

島根原子力発電所第2号機 審査資料	
資料番号	NS2-補-027-10-97
提出年月日	2023年1月26日

シヤラグの鉛直地震荷重の考慮について

2023年1月

中国電力株式会社

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

目 次

1. 概要.....	1
2. 検討内容.....	1
2.1 図面寸法におけるシヤラグ間隙.....	4
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.....	4
2.3 熱膨張によるガンマ線遮蔽壁の変位に伴うシヤラグ間隙変化.....	4
2.4 地震時における相対変位に伴うシヤラグ間隙変化.....	5
2.5 地震時における原子炉格納容器スタビライザのたわみによるシヤラグ間隙変化....	5
3. 結論.....	6

1. 概要

本資料は、VI-2-9-2-5「シヤラグの耐震性についての計算書」において、シヤラグへの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、シヤラグの構成部品である内側マイルシヤラグと内側フィメールシヤラグ、外側マイルシヤラグと外側フィメールシヤラグ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

シヤラグの構造概要を、図1に示す。

地震時の原子炉圧力容器及びガンマ線遮蔽壁に生じる水平方向の荷重は、原子炉格納容器スタビライザの内側マイルシヤラグから内側フィメールシヤラグ、外側マイルシヤラグの順に伝えられ外側フィメールシヤラグを介して、原子炉建物に伝達される。

内側シヤラグにおいて、内側フィメールシヤラグの幅と内側マイルシヤラグの幅はほぼ同じであり、内側マイルシヤラグの水平方向荷重は内側フィメールシヤラグで受ける構造になっている。外側シヤラグについても同様に、外側フィメールシヤラグの幅と外側マイルシヤラグの幅はほぼ同じであり、外側マイルシヤラグの水平方向荷重は外側フィメールシヤラグで受ける構造になっている。

内側マイルシヤラグ及び内側フィメールシヤラグ並びに外側マイルシヤラグ及び外側フィメールシヤラグの位置関係を示した模式図を図2に示す。内側フィメールシヤラグと内側マイルシヤラグ及び外側フィメールシヤラグと外側マ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おり、鉛直方向の荷重は伝達されない。

本検討においては、以下に示すとおり、ドライウエ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、ガンマ線遮蔽壁の各荷重の組合せにおける熱膨張による変位、地震時における相対変位、原子炉格納容器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、内側マイルシヤラグと内側フィメールシヤラグ、外側マイルシヤラグと外側フィメールシヤラグが鉛直方向に接触しないことを確認する。

