

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-19-0600-40-6_改2
提出年月日	2021年11月9日

補足-600-40-6 Bijlaard の方法の適用文献について

## 1. 概要

女川原子力発電所第2号機の補正工認図書について、容器胴の脚取付部の評価には、J E A G 4 6 0 1 -1987に基づき Bijlaard の方法を適用している。J E A G 4 6 0 1 -1987 では、表1に示す「Wichman, K.R. et al.:Local Stresses in Spherical and Cylindrical Shells due to External Loadings, Welding Research Council bulletin, WRC bulletin 107 / August 1965.」（以下、「Bijlaard 引用文献」という。）の1979年版を適用することが記載されている。しかし、Bijlaard 引用文献の1979年版の応力係数表には「 $\beta_1/\beta_2$ 」と記載があり、他の発行年版「 $\beta_2/\beta_1$ 」と違うため、本資料では、応力係数表の「 $\beta_1/\beta_2$ 」と「 $\beta_2/\beta_1$ 」の違いによる影響を確認する。ここで、原子炉格納容器は、シェル形状が円筒胴、かつ、アタッチメントの形状が矩形ではなく、応力係数表の「 $\beta_1/\beta_2$ 」を用いた評価を行っていないことから、本図書の確認対象外である。

なお、本資料が関連する工認図書は以下のとおり。

- ・「VI-2-4-3-1-1 燃料プール冷却浄化系熱交換器の耐震性についての計算書」
- ・「VI-2-5-4-1-1 残留熱除去系熱交換器の耐震性についての計算書」
- ・「VI-2-5-7-1-1 原子炉補機冷却水系熱交換器の耐震性についての計算書」
- ・「VI-2-5-7-1-5 原子炉補機冷却海水系ストレナの耐震性についての計算書」
- ・「VI-2-5-7-2-1 高圧炉心スプレイ補機冷却水系熱交換器の耐震性についての計算書」
- ・「VI-2-9-4-6-1-2 フィルタ装置の耐震性についての計算書」
- ・「VI-2-10-1-2-1-5 非常用ディーゼル発電設備 軽油タンクの耐震性についての計算書」
- ・「VI-2-10-1-2-2-5 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備 軽油タンクの耐震性についての計算書」
- ・「VI-2-10-1-2-3-3 ガスタービン発電設備 軽油タンクの耐震性についての計算書」
- ・「VI-2-11-2-6 ほう酸水注入系テストタンクの耐震性についての計算書」

## 2. 適用文献の発行年による応力係数表の違いについて

Bijlaard の方法は、胴及び脚付根部の形状からシェルパラメータ $\gamma$ 、アタッチメントパラメータ $\beta$ を決定し、Bijlaard 引用文献に記載された図表から応力や応力係数を読み取ることにより、胴の脚付根部に発生する応力を算出する方法である。

ここで、J E A G 4 6 0 1 -1987 では、Bijlaard 引用文献の1979年版を適用することが記載されているが、Bijlaard 引用文献の発行年版により応力係数の「 $\beta_1/\beta_2$ 」の記載に違いがある。各発行年版の違いを表1に示す。

表 1 Bijlaard の方法に用いる引用文献の発行年による違い

引用文献名	発行年	応力係数表 (Table-8) の記載	備考
Wichman , K.R.et al.:Local Stresses in Spherical and Cylindrical Shells due to External Loadings, Welding Research Council bulletin, WRC bulletin 107 / August 1965.	(1)1965 年	$\beta_2 / \beta_1$	
	(2)1979 年	$\beta_1 / \beta_2$	J E A G 4 6 0 1 -1987 にて引用
	(3)2002 年	$\beta_2 / \beta_1$	J E A C 4 6 0 1 -2015 にて引用
Wichman, K. R. et al. :Precision Equations and Enhanced Diagrams for Local Stresses in Spherical and Cylindrical Shells Due to External Loadings for Implementation of WRC Bulletin 107 , Welding Research Council bulletin,WRC bulletin 537 / 2010	(4)2010 年	$\beta_2 / \beta_1$	

### 3. 影響評価

Bijlaard の方法における応力係数表の「 $\beta_1 / \beta_2$ 」と「 $\beta_2 / \beta_1$ 」の違いによる影響について、表 2 に示す。燃料プール冷却浄化系熱交換器を例として計算過程を表 3 に示す。確認の結果、現状適用している 1979 年版「 $\beta_1 / \beta_2$ 」と 2002 年版「 $\beta_2 / \beta_1$ 」の違いによる影響は小さいことを確認した。

表2 応力係数表の違いによる影響確認結果（基準地震動  $S_s$  による評価結果）

機器名称	1979年版		2002年版		許容応力 [MPa]
	$\beta_1/\beta_2$	$\sigma_{11}$ [MPa]	$\beta_2/\beta_1$	$\sigma_{11}$ [MPa]	
燃料プール冷却浄化系熱交換器	1.800	135	0.556	127	342
残留熱除去系熱交換器	2.400	159	0.417	154	408
原子炉補機冷却水系熱交換器	2.700	188	0.370	182	415
原子炉補機冷却海水系ストレーナ	3.457	41	0.289	43	355
高圧炉心スプレイ補機冷却水系熱交換器	2.000	95	0.500	93	415
フィルタ装置	$\beta_1 = \beta_2$				
非常用ディーゼル発電設備 軽油タンク	2.308	48	0.433	47	338
高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備 軽油タンク	2.000	66	0.500	65	418
ガスタービン発電設備 軽油タンク	0.576	33	1.737	33	432
ほう酸水注入系テストタンク	0.600	23	1.667	21	431

表 3 応力係数表の違いによる影響確認の計算過程

1979年版 ( $\beta_1/\beta_2$ )	2002年版 ( $\beta_2/\beta_1$ )
<p>備考：表中に用いた式を「VI-2-1-13-2 横置一胴円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」中の式番号で以下に示す。</p> <p> <math>r_m</math> : (5.3.1.1.11), <math>\gamma</math> : (5.3.1.1.17), <math>\beta_1</math> : (5.3.1.1.18), <math>\beta_2</math> : (5.3.1.1.19), <math>\sigma_{\phi 411}</math> : (5.3.1.1.31), <math>\sigma_{X 411}</math> : (5.3.1.1.32),  <math>\sigma_{\phi 41}</math> : (5.3.1.1.40), <math>\sigma_{X 41}</math> : (5.3.1.1.41), <math>\sigma_{1\ell\phi}</math> : (5.3.1.1.63), <math>\sigma_{1\ell X}</math> : (5.3.1.1.64), <math>\sigma_{1\ell}</math> : (5.3.1.1.62)         </p>	

#### 4. 結論

Bilaard 引用文献の 1979 年版と 2002 年版について比較を実施し、発生応力の差は軽微であることを確認した。よって、「1. 概要」に示した耐震性についての計算書においては、応力係数表を「 $\beta_2/\beta_1$ 」として適用する。