

島根原子力発電所第2号機 審査資料	
資料番号	NS2-補-024-02 改 01
提出年月日	2023年2月17日

制御室建物の地震応答計算書に関する補足説明資料

2023年2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-2-2-5「制御室建物の地震応答計算書」の記載内容を補足するための資料を以下に示す。

今回提出範囲：

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 地震応答解析における建物基礎底面の付着力の検討

別紙 3 地震応答解析における耐震壁のせん断スケルトン曲線の設定

別紙 4 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 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の選定について

別紙 4-2 材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果

別紙 5 地震応答解析モデルの選定プロセス

## 別紙 2 地震応答解析における建物基礎底面の付着力の検討

## 目 次

1. 概要	別紙 2-1
2. 検討方針	別紙 2-2
3. 必要付着力の算定	別紙 2-3
3.1 算定方法	別紙 2-3
3.2 算定結果	別紙 2-4

## 1. 概要

本資料は、制御室建物について、地震応答解析における建物基礎底面の付着力に関し説明するものである。

制御室建物の地震応答解析では、建物の基礎底面と地盤間の付着力を考慮し、「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）」（以下「J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版」という。）に示される浮上り線形地震応答解析を実施している。本資料では、基礎浮上りが発生しないために必要な付着力（以下「必要付着力」という。）が、付着力試験に基づき設定した値を超えないことを確認する。

## 2. 検討方針

制御室建物の地震応答解析モデルは、別紙 5「地震応答解析モデルの選定プロセス」において、浮上り非線形 S R モデル及び誘発上下動考慮 S R モデルによる解析結果が適用範囲を満足しないことから、浮上り線形 S R モデル（付着力考慮モデル）を採用する。

本検討では、浮上り線形 S R モデル（付着力考慮モデル）の適用性の確認として、基準地震動 S s による地震応答解析結果の最大転倒モーメントと浮上り限界転倒モーメントより必要付着力を算定し、付着力試験に基づき設定した値（ $0.40\text{N/mm}^2$ ）を超えないことを確認する。また、水平地震力に対する検討に加えて、水平地震力と鉛直地震力を組み合わせた検討を実施する。水平地震力及び鉛直地震力の組合せについては、「原子力発電所耐震設計技術規定 J E A C 4 6 0 1 - 2008（(社)日本電気協会）」を参考に、組合せ係数法（組合せ係数は 1.0 と 0.4）を用いるものとする。

なお、弾性設計用地震動 S d による評価については、最大転倒モーメントが基準地震動 S s より小さいことから、基準地震動 S s による必要付着力が付着力試験に基づき設定した値を超えないことを確認することで、弾性設計用地震動 S d による検討は行わないこととする。

### 3. 必要付着力の算定

#### 3.1 算定方法

地震応答解析結果の最大転倒モーメントが浮上り限界転倒モーメントを上回るときに、基礎浮上りが発生する。

浮上り限界転倒モーメントは、「J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版」より以下の式で表される。

$$M_0 = \frac{W \cdot L}{6} \text{ (kN}\cdot\text{m)}$$

ここで、

$M_0$  : 浮上り限界転倒モーメント (kN・m)

$W$  : 建物総重量 (kN)

$L$  : 建物基礎幅 (m)

水平地震力による必要付着力は以下のとおりである。

$$M - M_0 = \frac{\sigma_{at} \cdot A \cdot L}{6} \text{ (kN}\cdot\text{m)}$$

$$\sigma_{at} = (M - M_0) \cdot \frac{6}{A \cdot L} \text{ (kN/m}^2\text{)} = \frac{6 \cdot (M - M_0)}{1000 \cdot A \cdot L} \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

水平地震力及び鉛直地震力の組合せを考慮する場合の必要付着力は以下のとおりである。

$$M - M_0 = \frac{(\sigma_{at} \cdot A - N) \cdot L}{6} \text{ (kN}\cdot\text{m)}$$

$$\sigma_{at} = (M - M_0) \cdot \frac{6}{A \cdot L} + \frac{N}{A} \text{ (kN/m}^2\text{)} = \frac{6 \cdot (M - M_0)}{1000 \cdot A \cdot L} + \frac{N}{1000 \cdot A} \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

