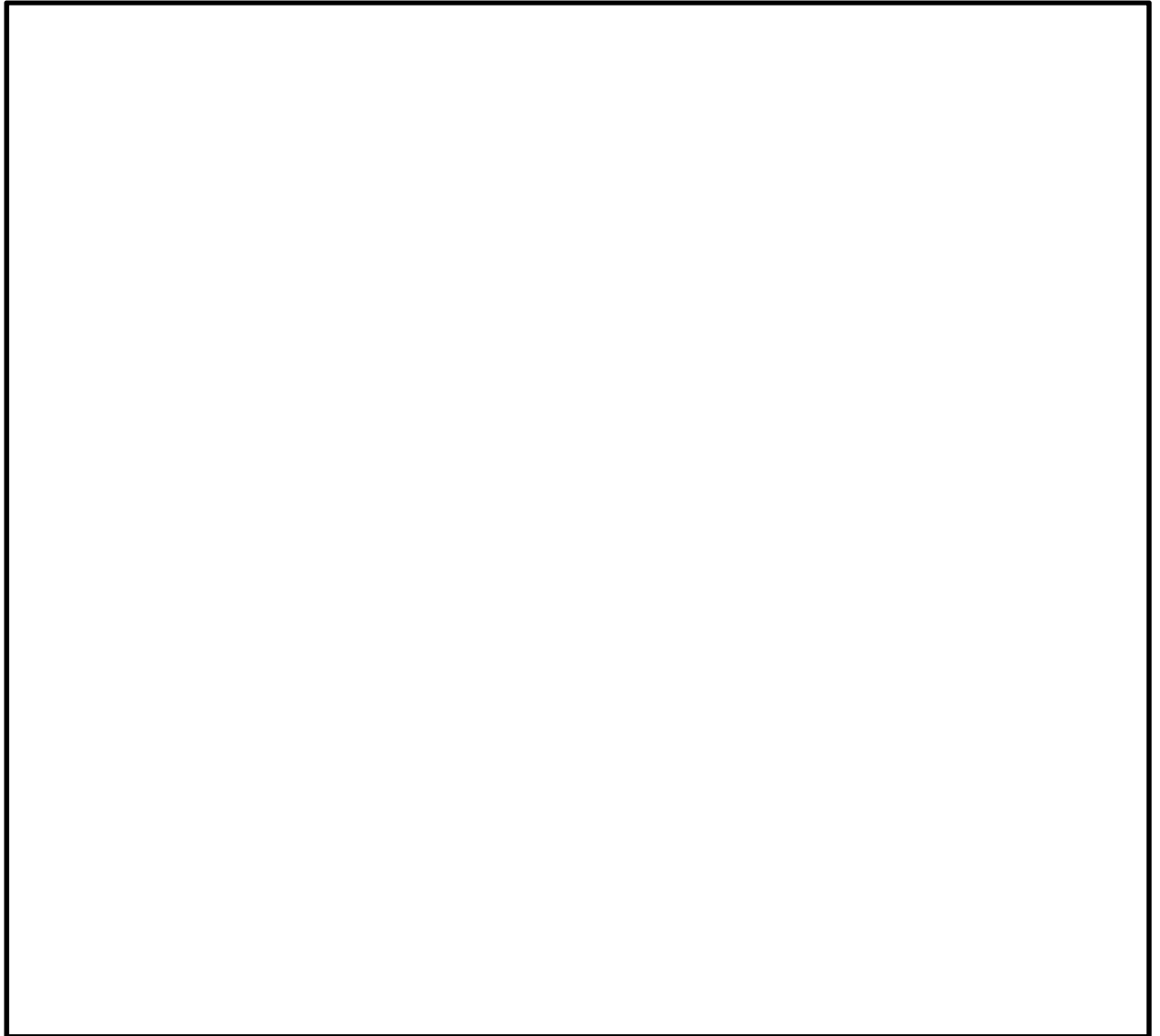


図4-1 (3/4) 非常用ディーゼル発電設備燃料移送配管防護板 (ドレンノズル(A))
の解析モデル

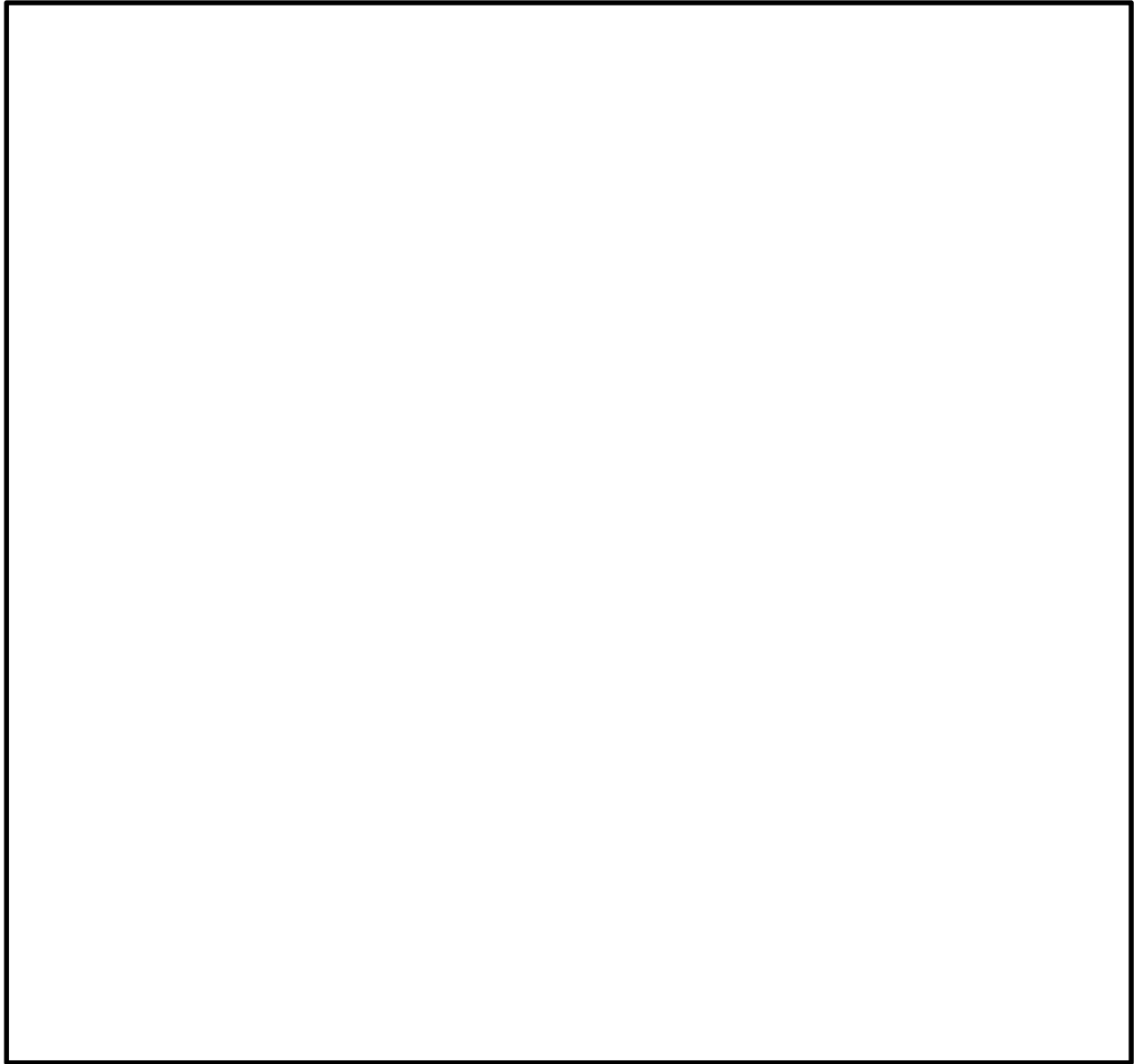


図4-1 (4/4) 非常用ディーゼル発電設備燃料移送配管防護板 (予備ノズル(B))
の解析モデル

4.4 固有周期

固有値解析の結果を表4-6, 振動モード図を図4-2に示す。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4-6 (1/4) 固有値解析結果 (A)

