

本資料のうち、枠囲みの内容は、機密事項に属しますので公開できません。

柏崎刈羽原子力発電所第7号機 工事計画審査資料	
資料番号	KK7添-3-008-16 改0
提出年月日	2020年4月23日

V-3-3-6-1-4-1 原子炉格納容器貫通部の基本板厚計算書

K7 ① V-3-3-6-1-4-1 R0

2020年4月  
東京電力ホールディングス株式会社

V-3-3-6-1-4-1 原子炉格納容器配管貫通部及び電気配線貫通部の基本板厚計算書

- (1) 原子炉格納容器配管貫通部（既設）及び電気配線貫通部の基本板厚計算書
- (2) 原子炉格納容器配管貫通部（X-112 及び X-253）の基本板厚計算書

- (1) 原子炉格納容器配管貫通部（既設）及び電気配線貫通部の  
基本板厚計算書

## 目 次

1. 一般事項	1
1.1 概要	1
1.2 適用基準	1
1.3 計算精度と数値の丸め方	2
2. 設計条件	3
2.1 重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度	3
2.2 水荷重	3
2.3 材料及び許容応力	5
3. 原子炉格納容器貫通部の基本板厚計算	7
3.1 スリーブ及び管	7
3.2 端板	21
3.3 穴あき端板	25
3.3.1 二重管型貫通部	26
3.3.2 計装用貫通部	41
3.4 電気配線貫通部（アダプタ及びヘッダ）	47
3.5 ボルト締め端板（X-3 に付く端板）	57
3.6 フランジ	59
3.6.1 評価部位	59
3.6.2 強度評価	61
3.6.3 計算方法	64
3.6.4 計算条件	64
3.6.5 応力の評価	64
3.6.6 評価結果	64
3.7 穴の補強計算	67
4. 参照図書	86

## 1. 一般事項

### 1.1 概要

本計算書は、原子炉格納容器配管貫通部及び電気配線貫通部（以下「原子炉格納容器貫通部」という。）の基本板厚計算書である。

原子炉格納容器貫通部は、設計基準対象施設の原子炉格納容器貫通部を重大事故等クラス2容器として兼用する機器である。

以下、重大事故等クラス2容器としてV-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びV-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」に基づくとともに、V-3-2-8「重大事故等クラス2容器の強度計算方法」に準じて、原子炉格納容器貫通部の構造強度評価を示す。

### 1.2 適用基準

適用基準を以下に示す。

- (1) 発電用原子力設備に関する構造等の技術基準（昭和55年10月30日 通商産業省告示第501号）（以下「告示第501号」という。）

## 1.3 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表1-1に示すとおりとする。

表 1-1 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	
圧力	MPa	—	—	小数点以下第2位	
圧力	kPa	—	—	整数位	
温度	℃	—	—	整数位	
許容応力* <sup>1</sup>	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1位	四捨五入	整数位
	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
面積	下記以外の面積	mm <sup>2</sup>	有効数字4桁目	四捨五入	有効数字3桁* <sup>2</sup>
	必要な面積	mm <sup>2</sup>	有効数字4桁目	切上げ	有効数字3桁* <sup>2</sup>
	有効な面積	mm <sup>2</sup>	有効数字4桁目	切捨て	有効数字3桁* <sup>2</sup>
角度	rad	有効数字4桁目	四捨五入	有効数字3桁	

注記\*1：告示第501号別表に記載された温度の間における許容引張応力，設計降伏点及び設計引張強さは，比例法により補間した値の小数点以下第2位を切り捨て，小数点以下第1位までの値として算出する。得られた値をSI単位に換算し，SI単位に換算した値の小数点以下第1位を切り捨て，整数位までの値とする。

\*2：絶対値が1000以上のときはべき数表示とする。

2. 設計条件

2.1 重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度

重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度は、以下のとおりとする。

以下の条件と異なるスリーブ及び二重管型貫通部の端板と管の設計条件をそれぞれ表 2-1～表 2-4 に示す。

内圧  $P_{SA}$                       620kPa (SA後)  
 温度  $T_{SA}$                       200℃ (SA後)

2.2 水荷重

重大事故等対処設備の評価に用いる水荷重として、没水時における下記の水位による水頭圧を考慮する。

ドライウエル    水位 T. M. S. L. 7400mm  
 サプレッションチェンバ    水位 T. M. S. L. 8950mm

表 2-1 設計条件の異なるスリーブ (ドライウエル)

貫通部番号	評価圧力		評価温度 (℃)
	内圧	外圧	
X-30B, C	3.43 (MPa)	—	200
X-61～64	1.37 (MPa)	—	200
X-69	0.86 (MPa)	—	200
X-161A, B	—	620 (kPa)	200
X-610, 710	—	620 (kPa)	200
X-620	0.98 (MPa)	—	200
X-650A～D X-651A～D X-750A～D X-751A～D	—	620 (kPa)	302
X-680A, B X-780A, B	—	620 (kPa)	200
X-700A～H, J, K	—	620 (kPa)	302



表 2-2 設計条件の異なる二重管型貫通部の端板と管 (ドライウエル)

貫通部番号	評価圧力		評価温度 (°C)	
	端板	管	端板	管
X-10A~D	620 (kPa)	8.62 (MPa)	302	302
X-11	620 (kPa)	8.62 (MPa)	302	302
X-12A, B	620 (kPa)	9.22 (MPa)	306	306
X-22	620 (kPa)	9.22 (MPa)	306	306
X-31B, C	620 (kPa)	9.22 (MPa)	306	306
X-33A~C	620 (kPa)	9.22 (MPa)	306	306
X-35B, C	620 (kPa)	9.22 (MPa)	306	306
X-37	620 (kPa)	9.22 (MPa)	306	306
X-38	620 (kPa)	8.62 (MPa)	302	302
X-50	620 (kPa)	8.62 (MPa)	302	302
X-60	620 (kPa)	1.37 (MPa)	200	200
X-65	620 (kPa)	1.37 (MPa)	200	200
X-66	620 (kPa)	1.37 (MPa)	200	200
X-70	620 (kPa)	0.86 (MPa)	200	200
X-71A, B	620 (kPa)	1.77 (MPa)	200	200
X-72	620 (kPa)	1.77 (MPa)	200	200
X-170	620 (kPa)	8.62 (MPa)	302	302
X-610	—	18.6 (MPa)	—	200
X-621	620 (kPa)	0.98 (MPa)	200	200
X-700A~H, J, K	—	8.62 (MPa)	—	302
X-710	—	18.6 (MPa)	—	200

表 2-3 設計条件の異なるスリーブ (サブプレッションチェンバ)

貫通部番号	評価圧力		評価温度 (°C)
	内圧	外圧	
X-200B, C	3.43 (MPa)	—	200
X-331A, B	—	620 (kPa)	200

表 2-4 設計条件の異なる二重管型貫通部の端板と管 (サブプレッションチェンバ)

貫通部番号	評価圧力		評価温度 (°C)	
	端板	管	端板	管
X-213	620 (kPa)	0.98 (MPa)	200	200

## 2.3 材料及び許容応力

### (1) 材料

使用する材料を表 2-5 に示す。なお、フランジについては「3.6 フランジ」に示す。

### (2) 許容引張応力

使用材料の許容引張応力は、V-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」に基づき、告示第 5 0 1 号別表第 10 に規定されている値の 0.6 倍とする。なお、スリーブ及び管の外圧評価における使用材料の許容引張応力は、告示第 5 0 1 号別表第 4 に規定されている値とする。使用材料の許容引張応力を表 2-5 に示す。

表 2-5 使用材料表 (その 1)

使用部位	使用材料	温度条件 (°C)	許容引張応力 (MPa)		備考
			$0.6 \cdot S_u^{*1}$	$S^{*2}$	
下部ドライウェル アクセストネル鏡板		200		—	
		200		—	
スリーブ		200			
		200		—	
		200		—	
		200		—	
		200		—	
		200		—	
端板		302			
		200		—	
		200		—	
		302		—	
		306		—	
		200		—	
		306		—	
		200		—	
		302		—	
		200		—	
		302		—	
		200		—	
302	—				

注記\*1：許容引張応力  $S$  は  $0.6 \cdot S_u$  とする。ここで、 $S_u$  は告示第 5 0 1 号別表第 10 に規定されている値である。

\*2：許容引張応力  $S$  は告示第 5 0 1 号別表第 4 に規定されている値である。

表 2-5 使用材料表 (その 2)

使用部位	使用材料	温度条件 (°C)	許容引張応力 (MPa)		備考
			$0.6 \cdot S_u^{*1}$	$S^{*2}$	
管		302		—	
		306		—	
		200		—	
		200		—	
		302		—	
		200		—	
		200		—	
		302		—	
		306		—	

注記\*1：許容引張応力  $S$  は  $0.6 \cdot S_u$  とする。ここで、 $S_u$  は告示第 501 号別表第 10 に規定されている値である。

\*2：許容引張応力  $S$  は告示第 501 号別表第 4 に規定されている値である。

3. 原子炉格納容器貫通部の基本板厚計算

「2. 設計条件」に示す重大事故等時の条件に基づき、原子炉格納容器貫通部各部の板厚計算を行った結果を以下に示す。

3.1 スリーブ及び管

スリーブ及び管の形状を図3-1に示し、各寸法を表3-1～表3-5に示す。

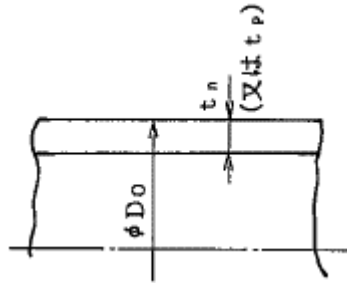


図3-1 スリーブ及び管の形状

(1) 記号の説明

告示第501号 の記号	計算書の表示	表示内容	単位
t	t	必要な厚さ	mm
	$t_R$	計算上必要な厚さ	mm
	$t_{R'}$	規格上必要な最小厚さ	mm

(2) 内圧に対する必要厚さ（告示第501号第26条第1項第1号）

スリーブ及び管の内圧に対する必要厚さの算出式を以下に示し、計算結果を表3-1～表3-4に示す。

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

(3) 外圧に対する厚さ（告示第501号第26条第1項第2号）

貫通部の外圧に対する評価結果として、スリーブ及び管の許容外圧を表3-5に示す。

(4) 結論

内圧を受けるスリーブ及び管の最小厚さは必要厚さより大きく、また、外圧を受けるスリーブ及び管の許容外圧は外面に受ける最高の圧力より大きいので、告示第501号の要求を満足している。

表 3-1 スリーブの板厚計算結果 (ドライウェル) (その 1)

貫通部番号		X-660A~D	X-620	X-69	X-142A~D, X-143A~D, X-144A~D, X-147	X-740	X-82
材料*1							
最高使用圧力	P (MPa)	0.70*2	0.98	0.86	0.62	0.70*2	0.62
最高使用温度	(°C)	200	200	200	200	200	200
胴の外径	D <sub>o</sub> (mm)						
許容引張応力	S*3 (MPa)						
継手効率	η	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
継手の種類		継手無し	継手無し	継手無し	継手無し	継手無し	継手無し
放射線検査の有無		—	—	—	—	—	—
計算上必要な厚さ	t <sub>R</sub> (mm)	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
必要厚さ*4	t <sub>R</sub> ' (mm)	2.2	2.7	3.0	3.0	3.4	3.8
t <sub>R</sub> , t <sub>R</sub> ' の大きい値	t (mm)	2.2	2.7	3.0	3.0	3.4	3.8
呼び厚さ	t <sub>n</sub> (mm)						
最小厚さ	t <sub>nm</sub> (mm)						
評価: t <sub>nm</sub> ≥ t であること。		○	○	○	○	○	○

注記\*1: [ ] 及び [ ] は、各々 [ ] 及び [ ] を示す。

\*2: 最高使用圧力には水荷重として没水時の水位における水頭圧を含む。

\*3: Sは0.6・S<sub>u</sub>とする。

\*4: 告示第501号第26条第1項第3号による必要厚さ。

表 3-1 スリーブの板厚計算結果 (ドライウェル) (その 2)

貫通部番号		X-621	X-3, X-60, X-70, X-71A, B, X-72, X-170	X-30B, C	X-61~64	X-160, X-162A, B, X-177	X-101A~G, X-102A~G, X-103A~E, X-104A~H, X-105A~D	
材料*1								
最高使用圧力	P	(MPa)	0.70*2	0.62	3.43	1.37	0.62	0.62
最高使用温度		(°C)	200	200	200	200	200	200
胴の外径	D <sub>o</sub>	(mm)						
許容引張応力	S*3	(MPa)						
継手効率	$\eta$		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
継手の種類			継手無し	継手無し	継手無し	継手無し	継手無し	継手無し
放射線検査の有無			—	—	—	—	—	—
計算上必要な厚さ	t <sub>R</sub>	(mm)	0.3	0.3	1.5	0.6	0.4	0.4
必要厚さ*4	t <sub>R</sub> '	(mm)	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8
t <sub>R</sub> , t <sub>R</sub> ' の大きい値	t	(mm)	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8
呼び厚さ	t <sub>n</sub>	(mm)						
最小厚さ	t <sub>nm</sub>	(mm)						
評価: t <sub>nm</sub> ≥ t であること。			○	○	○	○	○	○

注記\*1:  及び  は、各々  及び  を示す。

\*2: 最高使用圧力には水荷重として没水時の水位における水頭圧を含む。

\*3: Sは0.6・S<sub>u</sub>とする。

\*4: 告示第501号第26条第1項第3号による必要厚さ。

表 3-1 スリーブの板厚計算結果 (ドライウェル) (その 3)

貫通部番号	X-110, X-111, X-113, X-130A~D, X-140A, B, X-141A, B, X-146A~D, X-171	X-65, X-66	X-90~93	X-22	X-100A~E	X-11
材料*1	[Redacted]					
最高使用圧力 P (MPa)	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62
最高使用温度 (°C)	200	200	200	200	200	200
胴の外径 D <sub>o</sub> (mm)	[Redacted]					
許容引張応力 S*2 (MPa)	[Redacted]					
継手効率 η	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
継手の種類	継手無し	継手無し	継手無し	継手無し	継手無し	継手無し
放射線検査の有無	—	—	—	—	—	—
計算上必要な厚さ t <sub>R</sub> (mm)	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7
必要厚さ*3 t <sub>R</sub> ' (mm)	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8
t <sub>R</sub> , t <sub>R</sub> ' の大きい値 t (mm)	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8
呼び厚さ t <sub>n</sub> (mm)	[Redacted]					
最小厚さ t <sub>nm</sub> (mm)	[Redacted]					
評価: t <sub>nm</sub> ≥ t であること。	○	○	○	○	○	○

注記\*1 [Redacted] 及び [Redacted] は、各々 [Redacted] 及び [Redacted] を示す。

\*2: Sは0.6・S<sub>u</sub>とする。

\*3: 告示第501号第26条第1項第3号による必要厚さ。

表 3-1 スリーブの板厚計算結果 (ドライウェル) (その 4)

貫通部番号	X-37, X-38, X-80, X-81	X-35B, C, X-50	X-31B, C	X-33A~C	X-12A, B	X-10A~D
材料*1	[Redacted]					
最高使用圧力 P (MPa)	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62
最高使用温度 (°C)	200	200	200	200	200	200
胴の外径 D <sub>o</sub> (mm)	[Redacted]					
許容引張応力 S*2 (MPa)	[Redacted]					
継手効率 η	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
継手の種類	継手無し	継手無し	継手無し	継手無し	継手無し	継手無し
放射線検査の有無	—	—	—	—	—	—
計算上必要な厚さ t <sub>R</sub> (mm)	0.7	0.8	0.8	1.0	1.2	1.5
必要厚さ*3 t <sub>R</sub> ' (mm)	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8
t <sub>R</sub> , t <sub>R</sub> ' の大きい値 t (mm)	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8
呼び厚さ t <sub>n</sub> (mm)	[Redacted]					
最小厚さ t <sub>nm</sub> (mm)	[Redacted]					
評価: t <sub>nm</sub> ≥ t であること。	○	○	○	○	○	○

注記\*1: [Redacted] 及び [Redacted] は、各々 [Redacted] 及び [Redacted] を示す。

\*2: Sは 0.6・S<sub>u</sub>とする。

\*3: 告示第 501 号第 26 条第 1 項第 3 号による必要厚さ。



表 3-2 スリーブの板厚計算結果 (サブプレッションチェンバ) (その 1)

貫通部番号	X-320, X-342	X-322A~F, X-323A~F	X-200B, C	X-242	X-214, X-221	X-204~206, X-215, X-222
材料*1						
最高使用圧力 P (MPa)	0.78*2	0.78*2	3.43	0.78*2	0.78*2	0.78*2
最高使用温度 (°C)	200	200	200	200	200	200
胴の外径 D <sub>o</sub> (mm)						
許容引張応力 S*3 (MPa)						
継手効率 η	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
継手の種類	継手無し	継手無し	継手無し	継手無し	継手無し	継手無し
放射線検査の有無	—	—	—	—	—	—
計算上必要な厚さ t <sub>R</sub> (mm)	0.2	0.2	0.8	0.3	0.4	0.5
必要厚さ*4 t <sub>R</sub> ' (mm)	3.0	—	3.4	—	—	—
t <sub>R</sub> , t <sub>R</sub> ' の大きい値 t (mm)	3.0	0.2	3.4	0.3	0.4	0.5
呼び厚さ t <sub>n</sub> (mm)						
最小厚さ t <sub>nm</sub> (mm)						
評価: t <sub>nm</sub> ≥ t であること。	○	○	○	○	○	○

