

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-433 改4
提出年月日	平成30年9月3日

V-2-4-2-2 使用済燃料貯蔵ラック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 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用基準	4
2.4 記号の説明	5
2.5 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	12
4.3 解析モデル及び諸元	17
4.4 固有周期	21
4.5 設計用地震力	25
4.6 計算方法	27
4.7 計算条件	32
4.8 応力の評価	32
5. 評価結果	33
5.1 設計基準対象施設としての評価結果	33
5.2 重大事故等対処設備としての評価結果	33

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の設計方針に基づき、使用済燃料貯蔵ラック（以下「ラック」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説明するものである。

ラックは、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処施設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、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

ラックの構造計画を表 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>ラックは、たて置形で原子炉建屋の使用済燃料プールの床に置かれた共通ベース上に設置されラック取付ボルトで固定している。共通ベースは、使用済燃料プール床に取り付けてある基礎ボルトにより固定している。</p>	<p>角管市松模様配列構造ラック</p> <p>使用済燃料貯蔵ラックは、70 体ラックが 7 個、110 体ラックが 16 個ある。</p>	<p>寸法は 110 体ラックの値 (単位: mm)</p>

2.2 評価方針

ラックの応力評価は、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、「2.1 構造計画」にて示すラックの部位を踏まえ「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を実施する。確認結果を「5. 評価結果」に示す。

ラックの耐震評価フローを図 2-1 に示す。

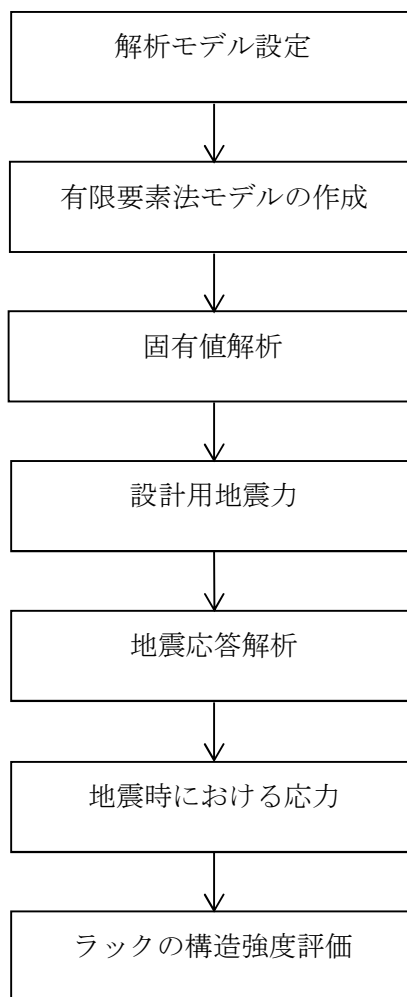


図 2-1 ラックの耐震評価フロー

2.3 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 J E A G 4 6 0 1 -1987 (日本電気協会)
- (2) 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 (日本電気協会)
- (3) 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 (日本電気協会)
- (4) 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) (以下「設計・建設規格」とい
う。)

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_b	ラック取付ボルト又は基礎ボルトの軸断面積	mm^2
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
E	縦弾性係数	MPa
F	設計・建設規格 SSB-3121.1 又は SSB-3131 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_i	ラックベース底部に働くせん断力 (70 体又は 110 体)	N
F_{a_i}	110 体ラックベース底部に働くせん断力	N
F_{b_i}	共通ベース底部に働くせん断力	N
f_{j_i}	ラック取付ボルト又は基礎ボルトに働く引張力 (1 本あたり)	N
f_s	部材の許容せん断応力 (f_s を1.5倍した値)	MPa
f_{s_b}	せん断力のみを受けるラック取付ボルト又は基礎ボルトの許容せん断応力 (f_s を1.5倍した値)	MPa
f_t	部材の許容引張応力 (f_t を1.5倍した値)	MPa
f_{t_o}	引張力のみを受けるラック取付ボルト又は基礎ボルトの許容引張応力 (f_t を1.5倍した値)	MPa
f_{t_s}	引張力とせん断力を同時に受けるラック取付ボルト又は基礎ボルトの許容引張応力	MPa
G	せん断弾性係数	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s^2
h_1	使用済燃料貯蔵時のラック重心高さ	mm
h_2	共通ベース高さ	mm
l_{g_i}	ラックベース端又は共通ベース端から重心までの距離	mm
l_{j_i}	ラックベース端又は共通ベース端から各ボルトまでの距離	mm
M_i	ラックベース底部の転倒モーメント (70 体又は 110 体)	$\text{N}\cdot\text{mm}$
M_{a_i}	110 体ラックベース底部の転倒モーメント	$\text{N}\cdot\text{mm}$
M_{b_i}	共通ベース底部の転倒モーメント	$\text{N}\cdot\text{mm}$
M_{c_i}	110 体ラックのせん断力による共通ベース底部の転倒モーメント	$\text{N}\cdot\text{mm}$
M_{t_i}	ラック据付時の全体の転倒モーメント	$\text{N}\cdot\text{mm}$
n	ラック取付ボルト又は基礎ボルトの全本数	—
n_{j_i}	ラック取付ボルト又は基礎ボルト各部の本数	—

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
t	部材の板厚	mm
m	使用済燃料貯蔵時のラック全質量 (70 体又は 110 体)	kg
m_a	110 体ラックの全質量	kg
m_b	共通ベースの質量	kg
m_F	燃料の質量	kg
m_R	ラックの質量	kg
m_t	ラック据付時の共通ベースの全質量	kg
m_W	ラックに含まれる水の質量	kg
σ_b	ラック取付ボルト又は基礎ボルトに生じる引張応力	MPa
σ_x, σ_y	部材に生じる引張応力	MPa
σ_{fa}	部材に生じる組合せ応力	MPa
τ_b	ラック取付ボルト又は基礎ボルトに生じるせん断応力	MPa
τ_{xy}	部材に生じるせん断応力	MPa

注 1: $F_i, F_{ai}, F_{bi}, f_{ji}, l_{gi}, l_{ji}, M_i, M_{ai}, M_{bi}, M_{ci}, M_{ti}$ 及び

n_{ji} の添字 i の意味は、以下のとおりとする。

$i = N$: NS 方向

$i = E$: EW 方向

注 2: f_{ji}, l_{ji} 及び n_{ji} の添字 j はボルトの列番号を示す。

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
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

ラックの耐震評価は、「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、耐震評価上厳しくなる角管及びプレート、シートプレート及びラックベース、ラック取付ボルト、基礎ボルトについて実施する。ラックの耐震評価部位については、表 2-1 の概略構造図に示す。

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)地震応答解析には、シェル要素を用いた有限要素法モデルによるスペクトルモーダル解析を行う。

(2)ラックは、原子炉建屋の使用済燃料プールの底部 (EL. 34.69 m) に置かれた共通ベース上に設置され、ラック取付ボルトにより固定されるものとする。

(3)ラックの質量には、使用済燃料の質量とラック自身の質量のほか、ラックに含まれる水の質量及びラック外形の排除水質量*を考慮する。

(4)地震力は、ラック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、ラック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。

(5)構造概念図 (110 体ラックの例) を図 4-1 に、各ラックの構造概要図を図 4-2 及び図 4-3 に示す。

注記 * : 排除水質量とは、水中の機器の形状により排除される機器周囲の流体の質量である。

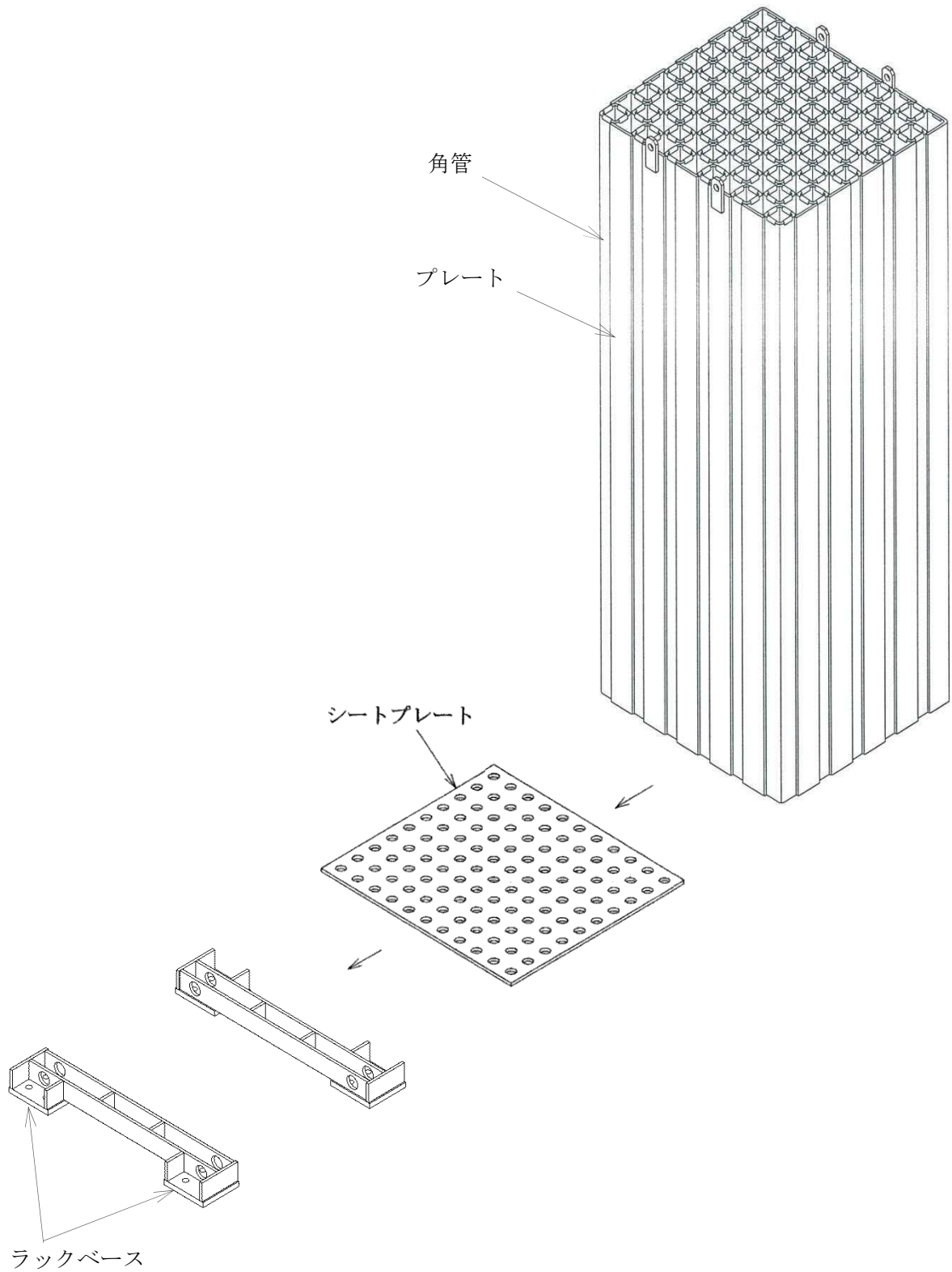


図 4-1 構造概念図 (110 体ラック)

