

本資料のうち、枠囲みの内容は
商業機密を含むため公開でき
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-19-0600-40-56_改0
提出年月日	2021年 11月 4日

補足-600-40-56 使用済燃料貯蔵ラックのアンカー部評価

1. はじめに

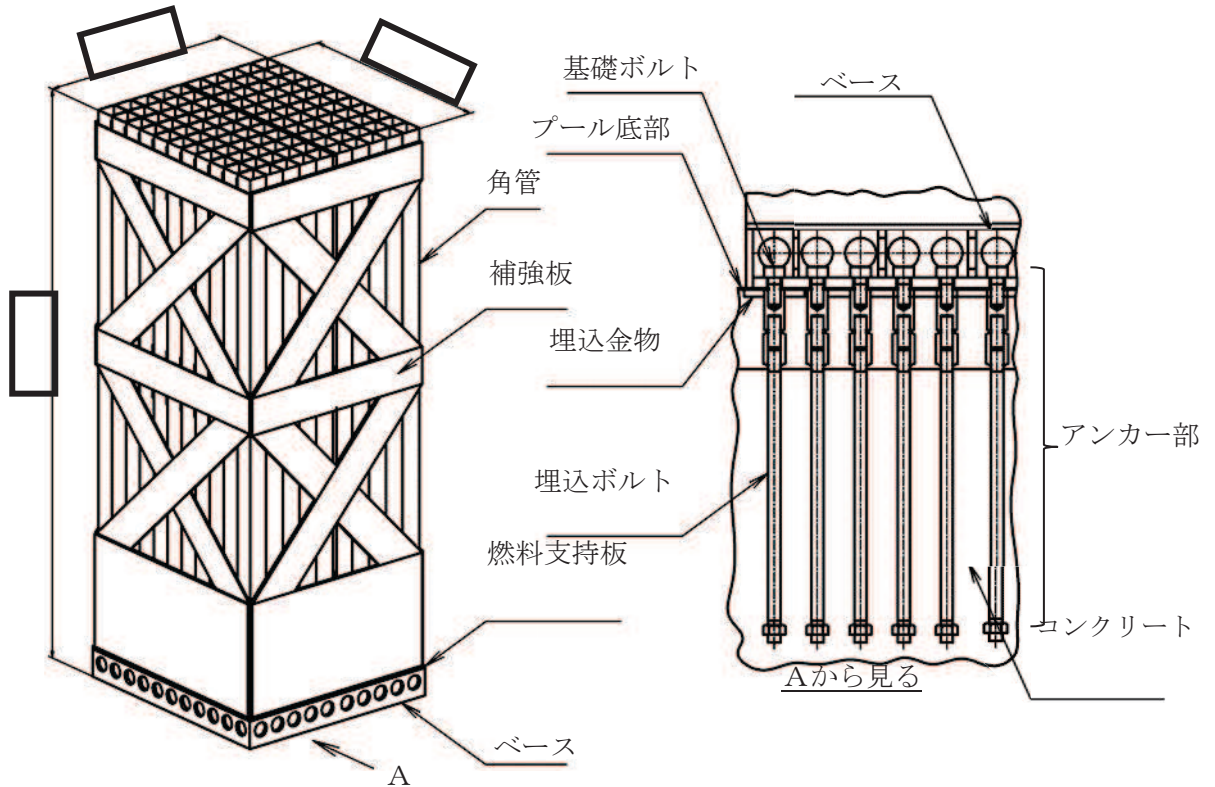
使用済燃料貯蔵ラック（以下「ラック」という。）は、設計基準対象施設においてSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び重大事故緩和設備に分類され、添付書類「VI-2-4-2-2 使用済燃料貯蔵ラック（第1, 2号機共用）の耐震性についての計算書」にて基準地震動 S_s に対する評価を行っている。

