

設工認その13で申請した設備機器のうち耐震裕度が厳しいものの保守性について

令和2年10月14日
日本原子力研究開発機構
原子力科学研究所

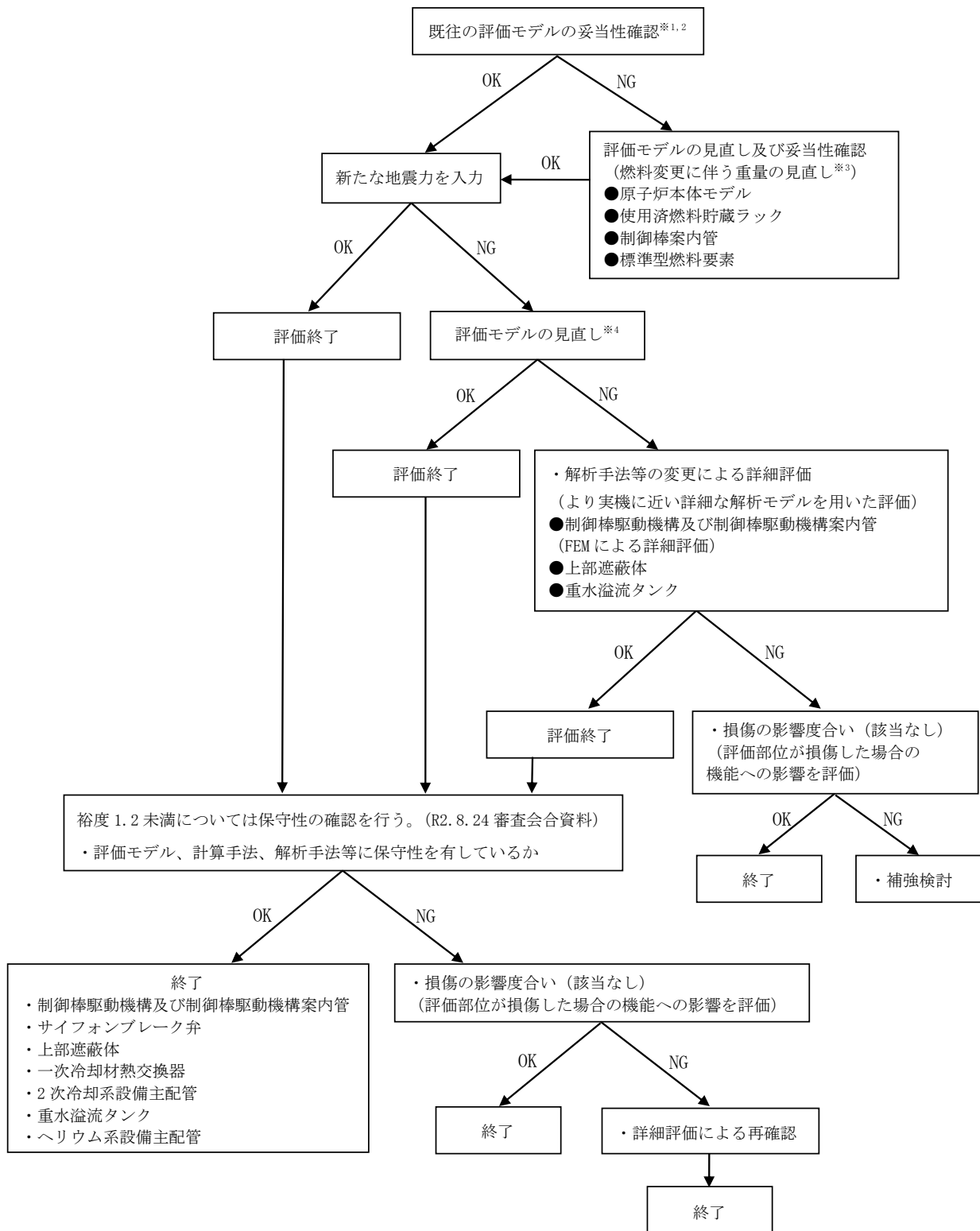
【R2.8.24 コメント】

- ・最も耐震裕度が低い設備の耐震裕度を見直しについて、検討内容をフロー図のような形で示すこと。
- ・耐震裕度1.2を下回る設備はどれだけあるか。また、どのような考え方で保守性を評価したのか説明すること。

