島根原子力発電所２号炉 審査資料	
資料番号	EP-061改 90(比1)
提出年月日	令和３年５月10日

島根原子力発電所２号炉

「実用発電用原子炉に係る発電用原子炉設置者の重大事故の発生及び拡大の防止に必要な措置を実施するために必要な技術的能力に係る審査基準」への適合状況について

比較表
（女川原子力発電所２号炉との比較）

令和３年５月
中国電力株式会社

女川原子力発電所　２号炉（2020.2.7 版）

別紙(11)

建屋関係の耐震評価について

1．各建屋の諸元

各建屋の諸元を第 1 表に示す。

第 1 表　各建屋の諸元

管理番号※1	建屋名称	構造	階数	基礎構造	平面形状 NS(X)(m)	平面形状 EW(Y)(m)	地上高さ(m)	竣工日
32	1 号原子炉建屋	鉄筋ｺﾝｸﾘｰﾄ造	地上 5 階 地下 2 階	直接基礎	53.30	43.80	46.78	昭和 58 年 9 月 30 日
34	1 号廃棄物処理建屋	鉄筋ｺﾝｸﾘｰﾄ造	地上 4 階 地下 2 階	直接基礎	66.00	22.95	29.03	昭和 58 年 9 月 30 日
83	3 号原子炉建屋	鉄筋ｺﾝｸﾘｰﾄ造	地上 3 階 地下 3 階	直接基礎	80.50	77.00	35.70	平成 13 年 6 月 20 日
84	3 号サービス建屋	鉄筋ｺﾝｸﾘｰﾄ造	地上 3 階 地下 4 階	直接基礎	52.00	50.00	19.20	平成 13 年 6 月 20 日
85	3 号タービン建屋	鉄筋ｺﾝｸﾘｰﾄ造	地上 2 階 地下 3 階	直接基礎	97.00	60.70	23.20	平成 13 年 6 月 20 日
87	事務本館	鉄筋ｺﾝｸﾘｰﾄ造	地上 4 階 塔屋 1 階	直接基礎	45.80	23.20	20.80	昭和 57 年 2 月 22 日 増築部 平成元年 5 月 16 日
	事務別館	鉄骨鉄筋ｺﾝｸﾘｰﾄ造	地上 4 階 塔屋 2 階	直接基礎	39.20	20.20	24.50	平成 5 年 11 月 11 日
113	事務建屋	鉄骨造 （免震構造）	地上 8 階	直接基礎	56.80	31.70	36.70	平成 23 年 8 月 19 日
143	保修センター	鉄骨造	地上 4 階	直接基礎	79.30	39.70	21.75	平成 8 年 4 月 19 日

※1　「1.0.2-別紙 10 の第２表　アクセスルートの周辺構造物」による管理番号。

島根原子力発電所　２号炉

別紙（37）

建物関係の耐震評価について

1.評価概要

島根原子力発電所２号炉における保管場所及びアクセスルートに影響を与える可能性のある建物（外装材等含む。）について耐震評価を実施し，保管場所及びアクセスルートに影響がないことを確認する。

2.免震重要棟の耐震評価について

2.1 建物諸元

免震重要棟の諸元を第 1 表に示す。

第 1 表　免震重要棟の諸元

建物名称	構造	階数	基礎構造	平面形状 X(m)	平面形状 Y(m)	地上高さ(m)	竣工日
免震重要棟※1	鉄骨鉄筋ｺﾝｸﾘｰﾄ造 （一部鉄骨造） （免震構造）	地上 3 階	直接基礎	35.30	46.90	15.0	平成 26 年 10 月 31 日

※1 ：3.(3)a.①周辺構造物の損壊（建物，鉄塔等）　における第１保管エリア周辺の建物。

備考

女川原子力発電所　２号炉（2020.2.7 版）

2．各建屋の耐震評価方法等

各建屋の耐震評価方法等を第 2 表に示し，耐震性能評価検討については別添 1～8 に示す。

第 2 表　各建屋の耐震評価方法等

管理番号※1	建屋名称（別添参照番号）	評価方法	1 次固有周期	検討用地震動（使用根拠）	必要保有水平耐力算定値	保有水平耐力算定値
32	1 号原子炉建屋（別添 1）	保有水平耐力による評価※2	固有値解析	基準地震動 Ss7 波※2（基礎下岩盤及び設置レベルを確認※4）	新設工認時	新設工認時
34	1 号廃棄物処理建屋（別添 2）	保有水平耐力による評価※2	固有値解析	基準地震動 Ss7 波※2（基礎下岩盤及び設置レベルを確認※4）	新設工認時	新設工認時
83	3 号原子炉建屋（別添 3）	保有水平耐力による評価※2	固有値解析	基準地震動 Ss7 波※2（基礎下岩盤及び設置レベルを確認※4）	工事反映※6	工事反映※6
84	3 号サービス建屋（別添 4）	保有水平耐力による評価※2	固有値解析	基準地震動 Ss7 波※2（基礎下岩盤及び設置レベルを確認※4）	新設工認時	新設工認時
85	3 号タービン建屋（別添 5）	保有水平耐力による評価※2	固有値解析	基準地震動 Ss7 波※2（基礎下岩盤及び設置レベルを確認※4）	工事反映※6	新設工認時
87	事務本館/別館（別添 6）	地震応答解析による層間変形角	固有値解析	基準地震動 Ss7 波（基礎下岩盤を確認※5）	－	－
113	事務建屋（別添 7）	地震応答解析による層間変形角（上部構造）せん断ひずみ（免震層）	固有値解析	基準地震動 Ss7 波（基礎下岩盤を確認※5）	－	－
143	保修センター（別添 8）	保有水平耐力による評価※2	告示※3	基準地震動 Ss7 波※2（加速度応答スペクトルを確認）	新設時	新設時

※1　「1.0.2-別紙 10 の第２表　アクセスルートの周辺構造物」による管理番号。

※2　基準地震動 Ss 時に対応する必要保有水平耐力が保有水平耐力以下であることを確認する。

※3　「昭和 55 年建設省告示第 1793 号第二 Rt を算出する方法」により算出。

※4　基礎下岩盤及び設置レベルが解放基盤と大きな差がないことを確認。

※5　基礎下岩盤と解放基盤下岩盤は同等の岩盤であることを確認。

※6　新設工認時以降の重量増減や耐震性に影響のある工事を反映（重量増減の場合は Ai 分布見直し。）。

島根原子力発電所　２号炉

2.2 建物の耐震評価方法等

免震重要棟の耐震評価方法等を第 2 表に示し，耐震性能評価検討については別添 1 に示す。

第 2 表　免震重要棟の耐震評価方法等

評価方法	検討用地震動
地震応答解析による 層間変形角（上部構造） せん断ひずみ（免震装置）	基準地震動Ｓｓ※1

※1：基準地震動Ｓｓ－Ｄ，基準地震動Ｓｓ－Ｆ１，基準地震動Ｓｓ－Ｆ２，基準地震動Ｓｓ－Ｎ１及び基準地震動Ｓｓ－Ｎ２のうち，建物の水平方向１次固有周期における加速度応答スペクトルが最も大きい基準地震動Ｓｓ－Ｄを用いる。

備考

女川原子力発電所　２号炉（2020.2.7 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考

３．各建屋の耐震評価結果

各建屋の耐震評価結果を第 3 表に示し，耐震性能評価検討については別添 1～8 に示す。

第 3 表　建屋関係の耐震評価結果

管理番号※1	建屋名称（別添参照番号）	評価方法			評価結果 評価基準値	評価結果 Qu/Qun 又は最大応答値	影響
32	１号原子炉建屋（別添 1）	保有水平耐力(Qu)／基準地震動 Ss 時に対応する必要保有水平耐力(Qun)			1.00 以上	1.45	無
34	１号廃棄物処理建屋（別添 2）	保有水平耐力(Qu)／基準地震動 Ss 時に対応する必要保有水平耐力(Qun)			1.00 以上	1.29	無
83	３号原子炉建屋（別添 3）	保有水平耐力(Qu)／基準地震動 Ss 時に対応する必要保有水平耐力(Qun)			1.00 以上	2.22	無
84	３号サービス建屋（別添 4）	保有水平耐力(Qu)／基準地震動 Ss 時に対応する必要保有水平耐力(Qun)			1.00 以上	1.41	無
85	３号タービン建屋（別添 5）	保有水平耐力(Qu)／基準地震動 Ss 時に対応する必要保有水平耐力(Qun)			1.00 以上	1.07	無
87	事務本館/別館（別添 6）	地震応答解析	事務本館	層間変形角	1/75 以下※2	1/244	無
			事務別館			1/162	無
113	事務建屋（別添 7）	地震応答解析	上部構造	層間変形角	1/30 以下※3	1/300	無
			免震層	せん断ひずみ	250%以下※4	147%	無
143	保修センター（別添 8）	保有水平耐力(Qu)／基準地震動 Ss 時に対応する必要保有水平耐力(Qun)			1.00 以上	1.03	無

※１　「1.0.2-別紙 10 の第２表　アクセスルートの周辺構造物」による管理番号。

※２　「鉄筋コンクリート造建物の耐震性能評価指針（案）・同解説（日本建築学会）」において，壁フレーム構造の安全限界状態とされる層間変形角の値。安全限界状態とは，地震応答時の応力及び地震終了時の鉛直荷重による応力を安定して維持することができる状態であり，建物の被災度は大破がおおむねこれに対応する。

※３　「震災建築物の被災度区分判定基準及び復旧技術指針」（(財）日本建築防災協会）において，鉄骨構造物（ラーメン構造）が被災度区分「大破」と判定される残留変形角の目安となる値。被災度区分は，「軽微」，「小破」，「中破」，「大破」，「倒壊」の５区分があり，「大破」は，再使用するには詳細調査を実施し，建築物の耐震改修の促進に関する法律に準拠した耐震診断によって復旧計画を立案できる状態である。

※４　免震構造の試評価例及び試設計例（(独）JNES，2014）における設計目標である。

2.3 建物の耐震評価結果

免震重要棟の耐震評価結果を第 3 表に示し，耐震性能評価検討については別添 1 に示す。なお，本評価結果は暫定条件を用いた評価結果であることから，正式条件を用いた評価結果は詳細設計段階で示す。

第 3 表　免震重要棟の耐震評価結果

評価方法			評価結果 評価基準値	評価結果 最大応答値	影響
地震応答解析	上部構造	層間変形角	1/75 以下※1	1/15459	無
	免震装置	せん断ひずみ	166%以下※2（標準特性時）	132%	無
			250%以下※2（特性変動時）	169%	無