注記\*1:  及び  は、各々  及び  を示す。

\*2: 最高使用圧力には水荷重として没水時の水位における水頭圧を含む。

\*3: Sは0.6・S<sub>u</sub>とする。

\*4: 告示第501号第26条第1項第3号による必要厚さ。

表 3-2 スリーブの板厚計算結果 (サブプレッションチェンバ) (その 2)

貫通部番号	X-220	X-252, X-254, X-255, X-321A, B	X-332A, B	X-300A, B	X-210B, C	X-250, X-251
材料*1	[Redacted]					
最高使用圧力 P (MPa)	0.62	0.78*2	0.78*2	0.64*2	0.78*2	0.62
最高使用温度 (°C)	200	200	200	200	200	200
胴の外径 D <sub>o</sub> (mm)	[Redacted]					
許容引張応力 S*3 (MPa)	[Redacted]					
継手効率 η	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
継手の種類	継手無し	継手無し	継手無し	継手無し	継手無し	継手無し
放射線検査の有無	—	—	—	—	—	—
計算上必要な厚さ t <sub>R</sub> (mm)	0.4	0.6	0.6	0.5	0.8	0.5
必要厚さ*4 t <sub>R</sub> ' (mm)	3.8	—	3.8	3.8	—	3.8
t <sub>R</sub> , t <sub>R</sub> ' の大きい値 t (mm)	3.8	0.6	3.8	3.8	0.8	3.8
呼び厚さ t <sub>n</sub> (mm)	[Redacted]					
最小厚さ t <sub>nm</sub> (mm)	[Redacted]					
評価: t <sub>nm</sub> ≥ t であること。	○	○	○	○	○	○

注記\*1 [Redacted] 及び [Redacted] は、各々 [Redacted] 及び [Redacted] を示す。

\*2: 最高使用圧力には水荷重として没水時の水位における水頭圧を含む。

\*3: Sは 0.6・S<sub>u</sub>とする。

\*4: 告示第 501 号第 26 条第 1 項第 3 号による必要厚さ。

表 3-2 スリーブの板厚計算結果 (サプレッションチェンバ) (その 3)

貫通部番号	X-201~203	X-213	X-240, X-241
材料*1	[Redacted]		
最高使用圧力 P (MPa)	0.78*2	0.78*2	0.62
最高使用温度 (°C)	200	200	200
胴の外径 D <sub>o</sub> (mm)	[Redacted]		
許容引張応力 S*3 (MPa)	[Redacted]		
継手効率 $\eta$	1.00	1.00	1.00
継手の種類	継手無し	継手無し	継手無し
放射線検査の有無	—	—	—
計算上必要な厚さ t <sub>R</sub> (mm)	0.8	0.9	0.7
必要厚さ*4 t <sub>R</sub> ' (mm)	—	3.8	3.8
t <sub>R</sub> , t <sub>R</sub> ' の大きい値 t (mm)	0.8	3.8	3.8
呼び厚さ t <sub>n</sub> (mm)	[Redacted]		
最小厚さ t <sub>nm</sub> (mm)	[Redacted]		
評価: t <sub>nm</sub> ≥ t であること。	○	○	○

注記\*1: [Redacted] は [Redacted] を示す。

\*2: 最高使用圧力には水荷重として没水時の水位における水頭圧を含む。

\*3: Sは0.6・S<sub>u</sub>とする。

\*4: 告示第501号第26条第1項第3号による必要厚さ。

表 3-3 管の板厚計算結果 (ドライウェル) (その 1)

貫通部番号	X-700A~H, J, K	X-170	X-610, X-710	X-22	X-60	X-70
材料						
最高使用圧力 P (MPa)	8.62	8.62	18.6	9.22	1.37	0.86
最高使用温度 (°C)	302	302	200	306	200	200
管の外径 D <sub>o</sub> (mm)						
許容引張応力 S <sup>*1</sup> (MPa)						
継手効率 η	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
継手の種類	継手無し	継手無し	継手無し	継手無し	継手無し	継手無し
放射線検査の有無	—	—	—	—	—	—
計算上必要な厚さ t <sub>R</sub> (mm)	0.5	0.6	1.6	1.0	0.2	0.1
必要厚さ <sup>*2</sup> t <sub>R</sub> ' (mm)	—	—	—	—	—	—
t <sub>R</sub> , t <sub>R</sub> ' の大きい値 t (mm)	0.5	0.6	1.6	1.0	0.2	0.1
呼び厚さ t <sub>p</sub> (mm)						
最小厚さ t <sub>pm</sub> (mm)						
評価: t <sub>pm</sub> ≥ t であること。	○	○	○	○	○	○

注記\*1: Sは $0.6 \cdot S_u$ とする。

\*2: 告示第501号第26条第1項第3号による必要厚さ。

表 3-3 管の板厚計算結果 (ドライウェル) (その 2)

貫通部番号	X-71A, B, X-72	X-621	X-11	X-65, X-66	X-37	X-38
材料*1						
最高使用圧力 P (MPa)	1.77	0.98	8.62	1.37	9.22	8.62
最高使用温度 (°C)	200	200	302	200	306	302
管の外径 D <sub>o</sub> (mm)						
許容引張応力 S*2 (MPa)						
継手効率 η	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
継手の種類	継手無し	継手無し	継手無し	継手無し	継手無し	継手無し
放射線検査の有無	—	—	—	—	—	—
計算上必要な厚さ t <sub>R</sub> (mm)	0.3	0.2	1.5	0.4	2.9	2.7
必要厚さ*3 t <sub>R</sub> ' (mm)	—	—	3.0	3.8	3.8	3.8
t <sub>R</sub> , t <sub>R</sub> ' の大きい値 t (mm)	0.3	0.2	3.0	3.8	3.8	3.8
呼び厚さ t <sub>p</sub> (mm)						
最小厚さ t <sub>pm</sub> (mm)						
評価: t <sub>pm</sub> ≥ t であること。	○	○	○	○	○	○

注記\*1  は  を示す。

\*2: Sは  $0.6 \cdot S_u$  とする。

\*3: 告示第 501 号第 26 条第 1 項第 3 号による必要厚さ。

表 3-3 管の板厚計算結果 (ドライウェル) (その 3)

貫通部番号	X-35B, C	X-50	X-31B, C	X-33A~C	X-12A, B	X-10A~D
材料						
最高使用圧力 P (MPa)	9.22	8.62	9.22	9.22	9.22	8.62
最高使用温度 (°C)	306	302	306	306	306	302
管の外径 $D_o$ (mm)						
許容引張応力 $S^{*1}$ (MPa)						
継手効率 $\eta$	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
継手の種類	継手無し	継手無し	継手無し	継手無し	継手無し	継手無し
放射線検査の有無	—	—	—	—	—	—
計算上必要な厚さ $t_R$ (mm)	3.8	3.5	4.7	6.2	9.7	11.6
必要厚さ <sup>*2</sup> $t_{R'}$ (mm)	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8
$t_R, t_{R'}$ の大きい値 $t$ (mm)	3.8	3.8	4.7	6.2	9.7	11.6
呼び厚さ $t_p$ (mm)						
最小厚さ $t_{pm}$ (mm)						
評価: $t_{pm} \geq t$ であること。	○	○	○	○	○	○

注記\*1:  $S$  は  $0.6 \cdot S_u$  とする。

\*2: 告示第 501 号第 26 条第 1 項第 3 号による必要厚さ。

表 3-3 管の板厚計算結果（ドライウェル）（その 4）

貫通部番号	計装用貫通部			計装用貫通部（予備）		
材料						
最高使用圧力 P (MPa)	8.62	8.62	8.62	0.70* <sup>1</sup>	0.70* <sup>1</sup>	0.70* <sup>1</sup>
最高使用温度 (°C)	302	302	302	200	200	200
管の外径 D <sub>o</sub> (mm)						
許容引張応力 S* <sup>2</sup> (MPa)						
継手効率 η	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
継手の種類	継手無し	継手無し	継手無し	継手無し	継手無し	継手無し
放射線検査の有無	—	—	—	—	—	—
計算上必要な厚さ t <sub>R</sub> (mm)	0.5	0.6	0.7	0.1	0.1	0.1
必要厚さ* <sup>3</sup> t <sub>R</sub> ' (mm)	—	—	—	—	—	—
t <sub>R</sub> , t <sub>R</sub> ' の大きい値 t (mm)	0.5	0.6	0.7	0.1	0.1	0.1
呼び厚さ t <sub>p</sub> (mm)						
最小厚さ t <sub>pm</sub> (mm)						
評価：t <sub>pm</sub> ≥ t であること。	○	○	○	○	○	○

注記\*1：最高使用圧力には水荷重として没水時の水位における水頭圧を含む。

\*2：Sは0.6・S<sub>u</sub>とする。

\*3：告示第501号第26条第1項第3号による必要厚さ。

表 3-4 管の板厚計算結果 (サブプレッションチェンバ)

貫通部番号	X-215	X-220	X-213	計装用貫通部		計装用貫通部 (予備)	
材料*1							
最高使用圧力 P (MPa)	0.78*2	0.62	0.98	8.62	8.62	0.78*2	0.78*2
最高使用温度 (°C)	200	200	200	302	302	200	200
管の外径 D <sub>o</sub> (mm)							
許容引張応力 S*3 (MPa)							
継手効率 η	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
継手の種類	継手無し	継手無し	継手無し	継手無し	継手無し	継手無し	継手無し
放射線検査の有無	—	—	—	—	—	—	—
計算上必要な厚さ t <sub>R</sub> (mm)	0.1	0.1	0.8	0.5	0.6	0.1	0.1
必要厚さ*4 t <sub>R</sub> ' (mm)	—	2.4	3.8	—	—	—	—
t <sub>R</sub> , t <sub>R</sub> ' の大きい値 t (mm)	0.1	2.4	3.8	0.5	0.6	0.1	0.1
呼び厚さ t <sub>p</sub> (mm)							
最小厚さ t <sub>pm</sub> (mm)							
評価: t <sub>pm</sub> ≥ t であること。	○	○	○	○	○	○	○

注記\*1:  は  を示す。

\*2: 最高使用圧力には水荷重として没水時の水位における水頭圧を含む。

\*3: Sは  $0.6 \cdot S_u$  とする。

\*4: 告示第501号第26条第1項第3号による必要厚さ。



表 3-5 スリーブ及び管の許容外圧

貫通部番号	X-610, X-710	X-680A, B, X-780A, B	X-650A~D, X-651A~D, X-750A~D, X-751A~D	X-700A~H, J, K	X-161A, B	X-331A, B
呼び径						
材料*1						
最高使用圧力 P (MPa)	0.70*2	0.70*2	0.70*2	0.70*2	0.62	0.78*2
最高使用温度 (°C)	200	200	302	302	200	200
外径 D <sub>o</sub> (mm)						
最小厚さ t (mm)						
t/D <sub>o</sub>	0.1190	0.1452	0.1452	0.1206	0.0497	0.0497
許容引張応力 S (MPa)						
許容外圧 P <sub>e</sub> (MPa)	14.12	17.95	15.89	12.75	3.82	3.82
評価：P <sub>e</sub> ≥ Pであること。	○	○	○	○	○	○

注記\*1：  は、 を示す。

\*2：最高使用圧力には水荷重として没水時の水位における水頭圧を含む。

### 3.2 端板

端板の形状を図3-2に示し、各寸法を表3-6及び表3-7に示す。

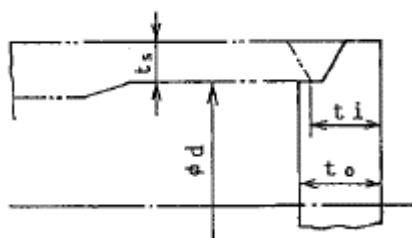


図3-2 端板の形状

#### (1) 記号の説明

告示第501号 の記号	計算書の表示	表示内容	単位
t	t <sub>or</sub>	計算上必要な厚さ	mm

#### (2) 内圧に対する必要厚さ（告示第501号第24条第1項）

##### a. 計算式

端板の内圧に対する必要厚さの算出式を以下に示し、計算結果を表3-7に示す。

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

##### b. 係数Kに関する計算

K=0.50（告示第501号第24条第1項の取付方法(g)）

ただし、 $t_i \geq 2 \cdot t_{nr}$ （又は $2 \cdot t_{pr}$ ）

$$t_i \geq 1.25 \cdot t_s$$

$t_{nr}$ 、 $t_{pr}$ はそれぞれスリーブ及び管の計算上必要な厚さを示し、

表3-1～表3-4に示す $t_R$ の値

端板の取付方法による係数Kの確認結果を表3-6に示す。

##### c. 結論

表3-6及び表3-7より、端板は告示第501号の要求を満足している。

表 3-6 係数Kの確認結果

貫通部番号	X-90~93	X-110, X-111, X-113	X-161A, B	X-250, X-251	X-252, X-254, X-255	X-331A, B	ドライウエル 計装用貫通部管 の予備	サプレッション チェンバ計装用 貫通部管の予備	
最小内のり d (mm)	[Redacted]								
スリーブ又は管の 計算上必要な厚さ*1 t <sub>nr</sub> (t <sub>pr</sub> ) (mm)	0.5	0.4	1.7*2	0.5	0.6	2.1*2	0.1	0.1	0.1
スリーブ又は管の 厚さ t <sub>s</sub> (mm)	[Redacted]								
2・t <sub>nr</sub> (2・t <sub>pr</sub> ) (mm)	1.0	0.8	3.4	1.0	1.2	4.2	0.2	0.2	0.2
1.25・t <sub>s</sub> (mm)	[Redacted]								
t <sub>i</sub> (mm)	[Redacted]								
評価：t <sub>i</sub> ≥ 2・t <sub>nr</sub> (又は2・t <sub>pr</sub> ) 及び t <sub>i</sub> ≥ 1.25・t <sub>s</sub> であること。	○	○	○	○	○	○	○	○	○

注記\*1：計装用貫通部管の予備は t<sub>pr</sub> を用いる。

\*2：外圧 620kPa による必要厚さ = t<sub>nr</sub> (告示第 5 0 1 号第 26 号第 1 項第 2 号)

$$t_{nr} = \frac{3 \cdot P_e \cdot D_o}{4 \cdot B}$$

項目	X-161A, B	X-331A, B	備考
評価圧力 P <sub>e</sub> (MPa)	0.62	0.78	X-331A, B は水荷重として没水時の水位における水頭圧を含む。
仮定する板厚 t <sub>a</sub> (mm)	1.7	2.1	
D <sub>o</sub> /t <sub>a</sub>	[Redacted]		
l/D <sub>o</sub>	[Redacted]		
貫通部長さ l (mm)	[Redacted]		X-161A, B 及び X-331A, B のうち最大長さのものを使用する。
貫通部外径 D <sub>o</sub> (mm)	[Redacted]		呼び径 250A
係数 B	787	795	告示第 5 0 1 号別図第 6 より

表 3-7 端板の板厚計算結果 (その 1)

貫通部番号	X-90~93	X-110, X-111, X-113	X-161A, B	X-250, X-251	X-252, X-254, X-255
材料*1					
最小内のり d (mm)					
最高使用圧力 P (MPa)	0.62	0.62	0.62	0.62	0.78*2
最高使用温度 (°C)	200	200	200	200	200
係数 K (-)	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
許容引張応力 S*3 (MPa)					
呼び厚さ t <sub>o</sub> (mm)					
最小厚さ t <sub>om</sub> (mm)					
計算上必要な厚さ t <sub>or</sub> (mm)	13.5	10.5	8.8	13.5	12.6
評価: t <sub>om</sub> ≥ t <sub>or</sub> であること。	○	○	○	○	○

23

注記\*1:  は  を示す。

\*2: 最高使用圧力には水荷重として没水時の水位における水頭圧を含む。

\*3: Sは $0.6 \cdot S_u$ とする。

表 3-7 端板の板厚計算結果 (その 2)

貫通部番号	X-331A, B	ドライウエル 計装用貫通部管の予備			サプレッションチェンバ 計装用貫通部管の予備
材料*1					
最小内のり d (mm)					
最高使用圧力 P (MPa)					
最高使用温度 (°C)	200	200	200	200	
係数 K (-)	0.50	0.50	0.50	0.50	
許容引張応力 S *3 (MPa)					
呼び厚さ t o (mm)					
最小厚さ t o m (mm)					
計算上必要な厚さ t o r (mm)	9.9	0.8	1.0	0.8	
評価: t o m ≥ t o r であること。	○	○	○	○	

注記\*1:  は  を示す。

\*2: 最高使用圧力には水荷重として没水時の水位における水頭圧を含む。

\*3: Sは $0.6 \cdot S_u$ とする。

### 3.3 穴あき端板

#### (1) 記号の説明

告示第501号 の記号	計算書の表示	表示内容	単位
t	A <sub>o</sub>	補強に有効な面積	mm <sup>2</sup>
	t <sub>or</sub>	計算上必要な厚さ	mm
	Y	補強の有効範囲	mm
	Y <sub>1</sub>	補強の有効範囲	mm
	Y <sub>2</sub>	補強の有効範囲	mm

### 3.3.1 二重管型貫通部

二重管型貫通部の穴あき端板は、図3-3及び図3-4に示す形式1, 2に分類される。形式1の各寸法を表3-8に、形式2の各寸法を表3-9に示す。

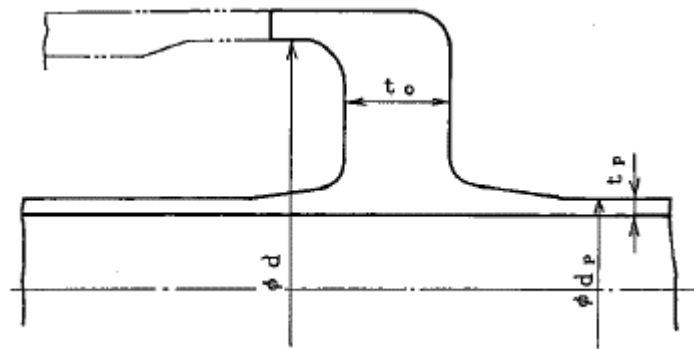


図3-3 穴あき端板の形状 (形式1)

