

本資料のうち、枠囲みの内容は
商業機密の観点から公開できま
せん。

女川原子力発電所第2号機 工事計画審査資料	
資料番号	02-補-E-19-0600-40-46_改1
提出年月日	2021年10月5日

補足-600-40-46 原子炉格納容器シヤラグの鉛直地震荷重の考慮
について

1. 概要

本資料は、添付書類「VI-2-9-2-1-3 原子炉格納容器シヤラグの耐震性についての計算書」において、鉛直方向地震荷重を考慮していないことについて、鉛直地震時においても、原子炉格納容器スタビライザ（以下「PCV スタビライザ」という。）の構成部品である内側メイルシヤラグと原子炉格納容器シヤラグ（以下「PCV シヤラグ」という。）の構成部品である内側フィメイルシヤラグとの間、並びに外側メイルシヤラグと外側フィメイルシヤラグとの間が鉛直方向に接触しないことを示し、その妥当性を説明するものである。

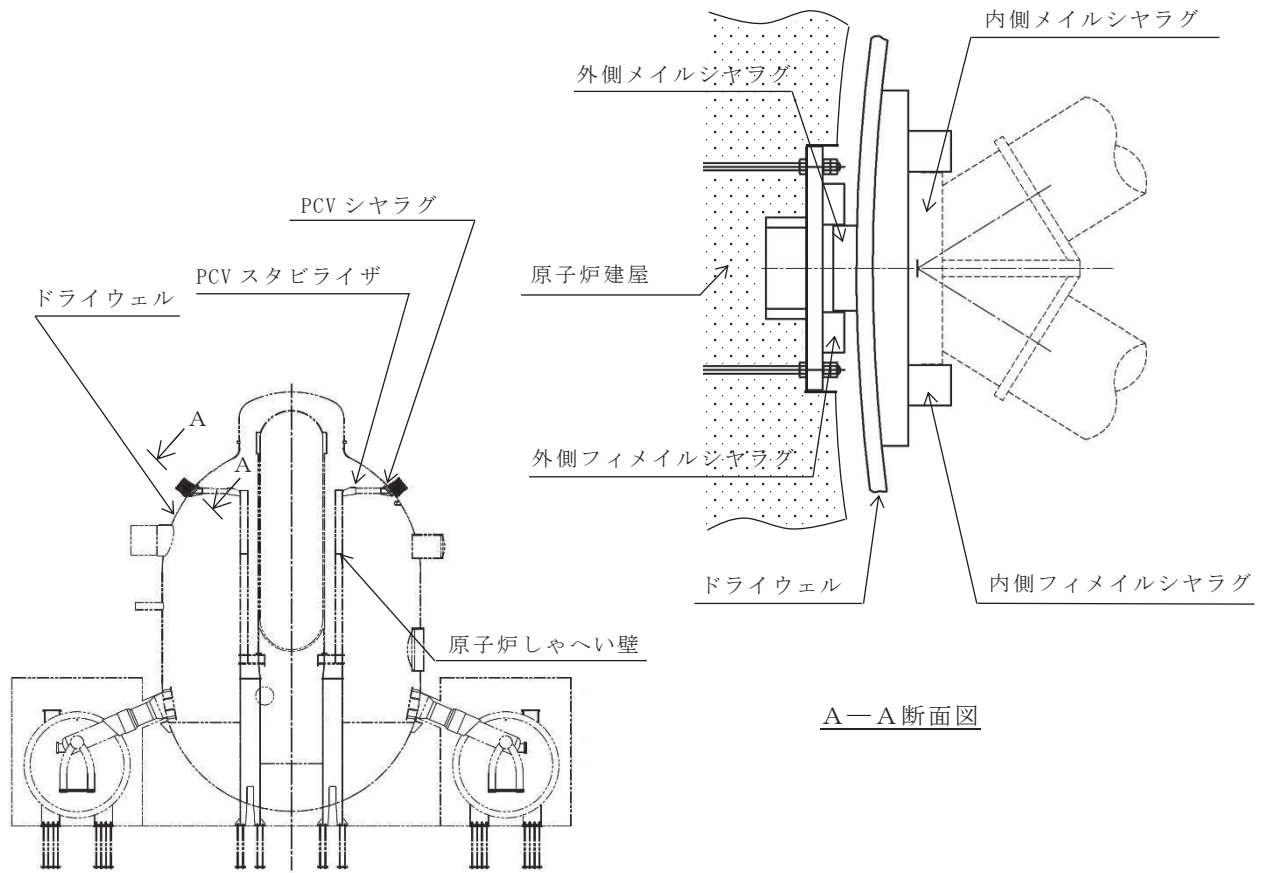
2. 検討内容

PCV シヤラグの構造概要を、図 1 に示す。

水平方向の荷重は、PCV スタビライザの内側メイルシヤラグから内側フィメイルシヤラグ、外側メイルシヤラグの順に伝えられ、外側フィメイルシヤラグを介して、原子炉建屋に伝達される。

