
設備小委45-2-2

5号機原子炉格納容器スタビライザの 耐震強化工事に関する質問への回答

平成22年9月14日



東京電力

質問①、②、③

〔質問①〕

シヤラグにストッパをつけたために、原子炉格納容器の壁面に垂直な力がかかるのではないかと格納容器が変形するのではないかと？

〔質問②〕

地震等によりスタビライザと格納容器との相対的なズレが生じた時、ストッパに無理な力がかかり、ストッパがめくれ上がり、溶接部が破損することはないか？あるいはストッパが下がろうとした時、ストッパのナイフエッジのくさび効果でメイルシヤラグを押し上げるのではないかと？

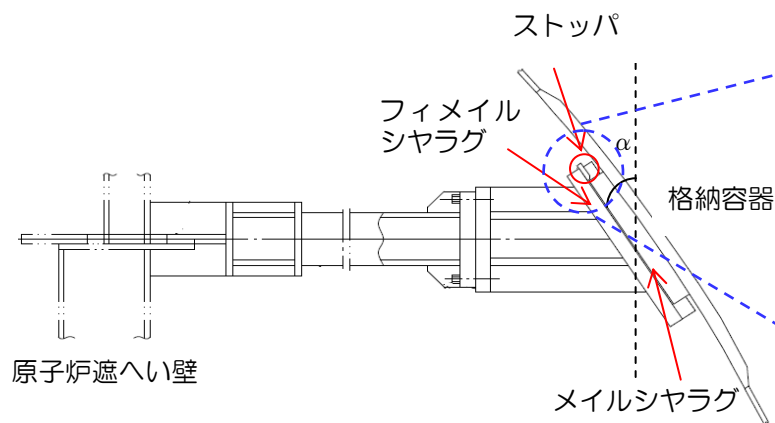
〔質問③〕

ストッパ先端に荷重が集中し、先端がへこみ、はりの支持機能を阻害することはないか？ストッパとメイルシヤラグの接触によってはりを支えるという設計は妥当か？

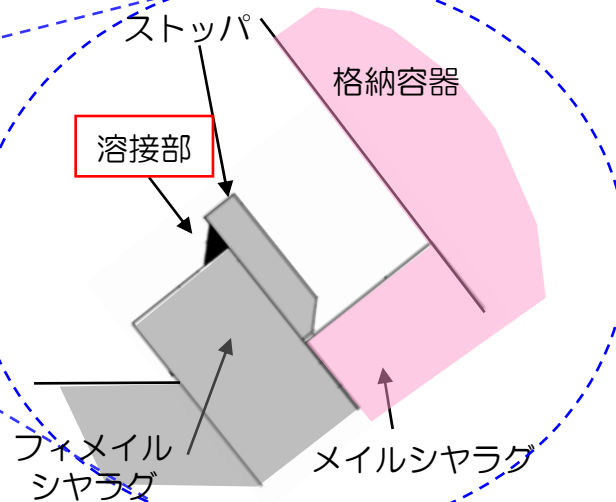
質問①、②、③

〔回答①、②、③〕

ストッパ溶接部については、地震荷重に対して、構造強度が確保されていることを確認しており、溶接部が破損することはない。



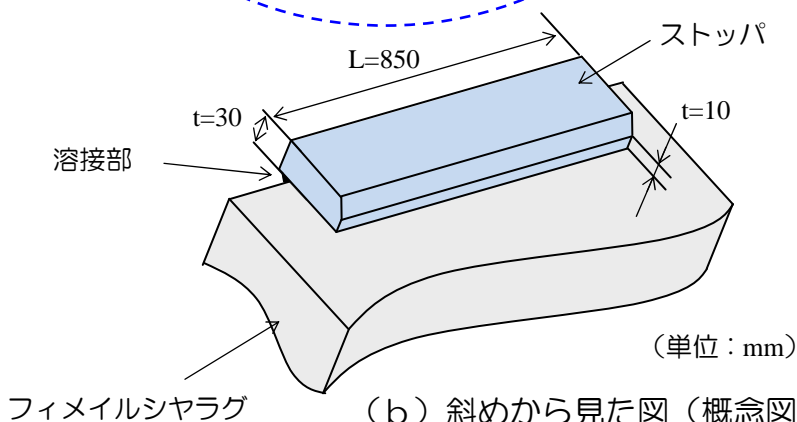
(a) 横方向から見た図



ストッパ溶接部（評価部位）

単位 [MPa]

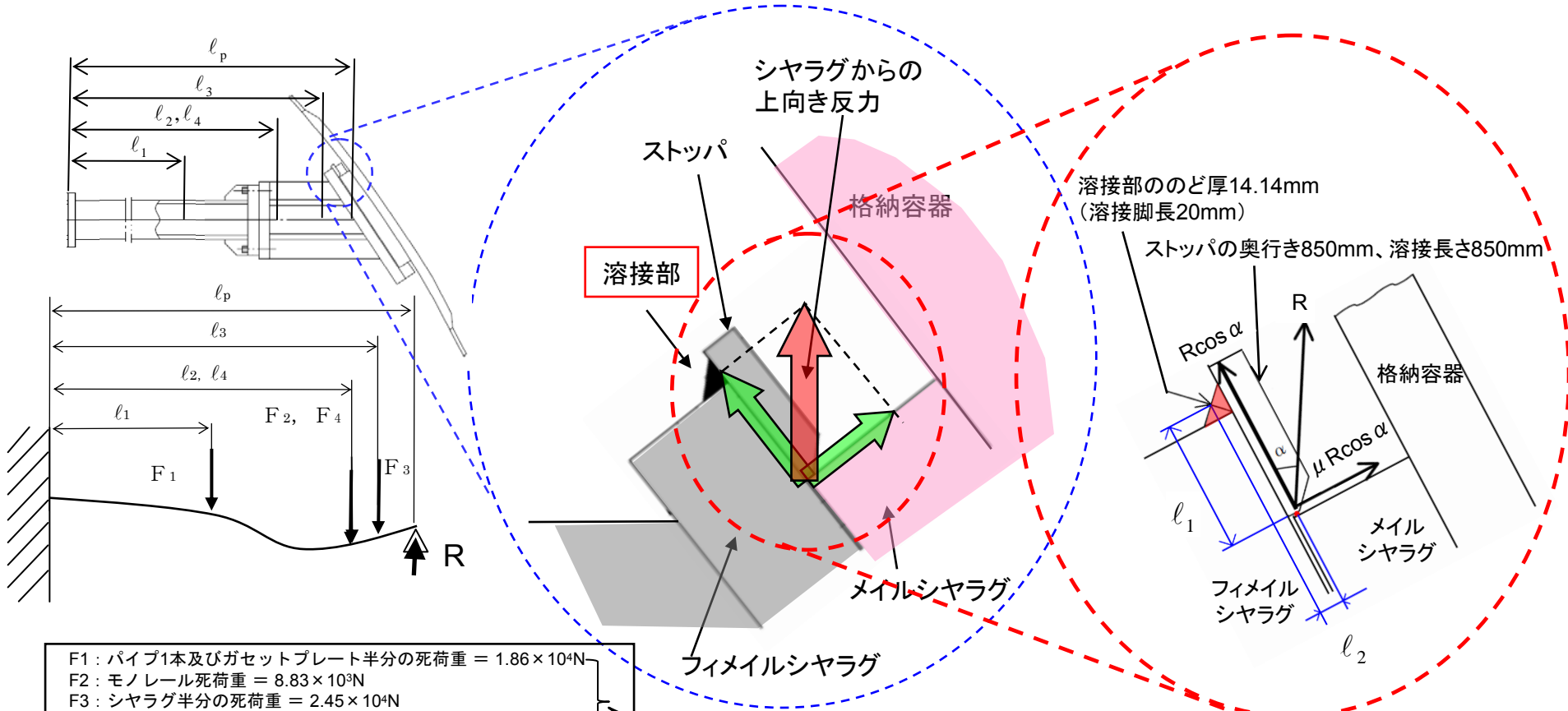
	計算値	評価基準値
曲げ	285	306
せん断	14	177
組合せ	286	306



