

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-988 改0
提出年月日	平成30年8月9日

V-3-9-1-1-5 原子炉格納容器胴アンカー一部強度計算書

## 目次

1. 概要	1
2. 構造説明	2
2.1 構造計画	2
2.2 評価方針	4
3. 形状及び主要寸法	5
4. 設計条件	6
4.1 設計荷重	6
4.2 材料及び許容応力	7
5. 応力計算	9
5.1 アンカーボルト及びコンクリート	9
5.2 アンカープレート	12
5.3 補強リブ及びベースプレート	13
6. 評価結果	14
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	14

## 1. 概要

本計算書は、原子炉格納容器胴アンカー部の強度計算書である。

原子炉格納容器胴アンカー部は、設計基準対象施設の胴アンカー部を重大事故等クラス2支持構造物として兼用する支持構造物である。

設計基準対象施設としては、東海第二発電所 昭和48年4月9日付け47公第12075号及び昭和48年4月9日付け47公第12076号にて認可された工事計画書の添付書類「Ⅲ-3-3-13 原子炉格納容器胴アンカー部強度計算書」に評価結果があり、強度が十分であることを確認している。

以下、重大事故等クラス2支持構造物としての強度評価を示す。

## 2. 構造説明

### 2.1 構造計画

原子炉格納容器胴アンカー部の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

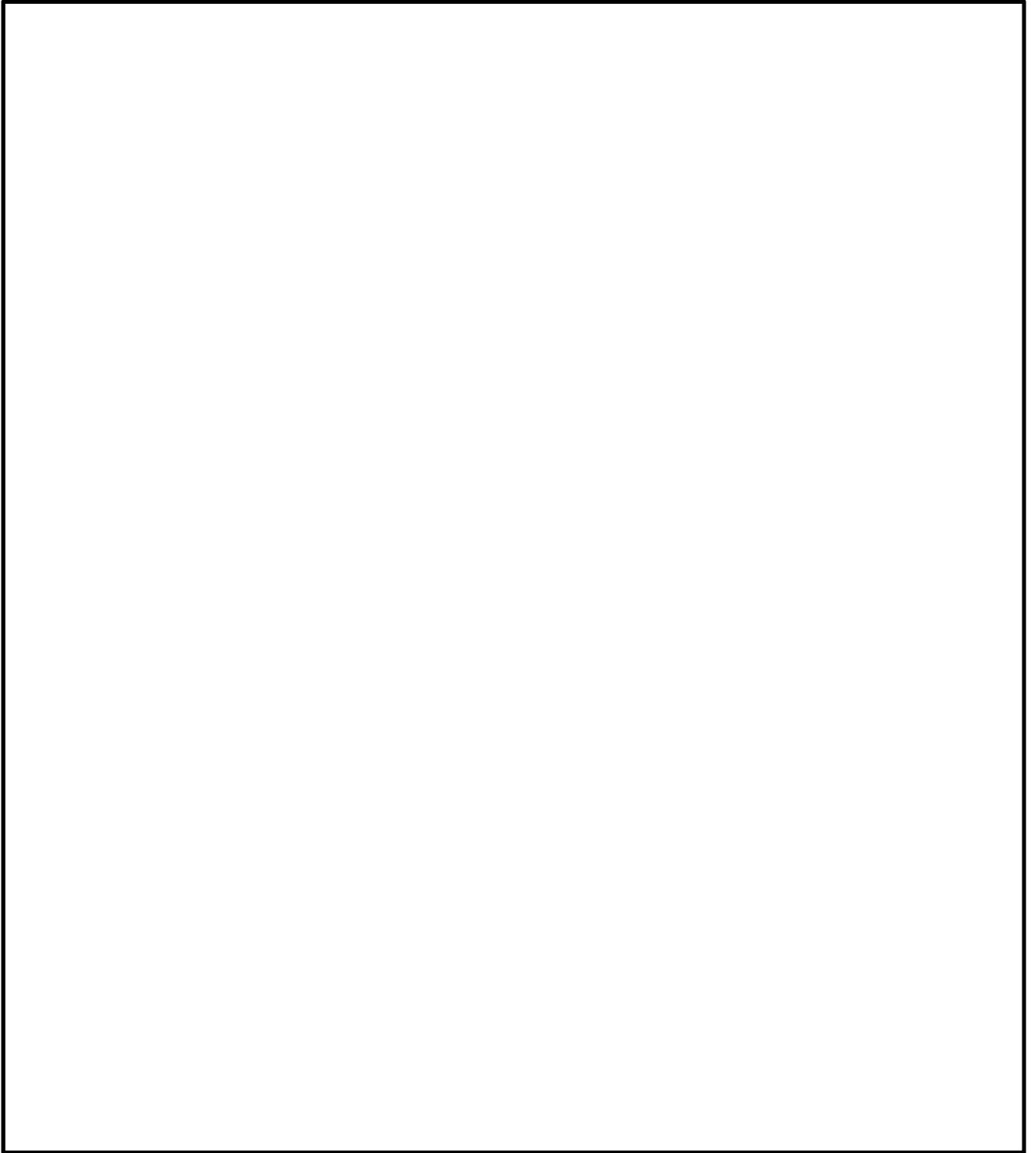
計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>炉心を中心に直径約 <span style="border: 1px solid black; padding: 0 5px;">  </span> m の円筒形の基礎で, 原子炉格納容器底部コンクリートマットと一体となっている。</p>	<p>胴アンカー部は, 原子炉格納容器底部コンクリートマットにアンカーボルトで一体化され, 鉛直方向地震荷重は, このアンカーボルトを介して原子炉格納容器底部コンクリートマットに伝達させる。</p>	<p style="text-align: center;">胴アンカー部拡大図</p> <p style="text-align: right;">胴アンカー部</p>