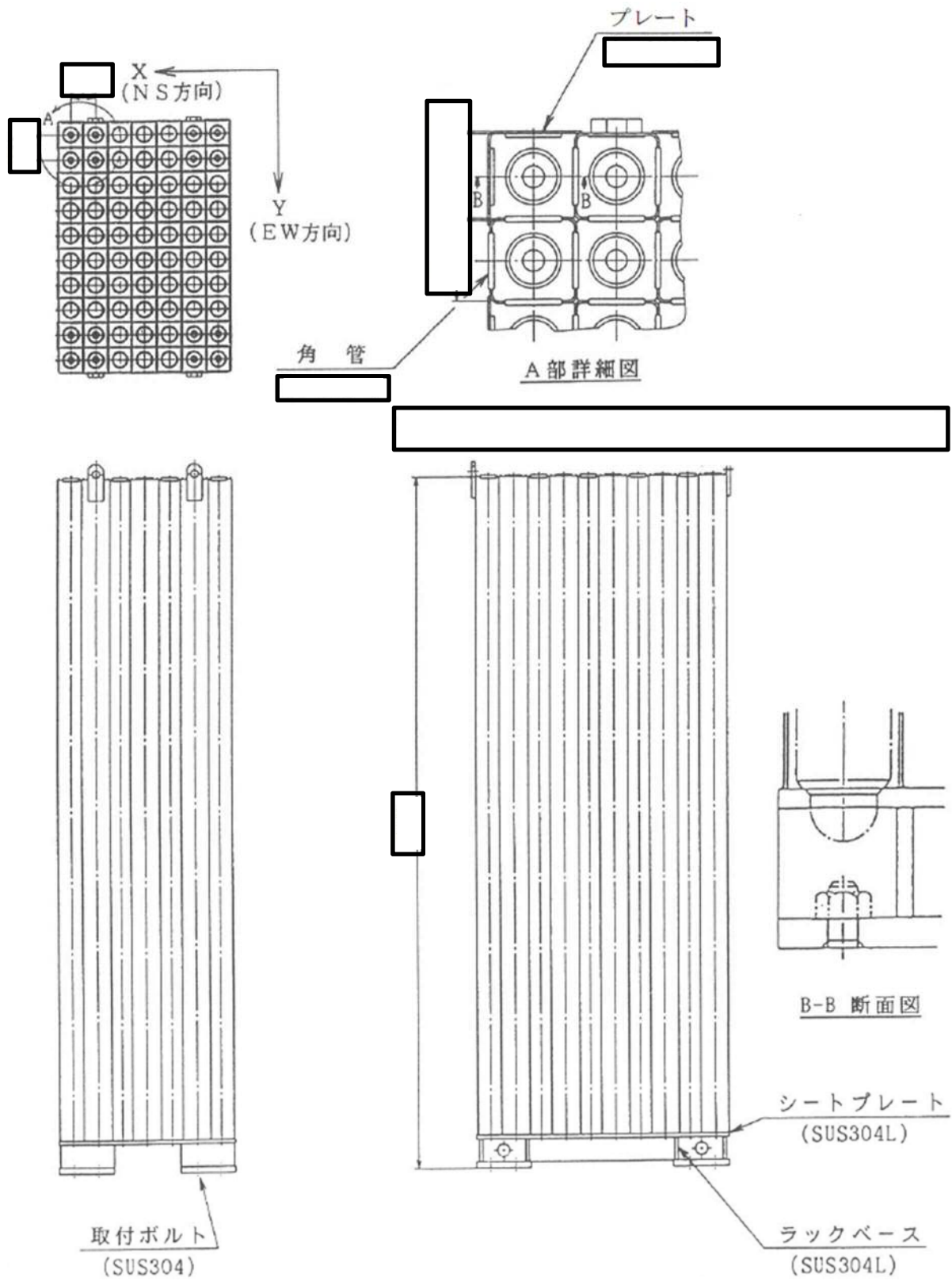


図 4-2 構造概要図 (70 体ラック) (単位 : mm)

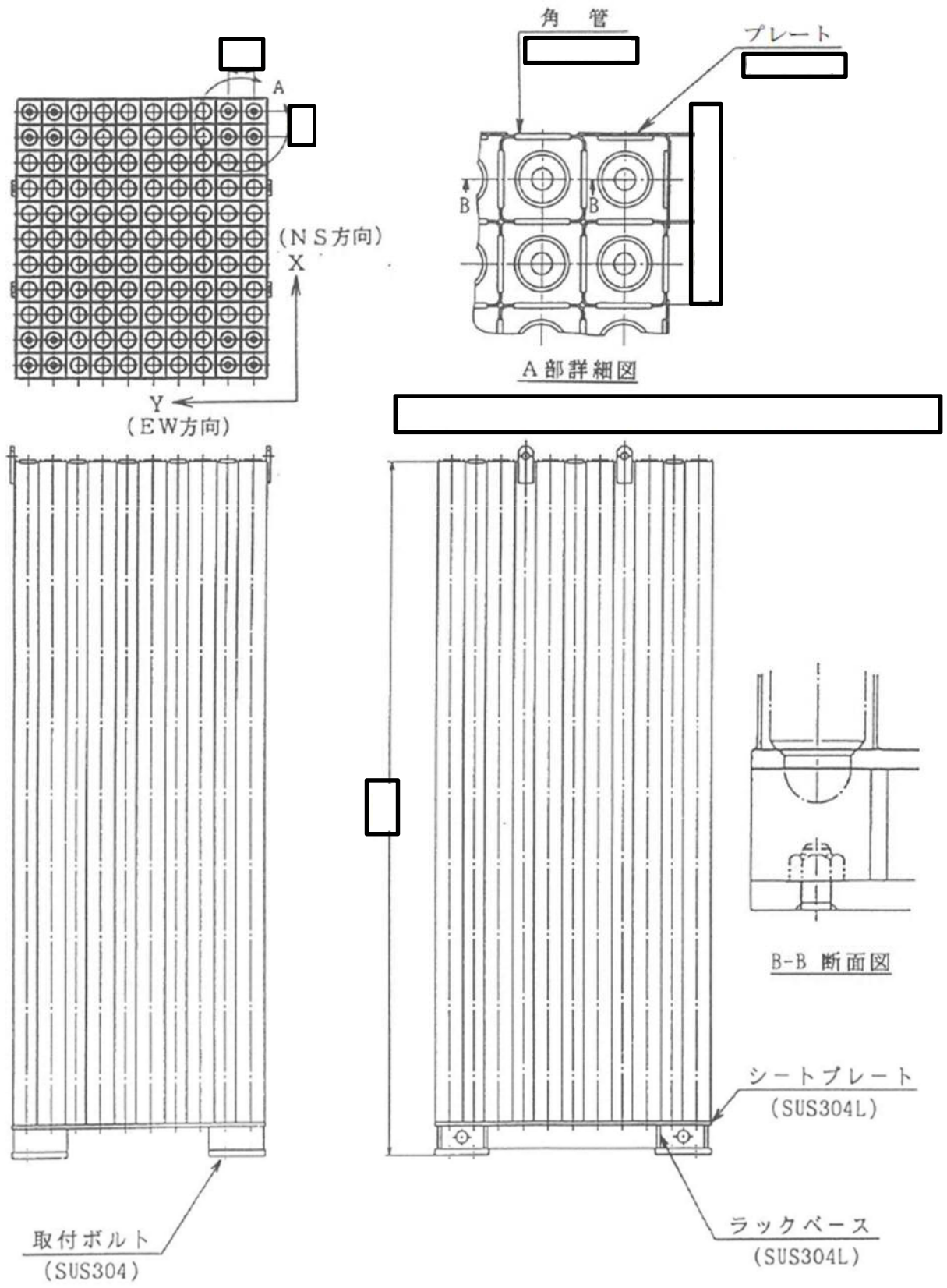


図 4-3 構造概要図 (110 体ラック) (単位 : mm)

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

ラック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

ラックの許容応力は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表4-3のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

ラック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	使用済燃料 貯蔵ラック	S	—*1	$D + P_D + M_D + S_d^* \quad *2$	Ⅲ _A S
					$D + P_D + M_D + S_s$	Ⅳ _A S

注記 *1：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。

*2： S_s と組合せ，Ⅲ_ASの評価を実施する。

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*1	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	使用済燃料 貯蔵ラック	常設耐震／防止 常設／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s \quad *3$	Ⅳ _A S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V _A S (V _A Sとして Ⅳ _A Sの許容限界を 用いる。)

注記 *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*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	引張り	せん断
Ⅲ _A S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
Ⅳ _A S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
V _A S (V _A SとしてⅣ _A S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 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 ^{*1} (MPa)	S _u ^{*1} (MPa)	S _y (RT) ^{*2} (MPa)
角管及び プレート		最高使用温度	66	—	188 ^{*3}	479 ^{*3}	205 ^{*3}
シート プレート	SUS304L	最高使用温度	66	—	160	443	175
ラック ベース	SUS304L	最高使用温度	66	—	160	443	175
ラック取付 ボルト	SUS304	最高使用温度	66	—	188	479	205
基礎ボルト	SUS304	最高使用温度	66	—	188	479	205

注記 *1：最高使用温度 (66 °C) で算出

*2：室温で算出

*3：の S_y、S_uの値は、SUS304 の規格値を上回っているため安全側の評価とするため、S_y、S_uの値は、SUS304 の値を使用する。

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^{*1} (MPa)	S_u^{*1} (MPa)	$S_y(RT)^{*2}$ (MPa)
角管及び プレート		最高使用温度	100	—	171 ^{*3}	441 ^{*3}	205 ^{*3}
シート プレート	SUS304L	最高使用温度	100	—	145	408	175
ラック ベース	SUS304L	最高使用温度	100	—	145	408	175
ラック取付 ボルト	SUS304	最高使用温度	100	—	171	441	205
基礎ボルト	SUS304	最高使用温度	100	—	171	441	205

注記 *1：最高使用温度（100 °C）で算出

*2：室温で算出

*3：の S_y 、 S_u の値は、SUS304 の規格値を上回っているため安全側の評価とするため、 S_y 、 S_u の値は、SUS304 の値を使用する。

4.3 解析モデル及び諸元

ラックの解析モデルを図 4-4 及び図 4-5 に、解析モデルの概要を以下に示す。また、機器の諸元を表 4-6 に示す。

ラックは、70 体、110 体ラック各々について、シェル要素を用いた有限要素モデルとする。

ラックは、ラックベース底部で取付ボルトを介し共通ベースに固定されている。共通ベースは剛構造であるため、ラックはそれぞれ独立した系として計算する。

また、ラックの質量には使用済燃料の質量、ラック自身の質量、ラックに含まれる水の質量及び排除水質量を考慮し、これら使用済燃料、ラックに含まれる水の質量及び排除水質量は角管及びプレート全長にわたって等分布に与える。

本ラックに使用する [] であり、 [] 縦弾性係数は [] を用いるものとする。

また、計算に用いる設計条件、固有周期の算出及び部材とラック取付ボルト、基礎ボルトの応力評価に用いる要目を 4 章及び 5 章に示す。

解析コードは、「SAP-IV」を使用し、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-5-3 計算機プログラム（解析コード）の概要 SAP-IV」に示す。

