

添付書類 8 - 2 バスケットの強度に関する計算書

添付書類 8 - 2 - 1 バスケットの応力解析の方針

目次

1. 概要	1
2. 適用基準	2
3. 記号	3
3.1 記号の説明	3
4. 設計条件	5
4.1 基本仕様	5
4.2 設計事象	5
4.3 荷重の種類とその組合せ	5
5. 計算条件	6
5.1 解析対象とする事象	6
5.2 解析箇所	6
5.3 形状及び寸法	6
5.4 許容応力	6
6. 応力解析の手順	7
6.1 解析手順の概要	7
6.2 荷重条件の選定	7
6.3 応力計算と評価	7
6.3.1 応力計算の方法	7
6.3.2 応力の評価	8
6.3.3 数値の丸め方	8

図表目次

第4-1表	バスケットの設計上考慮すべき荷重の種類とその組合せ	9
第5-1表	代表事象	10
第6-1表	バスケット用材料の許容応力値	11
第6-2表	数値の丸め方一覧表	13
第5-1図	バスケット構造図	14
第5-2図	バスケット応力評価位置図	15
第6-1図	バスケットの応力解析フロー	16

1. 概要

本書は、金属キャストのバスケットに関する応力解析の方針を述べるものである。

注：図表は一括して巻末に示す。

2. 適用基準

バスケットの強度評価については、使用済燃料貯蔵施設規格(金属キャスク構造規格 JSME S FA1-2007)(日本機械学会 2007年12月)(以下「構造規格」という)を適用する。

3. 記号

3.1 記号の説明

本書及び応力計算書において、応力評価に関する下記の記号を使用する。ただし、本文中に特記のある場合は、この限りでない。

なお、応力計算書の字体及び大きさについては本書と異なる場合がある。

計算書の記号	記号の説明	単位
A_1	バスケット底面の①部の接触面積	mm^2
A_2	応力計算書で用いる②部の断面積	mm^2
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
F_S	バスケットプレート格子端部のせん断力	N
f_c	許容圧縮応力	MPa
f_c^*	許容圧縮応力*1	MPa
g	重力加速度	m/s^2
G_1	水平方向加速度	m/s^2
G_2	鉛直方向加速度	m/s^2
l	バスケットプレート格子長さ	mm
M	バスケットプレートスリット部の曲げモーメント	$\text{N}\cdot\text{mm}$
m_1	バスケットプレート、伝熱サポート及び中性子吸収材の合計質量	kg
m_2	応力計算書で用いる領域Ⅰ及びⅡに含まれるバスケットプレート、中性子吸収材及び使用済燃料集合体の合計質量	kg
P_m	一次一般膜応力	MPa
P_b	一次曲げ応力	MPa
Q	二次応力	MPa
S_d^*	弾性設計用地震動 S_d^* に相当する地震力又は静的地震力のいずれか大きい方	—
S_s	基準地震動 S_s に相当する地震力	—
S_m	設計応力強さ	MPa
S_u	設計引張強さ	MPa

注記*1： f_c の値を算出する際に「構造規格」MCD-2317(1)a. の(MCD-105)式において、 S_y とあるのを $1.2S_y$ と読み替えて算出した値

計算書の記号	記号の説明	単位
S_y	設計降伏点	MPa
w	応力計算書で用いる領域Ⅲに含まれるバスケットプレート、中性子吸収材及び使用済燃料集合体の単位長さ当たりの質量	kg/mm
Z	応力計算書で用いるバスケットプレート②部の断面係数	mm ³
σ	バスケットプレートの評価断面に垂直な方向の応力	MPa
σ_b	バスケットプレートの曲げ応力	MPa
σ_p	バスケットプレートの平均支圧応力	MPa
σ_c	バスケットプレートの圧縮応力	MPa
τ	バスケットプレートの平均せん断応力	MPa

4. 設計条件

バスケットは以下の荷重条件に耐えるように設計する。

4.1 基本仕様

最高使用温度	265 °C
--------	--------

4.2 設計事象

設計上考慮する事象として、使用済燃料貯蔵施設内及び試験時における選定事象を以下に示す。

設計事象	供用状態	使用済燃料貯蔵施設内及び試験時における選定事象*1
I	A	<ul style="list-style-type: none">・貯蔵(貯蔵時)・金属キャスクの吊上げ、吊下げ、移動(吊上げ時)・搬送台車による搬送(台車搬送時)・貯蔵前作業及び搬出前作業(準備作業時)
II	B	<ul style="list-style-type: none">・金属キャスクのたて起こし架台への衝突(たて起こし架台への衝突時)・金属キャスクの貯蔵架台への衝突(貯蔵架台への衝突時)・搬送台車による搬送中の急停止(搬送中の急停止時)
$I + S_d^*$	C	<ul style="list-style-type: none">・S_d相当地震時(貯蔵時(S_d^*相当地震力が作用する場合))
$I + S_s$	D	<ul style="list-style-type: none">・S_s相当地震時(貯蔵時(S_s相当地震力が作用する場合))
試験条件	試験状態	<ul style="list-style-type: none">・耐圧試験(試験時)

注記*1：本書及び応力計算書において、事象を()内の呼称とする場合がある。

4.3 荷重の種類とその組合せ

バスケットの設計上考慮すべき荷重の種類とその組合せを第4-1表に示す。応力解析に用いる荷重は応力計算書に記載する。

5. 計算条件

5.1 解析対象とする事象

4.2 節で示した使用済燃料貯蔵施設内及び試験時における選定事象のうち、第 5-1 表に示すように荷重条件等を考慮して代表事象を選定し、代表事象について解析を実施する。

5.2 解析箇所

バスケットの応力解析を行う箇所は、次のとおりである。(第 5-1 図及び第 5-2 図参照)

(1) バスケットプレート

5.3 形状及び寸法

応力解析を行う部位の形状及び寸法は、応力計算書に示す。

5.4 許容応力

各供用状態におけるバスケットの許容基準は、「構造規格」MCD-2300 による。許容応力は、最高使用温度に対する値を用いる。

6. 応力解析の手順

応力解析を行う場合の手順について一般的な事項を述べる。

6.1 解析手順の概要

バスケットの応力解析フローを第 6-1 図に示す。

バスケットの応力解析は、想定される機械的荷重及び熱荷重を基に応力評価式を用いて行う。

6.2 荷重条件の選定

荷重条件は 4. 章に示しているが、各部の計算においては、その部分について重要な荷重条件を選定して計算を行う。それぞれの部分について考慮した荷重は応力計算書に示す。

6.3 応力計算と評価

6.3.1 応力計算の方法

(1) 応力計算は荷重ごとに行う。荷重条件として与えられるものは次の 2 つである。

a. 機械的荷重

自重(使用済燃料集合体を含む金属キャスクの貯蔵時の設計質量を用いる)、衝撃荷重及びその他の付加荷重をいう。

b. 熱荷重

バスケットに生じる温度変化、温度勾配による荷重であって、熱解析の結果から得られるものをいう。

(2) 中性子吸収材及び伝熱サポートは非構造強度部材として評価対象より除外する。

(3) 構造の不連続性を考慮して、応力評価位置をとる。評価位置は、計算書の形状図中に、番号〔例①〕で示す。

(4) 応力評価は、この応力評価位置について行う。

6.3.2 応力の評価

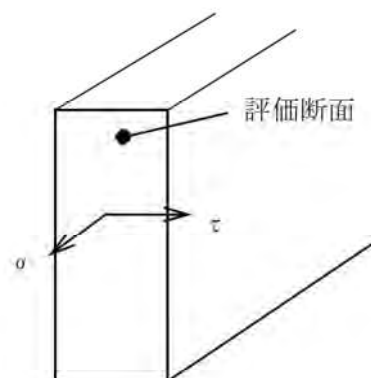
応力の計算結果は、「構造規格」MGB-1200による定義に従い、応力の種類ごとに分類し、以下の評価を応力計算書に示す。

なお、応力の記号とその方向は以下のとおりである。

σ : 評価断面に垂直な方向の応力

τ : せん断応力

バスケット用材料の許容応力値を第 6-1 表に示す。



(1) バスケット(ボルトを除く)の応力評価

バスケットの応力評価は、「構造規格」MCD-2310に従い以下の項目を評価する。

a. 一次応力強さ

b. 一次+二次応力強さ

バスケットに著しい熱応力は発生しないため、一次+二次応力強さの評価は不要である。

c. 特別な応力の検討

(a) 平均せん断応力

(b) 平均支圧応力

(c) 圧縮応力

(2) ボルトの応力評価

バスケットの構造強度部材にボルトを使用していないのでボルトの応力評価は不要である。

6.3.3 数値の丸め方

数値は原則として安全側に丸めて使用する。

また、規格、基準等により決まる数値については丸めず、規格、基準等を内挿して使用する場合は原則として安全側に処理する。

表示する数値の丸め方を第 6-2 表に示す。

第4-1表 バスケットの設計上考慮すべき荷重の種類とその組合せ

荷 重			自重による荷重	吊上げ時荷重	衝撃荷重	熱荷重	地震荷重
設計事象	供用状態	評価事象					
設計条件	設計条件	設計時*1	—*2	○	○	—	—
I	A	貯蔵時	○	—	—	○	—
		吊上げ時	—*2	○	—	○	—
II	B	衝撃荷重作用時	—*2	—	○	○	—
$I + S_d^*$	C	S_d^* 相当地震力が作用する場合	○	—	—	○	○
$I + S_s$	D	S_s 相当地震力が作用する場合	○	—	—	—*3	○

注記*1：供用状態A及びBの一次応力評価を代表する事象

*2：本状態での自重による荷重は、衝撃荷重又は吊上げ荷重の慣性力による荷重に含まれる。

*3：変形量の評価に当たっては熱荷重を考慮する。

第5-1表 代表事象

設計事象	供用状態	代表事象*1	包絡される事象	荷重条件	備考
設計条件	設計条件	設計時*2	—	貯蔵架台への衝突時荷重 鉛直下方向：5 g (自重考慮)	設計時のうち、荷重条件が最も厳しいのは貯蔵架台への衝突時荷重である。
I 及び II	A 及び B	・貯蔵架台への衝突時	・貯蔵時 ・吊上げ時 ・台車搬送時 ・準備作業時 ・たて起こし架台への衝突時 ・搬送中の急停止時	貯蔵架台への衝突時荷重 鉛直下方向：5 g (自重考慮) 熱荷重	供用状態A及びBのうち、荷重条件が最も厳しいのは貯蔵架台への衝突時荷重である。
I + S _d *	C	貯蔵時 S _d *相当 地震力が作用する場合	—	自重 地震力 水平方向：1.5 g 鉛直方向：1.0 g 熱荷重	—
I + S _s	D	貯蔵時 S _s 相当 地震力が作用する場合	—	自重 地震力 水平方向：1.5 g 鉛直方向：1.0 g 熱荷重	—

注記*1：本事象について応力解析を行う。

*2：供用状態A及びBの一次応力評価を代表する事象

第6-1表 バスケット用材料の許容応力値 (1/2)

(単位：MPa)

