

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-工-B-19-0058_改4
提出年月日	2021年11月8日

VI-2-11-2-5 第1号機制御建屋の耐震性についての計算書

2021年11月  
東北電力株式会社

## 目 次

1. 概要.....	1
2. 基本方針.....	1
2.1 位置.....	1
2.2 構造概要.....	2
2.3 評価方針.....	11
2.4 適用規格・基準等.....	12
3. 評価方法.....	13
3.1 評価対象部位及び評価方針.....	13
3.2 評価に用いる地震波.....	15
3.3 荷重及び荷重の組合せ.....	19
3.4 許容限界.....	20
3.5 解析方法.....	21
3.6 解析条件.....	27
3.7 評価方法.....	38
4. 評価結果.....	39
4.1 固有値解析結果.....	39
4.2 構造物全体としての変形性能の評価結果.....	41
4.3 相対変位による評価結果.....	42

 本日の説明範囲

### 3.5 解析方法

#### 3.5.1 地震応答解析モデル

##### (1) 地震応答解析モデル

水平方向の地震応答解析モデルは、建屋を曲げ変形とせん断変形をする耐震壁部及び面内せん断変形をする床スラブ部からなる質点系モデルとし、地盤を等価ばねで評価した建屋－地盤連成モデルとする。

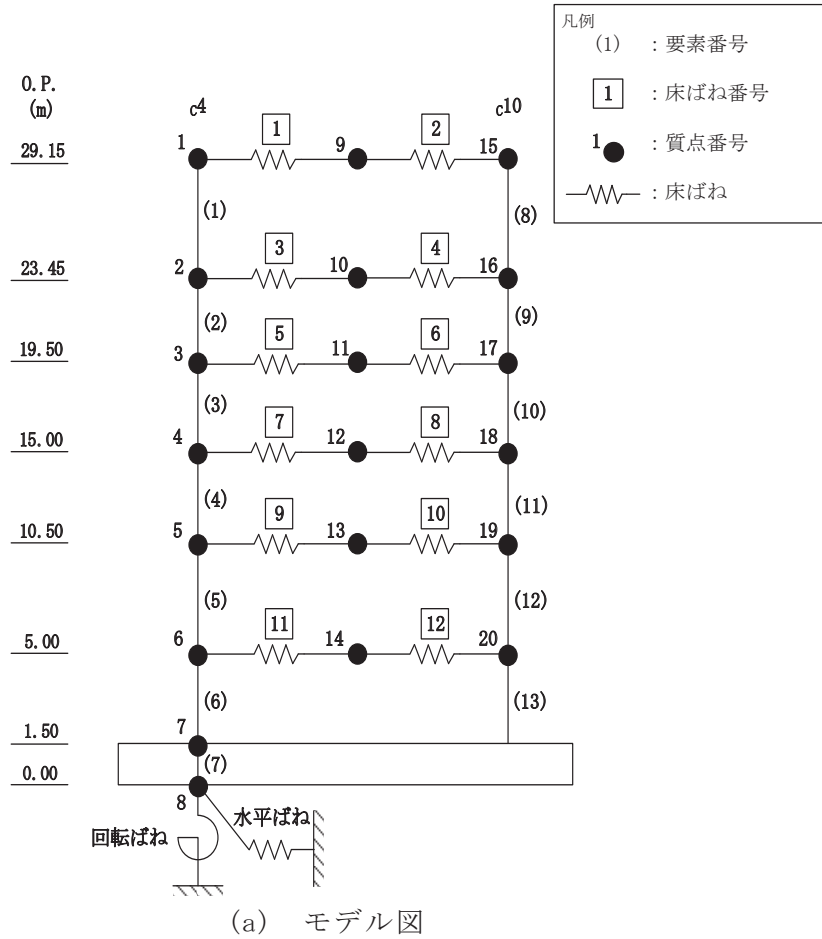
水平方向の地震応答解析モデル及び諸元を図 3-4 に示す。なお、平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震等の地震やコンクリートの乾燥収縮によるひび割れ等に伴う初期剛性の低下について、観測記録を用いた検討により確認したことから解析モデルに考慮する。復元力特性の設定にあたっては、地震やコンクリートの乾燥収縮によるひび割れ等の要因は初期剛性及びその後の剛性を低下させるが、機能維持限界耐力及び終局耐力は既工認の復元力特性の各耐力を上回っていることを試験等により確認したことから、この復元力特性に初期剛性低下を反映して適用する。耐震壁の初期剛性の設計値に対する補正係数を表 3-5 に示す。