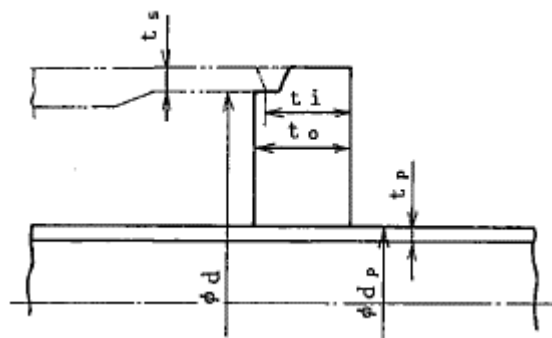


図3-4 穴あき端板の形状 (形式2)

表 3-8 穴あき端板の寸法 (形式 1)

(単位 : mm)

貫通部番号	d	d <sub>p</sub>	t <sub>pm</sub> <sup>*1</sup>	t <sub>o</sub>	t <sub>om</sub> <sup>*2</sup>
X-10A~D					
X-11					
X-12A, B					
X-22					
X-31B, C					
X-33A~C					
X-35B, C					
X-37					
X-38					
X-50					

注記\*1 : t<sub>p</sub>の最小厚さ

\*2 : t<sub>o</sub>の最小厚さ

表 3-9 穴あき端板の寸法 (形式 2)

(単位 : mm)

貫通部番号	d	t <sub>s</sub>	t <sub>i</sub>	t <sub>om</sub> <sup>*1</sup>	t <sub>pm</sub> <sup>*2</sup>	d <sub>p</sub>
X-60						
X-65						
X-66						
X-70						
X-71A, B						
X-72						
X-170						
X-213						
X-215						
X-220						
X-621						

注記\*1 : t<sub>o</sub>の最小厚さ

\*2 : t<sub>p</sub>の最小厚さ



(1) 内圧に対する必要厚さ（告示第501号第24条第1項）

a. 計算式

端板の内圧に対する必要厚さの算出式を以下に示し、計算結果を表3-12及び表3-13に示す。

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

b. 係数Kに関する計算

(a) 形式1

形式1のうち、最小内径dが600mmを超えるものについては、 $K=0.75$ （告示第501号第24条第1項の取付方法(j)）であることを確認し、600mm以下のものについては、 $d/20 \leq t_o$ であることを確認し、 $K=0.20$ （告示第501号第24条第1項の取付方法(c)）を用いる。

係数Kの確認結果を表3-10に示す。

(b) 形式2

$K=0.5$ （告示第501号第24条第1項の取付方法(g)）

ただし、 $t_i \geq 2 \cdot t_{nr}$

$$t_i \geq 1.25 \cdot t_s$$

$t_{nr}$ はスリーブの計算上必要な厚さを示し、表3-1及び表3-2に示す $t_R$ の値

端板の取付方法による係数Kの確認結果を表3-11に示す。

c. 結論

表3-10～表3-13より、端板は告示第501号の要求を満足している。

表 3-10 係数Kの確認結果 (形式1) (その1)

貫通部番号	X-10A~D	X-11	X-12A, B	X-22	X-31B, C
最小内のり d (mm)					
d/20 (mm)					
呼び厚さ t <sub>o</sub> (mm)					
取付方法	(j)	(c)	(j)	(c)	(c)
係数 K (-)	0.75	0.20	0.75	0.20	0.20
評価	d > 600	d/20 ≤ t <sub>o</sub>	d > 600	d/20 ≤ t <sub>o</sub>	d/20 ≤ t <sub>o</sub>
	○	○	○	○	○

表 3-10 係数Kの確認結果 (形式1) (その2)

貫通部番号	X-33A~C	X-35B, C	X-37	X-38	X-50
最小内のり d (mm)					
d/20 (mm)					
呼び厚さ t <sub>o</sub> (mm)					
取付方法	(j)	(c)	(c)	(c)	(c)
係数 K (-)	0.75	0.20	0.20	0.20	0.20
評価	d > 600	d/20 ≤ t <sub>o</sub>	d/20 ≤ t <sub>o</sub>	d/20 ≤ t <sub>o</sub>	d/20 ≤ t <sub>o</sub>
	○	○	○	○	○

表 3-11 係数Kの確認結果 (形式2) (その1)

貫通部番号		X-60	X-65	X-66	X-70	X-71A, B	X-72
最小内のり	d (mm)						
スリーブの計算上必要な厚さ	$t_{nr}$ (mm)	0.3	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3
スリーブの厚さ	$t_s$ (mm)						
$2 \cdot t_{nr}$	(mm)	0.6	1.0	1.0	0.6	0.6	0.6
$1.25 \cdot t_s$	(mm)						
$t_i$	(mm)						
評価: $t_i \geq 2 \cdot t_{nr}$ 及び $t_i \geq 1.25 \cdot t_s$ であること。		○	○	○	○	○	○

表 3-11 係数Kの確認結果 (形式2) (その2)

貫通部番号		X-170	X-213	X-215	X-220	X-621
最小内のり	d (mm)					
スリーブの計算上必要な厚さ	$t_{nr}$ (mm)	0.3	0.9	0.5	0.4	0.3
スリーブの厚さ	$t_s$ (mm)					
$2 \cdot t_{nr}$	(mm)	0.6	1.8	1.0	0.8	0.6
$1.25 \cdot t_s$	(mm)					
$t_i$	(mm)					
評価: $t_i \geq 2 \cdot t_{nr}$ 及び $t_i \geq 1.25 \cdot t_s$ であること。		○	○	○	○	○

表 3-12 穴あき端板の必要厚さ (形式 1) (その 1)

貫通部番号			X-10A~D	X-11	X-12A, B	X-22	X-31B, C
材料							
最小内のり	d	(mm)					
最高使用圧力	P	(MPa)	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62
最高使用温度		(°C)	302	302	306	306	306
係数	K	(-)	0.75	0.20	0.75	0.20	0.20
許容引張応力	S*	(MPa)					
呼び厚さ	t <sub>o</sub>	(mm)					
最小厚さ	t <sub>om</sub>	(mm)					
計算上必要な厚さ	t <sub>or</sub>	(mm)	48.2	10.0	37.5	10.1	13.0
評価: t <sub>om</sub> ≥ t <sub>or</sub> であること。			○	○	○	○	○

注記\*: Sは0.6・S<sub>u</sub>とする。

表 3-12 穴あき端板の必要厚さ (形式 1) (その 2)

貫通部番号			X-33A~C	X-35B, C	X-37	X-38	X-50
材料							
最小内のり	d	(mm)					
最高使用圧力	P	(MPa)	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62
最高使用温度		(°C)	306	306	306	302	302
係数	K	(-)	0.75	0.20	0.20	0.20	0.20
許容引張応力	S*	(MPa)					
呼び厚さ	t <sub>o</sub>	(mm)					
最小厚さ	t <sub>om</sub>	(mm)					
計算上必要な厚さ	t <sub>or</sub>	(mm)	29.1	12.0	11.0	11.0	12.0
評価: t <sub>om</sub> ≥ t <sub>or</sub> であること。			○	○	○	○	○

注記\*: Sは0.6・S<sub>u</sub>とする。

表 3-13 穴あき端板の必要厚さ (形式 2) (その 1)

貫通部番号		X-60	X-65	X-66	X-70	X-71A, B	X-72
材料							
最小内のり	d (mm)						
最高使用圧力	P (MPa)	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62
最高使用温度	(°C)	200	200	200	200	200	200
係数	K (-)	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
許容引張応力	S* (MPa)						
呼び厚さ	t <sub>o</sub> (mm)						
最小厚さ	t <sub>o m</sub> (mm)						
計算上必要な厚さ	t <sub>o r</sub> (mm)	7.3	11.6	11.6	7.3	7.3	7.3
評価: t <sub>o m</sub> ≥ t <sub>o r</sub> であること。		○	○	○	○	○	○

注記\*: Sは0.6・S<sub>u</sub>とする。

表 3-13 穴あき端板の必要厚さ (形式 2) (その 2)

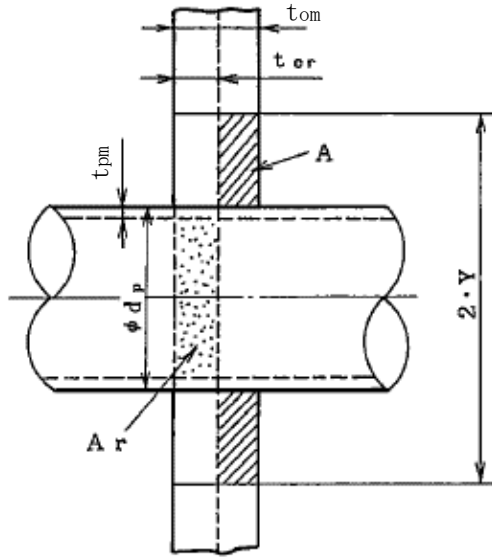
貫通部番号		X-170	X-213	X-215	X-220	X-621
材料						
最小内のり	d (mm)					
最高使用圧力	P (MPa)	0.62	0.78 <sup>*1</sup>	0.78 <sup>*1</sup>	0.62	0.70 <sup>*1</sup>
最高使用温度	(°C)	302	200	200	200	200
係数	K (-)	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
許容引張応力	S <sup>*2</sup> (MPa)					
呼び厚さ	t <sub>o</sub> (mm)					
最小厚さ	t <sub>o m</sub> (mm)					
計算上必要な厚さ	t <sub>o r</sub> (mm)	7.5	20.5	10.9	8.6	5.8
評価: t <sub>o m</sub> ≥ t <sub>o r</sub> であること。		○	○	○	○	○

注記\*1: 最高使用圧力には水荷重として没水時の水位における水頭圧を含む。

\*2: Sは $0.6 \cdot S_u$ とする。

(2) 穴の補強計算（告示第501号第24条第2項）

穴部の形状を図3-5に示す。



注：各貫通部の寸法は表3-8、表3-9、表3-12及び表3-13に示す。

図3-5 穴部の形状

- (a) 補強に必要な面積の1/2

$$\frac{A_r}{2} = \frac{d_i \cdot t_{or}}{2}$$

ここに、

$d_i$  : 穴の径

$$= d_p - 2 \cdot t_{pm}$$

$t_{or}$  : 端板の計算上必要な厚さ（表3-12及び表3-13参照）

- (b) 補強に有効な範囲  $Y$

$Y$ は、次の計算式により求めた値のうち、いずれか大きいもの。

$$Y_1 = \frac{d_i}{2} + t_{pm} + t_{om}$$

$$Y_2 = d_i$$

ただし、 $Y > \frac{d}{2}$ である。

ここに、

$d$  : 端板取付部の最小内径（表3-8及び表3-9参照）



(c) 補強に有効な面積  $A_o$

$$A_o = (2 \cdot Y - d_p) \cdot (t_{om} - t_{or})$$

(d) 結論

穴あき端板の穴の補強の計算結果を表 3-14 に示す。

これより、穴あき端板の穴の補強は十分である。

(3) 結論

穴あき端板の最小厚さは表 3-12 及び表 3-13 に示すように必要厚さより大きく、また表 3-14 に示すように補強に有効な面積は補強に必要な面積の  $1/2$  より大きいので、告示第 501 号の要求を満足している。

表 3-14(1) 穴あき端板の穴の補強計算結果 (形式 1) (その 1)

貫通部番号		X-10A~D	X-11	X-12A, B	X-22	X-31B, C
穴の径	$d_i$ (mm)					
計算上必要な厚さ	$t_{or}$ (mm)					
補強の有効範囲	$Y_1$ (mm)					
補強の有効範囲	$Y_2$ (mm)					
補強の有効範囲	$d/2$ (mm)					
補強の有効範囲	$Y$ (mm)					
補強に必要な面積の 1/2	$A_r/2$ (mm <sup>2</sup> )	1.57E+04	3.50E+02	9.34E+03	1.99E+02	1.54E+03
補強に有効な面積	$A_o$ (mm <sup>2</sup> )	2.55E+04	4.65E+03	2.30E+04	1.56E+03	1.66E+04
評価: $A_o > A_r/2$ であること。		○	○	○	○	○

表 3-14(1) 穴あき端板の穴の補強計算結果 (形式 1) (その 2)

貫通部番号		X-33A~C	X-35B,C	X-37	X-38	X-50
穴の径	$d_i$ (mm)					
計算上必要な厚さ	$t_{or}$ (mm)					
補強の有効範囲	$Y_1$ (mm)					
補強の有効範囲	$Y_2$ (mm)					
補強の有効範囲	$d/2$ (mm)					
補強の有効範囲	$Y$ (mm)					
補強に必要な面積の 1/2	$A_r/2$ (mm <sup>2</sup> )	4.57E+03	1.16E+03	7.85E+02	7.85E+02	1.16E+03
補強に有効な面積	$A_o$ (mm <sup>2</sup> )	1.75E+04	1.20E+04	9.18E+03	9.18E+03	1.20E+04
評価: $A_o > A_r/2$ であること。		○	○	○	○	○

表 3-14(2) 穴あき端板の穴の補強計算結果 (形式 2) (その 1)

貫通部番号		X-60	X-65	X-66	X-70	X-71A, B	X-72
穴の径	$d_i$ (mm)						
計算上必要な厚さ	$t_{or}$ (mm)						
補強の有効範囲	$Y_1$ (mm)						
補強の有効範囲	$Y_2$ (mm)						
補強の有効範囲	$d/2$ (mm)						
補強の有効範囲	$Y$ (mm)						
補強に必要な面積の 1/2	$A_r/2$ (mm <sup>2</sup> )	1.95E+02	7.44E+02	7.44E+02	1.95E+02	1.95E+02	1.95E+02
補強に有効な面積	$A_o$ (mm <sup>2</sup> )	7.47E+02	3.89E+03	3.89E+03	7.47E+02	7.47E+02	7.47E+02
評価: $A_o > A_r/2$ であること。		○	○	○	○	○	○

表 3-14(2) 穴あき端板の穴の補強計算結果 (形式 2) (その 2)

貫通部番号		X-170	X-213	X-215	X-220	X-621
穴の径	$d_i$ (mm)	[Redacted]				
計算上必要な厚さ	$t_{or}$ (mm)					
補強の有効範囲	$Y_1$ (mm)					
補強の有効範囲	$Y_2$ (mm)					
補強の有効範囲	$d/2$ (mm)					
補強の有効範囲	$Y$ (mm)					
補強に必要な面積の 1/2	$A_r/2$ (mm <sup>2</sup> )	7.50E+01	3.45E+03	2.76E+02	2.18E+02	1.94E+02
補強に有効な面積	$A_o$ (mm <sup>2</sup> )	7.36E+02	6.88E+03	1.14E+03	1.28E+03	1.00E+03
評価: $A_o > A_r/2$ であること。		○	○	○	○	○

### 3.3.2 計装用貫通部

計装用貫通部の穴あき端板の形状を図3-6に示し、寸法を表3-15に示す。

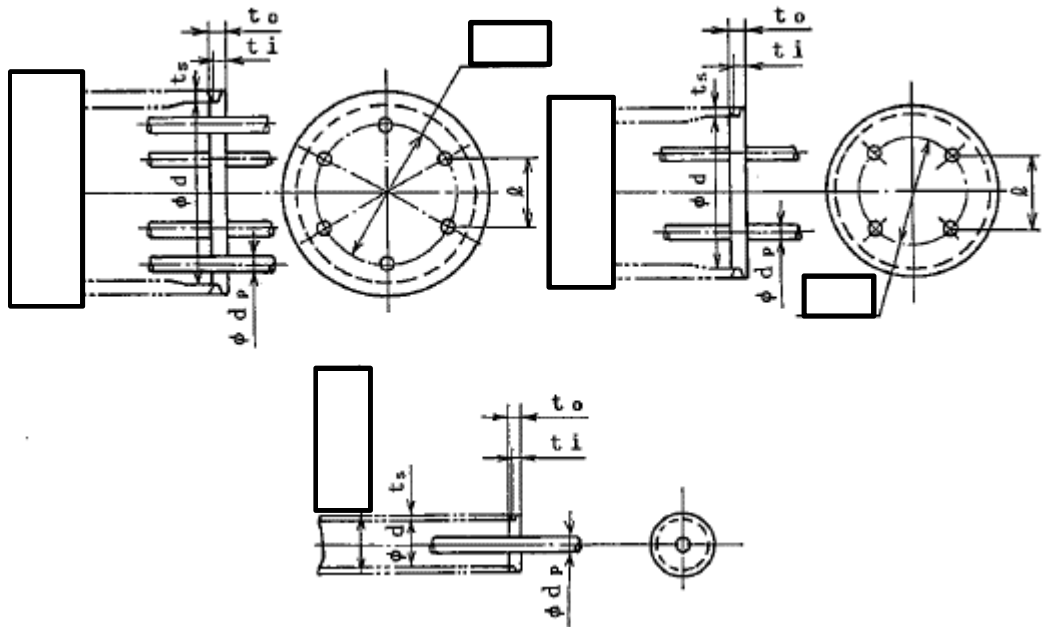


図3-6 穴あき端板の形状 (単位: mm)

