

【公開版】

日本原燃株式会社	
資料番号	耐震機電 13 RO
提出年月日	令和3年6月16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

## 目次

1. 概要 .....	1
2. 既設工認からの変更内容.....	1
2.1 補強設備における変更内容.....	1
2.2 既設設備における変更内容.....	2

添付ー 1 既設工認からの変更点管理表

別紙 1 既設工認からの変更点について（補強設備）

別紙 1ー 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

別紙 1ー 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

別紙 1ー 3 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

別紙 1ー 4 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

別紙 1ー 5 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

別紙 1ー 6 貯蔵ホールに関する既設工認からの変更点

別紙 1ー 7 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

別紙 1ー 8 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

別紙 1ー 9 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

別紙 1ー 10 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

別紙 1ー 11 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

別紙 1ー 12 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

別紙 1ー 13 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

別紙 1ー 14 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

別紙 1ー 15 脱硝廃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

別紙 1ー 16 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

別紙 1ー 17 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

別紙 1ー 18 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

別紙 1ー 19 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

別紙 1ー 20 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

別紙 1ー 21 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

別紙 1ー 22 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

[- - -]: 後次回申請において提示

- 別紙 1-23 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
- 別紙 1-24 燃料取出し装置 A, B に関する既設工認からの変更点
- 別紙 1-25 燃料移送水中台車に関する既設工認からの変更点
- 別紙 1-26 燃料取扱装置 (BWR 燃料用) に関する既設工認からの変更点
- 別紙 1-27 燃料取扱装置 (PWR 燃料用) に関する既設工認からの変更点
- 別紙 1-28 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
- 別紙 1-29 バスケット取扱装置に関する既設工認からの変更点
- 別紙 1-30 バスケット搬送機 A, B に関する既設工認からの変更点
- 別紙 1-31 燃料横転クレーン A, B に関する既設工認からの変更点
- 別紙 1-32 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
- 別紙 1-33 冷却塔 A, B の配管に関する既設工認からの変更点
- 別紙 2 既設工認からの変更点について (既設設備)

[ ]: 後次回申請において提示

## 1. 概要

本資料は、再処理施設、廃棄物管理施設の設計基準対象施設に対する耐震計算書について既設工認からの変更点を補足説明するものである。

機器・配管系は、既設工認時より設工認添付書類の基本方針に記載される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。

ここでは、各設備の耐震計算書における既設工認からの変更内容について示す。

また、本資料は第1回申請（令和2年12月24日申請）のうち、以下に示す添付書類の補足説明に該当するものである。

・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」

## 2. 既設工認からの変更内容

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、代表設備に対して説明を行う。なお、代表設備の選定は、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」に示す方法により選定する。

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既設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。

### 2.1 補強設備における変更内容

補強設備における変更については、設備ごとに実施した耐震補強内容を変更点管理表に示す。

各補強設備に対する変更内容を別紙1に示す。

## 2.2 既設設備における変更内容

既設設備における変更については、設備ごとに変更した評価条件を変更点管理表に示す。

各既設設備に対する変更内容を別紙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。

※ IV-1-1-10 機器の耐震支持方針に基づく分類。

冷却塔※				●：説明代表設備	補強設備			既設設備 (評価条件の変更)													
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		部材変更	材料変更	サポート 追設	材質	断面性能	温度	圧力	荷重	重量	重心高さ	比重	寸法	ばね定数	設置EL	文献値	解析手法
				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																		
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																		

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。

※ IV-1-1-11-1 配管の耐震支持方針に基づく分類。

配管標準支持間隔による評価設備※				●：説明代表設備	補強設備			既設設備	
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		部材変更	材料変更	サポート 追設	評価条件の変更
				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）		当該範囲については、後次回申請にて示す。				
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）						

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。

※ IV-1-1-11-1 配管の耐震支持方針に基づく分類。

配管標準支持間隔による評価設備※				●：説明代表設備	補強設備			既設設備	
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		部材変更	材料変更	サポート 追設	評価条件の変更
				第1回申請	後次回以降申請				
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）		当該範囲については、後次回申請にて示す。				
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）						
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）						
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）						



# 別紙

## 設工認に係る補足説明資料【冷却塔の評価実施内容及び既設工認からの変更点について】

資料No.	名称	提出日	備考	
			Rev	
別紙-1	既設工認からの変更点について(補強設備)	6/16	0	
別紙-1-1	既設工認からの変更点について(補強設備・機器)		0	
別紙-1-1-1	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について		0	
別紙-1-2	既設工認からの変更点について(補強設備・配管系)		0	
別紙-1-2-1	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ついて		0	
別紙-2	既設工認からの変更点について(既設設備)			

令和3年6月16日 RO

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  
既設工認からの変更点について（補強設備・機器）

別紙 1-1-1  
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  
既認可からの変更点について

## 目次

1. 概要	1
2. 安全冷却水 B 冷却塔の補強について	1
3. 添付書類及び補足説明資料の関係	7
4. 支持架構の応答解析モデルの変更	10
4.1 既設工認との解析モデルの比較	12
5. 安全冷却水 B 冷却塔 支持架構, ファン及び伝熱管の耐震計算	13
5.1 支持架構の耐震計算	13
5.1.1 支持架構の応力解析モデル及び手法の比較	13
5.2 ファンの動的機能維持評価	15
5.2.1 ファン動的機能維持解析モデル及び手法の比較	15
5.3 伝熱管の耐震計算	18
5.3.1 伝熱管解析モデル及び手法の比較	18
6. 地震荷重に対する風荷重について	20
6.1 荷重の組み合わせにおける設計方針	20
6.2 風荷重の算定	21
6.3 安全冷却水 B 冷却塔の各部位における風力係数	21
7. 弾性設計用地震力 $S_d$ による評価方針について	22
7.1 検討内容	22
7.2 検討結果	23
7.3 考察及びまとめ	23

## 1. 概要

本資料は、再処理施設、廃棄物管理施設、MOX燃料加工施設のうち、再処理施設の設計基準対象施設の安全冷却水B冷却塔設備について示す。

ここでは、安全冷却水B冷却塔の支持架構及び支持架構搭載機器（配管を除く）の既認可からの変更点についてについて示す。

また、本資料は、第1回申請（令和2年12月24日申請）のうち、以下に示す添付書類の補足説明に該当するものである。

- ▶ IV-2-1-1-1 a. 安全冷却水B冷却塔の地震応答計算書
- ▶ IV-2-1-1-1 b. 安全冷却水B冷却塔基礎の耐震計算書
- ▶ IV-2-1-3-2-1 (1) 安全冷却水B冷却塔（1183-C12）の耐震計算書

## 2. 安全冷却水B冷却塔の補強について

本資料は、安全冷却水B冷却塔の耐震計算にあたり、基本構造、新規制基準による補強、荷重条件のそれぞれについて、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、冷却水の流路である管束、冷却のための大気を送風するファン駆動部及び全体を支持する支持架構によって構成されている。

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) 新規制基準による補強

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。耐震補強では、支持架構及びファン駆動部に対する補強を実施し、基礎定着部の拡幅を実施する。

また、外部火災の防護対策として、耐火被覆の施工および遮熱板の設置を実施する。

補強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。

- (ア) 支持架構は、支持架構の応力低減及び装置内機器への応答加速度の低減のため、鋼管サイズ増、板厚増または鋼管の追設を実施。
- (イ) ファン駆動部は、ファン動的機能維持評価の応力比低減及びチップクリアランス裕度確保のため、減速機の型式変更（ファン軸及び軸受のサイズアップ）及びファンの軽量化を実施。
- (ウ) 基礎定着部は、支持架構の反力に対しRCの損傷が無い様、RCの拡幅を実施した。地震に対して、支持架構はブレース交換により、剛性を増加した。ファン駆動部は、ファン軸のサイズを大きくし、かつファンの軽量化により剛性が増加した。基礎定着部は、RCを拡幅することで、支持架構の反力に対する強度を増加した。
- (エ) 外部火災の防護対策として安全冷却水B冷却塔を構成する部材のうち、航空機落下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を施工。
- (オ) 外部火災の防護対策として安全冷却水B冷却塔を構成する部材のうち、航空機落下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で、且つ、耐火被覆が施工できない材質を有する部位については、遮熱板を設置。





