

輸入燃料体検査申請書の新旧比較

前回申請書	今回申請書	備考
<p>3.4.5 被覆管応力評価</p> <p>被覆管の応力評価は、次のような要因による応力を相当応力として求め、被覆管の耐力と比較することで行われる。</p> <p>(1) 内外圧差による応力 (ペレット-被覆管の相互作用による応力も含む)</p> <p>(2) 熱応力</p> <p>(3) 水力振動による応力</p> <p><u>(4) 地震による応力</u></p> <p>以下に各項目の計算結果について記す。</p> <p>(1) 内外圧差による応力</p> <p>(a) 高温停止時及び通常運転時</p> <p>燃料寿命初期はペレットと被覆管が接触していないため、外圧の方が大きく被覆管は圧縮応力を受ける。</p> <p>燃焼が進むと、ペレットのスエリング、被覆管のクリープ変形のためにペレットと被覆管が接触するようになる。このため被覆管には引張応力が働くようになるが、クリープとスエリングがほぼつり合うためこの応力は小さなものである。</p> <p>(b) 過渡変化時</p> <p>ペレットと被覆管が接触していない燃料寿命初期は、過渡変化が発生しても燃料棒の内圧増加による応力の変化があるのみで、その量はわずかである。</p> <p>一方ペレットと被覆管が接触している燃料寿命末期は、過渡変化時には内圧の増加のみならず、ペレットの熱膨張による応力が加わることになる。この変化は速いため被覆管のクリープによる応力緩和が生じず、応力は大きなものとなる。</p> <p>以上より内外圧差による応力は、応力が大きくなる過渡変化時の評価を行う。</p> <p>(2) 熱応力</p> <p>熱応力は、被覆管の内外面の温度差により発生する。過渡変化時には被覆管温度が増加するため、若干通常運転時より大きくなる。</p> <p style="text-align: center;">2-19</p>	<p>3.4.5 被覆管応力評価</p> <p>被覆管の応力評価は、次のような要因による応力を相当応力として求め、被覆管の耐力と比較することで行われる。</p> <p>(1) 内外圧差による応力 (ペレット-被覆管の相互作用による応力も含む)</p> <p>(2) 熱応力</p> <p>(3) 水力振動による応力</p> <p>以下に各項目の計算結果について記す。</p> <p>(1) 内外圧差による応力</p> <p>(a) 高温停止時及び通常運転時</p> <p>燃料寿命初期はペレットと被覆管が接触していないため、外圧の方が大きく被覆管は圧縮応力を受ける。</p> <p>燃焼が進むと、ペレットのスエリング、被覆管のクリープ変形のためにペレットと被覆管が接触するようになる。このため被覆管には引張応力が働くようになるが、クリープとスエリングがほぼつり合うためこの応力は小さなものである。</p> <p>(b) 過渡変化時</p> <p>ペレットと被覆管が接触していない燃料寿命初期は、過渡変化が発生しても燃料棒の内圧増加による応力の変化があるのみで、その量はわずかである。</p> <p>一方ペレットと被覆管が接触している燃料寿命末期は、過渡変化時には内圧の増加のみならず、ペレットの熱膨張による応力が加わることになる。この変化は速いため被覆管のクリープによる応力緩和が生じず、応力は大きなものとなる。</p> <p>以上より内外圧差による応力は、応力が大きくなる過渡変化時の評価を行う。</p> <p>(2) 熱応力</p> <p>熱応力は、被覆管の内外面の温度差により発生する。過渡変化時には被覆管温度が増加するため、若干通常運転時より大きくなる。</p> <p style="text-align: center;">2-19</p>	<p>「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」の改正に伴い、「3. 燃料棒の強度計算」では地震を考慮しないこととしたことに伴う変更。</p>