(b) 斜めから見た図（概念図）

評価部位P3(シヤラグプレート溶接部)に作用する荷重

評価部位P3(ストッパ溶接部)に作用する地震荷重は以下のとおり。



- F1 : パイプ1本及びガセットプレート半分の死荷重 = $1.86 \times 10^4 \text{ N}$
 - F2 : モノレール死荷重 = $8.83 \times 10^3 \text{ N}$
 - F3 : シヤラグ半分の死荷重 = $2.45 \times 10^4 \text{ N}$
 - F4 : 吊り荷重 (SRV半分の死荷重) = $8.34 \times 10^3 \text{ N}$
 - R : 地震時のシヤラグプレートへの反力
- l1 : 固定端からパイプ重心位置までの距離 = 1561.9mm
 - l2 : 固定端からモノレール最外周位置までの距離 = 3257.4mm
 - l3 : 固定端からシヤラグ重心位置までの距離 = 3264.3mm
 - l4 : 固定端から吊り荷重作用点までの距離 = 3257.4mm
 - lp : パイプ根本からシヤラグプレート接合位置までの距離 = 3473.5mm

2倍で考慮
(パイプ2本分)

反力R: $1.99 \times 10^5 \text{ N}$
 溶接部断面積(のど厚×溶接長さ): $1.20 \times 10^4 \text{ mm}^2$
 溶接部の断面係数: $2.83 \times 10^4 \text{ mm}^3$
 α : 34.17° l_1 : 108 mm l_2 : 16.68 mm
 μ : 摩擦係数(0.3)

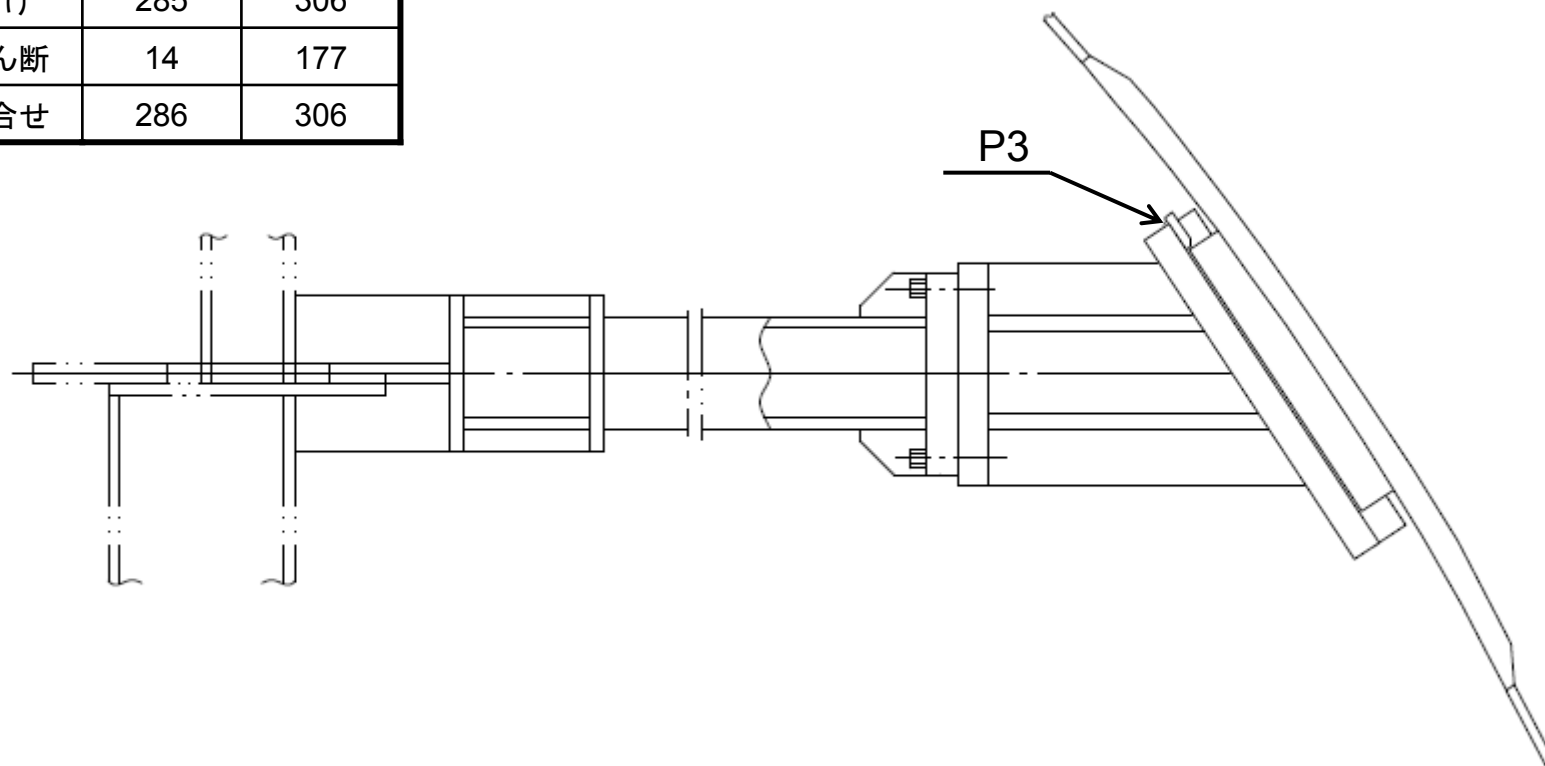
評価部位P3(シヤラグプレート溶接部)の評価結果

構造W54-4
に一部追記

シヤラグプレート(ストッパ)溶接部(評価部位P3)

単位[MPa]

