

柏崎刈羽原子力発電所5号機

立入検査及び現地調査に係る 指摘事項に対する回答

平成22年6月23日



東京電力

指摘事項

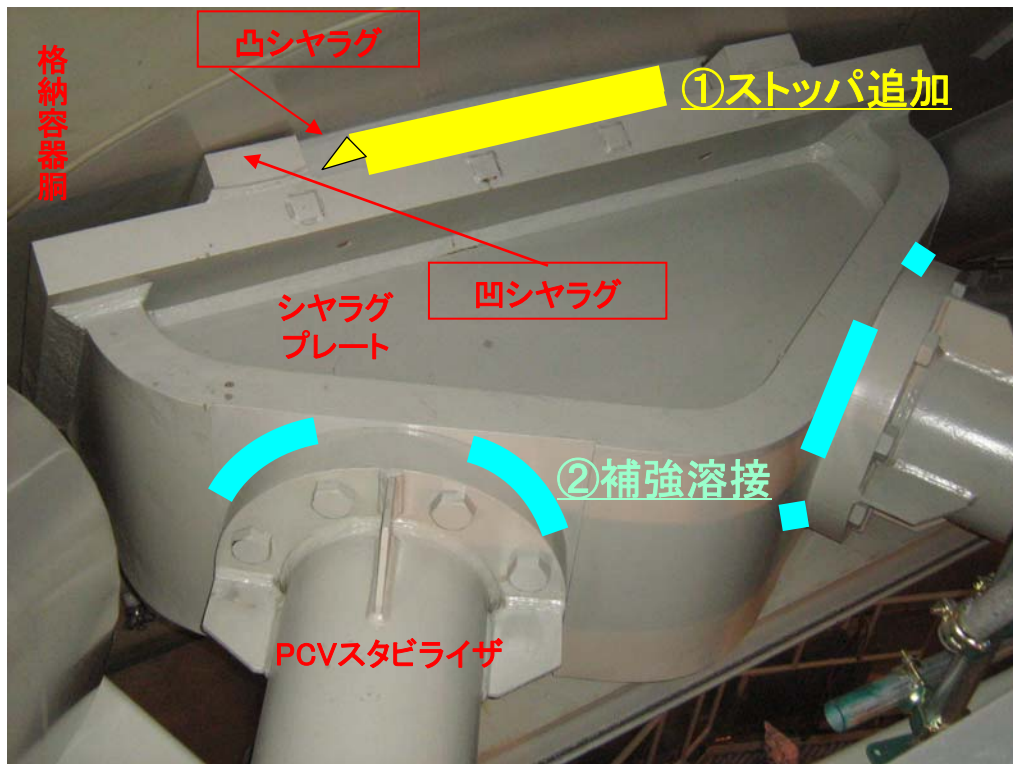
以下について設計の妥当性を説明すること。

- ① 原子炉格納容器スタビライザの耐震強化。
- ② 原子炉補機冷却水系熱交換器の基礎ボルト（アンカー一部を含む）に係る耐震強化。

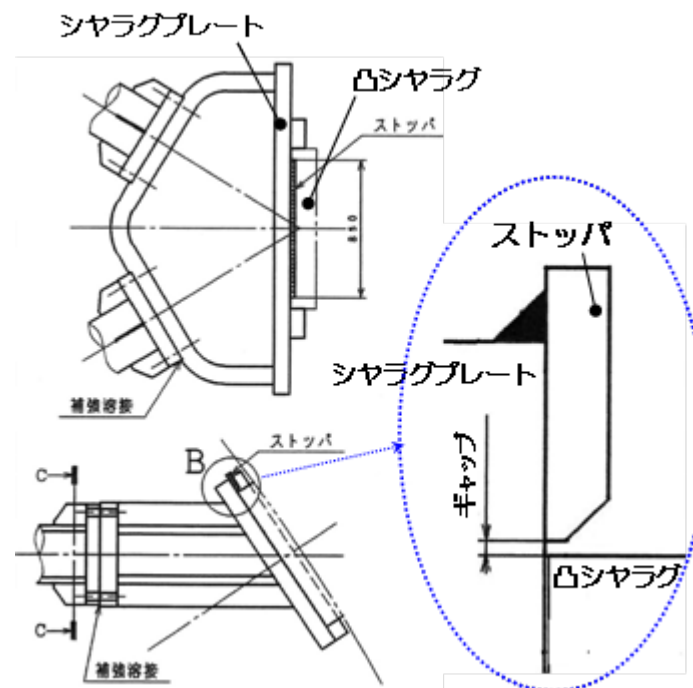
