

2021年4月9日（第10回面談）

大型廃棄物保管庫の揚重設備及び架台設置に係る 実施計画の変更についての補足資料

大型廃棄物保管庫の揚重設備及び架台設置に係る実施計画の変更に係る内容となっている。
本資料（計算書）の評価値は、建屋床応答解析再評価前の値を用いている。

東京電力ホールディングス株式会社

大型廃棄物保管庫使用済吸着塔保管架台の
耐震性についての計算書

1. 概要

本計算書は、使用済吸着塔保管架台（以下、「保管架台」という。）が設計用地震力に対して十分な耐震性を有していることを説明するものである。

保管架台は、格納する使用済吸着塔の荷重を直接的に受ける支持構造物であり、使用済吸着塔が「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」のBクラス相当の設備と位置づけられていることから、耐震Bクラス相当の支持構造物として位置づけられる。以下、耐震性評価について示す。

2. 耐震性評価の基本方針

保管架台の応力評価は、本基本方針に基づき、構造計画にて示す使用済吸着塔保管架台の部位を踏まえ、評価箇所を設定し、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確認する。

2.1 設備の重要度による耐震クラス分類

表 2-1 に示す耐震クラス別分類に基づき評価する。

表 2-1 耐震クラス別分類

設備名	耐震 クラス別
保管架台	B

2.2 構造計画

計画の構造		概略構造図
基礎・支持構造	主要構造	
<p>保管架台をベースプレートで支持し、基礎ボルトで建屋基礎に据え付ける。</p>	<p>構造物フレームとして、上部はり、角型鋼管とし、下部はり、吸着塔支持はり及び柱はH型鋼を有する架台（単体は全溶接構造，3体は連結プレートを介したボルト結合であること。）</p>	<p>(単位：mm)</p>

2.3 保管架台の構造材料

構造材料の材料物性を表 2-2, 断面特性を表 2-3 に示す。

表 2-2 材料物性

部材	材質	縦弾性係数 [N/mm ²]	ポアソン比
□200×200×12	BCR295	200933	0.3
200×200×8×12	SS400	200933	0.3

表 2-3 断面特性

断面形状	断面積 [mm ²]	断面二次モーメント [mm ⁴]		断面係数 [mm ³]	
		I _y	I _z	Z _y	Z _z
□200×200×12	8530	4.860×10 ⁷	4.860×10 ⁷	4.860×10 ⁵	4.860×10 ⁵
200×200×8×12	6353	4.720×10 ⁷	1.600×10 ⁷	4.720×10 ⁵	1.600×10 ⁵

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 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規程 J E A C 4 6 0 1 -2015 ((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, 2012) (以下, 「設計・建設規格」という。)

2.5 設計用地震力

(1) 静的地震力

静的地震力は、表 2-2 に基づき算定する。

表 2-2 静的地震力

耐震クラス	機器・配管系	
	水平震度*	鉛直震度
B	$1.8 \cdot C_i$	—

注記 * : 機器・配管系の C_i は、標準せん断応力係数を 0.2 とし、建物・構築物の振動特性、地盤の種類等を考慮して求められる値とする。

(2) 動的地震力

Bクラス設計で建物・構築物と共振のおそれのあるものについては、表 2-3 に示す弾性設計用地震動 S_d を 1/2 倍した地震波による動的地震力を考慮する。

表 2-3 動的地震力

項目	機器・配管系	備考
設計用地震動	$1/2 S_d-1$: (水平)最大加速度振幅 112.5gal, 約 81 秒間 (鉛直)最大加速度振幅 75gal, 約 81 秒間 $1/2 S_d-2$: (水平)最大加速度振幅 150gal, 約 61 秒間 (鉛直)最大加速度振幅 100gal, 約 61 秒間 $1/2 S_d-3$: (水平)最大加速度振幅 112.5gal, 約 26 秒間 (鉛直)最大加速度振幅 75gal, 約 26 秒間	T.P. 約-197mの基盤 (Vs=約 750m/s) を解放基盤表面として定義する。

2.6 荷重の組合せ及び許容限界

荷重の組合せを表 2-4, 許容限界を表 2-5 に示す。

記号の説明

- D : 死荷重
- S_B : Bクラス設備に適用される静的地震力又はBクラス設備に適用される地震動により求まる地震力
- C_S : Bクラスの設備の地震時の供用状態
- S_y : 設計降伏点
材料規格に規定される値
- S_u : 設計引張強さ
材料規格に規定される値
- f_t : 許容引張応力
支持構造物 (ボルト等を除く。) に対して設計・建設規格 SSB-3121.1 により規定される値。ボルト等に対して設計・建設規格 SSB-3131 により規定される値
- f_s : 許容せん断応力
同上
- f_c : 許容圧縮応力
支持構造物 (ボルト等を除く。) に対して設計・建設規格 SSB-3121.1 により規定される値
- f_b : 許容曲げ応力
同上

表 2-4 荷重の組合せ

耐震クラス	荷重の組合せ	供用状態
B	$D + S_B$	C_S

表 2-5 許容限界

応力分類 供用状態	許容限界 (ボルト等以外) *				許容限界 (ボルト等) *	
	一次応力				一次応力	
	引張	せん断	圧縮	曲げ	引張	せん断
C_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 * : 応力の組合せが考えられる場合には, 組合せ応力に対しても評価を行う。

3. 計算方法

3.1 計算条件

- (1) 保管架台格納する使用済吸着塔の荷重を直接的に受ける支持構造物であることを踏まえ、使用済吸着塔格納状態について評価することとし、水平地震力により、使用済吸着塔が保管架台に接触することを考慮する。
- (2) 保管架台は、基礎ボルトにて建屋基礎に固定する。
- (3) 評価ケースとして、格納する使用済吸着塔の質量が吸着塔支持はりのみに作用するケースと水平地震力により使用済吸着塔が保管架台に接触し、使用済吸着塔の質量が上部はり及び吸着塔支持はりに作用するケースにて評価する。

3.2 固有周期の計算方法

3.2.1 条件

- (1) 保管架台の質量として、構造物フレーム及び使用済吸着塔を考慮する。使用済吸着塔の質量は、保管が想定される吸着塔のうち重量、重心高さが評価上最も厳しい高性能多核種除去設備吸着塔（ステンレス製）とする。対象物の質量及び重心高さを表 3-1 に示す。
- (2) 拘束条件として、保管架台の基礎ボルト底部位置の自由度を並進 3 方向 (X, Y, Z) 拘束とし、滑らない条件とする。

表 3-1 対象物の質量及び重心高さ

名称	単体質量(t)	基数	合計質量(t)	重心位置(mm)
保管架台 構造物フレーム	6.8	3	20.4	830
使用済吸着塔 (高性能多核種除去設備 吸着塔 (ステンレス製))	28.5	18	513.0	1899

