

女川原子力発電所第2号機 工事計画審査資料	
資料番号	02-補-E-20-0700_改1
提出年月日	2021年 5月11日

補足-700 工事計画に係る補足説明資料（強度に関する説明書）

2021年5月

東北電力株式会社

工事計画添付書類に係る補足説明資料

添付書類の記載内容を補足するための資料を以下に示す。

工認添付書類	補足説明資料
VI-3-1 強度計算の基本方針	補足-700-1 強度に関する説明書における適用規格の整理
	補足-700-2 強度評価対象弁の選定について
VI-3-1-4 クラス3機器の強度計算の基本方針	補足-700-3 技術基準規則第17条と高圧ガス保安法及び消防法の規定の比較
VI-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	補足-700-4 重大事故等クラス2機器に用いられるクラス1機器の事故時の強度評価について
VI-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	補足-700-5 重大事故等クラス2管の疲労評価について
	補足-700-6 重大事故等クラス2機器におけるクラス2機器の規定によらない場合の評価
	補足-700-7 空気だめのうち、だ円形マンホール厚さ計算に適用する評価手法の妥当性について
	補足-700-8 容器の平板の穴の補強計算について
VI-3-1-6 重大事故等クラス3機器の強度評価の基本方針	補足-700-9 重大事故等クラス3機器の強度評価における耐圧試験を用いた裕度の考え方について
VI-3-3-2-2-1-2 燃料プール冷却浄化系ポンプの強度計算書	補足-700-10 重大事故等クラス2ポンプにクラス1容器の応力評価の規定を用いる妥当性について
VI-3-3-3-6-1-2 原子炉補機冷却水ポンプの強度計算書	補足-700-11 クラス1容器の規定を準用した耐圧部ボルト評価の考え方について
VI-3-3 強度計算書	補足-700-12 重大事故等クラス2管のうち、伸縮継手の全伸縮量算出について

(次項へ続く)

(次項からの続き)

工認添付書類	補足説明資料
VI-3-3-7-1-1-1-1 空気だめの強度計算書（非常用ディーゼル発電設備） VI-3-3-7-1-1-2-1 空気だめの強度計算書（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備）	補足-700-13 空気だめの座屈に係る解析評価について
VI-3-3 強度計算書	補足-700-14 強度計算書における材料記号の記載について

女川原子力発電所第2号機 工事計画審査資料	
資料番号	02-補-E-20-0700-1_改4
提出年月日	2021年4月1日

補足-700-1 【強度に関する説明書における適用規格の整理】

2021年4月

東北電力株式会社

強度評価に関する基本的な考え方（女川原子力発電所第2号機）

1. 強度計算の基本方針に基づく評価区分の整理フロー

今回の申請範囲における強度評価対象機器の強度評価方法について、強度計算の基本方針(SAクラス3機器及び新設を除く。)に基づき強度評価方法を整理すると、以下のとおり類型化される。

注記：以下の機器については評価区分の整理フローを用いない

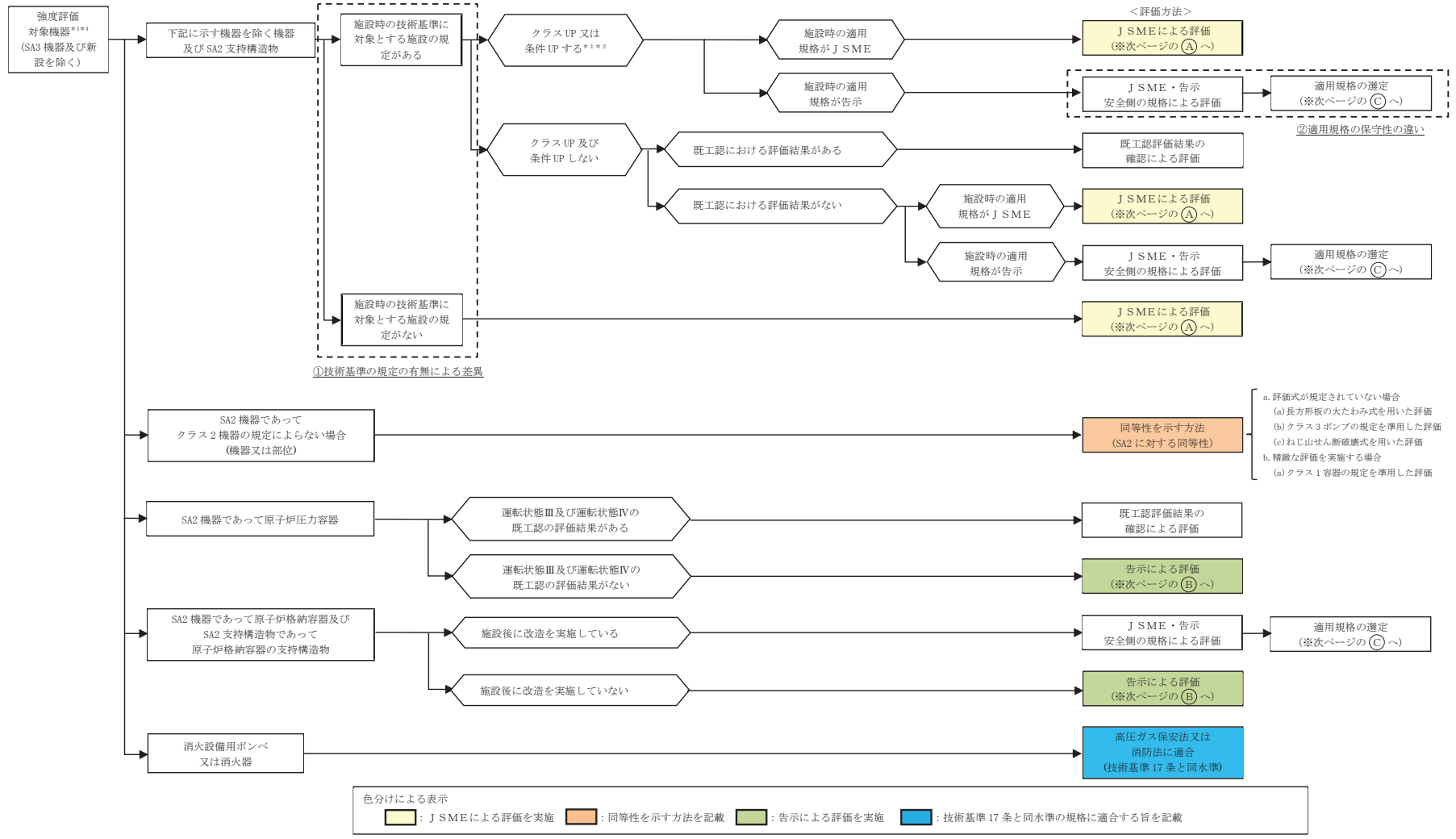
- ・重大事故等クラス3設備（J S ME 又は一般産業品の規格及び基準による評価を実施）
- ・新設設備（J S ME による評価を実施）
- ・重大事故等クラス2管の支持構造物（耐震計算書にて評価を実施）

注記 \*1：クラスアップする機器  
DB設備  
「DBクラス2→DBクラス1」及び「Nonクラス→DBクラス3」となるもの  
(例：原子炉冷却材圧力バウンダリ拡大範囲、火災防護設備)  
SA設備  
「SAクラス2 (DBクラス1又はDBクラス2に属するものを除く)」となるもの  
条件アップする機器  
SA設備にあって、「DB条件にSA条件が包絡されないもの」

注記 \*2：原子炉冷却材圧力バウンダリ拡大範囲の管の基本板厚計算のようにクラスUP後の規定を用いた既工認の評価結果がある場合はフローに依らず既工認評価結果の確認による評価を実施する。

注記 \*3：改造する機器のうち、告示第501号適用の既設部位と設計・建設規格適用の新設部位が混在する場合は、既設部位と同様に設計・建設規格と告示第501号の比較を行い、いずれか安全側の規格による評価を実施する。適用規格が混在せず、設計・建設規格のみとなる場合は、設計・建設規格による評価を実施する。

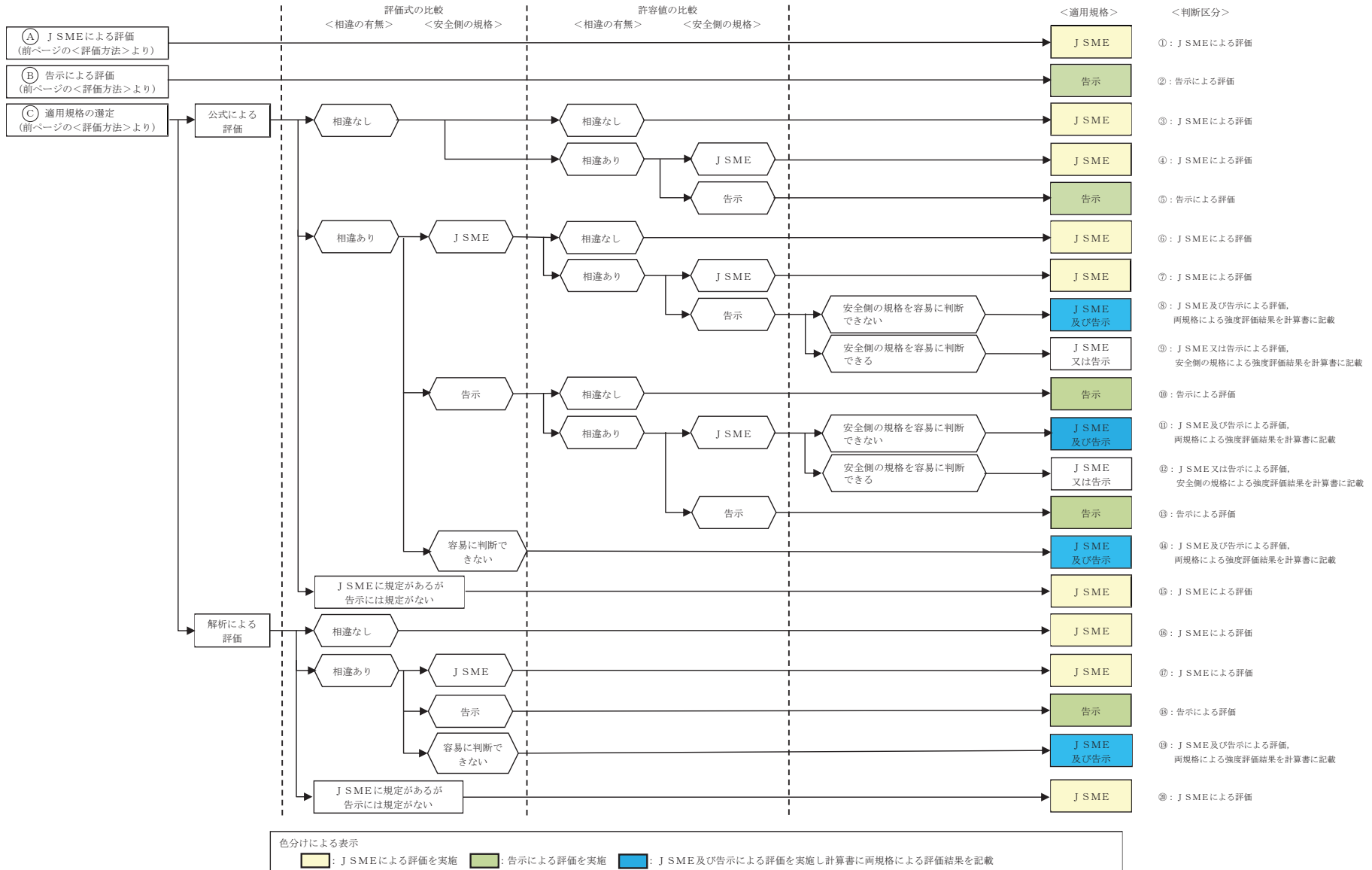
注記 \*4：DBとSAで兼用している機器のうち、重大事故等時の使用条件に設計基準の使用条件が包絡される、重大事故等時における評価結果がある場合は、設計基準の評価結果の記載を省略する。  
DBとSAで兼用している機器  
(例：DBクラス2を同位クラスであるSAクラス2として兼用する機器  
DBクラス3を上位クラスであるSAクラス2として兼用する機器)



強度評価に関する基本的な考え方（女川原子力発電所第2号機）

2. 強度計算の基本方針(SAクラス3機器を除く)に基づく適用規格の選定フロー

J S M E 又は告示による評価を実施する場合、強度計算の基本方針(SAクラス3機器を除く)の適用規格の選定に基づき整理すると、以下のとおり類型化される。



3. 強度説明書における適用規格の整理一覧

強度評価対象機器の評価を実施する上で適用している規格と、改造の有無等について以下に整理する。

クラス1管（RPV バウンダリ拡大範囲）

告示第501号各条項及び 設計・建設規格各規格番号と強度計算書との対応			系統	残留熱除去系
告示第501号 条項 設計・建設規格 規格番号	強度計算書 の計算式 (章節番号)	備考	既設／新設	既設
			改造	無
			DB クラス	DB2→DB1
			SA クラス	—
第46条から第48条	—	応力計算（告示第501号）	△	
PPB-3500	—	応力計算（設計・建設規格）	○	
—	—	既工認	△*1/○*1	

【表の記号】

- ：設計・建設規格を用いた評価
- △：告示を用いた評価
- ：一般規格を用いた評価
- ：対象とする評価項目なし

注記 \*1：RPV バウンダリ拡大範囲の管は既工認にてクラス1管として評価していることから、基本板厚計算に係る評価は既工認評価結果の確認による評価を実施する。また、応力評価は既工認において許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>S、Ⅳ<sub>A</sub>Sとして評価を実施しているため、今回工認において運転状態Ⅲ、Ⅳ（設計・建設規格では供用状態C、D）として評価を実施する。

クラス1弁 (RPV バウンダリ拡大範囲)

告示第501号各条項及び 設計・建設規格各規格番号と強度計算書との対応				系統	残留熱除去系		
告示第501号 条項 設計・建設規格 規格番号	強度計算書 の計算式 (章節番号)	備考	弁名称	E11-F016A, B	E11-F018A, B	E11-F021	
			既設/新設	既設	既設	既設	
			改造	無	無	無	
			DB クラス	DB2→DB1	DB2→DB1	DB2→DB1	
			SA クラス	—	—	—	
			型式	止め弁	止め弁	止め弁	
弁の応力 評価	VVB-3320	2.1.1	一次応力	○	○	—	
	VVB-3330	2.1.2	配管反力による応力	○	○	—	
	VVB-3340	2.1.3	一次+二次応力	○	○	—	
	VVB-3350	2.1.4	一次局部応力	○	○	—	
	第81条第1項 第1号ホ (イ)	2.1.5	起動時及び停止時の繰返しピーク応力強さ	△	△	—	
	VVB-3360	2.1.5	起動時及び停止時の繰返しピーク応力強さ	—	—	—	
	第81条第1項 第1号ホ (ロ)	2.1.6	繰返しピーク応力強さ	△	△	—	
	VVB-3370	2.1.6	繰返しピーク応力強さ	—	—	—	
	VVB-3380	2.2	弁体の一次応力	○	○	—	
	VVB-3390	2.3	フランジの強度計算	○	○	—	
	VVB-3390(1)a	2.3	弁箱と弁ふたのフランジの応力解析	○	○	—	
	VVB-3390(1)b	2.3	フランジボルトの応力解析	○	○	—	
耐圧部の 設計	第82条第1項	2.4	弁箱又は弁ふたの最小厚さの計算	—	—	—	
	VVB-3210	2.4	弁箱又は弁ふたの最小厚さの計算	○	○	○	
弁の形状 規定	VVB-3410	2.5	弁箱のネック部内径と弁入口流路内径の比	○	○	—	
	VVB-3411(1)	2.5	弁箱のネック部と流路部が交わる部分の外表面の丸みの半径	○	○	—	
	VVB-3411(2)	2.5	弁箱の弁座挿入部のすみの丸みの半径	○	○	—	



クラス2管

告示第501号各条項及び 設計・建設規格各規格番号と強度計算書との対応			系統	原子炉格納容器 調気系
告示第501号 条項 設計・建設規格 規格番号	強度計算書 の計算式 (章節番号)	備考	既設/新設	既設
			改造	有
			DBクラス	DB2
			SAクラス	—
PPC-3411	2.2	管の板厚計算		○
第56条から第57条	—	応力計算 (告示第501号)		△
PPC-3500	—	応力計算 (設計・建設規格)		○

クラス2弁

設計・建設規格各規格番号と強度計算書との対応 <sup>*1</sup>			系統	残留熱除去系	原子炉格納容器 調気系	
設計・建設規格 規格番号	強度計算書 の計算式 (章節番号)	備考	弁名称	E11-F008A, B	T48-F011	
			既設／新設	既設	既設	
			改造	有	有	
			DB クラス	DB2	DB2	
			SA クラス	—	—	
			型式	止め弁	止め弁	
耐圧部の 設計	VVC-3210	2.1	弁箱又は弁ふたの最小厚さの計算		○	○
弁の応力 評価	VVC-3310 (a)	2.2	弁箱と弁ふたのフランジの応力解析		○	—
	VVC-3310 (b)	2.2	フランジボルトの応力解析		○	—

注記 \*1：告示第501号及び設計・建設規格による評価について、評価式及び許容値の2つの項目について比較を実施した結果、設計・建設規格側が安全側であることを確認したため、設計・建設規格による評価を行う。

クラス3 容器

設計・建設規格各規格番号と強度計算書との対応			系統	火災防護設備	火災防護設備
設計・建設規格 規格番号	強度計算書の計算式 (章節番号)	備考	機器名	消火水タンク	屋外消火系消火水タンク
			既設／新設	新設	新設
			改造	—	—
			DB クラス	DB3	DB3
			SA クラス	—	—
			型式	たて置円筒形	たて置円筒形
PVD-3010 (PVC-3920 準用)	2.2.1	開放タンクの胴の計算		○	○
PVD-3310	2.2.2	開放タンクの平板の厚さの計算		○	○
PVD-3010 (PVC-3960, PVC-3970 準用)	2.2.3	開放タンクの底板の計算		○	○
PVD-3010 (PVC-3980 準用)	2.2.4	開放タンクの管台の計算		○	○
PVD-3010 (PVC-3160, PVC-3950 準用)	2.2.5	開放タンクの胴の穴の補強計算		○	○
PVD-3510	2.2.5	開放タンクに穴を設ける場合の規定および補強不要となる穴の規定		○	○

クラス3管

設計・建設規格各規格番号と強度計算書との対応			系統	火災防護設備	
設計・建設規格 規格番号	強度計算書の計算式 (章節番号)	備考	既設/新設	新/既	新設
			改造	—/有/無	—
			DBクラス	DB3/Non→DB3	DB3
			SAクラス	—	—
PPD-3411	2.2	管の板厚計算		○	○
PPD-3411(1)	2.4	鏡板の強度計算 (フランジ部)		—	—
PPD-3411(2) (3)	2.5	レジャーサの強度計算 (フランジ部)		—	—
PPD-3413	2.3	平板の強度計算		—	—
PPD-3414	2.7	フランジの強度計算		—	—
PPD-3415	—	管継手の強度計算		—	—
PPD-3415.1	2.5	レジャーサの強度計算		—	—
PVC-3124.2 準用	2.5	レジャーサの強度計算 (円すい及びその丸みの部分 (外面に圧力を受けるもの))		—	—
PPD-3415.2	2.4	鏡板の強度計算		—	—
PPD-3416	2.8	伸縮継手の強度計算		○	—
PPD-3420	2.6	管の穴と補強計算		—	○
PPD-3422(3)	2.3	平板の強度計算		—	—

重大事故等クラス2 容器 (1/3)

告示第501号各条項及び 設計・建設規格各規格番号と強度計算書との対応			系統	—	—	燃料プール冷却浄化系		主蒸気系		残留熱除去系	補給水系	
告示第501号 条項 設計・建設規格 規格番号	強度計算書の 計算式 (章節番号)	備考	機器名	原子炉圧力容器	使用済燃料 プール*1	燃料プール冷却浄 化系熱交換器	スキマサージ タンク	主蒸気逃がし安全 弁逃がし弁機能用 アキュムレータ	主蒸気逃がし安全 弁自動減圧機能用 アキュムレータ	残留熱除去系 熱交換器	復水貯蔵タンク	
			既設/新設	—	既設	既設	既設	既設	既設	既設	既設	
			改造	—	無	無	無	無	無	無	無	
			DBクラス	—	DB3	DB3	DB3	DB3	DB3	DB3	DB2 (管側) DB3 (胴側)	DB2
			SAクラス	—	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2
			型式	—	ステンレス鋼内張 りプール形 (ラッ ク貯蔵方式)	横置円筒形	たて置円筒形 (埋込式)	たて置円筒形	たて置円筒形	横置円筒形	たて置円筒形	
内張り材の 評価	—	有	無	有	無	無	無	無	無			
PVC-3121 PVC-3122(1)	2.2	円筒形の胴の計算	—	—	○	—	—	○	○	—	—	
PVC-3111 PVC-3121 PVC-3124.1(1)	2.3	円すい形の胴の計算	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
PVC-3150(2)	2.4	容器の胴の補強を要しない穴の最大径の計算	—	—	○	—	—	—	—	○	—	
PVC-3150(2)	2.12	容器の管台の補強を要しない穴の最大径の計算	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
PVC-3160	3.2	容器の穴の補強計算	—	—	○	—	—	—	—	○	—	
PVC-3162	3.4	2つ以上の穴が接近しているときの補強計算	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
PVC-3171 PVC-3172 PVC-3173(1) PVC-3173(3) PVC-3174 PVC-3175(1) PVC-3175(3)	2.13	内面に圧力を受ける円すい形の胴と円筒形の胴との接 続による強め輪の計算	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
PVC-3210(2) PVC-3220 PVC-3223(1)	2.5	全半球形鏡板の計算	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
PVC-3210(3) PVC-3220 PVC-3225	2.6	半だ円形鏡板の計算	—	—	○	—	—	—	—	○	—	
PVC-3230(2)	2.7	容器の鏡板の補強を要しない穴の最大径の計算	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
PVC-3240	3.2	容器の穴の補強計算	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
第34条第1項, 第2項	2.8	円形平板の計算	—	—	—	—	△	△	—	—	—	
PVC-3310 PVC-3320	2.8	円形平板の計算	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
J I S B 8 2 0 1	2.9	だ円形マンホール平板の計算	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
PVC-3320(2)	3.2	容器の穴の補強計算	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
PVC-3510	2.10	容器の管板の計算	—	—	○	—	—	—	—	—	—	
PVC-3610	2.11	容器の管台の計算	—	—	○	—	○	○	○	○	—	
PVC-3610(1) PVC-3610(2)	2.17	熱交換器の伝熱管の計算	—	—	○	—	—	—	—	—	—	
PVC-3920	2.14	開放タンクの胴の計算	○	—	—	○	—	—	—	—	—	
PVC-3940 PVC-3950	3.3	開放タンクの胴の穴の補強計算	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
PVC-3960 PVC-3970	2.15	開放タンクの底板の計算	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
PVC-3980	2.16	開放タンクの管台の計算	—	—	—	○	—	—	—	—	—	
J I S B 8 2 6 5	4	フランジの強度計算	—	—	□	—	—	—	—	—	—	
重大事故等クラス2 機器であってクラス 2の規定によらない場合の強度計算方法	—	クラス1 容器の規定を準用した評価	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
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	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	既工認	—	—	—	—	—	—	—	△	△	

適用規格は個別の強度計算書を参照

補足-700-1-9

注記 \*1: キャスクビット含む。

重大事故等クラス2 容器 (2/3)

告示第501号各条項及び 設計・建設規格各規格番号と強度計算書との対応			系統	原子炉補機冷却水系及び原子炉補機冷却海水系			高圧炉心スプレィ補機冷却水系及び高圧 炉心スプレィ補機冷却海水系		制御棒駆動水圧系	制御棒駆動水圧系	ほう酸水注入系	
告示第501号 条項 設計・建設規格 規格番号	強度計算書 の計算式 (章節番号)	備考	機器名	原子炉補機冷却水 系熱交換器	原子炉補機冷却水 サージタンク	原子炉補機冷却海 水系ストレーナ	高圧炉心スプレィ 補機冷却水系 熱交換器	高圧炉心スプレィ 補機冷却水 サージタンク	水圧制御ユニット (アキュムレータ)	水圧制御ユニット (窒素容器)	ほう酸水注入系 貯蔵タンク	
			既設/新設	既設	既設	既設	既設	既設	既設	既設	既設	既設
			改造	無	無	無	無	無	無	無	無	無
			DB クラス	DB3	DB3	DB3	DB3	DB3	DB3	DB2	DB2	DB2
			SA クラス	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2
			型式	横置円筒形	たて置円筒形	横置円筒形	横置円筒形	たて置円筒形	たて置円筒形	たて置円筒形	たて置円筒形	たて置円筒形
内張り材の 評価	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無		
PVC-3121 PVC-3122(1)	2.2	円筒形の胴の計算	○	—	○	○	—	—	—	—		
PVC-3111 PVC-3121 PVC-3124.1(1)	2.3	円すい形の胴の計算	—	—	○	—	—	—	—	—		
PVC-3150(2)	2.4	容器の胴の補強を要しない穴の最大径の計算	○	—	○	○	—	—	—	—		
PVC-3150(2)	2.12	容器の管台の補強を要しない穴の最大径の計算	—	—	—	—	—	—	—	—		
PVC-3160	3.2	容器の穴の補強計算	○	—	○	○	—	—	—	—		
PVC-3162	3.4	2つ以上の穴が接近しているときの補強計算	—	—	—	—	—	—	—	—		
PVC-3171 PVC-3172 PVC-3173(1) PVC-3173(3) PVC-3174 PVC-3175(1) PVC-3175(3)	2.13	内面に圧力を受ける円すい形の胴と円筒形の胴との接 続による強め輪の計算	—	—	○	—	—	—	—	—		
PVC-3210(2) PVC-3220 PVC-3223(1)	2.5	全半球形鏡板の計算	—	—	—	—	—	—	—	—		
PVC-3210(3) PVC-3220 PVC-3225	2.6	半だ円形鏡板の計算	○	—	—	○	—	—	—	—		
PVC-3230(2)	2.7	容器の鏡板の補強を要しない穴の最大径の計算	○	—	—	—	—	—	—	—		
PVC-3240	3.2	容器の穴の補強計算	—	—	—	—	—	—	—	—		
第34条第1項, 第2項	2.8	円形平板の計算	△	—	△	△	—	—	—	—		
PVC-3310 PVC-3320	2.8	円形平板の計算	—	—	—	—	—	—	—	—		
J I S B 8 2 0 1	2.9	だ円形マンホール平板の計算	—	—	—	—	—	—	—	—		
PVC-3320(2)	3.2	容器の穴の補強計算	—	—	—	—	—	—	—	—		
PVC-3510	2.10	容器の管板の計算	○	—	—	○	—	—	—	—		
PVC-3610	2.11	容器の管台の計算	○	—	○	○	—	—	—	—		
PVC-3610(1) PVC-3610(2)	2.17	熱交換器の伝熱管の計算	○	—	—	○	—	—	—	—		
PVC-3920	2.14	開放タンクの胴の計算	—	○	—	—	○	—	—	—		
PVC-3940 PVC-3950	3.3	開放タンクの胴の穴の補強計算	—	○	—	—	○	—	—	—		
PVC-3960 PVC-3970	2.15	開放タンクの底板の計算	—	○	—	—	○	—	—	—		
PVC-3980	2.16	開放タンクの管台の計算	—	○	—	—	○	—	—	—		
J I S B 8 2 6 5	4	フランジの強度計算	□	—	—	□	—	—	—	—		
重大事故等クラス2 機器であってクラス 2の規定によらない場合の強度計算方法	—	クラス1 容器の規定を準用した評価	—	—	—	—	—	—	—	—		
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	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
—	—	既工認	—	—	—	—	—	△	△	△		

注記 \* 1 : キヤスクビット含む。

重大事故等クラス2 容器 (3/3)

告示第501号各条項及び 設計・建設規格各規格番号と強度計算書との対応			系統	—	原子炉格納容器フ ィルタベント系	非常用ディーゼ ル発電設備	高圧炉心スプレ イ系ディーゼル発電 設備
告示第501号 条項 設計・建設規格 規格番号	強度計算書 の計算式 (章節番号)	備考	機器名	原子炉格納容器	フィルタ装置	空気だめ	空気だめ
			既設/新設	—	新設	既設	既設
			改造	—	—	無	無
			DBクラス	—	—	DB3	DB3
			SAクラス	—	SA2	SA2	SA2
			型式	—	ラグ支持 たて置円筒形	スカート支持 たて置円筒形	スカート支持 たて置円筒形
			内張り材の 評価	—	無	無	無
PVC-3121 PVC-3122(1)	2.2	円筒形の胴の計算	適用規格は個別の強度計算書を参照	○	○	○	
PVC-3111 PVC-3121 PVC-3124.1(1)	2.3	円すい形の胴の計算		—	—	—	
PVC-3150(2)	2.4	容器の胴の補強を要しない穴の最大径の計算		○	○	○	
PVC-3150(2)	2.12	容器の管台の補強を要しない穴の最大径の計算		—	—	—	
PVC-3160	3.2	容器の穴の補強計算		○	○	○	
PVC-3162	3.4	2つ以上の穴が接近しているときの補強計算		○	—	—	
PVC-3171 PVC-3172 PVC-3173(1) PVC-3173(3) PVC-3174 PVC-3175(1) PVC-3175(3)	2.13	内面に圧力を受ける円すい形の胴と円筒形の胴との接 続による強め輪の計算		—	—	—	
PVC-3210(2) PVC-3220 PVC-3223(1)	2.5	全半球形鏡板の計算		—	—	—	
PVC-3210(3) PVC-3220 PVC-3225	2.6	半だ円形鏡板の計算		○	○	○	
PVC-3230(2)	2.7	容器の鏡板の補強を要しない穴の最大径の計算		○	○	○	
PVC-3240	3.2	容器の穴の補強計算		○	—	—	
第34条第1項, 第2項	2.8	円形平板の計算		—	—	—	
PVC-3310 PVC-3320	2.8	円形平板の計算		○	—	—	
J I S B 8 2 0 1	2.9	だ円形マンホール平板の計算		—	□	□	
PVC-3320(2)	3.2	容器の穴の補強計算		—	—	—	
PVC-3510	2.10	容器の管板の計算		—	—	—	
PVC-3610	2.11	容器の管台の計算		○	○	○	
PVC-3610(1) PVC-3610(2)	2.17	熱交換器の伝熱管の計算		—	—	—	
PVC-3920	2.14	開放タンクの胴の計算		—	—	—	
PVC-3940 PVC-3950	3.3	開放タンクの胴の穴の補強計算		—	—	—	
PVC-3960 PVC-3970	2.15	開放タンクの底板の計算		—	—	—	
PVC-3980	2.16	開放タンクの管台の計算		—	—	—	
J I S B 8 2 6 5	4	フランジの強度計算		—	—	—	
重大事故等クラス2 機器であってクラス 2の規定によらない場合の強度計算方法	—	クラス1 容器の規定を準用した評価		—	—	—	
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	—	—		—	—	—	
—	—	既工認		—	—	—	

注記 \*1 : キヤスクビット含む。

重大事故等クラス2管 (1/5)