輸入燃料体検査申請書の新旧比較

前回申請書	今回申請書	備考																																																																																																						
<p style="text-align: center;">□内は商業機密のため、公開できません。</p> <p style="text-align: center;">第2-5表 MOX燃料棒の被覆管応力評価(過渡変化時)</p> <p style="text-align: right;">(単位:N/mm²)</p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">項目</th> <th colspan="3">応力</th> <th rowspan="2">相当応力*</th> </tr> <tr> <th>σ_r</th> <th>σ_θ</th> <th>σ_z</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">内外圧差による応力</td> <td>内面</td> <td rowspan="6" style="text-align: center; vertical-align: middle;">[Redacted]</td> <td rowspan="6" style="text-align: center; vertical-align: middle;">[Redacted]</td> <td rowspan="6" style="text-align: center; vertical-align: middle;">[Redacted]</td> </tr> <tr> <td>外面</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">熱応力</td> <td>内面</td> </tr> <tr> <td>外面</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">水力振動による応力</td> <td>内面</td> </tr> <tr> <td>外面</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">地震による応力</td> <td>内面</td> </tr> <tr> <td>外面</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">応力の合計</td> <td>内面</td> </tr> <tr> <td>外面</td> </tr> <tr> <td>体積平均相当応力</td> <td colspan="3" style="text-align: right;">(注1)</td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="3" style="text-align: right;">277</td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="3" style="text-align: right;">(284)</td> </tr> <tr> <td>局所燃焼度 (MWd/t)</td> <td colspan="3" style="text-align: right;">277</td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="3" style="text-align: right;">(284)</td> </tr> <tr> <td>設計基準値</td> <td colspan="3" style="text-align: right;">310</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">設計比(注2)</td> <td colspan="3" style="text-align: right;">0.90</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: right;">(0.92)</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: right;">0.90</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: right;">(0.92)</td> </tr> </tbody> </table> <p>(注1) 上段:地震、水力振動による応力は引張方向にとった場合 下段:地震、水力振動による応力は圧縮方向にとった場合 (注2) 設計基準値に対する体積平均相当応力の比である。 (注3) ()内は照射の影響を考慮した値を示す。</p> <p>* Misesの相当応力: $\sigma_e = \sqrt{\frac{(\sigma_r - \sigma_\theta)^2 + (\sigma_\theta - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_r)^2}{2}}$</p>	項目	応力			相当応力*	σ_r	σ_θ	σ_z	内外圧差による応力	内面	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	外面	熱応力	内面	外面	水力振動による応力	内面	外面	地震による応力	内面	外面	応力の合計	内面	外面	体積平均相当応力	(注1)				277				(284)			局所燃焼度 (MWd/t)	277				(284)			設計基準値	310			設計比(注2)	0.90			(0.92)			0.90			(0.92)			<p style="text-align: center;">□内は商業機密のため、公開できません。</p> <p style="text-align: center;">第2-6表 MOX燃料棒の被覆管応力評価(過渡変化時)</p> <p style="text-align: right;">(単位:N/mm²)</p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">項目</th> <th colspan="3">応力</th> <th rowspan="2">相当応力</th> </tr> <tr> <th>σ_r</th> <th>σ_θ</th> <th>σ_z</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">内外圧差による応力</td> <td>内面</td> <td rowspan="6" style="text-align: center; vertical-align: middle;">[Redacted]</td> <td rowspan="6" style="text-align: center; vertical-align: middle;">[Redacted]</td> <td rowspan="6" style="text-align: center; vertical-align: middle;">[Redacted]</td> </tr> <tr> <td>外面</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">熱応力</td> <td>内面</td> </tr> <tr> <td>外面</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">水力振動による応力</td> <td>内面</td> </tr> <tr> <td>外面</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">応力の合計</td> <td>内面</td> </tr> <tr> <td>外面</td> </tr> <tr> <td>体積平均相当応力</td> <td colspan="3" style="text-align: right;">0.76</td> </tr> <tr> <td>局所燃焼度 (MWd/t)</td> <td colspan="3" style="text-align: right;">0.76</td> </tr> <tr> <td>設計基準値</td> <td colspan="3" style="text-align: right;">0.76</td> </tr> <tr> <td>設計比(注2)</td> <td colspan="3" style="text-align: right;">0.76</td> </tr> </tbody> </table> <p>(注1) 上段:水力振動による応力を引張方向にとった場合 下段:水力振動による応力を圧縮方向にとった場合 (注2) 設計基準値に対する体積平均相当応力の比である。</p> <p>* Misesの相当応力: $\sigma_e = \sqrt{\frac{(\sigma_r - \sigma_\theta)^2 + (\sigma_\theta - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_r)^2}{2}}$</p>	項目	応力			相当応力	σ_r	σ_θ	σ_z	内外圧差による応力	内面	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	外面	熱応力	内面	外面	水力振動による応力	内面	外面	応力の合計	内面	外面	体積平均相当応力	0.76			局所燃焼度 (MWd/t)	0.76			設計基準値	0.76			設計比(注2)	0.76			<p>「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」の改正に伴い、「3. 燃料棒の強度計算」では地震を考慮しないこととしたことに伴う変更。</p> <p>”被覆管の閉じ込め機能の評価”において、照射後については使用温度及び照射の影響を考慮し、設計基準値を設定しており、設計基準値の考え方を本評価にも考慮したことに伴う変更。</p>