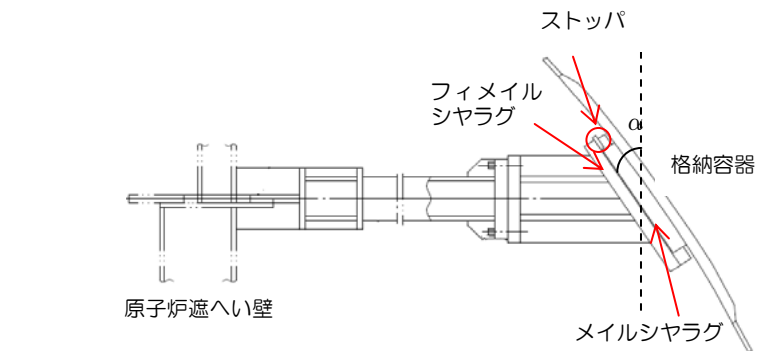
	計算値	評価基準値
曲げ	285	306
せん断	14	177
組合せ	286	306



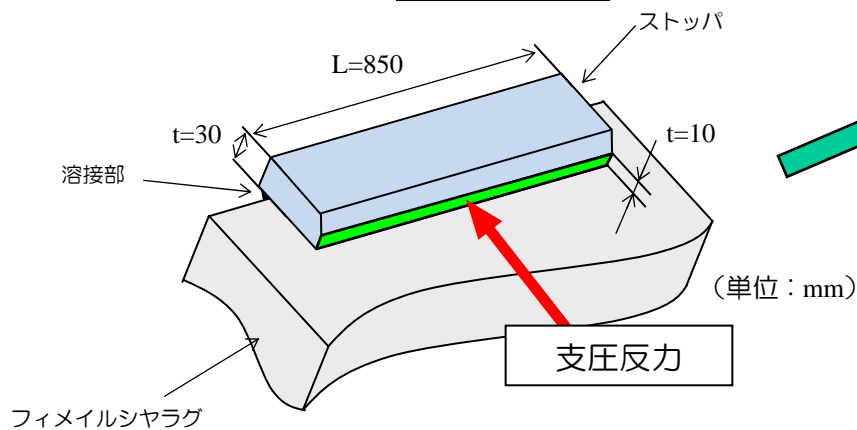
質問①、②、③

・ ストップパの先端部について

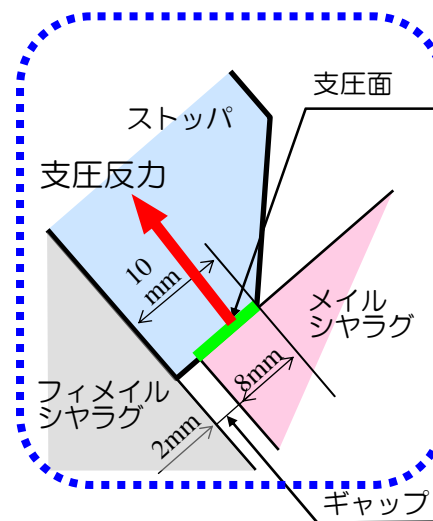
ストップパ自身の支圧応力を評価した結果、評価基準値以下であることを確認している。そのため、はりの支持機能は阻害されることはない。



(a) 横方向から見た図



(c) 斜めから見た図 (概念図)



(b) ストップパ部拡大図

単位 [MPa]

