

本資料のうち、枠囲みの内容は、機密事項に属しますので公開できません。

柏崎刈羽原子力発電所第7号機 工事計画審査資料	
資料番号	KK7添-3-005-2 改3
提出年月日	2020年6月11日

V-3-3-3-1-1-2 主蒸気逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータの
強度計算書

K7 ① V-3-3-3-1-1-2 R0

2020年6月

東京電力ホールディングス株式会社

V-3-3-3-1-1-2 主蒸気逃がし安全弁自動減圧機能用
アキュムレータの強度計算書

まえがき

本計算書は、V-3-1-5「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-3-2-8「重大事故等クラス2容器の強度計算方法」に基づいて計算を行う。

評価条件整理結果を以下に示す。なお、評価条件の整理に当たって使用する記号及び略語については、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)						
主蒸気逃がし安全弁 自動減圧機能付了キユムレータ	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	1.77	171	2.00	171	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示 同等性*	b.(a)		SA-2

注記*：平板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

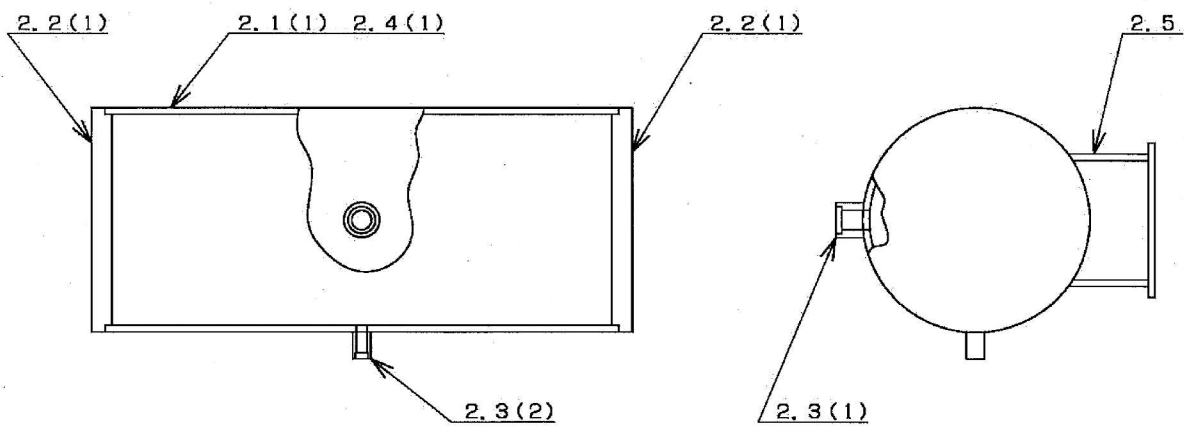
目 次

1. 計算条件	1
1.1 計算部位	1
1.2 設計条件	1
2. 強度計算	2
2.1 容器の胴の厚さの計算	2
2.2 容器の平板の厚さの計算	3
2.3 容器の管台の厚さの計算	4
2.4 容器の補強を要しない穴の最大径の計算	6
2.5 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	7
別紙 主蒸気逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータ 平板応力評価詳細	9

1. 計算条件

1.1 計算部位

概要図に強度計算箇所を示す。



図中の番号は次頁以降の
計算項目番号を示す。

図1-1 概要図

1.2 設計条件

最高使用圧力 (MPa)	2.00
最高使用温度 (°C)	171

2. 強度計算

2.1 容器の胴の厚さの計算

設計・建設規格 PVC-3120

胴板名称	(1) 胴板		
材料	SUS304TP-A		
最高使用圧力	P	(MPa)	2.00
最高使用温度		(°C)	171
胴の内径	D _i	(mm)	477.80
許容引張応力	S	(MPa)	101*
継手効率	η		1.00
継手の種類	継手無し		
放射線検査の有無	—		
必要厚さ	t ₁	(mm)	1.50
必要厚さ	t ₂	(mm)	4.79
t ₁ , t ₂ の大きい値	t	(mm)	4.79
呼び厚さ	t _{s0}	(mm)	15.10
最小厚さ	t _s	(mm)	
評価：t _s ≥ t, よって十分である。			

