

添付書類 8-4-2 外筒、下部端板及び蓋部・底部中性子遮蔽材カバーの  
応力計算書

## 目次

1. 概要	1
1.1 形状・寸法・材料	1
1.2 計算結果	1
2. 応力計算	4
2.1 応力評価位置	4
2.2 貯蔵架台への衝突時	4
2.2.1 荷重条件	4
2.2.2 応力計算	6
2.3 貯蔵時 ( $S_d$ *相当地震力が作用する場合)	30
2.3.1 荷重条件	30
2.3.2 応力計算	30
2.4 貯蔵時 ( $S_s$ 相当地震力が作用する場合)	48
2.4.1 荷重条件	48
2.4.2 応力計算	48
3. 応力の評価	49
3.1 一次応力の評価	49
3.2 一次+二次応力の評価	49

## 図表目次

第 2-1 表	外筒に発生する一次応力の計算条件及び計算結果	6
第 2-2 表	下部端板に発生する一次応力の計算条件及び計算結果	9
第 2-3 表	蓋部中性子遮蔽材カバー中央部に発生する一次応力の計算条件及び計算結果	11
第 2-4 表	蓋部中性子遮蔽材カバー外周部に発生する一次応力の計算条件及び計算結果	15
第 2-5 表	底部中性子遮蔽材カバー中央部に発生する一次応力の計算条件及び計算結果	17
第 2-6 表	底部中性子遮蔽材カバー外周部に発生する一次応力の計算条件及び計算結果	20
第 2-7 表	外筒に発生する一次＋二次応力の計算条件及び計算結果	23
第 2-8 表	下部端板に発生する一次＋二次応力の計算条件及び計算結果	26
第 2-9 表	下部端板に発生する一次＋二次応力の計算条件及び計算結果	28
第 2-10 表	底部中性子遮蔽材カバーに発生する一次＋二次応力の計算条件及び計算結果	29
第 2-11 表	外筒に発生する応力の計算条件及び計算結果	31
第 2-12 表	下部端板に発生する応力の計算条件及び計算結果	34
第 2-13 表	蓋部中性子遮蔽材カバー中央部に発生する応力の計算条件及び計算結果	37
第 2-14 表	蓋部中性子遮蔽材カバー外周部に発生する応力の計算条件及び計算結果	40
第 2-15 表	底部中性子遮蔽材カバー中央部に発生する応力の計算条件及び計算結果	43
第 2-16 表	底部中性子遮蔽材カバー外周部に発生する応力の計算条件及び計算結果	46
第 3-1 表	外筒、下部端板及び蓋部・底部中性子遮蔽材カバーの 応力計算結果と許容応力（供用状態 A 及び B）	50
第 3-2 表	外筒、下部端板及び蓋部・底部中性子遮蔽材カバーの 応力計算結果と許容応力（供用状態 C）	53
第 3-3 表	外筒、下部端板及び蓋部・底部中性子遮蔽材カバーの 応力計算結果と許容応力（供用状態 D）	55
第 1-1 図	外筒及び下部端板の形状・寸法・材料・応力評価位置	2
第 1-2 図	蓋部中性子遮蔽材カバーの形状・寸法・材料・応力評価位置	2
第 1-3 図	底部中性子遮蔽材カバーの形状・寸法・材料・応力評価位置	3
第 2-1 図	各代表事象における荷重の方向	5

## 1. 概要

本書は、MSF-21P 型の外筒、下部端板及び蓋部・底部中性子遮蔽材カバーに関する応力計算書である。

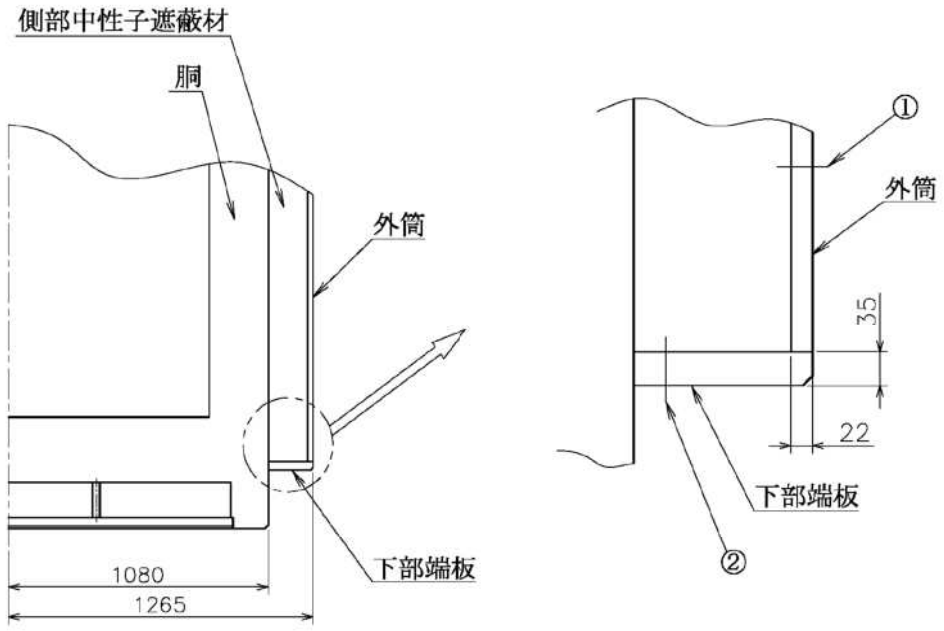
### 1.1 形状・寸法・材料

本書で評価する箇所の形状・寸法・材料を第 1-1 図、第 1-2 図及び第 1-3 図に示す。

### 1.2 計算結果

計算結果を第 3-1 表、第 3-2 表及び第 3-3 表に示す。

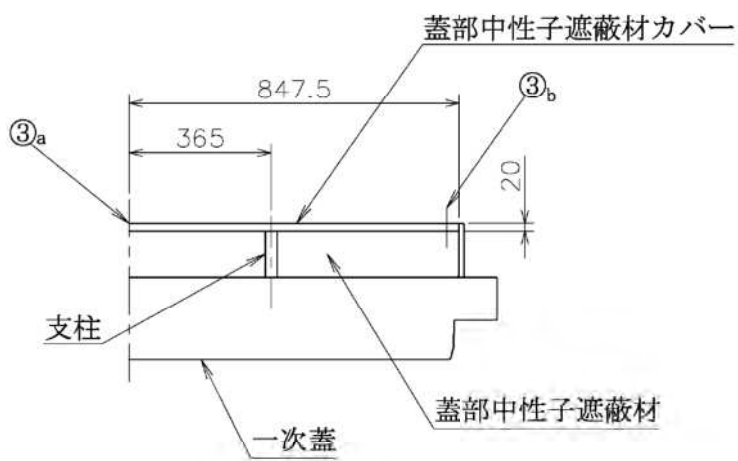
なお、応力評価位置については、評価上最も厳しい部位を選定し、代表評価位置として本書に記載している。表中の「—」は、評価すべき応力が発生しない又は評価上厳しくな  
いため評価を省略している。



材料  
 胴 : 炭素鋼 (GLF1)  
 外筒 : 炭素鋼 (SGV480)  
 下部端板 : ステンレス鋼 (SUS304)

①, ② : 応力評価位置  
 (単位 : mm)

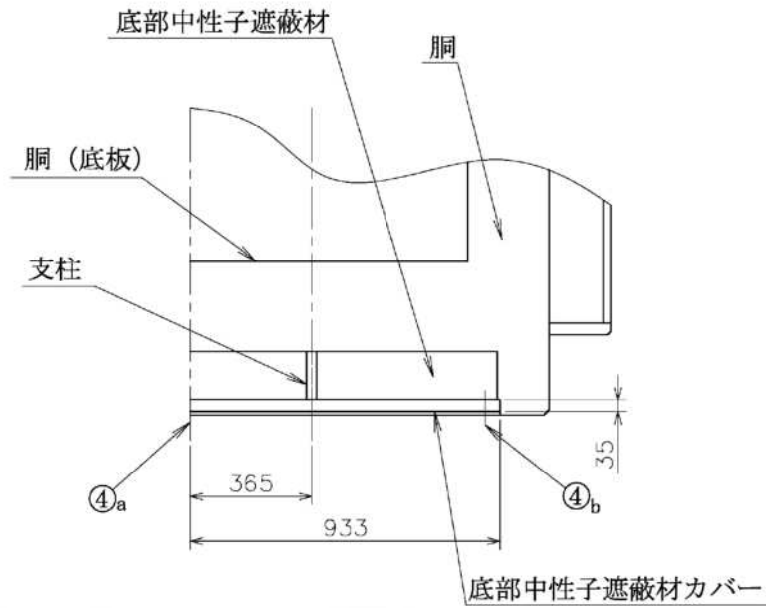
第 1-1 図 外筒及び下部端板の形状・寸法・材料・応力評価位置



材料  
 一次蓋 : 炭素鋼 (GLF1)  
 蓋部中性子遮蔽材カバー : 炭素鋼 (SGV480)

③a, ③b : 応力評価位置  
 (単位 : mm)

第 1-2 図 蓋部中性子遮蔽材カバーの形状・寸法・材料・応力評価位置



材料

銅、銅 (底板) : 炭素鋼 (GLF1)  
 底部中性子遮蔽材カバー : ステンレス鋼 (SUS304)

④<sub>a</sub>, ④<sub>b</sub> : 応力評価位置

(単位 : mm)

第 1-3 図 底部中性子遮蔽材カバーの形状・寸法・材料・応力評価位置

## 2. 応力計算

### 2.1 応力評価位置

外筒、下部端板及び蓋部・底部中性子遮蔽材カバーの応力評価位置を第 1-1 図、第 1-2 図及び第 1-3 図に示す。

### 2.2 貯蔵架台への衝突時

#### 2.2.1 荷重条件

貯蔵架台への衝突時における荷重は次に示す組合せとする。荷重の方向を第 2-1 図に示す。

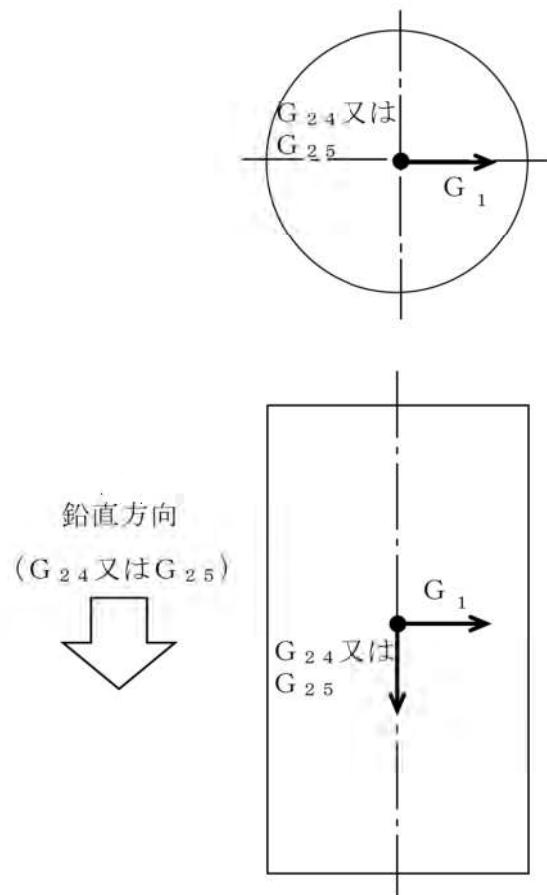
- ・貯蔵架台への衝突時荷重（自重を含む）
- ・熱荷重

貯蔵架台への衝突時： $G_{24} = 5g$

貯蔵時（ $S_d^*$ 相当地震力が作用する場合

及び $S_s$ 相当地震力が作用する場合）： $G_1 =$ 水平方向加速度（ $1.5g$ ）

$G_{25} =$ 鉛直方向加速度（ $2.0g$ ）



第 2-1 図 各代表事象における荷重の方向



## 2.2.2 応力計算

### (1) 一次応力

#### a. 外筒

貯蔵架台への衝突時において、外筒には側部中性子遮蔽材の慣性力が鉛直方向へ作用するため、側部中性子遮蔽材充填部圧力（径方向）のみが作用する。

最大応力が発生するのは外筒中央部（第 1-1 図の評価位置①）である。外筒中央部に発生する周方向応力（ $\sigma_{\theta 1}$ ）は、薄肉円筒が内圧を受けるときの応力評価式を用いて次式で計算される。

$$\sigma_{\theta 1} = \frac{p_{PGA} \cdot r_m}{t} \quad (1) \dots\dots\dots (2.1)$$

ここで、式中の記号は下記を表す。

$p_{PGA}$  : 側部中性子遮蔽材充填部圧力（径方向）（0.38 MPaG）

$r_m$  : 外筒平均半径（1254 mm）

$t$  : 外筒板厚（22 mm）

外筒の一次応力の計算条件及び計算結果を第 2-1 表に示す。

第 2-1 表 外筒に発生する一次応力の計算条件及び計算結果

項目	記号	数値	単位
側部中性子遮蔽材充填部圧力（径方向）	$p_{PGA}$	0.38	MPaG
外筒平均半径	$r_m$	1254	mm
外筒板厚	$t$	22	mm
一次応力	$\sigma_{\theta 1}$	22	MPa

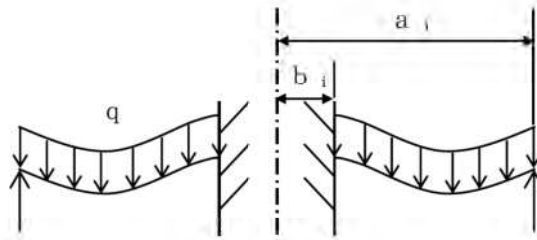
#### b. 下部端板

貯蔵架台への衝突時において、下部端板には外筒、下部端板、伝熱フィン及び側部中性子遮蔽材の慣性力並びに側部中性子遮蔽材充填部圧力（軸方向）が作用する。

最大応力が発生するのは下部端板取付部（第 1-1 図の評価位置②）である。下部端板取付部に発生する曲げ応力（ $\sigma_{b 1}$ ）及びせん断応力（ $\tau_1$ ）は、下部端板を内周部固定端、外周部単純支持とした円形プレートとしてモデル化し、次式で計算される。

$$\sigma_{b 1} = \frac{6 \cdot M_{r b}}{t_r^2} \quad (2) \dots\dots\dots (2.2)$$

$$\tau_1 = \frac{Q_b}{t_r} \quad (2) \dots\dots\dots (2.3)$$



(下部端板の解析モデル)

ここで、式中の記号は下記を表す。

$M_{r b}$  : 下部端板の単位長さ当たりの曲げモーメント (N・mm/mm)

$$M_{r b} = -q \cdot a_i^2 \cdot K_{M_{r b}} \quad (2)$$

$Q_b$  : 下部端板に作用する単位長さ当たりのせん断力 (N/mm)

$$Q_b = q \cdot a_i \cdot K_{Q_b} \quad (2)$$

$q$  : 等分布荷重 (MPa)

$$q = p_{p g} + p_r + p_t + p_f$$

$p_{p g}$  : 側部中性子遮蔽材充填部圧力 (軸方向) (0.18 MPaG)