本書は、ラックのアンカー部が、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説明するものである。

2. 評価項目

耐震評価は、アンカー部の最小裕度評価項目であるコーン状破壊について行う。

ラックのアンカー部概略構造図を図1に示す。



寸法は110体ラックの値（単位：mm）

図1 アンカー部概略構造図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3. 評価条件・評価方法

表1に耐震計算書*1とアンカー部評価の評価条件・評価方法の比較を示す。

表1 耐震計算書とアンカー部評価の評価条件・評価方法の比較

項目	評価条件・評価方法	
	耐震計算書*1	アンカー部評価
評価に適用した地震動（水平）	原子炉建屋の O.P. 22.50m と O.P. 15.00m における設計用床応答曲線（S s 7 波）から得られる震度のうち最大値を適用する。	原子炉建屋の O.P. 22.50m と O.P. 15.00m における地震波 S s - D 2 *2 の方向別の床応答曲線を用いて、ラックの据付レベル（O.P. 21.38m）で線形補間した震度を適用する。
評価に適用した地震動（鉛直）	原子炉建屋の O.P. 22.50m と O.P. 15.00m における設計条件（S s 7 波）での 1.2ZPA のうち最大値を適用する。	水平方向の地震波と合わせて S s - D 2 *2 の 1.2ZPA を用いて、原子炉建屋の O.P. 22.50m と O.P. 15.00m の 1.2ZPA をラックの据付レベル（O.P. 21.38m）で線形補間した値を適用する。
解析手法	はり要素及びシェル要素を用いた有限要素法モデルによるスペクトルモーダル解析	耐震計算書における地震時にラックに作用する転倒モーメントに対して、震度比を用いて簡易的に評価する。（詳細は5項参照）
解析コード	「MSC NASTRAN」	
解析モデル	添付書類「VI-2-4-2-2 使用済燃料貯蔵ラック（第1, 2号機共用）の耐震性についての計算書」の解析モデル	
固有周期	添付書類「VI-2-4-2-2 使用済燃料貯蔵ラック（第1, 2号機共用）の耐震性についての計算書」の固有周期	同左
減衰定数	水平：7% 鉛直：-	同左
水の付加質量の考慮	有	同左
排除水体積質量の考慮	無	有

注記*1：添付書類「VI-2-4-2-2 使用済燃料貯蔵ラック（第1, 2号機共用）の耐震性についての計算書」を指す。

*2：添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」では、基準地震動 S s - D 1, D 2, D 3, F 1, F 2, F 3, N 1 から求めた応答スペクトル（ケース1）に対し、材料物性の不確かさ等を考慮（ケース2~6）して作成したものを設計用床応答曲線としている。本

評価では、より詳細に評価を実施するため、以下の個別条件を適用する。

- 水平方向の地震動については、方向別の地震波のうち最大震度の $S_s - D2$ ケース 5 を用いる。
- 鉛直方向では建屋の初期剛性の不確かさを考慮しないので $S_s - D2$ ケース 5 の 1.2ZPA は存在しない。そのため、地盤物性が同様の $S_s - D2$ ケース 2 の 1.2ZPA を用いる。

4. 評価用震度

110体ラック及び170体ラックの評価用震度を表2に示す。また、適用する床応答曲線を図2に示す。

表2 評価用震度

ラック種類	方向	地震力	
		水平方向	鉛直方向
110体ラック	短辺	4.51	1.46
	長辺	2.73	1.46
170体ラック	短辺	4.51	1.46
	長辺	2.58	1.46