注記*：設計・建設規格 付録材料図表 Part 5 表 5(備考)1. ロ. (ロ)に基づき0.9倍した値を用いた。

2.2 容器の平板の厚さの計算
設計・建設規格 PVB-3110

平板名称		(1) 平板
材料		SUS304
最高使用圧力	P (MPa)	2.00
最高使用温度	(°C)	171
許容引張応力	S (MPa)	113
一次応力強さ	(MPa)	67 * ¹
許容応力	(MPa)	169 * ²
評価：一次応力強さは許容応力以下、よって十分である。		

注記*1：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 主蒸気逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータ 平板応力評価詳細」に示す。

*2：許容応力は、S値に1.5を乗じた値とする。

2.3 容器の管台の厚さの計算
設計・建設規格 PVC-3610

管台名称	(1) 流体出入口		
材料	SUS304		
最高使用圧力	P	(MPa)	2.00
最高使用温度		(°C)	171
管台の外径	D _o	(mm)	80.00
許容引張応力	S	(MPa)	113
継手効率	η		1.00
継手の種類	継手無し		
放射線検査の有無	—		
必要厚さ	t ₁	(mm)	0.71
必要厚さ	t ₃	(mm)	—
t ₁ , t ₃ の大きい値	t	(mm)	0.71
呼び厚さ	t _{no}	(mm)	9.50
最小厚さ	t _n	(mm)	<input type="text"/>
評価: $t_n \geq t$, よって十分である。			

K7 ① V-3-3-3-1-1-2 R0

容器の管台の厚さの計算
 設計・建設規格 PVC-3610

管台名称	(2) ドレン		
材料	SUS304		
最高使用圧力	P	(MPa)	2.00
最高使用温度		(°C)	171
管台の外径	D _o	(mm)	40.00
許容引張応力	S	(MPa)	113
継手効率	η		1.00
継手の種類	継手無し		
放射線検査の有無	—		
必要厚さ	t ₁	(mm)	0.36
必要厚さ	t ₃	(mm)	—
t ₁ , t ₃ の大きい値	t	(mm)	0.36
呼び厚さ	t _{no}	(mm)	6.15
最小厚さ	t _n	(mm)	<input type="text"/>
評価: t _n ≥ t, よって十分である。			

K7 ① V-3-3-3-1-1-2 R0

2.4 容器の補強を要しない穴の最大径の計算
設計・建設規格 PVC-3150(2)

胴板名称	(1) 胴板		
材料	SUS304TP-A		
最高使用圧力	P	(MPa)	2.00
最高使用温度		(°C)	171
胴の外径	D	(mm)	508.00
許容引張応力	S	(MPa)	101*
胴板の最小厚さ	t _s	(mm)	<input type="text"/>
継手効率	η		1.00
継手の種類	継手無し		
放射線検査の有無	—		
$d_{r1} = (D - 2 \cdot t_s) / 4$		(mm)	<input type="text"/>
6l, d _{r1} の小さい値		(mm)	
K			
D · t _s		(mm ²)	
200, d _{r2} の小さい値		(mm)	
補強を要しない穴の最大径		(mm)	
評価：補強の計算を要する穴の名称	無し		

注記*：設計・建設規格 付録材料図表 Part 5 表 5(備考)1. ロ. (ロ)に基づき0.9倍した値を用いた。

2.5 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

脚（使用材料規格：J I S G 3 1 0 1 SS400（板厚 16mm 以下））の評価結果

（比較材料：J I S G 3 1 0 6 SM400A（板厚 16mm 以下））

脚に使用している SS400 は、クラス 2 容器の使用可能な材料として設計・建設規格に記載されていないことから、クラス 2 容器の使用可能な材料として設計・建設規格に記載されている材料と機械的強度及び化学成分を比較し、同等であることを示す。

