

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-3-008-3 改0
提出年月日	2020年4月23日

V-3-3-6-1-1-3 原子炉格納容器胴の基本板厚計算書

K7 ① V-3-3-6-1-1-3 R0

2020年4月

東京電力ホールディングス株式会社

V-3-3-6-1-1-3 原子炉格納容器胴の基本板厚計算書

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	3
3. 原子炉格納容器胴の基本板厚計算	4
3.1 上鏡板	4
3.2 主フランジ部円筒胴	6
3.3 下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板 (機器搬入用ハッチ付)	8
3.4 下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板 (所員用エアロック付)	18

1. 一般事項

1.1 概要

本計算書は、原子炉格納容器の胴部分（以下「原子炉格納容器胴」という。）の基本板厚計算書である。

原子炉格納容器は、設計基準対象施設の原子炉格納容器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、原子炉格納容器胴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	
最高使用圧力	MPa	—	—	小数点以下第3位	
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 ²	有効数字4桁目	四捨五入	有効数字3桁*2
	必要な面積	mm ²	有効数字4桁目	切上げ	有効数字3桁*2
	有効な面積	mm ²	有効数字4桁目	切捨て	有効数字3桁*2
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。

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

2.2 水荷重

下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板においては、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。

下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板 (機器搬入用ハッチ付)

水位 T.M.S.L. 7400mm

下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板 (所員用エアロック付)

水位 T.M.S.L. 7400mm

2.3 材料及び許容応力

(1) 材料

使用する材料を表 2-1 に示す。

表 2-1 使用材料表

使用部位	使用材料	備考
上鏡板	□	□
主フランジ部円筒胴		
下部ドライウェルアクセストンネル スリーブ及び鏡板		

(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501号別表第10に規定されている値の0.6倍とする。

$S^* =$

 MPa

注記* : 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。

3. 原子炉格納容器胴の基本板厚計算

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

3.1 上鏡板

上鏡板の形状及び寸法を図3-1に示す。

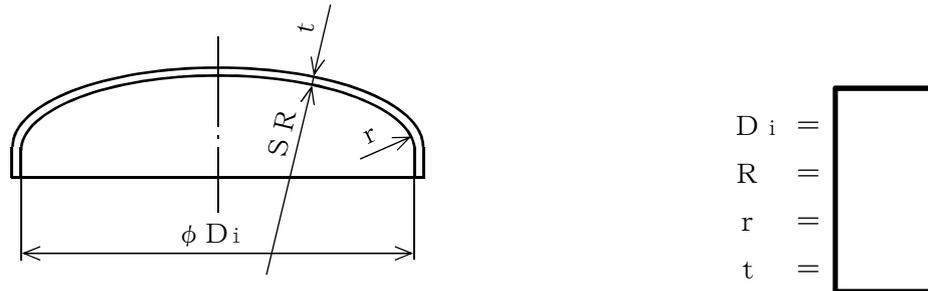


図3-1 上鏡板の形状及び寸法 (単位 : mm)

(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 _R	必要な厚さ	mm

(2) 形状制限 (告示第501号第23条第1項第1号イ及びロ)

上鏡板の形状制限の確認結果を表3-1に示す。

これより、上鏡板はさら形鏡板の形状制限条件を満足している。

表3-1 上鏡板の形状制限

鏡板の外径	D _o	(mm)	<div style="border: 1px solid black; width: 80px; height: 100px; margin: 0 auto;"></div>
鏡板の中央部における内面の半径	R	(mm)	
鏡板のすみの丸みの内半径	r	(mm)	
3・t		(mm)	
0.06・D _o		(mm)	
評価 : D _o ≥ R, r ≥ 3・t, r ≥ 0.06・D _o , よって十分である。			

(3) 内圧に対する必要厚さ（告示第501号第23条第2項第1号）

上鏡板の内圧に対する必要板厚の算出式を以下に示し，計算結果を表3-2に示す。

これより，上鏡板は告示第501号の条件を満足している。

$$t_R = \frac{P \cdot R \cdot W}{2 \cdot S \cdot \eta - 0.2 \cdot P}$$

ここに， $W = \frac{1}{4} \cdot \left(3 + \sqrt{\frac{R}{r}} \right)$

表3-2 上鏡板の板厚計算結果

鏡板名称		上鏡板
材料		
最高使用圧力	P (MPa)	0.620
最高使用温度	(°C)	200
鏡板の中央部における内面の半径	R (mm)	
鏡板のすみの丸みの内半径	r (mm)	
さら形鏡板の形状による係数	W	1.32
許容引張応力	S* (MPa)	
継手効率	η	1.00
継手の種類		突合せ両側溶接
放射線検査の有無		有り
必要厚さ	t _R (mm)	15.1
呼び厚さ	t _{co} (mm)	
最小厚さ	t _c (mm)	
評価：t _c ≥ t _R ，よって十分である。		