項目		応力				相当応力*																																																																																																		
	σ_r	σ_θ	σ_z																																																																																																					
内外圧差による応力	内面	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]																																																																																																				
	外面																																																																																																							
熱応力	内面																																																																																																							
	外面																																																																																																							
水力振動による応力	内面																																																																																																							
	外面																																																																																																							
地震による応力	内面																																																																																																							
	外面																																																																																																							
応力の合計	内面																																																																																																							
	外面																																																																																																							
体積平均相当応力	(注1)																																																																																																							
	277																																																																																																							
	(284)																																																																																																							
局所燃焼度 (MWd/t)	277																																																																																																							
	(284)																																																																																																							
設計基準値	310																																																																																																							
設計比(注2)	0.90																																																																																																							
	(0.92)																																																																																																							
	0.90																																																																																																							
	(0.92)																																																																																																							
項目	応力			相当応力																																																																																																				
	σ_r	σ_θ	σ_z																																																																																																					
内外圧差による応力	内面	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]																																																																																																				
	外面																																																																																																							
熱応力	内面																																																																																																							
	外面																																																																																																							
水力振動による応力	内面																																																																																																							
	外面																																																																																																							
応力の合計	内面																																																																																																							
	外面																																																																																																							
体積平均相当応力	0.76																																																																																																							
局所燃焼度 (MWd/t)	0.76																																																																																																							
設計基準値	0.76																																																																																																							
設計比(注2)	0.76																																																																																																							

