

島根原子力発電所第2号機 審査資料	
資料番号	NS2-補-027-10-26 改 02
提出年月日	2023年4月21日

クラス MC 容器における一次＋二次＋ピーク応力強さの
評価について

2023年4月

中国電力株式会社

目 次

1. 概要	1
2. 設計・建設規格を適用する評価における一次＋二次＋ピーク応力強さの評価の取扱い について	1
3. J E A G 4 6 0 1 ・補-1984 を適用する評価における一次＋二次＋ピーク応力強さの 評価の取扱いについて	1
4. まとめ	1
参考資料 一次＋二次＋ピーク応力強さに関する引用規格等	3

1. 概要

本書は原子炉格納容器の一次+二次+ピーク応力強さの評価の取扱いについて示し、これらの箇所に対して一次+二次+ピーク応力強さの評価を不要であるとしている理由を説明するものである。

以下、原子炉格納容器の評価に用いる適用規格である、強度計算書における設計・建設規格、耐震計算書における J E A G 4 6 0 1 ・補-1984 に分けて取り扱いを述べる。

本資料が関連する工認図書は以下のとおり。

- ・ VI-2-9-2 「原子炉格納容器の耐震性についての計算書」

2. 設計・建設規格を適用する評価における一次+二次+ピーク応力強さの評価の取扱いについて

設計・建設規格を適用する評価については、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」の5.3項「繰返し荷重に対する解析」において、繰返し荷重に対する規定 PVB-3140(1)～(6)に示される条件を満足することで疲れ解析が不要であることを確認している。

従って、設計・建設規格を適用する評価においては、一次+二次+ピーク応力強さに要求される疲れ解析は不要である。この整理は、建設時工認より同様の整理である。

なお、本工事計画認可における設計・建設規格を適用する評価は、重大事故等時のみであることから、一次+二次+ピーク応力強さに対する要求事項はない。

3. J E A G 4 6 0 1 ・補-1984 を適用する評価における一次+二次+ピーク応力強さの評価の取扱いについて

J E A G 4 6 0 1 ・補-1984 を適用する評価については、J E A G 4 6 0 1 ・補-1984 の2.1.2 第2種容器の許容応力 注記(4)「告示第13条第1項第3号を満たすときは、疲れ解析を行うことを要しない。」を準用し、「設計・建設規格 PVB-3140(6)を満たすときは疲労解析不要。」としている。

原子炉格納容器は、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」の5.3項「繰返し荷重に対する解析」に記載のとおり、地震を含む機械的荷重の繰返しに対する規定 PVB-3140(6)を満足しているため、耐震計算書の各許容応力状態（ⅢA S，ⅣA S，ⅤA S）における一次+二次+ピーク応力強さの評価は不要である。

4. まとめ

以上に示す理由により、建設時工認と同様に各計算書における原子炉格納容器の一次+二次+ピーク応力強さの評価は不要であるが、その旨を明確に記載するために、耐震計算書の評価結果部分に対して、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」の5.3項「繰返し荷重に対する解析」に記載のとおり、地震を含む機械的荷重の繰返しに対する規定である設計・建設規格 PVB-3140(6)を満足しているため各許容応力状態における

一次+二次+ピーク応力強さの評価は不要である旨を記載する。また、強度計算書についても、必要箇所に対して同様の記載を実施する。

なお、一次+二次応力の評価に対して許容値である $3S$ を超えるときは、J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984 の 2.1.2 第 2 種容器の許容応力注記(3)「 $3S$ を超えるときは弾塑性解析を行うこと。この場合告示第 14 条（同条第三号を除く。また、 S_m は S に読替える。）の弾塑性解析を用いることができる。」を準用し、「 $3 \cdot S$ を超える場合は弾塑性解析を行う。この場合、設計・建設規格 PVB-3300（PVB-3313 を除く。 S_m は S と読み替える。）の簡易弾塑性解析を用いる。」として、一次+二次+ピーク応力に対する疲労評価を実施する。

