

本資料のうち、枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

女川原子力発電所第2号機 工事計画審査資料	
資料番号	02-補-E-19-0600-30_改2
提出年月日	2021年10月7日

補足-600-30 制御棒貯蔵ラックの耐震性についての計算書に関する補  
足説明資料

1. はじめに

制御棒貯蔵ラックは、近傍に設置された上位クラス施設である使用済燃料貯蔵ラックに対して波及的影響を及ぼさないことを目的として、基準地震動  $S_s$  に対する耐震性を評価しており、その結果を「VI-2-11-2-13 制御棒貯蔵ラックの耐震性についての計算書」に示している。

本設備は、耐震性確保を目的として既工認から構造変更していることから、その差異等について整理するものである。

2. 制御棒貯蔵ラックの配置

図1に示すとおり、制御棒貯蔵ラックは使用済燃料貯蔵プール内に2台設置されており、近傍に上位クラス施設である使用済燃料貯蔵ラックが設置されている。したがって、制御棒貯蔵ラックが地震時に損傷、転倒することで、使用済燃料貯蔵ラックに波及的影響を及ぼす可能性があるため、基準地震動  $S_s$  に対して十分な構造強度を有していることを確認する。

耐震性確保のため構造変更（取り替え）を実施するが、設置位置は改造前後で変更はない（図1参照）。

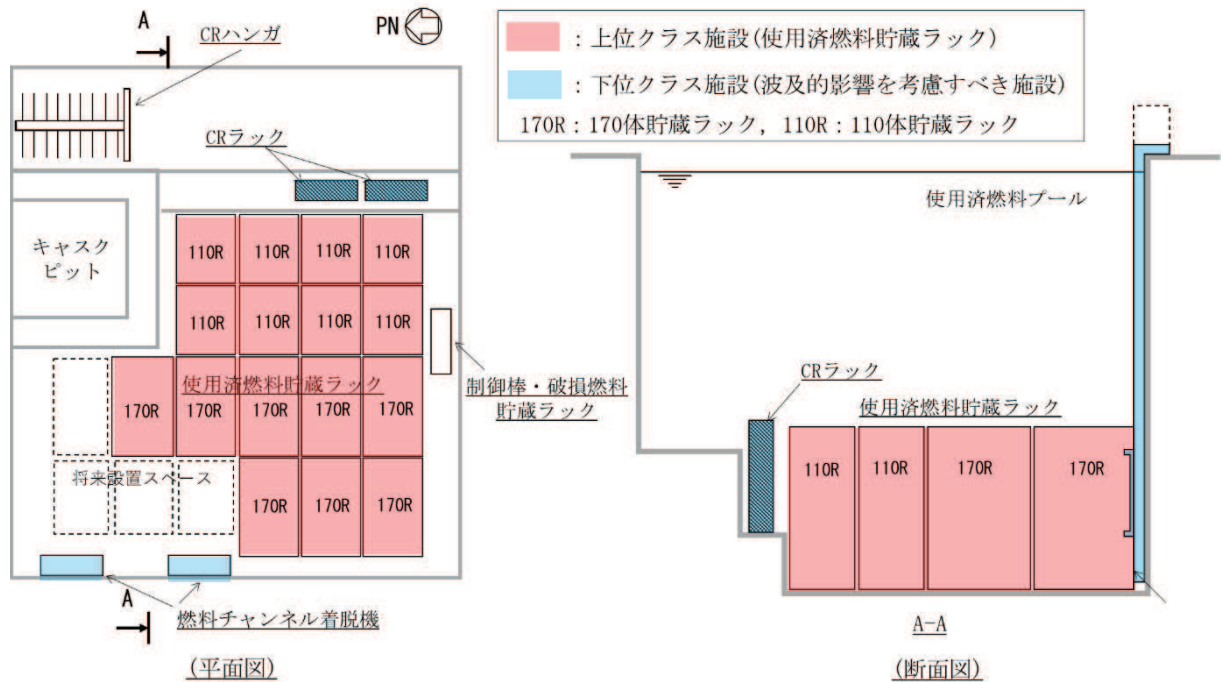


図1 使用済燃料貯蔵プール内制御棒貯蔵ラックの配置

### 3. 構造変更の概要

制御棒貯蔵ラックについて、基準地震動  $S_s$  に対する構造健全性を満足するため、既工認とは異なる構造へ取り替え工事を実施する方針としている。

既工認と今回工認における制御棒貯蔵ラックの主要諸元の比較及び構造の比較について、表1及び図2に示す。

表1 既工認及び今回工認の主要諸元の比較

	既工認	今回工認
主要構造	たて置ラック式 (円管構造)	たて置ラック式 (フレーム構造)
固定方式	ボルトによる床固定式 (自立型)	同左
主要材質		
質量(kg)		
全高(mm)		
全幅(mm)		
個数 (台)	2	同左
貯蔵容量(本)	12	同左

