

リサイクル燃料貯蔵株式会社		
提出日	2022年2月25日	
管理表No.	0209-30	改訂00
	0209-33	改訂00

項目	コメント内容
材料及び構造 (第14条)	(0209-30) ・P44(PDF2374)「地震時を含めても疲労累積荷重は1.0以下でありMCD-1322の規定を満足する」と追記したらどうか。(理由:キャスク構造企画MCD-9頁(2)荷重条件C, D:短期荷重が作用する場合は加えて評価するとしている)
	(0209-33) ・P45 第5-2表(PDF2378)において、 S_d 及び S_s を加えた回数での評価についても記載すること(理由:キャスク構造規格の要求事項)。

(回答)

地震時の疲労累積荷重については、「添付5-3-1 金属キャスクの耐震性に関する計算書(BWR用大型キャスク(タイプ2A))」5.4.6 密封容器(ボルト)の疲労評価にて評価しているため、当該部を引用し「添付10-2-2 金属キャスクの応力計算書(BWR用大型キャスク(タイプ2A))」を別紙の通り記載する。

第5-2表についても同様に「添付5-3-1 金属キャスクの耐震性に関する計算書(BWR用大型キャスク(タイプ2A))」5.4.6 密封容器(ボルト)の疲労評価にて評価した S_d 及び S_s を加えた回数を別紙の通り記載する。なお第5-4表、第5-6表についても S_d 及び S_s を加えた回数を別紙の通り記載する。

以上

別紙 変更前後比較表

変更前	変更後	備考																				
<p>(6) 「構造規格」MCD-1332(6) (機械的荷重の変動)</p> <p>供用状態A及びBにおける機械的荷重の変動回数は、以下に示すように全事象の合計回数の216回と想定する。</p> <table border="1" data-bbox="271 448 584 544"> <tr> <td>燃料装荷・取出し時</td> <td>10回</td> </tr> <tr> <td>吊上げ時</td> <td>200回</td> </tr> <tr> <td>支持脚への衝突時</td> <td>3回</td> </tr> <tr> <td>貯蔵架台への衝突時</td> <td>3回</td> </tr> <tr> <td>合計</td> <td>216回</td> </tr> </table> <p>この回数に対応する繰返しピーク応力強さS_aは「構造規格」別図8-1より、$S_a=1034$ MPaである。</p> <p>第3-2表に示した供用状態A及びBにおける応力強さの最大値($\Delta\sigma_1=92$ MPa)の2倍を機械的荷重により発生する応力の全振幅と考えたとしても、$2 \cdot \Delta\sigma_1 \leq S_a$であり、条件を満足する。</p> <p>(7) 検討結果</p> <p>以上の(1)から(6)より、「構造規格」MCD-1332の規定に全て適合しているので、疲労解析を必要としない。</p>	燃料装荷・取出し時	10回	吊上げ時	200回	支持脚への衝突時	3回	貯蔵架台への衝突時	3回	合計	216回	<p>(6) 「構造規格」MCD-1332(6) (機械的荷重の変動)</p> <p>供用状態A及びBにおける機械的荷重の変動回数は、以下に示すように全事象の合計回数の216回と想定する。</p> <table border="1" data-bbox="1234 448 1547 544"> <tr> <td>燃料装荷・取出し時</td> <td>10回</td> </tr> <tr> <td>吊上げ時</td> <td>200回</td> </tr> <tr> <td>支持脚への衝突時</td> <td>3回</td> </tr> <tr> <td>貯蔵架台への衝突時</td> <td>3回</td> </tr> <tr> <td>合計</td> <td>216回</td> </tr> </table> <p>この回数に対応する繰返しピーク応力強さS_aは「構造規格」別図8-1より、$S_a=1034$ MPaである。</p> <p>第3-2表に示した供用状態A及びBにおける応力強さの最大値($\Delta\sigma_1=92$ MPa)の2倍を機械的荷重により発生する応力の全振幅と考えたとしても、$2 \cdot \Delta\sigma_1 \leq S_a$であり、条件を満足する。</p> <p>また、供用状態Cs及びDsにおける機械的荷重の変動回数は、貯蔵時(S_a*地震力及びS_s地震力が作用する場合)の最大回数である10000回と想定する。この回数に対応する繰返しピーク応力強さS_aは「構造規格」別図8-1より、$S_a=262$ MPaである。</p> <p>「添付 5-3-1 金属キャスクの耐震性に関する計算書 (BWR用大型キャスク (タイプ2A))」に示した地震力のみによる全振幅について評価した応力強さの最大値($\Delta\sigma_2=217$MPa)は、$\Delta\sigma_2 \leq S_a$であり、条件を満足する。</p> <p>(7) 検討結果</p> <p>以上の(1)から(6)より、「構造規格」MCD-1332の規定に全て適合しているので、疲労解析を必要としない。</p>	燃料装荷・取出し時	10回	吊上げ時	200回	支持脚への衝突時	3回	貯蔵架台への衝突時	3回	合計	216回	<p>表中赤字の通り記載する。</p>
燃料装荷・取出し時	10回																					
吊上げ時	200回																					
支持脚への衝突時	3回																					
貯蔵架台への衝突時	3回																					
合計	216回																					
燃料装荷・取出し時	10回																					
吊上げ時	200回																					
支持脚への衝突時	3回																					
貯蔵架台への衝突時	3回																					
合計	216回																					
<p>10-2-2-1</p> <p>40</p>	<p>10-2-2-1</p> <p>40</p>																					

