

島根原子力発電所第2号機 審査資料	
資料番号	NS2-補-027-10-50 改 03
提出年月日	2023年2月20日

## 横置円筒形容器の耐震評価方法について

2023年2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. 耐震評価方法の適用方針	2
3. 耐震評価方法の変更内容	2
4. 結論	2

## 1. 概要

本資料では、今回工認における横置円筒形容器の耐震評価方法を示し、応答解析手法の使い分けの判断基準や、応力評価手法について説明するとともに、既工認及び設置変更許可審査からの変更内容について示す。

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-2-5-7-1-1 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-2-10-1-2-1-4 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-2-11-2-7-8 グランド蒸気排ガスフィルタの耐震性についての計算書」
- ・「VI-2-11-2-7-11 タービン補機冷却系熱交換器の耐震性についての計算書」

## 2. 耐震評価方法の適用方針

横置円筒形容器の耐震評価においては、J E A G 4 6 0 1-1987（以下「J E A G」という。）に基づいて理論式又は理論式と同等のはりモデルによる応答解析で荷重及びモーメントを算出し、それらを用いて理論式により胴、脚及び基礎ボルトの応力評価を行う。横置円筒形容器の耐震評価フローを図1に示す。

横置円筒形容器の応答解析手法は、構造により使い分ける。脚数が2脚以下の単純構造の容器であれば、理論式により荷重及びモーメントを算出するが、脚数が3脚以上である場合や脚（底面以外）にサポートを追設している場合には、はりモデルによる応答解析で荷重及びモーメントを算出する。

応力評価手法は、すべての評価部位に対して理論式を適用し、胴の脚付け根部の応力評価においてはJ E A C 4 6 0 1-2008（以下「J E A C」という。）以降に記載されている有効板厚  $t_e$  の判定基準\*を用いる。当板の範囲が狭く、判定基準\*を満たさない場合には有効板厚  $t_e$  に当板の板厚を考慮できないため、胴の応力の発生値が大きくなる（図2参照）。応力評価における発生値が大きくなり、許容値を上回る場合には、当板拡張工事（図4参照）を含めた耐震補強工事を実施する。

図1の耐震評価フローに基づく評価対象設備の耐震評価方法を表1に示す。

注記\*：有効板厚  $t_e$  の判定基準について図2及び図3に示す。J E A G（図2）には記載がなく、J E A C（図3）以降では追記されている。

## 3. 耐震評価方法の変更内容

今回工認における横置円筒形容器（当板拡張工事対象）の耐震評価方法について、既工認及び設置変更許可審査からの変更内容を表2に示す。

## 4. 結論

今回工認では、本資料で示した耐震評価フローに基づき、横置円筒形容器の耐震評価を行う。必要に応じて当板拡張工事等による耐震補強も実施のうえ、J E A Gに基づく耐震評価を行うこととし、応答解析手法は構造に応じて理論式又ははりモデルを使い分け、応力評価手法は理論式を適用する。

