

東海第二発電所工事計画審査資料	
資料番号	工認-368 改0
提出年月日	平成30年5月16日

V-2-別添1 【別添】 火災防護設備の耐震性についての計算書

## 目次

- V-2-別添1-1 火災防護設備の耐震計算の方針
- V-2-別添1-2 火災感知器の耐震計算書
- V-2-別添1-3 火災受信機盤の耐震計算書
- V-2-別添1-4 ハロンボンベ設備の耐震計算書
- V-2-別添1-5 ハロンガス供給選択弁の耐震計算書
- V-2-別添1-6 ハロン消火設備制御盤の耐震計算書
- V-2-別添1-7 二酸化炭素ボンベ設備の耐震計算書
- V-2-別添1-8 二酸化炭素供給選択弁の耐震計算書
- V-2-別添1-9 二酸化炭素消火設備制御盤の耐震計算書
- V-2-別添1-10 ガス供給配管の耐震計算書
- V-2-別添1-11 火災防護設備の水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果

## V-2-別添1-1 火災防護設備の耐震計算の方針

## 目次

1. 概要	1
2. 耐震評価の基本方針	2
2.1 評価対象設備	2
3. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界	7
3.1 荷重及び荷重の組合せ	7
3.2 許容限界	7
4. 耐震評価方法	25
4.1 地震応答解析	25
4.2 応力評価	28
4.3 機能維持評価	28
4.4 水平2方向及び鉛直方向地震力の考慮	31
5. 適用規格	31

## 1. 概要

本資料は、「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」（以下「技術基準規則」という。）第11条及び第52条並びにそれらの「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」が適合す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火災防護に係る審査基準」（平成25年6月19日制定）

（以下「火災防護に係る審査基準」という。）に適合する設計とするため、V-1-1-7「発電用原子炉施設の火災防護に関する説明書」（以下「V-1-1-7」という。）に示す火災感知設備及び消火設備が、火災防護上重要な機器等の耐震クラス及び重大事故等対処施設の区分に応じた地震力に対して耐震性を有することを確認するための耐震計算方針について説明するものである。火災感知設備及び消火設備への火災防護上重要な機器等の耐震クラス及び重大事故等対処施設の区分に応じた地震力に対する耐震性の要求は、技術基準規則の第5条及び第50条の対象ではない。

耐震計算は、V-1-1-7に示す適用規格を用いて実施する。

火災防護設備の具体的な耐震計算の方法及び結果は、V-2-別添1-2「火災感知器の耐震計算書」、V-2-別添1-3「火災受信機盤の耐震計算書」、V-2-別添1-4「ハロンボンベ設備の耐震計算書」、V-2-別添1-5「ハロンガス供給選択弁の耐震計算書」、V-2-別添1-6「ハロン消火設備制御盤の耐震計算書」、V-2-別添1-7「二酸化炭素ボンベ設備の耐震計算書」、V-2-別添1-8「二酸化炭素供給選択弁の耐震計算書」、V-2-別添1-9「二酸化炭素消火設備制御盤の耐震計算書」及びV-2-別添1-10「ガス供給配管の耐震計算書」に示すとともに、動的地震力の水平2方向及び鉛直方向の組合せに対する各設備の影響評価結果を、V-2-別添1-11「火災防護設備の水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果」に示す。

## 2. 耐震評価の基本方針

耐震評価は、「2.1 評価対象設備」に示す評価対象設備を対象として、「3. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界」で示す地震力と組み合わせべき他の荷重による応力等が許容限界内にあることを、「4. 耐震評価方法」に示す評価方法を使用し、「5. 適用規格」に示す適用規格を用いて確認する。

火災感知設備及び消火設備は、火災防護上重要な機器等の耐震クラス及び重大事故等対処施設の区分に応じた地震力に対して、その機能を保持できる設計とすることを踏まえ、水平2方向及び鉛直方向地震力を適切に組み合わせ実施する。影響評価方法は、「4.4 水平2方向及び鉛直方向地震力の考慮」に示す。

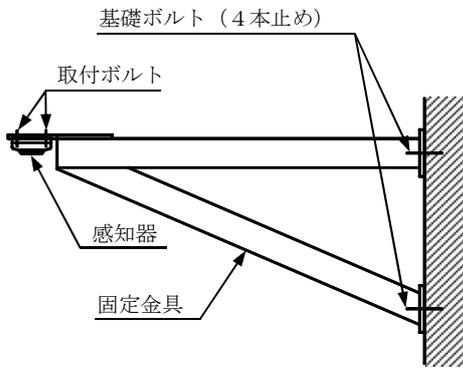
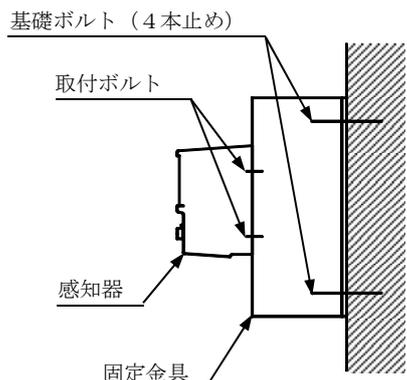
耐震Cクラス設計とする消火設備の耐震性に関する計算の基本方針は、V-2-1-1「耐震設計の基本方針」による。