第5-1表 密封容器（ボルトを除く。）及び二次蓋の疲労解析不要の評価結果

「構造規格」 MCD-1332	繰返し荷重	設定繰返し回数	評価値	許容値	評価
(1)	大気圧→使用圧力→大気圧	10	繰返し回数 $N_1 = 10$	$3S_m$ に対する許容繰返し回数 $N_s = 3627$	$N_1 \leq N_s$ であるので 本条件を満足
(2)	燃料装荷及び燃料取出しを除く供用状態 A及びBにおける圧力変動	10	圧力変動の全振幅 $P = 1.0 \text{ MPa}$	圧力変動許容値 $A_m = 10 \text{ MPa}$	$P \leq A_m$ であるので 本条件を満足
(3)	燃料装荷及び燃料取出しでの2点間の温度差	10	温度差 $\Delta T = 130 \text{ }^\circ\text{C}$	温度差許容値 $T = 808 \text{ }^\circ\text{C}$	$\Delta T \leq T$ であるので 本条件を満足
(4)	燃料装荷及び燃料取出しを除く供用状態 A及びBにおける2点間の温度差変動	10	温度差変動の全振幅 $\Delta T = 130 \text{ }^\circ\text{C}$	温度変動許容値 $T = 808 \text{ }^\circ\text{C}$	$\Delta T \leq T$ であるので 本条件を満足
(5)	異種材結合部の温度変動	10	温度変動 $\Delta T = 130 \text{ }^\circ\text{C}$	温度変動許容値 $T = 3184 \text{ }^\circ\text{C}$	$\Delta T \leq T$ であるので 本条件を満足
(6)	機械的荷重の変動	216	応力の全振幅 $2 \cdot \Delta \sigma_1 = 184 \text{ MPa}$	機械的荷重の変動回数216回 に対する許容繰返しピーク 応力強さ $S_s = 1034 \text{ MPa}$	$2 \cdot \Delta \sigma_1 \leq S_s$ であるので 本条件に対する評価 で考慮する必要がない。

変更前

第5-1表 密封容器（ボルトを除く。）及び二次蓋の疲労解析不要の評価結果

「構造規格」 MCD-1332	繰返し荷重	設定繰返し回数	評価値	許容値	評価
(1)	大気圧→使用圧力→大気圧	10	繰返し回数 $N_1 = 10$	$3S_m$ に対する許容繰返し回数 $N_s = 3627$	$N_1 \leq N_s$ であるので 本条件を満足
(2)	燃料装荷及び燃料取出しを除く供用状態 A及びBにおける圧力変動	10	圧力変動の全振幅 $P = 1.0 \text{ MPa}$	圧力変動許容値 $A_m = 10 \text{ MPa}$	$P \leq A_m$ であるので 本条件を満足
(3)	燃料装荷及び燃料取出しでの2点間の温度差	10	温度差 $\Delta T = 130 \text{ }^\circ\text{C}$	温度差許容値 $T = 808 \text{ }^\circ\text{C}$	$\Delta T \leq T$ であるので 本条件を満足
(4)	燃料装荷及び燃料取出しを除く供用状態 A及びBにおける2点間の温度差変動	10	温度差変動の全振幅 $\Delta T = 130 \text{ }^\circ\text{C}$	温度変動許容値 $T = 808 \text{ }^\circ\text{C}$	$\Delta T \leq T$ であるので 本条件を満足
(5)	異種材結合部の温度変動	10	温度変動 $\Delta T = 130 \text{ }^\circ\text{C}$	温度変動許容値 $T = 3184 \text{ }^\circ\text{C}$	$\Delta T \leq T$ であるので 本条件を満足
(6)	地震力以外	216	応力の全振幅 $2 \cdot \Delta \sigma_1 = 184 \text{ MPa}$	機械的荷重の変動回数216回 に対する許容繰返しピーク 応力強さ $S_s = 1034 \text{ MPa}$	$2 \cdot \Delta \sigma_1 \leq S_s$ であるので 本条件に対する評価 で考慮する必要がない。
	機械的荷重の変動	10 ⁴	応力の全振幅 $\Delta \sigma_2 = 217 \text{ MPa}$	機械的荷重の変動回数10 ⁴ 回 に対する許容繰返しピーク 応力強さ $S_s = 202 \text{ MPa}$	$\Delta \sigma_2 \leq S_s$ であるので 本条件に対する評価で 考慮する必要がない。