(1) 機械的強度

	引張強さ	降伏点又は耐力	比較結果
使用材料	400N/mm ² ～ 510N/mm ²	245N/mm ² 以上	引張強さ及び降伏点は同等である。
比較材料	400N/mm ² ～ 510N/mm ²	245N/mm ² 以上	

(2) 化学的成分

	化学成分 (%)									
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	V
使用材料	— (0.10) ^{*1}	—	—	0.050 以下	0.050 以下	—	—	—	—	—
比較材料	0.23 以下	—	2.5×C 以上 ^{*2}	0.035 以下	0.035 以下	—	—	—	—	—
比較結果	<p>C, Mn, P, S の成分規定に差異があるが、以下により、本機器の環境下での使用は問題ないとする。</p> <p>C：溶接性に影響を与える成分であるが、溶接規格において溶接の制限を受けない含有量であること。また、脆性に影響を与える成分であるが、本機器において使用される材料は、薄肉（16mm 未満の 15mm 及び 10mm）であるため、脆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 の規定でも破壊靱性試験が要求されない範囲であること。</p> <p>Mn：一般的に機械的強度に影響を与える成分であるが、(1) の評価結果からも機械強度は同等であること。また、脆性に影響を与える成分であるが、本機器において使用される材料は、薄肉（16mm 未満の 15mm 及び 10mm）であるため、脆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 の規定でも破壊靱性試験が要求されない範囲であること。</p>									

比較 結果	<p>P：冷間脆性に影響を与える成分であるが、本機器において使用される材料は、薄肉（16mm 未満の 15mm 及び 10mm）であるため、脆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 の規定でも破壊靱性試験が要求されない範囲であること。</p> <p>S：熱間脆性に影響を与える成分であるが、本機器において使用される材料は、薄肉（16mm 未満の 15mm 及び 10mm）であるため、脆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 の規定でも破壊靱性試験が要求されない範囲であること。</p>
----------	---

注記*1：ミルシートの値を示す。

*2：C の値は、溶鋼分析値を適用する。

(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、本機器において J I S G 3 1 0 1 SS400（板厚 16mm 以下）を重事故等クラス 2 材料として使用することに問題ないとする。

下記「1. クラス1容器の規定を準用した強度計算方法」に従い、主蒸気逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータの平板についての評価を実施する。

平板の応力評価の詳細を2項以降に示す。

1. クラス1容器の規定を準用した強度計算方法

重大事故等クラス2機器の評価において、公式による評価を満足しない部位については、より精緻な評価を実施する必要があるため、設計・建設規格にて規定されている準用規定に基づき、クラス1容器の規定を準用し、解析による評価を実施する。

(1) 記号の説明

設計・建設規格 の記号	強度計算書の 表示	表示内容	単位
P_b	P_b	一次曲げ応力強さ	MPa
P_L	P_L	一次局部膜応力強さ	MPa
P_m	P_m	一次一般膜応力強さ	MPa
S_m	S_m	設計応力強さ	MPa

(2) 強度計算方法

a. 平板の応力計算（設計・建設規格 PVB-3110 準用）

設計・建設規格に基づく評価を実施する場合

クラス1容器の応力評価の規定である設計・建設規格 PVB-3110を準用して応力解析を実施し、その一次応力強さは次の規定を満足することを確認する。*

- (a) 一次一般膜応力強さが S_m を超えないこと。
- (b) 一次局部膜応力強さが $1.5 S_m$ を超えないこと。
- (c) 一次膜応力と一次曲げ応力を加えて求めた応力強さが $1.5 S_m$ を超えないこと。

