

島根原子力発電所第2号機 審査資料	
資料番号	NS2-添 3-002-08(比)
提出年月日	2022年2月14日

先行審査プラントの記載との比較表

(VI-3-2-8 重大事故等クラス2ポンプの強度計算方法)

2022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。

先行審査プラントの記載との比較表 (VI-3-2-8 重大事故等クラス2ポンプの強度計算方法)

実線 ・ ・ 設備運用又は体制等の相違 (設計方針の相違)
波線 ・ ・ 記載表現, 設備名称の相違 (実質的な相違なし)
■ ・ ・ 補正時からの変更箇所

東海第二発電所 (2018. 10. 12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7 号機 (2020. 9. 25 版)	島根原子力発電所 2 号機	備考
比較表において, 相違理由を類型化したものについて以下にまとめて記載する。下記以外の相違については, 備考欄に相違理由を記載する。			
相違No.	相違理由		
①	島根 2 号機では左記の評価を行う重大事故等クラス 2 ポンプはない		
②	島根 2 号機では昭和55年の告示第 5 0 1 号を適用している		
③	島根 2 号機では告示第 5 0 1 号を用いた評価が設計・建設規格を用いた評価と比べて保守的となる機器があり, 計算には J I S B 8 2 4 3 を用いている		

東海第二発電所 (2018. 10. 12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7 号機 (2020. 9. 25 版)	島根原子力発電所 2 号機	備考
		<p>VI-3-2-8 重大事故等クラス 2 ポンプの強度計算方法</p> <p style="text-align: center;">目 次</p> <p>1. 一般事項 1</p> <p> 1.1 概要 1</p> <p> 1.2 適用規格及び基準との適合性 1</p> <p> 1.3 強度計算書の構成とその見方 3</p> <p> 1.4 計算精度と数値の丸め方 4</p> <p> 1.5 材料の表示方法 5</p> <p>2. 計算条件 6</p> <p> 2.1 ポンプの形式判別 6</p> <p> 2.2 計算部位 6</p> <p> 2.3 設計条件 6</p> <p>3. 重大事故等クラス 2 ポンプのうちクラス 2 ポンプの規定に基づく評価 7</p> <p> 3.1 共通記号 7</p> <p> 3.2 うず巻ポンプ又はターボポンプのケーシングの厚さ 8</p> <p> 3.3 うず巻ポンプ又はターボポンプのケーシングの吸込み及び吐出口部分の厚さ 9</p> <p> 3.4 ケーシング各部形状の規定 10</p> <p> 3.5 往復ポンプのリキッドシリンダー及びマニホールドに関するものの厚さ 15</p> <p> 3.6 うず巻ポンプ、ターボポンプ又は往復ポンプのケーシングカバーの厚さ 16</p> <p> 3.7 ボルトの平均引張応力 18</p> <p> 3.8 耐圧部分等のうち管台に係るもの（ケーシングの吸込口部分及び吐出口部分を除く。）の厚さ 20</p> <p> 3.9 吸込み及び吐出フランジ 20</p> <p>4. 重大事故等クラス 2 ポンプのうちクラス 2 ポンプの規定によらない場合の評価 21</p> <p> 4.1 立形ポンプの強度計算方法 21</p> <p>別紙 ポンプの強度計算書のフォーマット</p>	<p>・設備の相違</p> <p>【東海第二】</p> <p>島根 2 号機では左記の評価を行う重大事故等クラス 2 ポンプはない（以下、①の相違）</p>

東海第二発電所 (2018. 10. 12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7 号機 (2020. 9. 25 版)	島根原子力発電所 2 号機	備考
		<p>1. 一般事項</p> <p>1.1 概要</p> <p>本書は、<u>VI-3-1-5「重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物の強度計算の基本方針」</u>に基づき、重大事故等クラス2ポンプが十分な強度を有することを確認するための方法を説明するものである。</p> <p>1.2 適用規格及び基準との適合性</p> <p>(1) 強度計算は、<u>昭和55年通商産業省告示第501号「発電用原子力設備に関する構造等の技術基準」</u>(以下「告示第501号」という。)又は発電用原子力設備規格(設計・建設規格(2005年版(2007年追補版含む。))J SME S NC 1-2005/2007)(日本機械学会 2007年9月)(以下「設計・建設規格」という。)により行う。なお、設計基準対象施設のクラス3ポンプで重大事故等対処設備兼用となるポンプのうち、設計・建設規格のクラス2ポンプに規定がないものについては、クラス3ポンプの規定を準用する。</p> <p>(例) 軸垂直割りケーシングをもった1段あるいは多段の立型ポンプ</p> <p><u>告示第501号と設計・建設規格の比較に基づく、告示第501号各条項又は設計・建設規格各規格番号と強度計算書との対応は、表1-1に示すとおりである。</u></p> <p>(2) <u>告示第501号又は設計・建設規格に計算式の規定がないものについては、他の規格及び基準を適用して行う。</u></p> <p><u>日本産業規格</u>(以下「J I S」という。)と強度計算書との対応は、表1-2に示すとおりである。</p> <p>(3) 強度計算書で計算するもの以外のフランジは、以下に掲げる規格(材料に係る部分を除く。)又は設計・建設規格 別表2に掲げるものを使用する。(設計・建設規格 PMC-3710)</p> <p>a. J I S B 2 2 3 8 (1996)「鋼製管フランジ通則」</p>	<p>・適用規格の相違</p> <p>【東海第二】</p> <p>島根2号機では昭和55年の告示第501号を適用している(以下、②の相違)</p> <p>・適用規格の相違</p> <p>【東海第二】</p> <p>②の相違</p> <p>・適用規格の相違</p> <p>【東海第二】</p> <p>②の相違</p>

表 1-1 告示第 5 0 1 号各条項又は設計・建設規格各規格番号と強度計算書との対応

告示第 5 0 1 号 条項 設計・建設規格 規格番号	強度計算書の計算式 (章節番号)	備 考
(重大事故等クラス 2 ボンプ)		
PMC-3110	2.1	ポンプの形式判別
PMC-3320	3.2	うず巻ポンプ又はターボポンプのケーシングの厚さ
PMC-3330	3.3	うず巻ポンプ又はターボポンプのケーシングの吸込み及び吐出部分の厚さ
第 77 条第 7 項 PMC-3340	3.4	ケーシング各部形状の規定
PMC-3350	3.5	往復ポンプのリキッドシリンダー及びマニホールドに関するものの厚さ
第 77 条第 5 項 PMC-3410	3.6	うず巻ポンプ、ターボポンプ又は往復ポンプのケーシングカバーの厚さ
第 77 条第 6 項 PMC-3510	3.7	ボルトの平均引張応力
PMC-3610	3.8	耐圧部分等のうち管台に係るもの(ケーシングの吸込口部分及び吐出口部分を除く。)の厚さ
PMC-3710	3.9	吸込み及び吐出フランジ

