

## 2. 基準の規定内容

SA 施設，設計基準対象施設（以下「DB 施設」という。）の耐震性の要求は，それぞれ 実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則（以下「技術基準規則」という。）第 50 条，第 5 条に規定されている。そこで，SA 施設及び DB 施設について，耐震設計に関する基準の規定内容を以下のとおり整理した。

### 2.1 技術基準規則 第 50 条（SA 施設）の規定内容

技術基準規則第 50 条において，基準地震動による地震力に対して SA に対処するために必要な機能が損なわれるおそれがないことが求められる。

同解釈によれば，その適用に当たっては DB 施設の耐震性を規定する技術基準規則第 5 条の解釈に準ずるとされている。

技術基準規則第 5 条各項の解釈では，それぞれ実用発電用原子炉及びその附属施設の位置，構造及び設備の基準に関する規則（以下「設置許可基準規則」という。）第 4 条各項の要求に従うこととされている。設置許可基準規則第 4 条の解釈によれば通常運転時，運転時の異常な過度変化時及び事故時に生じるそれぞれの荷重と適切な地震力を組み合わせた荷重条件に対して，その施設に要求される機能を保持することが求められている。

なお，上記の荷重については，地震の従属事象の荷重及び地震と独立した事象であっても長時間継続する事象による荷重は適切な地震力と組み合わせて考慮することが求められている。

### 2.2 J E A G 4 6 0 1 の記載内容

耐震設計に係る工認審査ガイドの「4.2 荷重及び荷重の組合せ」において，「規制基準の要求事項に留意して，J E A G 4 6 0 1 の規定を参考に」組み合わせることとされていることから，J E A G 4 6 0 1 における記載内容を以下のとおり整理した。

J E A G 4 6 0 1 ・補-1984 では，運転状態Ⅰ～Ⅲと  $S_1$  及び  $S_2$  との組合せに対して評価基準値Ⅲ<sub>A</sub>S 及びⅣ<sub>A</sub>S を適用した評価が求められている。ここで，運転状態Ⅳ(L)と  $S_1$  との組合せにおいて，原子炉冷却材圧力バウンダリ（ECCS 系）及び原子炉格納容器についてはⅢ<sub>A</sub>S を適用する。また，原子炉冷却材圧力バウンダリ（ECCS 系以外）についてはⅣ<sub>A</sub>S を適用し，原子炉格納容器（LOCA 後最人内圧との組合せ）の評価についてはⅣ<sub>A</sub>S を適用することが求められている。さらに，ECCS 機器については，運転状態Ⅰ（当該設備においては，本来運転状態Ⅳ(L)を設計条件としており，この状態が運転状態Ⅰに相当）と  $S_1$  との組合せに対して評価基準値Ⅲ<sub>A</sub>S を適用した評価が求められている。（図 2.2-1，2 参照）

表1 運転状態と基準地震動の組合せ及び対応する許容応力区分  
(その1:容器,管)

第1種 容 器				第2種 容 器			
地震動 運転状態	—	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	地震動 運転状態	—	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>
I	I <sub>A</sub>	Ⅲ <sub>A</sub> S	Ⅳ <sub>A</sub> S	I	I <sub>A</sub>	Ⅲ <sub>A</sub> S	Ⅳ <sub>A</sub> S
Ⅱ	Ⅱ <sub>A</sub>	Ⅲ <sub>A</sub> S	Ⅳ <sub>A</sub> S	Ⅱ	Ⅱ <sub>A</sub>	Ⅲ <sub>A</sub> S	Ⅳ <sub>A</sub> S
Ⅲ	Ⅲ <sub>A</sub>	Ⅲ <sub>A</sub> S	Ⅳ <sub>A</sub> S	Ⅲ	Ⅲ <sub>A</sub>	Ⅲ <sub>A</sub> S	Ⅳ <sub>A</sub> S
Ⅳ(L)	Ⅳ <sub>A</sub>	Ⅳ <sub>A</sub> S	/	Ⅳ(L)	I <sub>A</sub> *	Ⅲ <sub>A</sub> S	/
Ⅳ(S)	Ⅳ <sub>A</sub>	/	/	Ⅳ(S)	Ⅳ <sub>A</sub>	/	/

第3・4種 容器 (ECCS等以外)				第3・4種 容器 (ECCS等)			
地震動 運転状態	—	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	地震動 運転状態	—	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>
I	I <sub>A</sub>	Ⅲ <sub>A</sub> S	Ⅳ <sub>A</sub> S	I	I <sub>A</sub>	Ⅲ <sub>A</sub> S	Ⅳ <sub>A</sub> S
Ⅱ	Ⅱ <sub>A</sub>	Ⅲ <sub>A</sub> S	Ⅳ <sub>A</sub> S	Ⅱ	Ⅱ <sub>A</sub>	Ⅲ <sub>A</sub> S	Ⅳ <sub>A</sub> S
Ⅲ	Ⅲ <sub>A</sub>	Ⅲ <sub>A</sub> S	Ⅳ <sub>A</sub> S	Ⅲ	Ⅲ <sub>A</sub>	Ⅲ <sub>A</sub> S	Ⅳ <sub>A</sub> S
Ⅳ(L)	/	/	/	Ⅳ(L)	I <sub>A</sub> *	Ⅲ <sub>A</sub> S	/
Ⅳ(S)	/	/	/	Ⅳ(S)	Ⅳ <sub>A</sub>	/	/

第1種 管 (ECCS等以外)				第1種 管 (ECCS等)			
地震動 運転状態	—	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	地震動 運転状態	—	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>
I	I <sub>A</sub>	Ⅲ <sub>A</sub> S	Ⅳ <sub>A</sub> S	I	I <sub>A</sub>	Ⅲ <sub>A</sub> S	Ⅳ <sub>A</sub> S
Ⅱ	Ⅱ <sub>A</sub>	Ⅲ <sub>A</sub> S	Ⅳ <sub>A</sub> S	Ⅱ	Ⅱ <sub>A</sub>	Ⅲ <sub>A</sub> S	Ⅳ <sub>A</sub> S
Ⅲ	Ⅲ <sub>A</sub>	Ⅲ <sub>A</sub> S	Ⅳ <sub>A</sub> S	Ⅲ	Ⅲ <sub>A</sub>	Ⅲ <sub>A</sub> S	Ⅳ <sub>A</sub> S
Ⅳ(L)	Ⅳ <sub>A</sub>	Ⅳ <sub>A</sub> S	/	Ⅳ(L)	I <sub>A</sub> *	Ⅲ <sub>A</sub> S	/
Ⅳ(S)	Ⅳ <sub>A</sub>	/	/	Ⅳ(S)	Ⅳ <sub>A</sub>	/	/

第3・4種 管 (ECCS等以外)				第3・4種 管 (ECCS等)			
地震動 運転状態	—	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	地震動 運転状態	—	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>
I	I <sub>A</sub>	Ⅲ <sub>A</sub> S	Ⅳ <sub>A</sub> S	I	I <sub>A</sub>	Ⅲ <sub>A</sub> S	Ⅳ <sub>A</sub> S
Ⅱ	Ⅱ <sub>A</sub>	Ⅲ <sub>A</sub> S	Ⅳ <sub>A</sub> S	Ⅱ	Ⅱ <sub>A</sub>	Ⅲ <sub>A</sub> S	Ⅳ <sub>A</sub> S
Ⅲ	Ⅲ <sub>A</sub>	Ⅲ <sub>A</sub> S	Ⅳ <sub>A</sub> S	Ⅲ	Ⅲ <sub>A</sub>	Ⅲ <sub>A</sub> S	Ⅳ <sub>A</sub> S
Ⅳ(L)	/	/	/	Ⅳ(L)	I <sub>A</sub> *	Ⅲ <sub>A</sub> S	/
Ⅳ(S)	/	/	/	Ⅳ(S)	Ⅳ <sub>A</sub>	/	/

J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984 より抜粋

図 2.2-1 J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984 の許容応力状態の考え方

付 録 2

地震荷重と他の荷重との組合せ及び対応する許容応力状態

本参考資料での検討と J E A G 4601・補-1984「原子力発電所耐震設計技術指針-許容応力編」での検討を踏まえた結果、地震荷重と他の荷重との組合せ及び対応する許容応力状態は次のとおりである。

耐震クラス	種別 (1) 荷重の組合せ	第1種	第2種	第3種	第4種	第5種	炉心支持構造物	そ の 他		
		機支持構造物	容支持構造物	機支持構造物	容管器	管		ポンプ・弁	炉内構造物	支持構造物
A <sub>S</sub>	D + P + M + S <sub>1</sub>	Ⅲ <sub>A</sub> S	Ⅲ <sub>A</sub> S	-	-	-	Ⅲ <sub>A</sub> S	-	-	-
	D + P <sub>D</sub> + M <sub>D</sub> + S <sub>1</sub>	-	-	Ⅲ <sub>A</sub> S	Ⅲ <sub>A</sub> S	-	-	Ⅲ <sub>A</sub> S	Ⅲ <sub>A</sub> S	Ⅲ <sub>A</sub> S
	D + P <sub>L</sub> + M <sub>L</sub> + S <sub>1</sub>	Ⅳ <sub>A</sub> S <sup>(2)</sup>	Ⅲ <sub>A</sub> S <sup>(3)</sup>	-	-	-	Ⅳ <sub>A</sub> S	-	-	-
	D + P + M + S <sub>2</sub>	Ⅳ <sub>A</sub> S	Ⅳ <sub>A</sub> S	-	-	-	Ⅳ <sub>A</sub> S	-	-	-
	D + P <sub>D</sub> + M <sub>D</sub> + S <sub>2</sub>	-	-	Ⅳ <sub>A</sub> S	Ⅳ <sub>A</sub> S	-	-	Ⅳ <sub>A</sub> S	Ⅳ <sub>A</sub> S	Ⅳ <sub>A</sub> S
A	D + P <sub>D</sub> + M <sub>D</sub> + S <sub>1</sub>	-	-	Ⅲ <sub>A</sub> S	Ⅲ <sub>A</sub> S	Ⅲ <sub>A</sub> S	-	Ⅲ <sub>A</sub> S	Ⅲ <sub>A</sub> S	Ⅲ <sub>A</sub> S
B	D + P <sub>d</sub> + M <sub>d</sub> + S <sub>B</sub>	-	-	B <sub>A</sub> S	B <sub>A</sub> S	B <sub>A</sub> S	-	B <sub>A</sub> S	-	B <sub>A</sub> S
C	D + P <sub>d</sub> + M <sub>d</sub> + S <sub>C</sub>	-	-	-	C <sub>A</sub> S	C <sub>A</sub> S	-	C <sub>A</sub> S	-	C <sub>A</sub> S

- 注：(1) 各設備の種別は、原則として告示に基づくものとする。  
告示で規定されない容器・管にあつては以下による。
- 1) 耐震A又はA<sub>S</sub>クラスに分類される非常用予備発電装置に付属する容器・管については第3種の規定を準用する。
  - 2) 第5種管に分類されないダクトについても、第5種管の規定を準用する。
  - 3) 上記1), 2)以外で告示で規定されない容器・管にあつては第4種の規定を準用する。
- (2) なお、ECCS及びそれに関連し、事故時に運転を必要とするものにあつてはⅢ<sub>A</sub>Sとする。
- (3) 1) 第2種容器、許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>Sの荷重の組合せ(D + P<sub>L</sub> + M<sub>L</sub> + S<sub>1</sub>)のP<sub>L</sub>は、LOCA後10<sup>-1</sup>年後の原子炉格納容器内圧を用いる。
- 2) 原子炉格納容器は、LOCA後の最終障壁となることから、構造体全体としての安全裕度を確認する意味でLOCA後の最大内圧とS<sub>1</sub>地震動(又は静的地震力)との組合せを考慮する。  
この場合の評価は、許容応力状態Ⅳ<sub>A</sub>Sの許容限界を用いて行う。

J E A G 4601・補-1984より抜粋

図 2.2-2 J E A G 4601・補-1984の許容応力状態と荷重の組合せの考え方

## (1) 荷重の組合せ

J E A G 4 6 0 1・補-1984における、荷重の組合せに関する記載は、以下のとおり。

- ・「その発生確率が  $10^{-7}$  回/炉・年を下回ると判断される事象は、運転状態 I～IV には含めない。」とされている。
- ・地震の従属事象については、「地震時の状態と、それによって引き起こされるおそれのあるプラントの状態とは、組合せなければならない。」とされている。
- ・地震の独立事象については、「地震と、地震の独立事象の組合せは、これを確率的に考慮することが妥当であろう。地震の発生確率が低く、継続時間が短いことを考えれば、これと組合せるべき状態は、その原因となる事象の発生頻度及びその状態の継続時間との関連で決まることになる。」とされている。

以上の記載内容に基づき、J E A G 4 6 0 1において組み合わせるべき荷重を整理したものを図 2.2-3 に示す。図 2.2-3 では、事象の発生確率、継続時間、地震動の発生確率を踏まえ、その確率が  $10^{-7}$ /炉年以下となるものは組合せが不要となっている。

発生確率		1	$10^{-1}$	$10^{-2}$	$10^{-3}$	$10^{-4}$	$10^{-5}$	$10^{-6}$	$10^{-7}$	$10^{-8}$	$10^{-9}$
運転状態の発生確率 (1/年)		I	II	III	IV						
基準地震動の発生確率 (1/年)				$S_1$	$S_2$						
基準地震動 $S_1$ との 組合せ	従属事象	$S_1$ 従属									
	1分以内										$S_1 + II$
	1時間以内							$S_1 + II$		$S_1 + III$	
	1日以内					$S_1 + II$		$S_1 + III$		$S_1 + IV$	
	1年以内			$S_1 + II$		$S_1 + III$		$S_1 + IV$			
基準地震動 $S_2$ との 組合せ	従属事象	$S_2$ 従属									
	1分以内	( $S_2 + II$ は $10^{-9}$ 以下となる)									
	1時間以内									$S_2 + II$	$S_2 + III$
	1日以内							$S_2 + II$		$S_2 + III$	
	1年以内				$S_2 + II$		$S_2 + III$		$S_2 + IV$		

- 注：(1) 発生確率から見て  
 ← 組合せが必要なもの。  
 ←----- 発生確率が $10^{-7}$ 以下となり組合せが不要となるもの。
- (2) 基準地震動 $S_2$ の発生確率は $10^{-4} \sim 10^{-5}$ /サイト・年と推定されるが、ここでは $5 \times 10^{-4} \sim 10^{-5}$ /サイト・年を用いた。
- (3) 表に示す発生確率は現在の知見によるものである。

図 2.2-3 運転状態と地震動との組合せの確率的評価

## (2) 運転状態と許容応力状態

J E A G 4 6 0 1・補-1984における、運転状態と許容応力状態に関する記載は以下のとおりであり、プラントの運転状態Ⅰ～Ⅳに対応する許容応力状態Ⅰ<sub>A</sub>～Ⅳ<sub>A</sub>及び、地震により生ずる応力に対する特別な応力の制限を加えた許容応力状態Ⅲ<sub>AS</sub>、Ⅳ<sub>AS</sub>を定義している。

### 【運転状態】

- 運転状態Ⅰ : 告示の運転状態Ⅰの状態  
運転状態Ⅱ : 告示の運転状態Ⅱの状態  
運転状態Ⅲ : 告示の運転状態Ⅲの状態  
運転状態(長期)Ⅳ(L) : 告示の運転状態Ⅳの状態のうち、長期間のものが作用している状態  
運転状態(短期)Ⅳ(S) : 告示の運転状態Ⅳの状態のうち、短期間のもの(例:JET, JET反力, 冷水注入による過渡現象等)が作用している状態

### 【許容応力状態】

- 許容応力状態Ⅰ<sub>A</sub> : 告示の運転状態Ⅰ相当の応力評価を行う許容応力状態  
許容応力状態Ⅰ<sub>A</sub>\* : ECCS等のように運転状態Ⅳ(L)が設計条件となっているものに対する許容応力状態で許容応力状態Ⅰ<sub>A</sub>に準ずる。  
許容応力状態Ⅱ<sub>A</sub> : 告示の運転状態Ⅱ相当の応力評価を行う許容応力状態  
許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub> : 告示の運転状態Ⅲ相当の応力評価を行う許容応力状態  
許容応力状態Ⅳ<sub>A</sub> : 告示の運転状態Ⅳ相当の応力評価を行う許容応力状態  
許容応力状態Ⅲ<sub>AS</sub> : 許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>を基本として、それに地震により生ずる応力に対する特別な応力の制限を加えた許容応力状態  
許容応力状態Ⅳ<sub>AS</sub> : 許容応力状態Ⅳ<sub>A</sub>を基本として、それに地震により生ずる応力に対する特別な応力の制限を加えた許容応力状態

### 3. SA 施設の荷重の組合せと許容応力状態の設定に関する基本方針

#### (1) 対象施設

技術基準規則第 50 条において、基準地震動  $S_s$ （以下「 $S_s$ 」という。）による地震力に対しての機能維持が求められている「常設耐震重要重大事故防止設備」及び「常設重大事故緩和設備」を対象とする。

#### (2) SA 施設の運転状態

SA 施設は、DBA を超え、SA が発生した場合に必要な措置を講じるための施設であることから、運転状態として従来の I～IV に加え、SA の発生している状態として運転状態 V を新たに定義する。

さらに運転状態 V については、SA の状態が DBA を超える更に厳しい状態であることを踏まえ、事象発生直後の短期的に荷重が作用している状態を運転状態 V (S) とし、一連の過渡状態を除き、ある程度落ち着いた状態の長期的に荷重が作用している状態として運転状態 V (L)、V (L) より更に長期的に荷重が作用している状態を運転状態 V (LL) とする。

#### 【運転状態の説明】

I～IV : J E A G 4 6 0 1 で設定している運転状態

V (S) : SA の状態のうち事象発生直後の短期的に荷重が作用している状態

V (L) : SA の状態のうち長期的(過渡状態を除く一連の期間)に荷重が作用している状態

V (LL) : SA の状態のうち V (L) より更に長期的に荷重が作用している状態

#### (3) 組合せの基本方針

SA 施設における荷重組合せの基本方針は以下のとおり。

- $S_s$ 、弾性設計用地震動  $S_d$ （以下「 $S_d$ 」という。）による地震力と運転状態との組合せを考慮する。
- 運転状態 I～IV を想定するとともに、それを超える SA の状態として、運転状態 V を想定する。
- 地震の従属事象として扱う事象により発生する荷重については、地震力との組合せを実施する。
- 地震の独立事象については、事象の発生確率、継続時間及び  $S_s$  若しくは  $S_d$  の年超過確率の積等も考慮し、工学的、総合的に組み合わせるか否かを判断する。組み合わせるか否かの判断は、国内外の基準等でスクリーニング基準として参照されている値、炉心損傷頻度及び格納容器機能喪失頻度の性能目標値に保守性をもたせた値を目安とする。
- SA による荷重が地震の従属事象として扱う事象により発生する荷重であるかについては、DB 施設の耐震設計の考え方に基づくとともに、確率論的な考察も考慮した上で判断する。

- ・原子炉格納容器について、DB 施設では LOCA 後の最終障壁として、SA に至らないよう強度的な余裕をさらに高めるべく、LOCA 後の最大内圧と  $S_d$  による地震力との組合せを考慮することとしているが、SA 施設においては、強度的に更なる余裕を確保するのではなく、以下の設計配慮を行うことにより、余裕を付加し信頼性を高めることとする。

SA 施設としての原子炉格納容器については、DB 施設の  $S_s$  に対する機能維持の考え方に準じた耐震設計を行う。さらに、最終障壁としての構造体全体の安全裕度の確認として、SA 時の原子炉格納容器の限界温度、限界圧力の条件で、原子炉格納容器の放射性物質閉じ込め機能が損なわれることがないことの確認を行う。

#### (4) 許容限界の基本方針

SA 施設の耐震設計として、技術基準規則では、「基準地震動による地震力に対して、重大事故に至るおそれがある事故に対処するために必要な機能が損なわれるおそれがないものであること」とされており、許容限界の設定に際しては、DB 施設の機能維持設計の解釈である設置許可基準規則第 4 条第 3 項に係る別記 2 の規定に準ずる。具体的な許容限界の設定は、J E A G 4 6 0 1 の DB 施設に対する記載内容を踏まえ、SA 施設における荷重の組合せと許容限界の設定方針を、以下のとおり定めた。

- ・SA 施設の耐震設計は、DB 施設に準拠することとしていることから、運転状態 I ~ IV と地震による地震力との組合せに対しては、DB 施設と同様の許容応力状態を適用する。
- ・DB 施設の設計条件を超える運転状態 V の許容応力状態として  $V_A$  を定義し、さらに地震との組合せにおいては、許容応力状態  $V_{AS}$  を定義する。

設置許可基準規則別記 2 によれば、機能維持設計の要求として、「荷重により塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が小さなレベルに留まって破断延性限界に十分な余裕を有し、その施設に要求される機能に影響を及ぼさないこと。」とされており、DB 施設では、許容応力状態  $IV_{AS}$  の許容限界を適用している。新たに定義する許容応力状態  $V_{AS}$  は、SA に対処するために必要な機能が損なわれない許容限界であり、機能維持設計の許容限界として適用実績のある許容応力状態  $IV_{AS}$  と同じ許容限界を適用する。



【許容応力状態の説明】

$I_A \sim IV_A$  : J E A G 4 6 0 1 で設定している許容応力状態

$III_{AS} \sim IV_{AS}$  : J E A G 4 6 0 1 で設定している許容応力状態

$V_A$  : 運転状態 V 相当の応力評価を行う許容応力状態  
(SA 時に要求される機能が満足できる許容応力状態)

$V_{AS}$  : 許容応力状態  $V_A$  を基本として、それに地震により生ずる応力に対する特別な応力の制限を加えた許容応力状態  
(SA 時に要求される機能が満足できる許容応力状態)

#### 4. 荷重の組合せの検討手順

##### (1) 地震の従属事象・独立事象の判断

3. 項の組合せの基本方針に示すとおり、地震従属事象として扱う事象は $S_s$ による地震力と組み合わせることとし、独立事象として扱う事象はその事象の発生確率、継続時間及び地震動の年超過確率の関係を踏まえ、 $S_s$ 、 $S_d$ いずれか適切な地震力と組み合わせることとしている。したがって、 $S_A$ による荷重を地震の従属事象によるものとして扱うか独立事象によるものとして扱うかを判断し、従属事象によるものと判断された場合は $S_s$ による地震力と組み合わせ、独立事象によるものと判断された場合は、以下の(2)(3)項の手順に従う。

なお、地震の従属事象、独立事象の判断は「5.1 地震の従属事象・独立事象の判断」に記載する。

##### (2) 施設分類

対象施設を「全般設備」、「原子炉格納容器バウンダリを構成する設備」(以下「PCVバウンダリ」という。)及び「原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する設備」(以下「RPVバウンダリ」という。)に分類し、荷重の組合せ方針を整理する。また、PCVバウンダリの圧力・温度等の条件を用いて評価を行う施設については、PCVバウンダリの荷重の組合せに従い、支持構造物については、支持される施設の荷重の組合せに従うものとする。

なお、建物・構築物のDB施設としての設計の考え方は、機器・配管系と同じであり、SA施設としての設計については、建物・構築物、機器・配管系ともにDB施設としての設計の考え方を踏まえることを基本方針としていることから、建物・構築物は機器・配管系と同様の考え方で組合せを考慮することとする。

##### (3) 独立事象による荷重に対する荷重の組合せの選定手順

独立事象による荷重に対して、 $S_A$ 施設に適用する荷重の組合せの選定手順を示す。考え方としては、 $S_A$ の発生確率、継続時間、地震動の年超過確率の積等を考慮し、工学的、総合的に判断することとする。選定手順を以下に、組合せのイメージを図4-1及び選定フローを図4-2に示す。

#### 【選定手順】

- ①  $S_A$ の発生確率としては、炉心損傷頻度の性能目標値である $10^{-4}$ /炉年を適用する。
- ② 地震ハザード解析から得られる年超過確率を参照し、J E A G 4 6 0 1・補-1984で記載されている $S_2$ 、 $S_1$ の発生確率を $S_s$ 、 $S_d$ の年超過確率に読み替えて適用する。(添付資料-1参照)
- ③ 荷重の組合せの判断は、①と②及び $S_A$ の継続時間との積で行い、そのスクリーニングの判断基準を設定する。具体的には、国内外の基準等でスクリー

ニング基準として参照されている値，炉心損傷頻度及び格納容器機能喪失頻度の性能目標値に保守性をもたせた値として，DB 施設の設計の際のスクリーニング基準である  $10^{-7}$ /炉年に保守性を見込んだ  $10^{-8}$ /炉年とする。

④ ①②の積と③を踏まえて  $S_d$  又は  $S_s$  と組み合わせるべき SA の継続時間を表 4-1 に設定する。事象発生時を基点として， $10^{-2}$  年までの期間を地震荷重との組合せが不要な短期(運転状態 V (S))， $S_d$  との組合せが必要な  $10^{-2} \sim 2 \times 10^{-1}$  年を長期(L) (運転状態 V (L))， $S_s$  との組合せが必要な期間  $2 \times 10^{-1}$  年以降を長期(LL) (運転状態 V (LL)) とする。

⑤ ④を踏まえて，施設分類ごとに荷重の組合せを検討する。

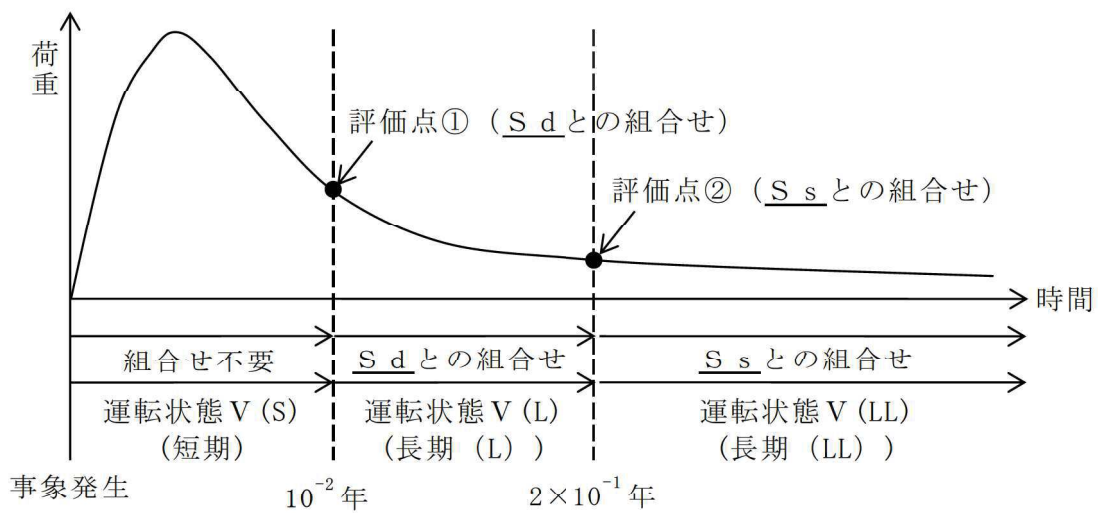


図 4-1 荷重の組合せと継続時間の関係 (イメージ)

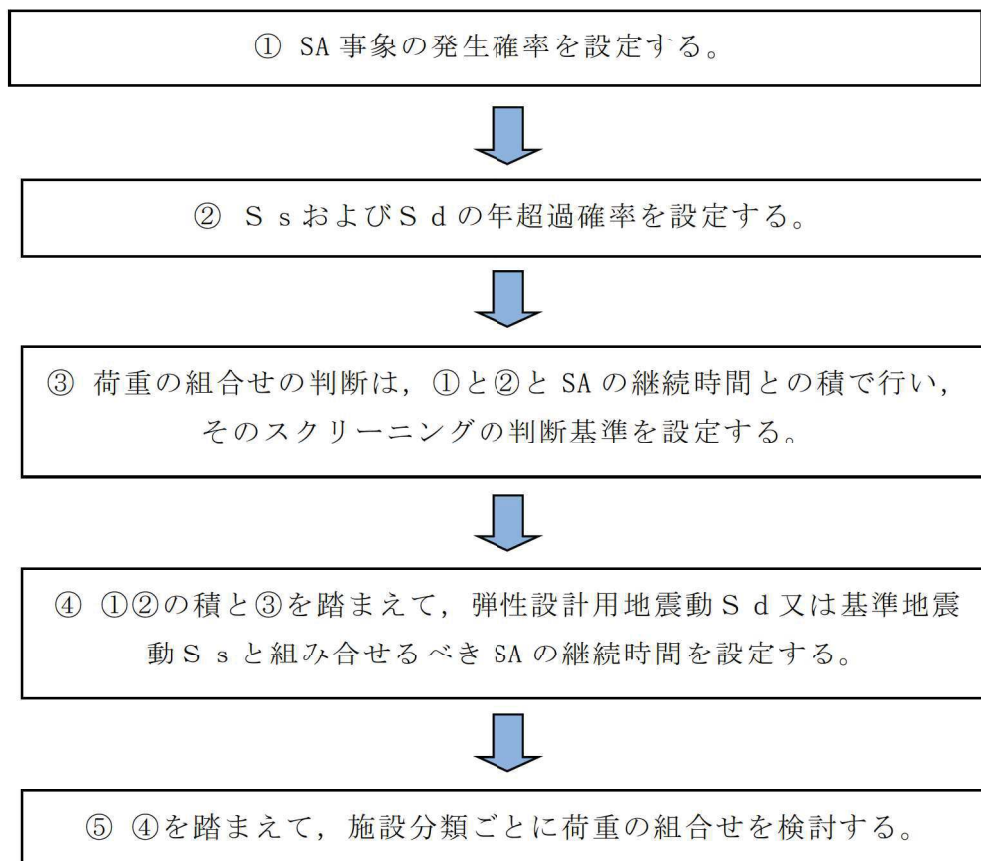


図 4-2 独立事象に対する荷重の組合せの選定フロー

表 4-1 組合せの目安となる継続時間

荷重の組合せを考慮する判断目安	SA の発生確率	地震動の年超過確率		組合せの目安となる継続時間
		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub>	基準地震動 S <sub>s</sub>	
10 <sup>-8</sup> /炉年以上	10 <sup>-4</sup> /炉年*1	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub>	10 <sup>-2</sup> /年以下*2	10 <sup>-2</sup> 年以上
		基準地震動 S <sub>s</sub>	5×10 <sup>-4</sup> /年以下*2	2×10 <sup>-1</sup> 年以上

注記\*1：原子力安全委員会「発電用軽水型原子炉施設の性能目標について」に記載されている炉心損傷頻度の性能目標値を踏まえ、SA の発生確率として 10<sup>-4</sup>/炉年とした。

\*2：J E A G 4 6 0 1・補-1984 に記載されている地震動 S<sub>2</sub>, S<sub>1</sub> の発生確率を S<sub>s</sub>, S<sub>d</sub> の年超過確率に読み換えた。

## 5. 荷重の組合せの検討結果

4 項の検討手順に基づき、まず、5.1 項では SA が地震の従属事象か独立事象であるかを判断し、5.2 項では、全般施設、PCV バウンダリ、RPV バウンダリに分けて、SA 荷重と地震力の組合せ条件を検討する。なお、SA 施設の支持構造物については、支持する施設の荷重の組合せに従うものとする。

### 5.1 地震の従属事象・独立事象の判断

運転状態 V が地震によって引き起こされるおそれがある事象であるかについては、DB 施設の耐震設計の考え方に基づく。なお、確率論的な考察も考慮する。ここで、DB 施設に対して従前より適用してきた考え方にに基づき、地震の従属事象とは、ある地震力を想定して、その地震力未満で設計された設備が、その地震力を上回る地震が発生した際に確定論的に設備が損傷すると仮定した場合に発生する事象、すなわち「地震によって引き起こされる事象」と定義し、地震の独立事象とは、確定論的に考慮して「地震によって引き起こされるおそれのない事象」と定義する。

S クラス施設は  $S_s$  による地震力に対して、その安全機能が損なわれるおそれのないよう設計されている。この安全機能に係る設計は、S クラス施設自体が、 $S_s$  による地震力に対して、損傷しないよう設計するだけでなく、下位クラスに属するものの波及的影響等に対しても、その安全機能が損なわれないよう設計することも含まれる。S クラス施設が健全であれば、炉心損傷防止に係る重大事故等対策の有効性評価において想定した全ての事故シーケンスに対し、 $S_s$  相当の地震により、起因事象が発生したとしても緩和設備が機能し、DB 設計の範囲で事象を収束させることができることを確認した。

したがって、SA 施設に対する耐震設計における荷重の組合せの検討としては、 $S_s$  相当の地震に対して、運転状態 V は地震によって引き起こされるおそれのない「地震の独立事象」として扱い、運転状態 V の運転状態と地震力とを適切に組み合わせる。なお、地震 PRA の結果を参照し、確率論的な考察を実施した。SA 施設に期待した場合の地震 PRA において、 $S_s$  相当までの地震力により炉心損傷に至る事故シーケンスについて、緩和設備のランダム故障を除いた炉心損傷頻度(以下「CDF」という。)であって、SA 施設による対策の有効性の評価が DB 条件を超えるものの累積値は、 $3.0 \times 10^{-8}$ /炉年である。性能目標の CDF ( $10^{-4}$ /炉年)に対する相対割合として 1%を下回る頻度の事象は、目標に対して影響がないといえるくらい小さい値と見なすことができ、 $3.0 \times 10^{-8}$ /炉年は、これを大きく下回ることから、 $S_s$  相当までの地震力により DB 条件を超える運転状態 V の発生確率は極めて低いと考えられる。したがって、SA 施設に対する耐震設計における荷重の組合せの検討において、運転状態 V が地震によって引き起こされるおそれがないとして扱うことは妥当と考える。(添付資料-2 参照)

## 5.2 荷重の組合せの検討結果

5.1 項で運転状態 V は、地震の独立事象と判断したことから、以下では施設分類ごとに 4 項(3)の手順に従って、荷重の組合せを検討する。

### 5.2.1 全般施設

#### (1) SA の発生確率

SA の発生確率としては、CDF の性能目標値である  $10^{-4}$ /炉年を適用する。なお、全般施設については事故シーケンスグループ等を特定せず全ての SA を考慮する。

(表 5.2.1-1)

表 5.2.1-1 全般施設において考慮する事故シーケンスグループ等 (1/2)

事故シーケンスグループ等	考慮する SA シーケンス
「運転中の原子炉における重大事故に至るおそれがある事故」に係る事故シーケンスグループ	
高圧・低圧注水機能喪失	○
高圧注水・減圧機能喪失	○
全交流動力電源喪失	
全交流動力電源喪失(長期 T B)	○
全交流動力電源喪失(T B U)	○
全交流動力電源喪失(T B D)	○
全交流動力電源喪失(T B P)	○
崩壊熱除去機能喪失	
取水機能が喪失した場合	○
残留熱除去系が故障した場合	○
原子炉停止機能喪失	○
LOCA 時注水機能喪失	○
格納容器バイパス(インターフェイスシステム LOCA)	○
「運転中の原子炉における重大事故」に係る格納容器破損モード	
雰囲気圧力・温度による静的負荷(格納容器過圧・過温破損)	
代替循環冷却系を使用する場合	○
代替循環冷却系を使用できない場合	○
高圧溶融物放出/格納容器雰囲気直接加熱	○
原子炉圧力容器外の溶融燃料-冷却材相互作用	○
水素燃焼	○
溶融炉心・コンクリート相互作用	○

表 5.2.1-1 全般施設において考慮する事故シーケンスグループ等 (2/2)

事故シーケンスグループ等	考慮する SA シーケンス
「運転停止中の原子炉における重大事故に至るおそれがある事故」に係る事故シーケンスグループ	
崩壊熱除去機能喪失	○
全交流動力電源喪失	○
原子炉冷却材の流出	○
反応度の誤投入	○

(2) 地震動の年超過確率

地震ハザード解析結果から得られる年超過確率を参照し、J E A G 4 6 0 1・補-1984 で記載されている  $S_2$ ,  $S_1$  の発生確率を  $S_s$ ,  $S_d$  の年超過確率に読み替えて適用する。(添付資料-1 参照)

(3) 荷重の組合せの継続時間の決定

保守性を見込んだ  $10^{-8}$ /炉年と、(1), (2) で得られた値の積との比較により、工学的、総合的に組合せの目安となる継続時間を判断する。事象発生時を基点として、 $10^{-2}$  年までの期間を地震荷重との組合せが不要な短期(運転状態 V (S)), 弾性設計用地震動  $S_d$  との組合せが必要な  $10^{-2} \sim 2 \times 10^{-1}$  年を長期(L)(運転状態 V (L)), 基準地震動  $S_s$  との組合せが必要な期間  $2 \times 10^{-1}$  年以降を長期(LL)(運転状態 V (LL))とする。(表 5.2.1-2, 図 5.2.1-1)

表 5.2.1-2 組合せの目安となる継続時間

事故シーケンス	SA の発生確率	地震動の年超過確率		荷重の組合せを考慮する判断目安	組合せの目安となる継続時間
		弾性設計用地震動 $S_d$			
全ての SA	$10^{-4}$ /炉年*1	弾性設計用地震動 $S_d$	$10^{-2}$ /年以下*2	$10^{-8}$ /炉年以上	$10^{-2}$ 年以上
		基準地震動 $S_s$	$5 \times 10^{-4}$ /年以下*2		$2 \times 10^{-1}$ 年以上

注記\*1: 原子力安全委員会「発電用軽水型原子炉施設の性能目標について」に記載されている炉心損傷頻度の性能目標値を踏まえ、SA の発生確率として  $10^{-4}$ /炉年とした。

\*2: J E A G 4 6 0 1・補-1984 に記載されている地震動  $S_2$ ,  $S_1$  の発生確率を  $S_s$ ,  $S_d$  の年超過確率に読み換えた。

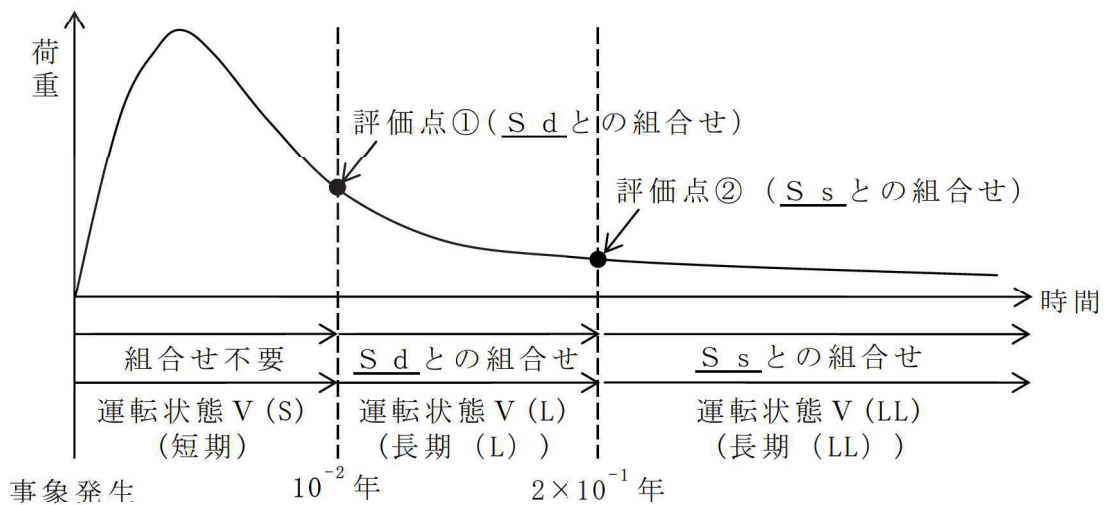


図 5.2.1-1 荷重の組合せと継続時間の関係(イメージ)

#### (4) 荷重組合せの検討

(1)～(3)から、SA の発生確率、地震動の年超過確率と掛け合わせた発生確率は表 5.2.1-2、組み合わせのイメージは図 5.2.1-1 のとおりとなる。この検討に際し、SA 施設としての重要性を鑑み安全裕度を確保するために、頻度が保守的に算出されるように各パラメータの設定に当たり、以下の事項を考慮している。

#### 【全般施設の SA の発生確率、継続時間、地震動の年超過確率に関する考慮】

- ・ SA の発生確率は、個別プラントの CDF を用いず、CDF の性能目標値である  $10^{-4}$ /炉年を適用している。
- ・ 地震ハザード解析結果から得られる年超過確率を参照し、地震動の年超過確率は J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984 に記載の発生確率を用いている。

表 5.2.1-3 の SA の発生確率、地震動の年超過確率、組合せの目安となる SA の継続時間との積を考慮し、事象発生後  $10^{-2}$  年以上に  $2 \times 10^{-1}$  年未満の期間のうち最大となる荷重と  $S_d$  とを組み合わせる。また、SA 発生後  $2 \times 10^{-1}$  年以上の期間における最大値と  $S_s$  による地震力とを組み合わせることとする。

ここで、全般施設については必ずしも SA による荷重の時間履歴を詳細に評価しないことから、上記の考え方を包絡するように事象発生後の最大荷重と  $S_s$  による地震力とを組み合わせる。



表 5.2.1-3 SA の発生確率，継続時間，地震動の年超過確率を踏まえた事象発生確率

事故シーケンス	SA の発生確率	地震動の年超過確率	組合せの目安となる SA の継続時間	運転状態	合計
全ての SA	$10^{-4}$ /炉年	$S_d : 10^{-2}$ /年以下	$10^{-2}$ 年以上 $2 \times 10^{-1}$ 年未満	V (L)	$2 \times 10^{-7}$ /炉年未満
		$S_s : 5 \times 10^{-4}$ /年以下	$2 \times 10^{-1}$ 年以上	V (LL)	$10^{-8}$ /炉年以上

(5) まとめ

以上のことから，全般施設としては，事象発生後の最大荷重と  $S_s$  による地震力とを組み合わせることとする。

## 5.2.2 PCV バウンダリ

### (1) SA の発生確率

SA の発生確率としては、CDF の性能目標値である  $10^{-4}$ /炉年を適用する。

### (2) 地震動の年超過確率

地震ハザード解析結果から得られる年超過確率を参照し、J E A G 4 6 0 1・補-1984 で記載されている  $S_2$ ,  $S_1$  の発生確率を  $S_s$ ,  $S_d$  の年超過確率に読み替えて適用する。(添付資料-1 参照)

### (3) 荷重の組合せの継続時間の決定

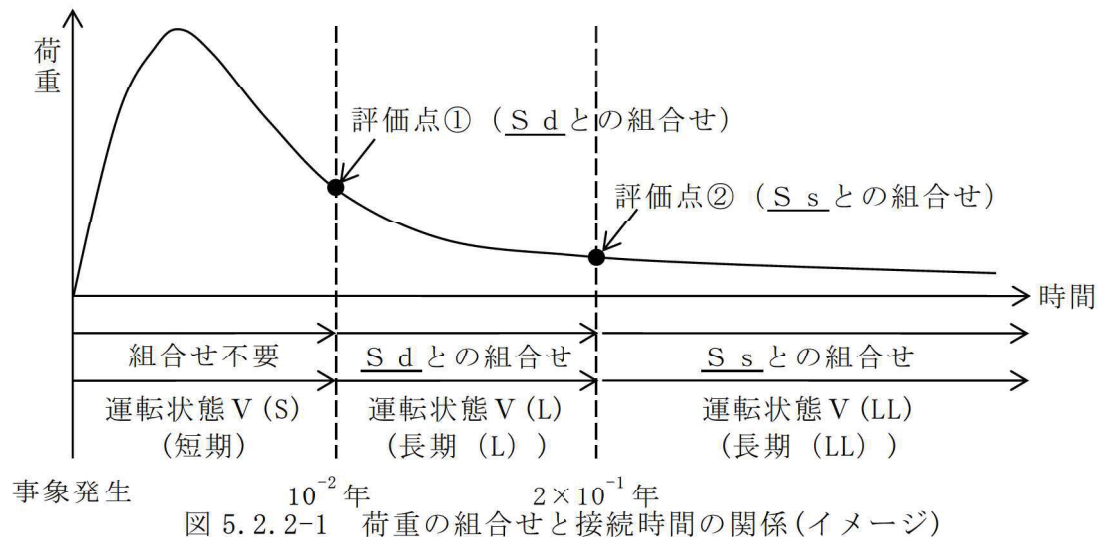
保守性を見込んだ  $10^{-8}$ /炉年と、(1), (2) で得られた値の積との比較により、工学的、総合的に組合せの目安となる継続時間を判断する。事象発生時を基点として、 $10^{-2}$  年までの期間を地震荷重との組合せが不要な短期(運転状態 V (S)), 弾性設計用地震動  $S_d$  との組合せが必要な  $10^{-2} \sim 2 \times 10^{-1}$  年未満を長期(L)(運転状態 V (L)), 基準地震動  $S_s$  との組合せが必要な  $2 \times 10^{-1}$  年以上を長期(LL)(運転状態 V (LL))とする。組合せの目安となる継続時間を表 5.2.2-1 及び組合せのイメージを図 5.2.2-1 に示す。

表 5.2.2-1 組合せの目安となる継続時間

事故シーケンス	SA の発生確率	地震動の年超過確率		荷重の組合せを考慮する判断目安	組合せの目安となる継続時間
全ての SA	$10^{-4}$ /炉年*1	弾性設計用地震動 $S_d$	$10^{-2}$ /年以下*2	$10^{-8}$ /炉年以上	$10^{-2}$ 年以上
		基準地震動 $S_s$	$5 \times 10^{-4}$ /年以下*2		$2 \times 10^{-1}$ 年以上

注記\*1: 原子力安全委員会「発電用軽水型原子炉施設の性能目標について」に記載されている炉心損傷頻度の性能目標値を踏まえ、重大事故等の発生確率として  $10^{-4}$ /炉年とした。

\*2: J E A G 4 6 0 1・補-1984 に記載されている地震動  $S_2$ ,  $S_1$  の発生確率を  $S_s$ ,  $S_d$  の年超過確率に読み換えた。



(4) 荷重の組合せの検討

a. SA の選定

本発電用原子炉施設を対象とした PRA の結果を踏まえた、重大事故等対策の有効性を評価する事故シーケンスグループのうち、圧力・温度条件が最も厳しい事故シーケンスグループを選定する。参考として原子炉格納容器の DB 条件(最高使用圧力・温度)を超える事故シーケンスグループ等を選定した結果を表 5.2.2-2 に示す。

表 5.2.2-2 原子炉格納容器の DB 条件を超える事故シーケンスグループ等 (1/2)

事故シーケンスグループ等	DB 条件を超えるもの
「運転中の原子炉における重大事故に至るおそれがある事故」に係る事故シーケンスグループ	
高圧・低圧注水機能喪失	○
高圧注水・減圧機能喪失	×
全交流動力電源喪失	
全交流動力電源喪失(長期 T B)	○
全交流動力電源喪失(T B U)	○
全交流動力電源喪失(T B D)	○
全交流動力電源喪失(T B P)	○
崩壊熱除去機能喪失	
取水機能が喪失した場合	○
残留熱除去系が故障した場合	○
原子炉停止機能喪失	○
LOCA 時注水機能喪失	○
格納容器バイパス(インターフェイスシステム LOCA)	×*1

表 5.2.2-2 原子炉格納容器の DB 条件を超える事故シーケンスグループ等 (2/2)

事故シーケンスグループ等	DB 条件を超えるもの
「運転中の原子炉における重大事故」に係る格納容器破損モード	
雰囲気圧力・温度による静的負荷(格納容器過圧・過温破損)	
代替循環冷却系を使用する場合	○
代替循環冷却系を使用できない場合	○
高圧溶融物放出/格納容器雰囲気直接加熱	○
原子炉圧力容器外の溶融燃料-冷却材相互作用	○
水素燃焼	×*2
溶融炉心・コンクリート相互作用	○
「運転停止中の原子炉における重大事故に至るおそれがある事故」に係る事故シーケンスグループ	
崩壊熱除去機能喪失	×*3
全交流動力電源喪失	×*3
原子炉冷却材の流出	×*3
反応度の誤投入	×*3

注記\*1：有効性評価では、インターフェイスシステム LOCA により格納容器外へ原子炉冷却材が流出する事象を評価しており、原子炉格納容器圧力・温度の評価を実施していないが、破断を想定した系(HPCS)以外の非常用炉心冷却系等を使用できることから、原子炉格納容器圧力・温度が最高使用圧力・温度を超えることはない

\*2：雰囲気圧力・温度による静的負荷(格納容器過圧・過温破損)(代替循環冷却系を使用する場合)の事故シーケンスにて水素燃焼に対する有効性評価を行っているため対象外とする

\*3：運転停止中は、炉心の冠水維持までを評価の対象としており原子炉格納容器に対する静的な過圧・過温に対する評価は実施していない。しかしながら、静的な過圧・過温の熱源となる炉心崩壊熱は、運転中と比較して十分に小さく、事象の進展も運転中に比べて遅くなることから、運転中に包絡されるものとして参照すべき事故シーケンスの対象とはしない

これらの事故シーケンスグループ等のうち、原子炉格納容器の圧力・温度条件が最も厳しくなるという点で、最高使用圧力・温度を超え、さらに継続期間の長い事故シーケンスグループ等を抽出することを目的に、事故発生後  $10^{-2}$  年(約 3 日後)以内及び事象発生後  $10^{-2}$  年(約 3 日後)の圧力・温度が最も高い事故シーケンスグループ等を抽出した結果、以下の事故シーケンスが挙げられる。

- ・ 雰囲気圧力・温度による静的負荷(格納容器過圧・過温破損)(代替循環冷却系を使用する場合)
- ・ 雰囲気圧力・温度による静的負荷(格納容器過圧・過温破損)(代替循環冷却

系を使用できない場合)

有効性評価においては、いずれの事故シーケンスグループ等においても、事象発生後  $10^{-2}$  年(約 3 日後)前までに原子炉格納容器フィルタベント系又は原子炉補機代替冷却水系による除熱機能が確保され、 $10^{-2}$  年以降の原子炉格納容器圧力及び温度は低下傾向が維持されることから、 $10^{-2}$  年以内の温度・圧力に基づき、事故シーケンスグループ等を選定することは妥当である。

なお、「高圧溶融物放出/格納容器雰囲気直接加熱」、「原子炉圧力容器外の溶融燃料-冷却材相互作用」及び「溶融炉心・コンクリート相互作用」は同じ事故シーケンスにより各格納容器破損モードの評価を行っている。これら格納容器破損モードを評価する際には、原子炉圧力容器破損に至るまで炉心損傷を進展させ、その後生じる格納容器破損モードに対する有効性を確認する必要があるため、解析の前提として、SA 施設として整備した原子炉への注水機能は使用しないとの前提で評価することで、各格納容器破損モードに対して厳しい条件となるよう保守的な条件設定を行っており、他の事故シーケンス等と比較して前提条件が異なる(本来は、高圧代替注水系により炉心損傷回避が可能な事故シーケンスである)。一方、原子炉格納容器に対する静的な過圧・過温に対する長期の頑健性を確認する上では、格納容器圧力及び温度は原子炉停止後の崩壊熱と除熱能力の関係が支配的な要素であることから、「「運転中の原子炉における重大事故」に係る格納容器破損モード」として参照する事故シナリオとして、「雰囲気圧力・温度による静的負荷(格納容器過圧・過温破損)」を代表シナリオとすることは、原子炉圧力容器破損後のシナリオも考慮していることと等しくなる。

格納容器破損モード「雰囲気圧力・温度による静的負荷(格納容器過圧・過温破損)(代替循環冷却系を使用する場合)」及び「雰囲気圧力・温度による静的負荷(格納容器過圧・過温破損)(代替循環冷却系を使用できない場合)」は、大破断 LOCA が発生し、流出した原子炉冷却材及び溶融炉心の崩壊熱等の熱によって発生した水蒸気、炉心損傷に伴うジルコニウム-水反応によって発生した非凝縮性ガスなどの蓄積により、原子炉格納容器の雰囲気圧力・温度が上昇することになる。

上記の 2 つの事故シーケンスグループ等について、事故発生後の原子炉格納容器の最高圧力及び最高温度、 $10^{-2}$  年の圧力及び温度を表 5.2.2-3 に示す。

なお、その他の「運転中の原子炉における重大事故に至るおそれがある事故」に係る事故シーケンスグループについては、格納容器冷却及び除熱に係る手順として、格納容器圧力を最高使用圧力以下に抑える手順としているため抽出されない。

表 5.2.2-3 原子炉格納容器の SA 時の圧力・温度

	格納容器過圧・過温破損 (代替循環冷却系を使用する 場合)	格納容器過圧・過温破損 (代替循環冷却系を使用でき ない場合)
最高圧力	約 0.536MPa [gage]	約 0.640MPa [gage]
最高温度	約 178℃ * <sup>1</sup>	約 178℃ * <sup>1</sup>
圧力(10 <sup>-2</sup> 年後)	約 0.167MPa [gage]	約 0.132MPa [gage]
温度(10 <sup>-2</sup> 年後)	約 114℃	約 136℃

注記\*1:PCV バウンダリにかかる温度(気相部温度)

表 5.2.2-3 に示す各事故シーケンスグループ等の有効性評価における解析条件設定は、解析条件及び解析コードの不確かさを考慮して、設計値を用いるか又は評価項目となるパラメータに対して余裕が小さくなるような設定とすることとしている。また、不確かさの影響評価を行っており、その結果として、解析コード及び解析条件の不確かさについて操作への影響を含めて確認した結果、評価項目となるパラメータに与える影響は小さいことを確認していることから、ここでは不確かさは考慮しない。

b. SA で考慮する荷重と継続時間

【短期荷重の継続時間】

上記の2つの事故シーケンスグループ等について、格納容器圧力・温度の解析結果を図 5.2.2-2～図 5.2.2-5 に示す。

図 5.2.2-2～図 5.2.2-5 より、SA 発生後 10<sup>-2</sup>年前までに、原子炉格納容器の最高圧力及び最高温度となり、10<sup>-2</sup>年以降は、原子炉格納容器フィルタベント系又は原子炉補機代替冷却水系による除熱機能の効果により、格納容器圧力及び温度は低下傾向が維持される。

よって、SA 発生後 10<sup>-2</sup>年前を V (S) (SA の状態のうち事象発生直後の短期的に荷重が作用している状態)として設定することは適切である。

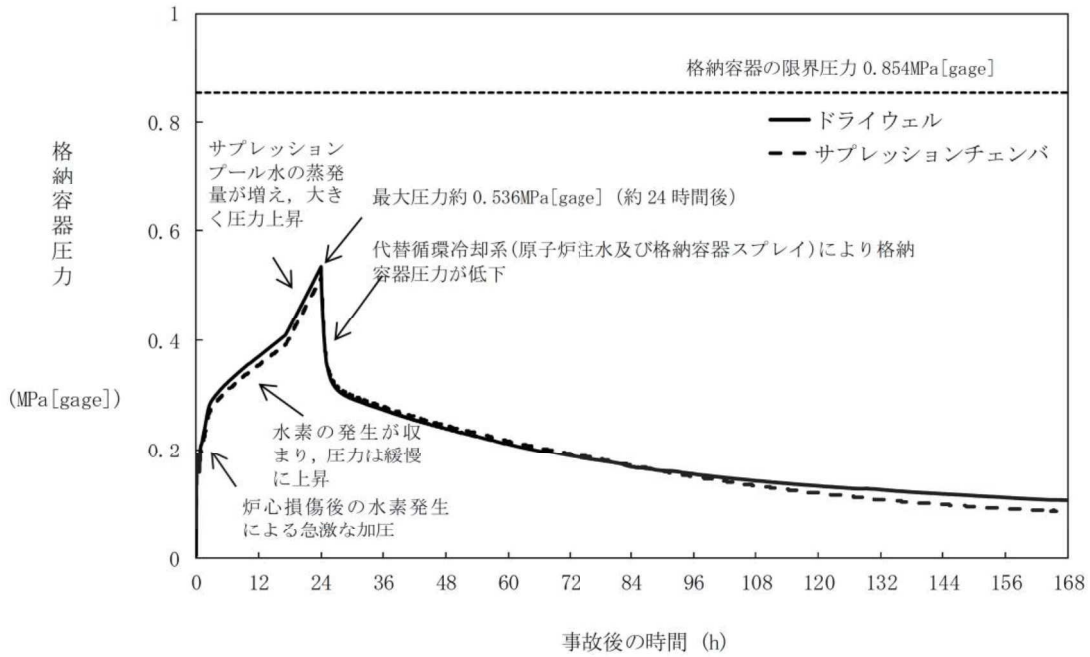


図 5.2.2-2 格納容器過圧・過温破損（代替循環冷却系を使用する場合）における格納容器圧力の推移

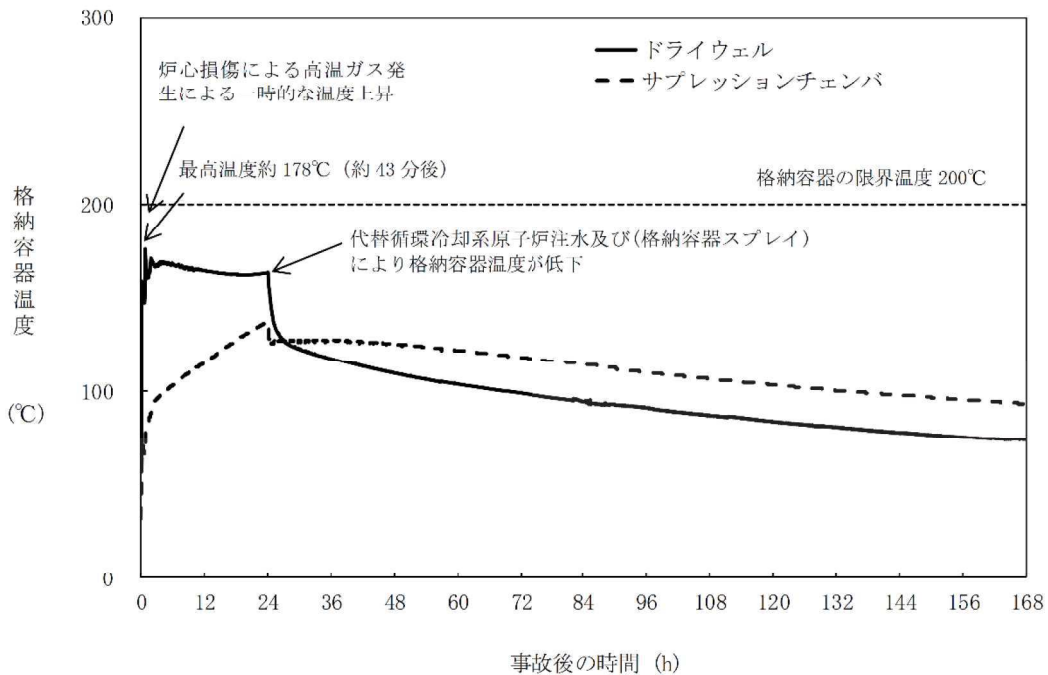


図 5.2.2-3 格納容器過圧・過温破損（代替循環冷却系を使用する場合）における格納容器温度の推移

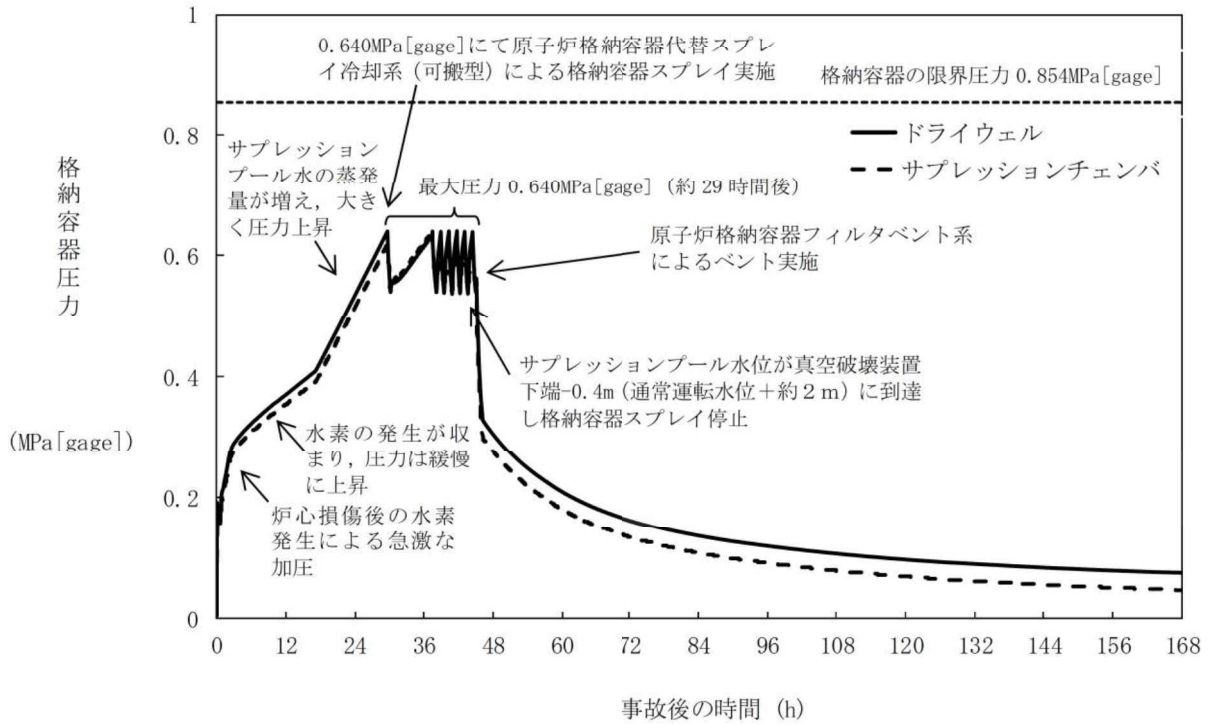


図 5.2.2-4 格納容器過圧・過温破損（代替循環冷却系を使用できない場合）における格納容器圧力の推移

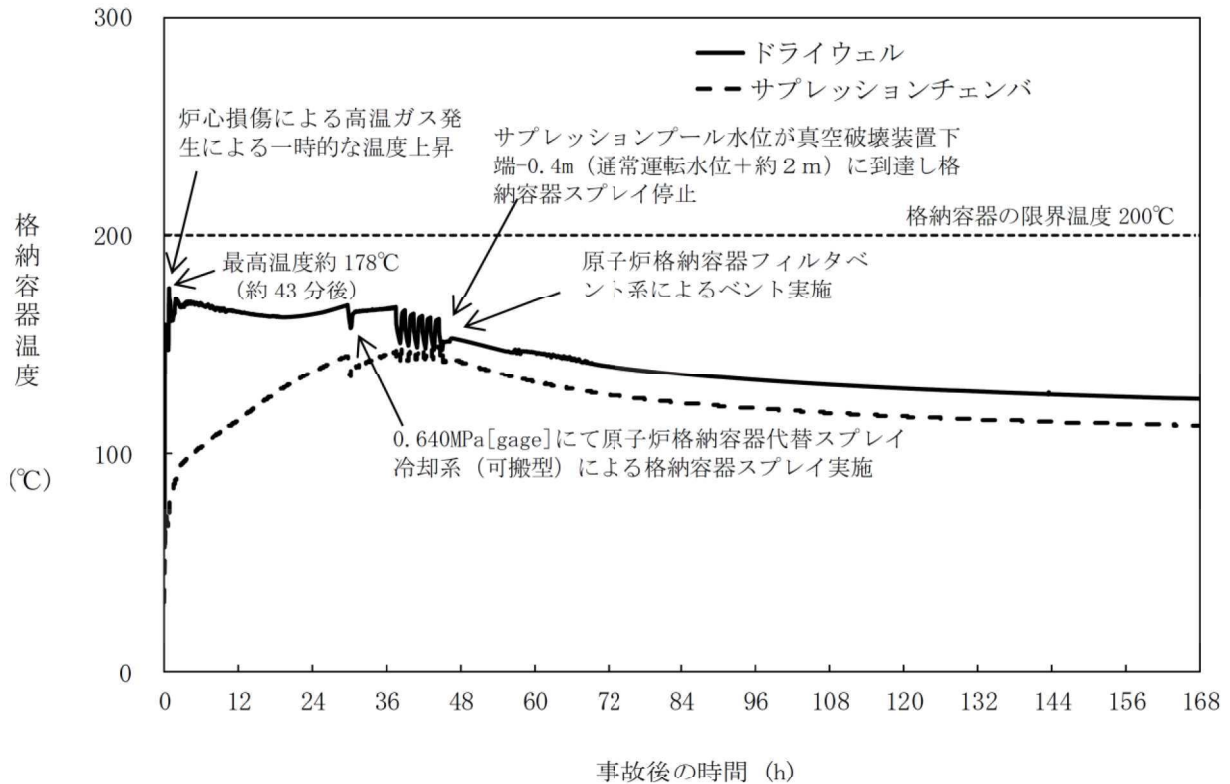


図 5.2.2-5 格納容器過圧・過温破損（代替循環冷却系を使用できない場合）における格納容器温度の推移



#### 【長期(L)および長期(LL)における荷重の継続時間】

事象発生後の原子炉格納容器の圧力・温度の推移は、除熱機能として代替循環冷却系を使用する場合と代替循環冷却系を使用できない場合では大幅に挙動が異なる。事象発生後  $10^{-2}$  年という断面においては、表 5.2.2-3 に示したとおり、格納容器過圧・過温破損（代替循環冷却系を使用する場合）の方が圧力は高い。かつ、除熱機能の確保はSA設備である代替循環冷却系の確保を優先に行うことから、本設定では、格納容器過圧・過温破損（代替循環冷却系を使用する場合）を前提とする。

長期間解析における格納容器圧力・温度の推移を図 5.2.2-6～図 5.2.2-7 に示す。事象発生 24 時間後に原子炉補機代替冷却水系の準備が完了し、以降、代替循環冷却系により格納容器圧力・温度は低下傾向が継続する。

また、格納容器内の酸素濃度が 4.0vol%（ドライ条件）に到達し、可搬型窒素ガス供給装置を用いた窒素供給操作を開始以降については、格納容器圧力は上昇後に静定し、格納容器温度は低下傾向を継続する。

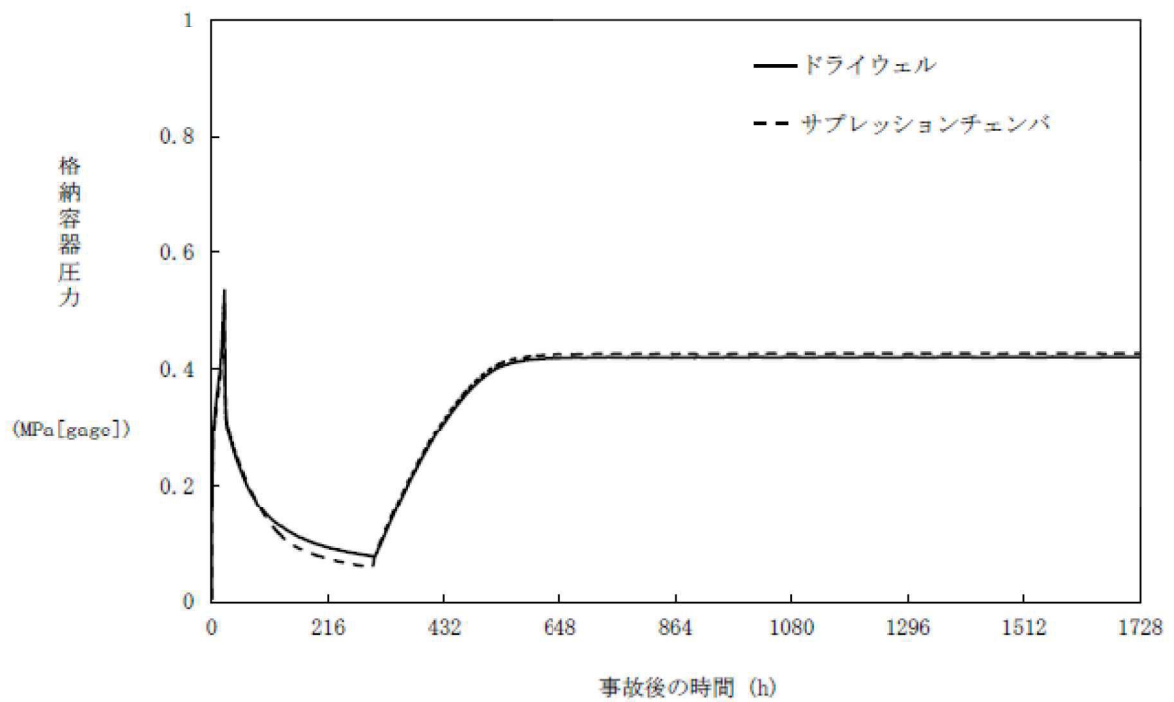


図 5.2.2-6 格納容器過圧・過温破損（代替循環冷却系を使用する場合）  
における格納容器圧力の推移（長期間解析）

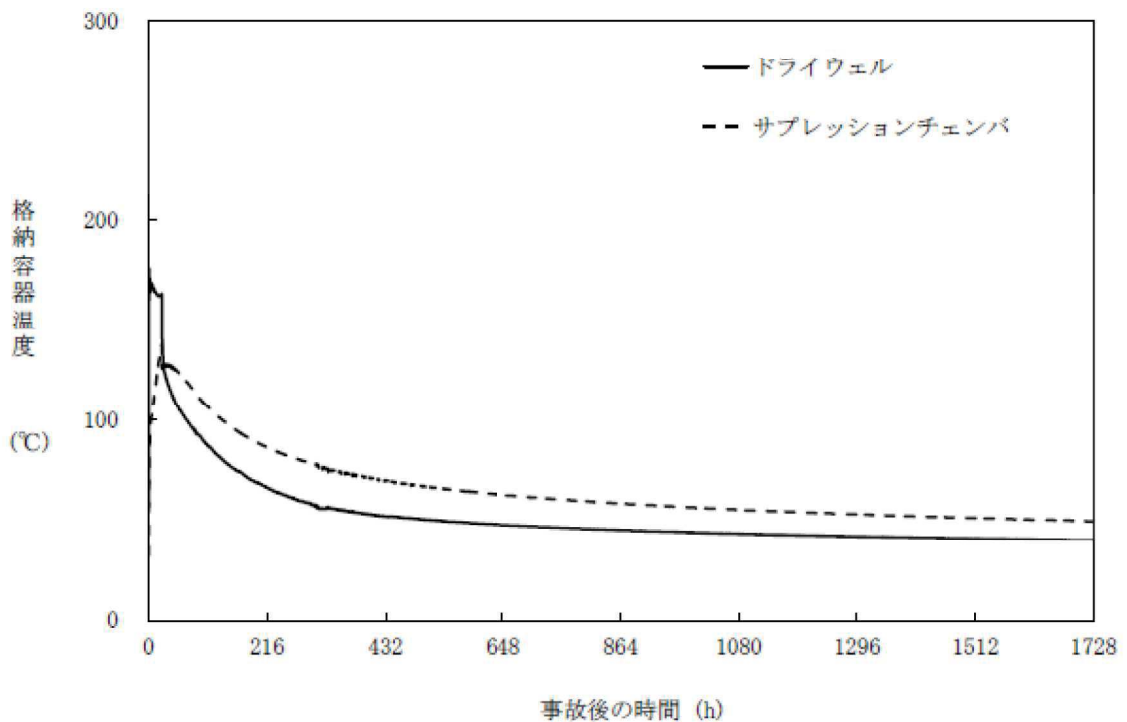


図 5.2.2-7 格納容器過圧・過温破損（代替循環冷却系を使用する場合）  
における格納容器温度の推移（長期間解析）

ここで、 $2 \times 10^{-1}$ 年の格納容器圧力及び温度を表 5.2.2-4 に示す。格納容器圧力は低下傾向を示した後に一時的に上昇するが静定し、また、格納容器温度は低下傾向を維持するため、最高使用圧力及び最高使用温度以下に低下するものの、通常運転条件の格納容器圧力は上回る事となる。

なお、格納容器過圧・過温破損（代替循環冷却系を使用できない場合）の格納容器圧力及び温度も表 5.2.2-4 に併せて示す。

表 5.2.2-4 原子炉格納容器の SA 時の圧力・温度

	格納容器過圧・過温破損 (代替循環冷却系を使用する場合)	格納容器過圧・過温破損 (代替循環冷却系を使用できない場合)
格納容器圧力 ( $2 \times 10^{-1}$ 年後)	約 0.426MPa [gage] * <sup>1</sup>	約 0.038MPa [gage] * <sup>2</sup>
格納容器温度 ( $2 \times 10^{-1}$ 年後)	約 50°C * <sup>1</sup>	約 110°C * <sup>2</sup>

注記\*1:PCV バウンダリ (サブプレッションチェンバ) にかかる  
圧力および温度(気相部温度)

\*2:PCV バウンダリ (ドライウエル) にかかる  
圧力および温度(気相部温度)

(1)～(3)から、SA の発生確率、継続時間、地震の年超過確率(添付資料-1 参照)を踏まえた事象発生確率は表 5.2.2-5 のとおりとなる。この検討に際し、SA 施設としての重要性に鑑み安全裕度を確保するために、頻度が保守的に算出されるように各パラメータの設定に当たり、以下の事項を考慮している。

【PCV バウンダリにおける SA の発生確率、継続時間、地震動の年超過確率に関する考慮】

- SA の発生確率は、個別プラントの CDF を用いず、CDF の性能目標値である  $10^{-4}$ /炉年を適用している。
- 地震ハザード解析結果から得られる年超過確率を参照し、地震動の年超過確率は J E A G 4 6 0 1 ・補-1984 に記載の発生確率を用いている。

以上より、表 5.2.2-3 及び表 5.2.2-4 を考慮し、格納容器過圧・過温破損（代替循環冷却系を使用できない場合）において、格納容器圧力の上昇の速度が遅く、格納容器スプレイ流量が抑制できるなど、原子炉格納容器フィルタベント系の使用タイミングが遅くなる可能性があることから、事象発生後  $10^{-2}$ 年以上  $2 \times 10^{-1}$ 年未満の期間として組み合わせる荷重は、事象発生後以降の最大となる荷重（有効性評価結果の最高圧力・最高温度）と S d とを組み合わせる。また、事象発生後

2×10<sup>-1</sup>年以上の期間における最大となる荷重と S<sub>s</sub> による地震力とを組み合わせることとする。

表 5.2.2-5 SA の発生確率，継続時間，地震動の年超過確率を踏まえた  
事象発生確率

事故シーケンス	SA の発生確率	地震動の年超過確率	組合せの目安となる SA の継続時間	運転状態	合計
雰囲気圧力・温度による静的負荷(格納容器過圧・過温破損)	10 <sup>-4</sup> /炉年	S <sub>d</sub> : 10 <sup>-2</sup> /年以下	10 <sup>-2</sup> 年以上 2×10 <sup>-1</sup> 年未満	V (L)	2×10 <sup>-7</sup> /炉年未満
		S <sub>s</sub> : 5×10 <sup>-4</sup> /年以下	2×10 <sup>-1</sup> 年以上	V (LL)	10 <sup>-8</sup> /炉年以上

(5) まとめ

以上のことから，PCV バウンダリとしては，SA 後長期(LL)に生じる荷重と S<sub>s</sub> による地震力及び事象発生後の最大となる荷重と S<sub>d</sub> による地震力とを組み合わせることとする。

### 5.2.3 RPV バウンダリ

#### (1) SA の発生確率

SA の発生確率としては、CDF の性能目標値である  $10^{-4}$ /炉年を適用する。

#### (2) 地震動の年超過確率

地震ハザード解析結果から得られる年超過確率を参照し、J E A G 4 6 0 1・補-1984 で記載されている  $S_2$ ,  $S_1$  の発生確率を  $S_s$ ,  $S_d$  の年超過確率に読み替えて適用する。(添付資料-1 参照)

#### (3) 荷重の組合せの継続時間の決定

保守性を見込んだ  $10^{-8}$ /炉年と、(1), (2) で得られた値の積との比較により、工学的、総合的に組合せの目安となる継続時間を判断する。事象発生時を基点として、 $10^{-2}$  年までの期間を地震荷重との組合せが不要な短期(運転状態 V (S)), 弾性設計用地震動  $S_d$  との組合せが必要な  $10^{-2} \sim 2 \times 10^{-1}$  年を長期(L) (運転状態 V (L)), 基準地震動  $S_s$  との組合せが必要な期間  $2 \times 10^{-1}$  年以降を長期(LL) (運転状態 V (LL)) とする。組合せの目安となる継続時間を表 5.2.3-1, 組合せのイメージを図 5.2.3-1 に示す。

表 5.2.3-1 組合せの目安となる継続時間

事故シーケンス	SA の発生確率	地震動の年超過確率		荷重の組合せを考慮する判断目安	組合せの目安となる継続時間
全ての SA	$10^{-4}$ /炉年*1	弾性設計用地震動 $S_d$	$10^{-2}$ /年以下*2	$10^{-8}$ /炉年以上	$10^{-2}$ 年以上
		基準地震動 $S_s$	$5 \times 10^{-4}$ /年以下*2		$2 \times 10^{-1}$ 年以上

注記\*1: 原子力安全委員会「発電用軽水型原子炉施設の性能目標について」に記載されている炉心損傷頻度の性能目標値を踏まえ、重大事故等の発生確率として  $10^{-4}$ /炉年とした。

\*2: J E A G 4 6 0 1・補-1984 に記載されている地震動  $S_2$ ,  $S_1$  の発生確率を  $S_s$ ,  $S_d$  の年超過確率に読み換えた。

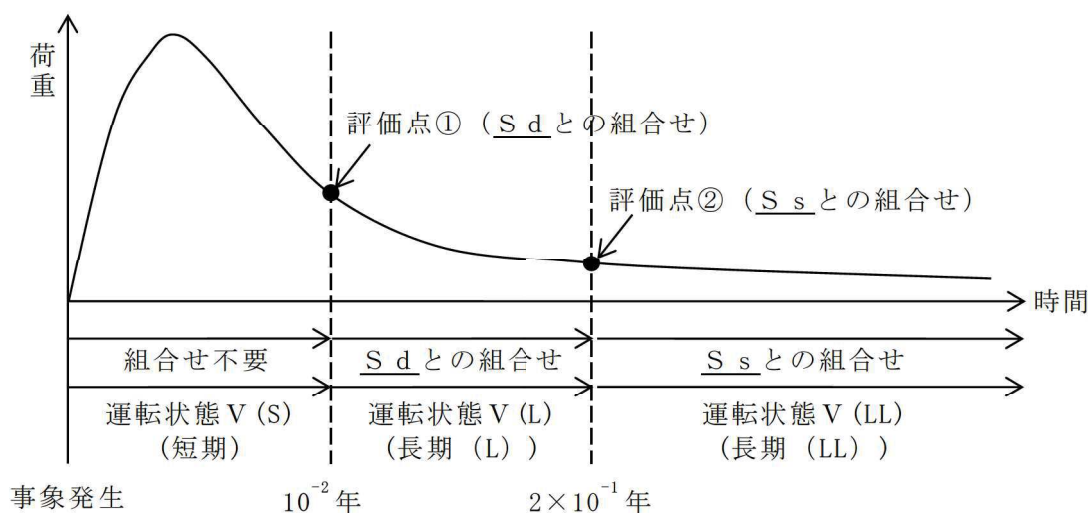


図 5.2.3-1 荷重の組合せと継続時間の関係 (イメージ)

(4) 荷重の組合せの検討

a. SA の選定

原子炉圧力容器の圧力及び温度上昇の観点で厳しい事故シーケンスグループ等は以下の理由から、「原子炉停止機能喪失」(以下「ATWS」という。)である(表 5.2.3-2)。ATWS は、過度事象として主蒸気隔離弁の誤閉止の発生を仮定するとともに、原子炉自動停止機能が喪失する事象であり、緩和措置がとられない場合には、原子炉出力が維持されるため、原子炉圧力容器が高温・高圧状態となる。

表 5.2.3-2 原子炉圧力容器の DB 条件を超える事故シーケンスグループ等(1/2)

事故シーケンスグループ等	DB 条件を超えるもの*1
「運転中の原子炉における重大事故に至るおそれがある事故」に係るシーケンスグループ	
高圧・低圧注水機能喪失	×
高圧注水・減圧機能喪失	×
全交流動力電源喪失	
全交流動力電源喪失(長期 T B)	×
全交流動力電源喪失(T B U)	×
全交流動力電源喪失(T B D)	×
全交流動力電源喪失(T B P)	×
崩壊熱除去機能喪失	
取水機能が喪失した場合	×
残留熱除去系が故障した場合	×
原子炉停止機能喪失	○
LOCA 時注水機能喪失	×
格納容器バイパス(インターフェイスシステム LOCA)	×

表 5.2.3-2 原子炉圧力容器の DB 条件を超える事故シーケンスグループ等(2/2)

事故シーケンスグループ等	DB 条件を超えるもの*1
「運転中の原子炉における重大事故」に係る格納容器破損モード	
雰囲気圧力・温度による静的負荷(格納容器過圧・過温破損)	
代替循環冷却系を使用する場合	— *2
代替循環冷却系を使用できない場合	— *2
高圧溶融物放出/格納容器雰囲気直接加熱	— *2
原子炉圧力容器外の溶融燃料-冷却材相互作用	— *2
水素燃焼	— *2
溶融炉心・コンクリート相互作用	— *2
「運転停止中の原子炉における重大事故に至るおそれがある事故」に係る事故シーケンスグループ	
崩壊熱除去機能喪失	— *3
全交流動力電源喪失	— *3
原子炉冷却材の流出	— *3
反応度の誤投入	— *3

注記\*1：有効性評価における原子炉圧力と最高使用圧力との比較

\*2：非常用炉心冷却系が喪失し、炉心が損傷に至るシナリオである。よって、RPV バウンダリの頑健性を評価することを目的とした事故シーケンスとしては参照しない。なお、雰囲気圧力・温度による静的負荷(格納容器過圧・過温破損)及び水素燃焼は大破断 LOCA を起因とし、事象発生後、急速に減圧するシナリオであり、また、他のシナリオは、原子炉が高圧の状態を維持(その間逃がし安全弁による原子炉圧力制御)するが、原子炉水位が BAF+20%の位置で減圧するシナリオであるため、原子炉圧力という点では、「運転中の原子炉における重大事故に至るおそれがある事故」に係る事故シーケンスグループに包絡される

\*3：運転停止中は、炉心の冠水維持までを評価の対象としており原子炉圧力・温度に対する評価は実施していない。しかしながら、運転停止中であり、初期圧力は十分に低く、また、過圧・過温として影響の大きい条件である炉心崩壊熱は、運転中と比較して十分に小さく、事象の進展も遅くなることから、「運転中の原子炉における重大事故に至るおそれがある事故」に係る事故シーケンスグループに包絡されるものとして参照すべき事故シーケンスの対象とはしない

これ以外の事故シーケンスグループ等では、原子炉圧力容器は健全であり、また、スクラム後、急速減圧及び低圧注水系による冠水維持開始までの間、逃がし安全弁の作動により、原子炉圧力は制御されることから、DB の荷重条件を超えることはない。また、「全交流動力電源喪失(TBP)」、「LOCA 時注水機能喪失」及び「格

納容器バイパス(インターフェイスシステム LOCA)」は、LOCA 又は逃がし安全弁の再開失敗が発生していることを前提にしており、DB の荷重条件を超えることはない。

ATWS の炉心損傷防止対策は、主として当該事故の発生防止のために代替制御棒挿入機能(ARI)を備えており、プラント過渡事象が発生し、通常のスラム機能が、電氣的な故障により喪失した場合に、後備の手段として ARI を作動させることにより原子炉停止機能を確保することとなる。有効性評価では、この ARI の機能に期待せず、最も厳しい過渡事象として主蒸気隔離弁の閉止を条件とし、これによる原子炉圧力上昇による反応度投入、また、主蒸気隔離弁の閉止に伴う給水加熱喪失による反応度投入を評価している。これに対し、原子炉出力を抑制するための代替原子炉再循環ポンプトリップ機能、制御棒挿入機能喪失時の自動減圧系作動阻止機能及びほう酸水注入系による原子炉未臨界操作により原子炉を未臨界へ移行させることとなる。

以上のとおり、スラムを前提とした他の事故シーケンスグループ等と比較し、最も早く原子炉冷却材圧力が上昇する事象である。

したがって、SA として考慮すべき事故シーケンスは以下の事故シナリオを選定した。

- ・原子炉停止機能喪失

この事故シーケンスにおける SA 発生後の RPV バウンダリ圧力の最高値、原子炉冷却材温度の最高値を表 5.2.3-3 に示す。

表 5.2.3-3 RPV バウンダリの SA 時の圧力・温度(有効性評価結果)

	原子炉停止機能喪失
最高圧力	約 9.56MPa[gage]*
最高温度	約 309℃

注記\*：原子炉圧力と原子炉圧力容器底部圧力との差を考慮した値

表 5.2.3-3 に示す原子炉停止機能喪失の有効性評価における解析条件設定は、解析条件及び解析コードの不確かさを考慮して、設計値を用いるか又は評価項目となるパラメータに対して余裕が小さくなるような設定とすることとしている。また、不確かさの影響評価を行っており、その結果として、解析コード及び解析条件の不確かさについて操作への影響を含めて確認した結果、評価項目となるパラメータに与える影響は小さいことを確認していることから、ここでは不確かさは考慮しない。



b. SA で考慮する荷重と継続時間

a. 項で選定した事故シーケンスの過渡応答図を図 5.2.3-2 及び図 5.2.3-3 に示す。原子炉圧力は主蒸気隔離弁の閉止に伴う圧力上昇以降、速やかに耐震設計上の設計圧力である 8.62MPa[gage]を下回る。また、事象開始から 50 分以内にほう酸水注入系による未臨界が確立され、事象は収束する。

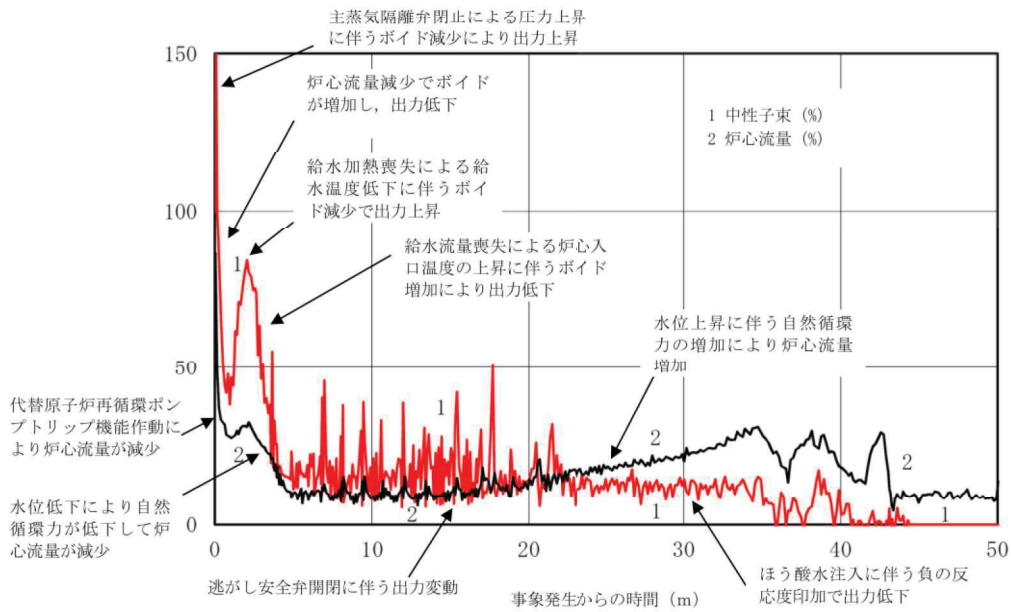


図 5.2.3-2 原子炉停止機能喪失における中性子束及び炉心流量の時間変化 (事象発生から 50 分後まで)

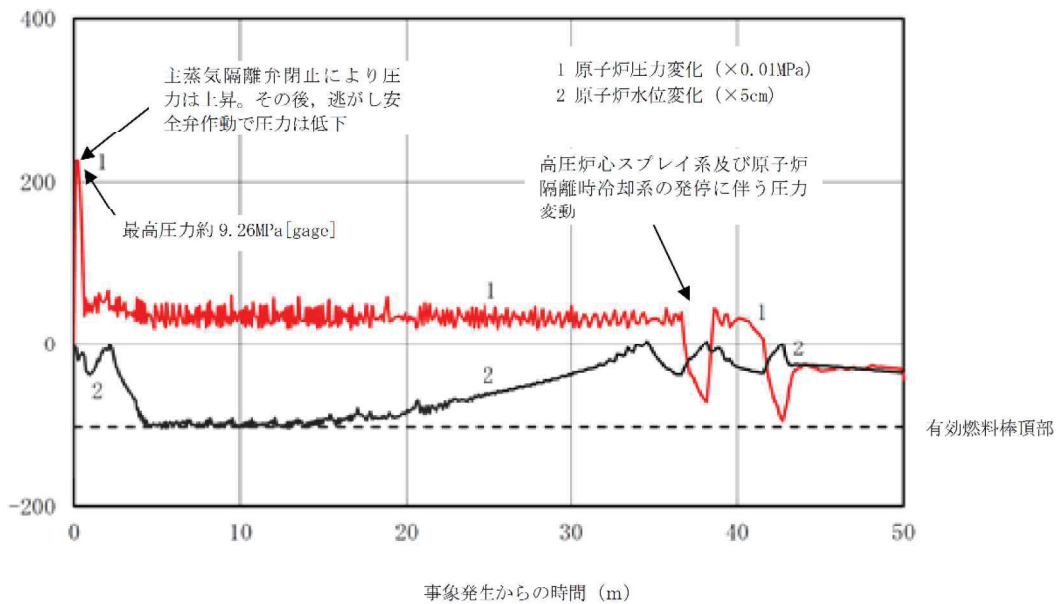


図 5.2.3-3 原子炉停止機能喪失における原子炉圧力、原子炉水位 (シュラウド外) の時間変化 (事象発生から 50 分後まで)

(1)～(3)から、SAの発生確率、継続時間、地震動の年超過確率を踏まえた事象発生確率は表5.2.3-4のとおりとなる。この検討に際し、SA施設としての重要性を鑑み安全裕度を確保するために、頻度が保守的に算出されるように各パラメータの設定に当たり、以下の事項を考慮している。

**【RPVバウンダリのSAの発生確率、継続時間、地震動の年超過確率に関する考慮】**

- ・SAの発生確率は、個別プラントのCDFを用いず、CDFの性能目標値である $10^{-4}$ /炉年を適用している。
- ・地震ハザード解析結果から得られる年超過確率を参照し、地震動の年超過確率はJ E A G 4 6 0 1・補-1984に記載の発生確率を用いている。

表5.2.3-4より、SAの発生確率、地震動の年超過確率、組合せの目安となるSAの継続時間との積等も考慮し、工学的、総合的な判断としてS<sub>d</sub>による地震力とSA後長期(L)荷重、S<sub>s</sub>による地震力とSA後長期(LL)荷重とを組み合わせる。

表5.2.3-4 SAの発生確率、継続時間、地震動の年超過確率を踏まえた事象発生確率

事故シーケンス	SAの発生確率	地震動の年超過確率	組合せの目安となるSAの継続時間	運転状態	合計
原子炉停止機能喪失	$10^{-4}$ /炉年	S <sub>d</sub> : $10^{-2}$ /年以下	$10^{-2}$ 年以上 $2 \times 10^{-1}$ 年未満	V(L)	$2 \times 10^{-7}$ /炉年未満
		S <sub>s</sub> : $5 \times 10^{-4}$ /年以下	$2 \times 10^{-1}$ 年以上	V(LL)	$10^{-8}$ /炉年以上

(5) まとめ

以上のことから、RPVバウンダリとしては、SA後長期(LL)に生じる荷重とS<sub>s</sub>による地震力、SA後長期(L)に生じる荷重とS<sub>d</sub>による地震力とを組み合わせることとする。

5.2.4 SA施設の支持構造物

SA施設の支持構造物については、SA後長期の雰囲気温度と5.2.1～5.2.3項それぞれの地震とを組み合わせる。ただし、SA施設本体からの熱伝導等を考慮するものとする。具体的な組合せ内容は、5.2.1～5.2.3項による。

## 6. 許容応力状態の検討結果

5. 項の組合せ方針に基づき、各施設の SA と地震との組合せに対する許容応力状態の考え方を以下に示す。許容応力状態の考え方は、全般施設、PCV バウンダリ、RPV バウンダリ及び SA 施設の支持構造物に分けて検討することとした。

### 【運転状態の説明】

- I ~ IV : J E A G 4 6 0 1 で設定している運転状態と同じ
- V (S) : SA の状態のうち事象発生直後の短期的に荷重が作用している状態
- V (L) : SA の状態のうち長期的(過渡状態を除く一連の期間)に荷重が作用している状態
- V (LL) : SA の状態のうち V (L) より更に長期的に荷重が作用している状態

### 【許容応力状態の説明】

- I<sub>A</sub> ~ IV<sub>A</sub> : J E A G 4 6 0 1 で設定している許容応力状態と同じ
- III<sub>AS</sub>・IV<sub>AS</sub> : J E A G 4 6 0 1 で設定している許容応力状態と同じ
- V<sub>A</sub> : 運転状態 V 相当の応力評価を行う許容応力状態  
(SA 時に要求される機能が満足できる許容応力状態)
- V<sub>AS</sub> : 許容応力状態 V<sub>A</sub> を基本として、それに地震により生ずる応力に対する特別な応力の制限を加えた許容応力状態  
(SA 時に要求される機能が満足できる許容応力状態)

## 6.1 全般施設

5.2.1 項の荷重の組合せ方針から、各組合せ条件に対する許容応力状態を表 6.1-1 に示す。

表 6.1-1 PCV バウンダリ内外の全般施設の荷重の組合せと許容応力状態

運転状態	許容応力状態	DB 施設		SA 施設		備考
		S d	S s	S d	S s	
I	I <sub>A</sub>	III <sub>A</sub> S	IV <sub>A</sub> S	—	IV <sub>A</sub> S	DB と同じ許容応力状態とする。
II	II <sub>A</sub>	III <sub>A</sub> S	IV <sub>A</sub> S	—	IV <sub>A</sub> S	DB と同じ許容応力状態とする。
III	III <sub>A</sub>	III <sub>A</sub> S	IV <sub>A</sub> S	—	IV <sub>A</sub> S	DB と同じ許容応力状態とする。
IV (L)	IV <sub>A</sub> ECCS 等: I <sub>A</sub> *	III <sub>A</sub> S* <sup>1</sup>	—	III <sub>A</sub> S* <sup>1</sup>	—	DB と同じ許容応力状態とする。
IV (S)	IV <sub>A</sub>	—	—	—	—	—
V (LL)	V <sub>A</sub>			—	V <sub>A</sub> S* <sup>2</sup>	V <sub>A</sub> S の許容限界は、IV <sub>A</sub> S と同じものを適用する。
V (L)						
V (S)						

注記\*1: ECCS 等に係るもののみ

\*2: SA 後短期的なものと、長期的なものを区別せず、それらを包絡する条件を SA 条件として設定する。(原子炉格納容器雰囲気温度の影響を受ける全般施設については、6.2 項の検討結果も考慮する)

## 6.2 PCV バウンダリ

5.2.2 項の荷重の組合せ方針から、各組合せ条件に対する許容応力状態を表 6.2-1 に示す。DB 条件における評価では、S d と DBA 後長期荷重との組合せでは III<sub>A</sub>S を許容応力状態としているが、これは、ECCS 等と同様、PCV バウンダリが DBA を緩和・収束させるために必要な施設に挙げられていることによるものである。また、DB 施設として PCV バウンダリについては、LOCA 後 (DBA) の最終障壁としての安全裕度を確認する意味で、LOCA 後の最大内圧と S d との組合せを実施している。SA 施設としての PCV バウンダリについては、最終障壁としての安全裕度の確認として、SA 時の原子炉格納容器の限界温度、限界圧力の条件で、PCV バウンダリの放射性物質閉じ込め機能が損なわれることがないことの確認を行う。

表 6.2-1 PCV バウンダリの荷重の組合せと許容応力状態

運転状態	許容応力状態	DB 施設		SA 施設		備考
		S d	S s	S d	S s	
I	I <sub>A</sub>	III <sub>A</sub> S	IV <sub>A</sub> S	—	IV <sub>A</sub> S	DB と同じ許容応力状態とする。
II	II <sub>A</sub>	III <sub>A</sub> S	IV <sub>A</sub> S	—	IV <sub>A</sub> S	DB と同じ許容応力状態とする。
III	III <sub>A</sub>	III <sub>A</sub> S	IV <sub>A</sub> S	—	IV <sub>A</sub> S	DB と同じ許容応力状態とする。
IV (L)	I <sub>A</sub> *	III <sub>A</sub> S	—	III <sub>A</sub> S	—	DB と同じ許容応力状態とする。
IV (S)	IV <sub>A</sub>	IV <sub>A</sub> S* <sup>1</sup>	—	—	—	—
V (LL)	V <sub>A</sub>			—	V <sub>A</sub> S* <sup>2</sup>	V <sub>A</sub> S の許容限界は、IV <sub>A</sub> S と同じものを適用する。
V (L)	V <sub>A</sub>			V <sub>A</sub> S* <sup>2</sup>	—	
V (S)	V <sub>A</sub>			—	—	—

注記\*1：構造体全体としての安全裕度を確認する意味で LOCA 後の最大内圧と S d による地震力との組合せを考慮する。

### 6.3 RPV バウンダリ

5.2.3 項の荷重の組合せ方針から、各組合せ条件に対する許容応力状態を表 6.3-1 に示す。DB 条件における評価では、S d と DBA 後長期荷重との組合せでは、ECCS 等は III<sub>A</sub>S を許容応力状態としているが、これは、ECCS 等が DBA 時に運転を必要とする施設に挙げられていることによるものである。

表 6.3-1 RPV バウンダリの荷重の組合せと許容応力状態

運転状態	許容応力状態	DB 施設		SA 施設		備考
		S d	S s	S d	S s	
I	I <sub>A</sub>	III <sub>A</sub> S	IV <sub>A</sub> S	—	IV <sub>A</sub> S	DB と同じ許容応力状態とする。
II	II <sub>A</sub>	III <sub>A</sub> S	IV <sub>A</sub> S	—	IV <sub>A</sub> S	DB と同じ許容応力状態とする。
III	III <sub>A</sub>	III <sub>A</sub> S	IV <sub>A</sub> S	—	IV <sub>A</sub> S	DB と同じ許容応力状態とする。
IV (L)	IV <sub>A</sub> ECCS 等 : I <sup>*</sup> <sub>A</sub>	IV <sub>A</sub> S*	—	IV <sub>A</sub> S*	—	DB と同じ許容応力状態とする。
IV (S)	IV <sub>A</sub>	—	—	—	—	—
V (LL)	V <sub>A</sub>			—	V <sub>A</sub> S	V <sub>A</sub> S の許容限界は、IV <sub>A</sub> S と同じものを適用する。
V (L)	V <sub>A</sub>			V <sub>A</sub> S	—	
V (S)	V <sub>A</sub>			—	—	—

注記\* : ECCS 等に係るものは III<sub>A</sub>S

### 6.4 SA 施設の支持構造物

SA 施設の支持構造物についての、具体的な許容応力状態は、6.1~6.3 項による。

## 7. まとめ

SA施設の耐震設計に当たっては、SAは地震の独立事象として位置付けた上で、SAの発生確率、継続時間及び地震動の年超過確率の関係や様々な対策、事故シーケンスを踏まえ、SA荷重とS<sub>s</sub>又はS<sub>d</sub>のいずれか適切な地震力とを組み合わせることで評価することとし、その組み合わせ検討結果としては、表7-1～表7-3のとおりとなる。

【凡例】  
○：組合せ要  
－：組合せ不要

表7-1 全般設備の組合せの検討結果

	①SAの発生確率	②地震動の年超過確率	③SAの継続時間	①×②×③	組合せ要否	考慮する組合せ
全てのSA*	10 <sup>-4</sup> /炉年	S <sub>d</sub> :10 <sup>-2</sup> /年以下	SA発生後全期間	10 <sup>-8</sup> /炉年以上	○	SA荷重+S <sub>s</sub>
		S <sub>s</sub> :5×10 <sup>-4</sup> /年以下	SA発生後全期間	10 <sup>-8</sup> /炉年以上	○	

注記\*：短期荷重，長期(L)荷重，長期(LL)荷重を区別せず，それらを包絡する条件とS<sub>s</sub>を組み合わせる。

表7-2 PCVバウンダリの組合せの検討結果

	①SAの発生確率	②地震動の年超過確率	③SAの継続時間	①×②×③	組合せ要否	考慮する組合せ	
SA荷重V(S)	10 <sup>-4</sup> /炉年	S <sub>d</sub> :10 <sup>-2</sup> /年以下	10 <sup>-2</sup> 年未満	10 <sup>-8</sup> /炉年未満	－	SA発生後の最大荷重+S <sub>d</sub> *2	
		S <sub>s</sub> :5×10 <sup>-4</sup> /年以下		5×10 <sup>-10</sup> /炉年未満	－		
SA荷重V(L)	10 <sup>-4</sup> /炉年	S <sub>d</sub> :10 <sup>-2</sup> /年以下	10 <sup>-2</sup> 年以上, 2×10 <sup>-1</sup> 年未満	2×10 <sup>-7</sup> /炉年未満	○		SA荷重V(LL)+S <sub>s</sub>
		S <sub>s</sub> :5×10 <sup>-4</sup> /年以下		10 <sup>-8</sup> /炉年未満	－		
SA荷重V(LL)	10 <sup>-4</sup> /炉年	S <sub>d</sub> :10 <sup>-2</sup> /年以下	2×10 <sup>-1</sup> 年以上	2×10 <sup>-7</sup> /炉年以上	－*1	SA荷重V(LL)+S <sub>s</sub>	
		S <sub>s</sub> :5×10 <sup>-4</sup> /年以下		10 <sup>-8</sup> /炉年以上	○		

注記\*1：S<sub>s</sub>による評価に包含されるため“－”としている。

\*2：格納容器過圧・過温破損（代替循環冷却系を使用できない場合）において、格納容器圧力の上昇の速度が遅く、格納容器スプレイ流量が抑制できるなど、原子炉格納容器フィルタベント系の使用タイミングが遅くなる可能性があることから、事象発生後10<sup>-2</sup>年以上2×10<sup>-1</sup>年未満の期間として組み合わせ

る荷重は、事象発生後以降の最大となる荷重（有効性評価結果の最高圧力・最高温度）と S d とを組み合わせる。

表 7-3 RPV バウンダリの組合せの検討結果

	①SA の発生確率	②地震動の年超過確率	③SA の継続時間	①×②×③	組合せ要否	考慮する組合せ
SA 荷重 V (S)	10 <sup>-4</sup> /炉年	Sd:10 <sup>-2</sup> /年以下	10 <sup>-2</sup> 年未満	10 <sup>-8</sup> /炉年未満	—	SA 荷重 V (L) + S d  SA 荷重 V (LL) + S s
		Ss:5×10 <sup>-4</sup> /年以下		5×10 <sup>-10</sup> /炉年未満	—	
SA 荷重 V (L)		Sd:10 <sup>-2</sup> /年以下	10 <sup>-2</sup> 年以上, 2×10 <sup>-1</sup> 年未満	2×10 <sup>-7</sup> /炉年未満	○	
Ss:5×10 <sup>-4</sup> /年以下		10 <sup>-8</sup> /炉年未満		—		
SA 荷重 V (LL)		Sd:10 <sup>-2</sup> /年以下	2×10 <sup>-1</sup> 年以上	2×10 <sup>-7</sup> /炉年以上	—*	
		Ss:5×10 <sup>-4</sup> /年以下		10 <sup>-8</sup> /炉年以上	○	

注記\* : S s による評価に包含されるため “—” としている。



## 添付資料

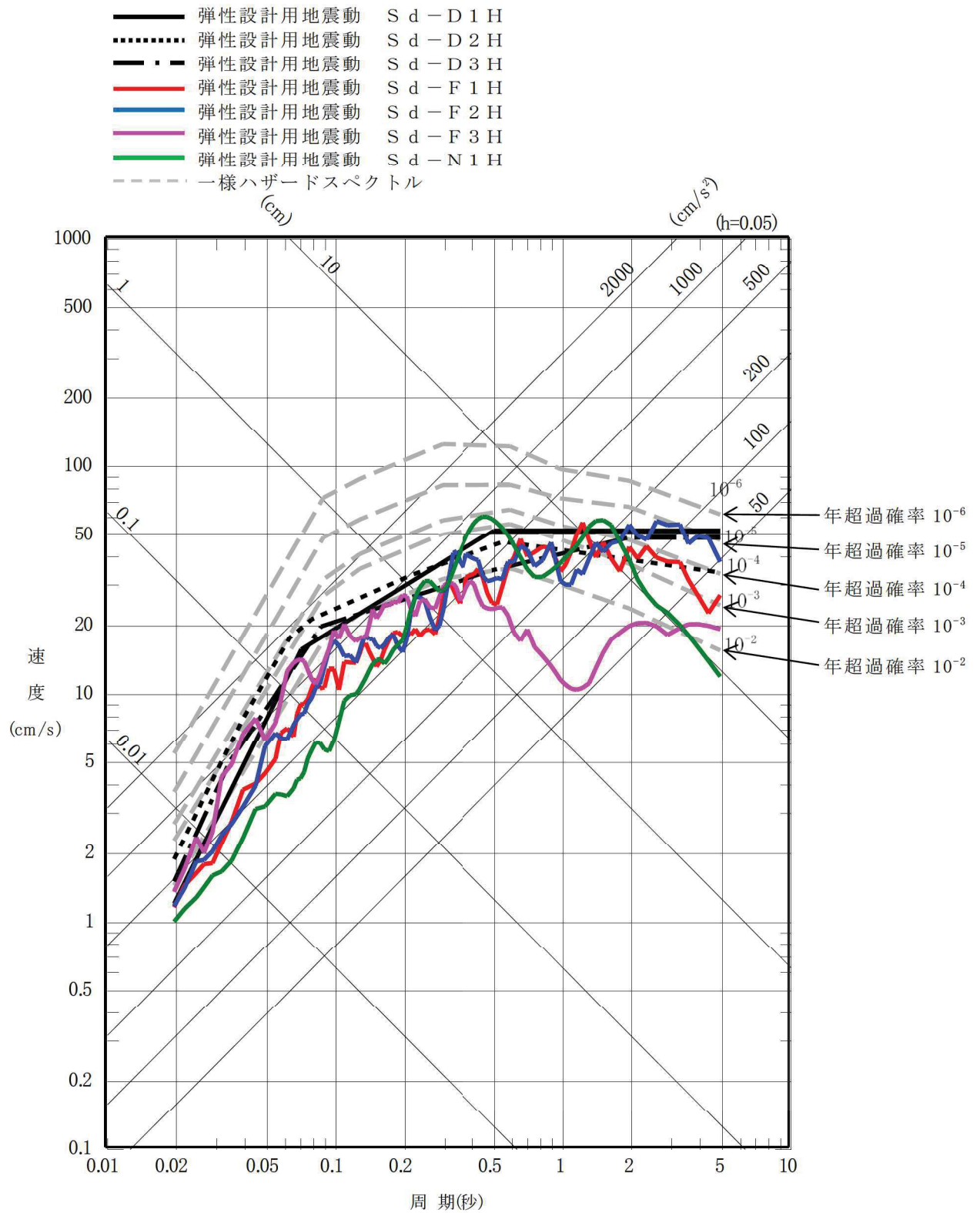
- 添付資料－1 地震動の年超過確率
- 添付資料－2 「地震の従属事象」と「地震の独立事象」について
- 添付資料－3 建物・構築物の SA 施設としての設計の考え方
- 添付資料－4 工認対象施設（SA 施設）における荷重組合せの取扱い

添付資料－1 地震動の年超過確率

発生確率		1	$10^{-1}$	$10^{-2}$	$10^{-3}$	$10^{-4}$	$10^{-5}$	$10^{-6}$	$10^{-7}$	$10^{-8}$	$10^{-9}$	
運転状態の発生確率 (1/年)		I	II	III	IV							
基準地震動の発生確率 (1/年)				$S_1$	$S_2$							
基準地震動 $S_1$ との 組合せ	従属事象			$S_1$ 従属								
	独立事象	1分以内									$S_1 + II$	
		1時間以内							$S_1 + II$	$S_1 + III$		
		1日以内					$S_1 + II$	$S_1 + III$	$S_1 + IV$			
		1年以内			$S_1 + II$	$S_1 + III$	$S_1 + IV$					
基準地震動 $S_2$ との 組合せ	従属事象			$S_2$ 従属								
	独立事象	1分以内	$(S_2 + II)$ は $10^{-9}$ 以下となる									
		1時間以内									$S_2 + II$	$S_2 + III$
		1日以内							$S_2 + II$	$S_2 + III$		
		1年以内					$S_2 + II$	$S_2 + III$	$S_2 + IV$			

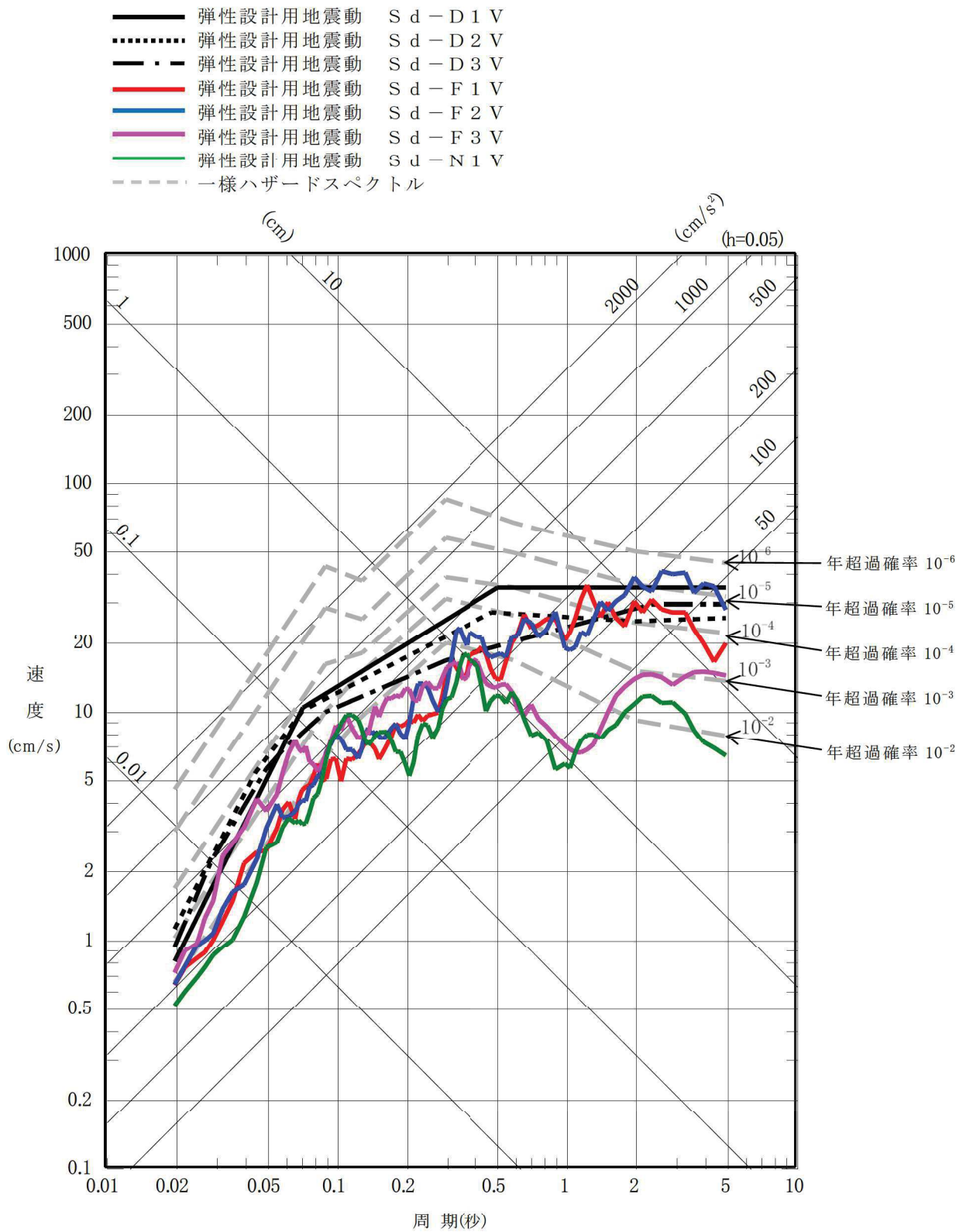
$S_2$ の発生確率  
 $5 \times 10^{-4} \sim 10^{-5}$ /年  
 $S_1$ の発生確率  
 $10^{-2} \sim 5 \times 10^{-4}$ /年

- 注：(1) 発生確率から見て  
 ← 組合せが必要なもの。  
 ← 発生確率が $10^{-7}$ 以下となり組合せが不要となるもの。
- (2) 基準地震動 $S_2$ の発生確率は $10^{-4} \sim 10^{-5}$ /サイト・年と推定されるが、ここでは $5 \times 10^{-4} \sim 10^{-5}$ /サイト・年を用いた。
- (3) 表に示す発生確率は現在の知見によるものである。



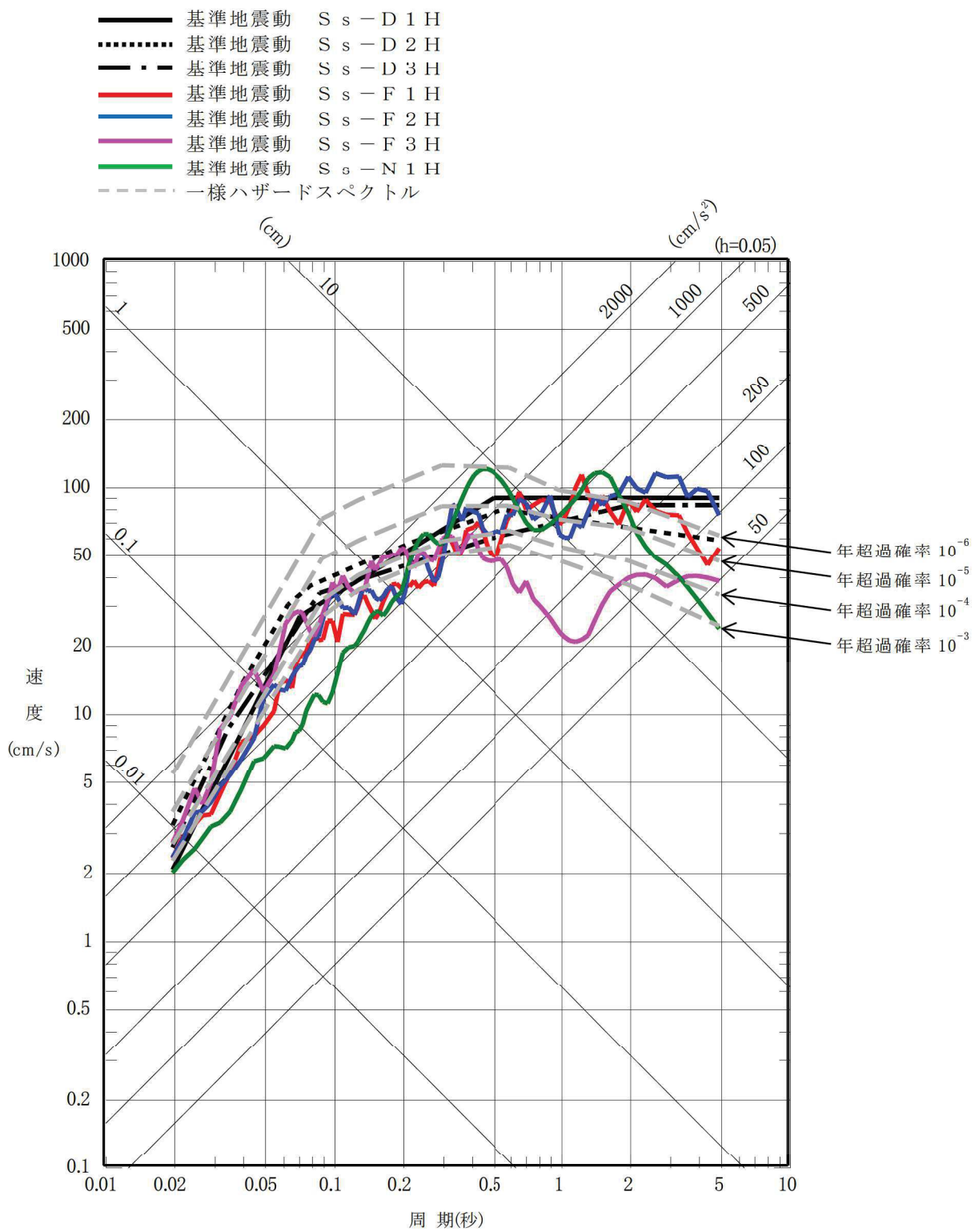
女川原子力発電所発電用原子炉設置変更許可申請書（2号発電用原子炉施設の変更）本文及び添付書類の一部補正について（令和2年2月26日許可）添付資料8より引用（一部加筆）

一様ハザードスペクトルと弾性設計用地震動 S d の応答スペクトルの比較（水平方向）



女川原子力発電所発電用原子炉設置変更許可申請書（2号発電用原子炉施設の変更）本文及び添付書類の一部補正について（令和2年2月26日許可）添付資料8より引用（一部加筆）

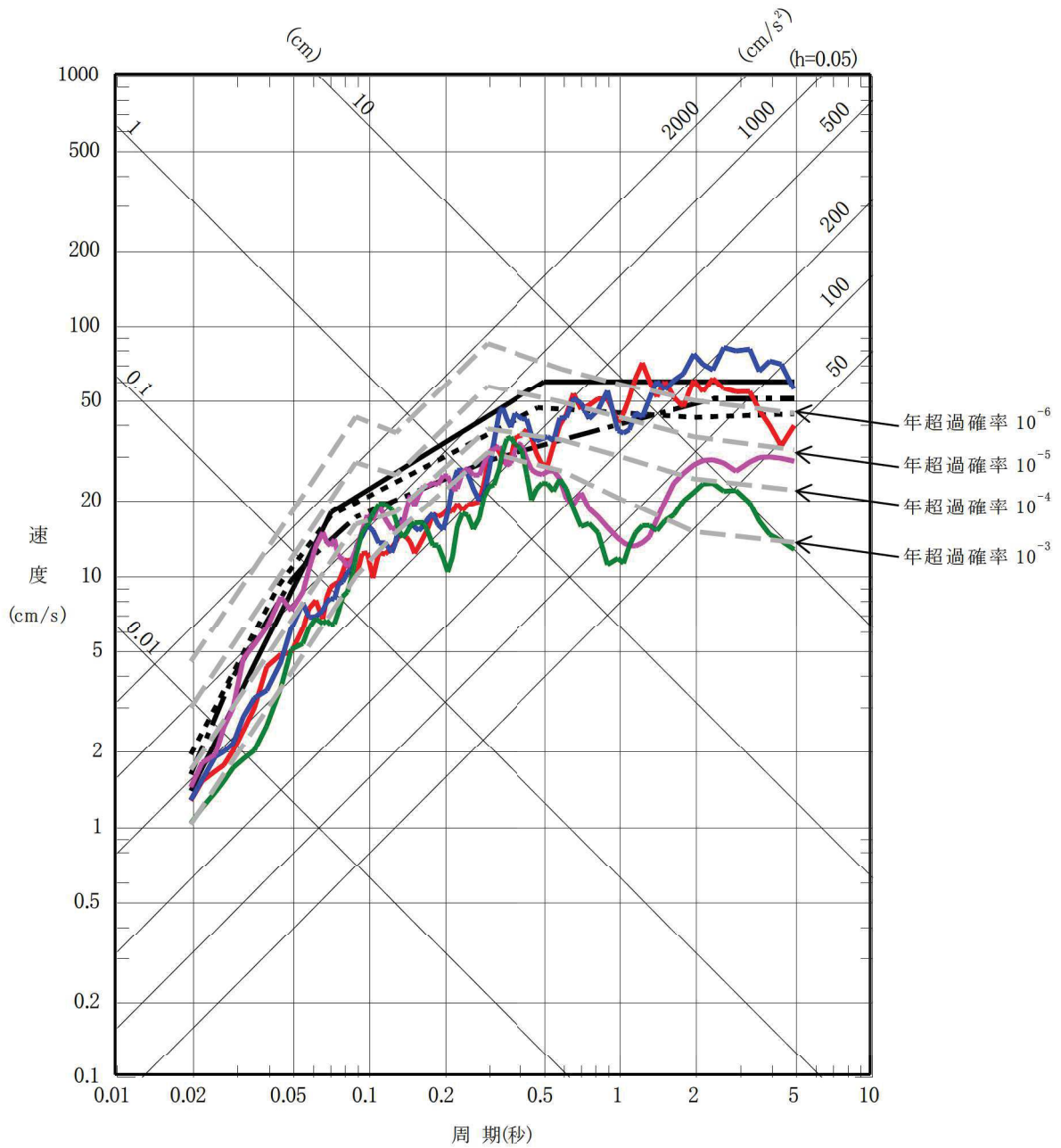
一様ハザードスペクトルと弾性設計用地震動 S d の応答スペクトルの比較（鉛直方向）



女川原子力発電所発電用原子炉設置変更許可申請書（2号発電用原子炉施設の変更）本文及び添付書類の一部補正について（令和2年2月26日許可）添付資料6より引用

一様ハザードスペクトルと基準地震動  $S_s$  の応答スペクトルの比較（水平方向）

- 基準地震動 S s - D 1 V
- ⋯ 基準地震動 S s - D 2 V
- · - 基準地震動 S s - D 3 V
- 基準地震動 S s - F 1 V
- 基準地震動 S s - F 2 V
- 基準地震動 S s - F 3 V
- 基準地震動 S s - N 1 V
- - - 一様ハザードスペクトル



女川原子力発電所発電用原子炉設置変更許可申請書（2号発電用原子炉施設の変更）本文及び添付書類の一部補正について（令和2年2月26日許可）添付資料6より引用

一様ハザードスペクトルと基準地震動 S s の応答スペクトルの比較（鉛直方向）

## 添付資料－２ 「地震の従属事象」と「地震の独立事象」について

運転状態Vが地震によって引き起こされるおそれがある事象であるかについては、DB施設の耐震設計の考え方に基づく。なお、確率論的な考察も考慮する。

### 1. 「地震の従属事象」と「地震の独立事象」についての定義

判断にあたり、SA施設の評価における「地震の従属事象」、「地震の独立事象」について定義を示す。この定義はDB施設に対して従前より適用してきた考え方に基づくものであり、J E A G 4 6 0 1の記載とも整合したものとなっている。

#### (1) 地震の従属事象

設置許可基準規則の解釈の別記2における「地震によって引き起こされる事象(地震の従属事象)」を以下のとおり定義する。

- ・地震力A未満で設計された設備が、地震力Aを上回る地震が発生した際に確定論的に設備が損傷すると仮定した場合に発生する事象

#### (2) 地震の独立事象

設置許可基準規則の解釈の別記2における「地震によって引き起こされるおそれのない事象(地震の独立事象)」を以下のとおり定義する。

- ・上記(1)のような確定論的な評価では引き起こされるおそれのない事象

なお、J E A G 4 6 0 1においては、地震の従属事象は地震との組合せを実施し、地震の独立事象については、事象の発生頻度、継続時間、地震の発生確率を踏まえ、 $10^{-7}$ 回/炉年を超える事象は地震との組合せを実施することを規定している。

### 2. DB施設の耐震設計の考え方等に基づく判断

Sクラス施設は $S_s$ による地震力に対して、その安全機能が損なわれるおそれのないよう設計されている。この安全機能に係る設計は、Sクラス施設自体が、 $S_s$ による地震力に対して、損傷しないよう設計するだけでなく、下位クラスに属するものの波及的影響等に対しても、その安全機能を損なわないよう設計することも含まれる。(表2-1)

Sクラス施設が健全であれば、炉心損傷防止に係る重大事故等対策の有効性評価において想定した全ての事故シーケンスに対し、 $S_s$ 相当の地震により、起因事象が発生したとしても緩和設備が機能し、DB設計の範囲で事象を収束させることができることを確認した。(表2-2)

したがって、SA施設に対する耐震設計における荷重の組合せの検討としては、 $S_s$ 相当の地震に対して、運転状態Vは地震によって引き起こされるおそれのない「地震の独立事象」として扱い、運転状態Vの運転状態と地震力とを適切に組み合わせる。

表 2-1 Sクラスの設計

地震の影響が考えられる事象		耐震性の担保
耐震重要施設自体の損傷		基準地震動による地震力に対して安全機能が損なわれるおそれがないよう設計する。(設置許可基準規則第4条)
下位クラスの損傷の影響による耐震重要施設の損傷		耐震重要施設が、耐震重要度分類の下位クラスに属するものの波及的影響によって、その安全機能を損なわないように設計する。(設置許可基準規則第4条)
地震随件事象	溢水による耐震重要施設の損傷	安全施設は、発電用原子炉施設内における溢水が発生した場合においても安全機能を損なわないよう設計する。(設置許可基準規則第9条)
	津波による耐震重要施設の損傷	DB施設は、基準津波に対して安全機能が損なわれるおそれがないように設計する。(設置許可基準規則第5条)
	火災による耐震重要施設の損傷	DB施設は、火災により発電用原子炉施設の安全性が損なわれないよう設計する。(設置許可基準規則第8条)



表 2-2 地震の従属事象としての適用性について (1 / 12)

類型化グループ	事故シナリオ	事象	対象機器	DB上のSs耐震性	地震の従属事象としての適用の有無	備考	
1	高圧・低圧注水機能喪失	過渡事象 + 高圧注水失敗 + 低圧 ECCS 失敗	過渡事象	外部電源設備※1	×	△	運転状態Ⅱ
			高圧注水失敗	高圧炉心スプレイ系ポンプ (電動機)	○	×	
		高圧炉心スプレイ系配管		○			
		高圧炉心スプレイ系弁		○			
		HPCS ポンプ室空調機		○			
		HPCS ポンプ室空調機ダクト		○			
		HPCS ディーゼル機関		○			
		HPCS ディーゼル発電機		○			
		燃料移送ポンプ		○			
		燃料移送系配管		○			
		DG (HPCS) 室非常用送風機		○			
		原子炉補機 (HPCS) 室送風機		○			
		原子炉補機 (HPCS) 室排風機		○			
		DG (HPCS) 室グラビティダンパ (DG (HPCS) 室非常用送風機 (A) 吸込側)		○			
		原子炉補機 (HPCS) 室グラビティダンパ (原子炉補機 (HPCS) 室送風機 (A) 吐出側)		○			
		原子炉補機 (HPCS) 室換気空調系ダクト		○			
		H 系 125V 蓄電池 (125V 蓄電池 2H)		○			
		H 系 125V 充電器 (125V 充電器 2H)		○			
		H 系直流主母線盤 (125V 直流主母線盤 2H (P/C))		○			
		H 系メタクラ (6.9kV メタクラ 6-2H)		○			
		H 系モータコントロールセンタ (460V 原子炉建屋 MCC 2H)		○			
		H 系母線変圧器 (HPCS 交流分電盤 2H 用変圧器)		○			
		高圧炉心スプレイ補機冷却水ポンプ		○			
		高圧炉心スプレイ補機冷却水系熱交換器		○			
		高圧炉心スプレイ補機冷却水サージタンク		○			
		高圧炉心スプレイ補機冷却水系配管		○			
		高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ (電動機)		○			
		高圧炉心スプレイ補機冷却海水系配管		○			
		高圧炉心スプレイ補機冷却海水系ストレナ (高圧炉心スプレイ補機冷却海水系ストレナ (A))		○			
		高圧炉心スプレイ補機冷却海水系弁	○				
		原子炉隔離時冷却系ポンプ	○				
		原子炉隔離時冷却系ポンプ駆動用タービン	○				
		原子炉隔離時冷却系弁	○				
原子炉隔離時冷却系配管	○						
復水給水系配管	○						
低圧 ECCS 失敗	低圧炉心スプレイ系ポンプ (電動機)	○	×				
	低圧炉心スプレイ系配管	○					
	低圧炉心スプレイ系弁	○					
	LPCS ポンプ室空調機	○					
	LPCS ポンプ室空調機ダクト	○					
	残留熱除去系ポンプ (電動機)	○					
	残留熱除去系配管	○					
	RHR ポンプ室空調機 (RHR ポンプ A 室空調機)	○					

