

【公開版】

日本原燃株式会社	
資料番号	耐震建物 24 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  
直下地盤モデルを用いた影響評価について

## 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直下地盤の影響を考慮した耐震性に関する影響検討結果	
・別紙 2 安全冷却水 A 冷却塔 飛来物防護ネットの直下地盤の影響を考慮した耐震性に関する影響検討結果	
・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直下地盤の影響を考慮した耐震性に関する影響検討結果	
・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直下地盤の影響を考慮した耐震性に関する影響検討結果	
・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直下地盤の影響を考慮した耐震性に関する影響検討結果	
・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直下地盤の影響を考慮した耐震性に関する影響検討結果	
・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）の直下地盤の影響を考慮した耐震性に関する影響検討結果	
・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）の直下地盤の影響を考慮した耐震性に関する影響検討結果	
・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）の直下地盤の影響を考慮した耐震性に関する影響検討結果	
・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）の直下地盤の影響を考慮した耐震性に関する影響検討結果	

## 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、ここでは竜巻防護対策設備について、直下地盤の影響を考慮した耐震性に関する影響検討結果について示す。なお、直下地盤モデルの設定については、補足説明資料「耐震建物 08 地盤の支持性能に係る基本方針に関する地震応答解析における地盤モデル及び物性値の設定について」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直下地盤の影響を考慮した影響検討にあたっては、補足説明資料「耐震建物 08 地盤の支持性能に係る基本方針に関する地震応答解析における地盤モデル及び物性値の設定について」に示す物性値を用いて直下地盤モデルを設定し、評価用の入力地震動を算定する。続いて、算定した入力地震動を用いて竜巻防護対策設備の地震応答解析を実施し、直下地盤モデルを用いた応答値と設計用地盤モデル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、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、詳細評価として直下地盤モデルを用いた応答値から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、直下地盤の影響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直下地盤モデルを用いた影響評価について】

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直下地盤の影響を考慮した耐震性に関する影響検討結果	6/16	0	
別紙-2	安全冷却水A冷却塔 飛来物防護ネットの直下地盤の影響を考慮した耐震性に関する影響検討結果			
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直下地盤の影響を考慮した耐震性に関する影響検討結果			
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直下地盤の影響を考慮した耐震性に関する影響検討結果			
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直下地盤の影響を考慮した耐震性に関する影響検討結果			
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直下地盤の影響を考慮した耐震性に関する影響検討結果			
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）の直下地盤の影響を考慮した耐震性に関する影響検討結果			
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）の直下地盤の影響を考慮した耐震性に関する影響検討結果			
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）の直下地盤の影響を考慮した耐震性に関する影響検討結果			
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）の直下地盤の影響を考慮した耐震性に関する影響検討結果			

令和3年6月16日 RO

## 別紙1

安全冷却水B冷却塔 飛来物防護ネットの  
直下地盤の影響を考慮した耐震性に関する補足説明資料に  
ついて

## 目 次

1. 評価方針	1
2. 評価方法	14
2.1 評価対象部位	14
2.2 荷重及び荷重の組合せ	14
2.3 許容限界	14
3. 地震応答解析	16
3.1 応答解析モデル	16
3.2 応答解析結果	17
4. 検討結果	20
5. 考察及びまとめ	20

## 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）について、直下地盤の影響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、直下地盤の影響を考慮した地震応答解析を行い、設備の耐震性への影響を確認する。

影響確認にあたっては、設計用地盤モデルと直下地盤モデルの地震応答解析結果から得られる最大せん断力および、入力地震動の鉛直震度の比較を行い、設備の耐震性への影響について検討する。

本検討で用いる直下地盤モデルの地盤物性値を第1-1表～第1-3表に、入力地震動を第1-5図～第1-10図に示す。

なお、標高37.0m～70.0mの物性値については、補足説明資料「耐震建物08 地盤の支持性能に係る基本方針に関する地震応答解析における地盤モデル及び物性値の設定について」の「別紙4-2 直下地盤モデルを用いた安全冷却水B冷却塔基礎の耐震影響評価結果」にて示した物性値を用いる。また、標高52.3m～37.0mについては、改良地盤の物性値を示すが、物性値の設定については、補足説明資料「耐震建物23 竜巻防護対策設備の耐震性評価に関する補足説明資料」「別紙1」の「別添3 安全冷却水B冷却塔飛来物防護ネットの耐震性評価について改良地盤物性値について」にて示す。



第 1 - 1 表 飛来物防護ネットの直下地盤モデル（基本ケース）

標高 T. M. S. L. (m)	岩種	単位体積重量 $\gamma_t$ (kN/m <sup>3</sup> )	S波速度 $V_s$ (m/s)	P波速度 $V_p$ (m/s)	剛性低下率 $G/G_0-\gamma$	減衰定数 $h-\gamma$
52.30	改良体	16.7	910	1960	*1	
37.00	細粒砂岩	18.3	680	1910	*2	
36.72	粗粒砂岩				*3	
36.22	細粒砂岩				*2	
17.90	粗粒砂岩				*3	
17.56	細粒砂岩				*2	
9.02	細粒砂岩	18.1	940	2040	*2	
-34.98	泥岩(下部層)	16.9	790	1880	*4	
▽解放基盤表面 -70.00	泥岩(下部層)	16.9	790	1880	-	

\* 1 : 第 1 - 1 図に示す改良地盤のひずみ依存特性を設定する。

\* 2 : 第 1 - 2 図に示す細粒砂岩のひずみ依存特性を設定する。

\* 3 : 第 1 - 3 図に示す粗粒砂岩のひずみ依存特性を設定する。

\* 4 : 第 1 - 4 図に示す泥岩（下部層）のひずみ依存特性を設定する。

第 1 - 2 表 飛来物防護ネットの直下地盤モデル(+1 $\sigma$ )

標高 T. M. S. L. (m)	岩種	単位体積重量 $\gamma_t$ (kN/m <sup>3</sup> )	S波速度 $V_s$ (m/s)	P波速度 $V_p$ (m/s)	剛性低下率 $G/G_0-\gamma$	減衰定数 $h-\gamma$
52.30	改良体	16.7	1090	2220	*1	
37.00	細粒砂岩	18.3	830	2220	*2	
36.72	粗粒砂岩				*3	
36.22	細粒砂岩				*2	
17.90	粗粒砂岩				*3	
17.56	細粒砂岩				*2	
9.02	細粒砂岩	18.1	1150	2370	*2	
-34.98	泥岩(下部層)	16.9	960	2180	*4	
▽解放基盤表面 -70.00	泥岩(下部層)	16.9	960	2180	-	

\* 1 : 第 1 - 1 図に示す改良地盤のひずみ依存特性を設定する。

\* 2 : 第 1 - 2 図に示す細粒砂岩のひずみ依存特性を設定する。

\* 3 : 第 1 - 3 図に示す粗粒砂岩のひずみ依存特性を設定する。

\* 4 : 第 1 - 4 図に示す泥岩（下部層）のひずみ依存特性を設定する。

第 1-3 表 飛来物防護ネットの直下地盤モデル(-1σ)

