

島根原子力発電所第2号機 審査資料	
資料番号	NS2-補-027-10-39 改 01
提出年月日	2022年9月29日

原子炉本体の基礎の耐震計算に関する補足説明資料

2022年9月

中国電力株式会社

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

目 次

1. 概要	1
2. 耐震評価方法	1
2.1 解析モデルの見直し	1
2.2 RPV ペDESTALが負担する荷重の見直し	6
2.3 温度荷重の扱い	11
2.4 解析モデルに加わる荷重のイメージ	12
3. 耐震重要度分類	15

1. 概要

本資料は、VI-1-2-1「原子炉本体の基礎に関する説明書」における耐震評価方法及び適用する耐震重要度分類について説明する資料である。

2. 耐震評価方法

2.1 解析モデルの見直し

原子炉本体の基礎（以下「RPV ペDESTAL」という。）の応力評価に適用する解析モデルの見直し内容を以下に示す。

(1) 既工認における取り扱い

既工認において、RPV ペDESTALの3次元FEMによる解析モデルでは、計算の簡略化のため、RPV ペDESTALのうち1/4の範囲をシェル要素としてモデル化して円筒部の応力度を算出しており、開口部については個別に計算式を用いた評価を行っていた。既工認における解析モデル及び応力評価位置を図2.1-1に示す。

(2) 今回工認における取り扱い

今回工認において、RPV ペDESTALの3次元FEMによる解析モデルでは、開口部の応力評価を精緻に行うため、RPV ペDESTALの解析モデルに開口部をモデル化する。また、開口部はRPV ペDESTALに非対称に配置されているため、RPV ペDESTALの全範囲をシェル要素としてモデル化する。ここで、開口部は応力評価上影響の大きい開口部のみを考慮することとし、開口率（＝開口断面積／全断面積）が10%以上である開口部をモデル化する。今回工認における解析モデル及び応力評価位置を図2.1-2(1)及び図2.1-2(2)に示す。なお、図2.1-3に示すとおり、RPV ペDESTALではたてリブの位置に開口部が設けられているが、解析モデルでは、たてリブ周りの鋼板をたてリブと等価に考えることで、他の位置のたてリブと同様にモデル化している。

解析概要を表2.1-1に示す。

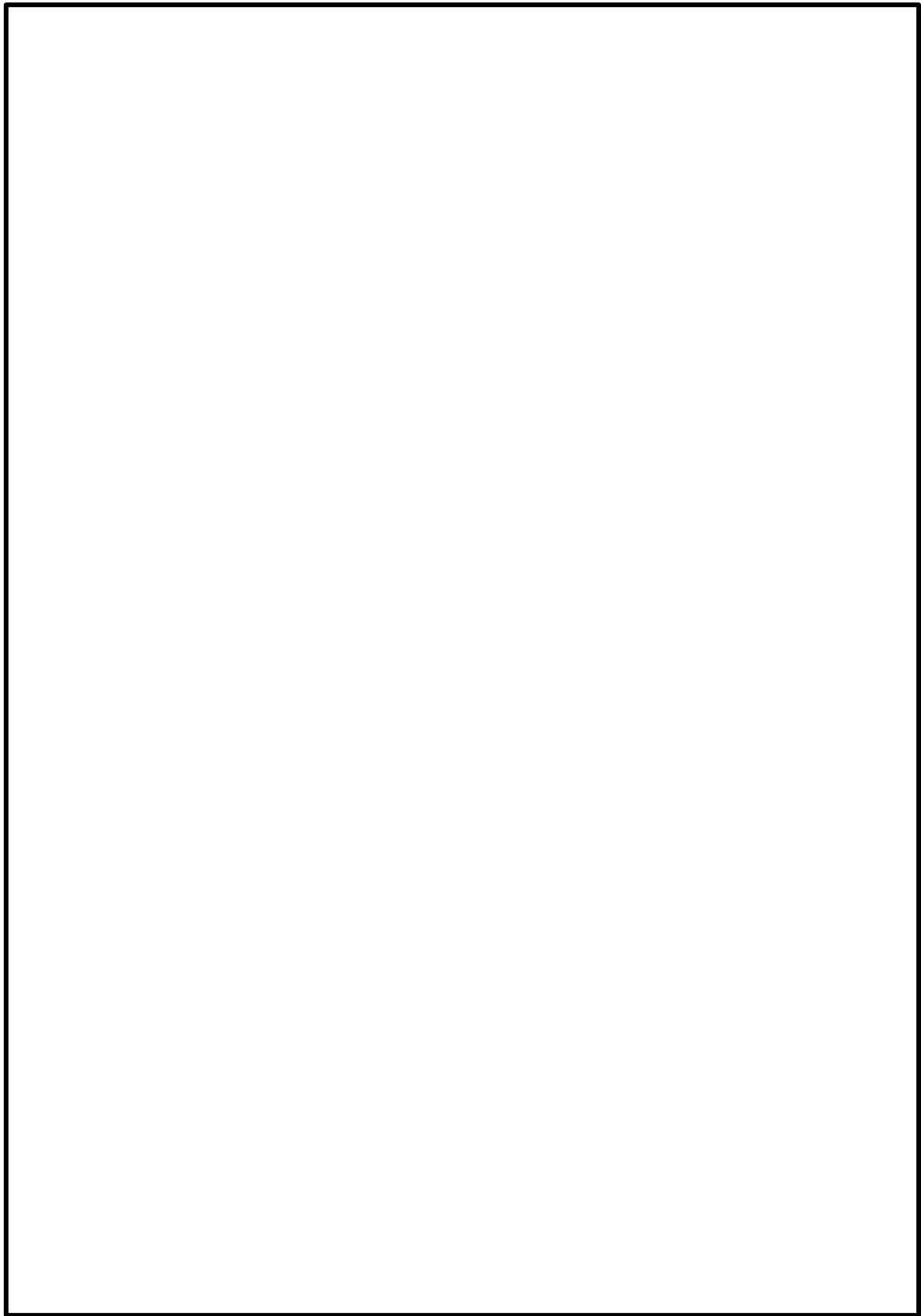


図 2.1-1 RPV ペデスタル解析モデル及び応力評価位置 (既工認)

