

本資料のうち、枠囲みの内容は、機密事項に属しますので公開できません。

柏崎刈羽原子力発電所第7号機 工事計画審査資料	
資料番号	KK7 補足-028-10-63-3 改1
提出年月日	2020年9月4日

原子炉本体の基礎における理論式の応力度算出過程について

1. はじめに

本資料は原子炉本体の基礎の理論式による応力度計算箇所について、その過程について説明する資料である。

なお、計算過程は許容応力状態短期 (D + P + M + S d *) について提示し、そのほかの結果についてはまとめ表として添付資料-1 に示す。

2. 基部アンカ部の応力度算出過程

2. 1 アンカボルト

基部アンカ部を図1に示す。

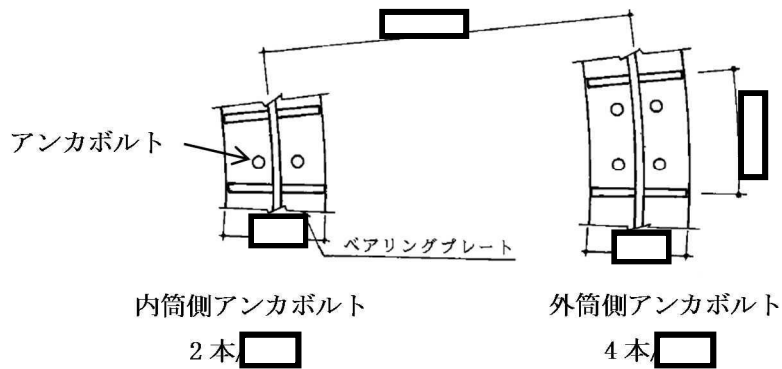


図1 基部アンカ部

2. 1. 1 アンカボルトの最大引張応力度

V-1-2-1 原子炉本体の基礎に関する説明書における解析モデル及び解析モデル諸元に基づく解析結果より、アンカボルトに生じる最大引張応力度 σ_t は

$$\sigma_t = \boxed{} \text{ N/mm}^2$$

となる。この値より、ねじ部有効断面でのアンカボルトの引張応力度 σ_{ta} を求めると

$$\sigma_{ta} = \sigma_t \times A_0 / A_1 = \boxed{} \times \boxed{} = 241.3 \text{ N/mm}^2$$

となり、

アンカボルトの短期許容引張応力度 $1.5 \cdot f_t = 1.5 \times F / 1.5 = \boxed{} \text{ N/mm}^2$ 以下となる。

2. 1. 2 アンカボルトの定着

V-1-2-1 原子炉本体の基礎に関する説明書における解析モデル及び解析モデル諸元に基づき求めたアンカボルトに生じる引張応力度 $\sigma_{t o}$ 及び $\sigma_{t i}$ より、アンカボルトの引抜き力 F は

$$F = (4 \times \sigma_{t o} + 2 \times \sigma_{t i}) \times A_0$$

$$= (4 \times \square + 2 \times \square) \times \square = 2.440 \times 10^6 \text{ N/4.5}^\circ$$

