

本資料のうち、枠囲みの内容は、  
営業秘密又は防護上の観点から公  
開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-1025 改3
提出年月日	平成30年9月13日

V-3-9-1-1-4 ドライウェル本体及びサプレッション・チェンバ本体の  
強度計算書

## 目次

1.	概要	1
2.	一般事項	1
2.1	構造計画	1
2.2	評価方針	3
2.3	適用基準	3
2.4	記号の説明	4
2.5	計算精度と数値の丸め方	4
3.	評価部位	5
4.	強度評価	7
4.1	強度評価方法	7
4.2	荷重の組合せ及び許容限界	7
4.3	計算方法	10
4.4	計算条件	10
4.5	応力の評価	10
5.	評価結果	14

## 1. 概要

本計算書は、ドライウエル本体及びサブプレッション・チェンバ本体の強度計算書である。

ドライウエル本体及びサブプレッション・チェンバ本体は、設計基準対象施設のドライウエル本体及びサブプレッション・チェンバ本体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、添付書類「V-3-1-6 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」にて設定している構造強度の設計方針に基づき、ドライウエル本体及びサブプレッション・チェンバ本体の強度評価について示す。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

ドライウエル本体及びサブプレッション・チェンバ本体の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>水平地震力はシアラグを介して原子炉建屋に伝達され、下端は原子炉建屋基礎盤に支持される。</p>	<p>原子炉格納容器は、円錐形の鋼製のドライウエル及び円筒環形の鋼製のサプレッション・チェンバから成る、胴部内径約 <input type="text"/> m, 全高約 <input type="text"/> m, 板厚 <input type="text"/> mm の圧力容器である。</p>	' and a horizontal width of '約 <input type="text"/> '. The unit is '(単位: m)'."/> <p>概略構造図</p> <p>ドライウエル</p> <p>原子炉建屋</p> <p>サプレッション・チェンバ</p> <p>シアラグ</p> <p>原子炉建屋基礎盤</p> <p>約 <input type="text"/></p> <p>約 <input type="text"/></p> <p>(単位: m)</p>

## 2.2 評価方針

ドライウエル本体及びサブプレッション・チェンバ本体の応力評価は、添付書類「V-3-1-6 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、「2.1 構造計画」にて示すドライウエル本体及びサブプレッション・チェンバ本体の部位を踏まえた「3. 評価部位」にて設定する箇所において、供用状態Eにおける温度、圧力の条件により評価部位に作用する荷重で発生する応力等が許容限界に収まることを、「4. 強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。評価結果を「5. 評価結果」に示す。

ドライウエル本体及びサブプレッション・チェンバ本体の強度評価フローを図 2-1 に示す。

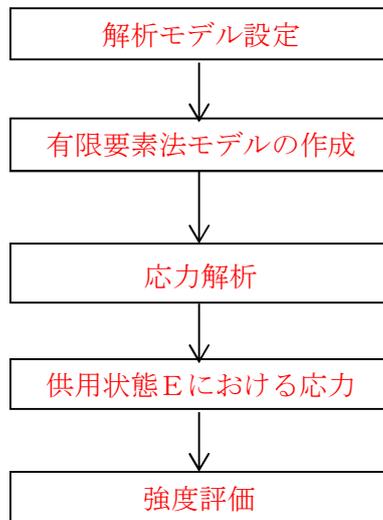


図 2-1 ドライウエル本体及びサブプレッション・チェンバ本体の耐震評価フロー

## 2.3 適用基準

適用基準を以下に示す。

- (1) 発電用原子力設備規格 設計・建設規格（2005年版（2007年追補版含む。）） J S M E S N C 1-2005/2007（日本機械学会）

## 2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
E	縦弾性係数	MPa
$m_0$	質量	kg
$P_{SA}$	内圧	kPa
$P_b$	一次曲げ応力	MPa
$P_L$	一次局部膜応力	MPa
$P_m$	一次一般膜応力	MPa
Q	二次応力	MPa
$S_u$	材料の設計引張強さ	MPa
T	温度	°C
$T_{SA}$	温度	°C
$\nu$	ポアソン比	—