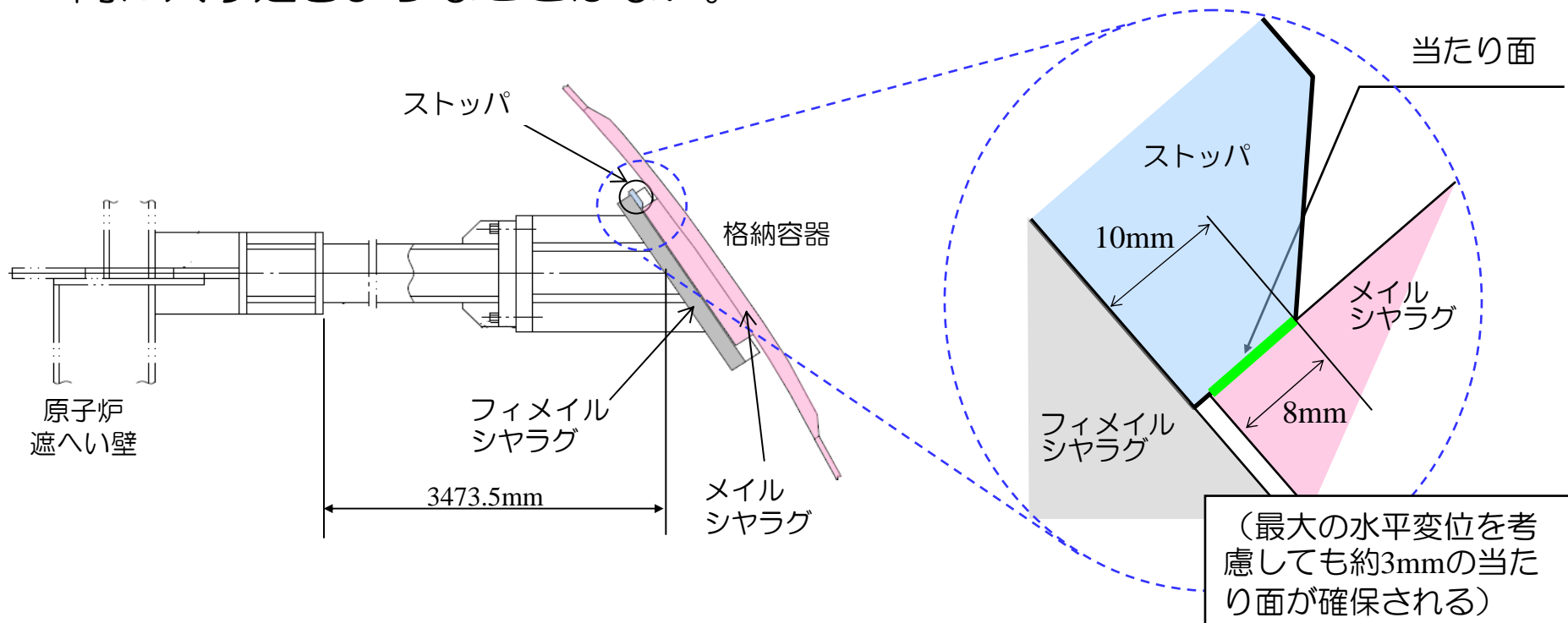
	計算値	評価基準値
支圧応力	25	418

ストップパに働く支圧応力は評価基準値に比べて十分小さい。

質問①、②、③

・ストッパの先端部について

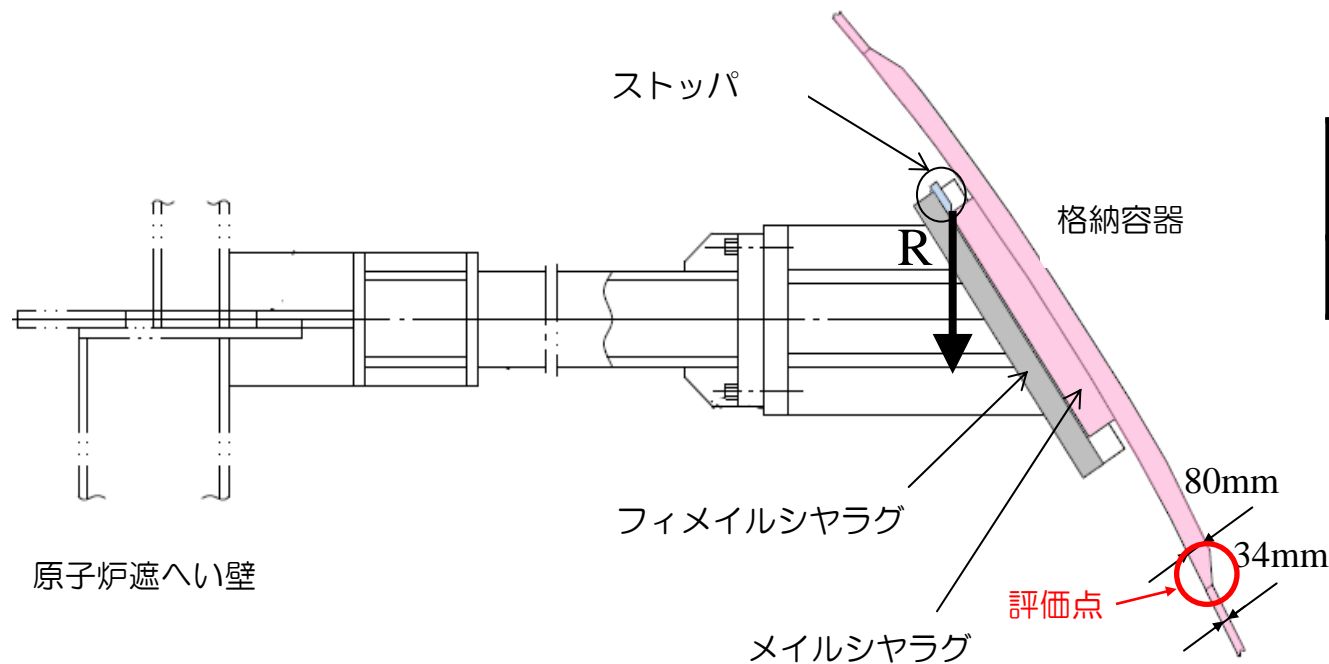
ストッパの当たり面は、地震時における最大の水平方向の相対変位（原子炉遮へい壁－原子炉格納容器間）を考慮しても確保されており、ストッパが下がろうとする際にメールシヤラグとフィメールシヤラグの間に入り込むようなことはない。



質問①、②、③

・ 原子炉格納容器に与える影響について

ストッパからの反力がマイルシヤラグに伝わり、マイルシヤラグを介して原子炉格納容器に荷重が伝わる。この荷重によって、原子炉格納容器胴に生じる応力は5MPaであり、ストッパ設置に伴う格納容器に与える影響は軽微と考えられる。



計算値 (MPa)	評価基準値 (MPa)
5	380

R: シヤラグに作用するストッパからの反力

質問①、②、③

以上より下記（１）～（３）を確認できた。

- （１）ストッパ溶接部は地震荷重に対し破損することはない。
- （２）ストッパ先端部は地震荷重に対し破損することはない。
また、マイルシヤラグとフィメールシヤラグの間に入り込むことは無い。
- （３）ストッパ設置に伴い作用する荷重が、格納容器に対して与える影響は軽微である。

よって、ストッパとマイルシヤラグの接触により、はり（原子炉格納容器スタビライザ）を支えるという設計は妥当である。

質問④

〔質問④〕

スタビライザのボルト接合部を溶接によって補強しているが、それによって強度を確保することはできるのか？また、ボルトをはずせなくなると、メンテナンスにおいて問題は生じないか？

質問④

〔回答④〕

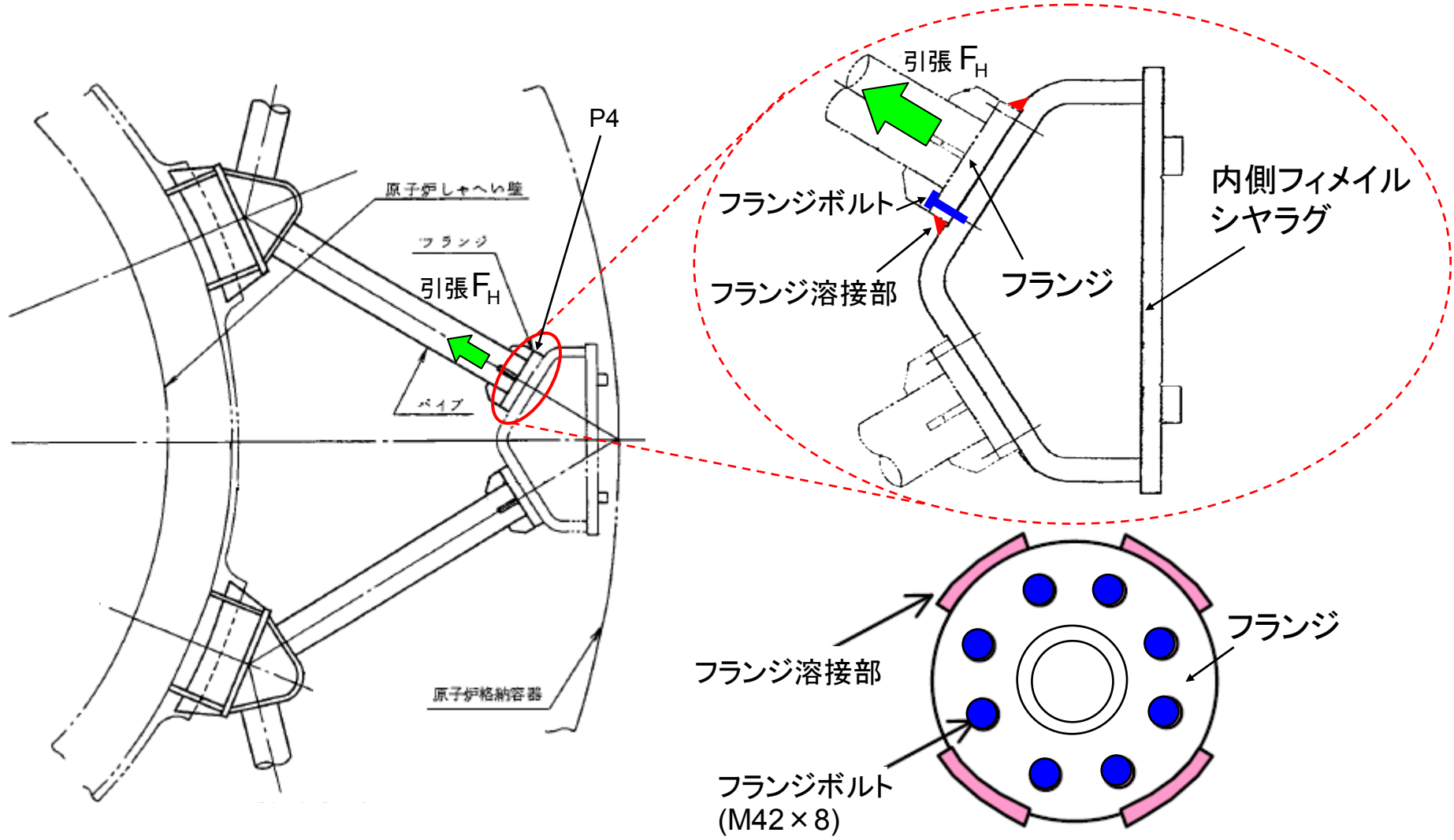
溶接はフランジ部に実施しており、ボルトと溶接で結合されたフランジ部により強度は確保可能である。