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

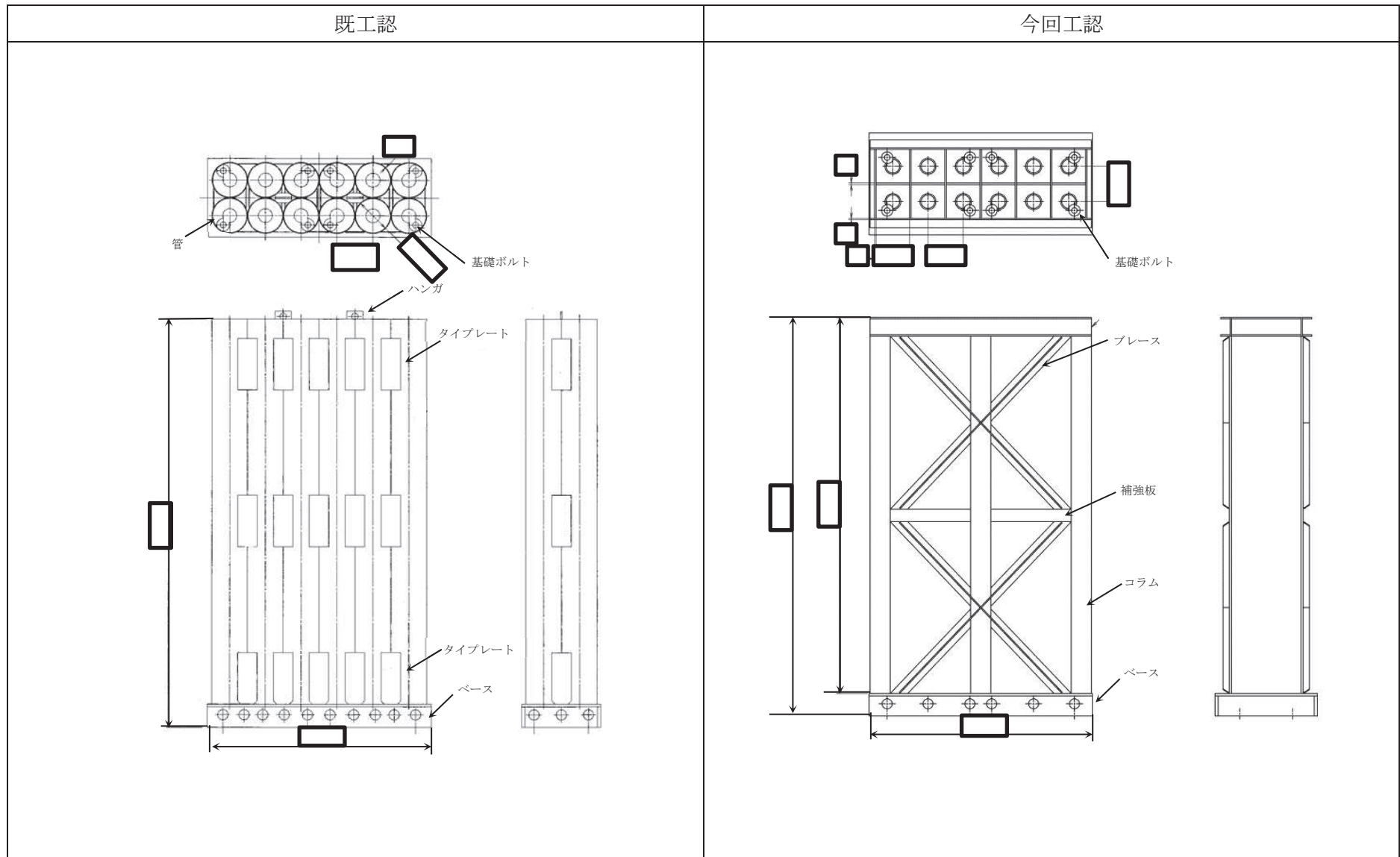


図 2 既工認及び今回工認の構造の比較

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

#### 4. 既工認と今回工認の耐震設計手法の比較

既工認と今回工認の耐震設計手法の比較を表 2 に示す。

既工認においては、耐震 B クラス設備として多質点系モデルおよび公式等を用いて耐震設計を実施していたが、今回工認においては、解析モデルおよび解析手法に使用済燃料貯蔵ラックの耐震評価において実績のある 3次元 FEM モデルを用いたスペクトルモーダル解析に変更した。