内側メイルシヤラグ、内側フィメイルシヤラグ、外側メイルシヤラグ及び外側フィメイルシヤラグの位置関係を示した模式図を図 2 に示す。内側メイルシヤラグが差し込まれる内側フィメイルシヤラグの幅と内側メイルシヤラグの幅、並びに外側メイルシヤラグが差し込まれる外側フィメイルシヤラグの幅と外側メイルシヤラグの幅はほぼ同じであり、内側メイルシヤラグの水平方向の荷重を内側フィメイルシヤラグで、並びに外側メイルシヤラグの水平方向の荷重を外側フィメイルシヤラグで受ける構造になっている。一方、内側フィメイルシヤラグ、並びに外側フィメイルシヤラグの高さは鉛直方向に荷重が作用しない構造となっており、内側フィメイルシヤラグと内側メイルシヤラグ及び外側フィメイルシヤラグと外側メイルシヤラグとは鉛直方向に間隙を有して接触しない構造となっている。

本検討においては、以下に示すとおり、ドライウェルの各荷重の組合せにおける圧力及び熱膨張による変位、地震時における相対変位、PCV スタビライザの熱膨張による変位、PCV スタビライザの地震時変位より、内側シヤラグ及び外側シヤラグの鉛直方向間隙変化量を確認することにより、内側メイルシヤラグと内側フィメイルシヤラグ、並びに外側メイルシヤラグと外側フィメイルシヤラグとが鉛直方向に接触しないことを確認する。



