

東海第二発電所工事計画審査資料	
資料番号	工認-178 改0
提出年月日	平成30年3月1日

V-2-別添 2-2 溢水源としない耐震B, Cクラス機器の耐震性に
ついての計算書

目次

1.	概要	1
2.	基本方針	1
2.1	位置	1
2.2	構造概要	1
2.3	評価方針	1
2.4	適用規格	2
3.	地震応答解析	3
3.1	基本方針	3
4.	応力評価	3
4.1	基本方針	3
4.2	評価対象部位	3
4.3	荷重及び荷重の組合せ	3
4.4	許容限界	5
4.5	評価方法	10
5.	耐震評価	11
5.1	耐震B, Cクラス機器（容器, ポンプ類）及び溢水対象配管の耐震評価	11

1. 概要

本資料は、V-2-別添2-1「溢水防護に関する施設の耐震性についての計算書の方針」の「2.1 評価対象施設」に示す耐震B、Cクラス機器が、基準地震動 S_s による地震力に対し、耐震性を有することを確認するものである。

2. 基本方針

2.1 位置

耐震B、Cクラス機器のうち、基準地震動 S_s による地震力に対し、溢水源として設定しない機器は、原子炉建屋に設置する。各機器の具体的な設置建屋及び設置高さに応じた評価を行う。

2.2 構造概要

耐震B、Cクラス機器のうちタンク、熱交換器、冷却器等（以下「容器類」という。）の構造は、付録1「スカート支持たて置円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」、付録2「横置一胴円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」、付録3「平底たて置円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」にて示しているスカート支持たて置円筒形容器、横置円筒形容器、平底たて置円筒形容器を適用できる構造である。

耐震B、Cクラス機器のうちポンプ及びファン等（以下「ポンプ類」という。）の構造は、付録4「横軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」、付録5「たて軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」にて示している横置ポンプ、ファンを適用できる構造である。耐震B、Cクラス機器のうち配管、弁及び支持構造物の構造は、付録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」にて示す配管、弁及び支持構造物を適用できる構造である。

2.3 評価方針

耐震B、Cクラス機器の応力評価は、V-2-別添2-1「溢水防護に関する施設の耐震性についての計算書の方針」の「3.1 荷重及び荷重の組合せ」及び「3.2 許容限界」にて設定している荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえて、耐震B、Cクラス機器の評価対象部位に作用する応力が許容限界内にあることを、「3. 地震応答解析」及び「4. 応力評価」に示す方法により、「5. 耐震評価」に示す評価条件を用いて計算し、確認する。

耐震B、Cクラス機器のうち容器類については、付録1「スカート支持たて置円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」、付録2「横置一胴円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」、付録3「平底たて置円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」にて示しているスカート支持たて置円筒形容器、四脚たて置円筒

形容器，横置円筒形容器，平底たて置円筒形容器，プレート式熱交換器及びラグ支持たて置き円筒形容器の構造と同様であり，耐震B，Cクラス機器のうちポンプ類については，付録4「横軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」，付録5「たて軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」にて示している横置ポンプ，ファン及びユニットの構造と同様であることから，V-2-1-9「機能維持の基本方針」に示している各機器，許容応力状態IV_AS，荷重の組合せを踏まえて，付録1「スカート支持たて置円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」，付録2「横置一胴円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」，付録3「平底たて置円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」の胴板，側板，支持脚，スカート，ラグ，基礎ボルト，取付ボルト及び溶接部並びに付録4「横軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」，付録5「たて軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」の基礎ボルト及び取付ボルトの評価式を用いて評価する。耐震B，Cクラス機器のうち配管，弁及び支持構造物については，付録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」にて示す配管，弁及び支持構造物の構造と同様であることから，付録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」に示す配管，弁及び支持構造物の解析方法を用いて評価する。

2.4 適用規格

耐震評価に用いる規格，基準等を以下に示す。

- ・「発電用原子力設備規格 設計・建設規格（2005年版）（2007年追補版を含む）（第I編 軽水炉規格）J S M E S N C 1-2005/2007」日本機械学会
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針」（日本電気協会 J E A G 4601-1987）
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編」（日本電気協会 J E A G 4601・補-1984）
- ・「原子力発電所耐震設計技術指針」（日本電気協会 J E A G 4601-1991 追補版）