また、その他の変更点として、今回工認においては既工認で考慮していたラック内包水質量を考慮しない方針としている。その理由として、既工認のラックは円管上部以外に内部流体の出入りが無い閉塞された構造であるのに対して、今回工認のラックはフレーム構造を採用し、流体を内包しない構造へ変更しているためである。

表 2 既工認と今回工認の耐震設計手法の比較

		既工認	今回工認
耐震クラス		B クラス	B クラス (S s)
解析モデル		多質点系モデル (固有値解析のみ)	3次元 FEM モデル
地震応答解析手法		公式等による評価	スペクトルモーダル解析
応力評価			公式等による評価
評価部位		ラック本体 (管), 基礎ボルト	ラック本体 (フレーム等), 基礎ボルト
設計用減衰定数		1.0%	1.0%
流体質量 の考慮	内包水質量	有	無
	付加質量*	有	有
	排除水体積質量に よる応答低減*	無	無
水平地震力と鉛直地震力の 組合せ法		—	SRSS



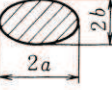


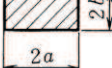

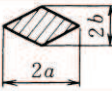



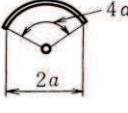





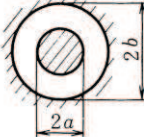

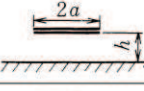

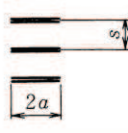

注記\*：付加質量及び排除水体積質量による応答低減効果については「補足-600-40-40 耐震評価における流体中の構造物に対する付加質量及び応答低減効果の考慮」に詳細を示す。

#### 5. 水の付加質量の算出方法

ラック及び制御棒の単位長さ当りの水の付加質量は表 3 より算出する。制御棒は制御棒断面の外接円を考慮した円断面を持つ柱状物体として付加質量を算出する。ラックの各部材の付加質量は長方形断面もしくは平板断面を持つ柱状物体として付加質量を算出する。また、斜材のブレースについては、図 3 に示すとおりブレースに対し直角方向に断面を設定し、ウェブ部及びフランジ部はそれぞれ長方形断面の柱状物体として単位長さ当たりの付加質量を算出する。要素長については、X 方向は YZ 平面に投影した長さ、Y 方向は斜材部の長さを用いて、付加質量を算出する。なお、制御棒の付加質量は制御棒支持部に、ラックの付加質量は各部材に分配する。

表 3 付加質量表 (機械工学便覧抜粋)

表 13・2 柱状物体の単位長さ当たりの付加質量  
( $\rho$  は流体の密度)

断面形状	付加質量
円 	 $\pi\rho a^2$
だ円 	 $\pi\rho a^2$  $\pi\rho b^2$
長方形 	 $\pi K_1 \rho a^2$
ひし形 	 $\pi K_2 \rho a^2$
平板 	 $\pi\rho a^2$
円弧翼 	 $\frac{\pi\rho a^2}{2} \left(1 + \frac{1}{\cos^2 \alpha}\right)$  $\frac{\pi\rho a^2}{2} \tan^2 \alpha$
ジェーコフスキー対称翼 	 $\frac{\pi\rho a^2}{4} \left(4 + \frac{k-2}{k+1}\right)$  $\frac{\pi\rho a^2}{4} (k-2)(k+1)$
同心固定同筒内の円 	 $\pi\rho a^2 \left(\frac{b^2 + a^2}{b^2 - a^2}\right)$
固定壁近くの平板 	 $\pi\rho a^2 K_3$
平板列 	 $\frac{2\rho s^2}{\pi} \log \left\{ \cosh \left( \frac{\pi a}{s} \right) \right\}$

