

【公開版】

日本原燃株式会社	
資料番号	耐震機電 13 R <u>6</u>
提出年月日	令和4年 <u>9</u> 月 <u>5</u> 日

## 設工認に係る補足説明資料

### 耐震計算書に関する 既設工認からの変更点について

1. 文章中の下線部は, R5からR6への変更箇所を示す。
2. 本資料(R6)は, 令和4年8月24日に提示した「地震00-01 本文, 添付書類, 補足説明項目への展開(地震)R14」のヒアリングにおける主な指摘事項である安全冷却水B冷却塔の耐震評価に用いる機器減衰の考え方について追記したものである。

## 目次

1. 概要 .....	1
2. 既設工認からの変更内容.....	1
2.1 補強に伴う変更.....	1
2.2 評価条件の変更.....	1

評価条件変更理由の示し方について、設備間の整合を図っており整理結果の示し方が変わる可能性がある事から、後次回申請時に提示することとする。

添付－1 既設工認からの変更点管理表

■ : 商業機密の観点から公開できない箇所

## 1. 概要

本資料は、再処理施設に対する、第1回設工認申請（令和2年12月24日申請）のうち、以下の添付書類に示す耐震計算書における既設工認からの変更点を補足説明するものである。

- ・再処理施設 添付書類「IV-2-1-3-2-1（1）安全冷却水B冷却塔（XXXXXXXXXX）の耐震計算書」
- ・再処理施設 添付書類「IV-1-11-1 別紙 各施設の配管標準支持間隔」

機器・配管系及び建物・構築物は、既設工認時より設工認添付書類の基本方針に記載した評価方針に基づき評価を実施しており、一部の設備における評価条件は、耐震補強、実機形状の反映、環境条件の精緻化、規格基準の変更に伴い既設工認時から変更している。

## 2. 既設工認からの変更内容

機器・配管系については、各設備の耐震計算書における既設工認からの変更点については、補足説明資料「耐震建物01 耐震評価対象の網羅性、既設工認との手法の相違点の整理について（建物・構築物、機器・配管系）」に示す類型化分類の設備ごとに管理する。既設工認からの変更点管理表を添付-1に示す。

説明に当たっては、本管理表を活用し、類型化分類毎の代表設備に対して説明を行う。なお、代表設備の選定方法は、補足説明資料「耐震機電07 機器、配管系の類型化に対する分類の考え方について」に示す。

これらの管理に際しては、耐震補強を実施した補強設備と評価条件のみ変更した設備で変更点の管理方法が異なるため、それぞれの対応を次項に示す。

建物・構築物については、既設工認との比較を行う代表設備の選定は行わず、全設備に対して比較を実施する。

なお、第1回設工認申請は本設備単独の申請であり、鉄筋コンクリート造の安全冷却水B冷却塔基礎についても、一部冷却塔本体における既設工認からの変更点と合わせて本資料において説明する。

また、後次回申請においては複数の屋外機械基礎の同時申請となることから、既設工認からの変更点の申請設備ごとの比較が明確になるよう、別途屋外機械基礎についての既設工認からの変更点を取りまとめた補足説明資料を作成することとする

### 2.1 補強に伴う変更

補強に伴う変更については、設備ごとに実施した耐震補強内容を変更点管理表に示し、補強内容の詳細は補強に伴う評価条件の変更内容と合わせて別紙1に示す。

### 2.2 評価条件の変更

補強を実施せず、評価条件のみ変更した設備については、設備ごとに変更した評価条件を変更点管理表に示し、各設備に対する詳細な変更内容を別紙2に示す。

以上

既設工認からの変更点管理表

・本表における設備名称については、既設工認にて示している申請設備のうち、第6条要求の設備を対象として記載している。

\*1:補足説明資料「耐震建物01」耐震評価対象の網羅性、既設工認との手法の相違点の整理について（建物・構造物、機器・配管系）」に示す類型化分類。  
 \*2:補足説明資料「耐震機器07」機器、配管系の類型化に対する分類の考え方について」で選定した各分類の説明における代表設備  
 \*3:構造部材の変更を行う設備に対する寸法、荷重条件、物性値、評価手法の変更内容については、別紙1の中で構造の変更内容と合わせて示す。

別紙2-1: 冷却塔*1				●: 説明代表設備*2 ○: 代表に含まれる設備		既設工認からの変更内容*3					
						部材の変更・追加	寸法諸元	地震を除く荷重条件	物性値	評価手法	
番号	施設区分	設置場所	設備名称	設工認申請	分割申請状況						
				第1回申請	後次回以降申請						
1	再処理施設	屋外	安全冷却水B冷却塔	●		○					
2	再処理施設	屋外	安全冷却水系冷却塔A, B				当該範囲については、 後次回申請にて示す。				
3	再処理施設	屋外	安全冷却水A冷却塔								
4	再処理施設	屋外	冷却塔A, B								

既設工認からの変更点管理表（再処理施設）

・再処理事業所のうち、再処理施設の設備\*について示す。

\*本表における設備名称については、既設工認にて示している申請設備のうち、第6条要求の設備を対象として記載している。

【分類】別紙2-10：グローブボックス等（耐震設計上の重要度分類Sクラス）				●：説明代表設備*2 ○：代表に含まれる設備		既設工認からの変更内容*3					
						設工認申請	分割申請状況	部材の変更・追加	寸法諸元	地震を除く荷重条件	物性値
番号	施設区分	設置場所	設備名称	第1回申請	後次回以降申請						
1	再処理施設	精製建屋	ブルトニウム濃縮液ポンプ* Aグローブボックス			当該範囲については、 後次回申請にて示す。					
2	再処理施設	精製建屋	ブルトニウム濃縮液ポンプ* Eグローブボックス								
3	再処理施設	精製建屋	ブルトニウム濃縮液ポンプ* Dグローブボックス								
4	再処理施設	精製建屋	ブルトニウム濃縮液ポンプCグローブボックス								
5	再処理施設	精製建屋	ブルトニウム濃縮液弁グローブボックス								
6	再処理施設	精製建屋	ブルトニウム濃縮液ポンプBグローブボックス								
7	再処理施設	ウラン・ブルトニウム混合脱硝建屋	硝酸ブルトニウム移送グローブボックス								
8	再処理施設	ウラン・ブルトニウム混合脱硝建屋	定量ポットグローブボックスA								
9	再処理施設	ウラン・ブルトニウム混合脱硝建屋	定量ポットグローブボックスB								
10	再処理施設	ウラン・ブルトニウム混合脱硝建屋	一時貯槽第1グローブボックス								
11	再処理施設	ウラン・ブルトニウム混合脱硝建屋	一時貯槽第2グローブボックス								
12	再処理施設	ウラン・ブルトニウム混合脱硝建屋	脱硝装置グローブボックスA, B								
13	再処理施設	ウラン・ブルトニウム混合脱硝建屋	脱硝皿取扱装置第1グローブボックスA, B								
14	再処理施設	ウラン・ブルトニウム混合脱硝建屋	脱硝皿取扱装置第2グローブボックスA, B								
15	再処理施設	ウラン・ブルトニウム混合脱硝建屋	脱硝皿取扱装置第3グローブボックスA, B								
16	再処理施設	ウラン・ブルトニウム混合脱硝建屋	脱硝皿取扱装置第4グローブボックスA, B								
17	再処理施設	ウラン・ブルトニウム混合脱硝建屋	廃ガス処理第1グローブボックス								
18	再処理施設	ウラン・ブルトニウム混合脱硝建屋	廃ガス処理第2グローブボックス								
19	再処理施設	ウラン・ブルトニウム混合脱硝建屋	廃ガス処理第3グローブボックス								
20	再処理施設	ウラン・ブルトニウム混合脱硝建屋	脱硝廃ガス処理グローブボックス								

既設工認からの変更点管理表（再処理施設）

・再処理事業所のうち、再処理施設の設備\*について示す。  
 \*本表における設備名称については、既設工認にて示している申請設備のうち、第6条要求の設備を対象として記載している。

※ IV-1-1-10 機器の耐震支持方針に基づく分類。

別紙2-18：クレーン・台車類 <sup>※</sup>				●：説明代表設備 <sup>※2</sup> ○：代表に包含される設備		既設工認からの変更内容 <sup>※3</sup>																																																	
						設工認申請	分割申請状況	部材の変更・追加	寸法諸元	地震を除く荷重条件	物性値	評価手法																																											
番号	施設区分	設置場所	設備名称	第1回申請	後次回以降申請	当該範囲については、 後次回申請にて示す。																																																	
1	再処理施設	使用済燃料受入れ・貯蔵建屋	ハ <sup>ス</sup> ケット搬送機A, B								当該範囲については、 後次回申請にて示す。																																												
2	再処理施設	使用済燃料受入れ・貯蔵建屋	ハ <sup>ス</sup> ケット取扱装置													当該範囲については、 後次回申請にて示す。																																							
3	再処理施設	使用済燃料受入れ・貯蔵建屋	使用済燃料受入れ・貯蔵建屋天井クレーンA, B																		当該範囲については、 後次回申請にて示す。																																		
4	再処理施設	使用済燃料受入れ・貯蔵建屋	燃料取出し装置A, B																							当該範囲については、 後次回申請にて示す。																													
5	再処理施設	使用済燃料受入れ・貯蔵建屋	燃料移送水中台車																												当該範囲については、 後次回申請にて示す。																								
6	再処理施設	使用済燃料受入れ・貯蔵建屋	燃料取扱装置(BWR燃料用)																																	当該範囲については、 後次回申請にて示す。																			
7	再処理施設	使用済燃料受入れ・貯蔵建屋	燃料取扱装置(PWR燃料用)																																						当該範囲については、 後次回申請にて示す。														
8	再処理施設	使用済燃料受入れ・貯蔵建屋	燃料取扱装置(BWR燃料及びPWR燃料用)																																											当該範囲については、 後次回申請にて示す。									
9	再処理施設	前処理建屋	燃料横転クレーンA, B																																																当該範囲については、 後次回申請にて示す。				
10	再処理施設	前処理建屋	塔槽類魔 <sup>カ</sup> ス処理室 <sup>フイ</sup> 保用クレーン																																																				
11	再処理施設	高レベル廃液ガラス固化建屋	魔 <sup>カ</sup> ス処理第3室クレーン			当該範囲については、 後次回申請にて示す。																																																	

既設工認からの変更点管理表（再処理施設）

・再処理事業所のうち、再処理施設の設備\*について示す。  
 \*本表における設備名称については、既設工認にて示している申請設備のうち、第6条要求の設備を対象として記載している。

※ IV-1-1-10 機器の耐震支持方針に基づく分類。

架構支持貯蔵設備**				●：説明代表設備*2 ○：代表に含まれる設備		既設工認からの変更内容*3				
番号	施設区分	設置場所	設備名称	設工認申請 分割申請状況		部材の変更・追加	寸法諸元	地震を除く荷重条件	物性値	評価手法
				第1回申請	後次回以降申請					
1	再処理施設	ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋	貯蔵ホール			当該範囲については、後次回申請にて示す。				

既設工認からの変更点管理表

・本表における設備名称については、既設工認申請にて示している、第6条要求の設備を対象として記載しており、第6条要求以外の設備については後次回申請以降で示す。

\*1:補足説明資料 耐震建物01「耐震評価対象の網羅性、既設工認との手法の相違点の整理について（建物・構築物、機器・配管系）」に示す類型化分類。  
 \*2:補足説明資料 耐震機器07「機器・配管系の類型化に対する分類の表5-5について」で選定した各分類の説明における代表設備  
 \*3:構造部材の変更を行う設備に対する寸法、荷重条件、物性値、評価手法の変更内容については、別紙1の中で構造の変更内容と合わせて示す。

配管標準支持間隔による評価設備 <sup>*1</sup>				●:説明代表設備 <sup>*2</sup> ○:代表に包含される設備		既設工認からの変更内容 <sup>*3</sup>				
番号	施設区分	設置場所	設備名称	設工認申請 分割申請状況		構造部材	寸法	荷重条件	物性値	評価手法
				第1回申請	後次回以降申請					
1	再処理施設	屋外	配管標準支持間隔（安全冷却水B冷却塔）	●		○				
2	再処理施設	前処理建屋	配管標準支持間隔（前処理建屋）							
3	再処理施設	分離建屋	配管標準支持間隔（分離建屋）							
4	再処理施設	精製建屋	配管標準支持間隔（精製建屋）							
5	再処理施設	ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋	配管標準支持間隔（ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋）							
6	再処理施設	高レベル廃液ガラス固化建屋	配管標準支持間隔（高レベル廃液ガラス固化建屋）							
7	再処理施設	使用済燃料受入れ・貯蔵建屋	配管標準支持間隔（使用済燃料受入れ・貯蔵建屋）							
8	再処理施設	屋外	配管標準支持間隔（安全冷却水系冷却塔A基礎）							
9	再処理施設	屋外	配管標準支持間隔（安全冷却水系冷却塔B基礎）							
10	再処理施設	非常用電源建屋	配管標準支持間隔（非常用電源建屋）							
11	再処理施設	非常用電源建屋燃料油貯蔵タンクA, B	配管標準支持間隔（非常用電源建屋燃料油貯蔵タンクA, B）							
12	再処理施設	制御建屋	配管標準支持間隔（制御建屋）							
13	再処理施設	分離建屋/高レベル廃液ガラス固化建屋間洞道、分離建屋/精製建屋/ウラン脱硝建屋/ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋/低レベル廃液処理建屋/低レベル廃棄物処理建屋/分析建屋間洞道、精製建屋/ウラン脱硝建屋間洞道、精製建屋/ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋間洞道	配管標準支持間隔（分離建屋/高レベル廃液ガラス固化建屋間洞道、分離建屋/精製建屋/ウラン脱硝建屋/ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋/低レベル廃液処理建屋/低レベル廃棄物処理建屋/分析建屋間洞道、精製建屋/ウラン脱硝建屋間洞道、精製建屋/ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋間洞道）							
14	再処理施設	前処理建屋/分離建屋/精製建屋/高レベル廃液ガラス固化建屋/ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋/制御建屋/非常用電源建屋/冷却塔設備の安全冷却水系/主排気筒/主排気筒管理建屋間洞道	配管標準支持間隔（前処理建屋/分離建屋/精製建屋/高レベル廃液ガラス固化建屋/ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋/制御建屋/非常用電源建屋/冷却塔設備の安全冷却水系/主排気筒/主排気筒管理建屋間洞道）							
15	再処理施設	主排気筒管理建屋	配管標準支持間隔（主排気筒管理建屋）							
16	再処理施設	屋外	配管標準支持間隔（主排気筒基礎）							
17	再処理施設	屋外	配管標準支持間隔（主排気筒筒身）							