### 2.1 評価対象設備

評価対象設備は、V-1-1-7の「5.1 火災感知設備について」に示す火災感知設備のうち火災感知器及び火災受信機盤並びにV-1-1-7の「5.2 消火設備について」に示す消火設備のうちハロゲン化物消火設備を構成するハロンボンベ設備、ハロンガス供給選択弁、ハロン消火設備制御盤及びハロンガス供給配管並びに消火設備のうち二酸化炭素自動消火設備を構成する二酸化炭素ボンベ設備、二酸化炭素供給選択弁、二酸化炭素消火設備制御盤及び二酸化炭素供給配管を対象とする（以下、ハロンガス供給配管及び二酸化炭素供給配管を総称し、「ガス供給配管」という。）。

V-1-1-7の「5.1 火災感知設備について」に示す火災感知設備の構造計画を第2-1, 2表に、V-1-1-7の「5.2 消火設備について」に示す消火設備の構造計画を第2-3表から第2-9表に示す。

第2-1表 火災防護設備のうち火災感知器の構造計画(1/3)

機器名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
熱感知器 煙感知器	熱感知器 煙感知器	各火災感知器は、取付ボルトにて固定金具に取り付け、固定金具を基礎ボルトにより、建屋壁等の躯体に据え付ける。	 <p>基礎ボルト（4本止め） 取付ボルト 感知器 固定金具</p>
光電分離式 煙感知器	光電分離式 煙感知器	光電分離式煙感知器は、取付ボルトにて固定金具に取り付け、固定金具を基礎ボルトにより、建屋壁等の躯体に据え付ける。	 <p>基礎ボルト（4本止め） 取付ボルト 感知器 固定金具</p>

第2-1表 火災防護設備のうち火災感知器の構造計画(2/3)

機器名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
煙感知器 (防爆) 熱感知器 (防爆)	煙感知器 (防爆) 熱感知器 (防爆)	各火災感知器は、取付ボルトにて固定金具に取り付け、固定金具を基礎ボルトにより、建屋天井等の躯体に据え付ける。	
屋外仕様 炎感知器	炎感知器	炎感知器は、取付ボルトにて固定金具に取り付け、固定金具を基礎ボルトにより、建屋壁等の躯体に据え付ける。	

第2-1表 火災防護設備のうち火災感知器の構造計画(3/3)

機器名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
高感度煙 検出設備	高感度煙 検出設備	高感度煙検出設備は、取付ボルトにて固定金具に取り付け、固定金具を基礎ボルトにより、建屋壁の躯体に据え付ける。	<p>基礎ボルト (4本止め)</p> <p>取付ボルト</p> <p>高感度煙検出設備</p> <p>固定金具</p>

第2-2表 火災防護設備のうち火災受信機盤の構造計画

機器名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
火災受信機盤	火災受信機盤	火災受信機盤は、取付ボルトにて固定金具に取り付け、固定金具を基礎ボルトにより、建屋躯体に据え付ける。	

### 3. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界

火災感知設備及び消火設備の耐震計算に用いる荷重及び荷重の組合せを以下の「3.1 荷重及び荷重の組合せ」に、許容限界を「3.2 許容限界」に示す。

#### 3.1 荷重及び荷重の組合せ

##### 3.1.1 荷重の種類

荷重は、V-1-1-7の「5.1 火災感知設備について」及び「5.2 消火設備について」に示す以下の荷重を用いる。

##### (1) 死荷重 (D)

死荷重は、持続的に生じる荷重であり、V-1-1-7の「5.1 火災感知設備について」及び「5.2 消火設備について」に示すとおり、自重とする。

##### (2) 内圧荷重 ( $P_D$ )

内圧荷重は、V-1-1-7の「5.2 消火設備について」に示すとおり、当該設備に設計上定める最高使用圧力による荷重とする。

##### (3) 地震荷重 ( $S_s$ )

地震荷重は、V-1-1-7の「5.1 火災感知設備について」及び「5.2 消火設備について」に示すとおり、基準地震動 $S_s$ に伴う地震力とする。

耐震計算における動的地震力の水平2方向及び鉛直方向の組合せについては、機器の構造特性から水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の可能性のあるものを抽出し、耐震性に及ぼす影響を評価する。

##### 3.1.2 荷重の組合せ

荷重の組合せは、火災起因の荷重は発生しないため、V-2-1-9「機能維持の基本方針」の「3.1 構造強度上の制限」に示す、機器、配管系の荷重の組合せを用いる。

評価対象部位ごとの荷重及び荷重の組合せを第3-1表に示す。

#### 3.2 許容限界

許容限界は、V-1-1-7の「5.1 火災感知設備について」及び「5.2 消火設備について」に示す設備ごとの構造強度上の性能目標に従い、評価対象部位ごとに設定する。

