

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-028-10-51 改0
提出年月日	2020年7月22日

## 原子炉格納容器電気配線貫通部の設計荷重について

### 1. はじめに

原子炉格納容器電気配線貫通部については、作用する荷重のうち、死荷重及び地震荷重によるものを設計荷重として設定し、評価を行っている。

本資料は設計荷重の設定方法及びその算出例について示し、設計荷重が適切に設定されていることを説明するものである。

### 2. 設計荷重の算出方法

電気配線貫通部の設計荷重は、設計基準対象施設としての許容応力状態 I<sub>A</sub>、II<sub>A</sub>、III<sub>A</sub>S、IV<sub>A</sub>S、及び重大事故等対処設備としての許容応力状態 V<sub>A</sub>、V<sub>A</sub>S (SA 後長期/SA 後長々期) の各許容応力状態について、軸力、せん断力、モーメント\*に対して設定される。

以下、設計荷重の算出に必要な設計震度、質量、モーメントの設定方法について述べた後、設計荷重の算出方法について説明する。

注記\*：強度計算書及び耐震計算書においては、それぞれ、垂直力 (F<sub>x</sub>)、垂直力 (F<sub>y</sub>)、モーメント (M<sub>B</sub>) として表記している。

#### 2. 1 設計震度

電気配線貫通部は T. M. S. L 7.3m~20.1m の間の高さに存在することから、設計震度は保守的な設定となるよう、以下のように設定する。

弾性設計用地震動 S<sub>d</sub> に関しては、V-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」における T. M. S. L 4.8m~23.5m 間の設計用最大応答加速度 II の最大値と当該高さ範囲における静的震度の最大値のうち大きい方を用いる。

基準地震動 S<sub>s</sub> に関しては、V-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」における T. M. S. L 4.8m~23.5m 間の設計用最大応答加速度 II の最大値を用いる。

電気配線貫通部の設計震度を表 2-1 にまとめる。

表 2-1 電気配線貫通部の設計震度

地震荷重		水平震度	鉛直震度
S <sub>d</sub> *	設計用最大応答加速度 II (最大値)	0.77	0.71
	静的震度 (最大値)	0.78	0.29
	上記の大きい方	0.78	0.71
S <sub>s</sub>	設計用最大応答加速度 II (最大値)	1.51	1.38

## 2. 2 各部位の質量及びモーメント

電気配線貫通部はスリーブ（ケーブル、ヘッダ、アダプタ含む）、端子箱及びエンドシールドにて構成される。電気配線貫通部の概略図を重大事故等時を例に図 2-1 に、記号の説明を表 2-2 に示す。

これらの部位を RCCV 内側、コンクリート内、RCCV 外側の項目に分割して質量及びモーメントを算出する。

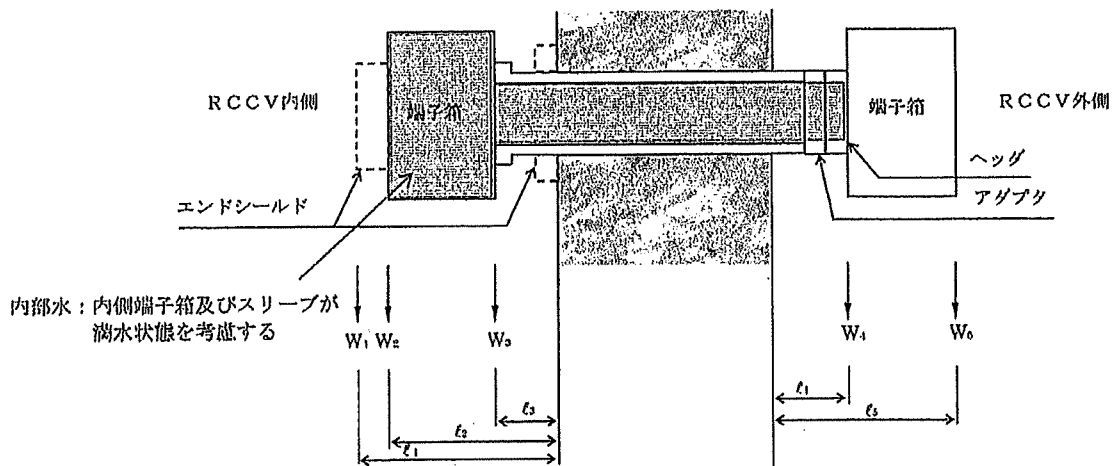


図 2-1 電気配線貫通部の概略図 (SA 時)

表 2-2 記号の説明

記号	記号の説明	単位
$W_1$	質量(RCCV 内側エンドシールド)	kg
$W_2$	質量(RCCV 内側端子箱)	kg
$W_3$	質量(RCCV 内側スリーブ)	kg
$W_4$	質量(RCCV 外側スリーブ)	kg
$W_5$	質量(RCCV 外側端子箱)	kg
$l_1$	モーメントアーム(RCCV 内側エンドシールド)	mm
$l_2$	モーメントアーム(RCCV 内側端子箱)	mm
$l_3$	モーメントアーム(RCCV 内側スリーブ突出し部)	mm
$l_4$	モーメントアーム(RCCV 外側スリーブ突出し部)	mm
$l_5$	モーメントアーム(RCCV 外側端子箱)	mm