表 2-2 地震の従属事象としての適用性について (2 / 12)

類型化グループ	事故シナリオ	事象	対象機器	DB 上の Ss 耐震性	地震の従属事象としての適用の有無	備考	
1	高圧・低圧注水機能喪失	過渡事象 + SRV 再閉失敗 + 高圧注水失敗 + 低圧 ECCS 失敗	過渡事象	外部電源設備※1	×	△	運転状態 II
			高圧注水失敗	高圧炉心スプレイ系ポンプ (電動機)	○	×	
		高圧炉心スプレイ系配管		○			
		高圧炉心スプレイ系弁		○			
		HPCS ポンプ室空調機		○			
		HPCS ポンプ室空調機ダクト		○			
		HPCS ディーゼル機関		○			
		HPCS ディーゼル発電機		○			
		燃料移送ポンプ		○			
		燃料移送系配管		○			
		DG (HPCS) 室非常用送風機		○			
		原子炉補機 (HPCS) 室送風機		○			
		原子炉補機 (HPCS) 室排風機		○			
		DG (HPCS) 室グラビティダンプ (DG (HPCS) 室非常用送風機 (A) 吸込側)		○			
		原子炉補機 (HPCS) 室グラビティダンプ (原子炉補機 (HPCS) 室送風機 (A) 吐出側)		○			
		原子炉補機 (HPCS) 室換気空調系ダクト		○			
		H 系 125V 蓄電池 (125V 蓄電池 2H)		○			
		H 系 125V 充電器 (125V 充電器 2H)		○			
		H 系直流主母線盤 (125V 直流主母線盤 2H (P/C))		○			
		H 系メタクラ (6.9kV メタクラ 6-2H)		○			
		H 系モータコントロールセンタ (460V 原子炉建屋 MCC 2H)		○			
		H 系母線変圧器 (HPCS 交流分電盤 2H 用変圧器)		○			
		高圧炉心スプレイ補機冷却水ポンプ		○			
		高圧炉心スプレイ補機冷却水系熱交換器		○			
		高圧炉心スプレイ補機冷却水サージタンク		○			
		高圧炉心スプレイ補機冷却水系配管		○			
		高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ (電動機)		○			
		高圧炉心スプレイ補機冷却海水系配管		○			
		高圧炉心スプレイ補機冷却海水系ストレナ (高圧炉心スプレイ補機冷却海水系ストレナ (A))	○				
		高圧炉心スプレイ補機冷却海水系弁	○				
		低圧 ECCS 失敗	低圧炉心スプレイ系ポンプ (電動機)	○	×		
			低圧炉心スプレイ系配管	○			
			低圧炉心スプレイ系弁	○			
LPCS ポンプ室空調機	○						
LPCS ポンプ室空調機ダクト	○						
残留熱除去系ポンプ (電動機)	○						
残留熱除去系配管	○						
残留熱除去系弁	○						
RHR ポンプ室空調機 (RHR ポンプ A 室空調機)	○						
SRV 再閉失敗	主蒸気逃がし安全弁	○	×				

表 2-2 地震の従属事象としての適用性について (3 / 12)

類型化グループ	事故シナリオ	事象	対象機器	DB上のSs耐震性	地震の従属事象としての適用の有無	備考	
2	高圧注水・減圧機能喪失	過渡事象 + 高圧注水失敗 + 手動減圧失敗	過渡事象	外部電源設備※1	×	△	運転状態Ⅱ
			高圧注水失敗	高圧炉心スプレイ系ポンプ (電動機)	○	×	
		高圧炉心スプレイ系配管		○			
		高圧炉心スプレイ系弁		○			
		HPCS ポンプ室空調機		○			
		HPCS ポンプ室空調機ダクト		○			
		HPCS ディーゼル機関		○			
		HPCS ディーゼル発電機		○			
		燃料移送ポンプ		○			
		燃料移送系配管		○			
		DG (HPCS) 室非常用送風機		○			
		原子炉補機 (HPCS) 室送風機		○			
		原子炉補機 (HPCS) 室排風機		○			
		DG (HPCS) 室グラビティダンパ (DG (HPCS) 室非常用送風機 (A) 吸込側)		○			
		原子炉補機 (HPCS) 室グラビティダンパ (原子炉補機 (HPCS) 室送風機 (A) 吐出側)		○			
		原子炉補機 (HPCS) 室換気空調系ダクト		○			
		H系 125V 蓄電池 (125V 蓄電池 2H)		○			
		H系 125V 充電器 (125V 充電器 2H)		○			
		H系 直流主母線盤 (125V 直流主母線盤 2H (P/C))		○			
		II系 メタクラ (6.9kV メタクラ G 2II)		○			
		H系 モータコントロールセンタ (460V 原子炉建屋 MCC 2H)		○			
		H系 母線変圧器 (HPCS 交流分電盤 2H 用変圧器)		○			
		高圧炉心スプレイ補機冷却水ポンプ		○			
		高圧炉心スプレイ補機冷却水系熱交換器		○			
		高圧炉心スプレイ補機冷却水サージタンク		○			
		高圧炉心スプレイ補機冷却水系配管		○			
		高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ (電動機)		○			
		高圧炉心スプレイ補機冷却海水系配管		○			
		高圧炉心スプレイ補機冷却海水系ストレーナ (高圧炉心スプレイ補機冷却海水系ストレーナ (A))	○				
		高圧炉心スプレイ補機冷却海水系弁	○				
原子炉隔離時冷却系ポンプ	○						
原子炉隔離時冷却系ポンプ駆動用タービン	○						
原子炉隔離時冷却系弁	○						
原子炉隔離時冷却系配管	○						
復水給水系配管	○						
手動減圧失敗	主蒸気逃がし安全弁自動減圧機能用アキュムレータ	○	×				
	主蒸気逃がし安全弁	○					

表 2-2 地震の従属事象としての適用性について (4 / 12)

類型化グループ	事故シナリオ	事象	対象機器	DB上のSs耐震性	地震の従属事象としての適用の有無	備考
3	全交流動力電源喪失 (外部電源喪失 + DG 失敗) + HPCS 失敗	外部電源喪失	外部電源設備	×	△	運転状態Ⅱ
		DG 失敗	ディーゼル機関	○	×	
		ディーゼル発電機	○			
		燃料移送ポンプ	○			
		軽油タンク	○			
		燃料移送系配管	○			
		DG 室非常用送風機 (DG (A) 室非常用送風機)	○			
		原子炉補機室送風機 (原子炉補機 A 室送風機)	○			
		原子炉補機室排風機 (原子炉補機 A 室排風機)	○			
		DG 室グラビティダンパ (DG (A) 室非常用送風機 (A) 吸込側)	○			
		原子炉補機室グラビティダンパ (原子炉補機 (A) 室送風機 (A) 吐出側)	○			
		原子炉補機室換気空調系ダクト	○			
		非常用メタクラ (6.9kV メタクラ 6-2C)	○			
		非常用母線変圧器 (パワーセンタ動力用変圧器 2C)	○			
		非常用パワーセンタ (460V パワーセンタ 2C)	○			
		非常用モータコントロールセンタ (460V 制御建屋 MCC 2C-1)	○			
		原子炉補機冷却水系熱交換器	○			
		原子炉補機冷却水サージタンク	○			
		原子炉補機冷却水ポンプ	○			
		原子炉補機冷却水系弁	○			
		原子炉補機冷却水系配管	○			
		RCW ポンプ室空調機 (RCW ポンプ A 室空調機 A)	○			
		原子炉補機冷却海水ポンプ	○			
原子炉補機冷却海水系ストレータ	○					
原子炉補機冷却海水系弁	○					
原子炉補機冷却海水系配管	○					
残留熱除去系熱交換器	○					

表 2-2 地震の従属事象としての適用性について (5 / 12)

類型化グループ	事故シナリオ	事象	対象機器	DB上のSs耐震性	地震の従属事象としての適用の有無	備考	
3	全交流動力電源喪失	全交流動力電源喪失(外部電源喪失+DG失敗)+HPCS失敗	HPCS失敗	高圧炉心スプレイ系ポンプ(電動機)	○	×	
				高圧炉心スプレイ系配管	○		
				高圧炉心スプレイ系弁	○		
				HPCSポンプ室空調機	○		
				HPCSポンプ室空調機ダクト	○		
				HPCSディーゼル機関	○		
				HPCSディーゼル発電機	○		
				燃料移送ポンプ	○		
				燃料移送系配管	○		
				DG(HPCS)室非常用送風機	○		
				原子炉補機(HPCS)室送風機	○		
				原子炉補機(HPCS)室排風機	○		
				DG(HPCS)室グラビティダンパ(DG(HPCS)室非常用送風機(A)吸込側)	○		
				原子炉補機(HPCS)室グラビティダンパ(原子炉補機(HPCS)室送風機(A)吐出側)	○		
				原子炉補機(HPCS)室換気空調系ダクト	○		
				H系125V蓄電池(125V蓄電池2H)	○		
				H系125V充電器(125V充電器2H)	○		
				H系直流主母線盤(125V直流主母線盤2H(P/C))	○		
				H系メタクラ(6.9kVメタクラ6-2H)	○		
				H系モータコントロールセンタ(460V原子炉建屋MCC2H)	○		
				H系母線変圧器(HPCS交流分電盤2H用変圧器)	○		
				高圧炉心スプレイ補機冷却水ポンプ	○		
				高圧炉心スプレイ補機冷却水系熱交換器	○		
				高圧炉心スプレイ補機冷却水サージタンク	○		
				高圧炉心スプレイ補機冷却水系配管	○		
				高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ(電動機)	○		
高圧炉心スプレイ補機冷却海水系配管	○						
高圧炉心スプレイ補機冷却海水系ストレーナ(高圧炉心スプレイ補機冷却海水系ストレーナ(A))	○						
高圧炉心スプレイ補機冷却海水系弁	○						

表 2-2 地震の従属事象としての適用性について (6 / 12)

類型化グループ	事故シナリオ	事象	対象機器	DB 上の Ss 耐震性	地震の従属事象としての適用の有無	備考
3	全交流動力電源喪失	外部電源喪失	外部電源設備	×	△	運転状態 II
			DG 失敗	ディーゼル機関		
		ディーゼル発電機		○		
		燃料移送ポンプ		○		
		軽油タンク		○		
		燃料移送系配管		○		
		DG 室非常用送風機 (DG (A) 室非常用送風機)		○		
		原子炉補機室送風機 (原子炉補機 A 室送風機)		○		
		原子炉補機室排風機 (原子炉補機 A 室排風機)		○		
		DG 室グラビティダンパ (DG (A) 室非常用送風機 (A) 吸込側)		○		
		原子炉補機室グラビティダンパ (原子炉補機 (A) 室送風機 (A) 吐出側)		○		
		原子炉補機室換気空調系ダクト		○		
		非常用メタクラ (6.9kV メタクラ 6-2C)		○		
		非常用母線変圧器 (パワーセンタ動力用変圧器 2C)		○		
		非常用パワーセンタ (460V パワーセンタ 2C)		○		
		非常用モータコントロールセンタ (460V 制御建屋 MCC 2C-1)		○		
		原子炉補機冷却水系熱交換器		○		
		原子炉補機冷却水サージタンク		○		
		原子炉補機冷却水ポンプ		○		
		原子炉補機冷却水系弁		○		
		原子炉補機冷却水系配管		○		
		RCW ポンプ室空調機 (RCW ポンプ A 室空調機 A)	○			
		原子炉補機冷却海水ポンプ	○			
		原子炉補機冷却海水系ストレナ	○			
原子炉補機冷却海水系弁	○					
原子炉補機冷却海水系配管	○					
残留熱除去系熱交換器	○					
SRV 再開失敗	主蒸気逃がし安全弁	○	×			

表 2-2 地震の従属事象としての適用性について (7 / 12)

類型化グループ	事故シナリオ	事象	対象機器	DB上のSs耐震性	地震の従属事象としての適用の有無	備考
3	全交流動力電源喪失(外部電源喪失+DG失敗)+SRV再開失敗+HPCS失敗	HPCS失敗	高圧炉心スプレイ系ポンプ(電動機)	○	×	
			高圧炉心スプレイ系配管	○		
			高圧炉心スプレイ系弁	○		
			HPCSポンプ室空調機	○		
			HPCSポンプ室空調機ダクト	○		
			HPCSディーゼル機関	○		
			HPCSディーゼル発電機	○		
			燃料移送ポンプ	○		
			燃料移送系配管	○		
			DG(HPCS)室非常用送風機	○		
			原子炉補機(HPCS)室送風機	○		
			原子炉補機(HPCS)室排風機	○		
			DG(HPCS)室グラビティダンパ(DG(HPCS)室非常用送風機(A)吸込側)	○		
			原子炉補機(HPCS)室グラビティダンパ(原子炉補機(HPCS)室送風機(A)吐出側)	○		
			原子炉補機(HPCS)室換気空調系ダクト	○		
			H系125V蓄電池(125V蓄電池2H)	○		
			H系125V充電器(125V充電器2H)	○		
			H系直流主母線盤(125V直流主母線盤2H(P/C))	○		
			H系メタクラ(6.9kVメタクラ6-2H)	○		
			H系モータコントロールセンタ(460V原子炉建屋MCC2H)	○		
			H系母線変圧器(HPCS交流分電盤2H用変圧器)	○		
			高圧炉心スプレイ補機冷却水ポンプ	○		
			高圧炉心スプレイ補機冷却水系熱交換器	○		
			高圧炉心スプレイ補機冷却水サージタンク	○		
			高圧炉心スプレイ補機冷却水系配管	○		
			高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ(電動機)	○		
			高圧炉心スプレイ補機冷却海水系配管	○		
高圧炉心スプレイ補機冷却海水系ストレナ(高圧炉心スプレイ補機冷却海水系ストレナ(A))	○					
高圧炉心スプレイ補機冷却海水系弁	○					

表 2-2 地震の従属事象としての適用性について (8 / 12)

類型化グループ	事故シナリオ	事象	対象機器	DB上のSs耐震性	地震の従属事象としての適用の有無	備考
3	全交流動力電源喪失	外部電源喪失 DG 失敗	外部電源設備	×	△	運転状態Ⅱ
			ディーゼル機関	○		
		ディーゼル発電機	○			
		燃料移送ポンプ	○			
		軽油タンク	○			
		燃料移送系配管	○			
		DG 室非常用送風機 (DG (A) 室非常用送風機)	○			
		原子炉補機室送風機 (原子炉補機 A 室送風機)	○			
		原子炉補機室排風機 (原子炉補機 A 室排風機)	○			
		DG 室グラビティダンパ (DG (A) 室非常用送風機 (A) 吸込側)	○			
		原子炉補機室グラビティダンパ (原子炉補機 (A) 室送風機 (A) 吐出側)	○			
		原子炉補機室換気空調系ダクト	○			
		非常用メタクラ (6.9kV メタクラ 6-2C)	○			
		非常用母線変圧器 (パワーセンタ動力用変圧器 2C)	○			
		非常用パワーセンタ (460V パワーセンタ 2C)	○			
		非常用モータコントロールセンタ (460V 制御建屋 MCC 2C-1)	○			
		原子炉補機冷却水系熱交換器	○			
		原子炉補機冷却水サージタンク	○			
		原子炉補機冷却水ポンプ	○			
		原子炉補機冷却水系弁	○			
		原子炉補機冷却水系配管	○			
		RCW ポンプ室空調機 (RCW ポンプ A 室空調機 A)	○			
		原子炉補機冷却海水ポンプ	○			
		原子炉補機冷却海水系ストレナ	○			
		原子炉補機冷却海水系弁	○			
		原子炉補機冷却海水系配管	○			
残留熱除去系熱交換器	○					



表 2-2 地震の従属事象としての適用性について (9 / 12)

類型化グループ	事故シナリオ	事象	対象機器	DB上のSs耐震性	地震の従属事象としての適用の有無	備考	
3	全交流動力電源喪失	全交流動力電源喪失(外部電源喪失+DG失敗)+高圧注水失敗	高圧注水失敗	高圧炉心スプレイ系ポンプ(電動機)	○	×	
				高圧炉心スプレイ系配管	○		
				高圧炉心スプレイ系弁	○		
				HPCSポンプ室空調機	○		
				HPCSポンプ室空調機ダクト	○		
				HPCSディーゼル機関	○		
				HPCSディーゼル発電機	○		
				燃料移送ポンプ	○		
				燃料移送系配管	○		
				DG(HPCS)室非常用送風機	○		
				原子炉補機(HPCS)室送風機	○		
				原子炉補機(HPCS)室排風機	○		
				DG(HPCS)室グラビティダンパ(DG(HPCS)室非常用送風機(A)吸込側)	○		
				原子炉補機(HPCS)室グラビティダンパ(原子炉補機(HPCS)室送風機(A)吐出側)	○		
				原子炉補機(HPCS)室換気空調系ダクト	○		
				H系125V蓄電池(125V蓄電池2H)	○		
				H系125V充電器(125V充電器2H)	○		
				H系直流主母線盤(125V直流主母線盤2H(P/C))	○		
				H系メタクラ(6.9kVメタクラ6-2H)	○		
				H系モータコントロールセンタ(460V原子炉建屋MCC2H)	○		
				H系母線変圧器(HPCS交流分電盤2H用変圧器)	○		
				高圧炉心スプレイ補機冷却水ポンプ	○		
				高圧炉心スプレイ補機冷却水系熱交換器	○		
				高圧炉心スプレイ補機冷却水サージタンク	○		
				高圧炉心スプレイ補機冷却水系配管	○		
				高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ(電動機)	○		
				高圧炉心スプレイ補機冷却海水系配管	○		
				高圧炉心スプレイ補機冷却海水系ストレナ(高圧炉心スプレイ補機冷却海水系ストレナ(A))	○		
				高圧炉心スプレイ補機冷却海水系弁	○		
				原子炉隔離時冷却系ポンプ	○		
				原子炉隔離時冷却系ポンプ駆動用タービン	○		
原子炉隔離時冷却系弁	○						
原子炉隔離時冷却系配管	○						
復水給水系配管	○						

表 2-2 地震の従属事象としての適用性について (10/12)

類型化グループ	事故シナリオ	事象	対象機器	DB上のSs耐震性	地震の従属事象としての適用の有無	備考
3	全交流動力電源喪失	外部電源喪失	外部電源設備	×	△	運転状態II
			DG失敗	ディーゼル機関	○	
		ディーゼル発電機		○		
		燃料移送ポンプ		○		
		軽油タンク		○		
		燃料移送系配管		○		
		DG室非常用送風機 (DG(A)室非常用送風機)		○		
		原子炉補機室送風機 (原子炉補機A室送風機)		○		
		原子炉補機室排風機 (原子炉補機A室排風機)		○		
		DG室グラビティダンパ (DG(A)室非常用送風機(A)吸込側)		○		
		原子炉補機室グラビティダンパ (原子炉補機(A)室送風機(A)吐出側)		○		
		原子炉補機室換気空調系ダクト		○		
		非常用メタクラ (6.9kVメタクラ6-2C)		○		
		非常用母線変圧器 (パワーセンタ動力用変圧器2C)		○		
		非常用パワーセンタ (460Vパワーセンタ2C)		○		
		非常用モータコントロールセンタ (460V制御建屋MCC2C-1)		○		
		原子炉補機冷却水系熱交換器		○		
		原子炉補機冷却水サージタンク		○		
		原子炉補機冷却水ポンプ		○		
		原子炉補機冷却水系弁		○		
		原子炉補機冷却水系配管		○		
		RCWポンプ室空調機 (RCWポンプA室空調機A)	○			
		原子炉補機冷却海水ポンプ	○			
		原子炉補機冷却海水系ストレナ	○			
		原子炉補機冷却海水系弁	○			
		原子炉補機冷却海水系配管	○			
		残留熱除去系熱交換器	○			
直流電源喪失	125V蓄電池(125V蓄電池2A)	○	×			
	125V充電器(125V充電器2A)	○				
	直流主母線盤 (125V直流受電パワーセンタ2A)	○				
	ケーブルトレイ	○				

表 2-2 地震の従属事象としての適用性について (11 / 12)

類型化グループ	事故シナリオ	事象	対象機器	DB上のSs耐震性	地震の従属事象としての適用の有無	備考	
3	全交流動力電源喪失	全交流動力電源喪失(外部電源喪失+DG失敗)+直流電源喪失+HPCS失敗	HPCS 失敗	高圧炉心スプレイ系ポンプ(電動機)	○	×	
				高圧炉心スプレイ系配管	○		
				高圧炉心スプレイ系弁	○		
				HPCS ポンプ室空調機	○		
				HPCS ポンプ室空調機ダクト	○		
				HPCS ディーゼル機関	○		
				HPCS ディーゼル発電機	○		
				燃料移送ポンプ	○		
				燃料移送系配管	○		
				DG(HPCS)室非常用送風機	○		
				原子炉補機(HPCS)室送風機	○		
				原子炉補機(HPCS)室排風機	○		
				DG(HPCS)室グラビティダンパ(DG(HPCS)室非常用送風機(A)吸込側)	○		
				原子炉補機(HPCS)室グラビティダンパ(原子炉補機(HPCS)室送風機(A)吐出側)	○		
				原子炉補機(HPCS)室換気空調系ダクト	○		
				H系125V蓄電池(125V蓄電池2H)	○		
				H系125V充電器(125V充電器2H)	○		
				H系直流主母線盤(125V直流主母線盤2H(P/C))	○		
				H系メタクラ(6.9kVメタクラ6-2H)	○		
				H系モータコントロールセンタ(460V原子炉建屋MCC2H)	○		
				H系母線変圧器(HPCS交流分電盤2H用変圧器)	○		
				高圧炉心スプレイ補機冷却水ポンプ	○		
				高圧炉心スプレイ補機冷却水系熱交換器	○		
				高圧炉心スプレイ補機冷却水サージタンク	○		
				高圧炉心スプレイ補機冷却水系配管	○		
				高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ(電動機)	○		
				高圧炉心スプレイ補機冷却海水系配管	○		
高圧炉心スプレイ補機冷却海水系ストレージ(高圧炉心スプレイ補機冷却海水系ストレージ(A))	○						
高圧炉心スプレイ補機冷却海水系弁	○						

表 2-2 地震の従属事象としての適用性について (12/12)

類型化グループ	事故シーケンス	事象	対象機器	DB上のSs耐震性	地震の従属事象としての適用の有無	備考	
4	崩壊熱除去機能喪失	過渡事象 + 除熱失敗	過渡事象	外部電源設備 <sup>※1</sup>	×	△	運転状態Ⅱ
			除熱失敗	残留熱除去系ポンプ(電動機)	○	×	
				残留熱除去系配管	○		
				残留熱除去系弁	○		
			RHRポンプ室空調機(RHRポンプA室空調機)	○			
		過渡事象 + SRV再閉失敗 + 除熱失敗	過渡事象	外部電源設備 <sup>※1</sup>	×	△	運転状態Ⅱ
			除熱失敗	残留熱除去系ポンプ(電動機)	○	×	
				残留熱除去系配管	○		
				残留熱除去系弁	○		
				RHRポンプ室空調機(RHRポンプA室空調機)	○		
SRV再閉失敗	主蒸気逃がし安全弁	○	×				
5	原子炉停止機能喪失	過渡事象 + 原子炉停止失敗	過渡事象	外部電源設備 <sup>※1</sup>	×	△	運転状態Ⅱ
			原子炉停止失敗	制御棒駆動機構ハウジング支持金具	○	×	
				炉内構造物(シュラウドヘッド)	○		
				炉心支持構造物(シュラウドサポート)	○		
				炉心支持構造物(炉心支持板)	○		
				制御棒関連機器(制御棒挿入性)	○		
				水圧制御ユニット	○		
制御棒駆動水圧系配管	○						
6	LOCA時注水機能喪失	—	—	—	—		
7	格納容器バイパス(ISLOCA)	—	—	—	—		

※1 「過渡事象」を包絡する起因事象として「外部電源喪失」を設定

【凡例】

DB上のSs耐震性

○：有 ×：無

地震の従属事象としての適用の有無

○：地震の従属事象であり、地震と組合せ評価が必要なもの

△：地震の従属事象であるが、他の事象で代表され地震と組合せ評価が不要なもの

×：地震の従属事象でないもの

### 3. 確率論的な考察

2. のとおり，SA 施設の耐震設計の荷重の組合せにおいて，確定論の観点から運転状態 V は地震の独立事象として取り扱うこととしている。

このことについて参考のため，確率論的な観点から考察すると，Ss 相当(1000gal)までの地震力により炉心損傷に至る事故シーケンスについて，緩和設備のランダム故障を除いた炉心損傷頻度(CDF)であって，SA 施設による対策の有効性の評価が DB 条件を超えるもの<sup>\*1</sup>の累積値は，一部の SA 施設を考慮した場合の PRA 評価<sup>\*2</sup>を実施した結果，約  $3.0 \times 10^{-8}$ /炉年となった。

注記\*1 有効性評価において，原子炉格納容器の温度又は圧力が DB の範囲を超えるシナリオのことであり，表 5.2.2-2「DB 条件を超えるもの」に該当するシナリオ

\*2 地震ハザード等の評価条件は，女川原子力発電所発電用原子炉設置変更許可申請書（2号発電用原子炉施設の変更）（令和2年2月26日許可）添付書類十 追補 2. I 別添 1.2.1 地震 PRA と同様

表 2-3 DB 条件を超える事故シーケンスに対する CDF

事故シーケンスグループ	DB 条件を超える事故シーケンス	CDF (/炉年)	合計 (/炉年)
高圧・低圧注水機能喪失	外部電源喪失 + 高圧注水失敗 + 低圧注水失敗	2.1E-15	3.0E-08
全交流動力電源喪失	全交流動力電源喪失（外部電源喪失 + D/G 失敗） + 高圧注水成功	3.0E-09	
	全交流動力電源喪失（外部電源喪失 + D/G 失敗） + 高圧注水失敗	3.0E-10	
	全交流動力電源喪失（外部電源喪失 + D/G 失敗） + 直流電源喪失 + 高圧注水成功	5.9E-10	
	全交流動力電源喪失（外部電源喪失 + D/G 失敗） + 直流電源喪失 + 高圧注水失敗	1.1E-09	
崩壊熱除去機能喪失	外部電源喪失 + 除熱失敗	6.8E-09	
	全交流動力電源喪失（外部電源喪失 + D/G 失敗） + 高圧注水成功 + 除熱失敗	1.0E-08	
	全交流動力電源喪失（外部電源喪失 + D/G 失敗） + 直流電源喪失 + 高圧注水成功 + 除熱失敗	5.8E-09	
原子炉停止機能喪失	外部電源喪失 + 原子炉停止失敗	7.1E-10	
	全交流動力電源喪失（外部電源喪失 + D/G 失敗） + 原子炉停止失敗	6.2E-10	
	全交流動力電源喪失（外部電源喪失 + D/G 失敗） + 直流電源喪失 + 原子炉停止失敗	1.2E-10	

性能目標の CDF ( $10^{-4}$ /炉年) に対して 1% を下回る頻度の事象は，目標に対して影響がないといえるくらい小さい値と見なすことができ， $3.0 \times 10^{-8}$ /炉年はこれを大きく下回り，Ss 相当までの地震力により DB 条件を超える運転状態 V の発生確率は極めて低いと考え

られる。従って、SA 施設に対する耐震設計における荷重の組合せの検討において、運転状態 V が地震によって引き起こされるおそれがないとして扱うことは妥当と考える。

(参考) 余震, 前震を考慮した炉心損傷頻度の算出

1. 余震, 前震を考慮した炉心損傷頻度の算出方法

1.1 本震前に前震を考慮した場合の影響評価

地震 PRA においては, 前震, 本震全体を考慮した評価方法はないことから, 1 回の地震による評価を 2 回使用することで前震, 本震を考慮することとする。評価方法の概念図を図 1.1-1 に示す。

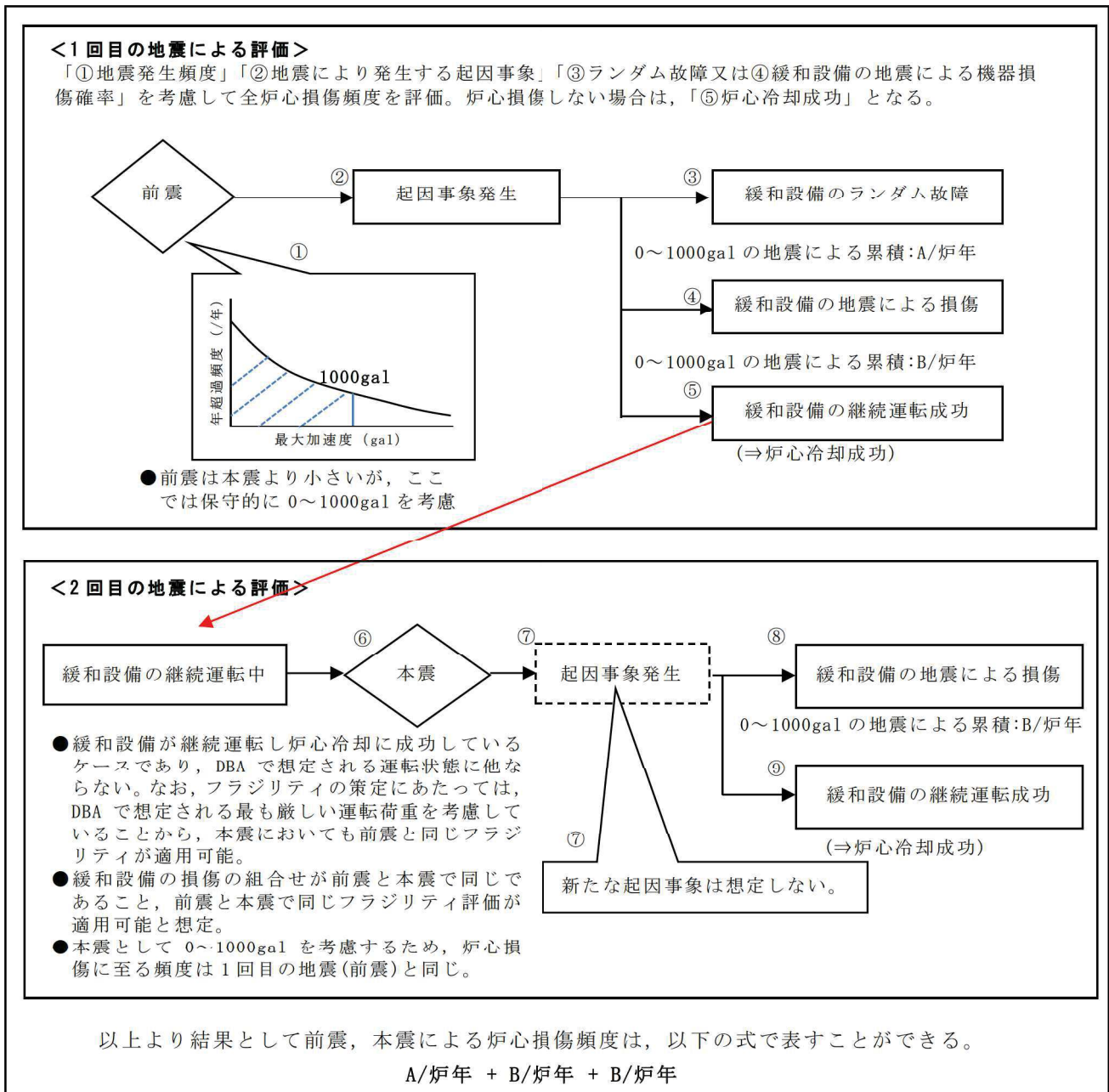
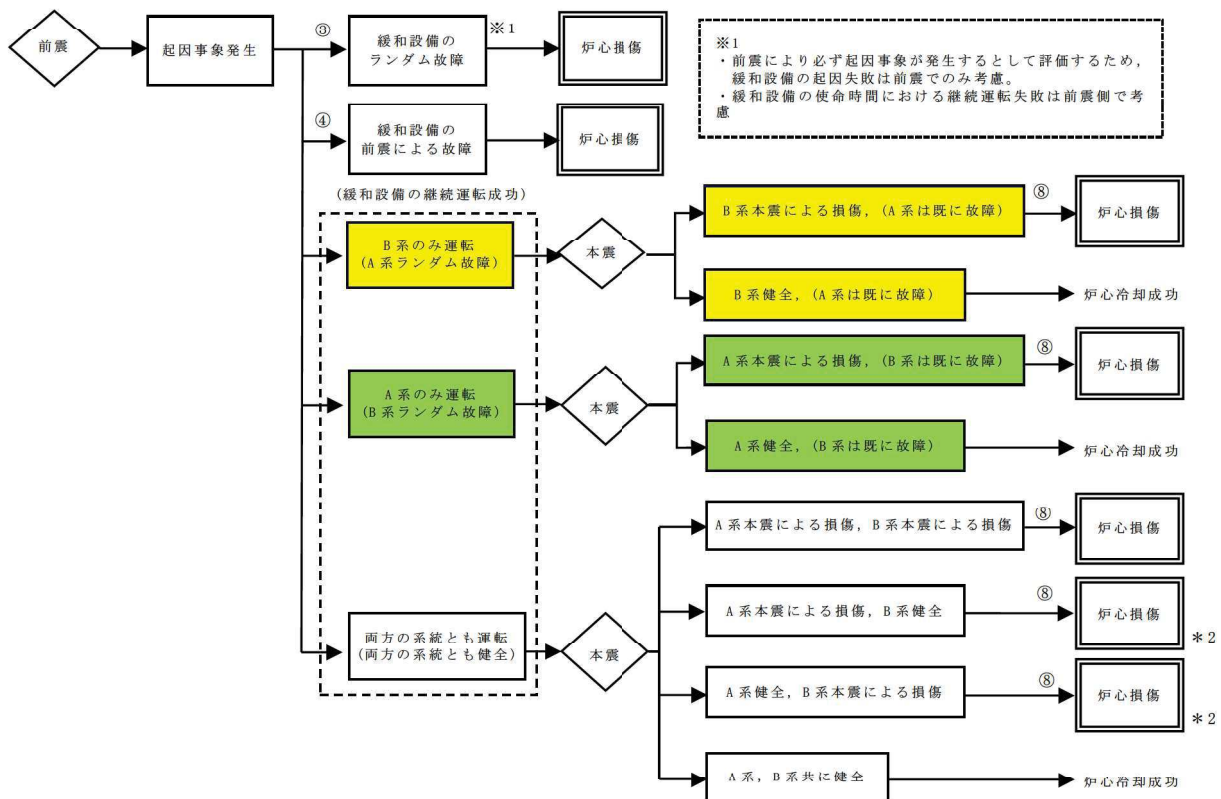


図 1.1-1 本震前に前震を考慮した場合の評価方法

次に考慮すべきケースの網羅性についての検討結果を示す。

緩和設備は冗長性を有するが、地震 PRA では冗長設備は同時に損傷するとして評価しているため、1つの系統が機器損傷し、残りの系統が健全となるケースは考慮せず、1つの設備が損傷する確率で全台の当該設備が損傷に至るものとして保守的に評価している。

そのため、緩和設備の状態について考えられる全ての組合せを抽出し、現行の地震 PRA でどのように整理されるかを考慮した。なお、以下は2つの系統で冗長化されている系統の場合について代表して記載する(3つの系統で冗長化されている場合も同様の整理となる)。



前震及び前震後の本震による緩和設備の状態の組合せを次に示す。

a. 前震による緩和設備の状態の組合せ

	A系	B系	
前震による影響	ランダム故障(前震)	ランダム故障(前震)	⇒③で整理
	ランダム故障(前震)	前震による機器損傷	⇒④で整理
	前震による機器損傷	ランダム故障(前震)	
	前震による機器損傷	前震による機器損傷	⇒④で整理
	前震による機器損傷	○(健全)	⇒④で整理
	○(健全)	前震による機器損傷	
	ランダム故障(前震)	○(健全)	緩和設備の継続運転に成功
	○(健全)	ランダム故障(前震)	
	○(健全)	○(健全)	

b. 前震後の本震による緩和設備の状態の組合せ

	A系	B系	
本震による影響	ランダム故障(前震)	○(健全)	⇒炉心冷却成功
	ランダム故障(前震)	本震による機器損傷	⇒本震による機器損傷として整理
	本震による機器損傷	ランダム故障(前震)	
	○(健全)	ランダム故障(前震)	⇒炉心冷却成功
	本震による機器損傷	本震による機器損傷	⇒本震による機器損傷として整理 ※2
	本震による機器損傷	○(健全)	
	○(健全)	ランダム故障(前震)	⇒炉心冷却成功
	○(健全)	○(健全)	

注記\*2 緩和設備の状態は、理論上、上記の組合せが考えられるが、地震 PRA では冗長設備は同時に損傷するとして評価するため、片方の系統が機器損傷しもう一方の系統が健全となるケースは考慮せず、1つの機器が損傷することで炉心損傷に至るものとして保守的に評価している。

本震により炉心損傷に至る組合せは、前震による組合せのうち④と整理したものと同一となった。



- 前震による緩和設備の状態の組合せは、緩和設備の状態(ランダム故障、地震による機器損傷、健全)の9通りの全ての組合せを考慮。
- 冗長設備は同時に損傷するとして評価するため、「ランダム故障と地震による機器損傷」「片方の系統のみ地震により機器損傷」のケースについては、「両方の系統とも地震により損傷」として整理。
- 緩和設備が「両方の系統ともランダム故障」のケースはランダム故障として整理。
- 前震後の本震による緩和設備の状態の組合せは、前震後に健全な系統の緩和設備が本震により損傷するか否かの組合せであり、8通り全ての組合せを想定。
- ランダム故障は前震側で考慮しているため、前震と前震後の本震による緩和設備の状態の組合せについては、「両方の系統ともランダム故障」となる組合せを除き、前震とその後の本震で同じ組合せとなった。
- そのため、地震規模を同程度とすると、地震により機器が損傷する確率は前震と本震で同程度となる。

## 1.2 本震後の余震を考慮した場合の影響について

地震 PRA においては、本震、余震全体を考慮した計算方法はないことから、「本震前に前震を考慮した場合」と同様に1回の地震による評価を2回用いることで本震、余震を考慮することとし、影響の検討を行う。

また、想定する地震規模として、本震及び余震の地震加速度を0から1000galの全ての地震による影響を考慮して組合せる場合、「1.1 本震前に前震を考慮した場合の影響評価」においても前震及び本震の地震加速度を0から1000galの全ての地震による影響を考慮して組み合わせていることを踏まえると、前震を本震に、本震を余震に読み替えることで同じ影響を評価することとなる。

以上より本震、余震による炉心損傷頻度は、

$$A/\text{炉年} + B/\text{炉年} + B/\text{炉年}$$

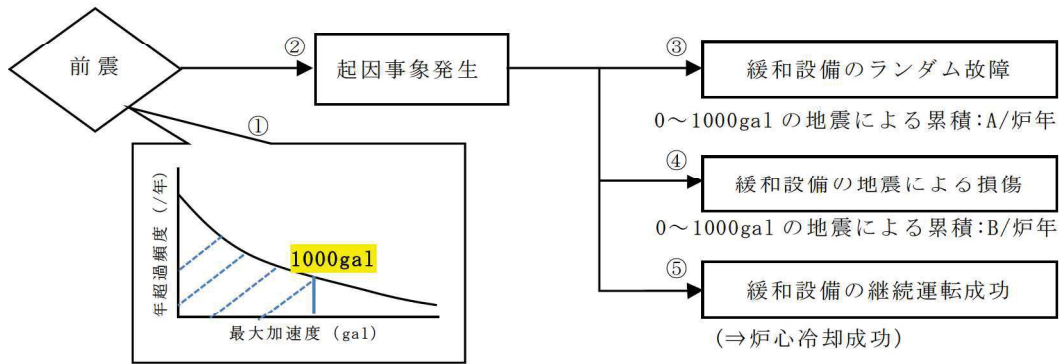
で算出される

## 2. 余震、前震を考慮した炉心損傷頻度の算出結果

### 2.1 Ss相当までの本震による全炉心損傷頻度の累積の算出結果

地震 PRA においては、本震による影響のみを評価しているが、算出したS s相当(1000gal)までの本震による全炉心損傷頻度は0galからS s相当である1000galまでの地震による影響を累積した評価であり、緩和設備のランダム故障が重畳することで炉心損傷に至るケースが含まれている。

Ss相当までの地震による全炉心損傷頻度の累積は約 $5.3 \times 10^{-7}$ /炉年であり、そのうち緩和設備のランダム故障によるものが約 $1.2 \times 10^{-7}$ /炉年、緩和設備の地震による損傷によるものが約 $4.2 \times 10^{-7}$ /炉年である。



2.2 余震，前震を考慮した炉心損傷頻度の算出結果

2.1 項の算出結果を用い，1.2 項の算出式で，評価を行った。

$$A/\text{炉年} + B/\text{炉年} + B/\text{炉年}$$

$$= \text{約 } 1.2 \times 10^{-7} / \text{炉年} + \text{約 } 4.2 \times 10^{-7} / \text{炉年} + \text{約 } 4.2 \times 10^{-7} / \text{炉年}$$

$$= \text{約 } 9.5 \times 10^{-7} / \text{炉年}$$

以上の算出結果から，余震，前震を考慮した炉心損傷頻度は約  $9.5 \times 10^{-7} / \text{炉年}$  と非常に低い値となる。

添付資料－3 建物・構築物の SA 施設としての設計の考え方

本文 4 項(2)では建物・構築物（原子炉格納容器バウンダリを構成する施設（PCV バウンダリ）を除く）を全般施設に分類しており，全般施設は SA 条件を考慮した設計荷重と  $S_s$  による地震力とを組み合わせることとしている。これは，建物・構築物の DB 施設としての設計の考え方が，機器・配管系のそれと同じであり，SA 施設としての設計については，建物・構築物，機器・配管系ともに DB 施設としての設計の考え方を踏まえることを基本方針としているからである。

以下では，建物・構築物の SA 施設としての設計の考え方について，DB 施設としての設計の考え方も踏まえ，本文の各項ごとに説明する。

(1) 対象施設とその施設分類(本文 3 項(1)に対する考え方)

SA 施設の建物・構築物を表-1 に示す。これら 10 施設は，基準地震動  $S_s$  による地震力に対して機能維持が求められている「常設耐震重要重大事故防止設備」，「常設重大事故緩和設備」のいずれかに該当するため，荷重の組合せ検討の対象施設である。

表-1 SA 施設(建物・構築物)の施設分類

SA 施設 (建物・建築物)	常設耐震重要 重大事故防止設備	常設耐震重要 重大事故防止設備 以外の常設重大 事故防止設備	常設重大事故 緩和設備
原子炉建屋原子炉棟	—	—	○
使用済燃料プール	○	—	○
中央制御室遮蔽	○	—	○
中央制御室待避所遮蔽	—	—	○
緊急時対策所遮蔽	—	—	○
排気筒	○	—	○
貯留堰	○	—	○
取水口	—	○	○
取水路	—	○	○
海水ポンプ室	—	○	○

## (2) DB 施設としての設計の考え方

### a. 新規制基準における要求事項

「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」の第 4 条(地震による損傷の防止)には、建物・構築物、機器・配管系の区分なく、次の事項が規定されている。

- ・DB 施設は、地震力に十分に耐えることができるものでなければならない。
- ・耐震重要施設は、その供用中に当該耐震重要施設に大きな影響を及ぼすおそれのある地震による加速度によって作用する地震力(以下「基準地震動による地震力」という)に対して安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない。

### b. J E A G 4 6 0 1 の記載内容(本文 2.3 項に対する考え方)

上記の規制要求を踏まえ、J E A G 4 6 0 1-1987 において、建物・構築物に関する荷重の組合せと許容限界については、以下のように記載されている。

#### 【荷重の組合せ】

- ・地震力と常時作用している荷重、運転時(通常運転時、運転時の異常な過渡変化時)に施設に作用する荷重とを組み合わせる。
- ・常時作用している荷重、及び事故時の状態で施設に作用する荷重のうち長時間その作用が続く荷重と基準地震動  $S_1$  による荷重とを組み合わせる。

#### 【許容限界】

- ・基準地震動  $S_1$  による地震力との組合せに対する許容限界  
安全上適切と認められる規格及び基準による許容応力度を許容限界とする。ただし、事故時の荷重と組み合わせる場合には、次項による許容限界を適用する。
- ・基準地震動  $S_2$  による地震力との組合せに対する許容限界  
建物・構築物が構造物全体として十分変形能力(ねばり)の余裕を有し、終局耐力に対して安全余裕をもたせることとする。

ここで、J E A G 4 6 0 1-1987 における建物・構築物の荷重の組合せは、本文 2.3 項に示す機器・配管系の荷重の組合せと同じ考え方に基づいて設定された結果として記載されているものである。

なお、J E A G 4 6 0 1-1987 において、機器・配管系では運転状態が定義されているが、建物・構築物については、細かな運転状態を設定する必要がないため、運転状態は定義されていない。

## (3) SA 施設の荷重の組合せと許容限界の設定方針(本文 3. (3) (4) 項に対する考え方)

SA 施設の建物・構築物における荷重の組合せと許容限界の設定方針は、機器・配管系と同様、J E A G 4 6 0 1-1987 の DB 施設に対する記載内容を踏まえ、以下のとおりとする(建物・構築物では、運転状態及びそれに対応した許容応力状態が定義され

ていないことから、機器・配管系とは下線部が異なる)。

#### 【SA 施設(建物・構築物)における設定方針】

- ・  $S_s$ 、 $S_d$ と運転状態の組合せを考慮する。
- ・ 地震の従属事象については、地震との組合せを実施する。ここで、Sクラス施設は  $S_s$ による地震力に対して、その安全機能が保持できるよう設計されていることから、地震の従属事象としての SA は発生しないこととなる。したがって SA は地震の独立事象として取り扱う。
- ・ 地震の独立事象については、事象の発生確率、継続時間及び  $S_s$  若しくは  $S_d$  の年超過確率の積等も考慮し、工学的、総合的に組み合わせるかを判断する。組み合わせるか否かの判断は、国内外の基準等でスクリーニング基準として参照されている値、炉心損傷頻度及び格納容器機能喪失頻度の性能目標値に保守性をもたせた値を目安とし、事象の発生確率、継続時間及び  $S_s$  若しくは  $S_d$  の年超過確率の積との比較等により判断する。
- ・ また、上記により組合せ不要と判断された場合においても、事故後長期間継続する荷重と  $S_d$ による地震力とを組み合わせる。
- ・ 許容限界として、DB 施設の  $S_s$  に対する許容限界に加えて、SA 荷重と地震力との組合せに対する許容限界(機器・配管系の許容応力状態  $V_A S$  に相当するもの)を設定する。ここでは、SA 荷重と地震力との組合せに対する許容限界は DB 施設の  $S_s$  に対する許容限界(建物・構築物が構造物全体として十分変形能力(ねばり)の余裕を有し、終局耐力に対して安全余裕をもたせることとする)と同じとする。

#### (4) 荷重の組合せと許容限界の検討結果(本文 5.2.1 項に対する考え方)

本文 5.2.1 項の全般施設の検討は、建物・構築物に対しても同様に適用される。すなわち、各項目に対する考え方は以下のとおりとなる。

SA の発生確率…………… 炉心損傷頻度の性能目標値( $10^{-4}$ /炉年)を設定

継続時間…………… 事故発生時を基点として、 $10^{-2}$ 年までの期間を地震荷重との組合せが不要な短期(運転状態 V(S))、弾性設計用地震動  $S_d$  との組合せが必要な  $10^{-2} \sim 2 \times 10^{-1}$  年を長期(L)(運転状態 V(L))、基準地震動  $S_s$  との組合せが必要な期間  $2 \times 10^{-1}$  年以降を長期(LL)(運転状態 V(LL))とする。  
(建物・構築物について、SA 時の荷重条件を踏まえ、荷重状態の分類を設備ごとに検討した結果を添付資料-3 補足資料-1 に示す。)

地震動の年超過確率・ J E A G 4 6 0 1 の地震動の発生確率( $S_s : 5 \times 10^{-4}$ /年以下、 $S_d : 10^{-2}$ /年以下)を設定

以上から、機器・配管系と同様、SA の発生確率、継続時間、地震動の年超過確率の積等を考慮した工学的、総合的な判断として、建物・構築物についても、SA 荷重と

S s による地震力を組み合わせることとする。

(5) SA と地震との組合せに対する許容限界の考え方(本文 6.1 項に対する考え方)

(3)の荷重の組合せ方針から、SA 施設(建物・構築物)の各組合せ条件に対する許容応力状態を DB 施設(建物・構築物)と比較して表-2 に示す。なお、表-2 に示す荷重の組合せケースのうち、他の組合せケースと同一となる場合、又は他の組合せケースに包絡される場合は評価を省略することになる。

表-2 荷重の組合せと許容限界

運転状態	DB 施設		SA 施設		備考
	S d	S s	S d	S s	
運転時	許容応 力度*1	終局*2	—	終局*2	DB と同じ許容限界とする。
DBA 時 (長期)	終局*2	—	終局*2	—	DB と同じ許容限界とする。
SA 時	—	—	—	注	注：SA 荷重と地震力との組合 せに対する許容限界とし て、終局*2とする。

注記\*1：許容応力度：安全上適切と認められる規格及び基準による許容応力度

\*2：終局：構造物全体として十分変形能力(ねばり)の余裕を有し、終局耐力に対して安全余裕を持たせていること

添付資料-3 補足資料-2 に、S s による地震力と組み合わせる荷重を、施設ごとに示す。

いずれの施設も、DBA 時(長期)の荷重は、結果的に運転時と同じとなり、表-2 における「DBA 時(長期)+S d」は地震力が大きい「運転時+S s」に包絡されることになる。

以上のことから、建物・構築物は、PCV、RPV 以外の機器・配管系と同様に扱うことが可能であり、全般施設に分類することができる。

添付資料— 3 補足資料— 1

SA 施設(建物・構築物)の SA 時の条件を踏まえた分類

SA 施設 (建物・構築物)	荷重状態 の分類* 1	分類の根拠
原子炉建屋原子炉棟	a(b)	DB 設計では、常時作用している荷重(固定荷重、積載荷重)、通常時においては運転時荷重(圧力、温度荷重、機器・配管系から作用する荷重)、異常時荷重(圧力、温度荷重、機器・配管系から作用する荷重)を考慮している。SA 時には、DB 条件とは異なる異常時荷重が作用する。
使用済燃料プール	a(b)	DB 設計では、常時作用している荷重(固定荷重、積載荷重、水圧)、通常時においては運転時荷重(圧力、温度荷重、機器・配管系から作用する荷重)、異常時荷重(圧力、温度荷重、機器・配管系から作用する荷重)を考慮している。SA 時には、DB 条件とは異なる異常時荷重が作用する。
中央制御室遮蔽	b	DB 設計では、常時作用している荷重(固定荷重、積載荷重)を考慮している。SA 時においても、荷重条件は変わらないため、DB 条件を上回る荷重はない。
中央制御室待避所遮蔽	c	中央制御室待避所遮蔽については DB 施設ではない。
緊急時対策所遮蔽	c	緊急時対策所遮蔽については DB 施設ではない。
排気筒	b	DB 設計では、常時作用している荷重(固定荷重、風荷重)を考慮している。SA 時においても、屋外で、DB 条件を上回るような事象は発生しないため、DB 条件を上回る荷重はない。
貯留堰	b	DB 設計では、取水口に設置されている構造物として、常時作用している荷重(固定荷重、水圧)を考慮している。SA 時においても、DB 条件を上回るような事象は発生しないため、DB 条件を上回る荷重はない。
取水口 取水路 海水ポンプ室	b	DB 設計では、地盤内に埋設されている構造物として、常時作用している荷重(固定荷重、積載荷重、土圧、水圧)を考慮している。SA 時においても、地盤内で、DB 条件を上回るような事象は発生しないため、DB 条件を上回る荷重はない。

注記\* 1 : 荷重状態の分類

- a. SA 条件が DB 条件を超える既設施設
  - (a) 新設の SA 施設の運転によって、DB 条件を超える既設施設
  - (b) SA による荷重・温度の影響によって DB 条件を超える既設施設
- b. SA 条件が DB 条件に包絡される既設施設
- c. DB 施設を兼ねない SA 施設

建物・構築物において  $S_s$  による地震力と組み合わせる荷重は表-1 のとおりとなる。

表-1 SA 施設(建物・構築物)において地震力と組み合わせる荷重

		運転時	DBA 時 (長期)	SA 時
組み合わせる地震力		$S_s$	$S_d$	$S_s$
許容限界		終局	終局	終局
SA 施設 (建物・構築物)	原子炉建屋原子炉棟	固定荷重 積載荷重 運転時温度荷重	固定荷重 積載荷重 DB 長期温度荷重	固定荷重 積載荷重 SA 時温度荷重
	使用済燃料プール	固定荷重 積載荷重 水圧 運転時温度荷重	固定荷重 積載荷重 水圧 DB 長期温度荷重	固定荷重 積載荷重 水圧 SA 時温度荷重
	中央制御室遮蔽	固定荷重 積載荷重	固定荷重 積載荷重	固定荷重 積載荷重
	中央制御室待避所遮蔽	固定荷重 積載荷重	固定荷重 積載荷重	固定荷重 積載荷重
	緊急時対策所遮蔽	固定荷重 積載荷重 土圧	固定荷重 積載荷重 土圧	固定荷重 積載荷重 土圧
	排気筒	固定荷重 風荷重	固定荷重 風荷重	固定荷重 風荷重
	貯留堰	固定荷重 水圧	固定荷重 水圧	固定荷重 水圧
	取水口 取水路 海水ポンプ室	固定荷重 積載荷重 土圧・水圧	固定荷重 積載荷重 土圧・水圧	固定荷重 積載荷重 土圧・水圧

J E A G 4 6 0 1 -1987 では、熱応力の扱いとして、終局状態では「熱応力は考慮しない」と記載されており、原子炉格納容器底部でない基礎マットや使用済燃料プールの解析例においても、地震時荷重と温度荷重は組み合わせられていない。これを踏まえ、表-1 から温度荷重を消去すると全ての荷重組合せケースにおいて、地震力と組み合わせる荷重は常時作用している荷重(固定荷重、積載荷重、土圧、水圧、風荷重)のみとなるため、DBA 時( $S_d$  との組合せ)は運転時( $S_s$  との組合せ)に包絡され、SA 時は運転時と同一となる。



添付資料－４ 工認対象設備（SA 施設）における荷重組合せの取扱い

今回の工認申請書においては、以上の検討により整理した荷重の組合せ方針に基づき、個々の施設の耐震計算を行っている。荷重の組合せの検討における施設分類と、今回工認の添付書類「VI-2-1-9 機能維持の方針」における工認申請対象設備の区分との対応を示す。

1) 全般施設に対応するもの
重大事故等クラス2 容器（クラス2，3 容器）
重大事故等クラス2 管（クラス2，3 管）
重大事故等クラス2 管（クラス4 管）
重大事故等クラス2 ポンプ（クラス2，3，その他のポンプ）
重大事故等クラス2 弁（クラス2 弁（弁箱））
炉内構造物
重大事故等クラス2 支持構造物（クラス2，3，その他支持構造物）
その他の支持構造物
重大事故等クラス2 耐圧部テンションボルト（クラス2，3 耐圧部テンションボルト）
2) 原子炉格納容器バウンダリを構成する設備に対応するもの
重大事故等クラス2 容器（クラスMC 容器）
重大事故等クラス2 管（クラス2，3 管）
重大事故等クラス2 支持構造物（クラスMC 支持構造物）
3) 原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する設備に対応するもの
重大事故等クラス2 容器（クラス1 容器）
重大事故等クラス2 管（クラス1 管）
重大事故等クラス2 ポンプ（クラス1 ポンプ）
重大事故等クラス2 弁（クラス1 弁（弁箱））
炉心支持構造物
重大事故等クラス2 支持構造物（クラス1 支持構造物）
重大事故等クラス2 耐圧部テンションボルト（容器以外）（クラス1 耐圧部テンションボルト（容器以外））

重大事故等対処施設の耐震設計における重大事故と地震との組合せの施設分類のうち  
炉心支持構造物と炉内構造物の施設分類について

1. 重大事故と地震の荷重組合せにおける施設分類の考え方について

SA と地震の荷重組合せでは RPV バウンダリ, PCV バウンダリ及び全般施設の 3 つの施設分類に分けている。

- RPV バウンダリ及び PCV バウンダリは, 「重大事故等対策の有効性評価」により SA 時の圧力・温度の推移が得られているため, SA と地震の荷重の組合せの検討を行っている。
- PCV バウンダリ及び RPV バウンダリ以外の SA 施設は, 全般施設として分類し, SA による荷重の時間履歴を詳細に評価せず事象発生後の最大荷重と  $S_s$  とを組み合わせている。

2. 炉心支持構造物と炉内構造物の施設分類について

J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984 での地震荷重と他の荷重との組合せ及び対応する許容応力状態を下図に示す。許容応力状態  $IV_A S$  において,

- 炉心支持構造物は, 原子炉圧力容器と同じ組合せ ( 「  $D + P_L + M_L + S_1$  」 及び 「  $D + P + M + S_2$  」 ) となっている。
- 炉内構造物は, 他の耐震  $A_S$  クラス機器\*1 と同じ組合せ ( 「  $D + P_D + M_D + S_2$  」 ) となっている。

付 録 2

地震荷重と他の荷重との組合せ及び対応する許容応力状態

本参考資料での検討と J E A G 4601 ・ 補 - 1984 「原子力発電所耐震設計技術指針－許容応力編」での検討を踏まえた結果, 地震荷重と他の荷重との組合せ及び対応する許容応力状態は次のとおりである。

耐震クラス	種 別 荷重の組合せ	第 1 種	第 2 種	第 3 種	第 4 種	第 5 種	炉心支持構造物	そ の 他		
		機支持構造物	容支持構造物	機支持構造物	容管器	管		ポンプ・弁	炉内構造物	支持構造物
$A_S$	$D + P + M + S_1$	$III_A S$	$III_A S$	-	-	-	$III_A S$	-	-	-
	$D + P_D + M_D + S_1$	-	-	$III_A S$	$III_A S$	-	-	$III_A S$	$III_A S$	$III_A S$
	$D + P_L + M_L + S_1$	$IV_A S$ <sup>(2)</sup>	$III_A S$ <sup>(3)</sup>	-	-	-	$IV_A S$	-	-	-
	$D + P + M + S_2$	$IV_A S$	$IV_A S$	-	-	-	$IV_A S$	-	-	-
	$D + P_D + M_D + S_2$	-	-	$IV_A S$	$IV_A S$ ※2	-	-	$IV_A S$	$IV_A S$	$IV_A S$
A	$D + P_D + M_D + S_1$	-	-	$III_A S$	$III_A S$	$III_A S$	-	$III_A S$	$III_A S$	$III_A S$
B	$D + P_d + M_d + S_B$	-	-	$B_A S$	$B_A S$	$B_A S$	-	$B_A S$	-	$B_A S$
C	$D + P_d + M_d + S_C$	-	-	-	$C_A S$	$C_A S$	-	$C_A S$	-	$C_A S$

- : RPV バウンダリに分類
- : PCV バウンダリに分類
- : 全般施設に分類

注記\*1 : 第 3 種機器・支持構造物, 第 4 種容器・管, その他ポンプ・弁, その他支持構造物

注記\*2 : 今回工認の S クラスの第 5 種管は  $IV_A S$  の組合せを行う。

今回工認の重大事故と地震の組合せの施設分類は、この J E A G 4 6 0 1 の地震荷重と他の荷重との組合せを踏まえ、以下としている。

- ・ 炉心支持構造物は、RPV バウンダリ（J E A G 4 6 0 1 では第 1 種機器）と同様の組合せが考慮されていることから、RPV バウンダリに分類している。
- ・ 炉内構造物は、他の耐震 As クラス機器と同様の組合せが考慮されていることから、全般施設に分類している。

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-19-0600-20_改1
提出年月日	2021年4月6日

補足-600-20 原子炉建屋ブローアウトパネル閉止装置の  
耐震性について

## 目次

1.	概要	1
2.	BOP 閉止装置の全体構造	1
3.	BOP 閉止装置の構造	2
4.	評価部位	3
4.1	考慮する荷重	3
4.2	荷重伝達経路	4
4.2.1	地震荷重	4
4.2.2	圧力荷重及び機械的荷重	6
4.3	評価部位	6
4.3.1	扉及び支持部材の考慮する荷重方向	6
4.3.2	応力評価部位	6
5.	評価条件	9
5.1	荷重の組合せ，許容応力状態及び許容応力	9
5.2	設計条件	11
5.2.1	温度条件	11
5.2.2	死荷重	11
5.2.3	圧力荷重	11
5.2.4	機械的荷重	11
5.2.5	地震荷重	11
5.3	各評価部位の許容応力	12
6.	評価	14
6.1	BOP 閉止装置の固有周期の計算方法	14
6.1.1	解析モデル	14
6.1.2	固有周期の算出結果	15
6.2	応力計算方法	16
6.2.1	扉の応力計算	16
6.2.2	閘部の応力計算	22
6.2.3	丁番部の応力計算	33
6.3	評価結果	46

## 1. 概要

本資料は、ブローアウトパネル関連設備のうち、原子炉建屋ブローアウトパネル閉止装置（以下「BOP 閉止装置」という。）の耐震評価手法について説明するものである。

## 2. BOP 閉止装置の全体構造

BOP 閉止装置は、原子炉建屋原子炉棟に装置取付架台を介して 1 式（24 台）設置しており、BOP 閉止装置の枠板は据付ボルトにより装置取付架台に固定される。BOP 閉止装置の全体構造を図 2-1 に示す。BOP 閉止装置 24 台と装置取付架台から構成される全体構造の固有周期は 0.05s 以下であり、全体構造が剛構造であることを確認している。そのため、全体構造における BOP 閉止装置の振動特性と BOP 閉止装置 1 台の振動特性に差異はないため、以下では BOP 閉止装置 1 台に対する評価結果を代表として記載する。添付 2 に装置取付架台が剛構造である根拠を示す。

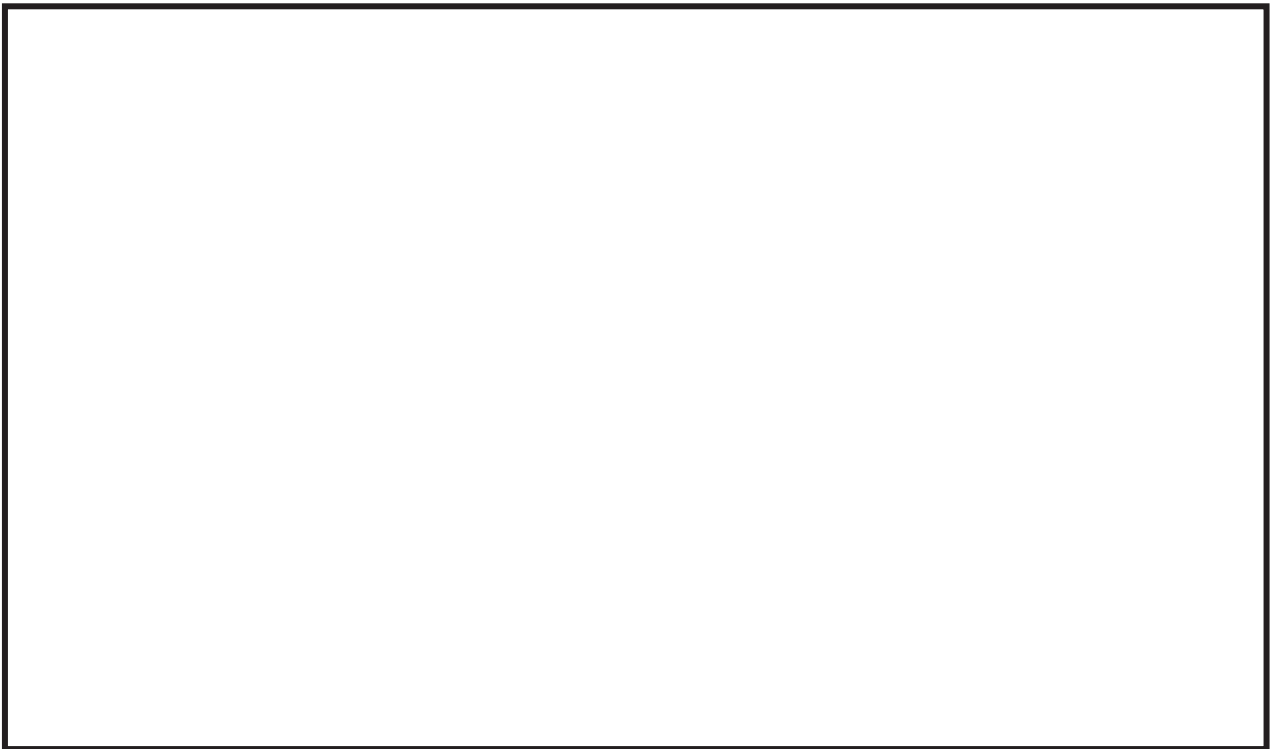
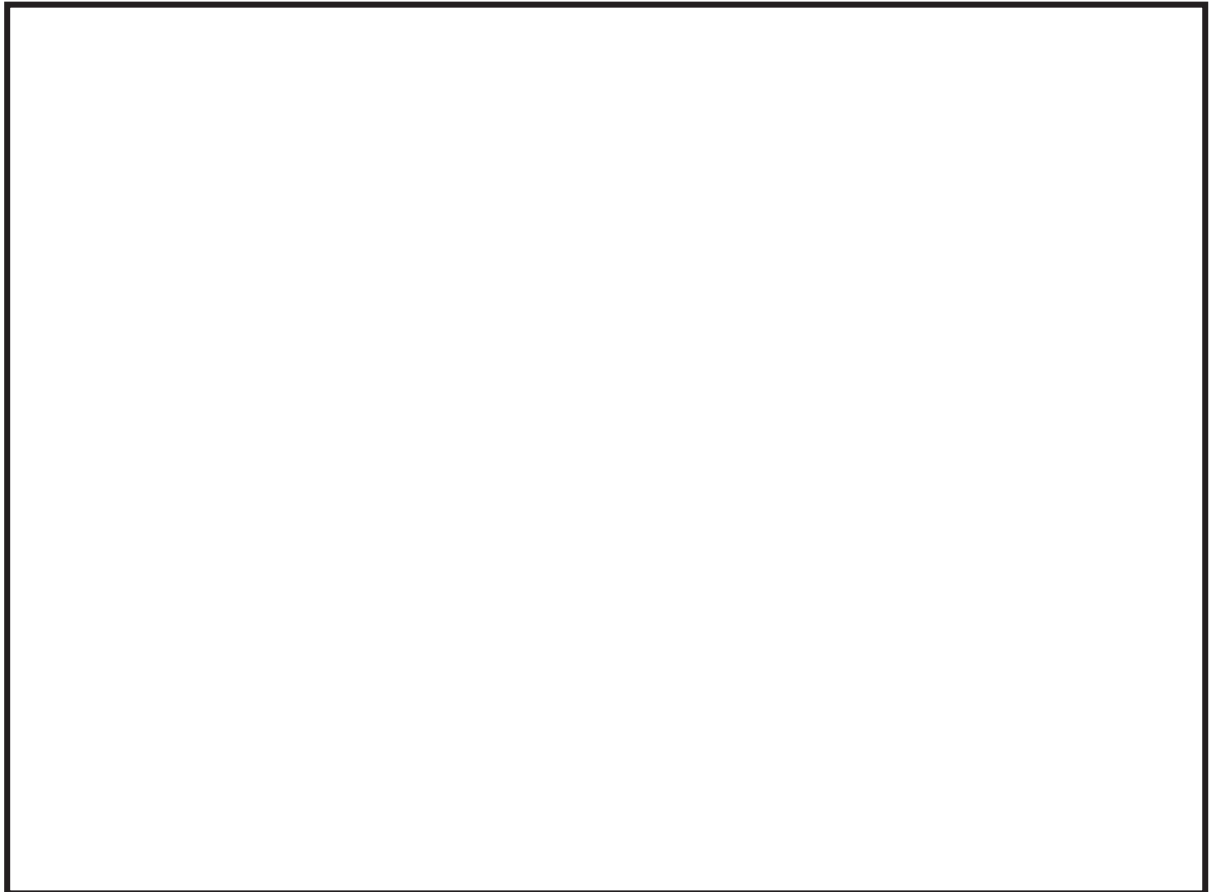


図 2-1 BOP 閉止装置の全体構造

### 3. BOP 閉止装置の構造

BOP 閉止装置は、原子炉建屋ブローアウトパネル（以下「BOP」という。）が開放された状態で炉心損傷した場合において、扉を電動機又は手動により動作させ、BOP 開口部を閉止する装置である。図 3-1 に BOP 閉止装置の構造を示す。BOP 閉止装置は、丁番を軸として、扉本体に取付けられたチェーンを介して電動機により開閉動作を可能とする。また、扉開状態及び扉閉状態では門により扉の動きを拘束する。



- |          |       |         |
|----------|-------|---------|
| ① 扉      | ② 枠板  | ③ 門部    |
| ・内梁      | ・枠板   | ・門ピン    |
| ・外梁      |       | ・門ピン受   |
| ・面板      |       | ・門ブラケット |
| ④ 丁番部    | ⑤ 駆動部 |         |
| ・丁番ブラケット | ・電動機  |         |
| ・丁番軸     |       |         |
| ・丁番ブロック  |       |         |

図 3-1 BOP 閉止装置の構造

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

#### 4. 評価部位

BOP 閉止装置は、扉をその支持部材である門及び丁番で支持する構造となっている。そのため評価部位は扉及び上記 2 種類の支持部材から選定する。以下に考慮する荷重、荷重伝達経路及び評価部位を示す。

##### 4.1 考慮する荷重

BOP 閉止装置は、添付書類「VI-1-1-2-1-1 発電用原子炉施設に対する自然現象等による損傷の防止に関する基本方針」及び添付書類「VI-1-1-6-別添 4 ブローアウトパネル関連設備の設計方針」に基づき、表 4-1 に示す荷重を考慮する。

表 4-1 BOP 閉止装置に考慮する荷重

状態	死荷重	差圧	S s 地震	風 (台風)	竜巻		津波	火山の 影響	積雪
					風 (100 m/s)	飛来物			
扉開	○	—	○	—	—	—	—	—	—
扉閉	○	○	○	○	—	—	—	—	—



## 4.2 荷重伝達経路

### 4.2.1 地震荷重

BOP 閉止装置が扉開及び扉閉それぞれの状態で、地震荷重が作用した場合の各部位の荷重伝達経路を以下に示す。

#### (1) 門部

地震動が作用した場合、門ピンを介して門ピン受及び門ブラケットに伝達される。門部の荷重伝達経路を図 4-1 に示す。門部は面外方向地震荷重を支持し、扉開及び扉閉状態ともに荷重伝達経路は以下に示すとおりである。

- 1) 地震動により扉に慣性力が作用する。
- 2) 扉を支持する門ピンに扉慣性力が作用する。
- 3) 扉、門ピンを支持する門ピン受及び門ブラケットに扉慣性力が作用する。

以上から地震動に対しては、扉慣性力を支持する門部の部位のうち、門ピン、門ピン受及び門ブラケットが主要な荷重伝達経路になる。

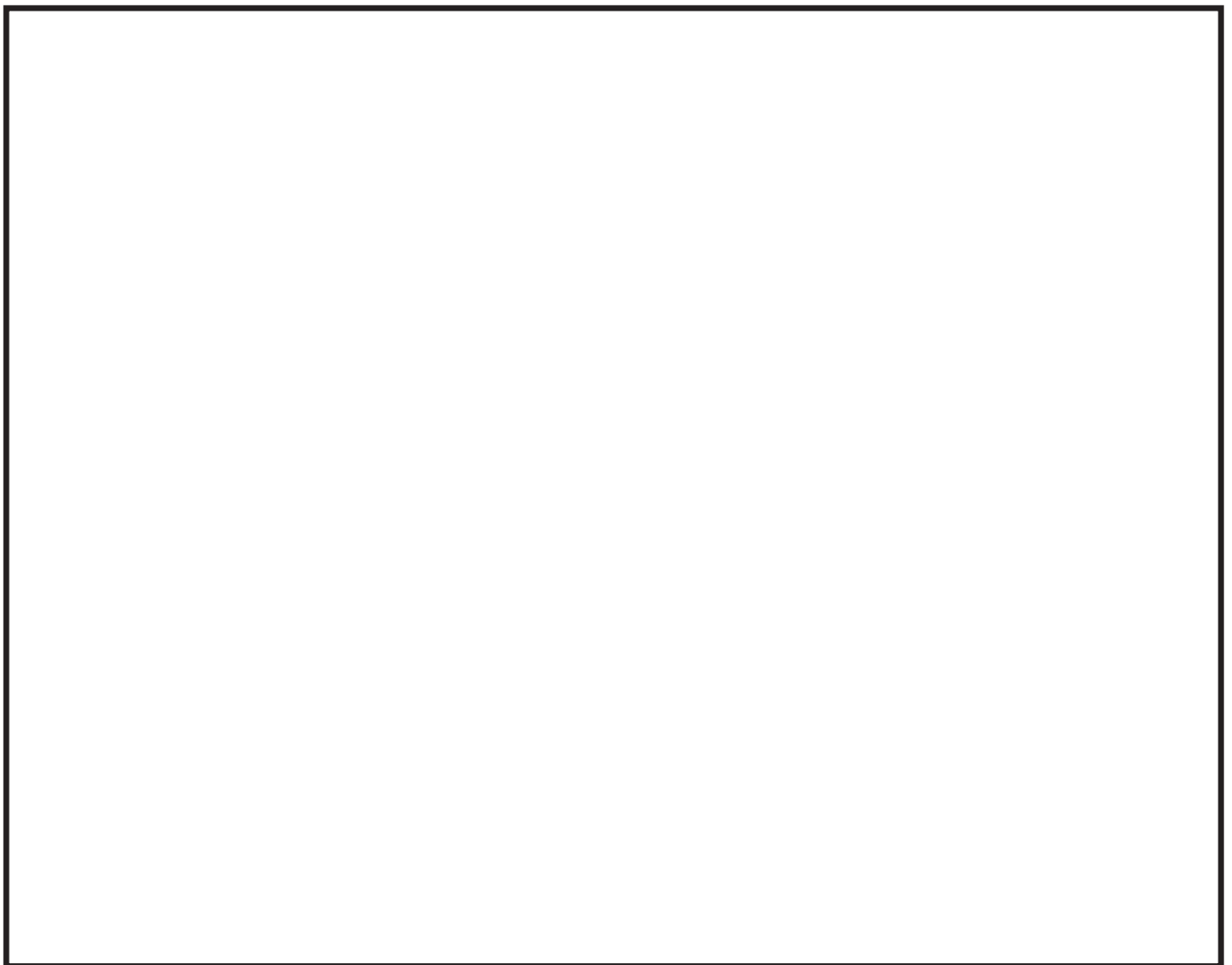


図 4-1 門部の荷重伝達経路

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(2) 丁番部

地震動が作用した場合，丁番ブラケットから丁番軸を介して丁番ブロックに伝達される。丁番部の荷重伝達経路を図 4-2 に示す。丁番部は面外方向・面内方向・鉛直方向（死荷重を含む）地震荷重を支持し，扉開及び扉閉状態ともに荷重伝達経路は以下に示すとおりである。

- 1) 地震動により扉に慣性力が作用する。
- 2) 扉を支持する丁番ブラケットに扉慣性力が作用する。
- 3) 扉，丁番ブラケットを支持する丁番軸及び丁番ブロックに扉慣性力が作用する。

以上から地震動に対しては，扉慣性力を支持する丁番部の部位のうち，丁番ブラケット，丁番軸及び丁番ブロックが主要な荷重伝達経路になる。

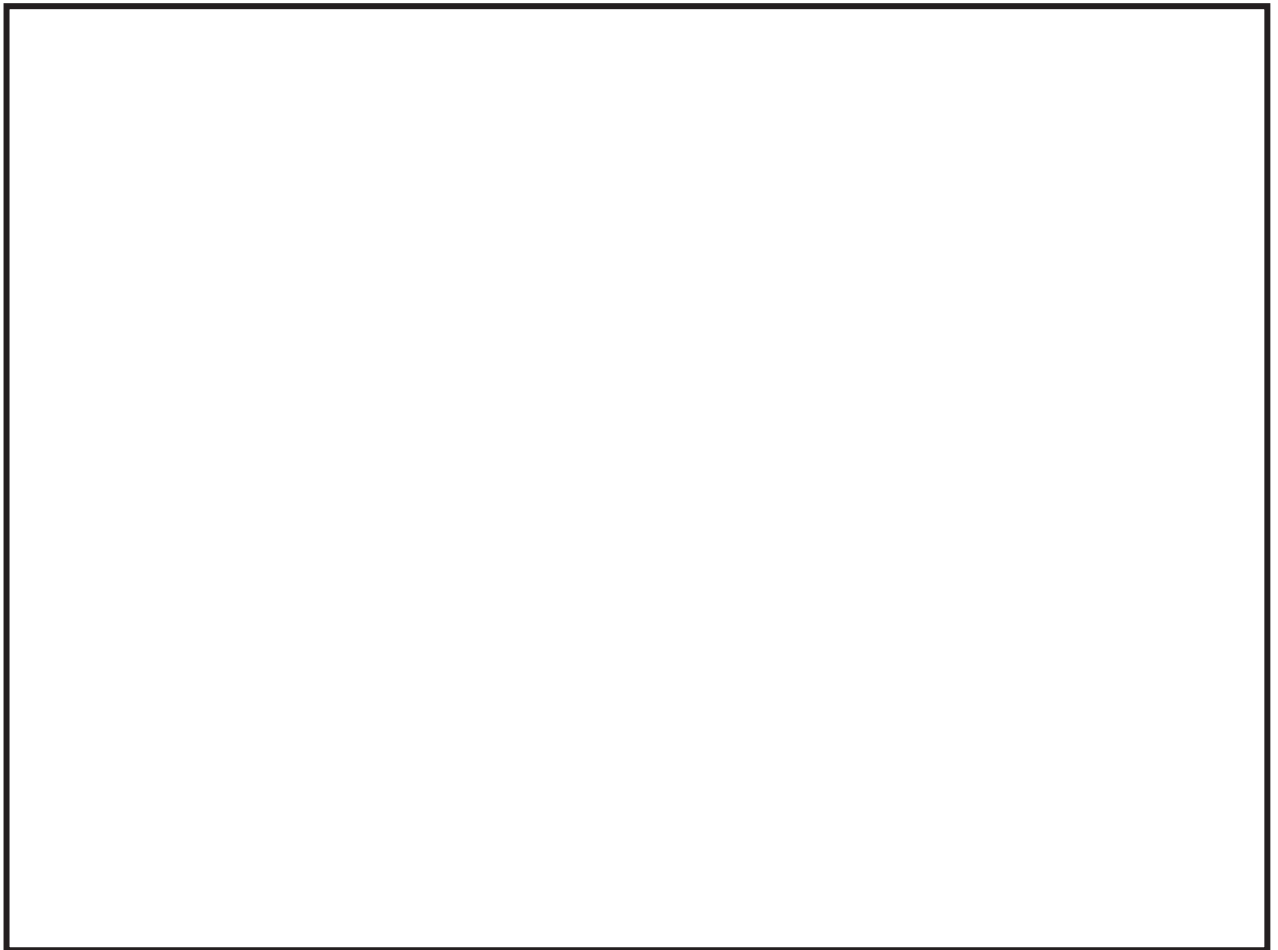


図 4-2 丁番部の荷重伝達経路

#### 4.2.2 圧力荷重及び機械的荷重

圧力荷重及び機械的荷重は扉面外方向に分布荷重として作用するため、各部位の荷重伝達経路は地震荷重が面外方向に作用した場合と同様である。

### 4.3 評価部位

#### 4.3.1 扉及び支持部材の考慮する荷重方向

扉及び支持部材の主要部材に対して、強度評価で考慮する荷重方向を表 4-2 に示す。

表 4-2 扉及び支持部材の強度評価上考慮する荷重方向

主要部材		考慮する荷重方向			
		面外	面内	鉛直	
扉	梁	○	○	○	
	板	○	○	○	
支持部材	門部	門ピン	○	—	—
		門ピン受	○	—	—
		門ブラケット	○	—	—
	丁番部	丁番ブラケット	○	○	○
		丁番軸	○	○	○
		丁番ブロック	○	○	○

#### 4.3.2 応力評価部位

応力評価部位は、表 4-2 に示す主要部材のうち、構造強度評価上厳しい箇所とする。評価部位をまとめたものを表 4-3 に示す。また、評価部位を示した BOP 閉止装置構造の全体図（扉閉状態）を図 4-3 に示す。

表 4-3 強度評価を実施する部位

評価部位		応力評価箇所	備考*	
扉	梁	外梁	①	
		内梁	②	
	板	面板	③	
支持部材	門部	門ピン	④	
		門ピン受	本体	⑤
			取付ボルト	⑥
		門ブラケット	本体	⑦
			取付ボルト	⑧
		丁番部	丁番ブラケット	本体
	取付ボルト			⑩
	丁番軸		本体	⑪
	丁番ブロック		本体	⑫
		取付ボルト	⑬	

注記\*：備考欄に記載の番号は、図 4-3 中の番号を示す。

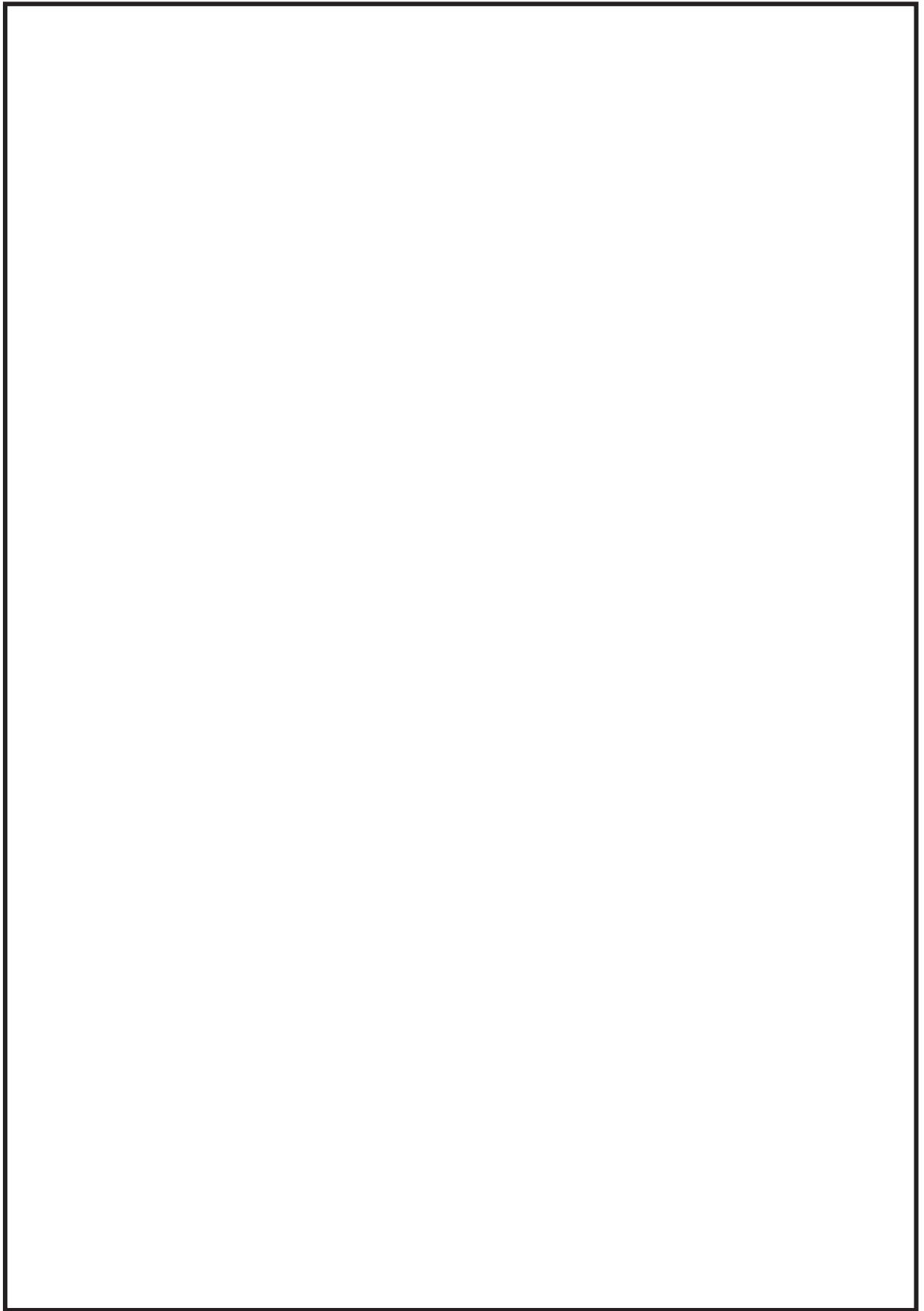


図 4-3 BOP 閉止装置構造の全体図（扉閉状態）

5. 評価条件

5.1 荷重の組合せ，許容応力状態及び許容応力

添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき，強度評価に用いる BOP 閉止装置の荷重の組合せ及び許容応力を表 5-1 に示す。

なお，BOP 閉止装置に作用する荷重は，死荷重，地震荷重，圧力荷重及び風荷重による機械的荷重が主であることから，一次応力について評価を実施する。

表 5-1 BOP 閉止装置の荷重の組合せ及び許容応力

状態	荷重の組合せ	許容応力状態	許容限界 (ボルト等以外)			許容限界 (ボルト等)	
			引張	せん断	組合せ	引張 <sup>*3</sup>	せん断
扉開	D + P <sub>D</sub> + M <sub>D</sub> + S <sub>s</sub>	Ⅲ <sub>AS</sub> <sup>*1</sup>	1.5・f <sub>t</sub>	1.5・f <sub>s</sub>	1.5・f <sub>t</sub>	1.5・f <sub>t</sub>	1.5・f <sub>s</sub>
		Ⅳ <sub>AS</sub>	1.5・f <sub>t</sub> <sup>*</sup>	1.5・f <sub>s</sub> <sup>*</sup>	1.5・f <sub>t</sub> <sup>*</sup>	1.5・f <sub>t</sub> <sup>*</sup>	1.5・f <sub>s</sub> <sup>*</sup>
扉閉	D + P <sub>SAD</sub> + M <sub>SAD</sub> + S <sub>s</sub>	Ⅲ <sub>AS</sub> <sup>*1</sup>	1.5・f <sub>t</sub>	1.5・f <sub>s</sub>	1.5・f <sub>t</sub>	1.5・f <sub>t</sub>	1.5・f <sub>s</sub>
		V <sub>AS</sub> <sup>*2</sup>	1.5・f <sub>t</sub> <sup>*</sup>	1.5・f <sub>s</sub> <sup>*</sup>	1.5・f <sub>t</sub> <sup>*</sup>	1.5・f <sub>t</sub> <sup>*</sup>	1.5・f <sub>s</sub> <sup>*</sup>

注：

D : 死荷重

P<sub>D</sub> : 地震と組み合わせべきプラントの運転状態Ⅰ及びⅡ（運転状態Ⅲ及び地震従属事象として運転状態Ⅳに包絡する状態がある場合にはこれを含む。）又は当該設備に設計上定められた最高使用圧力による荷重（BOP 閉止装置では扉開状態において圧力荷重は作用しないため考慮しない。）

M<sub>D</sub> : 地震と組み合わせべきプラントの運転状態Ⅰ及びⅡ（運転状態Ⅲ及び地震従属事象として運転状態Ⅳに包絡する状態がある場合にはこれを含む。）又は当該設備に設計上定められた機械的荷重（BOP 閉止装置では扉開状態において風荷重は作用しないため考慮しない。）

S<sub>s</sub> : 基準地震動 S<sub>s</sub> により定まる地震力

P<sub>SAD</sub> : 重大事故等時の状態（運転状態Ⅴ）における運転状態等を考慮して当該設備に設計上定められた設計圧力による荷重（BOP 閉止装置では建屋内外差圧による圧力荷重を考慮する。）

M<sub>SAD</sub> : 重大事故等時の状態（運転状態Ⅴ）における運転状態等を考慮して当該設備に設計上定められた機械的荷重（BOP 閉止装置では風荷重を考慮する。）

Ⅲ<sub>AS</sub> : J S M E S N C 1 - 2005/2007 発電用原子力設備規格 設計・建設規格（以下「設計・建設規格」という。）の供用状態 C 相当の許容応力を基準として，それに地震により生じる応力に対する特別な応力の制限を加えた許容応

力状態

- $IV_{AS}$  : 設計・建設規格の供用状態D相当の許容応力を基準として、それに地震により生じる応力に対する特別な応力の制限を加えた許容応力状態
- $V_{AS}$  : 運転状態V相当の応力評価を行う許容応力状態を基本として、それに地震により生じる応力に対する特別な応力の制限を加えた許容応力状態
- $f_t$  : 許容応力状態 $III_{AS}$ での許容引張応力
- $f_s$  : 許容応力状態 $III_{AS}$ での許容せん断応力
- $f_t^*$  : 許容応力状態 $IV_{AS}$ 及び $V_{AS}$ での許容引張応力
- $f_s^*$  : 許容応力状態 $IV_{AS}$ 及び $V_{AS}$ での許容せん断応力

注記\*1: 門ピン等については、基準地震動 $S_s$ により定まる地震力が作用した後においても、扉固定の機能を維持する設計とすることから許容応力状態を $III_{AS}$ とする。

\*2:  $V_{AS}$ として $IV_{AS}$ の許容限界を用いる。

\*3: せん断応力と引張応力を同時に受けるボルトの許容引張応力 $f_{ts}$ は、以下から算出する。

$$f_{ts} = \min(1.4 \cdot f_t - 1.6 \cdot \tau, f_t)$$

ここで、

$\tau$  : せん断応力

## 5.2 設計条件

### 5.2.1 温度条件

評価する際の温度条件（許容応力算出条件）は以下とする。

扉開状態：55 °C

扉閉状態：66 °C

### 5.2.2 死荷重

死荷重（D）として考慮する扉の質量（m）は  kg である。

### 5.2.3 圧力荷重

非常用ガス処理系による原子炉建屋内外最大差圧である  Pa（負圧）を圧力荷重（P<sub>SAD</sub>）として考慮する。

### 5.2.4 機械的荷重

機械的荷重（M<sub>SAD</sub>）として、風荷重を考慮する。風荷重は、添付書類「VI-1-1-2-1-1 発電用原子炉施設に対する自然現象等による損傷の防止に関する基本方針」に基づき 30m/s とする。

### 5.2.5 地震荷重

地震荷重（基準地震動 S<sub>s</sub>）は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」のうち「2. 機能維持の確認に用いる設計用地震力」に基づく設計用地震力により、BOP 閉止装置に作用する震度を用いて算定する。地震荷重の算出の際に考慮する質量は「5.2.2 死荷重」で示す数値と同一のものを使用する。

#### (1) 固有周期

固有周期の計算結果を表 5-2 に示す。固有周期の計算方法は「6.1 BOP 閉止装置の固有周期の計算方法」に示す。

表 5-2 固有周期 (単位：s)

固有周期	面外方向		面内方向	鉛直方向
	扉開状態	扉閉状態		
	0.027	0.027	0.05 以下	0.05 以下

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



(2) 評価用震度

表 5-2 に示すように、3 方向すべてで固有周期は 0.05s 以下となるために、BOP 閉止装置は剛と判断でき、1.2ZPA を評価用震度とする。評価用震度を表 5-3 に示す。

表 5-3 評価用震度（設計震度）

機器名称	据付場所及び床面高さ (m)	地震力	水平方向設計震度		鉛直方向設計震度
			面外	面内	
BOP 閉止装置	原子炉建屋 O.P. 33.20* (O.P. 38.25)	S <sub>s</sub>	3.15	3.15	1.85

注記\*：基準床レベルを示す。

5.3 各評価部位の許容応力

各評価部位の許容応力は、各部位の材質及び設計・建設規格 付録材料図表 Part5 に規定される各温度の設計降伏点 (S<sub>y</sub>) 及び設計引張強さ (S<sub>u</sub>) から設定する。材質及び許容応力を表 5-4 に示す。

表 5-4(1) 扉の許容応力

評価部位	材料	温度 (°C)	許容応力状態	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (RT) (MPa)	許容限界	
							1.5 f <sub>t</sub> * (MPa)	1.5 f <sub>s</sub> * (MPa)
扉	□	55	IV <sub>AS</sub>	□	□	□	□	□
		66	V <sub>AS</sub>	□	□	□	□	□

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 5-4(2) 門部の許容応力

評価部位	材料	温度 (°C)	許容 応力 状態	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)	許容限界	
							1.5 f <sub>t</sub> (MPa)	1.5 f <sub>s</sub> (MPa)
門ピン		55	Ⅲ <sub>A</sub> S*					
		66						
門ピン受		55	Ⅲ <sub>A</sub> S*					
		66						
門ピン受 取付ボルト		55	Ⅲ <sub>A</sub> S*					
		66						
門ブラケット		55	Ⅲ <sub>A</sub> S*					
		66						
門ブラケット 取付ボルト		55	Ⅲ <sub>A</sub> S*					
		66						

注記\*：門ピン等については、基準地震動 S<sub>s</sub> により定まる地震力が作用した後においても、扉固定の機能を維持する設計とすることから許容応力状態をⅢ<sub>A</sub>S とする。

表 5-4(3) 丁番部の許容応力

評価部位	材料	温度 (°C)	許容 応力 状態	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R T) (MPa)	許容限界	
							1.5 f <sub>t</sub> * (MPa)	1.5 f <sub>s</sub> * (MPa)
丁番ブラケット		55	Ⅳ <sub>A</sub> S					
		66	V <sub>A</sub> S					
丁番ブラケット 取付ボルト		55	Ⅳ <sub>A</sub> S					
		66	V <sub>A</sub> S					
丁番軸		55	Ⅳ <sub>A</sub> S					
		66	V <sub>A</sub> S					
丁番ブロック		55	Ⅳ <sub>A</sub> S					
		66	V <sub>A</sub> S					
丁番ブロック 取付ボルト		55	Ⅳ <sub>A</sub> S					
		66	V <sub>A</sub> S					

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

## 6. 評価

### 6.1 BOP 閉止装置の固有周期の計算方法

#### 6.1.1 解析モデル

固有周期は、解析コード「MSC NASTRAN」を使用し、有限要素法（FEM）解析により図 6-1 に示す解析モデルにて算出する。解析モデルの概要を以下に示す。

- (1) 扉を構成する部材のうち、外梁及び内梁を三次元のはり要素で、面板を三次元のシェル要素でモデル化した有限要素法モデルによって固有周期を求める。
- (2) 拘束条件として、門は面外方向の並進拘束及び丁番は面外、面内及び鉛直方向の並進拘束とする。
- (3) 解析モデルの質量は、扉を構成する内梁、外梁及び面板等の質量を考慮する。
- (4) 解析に使用した機器諸元を表 6-1 に示す。

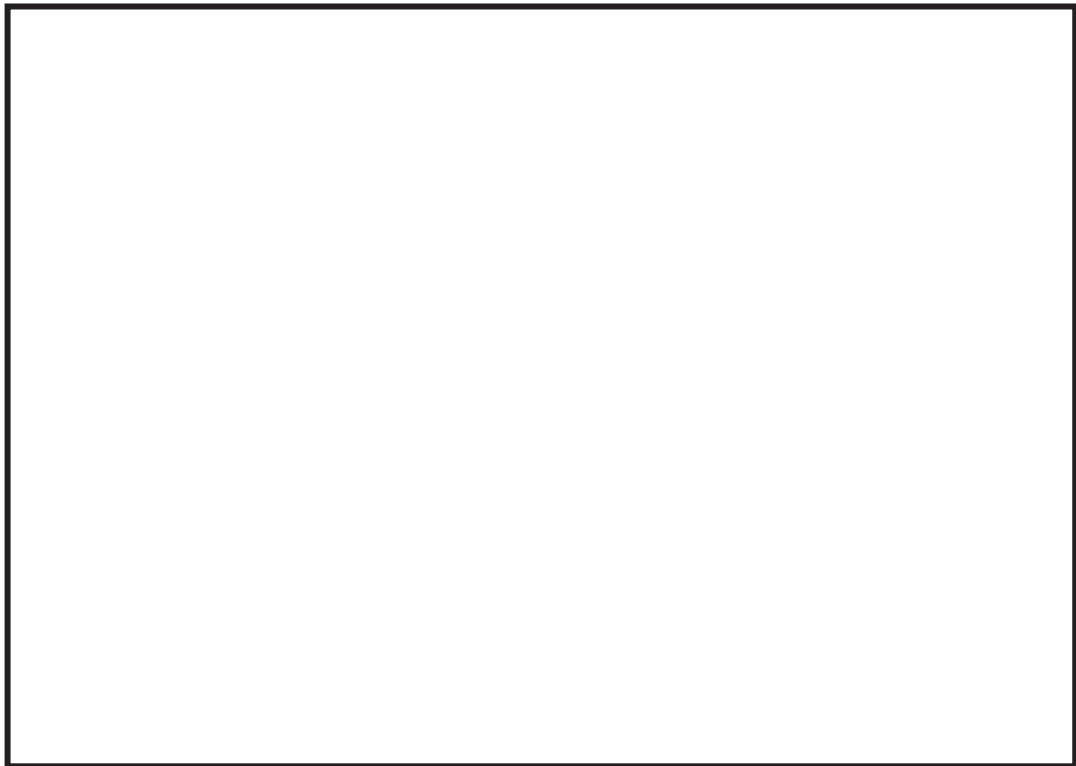


図 6-1 解析モデル

表 6-1 解析モデルの機器諸元

項目	記号	単位	入力値	
材料	—	—	<input type="text"/>	
質量	m	kg	<input type="text"/>	
温度条件	扉開状態	T	°C	55
	扉閉状態			66
縦弾性係数	扉開状態	E	MPa	<input type="text"/>
	扉閉状態			<input type="text"/>
ポアソン比	$\nu$	—	<input type="text"/>	
要素数	—	個	<input type="text"/>	
節点数	—	個	<input type="text"/>	

6.1.2 固有周期の算出結果

扉開状態の固有値解析結果を表 6-2 に示す。また扉閉状態の固有値解析結果を表 6-3 に示す。

表 6-2 扉開状態の固有値解析結果

モード	固有周期 (s)	卓越方向	刺激係数		
			面外方向	面内方向	鉛直方向
1次	0.027	面外	—	—	—

表 6-3 扉閉状態の固有値解析結果

モード	固有周期 (s)	卓越方向	刺激係数		
			面外方向	面内方向	鉛直方向
1次	0.027	面外	—	—	—

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

## 6.2 応力計算方法

4.3 項で述べた評価部位に対し、それぞれ有限要素法等により、扉開状態と扉閉状態それぞれの荷重条件における応力を算出する。ここで、後述する応力計算の詳細においては、扉開状態と扉閉状態で条件が同じものについては統一することとし、扉開状態もしくは扉閉状態のみで用いる条件については、その旨を述べることにする。

### 6.2.1 扉の応力計算

#### (1) 梁に作用する荷重

6.1.1 項に示した解析モデルに対し、以下の荷重を考慮し、要素に発生する荷重を算出し、強度評価において組み合わせる。

- a. 地震荷重により生じる荷重は、扉に対して面外方向、面内方向及び鉛直方向それぞれについて算出する。扉開状態での各方向の地震荷重に対する変形図を図 6-2 に、扉閉状態での各方向の地震荷重に対する変形図を図 6-3 に示す。
- b. 圧力荷重及び機械的荷重は、扉に対して面外方向に等分布に作用するものとし、評価は外梁 4 辺を面外方向に拘束し、単位圧力による荷重に対して実施する。扉閉状態での圧力荷重及び機械的荷重に対する変形図を図 6-3 に示す。
- c. 死荷重は、扉に対して鉛直方向に作用するものとし算出する。死荷重による変形図は、鉛直方向の地震荷重と同等である。

上記 a. ～c. より算出した荷重を、以下の SRSS 法を用いて水平 2 方向及び鉛直方向地震荷重を組み合わせる。

$$(\text{合成荷重}) = \sqrt{((\text{面外方向地震荷重})^2 + (\text{面内方向地震荷重})^2 + (\text{鉛直方向地震荷重})^2) + (\text{圧力荷重}) + (\text{機械的荷重}) + (\text{死荷重})}$$

(2) 梁の応力計算

梁の応力は、FEM 解析により算出した荷重から以下に示す式で算出する。荷重は、並進力  $F_x$ 、 $F_y$ 、 $F_z$ 、モーメント力  $M_x$ 、 $M_y$ 、 $M_z$  とする。ただし、添字  $x$ 、 $y$ 、 $z$  は要素に与えられた座標軸で、 $x$  軸は常に要素の長手方向にとる。

a. 応力成分

上記荷重による応力成分は次式となる。

$$\sigma_x = \frac{F_x}{A}, \quad \sigma_y = \frac{M_y}{Z_y}, \quad \sigma_z = \frac{M_z}{Z_z} \dots\dots\dots (6.2.1.1)$$

$$\tau_x = \frac{M_x}{Z_x}, \quad \tau_y = \frac{F_y}{A}, \quad \tau_z = \frac{F_z}{A} \dots\dots\dots (6.2.1.2)$$

ここで、

- A : 断面積
- $Z_x$  : ねじり断面係数
- $Z_y$  :  $y$  軸周り断面係数
- $Z_z$  :  $z$  軸周り断面係数

b. 引張応力

引張応力  $\sigma_t$  は次式となる。

$$\sigma_t = \sigma_x + \sigma_y + \sigma_z \dots\dots\dots (6.2.1.3)$$

c. せん断応力

せん断応力  $\tau$  は次式となる。

$$\tau = \left. \begin{array}{l} \sqrt{(\tau_x + \tau_y)^2 + \tau_z^2} \\ \sqrt{\tau_y^2 + (\tau_x + \tau_z)^2} \end{array} \right\} \text{大きい方} \dots\dots\dots (6.2.1.4)$$

d. 組合せ応力

組合せ応力  $\sigma_c$  は次式となる。

$$\sigma_c = \sqrt{\sigma_t^2 + 3 \cdot \tau^2} \dots\dots\dots (6.2.1.5)$$

(3) 面板の応力

面板の応力は、各荷重（地震荷重，圧力荷重及び機械的荷重）から FEM 解析により算出した引張応力及びせん断応力を各々合計し，以下に示す式で組合せ応力を算出する。

a. 組合せ応力

組合せ応力は次式となる。

$$\sigma_c = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sigma_x \cdot \sigma_y + 3 \cdot \tau_{xy}^2} \dots \dots \dots (6.2.1.6)$$

ここで，

$\sigma_x, \sigma_y$  : 面板面内に生じる互いに直交する引張応力

$\tau_{xy}$  : 面板面内に生じるせん断応力

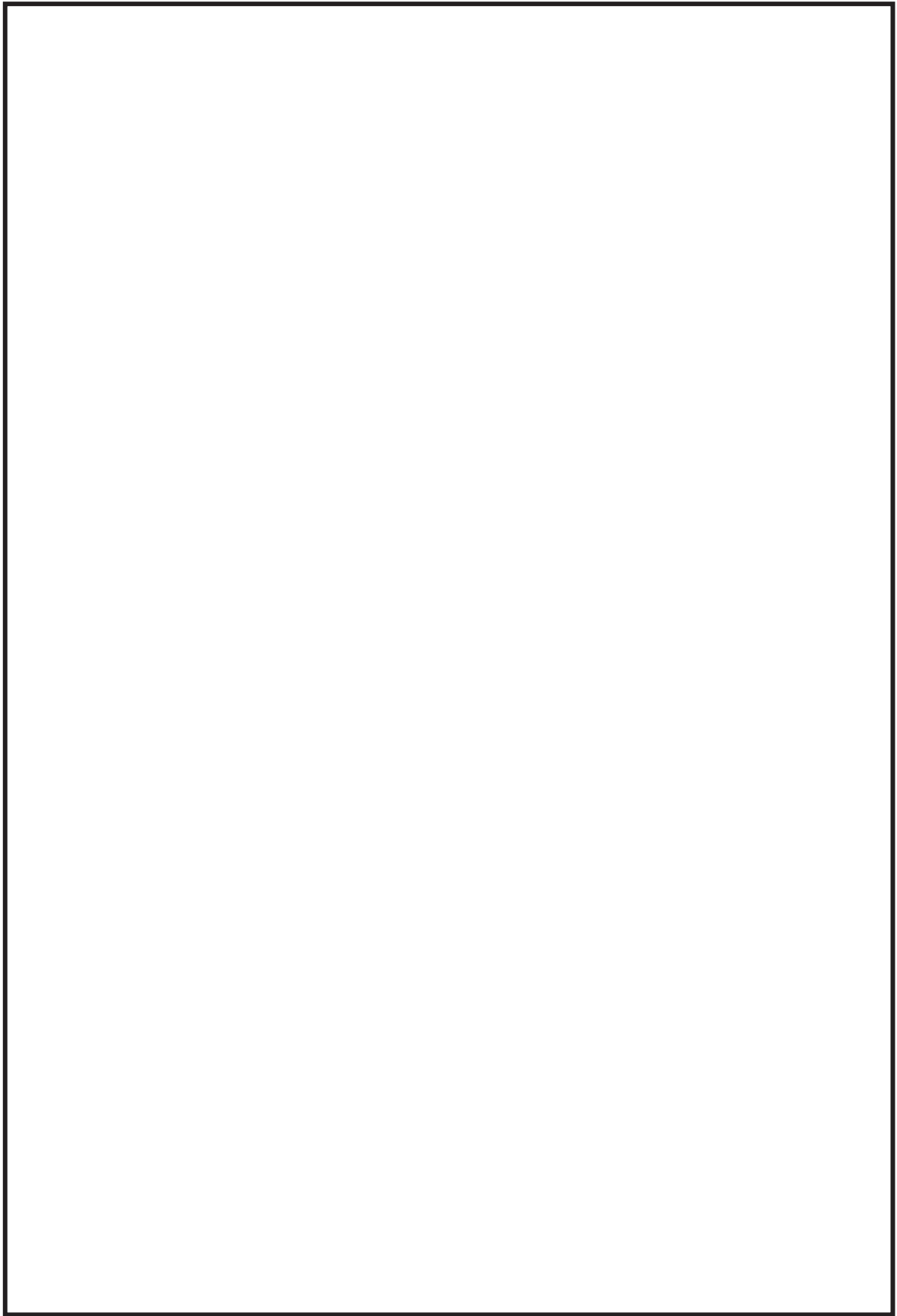


図 6-2 各荷重による変形〈扉開〉

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



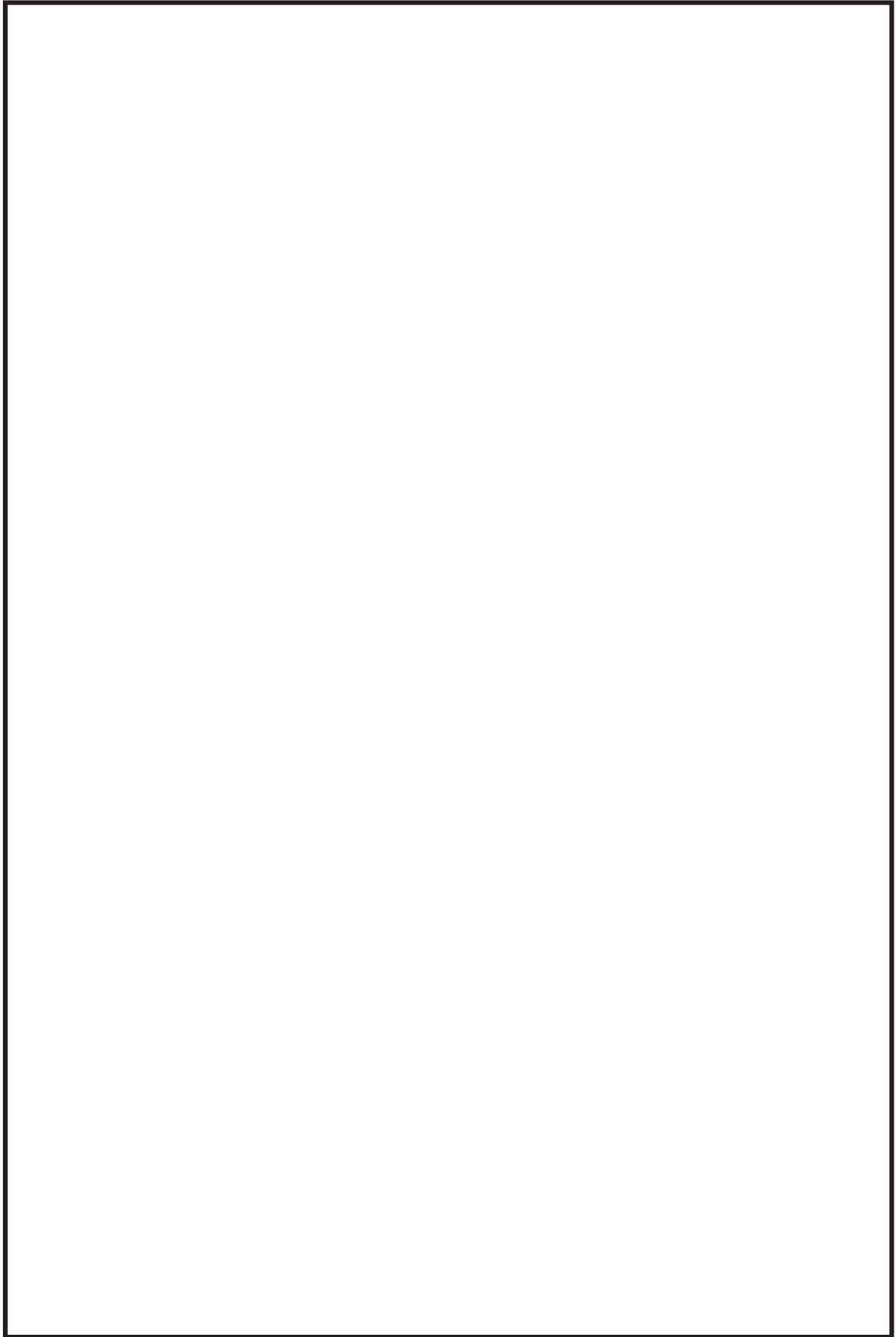


図 6-3 各荷重による変形 (扉閉) (1/2)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



図 6-3 各荷重による変形〈扉閉〉(2/2)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

## 6.2.2 門部の応力計算

門部を構成する部材のうち，門ピン，門ピン受（本体及び取付ボルト）及び門ブラケット（本体及び取付ボルト）について応力評価を実施する。

### (1) 門ピン

#### a. 計算モデル

扉の面外方向荷重が門ピンに作用する。応力計算は，図 6-4 に示す先端に集中荷重が作用する片持ち梁として，生じる応力を計算する。

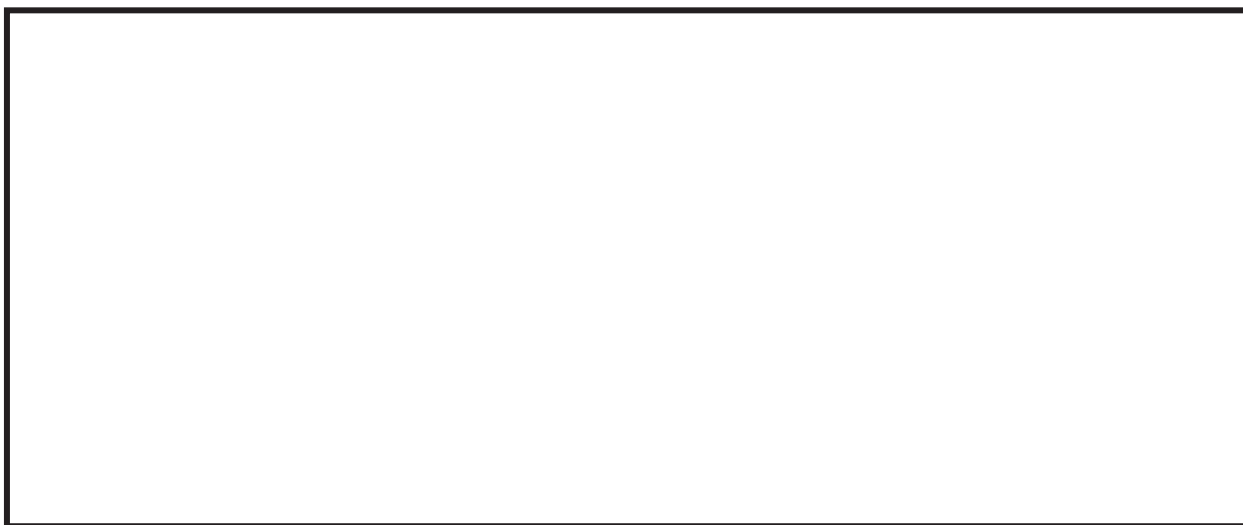


図 6-4 門ピン計算モデル

#### b. 応力計算

##### (a) 引張応力

##### イ. 面外方向設計震度による引張応力

面外方向設計震度により作用する曲げモーメントは次式により求める。

$$M_{4ho} = F_{4ho} \cdot L_4 \cdots \cdots (6.2.2.1)$$

ここで，

$$F_{4ho} : \text{地震荷重} = m_d \cdot g \cdot C_{h1} / n_{4o}$$

$m_d$  : 扉の質量

$C_{h1}$  : 面外方向設計震度

$n_{4o}$  : 面外方向支持点の数

面外方向設計震度により生じる引張応力は次式により求める。

$$\sigma_{4ho} = M_{4ho} / Z_4 \cdots \cdots (6.2.2.2)$$

ここで，

$Z_4$  : 門ピンの断面係数

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

- ロ. 面圧（扉開状態：考慮なし，扉閉状態：圧力荷重及び機械的荷重）による引張応力

面圧により作用する曲げモーメントは次式により求める。

$$M_{4p} = (F_{4p} + F_{4w}) \cdot L_4 \cdots \cdots \cdots (6.2.2.3)$$

ここで，

$$F_{4p} : \text{圧力荷重} = \Delta P \cdot A_p / n_{4o}$$

（ただし，扉開状態では作用しないため， $F_{4p} = 0$ ）

$$F_{4w} : \text{機械的荷重} = P_w \cdot A_p / n_{4o}$$

（ただし，扉開状態では作用しないため， $F_{4w} = 0$ ）

$\Delta P$  : 差圧

$P_w$  : 風圧力

$A_p$  : 扉の受圧面積

面圧により生じる引張応力は次式により求める。

$$\sigma_{4p} = M_{4p} / Z_4 \cdots \cdots \cdots (6.2.2.4)$$

- ハ. 門ピンに生じる引張応力

$$\sigma_4 = \sigma_{4ho} + \sigma_{4p} \cdots \cdots \cdots (6.2.2.5)$$

- (b) せん断応力

- イ. 面外方向設計震度によるせん断応力

面外方向設計震度により作用するせん断力は次式により求める。

$$Q_{4ho} = F_{4ho} \cdots \cdots \cdots (6.2.2.6)$$

面外方向設計震度により生じるせん断応力は次式により求める。

$$\tau_{4ho} = Q_{4ho} / A_4 \cdots \cdots \cdots (6.2.2.7)$$

ここで，

$A_4$  : 門ピンの断面積

- ロ. 面圧（扉開状態：考慮なし，扉閉状態：圧力荷重及び機械的荷重）によるせん断応力

面圧により作用するせん断力は次式により求める。

$$Q_{4p} = F_{4p} + F_{4w} \cdots \cdots \cdots (6.2.2.8)$$

面圧により生じるせん断応力は次式により求める。

$$\tau_{4p} = Q_{4p} / A_4 \cdots \cdots \cdots (6.2.2.9)$$

ハ. 門ピンに生じるせん断応力

$$\tau_4 = \tau_{4ho} + \tau_{4p} \dots\dots\dots (6.2.2.10)$$

(c) 組合せ応力

$$\sigma_{4c} = \sqrt{(\sigma_4^2 + 3 \cdot \tau_4^2)} \dots\dots\dots (6.2.2.11)$$

(2) 門ピン受

a. 計算モデル

扉の面外方向荷重が門ピン受到に作用する。応力計算は、図 6-5 に示す A～A 断面に生じる引張応力と B～B 断面に生じるせん断応力を計算する。

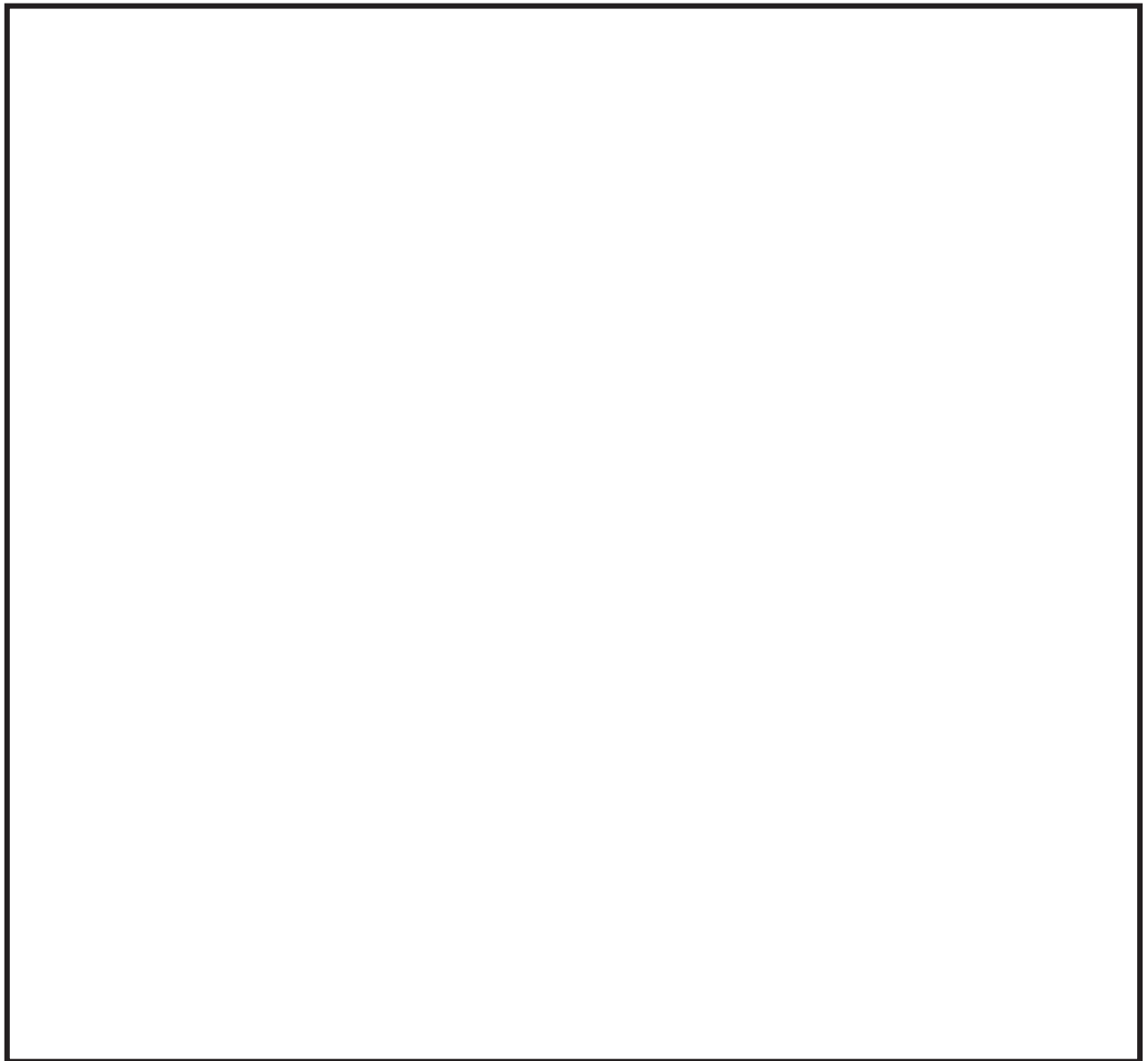


図 6-5 門ピン受計算モデル

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

応力計算

(a) 引張応力

イ. 面外方向設計震度による引張応力

面外方向設計震度により A～A 断面に作用する引張力は次式により求める。

$$N_{5ho} = F_{5ho} \cdots \cdots \cdots (6.2.2.12)$$

ここで,

$$F_{5ho} : \text{地震荷重} = m_d \cdot g \cdot C_{h1} / n_{5o}$$

$m_d$  : 扉の質量

$C_{h1}$  : 面外方向設計震度

$n_{5o}$  : 面外方向支持点の数

面外方向設計震度の引張力により A～A 断面に生じる引張応力は次式により求める。

$$\sigma_{5hot} = N_{5ho} / A_{5A} \cdots \cdots \cdots (6.2.2.13)$$

ここで,

$A_{5A}$  : 門ピン受 A～A 断面の断面積

面外方向設計震度により A～A 断面に作用する曲げモーメントは次式により求める。

$$M_{5hob} = F_{5ho} \cdot L_5 \cdots \cdots \cdots (6.2.2.14)$$

面外方向設計震度の曲げモーメントにより A～A 断面に生じる引張応力は次式により求める。

$$\sigma_{5hob} = M_{5hob} / Z_{5A} \cdots \cdots \cdots (6.2.2.15)$$

ここで,

$Z_{5A}$  : 門ピン受 A～A 断面の断面係数

ロ. 面圧（扉開状態：考慮なし，扉閉状態：圧力荷重及び機械的荷重）による引張応力

面圧により A～A 断面に作用する引張力は次式により求める。

$$N_{5p} = F_{5p} + F_{5w} \cdots \cdots \cdots (6.2.2.16)$$

ここで,

$$F_{5p} : \text{圧力荷重} = \Delta P \cdot A_p / n_{5o}$$

(ただし，扉開状態では作用しないため， $F_{5p} = 0$ )

$$F_{5w} : \text{機械的荷重} = P_w \cdot A_p / n_{5o}$$

(ただし，扉開状態では作用しないため， $F_{5w} = 0$ )

$\Delta P$  : 差圧

$P_w$  : 風圧力

$A_p$  : 扉の受圧面積

面圧の引張力により A～A 断面に生じる引張応力は次式により求める。

$$\sigma_{5pt} = N_{5p} / A_{5A} \cdots \cdots \cdots (6.2.2.17)$$

面圧により A～A 断面に作用する曲げモーメントは次式により求める。

$$M_{5pb} = (F_{5p} + F_{5w}) \cdot L_5 \cdots \cdots \cdots (6.2.2.18)$$

面圧の曲げモーメントにより A～A 断面に生じる引張応力は次式により求める。

$$\sigma_{5pb} = M_{5pb} / Z_{5A} \cdots \cdots \cdots (6.2.2.19)$$

ハ. 門ピン受 A～A 断面に生じる引張応力

$$\sigma_5 = \sigma_{5hot} + \sigma_{5hob} + \sigma_{5pt} + \sigma_{5pb} \cdots \cdots \cdots (6.2.2.20)$$

(b) せん断応力

イ. 面外方向設計震度によるせん断応力

面外方向設計震度により B～B 断面に作用するせん断力は次式により求める。

$$Q_{5ho} = F_{5ho} \cdots \cdots \cdots (6.2.2.21)$$

面外方向設計震度のせん断力により B～B 断面に生じるせん断応力は次式により求める。

$$\tau_{5hos} = Q_{5ho} / A_{5B} \cdots \cdots \cdots (6.2.2.22)$$

ここで,

$A_{5B}$  : 門ピン受 B～B 断面の断面積 (せん断)

面外方向設計震度により B～B 断面に作用するねじりモーメントは次式により求める。

$$M_{5hot} = F_{5ho} \cdot L_5 \cdots \cdots \cdots (6.2.2.23)$$

面外方向設計震度のねじりモーメントにより B～B 断面に生じるせん断応力は次式により求める。

$$\tau_{5hot} = M_{5hot} / Z_{5B} \cdots \cdots \cdots (6.2.2.24)$$

ここで,

$Z_{5B}$  : 門ピン受 B～B 断面のねじり断面係数

ロ. 面圧 (扉開状態 : 考慮なし, 扉閉状態 : 圧力荷重及び機械的荷重) によるせん断応力

面圧により B～B 断面に作用するせん断力は次式により求める。

$$Q_{5p} = F_{5p} + F_{5w} \cdots \cdots \cdots (6.2.2.25)$$

面圧のせん断力により B～B 断面に生じるせん断応力は次式により求める。

$$\tau_{5ps} = Q_{5p} / A_{5B} \cdots \cdots \cdots (6.2.2.26)$$

面圧により B～B 断面に作用するねじりモーメントは次式により求める。

$$M_{5pt} = (F_{5p} + F_{5w}) \cdot L_5 \cdots \cdots \cdots (6.2.2.27)$$

面圧のねじりモーメントによる B～B 断面に生じるせん断応力は次式により求める。

$$\tau_{5pt} = M_{5pt} / Z_{5B} \cdots \cdots \cdots (6.2.2.28)$$

ハ. 門ピン受 B～B 断面に生じるせん断応力

$$\tau_5 = \tau_{5hos} + \tau_{5hot} + \tau_{5ps} + \tau_{5pt} \cdots \cdots \cdots (6.2.2.29)$$

(3) 門ピン受取付ボルト

a. 計算モデル

扉の面外方向荷重が門ピン受取付ボルトに作用する。応力計算は、図 6-6 に示すようにボルトが引抜きを受けると考えて、生じる引張応力を計算する。

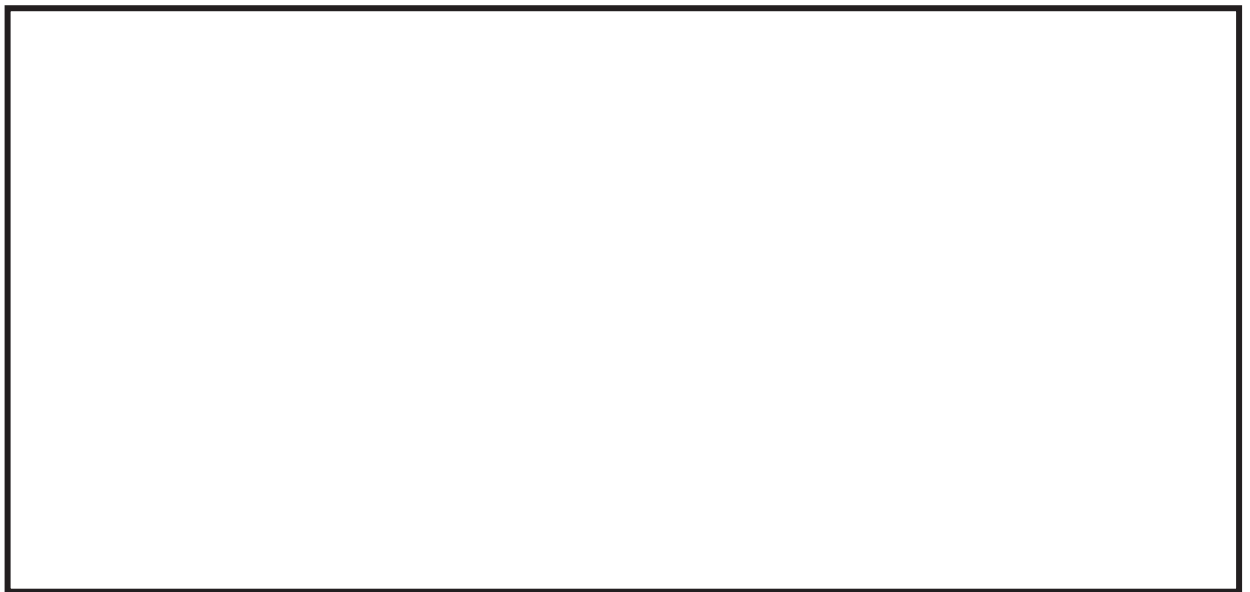


図 6-6 門ピン受取付ボルト計算モデル

b. 応力計算

(a) 引張応力

イ. 面外方向設計震度による引張応力

面外方向設計震度により作用する引張力は次式により求める。

$$N_{6ho} = F_{6ho} / n_{6B} \cdot (L_{6A} + L_{6B}) / L_{6B} \cdots \cdots \cdots (6.2.2.30)$$