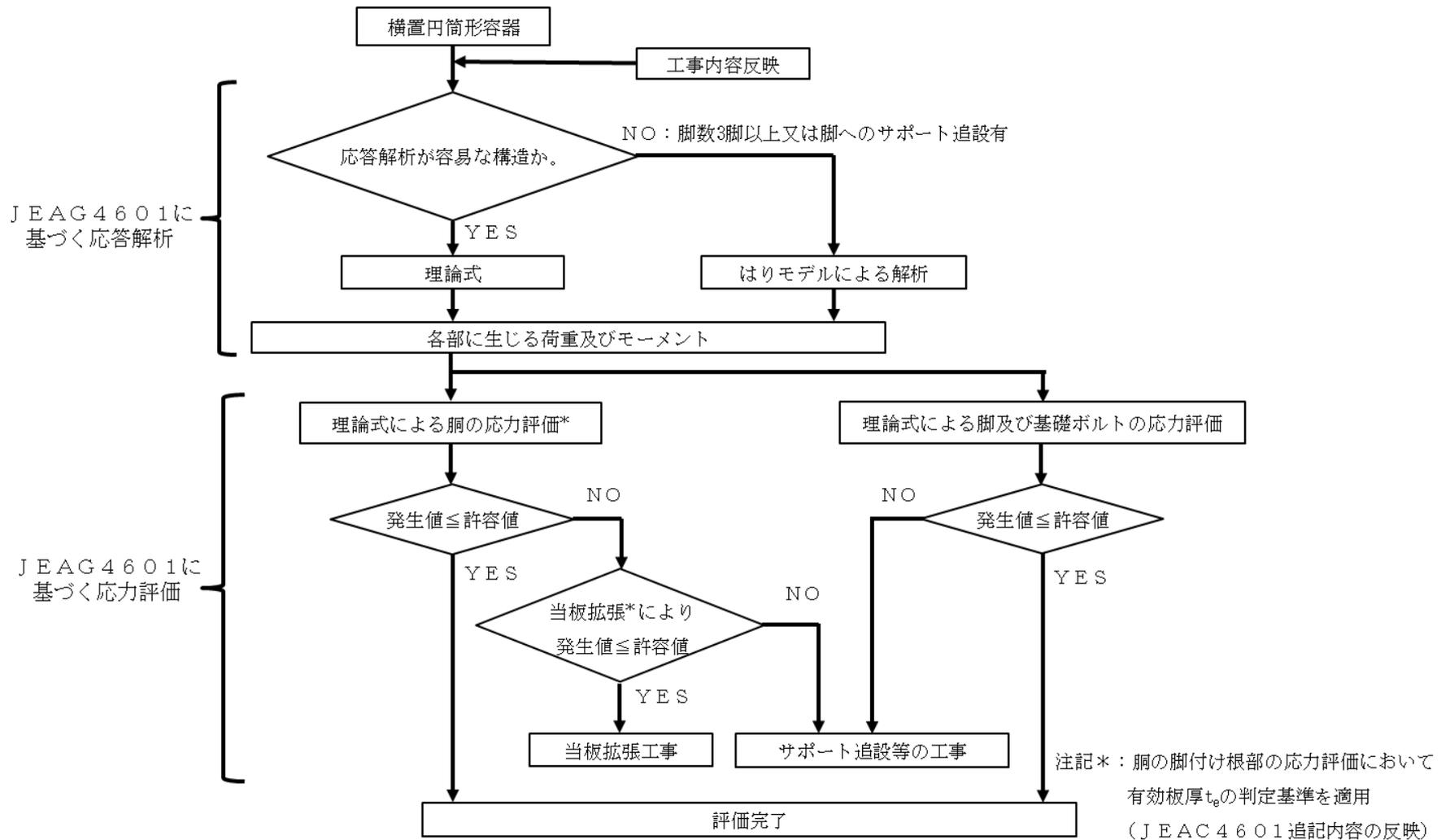


図1 横置円筒形容器の耐震評価フロー

表 1 横置円筒形容器の J E A Gに基づく耐震評価方法

No.	設備名称	新設/既設	構造上の特徴				応答解析	応力評価	備考
			脚数	耐震補強内容		当板考慮			
				当板拡張	サポート追設等				
1	逃がし安全弁逃がし弁機能用アキュムレータ	既設	1脚	—*1	—	—*1	理論式	分類①	
2	逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータ		2脚	—*1	—	—*1			
3	燃料プール冷却系熱交換器		2脚	○*2	—	○*2		理論式	分類②
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				—				
5	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				—				
6	原子炉補機冷却系熱交換器				脚底面にサポート追設				
7	高圧炉心スプレイ補機冷却系熱交換器		—						
8	グラント蒸気排ガスフィルタ		2脚	—*3	—	—*3			分類③
9	タービン補機冷却系熱交換器		—*3	脚底面にサポート追設	—*3				
10	ガスタービン発電機用サービスタンク		新設	2脚	—*4	—			○*4
11	原子炉浄化系補助熱交換器	既設	2脚	○*2	脚にサポート追設	○*2	はり モデル *5		分類⑤
12	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脚	○*2	—	○*2			
13	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				—				
14	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	新設	5脚	—*4	—	○*4	分類⑥		

注記\*1：当板を考慮せずに評価成立 [分類①]

\*2：当板拡張により評価成立 [分類②及び分類⑤]

