

【公開版】

日本原燃株式会社	
資料番号	耐震建物 25 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
竜巻防護対策設備の
一関東評価用地震動（鉛直）に対する影響評価について

目 次

1. 概要	1
2. 検討内容	1
3. 検討結果	1
4. まとめ	1
・別紙 1 安全冷却水B冷却塔 飛来物防護ネットの一関東評価用地震動（鉛直）を考慮した影響検討結果について	
・別紙 2 安全冷却水A冷却塔 飛来物防護ネットの一関東評価用地震動（鉛直）を考慮した影響検討結果について	
・別紙 3 第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔 A の飛来物防護ネットの一関東評価用地震動（鉛直）を考慮した影響検討結果について	
・別紙 4 第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔 B の飛来物防護ネットの一関東評価用地震動（鉛直）を考慮した影響検討結果について	
・別紙 5 使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔 A の飛来物防護ネットの一関東評価用地震動（鉛直）を考慮した影響検討結果について	
・別紙 6 使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔 B の飛来物防護ネットの一関東評価用地震動（鉛直）を考慮した影響検討結果について	
・別紙 7 主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクトの飛来物防護板（主排気筒周り）の一関東評価用地震動（鉛直）を考慮した影響検討結果について	
・別紙 8 排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクトの飛来物防護板（分離建屋屋外）の一関東評価用地震動（鉛直）を考慮した影響検討結果について	
・別紙 9 主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクトの飛来物防護板（精製建屋屋外）の一関東評価用地震動（鉛直）を考慮した影響検討結果について	
・別紙 10 主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクトの飛来物防護板（高レベル廃液ガラス固化建屋屋外）の一関東評価用地震動（鉛直）を考慮した影響検討結果について	

1. 概要

本資料は、再処理施設の計基準対象施設に対する耐震計算書のうち、竜巻防護対策設備の評価結果を補足説明するものである。

ここでは、一関東評価用地震動（鉛直）を考慮した竜巻防護対策設備の影響検討結果について示す。なお、一関東評価用地震動（鉛直）の概要については、補足説明資料「耐震建物 12 地震応答計算書に関する一関東地震動（鉛直）に対する影響評価について」に示す。

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-2-1-4-2 波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の耐震性についての計算書」

2. 検討内容

竜巻防護対策設備に対する一関東評価用地震動（鉛直）による影響検討にあたっては、補足説明資料「耐震建物 12 地震応答計算書に関する一関東地震動（鉛直）に対する影響評価について（建物、屋外機器基盤）」に示す一関東評価用地震動（鉛直）を用いて地震応答解析を実施し、基準地震動 S_s （鉛直）と一関東評価用地震動（鉛直）の応答比率を添付書類「IV-2-1-4-2 波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の耐震性についての計算書」に示す各竜巻防護対策設備の耐震評価結果（応力度比）に乘じ、影響評価を実施する。なお、本検討は鉛直方向の影響検討であるが、保守的に水平方向と鉛直方向を考慮した応力度比に対して、応答比率を乘じ、応力度比が 1.0 以下であることを確認する。

応力度比が 1.0 を超える場合は、詳細評価として基準地震動 S_s -C4（水平）と一関東評価用地震動（鉛直）を組み合わせた地震荷重を用いて応力解析による評価を実施し、応力度比が 1.0 以下であることを確認する。

3. 検討結果

2. の検討内容に基づいて影響検討した結果については、別紙にて示す。

4. まとめ

竜巻防護対策設備に対し、一関東評価用地震動（鉛直）を考慮した影響検討を実施した。検討の結果、応力度比が 1.0 以下となったことから、設備の耐震性に影響はないことを確認した。

別紙

設工認に係る補足説明資料【竜巻防護対策設備の一関東評価用地震動(鉛直)に対する影響評価について】

資料No.	名称	提出日	Rev	備考
別紙-1	安全冷却水B冷却塔 飛来物防護ネットの一関東評価用地震動(鉛直)を考慮した影響検討結果について	6/16	0	
別紙-2	安全冷却水A冷却塔 飛来物防護ネットの一関東評価用地震動(鉛直)を考慮した影響検討結果について			
別紙-3	第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔Aの飛来物防護ネットの一関東評価用地震動(鉛直)を考慮した影響検討結果について			
別紙-4	第2非常用ディーゼル発電機用 安全冷却水系冷却塔Bの飛来物防護ネットの一関東評価用地震動(鉛直)を考慮した影響検討結果について			
別紙-5	使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔Aの飛来物防護ネットの一関東評価用地震動(鉛直)を考慮した影響検討結果について			
別紙-6	使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設用 安全冷却水系冷却塔Bの飛来物防護ネットの一関東評価用地震動(鉛直)を考慮した影響検討結果について			
別紙-7	主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクトの飛来物防護板(主排気筒周り)の一関東評価用地震動(鉛直)を考慮した影響検討結果について			
別紙-8	排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクトの飛来物防護板(分離建屋屋外)の一関東評価用地震動(鉛直)を考慮した影響検討結果について			
別紙-9	主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクトの飛来物防護板(精製建屋屋外)の一関東評価用地震動(鉛直)を考慮した影響検討結果について			
別紙-10	主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクトの飛来物防護板(高レベル廃液ガラス固化建屋屋外)の一関東評価用地震動(鉛直)を考慮した影響検討結果について			