$p_r$  : 鉛直方向加速度により作用する側部中性子遮蔽材自重による  
負荷圧力 (MPa)

$$p_r = \rho_r \cdot G_{24} \cdot h_2$$

$p_t$  : 鉛直方向加速度により作用する下部端板自重による圧力 (MPa)

$$p_t = \rho_t \cdot G_{24} \cdot t_r$$

$p_f$  : 鉛直方向加速度により作用する伝熱フィン及び外筒自重による  
負荷圧力 (MPa)

$$p_f = w \cdot G_{24}$$

$G_{24}$  : 鉛直方向加速度 (貯蔵架台への衝突時) (5 g) ( $m/s^2$ )

$g$  : 重力加速度 ( $9.80665 m/s^2$ )

$w$  : 下部端板に負荷される単位面積当たりの質量 ( $kg/mm^2$ )

$$w = \frac{m_0 + m_f}{(a_i^2 - b_i^2) \cdot \pi}$$

$m_0$  : 外筒の質量 (6391 kg)

$m_f$  : 伝熱フィンの質量 (1252 kg)

$\rho_r$  : 中性子遮蔽材密度 ( $1.67 \times 10^{-6} kg/mm^3$ )

$\rho_t$  : 下部端板密度 ( $7.93 \times 10^{-6} kg/mm^3$ )

$h_2$  : 側部中性子遮蔽材鉛直方向高さ (4381 mm)

$t_r$  : 下部端板板厚 (35 mm)

$a_i$  : 外筒内半径 (1243 mm)

$b_i$  : 下部端板内半径 (1080 mm)

$K_{Mrb}$  : 曲げモーメント係数 (—)

$$K_{Mrb} = \frac{C_3 L_{17} - C_9 L_{11}}{C_2 C_9 - C_3 C_8} \quad (2)$$

$K_{Qb}$  : せん断力係数 (—)

$$K_{Qb} = \frac{C_2 L_{17} - C_8 L_{11}}{C_2 C_9 - C_3 C_8} \quad (2)$$

$C_2$ 、 $C_3$ 、 $C_8$ 、 $C_9$  : 内外比率係数<sup>(2)</sup> (—)

$$C_2 = \frac{1}{4} \left[ 1 - \left( \frac{b_i}{a_i} \right)^2 \left( 1 + 2 \ln \frac{a_i}{b_i} \right) \right]$$

$$C_3 = \frac{b_i}{4 a_i} \left\{ \left[ \left( \frac{b_i}{a_i} \right)^2 + 1 \right] \cdot \ln \frac{a_i}{b_i} + \left( \frac{b_i}{a_i} \right)^2 - 1 \right\}$$

$$C_8 = \frac{1}{2} \left[ 1 + \nu + (1 - \nu) \left( \frac{b_i}{a_i} \right)^2 \right]$$

$$C_9 = \frac{b_i}{a_i} \left\{ \frac{1 + \nu}{2} \ln \frac{a_i}{b_i} + \frac{1 - \nu}{4} \left[ 1 - \left( \frac{b_i}{a_i} \right)^2 \right] \right\}$$

$L_{11}$ 、 $L_{17}$  : 負荷荷重内外比率係数 (ただし、 $r_0 = b_i$ )<sup>(2)</sup> (—)

$$L_{11} = \frac{1}{64} \left\{ 1 + 4 \left( \frac{r_0}{a_i} \right)^2 - 5 \left( \frac{r_0}{a_i} \right)^4 - 4 \left( \frac{r_0}{a_i} \right)^2 \left[ 2 + \left( \frac{r_0}{a_i} \right)^2 \right] \cdot \ln \frac{a_i}{r_0} \right\}$$

$$L_{17} = \frac{1}{4} \left\{ 1 - \frac{1 - \nu}{4} \left[ 1 - \left( \frac{r_0}{a_i} \right)^4 \right] - \left( \frac{r_0}{a_i} \right)^2 \left[ 1 + (1 + \nu) \cdot \ln \frac{a_i}{r_0} \right] \right\}$$

$\nu$  : ポアソン比 (0.3)

下部端板取付部における曲げ応力 ( $\sigma_{b1}$ ) とせん断応力 ( $\tau_1$ ) の組合せ応力 ( $\sigma_{T1}$ ) は、次式で計算される。

$$\sigma_{T1} = \sqrt{\sigma_{b1}^2 + 3 \cdot \tau_1^2} \dots\dots\dots (2.4)$$

下部端板の一次応力の計算条件及び計算結果を第 2-2 表に示す。

第 2-2 表 下部端板に発生する一次応力の計算条件及び計算結果 (1/2)

項目	記号	数値	単位
下部端板の単位長さ当たりの曲げモーメント	$M_{rb}$	-3005 (注1)	N・mm/mm
下部端板に作用する単位長さ当たりのせん断力	$Q_b$	92.55 (注1)	N/mm
等分布荷重	$q$	0.8674 (注1)	MPa
側部中性子遮蔽材充填部圧力 (軸方向)	$P_{dg}$	0.18	MPaG
鉛直方向加速度により作用する 側部中性子遮蔽材自重による負荷圧力	$p_r$	0.3587 (注1)	MPa
鉛直方向加速度により作用する 下部端板自重による圧力	$p_t$	$1.361 \times 10^{-2}$ (注1)	MPa
鉛直方向加速度により作用する 伝熱フィン及び外筒自重による負荷圧力	$p_f$	0.3150 (注1)	MPa
鉛直方向加速度 (貯蔵架台への衝突時)	$G_{24}$	5 g	$m/s^2$
重力加速度	$g$	9.80665	$m/s^2$
下部端板に負荷される単位面積当たりの質量	$w$	$6.425 \times 10^{-3}$ (注1)	$kg/mm^2$
外筒の質量	$m_\theta$	6391	kg
伝熱フィンの質量	$m_f$	1252	kg
中性子遮蔽材密度	$\rho_r$	$1.67 \times 10^{-6}$	$kg/mm^3$
下部端板密度	$\rho_t$	$7.93 \times 10^{-6}$	$kg/mm^3$
側部中性子遮蔽材鉛直方向高さ	$h_2$	4381	mm
下部端板板厚	$t_r$	35	mm
外筒内半径	$a_i$	1243	mm
下部端板内半径	$b_i$	1080	mm
曲げモーメント係数	$K_{Mrb}$	$2.242 \times 10^{-3}$ (注1)	—
せん断力係数	$K_{Qb}$	$8.584 \times 10^{-2}$ (注1)	—
内外比率係数	$C_2$	$8.209 \times 10^{-3}$ (注1)	—
	$C_3$	$3.502 \times 10^{-4}$ (注1)	—
	$C_8$	0.9142 (注1)	—
	$C_9$	0.1167 (注1)	—
負荷荷重内外比率係数	$L_{11}$	$1.165 \times 10^{-5}$ (注1)	—
	$L_{17}$	$7.964 \times 10^{-3}$ (注1)	—
ポアソン比	$\nu$	0.3	—

(注1) 表中では有効数字4桁表示としているが、計算は桁数処理前の数値を使用。

第 2-2 表 下部端板に発生する一次応力の計算条件及び計算結果 (2/2)

項目	記号	数値	単位
曲げ応力	$\sigma_{b1}$	-15	MPa
せん断応力	$\tau_1$	3	MPa
組合せ応力	$\sigma_{T1}$	16	MPa

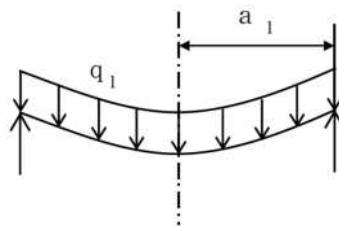
c. 蓋部中性子遮蔽材カバー

貯蔵架台への衝突時において、蓋部中性子遮蔽材カバーには慣性力及び蓋部中性子遮蔽材充填部圧力が作用する。

(a) 中央部

蓋部中性子遮蔽材カバーの中央部（第 1-2 図の評価位置③<sub>a</sub>）に発生する曲げ応力（ $\sigma_{b1}$ ）は、蓋部中性子遮蔽材カバーの中央部を外周部単純支持とした円板としてモデル化し、次式で計算される。

$$\sigma_{b1} = \frac{6 \cdot M_C}{t_1^2} \quad (2) \quad \dots\dots\dots (2.5)$$



(蓋部中性子遮蔽材カバー 中央部の解析モデル)

ここで、式中の記号は下記を表す。

$M_C$  : 蓋部中性子遮蔽材カバー中央部の単位長さ当たりの曲げモーメント (N・mm/mm)

$$M_C = q_1 \cdot a_1^2 \cdot \frac{(3 + \nu)}{16} \quad (2)$$

$q_1$  : 等分布荷重 (MPa)

$$q_1 = -p_{1r} + m_1 \cdot G_{24}$$

$p_{1r}$  : 蓋部中性子遮蔽材充填部圧力 (0.23 MPaG)

$m_1$  : 蓋部中性子遮蔽材カバーの単位面積当たりの質量 (kg/mm<sup>2</sup>)

$$m_1 = t_1 \cdot \rho_1$$



- $t_1$  : 蓋部中性子遮蔽材カバー板厚 (20 mm)
- $\rho_1$  : 蓋部中性子遮蔽材カバー密度 ( $7.85 \times 10^{-6}$  kg/mm<sup>3</sup>)
- $G_{2.4}$  : 鉛直方向加速度 (貯蔵架台への衝突時) (5 g) (m/s<sup>2</sup>)
- $g$  : 重力加速度 (9.80665 m/s<sup>2</sup>)
- $a_1$  : 蓋部中性子遮蔽材カバー支持半径 (365 mm)
- $\nu$  : ポアソン比 (0.3)

蓋部中性子遮蔽材カバー中央部の一次応力の計算条件及び計算結果を第 2-3 表に示す。

第 2-3 表 蓋部中性子遮蔽材カバー中央部に発生する一次応力の計算条件及び計算結果

項目	記号	数値	単位
蓋部中性子遮蔽材カバー中央部の単位長さ当たりの曲げモーメント	$M_c$	-6108 (注1)	N・mm/mm
等分布荷重	$q_1$	-0.2223 (注1)	MPa
蓋部中性子遮蔽材充填部圧力	$p_{1r}$	0.23	MPaG
蓋部中性子遮蔽材カバーの単位面積当たりの質量	$m_1$	$1.57 \times 10^{-4}$	kg/mm <sup>2</sup>
蓋部中性子遮蔽材カバー板厚	$t_1$	20	mm
蓋部中性子遮蔽材カバー密度	$\rho_1$	$7.85 \times 10^{-6}$	kg/mm <sup>3</sup>
鉛直方向加速度 (貯蔵架台への衝突時)	$G_{2.4}$	5 g	m/s <sup>2</sup>
重力加速度	$g$	9.80665	m/s <sup>2</sup>
蓋部中性子遮蔽材カバー支持半径	$a_1$	365	mm
ポアソン比	$\nu$	0.3	—
曲げ応力	$\sigma_{b1}$	-92	MPa

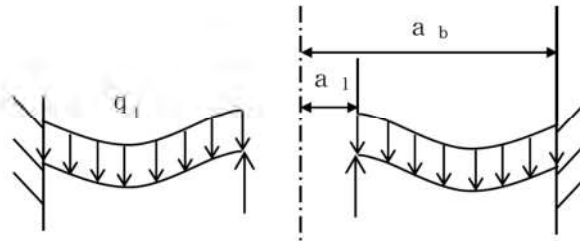
(注1) 表中では有効数字4桁表示としているが、計算は桁数処理前の数値を使用。

(b) 外周部

蓋部中性子遮蔽材カバーの外周部 (第 1-2 図の評価位置③<sub>b</sub>) に発生する曲げ応力 ( $\sigma_{b1}$ ) 及びせん断応力 ( $\tau_1$ ) は、蓋部中性子遮蔽材カバーの外周部を内周部単純支持、外周部固定端とした円形プレートとしてモデル化し、次式で計算される。

$$\sigma_{b1} = \frac{6 \cdot M_{ra}}{t_1^2} \quad (2) \quad \dots\dots\dots (2.6)$$

$$\tau_1 = \frac{Q_a}{t_1} \quad (2) \quad \dots\dots\dots (2.7)$$



(蓋部中性子遮蔽材カバー 外周部の解析モデル)

ここで、式中の記号は下記を表す。

$M_{ra}$  : 蓋部中性子遮蔽材カバー外周部の単位長さ当たりの  
曲げモーメント (N・mm/mm)

$$M_{ra} = \theta_b \frac{D_1}{a_b} C_7 + Q_b \cdot a_b \cdot C_9 - q_1 \cdot a_b^2 \cdot L_{17} \quad (2)$$

$Q_a$  : 蓋部中性子遮蔽材カバー外周部に作用する単位長さ当たりの  
せん断力 (N/mm)

$$Q_a = Q_b \frac{a_1}{a_b} - \frac{q_1}{2 a_b} (a_b^2 - a_1^2) \quad (2)$$

$q_1$  : 等分布荷重 (MPa)

$$q_1 = -p_{1r} + m_1 \cdot G_{24}$$

$p_{1r}$  : 蓋部中性子遮蔽材充填部圧力 (0.23 MPaG)

$m_1$  : 蓋部中性子遮蔽材カバーの単位面積当たりの質量 (kg/mm<sup>2</sup>)

$$m_1 = t_1 \cdot \rho_1$$

$t_1$  : 蓋部中性子遮蔽材カバー板厚 (20 mm)

$\rho_1$  : 蓋部中性子遮蔽材カバー密度 (7.85×10<sup>-6</sup> kg/mm<sup>3</sup>)

$G_{24}$  : 鉛直方向加速度 (貯蔵架台への衝突時) (5 g) (m/s<sup>2</sup>)

$g$  : 重力加速度 (9.80665 m/s<sup>2</sup>)

$a_b$  : 蓋部中性子遮蔽材カバー外半径 (847.5 mm)

$a_1$  : 蓋部中性子遮蔽材カバー支持半径 (365 mm)

$\nu$  : ポアソン比 (0.3)

$E_1$  : 蓋部中性子遮蔽材カバーの縦弾性係数 (197000 MPa)