3.2.2 計算モデル

3.2.1 項の条件に基づき，使用済吸着塔格納状態における計算モデル（剛体接続）を図3-1，水平地震力により使用済吸着塔が保管架台に接触した場合を考慮した計算モデル（質量付加）を図3-2に示す。

- (1) 保管架台の鋼材は，断面形状に基づき断面特性を設定したはり要素でモデル化する。
- (2) 保管架台を連結するプレート及び基礎ボルトは，はり要素でモデル化する。
- (3) 図3-1に示す計算モデルでは，使用済吸着塔の重心位置に質点要素を設置し，使用済吸着塔が載る支持はりと質点要素を剛体要素で接続する。
- (4) 図3-2に示す計算モデルでは，格納する使用済吸着塔はモデル化せず，使用済吸着塔が載る支持はり及び使用済吸着塔が接触する可能性のある上部はりの長さに応じて，使用済吸着塔の質量を算出して付加する。

表3-2に各はりに付与する使用済吸着塔の質量を示す。

表3-2 各はりに付与する使用済吸着塔の質量

部位	質量(t)
上部はり	313
下部はり	200

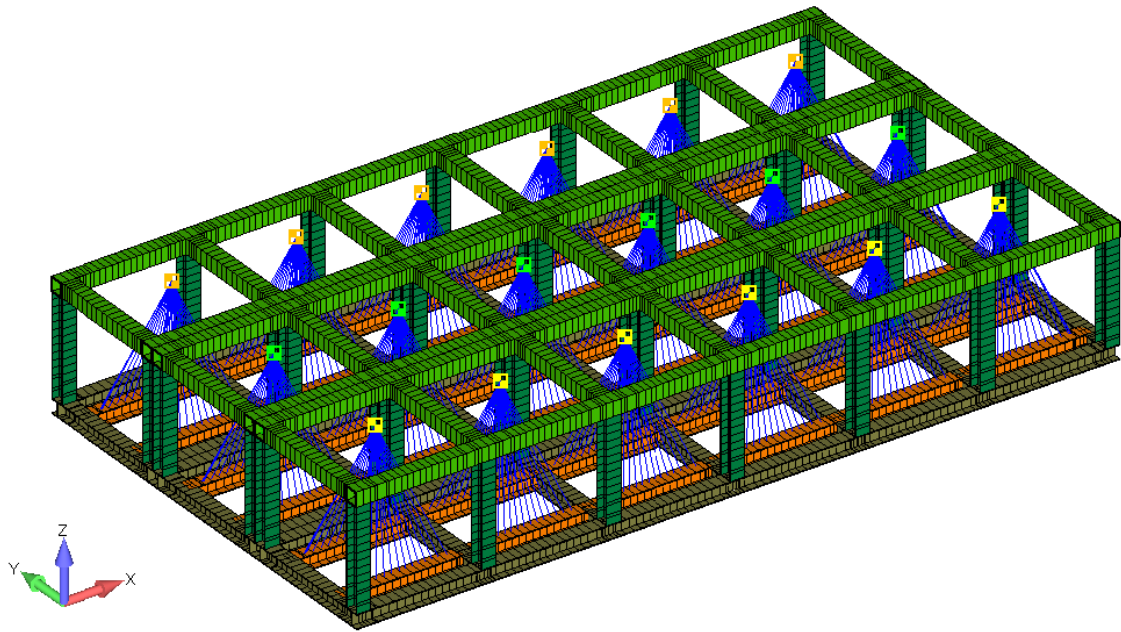


図 3-1 保管架台の計算モデル（剛体接続）

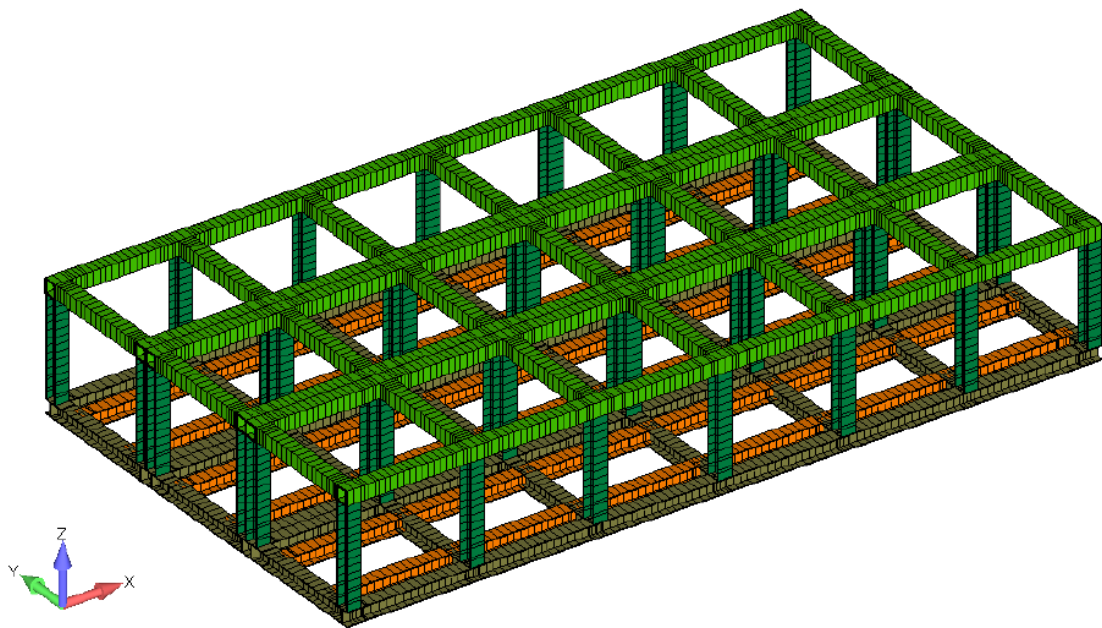


図 3-2 保管架台の計算モデル（質量付加）

3.2.3 計算

解析には計算機コード NASTRAN を用いる。

4. 固有周期

固有周期解析結果を表 4-1 及び表 4-2 に示す。解析の結果、いずれの計算モデルにおいても 1 次固有振動数が 20Hz 未満であり、柔構造であることを確認した。

表 4-1 固有値解析結果（剛体接続）

次数	固有振動数 [Hz]	固有周期 [s]	固有振動モードの特徴
1	7.653	0.131	使用済吸着塔 1 次振動モード
2	7.673	0.130	使用済吸着塔 2 次振動モード
3	7.674	0.130	使用済吸着塔 3 次振動モード
4	7.942	0.126	
5	7.956	0.126	
6	7.957	0.126	
7	8.463	0.118	
8	8.471	0.118	
9	8.471	0.118	
10	9.097	0.110	

表 4-2 固有値解析結果（質量付加）

次数	固有振動数 [Hz]	固有周期 [s]	固有振動モードの特徴
1	5.564	0.180	全体水平（N S 方向）1 次振動モード
2	6.509	0.154	全体水平（E W 方向）1 次振動モード
3	6.676	0.150	全体水平ねじれ 1 次振動モード
4	7.715	0.130	
5	8.823	0.113	
6	10.640	0.094	
7	11.103	0.090	
8	11.813	0.085	
9	11.942	0.084	
10	12.633	0.079	

