

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-他-F-01-0093_改1
提出年月日	2021年11月9日

表示する数値の丸め方に関する説明資料

1. はじめに

今回工認において添付書類の「耐震性についての計算書」、「強度計算書」、「基本板厚計算書」及び「応力計算書」（以下「計算書」という。）に表示する数値の丸め方に関する基本的な考え方は、計算書作成に関する方針書等に規定されている（表 1-1 及び表 1-2）。

本書は、計算書の計算結果のうち許容応力等の数値の取り扱いについて説明するものである。

表 1-1 表示する数値の丸め方を規定する図書（「VI-2 耐震性に関する説明書」）

機器・配管系	
VI-2-1-13-1 ~ 9	機器・配管系（容器、ポンプ、管、計装品、電気品）の耐震性についての計算書作成の基本方針
原子炉圧力容器関係	
VI-2-3-3-2-1	炉心支持構造物の応力解析の方針
VI-2-3-4-1-1	原子炉圧力容器関係の応力解析の方針
VI-2-3-4-3-1	原子炉圧力容器内部構造物の応力解析の方針
VI-2-3-4-2-1 ~ 3	個別の計算書（原子炉圧力容器付属構造物）
原子炉格納容器関係	
VI-2-9-2-1-1 ~ VI-2-9-4-2	個別の計算書（原子炉格納容器関係）

表 1-2 表示する数値の丸め方を規定する図書（VI-3 強度に関する説明書）

機器・配管系	
VI-3-2-2 ~ 14	クラス1管~重大事故等クラス3機器の強度計算方法
原子炉圧力容器関係	
VI-2-3-3-2-1	炉心支持構造物の応力解析の方針
VI-2-3-4-1-1	原子炉圧力容器の応力解析の方針
VI-2-3-4-3-1	原子炉圧力容器内部構造物の応力解析の方針
原子炉格納容器関係	
VI-3-3-6-1-1-1 ~ VI-3-3-6-2-6	個別の計算書（原子炉格納容器関係）

2. 表示する数値の丸め方の例示

(1) 耐震性に関する説明書

添付書類「VI-2-1-13-1 スカート支持たて置円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載している表示する数値の丸め方を表 2-1 に例示する。ここで、耐震評価において数値の桁処理が重要となる項目として「算出応力」及び「許容応力」があるが、「算出応力」は切上げ処理、「許容応力」は切捨て処理を行うことにより評価の保守性を担保している。

許容応力の算出過程では中間的に取り扱う数値として、設計応力強さ S_m 、設計降伏点 S_y 及び設計引張強さ S_u 等（以下「 S_m 値等」という。）があり、評価する温度の条件によっては比例法により直線補間した値を用いるため少数の位を持つ値となる場合がある。ここで、 S_m 値等を許容応力評価条件として表示する際には切捨て処理により表示するが、 S_m 値等を用いて許容応力の計算を進める際には、表示する桁より多い少数の位を持つ値として計算し、最後の許容応力を算出する際に切捨て処理を行う。実際の許容応力の計算過程においては「発電用原子力設備に関する構造等の技術基準 質疑応答集（5年改定版）」に関する質疑応答（別紙）と同じように計算を実施している。

上記の数値の取扱いは、機器・配管系、原子炉圧力容器関係及び原子炉格納容器関係で同じ取扱いとなっている。

表 2-1 表示する数値の丸め方（例：スカート支持たて置円筒形容器）

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	s	小数点以下第4位	四捨五入	小数点以下第3位
震度	—	小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位
最高使用圧力	MPa	—	—	小数点以下第2位
温度	℃	—	—	整数位
比重	—	小数点以下第3位	四捨五入	小数点以下第2位
質量	kg	—	—	整数位
長さ	下記以外の長さ	mm	—	整数位 ^{*1}
	胴板の厚さ	mm	—	小数点以下第1位
	スカートの厚さ	mm	—	小数点以下第1位
面積	mm ²	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 ^{*2}
モーメント	N・mm	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 ^{*2}
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力 ^{*3}	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位

注記 *1：設計上定める値が小数点以下の場合は、小数点以下表示とする。

*2：絶対値が1000以上のときは、べき数表示とする。

*3：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏点は、比例法により補間した値の小数点以下第1位を切り捨て、整数位までの値とする。

(2) 基本板厚計算書及び応力計算書

添付書類「VI-3-2-10 重大事故等クラス 2 ポンプの強度計算方法」に記載している表示する数値の丸め方を表 2-2 に例示する。ここで、強度評価において数値の桁処理が重要となる項目として「算出応力」、「計算上必要な厚さ」、「許容応力」及び「最小厚さ」があるが、「算出応力」及び「計算上必要な厚さ」は切上げ処理、「許容応力」及び「最小厚さ」は切捨て処理を行うことにより評価の保守性を担保している。また、許容応力の算出過程で中間的に取り扱う数値については、耐震評価と同様の考え方である。