表 1-2 J I S と強度計算書との対応

J I S		強度計算書の 計算式 (章節番号)	備 考
No.	項		
J I S B 8 2 4 3 (1981)		3.7	ボルトの平均引張応力 吸込み及び吐出フランジ*
「圧力容器の構造」附属書 2 「フランジの 応力計算方法」		3.9	
J I S B 8 2 6 5 (2003) *	3		
「圧力容器の構造—一般事項」附属書 3 (規 定) 「圧力容器のボルト締めフランジ」	4		

注記* : 設計・建設規格 PMC-3710により J I S B 8 2 6 5 (2003) 「圧力容器の構造—一般事項」(以下「J I S B 8 2 6 5」という。)の附属書 3 (規定) 「圧力容器のボルト締めフランジ」を用いて計算を行う。

・適用規格の相違
【東海第二】
②の相違
・適用規格の相違
【柏崎 7】
島根 2 号機では告示第 5 0 1 号を用いた評価が設計・建設規格を用いた評価と比べて保守的となる機器があり, 計算には J I S B 8 2 4 3 を用いている(以下, ③の相違)

・設備の相違
【東海第二, 柏崎 7】
③の相違

1.3 強度計算書の構成とその見方

- (1) 強度計算書は、本書と各ポンプの強度計算書からなる。
- (2) 各ポンプの強度計算書では、記号の説明及び計算式を省略しているため、本書によるものとする。

1.4 計算精度と数値の丸め方

計算の精度は、6桁以上を確保する。
表示する数値の丸め方は、表1-3に示すとおりとする。

表1-3 表示する数値の丸め方

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501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。

・適用規格の相違
【東海第二】
②の相違

東海第二発電所 (2018. 10. 12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7 号機 (2020. 9. 25 版)	島根原子力発電所 2 号機	備考
		<p>1.5 材料の表示方法</p> <p>材料は次に従い表示するものとする。</p> <p>(1) 設計・建設規格に定める材料記号を原則とする。 設計・建設規格に記載されていないが設計・建設規格に相当材が記載されている場合は、次のように表示する。 相当材記号 相当 (当該材記号) (例1) SM400A 相当 (SMA400AP) (例2) SCS14 相当 (ASME SA351 Gr. CF8M)</p> <p>(2) 使用する厚さ又は径等によって許容引張応力が異なる場合、材料記号の後に該当する厚さ又は径等の範囲を付記して表示する。 (例) SNB7 (径\leq63mm)</p> <p>(3) ガasket材料で非石綿の場合の表示は以下とする。 (例) 非石綿ジョイントシート 渦巻形金属ガasket (非石綿) (ステンレス鋼) 平形金属被覆ガasket (非石綿板) (ステンレス鋼) なお、この場合のガasket係数m及びガasketの最小設計締付圧力yは、J I S B 8 2 6 5 附属書3 表2 備考3より、ガasketメーカー推奨値を適用する。</p>	

東海第二発電所 (2018. 10. 12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020. 9. 25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考
		<p>2. 計算条件</p> <p>2.1 ポンプの形式判別</p> <p>ポンプの形式が、設計・建設規格 PMC-3110 に掲げるもの のうち、いずれかの形式に該当するかを判別する。</p> <p>(1) うず巻ポンプであって、ケーシングが軸垂直割り又は軸平行 割りであるもの</p> <p>(2) ターボポンプであって、ケーシングが軸垂直割り軸対称で あるもの又は軸平行割りであるもの</p> <p>(3) 往復ポンプ</p> <p>上記(1)及び(2)に掲げるポンプについては、設計・建設規格 PMC-3320からPMC-3340及びPMC-3400からPMC-3700、(3)に掲げ るポンプについては設計・建設規格 PMC-3350からPMC-3700の 規定に従って計算を行う。</p> <p>2.2 計算部位</p> <p>設計・建設規格 PMC-3000において強度計算の対象となる部 位を略図を用いて明らかにする。</p> <p>2.3 設計条件</p> <p>ポンプの強度計算は、最高使用圧力及び最高使用温度に対し て行う。</p> <p>耐圧部（吸込口及び吐出口を除く。）の厚さを求める計算に おいて、使用する最高使用圧力は、以下の(1)又は(2)による。</p> <p>(1) 最高使用圧力がポンプの吐出側、吸込側で同一の場合は、そ の最高使用圧力を使用する。</p> <p>(2) 最高使用圧力がポンプの吐出側、吸込側で相違している場合 は、以下の条件のうちいずれかにする。</p> <p>a. ケーシングの耐圧部（吸込口及び吐出口を除く。）を吸込側、 吐出側に分けそれぞれの最高使用圧力を使用する。 (分けない場合は、吐出側のみの最高使用圧力を使用する。)</p> <p>b. ピットバレル型（軸垂直割り軸対称ケーシング）ポンプの場合 は、吸込側の最高使用圧力のみを使用する。（ただし、一部管 台の計算においては、吐出側の最高使用圧力を使用する。）</p>	

3. 重大事故等クラス 2 ポンプのうちクラス 2 ポンプの規定に基づく評価
 3.1 共通記号
 重大事故等クラス 2 ポンプの強度計算において、特定の計算に限定せず、一般的に使用する共通記号を以下に示す。

告示第 5 0 1 号 又は 設計・建設規格 の記号	強度計算書の 表示	表 示 内 容	単 位
P	P	最高使用圧力	MPa
S	S	最高使用温度における告示第 5 0 1 号別表第 6 又は設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 5 に規定する材料の許容引張応力	MPa
t	t	ケーシングの計算上必要な厚さ	mm
	t _s	最小厚さ	mm
	t _{so}	呼び厚さ	mm
η	η	長手継手の効率で、設計・建設規格 PVC-3130 を適用する。	—