※１：「鉄筋コンクリート造建物の耐震性能評価指針（案）・同解説」（(社）日本建築学会）において，壁フレーム構造の安全限界状態とされる層間変形角の値。安全限界状態とは，地震応答時の応力及び地震終了時の鉛直荷重による応力を安定して維持することができる状態であり，建物の被災度は大破が概ねこれに対応する。

※２：「免震構造の試評価例及び試設計例」（(独）JNES，2014）における設計目標値である。

女川原子力発電所　２号炉（2020.2.7版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
４．各建屋外装材の被害想定について *省略*	3.各建物の外装材の被害想定について *省略* 4.各建物の外装材以外の部材等による影響評価について *省略*	「3.各建物の外装材の被害想定について」は東海第二との比較を行うため省略 「4.各建物の外装材以外の部材等による影響評価について」は女川2号炉に記載がないため省略

女川原子力発電所　２号炉（2020.2.7 版）

別添７

女川原子力発電所　事務建屋基準地震動 Ss に対する耐震性能評価検討

１．目的

女川原子力発電所事務建屋に対し，基準地震動 Ss7 波に対する地震応答解析により建屋並びに免震装置の耐震性能について検討を行い，建屋のアクセスルートへの影響を確認する。

２．建屋概要

建屋概要を第 58 表に，平面図を第 42 図に，立面図を第 43 図に示す。検討建屋は，上部構造が鉄骨造ラーメン構造で，１階床下の免震層に免震装置（天然ゴム系積層ゴム，鉛プラグ入り積層ゴム，弾性すべり支承，オイルダンパ）を配置した免震構造である。

第 58 表　建屋概要

構　　造	鉄骨造（免震構造）
階　　数	地上８階
基礎構造	直接基礎（岩盤に免震ピットが直接設置）
平面形状	56.80m（X 方向）×31.70m（Y 方向）
高　　さ	地上高さ 36.70m
竣 工 日	平成 23 年 8 月 19 日

島根原子力発電所　２号炉

別添１

免震重要棟　基準地震動Ｓｓに対する耐震性能評価検討

1. 目的

島根原子力発電所免震重要棟に対し，基準地震動Ｓｓに対する地震応答解析により建物及び免震装置の耐震性能について検討を行い，建物の保管場所への影響を確認する。

2. 建物概要

建物概要を第１表に，梁伏図を第１図に，断面図を第２図に示す。検討建物は，上部構造が鉄骨鉄筋コンクリート造（一部鉄骨造）の耐震壁付きラーメン構造で，１階床下の免震層に免震装置（天然ゴム系積層ゴム，鉛プラグ入り積層ゴム，低摩擦弾性すべり支承，オイルダンパ）を配置した免震構造である。

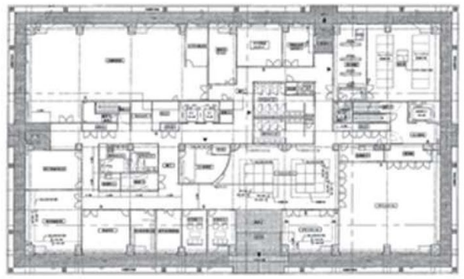
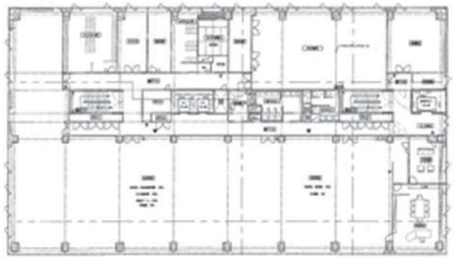
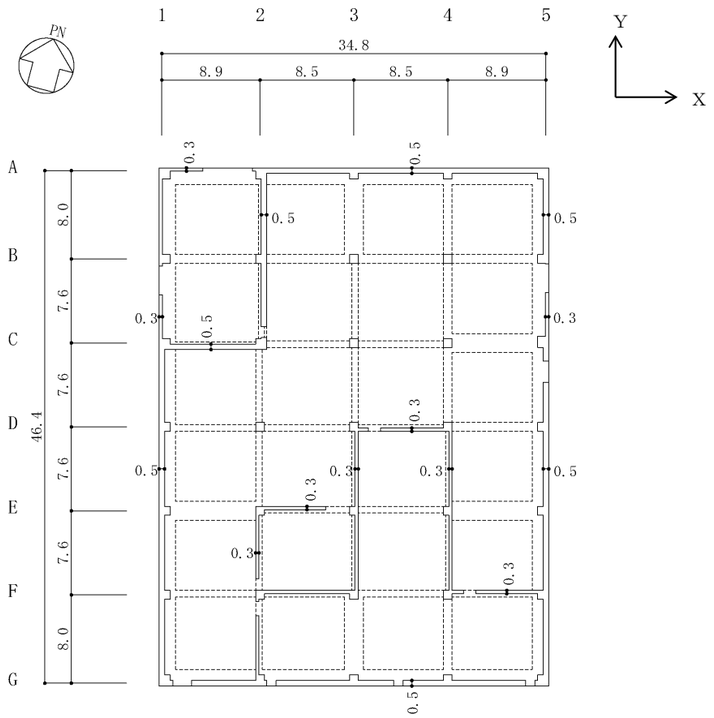
第１表　建物概要

構造	鉄骨鉄筋コンクリート造（一部鉄骨造） （免震構造）
階数	地上３階
基礎構造	直接基礎（岩盤に免震ピットが直接設置）
平面形状	35.3m（Ｘ方向）×46.9m（Ｙ方向）
高さ	地上高さ 15.0m
竣工日	平成 26 年 10 月 31 日

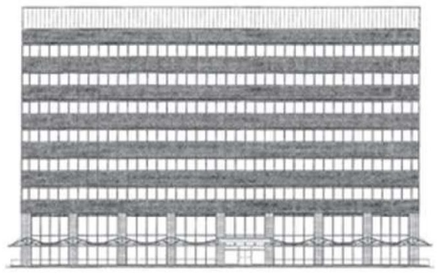
備考

・建物構造の相違

島根２号炉の免震重要棟は鉄骨鉄筋コンクリート造（一部鉄骨造）の耐震壁付きラーメン構造

女川原子力発電所　２号炉（2020.2.7 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
 １階  ４階 第 42 図　平面図	 第 1 図　1 階梁伏図（単位：m）	

女川原子力発電所　２号炉（2020.2.7 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考

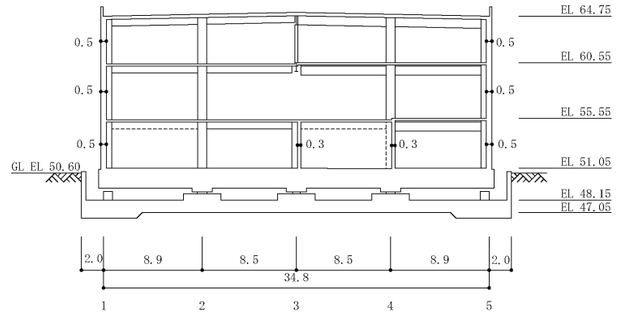


東立面

南立面

第 43 図　立面図

Ａ－Ａ断面（３通り）断面図（Ｙ方向）



Ｂ－Ｂ断面（Ｄ通り）断面図（Ｘ方向）

第 2 図　断面図（単位：m）

女川原子力発電所　２号炉（2020.2.7 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考

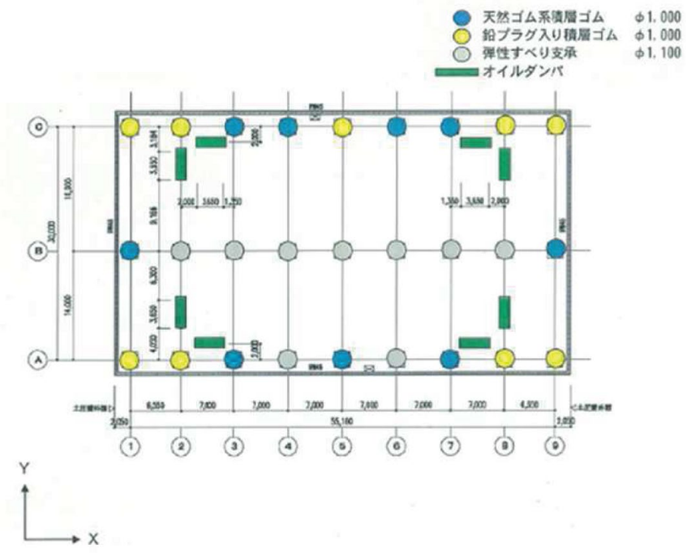
３．免震装置概要

本建屋に使用している免震装置は，天然ゴム系積層ゴム９台，鉛プラグ入り積層ゴム９台及び弾性すべり支承９台の合計 27 台に加え，オイルダンパをＸ方向，Ｙ方向にそれぞれ４台，合計８台である。免震装置の概要を第 59 表に，免震装置の配置図を第 44 図に示す。

第 59 表　免震装置の概要

免震装置	ゴム材料 せん断弾性率	形状	積層ゴム サイズ	ゴム総厚	鉛径	基数
天然ゴム系 積層ゴム	0.29 N/mm^2 ※1	丸形	φ1,000mm	195.0mm (7.5x26)	—	9
鉛プラグ入り 積層ゴム	0.385 N/mm^2 ※1	丸形	φ1,000mm	201.0mm (6.7x30)	220mm	9
弾性すべり 支承	0.78 N/mm^2	丸形	φ1,100mm	40.0mm (8.0x5)	—	9
ｵｲﾙﾀﾞﾝﾊﾟ	—	—	—	—	—	8

※1：20℃での値



第 44 図　免震装置配置図

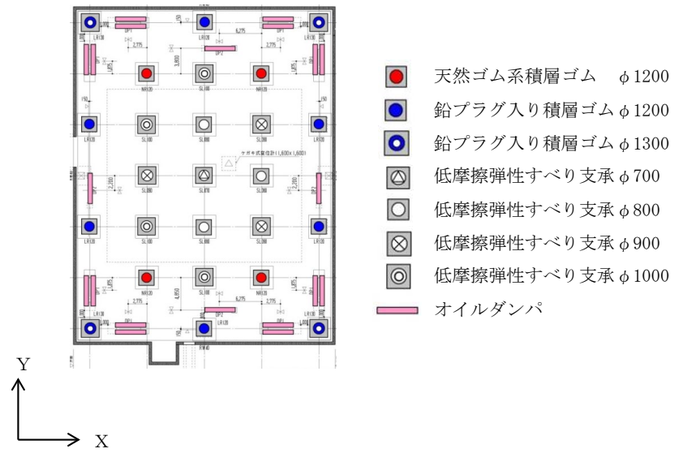
3.免震装置概要

本建物に使用している免震装置は，天然ゴム系積層ゴム４台，鉛プラグ入り積層ゴム 10 台及び低摩擦弾性すべり支承 11 台の合計 25 台に加え，オイルダンパをＸ方向，Ｙ方向にそれぞれ 10 台，合計 20 台である。免震装置の概要を第２表に，免震装置の配置図を第３図に示す。

