

本資料のうち、枠囲みの内容は、
営業秘密あるいは防護上の観点
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	補足-340-14 改1
提出年月日	平成30年6月18日

工事計画に係る補足説明資料

耐震性に関する説明書のうち

補足-340-14 可搬型重大事故等対処設備のうちポンベ設備の

耐震性に関する説明書の補足説明資料

平成30年6月

日本原子力発電株式会社

ボンベ設備の耐震計算解析モデルに関する補足説明

1. 概要

補正工認 V-2-別添 3-4「可搬型重大事故等対処設備のうちボンベ設備の耐震性についての計算書」において、ボンベ設備が、地震後において、基準地震動 S_s による地震力に対し窒素及び空気供給機能を保持するとともに当該設備以外の可搬型重大事故等対処設備に波及的影響を及ぼさないことを確認している。同資料では、ボンベ架台が剛（固有振動数が 20Hz 以上）であることを 3次元 FEM モデルで確認したのち、ボンベ及び架台の固定部材のうち最も評価が厳しくなるボンベ設備とアンカプレートの溶接部の強度が十分あることを確認している。

本資料は、ボンベ設備（ボンベ及び架台を含む）の解析モデルについて補足するものである。

2. 境界条件について

(床置型)

ラックと床面のアンカプレートとの溶接部を完全拘束とする（3方向変位及び3軸方向の回転）。

(壁掛床置型)

ラックと壁面のアンカプレートとの溶接部を完全拘束とする（3方向変位及び3軸方向の回転）。床面についてはフリーとする。

(カードル型)

建屋躯体との取り付け点を固定端部として完全拘束とする。

3. 基礎ボルト（後打ちアンカ用）の剛性について

解析モデル上、後打ちアンカは剛として取り扱っているが、基礎ボルト（後打ちアンカ用）の剛性が小さい場合は、ボンベ設備の固有値に影響する可能性があることから、取付ボルト（後打ちアンカ用）が十分な剛性を有していることを確認する。

(1) ボルト剛性評価

- ばね定数

$$K_V = \frac{1}{\frac{l_g}{EA}}$$

- ボルトの固有振動数

$$T_V = 2\pi \sqrt{\frac{m}{K_V \times 10^3}}$$

$$f_v = \frac{1}{T_v}$$

(2) 諸元及び計算結果

計算の結果、取付ボルトの固有振動数はポンベ設備の固有振動数に比べ十分大きく、耐震評価における固有振動数の解析に対し影響しないことを確認した。高圧窒素ガス供給系ポンベユニットを代表として、諸元及び計算結果について表 1 に示す。

表 1 諸元及び計算結果 (高圧窒素ガス供給系ポンベユニット)

記号	単位	記号の説明	数値等
材質	—	—	SS400
m	Kg	機器の運転時質量 ※1	720
E	MPa	縦弾性係数	197000
l_g	mm	剛性を考慮するボルト長さ	16
A	mm ²	ボルトの断面積 ※2	245
K_v	N/mm ²	ばね定数	3010000
T_v	s	固有周期	0.003
f_v	Hz	固有振動数	325

※1： 設備としては、24 本の取付ボルト（後打ちアンカ用）を設置するが、保守的に 1 本で機器質量を負担するとして評価した。

※2： JIS B 1082 (2009)の一般用メートルねじの有効断面積に基づく。

4. ポンベの固縛状態について

ポンベラックをモデル化する上で、ポンベは前面及び背面の固定板と一体で変位することを模擬するため、ポンベと前面及び背面の固定板は解析モデル上水平2方向を拘束としているが、以下に示す実構造に基づいて設定しているものである（ポンベの固縛状態を図1に示す）。

- ・ 背面の固定板（部材①）は、架台へ溶接付けしている。
- ・ 背面の固定版（部材①）と前面の固定板（部材②）を押えバーと取付ボルト（押えバー固定用：部材③）により締結することにより、ポンベを短辺方向に拘束している。
- ・ 固定板には切欠きを設けているため、ポンベを長手方向に拘束している。