・適用規格の相違
【東海第二】
 ②の相違

3.2 うず巻ポンプ又はターボポンプのケーシングの厚さ

重大事故等クラス2ポンプにおけるうず巻ポンプ又はターボポンプのケーシング厚さは、設計・建設規格 PMC-3320を適用する。

(1) 記号の説明

設計・建設規格の記号	強度計算書の表示	表示内容	単位
A	A	図3-1~2 (設計・建設規格 図PMC-3320-1, 5) に示す寸法	mm

(2) 算式

$$t = \frac{P \cdot A}{2 \cdot S}$$

ただし、片吸込み1重うず巻ポンプについては、

$$t = \frac{P \cdot A}{S}$$

(3) 評価

最小厚さ (t_s) ≥ 計算上必要な厚さ (t) ならば十分である。

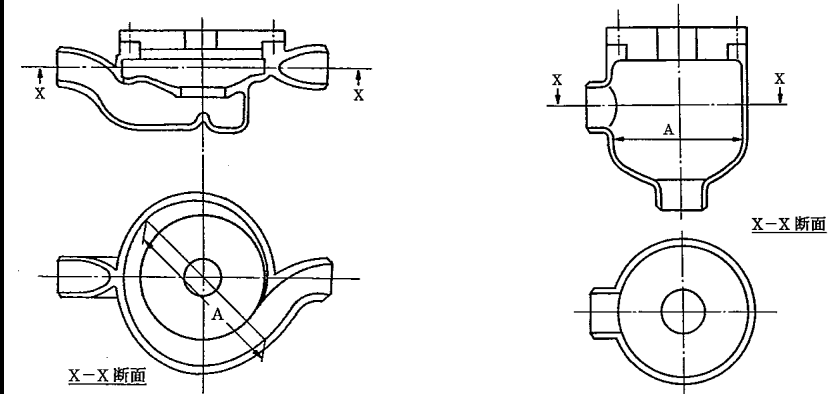


図3-1 1重うず巻ポンプの例
(設計・建設規格 図 PMC-3320-1)

図3-2 ターボポンプの例
(設計・建設規格 図 PMC-3320-5)

3.3 うず巻ポンプ又はターボポンプのケーシングの吸込み及び吐出口部分の厚さ

重大事故等クラス 2 ポンプにおけるうず巻ポンプ又はターボポンプのケーシングの吸込み及び吐出口部分の厚さは、設計・建設規格 PMC-3330を適用する。

(1) 記号の説明

設計・建設規格の記号	強度計算書の表示	表示内容	単位
l	l	図3-3 (設計・建設規格 図PMC-3330-1) に示す範囲	mm
r_i	r_i	吸込口部分又は吐出口部分の内半径	mm
r_m	r_m	次式により計算した値 $r_m = r_i + 0.5 \cdot t$	mm
	t_l	l の範囲の最小厚さ	mm
	t_o	l の範囲の呼び厚さ	mm

(2) 算式

$$l = 0.5 \cdot \sqrt{r_m \cdot t}$$

ただし, $r_m = r_i + 0.5 \cdot t$

(3) 評価

l の範囲の最小厚さ (t_l) \geq 計算上必要な厚さ (t) * ならば十分である。

注記* : ピットバレル型ポンプの吐出口部分については、吐出口の内径と吐出側の最高使用圧力を用いて求めた必要厚さと、ケーシング内径と吸込側の最高使用圧力を用いて求めた必要厚さの大きい値とする。

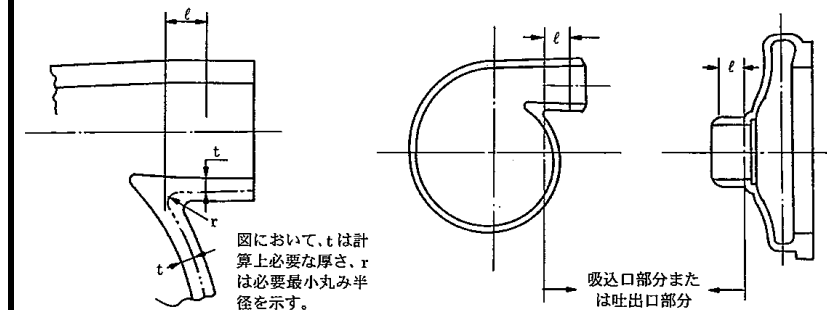


図3-3 吸込み及び吐出口部分の厚さの規定範囲の例
(設計・建設規格 図 PMC-3330-1)

3.4 ケーシング各部形状の規定

3.4.1 うず巻ポンプであって、ケーシングが軸垂直割り又は軸平行割りの形状の規定

2.1 項の(1)に掲げるポンプの形状は、告示第 5 0 1 号第 77 条第 7 項第 1 号から第 6 号又は、設計・建設規格 PMC-3340 (1) から (7) によるものとする。

(1) 記号の説明

告示第 5 0 1 号 又は 設計・建設規格 の記号	強度計算書 の表示	表示内容	単位
	r ₁	図3-4(a) (設計・建設規格 図PMC-3340-1(a)) に示す分流壁の両端の丸みの計算上必要な半径	mm
	r _{1s}	図3-4(a) (設計・建設規格 図PMC-3340-1(a)) に示す分流壁の両端の丸みの最小半径	mm
	r _{1so}	図3-4(a) (設計・建設規格 図PMC-3340-1(a)) に示す分流壁の両端の丸みの呼び半径	mm
	r ₂	図3-4(a) (告示第 5 0 1 号第 77 条第 7 項図 1 又は設計・建設規格 図PMC-3340-1(a)) に示す分流壁がケーシング壁面に交わる部分のすみの丸みの計算上必要な半径	mm
	r _{2s}	図3-4(a) (告示第 5 0 1 号第 77 条第 7 項図 1 又は設計・建設規格 図PMC-3340-1(a)) に示す分流壁がケーシング壁面に交わる部分のすみの丸みの最小半径	mm
	r _{2so}	図3-4(a) (告示第 5 0 1 号第 77 条第 7 項図 1 又は設計・建設規格 図PMC-3340-1(a)) に示す分流壁がケーシング壁面に交わる部分のすみの丸みの呼び半径	mm
	r ₃	図3-4(b) (設計・建設規格 図PMC-3340-1(b)) に示すボリュート巻始めの丸みの計算上必要な半径	mm
	r _{3s}	図3-4(b) (設計・建設規格 図PMC-3340-1(b)) に示すボリュート巻始めの丸みの最小半径	mm
	r _{3so}	図3-4(b) (設計・建設規格 図PMC-3340-1(b)) に示すボリュート巻始めの丸みの呼び半径	mm
	r ₄	図3-4(b) (設計・建設規格 図PMC-3340-1(b)) に示すクロッチの丸みの計算上必要な半径	mm
	r _{4s}	図3-4(b) (設計・建設規格 図PMC-3340-1(b)) に示すクロッチの丸みの最小半径	mm
	r _{4so}	図3-4(b) (設計・建設規格 図PMC-3340-1(b)) に示すクロッチの丸みの呼び半径	mm