ここで、

$F_{6ho}$  : 地震荷重 =  $m_d \cdot g \cdot C_{h1} / n_{6o}$

$m_d$  : 扉の質量

$C_{h1}$  : 面外方向設計震度



$n_{6o}$  : 面外方向支持点の数

$n_{6B}$  : 門ピン受取付ボルトの数

面外方向設計震度の引張力により生じる引張応力は次式により求める。

$$\sigma_{6ho} = N_{6ho} / A_6 \cdots \cdots \cdots (6.2.2.31)$$

ここで,

$A_6$  : 門ピン受取付ボルトの断面積

ロ. 面圧 (扉開状態: 考慮なし, 扉閉状態: 圧力荷重及び機械的荷重) による引張応力

面圧により作用する引張力は次式により求める。

$$N_{6p} = (F_{6p} + F_{6w}) / n_{6B} \cdot (L_{6A} + L_{6B}) / L_{6B} \cdots \cdots (6.2.2.32)$$

ここで,

$F_{6p}$  : 圧力荷重 =  $\Delta P \cdot A_p / n_{6o}$

(ただし, 扉開状態では作用しないため,  $F_{6p} = 0$ )

$F_{6w}$  : 機械的荷重 =  $P_w \cdot A_p / n_{6o}$

(ただし, 扉開状態では作用しないため,  $F_{6w} = 0$ )

$\Delta P$  : 差圧

$P_w$  : 風圧力

$A_p$  : 扉の受圧面積

面圧の引張力により生じる引張応力は次式により求める。

$$\sigma_{6p} = N_{6p} / A_6 \cdots \cdots \cdots (6.2.2.33)$$

ハ. 門ピン受取付ボルトに生じる引張応力

$$\sigma_6 = \sigma_{6ho} + \sigma_{6p} \cdots \cdots \cdots (6.2.2.34)$$

(4) 門ブラケット

a. 計算モデル

扉の面外方向荷重が門ブラケットに作用する。応力計算は、図 6-7 に示す中央に集中荷重が作用する両端固定梁として、生じる応力を計算する。



図 6-7 門ブラケット計算モデル

b. 応力計算

(a) 引張応力

イ. 面外方向設計震度による引張応力

面外方向設計震度により作用する曲げモーメントは次式により求める。

$$M_{7ho} = F_{7ho} \cdot L_7 / 8 \cdots \cdots \cdots (6.2.2.35)$$

ここで、

$F_{7ho}$  : 地震荷重 =  $m_d \cdot g \cdot C_{h1} / n_{7o}$

$m_d$  : 扉の質量

$C_{h1}$  : 面外方向設計震度

$n_{7o}$  : 面外方向支持点の数

面外方向設計震度により生じる引張応力は次式により求める。

$$\sigma_{7ho} = M_{7ho} / Z_7 \cdots \cdots \cdots (6.2.2.36)$$

ここで、

$Z_7$  : 門ブラケットの断面係数

- ロ. 面圧（扉開状態：考慮なし，扉閉状態：圧力荷重及び機械的荷重）による引張応力

面圧により作用する曲げモーメントは次式により求める。

$$M_{7p} = (F_{7p} + F_{7w}) \cdot L_7 / 8 \cdots \cdots \cdots (6.2.2.37)$$

ここで、

$F_{7p}$  : 圧力荷重 =  $\Delta P \cdot A_p / n_7$ 。

（ただし，扉開状態では作用しないため， $F_{7p} = 0$ ）

$F_{7w}$  : 機械的荷重 =  $P_w \cdot A_p / n_7$ 。

（ただし，扉開状態では作用しないため， $F_{7w} = 0$ ）

$\Delta P$  : 差圧

$P_w$  : 風圧力

$A_p$  : 扉の受圧面積

面圧により生じる引張応力は次式により求める。

$$\sigma_{7p} = M_{7p} / Z_7 \cdots \cdots \cdots (6.2.2.38)$$

- ハ. 門ブラケットに生じる引張応力

$$\sigma_7 = \sigma_{7ho} + \sigma_{7p} \cdots \cdots \cdots (6.2.2.39)$$

- (b) せん断応力

- イ. 面外方向設計震度によるせん断応力

面外方向設計震度により作用するせん断力は次式により求める。

$$Q_{7ho} = F_{7ho} / 2 \cdots \cdots \cdots (6.2.2.40)$$

面外方向設計震度により生じるせん断応力は次式により求める。

$$\tau_{7ho} = Q_{7ho} / A_7 \cdots \cdots \cdots (6.2.2.41)$$

ここで、

$A_7$  : 門ブラケットの断面積

- ロ. 面圧（扉開状態：考慮なし，扉閉状態：圧力荷重及び機械的荷重）によるせん断応力

面圧により作用するせん断力は次式により求める。

$$Q_{7p} = (F_{7p} + F_{7w}) / 2 \cdots \cdots \cdots (6.2.2.42)$$

面圧により生じるせん断応力は次式により求める。

$$\tau_{7p} = Q_{7p} / A_7 \cdots \cdots \cdots (6.2.2.43)$$

ハ. 門ブラケットに生じるせん断応力

$$\tau_7 = \tau_{7ho} + \tau_{7p} \cdots \cdots \cdots (6.2.2.44)$$

(c) 組合せ応力

$$\sigma_{7c} = \sqrt{(\sigma_7^2 + 3 \cdot \tau_7^2)} \cdots \cdots \cdots (6.2.2.45)$$

(5) 門ブラケット取付ボルト

a. 計算モデル

扉の面外方向荷重が門ブラケット取付ボルトに作用する。応力計算は、図 6-8 に示すように、ボルトに引張荷重が作用すると考えて、生じる引張応力を計算する。



図 6-8 門ブラケット取付ボルト計算モデル

b. 応力計算

(a) 引張応力

イ. 面外方向設計震度による引張応力

面外方向設計震度により作用する引張力は次式により求める。

$$N_{8ho} = F_{8ho} / n_{8B} \cdots \cdots \cdots (6.2.2.46)$$

ここで、

$$F_{8ho} : \text{地震荷重} = m_d \cdot g \cdot C_{h1} / n_{8o}$$

$m_d$  : 扉の質量

$C_{h1}$  : 面外方向設計震度

$n_{s0}$  : 面外方向支持点の数

$n_{sB}$  : 門ブラケット取付ボルトの数

面外方向設計震度により生じる引張応力は次式により求める。

$$\sigma_{sho} = N_{sho} / A_s \cdots \cdots \cdots (6.2.2.47)$$

ここで,

$A_s$  : 門ブラケット取付ボルトの断面積

ロ. 面圧 (扉開状態: 考慮なし, 扉閉状態: 圧力荷重及び機械的荷重) による引張応力

面圧により作用する引張力は次式により求める。

$$N_{sp} = (F_{sp} + F_{sw}) / n_{sB} \cdots \cdots \cdots (6.2.2.48)$$

ここで,

$F_{sp}$  : 圧力荷重 =  $\Delta P \cdot A_p / n_{s0}$

(ただし, 扉開状態では作用しないため,  $F_{sp} = 0$ )

$F_{sw}$  : 機械的荷重 =  $P_w \cdot A_p / n_{s0}$

(ただし, 扉開状態では作用しないため,  $F_{sw} = 0$ )

$\Delta P$  : 差圧

$P_w$  : 風圧力

$A_p$  : 扉の受圧面積

面圧により生じる引張応力は次式により求める。

$$\sigma_{sp} = N_{sp} / A_s \cdots \cdots \cdots (6.2.2.49)$$

ハ. 門ブラケット取付ボルトに生じる引張応力

$$\sigma_s = \sigma_{sho} + \sigma_{sp} \cdots \cdots \cdots (6.2.2.50)$$

### 6.2.3 丁番部の応力計算

丁番部を構成する部材のうち，丁番ブラケット（本体及び取付ボルト），丁番軸及び丁番ブロック（本体及び取付ボルト）について応力評価を実施する。

#### (1) 丁番ブラケット

##### a. 計算モデル

扉の面外方向，面内方向及び鉛直方向荷重が丁番ブラケットに作用する。応力計算は，図 6-9 に示す断面に荷重及びモーメントが作用すると考え，生じる応力を計算する。

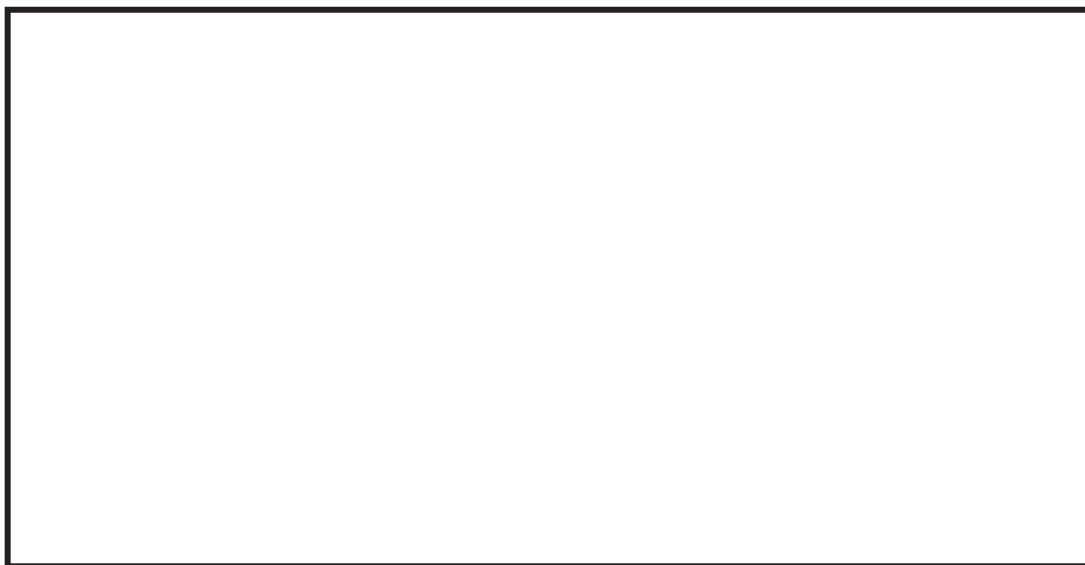


図 6-9 丁番ブラケット計算モデル

##### b. 応力計算

###### (a) 引張応力

###### イ. 面外方向設計震度による引張応力

面外方向設計震度により作用する Z 軸周りの曲げモーメントは次式により求める。

$$M_{9hoZ} = F_{9ho} \cdot L_9 \dots\dots\dots (6.2.3.1)$$

ここで，

$$F_{9ho} : \text{地震荷重} = m_d \cdot g \cdot C_{h1} / n_{9o}$$

$m_d$  : 扉の質量

$C_{h1}$  : 面外方向設計震度

$n_{9o}$  : 面外方向支持点の数

面外方向設計震度により生じる引張応力は次式により求める。

$$\sigma_{9ho} = M_{9hoZ} / Z_{9Z} \dots\dots\dots (6.2.3.2)$$

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

ここで、

$Z_{9z}$  : 丁番ブラケットの Z 軸周りの断面係数

ロ. 面内方向設計震度による引張応力

面内方向設計震度により作用する引張力は次式により求める。

$$N_{9hi} = F_{9hi} \cdots \cdots \cdots (6.2.3.3)$$

ここで、

$F_{9hi}$  : 地震荷重 =  $m_d \cdot g \cdot C_{h2} / n_{9i}$

$C_{h2}$  : 面内方向設計震度

$n_{9i}$  : 面内方向支持点の数

面内方向設計震度の引張力により生じる引張応力は次式により求める。

$$\sigma_{9hit} = N_{9hi} / A_9 \cdots \cdots \cdots (6.2.3.4)$$

ここで、

$A_9$  : 丁番ブラケットの断面積

ハ. 鉛直方向設計震度による引張応力

鉛直方向設計震度により作用する X 軸周りの曲げモーメントは次式により求める。

$$M_{9vX} = F_{9v} \cdot L_9 \cdots \cdots \cdots (6.2.3.5)$$

ここで、

$F_{9v}$  : 地震荷重 =  $m_d \cdot g \cdot (1 + C_v) / n_{9v}$

$C_v$  : 鉛直方向設計震度

$n_{9v}$  : 鉛直方向支持点の数

鉛直方向設計震度により生じる引張応力は次式により求める。

$$\sigma_{9v} = M_{9vX} / Z_{9X} \cdots \cdots \cdots (6.2.3.6)$$

ここで、

$Z_{9X}$  : 丁番ブラケットの X 軸周りの断面係数

ニ. 面圧（扉開状態：考慮なし，扉閉状態：圧力荷重及び機械的荷重）による引張応力

面圧により作用する Z 軸周りの曲げモーメントは次式により求める。

$$M_{9pZ} = (F_{9p} + F_{9w}) \cdot L_9 \cdots \cdots \cdots (6.2.3.7)$$

ここで、

$F_{9p}$  : 圧力荷重 =  $\Delta P \cdot A_p / n_{9o}$

(ただし、扉開状態では作用しないため、 $F_{9p} = 0$ )

$F_{9w}$  : 機械的荷重 =  $P_w \cdot A_p / n_{9o}$

(ただし、扉開状態では作用しないため、 $F_{9w} = 0$ )

- $\Delta P$  : 差圧
- $P_w$  : 風圧力
- $A_p$  : 扉の受圧面積

面圧により生じる引張応力は次式により求める。

$$\sigma_{g_p} = M_{g_p z} / Z_{g_z} \dots \dots \dots (6.2.3.8)$$

ホ. 丁番ブラケットに生じる引張応力

$$\sigma_g = \sigma_{g_{h_o}} + \sigma_{g_{h_i t}} + \sigma_{g_v} + \sigma_{g_p} \dots \dots \dots (6.2.3.9)$$

(b) せん断応力

イ. 面外方向設計震度によるせん断応力

面外方向設計震度により作用するせん断力は次式により求める。

$$Q_{g_{h_o}} = F_{g_{h_o}} \dots \dots \dots (6.2.3.10)$$

面外方向設計震度のせん断力により生じるせん断応力は次式により求める。

$$\tau_{g_{h_o s}} = Q_{g_{h_o}} / A_g \dots \dots \dots (6.2.3.11)$$

ロ. 鉛直方向設計震度によるせん断応力

鉛直方向設計震度により作用するせん断力は次式により求める。

$$Q_{g_v} = F_{g_v} \dots \dots \dots (6.2.3.12)$$

鉛直方向設計震度により生じるせん断応力は次式により求める。

$$\tau_{g_v} = Q_{g_v} / A_g \dots \dots \dots (6.2.3.13)$$

ハ. 面圧（扉開状態：考慮なし，扉閉状態：圧力荷重及び機械的荷重）によるせん断応力

面圧により作用するせん断力は次式により求める。

$$Q_{g_p} = F_{g_p} + F_{g_w} \dots \dots \dots (6.2.3.14)$$

面圧のせん断力により生じるせん断応力は次式により求める。

$$\tau_{g_{p s}} = Q_{g_p} / A_g \dots \dots \dots (6.2.3.15)$$

ニ. 丁番ブラケットに生じるせん断応力

$$\tau_g = \sqrt{(\tau_{g_{h_o s}} + \tau_{g_{p s}})^2 + \tau_{g_v}^2} \dots \dots \dots (6.2.3.16)$$

(c) 組合せ応力

$$\sigma_{g_c} = \sqrt{(\sigma_g^2 + 3 \cdot \tau_g^2)} \dots \dots \dots (6.2.3.17)$$



(2) 丁番ブラケット取付ボルト

a. 計算モデル

扉の面外方向，面内方向及び鉛直方向荷重が丁番ブラケット取付ボルトに作用する。応力計算は，図 6-10 に示すボルト列に荷重及びモーメントが作用すると考え，生じる応力を計算する。



図 6-10 丁番ブラケット取付ボルト計算モデル

b. 応力計算

(a) 引張応力

イ. 面外方向設計震度による引張応力

面外方向設計震度により作用する引張力は次式により求める。

$$N_{10ho} = F_{10ho} \cdots \cdots \cdots (6.2.3.18)$$

ここで，

$$F_{10ho} : \text{地震荷重} = m_d \cdot g \cdot C_{h1} / n_{10o}$$

$m_d$  : 扉の質量

$C_{h1}$  : 面外方向設計震度

$n_{10o}$  : 面外方向支持点の数

面外方向設計震度の引張力により生じる引張応力は次式により求める。

$$\sigma_{10hot} = N_{10ho} / A_{10} \cdots \cdots \cdots (6.2.3.19)$$

ここで，

$A_{10}$  : 丁番ブラケット取付ボルトの断面積

面外方向設計震度により作用する Z 軸周りの曲げモーメントは次式により求める。

$$M_{10hoz} = F_{10ho} \cdot L_{10} \cdots \cdots \cdots (6.2.3.20)$$

面外方向設計震度の Z 軸周りの曲げモーメントにより生じる引張応力は次式により求める。

$$\sigma_{10hob} = M_{10hoz} / Z_{10z} \cdots \cdots \cdots (6.2.3.21)$$

ここで、

$Z_{10z}$  : 丁番ブラケット取付ボルトの Z 軸周りの断面係数

ロ. 面圧（扉開状態：考慮なし，扉閉状態：圧力荷重及び機械的荷重）による引張応力

面圧により作用する引張力は次式により求める。

$$N_{10p} = F_{10p} + F_{10w} \cdots \cdots \cdots (6.2.3.22)$$

ここで、

$F_{10p}$  : 圧力荷重 =  $\Delta P \cdot A_p / n_{10o}$

(ただし、扉開状態では作用しないため、 $F_{10p} = 0$ )

$F_{10w}$  : 機械的荷重 =  $P_w \cdot A_p / n_{10o}$

(ただし、扉開状態では作用しないため、 $F_{10w} = 0$ )

$\Delta P$  : 差圧

$P_w$  : 風圧力

$A_p$  : 扉の受圧面積

面圧の引張力により生じる引張応力は次式により求める。

$$\sigma_{10pt} = N_{10p} / A_{10} \cdots \cdots \cdots (6.2.3.23)$$

面圧により作用する Z 軸周りの曲げモーメントは次式により求める。

$$M_{10pz} = (F_{10p} + F_{10w}) \cdot L_{10} \cdots \cdots \cdots (6.2.3.24)$$

面圧の Z 軸周りの曲げモーメントにより生じる引張応力は次式により求める。

$$\sigma_{10pb} = M_{10pz} / Z_{10z} \cdots \cdots \cdots (6.2.3.25)$$

ハ. 丁番ブラケット取付ボルトに生じる引張応力

$$\sigma_{10} = \sigma_{10hot} + \sigma_{10pt} + \sigma_{10hob} + \sigma_{10pb} \cdots \cdots \cdots (6.2.3.26)$$

(b) せん断応力

イ. 面内方向設計震度によるせん断応力

面内方向設計震度により作用するせん断力は次式により求める。

$$Q_{10hi} = F_{10hi} \cdots \cdots \cdots (6.2.3.27)$$

ここで、

$F_{10hi}$  : 地震荷重 =  $m_d \cdot g \cdot C_{h2} / n_{10i}$

$C_{h2}$  : 面内方向設計震度

$n_{10i}$  : 面内方向支持点の数

面内方向設計震度のせん断力により生じるせん断応力は次式により求める。

$$\tau_{10his} = Q_{10hi} / A_{10} \cdots \cdots \cdots (6.2.3.28)$$

ロ. 鉛直方向設計震度によるせん断応力

鉛直方向設計震度により作用するせん断力は次式により求める。

$$Q_{10v} = F_{10v} \cdots \cdots \cdots (6.2.3.29)$$

ここで,

$$F_{10v} : \text{地震荷重} = m_d \cdot g \cdot (1 + C_v) / n_{10v}$$

$C_v$  : 鉛直方向設計震度

$n_{10v}$  : 鉛直方向支持点の数

鉛直方向設計震度のせん断力により生じるせん断応力は次式により求める。

$$\tau_{10vs} = Q_{10v} / A_{10} \cdots \cdots \cdots (6.2.3.30)$$

鉛直方向設計震度により作用するねじりモーメントは次式により求める。

$$M_{10vx} = F_{10v} \cdot L_{10} \cdots \cdots \cdots (6.2.3.31)$$

鉛直方向設計震度のねじりモーメントにより生じるせん断応力は次式により求める。

$$\tau_{10vt} = M_{10vx} / Z_{10x} \cdots \cdots \cdots (6.2.3.32)$$

ここで,

$Z_{10x}$  : 丁番ブラケット取付ボルトのねじり断面係数

ハ. 丁番ブラケット取付ボルトに生じるせん断応力

$$\tau_{10} = \sqrt{((\tau_{10his} + \tau_{10vt} \cdot \sin \phi_{10})^2 + (\tau_{10vs} + \tau_{10vt} \cdot \cos \phi_{10})^2)} \cdots \cdots \cdots (6.2.3.33)$$

ここで,

$\phi_{10}$  : 丁番ブラケット取付ボルトの角度

(3) 丁番軸

a. 計算モデル

扉の面外方向、面内方向及び鉛直方向荷重が丁番軸に作用する。応力計算は、図 6-11 に示す断面に並進荷重が作用するとして、生じる応力を計算する。



図 6-11 丁番軸計算モデル

b. 応力計算

(a) 引張応力

イ. 鉛直方向設計震度による引張応力

鉛直方向設計震度により作用する引張力は次式により求める。

$$N_{11v} = F_{11v} \cdots \cdots \cdots (6.2.3.34)$$

ここで、

$$F_{11v} : \text{地震荷重} = m_d \cdot g \cdot (1 + C_v) / n_{11v}$$

$m_d$  : 扉の質量

$C_v$  : 鉛直方向設計震度

$n_{11v}$  : 鉛直方向支持点の数

鉛直方向設計震度により生じる引張応力は次式により求める。

$$\sigma_{11v} = N_{11v} / A_{11} \cdots \cdots \cdots (6.2.3.35)$$

ここで、

$A_{11}$  : 丁番軸の断面積

ロ. 丁番軸に生じる引張応力

$$\sigma_{11} = \sigma_{11v} \cdots \cdots \cdots (6.2.3.36)$$

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(b) せん断応力

イ. 面外方向設計震度によるせん断応力

面外方向設計震度により作用するせん断力は次式により求める。

$$Q_{11ho} = F_{11ho} \cdots \cdots \cdots (6.2.3.37)$$

ここで,

$$F_{11ho} : \text{地震荷重} = m_d \cdot g \cdot C_{h1} / n_{11o}$$

$C_{h1}$  : 面外方向設計震度

$n_{11o}$  : 面外方向支持点の数

面外方向設計震度により生じるせん断応力は次式により求める。

$$\tau_{11ho} = Q_{11ho} / A_{11} \cdots \cdots \cdots (6.2.3.38)$$

ロ. 面内方向設計震度によるせん断応力

面内方向設計震度により作用するせん断力は次式により求める。

$$Q_{11hi} = F_{11hi} \cdots \cdots \cdots (6.2.3.39)$$

ここで,

$$F_{11hi} : \text{地震荷重} = m_d \cdot g \cdot C_{h2} / n_{11i}$$

$C_{h2}$  : 面内方向設計震度

$n_{11i}$  : 面内方向支持点の数

面内方向設計震度により生じるせん断応力は次式により求める。

$$\tau_{11hi} = Q_{11hi} / A_{11} \cdots \cdots \cdots (6.2.3.40)$$

ハ. 面圧（扉開状態：考慮なし、扉閉状態：圧力荷重及び機械的荷重）によるせん断応力

面圧により作用するせん断力は次式により求める。

$$Q_{11p} = F_{11p} + F_{11w} \cdots \cdots \cdots (6.2.3.41)$$

ここで,

$$F_{11p} : \text{圧力荷重} = \Delta P \cdot A_p / n_{11o}$$

(ただし、扉開状態では作用しないため、 $F_{11p} = 0$ )

$$F_{11w} : \text{機械的荷重} = P_w \cdot A_p / n_{11o}$$

(ただし、扉開状態では作用しないため、 $F_{11w} = 0$ )

$\Delta P$  : 差圧

$P_w$  : 風圧力

$A_p$  : 扉の受圧面積

面圧により生じるせん断応力は次式により求める。

$$\tau_{11p} = Q_{11p} / A_{11} \cdots \cdots \cdots (6.2.3.42)$$

ニ. 丁番軸に生じるせん断応力

$$\tau_{11} = \sqrt{((\tau_{11ho} + \tau_{11p})^2 + \tau_{11hi}^2)} \dots\dots\dots (6.2.3.43)$$

(c) 組合せ応力

$$\sigma_{11c} = \sqrt{(\sigma_{11}^2 + 3 \cdot \tau_{11}^2)} \dots\dots\dots (6.2.3.44)$$

(4) 丁番ブロック

a. 計算モデル

扉の面外方向，面内方向及び鉛直方向荷重が丁番ブロックに作用する。応力計算は，図 6-12 に示す断面に荷重が作用すると考え，生じる応力を計算する。



図 6-12 丁番ブロック計算モデル

b. 応力計算

丁番ブロックは，扉開状態と扉閉状態では座標系が異なるが，以下では扉閉状態の座標系を代表にして，応力計算手法を示す。

(a) 引張応力

イ. 面外方向設計震度による引張応力

面外方向設計震度により作用する引張力は次式により求める。

$$N_{12ho} = F_{12ho} \dots\dots\dots (6.2.3.45)$$

ここで，

$$F_{12ho} : \text{地震荷重} = m_d \cdot g \cdot C_{h1} / n_{12o}$$

$m_d$  : 扉の質量

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

$C_{h1}$  : 面外方向設計震度

$n_{12o}$  : 面外方向支持点の数

面外方向設計震度により生じる引張応力は次式により求める。

$$\sigma_{12ho} = N_{12ho} / A_{12} \cdots \cdots \cdots (6.2.3.46)$$

ここで,

$A_{12}$  : 丁番ブロックの断面積

ロ. 面圧 (扉開状態: 考慮なし, 扉閉状態: 圧力荷重及び機械的荷重) による引張応力

面圧により作用する引張力は次式により求める。

$$N_{12p} = F_{12p} + F_{12w} \cdots \cdots \cdots (6.2.3.47)$$

ここで,

$F_{12p}$  : 圧力荷重 =  $\Delta P \cdot A_p / n_{12o}$

(ただし, 扉開状態では作用しないため,  $F_{12p} = 0$ )

$F_{12w}$  : 機械的荷重 =  $P_w \cdot A_p / n_{12o}$

(ただし, 扉開状態では作用しないため,  $F_{12w} = 0$ )

$\Delta P$  : 差圧

$P_w$  : 風圧力

$A_p$  : 扉の受圧面積

面圧により生じる引張応力は次式により求める。

$$\sigma_{12p} = N_{12p} / A_{12} \cdots \cdots \cdots (6.2.3.48)$$

ハ. 丁番ブロックに生じる引張応力

$$\sigma_{12} = \sigma_{12ho} + \sigma_{12p} \cdots \cdots \cdots (6.2.3.49)$$

(b) せん断応力

イ. 面内方向設計震度によるせん断応力

面内方向設計震度により作用するせん断力は次式により求める。

$$Q_{12hi} = F_{12hi} \cdots \cdots \cdots (6.2.3.50)$$

ここで,

$F_{12hi}$  : 地震荷重 =  $m_d \cdot g \cdot C_{h2} / n_{12i}$


$C_{h2}$  : 面内方向設計震度

$n_{12i}$  : 面内方向支持点の数

面内方向設計震度により生じるせん断応力は次式により求める。

$$\tau_{12hi} = Q_{12hi} / A_{12s} \cdots \cdots \cdots (6.2.3.51)$$

ここで、

$A_{12s}$  : 丁番ブロックの断面積 (せん断) 

ロ. 丁番ブロックに生じるせん断応力

$$\tau_{12} = \tau_{12hi} \dots \dots \dots (6.2.3.52)$$

(c) 組合せ応力

$$\sigma_{12c} = \sqrt{(\sigma_{12}^2 + 3 \cdot \tau_{12}^2)} \dots \dots \dots (6.2.3.53)$$

(5) 丁番ブロック取付ボルト

a. 計算モデル

扉の面外方向、面内方向及び鉛直方向荷重が丁番ブロック取付ボルトに作用する。応力計算は、図 6-13 に示すボルト列に荷重及びモーメントが作用すると考え、生じる応力を計算する。



図 6-13 丁番ブロック取付ボルト計算モデル

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



b. 応力計算

丁番ブロック取付ボルトは、扉開状態と扉閉状態では座標系が異なるが、以下では扉閉状態の座標系を代表にして、応力計算手法を示す。

(a) 引張応力

イ. 面外方向設計震度による引張応力

面外方向設計震度により作用する引張力は次式により求める。

$$N_{13ho} = F_{13ho} \cdots \cdots \cdots (6.2.3.54)$$

ここで、

$$F_{13ho} : \text{地震荷重} = m_d \cdot g \cdot C_{h1} / n_{13o}$$

$m_d$  : 扉の質量

$C_{h1}$  : 面外方向設計震度

$n_{13o}$  : 面外方向支持点の数

面外方向設計震度の引張力により生じる引張応力は次式により求める。

$$\sigma_{13hot} = N_{13ho} / A_{13} \cdots \cdots \cdots (6.2.3.55)$$

ここで、

$A_{13}$  : 丁番ブロック取付ボルトの断面積

面外方向設計震度により作用する Y 軸周りの曲げモーメントは次式により求める。

$$M_{13hoY} = F_{13ho} \cdot L_{13} \cdots \cdots \cdots (6.2.3.56)$$

面外方向設計震度の Y 軸周りの曲げモーメントにより生じる引張応力は次式により求める。

$$\sigma_{13hob} = M_{13hoY} / Z_{13Y} \cdots \cdots \cdots (6.2.3.57)$$

ここで、

$Z_{13Y}$  : 丁番ブロック取付ボルトの Y 軸周りの断面係数

ロ. 面圧（扉開状態：考慮なし，扉閉状態：圧力荷重及び機械的荷重）による引張応力

面圧により作用する引張力は次式により求める。

$$N_{13p} = F_{13p} + F_{13w} \cdots \cdots \cdots (6.2.3.58)$$

ここで、

$$F_{13p} : \text{圧力荷重} = \Delta P \cdot A_p / n_{13o}$$

(ただし、扉開状態では作用しないため、 $F_{13p} = 0$ )

$$F_{13w} : \text{機械的荷重} = P_w \cdot A_p / n_{13o}$$

(ただし、扉開状態では作用しないため、 $F_{13w} = 0$ )

$\Delta P$  : 差圧

$P_w$  : 風圧力

$A_p$  : 扉の受圧面積

面圧の引張力により生じる引張応力は次式により求める。

$$\sigma_{13pt} = N_{13p} / A_{13} \cdots \cdots \cdots (6.2.3.59)$$

面圧により作用する Y 軸周りの曲げモーメントは次式により求める。

$$M_{13pY} = F_{13p} \cdot L_{13} \cdots \cdots \cdots (6.2.3.60)$$

面圧の Y 軸周りの曲げモーメントにより生じる引張応力は次式により求める。

$$\sigma_{13pb} = M_{13pY} / Z_{13Y} \cdots \cdots \cdots (6.2.3.61)$$

ハ. 丁番ブロック取付ボルトに生じる引張応力

$$\sigma_{13} = \sigma_{13hot} + \sigma_{13pt} + \sigma_{13hob} + \sigma_{13pb} \cdots \cdots \cdots (6.2.3.62)$$

(b) せん断応力

イ. 面内方向設計震度によるせん断応力

面内方向設計震度により作用するせん断力は次式により求める。

$$Q_{13hi} = F_{13hi} \cdots \cdots \cdots (6.2.3.63)$$

ここで,

$$F_{13hi} : \text{地震荷重} = m_d \cdot g \cdot C_{h2} / n_{13i}$$

$C_{h2}$  : 面内方向設計震度

$n_{13i}$  : 面内方向支持点の数

面内方向設計震度のせん断力により生じるせん断応力は次式により求める。

$$\tau_{13his} = Q_{13hi} / A_{13} \cdots \cdots \cdots (6.2.3.64)$$

面内方向設計震度により作用するねじりモーメントは次式により求める。

$$M_{13hiX} = F_{13hi} \cdot L_{13} \cdots \cdots \cdots (6.2.3.65)$$

面内方向設計震度のねじりモーメントにより生じるせん断応力は次式により求める。

$$\tau_{13hit} = M_{13hiX} / Z_{13X} \cdots \cdots \cdots (6.2.3.66)$$

ここで,

$Z_{13X}$  : 丁番ブロック取付ボルトのねじり断面係数

ロ. 鉛直方向設計震度によるせん断応力

鉛直方向設計震度により作用するせん断力は次式により求める。

$$Q_{13v} = F_{13v} \cdots \cdots \cdots (6.2.3.67)$$

ここで,

$$F_{13v} : \text{地震荷重} = m_d \cdot g \cdot (1 + C_v) / n_{13v}$$

$C_v$  : 鉛直方向設計震度

$n_{13v}$  : 鉛直方向支持点の数

鉛直方向設計震度により生じるせん断応力は次式により求める。

$$\tau_{13v} = Q_{13v} / A_{13} \cdots \cdots \cdots (6.2.3.68)$$

ハ. 丁番ブロック取付ボルトに生じるせん断応力

$$\tau_{13} = \sqrt{((\tau_{13his} + \tau_{13hit} \cdot \sin \phi_{13})^2 + (\tau_{13v} + \tau_{13hit} \cdot \cos \phi_{13})^2) \cdots \cdots \cdots (6.2.3.69)}$$

ここで,

$\phi_{13}$  : 丁番ブロック取付ボルトの角度

### 6.3 評価結果

BOP 閉止装置の扉開状態での応力評価結果を表 6-4, 扉閉状態での応力評価結果を表 6-5 に示す。全ての評価部位の算出応力は許容応力を満足しており, 耐震性を有することを確認した。

耐震計算書においては, 扉, 閘部及び丁番部の代表部位 (評価上最も厳しい部位) についての評価結果を記載する。

表 6-4 応力評価結果（扉開状態 基準地震動 S s）

評価対象設備	評価部位		応力	算出応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度*	代表	
BOP 閉止装置	扉	外梁	引張り	12.70			—	
			せん断	0.09				
			組合せ	12.70				
		内梁	引張り	28.18				○
			せん断	0.05				
			組合せ	28.18				
		面板	引張り	15.24				—
			せん断	0.37				
			組合せ	19.19				
	支持部材	門部	門ピン	引張り			37.63	○
				せん断			1.88	
				組合せ			37.77	
			門ピン受	引張り			3.21	—
				せん断			6.12	
			門ピン受 取付ボルト	引張り			39.82	—
		門ブラケット	引張り	2.41			—	
			せん断	0.79				
			組合せ	2.77				
		門ブラケット 取付ボルト	引張り	7.37			—	
		丁番部	丁番ブラケット	引張り			21.22	○
				せん断			1.38	
				組合せ			21.36	
			丁番ブラケット 取付ボルト	引張り			10.66	—
				せん断			30.63	
	丁番軸		引張り	8.54			—	
			せん断	5.28				
			組合せ	12.51				
	丁番ブロック		引張り	4.02			—	
			せん断	8.04				
		組合せ	14.50					
	丁番ブロック 取付ボルト	引張り	20.49	—				
		せん断	14.95					

注記\*：裕度 = (許容応力) / (算出応力)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 6-5 応力評価結果（扉閉状態 基準地震動 S s）

評価対象設備	評価部位		応力	算出応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度*	代表	
BOP 閉止装置	扉	外梁	引張り	12.83			—	
			せん断	0.18				
			組合せ	12.84				
		内梁	引張り	37.29			○	
			せん断	0.06				
			組合せ	37.29				
		面板	引張り	18.78			—	
			せん断	0.40				
			組合せ	23.75				
	支持部材	門部	門ピン	引張り			50.20	○
				せん断			2.51	
				組合せ			50.39	
			門ピン受	引張り			4.28	—
				せん断			8.16	
			門ピン受 取付ボルト	引張り			53.13	—
			門ブラケット	引張り			3.22	—
				せん断			1.05	
				組合せ			3.70	
		門ブラケット 取付ボルト	引張り	9.84			—	
		丁番部	丁番ブラケット	引張り			24.07	○
				せん断			1.42	
				組合せ			24.19	
			丁番ブラケット 取付ボルト	引張り			14.22	—
				せん断			30.63	
	丁番軸		引張り	8.54			—	
			せん断	5.67				
			組合せ	13.02				
	丁番ブロック		引張り	5.37			—	
			せん断	8.04				
			組合せ	14.93				
	丁番ブロック 取付ボルト		引張り	13.67			—	
		せん断	22.33					

注記\*：裕度 = (許容応力) / (算出応力)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

## 加振試験により得られた荷重による応力評価結果

## 1. 概要

本資料は、BOP 閉止装置の加振試験の結果から得られた荷重に対する強度評価結果について纏めたものである。

加振試験による荷重の算出に関しては、BOP 閉止装置の扉に取り付けた加速度計の計測値から算出した荷重を BOP 閉止装置の慣性力として設定する方法を採用した。

## 2. 加速度計設置位置

扉の慣性力を算出するための加速度計は、面外、面内及び鉛直方向について扉の各部に配置した。各加速度計の設置位置について以下に示す。

## (1) 面外方向

加速度計は扉の中央、上丁番部、上門部及び下丁番部 1 箇所ずつに設置した。

扉慣性力	加速度計設置位置

(2) 面内方向

加速度計は扉の中央，上丁番部及び下丁番部 1箇所ずつに設置した。

扉慣性力	加速度計設置位置

(3) 鉛直方向

加速度計は扉の中央 1箇所ずつに設置した。

扉慣性力	加速度計設置位置

3. 扉の慣性力の算出

加振試験において，扉に取付けた加速度計による計測結果（最大加速度）から，扉に作用した慣性力を算出する。

3.1 計測データによる最大加速度

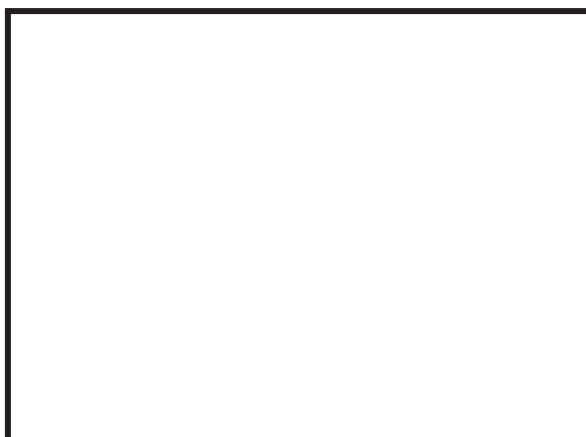
加振試験で計測された扉各部の最大加速度を表 3-1 に示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 3-1 扉の最大加速度一覧

(単位：m/s<sup>2</sup>)

試験体	方向	計測位置	記号	1.0×S s 加振	
				扉開	扉閉
扉 1	面外方向	扉 下丁番	A10X		
		扉 上丁番	A8X		
		扉 中央	A7X		
		扉 上門	A9X		
	面内方向	扉 下丁番	A10Y		
		扉 上丁番	A8Y		
		扉 中央	A7Y		
鉛直方向	扉 中央	A7Z			
扉 2	面外方向	扉 下丁番	A14X		
		扉 上丁番	A12X		
		扉 中央	A11X		
		扉 上門	A13X		
	面内方向	扉 下丁番	A14Y		
		扉 上丁番	A12Y		
		扉 中央	A11Y		
	鉛直方向	扉 中央	A11Z		



3.2 振動台及び支持架台での増幅の影響を除いた補正加速度

加振試験では試験体を設置している振動台及び支持架台での増幅の影響により、耐震条件から求まる目標 ZPA 以上に、支持架台での計測加速度が増加している。試験体には、この増加した加速度が入力されており、扉の計測加速度もそれに応じて大きくなっている。強度評価に、扉の計測加速度を直接適用することは実機の想定と異なることが想定される。そのため、振動台及び支持架台での増幅の影響を除いた補正加速

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



度を求め、強度評価に適用する。補正加速度は以下の式に示すように、扉の最大加速度に対する補正值から算出する。別紙 1 にて、振動台及び支持架台での増幅分を除くための補正值を算出する。なお、支持架台の加速度としては支持架台下部加速度と上部加速度を、扉重心位置標高（O.P. 38.25m）で線形補間した値を用いた。算出結果を表 3-2 に示す。

$$\alpha' = a_0 / a_2 \times \alpha$$

ここで、

$\alpha'$  : 補正加速度 ( $m/s^2$ )

$\alpha$  : 扉の最大加速度 ( $m/s^2$ )

$a_0$  : 耐震条件から求まる目標 ZPA ( $m/s^2$ )

$a_2$  : 支持架台での計測加速度 ( $m/s^2$ )

(補正值  $a_0 / a_2$  の比率は別紙 1 による)

表 3-2 補正加速度

(単位:  $m/s^2$ )

試験体	方向	計測位置	記号	1.0×S <sub>s</sub> 加振	
				扉開	扉閉
扉 1	面外方向	扉 下丁番	A10X		
		扉 上丁番	A8X		
		扉 中央	A7X		
		扉 上門	A9X		
	面内方向	扉 下丁番	A10Y		
		扉 上丁番	A8Y		
		扉 中央	A7Y		
鉛直方向	扉 中央	A7Z			
扉 2	面外方向	扉 下丁番	A14X		
		扉 上丁番	A12X		
		扉 中央	A11X		
		扉 上門	A13X		
	面内方向	扉 下丁番	A14Y		
		扉 上丁番	A12Y		
		扉 中央	A11Y		
鉛直方向	扉 中央	A11Z			

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

### 3.3 扉の相当震度

扉の慣性力は以下のように、扉全体応答として平均的な応答加速度を求め、震度に換算する。

面外方向：以下の式により、扉 1, 2 それぞれ 4 箇所(下補足図の X 付き箇所)の補正加速度から平均的な加速度(震度)を求め、扉 1, 2 のうち大きい方を選定する。

$$a = \text{Max}[\{(A10 + A8)/2 + A7 + A9\}/3, \{(A14 + A12)/2 + A11 + A13\}/3]/g$$

面内方向：以下の式により、扉 1, 2 それぞれ 3 箇所(下補足図の Y 付き箇所)の補正加速度から平均加速度(震度)を求め、扉 1, 2 のうち大きい方を選定する。

$$a = \text{Max}[(A10 + A8 + A7)/3, (A14 + A12 + A11)/3]/g$$

鉛直方向：扉 1, 2 とともに中央 1 箇所の補正加速度(震度)を適用し、扉 1, 2 のうち大きい方を選定する。

$$a = \text{Max}[A7, A11]/g$$

ここで、

a : 扉の相当震度 (—)

g : 重力加速度 = 9.80665 (m/s<sup>2</sup>)

なお、式中の記号には、表 3-2 の補正加速度を用いる。



算出結果を表 3-3 に示す。

表 3-3 扉の相当震度

(単位：—)

方向	1.0×S <sub>s</sub> 加振	
	扉開	扉閉
面外方向	<input type="text"/>	<input type="text"/>
面内方向	<input type="text"/>	<input type="text"/>
鉛直方向	<input type="text"/>	<input type="text"/>

注：小数点以下第 3 位を切上げ

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4. 結果

3項で算出した扉の相当震度を用いて強度評価を実施した。結果は表 4-1 に示す通りで、算出応力は許容応力を満足しており、加振試験による扉の相当震度に対して構造強度を有していることを確認した。

表 4-1 (1/2) 扉及び支持部材応力評価結果 (扉開状態)

評価対象設備	評価部位		応力	算出応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度*	
BOP 閉止装置	扉	外梁	引張り	44.88			
			せん断	0.32			
			組合せ	44.88			
		内梁	引張り	102.58			
			せん断	0.18			
			組合せ	102.58			
		面板	引張り	55.73			
			せん断	0.62			
			組合せ	70.12			
	支持部材	門部	門ピン	引張り			137.60
				せん断			6.88
				組合せ			138.12
			門ピン受	引張り			11.73
				せん断			22.37
			門ピン受 取付ボルト	引張り			145.64
		門ブラケット	引張り	8.82			
			せん断	2.88			
			組合せ	10.14			
		門ブラケット 取付ボルト	引張り	26.97			
		丁番部	丁番ブラケット	引張り			51.86
				せん断			2.58
	組合せ			52.05			
	丁番ブラケット 取付ボルト		引張り	38.98			
			せん断	49.94			
	丁番軸		引張り	14.11			
			せん断	10.53			
			組合せ	23.07			
	丁番ブロック		引張り	10.29			
			せん断	14.71			
		組合せ	27.48				
丁番ブロック 取付ボルト	引張り	26.21					
	せん断	39.63					

注記\* : 裕度 = (許容応力) / (算出応力)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 4-1 (2/2) 扉及び支持部材応力評価結果 (扉閉状態)

評価対象設備	評価部位		応力	算出応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度*	
BOP 閉止装置	扉	外梁	引張り	42.20			
			せん断	0.39			
			組合せ	42.21			
		内梁	引張り	105.13			
			せん断	0.18			
			組合せ	105.13			
		面板	引張り	55.57			
			せん断	0.66			
			組合せ	70.12			
	支持部材	門部	門ピン	引張り			141.34
				せん断			7.07
				組合せ			141.87
			門ピン受	引張り			12.04
				せん断			22.98
			門ピン受 取付ボルト	引張り			149.59
		門ブラケット	引張り	9.06			
			せん断	2.96			
			組合せ	10.41			
		門ブラケット 取付ボルト	引張り	27.70			
		丁番部	丁番ブラケット	引張り			53.02
				せん断			2.63
				組合せ			53.22
			丁番ブラケット 取付ボルト	引張り			40.04
				せん断			50.71
	丁番軸		引張り	14.32			
			せん断	10.81			
			組合せ	23.58			
	丁番ブロック		引張り	10.55			
		せん断	15.11				
		組合せ	28.22				
丁番ブロック 取付ボルト	引張り	38.48					
	せん断	31.89					

注記\* : 裕度 = (許容応力) / (算出応力)

5. 別紙

別紙 1 振動台及び支持架台での増幅の影響低減に使用する補正值の算出

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

## 振動台及び支持架台での増幅の影響低減に使用する補正値の算出

本資料は、加振試験より得られた扉の加速度から振動台への入力による増幅及び支持架台による応答増幅分の影響を除くために、地震応答解析結果（)と加振試験結果の最大加速度の比率（最終補正値）を算定したものである。

## 1. 比率算定の考え方

今回得られた BOP 閉止装置の加振試験結果では、以下の 2 点で実機条件と乖離している。そのため、これらの乖離を補正するための比率を算出し、得られた試験結果を補正する。ここでは、試験結果のうち扉の応答加速度を補正する比率を算出する。

## 1.1 振動台への入力による増幅

振動台への入力として、目標 ZPA を満足するように模擬地震波（ $1.0 \times S_s$ ）を作成し、加振試験を実施した。模擬地震波は確実に目標 ZPA を上回る様に作成していることから、結果として目標 ZPA を超過した加速度が振動台へ入力される事となる。よって、以下の通り補正を行う。

$$\text{振動台への入力による増幅補正値 (A)} = a_0 / a_1$$

ここで、

$a_0$  : 目標 ZPA

$a_1$  : 振動台上の加速度計（計測点 A1-1 又は A2-1）の計測結果

## 1.2 支持架台による応答増幅

試験体は、支持架台による応答増幅があるため、扉の上部（計測点 A3 又は A4）、下部（計測点 A1-1 又は A2-1）の計測結果に差異が生じている。これは実機条件と試験条件に差異がある事を示している。よって、以下の通り補正を行う。

$$\text{支持架台の応答増幅補正値 (B)} = a_1 / a_2$$

ここで、

$a_1$  : 振動台上の加速度計（計測点 A1-1 又は A2-1）の計測結果

$a_2$  : 扉上下端位置の加速度計（計測点 A1-1 と A3、または A2-1 と A4）の計測結果を扉重心位置標高（O.P. 38.25m）で線形補間した値

a<sub>2</sub>設定の考え方（イメージを図 1-1 に示す）

扉は、丁番軸及び丁番ブロックによって、上下 2 点支持されている。よって、上部、下部からの加速度入力の影響が同じと考え、上部と下部（計測点 A1-1 と A3 又は、A2-1 と A4）の計測結果を扉重心位置標高（0.P. 38.25m）で線形補間した値を比率算定に使用する。



図 1-1 比率算定に用いる加速度計測結果のイメージ

- 1.3 振動台への入力による増幅及び、支持架台による応答増幅の補正  
以上を踏まえ、下式の通り最終補正值を定める。

$$\text{最終補正值} = \text{振動台への入力による増幅補正值 (A)} \times \text{支持架台の応答増幅補正值 (B)}$$
$$a_0 / a_1 \times a_1 / a_2$$

## 2. 比率算定結果

最終補正值としての比率算定結果を表 2-1 に示す。

表 2-1 比率算定結果

試験体*1	方向	① a <sub>0</sub> (目標 ZPA)*2 [×9.8m/s <sup>2</sup> ]	記号	計器 番号	a <sub>1</sub> 及び a <sub>2</sub> (加振試験結果) [×9.8m/s <sup>2</sup> ]				a <sub>0</sub> /a <sub>2</sub> (最終補正值)*4	
					②扉開		③扉閉		扉開 ①/②	扉閉 ①/③
					方向	加振試験結果	方向	加振試験結果		
扉 1	面外方向	□	a <sub>1</sub>	A1-1	Y	□	X	□	□	□
			-	A3	Y	□	X	□		
			a <sub>2</sub>	線形補間*3	Y	□	X	□		
	面内方向	□	a <sub>1</sub>	A1-1	X	□	Y	□	□	□
			-	A3	X	□	Y	□		
			a <sub>2</sub>	線形補間*3	X	□	Y	□		
	鉛直方向	□	a <sub>1</sub>	A1-1	Z	□	Z	□	□	□
			-	A3	Z	□	Z	□		
			a <sub>2</sub>	線形補間*3	Z	□	Z	□		
扉 2	面外方向	□	a <sub>1</sub>	A2-1	Y	□	X	□	□	□
			-	A4	Y	□	X	□		
			a <sub>2</sub>	線形補間*3	Y	□	X	□		
	面内方向	□	a <sub>1</sub>	A2-1	X	□	Y	□	□	□
			-	A4	X	□	Y	□		
			a <sub>2</sub>	線形補間*3	X	□	Y	□		
	鉛直方向	□	a <sub>1</sub>	A2-1	Z	□	Z	□	□	□
			-	A4	Z	□	Z	□		
			a <sub>2</sub>	線形補間*3	Z	□	Z	□		

注記\*1: 試験体を正面として見た時に左側のユニットを扉1, 右側のユニットを扉2とする。

\*2: 0-2 1.0×S s 相当の模擬地震波の目標 □ を用いる。

\*3: 扉1は計測結果 (A1-1 及び A3), 扉2は計測結果 (A2-1 及び A4) をそれぞれ扉重心位置標高 (0. P. 38. 25m) で線形補間した値を用いる。

\*4: 小数点4桁目を切上げ。



## 装置取付架台を剛構造として扱うことの根拠について

## 1. はじめに

BOP 閉止装置は、原子炉建屋原子炉棟に固定された装置取付架台に据付ボルトで固定されている。本資料は、BOP 閉止装置を支持する装置取付架台が剛構造であることを説明するものである。

## 2. 構造図

装置取付架台の構造図を図 2-1 に示す。

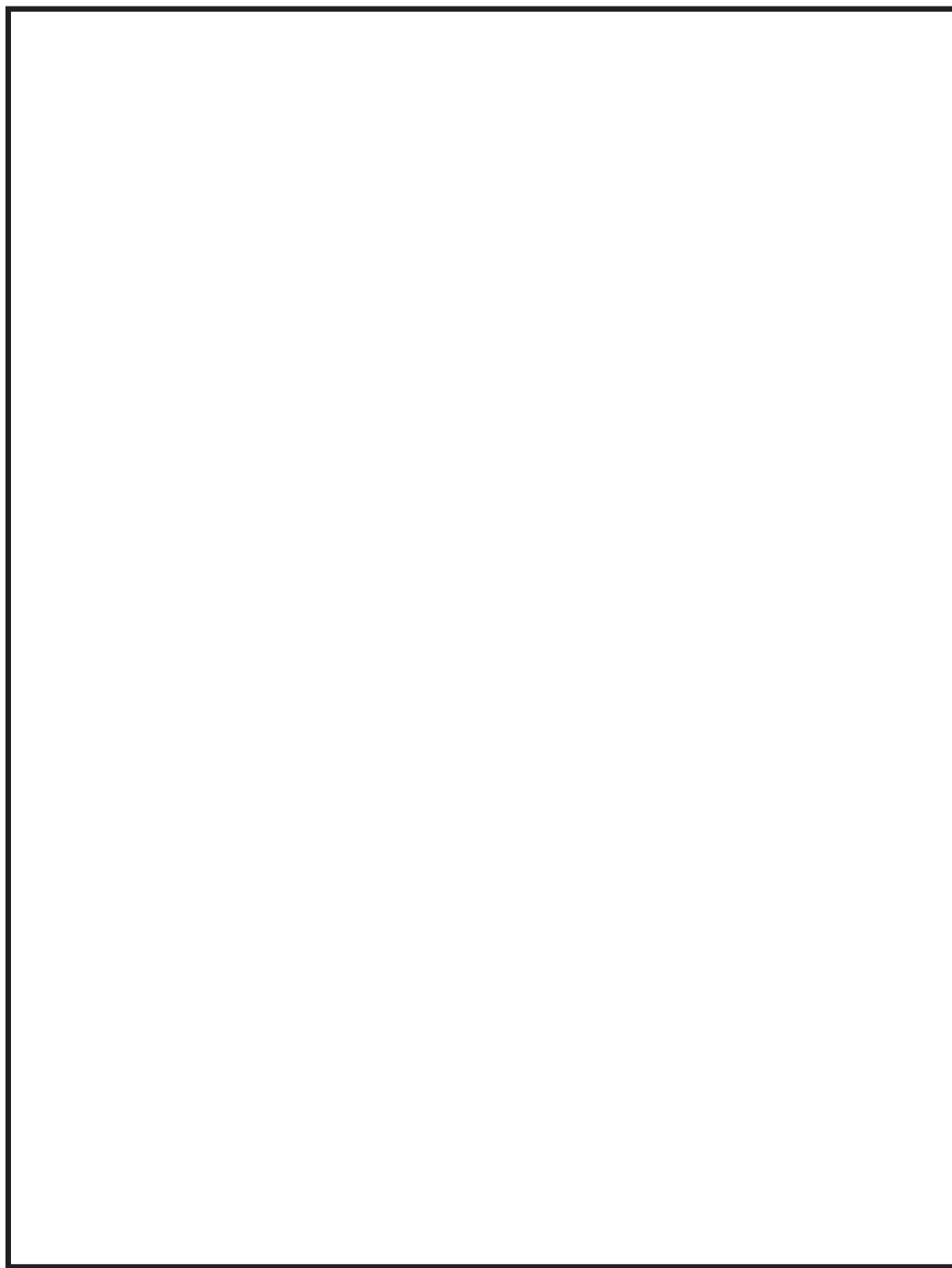


図 2-1 装置取付架台 構造図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

### 3. 解析条件

装置取付架台の解析条件を表 3-1 に示す。

表 3-1 装置取付架台 解析条件

	項目	記号	単位	値	
設計条件	BOP 閉止装置	m	kg	□	
	扉の質量 (1 台)				
物性値	鋼材 縦弾性係数	E	MPa	扉開	□
				扉閉	□
	鋼材 ポアソン比	$\nu$	-	□	
	鋼材 密度	$\rho$	kg/mm <sup>3</sup>	□	

### 4. 解析モデル

装置取付架台の解析モデル図を図 4-1 に、解析モデルの概要を以下に示す。

- (1) 装置取付架台を三次元のはり要素でモデル化した FEM モデルを用いる。
- (2) 解析モデルの質量は、装置取付架台の鋼材質量及び BOP 閉止装置 1 式 (24 台) の質量を考慮する。
- (3) 拘束条件として、装置取付架台の原子炉建屋原子炉棟の壁及び床への取付部を固定とする。
- (4) 解析コードは、「MSC NASTRAN」を使用し、固有値を求める。
- (5) 固有値解析は、BOP 閉止装置が扉開及び扉閉状態に対して実施する。



図 4-1 装置取付架台 解析モデル

5. 固有値解析結果

固有値解析結果を図 5-1 に示す。固有周期は 0.05 秒以下であり、剛であることを確認した。

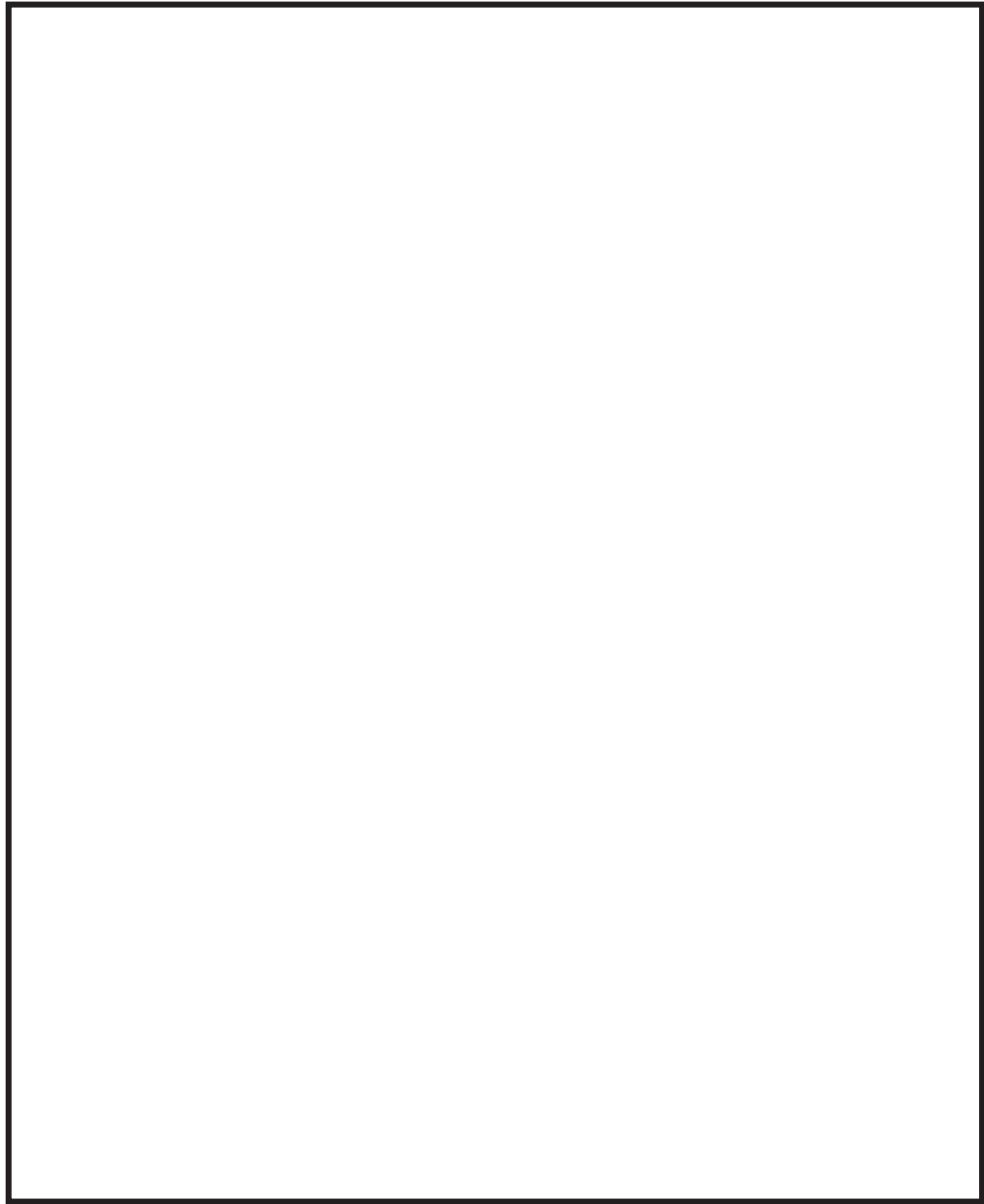


図 5-1 固有値解析結果

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-19-0600-24_改0
提出年月日	2021年4月2日

## 補足-600-24 加振試験についての補足説明資料

2021年4月  
東北電力株式会社

## 目次

1. 概要	1
2. 加振試験の概要	3
3. 機能維持加速度の設定について	72

添付-1 パワーセンタ, モータコントロールセンタ及び電源切替盤の模擬地震波について

## 1. 概要

耐震計算に用いる機能確認済加速度のうち、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に示す動的機器の機能確認済加速度以外のものについては、メーカー等において確認している加振試験に基づく値を用いている。

本資料は、機能維持評価のうち、

- ・動的機能維持評価
- ・電氣的機能維持評価

に用いた機能確認済加速度を取得した、メーカー等において確認している加振試験の概要を補足説明するものである。

「2. 加振試験の概要」に、機能維持評価に用いた機能確認済加速度を取得した加振試験の概要（加振方法、入力波、加振振動数等）について示す。

「3. 機能維持評価用加速度の設定について」に、機能維持評価に用いた機能維持評価用加速度の機能確認済加速度を取得した加振試験の体系を踏まえた設定方法について示す。

なお、本資料以外で加振試験に関する説明を行っている補足説明資料を以下の表 1-1 に整理し、各補足説明資料にて説明を行っている加振試験の概要は本資料には含めない。

表 1-1 加振試験に関する補足説明資料リスト

資料番号	資料名	備考
補足-140-1	津波への配慮に関する説明書の補足説明資料	逆止弁付ファンネル
補足-220-1	発電用原子炉施設の溢水防護に関する補足説明資料	逆流防止装置
補足-600-16	制御棒の挿入性評価について	
補足-600-20	原子炉建屋ブローアウトパネル閉止装置の耐震性について	
補足-600-21	ガスタービン発電設備の耐震性についての計算書に関する補足説明資料	
補足-600-22	高圧代替注水系タービンポンプの耐震性についての計算書に関する補足説明資料	
補足-600-23	可搬型重大事故等対処設備の耐震性に関する説明書に係る補足説明資料	車両型設備 その他
補足-600-25-2	地下水位低下設備の耐震性に係る補足説明資料	地下水位低下設備揚水ポンプ
補足-600-39-2	ケーブルトレイ消火設備のうち配管の加振試験について	
補足-600-40-32	遠隔手動弁操作設備の耐震性についての計算書に関する補足説明資料	

2. 加振試験の概要

設備	記載箇所	評価部位 【加振試験 No.*1】	要求機能	加振方向	試験内容*2	機能確認済 加速度*2、*3 ( $\times 9.8m/s^2$ )	判定基準
使用済燃料プールの水位/温度 (ガイド パルス式)	VI-2-4-2-4	測温抵抗体 【A】	地震後の電氣的 機能	水平1方向と鉛 直の2方向同時 加振を水平2方 向に対して実施	1. 共振点検索試験 □の振動数領域を含むランダム 波を入力し、応答波形から共振点が □であることを確認。 2. ランダム波加振試験 試験用要求応答スペクトルを設定し、 これを包絡するランダム地震動を設定 して加振試験を行い、機能が維持され ることを確認。	水平： □ 鉛直： □	加振後に正常に動 作すること。
使用済燃料プールの水位/温度 (ヒート サーモ式)	VI-2-4-2-5	熱電対 【A】	地震後の電氣的 機能	水平単独2方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 □の振動数領域を含む正弦波を 入力し、応答波形から共振点が□ □であることを確認。 2. 正弦波加振試験 □における加振試験を行い、機能 が維持されることを確認。	水平： □ 鉛直： □	加振後に正常に動 作すること。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



設備	記載箇所	評価部位 【加振試験 No.*1】	要求機能	加振方向	試験内容*2	機能確認済 加速度*2,*3 ( $\times 9.8m/s^2$ )	判定基準
使用済燃料プールの監視カメラ	VI-2-4-4-1	可視光カメラ 【A】	地震後の電氣的 機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を 入力し、応答波形から共振点が [ ] (X 方向), [ ] (Y 方向), [ ] (Z 方向) であることを確認。 2. 正弦波加振試験 共振周波数および共振周波数±1Hz に おける加振試験を行い、機能が維持さ れることを確認。	水平 : [ ] 鉛直 : [ ]	加振後に正常に動 作すること。
		照明 【A】	地震後の電氣的 機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を 入力し、応答波形から共振点が (Y 方向), [ ] (X 方向), [ ] (Z 方 向) であることを確認。 2. 正弦波加振試験 共振周波数および共振周波数±1Hz に おける加振試験を行い、機能が維持さ れることを確認。	水平 : [ ] 鉛直 : [ ]	加振後に正常に動 作すること。
		盤 【A】	地震後の電氣的 機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を 入力し、応答波形から共振点が [ ] であることを確認。 2. 正弦波加振試験 [ ] における加振試験を行い、機能 が維持されることを確認。	水平 : [ ] 鉛直 : [ ]	加振後に正常に動 作すること。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

設備	記載箇所	評価部位 【加振試験 No.*1】	要求機能	加振方向	試験内容*2	機能確認済 加速度*2,*3 ( $\times 9.8m/s^2$ )	判定基準
原子炉隔離時冷却系ポンプ駆動用タービン入口蒸気圧力	VI-2-6-5-2-1-1	弾性圧力検出器 【A】	地震時及び地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が [ ] であることを確認。 2. 正弦波加振試験 水平 [ ] , 鉛直 [ ] における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平 : [ ] 鉛直 : [ ]	加振中及び加振後に正常に動作すること。
高圧代替注水系ポンプ出口圧力	VI-2-6-5-2-1-2	弾性圧力検出器 【A】	地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が [ ] であることを確認。 2. 正弦波加振試験 水平 [ ] , 鉛直 [ ] における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平 : [ ] 鉛直 : [ ]	加振後に正常に動作すること。
直流駆動低圧注水系ポンプ出口圧力	VI-2-6-5-2-1-3	弾性圧力検出器 【A】	地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が [ ] であることを確認。 2. 正弦波加振試験 [ ] における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平 : [ ] 鉛直 : [ ]	加振後に正常に動作すること。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

設備	記載箇所	評価部位 【加振試験 No.*1】	要求機能	加振方向	試験内容*2	機能確認済 加速度*2,*3 ( $\times 9.8m/s^2$ )	判定基準
代替循環冷却ポンプ出口圧力	VI-2-6-5-2-1-4	弾性圧力検出器 【A】	地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が [ ] であることを確認。 2. 正弦波加振試験 [ ] における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： 鉛直： [ ]	加振後に正常に動作すること。
原子炉隔離時冷却系ポンプ出口圧力	VI-2-6-5-2-1-5	弾性圧力検出器 【A】	地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が [ ] であることを確認。 2. 正弦波加振試験 水平 [ ] , 鉛直 [ ] における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： 鉛直： [ ]	加振後に正常に動作すること。
高圧炉心スプレイ系ポンプ出口圧力	VI-2-6-5-2-1-6	弾性圧力検出器 【A】	地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が [ ] であることを確認。 2. 正弦波加振試験 水平 [ ] , 鉛直 [ ] における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： 鉛直： [ ]	加振後に正常に動作すること。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

設備	記載箇所	評価部位 【加振試験 No.*1】	要求機能	加振方向	試験内容*2	機能確認済 加速度*2,*3 ( $\times 9.8m/s^2$ )	判定基準
残留熱除去系ポンプ出口圧力	VI-2-6-5-2-1-7	弾性圧力検出器 【A】	地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が [ ] であることを確認。 2. 正弦波加振試験 水平 [ ] , 鉛直 [ ] における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平 : [ ] 鉛直 : [ ]	加振後に正常に動作すること。
低圧炉心スプレイ系ポンプ出口圧力	VI-2-6-5-2-1-8	弾性圧力検出器 【A】	地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が [ ] であることを確認。 2. 正弦波加振試験 水平 [ ] , 鉛直 [ ] における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平 : [ ] 鉛直 : [ ]	加振後に正常に動作すること。
復水移送ポンプ出口圧力	VI-2-6-5-2-1-9	弾性圧力検出器 【A】	地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が [ ] であることを確認。 2. 正弦波加振試験 [ ] における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平 : [ ] 鉛直 : [ ]	加振後に正常に動作すること。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

設備	記載箇所	評価部位 【加振試験 No.*1】	要求機能	加振方向	試験内容*2	機能確認済 加速度*2,*3 ( $\times 9.8m/s^2$ )	判定基準
残留熱除去系熱交換器入口温度	VI-2-6-5-2-2-1	熱電対 【A】	地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点 [ ] であることを確認。 2. 正弦波加振試験 [ ] における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： [ ] 鉛直： [ ]	加振後に正常に動作すること。
残留熱除去系熱交換器出口温度	VI-2-6-5-2-2-2	熱電対 【A】	地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点 [ ] であることを確認。 2. 正弦波加振試験 [ ] における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： [ ] 鉛直： [ ]	加振後に正常に動作すること。
原子炉冷却材浄化系入口流量	VI-2-6-5-2-3-1	差圧式流量検出器 【A】	地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点 [ ] であることを確認。 2. 正弦波加振試験 水平 [ ]、鉛直 [ ] における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： [ ] 鉛直： [ ]	加振後に正常に動作すること。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

設備	記載箇所	評価部位 【加振試験 No.*1】	要求機能	加振方向	試験内容*2	機能確認済 加速度*2,*3 ( $\times 9.8m/s^2$ )	判定基準
高圧代替注水系ポンプ出口流量	VI-2-6-5-2-3-2	差圧式流量検出器 【A】	地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が [ ] であることを確認。 2. 正弦波加振試験 水平 [ ] , 鉛直 [ ] における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平 : [ ] 鉛直 : [ ]	加振後に正常に動作すること。
残留熱除去系洗浄ライン流量 (残留熱除去系ヘッドスプレイレイン洗浄流量)	VI-2-6-5-2-3-3	差圧式流量検出器 【A】	地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が [ ] であることを確認。 2. 正弦波加振試験 水平 [ ] , 鉛直 [ ] における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平 : [ ] 鉛直 : [ ]	加振後に正常に動作すること。
残留熱除去系洗浄ライン流量 (残留熱除去系 B 系格納容器冷却ライン洗浄流量)	VI-2-6-5-2-3-4	差圧式流量検出器 【A】	地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が [ ] であることを確認。 2. 正弦波加振試験 水平 [ ] , 鉛直 [ ] における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平 : [ ] 鉛直 : [ ]	加振後に正常に動作すること。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

設備	記載箇所	評価部位 【加振試験 No.*1】	要求機能	加振方向	試験内容*2	機能確認済 加速度*2,*3 ( $\times 9.8m/s^2$ )	判定基準
直流駆動低圧注水ポンプ出口流量	VI-2-6-5-2-3-5	差圧式流量検出器 【A】	地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点 [ ] であることを確認。 2. 正弦波加振試験 [ ] における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： 鉛直： [ ]	加振後に正常に動作すること。
代替循環冷却ポンプ出口流量	VI-2-6-5-2-3-6	差圧式流量検出器 【A】	地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点 [ ] であることを確認。 2. 正弦波加振試験 [ ] における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： 鉛直： [ ]	加振後に正常に動作すること。
原子炉隔離時冷却系ポンプ出口流量	VI-2-6-5-2-3-7	差圧式流量検出器 【A】	地震時及び地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点 [ ] であることを確認。 2. 正弦波加振試験 水平 [ ]、鉛直 [ ] における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： 鉛直： [ ]	加振中及び加振後に正常に動作すること。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

設備	高圧炉心スプレイ系ポンプ出口流量	記載箇所	VI-2-6-5-2-3-8	評価部位 【加振試験 No.*1】	差圧式流量検出器 【A】	要求機能	地震後の電氣的機能	加振方向	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	試験内容*2	1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が [ ] であることを確認。 2. 正弦波加振試験 水平 [ ] , 鉛直 [ ] における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	機能確認済 加速度*2, *3 ( $\times 9.8m/s^2$ )	水平 : [ ] 鉛直 : [ ]	判定基準	加振後に正常に動作すること。
設備	残留熱除去系ポンプ出口流量	記載箇所	VI-2-6-5-2-3-9	評価部位 【加振試験 No.*1】	差圧式流量検出器 【A】	要求機能	地震後の電氣的機能	加振方向	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	試験内容*2	1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が [ ] であることを確認。 2. 正弦波加振試験 水平 [ ] , 鉛直 [ ] における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	機能確認済 加速度*2, *3 ( $\times 9.8m/s^2$ )	水平 : [ ] 鉛直 : [ ]	判定基準	加振後に正常に動作すること。
設備	低圧炉心スプレイ系ポンプ出口流量	記載箇所	VI-2-6-5-2-3-10	評価部位 【加振試験 No.*1】	差圧式流量検出器 【A】	要求機能	地震後の電氣的機能	加振方向	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	試験内容*2	1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が [ ] であることを確認。 2. 正弦波加振試験 水平 [ ] , 鉛直 [ ] における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	機能確認済 加速度*2, *3 ( $\times 9.8m/s^2$ )	水平 : [ ] 鉛直 : [ ]	判定基準	加振後に正常に動作すること。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



設備	記載箇所	評価部位 【加振試験 No.*1】	要求機能	加振方向	試験内容*2	機能確認済 加速度*2,*3 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )	判定基準
原子炉圧力	VI-2-6-5-3-1-1	弾性圧力検出器 【A】	地震時及び地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が [ ] であることを確認。 2. 正弦波加振試験 水平 [ ] , 鉛直 [ ] における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平 : [ ] 鉛直 : [ ]	加振中及び加振後に正常に動作すること。
原子炉圧力 (SA)	VI-2-6-5-3-1-2	弾性圧力検出器 【A】	地震時及び地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が [ ] であることを確認。 2. 正弦波加振試験 水平 [ ] , 鉛直 [ ] における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平 : [ ] 鉛直 : [ ]	加振中及び加振後に正常に動作すること。
		弾性圧力検出器 【A】	地震時及び地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が [ ] であることを確認。 2. 正弦波加振試験 [ ] における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平 : [ ] 鉛直 : [ ]	加振中及び加振後に正常に動作すること。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

設備	記載箇所	評価部位 【加振試験 No.*1】	要求機能	加振方向	試験内容*2	機能確認済 加速度*2,*3 ( $\times 9.8m/s^2$ )	判定基準
原子炉水位	VI-2-6-5-3-2-1	差圧式水位検出器 【A】	地震時及び地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が [ ] であることを確認。 2. 正弦波加振試験 水平 [ ] , 鉛直 [ ] における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平 : [ ] 鉛直 : [ ]	加振中及び加振後に正常に動作すること。
原子炉水位 (広帯域)	VI-2-6-5-3-2-2	差圧式水位検出器 【A】	地震時及び地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が [ ] であることを確認。 2. 正弦波加振試験 [ ] における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平 : [ ] 鉛直 : [ ]	加振中及び加振後に正常に動作すること。
原子炉水位 (燃料域)	VI-2-6-5-3-2-3	差圧式水位検出器 【A】	地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が [ ] であることを確認。 2. 正弦波加振試験 [ ] における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平 : [ ] 鉛直 : [ ]	加振後に正常に動作すること。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

設備	記載箇所	評価部位 【加振試験 No.*1】	要求機能	加振方向	試験内容*2	機能確認済 加速度*2,*3 ( $\times 9.8m/s^2$ )	判定基準
原子炉水位 (SA 広帯域)	VI-2-6-5-3-2-4	差圧式水位検出器 【A】	地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点 [ ] であることを確認。 2. 正弦波加振試験 水平 [ ] , 鉛直 [ ] における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平 : [ ] 鉛直 : [ ]	加振後に正常に動作すること。
原子炉水位 (SA 燃料域)	VI-2-6-5-3-2-5	差圧式水位検出器 【A】	地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点 [ ] であることを確認。 2. 正弦波加振試験 水平 [ ] , 鉛直 [ ] における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平 : [ ] 鉛直 : [ ]	加振後に正常に動作すること。
ドライウエール圧力	VI-2-6-5-4-1-1	弾性圧力検出器 【A】	地震時及び地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点 [ ] であることを確認。 2. 正弦波加振試験 水平 [ ] , 鉛直 [ ] における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平 : [ ] 鉛直 : [ ]	加振中及び加振後に正常に動作すること。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

設備	記載箇所	評価部位 【加振試験 No.*1】	要求機能	加振方向	試験内容*2	機能確認済 加速度*2,*3 ( $\times 9.8m/s^2$ )	判定基準
ドライブウェル圧力 (続き)	VI-2-6-5-4-1-1	弾性圧力検出器 【A】	地震後の電氣的 機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を 入力し、応答波形から共振点が [ ] であることを確認。 2. 正弦波加振試験 水平 [ ]、鉛直 [ ] にお ける加振試験を行い、機能が維持され ることを確認。	水平： [ ] 鉛直： [ ]	加振後に正常に動 作すること。
圧力抑制室圧力	VI-2-6-5-4-1-2	弾性圧力検出器 【A】	地震後の電氣的 機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を 入力し、応答波形から共振点が [ ] であることを確認。 2. 正弦波加振試験 水平 [ ]、鉛直 [ ] にお ける加振試験を行い、機能が維持され ることを確認。	水平： [ ] 鉛直： [ ]	加振後に正常に動 作すること。
		弾性圧力検出器 【A】	地震後の電氣的 機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を 入力し、応答波形から共振点が [ ] であることを確認。 2. 正弦波加振試験 [ ] における加振試験を行い、機 能が維持されることを確認。	水平： [ ] 鉛直： [ ]	加振後に正常に動 作すること。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

設備	記載箇所	評価部位 【加振試験 No.*1】	要求機能	加振方向	試験内容*2	機能確認済 加速度*2,*3 ( $\times 9.8m/s^2$ )	判定基準
ドライウエルの温度	VI-2-6-5-4-2-1	熱電対 【A】	地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点 [ ] (X 方向), [ ] (Y 方向), [ ] (Z 方向) であることを確認。 2. サインベート波加振試験 共振点及び [ ] における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： [ ] 鉛直： [ ]	加振後に正常に動作すること。
圧力抑制室内空気温度	VI-2-6-5-4-2-2	熱電対 【A】	地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点 [ ] であることを確認。 2. 正弦波加振試験 [ ] における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： [ ] 鉛直： [ ]	加振後に正常に動作すること。
		熱電対 【A】	地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点 [ ] であることを確認。 2. 正弦波加振試験 [ ] における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： [ ] 鉛直： [ ]	加振後に正常に動作すること。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

設備	記載箇所	評価部位 【加振試験 No.*1】	要求機能	加振方向	試験内容*2	機能確認済 加速度*2,*3 ( $\times 9.8m/s^2$ )	判定基準
サブプレシヨンプール水温度	VI-2-6-5-4-2-3	測温抵抗体 【A】	地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点 [ ] であることを確認。 2. 正弦波加振試験 [ ] における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： 鉛直： [ ]	加振後に正常に動作すること。
原子炉格納容器下部温度	VI-2-6-5-4-2-4	熱電対 【A】	地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点 [ ] であることを確認。 2. 正弦波加振試験 [ ] における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： 鉛直： [ ]	加振後に正常に動作すること。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

設備	記載箇所	評価部位 【加振試験 No.*1】	要求機能	加振方向	試験内容*2	機能確認済 加速度*2,*3 ( $\times 9.8m/s^2$ )	判定基準
格納容器内雰囲気酸素濃度	VI-2-6-5-4-3-1	熱磁気風式酸素検出器 【A】	地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 □の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が□であることを確認。 2. 正弦波加振試験 □における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： □ 鉛直： □	加振後に正常に動作すること。
格納容器内水素濃度 (D/W)	VI-2-6-5-4-4-1	水素吸蔵材料式水素検出器 【A】	地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 □の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が□であることを確認。 2. 正弦波加振試験 □における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： □ 鉛直： □	加振中に正常に動作すること。
格納容器内水素濃度 (S/C)	VI-2-6-5-4-4-2	水素吸蔵材料式水素検出器 【A】	地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 □の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が□であることを確認。 2. 正弦波加振試験 □における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： □ 鉛直： □	加振中に正常に動作すること。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

設備	記載箇所	評価部位 【加振試験 No.*1】	要求機能	加振方向	試験内容*2	機能確認済 加速度*2,*3 ( $\times 9.8m/s^2$ )	判定基準
格納容器内雰囲気気水素濃度	VI-2-6-5-4-4-3	熱伝導率式水素検出器 【A】	地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が [ ] であることを確認。 2. 正弦波加振試験 [ ] における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： 鉛直： [ ]	加振後に正常に動作すること。
復水貯蔵タンク水位	VI-2-6-5-5-1	差圧式水位検出器 【A】	地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が [ ] であることを確認。 2. 正弦波加振試験 水平 [ ] , 鉛直 [ ] における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： 鉛直： [ ]	加振後に正常に動作すること。
原子炉再循環ポンプ入口流量	VI-2-6-5-6-1	差圧式流量検出器 【A】	地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が [ ] であることを確認。 2. 正弦波加振試験 水平 [ ] , 鉛直 [ ] における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： 鉛直： [ ]	加振後に正常に動作すること。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



設備	記載箇所	評価部位 【加振試験 No.*1】	要求機能	加振方向	試験内容*2	機能確認済 加速度*2,*3 ( $\times 9.8m/s^2$ )	判定基準
原子炉格納容器代替スプレイ流量	VI-2-6-5-7-1	差圧式流量検出器 【A】	地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が [ ] であることを確認。 2. 正弦波加振試験 水平 [ ] , 鉛直 [ ] における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平 : [ ] 鉛直 : [ ]	加振後に正常に動作すること。
原子炉格納容器下部注水流量	VI-2-6-5-7-2	差圧式流量検出器 【A】	地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が [ ] であることを確認。 2. 正弦波加振試験 水平 [ ] , 鉛直 [ ] における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平 : [ ] 鉛直 : [ ]	加振後に正常に動作すること。
圧力抑制室水位	VI-2-6-5-8-1	差圧式水位検出器 【A】	地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が [ ] であることを確認。 2. 正弦波加振試験 水平 [ ] , 鉛直 [ ] における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平 : [ ] 鉛直 : [ ]	加振後に正常に動作すること。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

設備	記載箇所	評価部位 【加振試験 No.*1】	要求機能	加振方向	試験内容*2	機能確認済 加速度*2,*3 ( $\times 9.8m/s^2$ )	判定基準
圧力抑制室水位 (続き)	VI-2-6-5-8-1	差圧式水位検出器 【A】	地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 □の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が□であることを確認。 2. 正弦波加振試験 □における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： □ 鉛直： □	加振後に正常に動作すること。
原子炉格納容器下部水位	VI-2-6-5-8-2	電極式水位検出器 【A】	地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 □の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が□であることを確認。 2. 正弦波加振試験 □における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： □ 鉛直： □	加振後に正常に動作すること。
ドライウェル水位	VI-2-6-5-8-3	電極式水位検出器 【A】	地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 □の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が□であることを確認。 2. 正弦波加振試験 □における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： □ 鉛直： □	加振後に正常に動作すること。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

設備	記載箇所	評価部位 【加振試験 No.*1】	要求機能	加振方向	試験内容*2	機能確認済 加速度*2,*3 ( $\times 9.8m/s^2$ )	判定基準
原子炉建屋内水素濃度	VI-2-6-5-9-1	触媒式水素検出器 【A】	地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が [ ] であることを確認。 2. 正弦波加振試験 [ ] における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： 鉛直： [ ]	加振後に正常に動作すること。
		気体熱伝導式水素検出器 【A】	地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が [ ] (X, Y 方向), [ ] (Z 方向) であることを確認。 2. 正弦波加振試験 [ ] (X, Y 方向), [ ] (Z 方向) における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： 鉛直： [ ]	加振後に正常に動作すること。
計測制御設備の盤	VI-2-6-7-1	盤内の器具 ・スイッチ ・継電器 ・指示計 ・記録計 ・電源装置 ・配線用遮断器 ・制御装置 【A】	地震時及び地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が [ ] であることを確認。 2. 正弦波加振試験 [ ] における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： 鉛直： [ ]	加振中及び加振後に正常に動作すること。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

設備	記載箇所	評価部位 【加振試験 No.*1】	要求機能	加振方向	試験内容*2	機能確認済 加速度*2,*3 ( $\times 9.8m/s^2$ )	判定基準
衛星電話設備 (固定型) (中央制御室)	VI-2-6-7-2-1	電話機 【C】	地震後の電氣的機能	水平1方向と鉛直の2方向同時加振を水平2方向に対して実施	1. 模擬地震波加振試験 基準地震動 (Ss-DI ~ Ss-N1) における設備評価用床応答曲線を上回るように設定した 模擬地震波での加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： <input type="text"/> 鉛直： <input type="text"/>	加振後に正常に動作すること。
衛星電話設備 (屋外アンテナ) (中央制御室)	VI-2-6-7-2-2	屋外アンテナ 【B】	地震後の電氣的機能	水平単独2方向及び鉛直単独	1. 共振点検査試験 <input type="text"/> の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が <input type="text"/> であることを確認。 2. サイバート波加振試験 <input type="text"/> における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： <input type="text"/> 鉛直： <input type="text"/>	加振後に正常に動作すること。
衛星電話設備 (固定型) (緊急時対策所)	VI-2-6-7-2-3	電話機 【C】	地震後の電氣的機能	水平1方向と鉛直の2方向同時加振を水平2方向に対して実施	1. 模擬地震波加振試験 基準地震動 (Ss-DI ~ Ss-N1) における設備評価用床応答曲線を上回るように設定した 模擬地震波での加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： <input type="text"/> 鉛直： <input type="text"/>	加振後に正常に動作すること。
衛星電話設備 (屋外アンテナ) (緊急時対策所)	VI-2-6-7-2-4	屋外アンテナ 【B】	地震後の電氣的機能	水平単独2方向及び鉛直単独	1. 共振点検査試験 <input type="text"/> の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点 <input type="text"/> であることを確認。 2. サイバート波加振試験 <input type="text"/> における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： <input type="text"/> 鉛直： <input type="text"/>	加振後に正常に動作すること。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

設備	記載箇所	評価部位 【加振試験 No.*1】	要求機能	加振方向	試験内容*2	機能確認済 加速度*2,*3 ( $\times 9.8m/s^2$ )	判定基準
無線連絡設備 (固定型) (中央制御室)	VI-2-6-7-3-1	無線機 【C】	地震後の電氣的機能	水平1方向と鉛直の2方向同時加振を水平2方向に対して実施	1. 模擬地震波加振試験 基準地震動 (Ss-DI ~ Ss-N1) における設備評価用床応答曲線を上回るように設定した 模擬地震波での加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： <input type="text"/> 鉛直： <input type="text"/>	加振後に正常に動作すること。
無線連絡設備 (屋外アンテナ) (中央制御室)	VI-2-6-7-3-2	屋外アンテナ 【B】	地震後の電氣的機能	水平単独2方向及び鉛直単独	1. 共振点検査試験 <input type="text"/> の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が <input type="text"/> であることを確認。 2. サイバート波加振試験 <input type="text"/> における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： <input type="text"/> 鉛直： <input type="text"/>	加振後に正常に動作すること。
無線連絡設備 (固定型) (緊急時対策所)	VI-2-6-7-3-3	無線機 【C】	地震後の電氣的機能	水平1方向と鉛直の2方向同時加振を水平2方向に対して実施	1. 模擬地震波加振試験 基準地震動 (Ss-DI ~ Ss-N1) における設備評価用床応答曲線を上回るように設定した 模擬地震波での加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： <input type="text"/> 鉛直： <input type="text"/>	加振後に正常に動作すること。
無線連絡設備 (屋外アンテナ) (緊急時対策所)	VI-2-6-7-3-4	屋外アンテナ 【B】	地震後の電氣的機能	水平単独2方向及び鉛直単独	1. 共振点検査試験 <input type="text"/> の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が入力し、 <input type="text"/> であることを確認。 2. サイバート波加振試験 <input type="text"/> における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： <input type="text"/> 鉛直： <input type="text"/>	加振後に正常に動作すること。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

設備	安全パラメータ表示システム (SPDS) SPDS 表示装置	記載箇所	VI-2-6-7-4	評価部位 【加振試験 No.*1】	ノート PC 【B】	要求機能	地震時及び地震後の電氣的機能	加振方向	3方向同時加振 水平1方向と鉛直の2方向同時加振を水平2方向に対して実施	試験内容*2	1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が [ ] であることを確認。 2. 模擬地震波加振試験 模擬地震波による加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	機能確認済 加速度*2、*3 ( $\times 9.8m/s^2$ )	水平 : [ ] 鉛直 : [ ]	判定基準	加振中及び加振後に正常に動作すること。
設備	安全パラメータ表示システム (SPDS) 無線通信用アンテナ	記載箇所	VI-2-6-7-5	評価部位	無線通信用アンテナ 【B】	要求機能	地震時及び地震後の電氣的機能	加振方向	水平単独2方向及び鉛直単独	試験内容*2	1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が [ ] であることを確認。 2. 正弦波加振試験 [ ] における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	機能確認済 加速度*2、*3 ( $\times 9.8m/s^2$ )	水平 : [ ] 鉛直 : [ ]	判定基準	加振中及び加振後に正常に動作すること。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

設備	記載箇所	評価部位 【加振試験 No.*1】	要求機能	加振方向	試験内容*2	機能確認済 加速度*2,*3 ( $\times 9.8m/s^2$ )	判定基準
統合原子力防災ネットワークを用いた 通信連絡設備	VI-2-6-7-6	IP 電話 (地上系) 【C】	地震後の電氣的機能	水平 1 方向と鉛直の 2 方向同時加振を水平 2 方向に対して実施	1. 模擬地震波加振試験 基準地震動 (Ss-D1 ~ Ss-N1) における設備評価用床応答曲線を上回るように設定した 模擬地震波での加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： 鉛直： <input type="text"/>	加振後に正常に動作すること。
					1. 模擬地震波加振試験 基準地震動 (Ss-D1 ~ Ss-N1) における設備評価用床応答曲線を上回るように設定した 模擬地震波での加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： 鉛直： <input type="text"/>	加振後に正常に動作すること。
					1. 共振点検索試験 <input type="text"/> の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が <input type="text"/> であることを確認。 2. サインビート波加振試験 <input type="text"/> における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： 鉛直： <input type="text"/>	加振後に正常に動作すること。
					1. 共振点検索試験 <input type="text"/> の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が <input type="text"/> であることを確認。 2. サインビート波加振試験 <input type="text"/> における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： 鉛直： <input type="text"/>	加振後に正常に動作すること。
		テレビ会議システム 【B】	地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 <input type="text"/> の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が <input type="text"/> であることを確認。 2. サインビート波加振試験 <input type="text"/> における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： 鉛直： <input type="text"/>	加振後に正常に動作すること。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

設備	記載箇所	評価部位 【加振試験 No.*1】	要求機能	加振方向	試験内容*2	機能確認済 加速度*2,*3 ( $\times 9.8m/s^2$ )	判定基準
統合原子力防災ネットワーク設備衛星 アンテナ	VI-2-6-7-7	ODU 【A】	地震後の電氣的 機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 □の振動数領域を含む正弦波を 入力し、応答波形から共振点が□ であることを確認。 2. 正弦波加振試験 □における加振試験を行い、機能 が維持されることを確認。	水平： □ 鉛直： □	加振後に正常に動 作すること。
統合原子力防災ネットワーク用通信機 器収容架	VI-2-6-7-8	L2SW (衛星用) 【B】	地震後の電氣的 機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 □の振動数領域を含む正弦波を 入力し、応答波形から共振点が□ であることを確認。 2. 正弦波加振試験 □における加振試験を行い、機能 が維持されることを確認。	水平： □ 鉛直： □	加振後に正常に動 作すること。
		IDU 【A】	地震後の電氣的 機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 □の振動数領域を含む正弦波を 入力し、応答波形から共振点が□ であることを確認。 2. 正弦波加振試験 □における加振試験を行い、機能 が維持されることを確認。	水平： □ 鉛直： □	加振後に正常に動 作すること。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



設備	記載箇所	評価部位 【加振試験 No.*1】	要求機能	加振方向	試験内容*2	機能確認済 加速度*2,*3 (×9.8m/s <sup>2</sup> )	判定基準
統合原子力防災ネットワーク用通信機 器収容架 (続き)	VI-2-6-7-8	ODU-INTFC-BOX 【A】	地震後の電氣的 機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 □の振動数領域を含む正弦波を 入力し, 応答波形から共振点が□ であることを確認。 2. 正弦波加振試験 □における加振試験を行い, 機能 が維持されることを確認。	水平: □ 鉛直: □	加振後に正常に動 作すること。
		L2SW 【B】	地震後の電氣的 機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 □の振動数領域を含む正弦波を 入力し, 応答波形から共振点が□ であることを確認。 2. 正弦波加振試験 □における加振試験を行い, 機能 が維持されることを確認。	水平: □ 鉛直: □	加振後に正常に動 作すること。
		L3SW 【B】	地震後の電氣的 機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 □の振動数領域を含む正弦波を 入力し, 応答波形から共振点が□ であることを確認。 2. 正弦波加振試験 □における加振試験を行い, 機能 が維持されることを確認。	水平: □ 鉛直: □	加振後に正常に動 作すること。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

設備	記載箇所	評価部位 【加振試験 No.*1】	要求機能	加振方向	試験内容*2	機能確認済 加速度*2,*3 ( $\times 9.8m/s^2$ )	判定基準
統合原子力防災ネットワーク用通信機器収容架 (続き)	VI-2-6-7-8	衛星ルータ 【B】	地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 □の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が□であることを確認。 2. 正弦波加振試験 □における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： □ 鉛直： □	加振後に正常に動作すること。
		ONU 【B】	地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 □の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が□であることを確認。 2. 正弦波加振試験 □における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： □ 鉛直： □	加振後に正常に動作すること。
		Vo.IP-GW 【B】	地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 □の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が□であることを確認。 2. 正弦波加振試験 □における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： □ 鉛直： □	加振後に正常に動作すること。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

設備	記載箇所	評価部位 【加振試験 No.*1】	要求機能	加振方向	試験内容*2	機能確認済 加速度*2,*3 ( $\times 9.8m/s^2$ )	判定基準
代替原子炉再循環ポンプトリップ遮断器	VI-2-6-7-9	盤内の器具 ・スイッチ 【A】	地震時及び地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 □ の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が□であることを確認。 2. 正弦波加振試験 □ における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： 鉛直： □	加振中及び加振後に正常に動作すること。
原子炉圧力容器温度	VI-2-6-7-10	熱電対 【A】	地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 □ の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が□であることを確認。 2. 正弦波加振試験 □ における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： 鉛直： □	加振後に正常に動作すること。
フィルタ装置水位 (広帯域)	VI-2-6-7-11	差圧式水位検出器 【A】	地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 □ の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が□であることを確認。 2. 正弦波加振試験 □ における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： 鉛直： □	加振後に正常に動作すること。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

設備	記載箇所	評価部位 【加振試験 No.*1】	要求機能	加振方向	試験内容*2	機能確認済 加速度*2,*3 ( $\times 9.8m/s^2$ )	判定基準
フィルタ装置入口圧力 (広帯域)	VI-2-6-7-12	弾性圧力検出器 【A】	地震後の電氣的 機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 の振動数領域を含む正弦波を 入力し、応答波形から共振点が であることを確認。 2. 正弦波加振試験 水平、鉛直 における加振試験を行い、機能が維持され ることを確認。	水平： 鉛直：	加振後に正常に動 作すること。
フィルタ装置出口圧力 (広帯域)	VI-2-6-7-13	弾性圧力検出器 【A】	地震後の電氣的 機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 の振動数領域を含む正弦波を 入力し、応答波形から共振点が であることを確認。 2. 正弦波加振試験 水平、鉛直 における加振試験を行い、機能が維持され ることを確認。	水平： 鉛直：	加振後に正常に動 作すること。
フィルタ装置水温度	VI-2-6-7-14	熱電対 【A】	地震後の電氣的 機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 の振動数領域を含む正弦波を 入力し、応答波形から共振点が であることを確認。 2. 正弦波加振試験 における加振試験を行い、機能が 維持されることを確認。	水平： 鉛直：	加振後に正常に動 作すること。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

設備	記載箇所	評価部位 【加振試験 No.*1】	要求機能	加振方向	試験内容*2	機能確認済 加速度*2,*3 ( $\times 9.8m/s^2$ )	判定基準
フィルタ装置出口水素濃度	VI-2-6-7-15	熱伝導率式水素 検出器 【A】	地震後の電氣的 機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を 入力し, 応答波形から共振点が [ ] であることを確認。 2. 正弦波加振試験 [ ] における加振試験を行い, 機能 が維持されることを確認。	水平 : [ ] 鉛直 : [ ]	加振後に正常に動 作すること。
原子炉補機冷却水系系統流量	VI-2-6-7-16	差圧式流量検出 器 【A】	地震時及び地震 後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を 入力し, 応答波形から共振点が [ ] であることを確認。 2. 正弦波加振試験 水平 [ ], 鉛直 [ ] にお ける加振試験を行い, 機能が維持され ることを確認。	水平 : [ ] 鉛直 : [ ]	加振中及び加振後 に正常に動作する こと。
残留熱除去系熱交換器冷却水入口流量	VI-2-6-7-17	差圧式流量検出 器 【A】	地震時及び地震 後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を 入力し, 応答波形から共振点が [ ] であることを確認。 2. 正弦波加振試験 水平 [ ], 鉛直 [ ] にお ける加振試験を行い, 機能が維持され ることを確認。	水平 : [ ] 鉛直 : [ ]	加振中及び加振後 に正常に動作する こと。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

設備	記載箇所	評価部位 【加振試験 No.*1】	要求機能	加振方向	試験内容*2	機能確認済 加速度*2,*3 ( $\times 9.8m/s^2$ )	判定基準
静的触媒式水素再結合装置監視装置	VI-2-6-7-18	熱電対 【A】	地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点 [ ] であることを確認。 2. 正弦波加振試験 [ ] における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平 : [ ] 鉛直 : [ ]	加振後に正常に動作すること。
主蒸気管放射線モニタ	VI-2-8-2-1-1-1	電離箱 【A】	地震時及び地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点 [ ] であることを確認。 2. 正弦波加振試験 [ ] における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平 : [ ] 鉛直 : [ ]	加振中及び加振後に正常に動作すること。
格納容器内雰囲気放射線モニタ (D/W)	VI-2-8-2-1-2-1	電離箱 【A】	地震時及び地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点 [ ] であることを確認。 2. 正弦波加振試験 [ ] における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平 : [ ] 鉛直 : [ ]	加振中及び加振後に正常に動作すること。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

設備	記載箇所	評価部位 【加振試験 No.*1】	要求機能	加振方向	試験内容*2	機能確認済 加速度*2,*3 ( $\times 9.8m/s^2$ )	判定基準
格納容器内雰囲気放射線モニタ (S/C)	VI-2-8-2-1-2- 2	電離箱 【A】	地震時及び地震 後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 □の振動数領域を含む正弦波を □入力し、応答波形から共振点が□ □であることを確認。 2. 正弦波加振試験 □における加振試験を行い、機 能が維持されることを確認。	水平： □ 鉛直： □	加振中及び加振後 に正常に動作する こと。
原子炉建屋原子炉棟排気放射線モニタ	VI-2-8-2-1-3- 1	半導体検出器 【A】	地震時及び地震 後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 □の振動数領域を含む正弦波を □入力し、応答波形から共振点が□ □であることを確認。 2. 正弦波加振試験 □における加振試験を行い、機 能が維持されることを確認。	水平： □ 鉛直： □	加振中及び加振後 に正常に動作する こと。
フィルタ装置出口放射線モニタ	VI-2-8-2-1-3- 2	電離箱 【A】	地震後の電氣的 機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 □の振動数領域を含む正弦波を □入力し、応答波形から共振点が□ □であることを確認。 2. 正弦波加振試験 □における加振試験を行い、機 能が維持されることを確認。	水平： □ 鉛直： □	加振後に正常に動 作すること。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

設備	記載箇所	評価部位 【加振試験 No.*1】	要求機能	加振方向	試験内容*2	機能確認済 加速度*2,*3 ( $\times 9.8m/s^2$ )	判定基準
燃料取替エリア放射線モニタ	VI-2-8-2-1-3-3 3	半導体検出器 【A】	地震時及び地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 □の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が□であることを確認。 2. 正弦波加振試験 □における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： □ 鉛直： □	加振中及び加振後に正常に動作すること。
耐圧強化ベント系放射線モニタ	VI-2-8-2-1-3-4 4	電離箱 【A】	地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 □の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が□であることを確認。 2. 正弦波加振試験 □における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： □ 鉛直： □	加振後に正常に動作すること。
使用済燃料プール上部空間放射線モニタ (低線量)	VI-2-8-2-2-1-1 1	電離箱 【A】	地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 □の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が□であることを確認。 2. 正弦波加振試験 □における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： □ 鉛直： □	加振後に正常に動作すること。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



設備	記載箇所	評価部位 【加振試験 No.*1】	要求機能	加振方向	試験内容*2	機能確認済 加速度*2,*3 ( $\times 9.8m/s^2$ )	判定基準
使用済燃料プール上部空間放射線モニタ (高線量)	VI-2-8-2-2-1-2	電離箱 【A】	地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 □の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が□であることを確認。 2. 正弦波加振試験 □における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： 鉛直： □	加振後に正常に動作すること。
差圧計 (中央制御室待避所用)	VI-2-8-3-3-2	弾性型差圧検出器 【B】	地震後の機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 □の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が□であることを確認。 2. 正弦波加振試験 □における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： 鉛直： □	加振後に正常に動作すること。
差圧計 (緊急時対策所用)	VI-2-8-3-4-2	弾性型差圧検出器 【A】	地震後の機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 □の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が□であることを確認。 2. 正弦波加振試験 □(水平) 及び□(鉛直) における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： 鉛直： □	加振後に正常に動作すること。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

設備	記載箇所	評価部位 【加振試験 No.*1】	要求機能	加振方向	試験内容*2	機能確認済 加速度*2,*3 ( $\times 9.8m/s^2$ )	判定基準
非常用ディーゼル発電設備 制御盤	VI-2-10-1-2- 1-7	盤内の器具 ・ 継電器 【A】	地震時及び地震 後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 □の振動数領域を含む正弦波を □入力し、応答波形から共振点が□ □であることを確認。 2. 正弦波加振試験 □における加振試験を行い、機能 が維持されることを確認。	水平：□ 鉛直：□ *下線部が工 認記載値	加振中及び加振後 に正常に動作する こと。
		盤内の器具 ・ 配線用遮断器 【A】	地震時及び地震 後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 □の振動数領域を含む正弦波を □入力し、応答波形から共振点が□ □であることを確認。 2. 正弦波加振試験 □における加振試験を行い、機能 が維持されることを確認。	水平：□ 鉛直：□	加振中及び加振後 に正常に動作する こと。
		盤内の器具 ・ 電磁接触器 ・ 継電器 【A】	地震時及び地震 後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 □の振動数領域を含む正弦波を □入力し、応答波形から共振点が□ □であることを確認。 2. 正弦波加振試験 □における加振試験を行い、機能 が維持されることを確認。	水平：□ 鉛直：□	加振中及び加振後 に正常に動作する こと。
		盤内の器具 ・ 電力計 【A】	地震後の電氣的 機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 □の振動数領域を含む正弦波を □入力し、応答波形から共振点が□ □であることを確認。 2. 正弦波加振試験 □における加振試験を行い、機能 が維持されることを確認。	水平：□ 鉛直：□	加振後に正常に動 作すること。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

設備	記載箇所	評価部位 【加振試験 No.*1】	要求機能	加振方向	試験内容*2	機能確認済 加速度*2,*3 ( $\times 9.8m/s^2$ )	判定基準
非常用ディーゼル発電設備 制御盤 (続き)	VI-2-10-1-2- 1-7	盤内の器具 ・ 周波数計 ・ 電圧計 ・ 指示計 【A】	地震後の電氣的 機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を 入力し、応答波形から共振点が [ ] であることを確認。 2. 正弦波加振試験 [ ] における加振試験を行い、機 能が維持されることを確認。	水平： [ ] 鉛直： [ ] *下線部が工 認記載値	加振後に正常に動 作すること。
			地震時及び地震 後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を 入力し、応答波形から共振点が [ ] であることを確認。 2. 正弦波加振試験 [ ] における加振試験を行い、機 能が維持されることを確認。	水平： [ ] 鉛直： [ ] *下線部が工 認記載値	加振中及び加振後 に正常に動作する こと。
			地震時及び地震 後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を 入力し、応答波形から共振点が [ ] であることを確認。 2. 正弦波加振試験 [ ] における加振試験を行い、機 能が維持されることを確認。	水平： [ ] 鉛直： [ ] *下線部が工 認記載値	加振中及び加振後 に正常に動作する こと。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

設備	記載箇所	評価部位 【加振試験 No.*1】	要求機能	加振方向	試験内容*2	機能確認済 加速度*2,*3 ( $\times 9.8m/s^2$ )	判定基準
高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備 制御盤	VI-2-10-1-2- 2-7	盤内の器具 ・ 継電器 【A】	地震時及び地震 後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 □の振動数領域を含む正弦波を □入力し、応答波形から共振点が□ □であることを確認。 2. 正弦波加振試験 □における加振試験を行い、機能 が維持されることを確認。	水平：□ 鉛直：□ *下線部が工 認記載値	加振中及び加振後 に正常に動作する こと。
		盤内の器具・ 配線用遮断器 【A】	地震時及び地震 後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 □の振動数領域を含む正弦波を □入力し、応答波形から共振点が□ □であることを確認。 2. 正弦波加振試験 □における加振試験を行い、機能 が維持されることを確認。	水平：□ 鉛直：□	加振中及び加振後 に正常に動作する こと。
		盤内の器具 ・ 継電器 【A】	地震時及び地震 後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 □の振動数領域を含む正弦波を □入力し、応答波形から共振点が□ □であることを確認。 2. 正弦波加振試験 □における加振試験を行い、機能 が維持されることを確認。	水平：□ 鉛直：□	加振中及び加振後 に正常に動作する こと。
		盤内の器具 ・ 電力計 【A】	地震後の電氣的 機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 □の振動数領域を含む正弦波を □入力し、応答波形から共振点が□ □であることを確認。 2. 正弦波加振試験 □における加振試験を行い、機能 が維持されることを確認。	水平：□ 鉛直：□	加振後に正常に動 作すること。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

設備	記載箇所	評価部位 【加振試験 No.*1】	要求機能	加振方向	試験内容*2	機能確認済 加速度*2,*3 ( $\times 9.8m/s^2$ )	判定基準
高圧炉心スプレイ系デューゼル発電設備 制御盤 (続き)	VI-2-10-1-2- 2-7	盤内の器具 ・周波数計 ・電圧計 ・指示計 【A】	地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点 [ ] であることを確認。 2. 正弦波加振試験 [ ] における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： [ ] 鉛直： [ ] *下線部が工 認記載値	加振後に正常に動作すること。
			地震時及び地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点 [ ] であることを確認。 2. 正弦波加振試験 [ ] における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： [ ] 鉛直： [ ] *下線部が工 認記載値	加振中及び加振後に正常に動作すること。
			地震時及び地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点 [ ] であることを確認。 2. 正弦波加振試験 [ ] における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： [ ] 鉛直： [ ] *下線部が工 認記載値	加振中及び加振後に正常に動作すること。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

設備	記載箇所	評価部位 【加振試験 No.*1】	要求機能	加振方向	試験内容*2	機能確認済 加速度*2,*3 ( $\times 9.8m/s^2$ )	判定基準
無停電交流電源用静止形無停電電源装置	VI-2-10-1-3-1-1	盤内の器具 ・配線用遮断器 【A】	地震時及び地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点 [ ] であることを確認。 2. 正弦波加振試験 [ ] における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： 鉛直： [ ]	加振中及び加振後に正常に動作すること。
					1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点 [ ] であることを確認。 2. 正弦波加振試験 [ ] における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： 鉛直： [ ]	加振中及び加振後に正常に動作すること。
					1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点 [ ] であることを確認。 2. 正弦波加振試験 [ ] における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： 鉛直： [ ] *下線部が工認記載値	加振後に正常に動作すること。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

設備	無停電交流電源用静止形無停電電源装置 (続き)	記載箇所	VI-2-10-1-3-1-1	評価部位 【加振試験 No.*1】	盤内の器具 ・ 継電器 ・ 電磁接触器 【A】	要求機能	地震時及び地震後の電氣的機能	加振方向	水平単独 2 方向及び鉛直単独	試験内容*2	1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が [ ] であることを確認。 2. 正弦波加振試験 [ ] における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	機能確認済 加速度*2, *3 ( $\times 9.8m/s^2$ ) 水平: [ ] 鉛直: [ ] *下線部が工認記載値	判定基準	加振中及び加振後に正常に動作すること。
				盤内の器具 ・ 電源 ・ 基板 【A】	地震時及び地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が [ ] であることを確認。 2. 正弦波加振試験 [ ] における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平: [ ] 鉛直: [ ]	加振中及び加振後に正常に動作すること。					

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

設備	記載箇所	評価部位 【加振試験 No.*1】	要求機能	加振方向	試験内容*2	機能確認済 加速度*2,*3 ( $\times 9.8m/s^2$ )	判定基準
メタルクラッドスイッチギア (非常用)	VI-2-10-1-4-1	盤内の器具 ・ 継電器 【A】	地震時及び地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点 [ ] であることを確認。 2. 正弦波加振試験 [ ] における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： [ ] 鉛直： [ ] *下線部が工認記載値	加振中及び加振後に正常に動作すること。
		盤内の器具 ・ 配線用遮断器 【A】	地震時及び地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点 [ ] であることを確認。 2. 正弦波加振試験 [ ] における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： [ ] 鉛直： [ ]	加振中及び加振後に正常に動作すること。
		盤内の器具 ・ 交流電流計 【A】	地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点 [ ] であることを確認。 2. 正弦波加振試験 [ ] における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： [ ] 鉛直： [ ]	加振後に正常に動作すること。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



設備	記載箇所	評価部位 【加振試験 No.*1】	要求機能	加振方向	試験内容*2	機能確認済 加速度*2,*3 ( $\times 9.8m/s^2$ )	判定基準
メタルラッドスイッチギア (非常用) (続き)	VI-2-10-1-4-1	盤内の器具 ・電流計 【A】	地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点 [ ] であることを確認。 2. 正弦波加振試験 [ ] における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： [ ] 鉛直： [ ] *下線部が工認記載値	加振後に正常に動作すること。
					1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点 [ ] であることを確認。 2. 正弦波加振試験 [ ] における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： [ ] 鉛直： [ ] *下線部が工認記載値	加振中及び加振後に正常に動作すること。
					1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点 [ ] であることを確認。 2. 正弦波加振試験 [ ] における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： [ ] 鉛直： [ ] *下線部が工認記載値	加振中及び加振後に正常に動作すること。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

設備	記載箇所	評価部位 【加振試験 No.*1】	要求機能	加振方向	試験内容*2	機能確認済 加速度*2,*3 ( $\times 9.8m/s^2$ )	判定基準
メタルラッドスイッチギア(高圧炉 心スプレイ系用)	VI-2-10-1-4-2	盤内の器具 ・ 継電器 【A】	地震時及び地震 後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 □の振動数領域を含む正弦波を □入力し, 応答波形から共振点が□ □であることを確認。 2. 正弦波加振試験 □における加振試験を行い, 機能 が維持されることを確認。	水平: □ 鉛直: □ *下線部が工 認記載値	加振中及び加振後 に正常に動作する こと。
		盤内の器具 ・ 配線用遮断器 【A】	地震時及び地震 後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 □の振動数領域を含む正弦波を □入力し, 応答波形から共振点が□ □であることを確認。 2. 正弦波加振試験 □における加振試験を行い, 機能 が維持されることを確認。	水平: □ 鉛直: □	加振中及び加振後 に正常に動作する こと。
		盤内の器具 ・ 交流電流計 【A】	地震後の電氣的 機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 □の振動数領域を含む正弦波を □入力し, 応答波形から共振点が□ □であることを確認。 2. 正弦波加振試験 □における加振試験を行い, 機能 が維持されることを確認。	水平: □ 鉛直: □	加振後に正常に動 作すること。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

設備	記載箇所	評価部位 【加振試験 No.*1】	要求機能	加振方向	試験内容*2	機能確認済 加速度*2,*3 ( $\times 9.8m/s^2$ )	判定基準
メタルラッドスイッチギア(高圧炉 心スプレイ系用)(続き)	VI-2-10-1-4-2	盤内の器具 ・電流計 【A】	地震後の電氣的 機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を 入力し, 応答波形から共振点が [ ] であることを確認。 2. 正弦波加振試験 [ ] における加振試験を行い, 機 能が維持されることを確認。	水平: [ ] 鉛直: [ ] *下線部が工 認記載値	加振後に正常に動 作すること。
		盤内の器具 ・スイッチ 【A】	地震時及び地震 後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を 入力し, 応答波形から共振点が [ ] であることを確認。 2. 正弦波加振試験 [ ] における加振試験を行い, 機 能が維持されることを確認。	水平: [ ] 鉛直: [ ] *下線部が工 認記載値	加振中及び加振後 に正常に動作する こと。
		盤内の器具 ・タイマー ・スイッチ 【A】	地震時及び地震 後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を 入力し, 応答波形から共振点が [ ] であることを確認。 2. 正弦波加振試験 [ ] における加振試験を行い, 機 能が維持されることを確認。	水平: [ ] 鉛直: [ ]	加振中及び加振後 に正常に動作する こと。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

設備	記載箇所	評価部位 【加振試験 No.*1】	要求機能	加振方向	試験内容*2	機能確認済 加速度*2、*3 ( $\times 9.8m/s^2$ )	判定基準
パワーセンタ (非常用)	VI-2-10-1-4-3	パワーセンタ盤 【B】	地震時及び地震後の電氣的機能	水平1方向と鉛直の2方向同時加振を水平2方向に対して実施	1. 共振点検索試験 □の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が□であることを確認。 2. 模擬地震波加振試験*4 模擬地震波による加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： 鉛直： □	加振中及び加振後に正常に動作すること。
モータコントロールセンタ (非常用)	VI-2-10-1-4-4	モータコントロールセンタ盤 【B】	地震時及び地震後の電氣的機能	水平1方向と鉛直の2方向同時加振を水平2方向に対して実施	1. 共振点検索試験 □の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が□であることを確認。 2. 模擬地震波加振試験*4 模擬地震波による加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： 鉛直： □	加振中及び加振後に正常に動作すること。
モータコントロールセンタ (高圧炉心スプレイ系用)	VI-2-10-1-4-5	モータコントロールセンタ盤 【B】	地震時及び地震後の電氣的機能	水平1方向と鉛直の2方向同時加振を水平2方向に対して実施	1. 共振点検索試験 □の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が□であることを確認。 2. 模擬地震波加振試験*4 模擬地震波による加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： 鉛直： □	加振中及び加振後に正常に動作すること。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

設備	記載箇所	評価部位 【加振試験 No.*1】	要求機能	加振方向	試験内容*2	機能確認済 加速度*2,*3 ( $\times 9.8m/s^2$ )	判定基準
460V 原子炉建屋交流電源切替盤 (非常用)	VI-2-10-1-4-8	切替盤 【B】	地震時及び地震後の電氣的機能	水平 1 方向と鉛直の 2 方向同時加振を水平 2 方向に対して実施	1. 共振点検索試験 □ の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が □ であることを確認。 2. 模擬地震波加振試験*4 模擬地震波による加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平 : □ 鉛直 : □	加振中及び加振後に正常に動作すること。
中央制御室 120V 交流分電盤 (非常用)	VI-2-10-1-4-9	盤内の器具 ・配線用遮断器 【A】	地震時及び地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 □ の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が □ であることを確認。 2. 正弦波加振試験 □ における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平 : □ 鉛直 : □	加振中及び加振後に正常に動作すること。
ガスタービン発電機接続盤	VI-2-10-1-4-10	盤内の器具 ・スイッチ 【A】	地震時及び地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 □ の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が □ であることを確認。 2. 正弦波加振試験 □ における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平 : □ 鉛直 : □	加振中及び加振後に正常に動作すること。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

設備	記載箇所	評価部位 【加振試験 No.*1】	要求機能	加振方向	試験内容*2	機能確認済 加速度*2,*3 ( $\times 9.8m/s^2$ )	判定基準
メタルラッドスイッチギア (緊急用)	VI-2-10-1-4-11	盤内の器具 ・ 継電器 【A】	地震時及び地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 □ の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が □ であることを確認。 2. 正弦波加振試験 □ における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： □ 鉛直： □ *下線部が工認記載値	加振中及び加振後に正常に動作すること。
		盤内の器具 ・ 配線用遮断器 【A】	地震時及び地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 □ の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が □ であることを確認。 2. 正弦波加振試験 □ における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： □ 鉛直： □	加振中及び加振後に正常に動作すること。
		盤内の器具 ・ 交流電流計 【A】	地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 □ の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が □ であることを確認。 2. 正弦波加振試験 □ における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： □ 鉛直： □	加振後に正常に動作すること。
		盤内の器具 ・ スイッチ 【A】	地震時及び地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 □ の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が □ であることを確認。 2. 正弦波加振試験 □ における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： □ 鉛直： □	加振中及び加振後に正常に動作すること。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

設備	記載箇所	評価部位 【加振試験 No.*1】	要求機能	加振方向	試験内容*2	機能確認済 加速度*2,*3 ( $\times 9.8m/s^2$ )	判定基準
パワーセンタ (緊急用)	VI-2-10-1-4-13	パワーセンタ盤 【B】	地震時及び地震後の電氣的機能	水平1方向と鉛直の2方向同時加振を水平2方向に対して実施	1. 共振点検索試験 □の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が□であることを確認。 2. 模擬地震波加振試験*4 模擬地震波による加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： 鉛直： □	加振中及び加振後に正常に動作すること。
モーターコントロールセンタ (緊急用)	VI-2-10-1-4-14	モーターコントロールセンタ盤 【B】	地震時及び地震後の電氣的機能	水平1方向と鉛直の2方向同時加振を水平2方向に対して実施	1. 共振点検索試験 □の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が□であることを確認。 2. 模擬地震波加振試験*4 模擬地震波による加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： 鉛直： □	加振中及び加振後に正常に動作すること。
ガスタービン発電設備燃料移送ポンプ 接続盤	VI-2-10-1-4-15	盤内の器具 ・配線用遮断器 【A】	地震時及び地震後の電氣的機能	水平単独2方向及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 □の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が□であることを確認。 2. 正弦波加振試験 □における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： 鉛直： □	加振中及び加振後に正常に動作すること。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

設備	記載箇所	評価部位 【加振試験 No.*1】	要求機能	加振方向	試験内容*2	機能確認済 加速度*2,*3 ( $\times 9.8m/s^2$ )	判定基準
460V 原子炉建屋交流電源切替盤 (緊急用)	VI-2-10-1-4-16	切替盤 【B】	地震時及び地震後の電氣的機能	水平1方向と鉛直の2方向同時加振を水平2方向に対して実施	1. 共振点検索試験 □の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が□であることを確認。 2. 模擬地震波加振試験*4 模擬地震波による加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： 鉛直： □	加振中及び加振後に正常に動作すること。
120V 原子炉建屋交流電源切替盤 (緊急用)	VI-2-10-1-4-17	切替盤 【B】	地震時及び地震後の電氣的機能	水平1方向と鉛直の2方向同時加振を水平2方向に対して実施	1. 共振点検索試験 □の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が□であることを確認。 2. 模擬地震波加振試験*4 模擬地震波による加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： 鉛直： □	加振中及び加振後に正常に動作すること。
中央制御室 120V 交流分電盤 (緊急用)	VI-2-10-1-4-18	盤内の器具 ・配線用遮断器 【A】	地震時及び地震後の電氣的機能	水平単独2方向及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 □の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が□であることを確認。 2. 正弦波加振試験 □における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： 鉛直： □	加振中及び加振後に正常に動作すること。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



設備	記載箇所	評価部位 【加振試験 No.*1】	要求機能	加振方向	試験内容*2	機能確認済 加速度*2,*3 ( $\times 9.8m/s^2$ )	判定基準
メタルラッドスイッチギア (緊急時 対策所用)	VI-2-10-1-4- 19	盤内の器具 ・ 継電器 【A】	地震時及び地震 後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 □ の振動数領域を含む正弦波を 入力し, 応答波形から共振点が □ であることを確認。 2. 正弦波加振試験 □ における加振試験を行い, 機能 が維持されることを確認。	水平: □ 鉛直: □ *下線部が工 認記載値	加振中及び加振後 に正常に動作する こと。
		盤内の器具 ・ 配線用遮断器 【A】	地震時及び地震 後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 □ の振動数領域を含む正弦波を 入力し, 応答波形から共振点が □ であることを確認。 2. 正弦波加振試験 □ における加振試験を行い, 機能 が維持されることを確認。	水平: □ 鉛直: □	加振中及び加振後 に正常に動作する こと。
		盤内の器具 ・ 交流電流計 【A】	地震後の電氣的 機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 □ の振動数領域を含む正弦波を 入力し, 応答波形から共振点が □ であることを確認。 2. 正弦波加振試験 □ における加振試験を行い, 機能 が維持されることを確認。	水平: □ 鉛直: □	加振後に正常に動 作すること。
		盤内の器具 ・ スイッチ 【A】	地震時及び地震 後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 □ の振動数領域を含む正弦波を 入力し, 応答波形から共振点が □ であることを確認。 2. 正弦波加振試験 □ における加振試験を行い, 機能 が維持されることを確認。	水平: □ 鉛直: □	加振中及び加振後 に正常に動作する こと。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

設備	記載箇所	評価部位 【加振試験 No.*1】	要求機能	加振方向	試験内容*2	機能確認済 加速度*2,*3 ( $\times 9.8m/s^2$ )	判定基準
モータコントロールセンタ(緊急時対策用)	VI-2-10-1-4-21	モータコントロールセンタ盤 【B】	地震時及び地震後の電氣的機能	水平1方向と鉛直の2方向同時加振を水平2方向に対して実施	1. 共振点検索試験 □の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が□であることを確認。 2. 模擬地震波加振試験*4 模擬地震波による加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： 鉛直： □	加振中及び加振後に正常に動作すること。
105V 交流電源切替盤(緊急時対策用)	VI-2-10-1-4-22	切替盤 【B】	地震時及び地震後の電氣的機能	水平1方向と鉛直の2方向同時加振を水平2方向に対して実施	1. 共振点検索試験 □の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が□であることを確認。 2. 模擬地震波加振試験*4 模擬地震波による加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： 鉛直： □	加振中及び加振後に正常に動作すること。
105V 交流分電盤(緊急時対策用)	VI-2-10-1-4-23	盤内の器具 ・配線用遮断器 【A】	地震時及び地震後の電氣的機能	水平単独2方向及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 □の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が□であることを確認。 2. 正弦波加振試験 □における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： 鉛直： □	加振中及び加振後に正常に動作すること。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

設備	記載箇所	評価部位 【加振試験 No.*1】	要求機能	加振方向	試験内容*2	機能確認済 加速度*2,*3 ( $\times 9.8m/s^2$ )	判定基準
120V 交流分電盤 (緊急時対策所用)	VI-2-10-1-4- 24	盤内の器具 ・配線用遮断器 【A】	地震時及び地震 後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を 入力し, 応答波形から共振点が [ ] であることを確認。 2. 正弦波加振試験 [ ] における加振試験を行い, 機能 が維持されることを確認。	水平 : [ ] 鉛直 : [ ]	加振中及び加振後 に正常に動作する こと。
210V 交流分電盤 (緊急時対策所用)	VI-2-10-1-4- 25	盤内の器具 ・配線用遮断器 【A】	地震時及び地震 後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を 入力し, 応答波形から共振点が [ ] であることを確認。 2. 正弦波加振試験 [ ] における加振試験を行い, 機能 が維持されることを確認。	水平 : [ ] 鉛直 : [ ]	加振中及び加振後 に正常に動作する こと。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

設備	記載箇所	評価部位 【加振試験 No.*1】	要求機能	加振方向	試験内容*2	機能確認済 加速度*2,*3 ( $\times 9.8m/s^2$ )	判定基準
125V 直流主母線盤 (緊急時対策所用)	VI-2-10-1-4-26	パワーセンタ盤 【B】	地震時及び地震後の電氣的機能	水平1方向と鉛直の2方向同時加振を水平2方向に対して実施	1. 共振点検索試験 □の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が□であることを確認。 2. 模擬地震波加振試験*4 模擬地震波による加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： 鉛直： □	加振中及び加振後に正常に動作すること。
		モータコントロールセンタ盤 【B】	地震時及び地震後の電氣的機能	水平1方向と鉛直の2方向同時加振を水平2方向に対して実施	1. 共振点検索試験 □の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が□であることを確認。 2. 模擬地震波加振試験*4 模擬地震波による加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： 鉛直： □	加振中及び加振後に正常に動作すること。
		盤内の器具 ・配線用遮断器 【A】	地震時及び地震後の電氣的機能	水平単独2方向及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 □の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が□であることを確認。 2. 正弦波加振試験 □における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： 鉛直： □	加振中及び加振後に正常に動作すること。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

設備	記載箇所	評価部位 【加振試験 No.*1】	要求機能	加振方向	試験内容*2	機能確認済 加速度*2,*3 ( $\times 9.8m/s^2$ )	判定基準
125V 充電器 2A 及び 2B	VI-2-10-1-4- 27	盤内の器具 ・配線用遮断器 【A】	地震時及び地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点 [ ] であることを確認。 2. 正弦波加振試験 [ ] における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： 鉛直： [ ]	加振中及び加振後に正常に動作すること。
			地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点 [ ] であることを確認。 2. 正弦波加振試験 [ ] における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： 鉛直： [ ] *下線部が工 認記載値	加振後に正常に動作すること。
			地震時及び地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点 [ ] であることを確認。 2. 正弦波加振試験 [ ] における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： 鉛直： [ ] *下線部が工 認記載値	加振中及び加振後に正常に動作すること。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

設備	125V 直流主母線盤 2A 及び 2B	記載箇所	VI-2-10-1-4-28	評価部位 【加振試験 No.*1】	パワーセンタ盤 【B】	要求機能	地震時及び地震後の電氣的機能	加振方向	水平 1 方向と鉛直の 2 方向同時加振を水平 2 方向に対して実施	試験内容*2	1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が [ ] であることを確認。 2. 模擬地震波加振試験*4 模擬地震波による加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	機能確認済 加速度*2、*3 ( $\times 9.8m/s^2$ )	水平： 鉛直： [ ]	判定基準	加振中及び加振後に正常に動作すること。
				モータコントロールセンタ盤 【B】	地震時及び地震後の電氣的機能	水平 1 方向と鉛直の 2 方向同時加振を水平 2 方向に対して実施	1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が [ ] であることを確認。 2. 模擬地震波加振試験*4 模擬地震波による加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： 鉛直： [ ]	加振中及び加振後に正常に動作すること。						