## 2.2 評価方針

- (1) 原子炉格納容器胴アンカー部の応力評価は,東海第二発電所 昭和 48 年 4 月 9 日付け 47 公第 12075 号及び昭和 48 年 4 月 9 日付け 47 公第 12076 号(既工認)にて認可された実績のある手法を適用する。
- (2) 本計算書における評価部位は,胴アンカー部の形状及び応力レベルを考慮し,アンカーボルト, アンカープレート, ベースプレート, 補強リブ, コンクリートとする。

3. 形状及び主要寸法

原子炉格納容器胴アンカー部の形状及び主要寸法を図 3-1 に示す。



NT2 補③ V-3-9-1-1-5 R0

図 3-1 原子炉格納容器胴アンカー部の形状及び主要寸法（単位：mm）



## 4.2 材料及び許容応力

### (1) 材料

表 4-1 使用材料表

使用部位	使用材料		備考
アンカーボルト	GBL(5種)相当		GBL1～GBL5*
リングガード	SGV49 相当		SGV480*
補強リブ	SGV49 相当		SGV480*
アンカープレート	SGV49 相当		SGV480*

注記 \*：現行の JIS を示す。

### (2) 荷重の組合せ及び許容応力

重大事故等対処設備の評価における荷重の組合せ及び供用状態を表 4-2 に、供用状態に対する許容応力を表 4-3、表 4-4 に示す。

表4-2 荷重の組合せ及び供用状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	機器等の区分	荷重の組合せ	供用状態
原子炉格納施設	原子炉格納容器	胴アンカー部	重大事故等クラス2支持構造物	$D + P_{SA} + M_{SA}$	E (EとしてDの許容限界を用いる)

表4-3 原子炉格納容器胴アンカー部の許容応力（重大事故等対処設備）

(単位：MPa)

材料	供用状態	基準 応力 F	許容応力（一次応力）				
			引張り $f_t$	曲げ $f_b$	せん断 $f_s$	圧縮 $f_c$	組合せ $f_t$
SGV480	E	271	271	312	—	—	271
GBL1～GBL5	E	603	452	—	—	—	—

表 4-4 コンクリートの許容応力（重大事故等対処設備）

(単位：N/mm<sup>2</sup>)