・適用規格の相違
【東海第二】
②の相違
・適用規格の相違
【東海第二】
②の相違

告示第 5 0 1 号 又は 設計・建設規格 の記号	強度計算書 の表示	表示内容	単位
	r_5	図3-4(b) (告示第 5 0 1 号第77条第7項図2又は設計・建設規格 図PMC-3340-1(b)) に示すポリウレタン巻始めとケーシング壁面の交わる部分のすみの丸みの計算上必要な半径	mm
	r_{5s}	図3-4(b) (告示第 5 0 1 号第77条第7項図2又は設計・建設規格 図PMC-3340-1(b)) に示すポリウレタン巻始めとケーシング壁面の交わる部分のすみの丸みの最小半径	mm
	r_{5so}	図3-4(b) (告示第 5 0 1 号第77条第7項図2又は設計・建設規格 図PMC-3340-1(b)) に示すポリウレタン巻始めとケーシング壁面の交わる部分のすみの丸みの呼び半径	mm
	t_1	図3-4(a) (設計・建設規格 図PMC-3340-1(a)) に示す分流壁の点Bから点Cまでの範囲の計算上必要な厚さ	mm
	t_{1s}	図3-4(a) (設計・建設規格 図PMC-3340-1(a)) に示す分流壁の点Bから点Cまでの範囲の最小厚さ	mm
	t_{1so}	図3-4(a) (設計・建設規格 図PMC-3340-1(a)) に示す分流壁の点Bから点Cまでの範囲の呼び厚さ	mm

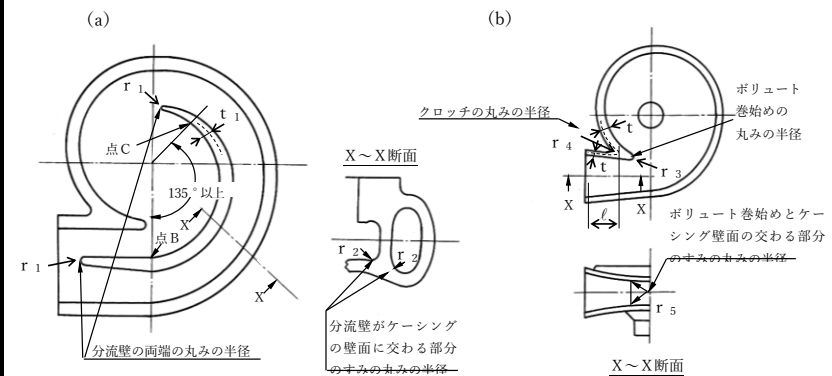


図3-4 うず巻ポンプのケーシング各部形状
(告示第 5 0 1 号第77条第7項図1, 図2又は設計・建設規格 図 PMC-3340-1)

・適用規格の相違
【東海第二】
②の相違

東海第二発電所 (2018. 10. 12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7 号機 (2020. 9. 25 版)	島根原子力発電所 2 号機	備考
		<p>(2) 算式</p> <p>a. $t_1 = 0.7 \cdot t$</p> <p>b. $r_1 = 0.05 \cdot t$</p> <p>c. $r_2 = 0.1 \cdot t$ 又は <u>7mm</u> のうちいずれか大きい値 (告示第 501 号の場合)</p> <p>d. $r_3 = 0.05 \cdot t$</p> <p>e. $r_4 = 0.3 \cdot t$</p> <p>f. $r_5 = 0.1 \cdot t$ 又は <u>7mm</u> のうちいずれか大きい値 (告示第 501 号の場合)</p> <p>(3) 評価</p> <p>a. 最小厚さ (t_{1s}) \geq 計算上必要な厚さ (t_1) ならば十分である。</p> <p>b. 最小半径 (r_{1s}) \geq 計算上必要な半径 (r_1) ならば十分である。</p> <p>c. 最小半径 (r_{2s}) \geq 計算上必要な半径 (r_2) ならば十分である。</p> <p>d. 最小半径 (r_{3s}) \geq 計算上必要な半径 (r_3) ならば十分である。</p> <p>e. 最小半径 (r_{4s}) \geq 計算上必要な半径 (r_4) ならば十分である。</p> <p>f. 最小半径 (r_{5s}) \geq 計算上必要な半径 (r_5) ならば十分である。</p>	<p>図 3-4(a) 型</p> <p>・適用規格の相違 【東海第二】 ②の相違</p> <p>図 3-4(b) 型</p> <p>・適用規格の相違 【東海第二】 ②の相違</p>

3. 4. 2 横軸であって軸垂直割り軸対称ケーシングをもつ多段のターボポンプのケーシングのボルト穴の規定
 重大事故等クラス 2 ポンプにおける 2. 1 項の (2) に掲げるポンプのうち、横軸であって軸垂直割り軸対称ケーシングをもつ多段ポンプのケーシングのボルト穴は、設計・建設規格 PMC-3340(8), (9) を適用する。

(1) 記号の説明

設計・建設規格の記号	強度計算書の表示	表示内容	単位
X	a	図3-5(a) (設計・建設規格 図PMC-3340-3(a)) に示すケーシングボルト中心円上の隣り合うボルト穴の中心間の弧の計算上必要な長さ	mm
	a s	図3-5(a) (設計・建設規格 図PMC-3340-3(a)) に示すケーシングボルト中心円上の隣り合うボルト穴の中心間の弧の最小長さ	mm
	a s o	図3-5(a) (設計・建設規格 図PMC-3340-3(a)) に示すケーシングボルト中心円上の隣り合うボルト穴の中心間の弧の呼び長さ	mm
	X	図3-5(b) (設計・建設規格 図PMC-3340-3(b)) に示すケーシングボルト穴と吐出ノズル内面との間の計算上必要な距離	mm
	X s	図3-5(b) (設計・建設規格 図PMC-3340-3(b)) に示すケーシングボルト穴と吐出ノズル内面との間の最小距離	mm
	X s o	図3-5(b) (設計・建設規格 図PMC-3340-3(b)) に示すケーシングボルト穴と吐出ノズル内面との間の呼び距離	mm
d	d b m	ケーシングボルトの呼び径	mm