別紙 1

安全冷却水 B 冷却塔 飛来物防護ネットの一関東評価用

地震動（鉛直）を考慮した影響検討結果について

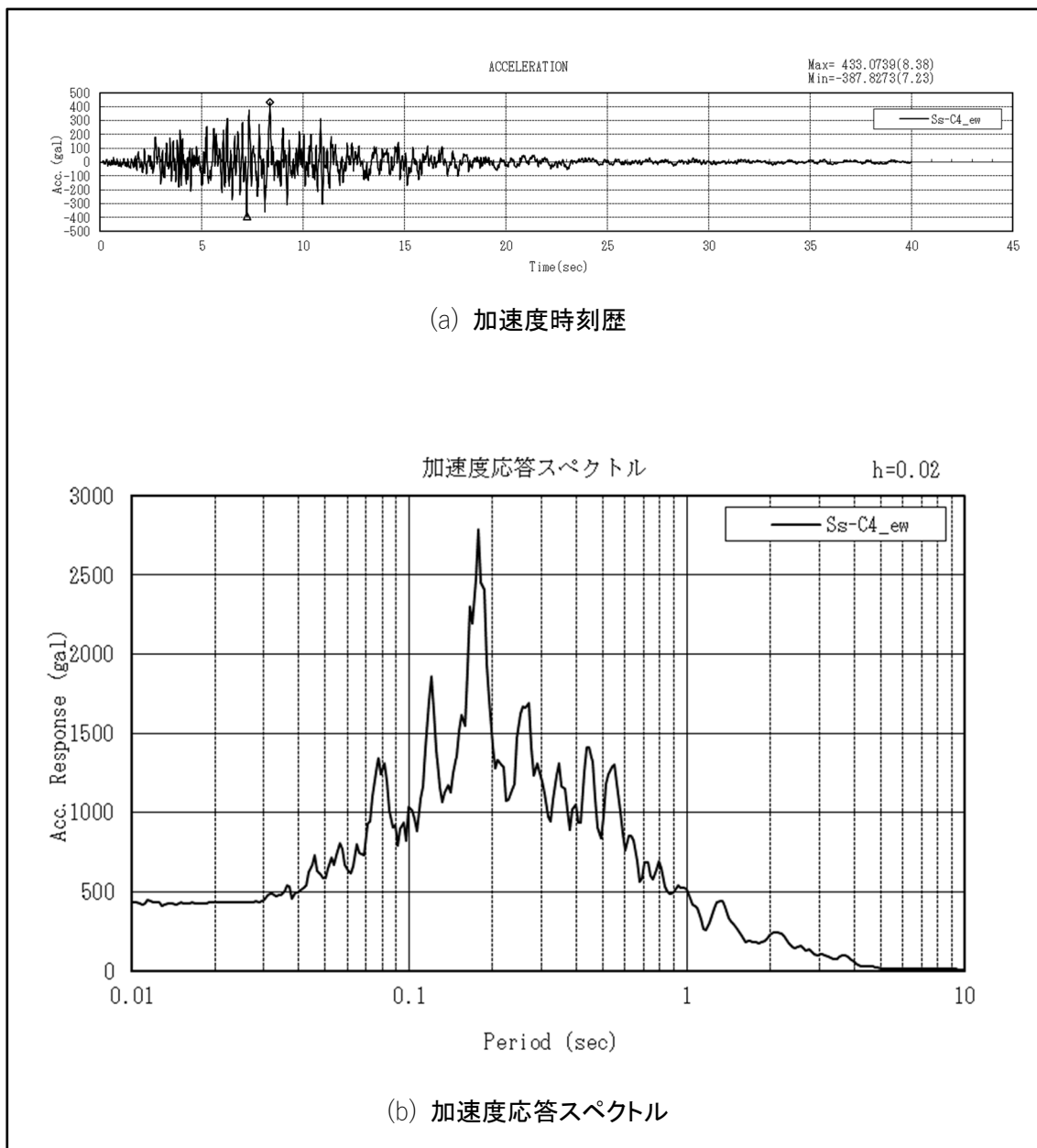
目 次

1. 評価方針	1
2. 評価方法	5
2.1 評価対象部位	5
2.3 許容限界	5
3. 地震応答解析	6
3.1 応答解析モデル	6
3.2 応答解析結果	7
4. 検討結果	12
5. 考察及びまとめ	19

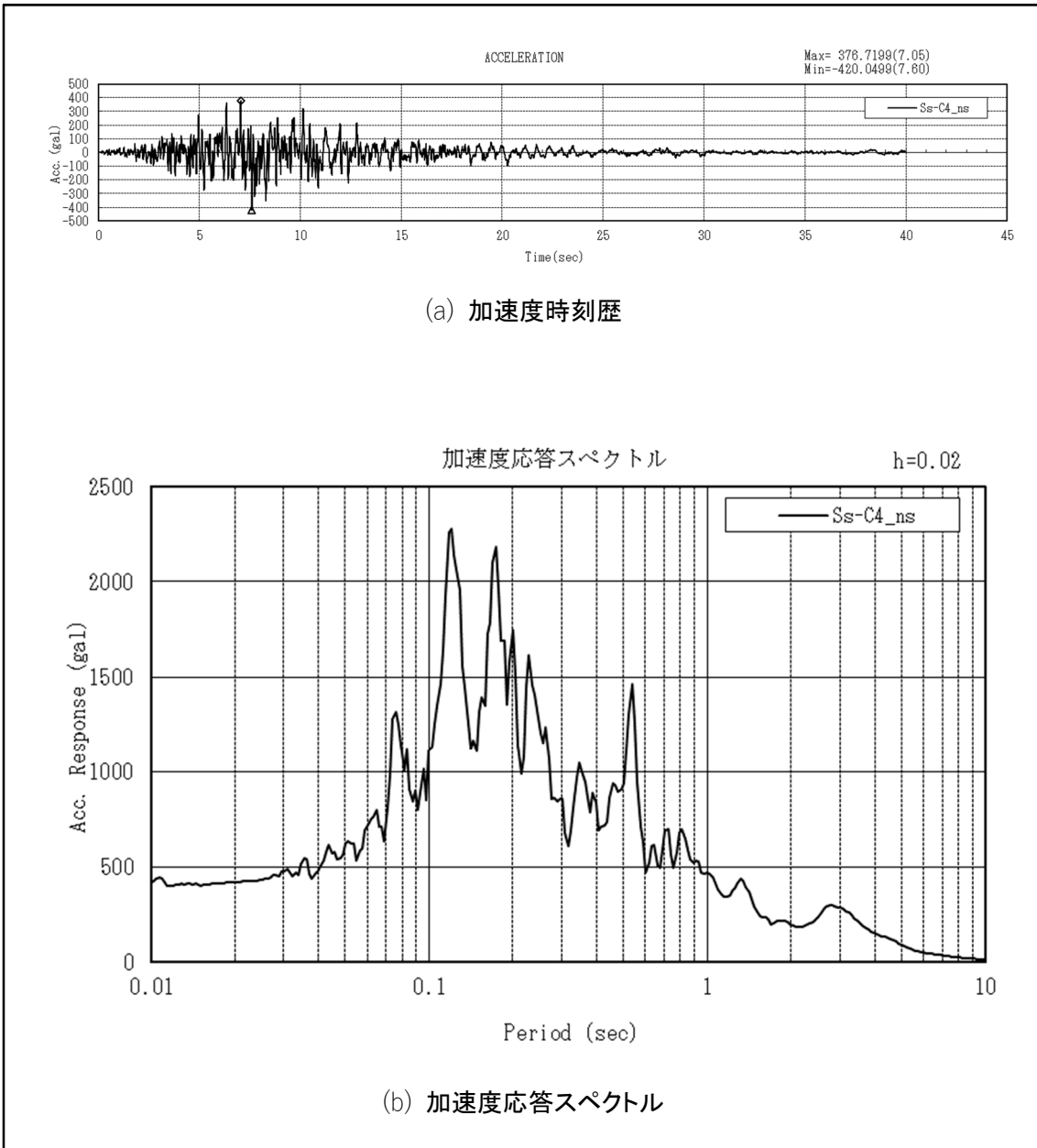
1. 評価方針

再処理施設の屋外に設置している設備である第 1 回申請対象設備の安全冷却水 B 冷却塔 飛来物防護ネット（以下、「飛来物防護ネット」という。）について、一関東評価用地震動（鉛直）を考慮した地震応答解析の影響について示す。影響確認にあたっては、添付資料「IV-2-1-4-2-1 安全冷却水 B 冷却塔 飛来物防護ネットの計算書」に示した評価方法に基づき、一関東評価用地震動（鉛直）を考慮した評価を行い、設備の耐震性への影響を確認する。