【R2.9.18 ヒアリングコメント】

- ・評価開始時の妥当性確認でNGとなったものについて、詳細を示すこと。
- ・評価でNGとなり、より詳細な評価が必要となった機器について、フロー上で詳細に記載すること。
- ・重水溢流タンクの保守性について、評価に用いたJEACの評価手法自体が十分な保守性を有しているという主張が分かるよう表現を見直すこと。

1. 評価フロー



- ※1 既往の設工認における評価モデルが現状の評価モデルに適用できるか、最新の知見を取り入れることは可能か等の確認を行う。
※3の理由により既往の設工認における評価モデルが適用できない機器はNGとした。
- ※2 基準地震動が確定する以前に東日本大震災時に観測された地震波や暫定の基準地震動を用いてモデルの確認及び予備解析を行っている。なお、NGとした機器はない。
- ※3 評価モデルの見直しを行った設備は、暫定の基準地震動を用いた評価(予備解析)によってNGとなったものではなく、アルミナド燃料からシリサイド燃料への変更(平成10年度)により、重量が増加したためモデルの見直しを実施したものである。
- ※4 過度に保守的な評価となっていないか評価モデルの見直しを行う。

2. 耐震裕度 1.2 を下回る機器の評価結果一覧

機器・配管系の耐震性評価（基準地震動Ssによる評価結果一覧）

設備機器	固有振動数 [Hz]			地震荷重					評価結果							
				震度 [G]			使用質点		種類	減衰 [%]	応力が一番かかる部位	応力の種類	応力 [MPa]	許容 [MPa]	裕度 [-]	
	水平		鉛直	水平	鉛直	原子炉建家 (原子炉本体)										
	NS	EW	UD	NS	EW		UD									
制御棒駆動機構及び制御棒駆動機構案内管	10.3			145.4			-		3	時刻歴応答	1.0	制御棒駆動機構案内管	一次+二次	345	346	1.00
サイフォンブ レーク弁	KV21-28	-	-	-	-	-	-	-	PCS-R-12の応答加速度	-	弁駆動部	応答加速度*	5.05*	6.00*	1.18	
	KV21-29	-	-	-	-	-	-	-	PCS-R-14の応答加速度	-	弁駆動部	応答加速度*	5.87*	6.00*	1.02	

*単位：[G]

機器・配管系の耐震性評価（上位波及に対する影響評価結果一覧）

設備機器	固有振動数 [Hz]			地震荷重					評価結果									
				震度 [G]			使用質点		種類	減衰 [%]	応力が一番かかる部位	応力の種類	応力 [MPa]	許容 [MPa]	裕度 [-]			
	水平		鉛直	水平	鉛直	原子炉建家 (原子炉本体)												
	NS	EW	UD	NS	EW		UD											
上部遮蔽体	固定遮蔽体	22.7			17.5			1.21		0.98	10	1.2ZPA	-	接続ボルト	引張	245	252	1.02

