

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
応力解析モデルについて

人工岩盤を考慮しない場合の評価結果について、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。

基準地震動 S_s 地震時において、人工岩盤を無視した場合（今回工認再補正用）の解析結果について、水平1方向+鉛直方向の組合せケースに対する評価結果を表1～表3に、水平2方向+鉛直方向ケースに対する評価結果を表4～表6に示す。なお、表中に許容値に対する発生値の比率の最大値（検定値）を併せて示す。また、参考に人工岩盤を考慮した場合の結果を合わせて示す。

水平1方向ケース（表1～表3）と水平2方向ケース（表4～表6）の検定値のレベルを比較すると、曲げ及びせん断に対する全てにおいて水平2方向ケースの方が大きくなっている。以下、水平2方向ケースについて記述する。

底部コンクリートマットについて、曲げに対する検定値は0.2程度、面外せん断に対する検定値は0.8程度である。原子炉棟基礎及び付属棟基礎については、曲げに対する検定値は1.163、面外せん断に対する検定値1.161と局所的に許容値を超過している。面外せん断力は内部ボックス壁出隅部や、内部ボックス壁とシェル壁が近接する部分で局所的に大きくなっており、壁からの鉛直荷重の影響を強く受けていることがわかる。今後、応力平均化に関する検討を実施することとする。

なお、検定値が超過する要因の一つとして、人工岩盤による荷重伝達を無視した保守的な評価を行っていることが挙げられる。その影響を考慮した評価が各表上欄の人工岩盤を考慮した場合の結果であり、いずれも許容値内に収まっている。

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, 水平1方向+鉛直方向)

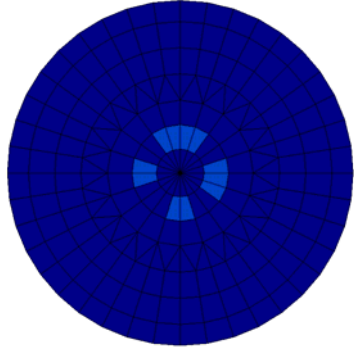
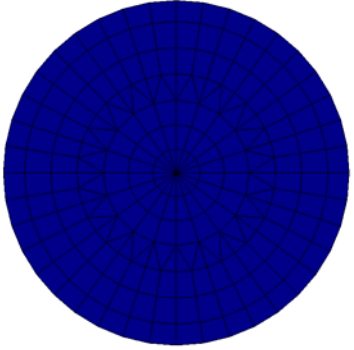
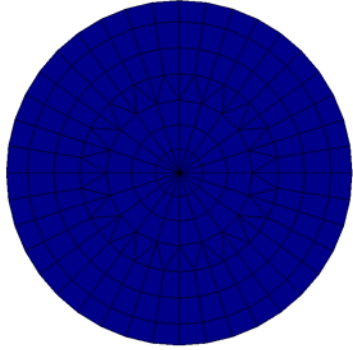
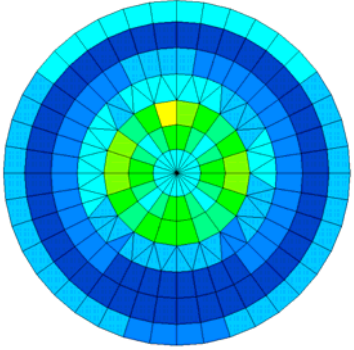
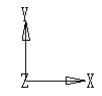
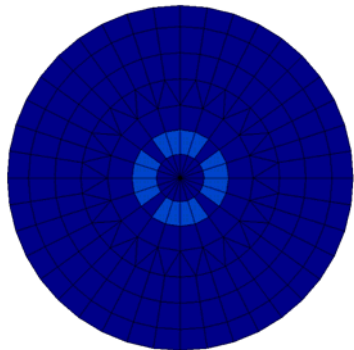
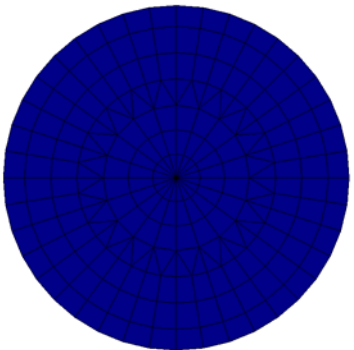
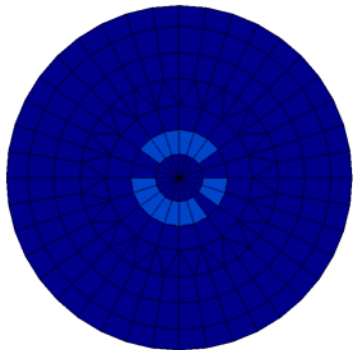
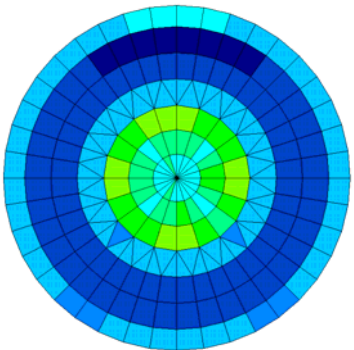
	コンクリート圧縮ひずみ 発生ひずみ/3000 μ	上端筋引張ひずみ 発生ひずみ/5000 μ	下端筋引張ひずみ 発生ひずみ/5000 μ	面外せん断力 発生応力/許容せん断応力	
人工岩盤考慮 (参考)	 <p>最大値 : 0.117</p>	 <p>最大値 : 0.054</p>	 <p>最大値 : 0.065</p>	 <p>最大値 : 0.802</p>	<p>1.1 1.0 0.9 0.8 0.7 0.6 0.5 0.4 0.3 0.2 0.1 0.</p> 
人工岩盤無視 (再補正)	 <p>最大値 : 0.124</p>	 <p>最大値 : 0.092</p>	 <p>最大値 : 0.133</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, 水平1方向+鉛直方向)