第２表　免震装置の概要

免震装置	ゴム材料 せん断 弾性率 (N/mm^2)	形状	積層ゴム サイズ	ゴム総厚	鉛径 (mm)	基数	品番	メーカー
天然ゴム系 積層ゴム	0.392 ※1	丸形	φ1200mm	240.0mm (8.0×30)	—	4	NS120G4	ﾌﾞﾘﾁﾞｽﾄﾝ
鉛プラグ入り 積層ゴム	0.385 ※1	丸形	φ1200mm	240.0mm (8.0×30)	260	6	LS120G4H	ﾌﾞﾘﾁﾞｽﾄﾝ
	0.385 ※1	丸形	φ1300mm	252.3mm (8.7×29)	280	4	LT130G4H	ﾌﾞﾘﾁﾞｽﾄﾝ
低摩擦弾性 すべり支承	0.392 ※1	丸形	φ700mm	39.9mm (5.7×7)	—	1	SP070G4	ﾌﾞﾘﾁﾞｽﾄﾝ
	0.392 ※1	丸形	φ800mm	39.0mm (6.5×6)	—	3	SP080G4	ﾌﾞﾘﾁﾞｽﾄﾝ
	0.392 ※1	丸形	φ900mm	41.4mm (6.9×6)	—	3	SP090G4	ﾌﾞﾘﾁﾞｽﾄﾝ
	0.392 ※1	丸形	φ1000mm	40.0mm (8.0×5)	—	4	SP100G4	ﾌﾞﾘﾁﾞｽﾄﾝ
オイルダンパ	—	—	—	—	—	20	BM250-4C	日立 ｵｰﾄﾓﾃｨﾌﾞ ｼｽﾃﾑｽﾞ

※1：20℃での値



第３図　免震装置配置図

<table>
<tr>
<th>女川原子力発電所　２号炉（2020.2.7 版）</th>
<th>島根原子力発電所　２号炉</th>
<th>備考</th>
</tr>
<tr>
<td>４．検討内容
(1) 検討方針
免震構造の本建屋の倒壊は，免震装置が破壊するモードを想定し地震応答解析を実施し，上部構造並びに免震層に対する応答について検討を実施する。
地震応答解析に用いる検討用地震動は，基準地震動 Ss7 波とする。
① 基準地震動 Ss-D1
② 基準地震動 Ss-D2
③ 基準地震動 Ss-D3
④ 基準地震動 Ss-F1
⑤ 基準地震動 Ss-F2
⑥ 基準地震動 Ss-F3
⑦ 基準地震動 Ss-N1

本建屋の評価基準値を第 60 表に示す。
評価基準値は上部構造については，「震災建築物の被災度区分判定基準及び復旧技術指針」（(一財) 日本建築防災協会）において，鉄骨構造物（ラーメン構造）が被災度区分「大破」と判定される残留変形角の目安となる値である 1/30 とする。

免震層及び免震装置は免震構造の試評価例及び試設計例（(独) JNES，2014）における設計目標値とする。

第 60 表　評価基準値
<table><tr><th>部位</th><th>項目</th><th>評価基準値</th></tr><tr><td>上部構造</td><td>層間変形角</td><td>1/30 以下</td></tr><tr><td>免震層・免震装置</td><td>せん断ひずみ</td><td>250%以下</td></tr></table></td>
<td>4. 検討内容
(1) 検討方針
免震構造の本建物の倒壊は，免震装置が破壊するモードを想定し地震応答解析を実施し，上部構造及び免震装置に対する応答について検討を実施する。

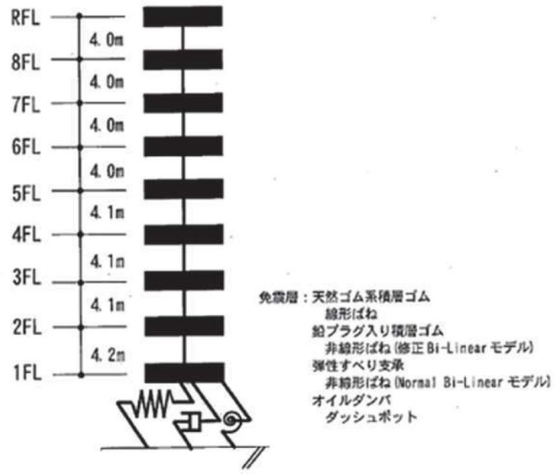
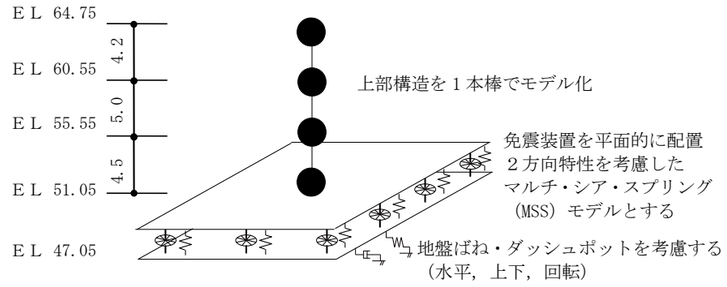
本建物の評価基準値を第 3 表に示す。
評価基準値は上部構造については，「鉄筋コンクリート造建物の耐震性能評価指針（案）・同解説」（(社) 日本建築学会）において，安全限界状態とされる層間変形角値である 1/75 とする。

免震装置は「免震構造の試評価例及び試設計例」（(独) JNES，2014）における設計目標値のせん断ひずみである 166%（免震装置標準特性時）及び 250%（免震装置の特性変動時）とする。

第 3 表　評価基準値
<table><tr><th>部位</th><th>項目</th><th>評価基準値</th></tr><tr><td>上部構造</td><td>層間変形角</td><td>1/75 以下</td></tr><tr><td rowspan="2">免震装置</td><td rowspan="2">せん断ひずみ</td><td>166%以下
(標準特性時)</td></tr><tr><td>250%以下
(特性変動時)</td></tr></table></td>
<td>・検討用地震動の相違
島根２号炉は基準地震動５波のうち，建物の１次固有周期における加速度応答スペクトルが最も大きい基準地震動Ｓｓ－Ｄを採用
（検討用地震動は 4.(4)に記載）

・上部構造の評価基準値の相違
島根２号炉の免震重要棟は鉄骨鉄筋コンクリートであるため，「鉄筋コンクリート造建物の耐震性能評価指針（案）・同解説」に基づく評価基準値を設定

・免震装置の評価基準値の相違
島根２号炉の免震重要棟は免震装置が標準特性時のケースも実施しているため，標準特性時における評価基準値を設定</td>
</tr>
</table>

女川原子力発電所　２号炉（2020.2.7 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
(2) 解析モデル 解析モデルを第 45 図に示す。  第 45 図　解析モデル	(2) 解析モデル 解析モデルを第 4 図に示す。  第 4 図　解析モデル（単位：m）	・地震応答解析モデルの相違 島根２号炉の免震重要棟は免震装置を平面的に配置するとともに，水平及び鉛直方向の応答を考慮するモデルで評価を実施

女川原子力発電所　２号炉（2020.2.7 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考

a. 上部構造のモデルの諸元

上部構造を線形とした解析モデルの諸元を第 61 表に示す。減衰特性は剛性比例の内部粘性減表とし，減表定数は免震層上部１階床位置固定時の１次固有周期に対して２％とする。

第 61 表　各階，階高，重量，弾性剛性

階数	階高 (m)	重量 (kN)	弾性剛性　x10^5(kN/m)	
			X方向	Y方向
RF	──	16,990※	──	──
8F	4.00	13,144	8.156	9.019
7F	4.00	13,972	8.315	9.057
6F	4.00	14,416	8.144	8.997
5F	4.00	14,641	8.342	9.194
4F	4.10	14,880	8.208	8.952
3F	4.10	16,422	8.178	9.108
2F	4.10	14,258	9.046	10.189
1F	4.20	22,140	11.406	13.021
計	──	140,862	──	──

※RF の重量には塔屋部分の重量（881kN）が含まれる。

a. 上部構造のモデルの諸元

上部構造の水平方向は弾性の等価せん断型モデルに，鉛直方向は弾性の軸ばねモデルとしてモデル化する。減衰特性は剛性比例の内部粘性減衰とし，水平方向の減衰定数は免震層直上の１階床位置固定時の１次固有周期に対して５％とする。鉛直方向の減衰定数は地盤ばね，免震装置，上部構造の連成系鉛直方向１次固有周期に対して５％とする。

解析モデルの諸元を第４表に示す。

第４表　各階，階高，重量，弾性剛性

階数	階高 (m)	重量 (kN)	弾性剛性（kN/m）		
			X方向	Y方向	Z方向
屋上階		23904			
	4.2		5.333×10^7	7.466×10^7	5.703×10^8
３階		27058			
	5.0		5.158×10^7	6.981×10^7	4.770×10^8
２階		29751			
	4.5		6.608×10^7	8.904×10^7	6.210×10^8
１階		57765			

・地震応答解析モデルの相違

島根２号炉の免震重要棟は水平及び鉛直方向の剛性を考慮するモデルで評価を実施

・構造の違いに伴う減衰定数の相違

島根２号炉の免震重要棟は鉄骨鉄筋コンクリート造であるため，減衰定数５％を採用

<table>
<tr>
<th>女川原子力発電所　２号炉（2020.2.7版）</th>
<th>島根原子力発電所　２号炉</th>
<th>備考</th>
</tr>
<tr>
<td>
b．免震層のモデルの諸元
（a）水平ばね要素
免震層の水平ばねは，天然ゴム系積層ゴム，鉛プラグ入り積層ゴム及び弾性すべり支承をそれぞれモデル化し，その特性を線形ばね，非線形ばねで評価する。