格納容器スタビライザの耐震強化工事の内容

耐震強化概要

- ① シヤラグプレート部にストッパを追加。
(PCVスタビライザに生じる鉛直荷重を低減)
- ② PCVスタビライザのフランジ取付部に補強溶接を実施。
(ボルトの引張応力を低減)



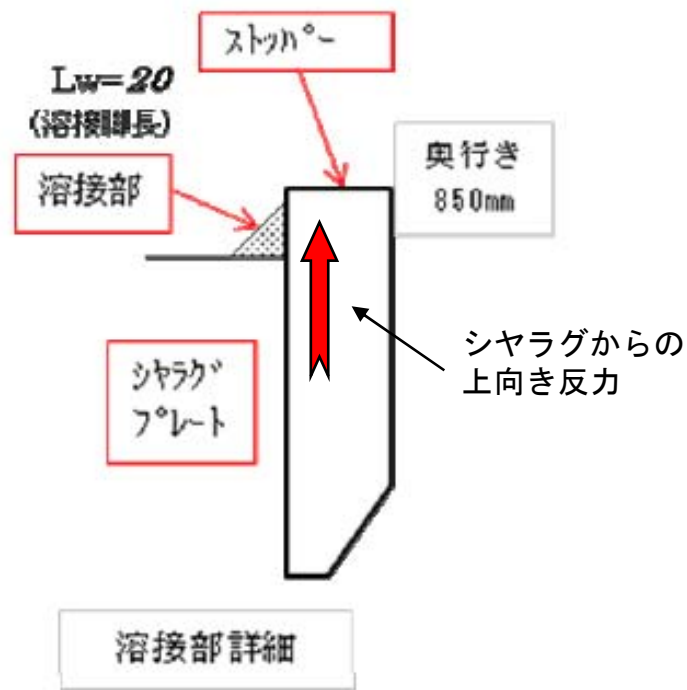
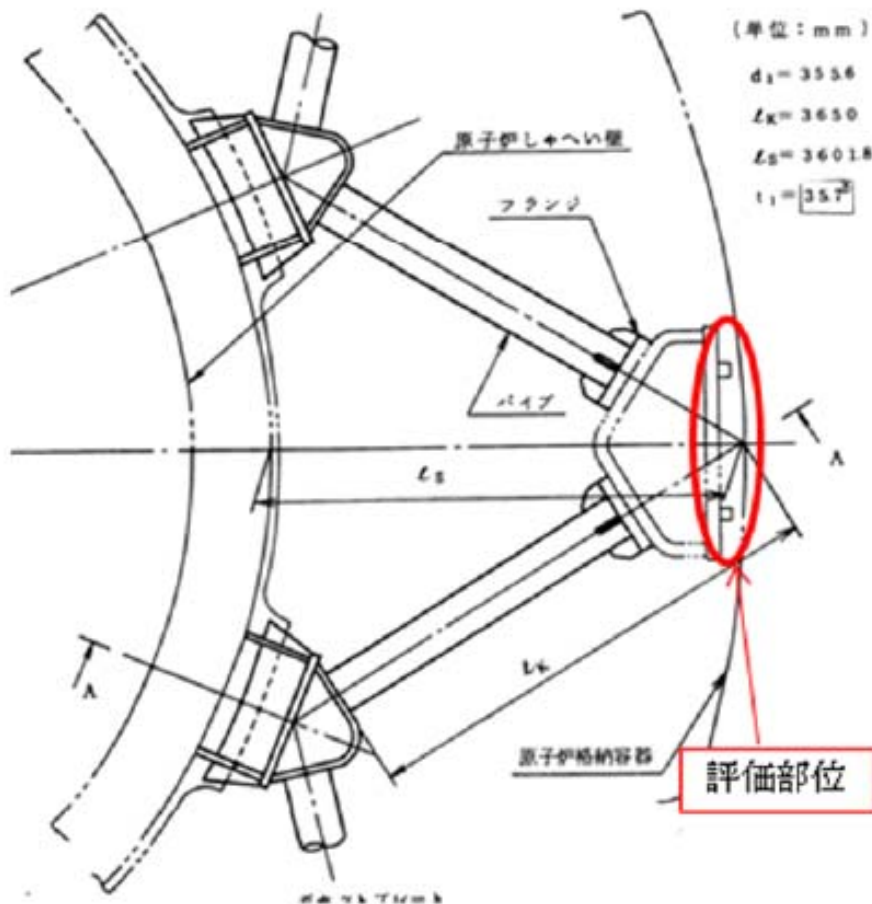
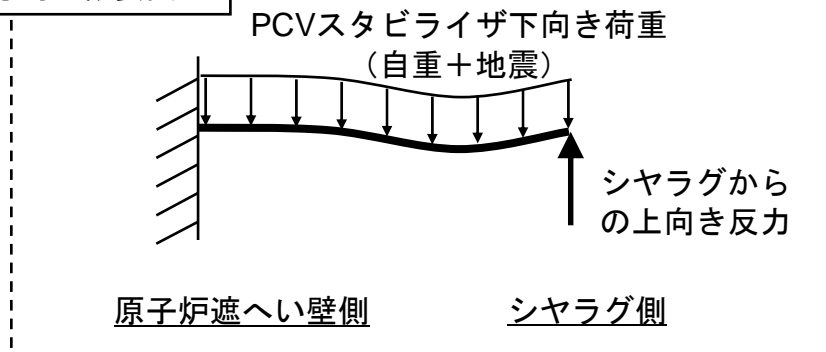
<ストッパ概要>