輸入燃料体検査申請書の新旧比較

前回申請書	今回申請書	備考
<p style="text-align: center;">□内は商業機密のため、公開できません。</p> <p>(4) Ss 地震波に対する燃料集合体の耐震性評価</p> <p>Ss 地震時において燃料集合体に要求されるのは、制御棒の挿入機能が確保されること及び崩壊熱除去可能な形状が維持されることである。</p> <p>制御棒の挿入機能を阻害しないことについては、制御棒案内シンプルの応力評価により確認し、崩壊熱除去可能な形状の維持については、燃料被覆管の応力評価により確認する。</p> <p>(1)項で述べた方法により、Ss 地震波に対する群振動解析を行い、燃料集合体の地震応答を求めた。群振動解析には、第 2-23 図～第 2-30 図に示す Ss 地震波に対する上部炉心板及び下部炉心板の応答加速度を用いる。第 2-19 表に解析結果を示す。</p> <p>(2)項で述べた方法により、Ss 地震波に対する振動解析を行い、燃料集合体の地震応答を求めた。振動解析には、第 2-23 図～第 2-30 図に示す Ss 地震波に対する上部炉心板及び下部炉心板の応答加速度を用いる。第 2-20 表に解析結果を示す。</p> <p>(a) 制御棒の挿入機能の確保</p> <p>第 2-19 表に示す Ss 地震時の燃料集合体の最大変位により制御棒案内シンプルに発生する応力は、鉛直地震力による応力及び通常運転時の応力を重ね合わせた結果、第 2-21 表に示すように許容値以下である。</p> <p>支持格子に生じる最大衝撃力が、弾性限界荷重を上回っており、支持格子には、最大 □mm の変形が生じる。なお、Ss 地震時の制御棒挿入時間については、挿入規定時間(2.2 秒)以内に挿入できることを確認している。</p> <p>(b) 崩壊熱除去可能な形状の維持</p> <p>第 2-19 表に示す Ss 地震時の燃料集合体の最大変位により被覆管に発生する応力は、鉛直地震力による応力及び燃料寿命期間中における一次応力を重ね合わせた結果、第 2-22 表に示すように許容値以下である。</p> <p>以上から、Ss 地震時において燃料集合体は、<u>制御棒の挿入機能が確保されること及び崩壊熱除去可能な形状が維持される。</u></p> <p style="text-align: center;">2-87</p>	<p style="text-align: center;">□内は商業機密のため、公開できません。</p> <p>(4) Ss 地震波に対する燃料集合体の耐震性評価</p> <p>Ss 地震時において燃料集合体に要求されるのは、制御棒の挿入機能が確保されること、<u>崩壊熱除去可能な形状及び被覆管の閉じ込め機能が維持されることである。</u></p> <p>制御棒の挿入機能を阻害しないことについては、制御棒案内シンプルの応力評価により確認し、崩壊熱除去可能な形状については、<u>燃料被覆管の応力評価により確認し、被覆管の閉じ込め機能の維持については、被覆管の応力評価及び疲労評価により確認する。</u></p> <p>(1)項で述べた方法により、Ss 地震波に対する群振動解析を行い、燃料集合体の地震応答を求めた。群振動解析には、第 2-15 図～第 2-22 図に示す Ss 地震波に対する上部炉心板及び下部炉心板の応答加速度を用いる。第 2-15 表に解析結果を示す。</p> <p>(2)項で述べた方法により、Ss 地震波に対する振動解析を行い、燃料集合体の地震応答を求めた。振動解析には、第 2-15 図～第 2-22 図に示す Ss 地震波に対する上部炉心板及び下部炉心板の応答加速度を用いる。第 2-16 表に解析結果を示す。</p> <p>(a) 制御棒の挿入機能の確保</p> <p>第 2-15 表に示す Ss 地震時の燃料集合体の最大変位により制御棒案内シンプルに発生する応力は、鉛直地震力による応力及び通常運転時の応力を重ね合わせた結果、第 2-17 表に示すように許容値以下である。</p> <p>支持格子に生じる最大衝撃力が、弾性限界荷重を上回っており、支持格子には、最大 □mm の変形が生じる。なお、Ss 地震時の制御棒挿入時間については、挿入規定時間(2.2 秒)以内に挿入できることを確認している。</p> <p>(b) 崩壊熱除去可能な形状の維持</p> <p>第 2-15 表に示す Ss 地震時の燃料集合体の最大変位により被覆管に発生する応力は、鉛直地震力による応力及び燃料寿命期間中における一次応力を重ね合わせた結果、第 2-18 表に示すように許容値以下である。</p> <p style="text-align: center;">2-50</p>	<p>「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」の改正に伴い、“<u>被覆管の閉じ込め機能の評価</u>”を行うことに伴う追加。</p> <p>図表削除に伴う番号の繰り上げ。</p>

輸入燃料体検査申請書の新旧比較

前回申請書	今回申請書	備考
	<p>(c) <u>被覆管の閉じ込め機能の維持</u></p> <p><u>第2-15表に示すSs地震時の燃料集合体の最大変位により被覆管に発生する応力は、鉛直地震力による応力並びに燃料寿命期間中における一次応力及び二次応力を重ね合わせた結果、第2-19表に示すように許容値以下である。</u></p> <p><u>被覆管に発生する疲労は、地震により被覆管に発生する応力による疲労損傷係数と燃料寿命期間中における累積疲労損傷係数を足し合わせた結果、第2-20表に示すように許容値以下である。なお、地震時の被覆管疲労評価における繰り返し回数は200回としている。</u></p> <p>以上から、Ss地震時において燃料集合体は、制御棒の挿入機能が確保され、<u>崩壊熱除去可能な形状及び被覆管の閉じ込め機能が維持される。</u></p>	<p>「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」の改正に伴い、“被覆管の閉じ込め機能の評価”を行うことに伴う追加。</p>

