

島根原子力発電所第2号機 審査資料	
資料番号	NS2-補-027-10-3 改 03
提出年月日	2023年6月14日

## Bijlaard の方法の適用文献について

2023年6月

中国電力株式会社

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

## 目 次

1. 概要	1
2. Bijlaard 引用文献の発行年版による応力係数表の違い	2
3. Bijlaard 引用文献の応力係数表を適用する設備	3
4. Bijlaard 引用文献の応力係数表を適用する設備に対する影響確認	3
5. 結論	6

## 1. 概要

島根原子力発電所第2号機の補正工認図書について、容器胴の脚取付部及び原子炉格納容器に接続する設備の評価には、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(Table-8)には「 $\beta_1/\beta_2$ 」\*と記載があり、他の発行年版の応力係数表に記載された「 $\beta_2/\beta_1$ 」と異なる。

これを踏まえ、本資料では、Bijlaard 引用文献の応力係数表を適用する設備に対し、応力係数表の「 $\beta_1/\beta_2$ 」と「 $\beta_2/\beta_1$ 」の違いによる評価への影響を確認する。

注記\* : アタッチメントパラメータ  $\beta$  は、以下のとおり定義される。

$$\beta_1 = C_1 / r_m$$

$$\beta_2 = C_2 / r_m$$

(記号の説明)

$C_1$  : 脚の胴付け根部のアタッチメントの幅の2分の1 (胴の周方向)

$C_2$  : 脚の胴付け根部のアタッチメントの幅の2分の1 (胴の長手方向)

$r_m$  : 脚付け根部における胴の平均半径

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 燃料プール冷却系熱交換器の耐震性についての計算書」
- ・「VI-2-5-3-1-1 アキュムレータ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 原子炉補機冷却系熱交換器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系熱交換器の耐震性についての計算書」
- ・「VI-2-9-2-6 機器搬入口の耐震性についての計算書」
- ・「VI-2-9-2-7 逃がし安全弁搬出ハッチの耐震性についての計算書」
- ・「VI-2-9-2-8 制御棒駆動機構搬出ハッチの耐震性についての計算書」
- ・「VI-2-9-2-10 所員用エアロックの耐震性についての計算書」
- ・「VI-2-9-2-11 配管貫通部の耐震性についての計算書」
- ・「VI-2-10-1-2-1-4 非常用ディーゼル発電設備ディーゼル燃料デイトンクの耐震性についての計算書」
- ・「VI-2-10-1-2-1-7 非常用ディーゼル発電設備 A-ディーゼル燃料貯蔵タンクの耐震性についての計算書」
- ・「VI-2-10-1-2-1-8 非常用ディーゼル発電設備 B-ディーゼル燃料貯蔵タンクの耐震性についての計算書」

- ・「VI-2-10-1-2-2-4 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備ディーゼル燃料デイトンクの耐震性についての計算書」
- ・「VI-2-10-1-2-2-6 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備ディーゼル燃料貯蔵タンクの耐震性についての計算書」
- ・「VI-2-10-1-2-3-5 ガスタービン発電機用サービスタンクの耐震性についての計算書」
- ・「VI-2-11-2-7-7 原子炉浄化系補助熱交換器の耐震性についての計算書」
- ・「VI-3-3-7-1-7 機器搬入口の強度計算書」
- ・「VI-3-3-7-1-9 逃がし安全弁搬出ハッチの強度計算書」
- ・「VI-3-3-7-1-11 制御棒駆動機構搬出ハッチの強度計算書」
- ・「VI-3-3-7-1-15 所員用エアロックの強度計算書」
- ・「VI-3-3-7-1-17 配管貫通部の強度計算書」

## 2. Bijlaard 引用文献の発行年版による応力係数表の違い

Bijlaard の方法は、胴及び脚付け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、胴の脚付け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。Bijlaard 引用文献の発行年版における応力係数表 (Table-8) の記載を表 1 に示す。

表 1 Bijlaard 引用文献の発行年版と応力係数表 (Table-8) の記載

引用文献名	発行年版	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 Loading, Welding Research Council bulletin, WRC bulletin 107/ August 1965.	1965 年版	$\beta_2/\beta_1$	
	1979 年版	$\beta_1/\beta_2$	J E A G 4 6 0 1-1987 にて引用
	2002 年版	$\beta_2/\beta_1$	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	2010 年版	$\beta_2/\beta_1$	

### 3. Bijlaard 引用文献の応力係数表を適用する設備

Bijlaard の方法を用いて評価する設備には、逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータ等の容器類や原子炉格納容器に接続する設備が含まれる。これらの設備のうち、応力係数表 (Table-8) を適用するのは「シェルの形状が円筒胴かつアタッチメントの形状が矩形」の設備であり、具体的には以下のとおり。

