

女川原子力発電所2号炉 原子炉本体の基礎(RPVペデスタル) の復元力特性について

設計基準対象施設について（第4条 地震による損傷の防止）

平成30年6月28日

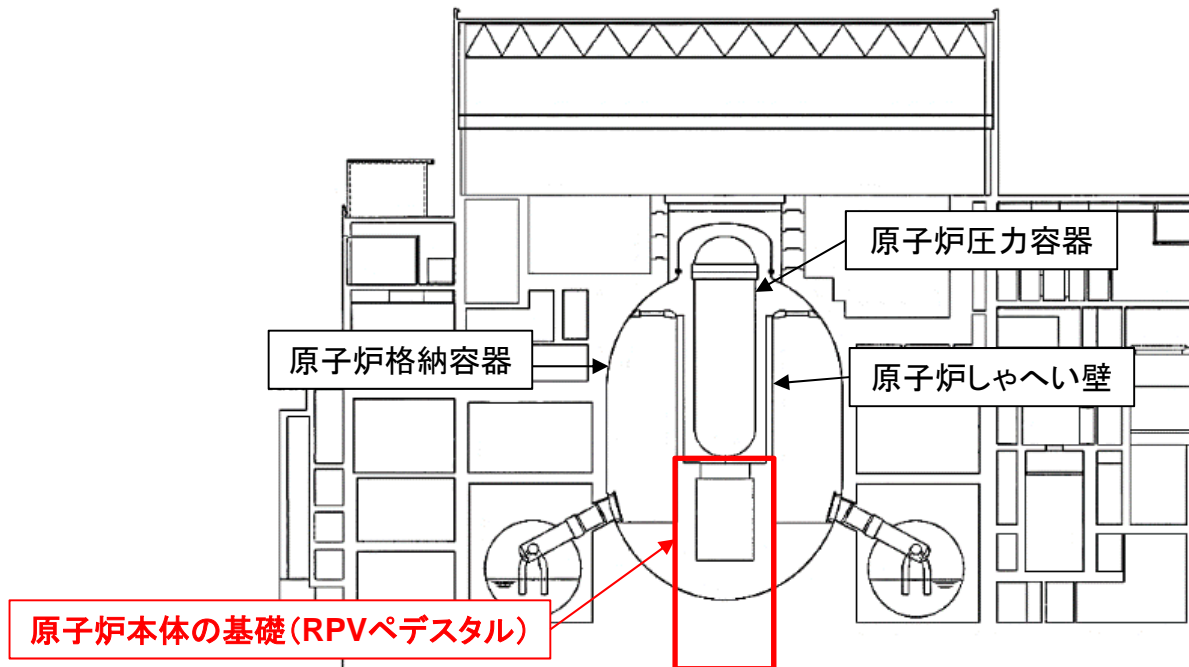
東北電力株式会社

目次

1. はじめに
2. RPVペDESTALの設計概要
 - 2.1 RPVペDESTALの構造
 - 2.2 RPVペDESTALの設計の流れ
 - 2.3 先行機との構造の差異
 - 2.4 今回工認の変更点
3. 詳細化の目的と効果
4. 今回工認の検討範囲
5. RPVペDESTALの復元力特性の設定フロー
 - 5.1 復元力特性評価式の設定方針
 - 5.2 RPVペDESTALの構造特徴を踏まえた考慮事項の検討
 - 5.3 復元力特性評価式の設定
 - 5.4 復元力特性評価式の妥当性確認
 - 5.5 女川2号炉RPVペDESTALの復元力特性の設定
6. まとめ
7. 今後の追加検討

1. はじめに

- 女川2号炉の原子炉本体の基礎(RPVペDESTAL)は、原子炉建屋との連成モデルを用いて地震応答解析を行っており、既工認においては、RPVペDESTALの地震応答が概ね線形領域に収まっていたことからRPVペDESTALの剛性を一定として線形解析を実施
- 今回工認においては、地震動レベルの増大により、RPVペDESTALの地震応答が線形領域を超えることから、コンクリートの剛性変化を考慮した復元力特性を設定し、非線形解析を実施
- 本資料では、女川2号炉の今回工認におけるRPVペDESTALの復元力特性の設定方法の考え方及びその妥当性について、実績のある手法や既往の知見、実機を模擬した加力試験の結果に基づき説明
- なお、本手法は東京電力ホールディングス(株)柏崎刈羽原子力発電所6, 7号炉にて実績があるため、柏崎刈羽6, 7号炉と女川2号炉のRPVペDESTALの構造を比較し、女川2号炉への適用性を検討

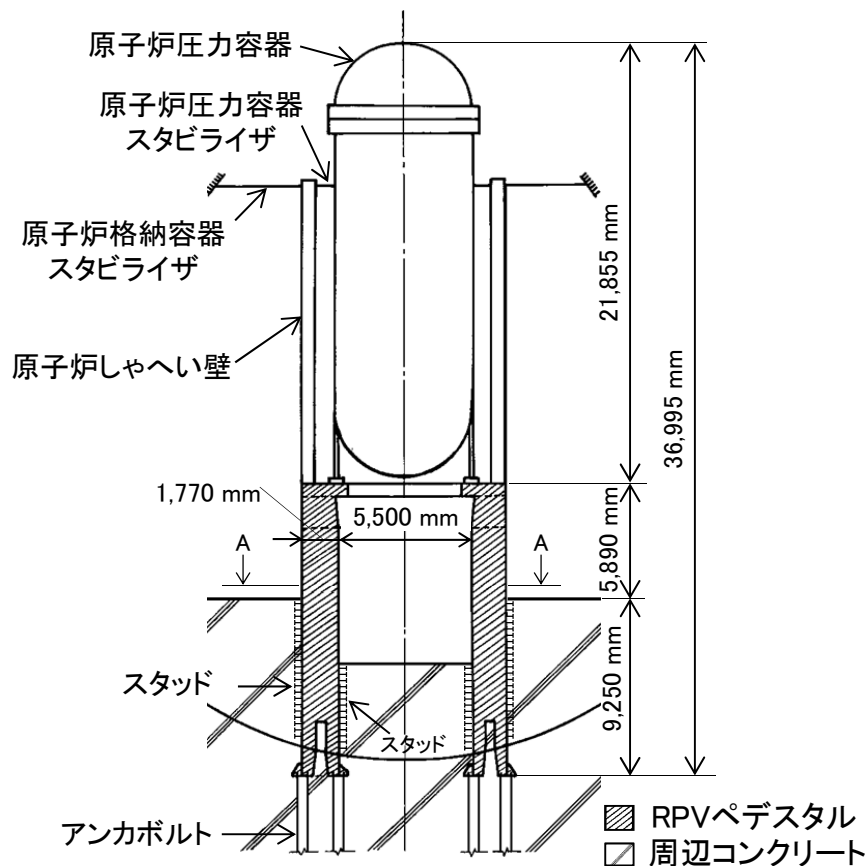


女川2号炉原子炉建屋断面図(EW方向)

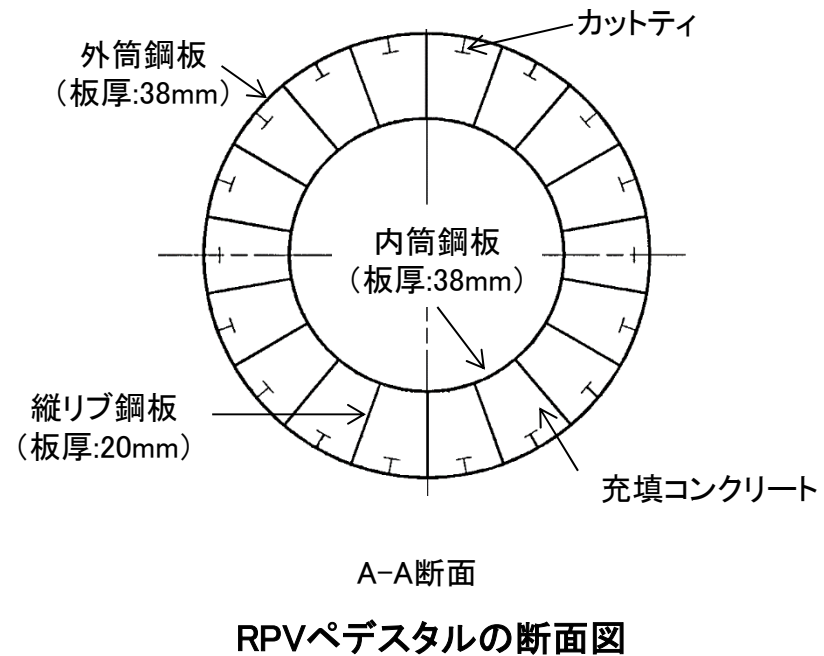
2. RPVペDESTALの設計概要

2.1 RPVペDESTALの構造

- RPVペDESTALは、原子炉圧力容器及び原子炉しゃへい壁を支持する**円筒状の構造物**
- **内筒鋼板、外筒鋼板及びそれらを一体化するための縦リブ鋼板等から構成され、内部には終局耐力向上のためコンクリートを充填**
- アンカボルトで**原子炉建屋基礎版に固定**されるとともに、外筒鋼板に取り付けたスタッドにより**周辺コンクリートと強固に固定**



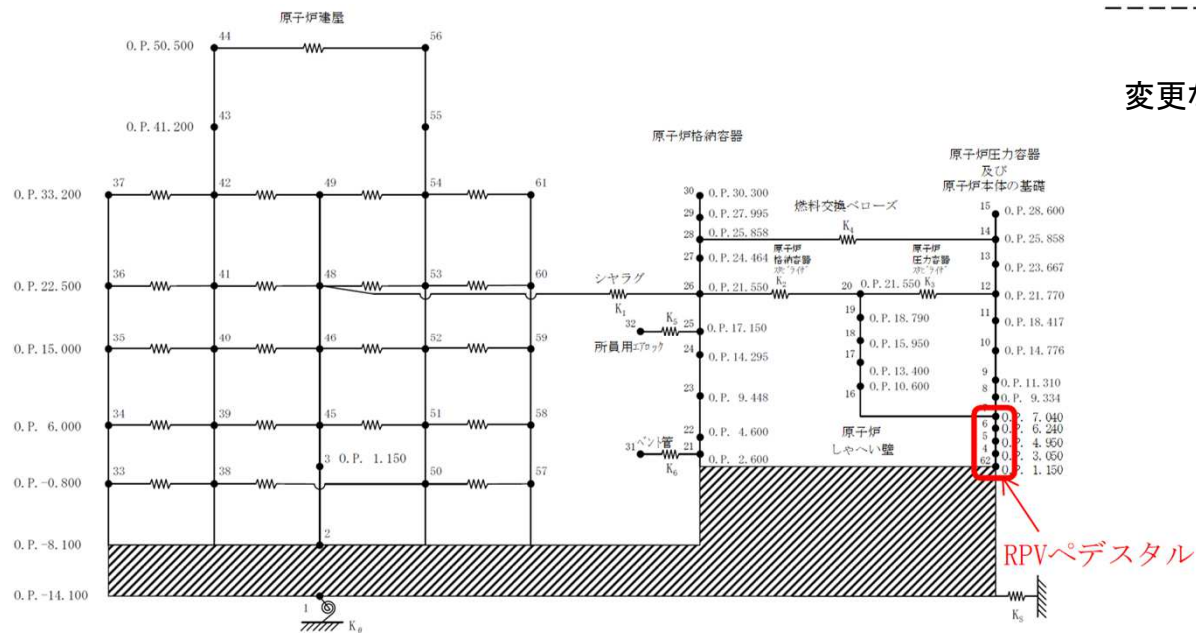
RPVペDESTALの構造概要図



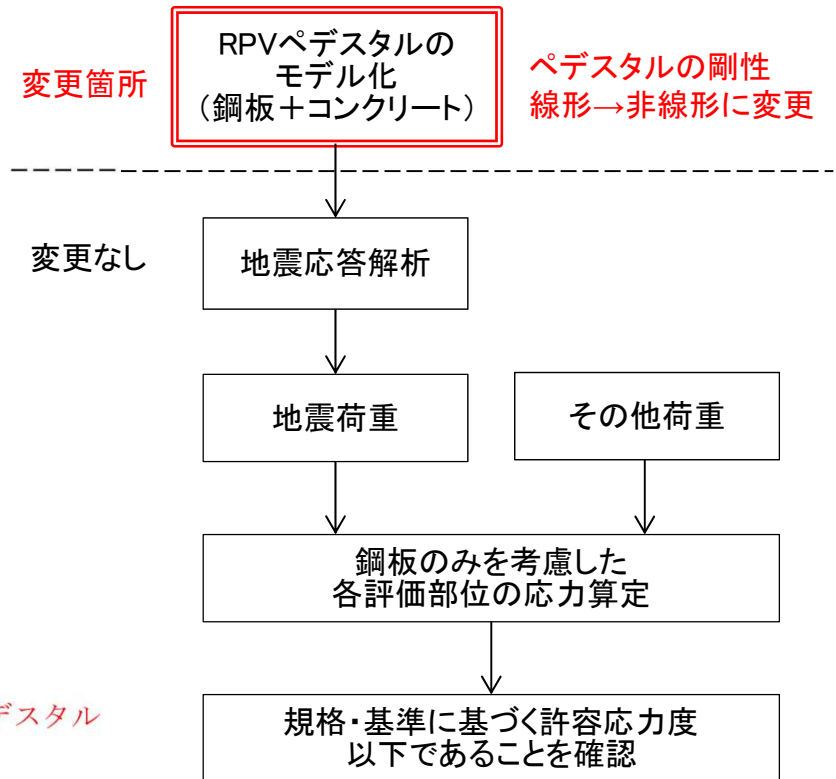
2. RPVペDESTALの設計概要

2.2 RPVペDESTALの設計の流れ

- RPVペDESTALの地震応答解析モデルは、原子炉建屋、原子炉格納容器、原子炉しゃへい壁、原子炉圧力容器と連成
- RPVペDESTALは、構造強度評価上、コンクリートの強度には期待せず、鋼板のみで耐える設計
- 振動特性を考慮すると コンクリートの影響は無視できないため、地震応答解析モデルとしては、コンクリートの剛性及び重量を考慮
- RPVペDESTALは、構造特徴を踏まえ、曲げ及びせん断を考慮した4要素(5質点)でモデル化



