

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-19-0600-31_改1
提出年月日	2021年8月20日

補足-600-31 制御棒貯蔵ハンガ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

制御棒貯蔵ハンガ（CRハンガ）は、使用済燃料貯蔵プール内に設置され、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-2-11-2-14 制御棒貯蔵ハンガの耐震性についての計算書」に示している。

制御棒貯蔵ハンガは、耐震性の確保を目的として運用を制限する方針（貯蔵本数の変更）としていることから、これを踏まえた耐震評価手法について整理するものである。

2. 制御棒貯蔵ハンガの配置

図1に示すとおり、制御棒貯蔵ハンガは使用済燃料貯蔵プール内に2台設置されており、このうち制御棒貯蔵ハンガ（その1）については、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、制御棒貯蔵ハンガ（その1）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。

なお、制御棒貯蔵ハンガ（その2）については、使用済燃料貯蔵ラックとの間にキャスクピットが存在することから、仮に転倒した場合であっても使用済燃料貯蔵ラックに当たらないため、波及的影響評価の対象外としている。波及的影響の検討内容については「補足-600-4 下位クラス施設の波及的影響の検討について」に詳細を示す。

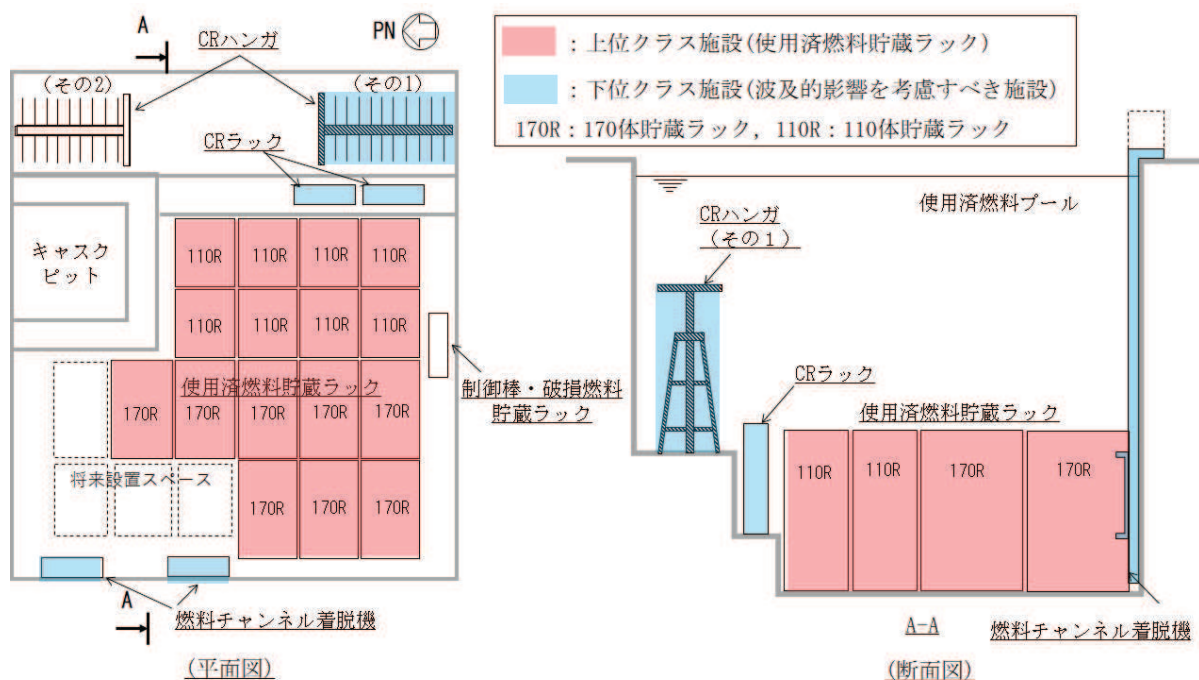


図1 使用済燃料貯蔵プール内制御棒貯蔵ハンガの配置

3. 制御棒貯蔵ハンガ（その1）の運用制限（貯蔵本数制限）

制御棒貯蔵ハンガ（その1）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、表1に示すとおり、**制御棒貯蔵本数に対する**運用を制限する方針（貯蔵本数の変更）としている。

表1 制御棒貯蔵本数の比較

	変更前（既工認）	変更後（今回工認）
制御棒貯蔵ハンガ（その1）	60本	0本

4. 制御棒貯蔵ハンガによる波及的影響の検討に係る評価対象部位

制御棒貯蔵ハンガによる波及的影響の検討を実施するにあたり、今回工認において制御棒貯蔵ハンガ（その1）の制御棒貯蔵本数を変更（0本）することによって制御棒貯蔵ハンガに対する荷重負荷条件が変わること及び制御棒貯蔵ハンガの構造部材の役割等を踏まえて、改めて評価対象部位を選定する。