告示第501号各条項及び 設計・建設規格各規格番号と強度計算書との対応			系統	燃料 プールの 冷却浄化系	燃料 プールの 代替注水系	燃料 プールの スプレイ系	主蒸気系	復水給水系	残留熱除去系	残留熱除去系 ストレーナ*1	耐圧強化ベント系	高圧炉心スプレイ系	高圧炉心スプレイ系 ストレーナ*1
告示第501号 条項 設計・建設規格 規格番号	強度計算書の 計算式 (章節番号)	備考	既設/新設	既設	新設	新設	既設	既設	既設		既設	既設	
			改造	無	—	—	無	無	有/無		無	有/無	
			DBクラス	DB3	—	—	—/DB1/ DB3	DB1/ DB2	—/DB1/DB2		DB2/ DB3/ DB4	—/DB1/DB2	
			SAクラス	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2		SA2	SA2	
第58条第1項/PPC-3411	2.2	管の板厚計算		○	○	○	△/○	—	○	—	○	○	—
PPC-3411 準用	2.4	鏡板の強度計算 (フランジ部)		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
PPC-3411 準用	2.5	レジャーサの強度計算 (フランジ部)		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
第58条第3項/PPC-3413	2.3	平板の強度計算		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
PPC-3414	2.7	フランジの強度計算		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
PPC-3415	—	管継手		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
PPC-3415.1	2.5	レジャーサの強度計算		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
PVC-3124.2 準用	—	レジャーサの強度計算 (円すい及びその丸みの部分 (外面に圧力を受けるもの))		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
第58条第2項/PPC-3415.2	2.4	鏡板の強度計算		—	—	—	△	—	—	—	—	—	—
PPC-3416	2.8	伸縮継手の強度計算		—	—	—	○	—	—	—	—	—	—
第60条/PPC-3420	2.6	管の穴と補強計算		○	—	—	△	—	○	—	—	—	—
PPC-3422(3)	2.3	平板の強度計算		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
重大事故等クラス2 機器であってクラス2の規定によらない場合の強度計算方法	—	ダクトの強度計算方法		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		ねじ山のせん断破壊式を用いたねじ込み継手の評価		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
設計・建設規格における材料の選定によらない場合の評価	—	—		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
第55条	—	検定水圧		—	—	—	△	—	—	—	—	—	—
第56条から第57条	—	応力計算 (告示第501号)		△	—	—	△	△	△	—	—	△	—
PPC-3500	—	応力計算 (設計・建設規格)		○	○	○	○	○	○	—	—	○	—
—	—	既工認		—	—	—	—	△	△	—	—	△	—

注記 \*1: 「非常用炉心冷却設備又は格納容器熱除去設備に係るろ過装置の性能評価等について (内規)」 (平成20・02・12 原院第5号 (平成20年2月27日原子力安全・保安院制定)) による。



重大事故等クラス2管 (2/5)

告示第501号各条項及び 設計・建設規格各規格番号と強度計算書との対応			系統	低圧炉心スプレイ系 ストレーナ*1	低圧炉心スプレイ系	高圧代替注水系	低圧代替注水系	代替水源移送系	原子炉隔離時冷却系	補給水系	原子炉補機冷却水系及び原 子炉補機冷却海水系	高圧炉心スプレイ補機冷却 水系及び高圧炉心スプレイ 補機冷却海水系	原子炉補機代替冷却水系
告示第501号 条項 設計・建設規格 規格番号	強度計算書 の計算式 (章節番号)	備考	既設/新設	既設	新設	新/既	新/既	既設	既設	既設	既設	既設	新設
			改造	無	—	—/有/無	—/有/無	有/無	有/無	有/無	無	—	
			DBクラス	DB1/DB2	—	—/DB2/DB3	—/DB3	—/DB1/DB2	—/DB2/DB3	—/DB3	DB3	—	
			SAクラス	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2
第58条第1項/PPC-3411	2.2	管の板厚計算	○	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○
PPC-3411 準用	2.4	鏡板の強度計算 (フランジ部)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
PPC-3411 準用	2.5	レジャーサの強度計算 (フランジ部)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
第58条第3項/PPC-3413	2.3	平板の強度計算	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
PPC-3414	2.7	フランジの強度計算	—	—	○	—	—	—	—	—	—	—	—
PPC-3415	—	管継手	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
PPC-3415.1	2.5	レジャーサの強度計算	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
PVC-3124.2 準用	—	レジャーサの強度計算 (円すい及びすその丸みの部分 (外面に圧力を受けるもの))	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
第58条第2項/PPC-3415.2	2.4	鏡板の強度計算	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
PPC-3416	2.8	伸縮継手の強度計算	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
第60条/PPC-3420	2.6	管の穴と補強計算	—	—	—	—	—	○	—	○	○	○	—
PPC-3422(3)	2.3	平板の強度計算	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
重大事故等クラス2 機器であってクラス2 の規定によらない場合の強度計算方法	—	ダクトの強度計算方法	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		ねじ山のせん断破壊式を用いたねじ込み継 手の評価	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
設計・建設規格における材料の選定によら ない場合の評価	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
第55条	—	検定水圧	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
第56条から第57条	—	応力計算 (告示第501号)	△	—	—	△	△	△	△	△	△	△	—
PPC-3500	—	応力計算 (設計・建設規格)	○	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○
—	—	既工認	△	—	—	—	—	△	△	—	—	—	—

注記 \*1: 「非常用炉心冷却設備又は格納容器熱除去設備に係るろ過装置の性能評価等について (内規)」 (平成20・02・12 原院第5号 (平成20年2月27日原子力安全・保安院制定)) による。

重大事故等クラス2管 (3/5)

告示第501号各条項及び 設計・建設規格各規格番号と強度計算書との対応			系統	原子炉冷却材浄化系	制御材駆動装置	制御棒駆動水圧系	ほう酸水注入系	高圧窒素ガス供給系	代替高圧窒素ガス供給系	中央制御室換気空調系 (ダクト)	緊急時対策所換気空調系	緊急時対策所換気空調系 (ダクト)	中央制御室待避所加圧 空気供給系	緊急時対策所加圧空気 供給系	
告示第501号 条項 設計・建設規格 規格番号	強度計算書の 計算式 (章節番号)	備考	既設/新設	既設	既設	既設	既設	新/既	新設	既設	新設	新設	新設	新設	
			改造	有/ 無	無	無	無	—/ 無	—	無	—	—	—	—	—
			DBクラス	DB2	DB1/ DB3	DB2/ DB3	DB2	—/ DB2/ DB3	—	Non	—	—	—	—	—
			SAクラス	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2
第58条第1項/PPC-3411	2.2	管の板厚計算	○	○	○	○	○	○	○	—	○	—	○	○	
PPC-3411 準用	2.4	鏡板の強度計算 (フランジ部)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
PPC-3411 準用	2.5	レジャーサの強度計算 (フランジ部)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
第58条第3項/PPC-3413	2.3	平板の強度計算	—	△	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
PPC-3414	2.7	フランジの強度計算	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
PPC-3415	—	管継手	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
PPC-3415.1	2.5	レジャーサの強度計算	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
PVC-3124.2 準用	—	レジャーサの強度計算 (円すい及びすその丸みの部分 (外面に圧力を受けるもの))	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
第58条第2項/PPC-3415.2	2.4	鏡板の強度計算	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
PPC-3416	2.8	伸縮継手の強度計算	—	—	—	—	○	—	—	○	—	—	—	—	
第60条/PPC-3420	2.6	管の穴と補強計算	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
PPC-3422(3)	2.3	平板の強度計算	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
重大事故等クラス2機器であってクラス2 の規定によらない場合の強度計算方法	—	ダクトの強度計算方法	—	—	—	—	—	—	—	□	—	□	—	—	
		ねじ山のせん断破壊式を用いたねじ込み 継手の評価	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
設計・建設規格における材料の選定によら ない場合の評価	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
第55条	—	検定水圧	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
第56条から第57条	—	応力計算 (告示第501号)	△	—	△	△	△	△	—	—	—	—	—	—	
PPC-3500	—	応力計算 (設計・建設規格)	○	—	○	○	○	○	○	—	○	—	○	○	
—	—	既工認	△	—	△	△	—	—	—	—	—	—	—	—	

注記 \*1: 「非常用炉心冷却設備又は格納容器熱除去設備に係るろ過装置の性能評価等について (内規)」 (平成20・02・12 原院第5号 (平成20年2月27日原子力安全・保安院制定)) による。

重大事故等クラス2管 (4/5)

告示第501号各条項及び 設計・建設規格各規格番号と強度計算書との対応			系統	原子炉格納容器スプレ イ管 冷却系(ドライウェル スプレイ管)	原子炉格納容器スプレ イ 冷却系(サブレッショ ンチ エンバースプレイ管)	原子炉格納容器下部注水系	原子炉格納容器代替 スプレイ冷却系	代替循環冷却系	非常用ガス処理系	非常用ガス処理系 空気乾燥装置	非常用ガス処理系 フィルタ装置	可搬型窒素ガス供給系	原子炉格納容器調気系	原子炉格納容器フィルタ ベント系		
告示第501号 条項 設計・建設規格 規格番号	強度計算書 の計算式 (章節番号)	備考	既設/新設	既設	既設	新/既	新設	新設	既設	既設	既設	新設	既設	新設		
			改造	無	無	—/ 有	—	—	無	無	無	—	有/ 無	—		
			DBクラス	DB2	DB2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—/ DB2	—
			SAクラス	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2
第58条第1項/PPC-3411	2.2	管の板厚計算	○	○	○	○	○	○	○	—	—	○	○	○		
PPC-3411 準用	2.4	鏡板の強度計算 (フランジ部)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
PPC-3411 準用	2.5	レジャーサの強度計算 (フランジ部)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
第58条第3項/PPC-3413	2.3	平板の強度計算	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
PPC-3414	2.7	フランジの強度計算	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
PPC-3415	—	管継手	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
PPC-3415.1	2.5	レジャーサの強度計算	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
PVC-3124.2 準用	—	レジャーサの強度計算 (円すい及びその丸みの部分 (外面に圧力を受けるもの))	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
第58条第2項/PPC-3415.2	2.4	鏡板の強度計算	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
PPC-3416	2.8	伸縮継手の強度計算	—	—	—	—	—	—	○	—	—	—	—	—		
第60条/PPC-3420	2.6	管の穴と補強計算	○	○	—	—	—	—	—	—	—	—	○	—		
PPC-3422(3)	2.3	平板の強度計算	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
重大事故等クラス2機器であってクラス2の規定によらない場合の強度計算方法	—	ダクトの強度計算方法	—	—	—	—	—	—	—	□	□	—	—	—		
		ねじ山のせん断破壊式を用いたねじ込み継手の評価	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
設計・建設規格における材料の選定によらない場合の評価	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
第55条	—	検定水圧	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
第56条から第57条	—	応力計算 (告示第501号)	△	△	—	—	—	—	△	—	—	—	△	—		
PPC-3500	—	応力計算 (設計・建設規格)	○	○	○	○	○	○	○	—	—	○	○	○		
—	—	既工認	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		

注記 \*1: 「非常用炉心冷却設備又は格納容器熱除去設備に係るろ過装置の性能評価等について (内規)」 (平成20・02・12原第5号 (平成20年2月27日原子力安全・保安院制定)) による。

重大事故等クラス2管 (5/5)

告示第501号各条項及び 設計・建設規格各規格番号と強度計算書との対応			系統	原子炉再循環系	主蒸気系	復水給水系	残留熱除去系	高圧炉心スプレイ系	低圧炉心スプレイ系	原子炉隔離時冷却系	制御材駆動装置
告示第501号 条項 設計・建設規格 規格番号	強度計算書の 計算式 (章節番号)	備考	既設/新設	既設	既設	既設	既設	既設	既設	既設	既設
			改造	無	無	無	有/ 無	有/ 無	無	有/ 無	無
			DBクラス	DB1	—/ DB1/ DB3	DB1/ DB2	—/ DB1/ DB2	—/ DB1/ DB2	DB1/ DB2	—/ DB1/ DB2	DB1/ DB3
			SAクラス	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2
第49条第1項/PPB-3411	2.2	管の板厚計算	○	△/○	△/○	○	○	○	○	○	—
PPB-3411 準用	2.4	鏡板の強度計算 (フランジ部)	—	—	—	—	—	—	—	—	—
PPB-3411 準用	2.5	レジューサの強度計算 (フランジ部)	—	—	—	—	—	—	—	—	—
PPB-3413	2.3	平板の強度計算	—	—	—	—	—	—	—	—	—
PPB-3414	2.7	フランジの強度計算	—	—	—	—	—	—	—	—	○
PPB-3415	—	管継手	—	—	—	—	—	—	—	—	—
PPB-3415.1	2.5	レジューサの強度計算	—	—	—	—	—	—	—	—	—
PVC-3124.2 準用	—	レジューサの強度計算 (円すい及びその丸みの部分 (外面に圧力を受けるもの))	—	—	—	—	—	—	—	—	—
PPB-3415.2	2.4	鏡板の強度計算	—	—	—	—	—	—	—	—	—
PPB-3420	2.6	管の穴と補強計算 (設計・建設規格)	—	—	—	—	—	—	—	—	—
PPB-3422(3)	2.3	平板の強度計算	—	—	—	—	—	—	—	—	—
第49条第4項/PPB-3561	2.2.1	管の強度計算 (管の許容圧力)	○	△/○	△/○	○	○	○	○	○	—
設計・建設規格における材料の選定によらない場合の評価	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
第46条及び第48条	—	応力計算 (告示第501号)	△	△	△	△	△	△	△	△	—
PPB-3500	—	応力計算 (設計・建設規格)	○	○	○	○	○	○	○	○	—
—	—	既工認	△	△	△	△	△	△	△	△	—

注記 \*1: 「非常用炉心冷却設備又は格納容器熱除去設備に係るろ過装置の性能評価等について (内規)」 (平成20・02・12 原院第5号 (平成20年2月27日原子力安全・保安院制定)) による。

重大事故等クラス2ポンプ (1/2)

告示第501号各条項及び 設計・建設規格各規格番号と強度計算書との対応			系統	燃料プール冷却浄 化系	残留熱除去系	高圧炉心スプレ イ系	低圧炉心スプレ イ系	高圧代替注水系	低圧代替注水系	原子炉隔離時 冷却系
告示第501号 条項 設計・建設規格 規格番号	強度計算書 の計算式 (章節番号)	備考	機器名	燃料プール冷却 浄化系ポンプ	残留熱除去系 ポンプ	高圧炉心スプレ イ系ポンプ	低圧炉心スプレ イ系ポンプ	高圧代替注水系 タービンポンプ	直流駆動低圧注水 系ポンプ	原子炉隔離時 冷却系ポンプ
			既設/新設	既設	既設	既設	既設	新設	新設	既設
			改造	無	無	無	有	—	—	無
			DBクラス	Non	DB2	DB2	DB2	—	—	DB2
			SAクラス	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2
			種類	横軸	ビットバレル形	ビットバレル形	ビットバレル形	横軸	横軸	横軸
PMC-3110	2.1	ポンプの形式判別	型式	うず巻	ターボ形	ターボ形	ターボ形	ターボ形	うず巻	ターボ形
			ケーシング	軸垂直割 片吸込1重	軸垂直割 軸対称	軸垂直割 軸対称	軸垂直割 軸対称	軸垂直割 軸対称	軸垂直割 片吸込1重	軸垂直割 軸対称
PMC-3320	3.2	うず巻ポンプ又はターボポンプのケーシングの 厚さ	○	○	○	○	○	○	○	○
PMC-3330	3.3	うず巻ポンプ又はターボポンプのケーシングの 吸込み及び吐出口部分の厚さ	○	○	○	○	○	○	○	○
第77条第7項	3.4	ケーシング各部形状の規定	△	—	—	—	—	—	—	—
PMC-3340	3.4	ケーシング各部形状の規定	○	—	—	—	○	○	○	○
PMC-3350	3.5	往復ポンプのリキッドシリンダー及びマニホー ールドに関するものの厚さ	—	—	—	—	—	—	—	—
第77条第5項	3.6	うず巻ポンプ、ターボポンプ又は往復ポンプの ケーシングカバーの厚さ	△	△	△	△	—	—	—	△
PMC-3410	3.6	うず巻ポンプ、ターボポンプ又は往復ポンプの ケーシングカバーの厚さ	—	—	—	—	○	○	○	—
PMC-3510	3.7	ボルトの平均引張応力	○	○	○	○	○	○	○	○
PMC-3610	3.8	耐圧部分等のうち管台に係るもの（ケーシング の吸込口部分及び吐出口部分を除く。）の厚さ	○	○	○	○	○	—	—	○
PMC-3710	3.9	吸込及び吐出フランジ	—*2	—*2	—*2	—*2	—*2	—*2	—*2	—*2
重大事故等クラス2機器であってク ラス2の規定によらない場合の強度 計算方法	—	クラス3ポンプの規定を準用した評価	—	—	—	—	—	—	—	—
		クラス1容器の規定を準用した評価	○	—	—	—	—	—	—	—
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	—	—	○*4	—	—	—	—	○*3	—	—
—	—	既工認	—	—	—	—	—	—	—	—

注記 \*1 : 立形ポンプのため、クラス3の規定を使用。

\*2 : J I S B 2 2 3 8 又は 設計・建設規格別表2に記載のフランジを使用しているため、強度計算不要。

\*3 : 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をケーシング材について実施。

\*4 : 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をボルト材について実施。

重大事故等クラス2ポンプ (2/2)

告示第501号各条項及び 設計・建設規格各規格番号と強度計算書との対応			系統	補給水系	原子炉補機冷却水系及び原子炉補機冷却海水系		高圧炉心スプレイ補機冷却水系及び高圧炉心スプレイ補機冷却海水系		ほう酸水注入系	代替循環冷却系
告示第501号 条項 設計・建設規格 規格番号	強度計算書の 計算式 (章節番号)	備考	機器名	復水移送ポンプ	原子炉補機冷却水ポンプ	原子炉補機冷却海水ポンプ	高圧炉心スプレイ補機冷却水ポンプ	高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ	ほう酸水注入系ポンプ	代替循環冷却ポンプ
			既設/新設	既設	既設	既設	既設	既設	既設	新設
			改造	無	無	無	無	無	無	—
			DBクラス	Non	Non	Non	Non	Non	DB2	—
			SAクラス	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2
種類	横軸	横軸	立形	横軸	立形	往復	横軸			
PMC-3110	2.1	ポンプの形式判別	型式	うず巻	うず巻	ターボ形	うず巻	ターボ形	往復形	ターボ形
			ケーシング	軸垂直割	軸平行割	軸垂直割	軸垂直割	軸垂直割	—	軸垂直割
				片吸込1重	両吸込1重	1段立形	片吸込1重	1段立形	—	軸対称
PMC-3320	3.2	うず巻ポンプ又はターボポンプのケーシングの厚さ	○	○	○*1	○	○*1	—	○	
PMC-3330	3.3	うず巻ポンプ又はターボポンプのケーシングの吸込み及び吐出口部分の厚さ	○	○	—	○	—	—	○	
第77条第7項	3.4	ケーシング各部形状の規定	△	△	—	△	—	—	—	
PMC-3340	3.4	ケーシング各部形状の規定	○	○	—	○	—	—	—	
PMC-3350	3.5	往復ポンプのリキッドシリンダー及びマニホールドに関するものの厚さ	—	—	—	—	—	○	—	
第77条第5項	3.6	うず巻ポンプ、ターボポンプ又は往復ポンプのケーシングカバーの厚さ	△	—	—	△	—	△	—	
PMC-3410	3.6	うず巻ポンプ、ターボポンプ又は往復ポンプのケーシングカバーの厚さ	○	—	—	—	—	—	○	
PMC-3510	3.7	ボルトの平均引張応力	○	○	○	○	○	○	○	
PMC-3610	3.8	耐圧部分等のうち管台に係るもの（ケーシングの吸込口部分及び吐出口部分を除く。）の厚さ	—	○	—	○	—	○	○	
PMC-3710	3.9	吸込及び吐出フランジ	—*2	—*2	—*2	—*2	—*2	—*2	—*2	
重大事故等クラス2機器であってクラス2の規定によらない場合の強度計算方法	—	クラス3ポンプの規定を準用した評価	—	—	○	—	○	—	—	
		クラス1容器の規定を準用した評価	—	○	—	—	—	—	—	
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	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	既工認	—	—	—	—	—	—	—	

注記 \*1 : 立形ポンプのため、クラス3の規定を使用。

\*2 : J I S B 2 2 3 8 又は 設計・建設規格別表2に記載のフランジを使用しているため、強度計算不要。

\*3 : 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をケーシング材について実施。

\*4 : 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をボルト材について実施。

重大事故等クラス2弁 (1/3)

告示第501号各条項及び 設計・建設規格各規格番号と強度計算書との対応			系統	制御棒駆動水圧系		原子炉格納容器調気系		原子炉格納容器 フィルタベント系		基本設計方針対象設備					
告示第501号 条項 設計・建設規格 規格番号	強度計算書 の計算式 (章節番号)	備考	弁名称	C12-D001- 126	C12-D001- 127	T48-F019	T48-F022	T63-F001	T63-F002	E22-F003	E61-F003	E61-F050	P15-F001	E51-F003	
			既設/新設	既設	既設	既設	既設	新設	新設	既設	新設	新設	既設	既設	
			改造	無	無	有	有	—	—	無	—	—	無	無	
			DBクラス	DB2	Non	DB2	DB2	—	—	DB1	—	—	Non	DB2	
			SAクラス	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2
			型式	止め弁	止め弁	止め弁	止め弁	止め弁	止め弁	止め弁	止め弁	止め弁	止め弁	止め弁	止め弁
耐圧部の 設計	第85条第1項	2.1	弁箱又は弁ふたの最小 厚さの計算	△	△	—	—	—	—	△	—	—	△	—	
	VVC-3210	2.1	弁箱又は弁ふたの最小 厚さの計算	—	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
弁の応力 評価	VVC-3310 (a)	2.2	弁箱と弁ふたのフラン ジの応力解析	—	—	—	—	—	—	○	○	○	—	—	
	VVC-3310 (b)	2.2	フランジボルトの応力 解析	—	—	—	—	—	—	○	○	○	—	—	
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			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

注記 \*1 : 弁ふたについては、応力計算を行って必要な強度を有することを確認する。

\*2 : 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を弁箱及び弁ふたボルトについて実施。

重大事故等クラス2弁 (2/3)

告示第501号各条項及び 設計・建設規格各規格番号と強度計算書との対応			系統	基本設計方針対象設備											
告示第501号 条項 設計・建設規格 規格番号	強度計算書 の計算式 (章節番号)	備考	弁名称	E51-F009	E51-F017	E51-F082	E51-F536	E61-F064	E51-F008	V30-D301A, B	V30-D302A, B	V30-D303	V30-D304	V30-D305A, B	
			既設/新設	既設	既設	新設	既設	新設	既設	既設	既設	既設	既設	既設	既設
			改造	無	無	—	無	—	無	無	無	無	無	無	無
			DBクラス	DB2	DB2	—	Non	—	DB1	Non	Non	Non	Non	Non	Non
			SAクラス	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2
			型式	止め弁	止め弁	止め弁	止め弁	止め弁	止め弁	止め弁	止め弁	止め弁	止め弁	止め弁	止め弁
耐圧部の 設計	第85条第1項	2.1	弁箱又は弁ふたの最小 厚さの計算	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	VVC-3210	2.1	弁箱又は弁ふたの最小 厚さの計算	○	○	○	○	○	○	○*1	○	○	○	○	
弁の応力 評価	VVC-3310 (a)	2.2	弁箱と弁ふたのフラン ジの応力解析	—	—	—	—	—	—	○	○	○	○	○	
	VVC-3310 (b)	2.2	フランジボルトの応力 解析	—	—	—	—	—	—	○	○	○	○	○	
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			—	—	—	—	—	—	—	○*2	○*2	○*2	○*2	○*2	

注記 \*1 : 弁ふたについては、応力計算を行って必要な強度を有することを確認する。

\*2 : 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を弁箱及び弁ふたボルトについて実施。



重大事故等クラス2 弁 (3/3)

告示第501号各条項及び 設計・建設規格各規格番号と強度計算書との対応			系統	基本設計方針対象設備					
告示第501号 条項 設計・建設規格 規格番号	強度計算書 の計算式 (章節番号)	備考	弁名称	T48-F020	T48-F021	T48-F043	T48-F044	T48-F045	T48-F046
			既設/新設	既設	既設	既設	新設	新設	新設
			改造	無	無	無	—	—	—
			DB クラス	DB2	DB2	DB2	—	—	—
			SA クラス	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2
			型式	止め弁	止め弁	止め弁	止め弁	止め弁	止め弁
耐圧部の 設計	第85条第1項	2.1	弁箱又は弁ふたの最小 厚さの計算	—	—	—	—	—	—
	VVC-3210	2.1	弁箱又は弁ふたの最小 厚さの計算	○	○	○	○	○	○
弁の応力 評価	VVC-3310 (a)	2.2	弁箱と弁ふたのフラン ジの応力解析	—	—	—	—	—	—
	VVC-3310 (b)	2.2	フランジボルトの応力 解析	—	—	—	—	—	—
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		—	—	—	—	—	—	—	—

注記 \*1 : 弁ふたについては、応力計算を行って必要な強度を有することを確認する。

\*2 : 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を弁箱及び弁ふたボルトについて実施。

重大事故等クラス2 支持構造物（容器）（1/2）

設計・建設規格各規格番号と強度計算書との対応*1			系統	燃料プール冷却 浄化系	主蒸気系	主蒸気系	残留熱除去系	原子炉補機冷却 水系及び原子炉 補機冷却海水系	原子炉補機冷却 水系及び原子炉 補機冷却海水系
設計・建設規格 規格番号	強度計算書 の計算式 (章節番号)	備考	機器名	燃料プール冷却 浄化系熱交換器	主蒸気逃がし 安全弁逃がし弁 機能用 アキュムレータ	主蒸気逃がし 安全弁自動減圧 機能用 アキュムレータ	残留熱除去系 熱交換器	原子炉補機冷却 水系熱交換器	原子炉補機冷却 海水系 ストレーナ
			既設/新設	既設	既設	既設	既設	既設	
			改造	無	無	無	無	無	
			DB クラス	DB3	DB3	DB3	DB2 (管側) DB3 (胴側)	DB3	DB3
			SA クラス	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2	SA2
SSC-3010	2.1.2(1)	評価応力		○	○	○	○	○	○
SSC-3010	2.1.2(2)	スカート部の応力計算		—	—	—	—	—	—
SSC-3010	2.1.2(3)	脚部の応力計算		○	—	—	○	○	○
SSC-3010	2.1.2(4)	ラグ部の応力計算		—	○	○	—	—	—

注記 \*1：告示第501号及び設計・建設規格による評価について、評価式及び許容値の2つの項目について比較を実施した結果、両規格に相違のないことを確認したため、設計・建設規格による評価を行う。

重大事故等クラス2 支持構造物（容器）(2/2)

設計・建設規格各規格番号と強度計算書との対応*1			系統	高圧炉心スプレ イ補機冷却水系 及び高圧炉心ス プレイ補機冷却 海水系	原子炉格納容器 フィルタベント 系	非常用ディーゼ ル発電設備	高圧炉心スプレ イ系ディーゼル 発電設備
設計・建設規格 規格番号	強度計算書 の計算式 (章節番号)	備考	機器名	高圧炉心スプレ イ補機冷却水系 熱交換器	フィルタ装置	空気だめ	空気だめ
			既設/新設	既設	新設	既設	既設
			改造	無	—	無	無
			DB クラス	DB3	—	DB3	DB3
			SA クラス	SA2	SA2	SA2	SA2
SSC-3010	2.1.2(1)	評価応力		○	○	○	○
SSC-3010	2.1.2(2)	スカート部の応力計算		—	—	○	○
SSC-3010	2.1.2(3)	脚部の応力計算		○	—	—	—
SSC-3010	2.1.2(4)	ラグ部の応力計算		—	○	—	—

注記 \*1：告示第501号及び設計・建設規格による評価について、評価式及び許容値の2つの項目について比較を実施した結果、両規格に相違のないことを確認したため、設計・建設規格による評価を行う。

重大事故等クラス2 支持構造物（ポンプ）

設計・建設規格各規格番号と強度計算書との対応*1			系統	原子炉隔離時 冷却系	代替循環冷却系
設計・建設規格 規格番号	強度計算書 の計算式 (章節番号)	備考	機器名	原子炉隔離時 冷却系ポンプ	代替循環冷却 ポンプ
			既設／新設	既設	新設
			改造	無	—
			DB クラス	DB2	—
			SA クラス	SA2	SA2
SSC-3010	2.1.2(1)	評価応力		○	○
SSC-3010	2.1.2(2)	一次応力及び許容応力の計算		○	○

注記 \*1：告示第501号及び設計・建設規格による評価について、評価式及び許容値の2つの項目について比較を実施した結果、両規格に相違のないことを確認したため、設計・建設規格による評価を行う。

重大事故等クラス3 容器 (1/2)

設計・建設規格各規格番号，一般産業品の規格及び基準と 強度計算書との対応			系統	燃料プールの スプレイ系	原子炉補機代替 冷却水系	原子炉補機代替 冷却水系	高压窒素ガス 供給系	中央制御室待避所 加圧空気供給系	緊急時対策所加圧 空気供給系	可搬型代替交流 電源設備
設計・建設規格 規格番号 一般産業品の規格及び基準	強度計算書 の計算式 (章節番号)	備考	機器名	可搬型ストレーナ	原子炉補機代替 冷却水系熱交換器 ユニット (熱交換器)	原子炉補機代替 冷却水系熱交換器 ユニット (ストレーナ)	高压窒素ガスボン ベ	中央制御室待避所 加圧設備(空気ボン ベ)	緊急時対策所加圧 設備(空気ボンベ)	電源車 (燃料タンク)
			既設/新設	新設	新設	新設	新/既	新設	新設	新設
			改造	—	—	—	—/無	—	—	—
			DB クラス	—	—	—	—	—	—	—
			SA クラス	SA3	SA3	SA3	SA3	SA3	SA3	SA3
型式	Y型ストレーナ	プレート式	サイクロン型	一般継目なし 鋼製容器	継目無し高压ガス 容器	一般継目なし 鋼製容器	角形			
PPD-3414 PPD-3415	2.1	完成品を除く重大事故等クラス3 機器の強度評価方法	—	—	—	—	—	—	—	
高压ガス保安法に基づく容器保安規則及び一般高压ガス保安規則等 日本産業規格等	2.2	重大事故等クラス3 機器のうち完成品の強度評価方法	□	□	□	□	□	□	□	

重大事故等クラス3 容器 (2/2)

設計・建設規格各規格番号，一般産業品の規格及び基準と 強度計算書との対応			系統	緊急時対策所ディ ーゼル発電設備	可搬型窒素ガス 供給装置発電設備	燃料設備			
設計・建設規格 規格番号 一般産業品の規格及び基準	強度計算書 の計算式 (章節番号)	備考	機器名	電源車 (緊急時対策所用) (燃料タンク)	可搬型窒素ガス 供給装置発電設備 (燃料タンク)	大容量送水ポンプ (タイプⅠ) (燃料タンク)	大容量送水ポンプ (タイプⅡ) (燃料タンク)	原子炉補機代替 冷却水系熱交換器 ユニット (燃料タンク)	タンクローリ
			既設/新設	新設	新設	新設	新設	新設	新設
			改造	—	—	—	—	—	—
			DB クラス	—	—	—	—	—	—
			SA クラス	SA3	SA3	SA3	SA3	SA3	SA3
型式	角形	角形	角形	角形	角形	角形	横置だ円形		
PPD-3414 PPD-3415	2.1	完成品を除く重大事故等クラス3 機器の強度評 価方法	—	—	—	—	—	—	—
高圧ガス保安法に基づく容器保安規 則及び一般高圧ガス保安規則等 日本産業規格等	2.2	重大事故等クラス3 機器のうち完成品の強度評 価方法	□	□	□	□	□	□	□

重大事故等クラス3管 (1/4)

