

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-216 改0
提出年月日	平成30年4月9日

V-3-5-4-1 高圧炉心スプレイ系ポンプの強度計算書

まえがき

本計算書は、添付書類「V-3-1-6 重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物の強度計算の基本方針」及び「V-3-2-9 重大事故等クラス2ポンプの強度計算方法」に基づいて計算を行う。

なお、適用規格の選定結果について以下に示す。適用規格の選定に当たって使用する記号及び略語については、添付書類「V-3-2-1 強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

・評価条件整理表

機器名	既設 or 新設	施設時の 技術基準 に 対象と する施設 の規定が あるか	クラスアップするか				条件アップするか				既工認 に おける 評価結 果 の有無	施設時 の 適用規 格	評価区分	同等 性 評価 区分	評価 クラス	
			クラス アップ の有無	施設時 機器 クラス	DB クラス	SA クラス	条件 アップ の有無	DB条件		SA条件						
								圧力 (MPa)	温度 (°C)	圧力 (MPa)						温度 (°C)
高圧炉心スプレイ系 ポンプ	既設	無	—	—	DB-2	SA-2	—	11.07	100	11.07	148	—	—	設計・建設規 格 (同等性*1)	b. (a)	SA-2

注記 *1: ケーシングカバーの応力評価について同等性を示す手法による評価を実施

目次

1. 計算条件	1
1.1 ポンプ形式	1
1.2 計算部位	1
1.3 設計条件	2
2. 強度計算	2
2.1 ケーシングの厚さ	2
2.2 ケーシングの吸込み及び吐出口部分の厚さ	3
2.3 ケーシングカバーの厚さ	3
2.4 ボルトの平均引張応力	4
2.5 耐圧部分等のうち管台に係るものの厚さ	5
2.6 設計・建設規格における材料の規定によらない場合の評価	6
別紙 高圧炉心スプレイ系ポンプ ケーシングカバー応力評価詳細	7