(1) 制御棒貯蔵ハンガの構造

制御棒貯蔵ハンガ（その1）の今回工認での概略構造図を図2-1に示す。制御棒貯蔵ハンガは、ハンガ部、支持ビーム、振れ止め、基礎ボルトで構成されている。また、今回工認では3項に示したとおり貯蔵本数を制限することから、制御棒を貯蔵しない前提での概略構造図になっている。

なお、既工認では、制御棒貯蔵ハンガのハンガ部に制御棒を吊り下げ（1ハンガ（片側）あたり3本の制御棒）、制御棒の下部を振れ止めで囲み、制御棒を貯蔵する構造であった。参考として既工認での概略構造図を図2-2に示す。

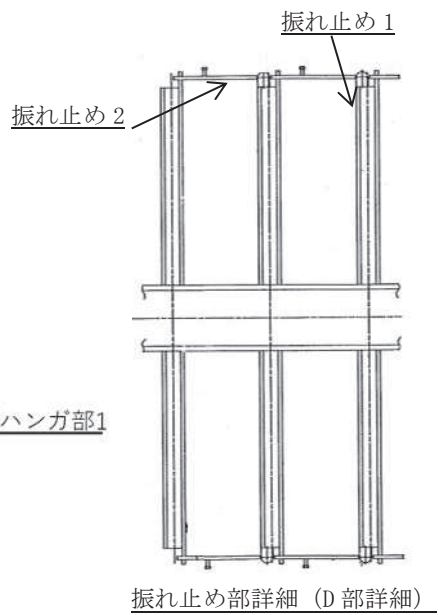
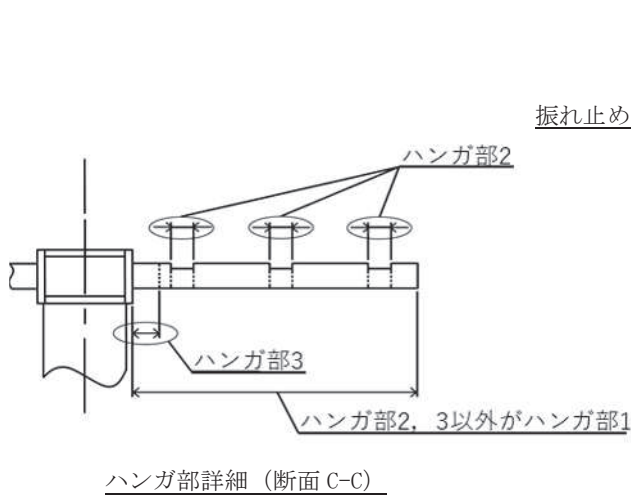
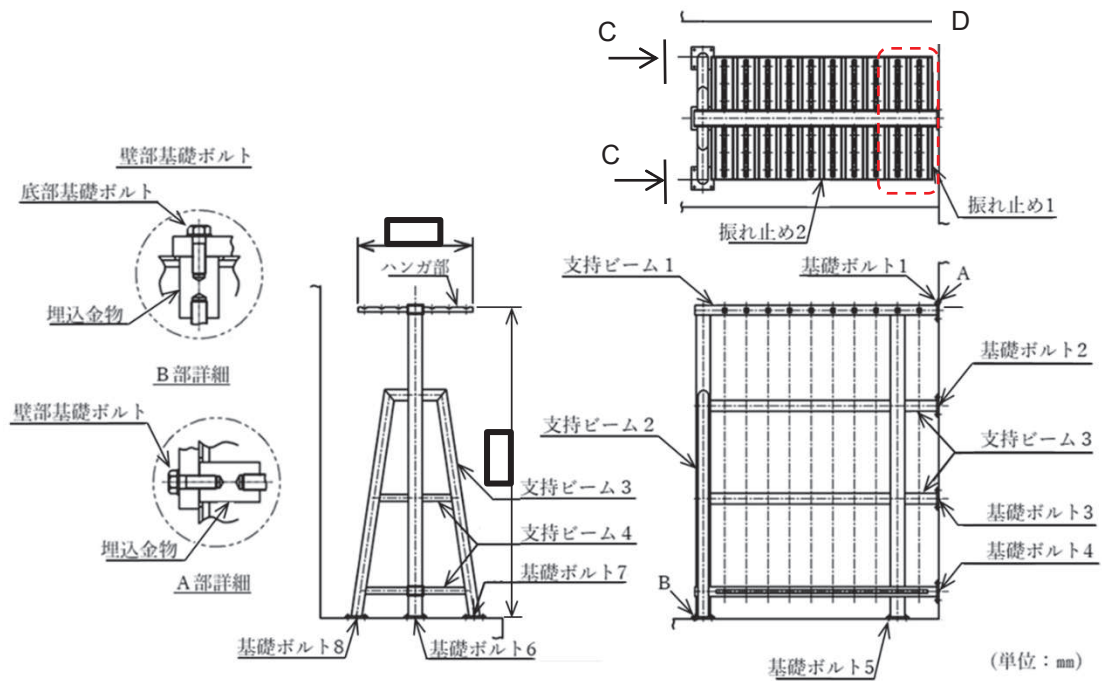