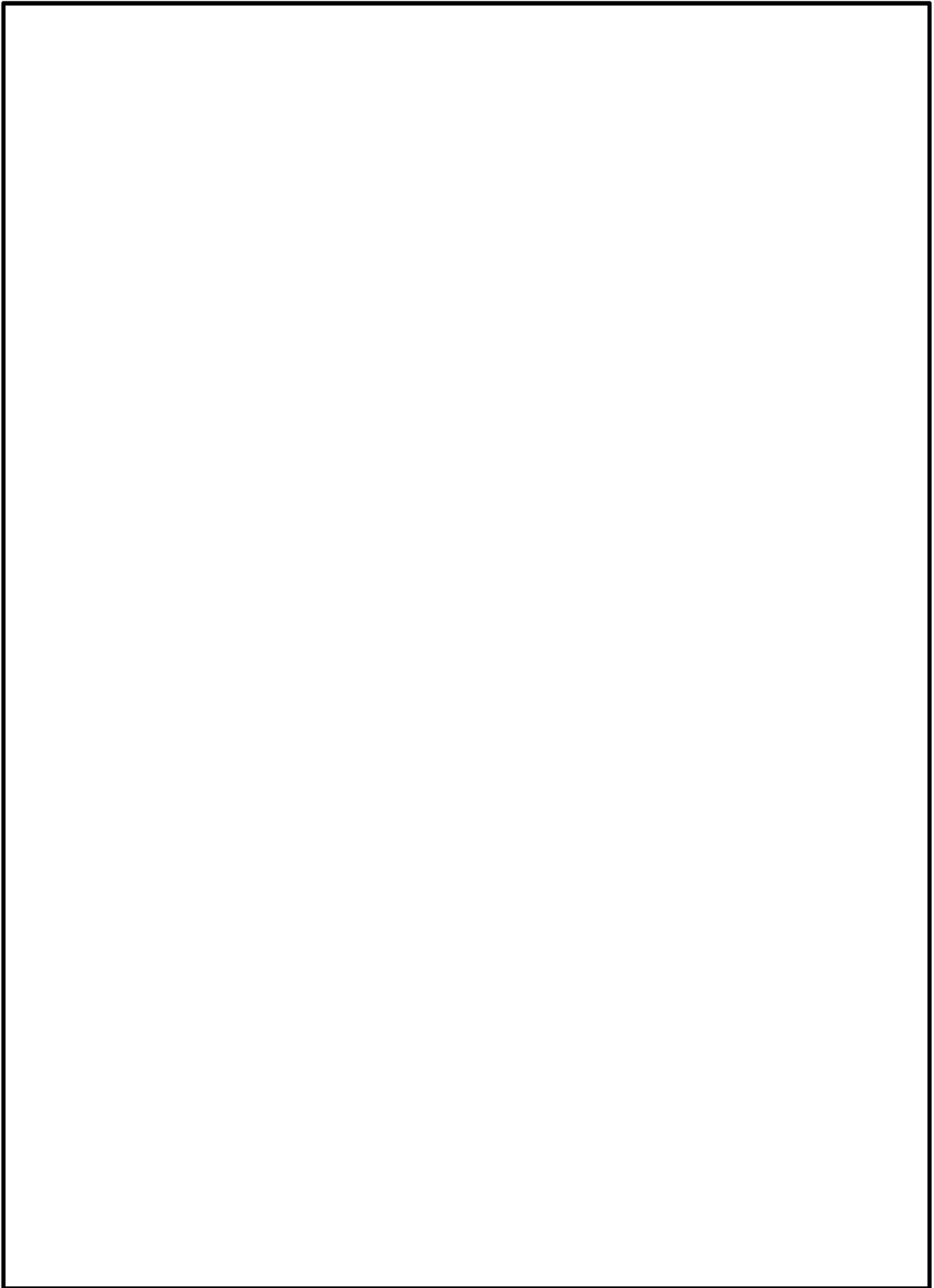


図 4-4 70 体ラック解析モデル

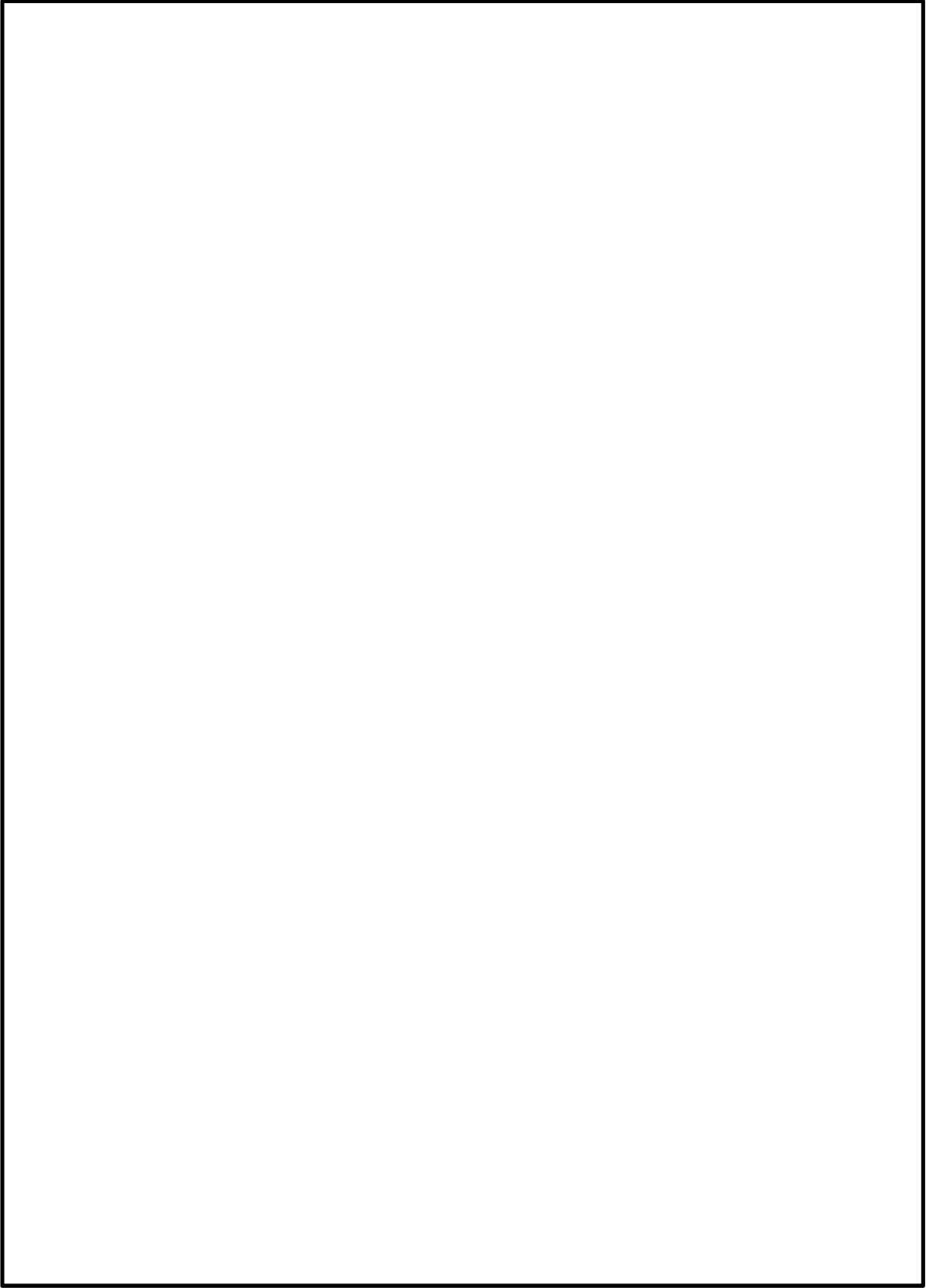


図 4-5 110 体ラック解析モデル

表4-6 機器諸元

項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	SUS304L (シートプレート及びラックベース), SUS304(ラック取付ボルト及び基礎ボルト)
質量	m	kg	
温度条件 (最高使用温度)	T	℃	66
縦弾性係数	E ^{*1}	MPa	192000(シートプレート及びラックベース), 192000(ラック取付ボルト及び基礎ボルト)
ポアソン比	ν	—	
要素数	—	個	
節点数	—	個	

注記 *1 : 最高使用温度 (66 °C) で算出

*2 :

4.4 固有周期

固有値解析の結果を表 4-7 に、振動モード図を図 4-6～図 4-11 に示す。鉛直方向は、5 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 4-7 固有値解析結果

ラック	モード	固有周期 (s)	卓越方向	刺激係数		
				X	Y	Z
70 体 ラック	1					
	2					
	3					
	4					
110 体 ラック	1					
	2					
	3					
	4					

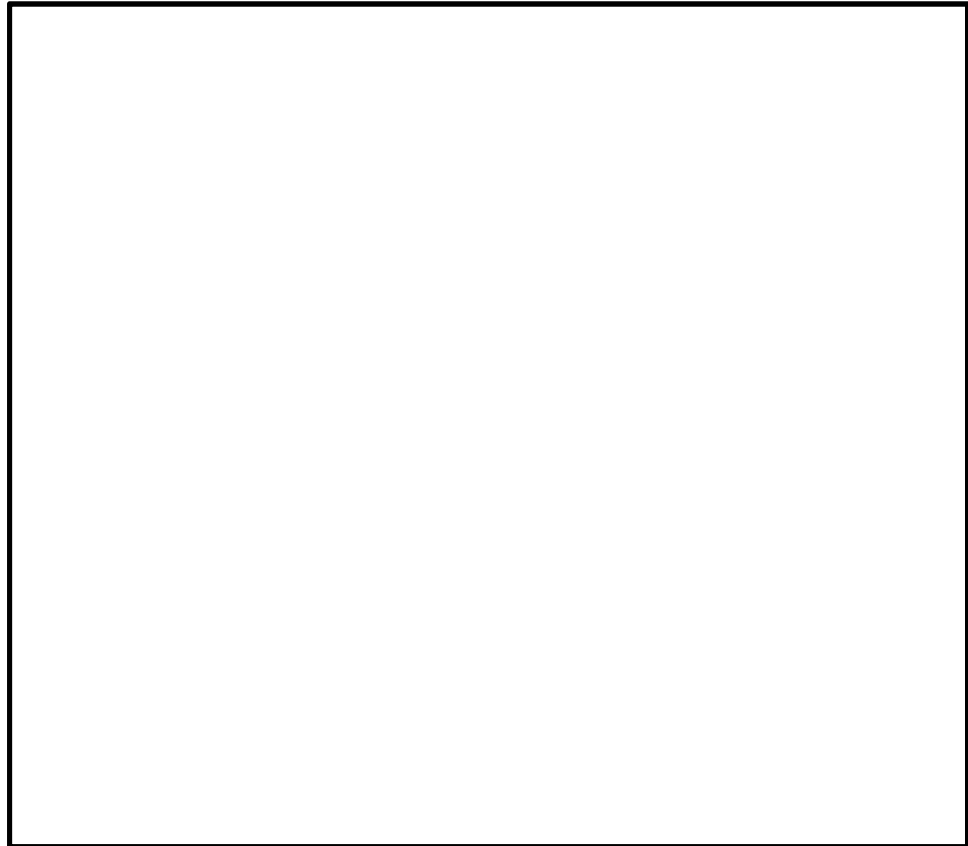


図 4-6 振動モード (70 体ラック 1 次モード)



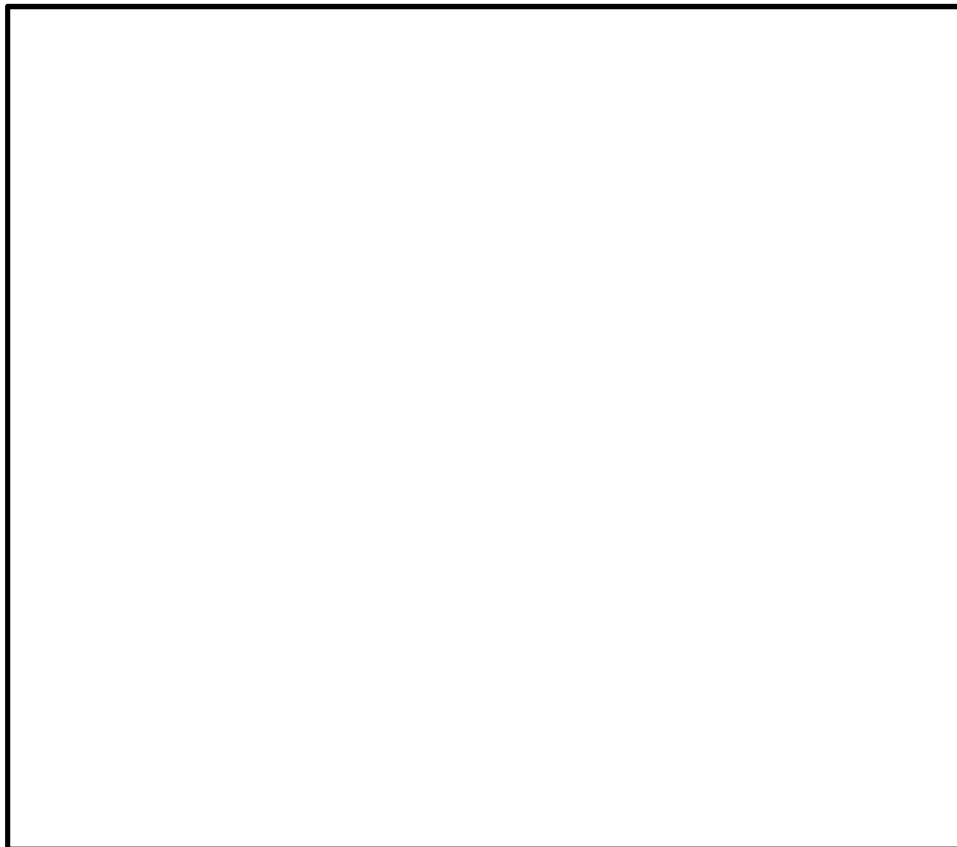


図 4-7 振動モード (70 体ラック 2 次モード)