強度評価では、告示第 5 0 1 号に基づく評価も行っている場合があるが、告示第 5 0 1 号別表に記載された許容応力の工学単位系から SI 単位系への変換は、各温度の値を SI 単位に換算し、SA 単位に換算した値の小数点以下第 1 位を四捨五入して整数位までの値としている。

一方、原炉圧力容器関係及び原子炉格納容器関係については許容応力の SI 単位換算において切捨て処理を行い、その後、設計・建設規格と同様の換算と桁処理を行う。

表 2-2 表示する数値の丸め方（例：重大事故等クラス 2 ポンプ）

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁	
最高使用圧力	MPa	—	—	小数点以下第 2 位	
最高使用温度	℃	—	—	整数位	
許容応力* ¹	MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位	
算出応力	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位	
長さ	下記以外の長さ	mm	小数点以下第 2 位	四捨五入	小数点以下第 1 位
	計算上必要な厚さ	mm	小数点以下第 2 位	切上げ	小数点以下第 1 位
	最小厚さ	mm	小数点以下第 2 位	切捨て	小数点以下第 1 位
	ボルト谷径	mm	—	—	小数点以下第 3 位
面積	mm ²	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁* ²	
力	N	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁* ²	

注記*1：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における許容引張応力は、比例法により補間した値の小数点以下第 1 位を切り捨て、整数位までの値とする。また、告示第 5 0 1 号別表に記載された許容引張応力は、各温度の値を SI 単位に換算し、SI 単位に換算した値の小数点以下第 1 位を四捨五入して、整数位までの値とする。その後、設計・建設規格と同様の換算と桁処理を行う。

*2：絶対値が 1000 以上のときは、べき数表示とする。

3. 計算例

(1)再循環水出口ノズル (N1)

耐震評価及び強度評価における許容応力の計算例として、原子炉圧力容器のうち再循環水出口ノズル (N1) の形状・寸法・材料・応力評価点を図 3-1 に、許容応力評価条件を表 3-1 に、一次一般膜応力強さの応力強さの評価のまとめを表 3-2 に示す。また、応力評価面 P01-P02 における許容応力（一次一般膜応力）について、計算した過程と結果を表 3-3 に示す。

再循環水出口ノズル (N1) は、耐震性についての計算書では設計・建設規格を適用し、強度計算書では昭和 55 年告示を適用している。また、再循環水出口ノズル (N1) の計算では、許容応力の計算過程において、許容応力評価条件の表中の記載を用いた場合の許容応力と実際の計算結果で最小桁の数値に差が生じる場合があるため、比較値を表 3-1 にあわせて示す。