3. 地震応答解析

3.1 基本方針

耐震B，Cクラス機器の地震応答解析は，V-2-別添2-1「溢水防護に関する施設の耐震性についての計算書の方針」の「4.1 地震応答解析」にて設定している評価方針を踏まえ，耐震B，Cクラス機器の設置建屋及び設置高さに応じて実施する。

4. 応力評価

4.1 基本方針

耐震B，Cクラス機器の応力評価は，V-2-別添2-1「溢水防護に関する施設の耐震性についての計算書の方針」の「4.2 耐震評価」にて設定している評価方針を踏まえ，応力評価を実施する。

耐震B，Cクラス機器の応力評価は，「4.2 評価対象部位」に示す評価対象部位に対し，「4.3 荷重及び荷重の組合せ」及び「4.4 許容限界」に示す荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえ，「4.5 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

4.2 評価対象部位

耐震B，Cクラス機器の評価対象部位は，容器類及びポンプ類については，付録1「スカート支持たて置円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」，付録2「横置一胴円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」，付録3「平底たて置円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」にて設定している胴板，側板，支持脚，スカート，ラグ，基礎ボルト，取付ボルト及び溶接部並びに付録4「横軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」，付録5「たて軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」にて設定している基礎ボルト及び取付ボルトを評価対象部位とする。

配管，弁及び支持構造物については，付録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」に示す配管，弁及び支持構造物を評価対象部位とする。溢水対象補機及び配管の評価結果は，発生応力と許容応力を踏まえ，評価上厳しい箇所の結果について記載する。

4.3 荷重及び荷重の組合せ

応力評価に用いる荷重及び荷重の組合せは，V-2-別添2-1「溢水防護に関する施設の耐震性についての計算書の方針」の「3.1 荷重及び荷重の組合せ」にて示している荷重及び荷重の組合せを用いる。

4.3.1 荷重，種類

応力評価に用いる荷重は，以下の荷重を用いる。

(1) 常時作用する荷重 (D)

自重

(2) 圧力による荷重 (P_D)

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。

(3) 機械的荷重 (M_D)

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。

(4) 地震荷重 (S_S)

基準地震動 S_S により定まる地震力

4.3.2 荷重の組合せ

応力評価に用いる荷重の組合せは、各機器の評価対象部位ごとに設定する。荷重の組合せを第4-1表に示す。

第4-1表 容器類，荷重の組合せ

許容応力状態	荷重の組合せ	評価対象部位
$IV_A S$	$D + P_D + M_D + S_S$	胴板
		側板

第4-1表 配管，荷重の組合せ

許容応力状態	荷重の組合せ	評価対象部位
$IV_A S$	$D + P_D + M_D + S_S$	配管
		弁

第4-1表 支持構造物，荷重の組合せ

許容応力状態	荷重の組合せ	評価対象部位
$IV_A S$	$D + P_D + M_D + S_S$	支持脚
		スカート
		ラグ
		基礎ボルト
		取付ボルト
		溶接部

4.4 許容限界

耐震B，Cクラス機器の評価の許容限界は，V-2-別添2-1「溢水防護に関する施設の耐震性についての計算書の方針」の「3.2 許容限界」にて設定している許容限界に従って，「4.2 評価対象部位」にて設定している評価対象部位ごとに，許容応力状態 $IV_A S$ の許容応力を用いる。

各機器の評価対象部位ごとの許容限界を第4-2表に示す。

第4-2表 容器, 許容限界

	耐震 クラス	荷重の組合せ	許容応 力状態	許容限界*1			
				一次一般 膜応力	一次膜応力+ 一次曲げ応力	一次+二次応力	一次+二次+ ピーク応力
容器	B, C	$D + P_D + M_D + S_s$	$IV_A S$	$0.6 \cdot S_u$	左欄の1.5倍 の値	*2 S _s 地震力のみによる疲労解析を行い, 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 $2 \cdot S_y$ 以下であれば, 疲労解析は不要。	

注記*1 座屈に対する評価が必要な場合は, クラスMC容器の座屈に対する評価式による。

*2 $2 \cdot S_y$ を超える場合は弾塑性解析を行う。この場合, 設計・規格 PVB-3000 (PVB-3313を除く。S_mは $2/3 \cdot S_y$ と読
み替える。) の簡易弾塑性解析を用いる。