許容応力区分	応力の種類		許容応力値	許容応力
設計条件	一次一般膜応力強さ	P_m	140	S_m
	一次一般膜+一次曲げ応力強さ	$P_m + P_b$	210	$1.5 S_m$
	平均せん断応力	τ	84	$0.6 S_m$
	平均支圧応力	σ_p	209	S_y^{*1}
	圧縮応力(評価点①)	σ_c	90	f_c
供用状態 A及びB	一次一般膜応力強さ	P_m	140	S_m
	一次一般膜+一次曲げ応力強さ	$P_m + P_b$	210	$1.5 S_m$
	一次+二次応力強さ	$P_m + P_b + Q$	420	$3 S_m$
	平均せん断応力	τ	84	$0.6 S_m$
	平均支圧応力	σ_p	209	S_y^{*1}
	圧縮応力(評価点①)	σ_c	90	f_c
供用状態 C	一次一般膜応力強さ	P_m	210	$1.5 S_m$
	一次一般膜+一次曲げ応力強さ	$P_m + P_b$	315	$2.25 S_m$
	平均せん断応力	$\bar{\tau}$	126	$0.9 S_m$
	平均支圧応力	σ_p	313	$1.5 S_y^{*1}$
	圧縮応力(評価点①/②)	σ_c	135/162	$1.5 f_c$

注記*1：支圧荷重の作用端から自由端までの距離が支圧荷重の作用幅より大きい場合以外の値

第6-1表 バasket用材料の許容応力値 (2/2)

(単位：MPa)

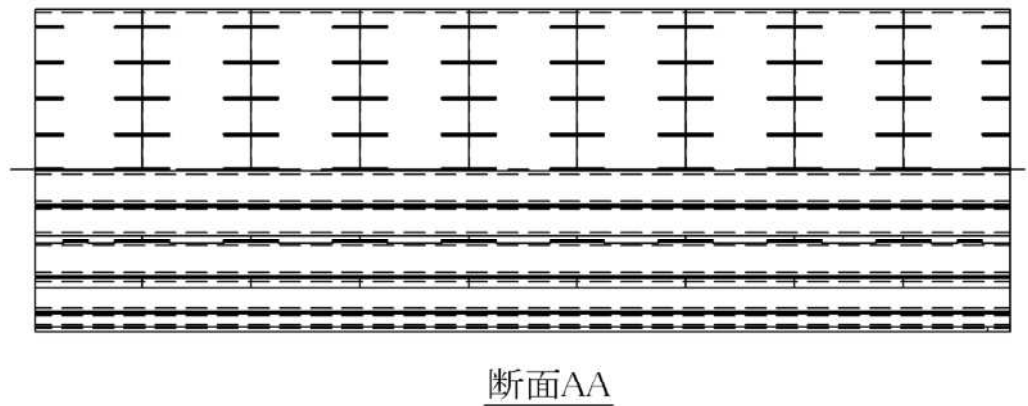
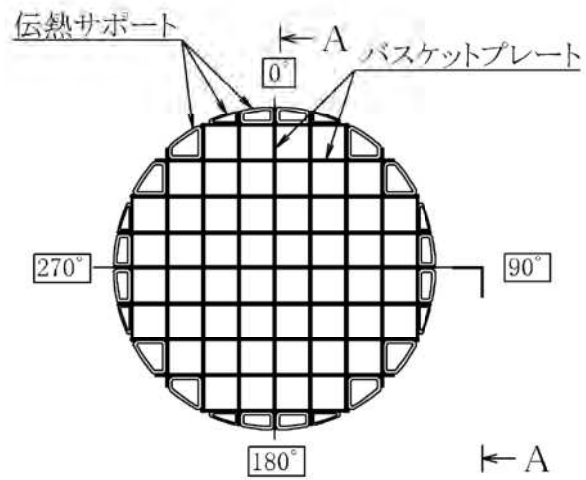
許容応力区分	応力の種類		許容応力値	許容応力
供用状態 D	一次一般膜応力強さ	P_m	280	$2/3 S_u$
	一次一般膜+一次曲げ応力強さ	$P_m + P_b$	421	S_u
	平均せん断応力	τ	168	$1.2 S_m$
	平均支圧応力	σ_p	418	$2 S_y^{*1}$
	圧縮応力(評価点①/②)	σ_c	148/184	$1.5 f_c^{*2}$

注記*1：支圧荷重の作用端から自由端までの距離が支圧荷重の作用幅より大きい場合以外の値

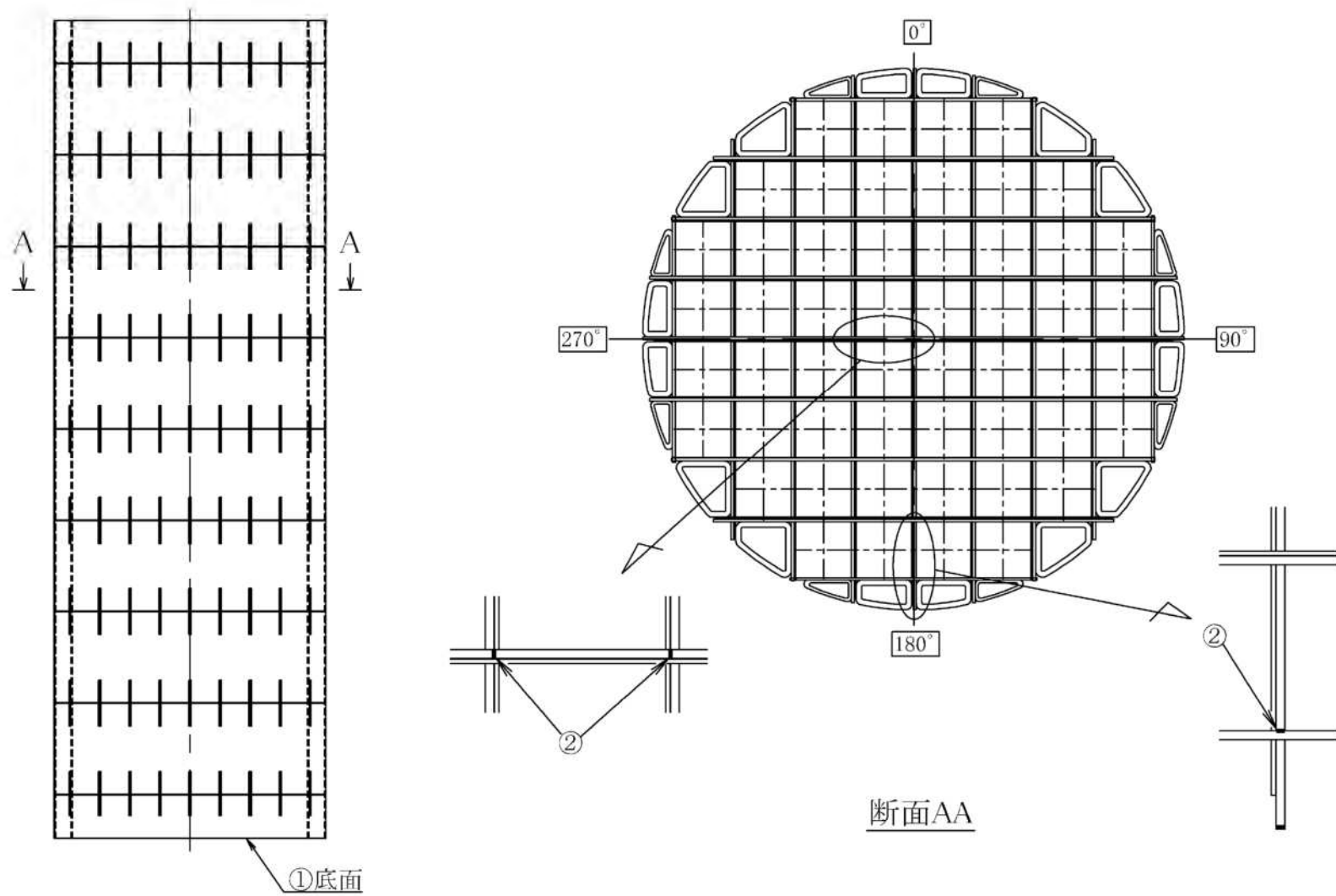
2： f_c^ の計算において、 S_y は、 $1.2S_y$ と読み替える。

第 6-2 表 数値の丸め方一覧表

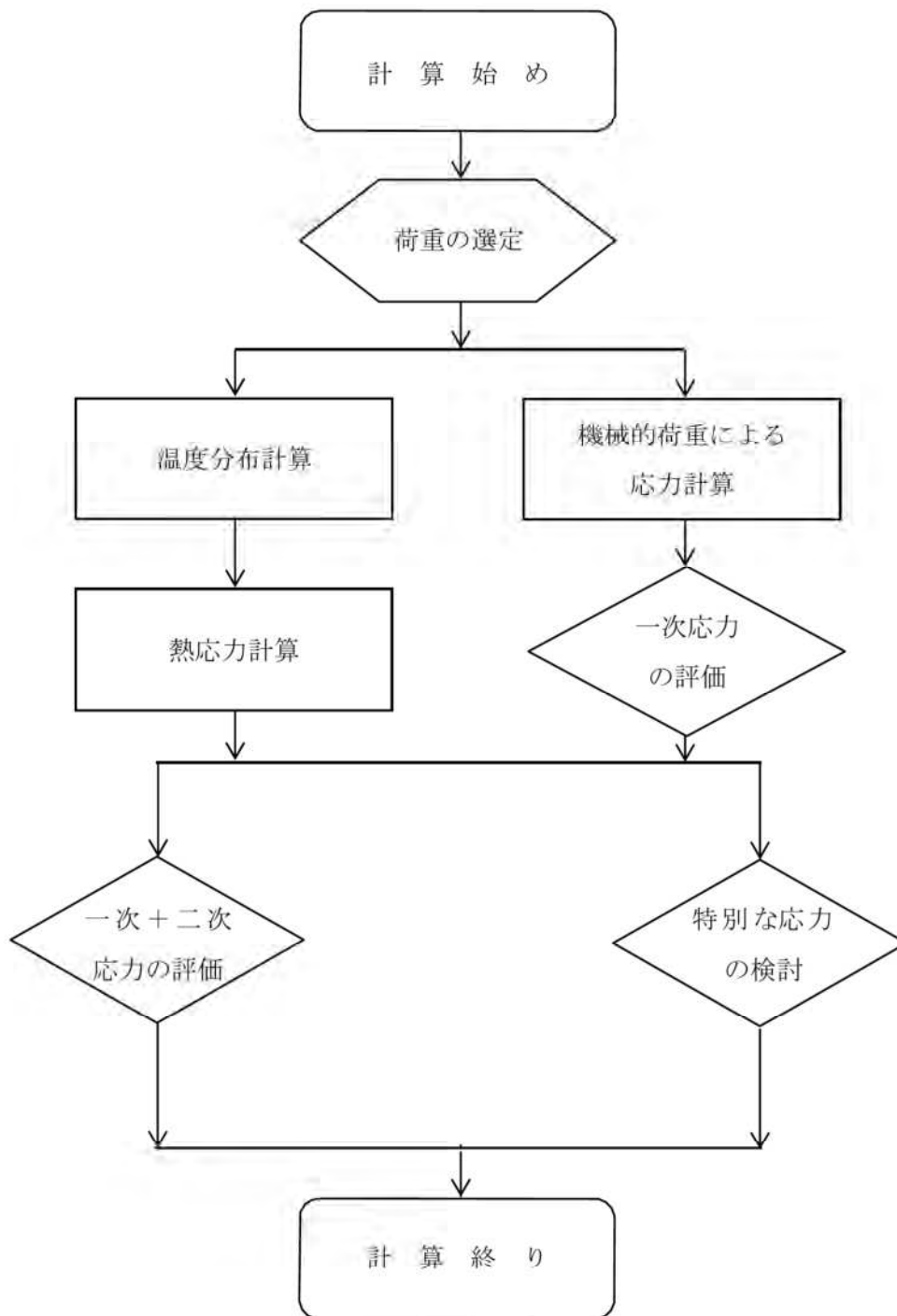
数値の種類	単位	処理桁	処理法	表示桁
最高使用温度	℃	—	—	設計値
許容応力値	MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位
計算応力値	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
長さ	mm	—	—	設計値
設計加速度	—	—	—	設計値
面積	mm ²	有効数字 5 桁目	切捨て	有効数字 4 桁
単位長さあたりの質量	kg/mm	小数点以下第 2 位	切上げ	小数点以下第 1 位
断面係数	mm ³	有効数字 5 桁目	切捨て	有効数字 4 桁
力	N	有効数字 5 桁目	切上げ	有効数字 4 桁
質量	kg	—	—	設計値