備考

$b/a$	0	0.1	0.2	0.5	1	2	5	10
$K_1$	1.00	1.14	1.21	1.36	1.51	1.70	1.98	2.23
$b/a$	0.5	1	2	5				
$K_2$	0.85	0.76	0.67	0.61				
$h/2a$	$\infty$	2.5	0.5					
$K_3$	1.00	1.03	1.165					

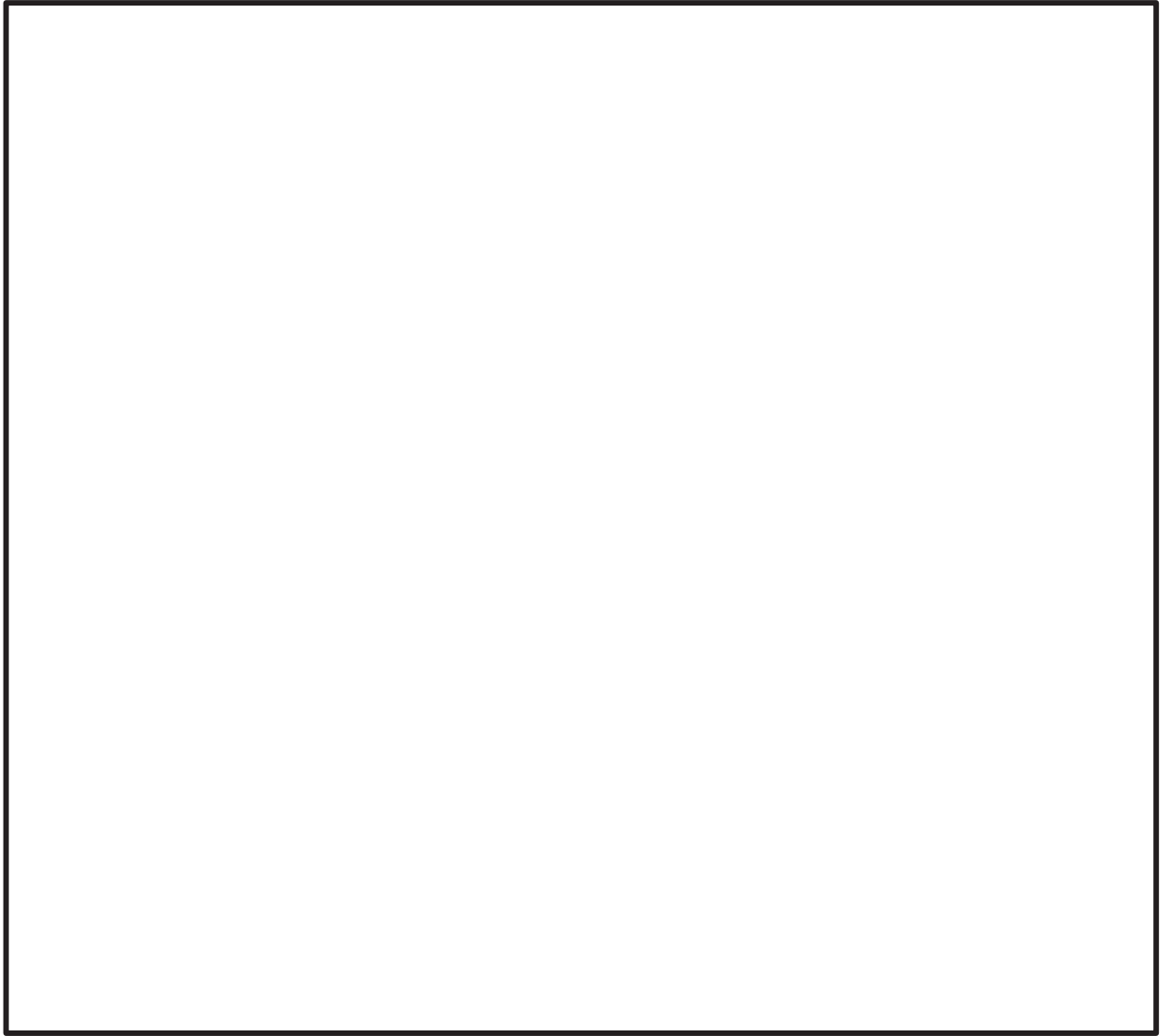


図3 斜材（ブレース）の要素長

6. まとめ

制御棒貯蔵ラックについては、構造部材の変更（）や主要構造を変更（円管構造からフレーム構造）した新たなラックに取り替えを行うことで、基準地震動 $S_s$ に対する構造健全性を確保する。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。