

## 原子炉格納容器底部コンクリートマット及び原子炉建屋基礎盤の 人工岩盤を考慮した応力解析モデルについて

今回工認の応力解析モデルの既工認からの変更点として、評価の精緻化を目的として人工岩盤を地盤として考慮している。人工岩盤のモデル化の考え方及びその扱いを以下に示す。本資料において、原子炉格納容器底部コンクリートマット及び原子炉建屋基礎盤をあわせて、「基礎盤」という。

### 1. モデル化の考え方

既工認の基礎盤の応力解析モデルでは、地盤は節点の支配面積に応じた剛性を有するウィンクラーばねとしてモデル化している。このモデルでは、基礎盤に作用する鉛直力は、地盤ばねの軸力と基礎スラブのせん断力として伝達される。

実際の応力伝達では、基礎スラブを支持する地盤（人工岩盤、久米層）が十分な支持力を有し比較的剛性が高いことから、地盤のせん断剛性によって平面的に応力が拡散する。この効果は地盤を連続体としてモデル化することにより考慮することができるが、一般にはモデルの規模が大きくなりすぎるため、実際の設計には適用は困難とされている。また、ウィンクラーばねを用いた解析モデルにより、一般に基礎スラブは安全側に評価されるものとされている。（参考 原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（2005）（抜粋）参照。）

今回工認では、特に剛性の高い人工岩盤が局所的に設置されていることに着目し、人工岩盤を連続体（ソリッド要素）でモデル化することにより、現実的な応力伝達としての平面的な応力の拡散を考慮しつつ、久米層はウィンクラーばねでモデル化することでせん断剛性を考慮しないことにより、地盤ばね全体としての保守性を残すことを両立させている。

### 2. 人工岩盤の扱い

#### （1）物性の設定

人工岩盤については、建設時の品質管理により、自然地盤と比べ同等以上の品質が確保されており、地盤として適切に物性を設定することが可能である。

#### （2）人工岩盤の健全性

人工岩盤を地盤として扱うことから、支持力に対する評価を行うこととし、人工岩盤に生じる鉛直応力が、人工岩盤の設計基準強度より小さいことを確認する。

### 3. 地震応答解析モデルとの関係

既工認の原子炉建屋の地震応答解析モデルでは、人工岩盤を構造体としてモデル化していたが、今回工認では、人工岩盤をモデル化していない。(詳細については補足 400-1「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」を参照。)

応力解析モデルでは基礎盤を弾性体として扱っているのに対し、地震応答解析モデルでは基礎盤を剛体として扱うため、地盤のせん断剛性による応力の拡散を考慮する観点では、人工岩盤を地盤としてモデル化することは意味をなさない。また、地盤の大部分を構成する久米層に対し、局所的に存在する人工岩盤のほうが剛性が高いため、ばねとしての評価には人工岩盤の寄与は小さいと考えられるのに対し、モデル化する場合は煩雑さが増すこととなる。したがって、応力解析モデルで人工岩盤をモデル化していることを踏まえても、地震応答解析モデルではモデル化は不要と考える。

なお、接地率が低い状態での建屋の応答性状を適切に評価することを目的として、地盤を3次元や2次元のFEMモデルが適用された事例はある。

### 4. モデルの変更の効果

基準地震動 Ss 地震時において、人工岩盤を考慮(今回工認)した場合と無視した場合の解析結果の比較を表1～表3に示す。

詳細は 追而

表1 評価結果\_Ss地震時 (原子炉格納容器底部コンクリートマット, 半径方向またはX方向)