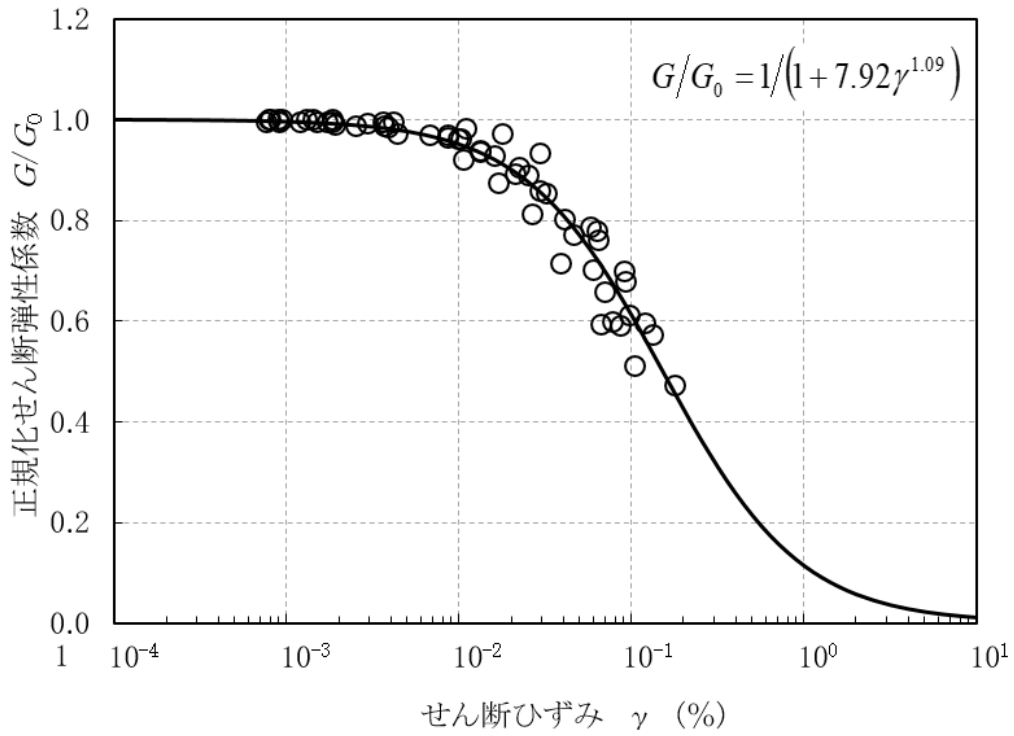
標高 T. M. S. L. (m)	岩種	単位体積重量 $\gamma_t$ (kN/m <sup>3</sup> )	S波速度 $V_s$ (m/s)	P波速度 $V_p$ (m/s)	剛性低下率 $G/G_0-\gamma$	減衰定数 $h-\gamma$
52.30	改良体	16.7	730	1700	* 1	
37.00	細粒砂岩	18.3	530	1600	* 2	
36.72	粗粒砂岩				* 3	
36.22	細粒砂岩				* 2	
17.90	粗粒砂岩				* 3	
17.56	細粒砂岩				* 2	
9.02	粗粒砂岩				* 3	
-34.98	泥岩(下部層)	16.9	620	1580	* 4	
▽解放基盤表面 -70.00	泥岩(下部層)	16.9	620	1580	-	