$\theta_b$  : 曲げモーメント係数 (－)

$$\theta_b = \frac{-q_l a_b^3}{D_1} \cdot K_{\theta b} \quad (2)$$

$Q_b$  : 単位長さ当たりのせん断力 (N/mm)

$$Q_b = q_l a_b \cdot K_{Qb} \quad (2)$$

$D_1$  : 蓋部中性子遮蔽材カバーの曲げ剛性 (N・mm)

$$D_1 = \frac{E_1 t_1^3}{12(1-\nu^2)} \quad (2)$$

$K_{\theta b}$  : たわみ係数 (－)

$$K_{\theta b} = \frac{C_3 L_{14} - C_6 L_{11}}{C_1 C_6 - C_3 C_4} \quad (2)$$

$K_{Qb}$  : せん断力係数 (－)

$$K_{Qb} = \frac{C_1 L_{14} - C_4 L_{11}}{C_1 C_6 - C_3 C_4} \quad (2)$$

$C_1$ 、 $C_3$ 、 $C_4$ 、 $C_6$ 、 $C_7$ 、 $C_9$  : 内外比率係数<sup>(2)</sup> (－)

$$C_1 = \frac{1+\nu}{2} \cdot \frac{a_1}{a_b} \cdot \ln \frac{a_b}{a_1} + \frac{1-\nu}{4} \left( \frac{a_b}{a_1} - \frac{a_1}{a_b} \right)$$

$$C_3 = \frac{a_1}{4 a_b} \left\{ \left[ \left( \frac{a_1}{a_b} \right)^2 + 1 \right] \cdot \ln \frac{a_b}{a_1} + \left( \frac{a_1}{a_b} \right)^2 - 1 \right\}$$

$$C_4 = \frac{1}{2} \left[ (1+\nu) \frac{a_1}{a_b} + (1-\nu) \frac{a_b}{a_1} \right]$$

$$C_6 = \frac{a_1}{4 a_b} \left[ \left( \frac{a_1}{a_b} \right)^2 - 1 + 2 \cdot \ln \frac{a_b}{a_1} \right]$$

$$C_7 = \frac{1}{2} (1-\nu^2) \left( \frac{a_b}{a_1} - \frac{a_1}{a_b} \right)$$

$$C_9 = \frac{a_1}{a_b} \left\{ \frac{1+\nu}{2} \ln \frac{a_b}{a_1} + \frac{1-\nu}{4} \left[ 1 - \left( \frac{a_1}{a_b} \right)^2 \right] \right\}$$

$L_{11}$ 、 $L_{14}$ 、 $L_{17}$  : 負荷荷重内外比率係数 (ただし、 $r_0 = a_1$ ) <sup>(2)</sup> (－)

$$L_{11} = \frac{1}{64} \left\{ 1 + 4 \left( \frac{r_0}{a_b} \right)^2 - 5 \left( \frac{r_0}{a_b} \right)^4 - 4 \left( \frac{r_0}{a_b} \right)^2 \left[ 2 + \left( \frac{r_0}{a_b} \right)^2 \right] \cdot \ln \frac{a_b}{r_0} \right\}$$



$$L_{14} = \frac{1}{16} \left[ 1 - \left( \frac{r_0}{a_b} \right)^4 - 4 \left( \frac{r_0}{a_b} \right)^2 \cdot \ln \frac{a_b}{r_0} \right]$$

$$L_{17} = \frac{1}{4} \left\{ 1 - \frac{1-\nu}{4} \left[ 1 - \left( \frac{r_0}{a_b} \right)^4 \right] - \left( \frac{r_0}{a_b} \right)^2 \left[ 1 + (1+\nu) \cdot \ln \frac{a_b}{r_0} \right] \right\}$$

蓋部中性子遮蔽材カバーの外周部における曲げ応力 ( $\sigma_{b1}$ ) とせん断応力 ( $\tau_1$ ) の組合せ応力 ( $\sigma_{T1}$ ) は、次式で計算される。

$$\sigma_{T1} = \sqrt{\sigma_{b1}^2 + 3 \cdot \tau_1^2} \dots\dots\dots (2.4)$$

蓋部中性子遮蔽材カバー外周部の一次応力の計算条件及び計算結果を第 2-4 表に示す。

第2-4表 蓋部中性子遮蔽材カバー外周部に発生する一次応力の計算条件及び計算結果

項目	記号	数値	単位
蓋部中性子遮蔽材カバー外周部の 単位長さ当たりの曲げモーメント	$M_{r a}$	5247 <sup>(注1)</sup>	N・mm/mm
蓋部中性子遮蔽材カバー外周部に作用する 単位長さ当たりのせん断力	$Q_a$	54.58 <sup>(注1)</sup>	N/mm
等分布荷重	$q_1$	-0.2223 <sup>(注1)</sup>	MPa
蓋部中性子遮蔽材充填部圧力	$p_{1 r}$	0.23	MPaG
蓋部中性子遮蔽材カバーの単位面積当たりの質量	$m_1$	$1.57 \times 10^{-4}$	kg/mm <sup>2</sup>
蓋部中性子遮蔽材カバー板厚	$t_1$	20	mm
蓋部中性子遮蔽材カバー密度	$\rho_1$	$7.85 \times 10^{-6}$	kg/mm <sup>3</sup>
鉛直方向加速度（貯蔵架台への衝突時）	$G_{2.4}$	5 g	m/s <sup>2</sup>
重力加速度	$g$	9.80665	m/s <sup>2</sup>
蓋部中性子遮蔽材カバー外半径	$a_b$	847.5	mm
蓋部中性子遮蔽材カバー支持半径	$a_l$	365	mm
ポアソン比	$\nu$	0.3	—
蓋部中性子遮蔽材カバーの縦弾性係数	$E_1$	197000	MPa
曲げモーメント係数	$\theta_b$	$3.678 \times 10^{-3}$ <sup>(注1)</sup>	—
単位長さ当たりのせん断力	$Q_b$	-51.42 <sup>(注1)</sup>	N/mm
蓋部中性子遮蔽材カバーの曲げ剛性	$D_1$	$1.443 \times 10^8$ <sup>(注1)</sup>	N・mm
たわみ係数	$K_{\theta b}$	$3.923 \times 10^{-3}$ <sup>(注1)</sup>	—
せん断力係数	$K_{Q b}$	0.2729 <sup>(注1)</sup>	—
内外比率係数	$C_1$	0.5668 <sup>(注1)</sup>	—
	$C_3$	$1.982 \times 10^{-2}$ <sup>(注1)</sup>	—
	$C_4$	1.093 <sup>(注1)</sup>	—
	$C_6$	$9.370 \times 10^{-2}$ <sup>(注1)</sup>	—
	$C_7$	0.8605 <sup>(注1)</sup>	—
	$C_9$	0.2972 <sup>(注1)</sup>	—
負荷荷重内外比率係数	$L_{11}$	$3.187 \times 10^{-3}$ <sup>(注1)</sup>	—
	$L_{14}$	$2.129 \times 10^{-2}$ <sup>(注1)</sup>	—
	$L_{17}$	0.1106 <sup>(注1)</sup>	—
曲げ応力	$\sigma_{b 1}$	79	MPa
せん断応力	$\tau_1$	3	MPa
組合せ応力	$\sigma_{T 1}$	80	MPa

(注1) 表中では有効数字4桁表示としているが、計算は桁数処理前の数値を使用。

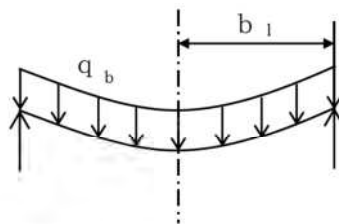
d. 底部中性子遮蔽材カバー

貯蔵架台への衝突時において、底部中性子遮蔽材カバーには慣性力及び底部中性子遮蔽材充填部圧力が作用する。

(a) 中央部

底部中性子遮蔽材カバーの中央部（第1-3図の評価位置④<sub>a</sub>）に発生する曲げ応力（ $\sigma_{b1}$ ）は、底部中性子遮蔽材カバーの中央部を外周部単純支持とした円板としてモデル化し、次式で計算される。

$$\sigma_{b1} = \frac{6 \cdot M_C}{t_b^2} \quad (2) \quad \dots\dots\dots (2.8)$$



（底部中性子遮蔽材カバー 中央部の解析モデル）

ここで、式中の記号は下記を表す。

$M_C$  : 底部中性子遮蔽材カバー中央部の単位長さ当たりの曲げモーメント (N・mm/mm)

$$M_C = q_b \cdot b_1^2 \cdot \frac{(3+\nu)}{16} \quad (2)$$

$q_b$  : 等分布荷重 (MPa)

$$q_b = p_{br} + m_b \cdot G_{24}$$

$p_{br}$  : 底部中性子遮蔽材充填部圧力 (0.28 MPaG)

$m_b$  : 底部中性子遮蔽材及び底部中性子遮蔽材カバーの単位面積当たりの質量 (kg/mm<sup>2</sup>)

$$m_b = t_t \cdot \rho_r + t_b \cdot \rho_s$$

$t_t$  : 底部中性子遮蔽材板厚 (130 mm)

$\rho_r$  : 中性子遮蔽材密度 (1.67 × 10<sup>-6</sup> kg/mm<sup>3</sup>)

$t_b$  : 底部中性子遮蔽材カバー板厚 (35 mm)

$\rho_s$  : 底部中性子遮蔽材カバー密度 (7.93 × 10<sup>-6</sup> kg/mm<sup>3</sup>)

$G_{24}$  : 鉛直方向加速度 (貯蔵架台への衝突時) (5 g) (m/s<sup>2</sup>)

$g$  : 重力加速度 (9.80665 m/s<sup>2</sup>)

$b_1$  : 底部中性子遮蔽材カバー支持半径 (365 mm)

$\nu$  : ポアソン比 (0.3)

底部中性子遮蔽材カバー中央部の一次応力の計算条件及び計算結果を第 2-5 表に示す。

第 2-5 表 底部中性子遮蔽材カバー中央部に発生する一次応力の計算条件及び計算結果

項目	記号	数値	単位
底部中性子遮蔽材カバー中央部の 単位長さ当たりの曲げモーメント	$M_c$	8360 (注1)	N・mm/mm
等分布荷重	$q_b$	0.3043 (注1)	MPa
底部中性子遮蔽材充填部圧力	$p_{br}$	0.28	MPaG
底部中性子遮蔽材及び底部中性子 遮蔽材カバーの単位面積当たりの質量	$m_b$	$4.947 \times 10^{-4}$ (注1)	kg/mm <sup>2</sup>
底部中性子遮蔽材板厚	$t_t$	130	mm
中性子遮蔽材密度	$\rho_r$	$1.67 \times 10^{-6}$	kg/mm <sup>3</sup>
底部中性子遮蔽材カバー板厚	$t_b$	35	mm
底部中性子遮蔽材カバー密度	$\rho_s$	$7.93 \times 10^{-6}$	kg/mm <sup>3</sup>
鉛直方向加速度 (貯蔵架台への衝突時)	$G_{24}$	5 g	m/s <sup>2</sup>
重力加速度	$g$	9.80665	m/s <sup>2</sup>
底部中性子遮蔽材カバー支持半径	$b_1$	365	mm
ポアソン比	$\nu$	0.3	—
曲げ応力	$\sigma_{b1}$	41	MPa

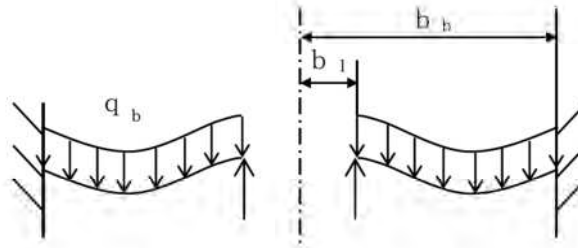
(注1) 表中では有効数字4桁表示としているが、計算は桁数処理前の数値を使用。

(b) 外周部

底部中性子遮蔽材カバーの外周部 (第 1-3 図の評価点④<sub>b</sub>) に発生する曲げ応力 ( $\sigma_{b1}$ ) 及びせん断応力 ( $\tau_1$ ) は、底部中性子遮蔽材カバーの外周部を内周部単純支持、外周部固定端とした円形プレートとしてモデル化し、次式で計算される。

$$\sigma_{b1} = \frac{6 \cdot M_{ra}}{t_b^2} \quad (2) \quad \dots \dots \dots (2.9)$$

$$\tau_1 = \frac{Q_a}{t_b} \quad (2) \quad \dots \dots \dots (2.10)$$



(底部中性子遮蔽材カバー 外周部の解析モデル)

ここで、式中の記号は下記を表す。

$M_{r_a}$  : 底部中性子遮蔽材カバー外周部の単位長さ当たりの  
曲げモーメント (N・mm/mm)

$$M_{r_a} = \theta_b \frac{D_2}{b_b} C_7 + Q_b \cdot b_b \cdot C_9 - q_b \cdot b_b^2 \cdot L_{17}$$

$Q_a$  : 底部中性子遮蔽材カバー外周部の単位長さ当たりの  
せん断力 (N/mm)

$$Q_a = Q_b \frac{b_1}{b_b} - \frac{q_b}{2 b_b} (b_b^2 - b_1^2)^{(2)}$$

$q_b$  : 等分布荷重 (MPa)

$$q_b = p_{br} + m_b \cdot G_{24}$$

$p_{br}$  : 底部中性子遮蔽材充填部圧力 (0.28 MPaG)

$m_b$  : 底部中性子遮蔽材及び底部中性子遮蔽材カバーの単位面積  
当たりの質量 (kg/mm<sup>2</sup>)

$$m_b = t_t \cdot \rho_r + t_b \cdot \rho_s$$

$t_t$  : 底部中性子遮蔽材板厚 (130 mm)

$\rho_r$  : 中性子遮蔽材密度 (1.67 × 10<sup>-6</sup> kg/mm<sup>3</sup>)

$t_b$  : 底部中性子遮蔽材カバー板厚 (35 mm)

$\rho_s$  : 底部中性子遮蔽材カバー密度 (7.93 × 10<sup>-6</sup> kg/mm<sup>3</sup>)

$G_{24}$  : 鉛直方向加速度 (貯蔵架台への衝突時) (5 g) (m/s<sup>2</sup>)

$g$  : 重力加速度 (9.80665 m/s<sup>2</sup>)

$b_b$  : 底部中性子遮蔽材カバー外半径 (933 mm)

$b_1$  : 底部中性子遮蔽材カバー支持半径 (365 mm)

$E_2$  : 底部中性子遮蔽材カバーの縦弾性係数 (186000 MPa)

$\theta_b$  : 曲げモーメント係数 (－)

$$\theta_b = \frac{-q_b b_b^3}{D_2} \cdot K_{\theta b}^{(2)}$$

$Q_b$  : 単位長さ当たりのせん断力 (N/mm)

$$Q_b = q_b b_b \cdot K_{Qb}^{(2)}$$

$D_2$  : 底部中性子遮蔽材カバーの曲げ剛性 (N・mm)

$$D_2 = \frac{E_2 t_b^3}{12(1-\nu^2)}^{(2)}$$

$K_{\theta b}$  : たわみ係数 (－)

$$K_{\theta b} = \frac{C_3 L_{14} - C_6 L_{11}}{C_1 C_6 - C_3 C_4}^{(2)}$$

$K_{Qb}$  : せん断力係数 (－)

$$K_{Qb} = \frac{C_1 L_{14} - C_4 L_{11}}{C_1 C_6 - C_3 C_4}^{(2)}$$

$\nu$  : ポアソン比 (0.3)