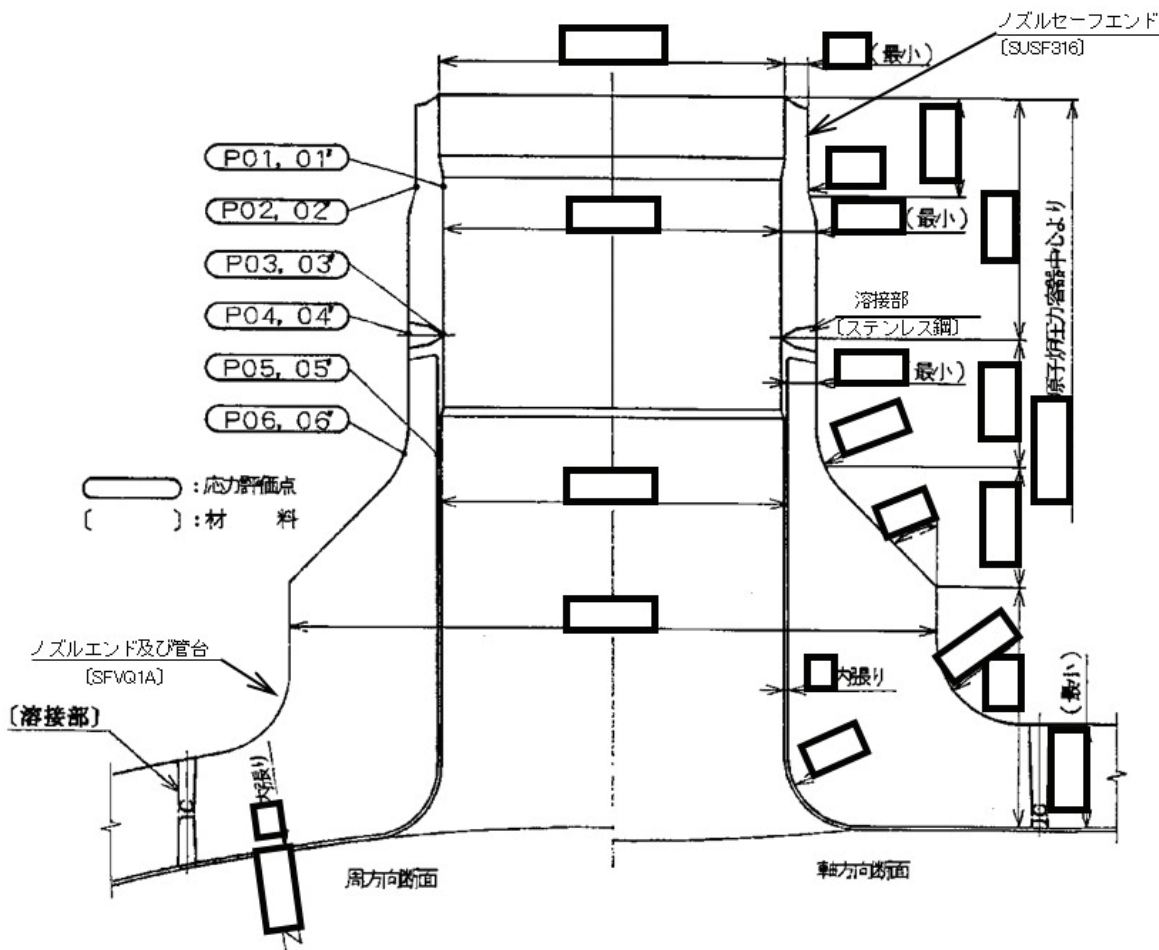


図 3-1 再循環水出口ノズル (N1) の形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)

表 3-1(1) 許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部位 (応力評価面)	材料	温度条件 (°C)	S _m (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)
再循環水出口ノズル (N1) (P01-P02)	SUSF316					

表 3-1(2) 許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部位 (応力評価面)	材料	温度条件 (°C)	S _m (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)
再循環水出口ノズル (N1) (P01-P02)	SUSF316					

表 3-2 応力強さの評価のまとめ（一次一般膜応力強さ）

(単位：MPa)

評価部位 (応力評価面)	運転状態Ⅲ _A S		運転状態Ⅳ _A S		運転状態Ⅴ	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
再循環水出口ノズル (N1) (P01-P02)	76	143	81	280	76	281

表 3-3 再循環水出口ノズル (N1) の一次一般膜応力の計算過程

手順		耐震性についての計算書 (設計・建設規格を適用)	強度計算書 (昭和 55 年告示を適用)
(1)	S _m 値等の算出	設計・建設規格の付録材料図表に記載された値を比例法により直線補間し、その値の小数第 2 位を切り捨てし小数第 1 位にする。 S _m 値 <input type="text"/> S _u 値 <input type="text"/>	告示の別表に記載された値を比例法により直線補間し、その値の小数第 3 位を切り捨てし小数第 2 位にする。 S _m 値 <input type="text"/> S _u 値 <input type="text"/>
(2)	表 3-1 「許容応力評価条件」における S _m 値等の表示	(1)の値の小数第 1 位を切り捨てし整数位として表示する。 S _m 値 <input type="text"/> S _u 値 <input type="text"/>	(1)の値を SI 単位に換算した値の小数第 1 位を切り捨てし整数位として表示する。 S _m 値 <input type="text"/> S _u 値 <input type="text"/>
(3)	各運転状態の許容応力の算出	(1)の値を基に各運転状態の許容値を算出する。 【許容応力状態 IV _A S】 = MIN [2.4 × S _m , 2/3 × S _u] <input type="text"/>	(1)の値を基に各運転状態の許容値を算出する。 【運転状態 V】 = MIN [2.4 × S _m , 2/3 × S _u] <input type="text"/>
(4)	表 3-2 「応力強さの評価のまとめ」における許容応力の表示	(3)の値の小数第 1 位を切り捨てし整数位として表示する。 【許容応力状態 IV _A S】 <input type="text"/>	(3)の値を SI 単位に換算した値の小数第 1 位を切り捨てし整数位として表示する。 【運転状態 V】 <input type="text"/>
比較値	(2)の値を用いて (3)及び(4)の計算を実施した場合の許容応力	<input type="text"/>	<input type="text"/>

(2) 制御棒駆動機構

強度評価における厚さの計算例として、制御棒駆動機構（インディケータチューブ）の概要図を図 3-2 に、平板の強度計算書を表 3-4 示す。

制御棒駆動機構は重大事故等クラス 2 管として強度評価を行っており、許容引張応力 S の算出において、最高使用温度における告示第 5 0 1 号別表に規定する値を用いているため、SI 単位換算において四捨五入の桁処理を行っている。