輸入燃料体検査申請書の新旧比較

前回申請書	今回申請書	備考																																																			
	<p><input type="checkbox"/> 内は商業機密のため、公開できません。</p> <p>第2-19表 被覆管の応力評価結果(過渡変化時) (被覆管の閉じ込め機能の維持)</p> <p style="text-align: right;">(単位: N/mm²)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">項目</th> <th colspan="3">応力</th> <th rowspan="2">相当応力</th> </tr> <tr> <th>σ_r</th> <th>σ_θ</th> <th>σ_z</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">内外圧差による応力</td> <td>内面</td> <td rowspan="6" style="text-align: center; vertical-align: middle;">[Blank]</td> <td rowspan="6" style="text-align: center; vertical-align: middle;">[Blank]</td> <td rowspan="6" style="text-align: center; vertical-align: middle;">[Blank]</td> </tr> <tr> <td>外面</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">熱応力</td> <td>内面</td> </tr> <tr> <td>外面</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">水力振動による応力</td> <td>内面</td> </tr> <tr> <td>外面</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">地震による応力</td> <td>内面</td> </tr> <tr> <td>外面</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">応力の合計</td> <td>内面</td> </tr> <tr> <td>外面</td> </tr> <tr> <td>体積平均相当応力</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>局所燃焼度 (MWd/t)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>設計基準値</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>設計比^(注2)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">0.83</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">0.83</td> </tr> </tbody> </table> <p>(注1) 上段:地震、水力振動による応力を引張方向にとった場合 下段:地震、水力振動による応力を圧縮方向にとった場合 (注2) 設計基準値に対する体積平均相当応力の比である。</p> <p>* Mises の相当応力: $\sigma_e = \sqrt{\frac{(\sigma_r - \sigma_\theta)^2 + (\sigma_r - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_\theta)^2}{2}}$</p>	項目	応力			相当応力	σ_r	σ_θ	σ_z	内外圧差による応力	内面	[Blank]	[Blank]	[Blank]	外面	熱応力	内面	外面	水力振動による応力	内面	外面	地震による応力	内面	外面	応力の合計	内面	外面	体積平均相当応力					局所燃焼度 (MWd/t)					設計基準値					設計比 ^(注2)				0.83					0.83	<p>「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」の改正に伴い、“被覆管閉じ込め機能評価”を行うことに伴う追加。</p>
項目	応力			相当応力																																																	
	σ_r	σ_θ	σ_z																																																		
内外圧差による応力	内面	[Blank]	[Blank]	[Blank]																																																	
	外面																																																				
熱応力	内面																																																				
	外面																																																				
水力振動による応力	内面																																																				
	外面																																																				
地震による応力	内面																																																				
	外面																																																				
応力の合計	内面																																																				
	外面																																																				
体積平均相当応力																																																					
局所燃焼度 (MWd/t)																																																					
設計基準値																																																					
設計比 ^(注2)				0.83																																																	
				0.83																																																	
	2-100																																																				

輸入燃料体検査申請書の新旧比較

前回申請書	今回申請書	備考								
	<p style="text-align: center;">第2-20表 MOX 燃料棒の疲労評価結果 (被覆管の閉じ込め機能の維持)</p> <table border="1" data-bbox="1093 528 1641 612"> <thead> <tr> <th>燃料寿命中における累積 疲労損傷係数</th> <th>地震による 疲労損傷係数</th> <th>合計</th> <th>許容値</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">0.23</td> <td style="text-align: center;">0.02</td> <td style="text-align: center;">0.25</td> <td style="text-align: center;">1</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">2-102</p>	燃料寿命中における累積 疲労損傷係数	地震による 疲労損傷係数	合計	許容値	0.23	0.02	0.25	1	<p>「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」の改正に伴い、“被覆管閉じ込め機能評価”を行うことに伴う追加。</p>
燃料寿命中における累積 疲労損傷係数	地震による 疲労損傷係数	合計	許容値							
0.23	0.02	0.25	1							