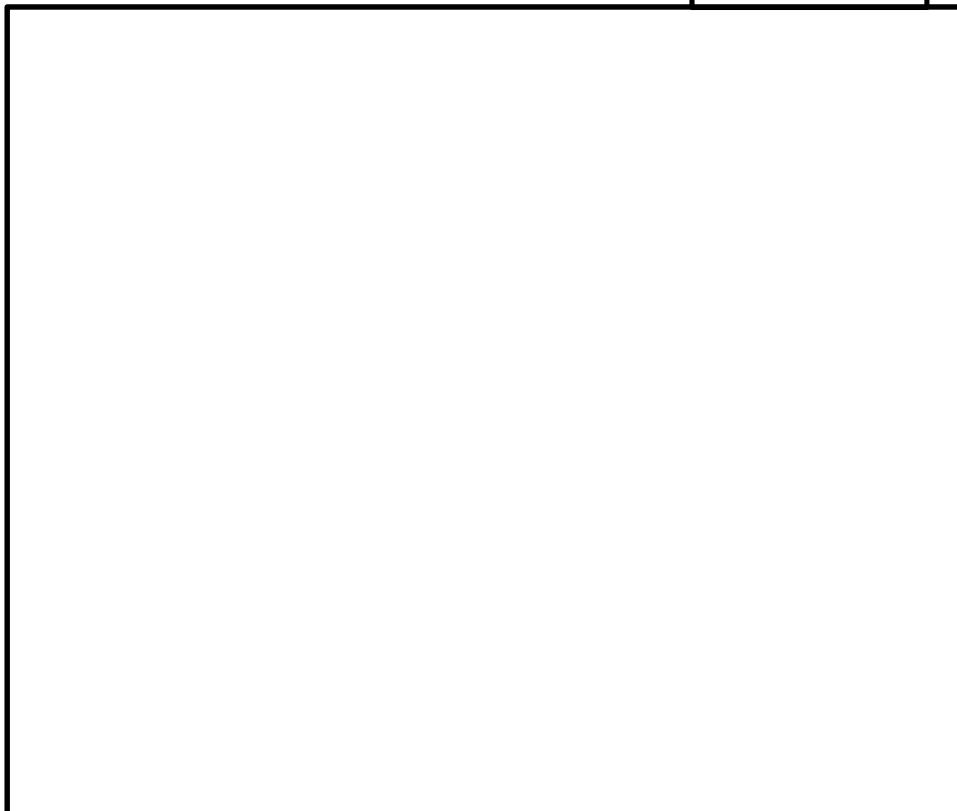


図 4-8 振動モード (70 体ラック 3 次モード)

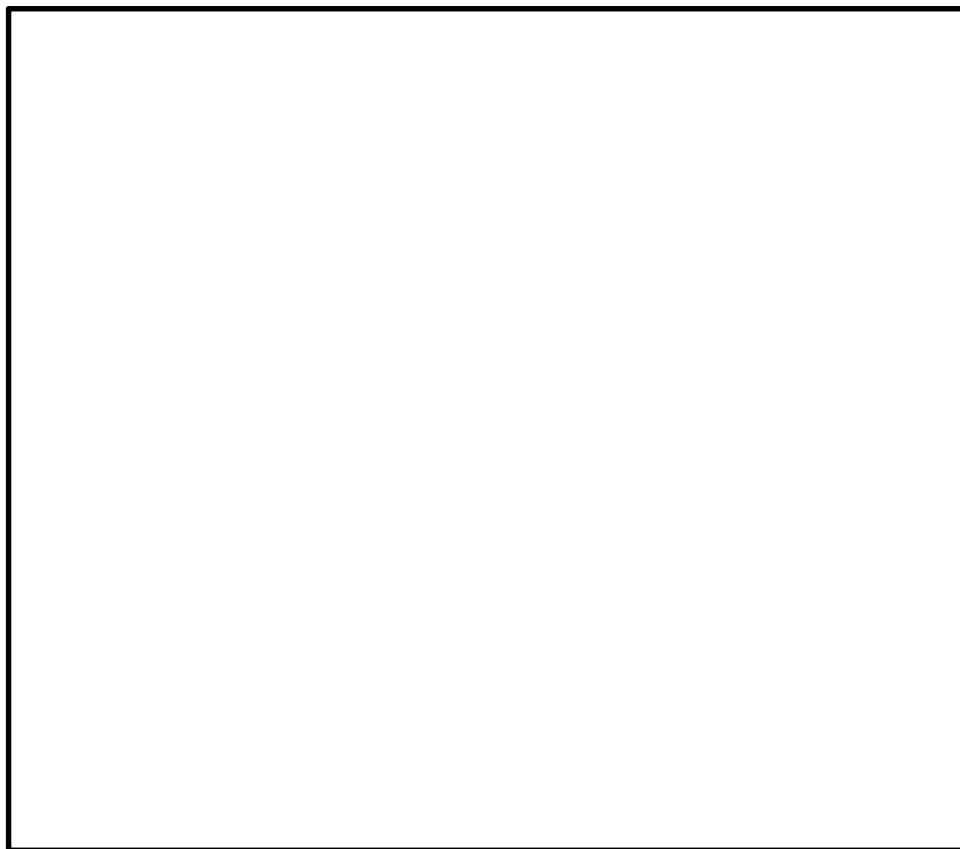


図 4-9 振動モード (110 体ラック 1 次モード)

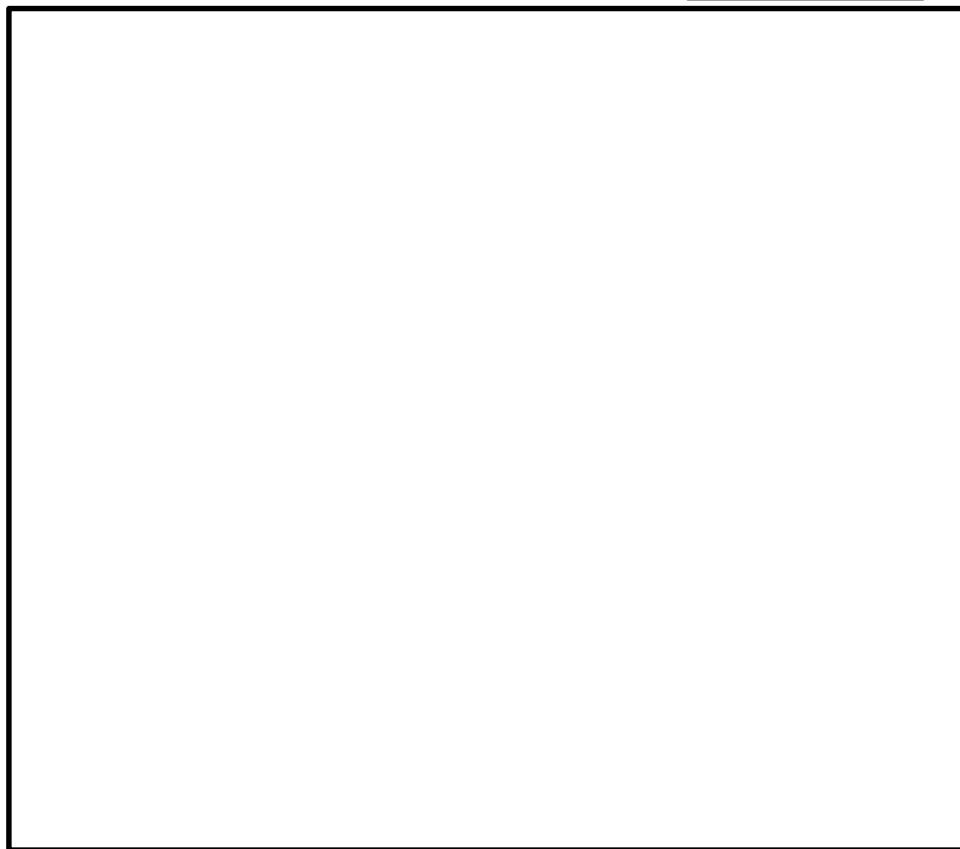


図 4-10 振動モード (110 体ラック 2 次モード)



図 4-11 振動モード (110 体ラック 3 次モード)



4.5 設計用地震力

「弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度」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。また、減衰定数は添付書類「V-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

評価に用いる設計用地震力を表4-8及び表4-9に示す。

表 4-8 設計用地震力（設計基準対象施設）

a. 70体ラック

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		減衰定数(%)	
	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	水平 方向	鉛直 方向
原子炉建屋 EL. 34.7* ¹		0.05 以下* ²	—* ³	—* ³	$C_H =$ 1.10 又は* ⁴	$C_V = 0.90$	1.0* ⁵	—

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。

*3：Ⅲ_ASについては、基準地震動 S_s で評価する。

*4：基準地震動 S_s に基づく設備評価用床応答曲線より得られる値。

*5：溶接構造物に適用される減衰定数の値。

b. 110体ラック

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		減衰定数(%)	
	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	水平 方向	鉛直 方向
原子炉建屋 EL. 34.7* ¹		0.05 以下* ²	—* ³	—* ³	$C_H =$ 1.10 又は* ⁴	$C_V = 0.90$	1.0* ⁵	—

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。

*3：Ⅲ_ASについては、基準地震動 S_s で評価する。

*4：基準地震動 S_s に基づく設備評価用床応答曲線より得られる値。

*5：溶接構造物に適用される減衰定数の値。

表 4-9 設計用地震力（重大事故等対処設備）

a. 70体ラック

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		減衰定数(%)	
	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	水平 方向	鉛直 方向
原子炉建屋 EL. 34.7*1		0.05*2 以下	—	—	$C_H =$ 1.10 又は*3	$C_V = 0.90$	1.0*4	—

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。

*3：基準地震動 S_s に基づく設備評価用床応答曲線より得られる値。

*4：溶接構造物に適用される減衰定数の値。

b. 110体ラック

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		減衰定数(%)	
	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	水平 方向	鉛直 方向
原子炉建屋 EL. 34.7*1		0.05*3 以下	—	—	$C_H =$ 1.10 又は*3	$C_V = 0.90$	1.0*4	—

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。

*3：基準地震動 S_s に基づく設備評価用床応答曲線より得られる値。

*4：溶接構造物に適用される減衰定数の値。

4.6 計算方法

4.6.1 応力の計算方法

4.6.1.1 部材の応力

部材についての応力計算は，図 4-4，図 4-5 の解析モデルにて，角管及びプレート，シートプレート，ラックベースから成る系全体での応力計算を解析コード「SAP-IV」を使用して行い，引張応力，せん断応力を求め，本項に示す計算方法に従って組合せ応力を計算する。