設計・建設規格各規格番号, 一般産業品の規格及び基準と 強度計算書との対応			系統	燃料プール代替注水系				燃料プールスプレイ系	
設計・建設規格 規格番号 一般産業品の規格及び基準	強度計算書 の計算式 (章節番号)	備考	機器名	取水用ホース (250A : 5m, 10m, 20m)	送水用ホース (300A : 2m, 5m, 10m, 20m, 50 m)	注水用ヘッド	送水用ホース (150A : 1m, 2m, 5m, 10m, 20m)	スプレイ用ホース (65A : 1m)	スプレイノズル
			既設/新設	新設	新設	新設	新設	新設	新設
			改造	—	—	—	—	—	—
			DB クラス	—	—	—	—	—	—
			SA クラス	SA3	SA3	SA3	SA3	SA3	SA3
PPD-3411	2.1.1.2.2	管の板厚計算	—	—	—	—	—	—	—
PPD-3414 PPD-3415	2.1	完成品を除く重大事故等クラス3機器の強度評価方法	—	—	—	—	—	—	—
PPD-3420	2.1.1.2.3	管の穴と補強計算	—	—	—	—	—	—	—
高圧ガス保安法に基づく容器保安規則及び一般高圧ガス保安規則等 日本産業規格等	2.2	重大事故等クラス3機器のうち完成品の強度評価方法	□	□	□	□	□	□	□

重大事故等クラス3管 (2/4)

設計・建設規格各規格番号, 一般産業品の規格及び基準と 強度計算書との対応			系統	原子炉補機代替冷却水系			高圧窒素ガス 供給系	代替高圧窒素ガス供給系		
設計・建設規格 規格番号 一般産業品の規格及び基準	強度計算書 の計算式 (章節番号)	備考	機器名	耐熱ホース (300A : 2m, 5m, 10m)	除熱用ヘッダ	耐熱ホース (201A : 5m, 10m)	連結管	連結管	連結管~フレキシ ブルホース/恒設 配管取合点	代替高圧窒素ガス 供給用フレキシブ ルホース (φ32.9, 6m, 8m)
			既設/新設	新設	新設	新設	既設	新設	新設	新設
			改造	—	—	—	—	—	—	—
			DB クラス	—	—	—	—	—	—	—
			SA クラス	SA3	SA3	SA3	SA3	SA3	SA3	SA3
PPD-3411	2.1.1.2.2	管の板厚計算	—	—	—	—	—	—	—	
PPD-3414 PPD-3415	2.1	完成品を除く重大事故等クラス3機器の強度評 価方法	—	—	—	—	—	—	—	
PPD-3420	2.1.1.2.3	管の穴と補強計算	—	—	—	—	—	—	—	
高圧ガス保安法に基づく容器保安規 則及び一般高圧ガス保安規則等 日本産業規格等	2.2	重大事故等クラス3機器のうち完成品の強度評 価方法	□	□	□	□	□	□	□	



重大事故等クラス3管 (3/4)

設計・建設規格各規格番号，一般産業品の規格及び基準と 強度計算書との対応			系統	代替高压窒素 ガス供給系	中央制御室待避所 加圧空気供給系	緊急時対策所加圧 空気供給系	放射性物質拡散 抑制系	可搬型窒素ガス 供給系
設計・建設規格 規格番号 一般産業品の規格及び基準	強度計算書 の計算式 (章節番号)	備考	機器名	恒設配管取合点接 続管	中央制御室待避所 加圧設備(空気ボ ンベ)～フレキシ ブル配管/恒設配 管取合点	緊急時対策所加圧 設備(空気ボンベ) ～フレキシブル配 管/恒設配管取合 点	放水砲	窒素供給用ホース (50A : 5m)
			既設/新設	新設	新設	新設	新設	新設
			改造	—	—	—	—	—
			DBクラス	—	—	—	—	—
			SAクラス	SA3	SA3	SA3	SA3	SA3
PPD-3411	2.1.1.2.2	管の板厚計算	○	○	—	—	—	
PPD-3414 PPD-3415	2.1	完成品を除く重大事故等クラス3機器の強度評 価方法	—	—	—	—	—	
PPD-3420	2.1.1.2.3	管の穴と補強計算	—	—	—	—	—	
高压ガス保安法に基づく容器保安規 則及び一般高压ガス保安規則等 日本産業規格等	2.2	重大事故等クラス3機器のうち完成品の強度評 価方法	—	□	□	□	□	

重大事故等クラス3管 (4/4)

設計・建設規格各規格番号，一般産業品の規格及び基準と 強度計算書との対応			系統	可搬型窒素ガス供給系		原子炉格納容器フ ィルタベント系	緊急時対策所ディ ーゼル発電設備	燃料設備	
設計・建設規格 規格番号 一般産業品の規格及び基準	強度計算書 の計算式 (章節番号)	備考	機器名	窒素供給用ヘッダ	可搬型窒素ガス供 給装置接続管	送水用ホース (65A：20m)	給油用ホース (20A：7m)	軽油払出用ホース (外形63mm：2m)	給油用ホース (φ25：50m)
			既設/新設	新設	新設	新設	新設	新設	新設
			改造	—	—	—	—	—	—
			DBクラス	—	—	—	—	—	—
			SAクラス	SA3	SA3	SA3	SA3	SA3	SA3
PPD-3411	2.1.1.2.2	管の板厚計算		○	○	—	—	—	—
PPD-3414 PPD-3415	2.1	完成品を除く重大事故等クラス3機器の強度評 価方法		—	—	—	—	—	—
PPD-3420	2.1.1.2.3	管の穴と補強計算		○	—	—	—	—	—
高圧ガス保安法に基づく容器保安規 則及び一般高圧ガス保安規則等 日本産業規格等	2.2	重大事故等クラス3機器のうち完成品の強度評 価方法		—	—	□	□	□	□

重大事故等クラス3 ポンプ

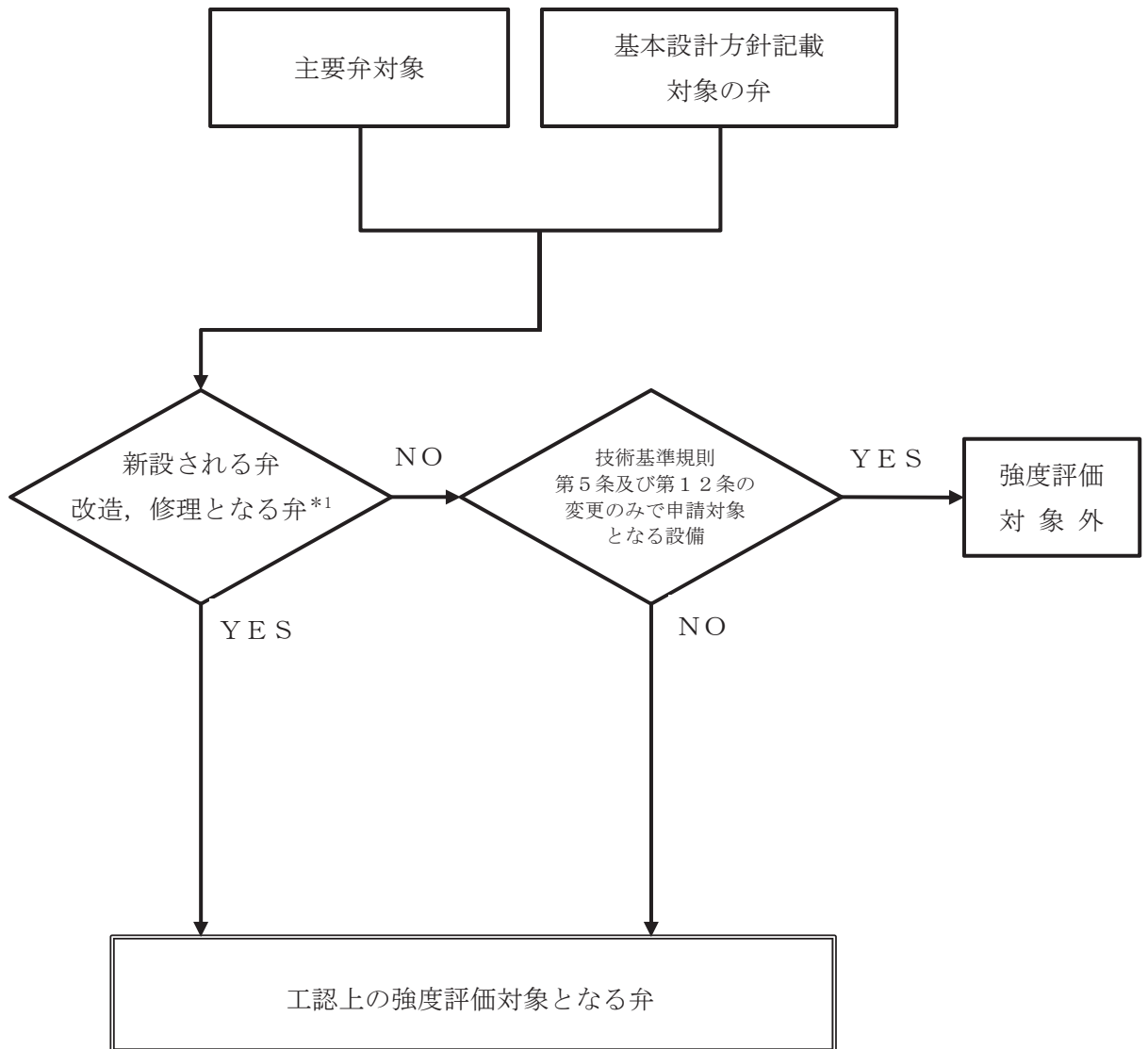
設計・建設規格各規格番号，一般産業品の規格及び基準と 強度計算書との対応			系統	燃料プール代替 注水系	原子炉補機代替 冷却水系	放射性物質拡散 抑制系	可搬型代替交流 電源設備	緊急時対策所ディーゼ ル発電設備	可搬型窒素ガス 供給装置発電設備
設計・建設規格 規格番号 一般産業品の規格及び基準	強度計算書 の計算式 (章節番号)	備考	機器名	大容量送水ポンプ (タイプⅠ)	原子炉補機代替冷却水 系熱交換器 ユニット(ポンプ)	大容量送水ポンプ (タイプⅡ)	電源車 (冷却水ポンプ)	電源車 (緊急時対策所用) (冷却水ポンプ)	可搬型窒素ガス 供給装置発電設備 (冷却水ポンプ)
			既設/新設	新設	新設	新設	新設	新設	新設
			改造	—	—	—	—	—	—
			DB クラス	—	—	—	—	—	
			SA クラス	SA3	SA3	SA3	SA3	SA3	
種類	うず巻型	うず巻型	うず巻型	うず巻式	うず巻式	遠心式			
PPD-3414 PPD-3415	2.1	完成品を除く重大事故等クラス3 機器の強度評 価方法	—	—	—	—	—	—	
高圧ガス保安法に基づく容器保安規 則及び一般高圧ガス保安規則等 日本産業規格等	2.2	重大事故等クラス3 機器のうち完成品の強度評 価方法	□	□	□	□	□	□	

女川原子力発電所第2号機 工事計画審査資料	
資料番号	02-補-E-20-0700-2_改0
提出年月日	2020年6月18日

補足-700-2 【強度評価対象弁の選定について】

## 1. 概要

本資料は、強度評価対象となる弁の抽出フローを示すものである。抽出の結果、強度評価対象となった弁については、補足説明資料「補足-700-1 強度に関する説明書における適用規格の整理」に記載する。



強度評価対象となる弁の抽出フロー

\*1: 工認ガイドにおける「改造の工事」に該当する弁及び「修理の工事」のうちの「取替工事」に該当する弁を示す。

女川原子力発電所第2号機 工事計画審査資料	
資料番号	02-補-E-20-0700-3_改0
提出年月日	2020年6月18日

補足-700-3 【技術基準規則第17条と高圧ガス保安法及び  
消防法の規定の比較】

補足 700-3-1 【技術基準規則第 17 条と高圧ガス保安法の規定の比較】

技術基準規則第 17 条と高圧ガス保安法の規定の比較 (1/5)

実用発電用原子炉及びその付属施設の 技術基準に関する規則 (クラス 3 容器に係る事項を抜粋)	高圧ガス保安法 (容器保安規則)	評 価
(材料及び構造) 第十七条 設計基準対象施設 (圧縮機, 補助ボイラー, 蒸気タービン (発電用のものに限る。), 発電機, 変圧器及び遮断機を除く。) に属する容器, 管, ポンプ若しくは弁若しくはこれらの支持構造物又は炉心支持構造物の材料及び構造は, 次に定めるところによらなければならない。この場合において, 第一号から第七号まで及び第十五号の規定については, 使用前に適用されるものとする。		
三 クラス3機器 (クラス3容器又はクラス3管をいう。以下同じ。) に使用する材料は, 次に定めるところによること。 イ クラス3機器が, その使用される圧力 <sup>(注1)</sup> , 温度 <sup>(注2)</sup> , 荷重 <sup>(注3)</sup> その他の使用条件に対して適切な機械的強度及び化学的成分 <sup>(注4)</sup> を有すること。	(容器保安規則第3条) 一 容器は, 充填する高圧ガスの種類, 充填圧力 <sup>(注5)</sup> , 使用温度 <sup>(注7)</sup> 及び使用される環境に応じた適切な材料 <sup>(注8,9)</sup> を使用して製造すること。	クラス3容器に使用する材料は, その使用条件に応じて適切な機械的強度及び化学的成分を有することが求められる。 以下に示す評価のとおり, 技術基準規則第17条に定めるクラス3容器の材料及び使用条件 (圧力, 温度, 荷重その他使用条件) と高圧ガス保安法に定めるポンベの材料及び使用条件 (圧力, 温度, 荷重その他使用条件) に関する要求は, 同等の水準である。



技術基準規則第 17 条と高圧ガス保安法の規定の比較 (2/5)

実用発電用原子炉及びその付属施設の 技術基準に関する規則 (クラス 3 容器に係る事項を抜粋)	高圧ガス保安法 (容器保安規則)	評 価								
<p>(注1) 最高使用圧力 (設置許可基準規則第2条第2項第38号)                      対象とする機器又は炉心支持構造物とその主たる機能を果たすべき運転状態において受ける最高の圧力以上の圧力であって、設計上定めるものをいう。</p> <p>(注2) 最高使用温度 (設計許可基準規則第2条第2項第39号)                      対象とする機器、支持構造物又は炉心支持構造物とその主たる機能を果たすべき運転状態において生ずる最高の温度以上の温度であって、設計上定めるものをいう。</p> <p>(注3) 設計・建設規格のクラス3容器の規定において、具体的な荷重は規定されていない。</p> <p>(注4) 設計・建設規格付録材料図表Part1のクラス3容器の欄に示す材料の規格に適合するもの、またはこれと同等以上の化学的成分及び機械的強度を有するものを使用する。</p>	<p>(注5) 最高充填圧力 (容器保安規則第2条第1項第25号)                      次の表 (抜粋) の上欄に掲げる容器の区分に応じて、それぞれ同表の下欄に掲げる圧力 (ゲージ圧力をいう。以下同じ。)</p> <table border="1" data-bbox="786 571 1413 810"> <thead> <tr> <th>容器の区分</th> <th>圧力</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>圧縮ガスを充填する容器 【ハロゲン化物ポンペ】</td> <td>温度35度においてその容器に充填することができるガスの圧力のうち最高のものの数値</td> </tr> </tbody> </table> <p>(注6) 耐圧試験圧力 (容器保安規則第 2 条第 26 号)</p> <table border="1" data-bbox="786 901 1413 1045"> <thead> <tr> <th>高圧ガスの種類</th> <th>圧力 (MPa)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>その他のガス 【ハロゲン化物ポンペ】</td> <td>温度48度における圧力の数値の3分の5倍又は24.5</td> </tr> </tbody> </table> <p>(注7) 一般高圧ガス保安規則第 6 条第 2 項第 8 号ホ                      充填容器等は、常に温度 40 度以下に保つこと。</p>	容器の区分	圧力	圧縮ガスを充填する容器 【ハロゲン化物ポンペ】	温度35度においてその容器に充填することができるガスの圧力のうち最高のものの数値	高圧ガスの種類	圧力 (MPa)	その他のガス 【ハロゲン化物ポンペ】	温度48度における圧力の数値の3分の5倍又は24.5	<p>○圧 力                      技術基準規則第17条では、設計上定める条件において、機器が受ける最高の圧力以上の圧力である「最高使用圧力」を規定しており、高圧ガス保安法における、ボンベ内部に受ける最高の圧力である「充填圧力<sup>(注5)</sup>」と同等である。</p> <p>○温 度                      技術基準規則第17条では、設計上定める条件において、最高の温度以上の温度である「最高使用温度」を規定しており、高圧ガス保安法における「使用温度<sup>(注7)</sup>」として規定している温度の上限値と同等である。</p> <p>○荷 重                      技術基準規則第17条の要求を満たす仕様規定である設計・建設規格のクラス3容器の規定において、具体的な荷重は規定されていない。消火設備用ポンペに対する荷重は最高使用圧力に包絡されており、高圧ガス保安法も充填圧力を規定していることから、想定する荷重は同等である。</p>
容器の区分	圧力									
圧縮ガスを充填する容器 【ハロゲン化物ポンペ】	温度35度においてその容器に充填することができるガスの圧力のうち最高のものの数値									
高圧ガスの種類	圧力 (MPa)									
その他のガス 【ハロゲン化物ポンペ】	温度48度における圧力の数値の3分の5倍又は24.5									

技術基準規則第 17 条と高圧ガス保安法の規定の比較 (3/5)

実用発電用原子炉及びその付属施設の 技術基準に関する規則 (クラス 3 容器に係る事項を抜粋)	高圧ガス保安法 (容器保安規則)	評 価
	<p>(注8) ボンベのうち、一般継目なし容器 (ハロゲン化物ボンベ) の材料は、「容器保安規則の機能性基準の運用について」(20190606保局第7号)の別添1「一般継目なし容器の技術基準の解釈」に掲げる材料の規格に適合する、炭素鋼、マンガン鋼、クロムモリブデン鋼その他の低合金鋼、ステンレス鋼及びアルミニウム合金の金属材料 (規格材料)、またはこれらと化学的成分及び機械的性質が同一の材料 (同等材料) 等を使用する。</p> <p>(注9) ボンベのうち、溶接容器 (ハロゲン化物ボンベ) の材料は、「容器保安規則の機能性基準の運用について」(20190606 保局第 7 号) の別添 2「溶接容器の技術基準の解釈」に掲げる材料の規格に適合する、炭素鋼、ステンレス鋼及びアルミニウム合金の金属材料 (材料規格)、またはこれらと化学的成分及び機械的性質が同一の材料 (同等材料) 等を使用する。</p>	<p>○その他使用条件                      技術基準規則第17条では、機器の内部流体等の使用条件を考慮した材料を選定することが規定されており、具体的な使用可能材料が設計・建設規格に規定されている。                      高圧ガス保安法では、ボンベの材料選定として、充填する高圧ガスの種類等、使用される環境に応じた適切な材料を選定するよう規定していることから、技術基準規則第17条において考慮すべき「その他使用条件」と同等である。</p> <p>○材 料                      技術基準規則第17条では、圧力、温度、荷重その他の使用条件に対して適切な機械的強度及び化学的成分を有する材料を使用することが要求されている。                      高圧ガス保安法では、容器について、充填する高圧ガスの種類、充填圧力、使用温度及び使用される環境に応じた適切な材料を使用して製造することが要求されており、考慮する使用条件は上記のとおり同等であることから、材料に対して要求する水準は同等である。</p>

技術基準規則第17条と高圧ガス保安法の規定の比較 (4/5)

実用発電用原子炉及びその付属施設の 技術基準に関する規則 (クラス3容器に係る事項を抜粋)	高圧ガス保安法 (容器保安規則)	評 価
ロ 工学的安全施設に属するクラス3機器に使用する材料にあつては、当該機器の最低使用温度に対して適切な破壊じん性を有することを機械的試験その他の評価方法により確認したものであること。		火災防護設備は工学的安全施設に該当しないため、対象外。
十 クラス3機器の構造及び強度は、次に定めるところによること。 イ 設計上定める条件 <sup>(注8)</sup> において、全体的な変形を弾性域に抑えること。 (注10) 設計上定める条件 (技術基準規則第17条第8号) 最高使用圧力、最高使用温度及び機械的荷重 <sup>(注3)</sup> が負荷されている状態。	(容器保安規則第3条) ニ 容器は、充填する高圧ガスの種類、充填圧力 <sup>(注5)</sup> 、使用温度 <sup>(注7)</sup> 及び使用される環境に応じた適切な肉厚 <sup>(注11)</sup> を有するように製造すること。 (注11) 「容器保安規則の機能性基準の運用について」(20190606保局第7号)の別添より、溶接容器(ハロゲン化物ボンベ)及び一般継目なし容器(ハロゲン化物ボンベ)に必要な肉厚を、溶接容器(ハロゲン化物ボンベ)及び一般継目なし容器(ハロゲン化物ボンベ)の最高充填圧力及び材料の許容応力より算出する。	技術基準規則第17条では、「設計上定める条件において全体的な変形を弾性域に抑えること」が要求されている。 高圧ガス保安法では、溶接容器(ハロゲン化物ボンベ)及び一般継目なし容器(ハロゲン化物ボンベ)の必要肉厚を材料の許容応力より算出すること <sup>(注11)</sup> が要求されており、材料の降伏点を超えることの無いよう許容応力を規定していることから、要求する水準は同等である。
ロ クラス3機器に属する伸縮継手にあつては、設計上定める条件で応力が繰り返し加わる場合において、疲労破壊が生じないこと。		消火設備用ボンベに対し、伸縮継手を使用していないため、対象外。

技術基準規則第 17 条と高圧ガス保安法の規定の比較 (5/5)

実用発電用原子炉及びその付属施設の 技術基準に関する規則 (クラス 3 容器に係る事項を抜粋)	高圧ガス保安法 (容器保安規則)	評 価
ハ 設計上定める条件において、座屈が生じないこと。		消火設備用ポンベ外面には圧力が加わらないことから、消火設備用ポンベに座屈が生じることはない。
十五 クラス1容器、クラス1管、クラス2容器、クラス2管、クラス3容器、クラス3管、クラス4管及び原子炉格納容器のうち主要な耐圧部の溶接部(溶接金属部及び熱影響部をいう。)は、次に定めるところによること。  イ 不連続で特異な形状でないものであること。  ロ 溶接による割れが生ずる恐れがなく、かつ、健全な溶接部の確保に有害な溶込み不良その他の欠陥がないことを非破壊試験により確認したものであること。  ハ 適切な強度を有するものであること。  ニ 機械試験その他の評価方法により適切な溶接施工法、溶接設備及び技能を有する溶接士であることをあらかじめ確認したものにより溶接したものであること。		火災防護設備の容器は、第十五号に規定する「主要な耐圧部の溶接部」 <sup>(注12)</sup> に該当しないため、対象外。  (注12) 「実用発電用原子炉及びその付属施設の技術基準に関する規則の解釈」第17条第15項第15号に規定する「主要な耐圧部の溶接部」とは、以下に掲げるものの溶接部をいう。  (1)－③ 非常用電源設備、火災防護設備又は区画排水設備に係る外径150mm以上の管のうち、耐圧部について溶接を必要とするもの

補足 700-3-2 【技術基準規則第 17 条と消防法の規定の比較】

技術基準規則第 17 条と消防法の規定の比較 (1/7)

実用発電用原子炉及びその付属施設の 技術基準に関する規則 (クラス 3 容器に係る事項を抜粋)	消防法 (消火器の技術上の規格を定める省令)	評 価
(材料及び構造) 第十七条 設計基準対象施設 (圧縮機, 補助ボイラー, 蒸気タービン (発電用のものに限る。), 発電機, 変圧器及び遮断機を除く。) に属する容器, 管, ポンプ若しくは弁若しくはこれらの支持構造物又は炉心支持構造物の材料及び構造は, 次に定めるところによらなければならない。この場合において, 第一号から第七号まで及び第十五号の規定については, 使用前に適用されるものとする。		
三 クラス3機器 (クラス3容器又はクラス3管をいう。以下同じ。) に使用する材料は, 次に定めるところによること。  イ クラス3機器が, その使用される圧力 <sup>(注1)</sup> , 温度 <sup>(注2)</sup> , 荷重 <sup>(注3)</sup> その他の使用条件に対して適切な機械的強度及び化学的成分 <sup>(注4)</sup> を有すること。	(省令第6条) 1 消火器は, その各部分を良質の材料で造るとともに, 充填した消火剤に接触する部分をその消火剤に侵されない材料 (以下「耐食性材料」という。) で造り, 又は当該部分に耐食加工を施し, かつ, 外気に接触する部分を容易にさびない材料で造り, 又は当該部分に防錆加工を施さなければならない。	クラス3容器に使用する材質は, その使用条件に応じて適切な機械的強度及び化学的成分を有することが求められる。  以下に示す評価のとおり, 技術基準規則第17条に定めるクラス3容器の材料及び使用条件 (圧力, 温度, 荷重その他使用条件) と消防法に定める消火器の材料及び使用条件 (圧力, 温度, 荷重その他使用条件) に関する要求は, 同等の水準である。

技術基準規則第 17 条と消防法の規定の比較 (2/7)

<p>実用発電用原子炉及びその付属施設の 技術基準に関する規則 (クラス3容器に係る事項を抜粋)</p>	<p>消防法 (消火器の技術上の規格を定める省令)</p>	<p>評 価</p>
<p>(注1) 最高使用圧力 (設置許可基準規則第2条第2項第38号) 対象とする機器又は炉心支持構造物とその主たる機能を果たすべき運転状態において受ける最高の圧力以上の圧力であって、設計上定めるものをいう。</p> <p>(注2) 最高使用温度 (設計許可基準規則第2条第2項第39号) 対象とする機器、支持構造物又は炉心支持構造物とその主たる機能を果たすべき運転状態において生ずる最高の温度以上の温度であって、設計上定めるものをいう。</p> <p>(注3) 設計・建設規格のクラス3 容器の規定において、具体的な荷重は規定されていない。</p> <p>(注4) 設計・建設規格付録材料図表Part1のクラス3容器の欄に示す材料の規格に適合するもの、またはこれと同等以上の化学的成分及び機械的強度を有するものを使用する。</p>	<p>2 消火器は、充填した消火剤に接触する部分について3パーセントの塩化ナトリウム水溶液中に14日間浸す腐食試験及び3パーセントの水酸化ナトリウム水溶液に浸す腐食試験等を行なった場合において、さびその他の異常を生じないものでなければならない。</p> <p>3 充填した消火剤に接触する部分に耐食塗装を施した消火器は、当該部分と同じ試験片について、屈曲試験、衝撃性試験及び腐食試験を行なった場合において、塗膜にわれ、はがれ等を生じないこと。</p> <p>(省令第10条の2) 消火器は、その種類に応じ、次の各号に掲げる温度範囲 (10度単位で拡大した場合においてもなお正常に操作することができ、かつ、消火及び放射の機能を有効に発揮する性能を有する消火器にあつては、当該拡大した温度範囲。以下「使用温度範囲」という。) で使用した場合において、正常に操作することができ、かつ、消火及び放射の機能を有効に発揮することができるものでなければならない。</p> <p>一 化学泡消火器 5度以上 40度以下 二 化学泡消火器以外の消火器 0度以上 40度以下</p>	<p>○圧 力 技術基準規則第17条では、設計上定める条件において、機器が受ける最高の圧力以上の圧力である「最高使用圧力」を規定しており、消防法における、消火器内部に受ける最高の圧力である「調整圧力、閉そく圧力及び使用圧力の上限值」と同等の水準である。(省令第12条)</p> <p>○温 度 技術基準規則第17条では、設計上定める条件において、最高の温度以上の温度である「最高使用温度」を規定しており、消防法における「使用温度範囲」として規定している最高温度と同等である。(省令第10条の2)</p> <p>○荷 重 技術基準規則第17条の要求を満たす仕様規定である設計・建設規格クラス3容器の規定において、具体的な荷重は規定されていない。消火器に対する荷重は最高使用圧力に包絡されており、消防法も使用圧力等を規定していることから、想定する荷重は同等である。</p>

技術基準規則第 17 条と消防法の規定の比較 (3/7)

実用発電用原子炉及びその付属施設の 技術基準に関する規則 (クラス 3 容器に係る事項を抜粋)	消防法 (消火器の技術上の規格を定める省令)	評 価																
	<p>(省令第11条)</p> <p>1 次の表の上欄に掲げる消火器の本体容器は、それぞれ当該下欄に掲げる数値以上の板厚を有する堅ろうなものでなければならない。</p> <table border="1" data-bbox="768 512 1547 890"> <thead> <tr> <th colspan="3">区分</th> <th>板厚</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">加 圧 式 の 消 火 器 又 は</td> <td rowspan="2">JIS G 3131 に適合する材料又はこれと同等以上の耐食性を有する材質を用いたもの</td> <td>内径120mm以上</td> <td>1.2mm</td> </tr> <tr> <td>内径120mm未満</td> <td>1.0mm</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">蓄 圧 式 の 消 火 器 の 器 本 体</td> <td rowspan="2">JIS H 3100 若しくはJIS G 4304 に適合する材質又はこれらと同等以上の耐食性を有する材料を用いたもの</td> <td>内径100mm以上</td> <td>1.0mm</td> </tr> <tr> <td>内径100mm未満</td> <td>0.8mm</td> </tr> </tbody> </table>	区分			板厚	加 圧 式 の 消 火 器 又 は	JIS G 3131 に適合する材料又はこれと同等以上の耐食性を有する材質を用いたもの	内径120mm以上	1.2mm	内径120mm未満	1.0mm	蓄 圧 式 の 消 火 器 の 器 本 体	JIS H 3100 若しくはJIS G 4304 に適合する材質又はこれらと同等以上の耐食性を有する材料を用いたもの	内径100mm以上	1.0mm	内径100mm未満	0.8mm	<p>○その他使用条件</p> <p>技術基準規則第17条では、機器の内部流体等の使用条件を考慮した材料を選定することが規定されており、具体的な使用可能材料が設計・建設規格に規定されている。</p> <p>消防法では、消火器の材料選定として、充填する消火剤に接触する部分をその消火剤に侵されない材料で造ることが規定されており、技術基準規則第17条において考慮すべき「その他使用条件」と同等である。</p> <p>○材 料</p> <p>技術基準規則第17条では、圧力、温度、荷重その他の使用条件に対して適切な機械的強度及び化学的成分を有する材料を使用することが要求されている。</p> <p>消防法では、容器について耐食性及び耐久性を有する良質の材料を用いた堅ろうな材料を使用すること並びに腐食試験等においてさび等の異常を生じないことが要求されており、考慮する使用条件は上記のとおり同等であることから、材料に対して要求する水準は同等である。</p>
区分			板厚															
加 圧 式 の 消 火 器 又 は	JIS G 3131 に適合する材料又はこれと同等以上の耐食性を有する材質を用いたもの	内径120mm以上	1.2mm															
		内径120mm未満	1.0mm															
蓄 圧 式 の 消 火 器 の 器 本 体	JIS H 3100 若しくはJIS G 4304 に適合する材質又はこれらと同等以上の耐食性を有する材料を用いたもの	内径100mm以上	1.0mm															
		内径100mm未満	0.8mm															



技術基準規則第 17 条と消防法の規定の比較 (4/7)