地震応答解析モデル図

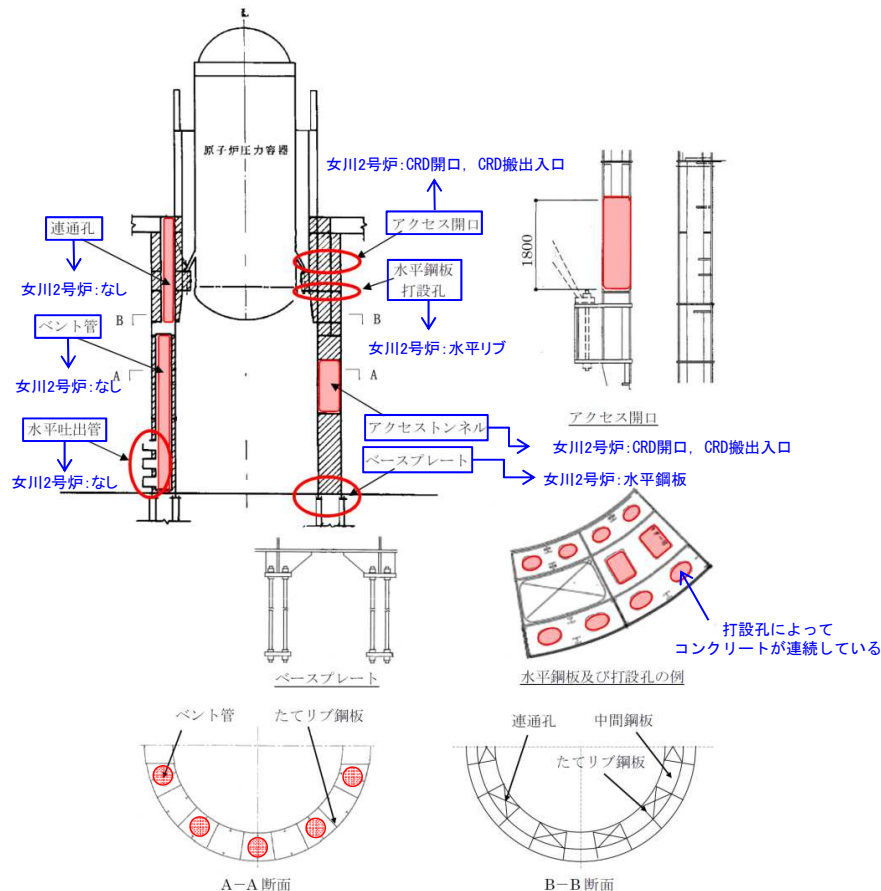


RPVペDESTALの設計フロー

2. RPVペDESTALの設計概要

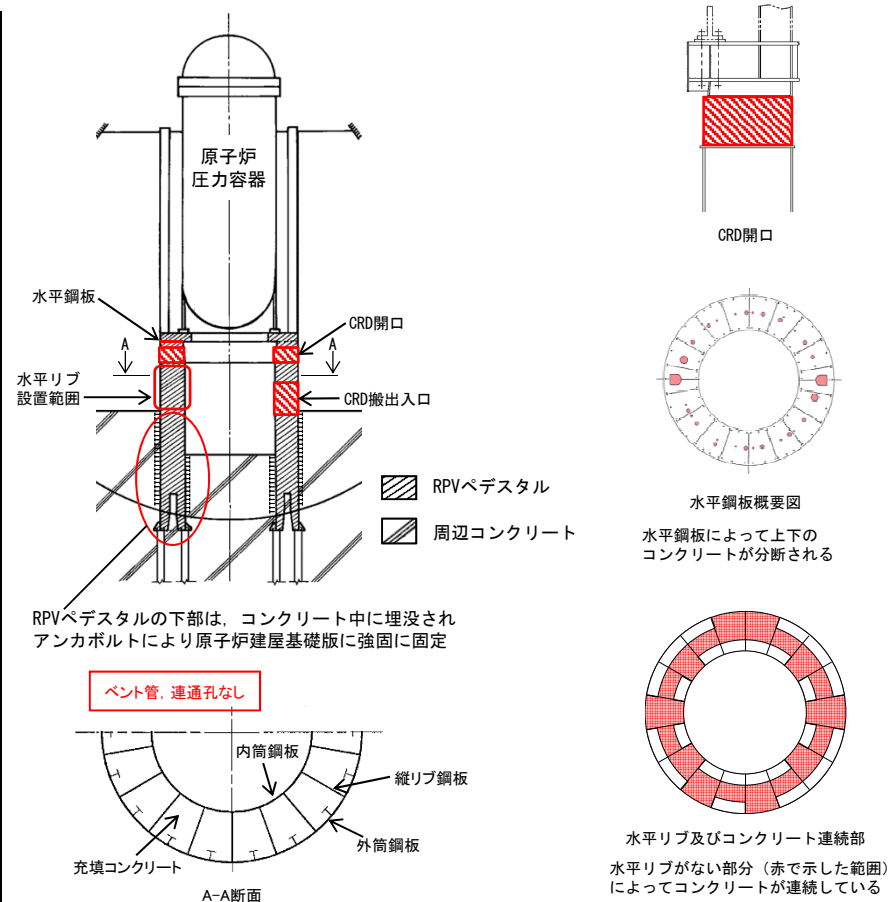
2.3 先行機との構造の差異

- 柏崎刈羽6, 7号炉の連通孔, ベント管及び水平吐出管に該当する部位は女川2号炉にはない
- 柏崎刈羽6, 7号炉のアクセス開口・アクセストンネルは女川2号炉のCRD開口・CRD搬出入口, 水平鋼板・打設孔は水平リブ, ベースプレートは水平鋼板とそれぞれ類似した構造
- 女川2号炉はRPVペDESTALの下部がコンクリート中に埋没され, アンカボルトにより原子炉建屋基礎版に強固に固定



柏崎刈羽6号及び7号炉(改良型沸騰水型原子炉:ABWR) *

* 第442回原子力発電所の新規規制基準に係る審査会合資料1-1-3(H29.2.14)より引用, 一部加筆



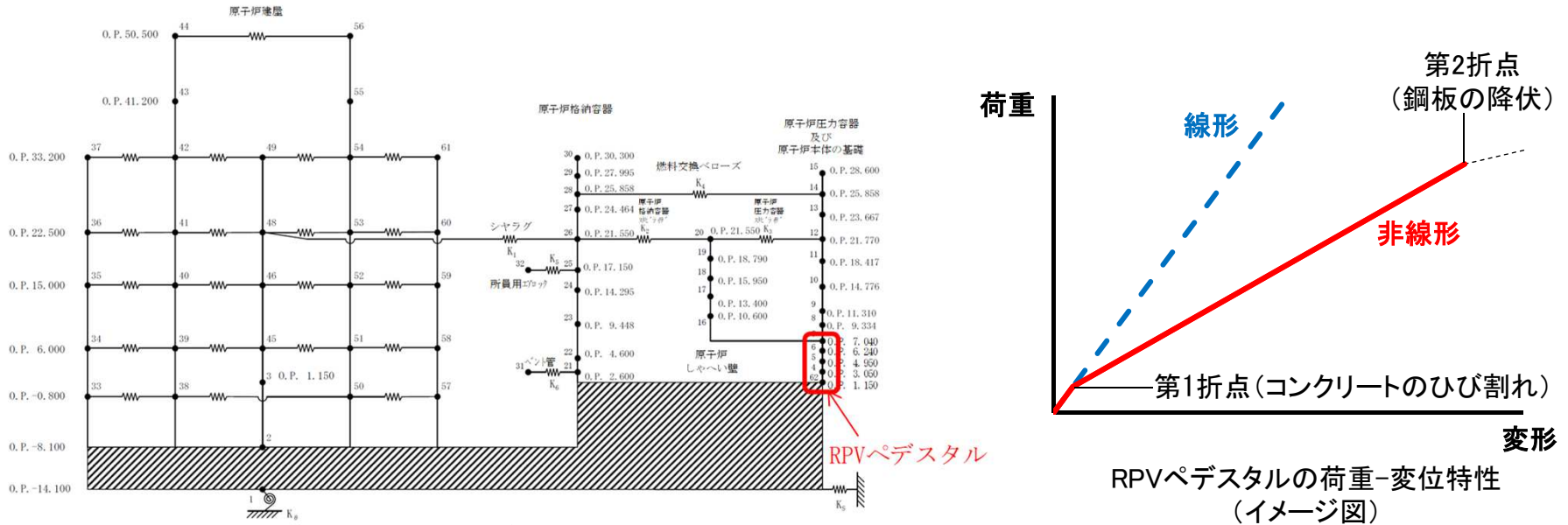
女川2号炉(沸騰水型原子炉:BWR-5)



2. RPVペDESTALの設計概要

2.4 今回工認の変更点

- 既工認では、RPVペDESTALの剛性を一定として線形解析していたが、今回工認では、鋼板が降伏に至らない範囲でコンクリートのひび割れ後の剛性変化を考慮し、地震応答解析を詳細化(非線形解析)
- 構造強度評価は、既工認同様、鋼板のみで耐える設計

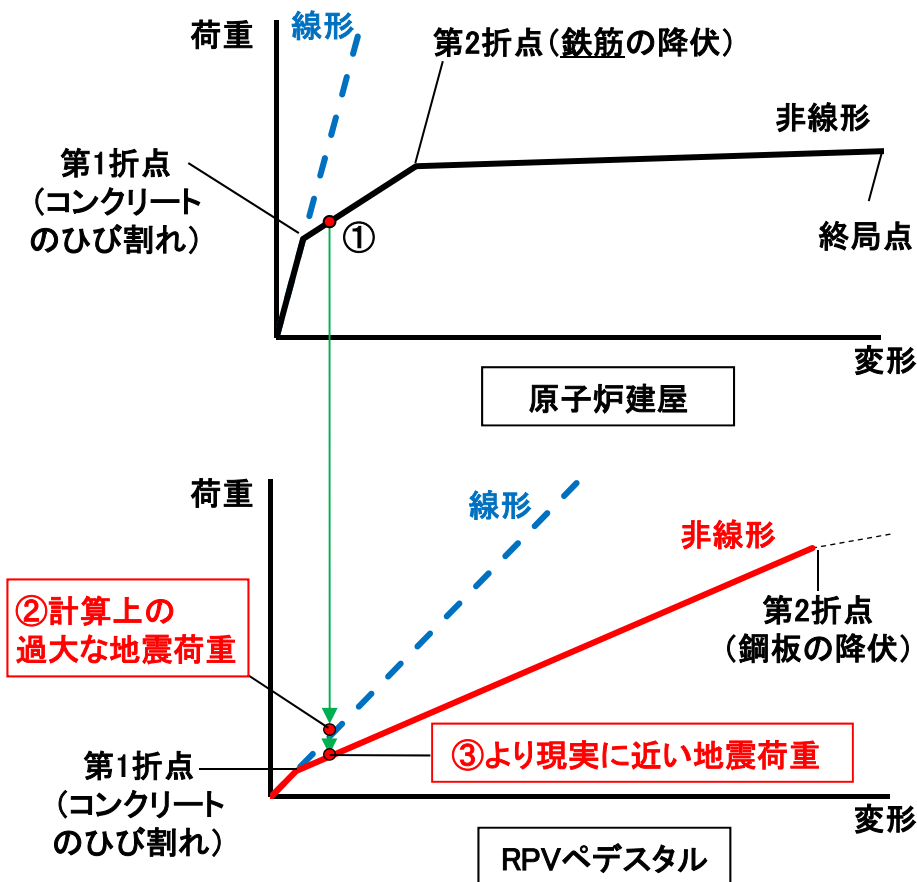


RPVペDESTALの耐震評価条件に関する比較

	既工認	今回工認
地震応答解析	原子炉建屋と連成してモデル化	同左
	剛性は鋼板及びコンクリートをとともに考慮	同左
	線形解析	非線形解析 (鋼板が降伏に至らない範囲で コンクリートひび割れ後の剛性変化を考慮)
構造強度評価	鋼構造として、鋼板のみで耐えるよう設計	同左