\*3：波及的影響防止（転倒防止）の観点で胴は評価対象外 [分類③]

\*4：当板有効となるように新設 [分類④及び分類⑥]

\*5：脚数が3脚以上又は脚（底面以外）へサポートを追設している場合であり、応答解析に理論式同等のはりモデルの解析を適用 [分類⑤及び分類⑥]

表2 横置円筒形容器（当板拡張工事対象）の耐震評価方法の変更内容

	評価部位	既工認	設置変更許可審査	今回工認
地震荷重の 算出方法	胴	理論式 又ははりモデル	FEMモデルを用いた地震荷重の算出 (胴の応力評価と対応)	理論式
	脚		理論式又ははりモデルによる地震荷重の算出	
	基礎ボルト			
応力評価 方法	胴	理論式 (胴の有効板厚 $t_e$ に判定基準はなく、有効板厚 $t_e$ に当板の板厚を考慮)	FEMモデルを用いた応力評価 (胴の応力評価を精緻化)	理論式 (胴の有効板厚 $t_e$ の判定基準に基づいて当板拡張工事を実施し、有効板厚 $t_e$ に当板の板厚を考慮)
	脚		理論式による応力評価	
	基礎ボルト			
考え方		J E A G 4 6 0 1 - 1 9 8 7 発行前であったが、J E A G 4 6 0 1 - 1 9 8 7 と同等の評価方法を適用していた。J E A G - 1 9 8 7 には胴の脚付け根部の応力評価における有効板厚 $t_e$ の判定基準*は記載されておらず、当時は有効板厚 $t_e$ に当板の板厚を考慮していた。	J E A C 4 6 0 1 - 2 0 0 8 以降で胴の脚付け根部の応力評価における有効板厚 $t_e$ の判定基準*が追記されたことから、当該判定基準に基づいて評価を行い、有効板厚 $t_e$ に当板を考慮できないことにより評価不成立となるものについては、精緻な応力評価を実施することを目的としてFEMモデルを用いた評価を行う方針としていた。	J E A C 4 6 0 1 - 2 0 0 8 以降に追記された有効板厚 $t_e$ の判定基準*に基づいて、有効板厚 $t_e$ に当板の厚さを考慮可能となるように当板拡張工事を実施のうえ理論式による応力評価を行う方針とした。

注記\*：有効板厚  $t_e$  の判定基準について図2及び図3に示す。J E A G 4 6 0 1 - 1 9 8 7 (図2) には記載がなく、J E A C 4 6 0 1 - 2 0 0 8 (図3) 以降において追記されている。

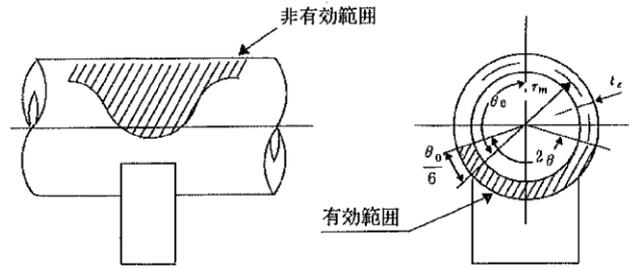


図 6.6.3-27 脚つけ根部の有効範囲

脚付け根部における胴の有効板厚 $t_e$ の判定基準について記載なし。

⑤ 運転時重量による脚つけ根部の応力

胴の脚つけ根部には、脚反力による局部応力が生じる。

胴の第1脚つけ根部に作用する反力は次式で表わされる。

$$P = R_1 \dots\dots\dots (6.6.3-313)$$

この反力 $P$ により生じる胴の局部応力は、<sup>(6.6.3-2)</sup>参考文献によると次のようにして求めることができる。

$$\gamma = r_m / t_e \dots\dots\dots (6.6.3-314)$$

$$\beta_1 = C_1 / r_m \dots\dots\dots (6.6.3-315)$$

$$\beta_2 = C_2 / r_m \dots\dots\dots (6.6.3-316)$$

$\beta_1 / \beta_2 \geq 1$  のとき

$$\beta = \left[ 1 - \frac{1}{3} (\beta_1 / \beta_2 - 1) (1 - K_1^*) \right] \sqrt{\beta_1 \beta_2} \dots\dots (6.6.3-317)$$