注記*：Sは0.6・S_uとする。

3.2 主フランジ部円筒胴

主フランジ部円筒胴の形状及び寸法を図 3-2 に示す。

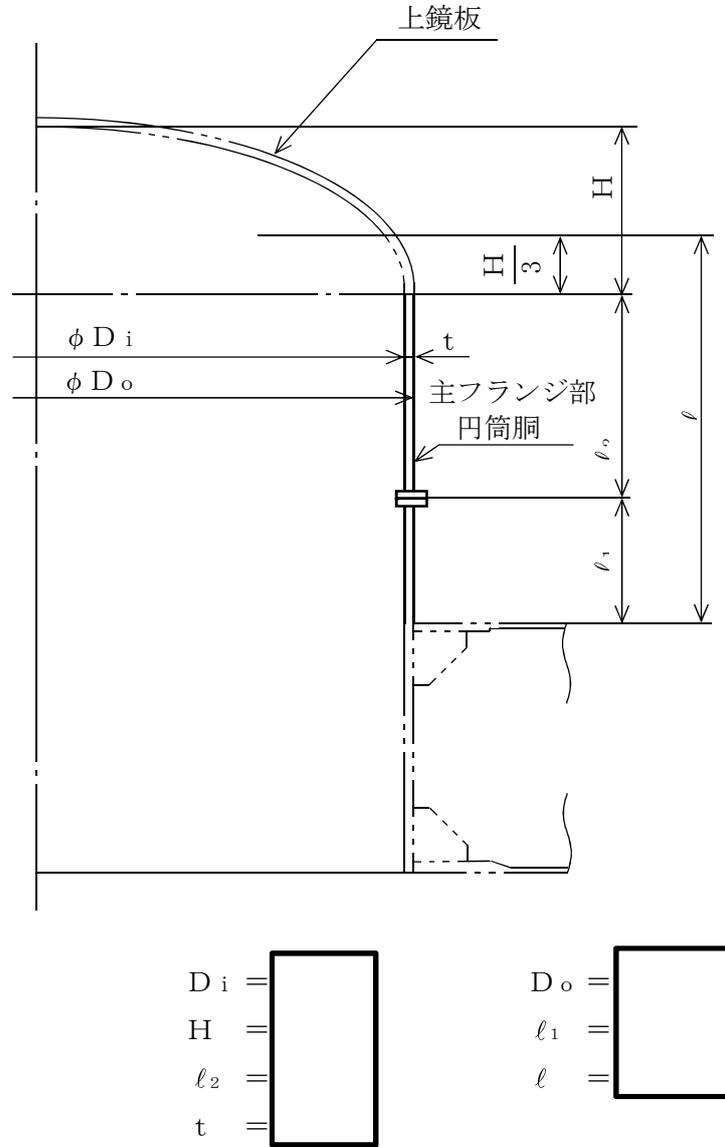


図 3-2 主フランジ部円筒胴の形状及び寸法 (単位: mm)

(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 _R	必要な厚さ	mm
	t _{R1}	規格上必要な最小厚さ	mm
	t _{R2}	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22条第3項第2号イ）

主フランジ部円筒胴の内圧に対する必要板厚の算出式を以下に示し、計算結果を表3-3に示す。

これより、主フランジ部円筒胴は告示第501号の条件を満足している。

$$t_{R2} = \frac{P \cdot D_i}{2 \cdot S \cdot \eta - 1.2 \cdot P}$$

表3-3 主フランジ部円筒胴の板厚計算結果

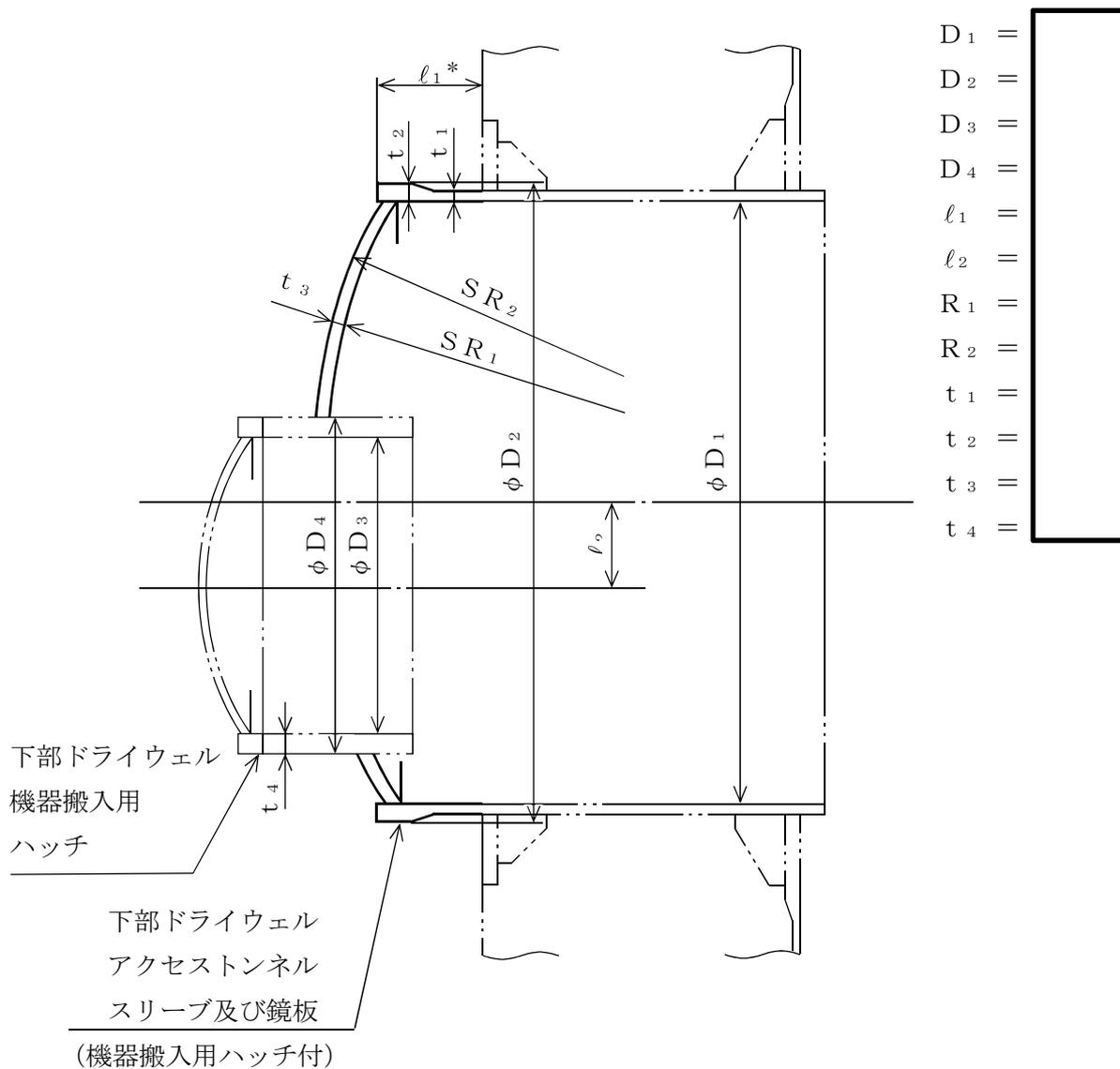
胴板名称	主フランジ部円筒胴	
材料		
最高使用圧力	P (MPa)	0.620
最高使用温度	(°C)	200
胴の内径	D _i (mm)	
許容引張応力	S* (MPa)	
継手効率	η	1.00
継手の種類	突合せ両側溶接	
放射線検査の有無	有り	
必要厚さ	t _{R1} (mm)	3.0
必要厚さ	t _{R2} (mm)	12.7
t _{R1} , t _{R2} の大きい値	t _R (mm)	12.7
呼び厚さ	t _{so} (mm)	
最小厚さ	t _s (mm)	
評価：t _s ≥ t _R 、よって十分である。		