(3) 荷重条件

基準地震動 $S_s$ と組合せる自然現象および固定荷重については、既設工認からの変更を以下のとおり行っている。

- (ア) 積雪荷重について、建築基準法により荷重に係る係数を0.35とし、評価を実施。
- (イ) 建築基準法施行令第87条および平成12年建設省告示第1454号に従い定められた風荷重を付加し、評価を実施。
- (ウ) 変更内容により増減する設備重量については、解析モデル上の固定荷重内に反映済み。





-  冬期休止ベイ
-  冬期運転ベイ
-  冬期休止側ベイ
-  冬期運転側ベイ



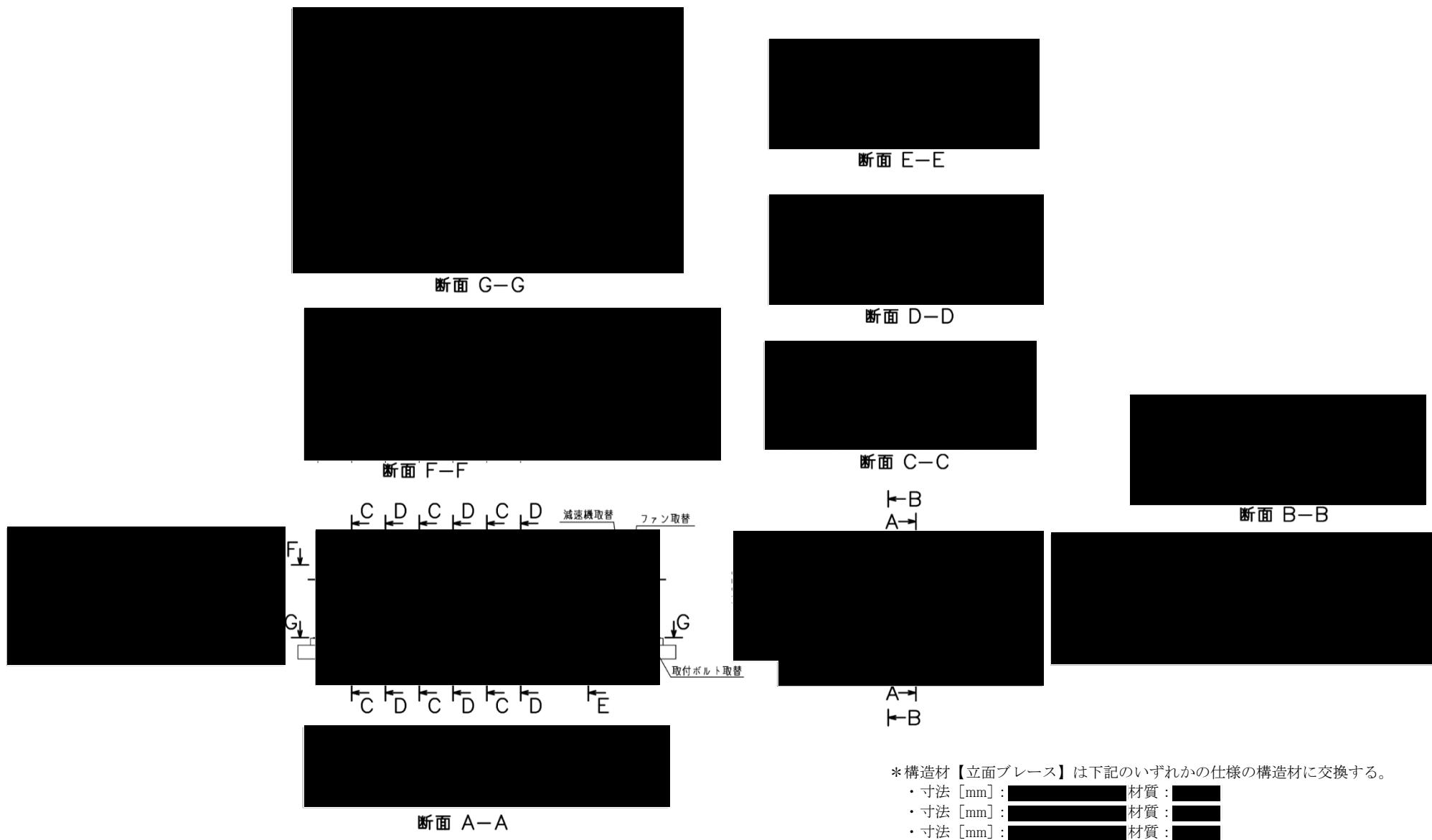
第 2 - 1 図 冷却塔におけるベイの概要図

第2-1表 安全冷却水B冷却塔の既設工認からの変更内容(1/2)

項目		既設工認	今回設工認
概要	目的	—	耐震補強
	設工認記載の地震動	S1 240Gal S2 320Gal	基準地震動S s (13波) 700Gal
支持架構	主柱	■■■■■■■■■■ ■■■■■■■■■■	変更なし
	はり	■■■■■■■■■■ ■■■■■■■■■■ ■■■■■■■■■■ ■■■■■■■■■■	変更なし
	ブレース	■■■■■■■■■■ ■■■■■■■■■■ ■■■■■■■■■■ ■■■■■■■■■■ ■■■■■■■■■■	■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■ ■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■ ■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■ ■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■ ■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■ ■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■ ■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■ ■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■
	耐火被覆	なし	主柱, はり, ブレースに施工
機器	管束	■■■■■■■■■■ ■■■■■■■■■■	変更なし
	ファン駆動部	■■■■■■■■■■ ■■■■■■■■■■ ■■■■■■■■■■ ■■■■■■■■■■	■■■■■■■■■■ ■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■ ■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■ ■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■ ■■■■■■■■■■■■■■■■■■■■
	ファンリング	■■■■■■■■■■	変更なし
	ルーバ	■■■■■■■■■■	変更なし
	耐火被覆	なし	ファンリング外面に施工
	遮熱板	なし	ファン駆動部の周囲に設置

第2-1表 安全冷却水B冷却塔の既設工認からの変更内容(2/2)

項目		既設工認	今回設工認
基礎	定着部	■■■■■	■■■■■■■■■■ ■■■■■■■■■■
組合せ荷重	積雪荷重	地震との組合せ時の 係数：0.5	地震との組合せ時の 係数：0.35
	風荷重	速度圧は旧建築基準法施行 令第87条による $q = 60\sqrt{h}$ q 速度圧(kg/m <sup>2</sup> ) h 地盤面からの高さ(m)	速度圧は建築基準法施行令第87 条による $q = 0.6EV^2$ q 速度圧(N/m <sup>2</sup> ) E 速度圧の高さ方向の分布を示 す係数 V 基準風速：34(m/s)