なお，水平方向の地震応答解析では免震装置部分は履歴減衰のみを考慮し，材料減衰は考慮しない。

ｉ．天然ゴム系積層ゴムの特性を表す水平ばね
天然ゴム系積層ゴムの特性を表す水平ばねは線形ばねにモデル化する。

天然ゴム剛性：$K_r=A_r \cdot G_r/h_r$

天然ゴムせん断弾性率：G_r=0.294N/mm^2（15℃）

ここで，A_r：積層ゴムの断面積，h_r：ゴム層の総厚さ

天然ゴム系積層ゴムの特性を表す水平ばねに考慮する諸元を第62表，第63表に示す。

第62表　天然ゴム系積層ゴムによる免震層水平ばねの諸元
<table>
<tr><th>ゴムの
せん断弾性率 G_r
(N/mm^2)</th><th>積層ゴムの
断面積の総和※
A_r(cm^2)</th><th>ゴム層総厚
さ d(cm)</th></tr>
<tr><td>0.294</td><td>70,509</td><td>19.5</td></tr>
</table>
※値は９基の合計

第63表　天然ゴム系積層ゴムの水平剛性
<table>
<tr><th>種類</th><th>基
数</th><th>仕様
ゴム</th><th>水平剛性※
Kr(kN/m)</th></tr>
<tr><td>φ1,000</td><td>9</td><td>R3</td><td>1.063×10^4</td></tr>
</table>
※値は９基の合計
</td>
<td>
b．免震層のモデルの諸元
（a）水平ばね要素
免震層の水平ばねは，天然ゴム系積層ゴム，鉛プラグ入り積層ゴム及び低摩擦弾性すべり支承をそれぞれモデル化し，その特性を線形ばね，非線形ばねで評価する。免震装置の特性は，基準温度20℃に対して15℃の特性として定めたものとする。
なお，水平方向の減衰特性は履歴減衰のみを考慮し，材料減衰は考慮しない。

ｉ．天然ゴム系積層ゴムの特性を表す水平ばね
天然ゴム系積層ゴムの特性を表す水平ばねは線形ばねにモデル化する。

天然ゴム剛性：$K_r=A_r \cdot G_r/h_r$

天然ゴムせん断弾性率：G_r=0.392N/mm^2（20℃）

ここで，A_r：積層ゴムの断面積，h_r：ゴム層の総厚さ

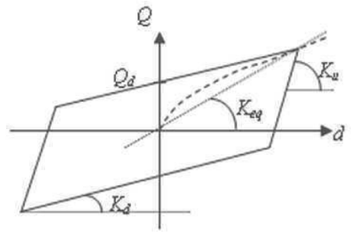
天然ゴム系積層ゴムの特性を表す水平ばねに考慮する諸元を第５表及び第６表に示す。

第５表　天然ゴム系積層ゴムによる免震層水平ばねの諸元（１基あたり）
<table>
<tr><th>ゴムの
せん断剛性率
G_r（N/mm^2）</th><th>積層ゴムの
断面積
A_r（cm^2）</th><th>ゴム層総厚さ
d（cm）</th></tr>
<tr><td>0.392
(20℃)</td><td>11305</td><td>24.0</td></tr>
</table>
第６表　天然ゴム系積層ゴムの水平剛性（１基あたり）
<table>
<tr><th>種類</th><th>基数</th><th>使用ゴム</th><th>水平剛性※1
K_r（kN/m）</th></tr>
<tr><td>φ1200</td><td>4</td><td>G4</td><td>1.87×10^3</td></tr>
</table>
※１：基準温度20℃に対して，15℃の特性として定めた値。
</td>
<td></td>
</tr>
</table>

女川原子力発電所　２号炉（2020.2.7 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考

ⅱ．鉛プラグ入り積層ゴムの特性を表す水平ばね

鉛プラグ入り積層ゴムの特性を表す水平ばねは第 46 図に修正バイリニア型にモデル化する。



第 46 図　修正バイリニア型履歴

鉛プラグ入り積層ゴムの特性を表す水平ばねに考慮する諸元を第 64 表に示す。
また，第 65 表に各免震装置の種々の振幅レベルでの等価水平剛性を示す。

第 64 表　鉛プラグ入り積層ゴムによる免震層水平ばねの諸元

ゴムの せん断弾性率 G_r (N/mm^2)	積層ゴムの 断面積の総和 A_r(cm^2)※	鉛プラグの 断面積の総和 A_p(cm^2)※	ゴム層総厚 さ d(cm)
0.392	67,265	3,421	20.1

※値は９基の合計

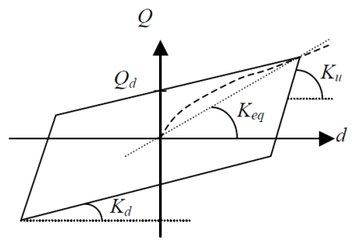
第 65 表　鉛プラグ入り積層ゴムの等価剛性

種類	鉛径 (cm)	基数	使用 ゴム	水平剛性(kN/m)※		
				d=2.0cm (γ=10%)	d=20cm (γ=100%)	d=40cm (γ=200%)
φ1,000	22	9	G4	1.419×10^5	2.830×10^4	2.008×10^4

※値は９基の合計

ⅱ．鉛プラグ入り積層ゴムの特性を表す水平ばね

鉛プラグ入り積層ゴムの特性を表す水平ばねは第 5 図に示す修正バイリニア型にモデル化する。



第 5 図　修正バイリニア型履歴

鉛プラグ入り積層ゴムの特性を表す水平ばねに考慮する諸元を第 7 表に示す。
また，第 8 表に各免震装置の種々の振幅レベルでの等価水平剛性を示す。

第 7 表　鉛プラグ入り積層ゴムによる免震層水平ばねの諸元
（１基あたり）

種類	ゴムの せん断剛性率 G_r (N/mm^2)	積層ゴムの 断面積 A_r (cm^2)	鉛プラグの 断面積 A_r (cm^2)	ゴム層総厚さ d (cm)
φ1200	0.385 (20℃)	10779	531	24.0
φ1300		12657	616	25.2

第 8 表　鉛プラグ入り積層ゴムの等価剛性（１基あたり）

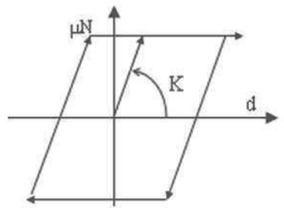
種類	鉛径 (cm)	基数	使用 ゴム	水平剛性※1 (kN/m)		
				d=2.4cm (γ=10%)	d=24cm (γ=100%)	d=48cm (γ=200%)
φ1200	26	6	G4	1.860×10^4	3.730×10^3	2.650×10^3
φ1300	28	4		2.140×10^4	4.250×10^3	3.010×10^3

※1：基準温度 20℃に対して，15℃の特性として定めた値。

女川原子力発電所　２号炉（2020.2.7 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考

iii．弾性すべり支承の特性を表す水平ばね

地震応答解析では，計９基の弾性すべり支承をそれぞれ第 47 図に示すように，弾性剛性及び折点荷重を摩擦力とした非線形水平ばねにモデル化する。これにはバイリニア型の履歴特性を考慮し，履歴による減衰のみを考慮する。設定諸元を第 66 表に示す。



第 47 図　弾性すべり支承に与える非線形特性

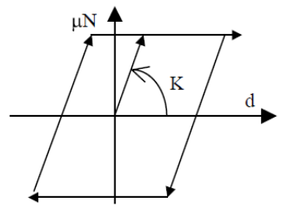
第 66 表　弾性すべり支承による免震層水平ばねモデルの諸元

鉛直力※ N (kN)	摩擦係数 μ	摩擦力 μ N (kN)	弾性剛性※ K (kN/m)
56,811.6	0.011	624.9	1.732×10^{5}

※値は９基の合計

iii．低摩擦弾性すべり支承の特性を表す水平ばね

地震応答解析では，計 11 基の低摩擦弾性すべり支承をそれぞれ第６図に示すように，弾性剛性及び折点荷重を摩擦力とした非線形水平ばねにモデル化する。これにはバイリニア型の履歴特性を考慮し，履歴による減衰のみを考慮する。設定諸元を第９表に示す。



第６図　低摩擦弾性すべり支承に与える非線形特性

第９表　低摩擦弾性すべり支承による免震層水平ばねの諸元

（１基あたり）

種類	基数	鉛直力 N (kN)	摩擦係数 μ	摩擦力 μN (kN)	弾性剛性※1 K (kN/m)
φ700	1	2146	0.015	32.2	5.06×10^{3}
φ800	3	3286～3405	0.015	49.3～51.1	6.77×10^{3}
φ900	3	3879～5241	0.015	58.2～78.6	8.07×10^{3}
φ1000	4	4045～6980	0.015	60.7～104.7	1.03×10^{4}

※１：基準温度 20℃に対して，15℃の特性として定めた値。

女川原子力発電所　２号炉（2020.2.7 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考

（b）減衰要素

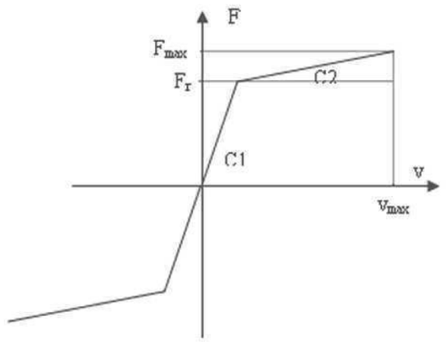
減衰要素はオイルダンパをダッシュポット要素にモデル化する。ダッシュポット要素の諸元を第 67 表に示す。

第 67 表　オイルダンパによる免震層ダッシュポットモデルの諸元

減衰係数 C1 (kN/cm/s)	減衰係数 C2 (kN/cm/s)	リリーフ 荷重 Fr (kN)	リリーフ 速度 Vr (m/s)	最大 荷重 Fmax (kN)	最大 速度 Vmax (m/s)
25.0	1.695	800	0.32	1,000	1.50

（注）：値は１台当たりの値

オイルダンパはＸ，Ｙ各方向４基ずつ，計８基配置する。オイルダンパの特性を第 48 図に示す。



第 48 図　オイルダンパに与える特性

（c）回転ばね要素

免震層の回転ばねは免震層直上部分を剛版と仮定し，積層ゴム及びすべり支承の鉛直剛性より評価する。回転ばねの諸元を第 68 表に示す。

第 68 表　免震層回転ばねの諸元

方向	Ｘ方向 （Ｙ軸回り）	Ｙ方向 （Ｘ軸回り）
回転ばね剛性 (kN.m/rad)	6.217×10^{10}	2.667×10^{10}

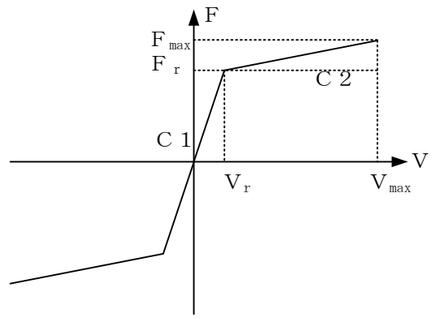
（b）減衰要素

減衰要素はオイルダンパをダッシュポット要素にモデル化する。ダッシュポット要素の諸元を第 10 表に示す。

第 10 表　オイルダンパによる免震層ダッシュポットモデルの諸元
（１基あたり）

減衰係数 C_1 (kN/(cm/s))	減衰係数 C_2 (kN/(cm/s))	リリーフ 荷重 F_r (kN)	リリーフ 速度 V_r (m/s)	最大 荷重 F_{max} (kN)	最大 速度 V_{max} (m/s)
25.0	1.695	800	0.32	1000	1.50