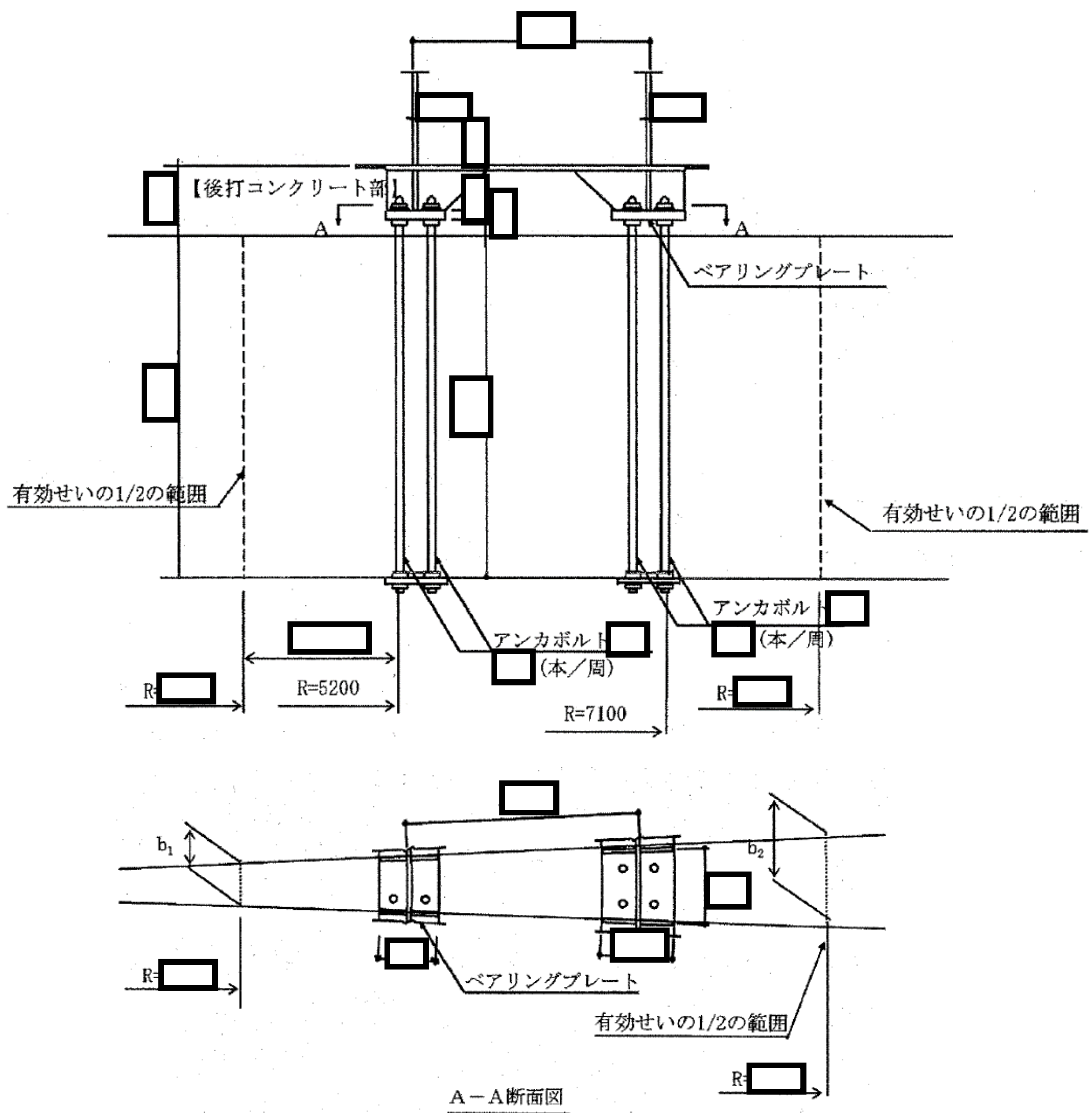
となりコンクリートの短期許容せん断力 $Q_{p a}$ 以下である。

$$Q_{p a} = \alpha \times b_0 \times j \times f_s$$

$$= 1.5 \times \square \times \square \times 1.19$$

$$= \square \text{ N/4.5}^\circ$$

σ_t	アンカボルト軸断面での最大引張応力度
$\sigma_{t a}$	アンカボルトねじ部有効断面での最大引張応力度
A_0	アンカボルトの軸断面積 ($\square \times 1$ 本)
A_1	アンカボルトのねじ部有効断面積 ($\square \times 1$ 本)
F	アンカボルト (\square) の許容応力度の基準値
F	アンカボルトの引抜き力
$\sigma_{t o}$	外筒側のアンカボルト軸断面での引張応力度
$\sigma_{t i}$	内筒側のアンカボルト軸断面での引張応力度
$Q_{p a}$	コンクリートの短期許容せん断力
α	1.5 (定数)
b_0	せん断力算定断面の延べ幅 (図2 参照)
j	応力中心間距離 (図2 参照)
f_s	コンクリートの短期許容せん断応力度