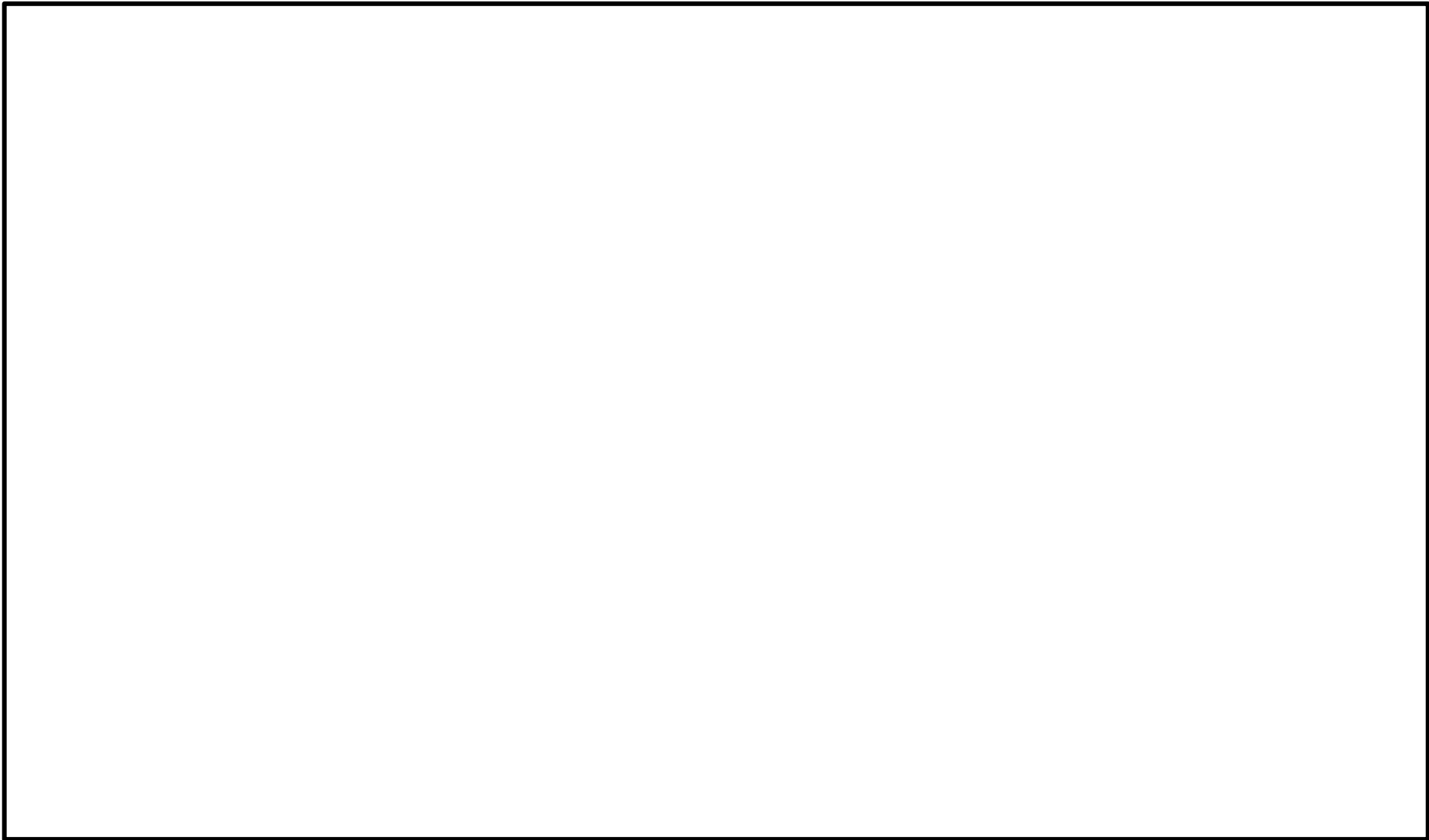
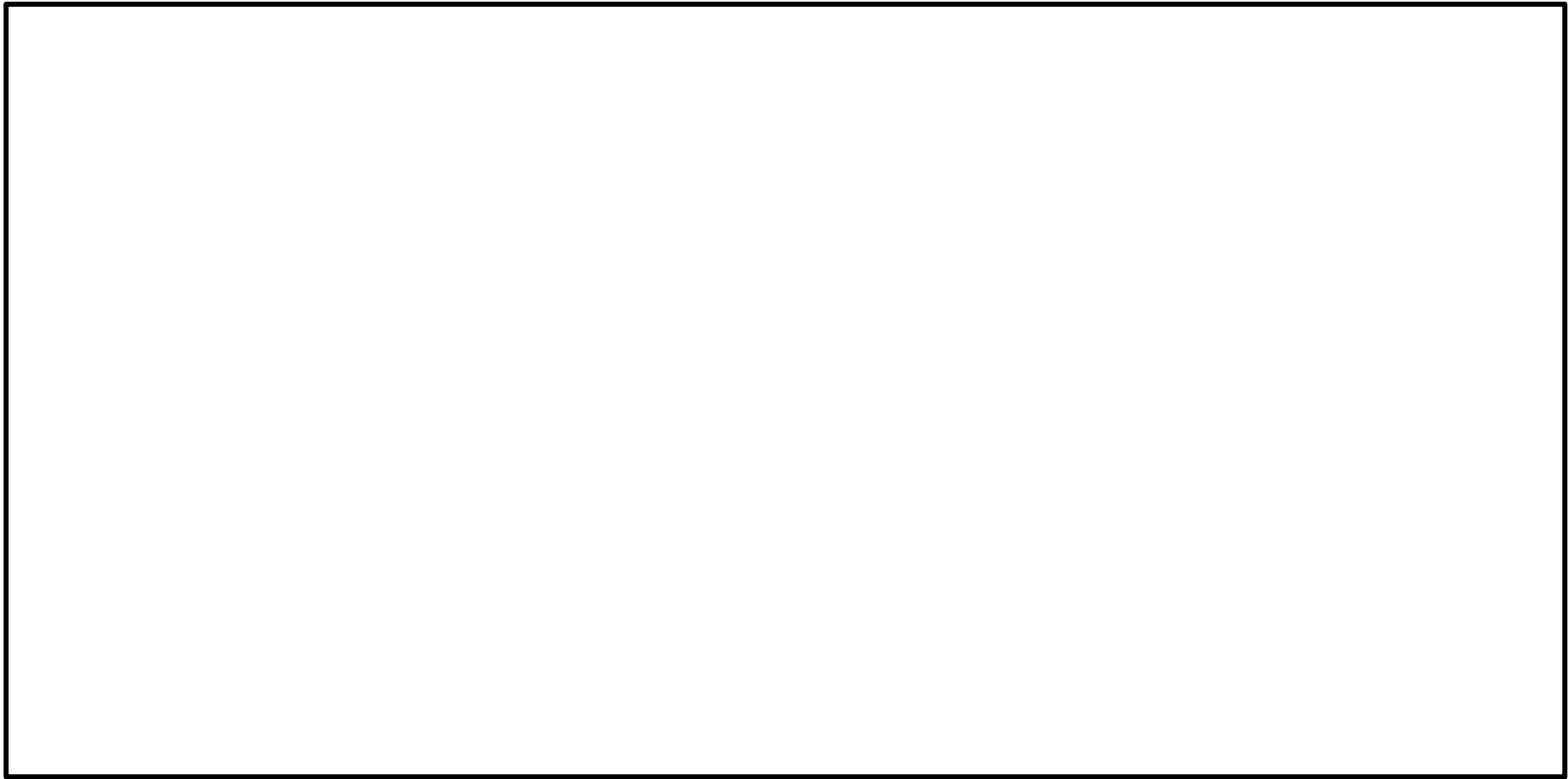