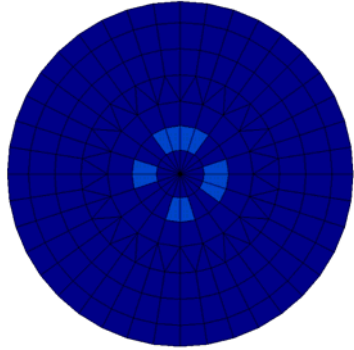
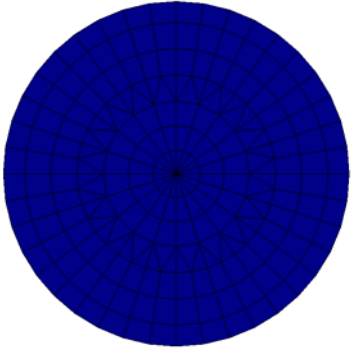
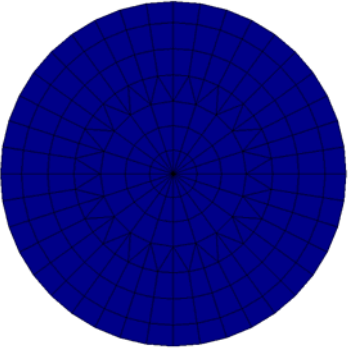
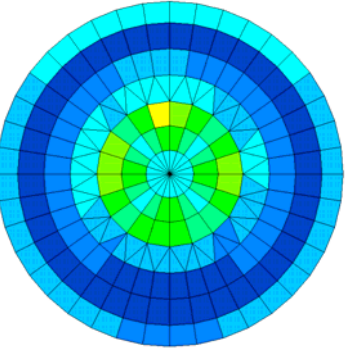
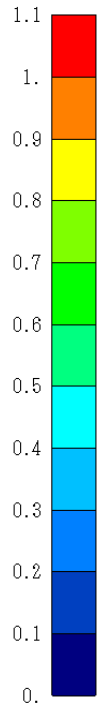
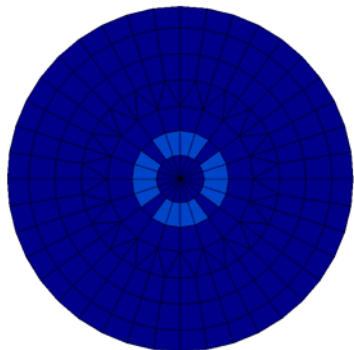
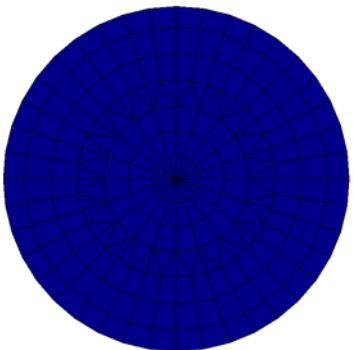
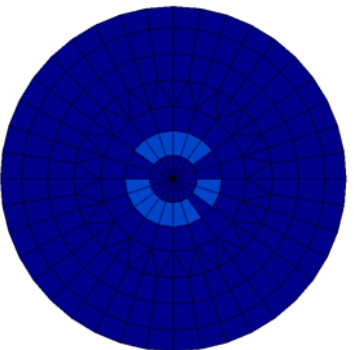
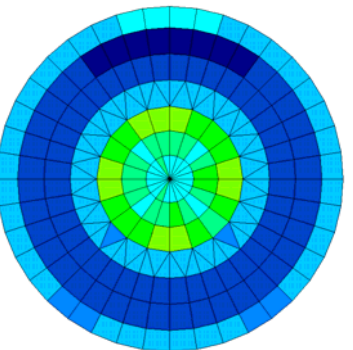
	コンクリート圧縮ひずみ 発生ひずみ/3000 $\mu$	上端筋引張ひずみ 発生ひずみ/5000 $\mu$	下端筋引張ひずみ 発生ひずみ/5000 $\mu$	面外せん断力 発生応力/許容せん断力	
人工岩盤考慮 (今回工認)	 <p>最大値 : 0.117</p>	 <p>最大値 : 0.054</p>	 <p>最大値 : 0.065</p>	 <p>最大値 : 0.802</p>	
人工岩盤無視	 <p>最大値 : 0.124</p>	 <p>最大値 : 0.092</p>	 <p>最大値 : 0.133</p>	 <p>最大値 : 0.748</p>	

表2 評価結果\_Ss地震時 (原子炉格納容器底部コンクリートマット, 円周方向またはY方向)