\* 1 : 第 1-1 図に示す改良地盤のひずみ依存特性を設定する。

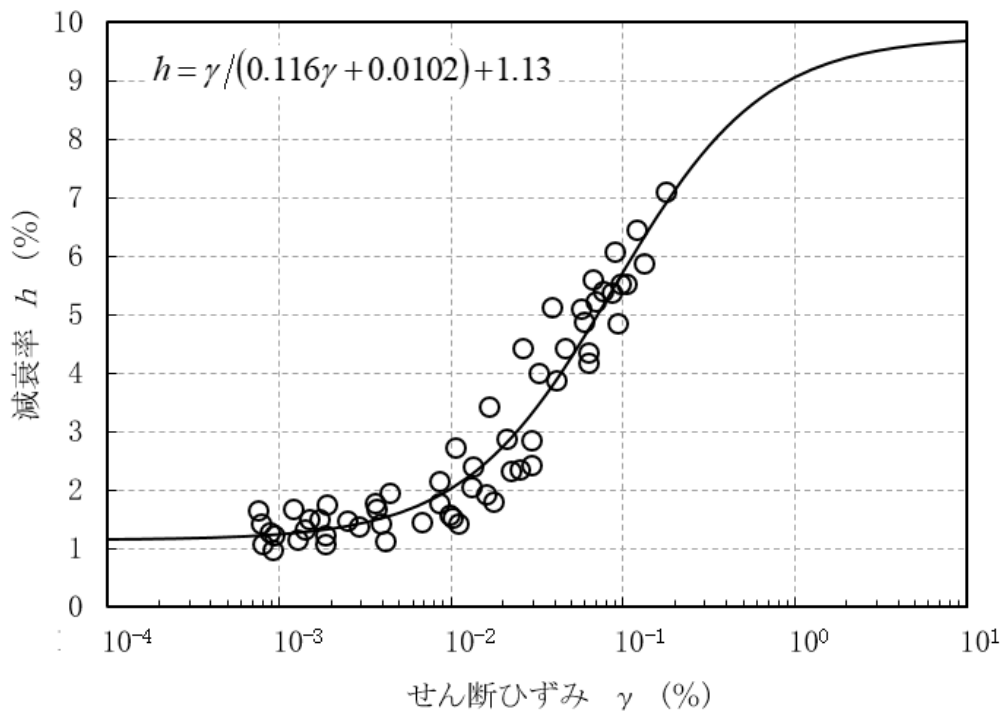
\* 2 : 第 1-2 図に示す細粒砂岩のひずみ依存特性を設定する。

\* 3 : 第 1-3 図に示す粗粒砂岩のひずみ依存特性を設定する。

\* 4 : 第 1-4 図に示す泥岩(下部層)のひずみ依存特性を設定する。

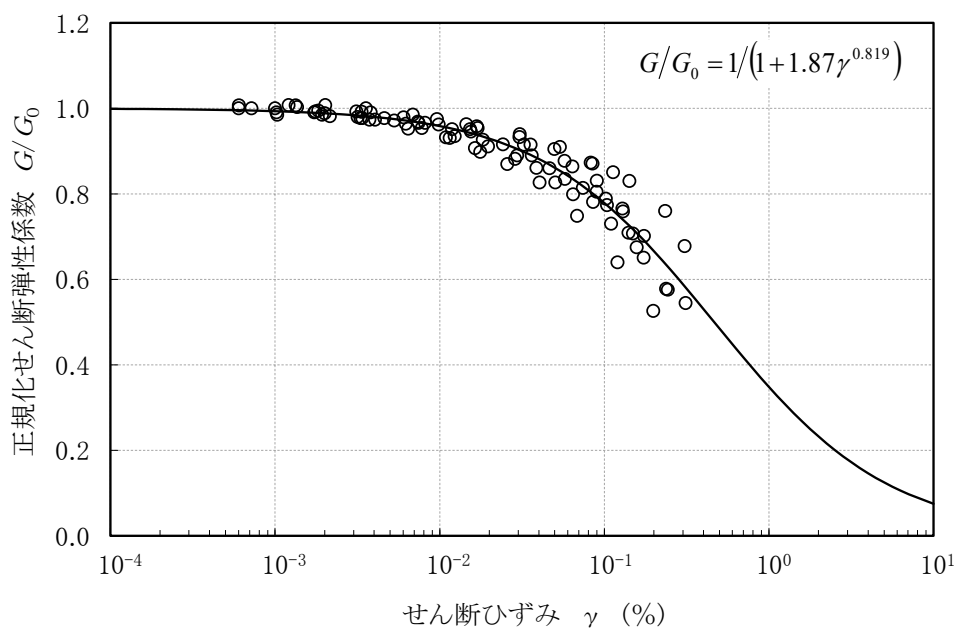


(a) 剛性低下率

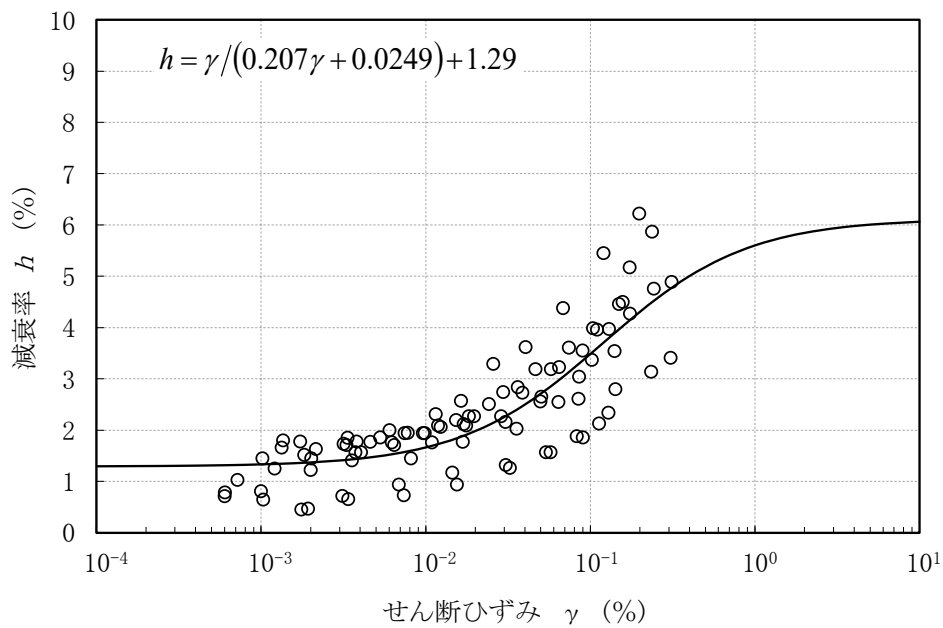