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

設備	125V 直流主母線盤 2A-1 及び 2B-1	記載箇所	VI-2-10-1-4-29	評価部位 【加振試験 No.*1】 パーセンタ盤 【B】	要求機能 地震時及び地震後の電氣的機能	加振方向 水平 1 方向と鉛直の 2 方向同時加振を水平 2 方向に対して実施	試験内容*2 1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が [ ] であることを確認。 2. 模擬地震波加振試験*4 模擬地震波による加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	機能確認済 加速度*2、*3 ( $\times 9.8m/s^2$ ) 水平 : [ ] 鉛直 : [ ]	判定基準 加振中及び加振後に正常に動作すること。
				評価部位 【B】 モータコントロールセンタ盤 【B】	要求機能 地震時及び地震後の電氣的機能	加振方向 水平 1 方向と鉛直の 2 方向同時加振を水平 2 方向に対して実施	試験内容*2 1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が [ ] であることを確認。 2. 模擬地震波加振試験*4 模擬地震波による加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	機能確認済 加速度*2、*3 ( $\times 9.8m/s^2$ ) 水平 : [ ] 鉛直 : [ ]	判定基準 加振中及び加振後に正常に動作すること。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

設備	記載箇所	評価部位 【加振試験 No.*1】	要求機能	加振方向	試験内容*2	機能確認済 加速度*2,*3 ( $\times 9.8m/s^2$ )	判定基準
125V 直流分電盤 2A-1, 2A-2, 2A-3, 2B-1, 2B-2 及び 2B-3	VI-2-10-1-4-30	盤内の器具 ・配線用遮断器 【A】	地震時及び地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 □ の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が□であることを確認。 2. 正弦波加振試験 □ における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： □ 鉛直： □	加振中及び加振後に正常に動作すること。
125V 直流電源切替盤 2A 及び 2B	VI-2-10-1-4-31	切替盤 【B】	地震時及び地震後の電氣的機能	水平 1 方向と鉛直の 2 方向同時加振を水平 2 方向に対して実施	1. 共振点検索試験 □ の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が□であることを確認。 2. 模擬地震波加振試験*4 模擬地震波による加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： □ 鉛直： □	加振中及び加振後に正常に動作すること。
125V 直流 RCIC モーターコントロールセンター	VI-2-10-1-4-32	モーターコントロール盤 【B】	地震時及び地震後の電氣的機能	水平 1 方向と鉛直の 2 方向同時加振を水平 2 方向に対して実施	1. 共振点検索試験 □ の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が□であることを確認。 2. 模擬地震波加振試験*4 模擬地震波による加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： □ 鉛直： □	加振中及び加振後に正常に動作すること。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



設備	記載箇所	評価部位 【加振試験 No.*1】	要求機能	加振方向	試験内容*2	機能確認済 加速度*2,*3 ( $\times 9.8m/s^2$ )	判定基準
125V 充電器 2H	VI-2-10-1-4-33	盤内の器具 ・配線用遮断器 【A】	地震時及び地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 □の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が□であることを確認。 2. 正弦波加振試験 □における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平：□ 鉛直：□	加振中及び加振後に正常に動作すること。
		盤内の器具 ・切替スイッチ 【A】	地震時及び地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 □の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が□であることを確認。 2. 正弦波加振試験 □における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平：□ 鉛直：□	加振中及び加振後に正常に動作すること。
		盤内の器具 ・指示計 【A】	地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 □の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が□であることを確認。 2. 正弦波加振試験 □における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平：□ 鉛直：□ *下線部が工認記載値	加振後に正常に動作すること。
		盤内の器具 ・制御装置 ・継電器 ・センサ ・スイッチ ・電磁接触器 【A】	地震時及び地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 □の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が□であることを確認。 2. 正弦波加振試験 □における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平：□ 鉛直：□ *下線部が工認記載値	加振中及び加振後に正常に動作すること。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

設備	記載箇所	評価部位 【加振試験 No.*1】	要求機能	加振方向	試験内容*2	機能確認済 加速度*2,*3 ( $\times 9.8m/s^2$ )	判定基準
125V 直流主母線盤 2H	VI-2-10-1-4-34	パワーセンタ盤 【B】	地震時及び地震後の電氣的機能	水平 1 方向と鉛直の 2 方向同時加振を水平 2 方向に対して実施	1. 共振点検索試験 □の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が□であることを確認。 2. 模擬地震波加振試験*4 模擬地震波による加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： 鉛直： □	加振中及び加振後に正常に動作すること。
125V 直流分電盤 2H	VI-2-10-1-4-35	盤内の器具 ・配線用遮断器 【A】	地震時及び地震後の電氣的機能	水平 1 方向と鉛直の 2 方向同時加振を水平 2 方向に対して実施	1. 共振点検索試験 □の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が□であることを確認。 2. 模擬地震波加振試験*4 模擬地震波による加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： 鉛直： □	加振中及び加振後に正常に動作すること。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

設備	記載箇所	評価部位 【加振試験 No.*1】	要求機能	加振方向	試験内容*2	機能確認済 加速度*2,*3 ( $\times 9.8m/s^2$ )	判定基準
125V 代替充電器	VI-2-10-1-4-36	盤内の器具 ・配線用遮断器 【A】	地震時及び地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点 [ ] であることを確認。 2. 正弦波加振試験 [ ] における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： [ ] 鉛直： [ ]	加振中及び加振後に正常に動作すること。
			地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点 [ ] であることを確認。 2. 正弦波加振試験 [ ] における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： [ ] 鉛直： [ ] *下線部が工認記載値	加振後に正常に動作すること。
			地震時及び地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点 [ ] であることを確認。 2. 正弦波加振試験 [ ] における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： [ ] 鉛直： [ ] *下線部が工認記載値	加振中及び加振後に正常に動作すること。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

設備	記載箇所	評価部位 【加振試験 No.*1】	要求機能	加振方向	試験内容*2	機能確認済 加速度*2,*3 ( $\times 9.8m/s^2$ )	判定基準
250V 充電器	VI-2-10-1-4-37	盤内の器具 ・配線用遮断器 【A】	地震時及び地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点 [ ] であることを確認。 2. 正弦波加振試験 [ ] における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： 鉛直： [ ]	加振中及び加振後に正常に動作すること。
			地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点 [ ] であることを確認。 2. 正弦波加振試験 [ ] における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： 鉛直： [ ] *下線部が工認記載値	加振後に正常に動作すること。
			地震時及び地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点 [ ] であることを確認。 2. 正弦波加振試験 [ ] における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： 鉛直： [ ] *下線部が工認記載値	加振中及び加振後に正常に動作すること。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

設備	記載箇所	評価部位 【加振試験 No.*1】	要求機能	加振方向	試験内容*2	機能確認済 加速度*2,*3 ( $\times 9.8m/s^2$ )	判定基準
250V 直流主母線盤	VI-2-10-1-4-38	パワーセンタ盤 【B】	地震時及び地震後の電氣的機能	水平1方向と鉛直の2方向同時加振を水平2方向に対して実施	1. 共振点検索試験 □の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が□であることを確認。 2. 模擬地震波加振試験*4 模擬地震波による加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： 鉛直： □	加振中及び加振後に正常に動作すること。
					1. 共振点検索試験 □の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が□であることを確認。 2. 正弦波加振試験 □における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： 鉛直： □	加振中及び加振後に正常に動作すること。
					1. 共振点検索試験 □の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が□であることを確認。 2. 模擬地震波加振試験*4 模擬地震波による加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： 鉛直： □	加振中及び加振後に正常に動作すること。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

設備	記載箇所	評価部位 【加振試験 No.*1】	要求機能	加振方向	試験内容*2	機能確認済 加速度*2,*3 ( $\times 9.8m/s^2$ )	判定基準
津波監視カメラ	VI-2-10-2-13-1	監視カメラ 【A】	地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点 [ ] であることを確認。 2. サインビート波加振試験 [ ] における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： 鉛直： [ ]	加振後に正常に動作すること。
取水ビット水位計	VI-2-10-2-13-2	津波監視設備制御盤 【B】	地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点 [ ] であることを確認。 2. サインビート波加振試験 [ ] における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： 鉛直： [ ]	加振後に正常に動作すること。
		差圧式水位検出器 【A】	地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点 [ ] であることを確認。 2. 正弦波加振試験 [ ] における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： 鉛直： [ ]	加振後に正常に動作すること。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

設備	記載箇所	評価部位 【加振試験 No.*1】	要求機能	加振方向	試験内容*2	機能確認済 加速度*2,*3 (×9.8m/s <sup>2</sup> )	判定基準
地下水位低下設備水位計	VI-2-13-8	圧力式水位検出器 【B】	地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 □の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が□であることを確認。 2. サイン波試験 □における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： □ 鉛直： □	加振後に正常に動作すること。
地下水位低下設備制御盤	VI-2-13-9	盤内の器具 ・演算装置 ・VDU ・電源装置 【A】	地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 □の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が□であることを確認。 2. 正弦波加振試験 □における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： □ 鉛直： □	加振後に正常に動作すること。
地下水位低下設備電源盤	VI-2-13-10	盤内の器具 ・配線用遮断器 ・無停電電源装置 【A】	地震時及び地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 □の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が□であることを確認。 2. 正弦波加振試験 □における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： □ 鉛直： □	加振中及び加振後に正常に動作すること。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

設備	記載箇所	評価部位 【加振試験 No.*1】	要求機能	加振方向	試験内容*2	機能確認済 加速度*2,*3 ( $\times 9.8m/s^2$ )	判定基準
火災感知器	VI-2-別添 1-2	熱感知器 煙感知器 防水型熱感知器 防爆型煙感知器 ① 【A】	地震後の電氣的 機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 □の振動数領域を含む正弦波を 入力し、応答波形から共振点が□ であることを確認。 2. 正弦波加振試験 □における加振試験を行い、機能 が維持されることを確認。	水平： 鉛直： □	加振後に正常に動 作すること。
		防爆型熱感知器 防爆型煙感知器 ② 【A】	地震後の電氣的 機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 □の振動数領域を含む正弦波を 入力し、応答波形から共振点が□ であることを確認。 2. 正弦波加振試験 □における加振試験を行い、機能 が維持されることを確認。	水平： 鉛直： □	加振後に正常に動 作すること。
		防湿型煙感知器 【A】	地震後の電氣的 機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 □の振動数領域を含む正弦波を 入力し、応答波形から共振点が□ であることを確認。 2. 正弦波加振試験 □における加振試験を行い、機能 が維持されることを確認。	水平： 鉛直： □	加振後に正常に動 作すること。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



設備	記載箇所	評価部位 【加振試験 No.*1】	要求機能	加振方向	試験内容*2	機能確認済 加速度*2,*3 ( $\times 9.8m/s^2$ )	判定基準
火災感知器 (続き)	VI-2-別添 1-2	炎感知器 【A】	地震後の電氣的 機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を 入力し, 応答波形から共振点が [ ] [ ] であることを確認。 2. 正弦波加振試験 [ ] における加振試験を行い, 機能 が維持されることを確認。	水平 : [ ] 鉛直 : [ ]	加振後に正常に動 作すること。
					1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を 入力し, 応答波形から共振点が [ ] [ ] であることを確認。 2. サインビート波加振試験 [ ] における加振試験を行い, 機能 が維持されることを確認。	水平 : [ ] 鉛直 : [ ]	加振後に正常に動 作すること。
					1. 共振点検索試験 [ ] の振動数領域を含む正弦波を 入力し, 応答波形から共振点が [ ] [ ] であることを確認。 2. 正弦波加振試験 [ ] における加振試験を行い, 機能 が維持されることを確認。	水平 : [ ] 鉛直 : [ ]	加振後に正常に動 作すること。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

設備	記載箇所	評価部位 【加振試験 No.*1】	要求機能	加振方向	試験内容*2	機能確認済 加速度*2,*3 (×9.8m/s <sup>2</sup> )	判定基準
火災受信機器	VI-2-別添 1-3	火災受信機器 【A】	地震後の電氣的 機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 □の振動数領域を含む正弦波を 入力し、応答波形から共振点が□ であることを確認。 2. 正弦波加振試験 □における加振試験を行い、機能 が維持されることを確認。	水平： □ 鉛直： □	加振後に正常に動 作すること。
ガスボンベ設備	VI-2-別添 1-4	ハロンガス消火 設備容器弁 【A】	地震後の動的機 能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 □の振動数領域を含む正弦波を 入力し、応答波形から共振点が□ であることを確認。 2. 正弦波加振試験 □における加振試験を行い、機能 が維持されることを確認。	水平： □ 鉛直： □	加振後に正常に動 作すること。
		ケーブルトレイ 消火設備容器弁 【A】	地震後の動的機 能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 □の振動数領域を含む正弦波を 入力し、応答波形から共振点が□ であることを確認。 2. 正弦波加振試験 □における加振試験を行い、機能 が維持されることを確認。	水平： □ 鉛直： □	加振後に正常に動 作すること。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

設備	記載箇所	評価部位 【加振試験 No.*1】	要求機能	加振方向	試験内容*2	機能確認済 加速度*2,*3 ( $\times 9.8m/s^2$ )	判定基準
選択弁	VI-2-別添 1-5	選択弁 【A】	地震後の動的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 □の振動数領域を含む正弦波を □入力し、応答波形から共振点が□ □であることを確認。 2. 正弦波加振試験 □における加振試験を行い、機能 が維持されることを確認。	水平： □ 鉛直： □	加振後に正常に動 作すること。
制御盤	VI-2-別添 1-6	制御盤 【B】	地震後の電氣的 機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 □の振動数領域を含む正弦波を □入力し、応答波形から共振点が□ □であることを確認。 2. 正弦波加振試験 □における加振試験を行い、機能 が維持されることを確認。	水平： □ 鉛直： □	加振後に正常に動 作すること。
循環水系隔離システム	VI-2-別添 2-4	電極式水位検出 器 【A】	地震時及び地震 後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 □の振動数領域を含む正弦波を □入力し、応答波形から共振点が□ □であることを確認。 2. 正弦波加振試験 □における加振試験を行い、機能 が維持されることを確認。	水平： □ 鉛直： □	加振中及び加振後 に正常に動作する こと。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

設備	記載箇所	評価部位 【加振試験 No.*1】	要求機能	加振方向	試験内容*2	機能確認済 加速度*2,*3 ( $\times 9.8m/s^2$ )	判定基準
タービン補機冷却海水系隔離システム	VI-2-別添 2-5	電極式水位検出器 【A】	地震時及び地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 □の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が□であることを確認。 2. 正弦波加振試験 □における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： □ 鉛直： □	加振中及び加振後に正常に動作すること。
		電極式水位検出器 【A】	地震時及び地震後の電氣的機能	水平単独 2 方向 及び鉛直単独	1. 共振点検索試験 □の振動数領域を含む正弦波を入力し、応答波形から共振点が□であることを確認。 2. 正弦波加振試験 水平□, 鉛直□における加振試験を行い、機能が維持されることを確認。	水平： □ 鉛直： □	加振中及び加振後に正常に動作すること。

注記\*1：加振試験 No は、表 3-1 の No との紐づけを示す。

\*2：記載の数値については、加振試験報告書の記録に基づいている。

\*3：機能確認済加速度が異なる器具が取り付いている盤については、各器具の水平と鉛直の最小値を盤の機能確認済加速度として用いることから、盤の機能確認済加速度として耐震計算書に記載する数値を下線にて示す。

\*4：加振試験に適用した加速度及び模擬地震波の適切性について添付-1 に示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

### 3. 機能維持加速度の設定について

機能維持評価に用いる機能維持評価用加速度は、機能維持評価を要する器具を取り付ける支持構造物（盤、計装ラック、スタンション等）の構造と、加振試験の体系を踏まえ、以下の表 3-1 の考えに基づき設定する。

表3-1 機能維持評価用加速度の設定について

No	支持構造物の設計	支持構造物の加振試験有無	機能維持評価用加速度	機能確認済加速度	図解番号	具体例
A	支持構造物が剛な設備	無	1.0ZPA（設置床の最大応答加速度）	器具単体の加振試験により確認した加速度	図 3-1	使用済燃料プール監視カメラ等
B	支持構造物が剛な設備	有	1.0ZPA（設置床の最大応答加速度）	支持構造物を含めた加振試験により確認した加速度	図 3-2	パワーセンタ（非常用）等
C	支持構造物が柔な設備	有	器具の取付位置に生じる応答加速度	器具単体の加振試験により確認した加速度	図 3-3	衛星電話設備（固定型）等

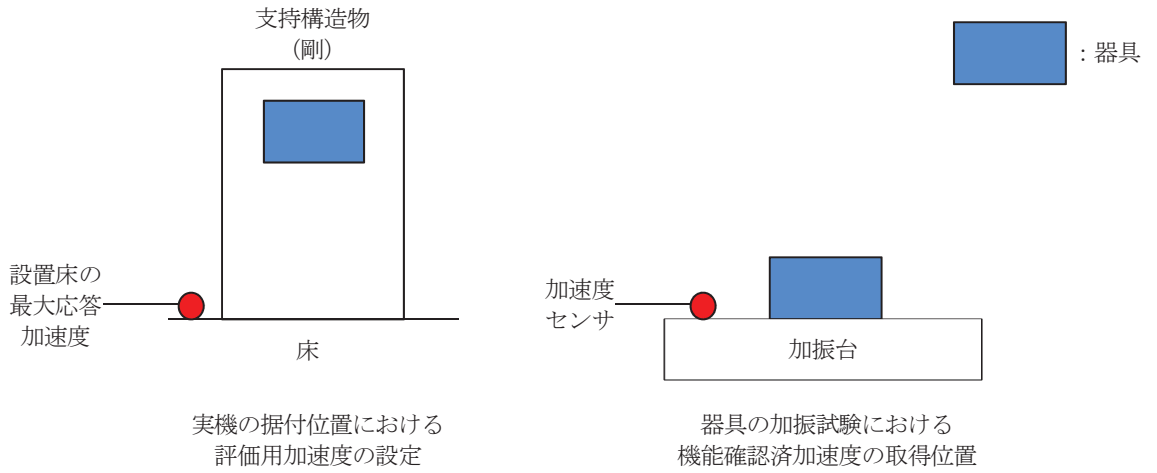


図 3-1 支持構造物が剛な設備かつ器具単体の加振試験を実施した場合

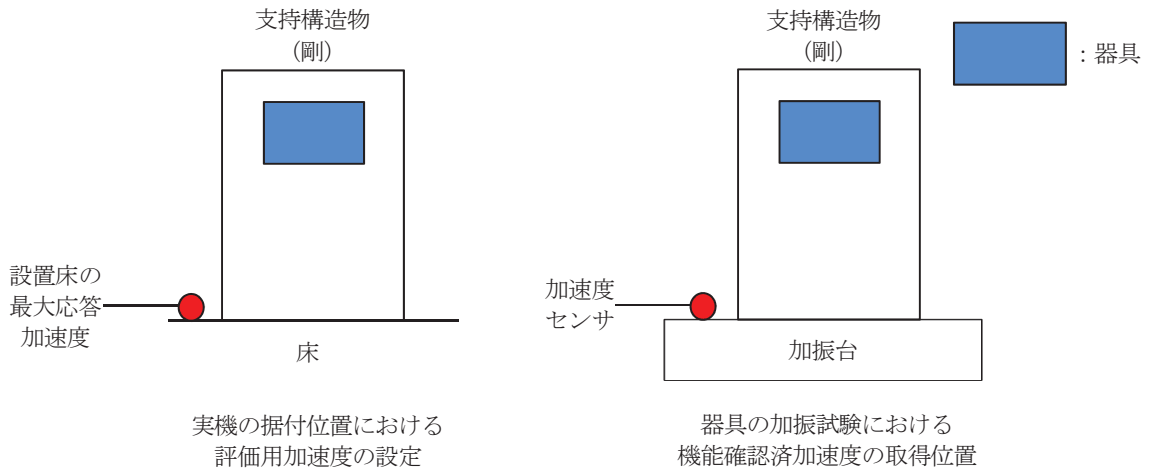


図 3-2 支持構造物が剛な設備かつ支持構造物を含めた加振試験を実施した場合

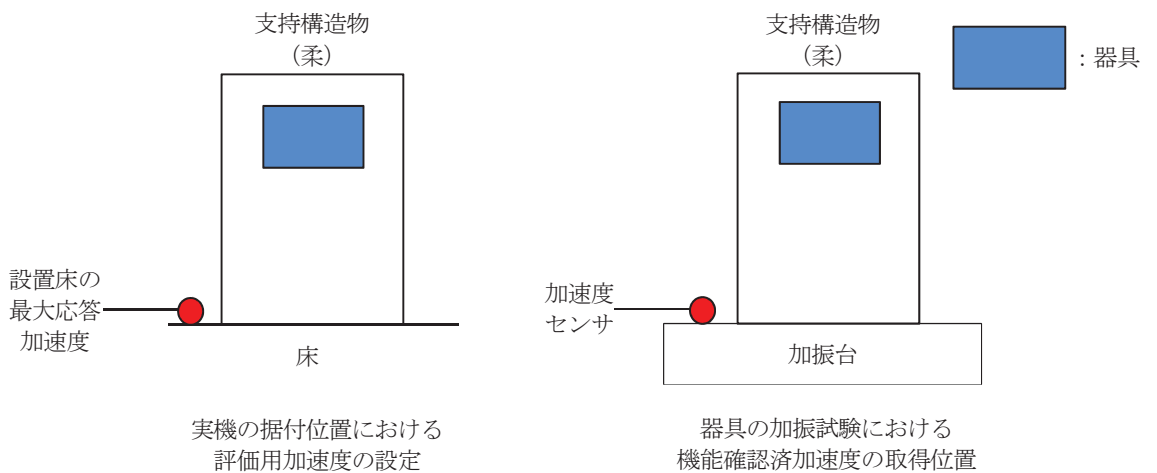


図 3-3 支持構造物が柔な設備かつ支持構造物を含めた加振試験を実施した場合

## パワーセンタ，モータコントロールセンタ及び電源切替盤の模擬地震波について

## 1. 概要

本資料は，2. 加振試験の概要に示す設備の内，パワーセンタ，モータコントロールセンタ及び電源切替盤について，加振試験に適用した加速度及び模擬地震波の適切性について，補足するものである。

## 2. 設計用地震動

## 2.1 パワーセンタ

パワーセンタは，原子炉建屋地下1階，1階及び2階並びに制御建屋地下2階及び地下1階に設置している。パワーセンタの設計に適用する設計用最大応答加速度（以下「設計用ZPA」という。）及び設計用床応答曲線（以下「設計用FRS」という。）については，添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に示すとおりである。

## 2.2 モータコントロールセンタ

モータコントロールセンタは，原子炉建屋地下1階，1階及び2階，制御建屋地下2階及び地下1階，緊急用電気品建屋地下1階並びに緊急時対策所建屋1階に設置している。モータコントロールセンタの設計に適用する設計用ZPA及び設計用FRSについては，添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に示すとおりである。

## 2.3 電源切替盤

電源切替盤は，原子炉建屋1階及び2階に設置している。電源切替盤の設計に適用する設計用ZPA及び設計用FRSについては，添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に示すとおりである。

## 3. 減衰定数

試験時に振動台で計測された加速度（以下「試験時ZPA」という。）及び床応答曲線（以下「試験時FRS」という。）が設計用ZPA及び設計用FRSを上回っていることを確認するが，パワーセンタ，モータコントロールセンタ及び電源切替盤のFRSを作成する際に用いる減衰定数については，添付書類「VI-2-1-6 機能維持の基本方針」に基づき，水平方向4%及び鉛直方向1%とする。

4. 試験の加速度及び床応答曲線の設計条件の包絡性

パワーセンタ、モータコントロールセンタ及び電源切替盤の耐震評価においては、大型設備を搭載可能な能力を有した清水建設（株）先端地震防災研究棟の3次元振動台（以下「振動台」という。）を用いることにより、加振試験にて評価している。振動台の仕様を表4-1に示す。

同振動台を使用して、各設備の固有振動数を確認した結果を表4-2に示す。いずれの盤も設計どおり20Hzを上回っており剛な設備であることを確認した。

試験時ZPA及び試験時FRSと設計用ZPA及び設計用FRSの比較を、表4-3と図4-1～4-6に示す。パワーセンタ、モータコントロールセンタ及び電源切替盤のいずれにおいても、試験時ZPA及び試験時FRSが水平方向、鉛直方向ともに設計用ZPA及び設計用FRSを上回っていることを確認した。

表4-1 加振台の仕様

加振台の大きさ		7000mm×7000mm
最大搭載重量		70ton
最大加速度	水平	3.7m/s <sup>2</sup>
	鉛直	4.2m/s <sup>2</sup>

表4-2 固有振動数の確認結果

設備	固有振動数 (Hz)
パワーセンタ	<input type="text"/>
モータコントロールセンタ	<input type="text"/>
電源切替盤	<input type="text"/>

表4-3 試験時ZPAと設計用ZPAの比較

設備	ZPA (×9.8m/s <sup>2</sup> )	
	試験時	設計用
パワーセンタ	水平方向： <input type="text"/> 鉛直方向： <input type="text"/>	水平方向：1.77 鉛直方向：1.30
モータコントロールセンタ	水平方向： <input type="text"/> 鉛直方向： <input type="text"/>	水平方向：1.77 鉛直方向：1.30
電源切替盤	水平方向： <input type="text"/> 鉛直方向： <input type="text"/>	水平方向：1.77 鉛直方向：1.30



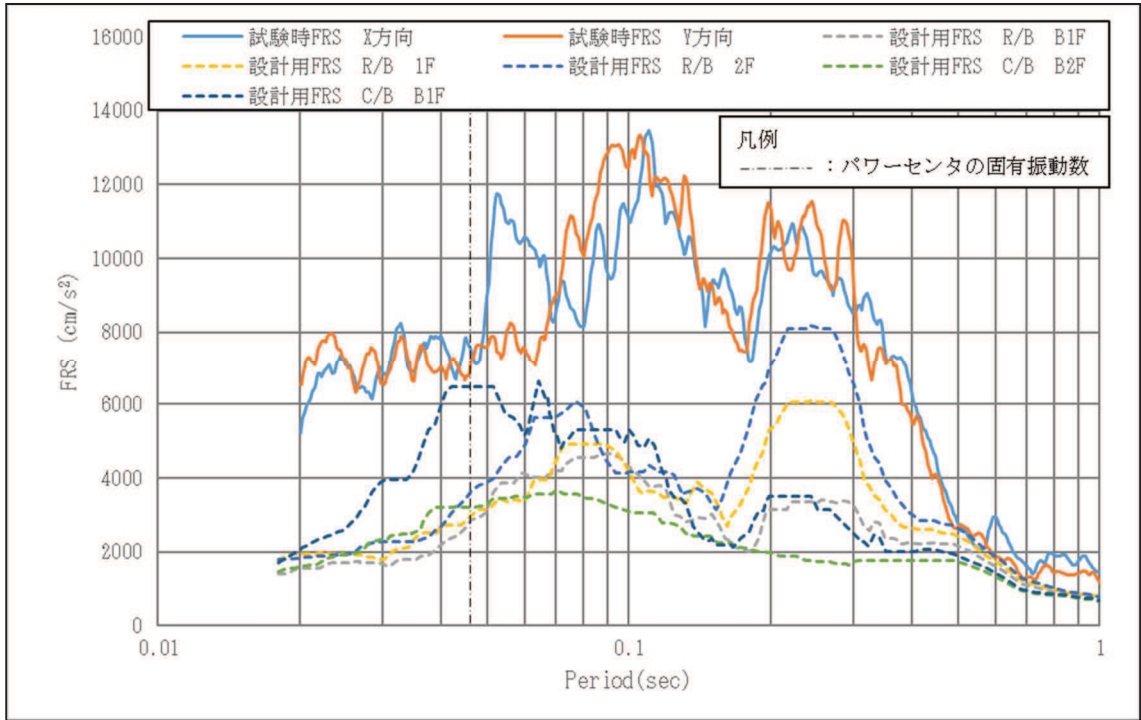


図 4-1 試験時 FRS と設計用 FRS との比較 水平方向 (パワーセンタ)

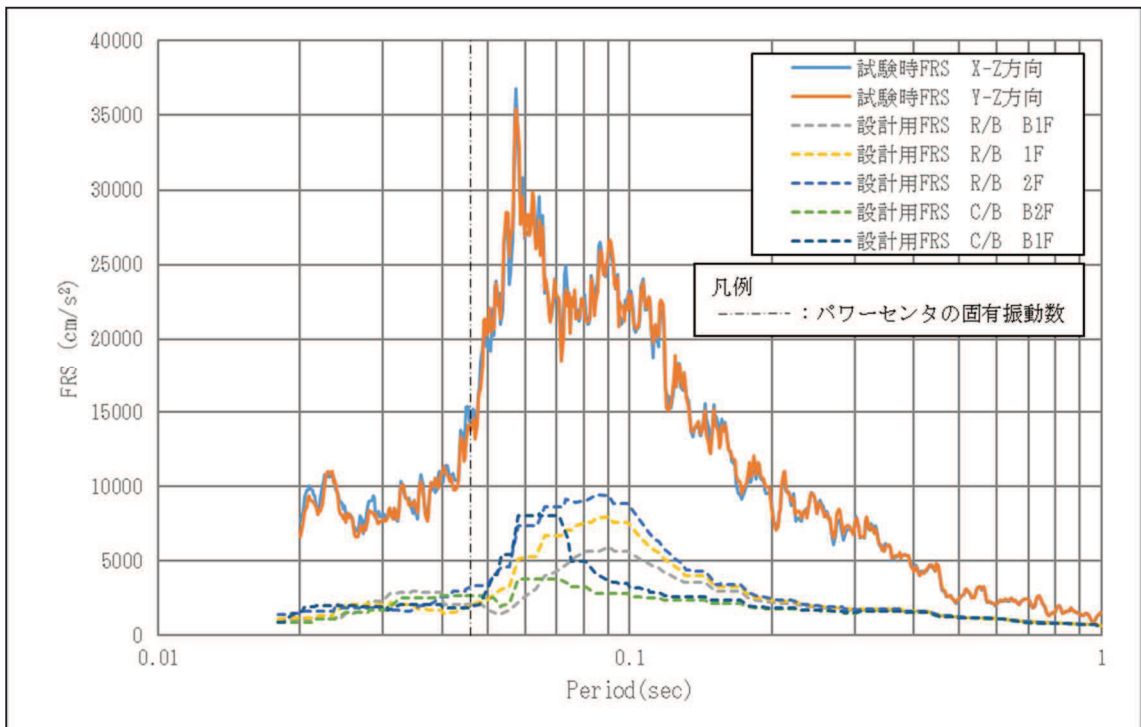


図 4-2 試験時 FRS と設計用 FRS との比較 鉛直方向 (パワーセンタ)

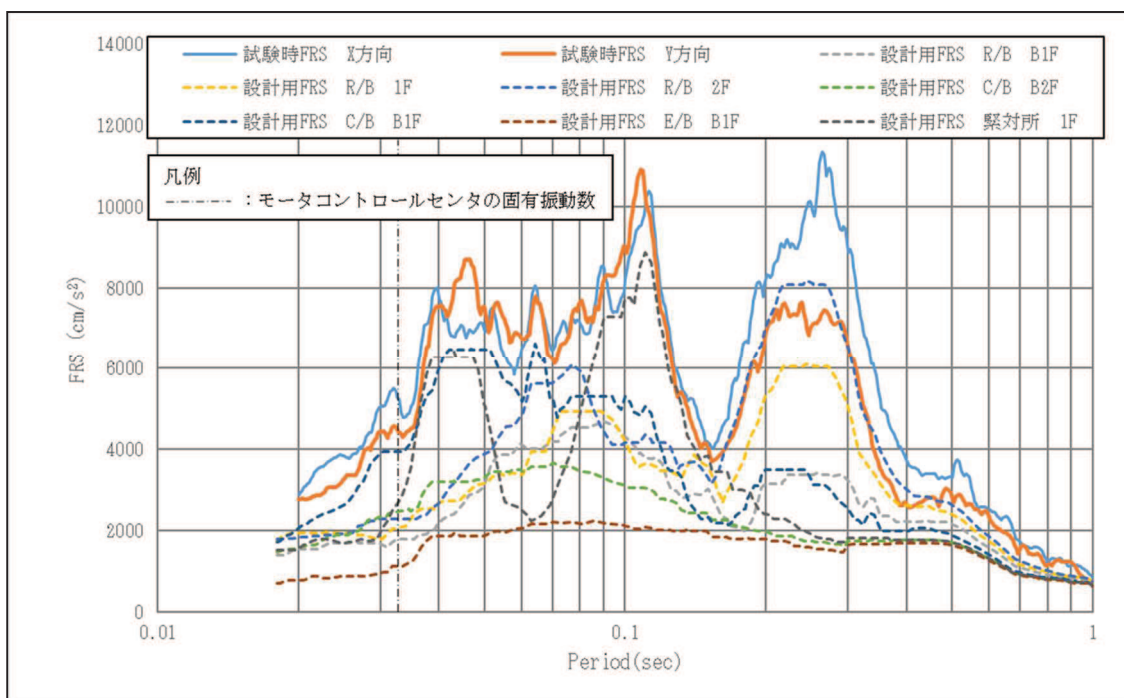


図 4-3 試験時 FRS と設計用 FRS との比較 水平方向 (モータコントロールセンタ)

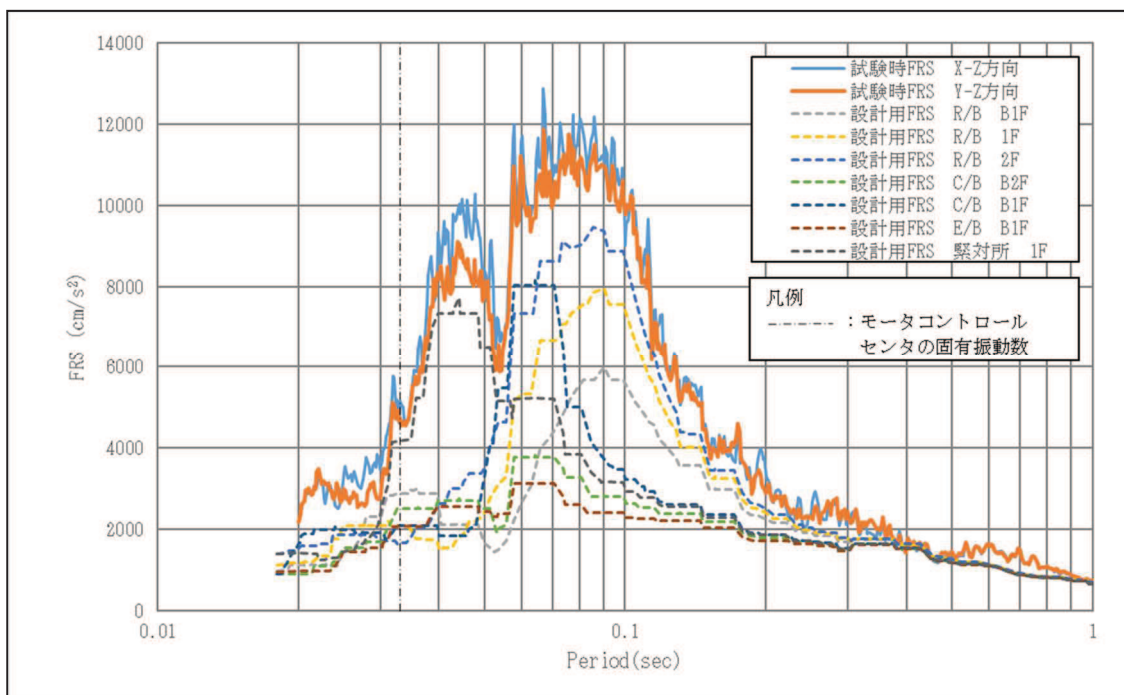


図 4-4 試験時 FRS と設計用 FRS との比較 鉛直方向 (モータコントロールセンタ)

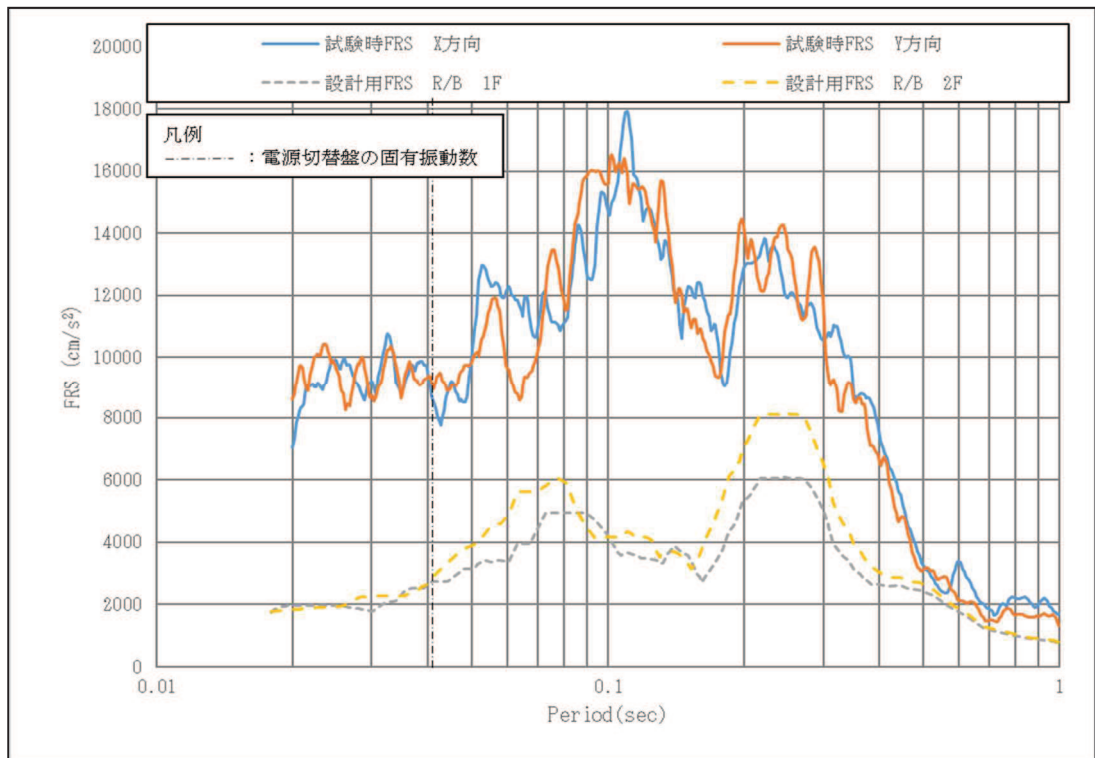


図 4-5 試験時 FRS と設計用 FRS との比較 水平方向（電源切替盤）

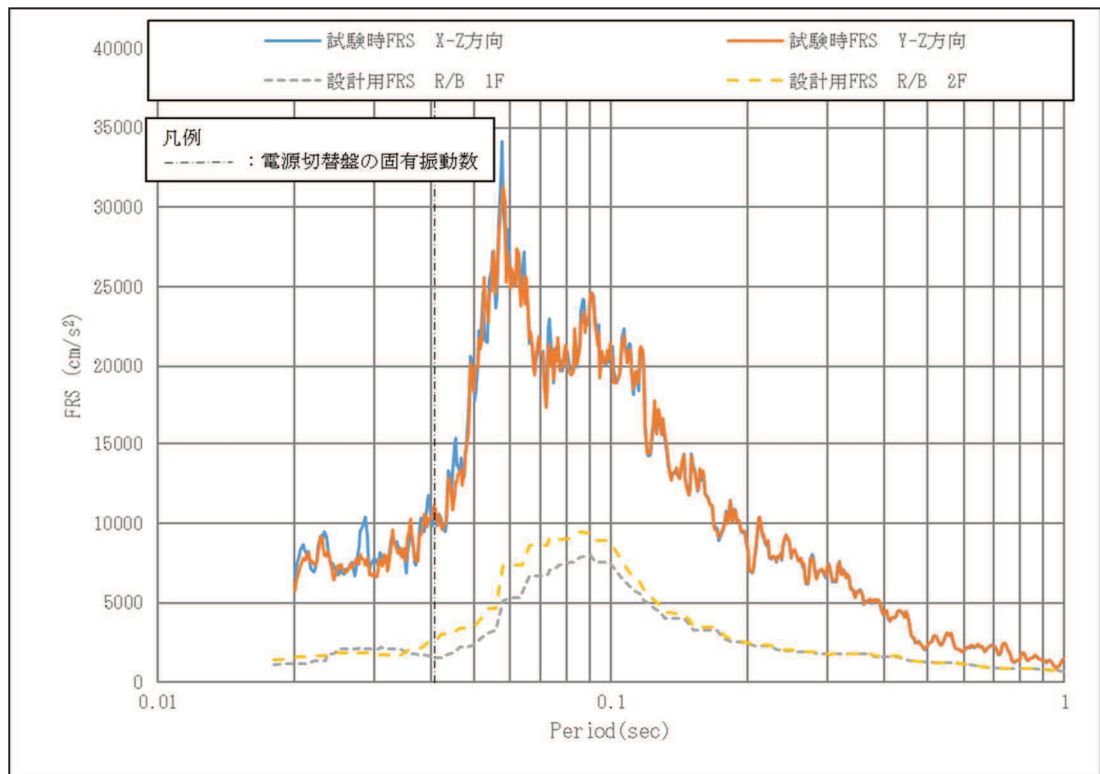


図 4-6 試験時 FRS と設計用 FRS との比較 鉛直方向（電源切替盤）

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-19-0600-26_改3
提出年月日	2021年 4月 22日

補足-600-26 メカニカルスナッパの評価手法の  
精緻化について

## 目 次

1.	はじめに	1
2.	適用範囲	1
3.	メカニカルスナップの構造及び作動原理	2
3.1	メカニカルスナップの構造	2
3.2	メカニカルスナップの作動原理	3
4.	メカニカルスナップの耐震設計	5
4.1	既工認における評価	5
4.2	メカニカルスナップの定格荷重	6
4.3	今回工認における評価	8
4.3.1	評価手順	8
4.3.2	メカニカルスナップの適用規格	10
4.3.3	今回工認における詳細評価適用の考え方	13
5.	今回工認における詳細評価の内容	19
5.1	構造部材の詳細評価	20
5.2	機能部品の詳細評価	34
6.	詳細評価結果	35
6.1	詳細評価対象メカニカルスナップ	35
6.2	構造部材の詳細評価結果	37
6.3	機能部品の詳細評価結果	44
7.	結論	47
別紙 1	メカニカルスナップ確性試験の概要	
別紙 2	メカニカルスナップに係る適用規格の内容	
別紙 3	メカニカルスナップの詳細評価方法	
別紙 4	メカニカルスナップの電力共同研究の概要	
別紙 5	メカニカルスナップの JNES 研究の概要	

## 1. はじめに

女川原子力発電所第2号機の機器・配管系の支持構造物の設計に当たっては、原子力発電所耐震設計技術指針（重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補 - 1984, J E A G 4 6 0 1 -1987 及び J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版）（(社) 日本電気協会）（以下「J E A G 4 6 0 1」）に従い、地震荷重に対して十分な強度を持たせた耐震設計としている。機器・配管系の支持構造物のうちメカニカルスナッパは、J E A G 4 6 0 1 の「その他の支持構造物」に該当するため、構造強度評価によって支持機能を評価する。

既工認におけるメカニカルスナッパの耐震設計では、J E A G 4 6 0 1 を踏まえ、あらかじめ計算により定格荷重及び定格荷重の 1.5 倍に対するメカニカルスナッパの構成部品の応力を求めて許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>S 又は許容応力状態Ⅳ<sub>A</sub>S の許容限界を満足することを確認し、定格荷重又は定格荷重の 1.5 倍を設計上の基準値として設定した上で、メカニカルスナッパに負荷される地震荷重と比較することによって耐震性を確認している。

今回工認のメカニカルスナッパの耐震設計においても、既工認同様、許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>S に対して定格荷重、許容応力状態Ⅳ<sub>A</sub>S に対して定格荷重の 1.5 倍を設計上の基準として適用することを基本とする。ただし、基準地震動  $S_s$  が増大したことによりメカニカルスナッパに負荷される地震荷重があらかじめ設定した設計上の基準値を超えた場合には、あらかじめ設定している設計上の基準値に余裕があること等を考慮し、改めて J E A G 4 6 0 1 を踏まえた詳細評価として、メカニカルスナッパに負荷される地震荷重に対する応力を算出し、許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>S 又は許容応力状態Ⅳ<sub>A</sub>S の許容限界を満足することを確認する。

本資料は、今回工認で女川原子力発電所第2号機に適用するメカニカルスナッパの詳細評価の考え方についてまとめたものである。

## 2. 適用範囲

女川原子力発電所第2号機の機器・配管系に設置する型式（SMS 型、NMB 型）のメカニカルスナッパとし、地震荷重があらかじめ設定した設計上の基準値（許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>S に対して定格荷重、許容応力状態Ⅳ<sub>A</sub>S に対して定格荷重の 1.5 倍）を超えた場合に詳細評価を適用する。

### 3. メカニカルスナップの構造及び作動原理

#### 3.1 メカニカルスナップの構造

メカニカルスナップは、プラント運転時に熱膨張が発生する高温配管の耐震用の支持装置として、地震時に発生する配管反力（地震荷重）のような急速な配管移動は拘束するが、配管の熱膨張のような緩やかな配管移動は拘束しない特徴を持った製品である。図 3-1 にメカニカルスナップの構造概要を示す。

メカニカルスナップは、ボールねじ、ボールナット等にて配管移動を等価質量の回転運動に変換し、入力加速度が小さい（緩やかな配管移動）場合は小さな抵抗力で自由に移動するが、入力加速度が大きい（急速な配管移動）場合は大きな抵抗力が発生して配管を拘束する機構を有しており、配管から伝達される荷重（配管反力）を支持するための構造部材及び配管移動に追従するための機能部品としての役割を持った部品等で構成されている。

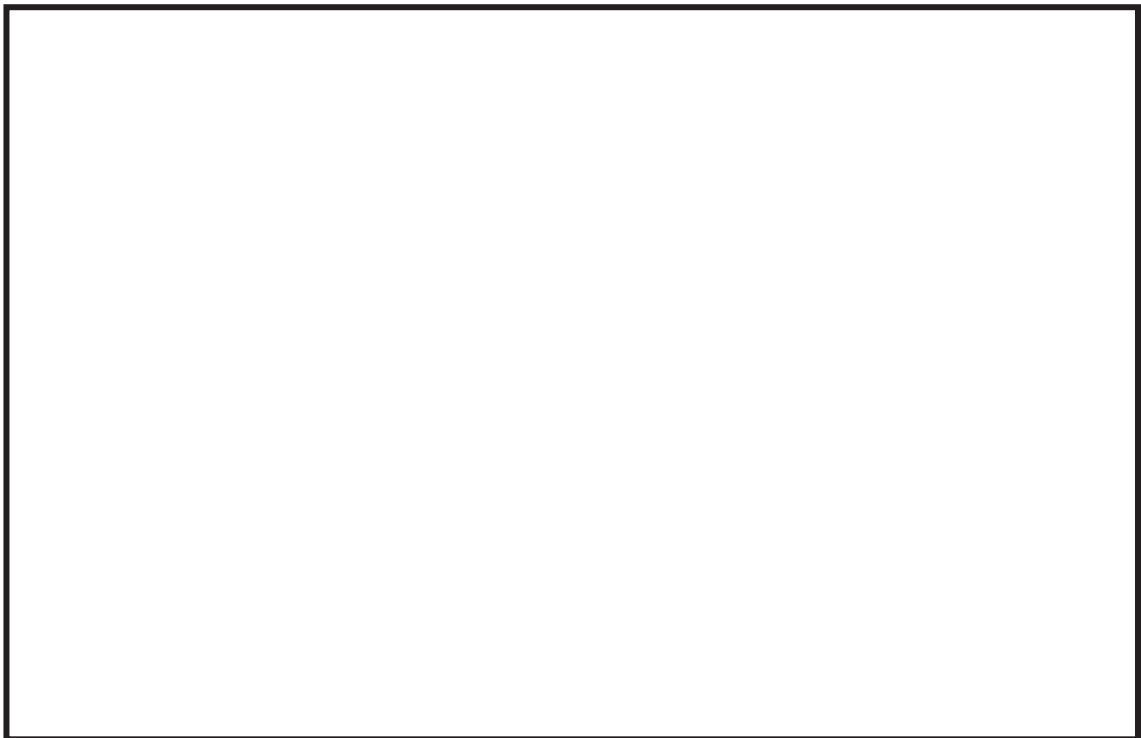


図 3-1 メカニカルスナップの構造概要

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

### 3.2 メカニカルスナップの作動原理

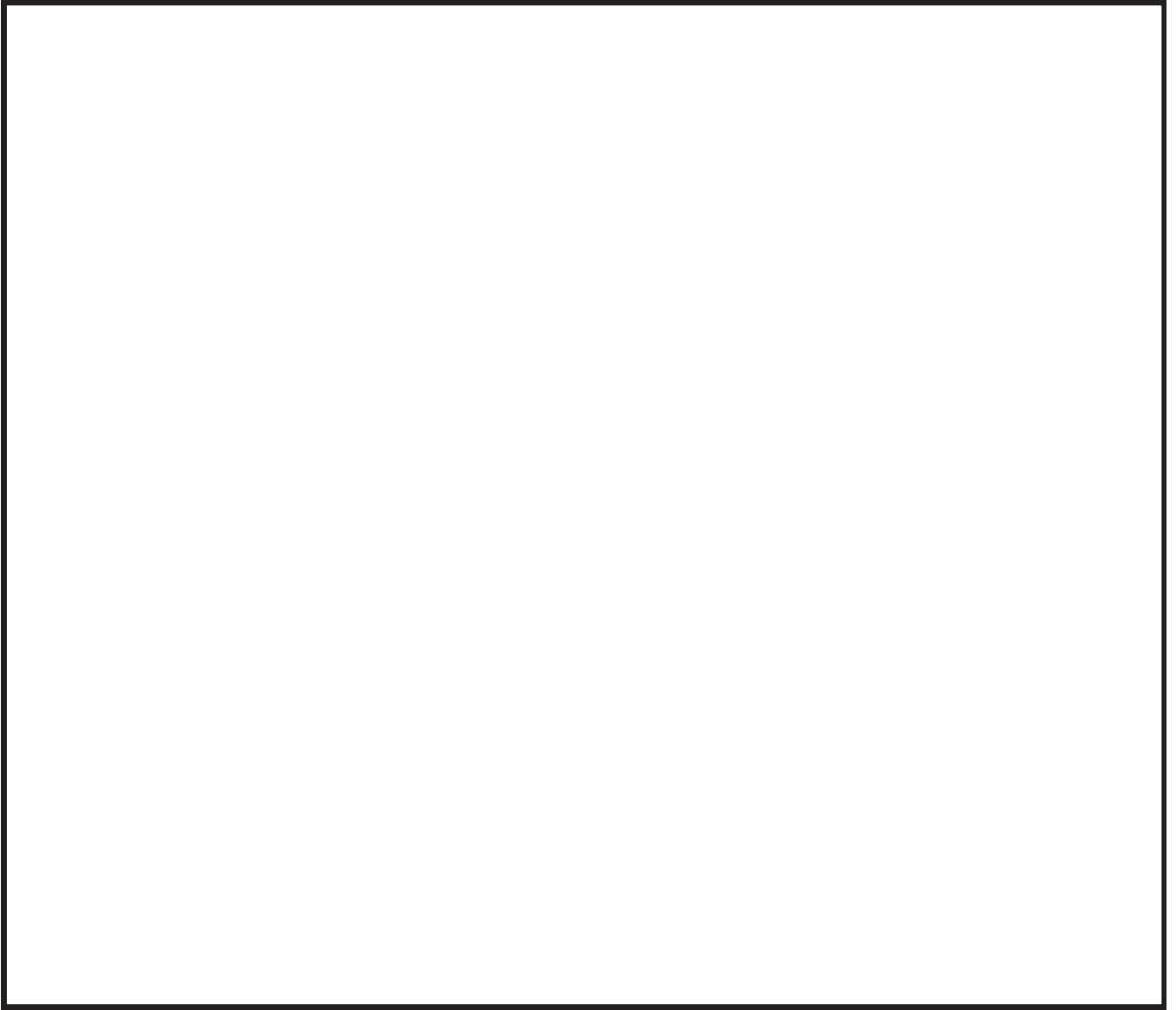


図 3-2 メカニカルスナップの作動原理

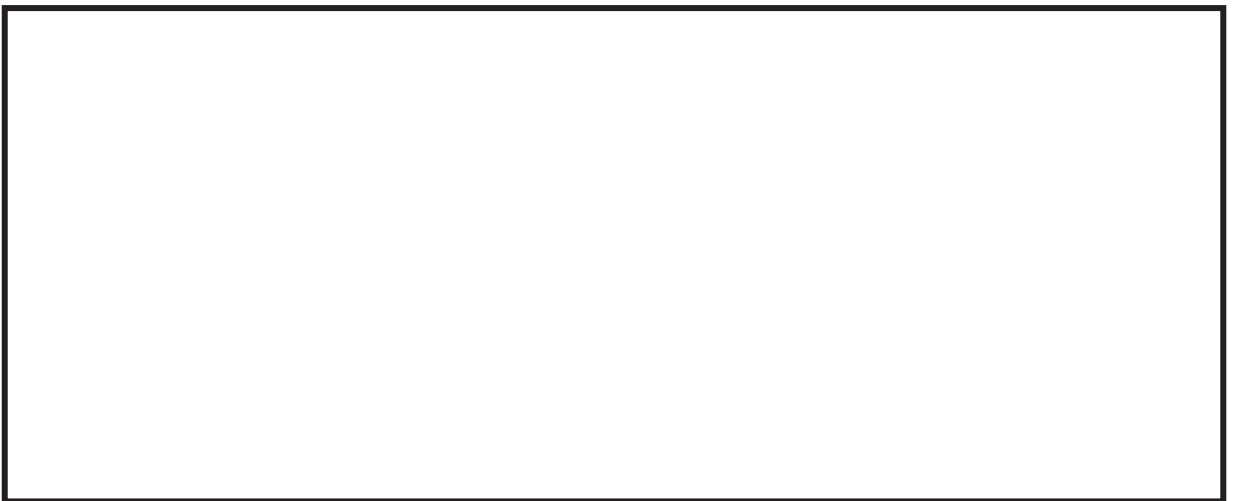


図 3-3 ボールねじのボールナット部の概要図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



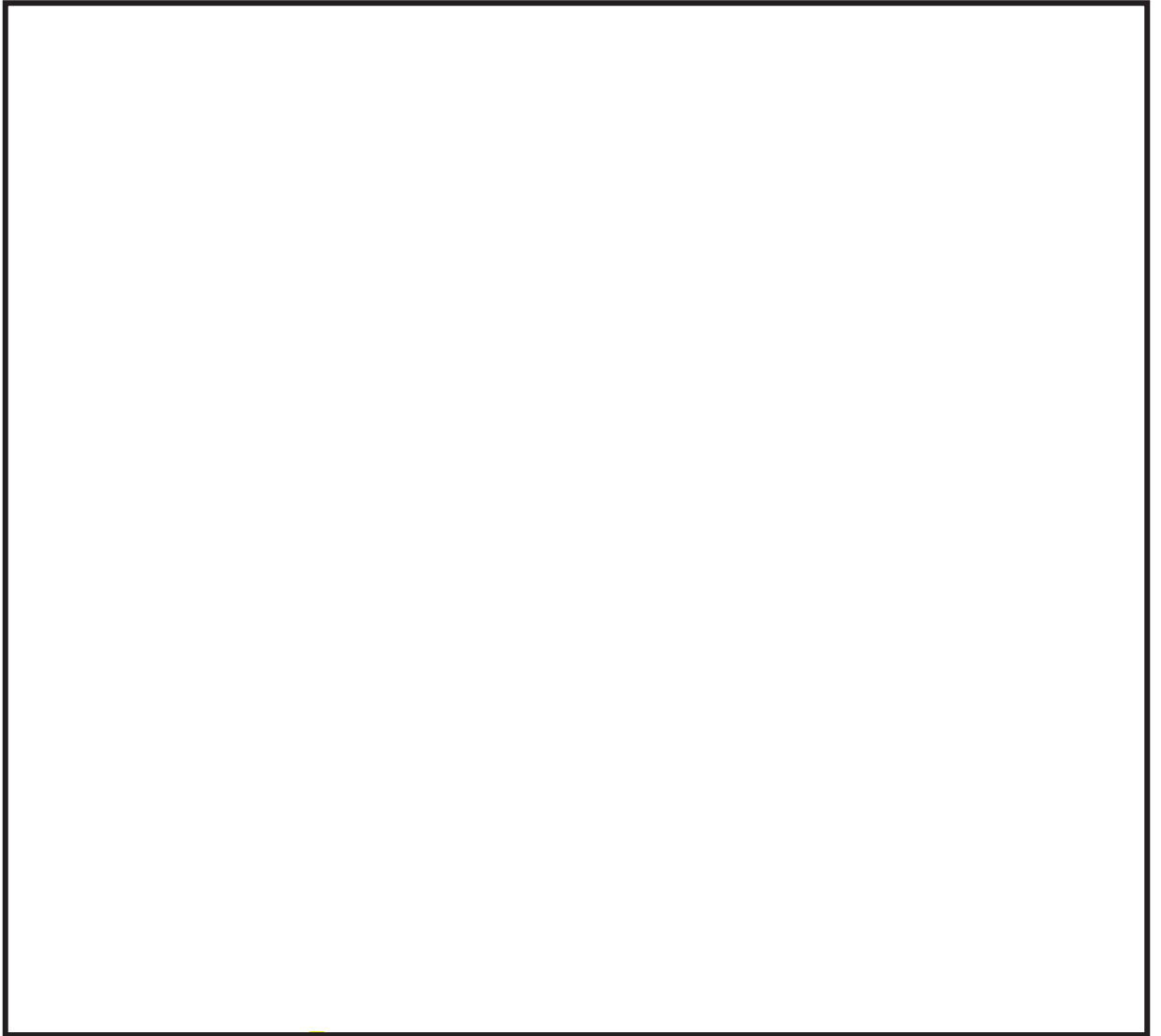


図 3-4 メカニカルスナップの低速走行時動作の様子

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

#### 4. メカニカルスナッパの耐震設計

##### 4.1 既工認における評価

既工認におけるメカニカルスナッパの評価手順を図 4-1 に示す。

既工認におけるメカニカルスナッパの耐震評価では、メカニカルスナッパに対する荷重による評価として、配管解析から算出されたメカニカルスナッパに負荷される配管反力（地震荷重）が、あらかじめ設定した設計上の基準値（許容応力状態Ⅲ<sub>AS</sub>に対して定格荷重，許容応力状態Ⅳ<sub>AS</sub>に対して定格荷重の 1.5 倍）を満足していることを確認している。

ここで、あらかじめ設定した設計上の基準値とは、J E A G 4 6 0 1 における、あらかじめ計算により求めた標準荷重に相当し、定格荷重及び定格荷重の 1.5 倍に対するメカニカルスナッパの強度評価として、構造部材の応力がその他の支持構造物に要求される許容応力状態Ⅲ<sub>AS</sub> 及び許容応力状態Ⅳ<sub>AS</sub> の許容応力を満足することが確認されたものである。

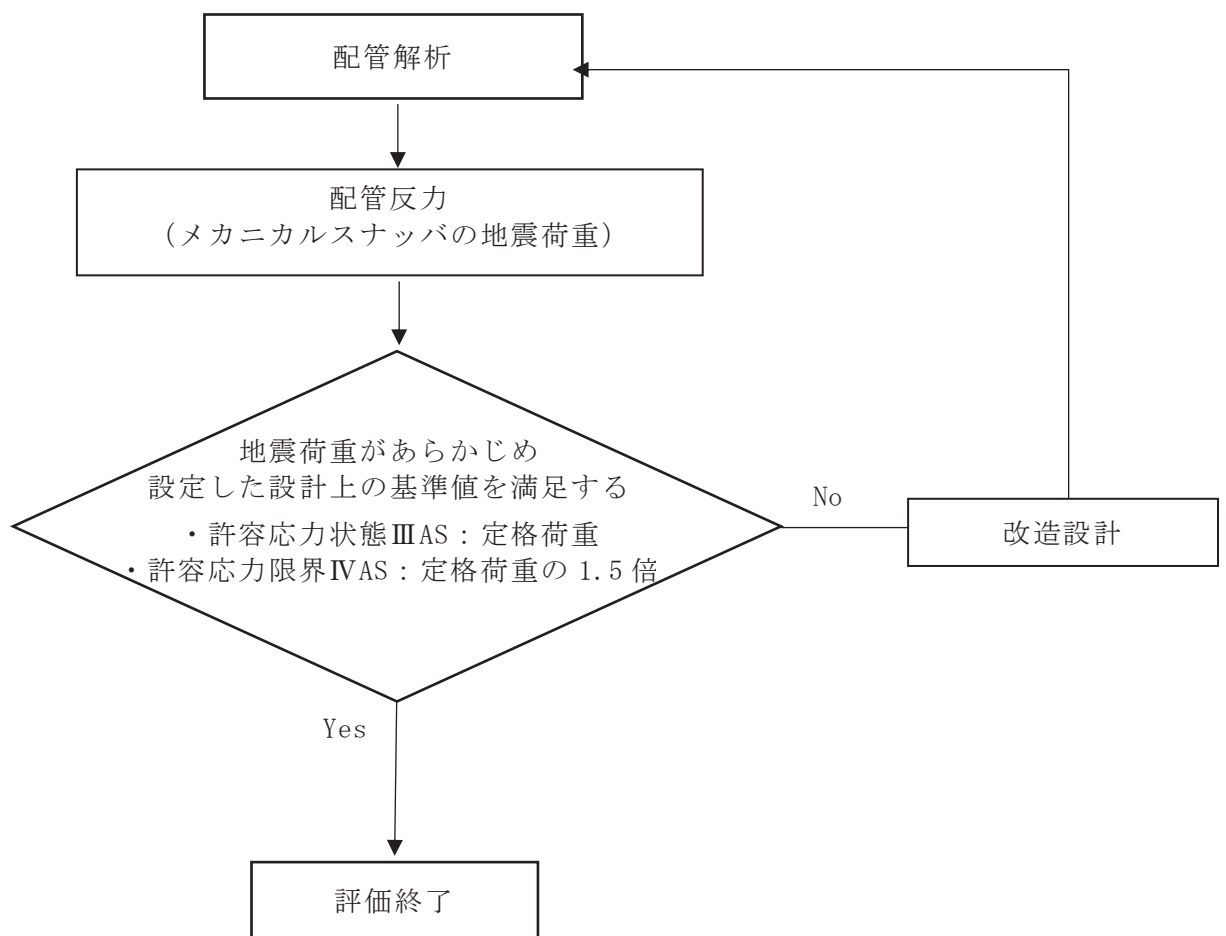


図 4-1 既工認におけるメカニカルスナッパの評価手順

#### 4.2 メカニカルスナップの定格荷重

メカニカルスナップは、メカニカルスナップ製造者による構成部材の市場調達性、製作性なども考慮して標準化された製品であり、製造設計にあたって設定する定格荷重及び定格試験の1.5倍に対して十分に余裕のある設計となっている。

メカニカルスナップの製造設計では、地震荷重として定格荷重及び定格荷重の1.5倍が負荷された構造部材に対する応力がJ E A G 4 6 0 1に規定される「その他の支持構造物」の許容限界（定格荷重に対して許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>S、定格荷重の1.5倍に対して許容応力状態Ⅳ<sub>A</sub>S）を十分に満足することを確認している。

従って、荷重による評価として、メカニカルスナップの地震荷重が定格荷重及び定格荷重の1.5倍を満足する場合、部品ごとの応力評価を実施しなくても各評価対象部位の応力がJ E A G 4 6 0 1に規定される許容応力を満足することになる。

また、機能部品を含むメカニカルスナップの機能確認試験として、表4-1に示す確性試験によって地震荷重に対して想定される動剛性を発揮できること、配管の熱変位に対して追従できること、使用環境で機能を発揮できること等を確認している。なお、メカニカルスナップに対する確性試験の詳細については、別紙1に示す。

表 4-1 確性試験の概要

要求機能	試験項目	試験内容
耐震性	振動応答試験 (定格荷重)	定格荷重，定格荷重×1.5倍が発生する変位で加振し，地震荷重に対して想定される動剛性を発揮できることを確認する。
	過負荷振動試験 (定格荷重×1.5)	
	低速走行試験	熱膨張による変位時に想定される速度で加振し，配管の熱変位に対して追従できることを確認する。
	リリース試験*1	熱移動を想定した速度での移動時に，地震荷重を与え，ブレーキ機構が作動した場合でも，スティックせずに熱移動に追従することを確認する。
耐震性 以外	その他環境試験*2	高温，高湿度雰囲気，放射線を照射時などの状態で性能が維持されることを確認する。

注記\*1：リリース試験は，熱変位を想定したゆっくりとした変位を与えているところに，地震を想定した素早い変位を与えることで，地震によりブレーキ機構が作動した状態での熱移動への追従を確認するものである。

\*2：各環境試験後に振動試験及び低速走行試験を実施する。

## 4.3 今回工認における評価

### 4.3.1 評価手順

今回工認におけるメカニカルスナップの評価手順を図 4-2 に示す。

今回工認におけるメカニカルスナップの耐震評価では、一次評価として既工認と同様、配管解析から算出された配管反力（メカニカルスナップの地震荷重）があらかじめ設定した設計上の基準値（許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>S：定格荷重，許容応力状態Ⅳ<sub>A</sub>S：定格荷重の 1.5 倍）を満足することで耐震性を確認する。

メカニカルスナップの地震荷重があらかじめ設定した設計上の基準値を超えた場合には、あらかじめ設定している設計上の基準値に余裕があること等を考慮し、メカニカルスナップの構成部材に対する詳細評価を実施する。

今回工認における詳細評価では、メカニカルスナップの地震荷重に対して各構造部材の強度評価を行い、その他の支持構造物の許容応力以下であることを確認する。なお、メカニカルスナップの各構造部材の強度評価にあたっては、既往知見等を踏まえた検討を行い、強度評価に係る評価部位及び評価項目を追加する。

また、詳細評価における地震荷重がメカニカルスナップの確性試験における試験条件（定格荷重及び定格荷重の 1.5 倍）を超えることを踏まえ、機能部品を含むメカニカルスナップの機能確認に対する荷重評価として、メカニカルスナップの地震荷重が既往知見等を考慮して整理した限界耐力値を下回っていることを確認する。

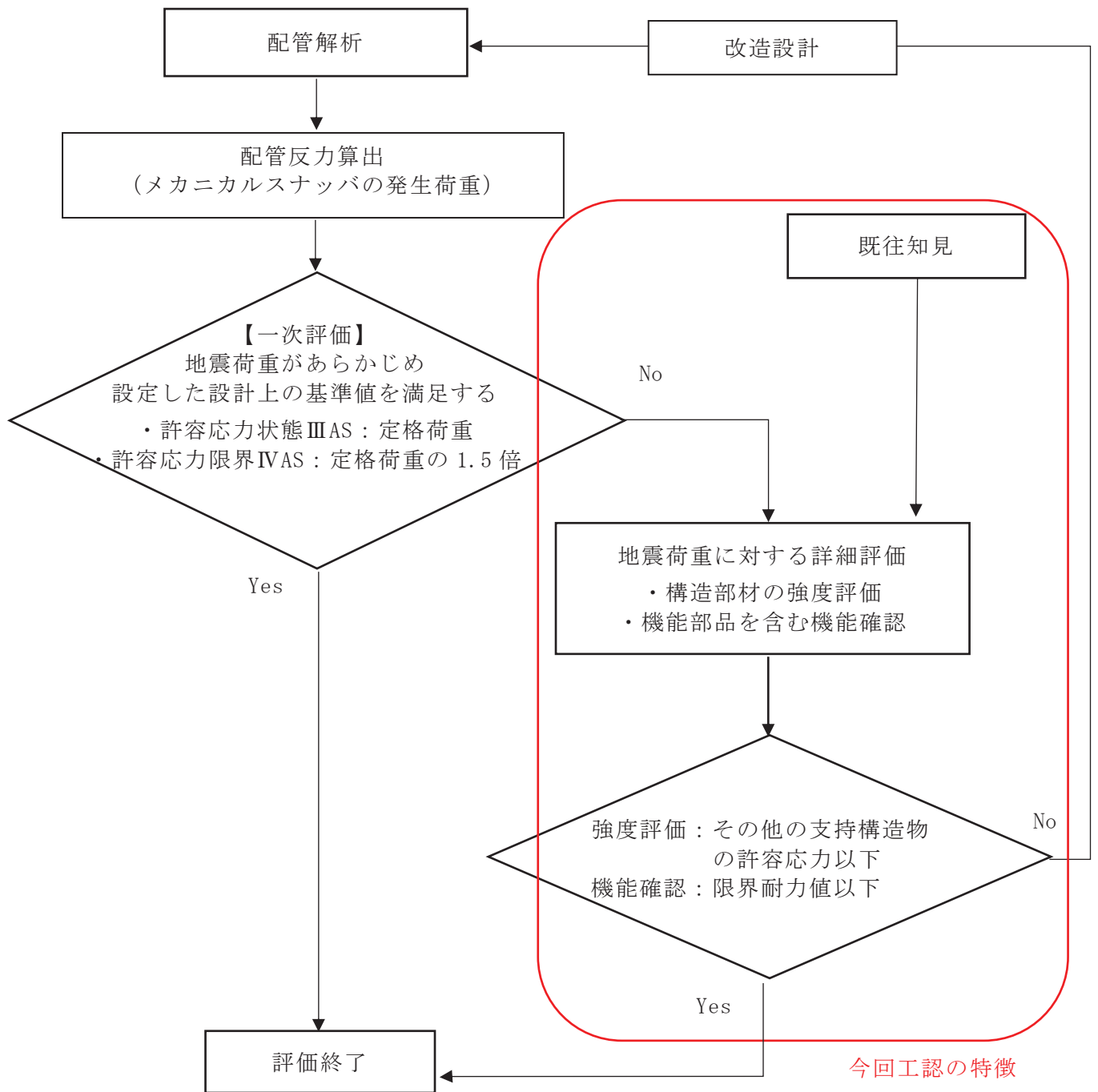


図 4-2 今回工認におけるメカニカルスナップバの評価手順

#### 4.3.2 メカニカルスナップの適用規格

メカニカルスナップの耐震設計に係る技術基準及び適用規格の概要を図 4-3 に示すとともに、該当部の抜粋を別紙 2 に示す。

機器・配管系の支持構造物であるメカニカルスナップは、実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の第 5 条及び第 50 条（地震による損傷の防止）に基づき、「施設の機能を維持していること又は構造強度を確保していること」が要求される。

メカニカルスナップの耐震設計では、J E A G 4 6 0 1 のその他の支持構造物に該当し、メカニカルスナップの構造部材の強度評価が求められるため、配管から伝達される荷重（配管反力）に対するメカニカルスナップの発生応力がその他の支持構造物に要求される許容限界を満足することを確認する。

J E A G 4 6 0 1 では、機器・配管系の耐震安全性評価は解析による設計を基本として、機能維持上の評価が必要な場合は試験による設計も可能であること、耐震安全性評価における許容応力限界内にあることの確認では、荷重による評価として、あらかじめ計算により求めた標準荷重等や試験で確認した許容荷重を用いる場合があると記載されている。

なお、添付書類「VI-2-1-12-1 配管及び支持構造物の耐震計算について」における支持構造物の種別に対する評価方法の一覧を表 4-2 に示す。

実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則

- ・実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則及びその解釈  
第5条, 第50条(地震による損傷の防止)  
「施設の機能を維持していること又は構造強度を確保していること」

J E A G 4 6 0 1

J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984

- ・メカニカルスナッパは「その他の支持構造物」に該当する
- ・構造部材に対する強度評価が求められる。

J E A G 4 6 0 1 -1987

- ・機器・配管系の耐震評価(応力が許容限界内であること)は解析による設計を基本とする。
- ・機能維持上の評価が必要な場合は試験による設計もできる。
- ・許容限界内にあることの確認はあらかじめ計算により求めた標準荷重(定格荷重等に相当)を用いる場合等がある。

メカニカルスナッパの耐震評価

【既工認及び今回工認における一次評価】

- ・あらかじめ計算により求めた標準荷重による評価を適用し, 地震荷重が定格荷重及び定格荷重の1.5倍(設計上の基準値)を満足すること

【今回工認における詳細評価】

- ・地震荷重に対する構造部材の強度評価(応力による評価)
- ・機能部品を含む機能維持に対する荷重評価(試験)

図4-3 メカニカルスナッパの耐震設計に係る技術基準及び適用規格の概要



表 4-2 支持構造物の評価方法一覧

No.	種 別	評価方法	評価方法の理由	
1	メカニカルスナッパ	定格荷重評価及び Ⅲ <sub>AS</sub> /Ⅳ <sub>AS</sub> 評価	定格荷重等を標準荷重とした製造設計であるため、耐震設計では、あらかじめ設定した設計上の基準値に基づく評価を基本とし、設計上の基準値を満足できない場合は詳細評価を行う。 (今回工認)	
2	ロッド レストレイント	定格荷重評価	定格荷重等を標準荷重とした製造設計であるため、耐震設計では、あらかじめ設定した設計上の基準値に基づく評価を基本とする。 (既工認と同様)	
3	オイルスナッパ	定格荷重評価		
4	スプリングハンガ	定格荷重評価		
5	コンスタントハンガ	定格荷重評価		
6	レスト レイント	ラグ	Ⅲ <sub>AS</sub> /Ⅳ <sub>AS</sub> 評価	支持構造物に応じた耐震設計とし、各構造部材の強度評価を行う。 (既工認と同様)
7		Uボルト	Ⅲ <sub>AS</sub> /Ⅳ <sub>AS</sub> 評価	
8		支持架構	Ⅲ <sub>AS</sub> /Ⅳ <sub>AS</sub> 評価	
9		埋込金物	Ⅲ <sub>AS</sub> /Ⅳ <sub>AS</sub> 評価	

#### 4.3.3 今回工認における詳細評価適用の考え方

##### (1) 既工認と今回工認の差異

メカニカルスナッパに対する既工認の評価及び今回工認における評価は、図 4-1 及び図 4-2 のとおり、荷重による評価として、メカニカルスナッパの地震荷重があらかじめ設定した設計上の基準値(許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>S に対して定格荷重、許容応力状態Ⅳ<sub>A</sub>S に対して定格荷重の 1.5 倍)を満足できなかった場合の扱いが異なる。

既工認では、即座に改造設計へ移行することに対して、今回工認においては、あらかじめ設定した設計上の基準値に余裕があること及び既往知見を踏まえて、詳細評価を適用し、メカニカルスナッパの支持機能を確認することである。なお、詳細評価が満足しない場合は、改造設計へ移行する。

詳細評価の適用にあたっては、メカニカルスナッパの地震荷重が定格荷重及び定格荷重の 1.5 倍を超える場合の限界耐力評価法等に係る既往知見を踏まえて、メカニカルスナッパの構造部材の強度評価及び機能部品を含む機能確認に係る内容を検討した。

なお、既工認の評価及び今回工認における詳細評価適用に係る考え方を図 4-4 に示す。

##### (2) 既往知見を踏まえた検討

###### a. 「共同研究報告書 耐震設計に関する新知見に対する機器耐震評価法の研究 (Phase2)」(以下、「電共研の知見」)(別紙 4)

電共研の知見では、メカニカルスナッパの振動応答試験として「スナバ機能維持評価法のための破壊試験」を実施しており、その試験結果を使用して構造強度及び機能維持の観点から限界耐力評価法を策定している。

今回工認におけるメカニカルスナッパの詳細評価については、構造部材の応力評価として電共研の知見で検討された限界耐力評価法等を踏まえて評価部位及び評価項目を追加することにした(表 4-3, 表 4-4)。

また、機能部品を含むメカニカルスナッパの機能確認として電共研の知見における振動応答試験及び低速走行試験の結果を用いて策定した限界耐力値を適用することにした。なお、機能部品を含むメカニカルスナッパの機能確認については、耐震性の観点から振動応答試験及び低速走行試験としているが、定格荷重等の設定時における確性試験項目との比較検討結果を表 4-5 に示す。

###### b. 「JNES 平成 21~22 年度耐震機能限界試験 (スナバ) に係る報告書」(以下、「JNES の知見」)(別紙 5)

JNES の知見では、メカニカルスナッパの耐力評価手法を構築することを目的

として、地震に対する強度・機能の限界値を試験で確認しており、振動応答試験及び低速走行試験にて耐力確認荷重が得られている。

本検討では、上記電共研の知見に基づいて適用する今回工認における詳細評価手法の妥当性確認のため、第三者機関による検討事例である JNES の知見との比較を行い、試験条件等が合致している試験結果については、その耐力確認荷重と今回工認におけるメカニカルスナッパに対する発生荷重を比較することで妥当性確認を実施した。

既工認  
(今回工認の一次評価も同様)

今回工認における詳細評価

**【J E A G 4 6 0 1】**

○強度評価：その他の支持構造物に対する許容応力  
なお、荷重による評価とあらかじめ計算で  
求めた標準荷重等を用いる場合あり

○機能確認：機能維持上の評価が必要な場合は試験による設  
計も可能

**【J E A G 4 6 0 1】**

○強度評価：その他の支持構造物に対する許容応力  
なお、荷重による評価とあらかじめ計  
算で求めた標準荷重等を用いる場合あり

○機能確認：機能維持上の評価が必要な場合は試験によ  
る設計も可能

・適用規格は同様であり、  
J E A G 4 6 0 1 の規定を  
踏まえた対応

**【標準荷重による強度評価】**

○地震荷重とあらかじめ設定した設計上の基準値と比較し、  
地震荷重が以下を満足することを確認する

- ・許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>Sに対して定格荷重
- ・許容応力状態Ⅳ<sub>A</sub>Sに対して定格荷重の1.5倍

なお、定格荷重及び定格荷重の1.5倍とは、「その他の支  
持構造物」に対する許容応力を満足することを確認済

○機能部品を含む機能確認は、定格荷重又は定格荷重の1.5  
倍に対する確性試験結果により妥当性を確認済

**【応力による強度評価】**

○地震荷重による各構造部材の応力を評価し、その他の  
支持構造部に対する許容応力（許容応力状態ⅢAS又は  
許容応力状態ⅣAS）を満足することを確認する

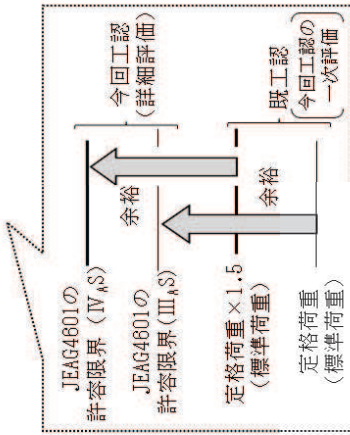
- ・荷重伝達経路を踏まえて評価部位、評価項目を追加

**【地震荷重に対する機能確認】**

○機能部品を含む機能確認として、地震荷重が限界耐力  
値を下回っていることを確認する。

・評価範囲をJ E A G 4 6 0 1 の  
許容限界まで拡大

・既往知見等を踏まえた  
評価部位、評価項目の  
追加



○メーカーにて機能維持の観点で確性試験を実施

- ・耐震性（支持性能：構造部材、機能部品）
- ・耐環境性
- ・耐放射線性

○電共研にて構造強及び機能維持の観点から限界耐力評  
価法等に係る検討を実施

- ・構造部材の評価部位、評価項目の整理
- ・限界耐力値の整理

○JNESにて耐力評価手法を構築することを目的に強度・  
機能の限界試験を実施

電共研知見の反映

電共研知見の妥当性確認

適用規格

耐震評価

適用知見

図 4-4 既工認の評価及び今回工認における詳細評価に係る考え方

表 4-3 既工認及び今回工認（詳細評価）における評価部位（SMS 型）

番号	部品名称	既工認	今回工認	備考
①	ダイレクトアタッチブラケット	○	○	
②	ジャンクションコラムアダプタ	○	○	
③	ロードコラム	○	○	
⑤	ピン	○	○	
⑥	コネクティングチューブ	○	○	
⑦-1	ベアリングケース	○	○	
⑦-2	ベアリング押え	○	○	
⑦-3	六角ボルト	○	○	
⑧	イーヤ	○	○	
⑨	ユニバーサルボックス	○	○	
⑪	ユニバーサルブラケット	○	○	
⑫	ベアリングナット	—	○	追加項目
⑬	ボールネジ	—	○	追加項目
⑭	座屈	—	○	追加項目

○：評価対象，—：評価対象外

表 4-4 既工認及び今回工認（詳細評価）における評価部位（NMB 型）

番号	部品名称	既工認	今回工認	備考
①-1	リアーブラケット（イヤ）	○	○	
①-2	リアーブラケット（溶接部）	○	○	
①-3	リアーブラケット（フランジ）	○	○	
②	セットボルト	○	○	
③-1	ケース	○	○	
③-2	ケース溶接部	○	○	
④	ベアリングシート	○	○	
⑤	ベアリングボックス	○	○	
⑥	スリーブ	○	○	
⑦	カラー	○	○	
⑧	ロードシリンダ	○	○	
⑨	ターンバックル	○	○	
⑩	エンドプラグ	○	○	
⑪	延長パイプキット及び溶接部	—	○	既工認：適用タイプなし
⑫-1	延長パイプブラケット （イヤ穴部）	—	○	既工認：適用タイプなし
⑫-2	延長パイプブラケット （溶接部）	—	○	既工認：適用タイプなし
⑫-3	延長パイプ	—	○	既工認：適用タイプなし
⑬	クレビス（アイ）	○	○	
⑭	クレビス（本体）	—	○	追加項目
⑮	ピン	○	○	
⑯	ボールネジ	○	○	
⑰	座屈 （ストローク 125mm 考慮）	—	○	追加項目
⑱	座屈 （ストローク 250mm 考慮）	—	○	追加項目

○：評価対象，—：評価対象外

表 4-5 詳細評価適用に係る検討要否

確性試験の項目	確認内容	詳細評価に係る 検討要否	電共研の知見
振動応答試験 過負荷振動試験	一定の地震荷重に対して想定される動剛性であること	要	振動応答試験
低速走行試験	配管の熱変位に追従すること	要	低速走行試験 (振動応答試験後)
レリーズ試験*1	地震荷重を受けてブレーキ機構が働いた状態でも、配管の熱移動に追従すること	不要 (地震条件と熱条件の重畳の影響は考慮不要のため*2)	—
その他環境試験等	その他環境条件等で健全であること	不要 (環境条件等に変更がないため)	—

注記\*1：レリーズ試験は、熱変位を想定したゆっくりとした変位を与えているところに地震を想定した素早い変位を与えることで、地震によりブレーキ機構が作動した状態での熱移動への追従を確認するものである。地震後に熱移動へ追従するかどうかは、レリーズ試験ではなく振動応答試験後の低速走行試験によって確認する。

\*2：レリーズ試験の熱変位速度（2m/s～4m/s）に比べて、原子力プラントの温度変化条件による変位速度は十分に小さいため、速度の大きい熱変位と地震の重畳による影響確認を目的としたレリーズ試験は実施不要と考えられる。確性試験時は、一般産業向け製品と同等の条件にて性能確認を行っているため、レリーズ試験も実施している。

5. 今回工認における詳細評価の内容

今回工認におけるメカニカルスナップの詳細評価は、構造部材に対する強度評価及び機能部品を含む機能確認を実施する。構造部材に対する強度評価における評価部位及び評価項目については、既工認における定格荷重に対する評価と同じ評価部位及び評価項目を基本とし、地震時の荷重伝達経路を考慮して評価部位及び評価項目を追加している。ここで、構造部材の具体的な評価部位及び評価項目を 5.1 項に示す。

機能部品を含むメカニカルスナップの機能維持に対する荷重評価については、電共研の知見に基づいて、振動応答試験及び低速走行試験の試験結果より策定された限界耐力値と地震荷重を比較することで評価を行う。ここで、電共研の知見に基づく限界耐力値を 5.2 項に示す。



## 5.1 構造部材の詳細評価

### (1) SMS 型メカニカルスナップの構造及び荷重伝達経路

SMS 型メカニカルスナップの構造及び荷重伝達経路を図 5-1 に示すとともに、メカニカルスナップの構成部材を構造部材及び機能部品に分類した結果を表 5-1 に示す。なお、基本的に構造及び荷重伝達経路はどの型式（容量）も同一である。

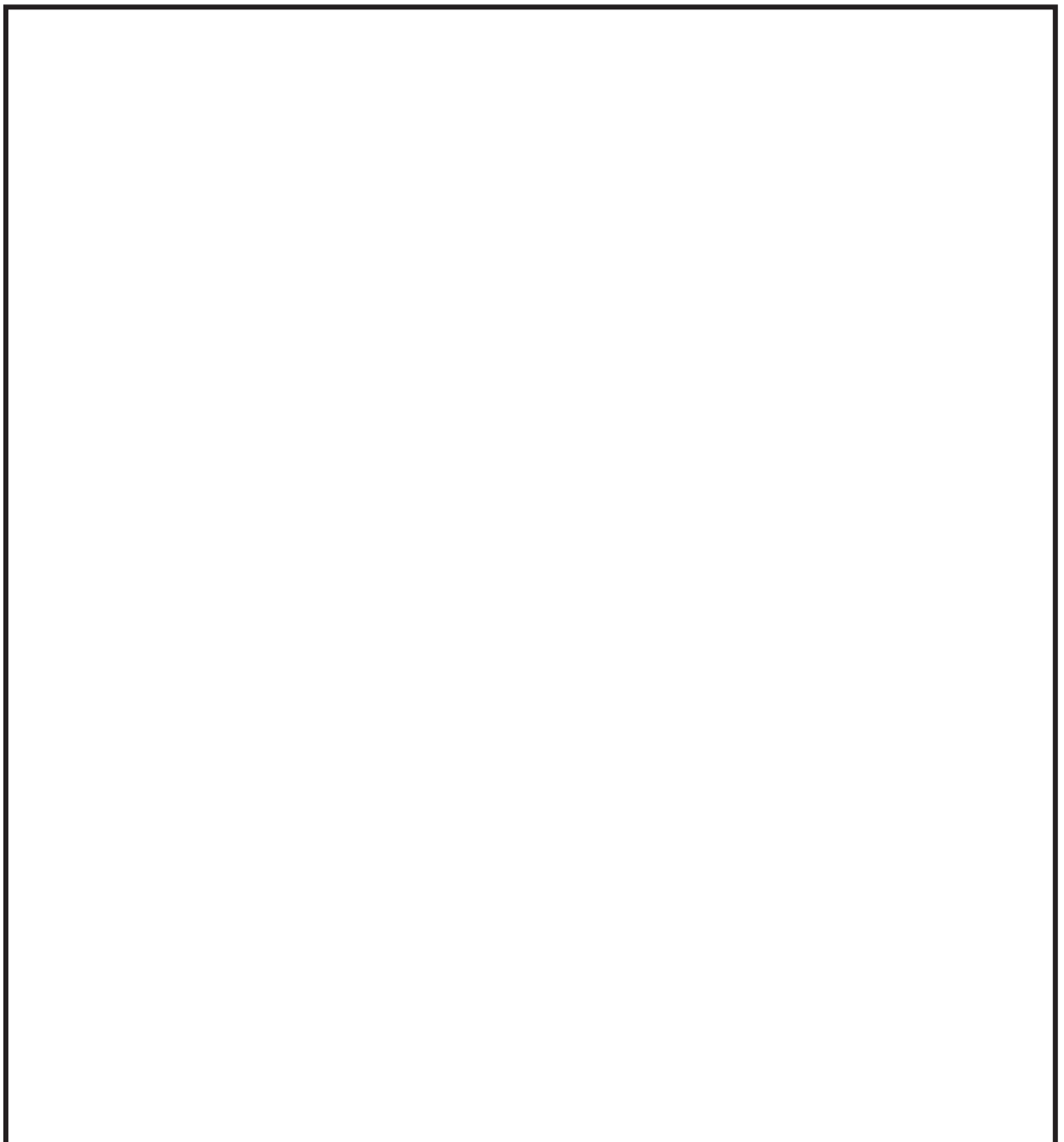


図 5-1 SMS 型メカニカルスナップの構造及び荷重伝達経路

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 5-1 SMS 型メカニカルスナップの構造部材と機能部品

部品名	構造部材	機能部品
①ダイレクトアタッチブラケット	○	—
②ジャンクションコラムアダプタ	○	—
③ロードコラム	○	—
⑤ピン	○	—
⑥コネクティングチューブ	○	—
⑦-1 ベアリングケース	○	—
⑦-2 ベアリング押え	○	—
⑦-3 六角ボルト	○	—
⑧イーヤ	○	—
⑨ユニバーサルボックス	○	—
⑩コネクティングチューブイーヤ部	○	—
⑪ユニバーサルブラケット	○	—
⑫ベアリングナット	○	—
⑬ボールネジ	—*	○*
アンギュラー玉軸受	—	○
球面軸受	—	○

注記\*：ボールネジは機能部品だが比較的単純な構造のため、  
機能評価及び構造部材と同様の応力評価も実施する。

(2) SMS 型メカニカルスナップの荷重伝達経路を踏まえた構造強度評価部位の抽出結果

荷重伝達経路を踏まえた構造強度評価部位の抽出結果を図 5-2 に、この抽出結果による構造部材に対する評価部位及び評価項目の整理結果を表 5-2 に示す。

この整理結果に従って設定した SMS 型メカニカルスナップの評価部位及び評価項目に対する詳細については、別紙 3 に示す。なお、④クランプはメカニカルスナップ本体ではなく、詳細評価を行わないため除外している。⑩コネクティングチューブイーヤ部は、寸法及び計算式が①ダイレクトアタッチブラケットと全く同じため省略している。

また、特定の部位ではないが、メカニカルスナップ全体の座屈評価を項目として追加している。

また、既工認と今回工認の評価項目の比較を表 5-3 に示す。比較のとおり、詳細評価では既工認で実施した評価項目を網羅しており、既工認でも評価している項目については評価式に変更はない。詳細評価にあたっては、発生荷重の増大を考慮して評価項目を追加した。個々の評価部位及び評価項目の追加理由については同表の計算項目追加根拠に記載する。

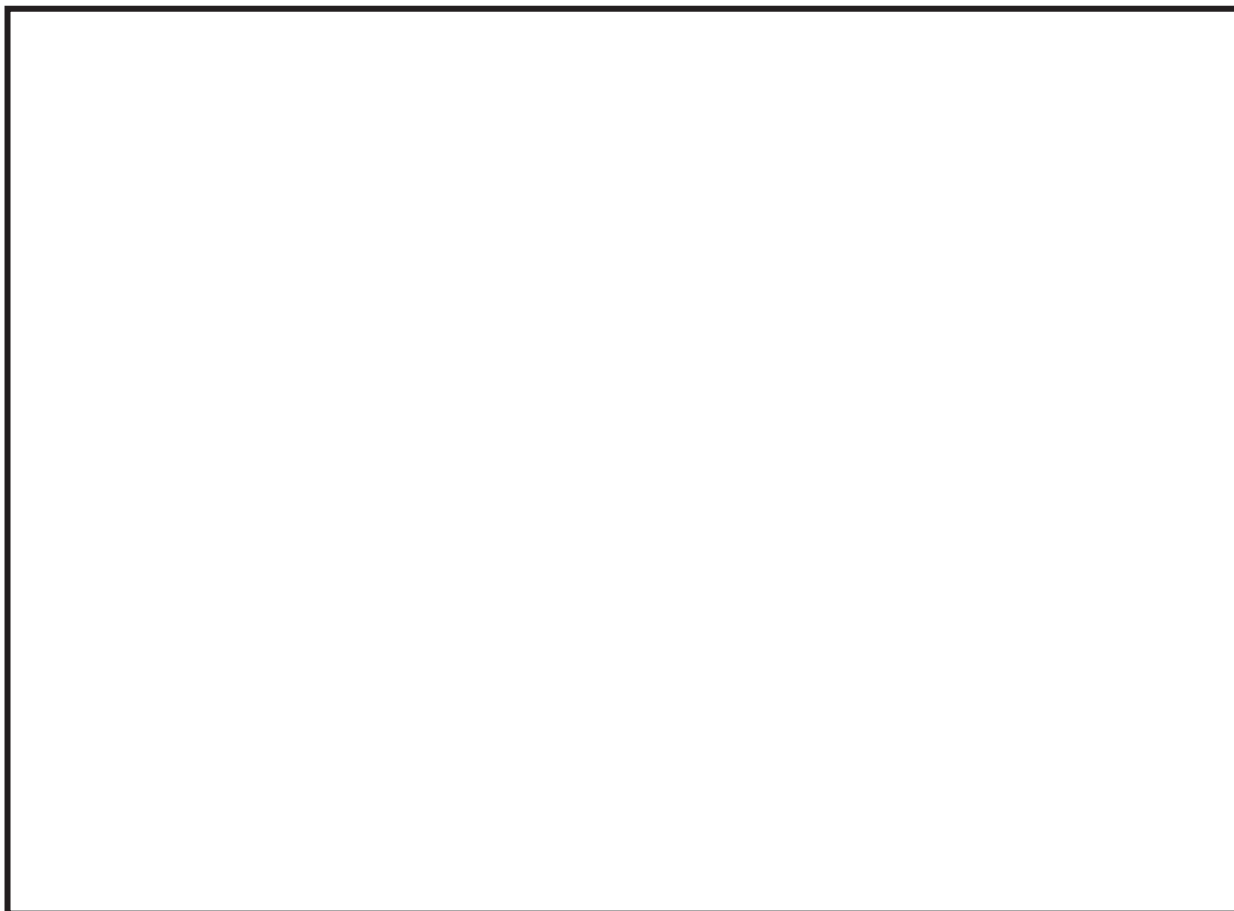


図 5-2 SMS 型メカニカルスナップの構造強度評価部位

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 5-2 SMS 型メカニカルスナッパの評価部位及び評価項目

評価部位	評価項目
① ダイレクトアタッチブラケット	引張応力
	せん断応力
	支圧応力
② ジャンクションコラムアダプタ	引張応力
	せん断応力
③ ロードコラム	引張応力
	せん断応力
⑤ ピン	せん断応力
⑥ コネクティングチューブ	引張応力
	せん断応力
	圧縮応力
⑦-1 ベアリングケース	引張応力
	せん断応力
	支圧応力
⑦-2 ベアリング押え	せん断応力
	支圧応力
	曲げ応力
⑦-3 六角ボルト	引張応力
⑧ イーヤ	引張応力
	せん断応力
	支圧応力
⑨ ユニバーサルボックス	引張応力
	せん断応力
	支圧応力
⑩ ユニバーサルブラケット	引張応力
	せん断応力
	支圧応力
⑫ ベアリングナット	せん断応力
⑬ ボールネジ	引張応力
⑭ 全長座屈	圧縮応力

表 5-3 既工認と今回工認の評価項目の比較 (SMS 型) (1/2)

品番	部品	評価項目	詳細評価	既工認 (一次評価)	詳細評価と一次評価の相違点及び 詳細評価で評価項目を追加した根拠
①	ダイレクトアタッチブラケット	引張	○	○	相違なし
		せん断	○	○	相違なし
		支圧	○	○	相違なし
		溶接部せん断	○	—	基本的に穴部の応力評価の方が厳しいが、荷重伝達部評価の網羅性のため追加
②	ジャンクションコラムアダプタ	ボルト引張	○	○	相違なし
		溶接部引張	○	○	相違なし
		コラム引張	○	—	基本的に溶接部評価の方が厳しいが、評価箇所網羅性のため追加
③	ロードコラム	引張	○	○	相違なし
		ねじ部せん断 (部品全体)	○	—	基本的に引張応力評価の方が厳しいが、荷重分類の網羅性のため追加
		ねじ部せん断 (ねじ山)	○	—	
⑤	ピン	ピンせん断	○	○	相違なし
⑥	コネクティングチューブ	チューブ圧縮	○	○	相違なし ( $\lambda \leq \Lambda$ )
		チューブ引張	○	—	基本的にチューブ部の圧縮応力評価の方が厳しいが、荷重伝達部評価の網羅性のため追加
		溶接部引張	○	—	
		溶接部引張	○	—	
		溶接部せん断	○	—	
⑦-1	ベアリングケース	引張	○	○	相違なし
		せん断	○	○	相違なし
		支圧	○	○	相違なし
⑦-2	ベアリング押え	せん断	○	○	相違なし
		支圧	○	○	相違なし
		曲げ	○	—	発生荷重の増大に伴い、既往知見を採用して追加
⑦-3	六角ボルト	引張	○	○	相違なし

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 5-3 既工認と今回工認の評価項目の比較 (SMS 型) (2/2)

品番	部品	評価項目	詳細評価	既工認 (一次評価)	詳細評価と一次評価の相違点及び 詳細評価で評価項目を追加した根拠
⑧	イーヤ	引張	○	○	相違なし
		せん断	○	○	相違なし
		支圧	○	○	相違なし
		ねじ部引張	○	—	基本的に穴部の評価の方が厳しいが、評価箇所の網羅性のため追加
		ねじ部せん断 (部品全体)	○	—	
		ねじ部せん断 (ねじ山)	○	—	
⑨	ユニバーサルボックス	引張	○	○	相違なし
		せん断	○	○	相違なし
		支圧	○	○	相違なし
⑩	ユニバーサルブラケット	引張	○	○	相違なし
		せん断	○	○	相違なし
		支圧	○	○	相違なし
⑫	ベアリングナット	ねじ部せん断①	○	—	発生荷重の増大に伴い、既往知見を採用して追加
		ねじ部せん断②	○	—	
⑬	ボールネジ	引張	○	—	発生荷重の増大に伴い、既往知見を採用して追加
⑭	全長	座屈	○	—	発生荷重の増大に伴い、既往知見を採用して追加

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(3) NMB 型メカニカルスナップの構造及び荷重伝達経路

NMB 型メカニカルスナップの構造及び荷重伝達経路を図 5-3 に示すとともに、メカニカルスナップの構成部材を構造部材及び機能部品に分類した結果を表 5-4 に示す。なお、基本的に構造及び荷重伝達経路はどの型式（容量）も同一である。

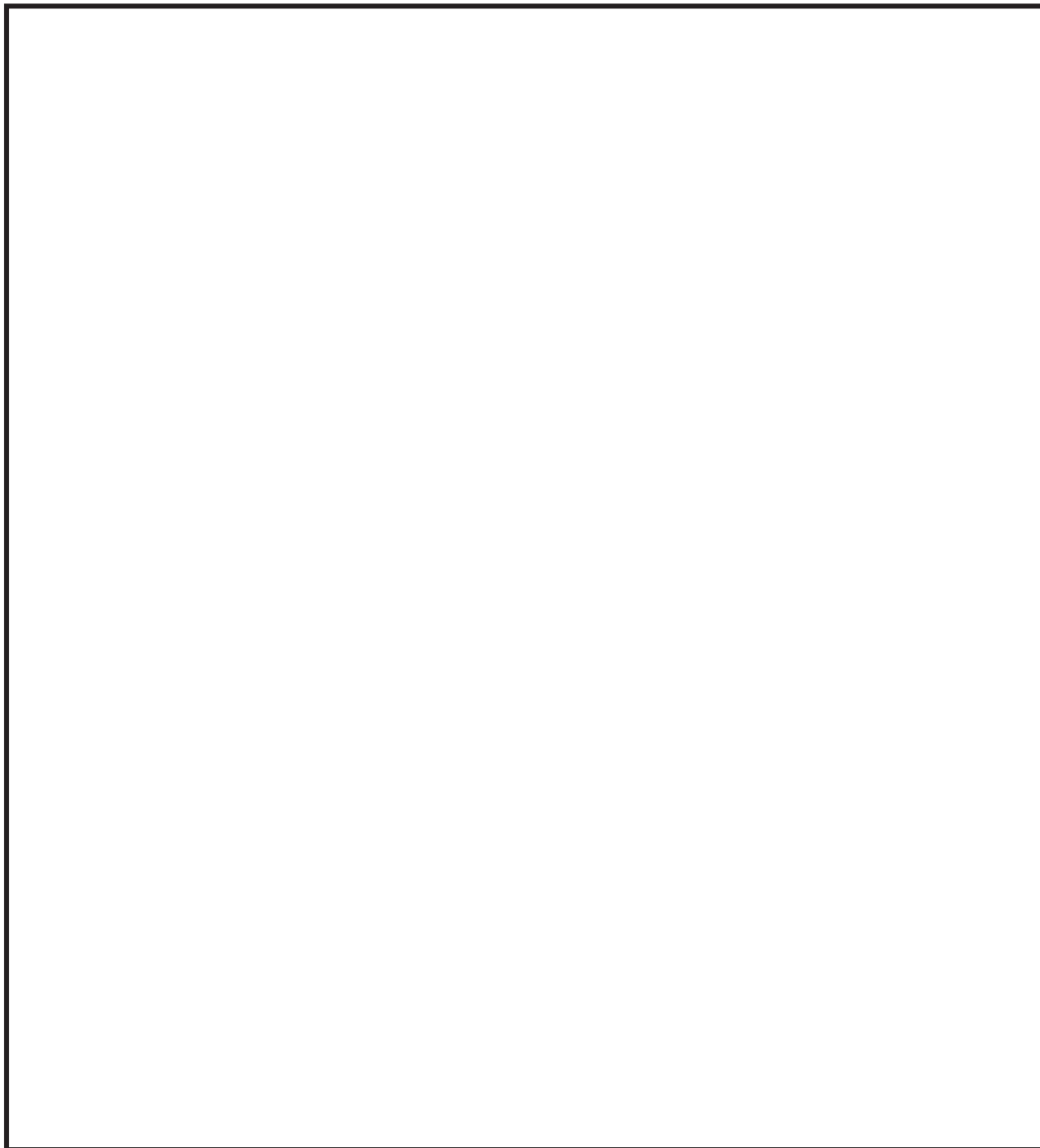


図 5-3 NMB 型メカニカルスナップの構造及び荷重伝達経路

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 5-4 NMB 型メカニカルスナッパの構造部材と機能部品

部品名	構造部材	機能部品
①リアブラケット	○	—
②セットボルト	○	—
③ケース	○	—
④ベアリングシート	○	—
⑤ベアリングボックス	○	—
⑥スリーブ	○	—
⑦カラー	○	—
⑧ロードシリンダ	○	—
⑨ターンバックル	○	—
⑩エンドプラグ	○	—
⑪延長パイプキット	○	—
⑫延長パイプブラケット	○	—
⑬クレビス (アイ)	○	—
⑭クレビス (本体)	○	—
⑮ピン	○	—
⑯ボールねじ	—*	○*
球面軸受	—	○
転がり軸受	—	○

注記\* : ボールねじは機能部品だが比較的単純な構造のため,  
機能評価及び構造部材と同様の応力評価も実施する



(4) NMB 型メカニカルスナップの荷重伝達経路を踏まえた構造強度評価部位の抽出結果

荷重伝達経路を踏まえた構造強度評価部位の抽出結果を図 5-4 に、この抽出結果による構造部材に対する評価部位及び評価項目整理結果を表 5-5 に示す。

この整理結果に従って設定した NMB 型メカニカルスナップの評価部位及び評価項目に対する詳細については、別紙 3 に示す。

なお、特定の部位ではないが、メカニカルスナップ全体の座屈評価を項目として追加している。

また、既工認と今回工認の評価項目の比較を表 5-6 に示す。比較のとおり、詳細評価では既工認で実施した評価項目を網羅しており、既工認でも評価している項目については、同等か保守的な評価式としている。詳細評価にあたっては、発生荷重の増大を考慮して評価項目を追加している。個々の評価部位及び評価項目の追加理由については同表の計算項目追加根拠に記載する。

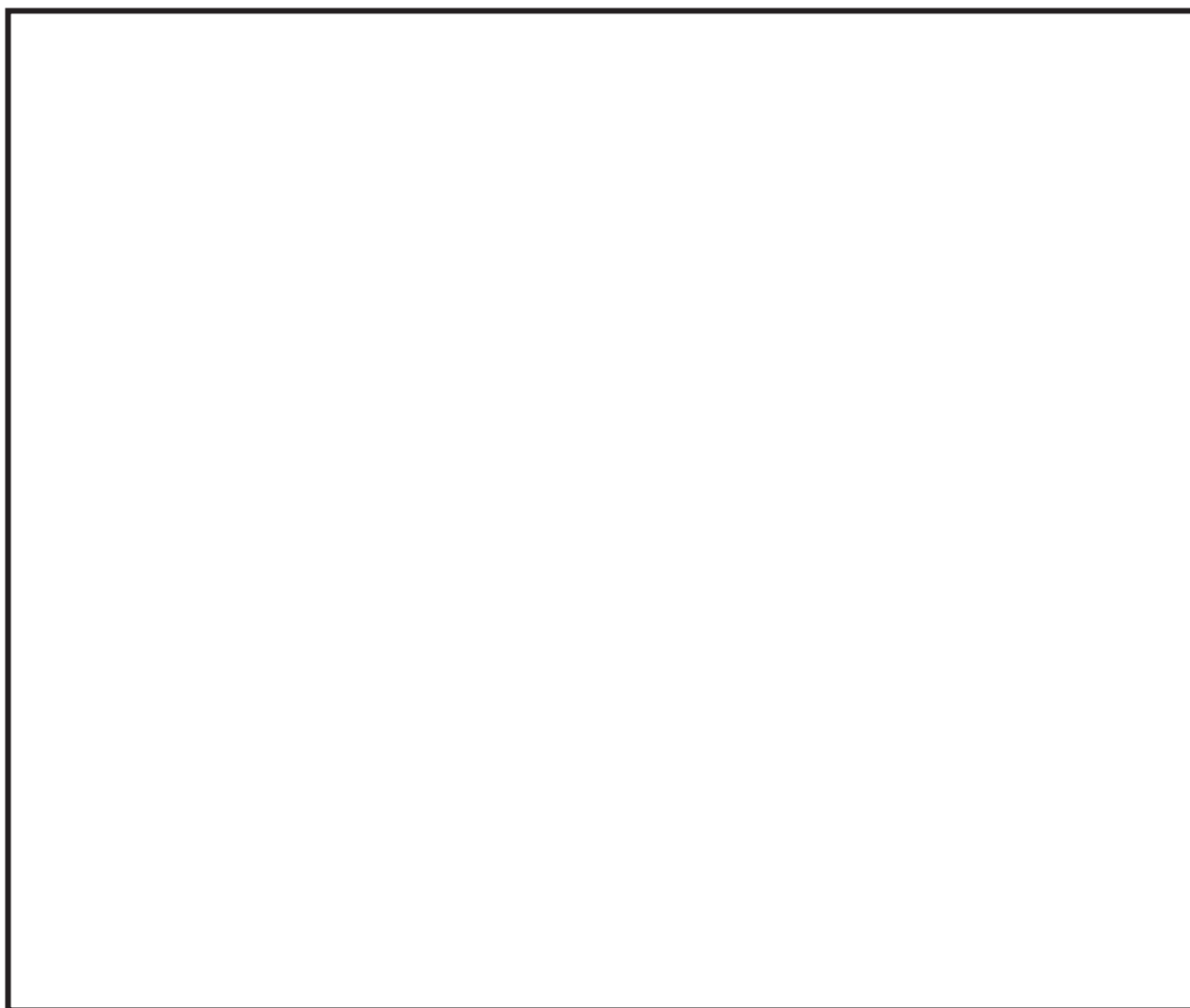









図 5-4 NMB 型メカニカルスナップの構造強度評価部位

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 5-5 NMB 型メカニカルスナッパの評価部位及び評価項目





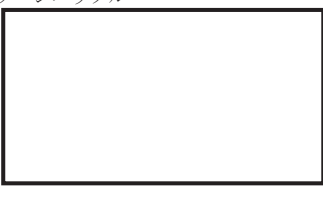

評価部位	評価項目
① リアブラケット	引張応力
	せん断応力
	支圧応力
	曲げ応力
② セットボルト	引張応力
③ ケース	引張応力
	せん断応力
④ ベアリングシート	引張応力
	せん断応力
	支圧応力
⑤ ベアリングボックス	引張応力
	せん断応力
	支圧応力
⑥ スリーブ	せん断応力
	支圧応力
⑦ カラー	せん断応力
	支圧応力
⑧ ロードシリンダ	引張応力
	圧縮応力
⑨ ターンバックル	引張応力
⑩ エンドプラグ	引張応力
	せん断応力
	支圧応力
⑪ 延長パイプキット	引張応力
	せん断応力
⑫ 延長パイプブラケット	引張応力
	せん断応力
	支圧応力
⑬ クレビス (アイ)	引張応力
	せん断応力
	支圧応力
⑭ クレビス (本体)	曲げ応力
	引張応力
	せん断応力
	組合せ応力
⑮ ピン	せん断応力
	曲げ応力
⑯ ボールねじ	引張応力
⑰ 全長座屈 (ストローク 125)	圧縮応力
⑱ 全長座屈 (ストローク 250)	圧縮応力

表 5-6 既工認と今回工認の評価項目の比較 (NMB 型) (1/4)

品番	部品	評価項目	詳細評価	既工認 (一次評価)	詳細評価と一次評価の相違点及び 詳細評価で評価項目を追加した根拠
①-1	リアーブラケット (イヤ) 	穴部引張	○	○	相違なし
		穴部せん断	○	○	相違なし
		穴部支圧	○	○	相違なし
①-2	リアーブラケット (溶接部) 	せん断	○	○	相違なし
①-3	リアーブラケット (フランジ) 	曲げ	○	○	相違なし
②	セットボルト 	ロッドの 引張	○	○	相違なし
③-1	ケース 	引張	○	○	相違なし
③-2	ケース溶接部 	せん断	○	○	相違なし
④	ベアリングシート 	引張	○	○	相違なし
		せん断	○	○	相違なし
		支圧	○	○	相違なし



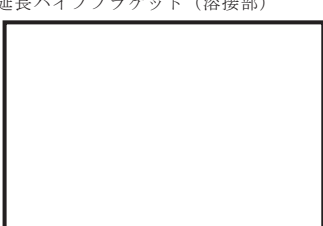

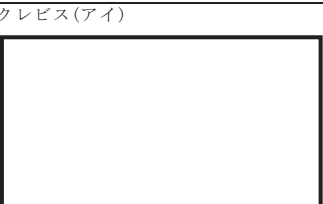
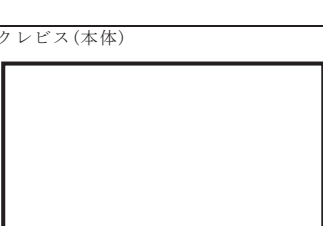
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 5-6 既工認と今回工認の評価項目の比較 (NMB 型) (2/4)

品番	部品	評価項目	詳細評価	既工認 (一次評価)	詳細評価と一次評価の相違点及び 詳細評価で評価項目を追加した根拠
⑤	ベアリングボックス 	引張	—	—	—
		せん断	○	○	相違なし
		支圧	○	○	相違なし
⑥	スリーブ 	せん断	○	○	相違なし
		支圧	○	○	相違なし
⑦	カラー 	せん断	○	○	相違なし
		支圧	○	○	相違なし
⑧	ロードシリンダ 	引張	○	○	相違なし
		座屈(圧縮)	○	—	発生荷重の増大に伴い、既往知見を採用して追加
⑨	ターンバックル 	ロッドの引張	○	○	相違なし
⑩	エンドブラグ 	引張		○	相違なし
		せん断	○	○	相違なし
		支圧	○	○	相違なし



枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 5-6 既工認と今回工認の評価項目の比較 (NMB 型) (3/4)

品番	部品	評価項目	詳細評価	既工認 (一次評価)	詳細評価と一次評価の相違点及び 詳細評価で評価項目を追加した根拠
⑪	延長パイプキット及び溶接部 	引張	○	—	既工認では延長パイプキット及び溶接部を使用したタイプを対象としていなかったため追加
		せん断	—	—	
⑫-1	延長パイプブラケット (イヤ穴部) 	引張	○	—	既工認では延長パイプブラケット (イヤ穴部)を使用したタイプを対象としていなかったため追加
		せん断	○	—	
		支圧	○	—	
⑫-2	延長パイプブラケット (溶接部) 	せん断	○	—	既工認では延長パイプブラケット (溶接部)を使用したタイプを対象としていなかったため追加
⑫-3	延長パイプ 	引張	○	—	既工認では延長パイプを使用したタイプを対象としていなかったため追加
		圧縮	—	—	
⑬	クレビス(アイ) 	引張	○	○	相違なし
		せん断	○	○	相違なし
		支圧	○	○	相違なし
⑭	クレビス(本体) 	組合せ	○	—	メカニカルスナップ本体でないため別評価としていたが、発生荷重の増大に伴いメカニカルスナップの評価として追加

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 5-6 既工認と今回工認の評価項目の比較 (NMB 型) (4/4)

品番	部品	評価項目	詳細評価	既工認 (一次評価)	詳細評価と一次評価の相違点及び 詳細評価で評価項目を追加した根拠
⑮		せん断	○	—	基本的に曲げ応力評価の方が厳しいが、荷重分類の網羅性のため追加
		曲げ	○	○	相違なし
⑯		引張	○	○	相違なし
⑰	全長1 (ストローク125mm考慮)	座屈	○	—	発生荷重の増大に伴い、既往知見を採用して追加
⑱	全長2 (ストローク250mm考慮)	座屈	○	—	発生荷重の増大に伴い、既往知見を採用して追加

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

## 5.2 機能部品の詳細評価

メカニカルスナッパの構成部品のうち機能部品については、機能部品を含むメカニカルスナッパの機能維持に対する荷重評価を、電共研にて試験によって策定された限界耐力値を用いて評価する。

電共研の知見では、メカニカルスナッパの耐力評価手法を構築することを目的として、地震に対する強度・機能の限界値を試験で確認するため、メカニカルスナッパが破損するまで徐々に荷重を増加させる振動応答試験を実施している。また、それぞれの振動応答試験後には、加振後のメカニカルスナッパの機能維持を確認するため、低速走行試験も併せて実施されている。これらの試験より、当該荷重の負荷後も機能維持できる荷重値として、表 5-7 のとおり、各型式の限界耐力値が策定されている。

表 5-7 各型式における限界耐力値

型式	限界耐力値 [kN]

注記\*：型式 SMS-7.5 は、電共研では検討対象としていない型式だが、SMS-6 と同じ構造及び寸法のため、SMS-6 と同じ限界耐力値を記載した。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

6. 詳細評価結果

6.1 詳細評価対象メカニカルスナッパ

今回工認における主配管に設置されたメカニカルスナッパ（約 500 台）のうち，発生荷重が設計上の基準値を超えるメカニカルスナッパ（44 台）を抽出し，それらの弾性設計用地震動  $S_d$  及び基準地震動  $S_s$  による発生荷重と設計上の基準値を比較した結果を表 6-1 に示す。

表 6-1 一次評価による詳細評価対象選定結果（1/2）

配管モデル名	支持点番号	メカニカルスナッパ型式	弾性設計用地震動 $S_d$		基準地震動 $S_s$		設置場所*
			発生荷重 [kN]	定格荷重 [kN]	発生荷重 [kN]	定格荷重× 1.5 [kN]	

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



表 6-1 一次評価結果一覧表 (2/2)

配管モデル名	支持点番号	メカニカルスナップ型式	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub>		基準地震動 S <sub>s</sub>		設置場所*
			発生荷重 [kN]	定格荷重 [kN]	発生荷重 [kN]	定格荷重× 1.5 [kN]	

注記\* : RB は, 原子炉格納容器内を除く原子炉建屋内を示す。PCV は, 原子炉格納容器内を示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

## 6.2 構造部材の詳細評価結果

6.1 項で抽出した詳細評価対象メカニカルスナップについて、別紙 3 に示す詳細評価方法に基づき、弾性設計用地震動  $S_d$  及び基準地震動  $S_s$  に対する各評価部位の評価を実施した。

各メカニカルスナップにおける最小裕度部品の評価結果を表 6-2 に示す。弾性設計用地震動  $S_d$  及び基準地震動  $S_s$  に対する各メカニカルスナップの評価結果は、全て許容応力以下であり、地震時の健全性は確保されることを確認した。

表 6-2 構造部材の詳細評価結果一覧表 (1/6)

配管モデル名	支持点番号	型式	最小裕度部品	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub>			基準地震動 S <sub>s</sub>		
				発生荷重 [kN]	発生応力 [MPa]	許容応力 III <sub>A</sub> S [MPa]	発生荷重 [kN]	発生応力 [MPa]	許容応力 IV <sub>A</sub> S [MPa]

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 6-2 構造部材の詳細評価結果一覧表 (2/6)

配管モデル名	支持点番号	型式	最小裕度部品	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub>			基準地震動 S <sub>s</sub>		
				発生荷重 [kN]	発生応力 [MPa]	許容応力 III <sub>A</sub> S [MPa]	発生荷重 [kN]	発生応力 [MPa]	許容応力 IV <sub>A</sub> S [MPa]

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 6-2 構造部材の詳細評価結果一覧表 (3/6)

配管モデル名	支持点番号	型式	最小裕度部品	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub>			基準地震動 S <sub>s</sub>		
				発生荷重 [kN]	発生応力 [MPa]	許容応力 III <sub>A</sub> S [MPa]	発生荷重 [kN]	発生応力 [MPa]	許容応力 IV <sub>A</sub> S [MPa]

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 6-2 構造部材の詳細評価結果一覧表 (4/6)

配管モデル名	支持点番号	型式	最小裕度部品	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub>			基準地震動 S <sub>s</sub>		
				発生荷重 [kN]	発生応力 [MPa]	許容応力 III <sub>A</sub> S [MPa]	発生荷重 [kN]	発生応力 [MPa]	許容応力 IV <sub>A</sub> S [MPa]

表 6-2 構造部材の詳細評価結果一覧表 (5/6)

配管モデル名	支持点番号	型式	最小裕度部品	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub>			基準地震動 S <sub>s</sub>		
				発生荷重 [kN]	発生応力 [MPa]	許容応力 III <sub>A</sub> S [MPa]	発生荷重 [kN]	発生応力 [MPa]	許容応力 IV <sub>A</sub> S [MPa]

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 6-2 構造部材の詳細評価結果一覧表 (6/6)

配管モデル名	支持点番号	型式	最小裕度部品	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub>			基準地震動 S <sub>s</sub>		
				発生荷重 [kN]	発生応力 [MPa]	許容応力 III <sub>A</sub> S [MPa]	発生荷重 [kN]	発生応力 [MPa]	許容応力 IV <sub>A</sub> S [MPa]

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



### 6.3 機能部品の詳細評価結果

メカニカルスナップにおける発生荷重と、電共研の知見として策定された限界耐力値との比較を表 6-3 に示す。なお、表 6-3 では JNES で確認された耐力確認荷重についても比較する。それぞれの発生荷重は電共研の知見による限界耐力値よりも十分に小さいため、機能部品を含むメカニカルスナップの機能維持は問題ないと考えられる。

表 6-3 機能維持に関する詳細評価結果一覧表 (1/2)

配管モデル名	支持点番号	型式	発生荷重[kN]		電共研 限界耐力値 [kN]	JNES 耐力確認 荷重[kN]
			弾性設計用 地震動 S <sub>d</sub>	基準地震 動 S <sub>s</sub>		

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 6-3 機能維持に関する詳細評価結果一覧表 (2/2)

配管モデル名	支持点番号	型式	発生荷重[kN]		電共研 限界耐力値 [kN]	JNES 耐力確認 荷重[kN]
			弾性設計用 地震動 S <sub>d</sub>	基準地震 動 S <sub>s</sub>		

注記\* : 型式 SMS-7.5 は, 電共研では検討対象としていない型式だが, SMS-6 と同じ構造及び寸法のため, SMS-6 と同じ限界耐力値を記載した。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

## 7. 結論

女川原子力発電所2号機の機器・配管系の支持構造物であるメカニカルスナッパの耐震設計では、既工認と同様、地震によるメカニカルスナッパの発生荷重がJ E A G 4 6 0 1を踏まえてあらかじめ設定した設計上の基準値（定格荷重、定格荷重の1.5倍）を満足することを一次評価として確認しているが、設計上の基準値を超えた場合には、あらかじめ設定している設計上の基準値に余裕があること等を考慮し、J E A G 4 6 0 1に定める許容限界を満足する範囲内で詳細評価を適用することとした。

今回工認における詳細評価においては、メカニカルスナッパの構造部材に対する強度評価及び機能部品を含む機能維持に対する荷重評価を実施することとし、J E A G 4 6 0 1に基づく評価方法、電共研の知見等を踏まえて、評価部位及び評価項目を追加するとともに、限界耐力値との比較を行い、詳細評価対象メカニカルスナッパの耐震性が確保されることを確認した。

## メカニカルスナップ確性試験の概要

## 1. はじめに

機器・配管系の支持装置として用いるメカニカルスナップは、地震によって生じる振動等に対して拘束する一方、熱膨張などによって生じる低速度移動に対しては拘束せず自由に伸縮する機能を有している。

このメカニカルスナップの機能が定格荷重の1.5倍の負荷後においても維持されることを確認する確性試験が実施されており、振動等に対して拘束する機能については振動応答試験、低速度移動に対して自由に伸縮する機能については低速走行試験でそれぞれの機能維持が確認されている。この確性試験結果は、以下の図書にまとめられている。



本資料は、確性試験の概要を整理したものである。

## 2. メカニカルスナップの確性試験概要

## 2.1 試験内容

確性試験では、振動負荷後の性能維持を確認するため、定格荷重の1.5倍に対する負荷振動試験、振動応答試験及び低速走行試験を実施している。

確性試験のフローを図2-1に示す。

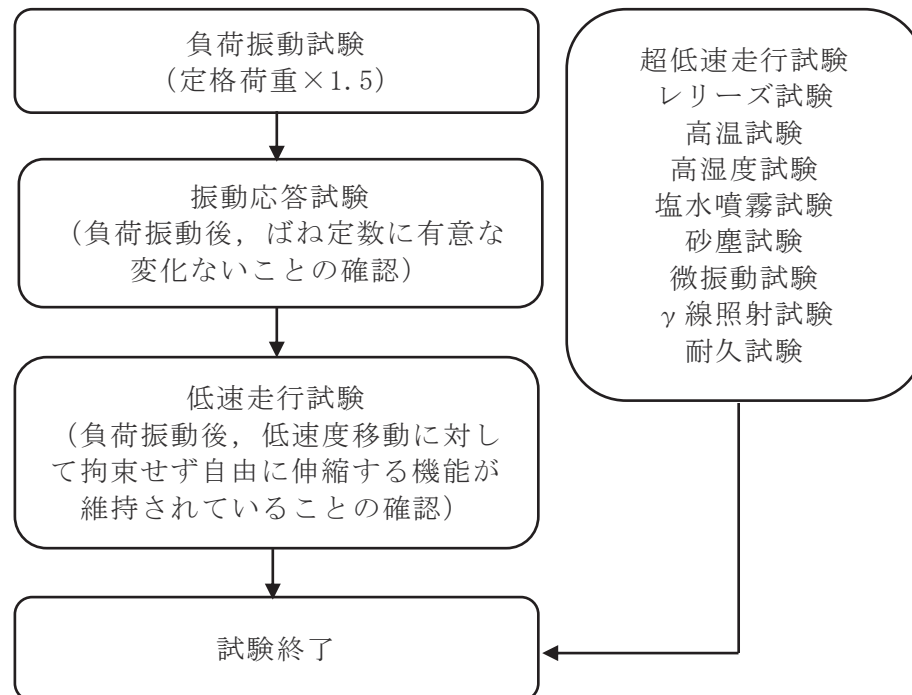


図2-1 確性試験フロー

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

## 2.2 試験方法



確性試験の試験項目と試験内容を表2-1に示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 2-1 確性試験の各試験項目

試験項目	確認事項	試験内容
振動応答試験	一定の地震荷重に対して想定される動剛性であること	定格荷重が発生する変位で加振し、振動応答特性及びメカニカルギャップを確認する。振動数 3～33Hz の範囲で数ケース加振する。
過負荷振動試験		定格荷重×1.5 倍が発生する変位で加振した後、性能が維持されることを確認する。振動数 9Hz で 10 秒程度加振する。
低速走行試験	配管の熱変位に対して追従すること	配管の熱膨張による変位時に想定される速度 (0.1～4.0 mm/sec) でゆっくり加振し、抵抗力及び抵抗力の速度依存性を確認する。
超低速走行試験	超低速度での移動時にスティックスリップ現象*1 が発生しないこと	超低速度 (0.5 μm/sec 程度) による移動時に、有害なスティックスリップ現象が発生しないことを確認する。
レリーズ試験*2	地震荷重を受けてブレーキ機構が働いた状態でも、配管の熱移動に追従すること	配管の熱移動を想定した速度 (1.0～4.0mm/sec) での移動時に、地震荷重や衝撃荷重を想定した正弦波を与え、ブレーキ機構が作動した場合でも、スティックせずに熱移動に追従することを確認する。
高温試験*3	高温状態でも性能を維持すること	高温状態 (100℃程度) に晒し、性能が維持されることを確認する。
高湿度試験*3	高湿度雰囲気でも性能を維持すること	高湿度雰囲気に晒し、性能が維持されることを確認する。
塩水噴霧試験*3	塩水噴霧雰囲気でも性能を維持すること	発錆しやすい塩水噴霧雰囲気に晒し、性能が維持されることを確認する。
砂塵試験*3	異物が付着しやすい環境でも性能を維持すること	異物が付着しやすい砂塵雰囲気に晒し、性能が維持されることを確認する。
微振動試験*3	回転機器等の微振動を受けても性能を維持すること	回転機器を模した微振動 (振動数50Hz, サイクル $5 \times 10^6$ 回) を受けてもボールねじ部に摩擦等を起こさず、性能が維持されることを確認する。
γ線照射試験*3	放射線環境でも性能を維持すること	放射線を照射し、性能が維持されることを確認する。
耐久試験	一定の荷重を繰り返し負荷しても、性能を維持すること	定格荷重が発生する変位を繰り返し与え、性能が維持されることを確認する。振動数10Hzで、2万回加振する。

注記\*1：スティックスリップ現象は、機械部品の摩擦面において、静止摩擦力が作用する付着状態と、動摩擦力が作用する滑り状態が交互に発生することによる自励振動現象である。

\*2：レリーズ試験は，熱変位を想定したゆっくりとした変位を与えているところに，地震を想定した素早い変位を与えることで，地震によりブレーキ機構が作動した状態での熱移動への追従を確認するものである。

\*3：各環境試験後に振動試験及び低速走行試験を実施する。

### 2.3 試験結果

負荷振動試験により定格荷重の1.5倍となる振動を負荷した後であっても，振動による顕著な性能への影響は認められず，メカニカルスナッパに要求される機能を維持できることが確認された。



## メカニカルスナッパに係る適用規格の内容

## 1. 実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則

実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則では，地震力に対して「施設の機能を維持していること又は構造強度を確保していること」を要求している。

実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則	実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈
<p>(地震による損傷の防止)</p> <p>第五条 設計基準対象施設は、これに作用する地震力（設置許可基準規則第四条第二項の規定により算定する地震力をいう。）による損壊により公衆に放射線障害を及ぼさないように施設しなければならない。</p> <p>2 耐震重要施設（設置許可基準規則第三条第一項に規定する耐震重要施設をいう。以下同じ。）は、基準地震動による地震力（設置許可基準規則第四条第三項に規定する基準地震動による地震力をいう。以下同じ。）に対してその安全性が損なわれるおそれがないように施設しなければならない。</p>	<p>第5条（地震による損傷の防止）</p> <p>1 第1項の規定は、設置許可基準規則第4条第1項の規定に基づき設置許可で確認した設計方針に基づき、設計基準対象施設が、設置許可基準規則第4条第2項の地震力に対し、施設の機能を維持していること又は構造強度を確保していることをいう。</p> <p>2 第2項の規定は、設置許可基準規則第4条第3項の規定に基づき設置許可で確認した設計方針に基づき、耐震重要施設が、設置許可基準規則第4条第3項の基準地震動による地震力に対し、<u>施設の機能を維持していること又は構造強度を確保していること</u>をいう。</p>