当該範囲については、後次回申請にて示す。



既設工認からの変更点管理表

・本表における設備名称については、既設工認申請にて示している、第6条要求の設備を対象として記載しており、第6条要求以外の設備については後次回申請以降で示す。

\*1: 補足説明資料「耐震建物01「耐震評価対象の網羅性、既設工認との手法の相違点の整理について（建物・構造物、機器・配管系）」に示す類型化分類。  
 \*2: 補足説明資料「耐震機器07「機器、配管系の類型化に対する分類の考え方について」で選定した各分類の説明における代表設備  
 \*3: 構造部材の変更を行う設備に対する寸法、荷重条件、物性値、評価手法の変更内容については、別紙1の中で構造の変更内容と合わせて示す。

配管標準支持間隔による評価設備 <sup>*1</sup>				●: 説明代表設備 <sup>*2</sup> ○: 代表に包含される設備		既設工認からの変更内容 <sup>*3</sup>					
番号	施設区分	設置場所	設備名称	設工認申請 分割申請状況		構造部材	寸法	荷重条件	物性値	評価手法	
				第1回申請	後次回以降申請						
18	再処理施設	使用済燃料受入れ・貯蔵建屋/安全冷却水系冷却塔A, B基礎間洞道	配管標準支持間隔 (使用済燃料受入れ・貯蔵建屋/安全冷却水系冷却塔A, B基礎間洞道)			当該範囲については、 後次回申請にて示す。					
19	再処理施設	屋外	配管標準支持間隔 (安全冷却水A冷却塔)								
20	再処理施設	屋外	配管標準支持間隔 (冷却塔A, B)								
21	再処理施設	ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋	配管標準支持間隔 (ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋)								
22	再処理施設	第1ガラス固化体貯蔵建屋	配管標準支持間隔 (第1ガラス固化体貯蔵建屋)								

# 別紙

## 設工認に係る補足説明資料【耐震計算書に関する既設工認からの変更点について】

資料No.	名称	提出日	Rev	備考
別紙1	既設工認からの変更点について（補強設備）	9/5	6	
別紙1-1	安全冷却水B冷却塔の支持架構及び支持架構搭載機器に関する既設工認からの変更点	9/5	6	
別紙1-2	安全冷却水B冷却塔の配管に関する既設工認からの変更点	9/5	5	
別紙1-3	安全冷却水B冷却塔基礎に関する既設工認からの変更点	9/5	2	
別紙1-4	安全冷却水A冷却塔の支持架構及び支持架構搭載機器に関する既設工認からの変更点			後次回で示す範囲
別紙1-5	冷却塔A, Bの支持架構及び支持架構搭載機器に関する既設工認からの変更点			後次回で示す範囲
別紙1-6	安全冷却水系冷却塔A, Bの支持架構及び支持架構搭載機器に関する既設工認からの変更点			後次回で示す範囲
別紙1-7	貯蔵ホールに関する既設工認からの変更点			後次回で示す範囲
別紙1-8	プルトニウム濃縮液ポンプAグローブボックスに関する既設工認からの変更点			後次回で示す範囲
別紙1-9	プルトニウム濃縮液ポンプCグローブボックスに関する既設工認からの変更点			後次回で示す範囲
別紙1-10	プルトニウム濃縮液ポンプEグローブボックスに関する既設工認からの変更点			後次回で示す範囲
別紙1-11	プルトニウム濃縮液ポンプDグローブボックスに関する既設工認からの変更点			後次回で示す範囲
別紙1-12	プルトニウム濃縮液ポンプBグローブボックスに関する既設工認からの変更点			後次回で示す範囲
別紙1-13	廃ガス処理第1グローブボックスに関する既設工認からの変更点			後次回で示す範囲
別紙1-14	廃ガス処理第2グローブボックスに関する既設工認からの変更点			後次回で示す範囲
別紙1-15	廃ガス処理第3グローブボックスに関する既設工認からの変更点			後次回で示す範囲
別紙1-16	脱硝酸ガス処理グローブボックスに関する既設工認からの変更点			後次回で示す範囲
別紙1-17	硝酸プルトニウム移送グローブボックスに関する既設工認からの変更点			後次回で示す範囲
別紙1-18	一時貯槽第1グローブボックスに関する既設工認からの変更点			後次回で示す範囲
別紙1-19	脱硝装置グローブボックスA, Bに関する既設工認からの変更点			後次回で示す範囲
別紙1-20	脱硝皿取扱装置第1グローブボックスA, Bに関する既設工認からの変更点			後次回で示す範囲

## 設工認に係る補足説明資料【耐震計算書に関する既設工認からの変更点について】

資料No.	名称	提出日	Rev	備考
別紙1-21	脱硝皿取扱装置第2グローブボックスA, Bに関する既設工認からの変更点			後次回で示す範囲
別紙1-22	脱硝皿取扱装置第3グローブボックスA, Bに関する既設工認からの変更点			後次回で示す範囲
別紙1-23	脱硝皿取扱装置第4グローブボックスA, Bに関する既設工認からの変更点			後次回で示す範囲
別紙1-24	使用済燃料受入れ・貯蔵建屋天井クレーンA, Bに関する既設工認からの変更点			後次回で示す範囲
別紙1-25	燃料取出し装置A, Bに関する既設工認からの変更点			後次回で示す範囲
別紙1-26	燃料移送水中台車に関する既設工認からの変更点			後次回で示す範囲
別紙1-27	燃料取扱装置（BWR燃料用）に関する既設工認からの変更点			後次回で示す範囲
別紙1-28	燃料取扱装置（PWR燃料用）に関する既設工認からの変更点			後次回で示す範囲
別紙1-29	燃料取扱装置（BWR燃料及びPWR燃料用）に関する既設工認からの変更点			後次回で示す範囲
別紙1-30	バスケット取扱装置に関する既設工認からの変更点			後次回で示す範囲
別紙1-31	バスケット搬送機A, Bに関する既設工認からの変更点			後次回で示す範囲
別紙1-32	燃料横転クレーンA, Bに関する既設工認からの変更点			後次回で示す範囲
別紙1-33	安全冷却水A冷却塔の配管に関する既設工認からの変更点			後次回で示す範囲
別紙1-34	冷却塔A, Bの配管に関する既設工認からの変更点			後次回で示す範囲
別紙2	既設工認からの変更点について（評価条件の変更）			後次回で示す範囲

令和4年9月5日 R6

## 別紙 1

既設工認からの変更点について(補強設備)

## 別紙 1-1

安全冷却水 B 冷却塔の支持架構及び支持架構搭載機器  
に関する既設工認からの変更点

## 目次

1. 概要	別紙1-1-1
2. 耐震評価に関する既設工認からの変更点	別紙1-1-1
3. 支持架構及び支持架構搭載機器の耐震評価	別紙1-1-11
3.1 支持架構の地震応答解析	別紙1-1-11
3.2 支持架構搭載機器の地震応答解析	別紙1-1-13
3.2.1 伝熱管の地震応力評価	別紙1-1-13
3.2.2 原動機, 減速機, 管束, ファンリング及びルーバの地震応力評価	別紙1-1-14
3.3 ファンの動的機能維持評価	別紙1-1-18
4. 結論	別紙1-1-19

別添1 既設工認モデルと今回設工認モデルの固有周期の比較

別添2 水平2方向地震力の組合せによる影響検討

別添3 安全冷却水B冷却塔の耐震評価の補足事項

参考資料1 JEAG4601に基づく評価フローとの比較

参考資料2 機器減衰に対する考え方について

## 1. 概要

本資料は、安全冷却水B冷却塔における耐震評価に関する既設工認からの変更点について示す。

なお、安全冷却水B冷却塔まわり配管及び弁(安全冷却水冷却塔( )～安全冷却水冷却塔( )供給配管合流点、安全冷却水冷却塔( )戻り配管分岐点～安全冷却水冷却塔( ))(以下、「配管」という。)については、別紙1-2「安全冷却水B冷却塔の配管に関する既設工認からの変更点」にて既設工認からの変更点を示す。

## 2. 耐震評価に関する既設工認からの変更点

安全冷却水B冷却塔の耐震評価にあたり、基本構造、新規制基準による耐震補強等、荷重条件及び評価モデルについて、既設工認からの変更点の有無を整理する。

### (1) 安全冷却水B冷却塔の基本構造

安全冷却水B冷却塔は、

複合構造物である。

支持架構は、冬期運転ベイ3ベイ+冬期休止ベイ1ベイ(以下、「冬期運転側ベイ」という。)と冬期休止ベイ5ベイ(以下、「冬期休止側ベイ」という。)によって構成される。第2-1図にベイの概要を示す。

この基本構造については、既設工認からの変更はない。

### (2) 新規制基準による耐震補強及び外部火災の防護対策について

安全冷却水B冷却塔は、新たに策定された基準地震動 $S_s$ に対して、耐震補強を実施する。

また、外部火災の防護対策として、耐火被覆の施工及び遮熱板の設置を行う。

耐震補強及び外部火災の防護対策の内容については以下のとおり。安全冷却水B冷却塔の既設工認からの変更内容を第2-1表に、安全冷却水B冷却塔の耐震補強概要を第2-2図に示す。

a.

b.



- c. [REDACTED]  
[REDACTED]
- d. 構成する部材のうち，航空機墜落火災からの輻射を受け，部材温度が上昇した際に，許容温度を満足しない部材については，耐火被覆の施工又は遮熱板を設置する。外部火災の防護対策の詳細については，補足説明資料「外外火04 航空機墜落における火災の防護設計について」参照。

(3) 荷重条件の変更について

- a. 既設工認における縦弾性係数は平成12年通産省告示501号に基づき設定していたが，新知見の反映に伴い，今回設工認ではJSMEに基づき設定。
- b. 既設工認における積雪荷重の地震時組合せ係数は，青森県建築基準法施行細則に基づき設定していたが，新知見の反映に伴い，今回設工認では建築基準法に示す係数に変更。
- c. 既設工認における風荷重は地震荷重と比較を行い，設備への影響が小さいと判断したため，荷重の組み合わせには考慮していないが，今回設工認では地震荷重と風荷重の組み合わせを考慮する。

(4) 評価用モデルの変更について

既設工認では、基礎を含んだ安全冷却水B冷却塔全体(以下、「冷却塔基礎」という。)及び安全冷却水B冷却塔単体(以下、「冷却塔」という。)のいずれも1軸多質点はりモデルを用いていたが、  
冷却塔基礎のうち安全冷却水B冷却塔部分を2軸多質点はりモデルに、冷却塔の評価モデルを三次元はりモデルに変更した。

冷却塔基礎の解析に用いる2軸多質点はりモデルは、  
既設工認に用いていた1軸多質点はりモデルに対し、  
解析モデルが妥当であると判断した。

冷却塔の解析に用いる三次元はりモデルは、既設工認に用いていた1軸多質点はりモデルに対し、三次元はりモデル  
解析モデルが妥当であると判断した。

冷却塔基礎の既設工認からの変更内容を第2-2表に、冷却塔基礎及び冷却塔における地震応答解析モデルを第2-3表に、既設工認及び変更後の解析モデルの固有周期の比較結果を別添1に示す。

なお、三次元はりモデルを用いた冷却塔の支持架構に対する水平2方向及び鉛直方向地震力の組み合わせの影響検討結果を別添2に示す。





第2-2表 地震応答解析モデル及び手法の比較  
(冷却塔基礎)

項目	内容	既設工認 <sup>※1</sup>	今回設工認	備考
地盤モデル	支持地盤	敷地内の調査結果を踏まえた平均的な物性値を設定	構築物の直下及び近傍の調査結果を踏まえた物性値を設定 <sup>※3</sup>	—
	表層地盤	考慮せず	変更なし	—
	ばらつき	考慮せず	考慮	—
入力地震動の算定方法	水平	設計用地震動を用いて、一次元波動論により算定	変更なし	②
	鉛直	— <sup>※2</sup>	設計用地震動を用いて、一次元波動論により算定	
解析コード		TDAP	TDAPⅢ	—
構築物のモデル化	モデル	1軸多質点系モデル	多軸多質点系モデル ■■■■ <sup>※4</sup>	—
	材料物性	検討時の各規準に基づき設定 コンクリートのヤング係数： $E=2.26 \times 10^4 \text{N/mm}^2$ コンクリートのポアソン比： $\nu=0.167$	適用規準の見直しによる再設定 コンクリートのヤング係数： $E=2.25 \times 10^4 \text{N/mm}^2$ コンクリートのポアソン比： $\nu=0.2$	①
	重量	機器レイアウト、基礎形状に応じて設定	変更なし (冷却塔の変更を反映して再算定)	—
	剛性評価	基礎及び冷却塔を考慮	変更なし (冷却塔の変更を反映して再算定)	—
	減衰定数	地盤減衰(RC)：5%， 機器減衰(S)：■■ <sup>※5</sup> (冷却塔)	変更なし	—
構築物-地盤相互作用	基礎底面	振動アドミタンス理論による近似法	変更なし	②
		水平方向：スウェイ及びロッキングばねを考慮 鉛直方向：— <sup>※2</sup>	水平方向：同左(冷却塔及び地盤モデルの変更に応じて地盤ばねを再算定) 鉛直方向：鉛直ばねを考慮	
	構築物側面	考慮せず	変更なし	
非線形特性	耐震壁	—	変更なし	②
	表層地盤	考慮せず	変更なし	
	支持地盤	考慮せず	ひずみ依存特性を考慮	
	基礎浮上り	考慮せず	水平方向：幾何学的非線形性を考慮 鉛直方向：考慮せず	