(b) 減衰定数

第 1 - 1 図 改良地盤のひずみ依存特性

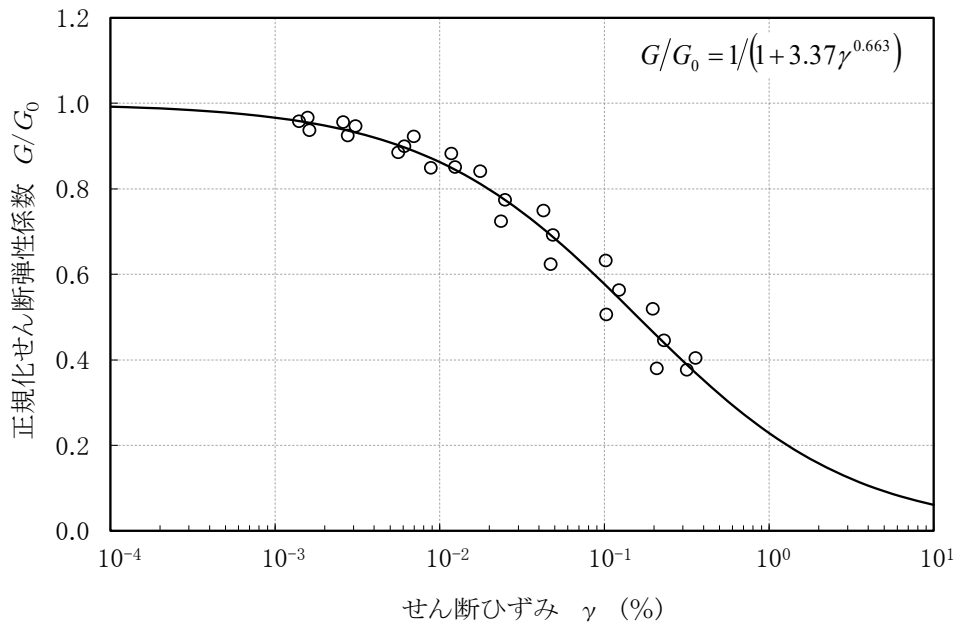


(a) 剛性低下率

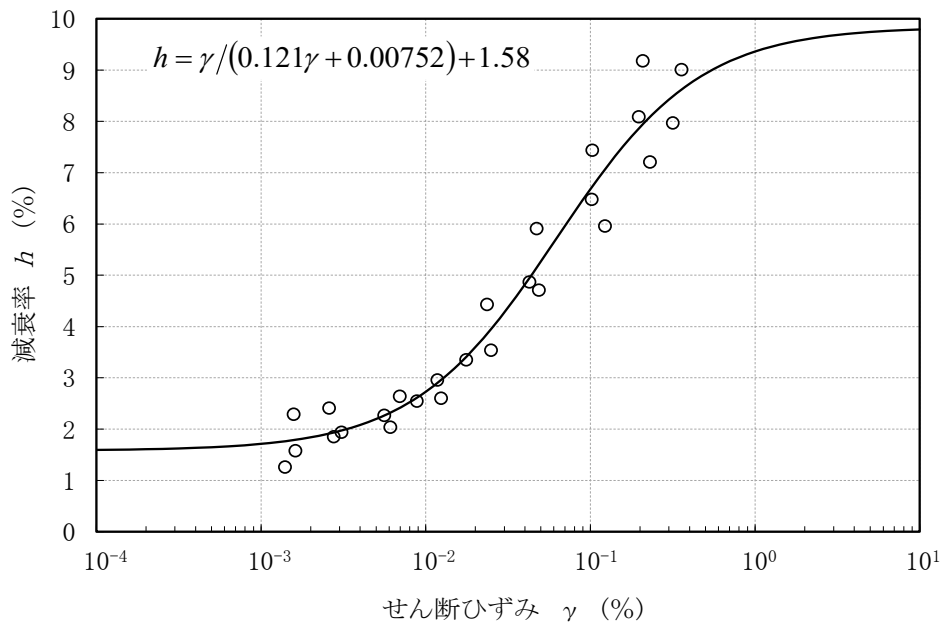


(b) 減衰定数

第 1 - 2 図 細粒砂岩のひずみ依存特性

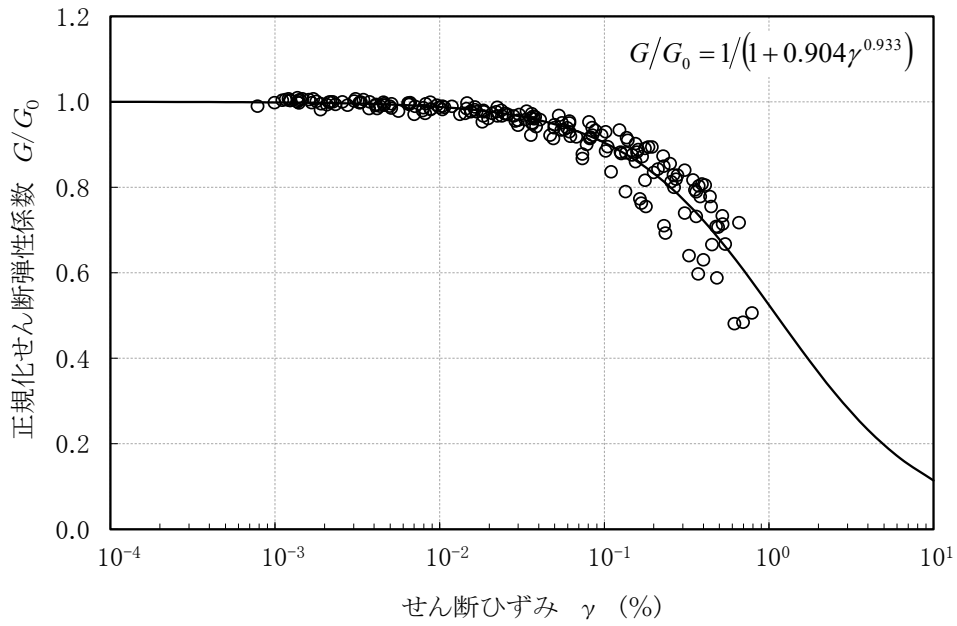


(a) 剛性低下率

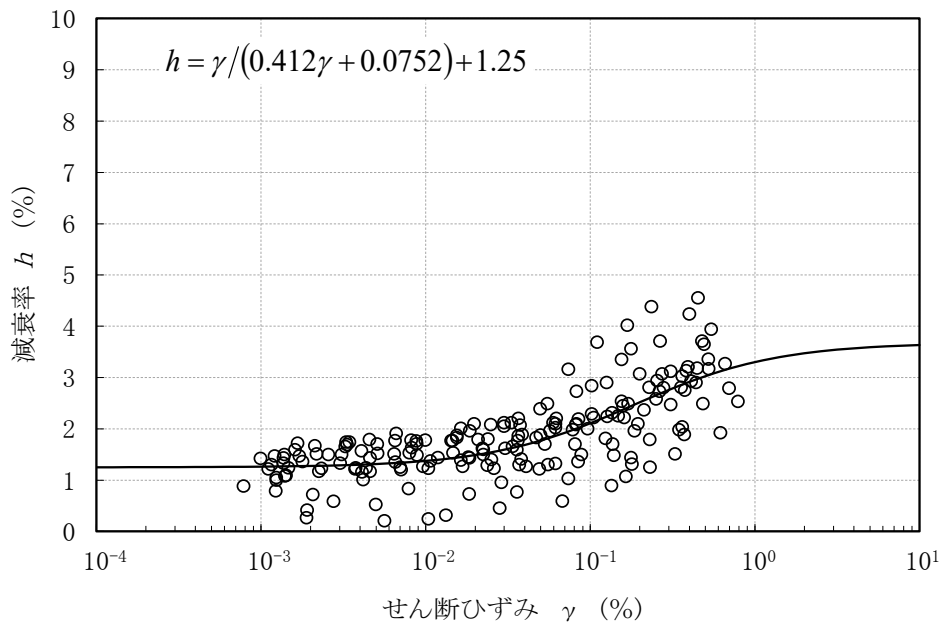