5. 計算に用いる入力地震動

本評価では、固有値解析結果から耐震設計の基本方針に基づき、静的地震力と建屋・構築物との共振影響を考慮し、動的地震力を用いる。

動的地震力は、大型廃棄物保管庫建屋の建屋—地盤連成地震応答解析により得られる保管架台設置位置の $1/2S_d-1$ 、 $1/2S_d-2$ 及び $1/2S_d-3$ の床応答スペクトルに機器設計用減衰定数を与え、周期軸方向に±10%拡幅した設計用床応答スペクトルを用いる。

設計用床応答スペクトルを図 5-1~3 に示す。

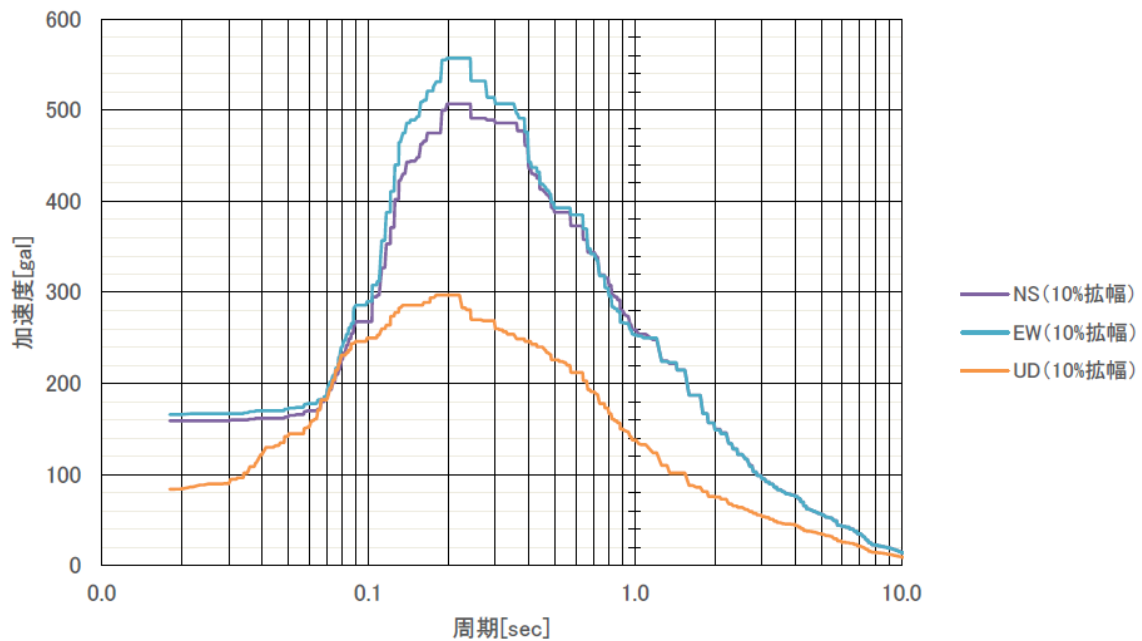


図 5-1 設計用床応答スペクトル ($1/2S_d-1$, $h=1.0\%$)

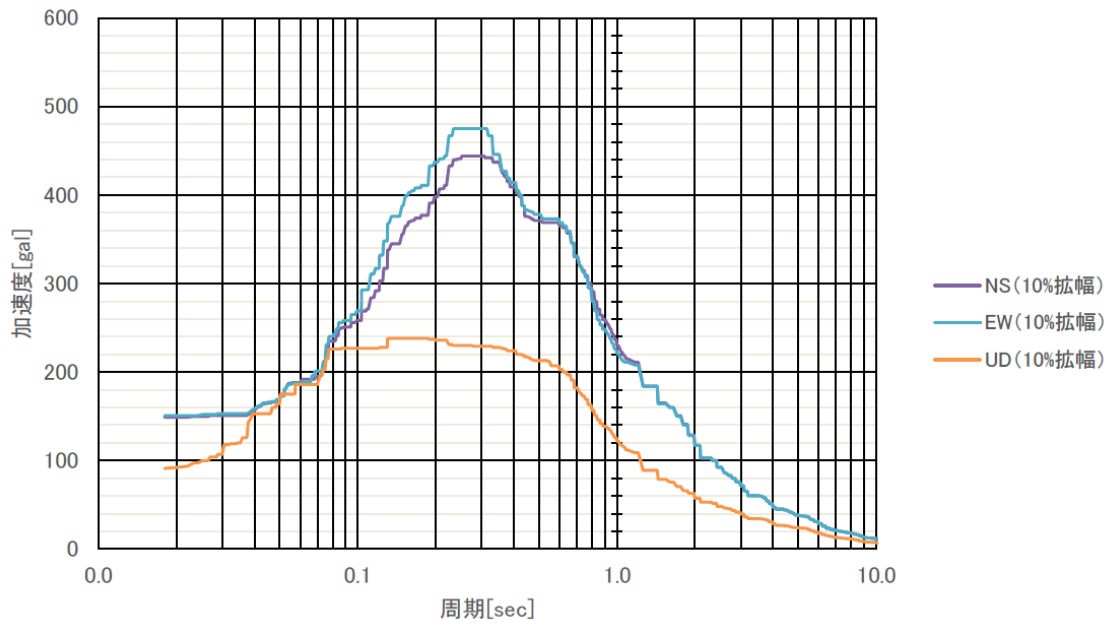


図 5-2 設計用床応答スペクトル ($1/2 S_d-2$, $h=1.0\%$)