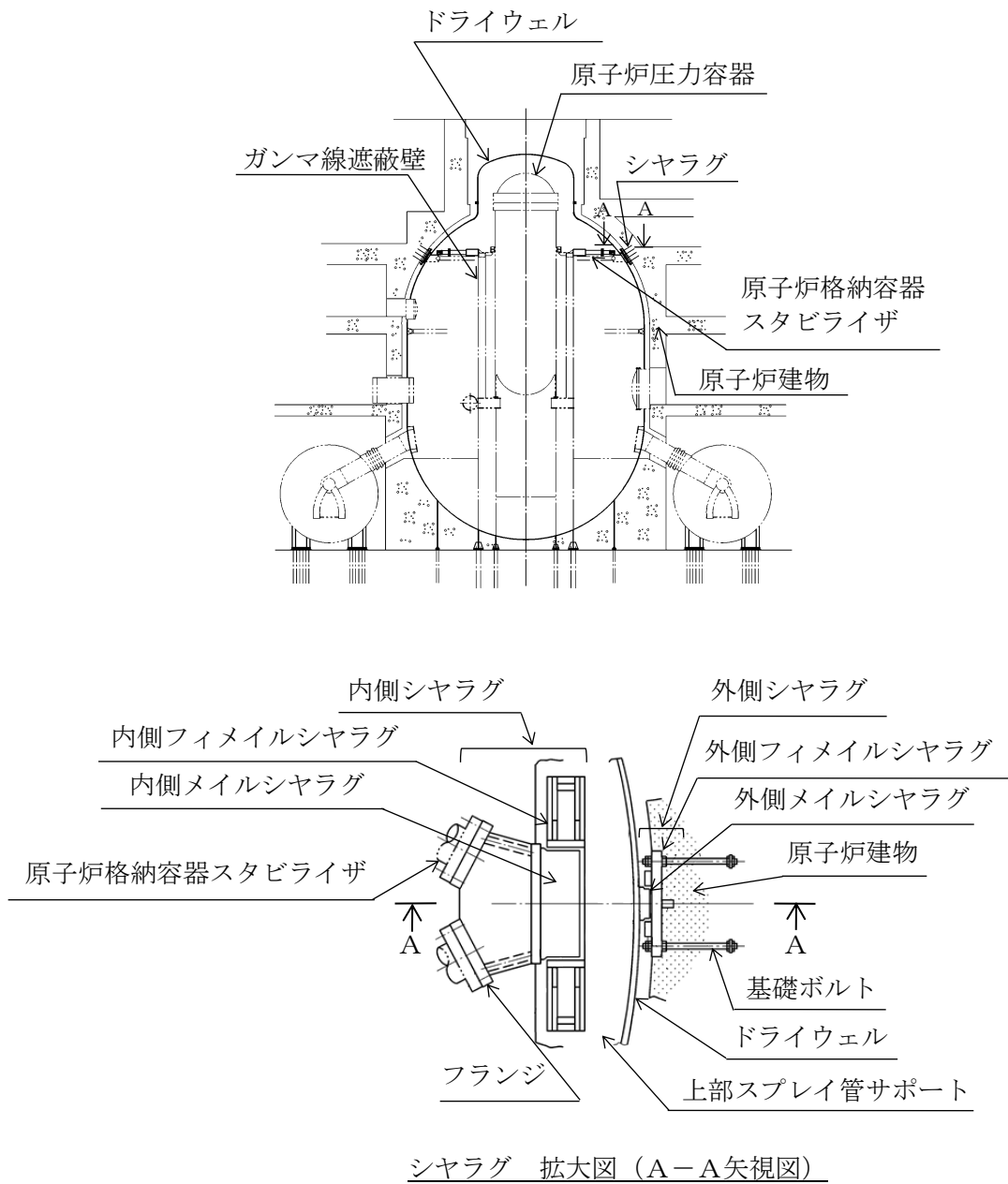


図1 シヤラグの構造概要

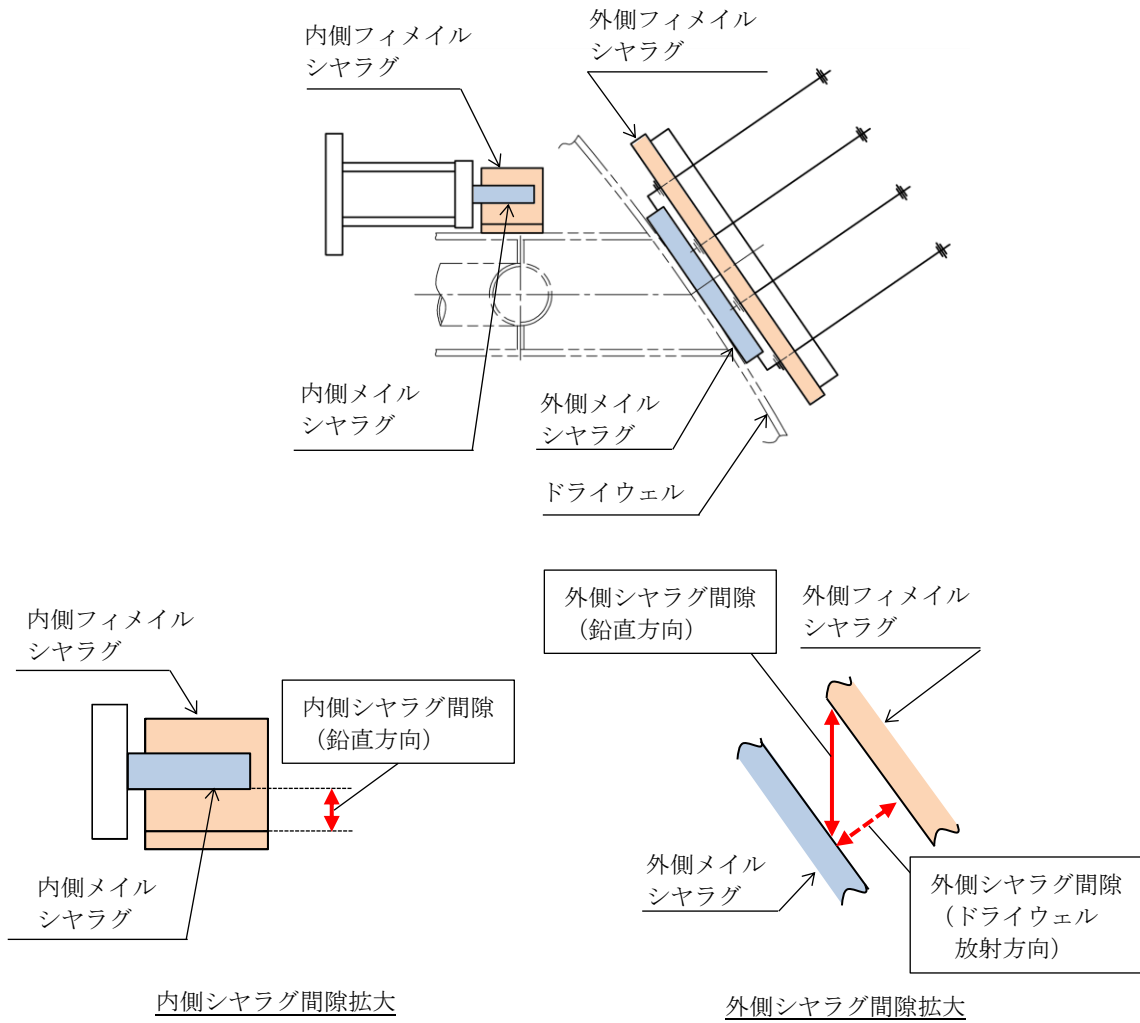


図 2 内側シヤラグ及び外側シヤラグの間隙の定義

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ー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よ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、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、VI-2-9-2-5「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)	$D + P + M + S d^*$		
(2)	$D + P + M + S s$		
(3)	$D + P_L + M_L + S d^*$		
(4)	$D + P_{SAL} + M_{SAL} + S d$		
(5)	$D + P_{SALL} + M_{SALL} + S s$		

注記*：負の値は間隙の減少を示す。

2.3 熱膨張によるガンマ線遮蔽壁の変位に伴うシヤラグ間隙変化

ガンマ線遮蔽壁の各荷重の組合せにおける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 2 に示すとおりである。ガンマ線遮蔽壁は鉛直上向きに変位し、内側シヤラグの間隙増加を生じさせる。荷重の組合せに示す記号は、VI-2-9-2-5「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。

表 2 ガンマ線遮蔽壁の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)	$D + P + M + S d^*$		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)	$D + P_{SALL} + M_{SALL} + S s$		

注記*：正の値は間隙の増加を示す。

2.4 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、VI-2-2-1「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3のとおりである。内側シヤラグは、ガンマ線遮蔽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物との相対変位を考慮する。

表3 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)	$D + P_{SALL} + M_{SALL} + S s$		

注記*：負の値は間隙の減少を示す。

2.5 地震時における原子炉格納容器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原子炉格納容器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。原子炉格納容器スタビライザは、ガンマ線遮蔽壁を固定端とし、パイプの質量を分布荷重、内側メ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下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、原子炉格納容器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 地震時の原子炉格納容器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*