$C_1$ 、 $C_3$ 、 $C_4$ 、 $C_6$ 、 $C_7$ 、 $C_9$  : 内外比率係数<sup>(2)</sup> (－)

$$C_1 = \frac{1+\nu}{2} \cdot \frac{b_l}{b_b} \cdot \ln \frac{b_b}{b_l} + \frac{1-\nu}{4} \left( \frac{b_b}{b_l} - \frac{b_l}{b_b} \right)$$

$$C_3 = \frac{b_l}{4 b_b} \left\{ \left[ \left( \frac{b_l}{b_b} \right)^2 + 1 \right] \cdot \ln \frac{b_b}{b_l} + \left( \frac{b_l}{b_b} \right)^2 - 1 \right\}$$

$$C_4 = \frac{1}{2} \left[ (1+\nu) \frac{b_l}{b_b} + (1-\nu) \frac{b_b}{b_l} \right]$$

$$C_6 = \frac{b_l}{4 b_b} \left[ \left( \frac{b_l}{b_b} \right)^2 - 1 + 2 \cdot \ln \frac{b_b}{b_l} \right]$$

$$C_7 = \frac{1}{2} (1-\nu^2) \left( \frac{b_b}{b_l} - \frac{b_l}{b_b} \right)$$

$$C_9 = \frac{b_l}{b_b} \left\{ \frac{1+\nu}{2} \ln \frac{b_b}{b_l} + \frac{1-\nu}{4} \left[ 1 - \left( \frac{b_l}{b_b} \right)^2 \right] \right\}$$



$L_{11}$ 、 $L_{14}$ 、 $L_{17}$ ：負荷荷重内外比率係数（ただし、 $r_0 = b_1$ ）<sup>(2)</sup>

$$L_{11} = \frac{1}{64} \left\{ 1 + 4 \left( \frac{r_0}{b_b} \right)^2 - 5 \left( \frac{r_0}{b_b} \right)^4 - 4 \left( \frac{r_0}{b_b} \right)^2 \left[ 2 + \left( \frac{r_0}{b_b} \right)^2 \right] \cdot \ln \frac{b_b}{r_0} \right\}$$

$$L_{14} = \frac{1}{16} \left[ 1 - \left( \frac{r_0}{b_b} \right)^4 - 4 \left( \frac{r_0}{b_b} \right)^2 \cdot \ln \frac{b_b}{r_0} \right]$$

$$L_{17} = \frac{1}{4} \left\{ 1 - \frac{1-\nu}{4} \left[ 1 - \left( \frac{r_0}{b_b} \right)^4 \right] - \left( \frac{r_0}{b_b} \right)^2 \left[ 1 + (1+\nu) \cdot \ln \frac{b_b}{r_0} \right] \right\}$$

底部中性子遮蔽材カバーの外周部における曲げ応力 ( $\sigma_{b1}$ ) とせん断応力 ( $\tau_1$ ) の組合せ応力 ( $\sigma_{T1}$ ) は、次式で計算される。

$$\sigma_{T1} = \sqrt{\sigma_{b1}^2 + 3 \cdot \tau_1^2} \dots\dots\dots (2.4)$$

底部中性子遮蔽材カバー外周部の一次応力の計算条件及び計算結果を第2-6表に示す。

第2-6表 底部中性子遮蔽材カバー外周部に発生する一次応力の計算条件及び計算結果 (1/2)

項目	記号	数値	単位
底部中性子遮蔽材カバー外周部の 単位長さ当たりの曲げモーメント	$M_{r_0}$	-9755 <sup>(注1)</sup>	N・mm/mm
底部中性子遮蔽材カバー外周部の 単位長さ当たりのせん断力	$Q_a$	-86.43 <sup>(注1)</sup>	N/mm
等分布荷重	$q_b$	0.3043 <sup>(注1)</sup>	MPa
底部中性子遮蔽材充填部圧力	$p_{br}$	0.28	MPaG
底部中性子遮蔽材及び底部中性子遮蔽材カバーの 単位面積当たりの質量	$m_b$	$4.947 \times 10^{-4}$ <sup>(注1)</sup>	kg/mm <sup>2</sup>
底部中性子遮蔽材板厚	$t_i$	130	mm
中性子遮蔽材密度	$\rho_r$	$1.67 \times 10^{-6}$	kg/mm <sup>3</sup>
底部中性子遮蔽材カバー板厚	$t_b$	35	mm
底部中性子遮蔽材カバー密度	$\rho_s$	$7.93 \times 10^{-6}$	kg/mm <sup>3</sup>

(注1) 表中では有効数字4桁表示としているが、計算は桁数処理前の数値を使用。

第 2-6 表 底部中性子遮蔽材カバー外周部に発生する一次応力の計算条件及び計算結果 (2/2)

項目	記号	数値	単位
鉛直方向加速度 (貯蔵架台への衝突時)	$G_{2.4}$	5 g	$m/s^2$
重力加速度	g	9.80665	$m/s^2$
底部中性子遮蔽材カバー外半径	$b_b$	933	mm
底部中性子遮蔽材カバー支持半径	$b_1$	365	mm
底部中性子遮蔽材カバーの縦弾性係数	$E_2$	186000	MPa
曲げモーメント係数	$\theta_b$	$-1.624 \times 10^{-3}$ (注1)	—
単位長さ当たりのせん断力	$Q_b$	86.34 (注1)	N/mm
底部中性子遮蔽材カバーの曲げ剛性	$D_2$	$7.303 \times 10^8$ (注1)	N・mm
たわみ係数	$K_{\theta b}$	$4.800 \times 10^{-3}$ (注1)	—
せん断力係数	$K_{Qb}$	0.3042 (注1)	—
ポアソン比	$\nu$	0.3	—
内外比率係数	$C_1$	0.6175 (注1)	—
	$C_3$	$2.300 \times 10^{-2}$ (注1)	—
	$C_4$	1.149 (注1)	—
	$C_6$	0.1007 (注1)	—
	$C_7$	0.9851 (注1)	—
	$C_9$	0.2966 (注1)	—
負荷荷重内外比率係数	$L_{11}$	$4.032 \times 10^{-3}$ (注1)	—
	$L_{14}$	$2.513 \times 10^{-2}$ (注1)	—
	$L_{17}$	0.1223 (注1)	—
曲げ応力	$\sigma_{b1}$	-48	MPa
せん断応力	$\tau_1$	-3	MPa
組合せ応力	$\sigma_{T1}$	49	MPa

(注1) 表中では有効数字4桁表示としているが、計算は桁数処理前の数値を使用。



(2) 一次+二次応力

a. 外筒

外筒の上部側は容器本体に、下部側は下部端板に取付けられており、胴と外筒の熱膨張差による熱応力が発生する。

外筒に発生する軸方向応力 ( $\sigma_{z2}$ ) は、外筒を一様断面を有する組合せ棒としてモデル化し、次式で計算される。

$$\sigma_{z2} = \frac{-E_4 \cdot (\alpha_4 t_4 - \alpha_3 t_3)}{1 + \frac{A_2 E_4}{A_1 E_3}} \quad \dots\dots\dots (2.11)$$

ここで、式中の記号は下記を表す。

$A_1$  : 胴の断面積 ( $\text{mm}^2$ )

$$A_1 = (r_o^2 - r_i^2) \times \pi$$

$r_o$  : 胴外半径 (1080 mm)

$r_i$  : 胴内半径 (835 mm)

$A_2$  : 外筒の断面積 ( $\text{mm}^2$ )

$$A_2 = 2 \pi r_m t$$

$r_m$  : 外筒平均半径 (1254 mm)

$t$  : 外筒板厚 (22 mm)

$\alpha_3$  : 胴の熱膨張係数 ( $11.11 \times 10^{-6} \text{ mm}/(\text{mm} \cdot ^\circ\text{C})$ )

$\alpha_4$  : 外筒の熱膨張係数 ( $11.00 \times 10^{-6} \text{ mm}/(\text{mm} \cdot ^\circ\text{C})$ )

$E_3$  : 胴の縦弾性係数 (196000 MPa)

$E_4$  : 外筒の縦弾性係数 (196000 MPa)

$t_3$  : 胴の設定温度と常温との差 ( $135-20=115 \text{ }^\circ\text{C}$ )

$t_4$  : 外筒の設定温度と常温との差 ( $125-20=105 \text{ }^\circ\text{C}$ )

外筒中央部 (第 1-1 図の評価位置①) における周方向応力 ( $\sigma_{\theta 1}$ ) (一次応力) と軸方向応力 ( $\sigma_{z2}$ ) (二次応力) の組合せ応力 ( $\sigma_{T12}$ ) (引張・圧縮応力) は、次式で計算される。

$$\sigma_{T12} = \sqrt{\sigma_{\theta 1}^2 + \sigma_{z2}^2 - \sigma_{\theta 1} \cdot \sigma_{z2}} \quad \dots\dots\dots (2.12)$$

なお、外筒周方向の熱膨張による応力は無視できるので、外筒に発生する二次応力は軸方向の熱膨張による応力のみである。

外筒の一次+二次応力の計算条件及び計算結果を第 2-7 表に示す。

第 2-7 表 外筒に発生する一次+二次応力の計算条件及び計算結果

項目	記号	数値	単位
胴の断面積	$A_1$	$1.474 \times 10^6$ (注1)	$\text{mm}^2$
胴外半径	$r_o$	1080	mm
胴内半径	$r_i$	835	mm
外筒の断面積	$A_2$	$1.733 \times 10^5$ (注1)	$\text{mm}^2$
外筒平均半径	$r_m$	1254	mm
外筒板厚	$t$	22	mm
胴の熱膨張係数	$\alpha_3$	$11.11 \times 10^{-6}$	$\text{mm}/(\text{mm} \cdot ^\circ\text{C})$
外筒の熱膨張係数	$\alpha_4$	$11.00 \times 10^{-6}$	$\text{mm}/(\text{mm} \cdot ^\circ\text{C})$
胴の縦弾性係数	$E_3$	196000	MPa
外筒の縦弾性係数	$E_4$	196000	MPa
胴の設定温度と常温との差	$t_3$	115	$^\circ\text{C}$
外筒の設定温度と常温との差	$t_4$	105	$^\circ\text{C}$
外筒に発生する軸方向応力 (二次応力)	$\sigma_{z2}$	22	MPa
外筒中央部における周方向応力 (一次応力)	$\sigma_{\theta 1}$	22	MPa
組合せ応力	$\sigma_{T12}$	22	MPa

(注1) 表中では有効数字4桁表示としているが、計算は桁数処理前の数値を使用。

b. 下部端板

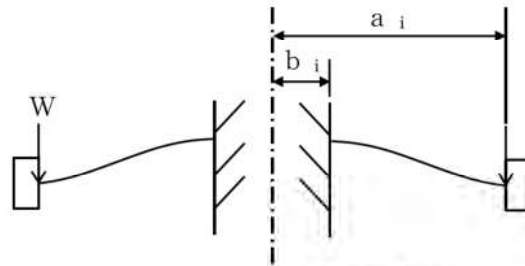
(a) 外筒の軸方向熱膨張による曲げ及びせん断応力

下部端板には、2.2.2(2)a. で評価した外筒の軸方向熱膨張による荷重が作用する。

下部端板に発生する曲げ応力 ( $\sigma_{b2}$ ) 及びせん断応力 ( $\tau_2$ ) は、下部端板を内周部固定端、外周部ガイド支持とした円形プレートとしてモデル化し、次式で計算される。

$$\sigma_{b2} = \frac{6 \cdot M_{rb}}{t_r^2} \quad \dots \dots \dots (2.13)$$

$$\tau_2 = \frac{Q_b}{t_r} \quad \dots \dots \dots (2.14)$$



(下部端板の解析モデル)

ここで、式中の記号は下記を表す。

$M_{r\ b}$  : 下部端板の単位長さ当たりの曲げモーメント (N・mm/mm)

$$M_{r\ b} = \frac{-W \cdot a_i^2 \cdot C_6}{b_i \cdot C_5} \quad (2)$$

$Q_b$  : 下部端板に作用する単位長さ当たりのせん断力 (N/mm)

$$Q_b = \frac{W \cdot a_i}{b_i} \quad (2)$$

$W$  : 下部端板の単位長さ当たりの負荷荷重 (N/mm)

$$W = \frac{P}{2 \pi a_i}$$

$P$  : 外筒の軸方向熱膨張による下部端板への負荷荷重 (N)

$$P = -\sigma_{z\ 2} \cdot A_2$$

$\sigma_{z\ 2}$  : 軸方向応力 (MPa)

$$\sigma_{z\ 2} = \frac{-E_4 \cdot (\alpha_4 t_4 - \alpha_3 t_3)}{1 + \frac{A_2 E_4}{A_1 E_3}} \quad (3)$$

$A_1$  : 胴の断面積 (mm<sup>2</sup>)

$$A_1 = (r_0^2 - r_1^2) \times \pi$$

$r_0$  : 胴外半径 (1080 mm)

$r_1$  : 胴内半径 (835 mm)

$A_2$  : 外筒の断面積 (mm<sup>2</sup>)

$$A_2 = 2 \pi r_m t$$

$r_m$  : 外筒平均半径 (1254 mm)

$t$  : 外筒板厚 (22 mm)

$\alpha_3$  : 胴の熱膨張係数 (11.11 × 10<sup>-6</sup> mm/(mm・°C))

$\alpha_4$  : 外筒の熱膨張係数 (11.00 × 10<sup>-6</sup> mm/(mm・°C))

$E_3$  : 胴の縦弾性係数 (196000 MPa)

- $E_4$  : 外筒の縦弾性係数 (196000 MPa)
- $t_3$  : 胴の設定温度と常温との差 (135 - 20 = 115 °C)
- $t_4$  : 外筒の設定温度と常温との差 (125 - 20 = 105 °C)
- $a_i$  : 外筒内半径 (1243 mm)
- $b_i$  : 下部端板内半径 (1080 mm)
- $t_r$  : 下部端板板厚 (35 mm)
- $\nu$  : ポアソン比 (0.3)
- $C_5, C_6$  : 内外比率係数 <sup>(2)</sup> (-)

$$C_5 = \frac{1}{2} \left[ 1 - \left( \frac{b_i}{a_i} \right)^2 \right]$$

$$C_6 = \frac{b_i}{4 a_i} \left[ \left( \frac{b_i}{a_i} \right)^2 - 1 + 2 \ln \frac{a_i}{b_i} \right]$$