機器・配管系の耐震性評価（弾性設計用地震動Sd又は静的地震力による評価結果一覧）

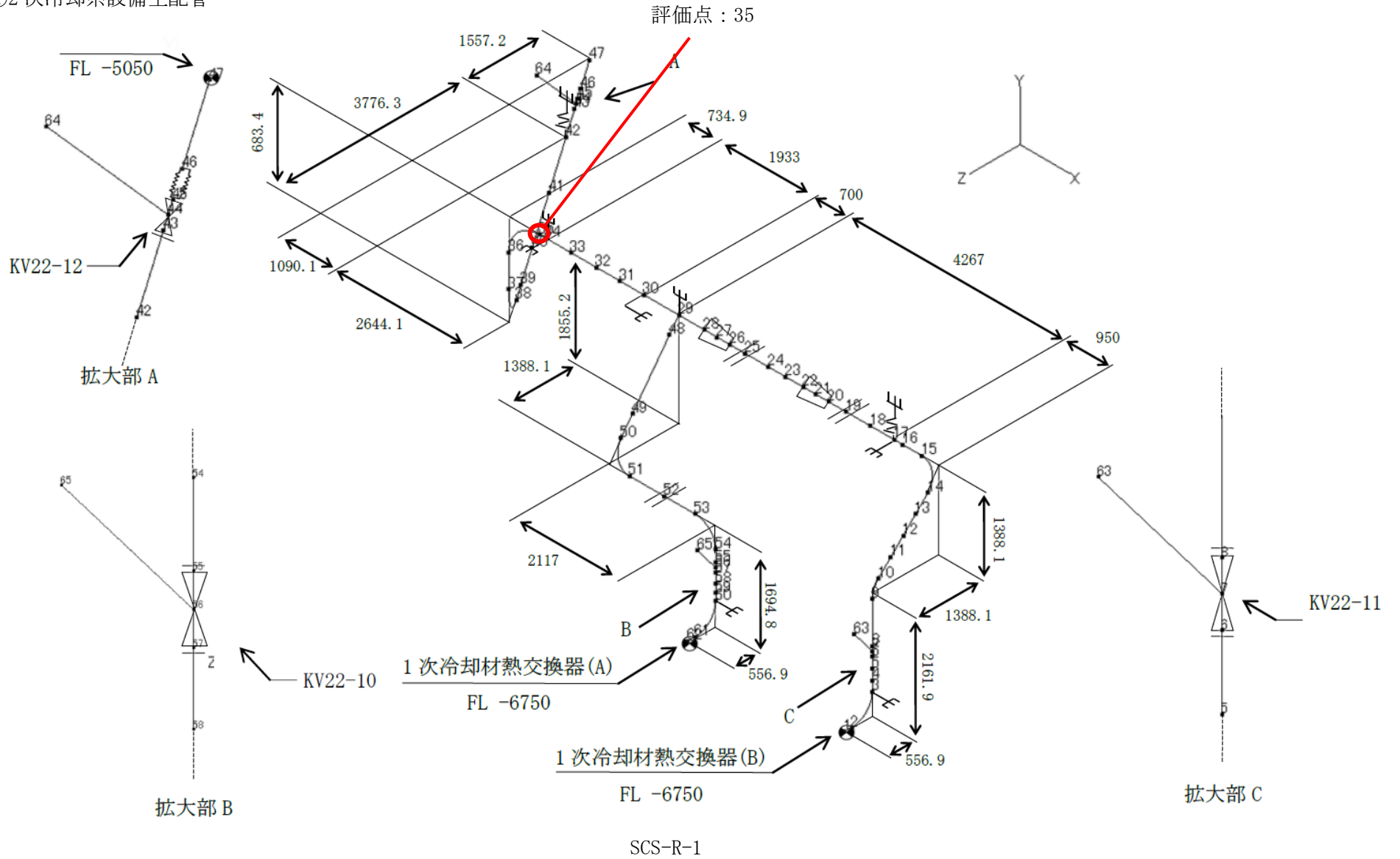
設備機器	固有振動数 [Hz]			地震荷重					評価結果								
				震度 [G]			使用質点		種類	減衰 [%]	応力が一番かかる部位	応力の種類	応力 [MPa]	許容 [MPa]	裕度 [-]		
	水平		鉛直	水平	鉛直	原子炉建家 (原子炉本体)											
	NS	EW	UD	NS	EW		UD										
一次冷却材熱交換器	15.3			33.6			0.48		0.25	2	鉛直：1.2ZPA 水平：FRS読み取り値	1.0	基礎ボルト	引張	133	136	1.02
2次冷却系設備主配管	SCS-R-1	4.2	4.2	4.4	-	-	2,3		2,3	スペクトルモーダル	1.0	-	一次応力	153	174	1.13	
重水溢流タンク	10.7			35.3			0.94		-	2	FRS読み取り値	1.0	基礎ボルト	引張	163	176	1.07
ヘリウム系設備主配管	HGS-R-7	5.3	7.0	10.9	-	-	2,3		2,3	スペクトルモーダル	1.0	-	一次応力	122	131	1.07	