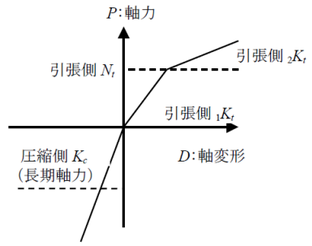
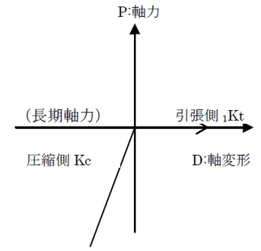
オイルダンパはＸ，Ｙ各方向 10 基ずつ，計 20 基配置する。オイルダンパの特性を第 7 図に示す。



第 7 図　オイルダンパに与える特性

・解析モデルの相違

島根２号炉の免震重要棟は平面的に配置した免震装置の鉛直ばねとして免震層の回転を考慮

女川原子力発電所　２号炉（2020.2.7 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	(c) 鉛直ばね要素 免震層の鉛直ばねは，天然ゴム系積層ゴム，鉛プラグ入り積層ゴム，低摩擦弾性すべり支承をそれぞれ圧縮領域と引張領域が非対称となる非線形ばねでモデル化する。積層ゴムの引張方向の特性は，第８図に示すようにバイリニアとし，圧縮剛性に係数を乗じて設定した。各装置の特性を第 11～13 表に示す。 なお，鉛直方向の減衰特性は剛性比例の内部粘性減衰とし，減衰定数は地盤ばね，免震装置，上部構造の連成系鉛直方向１次固有周期に対して，２％とする。  K_c：積層ゴム鉛直剛性 $_1K_t=K_c/10$ $_2K_t=K_c/50$ N_t：面圧 1N/mm^2 相当軸力 (a) 積層ゴム  K_c：低摩擦弾性すべり支承鉛直剛性 $_1K_t=0$ (b) 低摩擦弾性すべり支承 第８図　免震装置鉛直特性設定概要 第 11 表　天然ゴム系積層ゴムの鉛直特性（１基あたり） 種類 / 鉛直剛性 (kN/m) / 圧縮側 K_c / 引張側 $_1K_t$ / 引張側 $_2K_t$ / N_t (kN) ϕ1200 / 4.57×10^6 / 4.57×10^5 / 9.14×10^4 / 1130.5 第 12 表　鉛プラグ入り積層ゴムの鉛直特性（１基あたり） 種類 / 鉛直剛性 (kN/m) / 圧縮側 K_c / 引張側 $_1K_t$ / 引張側 $_2K_t$ / N_t (kN) ϕ1200 / 5.57×10^6 / 5.57×10^5 / 1.11×10^5 / 1077.9 ϕ1300 / 6.21×10^6 / 6.21×10^5 / 1.24×10^5 / 1265.7	・地震応答解析モデルの相違 島根２号炉の免震重要棟は水平及び鉛直方向の剛性を考慮するモデルで評価を実施

女川原子力発電所　２号炉（2020.2.7 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	第 13 表　低摩擦弾性すべり支承の鉛直特性（１基あたり） <table><tr><th rowspan="2">種類</th><th colspan="2">鉛直剛性（kN/m）</th></tr><tr><th>圧縮側 K_c</th><th>引張側 K_t</th></tr><tr><td>φ700</td><td>0.85×10^7</td><td rowspan="4">0</td></tr><tr><td>φ800</td><td>1.14×10^7</td></tr><tr><td>φ900</td><td>1.40×10^7</td></tr><tr><td>φ1000</td><td>1.75×10^7</td></tr></table>	・地震応答解析モデルの相違 島根２号炉の免震重要棟は水平及び鉛直方向の剛性を考慮するモデルで評価を実施
(d) 地盤ばね 地盤の剛性は免震層及び上部建物の水平周期に対し十分剛であると考えられるため，地盤ばねは考慮しない。	c. 地盤ばね 建物と地盤の動的相互作用は，建物下部の地盤を等価な水平ばね，回転ばね及び鉛直ばねとして評価する。	・地盤ばねの扱いの相違 島根２号炉の免震重要棟は建物と地盤の動的相互作用を地盤ばねとして考慮

女川原子力発電所　２号炉（2020.2.7 版）

c. 免震装置の特性変動

(a) 天然ゴム系積層ゴム

免震装置のうち，天然ゴム系積層ゴムの剛性のバラツキに対して第 69 表に示す３要因を設定した。

第 69 表　天然ゴム系積層ゴムのバラツキ

バラツキの要因	剛性　Kr
製品誤差（設計値に対して）	−10%～+10%
経年変化（初期値に対して）	0%～+10%
環境温度（設計値に対して）	−4%～ +6%

(b) 鉛プラグ入り積層ゴム

免震装置のうち，鉛プラグ入り積層ゴムの降伏後剛性及び降伏荷重特性値のバラツキに対して第 70 表に示す３要因を設定した。

第 70 表　鉛プラグ入り積層ゴムのバラツキ

バラツキの要因	降伏後剛性　Kd	降伏荷重特性値　Qd
製品誤差（設計値に対して）	−10%～+10%	−10%～+10%
経年変化（初期値に対して）	0%～+10%	変化なし
環境温度（設計値に対して）	−3%～ +5%	−13%～+19%

島根原子力発電所　２号炉

d. 免震装置の特性変動

(a) 天然ゴム系積層ゴム

免震装置のうち，天然ゴム系積層ゴムの剛性（水平及び鉛直）のばらつきに対して第 14 表に示す３要因を設定した。

第 14 表　天然ゴム系積層ゴムのばらつき

ばらつきの要因	水平剛性　K_r	鉛直剛性　K_v
製品誤差 （設計値に対して）	−5%～+5%	0%～+15%
経年変化 （初期値に対して）	0%～+10%	0%～+10%
環境温度 （設計値に対して）	−4%～+4%	変化なし

(b) 鉛プラグ入り積層ゴム

免震装置のうち，鉛プラグ入り積層ゴムの降伏後剛性，降伏荷重特性値及び鉛直剛性のばらつきに対して第 15 表に示す３要因を設定した。

第 15 表　鉛プラグ入り積層ゴムのばらつき

ばらつきの要因	降伏後剛性 K_d	降伏荷重特性値 Q_d	鉛直剛性 K_v
製品誤差 （設計値に対して）	−5%～+5%	−10%～0%	−5%～+10%
経年変化 （初期値に対して）	0%～+10%	0%	0%～+10%
環境温度 （設計値に対して）	−4%～+4%	−15%～+14%	変化なし

備考

・地震応答解析モデルの相違
島根２号炉の免震重要棟は水平及び鉛直方向の剛性を考慮するモデルで評価を実施

・地震応答解析モデルの相違
島根２号炉の免震重要棟は水平及び鉛直方向の剛性を考慮するモデルで評価を実施

<table>
<tr>
<th>女川原子力発電所　２号炉（2020.2.7版）</th>
<th>島根原子力発電所　２号炉</th>
<th>備考</th>
</tr>
<tr>
<td>
(c) 弾性すべり支承
免震装置のうち，弾性すべり支承の１次剛性及び摩擦係数に対して第71表に示す要因について変動を考慮した。

第71(a)表　弾性すべり支承のバラツキ（１次剛性）
<table>
<tr><th>バラツキの要因</th><th>１次剛性　K1</th></tr>
<tr><td>製品誤差（設計値に対して）</td><td>−20%〜+20%</td></tr>
<tr><td>環境温度（設計値に対して）</td><td>−8%〜 +13%</td></tr>
<tr><td>繰り返し特性（設計値に対して）</td><td>0%〜+20%</td></tr>
</table>

第71(b)表　弾性すべり支承のバラツキ（摩擦係数）
<table>
<tr><th>バラツキの要因</th><th>摩擦係数　μ</th></tr>
<tr><td>製品誤差（設計値に対して）</td><td>−20%〜+20%</td></tr>
<tr><td>繰り返し特性（設計値に対して）</td><td>0%</td></tr>
</table>

(d) オイルダンパ
免震装置のうち，オイルダンパの減衰係数及びリリーフ荷重のバラツキに対して第72表に示す３要因を設定した。

第72表　オイルダンパのバラツキ
<table>
<tr><th>バラツキの要因</th><th>減衰係数C
リリーフ荷重Ｆｒ</th></tr>
<tr><td>製品誤差（設計値に対して）</td><td>−10%〜+10%</td></tr>
<tr><td>経年変化（初期値に対して）</td><td>−3%〜 +3%</td></tr>
<tr><td>環境温度（設計値に対して）</td><td>−5%〜 +5%</td></tr>
</table>
・オイルダンパ減衰係数及びリリーフ荷重のバラツキ：設計値に対して−18%〜+18%
</td>
<td>
(c) 低摩擦弾性すべり支承
免震装置のうち，低摩擦弾性すべり支承の１次剛性，摩擦係数及び鉛直剛性のばらつきに対して第16表に示す３要因を設定した。

第16表　低摩擦弾性すべり支承のばらつき
<table>
<tr><th>ばらつきの要因</th><th>１次剛性　K_1</th><th>摩擦係数　μ</th><th>鉛直剛性　K_v</th></tr>
<tr><td>製品誤差
（設計値に対して）</td><td>−30%〜+30%</td><td>−50%〜0%</td><td>−30%〜0%</td></tr>
<tr><td>経年変化
（初期値に対して）</td><td>0%〜+10%</td><td>変化なし</td><td>0%〜+10%</td></tr>
<tr><td>環境温度
（設計値に対して）</td><td>−4%〜+4%</td><td>変化なし</td><td>変化なし</td></tr>
</table>