第5-1図 バスケット構造図



第5-2図 バスケット応力評価位置図



第 6-1 図 バスケットの応力解析フロー

添付書類 8 - 2 - 2 バスケットの応力計算書

目次

1. 概要	1
1.1 形状・寸法・材料	1
1.2 計算結果	1
2. 温度分布計算	2
3. 応力計算	3
3.1 応力評価位置	3
3.2 設計時	3
3.2.1 荷重条件	3
3.2.2 計算方法	3
3.2.3 計算結果	4
3.3 貯蔵架台への衝突時	4
3.3.1 荷重条件	4
3.3.2 計算方法	4
3.3.3 計算結果	5
3.4 貯蔵時(S_d *相当地震力が作用する場合)	5
3.4.1 荷重条件	5
3.4.2 計算方法	5
3.4.3 計算結果	8
3.5 貯蔵時(S_s 相当地震力が作用する場合)	8
3.5.1 荷重条件	8
3.5.2 計算方法	8
3.5.3 計算結果	8
4. 応力の評価	9
4.1 応力強さの評価	9
4.2 特別な応力の評価	9
4.2.1 平均せん断応力	9
4.2.2 平均支圧応力	9
4.2.3 圧縮応力	9

図表目次

第 3-1 表	バスケットの応力評価(設計条件並びに供用状態 A 及び B).....	10
第 3-2 表	バスケットの応力評価(供用状態 C).....	10
第 3-3 表	バスケットの応力評価(供用状態 D).....	11
第 1-1 図	形状・寸法・材料.....	12
第 3-1 図	バスケットの応力評価位置.....	14
第 3-2 図	各代表事象におけるバスケットの姿勢と荷重方向.....	16
第 3-3 図	バスケットの解析モデル(地震時(水平方向荷重)).....	17

1. 概要

本計算書は、バスケットに関する応力計算書である。

1.1 形状・寸法・材料

本計算書で解析する箇所の形状・寸法・材料を第 1-1 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、応力評価点については、解析上最も厳しい部位を選定し、代表評価位置として本計算書に記載している。

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。以下、本計算書において同様である。

2. 温度分布計算

バスケットプレート間及びバスケットプレートと胴間の嵌合部にはギャップを設けており、熱膨張による拘束が生じないため著しい熱応力は発生しない。

また、バスケットには、著しい熱応力が発生するような温度分布が生じないため温度分布計算は行わない。

3. 応力計算

3.1 応力評価位置

バスケットの応力評価位置を第 3-1 図に示す。

3.2 設計時

3.2.1 荷重条件

設計時における荷重は、貯蔵架台への衝突時荷重(自重を含む)とする。荷重の方向を第 3-2 図に示す。

3.2.2 計算方法

(1) 一次一般膜応力

最大応力が発生するのは最下段のバスケットプレート底面(第 3-1 図①部)である。鉛直方向加速度(下方向)により発生する応力(σ)は、次式で計算される。

$$\sigma = \frac{m_1 \cdot G_2}{A_1} \dots\dots\dots (3.1)$$

ここで、 m_1 : バスケットプレート、伝熱サポート及び中性子吸収材の合計質量
(8600 kg)

G_2 : 鉛直方向加速度(下方向) (5 g)

A_1 : バスケット底面と胴の接触部面積

g : 重力加速度(9.80665 m/s²)

(2) 一次一般膜+一次曲げ応力

最下段のバスケットプレート底面(第 3-1 図①部)には、衝突によって一次曲げ応力は発生しないため、一次一般膜+一次曲げ応力は、一次一般膜応力と同じである。

(3) 平均せん断応力

鉛直方向加速度(下方向)により、バスケットプレート底面に著しいせん断応力(τ)は発生しないため、評価を省略する。

(4) 平均支圧応力

最大応力が発生するのは最下段のバスケットプレート底面(第 3-1 図①部)である。最下段のバスケットプレート底面(第 3-1 図①部)に発生する平均支圧応力(σ_p)は(3.1)式で計算される。

(5) 圧縮応力

最大応力が発生するのは最下段のバスケットプレート底面(第3-1図①部)である。最下段のバスケットプレート底面(第3-1図①部)に発生する圧縮応力(σ_c)は(3.1)式で計算される。

3.2.3 計算結果

応力計算結果を第3-1表に示す。

3.3 貯蔵架台への衝突時

3.3.1 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3-2図に示す。

- ・貯蔵架台への衝突時荷重(自重を含む)
- ・熱荷重

3.3.2 計算方法

(1) 一次一般膜応力

最大応力が発生するのは最下段のバスケットプレート底面(第3-1図①部)である。鉛直方向加速度(下方向)により発生する応力(σ)は、(3.1)式で計算される。

(2) 一次一般膜+一次曲げ応力

最下段のバスケットプレート底面(第3-1図①部)には、衝突によって一次曲げ応力は発生しないため、一次一般膜+一次曲げ応力は、一次一般膜応力と同じである。

(3) 一次+二次応力

最大応力が発生するのはバスケットプレート底面(第3-1図①部)である。鉛直方向加速度(下方向)により発生する応力(σ)は、(3.1)式で計算される。

なお、熱応力については2章で述べたように著しい熱応力が生じないため考慮しない。以下、本項において同様である。

(4) 平均せん断応力

鉛直方向加速度(下方向)により、バスケットプレート底面に著しいせん断応力(τ)は発生しないため、評価を省略する。

(5) 平均支圧応力

最大応力が発生するのは最下段のバスケットプレート底面(第3-1図①部)である。最下段のバスケットプレート底面(第3-1図①部)に発生する平均支圧応力(σ_p)は(3.1)式で計算される。

(6) 圧縮応力

最大応力が発生するのは最下段のバスケットプレート底面(第3-1図①部)である。最下段のバスケットプレート底面(第3-1図①部)に発生する圧縮応力(σ_c)は(3.1)式で計算される。

3.3.3 計算結果

応力計算結果を第3-1表に示す。

3.4 貯蔵時(S_d^* 相当地震力が作用する場合)

3.4.1 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3-2図に示す。

- ・地震力
- ・自重
- ・熱荷重

3.4.2 計算方法

(1) 一次一般膜応力

a. 鉛直方向加速度により発生する応力

最大応力が発生するのはバスケットプレート底面(第3-1図①部)である。

鉛直方向加速度により発生する応力(σ)は、次式で計算される。

$$\sigma = \frac{m_1 \cdot G_2}{A_1} \dots\dots\dots (3.2)$$

ここで、 m_1 : バスケットプレート、伝熱サポート及び中性子吸収材の合計質量
(8600 kg)

$$G_2 = (1 + C_v) \cdot g$$

C_v : 鉛直方向設計震度(1.0)

g : 重力加速度(9.80665 m/s²)

A_1 : バスケットプレート底面と胴の接触部面積

b. 水平方向加速度により発生する応力

最大応力が発生するのはバスケットプレートスリット部(第3-1図②部)である。
水平方向加速度により発生する応力(σ)は、次式で計算される。

$$\sigma = \frac{m_2 \cdot G_1}{A_2} \dots\dots\dots (3.3)$$

ここで、 m_2 : 第3-3図(1/2)に示す領域Ⅰ及びⅡに含まれるバスケットプレート、
伝熱サポート、中性子吸収材及び使用済燃料集合体の合計質量
(3200 kg)

$$G_1 = C_H \cdot g$$

C_H : 水平方向設計震度(1.5)

g : 3.4.2(1)a.に同じ

A_2 : 第3-1図の②部の断面積

(2) 一次一般膜+一次曲げ応力

a. 鉛直方向加速度により発生する応力

最下段のバスケットプレート底面(第3-1図①部)には、衝突によって一次曲げ応力は発生しないため、一次一般膜+一次曲げ応力は、一次一般膜応力と同じである。

b. 水平方向加速度により発生する応力

最大応力が発生するのはバスケットプレートスリット部(第3-1図②部)である。水平方向加速度により発生する曲げ応力(σ_b)は、次式で計算される。

$$\left. \begin{aligned} \sigma_b &= \frac{M}{Z} \\ M &= \frac{w \cdot \ell^2}{12} \cdot G_1 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (3.4)$$

ここで、 M : バスケットプレートスリット部の曲げモーメント(N・mm)

Z : 第3-1図の②部の断面係数($2.355 \times 10^4 \text{ mm}^3$)

w : 第3-3図(2/2)に示す領域Ⅲに含まれるバスケットプレート、中性子吸収材及び使用済燃料集合体の単位長さ当たりの質量

ℓ : バスケットプレート格子長さ

$$G_1 = C_H \cdot g$$

C_H : 水平方向設計震度(1.5)

g : 3.4.2(1)a.と同じ

(3) 平均せん断応力

a. 鉛直方向加速度により発生する応力

鉛直方向荷重により、バスケットプレートに著しいせん断応力は発生しないため、評価を省略する。

b. 水平方向加速度により発生する応力

最大応力が発生するのはバスケットプレートスリット部(第3-1図②部)である。水平方向加速度により発生するせん断応力(τ)は、次式で計算される。

$$\left. \begin{aligned} \tau &= \frac{F_s}{A_2} \\ F_s &= \frac{w \cdot \ell}{2} \cdot G_1 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (3.5)$$

ここで、 F_s : バスケットプレートスリット部のせん断力(N)

A_2 : 第3-1図の②部の断面積

w : 3.4.2(2)b.と同じ

ℓ : 3.4.2(2)b.と同じ

$G_1 = C_H \cdot g$

C_H : 3.4.2(2)b.と同じ

g : 3.4.2(1)a.と同じ

(4) 平均支圧応力

a. 鉛直方向加速度により発生する応力

最大応力が発生するのは最下段のバスケットプレート底面(第3-1図①部)である。最下段のバスケット底面(第3-1図①部)に発生する平均支圧応力(σ_p)は、(3.2)式で計算される。

b. 水平方向加速度により発生する応力

最大応力が発生するのはバスケットプレートスリット部(第3-1図②部)である。バスケットプレートスリット部(第3-1図②部)に発生する平均支圧応力(σ_p)は、(3.3)式で計算される。

(5) 圧縮応力

a. 鉛直方向加速度により発生する応力

最大応力が発生するのは最下段のバスケットプレート底面(第3-1図①部)である。
最下段のバスケットプレート底面(第3-1図①部)に発生する圧縮応力(σ_c)は、(3.2)式で計算される。

b. 水平方向加速度により発生する応力

最大応力が発生するのはバスケットプレートスリット部(第3-1図②部)である。バスケットプレートスリット部(第3-1図②部)に発生する圧縮応力(σ_c)は、(3.3)式で計算される。