計算機コード内では，各部材の局所座標系及びせん断応力 τ_{xy} ，引張応力 σ_x ， σ_y の働く向きを図 4-6 に示すように設定している。

各シェル部材の組合せ応力 σ_{fa} は，上述で計算したせん断応力 τ_{xy} ，引張応力 σ_x ， σ_y を用いて (4.6.1) 式より求める。

$$\sigma_{fa} = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \cdot \sigma_y + 3 \cdot \tau_{xy}^2} \dots \dots \dots (4.6.1)$$

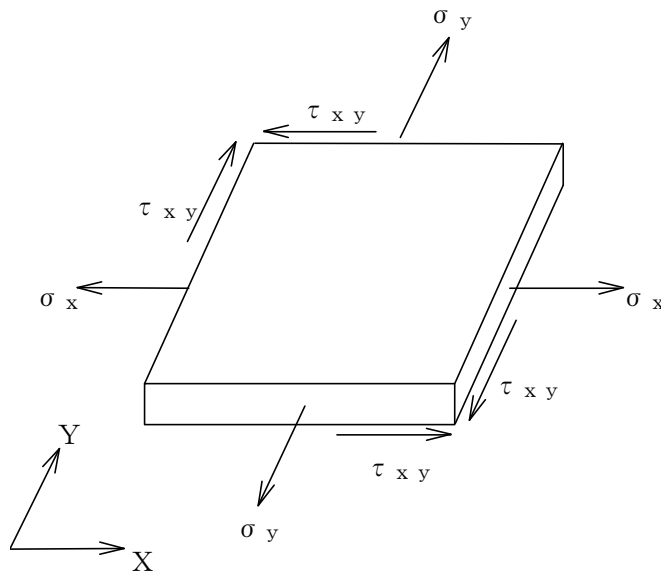


図 4-6 部材の応力計算モデル

4.6.1.2 ラック取付ボルトの応力

ラックの系全体での荷重計算を解析コード「SAP-IV」を使用して行い、求められた地震時のラックに作用する転倒モーメント M_i 及びラックベース底部に作用するせん断力 F_i が、ラックに図4-7のように負荷されるものとしてラック取付ボルトの応力を求める。

ラック取付ボルトの荷重状態を図4-7に示す。

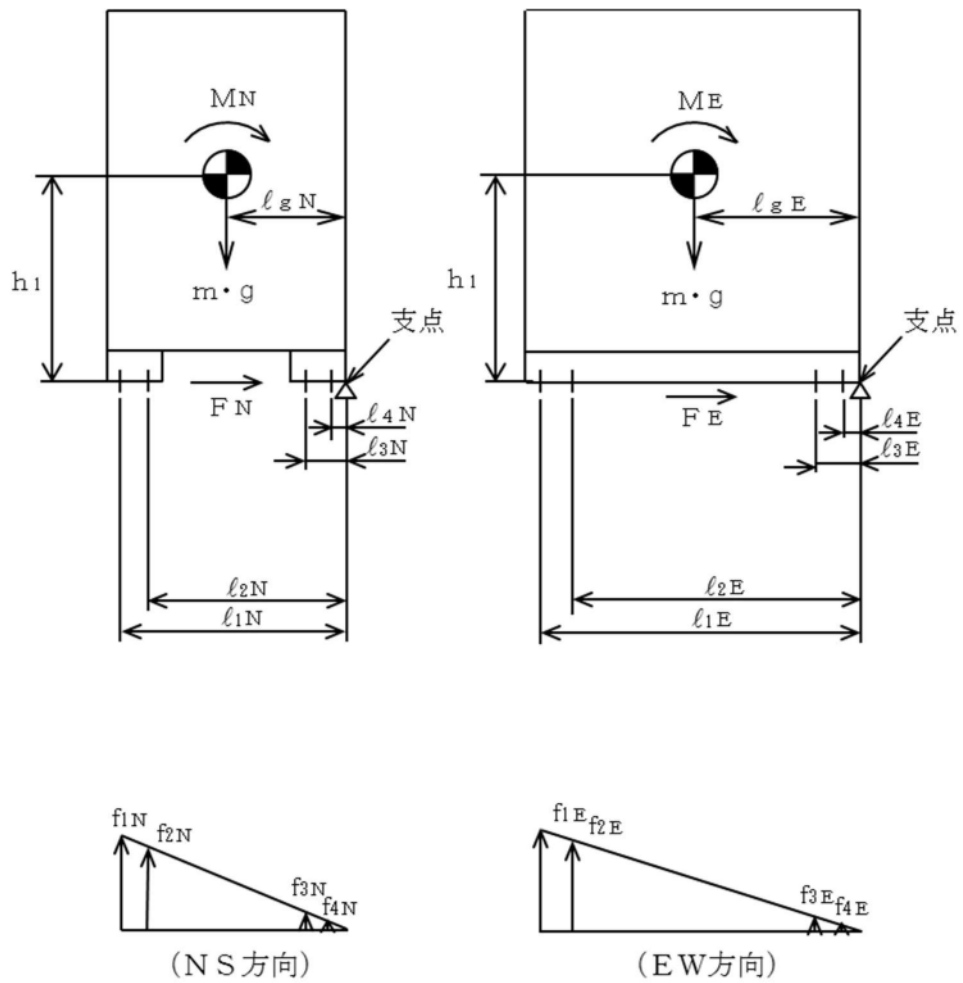


図4-7 ラック取付ボルトの荷重状態

(1) 引張応力

図 4-7 において支点回りのモーメントの平衡によりラック取付ボルト 1 本当りりの引張力 $f_{1i} \sim f_{ji}$ を求める。

$f_{1i} > f_{2i} > \dots > f_{ji}$ の関係にあるので f_{1i} のみを (4.6.2) 式より求める。

$$f_{1i} = \frac{l_{1i} \cdot \{M_i - (1 - C_v) \cdot m \cdot g \cdot l_{gi}\}}{n_{1i} \cdot l_{1i}^2 + n_{2i} \cdot l_{2i}^2 + \dots + n_{ji} \cdot l_{ji}^2} \quad \dots \quad (4.6.2)$$

したがって、引張力 f_{1i} によりラック取付ボルトに生じる引張応力 σ_b は、(4.6.3) 式より求める。

$$\sigma_b = \frac{f_{1i}}{A_b} \quad \dots \quad (4.6.3)$$

ただし、 f_{1i} の値が負となった場合は、引張力が生じないので以後の引張応力の計算は省略する。

(2) せん断応力

せん断力 F_i によりラック取付ボルトに生じるせん断応力 τ_b は、(4.6.4) 式より求める。

$$\tau_b = \frac{F_i}{n \cdot A_b} \quad \dots \quad (4.6.4)$$

4.6.1.3 基礎ボルトの応力

共通ベースの種類としては110体ラック1台と70体ラック1台設置用が4台、110体ラック2台設置用が3台、110体ラック2台と70体ラック1台設置用が3台あり、この中で荷重条件が厳しい110体ラック2台設置用について以下に示す。

本ケースのラック及び共通ベースに作用する水平方向の力は合計18本の共通ベース基礎ボルトで固定される。地震時に発生するラック据付時の全体の転倒モーメント M_{ti} 及び共通ベース底部に作用するせん断力 F_{bi} が、ラック及び共通ベースから成る系全体において図4-8のように負荷されるものとして基礎ボルトの応力を求める。

基礎ボルトの荷重状態を図4-8に示す。

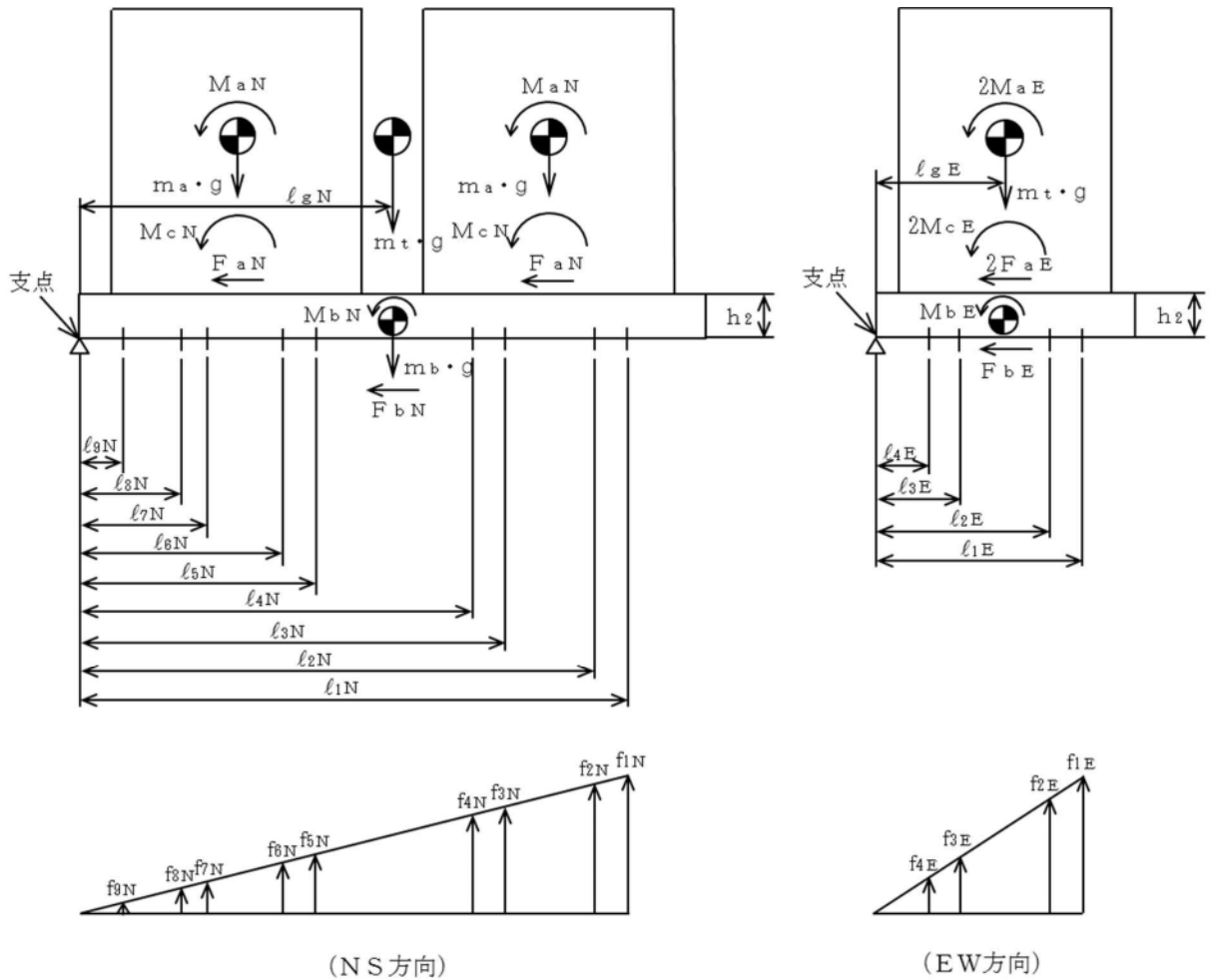


図 4-8 基礎ボルトの荷重状態

(1) 引張応力

図 4-8 において支点回りのモーメントの平衡により基礎ボルト 1 本当りりの引張力 $f_{1i} \sim f_{ji}$ を求める。

$f_{1i} > f_{2i} > \dots > f_{ji}$ の関係にあるので f_{1i} のみを (4.6.5) 式より求める。

$$f_{1i} = \frac{l_{1i} \cdot \{M_{t_i} - (1 - C_v) \cdot m_t \cdot g \cdot l_{g_i}\}}{n_{1i} \cdot l_{1i}^2 + n_{2i} \cdot l_{2i}^2 + \dots + n_{ji} \cdot l_{ji}^2} \quad \dots \quad (4.6.5)$$