モード	卓越方向	固有周期 (s)	水平方向刺激係数		鉛直方向 刺激係数
			X方向	Z方向	
1	水平	0.033	—	—	—
2	鉛直	0.027	—	—	—

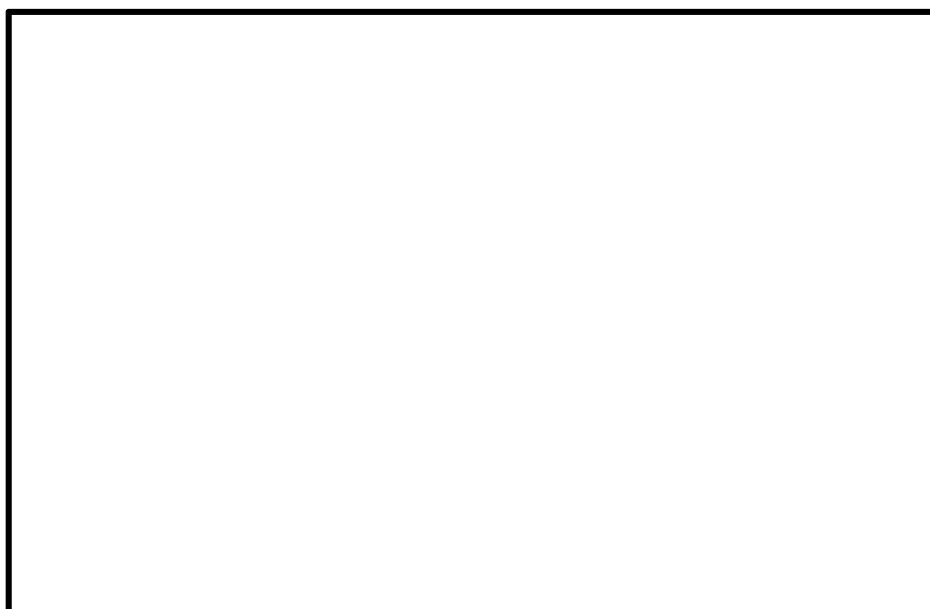


図4-2 (1/4) 振動モード図 (A) (1次モード 水平方向 0.033s)

表4-6 (2/4) 固有値解析結果 (B)

モード	卓越方向	固有周期 (s)	水平方向刺激係数		鉛直方向 刺激係数
			X方向	Z方向	
1	水平	0.033	—	—	—
2	鉛直	0.030	—	—	—



図4-2 (2/4) 振動モード図 (B) (1次モード 水平方向 0.033s)

K6 ① VI-2-11-2-2-2 R0

表4-6 (3/4) 固有値解析結果 (ドレンノズル(A))

モード	卓越方向	固有周期 (s)	水平方向刺激係数		鉛直方向 刺激係数
			X方向	Z方向	
1	水平	0.035	—	—	—
2	鉛直	0.032	—	—	—