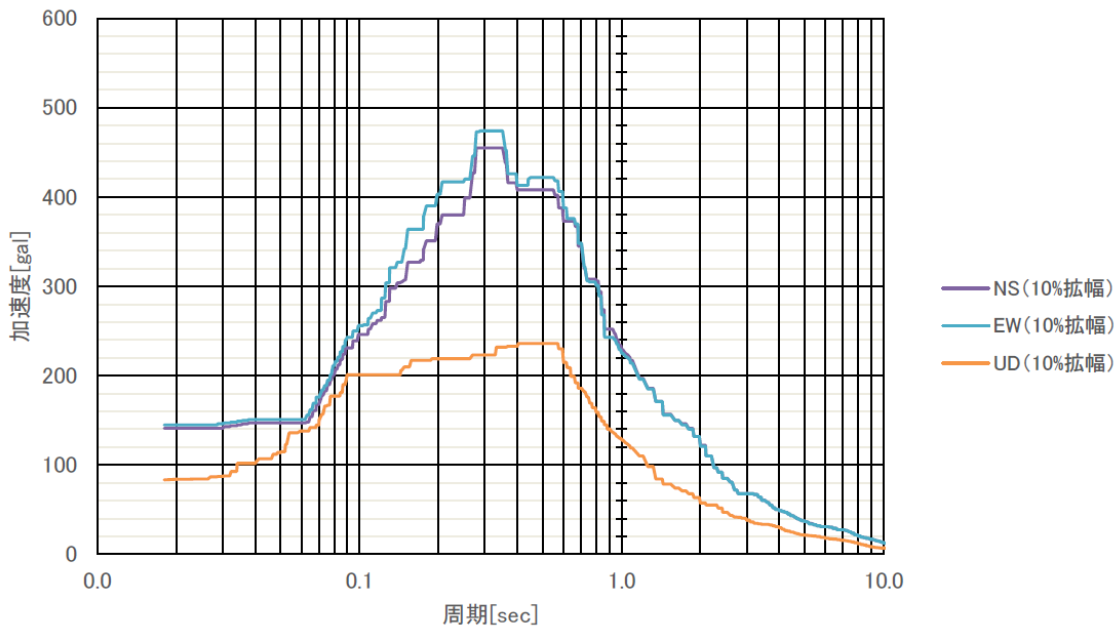


図 5-3 設計用床応答スペクトル ($1/2 S_d-3$, $h=1.0\%$)

6. 評価方法

6.1 応力の評価方法

材料及び許容応力を表 6-1 に示す。

表 6-1 材料及び許容応力

部位	使用材料	応力の種類	許容応力 (MPa)
保管架台構造物 フレーム	SS400/BCR295 ($t < 16\text{mm}$)	引張	243
		せん断	140
		圧縮	237
		曲げ	243
		組合せ	237
連結ボルト	SS400 ($16\text{mm} < t \leq 40\text{mm}$)	引張	233
		せん断	134
基礎ボルト	SD295 ($16\text{mm} < t \leq 40\text{mm}$)	引張	295
		せん断	170

7. 設計条件

設計条件を表 7-1 に示す。

表 7-1 設計条件

機器名	設置場所	固有周期 (s)	静的震度		動的震度			周囲環境 温度 (°C)
			水平	鉛直	水平		鉛直	
					EW	NS		
使用済吸着塔 保管架台	大型廃棄物保管庫 T. P. 26. 6m	0. 180	0. 36	—	0. 53	0. 48	0. 30	45

8. 数値計算

8.1 形状・寸法

保管架台の構造概要を図8-1に示す。

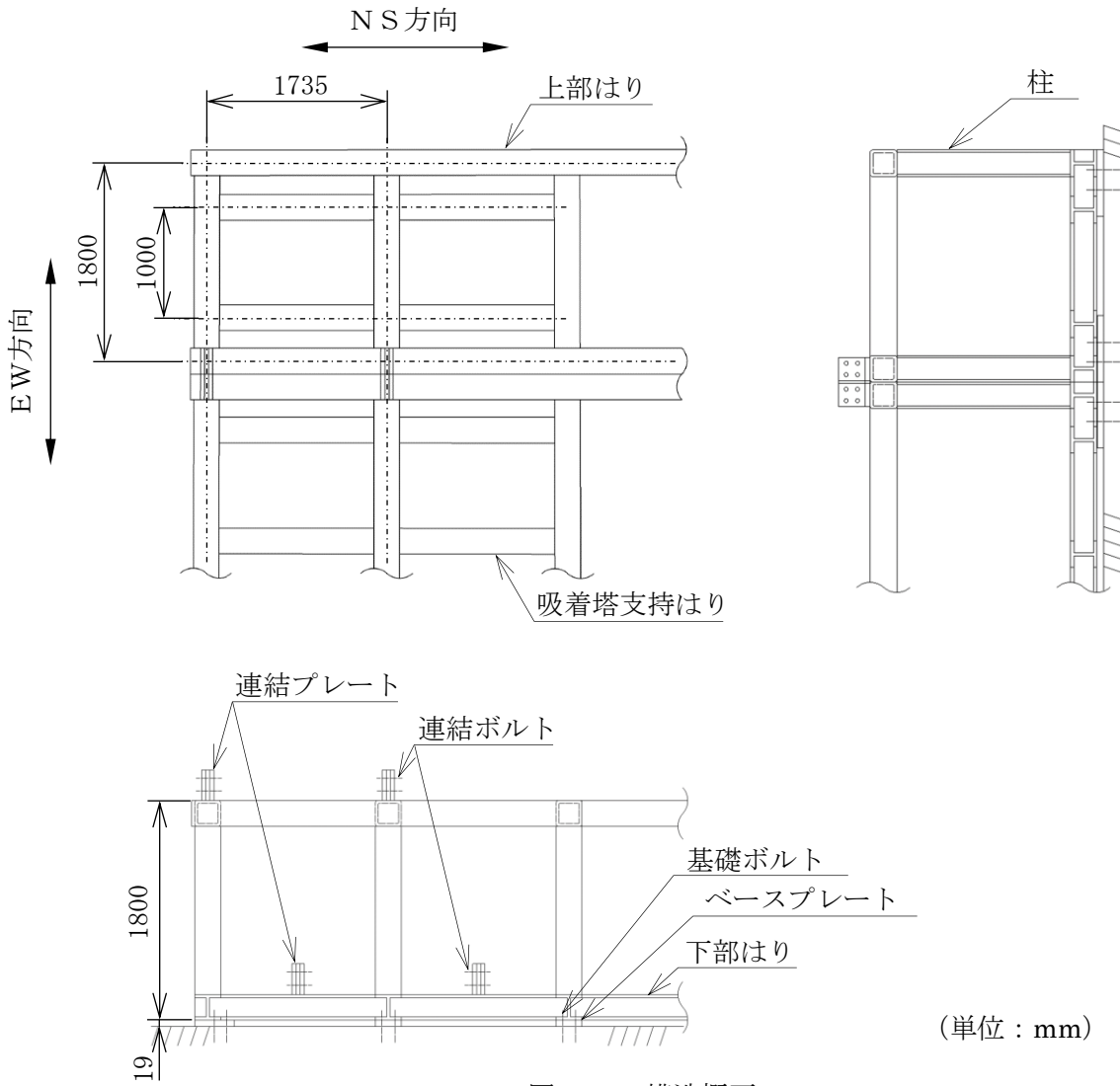


図8-1 構造概要

8.2 吸着塔支持はりに対する強度検討

8.2.1 使用済吸着塔の自重に対する強度

8.2.1.1 計算方法

- (1) 使用済吸着塔の自重により，吸着塔支持はりに作用する応力を計算する。
- (2) 使用済吸着塔の自重は，吸着塔支持はり 2 本に対し均等に作用するものとする。
- (3) 架台スパンを考慮し，図 8-2 のモデルにより発生応力を計算する。