<p>実用発電用原子炉及びその付属施設の 技術基準に関する規則 (クラス 3 容器に係る事項を抜粋)</p>	<p>消防法 (消火器の技術上の規格を定める省令)</p>	<p>評 価</p>
<p>ロ 工学的安全施設に属するクラス3機器に使用する材料にあつては、当該機器の最低使用温度に対して適切な破壊じん性を有することを機械的試験その他の評価方法により確認したものであること。</p>		<p>火災防護設備は工学的安全施設に該当しないため、対象外。</p>
<p>十 クラス3機器の構造及び強度は、次に定めるところによること。 イ 設計上定める条件<sup>(注5)</sup>において、全体的な変形を弾性域に抑えること。  (注5) 設計上定める条件 (技術基準規則第17条第8号) 最高使用圧力、最高使用温度及び機械的荷重<sup>(注3)</sup>が負荷されている状態。</p>	<p>(省令第12条) 消火器の本体容器の耐圧は、次の各号に適合するものでなければならない。 一 次の表の上欄に掲げる本体容器の区分に応じ、それぞれ当該下欄に掲げる圧力を水圧力で5分間加える試験を行なった場合において、漏れを生ぜず、かつ、強度上支障のある永久ひずみ(円筒部分にあつては、円周長の0.5パーセント以上の永久ひずみ)を生じないこと。</p>	<p>技術基準規則第17条では、「設計上定める条件において全体的な変形を弾性域に抑えること」が要求されている。 消防法では、使用材料に応じた消火器の本体容器の板厚を規定しており、消火器内部に受ける最高の圧力(調整圧力、閉そく圧力及び使用圧力の上限値)を超える圧力(設計上定める最高の圧力の1.3から2.0倍)で耐圧試験を実施し、強度上支障のある永久ひずみ(円筒部分にあつては、円周長の0.5パーセント以上の永久ひずみ)を生じないことが要求されている。これは、設計上定める条件に対して十分な裕度を持って、全体的な変形を弾性域に抑えることができる水準であることから、要求する水準は同等である。 詳細説明は、別紙に示す。</p>

技術基準規則第 17 条と消防法の規定の比較 (5/7)

実用発電用原子炉及びその付属施設の 技術基準に関する規則 (クラス 3 容器に係る事項を抜粋)	消防法 (消火器の技術上の規格を定める省令)	評 価																													
	<p style="text-align: center;">表 (抜粋)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="4" style="text-align: center;">区分</th> <th style="text-align: center;">圧力</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4" style="text-align: center; vertical-align: middle;">                             加圧式の 消火器の 本体容器                         </td> <td rowspan="4" style="text-align: center; vertical-align: middle;">                             開閉式の ノズルを 有するも の                         </td> <td rowspan="2" style="text-align: center; vertical-align: middle;">                             非耐食性材料 を用いたもの                         </td> <td style="text-align: center;">安全弁のないもの</td> <td style="text-align: center;">P×2.0</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">安全弁のあるもの</td> <td style="text-align: center;">P×1.6</td> </tr> <tr> <td rowspan="2" style="text-align: center; vertical-align: middle;">                             耐食性材料を 用いたもの                         </td> <td style="text-align: center;">安全弁のないもの</td> <td style="text-align: center;">P×1.6</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">安全弁のあるもの</td> <td style="text-align: center;">P×1.3</td> </tr> <tr> <td rowspan="4" style="text-align: center; vertical-align: middle;">                             蓄圧式の消火器の本 体容器                         </td> <td rowspan="4"></td> <td rowspan="2" style="text-align: center; vertical-align: middle;">                             非耐食性材料 を用いたもの                         </td> <td style="text-align: center;">安全弁のないもの</td> <td style="text-align: center;">Q×2.0</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">安全弁のあるもの</td> <td style="text-align: center;">Q×1.6</td> </tr> <tr> <td rowspan="2" style="text-align: center; vertical-align: middle;">                             耐食性材料を 用いたもの                         </td> <td style="text-align: center;">安全弁のないもの</td> <td style="text-align: center;">Q×1.6</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">安全弁のあるもの</td> <td style="text-align: center;">Q×1.3</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">                     二 安全弁のない消火器の本体容器にあつては、前号に規定するものの                      ほか、次の表の上欄に掲げる区分に応じ、それぞれ当該下欄に掲げ                      る圧力を水圧力で五分間加える試験を行なった場合において、き裂                      又は破断を生じないこと。                 </p> <p style="text-align: center;">表 省略</p>	区分				圧力	加圧式の 消火器の 本体容器	開閉式の ノズルを 有するも の	非耐食性材料 を用いたもの	安全弁のないもの	P×2.0	安全弁のあるもの	P×1.6	耐食性材料を 用いたもの	安全弁のないもの	P×1.6	安全弁のあるもの	P×1.3	蓄圧式の消火器の本 体容器		非耐食性材料 を用いたもの	安全弁のないもの	Q×2.0	安全弁のあるもの	Q×1.6	耐食性材料を 用いたもの	安全弁のないもの	Q×1.6	安全弁のあるもの	Q×1.3	
区分				圧力																											
加圧式の 消火器の 本体容器	開閉式の ノズルを 有するも の	非耐食性材料 を用いたもの	安全弁のないもの	P×2.0																											
			安全弁のあるもの	P×1.6																											
		耐食性材料を 用いたもの	安全弁のないもの	P×1.6																											
			安全弁のあるもの	P×1.3																											
蓄圧式の消火器の本 体容器		非耐食性材料 を用いたもの	安全弁のないもの	Q×2.0																											
			安全弁のあるもの	Q×1.6																											
		耐食性材料を 用いたもの	安全弁のないもの	Q×1.6																											
			安全弁のあるもの	Q×1.3																											

技術基準規則第 17 条と消防法の規定の比較 (6/7)

実用発電用原子炉及びその付属施設の 技術基準に関する規則 (クラス 3 容器に係る事項を抜粋)	消防法 (消火器の技術上の規格を定める省令)	評 価
	<p>2 前項各号の表において、P及びQは、それぞれ次の圧力値 (単位メガパスカル) を表すものとする。</p> <p>一 P</p> <p>イ 加圧用ガス容器及び圧力調整器を有する消火器の本体容器にあつては、調整圧力の最大値。</p> <p>ロ イに掲げる本体容器以外の本体容器にあつては、その内部の温度を40度 (消火器の使用最高温度が40 度を超えるものにあつては、その最高温度) とした場合における閉そく圧力の最大値。</p> <p>二 Q</p> <p>蓄圧式の消火器の本体容器について、その内部の温度を40度 (消火器の使用温度範囲が40度を超えるものにあつては、その最高温度) とした場合において第二十八条に規定する指示圧力計に緑色で明示された使用圧力上限値。</p> <p>(省令第19 条)</p> <p>消火器は、運搬及び作動操作に伴う不時の落下、衝撃等に十分耐えることができるものであつて、かつ、耐久性を有する良質の材料を用いた堅ろうなものでなければならない。</p>	

技術基準規則第 17 条と消防法の規定の比較 (7/7)

実用発電用原子炉及びその付属施設の 技術基準に関する規則 (クラス3容器に係る事項を抜粋)	消防法 (消火器の技術上の規格を定める省令)	評 価
ロ クラス3機器に属する伸縮継手にあつては、 設計上定める条件で応力が繰り返し加わる 場合において、疲労破壊が生じないこと。		消火器に対し、伸縮継手を使用していないため、対象外。
ハ 設計上定める条件において、座屈が生じないこと。		消火器外面には圧力が加わらないことから、消火設備用ポンペに座屈が生じることはない。
十五 クラス1容器、クラス1管、クラス2容器、クラス2管、クラス3容器、クラス3管、クラス4管及び原子炉格納容器のうち主要な耐圧部の溶接部 (溶接金属部及び熱影響部をいう。) は、次に定めるところによること。 イ 不連続で特異な形状でないものであること。 ロ 溶接による割れが生ずる恐れがなく、かつ、健全な溶接部の確保に有害な溶込み不良その他の欠陥がないことを非破壊試験により確認したものであること。 ハ 適切な強度を有するものであること。 ニ 機械試験その他の評価方法により適切な溶接施工法、溶接設備及び技能を有する溶接士であることをあらかじめ確認したものであり溶接したものであること。		火災防護設備の容器は、第十五号に規定する「主要な耐圧部の溶接部」 <sup>(注6)</sup> に該当しないため、対象外。  (注6) 「実用発電用原子炉及びその付属施設の技術基準に関する規則の解釈」第17条第15項第15号に規定する「主要な耐圧部の溶接部」とは、以下に掲げるものの溶接部をいう。  (1)－③ 非常用電源設備、火災防護設備又は区画排水設備に係る外径150mm以上の管のうち、耐圧部について溶接を必要とするもの

消火器に係る技術基準規則第17条の構造強度に関する規定と  
消防法の構造強度に関する規定の同等性について

技術基準規則第17条では、「設計上定める条件において全体的な変形を弾性域に抑えること」が要求されている。これは、技術基準規則解釈第17条10にて技術基準規則の要求を満たす仕様規定である設計・建設規格において、設計上定める条件において発生する応力を許容応力以下に抑えることを要求している。これは、設計降伏点 $S_y$ に対して安全率1.6として設定した許容引張応力 $S$ を許容応力として用いるものであり、許容応力により十分な安全裕度を見込んだ設計を要求している。

一方、消防法では、消火器内部に受ける最高の圧力（調整圧力、閉そく圧力及び使用圧力の上限值）を超える圧力（設計上定める最高の圧力の1.6から2.0倍（安全弁がないもの））で耐圧試験を実施し、強度上支障のある永久ひずみ（円筒部分にあっては、円周長の0.5パーセント以上の永久ひずみ\*）を生じないことが要求されている。これは、設計上定める最高の使用圧力に対して安全率1.6から2.0として設定した耐圧試験圧力を用いるものであり、耐圧試験圧力により十分な安全裕度を見込んだ設計を要求している。

よって技術基準規則第17条においては、安全裕度として設計降伏点に対して安全率1.6を見込んでいることに対して、消防法では最高使用圧力に対して安全率1.6から2.0を見込んでいることから、技術基準規則第17条の要求水準は、消防法の要求水準と同等である。

注記\*：消防法の耐圧試験圧力においては、僅かな永久ひずみが生じる（応力とひずみの関係が直線的に変化する領域から僅かに外れる）ことを規定上許容しているが、最高の使用圧力は、消防法における耐圧試験圧力の8分の5以下（安全率1.6以上）の圧力であり、応力とひずみの関係が直線的に変化する領域である弾性域の範囲となることから、永久ひずみは生じることはない。

女川原子力発電所第2号機 工事計画審査資料	
資料番号	02-補-E-20-0700-4_改1
提出年月日	2020年12月18日

補足-700-4 【重大事故等クラス2機器に用いられる

クラス1機器の事故時の強度評価について】

2020年12月

東北電力株式会社

1. はじめに

重大事故等クラス 2 機器及び重大事故等クラス 2 支持構造物の材料及び構造については、「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」（平成 25 年 6 月 28 日 原子力規制委員会規則第六号）第 55 条第 1 項第 2 号及び第 5 号に規定されており、適切な材料を使用し、十分な構造及び強度を有することが要求されている。具体的には、「発電用原子力設備規格 設計・建設規格」（以下「設計・建設規格」という。）又は施設時に適用された規格を用いて重大事故等時に機器が十分な強度を有することを確認する必要がある。

ここでは、女川原子力発電所第 2 号機で重大事故等クラス 2 機器であってクラス 1 機器の対象となる原子炉圧力容器、重大事故等クラス 2 管でクラス 1 管及び重大事故等クラス 2 弁でクラス 1 弁に関する施設時の基準、建設時工認の評価状況の整理を行い、重大事故等時に機器が十分な強度を有することを示すための方針を記載する。

2. 施設時の要求と既工認の強度評価状況

原子炉圧力容器、重大事故等クラス 2 管でクラス 1 管及び重大事故等クラス 2 弁であってクラス 1 弁について施設時の基準と既工認の強度評価状況を表 2-1 に示す。施設時の基準では強度評価は、原子炉圧力容器は応力評価、第 1 種管は応力評価及び板厚評価、第 1 種弁は応力評価、耐圧部の設計（板厚評価）及び弁の形状規定が要求されており、既に認可された工事計画の添付資料（以下「既工認」という。）ではそれぞれ「発電用原子力設備に関する構造等の技術基準」（昭和 55 年通産省告示第 5 0 1 号（以下「告示第 5 0 1 号」という。））に基づき評価を実施している。

表 2-1 施設時の要求と既工認の強度評価状況

	第 1 種容器 (原子炉圧力容器)	第 1 種管	第 1 種弁
施設時の基準 (昭和 55 年告示要求)	応力評価	応力評価 板厚評価	応力評価 耐圧部の設計（板厚評価） 弁の形状規定
既工認の評価	応力評価	応力評価 板厚評価 (応力評価は許容応力状態Ⅲ <sub>A</sub> 、Ⅳ <sub>A</sub> に代わり許容応力状態Ⅲ <sub>A</sub> S、Ⅳ <sub>A</sub> Sとして評価を実施*)	なし (評価は実施しているが、弁の強度計算書は参考資料であることから既工認の評価としては扱わない)

注記 \*：既工認では耐震及び強度の評価を 1 つ（許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>S、Ⅳ<sub>A</sub>Sを用いた評価）にまとめて、管の応力計算書として実施。

### 3. 重大事故等クラス2機器でクラス1機器の強度評価方針

施設時の基準，既工認の評価状況を踏まえて，重大事故等クラス2機器であってクラス1機器の強度評価方針を表3-1に示す。

#### a. 原子炉圧力容器

原子炉圧力容器のクラス2機器の規定への適合が要求されるが，クラス2容器はその規定に関わらず，クラス1容器の規定に準じてよいと規定されており，クラス1容器の規定により評価を実施する。

原子炉圧力容器の応力評価は重大事故等時の評価条件が設計基準の評価条件を超過することから，告示第501号を準用して重大事故等時の評価を行う。

#### b. 重大事故等クラス2管でクラス1管

重大事故等クラス2管でクラス1管はクラス2管の規定への適合が要求されるが，クラス2管はその規定に関わらず，クラス1管の規定に準じてよいと規定されており，クラス1管の規定により評価を実施する。

重大事故等クラス2管でクラス1管の応力評価及び板厚評価は重大事故等時の評価条件が設計基準の評価条件を超過することから，設計・建設規格又は告示第501号を準用して重大事故等時の評価を行う。

#### c. 重大事故等クラス2弁でクラス1弁

重大事故等クラス2弁でクラス1弁はクラス2弁の規定により評価を実施する。

重大事故等クラス2弁でクラス1弁の評価は既工認の評価結果がないため，設計・建設規格又は告示第501号を準用して重大事故等時の評価を行う。



表 3-1 重大事故等クラス 2 機器であってクラス 1 機器の強度評価方針

機器クラス	対象機器	施設時の基準で 要求される評価	強度評価方針
重大事故等 クラス 2 機 器でクラス 1 機器	原子炉圧力容器	応力評価	施設時の規格である告示第 5 0 1 号 を準用して重大事故等時の評価を行 う
	重大事故等クラス 2 管でクラス 1 管	応力評価	設計・建設規格又は告示第 5 0 1 号の クラス 1 管の規定を準用して重大事 故等時の評価を行う
		板厚評価	設計・建設規格又は告示第 5 0 1 号の クラス 1 管の規定を準用して重大事 故等時の評価を行う
	重大事故等クラス 2 弁でクラス 1 弁	応力評価 耐圧部の設計 (板厚評価)	設計・建設規格又は告示第 5 0 1 号の クラス 2 弁の規定を準用して重大事 故等時の評価を行う

#### 4. 原子炉圧力容器の強度評価方法

原子炉圧力容器の強度評価については以下の確認内容のとおり、重大事故等時の評価条件が設計基準の評価条件を超過することから、告示第501号を準用して重大事故等時の評価を実施する。

具体的な評価方法については添付書類「VI-2-3-4-1-1 原子炉圧力容器の応力解析の方針」及び「VI-3-3-1-1-1 原子炉圧力容器本体の強度計算書」を参照。

##### 4.1 確認内容

- (1) 重大事故等事象は運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故に対して原子炉の安全性を損なうことがないよう設計することが求められる構造物、系統及び機器の安全機能が損失した場合に発生する又は発生する可能性があるものである。ここで、評価対象とする重要事故シーケンスについては、技術基準規則第54条に基づき、「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」（平成25年6月28日 原子力規制委員会規則第五号）第37条における炉心の著しい損傷に至る可能性があるとして想定する事故シーケンスグループから有効性評価にて選定された重要事故シーケンスとする。重大事故等時の事故時荷重を表4-1に、設計基準時の事故時荷重を表4-2に示す。両表に示すとおり、起因となる運転状態Ⅲ及び運転状態Ⅳの事故時荷重は、重大事故等時の事故時荷重を包絡している。

また、重大事故等時における使用圧力及び使用温度は、運転状態Ⅲ及び運転状態Ⅳの評価圧力及び評価温度を超過している。

表 4-1 重大事故等事象に対する荷重の整理表 (1/2)

重大事故等時					運転状態Ⅲ及び運転状態Ⅳの評価 (表 4-2) との関係		
事故シーケンス グループ	重要事故 シーケンス	事故時荷重*1	ピーク圧力*2 (MPa[gage])	温度 (°C)	事故時荷重 の包絡性	ピーク圧力 の包絡性	温度の 包絡性
高圧・低圧注水 機能喪失	過渡事象+高圧 注水失敗+低圧 ECCS 失敗	配管破断を伴わ ない事故シーケ ンスであり、事 故時荷重は生じ ない。	7.69	293	—	過大圧力の ピーク圧力 9.49MPa[ga ge]に包絡 される。	過大圧力の 温度 306°C に包絡され る。
高圧注水・減圧 機能喪失	過渡事象+高圧 注水失敗+手動 減圧失敗	配管破断を伴わ ない事故シーケ ンスであり、事 故時荷重は生じ ない。	7.69	293	—	過大圧力の ピーク圧力 9.49MPa[ga ge]に包絡 される。	過大圧力の 温度 306°C に包絡され る。
全交流動力電源 喪失 (長期 TB)	全交流動力電源 喪失 (外部電源 喪失+DG 失敗) +HPCS 失敗 (蓄 電池枯渇後 RCIC 停止)	配管破断を伴わ ない事故シーケ ンスであり、事 故時荷重は生じ ない。	7.77	294	—	過大圧力の ピーク圧力 9.49MPa[ga ge]に包絡 される。	過大圧力の 温度 306°C に包絡され る。
全交流動力電源 喪失 (TBU)	全交流動力電源 喪失 (外部電源 喪失+DG 失敗) +高圧注水失敗 (RCIC 本体の機 能喪失)	配管破断を伴わ ない事故シーケ ンスであり、事 故時荷重は生じ ない。	7.77	294	—	過大圧力の ピーク圧力 9.49MPa[ga ge]に包絡 される。	過大圧力の 温度 306°C に包絡され る。
全交流動力電源 喪失 (TBD)	全交流動力電源 喪失 (外部電源 喪失+DG 失敗) +直流電源喪失 +HPCS 失敗	配管破断を伴わ ない事故シーケ ンスであり、事 故時荷重は生じ ない。	7.77	294	—	過大圧力の ピーク圧力 9.49MPa[ga ge]に包絡 される。	過大圧力の 温度 306°C に包絡され る。
全交流動力電源 喪失 (TBP)	全交流動力電源 喪失 (外部電源 喪失+DG 失敗) +SRV 再閉失敗 +HPCS 失敗	配管破断を伴わ ない事故シーケ ンスであり、事 故時荷重は生じ ない。	7.77	294	—	過大圧力の ピーク圧力 9.49MPa[ga ge]に包絡 される。	過大圧力の 温度 306°C に包絡され る。

表 4-1 重大事故等事象に対する荷重の整理表 (2/2)

重大事故等時					運転状態Ⅲ及び運転状態Ⅳの評価 (表 4-2) との関係		
事故シーケンス グループ	重要事故 シーケンス	事故時荷重*1	ピーク圧力*2 (MPa[gage])	温度 (℃)	事故時荷重 の包絡性	ピーク圧力 の包絡性	温度の 包絡性
崩壊熱除去機能 喪失 (残留熱除 去系の機能喪 失)	過渡事象+崩壊 熱除去失敗 (残 留熱除去系の機 能喪失)	配管破断を伴わ ない事故シーケ ンスであり, 事 故時荷重は生じ ない。	7.68	293	—	過大圧力の ピーク圧力 9.49MPa[ga ge]に包絡 される。	過大圧力の 温度 306℃ に包絡され る。
崩壊熱除去機能 喪失 (原子炉補 機冷却水系の機 能喪失)	過渡事象+崩壊 熱除去失敗 (原 子炉補機冷却水 系の機能喪失)	配管破断を伴わ ない事故シーケ ンスであり, 事 故時荷重は生じ ない。	7.68	293	—	過大圧力の ピーク圧力 9.49MPa[ga ge]に包絡 される。	過大圧力の 温度 306℃ に包絡され る。
原子炉停止機能 喪失	過渡事象+原子 炉停止失敗	配管破断を伴わ ない事故シーケ ンスであり, 事 故時荷重は生じ ない。	9.56	308	—	過大圧力の ピーク圧力 9.49MPa[ga ge]を超過 する。	過大圧力の 温度 306℃ を超過す る。
LOCA 時注水機 能喪失	中破断 LOCA + HPCS 失敗+低圧 ECCS 失敗	配管破断による ジェット反力が 生じる。	7.69	293	—*3	過大圧力の ピーク圧力 9.49MPa[ga ge]に包絡 される。	過大圧力の 温度 306℃ に包絡され る。
格納容器バイパ ス (インターフ ェイスシステム LOCA)	ISLOCA	原子炉冷却材圧力バウンダリ内に荷重が発生する事象ではないため, 評価対象外。					

注記 \*1: 事故時に発生する機械的荷重。SRV 吹き出し反力は全事象に対して評価上考慮している荷重であるため記載を省略する。

\*2: 有効性評価において確認したピーク圧力 (圧力容器ドーム部) に水頭圧 0.3MPa を加えた圧力示す。なお, 有効性評価では, 不確かさを一律に重畳させた評価なども行っているが, 今回の重大事故等事象に対する荷重の整理においては, 有効性評価の不確かさの重畳までは考慮していない。

\*3: 想定する破断は, 破断箇所が原子炉再循環配管 (出口ノズル) (最大破断面積約 2,100cm<sup>2</sup>) で, 破断面積を 1.4cm<sup>2</sup> と小さく, ジェット反力による荷重は既工認の事故時荷重に比べて非常に小さい。

表 4-2 設計基準事象に対する事故時荷重

事象		事故時荷重*	ピーク圧力 (MPa [gage])	温度 (°C)	強度評価上の 取扱い	備考
運 転 状 態 Ⅲ	過大圧力	配管破断を伴わ ない事象であ り、事故時荷重 を生じない。	9.49	306	ピーク圧力及び差 圧（動圧含む）に 機械的荷重及び自 重を加えた荷重を 用いる。	
運 転 状 態 Ⅳ	冷却材喪失事故	配管破断による ジェット反力が 生じる。	7.42	289	ピーク圧力、差圧 （動圧含む）及び 事故時荷重に機械 的荷重及び自重を 加えた荷重を用い る。	配管破断に関 係のある事象 は本事象のみ である。

注記 \*：事故時に発生する機械的荷重。SRV 吹き出し反力は運転状態Ⅲ、Ⅳに生じる荷重であるが、表 4-1 に合わせて記載を省略する。

## 5. 重大事故等クラス2管でクラス1管の強度評価方法

### 5.1 応力評価

重大事故等クラス2管でクラス1管の応力評価については設計・建設規格 PPB-3500 と告示第501号第46条の比較を行い、いずれか安全側の規格による評価を実施する。

重大事故等時の評価は、告示第501号での運転状態Ⅳ又は設計・建設規格での供用状態Dの管の応力評価を準用する。

具体的な応力評価方法については添付書類「VI-3-2-9 重大事故等クラス2管の強度計算方法 第五部 重大事故等クラス2管であってクラス1管の応力計算方法」を参照。

### 5.2 板厚評価

重大事故等クラス2管でクラス1管の板厚評価については、設計・建設規格と告示第501号との比較を行い、いずれか安全側の規格による評価を実施する。

重大事故等時の評価は、告示第501号での運転状態Ⅳ又は設計・建設規格での供用状態Dの管の板厚評価を準用する。

具体的な板厚評価方法については添付書類「VI-3-2-9 重大事故等クラス2管の強度計算方法 第四部 重大事故等クラス2管であってクラス1管の基本板厚計算方法」を参照。

## 6. 重大事故等クラス2弁でクラス1弁の強度評価方法

重大事故等クラス2弁でクラス1弁の応力評価については設計・建設規格と告示第501号の比較を行い、いずれか安全側の規格による評価を実施する。

具体的な強度評価方法については添付書類「VI-3-2-11 重大事故等クラス2弁の強度計算方法」を参照。

重大事故等クラス 2 機器であってクラス 1 機器（原子炉圧力容器，クラス 1 管及びクラス 1 弁）の強度評価において考慮する事故シーケンスの考え方

原子炉圧力容器，クラス 1 管及びクラス 1 弁が有する原子炉冷却材圧力バウンダリ機能は，「発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針」において，異常発生防止系として，その損傷又は故障により発生する事象によって，炉心の著しい損傷又は燃料の大量の破損を引き起こすおそれのある構築物，系統及び機器であると定義されている。このため，重大事故等クラス 2 機器としての強度評価においては，技術基準規則第 54 条に基づき，「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置，構造及び設備の基準に関する規則」第 37 条において，個別プラントの確率的な安全評価を活用し，炉心の著しい損傷に至る可能性がある想定する事故シーケンスグループから選定された，炉心損傷防止対策の事故シーケンスに基づく圧力・温度条件を考慮する。

想定する格納容器破損モードのうち，高圧溶融物放出／格納容器雰囲気直接加熱（DCH），原子炉圧力容器外の溶融燃料－冷却材相互作用（FCI），溶融炉心・コンクリート相互作用（MCCI）は，著しく炉心が損傷し，原子炉圧力容器の破損に至る事故シーケンスである。また，想定する格納容器破損モードのうち，雰囲気圧力・温度による静的負荷（格納容器過圧・過温破損）及び水素燃焼は，重大事故等対処設備を用いた原子炉注水により原子炉圧力容器の破損防止に成功する事故シーケンスであるが，大破断 LOCA が発生し，著しい炉心損傷に至る事象である。これら炉心の著しい損傷に至る格納容器破損モードの事故シーケンスについては，原子炉格納容器バウンダリの機能維持を確認する評価に適用することとしている。なお，格納容器過圧・過温破損及び水素燃焼では，原子炉圧力容器が損傷炉心を冷却するバウンダリの機能を担うが，大破断 LOCA の発生により原子炉圧力容器内の圧力は，原子炉格納容器圧力と同程度に減圧されることから，重大事故等クラス 2 機器（原子炉圧力容器，クラス 1 管及びクラス 1 弁）強度評価の圧力条件である 10.34 MPa を大きく下回り，圧力荷重による原子炉圧力容器の発生応力は小さくなる。また，格納容器過圧・過温破損の有効性評価では，感度解析として，E-LOCA が発生することで重大事故等対処設備を用いた原子炉注水に失敗し，原子炉圧力容器破損に至る場合の評価を行っており，この場合においても，格納容器スプレイ等の重大事故等対策により原子炉格納容器バウンダリ機能が維持できることを確認している。また，DCH，FCI，MCCI については，原子炉圧力容器が破損に至ることから，原子炉冷却材圧力バウンダリの健全性を維持する必要は無く，評価は不要である。

想定される重大事故等のうち，使用済燃料貯蔵槽内における想定事故については，原子炉圧力容器，クラス 1 管及びクラス 1 弁への事故荷重は生じない。また，想定する運転停止中の事故シーケンスグループについては，事故時の圧力・温度が低いことから，炉心損傷防止対策の事故シーケンスの評価に包含される。

炉心損傷防止対策の事故シーケンスに基づく圧力・温度条件を表 1 に示す。

表1 炉心損傷防止対策の事故シーケンスに基づく圧力・温度条件

No.	状態	圧力*1 (MPa[gage])	温度*2 (°C)
1	高圧・低圧注水機能喪失	7.69	294
2	高圧注水・減圧機能喪失	7.69	294
3	全交流動力電源喪失（長期 TB）	7.77	294
4	全交流動力電源喪失（TBU）	7.77	294
5	全交流動力電源喪失（TBD）	7.77	294
6	全交流動力電源喪失（TBP）	7.77	294
7	崩壊熱除去機能喪失（残留熱除去系の機能喪失）	7.68	293
8	崩壊熱除去機能喪失（原子炉補機冷却水系の機能喪失）	7.68	293
9	原子炉停止機能喪失	9.56	309
10	LOCA 時注水機能喪失	7.69	294
11	格納容器バイパス（インターフェイスシステム LOCA）	7.68	293

[重大事故等クラス2機器かつクラス1機器の強度評価条件：圧力 10.34MPa，温度 315°C]

注 \*1：有効性評価において確認したピーク圧力（圧力容器ドーム部）に水頭圧 0.3MPa を加えた圧力を示す。

\*2：ピーク圧力（圧力容器ドーム部）に水頭圧 0.3MPa を加えた圧力に対する飽和温度を設定する。炉心損傷しない事故シーケンスにおいて，原子炉圧力容器，クラス1管及びクラス1弁に接触する冷却材は過熱状態とならないことから，飽和温度を考慮することは保守的な仮定である。



女川原子力発電所第2号機 工事計画審査資料	
資料番号	02-補-E-20-0700-5_改1
提出年月日	2021年2月12日

補足-700-5 【重大事故等クラス2管の疲労評価について】

2021年2月

東北電力株式会社

## 1. はじめに

本資料では、重大事故等クラス2管の疲労評価省略について説明するものである。

## 2. 重大事故等クラス2管の疲労評価について

重大事故等時の疲労評価については、**事象**の発生回数が少ないことから先行審査同様に省略できると考えているが、発電用原子力設備規格（設計・建設規格（2005年版（2007年追補版含む。））J S M E S N C 1 - 2005/2007）（日本機械学会）（以下「設計・建設規格」という。）及び発電用原子力設備に関する構造等の技術基準（昭和55年10月30日通商産業省告示第501号（以下「告示第501号」という。））において、疲労評価として一次＋二次応力の規定があることから、以下に二次応力について整理する。なお、二次応力の規定については、告示第501号と設計・建設規格は同等の規定であることから、以降は設計・建設規格にて説明を実施する。二次応力については、設計・建設規格 解説 GNR-2130 の5.において以下のとおり規定されている。

### 【設計・建設規格 解説 GNR-2130】

5. 二次応力は、容器の自己拘束によって発生する応力である。すなわち、その特性は自己制御性があることである。換言すると、二次応力が発生し、部材が降伏を起こしたりまたはわずかにひずみを生じた場合、もはやそれ以上の応力の増加はなく、応力の飽和状態に達する。

従って、二次応力のみによっては破損を起こすことは考えられない。ただし、二次応力により生ずるひずみが無制限に許されるのではなく、シェイクダウン特性を考慮して応力強さの限界を設けている。

二次応力の代表例として、熱応力と不連続応力がある。熱応力は、部材内部に温度差が発生することにより生ずるものであり、この応力によって変形を生ずるかまたは応力の増加により塑性流れの状態を生ずると、応力分布は全体として均等化する。

不連続応力は、部材の肉厚が一樣でない管台等において、変形が不連続になることにより発生する応力である。これは、内圧や外荷重の増減に伴い変化するが、容器全体からみると極めて限られた部分であり、一次応力のようにいつまでもその応力状態を維持しているわけではなく、応力が増加すれば局所的な塑性流れを発生し応力分布は均等化することになる。

クラス2管については、疲労による破壊の防止の評価として、設計・建設規格 PPC-3530「供用状態AおよびBにおける一次+二次応力制限」が規定されており、高温、高圧となる系統などについては設計（使用）条件に応じて適切に考慮する必要がある。

ここで、設計・建設規格における一次+二次応力評価については、供用状態A及び供用状態Bについてのみ規定されているが、これは設計・建設規格 解説 PVB-3112において解説されており、一次+二次応力評価は疲労評価の前提であり、供用状態C及び供用状態Dについては、発電設備の寿命中において、発生する回数が非常に少なく疲労破壊には顕著な影響を与えないため、あらかじめ疲労解析は不要とされており、したがって、一次応力と二次応力を加えて求めて応力強さの評価も必要ないとされている。