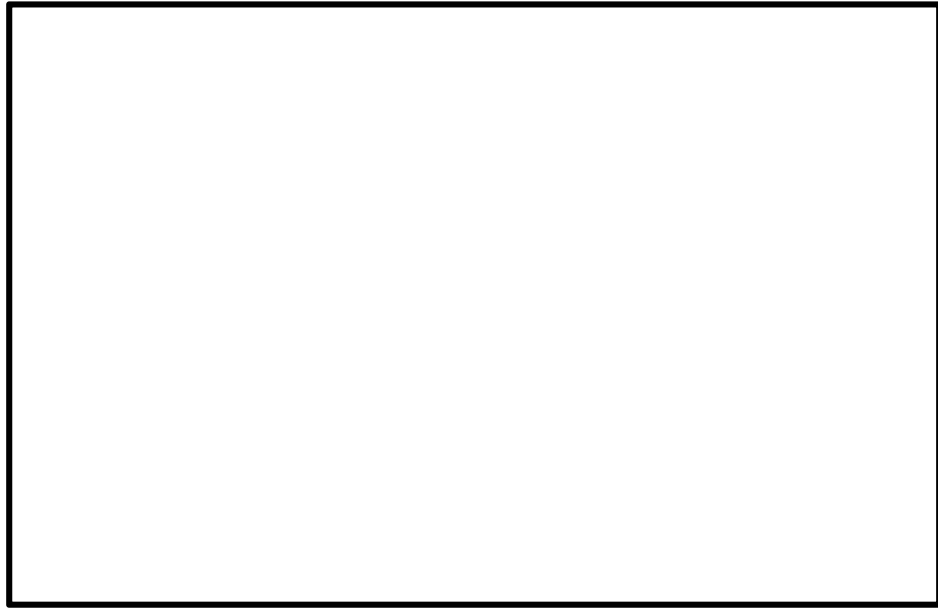


図4-2 (3/4) 振動モード図 (ドレンノズル(A)) (1次モード 水平方向 0.035s)

表4-6 (4/4) 固有値解析結果 (予備ノズル(B))

モード	卓越方向	固有周期 (s)	水平方向刺激係数		鉛直方向 刺激係数
			X方向	Z方向	
1	水平	0.038	—	—	—
2	鉛直	0.031	—	—	—

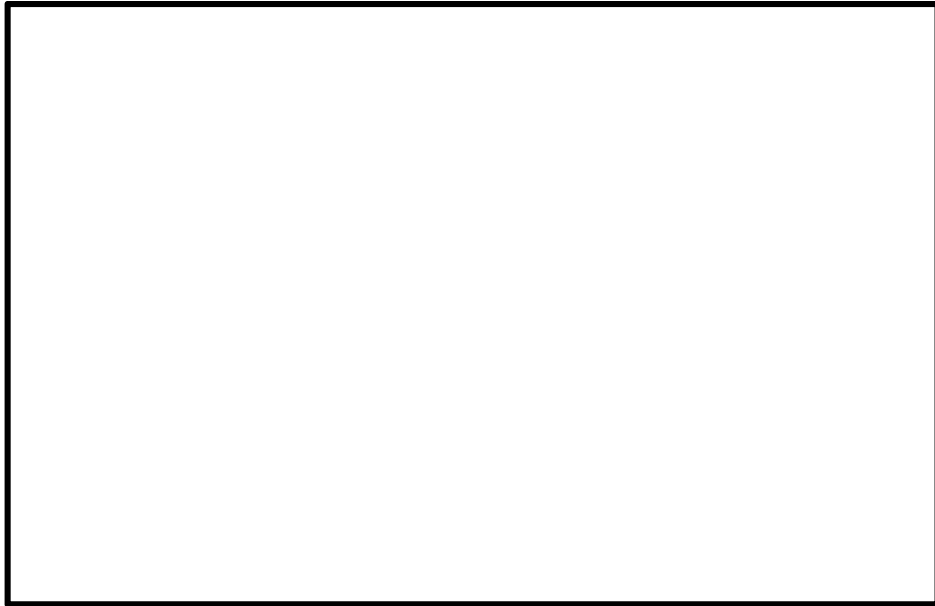


図4-2 (4/4) 振動モード図 (予備ノズル(B)) (1次モード 水平方向 0.038s)

K6 ① VI-2-11-2-2-2 R0

4.5 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表4-7及び表4-8に示す。

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

表4-7 設計用地震力（設計基準対象施設）

設備	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
A	6号機軽油タンク基礎 T.M.S.L. 12.0	0.033	0.027	C _H = 1.69*	C _V = 1.33*
B	6号機軽油タンク基礎 T.M.S.L. 12.0	0.033	0.030	C _H = 1.69*	C _V = 1.33*
ドレン ノズル (A)	6号機軽油タンク基礎 T.M.S.L. 12.0	0.035	0.032	C _H = 1.69*	C _V = 1.33*
予備 ノズル (B)	6号機軽油タンク基礎 T.M.S.L. 12.0	0.038	0.031	C _H = 1.69*	C _V = 1.33*