評価対象部位ごとの許容限界を第3-1表に示す。

各設備の許容限界の詳細は、各計算書にて評価対象部位の機能損傷モードを考慮し、評価項目を選定し、評価項目ごとに許容限界を定める。

### 3.2.1 火災感知設備

#### (1) 火災感知器

##### a. 基礎ボルト，基礎溶接部

火災感知器は，火災起因の荷重は発生しないため，火災防護上重要な機器等の耐震クラス及び重大事故等対処施設の区分に応じた地震力に対し，耐震性を有する原子炉建屋等にボルト等で固定し，主要な構造部材が火災防護上重要な機器等及び重大事故等対処設備に対する火災の影響を限定し，火災を早期に感知する機能を保持可能な構造強度を有する設計とすることを構造強度上の性能目標とし，具体的には以下に示す構造強度を有する設計とする。

火災感知器は，基準地震動 $S_s$ による地震力に対し，主要な構造部材が，火災を早期に感知する機能を保持可能な構造強度を有する設計とする。

したがって，火災感知器を固定する火災感知器の基礎ボルト及び基礎溶接部の許容限界は，基準地震動 $S_s$ による地震力に対し，塑性ひずみが生じる場合であっても，その量が微小なレベルに留まって破断延性限界に十分な余裕を有することを計算により確認する評価方針としていることを踏まえ，V-2-1-9「機能維持の基本方針」に示す「原子力発電所耐震設計技術指針」J E A G 4 6 0 1 - 1987（以下「J E A G 4 6 0 1 - 1987」という。）に準じて許容応力状態 $IV_A S$ の許容応力以下とすることを許容限界として設定する。

基礎ボルト及び基礎溶接部の具体的な許容限界を第3-2表及び第3-3表に示す。

#### (2) 火災受信機盤

##### a. 基礎ボルト

火災受信機盤は，火災起因の荷重は発生しないため，火災防護上重要な機器等の耐震クラス及び重大事故等対処施設の区分に応じた地震力に対し，耐震性を有する原子炉建屋等にボルト等で固定し，主要な構造部材が火災防護上重要な機器等及び重大事故等対処設備に対する火災の影響を限定し，火災を早期に感知する機能を保持可能な構造強度を有する設計とすることを構造強度上の性能目標とし，具体的には以下に示す構造強度を有する設計とする。

火災受信機盤は，基準地震動 $S_s$ による地震力に対し，主要な構造部材が，火災を早期に感知する機能を保持可能な構造強度を有する設計とする。

したがって，火災受信機盤を固定する火災受信機盤の基礎ボルトの許容限界は，基準地震動 $S_s$ による地震力に対し，塑性ひずみが生じる場合であっても，その量が微小なレベルに留まって破断延性限界に十分な余裕を有することを計算により確認する評価方針としていることを踏まえ，V-2-1-9「機能維持

の基本方針」に示す J E A G 4 6 0 1 -1987に準じて許容応力状態IV<sub>A</sub>Sの許容応力以下とすることを許容限界として設定する。

基礎ボルトの具体的な許容限界を第3-2表に示す。

### 3.2.2 消火設備

#### (1) ハロンボンベ設備

##### a. ボンベラック及び基礎ボルト

ハロンボンベ設備は、火災起因の荷重は発生しないため、火災防護上重要な機器等の耐震クラス及び重大事故等対処施設の区分に応じた地震力に対し、耐震性を有する原子炉建屋等にボルト等で固定し、主要な構造部材が火災防護上重要な機器等及び重大事故等対処設備に対する火災の影響を限定し、火災を早期に感知する機能を保持可能な構造強度を有する設計とすることを構造強度上の性能目標とし、具体的には以下に示す構造強度を有する設計とする。

ハロンボンベ設備は、基準地震動 $S_s$ による地震力に対し、主要な構造部材が、火災を早期に感知する機能を保持可能な構造強度を有する設計とする。

したがって、ハロンボンベ設備の構成品であるボンベラック及び基礎ボルトの許容限界は、基準地震動 $S_s$ による地震力に対し、塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が微小なレベルに留まって破断延性限界に十分な余裕を有することを計算により確認する評価方針としていることを踏まえ、J E A G 4 6 0 1-1987に準じて許容応力状態 $IV_A S$ の許容応力以下とすることを許容限界として設定する。

ボンベラック及び基礎ボルトの具体的な許容限界を第3-4表及び第3-2表に示す。

#### (2) ハロン消火設備制御盤

##### a. 基礎ボルト

ハロン消火設備制御盤は、火災起因の荷重は発生しないため、火災防護上重要な機器等の耐震クラス及び重大事故等対処施設の区分に応じた地震力に対し、耐震性を有する原子炉建屋等にボルト等で固定し、主要な構造部材が火災防護上重要な機器等及び重大事故等対処設備に対する火災の影響を限定し、火災を早期に感知する機能を保持可能な構造強度を有する設計とすることを構造強度上の性能目標とし、具体的には以下に示す構造強度を有する設計とする。