注記*：Sは0.6・S_uとする。

3.3 下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（機器搬入用ハッチ付）

下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（機器搬入用ハッチ付）の形状及び寸法を図3-3に示す。

K7 ① V-3-3-6-1-1-3 R0



注記* : l_1 寸法は最大長さを示す。

図3-3 下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（機器搬入用ハッチ付）の形状及び寸法（単位：mm）

(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 _r	A ₀	補強に有効な総面積	mm ²
	A ₀₁	穴の中心線の両側に有効な面積	mm ²
	A ₁	鏡板の有効補強面積	mm ²
	A ₂	円筒胴の有効補強面積（外側）	mm ²
	A ₃	円筒胴の有効補強面積（内側）	mm ²
	A _R	穴の補強に必要な面積	mm ²
	A _{R1}	穴の中心線の両側に必要な補強面積	mm ²
	F _{WA}	強め材取付部の強さ（a部）	N
	F _{WB}	強め材取付部の強さ（b部）	N
	F _{WC}	強め材取付部の強さ（c部）	N
	H	補強の有効範囲	mm
	H ₁	補強の有効範囲	mm
	H ₂	補強の有効範囲	mm
	H _i	補強の有効範囲（内側）	mm
	H _o	補強の有効範囲（外側）	mm
	S _{NS}	管台壁の許容せん断応力	MPa
	S _{NW}	すみ肉溶接の許容せん断応力	MPa
	S _{TW}	突合せ溶接の許容引張応力	MPa
	t	t _R	必要な厚さ
t _{R1}		規格上必要な最小厚さ	mm
t _{R2}		計算上必要な厚さ	mm
W ₁		破断形式Ⅰの有効強さ	N
W ₂		破断形式Ⅱの有効強さ	N
W _R		溶接部の負うべき荷重	N
W _{R1}		溶接部にかかる荷重	N
W _{R2}		溶接部にかかる荷重	N
Y		補強の有効範囲	mm
Y ₁		補強の有効範囲	mm
Y ₂		補強の有効範囲	mm
Y _θ	補強の有効範囲	mm	

(2) スリーブ

a. 内圧に対する必要厚さ（告示第501号第22条第3項第2号イ）

下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（機器搬入用ハッチ付）のスリーブにおける，内圧に対する必要板厚の算出式を以下に示し，計算結果を表3-4に示す。

これより，下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（機器搬入用ハッチ付）のスリーブは告示第501号の条件を満足している。

$$t_{R2} = \frac{P \cdot D_i}{2 \cdot S \cdot \eta - 1.2 \cdot P}$$

表3-4 下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（機器搬入用ハッチ付）の板厚計算結果（スリーブ）

胴板名称		スリーブ
材料		
最高使用圧力	P (MPa)	0.715* ¹
最高使用温度	(°C)	200
胴の内径	D _i = D ₁ (mm)	
許容引張応力	S* ² (MPa)	
継手効率	η	1.00
継手の種類		突合せ両側溶接
放射線検査の有無		有り
必要厚さ	t _{R1} (mm)	3.0
必要厚さ	t _{R2} (mm)	6.1
t _{R1} , t _{R2} の大きい値	t _R (mm)	6.1
呼び厚さ	t _{so} (mm)	
最小厚さ	t _s (mm)	
評価：t _s ≥ t _R ，よって十分である。		

注記*1：最高使用圧力には没水時の水頭圧を含む。

*2：Sは0.6・S_uとする。

(3) 鏡板

a. 内圧に対する必要厚さ（告示第501号第22条第3項第2号ホ）

下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（機器搬入用ハッチ付）の鏡板における，内圧に対する必要板厚の算出式を以下に示し，計算結果を表3-5に示す。

これより，下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（機器搬入用ハッチ付）の鏡板は告示第501号の条件を満足している。

$$t_{R2} = \frac{P \cdot D_i}{4 \cdot S \cdot \eta - 0.4 \cdot P}$$

表3-5 下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（機器搬入用ハッチ付）の板厚計算結果（鏡板）