1. 計算条件

1.1 ポンプ形式

ターボポンプであって、ケーシングが軸垂直割りで軸対称であるものに相当する。

1.2 計算部位

概要図に強度計算箇所を示す。

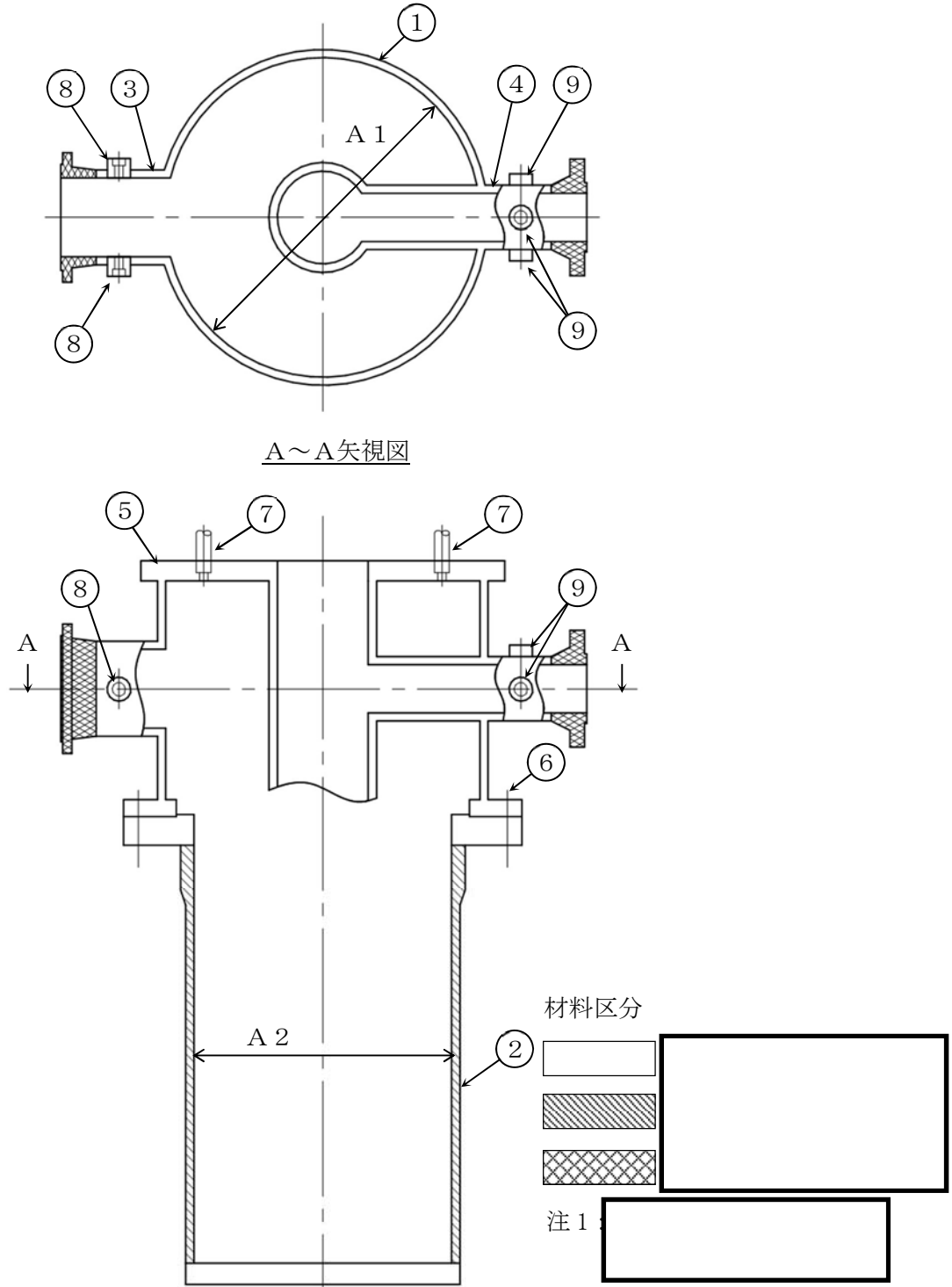


図1-1 概要図

注2: () は新 J I S 記号を示す。
< > は J S M E 相当材料を示す。

1.3 設計条件

設計条件	吐出側	吸込側
最高使用圧力 (MPa)	11.07	0.76
最高使用温度 (°C)	148	148

2. 強度計算

2.1 ケーシングの厚さ

設計・建設規格 PMC-3320

計算部位	材 料	P (MPa)	S (MPa)	A ₁ (mm)	A ₂ (mm)
①		0.76	100		
②		0.76	100 ^{*2}		

t (mm)	t _{so} (mm)	t _s (mm)
5.7		
4.9		

注記 *1: () は新 J I S 記号を示す。

*2: 使用材料はSMA41Bであるが、
同等材のSM400Bの許容応力で
評価する。

評価: $t_s \geq t$, よって十分である。

2.2 ケーシングの吸込み及び吐出口部分の厚さ

設計・建設規格 PMC-3330

(単位：mm)

計算部位	r_i	r_m	l	t	t_{l_o}	t_l
③		290.3	20.3	5.7		
④		150.0	24.3	15.8		

評価： $t_l \geq t$ ，よって十分である。

2.3 ケーシングカバーの厚さ

設計・建設規格 PVB-3110

計算部位	材 料	最高使用圧力 (MPa)		最高使用 温度 (°C)	応 力	一次応力強さ (MPa)	許容応力 (MPa)
		吸込側	吐出側				
⑤		0.76	11.07	148	一次		

注記 *1：() は新 J I S 記号を示す。

*2：PVB-3110 の条件中，最も厳しい値を記載する。計算結果の詳細は，
別紙 高圧炉心スプレイ系ポンプ ケーシングカバー応力評価詳細に示す。

*3：許容応力は， S_m 値に 1.5 を乗じた値とする。

評価：一次応力強さは許容応力以下，よって十分である。

2.4 ボルトの平均引張応力

設計・建設規格 PMC-3510

計算部位	材 料	P (MPa)	S _b (MPa)	d _b (mm)	n	A _b (mm ²)
⑥		0.76	186			

ガスケット材料	ガスケット厚さ (mm)	ガスケット 座面形状	G _s (mm)	G (mm)	D _g (mm)
セルフシール ガスケット (ゴム)	—	—	—	—	