シヤラグプレート溶接部の評価 (1)

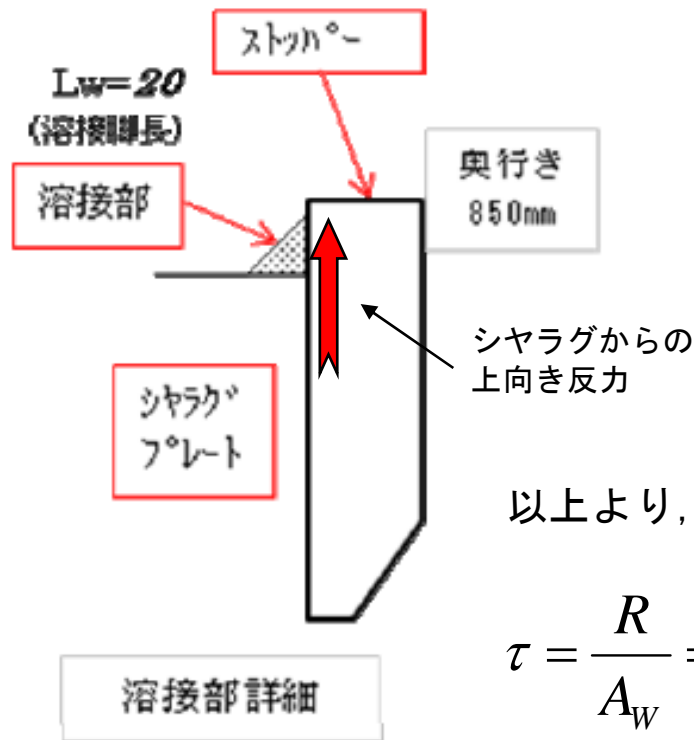
- 鉛直方向の地震により、シヤラグから上向きの反力を受ける。

<上下方向の概要図>



シヤラグプレート溶接部の評価 (2)

- シヤラグからの上向き反力に対する、溶接部のせん断応力を評価。



<鉛直地震により溶接部に加わる反力>

$$R = 3.69 \times 10^4 [N]$$

<溶接部の断面積>

$$A_w = 1.20 \times 10^4 [mm^2]$$

以上より、溶接部の応力（せん断応力）は、

$$\tau = \frac{R}{A_w} = \frac{3.69 \times 10^4}{1.20 \times 10^4} = 4 [MPa] < 177 [MPa]$$

