

島根原子力発電所第2号機 審査資料	
資料番号	NS2-補-025-19 改 02
提出年月日	2023年6月14日

1号機排気筒の耐震性についての計算書に関する

補足説明資料

2023年6月

中国電力株式会社

1. 工事計画添付書類に係る補足説明資料

VI-2-11-2-2「1号機排気筒の耐震性についての計算書」の記載内容を補足するための資料を以下に示す。

別紙1 地震応答解析における既工認と今回工認の解析モデル及び手法の比較

別紙2 1号機排気筒の地震応答解析結果

別紙3 地震応答解析における材料物性の不確かさに関する検討

別紙3-1 材料物性の不確かさを考慮した検討に用いる地震動の選定について

別紙3-2 材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果

別紙 1 地震応答解析における既工認と今回工認の
解析モデル及び手法の比較

目 次

1. 概要	別紙 1-1
2. 地震応答解析モデル及び手法の比較	別紙 1-2
2.1 SI 単位系への単位換算による変更	別紙 1-5
2.2 既工認モデルと今回工認モデルの比較	別紙 1-5

1. 概要

本資料は、1号機排気筒の既工認時及び今回工認時の地震応答解析モデル及び手法の比較を示すものである。

2. 地震応答解析モデル及び手法の比較

1号機排気筒の地震応答解析モデル及び手法の比較を表2-1に示す。また、今回工認時の地震応答解析モデルを図2-1に示す。

比較に用いる既工認時の地震応答解析モデル及び手法は、建設工認時のものである。

表 2-1 地震応答解析モデル及び手法の比較

項目	内容	既工認 ^{*1}	今回工認	備考
入力地震動の算定法	水平	基礎下端に直接入力	一次元波動論により算定	—
	鉛直	— ^{*2}	一次元波動論により算定	—
解析コード		(工認図書に記載なし)	f a p p a s e	—
排気筒のモデル化	モデル	・水平：鉄塔部及び筒身部を一体とした1軸多質点系モデル ・鉛直：応答解析を実施せず	・立体架構モデル	①
	材料物性	(工認図書に記載なし)	検討時の規準に基づき設定 ・コンクリートのヤング係数及びポアソン比 $E = 2.20 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$ $\nu = 0.2$ ・鋼材のヤング係数及びポアソン比 $E = 2.05 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ $\nu = 0.3$	②, ③
	要素分割	(工認図書に記載なし)	・はり要素 鉄塔部 (支柱材, 水平材), 筒身部及び基礎 ・トラス要素 斜材	—
	減衰定数	・水平方向：筒身部：2% 鉄塔部：2%	・筒身部：1% ・鉄塔部：2% ・RC (基礎)：5%	—
	減衰	(工認図書に記載なし)	・剛性比例型	—
	筒身支持点	EL 113.5m, EL 89.5m, EL 59.5m, EL 37.5m	同左	—
地盤のモデル化	底面ばね	・水平方向：考慮せず (基礎固定)	振動アドミッタンス理論に基づく近似法 ・水平ばね, 回転ばね及び鉛直ばねを考慮	④
	側面ばね	・水平方向：考慮せず	同左	—
非線形特性	底面ばね	・水平方向：考慮せず	同左	—

注記*1：島根原子力発電所第1号機『工事計画認可申請書第3回 III添付資料1の3「排気筒の耐震性についての計算書」(45公第4651号昭和45年7月8日認可)』

*2：既工認は、水平方向のみ地震応答解析を実施

【具体的な反映事項】(表の備考欄に対応)

- ① 既工認時は鉄塔部と筒身部を一体とした1軸多質点系モデルであったが、立体架構モデルに変更。
- ② コンクリートのヤング係数及びポアソン比は、「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改定)に基づく。
- ③ 鋼材のヤング係数及びポアソン比は、「鋼構造設計規準—許容応力度設計法—」((社)日本建築学会, 2005改定)に基づく。
- ④ 「原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1-1991 追補版」((社)日本電気協会)に基づく。

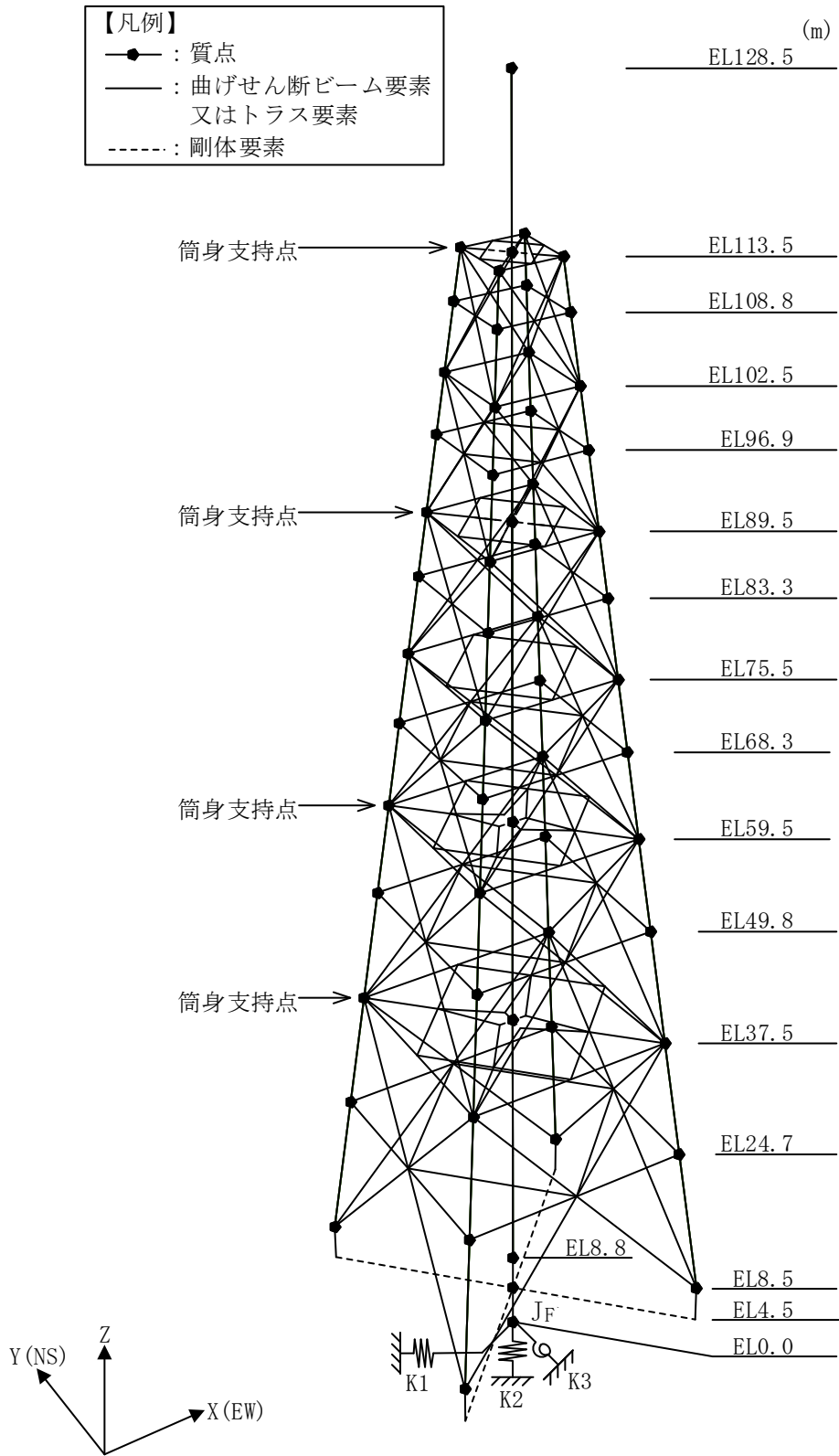


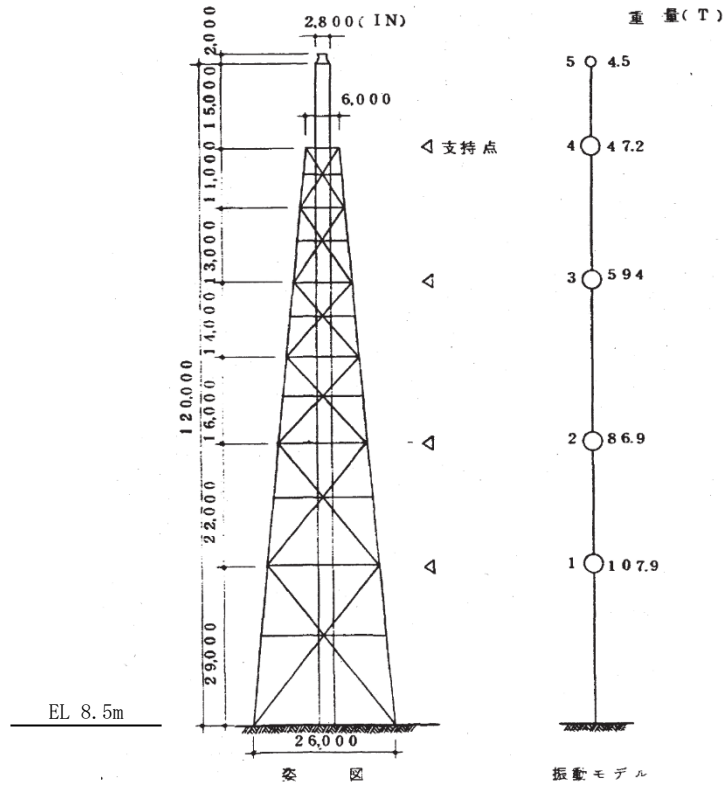
図 2-1 地震応答解析モデル

2.1 SI 単位系への単位換算による変更

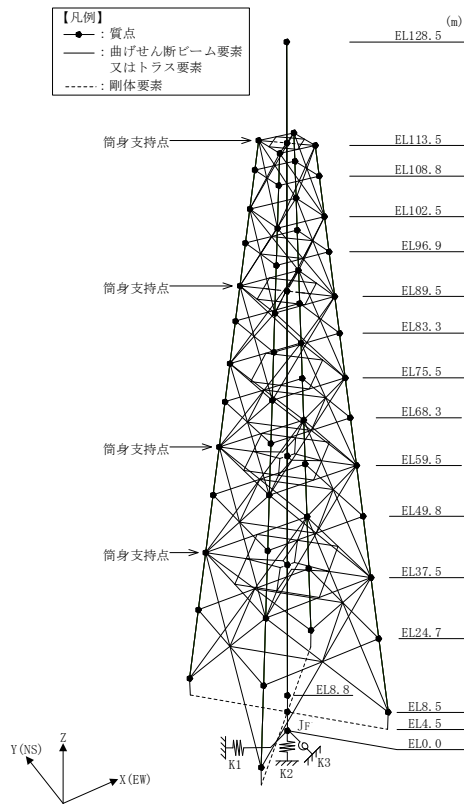
既工認モデルでは重力単位系による重量を用いていたが、今回工認モデルでは SI 単位系へ単位換算する。