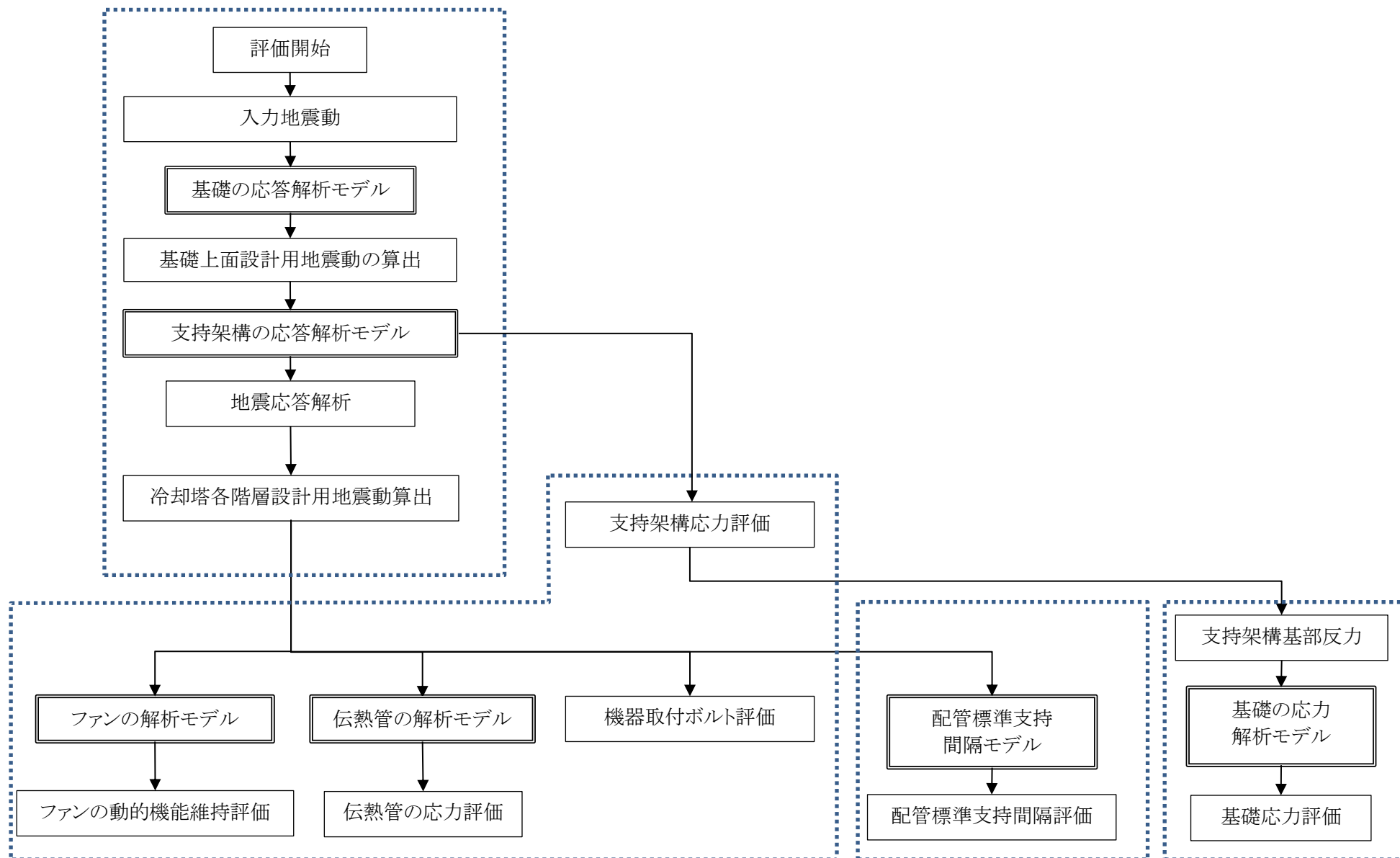
第 2 - 2 図 安全冷却水 B 冷却塔の耐震補強概要図

3. 添付書類及び補足説明資料の関係

安全冷却水B冷却塔に関連する評価対象箇所を第3-1図に、安全冷却水B冷却塔の耐震計算にかかる補足説明資料の関係を第3-2図に示す。



第3-1図 評価対象詳細箇所図



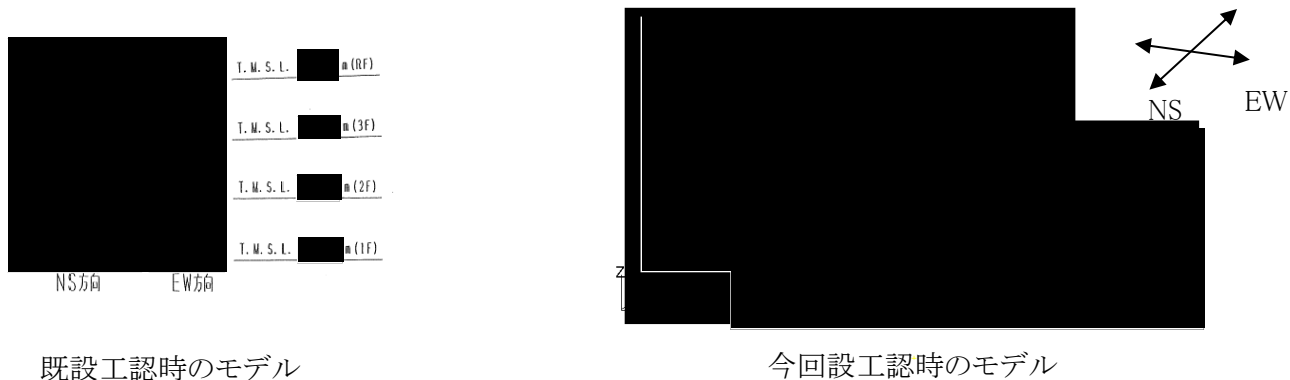
第3-2図 安全冷却水B冷却塔の耐震計算にかかる補足説明資料の関係

4. 支持架構の応答解析モデルの変更

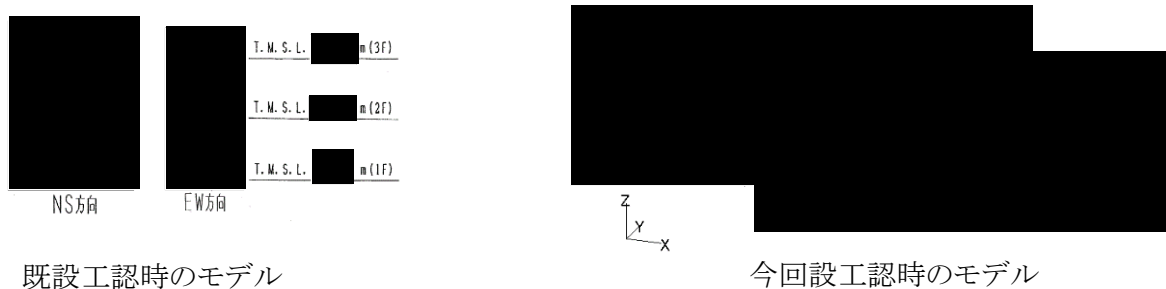
(1) モデルの変更経緯について

既設工認時のモデルを第4-1図の左側に、今回設工認のモデルを第4-1図の右側に示す。

今回のモデルは、入力地震動が大きくなることを見据え、解析モデルからの応答をより詳細な結果とするため、解析モデルを実機に合わせた節点及び要素となる様に精緻化した。第4-1表に支持架構の応答解析モデルの諸元を示す。



(a) 冬期運転側



(b) 冬期休止側

第4-1図 安全冷却水B冷却塔 支持架構の応答解析モデル

第4-1表 支持架構の応答解析モデル諸元

		既設工認時のモデル		今回のモデル
		EW方向	NS方向	
冬期運転側ベイ	要素数	■	■	■
	節点数	■	■	■
冬期休止側ベイ	要素数	■	■	■
	節点数	■	■	■

