

女川原子力発電所第2号機 工事計画審査資料	
資料番号	02-補-E-19-0610-18_改 2
提出年月日	2021年 11月 8日
02-補-E-19-0610-18_改 1 (2021年9月8日提出) からの記載 適正化箇所のみ抜粋	

補足-610-18 第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

1. 工事計画添付書類に係る補足説明資料

添付書類「VI-2-11-2-15 第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 既工認と今回工認の解析モデル及び手法の比較

別紙2 第1号機排気筒の地震応答解析におけるモデル化、境界条件及び拘束条件の考え方

別紙3 第1号機排気筒の地震応答解析における地盤物性及び材料物性の不確かさに関する検討


別紙4 第1号機排気筒の接合部の耐震性について

別紙5 第1号機排気筒の斜面による地震動の増幅について

別紙6 第1号機排気筒斜面の安定性評価における第1号機排気筒のモデル化について

別紙7 第1号機排気筒斜面の安定性評価におけるすべり面の設定について


別紙8 第1号機排気筒斜面の安定性評価における地質断面図の作成について

 : 記載適正化範囲

別紙 5 第 1 号機排気筒の斜面による地震動の増幅について

目次

1. 概要	別紙 5-1
2. 検討方針	別紙 5-1
3. 第 1 号機排気筒への入力地震動算出方法	別紙 5-4
3.1 入力地震動算出断面	別紙 5-4
3.2 評価に用いる地震波	別紙 5-5
3.3 解析方法	別紙 5-5
3.4 地震応答解析モデルへの入力地震動	別紙 5-5
3.5 解析モデル及び諸元	別紙 5-7
4. 解析モデルの妥当性検討	別紙 5-16
4.1 荷重及び荷重の組合せ	別紙 5-16
4.2 許容限界，使用材料及び材料の許容応力度	別紙 5-16
4.3 断面の評価方法	別紙 5-16
4.4 地震応答解析	別紙 5-17
4.5 評価結果	別紙 5-17

 : 記載適正化範囲

4.4 地震応答解析

地震応答解析は、添付書類「VI-2-11-2-15 第1号機排気筒の耐震性についての計算書」のうち「3.7 地震応答解析」を基本とするが、地震応答解析は二次元動的有限要素法による等価線形解析によって求めた「3.6 入力地震動算出結果」の入力地震動を用いる。また、検討ケースは基準地震動 S_s の内、最も応力度比が厳しい地震動の基本ケースとする。

4.5 評価結果

「4.3 断面の評価方法」に基づいた断面の評価結果を以下に示す。断面の評価結果を記載する解析ケースは、基本ケースの断面検定において、応力度比が最大となる入力地震動を採用する。

一次元重複反射理論 (SHAKE) と二次元動的有限要素法 (FLUSH) における入力地震動の加速度応答スペクトルを図4-2に、各々の応答スペクトルの値を表4-2に示す。加速度応答スペクトル図を見ると、地盤のモデル化の違いにより、0.1秒以下の加速度応答スペクトルに違いは見られるものの、排気筒の主要モードの周期となる0.1秒以上の加速度応答スペクトルはおおむね同等となり、斜面による地震動の増幅は見られなかった。

基準地震動 S_s に対する評価結果 (応力度比) を表4-3～表4-4に示す。

一次元重複反射理論と二次元動的有限要素法の結果を比較すると応力度比が多少増加することを確認した。部材の評価結果の違いについては、第1号機排気筒の2次モードに対応する加速度応答スペクトルの違いにより生じたことが分かった。

以上により、第1号排気筒の入力地震動を一次元重複反射理論により求めることで、地盤のモデル化の違いにより評価結果が多少増加するものの、斜面による地震動の増幅は見られず、入力地震動評価は妥当だと言える。