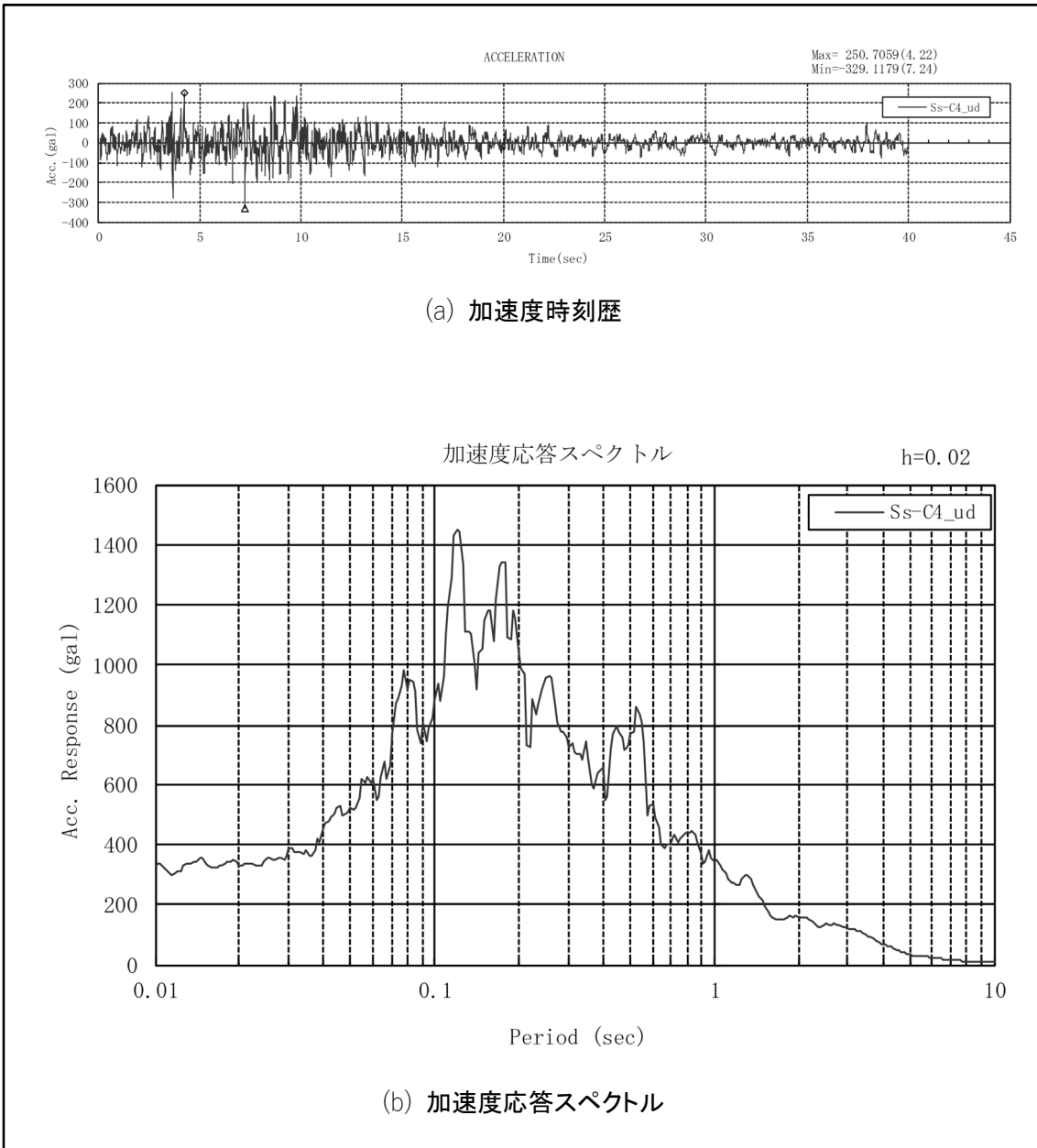
なお、本検討で用いる入力地震動を第 1-1 図～第 1-3 図に示す。



第1-1図 入力地震動 (Ss-C4_ew)



第 1-2 図 入力地震動 (Ss-C4_ns)



第1-3図 入力地震動 (Ss-C4_UD)

図1 一関東の鉛直地震動の加速度応答スペクトル

2. 評価方法

2.1 評価対象部位

評価対象部位は添付書類「IV-2-1-4-2-1 安全冷却水B冷却塔 飛来物防護ネットの計算書」と同様に支持架構とする。

2.2 荷重及び荷重の組合せ

(1) 荷重の設定

固定荷重 (D), 積雪荷重 (L_s), 風荷重 (WL) については添付書類「IV-2-1-4-2-1 安全冷却水B冷却塔 飛来物防護ネットの計算書」と同様とする。地震荷重については, 一関東評価用地震動 (鉛直) を考慮した地震動にて評価を行う。

(2) 荷重の組合せ

添付書類「IV-2-1-4-2-1 安全冷却水B冷却塔 飛来物防護ネットの計算書」と同様とする。評価において考慮する荷重の組合せを, 第2-1表に示す。

第2-1表 評価において考慮する荷重の組合せ

設備名称	評価対象部位	荷重の組合せ
飛来物防護ネット	支持架構	$D+L_s+S_s+WL$

2.3 許容限界

許容限界については, 添付書類「IV-2-1-4-2-1 安全冷却水B冷却塔飛来物防護ネットの計算書」と同様に終局耐力を許容限界とする。終局耐力としては, 「告示 平成12年建設省告示第2464号 第3」の規定を準用して, 短期許容応力度における基準強度を1.1倍した値を適用する。