地震によりボルト及び溶接部に発生する引張荷重は $5.48 \times 10^6 \text{N}$ であり、評価基準値 $7.96 \times 10^6 \text{N}$ に対して小さいため地震によりボルトおよび溶接部が破損することはない。

なお、ボルトを取り外すようなメンテナンスは想定していない。

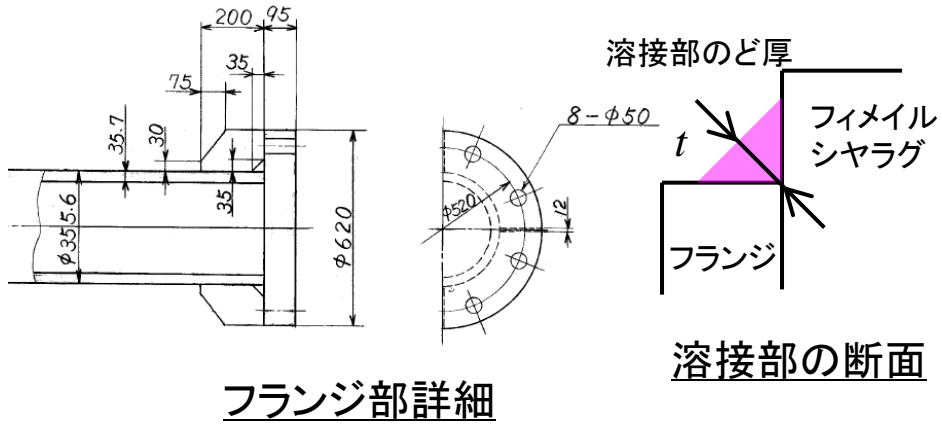
評価部位P4(ボルト及びフランジ溶接部)に作用する荷重

評価部位P4に作用する地震荷重は以下のとおり。



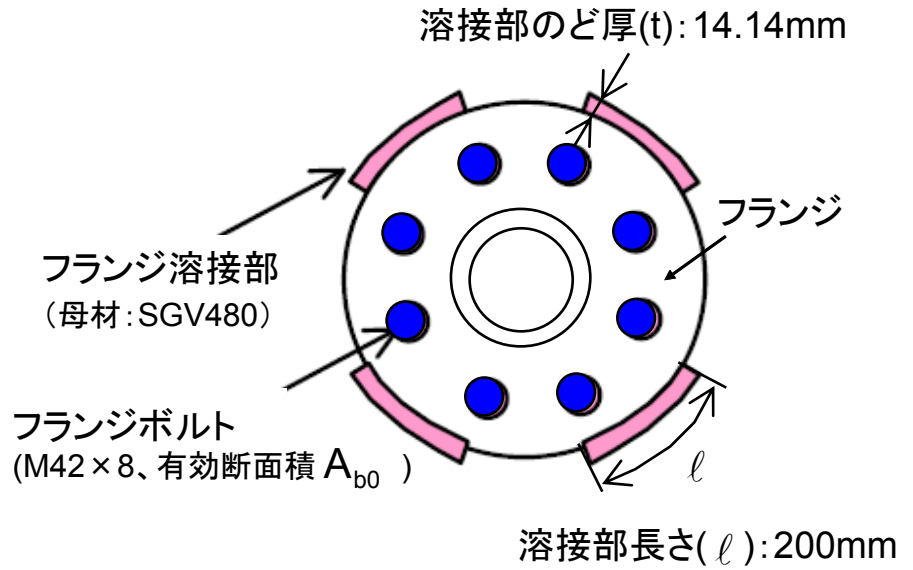
パイプ側から見た、フランジボルト、フランジ溶接部

評価部位P4(ボルト及びフランジ溶接部)の評価基準値の算定



フランジ部詳細

溶接部の断面



パイプ側から見た、フランジボルト、フランジ溶接部

スタビライザ1本あたりの地震荷重
 $F_H = 5.48 \times 10^6 \text{ N}$

溶接部の断面積
 $A_W = n \cdot l \cdot t = 4 \times 200 \times 14.14 = 1.13 \times 10^4 \text{ mm}^2$

ボルトの断面積
 $A_b = n_b \cdot A_{b0} = 8 \times 1.12 \times 10^3 = 8.96 \times 10^3 \text{ mm}^2$

フランジ溶接部の評価基準値(荷重)
 溶接部とボルトで負担できる荷重は以下のとおり計算する。
 $F = A_W \cdot S_W + A_b \cdot S_b$
 $= 1.13 \times 10^4 \times 177 + 8.96 \times 10^3 \times 666$
 $= 7.96 \times 10^6 \text{ N}$