##### (2) 地盤ばね

基礎版底面下の地盤は、水平方向の地震応答解析モデルにおいては水平ばね及び回転ばねで置換している。この水平ばね及び回転ばねは、「J E A G 4 6 0 1 - 1991 追補版」により、基礎版底面下の地盤を等価な半無限地盤と見なして、振動アドミッタンス理論に基づいて評価している。いずれのばねも振動数に依存した複素剛性として表現されるが、図 3-5 に示すようにばね定数として、実部の静的な値( $K_0$ )を、また、減衰係数( $C_0$ )として、建屋－地盤連成モデルの 1 次固有円振動数( $\omega_1$ )に対応する虚部の値と原点を結ぶ直線の傾きを採用することにより近似する。このうち、回転ばねには、基礎浮上りによる幾何学的非線形性を考慮する。基礎底面ばねの評価には解析コード「ADMITHF」を用いる。評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。地盤ばね定数及び減衰係数を表 3-6 に、地盤モデルの等価地盤物性値を表 3-7 に示す。

##### (3) 入力地震動

地震応答解析モデルへの入力地震動は、「3.2 評価に用いる地震波」に示す基準地震動  $S_s$  とし、建屋基礎底面レベルに直接入力する。図 3-6 に、地震応答解析モデルに入力する地震動の概念図を示す。



質点番号
質点重量(×10kN)

標高 O. P. (m)	建屋		
	c4		c10
29.15	1	9	15
	1043	368	1210
23.45	2	10	16
	790	997	833
19.50	3	11	17
	2194	1093	735
15.00	4	12	18
	3281	1200	896
10.50	5	13	19
	3555	1649	1216
5.00	6	14	20
	2503	1253	1045
1.50	7		
	6825		
0.00	8		
	3908		

回転慣性重量\* =  $5.28 \times 10^7 \text{kN} \cdot \text{m}^2 / \text{rad}$

注記\* : 回転慣性重量は基礎下質点(質点番号8)に集約している。

(b) 質点重量・回転慣性重量

図 3-4(1) 地震応答解析モデル (EW 方向) (1/2)

要素番号
せん断断面積 (m <sup>2</sup> )
断面2次モーメント (×10 <sup>2</sup> m <sup>4</sup> )

標高 O.P. (m)	建屋	
	c4	c10
29.15	(1)	(8)
	12.3	11.2
	37.3	36.6
23.45	(2)	(9)
	20.5	14.9
	64.4	41.6
19.50	(3)	(10)
	28.7	20.3
	73.3	50.9
15.00	(4)	(11)
	53.1	41.0
	197.0	88.2
10.50	(5)	(12)
	59.5	41.0
	235.0	100.1
5.00	(6)	(13)
	59.5	41.0
	235.0	100.1
1.50	(7)	
	2214.0	
	3101.5	

コンクリート部

ヤング係数	E	9.27 × 10 <sup>3</sup> (N/mm <sup>2</sup> )
せん断弾性係数	G	3.97 × 10 <sup>3</sup> (N/mm <sup>2</sup> )
ポアソン比	ν	0.167
減衰定数	h	5%