表3-15 穴あき端板の寸法 (単位: mm)

部材 記号	スリーブ		端板			管		
	d	t <sub>s</sub>	t <sub>i</sub>	t <sub>o</sub> <sup>*1</sup>	l	呼び径	d <sub>p</sub>	t <sub>p</sub> <sup>*2</sup>
呼び径								

注記\*1: t<sub>o</sub>の最小厚さ

\*2: 管の最小厚さ

(1) 内圧に対する必要厚さ（告示第501号第24条第1項）

a. 計算式

端板の内圧に対する必要厚さの算出式を以下に示し，計算結果を表3-17に示す。

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

b. 係数Kに関する計算

$K=0.50$ （告示第501号第24条第1項の取付方法(g)）

ただし， $t_i \geq 2 \cdot t_{nr}$

$$t_i \geq 1.25 \cdot t_s$$

$t_{nr}$ はスリーブの計算上必要な厚さを示し，表3-1及び表3-2

に示す $t_R$ の値

係数Kの確認結果を表3-16に示す。

c. 結論

表3-16及び表3-17より，端板は告示第501号の要求を満足している。

表 3-16 係数Kの確認結果

呼び径					
最小内のり	d	(mm)			
スリーブの計算上必要な厚さ	$t_{nr}^*$	(mm)	0.6	0.4	0.2
スリーブの厚さ	$t_s$	(mm)			
$2 \cdot t_{nr}$		(mm)	1.2	0.8	0.4
$1.25 \cdot t_s$		(mm)			
$t_i$		(mm)			
評価： $t_i \geq 2 \cdot t_{nr}$ 及び $t_i \geq 1.25 \cdot t_s$ であること。			○	○	○

注記\*： $t_{nr}$ は表 3-1 及び表 3-2 に示す  $t_R$ の大きい方を用いる。



表 3-17 穴あき端板の必要厚さ

名称	ドライウェル計装用貫通部					サプレッションチェンバ計装用貫通部				
呼び径										
材料										
最小内のり d (mm)										
最高使用圧力 P (MPa)	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.78* <sup>1</sup>	0.78* <sup>1</sup>	0.78* <sup>1</sup>	0.78* <sup>1</sup>	
最高使用温度 (°C)	302	302	302	302	302	302	302	302	302	
係数 K (-)	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	
許容引張応力 S* <sup>2</sup> (MPa)										
呼び厚さ t <sub>o</sub> (mm)										
最小厚さ t <sub>o m</sub> (mm)										
計算上必要な厚さ t <sub>o r</sub> (mm)										
評価: t <sub>o m</sub> ≥ t <sub>o r</sub> であること。	○	○	○	○	○	○	○	○	○	

注記\*1: 最高使用圧力には水荷重として没水時の水位における水頭圧を含む。

\*2: Sは  $0.6 \cdot S_u$  とする。

(2) 穴の補強計算（告示第501号第24条第2項）

- a. 補強に必要な面積の1/2

$$\frac{A_r}{2} = \frac{d_i \cdot t_{or}}{2}$$

ここに、

$d_i$  : 穴の径

$$= d_p - 2 \cdot t_{pm}$$

$t_{or}$  : 端板の計算上必要な厚さ（表3-17参照）

- b. 補強に有効な面積

$$\begin{aligned} A_o &= (2 \cdot Y - d_p) \cdot (t_{om} - t_{or}) \\ &= (d_p - 4 \cdot t_{pm}) \cdot (t_{om} - t_{or}) \end{aligned}$$

ここに、 $t_{om}$  : 最小厚さ（表3-17参照）

$Y$  : 端板の面に沿う有効範囲を示し、 $d_i$ とする。

また、端板の面に直角な補強に有効な範囲の管断面積は考慮しない。

また、 $l > 2 \cdot Y$ であること。

- c. 評価

穴の補強に有効な面積が補強に必要な面積の1/2より大きいこと。

- d. 計算結果

端板の穴の補強の計算結果を表3-18に示す。

(3) 結論

端板の最小厚さは表3-17に示すように必要厚さより大きく、また表3-18に示すように補強に有効な面積は補強に必要な面積の1/2より大きいので、告示第501号の要求を満足している。

表 3-18 穴あき端板の穴の補強計算結果

呼び径					
穴の径	$d_i$ (mm)				
計算上必要な厚さ	$t_{or}^*$ (mm)				
補強の有効範囲	$Y = d_i$ (mm)				
補強の有効範囲	$2 \cdot Y$ (mm)				
隣接する穴の距離	$l$ (mm)				
補強に必要な面積の 1/2	$A_r / 2$ (mm <sup>2</sup> )	1.28E+02	1.19E+02	9.40E+01	3.20E+01
補強に有効な面積	$A_o$ (mm <sup>2</sup> )	1.34E+02	2.48E+02	1.77E+02	2.57E+02
評価： $l > 2 \cdot Y$ , $A_o > A_r / 2$ であること。		○	○	○	○

注記\*：  $t_{or}$  は表 3-17 に示す値の大きい方を用いる。

### 3.4 電気配線貫通部（アダプタ及びヘッド）

電気配線貫通部のアダプタ及びヘッドの形状及び必要厚さに用いる寸法を図 3-7～図 3-9 に示す。

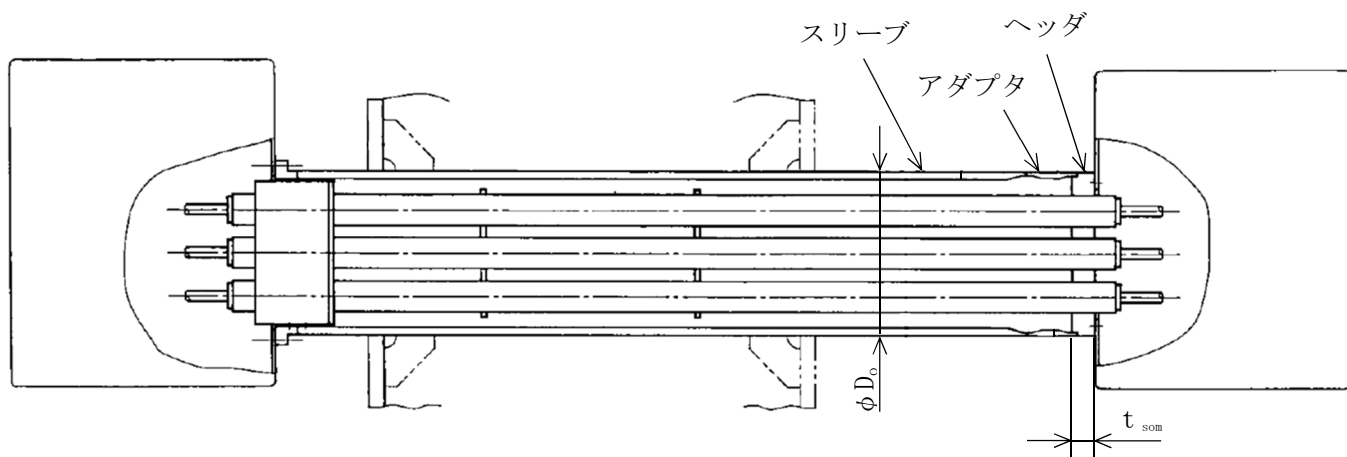


図 3-7 アダプタ及びヘッドの必要厚さの計算に用いる寸法（貫通部番号：X-100）

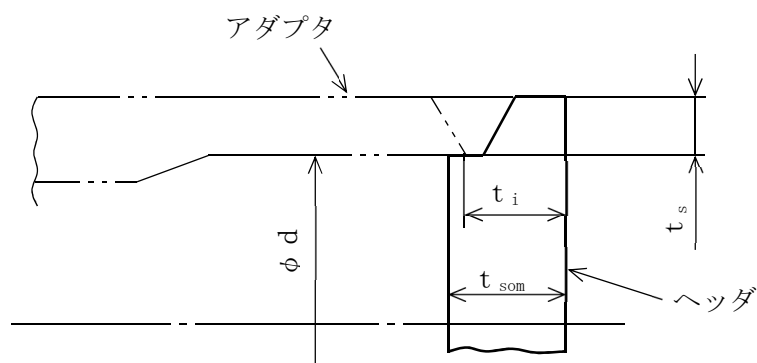


図 3-8 ヘッドの必要厚さの計算に用いる寸法（貫通部番号：X-100）

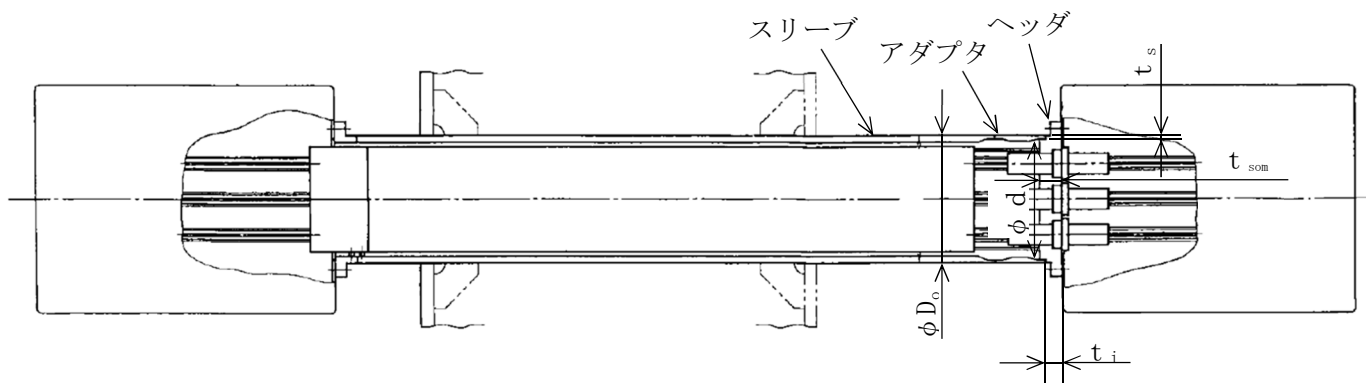


図 3-9 アダプタ及びヘッドの必要厚さの計算に用いる寸法  
（貫通部番号：X-101～X-105, X-300）

(1) 記号の説明

告示第501号 の記号	計算書の表示	表示内容	単位
t	A <sub>o</sub>	補強に有効な面積	mm <sup>2</sup>
	t <sub>R</sub>	計算上必要な厚さ	mm
	Y	補強の有効範囲	mm

(2) 内圧に対する必要厚さ

- a. アダプタの内圧に対する必要厚さ（告示第501号第26条第1項第1号）

(a) 計算式

内圧に対する必要厚さの算出式を以下に示し、計算結果を表3-19に示す。

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

(b) 結論

表3-19より、アダプタの最小厚さは必要厚さより大きく、告示第501号の要求を満足している。

- b. ヘッダの内圧に対する必要厚さ（告示第501号第24条第1項）

(a) 計算式

内圧に対する必要厚さの算出式を以下に示し、計算結果を表3-21に示す。

$$t_{o r} = d \cdot \sqrt{\frac{K \cdot P}{S}}$$

(b) 係数Kに関する計算

K=0.50（告示第501号第24条第1項の取付方法(g)）

ただし、 $t_i \geq 2 \cdot t_{s o r}$

$$t_i \geq 1.25 \cdot t_s$$

$t_{s o r}$ はアダプタの計算上必要な厚さを示し、表3-19に示す $t_R$ の値  
係数Kの確認結果を表3-20に示す。

(c) 結論

表3-20及び表3-21より、ヘッダは告示第501号の要求を満足している。

表 3-19 電気配線貫通部（アダプタ）の板厚計算結果

貫通部番号		X-100A～E	X-101A～G, X-102A～G, X-103A～E, X-104A～H, X-105A～D	X-300A, B
材料*1		[Redacted]		
最高使用圧力 P (MPa)		0.62	0.62	0.64*2
最高使用温度 (°C)		200	200	200
アダプタの外径 D <sub>o</sub> (mm)		[Redacted]		
許容引張応力 S*3 (MPa)		[Redacted]		
継手効率 η		1.00	1.00	1.00
継手の種類		継手無し	継手無し	継手無し
放射線検査の有無		—	—	—
計算上必要な厚さ t <sub>R</sub> (mm)		0.6	0.4	0.5
必要厚さ*4 t <sub>R</sub> ' (mm)		3.8	3.8	3.8
t <sub>R</sub> , t <sub>R</sub> ' の大きい値 t (mm)		3.8	3.8	3.8
呼び厚さ t <sub>n</sub> (mm)		[Redacted]		
最小厚さ t <sub>nm</sub> (mm)		[Redacted]		
評価：t <sub>nm</sub> ≥ t であること。		○	○	○

注記\*1：[Redacted] は、[Redacted] を示す。

\*2：最高使用圧力には水荷重として没水時の水位における水頭圧を含む。

\*3：Sは0.6・S<sub>u</sub>とする。

\*4：告示第501号第26条第1項第3号による必要厚さ。

表 3-20 電気配線貫通部（ヘッダ）の係数Kの確認結果

貫通部番号		X-100A~E	X-101A~G, X-102A~G, X-103A~E, X-104A~H, X-105A~D	X-300A, B
平板の径又は最小内のり	d (mm)			
アダプタの計算上必要な厚さ	$t_{sor}$ (mm)	0.6	0.4	0.5
アダプタの厚さ	$t_s$ (mm)			
$2 \cdot t_{sor}$	(mm)	1.2	0.8	1.0
$1.25 \cdot t_s$	(mm)			
$t_i$	(mm)			
評価： $t_i \geq 2 \cdot t_{sor}$ 及び $t_i \geq 1.25 \cdot t_s$ であること。		○	○	○

表 3-21 電気配線貫通部（ヘッド）の必要厚さ

貫通部番号		X-100A~E	X-101A~G, X-102A~G, X-103A~E, X-104A~H, X-105A~D	X-300A, B
材料				
平板の径又は最小内のり	d (mm)			
最高使用圧力	P (MPa)	0.62	0.62	0.64 <sup>*1</sup>
最高使用温度	(°C)	200	200	200
係数	K (-)	0.50	0.50	0.50
許容引張応力	S <sup>*2</sup> (MPa)			
呼び厚さ	t <sub>o</sub> (mm)			
最小厚さ	t <sub>s o m</sub> (mm)			
計算上必要な厚さ	t <sub>s o r</sub> (mm)			
評価：t <sub>s o m</sub> ≥ t <sub>s o r</sub> であること。		○	○	○