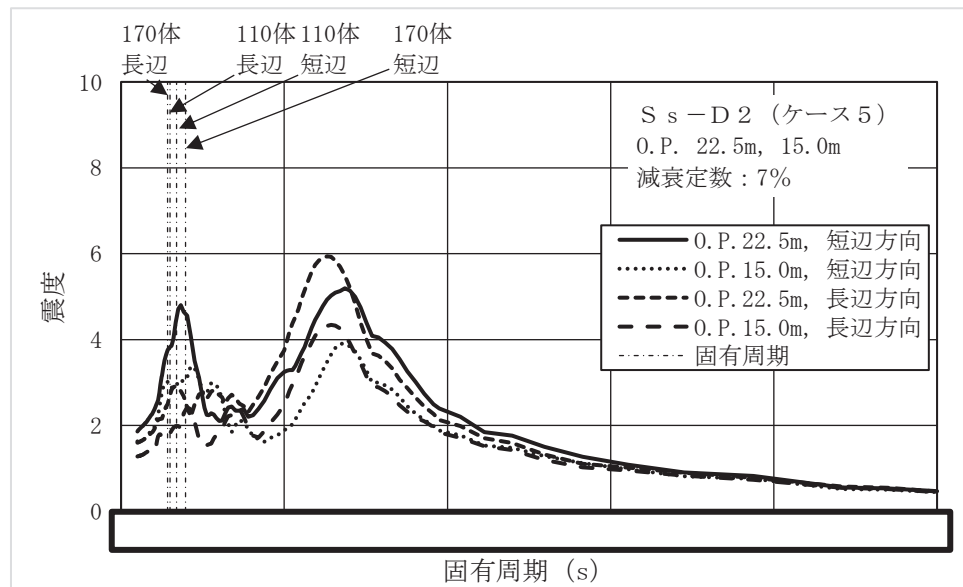


図2 床応答曲線

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

5. アンカー部評価

5.1 アンカー部への作用荷重

ラックは、1次モードにおける転倒モーメントが支配的であることから、1次固有周期における震度比を用いた簡易的な評価を実施する。添付書類「VI-2-4-2-2 使用済燃料貯蔵ラック（第1, 2号機共用）の耐震性についての計算書」の評価結果をもとに表1に示す評価条件の違いを反映したアンカー部への発生荷重を算出するため、下式を用いる。

今回評価に使用するラックに作用する転倒モーメント

$$= \frac{(A/B)}{\text{震度比}} \times C \times \frac{((D-E)/D)}{\text{排除水体積質量による応答低減効果}}$$

A：4項表2の水平方向の震度

B：添付書類「VI-2-4-2-2 使用済燃料貯蔵ラック（第1, 2号機共用）の耐震性についての計算書」の水平方向の基準地震動 S_s による震度

C：添付書類「VI-2-4-2-2 使用済燃料貯蔵ラック（第1, 2号機共用）の耐震性についての計算書」の地震時にラックに作用する転倒モーメント（使用済燃料ラックに生じる水の付加質量を考慮）

D：使用済燃料ラックの質量

E：使用済燃料ラックに生じる排除水体積質量

5.2 アンカー部の評価方法

原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1 - 1991 追補版）に基づいたアンカー部の評価方法を以下に示す。また、アンカー部評価に用いる諸元を表3に示す。

$$p \leq p_a = \text{Min}(p_{a1}, p_{a2})$$

$$p_{a1} = 0.31K_1 A_C \sqrt{F_C}$$

$$p_{a2} = K_2 \alpha A_O F_C$$

p：埋込ボルト1本当たりの引張荷重(N)

p_a ：埋込ボルト1本当たりのコンクリート部の許容引張荷重(N)

p_{a1} ：コンクリート躯体がコーン状破壊する場合の埋込ボルト1本当たりの許容引張荷重(N)

p_{a2} ：埋込ボルト頭部に接するコンクリート部が支圧破壊する場合の埋込ボルト1本当たりの許容引張荷重(N)

K_1 ：コーン状破壊する場合の引張耐力の低減係数

K_2 ：支圧破壊する場合の引張耐力の低減係数

F_C ：コンクリート強度(設計基準強度)

A_C ：埋込ボルト1本当たりのコンクリートのコーン状破壊面の有効投影面積(mm²)

α ：支圧面積と有効投影面積から定まる係数 ($=\sqrt{A_C/A_O}$ かつ10以下)

A_O ：支圧面積(mm²)

なお、コンクリートのコーン状破壊面の有効投影面積を図3及び図4に示す。埋込ボルトは、使用済燃料貯蔵プール底部に密に設置されているため、コーン状破壊面の有効投影面積は隣接する燃料ラックの影響を考慮して、隣接するラックの境界までを設定する。

表 3 アンカー部評価に用いる諸元

記号	入力値	
	110 体ラック	170 体ラック
p_{a1}	89010 (N)	102500 (N)
p_{a2}	334700 (N)	356600 (N)
K_1	0.6	0.6
K_2	0.75	0.75
F_c	32.4 (N/mm ²)	32.4 (N/mm ²)
A_c		
α		
A_o		

