

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-19-0600-40-19_改0
提出年月日	2021年6月24日

補足 600-40-19 原子炉圧力容器の耐震性についての計算書における
ブラケット類の応力評価について

1. 概要

本資料は、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-2-3-4-1-2 原子炉圧力容器の耐震性についての計算書」において、プラケット類の一次+二次応力の評価及び疲労評価を省略することの妥当性を説明する。

2. 評価の考え方

プラケット類は、原子炉圧力容器に溶接により取り付けられる部材であることから、設計・建設規格^[3]における、クラス1容器の規定に基づき評価を行うこととなり、一次応力の評価に加えて、一次+二次応力の評価及び疲労評価が必要となるが、計算書においてプラケット類の応力評価では、一次+二次応力の評価及び疲労評価を省略していることから、その考え方を、以下に示す。

2.1 一次+二次応力の評価について

プラケット類の評価において考慮する評価条件は、外荷重のみであり、一次応力及び一次+二次応力は、外荷重に比例した値となる。一次応力の評価において最も厳しい応力比（応力強さ／許容応力）となるプラケットにおいて一次+二次応力を求めた結果を表3に示す。

表3に示すとおり、一次+二次応力は許容値（ $3 \cdot S_m$ ）を下回る。よって、一次+二次応力評価を省略する。

2.2 疲労評価について

プラケット類の疲労評価は、設計・建設規格^[3]における疲労解析不要の条件（PVB-3140）に適合する場合、評価を不要とすることが可能である。表1に設計・建設規格^[3]における疲労解析不要の条件（PVB-3140）並びに各条件に対する判定結果を示す。

表1の項目(1)～(5)については、既に認可された工事計画の添付書類（以下「既工認」という。）の応力解析の方針^[1]の図4-1に記載している原子炉圧力容器の運転条件（圧力、温度）、並びに既工認の計算書^[2]のプラケット及びその取付部に使用している材料（SQV2A, SFVQ1A, SGV480 及び SUSF316）から、いずれも疲労評価は不要と判定することができる。

表1の項目(6)については、機械的荷重による応力変動を評価する必要がある。機械的荷重により生じる一次+二次及びピーク応力は、一次応力に構造不連続の影響を考慮したものである。プラケットにおいて構造不連続の影響は、プラケットと取付部の構造により決まり、プラケット本体より遙かに大きな胴板に取り付く構造は各プラケット共通であることから、構造不連続による影響は、各プラケットで異なることはないと考えられる。よって、一次応力の応力比が最も厳しいプラケットで代表して確認する。

表2よりプラケット類の耐震計算結果から一次膜+一次曲げ（ $P_L + P_b$ ）で厳しい蒸気乾燥器支持プラケットに着目し、機械的荷重により生じる応力の全振幅を計算することで、疲労評価不要の規定を満たすことを確認する。

表3に蒸気乾燥器支持プラケットの機械的荷重により生じる応力の全振幅である補正繰り返しピーク応力強さ $S_{\ell'}$ を計算した結果を示す。表3より、S d 地震の補正繰り返しピーク応力強さ $S_{\ell'}$ は \square MPa, S s 地震の補正繰り返しピーク応力強さ $S_{\ell'}$ は \square MPa となり、S d 地震繰り返し

回数590回に対応する許容繰返しピーク応力強さの□ MPa及びS s 地震繰返し回数340回に対応する許容繰返しピーク応力強さの□ MPaをそれぞれ下回ることから、疲労評価は不要と判定することができる。

3. 結論

2章より、ブラケット類の応力評価において、一次+二次応力の評価及び疲労評価については、設計・建設規格^[3]における疲労解析不要の条件（PVB-3140）の各規定を満たしているため、既工認^[2]と同様に一次+二次応力及び疲労評価結果の記載は不要としている。