3. 詳細化の目的と効果(1)

- 今回工認では、既工認と比較して地震動レベルが増大したことにより、第1折点(コンクリートのひび割れ)以降の領域で**原子炉建屋とRPVペDESTALの荷重分担のバランスが異なる**(①, ②)
- RPVペDESTALの剛性として、コンクリートのひび割れ及び鋼板の降伏を考慮し、**非線形**とすることで、**より現実に近い地震荷重が算出可能**となり、**RPVペDESTALの分担荷重が減少**する見込み(③)



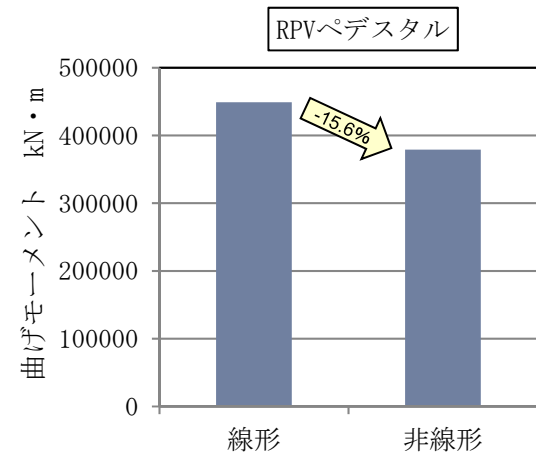
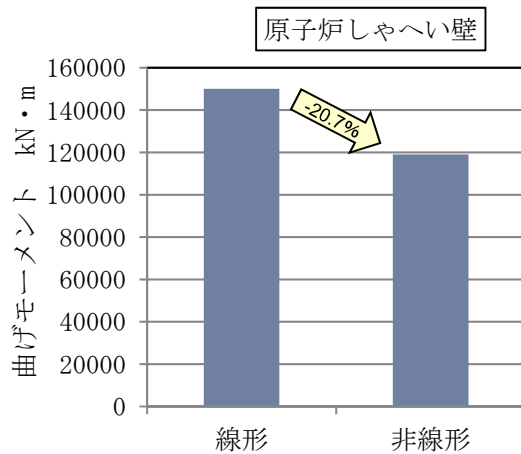
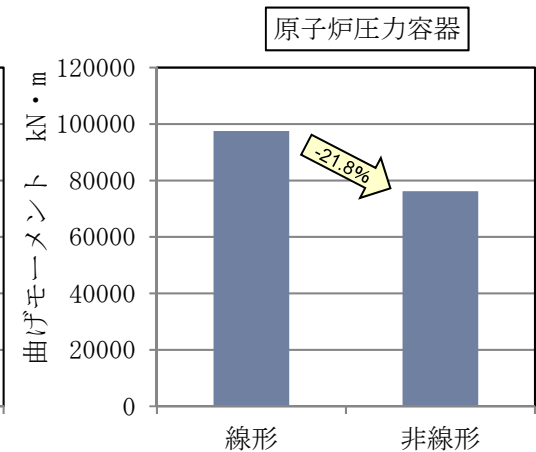
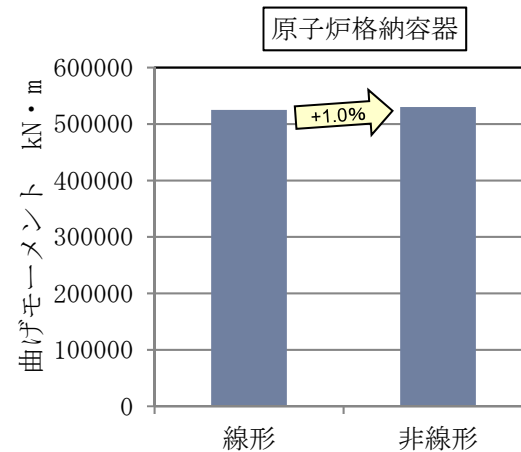
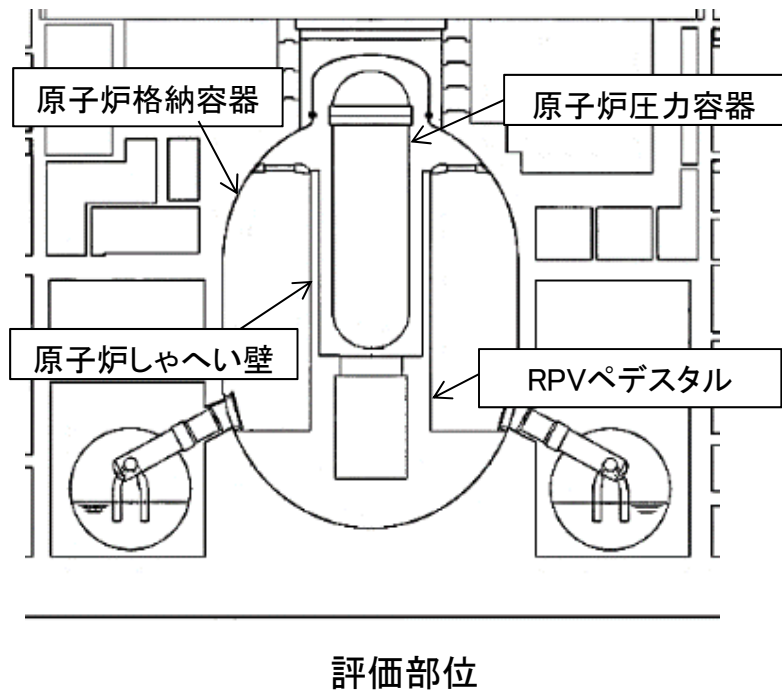
原子炉建屋とRPVペDESTALの荷重分担

モデル化方法	既工認		今回工認	
	原子炉建屋: 非線形	RPVペDESTAL: 線形	原子炉建屋: 非線形	RPVペDESTAL: 非線形
地震動	基準地震動Ss-D2		基準地震動Ss-D2	
部位	原子炉建屋	RPVペDESTAL	原子炉建屋	RPVペDESTAL
曲げモーメント [$\times 10^3$ kN·m]	58,840	460	58,940	380
曲げモーメントの分担割合 [%]*	99.2	0.8	99.4	0.6
せん断力 [$\times 10^3$ kN]	1,853	37	1,847	34
せん断力の分担割合 [%]*	98.0	2.0	98.2	1.8

* : 原子炉建屋とRPVペDESTALの合計を100%とした場合の荷重の割合

3. 詳細化の目的と効果(2)

➤ RPVペDESTALの剛性を非線形にした場合、基準地震動Ssに対する原子炉圧力容器、原子炉しゃへい壁及びRPVペDESTALの曲げモーメント及びせん断力は低減する見込み

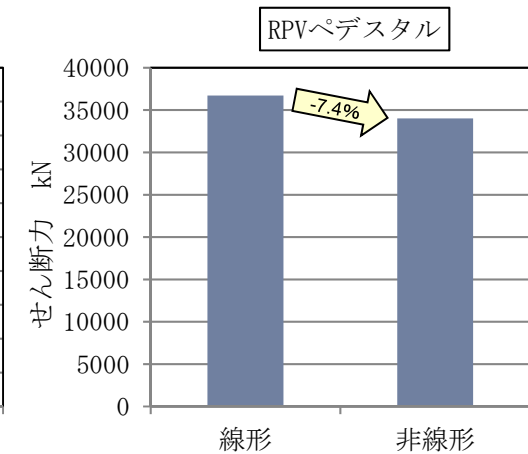
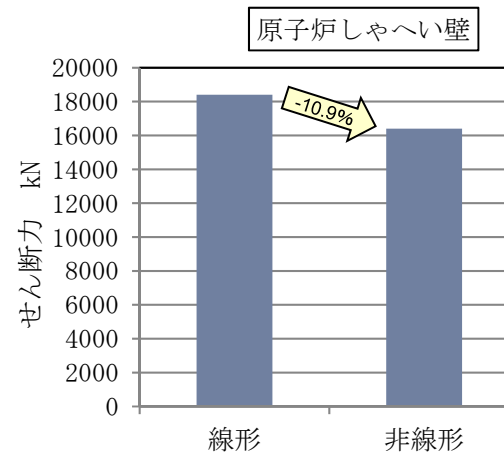
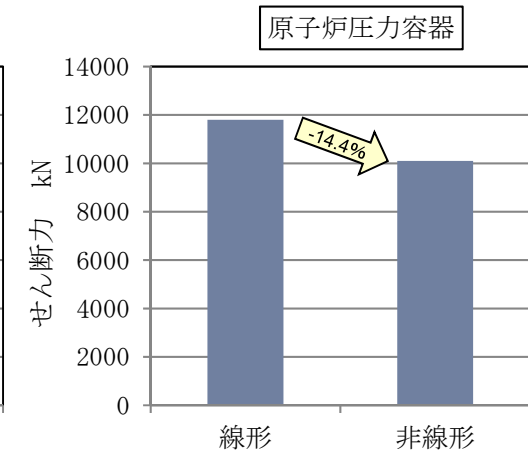
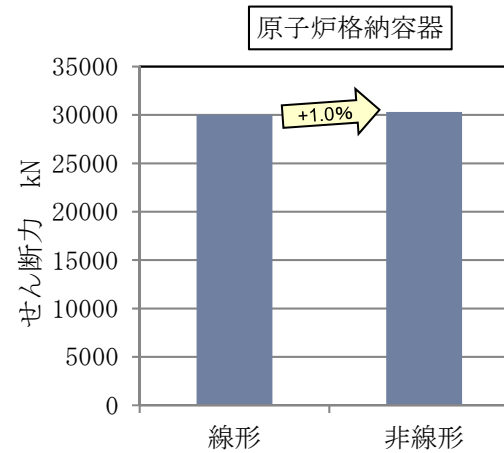
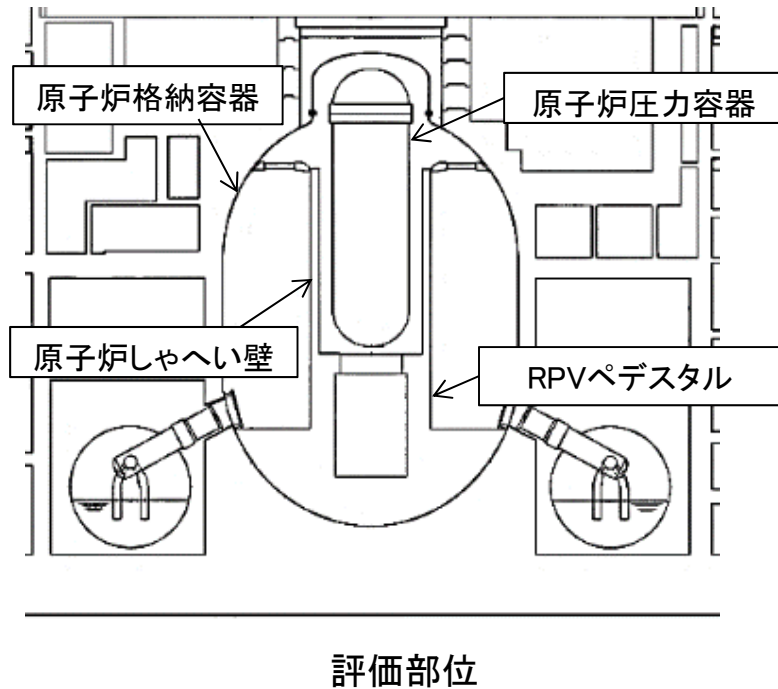


基準地震動Ss-D2による暫定値

基準地震動Ssに対する応答(曲げモーメント)

3. 詳細化の目的と効果(3)