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

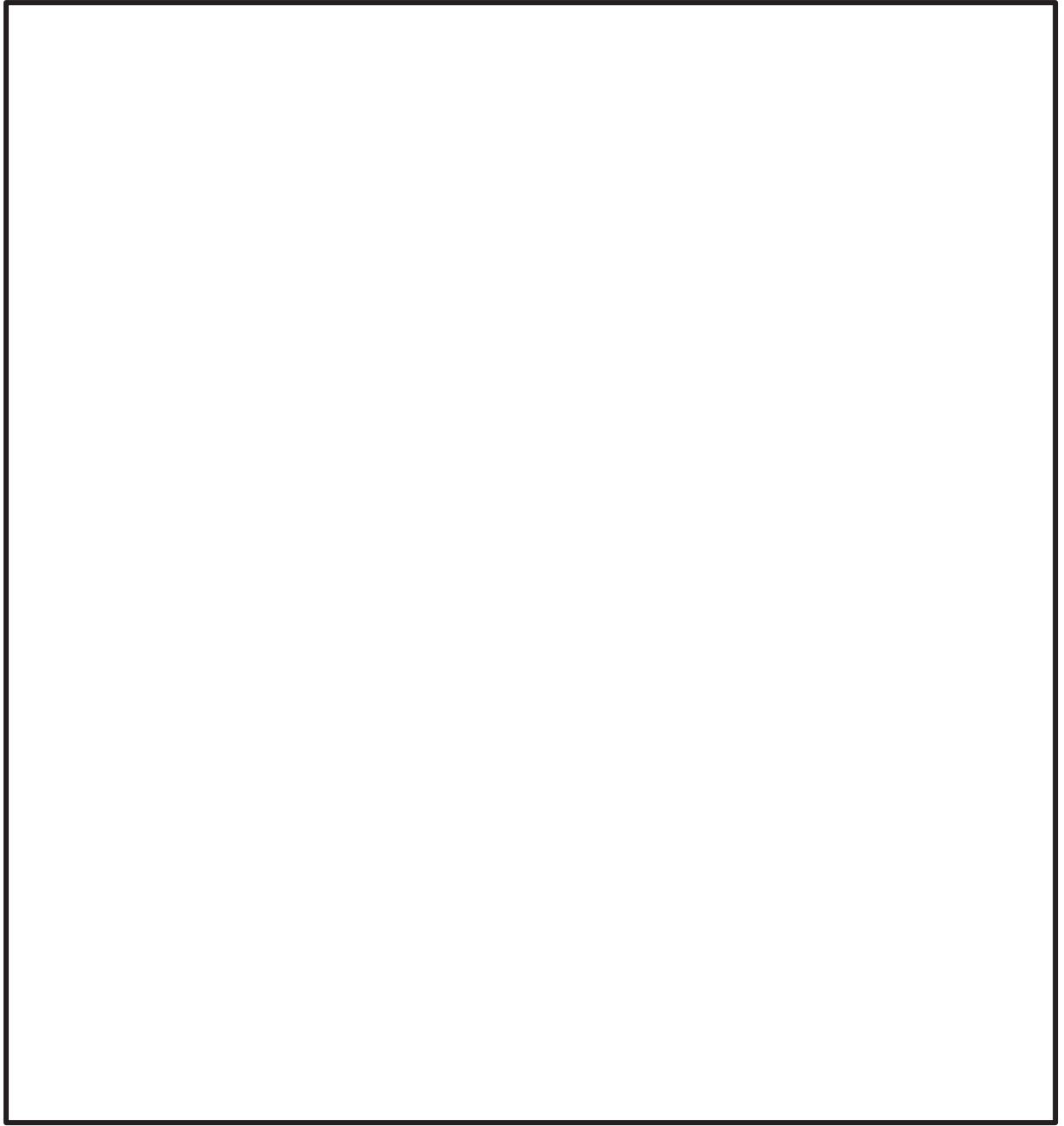


図3 110体ラックの有効投影面積

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

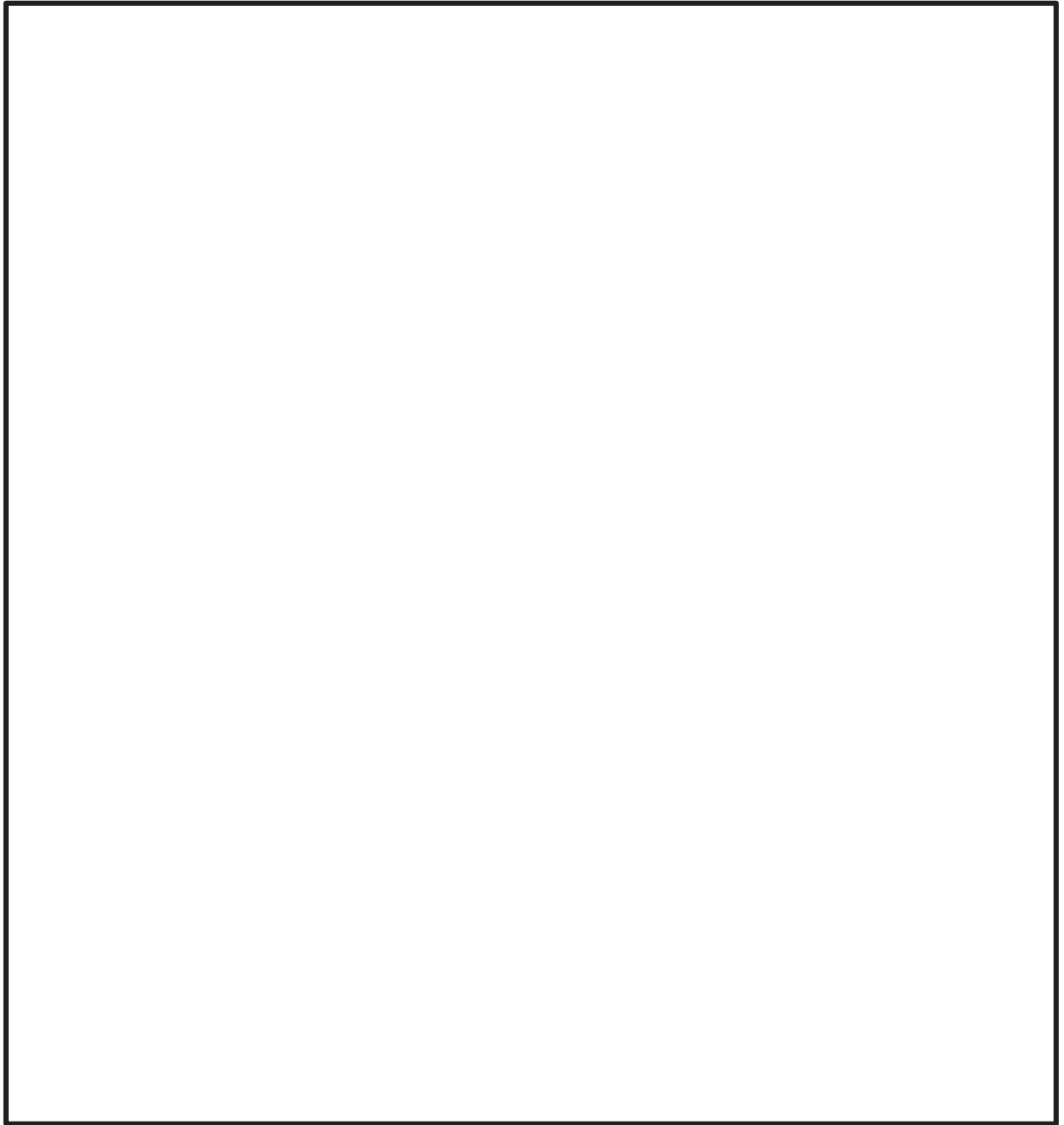


図 4 170 体ラックの有効投影面積

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

6. 評価結果

110 体ラック及び 170 体ラックのアンカー部耐震評価結果を表 4 に示す。引張荷重は、許容引張荷重以下であり、十分な構造強度を有していることを確認した。

表 4 アンカー部の評価結果

ラック種類	方向	引張荷重(N)	アンカー部のコーン状破壊 許容引張荷重(N)	
			許容荷重	裕度
110 体ラック	短辺	80430	89010	1.10
	長辺	34500	89010	2.58
170 体ラック	短辺	89740	102500	1.14
	長辺	25580	102500	4.00