図 2. 1-2(1) RPV ペDESTAL 解析モデル (今回工認)



■ : 応力評価位置

注 : 設計基準対象施設としての評価における例を示す。

図 2.1-2(2) RPV ペDESTALの応力評価位置 (今回工認)

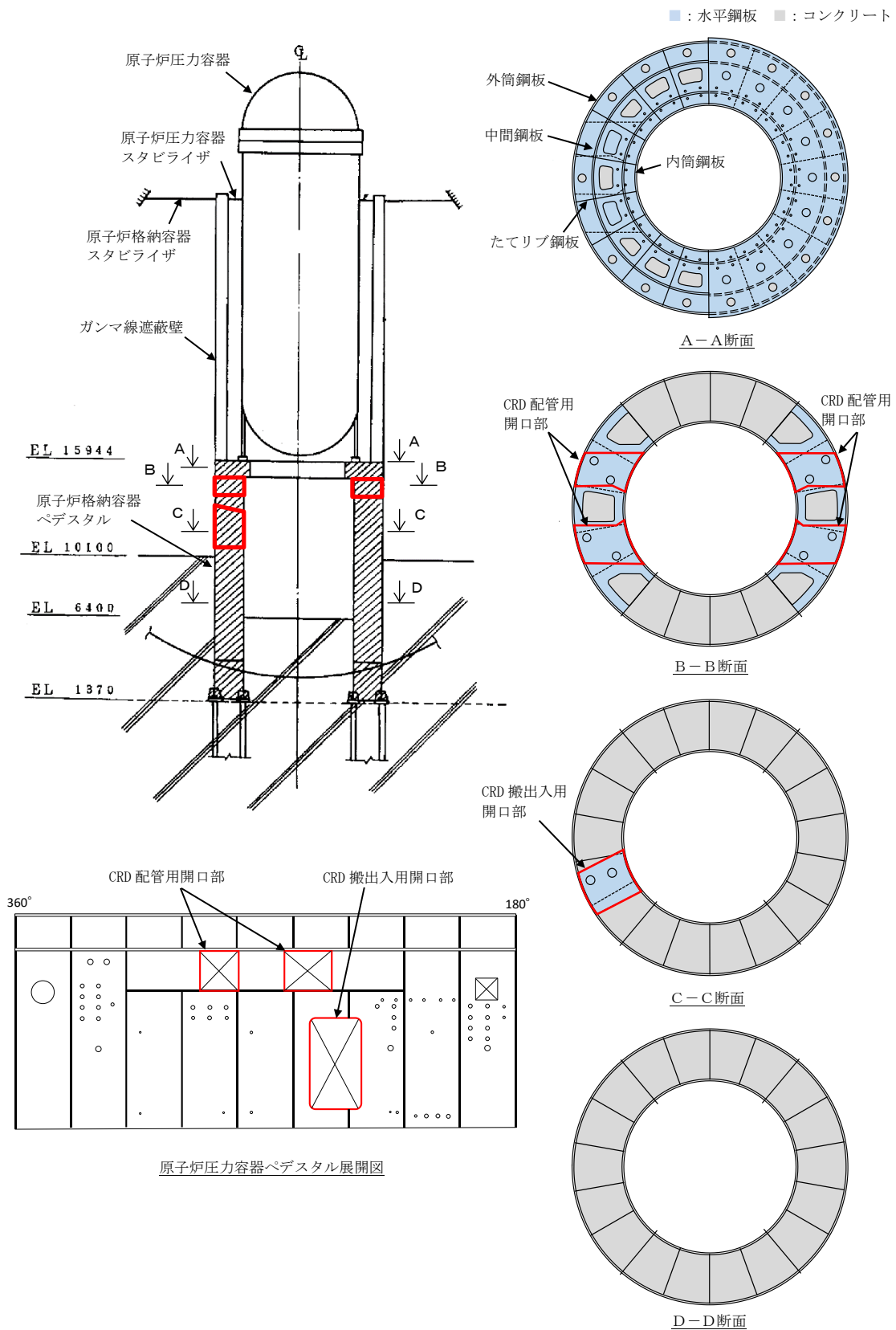


図 2.1-3 RPV ペDESTAL構造図

表 2.1-1 今回工認における解析概要 (RPV ペデスタル)

項目	内容
解析コード	MSC NASTRAN (Ver. 2103)
要素数	5384
節点数	4750

2.2 RPV ペデスタルが負担する荷重の見直し

地震時に RPV ペデスタルが負担する荷重について、考え方を見直す内容を以下に示す。既工認及び今回工認における RPV ペデスタルが負担する荷重の考え方の比較を表 2.2-1 に示す。