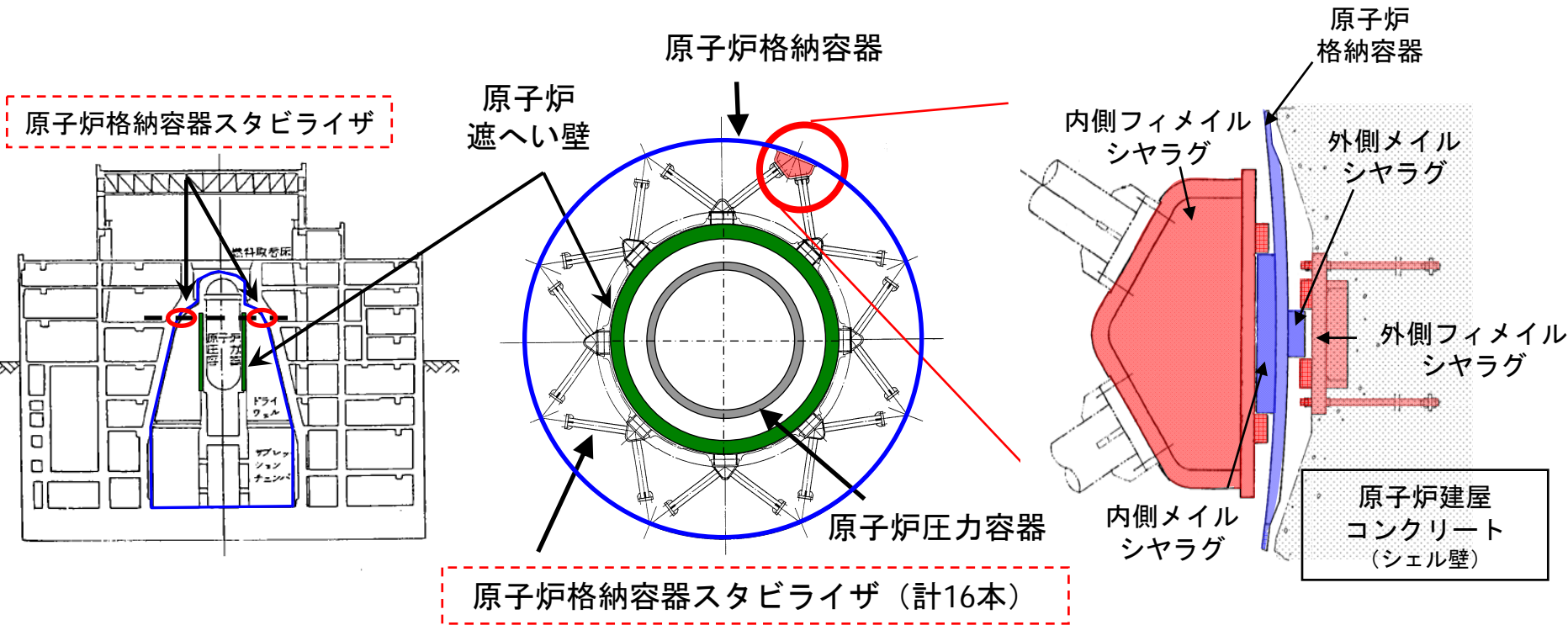
- ここに、
- n: 溶接箇所数=4箇所
 - n_b: ボルトの本数=8本
 - S_W: 溶接部(母材)のせん断応力に対する評価基準値=177MPa
 - S_b: ボルトの引張応力に対する評価基準値=666MPa

(添付資料)

原子炉格納容器スタビライザの構造・耐震強化工事の概要および審議の経緯について

原子炉格納容器スタビライザについて

- 原子炉遮へい壁～原子炉格納容器間に設置されている、トラス状の鋼構造物である。
- 原子炉遮へい壁に溶接で固定され、原子炉格納容器とは、マイル・フィメールシヤラグを介して取り合い、原子炉遮へい壁と原子炉格納容器間の水平方向の荷重を伝達する。



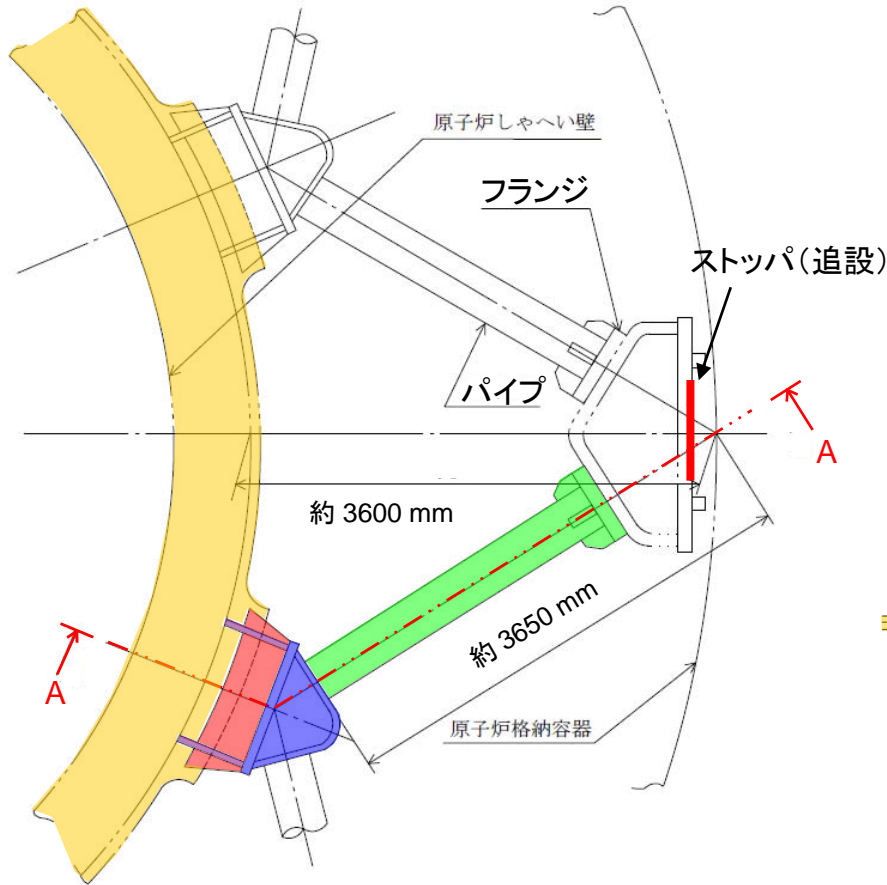
原子炉建屋模式図

上から見た図 (左図の破線での断面)