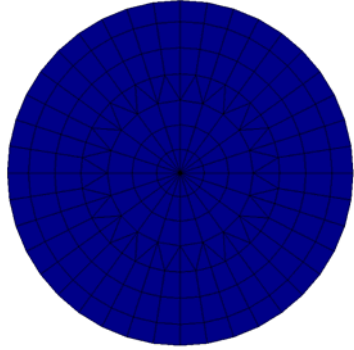
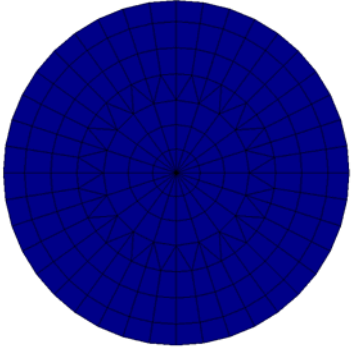
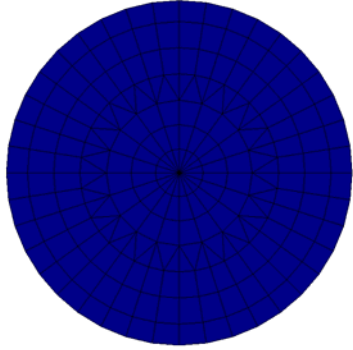
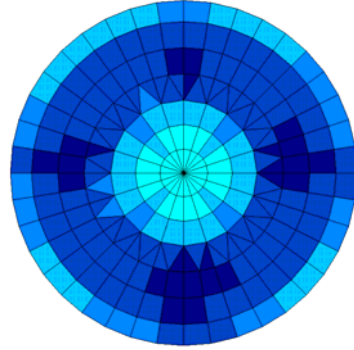
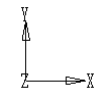
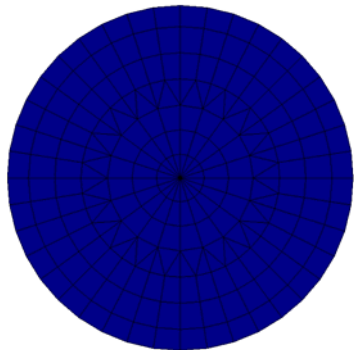
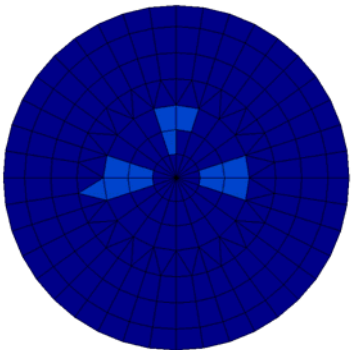
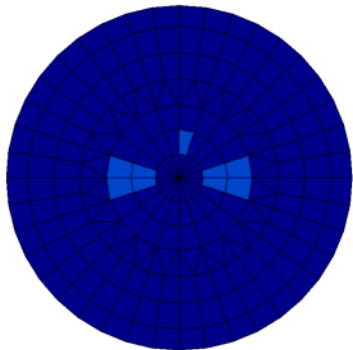
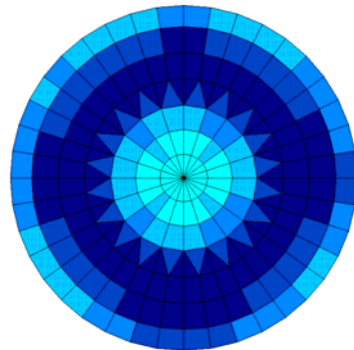
	コンクリート圧縮ひずみ 発生ひずみ/3000 μ	上端筋引張ひずみ 発生ひずみ/5000 μ	下端筋引張ひずみ 発生ひずみ/5000 μ	面外せん断力 発生応力/許容せん断応力	
人工岩盤考慮 (参考)	 <p>最大値 : 0.078</p>	 <p>最大値 : 0.099</p>	 <p>最大値 : 0.046</p>	 <p>最大値 : 0.484</p>	<p>1.1 1.0 0.9 0.8 0.7 0.6 0.5 0.4 0.3 0.2 0.1 0</p> 
人工岩盤無視 (再補正)	 <p>最大値 : 0.086</p>	 <p>最大値 : 0.131</p>	 <p>最大値 : 0.120</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付属棟基礎, 水平1方向+鉛直方向)