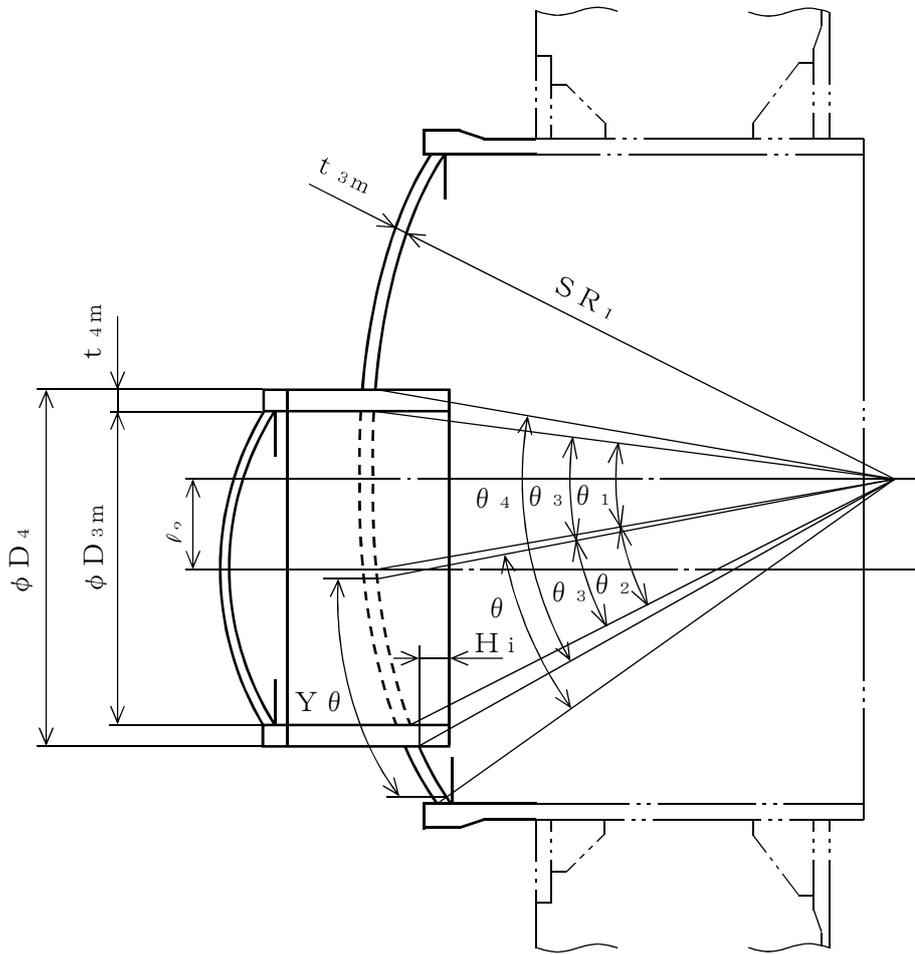
鏡板名称	鏡板	
材料	□	
最高使用圧力	P (MPa)	0.715* ¹
最高使用温度	(°C)	200
胴の内径	$D_i = 2 \cdot R_1$ (mm)	□
許容引張応力	S^{*2} (MPa)	□
継手効率	η	1.00
継手の種類		継手無し
放射線検査の有無		—
必要厚さ	t_{R1} (mm)	3.0
必要厚さ	t_{R2} (mm)	7.1
t_{R1} , t_{R2} の大きい値	t_R (mm)	7.1
呼び厚さ	t_{co} (mm)	□
最小厚さ	t_c (mm)	□
評価： $t_c \geq t_R$ ，よって十分である。		

注記*1：最高使用圧力には没水時の水頭圧を含む。

*2：Sは $0.6 \cdot S_u$ とする。

(4) 穴の補強計算

アクセストンネル鏡板と機器搬入用ハッチとの結合部の形状及び寸法を図3-4に示す。



$$\begin{aligned}
 D_{3m} &= \boxed{} & D_4 &= \boxed{} & H_i &= \boxed{} & l_2 &= \boxed{} \\
 R_1 &= \boxed{} & t_{3m} &= \boxed{} \text{ (最小厚さ)} & t_{4m} &= \boxed{} \text{ (最小厚さ)} \\
 \theta &= \boxed{} \text{ rad (アクセストンネルスリーブとの取り合いによる有効範囲)} \\
 \theta_1 &= \boxed{} \text{ rad} & \theta_2 &= \boxed{} \text{ rad} \\
 \theta_3 &= (\theta_1 + \theta_2) / 2 = (\boxed{}) / 2 = \boxed{} \text{ rad} \\
 \theta_4 &= \boxed{} \text{ rad}
 \end{aligned}$$

図3-4 結合部の形状及び寸法 (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))

$$A_R = D \cdot \theta_3 \cdot t_{sr}$$

ここに,

$$D = 2 \cdot R_1$$

 t_{sr} : アクセストンネル鏡板の計算上必要な厚さ

- (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。

$$Y_1 = D \cdot \theta_3$$

$$Y_2 = \frac{D \cdot \theta_3}{2} + t_{3m} + t_{4m}$$

ここで, アクセストンネルスリーブによる有効範囲の制限を考慮して, 図3-4より補強に有効な範囲は Y_θ とする。

$$Y_\theta = \frac{D}{2} \cdot \theta$$

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。ただし, 機器搬入用ハッチの取付条件を考慮する。

$$H_1 = 0.5 \cdot \sqrt{r_m \cdot t_{4m}}$$

$$H_2 = 2.5 \cdot t_{4m}$$

ここに, r_m : 機器搬入用ハッチの平均半径

$$= (D_{3m} + t_{4m}) / 2$$

- (c) 補強に有効な面積 (告示第501号第22条第8項第1号ロ)

$$A_1 = (t_{3m} - t_{sr}) \cdot (2 \cdot Y_\theta - D \cdot \theta_3)$$

ここに, t_{sr} : アクセストンネル鏡板の計算上必要な厚さ

$$A_2 = 2 \cdot (t_{4m} - t_{nr}) \cdot H_o$$

ここに, t_{nr} : 機器搬入用ハッチ円筒胴の計算上必要な厚さ (V-3-3-6-1-2-1「機器搬入用ハッチ及びサプレッションチェンバ出入口の基本板厚計算書」3.2 (2) 項参照)

$$A_3 = 2 \cdot t_{4m} \cdot H_i$$

$$A_o = A_1 + A_2 + A_3$$

(d) 結論

穴の補強の計算結果を表 3-6 に示す。

これより、アクセストンネル鏡板と機器搬入用ハッチとの結合部の穴の補強は十分である。

表 3-6 穴の補強計算結果

部材名称		アクセストンネル鏡板と機器 搬入用ハッチとの結合部
材料		
最高使用圧力	P (MPa)	0.715* ¹
最高使用温度	(°C)	200
鏡板の内径	$D_i = 2 \cdot R_1$ (mm)	
鏡板の計算上必要な厚さ	t_{sr} (mm)	
円筒胴の計算上必要な厚さ	t_{nr} (mm)	3.4
穴の補強に必要な面積	A_R (mm ²)	1.75×10^4
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	Y (mm)	
補強の有効範囲	Y_θ (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)	
補強の有効範囲 (外側)	H_o (mm)	
補強の有効範囲 (内側)	H_i (mm)	
鏡板の有効補強面積	A_1 (mm ²)	
円筒胴の有効補強面積 (外側)	A_2 (mm ²)	2.06×10^4
円筒胴の有効補強面積 (内側)	A_3 (mm ²)	1.32×10^4
補強に有効な総面積	A_o (mm ²)	4.68×10^4
補強： $A_o > A_R$, よって十分である。		