$\beta_1 / \beta_2 < 1$  のとき

$$\beta = \left[ 1 - \frac{4}{3} (1 - \beta_1 / \beta_2) (1 - K_2^*) \right] \sqrt{\beta_1 \beta_2} \dots\dots (6.6.3-318)$$

シェルパラメータ $\gamma$ 及びアタッチメントパラメータ $\beta$ によって、参考文献(6.6.3-2)の表より値を求める(以下\*を付記する。)ことにより応力は次式で表わされる。

・  $t_e$ : 小 (当板未考慮)  $\Rightarrow$  算出応力: 大  
 ・  $t_e$ : 大 (当板考慮)  $\Rightarrow$  算出応力: 小

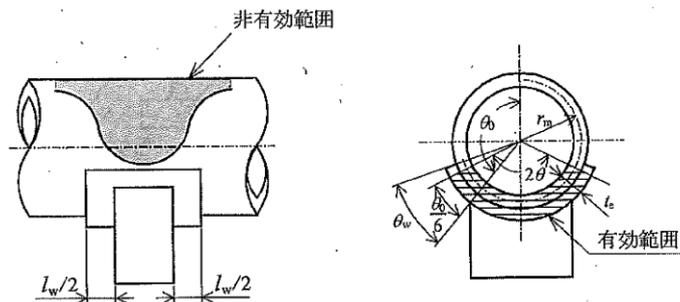
胴の脚付け根部の  
 応力計算式の一例

$$\sigma_{\phi 3} = \left( \frac{N_{\phi}}{P/r_m} \right)^* \cdot \left( \frac{P}{r_m t_e} \right) \dots\dots\dots (6.6.3-319)$$

$$\sigma_{x3} = \left( \frac{N_x}{P/r_m} \right)^* \cdot \left( \frac{P}{r_m t_e} \right) \dots\dots\dots (6.6.3-320)$$

⑥ 長手方向地震による脚つけ根部の応力

第2脚は、長手方向に自由にスライドできるので第1脚は図6.6.3-23のように変形し、脚つけ根部に生じる曲げモーメント及び鉛直荷重(偶力)は次式により与えられる。



脚付け根部における  
 胴の有効板厚 $t_e$   
 の判定基準追加箇所

附図 5.2.4-8 脚付け根部の有効範囲

胴の脚付け根部に取り付く当て板の大きさが、

$$\text{円周方向範囲 } \theta_w \geq \frac{\theta_0}{6} \quad \dots\dots\dots \text{(附 5.2.4-20)}$$

$$\text{長手方向範囲 } l_w \geq 1.56 \sqrt{\left(\frac{D_i + t}{2}\right) t} \quad \dots\dots\dots \text{(附 5.2.4-21)}$$

である場合、脚付け根部における胴の有効板厚  $t_e$  は胴板の厚さと当て板の厚さの合計とする。また、当て板が上記範囲を満たさない場合、 $t_e$  は胴板の厚さとする。

【解説】

(1) 長手方向曲げモーメントに対する胴の有効範囲

胴の脚付け根部に作用する曲げモーメントは胴の断面に対して一様に作用するものではなく、脚取付部において円周方向の曲げモーメントに置換される。

長手方向の曲げモーメントに対する胴の応力の影響範囲は、参考文献(附 4.3-3)によると脚上 $\theta_0/6$ の点までである。

(2) 当て板の長手方向範囲

当て板が式(附 5.2.4-21)の範囲に取り付いている場合には、JISB8278(2003) サドル支持の横置圧力容器に、長手方向の曲げモーメントにより胴の脚付け根部に生じる応力の計算に当て板を考慮してよいことが示されている。

e) 運転時質量及び鉛直方向地震力により生じる胴の脚付け根部の応力

胴の脚付け根部には、脚反力による局部応力が生じる。

胴の第1脚付け根部に作用する反力は、次による。

運転時質量による反力

$$P = R_1 \quad \dots\dots\dots \text{(附 5.2.4-22)}$$



図4 当板拡張工事の概要