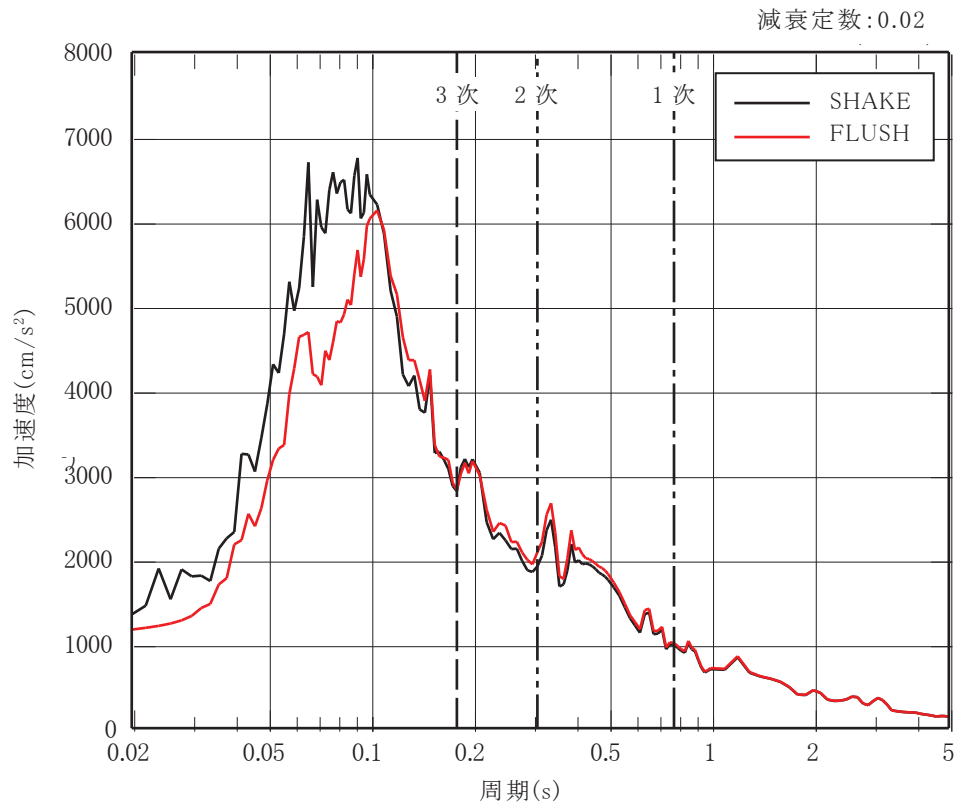


図 4-2 入力地震動の加速度応答スペクトル
(基準地震動 S s 7 波包絡, 水平成分)

表 4-2 応答スペクトルの比較結果 (h = 0.02)

モード No.	固有周期 (s)	応答加速度 (cm/s ²)		(b)/(a)
		SHAKE (a)	FLUSH (b)	
1	0.778	985	1006	1.02
2	0.306	1914	2082	1.09
3	0.179	2807	2823	1.01

表4-3 支柱材の評価結果 (S_s7波包絡, ケース①)

高さ O.P. (m)	区間	使用部材 (mm)	一次元重複 反射理論		二次元動的 有限要素法	
			地震動	評価結果	地震動	評価結果
164.8-160.3	A-B	φ 406.4×7.9	S _s -D 2	0.12	S _s -D 2	0.16
160.3-155.4	B-C	φ 406.4×7.9	S _s -D 1	0.68	S _s -D 2	0.72
155.4-149.8	C-D	φ 406.4×7.9	S _s -D 2	0.81	S _s -D 2	0.83
149.8-144.4	D-E	φ 558.8×9.5	S _s -D 2	0.83	S _s -D 2	0.87
144.4-138.3	E-F	φ 558.8×9.5	S _s -D 2	0.84	S _s -D 2	<u>0.89</u>
138.3-132.4	F-G	φ 711.2×12.7	S _s -D 1	0.68	S _s -D 2	0.70
132.4-125.8	G-H	φ 711.2×12.7	S _s -D 1	0.75	S _s -D 1	0.78
125.8-118.6	H-I	φ 914.4×12.7	S _s -D 1	0.73	S _s -D 1	0.78
118.6-110.3	I-J	φ 914.4×12.7	S _s -D 1	0.75	S _s -D 1	0.79
110.3-103.6	J-K	φ 1016.0×12.7	S _s -D 1	0.84	S _s -D 1	0.86
103.6-95.3	K-L	φ 1016.0×12.7	S _s -D 1	<u>0.85</u>	S _s -D 1	0.87
95.3-86.4	L-M	φ 1016.0×16.0	S _s -F 1	0.75	S _s -D 1	0.78
86.4-75.3	M-N	φ 1016.0×16.0	S _s -F 1	0.76	S _s -F 1	0.77
75.3-65.1	N-O	φ 1016.0×18.0	S _s -D 1	0.67	S _s -D 1	0.69
65.1-50.3	O-P	φ 1016.0×18.0	S _s -F 1	0.70	S _s -F 1	0.73