(d) オイルダンパ
免震装置のうち，オイルダンパの減衰係数及びリリーフ荷重のばらつきに対して第17表に示す３要因を設定した。

第17表　オイルダンパのばらつき
<table>
<tr><th>ばらつきの要因</th><th>減衰係数　C</th><th>リリーフ荷重　F_r</th></tr>
<tr><td>製品誤差
（設計値に対して）</td><td>−5%〜+10%</td><td>−5%〜+10%</td></tr>
<tr><td>経年変化
（初期値に対して）</td><td>−3%〜+3%</td><td>−3%〜+3%</td></tr>
<tr><td>環境温度
（設計値に対して）</td><td>−5%〜+5%</td><td>−5%〜+5%</td></tr>
</table>
</td>
<td>
・地震応答解析モデルの相違
島根２号炉の免震重要棟は水平及び鉛直方向の剛性を考慮するモデルで評価を実施
</td>
</tr>
</table>

女川原子力発電所　２号炉（2020.2.7 版）

（e）解析条件

天然ゴム系積層ゴム，鉛プラグ入り積層ゴム，弾性すべり支承及びオイルダンパのバラツキについては，免震層全体での等価剛性が最大あるいは最小となる組み合わせについて検討を実施する。すなわち，剛性が最大となるケースとして，天然ゴム系積層ゴムの剛性が最大，かつ鉛プラグ入り積層ゴムの降伏後剛性及び降伏荷重特性値が最大，かつ弾性すべり支承の摩擦力が最大，かつオイルダンパの減衰係数，リリーフ荷重が最大となる組み合わせ及びその逆の２ケースを考慮する。解析ケースを第 73 表に示す。

上部建物モデル及びそのほかの条件は設計用地震応答解析に用いたものと同一とする。

第 73 表　解析ケース一覧

解析ケース	天然ゴム系積層ゴム	鉛入り積層ゴム	弾性すべり支承	オイルダンパ
剛性最小	Kr：0.86	Kd：0.87 Qd：0.77	１次剛性：0.72 摩擦係数：0.80	減衰係数　　：0.82 リリーフ荷重：0.82
設計値	Kr：1.00	Kd：1.00 Qd：1.00	１次剛性：1.00 摩擦係数：1.00	減衰係数　　：1.00 リリーフ荷重：1.00
剛性最大	Kr：1.26	Kd：1.25 Qd：1.29	１次剛性：1.53 摩擦係数：1.20	減衰係数　　：1.18 リリーフ荷重：1.18

島根原子力発電所　２号炉

（e）解析条件

天然ゴム系積層ゴム，鉛プラグ入り積層ゴム，低摩擦弾性すべり支承及びオイルダンパについては，標準特性とした場合に加え，ばらつきとして免震層全体での等価剛性が最大あるいは最小となる組合せについて検討を実施する。すなわち，剛性が最大となるケースとして，天然ゴム系積層ゴムの剛性が最大，かつ鉛プラグ入り積層ゴムの降伏後剛性，降伏荷重特性値及び鉛直剛性が最大，かつ低摩擦弾性すべり支承の摩擦力及び鉛直剛性が最大，かつオイルダンパの減衰係数，リリーフ荷重が最大となる組合せ及びその逆の２ケースを考慮する。解析ケースを第 18 表に示す。

第 18 表　解析ケース一覧

解析ケース	天然ゴム系積層ゴム	鉛プラグ入り積層ゴム	低摩擦弾性すべり支承	オイルダンパ
剛性最大	水平剛性 K_r：1.19 鉛直剛性 K_v：1.25	降伏後剛性 K_d　：1.19 降伏荷重特性値 Q_d：1.14 鉛直剛性 K_v　：1.20	１次剛性 K_1：1.44 摩擦係数 μ：1.00 鉛直剛性 K_v：1.10	減衰係数 C　：1.18 リリーフ荷重 F_r：1.18
標準特性時	水平剛性 K_r：1.00 鉛直剛性 K_v：1.00	降伏後剛性 K_d　：1.00 降伏荷重特性値 Q_d：1.00 鉛直剛性 K_v　：1.00	１次剛性 K_1：1.00 摩擦係数 μ：1.00 鉛直剛性 K_v：1.00	減衰係数 C　：1.00 リリーフ荷重 F_r：1.00
剛性最小	水平剛性 K_r：0.91 鉛直剛性 K_v：1.00	降伏後剛性 K_d　：0.91 降伏荷重特性値 Q_d：0.75 鉛直剛性 K_v　：0.95	１次剛性 K_1：0.66 摩擦係数 μ：0.50 鉛直剛性 K_v：0.70	減衰係数 C　：0.87 リリーフ荷重 F_r：0.87

備考

・解析ケースの相違

島根２号炉の免震重要棟は免震装置のばらつきを考慮した場合に加え，免震装置の特性を標準とした場合の評価も実施

・地震応答解析モデルの相違

島根２号炉の免震重要棟は水平及び鉛直方向の剛性を考慮するモデルで評価を実施

<table>
<tr><th>女川原子力発電所　２号炉（2020.2.7 版）</th><th>島根原子力発電所　２号炉</th><th>備考</th></tr>
<tr>
<td>
(3) 固有値解析結果
上部構造は線形とし，免震層の水平ばねを各振幅レベルの等価線形値を取る場合について固有値解析を実施した。

a. 免震層の水平変形時の固有周期
免震層が水平変形 d＝20cm（γ＝100%）及び d＝40cm（γ＝200%）における等価剛性をもつ場合の固有値解析結果を第 74 表及び第 75 表に示す。

第 74 表　水平変形 d＝20cm（γ＝100%）における固有周期
<table>
<tr><th>方向</th><th>次数</th><th>固有周期(s)</th><th>刺激係数※</th></tr>
<tr><td rowspan="3">X 方向</td><td>1</td><td>3.86</td><td>1.069</td></tr>
<tr><td>2</td><td>0.78</td><td>0.082</td></tr>
<tr><td>3</td><td>0.40</td><td>0.020</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Y 方向</td><td>1</td><td>3.84</td><td>1.063</td></tr>
<tr><td>2</td><td>0.75</td><td>0.075</td></tr>
<tr><td>3</td><td>0.38</td><td>0.017</td></tr>
</table>
※最大値を 1 で基準化した各次固有モードに対する刺激係数として求め絶対値を示す。

第 75 表　水平変形 d＝40cm（γ＝200%）における固有周期
<table>
<tr><th>方向</th><th>次数</th><th>固有周期(s)</th><th>刺激係数※</th></tr>
<tr><td rowspan="3">X 方向</td><td>1</td><td>4.36</td><td>1.054</td></tr>
<tr><td>2</td><td>0.79</td><td>0.064</td></tr>
<tr><td>3</td><td>0.40</td><td>0.015</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Y 方向</td><td>1</td><td>4.34</td><td>1.049</td></tr>
<tr><td>2</td><td>0.75</td><td>0.059</td></tr>
<tr><td>3</td><td>0.38</td><td>0.013</td></tr>
</table>
※最大値を 1 で基準化した各次固有モードに対する刺激係数として求め絶対値を示す。
</td>
<td>
(3) 固有値解析結果
水平方向の固有値解析は，上部構造は線形とし，免震層の水平ばねを各振幅レベルの等価線形値を取る場合について実施した。鉛直方向の固有値解析は水平方向固定条件として解析を行った。

a. 水平方向の固有周期
免震層が水平変形 d＝24cm（γ＝100%）及び d＝48cm（γ＝200%）における等価剛性をもつ場合の水平方向の固有値解析結果を第 19 表及び第 20 表に示す。

第 19 表　水平変形 d＝24cm（γ＝100%）における固有周期
<table>
<tr><th>方向</th><th>次数</th><th>固有周期（秒）</th><th>刺激係数※</th></tr>
<tr><td rowspan="3">X方向</td><td>1</td><td>3.345</td><td>1.001</td></tr>
<tr><td>2</td><td>0.078</td><td>0.007</td></tr>
<tr><td>3</td><td>0.047</td><td>0.014</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Y方向</td><td>1</td><td>3.344</td><td>1.001</td></tr>
<tr><td>2</td><td>0.069</td><td>0.008</td></tr>
<tr><td>3</td><td>0.047</td><td>0.015</td></tr>
</table>
※最大値を 1 で基準化した各次固有モードに対する刺激係数として求め絶対値を示す。

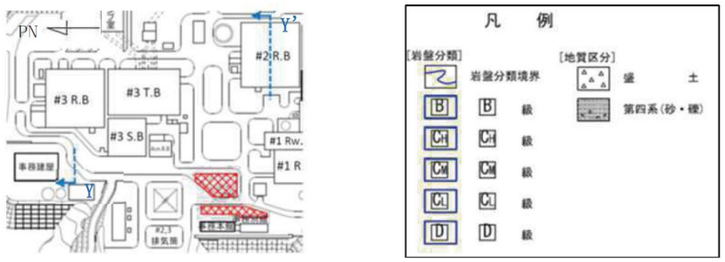
第 20 表　水平変形 d＝48cm（γ＝200%）における固有周期
<table>
<tr><th>方向</th><th>次数</th><th>固有周期（秒）</th><th>刺激係数※</th></tr>
<tr><td rowspan="3">X方向</td><td>1</td><td>3.886</td><td>1.001</td></tr>
<tr><td>2</td><td>0.078</td><td>0.007</td></tr>
<tr><td>3</td><td>0.047</td><td>0.014</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Y方向</td><td>1</td><td>3.886</td><td>1.000</td></tr>
<tr><td>2</td><td>0.069</td><td>0.009</td></tr>
<tr><td>3</td><td>0.047</td><td>0.015</td></tr>
</table>
※最大値を 1 で基準化した各次固有モードに対する刺激係数として求め絶対値を示す。

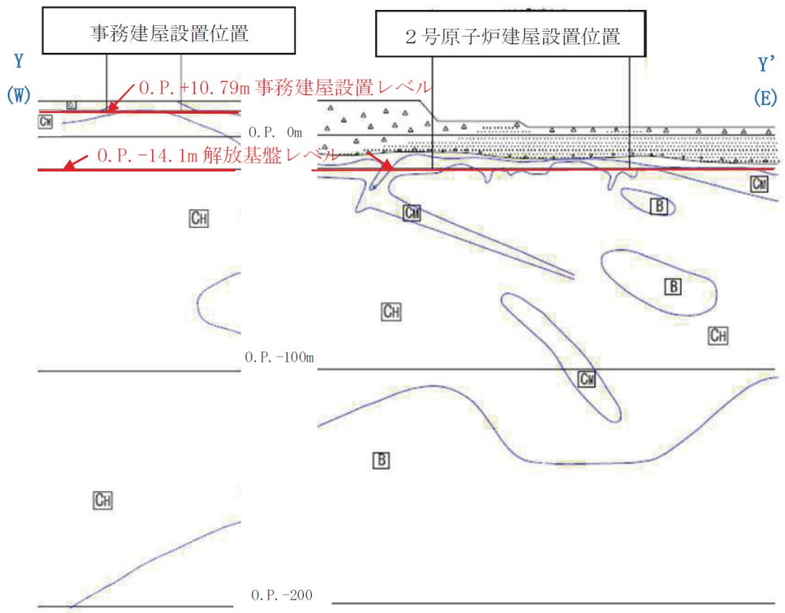
b. 鉛直方向の固有周期
水平方向固定条件とした場合の鉛直方向の固有値解析結果を第 21 表に示す。