原子炉建屋との取り合い図

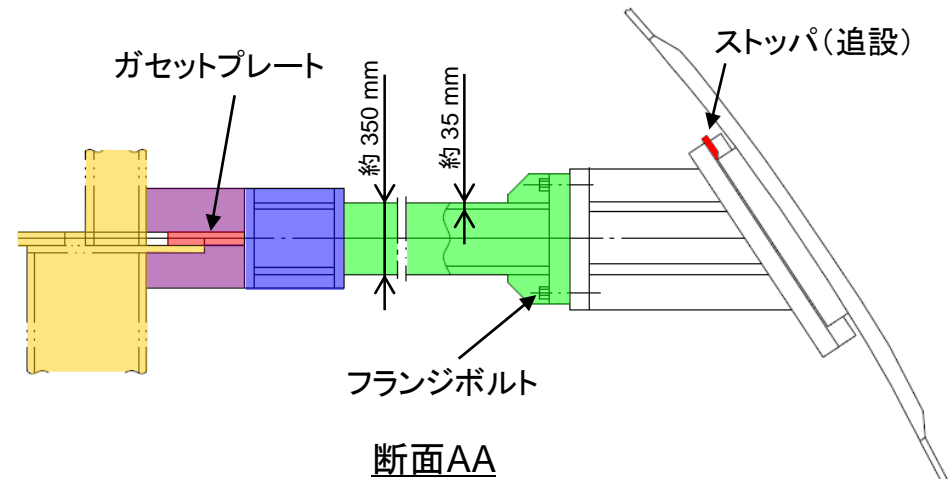
原子炉格納容器スタビライザの概略構造

原子炉格納容器スタビライザの概略構造と使用材料を以下に示す。



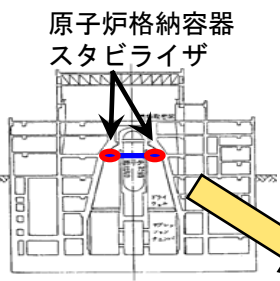
使用材料

ガセットプレート	SM490B
パイプ	STS480
フランジボルト	SNCM439
ストップ	SGV480



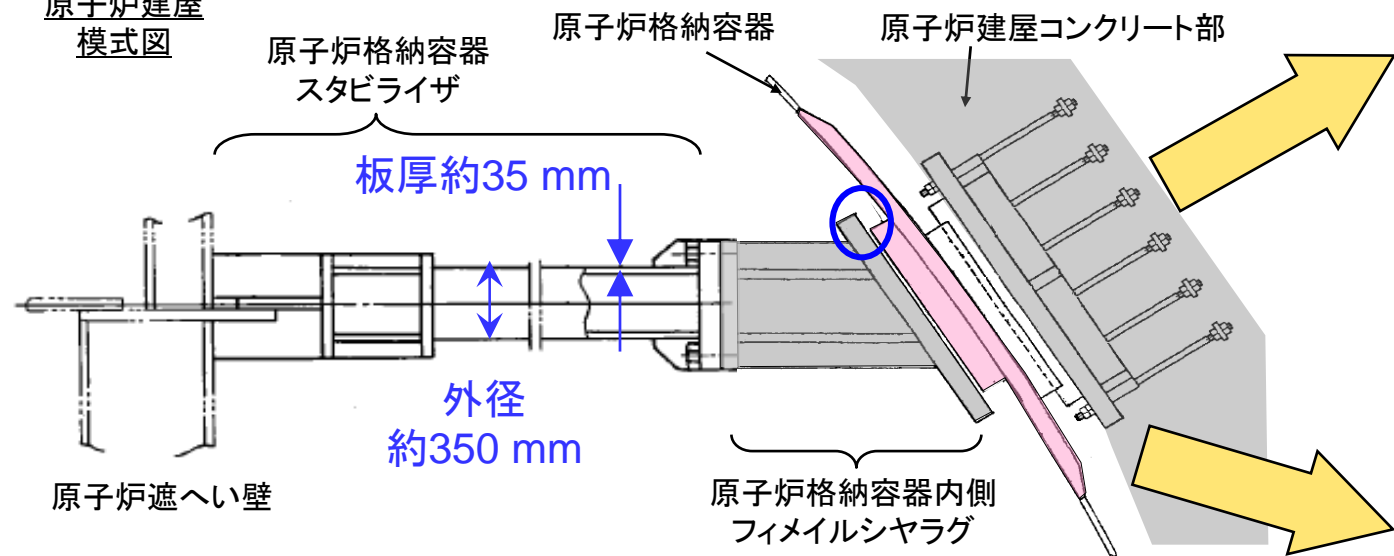
原子炉格納容器スタビライザの概略寸法と材料

原子炉格納容器スタビライザの格納容器との取り合い部

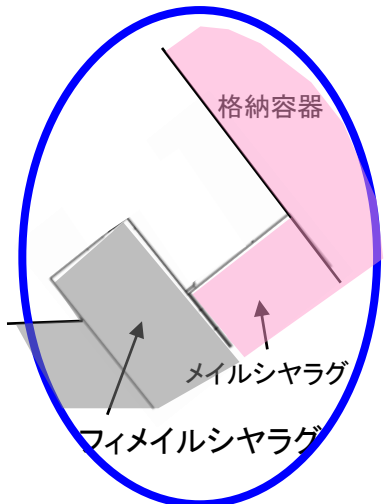


フィメールシヤラグとメイルシヤラグは、水平方向（紙面に垂直方向）のみ、お互いに接触するが、下方向のスタビライザのたわみでは、メイルシヤラグとは接触しない。

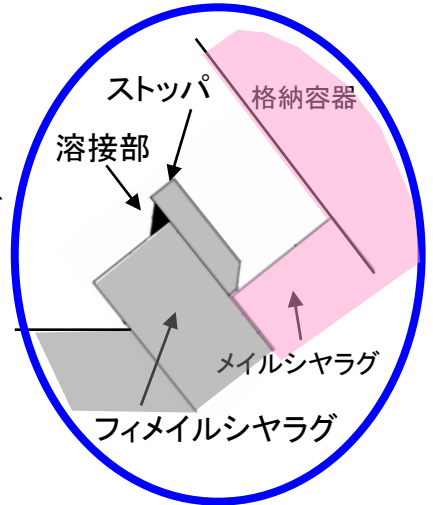
原子炉建屋
模式図



横から見た図



改造前

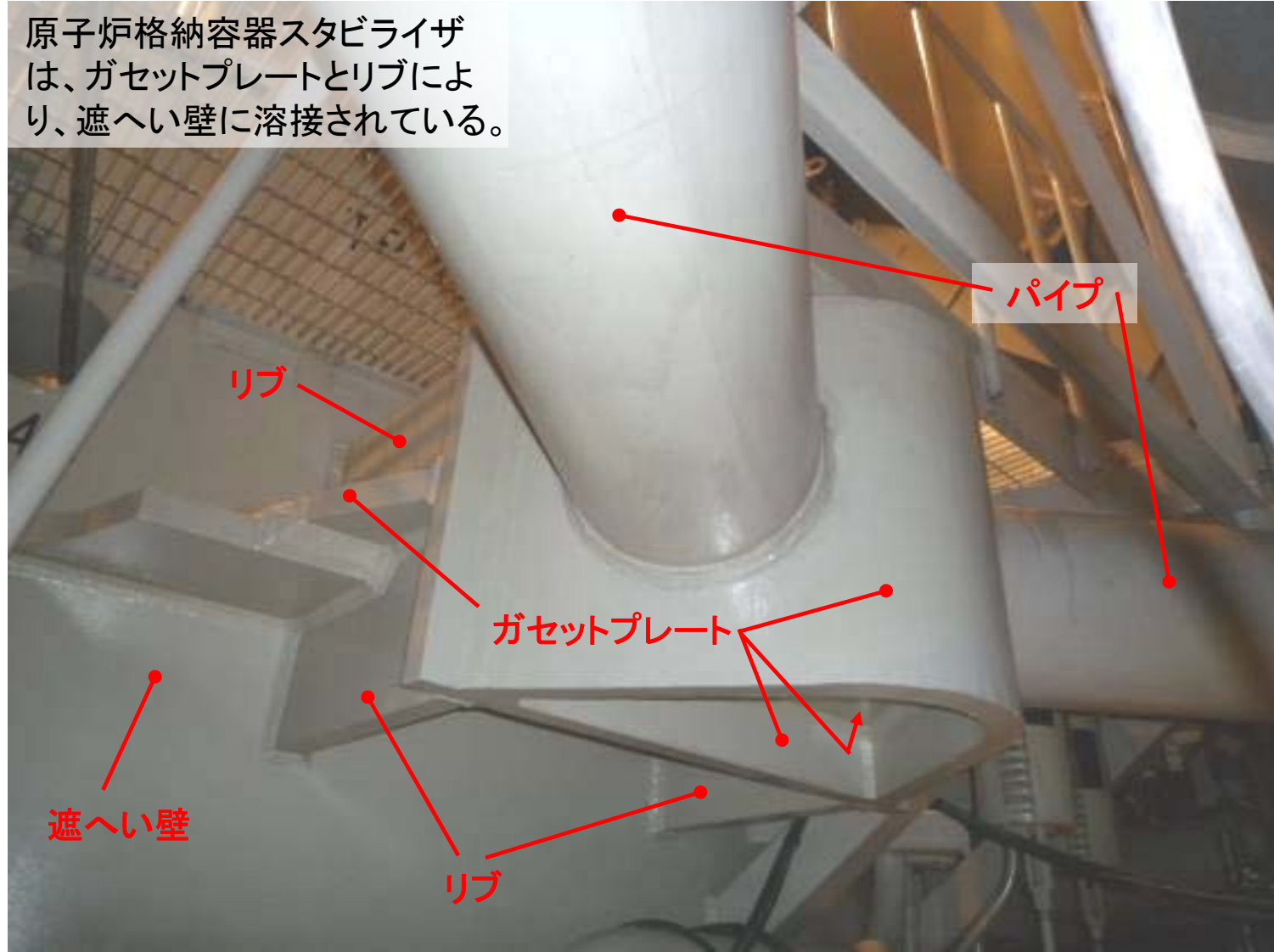


改造後

ストッパがメイルシヤラグに当たり、下方向へのスタビライザのたわみが支持される。

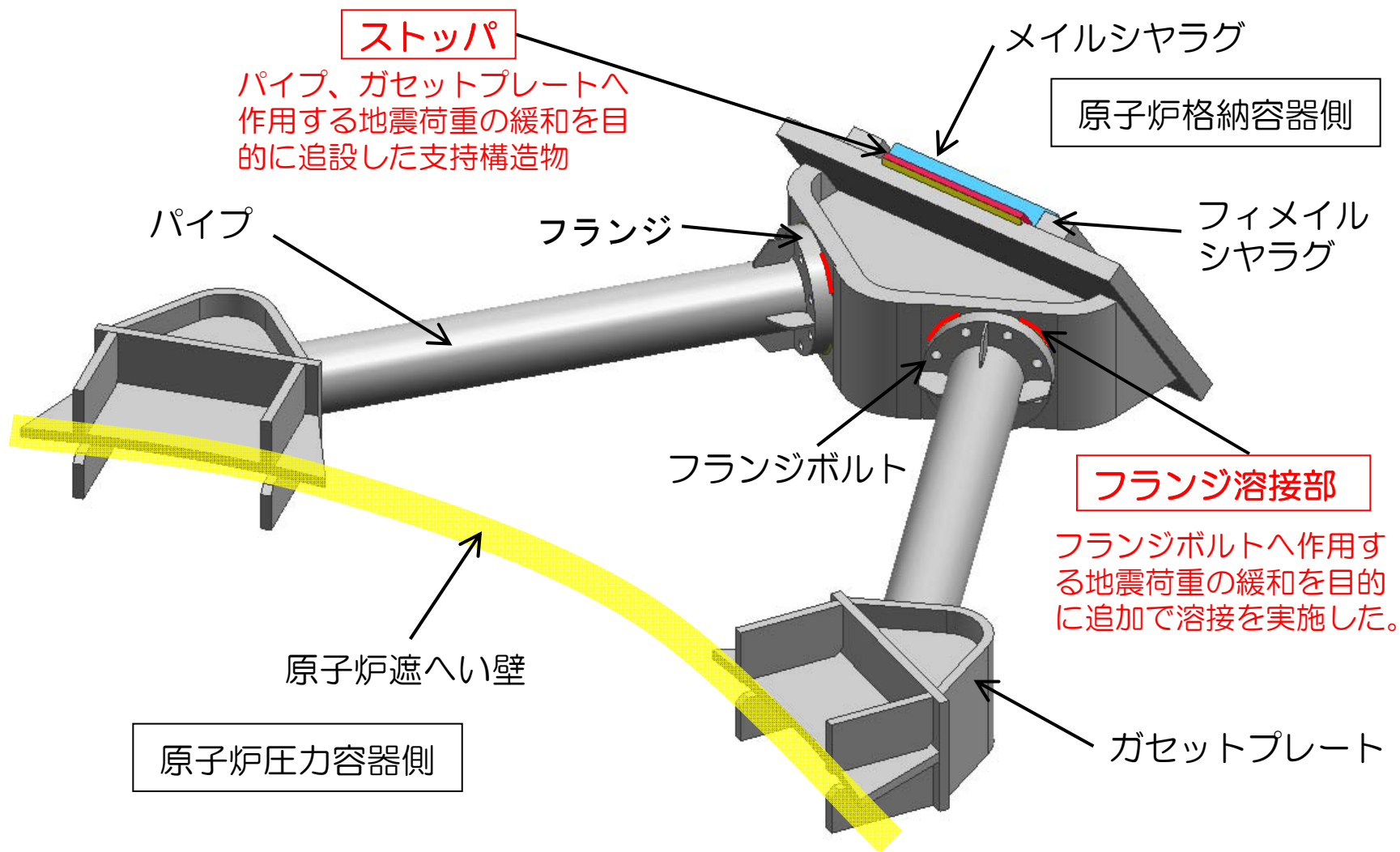
原子炉格納容器スタビライザの遮へい壁との取り合い部

原子炉格納容器スタビライザは、ガセットプレートとリブにより、遮へい壁に溶接されている。