2.2 既工認モデルと今回工認モデルの比較

既工認モデル及び今回工認の地震応答解析モデルの比較を図 2-2 に示す。



(a) 既工認モデル



(b) 今回工認モデル

図 2-2 地震応答解析モデルの比較

別紙 2 1号機排気筒の地震応答解析結果

目 次

1. 概要	別紙 2-1
2. 固有値解析結果	別紙 2-2
3. 地震応答解析結果	別紙 2-4

1. 概要

本資料は、1号機排気筒の波及的影響評価を行っているNS方向及びEW方向について、基準地震動S_sに基づく基本ケースの地震応答解析結果を示すものである。

2. 固有値解析結果

基本ケースの地震応答解析モデルの固有値解析結果(固有周期, 固有振動数及び刺激係数)を表 2-1 に示す。刺激関数図を図 2-1 に示す。

なお, 刺激係数は, モードごとに固有ベクトルの最大値を 1 に規準化して得られる値を示す。

固有値解析には, 解析コード「f a p p a s e」を用いる。

表 2-1 固有値解析結果

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数*			備考
			X方向	Y方向	Z方向	
1	0.742	1.347	-0.708	1.710	0.000	水平Y方向 1次
2	0.742	1.347	-1.710	-0.708	0.000	水平X方向 1次
3	0.289	3.466	-0.739	1.784	0.000	水平Y方向 2次
4	0.289	3.466	-1.784	-0.739	0.000	水平X方向 2次

注記* : モードごとに固有ベクトルの最大値を 1 に規準化して得られる刺激係数を示す。

T_i : i 次の固有周期

β_{xi} : X方向の i 次の刺激係数

β_{yi} : Y方向の i 次の刺激係数

β_{zi} : Z方向の i 次の刺激係数

$T_1 = 0.742$

$\beta_{x1} = -0.708$

$\beta_{y1} = 1.710$

$\beta_{z1} = 0.000$

$T_2 = 0.742$

$\beta_{x2} = -1.710$

$\beta_{y2} = -0.708$

$\beta_{z2} = 0.000$

$T_1 = 0.289$

$\beta_{x3} = -0.739$

$\beta_{y3} = 1.784$

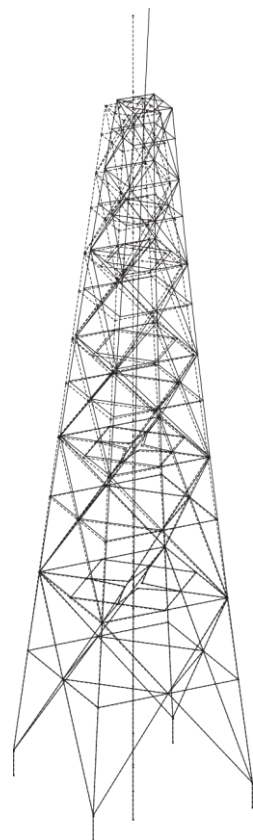
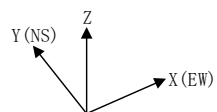
$\beta_{z3} = 0.000$

$T_1 = 0.289$

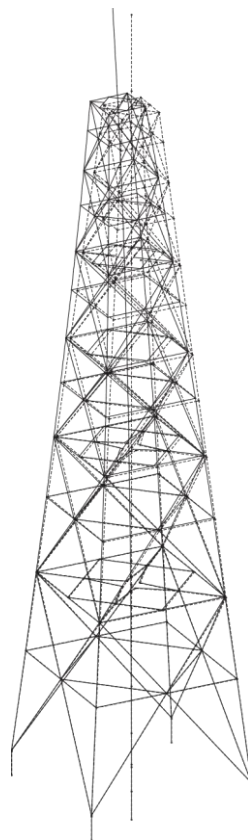
$\beta_{x4} = -1.784$

$\beta_{y4} = -0.739$

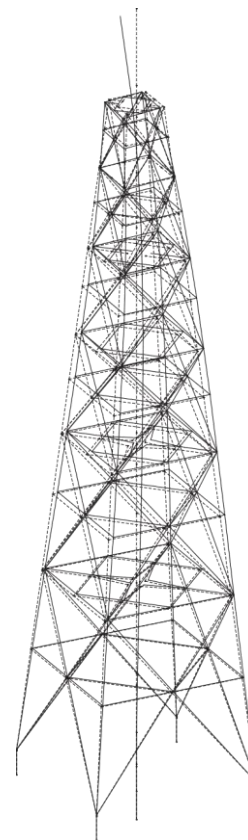
$\beta_{z4} = 0.000$



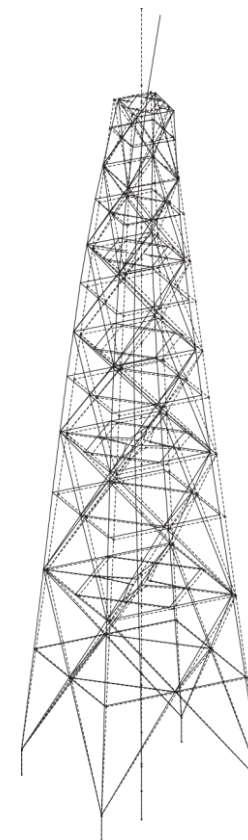
水平Y方向 1次



水平X方向 1次



水平Y方向 2次

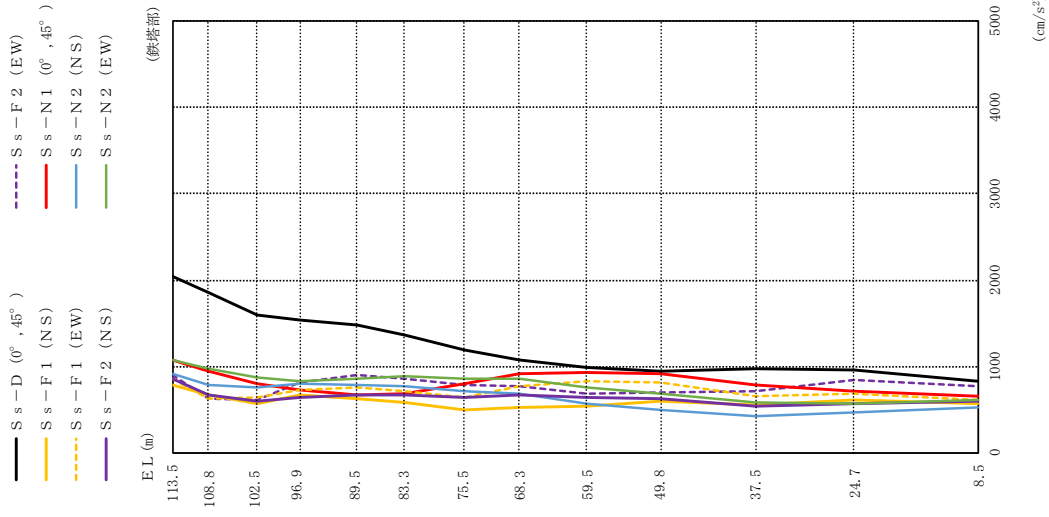


水平X方向 2次

図 2-1 刺激関数図

3. 地震応答解析結果

基準地震動 S_s による基本ケースの最大応答値を図 3-1 及び図 3-2 に示す。また、鉄塔部及び筒身部の頂部変位による最大変形角を表 3-1 に示す。

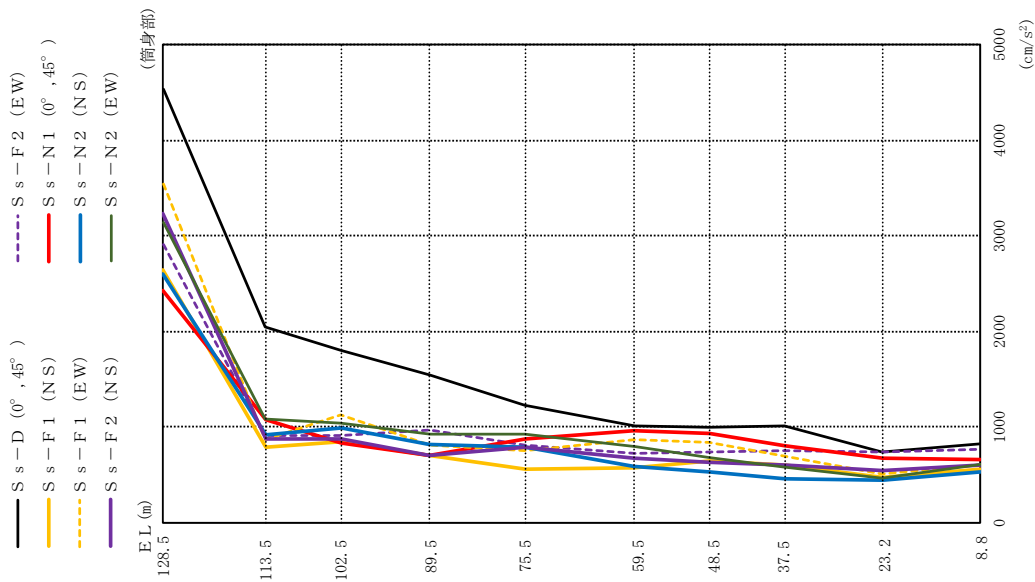


(単位: cm/s²)