（溶接部の許容せん断応力※）

※溶接部に対しては、溶接規格N-1100の規定に準じて浸透探傷試験を実施しており、溶接継手効率を考慮しない。（設計・建設規格 SSB-3121.1）
（試験を実施していない場合は、溶接継手効率0.45を乗じる。）

<参考>設計・建設規格抜粋

SSB-3000

クラス1支持構造物の設計

発電用原子力設備規格
設計・建設規格（2005年版）
I-8-7ページより引用

(1) 引張応力

一次引張応力については、次の計算式により計算した値

$$f_t = \frac{F}{1.5} \quad (\text{SSB-1.1})$$

f_t : 許容引張応力 (MPa)

F : 次の a. または b. に定める値

a. 溶接部であって溶接規格 N-1100 の規定に準じてそれぞれ放射線透過試験、超音波探傷試験、磁粉探傷試験または浸透探傷試験を行った場合に合格する部分、または溶接部以外の部分については、次の値

(a) 使用温度が 40℃ を超えるオーステナイト系ステンレス鋼および高ニッケル合金については、次のうちいずれか小さい方の値

$$\cdot 1.35 S_y$$

$$\cdot 0.7 S_u$$

$$\cdot S_y(RT)$$

S_y : 付録材料図表 Part 5 表 8 に規定する材料の設計降伏点 (MPa)

S_u : 付録材料図表 Part 5 表 9 に規定する材料の設計引張強さ (MPa)

$S_y(RT)$: 付録材料図表 Part 5 表 8 に規定する材料の 40℃ における設計降伏点 (MPa)

(b) 上記の(a)以外のものについては、次のうち小さい方の値

$$\cdot S_y$$

$$\cdot 0.7 S_u$$

S_y , S_u : (a) に定めるところによる。

b. 溶接部であって a. に掲げる部分以外の部分については、a. に定める値の 0.45 倍の値

(2) せん断応力

一次せん断応力については、次の計算式により計算した値

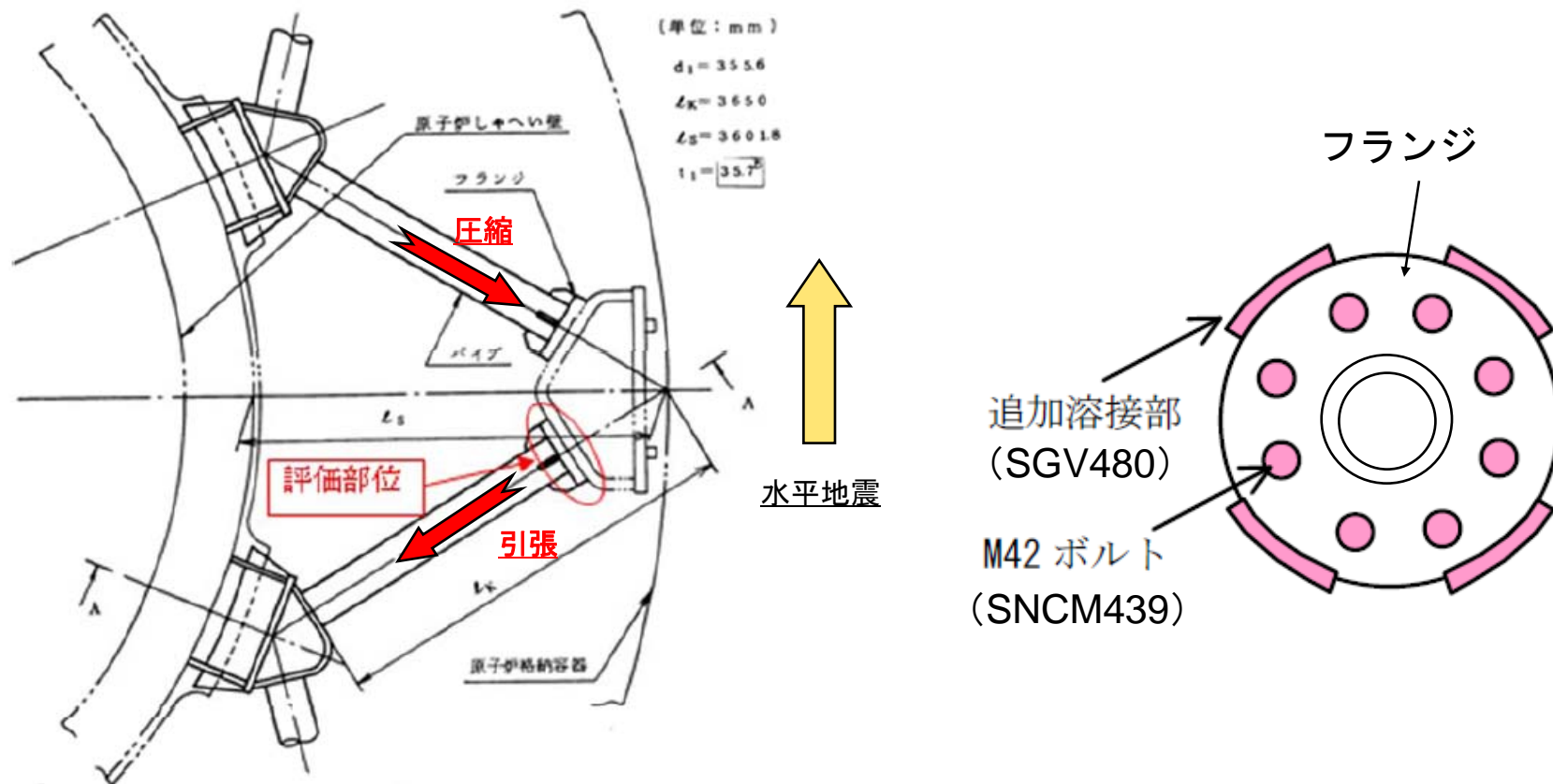
$$f_s = \frac{F}{1.5\sqrt{3}} \quad (\text{SSB-1.2})$$