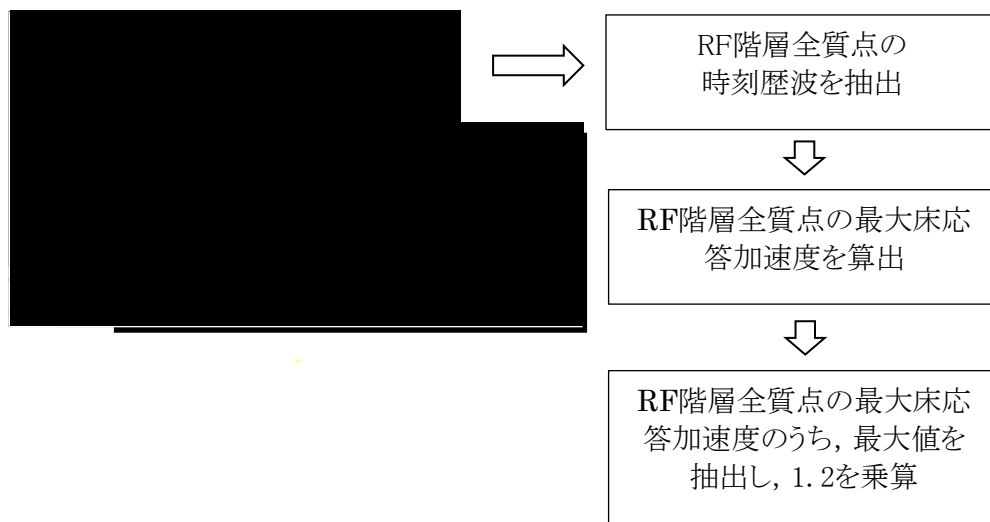
(2) 今回解析モデルの妥当性について

節点を実機に合わせて分散し、節点間は実機の柱、はり及びブレース形状に合わせたはり要素としており、妥当である。



(3) 各階層地震動の作成について

冷却塔応答解析モデルの基部に入力地震動の時刻歴波を入力し、各階層の節点位置に発生する時刻歴波から各階層の最大床応答加速度の1.2倍を算出した。最大床応答加速度の1.2倍の算出手順を第2-2図に示す。



第4-2図 最大応答加速度の1.2倍算出手順  
(冬期運転側ベイT.M.S.L. ■■■m(RF)の例)

4.1 既工認との解析モデルの比較

安全冷却水B冷却塔支持架構の応答解析モデル及び手法の比較を第4-2表に示す。

第4-2表 安全冷却水B冷却塔支持架構の応答解析モデル及び手法の比較

項目	内容	既設工認	今回設工認	備考
安全冷却水B冷却塔支持架構の応答解析モデル	モデル	簡易的な質点系モデル	多質点系モデル	(1) (2)
	材料物性	■■■■■■■■■■ ■■■■■■■■■■ ■■■■■■■■■■ ■■■■■■■■■■ ■■■■■■■■■■	■■■■■■■■■■ ■■■■■■■■■■ ■■■■■■■■■■ ■■■■■■■■■■ ■■■■■■■■■■	(3)
	減衰定数 <sup>*1</sup>	■■■■■■■■■■	左同	—
	解析コード	■■■■■■■■■■	左同	—

\*1：減衰定数は、添付-1による。

具体的な反映事項(表の備考欄に対応)

- (1) 既設工認時は簡易的な質点系モデルを使用。今回設工認ではモデルの精緻化を図り多質点系モデルを採用。
- (2) 耐震補強による質量及び剛性を反映。
- (3) 既設工認時の縦弾性係数は平成12年建設省告示501に基づき設定していたが、今回設工認時ではJSMEに基づき設定。

5. 安全冷却水B冷却塔 支持架構，ファン及び伝熱管の耐震計算

5.1 支持架構の耐震計算

5.1.1 支持架構の応力解析モデル及び手法の比較

再処理工場の安全冷却水B冷却塔の応力解析モデル及び手法の比較を，第5-1表に示す。また，今回設工認時の応力解析モデルは，第4-1図の多質点系モデルを使用する。

第5-1表 支持架構の応力解析モデル及び手法の比較 (1/2)

項目	内容	既設工認	今回設工認	備考
解析手法		支持架構の応答解析モデルより得られた応答加速度を用い，支持架構の応力解析モデルにより静的解析を実施。	支持架構の応力解析モデルに地震動を入力し，動的解析を実施。	—
解析コード		■■■■■■■■■■	同左	—
モデル	材料物性	■■■■■■■■■■ ■■■■■■■■■■ ■■■■■■■■■■	■■■■■■■■■■ ■■■■■■■■■■ ■■■■■■■■■■	(1)
	要素種別	■■■■■■■■■■	同左	(2)
	境界条件	■■■■■■■■■■	同左	—
	モデル化の対象	■■■■■■■■■■	同左	—

具体的な反映事項(表の備考欄に対応)

- (1) 既設工認時の縦弾性係数は告示501に基づき設定していたが，今回の設工認時ではJSMEに基づき設定していることから値が変更となっている。
- (2) 耐震補強による質量及び剛性を反映。
- (3) 地震荷重との組み合わせる積雪荷重の係数は，0.35に設定。
- (4) 地震荷重と風荷重の組合せを考慮した。地震と重畳させる風荷重の算出の際には，ガスト影響係数を1.0に設定。

第5-1表 支持架構の応力解析モデル及び手法の比較 (2/2)

項目		既設工認	今回設工認	備考
地震荷重との 組合せ		$D + 0.5Ls + K$ D：固定荷重 Ls：積雪荷重 Ss：地震荷重	$D + 0.35Ls + K + W$ D：固定荷重 Ls：積雪荷重 Ss：地震荷重 W：風荷重	(3)
荷重 の 設定	固定 荷重	支持架構，装置内機器及び配 管等の重量	同左	—
	積雪 荷重	冷却塔上部の積雪を考慮す る。なお，係数は0.5とす る。	冷却塔上部の積雪を考慮す る。なお，係数は0.35とす る。	—
	地震 荷重	支持架構の応答解析モデルに より得られた応答加速度を応 力解析モデルに入力	支持架構の応力解析モデル に直接入力	—
	風荷重	未考慮	検討時の建築基準法に規定 の風荷重を線荷重として入 力	(4)
評価 方法	線形応 力解析	部材の発生応力が部材の許容 応力（許容応力状態IV <sub>A</sub> S）を 超えないことを確認	同左	—

具体的な反映事項(表の備考欄に対応)

- (1) 既設工認時の縦弾性係数は平成12年建設省告示501に基づき設定していたが，今回の設工認時ではJSMEに基づき設定していることから値が変更となっている。
- (2) 耐震補強による質量及び剛性を反映。
- (3) 地震荷重との組み合わせる積雪荷重の係数は，0.35に設定。
- (4) 地震荷重と風荷重の組合せを考慮した。地震と重畳させる風荷重の算出の際には，ガスト影響係数を1.0に設定。

## 5.2 ファンの動的機能維持評価

### 5.2.1 ファン動的機能維持解析モデル及び手法の比較

ファンの動的機能維持解析モデル及び手法の比較を第5-2表に示す。また、今回設工認時の解析モデルを5-1図に示す。

第5-2表 ファン動的機能維持解析モデル及び手法の比較 (1/2)

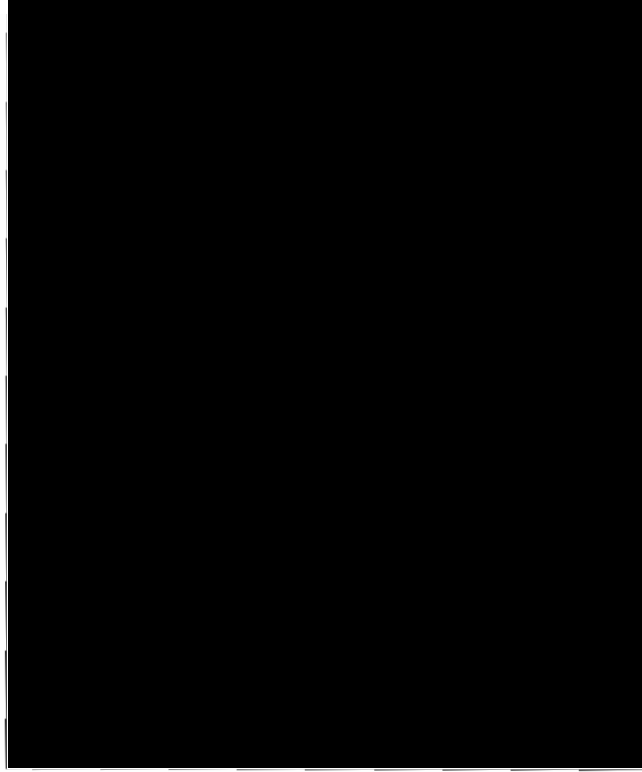
項目	内容	既設工認	今回設工認	備考
解析手法			同左	—
解析コード			同左	—
モデル	材料物性			(1)
	要素種別		同左	(2)
	境界条件		同左	—
	モデル化の対象		同左	—