注記*：以下の規定から、重大事故等クラス2容器の平板について、クラス1容器の応力評価の規定 設計・建設規格 PVB-3110 を準用することとする。

- ・クラス2容器の材料及び構造の特例 設計・建設規格 PVC-1210では、「PVC-2000からPVC-2400、PVC-3100からPVC-3800及びPVC-4100までの規定にかかわらず、クラス2容器の材料及び構造の規格は、PVB-2000からPVB-2400及びPVB-3100からPVB-4100までの規定に準ずることができる。」と記載されていることから、重大事故等クラス2容器の平板は、クラス1容器の応力評価の規定 設計・建設規格 PVB-3110を準用する。

2. 応力計算

解析対象部位は平板とし、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2-1の規定を満足することを確認する。

表2-1 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
一次局部膜応力強さ： P_L	1.5 S
一次膜＋一次曲げ応力強さ： $P_L + P_b$	1.5 S

注記*：PVB-3110では許容応力として設計応力強さ S_m を用いているが、クラス2機器のため許容引張応力Sを用いる。なお、 S_m 値に対してS値が保守的である。

3. 評価対象部位

アキュムレータの断面図を図3-1に示す。応力解析による評価対象箇所は、図3-1のとおりとする。

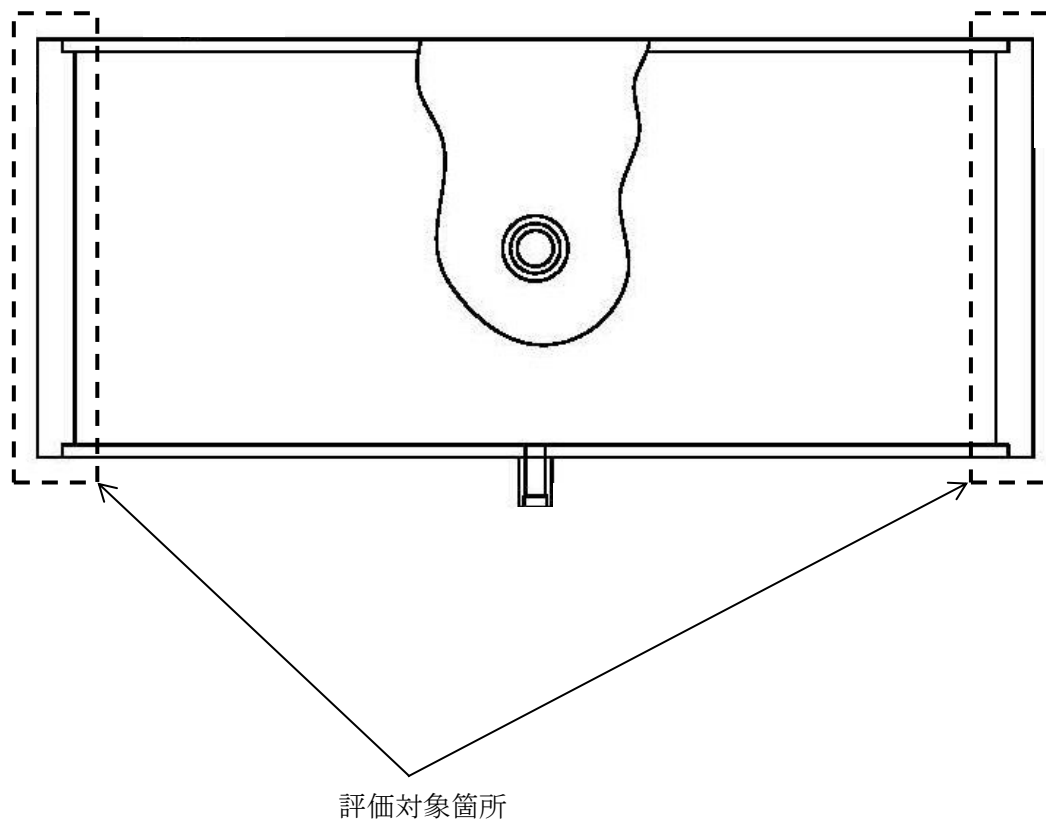


図3-1 評価対象部位

4. 解析条件及び解析モデル

評価対象部位の仕様を表4-1に、応力解析を行うための解析モデルを図4-1に、圧力範囲及び拘束条件の解析条件を図4-2に示す。

解析モデルは、平板が軸対称の円板構造になっていることから、平板を二次元軸対称モデルとする。また、平板と接合している胴板も二次元軸対称モデルとする。

応力計算には、有限要素解析手法を適用する。解析コードは、「ABAQUS」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、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