注記※1：『再処理施設に関する設計及び工事の方法の認可申請書 第6回申請 資料IV-2-2-4-1-1-1「安全冷却水B冷却塔基礎の地震応答計算書」(9安(核規)第596号 平成10年6月9日認可)』

注記※2：既設工認時は、水平方向のみ地震応答解析を実施し、鉛直方向は静的地震力を考慮

注記※3：構築物の直下及び近傍の調査結果を踏まえた物性値を設定しており、地盤モデルの設定に用いるボーリング調査位置を第2-3図に示す。詳細は補足説明資料「耐震建物08地震応答解析に用いる地盤モデル及び地盤物性値の設定について」に示す

注記※4：モデルの変更に関する内容については、2.(4)による。

注記※5 : [Redacted]

なお、機器減衰に対する考え方を参考資料2に示す。

【具体的な反映事項】(表の備考欄に対応)

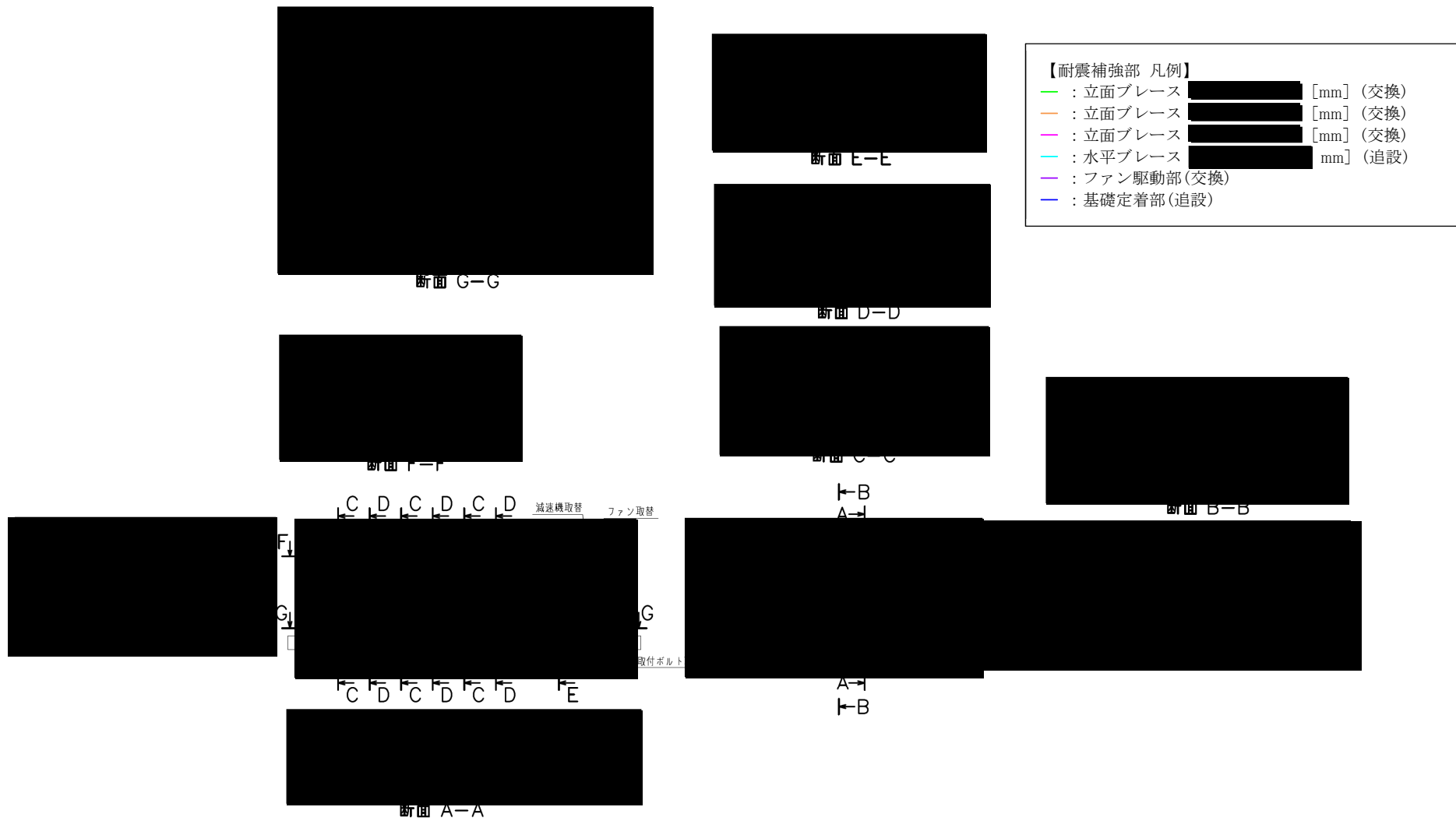
- ①鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説－許容応力度設計法－((社)日本建築学会, 1999)に基づく
- ②原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991 追補版((社)日本電気協会)に基づく

第2-3表 冷却塔基礎及び冷却塔における地震応答解析モデル

		既設工認	今回設工認
基礎の 地震応 答解析 モデル	水平方向	[Redacted]	[Redacted] (単位: m) T.M.S. T.M.S. 注記1: ○数字は質点番号を示す。 注記2: □数字は要素番号を示す。
	鉛直方向	/	[Redacted] (単位: m) T.M.S. T.M.S. 注記1: ○数字は質点番号を示す。 注記2: □数字は要素番号を示す。
地震応 答解析 モデル	冬期運転側ベイ	[Redacted] T.M.S.L. [Redacted] (RF) T.M.S.L. [Redacted] (3F) T.M.S.L. [Redacted] (2F) T.M.S.L. [Redacted] (1F)	[Redacted]
	冬期休止側ベイ	[Redacted] T.M.S.L. [Redacted] (3F) T.M.S.L. [Redacted] (2F) T.M.S.L. [Redacted] (1F)	[Redacted]

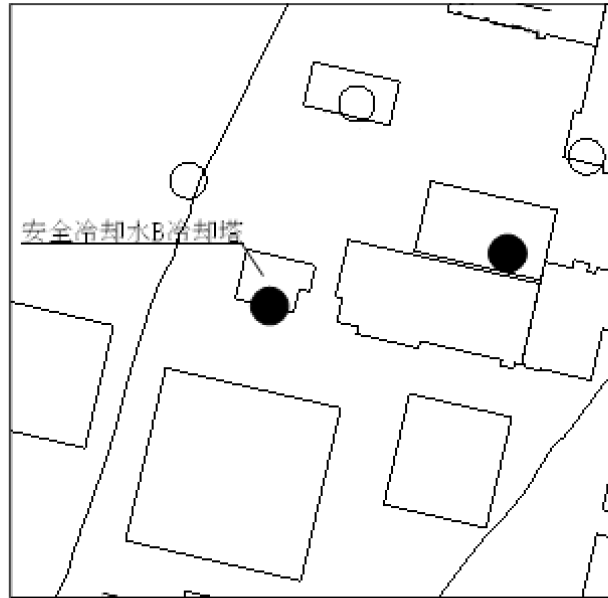


第2-1図 冷却塔におけるベイの概要図



第2-2図 安全冷却水B冷却塔の耐震補強概要図





● : 安全冷却水B冷却塔の地盤モデル設定に用いるボーリング調査位置

第2-3図 地盤モデルの設定に用いるボーリング調査位置  
(安全冷却水B冷却塔)



第3-1表 支持架構の地震応答解析モデル及び手法(2/2)

項目	内容	既設工認	今回設工認
荷重の設定	固定荷重	支持架構，支持架構搭載機器及び配管内を流れる冷却水の重量を考慮する。	支持架構 <sup>※1</sup> (耐火被覆重量を含む)，支持架構搭載機器及び配管内を流れる冷却水の重量を考慮する。 各荷重は，配管のように広く作用する荷重は分布荷重として考慮し，ファンのように局所的に作用する荷重は集中荷重として考慮する。 <sup>※2</sup>
	積雪荷重	<u>青森県建築基準法施工細則に基づき</u> ，支持架構上部の積雪荷重を考慮する。 なお，係数は0.5とする。	<u>建築基準法に基づき</u> ，支持架構上部の積雪荷重を考慮する。 なお，係数は0.35とする。
	地震荷重	S1：240Gal S2：320Gal	基準地震動Ss(13波)：700Gal
	風荷重	地震荷重と比較を行い，設備への影響が小さいと判断したため，風荷重は考慮しない。	風荷重を考慮する。
評価方法	地震荷重及びその他考慮すべき荷重による発生応力が部材の許容応力を超えないことを確認	変更なし	

注記※1：耐震補強及び外部火災の防護対策により増加した重量は，固定荷重として考慮する。

注記※2：荷重の設定については以下のとおり実施している。

- ・支持架構搭載機器(配管除く)…局所的に設置されている支持架構搭載機器については，解析モデル上も局所的に荷重を与えている。
- ・配管…冷却塔全体的に敷設されていることから，各フロアに等しく荷重を与えている。

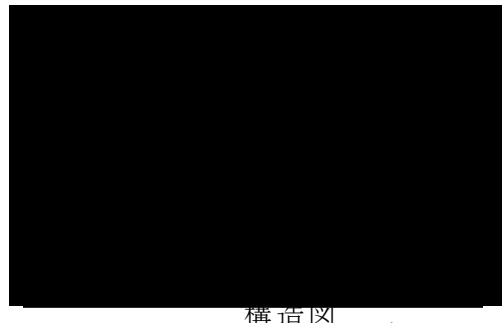
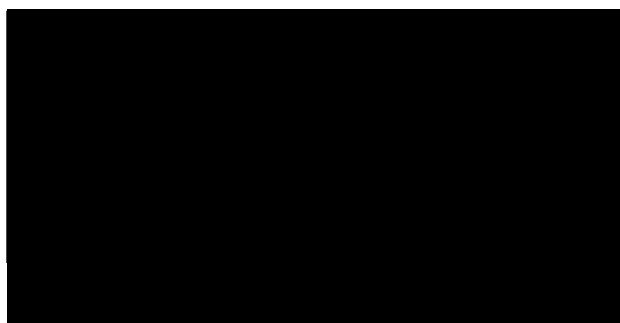
### 3.2 支持架構搭載機器の地震応答解析

#### 3.2.1 伝熱管の地震応力評価

安全冷却水B冷却塔の伝熱管の地震応答解析の解析モデル及び手法を既設工認と比較した結果を第3-2表に、解析モデル及び構造図を第3-1図に示す。

第3-2表 伝熱管の地震応答解析モデル及び手法

項目	内容	既設工認	今回設工認
解析手法		[Redacted]	[Redacted]
解析コード		MSC NASTRAN	変更なし
モデル	材料物性	・縦弾性係数：[Redacted] kg/mm <sup>2</sup> ・ポアソン比：[Redacted]	・縦弾性係数：[Redacted] MPa ・ポアソン比：[Redacted]
	要素種別	[Redacted]	変更なし
	境界条件	[Redacted]	変更なし
荷重の組合せ		D + S2(S1) D：固定荷重 S2(S1)：地震荷重	D + Ss D：固定荷重 Ss(Sd)：地震荷重
荷重の設定	固定荷重	伝熱管(配管+フィン)及び冷却水の重量を考慮する。	変更なし
	積雪荷重	ルーバ上に積雪するものとして、伝熱管への積雪荷重は考慮しない。	変更なし
	地震荷重	S1：240Gal S2：320Gal	基準地震動Ss(13波)：700Gal
	風荷重	風の影響を受けにくい構造であるため、風荷重は考慮しない。	変更なし
評価方法		地震荷重及びその他考慮すべき荷重による発生応力が部材の許容応力を超えないことを確認	変更なし



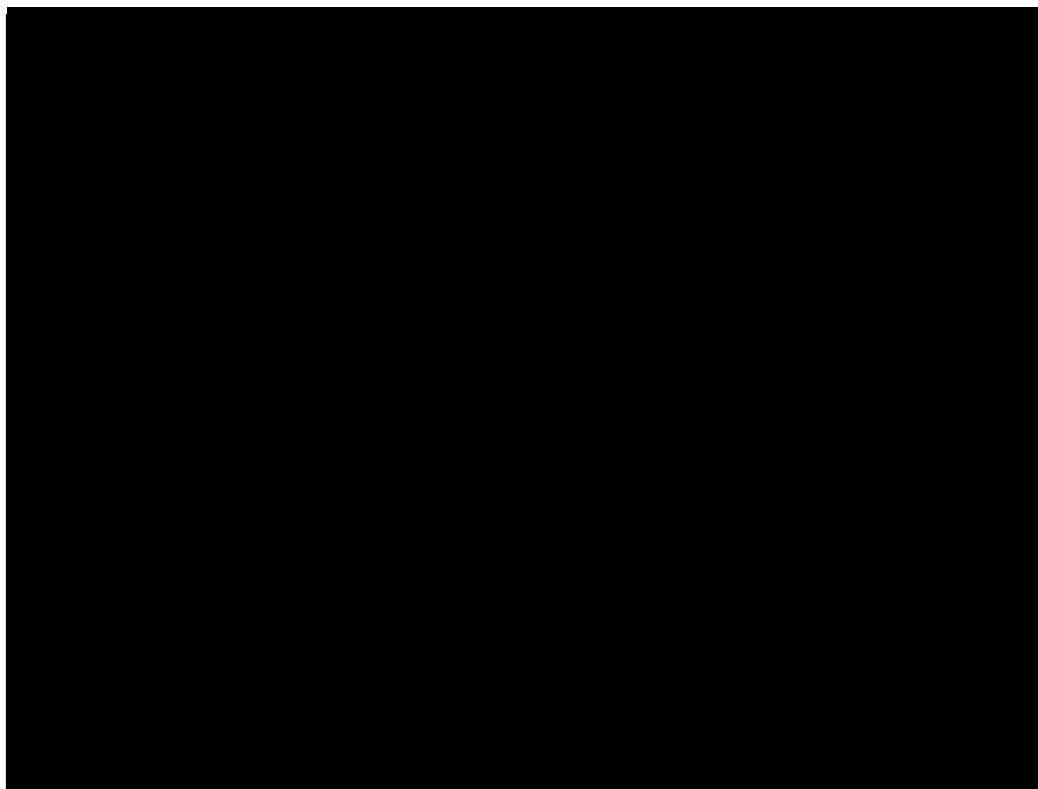
構造図

第3-1図 伝熱管の解析モデル及び構造図

3.2.2 原動機，減速機，管束，ファンリング及びルーバの地震応力評価

安全冷却水B冷却塔の支持架構搭載機器のうち，原動機，減速機，管束，ファンリング及びルーバについては，剛性の高い設備であることからJEAG4601に基づき，取付ボルトを評価対象とした応力評価を実施している。取付ボルトの手計算による解析概要図を第3-2図に示す。