H (N)	H _p (N)	W _{m1} (N)	W _{m2} (N)	W (N)	σ (MPa)
	—		0		25

評価：σ ≤ S_b，よって十分である。

2.5 耐圧部分等のうち管台に係るものの厚さ

設計・建設規格 PMC-3610

計算部位	材 料	P (MPa)	S (MPa)	D _o (mm)
⑦		0.76	103	
⑧		0.76	100	
⑨		11.07	100	

継手の種類	放射線透過試験の有無	η
継手無し	—	1.00
継手無し	—	1.00
継手無し	—	1.00

注記 * : () は新 J I S 記号を示す。

t (mm)	t _{so} (mm)	t _s (mm)
0.3		
0.2		
2.7		

評価 : $t_s \geq t$, よって十分である。

2.6 設計・建設規格における材料の規定によらない場合の評価

アウターケーシング（使用材料規格：）の評価結果

（比較材料：*1）

注記 *1：（ ）は新JIS記号を示す。

(1) 機械的強度

	引張強さ	降伏点又は耐力	比較結果
		16以下*2	
使用材料	402～510 MPa	245 MPa以上	引張強さの範囲及び降伏点は同等である。
比較材料	402～510 MPa	245 MPa以上	

注記 *2：鋼材の厚さ（mm）を示す。

(2) 化学的成分

	化学成分（%）									
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	V
使用材料	0.20 以下	0.35 以下	1.40 以下	0.040 以下	0.040 以下	0.20 ～ 0.60	—	0.20 ～ 0.65	—	—
比較材料	0.20 以下	0.35 以下	0.60 ～ 1.20	0.040 以下	0.040 以下	—	—	—	—	—
比較結果	<p>Mn, Cu, Crの成分規定に差異があるが、以下により、本設備の環境下での使用は問題ないとする。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・3成分ともに機械的強度に影響を及ぼす成分であるが、(1)の評価結果からも機械的強度は同等以上であること。 <p>Mn：韌性に影響を与える成分であるが、本設備において使用される材料は、薄肉（16 mm未満）であるため、韌性破壊が発生しがたい寸法の材料であること、さらには、設計・建設規格クラス2の規格でも破壊韌性試験が要求されない範囲であること。</p> <p>Cu：耐食性のうち、全面腐食に影響を与える成分であるが、耐食性向上のために添加されているため問題はない。</p> <p>Cr：耐食性のうち、応力腐食割れや全面腐食に影響を与える成分であるが、応力腐食割れを防ぐためと、耐食性向上のために添加されているため問題はない。</p>									

(3) 評価結果

(1)(2)の評価により、機械的強度、化学成分、いずれにおいても比較材料と同等であることを確認したため、本設備において、を重大事故等クラス2材料として使用することに問題ないとする。