### 2. 2. 1 質量

設計基準対象施設としての評価においては、それぞれの部位における鋼材等の質量

の総和を貫通部の合計質量とする。

重大時等対処設備としての評価においては鋼材等の質量に加えて、水没する貫通部に対しては、内側端子箱内及びスリーブ内の水質量を考慮する。

なお、質量の設定にあたっては、同口径貫通部において原子炉格納容器からの突き出し長さが長く、偏心の大きい貫通部の鋼材等の質量により設定する。但し、重大事故等対処設備としての評価における水質量の考慮においては、水没する貫通部から代表を選定して算出した水質量を用いる。

## 2. 2. 2 モーメント

自重により発生する荷重にモーメントアームを乗じて求める。

各部位におけるモーメントアームは保守的になるよう、同口径貫通部において原子炉格納容器からの突き出し長さが長く、偏心の大きい貫通部の寸法を用いて、原子炉格納容器壁から各部位の端までの距離により設定する。但し、重大事故等対処設備としての評価においては、同口径貫通部における寸法の相違よりも水没による水質量の影響の方が大きいことから、水没する貫通部の寸法を用いる。

原子炉格納容器の内側及び外側の各部位におけるモーメントは同じ箇所には作用しないが、保守的に各部位におけるモーメントの合計値を合計モーメントとする。

## 2. 3 設計荷重の計算

今回申請にて設計荷重の設定が必要な許容応力状態及びその内訳は以下の通りである。地震時慣性力が作用する許容応力状態と作用しない許容応力状態に分けて設計荷重の計算方法を説明する。

### ・一次荷重及び一次＋二次荷重

許容応力状態  $I_A$ ,  $II_A$  : 死荷重

許容応力状態  $III_{AS}$  : 死荷重＋地震慣性力 ( $S_d$  \*)

許容応力状態  $IV_{AS}$  : 死荷重＋地震慣性力 ( $S_s$ )

許容応力状態  $VA$  : 死荷重\*

許容応力状態  $VAS(SA)$  (後長期) : 死荷重\*＋地震慣性力 ( $S_d$ )

許容応力状態  $VAS(SA)$  (後長々期) : 死荷重\*＋地震慣性力 ( $S_s$ )

注記\* : 重大事故等時に水没することから、水質量による自重の増加を考慮する。

許容応力状態  $I_A$ ,  $II_A$ ,  $V_A$  においては, 設計荷重は死荷重による荷重のみであるため, 水平方向荷重は発生しないことから軸力は 0 とする。せん断力は死荷重 (質量) により発生する力に等しいものとする。モーメントは, 2.2.2 項にて説明の通り, 貫通部の各主要部において発生するせん断力によるモーメントの合計値とする。

許容応力状態  $III_A S$ ,  $IV_A S$ ,  $V_A S$  が対象となる地震時においては, 地震による水平方向荷重が発生することから, 自重と水平震度の積を軸力とする。せん断力は自重と合成震度の積にて算出する。このとき, 合成震度は 1G 及び鉛直震度を足し合わせたものと水平震度のベクトル和により求める。モーメントは貫通部の各主要部において発生するせん断力によるモーメントの合計値に合成震度を乗じて求める。