鉄塔部											
Ss-D	Ss-F1		Ss-F2		Ss-N1		Ss-N2*		最大値		
	NS	EW	NS	EW	0°	45°	NS	EW			
0°	2051	862	863	907	1068		912	1078	2051		
	1853	676	629	625	947		792	978	1853		
	1601	568	646	592	798		756	869	1601		
	1537	668	724	641	815	721	801	822	1537		
	1482	630	751	668	895	673	789	853	1482		
	1359	583	715	664	852	685	768	888	1359		
	1189	494	640	645	786	804	718	860	1189		
	1081	528	772	671	771	915	688	858	1081		
	985	536	823	645	680	929	573	754	985		
	947	598	808	629	700	920	500	678	947		
	968	550	655	536	716	785	427	582	968		
	956	609	682	575	845	710	469	566	956		
	824	562	612	596	771	660	523	609	824		

注：ハッチングはSs-D～Ss-N2の最大応答値のうち最も大きい値を表示。
 注記*：1号機排気筒は対称構造物であるため、Ss-N2のNS成分及びEW成分を入れ替えた地震動による最大応答値の記載は省略する。

図3-1(1) 最大応答加速度 (基準地震動Ss, 水平方向)

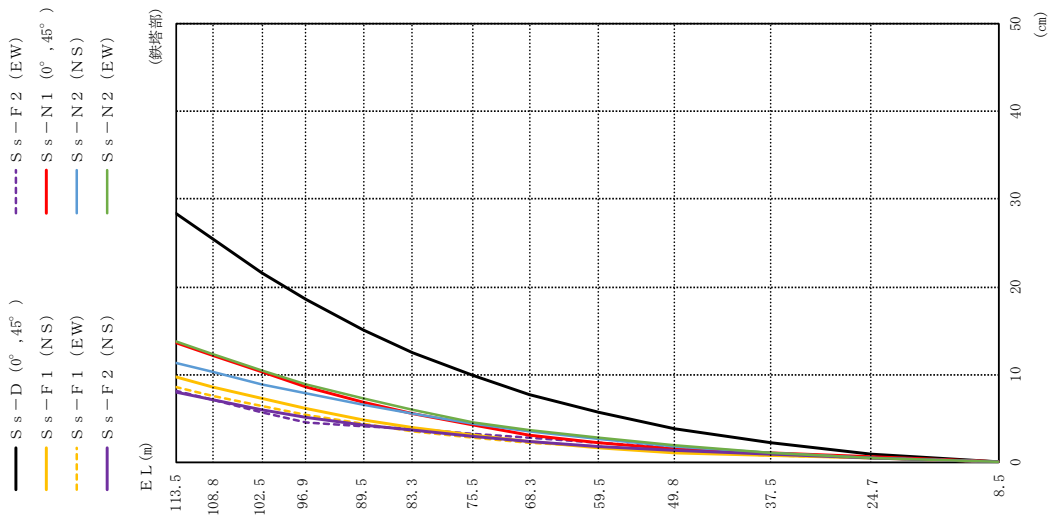


(単位：cm/s²)

筒身部												最大値
S s-D		S s-F1		S s-F2		S s-N1		S s-N2*		最大値		
0°	45°	NS	EW	NS	EW	0°	45°	NS	EW			
4535	2646	2646	3540	3242	2917	2423	2423	2600	3142	4535		
2055	788	788	865	873	916	1070	1070	916	1078	2055		
1808	846	846	1131	869	905	836	836	994	1046	1808		
1550	699	699	807	705	969	697	697	816	920	1550		
1232	564	564	749	787	811	878	878	783	923	1232		
1011	566	566	868	671	724	957	957	589	792	1011		
1004	640	640	836	637	744	928	928	532	681	1004		
1012	605	605	691	602	760	809	809	451	576	1012		
745	474	474	515	540	736	675	675	440	463	745		
826	564	564	614	598	772	660	660	523	611	826		

注：ハッチングはS s-D～S s-N2の最大応答値のうち最も大きい値を表示。
 注記*：1号機排気筒は対称構造物であるため、S s-N2のNS成分及びEW成分を入れ替えた地震動による最大応答値の記載は省略する。

図3-1(2) 最大応答加速度 (基準地震動S s, 水平方向)

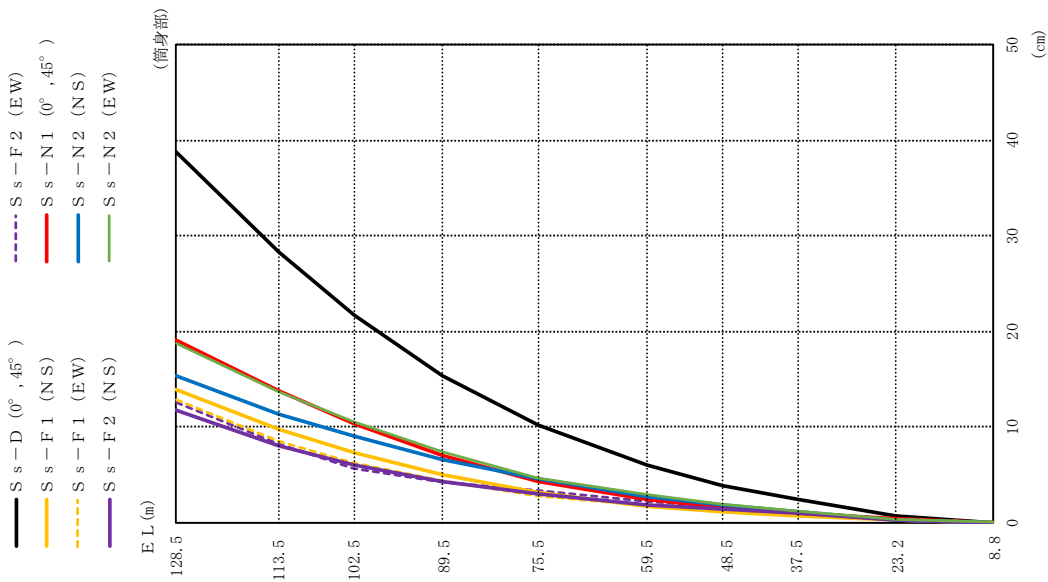


(単位：cm)

鉄塔部											
S s - D		S s - F 1		S s - F 2		S s - N 1		S s - N 2*		最大値	
0°	45°	NS	EW	NS	EW	0°	45°	NS	EW		
28.34	9.71	8.63	7.57	7.96	8.15	13.68		11.37	13.76		28.34
25.44	8.63	7.24	6.36	7.08	7.09	12.19		10.30	12.34		25.44
21.67	7.24	6.08	5.36	5.96	5.71	10.25		8.92	10.49		21.67
18.50	6.08	5.36	4.57	5.08	4.57	8.62		7.78	8.92		18.50
15.15	4.88	4.32	3.76	4.25	4.14	6.89		6.53	7.25		15.15
12.49	3.95	3.51	3.05	3.61	3.76	5.53		5.50	5.91		12.49
9.87	3.05	2.76	2.20	2.94	3.20	4.21		4.41	4.59		9.87
7.71	2.31	2.20	1.70	2.38	2.75	3.11		3.50	3.63		7.71
5.74	1.68	1.70	1.23	1.82	2.19	2.26		2.63	2.77		5.74
3.77	1.12	1.23	0.81	1.38	1.60	1.48		1.75	1.86		3.77
2.20	0.71	0.81	0.47	0.87	0.93	0.98		0.99	1.11		2.20
0.84	0.41	0.47	0.46	0.46	0.47	0.67		0.42	0.48		0.84
0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02		0.02	0.02		0.03

注：ハッチングは S s - D ~ S s - N 2 の最大応答値のうち最も大きい値を表示。
 注記*：1号機排気筒は対称構造物であるため、S s - N 2 の NS 成分及び EW 成分を入れ替えた地震動による最大応答値の記載は省略する。

図 3-2(1) 最大応答変位 (基準地震動 S s, 水平方向)



筒身部

S s-D		S s-F1		S s-F2		S s-N1		S s-N2*		最大値
0°	45°	NS	EW	NS	EW	0°	45°	NS	EW	
38.85	38.85	13.89	12.79	11.74	12.53	19.08	19.08	15.40	18.73	38.85
28.40	28.40	9.74	8.54	7.98	8.18	13.72	13.72	11.39	13.79	28.40
21.77	21.77	7.25	6.29	6.00	5.65	10.29	10.29	9.02	10.59	21.77
15.43	15.43	4.98	4.39	4.31	4.24	7.03	7.03	6.66	7.39	15.43
10.13	10.13	3.13	2.83	3.05	3.34	4.31	4.31	4.55	4.71	10.13
5.97	5.97	1.74	1.77	1.90	2.27	2.35	2.35	2.74	2.87	5.97
3.89	3.89	1.15	1.24	1.40	1.60	1.54	1.54	1.80	1.92	3.89
2.37	2.37	0.76	0.86	0.94	1.00	1.04	1.04	1.07	1.17	2.37
0.72	0.72	0.25	0.30	0.31	0.31	0.38	0.38	0.31	0.36	0.72
0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03