R2.7.13 審査会合資料から抜粋

: 今回保守性について説明する機器

3. 保守性について

①2次冷却系設備主配管



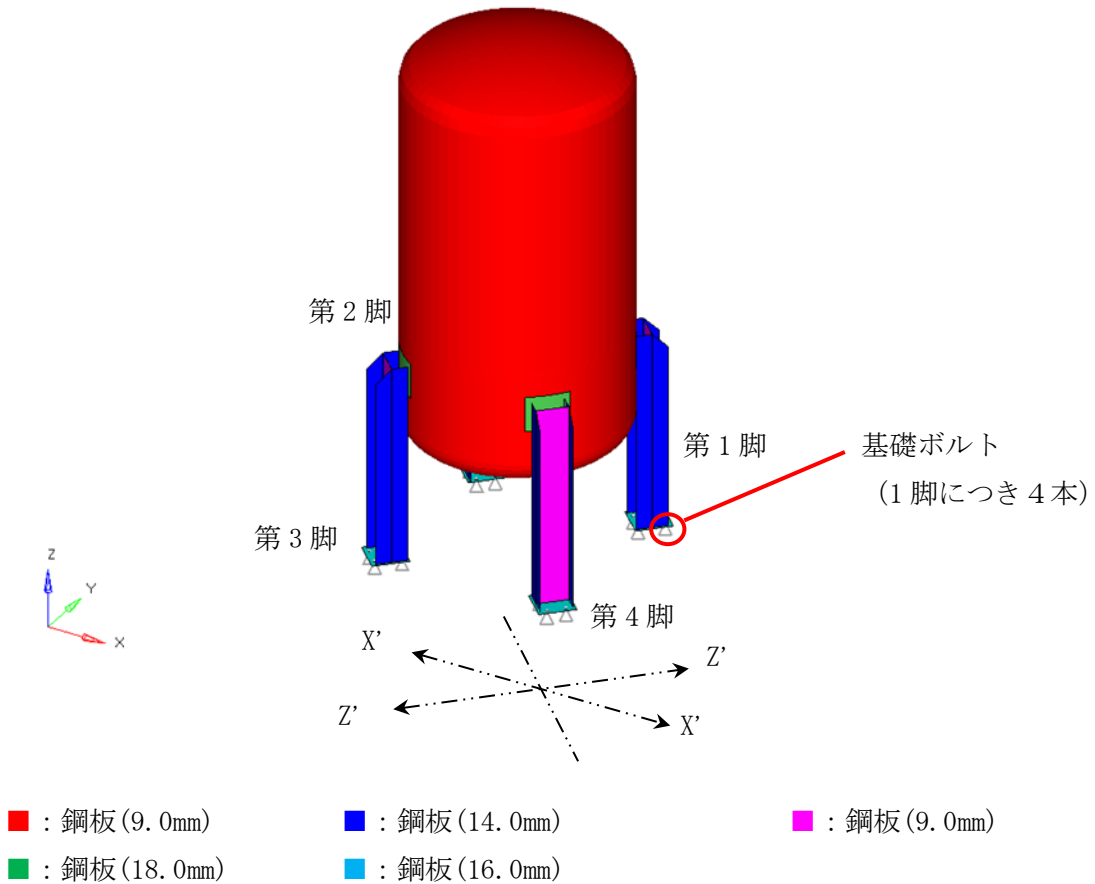
B_sS 評価結果

評価点	区 分	内圧応力	自重応力	短期機械荷重応力 及び地震荷重応力	二次応力	一次応力評価 (N/mm ²)	
						計算応力	許容応力
35	一次応力	13	18	122	—	153	174

・保守性について

2次冷却系設備主配管 SCS-R-1 では、スペクトルモーダル解析を行っている。スペクトルモーダル解析は各モードの時間的な変化を考慮せず、設備の各固有周期の最大応答を算出している。そのため各モードの時間的な変化や水平地震動と上下地震動の応答の時間的な相違を考慮した時刻歴応答解析よりも保守的な評価となっている。

②重水溢流タンク



基礎ボルトの評価結果（手計算）

(単位 : N/mm²)

		引張応力	許容応力	裕度
水平地震力 (Z' 方向)	第1脚側	156	176	1.12
	第2脚側	127	176	1.38
	第3脚側	85	176	2.07
	第4脚側	127	176	1.38
水平地震力 (X' 方向)	第1脚側	163	176	1.07
	第2脚側	102	176	1.72
	第3脚側	102	176	1.72
	第4脚側	163	176	1.07

・保守性について

基礎ボルトの評価結果では、水平地震力 (X' 方向) による第1脚側及び第4脚側に最大引張応力が発生する。基礎ボルトに生じる引張応力は、JEAG 及び JEAC に基づく以下の式により手計算で求められており、脚底部に働くモーメントが生じる場合、発生する引張荷重を1脚につき2本の基礎ボルト