ここで、

$$M_{t_i} = 2 \cdot M_{a_i} + M_{b_i} + 2 \cdot M_{c_i}$$

$$M_{c_i} = F_{a_i} \cdot h_2$$

$$m_t = 2 \cdot m_a + m_b$$

したがって、引張力 f_{1i} により基礎ボルトに生じる引張応力 σ_b は、(4.6.6) 式より求める。

$$\sigma_b = \frac{f_{1i}}{A_b} \quad \dots \quad (4.6.6)$$

ただし、 f_{1i} の値が負となった場合は、引張力が生じないので以後の引張応力の計算は省略する。

(2) せん断応力

せん断力 F_{bi} により基礎ボルトに生じるせん断応力 τ_b は、(4.6.7) 式より求める。

$$\tau_b = \frac{F_{bi}}{n \cdot A_b} \quad \dots \quad (4.6.7)$$

4.7 計算条件

応力解析に用いる自重及び荷重は、本計算書の【使用済燃料貯蔵ラック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

4.6.1.1 項で求めた各部材の引張応力 σ_x 、 σ_y 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、4.6.1.1 項で求めた各部材のせん断応力 τ_{xy} 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。

	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s
許容引張応力 f_t	$\frac{F}{1.5} \cdot 1.5^*$	$\frac{F^*}{1.5} \cdot 1.5^*$
許容せん断応力 f_s	$\frac{F}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5^*$	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5^*$

注記 * : の引張強さと降伏点 (0.2 %耐力) の値は、SUS304 の規格値を上回っているので安全側の評価とするため、F 値は SUS304 の値を使用する。

4.8.2 ラック取付ボルト及び基礎ボルトの応力評価

4.6.1.2 項、4.6.1.3 項で求めたラック取付ボルト、基礎ボルトの引張応力 σ_b が、次式より求めた許容引張応力 f_{ts} 以下であること。

また、4.6.1.2 項、4.6.1.3 項で求めたラック取付ボルト、基礎ボルトのせん断応力 τ_b が、せん断力のみを受けるラック取付ボルト、基礎ボルトの許容せん断応力 f_{sb} 以下であること。

$$f_{ts} = 1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b \quad \dots \dots \dots (4.8.1)$$

かつ、

$$f_{ts} \leq f_{to} \quad \dots \dots \dots (4.8.2)$$

ただし、 f_{to} 及び f_{sb} は下表による。

	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s
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}	$\frac{F}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

5. 評価結果

5.1 設計基準対象施設としての評価結果

ラック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頁以降の表に示す。なお、弾性設計用地震動 S_d 及び静的震度は基準地震動 S_s を下回っており、基準地震動 S_s による発生値が、弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度に対する評価における許容限界を満足するため、弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度による発生値の算出を省略した。

5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

ラック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。

【使用済燃料貯蔵ラック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)	ラック	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		最高使用圧力 (MPa)	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	鉛直方向	水平方向	鉛直方向			
使用済燃料貯蔵ラック	S	原子炉建屋 EL. 34.7*1	70体ラック	□	0.05以下*2	—*3	—*3	$C_H=1.10$ 又は*4	$C_V=0.90$	—	66	—
			110体ラック		0.05以下*2	—*3	—*3	$C_H=1.10$ 又は*4	$C_V=0.90$			

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。

*3: III_AS については、基準地震動 S_s で評価する。

*4: 基準地震動 S_s に基づく設備評価用床応答曲線より得られる値。

1.2 ラック取付ボルトの応力評価に用いる要目

ラック	m (kg)	m_F (kg)	m_R (kg)	m_w (kg)	h_1 (mm)	l_{1N} (mm)	l_{2N} (mm)	l_{3N} (mm)	l_{4N} (mm)	l_{1E} (mm)	l_{2E} (mm)	l_{3E} (mm)	l_{4E} (mm)	l_{gN} (mm)	l_{gE} (mm)
70体ラック	□	□	□	□	2100	1072	909	257	94	1561	1398	257	94	583	827.5
110体ラック					2100	1724	1561	257	94	1561	1398	257	94	909	827.5

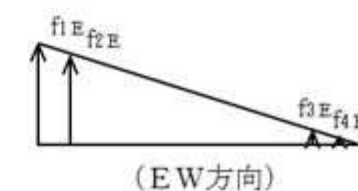
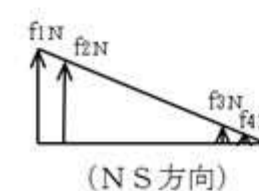
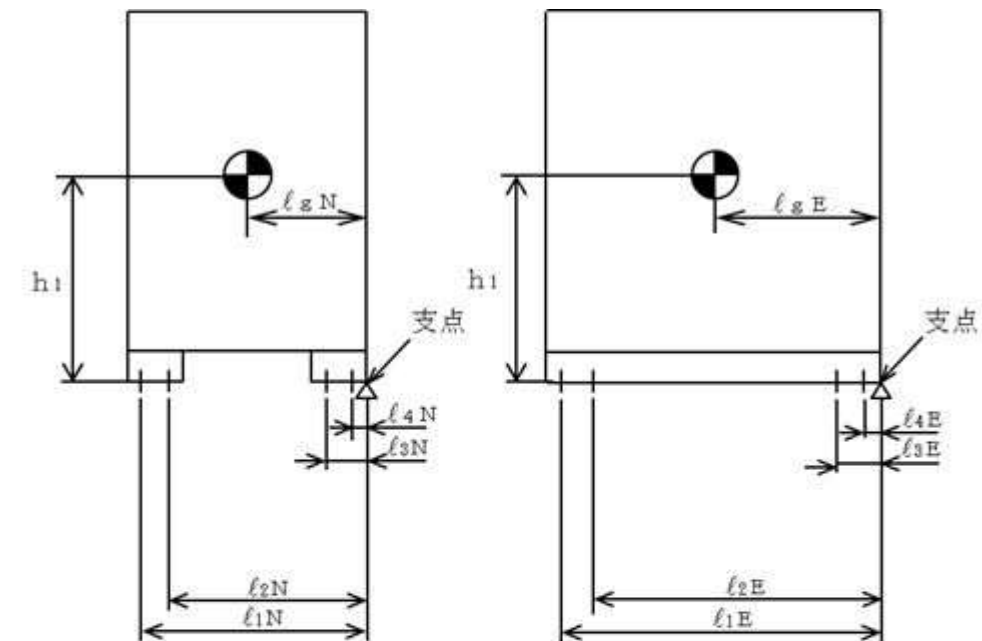
A_b (mm ²)	n	n_{1N}	n_{2N}	n_{3N}	n_{4N}	n_{1E}	n_{2E}	n_{3E}	n_{4E}
1017.9 (M36)	16	4	4	4	4	4	4	4	4
1017.9 (M36)	16	4	4	4	4	4	4	4	4

ラック取付ボルト材料	S_y *1 (MPa)	S_y (RT)*2 (MPa)	S_u *1 (MPa)	F (ラック取付ボルト) (MPa)	F* (ラック取付ボルト) (MPa)
SUS304	188	205	479	205	205
SUS304	188	205	479	205	205

注記 *1: 最高使用温度 (66 °C) で算出

*2: 室温で算出

ラック	地震力の種類	F_N (N)	F_E (N)	M_N (N・mm)	M_E (N・mm)
70体ラック	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	—	—	—	—
	基準地震動 S_s	4.767×10^5	3.465×10^5	1.152×10^9	7.993×10^8
110体ラック	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	—	—	—	—
	基準地震動 S_s	5.407×10^5	5.407×10^5	1.263×10^9	1.341×10^9



1.3 基礎ボルトの応力評価に用いる要目

	m_t (kg)	m_b (kg)	h_2 (mm)	l_{1N} (mm)	l_{2N} (mm)	l_{3N} (mm)	l_{4N} (mm)	l_{5N} (mm)	l_{6N} (mm)	l_{7N} (mm)	l_{8N} (mm)	l_{9N} (mm)	l_{1E} (mm)	l_{2E} (mm)	l_{3E} (mm)	l_{4E} (mm)
共通ベース			195	3264	3191	2634	2561	1374	1301	744	671	114	1572	1415	270	113

l_{gN} (mm)	l_{gE} (mm)	A_b (mm ²)	n	n_{1N}	n_{2N}	n_{3N}	n_{4N}	n_{5N}	n_{6N}	n_{7N}	n_{8N}	n_{9N}	n_{1E}	n_{2E}	n_{3E}	n_{4E}
1929.75	842.5	1551.8 (1 3/4-5UNC)	18	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4	5	4	5

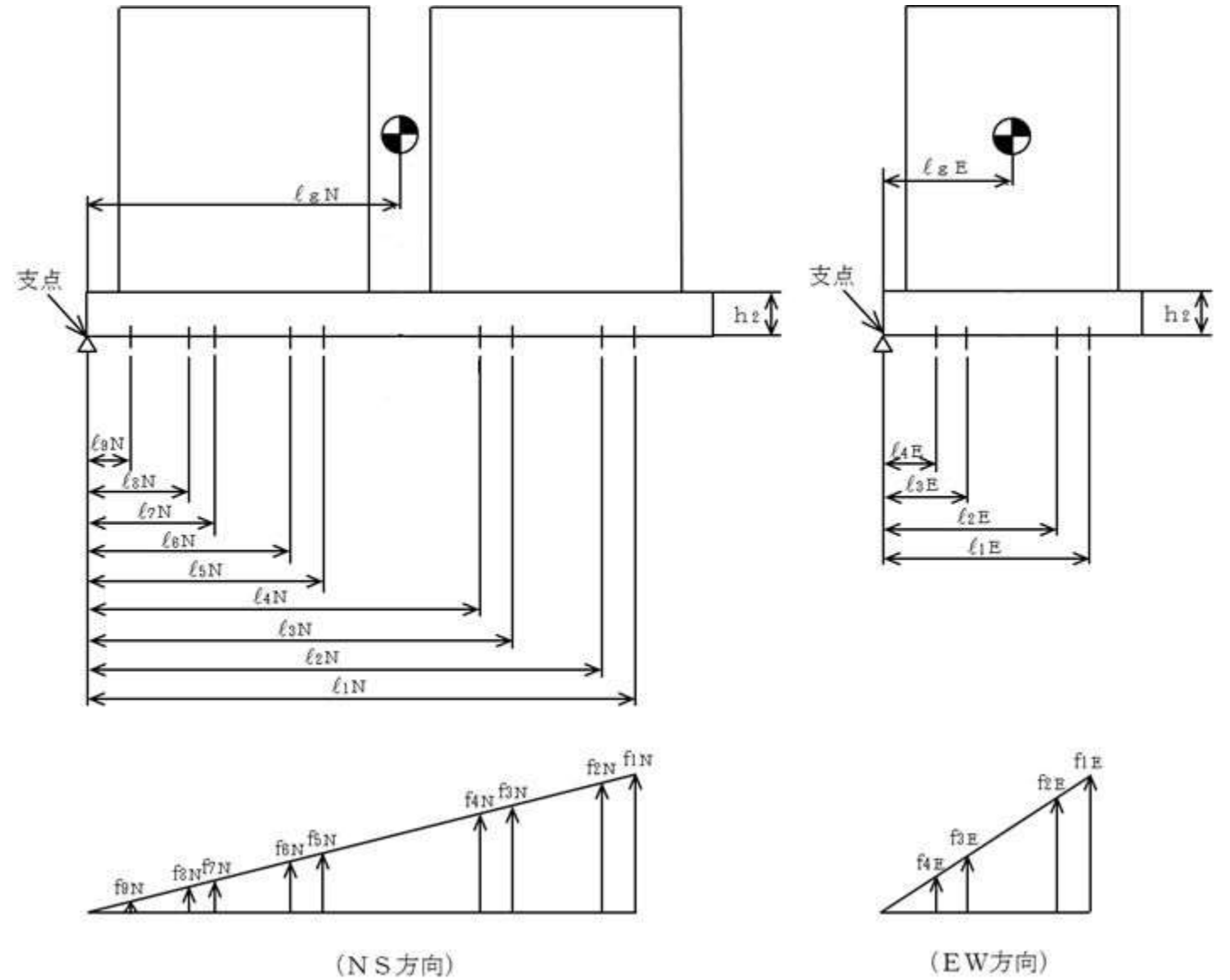
基礎ボルト材料	S_y^{*1} (MPa)	$S_y (RT)^{*2}$ (MPa)	S_u^{*1} (MPa)	F (基礎ボルト) (MPa)	F* (基礎ボルト) (MPa)
SUS304	188	205	479	205	205