注：ハッチングはS s-D～S s-N2の最大応答値のうち最も大きい値を表示。
 注記*：1号機排気筒は対称構造物であるため、S s-N2のNS成分及びEW成分を入れ替えた地震動による最大応答値の記載は省略する。

図 3-2(2) 最大応答変位 (基準地震動 S s, 水平方向)

表 3-1 最大変形角一覧（基準地震動 S_s ）

部位	最大変形角					最大値
	$S_s - D$	$S_s - F 1$	$S_s - F 2$	$S_s - N 1$	$S_s - N 2$	
鉄塔部* ¹	1/370	1/812	1/921	1/767	1/588	1/370
筒身部* ²	1/308	1/634	1/697	1/627	1/493	1/308

注 1：ハッチングは $S_s - D \sim S_s - N 2$ の最大応答値のうち最も大きい値を表示

注 2： $S_s - F 1$ 、 $S_s - F 2$ 及び $S_s - N 2$ の最大変形角は、NS 方向及び EW 方向の水平応答変位を SRS した変位を用いて算定

注記*1：鉄塔部の最大変形角は、鉄塔頂部（EL 113.5m）の水平応答変位より算定

*2：筒身部の最大変形角は、筒身頂部（EL 128.5m）の水平応答変位より算定

別紙 3 地震応答解析における材料物性の不確かさに関する
検討

目 次

1. 概要	別紙 3-1
1.1 検討概要	別紙 3-1
1.2 検討方針	別紙 3-2
2. 材料物性の不確かさの分析	別紙 3-3
2.1 基礎部の剛性の不確かさ	別紙 3-3
2.2 地盤物性の不確かさ	別紙 3-3
3. 材料物性の不確かさの設定	別紙 3-4
3.1 不確かさを考慮した地震応答解析	別紙 3-4
3.2 材料物性の不確かさの設定	別紙 3-6
3.2.1 地盤物性の不確かさの設定	別紙 3-6
4. 地震応答解析による材料物性の不確かさの影響検討	別紙 3-7
4.1 検討概要	別紙 3-7
4.2 不確かさの影響検討	別紙 3-9
4.2.1 地盤物性の変動による影響	別紙 3-9
4.3 まとめ	別紙 3-12

別紙 3-1 材料物性の不確かさを考慮した検討に用いる地震動の選定について

別紙 3-2 材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果

1. 概要

1.1 検討概要

本資料は、1号機排気筒の地震応答解析における材料物性の不確かさに関する検討について、「NS2-補-023-13 地震応答に影響を及ぼす不確かさ要因の整理」に基づき説明するものである。

地震応答解析に用いる材料定数は材料物性の不確かさの変動幅を適切に考慮することとしているが、本資料では、地震応答解析結果に影響を及ぼす1号機排気筒の基礎部の剛性（コンクリート強度）及び地盤物性（地盤のS波速度及びP波速度）の不確かさについて検討を行うとともに、その変動幅を設定し、地震応答解析結果における影響を検討する。なお、積雪荷重との組合せについては、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき考慮しない。

1.2 検討方針

1号機排気筒の耐震性評価に用いる動的地震力は、1号機排気筒の地震応答解析（時刻歴応答解析法）により求められており、地盤物性、基礎部の剛性、地盤のばね定数及び減衰定数、地震動の位相特性などの影響を受ける。特に床応答スペクトルの変動に影響を及ぼす要因は、建物・構築物の剛性及び地盤物性であることが確認されている。*

地震応答解析モデルの建物・構築物の剛性について、鉄筋コンクリート構造物においては、コンクリートの設計基準強度を用いて算出しているが、構造体コンクリートの強度が設計基準強度を上回るよう施工されるため、実構造物と地震応答解析モデルとで剛性が異なることが考えられる。また、1号機排気筒と地盤との相互作用を考慮したモデルによる地震応答解析において、地盤物性は地盤調査結果の平均値を基に算出していることから、地盤のS波速度及びP波速度の不確かさが1号機排気筒の応答へ影響を及ぼすことが考えられる。

以上より、基礎部の剛性の不確かさ要因としてはコンクリート強度を、地盤物性の不確かさ要因としては地盤のS波速度及びP波速度を考慮することとし、それぞれの不確かさが1号機排気筒の地震応答に及ぼす影響について考察を行う。

注記*：第29回耐震設計分科会資料 No.29-4-5-7「参考資料 4.7 鉛直方向の設計用床応答スペクトルの拡幅率」（(社)日本電気協会（平成20年1月18日））

2. 材料物性の不確かさの分析

2.1 基礎部の剛性の不確かさ

基礎部の剛性の不確かさについては、コンクリート強度を実強度とすることによるコンクリート強度及び弾性係数の増加により、剛性が上昇する。

部材の発生応力については、剛性の不確かさを考慮することにより、不確かさを考慮しないケース（以下「基本ケース」という。）に対して変動すると考えられるが、耐力については上昇する。また、変位については、剛性が上昇することから、基本ケースよりも小さくなると考えられる。

よって、1号機排気筒の応答評価において、基礎部の剛性の不確かさを考慮しない。

2.2 地盤物性の不確かさ

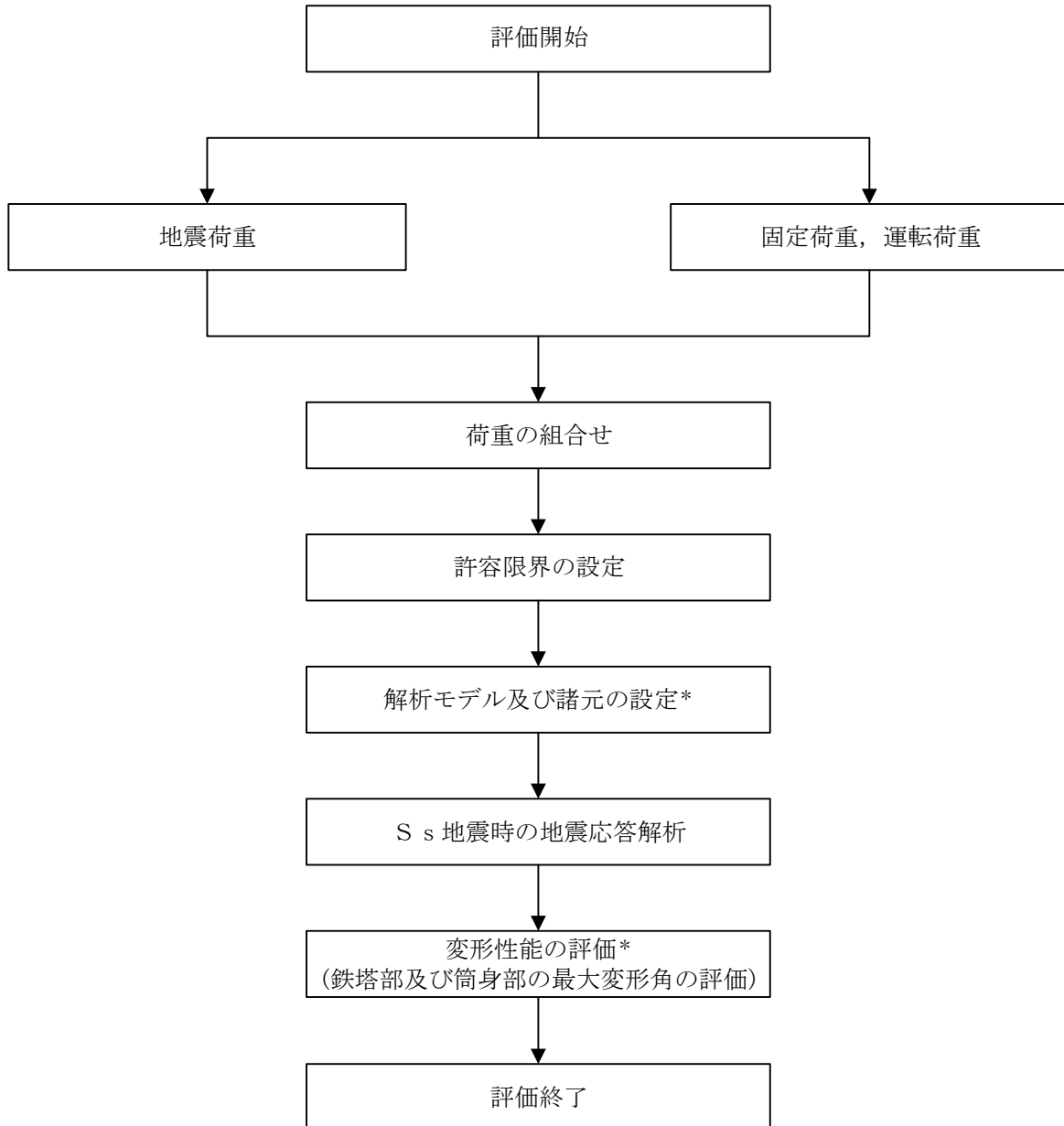
地盤物性の不確かさについては、地盤のS波速度及びP波速度が変動することにより、地盤物性が変動する。これに対応して、1号機排気筒への入力地震動の特性が変動し、1号機排気筒の応答も変動すると考えられる。よって、1号機排気筒の応答評価において、地盤物性の不確かさを考慮する。

3. 材料物性の不確かさの設定

3.1 不確かさを考慮した地震応答解析

不確かさを考慮したケースの立体架構モデルの応答値の算出に当たっては、基本ケースにおける1号機排気筒の応答を確認したうえで、1号機排気筒の応答への影響の大きい波に対して実施する（別紙3-1「材料物性の不確かさを考慮した検討に用いる地震動の選定について」参照）。材料物性の不確かさを考慮した波及的影響の評価フローの例を図3-1に示す。

なお、材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果は別紙3-2「材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果」に示す。