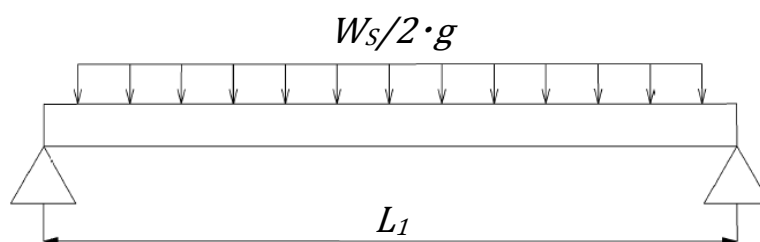


図 8-2

吸着塔支持はりに発生する曲げ応力は，

$$\begin{aligned} \sigma_{b1} &= M_1 / Z_1 \cdots \cdots \cdots (8.2.1.1.1) \\ &= 65(\text{MPa}) \end{aligned}$$

ここで，曲げモーメントは，

$$\begin{aligned} M_1 &= (W_S/2) \cdot g \cdot L_1 / 8 \cdots \cdots \cdots (8.2.1.1.2) \\ &= 3.031 \times 10^7 (\text{N} \cdot \text{mm}) \end{aligned}$$

W_S	使用済吸着塔 1 基当たりの質量	28500	[kg]
L_1	吸着塔受けはりの長さ	1735	[mm]
Z_1	H型鋼断面係数	4.720×10^5	[mm ³]
g	重力加速度	9.80665	[m/s ²]

8.2.2 水平方向地震による強度

8.2.2.1 計算方法

- (1) 水平方向地震（EW方向）により，使用済吸着塔の荷重が吸着塔支持はり1本に作用することを考慮し計算する。
- (2) 吸着塔支持はり1本には，使用済吸着塔の支持範囲に等分布荷重が作用するものとする。
- (3) 吸着塔支持はりスパンを考慮し，図8-3のモデルにより発生応力を計算する。

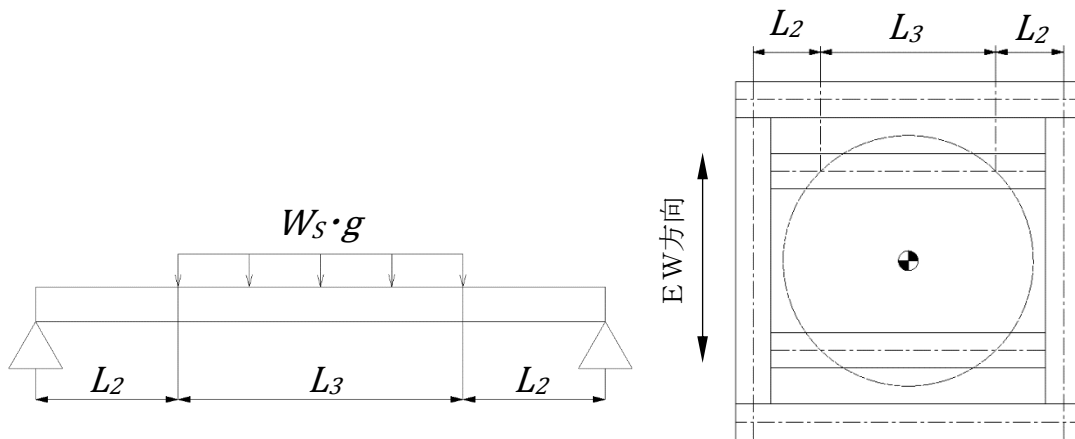


図8-3

吸着塔支持はりに発生する曲げ応力は，

$$\begin{aligned} \sigma_{b2} &= M_2 / Z_1 \cdots \cdots \cdots (8.2.2.1.1) \\ &= 185(\text{MPa}) \end{aligned}$$

ここで，曲げモーメントは，

$$\begin{aligned} M_2 &= W_S \cdot g / 2 \cdot (L_2 + L_3 / 4) \cdots \cdots \cdots (8.2.2.1.2) \\ &= 8.706 \times 10^7 (\text{N} \cdot \text{mm}) \end{aligned}$$

W_S	使用済吸着塔1基の質量	28500	[kg]
L_2	固定端から使用済吸着塔支持端までの距離	378	[mm]
L_3	使用済吸着塔の荷重分布距離	980	[mm]
Z_1	H型鋼断面係数	4.720×10^5	[mm ³]
g	重力加速度	9.80665	[m/s ²]

8.3 水平方向地震による保管架台の強度検討

8.3.1 水平方向地震による保管架台の転倒評価

8.3.1.1 計算方法

- (1) EW方向とNS方向を比較し、厳しい方のEW方向について図8-4のモデルにより計算する。
- (2) 使用済吸着塔を格納した保管架台は一体を剛体として考える。

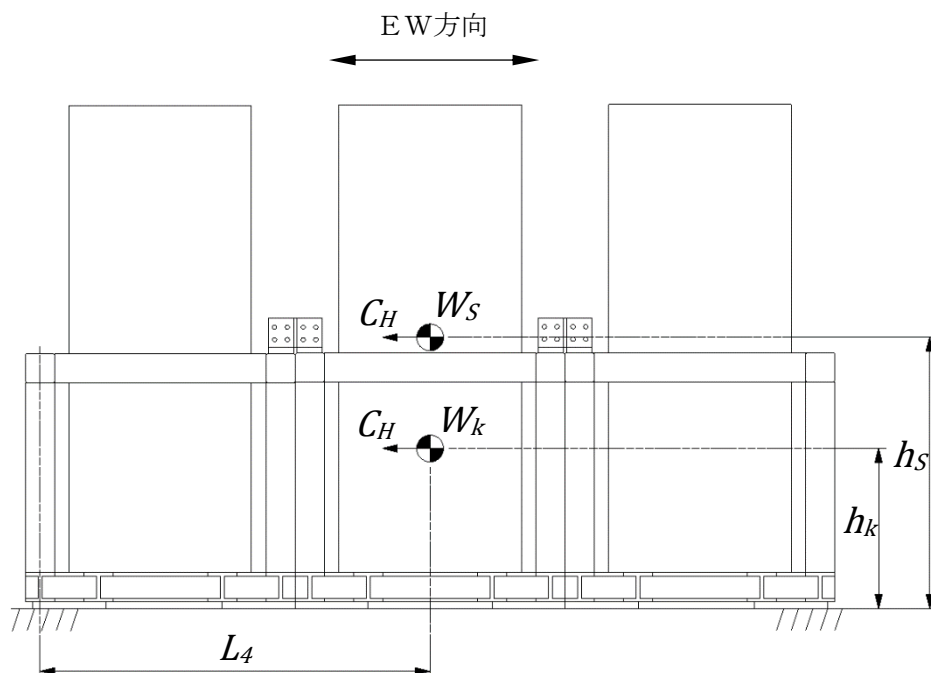


図 8-4

保管架台に作用する転倒モーメントは、

$$M_w = (W_S \cdot h_S \cdot N_S + W_k \cdot h_k \cdot N_k) \cdot C_H \cdot g \quad \dots \quad (8.3.1.1.1)$$

$$= 3.500 \times 10^9 (N \cdot mm)$$

保管架台の安定モーメントは、

$$M_f = (W_S \cdot N_S + W_k \cdot N_k) \cdot L_4 \cdot g \quad \dots \quad (8.3.1.1.2)$$

$$= 1.517 \times 10^{10} (N \cdot mm)$$

C_H	設計水平震度	0.36	
W_S	使用済吸着塔 1 基当たりの質量	28500	[kg]
W_k	保管架台 1 基当たりの質量	6800	[kg]
h_S	使用済吸着塔の重心高さ	1899	[mm]
h_k	保管架台の重心高さ	830	[mm]
N_S	使用済吸着塔の基数	18	[基]
N_k	保管架台の基数	3	[基]
L_4	安定モーメントアーム	2900	[mm]
g	重力加速度	9.80665	[m/s ²]