(b) 減衰定数

第 1 - 3 図 粗粒砂岩のひずみ依存特性

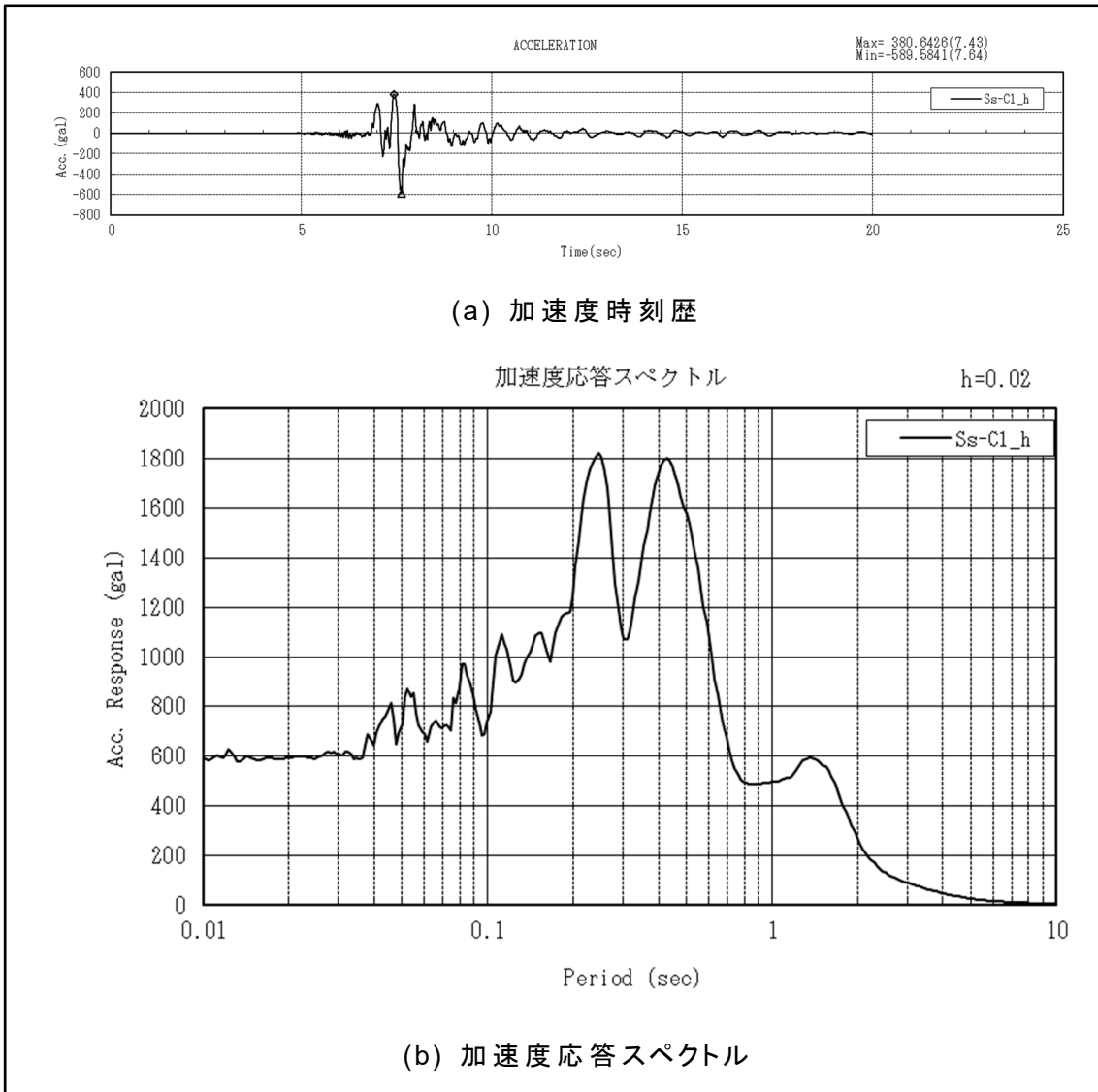


(a) 剛性低下率



(b) 減衰定数

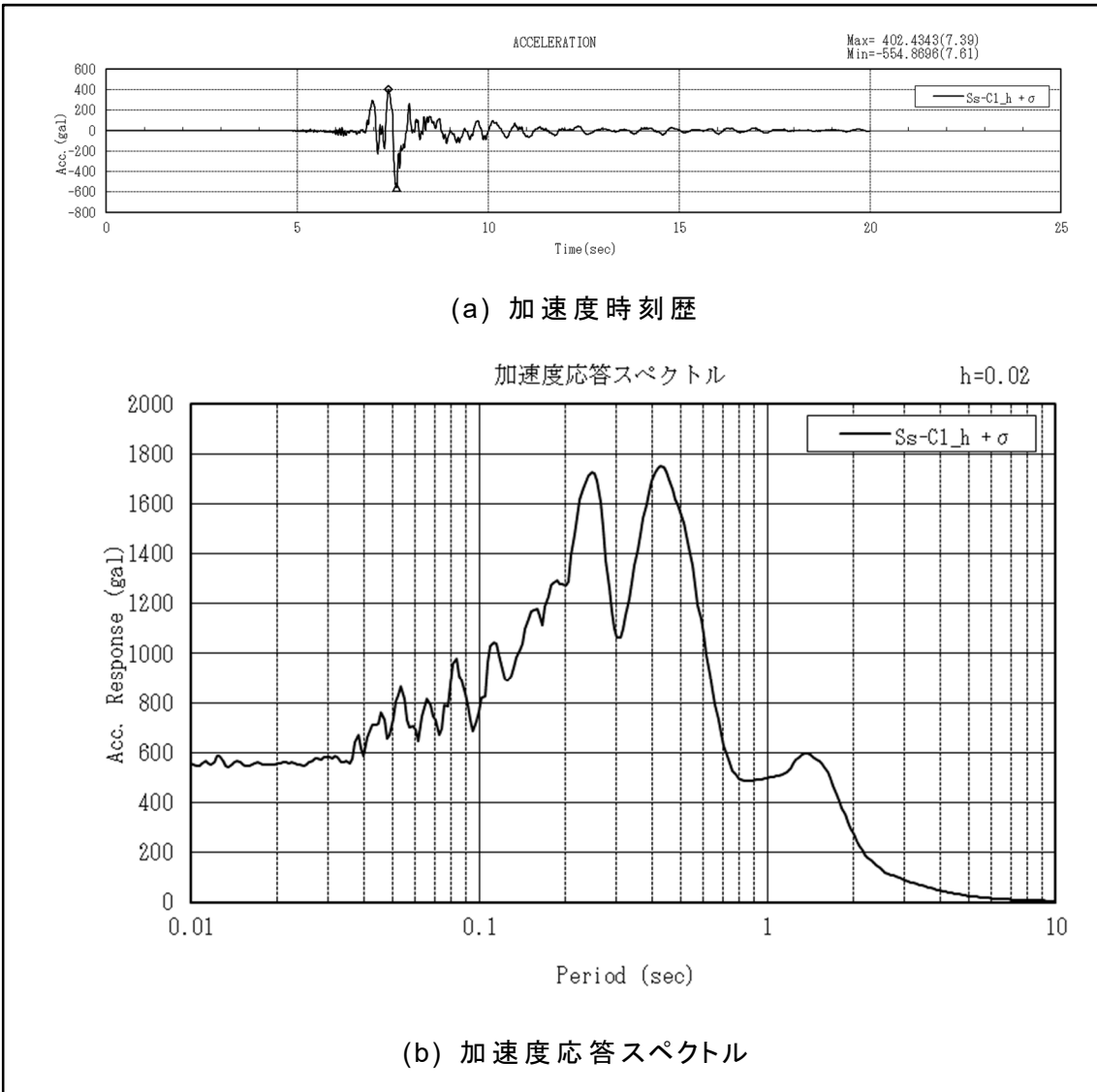
第 1 - 4 図 泥岩（下部層）のひずみ依存特性



(a) 加速度時刻歴

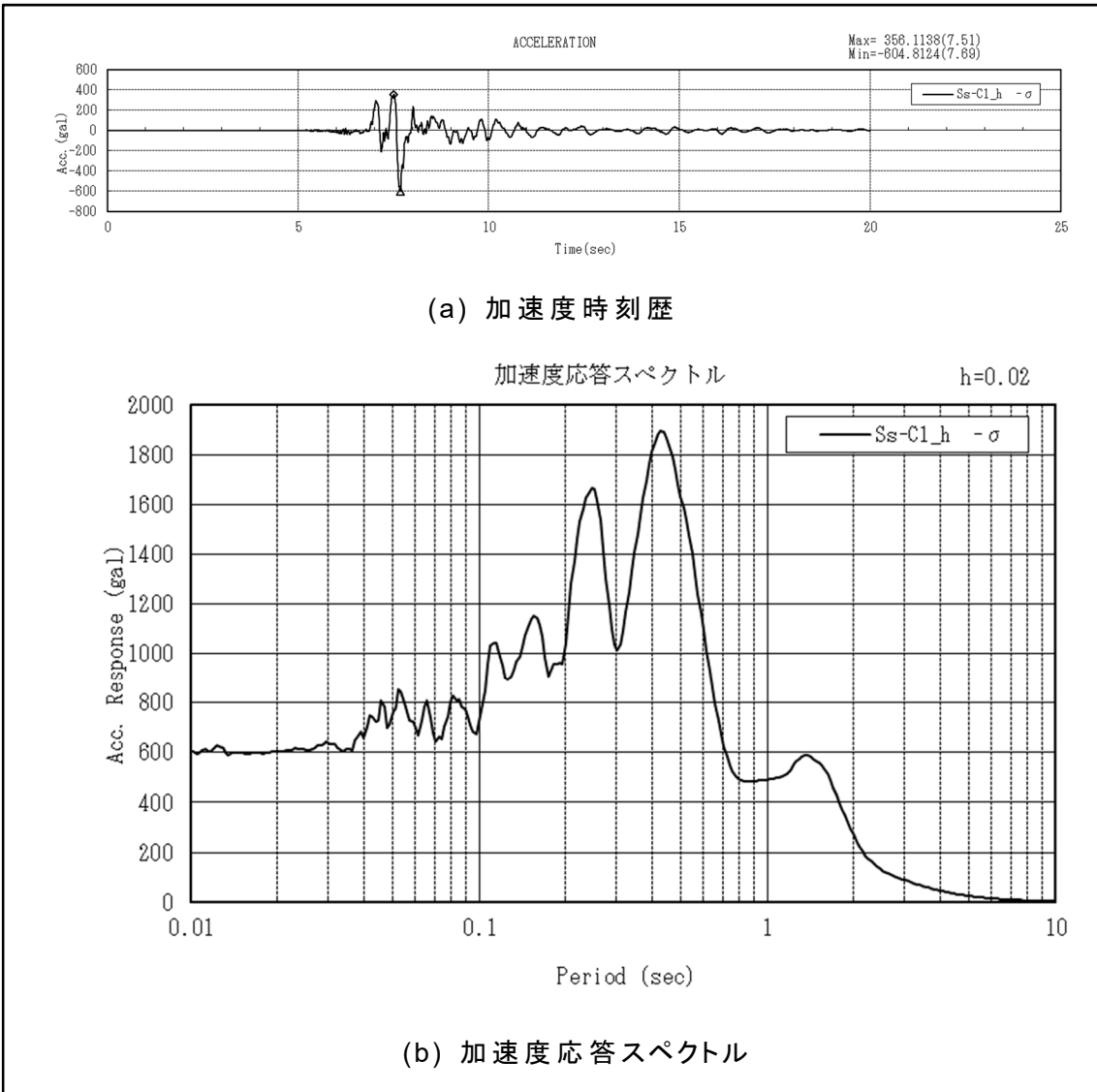
(b) 加速度応答スペクトル

第 1 - 5 図 入力地震動 (Ss-C1\_h\_基本ケース\_直下地盤)