重大事故等事象は設計・建設規格に規定がないが、従来の設計基準事象において「原子炉施設の故障、異常な作動等により原子炉の運転の停止が緊急に必要とされる運転状態」と規定される運転状態Ⅲ、「原子炉施設の安全性を評価する観点から異常な状態を想定した運転状態」と規定される運転状態Ⅳを超える事象であり、疲労評価が不要とされている事象よりもさらに発生する回数が少ないものである（複数回発生することを想定しない）ことから、設計・建設規格 解説 PVB-3112に基づき、重大事故等事象に対して疲労評価（一次応力+二次応力評価）は省略可能であると考える。

以上のことから、重大事故等クラス2管の疲労評価については、重大事故等時は発生回数が少なく疲労に顕著な影響を及ぼす繰返し応力は発生しないことから評価を省略することとしている。

ここで、配管に各荷重により生じる応力は、表2-1のとおり分類されるが、重大事故等時の強度評価は、上述のとおり一次応力を評価する。

表2-1 応力分類

	重大事故等時（V）	耐震V <sub>A</sub> S
一次応力	自重による応力	自重による応力
	圧力による応力	圧力による応力
	機械荷重による応力*	機械荷重による応力*
	—	地震慣性力による応力
二次応力	ジェットにより原子力圧力容器等に変位が生じることで配管に生じる応力	
	熱応力	地震相対変位による応力

注 \*：SRVの取り付く配管モデルでは、機械荷重としてSRV吹き出し反力が入る。

女川原子力発電所第2号機 工事計画審査資料	
資料番号	02-補-E-20-0700-6_改2
提出年月日	2021年2月26日

補足-700-6 【重大事故等クラス2機器におけるクラス2機器  
の規定によらない場合の評価】

2021年2月

東北電力株式会社

1. クラス 2 機器の規定によらない場合の評価対象機器

設計・建設規格又は告示第 5 0 1 号に評価式が規定されていない場合、又は、より精緻な評価を実施する必要がある場合について、同等性又は精緻な評価を行うために使用する規定及び適用系統・設備を以下に示す。適用式の詳細については「2. クラス 2 機器の規定によらない場合の評価」にて説明を行う。

評価方法	適用規格・適用式	適用系統・設備
a. 評価式が規定されていない場合		
(a) 長方形板の大たわみ式を用いた評価	<p>機械工学便覧 (4 辺単純支持の長方形板が等分布荷重を受ける場合の長方形板の大たわみ式)</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p style="text-align: center;">計算式</p> <math display="block">\frac{256 \cdot (1 - \nu^2)}{\pi^6 \cdot E \cdot t} \cdot (P + g \cdot D_p) =</math> <math display="block">\frac{4}{3} \cdot \left( \frac{1}{a^2} + \frac{1}{c^2} \right)^2 \cdot \frac{\delta_{max}}{t} + \left\{ \frac{4 \cdot \nu}{a^2 \cdot c^2} + (3 - \nu^2) \cdot \left( \frac{1}{a^4} + \frac{1}{c^4} \right) \right\} \cdot \left( \frac{\delta_{max}}{t} \right)^3</math> <math display="block">\sigma_{max} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot \delta_{max}}{8 \cdot (1 - \nu^2)} \cdot \left\{ \frac{(2 - \nu^2) \cdot \delta_{max} + 4 \cdot t}{a^2} + \frac{\nu \cdot (\delta_{max} + 4 \cdot t)}{c^2} \right\}</math> </div>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 中央制御室換気空調系 ダクト</li> <li>・ 緊急時対策所換気空調系 ダクト</li> <li>・ 非常用ガス処理系空気乾燥装置</li> <li>・ 非常用ガス処理系フィルタ装置</li> </ul> <p>注 1: 設計・建設規格クラス 2 管の規格が適用できない矩形ダクトについて評価</p> <p>注 2: 「2. (1) 長方形板の大たわみ式を用いた矩形ダクトの評価」に記載</p>

評価方法	適用規格・適用式	適用系統・設備										
(b) クラス 3 ポンプの規定を準用した評価	<p>設計・建設規格 (クラス 3 ポンプの評価式)</p> <table border="1" data-bbox="394 440 1254 735"> <thead> <tr> <th rowspan="2">ポンプ 型式</th> <th colspan="2">設計・建設規格強度評価式</th> <th rowspan="2">備考</th> </tr> <tr> <th>クラス 2</th> <th>クラス 3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>立形 ポンプ</td> <td>—</td> <td><math display="block">t = \frac{P \cdot D_o}{2 \cdot (S \cdot \eta + P \cdot \gamma)}</math></td> <td>・内圧を受ける円筒の応力式であるLameの修正式に基づく。</td> </tr> </tbody> </table>	ポンプ 型式	設計・建設規格強度評価式		備考	クラス 2	クラス 3	立形 ポンプ	—	$t = \frac{P \cdot D_o}{2 \cdot (S \cdot \eta + P \cdot \gamma)}$	・内圧を受ける円筒の応力式であるLameの修正式に基づく。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・原子炉補機冷却海水ポンプ</li> <li>・高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ</li> </ul> <p>注 3：設計・建設規格クラス 2 ポンプの規格が適用できない立形ポンプについて評価</p> <p>注 4：「2. (2) クラス 3 ポンプの規定を準用した立形ポンプの評価」に記載</p>
ポンプ 型式	設計・建設規格強度評価式		備考									
	クラス 2	クラス 3										
立形 ポンプ	—	$t = \frac{P \cdot D_o}{2 \cdot (S \cdot \eta + P \cdot \gamma)}$	・内圧を受ける円筒の応力式であるLameの修正式に基づく。									
(c) ねじ山のせん断破壊式を用いた評価	<p>機械工学便覧 (ねじ山のせん断破壊荷重評価式)</p> <table border="1" data-bbox="394 1019 1093 1217"> <thead> <tr> <th>計算式</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>AB = (P/2) + (d_p - D_c) \cdot \tan \alpha</math></td> </tr> <tr> <td><math>W_B = \pi \cdot D_c \cdot (AB) \cdot z \cdot \tau_B</math></td> </tr> <tr> <td><math>F_B = (W_B - F_t) / A</math></td> </tr> </tbody> </table>	計算式	$AB = (P/2) + (d_p - D_c) \cdot \tan \alpha$	$W_B = \pi \cdot D_c \cdot (AB) \cdot z \cdot \tau_B$	$F_B = (W_B - F_t) / A$	<p>—</p> <p>注 5：設計・建設規格クラス 2 管の規格が適用できないねじ込み継手について評価</p> <p>注 6：「2. (3) ねじ山のせん断破壊式を用いたねじ込み継手の評価」に記載</p>						
計算式												
$AB = (P/2) + (d_p - D_c) \cdot \tan \alpha$												
$W_B = \pi \cdot D_c \cdot (AB) \cdot z \cdot \tau_B$												
$F_B = (W_B - F_t) / A$												

評価方法	適用規格・適用式	適用系統・設備
b. 精緻な評価を実施する必要がある場合		
(a) クラス 1 容器の規定を準用した評価	<p>設計・建設規格 (クラス 1 容器の規定)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・クラス 1 容器の規定を準用し、解析による評価を実施</li> <li>・機器によっては、公式による評価と解析による評価を組み合わせ、その健全性を確認</li> <li>・公式による評価を満足しない耐圧部ボルトについては、設計・建設規格を参考とした評価を実施</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・燃料プール冷却浄化系ポンプ (ケーシング)</li> <li>・原子炉補機冷却水ポンプ (ボルト)</li> </ul> <p>注 7 : 設計・建設規格クラス 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評価</p> <p>注 8 : 「2. (4) クラス 1 容器の規定を準用又は参考とした評価」に記載</p>

## 2. クラス2機器の規定によらない場合の評価

ここでは、設計・建設規格又は告示第501号に評価式\*1が規定されていない場合、又は、より精緻な評価を実施する必要がある場合の評価方法について説明する。

設計・建設規格又は告示第501号に評価式が規定されていない場合、同等性を示す評価式により評価を実施する。より精緻な評価が必要な場合は、クラス1容器の規定を準用した評価により十分な強度を有することを確認する。

図2-1に重大事故等クラス2機器の技術基準規則適合性確認フローを示す。今回の工事計画対象設備である重大事故等クラス2機器の評価のうち、フローに基づき抽出された同等性評価方法を以下に示す。

- a. 評価式が規定されていない場合
  - (a) 長方形板の大たわみ式\*2を用いた評価
  - (b) クラス3ポンプの規定を準用した評価
  - (c) ねじ山のせん断破壊式\*3を用いた評価
  
- b. 精緻な評価を実施する必要がある場合
  - (a) クラス1容器の規定を準用した評価

注記 \*1：評価式とは、設計・建設規格にて評価する場合はクラス2機器の評価式、告示第501号にて評価する場合は第3種機器の評価式を示す。

\*2：機械工学便覧に記載されている4辺単純支持の長方形板が等分布荷重を受ける場合の長方形板の大たわみ式

\*3：機械工学便覧に記載されているねじ山のせん断破壊荷重評価式



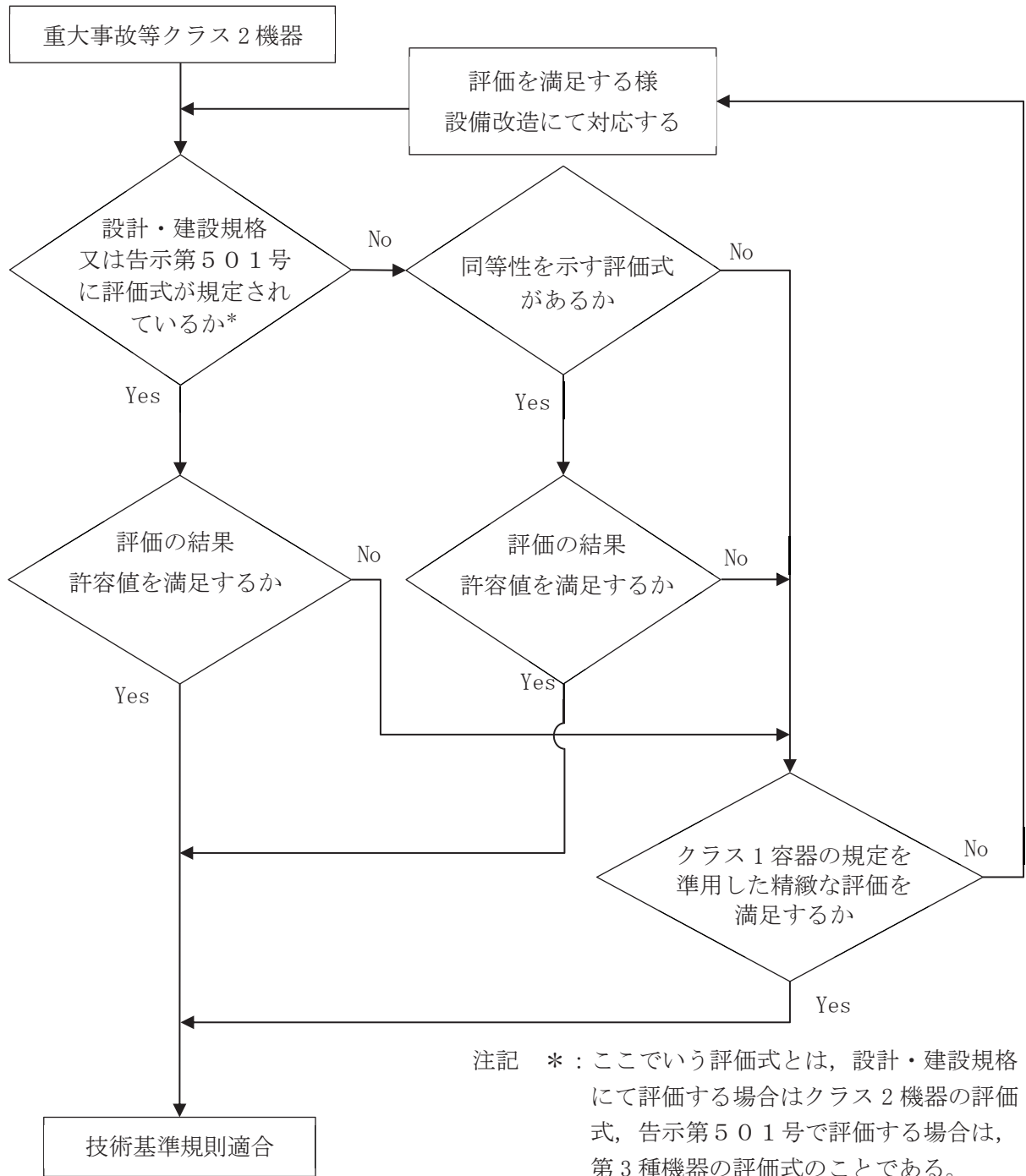


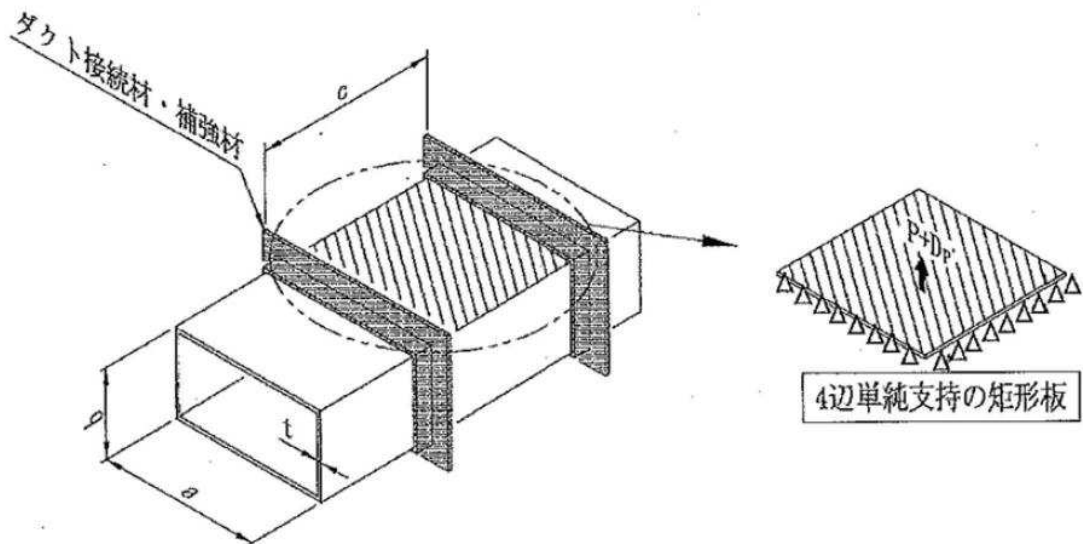
図 2-1 重大事故等クラス2機器の技術基準規則適合性確認フロー

(1) 長方形板の大たわみ式を用いた矩形ダクトの評価

重大事故等クラス2管のうち矩形ダクトについては、形状が円形ではないことから、設計・建設規格に規定されているクラス2管の円形を前提とした評価式を適用することができない。このため、矩形ダクトの強度評価については、以下に示すとおり重大事故等クラス2管の評価手法として妥当性を確認した機械工学便覧に記載されている長方形板の大たわみ式及び判断基準を用いた評価を実施する。

a. 評価式

クラス2管の評価式を適用できない矩形ダクトについて、矩形ダクトの任意のダクト鋼板面のうち2辺は他の2つの側面のダクト鋼板で支持されており、残りの2辺は補強部材（及び接続材）で支持された、4辺単純支持長方形板とみなすことができる。実際の使用条件では、この鋼板面に圧力と自重の等分布荷重である面外荷重が作用する。鋼板面は、この面外荷重により薄い平板が板厚の半分以上大きくたわみ、膜引張応力状態で応力の釣合いが保たれ、鋼板中心部で最大応力が発生する。このように、薄い平板が板厚の半分以上の比較的大きなたわみを生じる挙動を示す場合の応力評価には、機械工学便覧記載の長方形板の大たわみ式（次項に示す2つの式）が適していることから、矩形ダクトの強度評価には、機械工学便覧記載の4辺単純支持長方形板の大たわみ式を用いる。



計算に使う記号

記号	単位	定義
t	mm	ダクトの厚さ
a	mm	ダクト幅
b	mm	ダクト高さ
c	mm	ダクト接続材・補強材の接続ピッチ
P	MPa	最高使用圧力
g	mm/s <sup>2</sup>	重力加速度
D <sub>p</sub>	kg/mm <sup>2</sup>	単位面積あたりのダクト鋼板の質量
E	MPa	ヤング率
ν	—	ポアソン比
δ <sub>max</sub>	mm	面外荷重によるダクト鋼板の最大変位量
σ <sub>max</sub>	MPa	面外荷重による一次応力

計算式

$$\frac{256 \cdot (1 - \nu^2)}{\pi^6 \cdot E \cdot t^4} \cdot (P + g \cdot D_p) =$$

$$\frac{4}{3} \cdot \left( \frac{1}{a^2} + \frac{1}{c^2} \right)^2 \cdot \frac{\delta_{max}}{t} + \left\{ \frac{4 \cdot \nu}{a^2 \cdot c^2} + (3 - \nu^2) \cdot \left( \frac{1}{a^4} + \frac{1}{c^4} \right) \right\} \cdot \left( \frac{\delta_{max}}{t} \right)^3$$

$$\sigma_{max} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot \delta_{max}}{8 \cdot (1 - \nu^2)} \cdot \left\{ \frac{(2 - \nu^2) \cdot \delta_{max} + 4 \cdot t}{a^2} + \frac{\nu \cdot (\delta_{max} + 4 \cdot t)}{c^2} \right\}$$

b. 判断基準

矩形ダクトの強度評価では、設計・建設規格クラス2管に規定のある厚さ計算及び応力計算を参考とし、機械工学便覧のたわみの式を適用した評価を実施する。また、判断基準については以下のとおりとし、裕度については設計・建設規格のクラス2管の規定における許容引張応力S値を適用する。

(a) 厚さ計算

最小板厚を求める場合は、面外荷重による一次応力 $\sigma_{max}$ を許容引張応力S値に置き換えて、2式を解き、両式を満足する $\delta_{max}$ 及び $t$ を求める。この時の $t$ を矩形ダクトの計算上必要な厚さと定義し、ダクトの実際使用厚さが計算上必要な厚さを満足することを確認する。

(b) 応力計算

一次応力を求める場合は、公称値を用いて、2式を解き、両式を満足する $\delta_{max}$ 及び $\sigma_{max}$ を求める。この時の $\sigma_{max}$ を矩形ダクトの一次応力と定義し、一次応力が許容引張応力S値の1.5倍以下であることを確認する。

(2) クラス 3 ポンプの規定を準用した立形ポンプの評価

重大事故等クラス 2 ポンプのうち立形ポンプについては、告示第 5 0 1 号の第 3 種ポンプ及び設計・建設規格におけるクラス 2 ポンプに評価式が規定されていないため、立形ポンプの強度評価については、以下に示すとおり重大事故等クラス 2 ポンプの評価手法として妥当性を確認した設計・建設規格に規定されているクラス 3 ポンプの評価式及び判断基準を用いた評価を実施する。

a. 評価式

クラス 2 ポンプ及びクラス 3 ポンプのケーシングの強度評価式を表 2-1 に示す。

ケーシング厚さの評価式については、一般的な材料力学における内圧を受ける薄肉円筒の式又は内圧を受ける円筒の応力式である Lamé の修正式に基づいており、横形ポンプにおいては、クラス 2 ポンプとクラス 3 ポンプの考え方は同一であり、技術的に同一の強度を有することが要求されている。この考え方については、クラス 2 管とクラス 3 管の厚さ計算についても同様であることから、クラス 2 ポンプに評価式が規定されていない重大事故等クラス 2 ポンプのうち立形ポンプのケーシングの強度評価については、クラス 3 ポンプに規定されている立形ポンプの評価式を用いる。

表 2-1 設計・建設規格 ケーシングの強度評価式

ポンプ 型式	設計・建設規格強度評価式		備考
	クラス 2	クラス 3	
横形ポンプ	$t = \frac{P \cdot A}{2 \cdot S}$	$t = \frac{P \cdot A}{2 \cdot S}$	・同じ式である。 ・内圧を受ける薄肉円筒の式に基づく。
立形ポンプ	—	$t = \frac{P \cdot D_o}{2 \cdot (S \cdot \eta + P \cdot y)}$	・内圧を受ける円筒の応力式である Lamé の修正式に基づく。
配管 (参考)	$t = \frac{P \cdot D_o}{2 \cdot S \cdot \eta + 0.8 \cdot P}$	$t = \frac{P \cdot D_o}{2 \cdot S \cdot \eta + 0.8 \cdot P}$	・同じ式である。 ・内圧を受ける円筒の応力式である Lamé の修正式に基づく。

$t$  : ケーシング及び吐出エルボ, 揚水管又はボウルの計算上必要な厚さ (mm)  
 $P$  : 最高使用圧力 (MPa)  
 $A$  : 設計・建設規格 図 PMC-3320-1 から図 PMC-3320-6 又は設計・建設規格 図 PMD-3310-1 から PMD-3310-6 までに示す寸法 (mm)  
 $S$  : 最高使用温度における設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 5 に規定する材料の許容引張応力 (MPa)  
 $D_o$  : 設計・建設規格 図 PMD-3310-7 に示す吐出エルボの外径寸法, 揚水管の外径寸法, 個々のボウルの吸込み側の最大外径寸法 (mm)  
 $\eta$  : 長手継手の効率で, 設計・建設規格 PVD-3110 に定めるところによる。  
 $y$  : 0.4 ( $D_o / t \geq 6.0$  の場合)  
 $d / (d + D_o)$  ( $D_o / t < 6.0$  の場合)

b. 判断基準

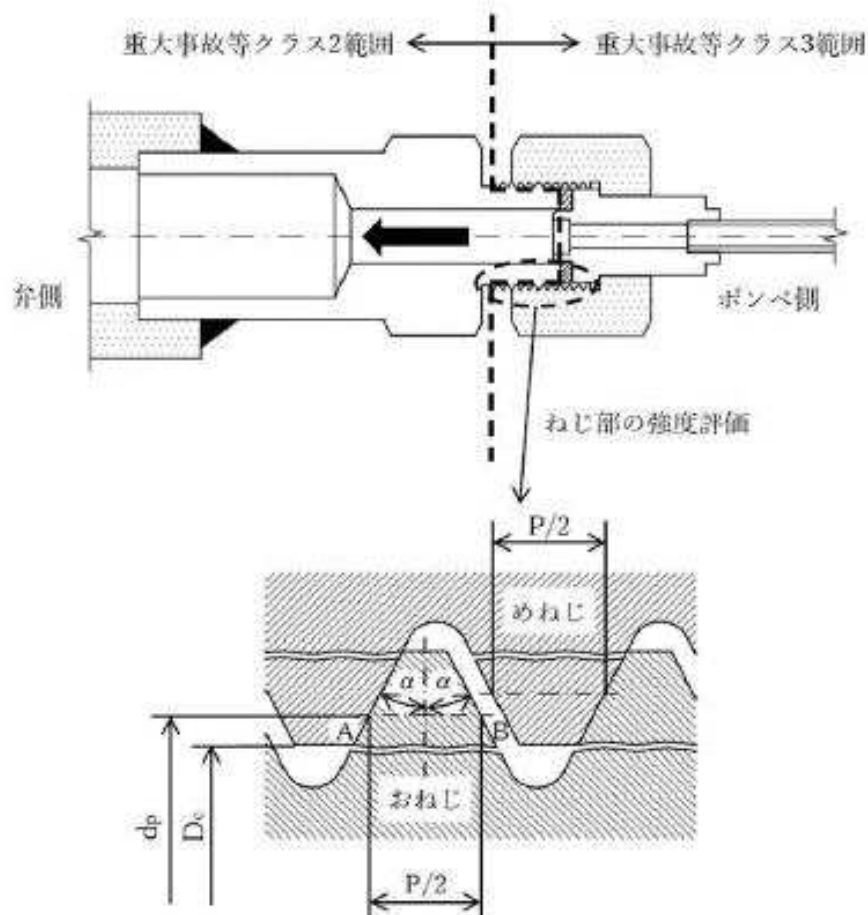
立形ポンプのケーシングの強度評価では, クラス 3 ポンプに規定されている立形ポンプの評価式を用いた評価を実施するが, 裕度については設計・建設規格のクラス 2 ポンプのケーシングの規定における許容引張応力  $S$  値を適用する。

(3) ねじ山のせん断破壊式を用いたねじ込み継手の評価

重大事故等クラス2管のうちねじ込み継手については端部がねじ部であるため設計・建設規格に規定されているクラス2管の評価式を適用することができない。このため、ねじ部の強度評価については、以下に示す機械工学便覧に記載されているねじ部のせん断破壊評価式を準用した評価を実施する。

a. 評価式

クラス2管の評価式を適用できないねじ部のせん断応力評価について、使用するねじはJIS B 8246 (2004)「高圧ガス容器用弁」におけるガス充てん口ねじに適合したものを使用することから、ねじ部の強度評価に用いられる機械工学便覧記載のねじ山のせん断破壊式を用い評価する。また、継手部の厚さ計算については、設計・建設規格に規定されている計算上必要な厚さの規定を用いる。



計算に使う記号及び計算式

記号	単位	定義
$AB$	mm	おねじのせん断長さ
$P$	mm	ピッチ
$d_p$	mm	おねじの有効径
$D_c$	mm	めねじの内径
$\alpha$	°	ねじ角度
$W_B$	N	おねじのねじ山の許容軸方向荷重
$z$	—	負荷能力があるとみなされる、ねじ山の数 $z = (L - 0.5 \cdot P) / P$
$\tau_B$	MPa	おねじ材料の許容せん断応力
$L$	mm	ねじの基準長さ
$F_B$	MPa	おねじの耐圧力
$F_t$	N	ねじ締付トルクによる引抜荷重
$A$	mm <sup>2</sup>	内圧評価断面積

計算式
$AB = (P/2) + (d_p - D_c) \cdot \tan \alpha$ $W_B = \pi \cdot D_c \cdot (AB) \cdot z \cdot \tau_B$ $F_B = (W_B - F_t) / A$

b. 許容値

ねじ部のせん断評価は、機械工学便覧記載のせん断破壊式を準用した評価を実施するが、ねじ込み継手は管と管とを接続する継手であることから、許容値については設計・建設規格クラス2管の規定における許容引張応力 $S$ を基に求めた許容せん断応力 $S/\sqrt{3}$ を適用する。



(4) クラス 1 容器の規定を準用又は参考とした評価

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。そのため機器によっては、公式による評価と解析による評価を組み合わせ、その健全性を確認する方針とする。

クラス 1 容器の規定を満足しない場合は、重大事故等時に求められる機能を発揮できるように、クラス 1 容器の規定を参考とした評価を実施する。

a. 公式による評価と解析による評価の組合せ

設計・建設規格のクラス 2 機器の評価は公式による評価が基本となるが、公式による評価を満足しない部位を含む機器は、公式による評価と解析による評価を組み合わせた評価を実施する。

(a) クラス 2 機器の公式による評価

設計・建設規格のクラス 2 機器の評価については、設計・建設規格 PVC-3000 (クラス 2 容器の設計)、PPC-3000 (管の設計)、PMC-3000 (クラス 2 ポンプの設計) の各機器の規定において、胴、管、ケーシング等の一般部の板厚評価式、開口部に対する補強及びフランジの簡易評価式等、強度評価式が種々に与えられているが、構造不連続部等の局所に着目した強度評価方法については明確にされていない。

設計・建設規格のクラス 2 機器であっても、構造不連続部等の局所的に応力が高い部分も存在すると考えられるが、各機器の規定されている強度評価は、一般部に対し、許容値を低く設定 (許容引張応力  $S$ ) して裕度のある評価を行うことで、局所の健全性も担保している。

(b) 解析による評価

評価対象部位のうち公式による評価を満足しない部位については、より精緻な評価としてクラス 1 容器の規定を準用し、解析による評価を実施する。解析による評価は、構造不連続部等の局所的に応力が高い部位を模擬した詳細な解析に応じた許容値 (設計応力強さ  $S_m$ ) を設定し、より精緻な評価を行うことで、局所の健全性を確認している。

(c) 評価対象部位間の相互影響

前述の(b)項に記載の機器は、評価対象部位ごとに公式と解析による評価が混在する機器であり、以下に示すとおり部位間の相互影響を適切に考慮することで、機器としての健全性を確認する。

イ. 一体構造体

主管に設けられた管台等の一体構造体中に存在する構造不連続部等の局所では、一般部に比べ発生応力が大きくなり、その局部応力により局所周辺も発生応力が引き上げられると考えられる。そのため、局部応力が隣接する部位に及ぼす影響の有無を適切に評価する必要がある。

局部応力が隣接する部位に及ぼす影響については、設計・建設規格 解説にその考え方が示されており、設計・建設規格 解説 PVB-3513（補強面積の設置条件）及び設計・建設規格 解説 PVB-3530（補強をしない穴の適合条件）では、殻理論に基づく軸対称殻上の局所が及ぼす影響範囲について示されている。設計・建設規格 解説 PVB-3513 には「 $0.5 \sqrt{R \cdot t}$  内に局部応力のほとんどが収まる」と示されている。

以上のことから、主管に設けられた管台等の一体構造体内に存在する構造不連続部等の局所の評価について、局部応力が及ぼす影響範囲  $0.5 \sqrt{R \cdot t}$  を網羅するよう適切にモデル化することで、一体構造体として評価を実施する。

ロ. 一体でない構造体

フランジとボルト等の一体でない異なる構造体中に存在する評価対象部位間では、荷重・変位伝達等を個別に設定することで、独立した部位として個々に評価を実施する。

b. ボルトの応力計算

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耐圧部ボルトについては、設計・建設規格 解説 PMC-3510 及び設計・建設規格 PMB-3210 の規定に従った、クラス1 容器のボルト等の応力評価の規定である、設計・建設規格 PVB-3121 を満足しないものもあることから、今回の評価においては、当該規定を参考とした以下の評価を実施する。

設計・建設規格 PVB-3121 では、最高使用圧力におけるボルト荷重及びガスケット締付時のボルト荷重により生じる平均引張応力を設計応力強さ ( $S_m$ ) 以下に抑えることが規定されている。また、供用状態に応じた機能に対して必要な強度を確保するよう、供用状態ごとに許容値が設定されている。

重大事故等時のボルトの評価においては、設計・建設規格 PVB-3121 を参考とし、重大事故等時の評価であることから供用状態ごとに規定されている許容値のうち平均引張応力に対して  $2S_m$ 、最大応力に対して  $3S_m$  を用いて評価を行うこととし、許容値に対応した評価を行うため、重大事故等時において確実に機能を発揮するよう、設計・建設規格のボルト評価において規定されている荷重に加え、重大事故等時の使用環境等を踏まえ規格では想定していない短期的な荷重を考慮しても、弾性域に抑えられ、シール性能を確保できることを確認する。

(a) 技術基準規則における要求事項

耐圧部ボルトはシール性能を確保する機能を有することから、重大事故等時において想定される荷重に対して、耐圧部ボルトが技術基準規則第 55 条の要求を満たした弾性状態であることを確認し、シール性能を確保できることを確認する。

(b) ボルト評価において考慮する荷重

表 2-2 に、今回の評価において考慮する荷重を示す。

今回の耐圧部ボルトの評価においては、(c)項で後述するように、設計条件における平均引張応力に対する許容値  $S_m$  を用いる代わりに、最大応力（平均引張応力と曲げ応力との和）を  $3S_m$  に抑え、平均引張応力は  $2S_m$  に設定することから、重大事故等時において確実にボルトに求められる機能を発揮できるよう、設計・建設規格のボルト評価において規定されている荷重と設計・建設規格においては規定されていないが重大事故等時に想定される荷重を保守的に設定した荷重とを考慮する。