(1) 既工認における取り扱い

ドライウエルコンクリートに働く水平地震荷重は全て RPV ペデスタルが負担すると想定し、ドライウエルコンクリートの質量×水平震度により得られるせん断荷重を RPV ペデスタル外筒に負荷していた。既工認における、RPV ペデスタルが負担する荷重のイメージを図 2.2-1 に示す。

(2) 今回工認における取り扱い

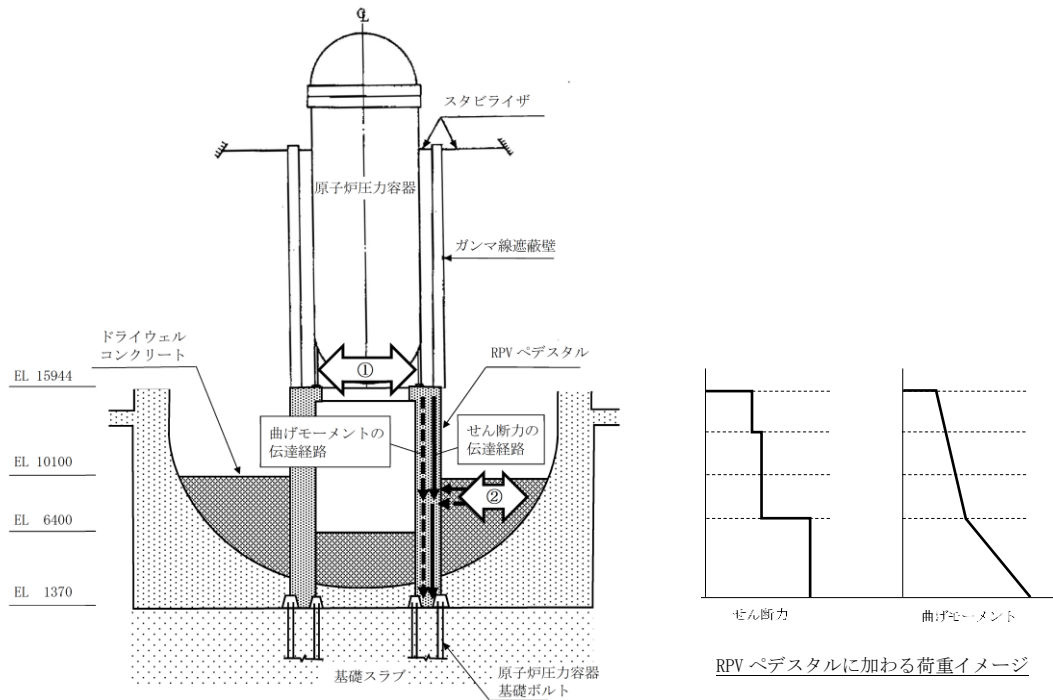
RPV ペデスタルが負担する水平方向荷重について、既工認における想定を現実的に見直す。具体的には、RPV ペデスタルの下部はドライウエルコンクリートに埋設されているため、RPV ペデスタル及びドライウエルコンクリートに加わる水平方向荷重は、ドライウエルコンクリートを介して基礎スラブへ伝達されるものと考えられることから、RPV ペデスタル下部にせん断力は加わらず、一定の曲げモーメントが作用するものとする。今回工認における、RPV ペデスタルが負担する水平方向荷重のイメージを図 2.2-2 に示す。なお、ドライウエル、ドライウエルコンクリート及びドライウエル下部コンクリートは図 2.2-3 の通り隙間なく設置されており、ドライウエル内部からの荷重は基礎スラブへ適切に伝達される。また、RPV ペデスタルにおいてコンクリートで埋設されている範囲の荷重を原子炉建物で負担する考え方は、女川 2 号機新規工認にて適用実績がある。

原子炉建物の耐震評価に用いる質点系モデルでは、既工認と同様に、原子炉格納容器内機器、ドライウエルコンクリート及びドライウエル下部コンクリートの質量を質点系モデルのうち DW 軸の質点に集約して設定している (図 2.2-4 参照)。また、原子炉格納容器内機器による地震荷重は原子炉建物の地震応答解析により DW 軸に加わるせん断力及び曲げモーメントとして得られ、基礎スラブの評価においては、これらの荷重がドライウエル外側壁より基礎スラブに作用するものとしている。以上の通り、原子炉建物の耐震評価においても、ドライウエルコンクリートによる水平方向荷重はドライウエル外側壁を介して基礎スラブに伝達されるものとして扱っており、今