火災受信機盤は、基準地震動 $S_s$ による地震力に対し、主要な構造部材が、火災を早期に感知する機能を保持可能な構造強度を有する設計とする。

したがって、火災受信機盤を固定する火災受信機盤の基礎ボルトの許容限界は、基準地震動 $S_s$ による地震力に対し、塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が微小なレベルに留まって破断延性限界に十分な余裕を有することを計算により確認する評価方針としていることを踏まえ、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に示すJ E A G 4 6 0 1-1987に準じて許容応力状態 $IV_A S$ の許容応力以下とすることを許容限界として設定する。

基礎ボルトの具体的な許容限界を第3-2表に示す。

(3) 二酸化炭素ボンベ設備

a. ボンベラック及び基礎ボルト

二酸化炭素ボンベ設備は、火災起因の荷重は発生しないため、火災防護上重要な機器等の耐震クラス及び重大事故等対処施設の区分に応じた地震力に対し、耐震性を有する原子炉建屋等にボルト等で固定し、主要な構造部材が火災防護上重要な機器等及び重大事故等対処設備に対する火災の影響を限定し、火災を早期に消火する機能を保持可能な構造強度を有する設計とすることを構造強度上の性能目標とし、具体的には以下に示す構造強度を有する設計とする。

二酸化炭素ボンベ設備は、基準地震動 $S_s$ による地震力に対し、主要な構造部材が、火災を早期に感知する機能を保持可能な構造強度を有する設計とする。

したがって、二酸化炭素ボンベ設備の構成品であるボンベラック及び二酸化炭素ボンベ設備の基礎ボルトの許容限界は、基準地震動 $S_s$ による地震力に対し、塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が微小なレベルに留まって破断延性限界に十分な余裕を有することを計算により確認する評価方針としていることを踏まえ、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に示すJ E A G 4 6 0 1 - 1987に準じて許容応力状態 $IV_A S$ の許容応力以下とすることを許容限界として設定する。

ボンベラック及び基礎ボルトの具体的な許容限界を第3-4表及び第3-2表に示す。

(4) 二酸化炭素消火設備制御盤

a. 基礎ボルト

二酸化炭素消火設備制御盤は、火災起因の荷重は発生しないため、火災防護上重要な機器等の耐震クラス及び重大事故等対処施設の区分に応じた地震力に対し、耐震性を有する原子炉建屋等にボルト等で固定し、主要な構造部材が火災防護上重要な機器等及び重大事故等対処設備に対する火災の影響を限定し、火災を早期に感知する機能を保持可能な構造強度を有する設計とすることを構造強度上の性能目標とし、具体的には以下に示す構造強度を有する設計とする。

火災受信機盤は、基準地震動 $S_s$ による地震力に対し、主要な構造部材が、火災を早期に感知する機能を保持可能な構造強度を有する設計とする。

したがって、火災受信機盤を固定する火災受信機盤の基礎ボルトの許容限界は、基準地震動 $S_s$ による地震力に対し、塑性ひずみが生じる場合であって

も、その量が微小なレベルに留まって破断延性限界に十分な余裕を有することを計算により確認する評価方針としていることを踏まえ、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に示すJ E A G 4 6 0 1 -1987に準じて許容応力状態IV<sub>A</sub>Sの許容応力以下とすることを許容限界として設定する。

基礎ボルトの具体的な許容限界を第3-2表に示す。

(5) ガス供給配管

ガス供給配管は、火災起因の荷重は発生しないため、火災防護上重要な機器等の耐震クラス及び重大事故等対処施設の区分に応じた地震力に対し、耐震性を有する原子炉建屋等にボルト等で固定し、主要な構造部材が、火災防護上重要な機器等及び重大事故等対処設備に対する火災の影響を限定し、火災を早期に消火する機能を保持可能な構造強度を有する設計とする。

したがって、基準地震動 $S_s$ による地震力に対し、供給配管が塑性ひずみを生じる場合であっても、その量が微小なレベルに留まって破断延性限界に十分な余裕を有することを計算により確認する評価方針としていることを踏まえ、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に示すJ E A G 4 6 0 1 -1987に準じて許容応力状態IV<sub>A</sub>Sの許容応力以下とすることを許容限界として設定する。