下部端板の一次＋二次応力の計算条件及び計算結果を第 2-8 表に示す。

第 2-8 表 下部端板に発生する一次＋二次応力の計算条件及び計算結果

項目	記号	数値	単位
下部端板の単位長さ当たりの曲げモーメント	$M_{rb}$	$4.465 \times 10^4$ (注1)	N・mm/mm
下部端板に作用する単位長さ当たりのせん断力	$Q_b$	-562.0 (注1)	N/mm
下部端板の単位長さ当たりの負荷荷重	$W$	-488.3 (注1)	N/mm
外筒の軸方向熱膨張による下部端板への負荷荷重	$P$	$-3.813 \times 10^6$ (注1)	N
軸方向応力	$\sigma_{z2}$	22	MPa
胴の断面積	$A_1$	$1.474 \times 10^6$ (注1)	mm <sup>2</sup>
胴外半径	$r_o$	1080	mm
胴内半径	$r_i$	835	mm
外筒の断面積	$A_2$	$1.733 \times 10^5$ (注1)	mm <sup>2</sup>
外筒平均半径	$r_m$	1254	mm
外筒板厚	$t$	22	mm
胴の熱膨張係数	$\alpha_3$	$11.11 \times 10^{-6}$	mm/(mm・°C)
外筒の熱膨張係数	$\alpha_4$	$11.00 \times 10^{-6}$	mm/(mm・°C)
胴の縦弾性係数	$E_3$	196000	MPa
外筒の縦弾性係数	$E_4$	196000	MPa
胴の設定温度と常温との差	$t_3$	115	°C
外筒の設定温度と常温との差	$t_4$	105	°C
外筒内半径	$a_i$	1243	mm
下部端板内半径	$b_i$	1080	mm
下部端板板厚	$t_r$	35	mm
ポアソン比	$\nu$	0.3	—
内外比率係数	$C_5$	0.1225 (注1)	—
	$C_6$	$7.833 \times 10^{-3}$ (注1)	—
下部端板に発生する曲げ応力 (二次応力)	$\sigma_{b2}$	219	MPa
下部端板に発生するせん断応力 (二次応力)	$\tau_2$	-17	MPa
下部端板に発生する曲げ応力 (一次応力)	$\sigma_{b1}$	-15	MPa
下部端板に発生するせん断応力 (一次応力)	$\tau_1$	3	MPa
下部端板に発生する曲げ応力 (一次＋二次応力)	$\sigma_{b12}$	204 (注2)	MPa
下部端板に発生するせん断応力 (一次＋二次応力)	$\tau_{12}$	-14 (注2)	MPa

(注1) 表中では有効数字4桁表示としているが、計算は桁数処理前の数値を使用。

(注2) 一次応力に二次応力を加わえた値。



(b) 径方向応力

下部端板は胴に取付けられており、下部端板と胴の熱膨張差による熱応力が発生する。

下部端板に発生する径方向応力 ( $\sigma_{r2}$ ) は、次式で計算される。

$$\sigma_{r2} = \frac{\Delta \delta}{b_i} \cdot E_5 \dots\dots\dots (2.15)$$

ここで、式中の記号は下記を表す。

$\Delta \delta$  : 胴と下部端板の変位の差 (mm)

$$\Delta \delta = \delta_2 - \delta_1$$

$\delta_1$  : 胴の変位 (mm)

$$\delta_1 = r_o \alpha_3 t_3$$

$\delta_2$  : 下部端板の変位 (mm)

$$\delta_2 = b_i \alpha_5 t_5$$

$r_o$  : 胴外半径 (1080 mm)

$b_i$  : 下部端板内半径 (1080 mm)

$\alpha_3$  : 胴の熱膨張係数 ( $11.11 \times 10^{-6}$  mm/(mm $\cdot$ °C))

$\alpha_5$  : 下部端板の熱膨張係数 ( $16.05 \times 10^{-6}$  mm/(mm $\cdot$ °C))

$t_3$  : 胴の設定温度と常温との差 (135-20=115 °C)

$t_5$  : 下部端板の設定温度と常温との差 (125-20=105 °C)

$E_5$  : 下部端板の縦弾性係数 (188000 MPa)

下部端板(第 1-1 図の評価位置②)における一次+二次応力(引張・圧縮応力)は、一次応力が発生しないため(2.15)式で計算される値(二次応力)のみの値となる。

下部端板の一次+二次応力の計算条件及び計算結果を第 2-9 表に示す。

第 2-9 表 下部端板に発生する一次＋二次応力の計算条件及び計算結果

項目	記号	数値	単位
胴と下部端板の変位の差	$\Delta \delta$	0.4402 (注1)	mm
胴の変位	$\delta_1$	1.380 (注1)	mm
下部端板の変位	$\delta_2$	1.820 (注1)	mm
胴外半径	$r_o$	1080	mm
下部端板内半径	$b_i$	1080	mm
胴の熱膨張係数	$\alpha_3$	$11.11 \times 10^{-6}$	mm/(mm・°C)
下部端板の熱膨張係数	$\alpha_5$	$16.05 \times 10^{-6}$	mm/(mm・°C)
胴の設定温度と常温との差	$t_3$	115	°C
下部端板の設定温度と常温との差	$t_5$	105	°C
下部端板の縦弾性係数	$E_5$	188000	MPa
下部端板に発生する径方向応力	$\sigma_{r2}$	77	MPa

(注1) 表中では有効数字4桁表示としているが、計算は桁数処理前の数値を使用。

c. 蓋部中性子遮蔽材カバー

蓋部中性子遮蔽材カバーとそれを支持する一次蓋との温度差は僅かであり、熱膨張差が発生しないため、発生する熱応力は無視できる。

d. 底部中性子遮蔽材カバー

底部中性子遮蔽材カバーの熱膨張による応力 ( $\sigma_{r2}$ ) は、次式で計算される。

$$\sigma_{r2} = \frac{\Delta \delta}{b_b} \cdot E_2 \dots\dots\dots (2.16)$$

ここで、式中の記号は下記を表す。

$\Delta \delta$  : 胴と底部中性子遮蔽材カバーの変位の差 (mm)

$$\Delta \delta = \delta_4 - \delta_3$$

$\delta_3$  : 底部中性子遮蔽材カバーの変位 (mm)

$$\delta_3 = b_b \alpha_2 t_2$$

$\delta_4$  : 胴の変位 (mm)

$$\delta_4 = a_{b_o} \alpha_3 t_3$$

$b_b$  : 底部中性子遮蔽材カバー外半径 (933 mm)

$a_{b_o}$  : 胴 (底部) 外半径 (933 mm)

$\alpha_3$  : 底部中性子遮蔽材カバーの熱膨張係数 ( $16.21 \times 10^{-6}$  mm/(mm・°C))

- $\alpha_3$  : 胴の熱膨張係数 ( $11.11 \times 10^{-6}$  mm/(mm $\cdot$ °C))  
 $t_2$  : 底部中性子遮蔽材カバー評価温度と常温との差 (150-20=130 °C)  
 $t_3$  : 胴の設定温度と常温との差 (135-20=115 °C)  
 $E_2$  : 底部中性子遮蔽材カバーの縦弾性係数 (186000 MPa)

底部中性子遮蔽材カバー（第1-3図④<sub>a</sub>及び④<sub>b</sub>）における一次＋二次応力（引張・圧縮応力）は、一次応力が発生しないため（2.16）式で計算される値（二次応力）のみの値となる。

底部中性子遮蔽材カバーの一次＋二次応力の計算条件及び計算結果を第2-10表に示す。

第2-10表 底部中性子遮蔽材カバーに発生する一次＋二次応力の計算条件及び計算結果

項目	記号	数値	単位
胴と底部中性子遮蔽材カバーの変位の差	$\Delta \delta$	-0.7741 <sup>(注1)</sup>	mm
底部中性子遮蔽材カバーの変位	$\delta_3$	1.966 <sup>(注1)</sup>	mm
胴の変位	$\delta_4$	1.192 <sup>(注1)</sup>	mm
底部中性子遮蔽材カバー外半径	$b_b$	933	mm
胴（底部）外半径	$a_{b0}$	933	mm
底部中性子遮蔽材カバーの熱膨張係数	$\alpha_2$	$16.21 \times 10^{-6}$	mm/(mm $\cdot$ °C)
胴の熱膨張係数	$\alpha_3$	$11.11 \times 10^{-6}$	mm/(mm $\cdot$ °C)
底部中性子遮蔽材カバー評価温度と常温との差	$t_2$	130	°C
胴の設定温度と常温との差	$t_3$	115	°C
底部中性子遮蔽材カバーの縦弾性係数	$E_2$	186000	MPa
底部中性子遮蔽材カバーの熱膨張による応力	$\sigma_{r2}$	-155	MPa

(注1) 表中では有効数字4桁表示としているが、計算は桁数処理前の数値を使用



## 2.3 貯蔵時（ $S_d^*$ 相当地震力が作用する場合）

### 2.3.1 荷重条件

貯蔵時において $S_d^*$ 相当地震力が作用する場合の荷重は次に示す組合せとする。  
荷重の方向を第 2-1 図に示す。

- ・地震力
- ・自重

### 2.3.2 応力計算

#### (1) 一次応力

##### a. 外筒

$S_d^*$ 相当地震力による慣性力が作用した場合、外筒には側部中性子遮蔽材の慣性力が水平方向へ作用するため、外筒には側部中性子遮蔽材充填部圧力（径方向）及び側部中性子遮蔽材の慣性力が作用する。

最大応力が発生するのは外筒中央部（第 1-1 図の評価位置①）である。外筒中央部（第 1-1 図の評価位置①）に発生する周方向応力（ $\sigma_{\theta 1}$ ）は、薄肉円筒が内圧を受けるときの応力評価式を用いて次式で計算される。

$$\sigma_{\theta 1} = \frac{q \cdot r_m}{t} \quad (2.17)$$

ここで、式中の記号は下記を表す。

$q$  : 等分布荷重 (MPa)

$$q = p_{PGA} + p_1$$

$p_{PGA}$  : 側部中性子遮蔽材充填部圧力（径方向）(0.38 MPaG)

$p_1$  : 水平方向加速度により作用する側部中性子遮蔽材の面圧 (MPa)

$$p_1 = \rho_r \cdot G_1 \cdot h_1$$

$\rho_r$  : 中性子遮蔽材密度 ( $1.67 \times 10^{-6}$  kg/mm<sup>3</sup>)

$G_1$  : 水平方向加速度 (m/s<sup>2</sup>)

$$G_1 = C_H \cdot g$$

$C_H$  : 水平方向設計震度 (1.5)

$g$  : 重力加速度 (9.80665 m/s<sup>2</sup>)

$h_1$  : 側部中性子遮蔽材水平方向高さ (2486 mm)

$r_m$  : 外筒平均半径 (1254 mm)

$t$  : 外筒板厚 (22 mm)

外筒に発生する応力の計算条件及び計算結果を第 2-11 表に示す。

第 2-11 表 外筒に発生する応力の計算条件及び計算結果

項目	記号	数値	単位
等分布荷重	q	0.4411 <sup>(注1)</sup>	MPa
側部中性子遮蔽材充填部圧力(径方向)	p <sub>PGA</sub>	0.38	MPaG
水平方向加速度により作用する 側部中性子遮蔽材の面圧	p <sub>1</sub>	6.107×10 <sup>-2</sup> <sup>(注1)</sup>	MPa
中性子遮蔽材密度	ρ <sub>r</sub>	1.67×10 <sup>-6</sup>	kg/mm <sup>3</sup>
水平方向加速度	G <sub>1</sub>	1.5g	m/s <sup>2</sup>
水平方向設計震度	C <sub>H</sub>	1.5	—
重力加速度	g	9.80665	m/s <sup>2</sup>
側部中性子遮蔽材水平方向高さ	h <sub>1</sub>	2486	mm
外筒平均半径	r <sub>m</sub>	1254	mm
外筒板厚	t	22	mm
外筒下部に発生する周方向応力	σ <sub>θ1</sub>	26	MPa

(注1) 表中では有効数字4桁表示としているが、計算は桁数処理前の数値を使用。

b. 下部端板

S<sub>d</sub>\*相当地震力による慣性力が作用した場合、下部端板には外筒、下部端板、伝熱フィン及び側部中性子遮蔽材の慣性力、並びに側部中性子遮蔽材充填部圧力(軸方向)が作用する。

2.2.2(1)b.と同様に、最大応力が発生するのは下部端板取付部(第1-1図の評価位置②)である。下部端板取付部に発生する曲げ応力(σ<sub>b1</sub>)及びせん断応力(τ<sub>1</sub>)は、下部端板を内周部固定端、外周部単純支持とした円形プレートとしてモデル化し、次式で計算される。

$$\sigma_{b1} = \frac{6 \cdot M_{rb}}{t_r^2} \quad (2) \quad \dots\dots\dots (2.2)$$

$$\tau_1 = \frac{Q_b}{t_r} \quad (2) \quad \dots\dots\dots (2.3)$$

ここで、式中の記号は下記を表す。

M<sub>rb</sub> : 下部端板の単位長さ当たりの曲げモーメント (N・mm/mm)

$$M_{rb} = -q \cdot a_i^2 \cdot K_{Mrb} \quad (2)$$

Q<sub>b</sub> : 下部端板に作用する単位長さ当たりのせん断力 (N/mm)

$$Q_b = q \cdot a_i \cdot K_{Qb} \quad (2)$$

$q$  : 等分布荷重 (MPa)

$$q = p_{pg} + p_r + p_t + p_f$$

$p_{pg}$  : 側部中性子遮蔽材充填部圧力 (軸方向) (0.18 MPaG)

$p_r$  : 鉛直方向加速度により作用する側部中性子遮蔽材自重による  
負荷圧力 (MPa)

$$p_r = \rho_r \cdot G_{25} \cdot h_2$$

$p_t$  : 鉛直方向加速度により作用する下部端板自重による圧力 (MPa)

$$p_t = \rho_t \cdot G_{25} \cdot t_r$$

$p_f$  : 鉛直方向加速度により作用する伝熱フィン及び外筒自重による  
負荷圧力 (MPa)

$$p_f = w \cdot G_{25}$$

$G_{25}$  : 鉛直方向加速度 (貯蔵時 (地震力が作用する場合)) ( $m/s^2$ )

$$G_{25} = (1 + C_v) \cdot g$$

$C_v$  : 鉛直方向設計震度 (1.0)

$g$  : 重力加速度 ( $9.80665 m/s^2$ )

$w$  : 下部端板に負荷される単位面積当たりの質量 ( $kg/mm^2$ )

$$w = \frac{m_0 + m_f}{(a_i^2 - b_i^2) \cdot \pi}$$

$m_0$  : 外筒の質量 (6391 kg)

$m_f$  : 伝熱フィンの質量 (1252 kg)

$\rho_r$  : 中性子遮蔽材密度 ( $1.67 \times 10^{-6} kg/mm^3$ )

$\rho_t$  : 下部端板密度 ( $7.93 \times 10^{-6} kg/mm^3$ )

$h_2$  : 側部中性子遮蔽材鉛直方向高さ (4381 mm)

$t_r$  : 下部端板板厚 (35 mm)

$a_i$  : 外筒内半径 (1243 mm)

$b_i$  : 下部端板内半径 (1080 mm)

$\nu$  : ポアソン比 (0.3)

$K_{Mrb}$  : 曲げモーメント係数 (—)

$$K_{Mrb} = \frac{C_3 L_{17} - C_9 L_{11}}{C_2 C_9 - C_3 C_8} \quad (2)$$

$K_{Qb}$  : せん断力係数 (—)

$$K_{Qb} = \frac{C_2 L_{17} - C_8 L_{11}}{C_2 C_9 - C_3 C_8} \quad (2)$$

$C_2$ 、 $C_3$ 、 $C_8$ 、 $C_9$  : 内外比率係数<sup>(2)</sup> (一)

$$C_2 = \frac{1}{4} \left[ 1 - \left( \frac{b_i}{a_i} \right)^2 \left( 1 + 2 \ln \frac{a_i}{b_i} \right) \right]$$

$$C_3 = \frac{b_i}{4 a_i} \left\{ \left[ \left( \frac{b_i}{a_i} \right)^2 + 1 \right] \cdot \ln \frac{a_i}{b_i} + \left( \frac{b_i}{a_i} \right)^2 - 1 \right\}$$

$$C_8 = \frac{1}{2} \left[ 1 + \nu + (1 - \nu) \left( \frac{b_i}{a_i} \right)^2 \right]$$

$$C_9 = \frac{b_i}{a_i} \left\{ \frac{1 + \nu}{2} \ln \frac{a_i}{b_i} + \frac{1 - \nu}{4} \left[ 1 - \left( \frac{b_i}{a_i} \right)^2 \right] \right\}$$