材料	供用状態	基準強度 F <sub>c</sub>	圧縮応力 f <sub>c</sub>	せん断応力 f <sub>s</sub>
コンクリート	E	22.0	18.7	1.0

5. 応力計算

5.1 アンカーボルト及びコンクリート

(1) 設計荷重

アンカーボルトに加わる軸力を表 5-1 に示す。

表 5-1 アンカーボルトの荷重（重大事故等対処設備）

荷重	軸力* (N)
荷重の組合せ	
$D + P_{SA} + M_{SA}$	$-2.37 \times 10^8$

注記 \*：下方向を正とする。

(2) アンカーボルト及びコンクリートの応力

アンカーボルトの応力は次に示す仮定に基づいて計算する。

- ① アンカーボルトの等価円筒及び荷重分布は図 5-1 に示す円周上 2 列のボルトサークルの平均径とする。また、そのボルトサークル上にボルトの全本数がある。
- ② 応力は最大引張応力 ( $w_t$ ) から最大圧縮応力 ( $n w_c$ ) まで直線的に変化する。
- ③ アンカーボルトに加わる荷重は平均径のサークル上のボルトの全断面積に等しい厚さの等価円筒に加わるものとする。

アンカーボルトに垂直荷重及びモーメントを受ける場合、断面に働く外力の合力の作用点が断面の中心から偏心する距離  $e$  は次式によって得られる。

$$e = \frac{M_o}{W_v}$$

- a. アンカーボルトの等価円筒の板厚

$$t_1 = \frac{N_b \times \frac{\pi}{4} \times d_{B2}^2}{\pi \times \frac{D_{B1} + D_{B2}}{2}} = 9.51 \text{ mm}$$