## 2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は6桁以上を確保する。表示する数値の丸め方は表2-2に示すとおりとする。

表2-2 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
温度* <sup>1</sup>	°C	—	—	整数位
力	N	有効数字4桁目	四捨五入	有効数字3桁* <sup>2</sup>
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力* <sup>3</sup>	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位

注記 \*1：設計上定める値が小数点以下の場合は、小数点以下表示とする。

\*2：絶対値が1000以上のときは、べき数表示とする。

\*3：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の間における引張強さは比例法により補間した値の小数点以下第1位を切り捨て、整数位までの値とする。

3. 評価部位

ドライウェル本体及びサブプレッション・チェンバ本体の形状及び主要寸法を図 3-1 及び図 3-2 に、使用材料及び使用部位を表 3-1 示す。



図 3-1 ドライウェル円錐部，サブプレッション・チェンバ円筒部の形状及び主要寸法（単位：mm）

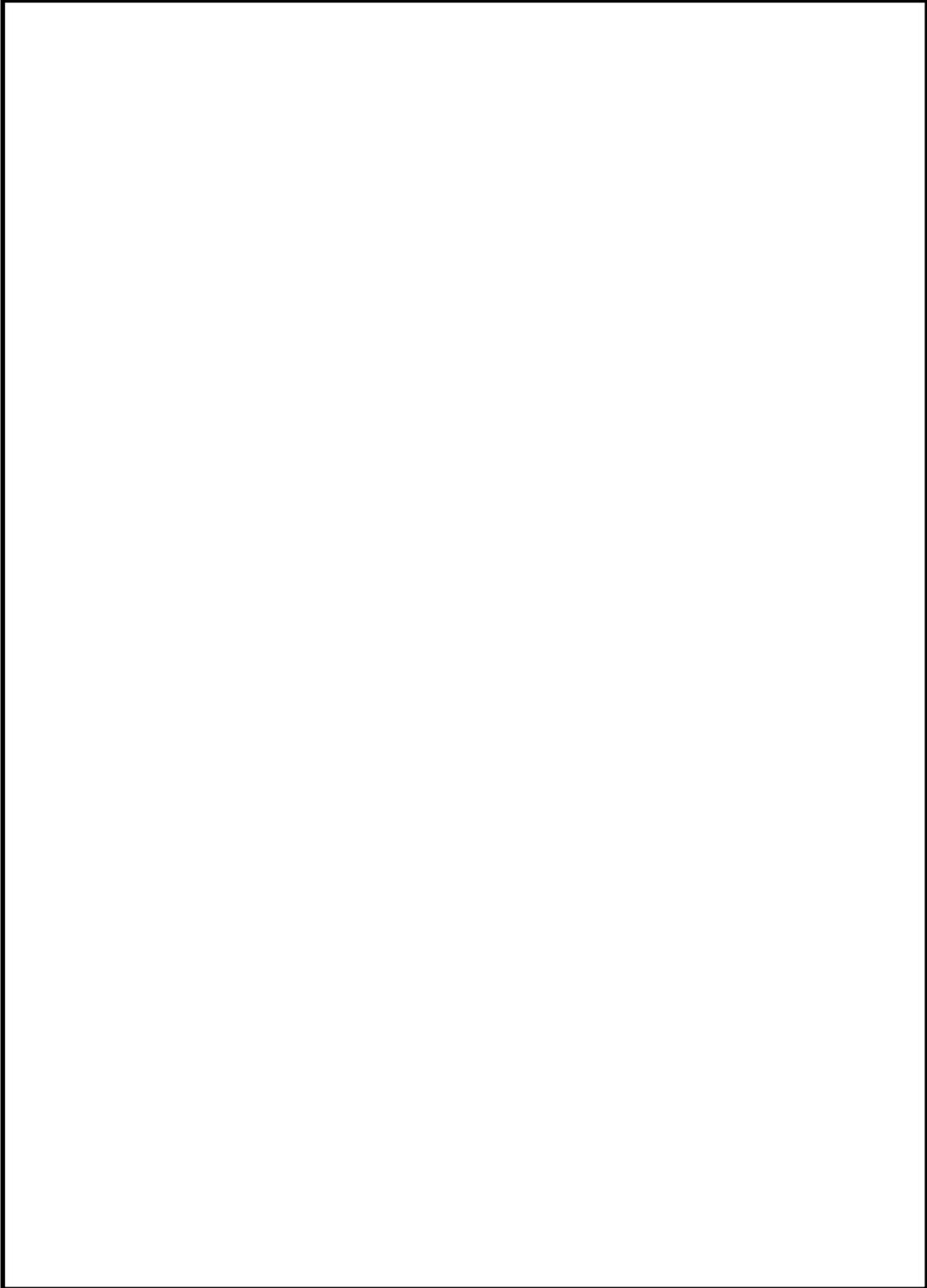


図 3-2 サプレッション・チェンバ円筒部，サンドクッション部の形状及び主要寸法（単位：mm）

表 3-1 使用材料表

使用部位	使用材料		備考
ドライウエル円錐部	SGV49 相当		SGV480*
サプレッション・チェンバ円筒部	SGV49 相当		SGV480*

注記 \* : 新 JIS を示す。

#### 4. 強度評価

##### 4.1 強度評価方法

- (1) 原子炉格納容器に作用する自重、機械的荷重及び圧力荷重を用いて構造強度評価を行う。
- (2) 構造評価に用いる寸法は、公称値を使用する。
- (3) 概略構造図を表 2-1 に示す。

##### 4.2 荷重の組合せ及び許容限界

###### 4.2.1 荷重の組合せ及び供用状態

ドライウエル本体及びサプレッション・チェンバ本体の荷重の組合せ及び供用状態のうち、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-1 に示す。詳細な荷重の組合せは、添付書類「V-1-8-1 原子炉格納施設的设计条件に関する説明書」に従い、対象機器の設置位置等を考慮し決定する。なお、考慮する荷重の組合せは、組合せる荷重の大きさを踏まえ、評価上厳しくなる組合せを選定する。