## 2. 耐震設計に係る工認審査ガイド

耐震設計に係る工認審査ガイドでは、適用可能な規格及び基準として J E A G 4 6 0 1 が記載されている。

### 4. 機器・配管系に関する事項

#### 4.3 許容限界

##### 【審査における確認事項】

機器・配管系の耐震設計においては、安全上適切と認められる規格及び基準等に基づき許容限界を設定していることを確認する。

##### 【確認内容】

許容限界については以下を確認する。

(1) 「安全上適切と認められる規格及び基準等」として、適用可能な規格及び基準等を以下に示す。なお、Bクラス、Cクラスの機器・配管系の基準地震動  $S_s$  による地震力に対する波及的影響の検討を実施する際の許容限界については、J E A G 4 6 0 1 又は既往の研究等を参考に設定していること。

##### ・ J E A G 4 6 0 1

・ 発電用原子力設備規格設計・建設規格（(社)日本機械学会，2005/2007)

### 3. 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987

原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987の配管支持構造物に関する規定を以下に記載する。

- ① 設計用地震力による適切な応力・強度解析に基づいた地震応力と、他の荷重による応力との組み合わせがその許容限界内にあることを確認すること「解析による設計」を基本とし、許容限界だけから律することができない機器の機能維持上の評価が必要な場合、振動試験等によって確認すること「試験による評価」もできる。( J E A G 4 6 0 1 -1987 「6.1.1 耐震設計の基本方針(2) 耐震設計と安全性評価」による)
- ② 「解析による設計」が行われる場合はその耐震重要度に応じた設計用地震力と組み合わせるべき他の荷重による各種応力が、それぞれに対応する許容応力限度以内にあることを確認することを基本とする。また、「試験による設計」の場合は、強度評価のみならず機能維持の観点からの評価も含まれる。( J E A G 4 6 0 1 -1987 「6.1.7 耐震安全性評価」による)
- ③ 強度評価は、応力計算を行って許容応力と比較するものが大部分であるが、荷重による評価を行う場合、機器の機能維持評価が必要な場合がある。荷重の評価では、あらかじめ計算により標準荷重あるいは限界荷重を求めておく場合、試験により許容荷重を確認しておく場合などがある。( J E A G 4 6 0 1 -1987 「6.6.1 荷重・応力の組合せ(2) 地震応力算定の概要」による)

① J E A G 4 6 0 1 -1987 「6.1.1 耐震設計の基本方針 (2) 耐震解析と安全性評価」

(2) 耐震解析と安全性評価

機器・配管系は、その耐震上の重要度に応じて適切に分類され、それぞれの耐震クラス (As, A, B, C) に応じた設計用地震力に対して安全であることを確認しなければならない。

設計用地震力は、それぞれの耐震クラスに対応した水平静的震度による地震力と、As, A クラスでは更に設計用限界地震及び設計用最強地震による基準地震動  $S_2$ ,  $S_1$  に対し適切な地震応答解析に基づいた動的地震力と鉛直震度による静的地震力を算定しなければならない。

機器・配管系の耐震安全性評価は、上記設計用地震力による適切な応力・強度解析に基づいた地震応力と、組合すべき他の荷重による応力との組合せ応力がその許容限界内にあることを確認すること（解析による設計）を基本とする。しかし、系の解析の複雑さ、信頼度の問題、あるいは系の耐震安全性が応力許容限界だけから律することが出来ない機器の機能維持上の評価が必要な場合は振動試験等によって確認すること（試験による評価）もできる。

設計用地震力（各クラスの静的地震力及び As, A クラスの基準地震動  $S_1$  に基づく動的地震力）による系の1次応力は、使用材料の降伏点以内、1次+2次応力を算定する必要のある系では、それが過大な歪を与えない範囲にあることを基本とするが、これは系の地震応答が巨視的にみて線形・弾性挙動の範囲にあることを意図している。したがって、解析による設計では、系の地震時1次応力は適切に算定することが必要であるが、2次応力は系の線形・弾性挙動、あるいは地震時の低サイクル疲労等に影響があると判断される場合に評価することを基本とする。ただし、耐震 As, A クラスのものはその構造の重要性からみて、著しい2次応力の発生が考えられるところはその2次応力を適切に評価するものとする。

耐震 As クラスの基準地震動  $S_2$  に基づく動的地震力に対しては、非線形・弾塑性挙動の範囲に入ることは差支えないが、この場合は系の靱性を十分考慮し、系の限界強度又は機能維持上妥当な安全性を有していることを確認しなければならない。

試験による評価の場合は、相似率、据付位置の地震動特性等を考慮した適切な振動試験又はこれと同等な試験を実施し、組合せるべき他の荷重の効果を考慮して強度又は機能上妥当な安全性を有していることを確認するものとする。

② J E A G 4 6 0 1 -1987 「6.1.7 耐震安全性評価」

**6.1.7 耐震安全性評価**

原子炉施設の機器・配管系の耐震安全性評価は、「解析による設計」が行われる場合は、その耐震重要度に応じた設計用地震力と組合せるべき他の荷重による各種応力が、それぞれに対応する許容応力限度以内であることを確認することを基本とする。しかし、機器系の種別によってはその機能が、強度評価だけでは不十分な場合があるので十分留意しなければならない。この点「試験による評価」の場合は、強度評価のみならず機能維持の観点からの評価も含まれるが、試験体の相似性、地震入力特性等の妥当性確認が重要である。

なお、S<sub>2</sub>地震時のAsクラス機器系の耐震安全性評価に当たって、建屋の弾塑性応答が顕著な場合には、建屋自体の弾塑性応答特性、変形特性、床応答への影響、弾塑性挙動の信頼度等に留意することが必要であろう。

③ J E A G 4 6 0 1 -1987 「6.6.1 荷重・応力の組合せ (2) 地震応力算定の概要」

(2) 地震応力算定の概要

本項では、「6.5 地震応答解析」で述べた地震応答解析から得られた地震荷重をもとに行う応力・強度評価について、その一般的な事項について述べる。

機器系の耐震設計における強度評価は応力計算を行って許容応力と比較するものが大部分であるが、このほか、荷重による評価を行う場合もあり、また、ひずみあるいは変形制限、機器の機能維持評価が必要な場合もある。

応力・強度解析の手法は対象機器に応じ、それぞれ適切な方法で行っているが、基本的な流れは図6.6.1-1のとおりである。

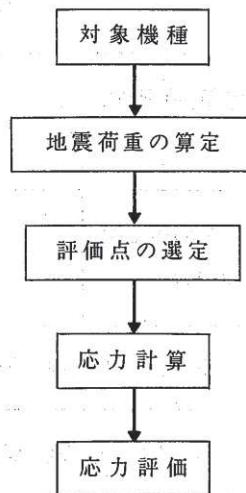


図 6.6.1-1 応力・強度解析の基本的な流れ

ここで応力評価については、大別すると次の二つの方法がある。

応力強さによる評価：第1種容器、配管、第2種容器に適用し、詳細な応力解析を行って評価する。

最大応力による評価：一般機器、支持構造物に適用し、比較的簡便に応力計算を行って評価する。

また、応力計算においても、対象機種の重要度、形状の複雑さ等に応じ、精密な手法から比較的簡便な手法までである。すなわち、有限要素法、シェル構造解析、はりによる

解析、骨組構造解析等、大型計算機を利用した計算から、単純な形状のものでは材料力学の基本的な式による計算から求める場合もある。

また、容器類の局部応力を求める場合は、Bijlaardの方法あるいは有限要素法が用いられる。

応力評価以外の強度評価法としては、荷重による評価があり、これは、あらかじめ計算により標準荷重あるいは限界荷重を求めておく場合、試験により許容荷重を確認しておく場合などがある。

4. 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984

メカニカルスナッパに対する要求事項として、原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984の「その他の支持構造物」に関する規定を以下に記載する。

- ① J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984「2.9.1 その他の支持構造物の許容応力の解説」によると、メカニカルスナッパ本体は「その他の支持構造物」に該当する。
- ② J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984「2.9.1 その他の支持構造物の許容応力」によると、その他支持構造物の許容応力については「2.8.1 第1種支持構造物」の規定の(2)の規定を準用し、使用材料に応じて許容応力が規定されている。

以上より、メカニカルスナッパは J E A G 4 6 0 1 の「その他の支持構造物」に該当し、構造部材に対する強度評価のみが求められている。

① J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984 「2.9.1 その他の支持構造物の許容応力の解説」

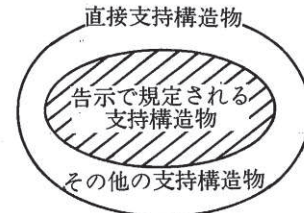
その他の支持構造物の許容応力の解説

- (1) 本項では「その他の支持構造物」の許容応力と「その他の支持構造物」に含まれるもの  
のうち「電気計装設備」「換気空調設備」については具体例を示した。
- (2) 「その他の支持構造物」とは本指針の直接支持構造物の範囲であって告示で規定される  
支持構造物の範囲外を意味している。

図 2-12

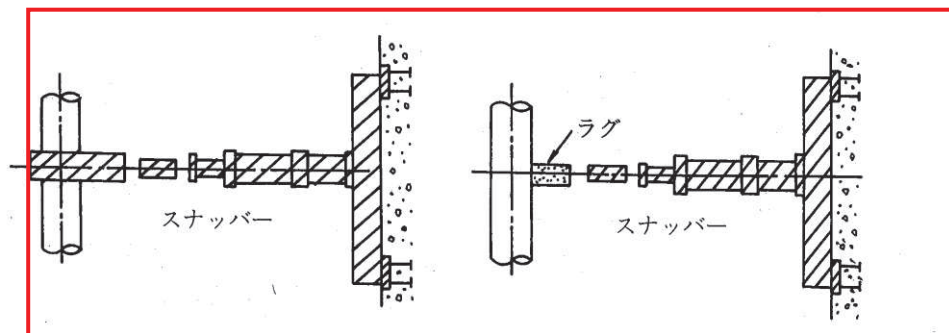
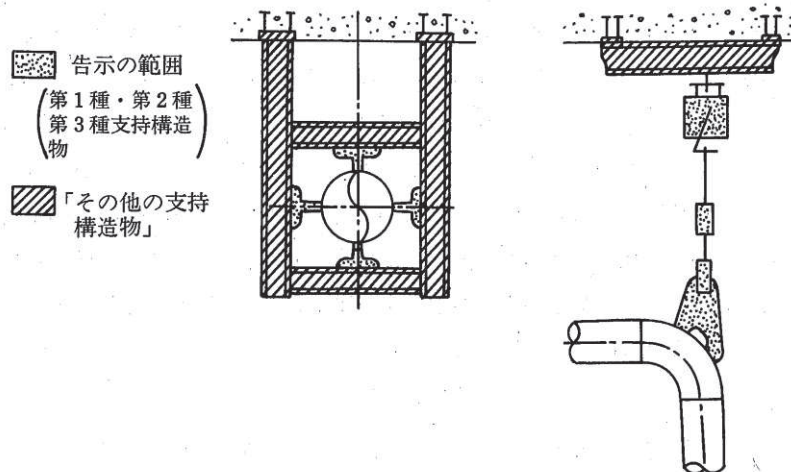
例えば、次のものがある。

- a. 耐震用サポート、耐震用スナッバー
- b. 使用済燃料ラック、配管、ケーブルトレイ及び電線  
管の支持架構
- c. 電気盤の主体構造等骨組構造物
- d. 空調ユニット、フィルタユニット等の骨組構造物



- (3) 「その他の支持構造物」と告示で規定される支持構造物との取り合いは、耐圧部から「その他の支持構造物」の鉄骨部表面を境とし溶接部及び  
ボルトまでを、告示の適用範囲とする。(図 2-13参照)

図 2-13





② J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984 「2.9.1 その他の支持構造物の許容応力」

**2.9 その他の支持構造物，電気計装設備，換気空調設備，埋込金物の許容  
応力**

**2.9.1 その他の支持構造物の許容応力**

使用済燃料ラック，ケーブルトレイ，電線コンジット，配管の支持架構等その他の支持構造物の地震時許容応力については2.8.1の(2)，(3)及び(4)の規定を準用し，この場合のF値は次に定める値とする。

「告示別表第9に定める値又は告示別表第10に定める値の0.7倍の値のいずれか小さい方の値。ただし，使用温度が40度を超えるオーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金にあっては，告示別表第9に定める値の1.35倍の値，告示別表第10に定める値の0.7倍の値又は室温における告示別表第9に定める値のいずれか小さい方の値。」

なお，その他の支持構造物であって，告示に規定される機器（第1種，第2種及び第3種）の耐圧部に直接溶接される部分については，2.8の規定による。また使用済燃料ラックの地震時の許容応力については，2.8.1の(2)の規定を準用する。

## メカニカルスナップの詳細評価方法

## 1. 記号の定義

メカニカルスナップの強度計算式に使用する記号は、下記のとおりとする。

## (1) SMS 型

記号	定義	単位
A	ユニバーサルブラケット溶接部寸法	mm
$A_p$	支圧応力計算に用いる断面積	$\text{mm}^2$
$A_s$	せん断応力計算に用いる断面積	$\text{mm}^2$
$A_t$	引張応力計算に用いる断面積	$\text{mm}^2$
B	イーヤせん断断面寸法	mm
	ブラケット穴部せん断断面寸法	
C	イーヤ引張断面寸法	mm
	ブラケット引張断面寸法	
	ユニバーサルブラケット引張断面寸法	
$C_1$	ユニバーサルボックス引張断面寸法	mm
$C_2$	ユニバーサルボックス引張断面寸法	mm
$C_3$	ユニバーサルボックス引張断面寸法	mm
$C_4$	ユニバーサルボックスせん断断面寸法	mm
D	イーヤ穴径	mm
	ブラケット穴径	
	コネクティングチューブ外径	
$D_1$	ジャンクションコラムアダプタ外径	mm
	ロードコラム外径	
	ベアリング押えの支圧強度面内径	
$D_2$	ジャンクションコラムアダプタ内径	mm
	ロードコラム内径	
	ベアリング押えの支圧強度面外径	
$D_3$	ケースの引張強度面内径	mm
$D_4$	ケースの引張強度面外径	mm
d	ピン径	mm
$d_1$	ユニバーサルボックス穴径	mm
$d_2$	ユニバーサルボックス穴径	mm

記号	定義	単位
E	縦弾性係数	MPa
$e_1$	ユニバーサルボックスせん断断面寸法	mm
$e_2$	ユニバーサルボックスせん断断面寸法	mm
F	材料の許容応力を決定する場合の基準値	MPa
$F_b$	曲げ応力	MPa
$F_c$	圧縮応力	MPa
$F_p$	支圧応力	MPa
$F_s$	せん断応力	MPa
$F_t$	引張応力	MPa
$f_c$	許容圧縮応力	MPa
H	ベアリングナット高さ	mm
h	すみ肉溶接部脚長	mm
I	断面二次モーメント	mm <sup>4</sup>
i	断面二次半径	mm
k	ねじ部せん断係数	—
L	ベアリングナット高さ	mm
	コネクティングチューブ圧縮長さ	
	ボールネジのキー溝部弧長	
$l_k$	座屈長さ	mm
M	六角ボルトの呼び径	mm
	ベアリングナット穴径	
n	六角ボルトの本数	本
P	発生荷重	N
T	ねじ部穴径	mm
t	コネクティングチューブ板厚	mm
	イーヤ板厚	
	ケースのせん断強度面板厚	
	ベアリング押え板厚	
	ユニバーサルブラケット板厚	

記号	定義	単位
$t_1$	ユニバーサルボックス板厚	mm
	コネクティングチューブ板厚	
$t_2$	ユニバーサルボックス板厚	mm
	コネクティングチューブ板厚	
$T_e$	コネクティングチューブ溶接部寸法	mm
$\beta'_{10}$	ベアリング押え曲げ応力係数（「機械工学便覧 A4 材料力学」による）	—
$\Lambda$	限界細長比	—
$\lambda$	有効細長比	—
A1, A2, A3, a, b, c, d, h, $\alpha$	ボールネジ引張断面寸法	mm
a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, m, I1, I2, I3, I4, I5, I6, L1, L2, L3, L4, L5, L6,	座屈計算に用いる寸法	mm

## (2) NMB 型

記号	定義	単位
A	応力計算に用いる断面積	mm <sup>2</sup>
A <sub>w</sub>	応力計算に用いる溶接部断面積	mm <sup>2</sup>
a	イーヤ加工部径	mm
b	イーヤ加工部深さ	mm
B B P I N	連結部板厚	mm
D	ピン径	mm
D 0	パイプ外径	mm
	シリンダ外径	
D 0 B B	おねじ谷径	mm
D 0 B S	ベアリングシート引張部外径又は有効径	mm
D 0 C A	ケース外径	mm
D 0 C L	カラー外径	mm
D 0 E P	おねじの谷径	mm
D 0 E X K	パイプ外径	mm
D 0 L C	ロードシリンダ外径	mm
D 0 S L	スリーブ支持板外径	mm
D 0 T B	ターンバックル外径	mm
D 1	パイプ内径	mm
	シリンダ内径	
D 1 B B	軸受外径	mm
D 1 B S	ベアリングシート引張部内径	mm
D 1 C A	ケースねじ部の谷径	mm
D 1 E P	ボールネジ逃がし穴内径	mm
D 1 E X K	延長パイプ外径	mm
D 1 L C	ねじ逃げ溝部内径	mm
D 1 S B	ボルト呼び径	mm
D 1 T B	ねじ逃げ溝内径	mm
D 2 C A	ケース外径	mm
D 2 E X K	差し込み代確認用穴径	mm
D 3 C A	ケース内径	mm
D B	軸受寸法	mm

記号	定義	単位
DBAL	ねじ谷径	mm
DBBB	軸受外径	mm
DBCL	ベアリング内径	mm
DBSL	スリーブ外径	mm
DEPB	パイプ外径	mm
DH	球面軸受外径	mm
	ピン穴径	
DHBB	穴部直径	mm
DHBS	ベアリングシート開口部径	mm
DHCL	穴部内径	mm
DHEP	球面軸受用穴径	mm
DHEXB	球面軸受外径	mm
DHTB	ターンバックル内径	mm
DMCL	ボールネジ外径	mm
DMTB	おねじ部谷径	mm
DPIN	ピン径	mm
E	縦弾性係数	MPa
F	材料の許容応力を決定する場合の基準値	MPa
FB	曲げ応力	MPa
FBX		
FBY		
FC	圧縮応力	MPa
FP	支圧応力	MPa
FR	組合せ応力	MPa
FT	引張応力	MPa
FT1		
FT2		
FV	せん断応力	MPa
FW	溶接部せん断応力	MPa
fc	許容圧縮応力	MPa
hE	イーヤ溶接部溶け込み長さ	mm

記号	定義	単位
I	断面二次モーメント	mm <sup>4</sup>
i	断面二次半径	mm
L	穴中心軸から付根までの深さ	mm
	全長	
LP	クレビス内幅	mm
$l_k$	座屈長さ	mm
M	曲げモーメント	N・mm
N	セットボルトの本数	本
P	発生荷重	N
RE	球面軸受中心から端部までの距離	mm
REP	球面軸受穴中心から端部までの距離	mm
REXB	軸受中心から端部までの距離	mm
S	クレビス幅	mm
SE	イーヤ幅	mm
SEP	エンドプラグ幅	mm
SEXB	イーヤ幅	mm
SF	ボルト穴の中心同士の距離	mm
T	クレビス板厚	mm
T1BB	荷重伝達部肉厚	mm
T1BS	ベアリングシート穴部の板厚	mm
T1CL	カラー板厚	mm
T1SL	スリーブ支持板厚	mm
T2BS	ベアリングシート下部の板厚	mm
TB	球面軸受部の幅	mm
TBEP	球面軸受の外輪幅	mm
TBEXB	球面軸受の外輪幅	mm
TE	イーヤ板厚	mm
TEP	エンドプラグ板厚	mm
TEXB	イーヤ板厚	mm
TF	フランジ部板厚	mm

記号	定義	単位
W O C A	溶接脚長	mm
W 1 C A		
W E		
W E P B		
W E X K		
Z	断面係数	mm <sup>3</sup>
$\alpha$	取り付け角度	deg
$\theta$		
$\Lambda$	限界細長比	—
$\lambda$	有効細長比	—



## 2. 評価方法

詳細評価は、各強度評価部位の最弱部に発生する各応力を次の計算式により算出し、許容応力以下であることを確認する。

なお、適用型式を明記している評価項目以外は評価部位及び評価式について、型式ごとの違いはない。

### 2.1 SMS 型

#### ① ダイレクトアタッチブラケット

##### i 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。

##### ii せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。

##### iii 支圧応力評価

支圧応力が、許容支圧応力以下であることを確認する。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

iv 溶接部せん断応力評価（適用：SMS-01～25）

溶接部のせん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。

v 溶接部せん断応力評価（適用：SMS-40～60）

溶接部のせん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

② ジャンクションコラムアダプタ

i 六角ボルト引張応力評価

六角ボルトの引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。

ii 溶接部せん断応力評価(適用：SMS-01～1)

溶接部せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。

iii 溶接部引張応力評価(適用：SMS-3～60)

溶接部引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。

iv コラム部引張応力評価

コラム部引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

③ ロードコラム

i 引張応力評価

引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。



ii ねじ部せん断応力評価（部品全体の評価）

ねじ部のせん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。



iii ねじ部せん断応力評価（ねじ山のせん断の評価）

ねじ部のせん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。



枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

⑤ ピン

i せん断応力評価

せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。

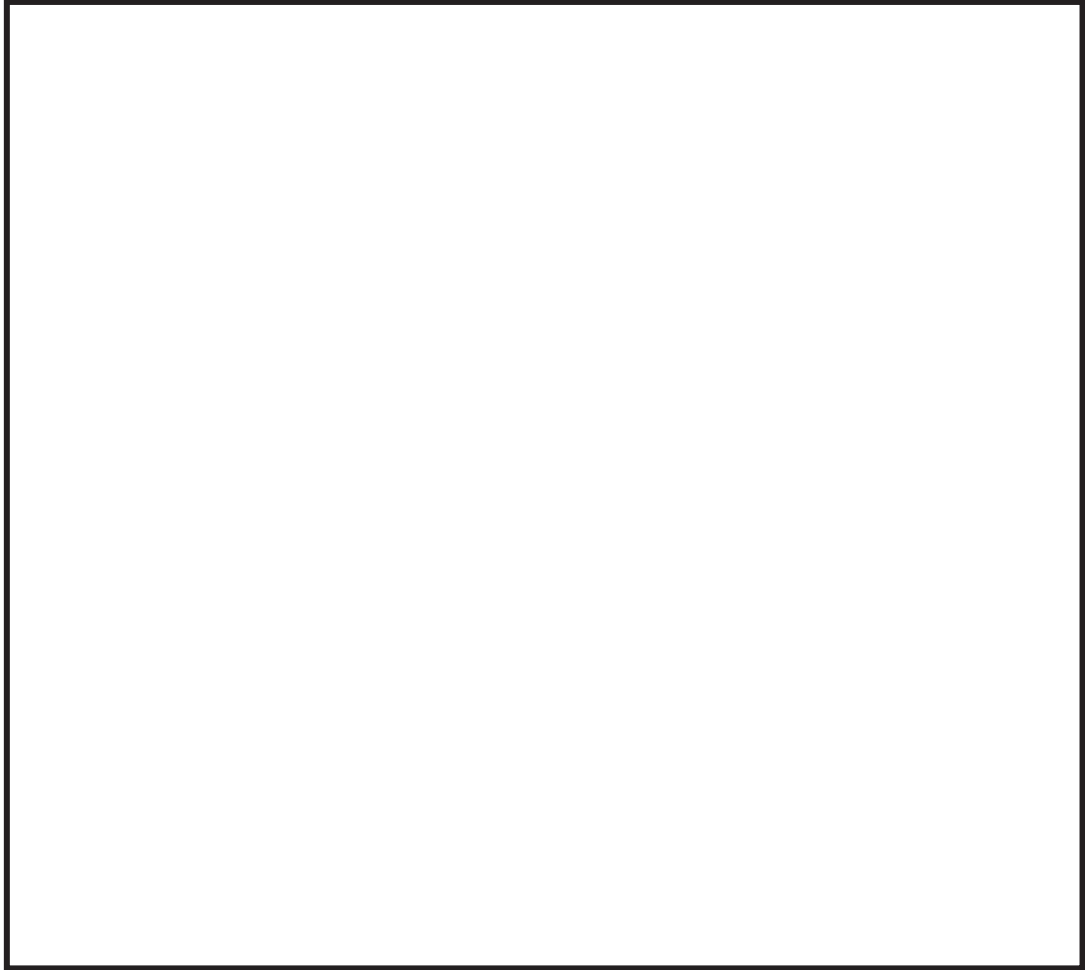


枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

⑥ コネクティングチューブ (延長棒付きの A タイプのみ)

i 圧縮応力評価

圧縮応力が，許容圧縮応力以下であることを確認する。



枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

ii チューブ引張応力評価（適用：SMS-01～25）

チューブ引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。

iii 溶接部せん断応力評価（適用：SMS-01～1）

溶接部せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。

iv 溶接部引張応力評価（適用：SMS-3～25）

溶接部引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。

v チューブ引張応力評価（適用：SMS-40～60）

チューブ引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

vi 溶接部せん断応力評価（適用：SMS-40～60）

溶接部引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。

vii 現地溶接部せん断応力評価（適用：SMS-01～3）

現地溶接部せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。

viii 現地溶接部せん断応力評価（適用：SMS-6～25）

現地溶接部せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



ix 現地溶接部せん断応力評価（適用：SMS-40～60）

現地溶接部せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。



枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

⑦-1 ベアリングケース

i 引張応力評価

引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。



ii せん断応力評価

せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。



iii 支圧応力評価

支圧応力が，許容支圧応力以下であることを確認する。



枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

⑦-2 ベアリング押え

i せん断応力評価

せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。

ii 支圧応力評価

支圧応力が，許容支圧応力以下であることを確認する。

iii 曲げ応力評価

曲げ応力が，許容曲げ応力以下であることを確認する。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

⑦-3 六角ボルト(ベアリング押え用)

i 引張応力評価

引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。



枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

⑧ イーヤ

i 引張応力評価

引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。

ii せん断応力評価

せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。

iii 支圧応力評価

支圧応力が，許容支圧応力以下であることを確認する。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

iv ねじ部引張応力

ねじ部引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。



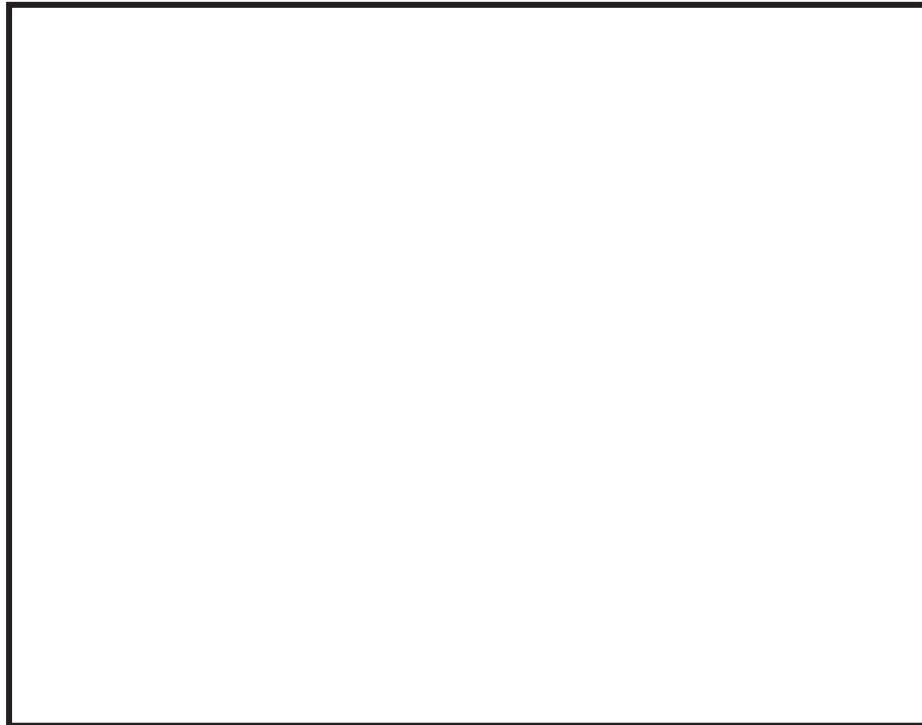
v ねじ部せん断応力評価（部品全体の評価）

ねじ部せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。



vi ねじ部せん断応力評価（ねじ山のせん断の評価）

ねじ部のせん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。



枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

⑨ ユニバーサルボックス

i 引張応力評価（適用：SMS-01～25）

引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。



ii せん断応力評価（適用：SMS-01～25）

せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。



枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

iii 支圧応力評価（適用：SMS-01～25）

支圧応力が，許容支圧応力以下であることを確認する。



iv 引張応力評価（適用：SMS-40～60）

引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。

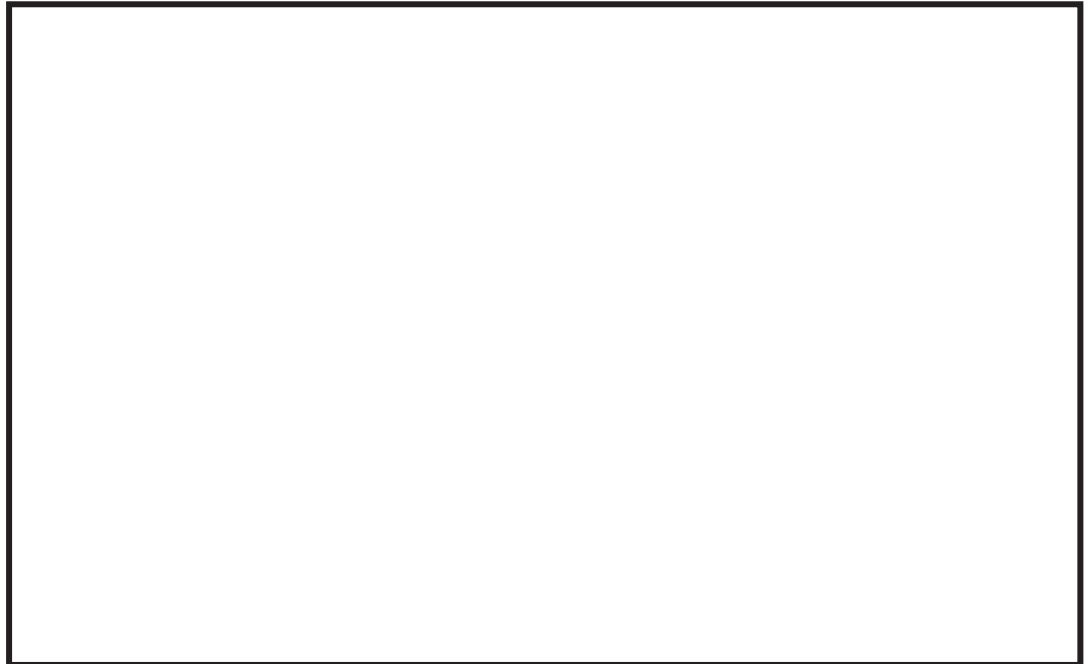


枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



v せん断応力評価（適用：SMS-40～60）

せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。



vi 支圧応力評価（適用：SMS-40～60）

支圧応力が，許容支圧応力以下であることを確認する。



枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

⑪ ユニバーサルブラケット

i 引張応力評価

引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。

ii せん断応力評価

せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。

iii 支圧応力評価

支圧応力が，許容支圧応力以下であることを確認する。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

⑫ ベ어링ナット

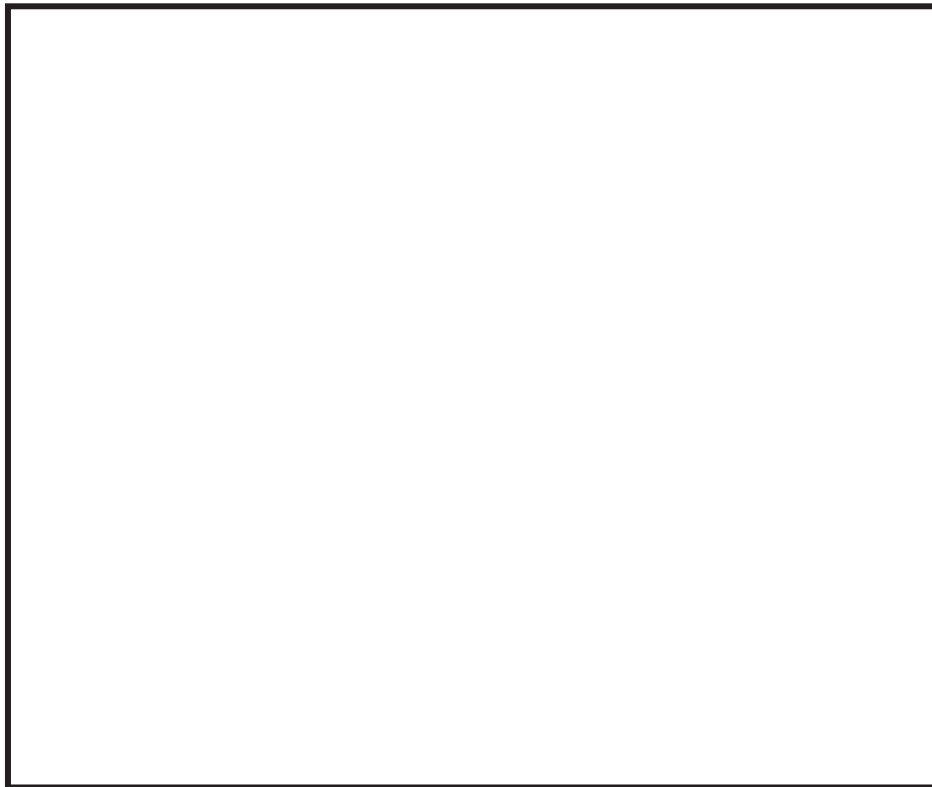
i ねじ部せん断応力評価（部品全体の評価）

ねじ部せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。



ii ねじ部せん断応力評価（ねじ山のせん断の評価）

ねじ部のせん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。

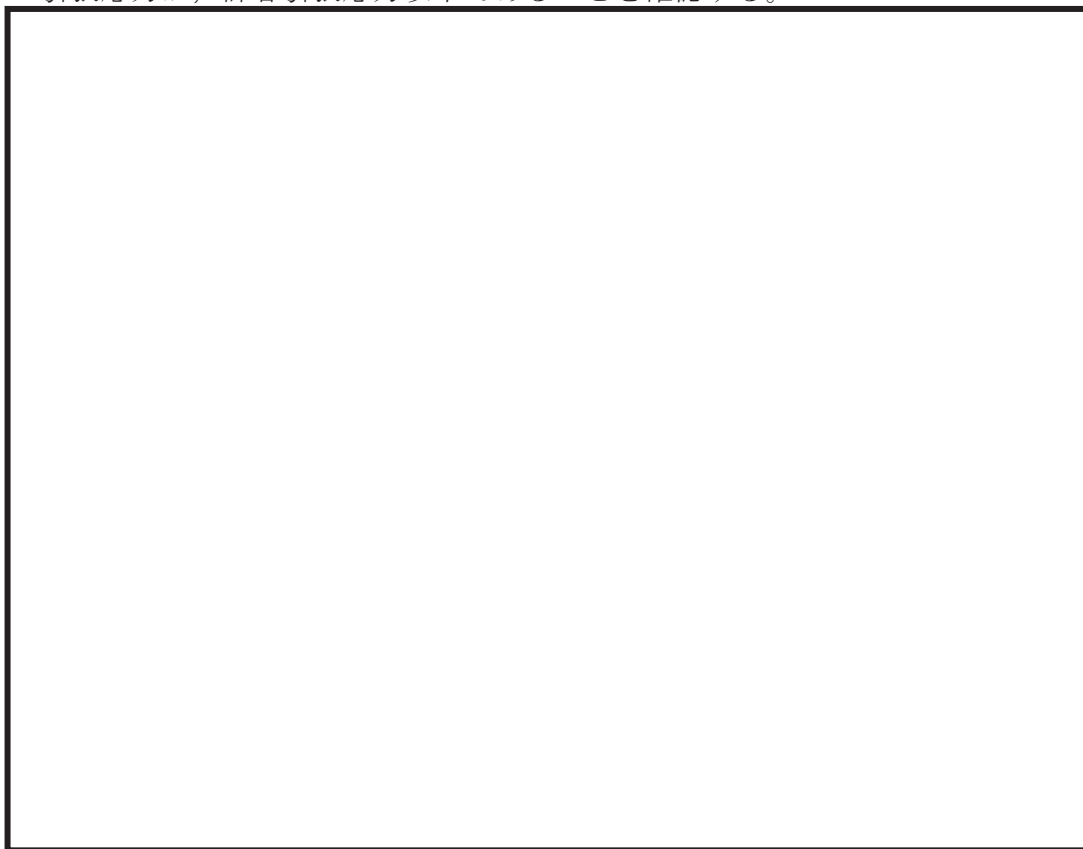


枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

⑬ ボールネジ

i 引張応力評価

引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。



枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

⑭ 座屈評価

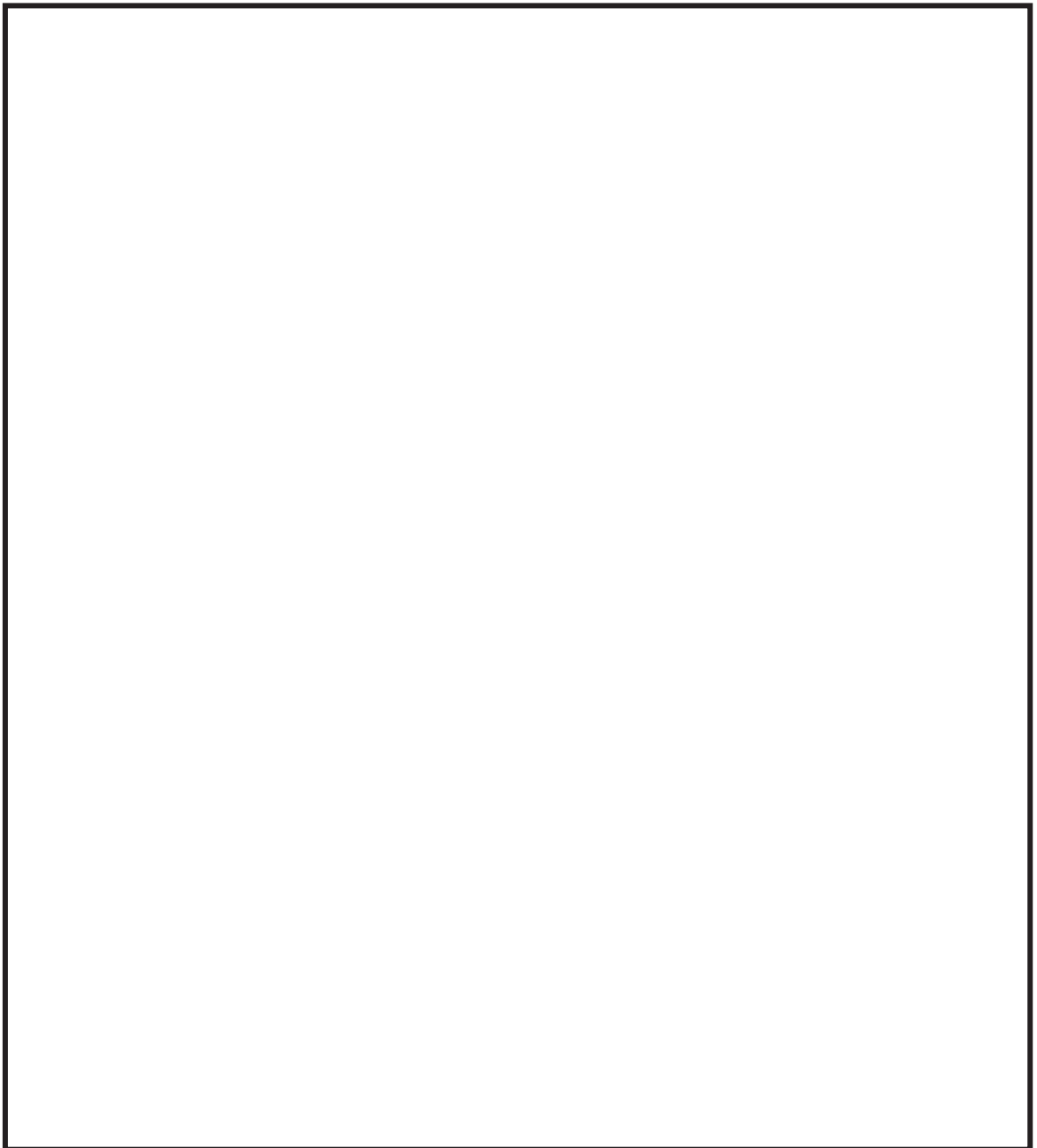
座屈評価は，電共研の研究成果から，計算にて算出した座屈耐力に係数を乗じた値を限界耐力として評価を行う。

電共研試験にて SMS-03 に対して静的座屈試験を実施した結果，

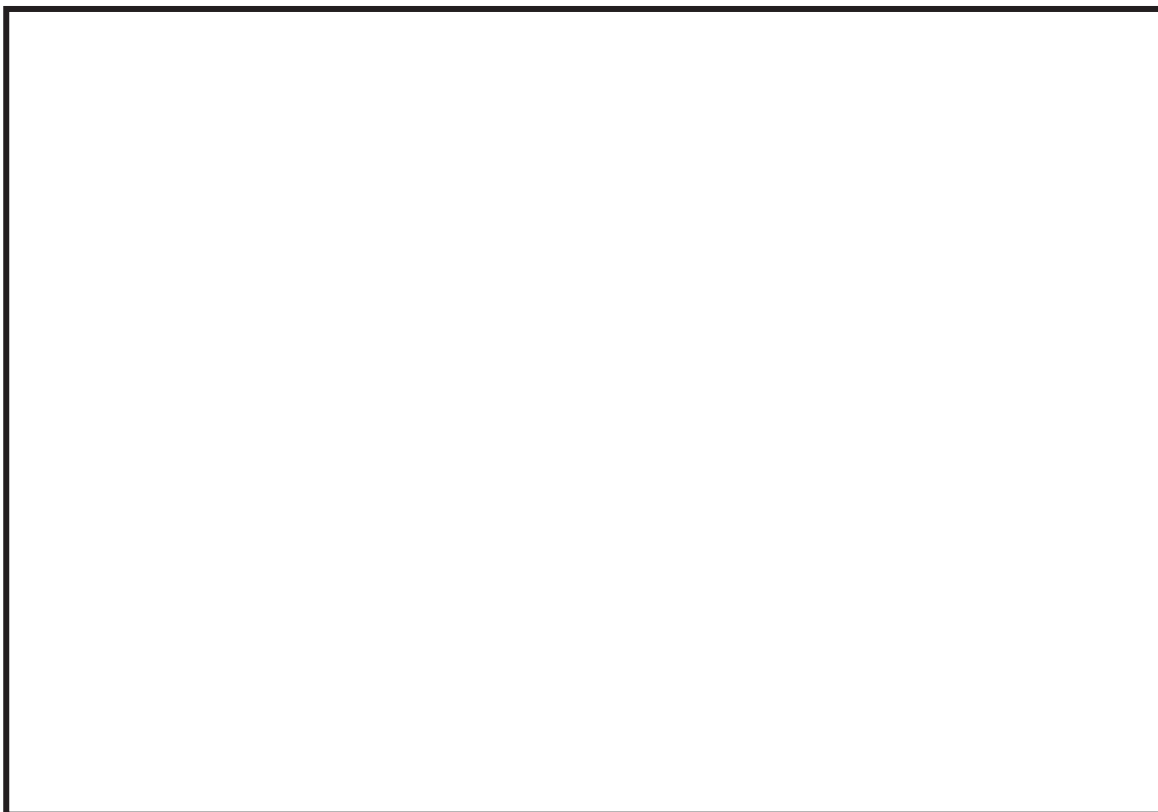
の荷重で座屈したことから，詳細評価においては計算座屈荷重に対して  
を座屈限界耐力として評価を行う。

座屈試験の内容について，別紙 4 に示す。

以下，座屈評価方法を示す。



枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

## 2.2 NMB 型

### ① リアブラケット

#### i 穴部引張応力評価

穴部引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。

#### ii 穴部せん断応力評価

穴部せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。

#### iii 穴部支圧応力評価

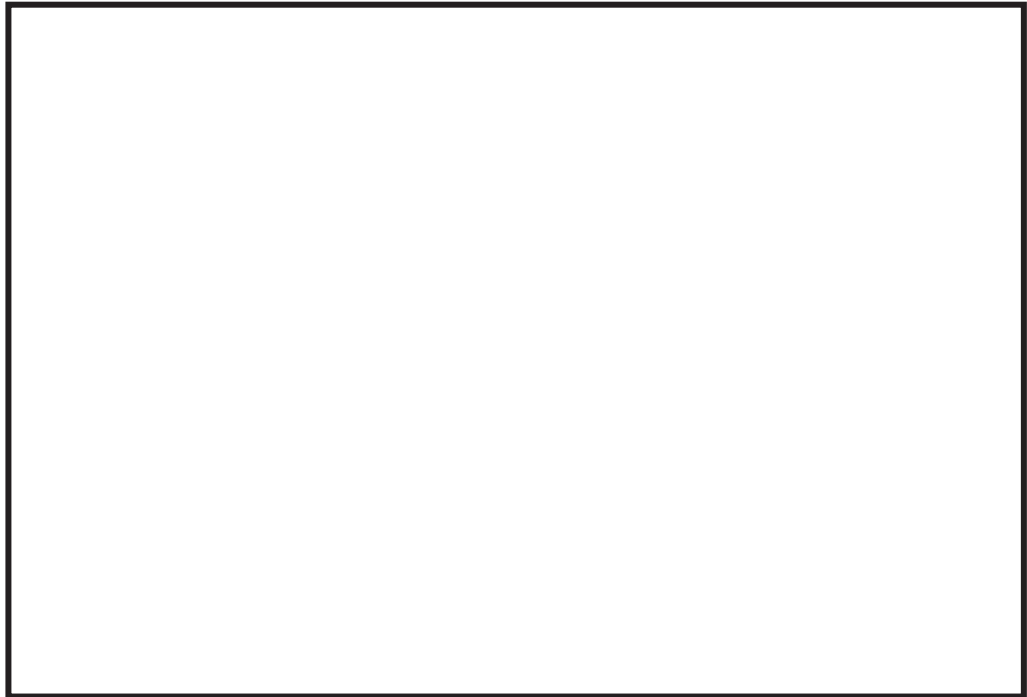
穴部支圧応力が、許容支圧応力以下であることを確認する。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



- iv 溶接部せん断応力評価（適用：NMB-010～250，001～006 は一体型構造のため対象外）

せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。

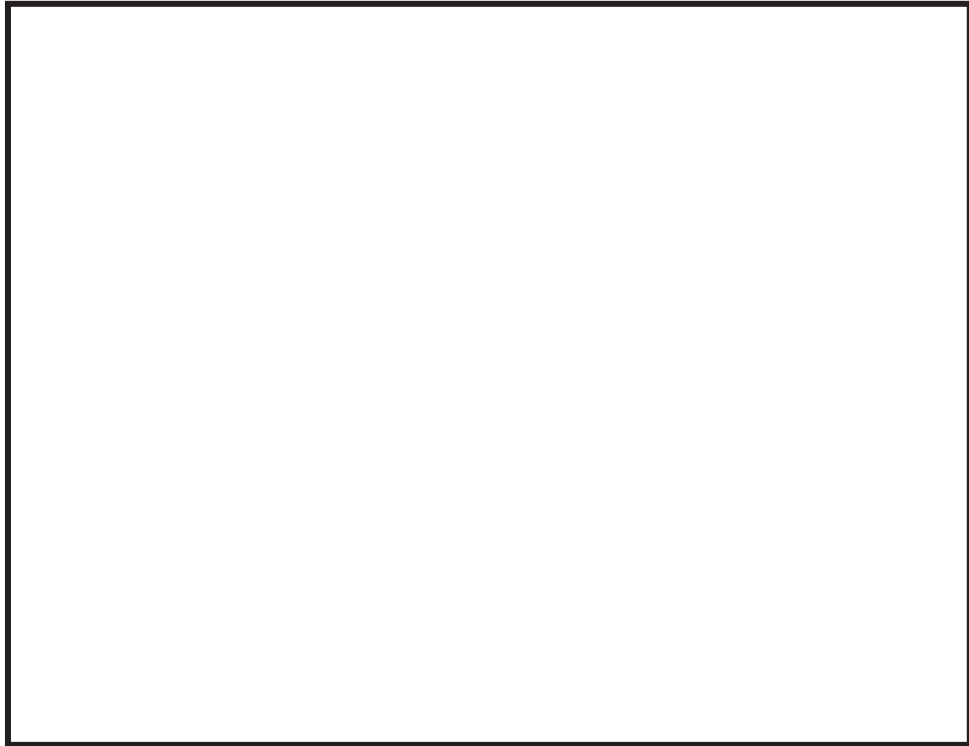


枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



v フランジ部曲げ応力評価

曲げ応力が，許容曲げ応力以下であることを確認する。



枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

② セットボルト

i ボルト引張応力評価

ボルト引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。

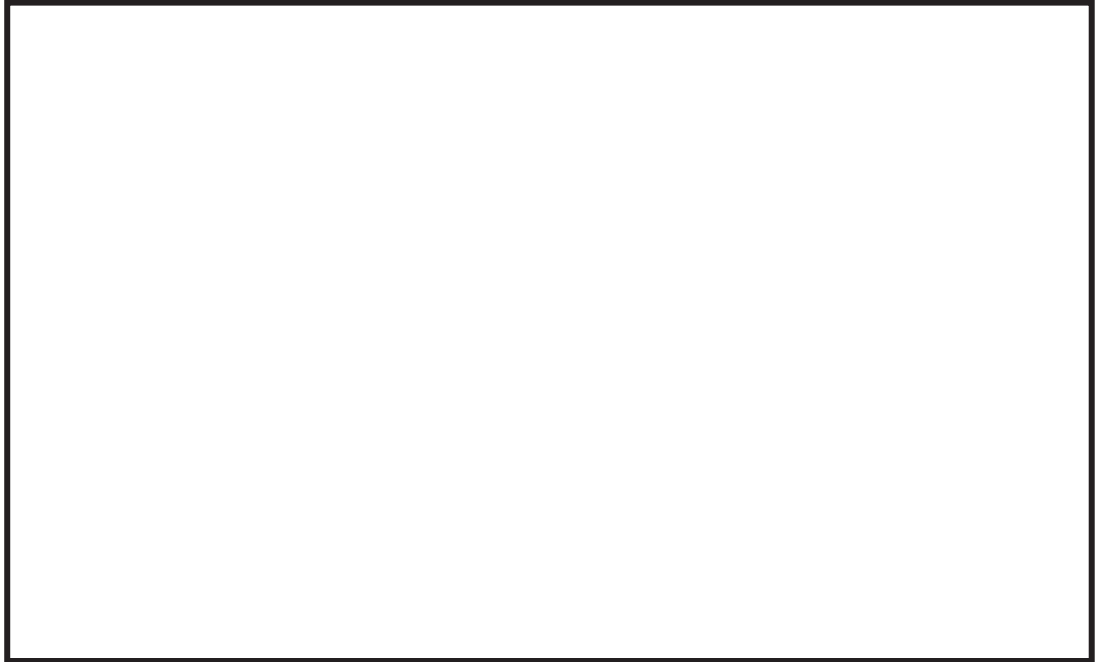


枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

③ ケース

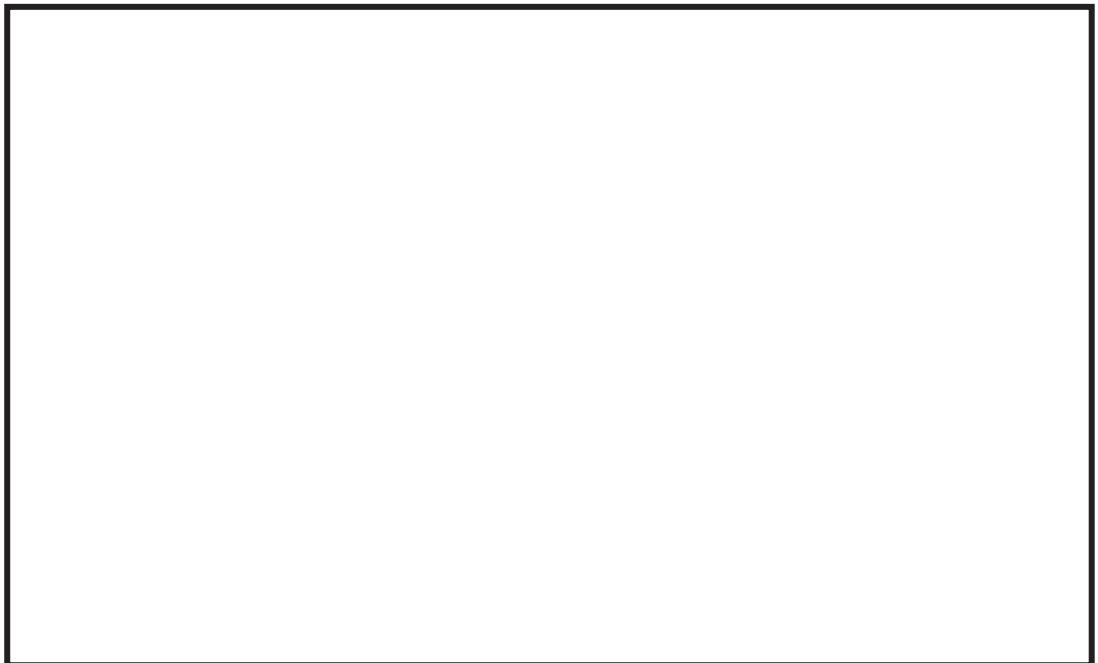
i 引張応力評価

引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。



ii 溶接部せん断応力評価

せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。



枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

④ ベアリングシート

i 穴部引張応力

穴部引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。

ii 穴部せん断応力

穴部せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。

iii 穴部支圧応力

穴部支圧応力が，許容支圧応力以下であることを確認する。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

⑤ ベアリングボックス

i せん断応力評価

せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。

ii 支圧応力評価

支圧応力が，許容支圧応力以下であることを確認する。

iii せん断応力評価

せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。

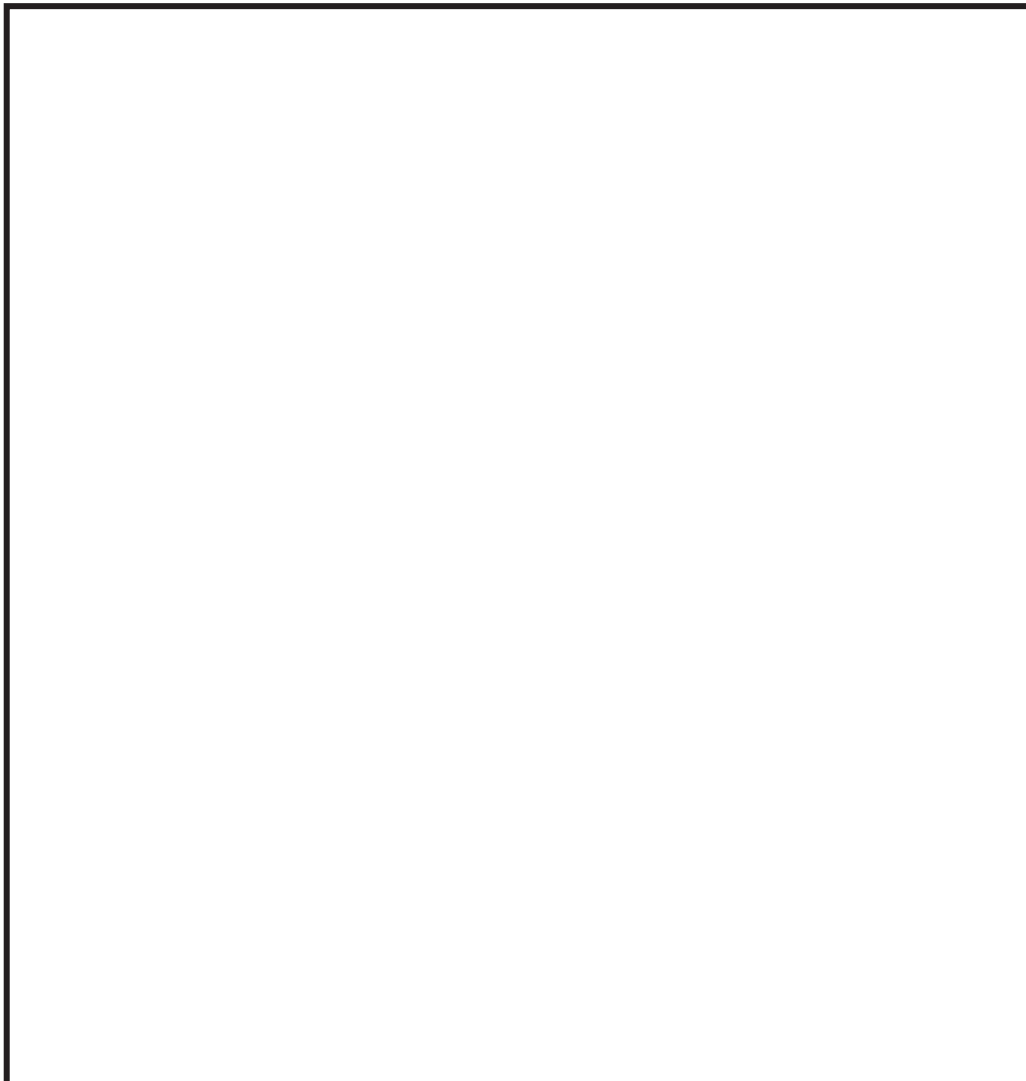
iv 引張応力評価

引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。

v 支圧応力評価

支圧応力が，許容支圧応力以下であることを確認する。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

⑥ スリーブ

i せん断応力評価

せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。

ii 支圧応力評価

支圧応力が，許容支圧応力以下であることを確認する。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

⑦ カラー

i せん断応力評価

せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。

ii 支圧応力評価

支圧応力が，許容支圧応力以下であることを確認する。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



⑧ ロードシリンダ

i 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。

ii 圧縮応力評価(適用：NMB-001～100)

圧縮応力が、許容圧縮応力以下であることを確認する。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

⑨ ターンバックル

i ロッド引張応力評価

ロッド引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。



枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

⑩ エンドプラグ

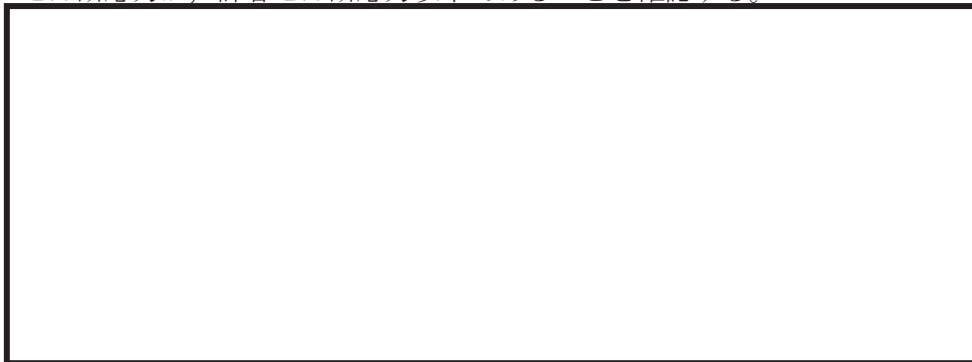
i 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。



ii せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。



iii 支圧応力

支圧応力が、許容支圧応力以下であることを確認する。



枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

⑪ 延長パイプキット及び溶接部

[Redacted]

i 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。

[Redacted]

ii せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。

[Redacted]

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

⑫ 延長パイプブラケット(イーヤ穴部)

i 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。

ii せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。

iii 支圧応力評価

支圧応力が、許容支圧応力以下であることを確認する。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

iv 溶接部せん断応力評価

せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。



v 溶接部引張応力評価

引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。



枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

⑬ クレビス(アイ)

i 引張応力評価

引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。

ii せん断応力評価

せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。

iii 支圧応力評価

支圧応力が，許容支圧応力以下であることを確認する。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

⑭ クレビス(本体)

i X-X 軸に関する曲げ応力評価

曲げ応力が、許容曲げ応力以下であることを確認する。

ii Y-Y 軸に関する曲げ応力評価

曲げ応力が、許容曲げ応力以下であることを確認する。

iii 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。

iv せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。

v 組合せ応力評価

組合せ応力が、許容引張応力以下であることを確認する。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



⑮ ピン

i せん断応力評価

せん断応力が，許容せん断応力以下であることを確認する。

ii 曲げ応力評価

⑯ ボールねじ

i 引張応力評価

引張応力が，許容引張応力以下であることを確認する。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

⑰ 全長座屈(ストローク 125mm 考慮)

i 圧縮応力評価

圧縮応力が、許容圧縮応力以下であることを確認する。

--

・許容圧縮応力

--

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

⑱ 全長座屈(ストローク 250mm 考慮)

i 圧縮応力評価

圧縮応力が、許容圧縮応力以下であることを確認する。

--

・許容圧縮応力

--

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

## メカニカルスナップの電力共同研究の概要

## 1. はじめに

本資料では、今回工認で参照した既往知見である「共同研究報告書 耐震設計に関する新知見に対する機器耐震評価法の研究(Phase2)」(以下、「電共研」)の概要について説明する。

## 2. 研究の目的

原子力安全委員会は、平成7年の兵庫県南部地震を踏まえ耐震設計審査指針の妥当性が損なわれないことを確認したが、同時に耐震安全性に対する信頼性の向上を求めている。また、地震学会や建築学会においても地震学の知見、耐震設計等が議論されており、特に敷地近傍の活断層による地震動の評価、直下地震の考え方等の地震学の新知見を、耐震設計関連指針に取り込むべきとの議論もあった。さらに、建築基準法の改正、動的な上下地震動の評価等の周辺状況を鑑み、耐震設計関連指針の改訂を総合的に検討する必要が生じていた。

そこで、本電共研では、「共同研究報告書 耐震設計に関する新知見に対する機器耐震評価法の研究(Phase1)」(以下、「Phase1 研究」という)の研究成果を踏まえ、耐震設計関連の法規、指針類との整合性の検討を行うとともに、耐震設計評価手法の総合的検討を行っている。

具体的な実施内容は以下のとおりである。

## 耐震設計評価手法の総合的検討

## a. 架構類の耐震評価法の検討

配管系の耐震評価法のうち、特に架構類の合理的な許容応力体系を構築するとともに、バックチェック評価法としてスナップの限界耐力を把握するために以下の検討を実施する。

## (a) 既往研究の調査

スナップの限界耐力及び架構類の許容応力緩和に関する既往研究を調査する。

## (b) スナップ限界耐力評価法の検討

スナップの破壊試験により、スナップの実際の限界耐力を明らかにするとともに、メーカーが従来から用いている設計手法が、スナップの許容限界を超える荷重に対して適用できるかどうかを確認し、構造強度及び機能維持の面からのスナップ限界耐力評価法を策定する。

(c) 架構類の許容応力体系の構築

架構類の弾塑性挙動を考慮した許容応力基準案を作成し、策定のための課題を抽出する。

b. 耐震設計評価手法の総合的検討

(1) 項及び(2) a. 項で抽出された課題を検討するとともに、構築された新しい耐震評価手法に対して、それが有する信頼性、裕度、実設計上の変更ポイント等について評価を実施し、現行指針との比較評価を実施する。

以降では、電共研における上記の取り組みのうち、(2)a. (b) スナッパ限界耐力評価法の検討におけるメカニカルスナッパについての検討の概要をまとめる。

3. メカニカルスナッパ限界耐力評価法の策定方針

メカニカルスナッパの異常要因分析等に基づき試験対象として選定されたメカニカルスナッパの破壊試験により、メカニカルスナッパの実際の限界耐力を明らかにするとともに、メーカーが従来から用いている設計手法が、メカニカルスナッパの許容限界を超える荷重に対して適用できるかどうかを確認し、構造強度及び機能維持の面からのメカニカルスナッパ限界耐力評価法を策定する。

メカニカルスナッパ限界耐力評価法策定のための検討フローを図 4-1 に示す。

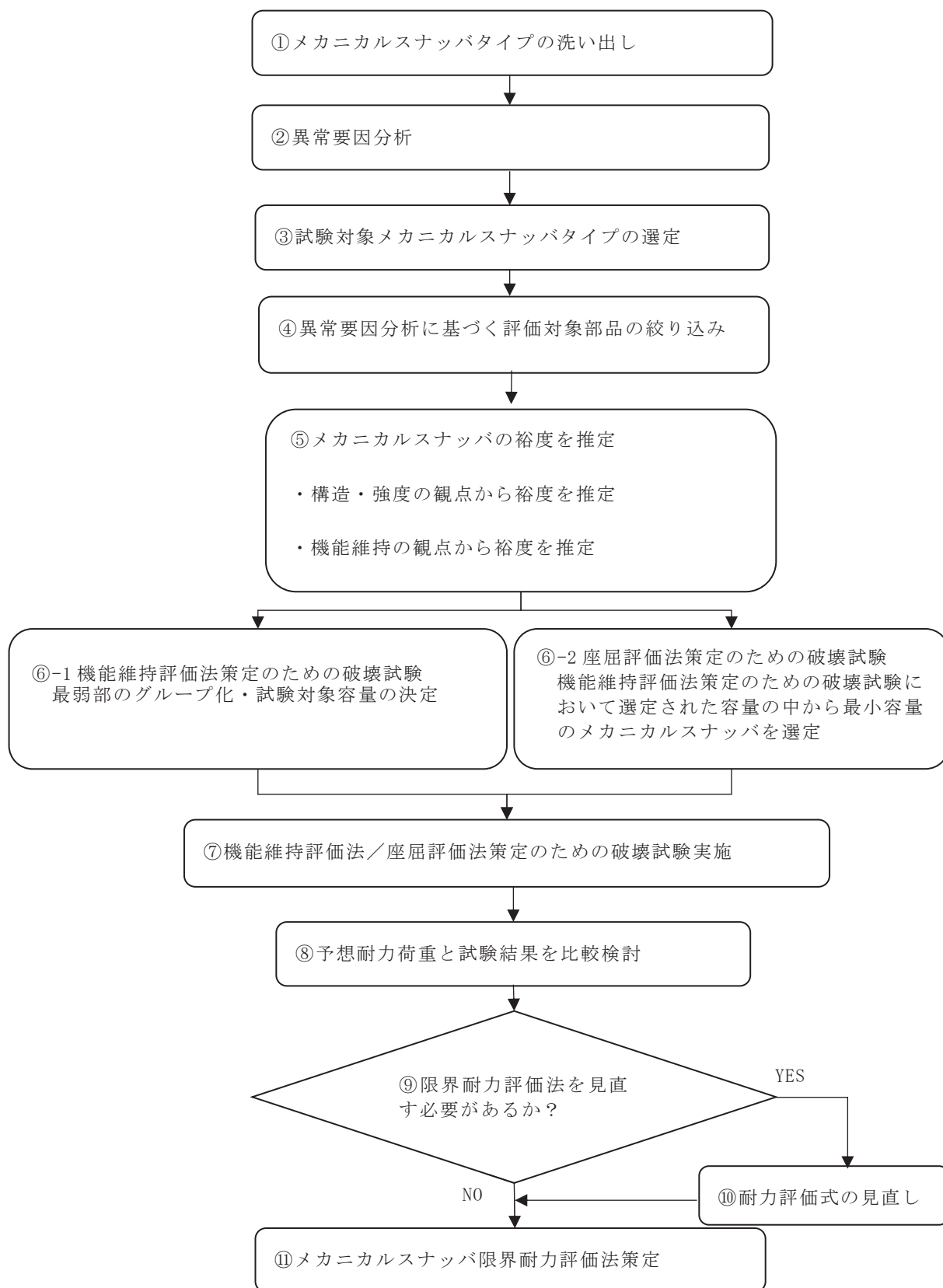


図 4-1 メカニカルスナップ限界耐力評価法策定フロー

#### 4. メカニカルスナッパ破壊試験

##### 4.1 破壊試験対象のメカニカルスナッパの選定（図 3-1 フロー①～⑥）

電共研当時，日本における PWR, BWR のプラントにおけるメカニカルスナッパ使用状況が調査され，SMS 型  及び NMB 型  のタイプが洗い出された。それらの構造図を図 4-2 及び図 4-3 に示す。以降，これらを対象に試験対象の選定について説明する。

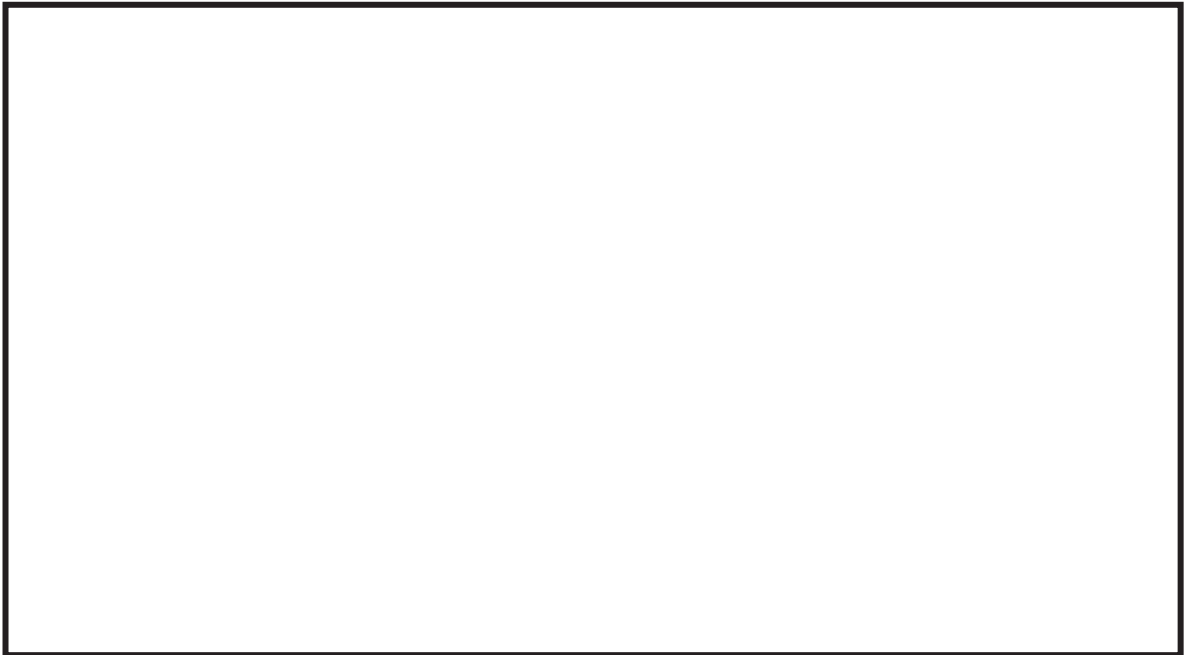


図 4-2 SMS 型メカニカルスナッパ構造図



図 4-3 NMB 型メカニカルスナッパ構造図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。





表 4-1 SMS 型メカニカルスナッパの構造部材と機能部品

部品名	構造部材	機能部品
①ダイレクトアタッチブラケット	○	-
②ジャンクションコラムアダプタ	○	-
③ロードコラム	○	-
⑤ピン	○	-
⑥コネクティングチューブ	○	-
⑦-1 ベアリングケース	○	-
⑦-2 ベアリング押え	○	-
⑦-3 六角ボルト	○	-
⑧イーヤ	○	-
⑨ユニバーサルボックス	○	-
⑩ユニバーサルブラケット	○	-
⑫ベアリングナット	○	-
⑬ボールネジ	- *	○*
アンギュラー玉軸受	-	○
球面軸受	-	○

注記\* : ボールネジは機能部品だが比較的単純な構造のため、  
機能評価及び構造部材と同様の強度評価も実施する。

表 4-2 NMB 型メカニカルスナップの構造部材と機能部品

部品名	構造部材	機能部品
①リアブラケット	○	-
②セットボルト	○	-
③ケース	○	-
④ベアリングシート	○	-
⑤ベアリングボックス	○	-
⑥スリーブ	○	-
⑦カラー	○	-
⑧ロードシリンダ	○	-
⑨ターンバックル	○	-
⑩エンドプラグ	○	-
⑪延長パイプキット	○	-
⑫延長パイプブラケット	○	-
⑬クレビス (アイ)	○	-
⑭クレビス (本体)	○	-
⑮ピン	○	-
⑯ボールねじ	- *	○*
球面軸受	-	○
転がり軸受	-	○

注記\* : ボールねじは機能部品だが比較的単純な構造のため、  
機能評価及び構造部材と同様の強度評価も実施する

#### 4.1.2 機能維持評価法策定のための破壊試験対象型式の選定

SMS 型の各型式を対象に、構造部材の強度評価または機能部品の機能評価の観点から、破壊試験における評価対象となる構造部材と機能部品の予想耐力荷重を推定した上で、座屈を除く裕度（予想耐力荷重／定格容量）を推定した。

さらに、各型式で裕度が最小の部品を特定し、最小裕度部品が同じ型式でグループ化を行った（最弱部のグループ化）。各型式の最小裕度部品の特定結果を表 4-3 に示す。（部品ごとの耐力値一覧表は添付-1 参照）

表 4-3 SMS 型メカニカルスナップの最小裕度部品特定結果

--

#### 4.1.3 座屈評価法策定のための破壊試験対象型式の選定

座屈評価法のための破壊試験対象型式は、試験装置の制約があるため、機能維持評価法策定のための破壊試験において選定された容量の中から最小容量の型式として以下のとおり選定した。なお、試験体は 1 体とした。



枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

## 4.2 破壊試験における試験項目（図 4-1 フロー⑦）

### 4.2.1 機能維持評価法策定のための破壊試験

メカニカルスナップが地震時及び地震後に維持しなければならない機能は以下の通りである。

地震時：メカニカルスナップの動剛性が判定基準値以下にならないこと

地震後：地震後のプラント停止時の配管内部流体の温度変動による配管熱移動に対して配管系の機能を満足すること（地震後にスティックしないこと）

上記の機能を確認するための試験項目を以下の通りとした。

地震時の機能維持確認：振動試験

地震後の機能維持確認：低速走行試験

### 4.2.2 座屈評価法策定のための破壊試験

試験項目としては、静的圧縮試験とした。

#### 4.3 破壊試験における試験内容（図 4-1 フロー⑦）

##### 4.3.1 機能維持評価法策定のための破壊試験

ある荷重レベルの振動試験とその後の低速走行試験を 1 パッケージの試験として、メカニカルスナップの機能が維持できなくなった加振荷重レベルまで加振荷重を段階的に増加させて試験を実施した。目標加振荷重レベルを表 4-4 に示す。

表 4-4 SMS 型メカニカルスナップの目標加振荷重レベル（単位：kgf）



##### (1) 振動試験

###### (a) 試験方法



###### (b) 試験装置

試験装置の概要を図 4-4 に示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

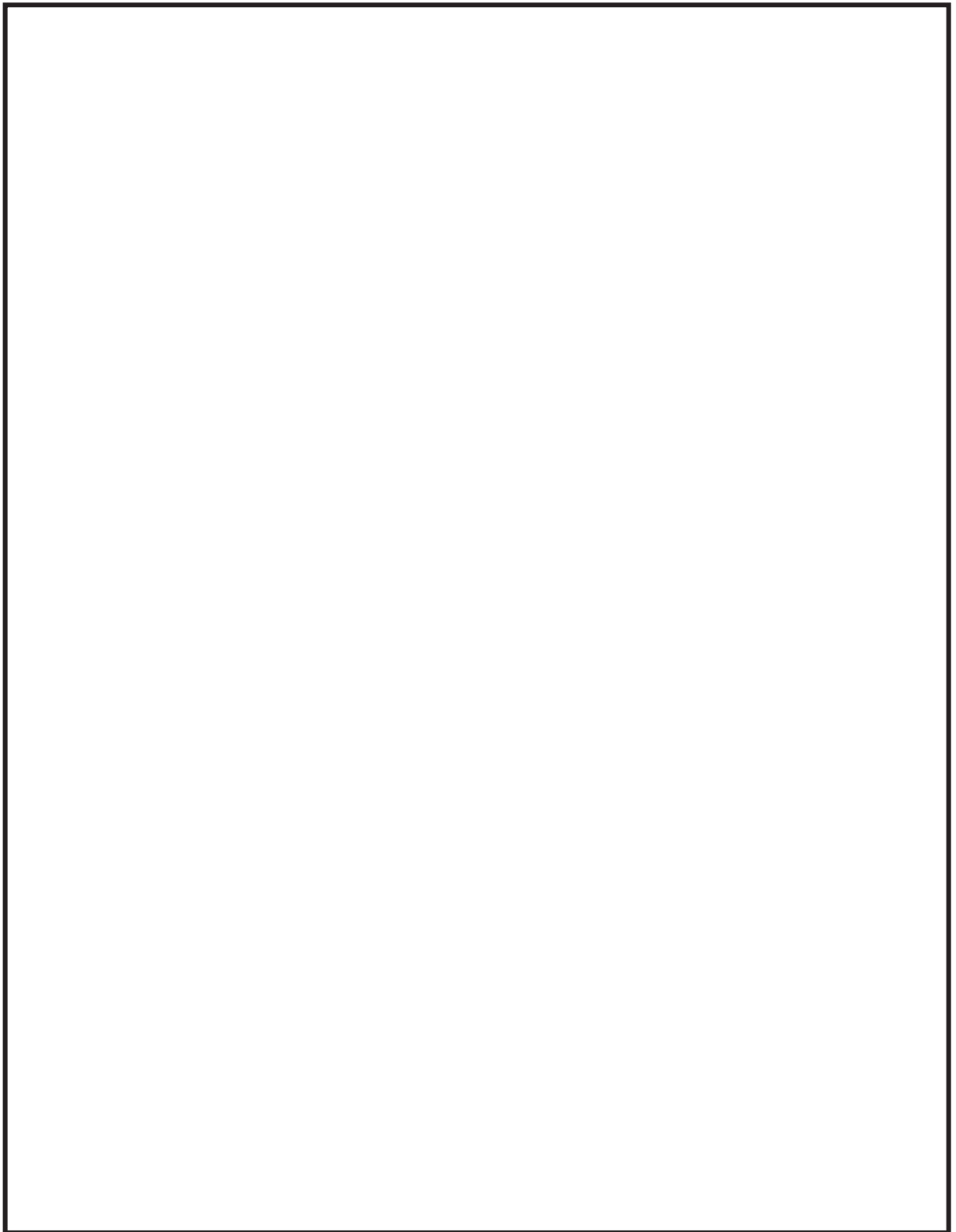
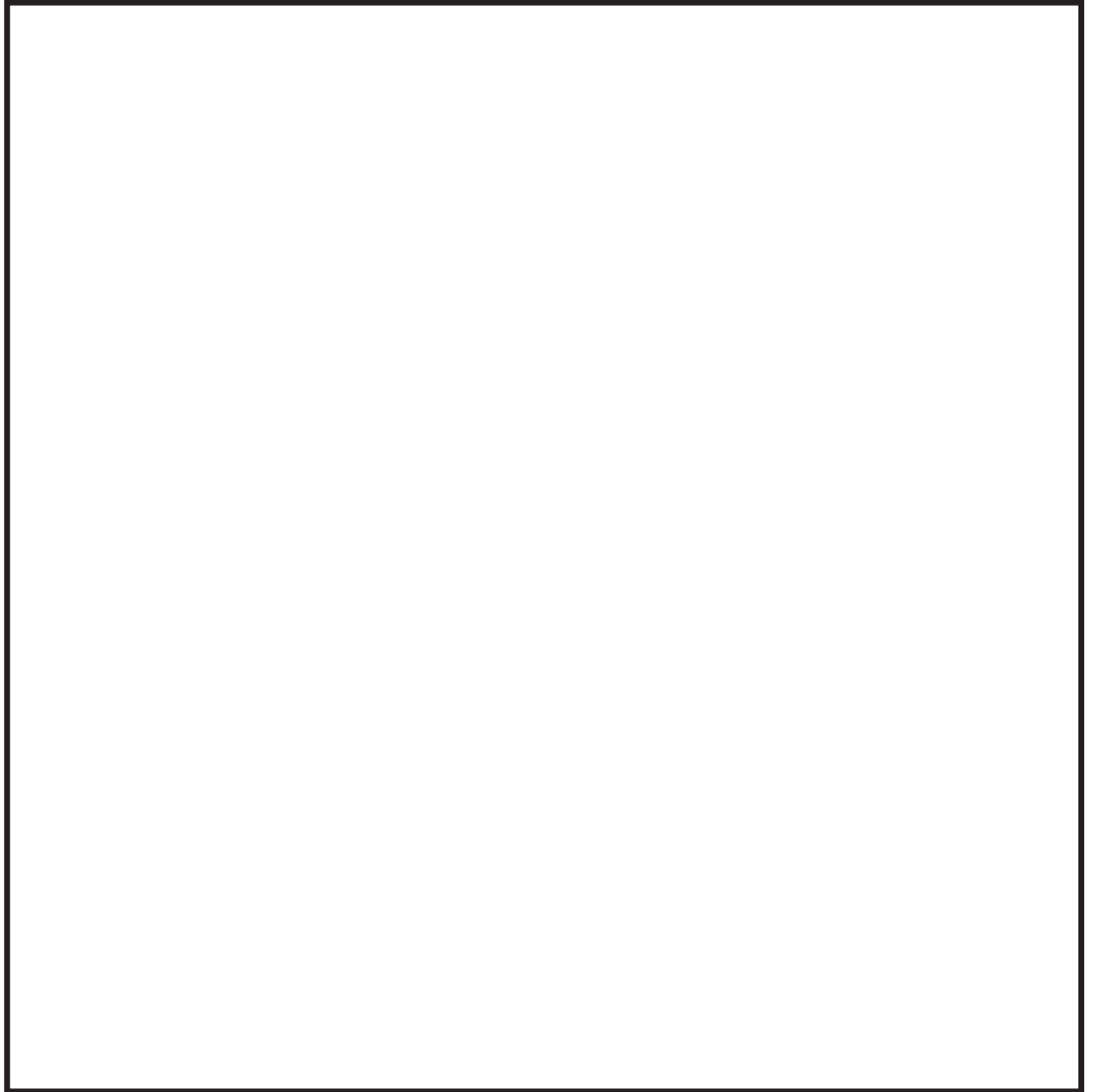


図 4-4 振動試験装置概要

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(c) 評価項目



(2) 低速走行試験

(a) 試験方法



(b) 試験装置

試験装置の概要を図 4-5 に示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

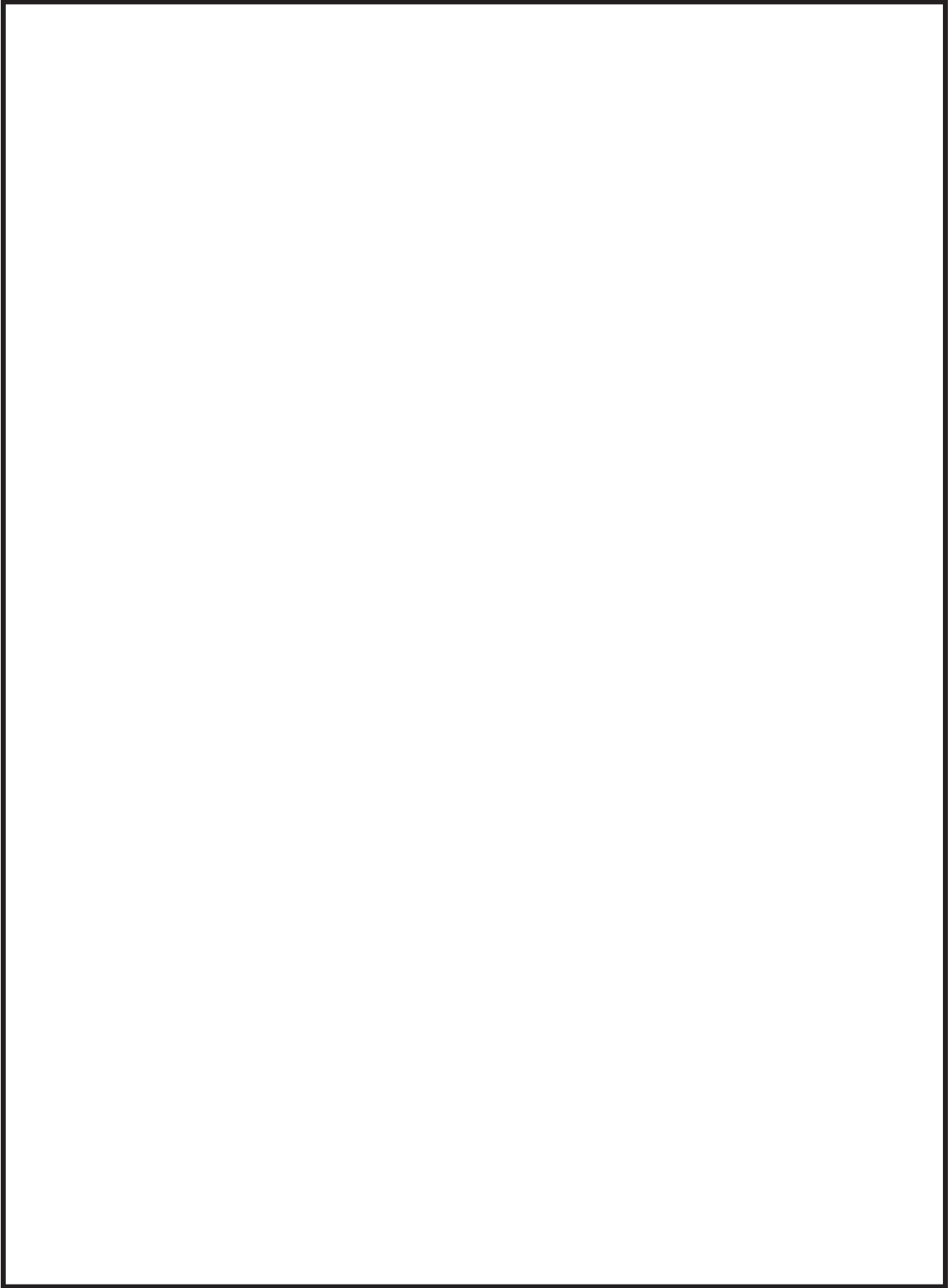


図 4-5 低速走行試験装置概要

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



(c) 評価項目

低速走行試験中の抵抗力測定結果が判定基準値を満足しているかどうかを評価する。抵抗力の判定基準値は表 4-6 のとおり。

表 4-6 低速走行試験中の抵抗力の判定基準値

--

4.3.2 座屈評価法策定のための破壊試験

(1) 静的圧縮試験

(a) 試験方法

試験体を低速走行試験機に両端ピンジョイントの状態できとりつけ、圧縮方向に変位を入力し、発生する荷重を記録する。変位の入力は本体が座屈するまで入力する。

(b) 試験装置概要

座屈試験の装置概要を図 4-6 に示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

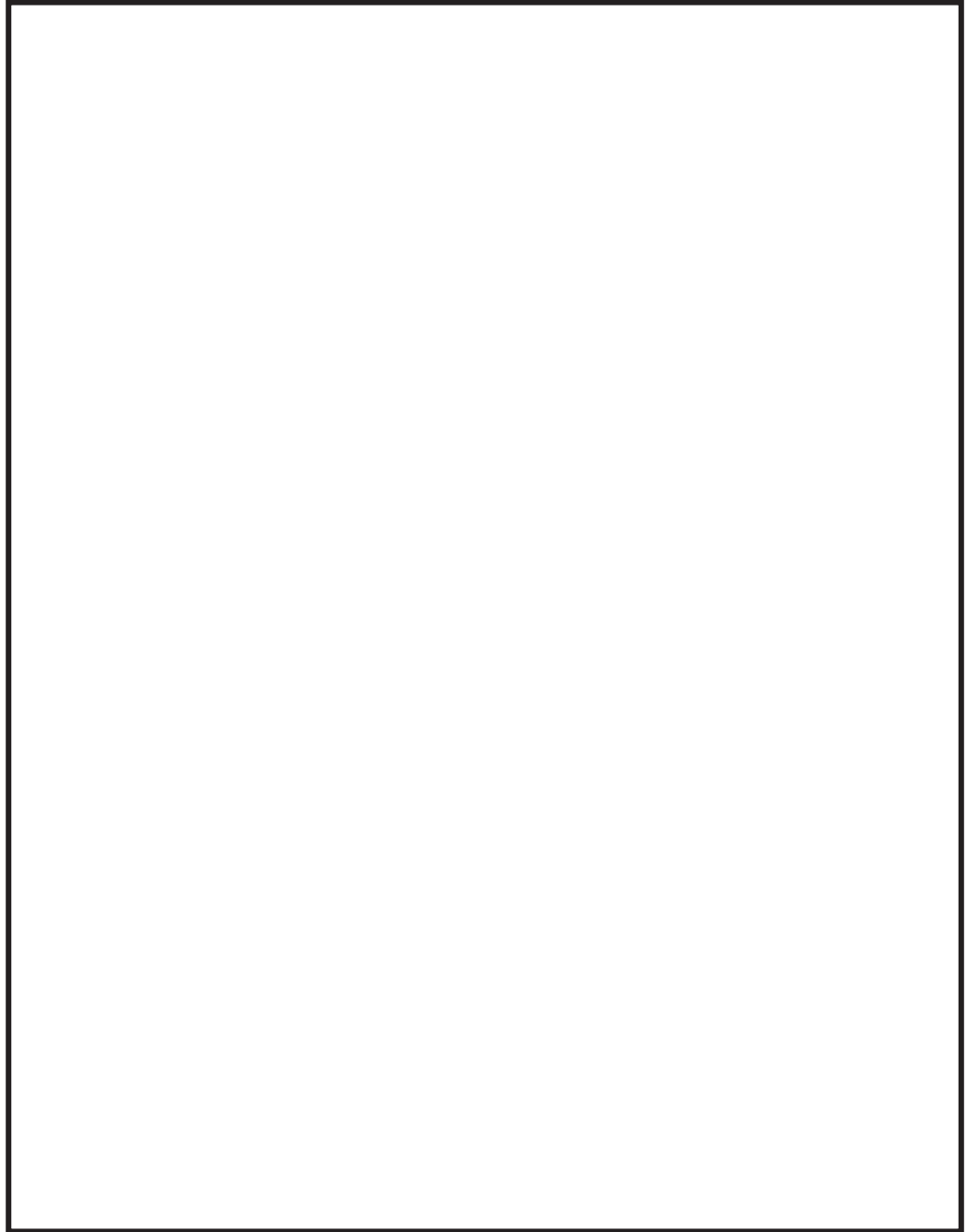


図 4-6 座屈試験装置概要

(c) 評価項目

試験によって得られた座屈荷重と計算上求められる座屈荷重とを比較し、その結果を座屈評価法へ反映させた。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

#### 4.4 破壊試験結果（図 4-1 フロー⑦）

##### 4.4.1 機能維持評価法策定のための破壊試験



##### 4.4.2 座屈評価法策定のための破壊試験

静的座屈試験を実施した結果を表 4-7 に合わせて示す。同じく詳細データは添付-2 に示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 4-7 試験結果まとめ表

--

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

#### 4.5 破壊試験結果の考察（図 4-1 フロー⑧～⑩）

破壊試験結果より、公称応力による予想耐力荷重と実力ベースの耐力荷重、破壊試験で得られた耐力確認荷重（破損荷重または機能喪失荷重の最大荷重）との関係を比較・整理し考察を行うとともに、破壊試験の再現性について球面軸受に着目した確認を行った。

##### 4.5.1 予想耐力荷重との比較等による破壊試験結果の考察

評価対象部位について、破壊試験結果から得られる耐力確認荷重を予想耐力荷重と比較し、以下のように大別した。

- (1) 予想耐力荷重を超えても破損しなかった部位
- (2) 予想耐力荷重より下回って破損または機能喪失した部位
- (3) 想定していなかった部位が破損ないし機能喪失

これらについて、考察の上、限界耐力評価法に反映した。

##### (1) 予想耐力荷重を超えても破損しなかった部位

公称応力による予想耐力荷重を超えても破損しなかった部位について、公称応力による予想耐力荷重及び使用材料のミルシート強度や構造を考慮した実力ベースの耐力荷重（以下、「使用材料強度による実耐力荷重」という）と破壊試験で得られた最大荷重（破損荷重または機能喪失荷重）と比較したものを表 4-8 にまとめた。これらのうち、予想耐力荷重に対して試験で確認できた最大荷重（破損荷重）が余裕を有するものについては、限界耐力評価法を見直した。見直したものについて、以降で説明する。

予想耐力を破損荷重が上回った理由は、主に以下の仮定で予想耐力を算出していたためである。

- a. 材料の許容値を引張り強さ ( $S_u$ ) の 0.7 倍または降伏点 ( $S_y$ ) の 1.2 倍のいずれか小なる値としていたこと
- b. 断面積の算定を安全側にしていたこと
- c. せん断について平均応力でなく最大応力で評価していたこと

以上については、破損荷重または機能喪失した荷重ならびに試験で確認できた荷重に対し余裕が大きなものに関しては評価方法を見直すこととする。

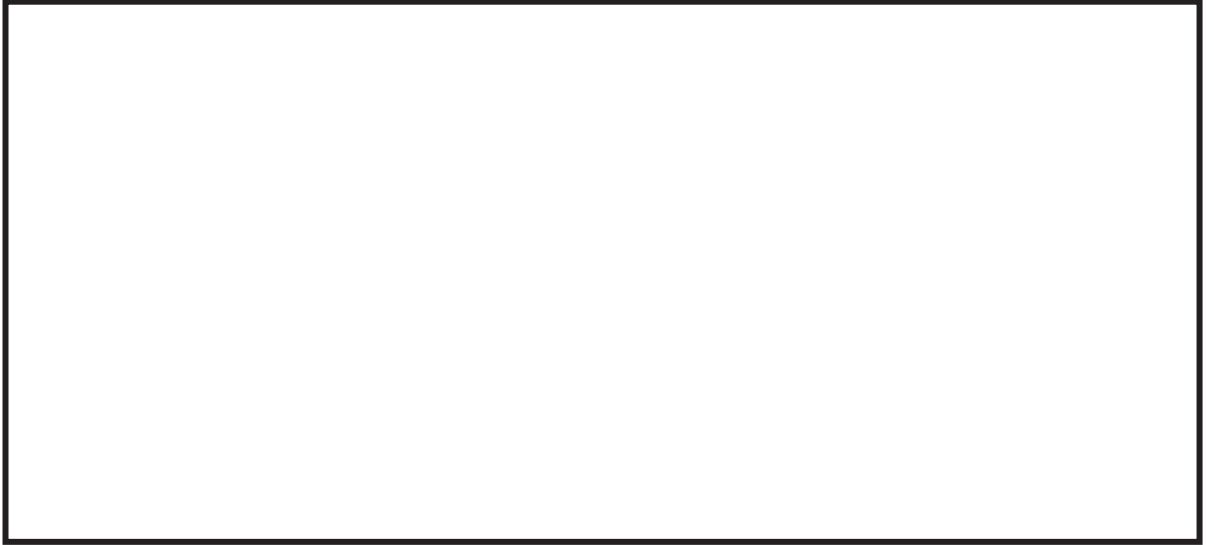
表 4-8 公称応力による予想耐力荷重を超えても破損しなかった部位のまとめ表 (1/2)

--

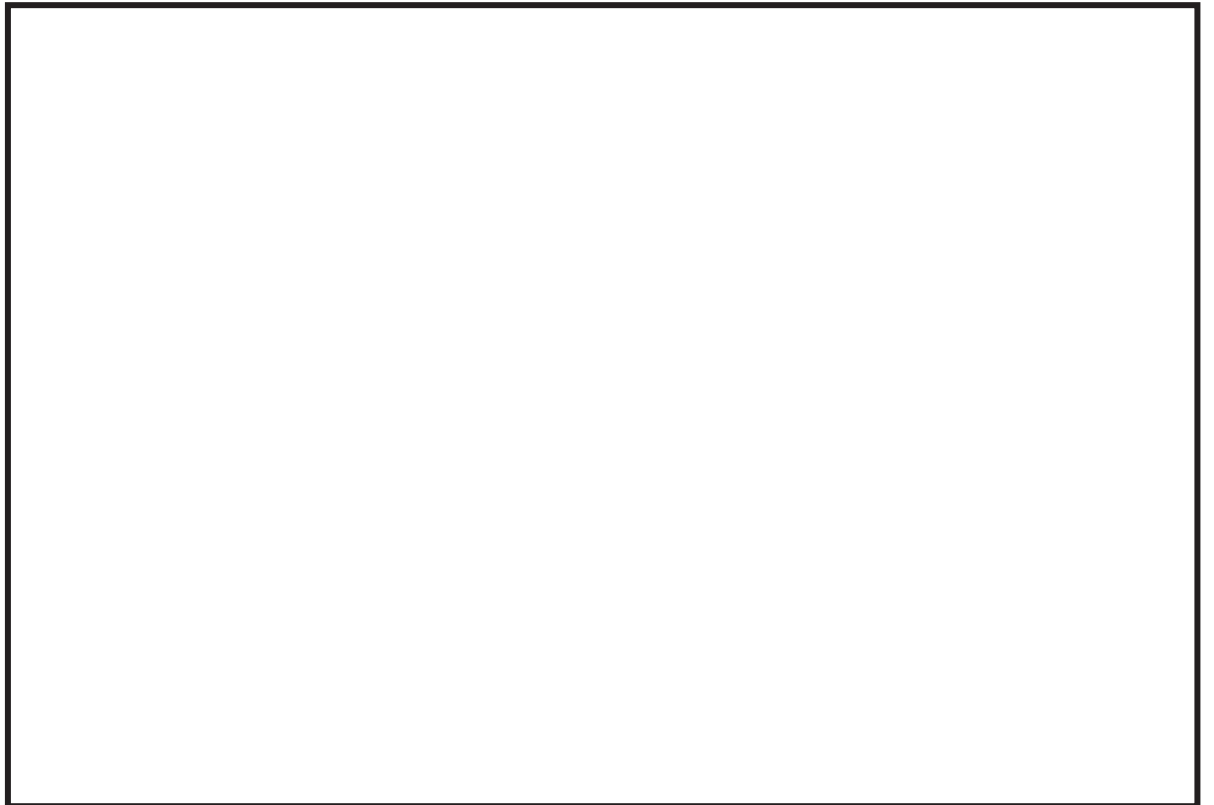
表 4-8 公称応力による予想耐力荷重を超えても破損しなかった部位のまとめ表 (2/2)

--

①六角ボルト



②ボールネジ



枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



③ピン（せん断）



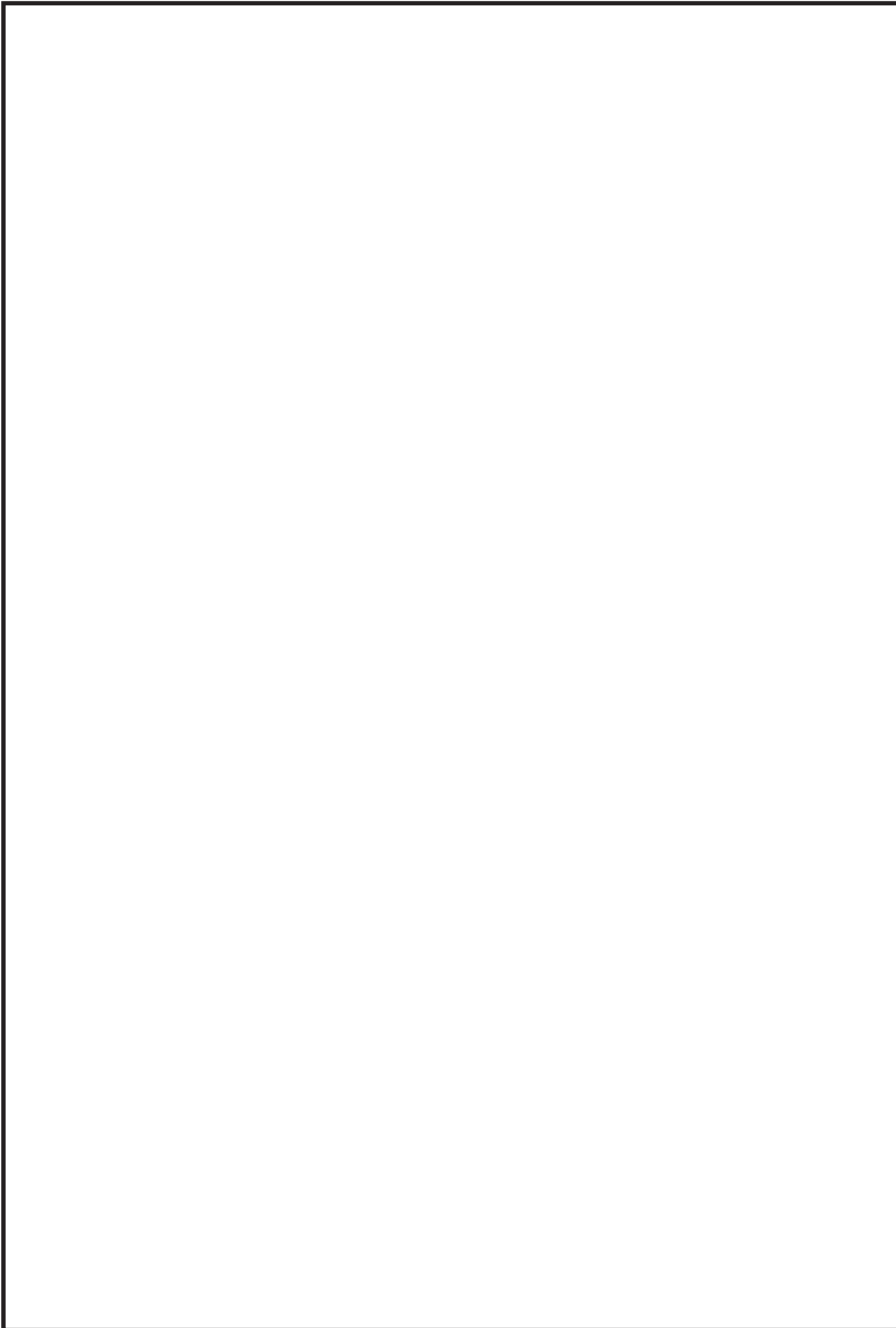
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(2) 予想耐力荷重より下回って破損または機能喪失した部位，および想定していなかった部位が破損ないし機能喪失したもの

予想耐力荷重を下回って破損または機能喪失した部位，および想定していなかった部位が破損ないし機能喪失したものは以下のように分けられる。これらについては，次に説明するとおり，考察を踏まえて限界耐力評価法に反映することとした。



枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

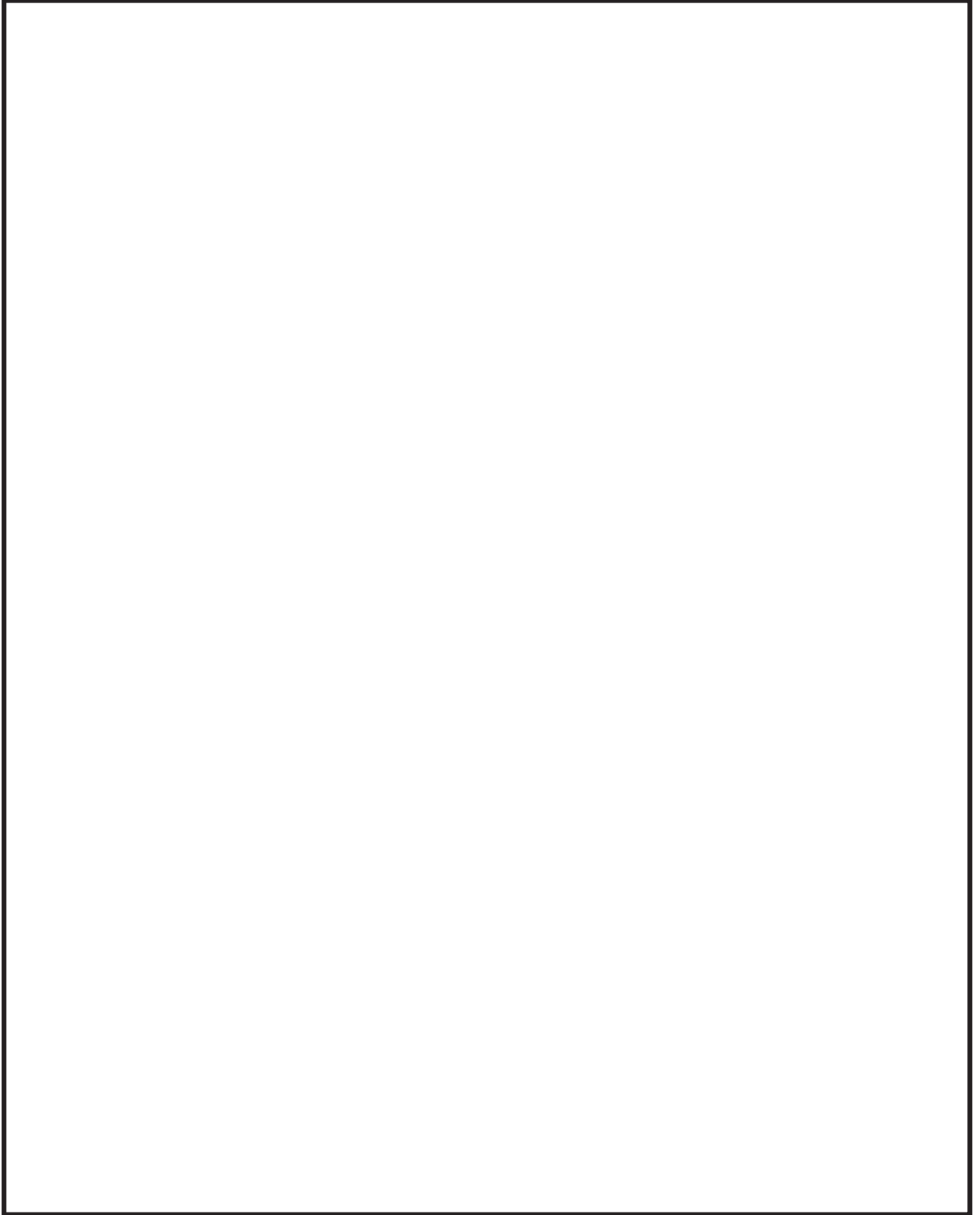




枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



【以下電共研試験報告書抜粋】



枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

#### 4.5.2 破壊試験の再現性



枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

#### 4.6 限界耐力評価法の策定（図 3-1 フロー①）

メカニカルスナップの機能維持評価法を策定するために実施した振動試験の結果から、表 4-9 に示す異常要因分析の機能喪失要因に対する影響確認方法をもとに、メカニカルスナップの構造部材については材料力学ベースの強度評価式、機能部品については規格品の選定方法（評価式）を見直し、機能維持面の限界耐力評価法を策定した。

表 4-9 メカニカルスナップの機能喪失要因の影響確認方法

要求機能	機能喪失要因	影響確認手法	確認対象
地震時の機能	構造部材損傷	構造強度評価	構造部材
	スナップ座屈	構造強度評価（座屈）	全体
	機能部品機能喪失	構造強度評価	ボールねじ
		振動試験	機能部品
ブレーキ機能喪失	低速走行試験	ブレーキ機構を構成する機能部品	
地震後の作動と性能確保	構造部材変形	構造強度評価	構造部材
	機能部品機能喪失	構造強度評価	ボールねじ
		振動試験	機能部品

また、メカニカルスナップの座屈耐力を求めるために実施した静的座屈試験及び振動試験において、座屈したスナップの試験結果から、座屈面の限界耐力評価法を策定した。限界耐力評価法にあたっては、以下の方針とする。

##### (1) 予想耐力荷重を超えても破損しなかった部位

予想耐力荷重は公称応力（降伏応力、引張強さ）で求めているため、ミルシートベースでの実耐力を確認し、その実耐力を上廻っているものに対し、耐力アップを検討する。ただし、当該部位は破損に至っていないため、少なくともそこまでは耐力を確認できたという観点からの見直しを行う。

##### (2) 予想耐力荷重より下回って破損または機能喪失した部位、および想定していなかった部位が破損ないし機能喪失したもの

これらについては破損、機能喪失の原因を検討して評価法の見直しを行う。なお、見直しにあたっては評価式に用いる補正係数を少数第 2 位以下を切り捨てることで、ばらつき等も考慮するようにした。

#### 4.7 女川原子力発電所第2号機への適用性

前節までに示した電共研の成果を、知見として女川原子力発電所第2号機へ適用する事の適切性について確認を行った。

適用性の確認は、地震時及び地震後のメカニカルスナッパの機能維持の観点から、地震時の機能維持確認として実施されている振動試験に対する条件と、地震後の機能維持確認として実施されている低速走行試験に対する条件について確認を行った。

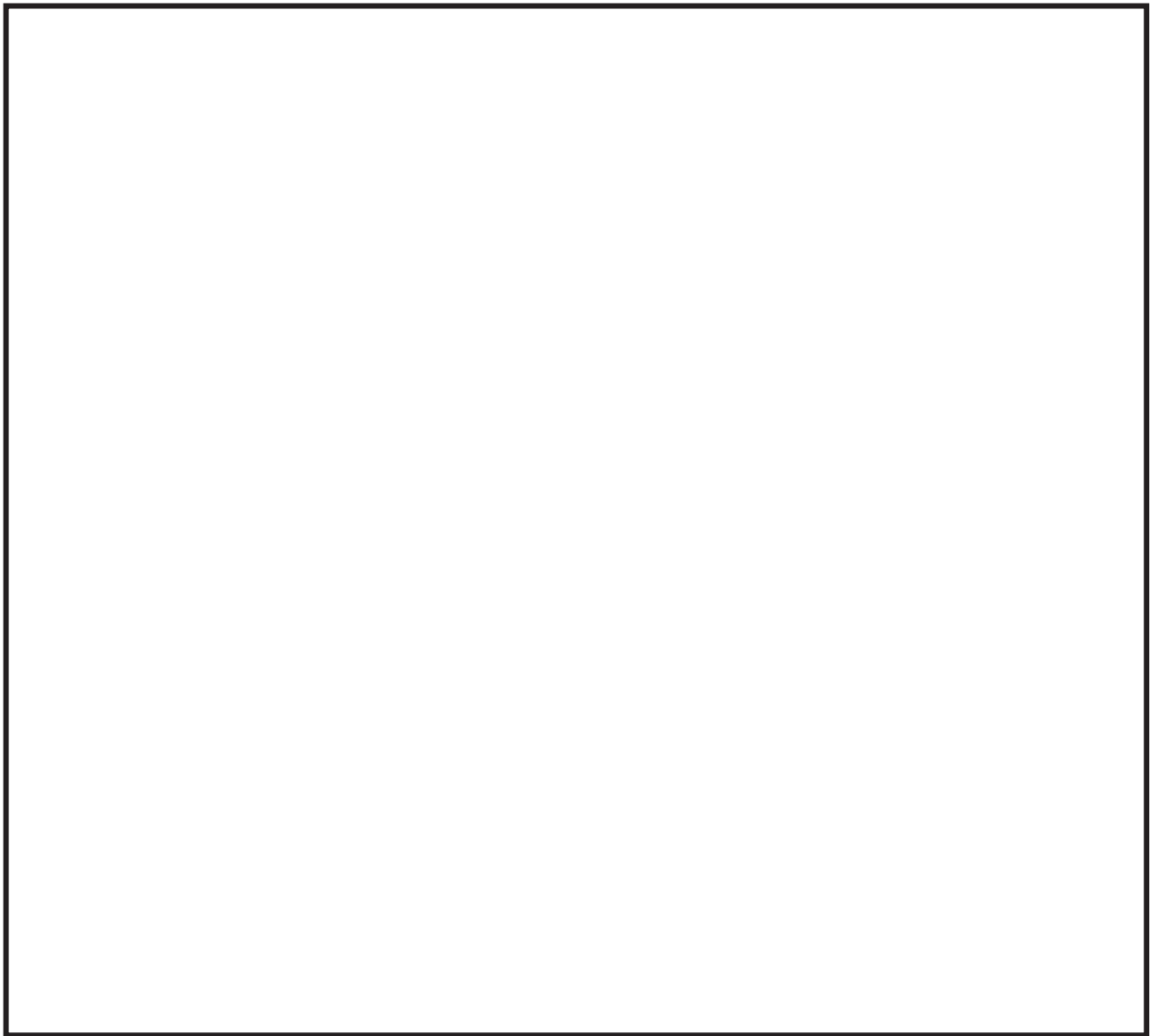
振動試験における試験結果を左右する条件は以下に示す項目となる。



以降に、上記①～⑦の各項目に対して適切性の確認を行った結果を示す。







枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

#### 4.8 確性試験と電共研の試験条件の比較

確性試験と電共研の試験条件の比較を表 4-10 に示す。表のとおり、振動試験の主要な試験条件である加振波、振動数及び加振時間は、確性試験と電共研で同一である。また、電共研での荷重条件は、確性試験における定格荷重×1.5 倍を上回る荷重（損傷したと判定されるまで）となっており、電共研の方がより厳しい試験条件となっている。なお、損傷の判定基準の考え方は確性試験と同様であるが、確性試験の荷重が小さいため損傷には至っていない。

表 4-10 確性試験と電共研の試験条件の比較

	確性試験 過負荷振動試験	電共研 振動試験
加振波		
振動数		
加振時間		
荷重条件		
計測項目		
ストローク位置		

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

## 5. まとめ

電共研における耐震設計評価手法の総合的検討のうち、スナッチ限界耐力評価法の検討におけるメカニカルスナッチについての検討の概要として、振動試験、低速走行試験及び座屈試験の概要をまとめるとともに、限界耐力評価法の策定方法をまとめた。

その上で、電共研の知見を女川原子力発電所第2号機に適用することが妥当であることを確認した。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

## 振動試験結果データ

電共研の振動試験の結果を表 1 に示す。表中の耐力確認荷重は、加振後の低速走行試験にて判定基準を満足した荷重ケースにおいて、引張方向及び圧縮方向の振動試験における最大荷重であり、荷重負荷後も機能維持できると考えられる荷重値である。

また、耐力確認荷重を得た加振ケース（加振後も破損せずに機能維持できたケース）の振動試験における時刻歴の変位波形及び荷重波形を図 1～図 9 に示す。引張方向と圧縮方向の荷重値が異なるのは、メカニカルスナップの引張方向と圧縮方向で動剛性が異なり、かつ変位振幅制御で加振しているためである。

なお、供試体 No. 3-1 および供試体 No. 3-3 は、球面軸受けが破損した時点で破損ケースと判断して試験を終了したが、供試体 No. 3-2 にて球面軸受けが破損しても支持機能及び低速走行機能を維持できることが確認できたため、供試体 No. 3-1 および供試体 No. 3-3 は破損ケースから耐力確認荷重を求めている。

表 1 電共研における振動試験の試験結果

型式	供試体 No.	定格荷重 [kN]	耐力確認荷重[kN]	
			引張側	圧縮側

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

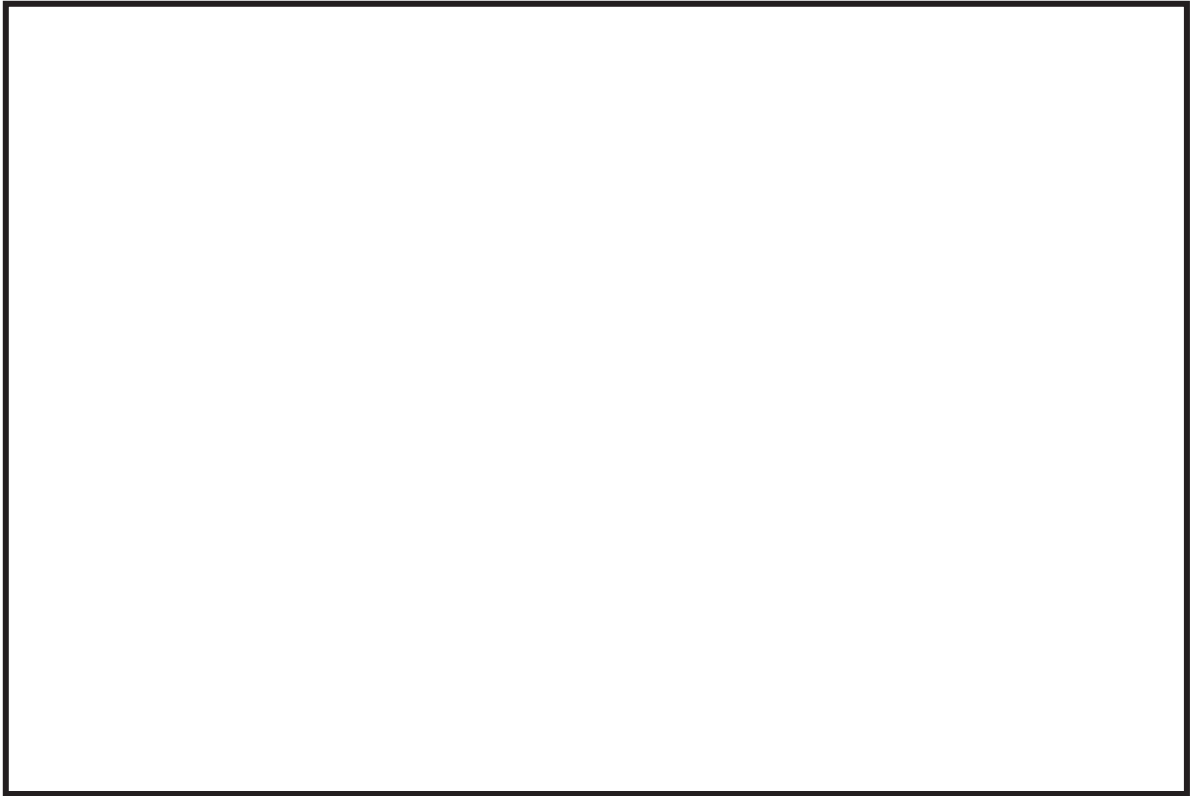


図 1 供試体 No. 03-1 の振動試験における時刻歴変位波形及び荷重波形

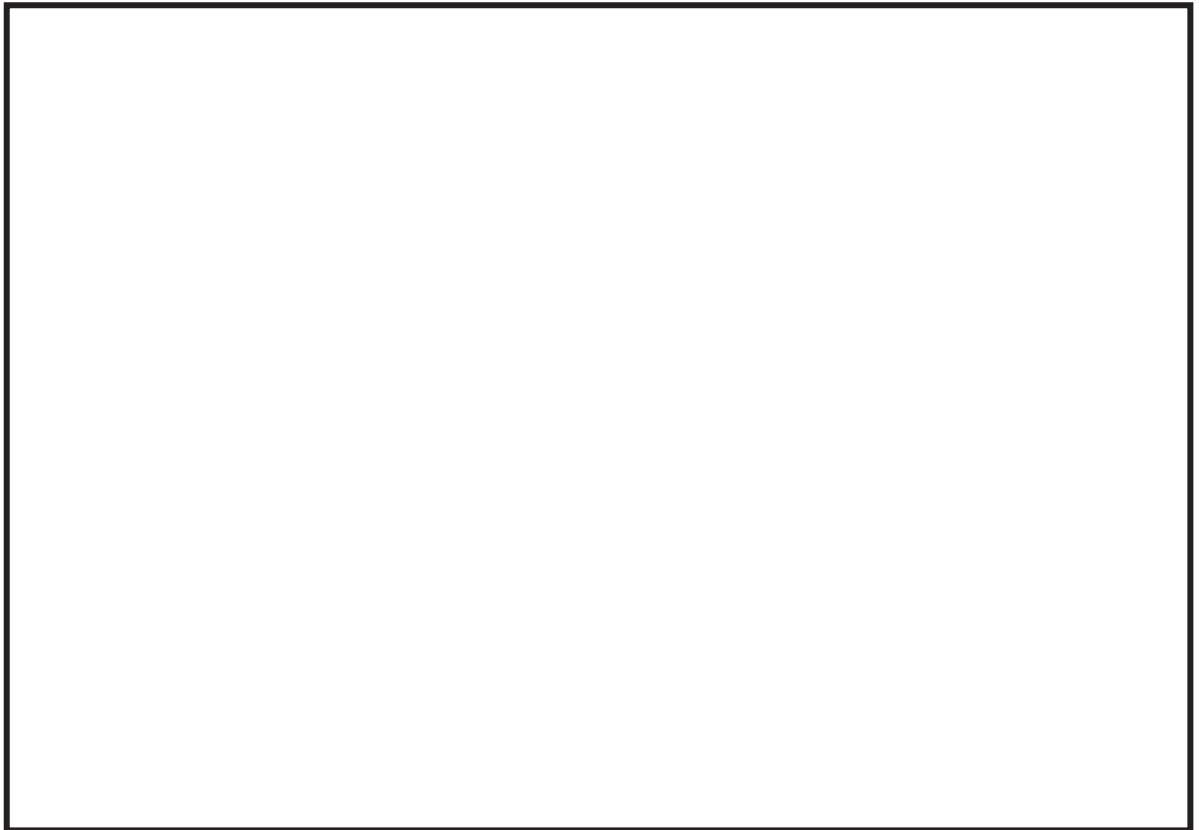


図 2 供試体 No. 1-1 の振動試験における時刻歴変位波形及び荷重波形

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



図 3 供試体 No. 3-1 の振動試験における時刻歴変位波形及び荷重波形



図 4 供試体 No. 3-2 の振動試験における時刻歴変位波形及び荷重波形

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



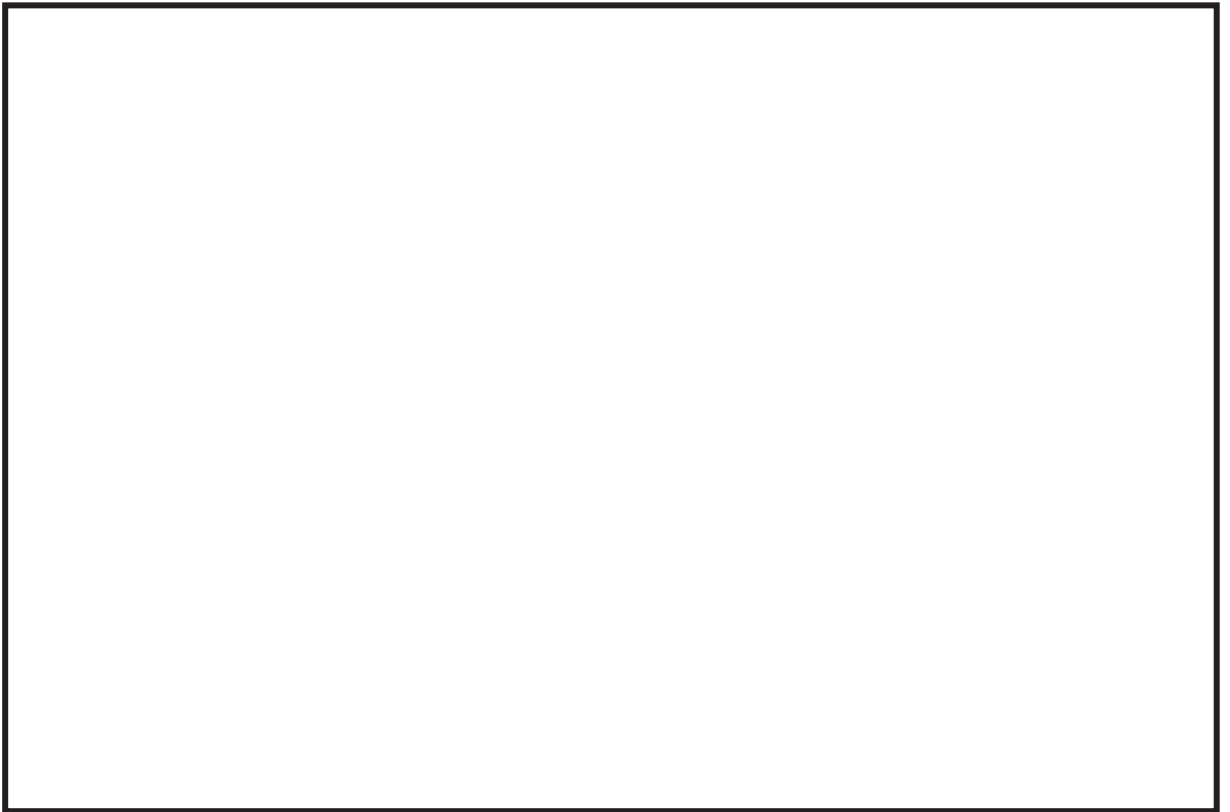


図 5 供試体 No. 3-3 の振動試験における時刻歴変位波形及び荷重波形



図 6 供試体 No. 6-1 の振動試験における時刻歴変位波形及び荷重波形

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

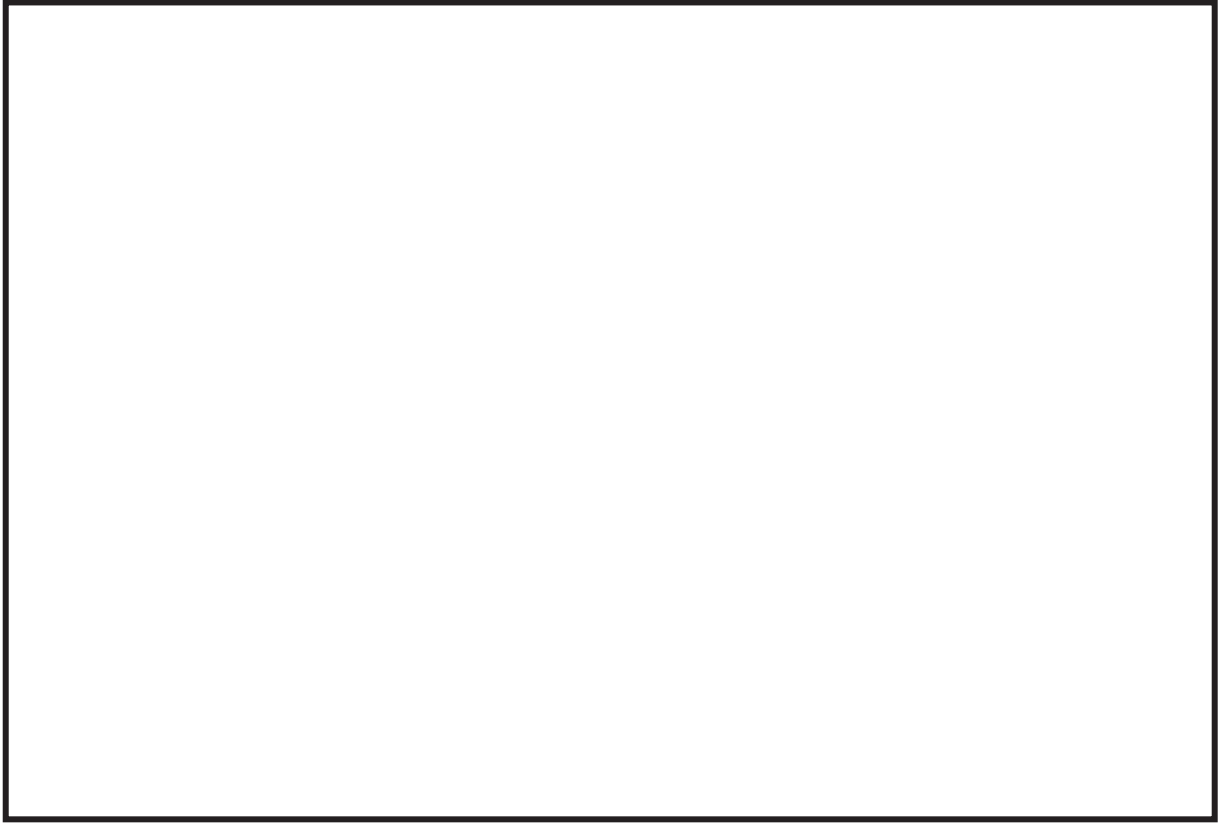


図 7 供試体 No. 10-1 の振動試験における時刻歴変位波形及び荷重波形

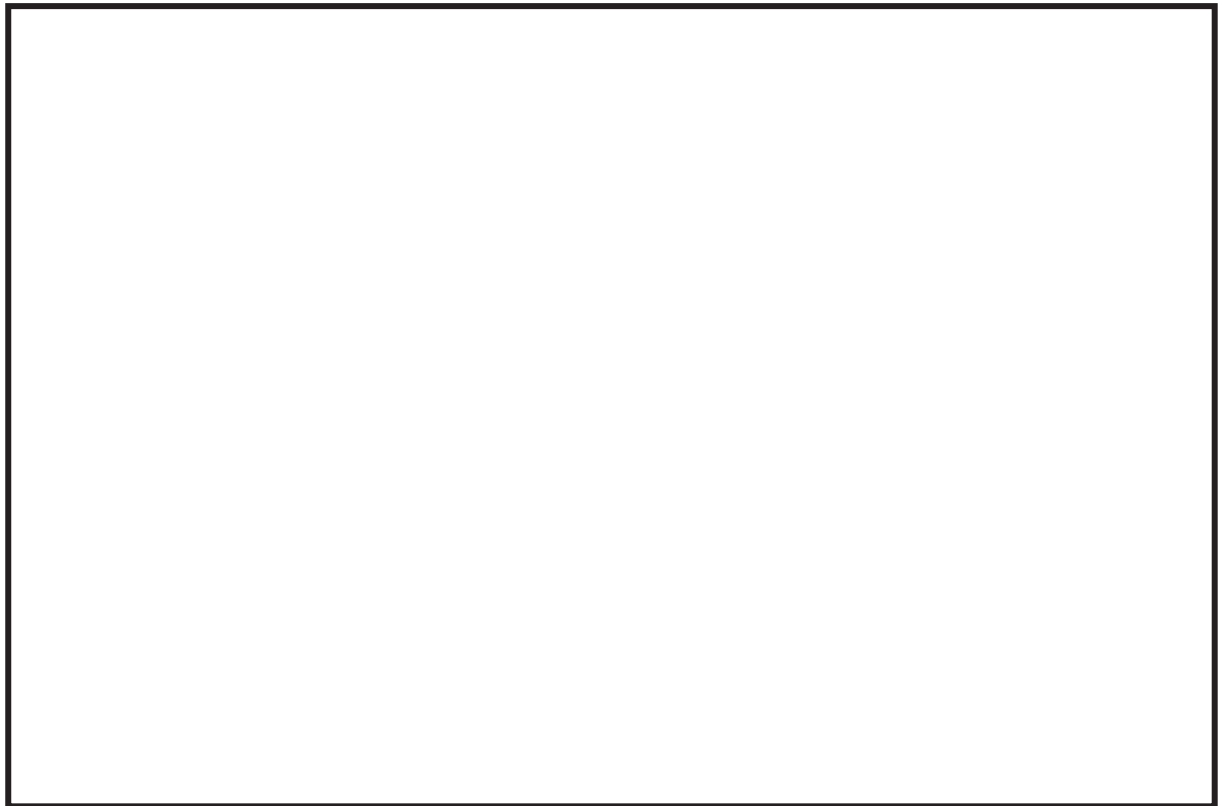


図 8 供試体 No. 5-3 の振動試験における時刻歴変位波形及び荷重波形

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

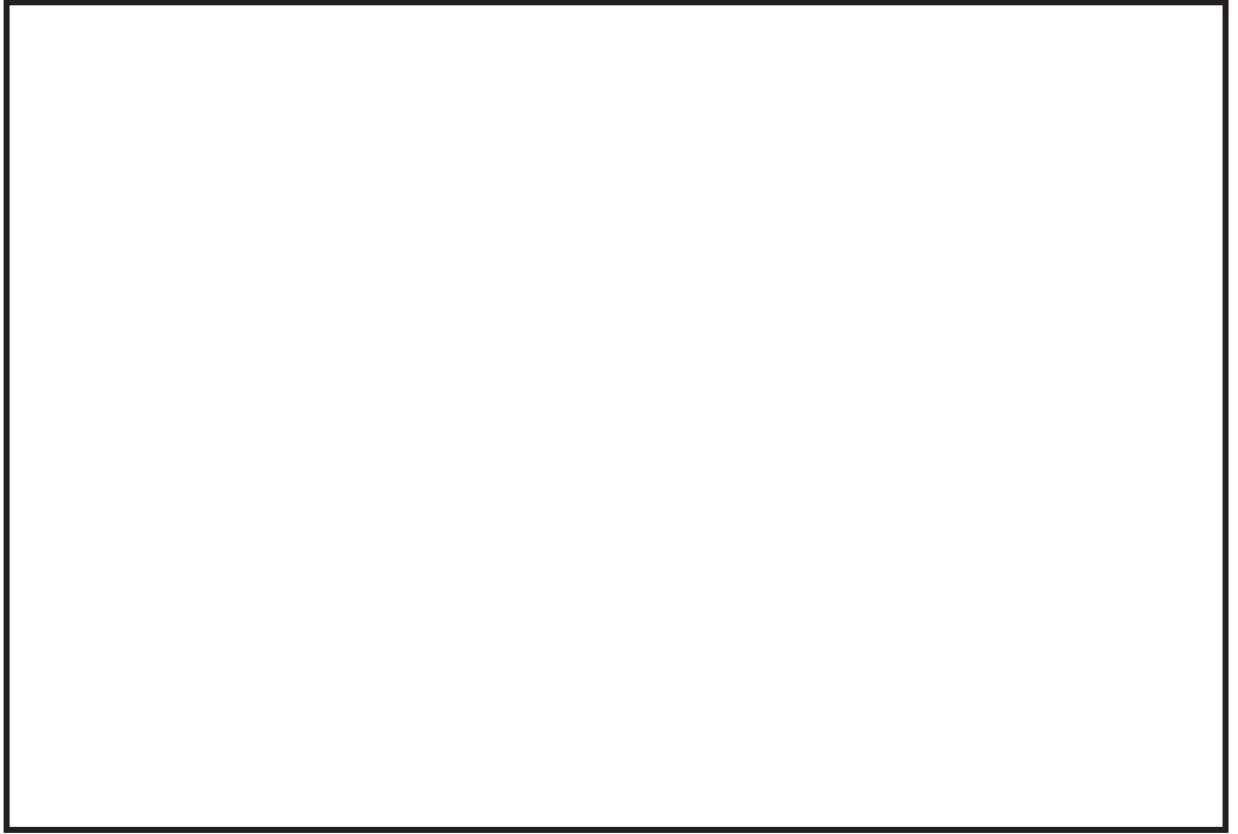


図 9 供試体 No. 5-4 の振動試験における時刻歴変位波形及び荷重波形

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

また、電共研で策定された限界耐力値と、破壊試験（振動試験及び低速走行試験）で機能維持が確認された耐力確認荷重との比較を表 2 に示す。耐力確認荷重は、添付-3 の考え方に従い、表 1 の耐力確認荷重の引張側及び圧縮側のうち大きい方の荷重値とした。試験が実施されている全ての型式について、試験による耐力確認荷重は限界耐力値よりも大きいため、限界耐力値が負荷された場合においても、メカニカルスナップの機能維持に問題がないと判断できる。