許容応力度は, 「建築基準法告示」及び「鋼構造設計規準」(1973改定)(日本建築学会)に基づくものとし, 応力度比は1.0以下とする。

使用材料の許容限界を第2-2表に示す。

第2-2表 各使用材料の許容限界

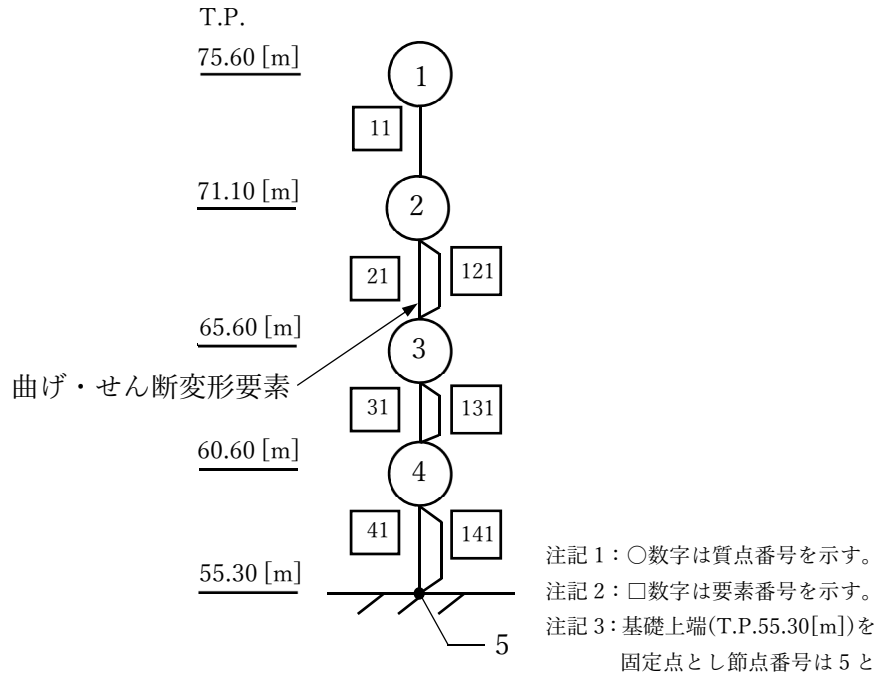
使用材料	基準強度 (MPa)	許容限界
SN490B	325	短期許容応力度において 基準強度を1.1倍した値
BCP325		
G385	325	

3. 地震応答解析

3.1 応答解析モデル

地震応答解析モデルは添付書類「IV-2-1-4-2-1 安全冷却水B 冷却塔飛来物防護ネットの計算書」で設定した解析モデルと同様とする。モデル図を第4-1図に示す。

計算においては、解析コード「TDAP III (ver. 3.07)」を用いて評価を実施する。



鉄骨の縦弾性係数 $E = 2.05 \times 10^5$ (N/mm²)

鉄骨のせん断弾性係数 $G = 7.90 \times 10^4$ (N/mm²)

鉄骨の減衰定数 $h = 0.02$

第4-1図 地震応答解析モデル

3.2 応答解析結果

水平方向の地震応答解析結果は、添付書類「IV-2-1-4-2-1 安全冷却水B冷却塔 飛来物防護ネットの計算書」に示す地震応答解析により得られる一関東地震動の応答せん断力を用いる。一関東地震動による地震応答解析結果を第3-1図～第3-2図に示す。

鉛直方向の地震荷重は、入力地震動応答スペクトル図と三次元立フレームモデルの固有値から静的外力を設定する。鉛直震度の算定に用いる固有値は、添付書類「IV-2-1-4-2-1 安全冷却水B冷却塔 飛来物防護ネットの計算書」に示す、三次元フレームモデルによる固有周期0.244[s]を用いる。なお、第3-3図にトラス部分の上下動が卓越するモード図を示す。この固有周期0.244[s]から一関東評価用地震動（鉛直）による鉛直地震荷重（震度）は、第3-4図より1.1[G]と設定する。

添付書類「IV-2-1-4-2-1 安全冷却水B冷却塔 飛来物防護ネットの計算書」にて評価した地震動（以下、評価用地震動という。）と一関東評価用地震動（鉛直）の応答解析結果を第3-1表にまとめる。地震応答解析結果を比較した結果、評価用地震動と比べて、一関東評価用地震動（鉛直）は水平方向の応答は小さいものの、鉛直方向の応答比率は1.375となっている。計算書に記載の最大応力度比が0.77であることから、応答比率を乗じると1.06となり、許容応力度を満足しないことから、詳細評価として応力解析を行う。

第3-1表 地震応答解析結果比較

(a) NS 方向 (最大せん断力)

要素番号	①評価地震動 (最大ケース S _s -C1)	②一関東地震動	応答比率 ②/①
11	8785	6991	0.796
21+121	12933	9445	0.731
31+131	13465	10483	0.779
41+141	13933	12165	0.874

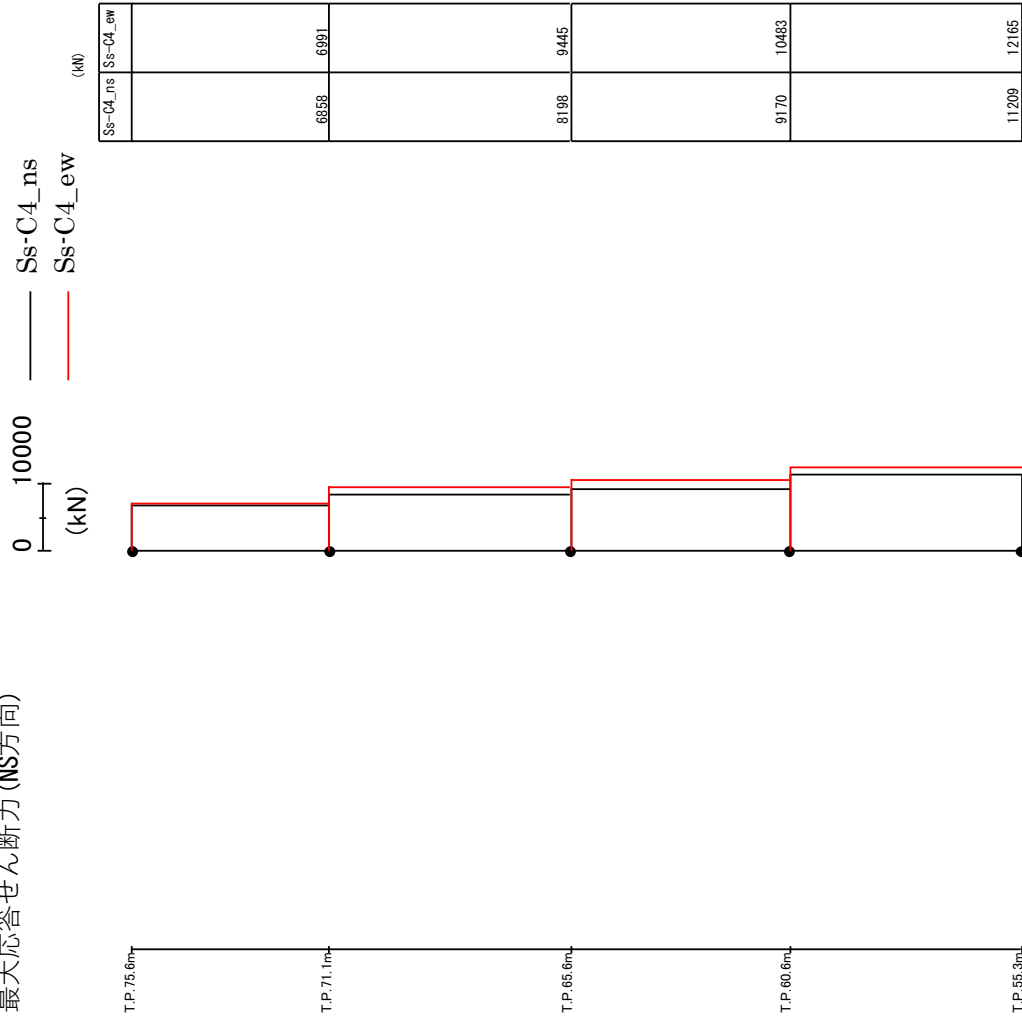
(b) EW 方向 (最大せん断力)