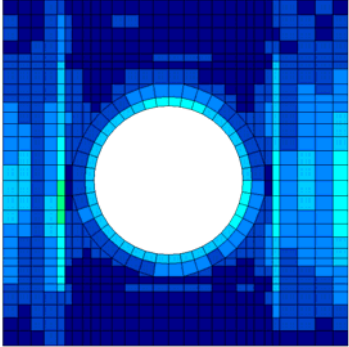
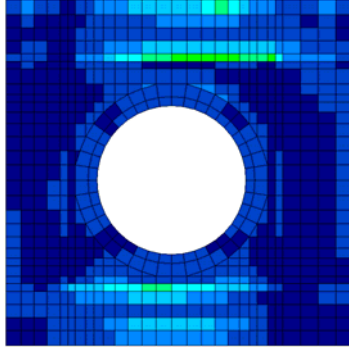
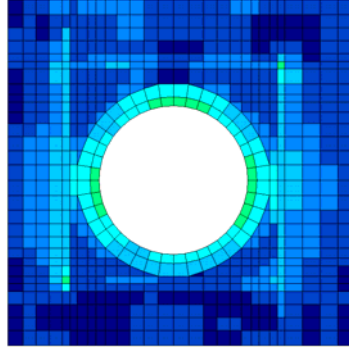
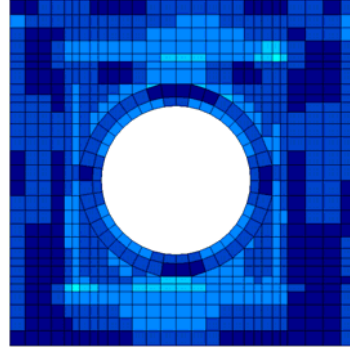
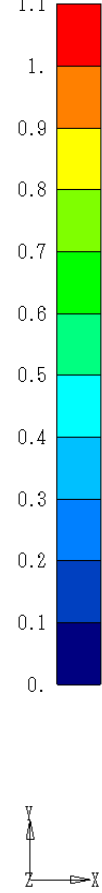
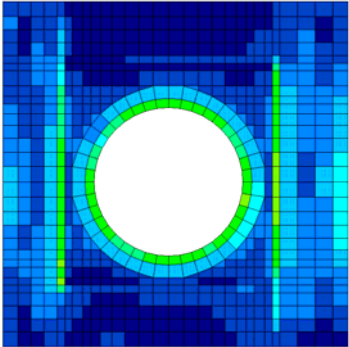
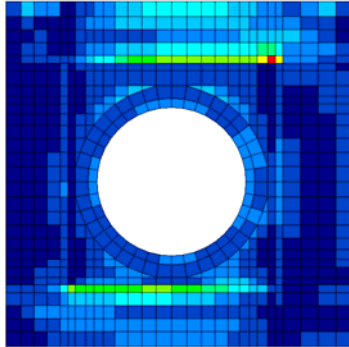
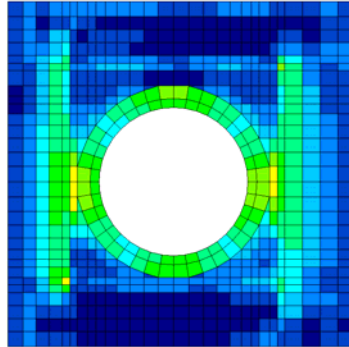
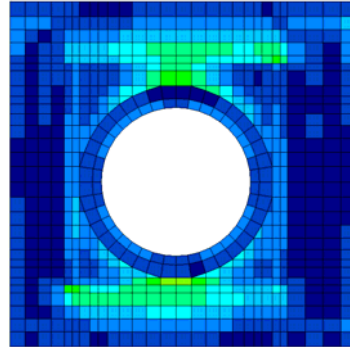
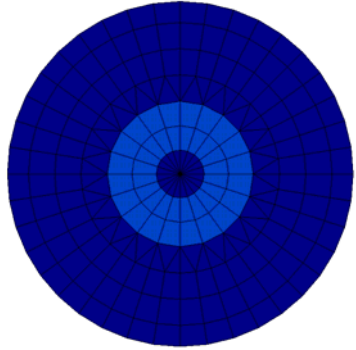
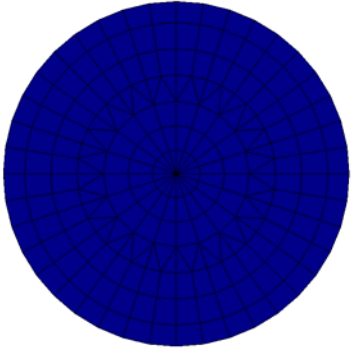
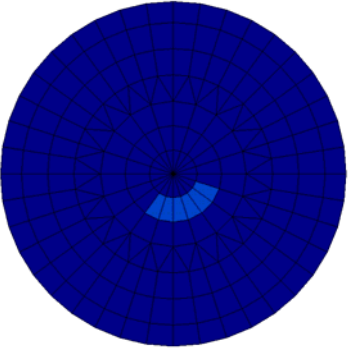