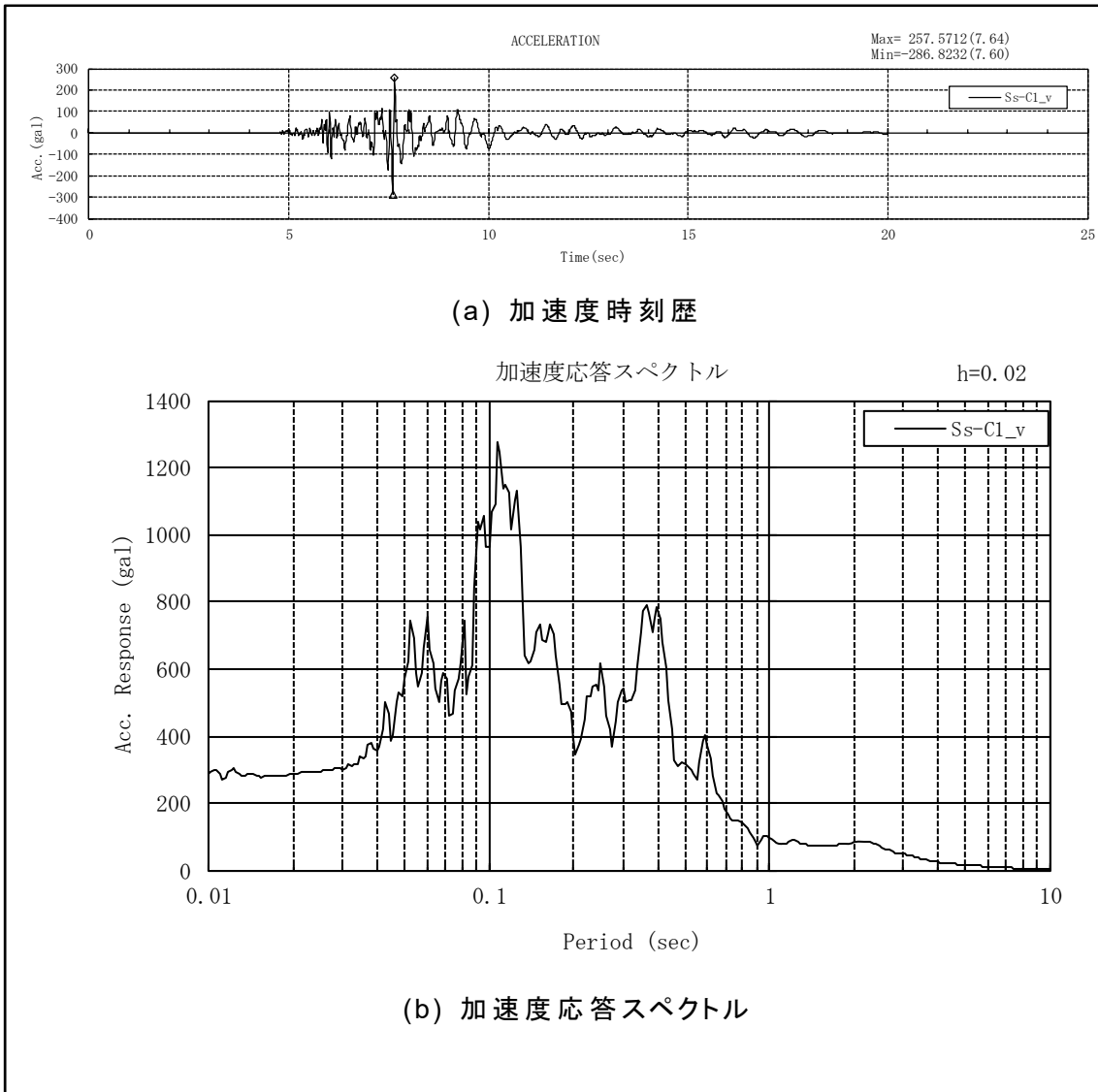


第 1 - 6 図 入力地震動 (Ss-C1\_h+1σ\_直下地盤)

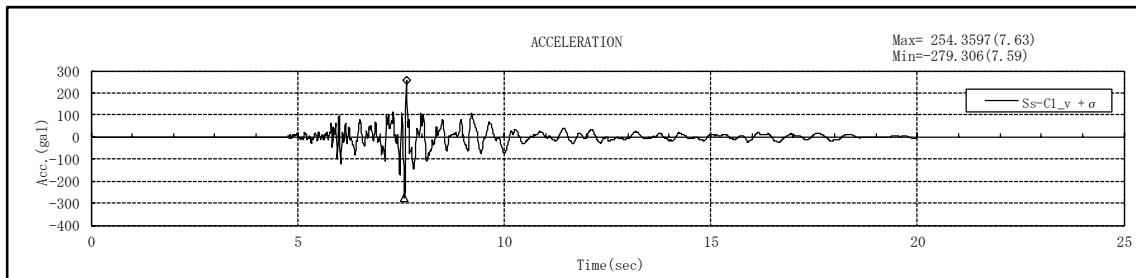




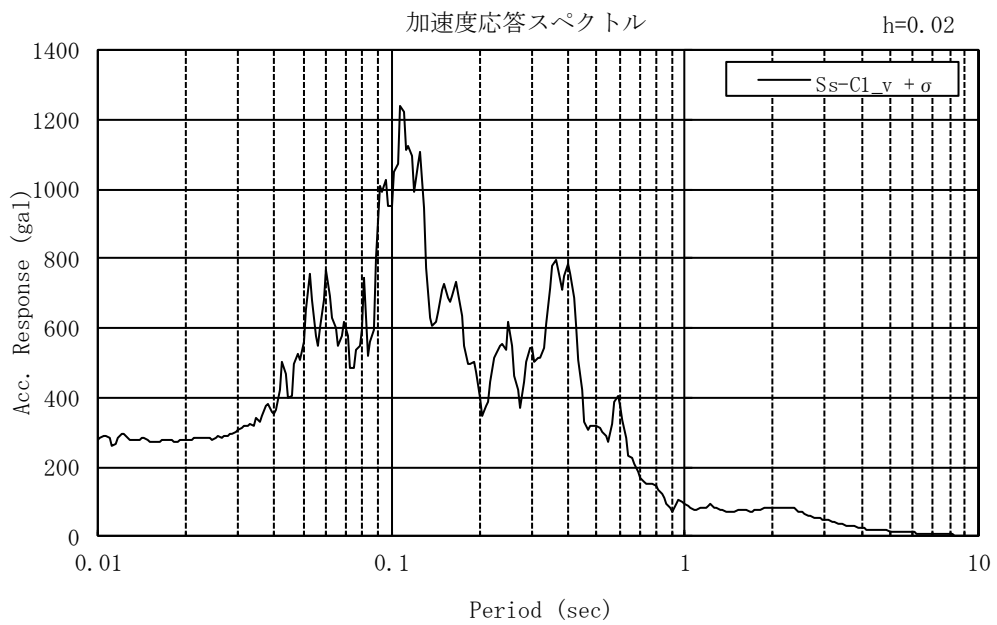
第 1 - 7 図 入力地震動 (Ss-C1\_h-1 $\sigma$ \_直下地盤)



第 1 - 8 図 入力地震動 (Ss-C1\_v\_基本ケース\_直下地盤)