要素番号	①評価地震動 (最大ケース S _s -C1)	②一関東地震動	応答比率 ②/①
11	9458	7808	0.826
21+121	13059	10164	0.779
31+131	13471	11304	0.840
41+141	14137	13246	0.937

(c) 鉛直方向 (鉛直震度)

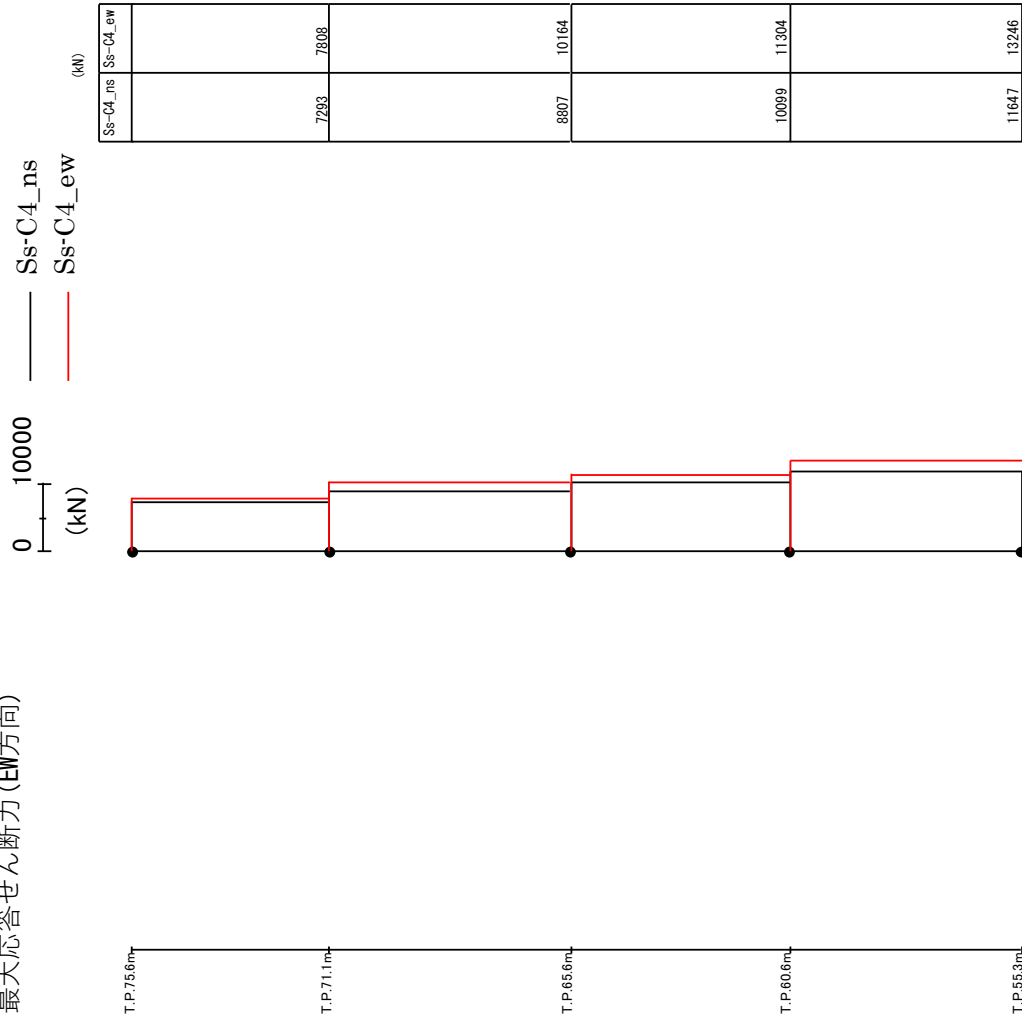
①評価地震動 (最大ケース S _s -C1)	②一関東評価用地震動 (鉛直)	応答比率 ②/①
0.8G	1.1G	1.375

最大応答せん断力 (NS方向)



第3-1図 最大応答せん断力 (NS方向)

最大応答せん断力 (EW方向)



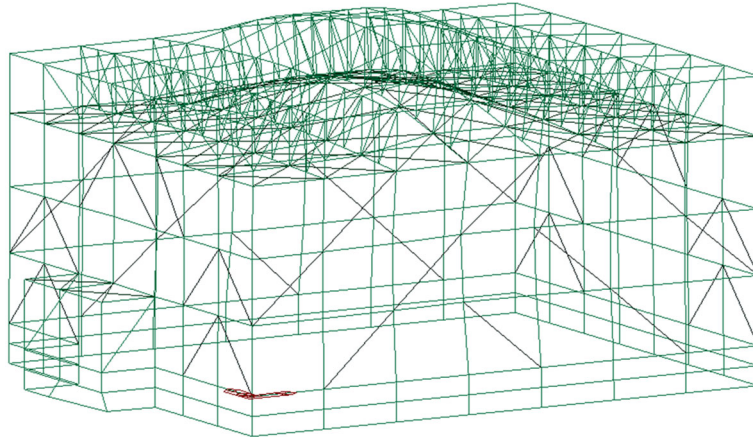
第3-2図 最大応答せん断力 (EW方向)