一次+二次+ピーク応力強さに関する引用規格等

1. J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984
 (「2.1.2 第2種容器の許容応力」より)

許容 応力状態	1次一般膜応力	1次膜応力+ 1次曲げ応力	1次+2次応力	1次+2次+ ピーク応力	特別な応力限界	
					純せん断 応力	支圧応力
設計条件	S	1.5 S	—	—	—	—
I _A	—	—	(1) 3 S	運転状態 I 及び II における荷重の組合せについて疲れ解析を行い疲れ累積係数が1.0以下であること。	(6) 0.6 S	(7)(8) S _y (1.5 S _y)
II _A	—	—			(6) 0.6 S	(7)(8) S _y (1.5 S _y)
III _A	S _y と2/3 S _u の小さい方。ただしオーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については1.2 Sとする。	左欄の1.5倍の値	—	—	(6) 0.6 S	(7)(8) S _y (1.5 S _y)
IV _A	構造上の連続な部分は0.6 S _u 、不連続な部分はS _y と0.6 S _u の小さい方。ただしオーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については、構造上の連続な部分は2 Sと0.6 S _u の小さい方、不連続な部分は1.2 Sとする。	左欄の1.5倍の値	—	—	—	—
III _A S	S _y と0.6 S _u の小さい方。ただしオーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については1.2 Sとする。	左欄の1.5倍の値	(3) 3 S { S ₁ 又はS ₂ } 地震動のみによる応力振幅について評価する。}	S ₁ 又はS ₂ 地震動のみによる疲れ解析を行い疲れ累積係数を求め、運転状態 I、IIにおける疲れ累積係数との和が1.0以下であること。	0.6 S	(8) S _y (1.5 S _y)
IV _A S	構造上の連続な部分は0.6 S _u 、不連続な部分はS _y と0.6 S _u の小さい方。ただしオーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については、構造上の連続な部分は2 Sと0.6 S _u の小さい方、不連続な部分は1.2 Sとする。	左欄の1.5倍の値			0.4 S _u	(8) S _u (1.5 S _u)

- 注：(1) 3 Sを超えるときは、告示第14条の弾塑性解析を用いることができる。(S_mをSと読替える。)
- (2) 告示第13条第1項第三号を満たすときは疲れ解析を行うことを要しない。(S_mをSと読替える。)
- (3) 3 Sを超えるときは弾塑性解析を行うこと。この場合告示第14条(同条第三号を除く。また、S_mはSに読替える。)の弾塑性解析を用いることができる。
- (4) 告示第13条第1項第3号へを満たすときは、疲れ解析を行うことを要しない。ただし、へ項の「応力の全振幅」は「S₁又はS₂地震動による応力の全振幅」と読替える。
- (5) 運転状態 I、IIにおいて、疲れ解析を要しない場合は、地震動のみによる疲れ累積係数が1.0以下であること。
- (6) 告示第13条第1項第一号による。
- (7) 告示第13条第1項第一号による。
- (8) ()内は、支圧荷重の作用端から自由端までの距離が支圧荷重の作用幅より大きい場合の値

2. 設計・建設規格

(「PVB-3140 疲労解析不要の条件」)

PVB-3140 疲労解析不要の条件

PVB-3114 および PVB-3122 の場合において、繰返し荷重が次の(1)から(6)に適合する場合は、疲労解析を行うことを要しない。

(1) 大気圧から運転圧力となり、再び大気圧に戻る実際の繰返し回数： N_I A07

$$N_I \leq N_a \quad \text{(PVB-44)}$$

N_a : 添付 4-2 3.1 または 3.2 において $3S_m$ を繰返しピーク応力強さとした場合に、これに対応する許容繰返し回数

(2) 起動時、停止時および耐圧試験時等を除く供用状態Aおよび供用状態Bにおける実際の圧力変動の全振幅： ΔP

a. $\Delta P \leq A_{m1}$ (PVB-45) A07

$$A_{m1} = \frac{1}{3} \times P \times \frac{S}{S_m} \quad \text{(PVB-46)}$$

A_{m1} : 圧力変動の全振幅 (MPa)

P : 最高使用圧力 (MPa)

S : 添付 4-2 3.1 においては 10^6 添付 4-2 3.2 においては 10^{11} を許容繰返し回数とした場合に、これに対応する繰返しピーク応力強さの値 (MPa)

b. a. を満足しない場合

$$\Delta P \leq A_{m2} \quad \text{(PVB-47) A07}$$

$$A_{m2} = \frac{1}{3} \times P \times \frac{S_a}{S_m} \quad \text{(PVB-48)}$$

A_{m2} : 圧力変動の全振幅 (MPa)

S_a : 添付 4-2 3.1 または 3.2 において、a. の計算式により計算した A_{m1} の値を超える実際の圧力変動の回数を許容繰返し回数とした場合に、これに対応する繰返しピーク応力強さの値 (MPa)