注記*1：最高使用圧力には没水時の水頭圧を含む。

*2：(b)口の記載のとおり取付条件を考慮する。

b. 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

$$A_{R1} = \frac{A_R}{2}$$

(b) 穴の中心線の両側に有効な面積

$$A_{01} = \frac{A_0}{2}$$

(c) 結論

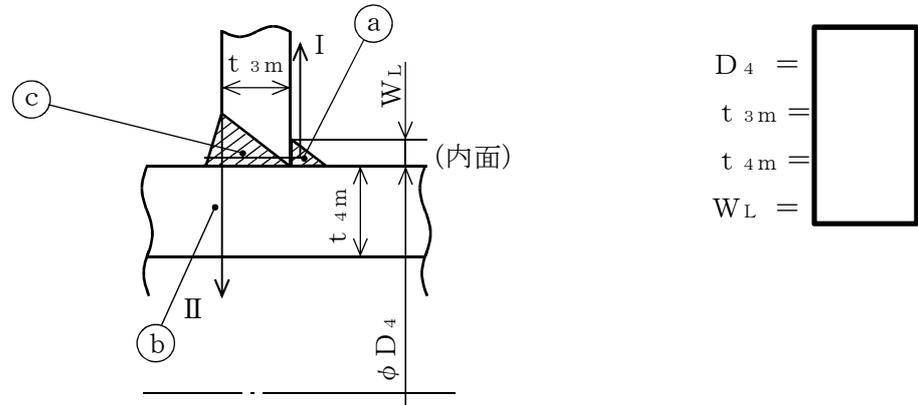
穴の中心線の両側の補強に対する制限の確認結果を表3-7に示す。

これより、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3-7 穴の中心線の両側の補強に対する制限

部材名称			アクセストネル鏡板と機器 搬入用ハッチとの結合部
穴の補強に必要な面積	A_R	(mm^2)	1.75×10^4
穴の中心線の両側に必要な 補強面積	A_{R1}	(mm^2)	8.75×10^3
補強に有効な総面積	A_0	(mm^2)	4.68×10^4
穴の中心線の両側に有効な面積	A_{01}	(mm^2)	2.34×10^4
評価： $A_{01} > A_{R1}$ ，よって十分である。			

- c. 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）
 機器搬入用ハッチ取付部の形状及び寸法を図3-5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3-5 機器搬入用ハッチ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

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

$$W_{R2} = (t_{sr} \cdot R_1 \cdot \theta_4 - A_1) \cdot S$$

ここで， S は $0.6 \cdot S_u$ とする。

- (b) 強め材取付部の単位面積当たりの強さ

すみ肉溶接のせん断 $S_{NW} = 0.49 \cdot S$

突合せ溶接の引張り $S_{TW} = 0.74 \cdot S$

管台壁のせん断 $S_{NS} = 0.70 \cdot S$

ここで， S は $0.6 \cdot S_u$ とする。

- (c) 強め材取付部の強さ

$$\text{a部} : F_{WA} = \frac{\pi}{2} \cdot D_4 \cdot W_L \cdot S_{NW}$$

$$\text{b部} : F_{WB} = \frac{\pi}{2} \cdot (D_4 - t_{4m}) \cdot t_{4m} \cdot S_{NS}$$

$$\text{c部} : F_{WC} = \frac{\pi}{2} \cdot D_4 \cdot t_{3m} \cdot S_{TW}$$

- (d) 強め材取付部の有効強さ

破断形式 I

$$W_1 = F_{WA} + F_{WC}$$

破断形式 II

$$W_2 = F_{WB}$$

(e) 結論

強め材取付部の強さの計算結果を表 3-8 に示す。

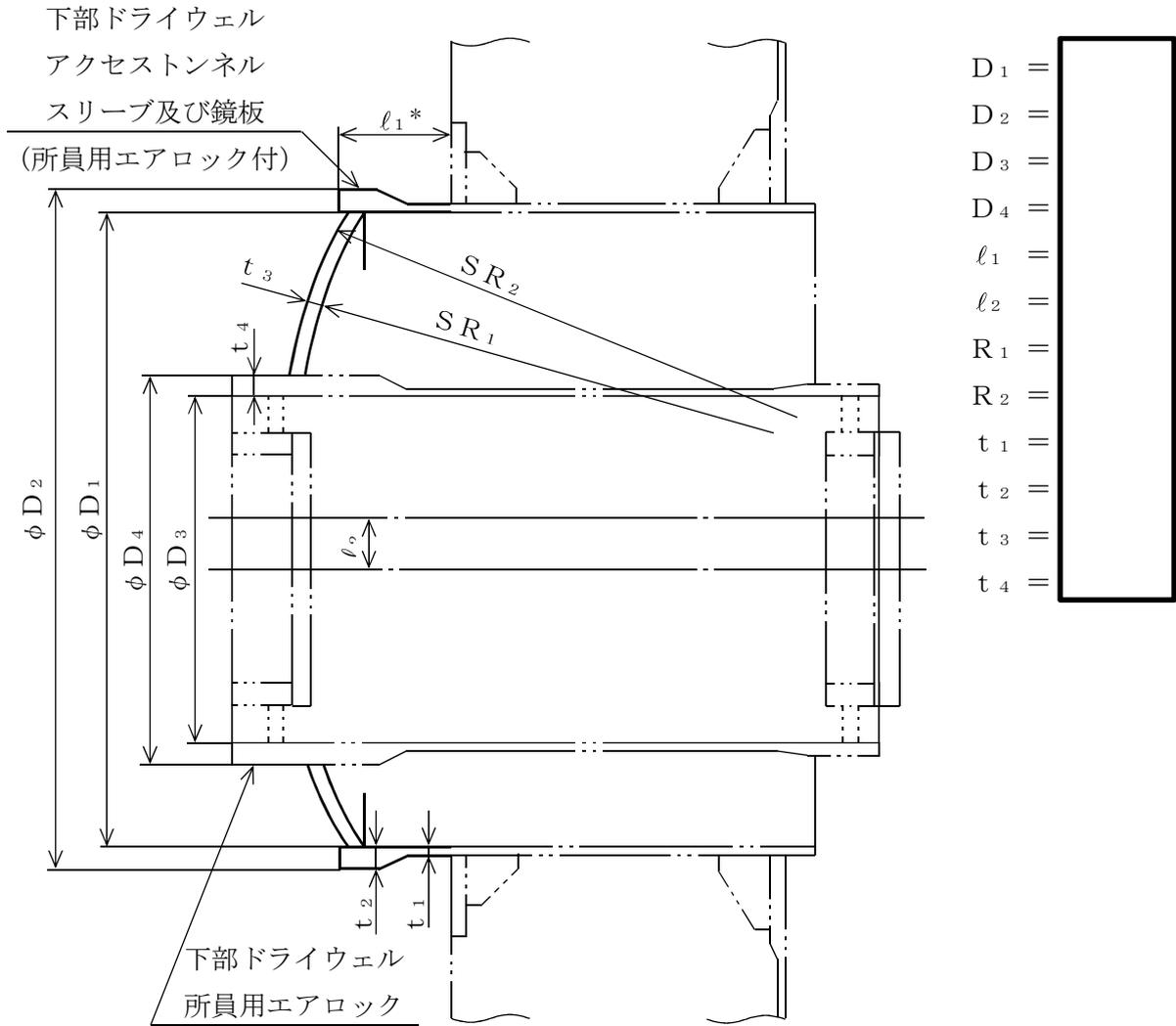
これより、アクセストネル鏡板と機器搬入用ハッチとの結合部の強め材取付部の強さは十分である。