以上により、実機において、ポンベ、前面及び背面の固定板は水平方向に対し一体として変形する。

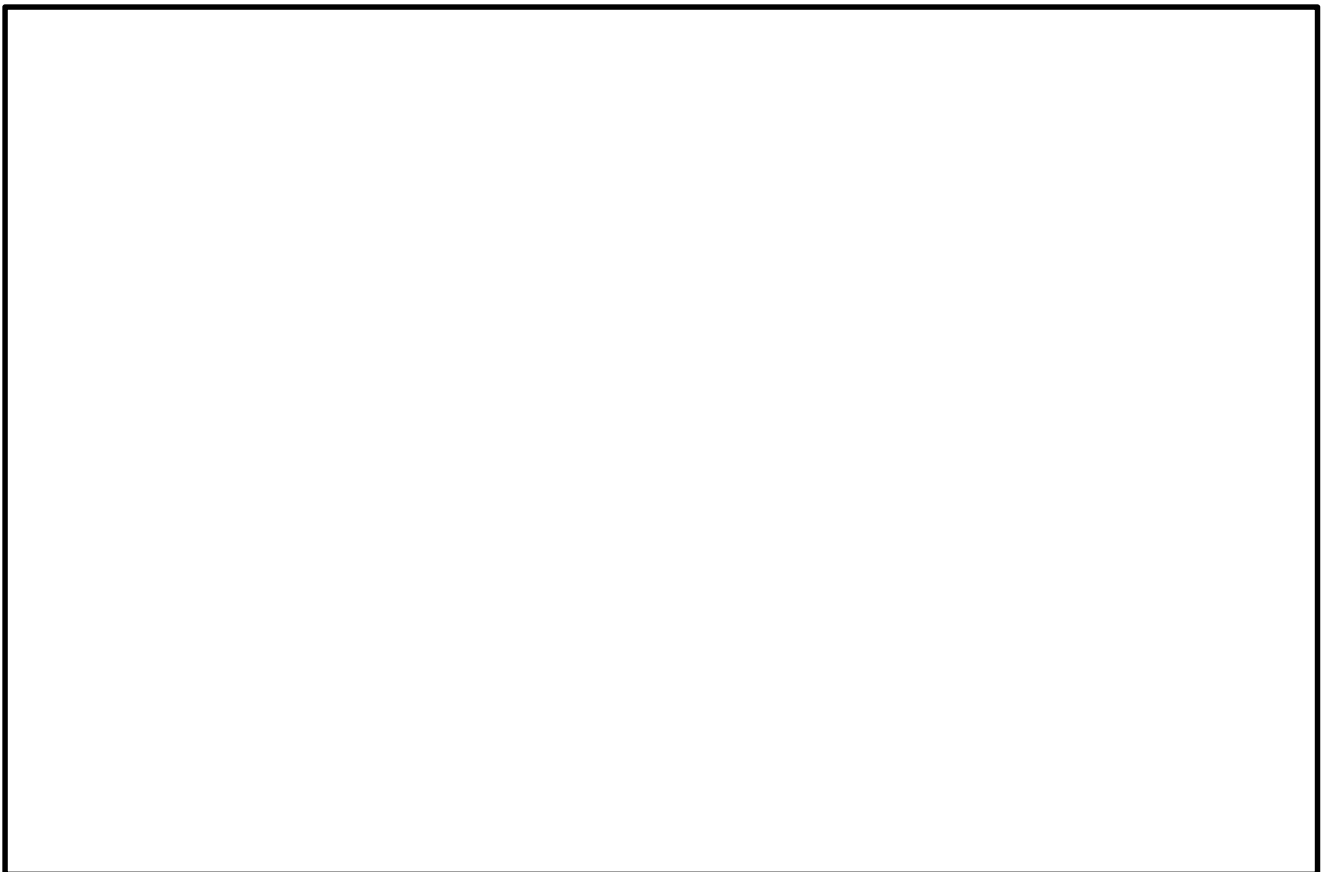


図1 ポンベ固縛状態図（床置形の例）

上記に示した実機的设计を踏まえ、解析モデルにおいてもポンベの水平方向を拘束とし、ポンベ、固定板及び取付ボルトの合計質量に基づく固有振動数を求めるようにしており、解析モデルとして妥当である。