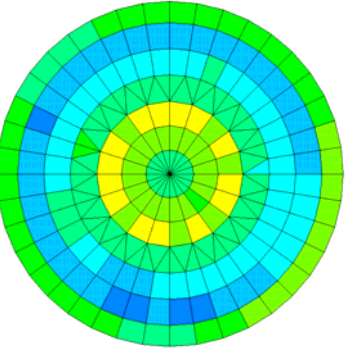
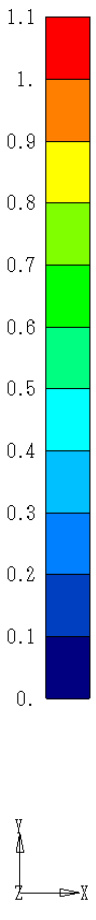
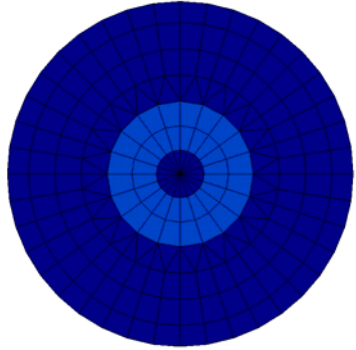
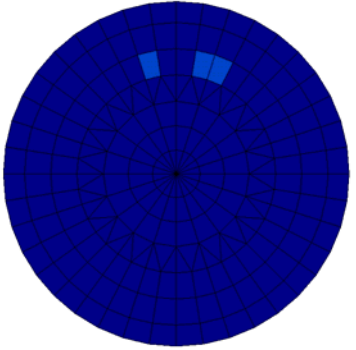
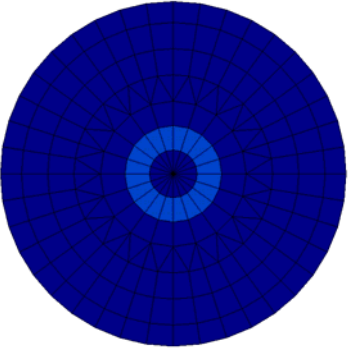
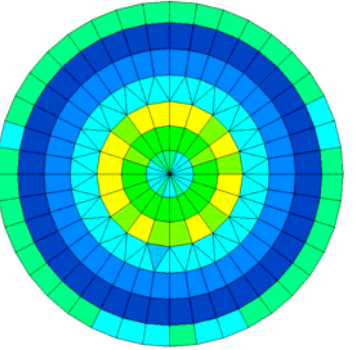
	曲げモーメント (発生応力/終局耐力)		面外せん断力 (発生応力/終局耐力)		
	半径方向 or X方向	円周方向 or Y方向	半径方向 or X方向	円周方向 or Y方向	
人工岩盤考慮 (参考)	 <p>最大値 : 0.508</p>	 <p>最大値 : 0.654</p>	 <p>最大値 : 0.558</p>	 <p>最大値 : 0.473</p>	
人工岩盤無視 (再補正)	 <p>最大値 : 0.744</p>	 <p>最大値 : 1.147</p>	 <p>最大値 : 0.885</p>	 <p>最大値 : 0.786</p>	