ここで、

$M$  : 転倒モーメント (kN・m) \*1, \*2

$N$  : 鉛直地盤ばね反力 (kN) \*1, \*2

$\sigma_{at}$  : 単位面積当たりの付着力 (kN/m<sup>2</sup>)

$A$  : 基礎底面積 (m<sup>2</sup>)

注記\*1: 水平地震力及び鉛直地震力の組合せを考慮する場合には、組合せ係数法 (組合せ係数は1.0と0.4) を用いる。

\*2: 転倒モーメント及び鉛直地盤ばね反力は減衰力を含んだ反力とする。

### 3.2 算定結果

必要付着力の算定結果を表 3-1～表 3-4 に示す。

必要付着力の最大値は  $0.366\text{N/mm}^2$ （積雪荷重との組合せを考慮したケース， $S_s-D$ ， $NS$ 方向， $1.0 \times$ 水平地震力 $+0.4 \times$ 鉛直地震力）であることから，付着力試験の結果に基づき設定した値（ $0.40\text{N/mm}^2$ ）を超えないことを確認した。

表 3-1(1) 必要付着力  
(基本ケース，水平地震力)

基準地震動	方向	W ( $\times 10^3\text{kN}$ )	L (m)	A ( $\text{m}^2$ )	M ( $\times 10^5\text{kN} \cdot \text{m}$ )	$M_0$ ( $\times 10^5\text{kN} \cdot \text{m}$ )	$\sigma_{at}$ ( $\text{N/mm}^2$ )
$S_s-D$	NS	132.04	22	814	14.5	4.84	0.325
	EW		37	814	21.3	8.14	0.262
$S_s-F1$	NS	132.04	22	814	13.6	4.84	0.295
	EW		37	814	18.0	8.14	0.197
$S_s-F2$	NS	132.04	22	814	12.5	4.84	0.256
	EW		37	814	18.1	8.14	0.198
$S_s-N1$	NS	132.04	22	814	11.7	4.84	0.230
	EW		37	814	13.1	8.14	0.098
$S_s-N2NS$	NS	132.04	22	814	11.8	4.84	0.232
	EW		37	814	11.2	8.14	0.062
$S_s-N2EW$	NS	132.04	22	814	11.9	4.84	0.236
	EW		37	814	16.1	8.14	0.160



表 3-1(2) 必要付着力  
(基本ケース, 1.0×水平地震力+0.4×鉛直地震力)

基準地震動	方向	W (×10 <sup>3</sup> kN)	L (m)	A (m <sup>2</sup> )	M (×10 <sup>5</sup> kN・m)	M <sub>0</sub> (×10 <sup>5</sup> kN・m)	N (×10 <sup>3</sup> kN)	$\sigma_{at}$ (N/mm <sup>2</sup> )
S <sub>s</sub> -D	NS	132.04	22	814	14.5	4.84	30.7	0.363
	EW		37	814	21.3	8.14	30.7	0.300
S <sub>s</sub> -F1	NS	132.04	22	814	13.6	4.84	26.7	0.328
	EW		37	814	18.0	8.14	26.7	0.230
S <sub>s</sub> -F2	NS	132.04	22	814	12.5	4.84	24.0	0.286
	EW		37	814	18.1	8.14	24.0	0.228
S <sub>s</sub> -N1	NS	132.04	22	814	11.7	4.84	22.8	0.258
	EW		37	814	13.1	8.14	22.8	0.127
S <sub>s</sub> -N2NS	NS	132.04	22	814	11.8	4.84	37.3	0.278
	EW		37	814	11.2	8.14	37.3	0.107
S <sub>s</sub> -N2EW	NS	132.04	22	814	11.9	4.84	37.3	0.282
	EW		37	814	16.1	8.14	37.3	0.205

表 3-1(3) 必要付着力  
(基本ケース,  $0.4 \times$  水平地震力 +  $1.0 \times$  鉛直地震力)