注記 *1: 最高使用温度 (66 °C) で算出

*2: 室温で算出

地震力の種類	F_{aN} (N)	F_{aE} (N)	F_{bN} (N)	F_{bE} (N)
弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	—	—	—	—
基準地震動 S_s	5.407×10^5	5.407×10^5	1.103×10^6	1.103×10^6

M_{aN} (N・mm)	M_{aE} (N・mm)	M_{bN} (N・mm)	M_{bE} (N・mm)
—	—	—	—
1.263×10^9	1.341×10^9	2.151×10^6	2.151×10^6



1.4 計算数値

1.4.1 部材に生じる応力

(1) 角管及びプレート

(単位：MPa)

ラック	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	
			NS方向	EW方向	NS方向	EW方向
70 体 ラック		引張り σ_x	—	—	5	5
		引張り σ_y	—	—	37	21
		せん断 τ_{xy}	—	—	28	17
		組合せ σ_{fa}	—	—	59	35
110 体 ラック		引張り σ_x	—	—	7	5
		引張り σ_y	—	—	31	36
		せん断 τ_{xy}	—	—	30	19
		組合せ σ_{fa}	—	—	59	47

(2) シートプレート及びラックベース

(単位：MPa)

ラック	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	
			NS方向	EW方向	NS方向	EW方向
70 体 ラック	SUS304L	引張り σ_x	—	—	14	5
		引張り σ_y	—	—	55	20
		せん断 τ_{xy}	—	—	10	4
		組合せ σ_{fa}	—	—	52	19
110 体 ラック		引張り σ_x	—	—	14	12
		引張り σ_y	—	—	20	42
		せん断 τ_{xy}	—	—	15	15
		組合せ σ_{fa}	—	—	31	46

1.4.2 ラック取付ボルトに生じる応力

(単位：MPa)

ラック取付 ボルト	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	
			N S 方向	E W 方向	N S 方向	E W 方向
70 体 ラック	SUS304	引張り σ_b	—	—	146	67
		せん断 τ_b	—	—	30	22
110 体 ラック		引張り σ_b	—	—	94	112
		せん断 τ_b	—	—	34	34

1.4.3 基礎ボルトに生じる応力

(単位：MPa)

基礎ボルト	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	
			N S 方向	E W 方向	N S 方向	E W 方向
共通ベース	SUS304	引張り σ_b	—	—	69	141
		せん断 τ_b	—	—	40	40

1.5 応力

(1) 部材に生じる応力

a. 角管及びプレート

(単位：MPa)

ラック	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
70 体 ラック		引張り	$\sigma_x = 5^*$	$f_t = 205$	$\sigma_x = 5$	$f_t = 205$
		引張り	$\sigma_y = 37^*$	$f_t = 205$	$\sigma_y = 37$	$f_t = 205$
		せん断	$\tau_{xy} = 28^*$	$f_s = 118$	$\tau_{xy} = 28$	$f_s = 118$
		組合せ	$\sigma_{fa} = 59^*$	$f_t = 205$	$\sigma_{fa} = 59$	$f_t = 205$
110 体 ラック		引張り	$\sigma_x = 7^*$	$f_t = 205$	$\sigma_x = 7$	$f_t = 205$
		引張り	$\sigma_y = 31^*$	$f_t = 205$	$\sigma_y = 31$	$f_t = 205$
		せん断	$\tau_{xy} = 30^*$	$f_s = 118$	$\tau_{xy} = 30$	$f_s = 118$
		組合せ	$\sigma_{fa} = 59^*$	$f_t = 205$	$\sigma_{fa} = 59$	$f_t = 205$

注記 *：基準地震動 S_s による算出応力の値

すべて許容応力以下である。

b. シートプレート及びラックベース

(単位：MPa)

ラック	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
70 体 ラック		引張り	$\sigma_x = 14^*$	$f_t = 175$	$\sigma_x = 14$	$f_t = 175$
		引張り	$\sigma_y = 55^*$	$f_t = 175$	$\sigma_y = 55$	$f_t = 175$
		せん断	$\tau_{xy} = 10^*$	$f_s = 101$	$\tau_{xy} = 10$	$f_s = 101$
		組合せ	$\sigma_{fa} = 52^*$	$f_t = 175$	$\sigma_{fa} = 52$	$f_t = 175$
110 体 ラック	SUS304L	引張り	$\sigma_x = 12^*$	$f_t = 175$	$\sigma_x = 12$	$f_t = 175$
		引張り	$\sigma_y = 42^*$	$f_t = 175$	$\sigma_y = 42$	$f_t = 175$
		せん断	$\tau_{xy} = 15^*$	$f_s = 101$	$\tau_{xy} = 15$	$f_s = 101$
		組合せ	$\sigma_{fa} = 46^*$	$f_t = 175$	$\sigma_{fa} = 46$	$f_t = 175$

注記 *：基準地震動 S_s による算出応力の値

すべて許容応力以下である。

(2) ラック取付ボルトに生じる応力

(単位：MPa)

ラック取付ボルト	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
70 体 ラック	SUS304	引張り	$\sigma_b = 146^{*1}$	$f_{ts} = 153^{*2}$	$\sigma_b = 146$	$f_{ts} = 153^{*2}$
		せん断	$\tau_b = 30^{*1}$	$f_{sb} = 118$	$\tau_b = 30$	$f_{sb} = 118$
引張り		$\sigma_b = 112^{*1}$	$f_{ts} = 153^{*2}$	$\sigma_b = 112$	$f_{ts} = 153^{*2}$	
せん断		$\tau_b = 34^{*1}$	$f_{sb} = 118$	$\tau_b = 34$	$f_{sb} = 118$	

注記 *1：基準地震動 S_s による算出応力の値*2： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$ より算出

すべて許容応力以下である。

(3) 基礎ボルトに生じる応力

(単位：MPa)

基礎ボルト	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
共通ベース	SUS304	引張り	$\sigma_b = 141^{*1}$	$f_{ts} = 150^{*2}$	$\sigma_b = 141$	$f_{ts} = 150^{*2}$
		せん断	$\tau_b = 40^{*1}$	$f_{sb} = 118$	$\tau_b = 40$	$f_{sb} = 118$

注記 *1：基準地震動 S_s による算出応力の値*2： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$ より算出

すべて許容応力以下である。

【使用済燃料貯蔵ラックの耐震性についての計算結果】

2. 重大事故等対処設備

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)	ラック	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		最高使用圧力 (MPa)	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	鉛直方向	水平方向	鉛直方向			
使用済燃料貯蔵ラック	常設耐震/防止 常設/緩和	原子炉建屋 EL. 34.7*1	70体ラック		0.05以下*2	—	—	$C_H=1.10$ 又は*3	$C_V=0.90$	—	100	—
			110体ラック		0.05以下*2	—	—	$C_H=1.10$ 又は*3	$C_V=0.90$			

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。

*3: 基準地震動 S_s に基づく設備評価用床応答曲線より得られる値。

2.2 ラック取付ボルトの応力評価に用いる要目

ラック	m (kg)	m_F (kg)	m_R (kg)	m_W (kg)	h_1 (mm)	l_{1N} (mm)	l_{2N} (mm)	l_{3N} (mm)	l_{4N} (mm)	l_{1E} (mm)	l_{2E} (mm)	l_{3E} (mm)	l_{4E} (mm)	l_{gN} (mm)	l_{gE} (mm)
70体ラック					2100	1072	909	257	94	1561	1398	257	94	583	827.5
110体ラック					2100	1724	1561	257	94	1561	1398	257	94	909	827.5

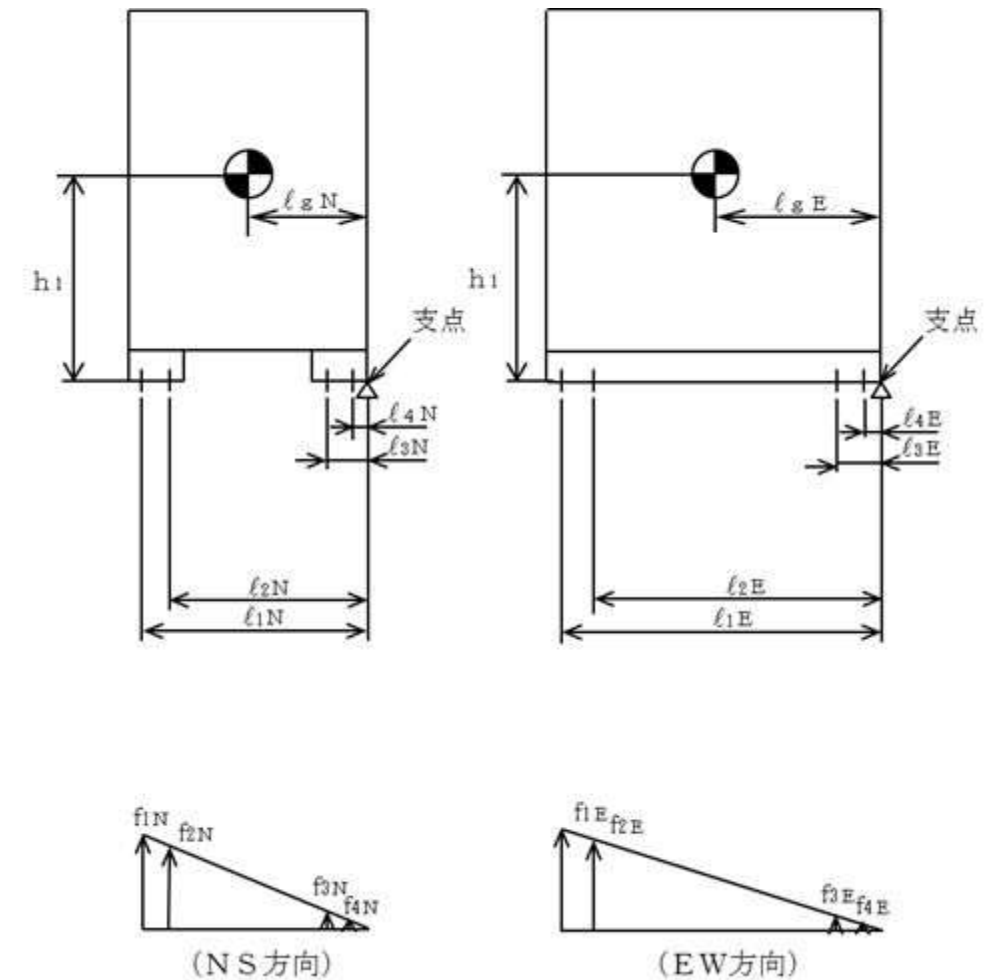
A_b (mm ²)	n	n_{1N}	n_{2N}	n_{3N}	n_{4N}	n_{1E}	n_{2E}	n_{3E}	n_{4E}
1017.9 (M36)	16	4	4	4	4	4	4	4	4
1017.9 (M36)	16	4	4	4	4	4	4	4	4

