

**福島第一原子力発電所
3号機原子炉建屋の躯体状況調査結果を反映した
使用済燃料プール等の耐震安全性評価結果**

コメント回答

2016年12月16日
東京電力ホールディングス株式会社

モデル化の設定

コメント1

FEMモデルにおける「層分割数」、「鉄筋のモデル化」、「壁と床の接合条件」「メッシュ割りの考え方」を示すこと。

【回答】

解析モデルに使用する板要素は、鉄筋層をモデル化した異方性材料による積層シェル要素（コンクリート部：10要素11積分点）を用いた。各要素には、板の軸力と曲げ応力を同時に考えるが、板の曲げには面外せん断変形の影響も考慮した。なお、壁と床の要素の接合条件は剛接とした。

シェル壁、プール壁の層中間部の応力分布が評価できるよう、1層4～5メッシュで分割している。水平方向のメッシュサイズも鉛直方向とほぼ同等サイズになるよう分割している。その他の床スラブや壁については、シェル壁やプール壁との連続性及び開口などの躯体形状を勘案し、メッシュ分割している。

荷重の設定 (1/4)

コメント2

荷重（死荷重、地震荷重等）の具体的な値を示すこと。

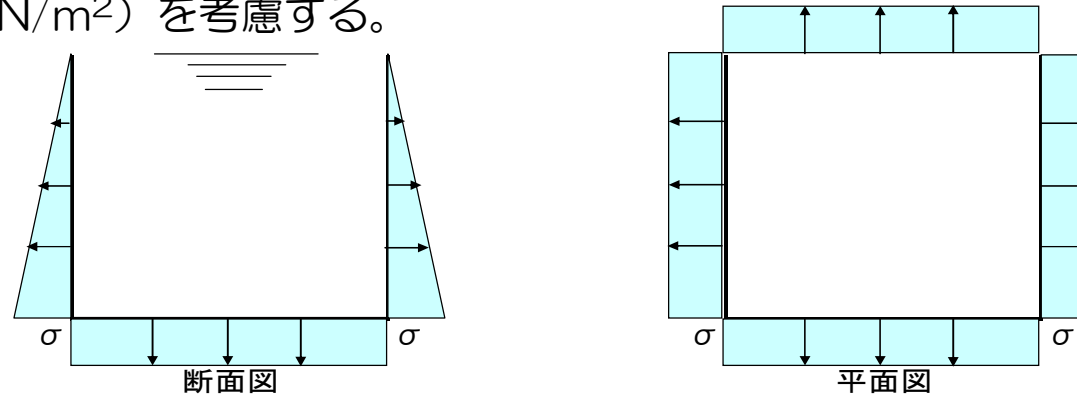
【死荷重、遮へい体荷重、燃料取り出し用カバー荷重】

荷重		荷重 (kN)
死荷重(原子炉建屋)		330619
遮へい体荷重		18000
燃料取り出し用カバー荷重	ストッパー	1500
	東側脚部	7700

荷重の設定 (2/4)

【静水圧】

使用済燃料プールが満水状態（プール水重量13640 kN）にあると仮定した場合の静水圧（ $\sigma = 113 \text{ kN/m}^2$ ）を考慮する。



【地震荷重】

燃料取り出し用カバーの解析モデルによる基準地震動 S_s に対する地震応答解析結果にもとづき、以下のせん断力を考慮する。

O.P.(m)	荷重 (kN)	
	NS方向	EW方向
39.920	71920	72110
32.30	155000	157880
26.90	229320	230520

荷重の設定 (3/4)

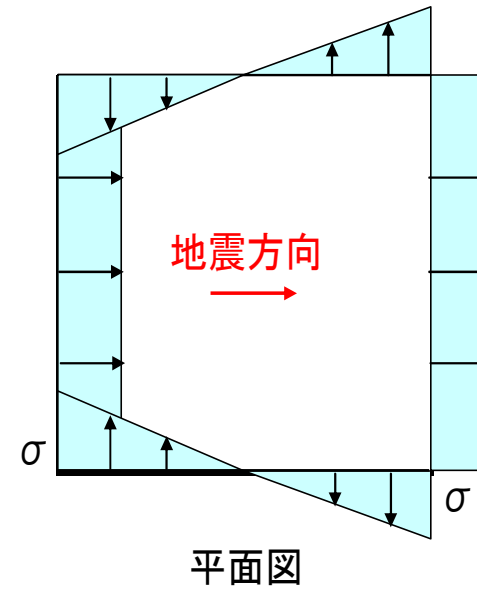
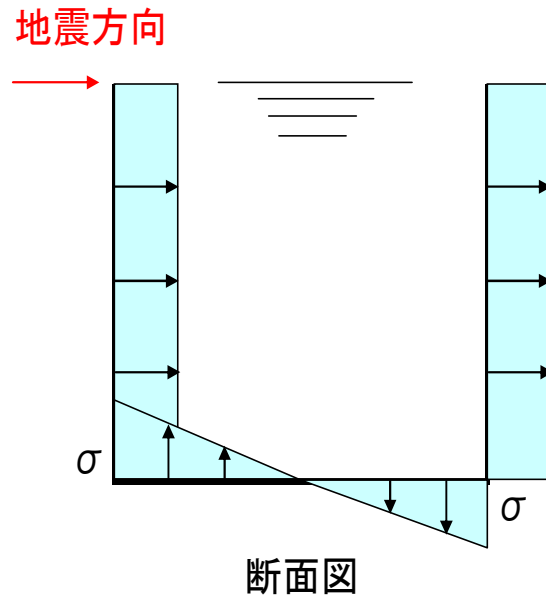
【燃料取り出し用カバー反力 (地震時)】