- b. 圧縮側のコンクリートの板厚

$$t_2 = \ell_{11} = 500 \text{ mm}$$

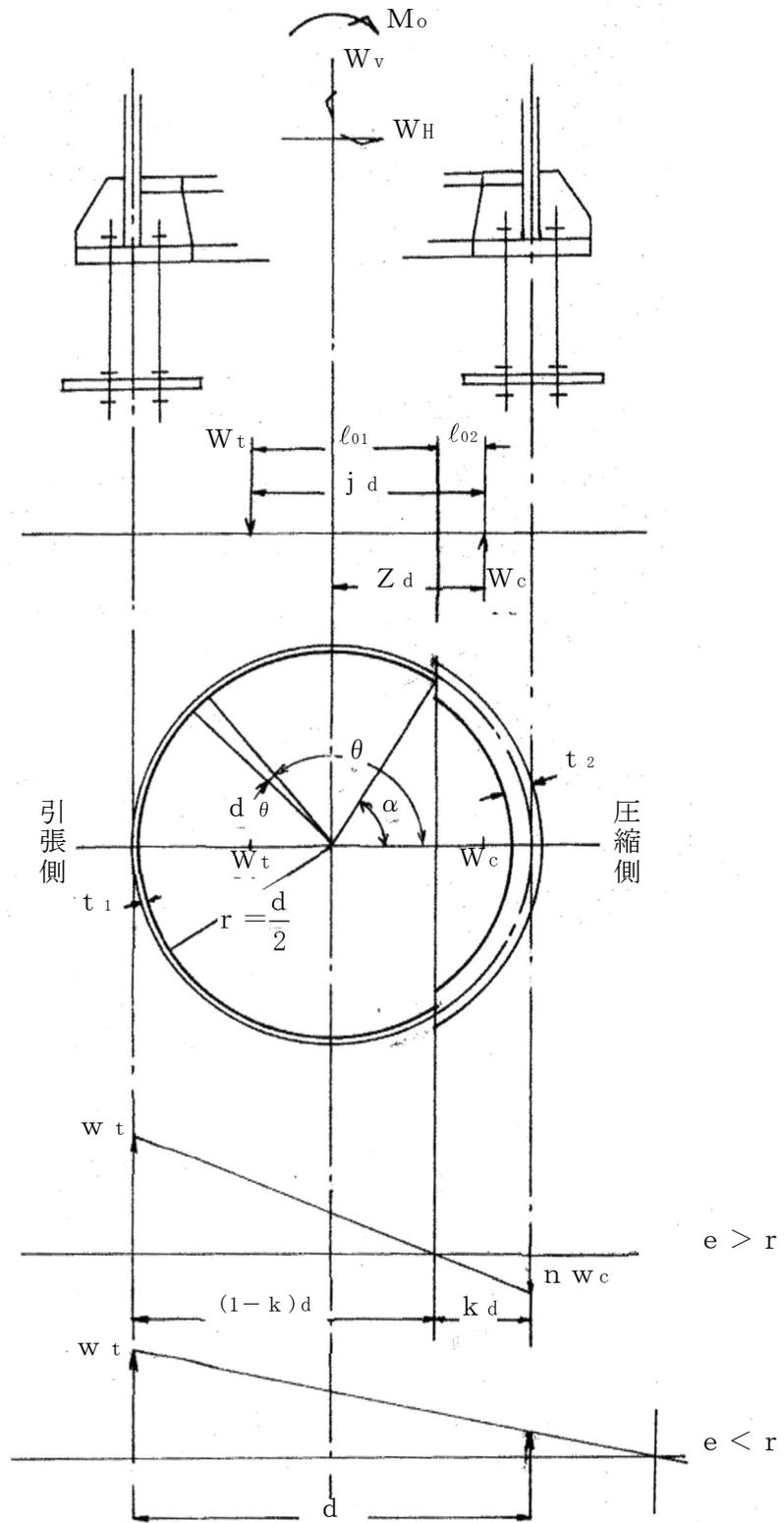


図 5-1 アンカーボルトの等価円筒及び荷重分布

c.  $e < r$  の場合 (全面引張)

アンカーボルトの引張応力の最大値は次式により得られる。

$$w_t = \frac{W_v}{A} + \frac{M_o}{Z}$$

ここに,

$$A = \pi \cdot d \cdot t_1$$

$$Z = \frac{\pi \cdot (d + t_1)^4 - (d - t_1)^4}{32 \cdot (d + t_1)}$$

(3) アンカーボルトの伸び量

$$\delta_B = \frac{w_t}{E} \cdot \left\{ \frac{A_{B1}}{A_{B2}} \cdot (\ell_{B2} + \ell_{B3}) + \ell_{B1} \right\}$$

ここに,

$$A_{B1} : \text{ボルトの最大直径有効断面積} = \pi / 4 \cdot d_{B1}^2 = 1963 \text{ mm}^2$$

$$A_{B2} : \text{ボルトの谷径有効断面積} = \pi / 4 \cdot d_{B2}^2 = 1424 \text{ mm}^2$$

$$E : \text{ボルトの縦弾性係数} = 2.1 \times 10^5 \text{ MPa}$$

## 5.2 アンカープレート

- (1) アンカープレートと接するコンクリートの圧縮応力

$$\sigma_{cc} = \frac{2 \cdot w_t \cdot A_{B2}}{A_p}$$

ここに,

$A_p$  : アンカープレートと接するコンクリートの面積

$$= l_{14} \cdot l_{15} - 2 \cdot \pi / 4 \cdot d_{B1}^2 = 1.211 \times 10^5 \text{ mm}^2$$

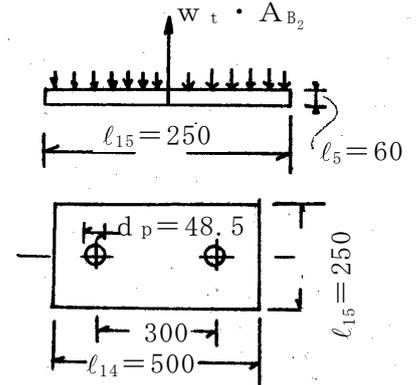
- (2) アンカープレートの曲げ応力

$$\sigma_b = \frac{M}{Z_{D-D}}$$

ここに,

$$M = \frac{l_{15}}{4} \cdot w_t \cdot A_{B2}$$

$$Z_{D-D} = \frac{1}{6} \cdot (l_{14} - 2 \cdot d_p) \cdot l_5^2 = 2.418 \times 10^5 \text{ mm}^3$$



