

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、ブラケット類の一次+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

ブラケット類は、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、計算書においてブ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

ブ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）となるブ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

ブ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]のブ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。ブラケットにおいて構造不連続の影響は、ブラケットと取付部の構造により決まり、ブラケット本体より遥かに大きな胴板に取り付く構造は各ブラケット共通であることから、構造不連続による影響は、各ブ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ブラケットで代表して確認する。

表2よりブ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ブラケットに着目し、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に蒸気乾燥器支持ブ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_d' 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_d' は MPa、 S_s 地震の補正繰り返しピーク応力強さ S_s' は 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 +P _b	
		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
給水スパーチャブラケット (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	□	□
地震繰返し回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 $K_n = \square$ ， $K_b = \square$ と計算し，その最大値 \square 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 \square 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 原子炉压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