

本資料のうち、枠囲みの内容は、機密事項に属しますので公開できません。

柏崎刈羽原子力発電所第7号機 工事計画審査資料	
資料番号	KK7補足-028-10-39 改1
提出年月日	2020年7月30日

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

2020年7月

東京電力ホールディングス株式会社

1. 概要

本資料は、V-2-3-3-1-1「原子炉圧力容器の応力解析の方針」及びV-2-3-3-1-2「原子炉圧力容器の耐震計算結果」において応力評価を実施しているブラケット類について、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、一次応力及び二次応力は、外荷重に比例した値となる。そのため、一次応力の評価における最も厳しい裕度（応力強さ／許容応力）が一次＋二次応力の裕度より厳しい場合、一次応力が限界に達するところまで荷重を増大させたとしても、一次＋二次応力は許容応力に対してまだ余裕がある。従って、先に限界に達する一次応力が許容応力を満足していれば、一次＋二次応力も許容応力を満足しているため、一次＋二次応力の評価を省略することが可能である。

表3に示すとおり、一次＋二次応力の評価の裕度は、0.262（145MPa÷552MPa）であり、一次応力評価の裕度が0.339であることから、一次＋二次応力の評価は一次応力の評価で代表することが可能であるため、一次＋二次応力の評価を省略する。

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(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、一次応力の裕度が最も厳しいブラケットで代表して確認する。

表2より原子炉圧力容器の耐震計算結果からスタビライザ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にスタビライザ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返しピーク応力強さ $S_i'^{\#2}$ を計算した結果を示す。表3より、補正繰返しピーク応力強さ $S_i'^{\#2}$ は□MPaとなり、地震繰返し回数200回に対応する許容繰返しピーク応力強さの□MPa未満となることから、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+二次応力の評価については、一次応力の評価で代表することが可能であるため評価を省略し、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裕度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	
		IVAS	IIIAS	IVAS	IIIAS
スタビライザブラケット (SQV2A)	応力強さ	53	41	166	127
	許容 応力	326	303	490	454
	裕 度	0.163	0.135	0.339	0.280
蒸気乾燥器支持ブラケット (SFVQ1A)	応力強さ	32	21	144	97
	許容 応力	320	303	481	454
	裕 度	0.100	0.069	0.299	0.214
給水スパーチャブラケット (SUSF316)	応力強さ	7	4	10	5
	許容 応力	280	142	420	214
	裕 度	0.025	0.028	0.024	0.023
低圧注水スパーチャブラケット (SUSF316)	応力強さ	7	4	10	5
	許容 応力	280	142	420	214
	裕 度	0.025	0.028	0.024	0.023

表3 スタビライザブラケットの繰返しピーク応力強さ

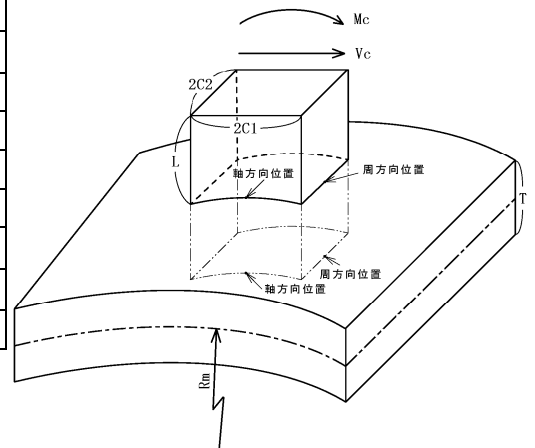
荷重条件

周方向モーメント : Mc kN・m Vc・L を含む
 周方向せん断力 : Vc kN

形状

板厚T : mm
 平均半径R_m : mm
 板幅2C1 : mm
 板幅2C2 : mm
 モーメントアームL : mm

		応力値(MPa) (*1)	
		軸方向位置	周方向位置
σ _t の和	σ _{tm} (局部膜応力)	—	± 1.5
	σ _{tb} (表面応力)	—	± 71.1
	σ _t (合計)	—	± 72.6
σ _ℓ の和	σ _{ℓm} (局部膜応力)	—	± 1.5
	σ _{ℓb} (表面応力)	—	± 55.0
	σ _ℓ (合計)	—	± 56.5
Vcによるせん断応力		± 11.3	—



一次+二次応力強さ S_n^{#2} : 145 MPa
 繰返しピーク応力強さ S_ℓ^{#2(*2)} : MPa
 補正繰返しピーク応力強さ S_ℓ^{'#2(*3,*4)} : MPa
 許容応力 3S_m : 552 MPa

注:本計算は過去のBWRプラントでの評価実績から、引用文献[4]に基づく計算結果を示すものである。

注記*1: 応力の評価位置を右図に示す。

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

*3: 補正繰返しピーク応力強さS_ℓ^{'#2}を計算する際に、E0/Eは使用している材料の中の最大値を一律に考慮した。

*4: 補正繰返しピーク応力強さS_ℓ^{'#2}は、地震繰返し回数に対応した許容繰返しピーク応力MPa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-3-1-2-1 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-3-1-2-19 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)

[4]March 1979 Revision of WRC Bulletin 107/August 1965

“Local Stresses in Spherical and Cylindrical Shells due to External Loadings”

以上