ガス供給配管の具体的な許容限界を第3-5表に示す。

第3-1表 設備ごとの荷重の組合せ及び許容限界

設備名称	荷重の組合せ	評価対象部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
火災感知器	D + S <sub>s</sub>	基礎ボルト	引張, せん断	部材の降伏	J E A G 4 6 0 1 - 1 9 8 7 に準じて, 許容応力状態 IV <sub>A</sub> Sの許容応力以下とする。
		基礎溶接部	組合せ	部材の降伏	
火災受信機盤	D + S <sub>s</sub>	基礎ボルト	引張, せん断	部材の降伏	
		ボンベラック	組合せ	部材の降伏	
ハロンボンベ設備	D + S <sub>s</sub>	基礎ボルト	引張, せん断	部材の降伏	
		基礎ボルト	引張, せん断	部材の降伏	
ハロン消火設備制 御盤	D + S <sub>s</sub>	基礎ボルト	引張, せん断	部材の降伏	
二酸化炭素ボンベ 設備	D + S <sub>s</sub>	ボンベラック	組合せ	部材の降伏	
		基礎ボルト	引張, せん断		
二酸化炭素消火設 備制御盤	D + S <sub>s</sub>	基礎ボルト	引張, せん断	部材の降伏	
ガス供給配管	D + P <sub>D</sub> + S <sub>s</sub>	ガス供給配管	一次応力 (曲げ応力含む), 一次 + 二次応力, 一次 + 二次 + ピーク応力	部材の降伏	

第3-2表 基礎ボルトの許容限界

評価対象部位	耐震 クラス	荷重の組合せ	許容応 力状態	許容限界 (注1) (注2)	
				一次応力	
				引張 (注3)	せん断 (注3)
基礎ボルト	C	D + S <sub>s</sub>	IV <sub>A</sub> S	1.5 · f <sub>t</sub> <sup>*</sup>	1.5 · f <sub>s</sub> <sup>*</sup>

(注1) f<sub>t</sub><sup>\*</sup>, f<sub>s</sub><sup>\*</sup>: J S M E S N C 1 - 2005/2007 SSB-3121.1(1)a 及び(2)の本文中, S<sub>y</sub>及  
びS<sub>y</sub> (R T) を1.2 · S<sub>y</sub>及び1.2 · S<sub>y</sub> (R T) と読み替えて算出した値  
(J S M E S N C 1 - 2005/2007 SSB-3133)。

(注2) J E A G 4 6 0 1 ・ 補 - 1984の「その他の支持構造物の許容応力」に準じて設定する。

(注3) ボルトにせん断力が作用する場合, 組合せ評価を実施する。その際の許容応力値は,

J S M E S N C 1 - 2005/2007 SSB-3131及び3133に基づき, Min (1.4 · (1.5 · f<sub>t</sub><sup>\*</sup>)  
- 1.6 · τ<sub>b</sub>, 1.5 · f<sub>t</sub><sup>\*</sup>) とする。ここで, τ<sub>b</sub>はボルトに作用するせん断応力である。

第3-3表 基礎溶接部の許容限界

評価対象部位	耐震 クラス	荷重の組合せ	許容応 力状態	許容限界 (注1) (注2)
				一次応力
				組合せ
基礎溶接部	C	D + S <sub>s</sub>	IV <sub>A</sub> S	1.5 · f <sub>t</sub> <sup>*</sup>

(注1) f<sub>t</sub><sup>\*</sup>: J S M E S N C 1 - 2005/2007 SSB-3121.1(1)a 及び(2)の本文中, S<sub>y</sub>及びS<sub>y</sub>  
(R T) を1.2 · S<sub>y</sub>及び1.2 · S<sub>y</sub> (R T) と読み替えて算出した値(J S M E S  
N C 1 - 2005/2007 SSB-3133)。

(注2) J E A G 4 6 0 1 ・ 補 - 1984の「その他の支持構造物の許容応力」に準じて設定する。

(注3) 異種鋼材を溶接している場合には, 接合される母材の許容応力のうち小さいほうの値をと  
る。

第3-4表 ボンベラックの許容限界

評価対象部位	耐震 クラス	荷重の組合せ	許容応 力状態	許容限界 (注1) (注2)
				一次応力
				組合せ
ボンベラック	C	D + S <sub>s</sub>	IV <sub>A</sub> S	1.5 · f <sub>t</sub> <sup>*</sup>

(注1) f<sub>t</sub><sup>\*</sup>: J S M E S N C 1 - 2005/2007 SSB-3121.1(1)a 及び(2)の本文中, S<sub>y</sub>及びS<sub>y</sub>  
(R T) を1.2 · S<sub>y</sub>及び1.2 · S<sub>y</sub> (R T) と読み替えて算出した値(J S M E S  
N C 1 - 2005/2007 SSB-3133)。

(注2) J E A G 4 6 0 1 · 補-1984の「その他の支持構造物の許容応力」に準じて設定する。

第3-5表 ガス供給配管の許容限界

評価対象 部位	耐震 クラス	荷重の組合せ	許容応 力状態	許容限界		
				一次応力 (曲げ応力 含む)	一次+ 二次応力	一次+ 二次+ ピーク応力
ガス供給 配管	C	D + P <sub>D</sub> + S <sub>s</sub>	IV <sub>A</sub> S	0.9 · S <sub>u</sub>	S <sub>s</sub> 地震動のみによる疲 労解析 (注) を行い, 疲労 累積係数が1.0以下であ ること。ただし, 地震 動のみによる一次+二 次応力の変動値が2 · S <sub>y</sub> 以下であれば, 疲労解 析は行わない。	