以上により転倒モーメント $M_w <$ 安定モーメント M_f であるため転倒しない。

8.3.2 水平方向地震による上部はりの強度評価

8.3.2.1 計算方法

- (1) 水平方向地震により，格納する使用済吸着塔が上部はりに接触することを考慮し計算する。
- (2) 上部はりには，使用済吸着塔の接触による集中荷重が作用するものとする。
- (3) 上部支持はりスパンを考慮し，厳しい方のEW方向について，図8-5のモデルにより発生応力を計算する。

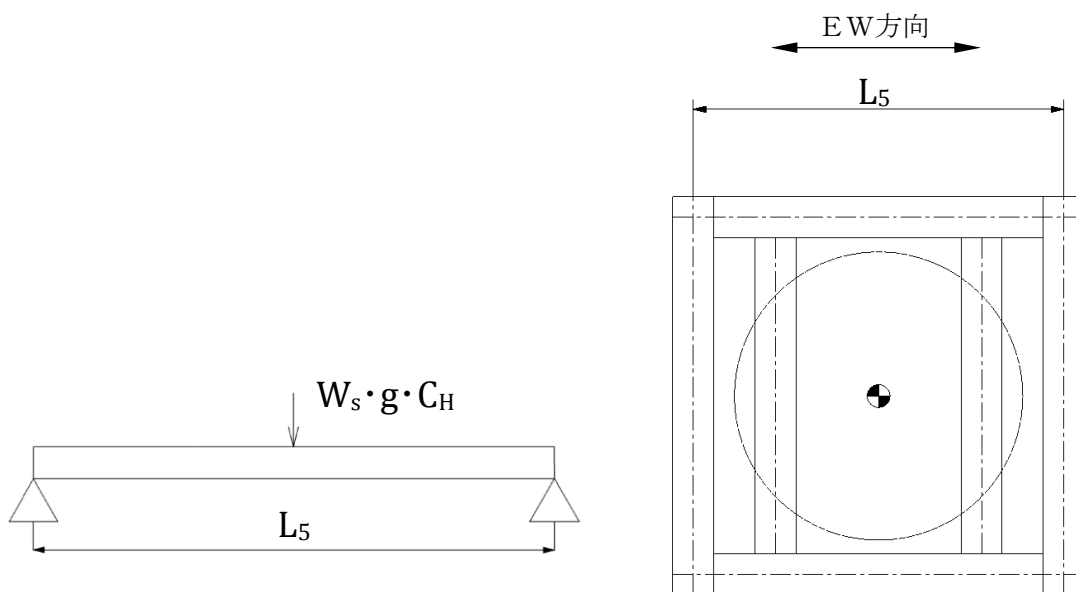


図 8-5

上部はりに発生する曲げ応力は，

$$\begin{aligned} \sigma_b &= M / Z \quad \dots\dots\dots (8.3.2.1.1) \\ &= 94(\text{MPa}) \end{aligned}$$

ここで，曲げモーメントは，

$$\begin{aligned} M &= W \cdot g \cdot L_5 \cdot CH / 4 \quad \dots\dots\dots (8.3.2.1.2) \\ &= 4.528 \times 10^7 \end{aligned}$$

<i>CH</i>	設計水平震度	0.36
<i>W</i>	使用済吸着塔 1 基の質量	28500 [kg]
<i>L₅</i>	吸着塔受けはりの長さ	1800 [mm]
<i>Z</i>	角形鋼管断面係数	4.860×10^5 [mm ³]
<i>g</i>	重力加速度	9.80665 [m/s ²]

8.3.3 水平地震荷重による連結部の強度評価

8.3.3.1 連結部の許容せん断力

連結部 1 箇所当たりの連結ボルト許容せん断力 Qa は、

$$Qa = \tau a \cdot n \cdots \cdots \cdots (8.3.3.1.1)$$

$$= 2.303 \times 10^5 (N)$$

τa	連結ボルトの許容耐力	5.758×10^4 [N]
n	連結ボルト本数	4 [本]

8.3.3.2 保管架台 1 基と 2 基に反対方向の水平地震が作用した場合の強度評価

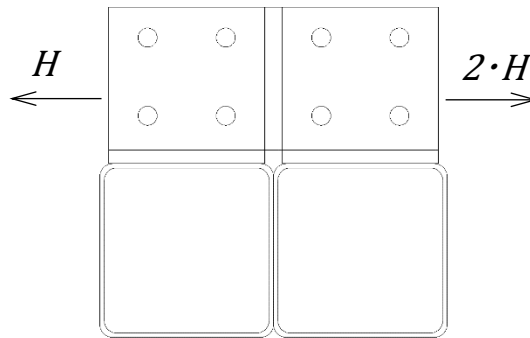


図 8-6

保管架台 1 基分の水平力 H は、

$$H = (W_S \cdot N_S + W_k \cdot N_k) \cdot g \cdot C_H / 6 \cdots \cdots \cdots (8.3.3.2.1)$$

$$= 1.046 \times 10^5 (N)$$

C_H	設計水平震度	0.36
W_S	使用済吸着塔 1 基当たりの質量	28500 [kg]
W_k	保管架台 1 基当たりの質量	6800 [kg]
N_S	使用済吸着塔の基数	18 [基]
N_k	保管架台の基数	3 [基]
g	重力加速度	9.80665 [m/s ²]

地震力は上部はりに加わるため、上部連結ボルトにのみ荷重がかかるとする。連結部にかかる荷重は、図 8-5 のモデルに示すように、1 基と 2 基に逆向きに作用する左右のいずれか大きい方の荷重とする。

$$F = 2 \cdot H = 2 \cdot 1.046 \times 10^5 = 2.092 \times 10^5 (N) < Qa$$

8.3.4 基礎ボルトの引抜力に対する検討

8.3.4.1 計算方法

- (1) 各ベースプレート（ベースプレート1枚につき4本の基礎ボルト）をピン支持として考える。
- (2) 保管架台及び格納する使用済吸着塔の全体重量は、ベースプレート全42箇所にて均一に支持されており、水平方向地震が作用した際、各ベースプレートには図8-7に示すように回転モーメントによる引抜力が発生する。
- (3) 保管架台の回転中心Gから最も遠い距離 x の位置にあるベースプレートを代表して引抜力に対する基礎ボルトの評価を行う。
- (4) 使用済吸着塔を格納した保管架台は一体を剛体として考える。
- (5) 回転中心は、保管架台を3基連結した状態での中心とする。