(3) 起動時および停止時の温度差： ΔT A07

$$\Delta T \leq T_1 \quad \text{(PVB-49)}$$

ΔT : 以下の p の値を超えない任意の 2 点間の温度差

$$p = 2\sqrt{Rt} \quad (\text{mm}) \quad \text{(PVB-50)}$$

R : p の値を超えない任意の 2 点における容器の平均半径(半径が異なる場合は、それらの平均値) (mm)

t : p の値を超えない任意の 2 点における容器の厚さ(厚さが異なる場合は、それらの平均値) (mm)

$$T_1 = \frac{S_a}{2E\alpha} \quad (^\circ\text{C}) \quad \text{(PVB-51)}$$

E : 2 点間の平均温度における付録材料図表 Part 6 表 1 に規定する縦弾性係数の値 (MPa)

α : 2 点間の平均温度における付録材料図表 Part 6 表 2 に規定する瞬時熱膨張係数の値 (mm/(mm $^\circ$ C))

S_a : 添付 4-2 3.1 または 3.2 において、起動停止の回数を許容繰返し回数とした場合に、これに対応する繰返しピーク応力強さの値 (MPa)

- (4) 起動時および停止時を除く供用状態Aおよび供用状態Bの温度差変動： ΔT_R A07

$$\Delta T_R \leq T_1 \quad (\text{PVB-52})$$

ΔT_R : (3)に定める p の値を超えない任意の2点間の温度差の変動の全振幅

$$T_1 = \frac{S_a}{2E\alpha} \quad (^\circ\text{C}) \quad (\text{PVB-53})$$

E および α : (3)に定めるところによる

S_a : 添付 4-2 3.1または3.2において、式PVB-54により計算した値を超える温度差の変動回数を許容繰返し回数とした場合に、これに対応する繰返しピーク応力強さの値 (MPa)

$$T_2 = \frac{S}{2E\alpha} \quad (\text{PVB-54})$$

T_2 : 温度差変動の全振幅 ($^\circ\text{C}$)

S 、 E および α : (2)a.および(3)に定めるところによる

- (5) 供用状態Aおよび供用状態Bにおいて、付録材料図表 Part 6 表1および表2に規定する縦弾性係数または熱膨張係数の値が異なる材料で作られた部分の温度の変動： ΔT

a. $\Delta T \leq T \quad (\text{PVB-55})$

$$T = \frac{S}{2(E_1\alpha_1 - E_2\alpha_2)} \quad (\text{PVB-56})$$

T : 温度の変動 ($^\circ\text{C}$)

E_1 および E_2 : p の値を超えない任意の2点における付録材料図表 Part 6 表1に規定する縦弾性係数の値 (MPa)

α_1 および α_2 : p の値を超えない任意の2点における付録材料図表 Part 6 表2に規定する瞬時熱膨張係数の値 (mm/(mm $^\circ\text{C}$))

S および p : (2)a.および(3)に定めるところによる

- b. a.を満足しない場合

$$\Delta T \leq T_1 \quad (\text{PVB-57}) \quad \text{A07}$$

$$T_1 = \frac{S_a}{2(E_1\alpha_1 - E_2\alpha_2)} \quad (\text{PVB-58})$$

T_1 : 温度の変動 ($^\circ\text{C}$)

S_a : 添付 4-2 3.1または3.2において、式PVB-56により計算した値を超える温度の変動の回数を許容繰返し回数とした場合に、これに対応する繰返しピーク応力強さの値 (MPa)

E_1 、 E_2 、 α_1 および α_2 : (5)a.に定めるところによる

- (6) 機械的荷重により生じる応力の全振幅： $\Delta \sigma$ A07

$$\Delta \sigma \leq S \quad (\text{PVB-59})$$

S : 添付 4-2 3.1または3.2において、荷重変動回数を許容繰返し回数とした場合に、これに対応する繰返しピーク応力強さの値 (MPa)。この場合において、荷重変動回数は、添付 4-2 3.1においては 10^6 、添付 4-2 3.2においては 10^{11} を許容繰返し回数とした場合に、これに対応する繰返しピーク応力強さの値を超える応力を生じる荷重変動回数をとるものとし、その値が添付 4-2 3.1において 10^6 を超える場合は、 10^6 とし、添付 4-2 3.2において 10^{11} を超える場合は、 10^{11} とすることができる。