設計・建設規格で規定されている荷重については、設計・建設規格 PVB-3121 において初期締付力とそれに付加される荷重があり、初期締付力としては、最高使用圧力におけるボルト荷重とガスケット締付時のボルト荷重を考慮し、初期締付力に付加される荷重として、熱サイクルや内圧の影響を考慮することと規定されている。

設計・建設規格においては規定されていないが保守的に設定する荷重については、ケーシング外部から発生する荷重とケーシング内部に発生する荷重とに分けて述べる。

ケーシング外部から発生する荷重として、重大事故等時において想定される荷重は、地震を含む自然現象の影響によるケーシング外部からの荷重が想定されるが、耐震評価については「VI-2 耐震性に関する説明書」において耐震クラスに応じた評価を実施しており、自然現象等特殊な荷重を考慮した強度評価については、屋内に設置された原子炉補機冷却

水ポンプについては自然現象等特殊な荷重による影響は受けない。

ケーシング内部に発生する荷重として、対象機器がポンプの場合は回転体による影響が想定されるが、評価対象ボルトは上下のケーシングを締結するケーシングボルトであり、ケーシングと一体で振動するとみなすことができることから、振動による影響は十分小さい。また、出口弁締切運転による内部圧力の上昇及びポンプキャビテーションによる内部圧力の変動が考えられる。それら内部圧力については、機器の設計において、最高使用圧力により包絡されるよう設定されているが、重大事故等時における内部流体による初期の短期的荷重による影響を考慮し、最高使用圧力を上回る内圧を考慮した評価を実施する。

以上のことから、今回の耐圧部ボルト評価において考慮する荷重は、設計・建設規格 PVB-3121 に規定される荷重に加えて、初期の短期的な影響による荷重を考慮のうえ強度評価を実施する。

(c) ボルト評価における許容値

設計・建設規格 PVB-3121 の規定は、設計条件及び各供用状態におけるボルトの許容応力について定めたものであり、設計条件の評価である設計・建設規格 PVB-3121(1)においては、初期締付力である最高使用圧力におけるボルト荷重及びガスケット締付時のボルト荷重により生じる平均引張応力を設計応力強さ  $S_m (=1/3 S_y)$  以下に抑えることが規定されている。また、供用状態の評価である設計・建設規格 PVB-3121(2)においては、初期締付力に付加される荷重により生じる最大応力(平均引張応力と曲げ応力との和)を許容値  $3 S_m (= S_y)$  に抑え、平均引張応力を許容値  $2 S_m (=2/3 S_y)$  に抑えることにより、ボルトによるシール機能が要求される状態において弾性域に抑えることを要求している。また、設計・建設規格 PVB-3121(3)は弾性域を超えた塑性域での評価であることから、今回省略する。

今回の評価において、本規定を重大事故等クラス2 機器のボルト評価に適用する場合、許容応力については、重大事故等時において確実にボルトに求められる機能を発揮するよう、設計・建設規格 PVB-3121 に規定される荷重に加えて、設計・建設規格に規定されていないが、重大事故等時の使用環境等を踏まえ、保守的に初期の短期的荷重による影響を考慮のうえ、ボルトに求められる機能要求に対する必要な強度を確保する観点から、各供用状態の評価である設計・建設規格 PVB-3121(2)「供用状態 A、供用状態 B および供用状態 C」の評価を適用し、塑性変形しないことを確認する。

(d) まとめ

今回の評価において、重大事故等クラス2 機器のうち、クラス1 容器を参考としたボルト評価を実施する場合は、前述する(b)項の荷重を考慮して算出した平均引張応力が許容値  $2 S_m (=2/3 S_y)$  に収まること、また、平均引張応力と曲げ応力との和が許容値  $3 S_m (= S_y)$  に収まることを確認し、耐圧部ボルトに求められるシール性能を確保できることを確認する。

表 2-2 ボルト評価において考慮する荷重

No.	荷重	考慮 有無	備考
1	使用状態での荷重 ( $W_{m1}$ )	○	設計・建設規格 解説 PVB-3121(1)a. に規定される最高使用圧力によるボルト荷重を考慮
2	ガスケット締付による荷重 ( $W_{m2}$ )	○	設計・建設規格 解説 PVB-3121(1)b. に規定されるガスケット締付による荷重を考慮
3	内圧により付加される荷重	○	内圧(最高使用圧力)により付加される荷重を考慮
4	熱により付加される荷重	○	熱により付加される荷重を考慮
5	回転体振動による加速度	×	ケーシングボルトはポンプ上下のケーシングを締結するものであり、基礎・架台と締結する固定点ではなく、回転体振動による加速度はケーシングボルトに発生しない。
6	内圧により付加される荷重に短期的な内圧による荷重を考慮	○*	最高使用圧力に保守的に短期的な荷重を加えて設定した内圧により付加される荷重を考慮

注記 \* : 起動時等の短期的な内圧による荷重は、従来設計において最高使用圧力により考慮しているが、保守的な評価とするため短期的な内圧による荷重を内圧により付加される荷重に付加して評価する。

女川原子力発電所第2号機 工事計画審査資料	
資料番号	02-補-E-20-0700-7_改2
提出年月日	2021年2月19日

補足-700-7 【空気だめのうち、だ円形マンホール厚さ計算に適用する評価手法の妥当性について】

2021年2月  
東北電力株式会社

## 1. 概要

本資料は、非常用ディーゼル発電設備及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備の空気だめのうち、だ円形マンホールの強度計算（板厚計算）に「J I S B 8 2 0 1 陸用鋼製ボイラー構造（以下「J I S B 8 2 0 1」という。）」を適用することが妥当であることを説明するものである。

## 2. 昭和 55 年告示第 5 0 1 号質疑応答集におけるだ円形マンホールの板厚計算の扱いについて

「発電用告示原子力設備に関する構造等の技術基準 質疑応答集（2 年改訂版）（平成 2 年 12 月 17 日 火力原子力発電技術協会）（以下「質疑応答集」という。）」において、昭和 55 年告示第 5 0 1 号第 43 条第 6 項に対し、次のことが記載されている。

- ・ 円形又はだ円形マンホールの平板のふたの厚さの計算式

### 【質問】

『円形マンホールの平板のふたの厚さの計算は、告示第 43 条第 6 項により d を円形マンホールの直径として計算するか又は「J I S B 8 2 0 1 陸用鋼製ボイラーの構造」の「10.8 マンホールカバーの最小厚さ」の計算式を用いて計算してよいか。』

『また、だ円形マンホールの平板のふたの厚さの計算も d をだ円形マンホールの長径として同様に扱ってよいか。』

### 【回答】

『差し支えない。』

## 3. 告示第 5 0 1 号及び設計・建設規格における容器の平板の厚さの算出式の比較 容器の平板の最小厚さの算出式の比較結果を表 3-1 に示す。

ここで、2 項で示した質疑応答集は、昭和 55 年告示第 5 0 1 号第 4 種容器の平板の厚さの計算に対し J I S B 8 2 0 1 を適用してよいこととしているが、昭和 55 年告示 5 0 1 号第 3 種容器及び第 4 種容器並びに設計・建設規格クラス 2 容器及びクラス 3 容器において規定されている平板の厚さの計算式は同じであることから、クラス 2 容器の平板の厚さの計算に J I S B 8 2 0 1 を適用することも問題ないと判断した。



表 3-1 平板の最小厚さの算出式の比較

比較項目	規格名	
	昭和 55 年告示第 5 0 1 号*	設計・建設規格
容器の平板に関する評価式	第 3 種容器 (第 34 条第 1 項 容器の平板の厚さ)	クラス 2 容器 (PVC-3310 平板の厚さの規定)
	$t = d \cdot \sqrt{\frac{K \cdot P}{S}}$ t : 平板の計算上必要な厚さ (mm) d : 平板の径又は最小内のり (mm) K : 平板の取付け方法による係数 P : 最高使用圧力 (MPa) S : 材料の許容引張応力 (MPa)	$t = d \cdot \sqrt{\frac{K \cdot P}{S}}$ t : 平板の計算上必要な厚さ (mm) d : 平板の径又は最小内のり (mm) K : 平板の取付け方法による係数 P : 最高使用圧力 (MPa) S : 材料の許容引張応力 (MPa)
	第 4 種容器 (第 43 条第 6 項 容器の平板の厚さ)	クラス 3 容器 (PVD-3310 平板の厚さの規定)
	同上	同上

注記 \* : SI 単位化した式を示す。

4. マンホールの構造による適用性

J I S B 8 2 0 1 の算出式を表 4-1, マンホールカバー概要図を図 4-1 に示す。

「旧 J I S B 8 2 7 5 圧力容器のふた板」(現 : 「J I S B 8 2 6 5 圧力容器の構造－一般事項」, 「J I S B 8 2 6 6 圧力容器の構造－特定規格」) において, 円形平板の最小厚さの算出式として 3 項の式と同じものが規定されているが, 解説<sup>[1]</sup>において導出過程が示されており, 本式は平板の周辺が固定されている場合の式であるとされている。

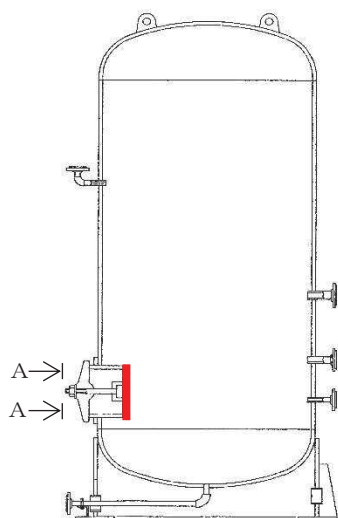
一方で, 今回評価に適用する J I S B 8 2 0 1 のうちマンホールカバーの最小厚さの式は, 「マンホールに用いる平鋼板製カバーで, 周囲が自由支持されているもの」に対する式であると項の冒頭で規定されている。

よって, 図 4-1 のような周囲が自由支持されているマンホールカバーに J I S B 8 2 0 1 のマンホールカバーの最小厚さの式を適用することは妥当である。



表 4-1 J I S B 8 2 0 1 の算出式

		規格名
		J I S B 8 2 0 1
容器の 平板に 関する 評価式		だ円形マンホール平板の計算上必要な厚さは次に掲げる値のうちいずれか大きい値とする。
	a.	平板の計算上必要な厚さ： $t_1$ $t_1 = \frac{5 \cdot b}{c} \cdot \sqrt{\frac{P}{\sigma_a}} + \alpha$
	b.	規格上必要な最小厚さ： $t_2$ 平板の中央部の厚さは 14mm 以下としてはならない。
	a :	穴の長径
	b :	穴の短径
	c :	穴の短径と長径との比によって定める係数 ( J I S B 8 2 0 1 図 6. 20 による。 )
	$t_1$ :	マンホール平板の計算上必要な厚さ
	$t_2$ :	マンホール平板の中央部の規格上必要な最小厚さ
	$\alpha$ :	付け代で、1mm 以上とする。ただし、取替えのできるマンホール平板にあつては、0 とする。
	$\sigma_a$ :	材料の許容引張応力 設計・建設規格付録材料図表 Part5 表 5 又は表 6 による。



A ~ A 矢視図 (右図撮影方向)  
(マンホールカバー詳細)

【マンホールカバーの支持方法】  
空気だめの内圧及びマンホール押さえをボルトで締め付けることによりマンホールスリーブに引き当てて支持する。

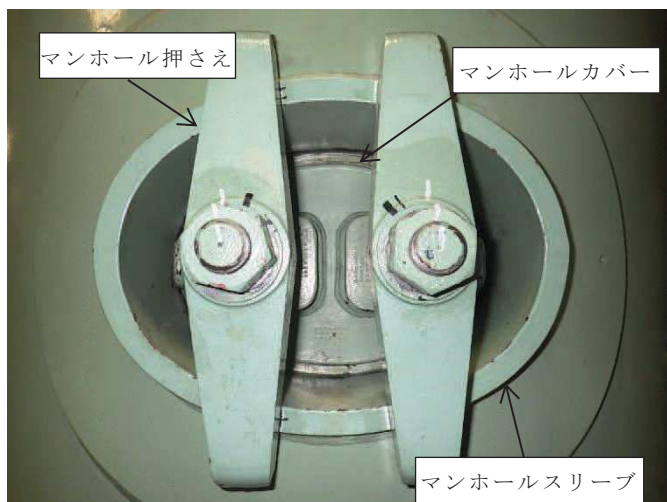


図 4-1 マンホールカバー概要図

5. まとめ

2～4項より、だ円形マンホールの強度計算（板厚計算）に「J I S B 8201 陸用鋼製ボイラー構造」の評価手法を適用することは妥当である。

6. 引用文献

J I S 使い方シリーズ圧力容器 ④設計・解析（1995年10月25日 日本規格協会）

女川原子力発電所第2号機 工事計画審査資料	
資料番号	02-補-E-20-0700-8_改0
提出年月日	2020年6月18日

補足-700-8 【容器の平板の穴の補強計算について】

1. はじめに

本資料では、重大事故等クラス2容器の強度計算方法のうち、平板の穴の補強計算について補足説明するものである。

2. 重大事故等クラス2容器の強度計算方法

重大事故等クラス2容器の強度計算方法では、平板の穴の補強を設計・建設規格のクラス2容器の規定PVC-3320に従い、以下の条件を満足すれば十分であると記載している。

$$A_o > A_r / 2$$

$A_o$  : 補強に有効な総面積

$A_r$  : 穴の補強に必要な面積

PVC-3320【抜粋】

(a) PVC-3160の規定に準じて補強すること。この場合において、 $t_{sr}$ は、平板の計算上必要な厚さ (mm) とし、かつ、補強に有効な面積は、補強に必要な面積の 1/2 まで減ずることができる。

3. 強度計算方法の記載の妥当性について

PVC-3320で平板の穴の補強に有効な面積は補強に必要な面積の1/2まで減ずることができると規定されている理由は、設計・建設規格のクラス1容器の規定である解説PVB-3511に記載されている。

また、クラス1容器の規定であるPVB-3511では、平板の穴の補強に有効な面積は補強に必要な面積の1/2まで減じた評価式のみを規定している。

以上のことからクラス2容器の平板の穴の補強の評価対象となる全ての設備について2.に記載した評価方法を用いることが妥当であると考えられる。

解説 PVB-3511 【抜粋】

PVB-3511(3)c.の根拠は次の通りである。

平板に穴のある場合の必要な補強面積  $0.5dt_r$  は野原石松著「圧力容器」によると次の通りである。

平板には内圧力による曲げ応力を生じる。この曲げ応力は  $\sigma = M/Z$  ( $M$ : 曲げモーメント、 $Z$ : 断面係数) で表わされる。平板に穴を設けると、その部分の板が削りとられ、断面係数が小さくなる。従って、曲げ応力  $\sigma$  を一定におさえるためには、この断面係数が小さくならないように強め材の大きさを決めれば良いということになる。解説図 PVB-3511-4 において、穴を設けない前の断面係数を  $Z_0$ 、穴を設けた後の断面係数を  $Z$  とすると、

$$\frac{Z}{Z_0} = \frac{\frac{1}{6}(d'-d)(t_0+t)^2}{\frac{1}{6}d't_0^2} = \left(1 - \frac{d}{d'}\right) \left(1 + \frac{t}{t_0}\right)^2 \quad (\text{解説 PVB-7.7})$$

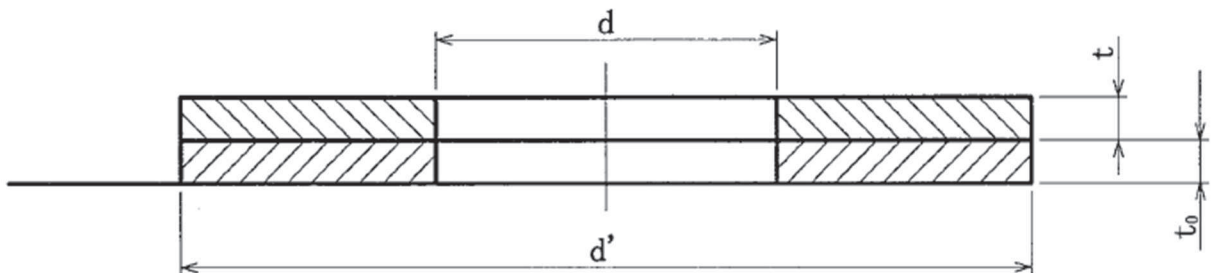
いま、強め材の断面積を  $A$ 、平板に設けられた穴の断面積を  $A'$  とすると、

$$K = \frac{A}{A'} = \frac{(d'-d)t}{dt_0} = \left(\frac{d'}{d} - 1\right) \frac{t}{t_0}$$

$$\therefore \frac{t}{t_0} = \frac{K}{\frac{d'}{d} - 1} \quad (\text{解説 PVB-7.8})$$

$$\frac{Z}{Z_0} = 1 \quad \text{とおくと、} \frac{d}{d'} = \frac{\left(\frac{t}{t_0}\right)^2 + 2\left(\frac{t}{t_0}\right)}{\left\{1 + \left(\frac{t}{t_0}\right)\right\}^2} \quad \text{となるから、} \quad K = \frac{1}{\frac{t}{t_0} + 2}$$

すなわち、 $K$  は  $1/2$  より小さくなり、強め材の所要断面積は、設けられた穴の断面積の  $1/2$  あれば十分であることがわかる。以上のことから、平板に設けられた穴に対する強め材の所要断面積は  $0.5dt_r$  ( $t_r$ : 計算上必要な平板の厚さ) と定めている。



解説図 PVB-3511-4 平板に設けられた穴の補強

女川原子力発電所第2号機 工事計画審査資料	
資料番号	02-補-E-20-0700-9_改1
提出年月日	2020年12月18日

補足-700-9 【重大事故等クラス3機器の強度評価における  
耐圧試験を用いた裕度の考え方について】

2020年12月

東北電力株式会社

## 1. 概要

重大事故等クラス 3 機器の強度評価における最高使用圧力の 1.5 倍の耐圧試験を用いた裕度の考え方を以下に示す。

## 2. 内容

重大事故等クラス 3 機器のうち完成品については一般産業品の規格及び基準に適合していることを確認することとし、強度については、対象となる機器の使用条件がメーカー保証値又は指定する仕様の範囲内であることを確認することで、当該機器が十分な強度を有することを確認する。

十分な強度については、耐圧試験圧力から設計裕度の水準を確認し、設計・建設規格の設計許容応力と比較することで行う。

耐圧試験圧力での設計裕度の確認は、以下の考え方から行う。

設計・建設規格クラス 3 機器の設計許容応力は、降伏点 ( $S_y$ ) に対して  $5/8$  を基準としている。この設計許容応力以下となる必要板厚は、最高使用圧力を条件として評価式により求めていることから、最高使用圧力に対して 1.5 倍<sup>\*</sup>以上の圧力で耐圧試験を行い塑性変形が起きない場合は、設計・建設規格と同等の水準で設計が行われていると判断できる。

よって、耐圧試験圧力が使用範囲の最大値の 1.5 倍以上であること、その耐圧試験に合格していること（耐えていること＝塑性変形が起きていないこと）を確認することで、応力制限 ( $S_y$ ) に達しておらず、設計・建設規格と同等以上の裕度を持った設計が行われていると言える。

**注記 \***：設計・建設規格のクラス 3 機器の最高許容耐圧試験圧力は、機器保全の観点から機器の応力制限 ( $S_y$ ) を基に定められており、耐圧試験の規定では、耐圧試験圧力は最高使用圧力の 1.5 倍（気体の場合は 1.25 倍）の 106%を超えないこととしている。

$$(5/8 S_y \times 1.5 \times 1.06 = 0.99375 S_y \doteq S_y)$$

(補足説明)

耐圧試験については、機器保全の観点から、設計・建設規格では最高許容耐圧試験圧力を耐圧試験圧力の 106% で制限している。そのため、最高使用圧力の 1.5 倍の耐圧試験を実施し降伏点  $S_y$  に至らなかった場合、以下の関係が成り立つ。

最高許容耐圧試験圧力

$$= \text{最高使用圧力} \times 1.5 \times 1.06 < \text{降伏点 } S_y$$

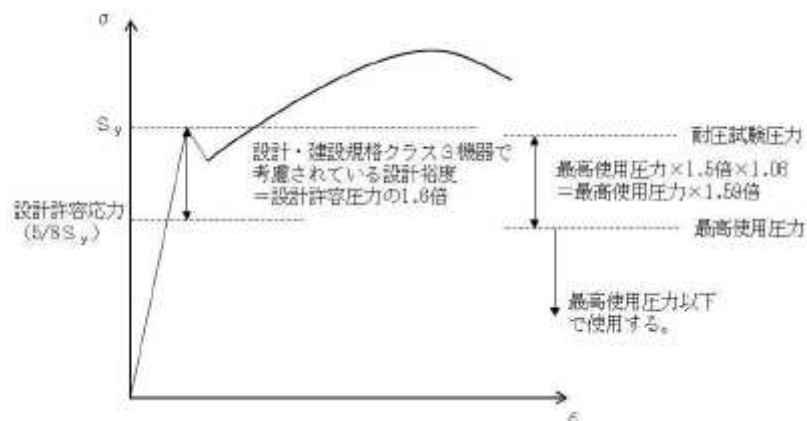
$$\Rightarrow \text{最高使用圧力} \times 1.59 < \text{降伏点 } S_y$$

上記より、最高使用圧力の約 1.5 倍の耐圧試験に合格すること（耐えること＝塑性変形が起きないこと）で、降伏点  $S_y$  に対して 1.59 以上の裕度を持っていることを確認できる。

一方、設計・建設規格においては、設計許容応力は材料の降伏点  $S_y$  に対して  $5/8$  を基準としており、降伏点  $S_y$  に対して 1.6 以上の裕度を持つよう規定されている。

よって、最高使用圧力の約 1.5 倍の耐圧試験に合格することで、降伏点  $S_y$  に対する裕度が設計・建設規格と同等である設計が行われていることを確認できる。

なお、耐圧試験の最高使用圧力に対する倍率が大きくなる程、材料の降伏点  $S_y$  に対する裕度も大きくなる。



降伏点  $S_y$  に対する裕度のイメージ



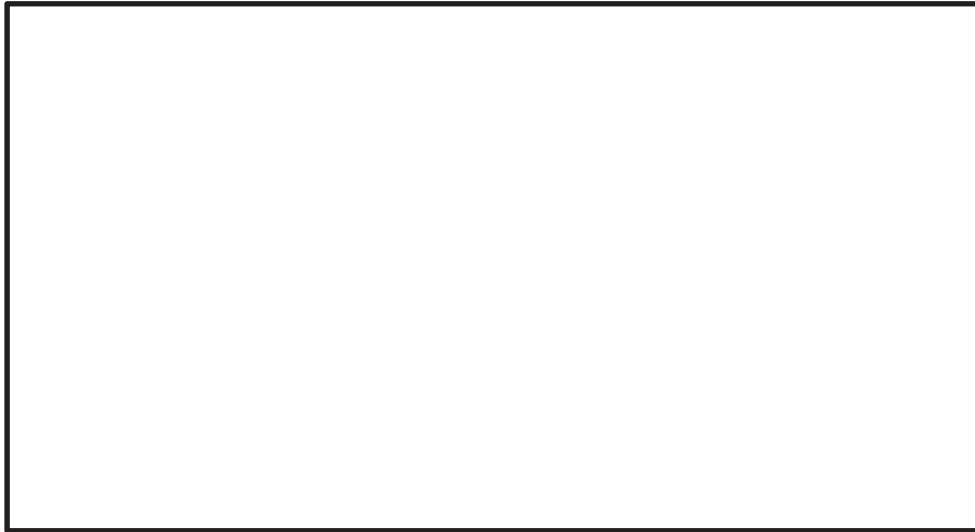
本資料のうち、枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

女川原子力発電所第2号機 工事計画審査資料	
資料番号	02-補-E-20-0700-10_改0
提出年月日	2021年2月26日

補足-700-10 重大事故等クラス2ポンプにクラス1容器の応力評価の規定を用いる妥当性について

1. PVB 規定準用の妥当性について

①



⇒クラス 2 ポンプの上位クラスであるクラス 1 ポンプの規定において、クラス 1 容器なみの応力解析を行う部分については、クラス 1 ポンプの規定によらなくてもよいことが示されている。

②



⇒クラス 2 ポンプの解説において、各部形状については局所的な応力集中を避けることが要求されており、応力解析を否定するものではないことが示されている。

よって①及び②より、クラス 2 ポンプのケーシングに PVB 規定を準用することは、構造強度の評価において妥当である。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

2. 許容値に許容引張応力 S 値を用いる妥当性について

以下、①及び②の内容により、クラス 1 容器の規定の許容値に許容引張応力 S 値を用いることは妥当であると考える。

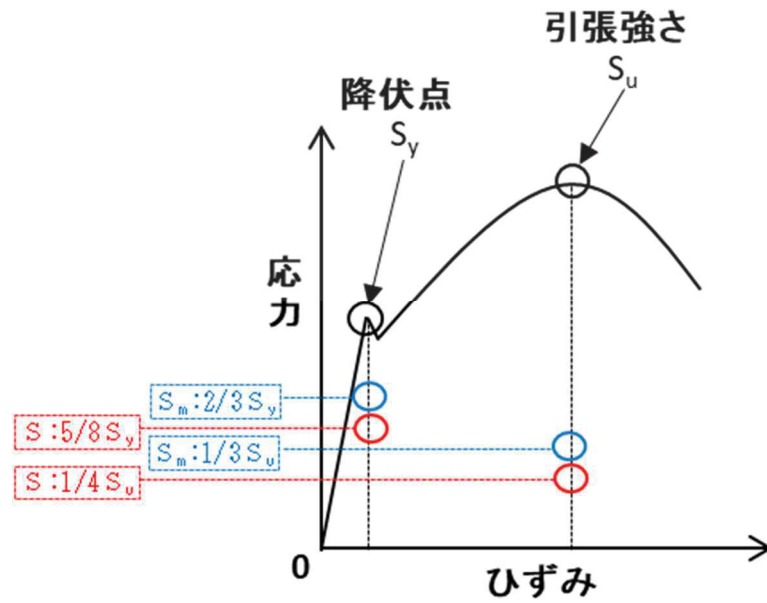
①材料の  $S_m$  値については「降伏点  $S_y$  の  $2/3$  又は引張強さ  $S_u$  の  $1/3$ 」，S 値については「降伏点  $S_y$  の  $5/8$  又は引張強さ  $S_u$  の  $1/4$ 」と定義されており S 値の方が保守的であること。

②実際に当該ポンプケーシングの材料 SCPH2 では  $66^\circ\text{C}$  において  $S_m=124\text{MPa}$ ， $S=96\text{MPa}$  と規定されており，許容引張応力 S 値が保守的な数値であることは明らかであること。

参考資料

降伏点及び引張強さは、材料の引張試験の結果求められる。

求められた降伏点及び引張強さを基に、設計応力強さ  $S_m$  値及び許容引張応力  $S$  値を定義している。



本資料のうち、枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

女川原子力発電所第2号機 工事計画審査資料	
資料番号	02-補-E-20-0700-11_改0
提出年月日	2021年2月26日

補足-700-11 クラス1容器の規定を準用した耐圧部ボルト評価の考え方  
について

## 1. はじめに

重大事故等クラス2機器のうち、設計・建設規格クラス2機器の規定を満足しない耐圧部ボルトはクラス1容器の規定を参考にして評価を実施している。

本資料では、クラス1容器の規定を参考にして実施した耐圧部ボルトの評価が保守的であることを説明する。

## 2. 対象機器

詳細な評価が必要な耐圧部ボルトを以下に示す。

機器区分	対象機器	評価対象ボルト
ポンプ	原子炉補機冷却水ポンプ	ケーシングボルト

## 3. 耐圧部ボルト評価方法

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耐圧部ボルトについては、設計・建設規格 解説 PMC-3510 及び設計・建設規格 PMB-3210 の規定に従った、クラス1容器のボルト等の応力評価の規定である設計・建設規格 PVB-3121 を満足しないものもあることから、今回の評価においては、当該規定を参考とした評価を実施する。

### 3.1 許容応力

設計・建設規格 PVB-3121 の規定は、設計条件及び各供用状態におけるボルトの許容応力について定めたものであり、設計条件の評価である設計・建設規格 PVB-3121(1)においては、初期締付力である最高使用圧力におけるボルト荷重及びガスケット締付時のボルト荷重により生じる平均引張応力を設計応力強さ  $S_m (=1/3 S_y)$  以下に抑えることが規定されている。また、供用状態の評価である設計・建設規格 PVB-3121(2)においては、初期締付力に付加される荷重により生じる最大応力（平均引張応力と曲げ応力との和）を許容値  $3 S_m (= S_y)$  に抑え、平均引張応力を許容値  $2 S_m (=2/3 S_y)$  に抑えることにより、ボルトによるシール機能が要求される状態において弾性域に抑えることを要求している。

重大事故等時のボルトの評価においては、設計・建設規格 PVB-3121 を参考とし、重大事故等時の評価であることから供用状態ごとに規定されている許容値のうち平均引張応力に対して  $2 S_m$ 、最大応力に対して  $3 S_m$  を用いて評価を行う。

### 3.2 ボルトに発生する応力

ボルトに発生する応力については、許容値に対応した評価を行うため、重大事故等時において確実に機能を発揮するよう、設計・建設規格のボルト評価において規定されている荷重に加え、重大事故等時の使用環境等を踏まえ規格では想定していない短期的な荷重を考慮しても、弾性域に抑えられ、シール性能を確保できることを確認する。

クラス1機器において、設計・建設規格に基づく強度評価を実施する場合に考慮する設計機械的荷重としては、自重、配管反力、安全弁等の吹出し反力があるが、今回対象となる対象機器については、配管反力及び安全弁等の吹出し反力がかからないものの、耐圧部ボルト評

価において考慮する荷重として、設計・建設規格 PVB-3121 に規定される荷重に加えて、内圧及び熱により付加される荷重とケーシングが変形した際に作用するモーメントを考慮したうえで評価を実施する。荷重の抽出フローについては、補足「ボルト評価で考慮すべき荷重の抽出（ケーシングボルト）」を参照。

表 1 考慮する荷重等整理表

荷重等	説明	保守的な考慮	設計・建設規格規定	保守的に考慮	評価	備考
使用状態での荷重	設計・建設規格 解説 PVB-3121(1)a. に規定される最高使用圧力によるボルト荷重を考慮。	設計・建設規格の規定に基づき算出。	◎	—	○*2	
ガスケット締付による荷重	設計・建設規格 解説 PVB-3121(1)b. に規定されるガスケット締付による荷重を考慮。	設計・建設規格の規定に基づき算出。	◎	—		
内圧により付加される荷重	内圧により初期締付力に付加される荷重を考慮。	荷重を算出する際に使用する圧力は、保守的に設定された最高使用圧力、もしくはSA条件を用いている。	◎*1	×	×*3	詳細は添付 1 参照
熱により付加される荷重	熱膨張差による荷重を考慮。	被締結体(ケーシング等)間にはガスケットが挿まれており、熱膨張率差による熱伸び差は吸収され、実際には熱による荷重の影響は非常に軽微であるが、保守的に熱伸び差により荷重が作用するものとする。	◎*1	○	○	詳細は添付 2 参照
回転体振動による加速度	耐震評価において、基礎ボルト、ポンプ取付ボルトに回転体振動による加速度を考慮。	ケーシングボルトはポンプ上下のケーシングを締結するものであり、基礎・架台と締結する固定点ではなく、回転体振動による加速度はケーシングボルトに発生しない。	×	×	×	詳細は添付 4 参照
内圧により付加される荷重に短期的な内圧による荷重(仮想)を考慮	内圧により初期締付力に付加される荷重を考慮。	荷重を算出する際に使用する圧力は、保守的に設定された最高使用圧力、もしくはSA条件に保守的に短期的な荷重(仮想)を加えて設定した内圧を用いている。	×	○	○*3	