なお、熱応力については、2.章で述べたように著しい熱応力は生じないため考慮しない。

3.4.3 計算結果

応力計算結果を第3-2表に示す。

3.5 貯蔵時(S_s 相当地震力が作用する場合)

3.5.1 荷重条件

貯蔵時において S_s 相当の地震力が作用する場合の荷重は次に示す組合せとする。 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、荷重条件は3.4.1項と同じとしている。

- ・地震力
- ・自重
- ・熱荷重

3.5.2 計算方法

応力計算条件及び応力計算結果は、3.4.2項と同様である。

3.5.3 計算結果

応力計算結果を第3-3表に示す。

4. 応力の評価

4.1 応力強さの評価

各供用状態における応力強さの計算結果と許容応力を第 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、各供用状態の一次一般膜応力強さ(P_m)、一次一般膜＋一次曲げ応力強さ($P_m + P_b$)及び一次＋二次応力強さ($P_m + P_b + Q$)は、「構造規格」MCD-2311、MCD-2312、MCD-2313 及び MCD-2314 の各規定を満足する。

4.2 特別な応力の評価

4.2.1 平均せん断応力

各供用状態における応力計算結果と許容応力を第 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、各供用状態の平均せん断応力(τ)は、「構造規格」MCD-2315 の各規定を満足する。

4.2.2 平均支圧応力

各供用状態における応力計算結果と許容応力を第 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、各供用状態の平均支圧応力(σ_p)は、「構造規格」MCD-2316 の各規定を満足する。

4.2.3 圧縮応力

各供用状態における応力計算結果と許容応力を第 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、各供用状態の圧縮応力(σ_c)は、「構造規格」MCD-2317 の各規定を満足する。

第3-1表 バスケットの応力評価(設計条件並びに供用状態A及びB)

(単位：MPa)

部位	応力分類	設計時		貯蔵架台 への衝突時		許容 応力
		計算値	評価位置	計算値	評価位置	
バスケット プレート	P_m	3	①	3	①	140
	$P_m + P_b$	3	①	3	①	210
	$P_m + P_b + Q$	—	—	3	①	420
	τ	—	—	—	—	84
	σ_p	3	①	3	①	209
	σ_c	3	①	3	①	90

第3-2表 バスケットの応力評価(供用状態C)

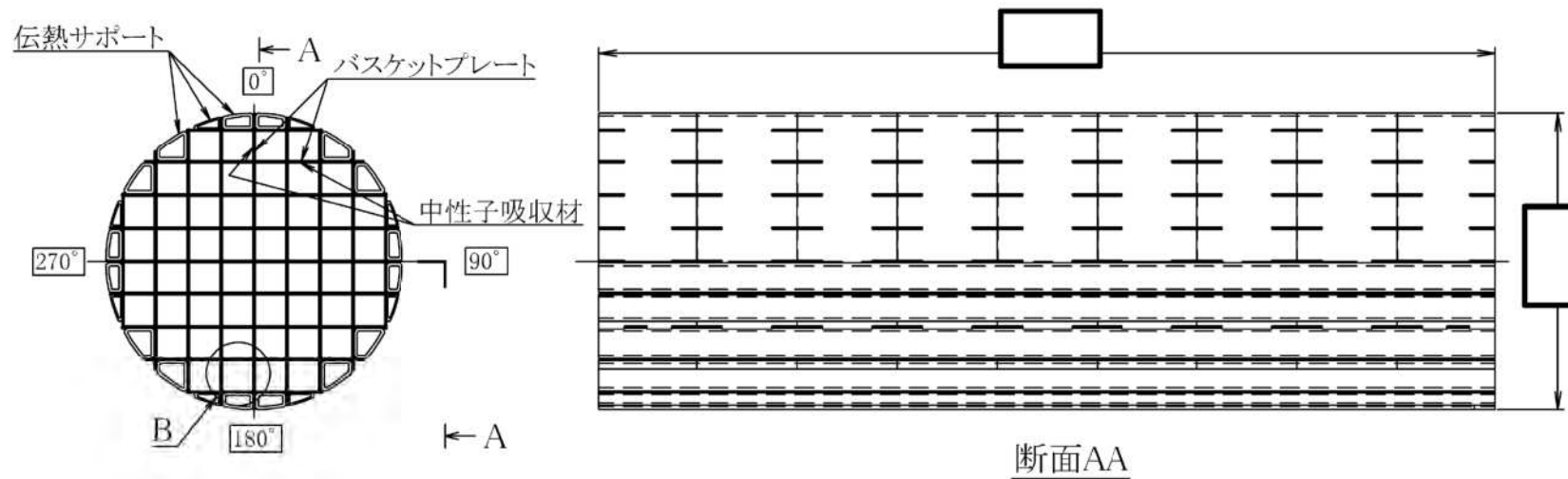
(単位：MPa)

部位	荷重	応力分類	計算値	評価位置	許容応力
バスケット プレート	鉛直方向 荷重	P_m	2	①	210
		$P_m + P_b$	2	①	315
		τ	—	—	126
		σ_p	2	①	313
		σ_c	2	①	135
	水平方向 荷重	P_m	3	②	210
		$P_m + P_b$	4	②	315
		τ	1	②	126
		σ_p	3	②	313
		σ_c	3	②	162

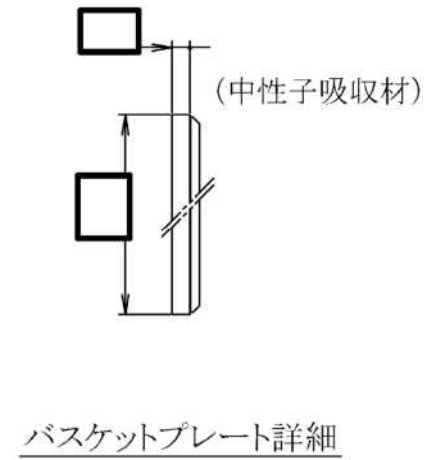
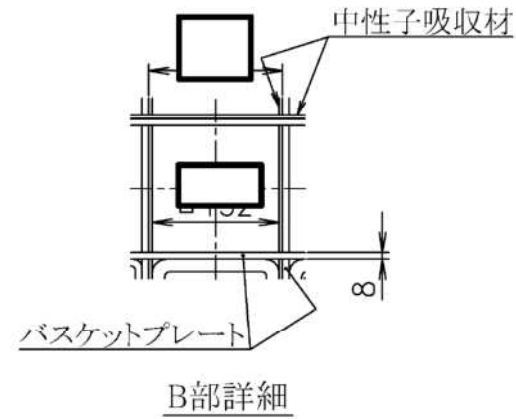
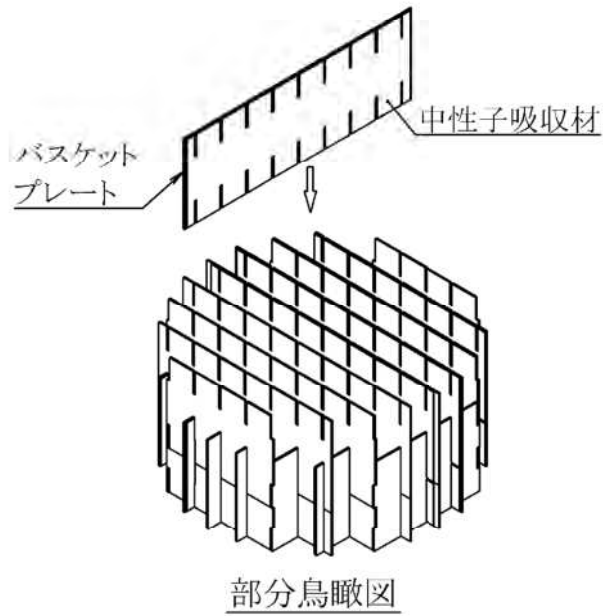
第3-3表 バスケットの応力評価(供用状態D)

(単位：MPa)

部位	荷重	応力分類	計算値	評価位置	許容応力
バスケット プレート	鉛直方向 荷重	P_m	2	①	280
		$P_m + P_b$	2	①	421
		τ	—	—	168
		σ_p	2	①	418
		σ_c	2	①	148
	水平方向 荷重	P_m	3	②	280
		$P_m + P_b$	4	②	421
		τ	1	②	168
		σ_p	3	②	418
		σ_c	3	②	184



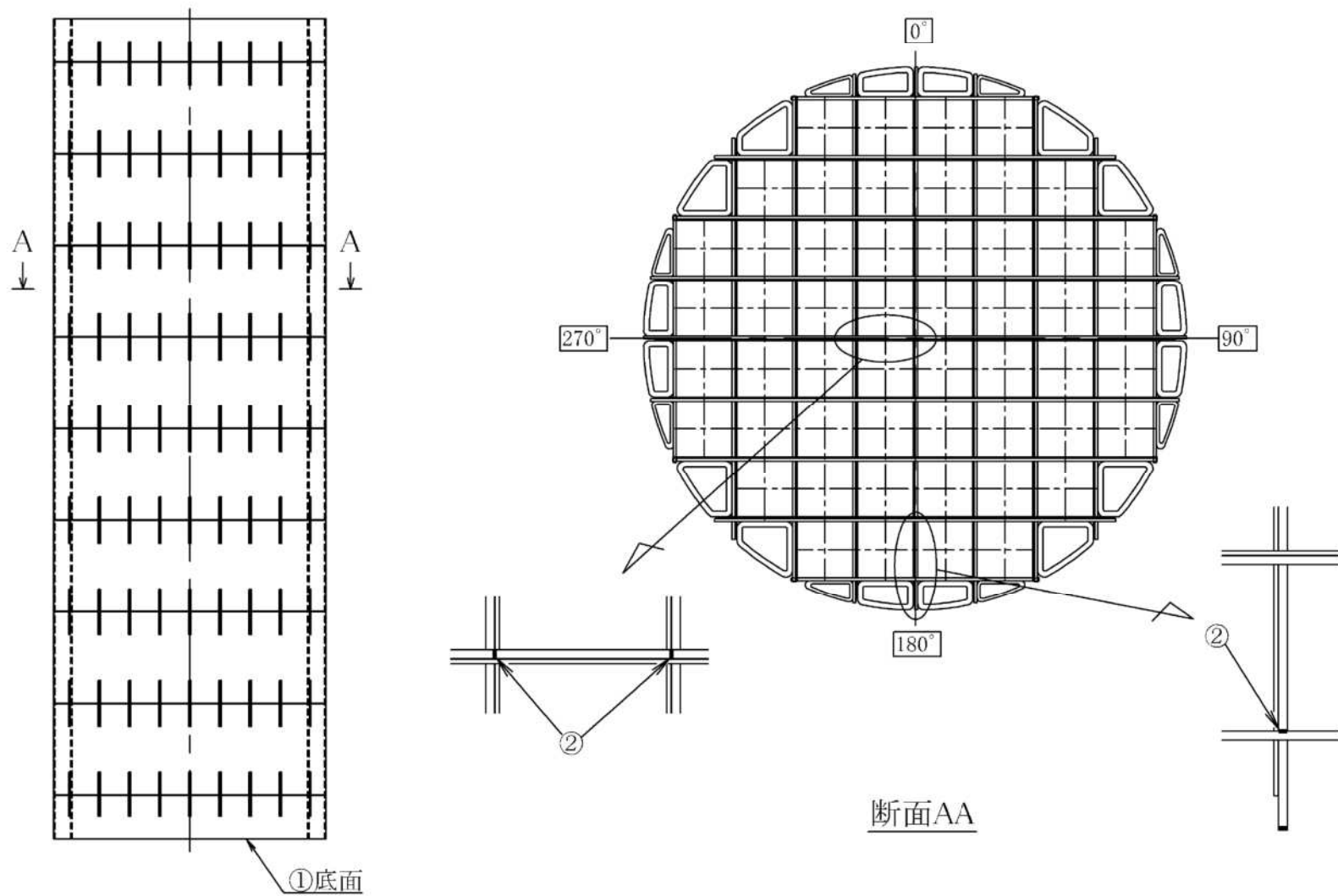
第 1-1 図 形状・寸法・材料(1/2)