具体的な反映事項(表の備考欄に対応)

- (1) 既設工認時の縦弾性係数は平成12年建設省告示501に基づき設定していたが、今回の設工認時ではJSMEに基づき設定。
- (2) 耐震補強による質量及び剛性を反映。

第5-2表 ファン動的機能維持解析モデル及び手法の比較 (2/2)

項目		既設工認	今回設工認	備考
地震荷重との 組合せ		D + K + F <sub>P</sub> D：固定荷重 K：地震荷重 F <sub>P</sub> ：運転時荷重（ファン回転 による荷重）	同左	—
荷重 の 設定	固定 荷重	ファン，ファン軸の重量を考 慮する。	同左	—
	積雪 荷重	ファンに積雪はないものとし て考慮しない。	同左	—
	地震 荷重	既設工認応答解析モデルに より算出した2F時刻歴波を 使用	今回設工認応答解析モデ ルにより算出した2F時刻 歴波を使用	—
	風荷重	ファンリングに覆われている ため，考慮しない。	同左	—
評価 方法	線形応 力解析	部材の発生応力が部材の許容 応力（許容応力状態IV <sub>A</sub> S）を 超えないことを確認	同左	—



第5-1図 ファン動的機能維持解析モデル図

### 5.3 伝熱管の耐震計算

#### 5.3.1 伝熱管解析モデル及び手法の比較

伝熱管の解析モデル及び手法の比較を第5-3表に示す。また、今回設工認時の解析モデルを第5-2図に示す。

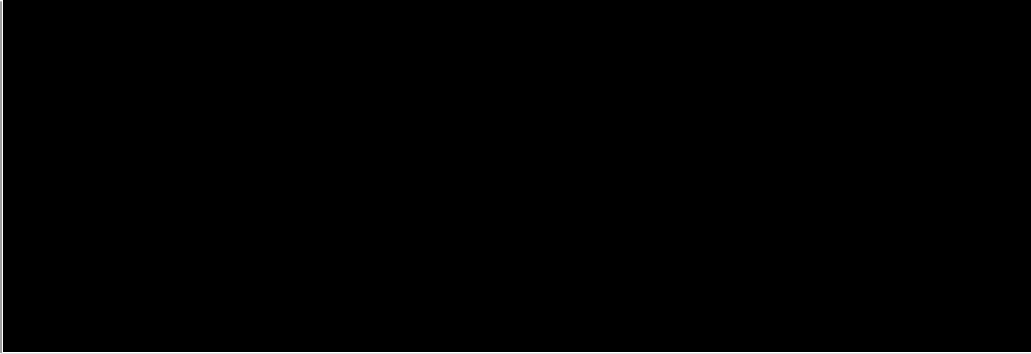
第5-3表 伝熱管解析モデル及び手法の比較

項目	内容	既設工認	今回設工認	備考
	解析手法		同左	—
	解析コード		同左	—
モデル	材料物性			(1)
	要素種別		同左	(2)
	境界条件		同左	—
	モデル化の対象		同左	—
	地震荷重との組合せ	G + K G : 固定荷重 K : 地震荷重	同左	—
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。	同左	—
	積雪荷重	ルーバー上に積雪するものとして、伝熱管への積雪は考慮しない。	同左	—
	地震荷重	既設工認応答解析モデルにより算出した3Fの地震動を使用	今回設工認応答解析モデルにより算出した3Fの地震動を使用	—
	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。	同左	—
評価方法	線形応力解析	部材の発生応力が部材の許容応力（許容応力状態IV <sub>A</sub> S）を超えないことを確認	同左	—

具体的な反映事項(表の備考欄に対応)

- (1) 既設工認時の縦弾性係数は平成12年建設省告示501に基づき設定していたが、今回の設工認時ではJSMEに基づき設定。
- (2) 耐震補強による質量及び剛性を反映。





第5-2図 伝熱管の解析モデル図

## 6. 地震荷重に対する風荷重について

### 6.1 荷重の組み合わせにおける設計方針

安全冷却水B冷却塔の設計方針は「IV-1-1 耐震設計の基本方針」に基づき、耐震設計上考慮すべき荷重について策定する。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、「5. 機能維持の基本方針」に従い、以下のとおり地震荷重に風荷重を組み合わせる設計方針とした。

なお、配管は、積雪および風に対する受圧面積が小さいことから、「5. 機能維持の基本方針」に従い地震荷重との組み合わせは考慮しない。

$$D + 0.35L_s + K + W$$

D：固定荷重

L<sub>s</sub>：積雪荷重

S<sub>s</sub>：地震荷重

W：風荷重

「IV-1-1 耐震設計の基本方針 5. 機能維持の基本方針 5.1.4」抜粋

#### 5.1.4 荷重の組合せ上の留意事項

- (1) ある荷重の組合せ状態での評価が明らかに厳しいことが判明している場合には、その他の荷重の組合せ状態での評価は行わなくてもよい。
- (2) 耐震重要度の異なる施設を支持する建物・構築物の当該部分の支持機能を確認する場合においては、支持される施設の耐震重要度に応じた地震力と常時作用している荷重、運転時に施設に作用する荷重とを組み合わせる。
- (3) 機器・配管系の運転時の異常な過渡変化時及び設計基準事故時(以下「事故等」という。)に生じるそれぞれの荷重については、地震によって引き起こされるおそれのある事故等によって作用する荷重及び地震によって引き起こされるおそれのない事故等であっても、いったん事故等が発生した場合、長時間継続する事故等による荷重は、その事故等の発生確率、継続時間及び地震動の超過確率の関係を踏まえ、適切な地震力と組み合わせで考慮する。  
なお、運転時の異常な過渡変化時の状態及び設計基準事故の状態で施設に作用する荷重は、運転時の状態で施設に作用する荷重を超えるもの及び長時間施設に作用するものがないため、地震荷重と組み合わせるものはない。
- (4) 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。
- (5) 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、風による受圧面積が小さい施設や、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。

## 6.2 風荷重の算定

飛来物防護ネットの風荷重の算定における風力係数の選定は、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。

## 6.3 安全冷却水B冷却塔の各部位における風力係数

飛来物防護ネットの風荷重の受圧部範囲は、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」にて示した範囲と同様とする。

令和 3 年 6 月 16 日 R O

別紙 1-2  
既設工認からの変更点について  
(補強設備・配管系)

別紙1-2-1

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について

## 目 次

1.	概要	1
2.	既設工認との解析モデルの比較	1
2.1	配管標準支持間隔の解析モデル及び手法の比較	1
3.	屋外に設置されている配管への積雪及び風荷重の考慮について	3
3.1	概要	1
3.2	評価対象施設の選定方法	3
3.3	対象施設と結果	5
3.4	配管についての見解	6
3.4.1	条件	6
3.4.2	受圧面積	7
3.4.3	積雪断面積	8
3.4.4	風力係数	9
3.4.5	まとめ	9
3.4.6	影響評価	9
3.4.7	影響評価結果	10
3.4.8	積雪荷重の算出方法	10
3.4.9	風荷重の算出方法	10
3.4.10	結論	12