注記* : 材料物性の不確かさを考慮する。

図 3-1 波及的影響の評価フロー

3.2 材料物性の不確かさの設定

3.2.1 地盤物性の不確かさの設定

地盤物性の不確かさ影響評価においては、弾性波速度試験結果に基づくS波速度及びP波速度の不確かさを考慮する。

基本ケースでは、地盤調査結果の平均値を基に設定した地盤のS波速度及びP波速度により地盤物性を設定している。地盤物性の不確かさ検討に当たっては、初期のS波速度及びP波速度に対して、標準偏差に相当するばらつき（ $\pm 1\sigma$ ）を考慮する。地盤物性の不確かさを考慮したS波速度及びP波速度を表3-1に示す。

表3-1 地盤物性の不確かさを考慮したS波速度及びP波速度

(a) S波速度

層番号	地盤のS波速度 V_s (m/s)		
	基本ケース	+ σ 相当	- σ 相当
表層①-1	127	153	102
岩盤③	1600	1760	1440
岩盤④	1950	2145	1755
岩盤⑤	2000	2200	1800
岩盤⑥	2350	2585	2115

(b) P波速度

層番号	地盤のP波速度 V_p (m/s)		
	基本ケース	+ σ 相当	- σ 相当
表層①-1	422	506	338
岩盤③	3600	3960	3240
岩盤④	4000	4400	3600
岩盤⑤	4050	4455	3645
岩盤⑥	4950	5445	4455

4. 地震応答解析による材料物性の不確かさの影響検討

本章では、地盤物性の不確かさを考慮したモデルによる地震応答解析を実施し、材料物性の不確かさが1号機排気筒の応答に及ぼす影響について確認する。

4.1 検討概要

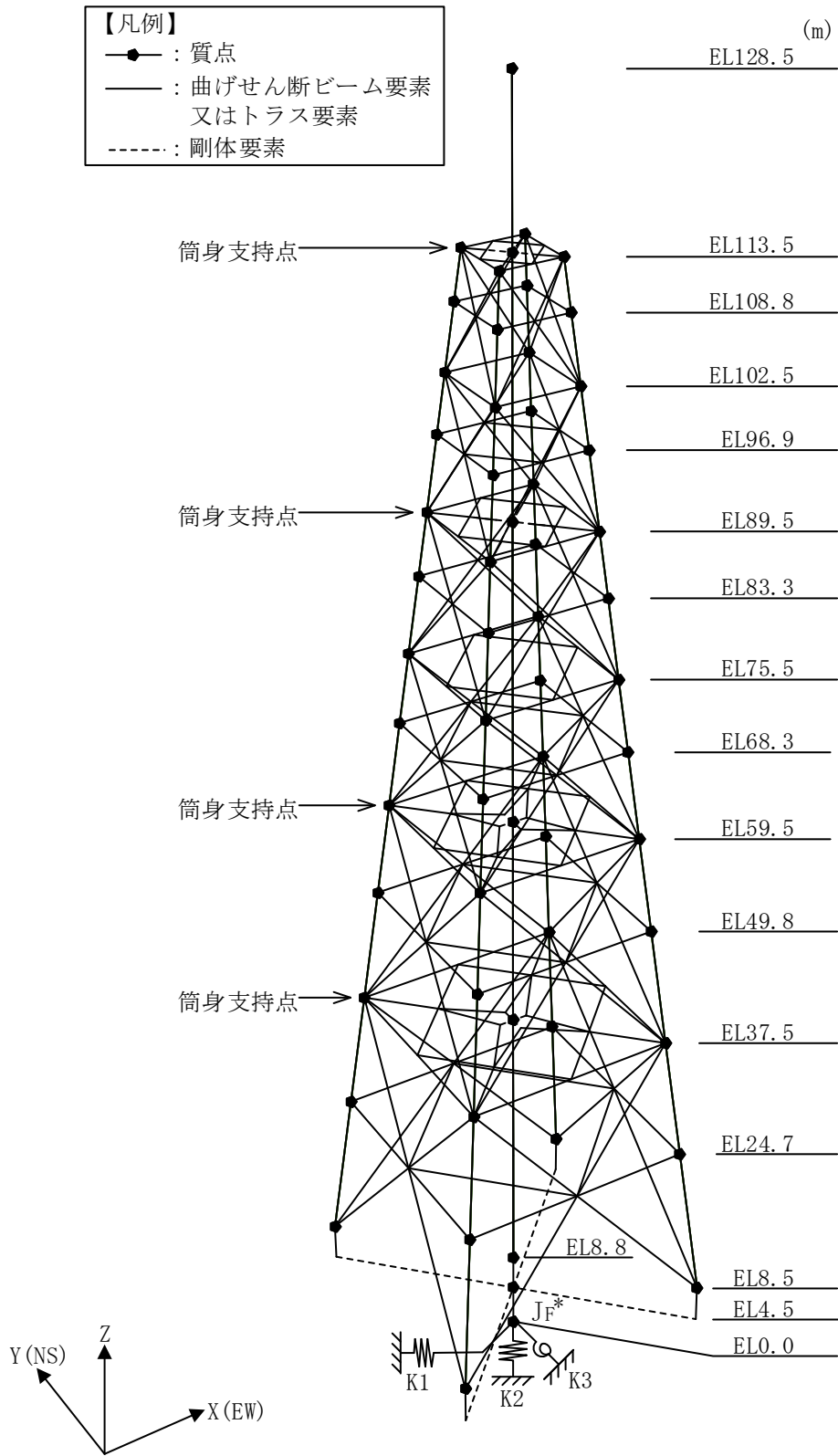
地盤物性（地盤のS波速度及びP波速度）の不確かさを考慮して検討ケースを定め、1号機排気筒の応答への影響を確認する。

検討ケースを表4-1に、1号機排気筒の地震応答解析モデルを図4-1に示す。ここで、コンクリート強度を設計基準強度、地盤のS波速度及びP波速度を標準地盤とした検討ケースを基本ケースとする。表中の塗りつぶし部分は、基本ケースと異なる設定をしているパラメータである。

表4-1 検討ケース

検討ケース	コンクリート強度	地盤物性	備考
ケース1 (工認モデル)	設計基準強度	標準地盤	基本ケース
ケース2 (地盤物性+ σ)	設計基準強度	標準地盤+ σ (+10%, +20%) *	
ケース3 (地盤物性- σ)	設計基準強度	標準地盤- σ (-10%, -20%) *	

注記*：VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき、地盤のS波速度 V_s 及びP波速度 V_p の不確かさを設定する。



注記* : 回転慣性重量 ($9.976 \times 10^6 \text{kN} \cdot \text{m}^2$)

図4-1 1号機排気筒の地震応答解析モデル (ケース1~ケース3)

4.2 不確かさの影響検討

4.2.1 地盤物性の変動による影響

(1) 影響評価方針

地盤物性を変動させた解析モデルにより固有値解析を実施し、地盤物性を変動させたケース（ケース2及びケース3）と基本ケース（ケース1）の比較を実施する。なお、材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果は別紙3-2「材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果」に示す。

(2) 固有値解析結果

地盤物性を変動させた解析モデルにより固有値解析を実施した。固有値解析結果を表4-2、刺激関数図を図4-2及び図4-3に示す。

基本ケースに対する地盤物性を変動させた解析モデルの固有振動数の変動幅は、1%未満である。

表4-2 固有値解析結果の比較（ケース1～ケース3）

(a) X方向

次数	固有振動数 f (Hz)			備考
	ケース1	ケース2	ケース3	
2	1.347	1.347 (1.00)	1.347 (1.00)	水平X方向1次
4	3.466	3.466 (1.00)	3.465 (1.00)	水平X方向2次

(b) Y方向

次数	固有振動数 f (Hz)			備考
	ケース1	ケース2	ケース3	
1	1.347	1.347 (1.00)	1.347 (1.00)	水平Y方向1次
3	3.466	3.466 (1.00)	3.465 (1.00)	水平Y方向2次

注：（ ）内は基本ケース（ケース1）に対する比率

T_i : i 次の固有周期 $T_1 = 0.742$
 β_{xi} : X方向の i 次の刺激係数 $\beta_{x1} = 0.708$
 β_{yi} : Y方向の i 次の刺激係数 $\beta_{y1} = -1.709$
 β_{zi} : Z方向の i 次の刺激係数 $\beta_{z1} = 0.000$

$T_2 = 0.742$
 $\beta_{x2} = -1.709$
 $\beta_{y2} = -0.708$
 $\beta_{z2} = 0.000$

$T_1 = 0.289$
 $\beta_{x3} = -0.737$
 $\beta_{y3} = 1.778$
 $\beta_{z3} = 0.000$

$T_4 = 0.289$
 $\beta_{x4} = -1.778$
 $\beta_{y4} = -0.737$
 $\beta_{z4} = 0.000$