荷重等	説明	保守的な考慮	設計・建設規格 規定	保守的に 考慮	評価	備考
竜巻	竜巻の影響(荷重)を考慮。	屋内機器への影響(荷重)が発生しない。	×	—	×	
火山(降下火砕物)	降下火砕物の影響(荷重)を考慮。	屋内機器への影響(荷重)が発生しない。	×	—	×	
津波	津波の影響(荷重)を考慮。	当該機器への影響(荷重)が発生しない。	×	—	×	
溢水	溢水の影響(荷重)を考慮。	当該機器への影響(荷重)が発生しない。	×	—	×	
地震	地震の影響(荷重)を考慮。	当該機器への影響(荷重)が発生するが、 評価を実施し問題ない。	×	—	×	
天候	天候の影響(荷重)を考慮。	当該機器への影響(荷重)が発生しない。	×	—	×	
人為的影響	故意によらない人為事象については、 影響(荷重)を考慮。	当該機器への影響(荷重)が発生しない。	×	—	×	
	誤操作による影響については、以下 が考えられる。 ・ 出口弁閉弁での締め切り運転に よる影響(荷重) ・ 入口弁閉弁によるポンプのキャ ピテーションによる影響(荷重) ・ 組立不良による影響(荷重)	<p>出口弁締め切りによる運転で、ポンプケー シング内部の圧力の上昇が考えられる が、ケーシング内圧力は最高使用圧力を 超えないため、ケーシングボルトの荷重 に影響を及ぼすものではない。</p> <p>キャピテーションの発生によりポンプ ケーシング内部の圧力変化が考えられる が、キャピテーションの発生は局所的な 圧力変化であり、ポンプケーシング内全 体の圧力に影響を与えるものではなく、 ケーシングボルトの荷重に影響を及ぼす ものではない。</p> <p>組立不良による影響(荷重)は、センタ ーリング不良、重心のアンバランス等が 考えられる。これらの影響(荷重)は、組 立後の試運転時に確認する運用となっ ており、使用前に確認可能であることか ら、重大事故等時に使用する際に影響(荷 重)を及ぼすものではない。</p>	×	—	×*3	

◎：設計・建設規格に規定されている荷重　○：考慮する荷重　×：考慮しない荷重

注記\*1：内圧及び熱については荷重として考慮することが規定されている。

\*2：「使用状態での荷重」及び「ガスケット締付による荷重」のうちいずれか大きい方の荷重を考慮

\*3：起動時等の短期的な内圧による荷重は，従来設計において最高使用圧力により考慮しているが，保守的な評価とするため短期的な内圧により付加される荷重に付加して評価する。

表2 考慮するモーメント整理表

モーメント	説明	保守的な考慮	設計・建設規格規定	保守的に考慮	評価	備考
内圧によるケーシングの変形	内圧によりケーシングフランジが変形することにより付加されるボルトの曲げ応力を考慮	荷重を算出する際の使用する圧力は、保守的に設定された最高使用圧力、もしくは SA 条件に保守的に短期的な荷重(仮想)を加えて設定した内圧を用いている。	◎*	○	○	詳細は添付3参照
回転体回転によるモーメント	耐震評価において、軸直角方向のポンプ取付ボルトに回転体回転によるモーメントを考慮	ケーシングボルトはポンプ上下のケーシングを締結するものであり、基礎・架台と締結する固定点ではなく、回転体振動による加速度はケーシングボルトに発生しない。	×	×	×	

◎：設計・建設規格に規定されているモーメント ○：考慮するモーメント ×：考慮しないモーメント

注記\*：内圧及び熱については荷重として考慮することが規定されている。

#### 4. まとめ

重大事故等クラス2機器のうち耐圧部ボルト評価については、以下の通り評価を実施する。

##### 4.1 軸方向に垂直な断面の平均引張応力

###### (1) 発生応力

ボルトに発生する平均引張応力の算出方法を以下に示す。

項目	記号	単位	計算式
ボルトに発生する平均引張応力	$\sigma_m$	MPa	$\sigma_m + \sigma_{m1} + \sigma_{m2} + \sigma_{m3}$
ボルト締付時に発生する平均引張応力	$\sigma_{m1}$	MPa	$\sigma_{m1} = \frac{W}{n \cdot A_b}$ (注1)
内圧により発生する平均引張応力	$\sigma_{m2}$	MPa	$\sigma_{m2} = \frac{W_{m3}}{n \cdot A_b}$ (注2)
熱膨張差による発生する平均引張応力	$\sigma_{m3}$	MPa	$\sigma_{m3} = E \cdot \varepsilon$ (注3)

(注1) Wは $W_{m1}$ 又は $W_{m2}$ のいずれか大きい値。

(注2)  $W_{m3} (= \phi \times W_{m1})$ は、内圧によりボルトに付加される荷重。ただし、内力係数。

$$\phi = \frac{K_t}{K_t + K_c} \quad \text{である。}$$

(注3)  $\varepsilon \left( = \frac{\delta_2 - \delta_1}{\ell} \right)$  はフランジとボルトの材質の違いによる熱膨張差からボルトに生じるひずみ。

###### (2) 許容応力

ボルトの発生応力が、許容応力以下であることを確認する。

軸方向に垂直な断面の平均引張応力  $\sigma_m$

$$\sigma_m \leq 2S_m$$

#### 4.2 軸方向に垂直な断面の平均引張応力+曲げ応力

##### (1) 発生応力

ボルトに発生する曲げ応力の算出方法を以下に示す。

項目	記号	単位	計算式
ボルトに発生する曲げ応力	$\sigma_b$	MPa	$\sigma_b = \frac{M}{Z}$ (注4)

(注4) Mは、フランジが変形した際にボルトに作用する曲げモーメント。

##### (2) 許容応力

ボルトの発生応力が、許容応力以下であることを確認する。

軸方向に垂直な断面の平均引張応力+曲げ応力： $\sigma_m + \sigma_b$

$$\sigma_m + \sigma_b \leq 3S_m$$

#### 5. 添付資料

添付1 内圧により発生する平均引張応力の算出方法

添付2 熱膨張差により発生する平均引張応力の算出方法

添付3 ボルトに発生する曲げ応力の算出方法

添付4 回転体の回転によるモーメント及び回転体振動による加速度が作用したとした場合の影響検討

内圧により発生する平均引張応力の算出方法

## 1. 概要

本資料は、女川 2 号機原子炉補機冷却水ポンプのケーシングボルトに対し、内圧により初期締付力に付加される荷重の算出結果をまとめたものである。

## 2. 評価部位

評価部位に関連する物性値を表 1 に示す。

表 1 使用物性値 (ヤング率)

部位	材料	ヤング率(注)
ケーシング		
ケーシングボルト		

注：SA 時の最高使用温度(70℃)における値。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3. 荷重条件

1. 18MPa の内圧が作用する時，図 1 に示すような外力  $W_a$  が作用する。この外力は，使用状態のボルト荷重  に相当すると考えられる。

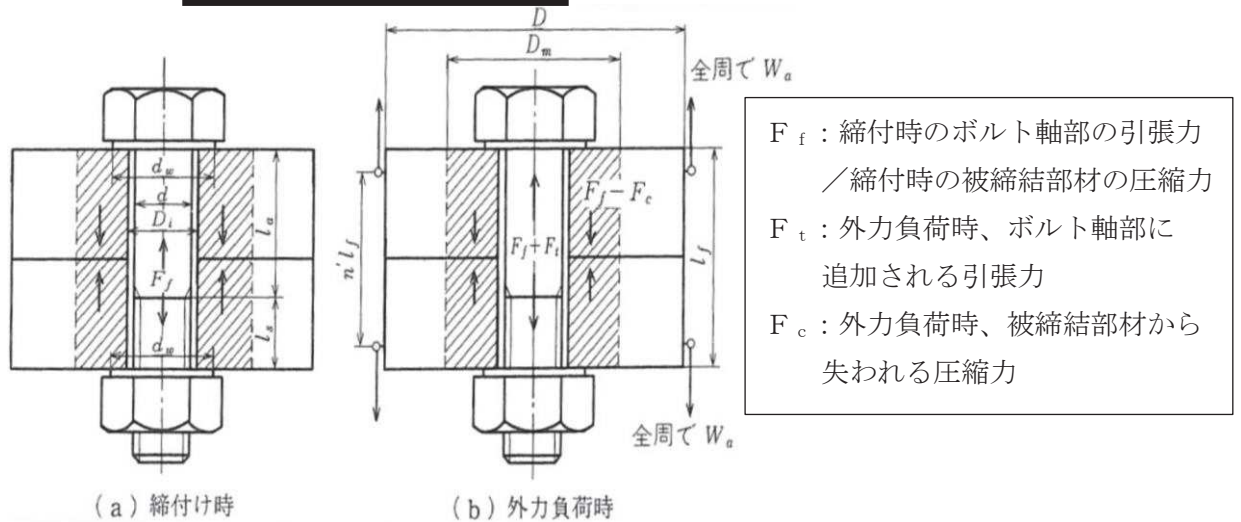


図 1 ねじ締結体モデル

4. ケーシングボルト及びケーシングフランジのばね定数評価式を以下式(1)～(7)に示す。

$$F_f = K_t \quad (1)$$

$$F_f = K_c \quad (2)$$

$$F_f + F_t = K_t \quad (+) \quad (3)$$

$$F_f - F_c = K_c \quad (-) \quad (4)$$

$$W_a = F_t + F_c \quad (5)$$

$$F_t = \phi W_a \quad (6)$$

$$F_c = (1 - \phi) W_a \quad (7)$$

ただし， $K_t$  : ボルトの引張ばね定数， $K_c$  : 被締結部材の圧縮ばね定数， $\phi = K_t / (K_t + K_c)$  である。

(1) ケーシングボルトのばね定数



枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(2) ケーシングフランジのばね定数

(3) 内力定数

(4) ボルトに付加される荷重

(5) ボルトに付加される引張応力

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



熱膨張差により発生する平均引張応力の算出方法

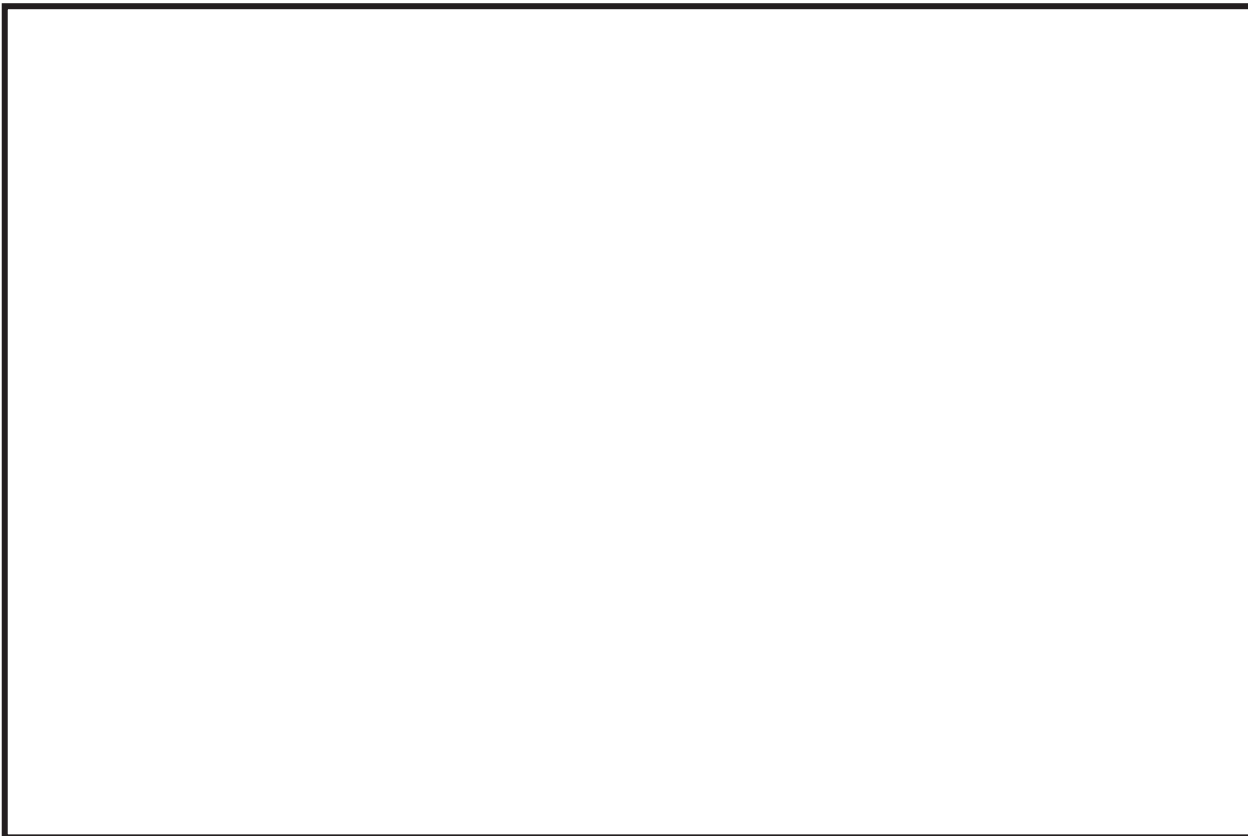
1. 概要

本資料は、女川 2 号機原子炉補機冷却水ポンプのケーシングボルトに対し、熱伸びにより発生する応力の算出結果をまとめたものである。

2. 評価方法



3. 評価式、形状寸法及び使用物性値



枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

#### 4. 評価結果（参考）



枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

ボルトに発生する曲げ応力の算出方法

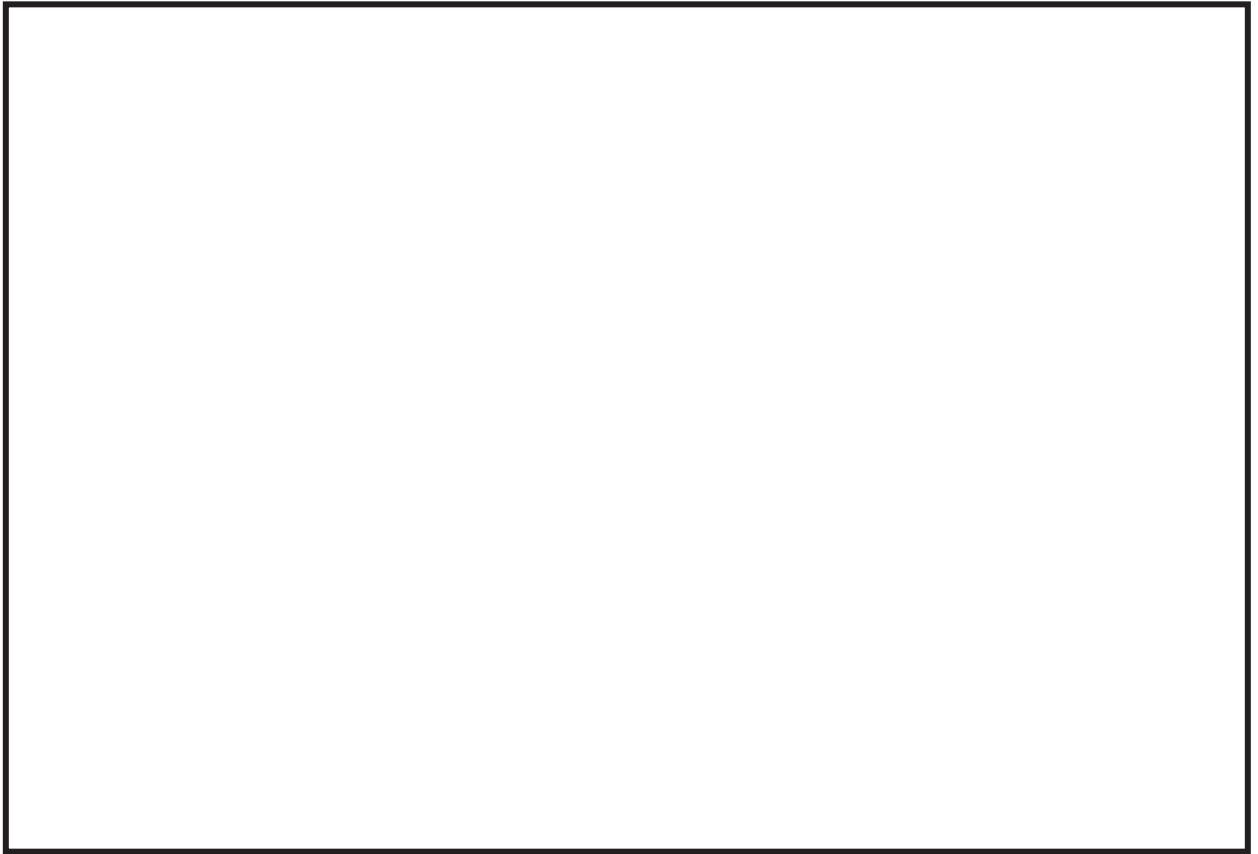
女川 2 号機原子炉補機冷却水ポンプのケーシングボルトを図-1 の様に仮定し、ボルトに作用する曲げ応力を検討する。

また、曲げ応力算出に使用する荷重は、安全側に全ての荷重が作用した場合の平均引張応力を考慮する。

これより



枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



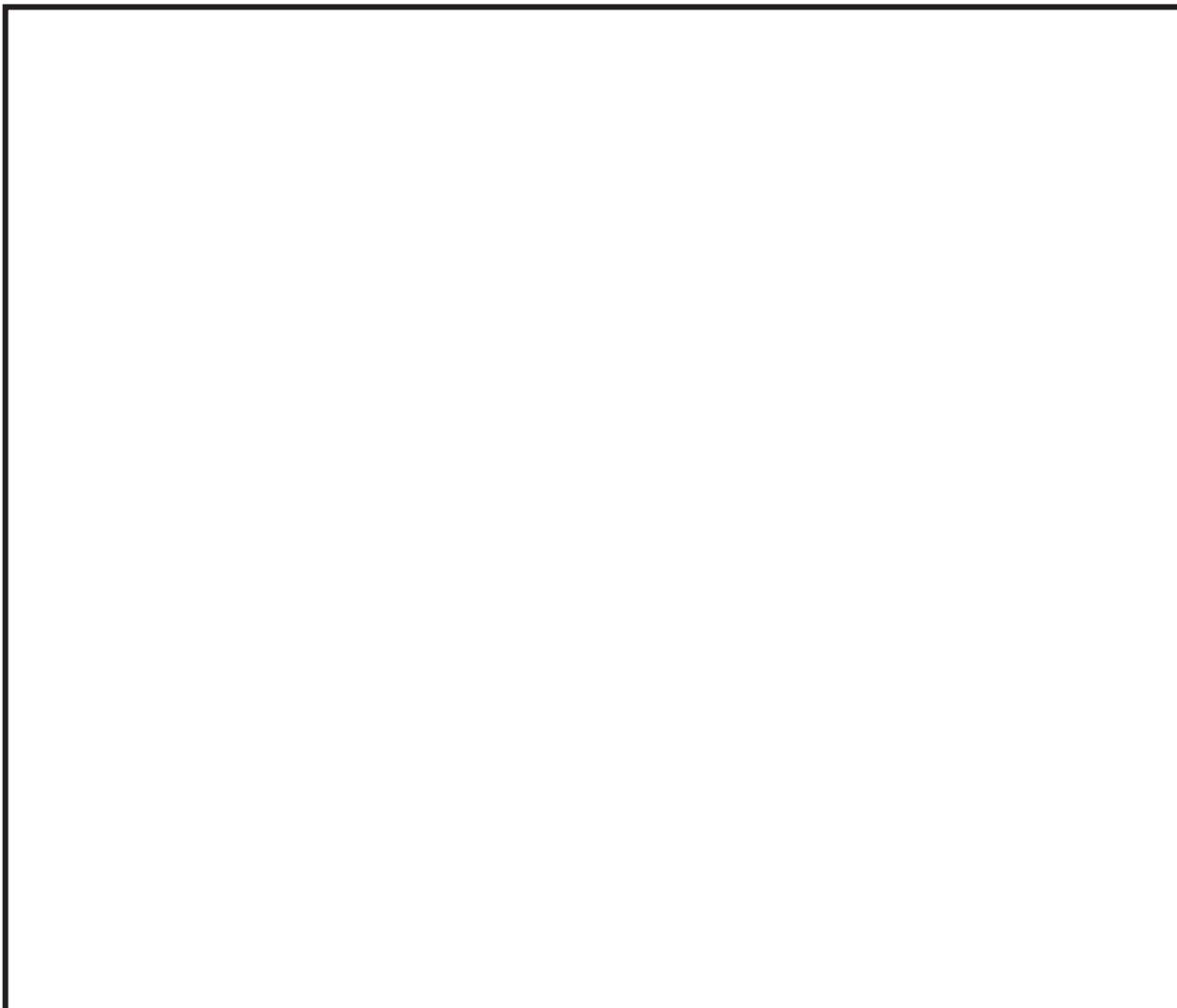
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

回転体の回転によるモーメント及び  
回転体振動による加速度が作用したとした場合の影響検討

1. はじめに

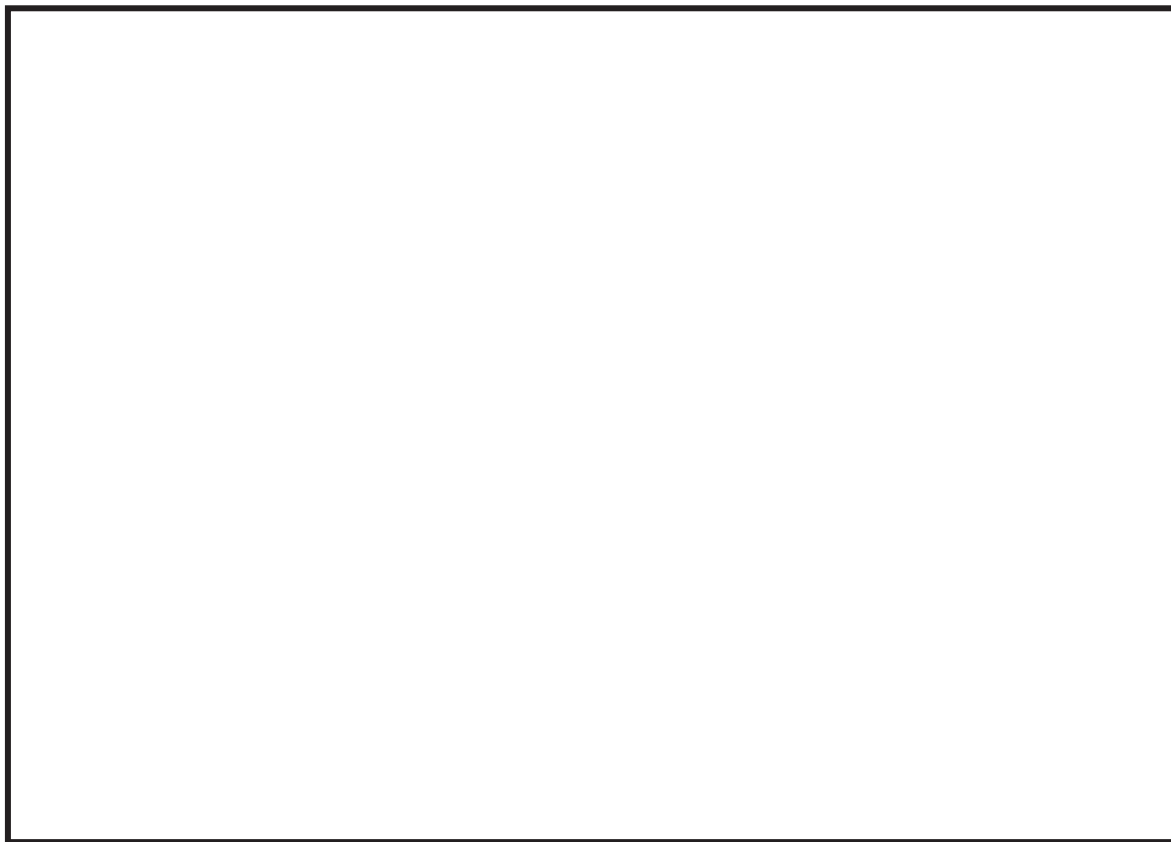
本資料は、原子炉補機冷却水ポンプのケーシングボルトに回転体の回転によるモーメント及び回転振動による加速度が作用すると仮定した場合において、ケーシングボルトの発生応力への影響を概略検討したものである。

2. 回転体の回転によるモーメント及び回転体振動による加速度について



枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

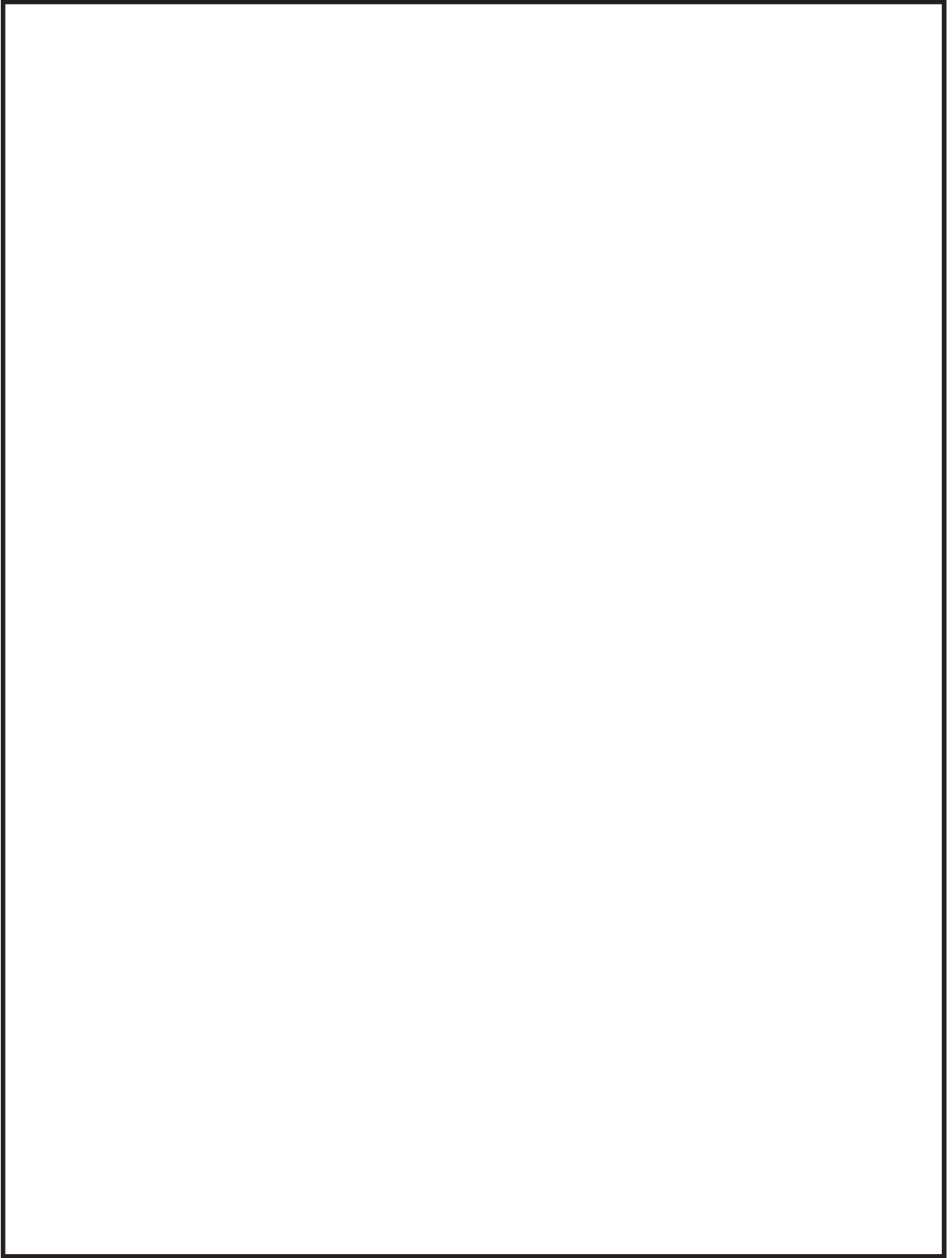
### 3. ケーシングボルトの応力計算



#### 3.1 回転体の回転によるモーメントによる引張応力



枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



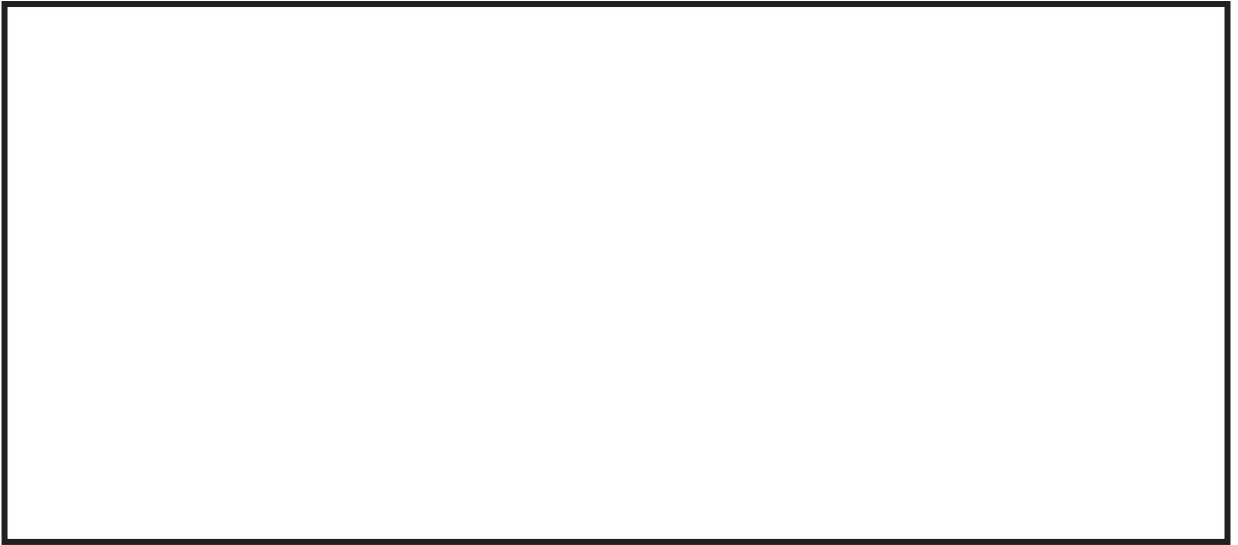
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

#### 4. まとめ



枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。





枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(補足)

### ボルト評価で考慮すべき荷重の抽出 (ケーシングボルト)

#### 1. 荷重の抽出

クラス 1 容器の規定を参考とした評価を実施する場合において考慮すべき荷重について、以下の通り整理を実施した。

荷重は設計・建設規格で規定されている荷重及び設計・建設規格で規定されていない荷重に分けて整理し、設計・建設規格で規定されていない荷重については、さらにケーシング外から受ける荷重、ケーシング内から受ける荷重及び過去の事件事例から想定される荷重を挙げ、それら荷重のうちケーシングボルトの評価において考慮すべき荷重の選定を実施した。

ケーシング外から受ける荷重については、耐震を含む自然現象等による影響 (荷重) を抽出し、ケーシング内から受ける荷重についてはポンプにおいて想定される内圧に影響を及ぼす事象として、人的影響を想定し抽出を実施した。

なお、想定される荷重は、設計・建設規格で規定されている荷重 (①) 及び設計・建設規格で規定されていない荷重 (②) に整理し、設計・建設規格で規定されていない荷重 (②) については、さらにケーシング外から受ける荷重 (②- (1)), ケーシング内から受ける荷重 (②- (2)), 過去の事件事例 (②- (3)) に整理した。