表 2 電共研における耐力値と最大発生荷重（1/2）

型式	定格容量 [kN]	電共研				限界耐力値／ 定格容量	耐力確認荷重／ 限界耐力値
		限界耐力値 [kN]	試験による耐力確認荷重 [kN]	最小裕度部品	最小裕度部品の分類		

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

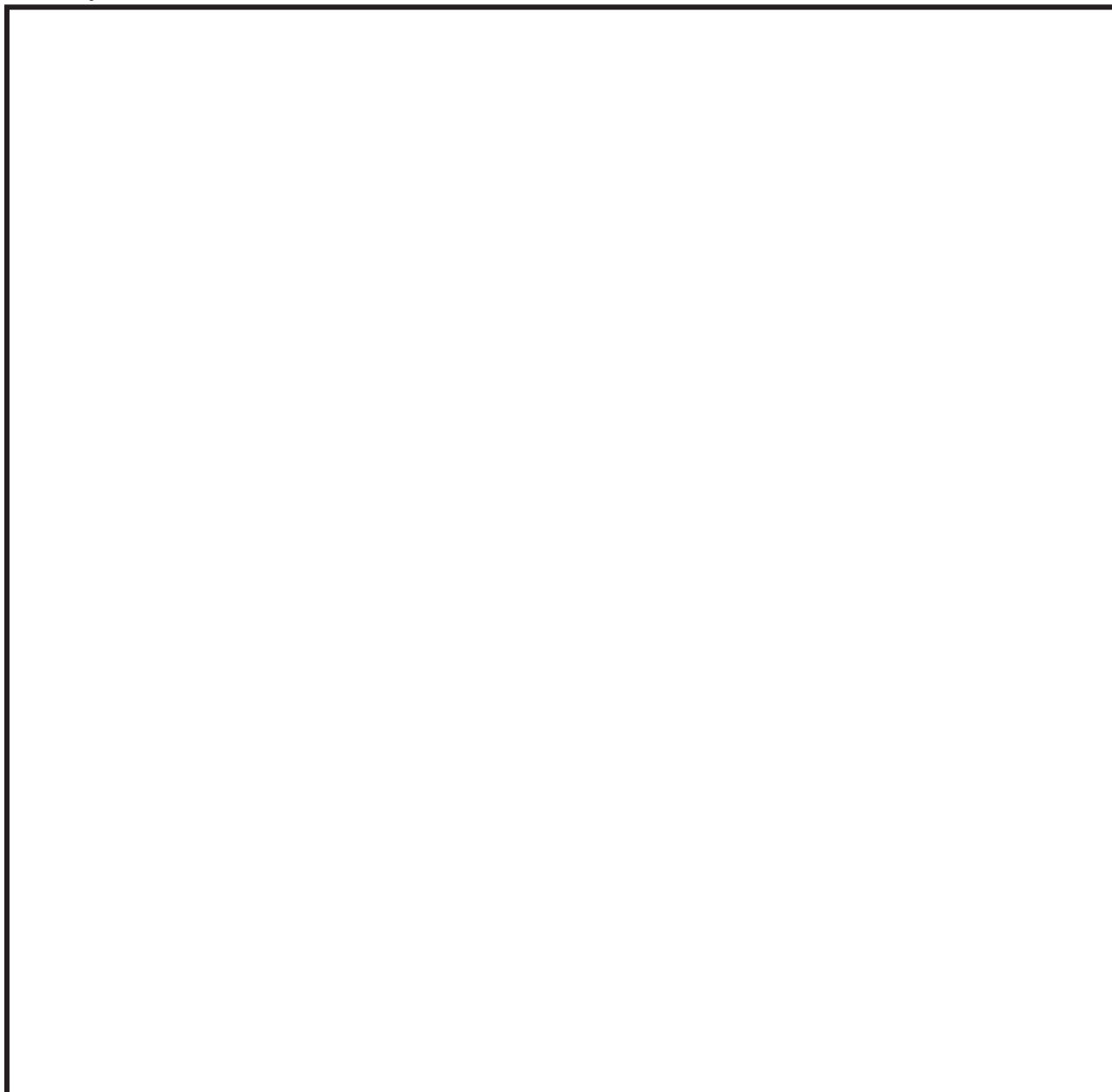
表 2 電共研における耐力値と最大発生荷重 (2/2)

型式	定格容量 [kN]	電共研			最小裕度部品の分類	限界耐力値／定格容量	耐力確認荷重／限界耐力値
		限界耐力値 [kN]	試験による耐力確認荷重 [kN]	最小裕度部品			

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

### 耐力確認荷重における引張側と圧縮側の考え方

振動試験では、引張側と圧縮側の耐力確認荷重が得られるが、耐力確認荷重を妥当性確認に使用するにあたって、引張側と圧縮側のどちらを参照すべきか、考え方を以下にまとめた。



以上より、メカニカルスナップの耐力確認荷重としては、引張側と圧縮側の発生荷重の大きい方を参照することとした。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

メカニカルスナバの JNES 研究の概要

1. はじめに

本資料では、今回工認で参照した既往知見である「JNES 平成 21～22 年度耐震機能限界試験（スナバ）に係る報告書」（以下、「JNES 研究」）の概要について説明する。

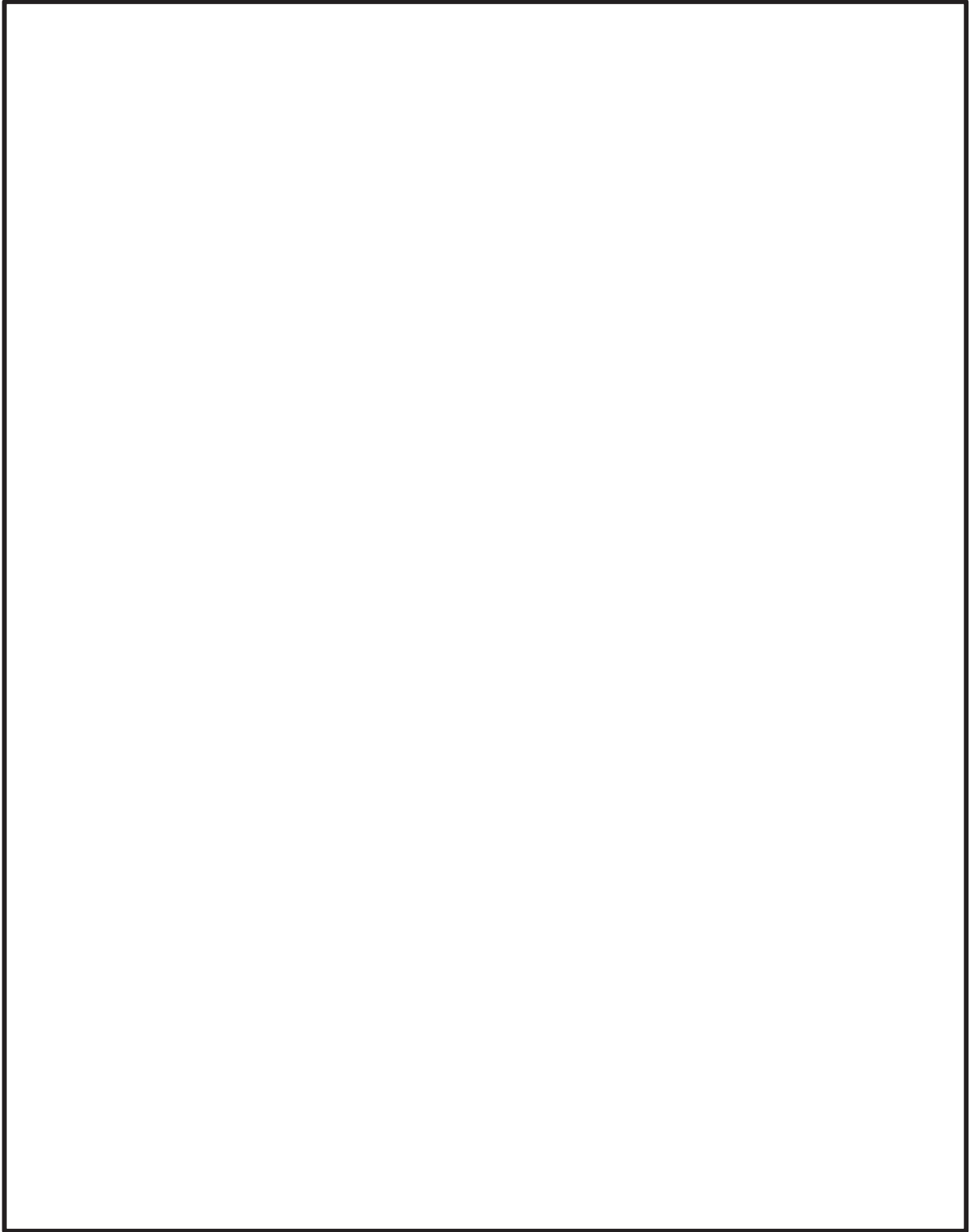


枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

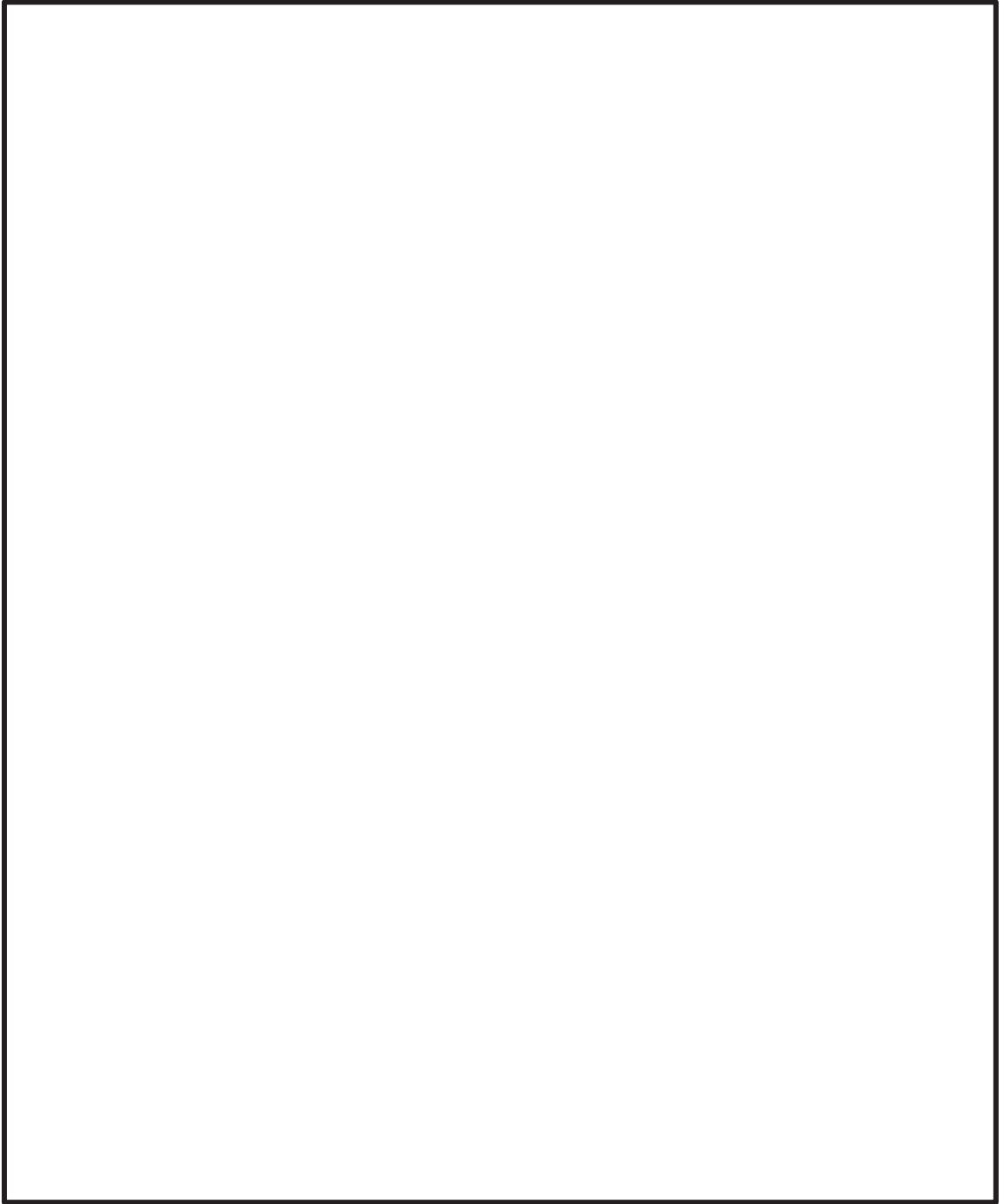


枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

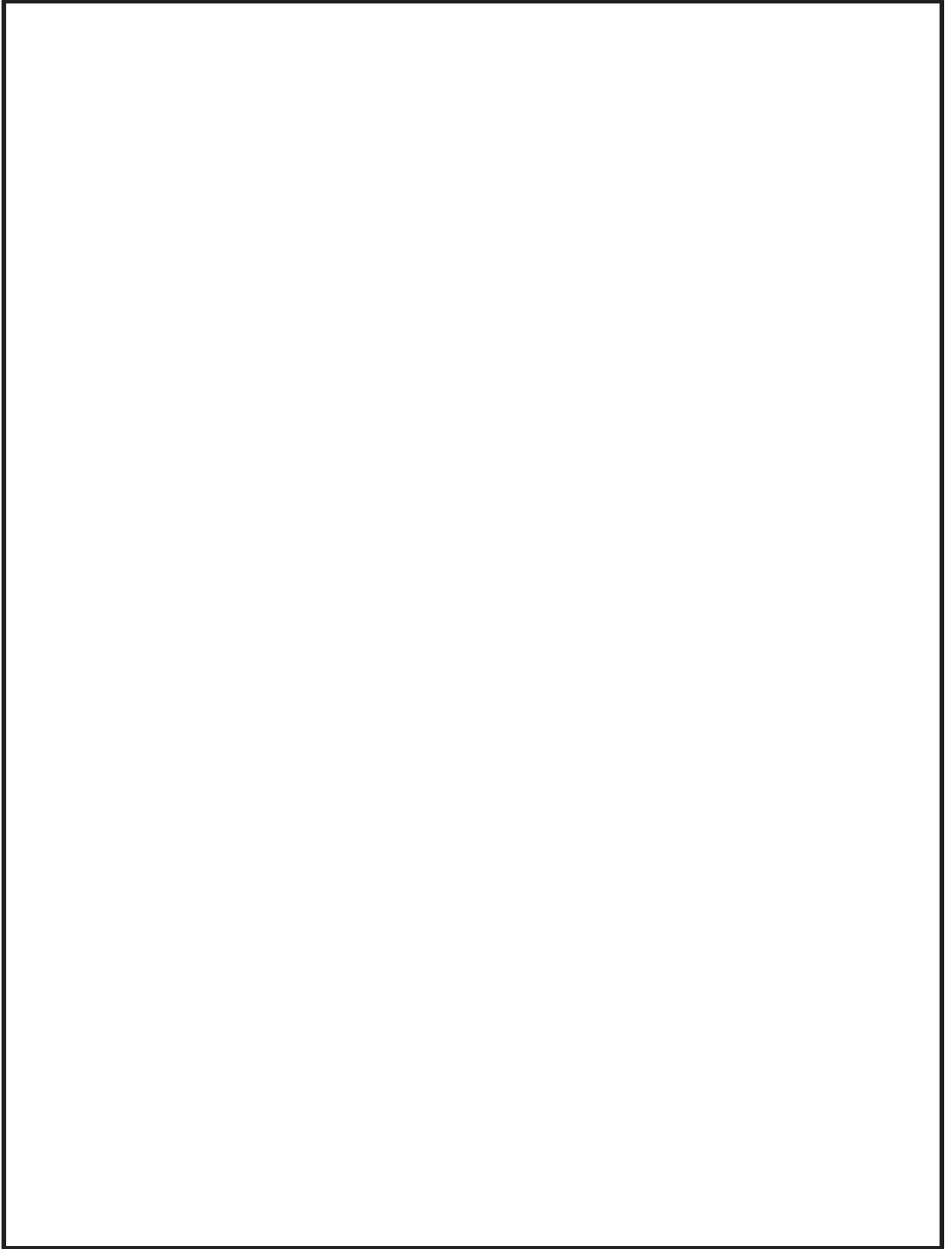




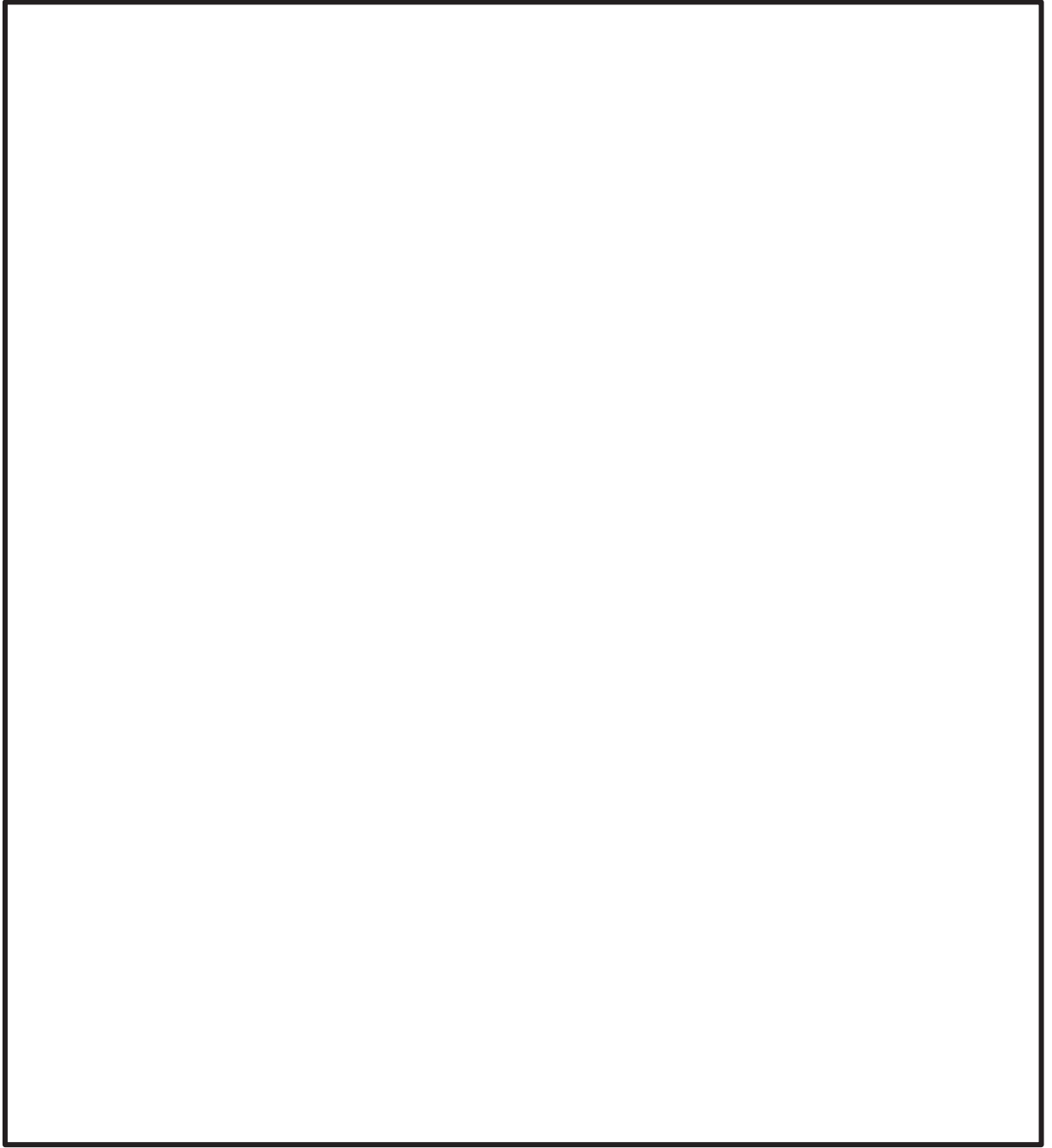
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



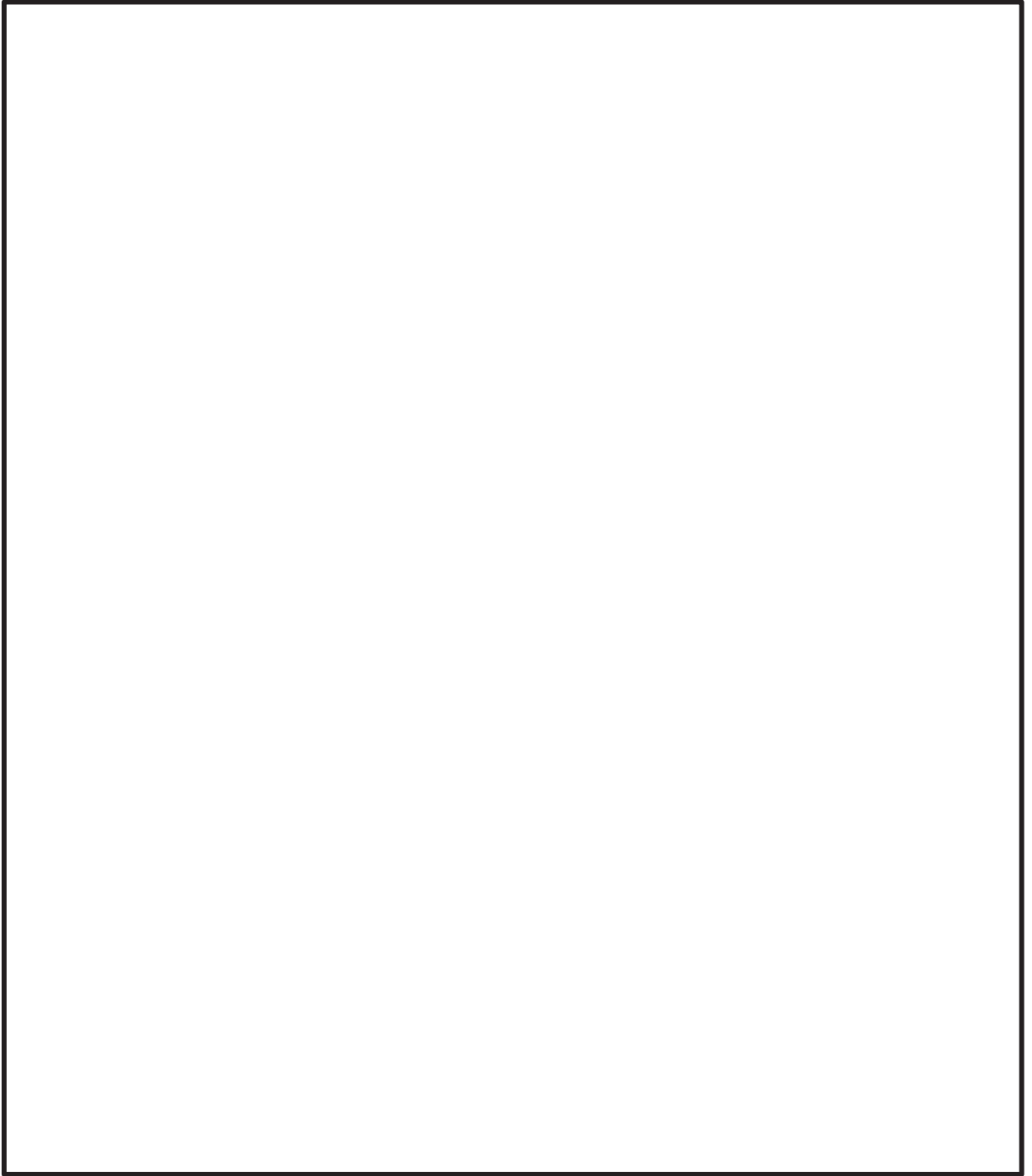
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



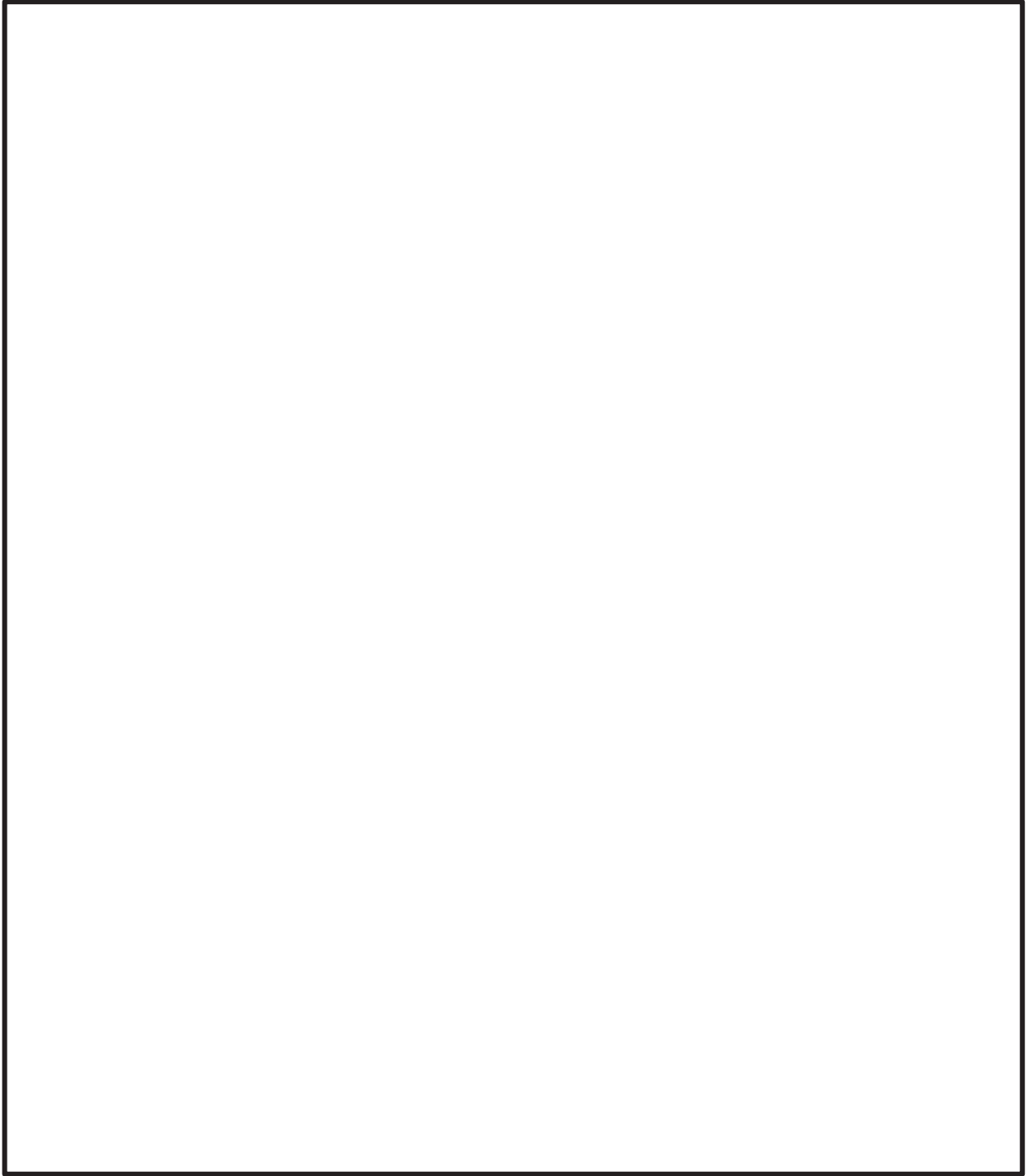
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



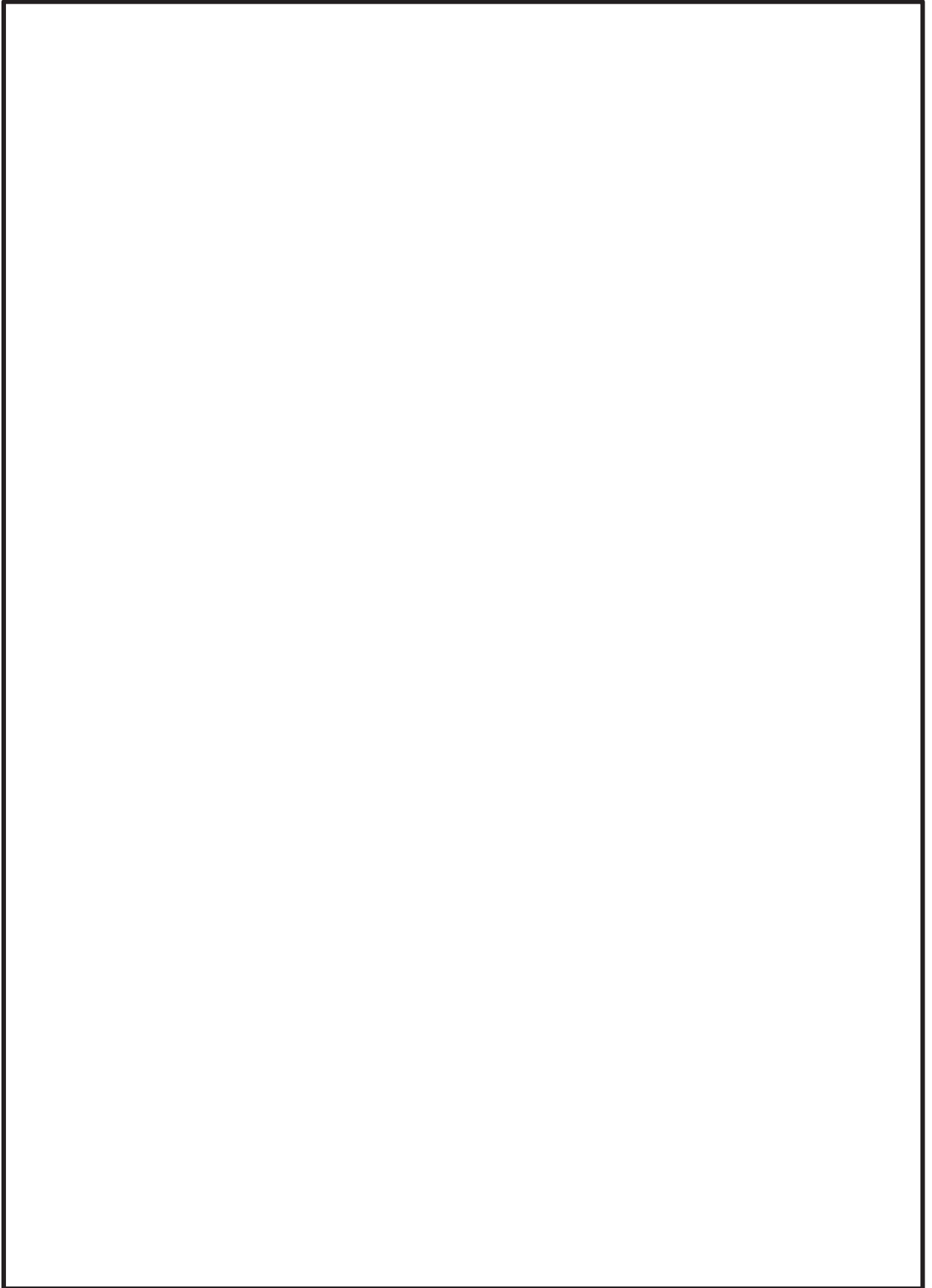
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



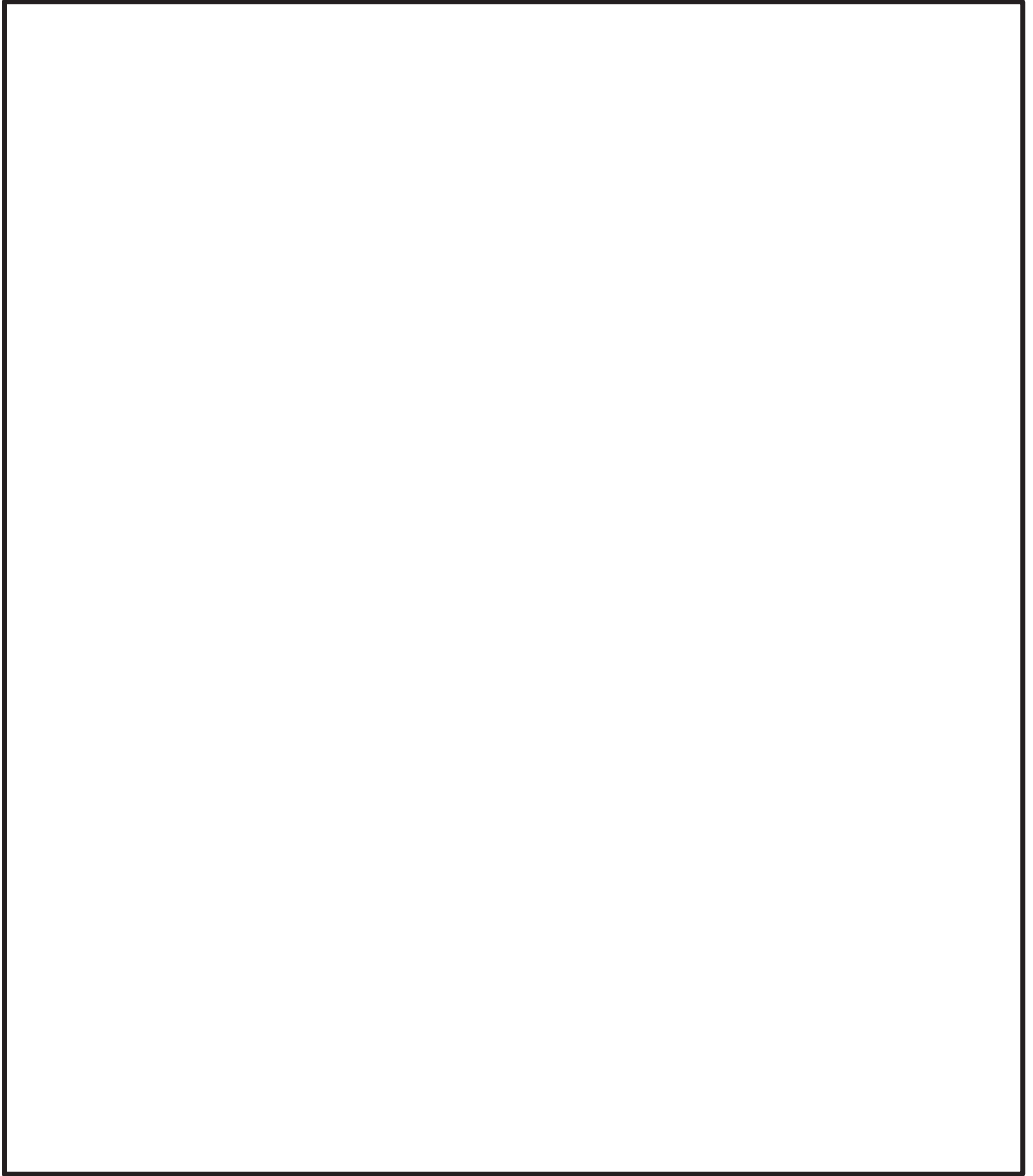
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

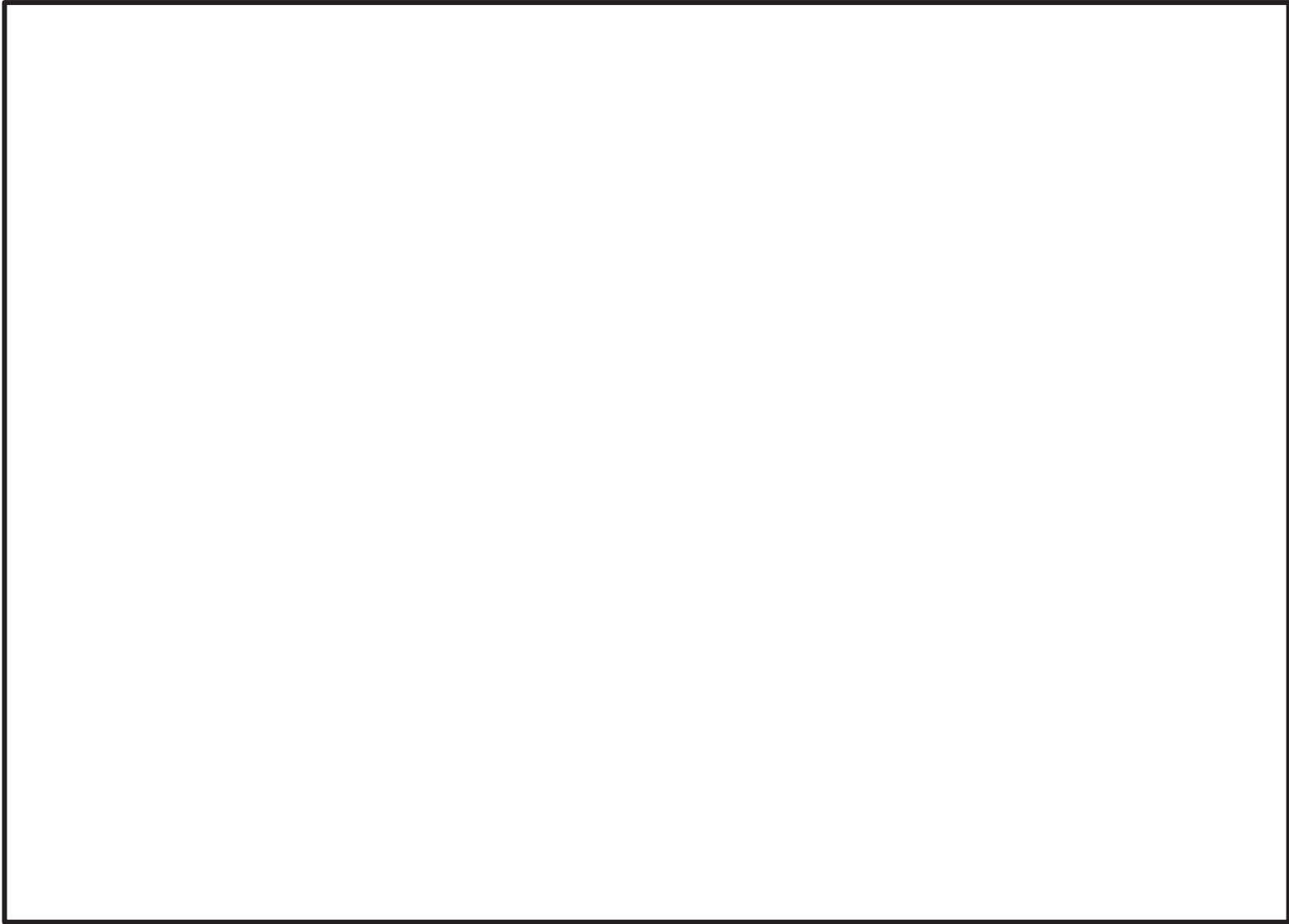


枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

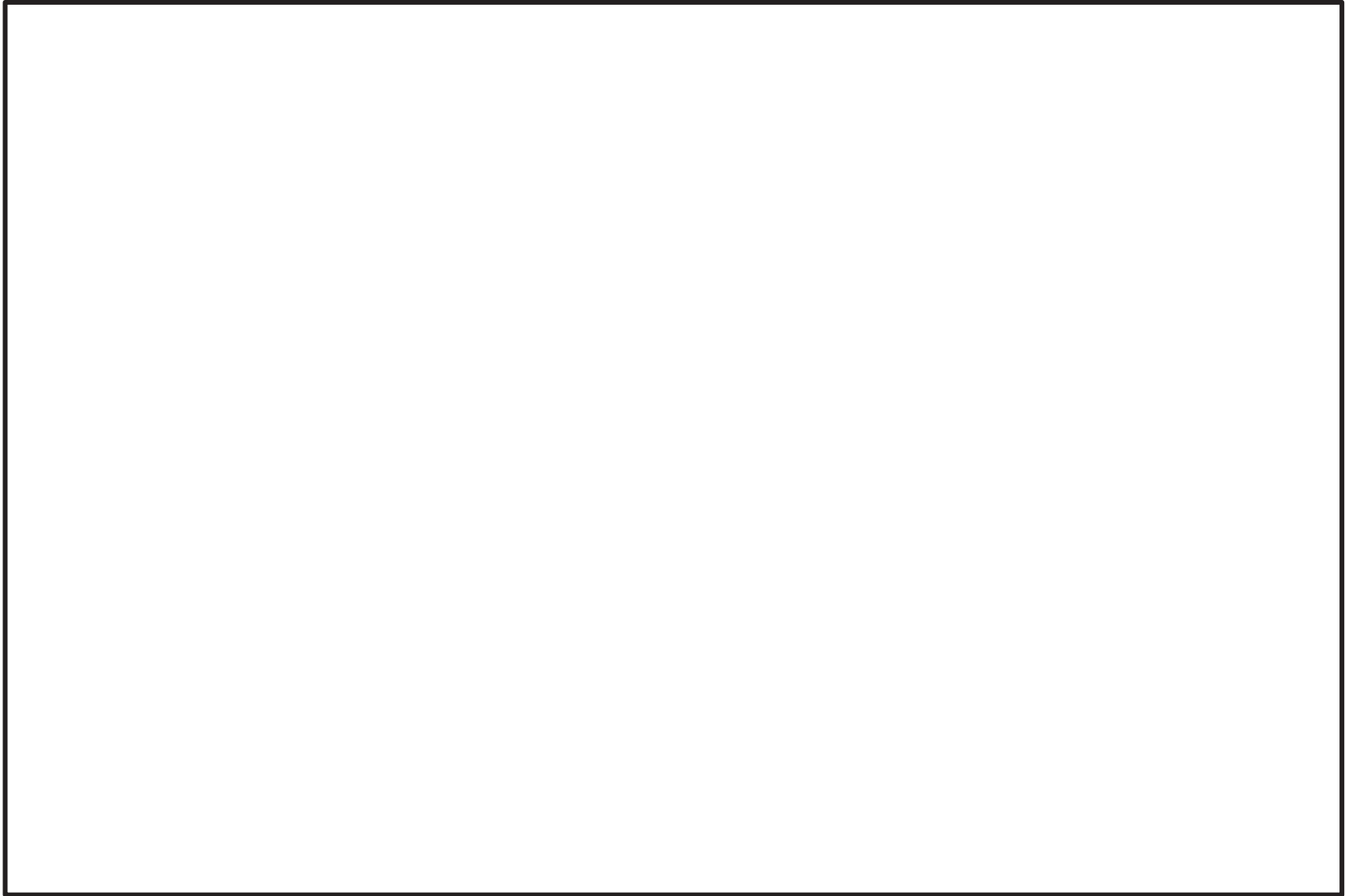


枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

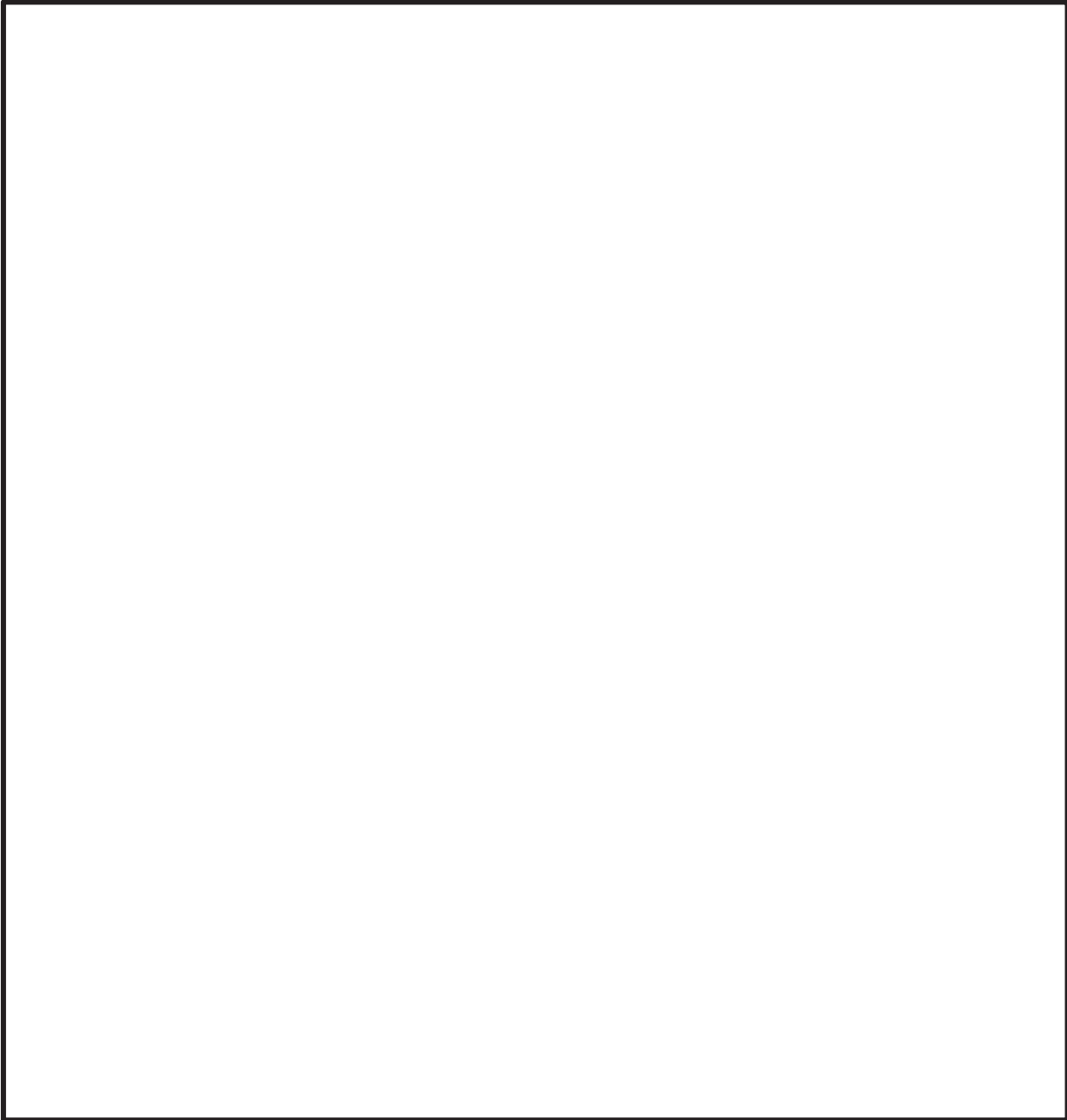




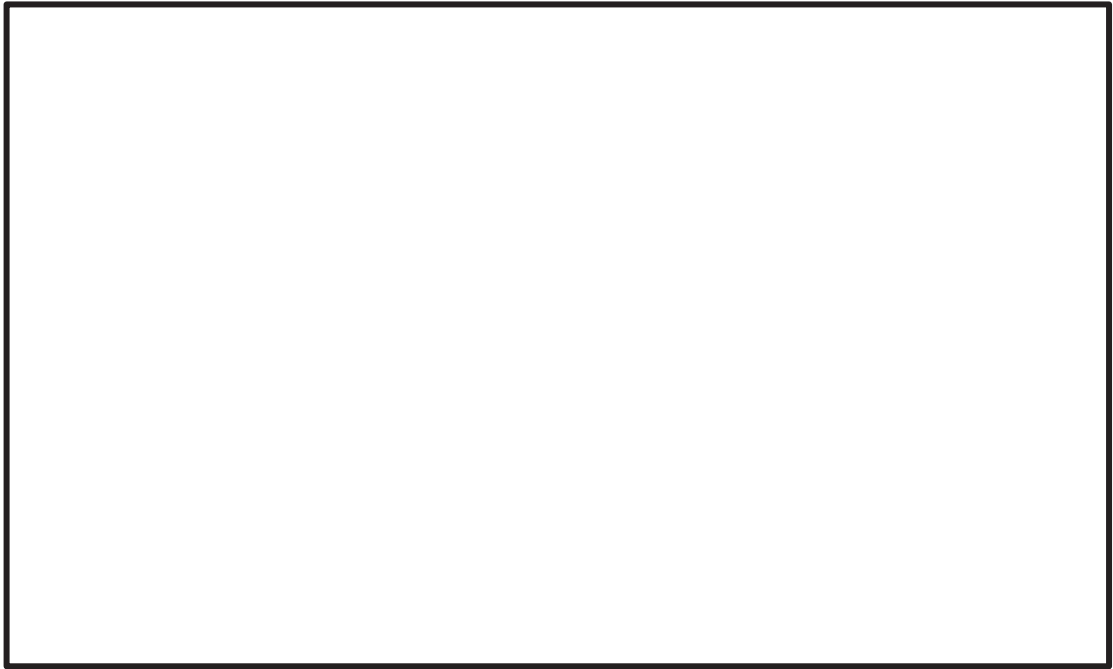
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



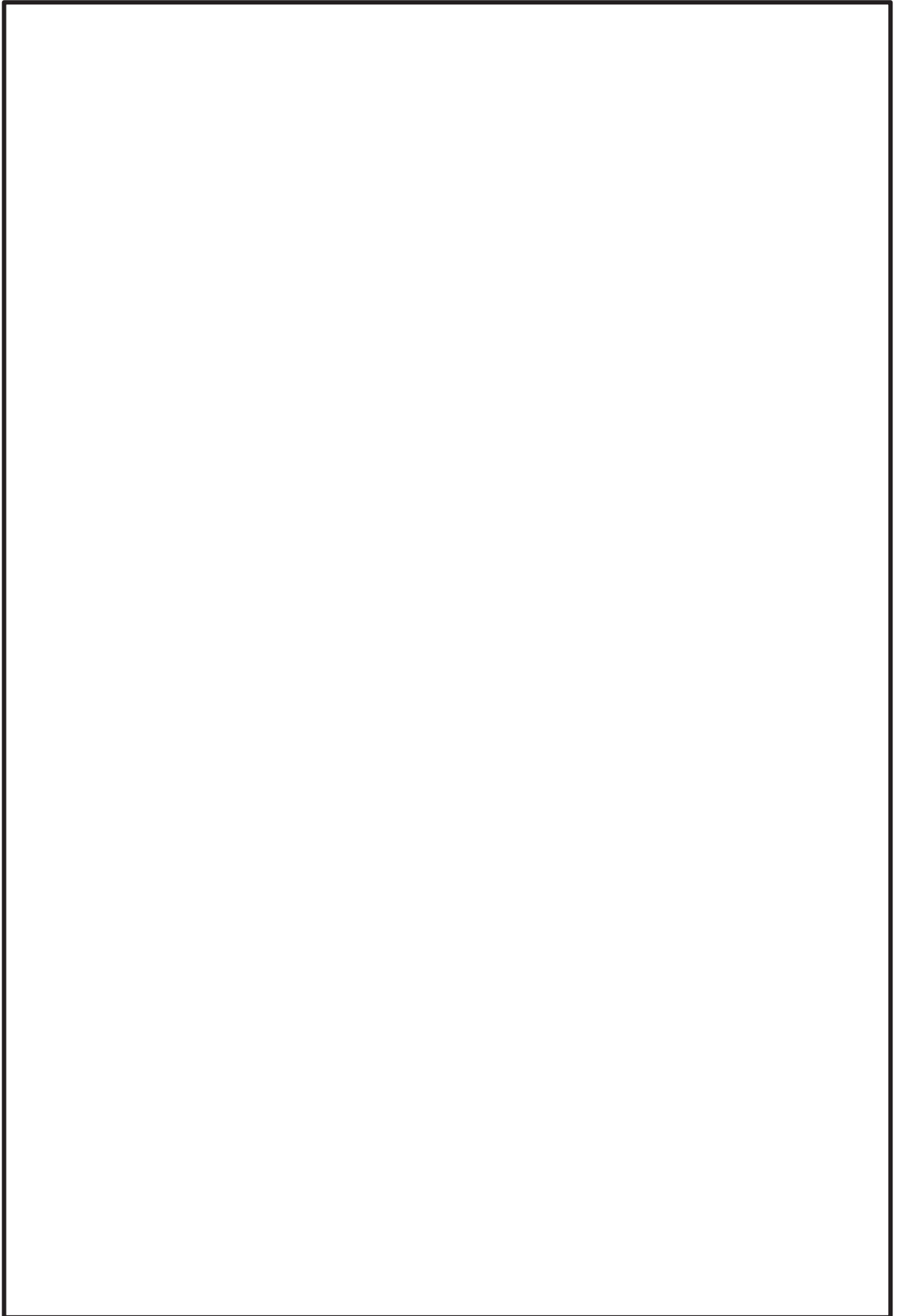
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



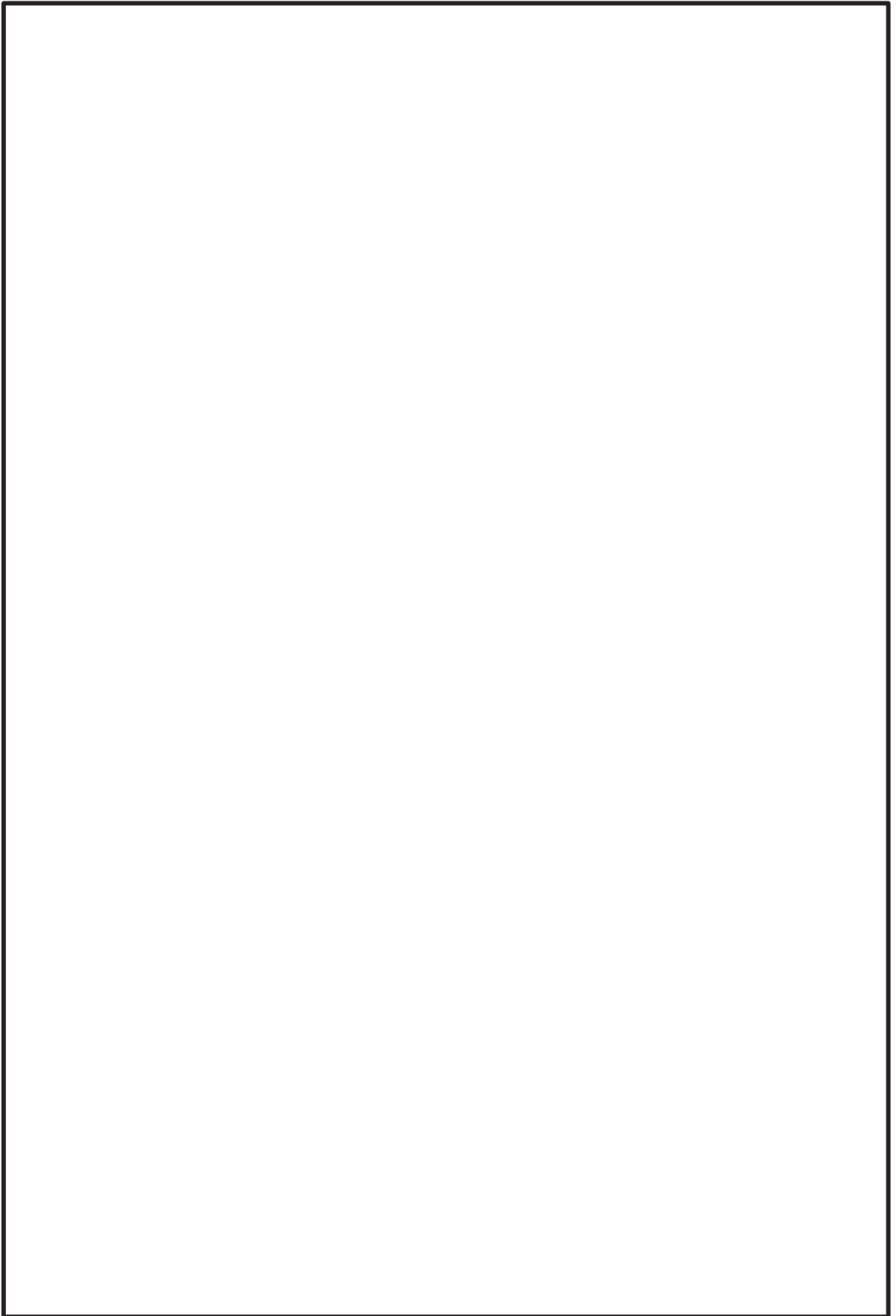
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



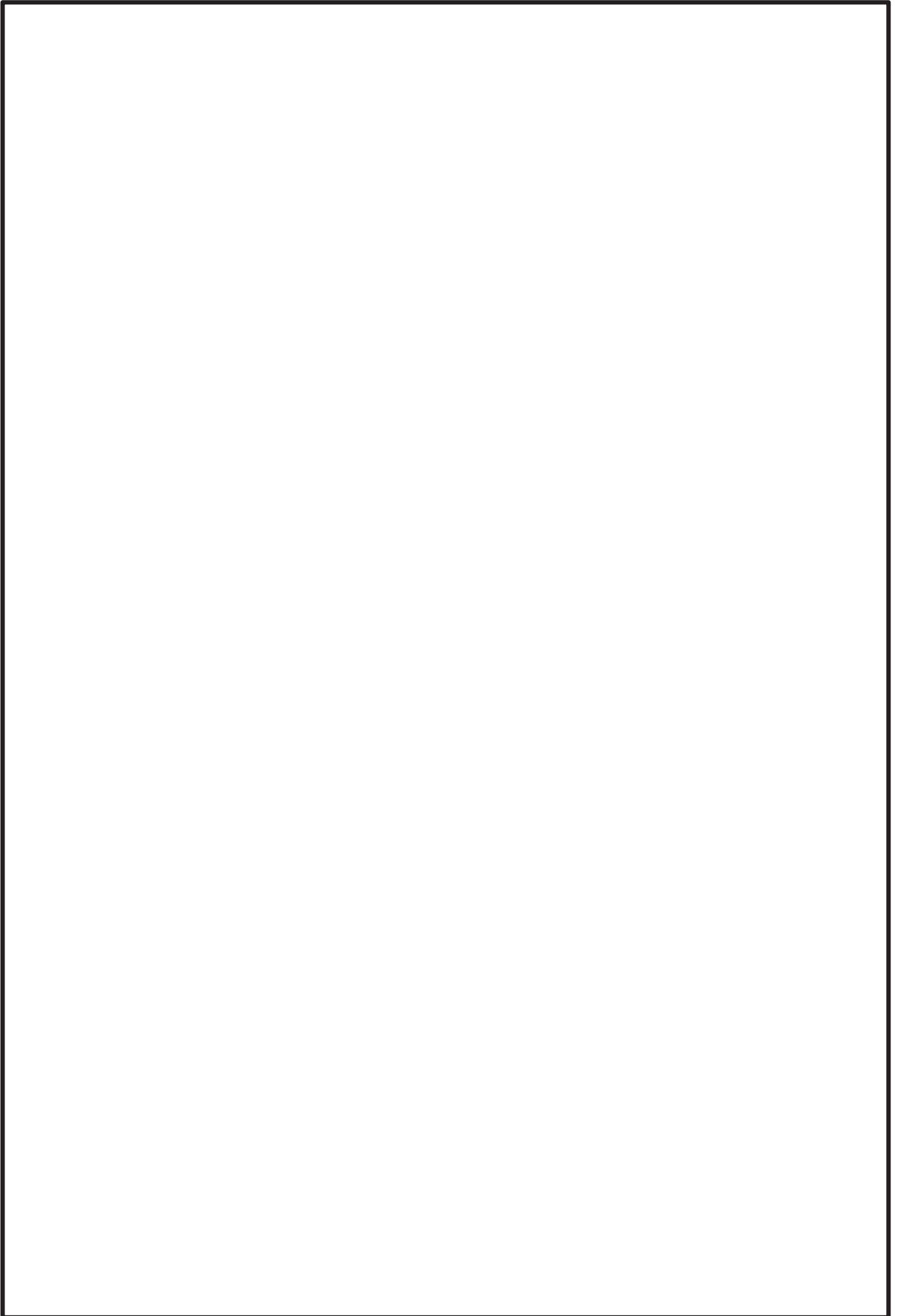
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

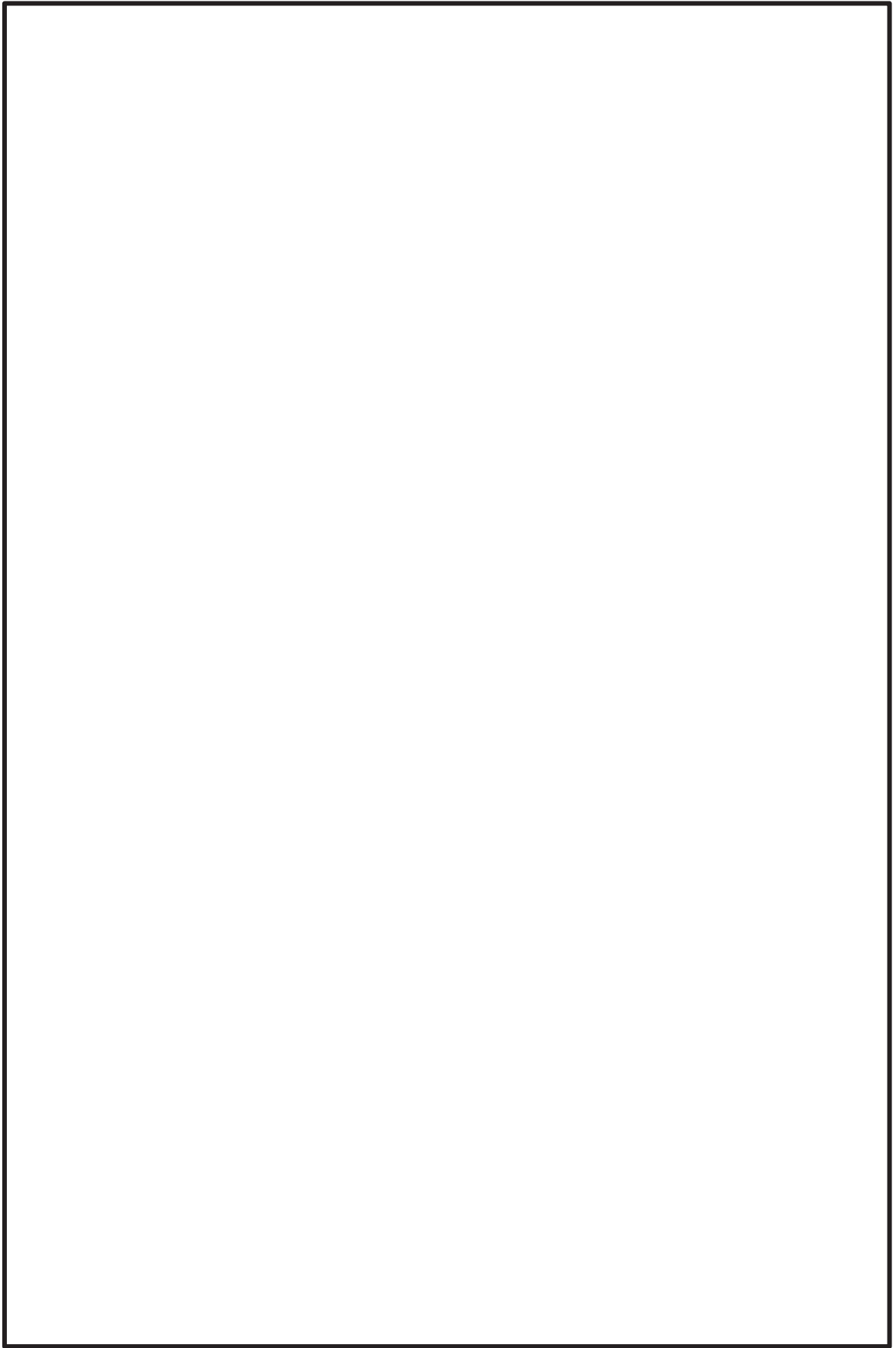


枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

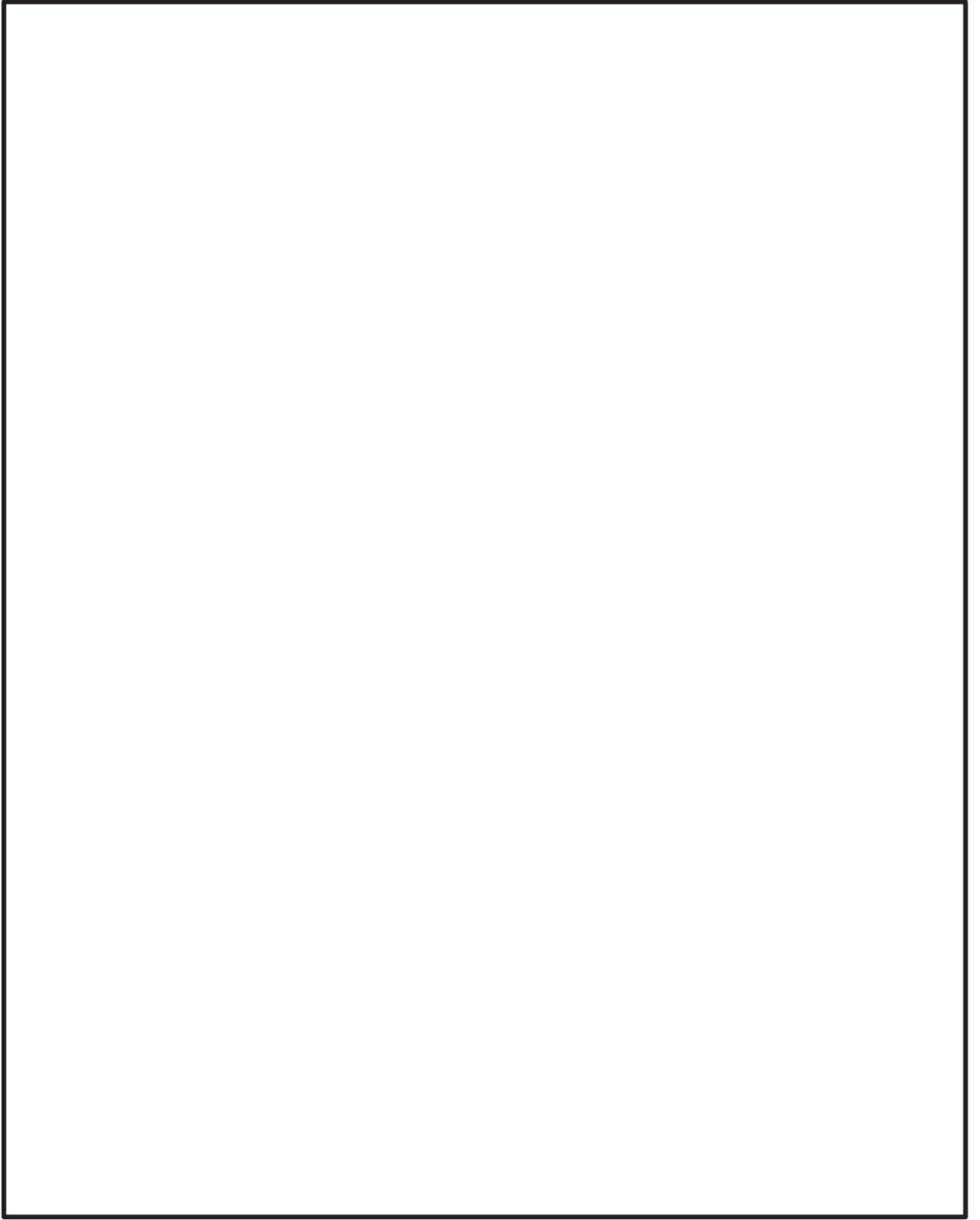


枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

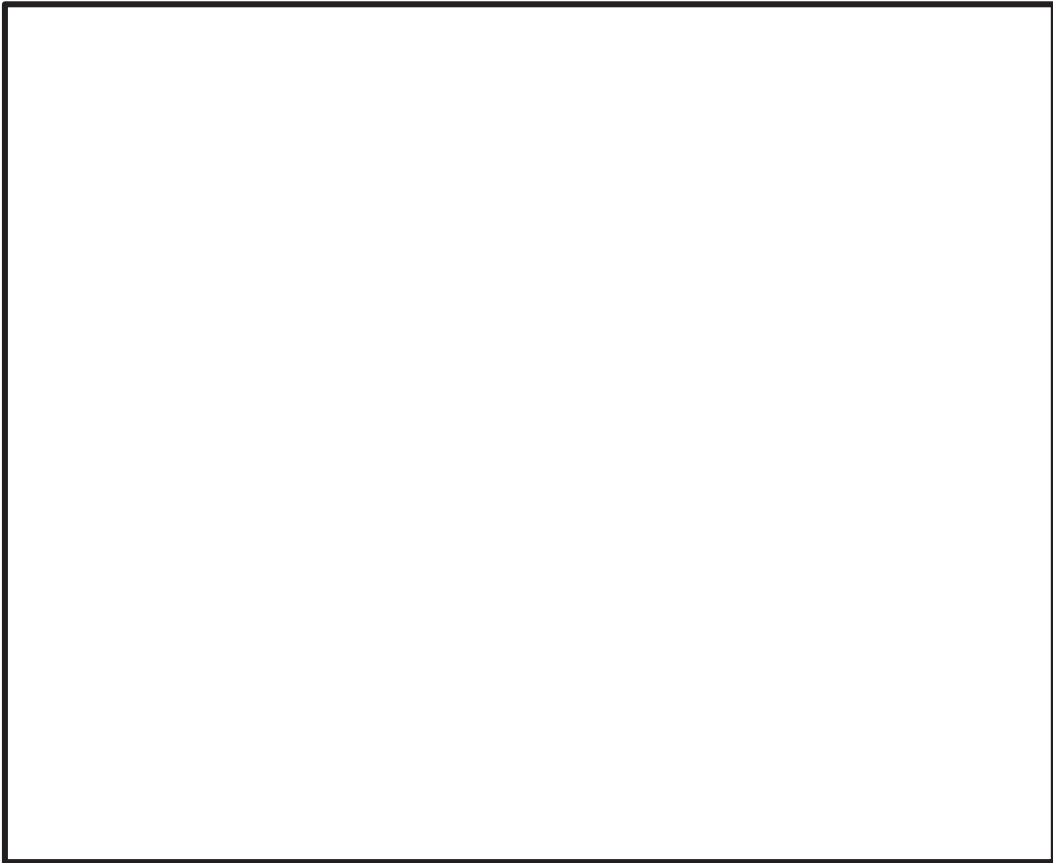




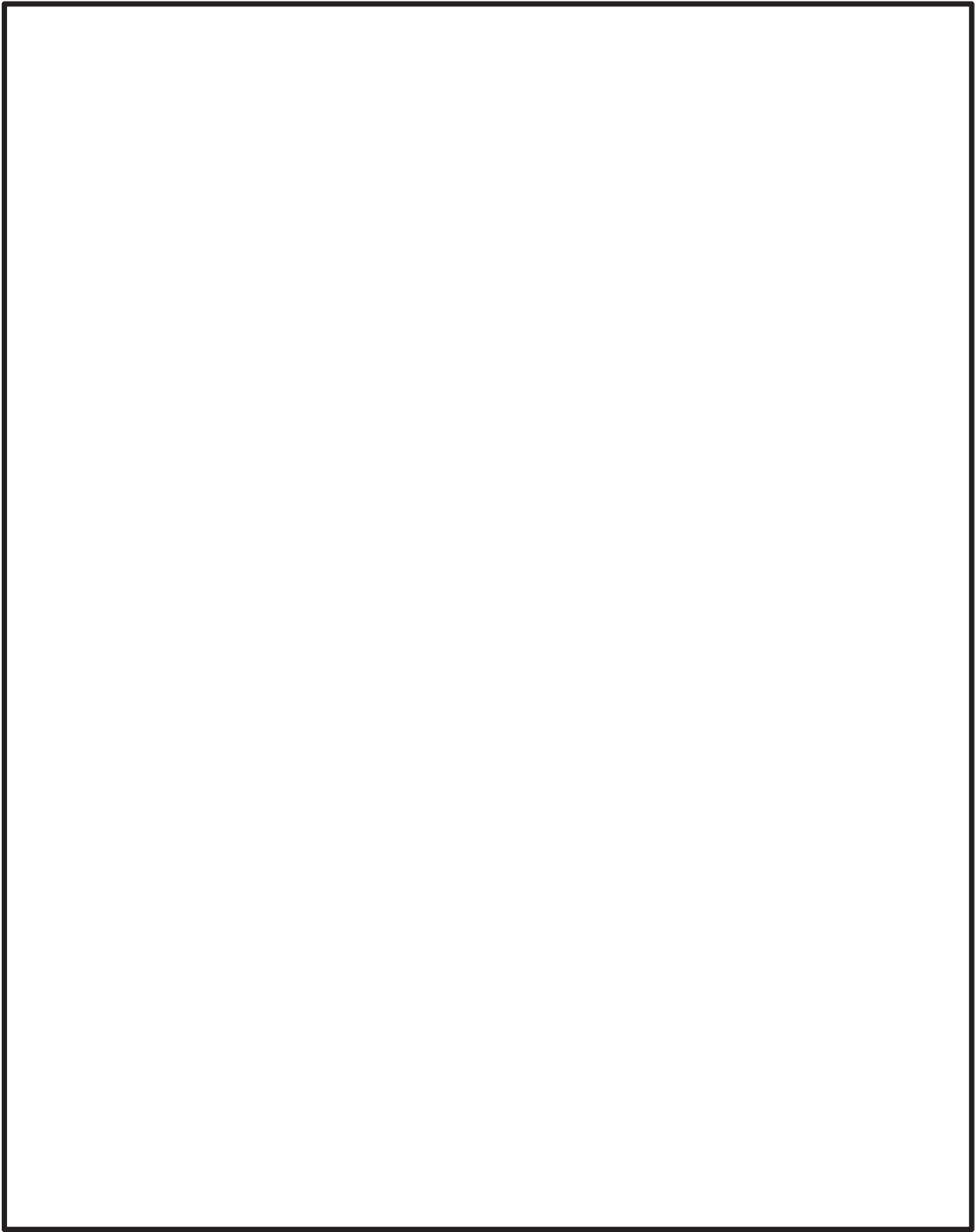
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



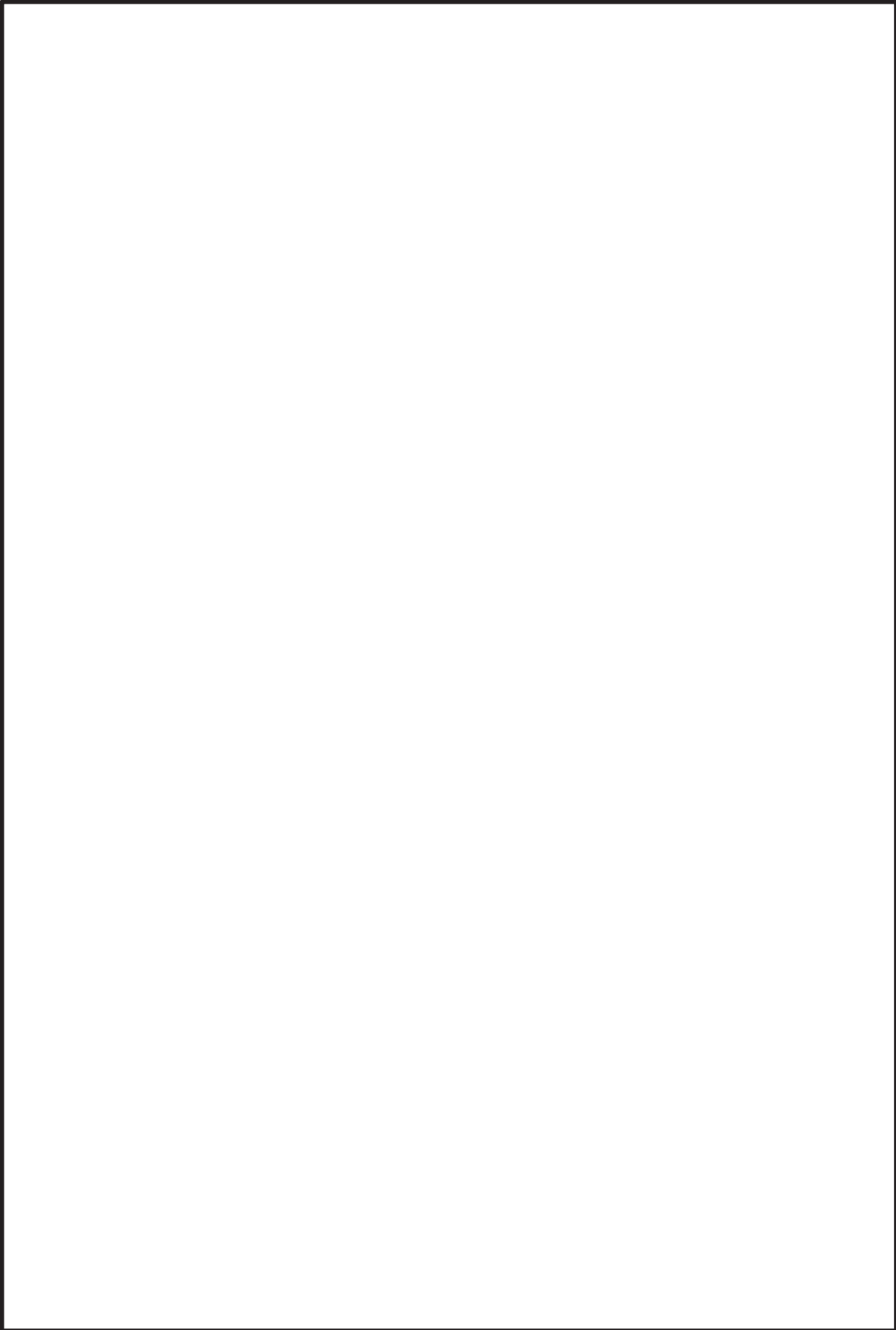
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



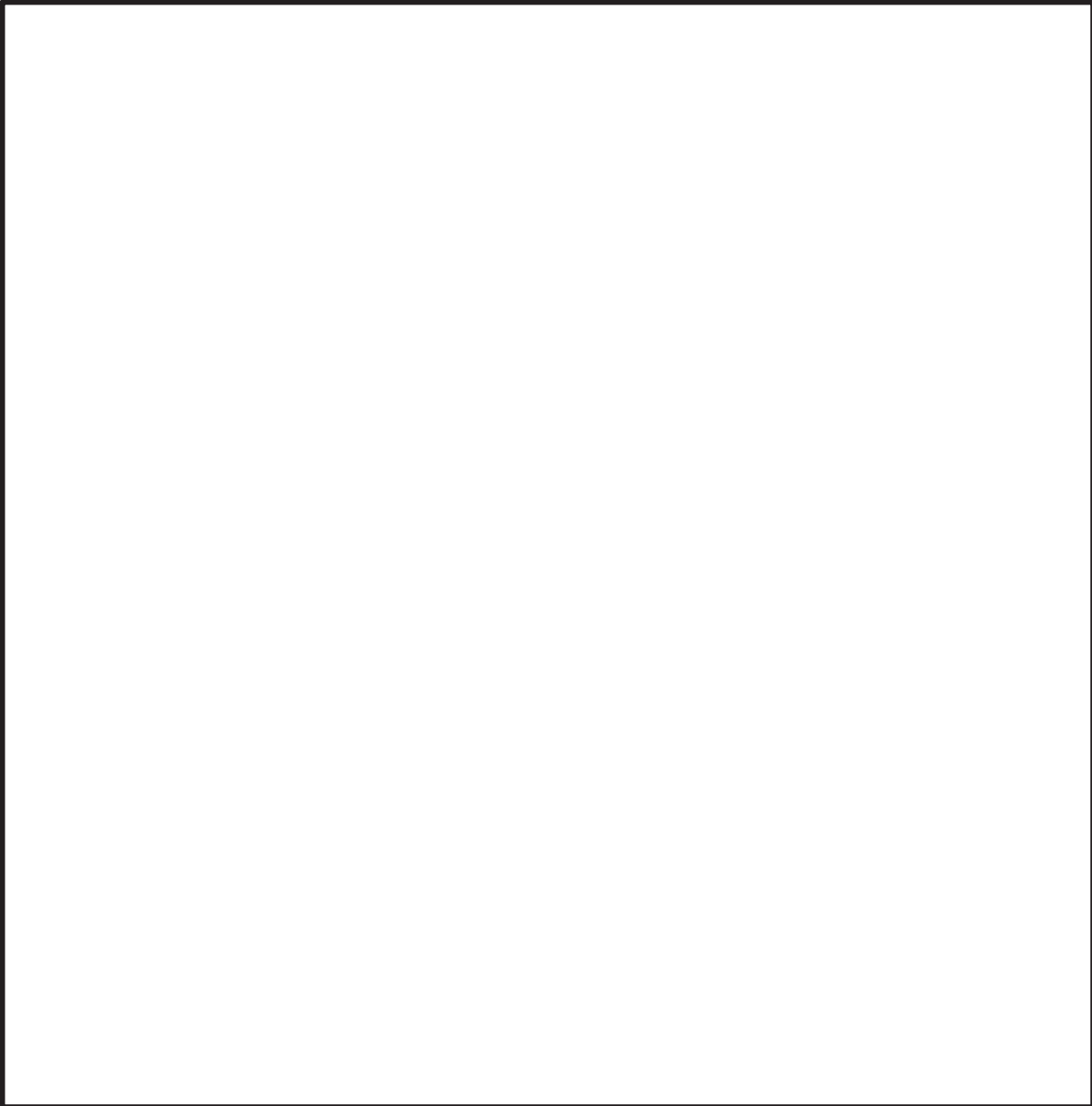
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



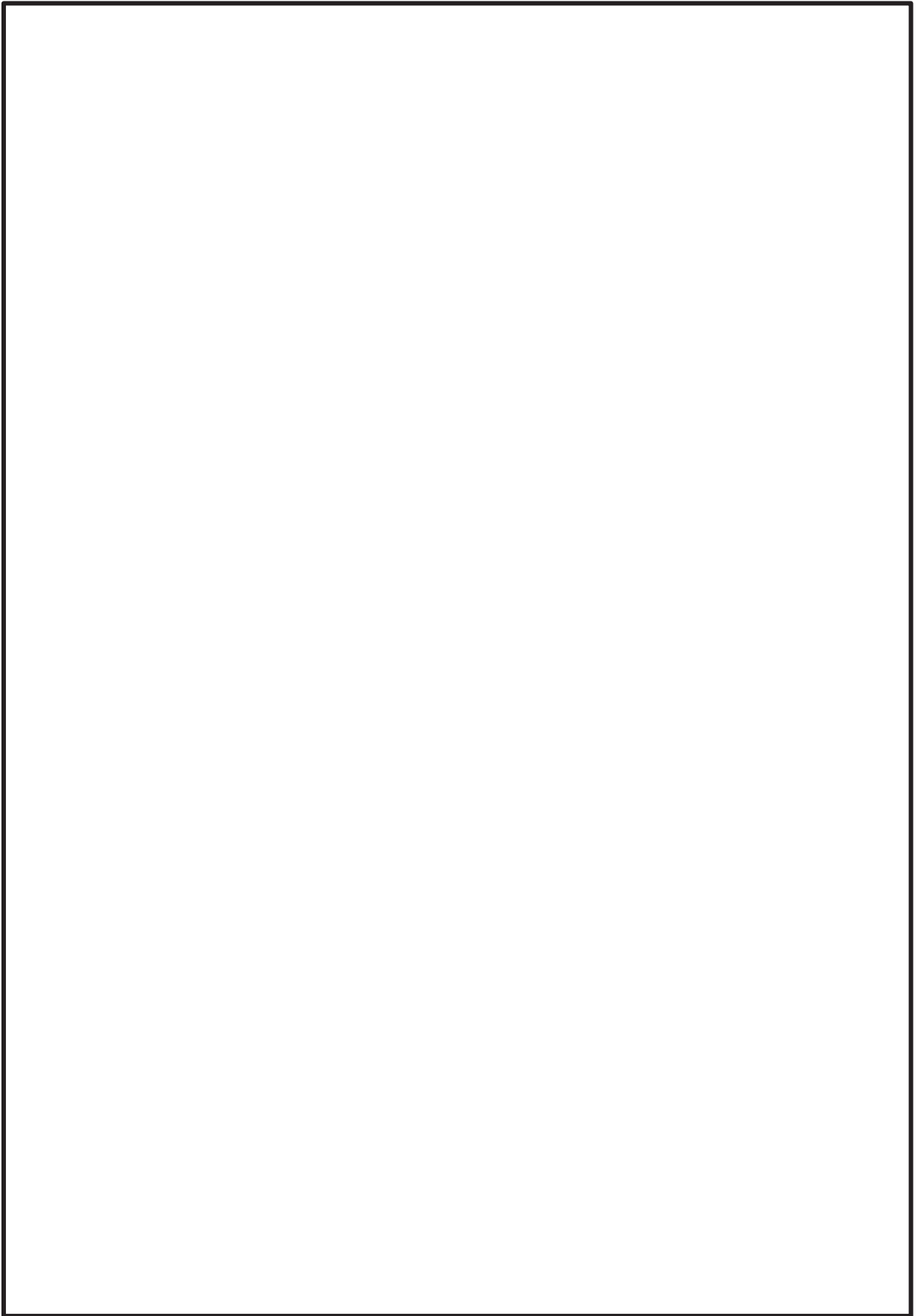
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



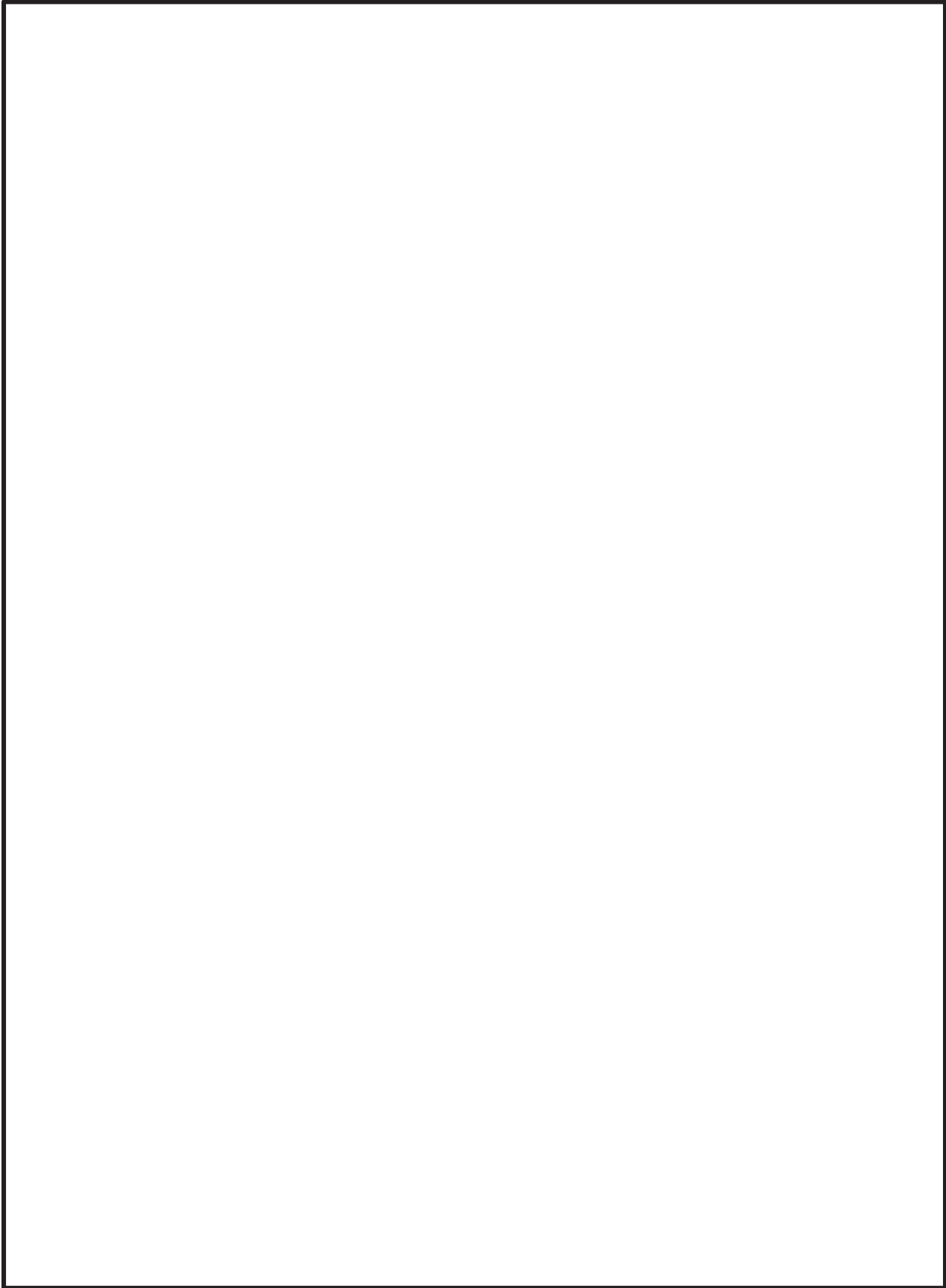
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

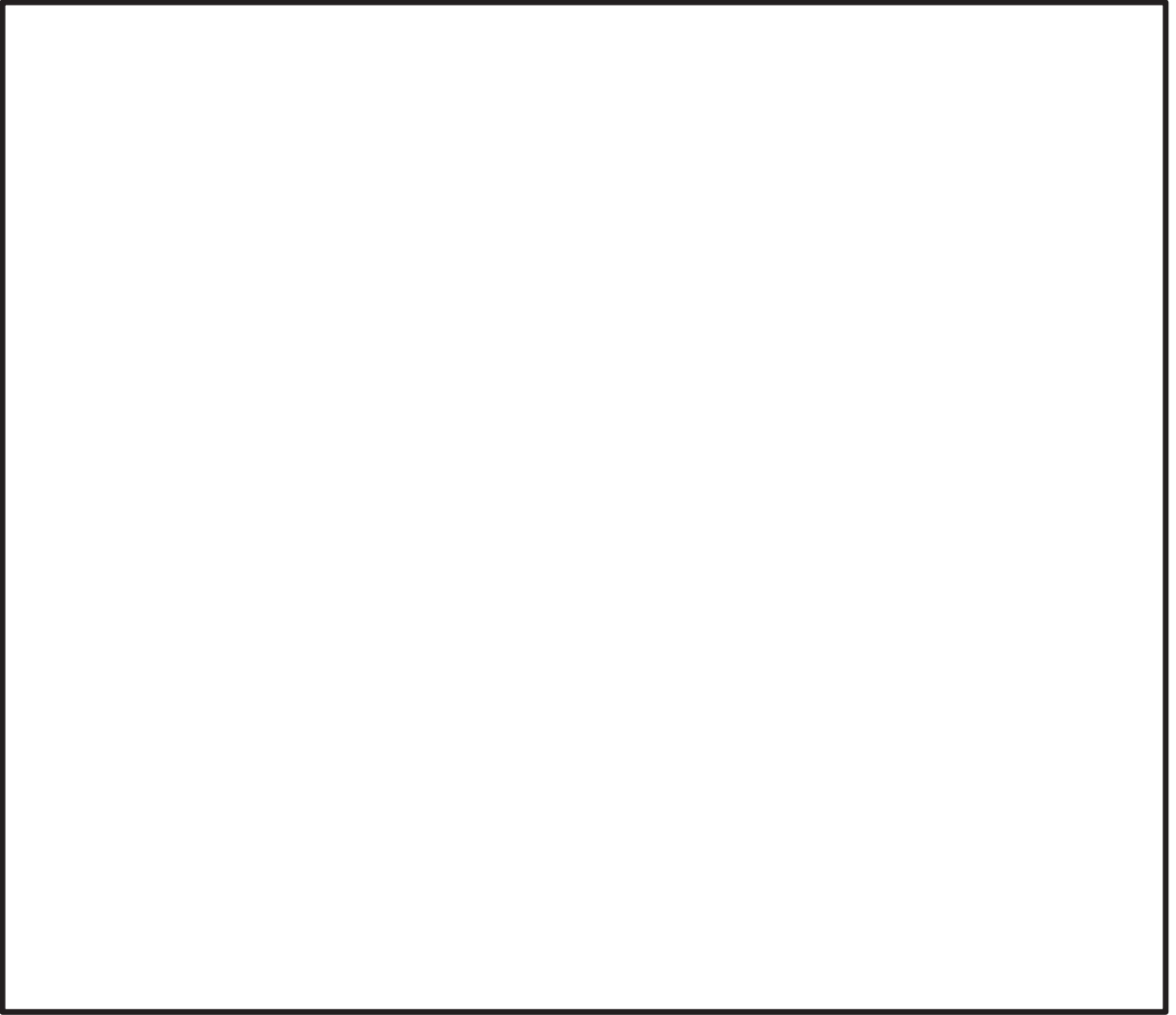


枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

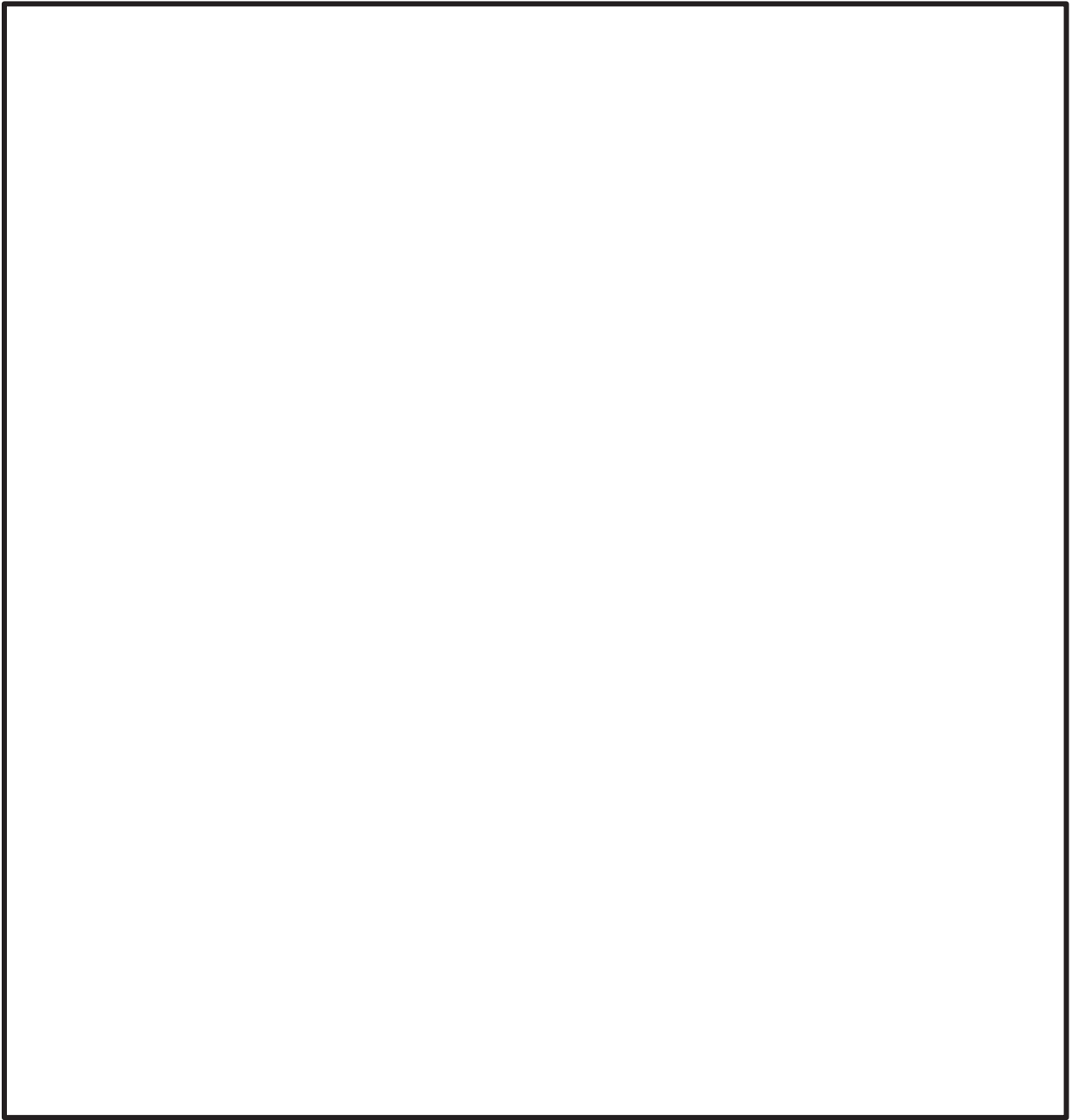


枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。





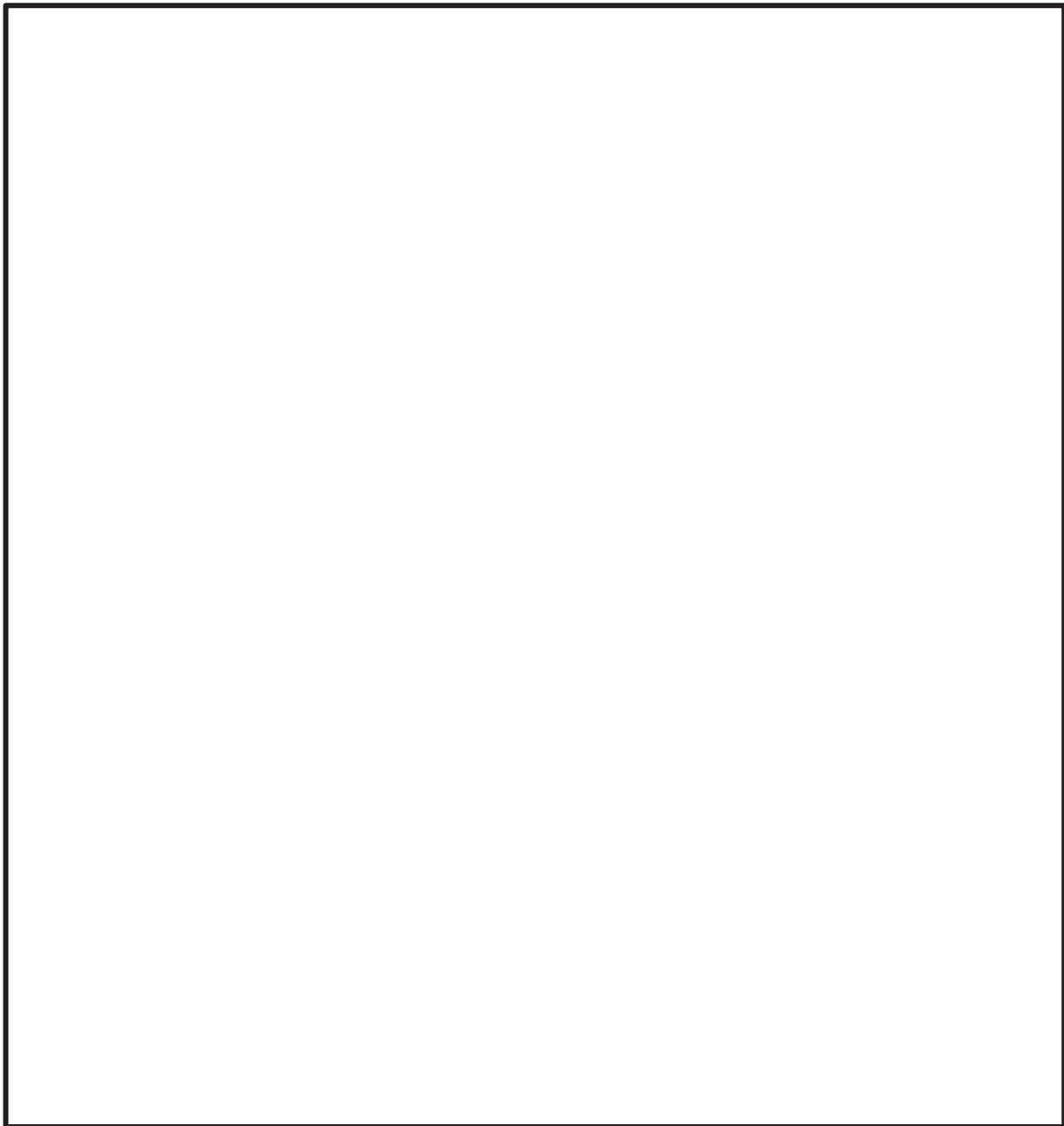
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



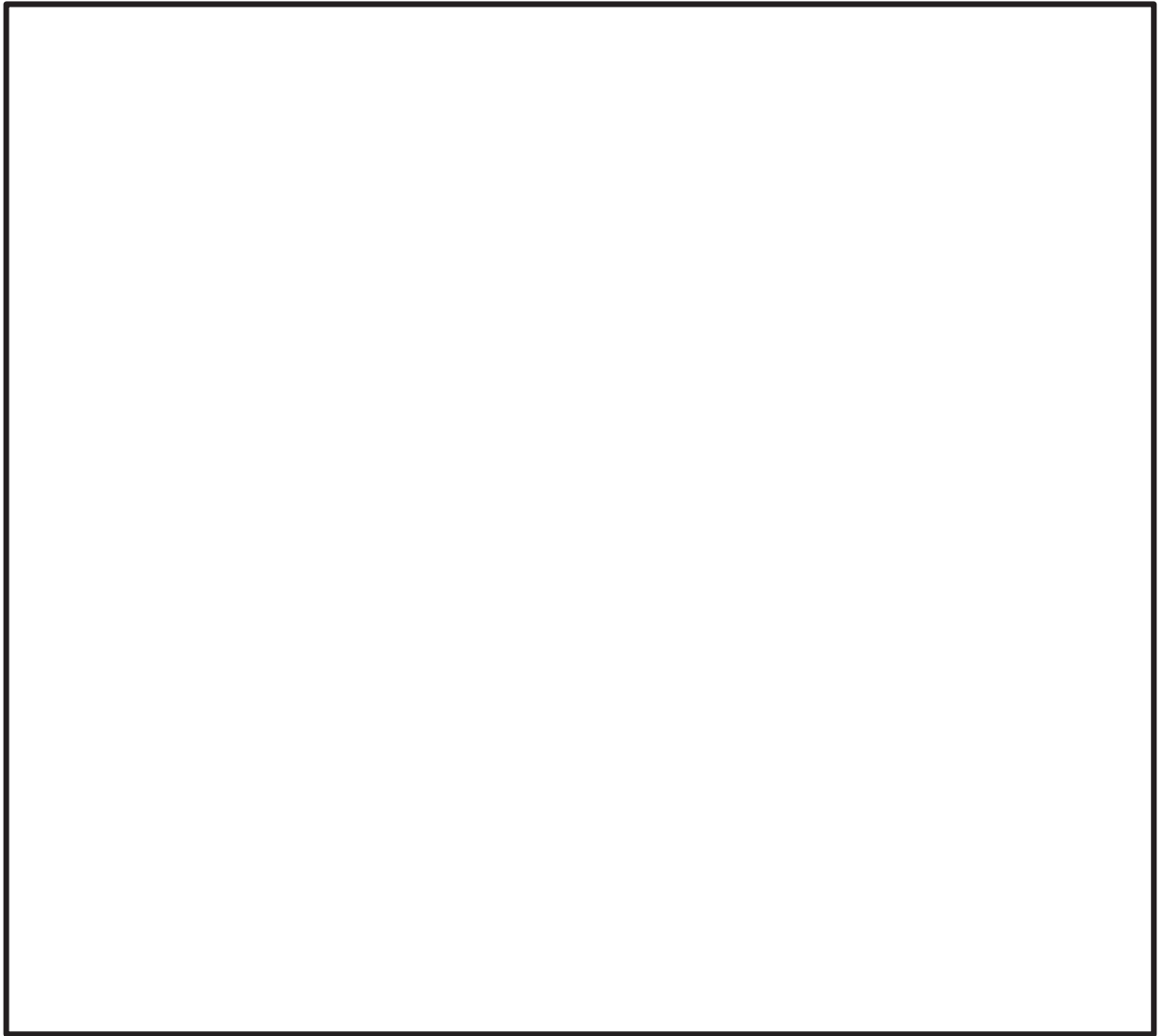
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



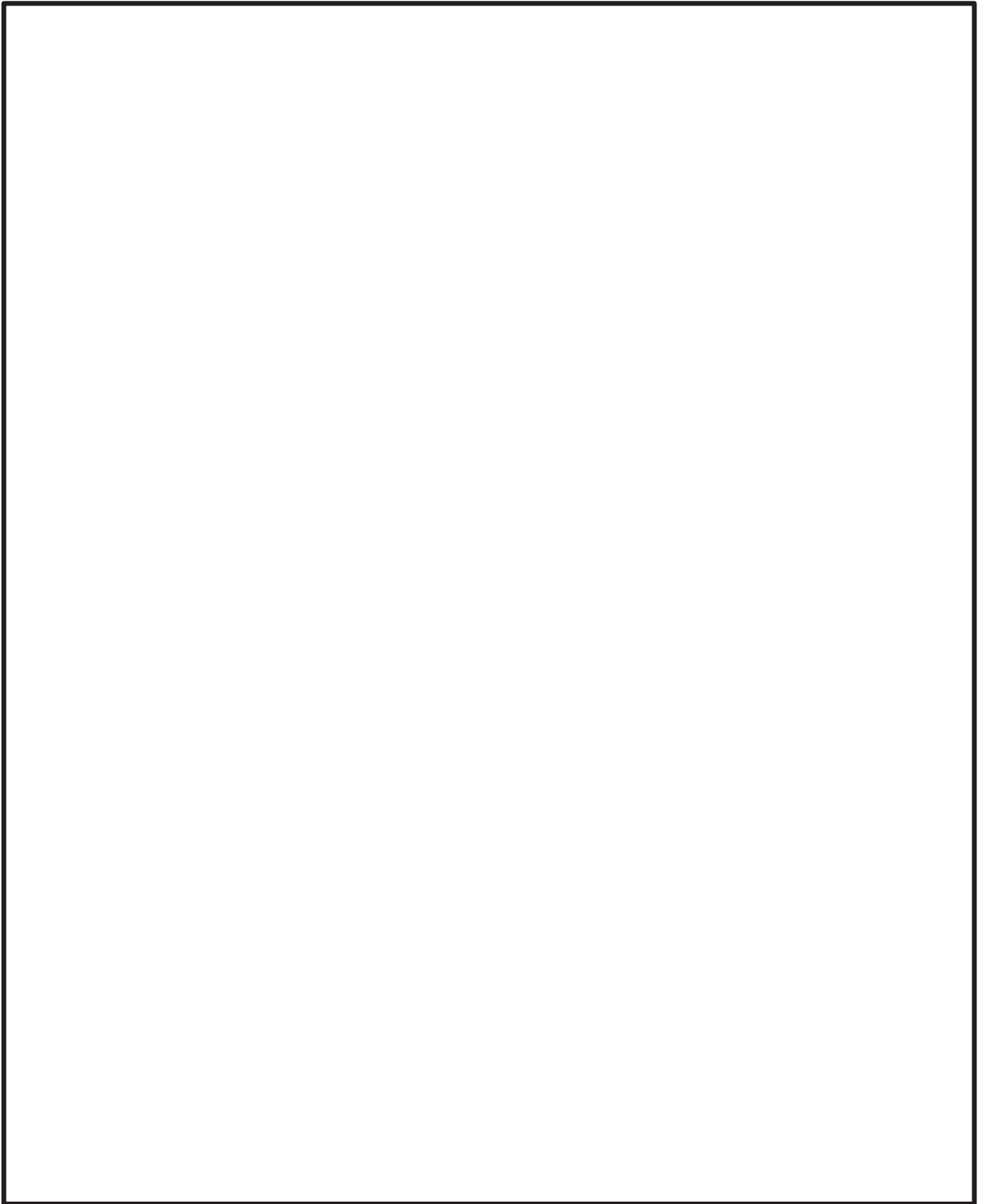
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



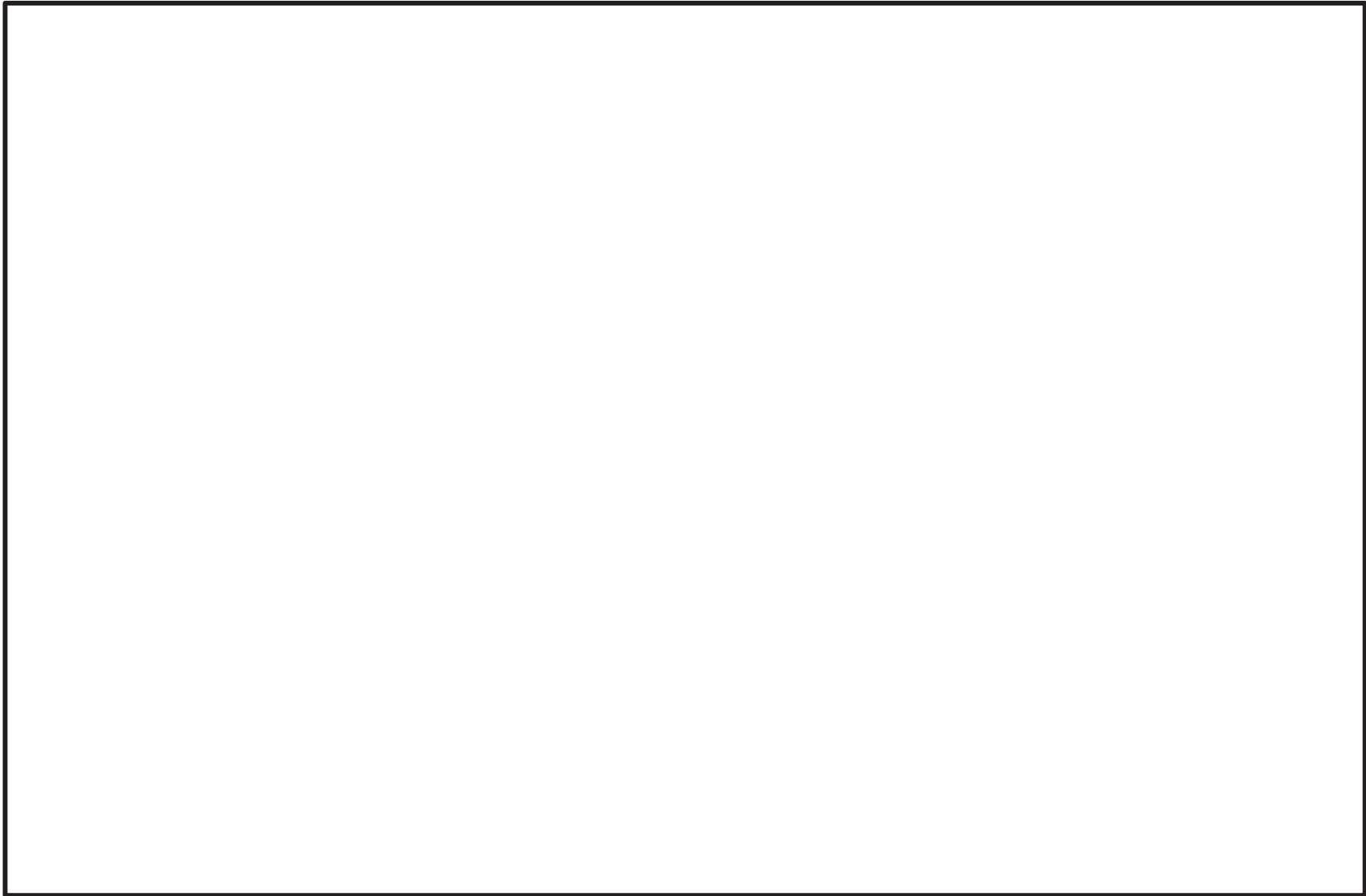
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



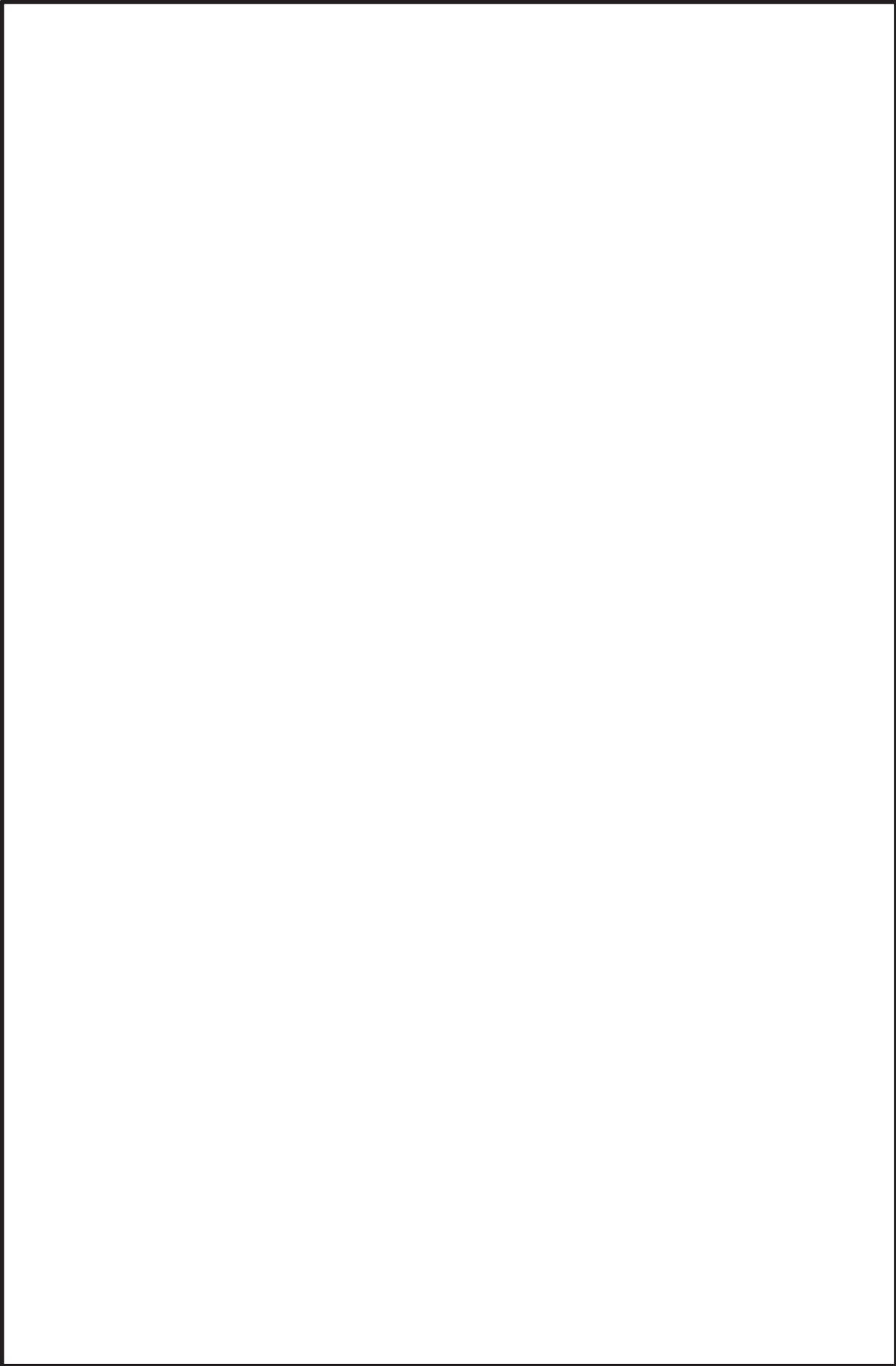
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



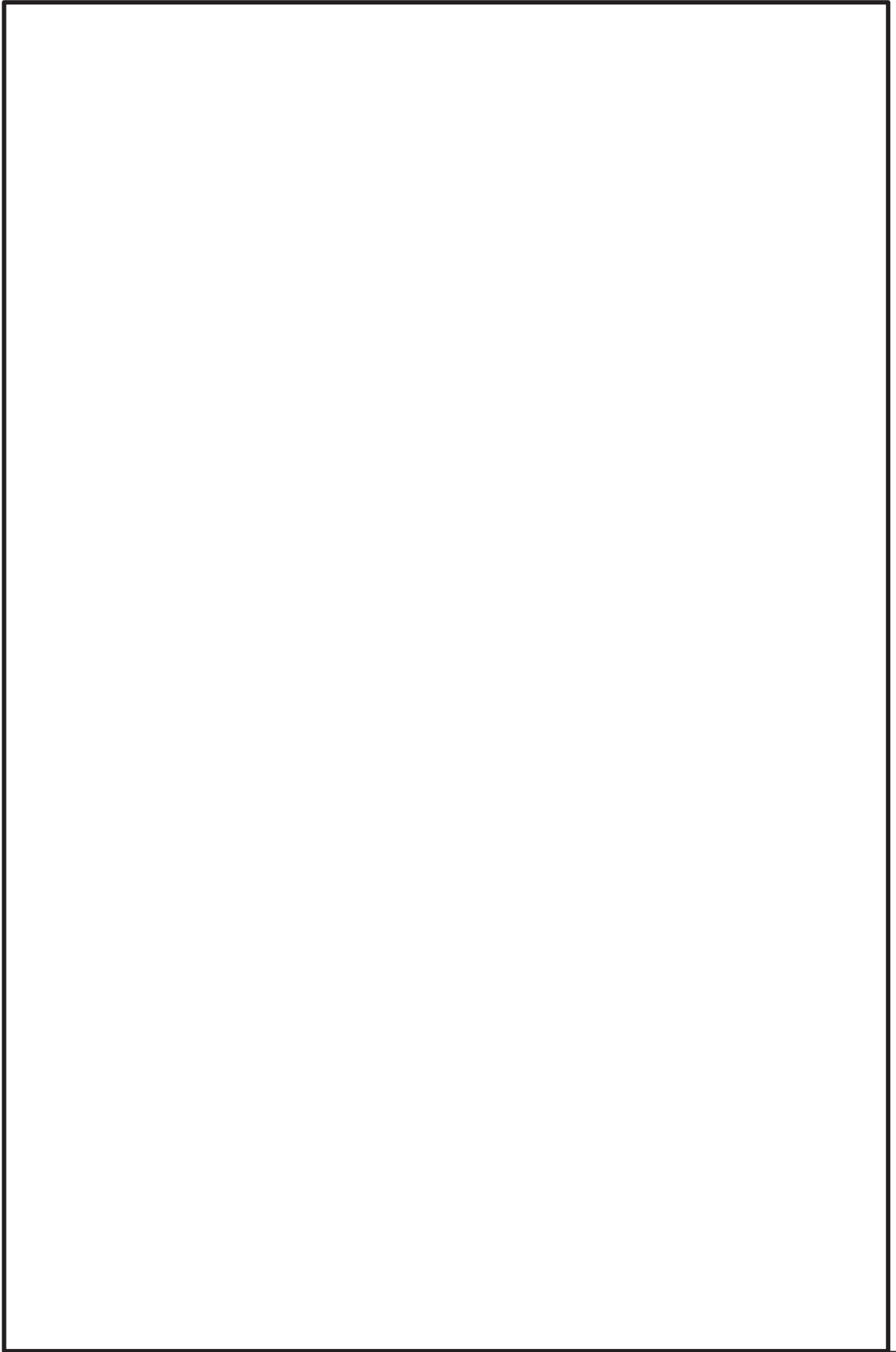
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