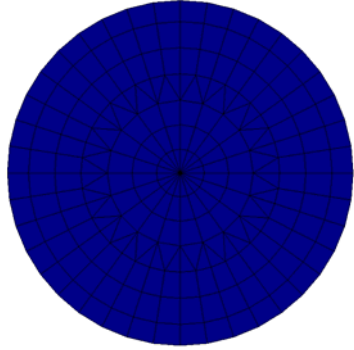
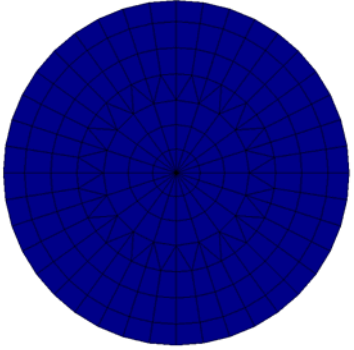
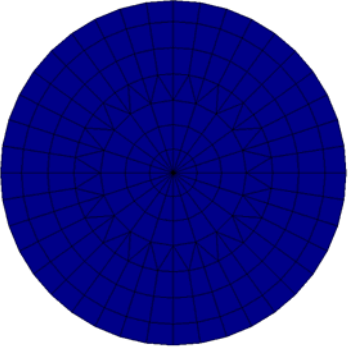
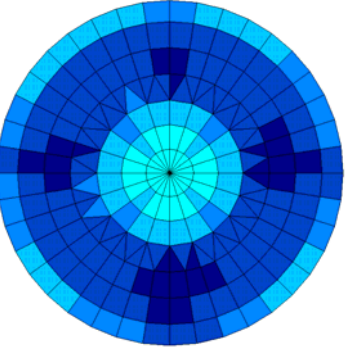
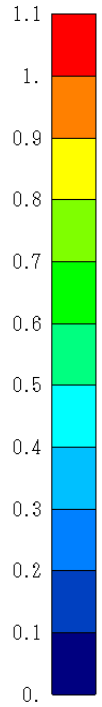
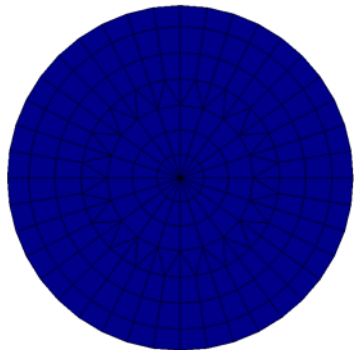
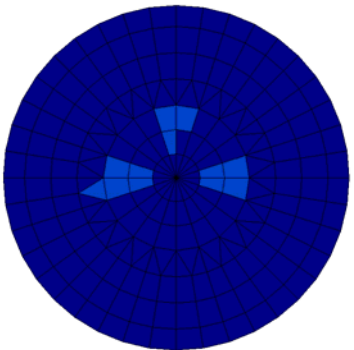
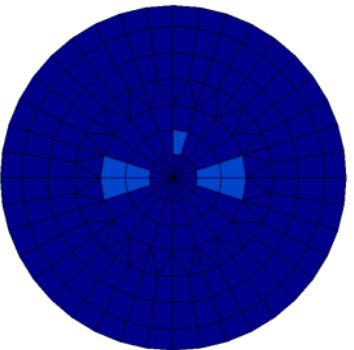
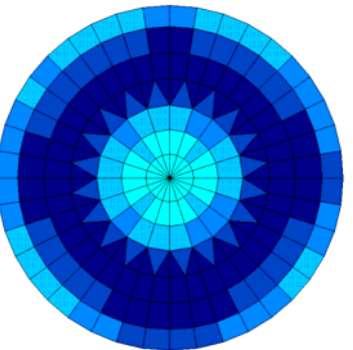
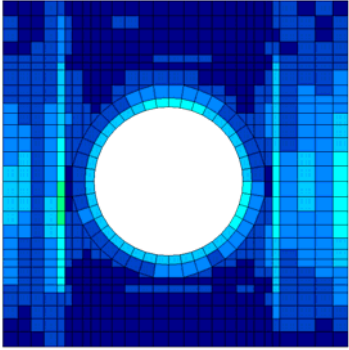
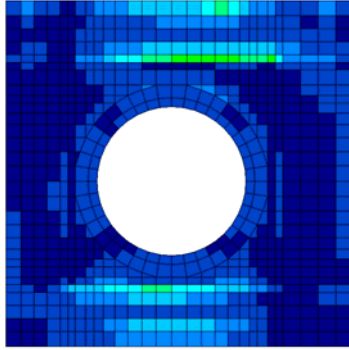
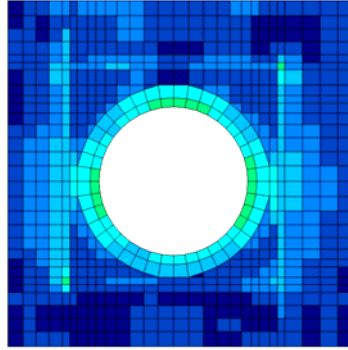
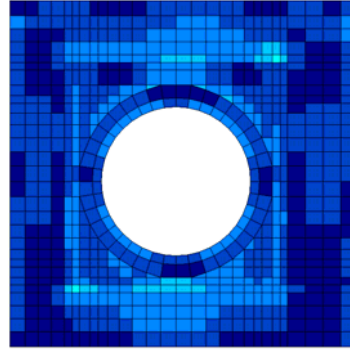
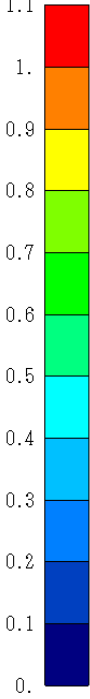