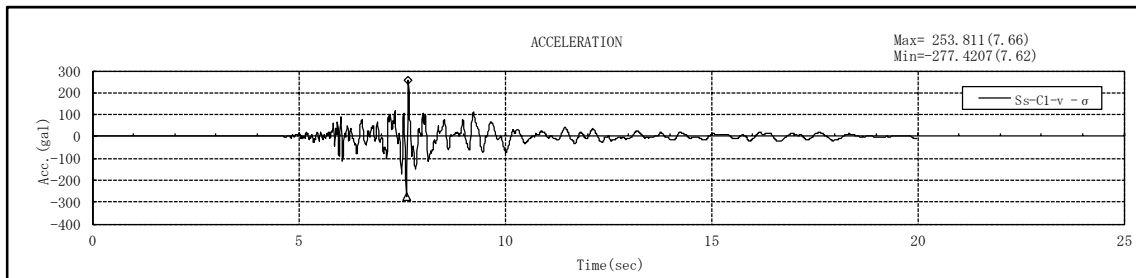


(a) 加速度時刻歴

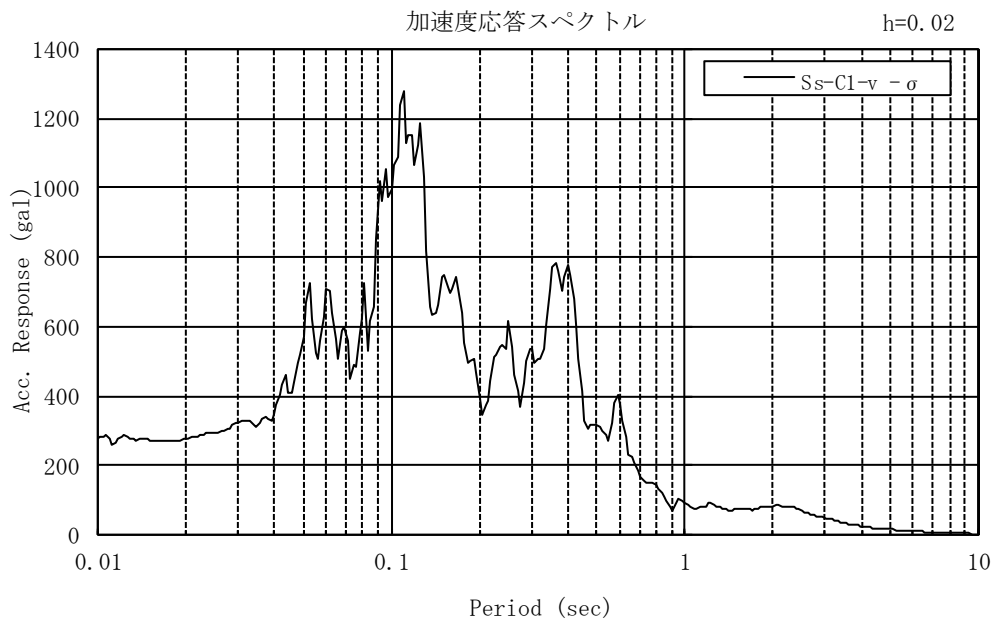


(b) 加速度応答スペクトル

第 1 - 9 図 入力地震動 (Ss-C1\_v\_+1 $\sigma$ \_直下地盤)



(a) 加速度時刻歴



(b) 加速度応答スペクトル

第 1 -10 図 入力地震動 (Ss-C1\_v-1σ\_直下地盤)

## 2. 評価方法

### 2.1 評価対象部位

評価対象部位は、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」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」と同様とし、地震荷重については、直下地盤の物性を考慮した地震動にて評価を行う。なお、設計用地盤モデルにおける基準地震動  $S_s$  に対する地震応答解析結果より、 $S_s-C1$  の地震動において、各層で最大応答せん断力が発生していることから、評価対象地震動を  $S_s-C1$  とする。

#### (2) 荷重の組合せ

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」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」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

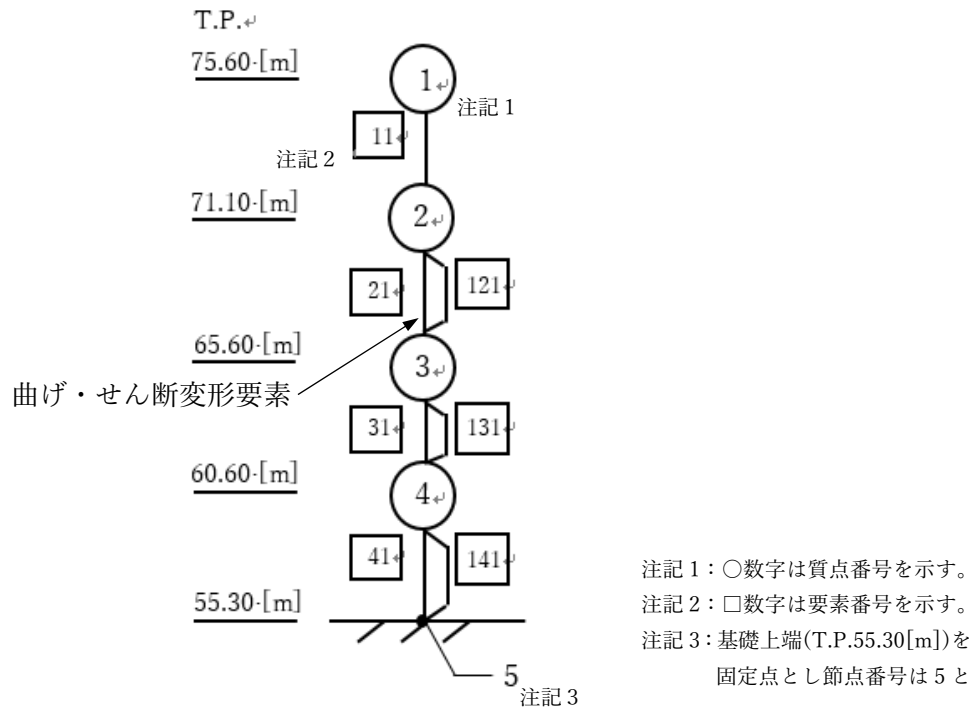
使用材料	基準強度 (MPa)	許容限界
SN490B	325	短期許容応力度に おいて基準強度を 1.1 倍した値
BCP325		
G385	325	

### 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」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/mm<sup>2</sup> )

鉄骨のせん断弾性係数  $G = 7.90 \times 10^4$  ( N/mm<sup>2</sup> )

鉄骨の減衰定数  $h = 0.02$

第3-1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および応答比率を第3-1表に示す。

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。

第3-2図では、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]及び、第3-3図、第3-4図で表す入力地震動の加速度応答スペクトルより、トラス部分の卓越周期における鉛直震度は0.8G以下であることから、鉛直方向の地震荷重としては「設計用地盤モデル」に対する「直下地盤モデル」の応答比率を考慮する必要はない。

第3-1表 設計用地盤モデルと直下地盤モデルの最大せん断力の比較

(a) NS 方向

要素番号	設計用地盤モデル①			直下地盤モデル②			応答比率 ②/①
	基本ケース	+1 $\sigma$	-1 $\sigma$	基本ケース	+1 $\sigma$	-1 $\sigma$	
11	8785	8703	8942	8865	8825	8945	1.001
21+121	12933	12871	13103	13282	12911	13629	1.041
31+131	13465	13401	13577	13469	13354	13925	1.027
41+141	13933	13882	14038	13755	13907	13983	0.997