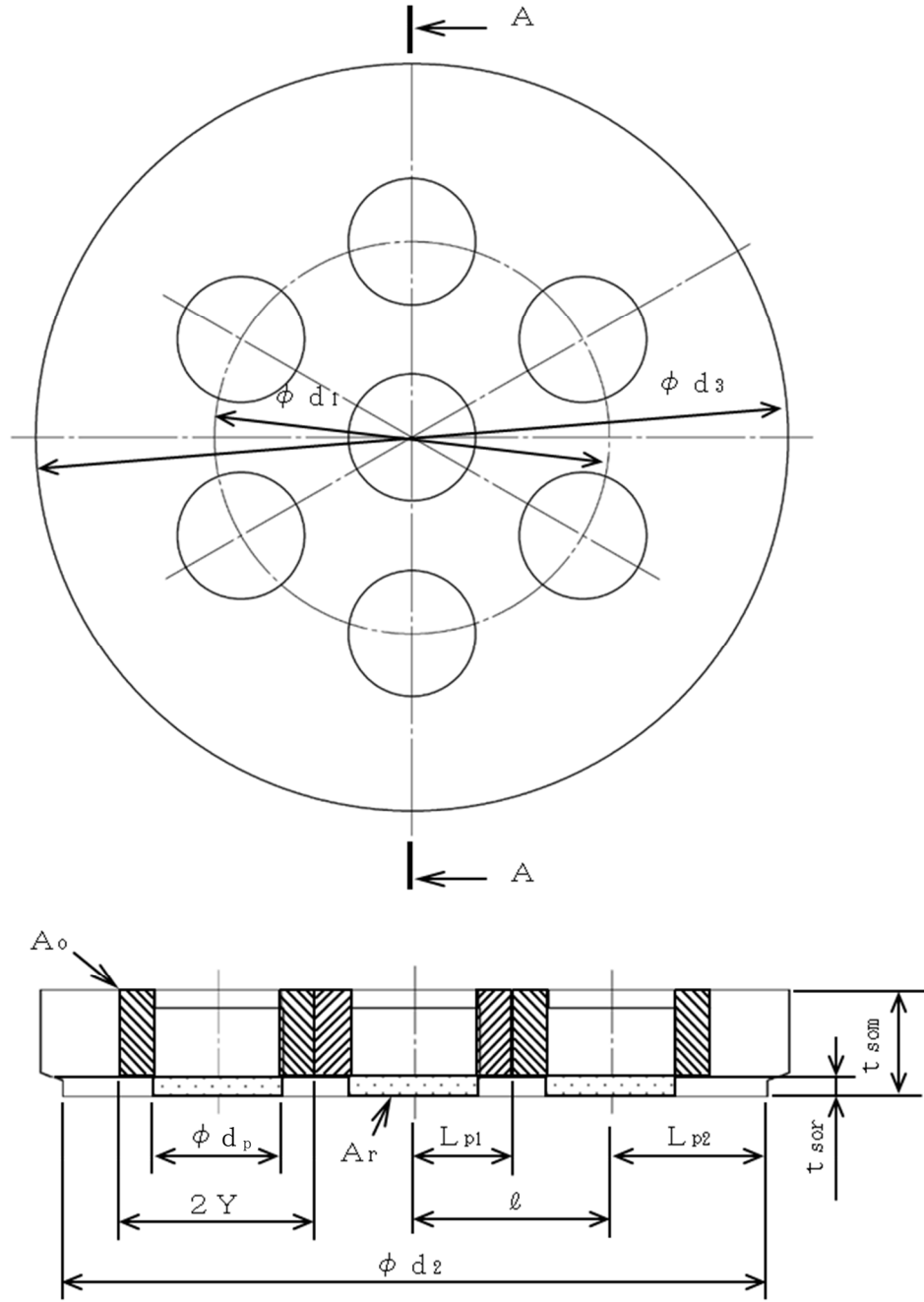
注記\*1：最高使用圧力には水荷重として没水時の水位における水頭圧を含む。

\*2：Sは0.6・S<sub>u</sub>とする。



(3) 穴の補強計算

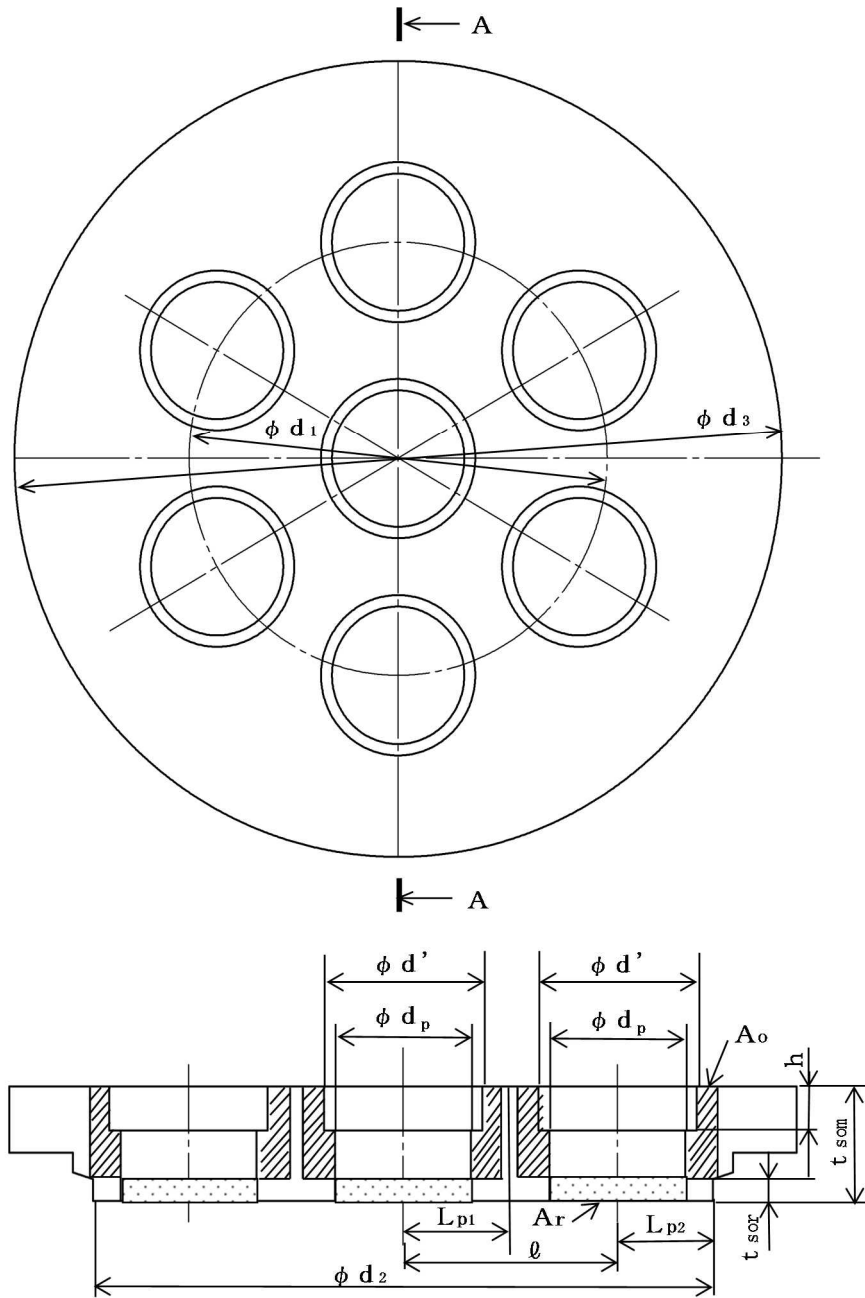
ヘッダ（貫通部番号 X-100）の穴の補強計算に用いる寸法を図 3-10 に、ヘッダ（貫通部番号 X-101~X-105 及び X-300）の穴の補強計算に用いる寸法を図 3-11 に示す。



A~A断面図

$$\begin{aligned}
 t_{som} &= \boxed{\phantom{000}} \\
 d_1 &= \boxed{\phantom{000}} & d_2 &= \boxed{\phantom{000}} & d_3 &= \boxed{\phantom{000}} \\
 d_p &= \boxed{\phantom{000}} \\
 l &= d_1/2 = \boxed{\phantom{000}} \\
 L_{p1} &= l/2 = \boxed{\phantom{000}} & L_{p2} &= d_2/2 - l = \boxed{\phantom{000}}
 \end{aligned}$$

図 3-10 ヘッダの穴の補強計算に用いる寸法（貫通部番号：X-100）（単位：mm）



A~A断面図

$t_{som} =$ <input type="text"/>	$h =$ <input type="text"/>	$d_3 =$ <input type="text"/>
$d_1 =$ <input type="text"/>	$d_2 =$ <input type="text"/>	
$d_p =$ <input type="text"/>	$d' =$ <input type="text"/>	
$l = d_1/2 =$ <input type="text"/>		
$L_{p1} = l/2 =$ <input type="text"/>	$L_{p2} = d_2/2 - l =$ <input type="text"/>	

図 3-11 ヘッダの穴の補強計算に用いる寸法 (貫通部番号 : X-101~X-105, X-300)  
(単位 : mm)

a. 穴の補強計算（告示第501号第22条第8項第1号）

(a) 補強に必要な面積の1/2

$$\frac{A_r \cdot d_p \cdot t_{s o r} \cdot F}{2}$$

ここに、

$t_{s o r}$  : ヘッダの計算上必要な厚さ（表3-21参照）

F : 係数（1.0とする。）

(b) 補強に有効な面積

イ. 貫通部番号 X-100

$$A_o = (2 \cdot Y - d_p) \cdot (t_{s o m} - t_{s o r})$$

ここに、 $t_{s o m}$  : 最小厚さ（表3-21参照）

Y : ヘッダの面に沿う有効範囲を示し、 $d_p$ とする。

ただし、貫通部番号 X-100 は形状による制限により、

$$L_{p2} > Y (= d_p) > L_{p1} \text{ であるため、} Y = L_{p1} \text{ とする。}$$

ロ. 貫通部番号 X-101~X-105, X-300

$$A_o = (2 \cdot Y - d_p) \cdot (t_{s o m} - t_{s o r} - h) + (2 \cdot Y - d') \cdot h$$

ここに、 $t_{s o m}$  : 最小厚さ（表3-21参照）

Y : ヘッダの面に沿う有効範囲を示し、 $d_p$ とする。

ただし、貫通部番号 X-101~X-105, X-300 は形状による制限により、

$$Y (= d_p) > L_{p1} > L_{p2} \text{ であるため、} Y = L_{p2} \text{ とする。}$$

(c) 結論

穴の補強の計算結果を表3-22に示す。

これより、ヘッダの穴の補強は十分である。

## b. 隣接する 2 つの穴 (告示第 5 0 1 号第 22 条第 8 項第 2 号)

- (a) 隣接する 2 つの穴の中心間の距離
- $\ell$

$$\ell = \frac{d_1}{2}$$

- (b) 穴の平均径の 1.5 倍
- $d_m$

$$d_m = 1.5 \cdot d_p$$

- (c) 2 つの穴の間にある補強に必要な面積の 1/2
- $A_{fr}$

$$A_{fr} = \frac{A_r}{2}$$

- (d) 2 つの穴の間にある補強に有効な面積
- $A_{fo}$

$$A_{fo} = \frac{A_o}{2}$$

- (e) 結論

隣接する 2 つの穴に対する確認結果を表 3-23 に示す。

これより、ヘッダは、隣接する 2 つの穴の規定を満足している。

## c. 補強に有効な面積の制限 (告示第 5 0 1 号第 22 条第 8 項第 5 号)

- (a) 穴の中心線の両側に必要な補強面積
- $A_{er}$

$$A_{er} = \frac{A_r}{2}$$

- (b) 穴の中心線の両側に有効な面積
- $A_{eo}$

$$A_{eo} = \frac{A_o}{2}$$

- (c) 結論

補強に有効な面積の制限に対する確認結果を表 3-24 に示す。

これより、ヘッダは、穴の中心線の両側の補強に対する制限を満足している。

表 3-22 ヘッダの穴の補強計算結果

貫通部番号		X-100	X-101~X-105	X-300
計算による必要厚さ	$t_{s o r}$ (mm)	[Redacted]		
補強の有効範囲	Y (mm)			
補強に必要な面積	$A_r$ (mm <sup>2</sup> )	1.20E+03	7.08E+02	7.21E+02
補強に必要な面積の1/2	$A_r/2$ (mm <sup>2</sup> )	6.00E+02	3.54E+02	3.61E+02
補強に有効な面積	$A_o$ (mm <sup>2</sup> )	2.09E+03	8.20E+02	8.15E+02
評価： $A_o > A_r/2$ であること。		○	○	○

表 3-23 ヘッダの隣接する2つの穴に対する確認結果

貫通部番号		X-100	X-101~X-105	X-300
隣接する2つの穴の中心間の距離	$l$ (mm)	[Redacted]		
穴の平均径の1.5倍	$d_m$ (mm)			
2つの穴の間にある補強に必要な面積の1/2	$A_{f r}$ (mm <sup>2</sup> )	6.00E+02	3.54E+02	3.61E+02
2つの穴の間にある補強に有効な面積	$A_{f o}$ (mm <sup>2</sup> )	1.04E+03	4.10E+02	4.07E+02
評価： $l > d_m$ , $A_{f o} > A_{f r}$ であること。		○	○	○

表 3-24 ヘッダの補強に有効な面積の制限に対する確認結果

貫通部番号		X-100	X-101~X-105	X-300
穴の中心線の両側に必要な補強面積	$A_{e r}$ (mm <sup>2</sup> )	6.00E+02	3.54E+02	3.61E+02
穴の中心線の両側に有効な面積	$A_{e o}$ (mm <sup>2</sup> )	1.04E+03	4.10E+02	4.07E+02
評価： $A_{e o} > A_{e r}$ であること。		○	○	○

3.5 ボルト締め端板 (X-3 に付く端板)

ボルト締め端板の形状及び寸法を図 3-12 に示す。

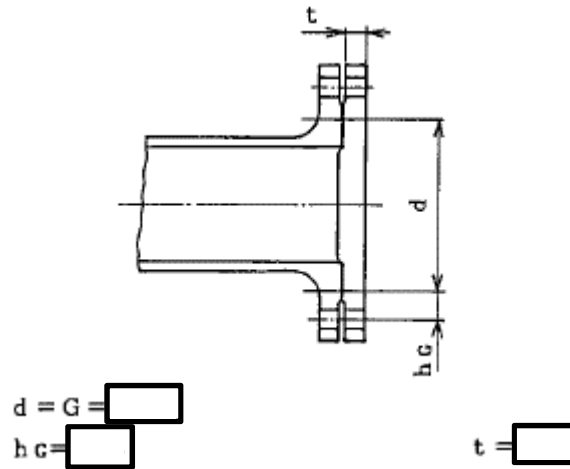


図 3-12 ボルト締め端板の形状及び寸法 (単位 : mm)

(1) 記号の説明

告示第 5 0 1 号 の記号	計算書の表示	表示内容	単位
t	t <sub>or</sub>	計算上必要な厚さ	mm

(2) 内圧に対する必要厚さ (告示第 5 0 1 号第 24 条第 1 項)

端板の内圧に対する必要厚さの算出式を以下に示し, 計算結果を表 3-26 に示す。

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

ここに,

K : 係数 (告示第 5 0 1 号第 24 条第 1 項の取付方法(i))

$$= 0.30 + \frac{1.4 \cdot F \cdot h_G}{W \cdot d}$$

ここに,

$h_G$  : ボルトのピッチ円の直径と  $d$  との差の  $1/2$

$W = W_{m1} = 2.52E+04$  N (「3.6 フランジ」で計算される荷重)

$F = 1.67E+05$  N (「3.6 フランジ」で計算される荷重)

係数 K の計算結果を表 3-25 に示す。

(3) 結論

表 3-25 及び表 3-26 より, 端板は告示第 5 0 1 号の要求を満足している。

表 3-25 係数Kの計算結果

貫通部番号		X-3
最小内のり	d (mm)	<input type="text"/>
ボルトのピッチ円の直径と d との差の 1/2	$h_G$ (mm)	<input type="text"/>
フランジのボルト荷重	$W = W_{m1}$ (N)	2.52E+04
	$F = W_G$ (N)	1.67E+05
係数	K (-)	1.61

表 3-26 端板の板厚計算結果

貫通部番号		X-3
最小内のり	d (mm)	<input type="text"/>
材料*1		<input type="text"/>
最高使用圧力	P (MPa)	0.62
最高使用温度	(°C)	200
係数	K (-)	1.61
許容引張応力	$S^{*2}$ (MPa)	<input type="text"/>
呼び厚さ	$t_o$ (mm)	<input type="text"/>
最小厚さ	$t_{om}$ (mm)	<input type="text"/>
計算上必要な厚さ	$t_{or}$ (mm)	14.3
評価： $t_{om} \geq t_{or}$ であること。		○

注記\*1：はを示す。

\*2：Sは $0.6 \cdot S_u$ とする。

### 3.6 フランジ

貫通部番号 X-3 及び X-660A～D に取り付けられるフランジの最高使用圧力による応力は、平成 4 年 3 月 27 日付け 3 資庁第 13034 号にて認可された工事計画の添付書類（参照図書(1)（以下「既工認」という。）による。）に示す手法に従い評価する。

#### 3.6.1 評価部位

フランジの形状及び寸法を図 3-13 に、使用材料及び使用部位を表 3-27 に示す。

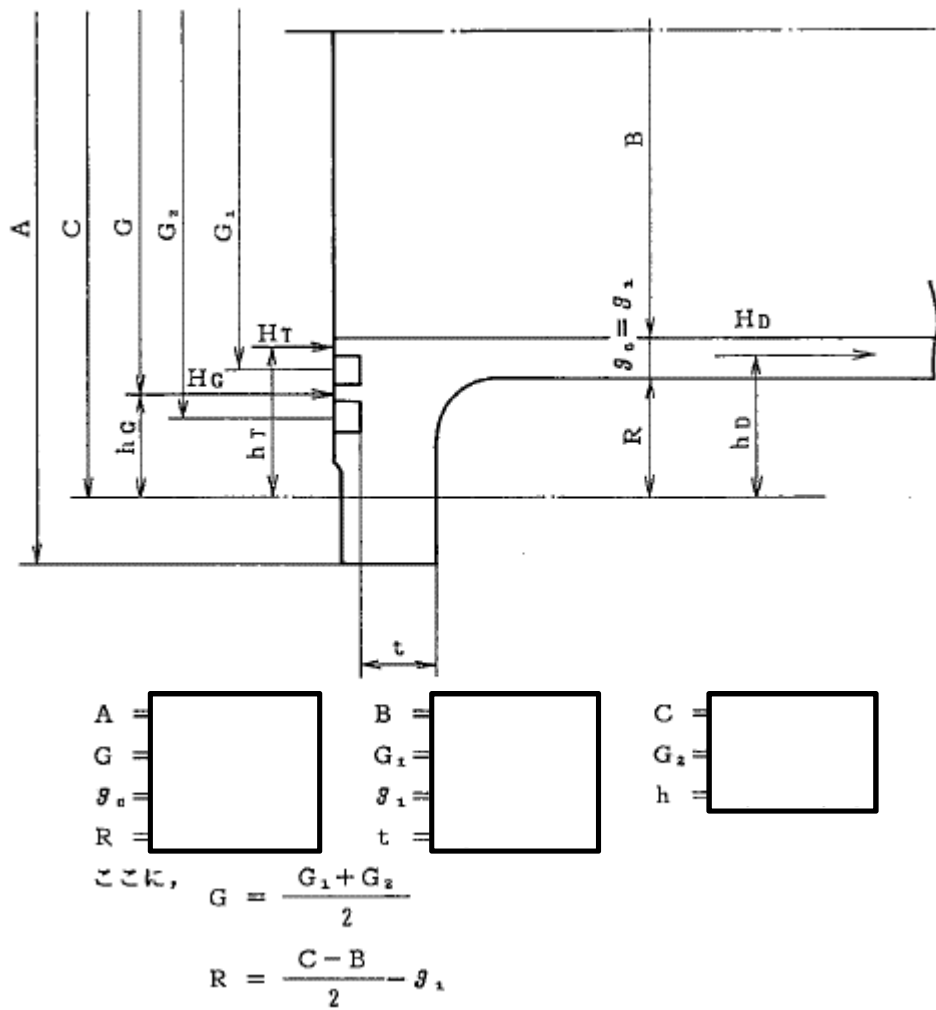


図 3-13(1) フランジの形状及び主要寸法（貫通部番号 X-3）（単位：mm）



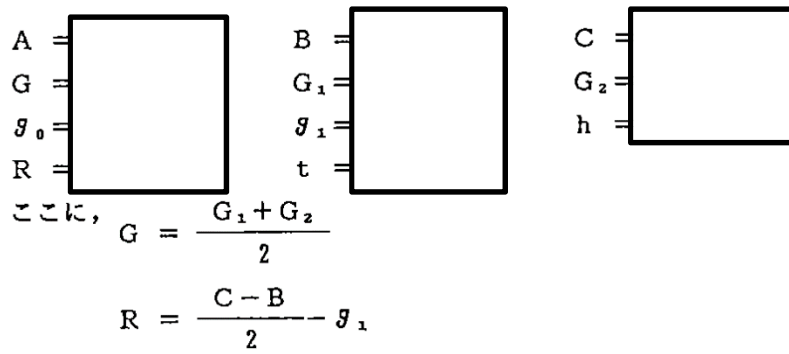
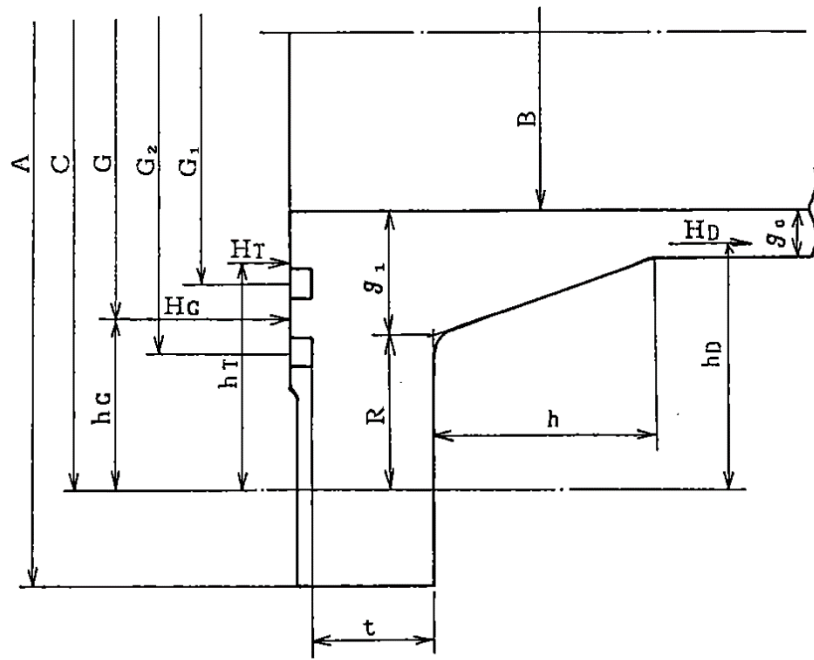