(注) 2 · S<sub>y</sub>を超える場合は弾塑性解析を行う。この場合, J S M E S N C 1 - 2005/2007  
PPB-3536 (同(3), (6)及び(7)を除く。また, S<sub>m</sub>は2/3 · S<sub>y</sub>に読み替える。) の簡易弾塑  
性解析を用いる。

#### 4. 耐震評価方法

火災感知設備及び消火設備の耐震評価は、以下の「4.1 地震応答解析」、 「4.2 応力評価」及び「4.3 機能維持評価」に従って実施する。

##### 4.1 地震応答解析

火災感知設備及び消火設備の地震応答解析は、以下の「4.1.1 入力地震動」に示す入力地震動及び「4.1.2 解析方法及び解析モデル」に示す解析方法に従い、「4.1.3 設計用減衰定数」に示す減衰定数を用いて実施する。

火災感知設備及び消火設備の地震応答解析フローを第4-1図に示す。

##### 4.1.1 入力地震動

火災感知設備及び消火設備の地震応答解析における入力地震動は、V-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に示す、当該設備設置床の基準地震動 $S_s$ における設計用床応答曲線( $S_s$ )とする。

##### 4.1.2 解析方法及び解析モデル

動的解析による地震力の算定にあたっては、地震応答解析の適用性及び適用限界等を考慮のうえ、適切な解析法を選定するとともに、解析条件として考慮すべき減衰定数、剛性等の各種物性値は、適切な規格及び基準や実験等の結果に基づき設定する。

火災感知設備及び消火設備の地震応答解析は、以下の方法に従い実施する。

##### (1) スペクトルモーダル法による解析

消火設備のうちハロンボンベ設備及び二酸化炭素ボンベ設備は、複雑な形状であることを踏まえ、代表的な振動モードを適切に表現できるよう1質点系モデル等にてモデル化し、入力地震動において発生する荷重をスペクトルモーダル解析法により求める。

消火設備のうちガス供給配管は、熱的条件及び口径を踏まえ低温配管に分類し、その仕様に応じて適切なモデルに置換し、入力地震動において発生する荷重をスペクトルモーダル解析法により求める。

解析の概要を以下に示す。

- a. スペクトルモーダル解析法における最大値は、二乗和平方根(SRSS)法により求める。
- b. 許容応力についてJ SME S NC 1-2005/2007の付録材料図表を用いて計算する際に、温度が図表記載温度の中間の値の場合は、比例法を用いて計算する。ただし、比例法を用いる場合の端数処理は、小数第1位以下を切り捨てた値を用いるものとする。
- c. 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