図 2-1 制御棒貯蔵ハンガ (その 1) の概略構造図 (今回工認)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

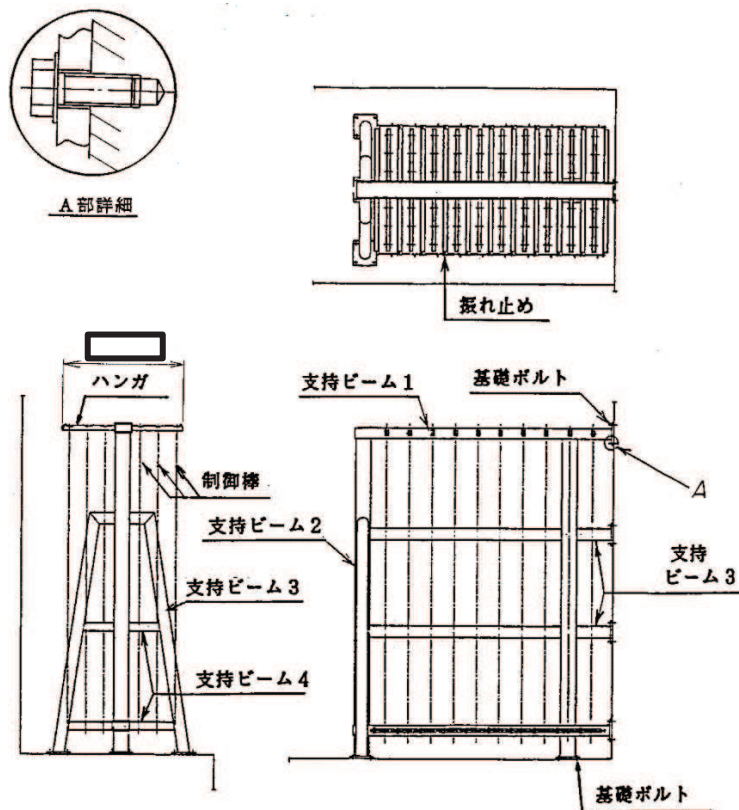


図 2-2 制御棒貯蔵ハンガ（その 1）の概略構造図（既工認）

(2) 波及的影響の検討に係る評価対象部位

今回工認において制御棒貯蔵ハンガ（その 1）の制御棒貯蔵本数を変更（0 本）することを踏まえ、制御棒貯蔵ハンガの構造部材ごとに、役割、制御棒貯蔵による荷重負荷条件及び波及的影響に対する評価結果を整理し、改めて波及的影響に係る評価対象部位を検討した結果を表 2 に示す。

検討の結果、制御棒貯蔵ハンガによる波及的影響の検討に係る評価対象部位としては、支持ビーム及び基礎ボルトを選定する。なお、制御棒貯蔵ハンガのハンガ部及び振れ止めについては、制御棒貯蔵本数の変更（0 本）に伴い、制御棒貯蔵による荷重負荷がなくなること及びこれら構造部材の自重が軽量であるため、評価対象外とした。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 2 制御棒貯蔵ハンガの評価対象部位の検討結果