なお、架台の固有振動数は取付ボルトの剛性も考慮した固有振動数を算出できるように、固定ボルトの物性値を加味した3次元FEMモデルとしている。

また、実機では上下2箇所の前面固定板でポンベを固定する構造であるが、ポンベの水平方向荷重を保守的に上下どちらか1本の固定板で負担するとしても発生応力は約32MPaと軽微（許容値233MPa）であり、十分な強度を有していることから、実機においても固定ボルトと合わせて水平方向の拘束が可能である。

上記理由から、ポンベと前面及び背面の固定板は解析モデル上水平方向を拘束としている。ポンベと固定板は幅を持って接直しており実機においては水平方向および回転方向が拘束されると考えられるが、不確定な摩擦力による拘束であるため、固有振動数解析においてはポンベの回転は拘束していない。また実機において上下方向はポンベ上部固定板を設置することで、変位を制限していることから、解析上は上下方向を拘束している。そのため、ポンベ、固定板、固定ボルトが一体となり変形する。

耐震計算上の評価部位の代表性について

1. 耐震計算書における評価部位について

非常用窒素供給系高圧窒素ポンベユニット、第二弁操作室 空気ポンベユニット、中央制御室 退避室 空気ポンベユニット（以下総称してポンベユニットとする）は、鋼製のフレームにポンベを立て掛けポンベ押えバー及び取付ボルト（押えバー固定用）でフレームに固定する構造である。また、ポンベユニットは取付ボルト（後打ちアンカ用）にて建屋床または壁に設置する後打ちアンカプレートに溶接にて固定する。

補正工認におけるポンベユニットの耐震計算書ではポンベユニットと後打ちアンカプレートの溶接部をもっとも厳しい評価となる部位として代表で評価している。表1のポンベユニットの部位毎の評価結果に示すとおり、アンカプレート溶接部の裕度が他の部位に比べ低くもっとも厳しい評価となる部位であることがわかる。