表1 RPVプラケット類の疲労評価不要の条件とその評価

適用 J S M E S N C 1-2005/2007 PVB-3140			評 値	疲労評価 要否判定
項目	条 件	判定基準		
(1)	大気圧-運転圧力 変動回数	$N_1 \leq N_a$	使用している材料について、PVB-3140(1)における N_a の最小値は□回であり、評価の基準となる N_1 （起動・停止回数）の□回よりも多く、疲労評価不要の条件を満たす。	不要
(2)	運転時の圧力変動	$\Delta P \leq A_{m2}$	使用している材料について、PVB-3140(2)b.における A_{m2} の最小値は□MPaであり、評価の基準となる ΔP （起動時、停止時及び耐圧試験時を除く供用状態A及び供用状態Bにおける実際の圧力変動幅）の□MPaより大きく、疲労評価不要の条件を満たす。	不要
(3)	起動時及び停止時の 温度差	$\Delta T \leq T_1$	使用している材料について、PVB-3140(3)における T_1 の最小値は□℃である。 □, 疲労評価不要の条件を満たす。	不要
(4)	運転時の温度差変動	$\Delta T_R \leq T_1$	使用している材料について、PVB-3140(4)における T_2 の最小値としてSUSF316の□℃を考慮した場合に、起動時及び停止時を除く供用状態A及び供用状態Bにおいて T_2 を超える領域温度変動回数は、領域Aにおいては□回、領域Bにおいては□回である。この場合、領域A及びBで求められる T_1 の最小値は□℃となる。評価の基準となる ΔT_R （起動時及び停止時を除く供用状態A及び供用状態Bの領域最大温度変動幅）は、R P Vサーマルサイクルでは領域A及びBで□℃であり、疲労評価不要の条件を満たす。	不要
(5)	異なる材料よりなる 部分の温度変動	$\Delta T \leq T_1$	使用している材料について、PVB-3140(5)における T の最小値として領域Aにおいて□℃、領域Bにおいて□℃を考慮した場合に、供用状態A及び供用状態Bに対し T を超える領域温度変動回数は、領域A及びBにおいて□回である。この場合、 T_1 の最小値は□℃となる。評価の基準となる ΔT （供用状態A及び供用状態Bの最大温度変動幅）は、R P Vサーマルサイクルでは□℃であり、疲労評価不要の条件を満たす。	不要
(6)	機械的荷重による 応力変動	$\Delta \sigma \leq S$	一次応力評価で許容値に対する応力比が最も小さくなる蒸気乾燥器支持プラケットにおいて、応力変動幅 $\Delta \sigma$ はS d 地震動で□MPa, S s 地震動で□MPaであり、評価の基準となるS（地震繰り返し回数590回及び340回に対する最大応力変動幅）の□MPa及び□MPaを下回ることより、疲労評価不要の条件を満たす。	不要

表2 一次応力評価における応力比と機械的荷重による応力変動の代表計算を行うブラケットの選択

機 器 (材 料)	応力分類 許容応力状態	P _m		P _{L+Pb}	
		IV _A S	III _A S	IV _A S	III _A S
スタビライザブラケット (SQV2A)	応力強さ (MPa)	70	52	149	110
	許容応力 (MPa)	326	303	490	454
	応 力 比	0.215	0.172	0.304	0.242
蒸気乾燥器支持ブラケット (SUSF316)	応力強さ (MPa)	47	35	166	121
	許容応力 (MPa)	280	143	420	214
	応 力 比	0.168	0.245	0.395	0.565
給水スパージャブラケット (SUSF316)	応力強さ (MPa)	2	2	6	6
	許容応力 (MPa)	280	143	420	214
	応 力 比	0.007	0.014	0.014	0.028
炉心スプレイブラケット (SUSF316)	応力強さ (MPa)	6	6	45	41
	許容応力 (MPa)	280	143	420	214
	応 力 比	0.021	0.042	0.107	0.192

表3 蒸気乾燥器支持ブラケットの繰返しピーク応力強さ

	蒸気乾燥器支持ブラケット	
	S _d (590回)	S _s (340回)
一次+二次応力強さ S _n (MPa)	242	332
一次+二次応力強さの許容応力 3・S _m (MPa)	360	360
一次+二次+ピーク応力強さ S _p (MPa) *1	799	1096
繰返しピーク応力強さ S _ℓ (MPa)	400	548
補正繰返しピーク応力強さ S _{ℓ'} (MPa) *2,3	[]	[]
地震繰り返し数に対応した許容繰返しピーク応力 (MPa)	[]	[]

注記*1：応力集中係数は引用文献[1]付録2に示す計算式により $K_n = []$, $K_b = []$ と計算し、その最大値 [] を一律に考慮した。

*2：補正繰返しピーク応力強さ S_{ℓ'} を計算する際に、E₀/Eはオーステナイト系ステンレス鋼の値 [] を一律に考慮した。

*3：補正繰返しピーク応力強さ S_{ℓ'} は、地震繰り返し回数に対応した許容繰返しピーク応力を満たす。

引用図書及び文献

- [1]第5回工事計画認可申請書 添付書類「IV-3-1-1-1 原子炉圧力容器の応力解析の方針」
- [2]第5回工事計画認可申請書 添付書類「IV-3-1-1-21 ブラケット類の応力計算書」
- [3]発電用原子力設備規格 設計・建設規格 ((社)日本機械学会, 2005/2007)

以上