構造部材名称	役割	制御棒貯蔵による荷重負荷条件		波及的影響に対する評価結果	評価対象部位
		既工認 (貯蔵本数 60 本)	今回工認 (貯蔵本数 0 本)		
ハンガ部	制御棒をハンガ部に吊り下げる (1 ハンガ (片側) あたり 制御棒 3 本)	荷重負荷あり	荷重負荷なし (制御棒を貯蔵しないため)	ハンガ部への荷重負荷はなく、自重も軽量 (13.8kg) であるため、損傷した場合にも波及的影響を及ぼすおそれはない。 なお、当該部が破損し落下する場合について、重量物落下評価手法を参考に検討した結果、影響のないことを確認した。【(3) 参照】	対象外
支持ビーム	制御棒を吊り下げたハンガ部及び振れ止めからの荷重を受け、それらの荷重をプール床面へ伝達させる	荷重負荷あり	荷重負荷あり (制御棒貯蔵ハンガ全体として)	支持ビームが損傷した場合には、制御棒貯蔵ハンガ全体が倒壊する可能性があるため、波及的影響を及ぼすおそれがある。	○
振れ止め	吊り下げた制御棒の下部を囲うことで振れを抑制する	荷重負荷あり	荷重負荷なし (制御棒を貯蔵しないため)	振れ止めへの荷重負荷はなく、自重も軽量 (最大で 13.0kg) であるため、損傷した場合にも波及的影響を及ぼすおそれはない。 なお、当該部が破損し落下する場合について、重量物落下評価手法を参考に検討した結果、影響のないことを確認した。【(3) 参照】	対象外
基礎ボルト	制御棒貯蔵ハンガ全体をプール床、壁面に固定する	荷重負荷あり	荷重負荷あり (制御棒貯蔵ハンガ全体として)	基礎ボルトが損傷した場合には、制御棒貯蔵ハンガ全体が転倒する可能性があるため、波及的影響を及ぼすおそれがある。	○

(3) 評価対象外とした部位（ハンガ部及び振れ止め）に対する落下評価

制御棒貯蔵ハンガによる波及的影響の評価対象外とした部位（ハンガ部及び振れ止め）について、仮に当該部位（ハンガ部及び振れ止め）が損傷し落下する場合の上位クラス施設への波及的影響の可能性を確認することを目的として、添付書類「VI-1-3-3 燃料体等又は重量物の落下による使用済燃料貯蔵槽内の燃料体等の破損の防止及び使用済燃料貯蔵槽の機能喪失の防止に関する説明書」に示されている、プールライニングに対する重量物落下評価手法を参考に検討する。制御棒貯蔵ハンガのハンガ部及び振れ止めに対する落下評価結果を表3に示す。

検討の結果、制御棒貯蔵ハンガのハンガ部又は振れ止めが損傷し落下した場合においても、許容基準に対して十分に余裕のある結果となっており、上位クラス施設である使用済燃料プールや使用済燃料貯蔵ラックに対して波及的影響を及ぼすことはないと判断できる。

表3 制御棒貯蔵ハンガのハンガ部及び振れ止めの落下評価結果

	ハンガ部	振れ止め 1	振れ止め 2
質量（1ヶ所あたり）	13.8kg	13.0kg	1.57kg
高さ（各部位－プール最深部）	8.47m	4.23m	4.23m
落下エネルギー	1.15kJ	0.54kJ	0.066kJ
許容基準*	15.5kJ	15.5kJ	15.5kJ

注記*：添付書類VI-1-3-3において、プールの機能に影響を及ぼす可能性のある設備の抽出のために設けられている許容基準（落下試験の結果より設定）

5. 制御棒貯蔵ハンガ（その1）に対する既工認と今回工認の耐震評価手法の比較

既工認と今回工認の耐震設計手法の比較を表4、今回工認の解析モデルを図3に示す。

制御棒貯蔵ハンガ（その1）については、今回工認で貯蔵本数を変更する以外に耐震評価における変更点はなく、既工認と同じ手法を適用して評価を実施している。

表4 既工認と今回工認の耐震評価手法の比較

		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		3次元はりモデル	同左
地震応答解析手法		スペクトルモーダル解析	同左
応力評価		公式等による評価	同左
評価対象部位		ハンガ部, 支持ビーム, 振れ止め, 基礎ボルト	支持ビーム, 基礎ボルト
設計用減衰定数		1.0%	同左
流体質量の考慮	付加質量*	有	同左
	排除水体积質量による応答低減*	無	同左
水平と鉛直の組合せ		SRSS	同左

注記* : 付加質量及び排除水体积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。



図3 制御棒貯蔵ハンガ解析モデル

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

6. まとめ

制御棒貯蔵ハンガ（その1）については、今回工認において制御棒貯蔵本数を変更（60本から0本）することで、設備全体の質量を低減し基準地震動 S_s に対する構造健全性を確保する。

なお、制御棒貯蔵ハンガによる波及的影響の検討に係る耐震評価手法は、既工認と同様の評価手法を適用するものとし、評価対象部位については、制御棒貯蔵による荷重負荷条件等を踏まえて支持ビーム及び基礎ボルトとする。