2. 整理結果

	① 設計・建設規格で規定されている荷重		② 設計・建設規格で規定されていない荷重				
			(1)ケーシング外から受ける荷重		(2)ケーシング内から受ける荷重		(3)過去の事故事例
想定荷重	①-1	使用状態での荷重	②-(1)-1	竜巻	②-(2)-1	回転体振動による影響	②-(3)-1  (ニューシア) 報告書番号： 2004-関西-T029 件名： B-充てんポンプマニホールドカバーの損傷について
	①-2	ガスケット締付による荷重	②-(1)-2	火山	②-(2)-2	締切圧力による影響	
	①-3	内圧により付加される荷重	②-(1)-3	津波	②-(2)-3	キャビテーションによる影響	
	①-4	熱により付加される荷重	②-(1)-4	溢水	②-(2)-4	組立不良による影響	
			②-(1)-5	地震	②-(2)-5	短期的な内圧による影響	
			②-(1)-6	天候			
(注1) 選定	↓ 全て考慮		↓ 各添付資料で考慮されているものは除外 除外対象： ②-(1)-1～6		↓ 十分影響が小さいものは除外 除外対象： ②-(2)-1～4		↓ ケーシングボルトの評価において考慮すべきではない場合は除外 除外対象： ②-(3)-1
考慮する荷重	①-1	使用状態での荷重	-		②-(2)-5	内圧により付加される荷重に短期的な内圧による荷重を考慮	-
	①-2	ガスケット締付による荷重					
	①-3	内圧により付加される荷重 (注2)					
	①-4	熱により付加される荷重					

(注1) 表中の枠内に選定の考え方を記載

(注2) 保守的な評価をするために短期的な内圧による荷重を内圧により付加される荷重に付加して評価する。(②-(2)-5)

本資料のうち、枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

女川原子力発電所第2号機 工事計画審査資料	
資料番号	02-補-E-20-0700-12_改0
提出年月日	2021年4月23日

補足-700-12 【重大事故等クラス2管のうち、伸縮継手の  
全伸縮量算出について】

2021年4月

東北電力株式会社

## 1. 概要

重大事故等クラス2管の強度評価における伸縮継手の全伸縮量について、計算過程を以下に示す。なお、本資料では添付資料「VI-3-3-6-2-8-1-2-1 管の基本板厚計算書(非常用ガス処理系)」の伸縮継手 No. E1 を例として示す。

## 2. 全伸縮量の算出方法

### (1) 変位量

伸縮継手の全伸縮量算出条件として、添付資料「VI-3-3-6-2-8-1-2-2 管の応力計算書(非常用ガス処理系)」に示す配管系の解析により算出される変位量を表1に示す。

表1 変位量[mm]

荷重条件	軸方向 変位量 X	軸直角方向 変位量 Y	軸直角方向 変位量 Z
熱	6.07	3.49	0.00

### (2) 軸方向変位量

$$X=6.07 \text{ [mm]}$$

### (3) 軸直角変位を軸方向変位に換算した変位量

軸直角方向に変位することにより、軸方向に伸縮が発生することから、軸直角方向変位を軸方向変位に換算する必要がある。以下の式を用いて、軸直角方向の変位量を軸方向の変位量に換算し、全伸縮量を算出する。

$$\text{換算式：} \frac{3 \cdot d_p \cdot \sqrt{Y^2 + Z^2}}{L} = \boxed{\phantom{000}} \text{ [mm]}$$

$$d_p \quad : \quad \text{伸縮継手の平均直径} \quad \boxed{\phantom{000}} \text{ [mm]}$$

$$Y \quad : \quad Y \text{ 方向変位量} \quad 3.49 \text{ [mm]}$$

$$Z \quad : \quad Z \text{ 方向変位量} \quad 0.00 \text{ [mm]}$$

$$L \quad : \quad \text{伸縮継手の全長} \quad \boxed{\phantom{000}} \text{ [mm]}$$

### (4) 全伸縮量

$$\text{全伸縮量：} 6.07 \text{ [mm]} + \boxed{\phantom{000}} \text{ [mm]} = \boxed{\phantom{000}} \text{ [mm]}$$

## 3. 参考資料

別紙1 全伸縮量の導出の妥当性について

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

## 全伸縮量の導出の妥当性について

設計・建設規格 PPC-3416 に規定される伸縮継手の評価式において、継手部応力  $\sigma$  の計算に用いる全伸縮量  $\delta$  の明確な定義は記載されていない<sup>(\*1)</sup>。一方、同規格において PPC-3416 と同様の規定である PVE-3800 の解説(解説 PVE-3800)より、PPC-3416 は米国 Kellogg 社の図書(Design of Piping Systems のうちエキスパンションジョイントの設計より)に記載されている計算式を採用したものであることが分かる<sup>(\*2)</sup>。Kellogg の計算式において全伸縮量  $\Delta$  は下記の通り明確に定義されている<sup>(\*3)</sup>。

$\Delta$  = total movement range, extension and compression, plus equivalent axial movement

伸縮継手の疲労評価における応力計算式は“内圧による発生応力” + “伸縮継手の伸縮による発生応力”で与えられている。ここで、式(解説 PVE-19.14)の記号の説明において  $\delta$  は軸方向変位と定義されていることから<sup>(\*2)</sup>、伸縮継手の伸縮による発生応力は軸方向変位量により発生する応力として計算式が与えられていると解釈される。しかしながら、実際の伸縮継手は軸方向だけではなく軸直角方向にも変位しており、軸直角変位による曲げ応力が発生している。すなわち、軸方向変位量のみでは実際の発生応力を表すことは出来ず、軸直角変位量を軸方向に換算した等価軸方向変位量(応力の観点で換算した等価な軸方向変位量)を軸方向変位量に加算したものを全伸縮量  $\delta$  とし、応力計算をすることが妥当であると考ええる。Kellogg の計算式における全伸縮量の定義も上記と同様の考え方によるものと推定される。

以上より、Kellogg の計算式を基にした PPC-3416 の評価においても、下記で定義する全伸縮量を用いて評価を実施する事が妥当であると考ええる。

“全伸縮量”=“軸方向変位量”+“等価軸方向変位量(軸直角方向変位量の軸方向換算値)”

なお、J I S B 2 3 5 2 「ベローズ形伸縮継手」の JB.3.5 には Kellogg の計算式を用いた評価が規定されており、JB.3.5 の評価に使用するベローズの 1 山当たりの全動き量  $e$  (ベローズ 1 山当たりの全伸縮量に相当)は下記にて定義されている。

ベローズの 1 山当たりの全動き量： $e = \text{Max.} [ |e_e|, |e_c| ]$

伸び側 1 山当たりの動き量： $e_e = e_x + e_y + e_\theta$

縮み側 1 山当たりの動き量： $e_c = e_x - e_y - e_\theta$

全軸方向変位によるベローズの 1 山当たりの動き量： $e_x$

全軸直角方向変位によるベローズの 1 山当たりの動き量： $e_y$

全軸曲げ変位によるベローズの 1 山当たりの動き量： $e_\theta$

ここで、 $e_y$  は軸直角方向変位量を軸方向に換算した等価変位量を表す。すなわち、軸曲げ変位が生じない場合において、J I S B 2352でも“軸方向変位量” + “等価軸方向変位量(軸直角方向変位量の軸方向換算値)”を用いて評価することがわかる。

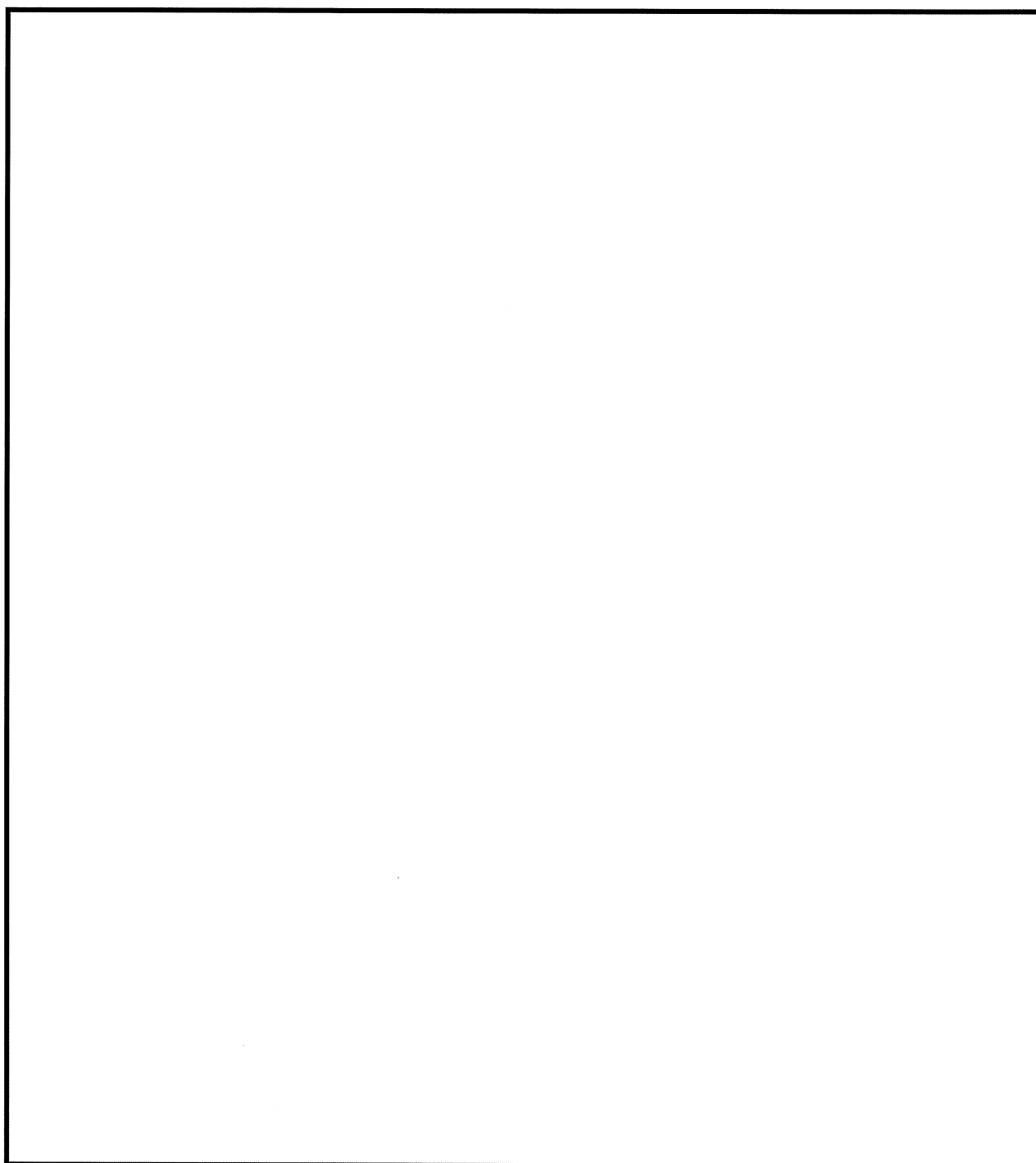
なお、等価軸方向変位量は Kellogg 及び J I S において表 1 の式で与えられている。J I S の換算式は E J M A 規格 (Standard of the Expansion Joint Manufacturers Association, Inc.) を出典としており、J I S / E J M A の換算式は分母で軸方向変位量を加味している点で Kellogg 社の換算式と相違するが、設計・建設規格 PVE-3800 において Kellogg 社の換算式を採用していること及び Kellogg 社の換算式がより保守的であることから工認計算及び設計上は Kellogg 社の換算式を採用している。これら等価軸方向変位量は、はりの軸直角方向変位による曲げ応力から換算される等価な軸方向の変位量として導出される。

表 1 等価軸方向変位量(軸直角方向変位量の軸方向変位量への換算式)

Kellogg 社の換算式	J I S / E J M A の換算式
$\Delta = 3 \cdot D \cdot h_r / L$ <p><math>\Delta</math> : 全軸直角方向変位による 軸方向変位量 (mm)</p> <p><math>D</math> : ベローズの平均径 (mm)</p> <p><math>h_r</math> : 全軸直角方向変位量 (mm)</p> <p><math>L</math> : ベローズの全長 (mm)</p>	$e_y = \frac{3 \cdot D_m \cdot y_{(n,0)}}{N \cdot (L_b + x_{(e,c)})}$ <p><math>e_y</math> : 全軸直角方向変位による ベローズの毎山動き量 (mm)</p> <p><math>D_m</math> : ベローズの平均径 (mm)</p> <p><math>y_{(n,0)}</math> : 全軸直角方向変位量 (mm)</p> <p><math>N</math> : ベローズの山数</p> <p><math>L_b</math> : ベローズ 1 つ当たりの有効長さ (mm)</p> <p><math>x_{(e,c)}</math> : 全軸方向変位量 (mm)</p>

[添付資料]

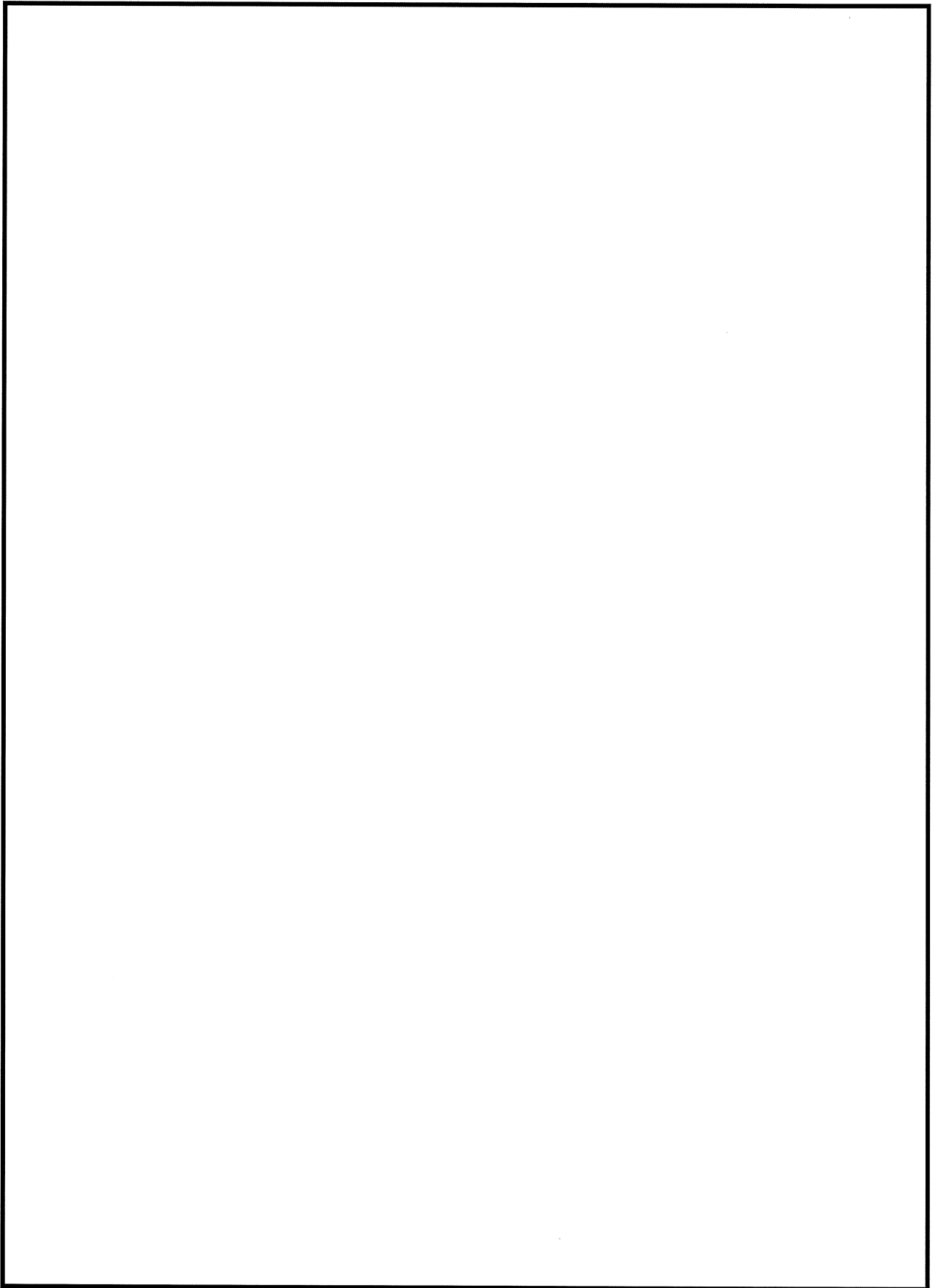
(\*1) JSME 設計・建設規格 2005/2007 年追補版 PPC-3416 (抜粋)



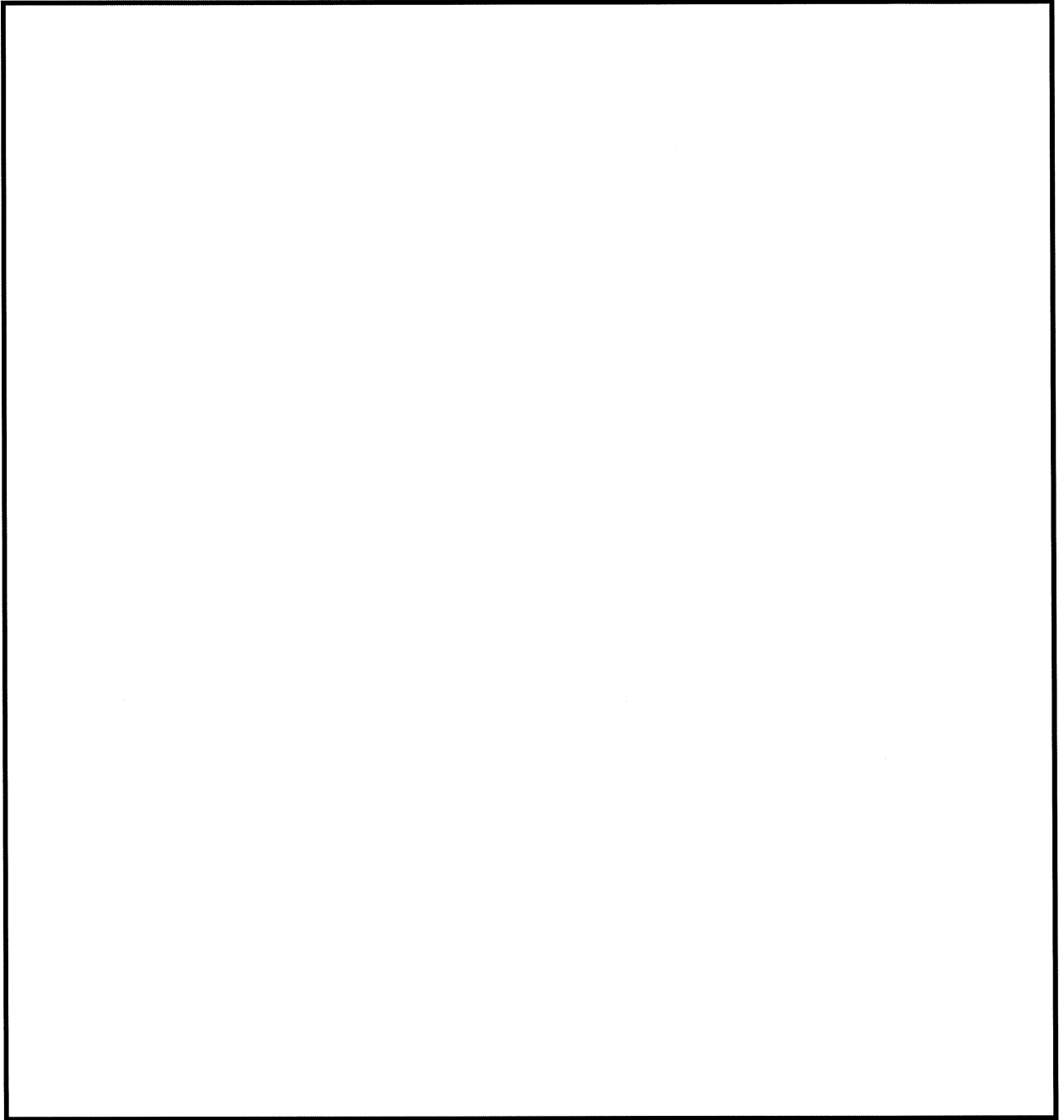
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



(\*2) JSME 設計・建設規格 2005/2007 年追補版 解説 PVE-3800 (抜粋)



(\*3) Design of Piping Systems Chapter 7 (抜粋)



枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

女川原子力発電所第2号機 工事計画審査資料	
資料番号	02-補-E-20-0700-13_改0
提出年月日	2021年2月19日

補足-700-13 【空気だめの座屈に係る解析評価について】

2021年2月  
東北電力株式会社

## 1. 概要

本資料は、非常用ディーゼル発電設備及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備の空気だめのうち、だ円形マンホール管台の解析を行い、座屈に対して評価上満足することを確認するものである。

## 2. 解析モデル

解析モデルは、評価部位を3次元シェル要素にてモデル化を行い、外圧が作用した状態を考慮する。なお、解析コードは、「ABAQUS」を使用する。

解析条件は以下のとおり。空気だめの概略構造図を図2-1に解析モデルを図2-2に示す。

板厚：22[mm]

管台の外径：（長径）424[mm]，（短径）：324[mm]

マンホール長さ：120[mm]

外圧：3.24[MPa]

材料：SGV480

境界条件：空気だめ壁面側を固定端とし、マンホール蓋側を自由端とする。

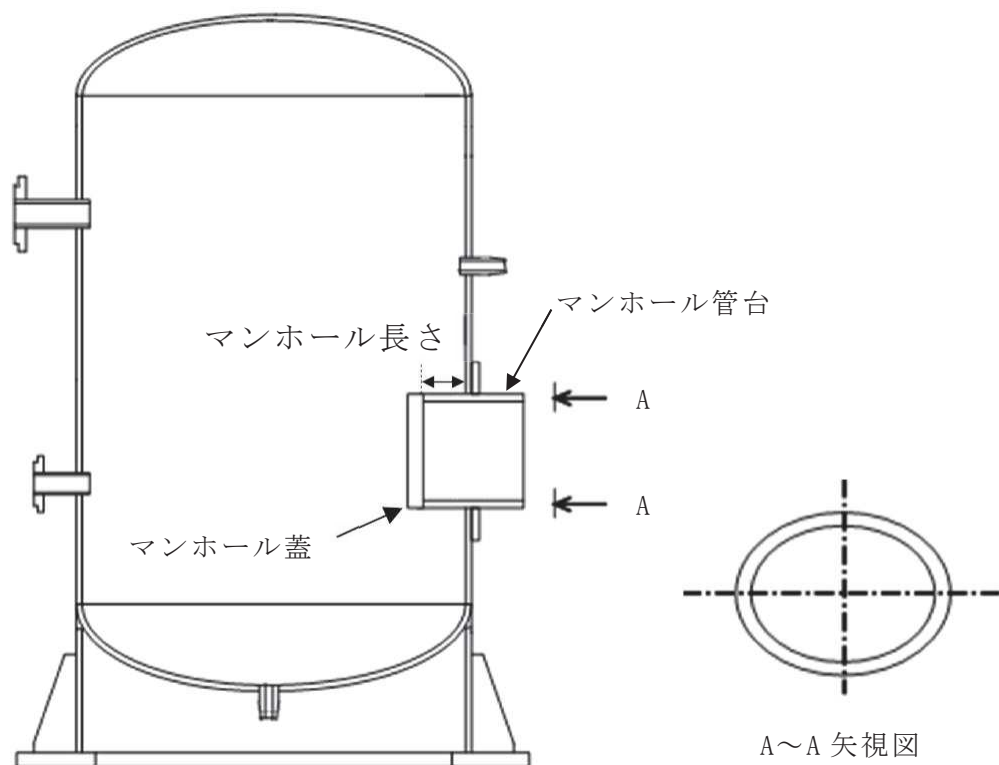


図 2-1 空気だめ概略構造図

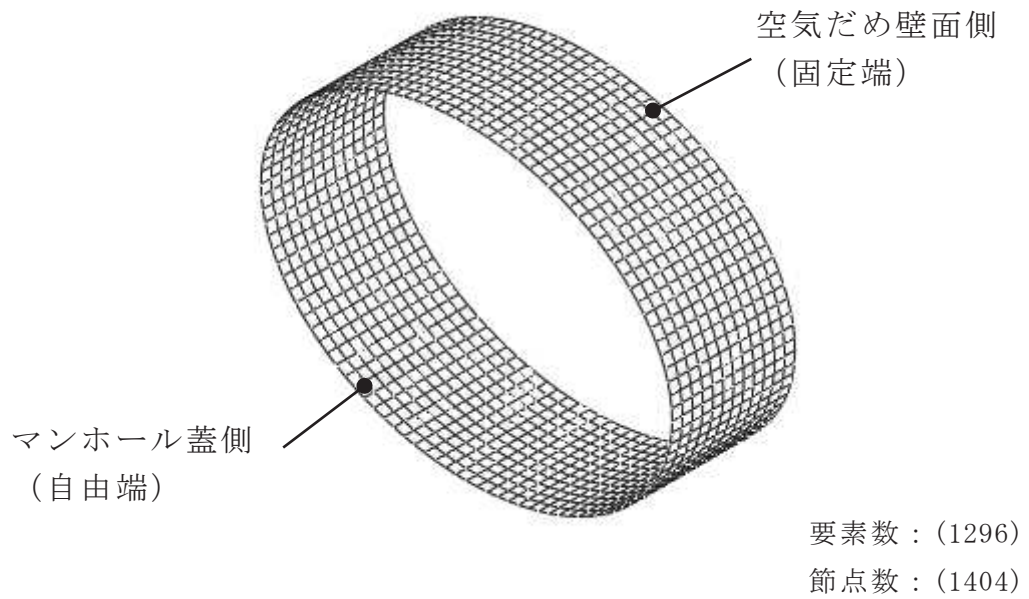


図 2-2 解析モデル

### 3. 評価内容

評価は、線形座屈解析にて限界荷重係数を求めることで行う。

座屈荷重係数は、座屈荷重係数=座屈応力/実応力(外圧)で定義する。

解析は、下記の2ケースの荷重パターンとする。

ケース1: 外圧のみ

ケース2: 外圧+軸力(圧縮)

なお、軸力は解析モデルにおいて、

外圧×蓋面積  $(3.24 \times \pi \times (424/2) \times (324/2) \approx 349580 \text{ [N]})$

を外周節点数108に対して等分布荷重として作用させる。評価荷重イメージを図3-1に示す。

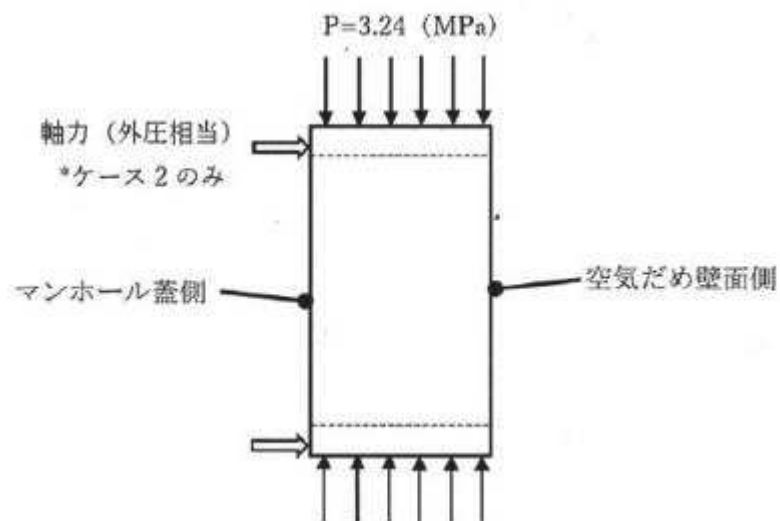


図 3-1 評価荷重イメージ

#### 4. 解析結果

線形座屈解析により求めた座屈荷重係数を表 4-1 に、座屈モードを図 4-1 に示す。

座屈荷重係数は、ケース 1 が 286、ケース 2 が 213 であり、外圧 3.24[MPa]において十分な座屈強度があることを確認した。

これは、本構造の長さが短く、かつ板厚が径に対して十分に厚いためと考えられる。

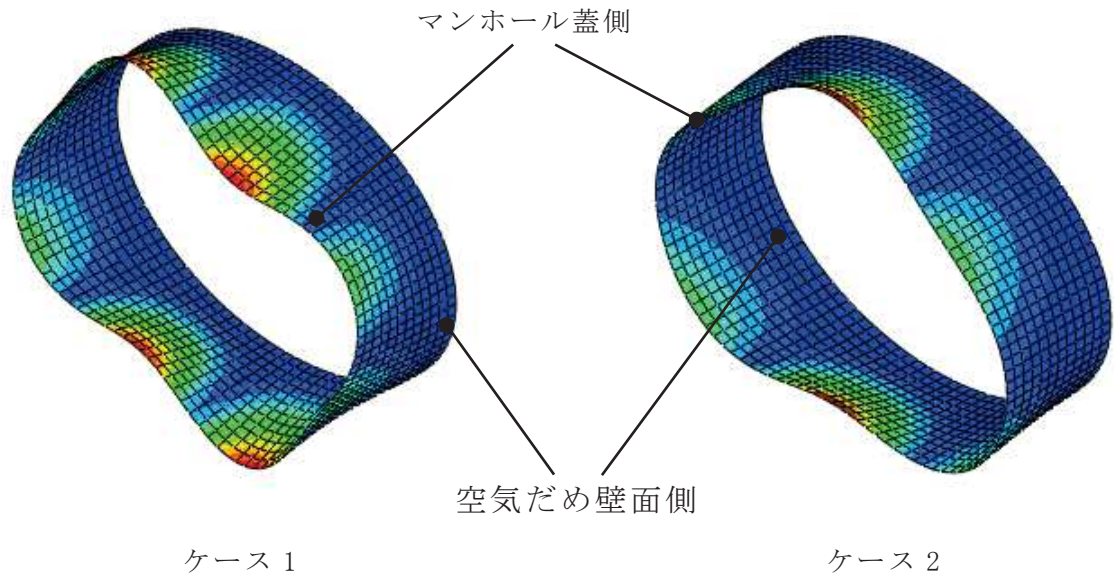


図 4-1 座屈モード

表 4-1 座屈荷重係数

	座屈荷重係数[-]	外圧[MPa]	座屈応力[MPa]
ケース 1 (外圧のみ)	286	3.24	926
ケース 2 (外圧+軸力)	213	3.24	690

#### 5. 安全率の考慮

安全率を 4 として、ケース 1 においては  $286/4=71$ 、ケース 2 においては  $213/4=53$  となり、外圧 3.24[MPa]において、座屈に対し十分な裕度を有するといえる。

#### 6. 結論

以上のことから、非常用ディーゼル発電設備及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備の空気だめのうち、だ円形マンホール管台は座屈評価上問題ないといえる。

女川原子力発電所第2号機 工事計画審査資料	
資料番号	02-補-E-20-0700-14_改0
提出年月日	2021年4月23日

補足-700-14【強度計算書における材料記号の記載について】

2021年4月

東北電力株式会社

1. はじめに

強度計算書における材料記号（新・旧 J I S）の記載の考え方について整理した。

2. 材料記号の記載について

強度計算書における材料欄の材料記号は、次のとおり記載している。

- ① 要目表の材料欄の材料記号を記載する。
- ② ①に加え設計・建設規格で評価を行う箇所の要目表の材料記号が旧 J I S の場合には、設計・建設規格の付録材料図表（新 J I S）との関連を明確にするため、括弧で新 J I S 材の材料記号を併記する。

具体的には下表のとおり。

		要目表記載材料※	
		旧 J I S	新 J I S
強度計算 における 適用規格	告示 第 5 0 1 号	旧 J I S	新 J I S
	設計・建設 規格	旧 J I S (新 J I S)	新 J I S

※：既設部分については、施設時に使用した材料規格を記載している。

要目表に記載のない材料については、施設時に使用した材料規格を記載している。