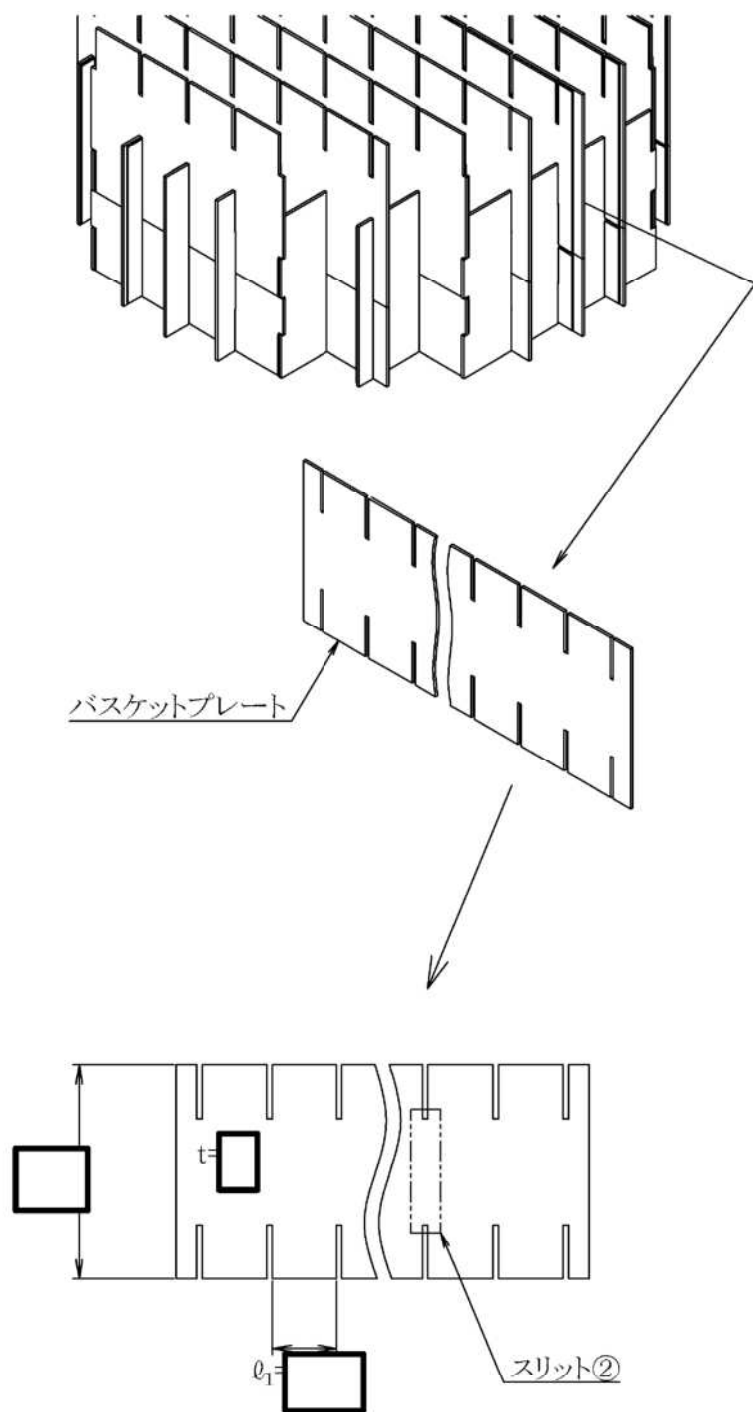
材料

- バスケットプレート : 炭素鋼 (SGV480)
- 中性子吸収材 : ほう素添加アルミニウム合金
- 伝熱サポート : アルミニウム合金

第 1-1 図 形状・寸法・材料(2/2)



第 3-1 図 バスケットの応力評価位置(1/2)

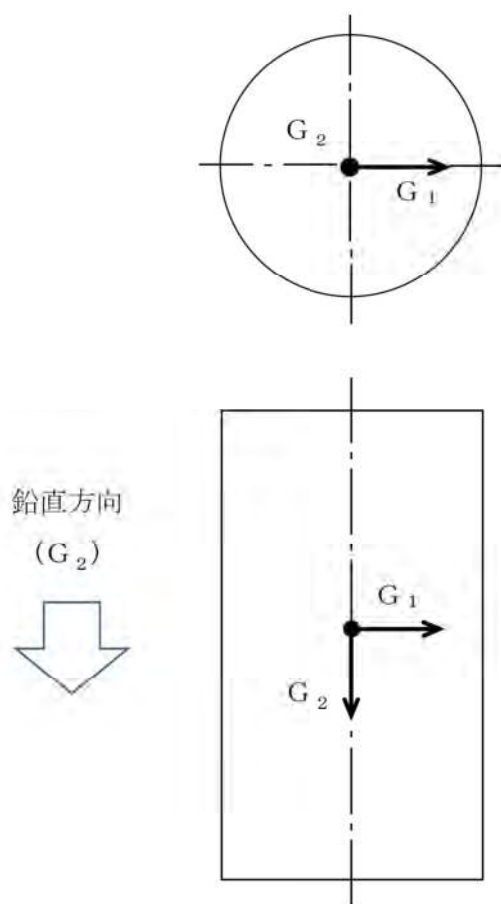


第 3-1 図 バスケットの応力評価位置(2/2)