(c) せん断断面積・断面2次モーメント

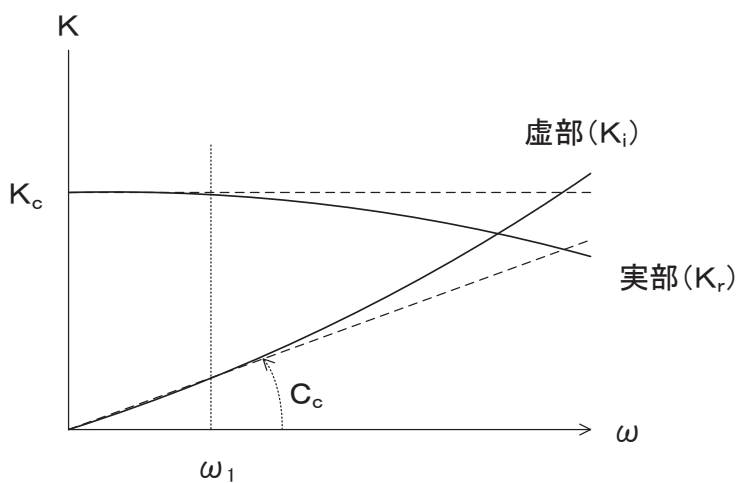
O.P. (m)	床ばね 番号	せん断ばね (×10 <sup>5</sup> kN/m)
29.15	①	66.2
	②	66.2
23.45	③	44.1
	④	44.1
19.50	⑤	44.1
	⑥	44.1
15.00	⑦	44.1
	⑧	44.1
10.50	⑨	66.2
	⑩	66.2
5.00	⑪	44.1
	⑫	44.1

(d) 床ばねのばね定数

図 3-4(2) 地震応答解析モデル (EW 方向) (2/2)

表 3-5 耐震壁の初期剛性の設計値に対する補正係数

方向	建屋全体
EW	0.45



ばね定数：底面ばねは 0Hz のばね定数  $K_0$  で定数化

減衰係数：建屋—地盤連成系の 1 次固有円振動数  $\omega_1$  に対応する虚部の値と原点とを結ぶ直線の傾き  $C_0$  で定数化

図 3-5 地盤ばねの定数化の概要

表 3-6 地盤ばね定数と減衰係数 (EW 方向)

地盤ばね 成分	ばね定数 $K_c$	減衰係数 $C_c$
底面・水平	$8.637 \times 10^8$ (kN/m)	$7.757 \times 10^6$ (kN・s/m)
底面・回転	$4.271 \times 10^{11}$ (kN・m/rad)	$2.712 \times 10^8$ (kN・m・s/rad)

表 3-7 地盤モデルの等価地盤物性値

せん断波速度 $V_s$ (m/s)	ポアソン比 $\nu$	せん断弾性係数 $G$ (N/mm <sup>2</sup> )
1620	0.390	$6.86 \times 10^3$

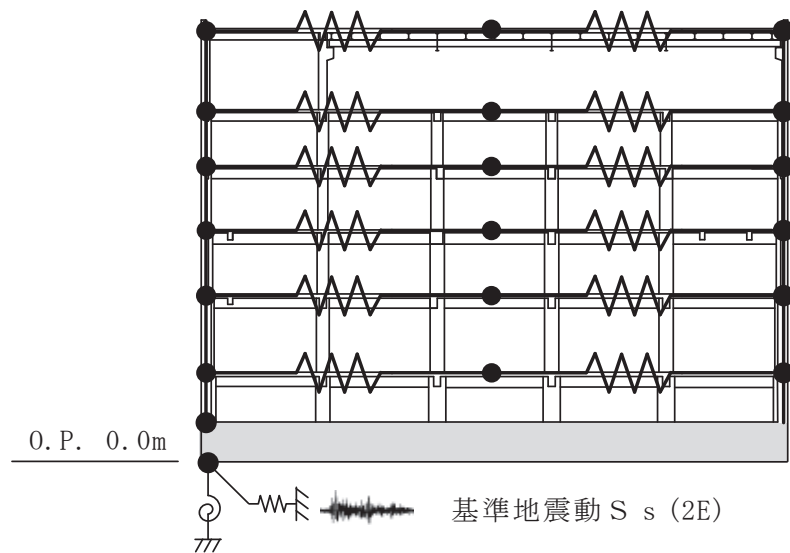


図 3-6 地震応答解析モデルに入力する地震動の概念図 (水平方向)

### 3.5.2 解析方法

第1号機制御建屋の地震応答解析には，解析コード「NUPP4」を用いる。

建物・構築物の地震応答解析は，添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の解析方法に基づき，時刻歴応答解析により実施する。

なお，地震応答解析に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については，添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。