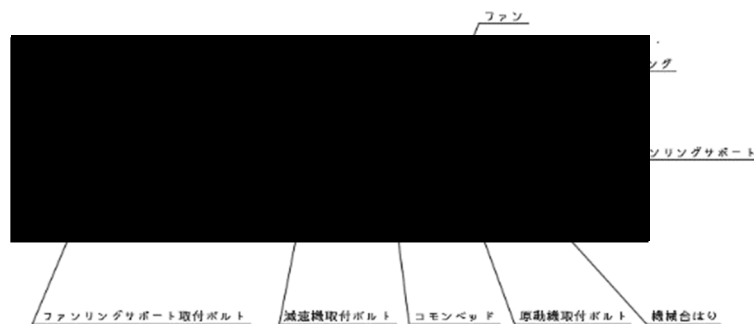
安全冷却水B冷却塔の支持架構搭載機器の地震応力評価手法について第3-3表に，各表に対応する支持架構搭載機器の構造図を第3-3図，第3-4図及び第3-5図に示す。



第3-2図 手計算による解析概要図

第3-3表(1/3) 原動機及び減速機の地震応力評価手法

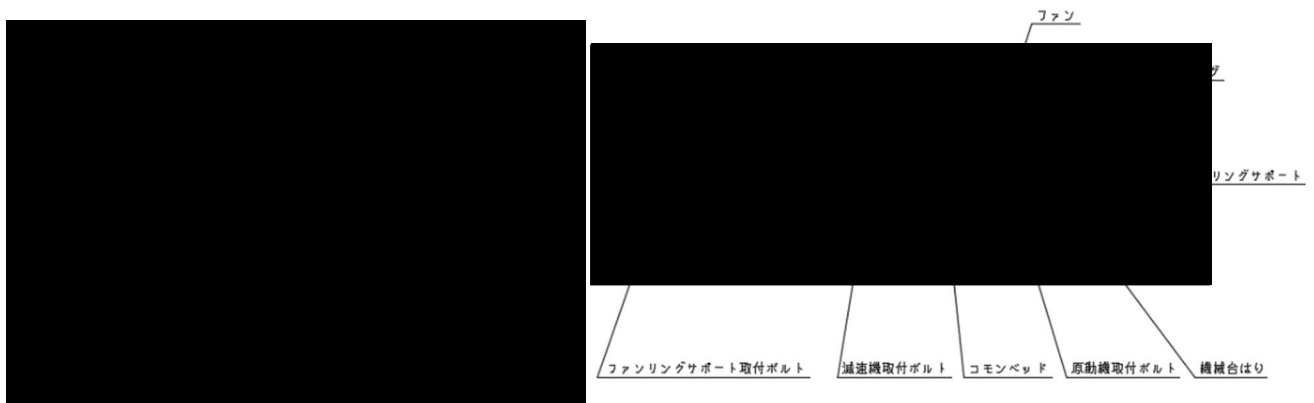
項目	内容	既設工認	今回設工認
解析手法		応力算出式を用いた手計算による解析を実施	変更なし
解析コード		— (手計算にて実施)	変更なし
応力算出式			変更なし
モデル		第3-2図に示す。	変更なし
荷重の組合せ		D + S2(S1) D：固定荷重 S2(S1)：地震荷重	D + Ss+ WL D：固定荷重 Ss(Sd)：地震荷重 WL：風荷重
荷重の設定	固定荷重	原動機及び減速機の各々の重量を考慮する。	変更なし
	積雪荷重	ルーパー上に積雪するものとして、原動機及び減速機への積雪荷重は考慮しない。	変更なし
	地震荷重	S1：240Gal S2：320Gal	基準地震動Ss(13波)：700Gal
	風荷重	地震荷重と比較を行い、設備への影響が小さいと判断したため、風荷重は考慮しない。	風荷重を考慮する。
評価方法		地震荷重及びその他考慮すべき荷重による発生応力が部材の許容応力を超えないことを確認	変更なし



第3-3図 減速機及び原動機の構造図

第3-3表(2/3) 管束及びファンリングの地震応力評価手法

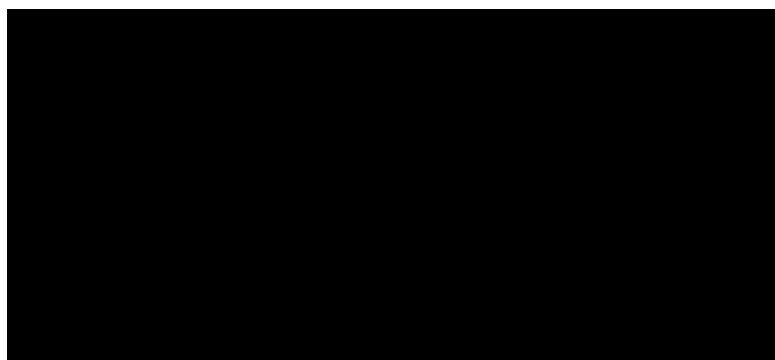
項目	内容	既設工認	今回設工認
解析手法		応力算出式を用いた手計算による解析を実施	変更なし
解析コード		— (手計算にて実施)	変更なし
応力算出式			変更なし
モデル		第3-2図に示す。	変更なし
荷重の組合せ		D + S2(S1) D：固定荷重 S2(S1)：地震荷重	D + Ss + WL D：固定荷重 Ss(Sd)：地震荷重 WL：風荷重
荷重の設定	固定荷重	管束及びファンリングの各々の重量を考慮する。	管束及びファンリングの各々の重量(耐火被覆重量を含む)を考慮する。
	積雪荷重	ルーバ上に積雪するものとして、管束及びファンリングへの積雪荷重は考慮しない。	変更なし
	地震荷重	S1：240Gal S2：320Gal	基準地震動Ss(13波)：700Gal
	風荷重	地震荷重と比較を行い、設備への影響が小さいと判断したため、風荷重は考慮しない。	風荷重を考慮する。
評価方法		地震荷重及びその他考慮すべき荷重による発生応力が部材の許容応力を超えないことを確認	変更なし



第3-4図 管束及びファンリングの構造図

第3-3表(3/3) ルーバの地震応力評価手法

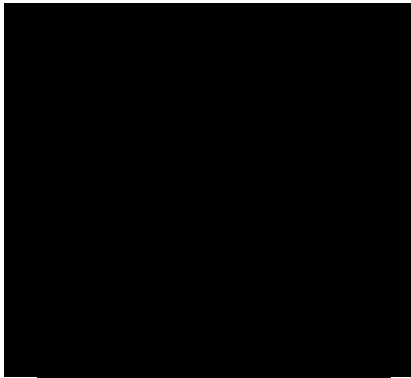
項目	内容	既設工認	今回設工認
解析手法		応力算出式を用いた手計算による解析を実施	変更なし
解析コード		— (手計算にて実施)	変更なし
応力算出式			変更なし
モデル		第3-2図に示す。	変更なし
荷重の組合せ		D + 0.5Ls + S2(S1) D：固定荷重 Ls：積雪荷重 S2(S1)：地震荷重	D + 0.35Ls + Ss + WL D：固定荷重 Ls：積雪荷重 Ss(Sd)：地震荷重 WL：風荷重
荷重の設定	固定荷重	ルーバの重量を考慮する。	変更なし
	積雪荷重	青森県建築基準法施工細則に基づき、ルーバ上部の積雪荷重を考慮する。 なお、係数は0.5とする。	建築基準法に基づき、ルーバ上部の積雪荷重を考慮する。 なお、係数は0.35とする。
	地震荷重	S1：240Gal S2：320Gal	基準地震動Ss(13波)：700Gal
	風荷重	地震荷重と比較を行い、設備への影響が小さいと判断したため、風荷重は考慮しない。	風荷重を考慮する。
評価方法		地震荷重及びその他考慮すべき荷重による発生応力が部材の許容応力を超えないことを確認	変更なし



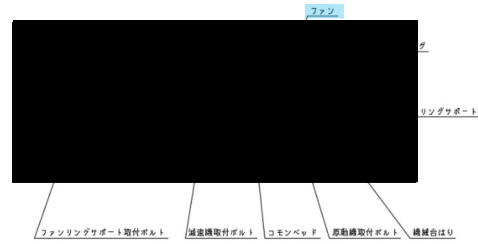
第3-5図 ルーバの構造図







動的機能維持評価モデル



構造図

■ : ファン  
 ■ : 減速機

第3-6図 ファンの動的機能維持評価モデルと構造図

4. 結論

安全冷却水B冷却塔における耐震補強内容並びに耐震評価モデル及び手法の既設工認からの変更点について、整理した。これらの変更点を踏まえた耐震評価の結果、耐震性を有することを確認した。評価結果については、「IV-2-1-2-1-1-1 安全冷却水B冷却塔の耐震計算書」に示す。

## 別添 1

既設工認モデルと今回設工認モデルの固有周期  
の比較





## 別添 2

水平 2 方向地震力の組合せによる影響検討

1. 概要

本資料は、安全冷却水B冷却塔における水平2方向地震力の組み合わせによる影響(以下、「水平2方向の影響」という。)についてまとめたものである。

2. 水平2方向の影響について

[Redacted text block]

補足説明資料「耐震機電10 耐震設計の基本方針に関する水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する設備の抽出及び考え方について」にて示すとおり、矩形型設備である冷却塔について応力増分の傾向を比較した結果、

[Redacted text]水平2方向の影響は軽微であることを確認した。

別添 3

安全冷却水 B 冷却塔の耐震評価の補足事項



1. 概要

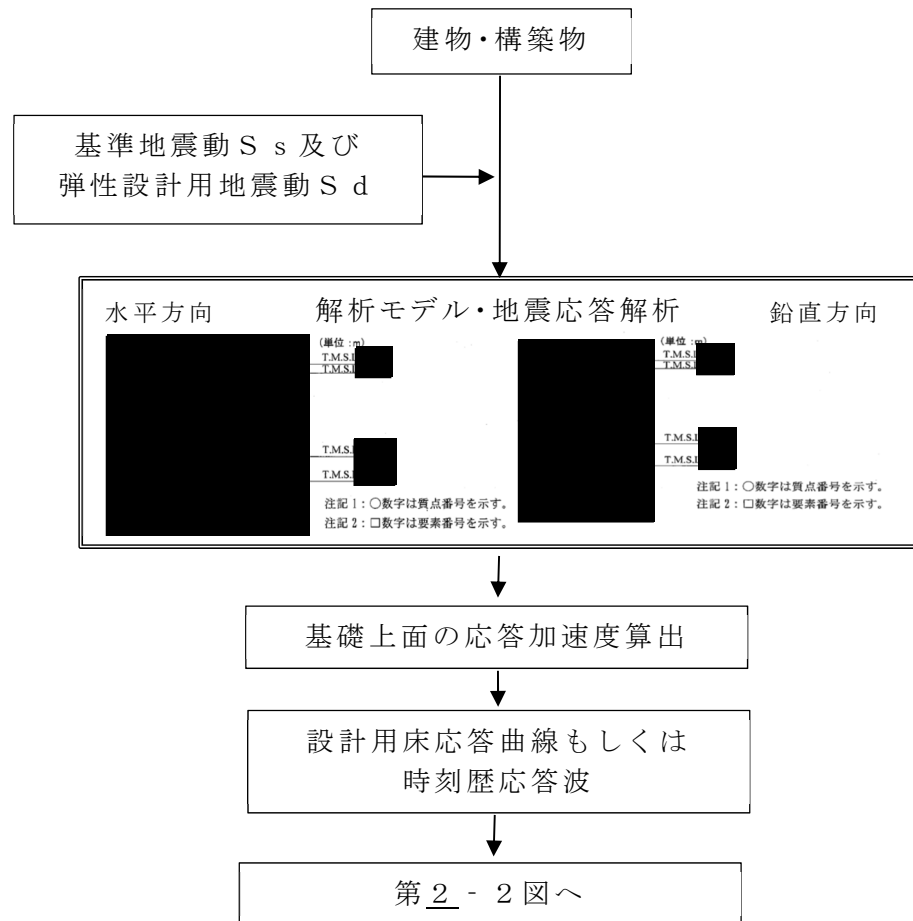
本資料は、安全冷却水B冷却塔の耐震評価について補足説明するものである。安全冷却水B冷却塔の耐震評価内容を以下に示す。