$L_{11}$ 、 $L_{17}$  : 負荷荷重内外比率係数 (ただし、 $r_0 = b_i$ ) <sup>(2)</sup> (一)

$$L_{11} = \frac{1}{64} \left\{ 1 + 4 \left( \frac{r_0}{a_i} \right)^2 - 5 \left( \frac{r_0}{a_i} \right)^4 - 4 \left( \frac{r_0}{a_i} \right)^2 \left[ 2 + \left( \frac{r_0}{a_i} \right)^2 \right] \cdot \ln \frac{a_i}{r_0} \right\}$$

$$L_{17} = \frac{1}{4} \left\{ 1 - \frac{1 - \nu}{4} \left[ 1 - \left( \frac{r_0}{a_i} \right)^4 \right] - \left( \frac{r_0}{a_i} \right)^2 \left[ 1 + (1 + \nu) \cdot \ln \frac{a_i}{r_0} \right] \right\}$$

下部端板取付部における曲げ応力 ( $\sigma_{b1}$ ) とせん断応力 ( $\tau_1$ ) の組合せ応力 ( $\sigma_{T1}$ ) は、次式で計算される。

$$\sigma_{T1} = \sqrt{\sigma_{b1}^2 + 3 \cdot \tau_1^2} \quad \dots \dots \dots (2.4)$$

下部端板に発生する応力の計算条件及び計算結果を第 2-12 表に示す。

第2-12表 下部端板に発生する応力の計算条件及び計算結果 (1/2)

項目	記号	数値	単位
下部端板の単位長さ当たりの 曲げモーメント	$M_{rb}$	-1576 (注1)	N・mm/mm
下部端板に作用する 単位長さ当たりのせん断力	$Q_b$	48.54 (注1)	N/mm
等分布荷重	$q$	0.4550 (注1)	MPa
側部中性子遮蔽材充填部圧力 (軸方向)	$p_{pg}$	0.18	MPaG
鉛直方向加速度により作用する 側部中性子遮蔽材自重による負荷圧力	$p_r$	0.1435 (注1)	MPa
鉛直方向加速度により作用する 下部端板自重による圧力	$p_t$	$5.444 \times 10^{-3}$ (注1)	MPa
鉛直方向加速度により作用する伝熱 フィン及び外筒自重による負荷圧力	$p_f$	0.1260 (注1)	MPa
鉛直方向加速度 (貯蔵時 (地震力が作用する場合))	$G_{25}$	2.0 g	$m/s^2$
鉛直方向設計震度	$C_y$	1.0	—
重力加速度	$g$	9.80665	$m/s^2$
下部端板に負荷される 単位面積当たりの質量	$w$	$6.425 \times 10^{-3}$ (注1)	$kg/mm^2$
外筒の質量	$m_o$	6391	kg
伝熱フィンの質量	$m_f$	1252	kg
中性子遮蔽材密度	$\rho_r$	$1.67 \times 10^{-6}$	$kg/mm^3$
下部端板密度	$\rho_t$	$7.93 \times 10^{-6}$	$kg/mm^3$
側部中性子遮蔽材鉛直方向高さ	$h_2$	4381	mm
下部端板板厚	$t_r$	35	mm
外筒内半径	$a_i$	1243	mm
下部端板内半径	$b_i$	1080	mm
ポアソン比	$\nu$	0.3	—

(注1) 表中では有効数字4桁表示としているが、計算は桁数処理前の数値を使用。

第2-12表 下部端板に発生する応力の計算条件及び計算結果 (2/2)

項目	記号	数値	単位
曲げモーメント係数	$K_{Mrb}$	$2.242 \times 10^{-3}$ (注1)	—
せん断力係数	$K_{Qb}$	$8.584 \times 10^{-2}$ (注1)	—
内外比率係数	$C_2$	$8.209 \times 10^{-3}$ (注1)	—
	$C_3$	$3.502 \times 10^{-4}$ (注1)	—
	$C_8$	0.9142 (注1)	—
	$C_9$	0.1167 (注1)	—
負荷荷重内外比率係数	$L_{11}$	$1.165 \times 10^{-5}$ (注1)	—
	$L_{17}$	$7.964 \times 10^{-3}$ (注1)	—
曲げ応力	$\sigma_{b1}$	-8	MPa
せん断応力	$\tau_1$	2	MPa
組合せ応力	$\sigma_{T1}$	9	MPa

(注1) 表中では有効数字4桁表示としているが、計算は桁数処理前の数値を使用。

c. 蓋部中性子遮蔽材カバー

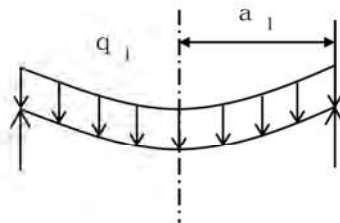
(a) 中央部

$S_d^*$ 相当地震力による慣性力が作用した場合、蓋部中性子遮蔽材カバーの水平方向の荷重は無視できる。

よって、 $S_d^*$ 相当地震力が作用する場合に蓋部中性子遮蔽材カバーの中央部に生じる応力は2.2.2(1)c.(a)項と同様に計算される。

蓋部中性子遮蔽材カバーの中央部(第1-2図の評価位置③<sub>a</sub>)に発生する曲げ応力( $\sigma_{b1}$ )は、蓋部中性子遮蔽材カバーを外周部単純支持とした円板としてモデル化し、次式で計算される。

$$\sigma_{b1} = \frac{6 \cdot M_C}{t_1^2} \quad (2) \quad \dots\dots\dots (2.5)$$



(蓋部中性子遮蔽材カバー 中央部の解析モデル)

ここで、式中の記号は下記を表す。

$M_C$  : 蓋部中性子遮蔽材カバー中央部の単位長さ当たりの曲げモーメント  
(N・mm/mm)

$$M_C = q_1 \cdot a_1^2 \cdot \frac{(3 + \nu)}{16} \quad (2)$$

$q_1$  : 等分布荷重 (MPa)

$$q_1 = -p_{1r} + m_1 \cdot G_{25}$$

$p_{1r}$  : 蓋部中性子遮蔽材充填部圧力 (0.23 MPaG)

$m_1$  : 蓋部中性子遮蔽材カバーの単位面積当たりの質量 (kg/mm<sup>2</sup>)

$$m_1 = t_1 \cdot \rho_1$$

$t_1$  : 蓋部中性子遮蔽材カバー板厚 (20 mm)

$\rho_1$  : 蓋部中性子遮蔽材カバー密度 ( $7.85 \times 10^{-6}$  kg/mm<sup>3</sup>)

$G_{25}$  : 鉛直方向加速度 (貯蔵時 (地震力が作用する場合)) (m/s<sup>2</sup>)

$$G_{25} = (1 + C_v) \cdot g$$

$C_v$  : 鉛直方向設計震度 (1.0)

$g$  : 重力加速度 (9.80665 m/s<sup>2</sup>)

$a_1$  : 蓋部中性子遮蔽材カバー支持半径 (365 mm)

$\nu$  : ポアソン比 (0.3)

蓋部中性子遮蔽材カバー中央部に発生する応力の計算条件及び計算結果を第2-13表に示す。



第2-13表 蓋部中性子遮蔽材カバー中央部に発生する応力の計算条件及び計算結果

項目	記号	数値	単位
蓋部中性子遮蔽材カバー中央部の 単位長さ当たりの曲げモーメント	$M_c$	-6235 <sup>(注1)</sup>	N・mm/mm
等分布荷重	$q_1$	-0.2269 <sup>(注1)</sup>	MPa
蓋部中性子遮蔽材充填部圧力	$p_{1r}$	0.23	MPaG
蓋部中性子遮蔽材カバーの 単位面積当たりの質量	$m_1$	$1.57 \times 10^{-4}$	kg/mm <sup>2</sup>
蓋部中性子遮蔽材カバー板厚	$t_1$	20	mm
蓋部中性子遮蔽材カバー密度	$\rho_1$	$7.85 \times 10^{-6}$	kg/mm <sup>3</sup>
鉛直方向加速度 (貯蔵時(地震力が作用する場合))	$G_{25}$	2.0g	m/s <sup>2</sup>
鉛直方向設計震度	$C_v$	1.0	—
重力加速度	$g$	9.80665	m/s <sup>2</sup>
蓋部中性子遮蔽材カバー支持半径	$a_1$	365	mm
ポアソン比	$\nu$	0.3	—
曲げ応力	$\sigma_{b1}$	-94	MPa

(注1) 表中では有効数字4桁表示としているが、計算は桁数処理前の数値を使用。

(b) 外周部

$S_d^*$ 相当地震力による慣性力が作用した場合、蓋部中性子遮蔽材カバーの水平方向の荷重は無視できる。

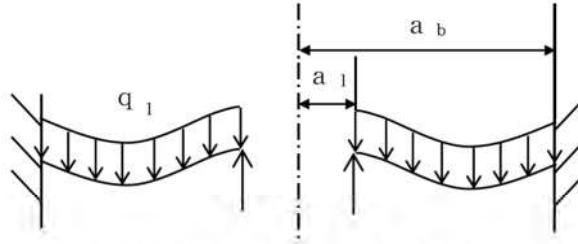
よって、 $S_d^*$ 相当地震力が作用する場合に蓋部中性子遮蔽材カバーの外周部に生じる応力は2.2.2(1)c. (b)項と同様に計算される。

蓋部中性子遮蔽材カバーの外周部(第1-2図の評価位置③<sub>b</sub>)に発生する曲げ応力( $\sigma_{b1}$ )及びせん断応力( $\tau_1$ )は、蓋部中性子遮蔽材カバーの外周部を内周部単純支持、外周部固定端とした円形プレートとしてモデル化し、次式で計算される。

$$\sigma_{b1} = \frac{6 \cdot M_r \cdot a}{t_1^2} \quad (2) \dots\dots\dots (2.6)$$

$$\tau_1 = \frac{Q_a}{t_1} \quad (2) \dots\dots\dots (2.7)$$





(蓋部中性子遮蔽材カバー 外周部の解析モデル)

ここで、式中の記号は下記を表す。

$M_{r a}$  : 蓋部中性子遮蔽材カバー外周部の単位長さ当たりの曲げモーメント  
( $N \cdot mm/mm$ )

$$M_{r a} = \theta_b \frac{D_1}{a_b} C_7 + Q_b \cdot a_b \cdot C_9 - q_1 \cdot a_b^2 \cdot L_{17}^{(2)}$$

$Q_a$  : 蓋部中性子遮蔽材カバー外周部に作用する単位長さ当たりのせん断力 ( $N/mm$ )

$$Q_a = Q_b \frac{a_1}{a_b} - \frac{q_1}{2 a_b} (a_b^2 - a_1^2)^{(2)}$$

$q_1$  : 等分布荷重 ( $MPa$ )

$$q_1 = -p_{1r} + m_1 \cdot G_{25}$$

$p_{1r}$  : 蓋部中性子遮蔽材充填部圧力 ( $0.23 MPaG$ )

$m_1$  : 蓋部中性子遮蔽材カバーの単位面積当たりの質量 ( $kg/mm^2$ )

$$m_1 = t_1 \cdot \rho_1$$

$t_1$  : 蓋部中性子遮蔽材カバー板厚 ( $20 mm$ )

$\rho_1$  : 蓋部中性子遮蔽材カバー密度 ( $7.85 \times 10^{-6} kg/mm^3$ )

$G_{25}$  : 鉛直方向加速度 (貯蔵時 (地震力が作用する場合)) ( $m/s^2$ )

$$G_{25} = (1 + C_v) \cdot g$$

$C_v$  : 鉛直方向設計震度 ( $1.0$ )

$g$  : 重力加速度 ( $9.80665 m/s^2$ )

$a_b$  : 蓋部中性子遮蔽材カバー外半径 ( $847.5 mm$ )

$a_1$  : 蓋部中性子遮蔽材カバー支持半径 ( $365 mm$ )

$\nu$  : ポアソン比 ( $0.3$ )

$E_1$  : 蓋部中性子遮蔽材カバーの縦弾性係数 ( $197000 MPa$ )

$\theta_b$  : 曲げモーメント係数 (-)

$$\theta_b = \frac{-q_1 a_b^3}{D_1} \cdot K_{\theta b}^{(2)}$$

$Q_b$  : 単位長さ当たりのせん断力 (N/mm)

$$Q_b = q_1 a_b \cdot K_{Qb} \quad (2)$$

$D_1$  : 蓋部中性子遮蔽材カバーの曲げ剛性 (N・mm)

$$D_1 = \frac{E_1 t_1^3}{12(1-\nu^2)} \quad (2)$$

$K_{\theta b}$  : たわみ係数 (-)

$$K_{\theta b} = \frac{C_3 L_{14} - C_6 L_{11}}{C_1 C_6 - C_3 C_4} \quad (2)$$

$K_{Qb}$  : せん断力係数 (-)

$$K_{Qb} = \frac{C_1 L_{14} - C_4 L_{11}}{C_1 C_6 - C_3 C_4} \quad (2)$$

$C_1, C_3, C_4, C_6, C_7, C_9$  : 内外比率係数<sup>(2)</sup> (-)

$$C_1 = \frac{1+\nu}{2} \cdot \frac{a_1}{a_b} \cdot \ln \frac{a_b}{a_1} + \frac{1-\nu}{4} \left( \frac{a_b}{a_1} - \frac{a_1}{a_b} \right)$$

$$C_3 = \frac{a_1}{4 a_b} \left\{ \left[ \left( \frac{a_1}{a_b} \right)^2 + 1 \right] \cdot \ln \frac{a_b}{a_1} + \left( \frac{a_1}{a_b} \right)^2 - 1 \right\}$$

$$C_4 = \frac{1}{2} \left[ (1+\nu) \frac{a_1}{a_b} + (1-\nu) \frac{a_b}{a_1} \right]$$

$$C_6 = \frac{a_1}{4 a_b} \left[ \left( \frac{a_1}{a_b} \right)^2 - 1 + 2 \cdot \ln \frac{a_b}{a_1} \right]$$

$$C_7 = \frac{1}{2} (1-\nu^2) \left( \frac{a_b}{a_1} - \frac{a_1}{a_b} \right)$$

$$C_9 = \frac{a_1}{a_b} \left\{ \frac{1+\nu}{2} \ln \frac{a_b}{a_1} + \frac{1-\nu}{4} \left[ 1 - \left( \frac{a_1}{a_b} \right)^2 \right] \right\}$$