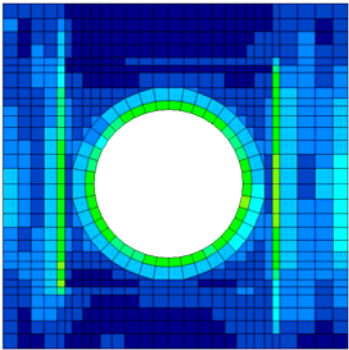
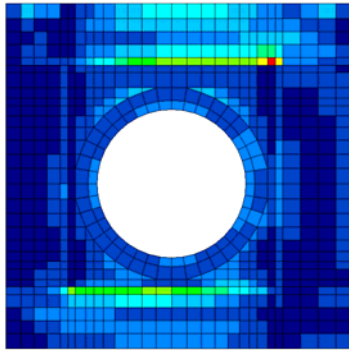
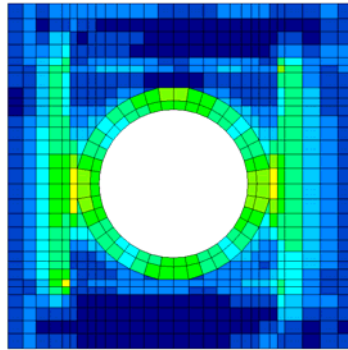
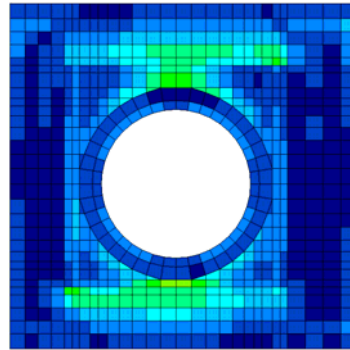
	コンクリート圧縮ひずみ 発生ひずみ/3000 $\mu$	上端筋引張ひずみ 発生ひずみ/5000 $\mu$	下端筋引張ひずみ 発生ひずみ/5000 $\mu$	面外せん断力 発生応力/許容せん断応力	
人工岩盤考慮(今回工認)	 <p>最大値 : 0.078</p>	 <p>最大値 : 0.099</p>	 <p>最大値 : 0.046</p>	 <p>最大値 : 0.484</p>	
人工岩盤無視	 <p>最大値 : 0.086</p>	 <p>最大値 : 0.131</p>	 <p>最大値 : 0.120</p>	 <p>最大値 : 0.494</p>	

表 3 評価結果\_Ss 地震時 (原子炉棟基礎および附属棟基礎)

	曲げモーメント (発生応力/終局耐力)		面外せん断力 (発生応力/終局耐力)		
	半径方向 or X 方向	円周方向 or Y 方向	半径方向 or X 方向	円周方向 or Y 方向	
人工岩盤考慮 (今回工認)	 <p>最大値 : 0.508</p>	 <p>最大値 : 0.654</p>	 <p>最大値 : 0.558</p>	 <p>最大値 : 0.473</p>	 
人工岩盤無視	 <p>最大値 : 0.744</p>	 <p>最大値 : 1.147</p>	 <p>最大値 : 0.885</p>	 <p>最大値 : 0.786</p>	