荷重	作用方向	反力 (kN)	
オイルダンパ反力	鉛直下向き	5200	
燃料取り出し用 カバー反力		ストッパ	東側脚部
	N→S	15500	700
	S→N	15600	700
	W→E	14600	2500
	E→W	16300	2500

荷重の設定 (4/4)

【地震時動水圧荷重】

JEAC4601に基づき、使用済燃料プール水の地震時動水圧 ($\sigma_{NS}=44 \text{ kN/m}^2$, $\sigma_{EW}=56 \text{ kN/m}^2$) を考慮する。



検定比について

コメント3

検定比の算出式および出典を示すこと。

【回答】

別紙参照。

検定比の算出式および出典について

評価においては、応力解析より求まる発生応力及びひずみが、評価基準値以下となることを確認した。評価基準値は、日本機械学会「発電用原子力設備規格 コンクリート製原子炉格納容器規格」(CCV 規格)にもとづき設定した。表-1 にひずみの評価基準値の値を示す。

表-1 評価対象別の ε_A

評価対象	評価基準値 ε_A ($\times 10^{-6}$)
コンクリート	-3000
鉄筋	± 5000

発生応力(面外せん断力)の評価基準値は、下式による。

シェル壁の面外せん断力に対する評価基準値(Q_A)は、次の2つの計算式により計算した値のいずれか小さい方の値とシェル壁の断面積を乗じて算出した値とする。

$$\tau_R = \Phi \{ 0.1(p_t \cdot f_y - \sigma_0) + 0.5p_w \cdot f_y + 0.235\sqrt{F_c} \} \quad \dots\dots\dots 1$$

$$\tau_R = 1.10\sqrt{F_c} \quad \dots\dots\dots 2$$

ここで、

τ_R : 終局面外せん断応力度 (N/mm²)

p_t : 主筋の鉄筋比

f_y : 鉄筋の許容引張応力度および許容圧縮応力度 (N/mm²)

F_c : コンクリートの設計基準強度 (N/mm²)

σ_0 : 外力による膜応力度 (N/mm²) (引張の符号を正とする)

p_w : 面外せん断力に対する補強筋の鉄筋比であって、次の計算式により計算した値

$$p_w = a_w / (b \cdot x) \quad \dots\dots\dots 3$$

a_w : 面外せん断力に対する補強筋の断面積 (mm²)

b : 断面の幅 (mm)

x : 面外せん断力に対する補強筋の間隔 (mm)

Φ : 低減係数であり、次の計算式により計算した値 (1を超える場合は1, 0.58未満の場合は0.58とする)

$$\Phi = 1 / \sqrt{M / (Q \cdot d)} \quad \dots\dots\dots 4$$

M : 曲げモーメント (N・mm)

Q : せん断力 (N)

d : 断面の有効せい (mm)

シェル壁以外の面外せん断力に対する評価基準値 (Q_A) は、次の(1)または(2)に示す計算式により計算した値とする。

(1) 次の計算式により計算した値

$$Q_A = b \cdot j \cdot c f_s \quad \dots\dots\dots 5$$

ここで、

- Q_A : 許容面外せん断力 (N)
- b : 断面の幅 (mm)
- j : 断面の応力中心間距離で $c f_s$, 断面の有効せいの7/8倍の値 (mm)
- $c f_s$: コンクリートの許容せん断応力度 (N/mm²)

(2) (1)の規定を超えるものについては、次の計算式により計算した値

$$Q_A = b \cdot j \{ \alpha \cdot c f_s + 0.5 \cdot {}_w f_t (p_w - 0.002) \} \quad \dots\dots\dots 6$$

ここで、

- p_w : 面外せん断力に対する補強筋の鉄筋比であり、次の計算式により計算した値 (0.012を超える場合は0.012として計算する)
- $p_w = a_w / (b \cdot x) \quad \dots\dots\dots 7$
- a_w : 面外せん断力に対する補強筋の断面積 (mm²)
- x : 面外せん断力に対する補強筋の間隔 (mm)
- ${}_w f_t$: 面外せん断力に対する補強筋の許容引張応力度 (N/mm²)
- α : 割増し係数であり、次の計算式により計算した値 (2を超える場合は 2, 1未満の場合は1とする)

$$\alpha = \frac{4}{M / (Q \cdot d) + 1} \quad \dots\dots\dots 8$$

- M : 曲げモーメント (N・mm)
- Q : せん断力 (N)
- d : 断面の有効せい (mm)

なお、 Q_A , b , j および $c f_s$ は、(1)に定めるところによる。

検定比は、発生ひずみ及び面外せん断力の発生応力と評価基準値の比とする。(1以下で評価基準値を満足する。)

- ひずみの検定比 : $\varepsilon / \varepsilon_A$
- 面外せん断力の検定比 : Q / Q_A