表4 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, 水平2方向+鉛直方向)

	コンクリート圧縮ひずみ 発生ひずみ/3000 μ	上端筋引張ひずみ 発生ひずみ/5000 μ	下端筋引張ひずみ 発生ひずみ/5000 μ	面外せん断力 発生応力/許容せん断応力	
人工岩盤考慮 (参考)	 <p>最大値 : 0.187</p>	 <p>最大値 : 0.097</p>	 <p>最大値 : 0.121</p>	 <p>最大値 : 0.875</p>	
人工岩盤無視 (再補正)	 <p>最大値 : 0.156</p>	 <p>最大値 : 0.106</p>	 <p>最大値 : 0.134</p>	 <p>最大値 : 0.835</p>	

5

表5 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, 水平2方向+鉛直方向)

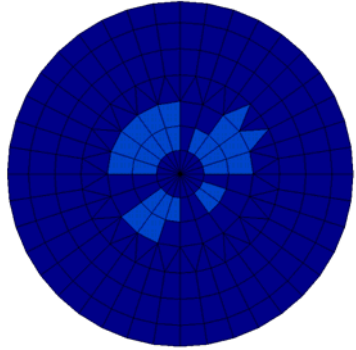
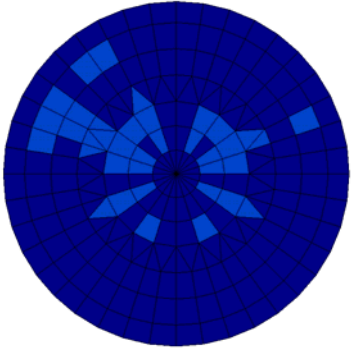
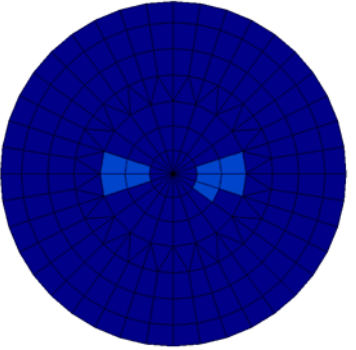
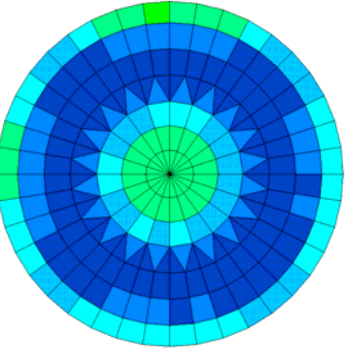
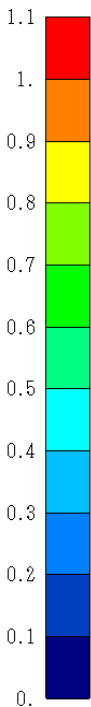