表 3-8 強め材取付部の強さの計算結果

部材名称			アクセストネル鏡板と機器搬入用ハッチとの結合部の強め材取付部
溶接部にかかる荷重	W_{R1}	(N)	
溶接部にかかる荷重	W_{R2}	(N)	1.39×10^6
溶接部の負うべき荷重	W_R	(N)	1.39×10^6
すみ肉溶接の許容せん断応力	S_{NW}	(MPa)	
突合せ溶接の許容引張応力	S_{TW}	(MPa)	
管台壁の許容せん断応力	S_{NS}	(MPa)	
応力除去の有無			有り
破断形式 I の有効強さ	W_1	(N)	3.51×10^7
破断形式 II の有効強さ	W_2	(N)	4.52×10^7
評価： $W_1 \geq W_R$, $W_2 \geq W_R$ 以上より十分である。			

3.4 下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（所員用エアロック付）

下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（所員用エアロック付）の形状及び寸法を図3-6に示す。



注記* : l_1 寸法は最大長さを示す。

図3-6 下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（所員用エアロック付）の形状及び寸法（単位：mm）

(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 _r	A ₀	補強に有効な総面積	mm ²	
	A ₀₁	穴の中心線の両側に有効な面積	mm ²	
	A ₁	鏡板の有効補強面積	mm ²	
	A ₂	円筒胴の有効補強面積（外側）	mm ²	
	A ₃	円筒胴の有効補強面積（内側）	mm ²	
	A _R	穴の補強に必要な面積	mm ²	
	A _{R1}	穴の中心線の両側に必要な補強面積	mm ²	
	F _{WA}	強め材取付部の強さ（a部）	N	
	F _{WB}	強め材取付部の強さ（b部）	N	
	F _{WC}	強め材取付部の強さ（c部）	N	
	H	補強の有効範囲	mm	
	H ₁	補強の有効範囲	mm	
	H ₂	補強の有効範囲	mm	
	H _i	補強の有効範囲（内側）	mm	
	H _o	補強の有効範囲（外側）	mm	
	t	S _{NS}	管台壁の許容せん断応力	MPa
		S _{NW}	すみ肉溶接の許容せん断応力	MPa
S _{TW}		突合せ溶接の許容引張応力	MPa	
t _R		必要な厚さ	mm	
t _{R1}		規格上必要な最小厚さ	mm	
t _{R2}		計算上必要な厚さ	mm	
W ₁		破断形式Ⅰの有効強さ	N	
W ₂		破断形式Ⅱの有効強さ	N	
W _R		溶接部の負うべき荷重	N	
W _{R1}		溶接部にかかる荷重	N	
W _{R2}		溶接部にかかる荷重	N	
Y		補強の有効範囲	mm	
Y ₁		補強の有効範囲	mm	
Y ₂	補強の有効範囲	mm		
Y _θ	補強の有効範囲	mm		

(2) スリーブ

a. 内圧に対する必要厚さ（告示第501号第22条第3項第2号イ）

下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（所員用エアロック付）のスリーブにおける，内圧に対する必要板厚の算出式を以下に示し，計算結果を表3-9に示す。

これより，下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（所員用エアロック付）のスリーブは告示第501号の条件を満足している。

$$t_{R2} = \frac{P \cdot D_i}{2 \cdot S \cdot \eta - 1.2 \cdot P}$$

表3-9 下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板
（所員用エアロック付）の板厚計算結果（スリーブ）

胴板名称		スリーブ
材料		
最高使用圧力	P (MPa)	0.715* ¹
最高使用温度	(°C)	200
胴の内径	D _i = D ₁ (mm)	
許容引張応力	S* ² (MPa)	
継手効率	η	1.00
継手の種類		突合せ両側溶接
放射線検査の有無		有り
必要厚さ	t _{R1} (mm)	3.0
必要厚さ	t _{R2} (mm)	6.1
t _{R1} , t _{R2} の大きい値	t _R (mm)	6.1
呼び厚さ	t _{so} (mm)	
最小厚さ	t _s (mm)	
評価：t _s ≥ t _R ，よって十分である。		

注記*1：最高使用圧力には没水時の水頭圧を含む。

*2：Sは0.6・S_uとする。

(3) 鏡板

a. 内圧に対する必要厚さ（告示第501号第22条第3項第2号ホ）

下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（所員用エアロック付）の鏡板における，内圧に対する必要板厚の算出式を以下に示し，計算結果を表3-10に示す。