PVB-3110に準じたケーシングカバーの応力評価の詳細を以下に示す。

1. 応力計算

解析対象部位は、ケーシングカバーとし、内圧を付加した場合の発生応力を解析により求め、応力強さが表1-1の規定を満足することを確認する。

表1-1 応力の分類及び許容値

応力の分類	許容応力
一次一般膜応力強さ： P_m	S_m
一次膜＋一次曲げ応力強さ： $PL + P_b$	$1.5 S_m$

2. 評価対象部位

ポンプ断面図を図2-1に示す。応力解析による評価対象箇所は、図2-1のとおりとする。

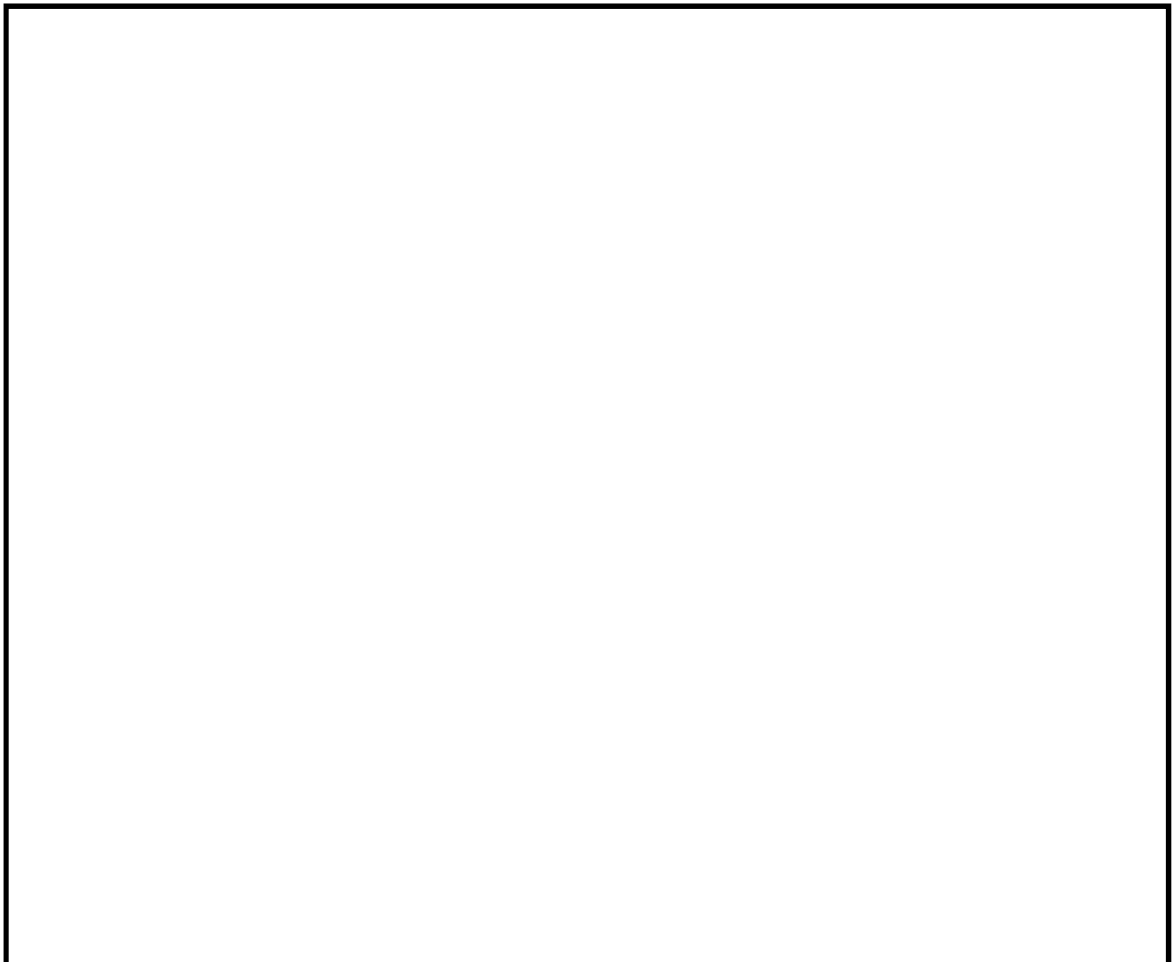


図2-1 評価対象部位

3. 解析条件及び解析モデル

評価対象部位の仕様を表3-1に、応力解析を行うための解析モデルを図3-1に、圧力範囲や荷重条件、拘束条件などの解析条件を図3-2に示す。

解析モデルは、ケーシングカバーが軸対称の円板構造になっていることから、ケーシングカバーを円周1/360°に分割した単位角度モデルとする。ケーシング、コラムパイプの一部をモデル化する。

応力計算は、有限要素法を用いて解析した。使用した解析コードは「N A S T R A N Ver. 2006 r 1」である。

表3-1 評価対象部位の仕様

項 目	単 位	ケーシングカバー
材料	—	
最高使用温度	℃	148
最高使用圧力（吸込側）	MPa	0.76
最高使用圧力（吐出側）	MPa	11.07
許容引張応力：S	MPa	100