A-A 断面図

図 1 PCV シヤラグの構造概要

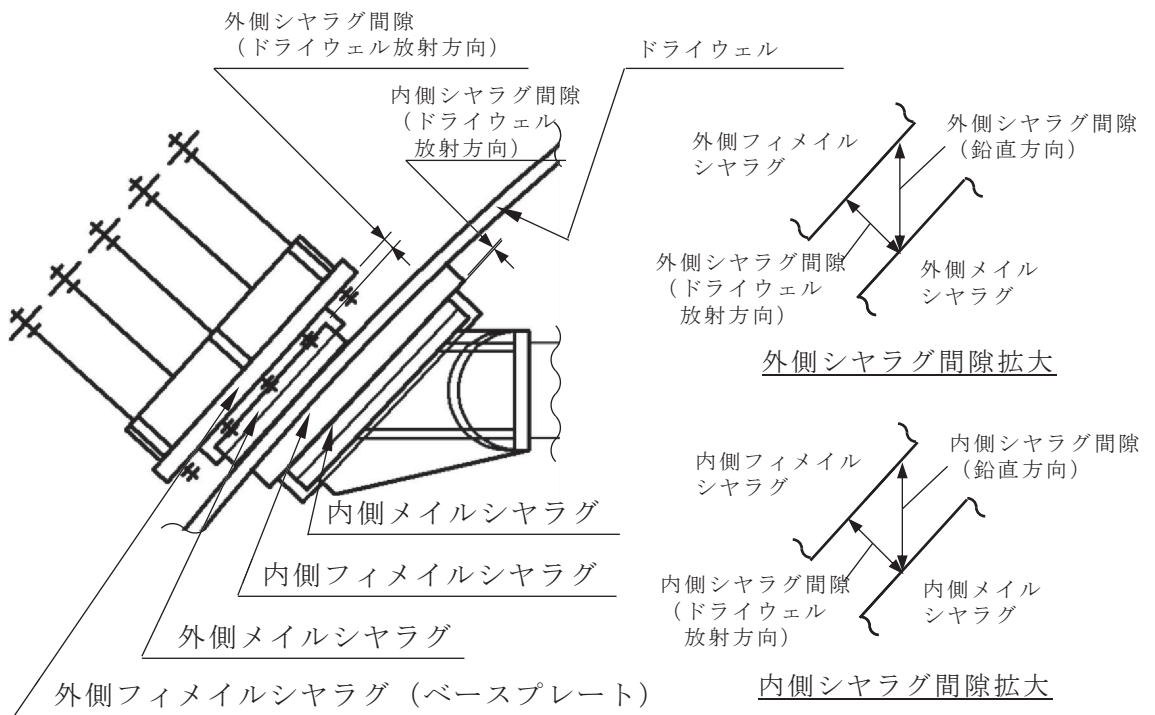


図 2 内側シヤラグ及び外側シヤラグの間隙の定義

2.1 図面寸法におけるシヤラグ間隙

図面寸法におけるメイルシヤラグとフィメイルシヤラグの鉛直方向間隙(図 2 参照)は、内側シヤラグで mm, 外側シヤラグで mm である。

2.2 圧力・熱膨張によるドライウェルの変位に伴うシヤラグ間隙変化

ドライウェルの各荷重の組合せにおける圧力及び熱膨張による変位に伴うシヤラグ部の鉛直方向間隙変化量は表 1 に示すとおりである。ドライウェルは鉛直上向き、水平外向きに変位し、内側シヤラグの間隙増加、外側シヤラグの間隙減少を生じさせる。荷重の組合せに示す記号は、添付書類「VI-2-9-2-1-3 原子炉格納容器シヤラグの耐震性についての計算書」にて定義している記号と同一である。

なお、表 1 の間隙変化量のうち、荷重の組合せ(1)及び(2)は熱膨張によるものであり、それ以外の荷重の組合せでは熱膨張の割合が約 8~9 割を占める。

表 1 ドライウェルの圧力・熱膨張による変位に伴うシヤラグ部の鉛直方向間隙変化量

(単位：mm)

荷重の組合せ		内側シヤラグ	外側シヤラグ
(1)	$D + P + M + S d^*$	<input type="text"/>	<input type="text"/>
(2)	$D + P + M + S s$	<input type="text"/>	<input type="text"/>
(3)	$D + P_L + M_L + S d^*$	<input type="text"/>	<input type="text"/>
(4)	$D + P_{SAL} + M_{SAL} + S d$	<input type="text"/>	<input type="text"/>
(5)	$D + P_{SALL} + M_{SALL} + S s$	<input type="text"/>	<input type="text"/>

備考：正の値は間隙の増加，負の値は間隙の減少を示す。

2.3 地震時における相対変位に伴うシヤラグ間隙変化

今回工認における地震時相対変位によるシヤラグ部の鉛直方向間隙変化量は、添付書類「V1-2-3-2 炉心，原子炉圧力容器及び原子炉内部構造物並びに原子炉格納容器及び原子炉本体の基礎の地震応答計算書」に記載の解析モデルから算出し，表2のとおりである。内側シヤラグは，原子炉しゃへい壁と原子炉格納容器との相対変位を考慮する。外側シヤラグは，原子炉格納容器と原子炉建屋との相対変位を考慮する。

表2 地震時相対変位によるシヤラグ部の鉛直方向間隙変化量

(単位：mm)

荷重の組合せ		内側シヤラグ	外側シヤラグ
(1)	$D + P + M + S d^*$		
(2)	$D + P + M + S s$		
(3)	$D + P_L + M_L + S d^*$		
(4)	$D + P_{SAL} + M_{SAL} + S d$		
(5)	$D + P_{SALL} + M_{SALL} + S s$		

備考：負の値は間隙の減少を示す。

2.4 PCV スタビライザの熱膨張によるシヤラグ間隙変化

PCV スタビライザの熱膨張によるシヤラグ部の鉛直方向間隙変化量は表3に示すとおりである。PCV スタビライザが水平外向きに熱膨張するとき，内側シヤラグの間隙減少を生じさせる。

表3 PCV スタビライザの熱膨張によるシヤラグ部の鉛直方向間隙変化量

(単位：mm)

荷重の組合せ		内側シヤラグ	外側シヤラグ
(1)	$D + P + M + S d^*$		該当無し
(2)	$D + P + M + S s$		
(3)	$D + P_L + M_L + S d^*$		
(4)	$D + P_{SAL} + M_{SAL} + S d$		
(5)	$D + P_{SALL} + M_{SALL} + S s$		

備考：負の値は間隙の減少を示す。

2.5 地震時における PCV スタビライザのたわみによるシヤラグ間隙変化

今回工認における地震時の PCV スタビライザの鉛直方向へのたわみによるシヤラグ部の鉛直方向間隙変化量は表 4 に示すとおりである。PCV スタビライザは、原子炉しゃへい壁側を固定端とし、パイプの質量を分布荷重、内側マイルシヤラグの質量を集中荷重とした片持はり（図 3 参照）を仮定し、内側シヤラグの間隙を減少させる鉛直上向きの変位を考慮する。図 3 の計算モデルにより求めた自重によるたわみに、PCV スタビライザの震度を乗じたものを鉛直方向の間隙変化量とした。