5次モード

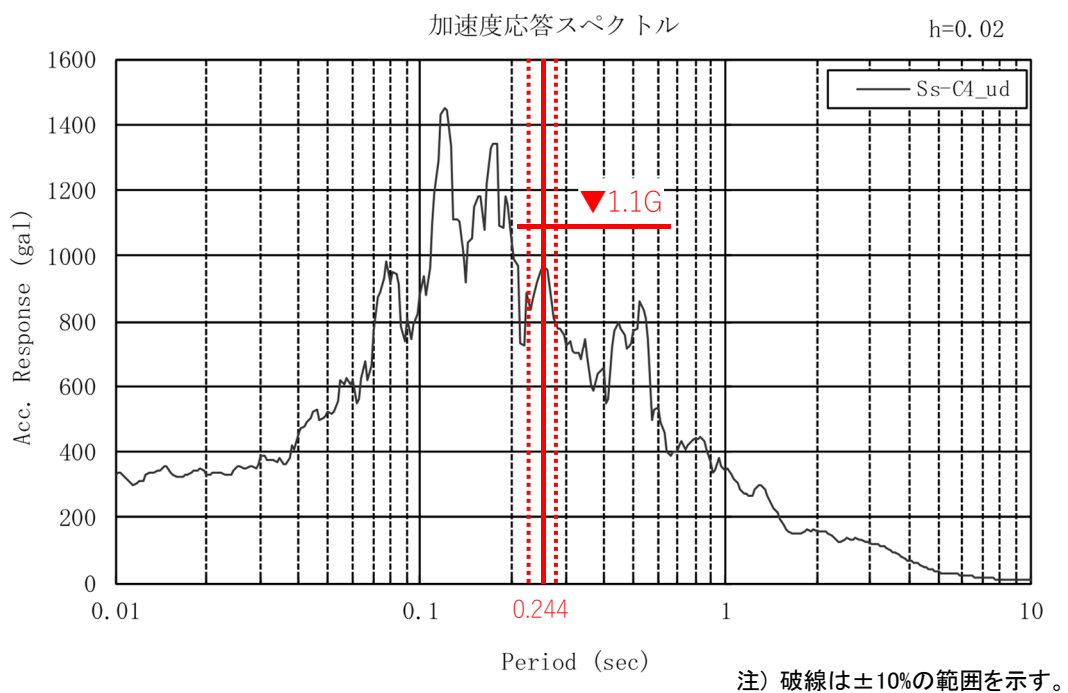
固有周期:0.244[s]

振動数 :4.09[Hz]

刺激係数:19.423



第3-3図 三次元フレームモデルのモード図(トラス部分卓越モード)



第3-4図 加速度応答スペクトル(Ss-C4_UD)

4. 検討結果

本検討における部材応力の検定結果を第5-1表～第5-3表に示す。また、検定部材の配置図を第5-1図～第5-3図に示す。

検討の結果、最大検定値は、柱で発生する「0.61」であり、許容値応力度 1.0 を満足する。

第5-1表 飛来物防護ネットの評価結果（柱・大はり）（1/3）

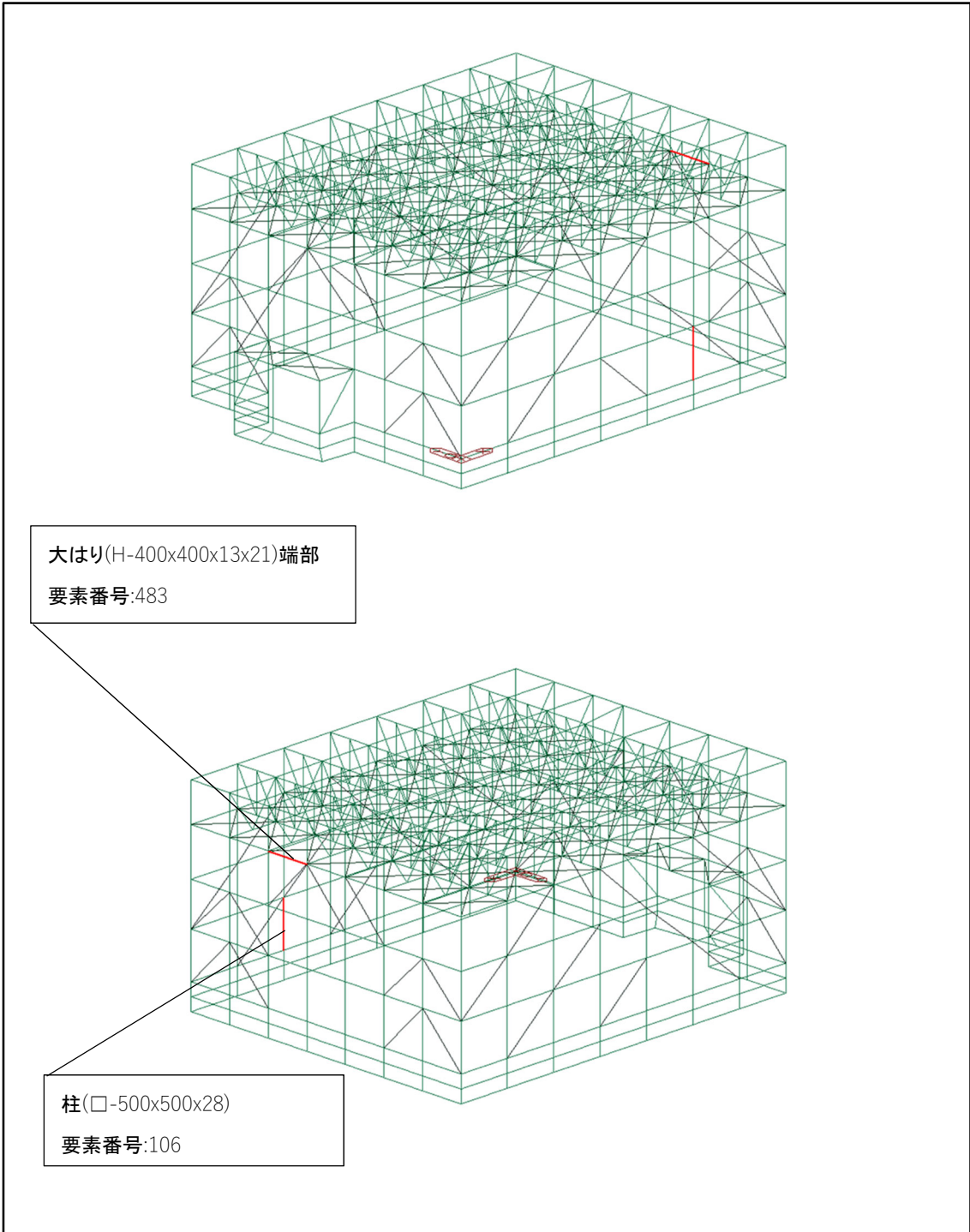
対象	部 材		応力度	発生応力度 (MPa)	許容応力度 (MPa)	応力度比
飛来物防護ネット	支持架構	柱	引 張	$\sigma_t = -$	$f_t = 357$	-
			圧 縮	$\sigma_c = 59.2$	$f_c = 199$	0.30
			曲 げ	$\sigma_{bx} = 97.9$	$f_{bx} = 357$	0.28
				$\sigma_{by} = 11.9$	$f_{by} = 357$	0.04
			せ ん 断	$\tau_s = 9.0$	$f_s = 206$	0.05
			組合せ(引張+曲げ)	(応力度比) -	(許容値) 1.00	-
			組合せ(圧縮+曲げ)	(応力度比) 0.61	(許容値) 1.00	0.61
		大はり	引 張	$\sigma_t = 46.1$	$f_t = 357$	0.13
			圧 縮	$\sigma_c = -$	$f_c = 289$	-
			曲 げ	$\sigma_{bx} = 157.3$	$f_{bx} = 357$	0.45
				$\sigma_{by} = 3.0$	$f_{by} = 357$	0.01
			せ ん 断	$\tau_s = 40.2$	$f_s = 206$	0.20
			組合せ(引張+曲げ)	(応力度比) 0.58	(許容値) 1.00	0.58
			組合せ(圧縮+曲げ)	(応力度比) -	(許容値) 1.00	-