注記 *：（ ）は新 J I S 記号を示す。



図3-1 ケーシングカバー解析モデル

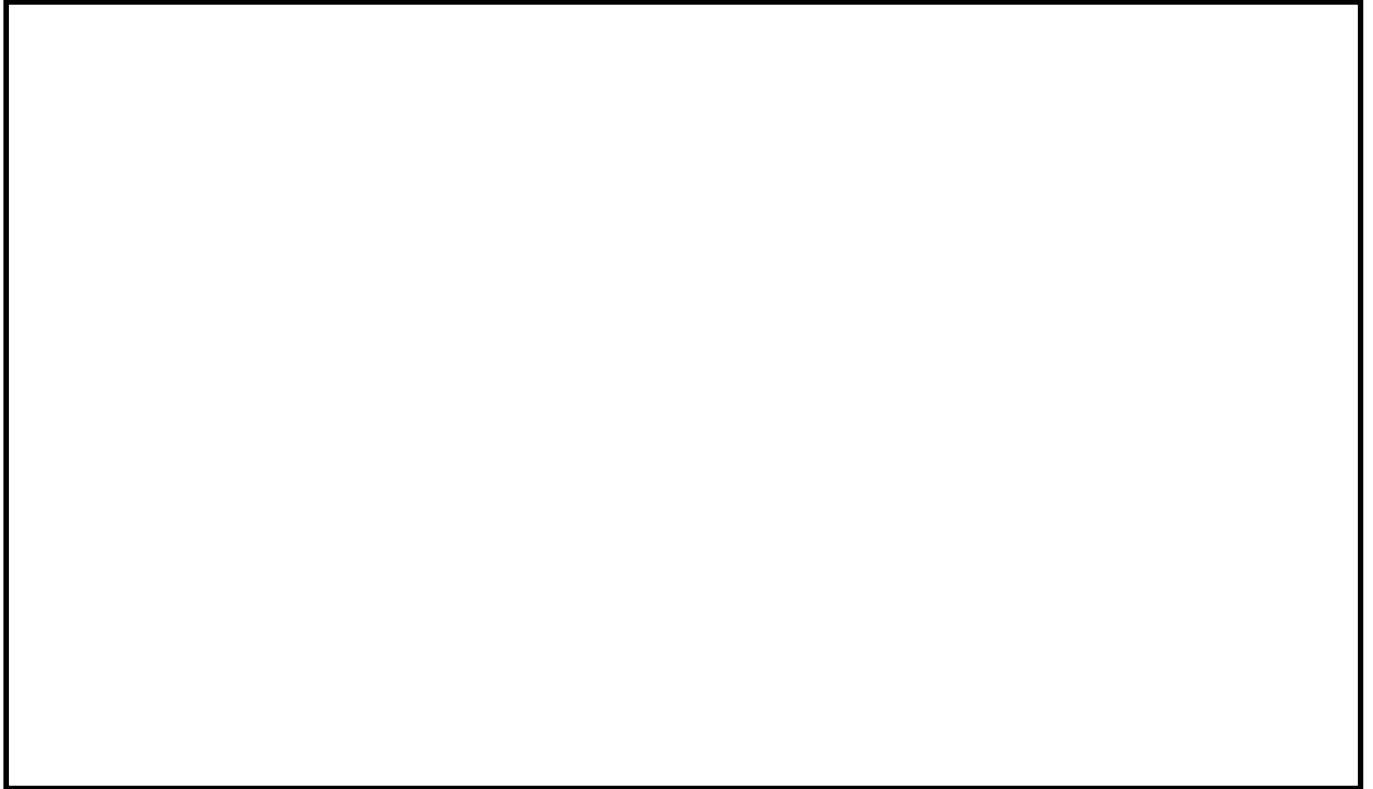


図3-2 解析条件

4. 計算結果

評価対象部位のうち、最も発生応力が大きい箇所の計算結果を表4-1に示す。

一次応力強さは、許容値を下回っており、ケーシングカバーの強度は十分である。

表4-1 一次応力強さ

一次一般膜応力強さ		一次膜+一次曲げ応力強さ	
P _m (MPa)	許容値 S (MPa)	PL+P _b (MPa)	許容値1.5 S (MPa)
	100		150