2. 耐震評価における評価フロー

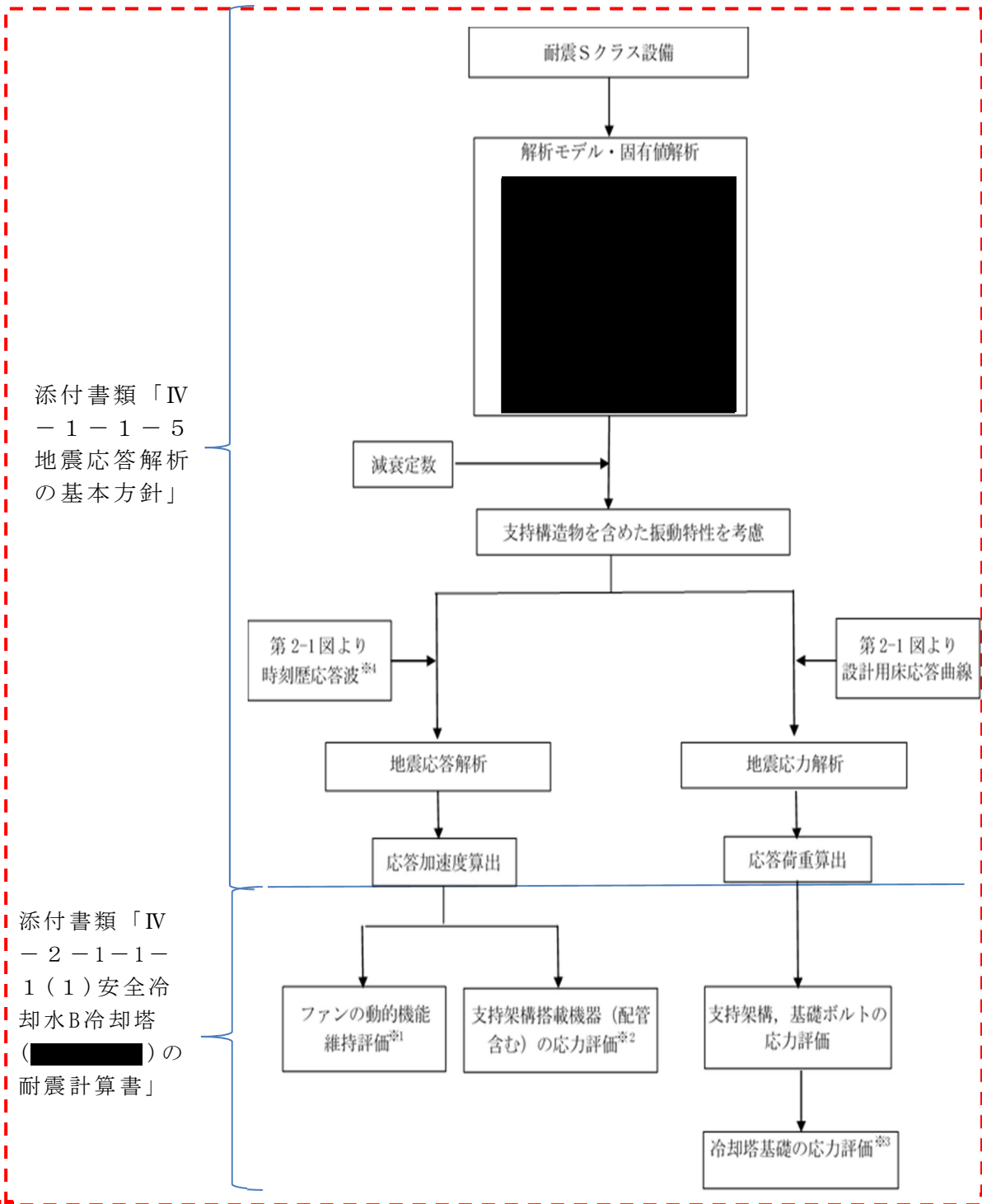
安全冷却水B冷却塔は、支持架構上にファンや伝熱管などが設置されている設備であり、これらを支持する支持架構が剛ではない設備であることから、添付書類「IV-1-1-10 機器の耐震支持方針」に基づき、支持架構搭載機器の評価においては支持架構の剛性を考慮した地震応答解析により耐震性の確認を行う。

安全冷却水B冷却塔における耐震評価フローを第2-1図及び第2-2図に示す。

なお、本評価フローは、参考資料1に示すとおりJEAG4601に基づく評価フローであり、添付書類「IV-1-1-5 地震応答解析の基本方針」に基づき、耐震評価までを示したものである。



第2-1図 耐震評価フロー(建物・構築物)



添付書類「IV-1-1-5 地震応答解析の基本方針」

添付書類「IV-2-1-1-1(1)安全冷却水B冷却塔( )の耐震計算書」

：本資料にて示す範囲

注記※1：ファンの動的機能維持に関する考え方については、補足説明資料「耐震機電14 動的機能維持評価手法の適用について」にて示す。

注記※2：支持架構搭載機器のうち、配管の応力評価に関する考え方については、本資料「別紙1-2」に示す。

注記※3：冷却塔基礎の応力評価に関する考え方については、本資料「別紙1-3」に示す。

注記※4：実挙動をより詳細に模擬するため、時刻歴応答波を用いる。

第2-2図 耐震評価フロー(機器・配管系)

### 3. 地震応答解析における目的及び評価手法

安全冷却水B冷却塔の地震応答解析は、支持架構搭載機器の応力評価及びファンの動的機能維持評価に用いる応答加速度の算出、並びに支持架構及び基礎ボルトの応力評価に用いる応答荷重の算出を目的として実施する。

支持架構搭載機器の応力評価及びファンの動的機能維持評価においては、剛ではない支持架構に設置されることから、支持架構の振動による影響を考慮した評価を実施する。 [REDACTED]

### 4. 評価対象部位の選定

安全冷却水B冷却塔の支持架構及び支持架構搭載機器について、評価対象部位を以下のとおり設定する。

#### a. 支持架構

支持架構は、柱、床はり、2階 機械台はり、立面ブレース及び水平ブレースにより構成される。支持架構は [REDACTED] 評価対象部位とする。

#### b. 支持架構搭載機器

支持架構搭載機器は支持架構と同様に [REDACTED] 評価対象部位とする。

なお、支持架構搭載機器のうち、配管については別紙1-2「安全冷却水B冷却塔の配管に関する既設工認からの変更点」にて説明し、ファンの動的機能維持評価に関する考え方は補足説明資料「耐震機電14 動的機能維持評価手法の適用について」にて説明する。

### 5. 地震応答解析における評価条件

#### 5.1 地震応答解析に用いる入力地震動

支持架構搭載機器の応力評価及びファンの動的機能維持評価における地震応答解析に用いる入力地震動については、添付書類「IV-2-1-1-1 安全冷却水B冷却塔の耐震性に関する計算書 a. 安全冷却水B冷却塔の地震応答計算書」に示すとおり [REDACTED] とする。

また、支持架構及び基礎ボルトの応力評価における地震応答解析の入力地震動については、 [REDACTED] とする。

## 5.2 耐震評価において考慮すべき荷重

添付書類「IV-1-1 耐震設計の基本方針」に基づき、以下のとおり考慮すべき荷重を設定する。なお、耐火被覆重量(単位重量：7kg/m<sup>2</sup>)は支持架構に負担するようモデル化する。

### a. 固定荷重(D)

固定荷重は、持続的に生じる荷重である自重(支持架構(耐火被覆重量を含む)、支持架構搭載機器及び配管内を流れる冷却水)とする。

### b. 積雪荷重(Ls)

積雪荷重は、六ヶ所村統計書における観測記録上の極値190cmに、「建築基準法施行令」第八十六条に基づいた建築基準法の多雪区域に与える積雪の単位荷重と、地震荷重の組合せを適用して、平均的な積雪荷重を与えるための係数0.35を考慮した荷重とする。積雪荷重の設定範囲は、各設備の投影面積に基づき設定する。

### c. 地震荷重(Ss)

地震荷重は、基準地震動Ss、又は最大床応答加速度の1.2倍を用いた地震荷重とし、添付書類「IV-1-1 耐震設計の基本方針」の「4. 設計用地震力」に基づき動的地震力を算定する。なお、弾性設計用地震動Sd及び静的地震力の影響確認も実施する。

### d. 風荷重(WL)

風荷重は、建築基準法施行令に基づく平成12年建設省告示第1454号に定められた六ヶ所村の基準風速である34m/s を用いて速度圧を算定し、その算出した速度圧に風力係数及び受圧面積を乗じることにより算出する。風荷重の算定における風力係数の選定及び受圧面積については、補足説明資料「外竜巻08 竜巻への配慮が必要な施設の強度計算書に関する風力係数について」と同様の考え方により設定する。

### 5.3 荷重の組合せ

安全冷却水B冷却塔は屋外に設置される機器であるため、以下のとおり地震荷重に積雪荷重及び風荷重を組み合わせる。

$$D + 0.35L_s + S_s + WL$$

D：固定荷重

L<sub>s</sub>：積雪荷重

S<sub>s</sub>：地震荷重

WL：風荷重

## 6. 地震荷重の算定

### 6.1 地震荷重

支持架構及び基礎ボルトの応力評価に用いる水平及び鉛直地震荷重は、添付書類「IV-2-1-2(1) 安全冷却水B冷却塔の設計用床応答曲線」にて示すとおり、基準地震動13波の包絡波を用いる。

また、支持架構搭載機器の応力評価及びファンの動的機能維持評価に用いる応答加速度は、「3. 地震応答解析における目的及び評価手法」にて示すとおり、各階層最大の加速度を用いて評価を実施する。

### 6.2 地震荷重の組合せ

安全冷却水B冷却塔の地震荷重の組み合わせ方法は、添付書類「IV-1-1-5 地震応答解析の基本方針」に示す「二乗和平方根(SRSS)法」を用いる。

## 7. 許容限界の設定

許容限界は、添付書類「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」の「3.1 構造強度上の制限」に記載されている「(2)機器・配管系」のうち、「⑤支持構造物」に基づき、許容限界を設定する。

許容応力は、「日本産業規格(JIS)」及び「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))JSME S NC1-2005/2007」に基づくものとし、応力比は1.0以下とする。

各評価部材の許容限界を第7-1表に示す。

第7-1表 各評価部材の許容限界

耐震重要度	荷重の組合せ	許容限界(ボルト等を除く)					許容限界(ボルト等)	
		一次応力					一次応力	
		引張	せん断	圧縮	曲げ	支圧	引張	せん断
S	D+0.35L <sub>s</sub> +S <sub>s</sub> +WL	1.5f <sub>t</sub> *	1.5f <sub>s</sub> *	1.5f <sub>c</sub> *	1.5f <sub>b</sub> *	1.5f <sub>p</sub> *	1.5f <sub>t</sub> * (1.5f <sub>t</sub> )	1.5f <sub>s</sub> * (1.5f <sub>s</sub> )

## 参考資料 1

JEAG4601に基づく評価フローとの比較

### 1. 概要

本資料は、安全冷却水B冷却塔における耐震評価フローとJEAG4601に基づく評価フローを比較したものである。

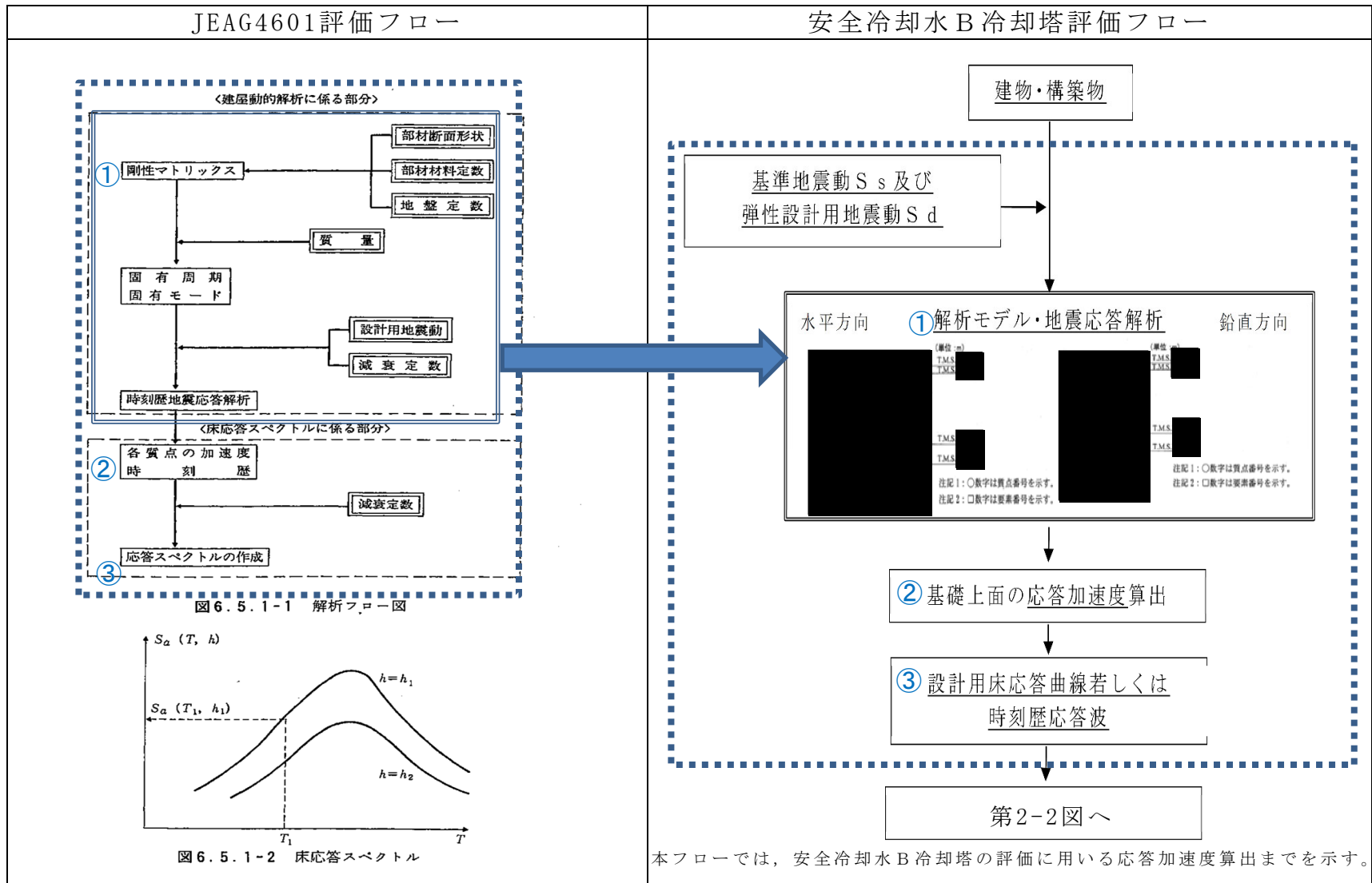
### 2. JEAG4601に基づく評価フローとの比較

安全冷却水B冷却塔における耐震評価フローとJEAG4601に基づく評価フローを比較した結果を次頁に示す。

次頁に示すとおり、安全冷却水B冷却塔における耐震評価フローは、第2-1図に示すJEAG4601における床応答スペクトルの作成フロー及び第2-2図に示す機器・配管系の地震応答解析フローを組み合わせたものである。