57

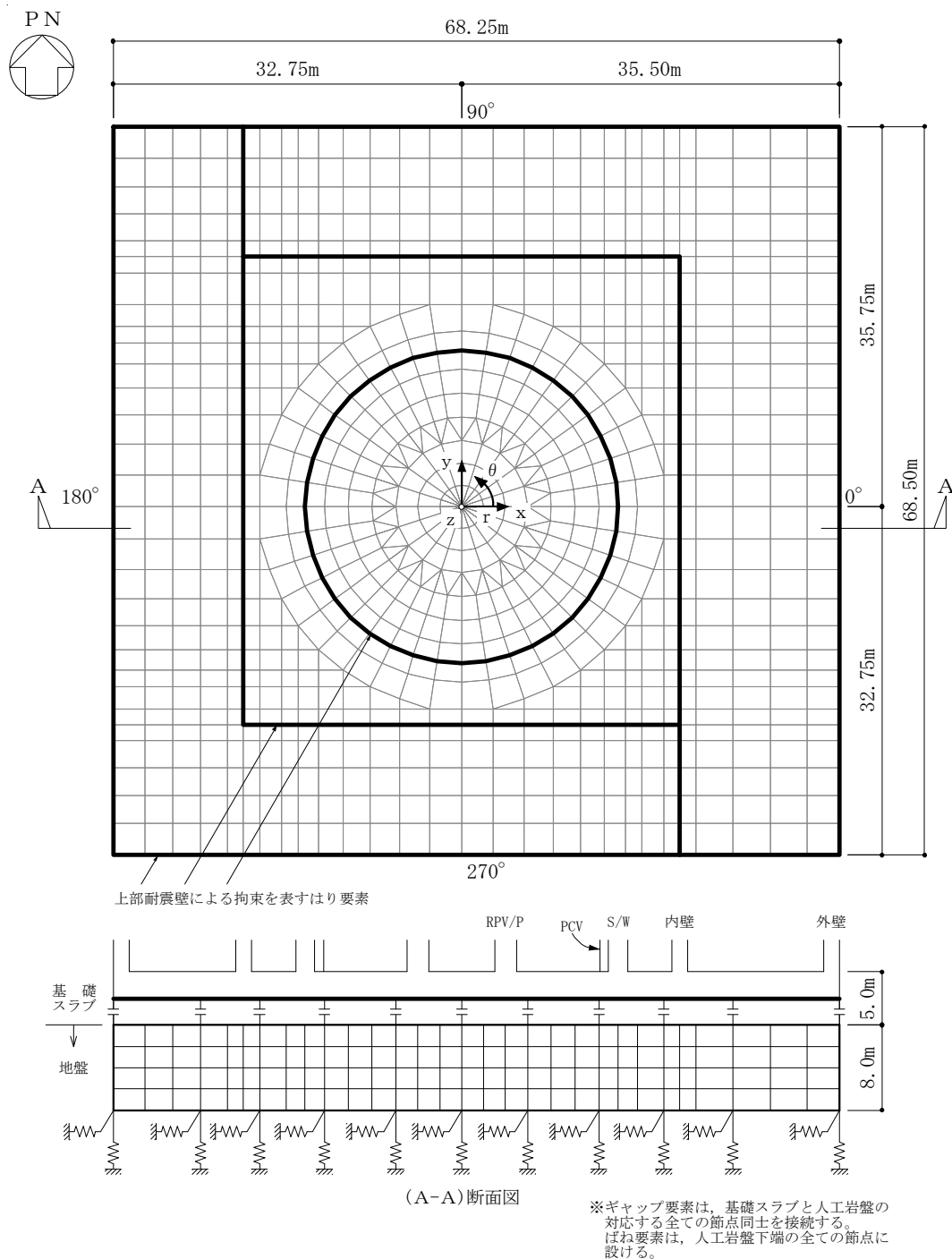


図 4-2 解析モデル

表 4-8 使用材料の物性値

部 位	コンクリートの 設計基準強度 $F_c$ ( $N/mm^2$ )	ヤング係数 $E$ ( $N/mm^2$ )	ポアソン比 $\nu$
基礎版	22.1	$2.21 \times 10^4$	0.2
人工岩盤	13.7	$1.88 \times 10^4$	0.2