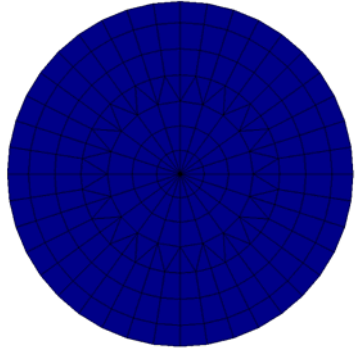
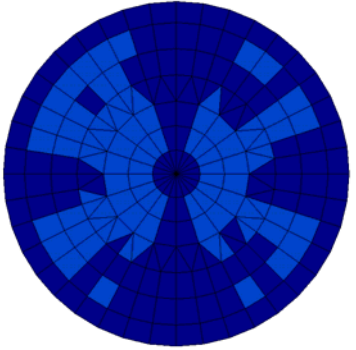
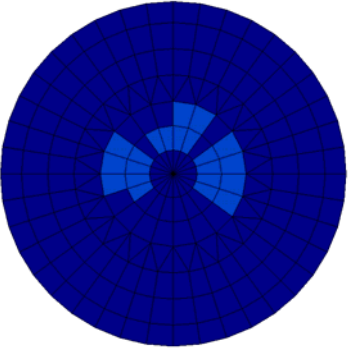
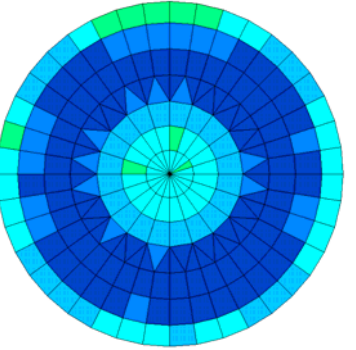
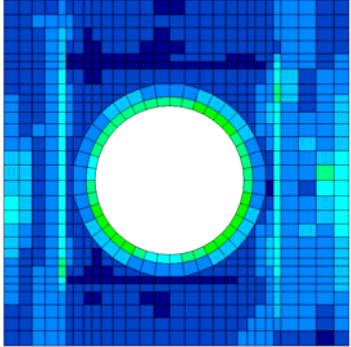
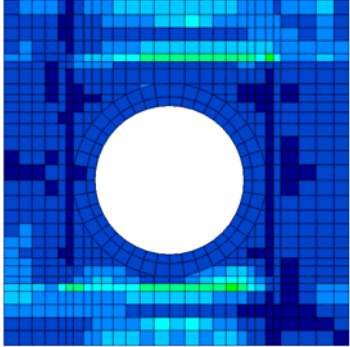
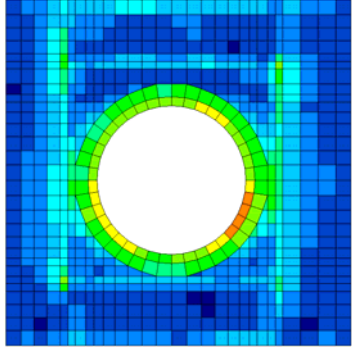
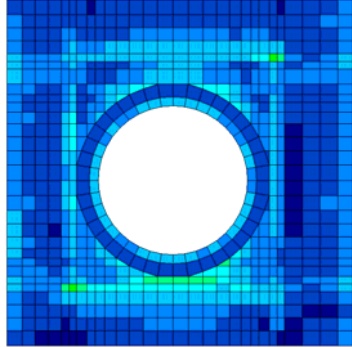
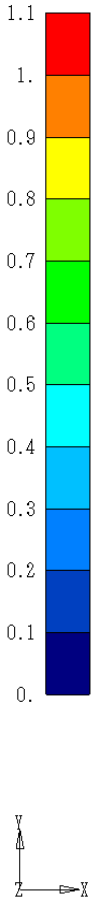
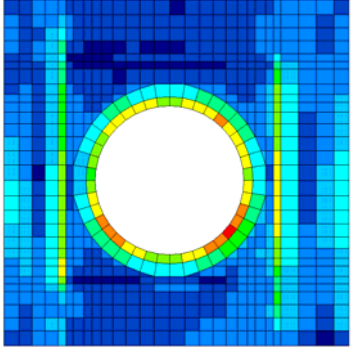