回工認において RPV ペDESTAL で考慮する荷重伝達と同様の考え方で評価を行っている。

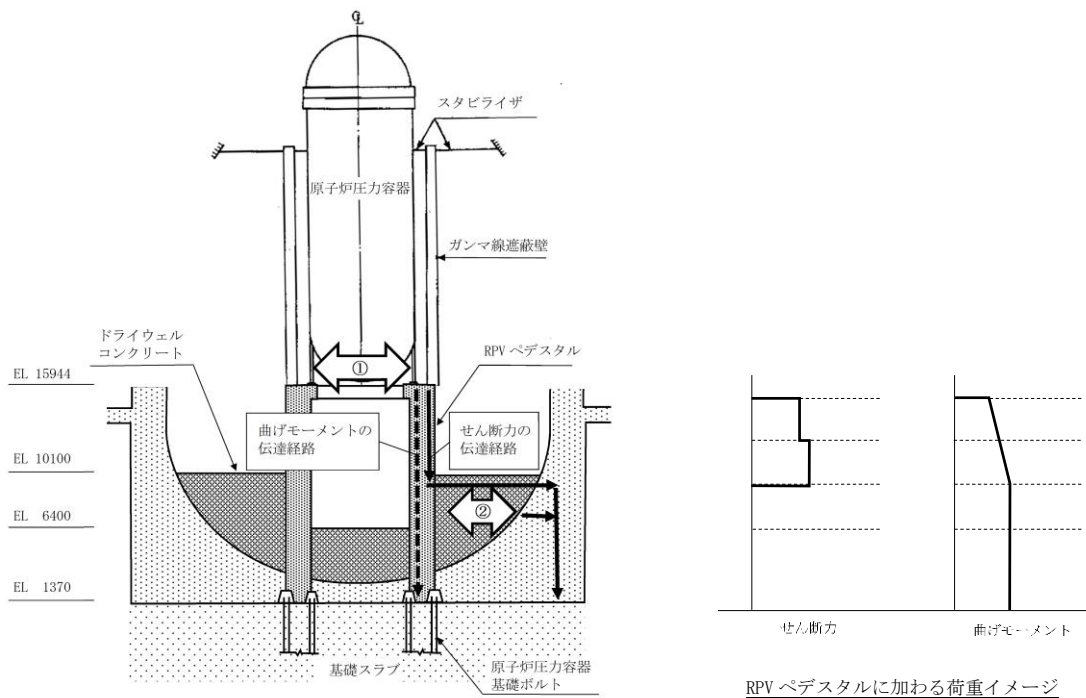
表 2.2-1 RPV ペDESTAL が負担する荷重の考え方

荷重	RPV ペDESTAL が負担する荷重 (下線：既工認と今回工認の相違点)	
	既工認 (図 2.2-1)	今回工認 (図 2.2-2)
原子炉压力容器等 (EL 10100 以上) による水平方向荷重	EL 10100～15944 : RPV ペDESTAL が負担 EL 1370～10100 : <u>RPV ペDESTAL が負担</u>	EL 10100～15944 : RPV ペDESTAL が負担 EL 1370～10100 : <u>曲げモーメントを RPV ペDESTAL が負担</u> <u>(せん断荷重がドライウェルコンクリート等を介して基礎スラブへ伝達される)</u>
ドライウェルコンクリート (EL 10100 未満) による水平方向荷重	EL 1370～10100 : <u>RPV ペDESTAL が負担</u>	EL 1370～10100 : RPV ペDESTAL は負担しない <u>(せん断荷重がドライウェル下部コンクリート等を介して基礎スラブへ伝達される)</u>



原子炉圧力容器等に加わる荷重 ① とドライウェルコンクリートに加わる荷重 ② によるせん断力及び曲げモーメントを全て RPV ベDESTAL が負担し、基礎スラブに伝達される。

図 2.2-1 RPV ベDESTAL が負担する水平方向荷重のイメージ (既工認)



原子炉圧力容器等に加わる荷重 ① によるせん断力は、ドライウェルコンクリートを介して基礎スラブに伝達される。ドライウェルコンクリートに加わる荷重 ② によるせん断力及び曲げモーメントは直接基礎スラブに伝達される。原子炉圧力容器等に加わる荷重 ① による曲げモーメントは RPV ベDESTAL が負担し、基礎スラブに伝達される。

図 2.2-2 RPV ベDESTAL が負担する水平方向荷重のイメージ (今回工認)

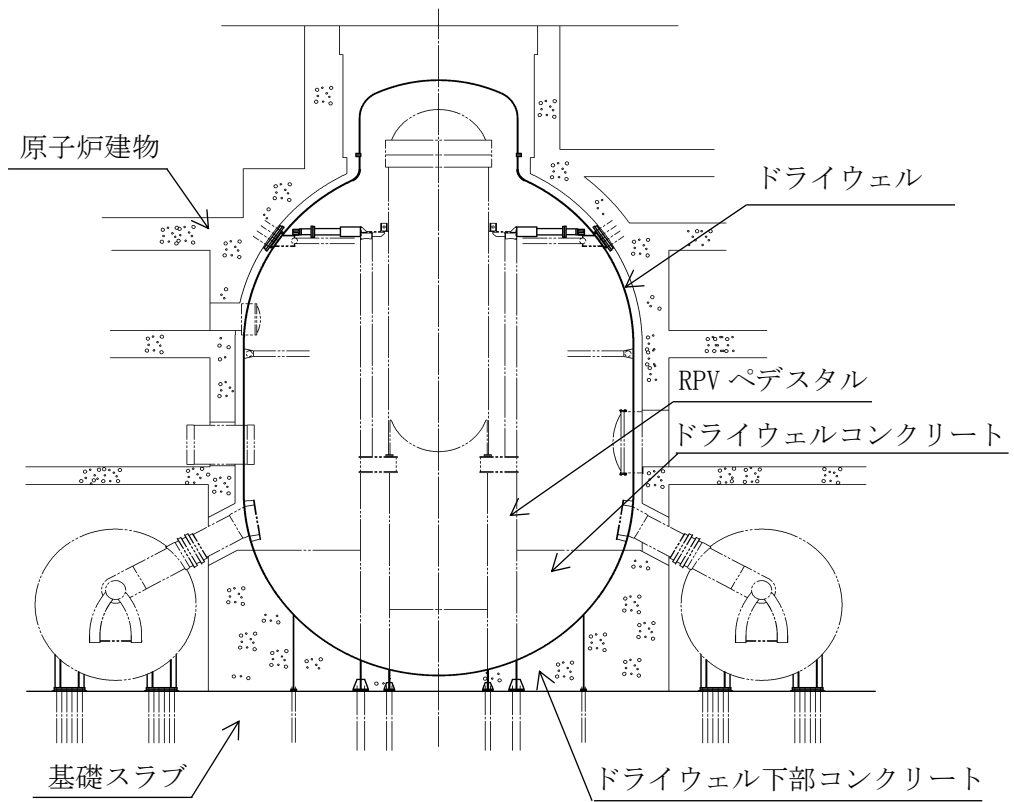
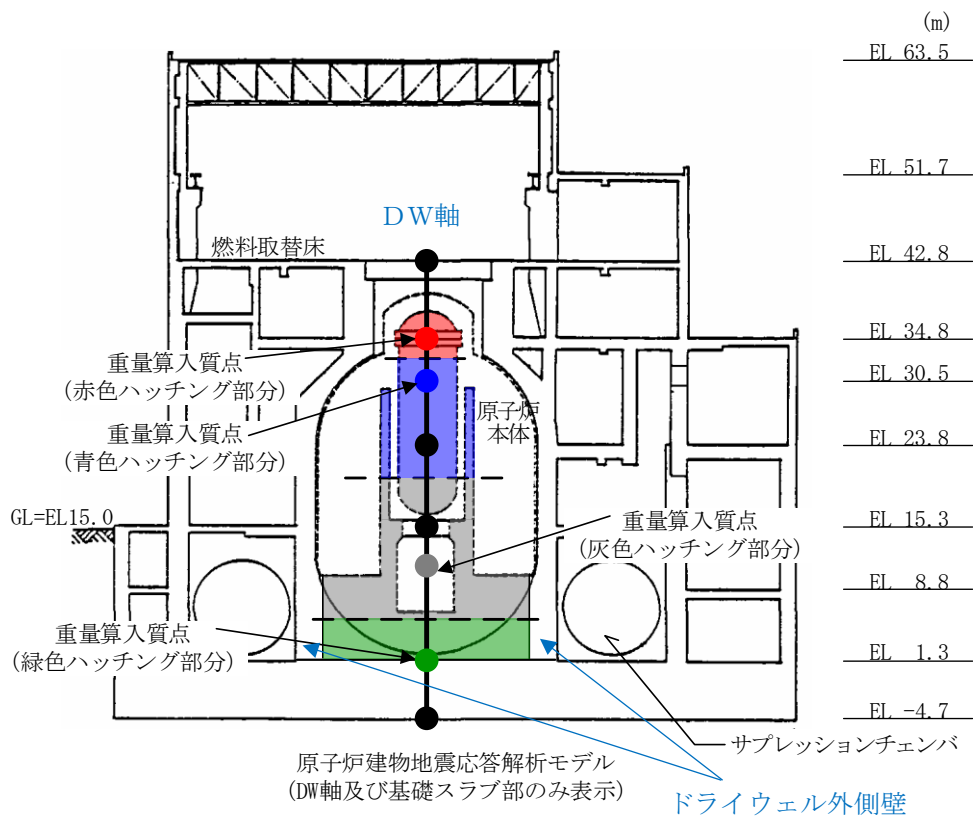
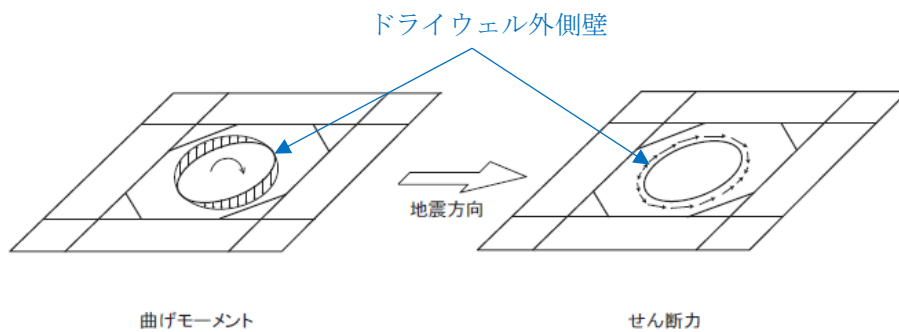