第5-2表 飛来物防護ネットの評価結果（小はり・トラス材）（2/3）

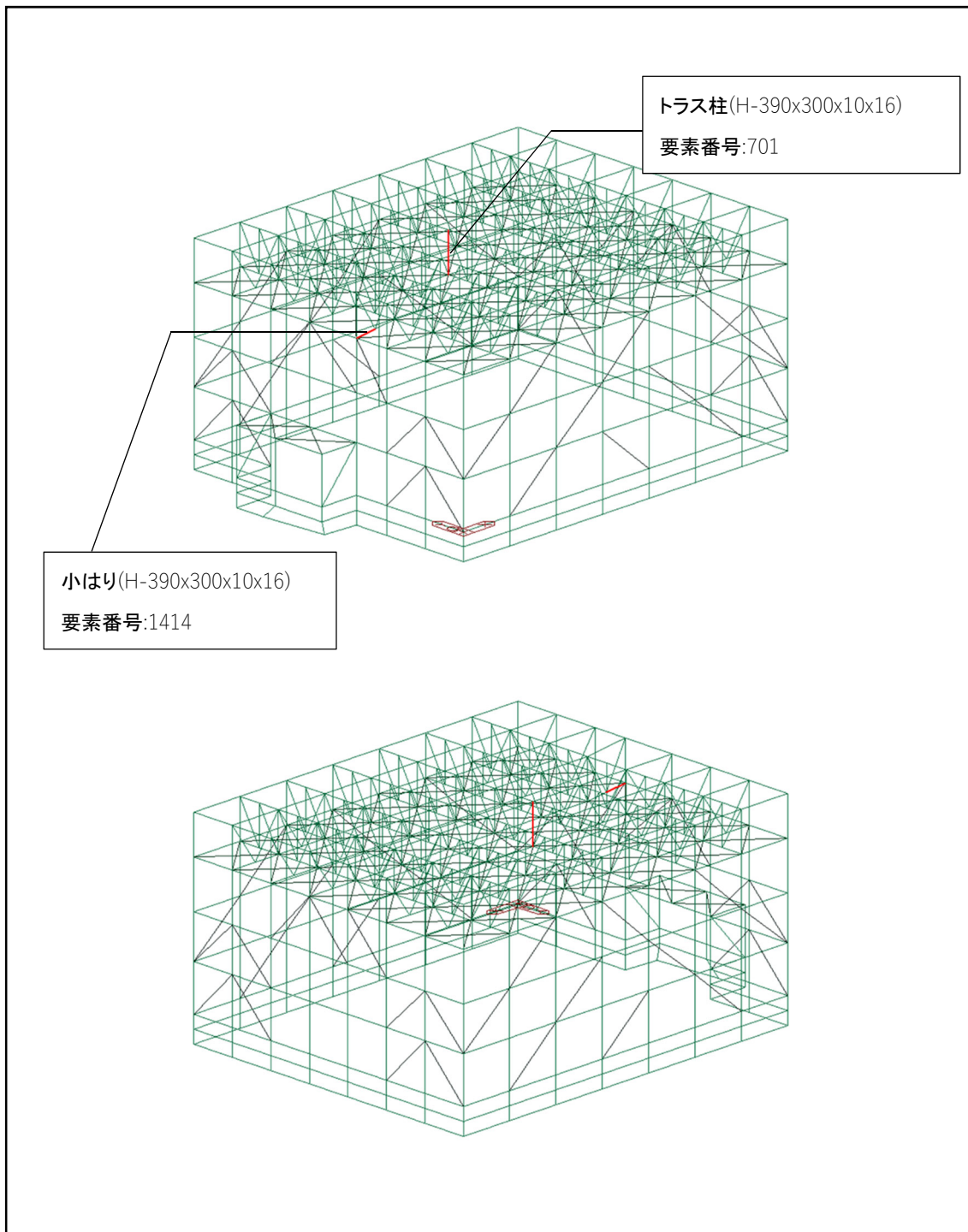
対象	部 材		応力度	発生応力度 (MPa)	許容応力度 (MPa)	応力度比
飛来物防護ネット	支持架構	小はり	引 張	$\sigma_t = -$	$f_t = 357$	—
			圧 縮	$\sigma_c = 29.9$	$f_c = 200$	0.15
			曲 げ	$\sigma_{bx} = 120.1$	$f_{bx} = 279$	0.44
				$\sigma_{by} = 2.4$	$f_{by} = 357$	0.01
			せん断	$\tau_s = 24.8$	$f_s = 206$	0.13
			組合せ(引張+曲げ)	(応力度比) —	(許容値) 1.00	—
		組合せ(圧縮+曲げ)	(応力度比) 0.59	(許容値) 1.00	0.59	
		トラス柱	引 張	$\sigma_t = -$	$f_t = 357$	—
			圧 縮	$\sigma_c = 7.0$	$f_c = 263$	0.03
			曲 げ	$\sigma_{bx} = 7.2$	$f_{bx} = 357$	0.03
				$\sigma_{by} = 187.2$	$f_{by} = 357$	0.53
			せん断	$\tau_s = 4.4$	$f_s = 206$	0.03
			組合せ(引張+曲げ)	(応力度比) —	(許容値) 1.00	—
			組合せ(圧縮+曲げ)	(応力度比) 0.57	(許容値) 1.00	0.57