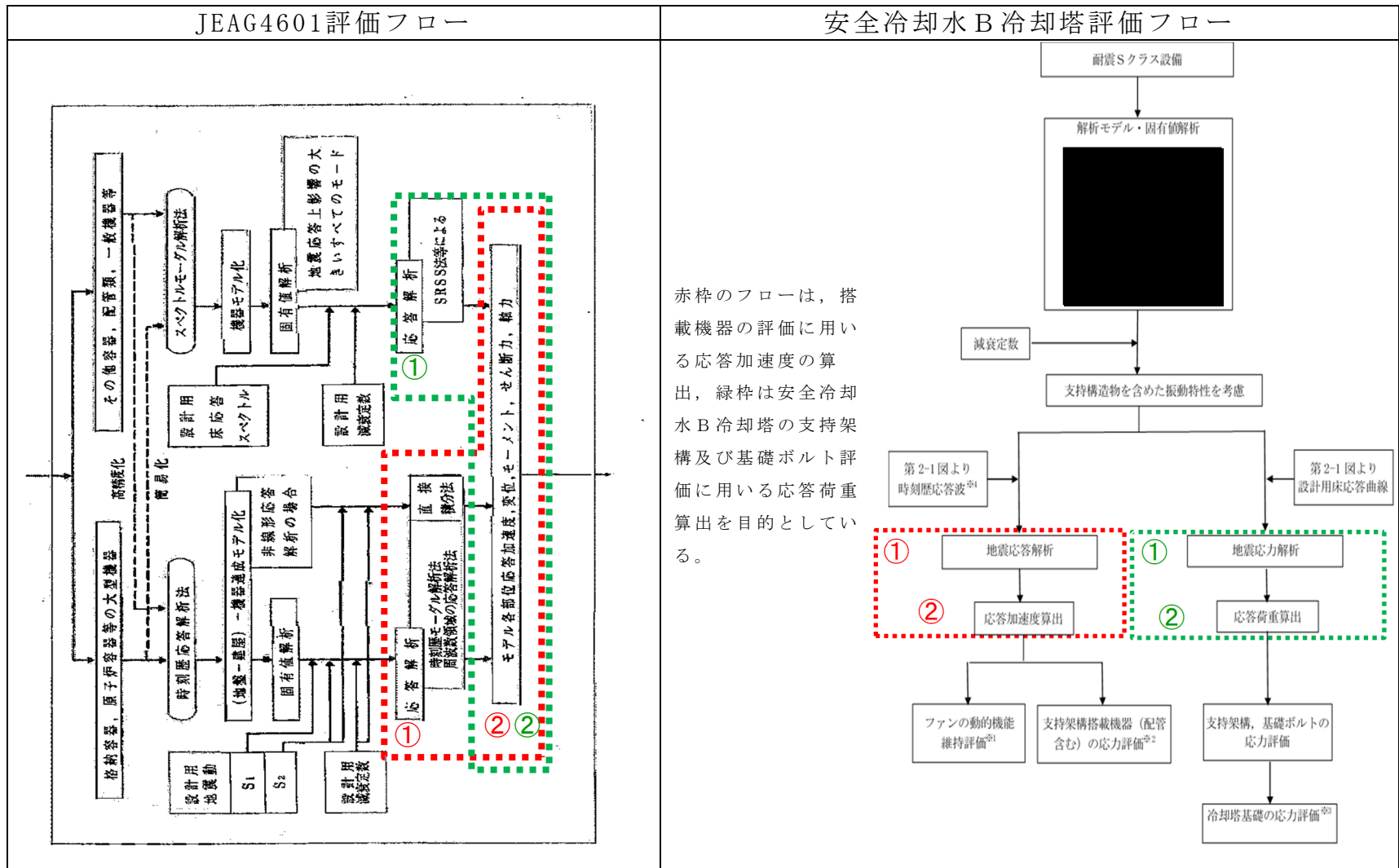
### 3. 結論

安全冷却水B冷却塔における耐震評価フローは、JEAG4601に基づく評価フローと同等であることを確認した。



第 2 - 1 図 JEAG4601における床応答スペクトルの作成フロー





第2-2図 機器・配管系の地震応答解析フロー

## 参考資料 2

機器減衰に対する考え方について

## 1. 概要

屋外に設置されている機器及び構築物は補強等の工事が容易ではないことから、従来から可能な範囲で設計余裕を見込んだ評価を行い、機器及び構築物を設計することとしているため、添付書類「IV-1-1-5 地震応答解析の基本方針」（以下、「基本方針」という。）に示す機器減衰よりも保守的な値を設定し、評価を実施しているものがある。

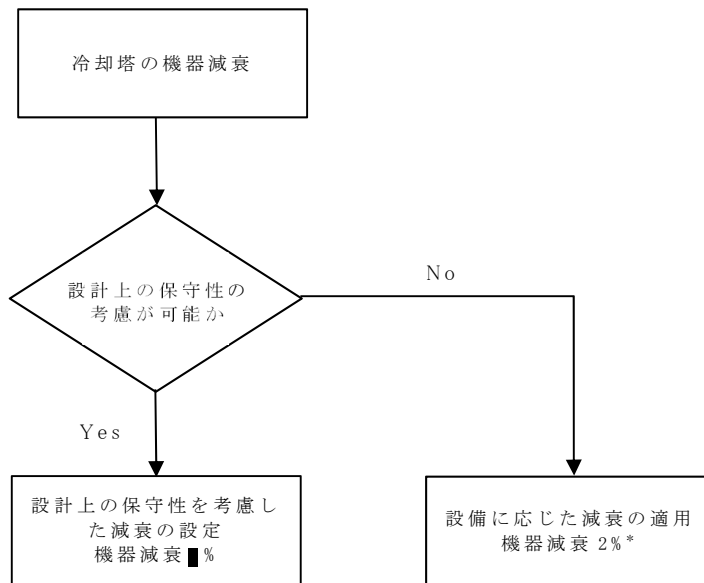
本資料では、屋外に設置されている機器及び構築物のうち、安全冷却水B冷却塔（以下、「冷却塔」という。）に用いる機器減衰の保守性について示すものである。

## 2. 冷却塔の耐震評価に用いる機器減衰について

冷却塔に用いる機器減衰については、第2-1図に示すフローのとおり、設計に保守性を持たせるため、機器減衰■%を設定している。設備の応答低減が必要となった場合には、機器減衰を設備に応じた値に見直しを行い、再評価を実施することとしている。その際、基本方針では「対象設備に応じた値の適用を基本とする」としており、その方針に基づくと冷却塔は第2-2図に示す『ボルト及びリベット構造物』に該当するため、機器減衰2%まで値の見直しを行い設計することとする。

## 3. 機器減衰■%の保守性の確認について

第3-1図に示すとおり、冷却塔の評価に用いる機器減衰■%と設備に応じた機器減衰2%における応答加速度を比較したところ、応答加速度の周期帯における変動や応答加速度の逆転などの応答性状に差はなく、■%の応答加速度が2%を包絡していることを確認した上で、保守的な■%を設定している。



\* ボルト及びリベット構造物：2%

第 2-1 図 冷却塔の機器減衰設定フロー

2. 機器・配管系

対象設備	減衰定数(%)	
	水平方向	鉛直方向
溶接構造物	1.0	1.0 <sup>*1</sup>
<b>ボルト及びリベット構造物</b>	<b>2.0</b>	<b>2.0<sup>*1</sup></b>
ポンプ・ファン等の 機械装置	1.0	1.0 <sup>*1</sup>
空調用ダクト	2.5	2.5 <sup>*1</sup>
電気盤	4.0	1.0 <sup>*1</sup>
クレーン	1.0~2.0 <sup>*3</sup>	1.0~2.0 <sup>*1</sup>
燃料取扱装置	1.0~2.0 <sup>*3</sup>	1.0~1.5(2.0) <sup>*1*2</sup>
配管系	0.5~3.0 <sup>*3*4</sup>	0.5~3.0 <sup>*1*3*4</sup>
液体の揺動	0.5	—

注記 \*1：既往の研究等において、設備の地震入力方向の依存性や減衰特性について検討され妥当性が確認された値  
 \*2：( ) 外は、燃料取扱装置のトリ位置が端部にある場合、  
 ( ) 内は、燃料取扱装置のトリ位置が中央部にある場合  
 \*3：既往の研究等において、試験及び解析等により妥当性が確認されている値  
 \*4：具体的な適用条件を「第 3-2 表 配管系の設計用減衰定数」に示す。

(参考文献)

電力共通研究「機器・配管系に対する合理的耐震評価の研究(H12~H13)」  
 電力共通研究「鉛直地震動を受ける設備の耐震評価手法に関する研究(H7~H10)」

第 2-2 図 基本方針（抜粋）



第3-1図 機器減衰■%と2%の応答性状の比較

令和4年9月5日 R5

別紙 1 - 2

安全冷却水 B 冷却塔の配管に関する  
既設工認からの変更点

## 目 次

1. 概要・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・別紙1-2-1
2. 耐震評価に関する既設工認からの変更点・・・・・・・・別紙1-2-1
3. 安全冷却水B冷却塔配管の耐震評価・・・・・・・・別紙1-2-1
4. 結論・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・別紙1-2-2

別添 1 安全冷却水B冷却塔配管への積雪荷重及び風荷重の考慮について

参考資料 1 安全冷却水B冷却塔配管への積雪荷重及び風荷重を考慮した場合の影響確認について

1. 概要

本資料は安全冷却水B冷却塔配管における耐震評価に関する既設工認からの変更点を示す。

2. 耐震評価に関する既設工認からの変更点

- (1) [REDACTED]
- (2) 解析コードをSAPからSPAN2000へと変更している。
- (3) [REDACTED]

3. 安全冷却水B冷却塔配管の耐震評価

本項は、前項に示す既設工認から変更となった箇所の耐震評価への反映結果について示す。別添1に屋外施設に設置されている配管への積雪荷重と風荷重の考慮の考え方を示す。

なお、安全冷却水B冷却塔配管の耐震評価手法については、添付書類「IV-1-1-11 配管の耐震支持方針」に基づき安全冷却水B冷却塔配管の地震応力解析を行い、その際用いた解析モデル及び手法を第3-1表に示す。





別添 1

安全冷却水 B 冷却塔配管への  
積雪荷重及び風荷重の考慮について

1. 概要

本資料は、安全冷却水B冷却塔配管への積雪荷重及び風荷重を考慮しない理由について、補足説明するものである。

2. 配管への積雪荷重及び風荷重の考慮

屋外施設については原則として積雪荷重及び風荷重を地震力と組み合わせるが、安全冷却水B冷却塔配管については積雪荷重及び風荷重を考慮しない。本項では考慮しない理由について、以下(1)～(3)に示す。

(1) 許可上の整理について

積雪及び風荷重の影響については、第2-1図のとおり、再処理事業変更許可申請書において屋外に設置されている施設は積雪及び風荷重を組合せることとしているが、受圧面積が小さい施設や常時作用している荷重に対して積雪荷重の割合が無視できる施設は評価上無視できる旨、記載している。

再処理事業変更許可申請書

「1.6.1.5.3 荷重の組合せ」

(2) 機器・配管系

Sクラスの機器・配管系について、基準地震動による地震力、弾性設計用地震動による地震力又は静的地震力と組み合わせる荷重は、常時作用している荷重、運転時の状態で施設に作用する荷重、運転時の異常な過渡変化時に生じる荷重、設計基準事故時に生じる荷重とする。Bクラスの機器・配管系について、共振影響検討用の地震動による地震力又は静的地震力と組み合わせる荷重は、常時作用している荷重、運転時の状態で施設に作用する荷重、運転時の異常な過渡変化時に生じる荷重とする。Cクラスの機器・配管系について、静的地震力と組み合わせる荷重は、常時作用している荷重、運転時の状態で施設に作用する荷重、運転時の異常な過渡変化時に生じる荷重とする。なお、屋外に設置される施設については、建物・構築物と同様に積雪荷重及び風荷重を組み合わせる。

再処理事業変更許可申請書

「1.6.1.5.3 荷重の組合せ」

(3) 荷重の組合せ上の留意点

- d. 積雪荷重については、屋外に設置されている施設のうち、積雪による受圧面積が小さい施設や、常時作用している荷重に対して積雪荷重の割合が無視できる施設を除き、地震力との組合せを考慮する。
- e. 風荷重については、屋外の直接風を受ける場所に設置されている施設のうち、風荷重の影響が地震荷重と比べて相対的に無視できないような構造、形状及び仕様の施設においては、地震力との組合せを考慮する。