注記*：設計用最大応答加速度Ⅱ（基準地震動 S_s）

表4-8 設計用地震力（重大事故等対処設備）

設備	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
A	6号機軽油タンク基礎 T.M.S.L. 12.0	0.033	0.027	C _H = 1.69*	C _V = 1.33*
B	6号機軽油タンク基礎 T.M.S.L. 12.0	0.033	0.030	C _H = 1.69*	C _V = 1.33*
ドレン ノズル (A)	6号機軽油タンク基礎 T.M.S.L. 12.0	0.035	0.032	C _H = 1.69*	C _V = 1.33*
予備 ノズル (B)	6号機軽油タンク基礎 T.M.S.L. 12.0	0.038	0.031	C _H = 1.69*	C _V = 1.33*

注記*：設計用最大応答加速度Ⅱ（基準地震動 S_s）

4.6 計算方法

4.6.1 応力の計算方法

(1) 防護鋼板の応力

防護鋼板の応力は、解析による計算で得られる各要素での膜力 $F_{s x}$ 、 $F_{s y}$ 、せん断力 $F_{s x y}$ 、曲げモーメント $M_{s x}$ 、 $M_{s y}$ 及びねじりモーメント $M_{s x y}$ により組合せ応力を次のように求める。

a. 組合せ応力

$$\sigma = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \cdot \sigma_y + 3 \cdot \tau^2}$$

ここで、

$$\sigma_x = \frac{F_{s x}}{A_s} \pm \frac{M_{s x}}{Z_b}, \quad \sigma_y = \frac{F_{s y}}{A_s} \pm \frac{M_{s y}}{Z_b}$$

$$\tau = \frac{F_{s x y}}{A_s} \pm \frac{M_{s x y}}{Z_t}$$

(2) 架構の応力

架構の応力は、解析による計算で得られる各要素端での軸力 N_t 、 N_c 、せん断力 Q_y 、 Q_z 及び曲げモーメント M_y 、 M_z により各応力を次のように求める。

a. 引張応力又は圧縮応力

$$\sigma_t = \frac{N_t}{A}, \quad \sigma_c = \frac{N_c}{A}$$

b. せん断応力

$$\tau_k = \max(\tau_y, \tau_z)$$

ここで、

$$\tau_y = \frac{Q_y}{A_{s y}}, \quad \tau_z = \frac{Q_z}{A_{s z}}$$

c. 曲げ応力

$$\sigma_b = \sigma_{by} + \sigma_{bz}$$

ここで,

$$\sigma_{by} = \frac{M_y}{Z_y}, \quad \sigma_{bz} = \frac{M_z}{Z_z}$$

d. 組合せ応力

(a) 圧縮+曲げ

$$\max \left(\frac{\sigma_c}{1.5 \cdot f_c^*} + \frac{\sigma_{bz} + \sigma_{by}}{1.5 \cdot f_b^*}, \frac{\sigma_{bz} + \sigma_{by} - \sigma_c}{1.5 \cdot f_t^*} \right)$$

(b) 引張り+曲げ

$$\max \left(\frac{\sigma_t + \sigma_{bz} + \sigma_{by}}{1.5 \cdot f_t^*}, \frac{\sigma_{bz} + \sigma_{by} - \sigma_t}{1.5 \cdot f_b^*} \right)$$

(c) 曲げ+せん断

$$\max \left(\frac{\sqrt{(\sigma_c + \sigma_{bz} + \sigma_{by})^2 + 3 \cdot \tau_z^2}}{1.5 \cdot f_t^*}, \frac{\sqrt{(\sigma_c + \sigma_{bz} + \sigma_{by})^2 + 3 \cdot \tau_y^2}}{1.5 \cdot f_t^*} \right)$$

引張軸力の場合は σ_c を σ_t とする。

(3) アンカボルトの応力

アンカボルトの応力は、解析による計算で得られるアンカボルト部の反力 R_x , R_y 及び R_z により各応力を次のように求める。

a. 引張応力

$$\sigma_{tb} = \frac{p}{A_b}$$

ここで,

$$p = R_z$$

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2$$

b. せん断応力

$$\tau_b = \frac{q}{A_b}$$

ここで,

$$q = \sqrt{R_y^2 + R_x^2}$$

4.7 計算条件

応力解析に用いる自重及び荷重（地震荷重）は、本計算書の【非常用ディーゼル発電設備燃料移送配管防護板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 防護鋼板の応力評価