【補足】

RC 規準 20 条 1. (4) ii) より、 b_o はアンカボルトから基礎スラブ有効せいの 1/2 の点を
 連ねた曲線の延べ幅である。また、 j は基礎スラブの応力中心間距離で、 $7/8 \times$ 基礎スラブ
 の算定断面有効せい d とすることができる。4.5° の範囲における b_o 及び j の算出式を以
 下に示す。

$$b_o = b_1 + b_2 = (\text{ } \times 2\pi) \times \text{ } / 360 + (\text{ } \times 2\pi) \times \text{ } / 360 = \text{ } \rightarrow \text{ } \text{ mm}$$

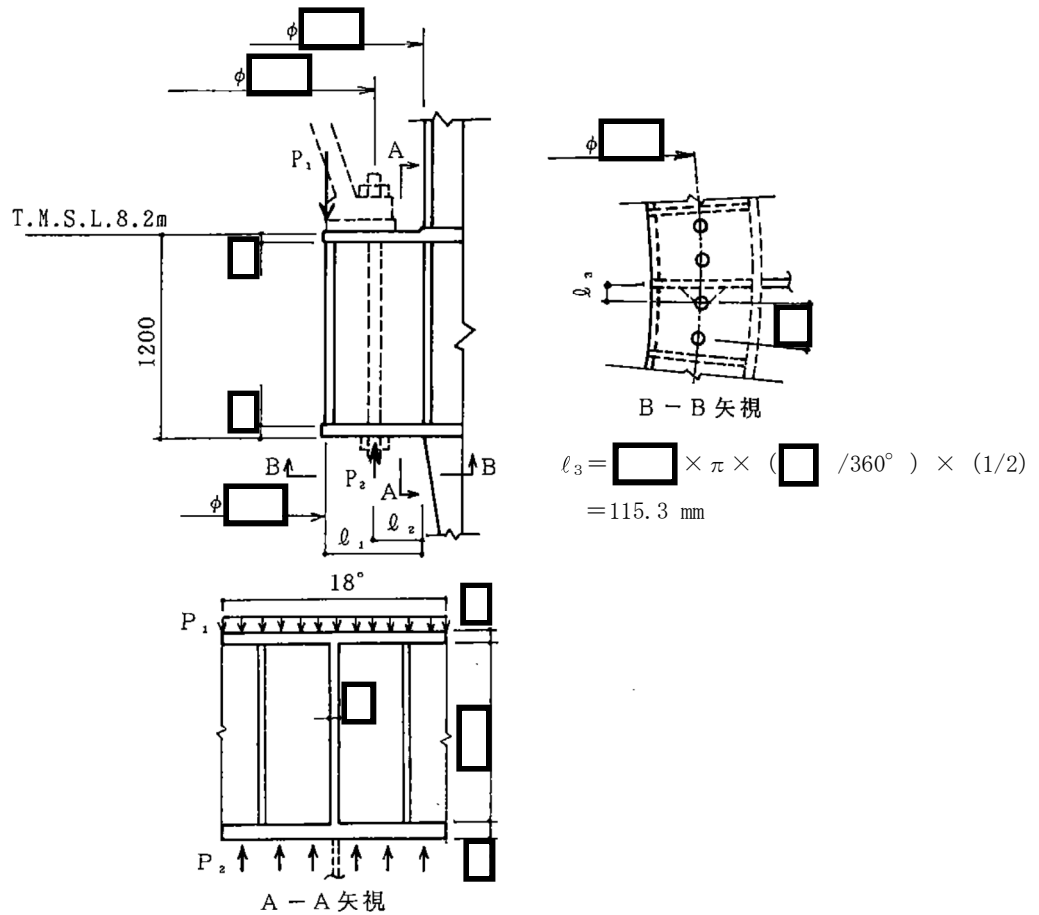
$$d = \text{ } - (\text{ } - \text{ } - \text{ } - \text{ }) = \text{ } \text{ mm}$$

$$j = \text{ } \times (7/8) = \text{ } \rightarrow \text{ } \text{ mm}$$

図 2 セン断力算定断面の延べ幅 b_o 及び応力中心間距離 j

3. ブラケット部

ブラケット部の詳細を図4に示す。ブラケット部に作用する荷重は、原子炉压力容器ベースプレートの最大圧縮力作用時の荷重及び原子炉压力容器基礎ボルトの最大引張力作用時の荷重から算出する。