第2-1図 再処理事業変更許可申請書 添付書類六 抜粋

(2) 構造上の整理について

積雪荷重については、安全冷却水B冷却塔は第2-2図に示すとおり、

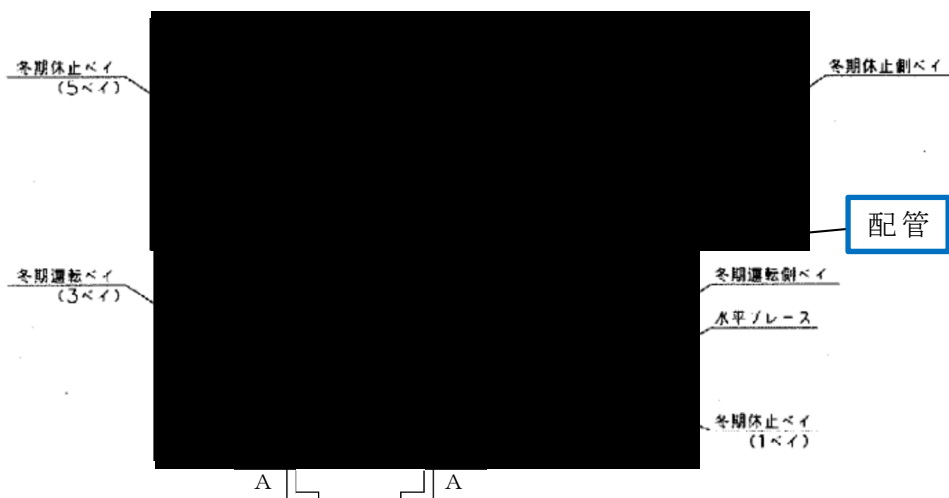


積雪荷重が作用しにくい状態となっている。

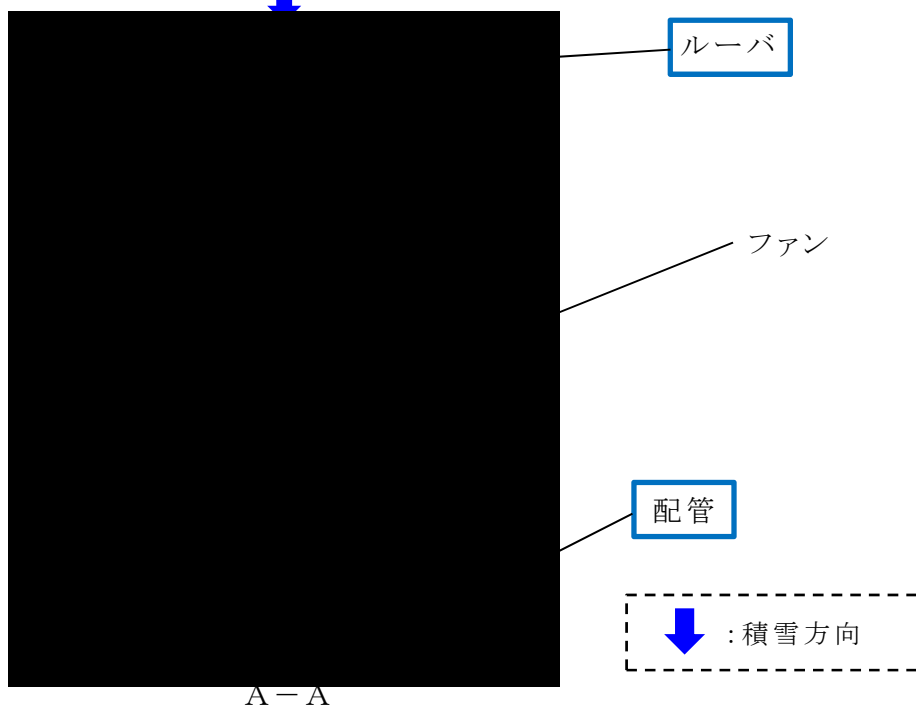
風荷重については、

風荷重が作用しにくい構造となっている。

(平面図)



(側面図)



第2-2図 安全冷却水B冷却塔構造図

(3) 配管の受圧面積を考慮した積雪及び風荷重の影響について

積雪及び風荷重は安全冷却水B冷却塔配管においても受圧面積の観点から以下のa及びbに示す理由から影響は軽微であると整理した。 [REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

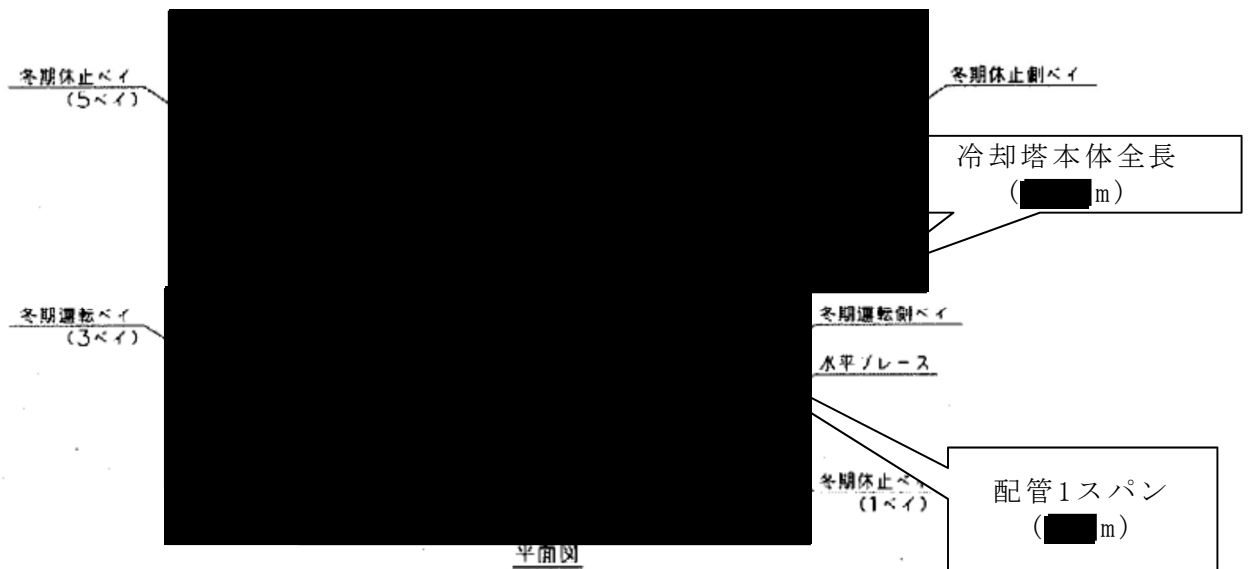
[REDACTED]

また、安全冷却水B冷却塔配管への積雪荷重及び風荷重は、考慮しないと整理したが、参考として積雪荷重及び風荷重を考慮した場合の影響確認結果を参考資料1に示す。

a. 積雪荷重の影響について

[REDACTED]

第2-3図に安全冷却水B冷却塔及び配管における積雪荷重の受圧面積算出部を示す。

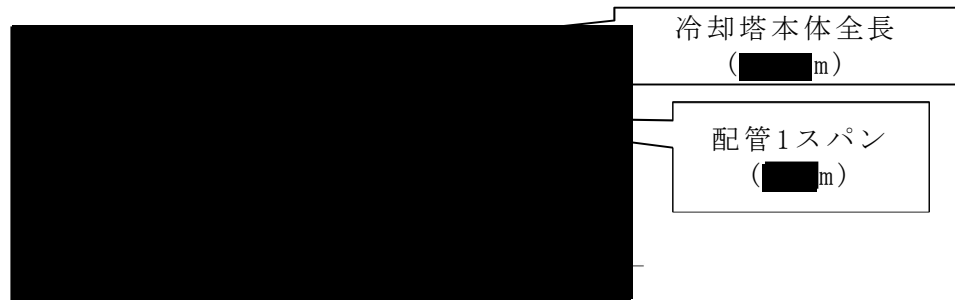


第2-3図 積雪荷重受圧面積

b. 風荷重の影響について



第 2-4 図に安全冷却水 B 冷却塔及び配管における風荷重の受圧面積算出部を示す。



第 2-4 図 風荷重受圧面積

## 参考資料 1

安全冷却水 B 冷却塔配管への積雪荷重及び風荷重を  
考慮した場合の影響確認について



## 1. 概要

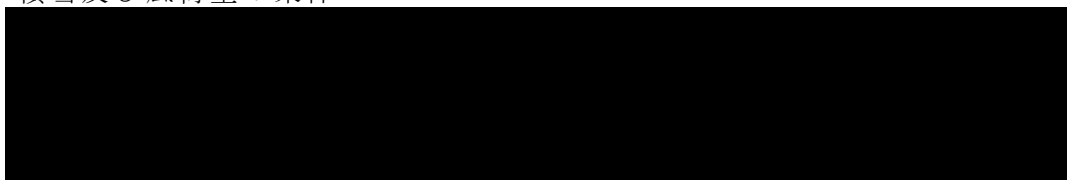
本資料は、安全冷却水B冷却塔配管への積雪荷重及び風荷重は、構造上及び受圧面積の観点から考慮しないと整理したが、参考として積雪荷重及び風荷重を考慮した場合の影響確認結果を示す。

## 2. 積雪及び風荷重を考慮した影響確認

安全冷却水B冷却塔配管に対する積雪及び風荷重は、別紙1-2 2項にて記載しているとおり、構造上及び受圧面積の観点から考慮しないと整理したが、参考として積雪及び風荷重を考慮した場合の影響確認結果を以下に示す。

なお、影響確認に用いる条件及び結果を(1)及び(2)に示す。

### (1) 積雪及び風荷重の条件



安全冷却水B冷却塔配管の積雪及び風荷重についての条件を第2-1表及び第2-2表に示す。

第2-1表 積雪荷重条件

項目	配管 (■■■A)	【参考】冷却塔支持架構	
		冬期運転側ベイ	冬期休止側ベイ
受圧面積	約 ■■■ m <sup>2</sup> (支持間隔■■■m)	約■■■ m <sup>2</sup>	約■■■ m <sup>2</sup>
積雪高さ	190cm	190cm	
積雪断面積比	70%	100%	
積雪重量	約■■■ t	約■■■ t	約■■■ t

第2-2表 風荷重条件

項目	配管 (■■■A)	【参考】冷却塔支持架構	
		冬期運転側ベイ	冬期休止側ベイ
受圧面積	約 ■■■ m <sup>2</sup> (支持間隔■■■m)	約■■■ m <sup>2</sup>	約■■■ m <sup>2</sup>
風力係数	1.2	閉鎖型部：約1.2 ラチス構造部：約2.4~3	
基準風速	34 [m/s]	34 [m/s]	

これらの条件のうち、積雪断面積及び風力係数についての解説をa及びbに示す。

a. 積雪断面積

建築基準法施行令において勾配に対する積雪量に関する評価式が記載されており，配管について適用した場合，屋根などの平面構造の施設に比べて配管は配管径が細いため現実的に第2-1図に示す様に積雪するとは想定しにくい，積雪断面積比は70%程度である。

建築基準法施行令 第八十六条 抜粋

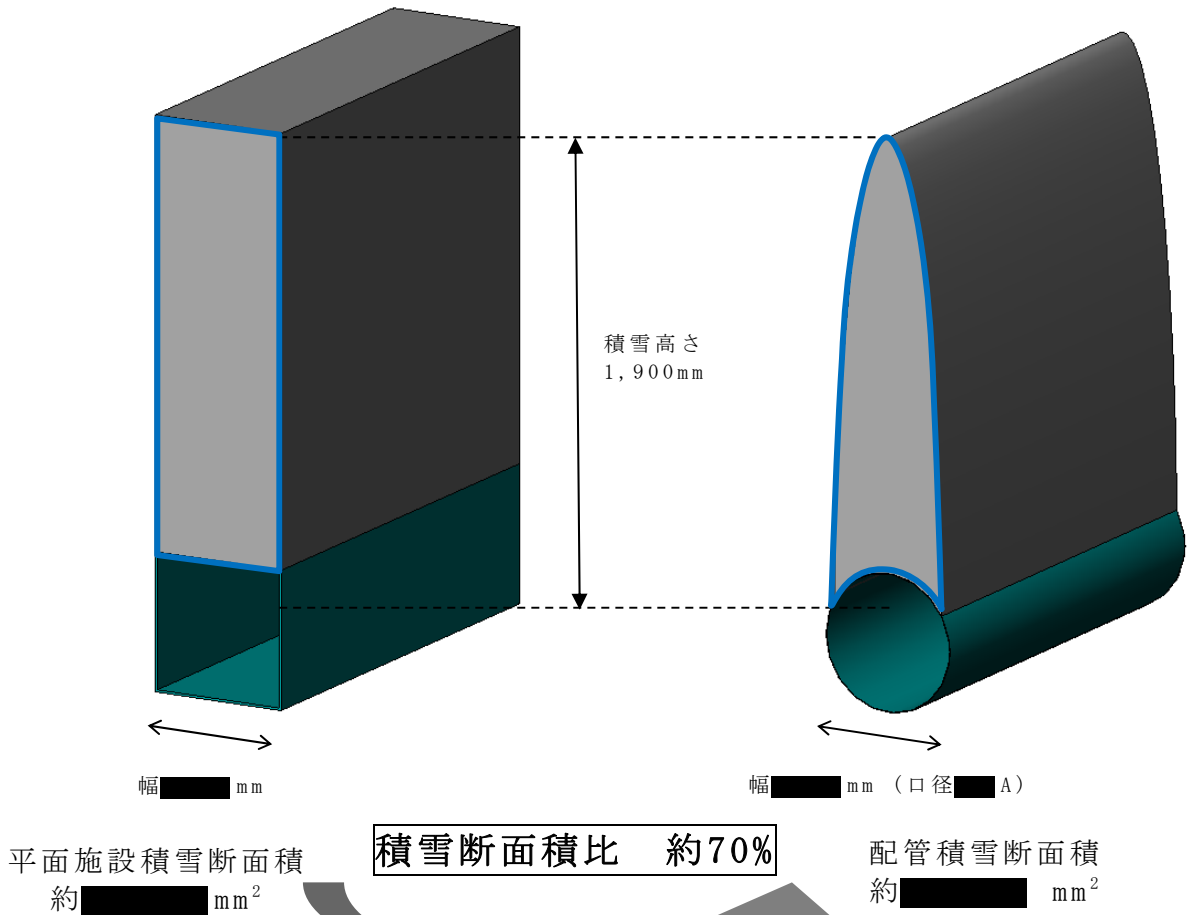
屋根の積雪荷重は、屋根に雪止めがある場合を除き、その勾配が六十度以下の場合においては、その勾配に応じて第一項の積雪荷重に次の式によつて計算した屋根形状係数(特定行政庁が屋根ふき材、雪の性状等を考慮して規則でこれと異なる数値を定めた場合においては、その定めた数値)を乗じた数値とし、その勾配が六十度を超える場合においては、零とすることができる。

$$\mu_b = \sqrt{\cos(1.5\beta)}$$

この式において、 $\mu_b$ 及び $\beta$ は、それぞれ次の数値を表すものとする。

$\mu_b$  屋根形状係数

$\beta$  屋根勾配(単位度)