➤ RPVペDESTALの剛性を非線形にした場合、基準地震動Ssに対する原子炉圧力容器、原子炉しゃへい壁及びRPVペDESTALの曲げモーメント及びせん断力は低減する見込み

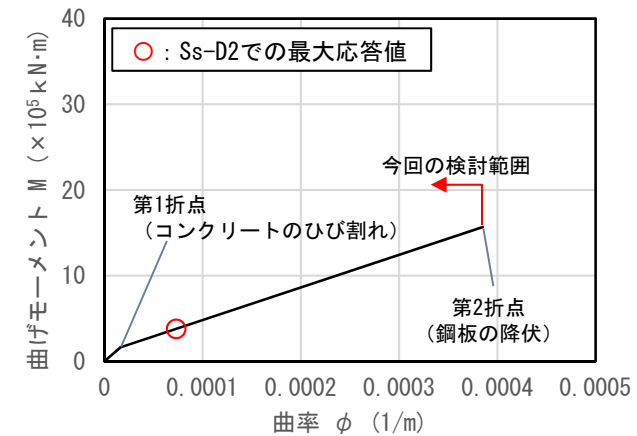
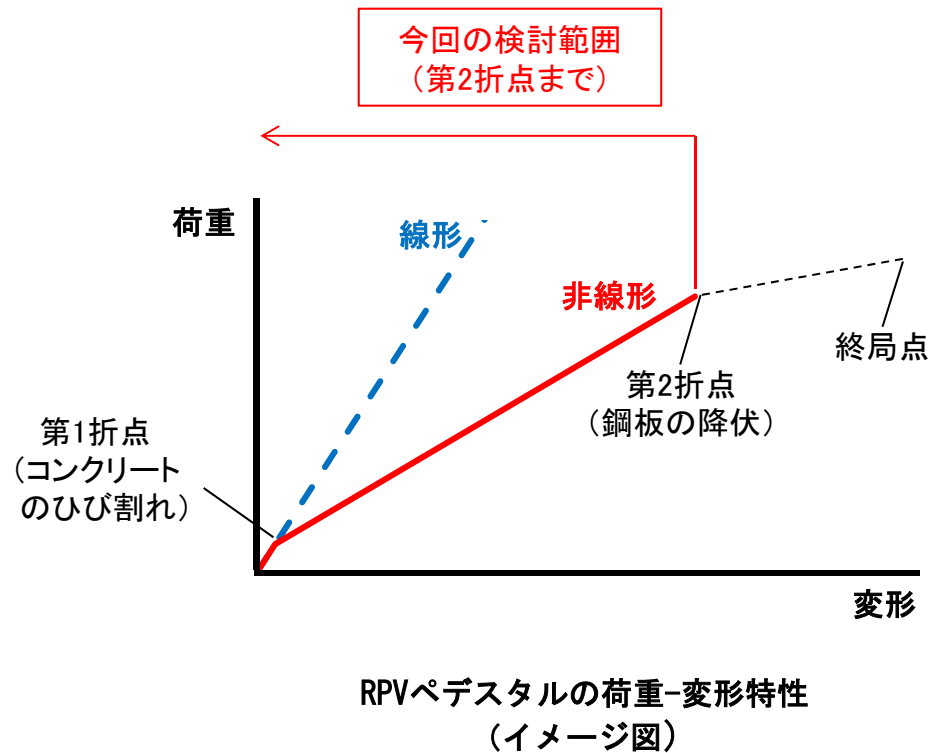


基準地震動Ss-D2による暫定値

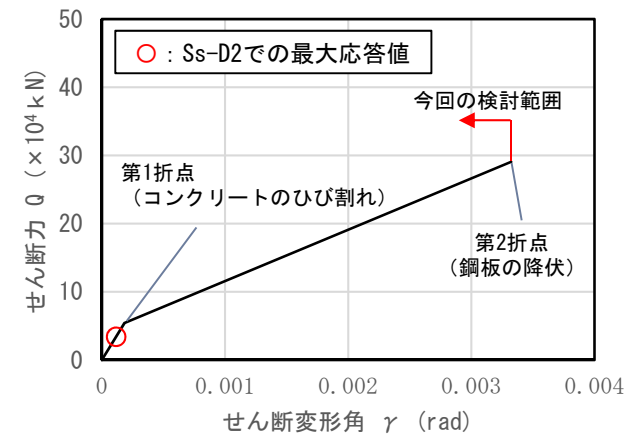
基準地震動Ssに対する応答(せん断力)

4. 今回工認の検討範囲

- RPVペDESTALは、構造強度設計上、鋼構造として鋼板のみで弾性状態で耐える設計思想であるため、**今回工認の検討範囲は、鋼板の降伏を表す第2折点までとし、第2折点から終局点までの領域はスケルトンカーブを設定しない**
- RPVペDESTALの剛性を非線形とした場合の基準地震動 S_s に対する最大応答値は、コンクリートのひび割れを表す第1折点を少し超える程度であり、鋼板の降伏を表す第2折点に対しては大きな余裕



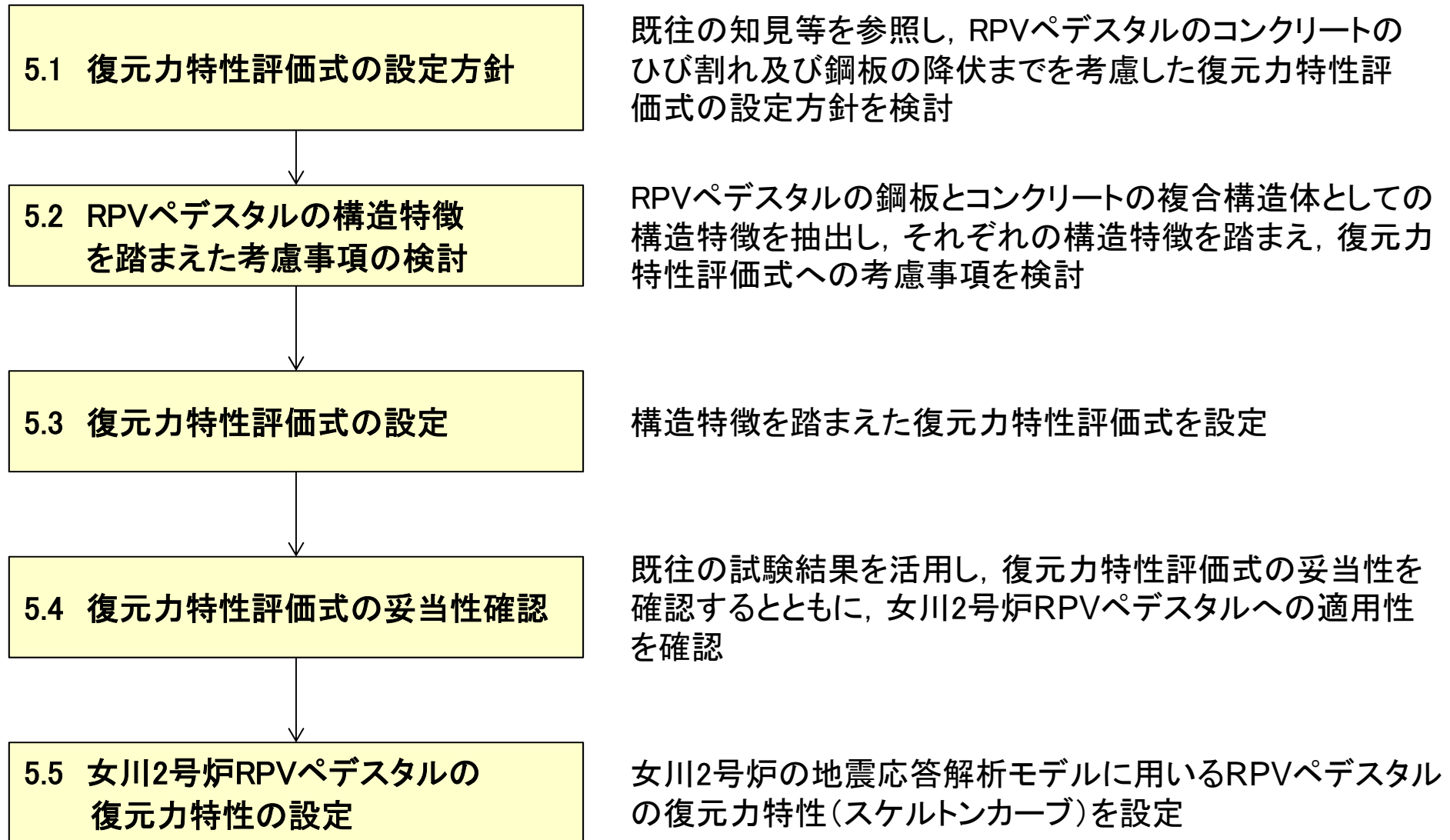
(a) 曲げモーメント-曲率関係



(b) せん断力-せん断変形角関係

女川2号炉 基準地震動 S_s に対する応答

5. RPVペDESTALの復元力特性の設定フロー



5.1 復元力特性評価式の設定方針

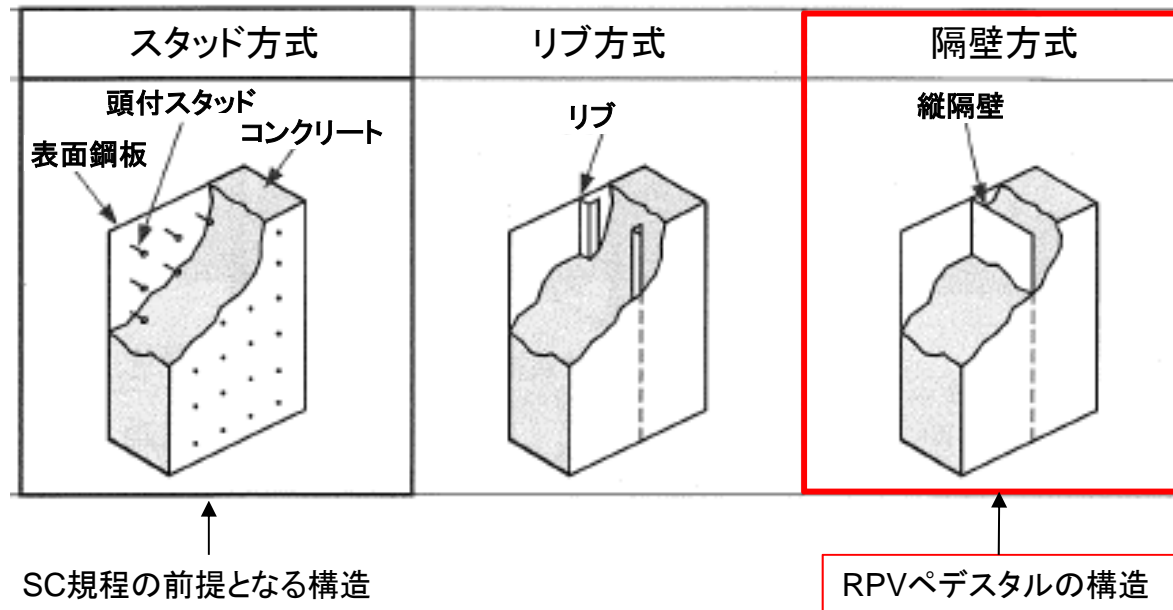
- RPVペDESTALの地震応答解析に用いる曲げ及びせん断のスケルトンカーブについて、**コンクリートのひび割れを表す第1折点と鋼板の降伏を表す第2折点を設定**
- 曲げの第1折点、第2折点及びせん断の第1折点は、鉄筋コンクリート構造(RC構造)の考え方「原子力発電所耐震設計技術指針」(JEAG4601-1991 追補版)と同様
- **せん断の第2折点は、コンクリートひび割れ後のコンクリートと鋼板の抵抗機構がRC構造とは異なることから、鋼板とコンクリートの複合構造としての特徴に留意した既往知見*等を参考に設定**

	曲げ変形		せん断変形	
	RC構造	RPVペDESTAL	RC構造	RPVペDESTAL
構造				
第1折点 (コンクリートのひび割れ)	<p>RC構造と同様の考え方</p>	<p>RC構造と同様の考え方</p>		
第2折点 (鋼板の降伏)				<p>RC構造と考え方が異なる</p>