(引張荷重が作用する基礎ボルト本数)で負担する評価をしている。重水溢流タンクの実際の構造は1脚につき基礎ボルトが4本接続されているため、JEAG及びJEACの評価は保守的な評価となっている。

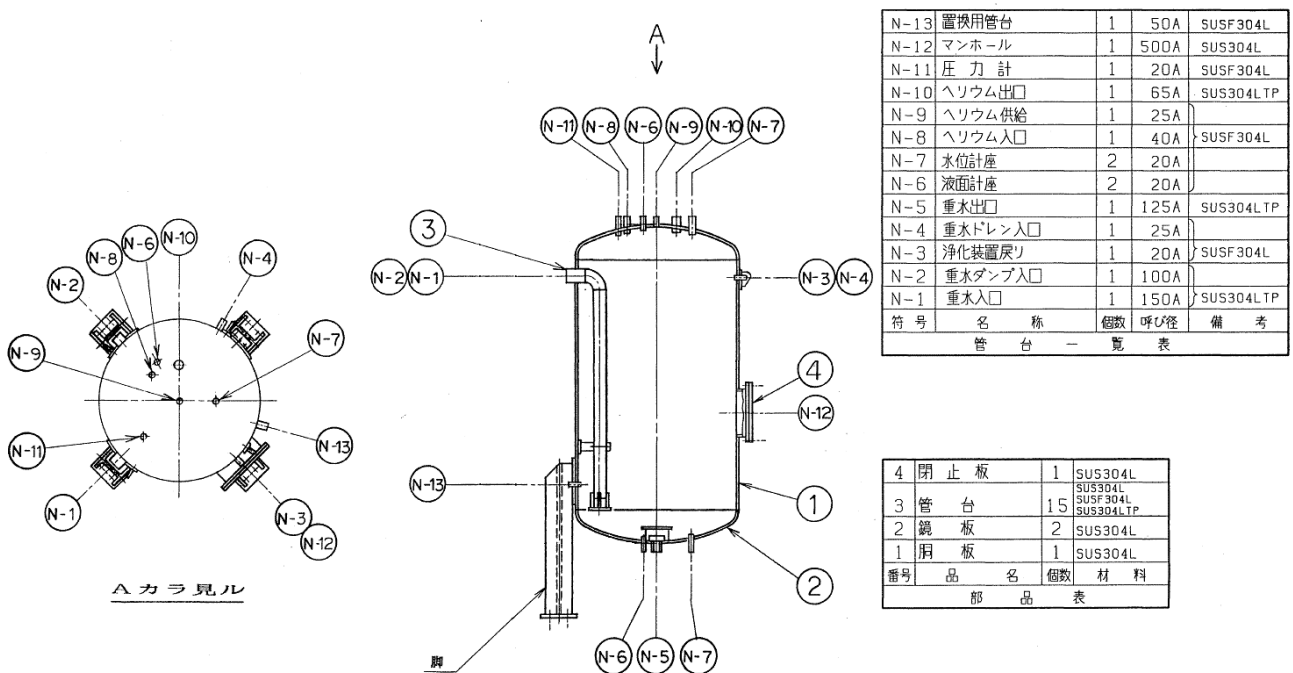
$$F_b = -R_{x1}$$

$$\sigma_{b4} = \frac{F_b}{n A_b}$$

- F_b : 基礎ボルトに生じる引張力 (N)
 R_{x1} : 水平方向地震力 (X' 方向) により第1脚及び第4脚に作用する軸力 (N)
 σ_{b4} : 水平方向地震力 (X' 方向) により基礎ボルトに生じる引張応力 (N/mm²)
 n : 脚1個あたりの基礎ボルトの本数 (=引張りを受ける基礎ボルトの本数)
 A_b : 基礎ボルトの軸断面積 (mm²)