変更後

備考

表中赤字の通り記載する。

変更前	変更後	備考																		
<p>5.2 ボルトの評価 「構造規格」MCD-1322の規定に従って疲労解析を行う。なお、本項においても燃料装荷・取出しサイクルの回数を10回に想定しても規定を満足することを示す。</p> <p>5.2.1 「構造規格」MCD-1322及び「構造規格」別図8-4に対する検討</p> <p>(1) 一次蓋締付けボルト、カバープレート締付けボルト及び二次蓋締付けボルトの最小引張 強さは1000 MPaであり、「構造規格」MCD-1322に従い、設計疲労曲線として「構造規格」別図8-4を使用する。</p> <p>(2) 一次蓋締付けボルト、カバープレート締付けボルト及び二次蓋締付けボルトの平均引張 応力+曲げ応力は、358 MPa、142 MPa及び277 MPaであり、この値は$2.7S_m$以下であるため、設計疲労曲線として「構造規格」別図8-4の“曲線1”を使用する。</p> <p>(3) ねじは三角ねじであり、ねじ底部の半径は一次蓋締付けボルトが <input type="text"/> mm、カバープレート締付けボルトが <input type="text"/> mm、二次蓋締付けボルトが <input type="text"/> mmであって0.07 mmより大である。</p> <p>(4) シャンク部の直径に対するシャンク部の端の丸みの半径の比は、</p> <table border="0" style="margin-left: 40px;"> <tr> <td>一次蓋締付けボルト</td> <td>: <input type="text"/></td> <td>=0.062</td> </tr> <tr> <td>カバープレート締付けボルト</td> <td>: <input type="text"/></td> <td>=0.065</td> </tr> <tr> <td>二次蓋締付けボルト</td> <td>: <input type="text"/></td> <td>=0.062</td> </tr> </table> <p>であって、0.06以上である。</p> <p>5.2.2 一次蓋締付けボルトの疲労解析 疲労解析で考慮する事象は以下とする。</p> <p>① 一次蓋締付けボルトの取付け・取外し時</p> <p>② 吊上げ時</p> <p>③ 衝突時（支持脚への衝突時及び貯蔵架台への衝突時）</p> <p>①の事象において、一次蓋締付けボルトの取付け・取外し時におけるボルト締付け力によるボルトのピーク応力強さは、次式で計算する。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin: 10px auto; width: fit-content;">枠囲みの内容は商業機密に属しますので公開できません。</div> <p style="text-align: center;">10-2-2-1 42</p>	一次蓋締付けボルト	: <input type="text"/>	=0.062	カバープレート締付けボルト	: <input type="text"/>	=0.065	二次蓋締付けボルト	: <input type="text"/>	=0.062	<p>5.2 ボルトの評価 「構造規格」MCD-1322の規定に従って疲労解析を行う。なお、本項においても燃料装荷・取出しサイクルの回数を10回に想定しても規定を満足することを示す。</p> <p>5.2.1 「構造規格」MCD-1322及び「構造規格」別図8-4に対する検討</p> <p>(1) 一次蓋締付けボルト、カバープレート締付けボルト及び二次蓋締付けボルトの最小引張 強さは1000 MPaであり、「構造規格」MCD-1322に従い、設計疲労曲線として「構造規格」別図8-4を使用する。</p> <p>(2) 一次蓋締付けボルト、カバープレート締付けボルト及び二次蓋締付けボルトの平均引張 応力+曲げ応力は、358 MPa、142 MPa及び277 MPaであり、この値は$2.7S_m$以下であるため、設計疲労曲線として「構造規格」別図8-4の“曲線1”を使用する。</p> <p>(3) ねじは三角ねじであり、ねじ底部の半径は一次蓋締付けボルトが <input type="text"/> mm、カバープレート締付けボルトが <input type="text"/> mm、二次蓋締付けボルトが <input type="text"/> mmであって0.07 mmより大である。</p> <p>(4) シャンク部の直径に対するシャンク部の端の丸みの半径の比は、</p> <table border="0" style="margin-left: 40px;"> <tr> <td>一次蓋締付けボルト</td> <td>: <input type="text"/></td> <td>=0.062</td> </tr> <tr> <td>カバープレート締付けボルト</td> <td>: <input type="text"/></td> <td>=0.065</td> </tr> <tr> <td>二次蓋締付けボルト</td> <td>: <input type="text"/></td> <td>=0.062</td> </tr> </table> <p>であって、0.06以上である。</p> <p>5.2.2 一次蓋締付けボルトの疲労解析 疲労解析で考慮する事象は以下とする。</p> <p>① 一次蓋締付けボルトの取付け・取外し時</p> <p>② 吊上げ時</p> <p>③ 衝突時（支持脚への衝突時及び貯蔵架台への衝突時）</p> <p>④貯蔵時（S_a*地震力及びS_s地震力が作用する場合）</p> <p>①の事象において、一次蓋締付けボルトの取付け・取外し時におけるボルト締付け力によるボルトのピーク応力強さは、次式で計算する。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin: 10px auto; width: fit-content;">枠囲みの内容は商業機密に属しますので公開できません。</div> <p style="text-align: center;">10-2-2-1 42</p>	一次蓋締付けボルト	: <input type="text"/>	=0.062	カバープレート締付けボルト	: <input type="text"/>	=0.065	二次蓋締付けボルト	: <input type="text"/>	=0.062	<p>表中赤字の通り記載する。</p>
一次蓋締付けボルト	: <input type="text"/>	=0.062																		
カバープレート締付けボルト	: <input type="text"/>	=0.065																		
二次蓋締付けボルト	: <input type="text"/>	=0.062																		
一次蓋締付けボルト	: <input type="text"/>	=0.062																		
カバープレート締付けボルト	: <input type="text"/>	=0.065																		
二次蓋締付けボルト	: <input type="text"/>	=0.062																		