$L_{11}, L_{14}, L_{17}$  : 負荷荷重内外比率係数 (ただし、 $r_0 = a_1$ )<sup>(2)</sup> (-)

$$L_{11} = \frac{1}{64} \left\{ 1 + 4 \left( \frac{r_0}{a_b} \right)^2 - 5 \left( \frac{r_0}{a_b} \right)^4 - 4 \left( \frac{r_0}{a_b} \right)^2 \left[ 2 + \left( \frac{r_0}{a_b} \right)^2 \right] \cdot \ln \frac{a_b}{r_0} \right\}$$

$$L_{14} = \frac{1}{16} \left[ 1 - \left( \frac{r_0}{a_b} \right)^4 - 4 \left( \frac{r_0}{a_b} \right)^2 \cdot \ln \frac{a_b}{r_0} \right]$$

$$L_{17} = \frac{1}{4} \left\{ 1 - \frac{1-\nu}{4} \left[ 1 - \left( \frac{r_0}{a_b} \right)^4 \right] - \left( \frac{r_0}{a_b} \right)^2 \left[ 1 + (1+\nu) \cdot \ln \frac{a_b}{r_0} \right] \right\}$$

蓋部中性子遮蔽材カバーの外周部における曲げ応力 ( $\sigma_{b1}$ ) とせん断応力 ( $\tau_1$ ) の組合せ応力 ( $\sigma_{T1}$ ) は、次式で計算される。

$$\sigma_{T1} = \sqrt{\sigma_{b1}^2 + 3 \cdot \tau_1^2} \dots\dots\dots (2.4)$$

蓋部中性子遮蔽材カバー外周部に発生する応力の計算条件及び計算結果を第2-14表に示す。

第2-14表 蓋部中性子遮蔽材カバー外周部に発生する応力の計算条件及び計算結果 (1/2)

項目	記号	数値	単位
蓋部中性子遮蔽材カバー外周部の単位長さ当たりの曲げモーメント	$M_{ra}$	5356 (注1)	N・mm/mm
蓋部中性子遮蔽材カバー外周部に作用する単位長さ当たりのせん断力	$Q_a$	55.72 (注1)	N/mm
等分布荷重	$q_1$	-0.2269 (注1)	MPa
蓋部中性子遮蔽材充填部圧力	$p_{1r}$	0.23	MPaG
蓋部中性子遮蔽材カバーの単位面積当たりの質量	$m_1$	$1.57 \times 10^{-4}$	kg/mm <sup>2</sup>
蓋部中性子遮蔽材カバー板厚	$t_1$	20	mm
蓋部中性子遮蔽材カバー密度	$\rho_1$	$7.85 \times 10^{-6}$	kg/mm <sup>3</sup>
鉛直方向加速度 (貯蔵時 (地震力が作用する場合))	$G_{z5}$	2.0 g	m/s <sup>2</sup>
鉛直方向設計震度	$C_v$	1.0	—
重力加速度	$g$	9.80665	m/s <sup>2</sup>
蓋部中性子遮蔽材カバー外半径	$a_b$	847.5	mm
蓋部中性子遮蔽材カバー支持半径	$a_1$	365	mm
ポアソン比	$\nu$	0.3	—
蓋部中性子遮蔽材カバーの縦弾性係数	$E_1$	197000	MPa

(注1) 表中では有効数字4桁表示としているが、計算は桁数処理前の数値を使用。

第 2-14 表 蓋部中性子遮蔽材カバー外周部に発生する応力の計算条件及び計算結果 (2/2)

項目	記号	数値	単位
曲げモーメント係数	$\theta_b$	$3.755 \times 10^{-3}$ (注1)	—
単位長さ当たりのせん断力	$Q_b$	$-52.49$ (注1)	N/mm
蓋部中性子遮蔽材カバーの曲げ剛性	$D_1$	$1.443 \times 10^8$ (注1)	N・mm
たわみ係数	$K_{\theta b}$	$3.923 \times 10^{-3}$ (注1)	—
せん断力係数	$K_{Qb}$	$0.2729$ (注1)	—
内外比率係数	$C_1$	$0.5668$ (注1)	—
	$C_3$	$1.982 \times 10^{-2}$ (注1)	—
	$C_4$	$1.093$ (注1)	—
	$C_6$	$9.370 \times 10^{-2}$ (注1)	—
	$C_7$	$0.8605$ (注1)	—
	$C_9$	$0.2972$ (注1)	—
負荷荷重内外比率係数	$L_{11}$	$3.187 \times 10^{-3}$ (注1)	—
	$L_{14}$	$2.129 \times 10^{-2}$ (注1)	—
	$L_{17}$	$0.1106$ (注1)	—
曲げ応力	$\sigma_{b1}$	81	MPa
せん断応力	$\tau_1$	3	MPa
組合せ応力	$\sigma_{T1}$	82	MPa

(注1) 表中では有効数字4桁表示としているが、計算は桁数処理前の数値を使用。

d. 底部中性子遮蔽材カバー

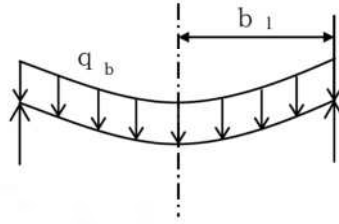
(a) 中央部

$S_d^*$ 相当地震力による慣性力が作用した場合、底部中性子遮蔽材カバー水平方向の荷重は無視できる。

よって、 $S_d^*$ 相当地震力が作用する場合に底部中性子遮蔽材カバーの中央部に生じる応力は 2.2.2(1)d.(a)項と同様に計算される。

底部中性子遮蔽材カバーの中央部(第1-3図の評価位置④<sub>a</sub>)に発生する曲げ応力( $\sigma_{b1}$ )は、底部中性子遮蔽材カバーの中央部を外周部単純支持とした円板としてモデル化し、次式で計算される。

$$\sigma_{b1} = \frac{6 \cdot M_C}{t_b^2} \quad (2) \quad \dots\dots\dots (2.8)$$



(底部中性子遮蔽材カバー 中央部の解析モデル)

ここで、式中の記号は下記を表す。

$M_C$  : 底部中性子遮蔽材カバー中央部の単位長さ当たりの曲げモーメント  
( $N \cdot mm/mm$ )

$$M_C = q_b \cdot b_l^2 \cdot \frac{(3+\nu)}{16} \quad (2)$$

$q_b$  : 等分布荷重 (MPa)

$$q_b = p_{br} + m_b \cdot G_{2.5}$$

$p_{br}$  : 底部中性子遮蔽材充填部圧力 (0.28 MPaG)

$m_b$  : 底部中性子遮蔽材及び底部中性子遮蔽材カバーの単位面積当たりの質量 ( $kg/mm^2$ )

$$m_b = t_t \cdot \rho_r + t_b \cdot \rho_s$$

$t_t$  : 底部中性子遮蔽材板厚 (130 mm)

$\rho_r$  : 中性子遮蔽材密度 ( $1.67 \times 10^{-6} \text{ kg/mm}^3$ )

$t_b$  : 底部中性子遮蔽材カバー板厚 (35 mm)

$\rho_s$  : 底部中性子遮蔽材カバー密度 ( $7.93 \times 10^{-6} \text{ kg/mm}^3$ )

$G_{2.5}$  : 鉛直方向加速度 (貯蔵時 (地震力が作用する場合)) ( $m/s^2$ )

$$G_{2.5} = (1 + C_v) \cdot g$$

$C_v$  : 鉛直方向設計震度 (1.0)

$g$  : 重力加速度 ( $9.80665 \text{ m/s}^2$ )

$b_l$  : 底部中性子遮蔽材カバー支持半径 (365 mm)

$\nu$  : ポアソン比 (0.3)

底部中性子遮蔽材カバー中央部に発生する応力の計算条件及び計算結果を第2-15表に示す。



第2-15表 底部中性子遮蔽材カバー中央部に発生する応力の計算条件及び計算結果

項目	記号	数値	単位
底部中性子遮蔽材カバー中央部の 単位長さ当たりの曲げモーメント	$M_c$	7960 (注1)	N・mm/mm
等分布荷重	$q_b$	0.2897 (注1)	MPa
底部中性子遮蔽材充填部圧力	$P_{br}$	0.28	MPaG
底部中性子遮蔽材及び底部中性子遮蔽材 カバーの単位面積当たりの質量	$m_b$	$4.947 \times 10^{-4}$ (注1)	kg/mm <sup>2</sup>
底部中性子遮蔽材板厚	$t_t$	130	mm
中性子遮蔽材密度	$\rho_r$	$1.67 \times 10^{-6}$	kg/mm <sup>3</sup>
底部中性子遮蔽材カバー板厚	$t_b$	35	mm
底部中性子遮蔽材カバー密度	$\rho_s$	$7.93 \times 10^{-6}$	kg/mm <sup>3</sup>
鉛直方向加速度 (貯蔵時(地震力が作用する場合))	$G_{25}$	2.0 g	m/s <sup>2</sup>
鉛直方向設計震度	$C_v$	1.0	—
重力加速度	$g$	9.80665	m/s <sup>2</sup>
底部中性子遮蔽材カバー支持半径	$b_d$	365	mm
ポアソン比	$\nu$	0.3	—
曲げ応力	$\sigma_{b1}$	39	MPa

(注1) 表中では有効数字4桁表示としているが、計算は桁数処理前の数値を使用。

(b) 外周部

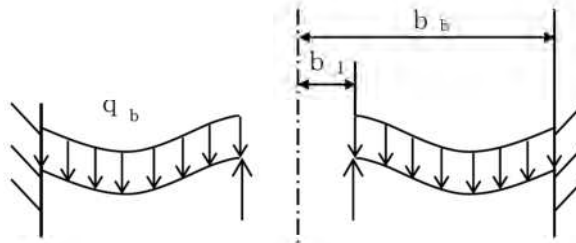
$S_d^*$ 相当地震力による慣性力が作用した場合、底部中性子遮蔽材カバー水平方向の荷重は無視できる。

よって、 $S_d^*$ 相当地震力が作用する場合に底部中性子遮蔽材カバーの外周部に生じる応力は2.2.2(1)d.(b)項と同様に計算される。

底部中性子遮蔽材カバーの外周部(第1-3図の評価点④<sub>b</sub>)に発生する曲げ応力( $\sigma_{b1}$ )及びせん断応力( $\tau_1$ )は、底部中性子遮蔽材カバーの外周部を内周部単純支持、外周部固定端とした円形プレートとしてモデル化し、次式で計算される。

$$\sigma_{b1} = \frac{6 \cdot M_{ra}}{t_b^2} \quad (2) \quad \dots\dots\dots (2.9)$$

$$\tau_1 = \frac{Q_a}{t_b} \quad (2) \quad \dots\dots\dots (2.10)$$



(底部中性子遮蔽材カバー 外周部の解析モデル)

ここで、式中の記号は下記を表す。

$M_{ra}$  : 底部中性子遮蔽材カバー外周部の単位長さ当たりの曲げモーメント  
( $N \cdot mm/mm$ )

$$M_{ra} = \theta_b \frac{D_2}{b_b} C_7 + Q_b \cdot b_b \cdot C_9 - q_b \cdot b_b^2 \cdot L_{17}$$

$Q_a$  : 底部中性子遮蔽材カバー外周部の単位長さ当たりのせん断力 ( $N/mm$ )

$$Q_a = Q_b \frac{b_1}{b_b} - \frac{q_b}{2 b_b} (b_b^2 - b_1^2) \quad (2)$$

$q_b$  : 等分布荷重 ( $MPa$ )

$$q_b = p_{br} + m_b \cdot G_{25}$$

$p_{br}$  : 底部中性子遮蔽材充填部圧力 ( $0.28 \text{ MPaG}$ )

$m_b$  : 底部中性子遮蔽材及び底部中性子遮蔽材カバーの単位面積当たりの質量 ( $kg/mm^2$ )

$$m_b = t_r \cdot \rho_r + t_b \cdot \rho_s$$

$t_r$  : 底部中性子遮蔽材板厚 ( $130 \text{ mm}$ )

$\rho_r$  : 中性子遮蔽材密度 ( $1.67 \times 10^{-6} \text{ kg/mm}^3$ )

$t_b$  : 底部中性子遮蔽材カバー板厚 ( $35 \text{ mm}$ )

$\rho_s$  : 底部中性子遮蔽材カバー密度 ( $7.93 \times 10^{-6} \text{ kg/mm}^3$ )

$G_{25}$  : 鉛直方向加速度 (貯蔵時 (地震力が作用する場合)) ( $m/s^2$ )

$$G_{25} = (1 + C_v) \cdot g$$

$C_v$  : 鉛直方向設計震度 ( $1.0$ )

$g$  : 重力加速度 ( $9.80665 \text{ m/s}^2$ )



$b_b$  : 底部中性子遮蔽材カバー外半径 (933 mm)

$b_1$  : 底部中性子遮蔽材カバー支持半径 (365 mm)

$E_2$  : 底部中性子遮蔽材カバーの縦弾性係数 (186000 MPa)

$\theta_b$  : 曲げモーメント係数 (－)

$$\theta_b = \frac{-q_b b_b^3}{D_2} \cdot K_{\theta_b}^{(2)}$$

$Q_b$  : 単位長さ当たりのせん断力 (N/mm)

$$Q_b = q_b b_b \cdot K_{Q_b}^{(2)}$$

$D_2$  : 底部中性子遮蔽材カバーの曲げ剛性 (N・mm)

$$D_2 = \frac{E_2 t_b^3}{12(1-\nu^2)}^{(2)}$$

$K_{\theta_b}$  : たわみ係数 (－)

$$K_{\theta_b} = \frac{C_3 L_{14} - C_6 L_{11}}{C_1 C_6 - C_3 C_4}^{(2)}$$

$K_{Q_b}$  : せん断力係数 (－)

$$K_{Q_b} = \frac{C_1 L_{14} - C_4 L_{11}}{C_1 C_6 - C_3 C_4}^{(2)}$$

$\nu$  : ポアソン比 (0.3)

$C_1$ 、 $C_3$ 、 $C_4$ 、 $C_6$ 、 $C_7$ 、 $C_9$  : 内外比率係数<sup>(2)</sup> (－)

$$C_1 = \frac{1+\nu}{2} \cdot \frac{b_1}{b_b} \cdot \ln \frac{b_b}{b_1} + \frac{1-\nu}{4} \left( \frac{b_b}{b_1} - \frac{b_1}{b_b} \right)$$

$$C_3 = \frac{b_1}{4 b_b} \left\{ \left[ \left( \frac{b_1}{b_b} \right)^2 + 1 \right] \cdot \ln \frac{b_b}{b_1} + \left( \frac{b_1}{b_b} \right)^2 - 1 \right\}$$

$$C_4 = \frac{1}{2} \left[ (1+\nu) \frac{b_1}{b_b} + (1-\nu) \frac{b_b}{b_1} \right]$$

$$C_6 = \frac{b_1}{4 b_b} \left[ \left( \frac{b_1}{b_b} \right)^2 - 1 + 2 \cdot \ln \frac{b_b}{b_1} \right]$$

$$C_7 = \frac{1}{2} (1-\nu^2) \left( \frac{b_b}{b_1} - \frac{b_1}{b_b} \right)$$

$$C_9 = \frac{b_1}{b_b} \left\{ \frac{1+\nu}{2} \ln \frac{b_b}{b_1} + \frac{1-\nu}{4} \left[ 1 - \left( \frac{b_1}{b_b} \right)^2 \right] \right\}$$