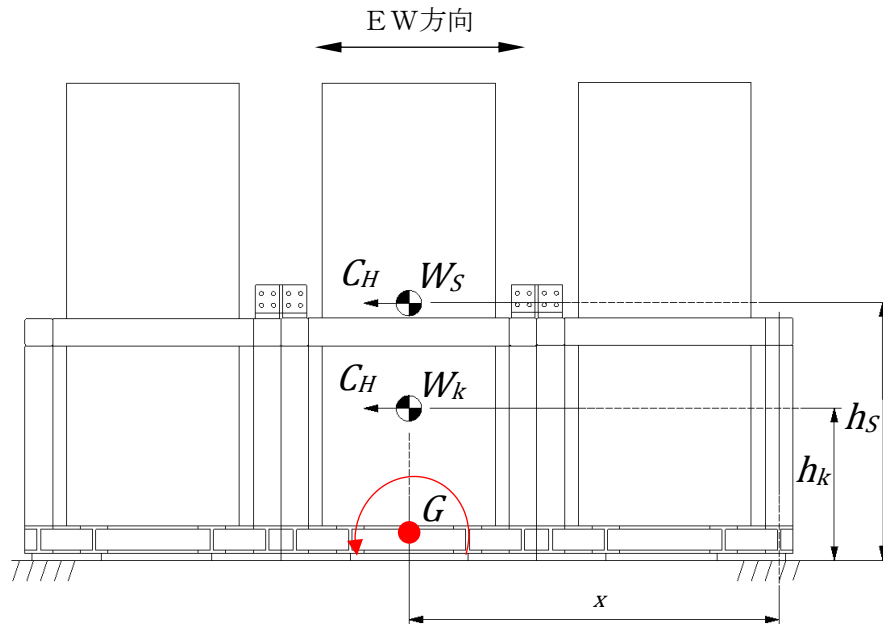


図 8-7

8.3.4.2 荷重条件

保管架台の基礎ボルトには水平地震荷重により以下の荷重及びモーメントが作用する
と考える。

(1) 使用済吸着塔重量

$$\begin{aligned} \Sigma W_S &= W_S \cdot g \cdot N_S \cdots \cdots \cdots (8.3.4.2.1) \\ &= 5.031 \times 10^6 (N) \end{aligned}$$

W_S	使用済吸着塔 1 基当たりの質量	28500	[kg]
N_S	使用済吸着の基数	18	[基]
g	重力加速度	9.80665	[m/s ²]

(2) 保管架台重量

$$\begin{aligned} \Sigma W_k &= W_k \cdot g \cdot N_k \cdots \cdots \cdots (8.3.4.2.2) \\ &= 2.001 \times 10^5 (N) \end{aligned}$$

W_k	保管架台 1 基当たりの質量	6800	[kg]
g	重力加速度	9.80665	[m/s ²]
N_k	保管架台の基数	3	[基]

(3) 全体重量

$$\begin{aligned} \Sigma W &= \Sigma W_S + \Sigma W_k \cdots \cdots \cdots (8.3.4.2.3) \\ &= 5.231 \times 10^6 (N) \end{aligned}$$

(4) 吸着塔本体による回転モーメント

$$\begin{aligned} M_S &= \Sigma W_S \cdot C_H \cdot h_S \cdots \cdots \cdots (8.3.4.2.4) \\ &= 3.439 \times 10^9 (N \cdot mm) \end{aligned}$$

C_H	設計水平震度	0.36	
ΣW_S	8.3.4.2.1 式より求まる使用済吸着塔重量	5.031×10^6	[N]
h_S	使用済吸着塔の重心高さ	1899	[mm]

(5) 架台による回転モーメント

$$M_k = \Sigma W_k \cdot C_H \cdot h_k \quad \dots\dots\dots (8.3.4.2.5)$$

$$= 5.979 \times 10^7 (N \cdot mm)$$

C_H	設計水平震度	0.36
ΣW_k	8.3.4.2.2式より求まる保管架台重量	2.001×10^5 [N]
h_k	保管架台の重心高さ	830 [mm]

(6) 全体の回転モーメント

$$\Sigma M = M_S + M_k \quad \dots\dots\dots (8.3.4.2.6)$$

$$= 3.499 \times 10^9 (N \cdot mm)$$

8.3.4.3 基礎ボルトの引抜力に対する強度評価

ベースプレート1箇所当りの鉛直方向力 P は、

$$P = \Sigma M / I \cdot x - \Sigma W / \Sigma n \quad \dots\dots\dots (8.3.4.3.1)$$

$$= -4.193 \times 10^4 (N)$$

ここで、

$$I = L_1^2 \cdot N_b + L_2^2 \cdot N_b + L_3^2 \cdot N_b \quad \dots\dots\dots (8.3.4.3.2)$$

$$= 1.171 \times 10^8 (\text{本} \cdot mm^2)$$

ΣW	8.3.4.2.3式より求まる値	5.231×10^6 [N]
ΣM	8.3.4.2.6式より求まる値	3.499×10^9 [N・mm]
L_1	回転中心からベースプレート中心までの距離	765 [mm]
L_2	回転中心からベースプレート中心までの距離	1235 [mm]
L_3	回転中心からベースプレート中心までの距離 (= x)	2765 [mm]
N_b	ベース群の本数	12 [本]
Σn	ベースプレートの全箇所数	42 [箇所]

以上によりベースプレート1箇所あたりに発生する鉛直方向力 P が負であるため、引抜力は発生しない。

8.3.5 水平方向地震による保管架台の滑動評価

コンクリート床面とベースプレートの滑動の有無は、評価に用いる静的地震力(0.36)に対し、摩擦係数(0.4^{*1})が上回っているため滑ることはないが、基礎ボルトが十分な強度を有していることを確認するため、摩擦係数が0の場合における基礎ボルトの強度評価を行う。

注記 *1：鋼構造設計規準（日本建築学会）より引用。

8.3.5.1 摩擦係数0の場合における基礎ボルトの強度評価

コンクリート床面とベースプレートの摩擦係数が0の場合における基礎ボルトの強度を評価する。

- (1) 基礎ボルトに作用するせん断力

$$Q = (W_S \cdot N_S + W_k \cdot N_k) \cdot g \cdot C_H \quad \dots\dots\dots (8.3.5.1.1)$$
$$= 1.883 \times 10^6 (N)$$