これより，下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（所員用エアロック付）の鏡板は告示第501号の条件を満足している。

$$t_{R2} = \frac{P \cdot D_i}{4 \cdot S \cdot \eta - 0.4 \cdot P}$$

表3-10 下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板
（所員用エアロック付）の板厚計算結果（鏡板）

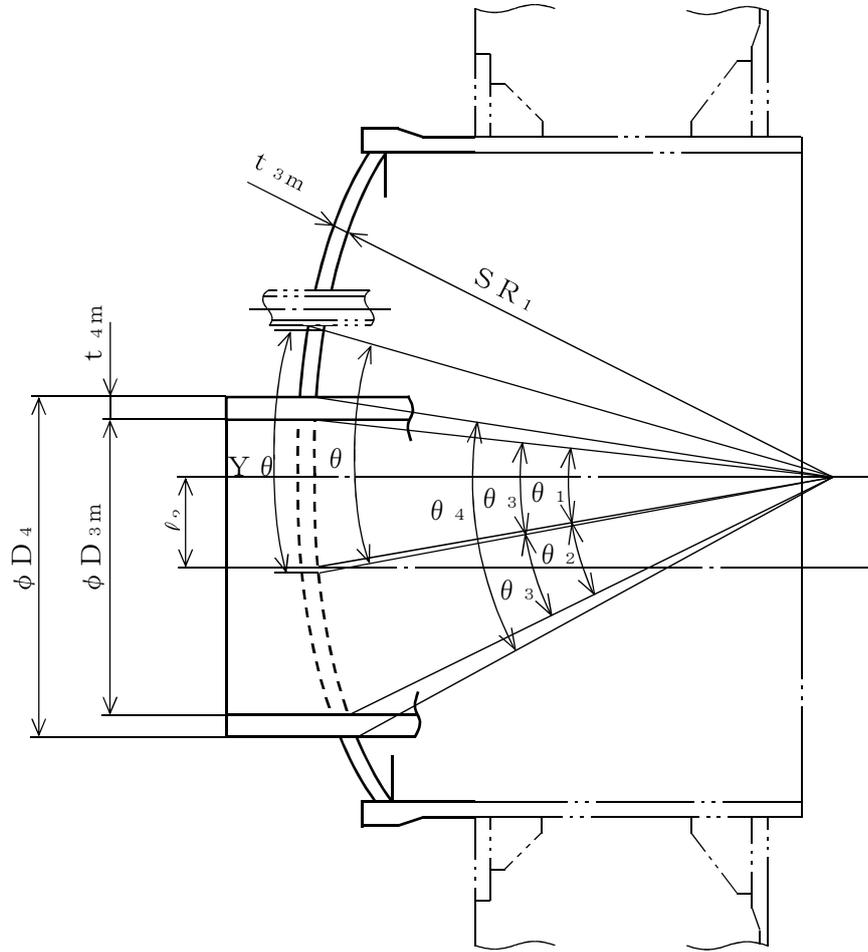
鏡板名称	鏡板	
材料	□	
最高使用圧力	P (MPa)	0.715* ¹
最高使用温度	(°C)	200
胴の内径	$D_i = 2 \cdot R_1$ (mm)	□
許容引張応力	S^{*2} (MPa)	□
継手効率	η	1.00
継手の種類		継手無し
放射線検査の有無		—
必要厚さ	t_{R1} (mm)	3.0
必要厚さ	t_{R2} (mm)	7.1
t_{R1} , t_{R2} の大きい値	t_R (mm)	7.1
呼び厚さ	t_{co} (mm)	□
最小厚さ	t_c (mm)	□
評価： $t_c \geq t_R$ ，よって十分である。		

注記*1：最高使用圧力には没水時の水頭圧を含む。

*2：Sは $0.6 \cdot S_u$ とする。

(4) 穴の補強計算

アクセストンネル鏡板と所員用エアロックとの結合部の形状及び寸法を図3-7に示す。



$$\begin{aligned}
 D_{3m} &= \boxed{} & D_4 &= \boxed{} & l_2 &= \boxed{} \\
 R_1 &= \boxed{} & t_{3m} &= \boxed{} \text{ (最小厚さ)} & t_{4m} &= \boxed{} \text{ (最小厚さ)} \\
 \theta &= \boxed{} \text{ rad (貫通部穴との取り合いによる有効範囲)} \\
 \theta_1 &= \boxed{} \text{ rad} & \theta_2 &= \boxed{} \text{ rad} \\
 \theta_3 &= (\theta_1 + \theta_2) / 2 = (\boxed{}) / 2 = \boxed{} \text{ rad} \\
 \theta_4 &= \boxed{} \text{ rad}
 \end{aligned}$$

図3-7 結合部の形状及び寸法 (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))

$$A_R = D \cdot \theta_3 \cdot t_{sr}$$

ここに,

$$D = 2 \cdot R_1$$

 t_{sr} : アクセストンネル鏡板の計算上必要な厚さ

- (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。

$$Y_1 = D \cdot \theta_3$$

$$Y_2 = \frac{D \cdot \theta_3}{2} + t_{3m} + t_{4m}$$

ここで, アクセストンネルスリーブによる有効範囲の制限を考慮して, 図3-7より補強に有効な範囲は Y_θ とする。

$$Y_\theta = \frac{D}{2} \cdot \theta$$

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。

$$H_1 = 0.5 \cdot \sqrt{r_m \cdot t_{4m}}$$

$$H_2 = 2.5 \cdot t_{4m}$$

ここに, r_m : 所員用エアロックの平均半径

$$= (D_{3m} + t_{4m}) / 2$$

- (c) 補強に有効な面積 (告示第501号第22条第8項第1号ロ)

$$A_1 = (t_{3m} - t_{sr}) \cdot (2 \cdot Y_\theta - D \cdot \theta_3)$$

ここに, t_{sr} : アクセストンネル鏡板の計算上必要な厚さ

$$A_2 = 2 \cdot (t_{4m} - t_{nr}) \cdot H_o$$

ここに, t_{nr} : 所員用エアロック外側円筒胴の計算上必要な厚さ (V-3-3-6-1-3-1「所員用エアロックの基本板厚計算書」3.2 (2) 項参照)