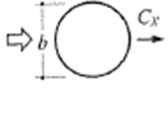
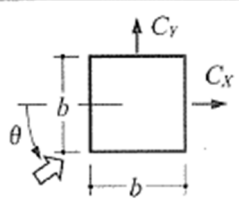
第2-1図 積雪断面積比較

b. 風力係数

風荷重算出の際に適用される風力係数は配管の構造では1.2(第2-2図, ①)であり, 冷却塔支持架構に適用しているラチス構造部の約2.0~3.6に対して約半分以下である。

ラチス構造部の風力係数について, 第2-3表に示す。

「建築物荷重指針・同解説(2004)」より抜粋

			
Cx	θ	Cx	Cy
1.2 ①	0°	2.1	0
	45°	1.6	1.6

第2-2図 部材の風力係数

第2-3表 冷却塔支持架構(ラチス構造部)の風力係数

ラチス構造物の  $C_f$

種類		$\phi$		
		(1)	(2)	(3)
		0.1以下	0.1を超え0.6未満	0.6
鋼管	(a)	1.4kz	(1)と(3)とに掲げる数値を直線的に補間した数値	1.4kz
	(b)	2.2kz		1.5kz
	(c-1, 2)	1.8kz		1.4kz
	(d)	1.7kz		1.3kz
形鋼	(a)	2.0kz	(1)と(3)とに掲げる数値を直線的に補間した数値	1.6kz
	(b)	3.6kz		2.0kz
	(c-1, 2)	3.2kz		1.8kz
	(d)	2.8kz		1.7kz

※kz: 該当部の地盤面からの高さ(m)と建物の高さとの平均(m)から算出された数値(「平成12年5月31日建設省告示1454号」より)。

(2) 積雪及び風荷重の影響確認結果

安全冷却水B冷却塔配管に対する積雪及び風荷重の影響確認結果を第2-4表に示す。

第2-4表に示すとおり、

影響は軽微であると整理した。

第2-4表 自然荷重の影響確認結果

施設	地震時の発生応力 MPa	風荷重による発生応力 MPa	積雪荷重による発生応力 MPa	許容応力 (0.9Su) MPa
配管	■※	■	■	■

※：地震時の発生応力には、自重及び内圧による応力も含む。

(積雪荷重の算出方法)

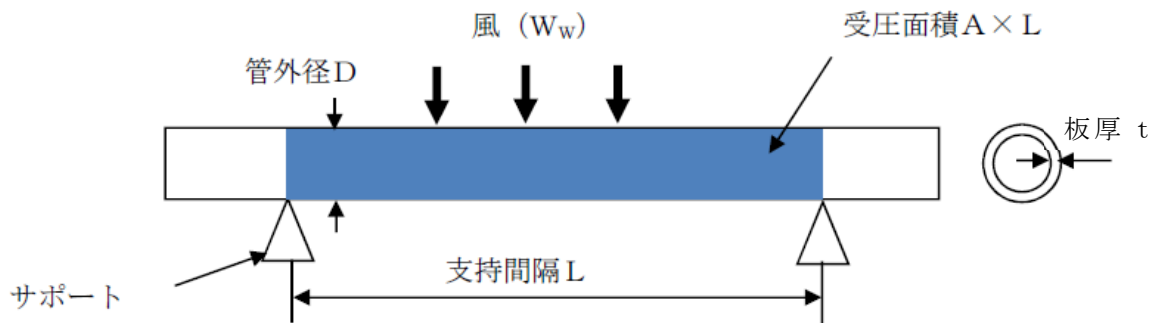
積雪荷重は六ヶ所村統計書における観測記録上の極値190cmに「建築基準法施行令」第八十二条に定めるところの建築基準法の多雪区域における積雪荷重と地震荷重の組み合わせを適用して、平均的な積雪荷重を与えるための係数0.35を考慮する。

単位面積あたりの荷重は建築基準法施行令により、積雪量1cmごとに30N/m<sup>2</sup>が作用する事を考慮し、配管本体の重量に足し合わせて耐震評価を行う。

(風荷重の算出方法)

風荷重は建築基準法に基づき風荷重 $W_w$ を算出する。配管は一定距離ごとにサポートによって支えられているため、風荷重 $W_w$ による一様な荷重を受ける単純支持はりとして評価を行う。評価に用いる支持間隔は標準支持間隔とする。弁を設置している場合はサポート支持間隔が短くなるため、弁を設置している場合の受圧面積は最大支持間隔での受圧面積に包絡される。

配管モデル図を第2-3図に示す。



第 2-3 図 配管モデル図

風荷重  $W_w$  は、添付書類「IV-1-1-8 機能維持の基本設計方針」に基づく。

風圧力による荷重は、建築基準法施行令第八十七条及び平成12年建設省告示第1454号に従い、地表面粗度区分Ⅱ，地方の区分に応じて定められた風速34m/s及び建屋形状を考慮して算出した風力係数  $C_f$  を用いて算出する。

$$W_w = q \cdot C_f \cdot A$$

ここで、

$$q = 0.6 \cdot E \cdot V_0^2$$

$$E = E_r^2 \cdot G_f$$

$$E_r = 1.7 \cdot (H/ZG)^\alpha \quad (H > Z_b \text{ より})$$

(記号の説明)

- $W_w$  : 短期風荷重 (N)
- $q$  : 速度圧 ( $N/m^2$ )
- $C_f$  : 風力係数
- $A$  : 風向に垂直な面に投影した面積
- $E$  : 速度圧の高さ方向の分布を示す係数  
(平成12年建設省告示第1454号による)
- $E_r$  : 平均風速の高さ方向の分布係数
- $G_f$  : ガスト影響係数 ( $G_f = 1.0$ )
- $V_0$  : その地方における基準風速  
(平成12年建設省告示第1454号により, 34 [m/s])
- $H$  : 建築物の高さと軒の高さとの平均 (m)
- $Z_b$  : 地表面粗度区分に応じたパラメータ ( $Z_b = 5$  [m])
- $ZG$  : 地表面粗度区分に応じたパラメータ ( $ZG = 350$  [m])
- $\alpha$  : 地表面粗度区分に応じたパラメータ ( $\alpha = 0.15$ )

風圧力による荷重が配管の支持間隔に等分布荷重として加わり，曲げ応力を発生させるものとして，以下の式により風荷重による応力  $\sigma_{ww}$  を算定する。

$$\sigma_{ww} = \frac{M}{Z} = \frac{W_w \cdot L^2}{8Z}$$

$$\text{ここで, } Z = \frac{\pi}{32D} \{D^4 - (D - 2t)^4\}$$

その算出した応力を，一次応力に加えて評価を行う。

別紙 1 - 3

安全冷却水 B 冷却塔基礎に関する

既設工認からの変更点



## 目 次

1. 概要 .....別紙 1-3-1
2. 耐震評価に関する既設工認からの変更点について .....別紙 1-3-1
3. 安全冷却水B冷却塔基礎の耐震評価 .....別紙 1-3-1
4. 結論 .....別紙 1-3-1

1. 概要

本資料は、安全冷却水B冷却塔基礎における耐震評価に関する既設工認からの変更点について示す。

2. 耐震評価に関する既設工認からの変更点について

安全冷却水B冷却塔基礎の耐震評価は、別紙 1-1 に示す安全冷却水B冷却塔の既設工認からの変更点を反映している。なお、安全冷却水B冷却塔基礎自体の構造に変更はない。

3. 安全冷却水B冷却塔基礎の耐震評価

本項は、前項にて示す既設工認から変更となった箇所の耐震評価への反映結果について示す。安全冷却水B冷却塔基礎の応力解析モデル及び手法の比較を第 3-1 表、安全冷却水B冷却塔基礎の応力解析モデルの比較を第 3-2 表に示す。

4. 結論

安全冷却水B冷却塔基礎の耐震評価に関する既設工認からの変更点について、前項で示す「第 3-1 表 応力解析モデル及び手法の比較」により整理した。

第3-1表 応力解析モデル及び手法の比較  
(安全冷却水B冷却塔基礎スラブ)

項目	内容	既設工認※1	今回設工認	備考
解析手法		FEM モデルを用いた弾性応力解析	変更無し	—
解析コード		NASTRAN	MSC NASTRAN	—
モデル	材料物性	検討時の各規準に基づき設定 コンクリートのヤング係数： $E_c=2.26 \times 10^4 \text{N/mm}^2$ コンクリートのポアソン比： $\nu=0.167$	適用規準の見直しによる再設定 コンクリートのヤング係数： $E_c=2.25 \times 10^4 \text{N/mm}^2$ コンクリートのポアソン比： $\nu=0.2$	①
	要素種別	基礎スラブ：シェル要素	変更無し	—
	境界条件	基礎スラブ底面：弾性地盤ばね支持 浮上り：考慮	同左（地盤ばねは地震応答解析モデルの変更に応じて再設定）	—
	非線形特性	考慮しない	変更無し	—
地震荷重との組合せ		VL+SL+S+B VL：鉛直荷重 SL：積雪荷重 S：地震荷重 B：浮力	変更無し	—
荷重の設定	鉛直荷重(VL)	基礎スラブと上部構造物の自重及び機器、配管、積載物の重量を考慮	変更無し（冷却塔の変更に応じて再設定）	—
	積雪荷重(SL)	上部構造の重量として考慮（190cm相当とし、地震荷重との組合せ時は0.5を乗じる）	変更無し（190cm相当とし、地震荷重との組合せ時は0.35を乗じる）	※2
	地震荷重(S)	基礎スラブ自体の慣性力及び上部構造物からの地震力（水平力、転倒モーメント、鉛直力）を入力	変更無し	—
	浮力(B)	基礎スラブに一様に上向きの等分布荷重として入力（地下水位 T. M. S. L. 55.0m 相当）	変更無し	—
評価方法	応力解析	S2 地震力に対して発生応力が RC 規準に基づく終局耐力を超えないことを確認	Ss 地震力に対して発生応力が RC 規準に基づく終局耐力を超えないことを確認	—

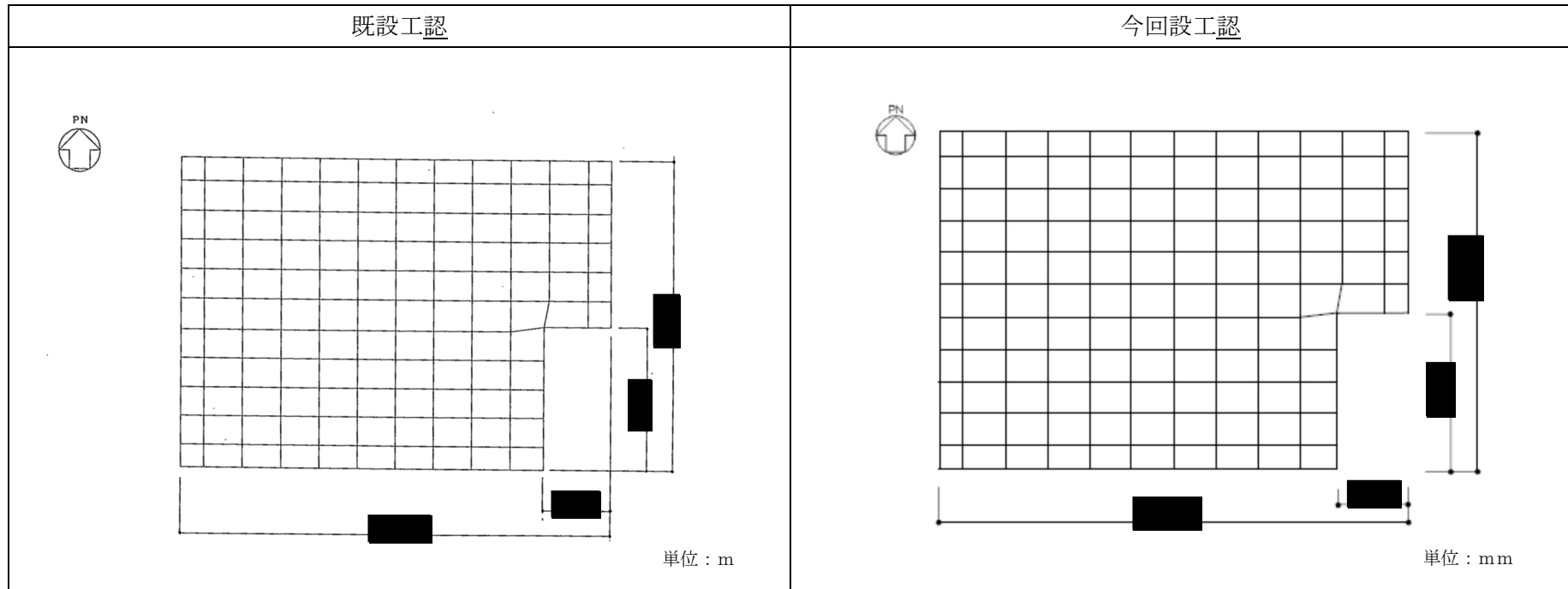
注記※1：『再処理施設に関する設計及び工事の方法の認可申請書 第6回申請 添付書類IV-2-2-4-1-1-1「安全冷却水B冷却塔基礎の耐震計算書」（9安(核規)第596号 平成10年6月9日認可)』

注記※2：地震荷重との組合せ時に乗じる係数は、既認可時は0.5としていたが、今回設工認においては建築基準法施行令に基づき0.35に変更。

【具体的な反映事項】（表の備考欄に対応）

- ① 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説—許容応力度設計法—（(社)日本建築学会, 1999）に基づく

第3-2表 安全冷却水B冷却塔基礎の応力解析モデルの比較



※安全冷却水B冷却塔基礎自体の構造に変更はなくモデル図において変更はない。