1. 概要

本資料は配管標準支持間隔モデルの既設工認との変更点について示す。

2. 既設工認との解析モデルの比較

2.1 配管標準支持間隔の解析モデル及び手法の比較

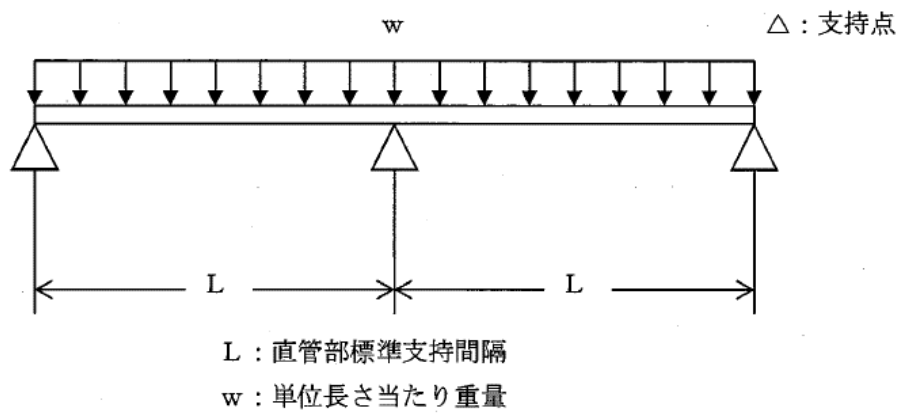
配管の標準支持間隔の解析モデル及び手法の比較を第2-1表に示す。また、今回設工認時の解析モデルを第2-1図に示す。

第2-1表 配管標準支持間隔の解析モデル及び手法の比較

項目	内容	既設工認時	今回設工認	備考
	解析手法	定ピッチスパン法	同左	—
	解析コード	████	██████	—
モデル	材料物性	████████████████ ████ ██████████████ ██████████、 ██████████████	████████████████ ██████ ██████████████ ██████████ ██████████████	(1)
	要素種別	██████	同左	(2)
	境界条件	████████████████ ██。	同左	—
	モデル化の対象	████	同左	—
地震荷重との組合せ		G + K G : 固定荷重 K : 地震荷重	同左	—
荷重の設定	固定荷重	配管及び冷却水重量を考慮する。	同左	—
	積雪荷重	積雪の影響を受けにくい構造であるため、積雪荷重は考慮しない。	同左	—
	地震荷重	各階層地震動を使用	各階層地震動を使用	—
	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。	同左	—
評価方法	線形応力解析	部材の発生応力が部材の許容応力（許容応力状態 $IV_{AS}$ ）を超えないことを確認	同左	—

具体的な反映事項(表の備考欄に対応)

- (1) 既設工認時の縦弾性係数は平成12年建設省告示501に基づき設定していたが、今回の設工認時ではJSMEに基づき設定していることから値が変更となっている。
- (2) 耐震補強による質量及び剛性を反映。



第 2 - 1 図 配管標準支持間隔 解析モデル図



### 3. 屋外に設置されている配管への積雪及び風荷重の考慮について

#### 3.1 概要

本資料は、添付書類「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」で示した安全冷却水B冷却塔の積雪及び風荷重の評価対象施設にて示す。また、検討対象外施設についてはその理由を示す。

#### 3.2 評価対象施設の選定方法

屋外の施設については原則積雪及び風荷重を地震力と組み合わせるが、対象の施設の選定方法については添付書類「IV-1-1-8 機能維持の基本方針」に示している通り、積雪及び風荷重に対して、受圧面積が小さく影響が小さい屋外の施設については検討対象外として扱う。

#### 設工認 添付書類 IV-1-1-8-抜粋(1/2)

耐震設計においては、地震力に加えて、自然条件として積雪荷重及び風荷重を組み合わせる。積雪荷重及び風荷重の設定フローを第3.-1図に示す。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、又は埋設構造物等常時の荷重に対して積雪荷重の割合が無視できる施設を除き、地震力と組み合わせる。また、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、コンクリート構造物等の自重が大きい施設を除いて、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、地震力と組み合わせる。第3.-3表に施設の区分ごとの、積雪荷重及び風荷重の組合せを示す。

第3.-3表 地震力と積雪荷重、風荷重の組合せ

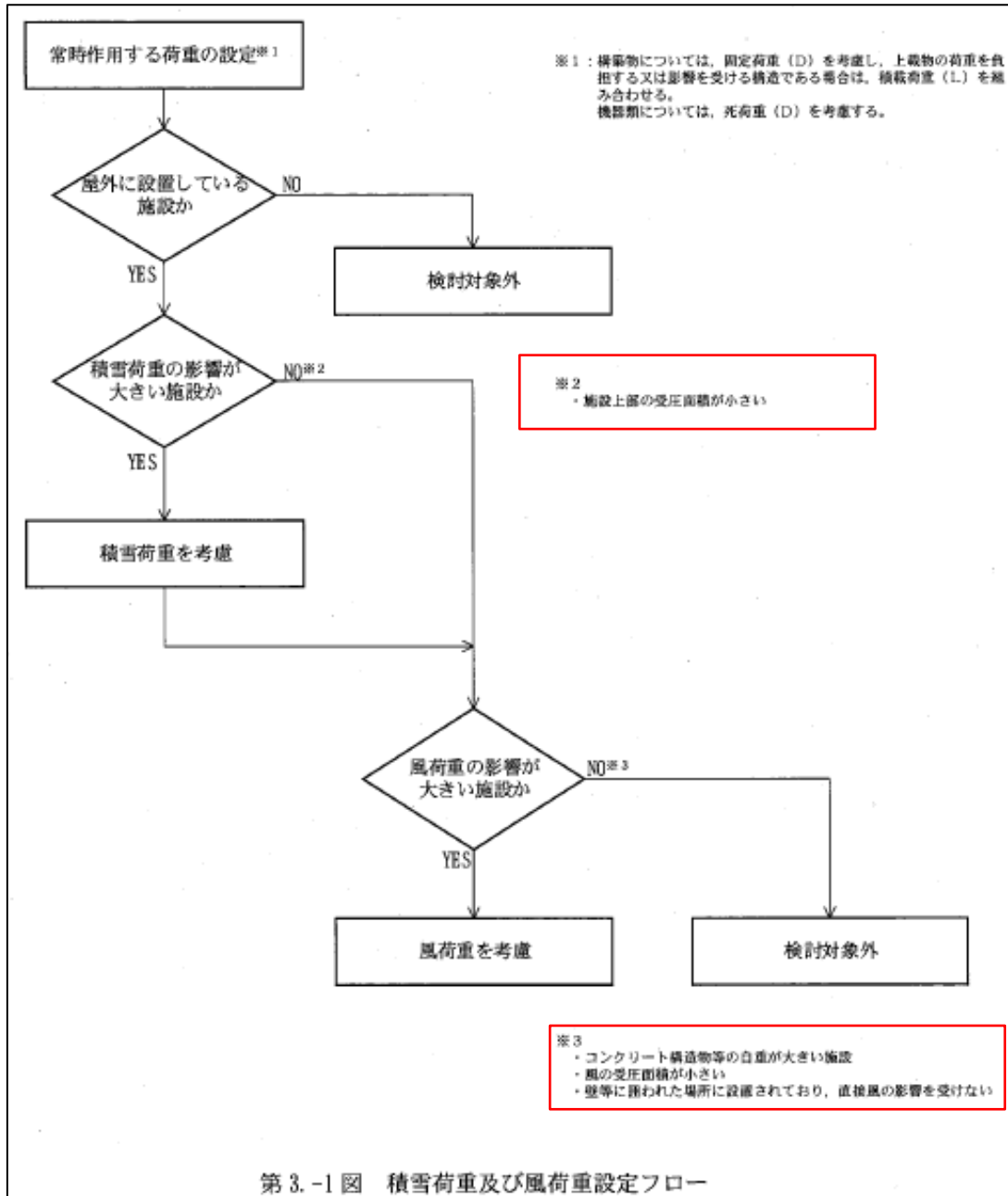
項目	施設の配置	荷重の種類	
		積雪 <sup>1)</sup>	風 <sup>2)</sup>
建物・構築物	屋外 <sup>3)</sup>	○ <sup>3)</sup>	○ <sup>4)</sup>
機器・配管系	屋外 <sup>3)</sup>	○ <sup>3)</sup>	○ <sup>4)</sup>
	屋内	-	-