※緑ハッチ部は①②モデル内でのばらつきを考慮した場合に最大せん断力となるケースを示す。

(b) EW 方向

要素番号	設計用地盤モデル①			直下地盤モデル②			応答比率 ②/①
	基本ケース	+1 $\sigma$	-1 $\sigma$	基本ケース	+1 $\sigma$	-1 $\sigma$	
11	9458	9389	9564	9434	9417	9589	1.003
21+121	13059	12999	13186	13337	12957	13673	1.037
31+131	13471	13453	13679	13616	13492	13947	1.020
41+141	14137	14107	14189	13934	14088	14096	0.994

※緑ハッチ部は①②モデル内でのばらつきを考慮した場合に最大せん断力となるケースを示す。

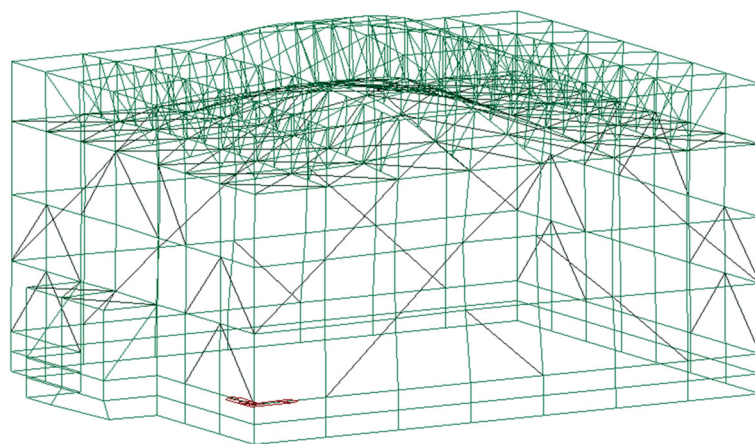


5次モード

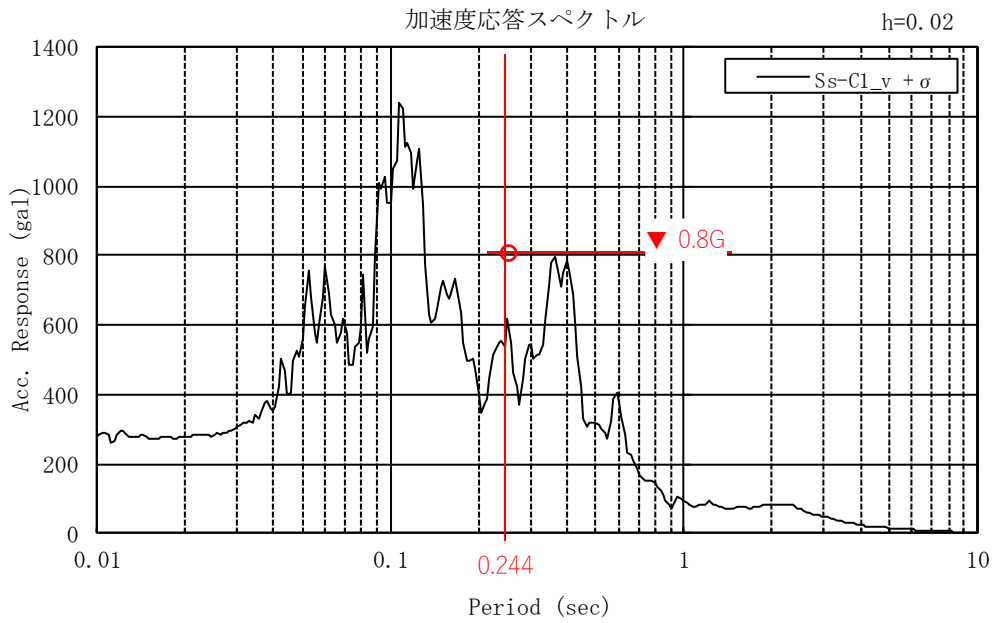
固有周期:0.244[s]

振動数 :4.09[Hz]

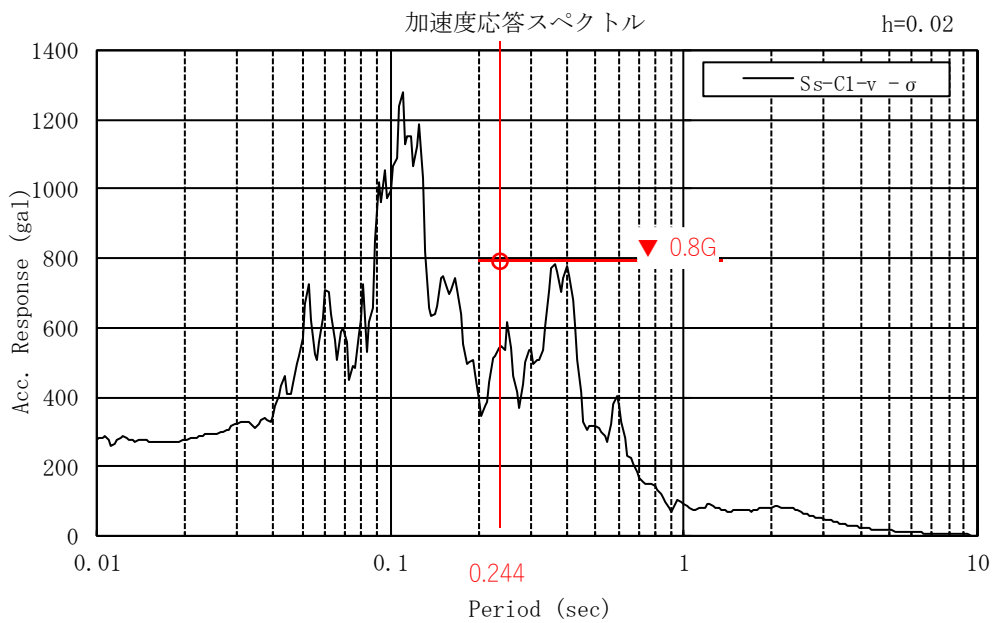
刺激係数:19.423



第3-2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3-3図 加速度応答スペクトル (Ss-C1\_v\_+1σ\_直下地盤)



第3-4図 加速度応答スペクトル (Ss-C1\_v\_-1σ\_直下地盤)

#### 4. 検討結果

飛来物防護ネットの耐震評価において、水平方向の地震荷重は地震応答解析結果の最大応答せん断力に基づき設定し、鉛直方向の地震荷重はトラス部分の卓越周期における入力地震動の鉛直震度に基づき設定した。

4.2 応答解析結果に記載のとおり、飛来物防護ネットの「設計用地盤モデル」に対する「直下地盤モデル」の応答比率は、最大 1.041 となっている。また、鉛直方向の応答加速度は、「設計用地盤モデル」と「直下地盤モデル」で同等の 0.8G である。

以上より、飛来物防護ネットの「設計用地盤モデル」と「直下地盤モデル」の地震荷重に対する応答比率としては、最大値 1.041 倍を考慮する。飛来物防護ネットの「設計用地盤モデル」における最大検定値は、柱で発生する 0.81 であるため、これに「直下地盤モデル」による応答比率 1.041 を乗じると 0.85 となり、応力度比 1.0 以下となった。

#### 5. 考察及びまとめ

飛来物防護ネットに対し、直下地盤の影響を考慮した影響評価を実施した。第 4-1 表より、設計用地盤モデルにおける最大応答せん断力と比較して、直下地盤モデルにおける最大応答せん断力の方が大きい箇所があるものの、設備の許容応力度比(最弱部位で 0.81)に対して応答比率を考慮しても許容限界を満足する。

以上より、飛来物防護ネットは、直下地盤物性モデルを考慮しても設備の耐震性は確保されることを確認した。