$$A_3 = 2 \cdot (t_{4m} - t_{nr}) \cdot H_i$$

ここに, t_{nr} : 所員用エアロック内側円筒胴の計算上必要な厚さ (V-3-3-6-1-3-1「所員用エアロックの基本板厚計算書」3.2 (3) 項参照)

$$A_0 = A_1 + A_2 + A_3$$

(d) 結論

穴の補強の計算結果を表 3-11 に示す。

これより、アクセストンネル鏡板と所員用エアロックとの結合部の穴の補強は十分である。

表 3-11 穴の補強計算結果

部材名称		アクセストンネル鏡板と所員用 エアロックとの結合部
材料		
最高使用圧力	P (MPa)	0.715* ¹
最高使用温度	(°C)	200
鏡板の内径	$D_i = 2 \cdot R_1$ (mm)	
鏡板の計算上必要な厚さ	t_{sr} (mm)	
円筒胴の計算上必要な厚さ	t_{nr} (mm)	(外側) 3.4 (内側) 20.1* ²
穴の補強に必要な面積	A_R (mm ²)	1.74×10^4
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	Y (mm)	
補強の有効範囲	Y_θ (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)	
補強の有効範囲 (外側)	H_o (mm)	
補強の有効範囲 (内側)	H_i (mm)	
鏡板の有効補強面積	A_1 (mm ²)	
円筒胴の有効補強面積 (外側)	A_2 (mm ²)	2.06×10^4
円筒胴の有効補強面積 (内側)	A_3 (mm ²)	1.51×10^4
補強に有効な総面積	A_o (mm ²)	5.04×10^4
補強： $A_o > A_R$ ，よって十分である。		

注記*1：最高使用圧力には没水時の水頭圧を含む。

*2：内側の必要厚さは内圧及び外圧による値の大きい方とする。

b. 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

$$A_{R1} = \frac{A_R}{2}$$

(b) 穴の中心線の両側に有効な面積

$$A_{01} = \frac{A_0}{2}$$

(c) 結論

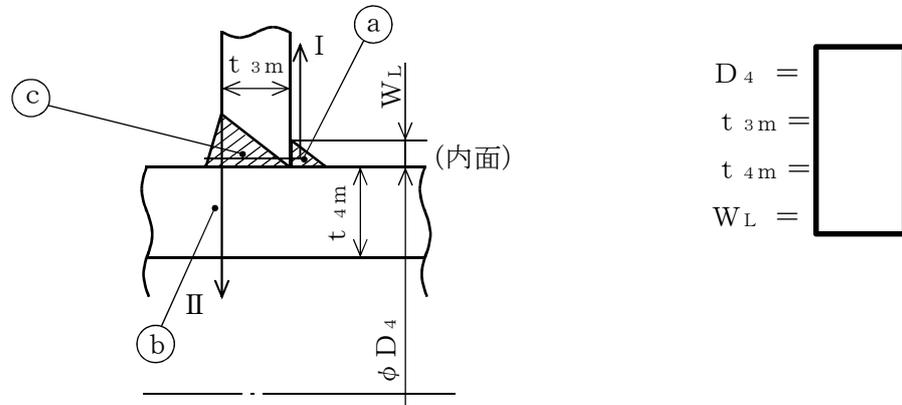
穴の中心線の両側の補強に対する制限の確認結果を表3-12に示す。

これより、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3-12 穴の中心線の両側の補強に対する制限

部材名称			アクセストネル鏡板と所員用 エアロックとの結合部
穴の補強に必要な面積	A_R	(mm^2)	1.74×10^4
穴の中心線の両側に必要な 補強面積	A_{R1}	(mm^2)	8.70×10^3
補強に有効な総面積	A_0	(mm^2)	5.04×10^4
穴の中心線の両側に有効な面積	A_{01}	(mm^2)	2.52×10^4
評価： $A_{01} > A_{R1}$ ，よって十分である。			

- c. 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）
 所員用エアロック取付部の形状及び寸法を図3-8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3-8 所員用エアロック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

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

$$W_{R2} = (t_{sr} \cdot R_1 \cdot \theta_4 - A_1) \cdot S$$

ここで， S は $0.6 \cdot S_u$ とする。

- (b) 強め材取付部の単位面積当たりの強さ

すみ肉溶接のせん断 $S_{NW} = 0.49 \cdot S$

突合せ溶接の引張り $S_{TW} = 0.74 \cdot S$

管台壁のせん断 $S_{NS} = 0.70 \cdot S$

ここで， S は $0.6 \cdot S_u$ とする。

- (c) 強め材取付部の強さ

a 部： $F_{WA} = \frac{\pi}{2} \cdot D_4 \cdot W_L \cdot S_{NW}$

b 部： $F_{WB} = \frac{\pi}{2} \cdot (D_4 - t_{4m}) \cdot t_{4m} \cdot S_{NS}$

c 部： $F_{WC} = \frac{\pi}{2} \cdot D_4 \cdot t_{3m} \cdot S_{TW}$

- (d) 強め材取付部の有効強さ

破断形式 I

$$W_1 = F_{WA} + F_{WC}$$

破断形式 II

$$W_2 = F_{WB}$$

(e) 結論

強め材取付部の強さの計算結果を表 3-13 に示す。

これより、アクセストンネル鏡板と所員用エアロック取付部との結合部の強め材取付部の強さは十分である。

表 3-13 強め材取付部の強さの計算結果

部材名称			アクセストンネル鏡板と所員用エアロックとの結合部の強め材取付部
溶接部にかかる荷重	W_{R1}	(N)	
溶接部にかかる荷重	W_{R2}	(N)	9.16×10^5
溶接部の負うべき荷重	W_R	(N)	9.16×10^5
すみ肉溶接の許容せん断応力	S_{NW}	(MPa)	
突合せ溶接の引張応力	S_{TW}	(MPa)	
管台壁の許容せん断応力	S_{NS}	(MPa)	
応力除去の有無			有り
破断形式 I の有効強さ	W_1	(N)	3.51×10^7
破断形式 II の有効強さ	W_2	(N)	4.52×10^7
評価： $W_1 \geq W_R$, $W_2 \geq W_R$ 以上より十分である。			