f_s : 許容せん断応力 (MPa)

F : (1) に定めるところによる。

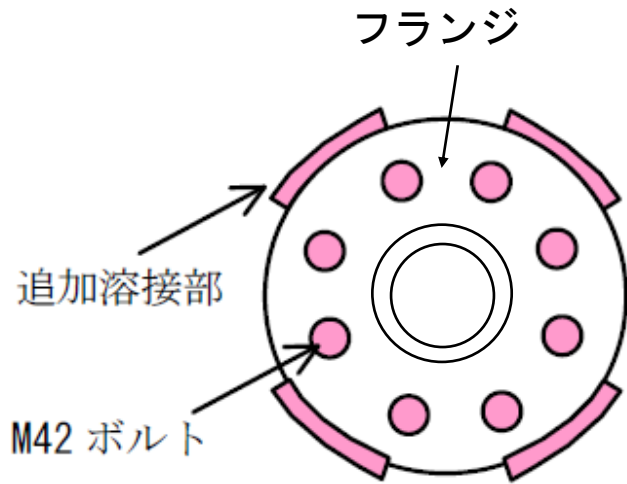
格納容器スタビライザ溶接部の評価 (1)

- スタビライザに生じる地震荷重を，溶接部とボルトで負担する。



格納容器スタビライザ溶接部の評価 (2)

- スタビライザからの地震荷重に対する、溶接部の引張応力を評価。



<スタビライザ1本あたりの地震荷重>

$$F_H = 5.48 \times 10^6 [N]$$

<溶接部の断面積 (4箇所合計) >

$$A_W = 1.13 \times 10^4 [mm^2]$$

<ボルトの断面積 (8本合計) >

$$A_b = 1.11 \times 10^4 [mm^2]$$

以上より、溶接部及びボルトの応力 (引張応力) は、

$$\sigma_W = \frac{F_H}{A_W + A_b} = \frac{5.48 \times 10^6}{1.13 \times 10^4 + 1.11 \times 10^4} = 245 [MPa] < 331 [MPa]$$

(溶接部の許容引張応力※)