1)：組み合わせる荷重は、添付書類「VI-1-1-1-1-1 再処理施設の自然現象等による損傷の防止に関する基本方針」に基づくものとし、積雪荷重については、六ヶ所村統計書における観測記録上の極値 190 cm 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 を考慮する。また、風荷重については、「Eの数値を算出する方法並びにV<sub>D</sub>及び風力係数を定める件」(平成 12 年 5 月 31 日建設省告示第 1454 号)に定められた六ヶ所村の基準風速 34 m/s とする。なお、風荷重は平均的な風荷重とするため、ガスト影響係数 G<sub>r</sub> は 1 とする。

2)：風荷重の影響が大きいと考えられる鉄骨架構及びそれに類する構造物について、組合せを考慮する。

3)：積雪による受圧面積が小さい施設、又は埋設構造物等常時の荷重に対して積雪荷重の割合が無視できる施設を除く。

4)：屋外に設置されている施設のうち、コンクリート構造物等の自重が大きい施設を除く。



### 3.3 対象施設と結果

安全冷却水B冷却塔うち耐震評価を示している施設について、積雪及び風荷重を地震力と組み合わせた施設の選定結果を示す。設工認添付資料で評価結果を示しているものは添付資料番号を記載している。

第3-1表 積雪及び風荷重 評価対象施設と結果

施設	評価結果
管束	IV-2-1-2-2-1(1)
ファン駆動部	IV-2-1-2-2-1(1)
ルーバ	IV-2-1-2-2-1(1)
支持架構	IV-2-1-2-2-1(1)
配管	検討対象外

### 3.4 配管についての見解

積雪及び風荷重が検討対象外となる屋外の配管について、検討対象外である見解を示す。

#### 3.4.1 条件

配管に対する雪及び風荷重についての条件を第4-2表、第4-3表に示す。

第3-2表 積雪条件

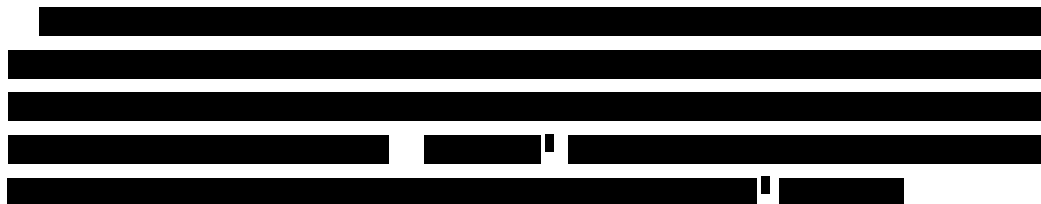
項目	配管	【参考】冷却塔支持架構	
		冬期運転ベイ	冬期休止ベイ
受圧面積			
積雪高さ	190cm	190cm	
積雪断面積比	70%	100%	
積雪重量			

第3-3表 風荷重条件

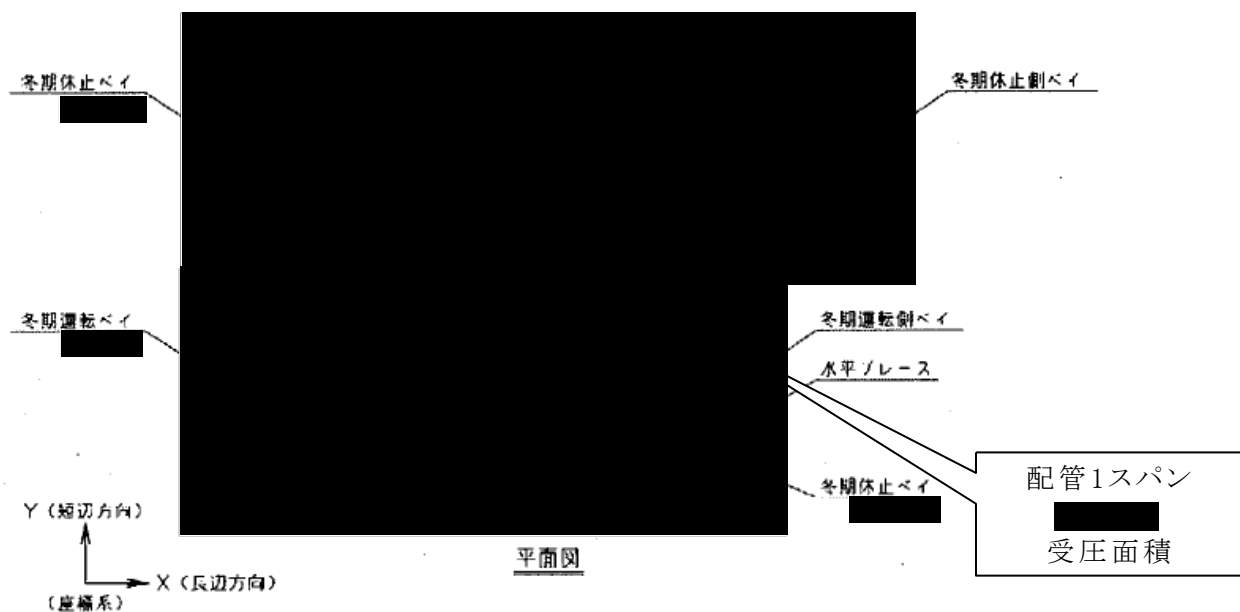
項目	配管	【参考】冷却塔支持架構	
		冬期運転ベイ	冬期休止ベイ
受圧面積			
風力係数	1.2	閉鎖型部：約1.2 ラチス構造部：約2.4～3	
基準風速	34 [m/s]	34 [m/s]	