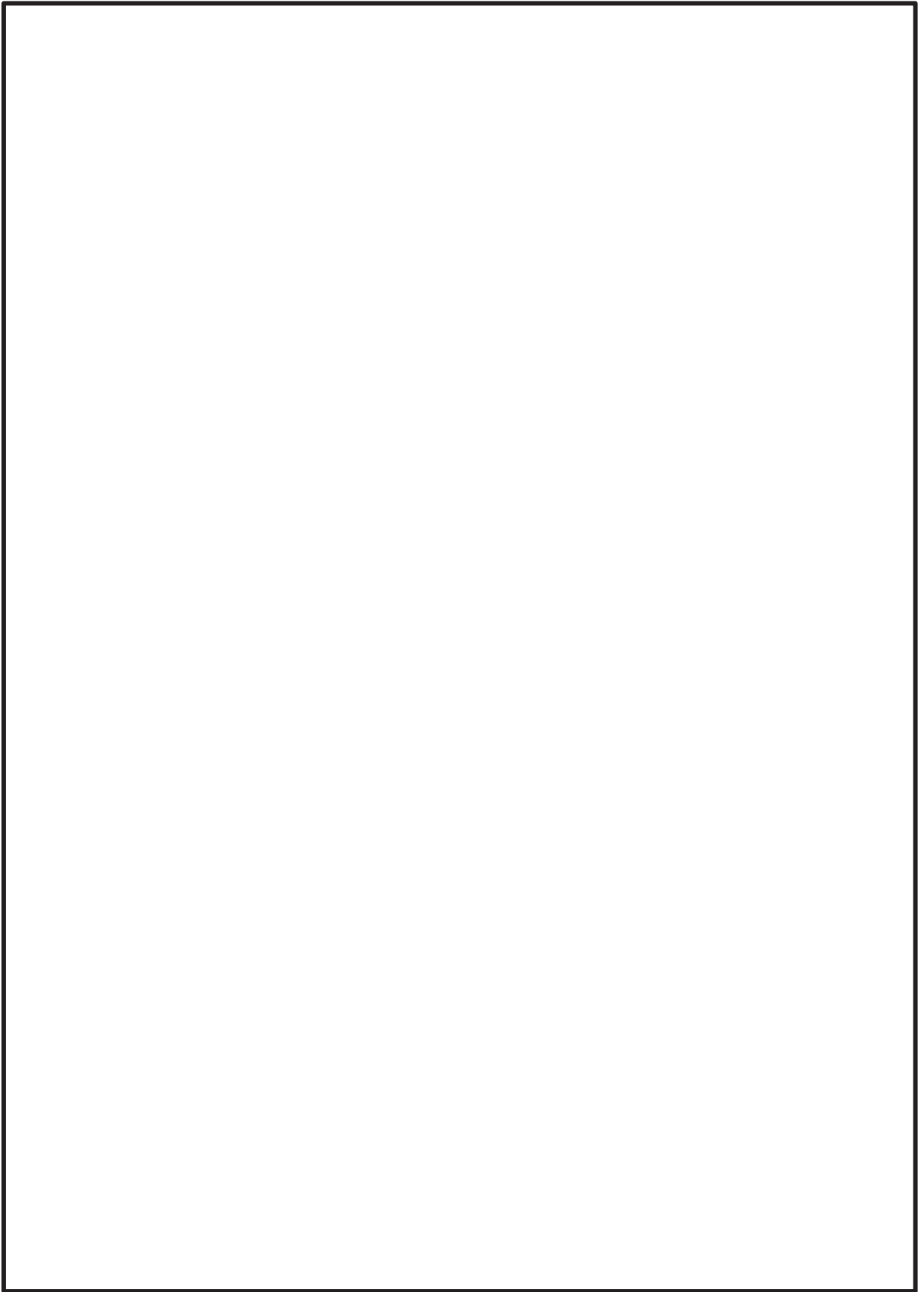




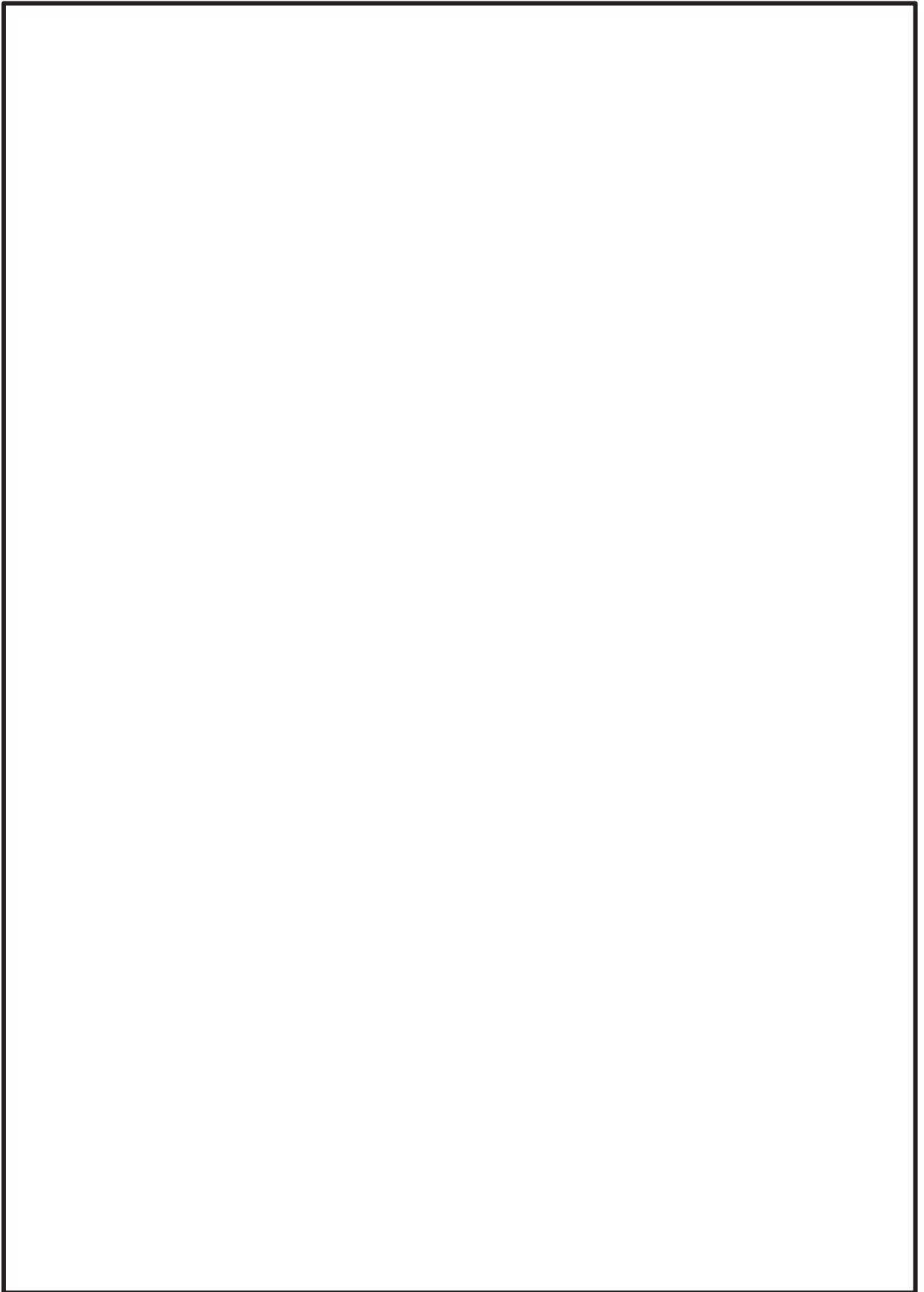
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



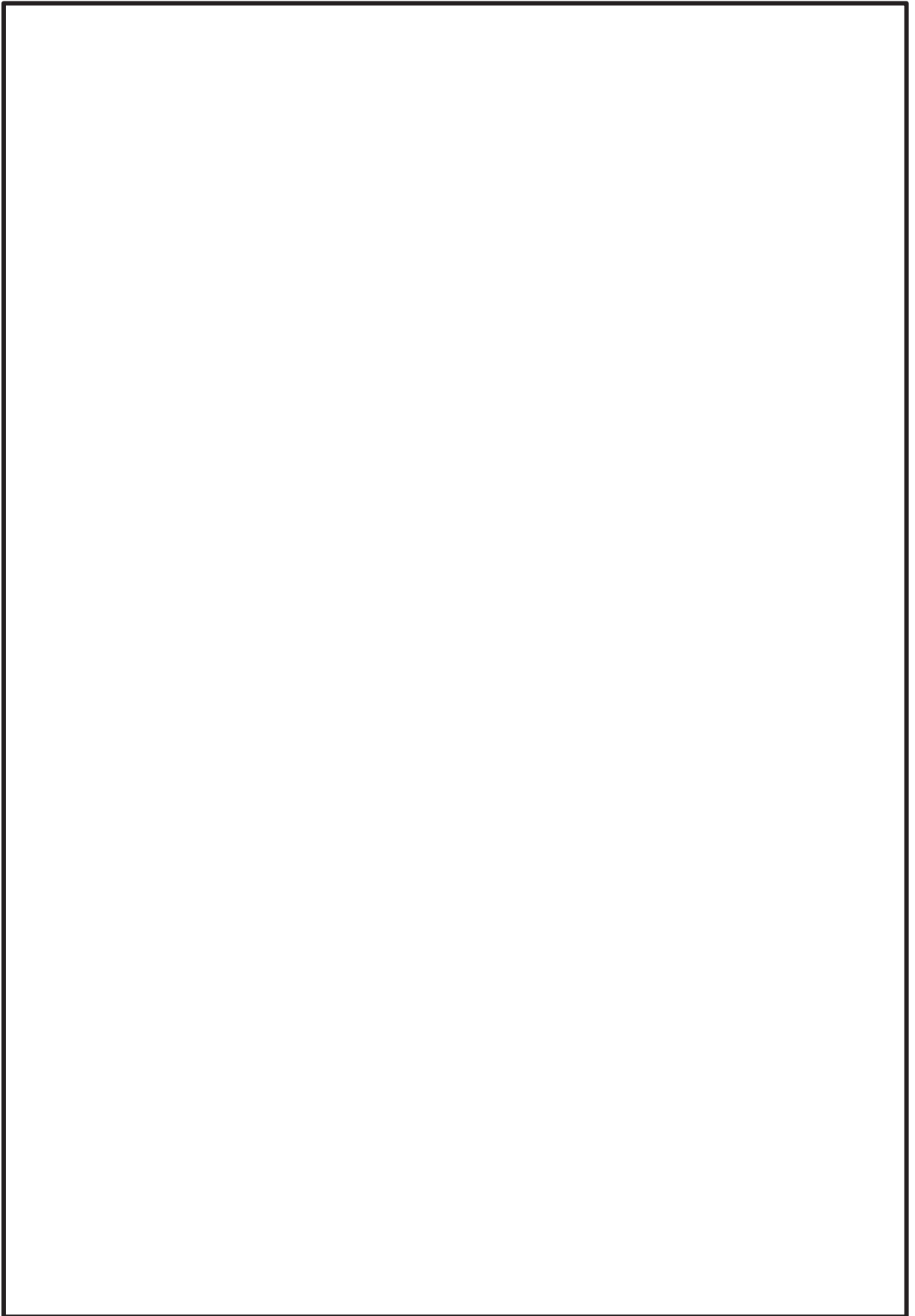
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



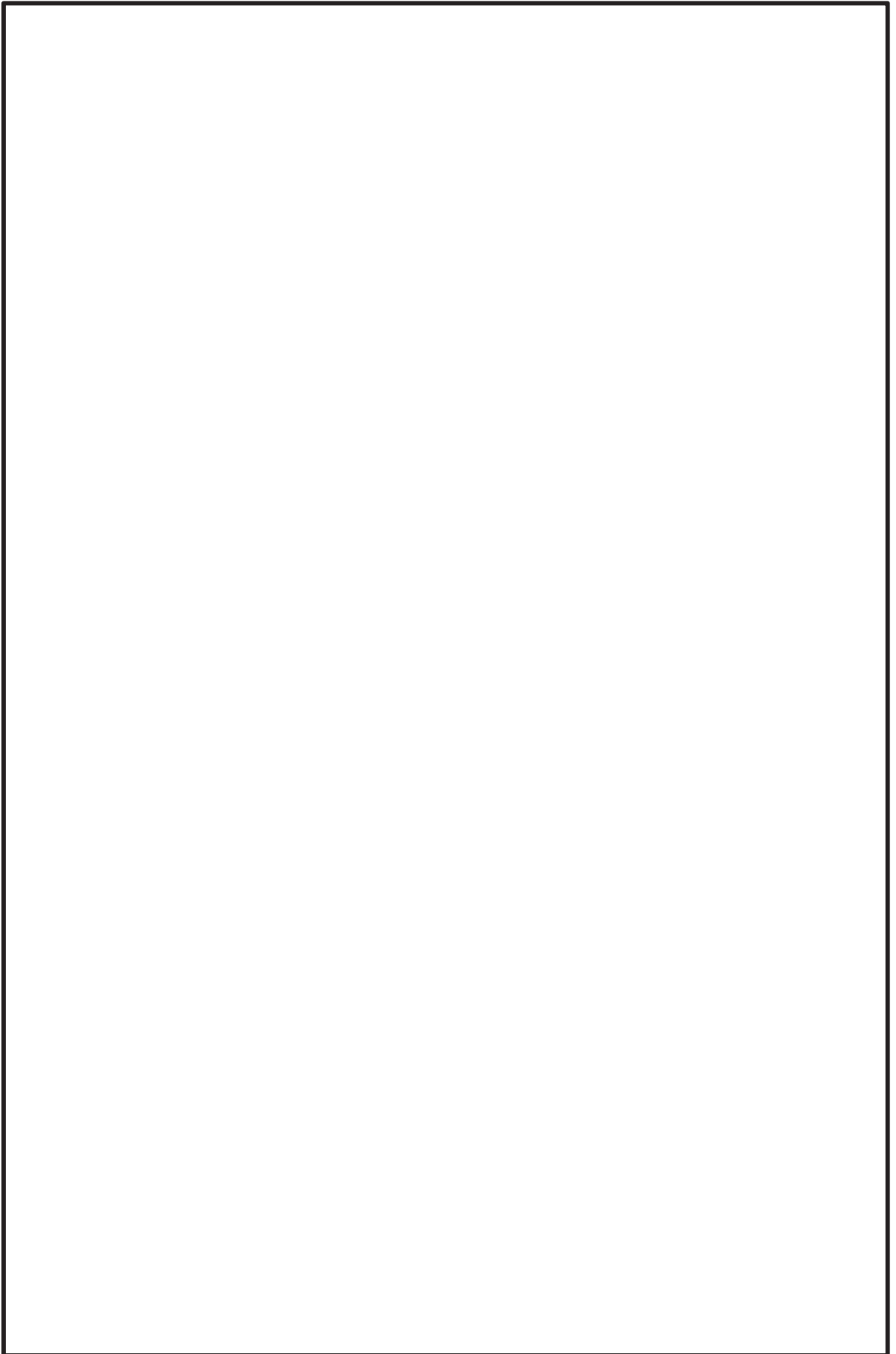
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

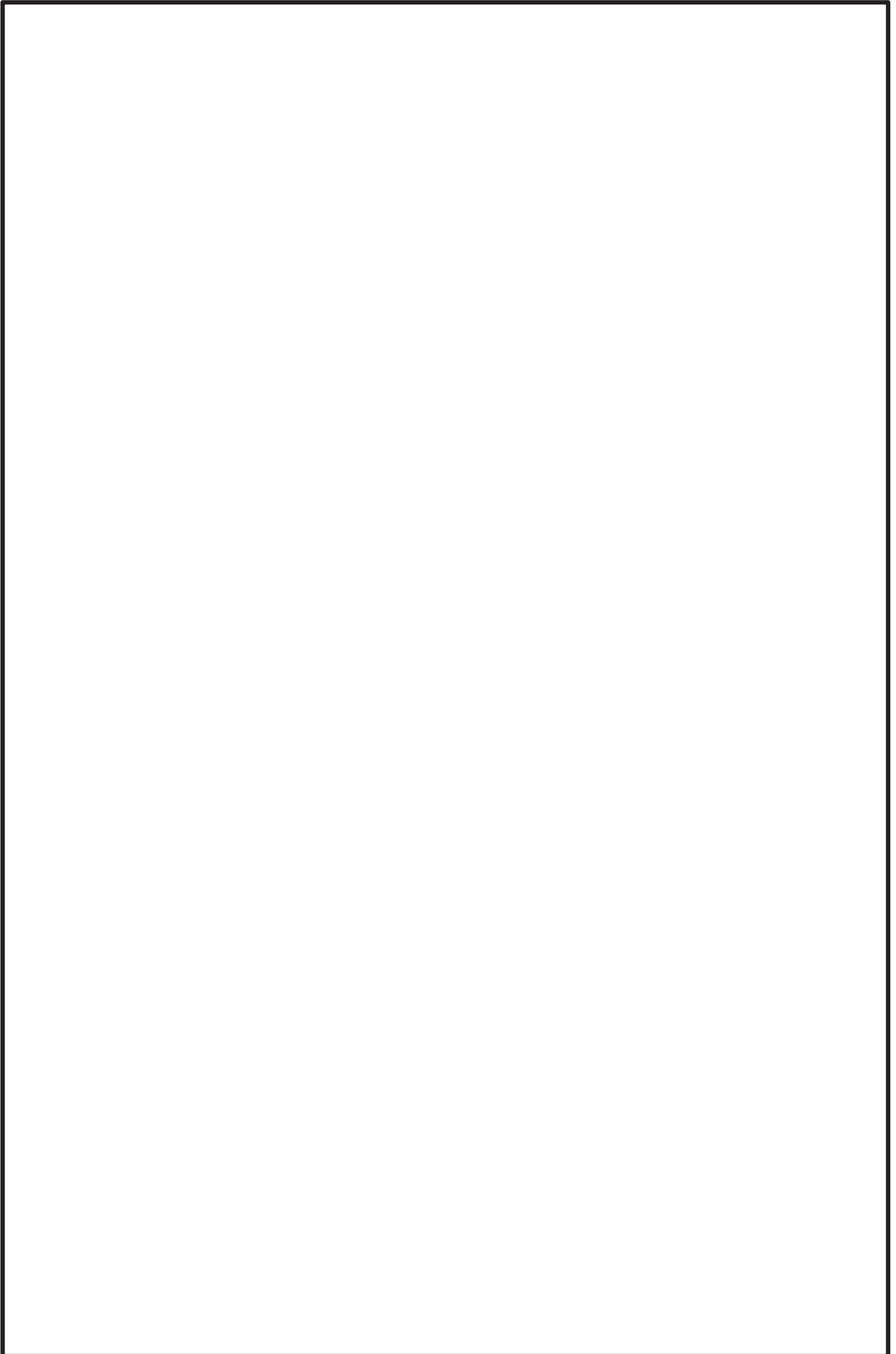


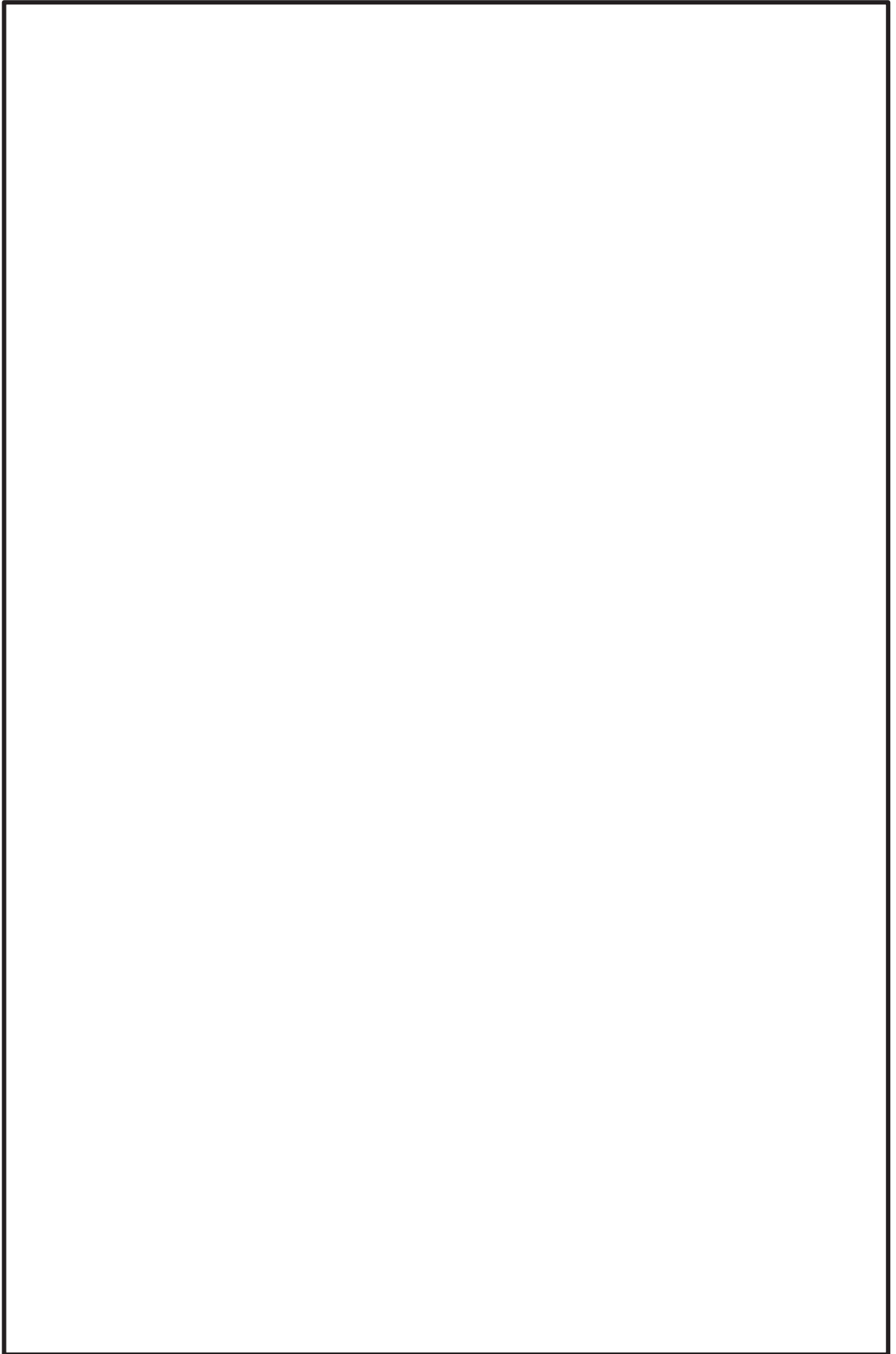
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



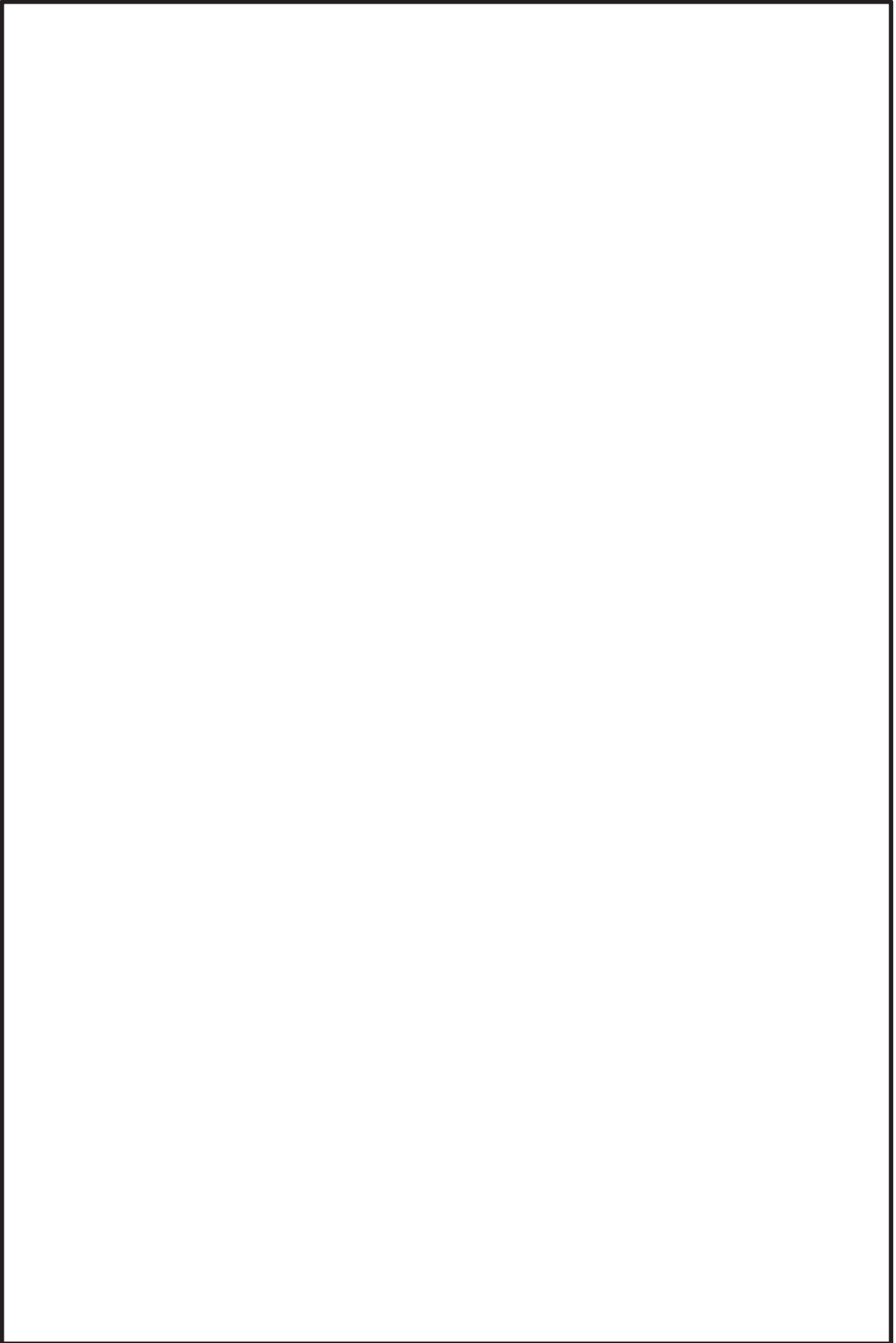
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

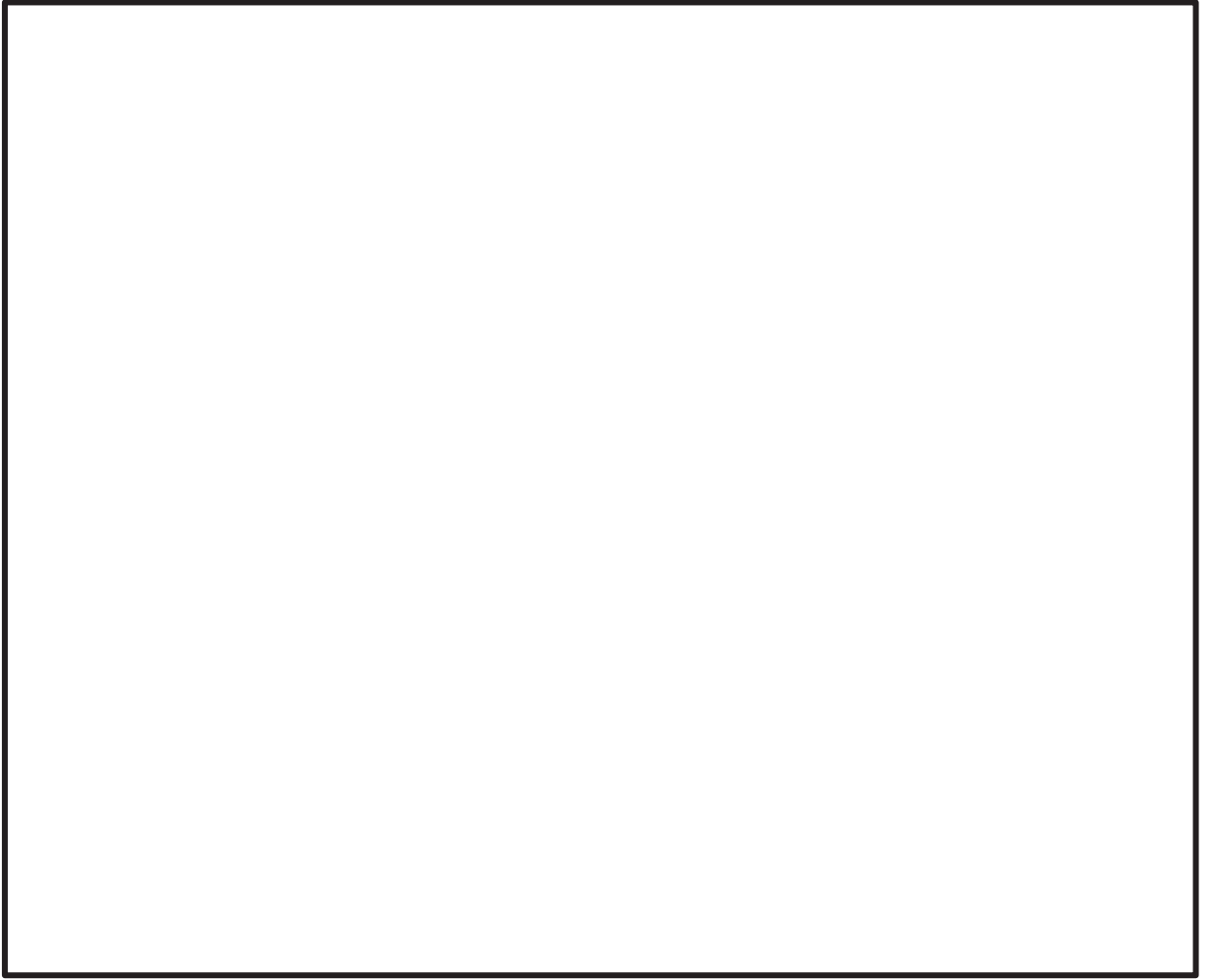




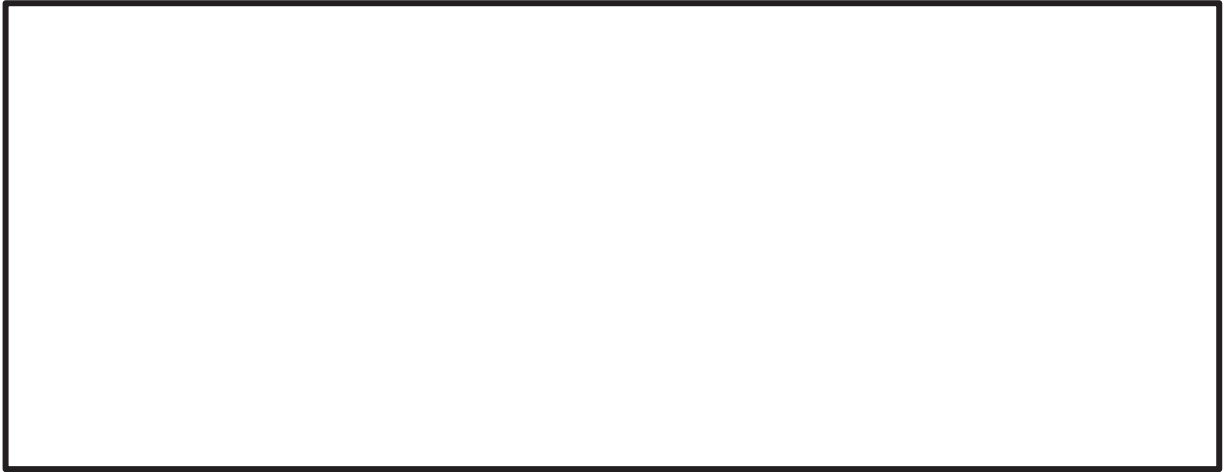




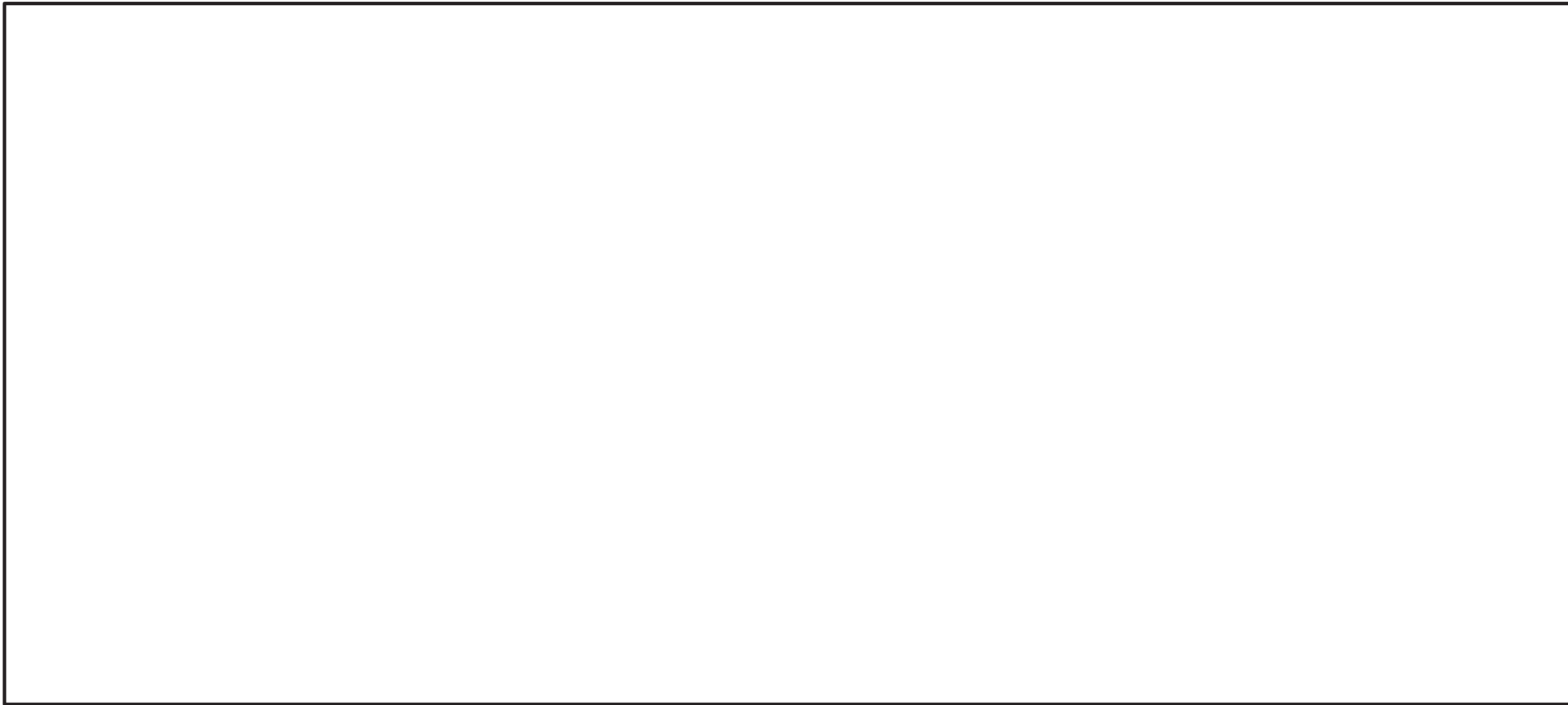




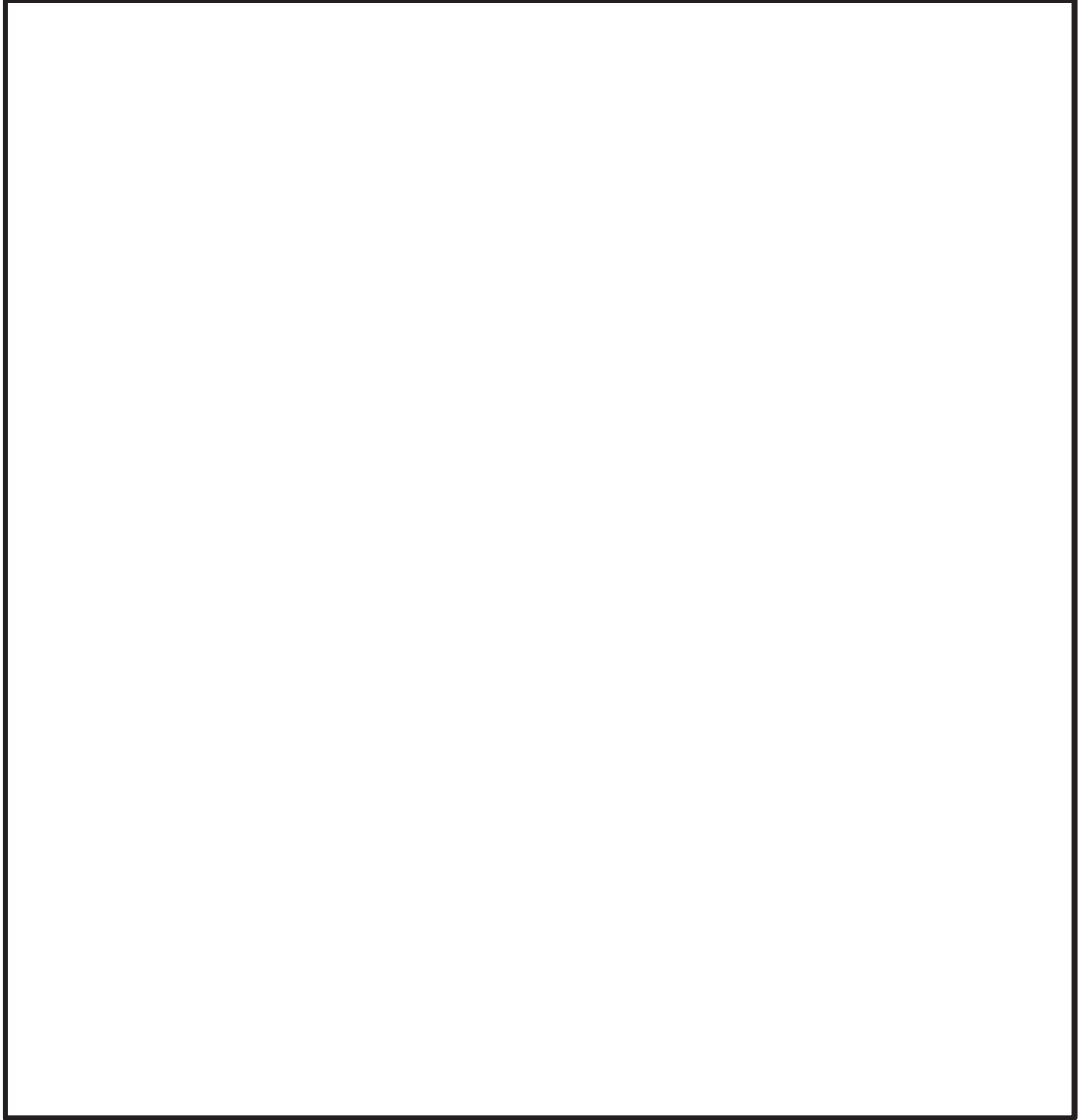
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



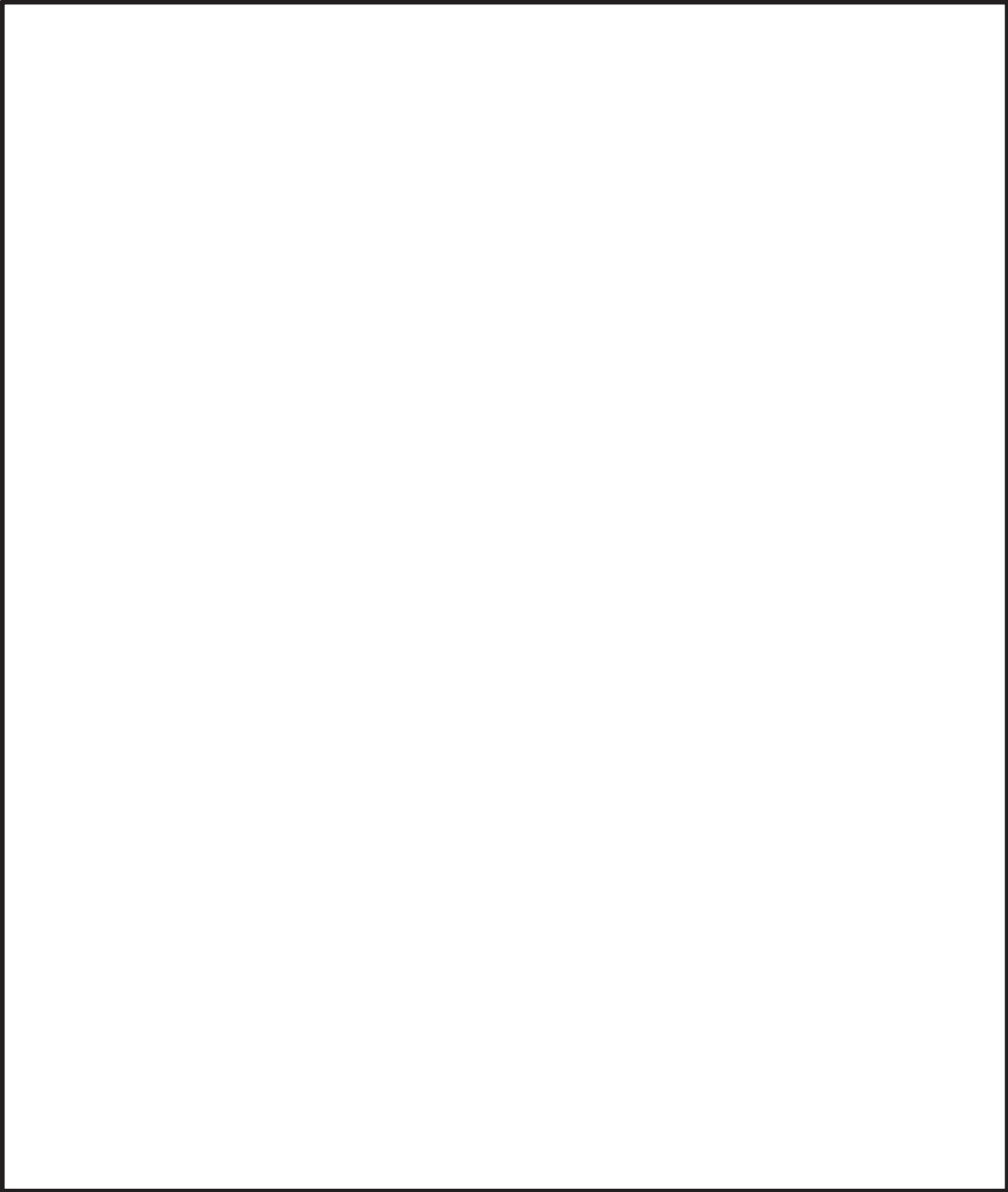
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



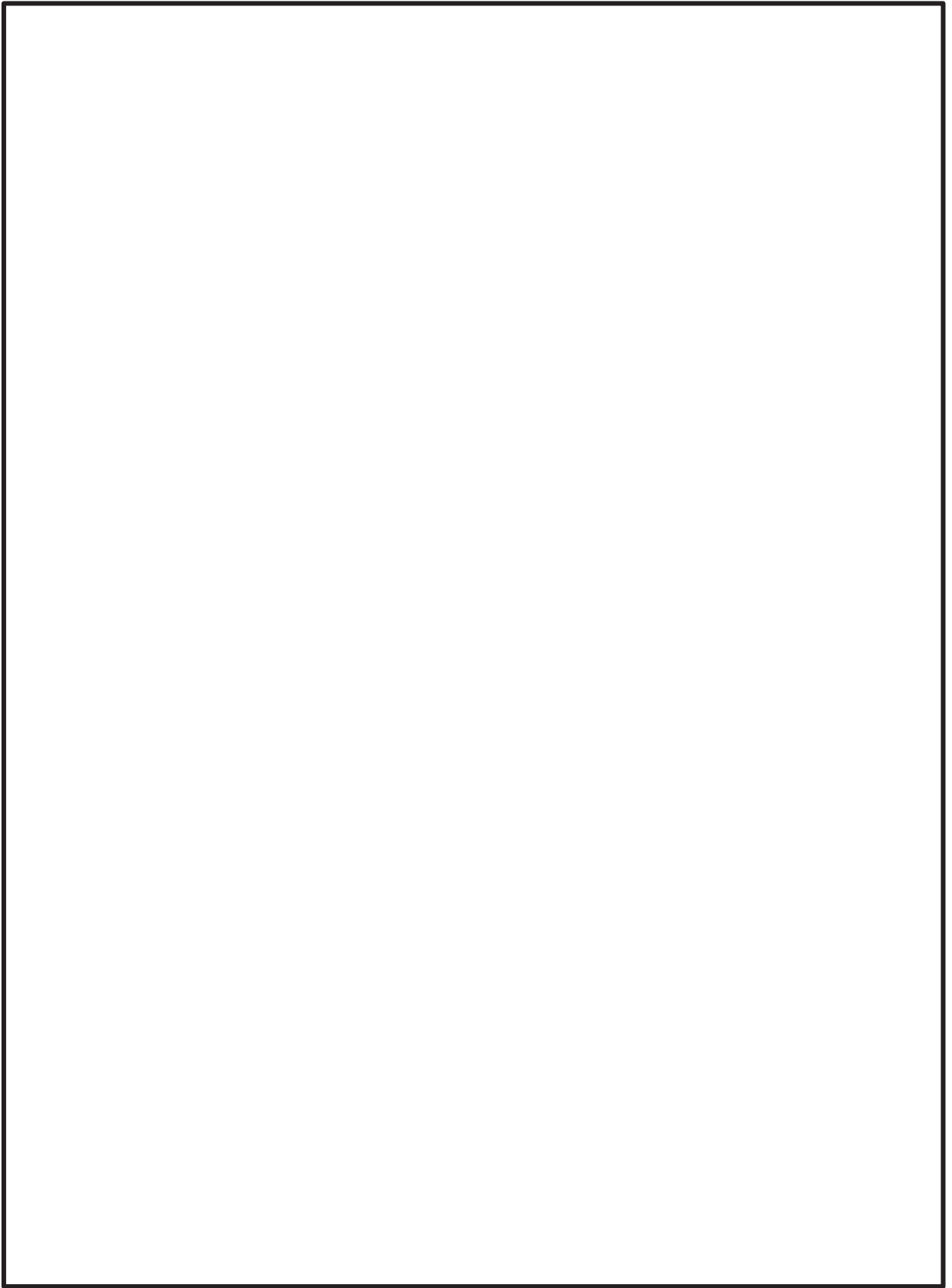
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



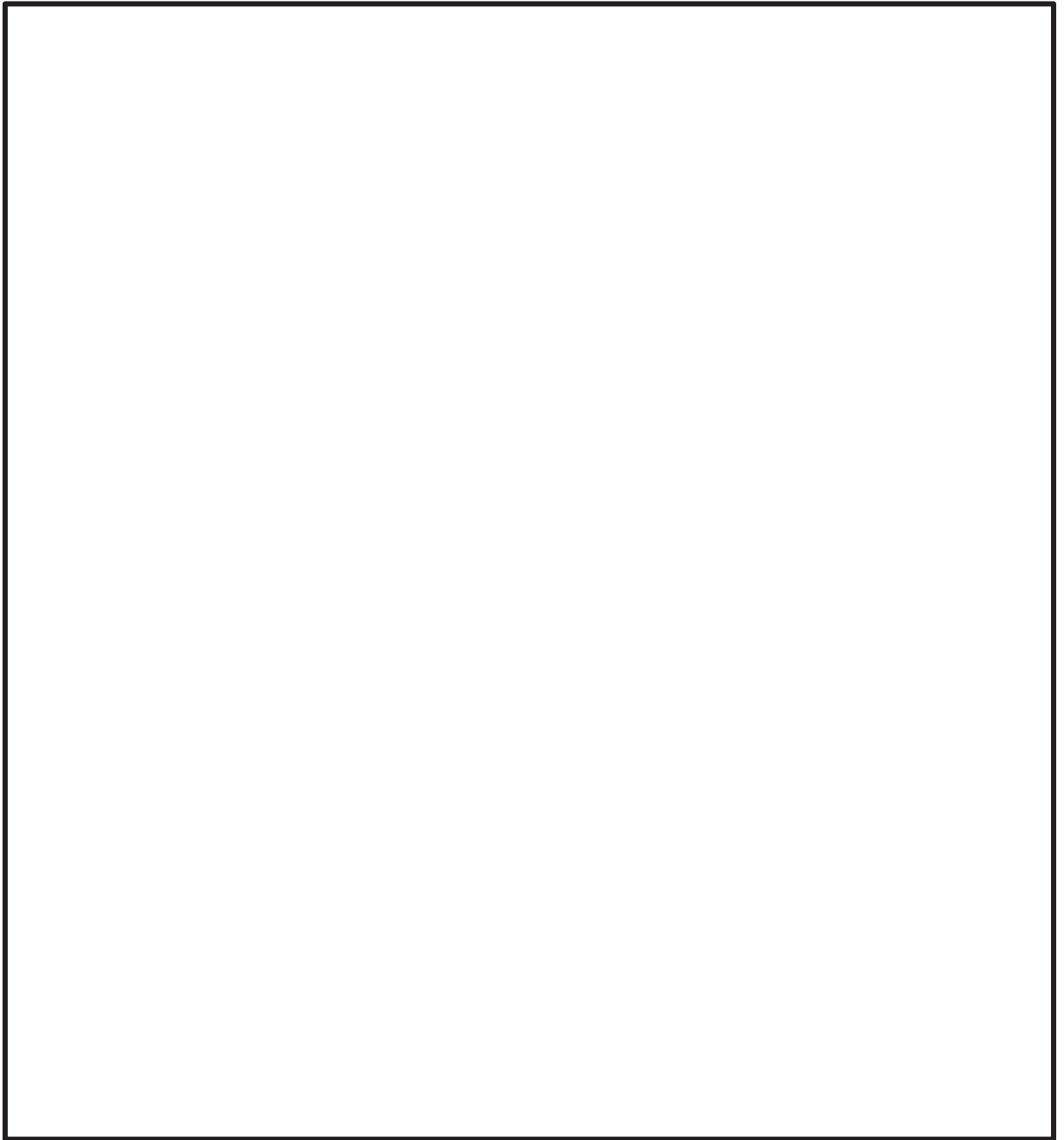
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

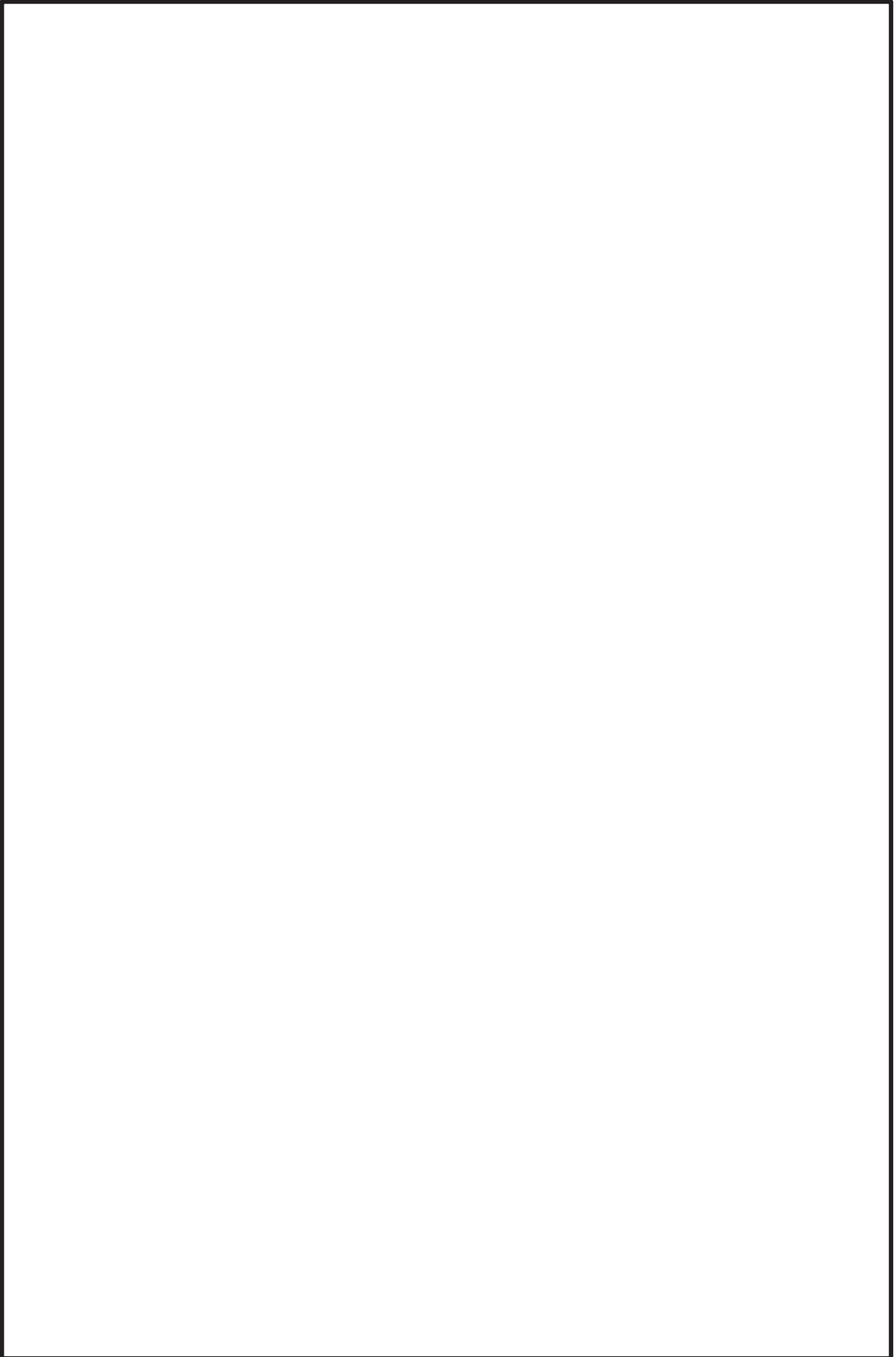


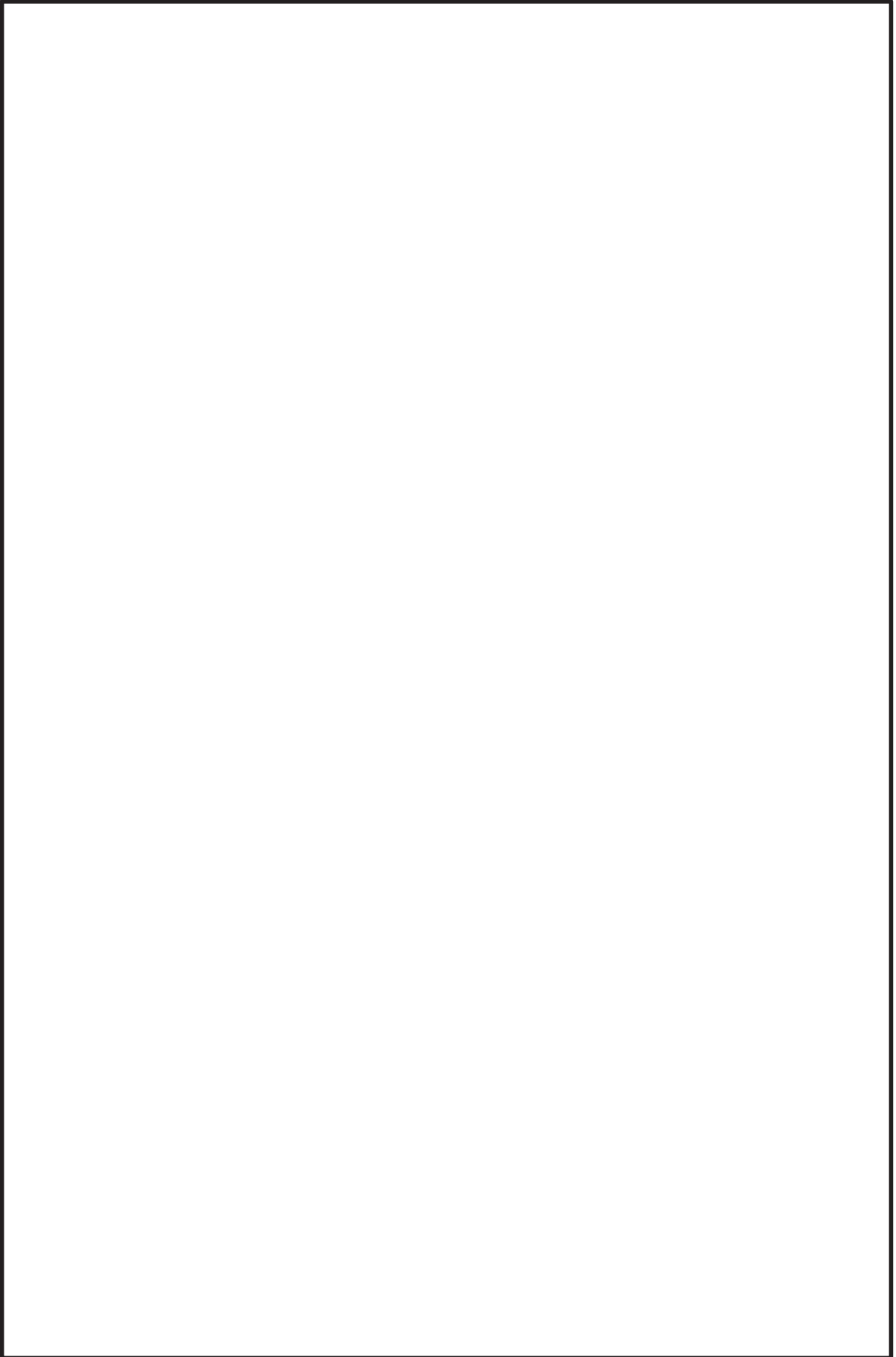
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



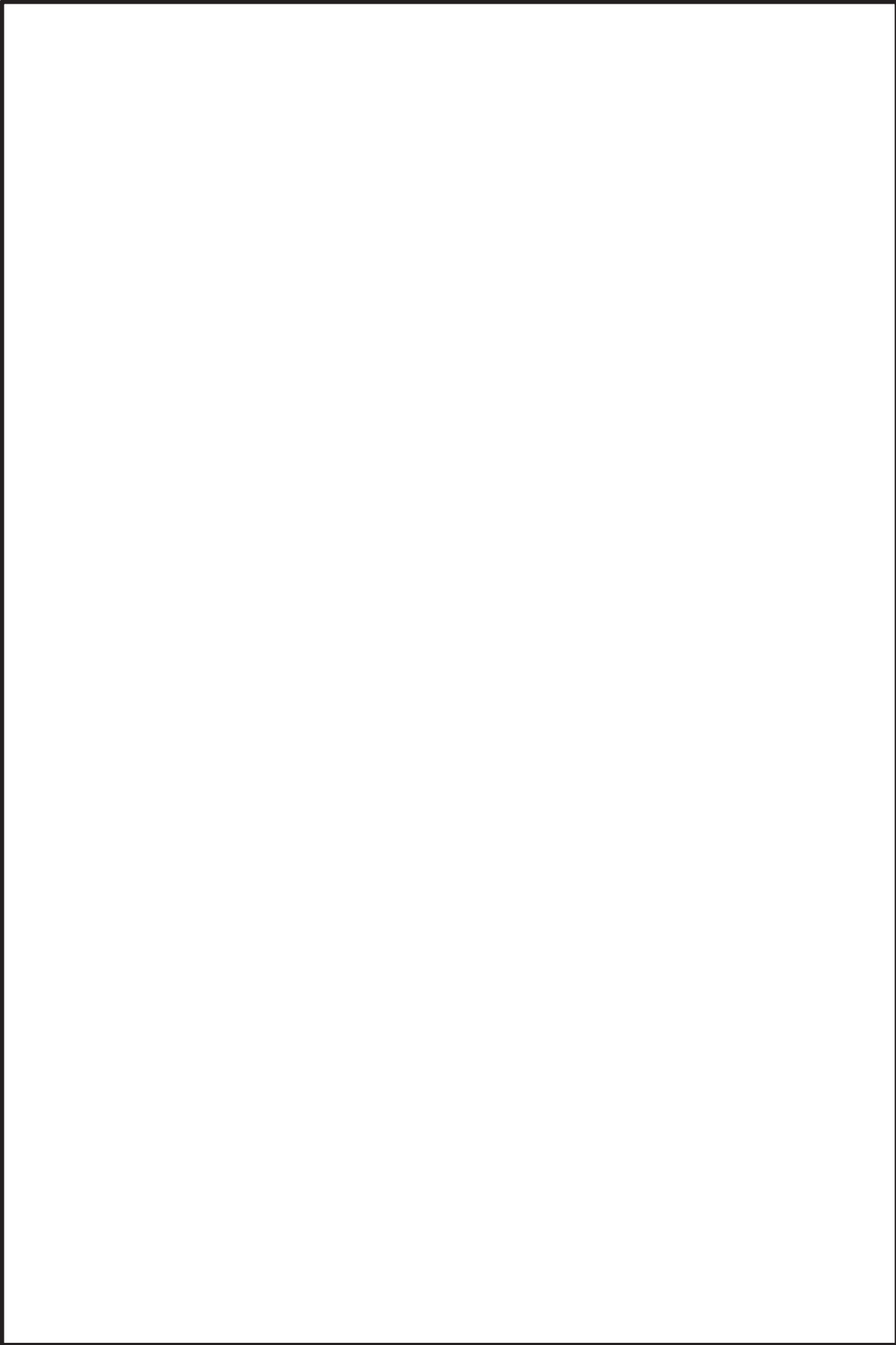
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



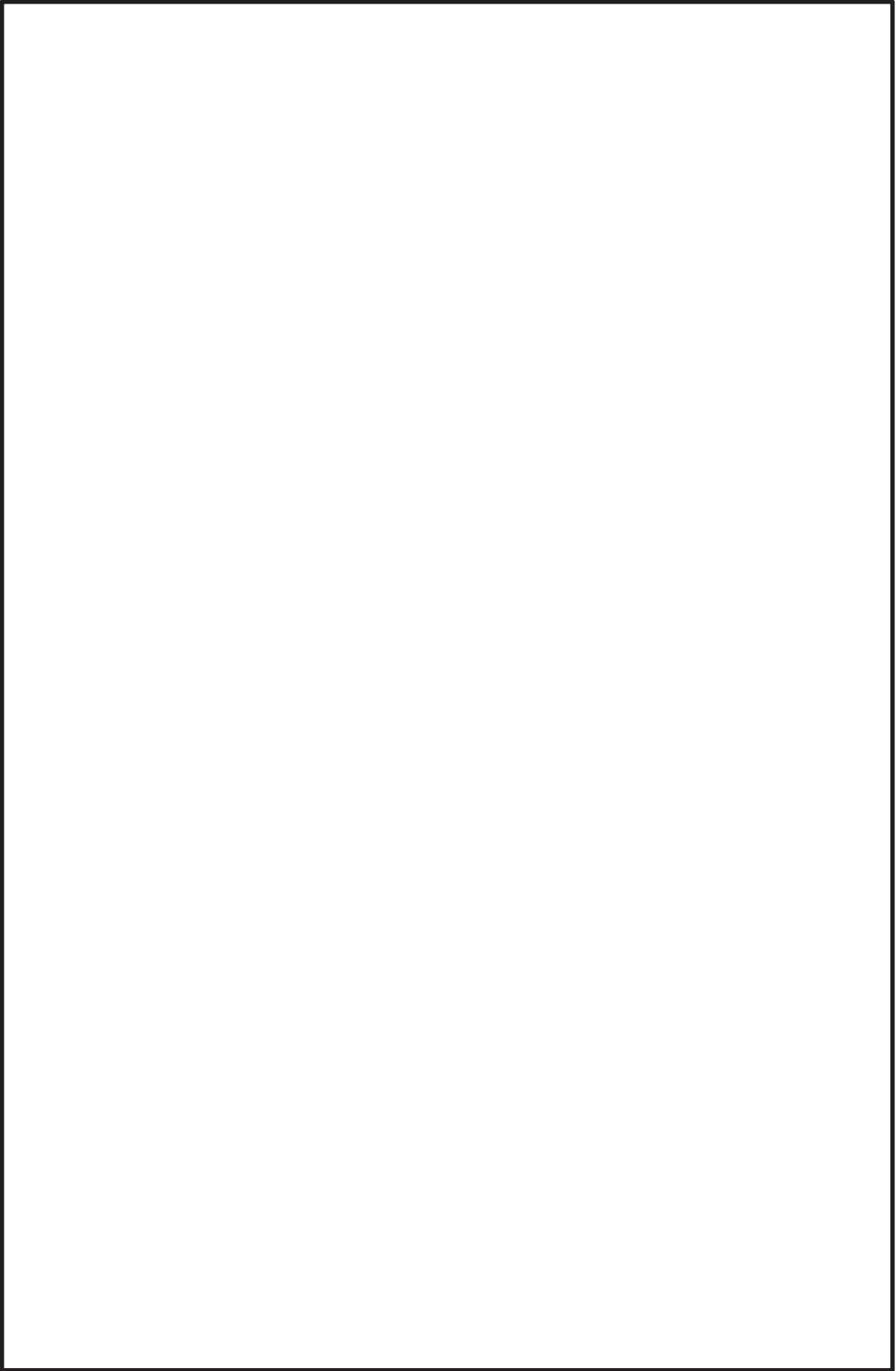


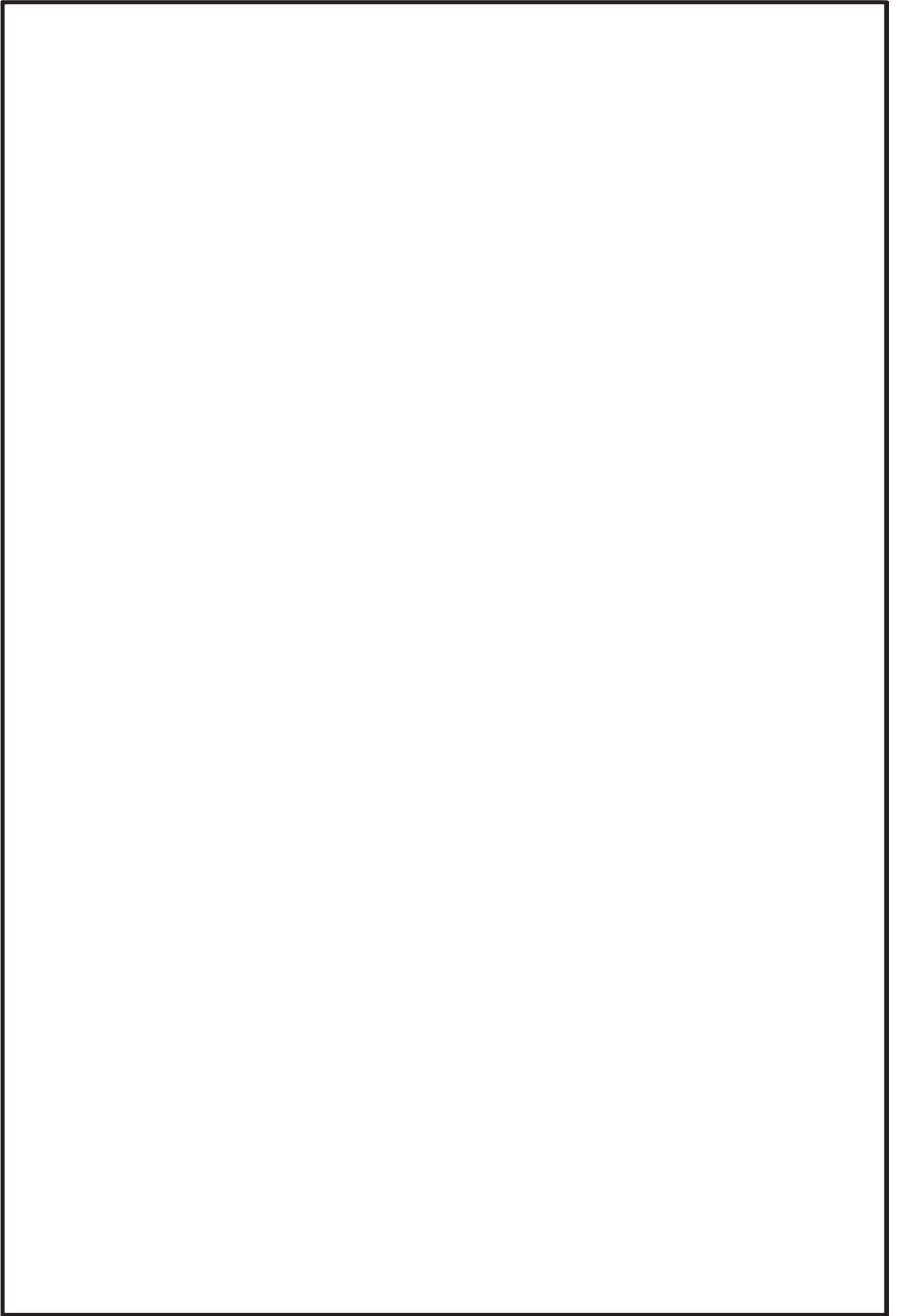


枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

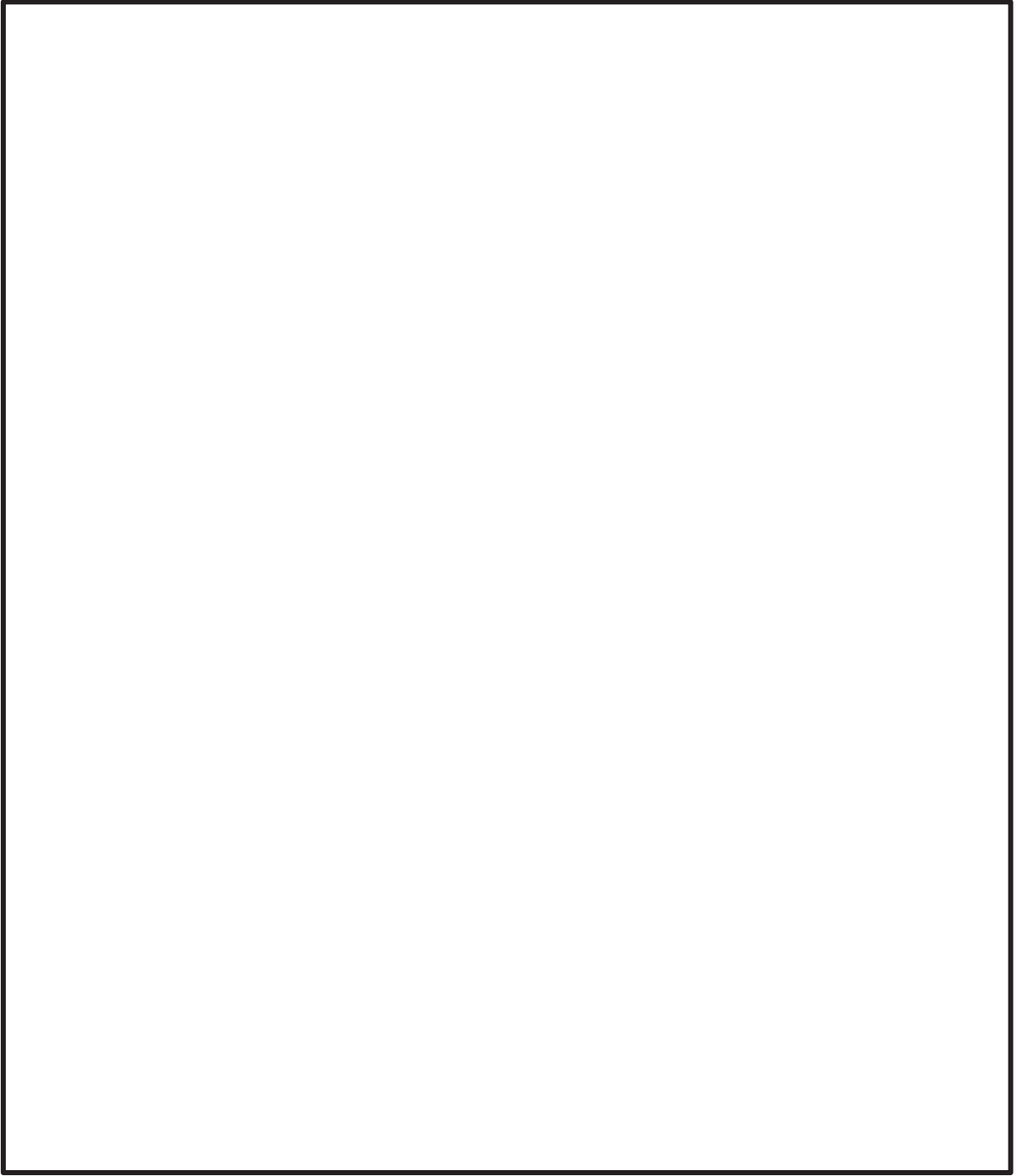


枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



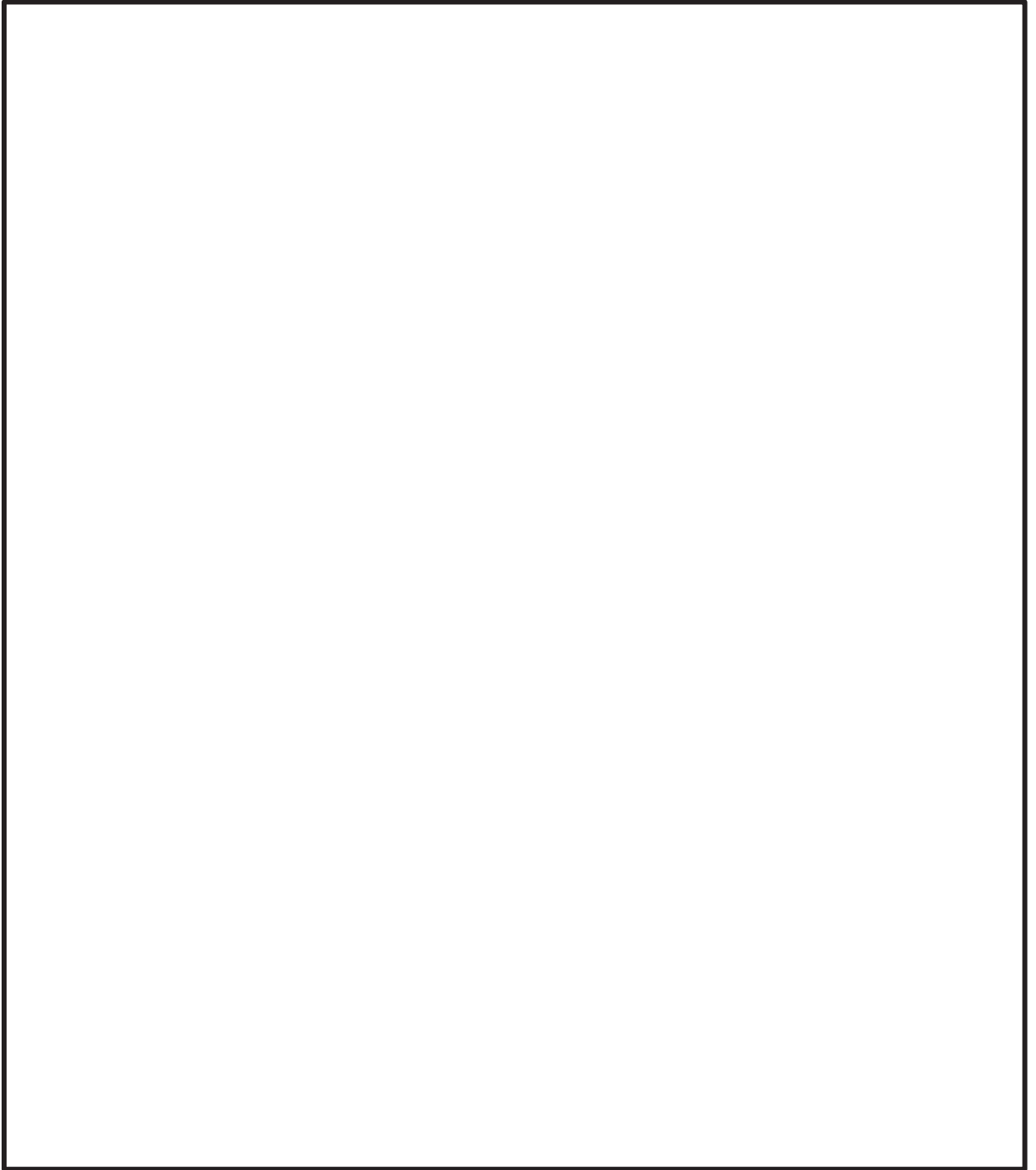


枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

5. JNES 研究の知見を踏まえた電共研の妥当性確認



枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 4-23 電共研と JNES の試験条件の比較

	電共研 振動試験	JNES 振動応答試験
加振波		
振動数		
加振時間		
荷重		
計測項目		
ストローク位置		

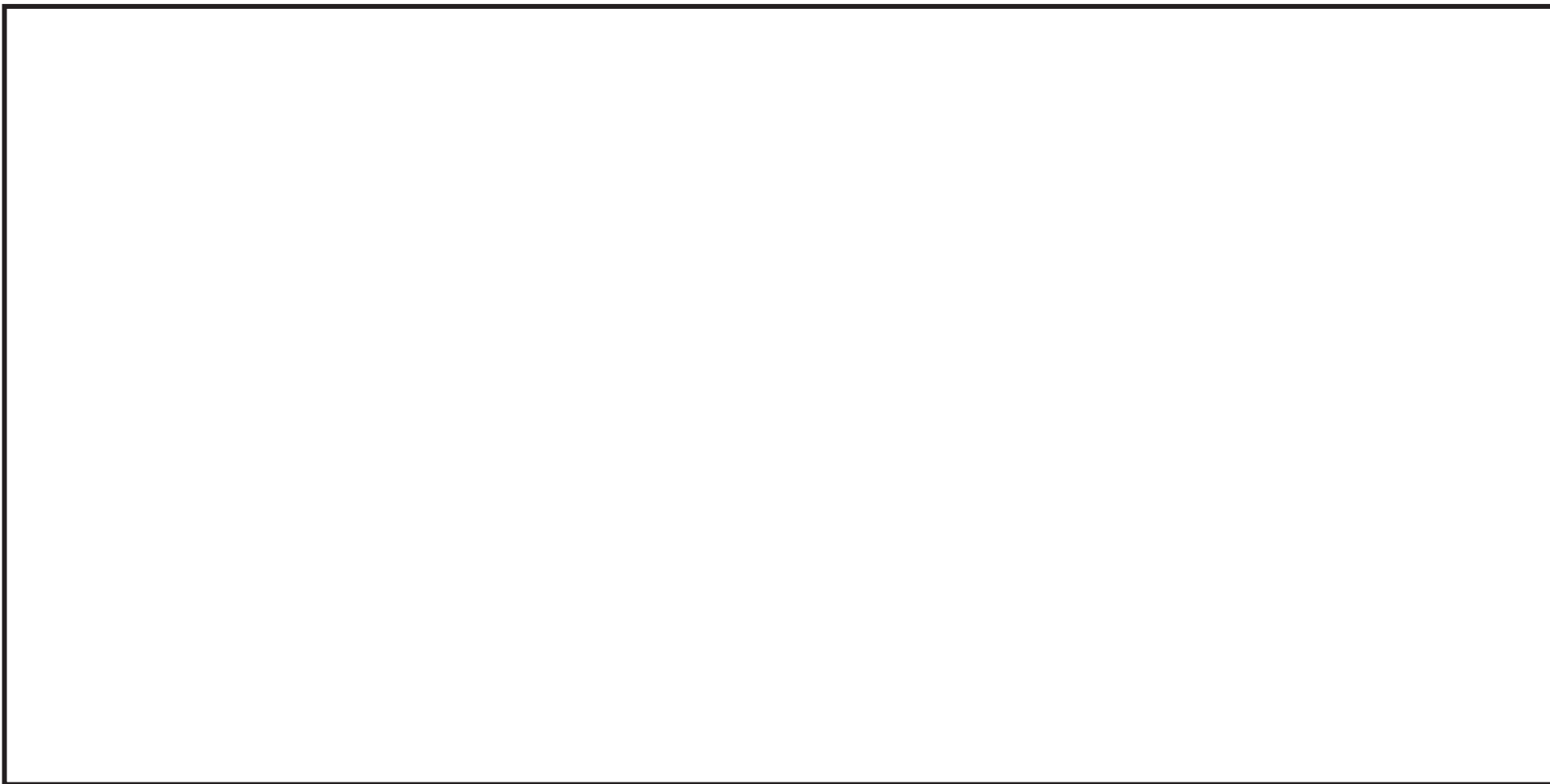
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



表 4-24 電共研の限界耐力値と JNES 研究における耐力値および耐力確認荷重との比較 (1/2)

型式	定格 容量 [kN]	電共研				JNES 研究				JNES 耐力値 ／電共研限 界耐力値	JNES 耐力確 認荷重／電 共研限界耐 力値
		限界耐 力値 [kN]	耐力確 認荷重 [kN]	最小裕度部品	最小裕 度部品 の分類	耐力 値 [kN]	耐力確 認荷重 [kN]	最小裕度部品	最小裕 度部品 の分類		

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 4-24 電共研の限界耐力値と JNES 研究における耐力値および耐力確認荷重との比較 (2/2)

型式	定格 容量 [kN]	電共研				JNES 研究				JNES 耐力 値／電共 研限界耐 力値	JNES 耐力確 認荷重／電 共研限界耐 力値
		限界耐 力値 [kN]	耐力確 認荷重 [kN]	最小裕度部品	最小裕度 部品の分 類	耐力 値 [kN]	耐力確認 荷重[kN]	最小裕度部品	最小裕 度部品 の分類		

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

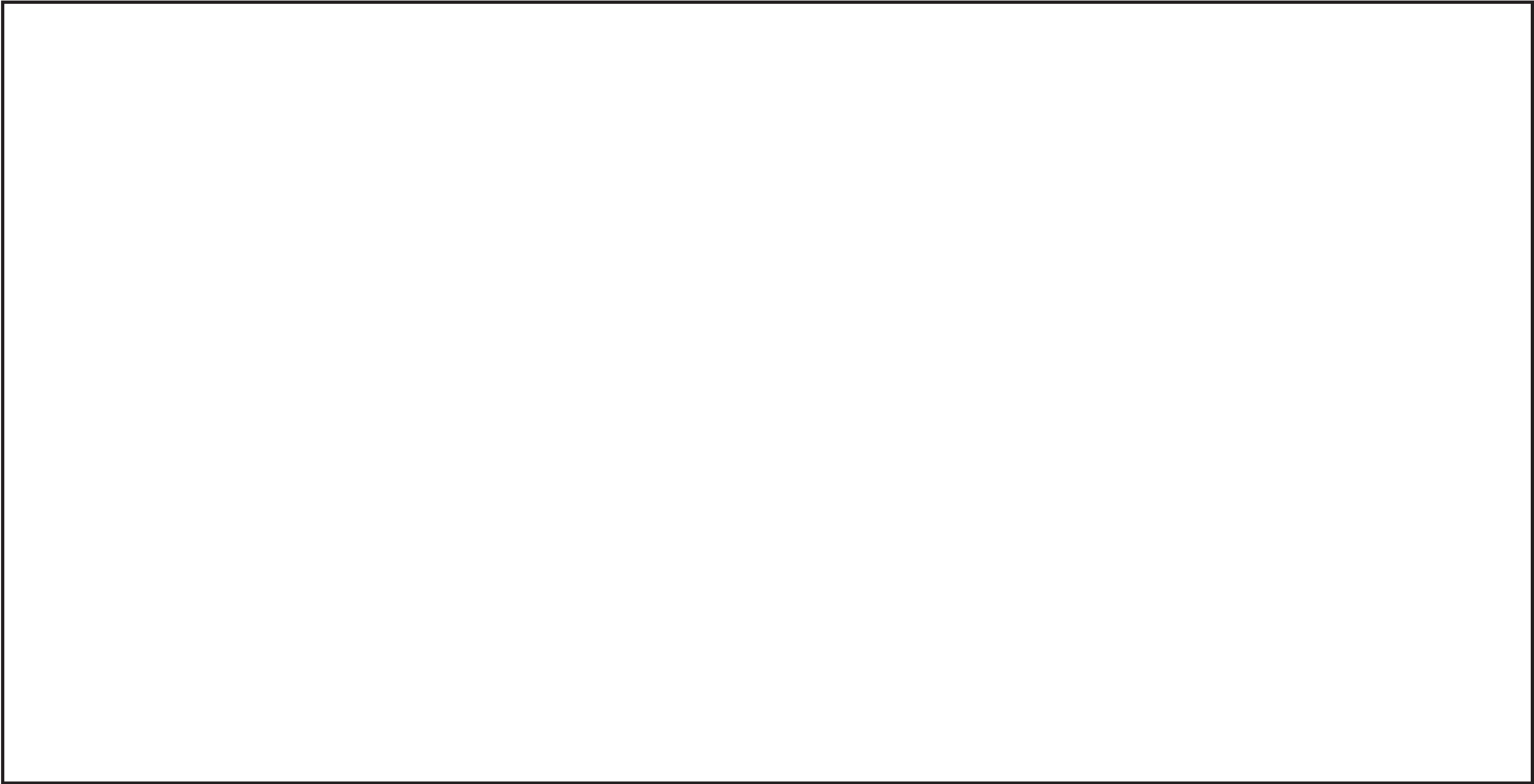
## 6. まとめ

JNES におけるメカニカルスナッパの耐震機能限界試験を含む耐力評価手法の構築に係る検討の概要をまとめるとともに、その検討プロセスや耐力確認荷重等について、電共研のメカニカルスナッパの限界耐力評価法に係る検討との比較を行った。

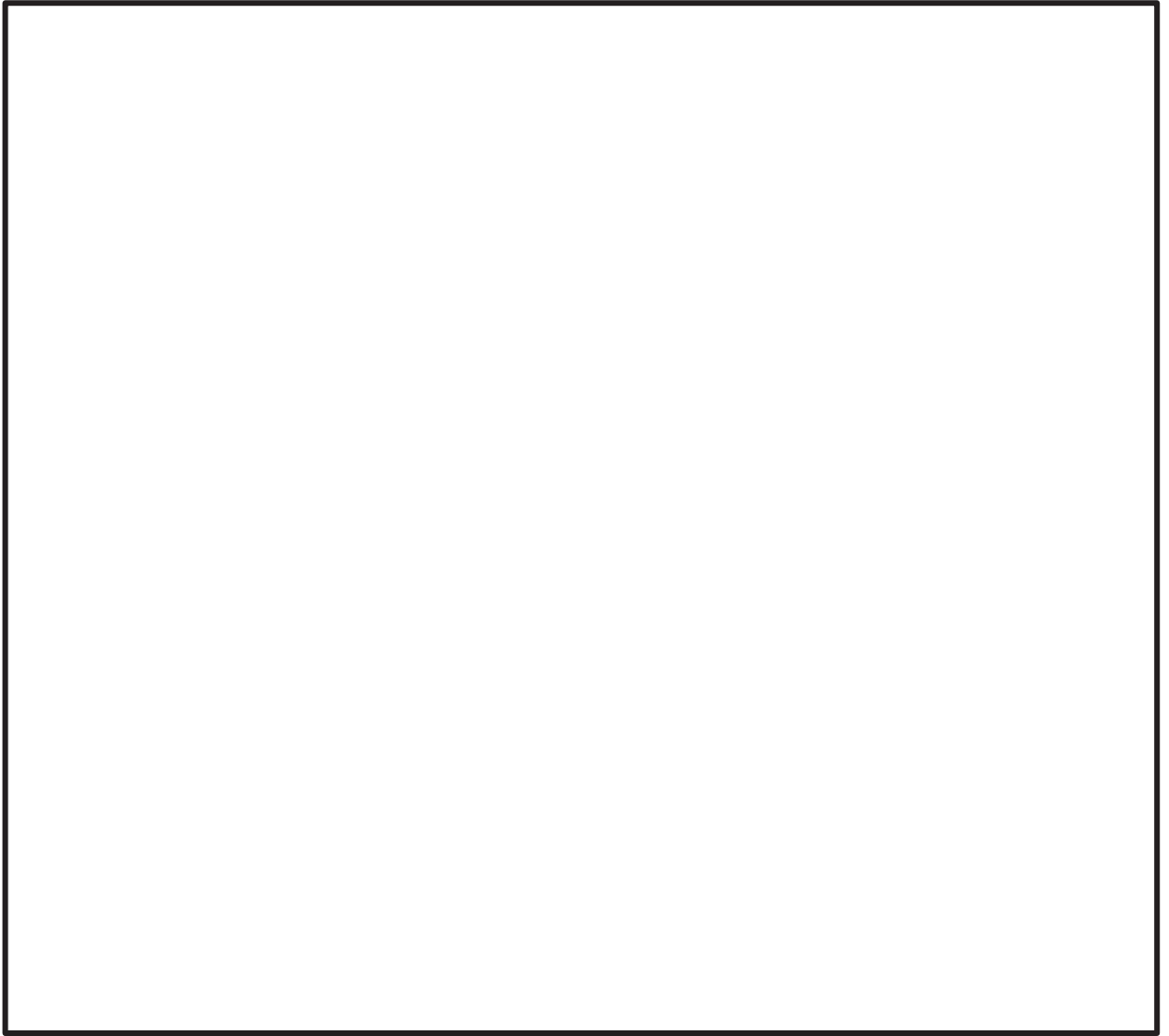
その結果、JNES 研究の知見を考慮しても、電共研の限界耐力値を含めたメカニカルスナッパの限界耐力評価法に係る検討は妥当であることを確認した。



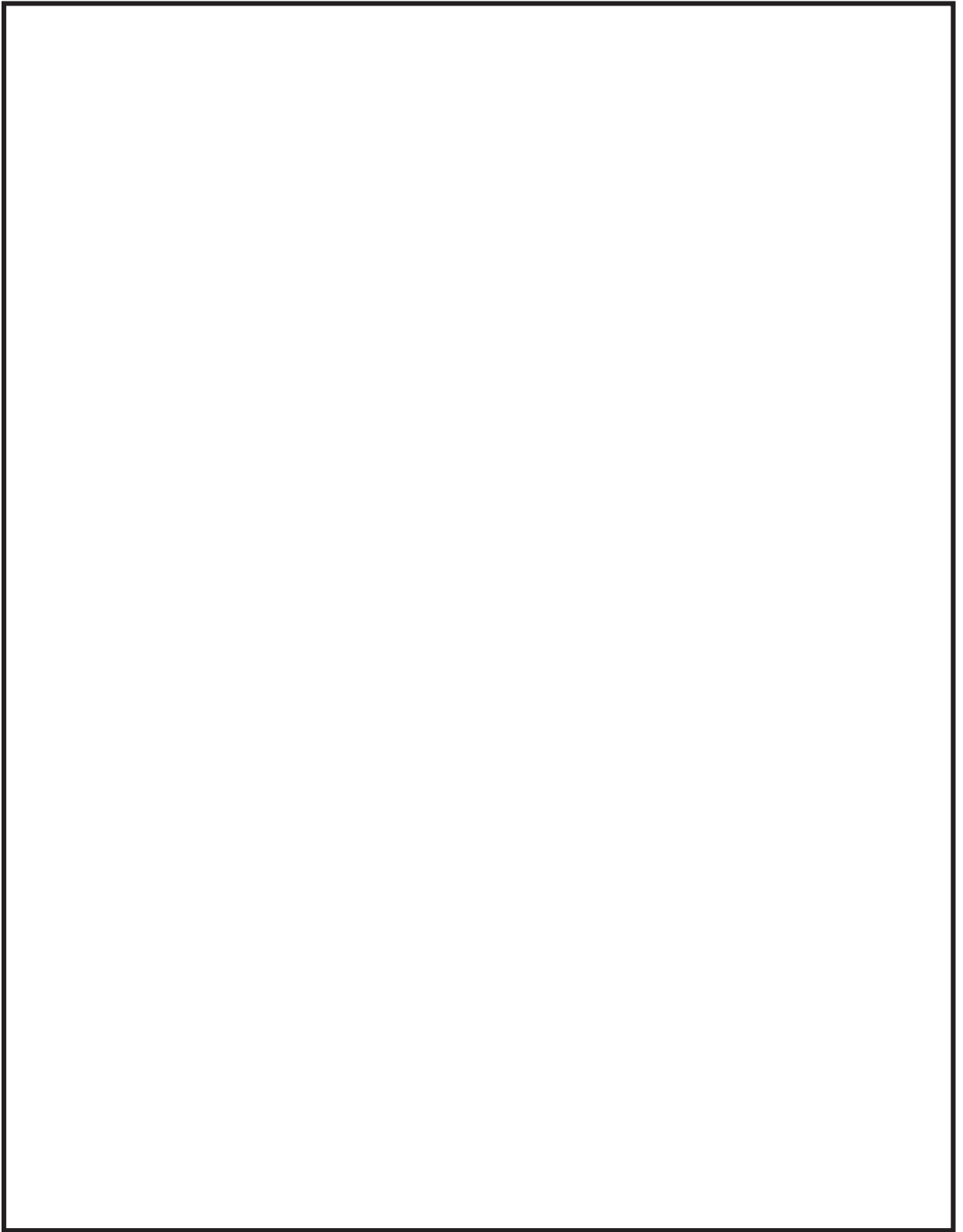
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

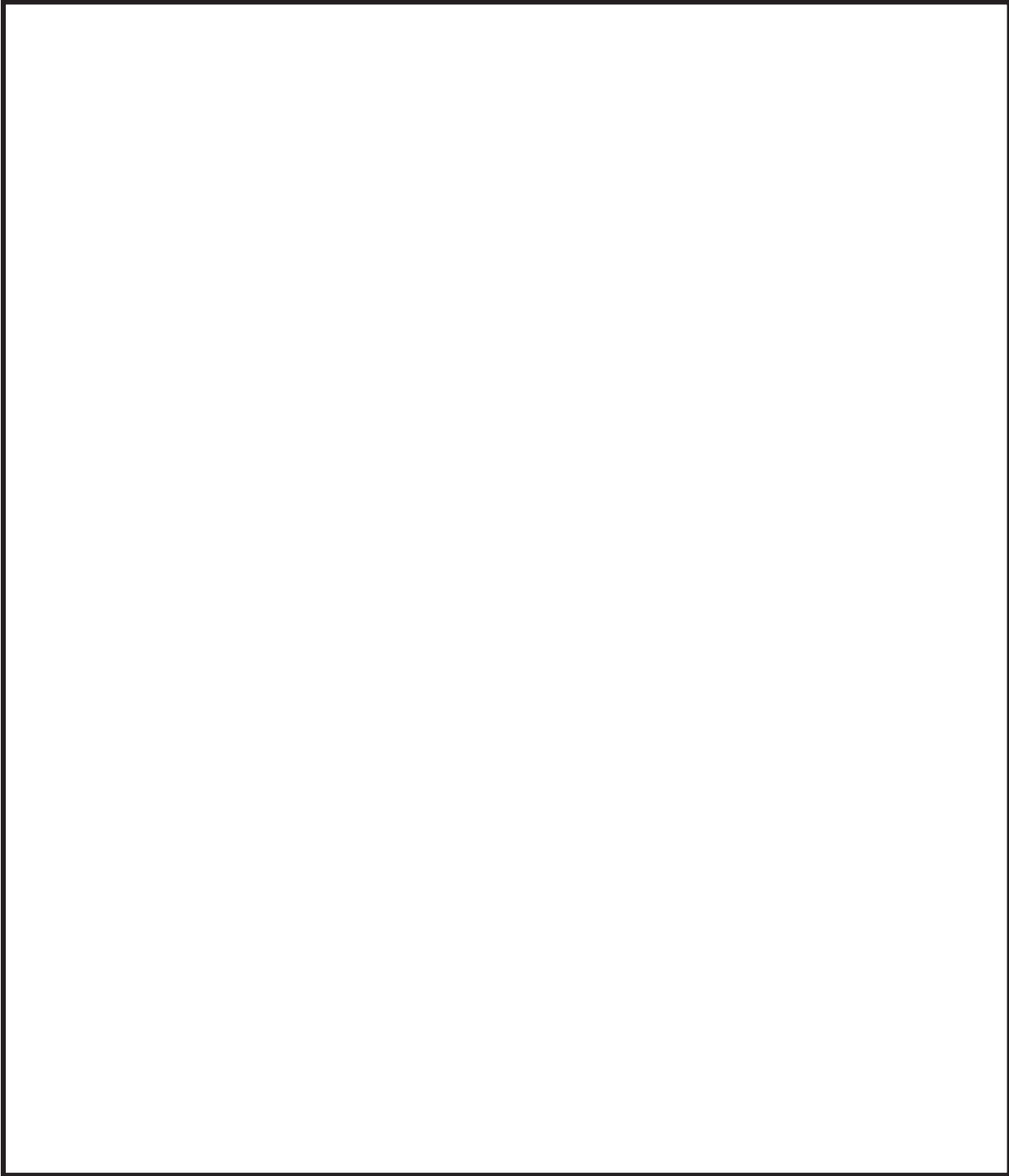


枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

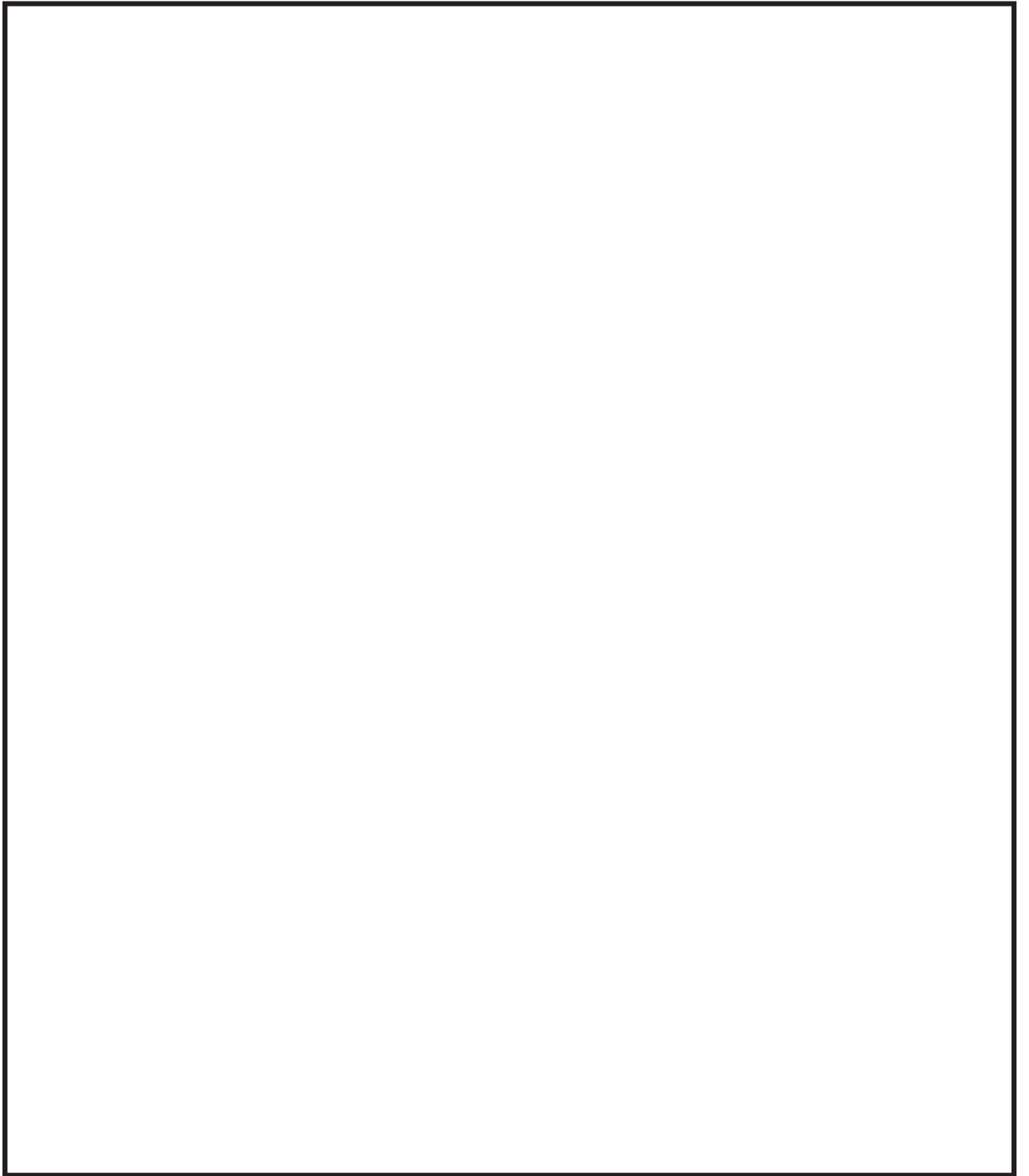


枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

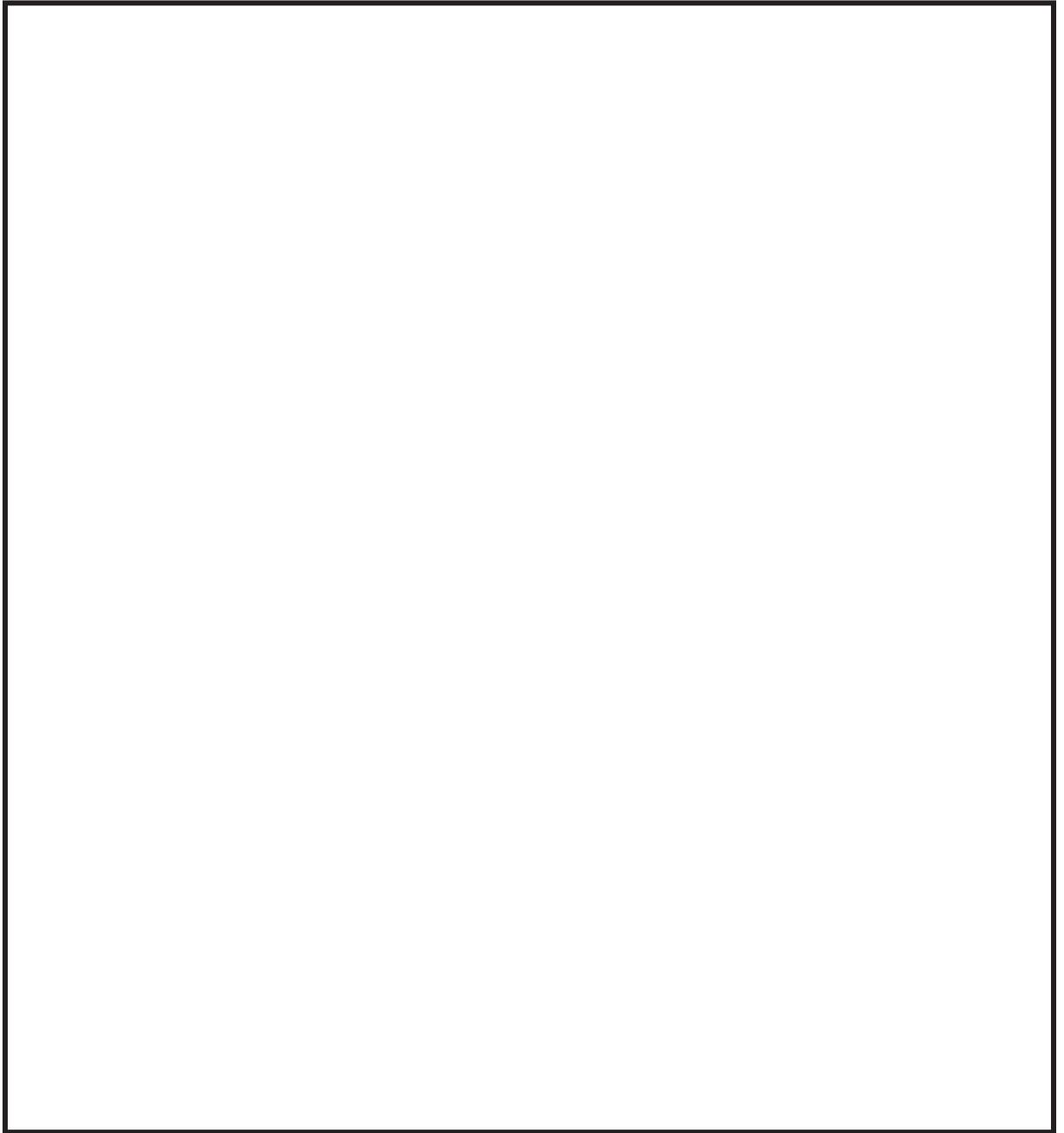




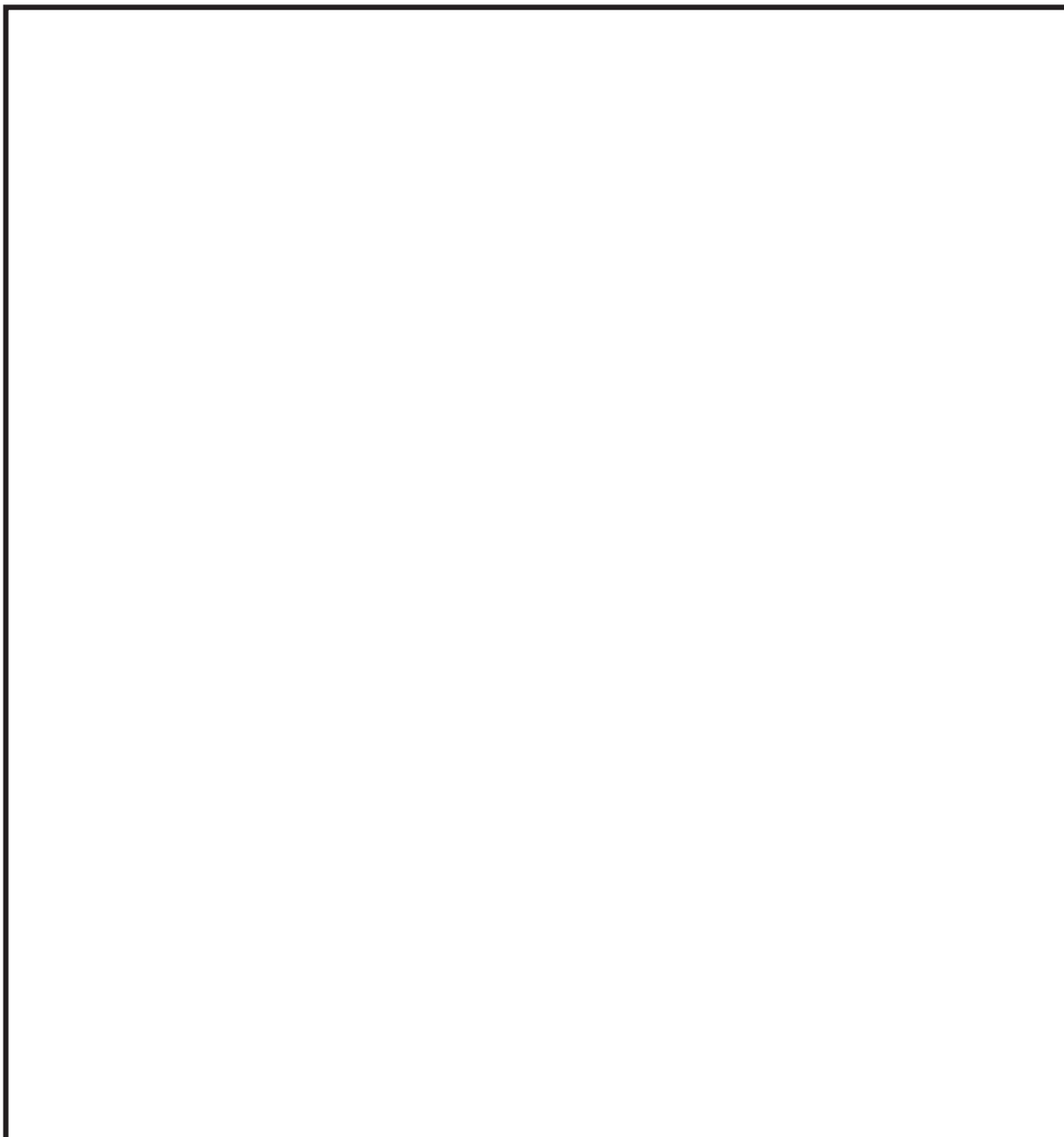
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



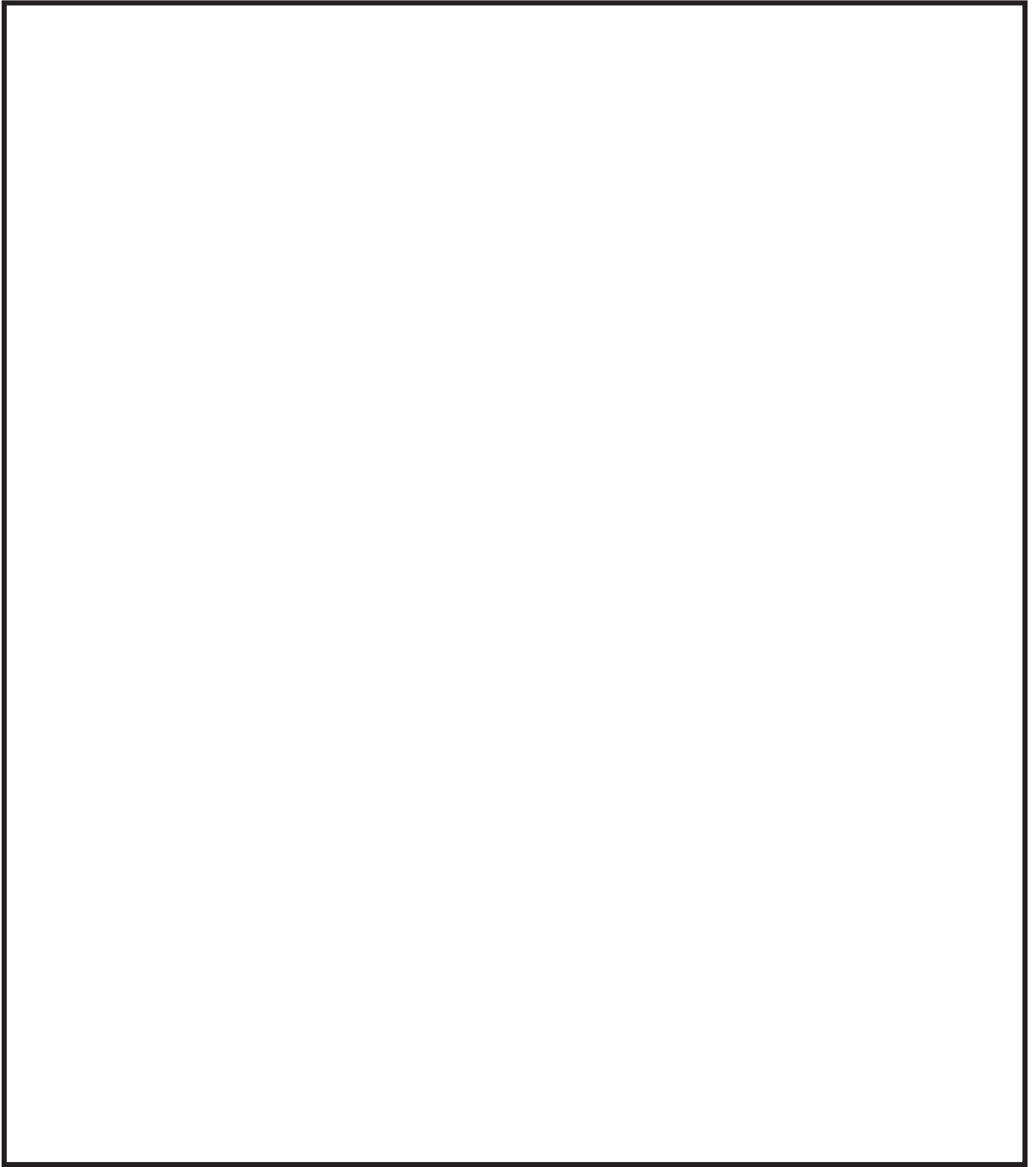
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



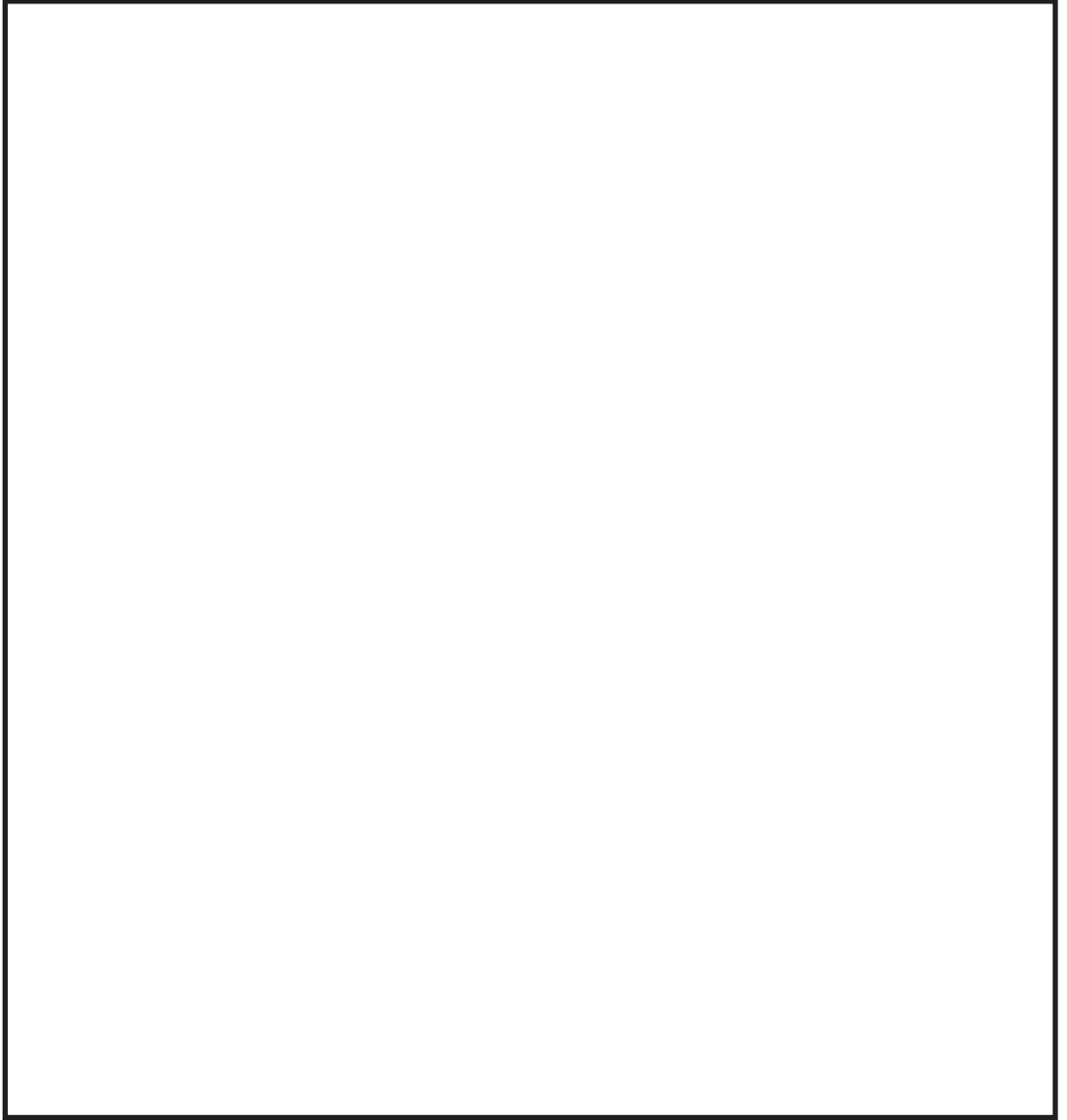
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



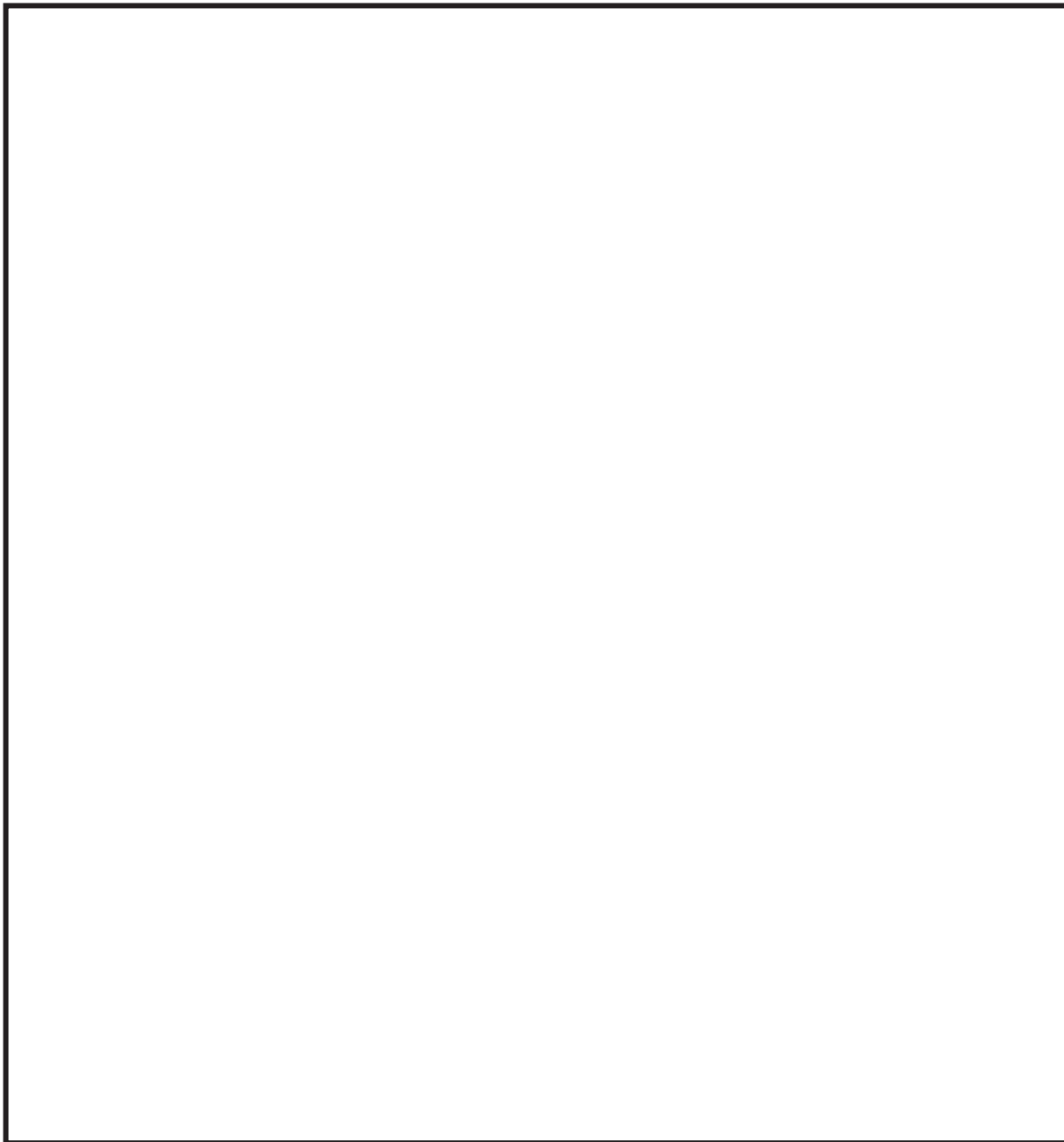
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

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-19-0600-38_改2
提出年月日	2021年 4月 22日

補足-600-38 東北地方太平洋沖地震等による影響を踏まえた  
機器・配管系の耐震設計への反映事項について



## 目 次

1. はじめに	1
2. 機器・配管系の耐震設計に反映すべき事項の検討方針	1
3. 機器・配管系の地震後の設備点検	4
4. 機器・配管系の東北地方太平洋沖地震等（3.11/4.7地震）による地震応答解析評価	4
5. 機器・配管系の耐震設計への反映事項の検討	34
6. 機器・配管系の耐震設計に反映すべき事項の検討結果	37
7. 今回工認における耐震評価結果を踏まえた検討	37
8. まとめ	52

添付1 地震後の設備健全性確認（特別な保全計画）の概要及び設備点検結果の概要

添付2 基準地震動  $S_s$  と 3.11/4.7地震との関係

## 1. はじめに

本資料では、2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震及びその余震である2011年4月7日の宮城県沖の地震（以下「東北地方太平洋沖地震等」又は「3.11/4.7地震」という。）の影響を踏まえた女川2号機の機器・配管系の耐震設計に反映すべき事項について、検討を実施した。

## 2. 機器・配管系の耐震設計に反映すべき事項の検討方針

東北地方太平洋沖地震等（3.11/4.7地震）の影響を踏まえた女川2号機の機器・配管系の耐震設計に反映すべき事項は、「実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則」（以下「実用炉規則」という。）に基づき実施した地震後の設備健全性確認<sup>※1</sup>（特別な保全計画）における設備点検結果及び地震応答解析結果（地震観測記録に基づく建屋シミュレーションモデルを反映）を考慮するとともに、機器・配管系が設置される建物・構築物の地震影響を踏まえ、検討する。

機器・配管系の耐震設計へ反映が必要となるのは、施設が地震影響によって損傷（変形、割れなど）し、補修、取替等が困難で、その状態のまま再使用する場合であって、その損傷が地震応答解析及び構造強度評価に影響を与える場合である。

機器・配管系の耐震設計への反映事項の検討概要を図2-1に、建物・構築物及び土木構造物を含む耐震設計への反映事項の判断フローを図2-2に示す。

耐震設計への反映事項の判断に当たっては、まず、全ての保全施設を対象とし、施設分類ごとの損傷形態に応じた点検方法を選定し、施設点検（一部施設の地震応答解析を含む）を実施する。次に、施設点検結果において耐震Sクラス施設（耐震Sクラス設備の間接支持機能を有する施設等を含む）に地震による異常がある場合は、耐震設計への影響を検討するとともに、他施設の耐震設計への反映の要否を検討する。施設点検結果に異常がない場合や、異常があった施設が耐震Sクラス施設（耐震Sクラス設備の間接支持機能を有する施設等を含む）に該当せず取替・補修等による原形復旧を行う場合は、耐震設計への反映事項はないものと判断する。なお、地震による異常がない場合でも、建屋の地震観測記録がある場合は、耐震設計への影響の有無を検討する。

次項以降に設備点検及び地震応答解析に係る検討詳細を示す。

※1 実用炉規則に基づき実施した地震後の設備健全性確認の結果は、発電所における保安検査等にて確認するとの見解が示されている（第68回原子力発電所の新規規制基準適合性に係る審査会合、平成26年1月16日）

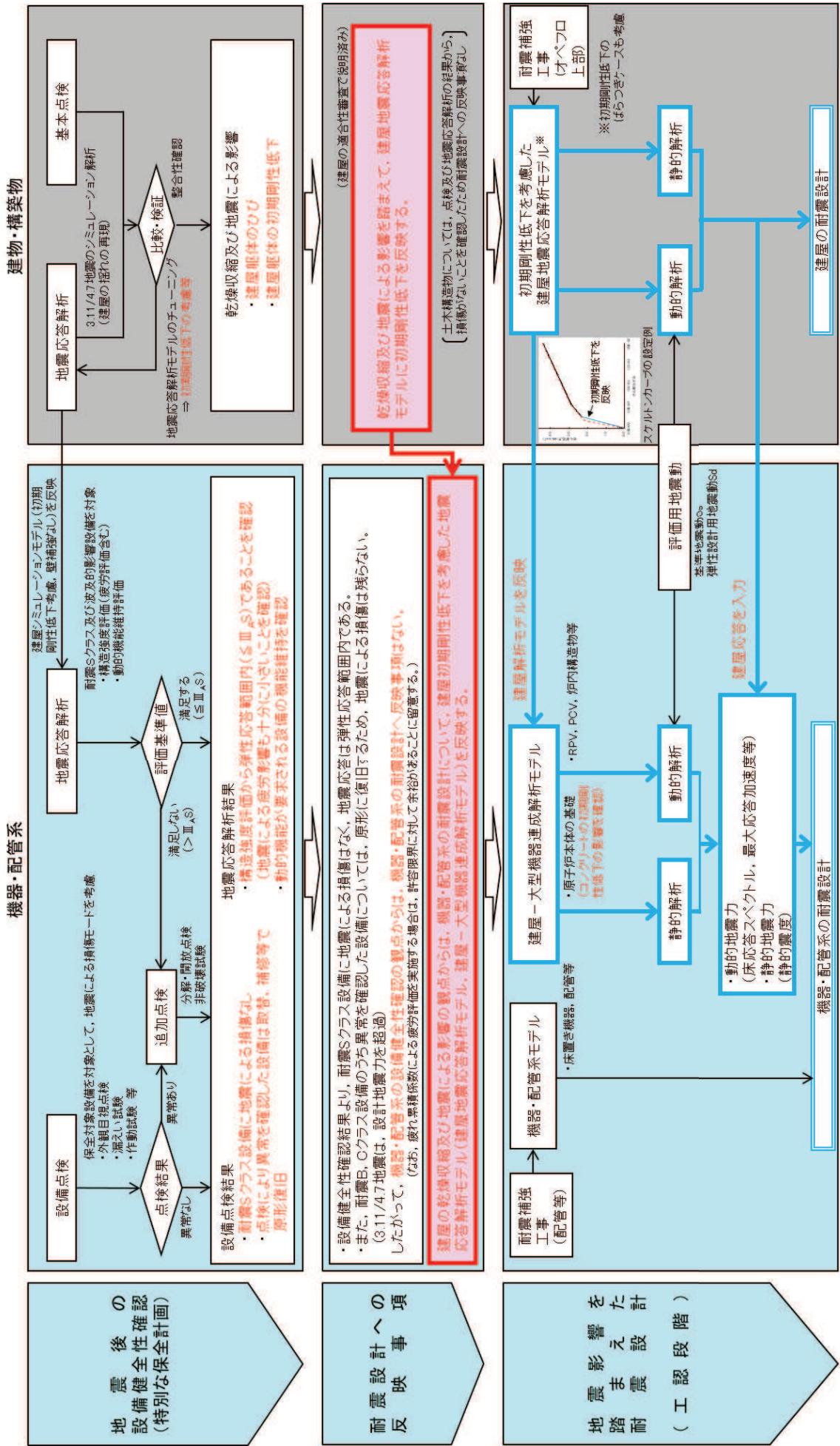


図 2-1 機器・配管系の耐震設計への反映事項の検討概要図

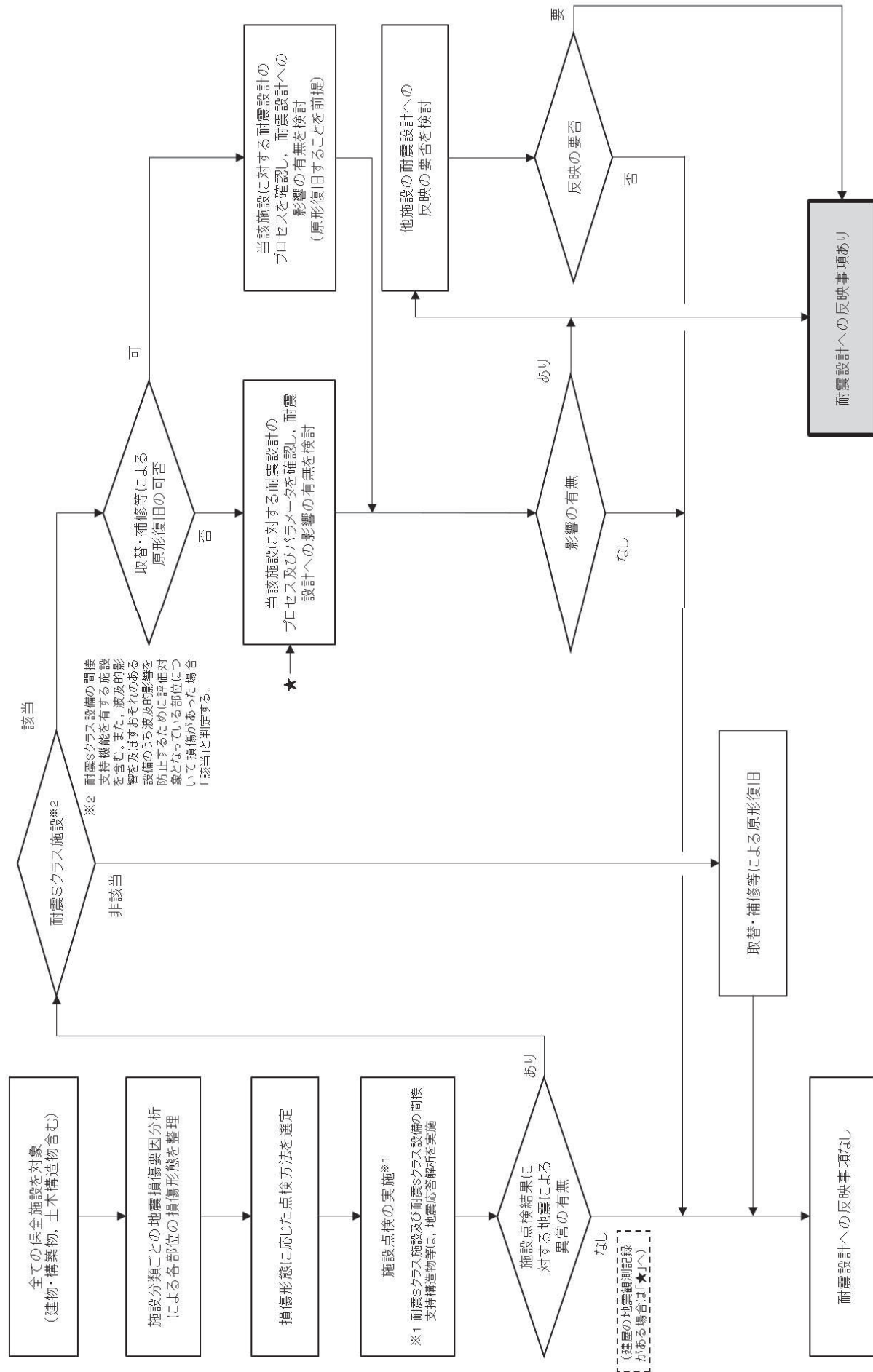


図 2-2 東北地方太平洋沖地震等による影響を踏まえた耐震設計への反映事項の判断フロー (建物・構築物、土木構造物含む)