ラック取付ボルト材料	S_y *1 (MPa)	S_y (RT)*2 (MPa)	S_u *1 (MPa)	F (ラック取付ボルト) (MPa)	F* (ラック取付ボルト) (MPa)
SUS304	171	205	441	205	205
SUS304	171	205	441	205	205

注記 *1: 最高使用温度 (100 °C) で算出

*2: 室温で算出

ラック	地震力の種類	F_N (N)	F_E (N)	M_N (N・mm)	M_E (N・mm)
70体ラック	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	—	—	—	—
	基準地震動 S_s	4.767×10^5	3.465×10^5	1.152×10^9	7.993×10^8
110体ラック	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	—	—	—	—
	基準地震動 S_s	5.407×10^5	5.407×10^5	1.263×10^9	1.341×10^9



2.3 基礎ボルトの応力評価に用いる要目

	m_t (kg)	m_b (kg)	h_2 (mm)	l_{1N} (mm)	l_{2N} (mm)	l_{3N} (mm)	l_{4N} (mm)	l_{5N} (mm)	l_{6N} (mm)	l_{7N} (mm)	l_{8N} (mm)	l_{9N} (mm)	l_{1E} (mm)	l_{2E} (mm)	l_{3E} (mm)	l_{4E} (mm)
共通ベース			195	3264	3191	2634	2561	1374	1301	744	671	114	1572	1415	270	113

l_{gN} (mm)	l_{gE} (mm)	A_b (mm ²)	n	n_{1N}	n_{2N}	n_{3N}	n_{4N}	n_{5N}	n_{6N}	n_{7N}	n_{8N}	n_{9N}	n_{1E}	n_{2E}	n_{3E}	n_{4E}
1929.75	842.5	1551.8 (1 3/4-5UNC)	18	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4	5	4	5

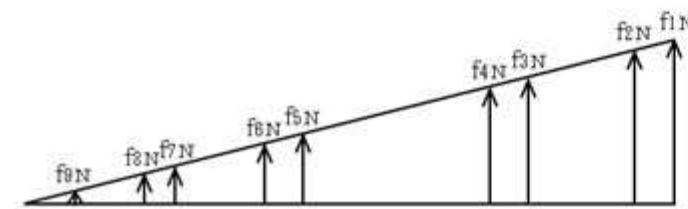
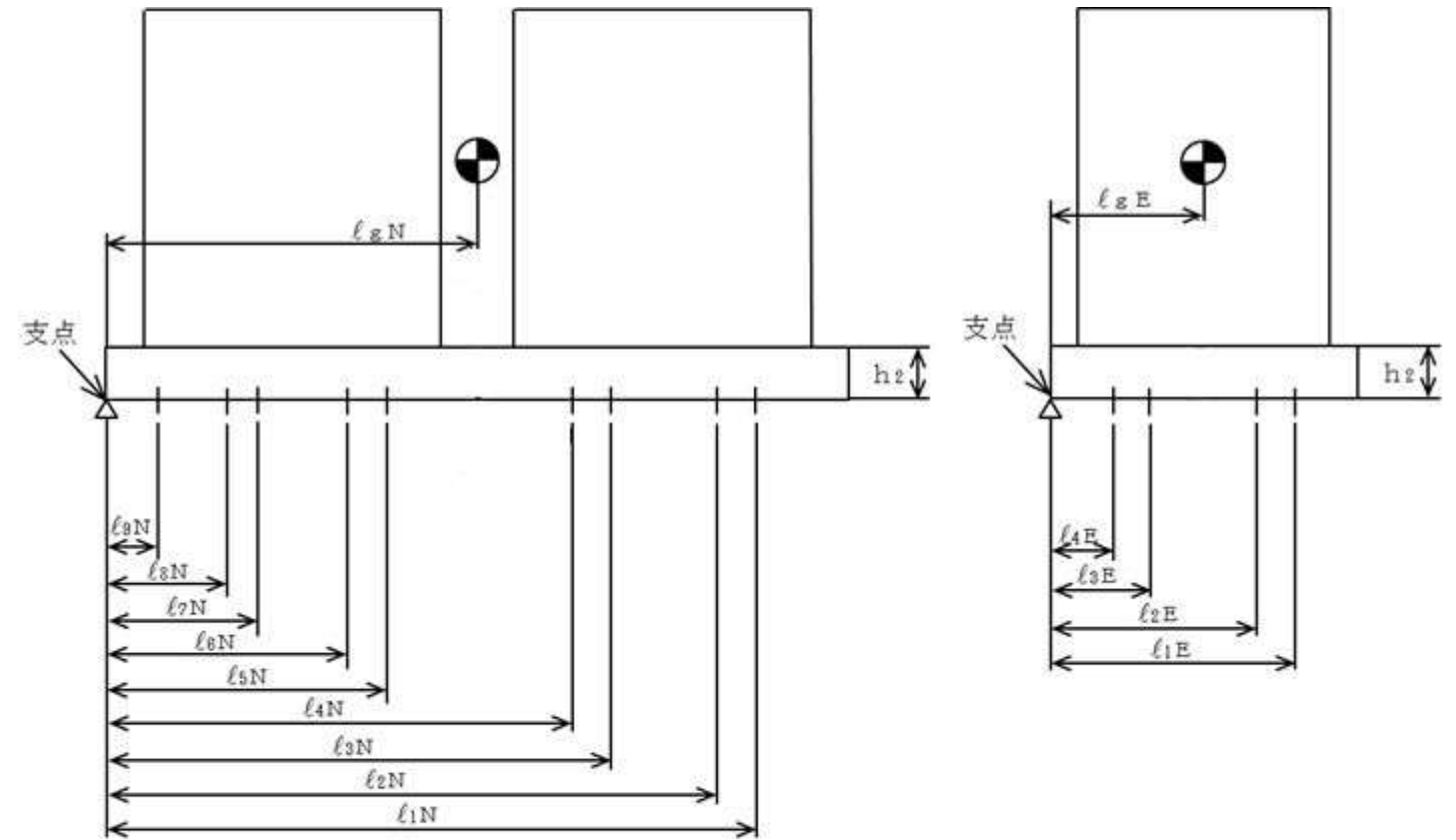
基礎ボルト材料	S_y^{*1} (MPa)	$S_y (RT)^{*2}$ (MPa)	S_u^{*1} (MPa)	F (基礎ボルト) (MPa)	F* (基礎ボルト) (MPa)
SUS304	171	205	441	205	205

注記 *1: 最高使用温度 (100 °C) で算出

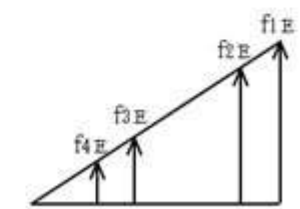
*2: 室温で算出

地震力の種類	F_{aN} (N)	F_{aE} (N)	F_{bN} (N)	F_{bE} (N)
弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	—	—	—	—
基準地震動 S_s	5.407×10^5	5.407×10^5	1.103×10^6	1.103×10^6

M_{aN} (N・mm)	M_{aE} (N・mm)	M_{bN} (N・mm)	M_{bE} (N・mm)
—	—	—	—
1.263×10^9	1.341×10^9	2.151×10^6	2.151×10^6



(NS方向)



(EW方向)

2.4 計算数値

2.4.1 部材に生じる応力

(1) 角管及びプレート

(単位：MPa)

ラック	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	
			NS方向	EW方向	NS方向	EW方向
70 体 ラック		引張り σ_x	—	—	5	5
		引張り σ_y	—	—	37	21
		せん断 τ_{xy}	—	—	28	17
		組合せ σ_{fa}	—	—	59	35
110 体 ラック		引張り σ_x	—	—	7	5
		引張り σ_y	—	—	31	36
		せん断 τ_{xy}	—	—	30	19
		組合せ σ_{fa}	—	—	59	47

(2) シートプレート及びラックベース

(単位：MPa)

ラック	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	
			NS方向	EW方向	NS方向	EW方向
70 体 ラック	SUS304L	引張り σ_x	—	—	14	5
		引張り σ_y	—	—	55	20
		せん断 τ_{xy}	—	—	10	4
		組合せ σ_{fa}	—	—	52	19
110 体 ラック		引張り σ_x	—	—	14	12
		引張り σ_y	—	—	20	42
		せん断 τ_{xy}	—	—	15	15
		組合せ σ_{fa}	—	—	31	46

2.4.2 ラック取付ボルトに生じる応力

(単位：MPa)

ラック取付 ボルト	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	
			N S 方向	E W 方向	N S 方向	E W 方向
70 体 ラック	SUS304	引張り σ_b	—	—	146	67
		せん断 τ_b	—	—	30	22
110 体 ラック		引張り σ_b	—	—	94	112
		せん断 τ_b	—	—	34	34

2.4.3 基礎ボルトに生じる応力

(単位：MPa)

基礎ボルト	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	
			N S 方向	E W 方向	N S 方向	E W 方向
共通ベース	SUS304	引張り σ_b	—	—	69	141
		せん断 τ_b	—	—	40	40

2.5 応力

(1) 部材に生じる応力

a. 角管及びプレート

(単位：MPa)

ラック	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
70 体 ラック		引張り	—	—	$\sigma_x = 5$	$f_t = 205$
		引張り	—	—	$\sigma_y = 37$	$f_t = 205$
		せん断	—	—	$\tau_{xy} = 28$	$f_s = 118$
		組合せ	—	—	$\sigma_{fa} = 59$	$f_t = 205$
110 体 ラック		引張り	—	—	$\sigma_x = 7$	$f_t = 205$
		引張り	—	—	$\sigma_y = 31$	$f_t = 205$
		せん断	—	—	$\tau_{xy} = 30$	$f_s = 118$
		組合せ	—	—	$\sigma_{fa} = 59$	$f_t = 205$

すべて許容応力以下である。

b. シートプレート及びラックベース

(単位：MPa)

ラック	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
70 体 ラック	SUS304L	引張り	—	—	$\sigma_x = 14$	$f_t = 175$
		引張り	—	—	$\sigma_y = 55$	$f_t = 175$
		せん断	—	—	$\tau_{xy} = 10$	$f_s = 101$
		組合せ	—	—	$\sigma_{fa} = 52$	$f_t = 175$
110 体 ラック		引張り	—	—	$\sigma_x = 12$	$f_t = 175$
		引張り	—	—	$\sigma_y = 42$	$f_t = 175$
		せん断	—	—	$\tau_{xy} = 15$	$f_s = 101$
		組合せ	—	—	$\sigma_{fa} = 46$	$f_t = 175$

すべて許容応力以下である。

(2) ラック取付ボルトに生じる応力

(単位：MPa)

ラック取付ボルト	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
70 体 ラック	SUS304	引張り	—	—	$\sigma_b = 146$	$f_{ts} = 153^*$
		せん断	—	—	$\tau_b = 30$	$f_{sb} = 118$
110 体 ラック		引張り	—	—	$\sigma_b = 112$	$f_{ts} = 153^*$
		せん断	—	—	$\tau_b = 34$	$f_{sb} = 118$

注記 * : $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$ より算出
すべて許容応力以下である。

(3) 基礎ボルトに生じる応力

(単位：MPa)

基礎ボルト	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
共通ベース	SUS304	引張り	—	—	$\sigma_b = 141$	$f_{ts} = 150^*$
		せん断	—	—	$\tau_b = 40$	$f_{sb} = 118$

注記 * : $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$ より算出
すべて許容応力以下である。