- (3) アンカープレートによるコンクリートのせん断応力

$$\tau_c = \frac{2 \cdot w_t \cdot A_{B2}}{(\ell_{BPO} + \ell_{BPI}) \cdot l_4}$$

### 5.3 補強リブ及びベースプレート

#### (1) サプレッションチェンバ本体及び補強リブの溶接部の応力

##### a. 引張応力

$$\sigma_t = \frac{w_t \cdot t_1 \cdot \ell_R}{A}$$

ここに,

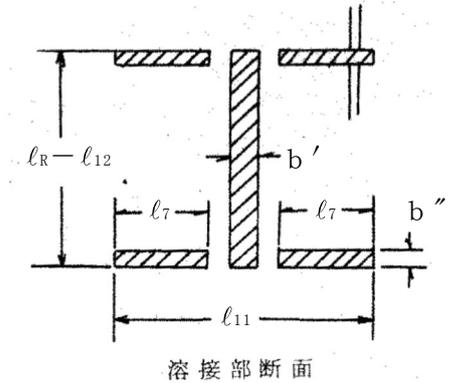
$$b' = \ell_6 = 38 \text{ mm}$$

$$b'' = \ell_{12} = 22 \text{ mm}$$

$$\ell_7 = 191 \text{ mm}$$

A : 溶接部の断面積

$$= 2 \cdot b'' \cdot \ell_7 + b' \cdot (\ell_R - \ell_{12}) = 3.037 \times 10^4 \text{ mm}^2$$



#### (2) ベースプレートの曲げ応力

$$\sigma_b = \frac{\beta \cdot b^2}{t^2} \cdot q$$

ここに,

$\beta$  : R. J. ROARK "FORMULAS FOR STRESS AND STRAIN" 4TH EDITION の 227 頁 TABLE45  
に示される 1 辺固定, 1 辺自由, 2 辺支持の平板に等分布荷重が加わるものと  
仮定して計算した値

$$\beta = 2.304$$

$$a : \ell_R = 600.0 \text{ mm}$$

$$b : \ell_9 = \ell_{10} = 231 \text{ mm}$$

$$t : \ell_3 = 60 \text{ mm}$$

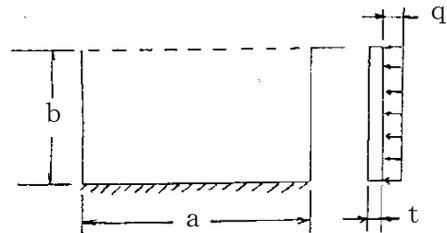
$$\frac{a}{b} = \frac{600.0}{231} = 2.597$$

q : 引張側

$$= \frac{w_t \cdot t_1 \cdot \ell_R}{2 \cdot a \cdot b}$$

q : 圧縮側

$$= \frac{w_c \cdot t_2 \cdot \ell_R}{2 \cdot a \cdot b}$$



## 6. 評価結果

### 6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

原子炉格納容器胴アンカー部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。発生値は評価基準値を満足している。

#### (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 6-1 に示す。

表 4-2 に示す荷重の組合せについて記載している。

表 6-1 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	評価基準値		
			MPa	MPa		
原子炉格納容器 胴アンカー部	アンカーボルト	引張応力	306	452	○	
	アンカープレート	曲げ応力	113	312	○	
	ベースプレート	曲げ応力 (引張側)	216	312	○	
		曲げ応力 (圧縮側)	—	—	—	
	補強リブ	引張応力	58	271	○	
		圧縮応力	—	—	—	
		せん断応力	—	—	—	
		組合せ応力	—	—	—	
	コンクリート	圧縮応力	7.2	18.7	○	単位 N/mm <sup>2</sup>
		せん断応力	0.6	1.0	○	単位 N/mm <sup>2</sup>