* 松尾 他 : 鋼板コンクリート耐震壁に関する研究 その3 せん断荷重-変形関係の解析, 日本建築学会学術講演梗概集, 平成4年8月

5.2 RPVペDESTALの構造特徴を踏まえた考慮事項の検討

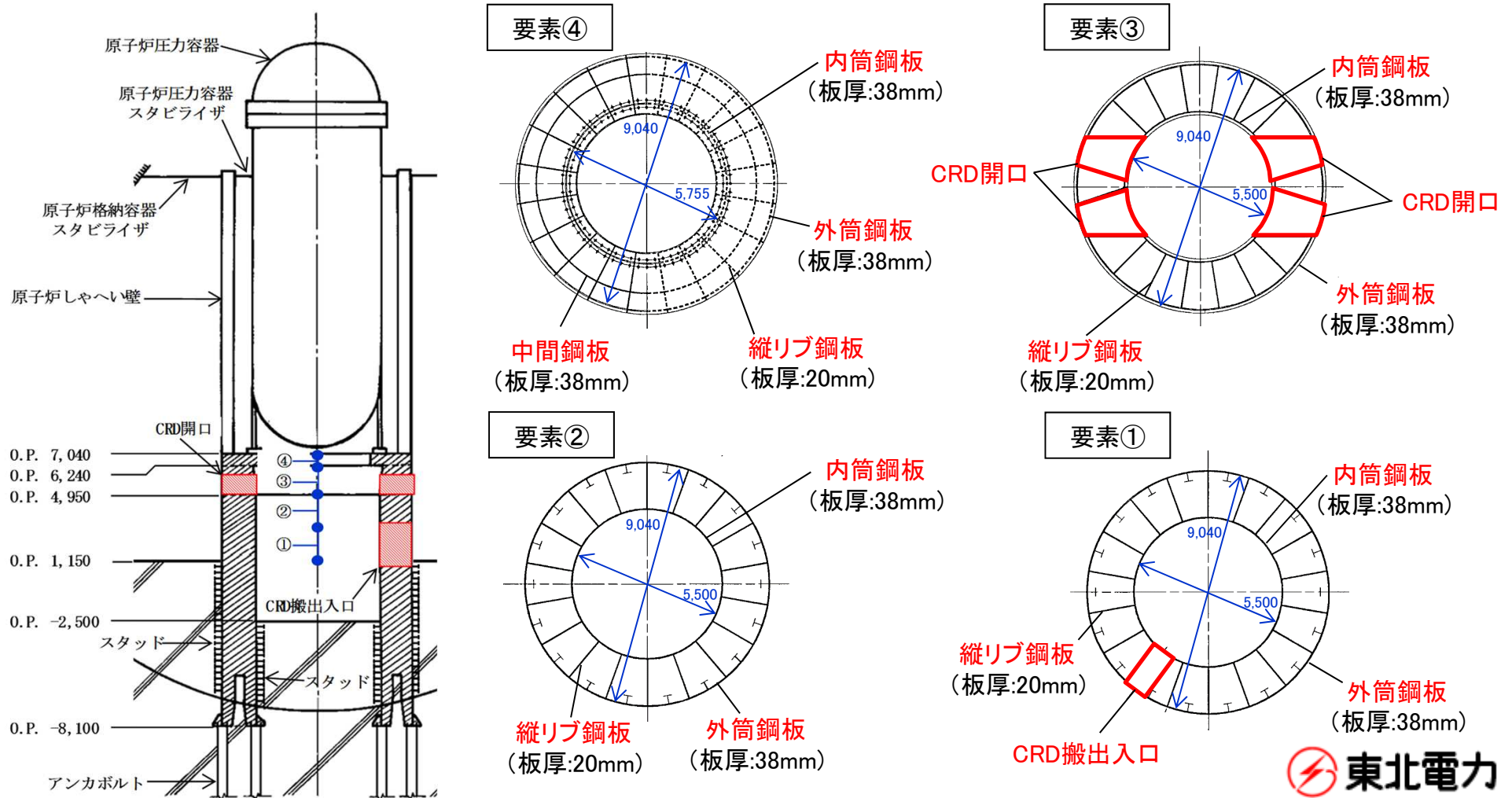
- 鋼板及びコンクリートで構成された複合構造物に関するスケルトンカーブの評価方法が、鋼板コンクリート構造耐震設計技術規程（JEAC4618-2009（SC規程））にまとめられていることから、RPVペDESTALは、便宜上SC規程を参考に評価を実施
- SC規程は、スタッド方式を前提としているため、RPVペDESTALの構造特徴を抽出し、それぞれの構造特徴を踏まえ、復元力特性評価式への考慮事項を検討
- RPVペDESTALは鋼板円筒殻の内部にコンクリートを充填しており、隔壁方式の鋼板コンクリート構造（SC構造）に近い構造物



SC構造の各種構造型式（例）

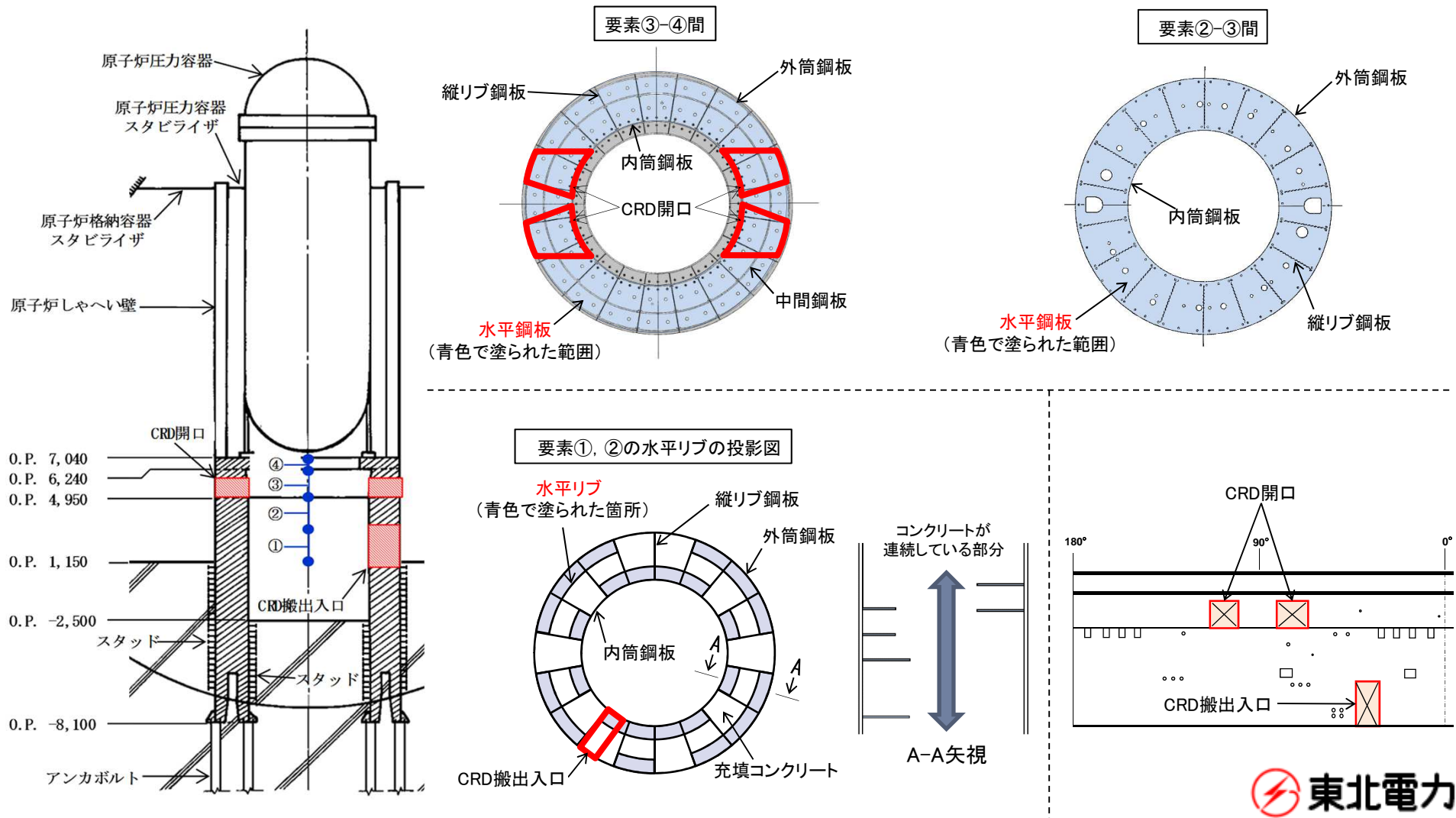
5.2.1 RPVペダスタルの構造特徴の抽出(1)

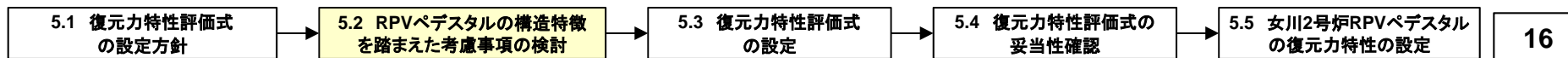
- RPVペダスタルは、内外の円筒鋼板を縦リブ鋼板及び中間鋼板によって一体化(隔壁方式)し、鋼板の間にコンクリートを充填した円筒型の構造(要素①~④)
- RPVペダスタルには、制御棒駆動水圧系配管の貫通部(CRD開口)及び制御棒駆動機構の搬出入のための開口(CRD搬出入口)がある(要素①, ③)



5.2.1 RPVペダスタルの構造特徴の抽出(2)

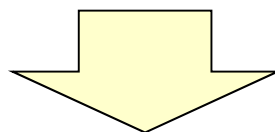
- CRD開口の上下にある水平鋼板により、**コンクリートが上下に分断**(要素②-③間, 要素③-④間)
- 水平リブにより、**コンクリートが上下に部分的に分断**(要素①, ②)





5.2.2 RPVペDESTALの構造特徴に応じた追加検討の要否

RPVペDESTALの構造特徴		構造特徴に応じた追加検討の要否			
		○:要 ×:否	理由	備考	
構造方式	隔壁方式	○	SC規程(スタッド方式)とは一体化方式が異なる	b	
形状	円筒型	○	SC規程は円筒型への適用を排除するものではないが、規程の根拠となっているデータが矩形断面であることから、念のため追加検討を行う	b	
RPVペDESTAL	要素③, ④	水平鋼板	○	水平鋼板によって、コンクリートが上下に分断される	a
		中間鋼板	○	中間鋼板によって、隔壁が分割される	b
		CRD開口	×	SC規程の開口の取扱いに関する規定に準じることで追加の検討は不要	-
	要素①, ②	水平リブ	○	水平リブによって、部分的にコンクリートが上下に分断される	a
		CRD搬出入口	×	SC規程の開口の取扱いに関する規定に準じることで追加の検討は不要	-



RPVペDESTALの構造特徴を踏まえ、復元力特性評価式へ反映

a.コンクリートの引張強度に係る考慮

b.コンクリートの圧縮ストラット角度及びせん断に対して有効とみなす範囲に係る考慮

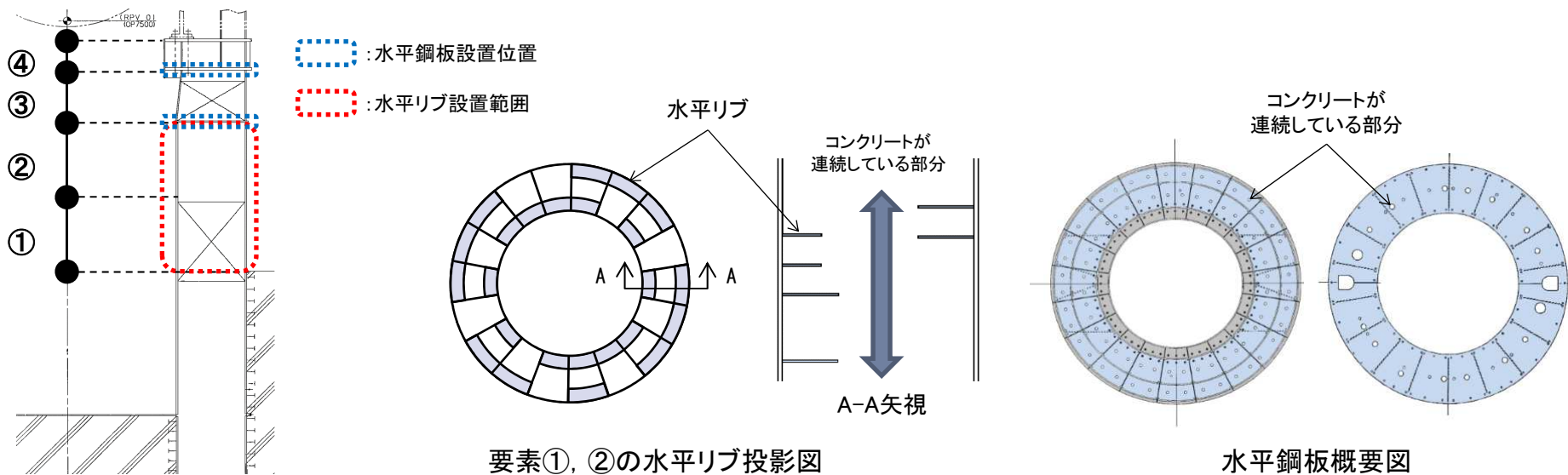
5.3 復元力特性評価式の設定(コンクリートの引張強度に係る考慮)