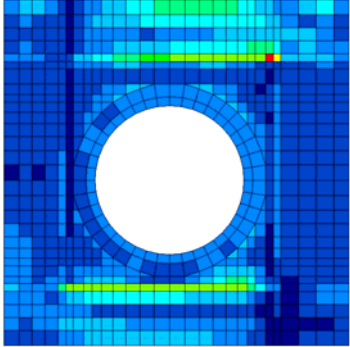
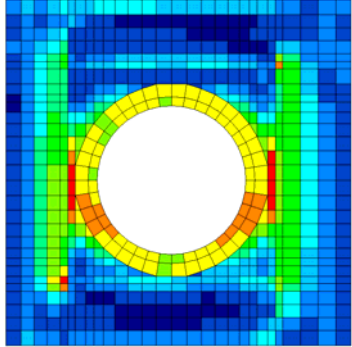
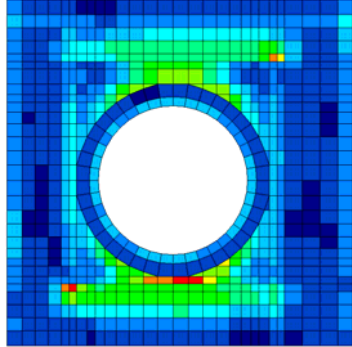
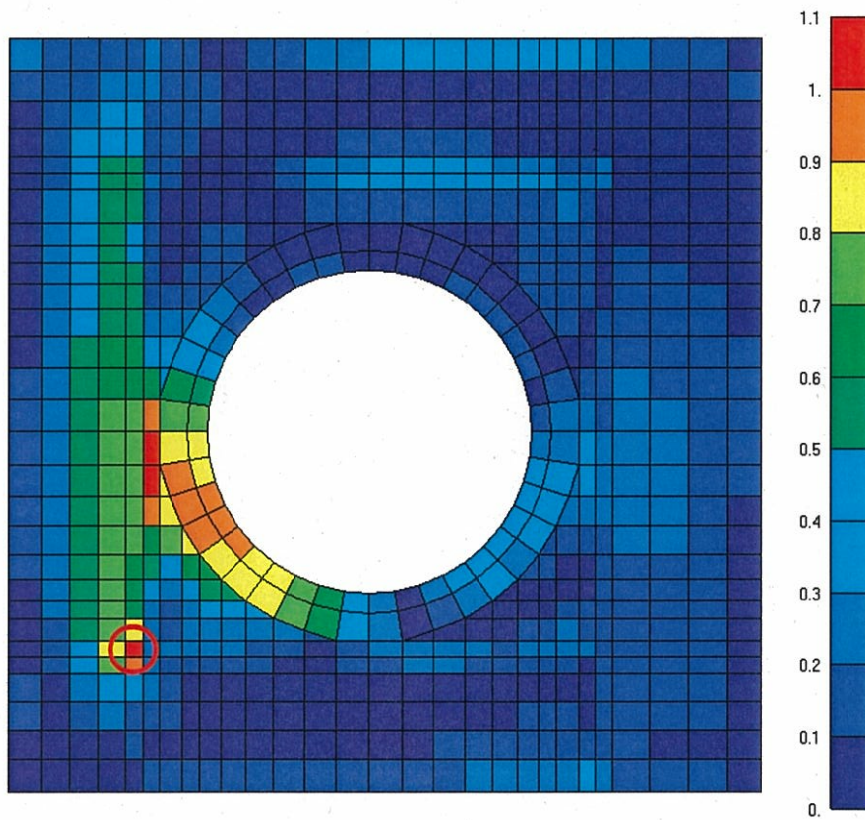
	コンクリート圧縮ひずみ 発生ひずみ/3000 μ	上端筋引張ひずみ 発生ひずみ/5000 μ	下端筋引張ひずみ 発生ひずみ/5000 μ	面外せん断力 発生応力/許容せん断応力	
人工岩盤考慮 (参考)	 <p>最大値 : 0.119</p>	 <p>最大値 : 0.149</p>	 <p>最大値 : 0.131</p>	 <p>最大値 : 0.601</p>	 
人工岩盤無視 (再補正)	 <p>最大値 : 0.097</p>	 <p>最大値 : 0.170</p>	 <p>最大値 : 0.134</p>	 <p>最大値 : 0.581</p>	