P_1 : 3.456×10^3 N/mm (最大圧縮力作用時)

P_2 : 5.150×10^5 N/本 (最大引張力作用時)

図4 ブラケット部詳細図

最大圧縮力作用時に生じる応力は、 \square 当たり以下となる。

せん断力

$$\begin{aligned}
 Q_1 &= P_1 \times (\square) / 2 \times \pi \times \square / 360 \\
 &= 3.456 \times 10^3 \times (\square) / 2 \times \pi \times \square / 360 \\
 &= \square \text{ N}
 \end{aligned}$$

曲げモーメント

$$M_1 = Q_1 \times l_1 = \square \text{ N} \cdot \text{mm}$$

曲げ応力度 $\sigma_{b1} = \frac{M_1}{Z} = \boxed{} = 26.0 \text{ N/mm}^2$

せん断応力度 $\tau_1 = \frac{Q_1}{A_e} = \boxed{} = 59.8 \text{ N/mm}^2$

最大引張力作用時に生じる応力は、 $\boxed{}$ 当たり以下となる。

せん断力 $Q_2 = P_2 \times 6 = \boxed{} \text{ N}$

曲げモーメント $M_2 = Q_2 \times \ell_2 = \boxed{} \text{ N} \cdot \text{mm}$

曲げ応力度 $\sigma_{b2} = \frac{M_2}{Z} = \boxed{} = 8.8 \text{ N/mm}^2$

せん断応力度 $\tau_2 = \frac{Q_2}{A_e} = \boxed{} = 38.5 \text{ N/mm}^2$

Z : 断面係数

A_e : 有効せん断断面積

また、最大引張力作用時に下面の水平プレートに局部的に生じる応力は以下となる。

曲げモーメント $M_3 = P_2 \times \ell_3 = \boxed{} \text{ N} \cdot \text{mm}$

曲げ応力度 $\sigma_{b3} = \frac{M_3}{Z} = \boxed{} = 238.7 \text{ N/mm}^2$

ℓ_3 : リブから基礎ボルトまでの距離

Z : 水平プレートの断面係数

以上より、ブラケット部の鋼材に生じる応力度は、

短期許容曲げ応力度 $1.5 \cdot f_b = 1.5 \times F / 1.5 = \boxed{} \text{ N/mm}^2$,

短期許容せん断応力度 $1.5 \cdot f_s = 1.5 \times F / (1.5 \times \sqrt{3}) = \boxed{} \text{ N/mm}^2$

以下である。

4. 添付資料

1. 評価結果一覧

【アンカボルト】

添付表 1-1 アンカボルトの最大引張応力度

荷重の組合せ	最大引張応力度 (軸断面) σ_t (N/mm ²)	最大引張応力度 (有効断面) σ_{ta} (N/mm ²)	短期許容引張応力度 $1.5 \cdot f_t$ (N/mm ²)
D + P + M + S d *			
D + P _L + M _L + S d *			
D + P + M + S s			
D + P _{SA} + M _{SA}			
D + P _{SAL} + M _{SAL} + S d			
D + P _{SALL} + M _{SALL} + S s			

添付表 1-2 アンカボルトの定着

荷重の組合せ	外筒の引張応力度 (軸断面) σ_{to} (N/mm ²)	内筒の引張応力度 (軸断面) σ_{ti} (N/mm ²)	引抜き力 F (N/4.5°)	短期許容せん断力 Q _{pa} (N/4.5°)
D + P + M + S d *			2.440 × 10 ⁶	
D + P _L + M _L + S d *			2.311 × 10 ⁶	
D + P + M + S s			3.216 × 10 ⁶	
D + P _{SA} + M _{SA}			3.449 × 10 ⁵	
D + P _{SAL} + M _{SAL} + S d			2.543 × 10 ⁶	
D + P _{SALL} + M _{SALL} + S s			3.215 × 10 ⁶	