### 3. 機器・配管系の地震後の設備点検

地震後の設備健全性確認（特別な保全計画）の概要及び設備点検結果の概要を添付 1 に示す。

これまで実施した機器・配管系の地震後の設備健全性確認において、耐震 S クラス設備に損傷はなく、プラントの安全性に影響を与える所見はないことを確認した。

設備点検において異常を確認した耐震 B, C クラス設備については、いずれも原子炉安全を阻害する可能性はなく、取替，補修，手入れにより原形に復旧している。

また、耐震 B, C クラスの異常により、耐震 S クラス設備への波及的影響がないことを確認した。

### 4. 機器・配管系の東北地方太平洋沖地震等（3.11/4.7地震）による地震応答解析評価

地震応答解析による評価を実施する機器・配管系の評価対象設備の考え方及び評価方法を以下に示す。

#### (1) 評価対象選定の考え方

評価対象設備は、既工認記載の耐震 S クラス設備、耐震 B, C クラス設備のうち波及的影響設備とする。評価対象設備のうち、同一の設備が複数存在するポンプ等は、据付床の床応答を考慮して、厳しい条件の設備を選定する。また、配管等は、系統ごとに設計時又は「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」の改訂に伴う耐震安全性評価（以下、「既往の評価」という。）における余裕度の小さい設備を選定する。

評価部位は、設計時又は既往の評価における余裕度（＝許容応力／発生応力）の最も小さい部位を代表部位とする。（代表部位以外についても評価する場合もある。）

地震の継続時間が比較的長かったことを考慮して、疲労の影響が大きいと考えられる配管等を選定し、3.11/4.7地震に対する疲労評価（疲れ累積係数）を実施する。

地震時に動的機能が要求される動的機器（ポンプ，弁等）を選定し、動的機能維持評価を実施する。

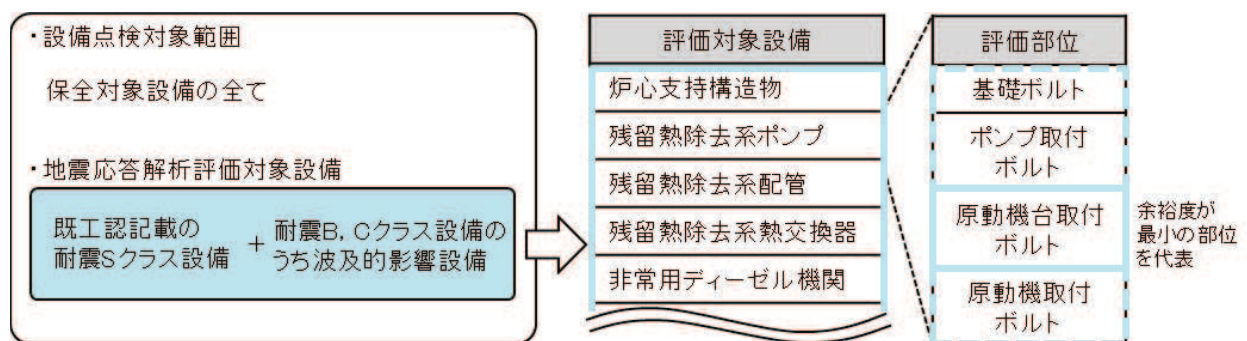


図 4-1 評価対象選定の考え方の概要図

(2) 評価方法

a. 地震応答解析に用いる建屋応答

地震応答解析は、地震観測記録との整合性を確認した建屋シミュレーション解析モデル（初期剛性低下等を反映）を用いることを基本とし、建屋内に設置された地震計による観測記録も考慮する。

なお、床応答スペクトルは、シミュレーション解析による建屋応答及び地震観測記録を反映しているため、拡幅は行わない。

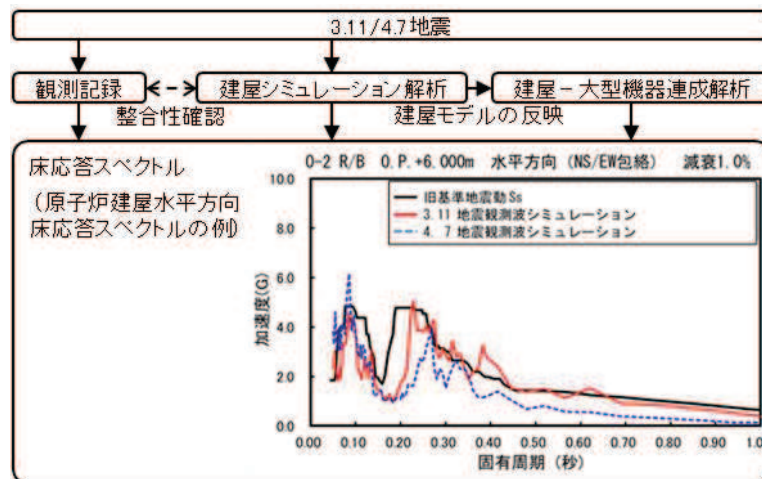


図 4-2 地震応答解析に用いる建屋応答の例

b. 構造強度評価

構造強度評価は、段階的な評価手順とする。

- ①設計時及び既往の評価結果において比較的余裕度の大きな設備については、簡易評価（応答倍率法による評価）を行う。
- ②簡易評価において発生応力等が評価基準値を満足しない場合には、設計時と同等の評価を行う。
- ③設計時と同等の評価において発生応力等が評価基準値を満足しない場合には 詳細評価（時刻歴応答解析等）を行う。

構造強度評価の評価基準値は、地震による影響の有無を確認する観点から「原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1・補-1984」に規定される許容応力状態 III<sub>A</sub>S（弾性応答範囲内）における許容応力を基本とする。

地震応答解析及び耐震評価は、設計時の評価条件と同条件にて評価することを基本とするが、3.11/4.7地震に対する地震影響を詳しく確認するため、より実態にあった評価条件として、地震時におけるプラント状態（女川2号機は、平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震時は原子炉起動中、同年4月7日宮城県沖の地震時は冷

温停止中)等を考慮した評価を実施する場合があります。

また、地震の継続時間が比較的長かったことを考慮して、疲労の影響が大きいと考えられる配管等については、時刻歴応答解析で求めたピーク応力強さの時刻歴と設計疲労線図に基づき、疲労評価を実施する。

c. 動的機能維持評価

弁、ポンプ等の動的機能維持の評価は、地震応答解析に基づき評価対象設備の応答加速度を求め、評価基準値である機能確認済加速度以下であることを確認する。また、応答加速度が機能確認済加速度を上回る設備については、詳細評価を実施する。

制御棒の挿入性は、地震応答解析により燃料集合体の相対変位を求め、試験により制御棒の挿入性が確認された相対変位以下であることを確認する。

評価基準値の機能確認済加速度は、原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1-1991 追補版）に準拠するとともに、試験等で妥当性が確認された値も用いる。

(3) 段階的な構造強度評価の概要

a. 評価フロー

地震応答解析の評価フローを図 4-3 に示す。

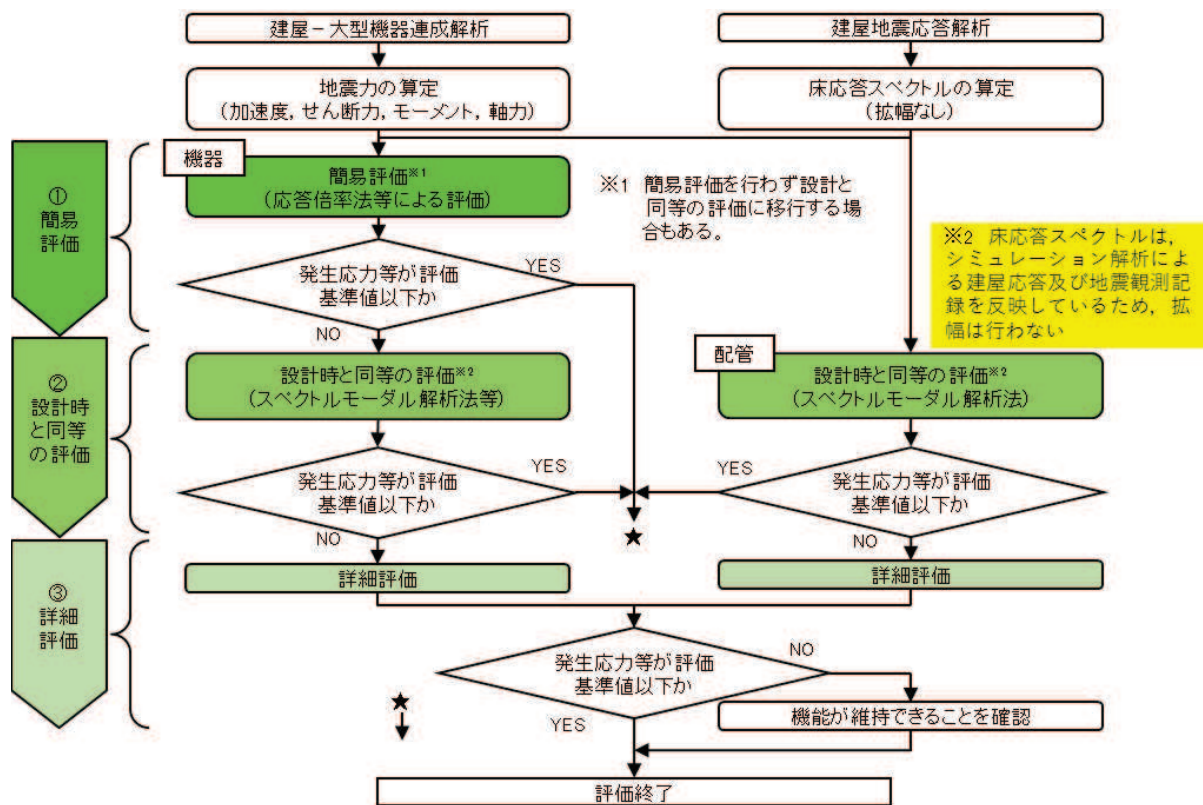


図 4-3 地震応答解析の評価フロー

b. 応答倍率法の概要

応答倍率法による発生応力等求め方を以下に示す。

応答倍率法による発生応力等の求め方の例

ケース 1  $\text{発生応力等} = \text{設計時又は既往評価での全体応力} \times \text{応答比}$   
 (地震及び地震以外による応力)

ケース 2  $\text{発生応力等} = \text{設計時又は既往評価での地震以外による応力}$   
 $+ \text{設計時又は既往評価での地震による応力} \times \text{応答比}$

上記における  $\text{応答比}$  の求め方の例

- 原子炉圧力容器や炉内構造物等の発生応力等を求めるにあたり、加速度、せん断力、モーメント、軸力を用いる機器

$$\text{応答比} = \frac{3.11/4.7 \text{ 地震時の地震力}}{\text{設計時又は既往評価での地震力}}$$

(加速度、せん断力、モーメント、軸力ごとに応答比を算出)

- ポンプの基礎ボルト等の発生応力等を求めるにあたり、水平加速度、鉛直加速度を用いる機器

$$\text{応答比} = \frac{3.11/4.7 \text{ 地震時の加速度}}{\text{設計時又は既往評価での加速度}}$$

(水平加速度、鉛直加速度ごとに応答比を算出)

c. 構造強度評価の各段階における実際の応答に対する保守性 (イメージ)

構造強度評価の各段階における保守性の概念を図 4-4 に示す。

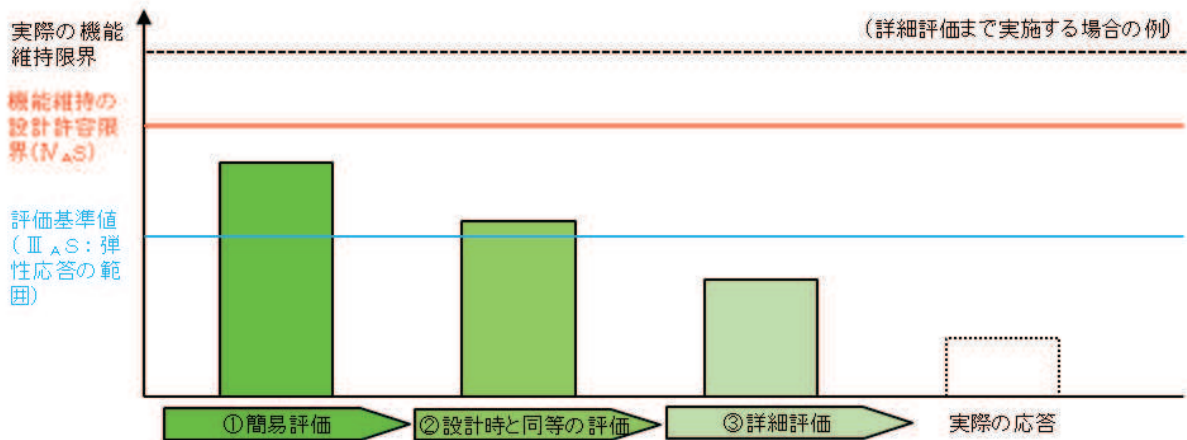


図 4-4 構造強度評価の各段階における保守性の概念

(4) 地震応答解析による評価結果

構造強度評価の結果を表 4-1 に、疲労評価の結果を表 4-3 に、動的機能維持評価の結果を表 4-4 に示す。「(1) 評価対象選定の考え方」に記載のとおり、評価部位は、設計時又は既往の評価における裕度の最も小さい部位を代表部位とすることを基本としているが、代表部位以外についても評価する場合もある。これは②設計時と同等の評価又は③詳細評価を実施する場合に地震動の特性 (水平及び鉛直方向の大きさ、床応答スペクトルにおける周期特性など) によって裕度最小部位が変わることがあるためである。代表部位以外についても評価し、3.11/4.7 地震で裕度最小部位



が異なる場合は代表部位ではなく、それぞれの裕度最小部位を表 4-1 に記載する。

なお、構造強度評価（①簡易評価，②設計時と同等の評価，③詳細評価）のうち，③詳細評価を適用した設備及びその評価の概要を表 4-2 に示す。

東北地方太平洋沖地震等（3.11/4.7 地震）の建屋シミュレーション解析を踏まえ，耐震 S クラス等の設備に対する構造強度評価の結果，弾性応答範囲内であること，地震による疲労影響は十分に小さいことを確認した。

また，動的機能維持評価の結果，動的機能が要求される設備の機能が維持されることを確認した。

表 4-1 構造強度評価結果 (1/16)

評価対象設備及び評価箇所		評価用 地震動	評価部位	評価項目 (応力分類)	算出値 [MPa]	評価 基準値 [MPa]	評価 結果	評価 方法※1
原子炉 本体	原子炉 圧力 容器	3.11地震	胴板	一次一般膜応力	176	303	○	①
					191	303	○	①
		4.7地震	胴板	一次一般膜応力	115	303	○	①
					125	303	○	①
		3.11地震	下部鏡板	一次一般膜応力	193	271	○	①
					199	271	○	①
		4.7地震	下部鏡板	一次一般膜応力	153	193	○	①
					189	193	○	①
		3.11地震	スタブチューブ	一次膜＋ 一次曲げ応力	135	253	○	①
					179	253	○	①
		4.7地震	スタブチューブ	一次膜＋ 一次曲げ応力	140	253	○	①
					147	253	○	①
		3.11地震	ノズル セーフエンド	一次膜＋ 一次曲げ応力	141	418	○	①
					169	418	○	①
		4.7地震	ノズル セーフエンド	一次膜＋ 一次曲げ応力	147	253	○	①
					147	253	○	①
		3.11地震	ノズル セーフエンド	一次膜＋ 一次曲げ応力	147	213	○	②
					169	213	○	②
4.7地震	蒸気乾燥器 支持ブラケット	一次膜＋ 一次曲げ応力	147	213	○	②		
			169	213	○	②		

※1 評価方法

- ①：簡易評価
- ②：設計時と同等の評価
- ③：詳細評価

表 4-1 構造強度評価結果 (2/16)

評価対象設備及び評価箇所			評価用 地震動	評価部位	評価項目 (応力分類)	算出値 [MPa]	評価 基準値 [MPa]	評価 結果	評価 方法 <sup>※1</sup>
原子炉本体	原子支持炉圧力容器	原子炉圧力容器 基礎ボルト	3.11地震	基礎ボルト	一次応力 (引張)	105	499	○	②
			4.7地震	基礎ボルト	一次応力 (引張)	91	499	○	②
		原子炉圧力容器 支持スカート	3.11地震	スカート	軸圧縮応力	0.35 (単位なし)	1 (単位なし)	○	②
			4.7地震	スカート	軸圧縮応力	0.32 (単位なし)	1 (単位なし)	○	②
	原子炉属炉圧力容器	原子炉圧力容器 スタビライザ	3.11地震	ブラケット	一次応力 (組合せ)	110	198	○	②
			4.7地震	ブラケット	一次応力 (組合せ)	118	198	○	②
		原子炉格納容器 スタビライザ	3.11地震	外側フィニッシュ シヤラグ本体(溶接部)	一次応力 (組合せ)	143	176	○	②
			4.7地震	ガセットプレート	一次応力 (組合せ)	116	176	○	②
		制御棒駆動機構 ハウジング支持金具	3.11地震	レストレントビーム	強軸曲げ応力	81	201	○	①
			4.7地震	レストレントビーム	強軸曲げ応力	103	201	○	①
		差圧検出・ほう酸水注入系 配管 (ティーよりN11ノズルまでの 外管)	3.11地震	パイプ	一次一般膜応力	42	114	○	①
			4.7地震	パイプ	一次一般膜応力	43	114	○	①
原子炉圧力容器内部 構造物	蒸気乾燥器	3.11地震	耐震用ブロック 溶接部	純せん断応力	24	47	○	③	
		4.7地震	耐震用ブロック 溶接部	純せん断応力	27	47	○	③	
	シュラウドヘッド	3.11地震	シュラウドヘッド	一次膜＋ 一次曲げ応力	232	265	○	② <sup>※2</sup>	
		4.7地震	シュラウドヘッド	一次膜＋ 一次曲げ応力	248	265	○	② <sup>※2</sup>	
	気水分離器及び スタンドパイプ	3.11地震	スタンドパイプ	一次膜＋ 一次曲げ応力	93	106	○	②	
		4.7地震	スタンドパイプ	一次膜＋ 一次曲げ応力	100	106	○	②	

※1 評価方法

- ①：簡易評価
- ②：設計時と同等の評価
- ③：詳細評価

※2 他のプラントで適用され、工認実績のある公式による評価

表 4-1 構造強度評価結果 (3/16)

評価対象設備及び評価箇所		評価用 地震動	評価部位	評価項目 (応力分類)	算出値 [MPa]	評価 基準値 [MPa]	評価 結果	評価 方法※1	
原子炉本体	原子炉圧力容器内部構造物	給水スパー ज्या	3.11地震	ヘッダ	一次膜＋ 一次曲げ応力	25	139	○	①
			4.7地震	ヘッダ	一次膜＋ 一次曲げ応力	28	139	○	①
		高圧及び低圧炉心 スプレイスパー ज्या	3.11地震	ティー	一次一般膜応力	10	92	○	①
			4.7地震	ティー	一次一般膜応力	15	92	○	①
		ジェットポンプ	3.11地震	ライザ	一次膜＋ 一次曲げ応力	69	174	○	①
			4.7地震	ライザ	一次膜＋ 一次曲げ応力	82	174	○	①
		残留熱除去系配管 (原子炉圧力容器内部)	3.11地震	リング	一次一般膜応力	15	57	○	①
			4.7地震	リング	一次一般膜応力	17	57	○	①
		高圧及び低圧炉心 スプレイ系配管 (原子炉圧力容器内部)	3.11地震	パイプ	一次膜＋ 一次曲げ応力	36	214	○	①
			4.7地震	パイプ	一次膜＋ 一次曲げ応力	54	214	○	①
	差圧検出・ほう酸水 注入系配管 (原子炉圧力容器内部)	3.11地震	パイプ	一次膜＋ 一次曲げ応力	30	139	○	①	
		4.7地震	パイプ	一次膜＋ 一次曲げ応力	49	139	○	①	
	中性子束計測案内管	3.11地震	中性子束計測 案内管下部	一次膜＋ 一次曲げ応力	34	172	○	②	
		4.7地震	中性子束計測 案内管下部	一次膜＋ 一次曲げ応力	25	172	○	②	
	炉心支持構造物	炉心シュラウド	3.11地震	下部胴	一次一般膜応力	69	92	○	②
			4.7地震	下部胴	一次一般膜応力	71	92	○	②
		シュラウドサポート	3.11地震	シュラウドサポート レグ	軸圧縮応力	175	198	○	①
			4.7地震	シュラウドサポート レグ	軸圧縮応力	177	198	○	①

※1 評価方法

- ①：簡易評価
- ②：設計時と同等の評価
- ③：詳細評価

表 4-1 構造強度評価結果 (4/16)

評価対象設備及び評価箇所			評価用 地震動	評価部位	評価項目 (応力分類)	算出値 [MPa]	評価 基準値 [MPa]	評価 結果	評価 方法※1
原子 炉 本 体	炉 心 支 持 構 造 物	炉心シュラウド 支持ロッド	3.11地震	上部タイロッド	一次膜＋ 一次曲げ応力	366	455	○	②
			4.7地震	上部タイロッド	一次膜＋ 一次曲げ応力	366	455	○	②
		上部格子板	3.11地震	グリッドプレート	一次膜＋ 一次曲げ応力	65	214	○	②
			4.7地震	グリッドプレート	一次膜＋ 一次曲げ応力	45	214	○	②
		炉心支持板	3.11地震	支持板	一次膜＋ 一次曲げ応力	130	268	○	②
			4.7地震	支持板	一次膜＋ 一次曲げ応力	87	268	○	②
		制御棒案内管	3.11地震	長手中央部	一次一般膜応力	39	143	○	②
			4.7地震	長手中央部	一次一般膜応力	35	143	○	②
	原 子 炉 本 体 の 基 礎	外筒、内筒、縦リブ	3.11地震	外筒	一次応力 (組合せ)	262	427	○	②
			4.7地震	外筒	一次応力 (組合せ)	206	427	○	②
		CRD開口部	3.11地震	CRD開口部	一次応力 (せん断)	127	246	○	②
			4.7地震	CRD開口部	一次応力 (せん断)	99	246	○	②
		アンカボルト	3.11地震	アンカボルト	定着力	874 (kN/本)	1523 (kN/本)	○	②
			4.7地震	アンカボルト	定着力	654 (kN/本)	1523 (kN/本)	○	②
スカートフランジ		3.11地震	スカート フランジ	一次応力 (曲げ)	247	492	○	②	
		4.7地震	スカート フランジ	一次応力 (曲げ)	187	492	○	②	

※1 評価方法

- ①：簡易評価
- ②：設計時と同等の評価
- ③：詳細評価

表 4-1 構造強度評価結果 (5/16)

評価対象設備及び評価箇所			評価用 地震動	評価部位	評価項目 (応力分類)	算出値 [MPa]	評価 基準値 [MPa]	評価 結果	評価 方法※1
計測制御系統施設	制御材	制御棒中性子吸収棒	3.11地震	中性子吸収棒	一次一般膜応力	35	142	○	②
			4.7地震	中性子吸収棒	一次一般膜応力	35	142	○	②
	駆動制御装置	水圧制御ユニット	3.11地震	取付ボルト	一次応力 (引張)	169	475	○	①
			4.7地震	取付ボルト	一次応力 (引張)	149	475	○	①
	ほう酸水注入設備	ほう酸水注入系 ポンプ	3.11地震	ポンプ取付ボルト	一次応力 (せん断)	33	118	○	①
			4.7地震	ポンプ取付ボルト	一次応力 (せん断)	43	118	○	①
		ほう酸水注入系 貯蔵タンク	3.11地震	基礎ボルト	一次応力 (引張)	47	173	○	②
			4.7地震	基礎ボルト	一次応力 (引張)	47	173	○	②
	計測装置	起動領域モニタ ドライチューブ	3.11地震	パイプ	一次膜＋ 一次曲げ応力	120	308	○	②
			4.7地震	パイプ	一次膜＋ 一次曲げ応力	91	308	○	②
		局部出力領域モニタ 検出器集合体	3.11地震	カバーチューブ	一次膜＋ 一次曲げ応力	109	200	○	②
			4.7地震	カバーチューブ	一次膜＋ 一次曲げ応力	88	200	○	②
		直立型制御盤	3.11地震	取付ボルト	一次応力 (引張)	21	173	○	②
			4.7地震	取付ボルト	一次応力 (引張)	24	173	○	②
		ベンチ型制御盤	3.11地震	取付ボルト	一次応力 (引張)	16	173	○	②
			4.7地震	取付ボルト	一次応力 (引張)	18	173	○	②
		現場盤	3.11地震	取付ボルト	一次応力 (引張)	23	173	○	①
			4.7地震	取付ボルト	一次応力 (引張)	30	173	○	①

※1 評価方法

- ①：簡易評価
- ②：設計時と同等の評価
- ③：詳細評価

表 4-1 構造強度評価結果 (6/16)

評価対象設備及び評価箇所		評価用 地震動	評価部位	評価項目 (応力分類)	算出値 [MPa]	評価 基準値 [MPa]	評価 結果	評価 方法※1	
原子炉冷却系統施設	残留熱除去設備	残留熱除去系 熱交換器	3.11地震	基礎ボルト	一次応力 (引張)	82	147	○	②
			4.7地震	基礎ボルト	一次応力 (引張)	56	169	○	②
		残留熱除去系 ポンプ	3.11地震	原動機台 取付ボルト	一次応力 (引張)	26	444	○	①
			4.7地震	原動機台 取付ボルト	一次応力 (引張)	25	444	○	①
	原子炉冷却材 補給設備	原子炉隔離時冷却系 ポンプ	3.11地震	基礎ボルト	一次応力 (引張)	20	169	○	①
			4.7地震	基礎ボルト	一次応力 (引張)	19	169	○	①
		原子炉隔離時冷却系 ポンプ駆動用タービン	3.11地震	基礎ボルト	一次応力 (引張)	45	169	○	①
			4.7地震	基礎ボルト	一次応力 (引張)	44	169	○	①
	その他原子炉注水設備	高圧炉心スプレイ系 ポンプ	3.11地震	原動機取付ボルト	一次応力 (引張)	27	455	○	①
			4.7地震	原動機取付ボルト	一次応力 (引張)	26	455	○	①
		低圧炉心スプレイ系 ポンプ	3.11地震	原動機取付ボルト	一次応力 (引張)	29	491	○	①
			4.7地震	原動機取付ボルト	一次応力 (引張)	28	491	○	①
原子炉冷却材の 循環設備	主蒸気逃がし安全弁 逃がし弁機能用 アキュムレータ	3.11地震	ラグ	一次応力 (組合せ)	45	203	○	②	
		4.7地震	ラグ	一次応力 (組合せ)	61	203	○	②	
	主蒸気逃がし安全弁 自動減圧機能用 アキュムレータ	3.11地震	ラグ	一次応力 (組合せ)	74	203	○	②	
		4.7地震	ラグ	一次応力 (組合せ)	100	203	○	②	

※1 評価方法

- ①：簡易評価
- ②：設計時と同等の評価
- ③：詳細評価

表 4-1 構造強度評価結果 (7/16)

評価対象設備及び評価箇所		評価用 地震動	評価部位	評価項目 (応力分類)	算出値 [MPa]	評価 基準値 [MPa]	評価 結果	評価 方法 <sup>※1</sup>	
原子炉冷却系統施設	原子炉補機冷却設備	原子炉補機冷却水系熱交換器	3.11地震	胴板	一次応力	176	415	○	②
			4.7地震	胴板	一次応力	157	415	○	②
		原子炉補機冷却水ポンプ	3.11地震	原動機取付ボルト	一次応力 (せん断)	16	122	○	①
			4.7地震	原動機取付ボルト	一次応力 (せん断)	15	122	○	①
		原子炉補機冷却海水ポンプ	3.11地震	原動機取付ボルト	一次応力 (引張)	95	475	○	①
			4.7地震	原動機取付ボルト	一次応力 (引張)	126	475	○	①
		原子炉補機冷却水サージタンク	3.11地震	基礎ボルト	一次応力 (引張)	40	169	○	②
			4.7地震	基礎ボルト	一次応力 (引張)	42	169	○	②
		原子炉補機冷却海水系ストレナ	3.11地震	胴板	一次応力	38	346	○	②
			4.7地震	胴板	一次応力	33	346	○	②
		高圧炉心スプレイ補機冷却水系熱交換器	3.11地震	基礎ボルト	一次応力 (せん断)	29	133	○	②
			4.7地震	胴板	一次応力	82	415	○	②
		高圧炉心スプレイ補機冷却水ポンプ	3.11地震	原動機取付ボルト	一次応力 (せん断)	8	133	○	①
			4.7地震	原動機取付ボルト	一次応力 (せん断)	8	133	○	①
		高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ	3.11地震	基礎ボルト	一次応力 (引張)	12	153	○	①
			4.7地震	基礎ボルト	一次応力 (引張)	14	153	○	①
		高圧炉心スプレイ補機冷却水サージタンク	3.11地震	基礎ボルト	一次応力 (引張)	29	175	○	②
			4.7地震	基礎ボルト	一次応力 (引張)	29	175	○	②

※1 評価方法

- ①：簡易評価
- ②：設計時と同等の評価
- ③：詳細評価



表 4-1 構造強度評価結果 (8/16)

評価対象設備及び評価箇所		評価用 地震動	評価部位	評価項目 (応力分類)	算出値 [MPa]	評価 基準値 [MPa]	評価 結果	評価 方法 <sup>※1</sup>	
原子 炉 格 納 施 設	原子 炉 格 納 容 器	3.11地震	サントクッション部	座屈	0.48 (単位なし)	1 (単位なし)	○	②	
					4.7地震	0.37 (単位なし)	1 (単位なし)	○	②
		ドライウエル	3.11地震	D/Wベント開口部	一次膜＋ 一次曲げ応力	166	495	○	①
						4.7地震	184	495	○
		ドライウエル ベント開口部	3.11地震	胴エビ継手部底部	一次膜＋ 一次曲げ応力	174	356	○	①
						4.7地震	170	356	○
		サブプレッションチェンバ	3.11地震	ベントヘッダ接続部	一次膜＋ 一次曲げ応力	74	344	○	①
						4.7地震	82	344	○
		ベント管	3.11地震	ベント管ベローズ	疲労	0.001以 下 (単位なし)	1 (単位なし)	○	①
						4.7地震	0.001以 下 (単位なし)	1 (単位なし)	○
		ベント管ベローズ	3.11地震	機器搬出入用 ハッチ取付部	一次膜＋ 一次曲げ応力	111	495	○	①
						4.7地震	156	495	○
		機器搬出入用ハッチ	3.11地震	逃がし安全弁 搬出入口取付部	一次膜＋ 一次曲げ応力	120	495	○	①
						4.7地震	223	495	○
		逃がし安全弁搬出入口	3.11地震	所員用エアロック 取付部	一次膜＋ 一次曲げ応力	153	495	○	①
						4.7地震	285	495	○
		所員用エアロック	3.11地震	制御棒駆動機構 搬出入口取付部	一次膜＋ 一次曲げ応力	131	495	○	①
						4.7地震	147	495	○
		制御棒駆動機構 搬出入口	3.11地震	フランジプレート	一次応力 (組合せ)	178	192	○	②
						4.7地震	123	192	○
ボックスサポート	3.11地震	フランジプレート	一次応力 (組合せ)	178	192	○	②		
				4.7地震	123	192	○	②	

※1 評価方法

- ①：簡易評価
- ②：設計時と同等の評価
- ③：詳細評価

表 4-1 構造強度評価結果 (9/16)

評価対象設備及び評価箇所		評価用 地震動	評価部位	評価項目 (応力分類)	算出値 [MPa]	評価 基準値 [MPa]	評価 結果	評価 方法 <sup>※1</sup>	
原子 炉 格 納 容 器	配管貫通部	3.11地震	X-82B	一次モーメント	9024 (kN・mm)	14680 (kN・mm)	○	② <sup>※2</sup>	
		4.7地震	X-82B	一次モーメント	11090 (kN・mm)	14680 (kN・mm)	○	② <sup>※2</sup>	
		電気配線貫通部	3.11地震	X-105A	一次モーメント	77190 (kN・mm)	245600 (kN・mm)	○	② <sup>※2</sup>
			4.7地震	X-105A	一次モーメント	106000 (kN・mm)	245600 (kN・mm)	○	② <sup>※2</sup>
	原子 炉 格 納 施 設	ベントヘッド	3.11地震	ベントヘッド サポート	圧縮応力	43	63	○	②
			4.7地震	ベントヘッド サポート	圧縮応力	47	63	○	②
		ダウンカマ	3.11地震	ベントヘッド 接続部	一次膜＋ 一次曲げ応力	153	229	○	①
			4.7地震	ベントヘッド 接続部	一次膜＋ 一次曲げ応力	171	229	○	①
		サブプレッションチェンバ スプレイ管	3.11地震	スプレイ管	一次応力	107	219	○	②
			4.7地震	スプレイ管	一次応力	98	219	○	②
		可燃性ガス濃度制御系 再結合装置	3.11地震	基礎ボルト	一次応力 (せん断)	126	350	○	①
			4.7地震	基礎ボルト	一次応力 (せん断)	167	350	○	①
		可燃性ガス濃度制御系 再結合装置プロウ	3.11地震	ベース取付 溶接部	一次応力 (せん断)	43	116	○	①
			4.7地震	ベース取付 溶接部	一次応力 (せん断)	57	116	○	①
		非常用ガス処理系 排風機	3.11地震	排風機取付ボルト	一次応力 (引張)	43	150	○	②
			4.7地震	排風機取付ボルト	一次応力 (引張)	39	150	○	②
		非常用ガス処理系 フィルタ装置	3.11地震	スライドボルト	一次応力 (せん断)	135	342	○	②
			4.7地震	スライドボルト	一次応力 (せん断)	113	342	○	②
		非常用ガス処理系 空気乾燥装置	3.11地震	スライドボルト	一次応力 (せん断)	37	342	○	②
			4.7地震	スライドボルト	一次応力 (せん断)	31	342	○	②

※1 評価方法

- ①：簡易評価
- ②：設計時と同等の評価
- ③：詳細評価

※2 他のプラントで適用され、工認実績のある限界荷重領域評価

表 4-1 構造強度評価結果 (10/16)

評価対象設備及び評価箇所			評価用 地震動	評価部位	評価項目 (応力分類)	算出値 [MPa]	評価 基準値 [MPa]	評価 結果	評価 方法※1	
放射線 管理施設	換気設備	中央制御室 送風機	3.11地震	基礎ボルト	一次応力 (引張)	13	173	○	②	
			4.7地震	基礎ボルト	一次応力 (引張)	13	173	○	②	
		中央制御室 排風機	3.11地震	原動機取付ボルト	一次応力 (引張)	16	180	○	②	
			4.7地震	原動機取付ボルト	一次応力 (引張)	17	180	○	②	
		中央制御室 再循環送風機	3.11地震	基礎ボルト	一次応力 (引張)	7	173	○	②	
			4.7地震	基礎ボルト	一次応力 (引張)	7	173	○	②	
		中央制御室 再循環フィルタ装置	3.11地震	基礎ボルト	一次応力 (せん断)	22	133	○	②	
			4.7地震	基礎ボルト	一次応力 (せん断)	22	133	○	②	
	計測装置 放射線 管用線	燃料取替エリア 放射線モニタ	3.11地震	取付ボルト	一次応力 (引張)	9	180	○	①	
			4.7地震	取付ボルト	一次応力 (引張)	11	180	○	①	
	生体 遮蔽	原子炉遮蔽 (波及的影響設備)	3.11地震	開口集中部	一次応力 (組合せ)	120	235	○	②	
			4.7地震	開口集中部	一次応力 (組合せ)	115	235	○	②	
	計測制御 系統施設	計測装置	格納容器内 雰囲気モニタ	3.11地震	水素ガス濃度 検出器取付板 取付ボルト	一次応力 (引張)	10	180	○	①
				4.7地震	水素ガス濃度 検出器取付板 取付ボルト	一次応力 (引張)	13	180	○	①

※1 評価方法

- ①：簡易評価
- ②：設計時と同等の評価
- ③：詳細評価

表 4-1 構造強度評価結果 (11/16)

評価対象設備及び評価箇所			評価用 地震動	評価部位	評価項目 (応力分類)	算出値 [MPa]	評価 基準値 [MPa]	評価 結果	評価 方法 <sup>※1</sup>
核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設	使用済燃料貯蔵設備	使用済燃料貯蔵ラック (110体ラック)	3.11地震	ラック本体	一次応力 (組合せ)	59	205	○	①
			4.7地震	ラック本体	一次応力 (組合せ)	61	205	○	①
		使用済燃料貯蔵ラック (170体ラック)	3.11地震	ラック本体	一次応力 (組合せ)	79	205	○	①
			4.7地震	ラック本体	一次応力 (組合せ)	99	205	○	①
		制御棒・破損燃料 貯蔵ラック	3.11地震	ラック本体	一次応力 (組合せ)	39	108	○	①
			4.7地震	ラック本体	一次応力 (組合せ)	47	108	○	①
	燃料取扱設備	燃料交換機 (波及的影響設備)	3.11地震	構造物フレーム	一次応力 (組合せ)	212	231	○	③
			4.7地震	構造物フレーム	一次応力 (組合せ)	206	231	○	③
		原子炉建屋クレーン (波及的影響設備)	3.11地震	脱線防止ラグ	圧縮応力	117	309	○	③
			4.7地震	脱線防止ラグ	圧縮応力	129	309	○	③
その他発電用原子炉の附属施設	非常用発電装置	非常用ディーゼル 発電設備 ディーゼル機関	3.11地震	基礎ボルト	一次応力 (引張)	79	254	○	②
			4.7地震	基礎ボルト	一次応力 (引張)	50	254	○	②
		非常用ディーゼル 発電設備 ディーゼル発電機	3.11地震	軸受台取付ボルト	一次応力 (引張)	65	180	○	①
			4.7地震	軸受台取付ボルト	一次応力 (引張)	67	180	○	①
		非常用ディーゼル 発電設備 燃料デイトンク	3.11地震	基礎ボルト	一次応力 (引張)	33	158	○	②
			4.7地震	基礎ボルト	一次応力 (引張)	34	158	○	②
		非常用ディーゼル 発電設備 空気だめ	3.11地震	胴板	一次一般膜 応力	91	241	○	①
			4.7地震	胴板	一次一般膜 応力	91	241	○	①

※1 評価方法

- ①：簡易評価
- ②：設計時と同等の評価
- ③：詳細評価

表 4-1 構造強度評価結果 (12/16)

評価対象設備及び評価箇所		評価用 地震動	評価部位	評価項目 (応力分類)	算出値 [MPa]	評価 基準値 [MPa]	評価 結果	評価 方法 <sup>※1</sup>		
その他発電用原子炉の附属施設	非常用発電装置	高圧炉心スプレイ系 ディーゼル発電設備 ディーゼル機関	3.11地震	基礎ボルト	一次応力 (引張)	123	254	○	②	
			4.7地震	基礎ボルト	一次応力 (引張)	89	254	○	②	
		高圧炉心スプレイ系 ディーゼル発電設備 ディーゼル発電機	3.11地震	基礎ボルト	一次応力 (せん断)	58	195	○	①	
			4.7地震	基礎ボルト	一次応力 (せん断)	63	195	○	①	
		高圧炉心スプレイ系 ディーゼル発電設備 燃料デイトンク	3.11地震	スカート	座屈	0.31 (単位なし)	1 (単位なし)	○	①	
			4.7地震	スカート	座屈	0.42 (単位なし)	1 (単位なし)	○	①	
		高圧炉心スプレイ系 ディーゼル発電設備 空気だめ	3.11地震	胴板	一次一般膜応力	91	241	○	①	
			4.7地震	胴板	一次一般膜応力	91	241	○	①	
		その他の電源装置	125V蓄電池2A (2個並び1段2列)	3.11地震	取付ボルト	一次応力 (せん断)	19	133	○	①
				4.7地震	取付ボルト	一次応力 (せん断)	25	133	○	①
	125V蓄電池2H (15個並び1段1列)		3.11地震	取付ボルト	一次応力 (せん断)	19	133	○	①	
			4.7地震	取付ボルト	一次応力 (せん断)	24	133	○	①	
	125V充電器2A		3.11地震	取付ボルト	一次応力 (せん断)	14	133	○	①	
			4.7地震	取付ボルト	一次応力 (せん断)	15	133	○	①	
125V充電器2H	3.11地震		取付ボルト	一次応力 (引張)	22	173	○	①		
	4.7地震		取付ボルト	一次応力 (引張)	25	173	○	①		
静止形無停電 電源装置	3.11地震		取付ボルト	一次応力 (せん断)	12	133	○	①		
	4.7地震		取付ボルト	一次応力 (せん断)	13	133	○	①		

※1 評価方法

- ①：簡易評価
- ②：設計時と同等の評価
- ③：詳細評価

表 4-1 構造強度評価結果 (13/16)

評価対象設備及び評価箇所		評価用 地震動	評価部位	評価項目 (応力分類)	算出値 [MPa]	評価 基準値 [MPa]	評価 結果	評価 方法 <sup>※1</sup>
配管	主蒸気系配管	3.11地震	配管本体	一次応力	141	198	○	②
		4.7地震	配管本体	一次応力	183	198	○	②
		3.11地震	配管サポート	反力	36 (kN)	90 (kN)	○	②
		4.7地震	配管サポート	反力	49 (kN)	90 (kN)	○	②
	原子炉再循環系配管	3.11地震	配管本体	一次応力	156	265	○	②
		4.7地震	配管本体	一次応力	198	265	○	②
		3.11地震	配管サポート	反力	184 (kN)	375 (kN)	○	②
		4.7地震	配管サポート	反力	241 (kN)	375 (kN)	○	②
	復水給水系配管	3.11地震	配管本体	一次応力	116	182	○	②
		4.7地震	配管本体	一次応力	174	182	○	②
		3.11地震	配管サポート	反力	58 (kN)	112 (kN)	○	②
		4.7地震	配管サポート	反力	95 (kN)	112 (kN)	○	②
	原子炉冷却材浄化系配管	3.11地震	配管本体	一次応力	56	274	○	②
		4.7地震	配管本体	一次応力	59	274	○	②
		3.11地震	配管サポート	一次応力	42	234	○	②
		4.7地震	配管サポート	一次応力	49	234	○	②
	残留熱除去系配管	3.11地震	配管本体	一次応力	117	274	○	②
		4.7地震	配管本体	一次応力	144	274	○	②
		3.11地震	配管サポート	反力	8 (kN)	45 (kN)	○	②
		4.7地震	配管サポート	反力	10 (kN)	45 (kN)	○	②

※1 評価方法

①：簡易評価

②：設計時と同等の評価

③：詳細評価

表 4-1 構造強度評価結果 (14/16)

評価対象設備及び評価箇所		評価用 地震動	評価部位	評価項目 (応力分類)	算出値 [MPa]	評価 基準値 [MPa]	評価 結果	評価 方法 <sup>※1</sup>
配管	原子炉隔離時冷却系配管	3.11地震	配管本体	一次応力	92	188	○	②
		4.7地震	配管本体	一次応力	118	188	○	②
		3.11地震	配管サポート	一次応力	111	245	○	②
		4.7地震	配管サポート	一次応力	144	245	○	②
	高圧炉心スプレイ系配管	3.11地震	配管本体	一次応力	147	199	○	②
		4.7地震	配管本体	一次応力	160	199	○	②
		3.11地震	配管サポート	一次応力	44 (kN)	87 (kN)	○	②
		4.7地震	配管サポート	一次応力	59 (kN)	87 (kN)	○	②
	低圧炉心スプレイ系配管	3.11地震	配管本体	一次応力	104	220	○	②
		4.7地震	配管本体	一次応力	137	220	○	②
		3.11地震	配管サポート	一次応力	22.7 (kN)	24 (kN)	○	②
		4.7地震	配管サポート	一次応力	23.6 (kN)	24 (kN)	○	②
	原子炉補機冷却水系配管	3.11地震	配管本体	一次応力	181	229	○	③
		4.7地震	配管本体	一次応力	201	229	○	③
		3.11地震	配管サポート	一次応力	165	245	○	③
		4.7地震	配管サポート	一次応力	235	245	○	③
	原子炉補機冷却海水系配管	3.11地震	配管本体	一次応力	200	241	○	③
		4.7地震	配管本体	一次応力	196	241	○	③
		3.11地震	配管サポート	一次応力	159	245	○	③
		4.7地震	配管サポート	一次応力	145	245	○	③

※1 評価方法

①：簡易評価

②：設計時と同等の評価

③：詳細評価

表 4-1 構造強度評価結果 (15/16)

評価対象設備及び評価箇所		評価用 地震動	評価部位	評価項目 (応力分類)	算出値 [MPa]	評価 基準値 [MPa]	評価 結果	評価 方法 <sup>※1</sup>
配管	制御棒駆動水圧系配管	3.11地震	配管本体	一次応力	74	159	○	②
		4.7地震	配管本体	一次応力	92	159	○	②
		3.11地震	配管サポート	一次応力	75	118	○	②
		4.7地震	配管サポート	一次応力	102	118	○	②
	ほう酸水注入系配管	3.11地震	配管本体	一次応力	103	175	○	②
		4.7地震	配管本体	一次応力	140	175	○	②
		3.11地震	配管サポート	一次応力	39	234	○	②
		4.7地震	配管サポート	一次応力	51	234	○	②
	燃料プール冷却浄化系配管	3.11地震	配管本体	一次応力	48	188	○	③
		4.7地震	配管本体	一次応力	67	188	○	③
		3.11地震	配管サポート	一次応力	110	205	○	③
		4.7地震	配管サポート	一次応力	129	205	○	③
	非常用ガス処理系配管	3.11地震	配管本体	一次応力	73	220	○	③
		4.7地震	配管本体	一次応力	94	220	○	③
		3.11地震	配管サポート	一次応力	204	245	○	③
		4.7地震	配管サポート	一次応力	225	245	○	③
原子炉格納容器調気系配管	3.11地震	配管本体	一次応力	141	245	○	②	
	4.7地震	配管本体	一次応力	220	245	○	②	
	3.11地震	配管サポート	反力	67 (kN)	112 (kN)	○	②	
	4.7地震	配管サポート	反力	74 (kN)	112 (kN)	○	②	

※1 評価方法

①：簡易評価

②：設計時と同等の評価

③：詳細評価



表 4-1 構造強度評価結果 (16/16)

評価対象設備及び評価箇所	評価用 地震動	評価部位	評価項目 (応力分類)	算出値 [MPa]	評価 基準値 [MPa]	評価 結果	評価 方法 <sup>※1</sup>	
配管	放射性ドレン移送系配管	3.11地震	配管本体	一次応力	128	199	○	②
		4.7地震	配管本体	一次応力	151	199	○	②
		3.11地震	配管サポート	反力	2 (kN)	4 (kN)	○	②
		4.7地震	配管サポート	反力	2 (kN)	4 (kN)	○	②
	サブプレッションプール水貯蔵系配管	3.11地震	配管本体	一次応力	66	219	○	②
		4.7地震	配管本体	一次応力	92	219	○	②
		3.11地震	配管サポート	一次応力	23	245	○	②
		4.7地震	配管サポート	一次応力	29	245	○	②
	可燃性ガス濃度制御系配管	3.11地震	配管本体	一次応力	154	211	○	②
		4.7地震	配管本体	一次応力	128	150	○	②
		3.11地震	配管サポート	一次応力	183	245	○	②
		4.7地震	配管サポート	一次応力	212	245	○	②
	高圧炉心スプレイ補機冷却水系配管	3.11地震	配管本体	一次応力	147	229	○	③
		4.7地震	配管本体	一次応力	178	229	○	③
		3.11地震	配管サポート	一次応力	172	245	○	③
		4.7地震	配管サポート	一次応力	178	245	○	③
高圧炉心スプレイ補機冷却海水系配管	3.11地震	配管本体	一次応力	101	239	○	③	
	4.7地震	配管本体	一次応力	146	239	○	③	
	3.11地震	配管サポート	反力	7 (kN)	16 (kN)	○	③	
	4.7地震	配管サポート	反力	10 (kN)	16 (kN)	○	③	

※1 評価方法

①：簡易評価

②：設計時と同等の評価

③：詳細評価

表 4-2 詳細評価を適用した設備及び評価の概要

詳細評価を適用した設備	評価の概要
<p style="text-align: center;">燃料交換機 配管系</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 原子炉補機冷却水系</li> <li>・ 燃料プール冷却浄化系</li> <li>・ 非常用ガス処理系</li> <li>・ 高圧炉心スプレイ補機冷却水系</li> </ul>	<p>設計時の評価（スペクトルモデル解析）から、時刻歴応答解析法による評価に変更</p>
<p style="text-align: center;">原子炉建屋クレーン</p>	<p>設計時の評価（公式による算出）から、時刻歴応答解析法による評価に変更</p>
<p style="text-align: center;">蒸気乾燥器</p>	<p>設計時の保守的な継手効率（0.4）から、実態の検査に応じた継手効率（0.55）に変更</p>
<p style="text-align: center;">配管系</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 原子炉補機冷却水系</li> <li>・ 原子炉補機冷却海水系</li> <li>・ 燃料プール冷却浄化系</li> <li>・ 非常用ガス処理系</li> <li>・ 高圧炉心スプレイ補機冷却水系</li> <li>・ 高圧炉心スプレイ補機冷却海水系</li> </ul>	<p>実機を踏まえたばね定数に変更（配管系の設計段階ではサポートのばね定数を汎用性のある保守的な設定としている場合があるため、実際のサポートの敷設状態を踏まえた精緻なばね定数に変更）</p>

表 4-3 疲労評価結果

対象設備	評価用 地震動	地震による 疲れ累積係数[-]	合計[-]	評価 結果
給水系配管	3.11 地震	0.0001	0.0002	○
	4.7 地震	0.0001		
残留熱除去系配管	3.11 地震	0.0027	0.0036	○
	4.7 地震	0.0009		
原子炉補機冷却海水系配管	3.11 地震	0.0008	0.0014	○
	4.7 地震	0.0006		
給水ノズル	3.11 地震	0.0002	0.0019	○
	4.7 地震	0.0017		

表 4-4 動的機能維持評価結果 (1/7)

評価対象設備及び評価箇所			評価用 地震動	評価項目	算出値 (mm)	評価基準値 (mm)	評価 結果
原子 炉本 体	燃料集合体	制御棒挿入性	3.11地震	燃料集合体 相対変位	18.2	40.0	○
			4.7地震	燃料集合体 相対変位	8.5	40.0	○

表 4-4 動的機能維持評価結果 (2/7)

評価対象設備及び評価箇所			評価用 地震動	評価位置	水平加速度		鉛直加速度		評価 結果	
					応答加速度	機能確認済 加速度	応答加速度	機能確認済 加速度		
原子炉冷却系統施設	残留熱除去設備	残留熱除去系ポンプ	3.11地震	コラム先端部	0.62	10.0	0.40	1.0	○	
			4.7地震	コラム先端部	0.40	10.0	0.39	1.0	○	
		残留熱除去系ポンプ 原動機	3.11地震	軸受部	0.62	2.5	0.40	1.0	○	
			4.7地震	軸受部	0.40	2.5	0.39	1.0	○	
	非常用炉心冷却設備 その他原子炉注水設備	高压炉心スプレイ系ポンプ	3.11地震	コラム先端部	0.62	10.0	0.40	1.0	○	
			4.7地震	コラム先端部	0.40	10.0	0.39	1.0	○	
		高压炉心スプレイ系ポンプ 原動機	3.11地震	軸受部	0.62	2.5	0.40	1.0	○	
			4.7地震	軸受部	0.40	2.5	0.39	1.0	○	
		低压炉心スプレイ系ポンプ	3.11地震	コラム先端	0.62	10.0	0.40	1.0	○	
			4.7地震	コラム先端	0.40	10.0	0.39	1.0	○	
		低压炉心スプレイ系ポンプ 原動機	3.11地震	軸受部	0.62	2.5	0.40	1.0	○	
			4.7地震	軸受部	0.40	2.5	0.39	1.0	○	
		原子炉冷却材補給設備	原子炉隔離時冷却系ポンプ	3.11地震	軸位置 (軸方向)	0.61	1.4	0.39	1.0	○
				4.7地震	軸位置 (軸方向)	0.41	1.4	0.39	1.0	○
			原子炉隔離時冷却系ポンプ 駆動用タービン	3.11地震	重心位置	0.62	2.4	0.39	1.0	○
				4.7地震	重心位置	0.41	2.4	0.39	1.0	○

表 4-4 動的機能維持評価結果 (3/7)

評価対象設備及び評価箇所			評価用 地震動	評価位置	水平加速度		鉛直加速度		評価 結果
					応答加速度	機能確認済 加速度	応答加速度	機能確認済 加速度	
原子炉冷却系統施設	原子炉補機冷却設備	原子炉補機冷却水ポンプ	3.11地震	軸位置 (軸方向)	0.62	1.4	0.40	1.0	○
			4.7地震	軸位置 (軸方向)	0.40	1.4	0.39	1.0	○
		原子炉補機冷却水ポンプ 原動機	3.11地震	軸受部	0.62	4.7	0.40	1.0	○
			4.7地震	軸受部	0.40	4.7	0.39	1.0	○
		原子炉補機冷却海水ポンプ	3.11地震	コラム先端部	5.07	10.0	0.67	1.0	○
			4.7地震	コラム先端部	6.71	10.0	0.73	1.0	○
		原子炉補機冷却海水 ポンプ原動機	3.11地震	軸受部	4.23	14.0	0.67	1.0	○
			4.7地震	軸受部	5.60	14.0	0.73	1.0	○
		高压炉心スプレイ補機 冷却水ポンプ	3.11地震	軸位置 (軸方向)	0.62	1.4	0.40	1.0	○
			4.7地震	軸位置 (軸方向)	0.40	1.4	0.39	1.0	○
		高压炉心スプレイ補機 冷却水ポンプ原動機	3.11地震	軸受部	0.62	4.7	0.40	1.0	○
			4.7地震	軸受部	0.40	4.7	0.39	1.0	○
		高压炉心スプレイ補機 冷却海水ポンプ	3.11地震	コラム先端部	2.33	10.0	0.67	1.0	○
			4.7地震	コラム先端部	2.85	10.0	0.73	1.0	○
		高压炉心スプレイ補機 冷却海水ポンプ原動機	3.11地震	軸受部	0.83	2.5	0.67	1.0	○
			4.7地震	軸受部	0.68	2.5	0.73	1.0	○

表 4-4 動的機能維持評価結果 (4/7)

評価対象設備及び評価箇所		評価用地震動	評価位置	水平加速度		鉛直加速度		評価結果			
				応答加速度	機能確認済加速度	応答加速度	機能確認済加速度				
放射線管理施設	換気設備	中央制御室送風機	3.11地震	軸受部及びメカニカルシールケーシング*	0.64	2.3	0.34	1.0	○		
			4.7地震	軸受部及びメカニカルシールケーシング*	0.64	2.3	0.39	1.0	○		
		中央制御室送風機原動機	3.11地震	軸受部	0.64	4.7	0.34	1.0	○		
			4.7地震	軸受部	0.64	4.7	0.39	1.0	○		
		中央制御室排風機	3.11地震	軸受部	0.64	2.6	0.34	1.0	○		
			4.7地震	軸受部	0.64	2.6	0.39	1.0	○		
		中央制御室排風機原動機	3.11地震	軸受部	0.64	4.7	0.34	1.0	○		
			4.7地震	軸受部	0.64	4.7	0.39	1.0	○		
		中央制御室再循環送風機	3.11地震	軸受部及びメカニカルシールケーシング*	0.64	2.3	0.34	1.0	○		
			4.7地震	軸受部及びメカニカルシールケーシング*	0.64	2.3	0.39	1.0	○		
		中央制御室再循環送風機原動機	3.11地震	軸受部	0.64	4.7	0.34	1.0	○		
			4.7地震	軸受部	0.64	4.7	0.39	1.0	○		
		原子炉格納施設	圧力低減設備 その他の安全設備	非常用ガス処理系排風機	3.11地震	軸受部及びメカニカルシールケーシング*	0.94	2.3	0.67	1.0	○
					4.7地震	軸受部及びメカニカルシールケーシング*	0.78	2.3	0.89	1.0	○
				非常用ガス処理系排風機原動機	3.11地震	軸受部	0.94	4.7	0.67	1.0	○
					4.7地震	軸受部	0.78	4.7	0.89	1.0	○
可燃性ガス濃度制御系再結合装置ブロフ	3.11地震			軸受部	0.92	2.6	0.66	1.0	○		
	4.7地震			軸受部	0.76	2.6	0.87	1.0	○		
可燃性ガス濃度制御系再結合装置ブロフ原動機	3.11地震			軸受部	0.92	4.7	0.66	1.0	○		
	4.7地震			軸受部	0.76	4.7	0.87	1.0	○		

表 4-4 動的機能維持評価結果 (5/7)

評価対象設備及び評価箇所		評価用 地震動	評価位置	水平加速度		鉛直加速度		評価 結果	
				応答加速度	機能確認済 加速度	応答加速度	機能確認済 加速度		
その他発電用 原子炉の付 属施設	非常用発電 装置	非常用ディーゼル発電設 備 ディーゼル機関	3.11地震	機関重心位置	0.84	1.1	0.59	1.0	○
			4.7地震	機関重心位置	0.58	1.1	0.63	1.0	○
		非常用ディーゼル発電設 備 ディーゼル発電機	3.11地震	軸受部	0.83	1.1	0.58	1.0	○
			4.7地震	軸受部	0.55	1.1	0.59	1.0	○
		高圧炉心スプレイ系ディー ゼル発電設備 ディーゼル機関	3.11地震	機関重心位置	0.85	1.1	0.59	1.0	○
			4.7地震	機関重心位置	0.58	1.1	0.63	1.0	○
	高圧炉心スプレイ系ディー ゼル発電設備 ディーゼル発電機	3.11地震	軸受部	0.85	1.1	0.60	1.0	○	
		4.7地震	軸受部	0.59	1.1	0.64	1.0	○	



表 4-4 動的機能維持評価結果 (6/7)

評価対象設備及び評価箇所			評価用 地震動	評価位置	水平加速度		鉛直加速度		評価 結果
					応答加速度	機能確認済 加速度	応答加速度	機能確認済 加速度	
弁	燃料プール 冷却浄化系	燃料プール冷却浄化系弁	3.11地震	駆動部	1.49	6.0	0.77	6.0	○
			4.7地震	駆動部	1.35	6.0	1.02	6.0	○
	主蒸気系	主蒸気隔離弁	3.11地震	駆動部	3.03	10.0	3.37	6.2	○
			4.7地震	弁本体※	発生値 (MPa) 774		評価基準値 (MPa) 785		○
		主蒸気逃がし安全弁	3.11地震	駆動部	2.86	9.6	1.56	6.1	○
			4.7地震	駆動部	5.07	9.6	2.57	6.1	○
	復水給水系	復水給水系弁	3.11地震	駆動部	2.56	6.0	1.71	6.0	○
			4.7地震	駆動部	4.32	6.0	4.82	6.0	○
	残留熱除去 系	残留熱除去系弁	3.11地震	弁本体※	発生値 (G) 7.43		評価基準値 (G) 41.9		○
			4.7地震	弁本体※	発生値 (G) 13.17		評価基準値 (G) 41.9		○
	高压炉心スプレ イ系	高压炉心スプレイ系弁	3.11地震	駆動部	3.80	6.0	1.36	6.0	○
			4.7地震	駆動部	5.23	6.0	2.16	6.0	○
	低压炉心スプレ イ系	低压炉心スプレイ系弁	3.11地震	駆動部	2.96	6.0	1.98	6.0	○
			4.7地震	駆動部	4.30	6.0	3.05	6.0	○
	原子炉隔離 時冷却系	原子炉隔離時冷却系弁	3.11地震	駆動部	2.81	6.0	1.59	6.0	○
			4.7地震	駆動部	5.17	6.0	2.79	6.0	○
	原子炉補機 冷却系	原子炉補機冷却系弁	3.11地震	駆動部	3.63	6.0	1.53	6.0	○
			4.7地震	駆動部	5.24	6.0	2.22	6.0	○
	原子炉補機 冷却海水系	原子炉補機冷却海水系弁	3.11地震	駆動部	4.79	6.0	2.77	6.0	○
			4.7地震	駆動部	5.30	6.0	4.11	6.0	○
原子炉冷却 材浄化系	原子炉冷却材浄化系弁	3.11地震	駆動部	2.01	6.0	1.95	6.0	○	
		4.7地震	駆動部	3.61	6.0	3.51	6.0	○	

※ 詳細評価

表 4-4 動的機能維持評価結果 (7/7)

評価対象設備及び評価箇所			評価用地震動	評価位置	水平加速度		鉛直加速度		評価結果
					応答加速度	機能確認済加速度	応答加速度	機能確認済加速度	
弁	制御棒駆動水圧系	制御棒駆動水圧系スクラム弁	3.11地震	駆動部	0.83	6.0	0.58	6.0	○
			4.7地震	駆動部	0.57	6.0	0.59	6.0	○
	ほう酸水注入系	ほう酸水注入系弁	3.11地震	駆動部	2.62	6.0	2.34	6.0	○
			4.7地震	駆動部	4.47	6.0	5.48	6.0	○
	放射性ドレン移送系	放射性ドレン移送系弁	3.11地震	駆動部	3.50	6.0	2.73	6.0	○
			4.7地震	駆動部	5.63	6.0	5.20	6.0	○
	非常用ガス処理系	非常用ガス処理系弁	3.11地震	駆動部	3.76	6.0	2.04	6.0	○
			4.7地震	駆動部	5.67	6.0	3.54	6.0	○
	原子炉格納容器調気系	原子炉格納容器調気系弁	3.11地震	駆動部	3.78	6.0	2.41	6.0	○
			4.7地震	駆動部 <sup>※</sup>	3.00	9.5	6.43	6.8	○
	可燃性ガス濃度制御系	可燃性ガス濃度制御系弁	3.11地震	駆動部	3.31	6.0	5.99	6.0	○
			4.7地震	弁本体 <sup>※</sup>	発生値(G) 8.62		評価基準値(G) 9.50		○
	高圧炉心スプレイ補機冷却海水系	高圧炉心スプレイ補機冷却海水系弁	3.11地震	駆動部	2.88	6.0	3.47	6.0	○
			4.7地震	駆動部	3.49	6.0	4.16	6.0	○

※ 詳細評価

## 5. 機器・配管系の耐震設計への反映事項の検討

地震後の設備点検結果及び地震応答解析結果を踏まえ、東北地方太平洋沖地震等（3.11/4.7地震）による機器・配管系の耐震設計への反映事項を検討するとともに、その後の新規制基準施行に伴い新たに基準地震動  $S_s$  での評価が必要となった既設耐震 B, C クラス施設に対する設計反映事項について整理する。

### (1) 地震後の設備点検結果及び地震応答解析を踏まえた機器・配管系の耐震設計への反映事項（耐震 S クラス施設及び耐震 B, C クラス施設）

機器・配管系の耐震設計への反映事項の検討結果等を図 2-1 及び図 5-1 に示す。図 5-1 は、図 2-2 に記載の耐震設計への反映事項の判断フローに基づき、3.11/4.7 地震を踏まえて、機器・配管系、土木構造物及び建物・構築物それぞれに対する耐震設計への反映事項の検討結果を示したものである。

#### a. 機器・配管系

機器・配管系は、耐震 S クラス設備（波及的影響を及ぼすおそれのある設備のうち波及的影響を防止するために評価対象となっている部位を含む）に地震による異常はなく、地震応答は弾性応答範囲内であること、また、耐震 B, C クラス設備のうち異常を確認した設備については、原形復旧し、地震による損傷は残らないため、設備健全性確認の観点からは設計反映事項はない。なお、疲労評価については、3.11/4.7 地震を受けたことを踏まえ、疲れ累積係数による疲労評価を実施する場合は、許容限界に対して余裕があることに留意する。

#### b. 土木構造物

土木構造物については、耐震 S クラス設備の間接支持機能を有する施設に地震による異常はなく、耐震 B, C クラス施設のうち異常を確認した施設については、補修により機能回復しているため、設備健全性確認の観点からは土木構造物の耐震設計への反映事項はなく、機器・配管系への耐震設計への反映事項もない。

#### c. 建物・構築物

建物・構築物については、地震による異常はなかったものの、建屋の地震観測記録及び建屋シミュレーションから設計反映事項として、補足説明資料「補足-620-1 東北地方太平洋沖地震等による影響を踏まえた建屋耐震設計方法への反映について」に示す建屋の初期剛性低下を建物・構築物の耐震設計に反映するとともに、他施設の耐震設計への反映の可否を検討した結果として、機器・配管系の耐震設計において建屋初期剛性低下を考慮した地震応答解析モデルを用いることとする。

- (2) 既設耐震 B, C クラス施設のうち, 新規制基準に伴い基準地震動 S<sub>s</sub> での耐震評価が必要な施設への設計反映事項

既設耐震 B, C クラス施設のうち, 新規制基準において重大事故等対処施設及び波及的影響施設等の機能要求により基準地震動 S<sub>s</sub> での耐震評価が必要となった施設の耐震設計への反映事項の有無については, 施設点検結果から以下のとおり整理した。

a. 機器・配管系

地震による異常があった既設耐震 B, C クラス設備は, 新規制基準により重大事故等対処設備及び波及的影響設備となる設備も含めて原形復旧しているため耐震設計への反映事項はない。なお, 新規制基準での要求事項については, 基準地震動 S<sub>s</sub> での耐震評価を行い, 必要に応じて耐震補強工事を実施し適合性を確保する。

b. 土木構造物

新規制基準に伴い基準地震動 S<sub>s</sub> での耐震評価が必要となった軽油タンク室 (軽油タンク室は地下化したが, 基礎については継続使用するため評価), 軽油タンク連絡ダクト, 復水貯蔵タンク基礎は, 地震による異常がなかったため耐震設計への反映事項はない。

c. 建物・構築物

新規制基準に伴い基準地震動 S<sub>s</sub> での耐震評価が必要となったタービン建屋, 補助ボイラー建屋は, 地震による異常がなかったものの, 初期剛性低下の影響を確認し, その影響を設計反映する。

なお, 新規制基準に基づく基準地震動 S<sub>s</sub> に対して耐震性向上の観点から, 耐震補強工事を実施する施設については, その工事内容を耐震設計に反映する。

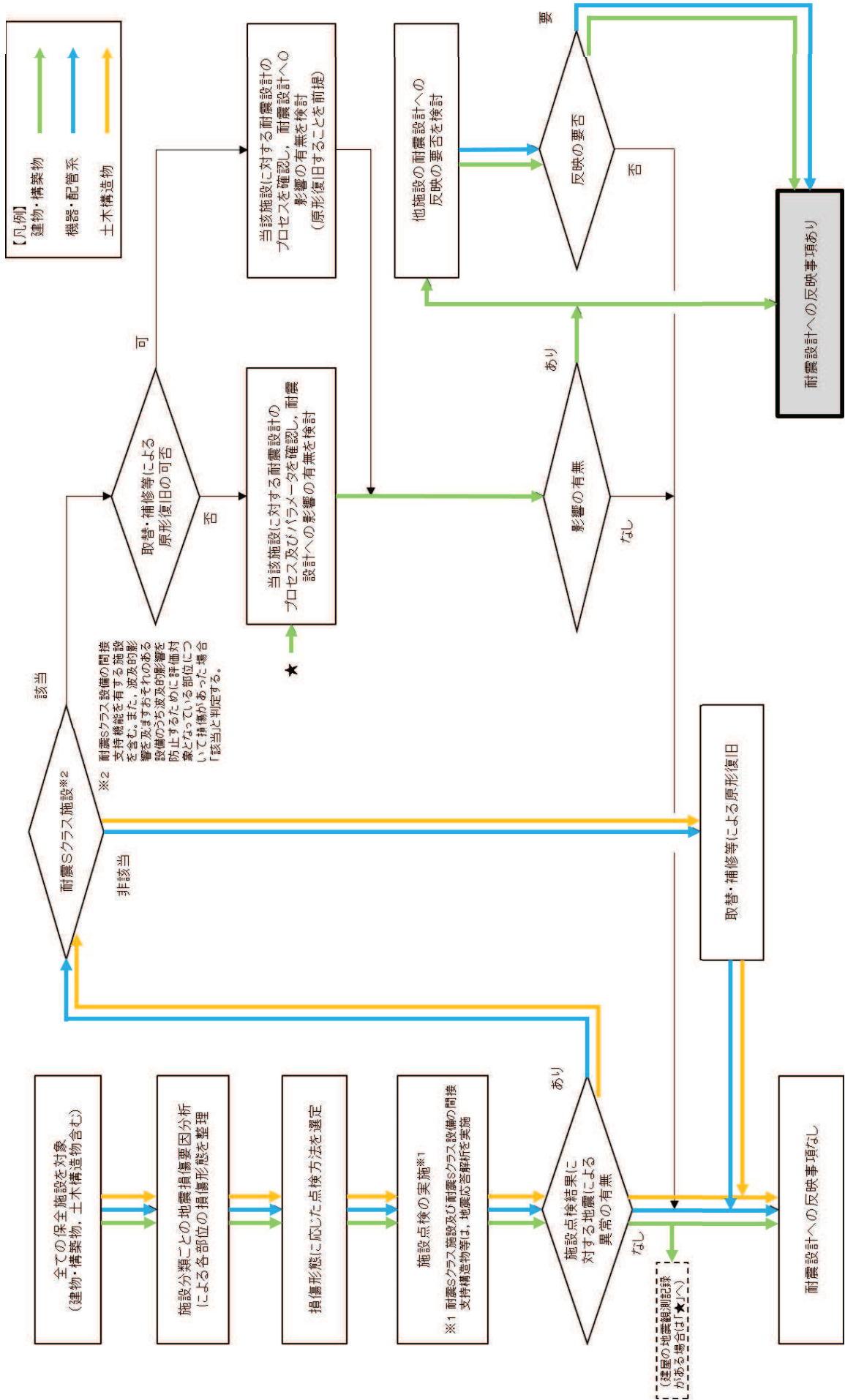


図 5-1 耐震設計への反映事項の検討結果

## 6. 機器・配管系の耐震設計に反映すべき事項の検討結果

地震後の設備点検結果及び地震応答解析結果より、耐震 S クラス設備に地震による損傷はなく、地震応答は弾性応答範囲内であり、地震後に地震力が除荷されると変形状態が元に戻る（変形が残らない）こと、また、耐震 B, C クラス設備のうち異常を確認した設備については、原形に復旧するため、地震による損傷は残らないことから、機器・配管系の設備健全性確認の観点からは、機器・配管系の耐震設計へ反映すべき事項はない。なお、3.11 地震及び 4.7 地震による設備に対する疲労影響は十分に小さく、設計事項への反映は必要ないと考えられるが、疲労評価における留意事項として、疲労累積係数の評価結果が評価基準値 1.0 に近接して満足する場合（判断目安：0.99 を超える）には、3.11 地震及び 4.7 地震の影響も考慮した詳細評価を行う（補足説明資料「補足-600-9 耐震評価における等価繰返し回数の妥当性確認について」参照）。

一方で、建屋のコンクリートの乾燥収縮及び地震による影響の観点からは、機器・配管系の耐震設計について、3.11 地震等の地震やコンクリートの乾燥収縮によるひび割れ等に伴う初期剛性の低下を反映した解析モデルによる地震応答を用いる。

なお、設置許可段階での検討結果を踏まえ、機器・配管系のうち、コンクリートに関連する箇所を構造的な分類によって抽出し、機器の基礎台、機器アンカー部等は、十分な剛性を有しており、建屋と一体となって挙動することから、乾燥収縮及び地震影響によるコンクリートのひび割れが設備の地震応答解析モデル及び設備の許容限界に及ぼす影響がないことを確認した。（補足説明資料「補足-620-1 東北地方太平洋沖地震等による影響を踏まえた建屋耐震設計方法への反映について」のうち、「5.5 設備評価への反映方針」参照）。

## 7. 今回工認における耐震評価結果を踏まえた検討

3.11/4.7 地震に対する構造強度評価は設計時又は既往の評価における裕度の最も小さい部位を代表部位とすることを基本としており、評価用地震動が変わると裕度最小部位が変わる可能性があるため、今回工認の耐震評価に用いる基準地震動に対する裕度最小部位と 3.11/4.7 地震に対する構造強度評価対象部位を比較するとともに、今回工認における裕度最小部位が 3.11/4.7 地震に対して弾性応答範囲内であって、地震による損傷等がなかったことを確認する。

なお、本検討によって設計時又は既往の評価結果を踏まえて選定した 3.11/4.7 地震に対する構造強度評価部位による 6 項「機器・配管系の耐震設計に反映すべき事項の検討結果」が妥当であったことを補強するものである。

3.11/4.7 地震以降、耐震性向上を含む安全対策工事を実施（各系統の配管系等）しているため、本検討における比較対象設備は、耐震 S クラスの未改造設備である 3.11/4.7 地震の構造強度評価対象設備とする。耐震裕度向上を目的とした改造を実施する配管系などの設備は、3.11/4.7 地震における設備状態から変化し、比較対象とならないため、

検討対象としない。また、動的機能維持評価対象設備については、構造強度評価にて弾性応答範囲内であること及び「原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版」にて機器型式ごとに評価部位が特定されていることから検討対象としない。

(1) 検討対象設備の抽出

3.11/4.7地震の構造強度評価対象設備（表4-1）について、図7-1の検討対象設備抽出フローに基づき、3.11/4.7地震後における改造の有無、3.11/4.7地震の評価部位と今回工認における裕度最小部位との相違に着目し、以下の区分で分類した結果を表7-1に示す。

青枠：3.11/4.7地震後に改造を実施した設備（改造の影響を受ける設備を含む）

緑枠：未改造設備であり、裕度最小部位に相違がない設備

赤枠：未改造設備であり、裕度最小部位に相違がある設備

上記のうち赤枠に分類された設備を検討対象として、今回工認の耐震評価における裕度最小部位が3.11/4.7地震に対して弾性応答範囲内であったことを確認する。

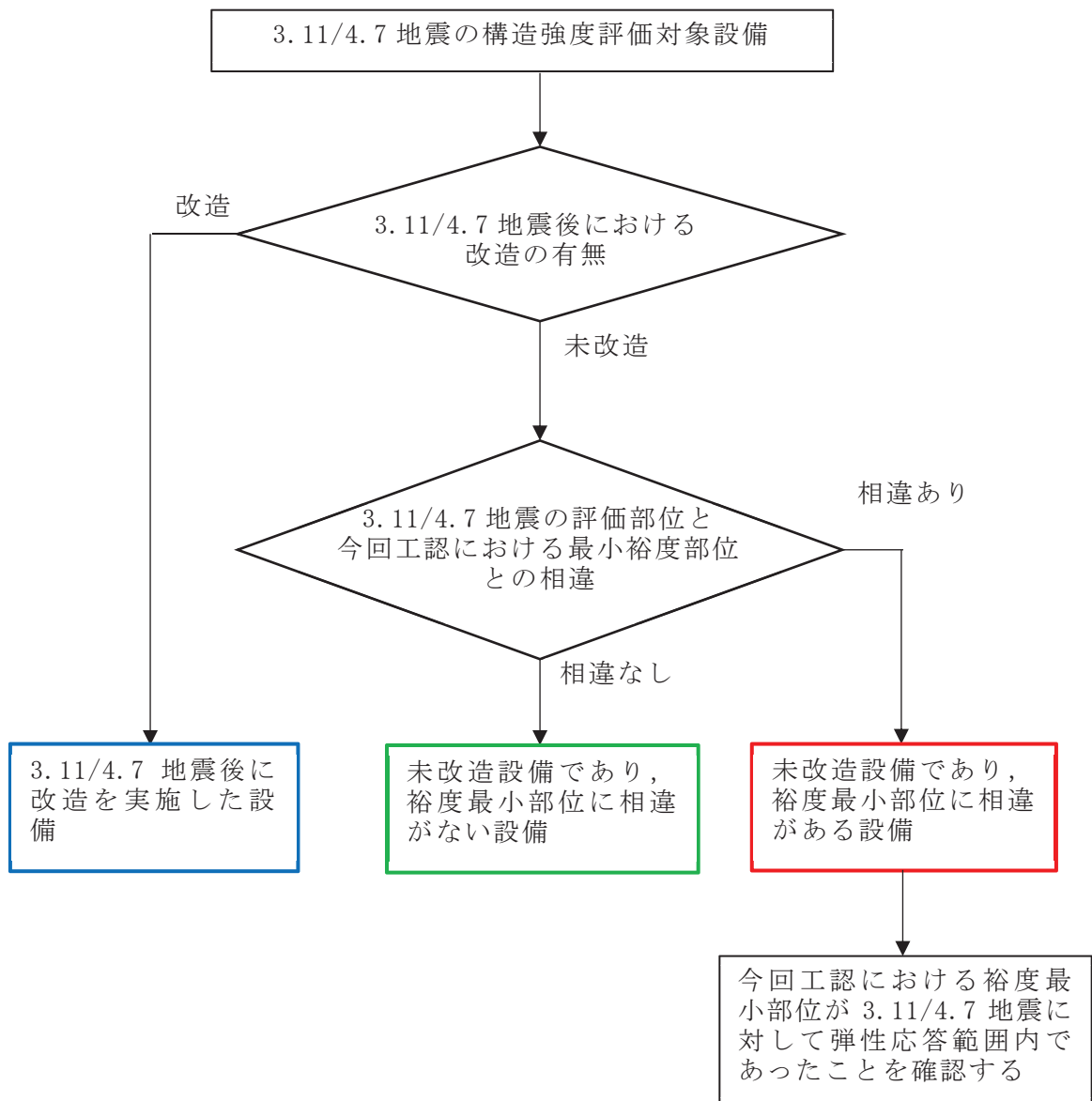


図7-1 検討対象設備の抽出フロー



表 7-1 3.11/4.7 地震の構造強度評価対象設備に対する分類結果 (1/12)

評価対象設備及び評価箇所		評価用 地震動	評価部位	評価項目 (応力分類)	算出値 [MPa]	評価 基準値 [MPa]	評価 結果	評価 方法 <sup>※1</sup>
原子炉 本体	原子炉 圧力 容器	3.11地震	胴板	一次一般膜応力	176	303	○	①
		3.11地震	下部鏡板	一次一般膜応力	115	303	○	①
		3.11地震	スタブチューブ	一次膜＋ 一次曲げ応力	193	271	○	①
		3.11地震	ノズル セーフエンド	一次膜＋ 一次曲げ応力	153	193	○	①
		3.11地震	ノズル セーフエンド	一次膜＋ 一次曲げ応力	135	253	○	①
		3.11地震	ノズル セーフエンド	一次膜＋ 一次曲げ応力	140	253	○	①
		3.11地震	ノズル セーフエンド	一次膜＋ 一次曲げ応力	141	418	○	①
		3.11地震	蒸気乾燥器 支持ブラケット	一次膜＋ 一次曲げ応力	147	213	○	②

表 7-1 3.11/4.7 地震の構造強度評価対象設備に対する分類結果 (2/12)

評価対象設備及び評価箇所		評価用 地震動	評価部位	評価項目 (応力分類)	算出値 [MPa]	評価 基準値 [MPa]	評価 結果	評価 方法 <sup>*1</sup>		
原子炉本体	原 支 持 炉 構 造 力 容 器	3.11地震	基礎ボルト	一次応力 (引張)	105	499	○	②		
									4.7地震	基礎ボルト
		原子炉圧力容器 支持スカート	3.11地震	スカート	軸圧縮応力	0.35 (単位なし)	1 (単位なし)	○		
			4.7地震	スカート	軸圧縮応力	0.32 (単位なし)	1 (単位なし)	○	②	
	原 付 子 属 炉 構 造 力 容 器	原子炉圧力容器 スタビライザ	3.11地震	ブラケット	一次応力 (組合せ)	110	198	○	②	
			4.7地震	ブラケット	一次応力 (組合せ)	118	198	○	②	
		原子炉格納容器 スタビライザ	3.11地震	外側フィニッシュ シヤラグ本体(溶接部)	一次応力 (組合せ)	143	176	○	②	
			4.7地震	ガセットプレート	一次応力 (組合せ)	116	176	○	②	
		制御棒駆動機構 ハウジング支持金具	3.11地震	レストレントビーム	強軸曲げ応力	81	201	○	①	
			4.7地震	レストレントビーム	強軸曲げ応力	103	201	○	①	
		差圧検出・ほう酸水注入系 配管 (ティーよりN11ノズルまで の外管)	3.11地震	パイプ	一次一般膜応力	42	114	○	①	
			4.7地震	パイプ	一次一般膜応力	43	114	○	①	
		原 子 炉 圧 力 容 器 内 部 構 造 物	蒸気乾燥器	3.11地震	耐震用ブロック 溶接部	純せん断応力	24	47	○	③
				4.7地震	耐震用ブロック 溶接部	純せん断応力	27	47	○	③
	シュラウドヘッド		3.11地震	シュラウドヘッド	一次膜＋ 一次曲げ応力	232	265	○	② <sup>*2</sup>	
			4.7地震	シュラウドヘッド	一次膜＋ 一次曲げ応力	248	265	○	② <sup>*2</sup>	
	気水分離器及び スタンドパイプ		3.11地震	スタンドパイプ	一次膜＋ 一次曲げ応力	93	106	○	②	
			4.7地震	スタンドパイプ	一次膜＋ 一次曲げ応力	100	106	○	②	

表 7-1 3.11/4.7 地震の構造強度評価対象設備に対する分類結果 (3/12)

評価対象設備及び評価箇所		評価用 地震動	評価部位	評価項目 (応力分類)	算出値 [MPa]	評価 基準値 [MPa]	評価 結果	評価 方法 <sup>※1</sup>	
原子炉 本体	原子炉圧力 容器内部 構造物	給水スパーチャ	3.11地震	ヘッド	一次膜＋ 一次曲げ応力	25	139	○	①
			4.7地震	ヘッド	一次膜＋ 一次曲げ応力	28	139	○	①
		高圧及び低圧炉心 スプレイスパーチャ	3.11地震	ティー	一次一般膜応力	10	92	○	①
			4.7地震	ティー	一次一般膜応力	15	92	○	①
		ジェットポンプ	3.11地震	ライザ	一次膜＋ 一次曲げ応力	69	174	○	①
			4.7地震	ライザ	一次膜＋ 一次曲げ応力	82	174	○	①
		残留熱除去系配管 (原子炉圧力容器内部)	3.11地震	リング	一次一般膜応力	15	57	○	①
			4.7地震	リング	一次一般膜応力	17	57	○	①
		高圧及び低圧炉心 スプレイ系配管 (原子炉圧力容器内部)	3.11地震	パイプ	一次膜＋ 一次曲げ応力	36	214	○	①
			4.7地震	パイプ	一次膜＋ 一次曲げ応力	54	214	○	①
	差圧検出・ほう酸水 注入系配管 (原子炉圧力容器内部)	3.11地震	パイプ	一次膜＋ 一次曲げ応力	30	139	○	①	
		4.7地震	パイプ	一次膜＋ 一次曲げ応力	49	139	○	①	
	中性子束計測案内管	3.11地震	中性子束計測 案内管下部	一次膜＋ 一次曲げ応力	34	172	○	②	
		4.7地震	中性子束計測 案内管下部	一次膜＋ 一次曲げ応力	25	172	○	②	
	炉心支持 構造物	炉心シュラウド	3.11地震	下部胴	一次一般膜応力	69	92	○	②
			4.7地震	下部胴	一次一般膜応力	71	92	○	②
		シュラウドサポート	3.11地震	シュラウドサポート レグ	軸圧縮応力	175	198	○	①
			4.7地震	シュラウドサポート レグ	軸圧縮応力	177	198	○	①

表 7-1 3.11/4.7 地震の構造強度評価対象設備に対する分類結果 (4/12)

評価対象設備及び評価箇所		評価用 地震動	評価部位	評価項目 (応力分類)	算出値 [MPa]	評価 基準値 [MPa]	評価 結果	評価 方法※1	
原子炉本体	炉心支持構造物	炉心シュラウド 支持ロッド	3.11地震	上部タイロッド	一次膜＋ 一次曲げ応力	366	455	○	②
			4.7地震	上部タイロッド	一次膜＋ 一次曲げ応力	366	455	○	②
		上部格子板	3.11地震	グリッドプレート	一次膜＋ 一次曲げ応力	65	214	○	②
			4.7地震	グリッドプレート	一次膜＋ 一次曲げ応力	45	214	○	②
		炉心支持板	3.11地震	支持板	一次膜＋ 一次曲げ応力	130	268	○	②
			4.7地震	支持板	一次膜＋ 一次曲げ応力	87	268	○	②
		制御棒案内管	3.11地震	長手中央部	一次一般膜応力	39	143	○	②
			4.7地震	長手中央部	一次一般膜応力	35	143	○	②
	原子炉本体の基礎	外筒、内筒、縦リブ	3.11地震	外筒	一次応力 (組合せ)	262	427	○	②
			4.7地震	外筒	一次応力 (組合せ)	206	427	○	②
		CRD開口部	3.11地震	CRD開口部	一次応力 (せん断)	127	246	○	②
			4.7地震	CRD開口部	一次応力 (せん断)	99	246	○	②
		アンカボルト	3.11地震	アンカボルト	定着力	874 (kN/本)	1523 (kN/本)	○	②
			4.7地震	アンカボルト	定着力	654 (kN/本)	1523 (kN/本)	○	②
スカートフランジ		3.11地震	スカート フランジ	一次応力 (曲げ)	247	492	○	②	
		4.7地震	スカート フランジ	一次応力 (曲げ)	187	492	○	②	

表 7-1 3.11/4.7 地震の構造強度評価対象設備に対する分類結果 (5/12)

評価対象設備及び評価箇所		評価用 地震動	評価部位	評価項目 (応力分類)	算出値 [MPa]	評価 基準値 [MPa]	評価 結果	評価 方法 <sup>※1</sup>	
計測制御系統施設	制御材	制御棒中性子吸収棒	3.11地震	中性子吸収棒	一次一般膜応力	35	142	○	②
			4.7地震	中性子吸収棒	一次一般膜応力	35	142	○	②
	駆動制御装置	水圧制御ユニット	3.11地震	取付ボルト	一次応力 (引張)	169	475	○	①
			4.7地震	取付ボルト	一次応力 (引張)	149	475	○	①
	ほう酸水注入設備	ほう酸水注入系 ポンプ	3.11地震	ポンプ取付ボルト	一次応力 (せん断)	33	118	○	①
			4.7地震	ポンプ取付ボルト	一次応力 (せん断)	43	118	○	①
		ほう酸水注入系 貯蔵タンク	3.11地震	基礎ボルト	一次応力 (引張)	47	173	○	②
			4.7地震	基礎ボルト	一次応力 (引張)	47	173	○	②
	計測装置	起動領域モニタ ドライチューブ	3.11地震	パイプ	一次膜＋ 一次曲げ応力	120	308	○	②
			4.7地震	パイプ	一次膜＋ 一次曲げ応力	91	308	○	②
		局部出力領域モニタ 検出器集合体	3.11地震	カバーチューブ	一次膜＋ 一次曲げ応力	109	200	○	②
			4.7地震	カバーチューブ	一次膜＋ 一次曲げ応力	88	200	○	②
	計測装置	直立型制御盤	3.11地震	取付ボルト	一次応力 (引張)	21	173	○	②
			4.7地震	取付ボルト	一次応力 (引張)	24	173	○	②
		ベンチ型制御盤	3.11地震	取付ボルト	一次応力 (引張)	16	173	○	②
			4.7地震	取付ボルト	一次応力 (引張)	18	173	○	②
		現場盤	3.11地震	取付ボルト	一次応力 (引張)	23	173	○	①
			4.7地震	取付ボルト	一次応力 (引張)	30	173	○	①

表 7-1 3.11/4.7 地震の構造強度評価対象設備に対する分類結果 (6/12)

評価対象設備及び評価箇所		評価用 地震動	評価部位	評価項目 (応力分類)	算出値 [MPa]	評価 基準値 [MPa]	評価 結果	評価 方法※1	
原子炉冷却系統施設	残留熱除去設備	3.11地震	基礎ボルト	一次応力 (引張)	82	147	○	②	
					56	169	○	②	
		残留熱除去系 ポンプ	3.11地震	原動機台 取付ボルト	一次応力 (引張)	26	444	○	①
			4.7地震	原動機台 取付ボルト	一次応力 (引張)	25	444	○	①
	原子炉冷却材補給設備	原子炉隔離時冷却系 ポンプ	3.11地震	基礎ボルト	一次応力 (引張)	20	169	○	①
			4.7地震	基礎ボルト	一次応力 (引張)	19	169	○	①
		原子炉隔離時冷却系 ポンプ駆動用タービン	3.11地震	基礎ボルト	一次応力 (引張)	45	169	○	①
			4.7地震	基礎ボルト	一次応力 (引張)	44	169	○	①
	非常用炉心冷却設備 その他原子炉注水設備	高圧炉心スプレィ系 ポンプ	3.11地震	原動機取付ボルト	一次応力 (引張)	27	455	○	①
			4.7地震	原動機取付ボルト	一次応力 (引張)	26	455	○	①
		低圧炉心スプレィ系 ポンプ	3.11地震	原動機取付ボルト	一次応力 (引張)	29	491	○	①
			4.7地震	原動機取付ボルト	一次応力 (引張)	28	491	○	①
	原子炉冷却材の循環設備	主蒸気逃がし安全弁 逃がし弁機能用 アキュムレータ	3.11地震	ラグ	一次応力 (組合せ)	45	203	○	②
			4.7地震	ラグ	一次応力 (組合せ)	61	203	○	②
主蒸気逃がし安全弁 自動減圧機能用 アキュムレータ		3.11地震	ラグ	一次応力 (組合せ)	74	203	○	②	
		4.7地震	ラグ	一次応力 (組合せ)	100	203	○	②	

表 7-1 3.11/4.7 地震の構造強度評価対象設備に対する分類結果 (7/12)

評価対象設備及び評価箇所		評価用 地震動	評価部位	評価項目 (応力分類)	算出値 [MPa]	評価 基準値 [MPa]	評価 結果	評価 方法 <sup>*1</sup>	
原子炉冷却系統施設	原子炉補機冷却設備	原子炉補機冷却水系熱交換器	3.11地震	胴板	一次応力	176	415	○	②
			4.7地震	胴板	一次応力	157	415	○	②
		原子炉補機冷却水ポンプ	3.11地震	原動機取付ボルト	一次応力 (せん断)	16	122	○	①
			4.7地震	原動機取付ボルト	一次応力 (せん断)	15	122	○	①
		原子炉補機冷却海水ポンプ	3.11地震	原動機取付ボルト	一次応力 (引張)	95	475	○	①
			4.7地震	原動機取付ボルト	一次応力 (引張)	126	475	○	①
		原子炉補機冷却水サージタンク	3.11地震	基礎ボルト	一次応力 (引張)	40	169	○	②
			4.7地震	基礎ボルト	一次応力 (引張)	42	169	○	②
		原子炉補機冷却海水系ストレータ	3.11地震	胴板	一次応力	38	346	○	②
			4.7地震	胴板	一次応力	33	346	○	②
		高圧炉心スプレイ補機冷却水系熱交換器	3.11地震	基礎ボルト	一次応力 (せん断)	29	133	○	②
			4.7地震	胴板	一次応力	82	415	○	②
		高圧炉心スプレイ補機冷却水ポンプ	3.11地震	原動機取付ボルト	一次応力 (せん断)	8	133	○	①
			4.7地震	原動機取付ボルト	一次応力 (せん断)	8	133	○	①
		高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ	3.11地震	基礎ボルト	一次応力 (引張)	12	153	○	①
			4.7地震	基礎ボルト	一次応力 (引張)	14	153	○	①
		高圧炉心スプレイ補機冷却水サージタンク	3.11地震	基礎ボルト	一次応力 (引張)	29	175	○	②
			4.7地震	基礎ボルト	一次応力 (引張)	29	175	○	②

表 7-1 3.11/4.7 地震の構造強度評価対象設備に対する分類結果 (8/12)

評価対象設備及び評価箇所		評価用 地震動	評価部位	評価項目 (応力分類)	算出値 [MPa]	評価 基準値 [MPa]	評価 結果	評価 方法 <sup>※1</sup>	
原子 炉 格 納 施 設	原子 炉 格 納 容 器	3.11地震	サントクッション部	座屈	0.48 (単位なし)	1 (単位なし)	○	②	
					4.7地震	0.37 (単位なし)	1 (単位なし)	○	②
		ドライウエル ベント開口部	3.11地震	D/Wベント開口部	一次膜＋ 一次曲げ応力	166	495	○	①
			4.7地震	D/Wベント開口部	一次膜＋ 一次曲げ応力	184	495	○	①
		サプレッションチェンバ	3.11地震	胴エビ継手部底部	一次膜＋ 一次曲げ応力	174	356	○	①
			4.7地震	胴エビ継手部底部	一次膜＋ 一次曲げ応力	170	356	○	①
		ベント管	3.11地震	ベントヘッダ接続部	一次膜＋ 一次曲げ応力	74	344	○	①
			4.7地震	ベントヘッダ接続部	一次膜＋ 一次曲げ応力	82	344	○	①
		ベント管バローズ	3.11地震	ベント管バローズ	疲労	0.001以下 (単位なし)	1 (単位なし)	○	①
			4.7地震	ベント管バローズ	疲労	0.001以下 (単位なし)	1 (単位なし)	○	①
		機器搬出入用ハッチ	3.11地震	機器搬出入用 ハッチ取付部	一次膜＋ 一次曲げ応力	111	495	○	①
			4.7地震	機器搬出入用 ハッチ取付部	一次膜＋ 一次曲げ応力	156	495	○	①
		逃がし安全弁搬出入口	3.11地震	逃がし安全弁 搬出入口取付部	一次膜＋ 一次曲げ応力	120	495	○	①
			4.7地震	逃がし安全弁 搬出入口取付部	一次膜＋ 一次曲げ応力	223	495	○	①
		所員用エアロック	3.11地震	所員用エアロック 取付部	一次膜＋ 一次曲げ応力	153	495	○	①
			4.7地震	所員用エアロック 取付部	一次膜＋ 一次曲げ応力	285	495	○	①
		制御棒駆動機構 搬出入口	3.11地震	制御棒駆動機構 搬出入口取付部	一次膜＋ 一次曲げ応力	131	495	○	①
			4.7地震	制御棒駆動機構 搬出入口取付部	一次膜＋ 一次曲げ応力	147	495	○	①
		ボックスサポート	3.11地震	フランジプレート	一次応力 (組合せ)	178	192	○	②
			4.7地震	フランジプレート	一次応力 (組合せ)	123	192	○	②



表 7-1 3.11/4.7 地震の構造強度評価対象設備に対する分類結果 (9/12)

評価対象設備及び評価箇所		評価用 地震動	評価部位	評価項目 (応力分類)	算出値 [MPa]	評価 基準値 [MPa]	評価 結果	評価 方法 <sup>※1</sup>
原子炉格納容器	配管貫通部	3.11地震	X-82B	一次モーメント	9024 (kN・mm)	14680 (kN・mm)	○	② <sup>※2</sup>
		4.7地震	X-82B	一次モーメント	11090 (kN・mm)	14680 (kN・mm)	○	② <sup>※2</sup>
	電気配線貫通部	3.11地震	X-105A	一次モーメント	77190 (kN・mm)	245600 (kN・mm)	○	② <sup>※2</sup>
		4.7地震	X-105A	一次モーメント	106000 (kN・mm)	245600 (kN・mm)	○	② <sup>※2</sup>
原子炉格納施設 その圧 他の力 の低 安減 全設 備	ベントヘッダ	3.11地震	ベントヘッダ サポート	圧縮応力	43	63	○	②
		4.7地震	ベントヘッダ サポート	圧縮応力	47	63	○	②
	ダウンカマ	3.11地震	ベントヘッダ 接続部	一次膜＋ 一次曲げ応力	153	229	○	①
		4.7地震	ベントヘッダ 接続部	一次膜＋ 一次曲げ応力	171	229	○	①
	サプレッションチェンバ スプレイ管	3.11地震	スプレイ管	一次応力	107	219	○	②
		4.7地震	スプレイ管	一次応力	98	219	○	②
	可燃性ガス濃度制御系 再結合装置	3.11地震	基礎ボルト	一次応力 (せん断)	126	350	○	①
		4.7地震	基礎ボルト	一次応力 (せん断)	167	350	○	①
	可燃性ガス濃度制御系 再結合装置プロウ	3.11地震	ベース取付 溶接部	一次応力 (せん断)	43	116	○	①
		4.7地震	ベース取付 溶接部	一次応力 (せん断)	57	116	○	①
	非常用ガス処理系 排風機	3.11地震	排風機取付ボルト	一次応力 (引張)	43	150	○	②
		4.7地震	排風機取付ボルト	一次応力 (引張)	39	150	○	②
	非常用ガス処理系 フィルタ装置	3.11地震	スライドボルト	一次応力 (せん断)	135	342	○	②
		4.7地震	スライドボルト	一次応力 (せん断)	113	342	○	②
	非常用ガス処理系 空気乾燥装置	3.11地震	スライドボルト	一次応力 (せん断)	37	342	○	②
		4.7地震	スライドボルト	一次応力 (せん断)	31	342	○	②

表 7-1 3.11/4.7 地震の構造強度評価対象設備に対する分類結果 (10/12)

評価対象設備及び評価箇所		評価用 地震動	評価部位	評価項目 (応力分類)	算出値 [MPa]	評価 基準値 [MPa]	評価 結果	評価 方法 <sup>※1</sup>		
放射線 管理施設	換気 設備	中央制御室 送風機	3.11地震	基礎ボルト	一次応力 (引張)	13	173	○	②	
			4.7地震	基礎ボルト	一次応力 (引張)	13	173	○	②	
		中央制御室 排風機	3.11地震	原動機取付ボルト	一次応力 (引張)	16	180	○	②	
			4.7地震	原動機取付ボルト	一次応力 (引張)	17	180	○	②	
		中央制御室 再循環送風機	3.11地震	基礎ボルト	一次応力 (引張)	7	173	○	②	
			4.7地震	基礎ボルト	一次応力 (引張)	7	173	○	②	
	中央制御室 再循環フィルタ装置	3.11地震	基礎ボルト	一次応力 (せん断)	22	133	○	②		
		4.7地震	基礎ボルト	一次応力 (せん断)	22	133	○	②		
	計測 装置	燃料取替エリア 放射線モニタ	3.11地震	取付ボルト	一次応力 (引張)	9	180	○	①	
			4.7地震	取付ボルト	一次応力 (引張)	11	180	○	①	
	生 装 体 置 遮 蔽	原子炉遮蔽壁 (波及的影響設備)	3.11地震	開口集中部	一次応力 (組合せ)	120	235	○	②	
			4.7地震	開口集中部	一次応力 (組合せ)	115	235	○	②	
	計測 制御 系統 施	計測 装置	格納容器内 雰囲気モニタ	3.11地震	水素ガス濃度 検出器取付板 取付ボルト	一次応力 (引張)	10	180	○	①
				4.7地震	水素ガス濃度 検出器取付板 取付ボルト	一次応力 (引張)	13	180	○	①

表 7-1 3.11/4.7 地震の構造強度評価対象設備に対する分類結果 (11/12)

評価対象設備及び評価箇所		評価用 地震動	評価部位	評価項目 (応力分類)	算出値 [MPa]	評価 基準値 [MPa]	評価 結果	評価 方法 <sup>※1</sup>	
核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設	使用済燃料貯蔵設備	使用済燃料貯蔵ラック (110体ラック)	3.11地震	ラック本体	一次応力 (組合せ)	59	205	○	①
			4.7地震	ラック本体	一次応力 (組合せ)	61	205	○	①
		使用済燃料貯蔵ラック (170体ラック)	3.11地震	ラック本体	一次応力 (組合せ)	79	205	○	①
			4.7地震	ラック本体	一次応力 (組合せ)	99	205	○	①
	制御棒・破損燃料 貯蔵ラック	3.11地震	ラック本体	一次応力 (組合せ)	39	108	○	①	
		4.7地震	ラック本体	一次応力 (組合せ)	47	108	○	①	
	燃料取扱設備	燃料交換機 (波及的影響設備)	3.11地震	構造物フレーム	一次応力 (組合せ)	212	231	○	③
			4.7地震	構造物フレーム	一次応力 (組合せ)	206	231	○	③
原子炉建屋クレーン (波及的影響設備)		3.11地震	脱線防止ラグ	圧縮応力	117	309	○	③	
		4.7地震	脱線防止ラグ	圧縮応力	129	309	○	③	
その他発電用原子炉の附属施設	非常用発電装置	非常用ディーゼル 発電設備 ディーゼル機関	3.11地震	基礎ボルト	一次応力 (引張)	79	254	○	②
			4.7地震	基礎ボルト	一次応力 (引張)	50	254	○	②
		非常用ディーゼル 発電設備 ディーゼル発電機	3.11地震	軸受台取付ボルト	一次応力 (引張)	65	180	○	①
			4.7地震	軸受台取付ボルト	一次応力 (引張)	67	180	○	①
		非常用ディーゼル 発電設備 燃料デイトンク	3.11地震	基礎ボルト	一次応力 (引張)	33	158	○	②
			4.7地震	基礎ボルト	一次応力 (引張)	34	158	○	②
	非常用ディーゼル 発電設備 空気だめ	3.11地震	胴板	一次一般膜 応力	91	241	○	①	
		4.7地震	胴板	一次一般膜 応力	91	241	○	①	

表 7-1 3.11/4.7 地震の構造強度評価対象設備に対する分類結果 (12/12)

評価対象設備及び評価箇所		評価用 地震動	評価部位	評価項目 (応力分類)	算出値 [MPa]	評価 基準値 [MPa]	評価 結果	評価 方法 <sup>※1</sup>			
その他発電用原子炉の附属施設	非常用発電装置	高圧炉心スプレイ系 ディーゼル発電設備 ディーゼル機関	3.11地震	基礎ボルト	一次応力 (引張)	123	254	○	②		
			4.7地震	基礎ボルト	一次応力 (引張)	89	254	○	②		
		高圧炉心スプレイ系 ディーゼル発電設備 ディーゼル発電機	3.11地震	基礎ボルト	一次応力 (せん断)	58	195	○	①		
			4.7地震	基礎ボルト	一次応力 (せん断)	63	195	○	①		
		高圧炉心スプレイ系 ディーゼル発電設備 燃料デイトンク	3.11地震	スカート	座屈	0.31 (単位なし)	1 (単位なし)	○	①		
			4.7地震	スカート	座屈	0.42 (単位なし)	1 (単位なし)	○	①		
		高圧炉心スプレイ系 ディーゼル発電設備 空気だめ	3.11地震	胴板	一次一般膜応力	91	241	○	①		
			4.7地震	胴板	一次一般膜応力	91	241	○	①		
		その他発電用原子炉の附属施設	その他の電源装置	125V蓄電池2A (2個並び1段2列)	3.11地震	取付ボルト	一次応力 (せん断)	19	133	○	①
					4.7地震	取付ボルト	一次応力 (せん断)	25	133	○	①
	125V蓄電池2H (15個並び1段1列)			3.11地震	取付ボルト	一次応力 (せん断)	19	133	○	①	
				4.7地震	取付ボルト	一次応力 (せん断)	24	133	○	①	
	125V充電器2A			3.11地震	取付ボルト	一次応力 (せん断)	14	133	○	①	
				4.7地震	取付ボルト	一次応力 (せん断)	15	133	○	①	
125V充電器2H	3.11地震			取付ボルト	一次応力 (引張)	22	173	○	①		
	4.7地震			取付ボルト	一次応力 (引張)	25	173	○	①		
静止形無停電 電源装置	3.11地震			取付ボルト	一次応力 (せん断)	12	133	○	①		
	4.7地震			取付ボルト	一次応力 (せん断)	13	133	○	①		

## (2) 検討対象設備に対する確認結果

上記で赤枠に分類された設備（19 設備）について、3.11/4.7 地震の構造強度評価結果及び今回工認における耐震評価結果（弾性設計用地震動  $S_d$  / 基準地震動  $S_s$ ）との比較を表 7-2 に示す。

3.11/4.7 地震の評価部位と今回工認における裕度最小部位に相違がある要因としては、3.11/4.7 地震の評価部位は、設計時及び既往の評価に基づき選定しているため、それらの評価地震動と今回工認における基準地震動との特性（水平及び鉛直方向の大きさ、床応答スペクトルにおける周期特性など）の違いが考えられる。

今回工認における弾性設計用地震動  $S_d$  及び基準地震動  $S_s$  それぞれの耐震評価結果の裕度最小部位について、3.11/4.7 地震に対して弾性応答範囲内であったことの確認は、3.11/4.7 地震の構造強度評価における評価方法の違いに応じて、以下のとおり実施した。

### ① 簡易評価（応答倍率法による評価）を実施していた設備（13 設備）

3.11/4.7 地震の構造強度評価において簡易評価を実施している設備については、設計時又は既往の評価において比較的裕度の大きな設備となっている。

これらの設備については、表 7-2 に示すとおり、今回工認における基準地震動  $S_s$  による発生応力等（裕度最小部位）が許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>S に対する評価基準値以下であることから、基準地震動  $S_s$  に包絡される 3.11/4.7 地震に対して、今回工認における弾性設計用地震動  $S_d$  及び基準地震動  $S_s$  それぞれの耐震評価結果の裕度最小部位が弾性応答範囲内になることは明らかである。（基準地震動  $S_s$  と 3.11/4.7 地震との関係を添付 2 に示す。）

### ② 設計時と同等の評価を実施していた設備（6 設備）

3.11/4.7 地震の構造強度評価において設計と同等の評価を実施していた設備については、評価部位（代表部位）以外についても詳細評価を実施している。

これらの設備については、表 7-2 に示すとおり、今回工認における弾性設計用地震動  $S_d$  及び基準地震動  $S_s$  それぞれの耐震評価結果の裕度最小部位についても 3.11/4.7 地震の発生応力等が弾性応答範囲内であることを確認している。

## 8. まとめ

3.11/4.7 地震後の設備点検結果及び地震応答解析による設備評価結果より、耐震 S クラス設備に地震による損傷はなく、地震応答は弾性応答範囲内であり、地震後に地震力が除荷されると変形状態が元に戻る（変形が残らない）こと、また、耐震 B, C クラス設備のうち異常を確認した設備については、原形に復旧するため、地震による損傷は残らないことから、機器・配管系の設備健全性確認の観点からは、機器・配管系の耐震設計

へ反映すべき事項はないと判断した。なお、6 項「機器・配管系の耐震設計に反映すべき事項の検討結果」に係る妥当性確認の観点から、3.11/4.7 地震の構造強度評価部位と今回工認における耐震評価結果（弾性設計用地震動  $S_d$  / 基準地震動  $S_s$ ）の裕度最小部位と比較し、今回工認における裕度最小部位が 3.11/4.7 地震に対しても弾性応答範囲であったことを確認した。

3.11 地震及び 4.7 地震による設備に対する疲労影響は十分に小さく、設計事項への反映は必要ないと考えられるが、疲労評価における留意事項として、疲労累積係数の評価結果が評価基準値 1.0 に近接して満足する場合（判断目安：0.99 を超える）には、3.11 地震及び 4.7 地震の影響も考慮した詳細評価を行う。

建屋のコンクリートの乾燥収縮及び地震による影響の観点からは、機器・配管系の耐震設計について、3.11 地震等の影響検討結果を踏まえて建屋の初期剛性低下を考慮した地震応答解析モデル（建屋地震応答解析モデル，建屋－大型機器連成解析モデル）を反映する。

表 7-2 3.11/4.7 地震の構造強度評価結果と今回工認における耐震評価結果の比較 (1/2)

A. 3.11/4.7地震による耐震評価結果								B. S d及びS sそれぞれにおける裕度最小部位の耐震評価結果						C. B.の評価部位、評価項目での3.11/4.7地震による耐震評価結果							
評価対象設備及び評価箇所		評価用 地震動	評価部位	評価項目 (応力分類)	算出値 [MPa]	評価基準値 (Ⅲ <sub>A</sub> S) [MPa]	評価 ○	評価 方法※1	評価用 地震動	評価部位	評価項目 (応力分類)	算出値 [MPa]	評価 基準値※2 [MPa]	評価	評価用 地震動	評価部位	評価項目 (応力分類)	算出値 [MPa]	評価基準値 (Ⅲ <sub>A</sub> S) [MPa]	評価	
原子炉 本体	原子炉格納容器 スタビライザ	3.11地震	外側フィニッシュ シヤラグ本体 (溶接部)	一次応力 (組合せ)	143	176	○	②	S d	外側フィニッシュ シヤラグ本体 (溶接部)	一次応力 (組合せ)	117		○	3.11地震	3.11による地震応答解析結果からⅢ <sub>A</sub> S以下であることを確認済み				○	
		4.7地震	ガセットプレート	一次応力 (組合せ)	116	176	○	②	S s	外側フィニッシュ シヤラグ本体 (溶接部)	一次応力 (組合せ)	211		○	4.7地震	外側フィニッシュ シヤラグ本体 (溶接部)	一次応力 (組合せ)	104	176	○	
	原子炉 圧力容器 内部構造物	高圧及び低圧炉心 スプレイスバージャ	3.11地震	ティー	一次一般膜応力	10	92	○	①	S d	ヘッダ	一次膜+ 一次曲げ応力	16	139	○	3.11地震	S sによる算出値がⅢ <sub>A</sub> S以下であり、 3.11/4.7地震に対してもⅢ <sub>A</sub> S以下となる				○
			4.7地震	ティー	一次一般膜応力	15	92	○	①	S s	ヘッダ	一次膜+ 一次曲げ応力	23	223	○	4.7地震					○
	炉心 支持構造物	炉心シュラウド	3.11地震	下部胴	一次一般膜応力	69	92	○	②	S d	下部胴	一次一般膜応力	56	92	○	3.11地震	上部サポート支持面	支圧応力	34	158	○
			4.7地震	下部胴	一次一般膜応力	71	92	○	②	S s	上部サポート支持面	支圧応力	160	210	○	4.7地震	上部サポート支持面	支圧応力	35	158	○
		炉心シュラウド 支持ロッド	3.11地震	上部タイロッド	一次膜+ 一次曲げ応力	366	455	○	②	S d	トグルピン	一次応力 (せん断)	190	289	○	3.11地震	トグルピン /トグルクレビス	一次応力 (せん断) /一次一般膜応力	68 /109	289 /483	○
			4.7地震	上部タイロッド	一次膜+ 一次曲げ応力	366	455	○	②	S s	トグルクレビス	一次一般膜応力	515	585	○	4.7地震	トグルピン /トグルクレビス	一次応力 (せん断) /一次一般膜応力	70 /112	289 /483	○
	原子炉本体 の基礎	外筒,内筒,縦リブ	3.11地震	外筒	一次応力 (組合せ)	262	427	○	②	S d	縦リブ	一次応力 (組合せ)	186		○	3.11地震	縦リブ	一次応力 (組合せ)	193	427	○
			4.7地震	外筒	一次応力 (組合せ)	206	427	○	②	S s	縦リブ	一次応力 (組合せ)	261		○	4.7地震	縦リブ	一次応力 (組合せ)	168	427	○
	計測 制御 系統 施設	制御材 駆動装置	3.11地震	水圧制御ユニット	取付ボルト	169	475	○	①	S d	フレーム	一次応力 (引張)	219	241	○	3.11地震	S sによる算出値がⅢ <sub>A</sub> S以下であり、 3.11/4.7地震に対してもⅢ <sub>A</sub> S以下となる				○
			4.7地震	取付ボルト	一次応力 (引張)	149	475	○	①	S s	フレーム	一次応力 (引張)	219	276	○	4.7地震					○
ほう酸水注 入設備		ほう酸水注入系 ポンプ	3.11地震	ポンプ取付ボルト	一次応力 (せん断)	33	118	○	①	S d	基礎ボルト	一次応力 (引張)	67	173	○	3.11地震	S sによる算出値がⅢ <sub>A</sub> S以下であり、 3.11/4.7地震に対してもⅢ <sub>A</sub> S以下となる				○
			4.7地震	ポンプ取付ボルト	一次応力 (せん断)	43	118	○	①	S s	基礎ボルト	一次応力 (引張)	67	207	○	4.7地震					○
原子炉 冷却 系統 施設	残留熱除去 設備	残留熱除去系 ポンプ	3.11地震	原動機台 取付ボルト	一次応力 (引張)	26	444	○	①	S d	パレルケーシング	一次一般膜応力	44	190	○	3.11地震	S sによる算出値がⅢ <sub>A</sub> S以下であり、 3.11/4.7地震に対してもⅢ <sub>A</sub> S以下となる				○
			4.7地震	原動機台 取付ボルト	一次応力 (引張)	25	444	○	①	S s	パレルケーシング	一次一般膜応力	44	218	○	4.7地震					○
	原子炉補機 冷却設備	原子炉補機冷却海水 ポンプ	3.11地震	原動機 取付ボルト	一次応力 (引張)	95	475	○	①	S d	原動機 取付ボルト	一次応力 (せん断)	14	122	○	3.11地震	S sによる算出値がⅢ <sub>A</sub> S以下であり、 3.11/4.7地震に対してもⅢ <sub>A</sub> S以下となる				○
			4.7地震	原動機 取付ボルト	一次応力 (引張)	126	475	○	①	S s	原動機 取付ボルト	一次応力 (せん断)	14	146	○	4.7地震					○
		高圧炉心スプレ イ補機冷却水系熱交換器	3.11地震	基礎ボルト	一次応力 (せん断)	29	133	○	②	S d	基礎ボルト	一次応力 (せん断)	40	133	○	3.11地震	3.11による地震応答解析結果からⅢ <sub>A</sub> S以下であることを確認済み				○
			4.7地震	胴板	一次応力 (組合せ)	82	415	○	②	S s	基礎ボルト	一次応力 (せん断)	40	159	○	4.7地震	基礎ボルト	一次応力 (せん断)	19	133	○
核 施設 燃料 貯蔵 設備 及び 貯蔵 取	使用済燃料 貯蔵ラック (110体ラック)	3.11地震	ラック本体	一次応力 (組合せ)	59	205	○	①	S d	補強板 d	一次応力 (組合せ)	140	205	○	3.11地震	S sによる算出値がⅢ <sub>A</sub> S以下であり、 3.11/4.7地震に対してもⅢ <sub>A</sub> S以下となる				○	
		4.7地震	ラック本体	一次応力 (組合せ)	61	205	○	①	S s	補強板 d	一次応力 (組合せ)	140	205	○	4.7地震					○	
		3.11地震	ラック本体	一次応力 (組合せ)	79	205	○	①	S d	補強板 d	一次応力 (組合せ)	168	205	○	3.11地震	S sによる算出値がⅢ <sub>A</sub> S以下であり、 3.11/4.7地震に対してもⅢ <sub>A</sub> S以下となる				○	
		4.7地震	ラック本体	一次応力 (組合せ)	99	205	○	①	S s	補強板 d	一次応力 (組合せ)	168	205	○	4.7地震					○	

※1 評価方法：①簡易評価、②設計時と同等の評価

※2 評価用地震動が S d の場合は許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>S、S s の場合は許容応力状態Ⅳ<sub>A</sub>S

3.11/4.7 地震の構造強度評価対象と異なる  
評価部位及び評価項目を赤字で示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 7-2 3.11/4.7 地震の構造強度評価結果と今回工認における耐震評価結果の比較 (2/2)

A. 3.11/4.7地震による耐震評価結果									B. S d及びS sそれぞれにおける裕度最小部位の耐震評価結果						C. B.の評価部位、評価項目での3.11/4.7地震による耐震評価結果						
評価対象設備及び評価箇所		評価用地震動	評価部位	評価項目(応力分類)	算出値 [MPa]	評価基準値 (III,S) [MPa]	評価	評価方法※1	評価用地震動	評価部位	評価項目(応力分類)	算出値 [MPa]	評価基準値※2 [MPa]	評価	評価用地震動	評価部位	評価項目(応力分類)	算出値 [MPa]	評価基準値 (III,S) [MPa]	評価	
その他発電用原子炉の附属施設	非常用発電装置	非常用ディーゼル発電設備 空気だめ	3.11地震	胴板	一次一般膜応力	91	241	○	①	S d	基礎ボルト	一次応力(引張)	74	173	○	3.11地震	S sによる算出値がIII,S以下であり、 3.11/4.7地震に対してもIII,S以下となる				○
			4.7地震	胴板	一次一般膜応力	91	241	○	①	S s	基礎ボルト	一次応力(引張)	74	207	○		4.7地震				
		高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備 ディーゼル機関	3.11地震	基礎ボルト	一次応力(引張)	123	254	○	②	S d	機関取付ボルト	一次応力(引張)	213	254	○	3.11地震	機関取付ボルト	一次応力(引張)	13	254	○
			4.7地震	基礎ボルト	一次応力(引張)	89	254	○	②	S s	機関取付ボルト	一次応力(引張)	213	292	○	4.7地震	機関取付ボルト	一次応力(引張)	17	254	○
		高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備 ディーゼル発電機	3.11地震	基礎ボルト	一次応力(せん断)	58	195	○	①	S d	反直結側軸受台取付ボルト	一次応力(引張)	37	180	○	3.11地震	S sによる算出値がIII,S以下であり、 3.11/4.7地震に対してもIII,S以下となる				○
			4.7地震	基礎ボルト	一次応力(せん断)	63	195	○	①	S s	反直結側軸受台取付ボルト	一次応力(引張)	79	204	○	4.7地震					○
	高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備 燃料デイトンク	3.11地震	スカート	座屈	0.31 (単位なし)	1 (単位なし)	○	①	S d	基礎ボルト	一次応力(引張)	46	158	○	3.11地震	S sによる算出値がIII,S以下であり、 3.11/4.7地震に対してもIII,S以下となる				○	
		4.7地震	スカート	座屈	0.42 (単位なし)	1 (単位なし)	○	①	S s	基礎ボルト	一次応力(引張)	46	190	○	4.7地震					○	
	高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備 空気だめ	3.11地震	胴板	一次一般膜応力	91	241	○	①	S d	基礎ボルト	一次応力(引張)	74	173	○	3.11地震	S sによる算出値がIII,S以下であり、 3.11/4.7地震に対してもIII,S以下となる				○	
		4.7地震	胴板	一次一般膜応力	91	241	○	①	S s	基礎ボルト	一次応力(引張)	74	207	○	4.7地震					○	
	その他の電源装置	125V充電器2A	3.11地震	取付ボルト	一次応力(せん断)	14	133	○	①	S d	取付ボルト	一次応力(引張)	50	176	○	3.11地震	S sによる算出値がIII,S以下であり、 3.11/4.7地震に対してもIII,S以下となる				○
			4.7地震	取付ボルト	一次応力(せん断)	15	133	○	①	S s	取付ボルト	一次応力(引張)	108	210	○	4.7地震					○
		静止形無停電電源装置	3.11地震	取付ボルト	一次応力(せん断)	12	133	○	①	S d	取付ボルト	一次応力(引張)	40	176	○	3.11地震	S sによる算出値がIII,S以下であり、 3.11/4.7地震に対してもIII,S以下となる				○
			4.7地震	取付ボルト	一次応力(せん断)	13	133	○	①	S s	取付ボルト	一次応力(引張)	86	210	○	4.7地震					○

※1 評価方法：①簡易評価、②設計時と同等の評価

※2 評価用地震動が S d の場合は許容応力状態 III<sub>A</sub>S、S s の場合は許容応力状態 IV<sub>A</sub>S

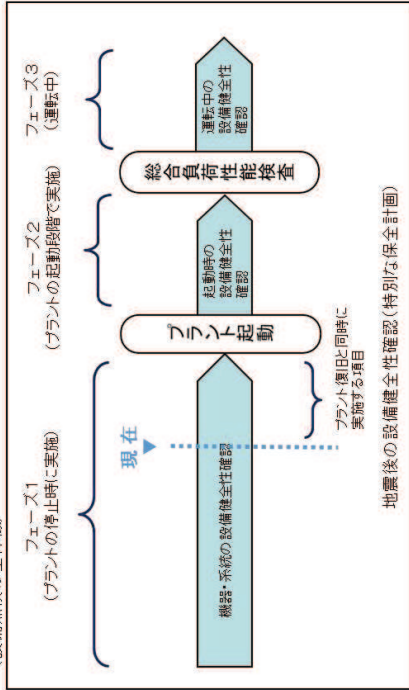
3.11/4.7 地震の構造強度評価対象と異なる評価部位及び評価項目を赤字で示す。



## 地震後の設備健全性確認（特別な保全計画）の概要及び設備点検結果の概要

### 【地震後の設備健全性確認(特別な保全計画)の全体像】

- プラントの状態に応じて、段階的に地震後の設備健全性を確認
  - フェーズ1: プラントの停止期間における機器・系統レベルの点検・評価
  - フェーズ2: プラントの起動段階におけるプラント全体の健全性確認
  - フェーズ3: 運転期間における地震影響の継続監視(データ採取)
- (設備点検の全体像)



### 【機器レベルの点検結果】

- これまで実施した機器・配管系の地震後の設備健全性確認において、耐震Sクラス設備に損傷はなく、プラントの安全性に影響を与える所見はない
- 設備点検において異常を確認した設備については、いずれも原子炉安全を阻害する可能性はなく、取替、補修、手入れにより原形に復旧
- 下位クラスの異常により、耐震Sクラス設備への波及的影響がないことを確認

### 地震による異常を確認した代表的な設備

確認内容	耐震クラス
蒸気タービン動翼の損傷	B
蒸気タービン中間軸受箱の基礎ホルト曲がり	B
蒸気タービン中間軸受箱の基礎の損傷	B
原子炉建屋クレーン・運転席鋼材等の損傷	B
原子炉格納容器内遮へい扉 留め具の変形	C
制御棒駆動系ハウジング支持金具サポートバーのずれ	C
変圧器遮圧弁の油面変動に伴う動作	C
起動用変圧器放熱器油漏れ	C

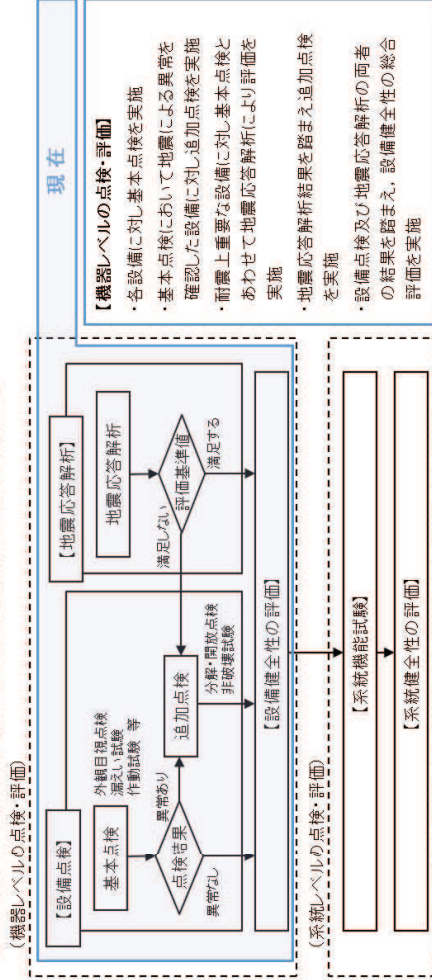
### 機器レベルの点検・評価の状況

項目	対象数	状況
基本点検	約 33,000設備	完了※1
地震応答解析	構造強度評価:125設備 動的機能維持評価:35設備	完了

※1 今後のプラント復旧と同時に実施する点検(例:復水給水系の漏えい試験)を除く

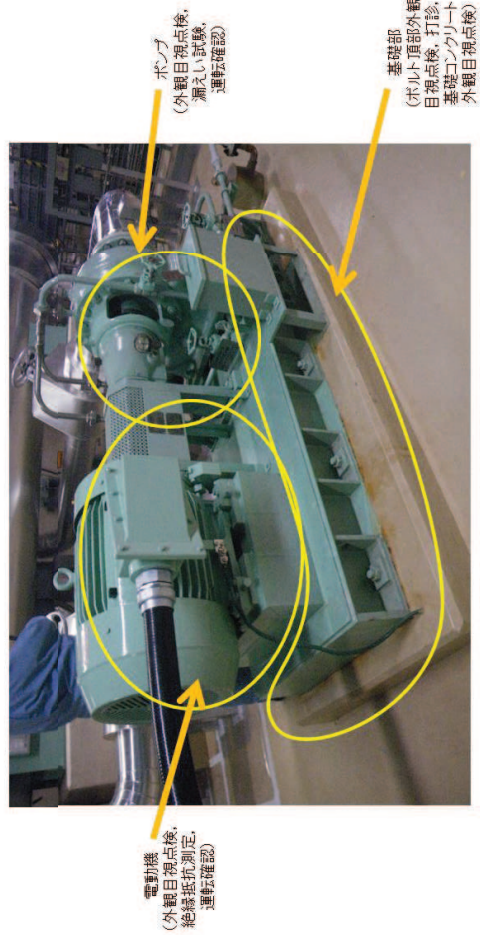
### 【機器・配管系の地震後の設備健全性確認(フェーズ1)の概要】

- 個々の機器に対する「機器レベルの点検・評価」、機器の組合せによる「系統レベルの点検・評価」により健全性を確認
- 耐震安全上重要な機器について、設備点検と地震応答解析を実施し、両者の結果を照合し健全性を評価
- 基本点検で異常が確認された場合、あるいは地震応答解析で評価基準値を満足しない場合は、追加点検を実施
- 設備の健全性評価後、系統単位による機能試験を実施し、系統の健全性を評価



### 【点検の概要】

- 各設備に共通して実施する基礎及び本体の外観目視点検、動的機器の軸受損傷を考慮した運転確認など、地震の影響が及ぶ可能性のある部位に着目した基本点検を実施
- 点検の結果、異常を確認した場合、分解点検、非破壊試験などの追加点検を実施



横型ポンプの基本点検箇所と点検内容の例

基準地震動 S s と 3.11/4.7 地震との関係