基準地震動	方向	W ( $\times 10^3 \text{kN}$ )	L (m)	A ( $\text{m}^2$ )	M ( $\times 10^5 \text{kN} \cdot \text{m}$ )	$M_0$ ( $\times 10^5 \text{kN} \cdot \text{m}$ )	N ( $\times 10^3 \text{kN}$ )	$\sigma_{at}$ ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )
S <sub>s</sub> -D	NS	132.04	22	814	5.81	4.84	76.9	0.127
	EW		37	814	8.51	8.14	76.9	0.102
S <sub>s</sub> -F1	NS	132.04	22	814	5.46	4.84	66.7	0.103
	EW		37	814	7.21	8.14	66.7	0.064
S <sub>s</sub> -F2	NS	132.04	22	814	4.99	4.84	60.1	0.079
	EW		37	814	7.23	8.14	60.1	0.056
S <sub>s</sub> -N1	NS	132.04	22	814	4.67	4.84	57.1	0.065
	EW		37	814	5.22	8.14	57.1	0.013
S <sub>s</sub> -N2NS	NS	132.04	22	814	4.70	4.84	93.3	0.110
	EW		37	814	4.48	8.14	93.3	0.042
S <sub>s</sub> -N2EW	NS	132.04	22	814	4.75	4.84	93.3	0.112
	EW		37	814	6.45	8.14	93.3	0.081

表 3-2(1) 必要付着力  
 (地盤物性を標準地盤+ $\sigma$ としたケース, 水平地震力)

基準地震動	方向	W ( $\times 10^3$ kN)	L (m)	A ( $m^2$ )	M ( $\times 10^5$ kN $\cdot$ m)	M <sub>0</sub> ( $\times 10^5$ kN $\cdot$ m)	$\sigma_{at}$ (N/mm <sup>2</sup> )
S <sub>s</sub> -D	NS	132.04	22	814	14.4	4.84	0.320
	EW		37	814	21.0	8.14	0.257
S <sub>s</sub> -F1	NS	132.04	22	814	13.2	4.84	0.279
	EW		37	814	17.9	8.14	0.194
S <sub>s</sub> -F2	NS	132.04	22	814	12.4	4.84	0.254
	EW		37	814	17.9	8.14	0.195
S <sub>s</sub> -N2NS	NS	132.04	22	814	12.1	4.84	0.243
	EW		37	814	11.0	8.14	0.057
S <sub>s</sub> -N2EW	NS	132.04	22	814	12.2	4.84	0.247
	EW		37	814	15.8	8.14	0.153

表 3-2(2) 必要付着力

(地盤物性を標準地盤+ $\sigma$ としたケース,  $1.0 \times$ 水平地震力+ $0.4 \times$ 鉛直地震力)

基準地震動	方向	W ( $\times 10^3 \text{kN}$ )	L (m)	A ( $\text{m}^2$ )	M ( $\times 10^5 \text{kN} \cdot \text{m}$ )	$M_0$ ( $\times 10^5 \text{kN} \cdot \text{m}$ )	N ( $\times 10^3 \text{kN}$ )	$\sigma_{at}$ ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )
S <sub>s</sub> -D	NS	132.04	22	814	14.4	4.84	31.2	0.358
	EW		37	814	21.0	8.14	31.2	0.295
S <sub>s</sub> -F1	NS	132.04	22	814	13.2	4.84	27.3	0.313
	EW		37	814	17.9	8.14	27.3	0.228
S <sub>s</sub> -F2	NS	132.04	22	814	12.4	4.84	23.8	0.283
	EW		37	814	17.9	8.14	23.8	0.224
S <sub>s</sub> -N2NS	NS	132.04	22	814	12.1	4.84	37.2	0.289
	EW		37	814	11.0	8.14	37.2	0.103
S <sub>s</sub> -N2EW	NS	132.04	22	814	12.2	4.84	37.2	0.293
	EW		37	814	15.8	8.14	37.2	0.199

表 3-2(3) 必要付着力

(地盤物性を標準地盤+ $\sigma$ としたケース,  $0.4 \times$ 水平地震力+ $1.0 \times$ 鉛直地震力)