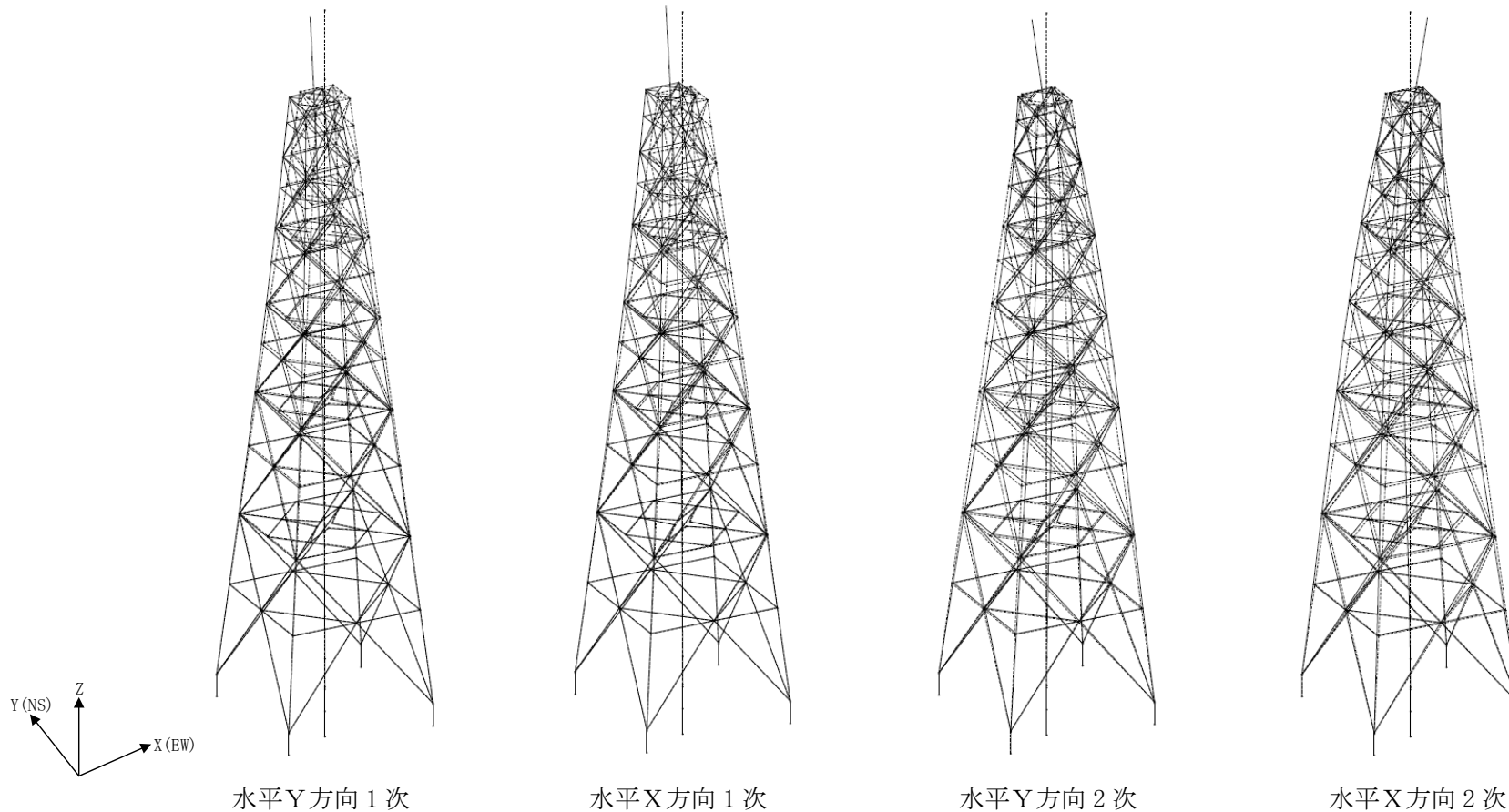


図 4-2 刺激関数図 (ケース 2)

T_i : i 次の固有周期 $T_1 = 0.743$
 β_{xi} : X方向の i 次の刺激係数 $\beta_{x1} = -0.709$
 β_{yi} : Y方向の i 次の刺激係数 $\beta_{y1} = 1.712$
 β_{zi} : Z方向の i 次の刺激係数 $\beta_{z1} = 0.000$

$T_2 = 0.743$
 $\beta_{x2} = -1.712$
 $\beta_{y2} = -0.709$
 $\beta_{z2} = 0.000$

$T_1 = 0.289$
 $\beta_{x3} = -0.743$
 $\beta_{y3} = 1.793$
 $\beta_{z3} = 0.000$

$T_1 = 0.289$
 $\beta_{x4} = -1.793$
 $\beta_{y4} = -0.743$
 $\beta_{z4} = 0.000$

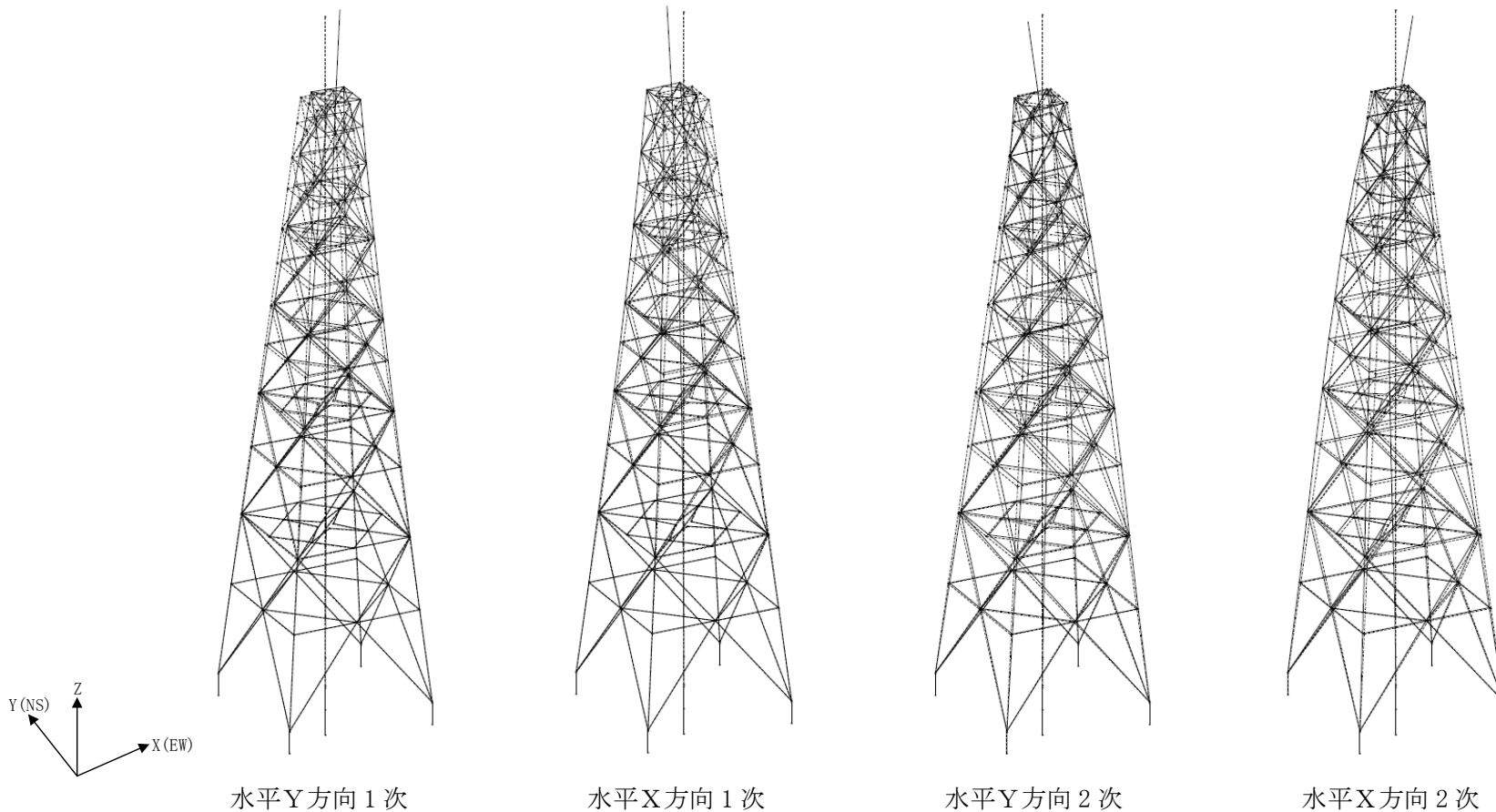


図 4-3 刺激関数図 (ケース 3)

4.3 まとめ

地盤物性の不確かさを考慮した固有値解析結果より，以下の傾向を確認した。

- ・地盤物性の不確かさ

地盤物性が大きくなる側（地盤物性+ σ ）及び小さくなる側（地盤物性- σ ）に変動した場合とも，固有振動数に大きな変化はなく，変動幅は1%未満となった。

別紙 3-1 材料物性の不確かさを考慮した検討に用いる
地震動の選定について

目 次

1. 概要	別紙 3-1-1
2. 選定方法	別紙 3-1-1
3. 地震動の選定	別紙 3-1-3
4. 材料物性の不確かさを考慮した検討に用いる地震動	別紙 3-1-6