表4-1 荷重の組合せ及び供用状態

施設区分		機器名称	機器等の区分	荷重の組合せ	供用状態
原子炉格納施設	原子炉格納容器	ドライウエル本体及びサプレッション・チェンバ本体	重大事故等クラス2容器	$D + P_{SA} + M_{SA}$	E*

D : 死荷重

$P_{SA}$  : 運転状態Vにおける圧力荷重

$M_{SA}$  : 運転状態Vにおける機械荷重

注記 \* : 供用状態Eとして供用状態Dの許容限界を用いる

#### 4.2.2 許容限界

ドライウェル本体及びサプレッション・チェンバ本体の許容限界を表 4-2 に示す。

表 4-2 許容限界

供用状態	一次一般膜応力	一次応力 (曲げ応力を含む)
E *	$2/3 S_u$	$1.5 \times 2/3 S_u$

注記 \* : 供用状態Eとして供用状態Dの許容限界を用いる

#### 4.2.3 使用材料の許容応力評価条件及び許容応力

原子炉格納容器の許容応力評価条件のうち、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4-3に示す。また、使用材料の許容応力のうち、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4-4に示す。

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件 (重大事故等対処設備)

材料	温度条件 (°C)		S (MPa)	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)
SGV480	周囲環境温度	200	-	-	422	-

表4-4 許容応力 (重大事故等対処設備)

(単位 : MPa)

材料	供用状態	許容応力	
		一次応力	
		P <sub>m</sub>	P <sub>L</sub> + P <sub>b</sub>
SGV480	E	281	422

#### 4.2.4 設計荷重

- (1) 重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度

内圧  $P_{SA}$       620 kPa\*

温度  $T_{SA}$       200 °C

注記 \* : 逃がし安全弁作動時荷重及び原子炉冷却材喪失事故時荷重と組み合わせる場合には、事象に応じた内圧を設定する。

- (2) 死荷重

死荷重はドライウェル本体及びサプレッション・チェンバ本体の自重及びシエルに取付くアタッチメントの重量を考慮したものである。死荷重の値が大きく変化する代表的応力評価点に対して荷重の大きさを示す。