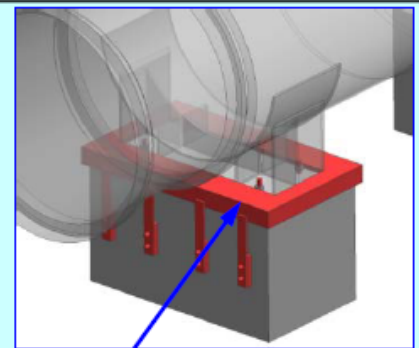
※溶接部に対しては、溶接規格N-1100の規定に準じて浸透探傷試験を実施しており、溶接継手効率を考慮しない。(設計・建設規格 SSB-3121.1)
(試験を実施していない場合は、溶接継手効率0.45を乗じる。)

熱交換器の耐震強化工事の内容

耐震強化概要

- 耐震強化サポートを熱交換器の支持脚を取り囲むように設置
- 耐震強化サポートにより支持脚を拘束

地震による荷重を耐震強化サポートにより支持



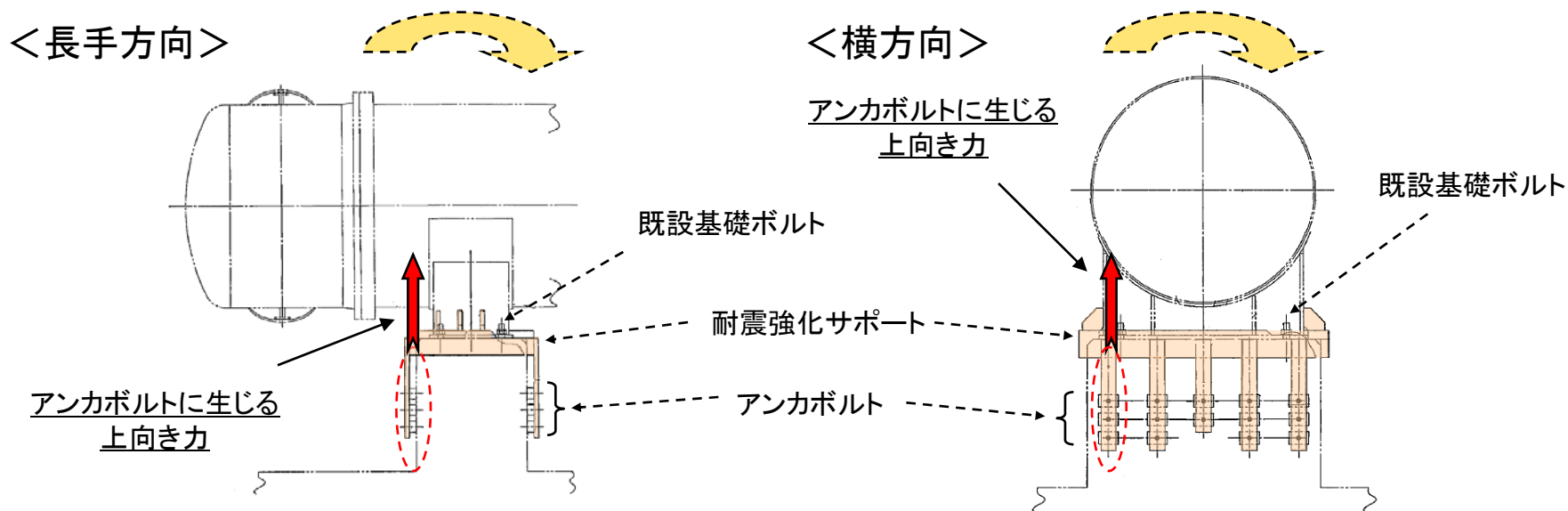
熱交換器全景

耐震強化サポート



熱交換器の耐震強化工事の考え方

- 既設の基礎ボルトに生じる地震荷重を，耐震強化サポートにより基礎台へ伝達する。（既設の基礎ボルトには強度を期待しない）
- 伝達された地震荷重は，基礎台に埋めこめられたアンカボルトにより負担する。（前面，背面それぞれ14本）