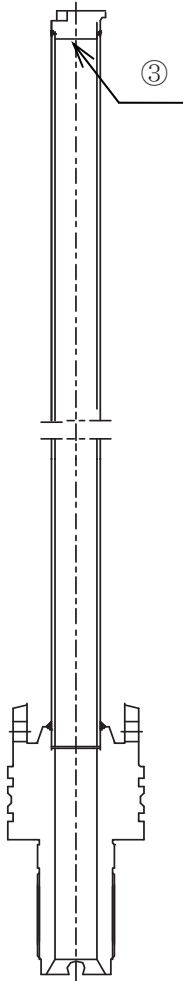
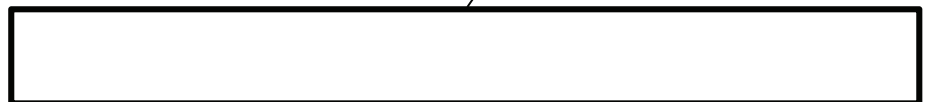


表 3-4 制御棒駆動機構の平板の強度計算書

			告示 第 5 0 1 号
NO.			3
設計条件			
平板の取付け方法			<input type="text"/>
平板の穴の有無			無し
最高使用圧力	P	(MPa)	10.34
最高使用温度		(°C)	315
平板の厚さ			
材 料			<input type="text"/>
許容引張応力	S	(MPa)	<input type="text"/>
取付け方法による係数	K		0.50
平 板 の 径	d	(mm)	<input type="text"/>
必 要 厚 さ	t	(mm)	<input type="text"/>
呼び厚さ	t_{p0}	(mm)	<input type="text"/>
最小厚さ	t_p	(mm)	<input type="text"/>
評価： $t_p \geq t$ ，よって十分である。			

図 3-2 インディケータ
チューブ概要図



4. まとめ

計算書に表示する数値の丸め方について、数値の桁処理が重要となる項目として「算出応力」、「計算上必要な厚さ」、「許容応力」及び「最小厚さ」があるが、「算出応力」及び「計算上必要な厚さ」は切上げ処理、「許容応力」及び「最小厚さ」は切捨て処理を行うことにより評価の保守性を担保している。

また、許容応力の算出過程では中間的に取り扱う数値については「発電用原子力設備に関する構造等の技術基準 質疑応答集（5年改定版）」に関する質疑応答（別紙）と同じように、保守的な値となるよう考慮されており、数値の取り扱いは適切である。

なお、強度評価では告示第501号別表を用いて許容応力計算する際に、工学単位系からSI単位系への変換においてSI単位に換算した値を四捨五入する場合と切捨てる場合があるが、その後の計算において最終的な許容応力を算出する際は切捨て処理を行うこととしており、評価の保守性を担保している。

以上

「発電用原子力設備に関する構造等の技術基準 質疑応答集（5年改定版）」

（抜粋）

2 1 - 4 中間温度の応力値（別表第 2）

質 問

別表第 2 に規定された温度の中間温度の応力値を比例法で求めるとき、値は切り捨てとするのか、四捨五入とするのか。また、1.5 Sm, 3 Sm 等を求めるとき中間の応力値を求めた後に係数倍するのか、係数倍した後に比例法で中間の応力値を求めるのか。

回 答

中間温度の応力値は比例法にて計算後、JIS Z 8401^(注) に従って丸めることができる。

また、1.5 Sm, 3 Sm 等を求める場合は、上記計算値（丸める前の値）を各々 1.5 倍、3 倍した後 JIS Z 8401 に従って丸めることができる。ただし、安全側（必要な有効数字以下は全て切り捨てる等）にとることは差し支えない。

（計 算 例） 別表第 2 SGV 42 の 120℃ の Sm 値

$$\begin{array}{l} \textcircled{1} \left(\begin{array}{l} \text{別表第 2 より} \\ 100^\circ\text{C} \rightarrow 13.7 \\ 150^\circ\text{C} \rightarrow 13.3 \end{array} \right) \quad 120^\circ\text{C} \xrightarrow{\text{比例計算}} 13.54 \\ \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \downarrow \text{JIS Z 8401} \\ \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \boxed{13.5} \end{array}$$

② 1.5 Sm, 3 Sm 値の求め方

$$\begin{array}{l} 1.5 \text{ Sm} = 13.54 \times 1.5 = 20.31 \xrightarrow{\text{JIS Z 8401}} \boxed{20.3} \\ 3 \text{ Sm} = 13.54 \times 3 = 40.62 \xrightarrow{\qquad \qquad \qquad} \boxed{40.6} \end{array}$$

（注） 小数点以下 1 ケタに丸める場合、小数点以下 2 ケタ目の数値が 5 未満なら切り捨て、5 を超える場合は切り上げる。
5 の場合は、小数点以下 1 ケタが 0, 2, 4, 6, 8 なら切り捨て、1, 3, 5, 7, 9 なら切り上げる。