注：下線部は検定値が最大となる値を示す。

表4-4 鉄塔脚部の評価結果 (S_s-F 1, ケース①)

評価部位	応力分類	一次元重複 反射理論	二次元動的 有限要素法
アンカーボルト	引張	0.42	0.44
	せん断	0.28	0.29
	組合せ	0.42	0.44
コンクリート (コーン状破壊)	引張	0.65	0.69
コンクリート (圧縮)	圧縮	0.27	0.28
ベースプレート	面外曲げ	0.42	0.43
フランジプレート	面外曲げ	<u>0.77</u>	<u>0.81</u>
リブプレート	圧縮	0.33	0.34
	せん断	0.49	0.50

別紙 6 第 1 号機排気筒斜面の安定性評価における第 1 号機排気筒
のモデル化について

目次

1. 概要	別紙 6-1
2. 第1号機排気筒のモデル化	別紙 6-1
3. 解析モデルの妥当性確認	別紙 6-2
3.1 確認方法	別紙 6-2
3.2 確認結果	別紙 6-5
3.3 まとめ	別紙 6-5

1. 概要

本資料は、第1号機排気筒斜面の安定性評価における第1号機排気筒のモデル化について説明するものである。

2. 第1号機排気筒のモデル化

第1号機排気筒斜面の安定性評価に用いる第1号機排気筒の解析モデル（以下「解析モデル」という。）については、女川原子力発電所第一号機「工事計画認可申請書」（56資庁第11510号 昭和56年12月24日認可）（以下「建設時工認（認可）」という。）の質点系モデルを使用する。解析モデル図を図2-1に示す。

解析モデルは、各部材の重量を質点に集約し、水平方向の荷重に対する剛性を曲げせん断はり要素により考慮する。鉛直方向については、剛体として挙するものとみなし各節点間に剛な鉛直ばねを設置する。