$L_{11}$ 、 $L_{14}$ 、 $L_{17}$ ：負荷荷重内外比率係数（ただし、 $r_0 = b_1$ ）<sup>(2)</sup>

$$L_{11} = \frac{1}{64} \left\{ 1 + 4 \left( \frac{r_0}{b_b} \right)^2 - 5 \left( \frac{r_0}{b_b} \right)^4 - 4 \left( \frac{r_0}{b_b} \right)^2 \left[ 2 + \left( \frac{r_0}{b_b} \right)^2 \right] \cdot \ln \frac{b_b}{r_0} \right\}$$

$$L_{14} = \frac{1}{16} \left[ 1 - \left( \frac{r_0}{b_b} \right)^4 - 4 \left( \frac{r_0}{b_b} \right)^2 \cdot \ln \frac{b_b}{r_0} \right]$$

$$L_{17} = \frac{1}{4} \left\{ 1 - \frac{1-\nu}{4} \left[ 1 - \left( \frac{r_0}{b_b} \right)^4 \right] - \left( \frac{r_0}{b_b} \right)^2 \left[ 1 + (1+\nu) \cdot \ln \frac{b_b}{r_0} \right] \right\}$$

底部中性子遮蔽材カバーの外周部における曲げ応力（ $\sigma_{b1}$ ）とせん断応力（ $\tau_1$ ）の組合せ応力（ $\sigma_{T1}$ ）は、次式で計算される。

$$\sigma_{T1} = \sqrt{\sigma_{b1}^2 + 3 \cdot \tau_1^2} \dots\dots\dots (2.4)$$

底部中性子遮蔽材カバー外周部に発生する応力の計算条件及び計算結果を第2-16表に示す。

第2-16表 底部中性子遮蔽材カバー外周部に発生する応力の計算条件及び計算結果（1/2）

項目	記号	数値	単位
底部中性子遮蔽材カバー外周部の単位長さ当たりの曲げモーメント	$M_{ra}$	-9289 <sup>(注1)</sup>	N・mm/mm
底部中性子遮蔽材カバー外周部の単位長さ当たりのせん断力	$Q_s$	-82.30 <sup>(注1)</sup>	N/mm
等分布荷重	$q_b$	0.2897 <sup>(注1)</sup>	MPa
底部中性子遮蔽材充填部圧力	$p_{br}$	0.28	MPaG
底部中性子遮蔽材及び底部中性子遮蔽材カバーの単位面積当たりの質量	$m_b$	$4.947 \times 10^{-4}$ <sup>(注1)</sup>	kg/mm <sup>2</sup>
底部中性子遮蔽材板厚	$t_t$	130	mm
中性子遮蔽材密度	$\rho_r$	$1.67 \times 10^{-6}$	kg/mm <sup>3</sup>
底部中性子遮蔽材カバー板厚	$t_b$	35	mm
底部中性子遮蔽材カバー密度	$\rho_s$	$7.93 \times 10^{-6}$	kg/mm <sup>3</sup>
鉛直方向加速度 (貯蔵時（地震力が作用する場合）)	$G_{25}$	2.0 g	m/s <sup>2</sup>

(注1) 表中では有効数字4桁表示としているが、計算は桁数処理前の数値を使用。

第 2-16 表 底部中性子遮蔽材カバー外周部に発生する応力の計算条件及び計算結果 (2/2)

項目	記号	数値	単位
鉛直方向設計震度	$C_v$	1.0	—
重力加速度	$g$	9.80665	$m/s^2$
底部中性子遮蔽材カバー外半径	$b_b$	933	mm
底部中性子遮蔽材カバー支持半径	$b_l$	365	mm
底部中性子遮蔽材カバーの縦弾性係数	$E_2$	186000	MPa
曲げモーメント係数	$\theta_b$	$-1.547 \times 10^{-3}$ (注1)	—
単位長さ当たりのせん断力	$Q_b$	82.21 (注1)	N/mm
底部中性子遮蔽材カバーの曲げ剛性	$D_2$	$7.303 \times 10^8$ (注1)	N・mm
たわみ係数	$K_{\theta b}$	$4.800 \times 10^{-3}$ (注1)	—
せん断力係数	$K_{Qb}$	0.3042 (注1)	—
ポアソン比	$\nu$	0.3	—
内外比率係数	$C_1$	0.6175 (注1)	—
	$C_3$	$2.300 \times 10^{-2}$ (注1)	—
	$C_4$	1.149 (注1)	—
	$C_6$	0.1007 (注1)	—
	$C_7$	0.9851 (注1)	—
	$C_9$	0.2966 (注1)	—
負荷荷重内外比率係数	$L_{11}$	$4.032 \times 10^{-3}$ (注1)	—
	$L_{14}$	$2.513 \times 10^{-2}$ (注1)	—
	$L_{17}$	0.1223 (注1)	—
曲げ応力	$\sigma_{b1}$	-46	MPa
せん断応力	$\tau_1$	-3	MPa
組合せ応力	$\sigma_{T1}$	47	MPa

(注1) 表中では有効数字4桁表示としているが、計算は桁数処理前の数値を使用。

## 2.4 貯蔵時（ $S_s$ 相当地震力が作用する場合）

### 2.4.1 荷重条件

貯蔵時において $S_s$ 相当地震力が作用する場合の荷重条件は、 $S_s$ 相当地震力と $S_d^*$ 相当地震力を同じとしているため、2.3.1項と同様である。

### 2.4.2 応力計算

計算条件及び計算結果は、2.3.2項と同じである。

### 3. 応力の評価

#### 3.1 一次応力の評価

各供用状態における評価を第 3-1 表、第 3-2 表及び第 3-3 表に示す。

第 3-1 表、第 3-2 表及び第 3-3 表より、各供用状態の一次応力は「設計・建設規格」のクラス 1 支持構造物 SSB-3121 の規定を満足する。

#### 3.2 一次＋二次応力の評価

各供用状態における評価を第 3-1 表に示す。

第 3-1 表より、各供用状態の一次＋二次応力は「設計・建設規格」のクラス 1 支持構造物 SSB-3122 の規定を満足する。

第 3-1 表 外筒、下部端板及び蓋部・底部中性子遮蔽材カバーの  
 応力計算結果と許容応力（供用状態 A 及び B） (1/3)

(単位：MPa)

部位	応力の種類	貯蔵架台への衝突時			
		計算値	評価位置	許容 応力値	
外筒	一次応力	引張応力	22	①	156
		せん断応力	—	—	—
		圧縮応力	—	—	—
		曲げ応力	—	—	—
		支圧応力	—	—	—
	一次+二次応力	引張・圧縮応力	22	①	468
		せん断応力	—	—	—
		曲げ応力	—	—	—
		支圧応力	—	—	—
		座屈応力	—	—	—
下部端板	一次応力	引張応力	—	—	—
		せん断応力	3	②	78
		圧縮応力	—	—	—
		曲げ応力	15	②	136
		支圧応力	—	—	—
		垂直応力とせん断応力の 組合せ応力	16	②	136
	一次+二次応力	引張・圧縮応力	77	②	408
		せん断応力	14 <sup>(注1)</sup>	②	234
		曲げ応力	204 <sup>(注1)</sup>	②	408
		支圧応力	—	—	—
		座屈応力	—	—	—

(注 1) 下部端板に発生する曲げ応力（一次+二次応力）は、(2.2) 式で計算される値（一次応力）と (2.13) 式で計算される値（二次応力）を足した値の絶対値である。同様に、せん断応力（一次+二次応力）も、(2.3) 式で計算される値（一次応力）と (2.14) 式で計算される値（二次応力）を足した値の絶対値である。

第 3-1 表 外筒、下部端板及び蓋部・底部中性子遮蔽材カバーの  
 応力計算結果と許容応力（供用状態 A 及び B）（2/3）

（単位：MPa）

部位		応力の種類		貯蔵架台への衝突時		
				計算値	評価位置	許容 応力値
蓋部中性子遮蔽材カバー	中央部	一次応力	引張応力	—	—	—
			せん断応力	—	—	—
			圧縮応力	—	—	—
			曲げ応力	92	③ <sub>a</sub>	157
			支圧応力	—	—	—
		一次＋二次応力	引張・圧縮応力	—	—	—
			せん断応力	—	—	—
			曲げ応力	92	③ <sub>a</sub>	471
			支圧応力	—	—	—
			座屈応力	—	—	—
	外周部	一次応力	引張応力	—	—	—
			せん断応力	3	③ <sub>b</sub>	90
			圧縮応力	—	—	—
			曲げ応力	79	③ <sub>b</sub>	157
			支圧応力	—	—	—
		垂直応力とせん断応力の 組合せ応力	80	③ <sub>b</sub>	157	
		一次＋二次応力	引張・圧縮応力	—	—	—
			せん断応力	3	③ <sub>b</sub>	270
			曲げ応力	79	③ <sub>b</sub>	471
			支圧応力	—	—	—
座屈応力	—		—	—		



第 3-1 表 外筒、下部端板及び蓋部・底部中性子遮蔽材カバーの  
 応力計算結果と許容応力（供用状態 A 及び B） （3/3）

（単位：MPa）

部位		応力の種類		貯蔵架台への衝突時		
				計算値	評価位置	許容 応力値
底部中性子遮蔽材カバー	中央部	一次応力	引張応力	—	—	—
			せん断応力	—	—	—
			圧縮応力	—	—	—
			曲げ応力	41	④ <sub>a</sub>	136
			支圧応力	—	—	—
		一次十二次応力	引張・圧縮応力	155	④ <sub>a</sub>	408
			せん断応力	—	—	—
			曲げ応力	41	④ <sub>a</sub>	408
			支圧応力	—	—	—
			座屈応力	—	—	—
	外周部	一次応力	引張応力	—	—	—
			せん断応力	3	④ <sub>b</sub>	78
			圧縮応力	—	—	—
			曲げ応力	48	④ <sub>b</sub>	136
			支圧応力	—	—	—
		垂直応力とせん断応力の 組合せ応力	49	④ <sub>b</sub>	136	
		一次十二次応力	引張・圧縮応力	155	④ <sub>b</sub>	408
			せん断応力	3	④ <sub>b</sub>	234
			曲げ応力	48	④ <sub>b</sub>	408
			支圧応力	—	—	—
座屈応力	—		—	—		

第 3-2 表 外筒、下部端板及び蓋部・底部中性子遮蔽材カバーの  
 応力計算結果と許容応力（供用状態 C） （1/2）

（単位：MPa）

部位	応力の種類	貯蔵時 ( $S_d^*$ 相当地震力が作用する場合)			
		計算値	評価位置	許容 応力値	
外筒	一次応力	引張応力	26	①	234
		せん断応力	—	—	—
		圧縮応力	—	—	—
		曲げ応力	—	—	—
		支圧応力	—	—	—
下部端板	一次応力	引張応力	—	—	—
		せん断応力	2	②	117
		圧縮応力	—	—	—
		曲げ応力	8	②	204
		支圧応力	—	—	—
		垂直応力とせん断応力の 組合せ応力	9	②	204

第 3-2 表 外筒、下部端板及び蓋部・底部中性子遮蔽材カバーの  
 応力計算結果と許容応力（供用状態 C）（2/2）

（単位：MPa）

部位		応力の種類		貯蔵時 （ $S_d$ *相当地震力が作用する場合）		
				計算値	評価位置	許容 応力値
蓋部 中性子遮蔽材カバー	中央部	一次応力	引張応力	—	—	—
			せん断応力	—	—	—
			圧縮応力	—	—	—
			曲げ応力	94	③ <sub>a</sub>	235
			支圧応力	—	—	—
	外周部	一次応力	引張応力	—	—	—
			せん断応力	3	③ <sub>b</sub>	135
			圧縮応力	—	—	—
			曲げ応力	81	③ <sub>b</sub>	235
			支圧応力	—	—	—
			垂直応力とせん断応力の 組合せ応力	82	③ <sub>b</sub>	235
底部 中性子遮蔽材カバー	中央部	一次応力	引張応力	—	—	—
			せん断応力	—	—	—
			圧縮応力	—	—	—
			曲げ応力	39	④ <sub>a</sub>	204
			支圧応力	—	—	—
	外周部	一次応力	引張応力	—	—	—
			せん断応力	3	④ <sub>b</sub>	117
			圧縮応力	—	—	—
			曲げ応力	46	④ <sub>b</sub>	204
			支圧応力	—	—	—
			垂直応力とせん断応力の 組合せ応力	47	④ <sub>b</sub>	204

第 3-3 表 外筒、下部端板及び蓋部・底部中性子遮蔽材カバーの  
 応力計算結果と許容応力（供用状態D）（1/2）

（単位：MPa）

部位	応力の種類	貯蔵時 （S <sub>s</sub> 相当地震力が作用する場合）			
		計算値	評価位置	許容 応力値	
外筒	一次応力	引張応力	26	①	282
		せん断応力	—	—	—
		圧縮応力	—	—	—
		曲げ応力	—	—	—
		支圧応力	—	—	—
下部端板	一次応力	引張応力	—	—	—
		せん断応力	2	②	127
		圧縮応力	—	—	—
		曲げ応力	8	②	220
		支圧応力	—	—	—
		垂直応力とせん断応力の 組合せ応力	9	②	220

第 3-3 表 外筒、下部端板及び蓋部・底部中性子遮蔽材カバーの  
 応力計算結果と許容応力（供用状態D）（2/2）

（単位：MPa）

部位		応力の種類		貯蔵時 （S <sub>s</sub> 相当地震力が作用する場合）		
				計算値	評価位置	許容 応力値
蓋部中性子遮蔽材カバー	中央部	一次応力	引張応力	—	—	—
			せん断応力	—	—	—
			圧縮応力	—	—	—
			曲げ応力	94	③ <sub>a</sub>	283
			支圧応力	—	—	—
	外周部	一次応力	引張応力	—	—	—
			せん断応力	3	③ <sub>b</sub>	163
			圧縮応力	—	—	—
			曲げ応力	81	③ <sub>b</sub>	283
			支圧応力	—	—	—
			垂直応力とせん断応力の 組合せ応力	82	③ <sub>b</sub>	283
底部中性子遮蔽材カバー	中央部	一次応力	引張応力	—	—	—
			せん断応力	—	—	—
			圧縮応力	—	—	—
			曲げ応力	39	④ <sub>a</sub>	209
			支圧応力	—	—	—
	外周部	一次応力	引張応力	—	—	—
			せん断応力	3	④ <sub>b</sub>	120
			圧縮応力	—	—	—
			曲げ応力	46	④ <sub>b</sub>	209
			支圧応力	—	—	—
			垂直応力とせん断応力の 組合せ応力	47	④ <sub>b</sub>	209