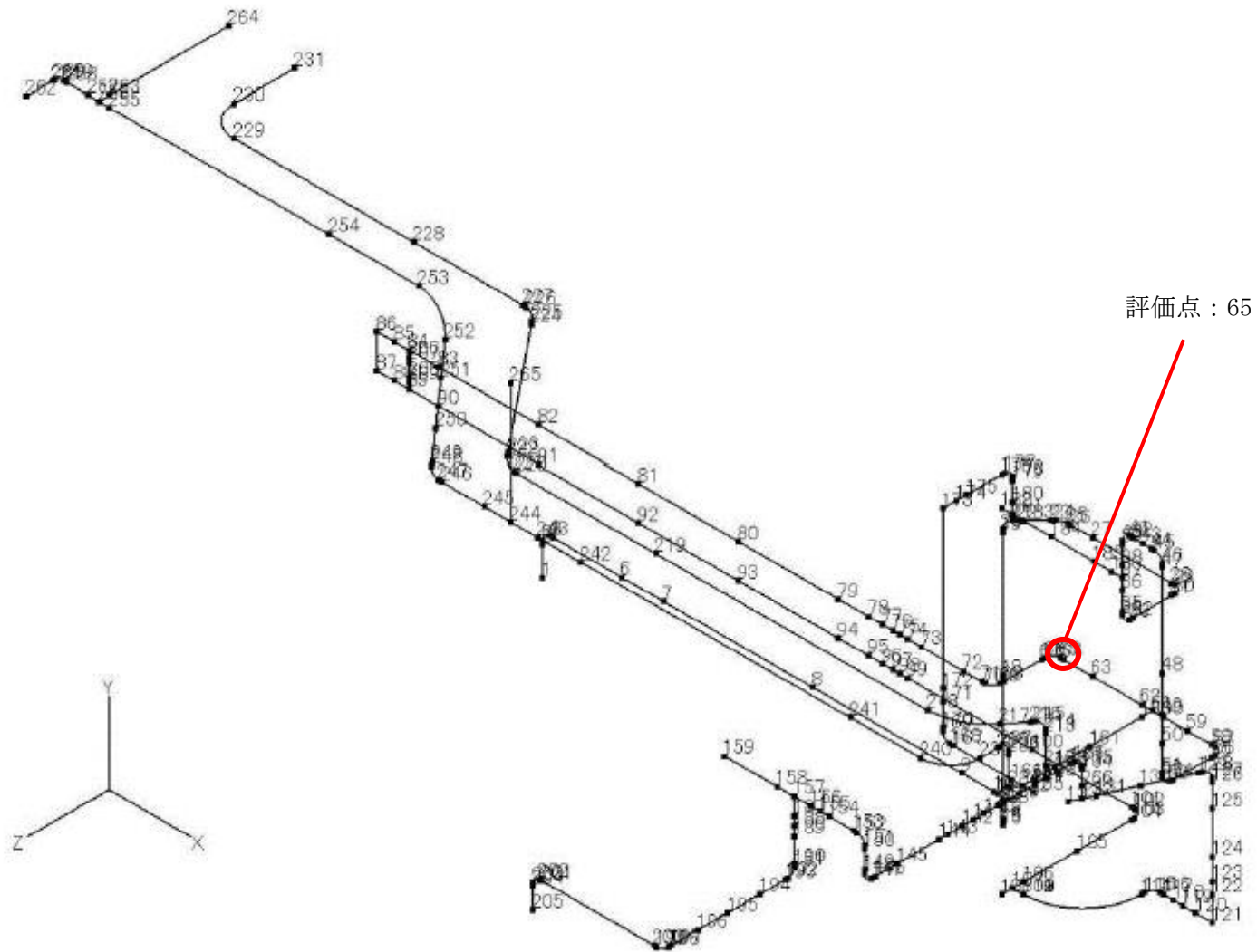
参考資料「添付書類 3-3-2-1 四脚たて置円筒形容器」

また、FEMによる詳細解析を行った場合、ボルト16本分の応力値が算出され、設工認申請した保守的な評価結果よりも裕度が上がる。ボルト16本分の応力値を算出するにあたっては、上部遮蔽体の耐震評価における保守性で説明した内容と同様になる。



重水溢流タンク概略図

③ヘリウム系設備主配管



HGS-R-7

B_AS 評価結果

評価点	区 分	内圧応力	自重応力	短期機械荷重応力 及び地震荷重応力	二次応力	一次応力評価 (N/mm ²)	
						計算応力	許容応力
65	一次応力	1	37	84	-	122	131

・保守性について

ヘリウム系設備主配管 HGS-R-7 では、スペクトルモーダル解析を行っている。スペクトルモーダル解析は各モードの時間的変化を考慮せず、設備の各固有周期の最大応答を算出している。そのため各モードの時間的変化や水平地震動と上下地震動の応答の時間的な相違を考慮した時刻歴応答解析よりも保守的な評価となっている。