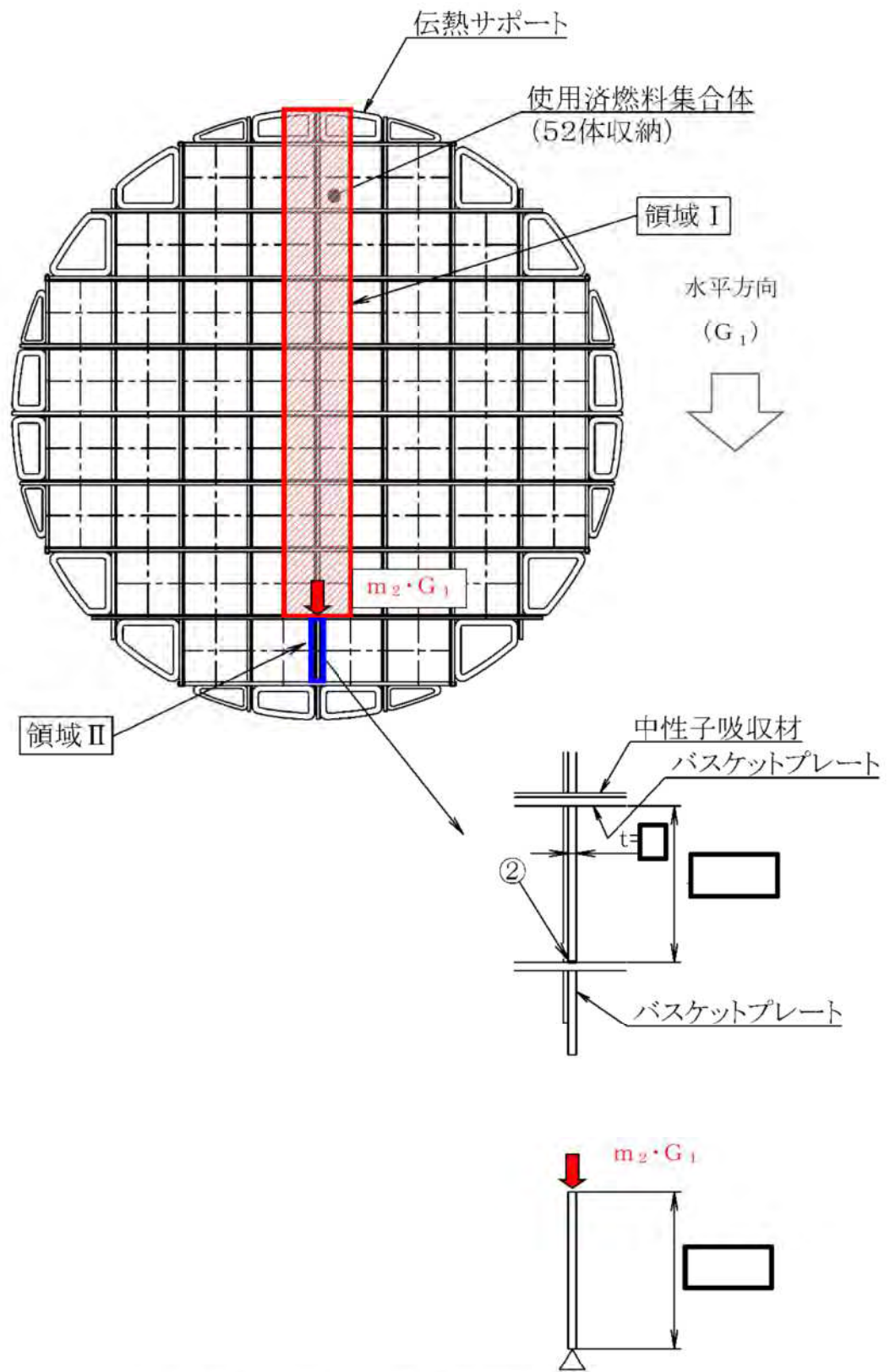
貯蔵架台への衝突時： $G_2 = 5 \text{ g}$

地震時： $G_1 =$ 水平震度

$G_2 =$ 鉛直震度

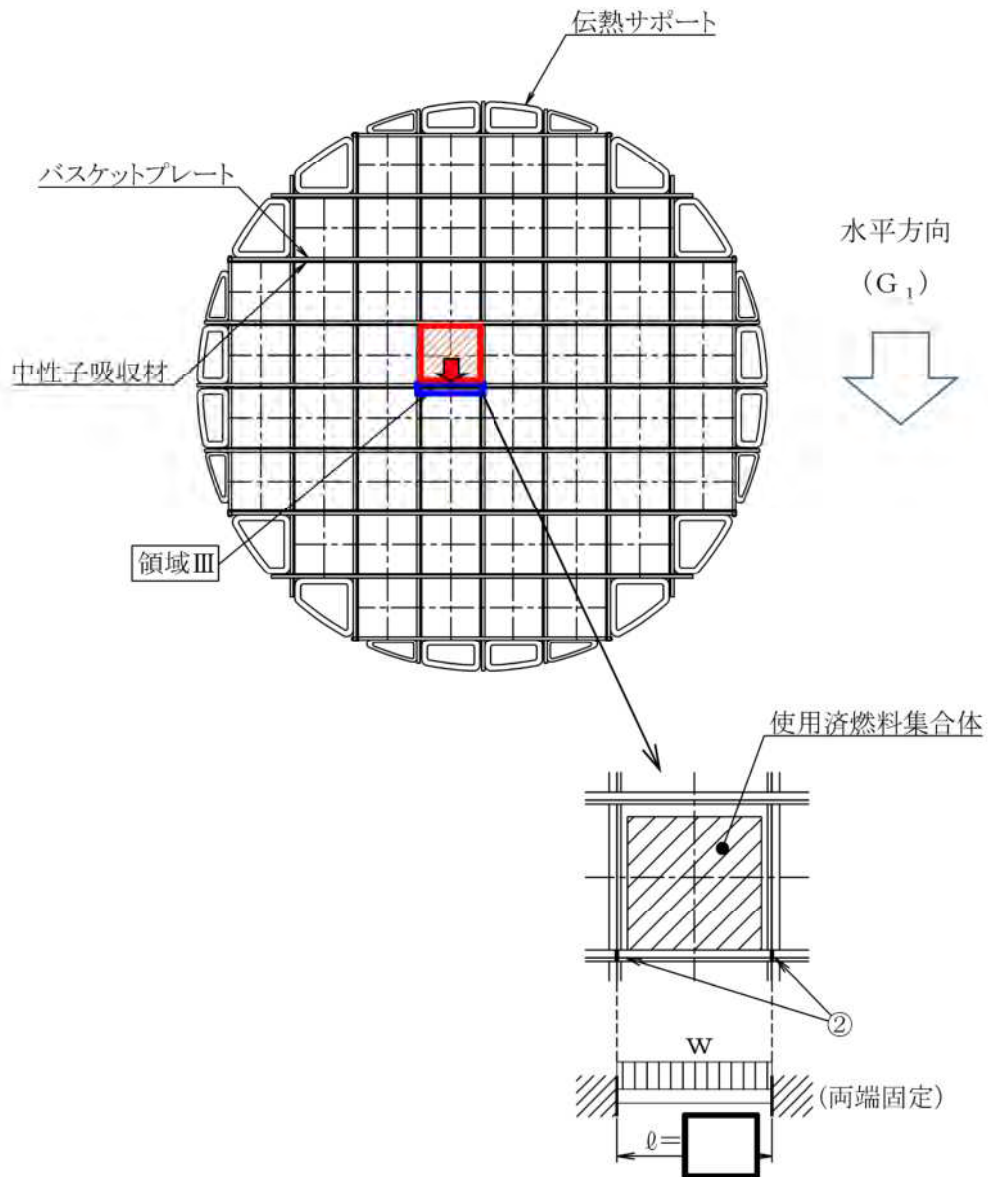


第3-2図 各代表事象におけるバスケットの姿勢と荷重方向



第 3-3 図 バスケットの解析モデル(1/2)

(地震時(水平方向荷重))



第 3-3 図 バスケットの解析モデル(2/2)
(地震時(水平方向荷重))

添付書類 8-3 トラニオンの強度に関する計算書

添付書類 8-3-1 トラニオンの応力解析の方針

目次

1. 概要	1
2. 適用基準	2
3. 記号	3
3.1 記号の説明	3
4. 設計条件	6
4.1 使用条件	6
4.2 設計事象	6
4.3 荷重の種類とその組合せ	7
5. 解析条件	7
5.1 解析対象とする事象	7
5.2 応力評価位置	7
5.3 形状及び寸法	7
5.4 物性値	7
5.5 許容応力	7
6. 応力解析の手順	8
6.1 解析手順の概要	8
6.2 荷重条件の選定	8
6.3 応力計算と評価	8
6.3.1 応力計算の方法	8
6.3.2 応力の評価	8
6.3.3 数値の丸め方	9
7. 引用文献	10

図表目次

第 4-1 表	トラニオンの設計上考慮すべき荷重の種類とその組合せ	11
第 5-1 表	代表事象	12
第 5-2 表	応力計算に使用する材料の物性値	13
第 6-1 表	トラニオン用材料の許容応力値	14
第 6-2 表	数値の丸め方一覧表	16
第 4-1 図	トラニオン構造図	17
第 5-1 図	トラニオンの応力評価位置図	18
第 6-1 図	トラニオンの応力解析フロー	19

1. 概要

本書は、MSF-52B 型のトラニオンに関する応力解析の方針を述べるものである。

注：図表は一括して巻末に示す。

2. 適用基準

トラニオンの強度評価については、使用済燃料貯蔵施設規格（金属キャスク構造規格 JSME S FA1-2007）（日本機械学会 2007年12月）（以下「構造規格」という。）を適用する。

3. 記号

3.1 記号の説明

本書及び「添付書類 8-3-2 トラニオンの応力計算書」（以下「応力計算書」という。）において、応力評価に関する下記の記号を使用する。ただし、本文中に特記のある場合は、この限りでない。

なお、応力計算書の字体及び大きさについては本書と異なる場合がある。

計算書の記号	記号の説明	単位
A_1	評価位置①の断面積	mm^2
A_2	評価位置②の断面積	mm^2
A_3	評価位置③の断面積	mm^2
A_4	評価位置④の断面積	mm^2
a_1	地震時の回転支点 O_c から固縛装置のトラニオン固定金具端部までの距離	mm
a_2	地震時の回転支点 O_c から MSF-52B 型の中心までの距離	mm
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
D_{i1}	評価位置①におけるトラニオン内径	mm
D_{i2}	評価位置②におけるトラニオン内径	mm
D_{i3}	評価位置③におけるトラニオン内径	mm
D_{i4}	評価位置④におけるトラニオン内径	mm
D_{o1}	評価位置①におけるトラニオン外径	mm
D_{o2}	評価位置②におけるトラニオン外径	mm
D_{o3}	評価位置③におけるトラニオン外径	mm
D_{o4}	評価位置④におけるトラニオン外径	mm
E	縦弾性係数	MPa
E_0	ASME に示されている縦弾性係数	MPa
F_{m1}	貯蔵時において下部トラニオンに作用する荷重	N
F_{m2}	吊上げ時において上部トラニオンに作用する荷重	N
F_{m3}	たて起こし架台への衝突時において下部トラニオンに作用する荷重	N
F_{m4}	地震力により下部トラニオンに作用する荷重	N
F_1	下部トラニオン固縛装置の初期締付け力	N
f_t	許容引張応力	MPa

計算書の記号	記号の説明	単位
f_s	許容せん断応力	MPa
f_c	許容圧縮応力	MPa
f_b	許容曲げ応力	MPa
f_p	許容支圧応力	MPa
f_t^*	許容引張応力 ^{*1}	MPa
f_s^*	許容せん断応力 ^{*1}	MPa
f_c^*	許容圧縮応力 ^{*1}	MPa
f_b^*	許容曲げ応力 ^{*1}	MPa
f_p^*	許容支圧応力 ^{*1}	MPa
g	重力加速度	m/s ²
G_1	水平方向加速度	m/s ²
G_{22}	鉛直方向加速度（吊上げ時）	m/s ²
G_{23}	鉛直方向加速度（たて起こし架台への衝突時）	m/s ²
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
h_{CG}	MSF-52B 型の底面から重心までの高さ	mm
K_t	評価位置（段付き部）の応力集中係数	—
K_r	ASME に示されている表面粗さ係数	—
L_1	評価位置①と荷重作用位置との距離	mm
L_2	評価位置②と荷重作用位置との距離	mm
L_{31}	評価位置③と荷重作用位置との距離（貯蔵時又は貯蔵時（ S_d^* 相当地震力が作用する場合））	mm
L_{32}	評価位置③と荷重作用位置との距離（たて起こし架台への衝突時）	mm
L_{41}	評価位置④と荷重作用位置との距離（貯蔵時又は貯蔵時（ S_d^* 相当地震力が作用する場合））	mm
L_{42}	評価位置④と荷重作用位置との距離（たて起こし架台への衝突時）	mm
M	曲げモーメント	N・mm
m_1	吊上げ時における MSF-52B 型の質量	kg
m_2	貯蔵時における MSF-52B 型の質量	kg
N_a	許容繰返し回数	—
N_c	実際の繰返し回数	—

注記*1： f_t 、 f_s 、 f_c 、 f_b 、 f_p の値を算出する際に「構造規格」 MCD-3311.1 (1) a. の本文中 S_y とあるのを $1.2S_y$ と読み替えて算出した値

計算書の記号	記号の説明	単位
S	応力強さ	MPa
S_d^*	弾性設計用地震動 S_d に相当する地震力又は静的地震力のいずれか大きい方	—
S_s	基準地震動 S_s に相当する地震力	—
S_y	設計降伏点	MPa
S_e	繰返しピーク応力強さ	MPa
U_f	疲労累積係数	—
Z_1	評価位置①の断面係数	mm^3
Z_2	評価位置②の断面係数	mm^3
Z_3	評価位置③の断面係数	mm^3
Z_4	評価位置④の断面係数	mm^3
σ	トラニオンの評価断面に垂直な方向の応力	MPa
σ_b	トラニオンの曲げ応力	MPa
${}_c\sigma_b$	トラニオンの圧縮側曲げ応力の絶対値	MPa
${}_t\sigma_b$	トラニオンの引張側曲げ応力の絶対値	MPa
σ_c	トラニオンの圧縮応力の絶対値	MPa
σ_T	トラニオンの組合せ応力	MPa
σ_t	トラニオンの引張応力	MPa
τ	トラニオンのせん断応力	MPa

4. 設計条件

トラニオンは以下の荷重条件に耐えるように設計する。

4.1 使用条件

トラニオン構造図を第 4-1 図に示す。また、使用条件を以下に示す。

最高使用温度	145 °C* ¹
トラニオンの材質	析出硬化系ステンレス鋼 (SUS630 H1150)
吊上げ時における MSF-52B 型の質量	118100 kg
貯蔵時における MSF-52B 型の質量	115100 kg

注記*1：トラニオンの最高使用温度は、「型式指定申請書 添付書類 5 使用済燃料等の除熱に関する説明書の第 2-7 表」に示す温度を保守側に設定した値である。

4.2 設計事象

設計上考慮する事象として、使用済燃料貯蔵施設内における選定事象を以下に示す。

設計事象	供用状態	使用済燃料貯蔵施設内における選定事象* ¹
I	A	<ul style="list-style-type: none"> ・貯蔵（貯蔵時） ・金属キャスクの吊上げ、吊下げ、移動（吊上げ時） ・搬送台車による搬送（台車搬送時） ・貯蔵前作業及び搬出前作業（準備作業時）
II	B	<ul style="list-style-type: none"> ・金属キャスクのたて起こし架台への衝突 （たて起こし架台への衝突時） ・金属キャスクの貯蔵架台への衝突（貯蔵架台への衝突時） ・搬送台車による搬送中の急停止（搬送中の急停止時）
$I + S_d^*$	C	<ul style="list-style-type: none"> ・S_d^*相当地震時（貯蔵時（S_d^*相当地震力が作用する場合））
$I + S_s$	D	<ul style="list-style-type: none"> ・S_s相当地震時（貯蔵時（S_s相当地震力が作用する場合））