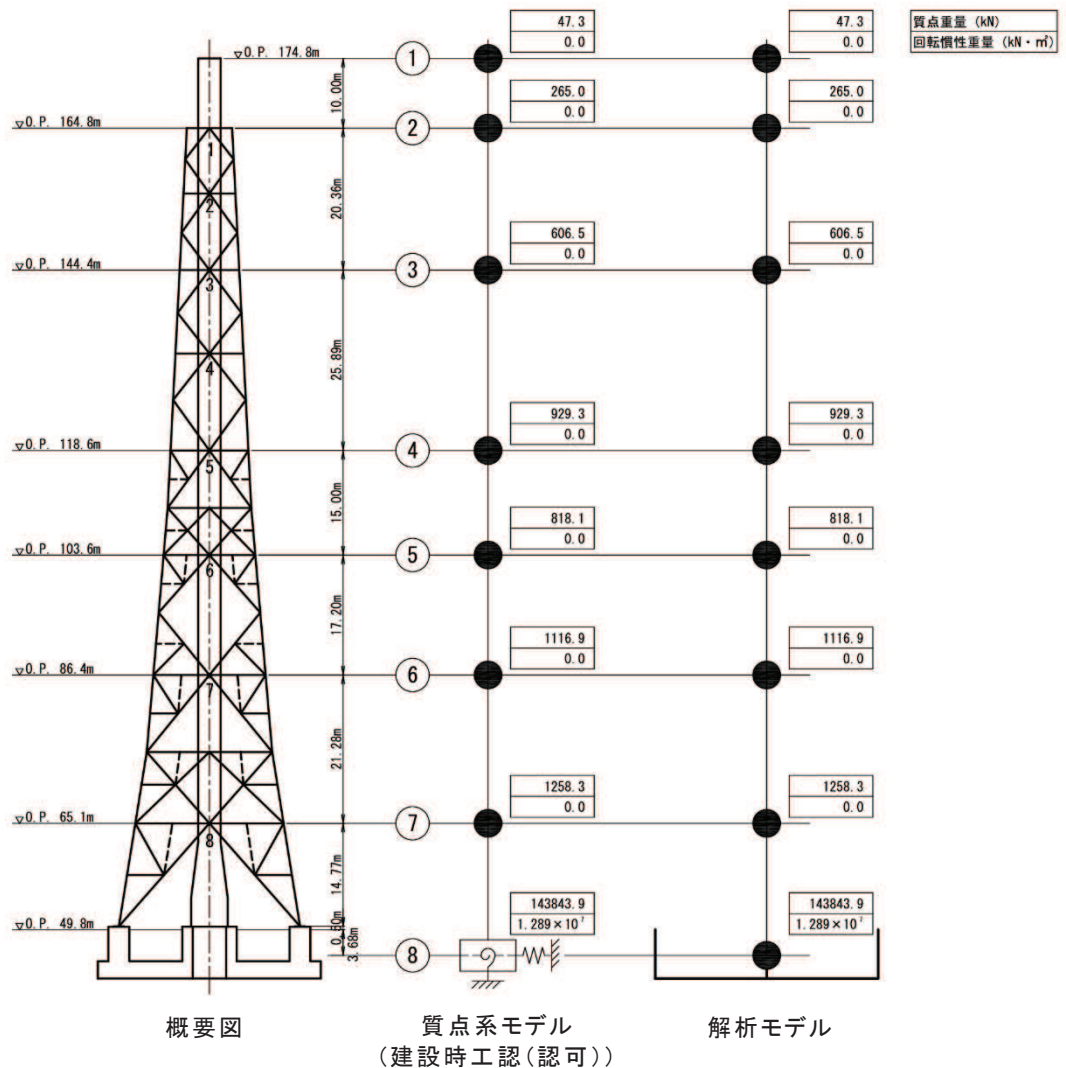


図 2-1 第1号機排気筒の解析モデル図

3. 解析モデルの妥当性確認

第1号機排気筒の耐震評価においては、地震応答解析モデルとして三次元立体フレームモデル（以下「三次元フレームモデル」という。）を使用している。一方、第1号機排気筒斜面の安定性評価においては、「2. 第1号機排気筒のモデル化」に示す解析モデルを使用していることから、両モデルの固有値解析結果及び地震時に発生する地盤ばね反力の比較を行い、解析モデルの妥当性を確認する。

3.1 確認方法

解析モデルの底面に、三次元フレームモデルと同様の地盤ばね（水平・回転・鉛直）を取付けた「質点系SRモデル」を用いて、固有値解析及び地震応答解析を行い、三次元フレームモデルと固有値解析結果及び地盤ばね反力の最大値を比較する。比較に用いる解析モデルを図3-1に示す。

地震応答解析における入力地震動は、「別紙5 第1号機排気筒斜面による地震動の増幅について」にて算定した地震動を用いる。

比較に用いる地震動は、第1号機排気筒の振動モードのうち、地盤への影響が大きい基礎の振動モード（以下「基礎モード」という。）において、入力レベルが卓越しているS_s-D₂を対象とする。第1号機排気筒における入力地震動の加速度応答スペクトルを図3-2に示す。