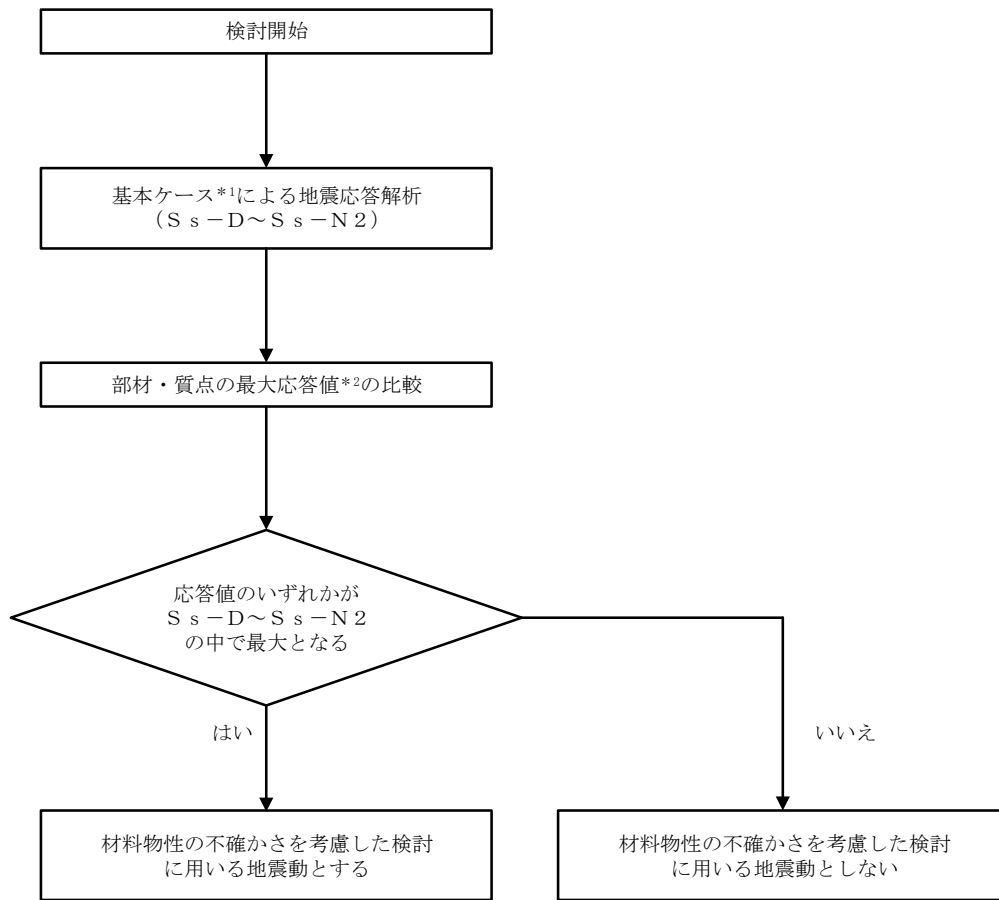
1. 概要

材料物性の不確かさの考慮に当たっては、基準地震動 S_s の基本ケースにおける1号機排気筒の応答を確認したうえで、1号機排気筒の応答への影響の大きい波に対して検討を実施する。本資料では、材料物性の不確かさを考慮した検討に用いる地震動の選定方法及び地震動の選定結果について説明する。

2. 選定方法

材料物性の不確かさを考慮した検討に用いる地震動の選定方法を以下に示す。また、選定方法のフローを図2-1に示す。

- ①基本ケース（コンクリート強度：設計基準強度，地盤物性：標準地盤）による地震応答解析を行う。
- ②地震応答解析結果より，部材及び質点の最大応答値の比較を行う。ここで用いる応答値は，加速度及び変位とする。
- ③応答値のいずれかが最大となる波を，材料物性の不確かさを考慮した検討に用いる地震動とする。



注記*1：コンクリート強度：設計基準強度，地盤物性：標準地盤

*2：応答値は，加速度及び変位とする。

図 2-1 材料物性の不確かさを考慮した検討に用いる地震動の選定方法のフロー

3. 地震動の選定

1号機排気筒における基準地震動 S_s に対する地震動の選定を以下に示す。1号機排気筒の基準地震動 S_s に対する最大応答値を表3-1及び表3-2に示す。

「2. 選定方法」に基づき確認した結果、 S_s-D については、応答値のいずれかが $S_s-D \sim S_s-N2$ の中で最大となることから、不確かさを考慮した検討に用いる地震動とする。

表 3-1 最大応答加速度一覧（基準地震動 S_s ，水平方向）

（単位： cm/s^2 ）

E L (m)	鉄塔部										最大値
	S s-D		S s-F 1		S s-F 2		S s-N 1		S s-N 2*		
	0°	45°	N S	E W	N S	E W	0°	45°	N S	E W	
113.5	2051		786	862	863	907		1068	912	1078	2051
108.8	1853		676	629	669	625		947	792	978	1853
102.5	1601		568	646	592	609		798	756	869	1601
96.9	1537		668	724	641	815		721	801	822	1537
89.5	1482		630	751	668	895		673	789	853	1482
83.3	1359		583	715	664	852		685	768	888	1359
75.5	1189		494	640	645	786		804	718	860	1189
68.3	1081		528	772	671	771		915	688	858	1081
59.5	985		536	823	645	680		929	573	754	985
49.8	947		598	808	629	700		920	500	678	947
37.5	968		550	655	536	716		785	427	582	968
24.7	956		609	682	575	845		710	469	566	956
8.5	824		562	612	596	771		660	523	609	824

（単位： cm/s^2 ）

E L (m)	筒身部										最大値
	S s-D		S s-F 1		S s-F 2		S s-N 1		S s-N 2*		
	0°	45°	N S	E W	N S	E W	0°	45°	N S	E W	
128.5	4535		2646	3540	3242	2917		2423	2600	3142	4535
113.5	2055		788	865	873	916		1070	916	1078	2055
102.5	1808		846	1131	869	905		836	994	1046	1808
89.5	1550		699	807	705	969		697	816	920	1550
75.5	1232		564	749	787	811		878	783	923	1232
59.5	1011		566	868	671	724		957	589	792	1011
48.5	1004		640	836	637	744		928	532	681	1004
37.5	1012		605	691	602	760		809	451	576	1012
23.2	745		474	515	540	736		675	440	463	745
8.8	826		564	614	598	772		660	523	611	826

注：ハッチングは $S_s-D \sim S_s-N 2$ の最大応答値のうち最も大きい値を表示。

注記*：1号機排気筒は対称構造物であるため、 $S_s-N 2$ の N S 成分及び E W 成分を入れ替えた地震動による最大応答値の記載は省略する。

表 3-2 最大応答変位一覧（基準地震動 S s，水平方向）

(単位：cm)

E L (m)	鉄塔部										最大値
	S s-D		S s-F 1		S s-F 2		S s-N 1		S s-N 2*		
	0°	45°	NS	EW	NS	EW	0°	45°	NS	EW	
113.5	28.34		9.71	8.51	7.96	8.15	13.68		11.37	13.76	28.34
108.8	25.44		8.63	7.57	7.08	7.09	12.19		10.30	12.34	25.44
102.5	21.67		7.24	6.36	5.96	5.71	10.25		8.92	10.49	21.67
96.9	18.50		6.08	5.36	5.08	4.57	8.62		7.78	8.92	18.50
89.5	15.15		4.88	4.32	4.25	4.14	6.89		6.53	7.25	15.15
83.3	12.49		3.95	3.51	3.61	3.76	5.53		5.50	5.91	12.49
75.5	9.87		3.05	2.76	2.94	3.20	4.21		4.41	4.59	9.87
68.3	7.71		2.31	2.20	2.38	2.75	3.11		3.50	3.63	7.71
59.5	5.74		1.68	1.70	1.82	2.19	2.26		2.63	2.77	5.74
49.8	3.77		1.12	1.23	1.38	1.60	1.48		1.75	1.86	3.77
37.5	2.20		0.71	0.81	0.87	0.93	0.98		0.99	1.11	2.20
24.7	0.84		0.41	0.47	0.46	0.47	0.67		0.42	0.48	0.84
8.5	0.03		0.02	0.02	0.02	0.02	0.02		0.02	0.02	0.03

(単位：cm)

E L (m)	筒身部										最大値
	S s-D		S s-F 1		S s-F 2		S s-N 1		S s-N 2*		
	0°	45°	NS	EW	NS	EW	0°	45°	NS	EW	
128.5	38.85		13.89	12.79	11.74	12.53	19.08		15.40	18.73	38.85
113.5	28.40		9.74	8.54	7.98	8.18	13.72		11.39	13.79	28.40
102.5	21.77		7.25	6.29	6.00	5.65	10.29		9.02	10.59	21.77
89.5	15.43		4.98	4.39	4.31	4.24	7.03		6.66	7.39	15.43
75.5	10.13		3.13	2.83	3.05	3.34	4.31		4.55	4.71	10.13
59.5	5.97		1.74	1.77	1.90	2.27	2.35		2.74	2.87	5.97
48.5	3.89		1.15	1.24	1.40	1.60	1.54		1.80	1.92	3.89
37.5	2.37		0.76	0.86	0.94	1.00	1.04		1.07	1.17	2.37
23.2	0.72		0.25	0.30	0.31	0.31	0.38		0.31	0.36	0.72
8.8	0.03		0.02	0.02	0.02	0.02	0.02		0.02	0.02	0.03

注：ハッチングは S s-D ~ S s-N 2 の最大応答値のうち最も大きい値を表示。

注記*：1号機排気筒は対称構造物であるため、S s-N 2 の NS 成分及び EW 成分を入れ替えた地震動による最大応答値の記載は省略する。

4. 材料物性の不確かさを考慮した検討に用いる地震動

材料物性の不確かさを考慮した検討に用いる地震動の選定結果を表 4-1 に示す。地震動の選定にあたり、基本ケースにおける 1 号機排気筒の応答の確認は、以下の資料に基づき実施した。

- ・ VI-2-11-2-2 「1 号機排気筒の耐震性についての計算書」

表 4-1 材料物性の不確かさを考慮した検討に用いる地震動

構築物名	材料物性の不確かさを考慮した検討に用いる地震動
1 号機排気筒	基準地震動 S_s
	$S_s - D$

別紙 3-2 材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果

目 次

1. 概要	別紙 3-2-1
2. 地震応答解析結果	別紙 3-2-2
2.1 地盤物性の不確かさ	別紙 3-2-2

1. 概要

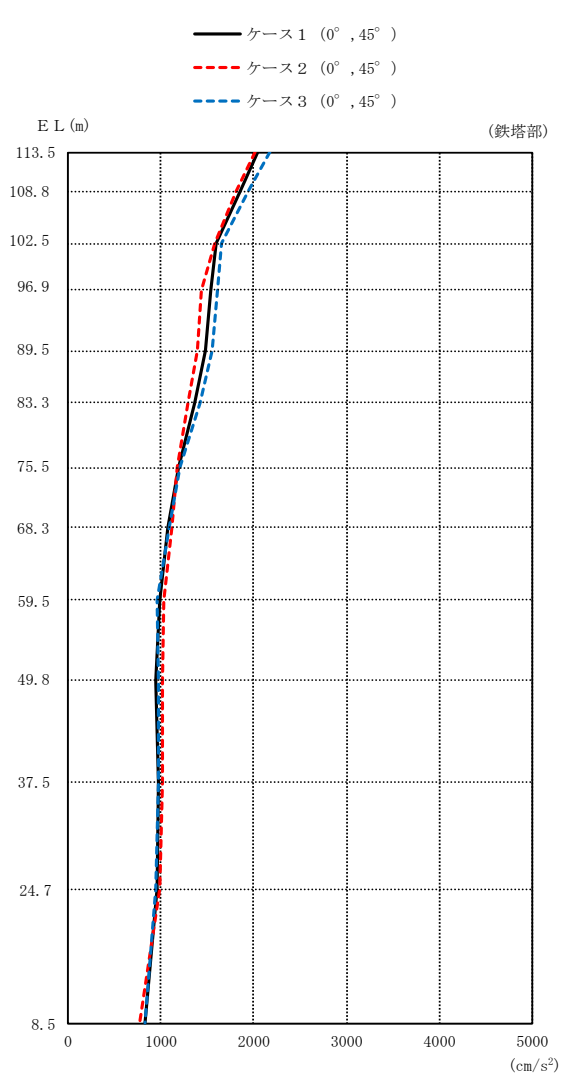
本資料は、1号機排気筒の地震応答解析において、材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果を示すものである。