(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)	$D + P_{SALL} + M_{SALL} + S s$		

注記*：負の値は間隙の減少を示す。

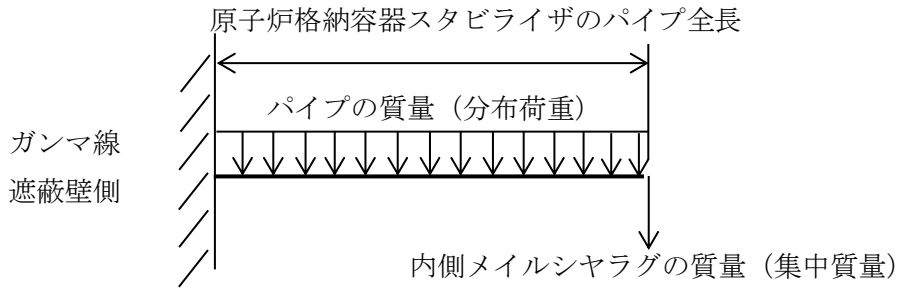


図3 原子炉格納容器スタビライザのたわみの計算モデル (片持ちはり)

3. 結論

以上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，内側マイルシヤラグと内側フィメールシヤラグとの間，外側マイルシヤラグと外側フィメールシヤラグとの間で鉛直方向に間隙が確保されており，鉛直方向に接触しないことが確認できる。このため，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ないことは妥当である。

なお，表 6 の外側シヤラグの間隙については，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，ドライウエルの水平方向荷重はシヤラグ及びドライウエル下部を，鉛直方向荷重はドライウエル下部を介して原子炉建物に伝達される設計である。すなわち，シヤラグは，原子炉圧力容器及びガンマ線遮蔽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物間の間隙は，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物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*1

(単位：mm)

	荷重の組合せ番号*2	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
①	2.1 図面寸法における間隙(据付時)					
②	2.2 圧力・熱膨張によるドライウエル変位に伴う間隙変化					
③	2.3 熱膨張によるガンマ線遮蔽壁変位に伴う間隙変化					
④	2.4 地震時相対変位に伴う間隙変化					
⑤	2.5 地震時原子炉格納容器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)					

注記*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)： $D + P_{SALL} + M_{SALL} + S s$

表6 外側シヤラグの地震時鉛直方向間隙算出結果*1

(単位：mm)

	荷重の組合せ番号*2	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
①	2.1 図面寸法における間隙(据付時)					
②	2.2 圧力・熱膨張によるドライウエル変位に伴う間隙変化					
③	2.4 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)					

注記*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)： $D + P_{SALL} + M_{SALL} + S s$