(2) 3次元FEMモデルによる解析

「2.1 評価対象設備」に示す評価対象設備のうち、解析により固有値等の評価を行う設備は、当該設備を3次元FEMモデルにてモデル化し、固有振動数を算出する。

解析の概要を以下に示す。

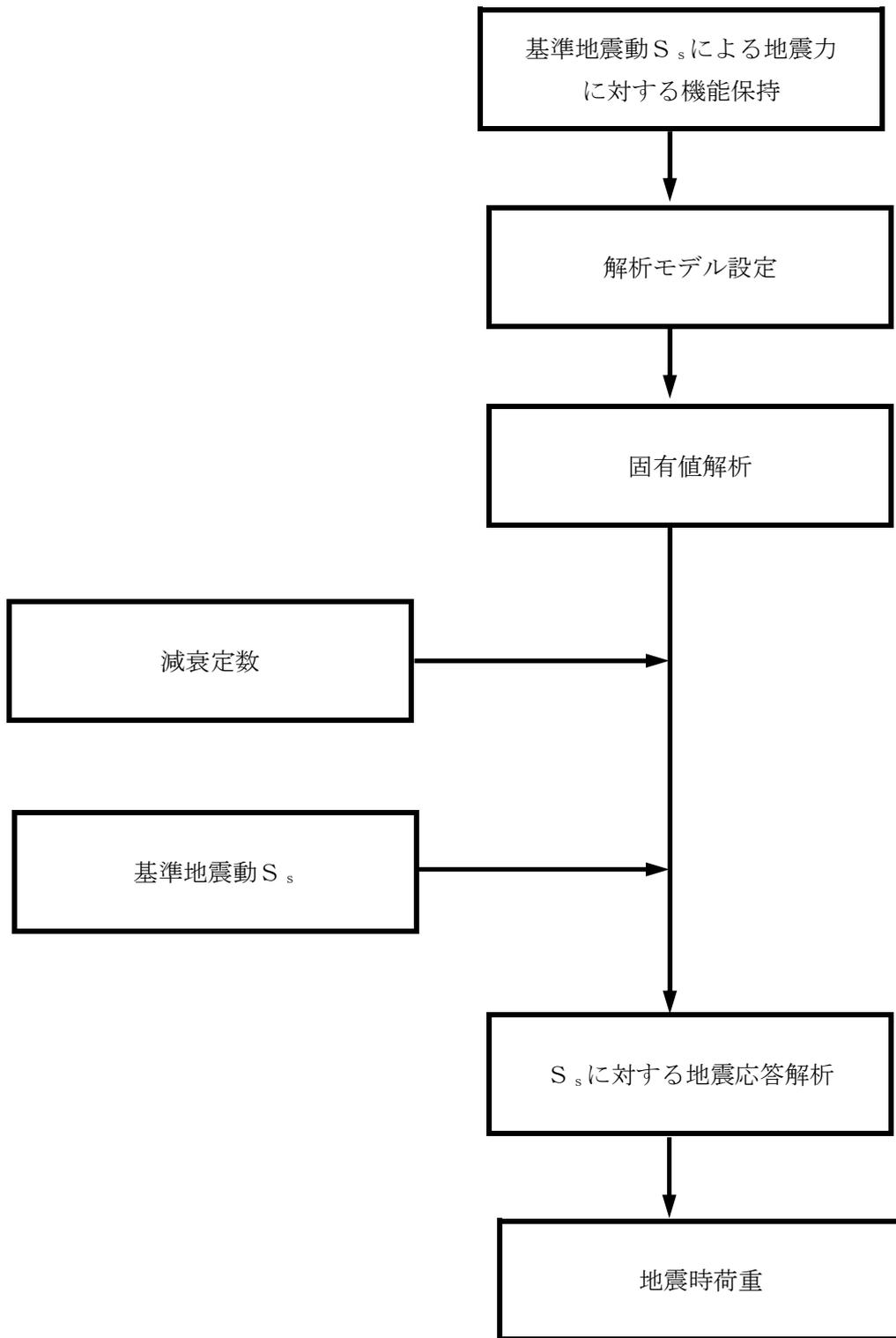
- a. 評価対象部位をはり要素としてモデル化した3次元FEMモデルによる地震応答解析を実施する。
- b. 評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。
- c. 拘束条件として、基礎ボルト点を並進3方向固定として設定する。
- d. 許容応力についてJSME S NC 1-2005/2007の付録材料図表を用いて計算する際に、温度が図表記載温度の中間の値の場合は、比例法を用いて計算する。ただし、比例法を用いる場合の端数処理は、小数第1位以下を切り捨てた値を用いるものとする。
- e. 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

4.1.3 設計用減衰定数

地震応答解析に用いる減衰定数は、V-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に記載されている減衰定数又は試験等で妥当性が確認された値を用いる。

4.1.4 試験概要

火災感知設備及び消火設備のうち解析により固有値等の評価を実施しない火災感知設備及び消火設備は、設備の設置状況を模擬した正弦波掃引試験により固有振動数を測定する。



第4-1図 火災感知設備及び消火設備の地震応答解析フロー

## 4.2 応力評価

火災感知設備及び消火設備の応力評価は、「3.1 荷重及び荷重の組合せ」に示す荷重の組合せに対して、「4.1 地震応答解析」で示す地震応答解析により求める荷重から算出する発生応力、又は評価対象設備の応答加速度から算出する発生応力が「3.2 許容限界」に示す許容応力以下となることを確認する。

固有振動数が20 Hz以上の剛構造である場合は、その機器の設置床面の最大床加速度の1.2倍の加速度から発生応力を算出する。

火災感知設備及び消火設備の応力評価は、以下に示す評価手法により実施する。

### ・ 1 質点系モデルによる応力評価

「4.1 地震応答解析」に示す正弦波掃引試験により固有振動数の測定を行う設備は、正弦波掃引試験で得られた固有振動数に応じて応答加速度を算出し、設備の重心位置に質量を集中させた1質点系モデルに対して、応力評価を実施する。

### ・ 3次元FEMモデルによる解析

「4.1 地震応答解析」にて3次元FEMモデルによる解析を実施する設備は、解析により求めた荷重を用いて応力評価を実施する。

ガス供給配管は、「V-2-1-14-6 管の応力計算書及び耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき、管の応力評価を実施する。

ガス供給配管の支持構造物は、「V-2-1-11 機器・配管の耐震支持設計方針」に基づき、配管を支持する支持構造物のうち、種類及び型式ごとの最大反力が発生している支持構造物の強度及び耐震性について計算し、十分な強度及び耐震性を有していることを確認する。

## 4.3 機能維持評価

火災感知設備及び消火設備は、基準地震動 $S_s$ に対し、火災を早期に感知、消火する動的機能及び電氣的機能を保持することを性能目標としているため、火災感知設備及び消火設備の構造強度による機能維持、動的機能維持及び電氣的機能維持に係る耐震計算の方針は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」の「3. 構造強度」及び「4. 機能維持」を用いる。