2. 地震応答解析結果

2.1 地盤物性の不確かさ

地盤物性の不確かさを考慮した基準地震動 S_s に対する地震応答解析結果を図 2-1 及び図 2-2 並びに表 2-1 に示す。

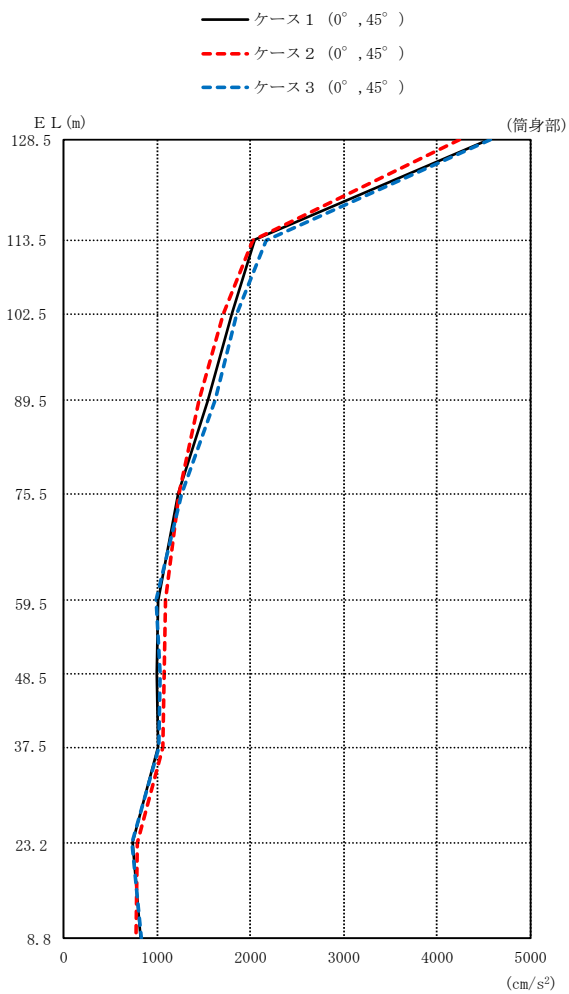
以降、基本ケースをケース 1、地盤物性を標準地盤 $+\sigma$ としたケースをケース 2、地盤物性を標準地盤 $-\sigma$ としたケースをケース 3 として示す。



(単位: cm/s²)

鉄塔部					
ケース1		ケース2		ケース3	
0°	45°	0°	45°	0°	45°
	2051		2018		2172
	1853		1818		1944
	1601		1574		1653
	1537		1440		1603
	1482		1388		1548
	1359		1296		1416
	1189		1178		1207
	1081		1117		1083
	985		1034		957
	947		1018		973
	968		1015		971
	956		992		942
	824		769		835

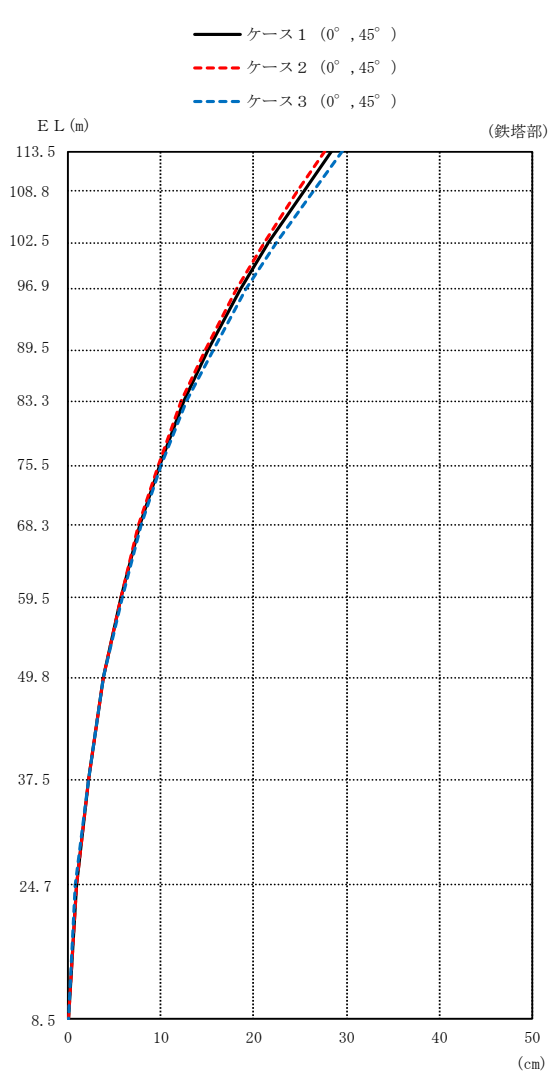
図 2-1(1) 最大応答加速度 (基準地震動 S s - D, 水平方向)



(単位 : cm/s²)

筒身部					
ケース 1		ケース 2		ケース 3	
0°	45°	0°	45°	0°	45°
4535		4241		4569	
2055		2022		2176	
1808		1704		1860	
1550		1447		1621	
1232		1236		1271	
1011		1086		993	
1004		1079		1030	
1012		1064		1020	
745		782		726	
826		770		836	

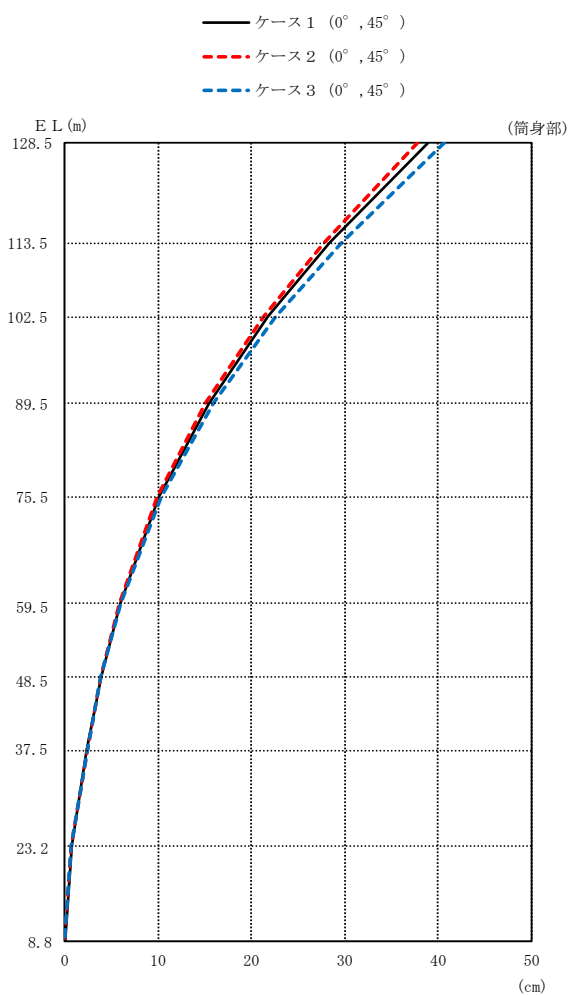
図 2-1(2) 最大応答加速度 (基準地震動 S s - D, 水平方向)



(単位: cm)

鉄塔部					
ケース1		ケース2		ケース3	
0°	45°	0°	45°	0°	45°
28.34		27.63		29.54	
25.44		24.80		26.47	
21.67		21.14		22.47	
18.50		18.07		19.12	
15.15		14.83		15.60	
12.49		12.25		12.81	
9.87		9.71		10.08	
7.71		7.61		7.83	
5.74		5.69		5.81	
3.77		3.80		3.81	
2.20		2.23		2.20	
0.84		0.88		0.83	
0.03		0.03		0.03	

図 2-2(1) 最大応答変位 (基準地震動 S s - D, 水平方向)



(単位 : cm)

筒身部					
ケース 1		ケース 2		ケース 3	
0°	45°	0°	45°	0°	45°
38.85		37.89		40.77	
28.40		27.69		29.61	
21.77		21.25		22.56	
15.43		15.10		15.88	
10.13		9.97		10.34	
5.97		5.92		6.04	
3.89		3.91		3.93	
2.37		2.40		2.38	
0.72		0.75		0.72	
0.03		0.02		0.03	

図 2-2(2) 最大応答変位 (基準地震動 S_s-D, 水平方向)

表 2-1 最大変形角

部位	S s - D		
	ケース 1	ケース 2	ケース 3
鉄塔部*1	1/370	1/380	1/355
筒身部*2	1/308	1/315	1/293

注記*1：鉄塔部の最大変形角は、鉄塔頂部（EL 113.5m）の水平応答変位より算定。

*2：筒身部の最大変形角は、筒身頂部（EL 128.5m）の水平応答変位より算定。