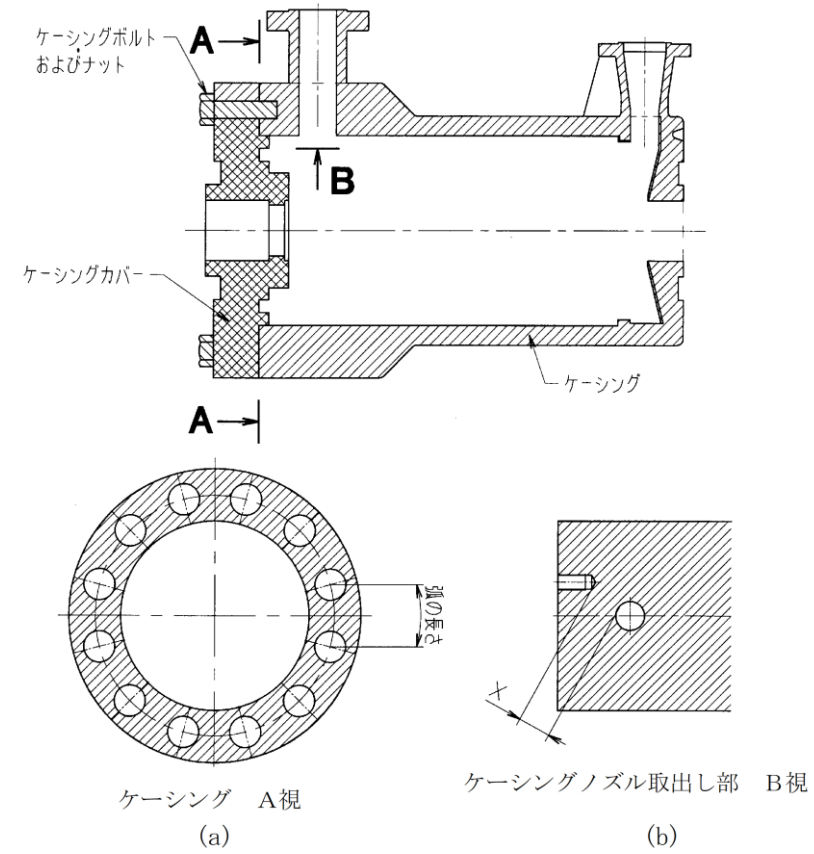


図3-5 横軸であって軸垂直割り軸対称ケージングをもつ多段のターボポンプのケージングのボルト穴回りの形状
(設計・建設規格 図 PMC-3340-3)

(2) 算式

a. $a = 2 \cdot d_{bm}$

b. $X = t$ 又は $0.5 \cdot d_{bm}$ のうちいずれか大きい値

(3) 評価

a. 最小長さ (a_s) \geq 計算上必要な長さ (a) ならば十分である。

b. 最小距離 (X_s) \geq 計算上必要な距離 (X) ならば十分である。

3.5 往復ポンプのリキッドシリンダー及びマニホールドに関するものの厚さ

重大事故等クラス 2 ポンプにおける往復ポンプのリキッドシリンダー及びマニホールドに関するものの厚さは、設計・建設規格 PMC-3350 を適用する。

(1) 記号の説明

設計・建設規格の記号	強度計算書の表示	表示内容	単位
D _i	D _i	リキッドシリンダー又はマニホールドの内径	mm
R _i	R _i	リキッドシリンダー又はマニホールドの内半径	mm
Z	Z	次式により計算された値 $Z = \frac{S \cdot \eta + P}{S \cdot \eta - P}$	—
	継手の種類		
	継手有り	同 左	—
	継手無し	同 左	—

(2) 算式

厚さが内半径の2分の1以下のもの

$$t = \frac{P \cdot D_i}{2 \cdot S \cdot \eta - 1.2 \cdot P}$$

厚さが内半径の2分の1を超えるもの

$$t = R_i \cdot (\sqrt{Z} - 1)$$

ただし, $Z = \frac{S \cdot \eta + P}{S \cdot \eta - P}$

(3) 評価

最小厚さ (t_s) ≥ 計算上必要な厚さ (t) ならば十分である。

東海第二発電所 (2018. 10. 12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7 号機 (2020. 9. 25 版)	島根原子力発電所 2 号機	備考												
		<p>3.6 うず巻ポンプ, ターボポンプ又は往復ポンプのケーシングカバーの厚さ</p> <p>3.6.1 うず巻ポンプ又はターボポンプのケーシングカバー (軸封部を除く。) の厚さ</p> <p>重大事故等クラス 2 ポンプにおけるうず巻ポンプ又はターボポンプのケーシングカバー (軸封部を除く。) の厚さは, <u>告示第 5 0 1 号第 77 条第 5 項第 1 号</u>又は設計・建設規格 PMC-3410(1)を適用する。</p> <p>(1) 記号の説明</p> <table border="1" data-bbox="1739 621 2502 953"> <thead> <tr> <th data-bbox="1739 621 1893 743">告示第 5 0 1 号 又は 設計・建設規格 の記号</th> <th data-bbox="1893 621 2006 743">強度計算書の 表示</th> <th data-bbox="2006 621 2415 743">表 示 内 容</th> <th data-bbox="2415 621 2502 743">単 位</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="1739 743 1893 865">d</td> <td data-bbox="1893 743 2006 865">d</td> <td data-bbox="2006 743 2415 865">告示第 5 0 1 号第 77 条第 5 項第 1 号の表又は設計・建設規格 表 PMC-3410-1 に示すケーシングカバーの取付け方法に応じたケーシングカバーの径又は最小内のり</td> <td data-bbox="2415 743 2502 865">mm</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1739 865 1893 953">K</td> <td data-bbox="1893 865 2006 953">K</td> <td data-bbox="2006 865 2415 953">告示第 5 0 1 号第 77 条第 5 項第 1 号の表又は設計・建設規格 表 PMC-3410-1 に規定するケーシングカバーの取付け方法による係数</td> <td data-bbox="2415 865 2502 953">—</td> </tr> </tbody> </table> <p>(2) 算式</p> $t = d \cdot \sqrt{\frac{K \cdot P}{S}}$ <p>(3) 評価</p> <p>最小厚さ (t_s) ≥ 計算上必要な厚さ (t) ならば十分である。</p>	告示第 5 0 1 号 又は 設計・建設規格 の記号	強度計算書の 表示	表 示 内 容	単 位	d	d	告示第 5 0 1 号第 77 条第 5 項第 1 号の表又は設計・建設規格 表 PMC-3410-1 に示すケーシングカバーの取付け方法に応じたケーシングカバーの径又は最小内のり	mm	K	K	告示第 5 0 1 号第 77 条第 5 項第 1 号の表又は設計・建設規格 表 PMC-3410-1 に規定するケーシングカバーの取付け方法による係数	—	<p>・適用規格の相違 【東海第二】 ②の相違</p> <p>・適用規格の相違 【東海第二】 ②の相違</p>
告示第 5 0 1 号 又は 設計・建設規格 の記号	強度計算書の 表示	表 示 内 容	単 位												
d	d	告示第 5 0 1 号第 77 条第 5 項第 1 号の表又は設計・建設規格 表 PMC-3410-1 に示すケーシングカバーの取付け方法に応じたケーシングカバーの径又は最小内のり	mm												
K	K	告示第 5 0 1 号第 77 条第 5 項第 1 号の表又は設計・建設規格 表 PMC-3410-1 に規定するケーシングカバーの取付け方法による係数	—												