- ・燃料プール冷却系熱交換器
- ・逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータ
- ・残留熱除去系熱交換器
- ・原子炉補機冷却系熱交換器
- ・高圧炉心スプレイ補機冷却系熱交換器
- ・非常用ディーゼル発電設備ディーゼル燃料デイタンク
- ・非常用ディーゼル発電設備 A-ディーゼル燃料貯蔵タンク
- ・非常用ディーゼル発電設備 B-ディーゼル燃料貯蔵タンク
- ・高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備ディーゼル燃料デイタンク
- ・高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備ディーゼル燃料貯蔵タンク
- ・ガスタービン発電機用サービスタンク
- ・原子炉浄化系補助熱交換器

なお、原子炉格納容器に接続する設備は「シェルの形状が円筒胴かつアタッチメントの形状が矩形」ではない (表 2 参照) ため、応力係数表 (Table-8) は適用しない。

表 2 原子炉格納容器に接続する設備の形状

原子炉格納容器に 接続する設備	形状	
	シェル	アタッチメント
機器搬入口	円筒胴	円形
逃がし安全弁搬出ハッチ	球形胴	円形
制御棒駆動機構搬出ハッチ	円筒胴	円形
所員用エアロック	円筒胴	円形
配管貫通部	球形胴又は円筒胴	円形

### 4. Bijlaard 引用文献の応力係数表を適用する設備に対する影響確認

Bijlaard 引用文献の応力係数表を適用する設備に対し、Bijlaard 引用文献の応力係数表 (Table-8) の「 $\beta_1/\beta_2$ 」と「 $\beta_2/\beta_1$ 」の違いによる影響について確認した結果を、表 3 に示す。また、逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータを例として、影響確認の計算過程を表 4 に示す。

確認の結果、J E A G 4 6 0 1-1987 に基づいて現状適用している Bijlaard 引用文献の 1979 年版「 $\beta_1/\beta_2$ 」と、Bijlaard 引用文献の他の発行年版の「 $\beta_2/\beta_1$ 」の違いによる発生応力の差は軽微であり、Bijlaard 引用文献の応力係数表を適用する設備の評価への影響は小さいことを確認した。

表3 応力係数表の違いによる影響確認結果（基準地震動S<sub>s</sub>による評価結果）

機器名称	1979年版		2002年版		許容応力 [MPa]
	$\beta_1/\beta_2$	$\sigma_{10}$ [MPa]	$\beta_2/\beta_1$	$\sigma_{10}$ [MPa]	
燃料プール冷却系熱交換器	1.375	95	0.727	95	334
逃がし安全弁自動減圧機能用 アキュムレータ	3.000	43	0.333	43	372
残留熱除去系熱交換器	0.500	99	2.000	95	382
原子炉補機冷却系熱交換器	2.250	190	0.444	188	396
高圧炉心スプレイ補機冷却系 熱交換器	1.783	117	0.561	116	334
非常用ディーゼル発電設備 ディーゼル燃料デイトンク	5.188	96	0.193	94	357
非常用ディーゼル発電設備 A-ディーゼル燃料貯蔵タンク	3.975	128	0.252	123	360
非常用ディーゼル発電設備 B-ディーゼル燃料貯蔵タンク	3.933	71	0.254	69	360
高圧炉心スプレイ系 ディーゼル発電設備 ディーゼル燃料デイトンク	5.188	68	0.193	67	357
高圧炉心スプレイ系 ディーゼル発電設備 ディーゼル燃料貯蔵タンク	3.975	128	0.252	123	360
ガスタービン発電機用 サービスタンク	5.667	80	0.176	78	347
原子炉浄化系補助熱交換器	2.167	150	0.462	147	355

表4 応力係数表の違いによる影響確認の計算過程  
 (逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータの例)

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-2-5-3-1-1 アキュムレータの耐震性についての計算書」中の式番号で以下に示す。  <math>r_m</math> : (5.2.4.1.1.8), <math>\gamma</math> : (5.2.4.1.1.5), <math>\beta_1</math> : (5.2.4.1.1.6), <math>\beta_2</math> : (5.2.4.1.1.7), <math>\sigma_{\phi 41}</math> : (5.2.4.1.1.21), <math>\sigma_{x41}</math> : (5.2.4.1.1.22)  <math>\sigma_{\phi 4}</math> : (5.2.4.1.1.30), <math>\sigma_{10\phi}</math> : (5.2.4.1.1.46), <math>\sigma_{x4}</math> : (5.2.4.1.1.31), <math>\sigma_{10x}</math> : (5.2.4.1.1.47), <math>\sigma_{10}</math> : (5.2.4.1.1.45)</p>	

## 5. 結論

島根原子力発電所第2号機の補正工認図書のうち、Bijlaard 引用文献の応力係数表 (Table-8) を適用する設備に対し、応力係数表の「 $\beta_1/\beta_2$ 」と「 $\beta_2/\beta_1$ 」の違いによる評価への影響を確認した結果、発生応力の差は軽微であることを確認した。

よって、上記設備の耐震性についての計算書においては、応力係数表の「 $\beta_2/\beta_1$ 」を適用する。