第 21 表　鉛直方向の固有周期
<table>
<tr><th>方向</th><th>次数</th><th>固有周期（秒）</th><th>刺激係数※</th></tr>
<tr><td rowspan="3">Z方向</td><td>1</td><td>0.065</td><td>1.277</td></tr>
<tr><td>2</td><td>0.023</td><td>0.503</td></tr>
<tr><td>3</td><td>0.018</td><td>0.233</td></tr>
</table>
※最大値を 1 で基準化した各次固有モードに対する刺激係数として求め絶対値を示す。
</td>
<td>
・地震応答解析モデルの相違
島根２号炉の免震重要棟は水平及び鉛直方向の応答を考慮するモデルで評価を実施しているため，鉛直方向の固有値解析について記載

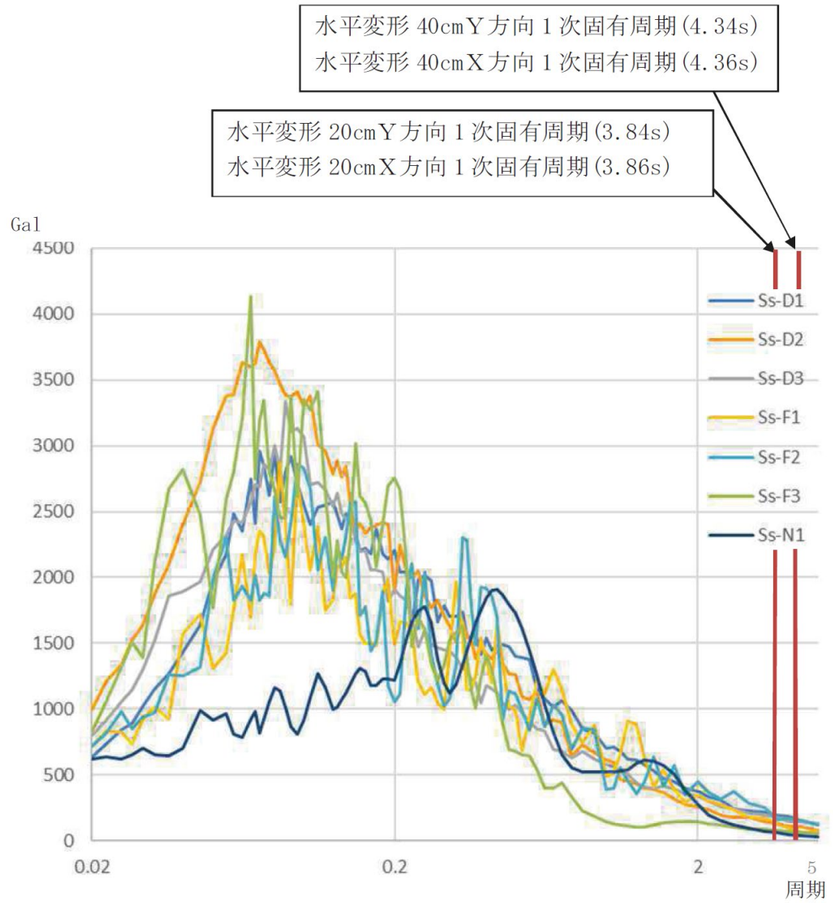
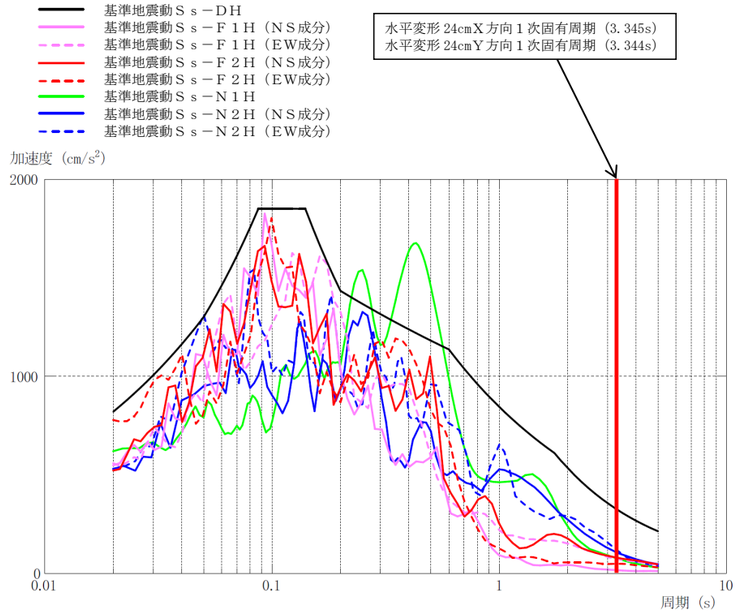
・地震応答解析モデルの相違
島根２号炉の免震重要棟は水平及び鉛直方向の応答を考慮するモデルで評価を実施しているため，鉛直方向の固有値解析結果を記載
</td>
</tr>
</table>

女川原子力発電所　２号炉（2020.2.7 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
(4) 検討用地震動 検討用の地震動は基準地震動 Ss-D1，基準地震動 Ss-D2，基準地震動 Ss-D3，基準地震動 Ss-F1，基準地震動 Ss-F2，基準地震動 Ss-F3 及び基準地震動 Ss-N1 の７波とする。	(4) 検討用地震動 検討用の地震動は，基準地震動Ｓｓ－Ｄ，基準地震動Ｓｓ－Ｆ１，基準地震動Ｓｓ－Ｆ２，基準地震動Ｓｓ－Ｎ１及び基準地震動Ｓｓ－Ｎ２のうち，免震重要棟の地盤ばね，免震装置，上部構造の連成系水平方向１次固有周期（免震層の水平変形 d＝24cm（γ＝100%））における加速度応答スペクトルが最も大きい基準地震動Ｓｓ－Ｄとする。基準地震動Ｓｓの解放基盤表面における加速度応答スペクトル（水平方向）を第９図に示す。	・検討用地震動の相違 島根２号炉は基準地震動５波のうち，建物の１次固有周期における加速度応答スペクトルが最も大きい基準地震動Ｓｓ－Ｄを採用
事務建屋基礎下岩盤と解放基盤下岩盤は同等の岩盤であることから，解放基盤表面における加速度応答スペクトルを採用する。事務建屋配置図及び地質断面比較図を第 49 図に示す。基準地震動 Ss7 波の解放基盤表面における加速度応答スペクトルを第 50 図に示す。また，減衰定数は鉄骨造建屋のため２％を採用する。	免震重要棟の地震応答解析モデルへの入力地震動は，成層地盤モデルを用いた一次元波動論による解析によって求める。	・入力地震動の評価方法の相違 島根２号炉の免震重要棟は成層地盤モデルを用いた一次元波動論によって入力地震動を評価





第 49 図　事務建屋配置図及び地質断面比較図

女川原子力発電所　２号炉（2020.2.7 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
 第 50 図　基準地震動　Ss7 波　加速度応答スペクトル（h=0.02）	 第 9 図　基準地震動Ｓｓの加速度応答スペクトル（水平方向，ｈ＝0.05）	・構造の違いに伴う減衰定数の相違 島根２号炉の免震重要棟は鉄骨鉄筋コンクリート造であるため，減衰定数５％を採用

女川原子力発電所　２号炉（2020.2.7 版）

(5) 地震応答解析結果

地震応答解析結果を第 76～82 表に示す。

第 76 表　地震応答解析結果一覧表（基準地震動 Ss-D1）

○ 上部層間変形角

階数	X方向		Y方向	
	剛性最大	剛性最小	剛性最大	剛性最小
8F	1/704	1/890	1/819	1/997
7F	1/464	1/588	1/526	1/636
6F	1/360	1/485	1/401	1/530
5F	1/319	1/437	1/353	1/487
4F	1/306	1/422	1/332	1/460
3F	1/300	1/417	1/335	1/468
2F	1/319	1/447	1/356	1/500
1F	1/418	1/567	1/471	1/645

（注）：下線は各方向の最大層間変形角

○ 免震層せん断ひずみ

方向	X方向		Y方向	
	剛性最大	剛性最小	剛性最大	剛性最小
免震層せん断ひずみ	109.74%	146.67%	107.69%	147.18%

島根原子力発電所　２号炉

(5) 解析ケース

免震装置の特性のばらつきを考慮した全解析ケースを第 22 表に示す。

第 22 表　解析ケース

ケース	基準地震動	入力方向			免震装置の特性のばらつき
		X	Y	Z	
Ｓｓ－Ｄ（Ｘ）	Ｓｓ－Ｄ	H※1	－	V※2	標準特性時
					剛性最大
					剛性最小
Ｓｓ－Ｄ（Ｙ）		－	H※1	V※2	標準特性時
					剛性最大
					剛性最小

※1：基準地震動Ｓｓ－Ｄによる水平方向の入力地震動

※2：基準地震動Ｓｓ－Ｄによる鉛直方向の入力地震動

(6) 地震応答解析結果

各解析ケースにおける上部構造層間変形角を第 23 表及び第 24 表に，免震装置せん断ひずみを第 25 表に示す。

第 23 表　上部構造層間変形角（Ｘ方向）

ケース	階数	標準特性時	剛性最大	剛性最小
Ｓｓ－Ｄ（Ｘ）	３階	1/22838	1/25830	1/23904
	２階	1/15969	1/17391	1/17194
	１階	1/15459	1/16031	1/17000

（注）：下線はＸ方向の最大層間変形角

第 24 表　上部構造層間変形角（Ｙ方向）

ケース	階数	標準特性時	剛性最大	剛性最小
Ｓｓ－Ｄ（Ｙ）	３階	1/35235	1/37400	1/39326
	２階	1/23969	1/24366	1/27203
	１階	1/21898	1/21729	1/24496