原子炉格納容器スタビライザの遮へい壁との取り合い部(写真)

原子炉格納容器スタビライザ鳥瞰図



鳥瞰図

: 耐震強化箇所

国（構造ワーキング）における主な審議の経緯

6月8日に原子力安全・保安院の現地立入調査が行われ、原子炉格納容器スタビライザの耐震強化工事について設計の妥当性を説明するよう求められた。延べ3回の審議を経て、耐震強化工事の妥当性が確認された（8月2日）。

6月 8日	原子力安全・保安院 現地立ち入り調査 強化工事に隅肉溶接が用いられていることの妥当性について説明を求められた。
6月23日	第52回構造ワーキングにて、現地立ち入り調査時の指摘事項への回答について審議 〔 隅肉溶接部の強度評価について説明を実施したが、特にボルト締結部に溶接を追加した部分の強度評価についてその妥当性の追加説明を求められた。 〕
6月29日	原子力安全・保安院が、同院ホームページ上で、原子炉格納容器スタビライザに関して慎重に審査する旨を宣言
7月23日	第54回構造ワーキングにて、前回指摘事項への回答について審議 〔 主に隅肉溶接部の強度評価について追加説明を実施し、ボルトと溶接を併用した結合部について、設計の想定どおりボルトと溶接部が荷重を分担するか確認するよう求められた。 〕
8月2日	第55回構造ワーキングにて、前回指摘事項への回答について審議 〔 ボルトと溶接を併用した結合部について、ボルトと溶接部で荷重が分担できていることを解析的に確認し、耐震強化設計の妥当性について了解された。 〕