第5-3表 飛来物防護ネットの評価結果（鉛直ブレース・水平ブレース）（3/3）

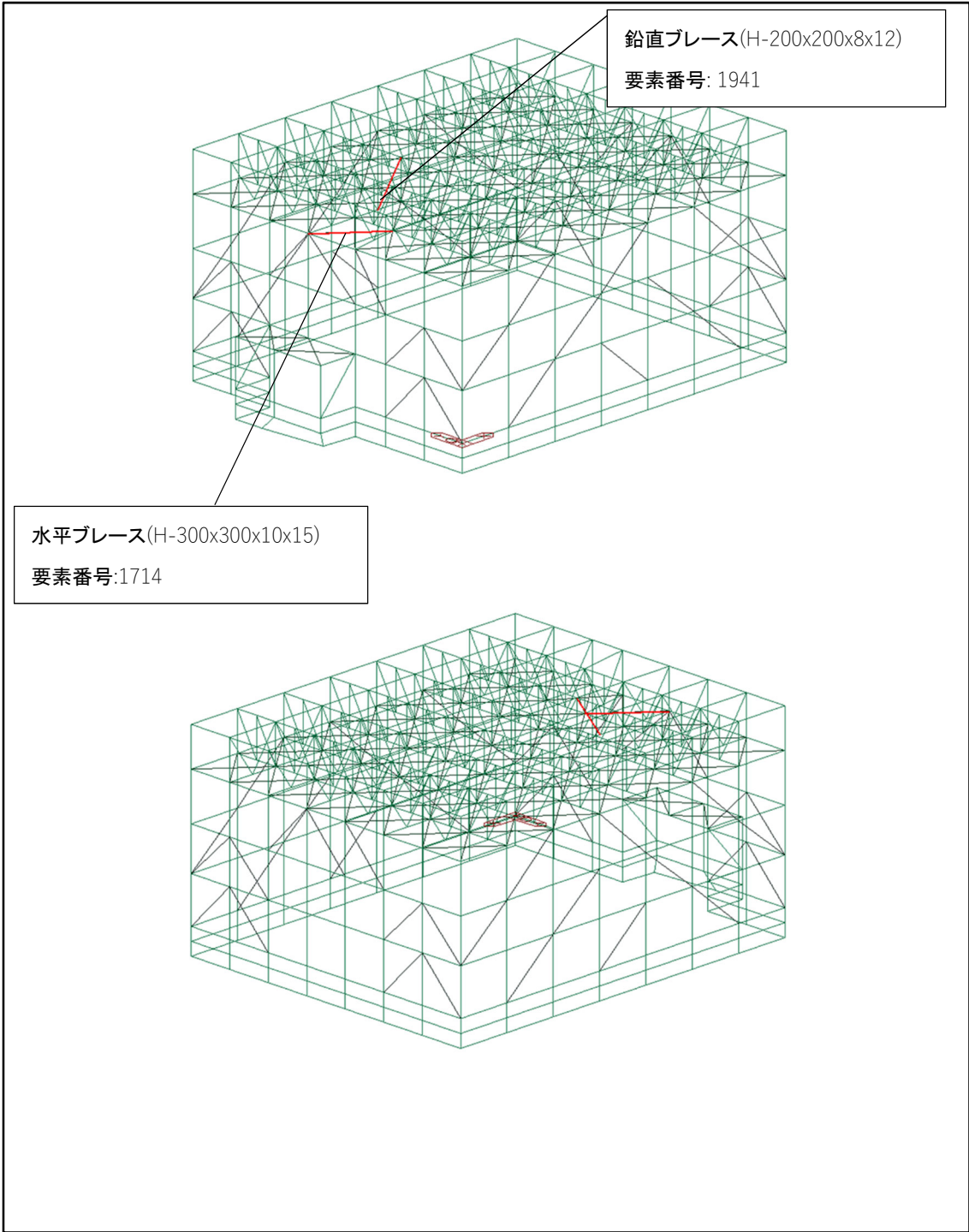
対象	部 材		応力度	発生応力度 (MPa)	許容応力度 (MPa)	応力度比
飛来物防護ネット	支持架構	鉛直 ブレース	引 張	$\sigma_t = -$	$f_t = 357$	—
			圧 縮	$\sigma_c = 86.5$	$f_c = 190$	0.46
			曲 げ	$\sigma_{bx} = 40.3$	$f_{bx} = 357$	0.12
				$\sigma_{by} = 0.2$	$f_{by} = 357$	0.01
			せ ん 断	$\tau_s = 4.0$	$f_s = 206$	0.02
			組合せ(引張+曲げ)	(応力度比) —	(許容値) 1.00	—
			組合せ(圧縮+曲げ)	(応力度比) 0.57	(許容値) 1.00	0.57
		水平 ブレース	引 張	$\sigma_t = -$	$f_t = 357$	—
			圧 縮	$\sigma_c = 63.1$	$f_c = 271$	0.24
			曲 げ	$\sigma_{bx} = -$	$f_{bx} = -$	—
				$\sigma_{by} = -$	$f_{by} = -$	—
			せ ん 断	$\tau_s = -$	$f_s = -$	—
			組合せ(引張+曲げ)	(応力度比) —	(許容値) 1.00	—
			組合せ(圧縮+曲げ)	(応力度比) 0.24	(許容値) 1.00	0.24



第5-1図 検定値が最大となる柱, 大はり部材 配置図



第5-1図 検定値が最大となる小はり，トラス柱部材 配置図



第5-3図 検定値が最大となる鉛直ブレース，水平ブレース部材 配置図

5. 考察及びまとめ

飛来物防護ネットの一関東評価用地震動（鉛直）を考慮した評価を実施した。第5-1表に示すとおり最大検定値は、柱で発生する「0.61」であり、許容値1.0以下を満足する結果となった。

以上より、飛来物防護ネットは、一関東評価用地震動（鉛直）を考慮しても耐震性への影響は問題ないことを確認できた。