3.6.2 往復ポンプのケーシングカバー (リキッドシリンダーカバー及びマニホールドカバー) の厚さ

重大事故等クラス 2 ポンプにおける往復ポンプのケーシングカバー (リキッドシリンダーカバー及びマニホールドカバー) の厚さは、告示第 5 0 1 号第 77 条第 5 項第 1 号又は設計・建設規格 PMC-3410(1)を適用する。

(1) 記号の説明

告示第 5 0 1 号 又は 設計・建設規格 の記号	強度計算書の 表示	表示内容	単位
d	d	告示第 5 0 1 号第 77 条第 5 項第 1 号の表又は設計・建設規格 表 PMC-3410-1 に示すケーシングカバー (リキッドシリンダーカバー又はマニホールドカバー) の取付け方法に応じたケーシングカバー (リキッドシリンダーカバー又はマニホールドカバー) の径又は最小内のり	mm
F	F	全体のボルトに作用する力 (セルフシールガスケットを用いる場合、F はボルト等に加わる平均引張応力の計算における W と等しい。)	N
h _g	h _g	ボルト中心円直径と d との差の 2 分の 1	mm
K	K	告示第 5 0 1 号第 77 条第 5 項第 1 号の表又は設計・建設規格 表 PMC-3410-1 に規定するケーシングカバー (リキッドシリンダーカバー又はマニホールドカバー) の取付け方法による係数	—
W	W	パッキンの外径又はケーシングカバーの接触面の外径内の面積に作用する全圧力	MPa

(2) 算式

平板形の場合

$$t = d \cdot \sqrt{\frac{K \cdot P}{S}}$$

(3) 評価

最小厚さ (t_s) ≥ 計算上必要な厚さ (t) ならば十分である。

- ・適用規格の相違
【東海第二】
②の相違
- ・適用規格の相違
【東海第二】
②の相違

3.7 ボルトの平均引張応力

重大事故等クラス 2 ポンプのボルトの平均引張応力は、告示第 5 0 1 号第 77 条第 6 項又は設計・建設規格 PMC-3510 を適用し、以下の方法により求める。

(1) 記号の説明

告示第 5 0 1 号 又は 設計・建設規格 の記号	強度計算書の 表示	表 示 内 容	単 位
A b	A b	ボルト1本当たりの最小軸断面積 $A_b = (\pi/4) \cdot d_b^2$	mm ²
	b	ガスケット座の有効幅	mm
	b o	ガスケット座の基本幅 (J I S B 8 2 4 3 附属書 2 表1又は J I S B 8 2 6 5 附属書 3 表3による。)	mm
	d b	ボルトのねじ部の谷の径と軸部の径の最小部のいずれか小さい方の径	mm
	D g	セルフシールガスケットの外径	mm
	G	ガスケット反力円の直径	mm
	G s	ガスケット接触面の外径	mm
	H	圧力によってフランジに加わる全荷重	N
	H p	気密を十分に保つために、ガスケット又は継手接触面に加える圧縮力	N
	m	m	ガスケット係数 (J I S B 8 2 4 3 附属書 2 表2又は J I S B 8 2 6 5 附属書 3 表 2による。)
N		ガスケットの接触面の幅 (J I S B 8 2 4 3 附属書 2 表1又は J I S B 8 2 6 5 附属書 3 表3による。)	mm
n		ボルトの本数	—
W	S b	最高使用温度における告示第 5 0 1 号別表第 8 又は設計・建設規格 付録材料図表 Part 5 表 7 に規定する材料の許容引張応力	MPa
	W	ボルトに作用する引張荷重 (注: 立形ポンプで評価対象ボルトに部品の自重が掛かる場合はその自重を荷重として加える。)	N

告示第 5 0 1 号 又は 設計・建設規格 の記号	強度計算書の 表示	表 示 内 容	単 位
W _{m1}	W _{m1}	使用状態における必要な最小ボルト荷重	N
W _{m2}	W _{m2}	ガスケット締付けに必要な最小ボルト荷重	N
y	y	ガスケットの最小設計締付圧力 (J I S B 8 2 4 3 附属書 2 表2又は J I S B 8 2 6 5 附属書 3 表2による。)	N/mm ²
S b	π	円周率	—
	σ	耐圧部分等のうちボルト等に係るものの最高使用圧力又はガスケット締付時のボルト荷重と釣り合う場合に生じる平均引張応力	MPa