- 曲げの第1折点の設定にあたり、水平鋼板及び水平リブによってコンクリートが分断されることから、コンクリートの引張強度に開口率 α * を乗じる

* 開口率 α とは、RPVペDESTALの全断面積(水平方向)に対するコンクリートの連続部(開口部)の面積の比率

	復元力特性評価式(曲げ)*	要素①, ②(水平リブ)	要素③, ④(水平鋼板)
第1折点 (コンクリートのひび割れ)	$M_1 = Z_e(\alpha \cdot f_t + \sigma_v)$ $\phi_1 = \frac{M_1}{E_c \cdot I_e}$	$\alpha = 0.6$ 水平リブを上下方向に投影し コンクリートの連続部を考慮	$\alpha = 0$ コンクリートが完全に分断 されているものとする
第2折点 (鋼板が降伏)	$M_2 = M_y$ $\phi_2 = \phi_y$	コンクリートのひび割れ発生後は コンクリートの引張強度には期待 しないため、反映点無し	同左

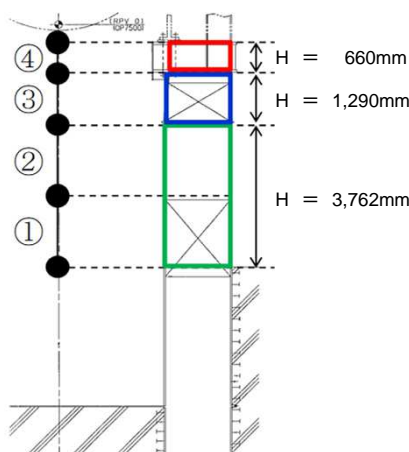
* : 数式中の記号の定義をP28に示す



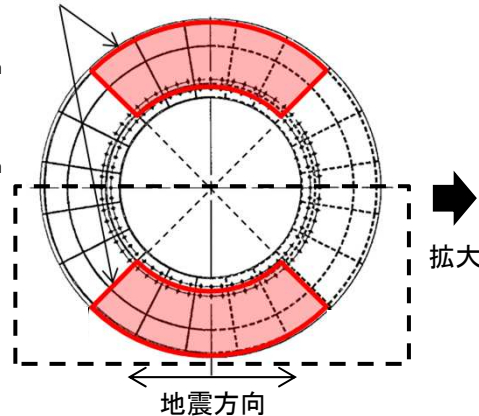
5.3 復元力特性評価式の設定 (コンクリートの圧縮ストラット角度及びせん断に対して有効とみなす範囲に係る考慮)

- **せん断の第2折点の設定にあたり、縦リブ鋼板及び円筒鋼板並びにそれらに囲まれたコンクリートを一つの構造体とし、その対角線にコンクリートのひび割れが発生すると仮定し、圧縮ストラット角度を設定**
- **また、既往知見を参考に、地震方向に対して有効とみなす範囲を設定**

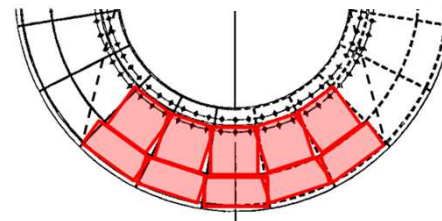
	復元力特性評価式(せん断)*	要素①, ②, ③, ④
第1折点 (コンクリートのひび割れ)	$Q_1 = \left(A_c + \frac{G_s}{G_c} \cdot A_s \right) \cdot \tau_{cr}$ $\gamma_1 = \frac{\tau_{cr}}{G_c}$ $\tau_{cr} = \sqrt{0.31\sqrt{\sigma_B} \cdot (0.31\sqrt{\sigma_B} + \sigma_v)}$	構造特徴の反映点無し
第2折点 (鋼板が降伏)	$Q_2 = \frac{K_\alpha + K_\beta}{\sqrt{3K_\alpha^2 + K_\beta^2}} \cdot A_s \cdot \sigma_y$ $\gamma_1 = \frac{Q_2}{K_\alpha + K_\beta}$ $K_\alpha = A_s \cdot G_s$ $K_\beta = \frac{(\cos\theta)^2 \cdot H}{2 \left(\frac{1 - \nu_c^2}{E_c' t_c \cdot \sin 2\theta} + \frac{C_1 + C_2}{2 \cdot E_s} \right)}$	構造特徴を踏まえ、既往知見を参考に設定



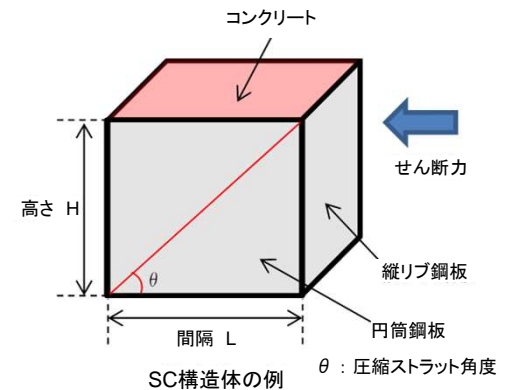
地震方向に対して有効とみなす範囲



* : 数式中の記号の定義をP29に示す



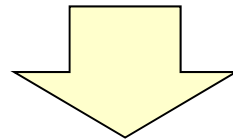
隔壁及び隔壁に囲まれたコンクリートで1つのSC構造体を構成する



5.4 復元力特性評価式の妥当性確認

- 妥当性確認が必要となる構造特徴は、隔壁方式であること、円筒型であること、水平鋼板によってコンクリートが分断されていること
- RPVペDESTALの構造特徴を踏まえた復元力特性評価式の妥当性確認として、既往の試験結果を活用

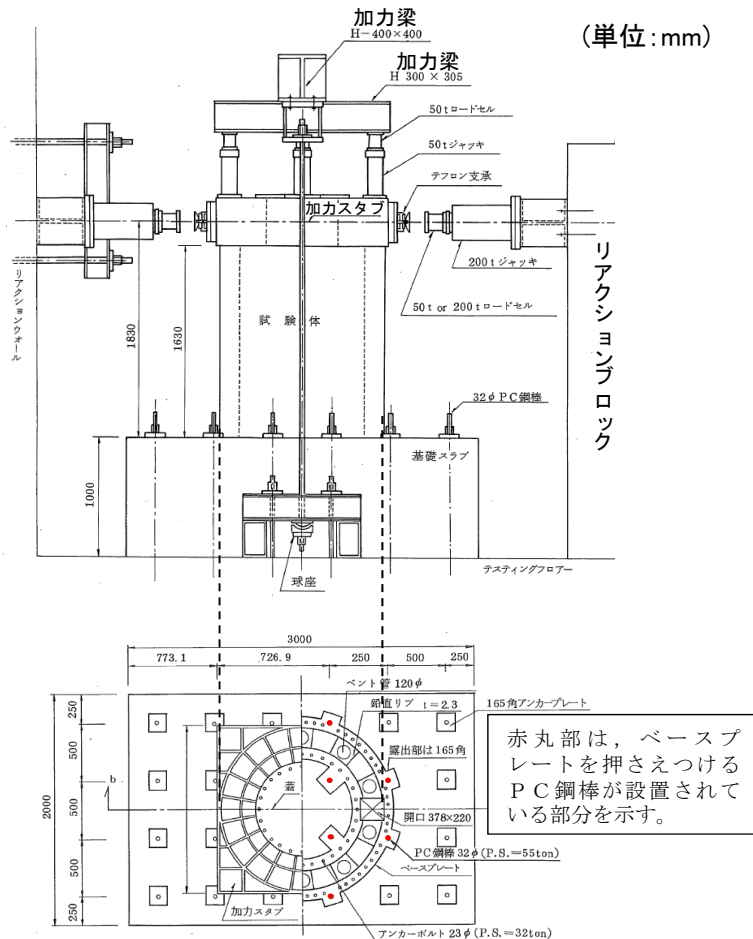
RPVペDESTALの構造特徴		妥当性確認	
		○:要 ×:不要	内容
共通	隔壁方式	○	・せん断の第2折点を求める際の構造に応じた圧縮ストラット角度(隔壁方式, 円筒型) ・せん断力に対して有効とみなす範囲を全断面の半分(隔壁方式, 円筒型) ・曲げの第1折点を求める際, コンクリートの引張に対する抵抗を無視(水平鋼板)
	円筒型	○	
要素③, ④	水平鋼板	○	
	中間鋼板	×	・隔壁方式の構造の一部を成すものであるため, 隔壁方式の妥当性確認に包含される
要素①, ②	水平リブ	×	・単純にコンクリート断面積の減少を考慮すればよいため, 妥当性確認は不要



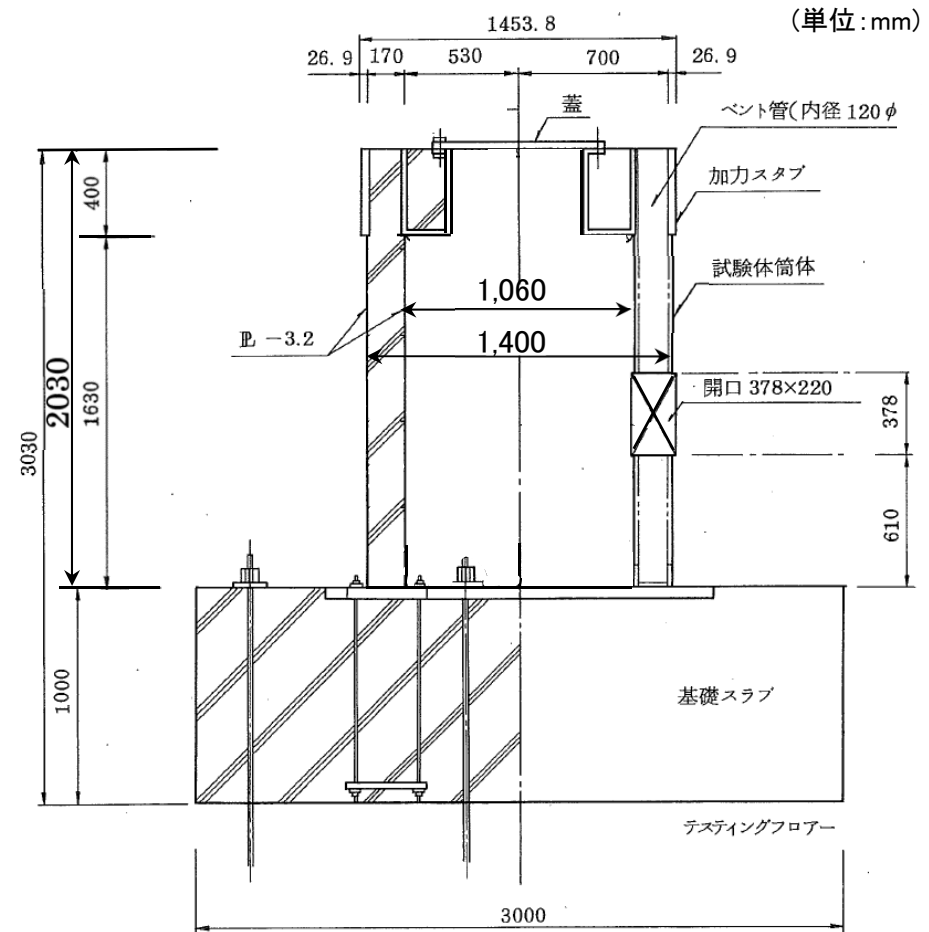
既往の加力試験結果の活用し, 妥当性を確認する

5.4.1 既往試験(RPVペダスタルを模擬した加力試験)の概要

- 既往の加力試験は、改良型沸騰水型軽水炉(ABWR)の水平荷重に対する終局状態での荷重-変形特性を把握するため、電力共通研究として実施
- 試験体は、**実機の構造特徴を縮小模擬した鋼板及びコンクリートからなる隔壁方式、円筒型の複合構造物**