基準地震動	方向	W ( $\times 10^3 \text{kN}$ )	L (m)	A ( $\text{m}^2$ )	M ( $\times 10^5 \text{kN} \cdot \text{m}$ )	$M_0$ ( $\times 10^5 \text{kN} \cdot \text{m}$ )	N ( $\times 10^3 \text{kN}$ )	$\sigma_{at}$ ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )
S s - D	NS	132.04	22	814	5.75	4.84	77.9	0.127
	EW		37	814	8.41	8.14	77.9	0.102
S s - F 1	NS	132.04	22	814	5.26	4.84	68.2	0.098
	EW		37	814	7.15	8.14	68.2	0.064
S s - F 2	NS	132.04	22	814	4.96	4.84	59.6	0.078
	EW		37	814	7.16	8.14	59.6	0.054
S s - N 2 NS	NS	132.04	22	814	4.83	4.84	92.9	0.114
	EW		37	814	4.39	8.14	92.9	0.040
S s - N 2 EW	NS	132.04	22	814	4.88	4.84	92.9	0.116
	EW		37	814	6.32	8.14	92.9	0.078

表 3-3(1) 必要付着力  
 (地盤物性を標準地盤- $\sigma$ としたケース, 水平地震力)

基準地震動	方向	W ( $\times 10^3$ kN)	L (m)	A ( $m^2$ )	M ( $\times 10^5$ kN $\cdot$ m)	M <sub>0</sub> ( $\times 10^5$ kN $\cdot$ m)	$\sigma_{at}$ (N/mm <sup>2</sup> )
S <sub>s</sub> -D	NS	132.04	22	814	14.0	4.84	0.307
	EW		37	814	21.2	8.14	0.261
S <sub>s</sub> -F1	NS	132.04	22	814	12.9	4.84	0.270
	EW		37	814	18.3	8.14	0.203
S <sub>s</sub> -F2	NS	132.04	22	814	12.1	4.84	0.245
	EW		37	814	18.3	8.14	0.203
S <sub>s</sub> -N2NS	NS	132.04	22	814	11.3	4.84	0.217
	EW		37	814	11.3	8.14	0.064
S <sub>s</sub> -N2EW	NS	132.04	22	814	11.4	4.84	0.221
	EW		37	814	15.5	8.14	0.147

表 3-3(2) 必要付着力

(地盤物性を標準地盤-σとしたケース, 1.0×水平地震力+0.4×鉛直地震力)

基準地震動	方向	W (×10 <sup>3</sup> kN)	L (m)	A (m <sup>2</sup> )	M (×10 <sup>5</sup> kN・m)	M <sub>0</sub> (×10 <sup>5</sup> kN・m)	N (×10 <sup>3</sup> kN)	σ <sub>at</sub> (N/mm <sup>2</sup> )
S <sub>s</sub> -D	NS	132.04	22	814	14.0	4.84	34.5	0.349
	EW		37	814	21.2	8.14	34.5	0.304
S <sub>s</sub> -F1	NS	132.04	22	814	12.9	4.84	27.6	0.304
	EW		37	814	18.3	8.14	27.6	0.237
S <sub>s</sub> -F2	NS	132.04	22	814	12.1	4.84	24.5	0.275
	EW		37	814	18.3	8.14	24.5	0.233
S <sub>s</sub> -N2NS	NS	132.04	22	814	11.3	4.84	35.0	0.260
	EW		37	814	11.3	8.14	35.0	0.107
S <sub>s</sub> -N2EW	NS	132.04	22	814	11.4	4.84	35.0	0.264
	EW		37	814	15.5	8.14	35.0	0.190

表 3-3(3) 必要付着力

(地盤物性を標準地盤-σとしたケース, 0.4×水平地震力+1.0×鉛直地震力)

基準地震動	方向	W (×10 <sup>3</sup> kN)	L (m)	A (m <sup>2</sup> )	M (×10 <sup>5</sup> kN・m)	M <sub>0</sub> (×10 <sup>5</sup> kN・m)	N (×10 <sup>3</sup> kN)	σ <sub>at</sub> (N/mm <sup>2</sup> )
S <sub>s</sub> -D	NS	132.04	22	814	5.59	4.84	86.3	0.132
	EW		37	814	8.49	8.14	86.3	0.113
S <sub>s</sub> -F1	NS	132.04	22	814	5.15	4.84	69.1	0.096
	EW		37	814	7.32	8.14	69.1	0.069
S <sub>s</sub> -F2	NS	132.04	22	814	4.85	4.84	61.2	0.076
	EW		37	814	7.32	8.14	61.2	0.059
S <sub>s</sub> -N2NS	NS	132.04	22	814	4.53	4.84	87.4	0.097
	EW		37	814	4.54	8.14	87.4	0.036
S <sub>s</sub> -N2EW	NS	132.04	22	814	4.57	4.84	87.4	0.099
	EW		37	814	6.20	8.14	87.4	0.069