・設備の相違
【東海第二, 柏崎 7】
③の相違

・設備の相違
【東海第二, 柏崎 7】
③の相違

東海第二発電所 (2018. 10. 12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7 号機 (2020. 9. 25 版)	島根原子力発電所 2 号機	備考
		<p>(2) 算式</p> <p>円形フランジをボルト等により締付ける場合</p> <p><u>J I S B 8 2 4 3 附属書2又は設計・建設規格</u></p> <p>PVB-3121の解説及び J I S B 8 2 6 5 附属書3の方法により計算する。</p> $\sigma = \frac{W}{n \cdot A_b}$ <p>ただし、Wは次式で計算されるW_{m1}、W_{m2}のいずれか大きい値とする。</p> $W_{m1} = H + H_p$ <p>ここで、$H = \frac{\pi}{4} \cdot G^2 \cdot P$</p> $H_p = 2 \cdot \pi \cdot b \cdot G \cdot m \cdot P$ $W_{m2} = \pi \cdot b \cdot G \cdot y$ <p>$b_o \leq 6.35\text{mm}$の場合</p> $b = b_o$ $G = G_s - N$ <p>$b_o > 6.35\text{mm}$の場合</p> $b = 2.52 \cdot \sqrt{b_o}$ $G = G_s - 2 \cdot b$ <p>なお、セルフシールガスケットを使用する場合は、次式を用いる。</p> $W_{m1} = H = \frac{\pi}{4} \cdot D_g^2 \cdot P$ $W_{m2} = 0$ <p>(3) 評価</p> <p>ボルトの平均引張応力 (σ) \leq 許容引張応力 (S_b) ならば十分である。</p>	<p>・設備の相違</p> <p>【東海第二，柏崎 7】</p> <p>③の相違</p>

3.8 耐圧部分等のうち管台に係るもの(ケーシングの吸込口部分及び吐出口部分を除く。)の厚さ
 重大事故等クラス 2 ポンプについては設計・建設規格 PMC-3610を適用する。

(1) 記号の説明

設計・建設規格の記号	強度計算書の表示	表示内容	単位
D。	D。	管台の外径	mm
	継手の種類		
	継手有り	同 左	—
	継手無し	同 左	—

(2) 算式

$$t = \frac{P \cdot D_o}{2 \cdot S \cdot \eta + 0.8 \cdot P}$$

(3) 評価

最小厚さ (t_s) ≥ 計算上必要な厚さ (t) ならば十分である。

3.9 吸込み及び吐出フランジ

重大事故等クラス 2 ポンプについては設計・建設規格 PMC-3710に規定されるフランジ (J I S 規格 (材料に係る部分を除く。)) 又は, 設計・建設規格 別表2のいずれか) を用いる。
 これ以外のフランジを用いる場合は, J I S B 8 2 6 5 附属書3により応力計算を行い, 必要な強度を有することを確認する。

4. 重大事故等クラス 2 ポンプのうちクラス 2 ポンプの規定によらない場合の評価

4.1 立形ポンプの強度計算方法

重大事故等クラス 2 ポンプのうち立形ポンプについては、設計・建設規格におけるクラス 2 ポンプに評価式が規定されていないため、立形ポンプの強度評価については、以下に示すとおり重大事故等クラス 2 ポンプの評価手法として妥当性を確認した設計・建設規格に規定されているクラス 3 ポンプの評価式及び判断基準を用いた評価を実施する。

4.1.1 軸垂直割りケーシングをもった 1 段あるいは多段の立形ポンプの吐出エルボ、揚水管及びボウルの厚み

(1) 記号の説明

設計・建設規格の記号	強度計算書の表示	表示内容	単位
D _o	D _o	図 4-1 (設計・建設規格 図 PMD-3310-7) に示す吐出エルボの外径寸法、揚水管の外径寸法又は個々のボウルの吸込側の最大外径寸法	mm
d	d	吐出エルボ、揚水管又はボウルの内径寸法	mm
y	y	0.4 (D _o /t ≥ 6.0 の場合) d / (d + D _o) (D _o /t < 6.0 の場合)	—
η	η	長手継手の効率で、設計・建設規格 PVD-3110 を適用する。	—

(2) 算式

$$t = \frac{P \cdot D_o}{2 \cdot (S \cdot \eta + P \cdot y)}$$

(3) 評価

最小厚さ (t_s) ≥ 計算上必要な厚さ (t) ならば十分である。

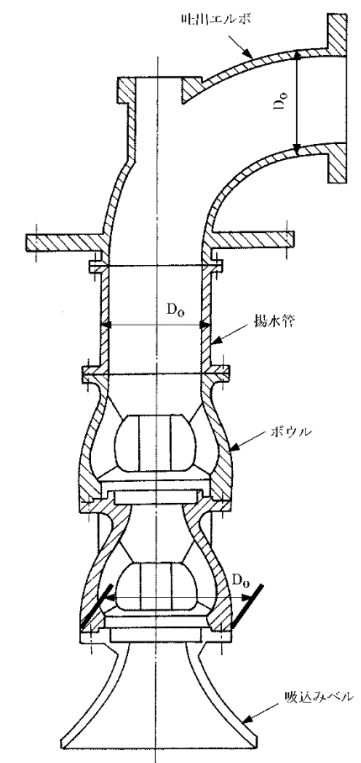


図 4-1 軸垂直割りケーシングをもった多段の立形ポンプの例
(設計・建設規格 図 PMD-3310-7)

東海第二発電所 (2018. 10. 12 版)	柏崎刈羽原子力発電所 7号機 (2020. 9. 25 版)	島根原子力発電所 2号機	備考
			・設備の相違 【東海第二】 ①の相違

別紙 ポンプの強度計算書のフォーマット

VI-〇-〇-〇-〇 〇〇〇ポンプの強度計算書

まえがき

本計算書は、VI-3-1-5「重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物の強度計算の基本方針」及びVI-3-2-8「重大事故等クラス2ポンプの強度計算方法」に基づいて計算を行う。

評価条件整理結果を以下に示す。なお、評価条件の整理に当たって使用する記号及び略語については、VI-3-2-1「強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

・評価条件整理表

機器名	建設 or 新設	施設時の技術基準に對象とする施設の有無があるか	クラスアップするか				条件アップするか				既設部における評価基準の有無	施設時の適用規格	評価区分	同等性評価区分	評価クラス	
			クラスアップの有無	施設時機器クラス	DBクラス	SAクラス	条件アップの有無	DB条件圧力 (MPa)	SA条件圧力 (MPa)	DB条件温度 (℃)						SA条件温度 (℃)

目 次

- 1. 計算条件
 - 1.1 ポンプ形式
 - 1.2 計算部位
 - 1.3 設計条件
- 2. 強度計算
 - 2.1 ケーシングの厚さ
 - 2.2 ケーシングの吸込み及び吐出口部分の厚さ
 - 2.3 ケーシングのボルト穴
 - 2.4 ケーシングカバーの厚さ
 - 2.5 ボルトの平均引張応力
 - 2.6 耐圧部分等のうち管台に係るものの厚さ
 - 2.7 設計・建設規格における材料の規定によらない場合の評価