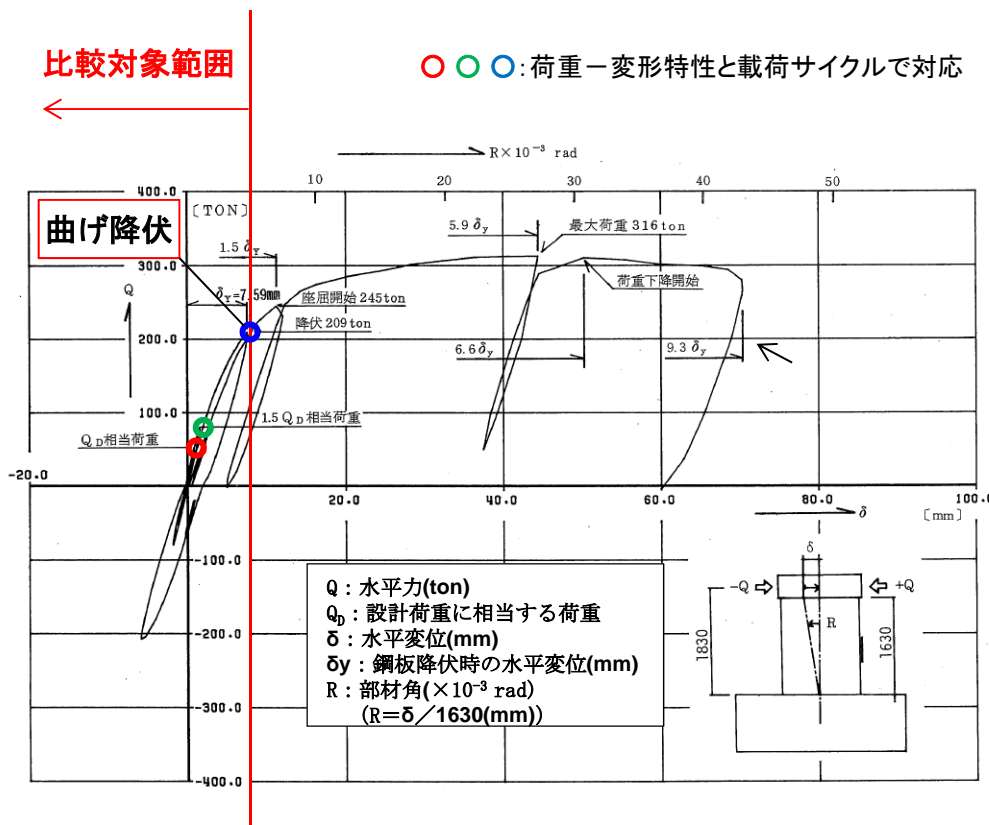
試験装置の概要図



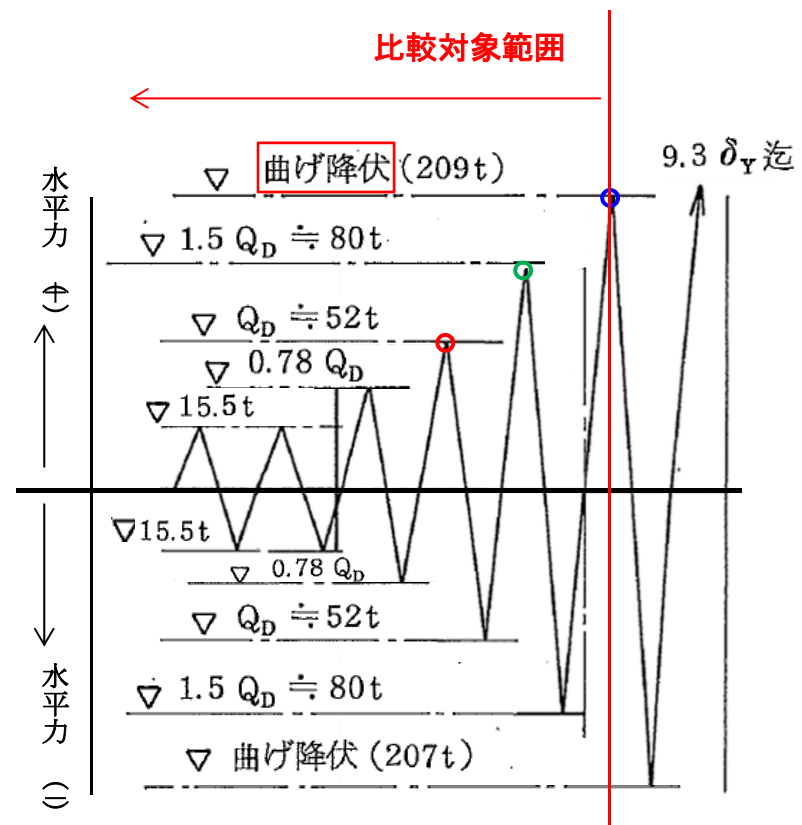
試験体の断面図

5.4.2 既往試験結果との比較対象範囲

- 载荷サイクルは、コンクリートにひび割れが生じない範囲(弾性範囲)で繰返し载荷を行った後、荷重を増加させながら载荷、除荷を繰返し、鋼板の曲げ降伏、荷重低下に至るまでの荷重-変形特性を取得
- 今回工認の検討範囲は、鋼板の降伏を表す第2折点までであることから、既往試験結果との比較対象範囲は、鋼板が降伏するまでの範囲とする



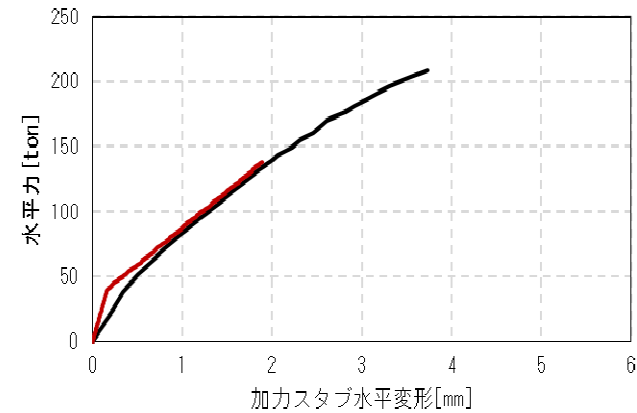
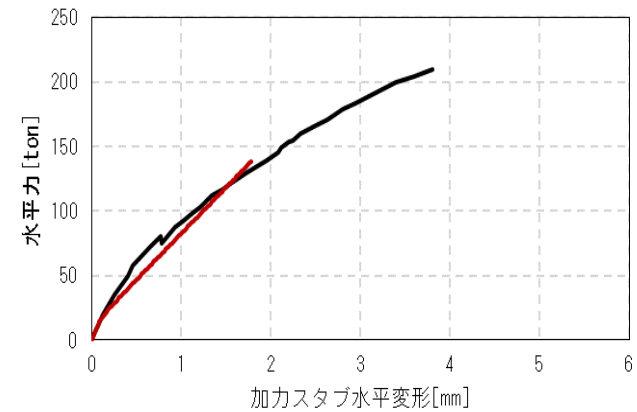
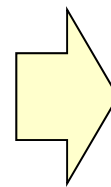
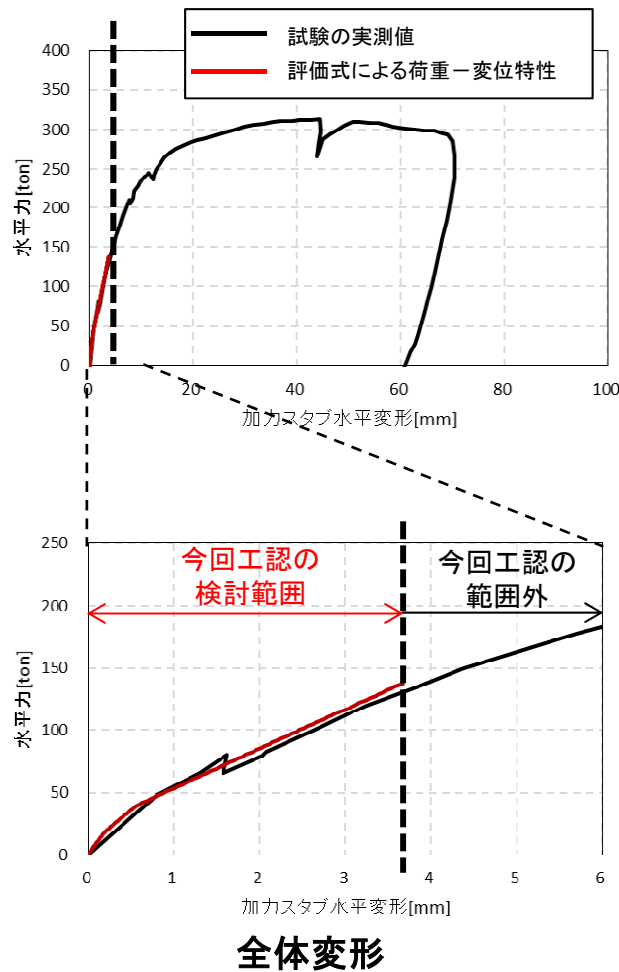
荷重-変形特性



载荷サイクル

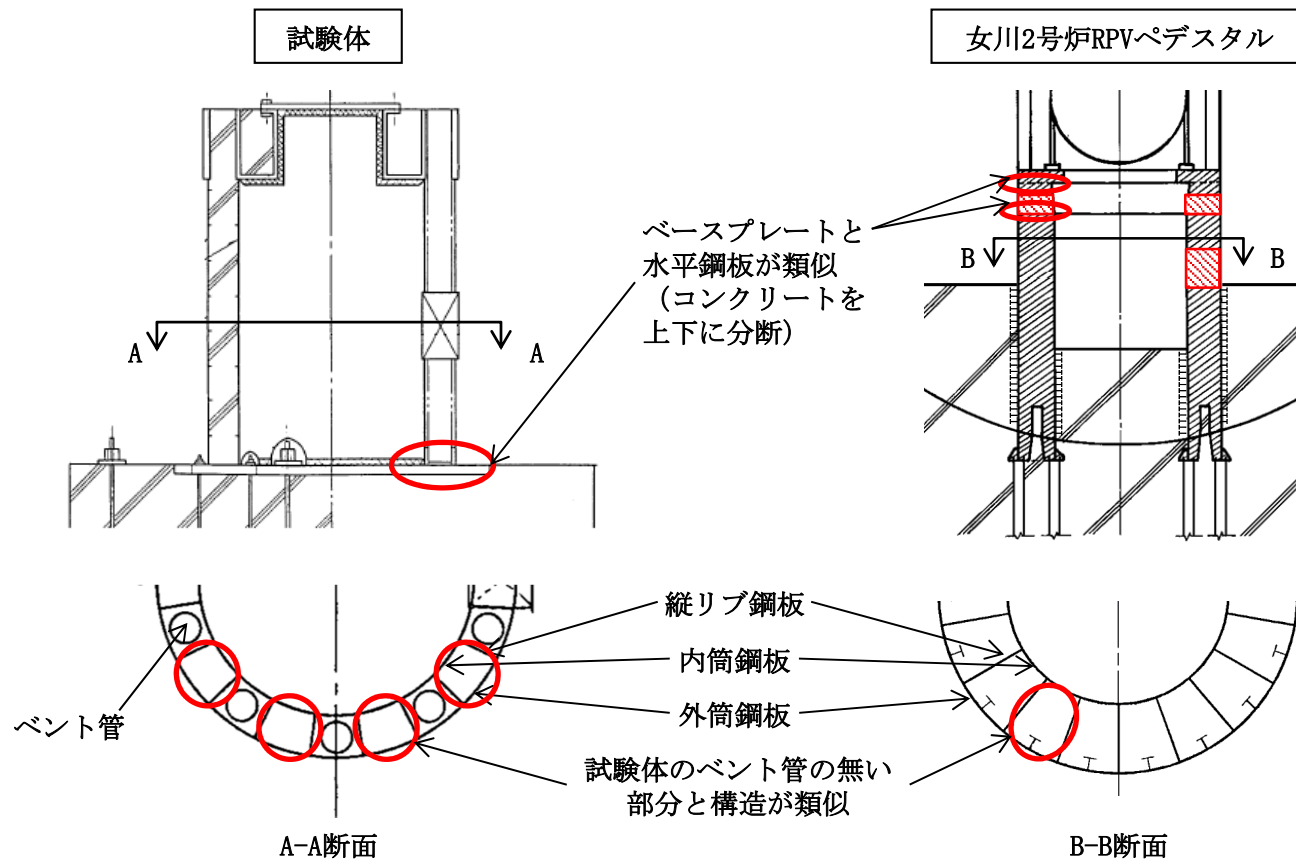
5.4.3 妥当性の確認結果

- RPVペダスタルの構造特徴を踏まえた復元力特性評価式から得られた試験体の荷重-変形特性と既往の加力試験結果を比較
- 今回工認の検討範囲である鋼板の降伏点までの範囲において、**復元力特性評価式による荷重-変形特性は、既往の加力試験結果とよく一致するため、RPVペダスタルの構造特徴を踏まえた復元力特性評価式は妥当**