図 3-13(2) フランジの形状及び主要寸法 (貫通部番号 X-660A~D) (単位: mm)

表 3-27 使用材料表

使用部位	使用材料	備考
フランジ	<input type="text"/>	<input type="text"/>

### 3.6.2 強度評価

#### (1) 強度評価方法

- a. フランジは、貫通部スリーブに取り付けられた構造であり、荷重は原子炉格納容器を介して原子炉建屋に伝達される。

フランジの強度評価として、V-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」において設定された荷重を用いて、参照図書(1)に示す既工認の手法に従い強度評価を行う。

- b. 強度評価に用いる寸法は、公称値を用いる。

#### (2) 荷重の組合せ及び許容応力状態

フランジの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表3-28に示す。

詳細な荷重の組合せは、V-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」に従い、対象機器の設置位置等を考慮し決定する。なお、考慮する荷重の組合せは、組み合わせる荷重の大きさを踏まえ、評価上厳しくなる組合せを選定する。

#### (3) 許容応力

フランジの許容応力は、V-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」に基づき表3-29に示すとおりとする。

#### (4) 使用材料の許容応力評価条件

フランジの使用材料の許容応力評価条件のうち、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表3-30に示す。

#### (5) 設計荷重

重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度は、「2.1 重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度」に示す。

表 3-28 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	機器等の区分	荷重の組合せ*		許容応力状態*
原子炉格納施設	原子炉格納容器	フランジ	重大事故等クラス2容器	$D + P_{SA} + M_{SA}$	(V(S)-1) (V(S)-2) (V(S)-3)	重大事故等時

注記\*：( ) 内はV-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」における表5-4の荷重の組合せのNo.を示す。

表3-29 許容応力 (第2種容器)

応力分類 許容 応力状態	一次一般膜応力	一次膜応力+一次曲げ応力
重大事故等時	構造上の連続な部分は $0.6 \cdot S_u$ 、不連続な部分は $S_y$ と $0.6 \cdot S_u$ の小さい方。ただし、オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については、構造上の連続な部分は $2 \cdot S$ と $0.6 \cdot S_u$ の小さい方、不連続な部分は $1.2 \cdot S$ とする。	左欄の1.5倍の値

表3-30 使用材料の許容応力評価条件 (重大事故等対処設備)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S (MPa)	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (RT) (MPa)
		周囲環境 温度					
フランジ	<input type="text"/>	周囲環境 温度	200	—	<input type="text"/>	<input type="text"/>	—

注記\* :

### 3.6.3 計算方法

フランジの応力評価点は、フランジを構成する部材の形状及び荷重伝達経路を考慮し、発生応力が大きくなる部位を選定する。

応力計算方法は既工認から変更はなく、参照図書(1)に示すとおりである。

### 3.6.4 計算条件

応力計算に用いる荷重を、「2. 設計条件」に示す。

### 3.6.5 応力の評価

「3.6.3 計算方法」で求めた応力が許容応力以下であること。

### 3.6.6 評価結果

#### (1) 重大事故等対処設備としての評価結果

フランジの重大事故等時の状態を考慮した場合の強度評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足している。

#### a. 強度評価結果

強度評価結果を表 3-31 に示す。

表 3-31(1) 重大事故等時に対する評価結果 (D + P<sub>SA</sub> + M<sub>SA</sub>) (貫通部番号 X-3)

評価対象設備	評価部位		応力分類		重大事故等時		判定	備考
					算出応力 (MPa)	許容応力 (MPa)		
フランジ (貫通部番号 X-3)	P1	フランジ	フランジの半径方向応力	$\sigma_R$	74		○	
			フランジの周方向応力	$\sigma_T$	46		○	
			円筒胴のフランジとの 結合部の軸方向応力	$\sigma_H$	158		○	
			組合せ応力	$\frac{(\sigma_H + \sigma_R)}{2}$	116		○	
				$\frac{(\sigma_H + \sigma_T)}{2}$	102		○	

表 3-31(2) 重大事故等時に対する評価結果 (D + P<sub>SA</sub> + M<sub>SA</sub>) (貫通部番号 X-660A~D)

評価対象設備	評価部位		応力分類		重大事故等時		判定	備考
					算出応力 (MPa)	許容応力 (MPa)		
フランジ (貫通部番号 X-660A~D)	P1	フランジ	フランジの半径方向応力	$\sigma_R$	65		○	
			フランジの周方向応力	$\sigma_T$	34		○	
			円筒胴のフランジとの 結合部の軸方向応力	$\sigma_H$	48		○	
			組合せ応力	$\frac{(\sigma_H + \sigma_R)}{2}$	57		○	
				$\frac{(\sigma_H + \sigma_T)}{2}$	42		○	

### 3.7 穴の補強計算

下部ドライウェルアクセストンネル鏡板（以下「アクセストンネル鏡板」という。）を貫通する貫通部について補強計算を行う。

#### (1) 記号の説明

告示第501号 の記号	計算書の表示	表示内容	単位
	A <sub>0</sub>	補強に有効な総面積	mm <sup>2</sup>
	A <sub>1</sub>	鏡板の有効補強面積	mm <sup>2</sup>
	A <sub>2</sub>	管台の有効補強面積（内側）	mm <sup>2</sup>
	A <sub>3</sub>	管台の有効補強面積（外側）	mm <sup>2</sup>
	H	補強の有効範囲	mm
	H <sub>1</sub>	補強の有効範囲	mm
	H <sub>2</sub>	補強の有効範囲	mm
	W <sub>R</sub>	溶接部の負うべき荷重	N
	W <sub>R1</sub>	溶接部にかかる荷重	N
	W <sub>R2</sub>	溶接部にかかる荷重	N
	Y	補強の有効範囲	mm
	Y <sub>1</sub>	補強の有効範囲	mm
	Y <sub>2</sub>	補強の有効範囲	mm



(2) 貫通部番号 X-620 の穴の補強計算

アクセストンネル鏡板と貫通部番号 X-620 の取付部の形状及び寸法を図 3-14 に示す。

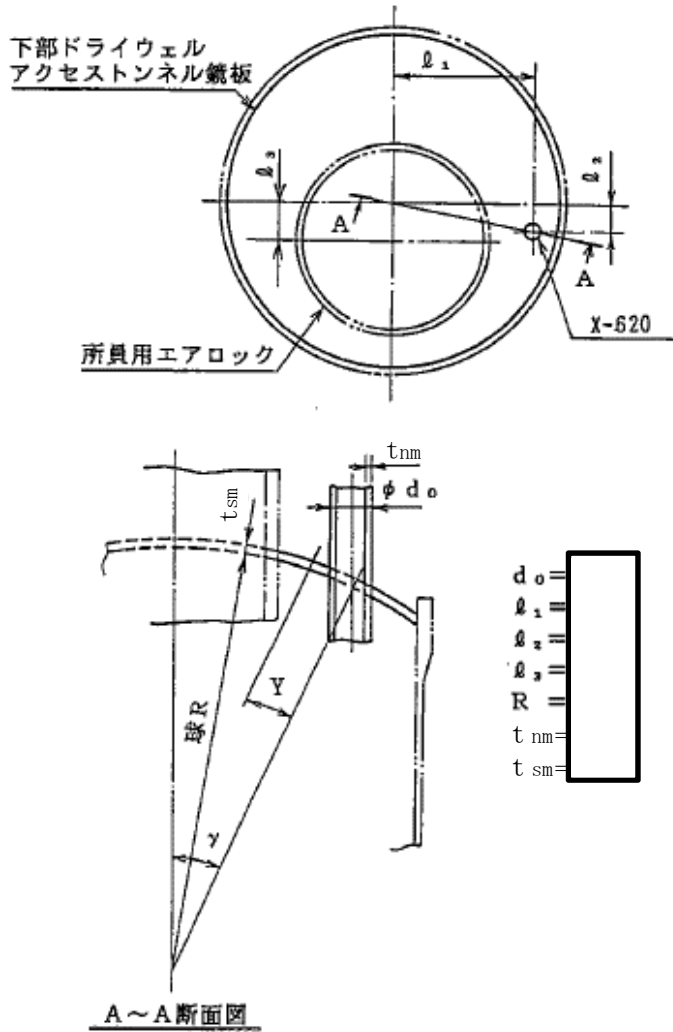


図 3-14 X-620 の取付部の形状及び寸法 (単位 : mm)

a. 穴の補強計算

(a) 補強に必要な面積 (告示第 501 号第 22 条第 8 項第 1 号ハ (ロ))

$$A_r = (d_o - 2 \cdot t_{nm}) \cdot t_{sr} / \cos \gamma$$

ここに,

$t_{sr}$  : アクセストンネル鏡板の計算上必要な厚さ (V-3-3-6-1-1-3 「原子炉格納容器胴の基本板厚計算書」 参照)

$$\cos \gamma = \cos (\sin^{-1} (\sqrt{(l_1^2 + l_2^2)} / R))$$

(b) 補強に有効な範囲 (告示第501号第22条第8項第1号イ)

イ. 胴板の面に沿う範囲 Y

Yは、次の計算式により求めた値のうちのいずれか大きいもの。

$$Y_1 = (d_o - 2 \cdot t_{nm}) / \cos \gamma$$

$$Y_2 = \frac{d_o - 2 \cdot t_{nm}}{2 \cdot \cos \gamma} + t_{sm} + t_{nm}$$

ロ. 胴板の面に垂直な範囲 H

Hは、次の計算式により求めた値のうちのいずれか大きいもの。

$$H_1 = 0.5 \cdot \sqrt{r_m \cdot t_{nm}}$$

$$H_2 = 2.5 \cdot t_{nm}$$

ここに、 $r_m$ : 管台の平均半径

$$= (d_o - t_{nm}) / 2$$

(c) 補強に有効な面積 (告示第501号第22条第8項第1号ロ)

イ. 鏡板の補強に有効な面積  $A_1$

$$A_1 = (t_{sm} - t_{sr}) \cdot \{2 \cdot Y - (d_o - 2 \cdot t_{nm}) / \cos \gamma\}$$

ロ. 管台 (内側) の補強に有効な面積  $A_2$

$$A_2 = 2 \cdot (t_{nm} - t_{nr}) \cdot H / \cos \gamma$$

ここに、 $t_{nr}$ : 管台の計算上必要な厚さ (表3-1に示す $t_R$ の値を参照)

ハ. 管台 (外側) の補強に有効な面積  $A_3$

$$A_3 = 2 \cdot (t_{nm} - t_{nr}) \cdot H / \cos \gamma$$

ニ. 補強に有効な総面積  $A_0$

$$A_0 = A_1 + A_2 + A_3$$

(d) 結論

穴の補強の計算結果を表3-32に示す。

これより、貫通部番号X-620の穴の補強は十分である。

表 3-32 穴の補強計算結果

貫通部番号		X-620
鏡板の計算上必要な厚さ	$t_{sr}$ (mm)	<input type="text"/>
管台の計算上必要な厚さ	$t_{nr}$ (mm)	0.2
穴の補強に必要な面積	$A_r$ (mm <sup>2</sup> )	4.94E+02
補強の有効範囲	$Y_1$ (mm)	<input type="text"/>
補強の有効範囲	$Y_2$ (mm)	
補強の有効範囲	$Y$ (mm)	
補強の有効範囲	$H_1$ (mm)	
補強の有効範囲	$H_2$ (mm)	
補強の有効範囲	$H$ (mm)	
鏡板の有効補強面積	$A_1$ (mm <sup>2</sup> )	2.34E+03
管台の有効補強面積 (内側)	$A_2$ (mm <sup>2</sup> )	2.02E+02
管台の有効補強面積 (外側)	$A_3$ (mm <sup>2</sup> )	2.02E+02
補強に有効な総面積	$A_0$ (mm <sup>2</sup> )	2.74E+03
評価： $A_0 > A_r$ であること。		○

## b. 隣接する2つの穴（告示第501号第22条第8項第2号）

(a) 隣接する2つの穴の中心間の距離  $l$ 

$$l = R \cdot \phi$$

ここに,

$$\phi = 2 \cdot \sin^{-1} \left( \frac{\sqrt{l_1^2 + (l_3 - l_2)^2 + l_4^2}}{2 \cdot R} \right)$$

$$l_4 = R \cdot (\cos \alpha - \cos \gamma)$$

$$\cos \alpha = \cos(\sin^{-1}(l_3/R))$$

(b) 穴の平均径の1.5倍  $d_m$ 

$$d_m = \frac{(d_o - 2 \cdot t_{nm}) / \cos \gamma + 2 \cdot R \cdot \theta_3}{2} \cdot 1.5$$

ここに,

$\theta_3$ : 下部ドライウエル所員用エアロックの穴の角度 (V-3-3-6-1-1-3 「原子炉格納容器胴の基本板厚計算書」参照)

(c) 2つの穴の間にある補強に必要な面積の1/2  $A_{fr}$ 

$$A_{fr} = \frac{1}{2} \cdot (A_r + A_r')$$

ここに,

$A_r'$ : 下部ドライウエル所員用エアロックの補強に必要な面積  
(V-3-3-6-1-1-3 「原子炉格納容器胴の基本板厚計算書」参照)

(d) 2つの穴の間にある補強に有効な面積  $A_{fo}$ 

$$A_{fo} = \frac{1}{2} \cdot (A_o + A_o')$$

ここに,

$A_o'$ : 下部ドライウエル所員用エアロックの補強に有効な面積  
(V-3-3-6-1-1-3 「原子炉格納容器胴の基本板厚計算書」参照)

## (e) 結論

隣接する2つの穴に対する確認結果を表3-33に示す。

これより、貫通部番号 X-620 と下部ドライウエル所員用エアロックは隣接する2つの穴の規定を満足している。

## c. 補強に有効な面積の制限（告示第501号第22条第8項第5号）

(a) 穴の中心線の両側に必要な補強面積  $A_{er}$ 

$$A_{er} = \frac{A_r}{2}$$

(b) 穴の中心線の両側に有効な面積  $A_{eo}$ 

$$A_{eo} = \frac{A_o}{2}$$

(c) 結論

補強に有効な面積の制限に対する確認結果を表 3-34 に示す。

これより、貫通部番号 X-620 は穴の中心線の両側の補強に対する制限を満足している。

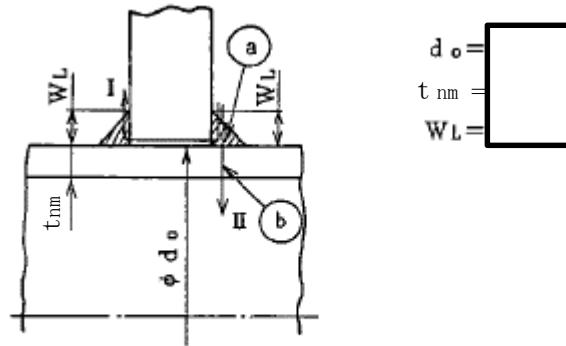
表 3-33 隣接する 2 つの穴に対する確認結果

貫通部番号	X-620	
隣接する 2 つの穴の中心間の距離	$l$ (mm)	
穴の平均径の 1.5 倍	$d_m$ (mm)	
2 つの穴の間にある補強に必要な面積の $1/2$	$A_{fr}$ (mm <sup>2</sup> )	8.95E+03
2 つの穴の間にある補強に有効な面積	$A_{fo}$ (mm <sup>2</sup> )	2.65E+04
評価： $l > d_m$ , $A_{fo} > A_{fr}$ であること。		○