図 2.2-3 ドライウェル下部の構造概要



重量算入質点の考え方



基礎スラブが負担する荷重のイメージ

注：島根原子力発電所第2号炉審査資料「島根原子力発電所2号炉 地震による損傷の防止別紙-3 基礎スラブの応力解析モデルへの弾塑性解析の適用について」(EP-050改69 (令和3年9月6日))より抜粋，加筆

図 2.2-4 原子炉建物が負担するドライウェル内荷重の考え方

2.3 温度荷重の扱い

(1) 既工認における取り扱い

鋼構造設計基準の規定である「温度変化によって特に大きい応力を受ける構造物は、その影響を考慮する。」に基づき、温度荷重を考慮した耐震評価を行っている。RPV ペDESTALの耐震評価では、短期及び機能維持の評価として、許容応力状態Ⅳ_ASにおける一次応力の評価に相当する評価を行っているが、温度荷重により発生する応力はJ E A G 4 6 0 1における評価では二次応力に分類されるため、温度荷重の考慮は保守的な条件として設定するものである。

(2) 今回工認における取り扱い

a. 設計基準対象施設としての評価

既工認と同様に、RPV ペDESTALの耐震評価に温度荷重を考慮する。

b. 重大事故等対処設備としての評価

温度荷重による応力はJ E A G 4 6 0 1における評価では二次応力に分類されること、重大事故等時の温度上昇及び下降は1回生じるのみであり、繰返しを伴わない事象であるため疲労評価に対する影響は軽微であると考えられることから、RPV ペDESTALの耐震評価に温度荷重は考慮しない。

2.4 解析モデルに加わる荷重のイメージ

今回工認における RPV ペDESTALの解析モデルに加わる荷重のイメージを図 2.3-1～4 に示す。RPV ペDESTALの応力評価では、荷重の種類ごとに図 2.1-2 に示す解析モデルを用いて応力度を算出し、これらを足し合わせた結果に対する評価を行う。なお、既工認では水平方向及び鉛直方向の動的地震力の組合せに絶対値和法を適用していたが、今回工認では現実的な条件により評価を行うため、組合せ係数法を適用する。

なお、既工認では圧力荷重は軽微であることから考慮していないが、今回工認では重大事故等時の圧力が大きいことから、重大事故等時の耐震評価において圧力荷重を考慮している。圧力荷重以外の荷重入力方法について、今回工認と既工認の相違は無い。