これらの条件のうち、受圧面積と積雪断面積、風力係数についての解説を3.4.2～3.4.4項に示す。

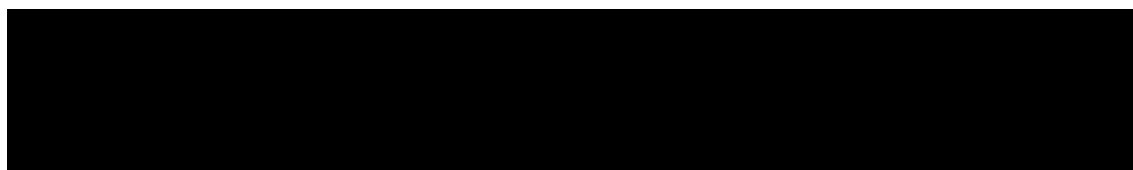
### 3.4.2 受圧面積



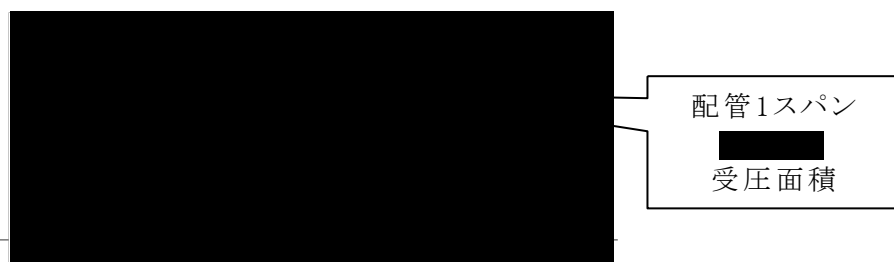
第3-1図に冷却塔及び配管の受圧面積算出部を示す。



第3-1図 積雪荷重受圧面積



第3-2図に冷却塔及び配管の受圧面積算出部を示す。



第3-2図 風荷重受圧面積

### 3.4.3 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細いため現実的にこのように積雪するとは想定しにくいですが、積雪断面積比は70%程度である(第3-3図に示す。)

#### 建築基準法施行令 第八十六条 抜粋

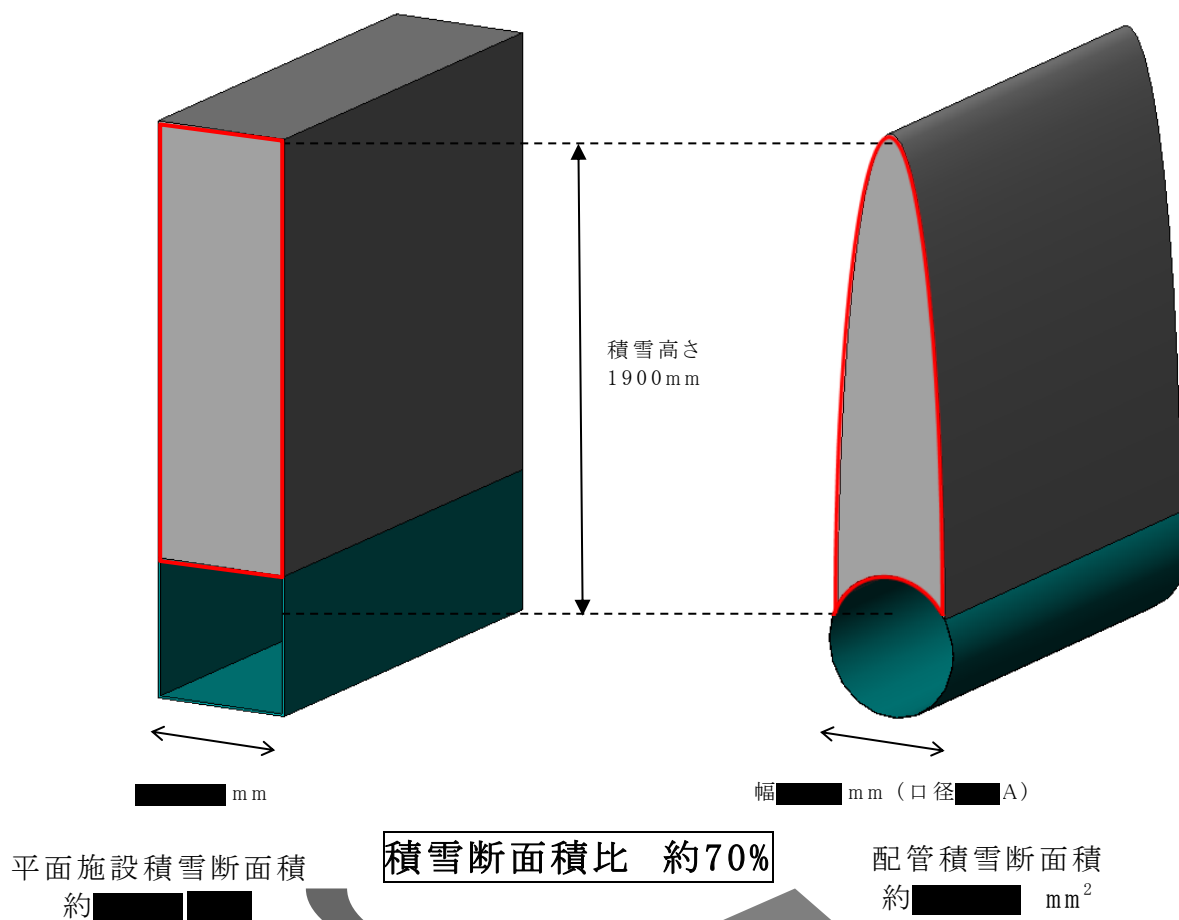
屋根の積雪荷重は、屋根に雪止めがある場合を除き、その勾配が六十度以下の場合においては、その勾配に応じて第一項の積雪荷重に次の式によつて計算した屋根形状係数(特定行政庁が屋根ふき材、雪の性状等を考慮して規則でこれと異なる数値を定めた場合においては、その定めた数値)を乗じた数値とし、その勾配が六十度を超える場合においては、零とすることができる。

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

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3-3図 積雪断面積比較

### 3.4.4 風力係数

風荷重算出の際に適用される風力係数においては配管の構造では1.2であり，冷却塔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（第3-4図，第3-4表に示す。）。

「建築物荷重指針・同解説（2004）」より抜粋

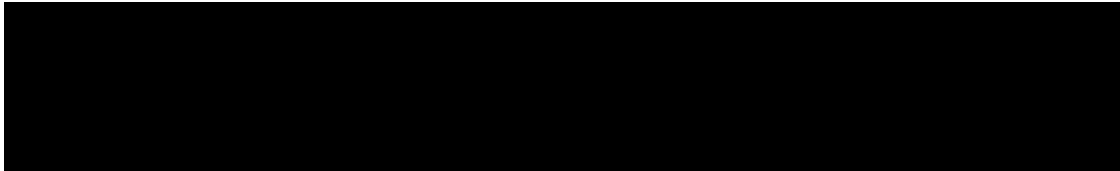
$\theta(^{\circ})$	$C_x$	$C_y$
0	2.1	0
45	1.6	1.6

第3-4図 部材の風力係数

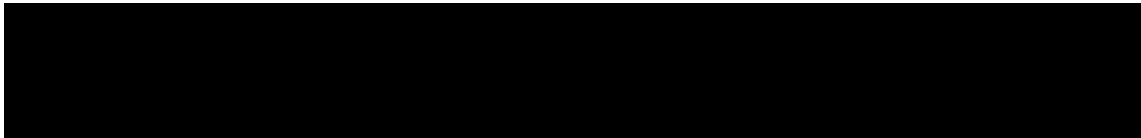
第3-4表 冷却塔架構（ラチス構造部）の風力係数

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

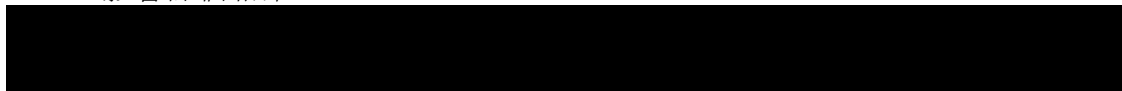
### 3.4.5 まとめ



### 3.4.6 影響評価



### 3.4.7 影響評価結果



第3-5表 自然荷重の影響評価

施設	地震による発生応力 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				

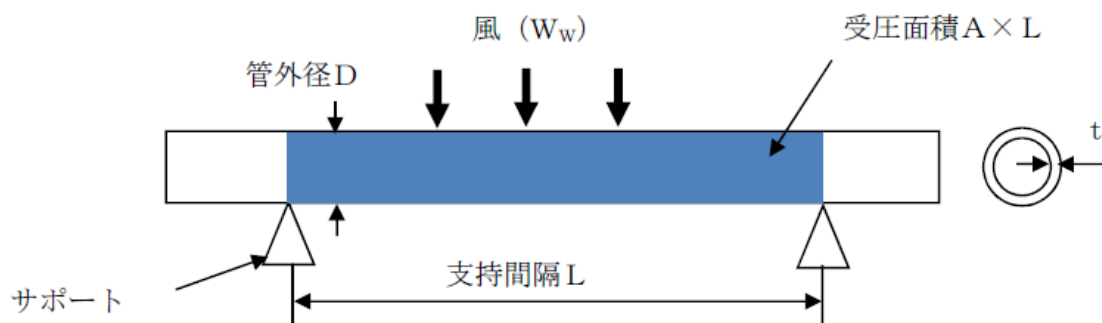
### 3.4.8 積雪荷重の算出方法

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せて耐震評価を行う。

### 3.4.9 風荷重の算出方法

風荷重は建築基準法に基づき風圧力P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、風圧力P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3-5図に示す。



第3-5図 配管モデル図

風荷重Ww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87条および平成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 <sup>2</sup> )
$C_f$	: 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12建告第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12建告第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スパン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、1次応力に加えて評価を行う。

#### 3.4.10 結論