【ベアリングプレート】

添付表-2 ベアリングプレートの曲げ応力度

荷重の組合せ	ベアリングプレート に生じる 最大引張応力度 w_t (N/mm ²)	ベアリングプレート に生じる 最大圧縮応力度 w_c (N/mm ²)	曲げモーメント (単位幅 1mm 当たり) M (N・mm/mm)	曲げ応力度 σ_b (N/mm ²)	短期許容曲げ応力度 $1.5 \cdot f_b$ (N/mm ²)
D + P + M + S d *	6.5			319.9	
D + P _L + M _L + S d *	5.5			322.4	
D + P + M + S _s	8.3			371.6	
D + P _{SA} + M _{SA}	0.2			118.7	
D + P _{SAL} + M _{SAL} + S d	8.5			330.3	
D + P _{SALL} + M _{SALL} + S _s	8.7			361.1	

【ブラケット部】

添付表 3-1 最大圧縮力作用時のブラケット部の曲げ応力度及びせん断応力度

荷重の組合せ	最大圧縮力 作用時 P_1 (N/mm)	せん断力 Q_1 (N)	曲げ モーメント M_1 (N・mm)	曲げ応力度 σ_{b1} (N/mm ²)	せん断応力度 τ_1 (N/mm ²)	短期許容 曲げ応力度 $1.5 \cdot f_b$ (N/mm ²)	短期許容 せん断応力度 $1.5 \cdot f_s$ (N/mm ²)
D + P + M + S _d *	3.456×10^3			26.0	59.8		
D + P _L + M _L + S _d *	3.456×10^3			26.0	59.8		
D + P + M + S _s	4.992×10^3			37.6	86.4		
D + P _{SA} + M _{SA}	—			—	—		
D + P _{SAL} + M _{SAL} + S _d	3.456×10^3			26.0	59.8		
D + P _{SALL} + M _{SALL} + S _s	4.992×10^3			37.6	86.4		

添付表 3-2 最大引張力作用時のブラケット部の曲げ応力度及びせん断応力度

荷重の組合せ	最大引張力 作用時 P_2 (N/本)	せん断力 Q_2 (N)	曲げ モーメント M_2 (N・mm)	曲げ応力度 σ_{b2} (N/mm ²)	せん断応力度 τ_2 (N/mm ²)	短期許容 曲げ応力度 $1.5 \cdot f_b$ (N/mm ²)	短期許容 せん断応力度 $1.5 \cdot f_s$ (N/mm ²)
D + P + M + S _d *	5.150×10^5			8.8	38.5		
D + P _L + M _L + S _d *	5.150×10^5			8.8	38.5		
D + P + M + S _s	8.440×10^5			14.4	63.1		
D + P _{SA} + M _{SA}	—			—	—		
D + P _{SAL} + M _{SAL} + S _d	5.150×10^5			8.8	38.5		
D + P _{SALL} + M _{SALL} + S _s	8.440×10^5			14.4	63.1		

添付表 3-3 最大引張力作用時の下面の水平プレートに局部的に生じる曲げ応力度

荷重の組合せ	最大引張力 作用時 P_2 (N/本)	曲げモーメント M_3 (N・mm)	曲げ応力度 σ_{b3} (N/mm ²)	短期許容 曲げ応力度 $1.5 \cdot f_b$ (N/mm ²)
D + P + M + S _d *	5.150×10^5		238.7	
D + P _L + M _L + S _d *	5.150×10^5		238.7	
D + P + M + S _s	8.440×10^5		391.2	
D + P _{SA} + M _{SA}	—		—	
D + P _{SAL} + M _{SAL} + S _d	5.150×10^5		238.7	
D + P _{SALL} + M _{SALL} + S _s	8.440×10^5		391.2	