応力評価点 P3		N
応力評価点 P4		N
応力評価点 P5		N
応力評価点 P6		N

- (3) 活荷重

内部機器支持ビームから加わる荷重（燃料交換時以外）

パーソネルエアロック床に加わる荷重

溶接パッドの支持荷重

	N
	N
	N

- (4) 水荷重

リングガーターにかかるサプレッション・チェンバ内保有水重量

スプレーヘッド内保有水重量

	N
	N

重大事故等対処設備の評価に用いる水荷重として、下記の冠水水位による水頭圧を考慮する。

冠水水位  mm

- (5) 逃がし安全弁作動時荷重

最大正圧  kPa

最大負圧  kPa

ただし、原子炉圧力容器最大圧力時の逃がし安全弁作動時の圧力波による荷重は以下とする。

最大正圧  kPa

最大負圧  kPa

- (6) 原子炉冷却材喪失事故時荷重

最大正圧  kPa

最大負圧  kPa

### 4.3 計算方法

#### 4.3.1 応力評価点

ドライウエル本体及びサプレッション・チェンバ本体の応力評価点は、ドライウエル本体及びサプレッション・チェンバ本体を構成する部材の形状及び荷重伝達経路を考慮し、発生応力が大きくなる部位を選定する。選定した応力評価点を表 4-5 及び図 3-1、図 3-2 に示す。

表 4-5 応力評価点

応力評価点番号	応力評価点
P1	円筒部と円錐部の接合部
P2	円錐部の角度変化部
P3	円錐部の板厚変化部
P4	円錐部と円筒部の接合部
P5	円筒部（中央部）
P6	底部のフランジプレートとの接合部

#### 4.3.2 応力計算方法

荷重により原子炉格納容器に生じる応力の算出には、**シェルモデル**による有限要素解析手法を適用する。

##### 4.3.2.1 ドライウエル本体及びサプレッション・チェンバ本体（応力評価点 P1～P6）に生じる応力の算出

- (1) ドライウエル本体及びサプレッション・チェンバ本体に作用する荷重による応力  
ドライウエル本体及びサプレッション・チェンバ本体に作用する各荷重による応力は、図 4-1 に示すドライウエル本体及びサプレッション・チェンバ本体の解析モデルを用いて算出する。解析モデルの諸元を表 4-6 に示す。
- (2) 解析コード  
解析コードはMSC NASTRANを用いる。なお、評価に用いる解析コードMSC NASTRANの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「V-5-1 計算機プログラム（解析コード）の概要・MSC NASTRAN」に示す。