4.6.1(1)項で定めた組合せ応力が許容引張応力 f_t 以下であること。

	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_t	$\frac{F^*}{1.5} \cdot 1.5$

4.8.2 架構の応力評価

4.6.1(2)項で求めた各応力が下表で定めた許容応力以下であること。ただし、組合せ応力は1以下であること。

	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_t	$\frac{F^*}{1.5} \cdot 1.5$
許容圧縮応力 f_c	$\left\{1 - 0.4 \cdot \left(\frac{\lambda}{\Lambda}\right)^2\right\} \cdot \frac{F^*}{\nu'} \cdot 1.5$
許容せん断応力 f_s	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$
許容曲げ応力 f_b	$\frac{F^*}{1.5} \cdot 1.5$

ただし、

$$\lambda = \frac{\ell_k}{i}$$

$$\Lambda = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E}{0.6 \cdot F^*}}$$

$$\nu' = 1.5 + \frac{2}{3} \cdot \left(\frac{\lambda}{\Lambda}\right)^2$$

4.8.3 アンカボルトの応力評価

4.6.1(3)項で求めたアンカボルトの引張応力 σ_{tb} は、次式より求めた引張力とせん断力を同時に受けるアンカボルトの許容引張応力 f_{ts} 以下であること。ただし、 f_{to} は下表による。

$$f_{ts} = \min (1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to})$$

せん断応力 τ_b は、せん断力のみを受けるアンカ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。

	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}	$0.8 \cdot \frac{F^*}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 f_{sb}	$0.8 \cdot \frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

5. 評価結果

5.1 設計基準対象施設としての評価結果

非常用ディーゼル発電設備燃料移送配管防護板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、**基準地震動 S_s** に対して十分な構造強度を有していること**により、上位クラス施設に対して波及的影響を及ぼさないこと**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。

5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

設計基準対象施設における評価と条件が同じであるため、記載を省略する。

【非常用ディーゼル発電設備燃料移送配管防護板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		最高使用温度 (°C)	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		
非常用ディーゼル発電設備 燃料移送配管防護板(A)	C	6号機軽油タンク基礎 T.M.S.L.12.0	0.033	0.027	$C_H=1.69^*$	$C_V=1.33^*$	—	40
非常用ディーゼル発電設備 燃料移送配管防護板(B)	C	6号機軽油タンク基礎 T.M.S.L.12.0	0.033	0.030	$C_H=1.69^*$	$C_V=1.33^*$	—	40
非常用ディーゼル発電設備 燃料移送配管防護板 (ドレンノズル(A))	C	6号機軽油タンク基礎 T.M.S.L.12.0	0.035	0.032	$C_H=1.69^*$	$C_V=1.33^*$	—	40
非常用ディーゼル発電設備 燃料移送配管防護板 (予備ノズル(B))	C	6号機軽油タンク基礎 T.M.S.L.12.0	0.038	0.031	$C_H=1.69^*$	$C_V=1.33^*$	—	40

注記* : 設計用最大応答加速度 II (基準地震動 S s)

1.2 機器要目

m (kg)				d (mm)	A _b (mm ²)
A	B	ドレンノズル(A)	予備ノズル(B)		

部材	材料	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
防護鋼板	SUS304				
架構	SS400				
アンカボルト	SS400				

	材料	E (MPa)	ν'	ℓ _k (mm)	i (mm)	λ	要素番号	
A	SS400	202000						5182001
	SS400							5131399
B	SS400	202000						5182001
	SS400							5131399
	SS400							
ドレンノズル(A)	SS400	202000						7050082
予備ノズル(B)	SS400	202000						7050001
	SS400							7090014
	SS400							

	A	B	ドレンノズル(A)	予備ノズル(B)	
	要素番号	要素番号	要素番号	要素番号	
	5182001, 5131399	5182001, 5131399	7050082, 7050125	7050001	7090014
材料					
A (mm ²)					
Z _y (mm ³)					
Z _z (mm ³)					

1.3 計算数値

1.3.1 鋼板の荷重

(単位: N)

	要素番号	節点番号	F _{s x}	F _{s y}	F _{s x y}
			基準地震動 S _s	基準地震動 S _s	基準地震動 S _s
A	3110001	—			
B	3110001	—			
ドレンノズル(A)	7020013	—			
予備ノズル(B)	7010001	—			