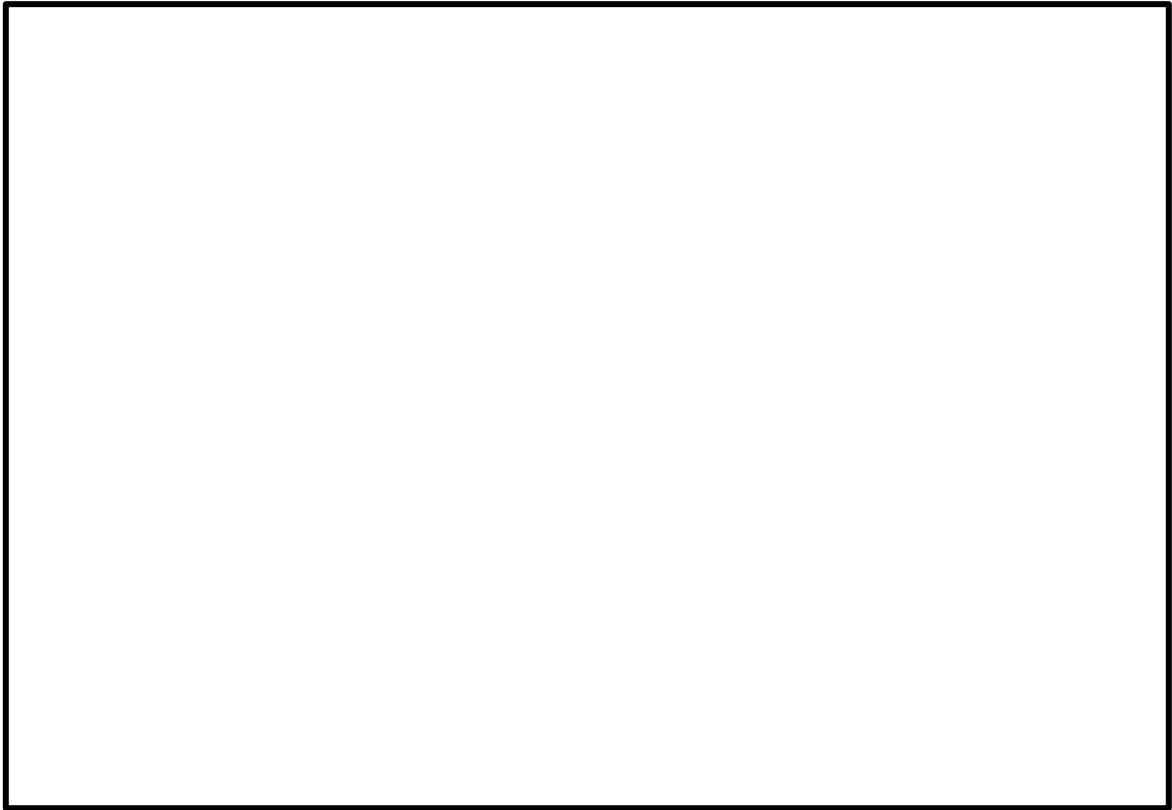


図 2.3-1 解析モデルに加わる荷重のイメージ (死荷重及び鉛直地震荷重)

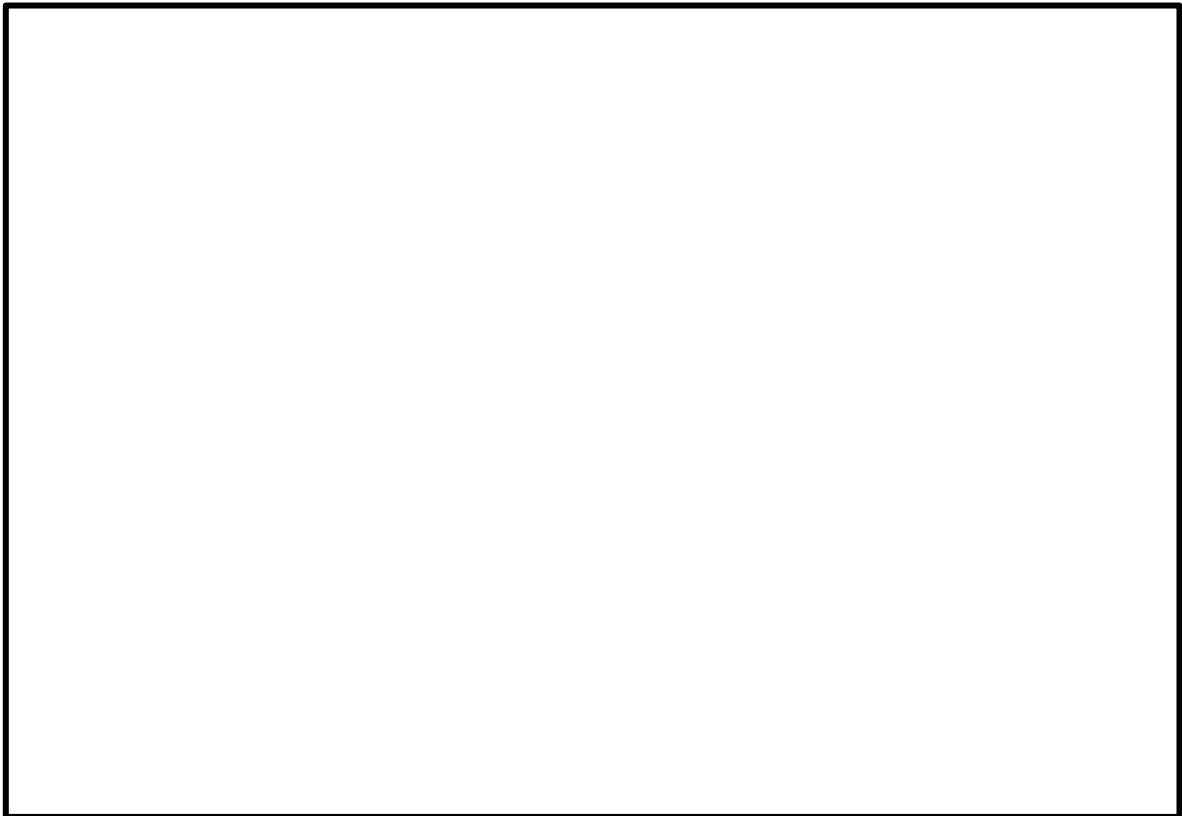


図 2.3-2 解析モデルに加わる荷重のイメージ (水平地震荷重)