1. 計算条件

1.1 ポンプ形式

ターボポンプであって、ケーシングが軸垂直割りで軸対称であるものに相当する。

1.2 計算部位

概要図に強度計算箇所を示す。

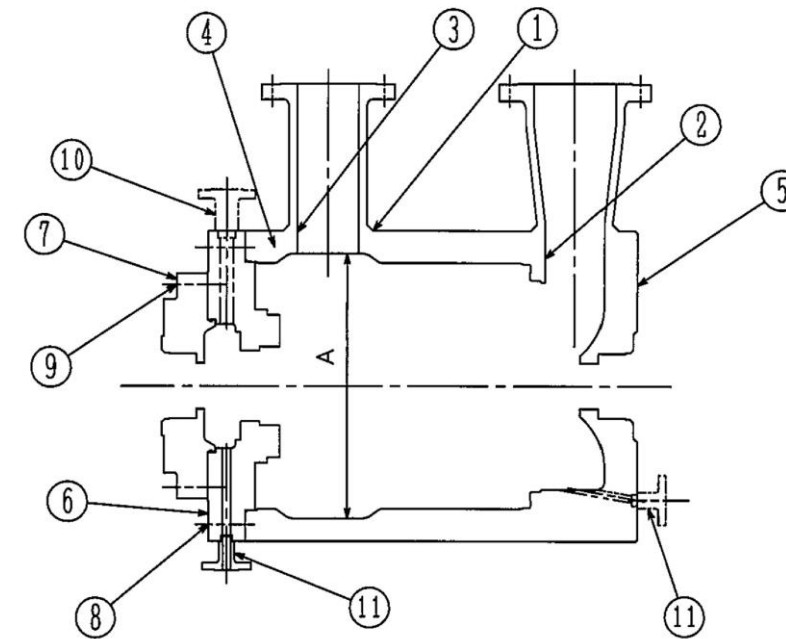


図 1-1 概要図

1.3 設計条件

設計条件	
最高使用圧力 (MPa)	
最高使用温度 (°C)	

2. 強度計算

2.1 ケーシングの厚さ

設計・建設規格 PMC-3320

計算部位	材料	P (MPa)	S (MPa)	A (mm)
①				

t (mm)	t _{so} (mm)	t _s (mm)

評価：t_s ≥ t, よって十分である。

2.2 ケーシングの吸込み及び吐出口部分の厚さ

設計・建設規格 PMC-3330

(単位：mm)

計算部位	r _i	r _m	ℓ	t	t _{io}	t _l
②						
③						

評価：t_ℓ ≥ t, よって十分である。

2.3 ケーシングのボルト穴

設計・建設規格 PMC-3340 (告示第 5 0 1 号第 77 条第 7 項)

(単位：mm)

計算部位	d _{bm}	a	a _{so}	a _s	X	X _{so}	X _s
④							

評価：a_s ≥ a, よって十分である。

評価：X_s ≥ X, よって十分である。

・適用規格の相違
【東海第二】
②の相違

2.4 ケーシングカバーの厚さ

設計・建設規格 PMC-3410 (告示第 5 0 1 号第 77 条第 5 項第 1 号)

計算部位	材料	P (MPa)	S (MPa)	平板形	
				d (mm)	K
⑤					
⑥					
⑦					

t (mm)	t _{so} (mm)	t _s (mm)

評価： $t_s \geq t$, よって十分である。

2.5 ボルトの平均引張応力

設計・建設規格 PMC-3510 (告示第 5 0 1 号第 77 条第 6 項)

計算部位	材料	P (MPa)	S _b (MPa)	d _b (mm)	n	A _b (mm ²)
⑧						
⑨						

ガスケット材料	ガスケット厚さ (mm)	ガスケット 座面形状	G _s (mm)	G (mm)	D _g (mm)

H (N)	H _p (N)	W _{m1} (N)	W _{m2} (N)	W (N)	σ (MPa)

評価： $\sigma \leq S_b$, よって十分である。

・適用規格の相違
【東海第二】
②の相違

・設備の相違
【東海第二, 柏崎 7】
③の相違

2.6 耐圧部分等のうち管台に係るものの厚さ
設計・建設規格 PMC-3610

計算部位	材料	P (MPa)	S (MPa)	D _o (mm)
⑩				
⑪				

継手の種類	放射線透過試験の有無	η

t (mm)	t _{so} (mm)	t _s (mm)

評価： $t_s \geq t$ ， よって十分である。

設計・建設規格における材料の規定によらない場合の評価の評価結果例

2.7 設計・建設規格における材料の規定によらない場合の評価 (材料記号を記載)

ケーシング (使用材料規格: J I S G O O O O ΔΔΔΔ) の評価結果

(比較材料: J I S G O O O O ΔΔΔΔ)

ケーシング及びケーシングカバーに使用しているΔΔΔΔは、材料の許容引張応力が設計・建設規格に記載されていないことから、材料の許容引張応力が設計・建設規格に記載されている材料と機械的強度及び化学成分を比較し、同等であることを示す。

(1) 機械的強度

	引張強さ	降伏点又は耐力	比較結果
使用材料	370N/mm ² 以上	215N/mm ² 以上	引張強さ及び降伏点は同等である。
比較材料	370N/mm ² 以上	215N/mm ² 以上	

(2) 化学的成分

	化学成分(%)									
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	V
使用材料	0.25 以下	0.35 以下	0.30 ~ 0.90	0.040 以下	0.040 以下	—	—	—	—	—
比較材料	0.25 以下	0.10 ~ 0.35	0.30 ~ 0.90	0.035 以下	0.035 以下	—	—	—	—	—
比較結果	Si, P, S の成分規定に差異があるが、以下により、本設備の環境下での使用は問題ないとする。 Si: 一般的に機械的強度に影響を与える成分であるが、(1)の評価結果からも機械的強度は同等以上であること。 P: じん性に影響を与える成分であるが、設計・建設規格クラス2の規定でも破壊じん性試験が要求されない範囲であること。 S: じん性に影響を与える成分であるが、設計・建設規格クラス2の規定でも破壊じん性試験が要求されない範囲であること。									

(3) 評価結果

(1), (2)の評価により、機械的強度、化学成分、いずれにおいても比較材料と同等であることを確認したため、本設備において、ΔΔΔΔを重大事故等クラス2材料として使用することに問題ないとする。

(材料記号を記載)