注: 添字 x, y, z は要素に与えられた座標軸。

1.3.2 鋼板のモーメント

(単位: N・mm)

	要素番号	節点番号	M _{s x}	M _{s y}	M _{s x y}
			基準地震動 S _s	基準地震動 S _s	基準地震動 S _s
A	3110001	—			
B	3110001	—			
ドレンノズル(A)	7020013	—			
予備ノズル(B)	7010001	—			

注: 添字 x, y, z は要素に与えられた座標軸。

1.3.3 架構の荷重

(単位：N)

	要素 番号	節点 番号	N_t	N_c	Q_y	Q_z
			基準地震動 S s	基準地震動 S s	基準地震動 S s	基準地震動 S s
A	5152049	—				
	5182001	—				
	3130002	—				
	5131399	—				
B	5150001	—				
	5182001	—				
	3130002	—				
	5131399	—				
ドレンノズル(A)	7050082	—				
	7050001	—				
	7050125	—				
予備ノズル(B)	7050001	—				
	7090013	—				
	7090014	—				

注：添字 x, y, z は要素に与えられた座標軸。

1.3.4 架構のモーメント

(単位 : N・mm)

	要素 番号	節点 番号	M_y	M_z
			基準地震動 S s	基準地震動 S s
A	5152049	—		
	5182001	—		
	3130002	—		
	5131399	—		
B	5150001	—		
	5182001	—		
	3130002	—		
	5131399	—		
ドレンノズル(A)	7050082	—		
	7050001	—		
	7050125	—		
予備ノズル(B)	7050001	—		
	7090013	—		
	7090014	—		

注：添字 x, y, z は要素に与えられた座標軸。

1.3.5 アンカボルトの荷重

(単位：N)

	要素 番号	節点 番号	R _x	R _y	R _z
			基準地震動 S _s	基準地震動 S _s	基準地震動 S _s
A	—	3111059			
	—	5140149			
B	—	3111059			
	—	5140139			
ドレンノズル(A)	—	7085467			
	—	7085089			
予備ノズル(B)	—	7085296			
	—	7085950			

注：添字 x, y, z は要素に与えられた座標軸。

1.3.6 アンカボルトに作用する力

(単位：N)

	要素 番号	節点 番号	p	q
			基準地震動 S _s	基準地震動 S _s
A	—	3111059		
	—	5140149		
B	—	3111059		
	—	5140139		
ドレンノズル(A)	—	7085467		
	—	7085089		
予備ノズル(B)	—	7085296		
	—	7085950		

1.4 結論

1.4.1 固有周期

(単位：s)

	モード	方向	固有周期
A	1	水平	0.033
	2	鉛直	0.027
B	1	水平	0.033
	2	鉛直	0.030
ドレンノズル(A)	1	水平	0.035
	2	鉛直	0.032
予備ノズル(B)	1	水平	0.038
	2	鉛直	0.031