第4-2表 配管の許容限界

	耐震 クラス	荷重の組合せ	許容応 力状態	許容限界			
				一次一般 膜応力	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
配管	B, C	$D + P_D + M_D + S_s$	$IV_A S$	*1 $0.6 \cdot S_u$	左欄の1.5倍 の値	*2 S_s 地震力のみによる疲労解析を行い、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+二次応力の変動値は $2 \cdot S_y$ 以下であれば、疲労解析は不要。	

注記*1 軸力による全断面平均応力については、許容応力状態 $III_A S$ の一次一般膜応力の許容値の0.8倍の値とする。

*2 $2 \cdot S_y$ を超える場合は弾塑性解析を行う。この場合、設計・建設規格 P P B-3536(1), (2), (4)及び(5) (ただし、 S_m は
 $2/3 \cdot S_y$ と読み替える。) の簡易弾塑性解析を用いる。

第4-2表 支持構造物の許容限界

耐震 クラス	荷重の 組合せ	許容応 力状態	許容限界*1, *2, *3 (ボルト等以外)										許容限界*2, *4 (ボルト等)	形式試験 による場合	
			一次応力					一次+二次応力					一次応力		許容荷重
			引張	せん 断	圧縮	曲げ	支圧	引張 圧縮	せん断 *6	曲げ *7	支圧	座屈	引張	せん断	
∞	B, C	$IV_A S$	$1.5 \cdot f_r^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	$1.5 \cdot f_c^*$	$1.5 \cdot f_b^*$	$1.5 \cdot f_p^*$	S s 地震力のみによる応力振幅について評価する。			$1.5 \cdot f_p^*$	*7, *8 $1.5 \cdot f_b$ $1.5 \cdot f_s$ 又は $1.5 \cdot f_c$	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	$T_L \cdot 0.6 \cdot \frac{S_{y d}}{S_{y t}}$

注記*1 「鋼構造設計規準 S I 単位版」(2002年日本建築学会)等の幅厚比の制限を満足させる。

- *2 応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。
- *3 耐圧部に溶接等により直接取り付けられる支持構造物であって耐圧部と一体の応力解析を行うものについては、耐圧部と同じ許容応力とする。
- *4 コンクリートに埋め込まれるアンカボルトで地震応力の占める割合が支配的なものであって、トルク管理、材料の照合等を行わないものについては、材料の品質、据付状態等のゆらぎ等を考慮して、III_ASの許容応力を一次引張応力に対しては f_t 、一次せん断応力に対しては f_s として、またIV_AS→III_ASとして応力評価を行う。
- *5 薄肉円筒形状のもの座屈の評価にあつては、クラスMC容器の座屈に対する評価式による。
- *6 すみ肉溶接部にあつては最大応力に対して $1.5 \cdot f_s$ とする。
- *7 設計・建設規格 SSB-3121.1(4)により求めた f_b とする。
- *8 自重、熱膨張等により常時作用する荷重に、地震動による荷重を重ね合わせて得られる応力の圧縮最大値について評価する。

4.5 評価方法

- (1) 溢水防護として要求する機能を踏まえ、V-2-別添2-1「溢水防護に関する施設の耐震性についての計算書の方針」の「3.2 許容限界」より、基準地震動 S_s による地震力に対して耐震性が確保され溢水に至らないことを確認するために、許容応力状態 $IV_A S$ で、許容限界を満足することを確認する。
- (2) 減衰定数については、V-2-別添2-1「溢水防護に関する施設の耐震性についての計算書の方針」の「4.1.3 設計用減衰定数」に示す値を適用する。
- (3) 耐震B、Cクラス機器のうち容器類及びポンプ類の応力評価は、付録1「スカート支持たて置円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」、付録2「横置一胴円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」、付録3「平底たて置円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」、付録4「横軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」及び付録5「たて軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき実施する。
- (4) 耐震B、Cクラス機器のうち配管の応力評価は、付録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」に示す配管の解析方法に基づき実施する。

5. 耐震評価

5.1 耐震B, Cクラス機器（容器, ポンプ類）及び溢水対象配管の耐震評価

耐震B, Cクラス機器（容器, ポンプ類）及び溢水対象配管が基準地震 S_s による地震力に対し, 耐震性を有することを確認した。