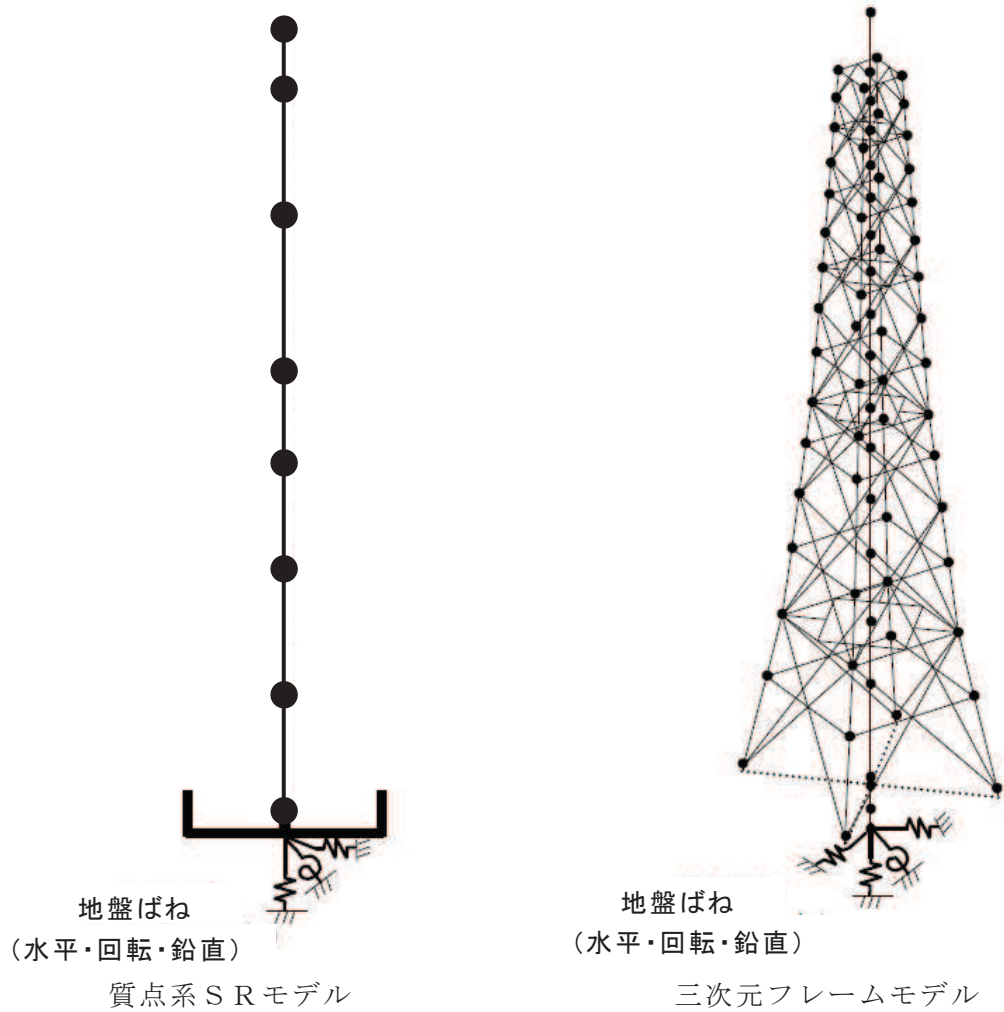


図 3-1 比較に用いる解析モデル

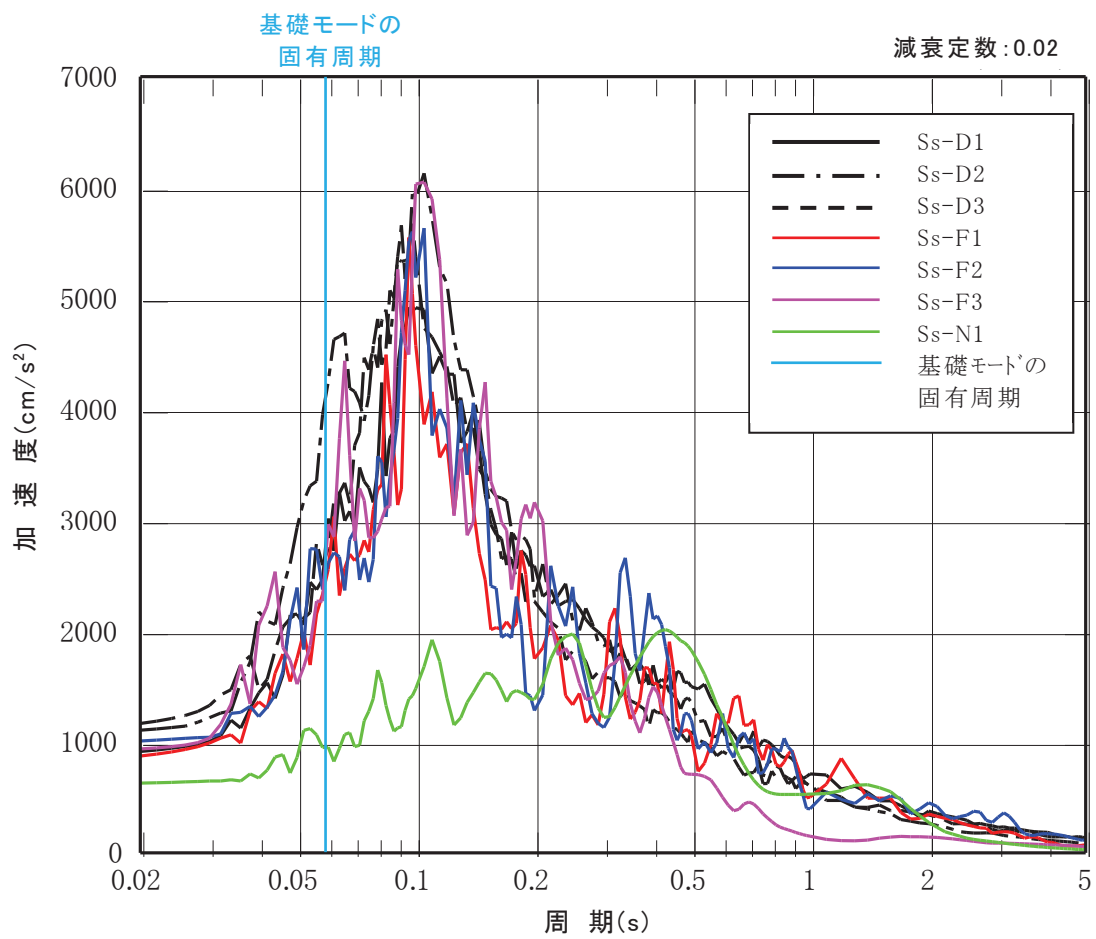


図 3-2 第 1 号機排気筒入力地震動の加速度応答スペクトル (水平方向)

3.2 確認結果

3.2.1 固有値解析結果の比較

質点系 S R モデル及び三次元フレームモデルの固有値解析結果を表 3-1 に示す。地盤への影響の大きい排気筒の基礎モードにおいて、両モデルの固有周期及び刺激係数が概ね一致することを確認した。

表 3-1 固有値解析結果の比較

	質点系 S R モデル		三次元フレームモデル		備考
	固有周期 (s)	刺激係数 β	固有周期 (s)	刺激係数 β	
1 次	0.801	2.04	0.778	2.05	排気筒の 1 次モード
2 次	0.338	-1.85	0.306	-2.04	排気筒の 2 次モード
3 次	0.208	1.35	0.179	1.89	排気筒の 3 次モード
基礎	0.057	0.98	0.059	0.96	排気筒の基礎モード

3.2.2 地盤ばね反力の比較

S s - D 2 の水平・鉛直同時入力による地震応答解析により算出した地盤ばね反力（水平・回転・鉛直）の最大値の比較を表 3-2 に示す。両モデルの地盤ばね反力の最大値が概ね一致することを確認した。

表 3-2 地盤ばね反力の最大値の比較 (S s - D 2)

	質点系 S R モデル (①)	三次元フレーム モデル (②)	② / ①
水平ばね (kN)	-1.541×10^5	-1.565×10^5	1.016
回転ばね (kN・m)	-7.482×10^5	-7.655×10^5	1.023
鉛直ばね (kN)	6.424×10^4	6.335×10^4	0.986

3.3 まとめ

第 1 号機排気筒斜面の安定性評価に用いる質点系の解析モデルについて、第 1 号機排気筒の耐震評価で用いている三次元フレームモデルと固有値解析結果及び地震時の地盤ばね反力の比較を行い、解析モデルの妥当性の確認を行った。

両モデルの固有値解析結果及び地震時の地盤ばね反力が概ね一致していることから、解析モデルの妥当性を確認した。