表4-1 評価対象部位の仕様

項目	単位	平板
材料	—	SUS304
最高使用温度	℃	171
最高使用圧力	MPa	2.00
許容引張応力：S	MPa	113

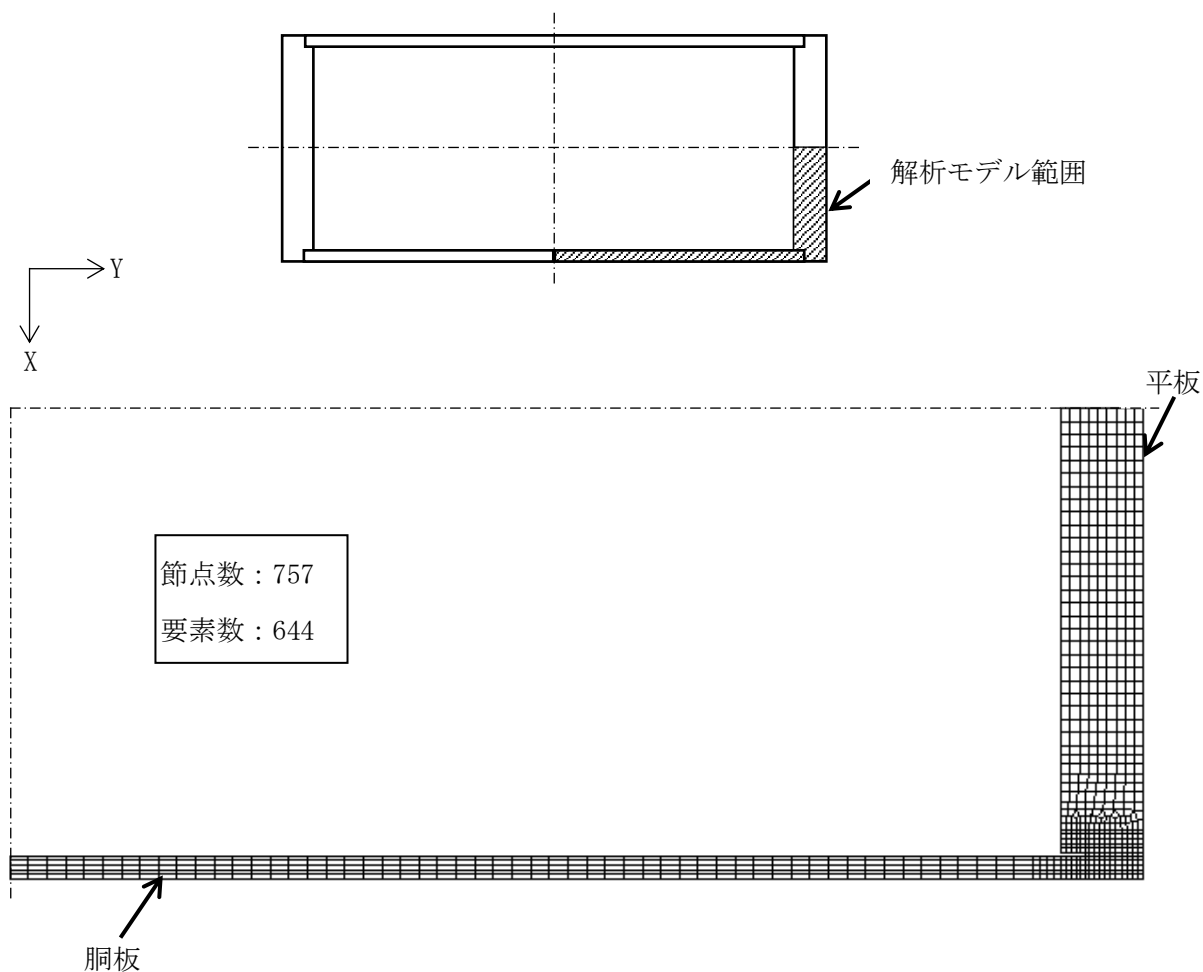


図4-1 平板の解析モデル

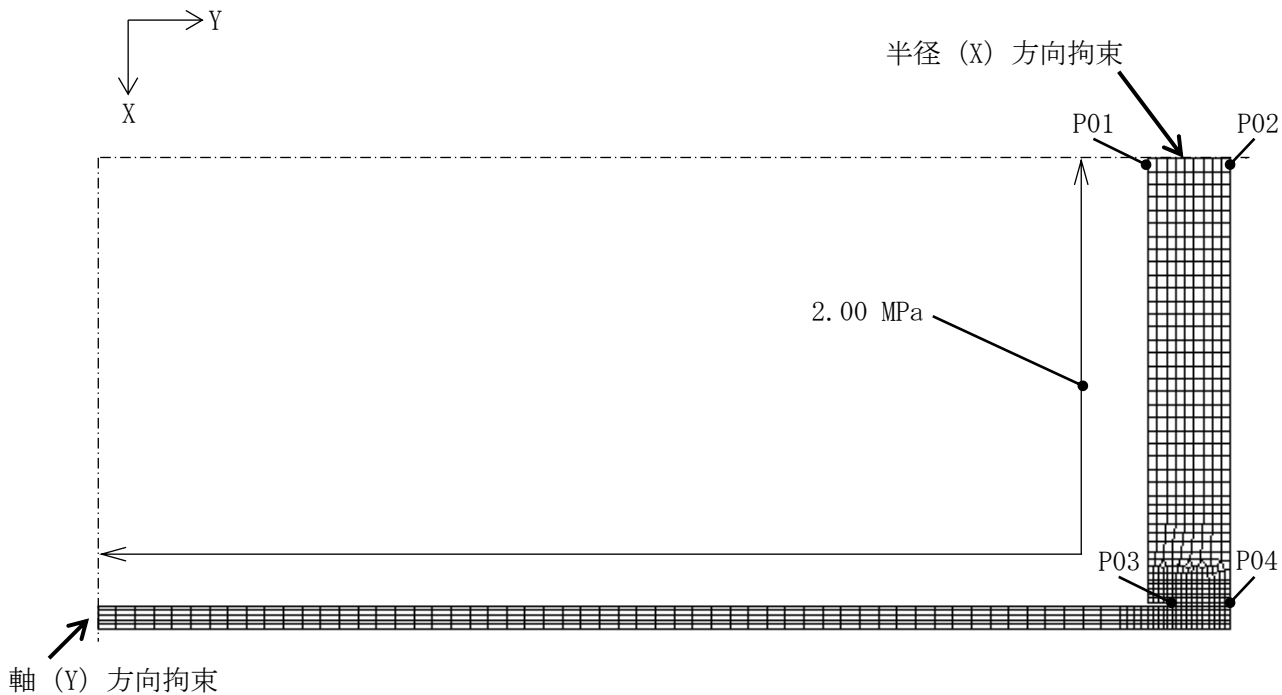


図4-2 解析条件

5. 計算結果

平板の計算結果を表5-1に示す。

一次応力強さは、許容値を下回っており、平板の強度は十分である。

表5-1 一次応力強さ

応力評価点	P01-P02			P03-P04		
	P_m (MPa)	P_L (MPa)	$P_L + P_b$ (MPa)	P_m (MPa)	P_L (MPa)	$P_L + P_b$ (MPa)
応力強さ	3	3	67	*1	21	21
許容値	113	169	169		101*2	101*2

注記*1：一次一般膜応力は発生しない。

*2：継手効率0.60を考慮した値。