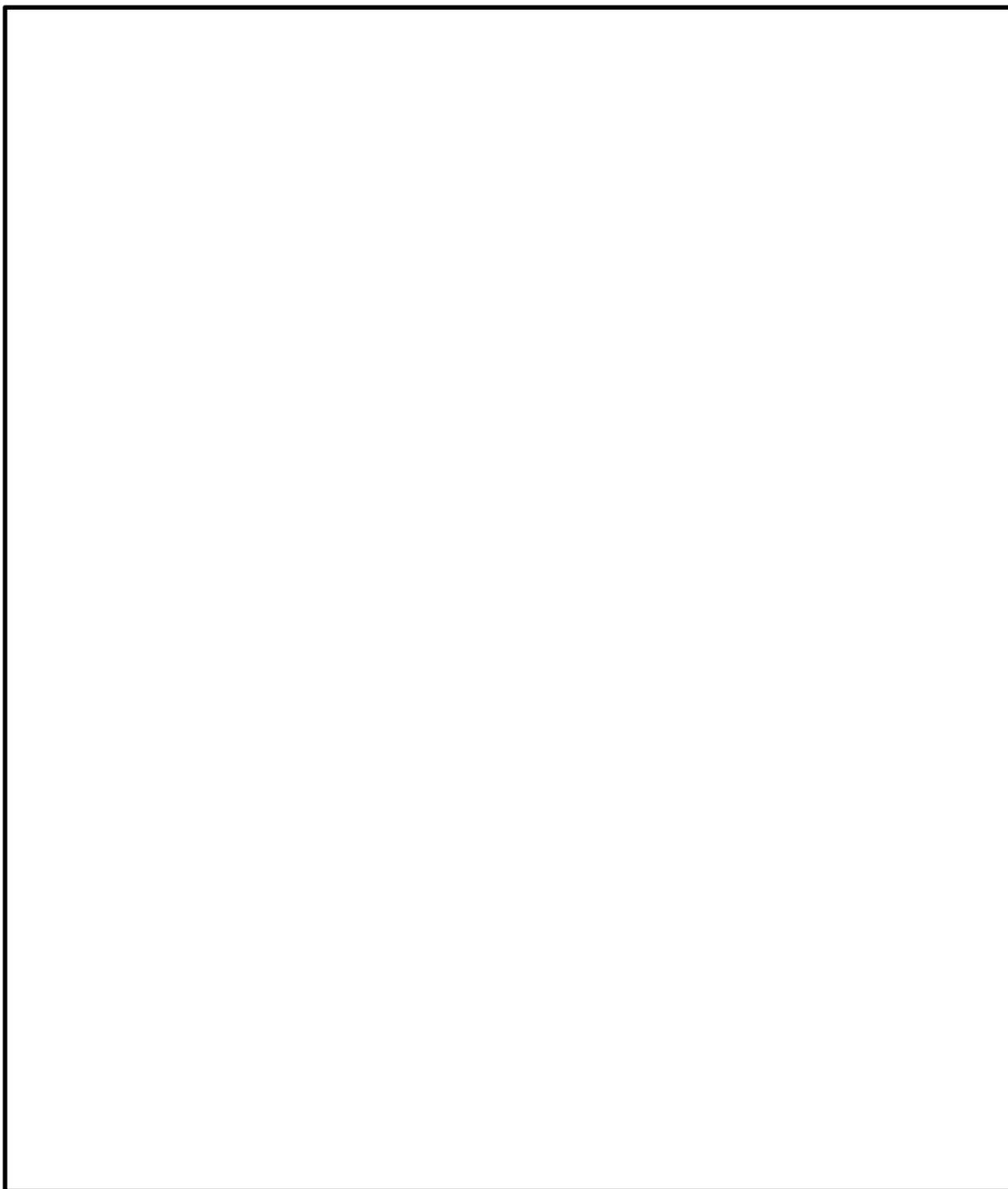


図 4-1(1) ドライウェル本体及びサプレッション・チェンバ本体の解析モデル  
(180度モデル, 軸力, モーメント)