表 3-4(1) 必要付着力  
(積雪荷重との組合せを考慮したケース, 水平地震力)

基準地震動	方向	W ( $\times 10^3 \text{kN}$ )	L (m)	A ( $\text{m}^2$ )	M ( $\times 10^5 \text{kN} \cdot \text{m}$ )	$M_0$ ( $\times 10^5 \text{kN} \cdot \text{m}$ )	$\sigma_{at}$ ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )
S <sub>s</sub> -D	NS	132.61	22	814	14.6	4.86	0.328
	EW		37	814	21.1	8.18	0.258
S <sub>s</sub> -F1	NS	132.61	22	814	13.7	4.86	0.297
	EW		37	814	18.3	8.18	0.201
S <sub>s</sub> -F2	NS	132.61	22	814	12.6	4.86	0.259
	EW		37	814	18.2	8.18	0.200
S <sub>s</sub> -N2NS	NS	132.61	22	814	11.8	4.86	0.232
	EW		37	814	11.5	8.18	0.066
S <sub>s</sub> -N2EW	NS	132.61	22	814	11.9	4.86	0.235
	EW		37	814	16.4	8.18	0.163

表 3-4(2) 必要付着力

(積雪荷重との組合せを考慮したケース,  $1.0 \times$  水平地震力  $+ 0.4 \times$  鉛直地震力)

基準地震動	方向	W ( $\times 10^3 \text{kN}$ )	L (m)	A ( $\text{m}^2$ )	M ( $\times 10^5 \text{kN} \cdot \text{m}$ )	$M_0$ ( $\times 10^5 \text{kN} \cdot \text{m}$ )	N ( $\times 10^3 \text{kN}$ )	$\sigma_{at}$ ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )
S <sub>s</sub> -D	NS	132.61	22	814	14.6	4.86	31.0	0.366
	EW		37	814	21.1	8.18	31.0	0.296
S <sub>s</sub> -F1	NS	132.61	22	814	13.7	4.86	26.7	0.330
	EW		37	814	18.3	8.18	26.7	0.234
S <sub>s</sub> -F2	NS	132.61	22	814	12.6	4.86	24.1	0.288
	EW		37	814	18.2	8.18	24.1	0.229
S <sub>s</sub> -N2NS	NS	132.61	22	814	11.8	4.86	37.5	0.278
	EW		37	814	11.5	8.18	37.5	0.112
S <sub>s</sub> -N2EW	NS	132.61	22	814	11.9	4.86	37.5	0.281
	EW		37	814	16.4	8.18	37.5	0.209

表 3-4(3) 必要付着力

(積雪荷重との組合せを考慮したケース,  $0.4 \times$ 水平地震力 $+1.0 \times$ 鉛直地震力)

基準地震動	方向	W ( $\times 10^3$ kN)	L (m)	A ( $m^2$ )	M ( $\times 10^5$ kN $\cdot$ m)	$M_0$ ( $\times 10^5$ kN $\cdot$ m)	N ( $\times 10^3$ kN)	$\sigma_{at}$ (N/ $mm^2$ )
S <sub>s</sub> -D	NS	132.61	22	814	5.85	4.86	77.5	0.129
	EW		37	814	8.45	8.18	77.5	0.101
S <sub>s</sub> -F1	NS	132.61	22	814	5.49	4.86	66.8	0.104
	EW		37	814	7.30	8.18	66.8	0.065
S <sub>s</sub> -F2	NS	132.61	22	814	5.03	4.86	60.2	0.080
	EW		37	814	7.27	8.18	60.2	0.056
S <sub>s</sub> -N2NS	NS	132.61	22	814	4.70	4.86	93.8	0.110
	EW		37	814	4.59	8.18	93.8	0.044
S <sub>s</sub> -N2EW	NS	132.61	22	814	4.74	4.86	93.8	0.112
	EW		37	814	6.54	8.18	93.8	0.083