表 3-34 補強に有効な面積の制限に対する確認結果

貫通部番号	X-620	
穴の中心線の両側に必要な補強面積	$A_{er}$ (mm <sup>2</sup> )	2.47E+02
穴の中心線の両側に有効な面積	$A_{eo}$ (mm <sup>2</sup> )	1.37E+03
評価： $A_{eo} > A_{er}$ であること。		○

- d. 強め材取付部の強さ（告示第501号第22条第8項第8号及び第9号）  
スリーブ取付部の形状及び寸法を図3-15に示す。



注1：斜線部は、溶接部を示す。  
注2：I，IIは、破断形式を示す。

図3-15 スリーブ取付部の形状及び寸法（単位：mm）

- (a) 強め材取付部の必要強さ

次の2式のうちいずれか小さい方の値

$$W_{R1} = (A_1 + A_2 + A_3) \cdot S$$

$$W_{R2} = (t_{sr} \cdot d_o / \cos \gamma - A_1) \cdot S$$

ここで、 $S$ は $0.6 \cdot S_u$ とする。

- (b) 結論

強め材取付部の強さの計算結果を表3-35に示す。

これより、アクセストネル鏡板と貫通部番号 X-620 取付部の強め材取付部の強さは十分である。

表3-35 強め材取付部の強さの計算結果

部材名称	貫通部番号 X-620	
溶接部にかかる荷重	$W_{R1}$	(N) <span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 50px; height: 15px; vertical-align: middle;"></span>
溶接部にかかる荷重	$W_{R2}$	(N) -4.44E+05
溶接部の負うべき荷重	$W_R$	(N) -4.44E+05
評価： $W_R < 0N$ であるため、強め材取付部の強度計算は必要ない。		

(3) 貫通部番号 X-621 の穴の補強計算

アクセストンネル鏡板と貫通部番号 X-621 の取付部の形状及び寸法を図 3-16 に示す。

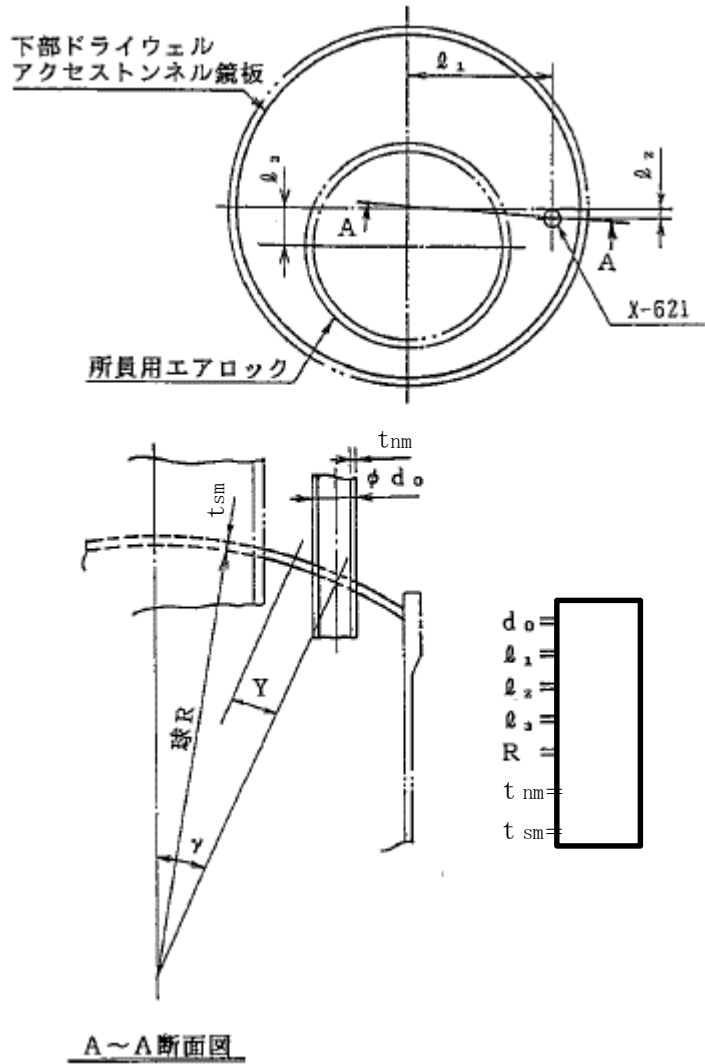


図 3-16 X-621 の取付部の形状及び寸法 (単位 : mm)

a. 穴の補強計算

(a) 補強に必要な面積 (告示第 5 0 1 号第 22 条第 8 項第 1 号ハ (ロ))

$$A_r = (d_o - 2 \cdot t_{nm}) \cdot t_{sr} / \cos \gamma$$

ここに,

$t_{sr}$ : アクセストンネル鏡板の計算上必要な厚さ (V-3-3-6-1-1-3 「原子炉格納容器胴の基本板厚計算書」参照)

$$\cos \gamma = \cos(\sin^{-1}(\sqrt{(l_1^2 + l_2^2)} / R))$$

(b) 補強に有効な範囲 (告示第501号第22条第8項第1号イ)

イ. 胴板の面に沿う範囲 Y

Yは、次の計算式により求めた値のうちいずれか大きいもの。

$$Y_1 = (d_o - 2 \cdot t_{nm}) / \cos \gamma$$

$$Y_2 = \frac{d_o - 2 \cdot t_{nm}}{2 \cdot \cos \gamma} + t_{sm} + t_{nm}$$

ロ. 胴板の面に垂直な範囲 H

Hは、次の計算式により求めた値のうちいずれか大きいもの。

$$H_1 = 0.5 \cdot \sqrt{r_m \cdot t_{nm}}$$

$$H_2 = 2.5 \cdot t_{nm}$$

ここに、 $r_m$ : 管台の平均半径

$$= (d_o - t_{nm}) / 2$$

(c) 補強に有効な面積 (告示第501号第22条第8項第1号ロ)

イ. 鏡板の補強に有効な面積  $A_1$

$$A_1 = (t_{sm} - t_{sr}) \cdot \{2 \cdot Y - (d_o - 2 \cdot t_{nm}) / \cos \gamma\}$$

ロ. 管台 (内側) の補強に有効な面積  $A_2$

$$A_2 = 2 \cdot (t_{nm} - t_{nr}) \cdot H / \cos \gamma$$

ここに、 $t_{nr}$ : 管台の計算上必要な厚さ (表3-1に示す $t_R$ の値を参照)

ハ. 管台 (外側) の補強に有効な面積  $A_3$

$$A_3 = 2 \cdot (t_{nm} - t_{nr}) \cdot H / \cos \gamma$$

ニ. 補強に有効な総面積  $A_0$

$$A_0 = A_1 + A_2 + A_3$$

(d) 結論

穴の補強の計算結果を表3-36に示す。

これより、貫通部番号X-621の穴の補強は十分である。



表 3-36 穴の補強計算結果

貫通部番号		X-621
鏡板の計算上必要な厚さ	$t_{sr}$ (mm)	<input type="text"/>
管台の計算上必要な厚さ	$t_{nr}$ (mm)	0.3
穴の補強に必要な面積	$A_r$ (mm <sup>2</sup> )	1.13E+03
補強の有効範囲	$Y_1$ (mm)	<input type="text"/>
補強の有効範囲	$Y_2$ (mm)	
補強の有効範囲	$Y$ (mm)	
補強の有効範囲	$H_1$ (mm)	
補強の有効範囲	$H_2$ (mm)	
補強の有効範囲	$H$ (mm)	
鏡板の有効補強面積	$A_1$ (mm <sup>2</sup> )	4.46E+03
管台の有効補強面積 (内側)	$A_2$ (mm <sup>2</sup> )	4.95E+02
管台の有効補強面積 (外側)	$A_3$ (mm <sup>2</sup> )	4.95E+02
補強に有効な総面積	$A_0$ (mm <sup>2</sup> )	5.45E+03
評価： $A_0 > A_r$ であること。		○

## b. 隣接する2つの穴（告示第501号第22条第8項第2号）

(a) 隣接する2つの穴の中心間の距離  $l$ 

$$l = R \cdot \phi$$

ここに,

$$\phi = 2 \cdot \sin^{-1} \left( \frac{\sqrt{l_1^2 + (l_3 - l_2)^2 + l_4^2}}{2 \cdot R} \right)$$

$$l_4 = R \cdot (\cos \alpha - \cos \gamma)$$

$$\cos \alpha = \cos(\sin^{-1}(l_3/R))$$

(b) 穴の平均径の1.5倍  $d_m$ 

$$d_m = \frac{(d_o - 2 \cdot t_{nm}) / \cos \gamma + 2 \cdot R \cdot \theta_3}{2} \cdot 1.5$$

ここに,

$\theta_3$ : 下部ドライウエル所員用エアロックの穴の角度 (V-3-3-6-1-1-3 「原子炉格納容器胴の基本板厚計算書」参照)

(c) 2つの穴の間にある補強に必要な面積の1/2  $A_{fr}$ 

$$A_{fr} = \frac{1}{2} \cdot (A_r + A_r')$$

ここに,

$A_r'$ : 下部ドライウエル所員用エアロックの補強に必要な面積  
(V-3-3-6-1-1-3 「原子炉格納容器胴の基本板厚計算書」参照)

(d) 2つの穴の間にある補強に有効な面積  $A_{fo}$ 

$$A_{fo} = \frac{1}{2} \cdot (A_o + A_o')$$

ここに,

$A_o'$ : 下部ドライウエル所員用エアロックの補強に有効な面積  
(V-3-3-6-1-1-3 「原子炉格納容器胴の基本板厚計算書」参照)

## (e) 結論

隣接する2つの穴に対する確認結果を表3-37に示す。

これより、貫通部番号 X-621 と下部ドライウエル所員用エアロックは隣接する2つの穴の規定を満足している。

## c. 補強に有効な面積の制限（告示第501号第22条第8項第5号）

(a) 穴の中心線の両側に必要な補強面積  $A_{er}$ 

$$A_{er} = \frac{A_r}{2}$$

(b) 穴の中心線の両側に有効な補強面積  $A_{eo}$ 

$$A_{eo} = \frac{A_o}{2}$$

(c) 結論

補強に有効な面積の制限に対する確認結果を表 3-38 に示す。

これより、貫通部番号 X-621 は穴の中心線の両側の補強に対する制限を満足している。

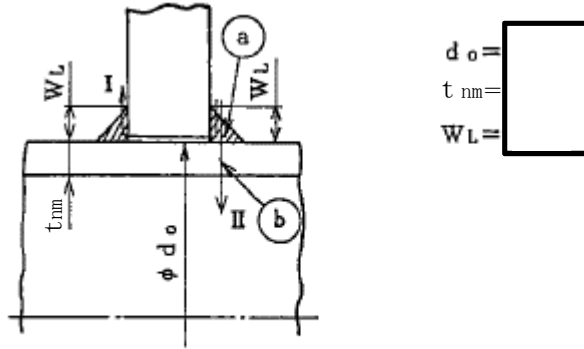
表 3-37 隣接する 2 つの穴に対する確認結果

貫通部番号		X-621
隣接する 2 つの穴の中心間の距離	$l$ (mm)	
穴の平均径の 1.5 倍	$d_m$ (mm)	
2 つの穴の間にある補強に必要な面積の 1/2	$A_{fr}$ (mm <sup>2</sup> )	9.27E+03
2 つの穴の間にある補強に有効な面積	$A_{fo}$ (mm <sup>2</sup> )	2.79E+04
評価： $l > d_m$ , $A_{fo} > A_{fr}$ であること。		○

表 3-38 補強に有効な面積の制限に対する確認結果

貫通部番号		X-621
穴の中心線の両側に必要な補強面積	$A_{er}$ (mm <sup>2</sup> )	5.65E+02
穴の中心線の両側に有効な面積	$A_{eo}$ (mm <sup>2</sup> )	2.72E+03
評価： $A_{eo} > A_{er}$ であること。		○

- d. 強め材取付部の強さ（告示第501号第22条第8項第8号及び第9号）  
スリーブ取付部の形状及び寸法を図3-17に示す。



注1：斜線部は、溶接部を示す。  
注2：I，IIは、破断形式を示す。

図3-17 スリーブ取付部の形状及び寸法（単位：mm）

- (a) 強め材取付部の必要強さ

次の2式のうちいずれか小さい方の値

$$W_{R1} = (A_1 + A_2 + A_3) \cdot S$$

$$W_{R2} = (t_{sr} \cdot d_o / \cos \gamma - A_1) \cdot S$$

ここで、Sは $0.6 \cdot S_u$ とする。

- (b) 結論

強め材取付部の強さの計算結果を表3-39に示す。

これより、アクセストネル鏡板と貫通部番号 X-621 取付部の強め材取付部の強さは十分である。

表3-39 強め材取付部の強さの計算結果

部材名称		貫通部番号 X-621
溶接部にかかる荷重	$W_{R1}$ (N)	[ ]
溶接部にかかる荷重	$W_{R2}$ (N)	-8.07E+05
溶接部の負うべき荷重	$W_R$ (N)	-8.07E+05
評価： $W_R < 0N$ であるため、強め材取付部の強度計算は必要ない。		

(4) 貫通部番号 X-740 の穴の補強計算

アクセストンネル鏡板と貫通部番号 X-740 の取付部の形状及び寸法を図 3-18 に示す。

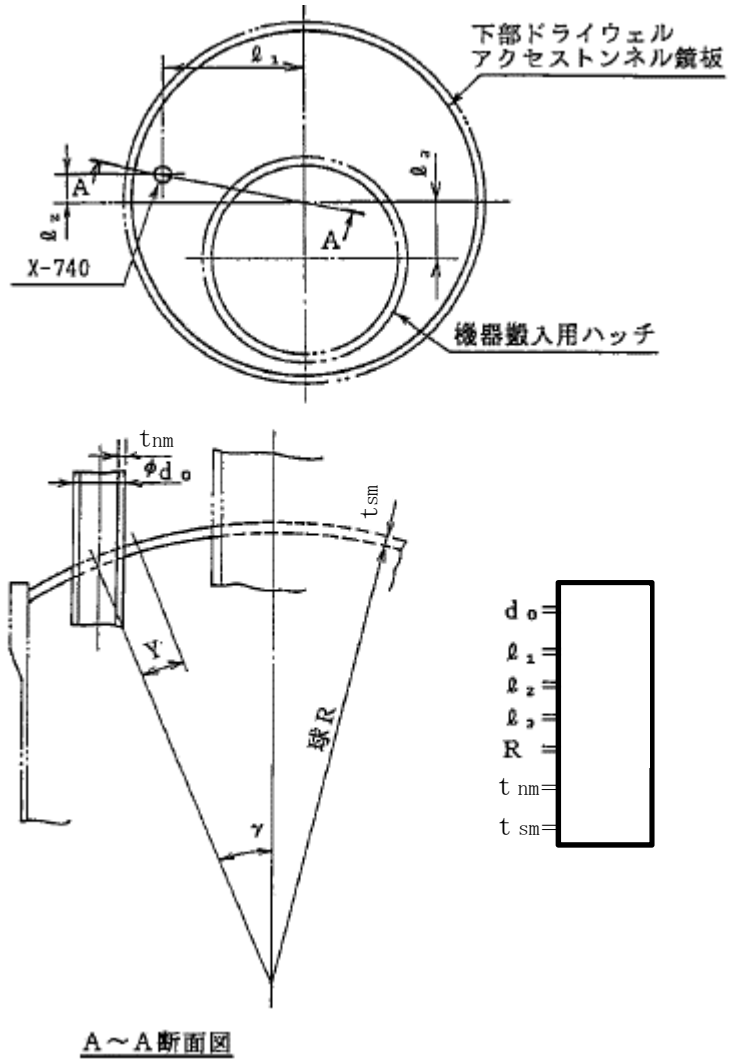


図 3-18 X-740 の取付部の形状及び寸法 (単位 : mm)

a. 穴の補強計算

(a) 補強に必要な面積 (告示第 5 0 1 号第 22 条第 8 項第 1 号ハ (ロ))

$$A_r = (d_o - 2 \cdot t_{nm}) \cdot t_{sr} / \cos \gamma$$

ここに,

$t_{sr}$  : アクセストンネル鏡板の計算上必要な厚さ (V-3-3-6-1-1-3 「原子炉格納容器胴の基本板厚計算書」参照)

$$\cos \gamma = \cos(\sin^{-1}(\sqrt{(l_1^2 + l_2^2)} / R))$$

(b) 補強に有効な範囲 (告示第501号第22条第8項第1号イ)

イ. 胴板の面に沿う範囲 Y

Yは、次の計算式により求めた値のうちいずれか大きいもの。

$$Y_1 = (d_o - 2 \cdot t_{nm}) / \cos \gamma$$

$$Y_2 = \frac{d_o - 2 \cdot t_{nm}}{2 \cdot \cos \gamma} + t_{sm} + t_{nm}$$

ロ. 胴板の面に垂直な範囲 H

Hは、次の計算式により求めた値のうちいずれか大きいもの。

$$H_1 = 0.5 \cdot \sqrt{r_m \cdot t_{nm}}$$

$$H_2 = 2.5 \cdot t_{nm}$$

ここに、 $r_m$ : 管台の平均半径

$$= (d_o - t_{nm}) / 2$$

(c) 補強に有効な面積 (告示第501号第22条第8項第1号ロ)