### 4.3.1 動的機能維持

地震時及び地震後に動的機能が要求される機器は、V-1-1-7の「消火設備について」に示す設備ごとの構造強度上の性能目標を踏まえ、基準地震動 $S_s$ による当該設備設置床の最大床加速度が以下に示す機能確認済加速度以下であることを確認する。

#### (1) 消火設備

##### a. ハロンボンベ設備のうち容器弁

ハロンボンベ設備の構成品である容器弁は、基準地震動 $S_s$ による地震力に対し、地震応答解析により求めたハロンボンベ設備を設置する床の基準地震動 $S_s$ によるハロン

ポンベ設備の頂部の応答加速度が、加振試験にて容器弁単体の動的機能が保持できることを確認した加速度以下であることにより確認する。

b. ハロンポンベ供給選択弁

選択弁は、基準地震動 $S_s$ による地震力に対し、地震応答解析により求めた選択弁を設置する床の基準地震動 $S_s$ による最大床加速度が、設置状態を模擬した加振試験にて選択弁単体の動的機能が保持できることを確認した加振台の加速度以下であることを確認する。

c. 二酸化炭素ポンベ設備のうち容器弁

二酸化炭素ポンベ設備の構成品である容器弁は、基準地震動 $S_s$ による地震力に対し、地震応答解析により求めた二酸化炭素ポンベ設備を設置する床の基準地震動 $S_s$ による最大床加速度が、設置状態を模擬した加振試験にて容器弁単体の動的機能が保持できることを確認した加振台の加速度以下であることにより確認する。

d. 二酸化炭素供給選択弁

選択弁は、基準地震動 $S_s$ による地震力に対し、地震応答解析により求めた選択弁を設置する床の基準地震動 $S_s$ による最大床加速度が、設置状態を模擬した加振試験にて選択弁単体の動的機能が保持できることを確認した加振台の加速度以下であることを確認する。

4.3.2 電気的機能維持

地震時及び地震後に電気的機能が要求される機器は、V-1-1-7の「5.1 火災感知設備について」及びV-1-1-7の「5.2 消火設備について」に示す設備ごとの構造強度上の性能目標を踏まえ、基準地震動 $S_s$ による当該設備設置床の最大床加速度が以下に示す機能確認済加速度以下であることを確認する。

(1) 火災感知設備

a. 火災感知器

火災感知器は、基準地震動 $S_s$ による地震力に対し、地震応答解析により求めた火災感知器を設置する場所の基準地震動 $S_s$ による最大床加速度が、設置状態を模擬した加振試験にて火災感知器単体の電気的機能が保持できることを確認した加振台の加速度以下であることを確認する。

b. 火災受信機盤

火災受信機盤は、基準地震動 $S_s$ による地震力に対し、地震応答解析により求めた火災受信機盤を設置する場所の基準地震動 $S_s$ による最大床加速度が、設置状態を模擬した加振試験にて火災受信機盤単体の電気的機能が保持できることを確認した加振台の加速度以下であることを確認する。

(2) 消火設備

a. ハロン消火設備制御盤

ハロン消火設備制御盤は、基準地震動 $S_s$ による地震力に対し、地震応答解析により求めたハロン消火設備制御盤を設置する場所の基準地震動 $S_s$ による最大床加速度が、設置状態を模擬した加振試験にてハロン消火設備制御盤単体の電氣的機能が保持できることを確認した加振台の加速度以下であることにより確認する。

b. 二酸化炭素消火設備制御盤

二酸化炭素消火設備制御盤は、基準地震動 $S_s$ による地震力に対し、地震応答解析により求めた二酸化炭素消火設備制御盤を設置する場所の基準地震動 $S_s$ による最大床加速度が、設置状態を模擬した加振試験にて二酸化炭素消火設備制御盤単体の電氣的機能が保持できることを確認した加振台の加速度以下であることにより確認する。

#### 4.4 水平2方向及び鉛直方向地震力の考慮

基準地震動 $S_s$ による地震力による耐震性評価を実施する火災感知設備及び消火設備に関する、水平2方向及び鉛直方向の組合せによる影響評価については、V-2-1-8「水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針」の「4.2 機器・配管系」の評価方針及び評価方法に基づき評価を行う。

評価内容及び評価結果は、V-2-別添1-7「火災防護設備の水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果」に示す。

#### 5. 適用規格

V-1-1-7に記載している以下の指針等を適用する。

- ・発電用原子力設備規格 設計・建設規格 (J S M E S N C 1 -2005/2007)  
( (社) 日本機械学会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 (J E A G 4 6 0 1 -1987) ( (社) 日本電気協会)
- ・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)  
( (社) 日本電気協会)
- ・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) ( (社) 日本電気協会)