表 4 地震時の PCV スタビライザの鉛直方向へのたわみによるシヤラグ部の鉛直方向間隙変化量

位：mm)

荷重の組合せ		内側シヤラグ	外側シヤラグ
(1)	$D + P + M + S d^*$	[図 3 参照]	該当無し
(2)	$D + P + M + S s$		
(3)	$D + P_L + M_L + S d^*$		
(4)	$D + P_{SAL} + M_{SAL} + S d$		
(5)	$D + P_{SALL} + M_{SALL} + S s$		

備考：負の値は間隙の減少を示す。

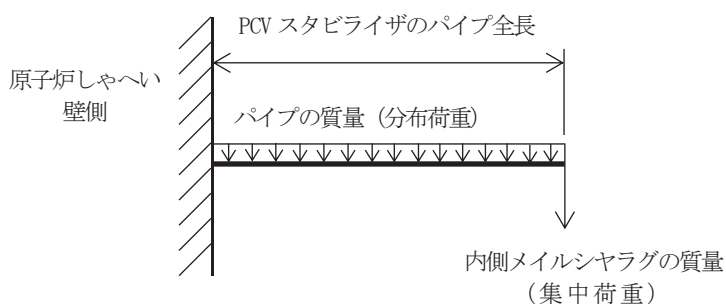


図 3 PCV スタビライザのたわみの計算モデル（片持はり）

3. 結論

2章の内容をまとめると表5及び表6のとおりであり、熱膨張を考慮した際の地震時鉛直方向間隙は、内側シヤラグの最小値で mm, 外側シヤラグの最小値で mm となる。

すなわち、鉛直地震時であっても、内側メイルシヤラグと内側フィメイルシヤラグとの間、並びに外側メイルシヤラグと外側フィメイルシヤラグとの間において、鉛直方向に接触しないことが確認できることから、PCV シヤラグの応力計算において、鉛直方向地震荷重を考慮していないことは問題なく、妥当である。

なお、表5及び表6の間隙は図2に示す鉛直方向の間隙を算出したものであるが、鉛直方向の間隙を算出する際、水平方向変位による鉛直方向の間隙変化も考慮した値であるため、図2に示す放射方向も接触しない。

ここで、ドライウェルの水平方向荷重はPCV シヤラグ及び基部(サンドクッション部)を、鉛直方向荷重は基部を介して原子炉建屋に伝達される設計である。すなわち、PCV シヤラグは、原子炉圧力容器及び原子炉しゃへい壁に生じる水平方向の荷重を受け、原子炉格納容器の変位を拘束するが、鉛直方向には拘束せずに荷重を受けない構造である。原子炉格納容器と原子炉建屋間の間隙は、冷却材喪失事故時、原子炉格納容器に熱及び圧力変位が生じた際にも、原子炉格納容器が原子炉建屋に接触しないように、施工公差等を考慮して設定しており、鉛直地震時にもPCV シヤラグが接触しないことを本書で確認している。

表5 内側シヤラグの地震時鉛直方向間隙算出結果

(単位：mm)

	荷重の組合せ番号	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
①	図面寸法における間隙 (据付時)					
②	圧力・熱膨張によるドライウェル変位に伴う間隙変化					
③	地震時相対変位に伴う間隙変化					
④	PCV スタビライザの熱膨張に伴う間隙変化					
⑤	地震時PCV スタビライザのたわみに伴う間隙変化					
結果	地震時鉛直方向間隙 (①+②+③+④+⑤)					

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 6 外側シヤラグの地震時鉛直方向間隙算出結果

(単位：mm)

	荷重の組合せ番号	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
①	図面寸法における間隙 (据付け時)					
②	圧力・熱膨張によるドライウェル変位に伴う間隙変化					
③	地震時相対変位に伴う間隙変化					
結果	地震時鉛直方向間隙 (①+②+③)					

備考 1：正の値は間隙の増加，負の値は間隙の減少を示す。

2：荷重の組合せと組合せ番号の対応は以下のとおり。

(1)： $D + P + M + S d^*$

(2)： $D + P + M + S s$

(3)： $D + P_L + M_L + S d^*$

(4)： $D + P_{SAL} + M_{SAL} + S d$

(5)： $D + P_{SALL} + M_{SALL} + S s$