イ. 鏡板の補強に有効な面積  $A_1$

$$A_1 = (t_{sm} - t_{sr}) \cdot \{2 \cdot Y - (d_o - 2 \cdot t_{nm}) / \cos \gamma\}$$

ロ. 管台 (内側) の補強に有効な面積  $A_2$

$$A_2 = 2 \cdot (t_{nm} - t_{nr}) \cdot H / \cos \gamma$$

ここに、 $t_{nr}$ : 管台の計算上必要な厚さ (表3-1に示す $t_R$ の値を参照)

ハ. 管台 (外側) の補強に有効な面積  $A_3$

$$A_3 = 2 \cdot (t_{nm} - t_{nr}) \cdot H / \cos \gamma$$

ニ. 補強に有効な総面積  $A_0$

$$A_0 = A_1 + A_2 + A_3$$

(d) 結論

穴の補強の計算結果を表3-40に示す。

これより、貫通部番号X-740の穴の補強は十分である。

表 3-40 穴の補強計算結果

貫通部番号		X-740
鏡板の計算上必要な厚さ	$t_{sr}$ (mm)	<input type="text"/>
管台の計算上必要な厚さ	$t_{nr}$ (mm)	0.2
穴の補強に必要な面積	$A_r$ (mm <sup>2</sup> )	7.60E+02
補強の有効範囲	$Y_1$ (mm)	<input type="text"/>
補強の有効範囲	$Y_2$ (mm)	
補強の有効範囲	$Y$ (mm)	
補強の有効範囲	$H_1$ (mm)	
補強の有効範囲	$H_2$ (mm)	
補強の有効範囲	$H$ (mm)	
鏡板の有効補強面積	$A_1$ (mm <sup>2</sup> )	3.02E+03
管台の有効補強面積 (内側)	$A_2$ (mm <sup>2</sup> )	3.04E+02
管台の有効補強面積 (外側)	$A_3$ (mm <sup>2</sup> )	3.04E+02
補強に有効な総面積	$A_0$ (mm <sup>2</sup> )	3.62E+03
評価： $A_0 > A_r$ であること。		○

b. 隣接する 2 つの穴 (告示第 5 0 1 号第 22 条第 8 項第 2 号)

(a) 隣接する 2 つの穴の中心間の距離  $l$

$$l = R \cdot \phi$$

ここに,

$$\phi = 2 \cdot \sin^{-1} \left( \frac{\sqrt{l_1^2 + (l_3 + l_2)^2 + l_4^2}}{2 \cdot R} \right)$$

$$l_4 = R \cdot (\cos \alpha - \cos \gamma)$$

$$\cos \alpha = \cos(\sin^{-1}(l_3/R))$$

(b) 穴の平均径の 1.5 倍  $d_m$

$$d_m = \frac{(d_o - 2 \cdot t_{nm}) / \cos \gamma + 2 \cdot R \cdot \theta_3}{2} \cdot 1.5$$

ここに,

$\theta_3$ : 下部ドライウエル機器搬入用ハッチの穴の角度 (V-3-3-6-1-1-3 「原子炉格納容器胴の基本板厚計算書」参照)

(c) 2 つの穴の間にある補強に必要な面積の 1/2  $A_{fr}$

$$A_{fr} = \frac{1}{2} \cdot (A_r + A_r')$$

ここに,

$A_r'$ : 下部ドライウエル機器搬入用ハッチの補強に必要な面積  
(V-3-3-6-1-1-3 「原子炉格納容器胴の基本板厚計算書」参照)

(d) 2 つの穴の間にある補強に有効な面積  $A_{fo}$

$$A_{fo} = \frac{1}{2} \cdot (A_o + A_o')$$

ここに,

$A_o'$ : 下部ドライウエル機器搬入用ハッチの補強に有効な面積  
(V-3-3-6-1-1-3 「原子炉格納容器胴の基本板厚計算書」参照)

(e) 結論

隣接する 2 つの穴に対する確認結果を表 3-41 に示す。

これより, 貫通部番号 X-740 と下部ドライウエル機器搬入用ハッチは隣接する 2 つの穴の規定を満足している。

c. 補強に有効な面積の制限 (告示第 5 0 1 号第 22 条第 8 項第 5 号)

(a) 穴の中心線の両側に必要な補強面積  $A_{er}$

$$A_{er} = \frac{A_r}{2}$$

(b) 穴の中心線の両側に有効な面積  $A_{eo}$

$$A_{eo} = \frac{A_o}{2}$$



(c) 結論

補強に有効な面積の制限に対する確認結果を表 3-42 に示す。

これより、貫通部番号 X-740 は穴の中心線の両側の補強に対する制限を満足している。

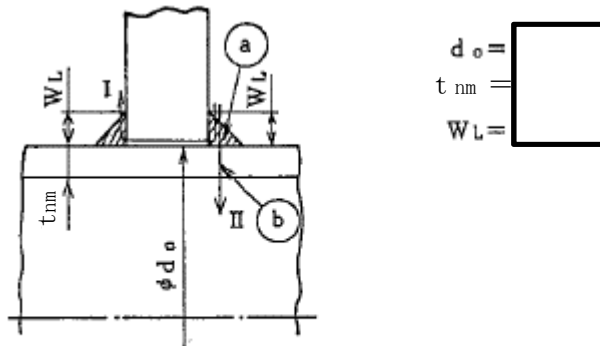
表 3-41 隣接する 2 つの穴に対する確認結果

貫通部番号			X-740
隣接する 2 つの穴の中心間の距離	$l$	(mm)	
穴の平均径の 1.5 倍	$d_m$	(mm)	
2 つの穴の間にある補強に必要な面積の 1/2	$A_{f r}$	(mm <sup>2</sup> )	9.13E+03
2 つの穴の間にある補強に有効な面積	$A_{f o}$	(mm <sup>2</sup> )	2.52E+04
評価： $l > d_m$ , $A_{f o} > A_{f r}$ であること。			○

表 3-42 補強に有効な面積の制限に対する確認結果

貫通部番号			X-740
穴の中心線の両側に必要な補強面積	$A_{e r}$	(mm <sup>2</sup> )	3.80E+02
穴の中心線の両側に有効な面積	$A_{e o}$	(mm <sup>2</sup> )	1.81E+03
評価： $A_{e o} > A_{e r}$ であること。			○

- d. 強め材取付部の強さ（告示第501号第22条第8項第8号及び第9号）  
スリーブ取付部の形状及び寸法を図3-19に示す。



注1：斜線部は、溶接部を示す。  
注2：I，IIは、破断形式を示す。

図3-19 スリーブ取付部の形状及び寸法（単位：mm）

- (a) 強め材取付部の必要強さ

次の2式のうちいずれか小さい方の値

$$W_{R1} = (A_1 + A_2 + A_3) \cdot S$$

$$W_{R2} = (t_{sr} \cdot d_o / \cos \gamma - A_1) \cdot S$$

ここで、Sは $0.6 \cdot S_u$ とする。

- (b) 結論

強め材取付部の強さの計算結果を表3-43に示す。

これより、アクセストネル鏡板と貫通部番号 X-740 取付部の強め材取付部の強さは十分である。

表3-43 強め材取付部の強さの計算結果

部材名称	貫通部番号 X-740	
溶接部にかかる荷重	$W_{R1}$	(N) <input type="text"/>
溶接部にかかる荷重	$W_{R2}$	(N) -5.43E+05
溶接部の負うべき荷重	$W_R$	(N) -5.43E+05
評価： $W_R < 0N$ であるため、強め材取付部の強度計算は必要ない。		

4. 参照図書

- (1) 柏崎刈羽原子力発電所第7号機 第2回工事計画認可申請書  
IV-3-4-2-1 「原子炉格納容器貫通部の基本板厚の強度計算書」

- (2) 原子炉格納容器配管貫通部 (X-112 及び X-253) の基本板厚  
計算書

## 目 次

1. 一般事項	1
1.1 概要	1
1.2 適用基準	1
1.3 計算精度と数値の丸め方	2
2. 設計条件	3
2.1 設計基準対象施設としての評価圧力及び評価温度	3
2.2 重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度	3
2.3 水荷重	3
2.4 材料及び許容応力	4
3. 原子炉格納容器配管貫通部の基本板厚計算	5
3.1 スリーブ	5

## 1. 一般事項

### 1.1 概要

本計算書は、原子炉格納容器配管貫通部（X-112 及び X-253）の基本板厚計算書である。

原子炉格納容器配管貫通部は、設計基準対象施設の原子炉格納容器配管貫通部を重大事故等クラス 2 容器として兼用する機器である。

以下、設計基準対象施設の原子炉格納容器配管貫通部として、V-3-1-7「原子炉格納容器の強度計算の基本方針」に基づくとともに、V-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びV-3-2-8「重大事故等クラス 2 容器の強度計算方法」に準じて、原子炉格納容器配管貫通部の構造強度評価を示す。

また重大事故等対処設備として、V-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」に基づくとともに、V-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びV-3-2-8「重大事故等クラス 2 容器の強度計算方法」に準じて、原子炉格納容器配管貫通部の構造強度評価を示す。

### 1.2 適用基準

適用基準を以下に示す。

- (1) 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 S M E  
S N C 1-2005/2007）（日本機械学会 2007年9月）（以下、「設計・建設規格」という。）

### 1.3 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表1-1に示すとおりとする。

表 1-1 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	
圧力	MPa	—	—	小数点以下第2位* <sup>1</sup>	
圧力	kPa	—	—	整数位	
温度	℃	—	—	整数位	
許容応力* <sup>2</sup>	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位	
長さ	下記以外の長さ	mm	小数点以下第1位	四捨五入	整数位
	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

注記\*1：必要に応じて小数点以下第3位を用いる。

\*2：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，設計降伏点及び設計引張強さは，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，整数として算出する。

## 2. 設計条件

### 2.1 設計基準対象施設としての評価圧力及び評価温度

設計基準対象施設としての評価圧力及び評価温度は、以下のとおりとする。

内圧 $P_1$	310kPa
外圧 $P_2$	14kPa
温度 $T$	171°C (X-112)
	104°C (X-253)

### 2.2 重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度

重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度は、以下のとおりとする。

内圧 $P_{SA}$	620kPa (SA後)
温度 $T_{SA}$	200°C (SA後)

### 2.3 水荷重

重大事故等対処設備の評価に用いる水荷重として、没水時における下記の水位による水頭圧を考慮する。

ドライウエル	水位	T. M. S. L. 7400mm
サプレッションチェンバ	水位	T. M. S. L. 8950mm



## 2.4 材料及び許容応力

## (1) 材料

使用する材料を表 2-1, 表 2-2 に示す。

## (2) 許容引張応力

使用材料の許容引張応力は、設計基準対象施設においては、設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 3 の値とし、重大事故等対処設備においては、V-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」に準じて、設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 9 に規定されている値の 0.6 倍とする。なお、スリーブの外圧評価における使用材料の許容引張応力は、設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 3 に規定されている値とする。使用材料の許容引張応力を表 2-1, 表 2-2 に示す。

表 2-1 使用材料表 (設計基準対象施設)

使用部位	使用材料	温度条件 (°C)	許容引張応力 (MPa)	備考
スリーブ		171		
		104		

表 2-2 使用材料表 (重大事故等対処設備)

使用部位	使用材料	温度条件 (°C)	許容引張応力* (MPa)	備考
スリーブ		200		
		200		

注記\* : 許容引張応力  $S$  は  $0.6 \cdot S_u$  とする。ここで、 $S_u$  は設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 9 に規定されている値である。

### 3. 原子炉格納容器配管貫通部の基本板厚計算

「2. 設計条件」に示す条件に基づき、原子炉格納容器配管貫通部各部の板厚計算を行った結果を以下に示す。

#### 3.1 スリーブ

スリーブの形状を図3-1に示し、各寸法を表3-1～表3-4に示す。

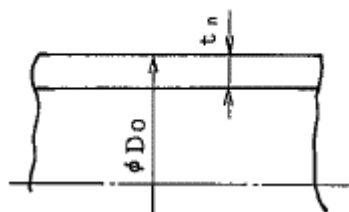


図3-1 スリーブの形状

#### (1) 記号の説明

設計・建設規格の記号	計算書の表示	表示内容	単位
t	t	必要な厚さ	mm
	t <sub>R</sub>	計算上必要な厚さ	mm
	t <sub>R</sub> '	規格上必要な最小厚さ	mm

#### (2) 内圧に対する必要厚さ（設計・建設規格 PVE-3611）

スリーブの内圧に対する必要厚さの算出式を以下に示し、設計基準対象施設の計算結果を表3-1、表3-2に、重大事故等対処設備の計算結果を表3-3、表3-4に示す。

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

#### (3) 外圧に対する厚さ（設計・建設規格 PVE-3612）

貫通部の外圧に対する評価結果として、スリーブの許容外圧を表3-5に示す。

#### (4) 結論

内圧を受けるスリーブの最小厚さは必要厚さより大きく、また、外圧を受けるスリーブの許容外圧は外面に受ける最高の圧力より大きいので、設計・建設規格の要求を満足している。

表 3-1 スリーブの板厚計算結果 (ドライウェル) (設計基準対象施設)

貫通部番号			X-112
材料*1			
最高使用圧力	P	(MPa)	0.31
最高使用温度		(°C)	171
胴の外径	D <sub>o</sub>	(mm)	
許容引張応力	S	(MPa)	
継手効率	$\eta$		1.00
継手の種類			継手無し
放射線検査の有無			—
計算上必要な厚さ	t <sub>R</sub>	(mm)	0.5
必要厚さ*2	t <sub>R</sub> '	(mm)	3.8
t <sub>R</sub> , t <sub>R</sub> ' の大きい値	t	(mm)	3.8
呼び厚さ	t <sub>n</sub>	(mm)	
最小厚さ	t <sub>nm</sub>	(mm)	
評価: t <sub>nm</sub> ≥ t であること。			○

注記\*1:  は,  を示す。

\*2: 設計・建設規格 PVE-3613 による必要厚さ。

表 3-2 スリーブの板厚計算結果 (サプレッションチェンバ) (設計基準対象施設)

貫通部番号			X-253
材料			<input type="text"/>
最高使用圧力	P	(MPa)	0.31
最高使用温度			104
胴の外径	$D_o$	(mm)	<input type="text"/>
許容引張応力	S	(MPa)	<input type="text"/>
継手効率	$\eta$		1.00
継手の種類			継手無し
放射線検査の有無			—
計算上必要な厚さ	$t_R$	(mm)	0.5
必要厚さ	$t_{R'}$	(mm)	—
$t_R, t_{R'}$ の大きい値	t	(mm)	0.5
呼び厚さ	$t_n$	(mm)	<input type="text"/>
最小厚さ	$t_{nm}$	(mm)	<input type="text"/>
評価: $t_{nm} \geq t$ であること。			○

表 3-3 スリーブの板厚計算結果（ドライウエル）（重大事故等対処設備）

貫通部番号			X-112
材料*1			<input type="text"/>
最高使用圧力	P	(MPa)	0.62
最高使用温度		(°C)	200
胴の外径	D <sub>o</sub>	(mm)	<input type="text"/>
許容引張応力	S*2	(MPa)	<input type="text"/>
継手効率	η		1.00
継手の種類			継手無し
放射線検査の有無			—
計算上必要な厚さ	t <sub>R</sub>	(mm)	0.4
必要厚さ*3	t <sub>R</sub> '	(mm)	3.8
t <sub>R</sub> , t <sub>R</sub> ' の大きい値	t	(mm)	3.8
呼び厚さ	t <sub>n</sub>	(mm)	<input type="text"/>
最小厚さ	t <sub>nm</sub>	(mm)	<input type="text"/>
評価： t <sub>nm</sub> ≥ t であること。			○

注記\*1： は、 を示す。

\*2：Sは0.6・S<sub>u</sub>とする。

\*3：設計・建設規格 PVE-3613 による必要厚さ。

表 3-4 スリーブの板厚計算結果 (サプレッションチェンバ) (重大事故等対処設備)

貫通部番号			X-253
材料			
最高使用圧力	P	(MPa)	0.78* <sup>1</sup>
最高使用温度			200
胴の外径	D <sub>o</sub>	(mm)	
許容引張応力	S* <sup>2</sup>	(MPa)	
継手効率	η		1.00
継手の種類			継手無し
放射線検査の有無			—
計算上必要な厚さ	t <sub>R</sub>	(mm)	0.6
必要厚さ	t <sub>R</sub> '	(mm)	—
t <sub>R</sub> , t <sub>R</sub> ' の大きい値	t	(mm)	0.6
呼び厚さ	t <sub>n</sub>	(mm)	
最小厚さ	t <sub>nm</sub>	(mm)	
評価: t <sub>nm</sub> ≥ t であること。			○

注記\*1: 最高使用圧力には水荷重として没水時の水位における水頭圧を含む。

\*2: Sは0.6・S<sub>u</sub>とする。

表 3-5 スリーブの許容外圧 (設計基準対象施設)

貫通部番号	X-112	X-253
呼び径	[ ]	
材料*	[ ]	
最高使用圧力 P (MPa)	0.014	0.014
最高使用温度 (°C)	171	104
外径 D <sub>o</sub> (mm)	[ ]	
最小厚さ t (mm)	[ ]	
t / D <sub>o</sub>	0.0480	0.0480
許容引張応力 S (MPa)	[ ]	
許容外圧 P <sub>e</sub> (MPa)	3.75	3.86
評価: P <sub>e</sub> ≥ P であること。	○	○

注記\*: [ ] は, [ ] を示す。