注記*1：本書及び応力計算書において、事象を（ ）内の呼称とする場合がある。

4.3 荷重の種類とその組合せ

トラニオンの設計上考慮すべき荷重の種類とその組合せを第 4-1 表に示す。応力解析に用いる荷重は、応力計算書に記載する。

5. 解析条件

5.1 解析対象とする事象

4.2 節で示した使用済燃料貯蔵施設内における選定事象のうち、第 5-1 表に示すように荷重条件等を考慮して代表事象を選定し、応力解析を実施する。

5.2 応力評価位置

トラニオンの応力評価位置は、第 5-1 図に示すとおりである。下部トラニオン形状は第 4-1 図に示すとおり 2 種類あるが、貯蔵架台の固縛装置により固定される位置又はたて起こし架台からの荷重が作用する位置から胴との接続部までの形状は同じであるため、応力評価位置は共通である。

5.3 形状及び寸法

応力解析を行う部位の形状及び寸法は、応力計算書に示す。

5.4 物性値

応力計算に使用する材料の物性値は、最高使用温度に対する値を用いる。応力計算に使用する物性値を第 5-2 表に示す。

5.5 許容応力

各供用状態におけるトラニオンの許容基準は、「構造規格」MCD-3300 による。許容応力は、最高使用温度に対する値を用いる。

6. 応力解析の手順

6.1 解析手順の概要

トラニオンの応力解析フローを第 6-1 図に示す。

トラニオンの応力解析は、想定される機械的荷重及び熱荷重を基に応力評価式を用いて行う。

6.2 荷重条件の選定

荷重条件は 4. 章に示しているが、各部の計算においては、その部分について重要な荷重条件を選定して計算を行う。それぞれの部分について考慮した荷重は応力計算書に示す。

6.3 応力計算と評価

6.3.1 応力計算の方法

(1) 応力計算は荷重ごとに行う。荷重条件として与えられるものは次の 2 つである。

a. 機械的荷重

機械的荷重は、自重（使用済燃料集合体を含む MSF-52B 型（吊上げ時、たて起こし架台への衝突時及び貯蔵架台への衝突時においては三次蓋を含む。）の貯蔵時の設計質量を用いる。）、衝撃荷重及びその他の付加荷重をいう。

b. 熱荷重

(2) 上部トラニオン 2 個には、吊上げ時において吊上げ荷重が作用する。また、下部トラニオン 2 個には、たて起こし架台への衝突時において鉛直方向加速度による荷重が作用する。下部トラニオン 4 個には、貯蔵時において地震力が作用する場合の鉛直方向荷重及び水平方向荷重が作用する。

なお、荷重作用点は荷重支持面の中央部とする。ただし、貯蔵時において地震力が作用する場合の荷重作用点は固縛部端部とする。

(3) 応力評価位置は、構造の不連続性を考慮して設定する。

6.3.2 応力の評価

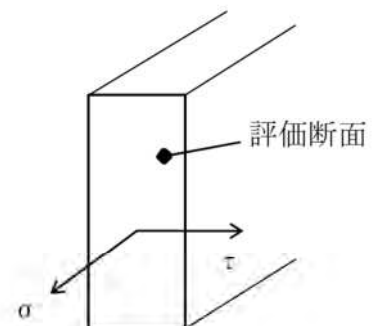
応力の計算結果は、「構造規格」MGB-1200 による定義に従い、応力の種類ごとに分類し、以下の評価を応力計算書に示す。

なお、応力の記号とその方向は以下のとおりである。

σ : 評価断面に垂直な方向の応力

τ : せん断応力

トラニオン用材料の許容応力値を第 6-1 表に示す。



(1) トラニオンの応力評価

トラニオンの応力評価は、「構造規格」MCD-3310 に従い以下の項目を評価する。

- a. 一次応力
- b. 一次+二次応力
- c. 繰返し荷重の評価

(2) ボルトの応力評価

トラニオンの構造強度部材にボルトを使用していないので、ボルトの応力評価は不要である。

6.3.3 数値の丸め方

数値は原則として安全側に丸めて使用する。

また、規格、基準等により決まる数値については丸めず、規格、基準等を内挿して使用する場合は原則として安全側に処理する。

表示する数値の丸め方を第6-2表 に示す。

7. 引用文献

文献番号は、本書及び応力計算書において共通である。

- (1) The American Society of Mechanical Engineers, “ASME Boiler and Pressure Vessel Code”, Section VIII Division 3, (2015)
- (2) 西田正孝、「応力集中 増補版」、森北出版株、(1973)

第4-1表 トラニオンの設計上考慮すべき荷重の種類とその組合せ

設計事象	供用状態	評価事象	荷 重					
			自重による荷重	固縛荷重	吊上げ荷重	衝撃荷重	熱荷重 ^{*1}	地震荷重
I	A	貯蔵時	○	○	—	—	○	—
		吊上げ時	— ^{*2}	—	○	—	○	—
II	B	衝撃荷重作用時	— ^{*2}	—	—	○	○	—
$I + S_d^*$	C	S_d^* 相当地震力が作用する場合	○	○	—	—	—	○
$I + S_s$	D	S_s 相当地震力が作用する場合	○	○	—	—	—	○

注記*1：密封容器の熱膨張により生じる荷重（しまり嵌めによる荷重を含む）に限る。

*2：本状態での自重による荷重は、衝撃荷重又は吊上げ荷重の慣性力による荷重に含まれる。

第5-1表 代表事象

設計事象	供用状態	代表事象	包絡される事象	荷重条件	備考
I	A	貯蔵時	<ul style="list-style-type: none"> ・準備作業時 ・台車搬送時 	<ul style="list-style-type: none"> ・自重 ・下部トラニオン固縛装置の初期締付け力 ・熱荷重 ・しまり嵌めによる荷重 	—
		吊上げ時	—	<ul style="list-style-type: none"> ・吊上げ荷重 鉛直方向加速度（下方向） ：1.3 g（自重考慮） ・熱荷重 ・しまり嵌めによる荷重 	—
II	B	たて起こし架台への衝突時	<ul style="list-style-type: none"> ・貯蔵架台への衝突時 ・搬送中の急停止時 	<ul style="list-style-type: none"> ・衝撃荷重 鉛直方向加速度（下方向） ：3 g（自重考慮） ・熱荷重 ・しまり嵌めによる荷重 	荷重条件が最も厳しいのは、たて起こし架台への衝突時である。
$I + S_d^*$	C	貯蔵時 S_d^* 相当地震力が作用する場合	—	<ul style="list-style-type: none"> ・自重 ・下部トラニオン固縛装置の初期締付け力 ・地震力 水平方向：1.5 g 鉛直方向：1.0 g 	—
$I + S_s$	D	貯蔵時 S_s 相当地震力が作用する場合	—	<ul style="list-style-type: none"> ・自重 ・下部トラニオン固縛装置の初期締付け力 ・地震力 水平方向：1.5 g 鉛直方向：1.0 g 	—

第 5-2 表 応力計算に使用する材料の物性値

構成部材	材 料	温 度 (°C)	縦弾性係数 (MPa)
トラニオン	析出硬化系ステンレス鋼 (SUS630 H1150)	145	186000

第 6-1 表 トラニオン用材料の許容応力値 (1/2)

(単位 : MPa)

許容応力区分	応力の種類		許容応力値	許容応力
供用状態 A及びB	*1 一次応力	引張応力	394	f_t
		圧縮応力	—	f_c
		せん断応力	227	f_s
		曲げ応力	394	f_b
		支圧応力	—	f_p
	一次十二次応力	引張・圧縮応力	1182	$3f_t$
		せん断応力	681	$3f_s$
		曲げ応力	1182	$3f_b$
		支圧応力	—	$1.5f_p$
		座屈応力	—	$1.5f_s$ 又は $1.5f_c$
供用状態 C	*1 一次応力	引張応力	591	$1.5f_t$
		圧縮応力	—	$1.5f_c$
		せん断応力	340	$1.5f_s$
		曲げ応力	591	$1.5f_b$
		支圧応力	—	$1.5f_p$
	一次十二次応力	引張・圧縮応力 ^{*2}	1182	$3f_t$
		せん断応力 ^{*2}	681	$3f_s$
		曲げ応力 ^{*2}	1182	$3f_b$
		支圧応力	—	$1.5f_p$
		座屈応力	—	$1.5f_b$ 、 $1.5f_s$ 又は $1.5f_c$

注記*1 : 応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対する評価は以下による。

- ① 次式で計算される評価断面に垂直な方向の応力 (σ) とせん断応力 (τ) を組み合わせた応力 (σ_T) は、引張応力に対する許容応力値以下であること。

$$\sigma_T = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2}$$

- ② 圧縮応力と曲げ応力との組合せが生じる場合は、次式を満足すること。

$$\frac{\sigma_c + \frac{e}{f_b} \sigma_b}{f_c} \leq 1 \quad \text{かつ} \quad \frac{t \sigma_b - \sigma_c}{f_t} \leq 1$$

- ③ 引張応力と曲げ応力との組合せが生じる場合は、次式を満足すること。

$$\frac{\sigma_t + \frac{e}{f_b} \sigma_b}{f_t} \leq 1 \quad \text{かつ} \quad \frac{e \sigma_b - \sigma_t}{f_b} \leq 1$$

ただし、②及び③において、供用状態A及びBの一次応力については上式による。供用状態Cの一次応力の場合、分母の f_c 、 f_b 、 f_t は $1.5f_c$ 、 $1.5f_b$ 、 $1.5f_t$ とする。

*2 : 地震力のみによる全振幅について評価する。

第 6-1 表 トラニオン用材料の許容応力値 (2/2)

(単位 : MPa)

許容応力区分	応力の種類		許容応力値	許容応力
供用状態 D	*1 一次応力	引張応力	591	$1.5 f_t^*$
		圧縮応力	—	$1.5 f_c^*$
		せん断応力	340	$1.5 f_s^*$
		曲げ応力	591	$1.5 f_b^*$
		支圧応力	—	$1.5 f_p^*$
	一次±二次応力	引張・圧縮応力*2	1182	$3 f_t$
		せん断応力*2	681	$3 f_s$
		曲げ応力*2	1182	$3 f_b$
		支圧応力	—	$1.5 f_p^*$
		座屈応力	—	$1.5 f_b, 1.5 f_s$ 又は $1.5 f_c$

注記* 1 : 応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対する評価は以下による。

- ① 次式で計算される評価断面に垂直な方向の応力 (σ) とせん断応力 (τ) を組み合わせた応力 (σ_T) は、引張応力に対する許容応力値以下であること。

$$\sigma_T = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2}$$

- ② 圧縮応力と曲げ応力との組合せが生じる場合は、次式を満足すること。

$$\frac{\sigma_c}{1.5f_c^*} + \frac{c\sigma_b}{1.5f_b^*} \leq 1 \quad \text{かつ} \quad \frac{t\sigma_b - \sigma_c}{1.5f_t^*} \leq 1$$

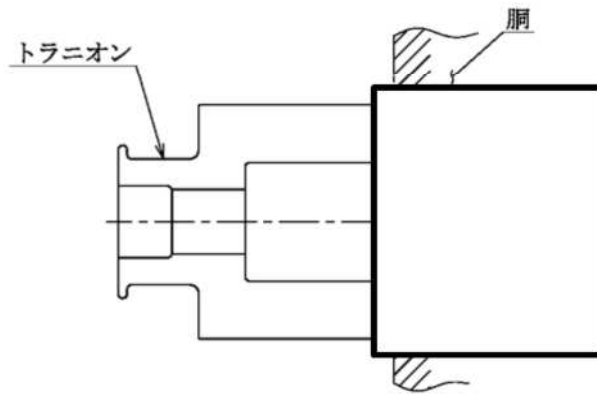
- ③ 引張応力と曲げ応力との組合せが生じる場合は、次式を満足すること。

$$\frac{\sigma_t + t\sigma_b}{1.5f_t^*} \leq 1 \quad \text{かつ} \quad \frac{c\sigma_b - \sigma_t}{1.5f_b^*} \leq 1$$