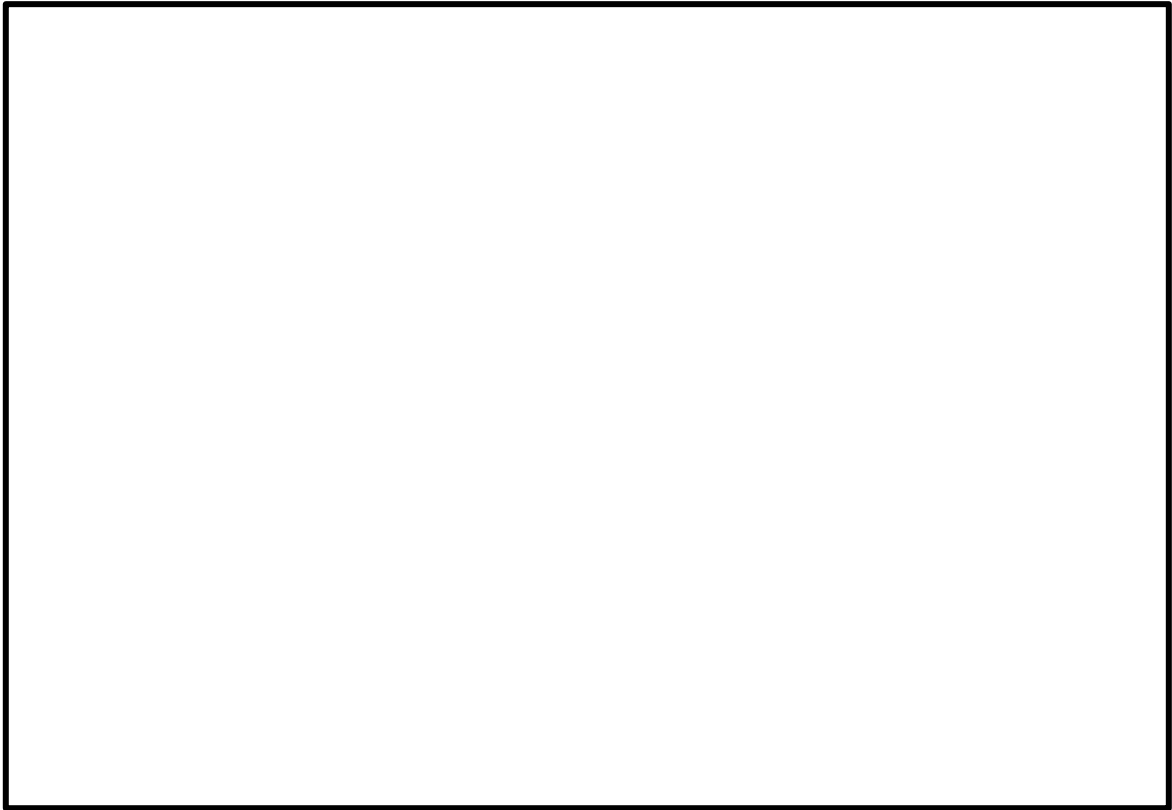


図 2.3-3 解析モデルに加わる荷重のイメージ (圧力荷重)

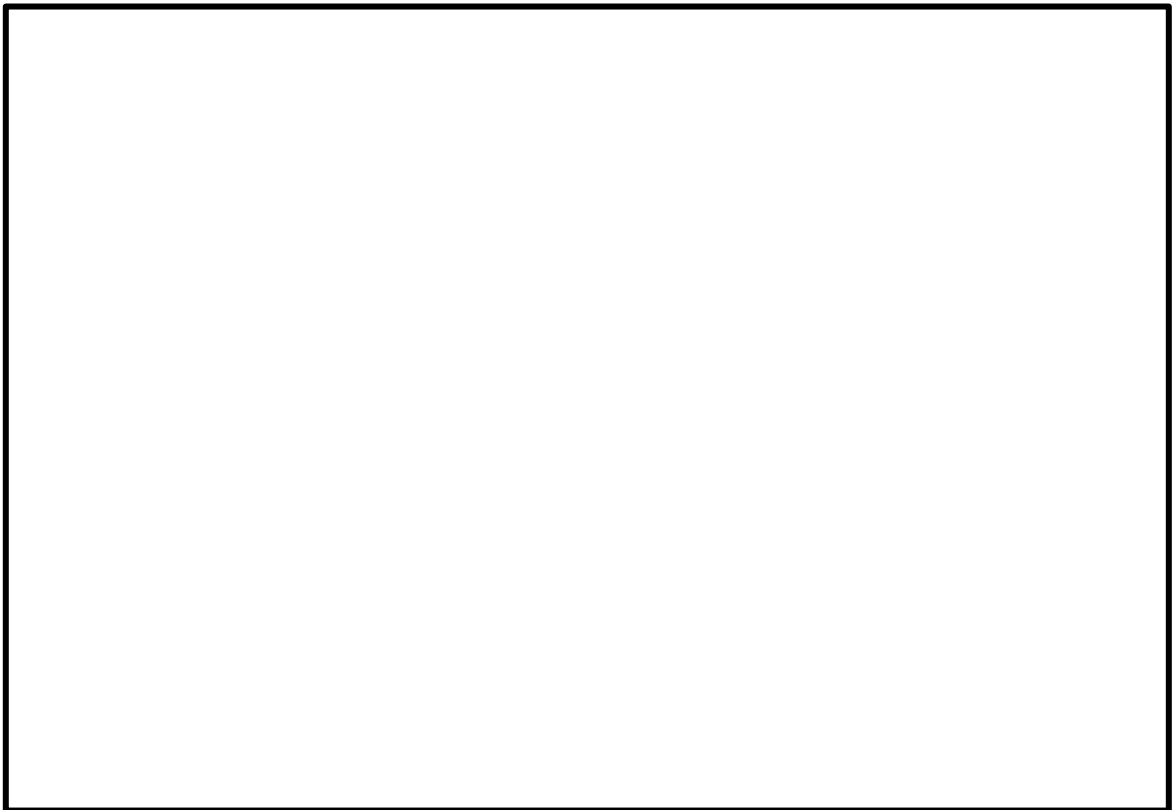


図 2.3-4 解析モデルに加わる荷重のイメージ (温度荷重)

3. 耐震重要度分類

(1) 既工認における取り扱い

RPV ペデスタルは原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編（J E A G 4 6 0 1 ・補-1984）の分類例において、原子炉圧力容器等の間接支持構造物と分類されており、既工認においても間接支持構造物として取り扱っている。

原子炉本体の基礎は、基準地震動 S_2 による地震力の作用時に原子炉圧力容器等を間接的に支持する機能の維持を確認するため、また、支持する設備が原子炉圧力容器等の As^* であることから、既工認において As^* と同等の評価を実施している。

注記*：今回工認では、 As は S クラスと読み替える。

(2) 今回工認における取り扱い

今回工認においても、既工認における整理を踏襲し、間接支持構造物として分類するが、評価としては S クラスと同等の評価を実施することとし、VI-1-2-1「原子炉本体の基礎に関する説明書」の耐震計算上は、「S クラス相当」と記載することとする。