表6 評価結果_Ss 地震時 (原子炉棟基礎および付属棟基礎, 水平2方向+鉛直方向)

	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 (参考)	 <p>最大値 : 0.685</p>	 <p>最大値 : 0.611</p>	 <p>最大値 : 0.926</p>	 <p>最大値 : 0.669</p>	
人工岩盤無視 (再補正)	 <p>最大値 : 1.009</p>	 <p>最大値 : 1.163</p>	 <p>最大値 : 1.161</p>	 <p>最大値 : 1.021</p>	



最大値 : 1.161 (○は最大値発生要素を示す。)

図-1 X方向面外せん断力の検定比分布
(0.4N→S + 1.0E→W + 0.4上向き, Ss-31のケース)

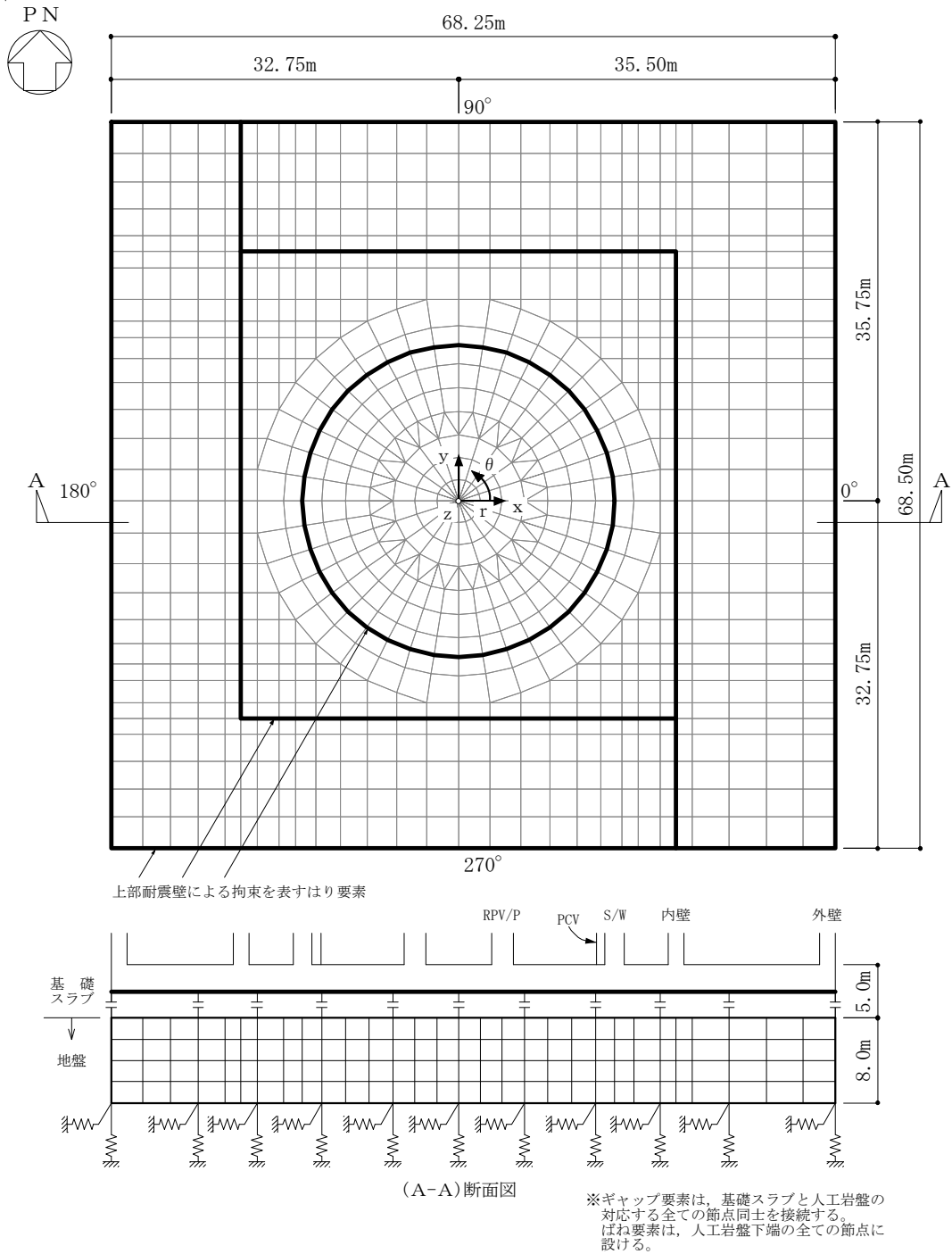


図 4-2 解析モデル

表 4-8 使用材料の物性値

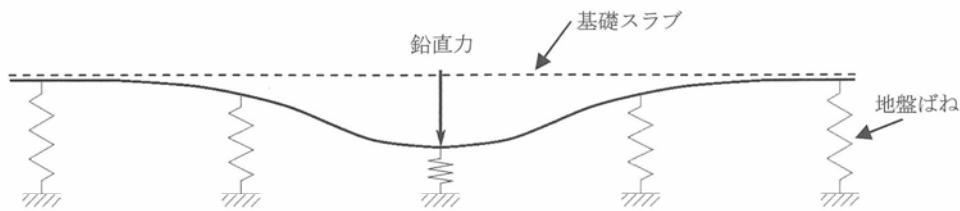
部 位	コンクリートの 設計基準強度 F_c (N/mm^2)	ヤング係数 E (N/mm^2)	ポアソン比 ν
基礎版	22.1	2.21×10^4	0.2
人工岩盤	13.7	1.88×10^4	0.2

20条 基礎スラブの断面算定（解説）

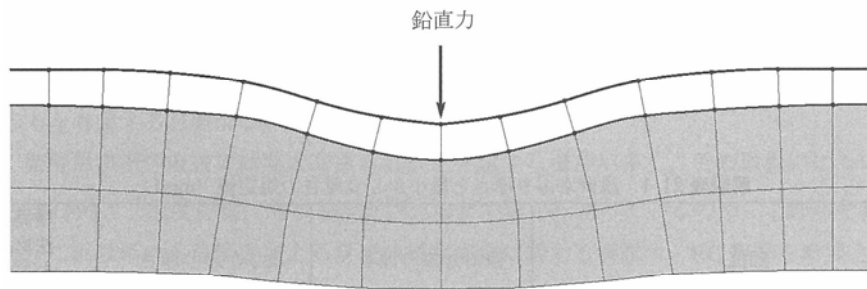
面外せん断力に対する算定を行う際の基礎スラブの応力解析は、通常 FEM モデルで行われ、地盤は節点の支配面積に応じた剛性を有するウィンクラーばねとしてモデル化するのが一般的である。このモデルで基礎スラブの面外方向に鉛直力が作用した場合、鉛直力は直下の地盤ばねの軸力と基礎スラブのせん断力として伝達される。〔解説図 20.3 参照〕

しかし、実際の応力伝達では、基礎スラブが十分な支持性能を有し比較的剛性の高い地盤に支持されている場合、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、地盤も連続体としてモデル化することにより考慮することもできるが、設計モデルとして地盤までモデル化すると、モデルの規模が大きくなりすぎるため、実際の設計への適用は困難である。また、ウィンクラーばねを用いた解析モデルにより、一般的に基礎スラブの面外せん断力は安全側に評価されているといえる。

さらに、基礎スラブは地盤と接しているため、地盤に局部破壊が生じない限り、基礎スラブの面外方向変位は拘束され、せん断ひび割れの発生・拡大は抑制される。



【鉛直力が作用した場合（ウィンクラーばねモデル）】



【鉛直力が作用した場合（地盤を連続体でモデル化した場合）】

解説図 20.3 地盤のモデル化の違いによる鉛直力の伝達経路の違い