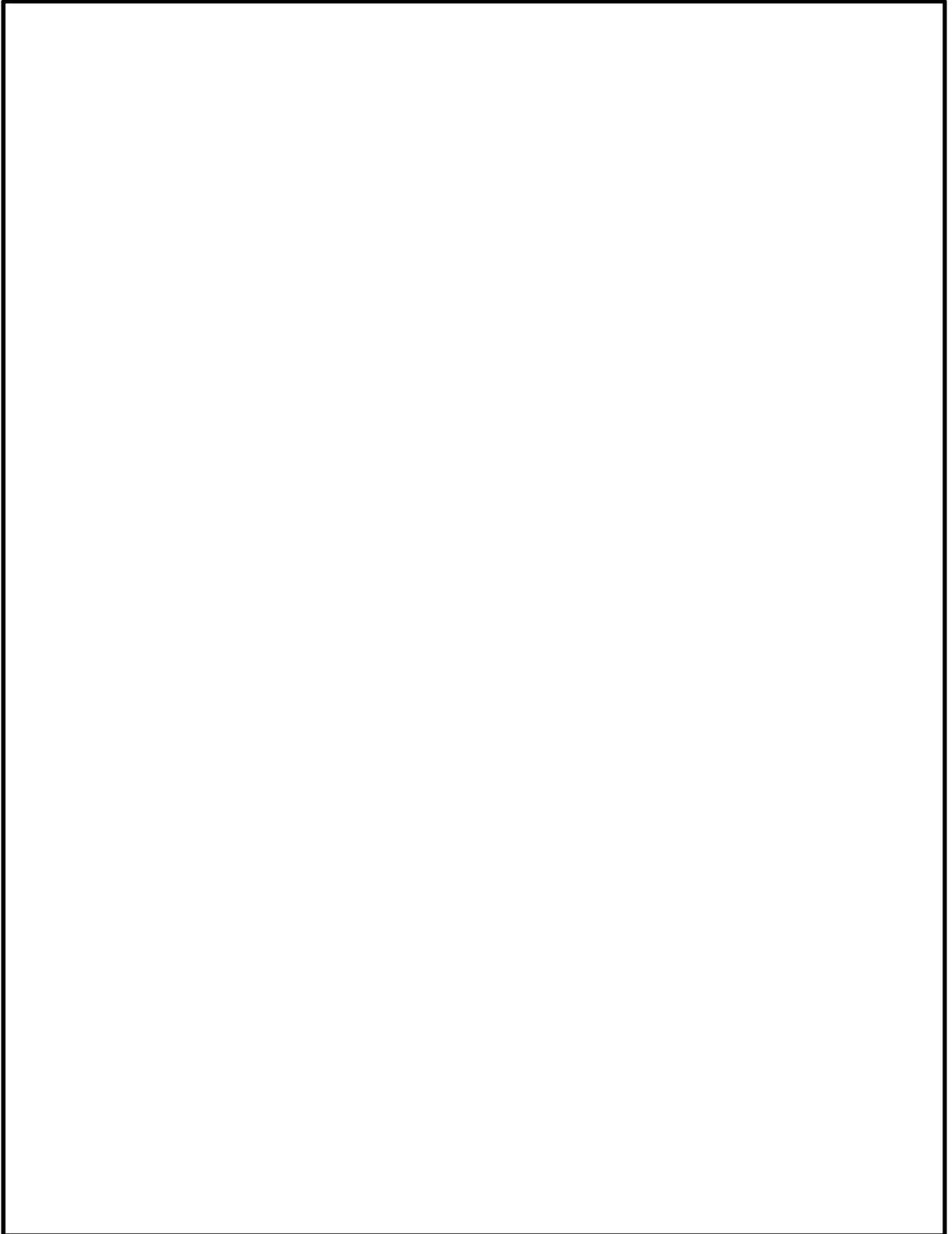


図 4-1(2) ドライウェル本体及びサプレッション・チェンバ本体の解析モデル  
(90度モデル, 圧力, 水頭圧)

表 4-6 解析モデル諸元表

項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	SGV480
質量	$m_0$	kg	—*
温度条件	T	°C	66(ドライウエル) 32(サプレッション・チェンバ)
縦弾性係数	E	MPa	200000(ドライウエル) 202000(サプレッション・チェンバ)
ポアソン比	$\nu$	—	0.3
要素数	—	個	図5-1に記載のとおり
節点数	—	個	

注記 \* : 単位荷重による解析のため、質量の入力は不要。

#### 4.4 計算条件

応力解析に用いる自重及び荷重は、本計算書の「4.2 荷重の組合せ及び許容限界」に示す。

#### 4.5 応力の評価

「4.3 計算方法」で求めた応力は表 4-4 に記載される値以下であること。

## 5. 評価結果

ドライウエル本体及びサプレッション・チェンバ本体の重大事故等対処設備としての強度評価結果を以下に示す。発生値は許容値を満足している。

### (1) 供用状態Eに対する評価

供用状態Eに対する応力評価結果を表 5-1 に示す。

表 5-1 供用状態Eに対する評価結果 (D + P<sub>SA</sub> + M<sub>SA</sub>)

評価対象設備	評価部位		応力分類	E		判定	備考
				発生値	許容値		
				MPa	MPa		
ドライウエル本体 及びサプレッション・チェンバ本体	P1	円筒部と円錐部の接合部	一次膜応力強さ＋一次曲げ応力強さ	289	422	○	
	P2	円錐部の角度変化部	一次膜応力強さ＋一次曲げ応力強さ	67	422	○	
	P3	円錐部の板厚変化部	一次膜応力強さ＋一次曲げ応力強さ	206	422	○	
	P4	円錐部と円筒部の接合部	一次膜応力強さ＋一次曲げ応力強さ	157	422	○	
	P5	円筒部（中央部）	一次一般膜応力強さ	275	281	○	
			一次膜応力強さ＋一次曲げ応力強さ	275	422	○	
P6	底部のフランジプレートとの接合部	一次膜応力強さ＋一次曲げ応力強さ	76	422	○		