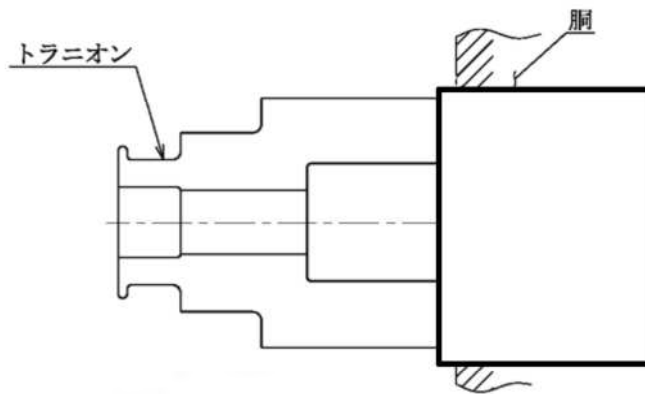
* 2 : 地震力のみによる全振幅について評価する。

第 6-2 表 数値の丸め方一覧表

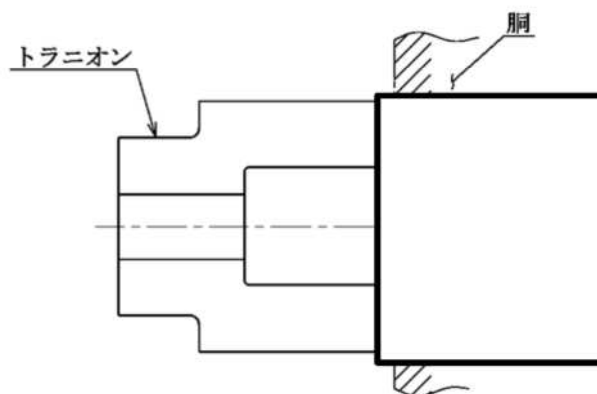
数値の種類	単位	処理桁	処理法	表示桁
最高使用温度	℃	—	—	設計値
縦弾性係数	MPa	有効数字 4 桁目	四捨五入	有効数字 3 桁
許容応力値	MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位
計算応力値	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
長さ	mm	—	—	設計値
加速度	—	—	—	設計値
面積	mm ²	有効数字 5 桁目	切捨て	有効数字 4 桁
断面係数	mm ³	有効数字 5 桁目	切捨て	有効数字 4 桁
力	N	有効数字 5 桁目	切上げ	有効数字 4 桁
質量	kg	—	—	設計値



(a) 上部トランニオン (0°、90°、180°、270°) *1



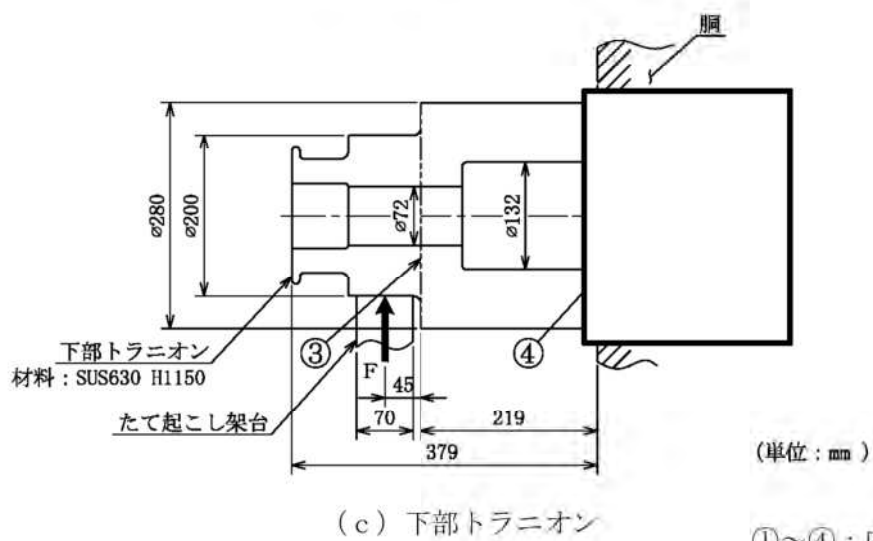
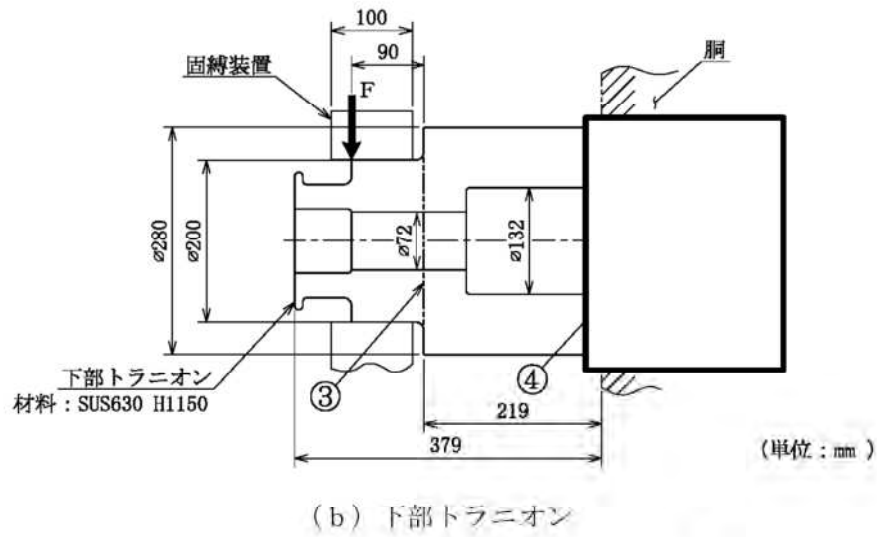
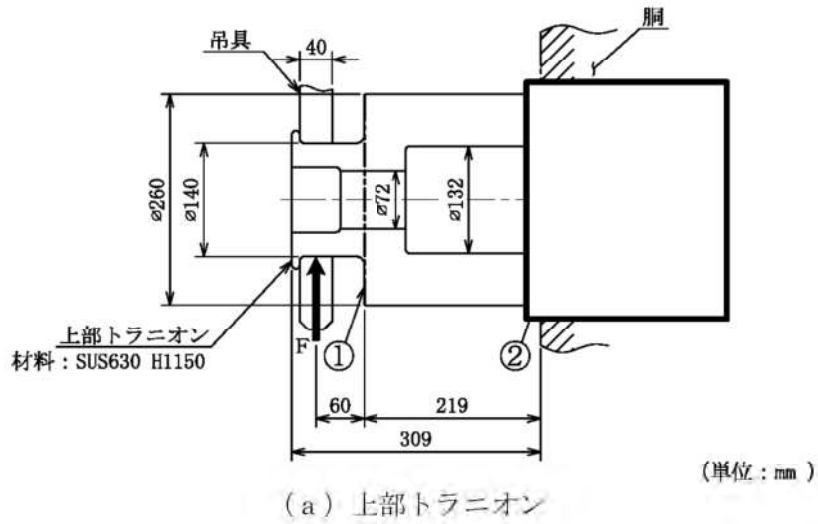
(b) 下部トランニオン (90°、270°) *1



(c) 下部トランニオン (0°、180°) *1

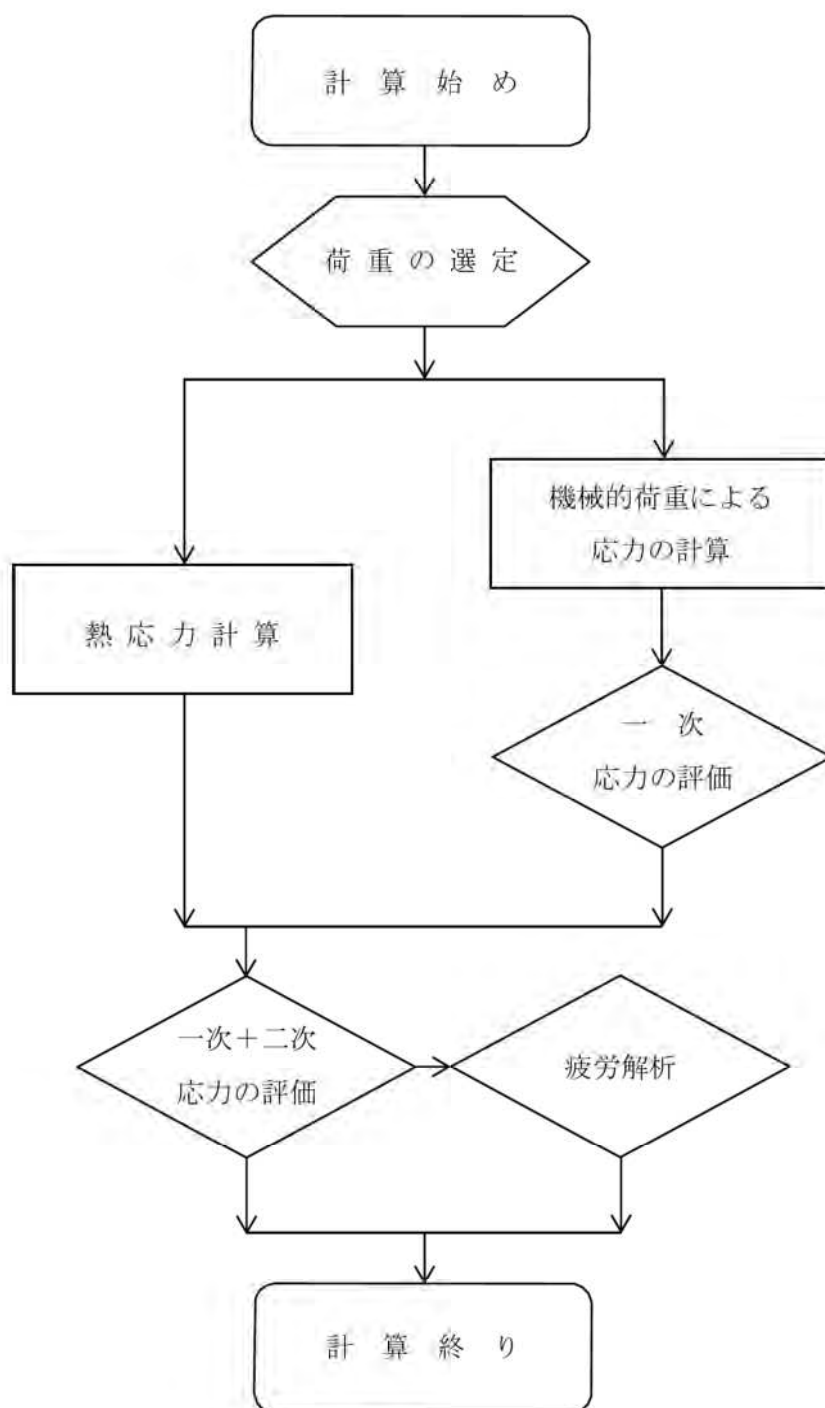
注記*1：トランニオンは、しまり嵌めにより胴に取り付けられる。

第4-1図 トランニオン構造図



①～④：応力評価位置

第5-1図 トラニオンの応力評価位置図



第 6-1 図 トラニオンの応力解析フロー