（注）：下線はＹ方向の最大層間変形角

第 25 表　免震装置せん断ひずみ

ケース	標準特性時	特性変動時	
		剛性最大	剛性最小
Ｓｓ－Ｄ（Ｘ）	131.67%	109.59%	168.34%
Ｓｓ－Ｄ（Ｙ）	131.67%	109.59%	168.34%

（注）：下線は標準特性時，特性変動時それぞれの最大せん断ひずみ

備考

・解析ケースの相違

島根２号炉の免震重要棟は入力方向及び免震装置の特性のばらつきを考慮しているため，解析ケースを一覧表で記載

・検討用地震動の相違

島根２号炉は基準地震動５波のうち，建物の１次固有周期における加速度応答スペクトルが最も大きい基準地震動Ｓｓ－Ｄを採用

女川原子力発電所　２号炉（2020.2.7 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考

第 77 表　地震応答解析結果一覧表（基準地震動 Ss-D2）

○ 上部層間変形角

階数	X方向		Y方向	
	剛性最大	剛性最小	剛性最大	剛性最小
8F	1/919	1/1208	1/1036	1/1347
7F	1/622	1/824	1/712	1/890
6F	1/536	1/650	1/600	1/766
5F	1/474	1/588	1/518	1/671
4F	1/406	1/488	1/420	1/552
3F	1/407	1/461	1/421	1/532
2F	1/394	1/530	1/462	1/626
1F	1/465	1/647	1/542	1/763

（注）：下線は各方向の最大層間変形角

○ 免震層せん断ひずみ

方向	X方向		Y方向	
	剛性最大	剛性最小	剛性最大	剛性最小
免震層せん断ひずみ	58.97%	91.79%	61.54%	90.77%

・検討用地震動の相違
　島根２号炉は基準地震動５波のうち，建物の１次固有周期における加速度応答スペクトルが最も大きい基準地震動Ｓｓ－Ｄを採用

第 78 表　地震応答解析結果一覧表（基準地震動 Ss-D3）

○ 上部層間変形角

階数	X方向		Y方向	
	剛性最大	剛性最小	剛性最大	剛性最小
8F	1/824	1/1282	1/952	1/1508
7F	1/526	1/849	1/601	1/989
6F	1/414	1/702	1/482	1/787
5F	1/394	1/673	1/456	1/733
4F	1/404	1/581	1/449	1/628
3F	1/402	1/515	1/442	1/571
2F	1/409	1/518	1/473	1/582
1F	1/524	1/630	1/585	1/711

（注）：下線は各方向の最大層間変形角

○ 免震層せん断ひずみ

方向	X方向		Y方向	
	剛性最大	剛性最小	剛性最大	剛性最小
免震層せん断ひずみ	72.82%	106.67%	74.36%	107.69%

・検討用地震動の相違
　島根２号炉は基準地震動５波のうち，建物の１次固有周期における加速度応答スペクトルが最も大きい基準地震動Ｓｓ－Ｄを採用

女川原子力発電所　２号炉（2020.2.7 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考

第 79 表　地震応答解析結果一覧表（基準地震動 Ss-F1）

○ 上部層間変形角

階数	X 方向		Y 方向	
	剛性最大	剛性最小	剛性最大	剛性最小
8F	1/806	1/1051	1/890	1/1144
7F	1/514	1/674	1/554	1/720
6F	1/402	1/527	1/442	1/567
5F	1/343	1/488	1/382	1/517
4F	1/317	1/476	1/343	1/508
3F	1/312	1/458	1/339	1/511
2F	1/364	1/531	1/388	1/576
1F	1/473	1/694	1/539	1/764

（注）：下線は各方向の最大層間変形角

○ 免震層せん断ひずみ

方向	X 方向		Y 方向	
	剛性最大	剛性最小	剛性最大	剛性最小
免震層せん断ひずみ	70.77%	81.03%	70.26%	77.44%

・検討用地震動の相違
　島根２号炉は基準地震動５波のうち，建物の１次固有周期における加速度応答スペクトルが最も大きい基準地震動Ｓｓ－Ｄを採用

第 80 表　地震応答解析結果一覧表（基準地震動 Ss-F2）

○ 上部層間変形角

階数	X 方向		Y 方向	
	剛性最大	剛性最小	剛性最大	剛性最小
8F	1/667	1/954	1/710	1/1174
7F	1/438	1/614	1/460	1/747
6F	1/364	1/483	1/387	1/595
5F	1/346	1/445	1/370	1/546
4F	1/320	1/428	1/339	1/513
3F	1/301	1/428	1/324	1/487
2F	1/317	1/450	1/346	1/489
1F	1/391	1/534	1/440	1/598

（注）：下線は各方向の最大層間変形角

○ 免震層せん断ひずみ

方向	X 方向		Y 方向	
	剛性最大	剛性最小	剛性最大	剛性最小
免震層せん断ひずみ	120.00%	137.44%	122.56%	136.41%

・検討用地震動の相違
　島根２号炉は基準地震動５波のうち，建物の１次固有周期における加速度応答スペクトルが最も大きい基準地震動Ｓｓ－Ｄを採用

女川原子力発電所　２号炉（2020.2.7 版）	島根原子力発電所　２号炉	備考

第 81 表　地震応答解析結果一覧表（基準地震動 Ss-F3）

○ 上部層間変形角

階数	X 方向		Y 方向	
	剛性最大	剛性最小	剛性最大	剛性最小
8F	1/791	1/1221	1/878	1/1374
7F	1/546	1/831	1/594	1/913
6F	1/487	1/732	1/535	1/807
5F	1/525	1/802	1/575	1/871
4F	1/548	1/897	1/586	1/931
3F	1/572	1/769	1/600	1/807
2F	1/561	1/814	1/664	1/888
1F	1/643	1/1026	1/738	1/1187

（注）：下線は各方向の最大層間変形角

○ 免震層せん断ひずみ

方向	X 方向		Y 方向	
	剛性最大	剛性最小	剛性最大	剛性最小
免震層せん断ひずみ	26.67%	29.23%	26.15%	29.74%

・検討用地震動の相違
　島根２号炉は基準地震動５波のうち，建物の１次固有周期における加速度応答スペクトルが最も大きい基準地震動Ｓｓ－Ｄを採用

第 82 表　地震応答解析結果一覧表（基準地震動 Ss-N1）

○ 上部層間変形角

階数	X 方向		Y 方向	
	剛性最大	剛性最小	剛性最大	剛性最小
8F	1/710	1/1102	1/844	1/1247
7F	1/463	1/704	1/542	1/779
6F	1/380	1/556	1/450	1/620
5F	1/380	1/527	1/435	1/582
4F	1/379	1/528	1/407	1/574
3F	1/366	1/534	1/401	1/588
2F	1/369	1/503	1/433	1/588
1F	1/422	1/587	1/496	1/691

（注）：下線は各方向の最大層間変形角

○ 免震層せん断ひずみ

方向	X 方向		Y 方向	
	剛性最大	剛性最小	剛性最大	剛性最小
免震層せん断ひずみ	79.49%	97.44%	81.54%	98.97%

・検討用地震動の相違
　島根２号炉は基準地震動５波のうち，建物の１次固有周期における加速度応答スペクトルが最も大きい基準地震動Ｓｓ－Ｄを採用

女川原子力発電所　２号炉（2020.2.7 版）

５．まとめ

地震応答解析により評価された結果の最大応答値を第 83 表に示す。

アクセスルートへの影響の観点からは，以下のように評価する。

「震災建築物の被災度区分判定基準及び復旧技術指針」（(一財) 日本建築防災協会）において，鉄骨構造物（ラーメン構造）が被災度区分「大破」と判定される残留変形角の目安となる値は 1/30 である。今回の解析結果による最大層間変形角は，上記の指針に基づく評価基準値である残留変形角 1/30 を大幅に下回っており，建屋は倒壊しない。以上のことから，アクセスルートへの影響はないことを確認した。

第 83 表　最大応答値一覧

○ Ｘ方向

部位	項目	最大応答値	評価基準値
上部構造	最大層間変形角	1/300 （Ss-D1，3F，剛性最大）	1/30
免震層	せん断ひずみ	147% （Ss-D1，剛性最小）	250%

○ Ｙ方向

部位	項目	最大応答値	評価基準値
上部構造	最大層間変形角	1/324 （Ss-F2，3F，剛性最大）	1/30
免震層	せん断ひずみ	147% （Ss-D1，剛性最小）	250%

島根原子力発電所　２号炉

5. まとめ

地震応答解析により評価された結果の最大応答値を第 26 表に示す。

保管場所への影響の観点からは，以下のように評価する。

「鉄筋コンクリート造建物の耐震性能評価指針（案）・同解説」（(社) 日本建築学会）において，安全限界状態とされる層間変形角は 1/75 である。今回の解析結果による最大層間変形角は，この 1/75 を大幅に下回っている。

また，「免震構造の試評価例及び試設計例」（(独) JNES，2014）において免震装置の設計目標値であるせん断ひずみは 166%（免震装置標準特性時）及び 250%（免震装置の特性変動時）である。今回の解析結果による免震装置の最大せん断ひずみはこの値を下回っている。

以上のことから，建物は倒壊せず，保管場所への影響はないことを確認した。

第 26 表　最大応答値一覧

部位	項目	最大応答値	評価基準値
上部構造	最大層間変形角 （Ｘ方向）	1/15459 （Ｓｓ－Ｄ（Ｘ），１階， 標準特性時）	1/75
	最大層間変形角 （Ｙ方向）	1/21729 （Ｓｓ－Ｄ（Ｙ），１階， 剛性最大）	
免震装置	せん断ひずみ （標準特性時）	132% （Ｓｓ－Ｄ（Ｘ））	166%
	せん断ひずみ （特性変動時）	169% （Ｓｓ－Ｄ（Ｘ）， 剛性最小）	250%

備考

・上部構造の評価基準値の相違

島根２号炉の免震重要棟は鉄骨鉄筋コンクリートであるため，「鉄筋コンクリート造建物の耐震性能評価指針（案）・同解説」に基づく基準値を設定

・免震装置の評価基準値の相違

島根２号炉の免震重要棟は免震装置が標準特性時のケースも実施しているため，標準特性時における評価基準値を設定

女川原子力発電所　２号炉（2020.2.7版）	島根原子力発電所　２号炉	備考
	別添２ １号炉原子炉建物　外装材　基準地震動Ｓｓに対する耐震性能評価検討 *省略*	「別添２　１号炉原子炉建物　外装材　基準地震動Ｓｓに対する耐震性能評価検討」は東海第二との比較を行うため省略