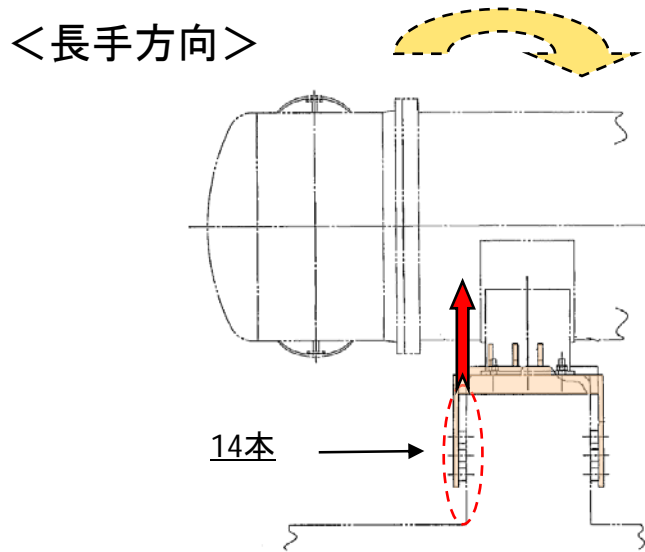


- 長手方向地震による荷重は，基礎台長手面の14本のアンカボルトにて支持するように設計。

- 横方向地震の荷重は，基礎台長手面の両端のアンカボルト6本（前面3本，背面3本）にて支持するように設計。

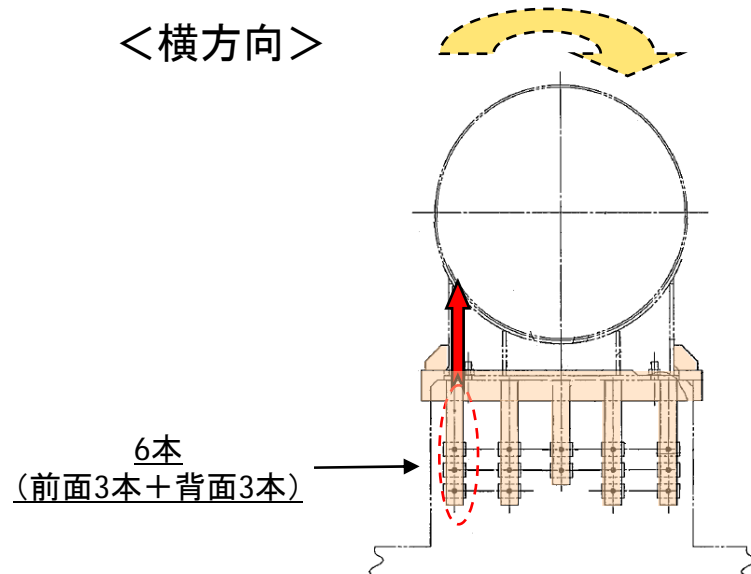
熱交換器基礎部の評価 (1)

- JEAG4601-1987に示されている熱交換器に対する評価式を用いて、アンカボルトに作用する鉛直力を算出。(中立軸の位置と曲げモーメント及び鉛直力の釣り合いにより算出。)
- 算出された鉛直力から、アンカボルト1本当たりのせん断荷重を算出。



<アンカボルト1本あたりのせん断荷重>

$$F_{b1} = 9.18 \times 10^4 [N]$$



<アンカボルト1本あたりのせん断荷重>

$$F_{b2} = 6.62 \times 10^4 [N]$$

熱交換器基礎部の評価 (2)

- 「JEAG 4601-1991 追補版」に従い、コンクリート部の許容せん断荷重を算出。

＜コンクリート強度による許容せん断荷重＞

$$q_{a1} = K_3 \cdot 0.5 A_b \sqrt{E_c \cdot F_C}$$

K_3 : せん断耐力の低減係数 (=0.8 [IV_AS])

A_b : アンカボルトの谷径断面積 (=787 [mm²])

E_c : コンクリートのヤング率 (=2.05 × 10⁴ [MPa])

F_c : コンクリートの設計基準強度 (=23.5 [MPa])

これにより、コンクリート部の許容せん断荷重を算出すると、

$$q_{a1} = \underline{2.18 \times 10^5 [N]} \quad (\text{アンカボルト1本あたり})$$

アンカボルトが受けるせん断荷重は、コンクリート強度による許容せん断荷重以下であることを確認した。

※但し、実際にはコンクリート部の許容せん断荷重よりもアンカボルトの許容せん断荷重のほうが小さく、コンクリートの破壊よりもアンカボルトの破損が支配的となっている。

＜アンカボルトの許容せん断荷重＞

$$Q = \underline{1.32 \times 10^5 [N]}$$