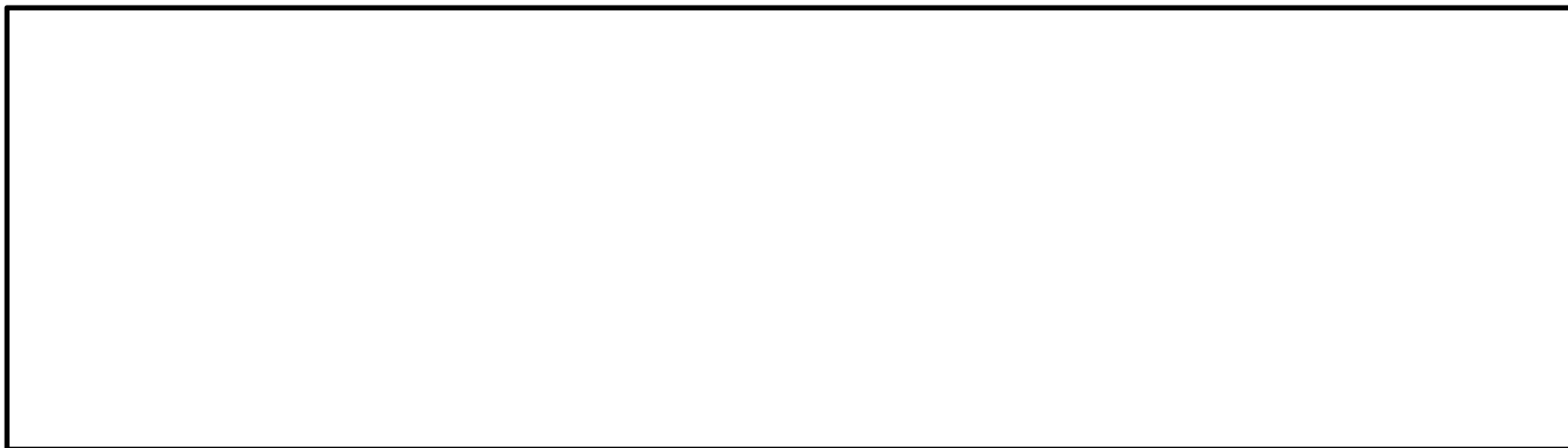
1.4.2 応力

(単位：MPa)

A	部材	材料	応力	要素番号	節点番号	基準地震動 S _s		備考
						算出応力	許容応力	
	防護鋼板	SUS304	組合せ	3110001	—			
	架構	SS400	引張り	5152049	—			
			圧縮	5182001	—			
			せん断	3130002	—			
			曲げ	5131399	—			
			組合せ (圧縮+曲げ)	5131399	—			単位：なし
			組合せ (引張り+曲げ)	5131399	—			単位：なし
			組合せ (曲げ+せん断)	5131399	—			単位：なし
	アンカボルト	SS400	引張り	—	3111059			
			せん断	—	5140149			

すべて許容応力以下である。

注記* : $f_{ts} = \min(1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to})$



(単位：MPa)

	部材	材料	応力	要素番号	節点番号	基準地震動 S s		備考
						算出応力	許容応力	
B	防護鋼板	SUS304	組合せ	3110001	—			
	架構	SS400	引張り	5150001	—			
			圧縮	5182001	—			
			せん断	3130002	—			
			曲げ	5131399	—			
			組合せ (圧縮+曲げ)	5131399	—		単位：なし	
			組合せ (引張り+曲げ)	5131399	—		単位：なし	
			組合せ (曲げ+せん断)	3130002	—		単位：なし	
	アンカボルト	SS400	引張り	—	3111059			
			せん断	—	5140139			

すべて許容応力以下である。

注記* : $f_{ts} = \min(1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to})$



(単位：MPa)

	部材	材料	応力	要素番号	節点番号	基準地震動 S _s		備考
						算出応力	許容応力	
ドレンノズル(A)	防護鋼板	SUS304	組合せ	7020013	—			
	架構	SS400	引張り	7050082	—			
			圧縮	7050082	—			
			せん断	7050001	—			
			曲げ	7050125	—			
			組合せ (圧縮+曲げ)	7050082	—		単位：なし	
			組合せ (引張り+曲げ)	7050125	—		単位：なし	
			組合せ (曲げ+せん断)	7050082	—		単位：なし	
	アンカボルト	SS400	引張り	—	7085467			
			せん断	—	7085089			

すべて許容応力以下である。

注記* : $f_{ts} = \min(1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to})$



(単位：MPa)

	部材	材料	応力	要素番号	節点番号	基準地震動 S _s		備考
						算出応力	許容応力	
予備ノズル(B)	防護鋼板	SUS304	組合せ	7010001	—			
	架構	SS400	引張り	7050001	—			
			圧縮	7050001	—			
			せん断	7090013	—			
			曲げ	7090014	—			
			組合せ (圧縮+曲げ)	7090014	—		単位：なし	
			組合せ (引張り+曲げ)	7090014	—		単位：なし	
			組合せ (曲げ+せん断)	7090014	—		単位：なし	
	アンカボルト	SS400	引張り	—	7085296			
			せん断	—	7085950			

すべて許容応力以下である。

注記* : $f_{ts} = \min(1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to})$