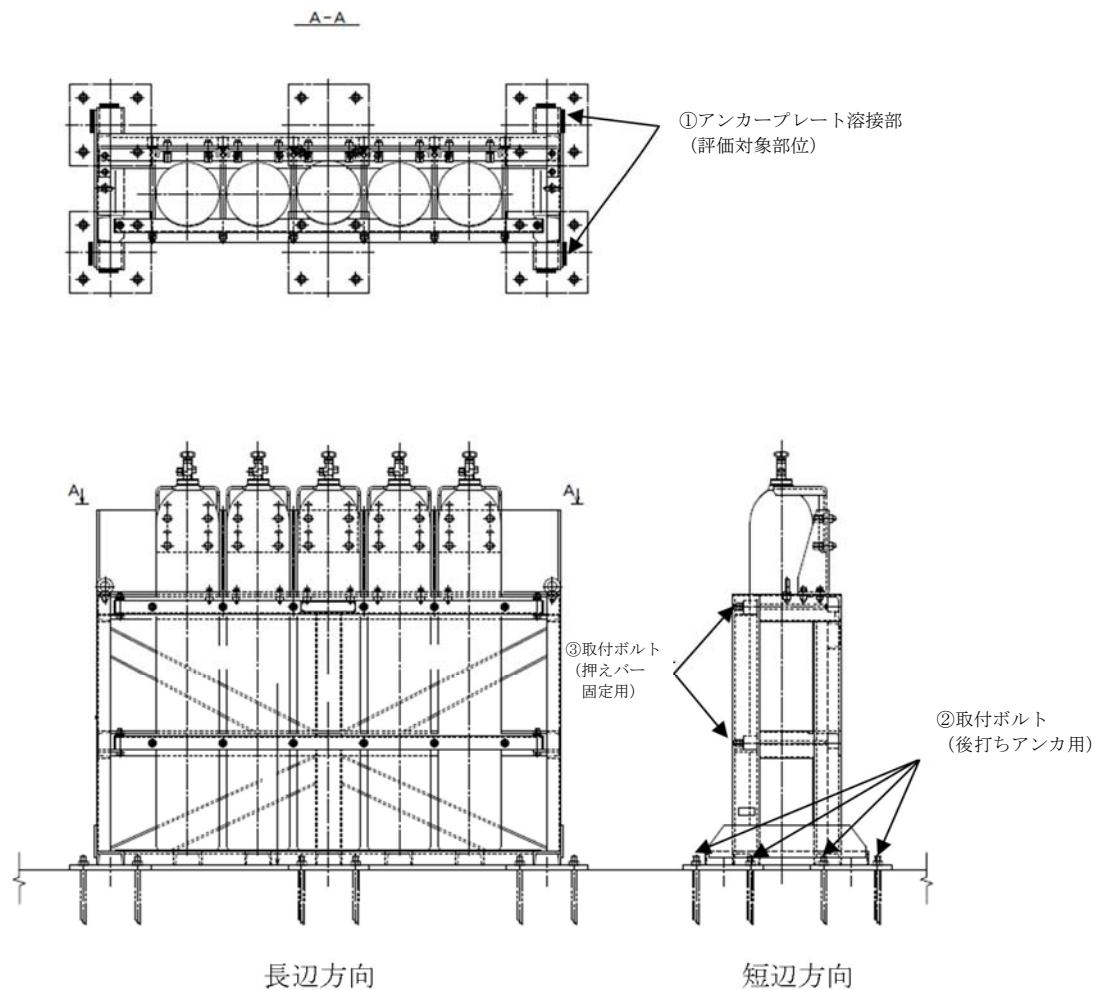


図1 ポンベユニットの各部位（床置形の例）

表1 ボンベユニットの部位毎の評価結果

No.	機 器	部 位	応力	算出応力 [MPa]	許容応力 [MPa]	裕 度 ※2
1	非常用窒素供給系 高圧窒素ボンベ ユニット (床置形) ※1	①アンカプレート溶接部	せん断	13	65	<u>5.0</u>
		②取付ボルト (押えバー固定用)	引 張	7	195	27.9
			せん断	5	150	30.0
2	非常用窒素供給系 高圧窒素ボンベ ユニット予備 (床置形)	① アンカプレート溶接部	せん断	13	67	<u>5.2</u>
		② 取付ボルト (後打ちアンカ用)	引 張	6	189	31.5
			せん断	2	145	72.5
		③ 取付ボルト (押えバー固定用)	引 張	7	195	27.9
			せん断	5	150	30.0
		3	第二弁操作室 空気ボンベユニット (床置形)	①アンカプレート溶接部	せん断	9
②取付ボルト (後打ちアンカ用)	引 張			4	207	51.8
	せん断			1	159	159.0
③取付ボルト (押えバー固定用)	引 張			6	207	34.5
	せん断			4	159	39.8
4	第二弁操作室 空気ボンベユニット (壁掛床置形)	①アンカプレート溶接部	せん断	5	71	<u>14.2</u>
		②取付ボルト (後打ちアンカ用)	引 張	6	207	34.5
			せん断	3	159	53.0
		③取付ボルト (押えバー固定用)	引 張	7	207	29.6
			せん断	5	159	31.8
5	中央制御室退避室 空気ボンベユニット (床置形)	①アンカプレート溶接部	せん断	15	70	<u>4.7</u>
		②取付ボルト (後打ちアンカ用)	引 張	7	202	28.9
			せん断	2	155	77.5
		③取付ボルト (押えバー固定用)	引 張	8	202	25.3
			せん断	6	155	25.8
6	中央制御室退避室 空気ボンベユニット (壁掛床置形)	①アンカプレート溶接部	せん断	6	70	<u>11.7</u>
		②取付ボルト (後打ちアンカ用)	引 張	8	202	25.3
			せん断	4	155	38.8
		③取付ボルト (押えバー固定用)	引 張	8	202	25.3
			せん断	6	155	25.8

※1 : No. 1 に示す非常用窒素供給系高圧窒素ボンベユニットは、既設埋込金物の再使用を想定しているため、アンカボルトは使用しない。

※2 : 小数点以下第2位 四捨五入。また、機器毎の最小値を下線で示す。