5.4.4 女川2号炉RPVペDESTALへの適用性

- 既往試験の試験体 (ABWRを縮小模擬) と女川2号炉のRPVペDESTALは、ともに鋼板及びコンクリートからなる隔壁方式、円筒型の複合構造物。なお、試験体はABWRの構造特徴として、ベント管を内蔵する部分と内蔵しない部分を模擬しており、女川2号炉の場合、ベント管を内蔵しない部分の構造と類似
- 既往試験の試験体にあるベースプレートがコンクリートを上下に分断しており、女川2号炉の水平鋼板と構造特徴が類似
- 以上のことから、女川2号炉のRPVペDESTALの材質、各部の寸法等を適切に反映することにより、復元力特性評価式が適用可能

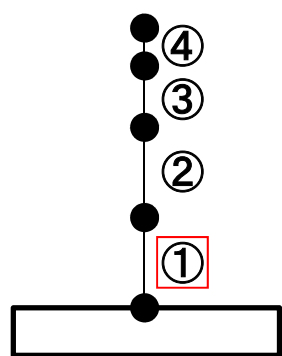


5.5 女川2号炉RPVペダスタルの復元力特性の設定(1)

- 今回工認に適用するRPVペダスタルの復元力特性評価式に基づき、女川2号炉のスケルトンカーブを設定
- なお、地震応答解析の履歴特性は、既往の試験結果や履歴減衰による消費エネルギーの観点を踏まえ、最大点指向型を適用

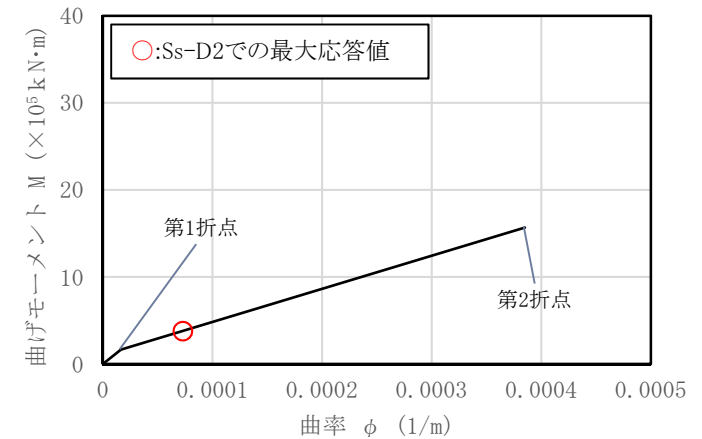
復元力特性評価式

	曲げ	せん断
第1折点 (コンクリートのひび割れ)	$M_1 = Z_e(\alpha \cdot f_t + \sigma_v)$ $\phi_1 = \frac{M_1}{E_c \cdot I_e}$	$Q_1 = \left(A_c + \frac{G_s}{G_c} \cdot A_s \right) \cdot \tau_{cr}$ $\gamma_1 = \frac{\tau_{cr}}{G_c}$ $\tau_{cr} = \sqrt{0.31\sqrt{\sigma_B} \cdot (0.31\sqrt{\sigma_B} + \sigma_v)}$
第2折点 (鋼板が降伏)	$M_2 = M_y$ $\phi_2 = \phi_y$	$Q_2 = \frac{K_\alpha + K_\beta}{\sqrt{3K_\alpha^2 + K_\beta^2}} \cdot A_s \cdot \sigma_y$ $\gamma_2 = \frac{Q_2}{K_\alpha + K_\beta}$ $K_\alpha = A_s \cdot G_s$ $K_\beta = \frac{(\cos\theta)^2 \cdot H}{2 \left(\frac{1 - \nu_c^2}{E_c' t_c \cdot \sin 2\theta} + \frac{C_1 + C_2}{2 \cdot E_s} \right)}$

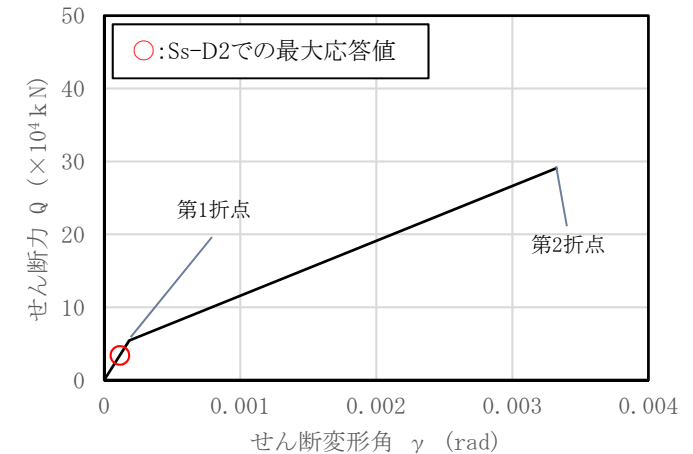


地震応答解析モデル

復元力特性評価式に基づいて
女川2号炉RPVペダスタル(要素①)の
スケルトンカーブを作成



(a) 曲げモーメント-曲率関係

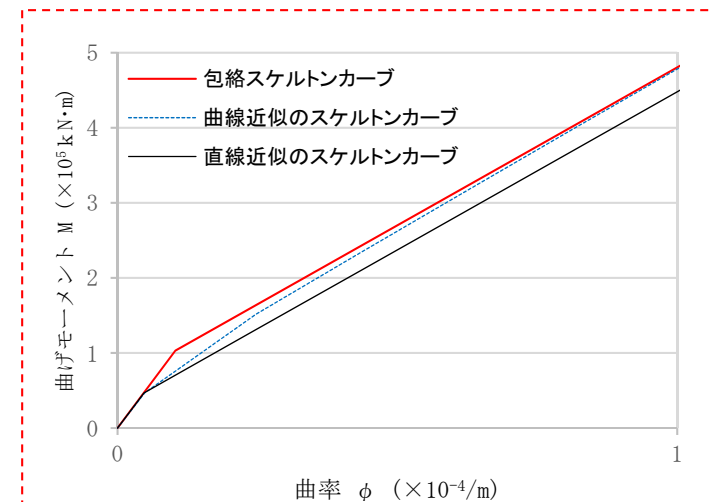
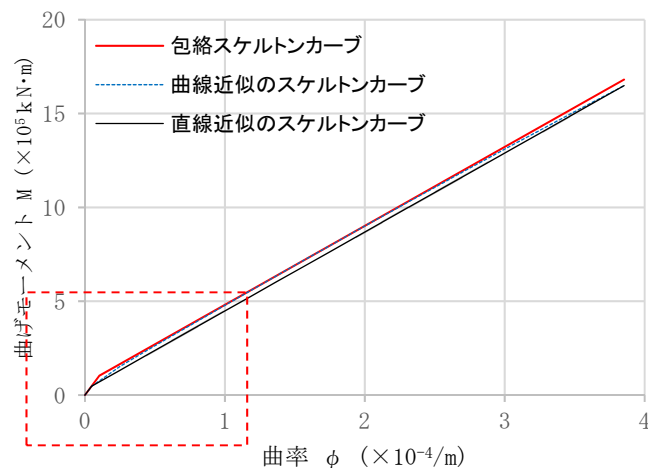
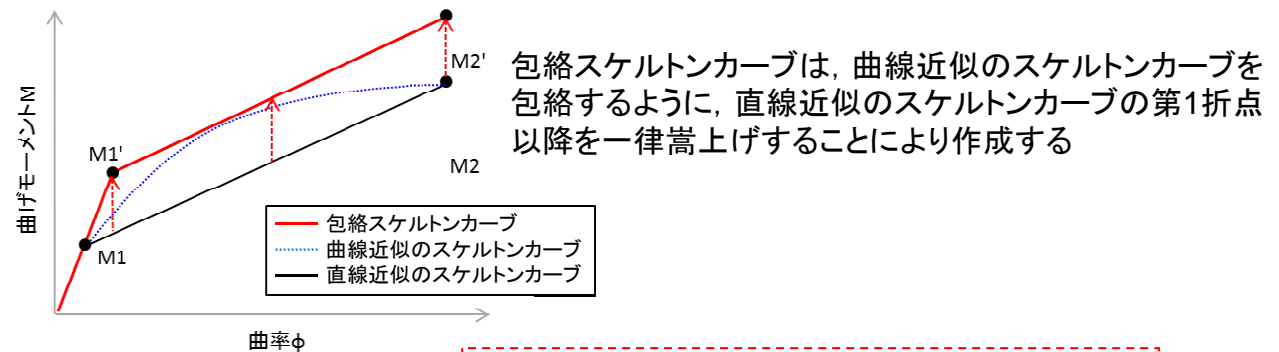


(b) せん断力-せん断変形角関係

女川2号炉 基準地震動Ssに対する応答
(要素①の例)

5.5 女川2号炉RPVペダスタルの復元力特性の設定(2)

- 実際には、第1折点でコンクリートにひび割れが生じた後もひび割れが徐々に増加して剛性が低下する(スケルトンカーブの傾きが緩やかになる)ため、第1折点から第2折点の間は直線近似ではなく曲線近似の方が実現象に近いと考えられる
- 直線近似による変形量を設計に用いる場合は、同じ荷重レベルに対して大きい変形量を与えることになり安全側の設計となり、一方、直線近似による荷重を設計に用いる場合は、同じ変形量に対して小さい荷重を与えることになる
- **今回工認においては、荷重を大きく与えるように曲線近似を包絡したスケルトンカーブの影響を検討**



6. まとめ

- 今回工認においては、基準地震動 S_s の増大を踏まえ、RPVペデスタルについて、原子炉建屋と同様に非線形解析モデルとした復元力特性を適用し、より現実に近い地震応答解析を実施する
- 非線形解析モデルの復元力特性(スケルトンカーブ)の評価においては、既往のRC構造との類似性を検討し、同様の理論で評価可能であることを確認した上で、既往の知見を参考に、RPVペデスタルを模擬した試験結果を用いてその妥当性を確認した

7. 今後の追加検討

今後、RPVペDESTALについて以下の追加検討を行い、設置変更許可に対する適合性審査において説明

- ① 建屋の初期剛性低下を踏まえた検討
 - ・ 原子炉建屋の初期剛性低下に係る審査結果を踏まえた評価方針
- ② 重大事故時の環境条件を踏まえた検討
 - ・ 有効性評価の審査結果及び上記①を踏まえた重大事故時の評価方針

参考 本資料内で使用する記号の説明(曲げのスケルトンカーブ)

記号	単位	説明
M_1	N・mm	第1折点における曲げモーメント
ϕ_1	1/m	第1折点における曲率
M_2	N・mm	第2折点における曲げモーメント
ϕ_2	1/m	第2折点における曲率
Z_e	mm ³	鋼材を考慮した断面係数
f_t	N/mm ²	コンクリートの引張強度
σ_v	N/mm ²	鋼材を考慮した鉛直方向軸応力度
α	-	開口率(RPVペDESTALの全断面積に対する開口部の面積の比率)
E_c	N/mm ²	コンクリートのヤング係数
I_e	mm ⁴	鋼材を考慮した断面二次モーメント
M_y	N・mm	鋼材降伏時の曲げモーメント
ϕ_y	1/m	鋼材降伏時の曲率

参考 本資料内で使用する記号の説明(せん断のスケルトンカーブ)

記号	単位	説明
Q_1	N・mm	第1折点におけるせん断力
γ_1	rad	第1折点におけるせん断変形角
Q_2	N・mm	第2折点におけるせん断力
γ_2	rad	第2折点におけるせん断変形角
A_c	mm ²	コンクリートのせん断断面積
A_s	mm ²	鋼板のせん断断面積
G_c	N/mm ²	コンクリートのせん断弾性係数
G_s	N/mm ²	鋼板のせん断弾性係数
E_c	N/mm ²	コンクリートのヤング係数
E_s	N/mm ²	鋼板のヤング係数
τ_{cr}	N/mm ²	コンクリートのせん断ひび割れ強度
σ_B	N/mm ²	コンクリートの圧縮強度, 設計基準強度 F_c を用いる
σ_v	N/mm ²	鋼板を考慮したコンクリートの鉛直方向軸応力度

記号	単位	説明
K_α	N	鋼板のせん断剛性
K_β	N	ひび割れ後の鋼板による拘束効果を考慮したコンクリートの有効せん断剛性
σ_y	N・mm	鋼板の降伏点強度
ν_c	-	コンクリートのポアソン比
θ	rad	圧縮ストラット角度
E_c'	N/mm ²	コンクリートのひび割れを考慮したヤング係数
H	mm	コンクリートの高さ
t_c	mm	コンクリート板厚