原子炉格納容器電気配線貫通部の荷重作用方向を図 2-2 に示す。

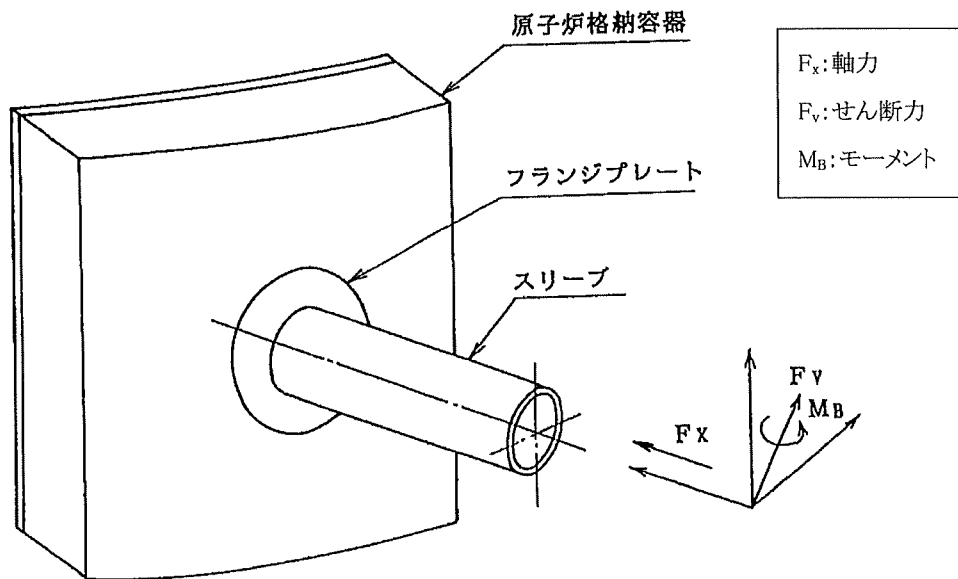


図 2-2 原子炉格納容器電気配線貫通部の荷重作用方向

### 3. 設計荷重の計算例

重大事故等時に水没する電気配線貫通部である X-300 を対象に計算過程を示す。

#### 3. 1 質量

表 3-1 に X-300 を対象とした設計荷重の算定に用いる質量を示す。

X-300 の鋼材等の質量は RCCV からの突出長さが大きく、偏心の大きい 300A 代表貫通部 X-104F の鋼材等の質量を用いる。

但し、水質量は重大事故等時に水没する 300A 貫通部の代表である X-300A の水質量を用いる。

表 3-1 X-300 の質量分布

項目	部位	記号	鋼材等質量 (kg)	水質量*1 (kg)
RCCV 内側	エンドシールド	$W_1$		
	端子箱	$W_2$		
	スリーブ	$W_3$		
コンクリート内	スリーブ	-		
RCCV 外側	スリーブ	$W_4$		
	端子箱	$W_5$		
内側合計*2		-		
外側合計*2		-		
合計		-		
		-		

注記\*1：重大事故等時に考慮する。

\*2：一の位にて切り上げ処理。

注：記号は図 2-1 及び表 2-2 の記号に対応している。

#### 3. 2 モーメント

各部位に対応するモーメントアーム及び算出モーメントを表 3-2 に示す。なお、モーメントアームに関して、設計基準としての評価時においては 300A 代表貫通部である X-104F の寸法を用い、重大事故等対処設備としての評価においては重大事故等時に水没する 300A 貫通部の代表である X-300A の寸法を用いる。

表 3-2 X-300 のモーメント

項目	部位	モーメントアーム (mm)			質量 (kg)		モーメント ( $\times 10^6$ N・mm)	
		記号	DBA 時 <sup>*1</sup>	SA 時	DBA 時	SA 時	DBA 時	SA 時
RCCV	エンドシールド	$\ell_1$					2.7043	2.6701
内側	端子箱	$\ell_2$					1.6137	4.7741
	スリーブ	$\ell_3$					0.79740	0.79284
RCCV	スリーブ	$\ell_4$					1.0605	1.1846
外側	端子箱	$\ell_5$					1.5695	1.5546
合計		-	-	-	-	-	7.7454	10.976

注記\*1：DBA 時においては 300A 代表貫通部である X-104F の寸法を用いる。

注：単位換算に関する説明は省略している。なお、質量(kg)から力(N)への変換に用いる重力加速度は保守的に  $10(m/s^2)$  とする。

### 3. 3 設計荷重の算出

3. 1 及び 3. 2 にてまとめた質量及びモーメント，並びに 2. 1 にてまとめた震度を用いて，2. 3 の手法で算出した各許容応力状態における設計荷重を表 3-3 にまとめる。表の荷重を端数切り上げ処理して，設計荷重とする。

### 4. まとめ

原子炉格納容器電気配線貫通部に作用する設計荷重について，その設定方法及びその算出例について示した。

算出過程において設計荷重が保守的となるよう算出を行っており，設計荷重は適切に設定されている。

表 3-3 X-300 の設計荷重

許容応力状態	地震荷重				① 合計 質量 (kg)	② 合計 モーメント (N・mm)	軸力 (N) ①×水平	せん断力 (N) ①×合成*2	モーメント (N・mm) ②×合成*3	備考
	地震	水平	鉛直	合成*1						
I <sub>A</sub> , II <sub>A</sub>	-	-	-	-		7.745E+06			7.750E+06	
III <sub>A</sub> S	Sd *	0.78	0.71	1.879					1.460E+07	
IV <sub>A</sub> S	Ss	1.51	1.38	2.819					2.180E+07	
V <sub>A</sub>	-	-	-	-		1.098E+07			1.100E+07	水質量考慮
V <sub>A</sub> S (SA 後長期)	Sd*4	0.78	0.71	1.879					2.060E+07	
V <sub>A</sub> S (SA 後長々期)	Ss	1.51	1.38	2.819					3.100E+07	

注記\*1 :  $\sqrt{[1+(\text{鉛直})]^2+(\text{水平})^2}$ により求める

\*2 : 許容応力状態 I<sub>A</sub>, II<sub>A</sub> 及び V<sub>A</sub> については, ①合計質量により生じる荷重を用いる

\*3 : 許容応力状態 I<sub>A</sub>, II<sub>A</sub> 及び V<sub>A</sub> については, ②合計モーメントを用いる

\*4 : 保守的に Sd \* の地震荷重を適用する

注 : 単位換算に関する説明は省略している。なお, 質量(kg)から力(N)への変換に用いる重力加速度は保守的に 10(m/s<sup>2</sup>)とする。