- (2) 基礎ボルトに作用するせん断応力

$$\tau = Q / A_S \cdot N_b$$
$$= 14.12 = 15 (MPa)$$

C_H	設計水平震度	0.36
W_S	使用済吸着塔1基当りの質量	28500 [kg]
A_S	基礎ボルト (D32) の有効断面積	7.940×10^2 [mm ²]
N_b	ボルト本数	168 [本]
W_k	保管架台1基当りの質量	6800 [kg]
N_S	使用済吸着塔の基数	18 [基]
N_k	保管架台の基数	3 [基]
g	重力加速度	9.80665 [m/s ²]

8.4 保管架台構造物フレームの強度検討

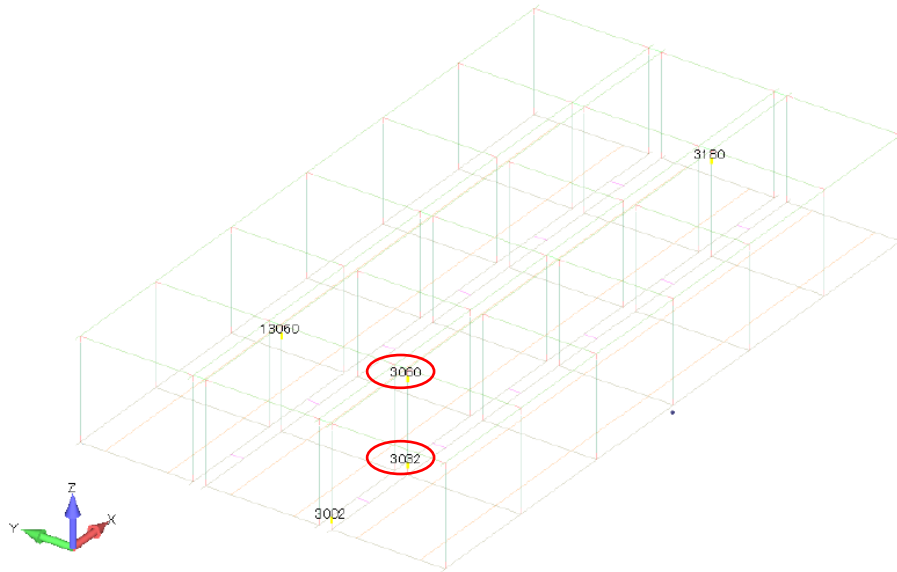
8.4.1 計算条件

- (1) 地震応答解析により，3.2.2 項で作成した各計算モデルにおける部材応力最大位置から得られる応力が，許容応力の範囲内であることを確認することで強度評価を行う。
- (2) 5. 項にて作成した $1/2S_d-1$ ， $1/2S_d-2$ 及び $1/2S_d-3$ の設計用床応答スペクトルを用いて解析し，解析結果から得られた最大発生応力部位ごとの応力値を比較し，最も厳しい応力について評価を行う。
- (3) 解析手法は，自重は静的線形解析，動的解析はスペクトル応答解析を用いる。スペクトル応答解析では大質量法を使用する。
- (4) 部材の応力評価として，次式に示すように，水平方向及び鉛直方向の地震荷重による SRSS 法と自重による応力の絶対値との代数和法により応力値を計算する。

$$\sigma = |\text{自重による応力}| + \sqrt{(\text{水平方向地震荷重の応力})^2 + (\text{鉛直方向地震荷重の応力})^2}$$

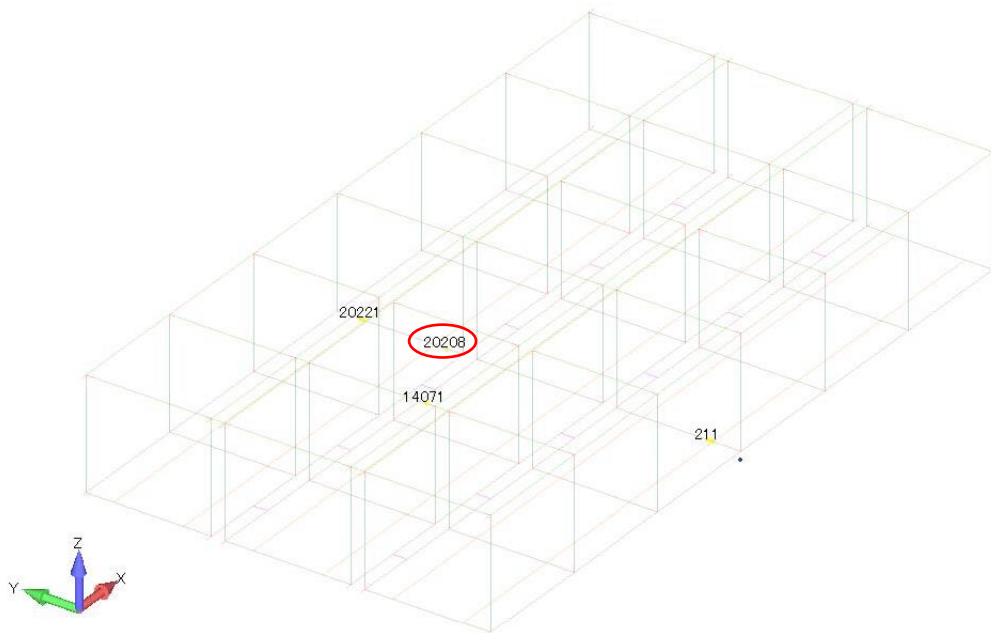
8.4.2 最大発生応力部位

最も厳しい最大発生応力部位を図 8-8, 図 8-9 に示す。



(計算モデル(質量付加), 1/2 S_d-1, 自重+水平(EW)方向+鉛直方向)

図 8-8 部材応力最大位置



(計算モデル(剛体接続), 1/2 S_d-1, 自重+水平(NS)方向+鉛直方向)

図 8-9 部材応力最大位置

9. 結論

耐震性評価結果を表9-1, 表9-2に示す。算出応力は, 耐震性評価結果のとおり全て許容応力の範囲内であることを確認した。

表9-1 静的地震力による耐震性評価結果

対象	評価部位	評価項目	算出値	許容値	単位
保管架台構造物 フレーム	支持はり (通常時)	曲げ	65	162	MPa
	支持はり (地震時)	曲げ	185	243	MPa
	上部はり	曲げ	94	243	MPa
	本体	転倒	3.500×10^9	1.517×10^{10}	N・mm
		滑動	1.883×10^6	2.092×10^6	N
連結ボルト		せん断	2.092×10^5	2.303×10^5	N
基礎ボルト		引抜	-4.193×10^4	—	N
		せん断	15	134	MPa

表9-2 動的地震力による耐震性評価結果

対象	部位	応力の種類	算出応力 [MPa]	許容応力 [MPa]
使用済吸着塔保管架台 構造物フレーム	底部はり	引張	11	243
	底部はり	せん断	80	140
	柱	圧縮	14	237
	柱	曲げ	201	243
	柱	組合せ	$\frac{\sigma_c}{1.5f_c} + \frac{c\sigma_b}{1.5f_b} \leq 1.0$	
			0.88	