変更前

$$\left. \begin{aligned} S &= K \cdot S_b \\ S_b &= \sqrt{\sigma^2 + 4 \cdot \tau^2} \\ \sigma &= \frac{F}{A_b} \\ \tau &= \frac{T_r}{\frac{\pi \cdot d_s^3}{16}} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (5.9)$$

ここで、 S : ボルトのピーク応力強さ (MPa)
 K : 一次蓋締付けボルトのねじ部の応力集中係数 (=4)
 S_b : ボルト締付け時に発生する応力強さ (MPa)
 σ : ボルト初期締付け時の応力 (MPa)
 τ : ねじり応力 (MPa)
 F : ボルト初期締付け力 (= N)
 A_b : ボルト最小軸断面積 (= mm²)
 T_r : ボルト締付けトルク (= N・mm)
 d_s : 一次蓋締付けボルトの最小径 (= mm)

②及び③の事象において、一次蓋締付けボルトのピーク応力強さは、次式によ

$$S = K \cdot \left(S_b + \frac{m_a \cdot G_2}{A} \right) \dots\dots\dots (5.10)$$

り計算する。

ここで、 S、 S_b、 K : (5.9) 式に同じ

m_a : 一次蓋の質量 (=3700 kg)
 G₂ : 鉛直方向の加速度
 吊上げ時 (= -1.3 G)
 支持架台への衝突時 (= -2.5 G)
 貯蔵架台への衝突時 (= -5.0 G)
 A : 全数のボルト最小断面積 (= mm²)

(5.9)式 及び(5.10)式で求めたボルトのピーク応力強さ (S) と各事象の回数を考慮して定めた応力サイクル及びそれに対応するピーク応力強さの範囲 (S_F) 並びに各事象の繰返し回数を第5-2表に示す。

各応力サイクルに対応したピーク応力強さの範囲 (S_F) から、次式により繰返しピーク応力強さ (S_e、 S_e') を求める。ここで、繰返しピーク応力強さ (S_e) は、「構造規格」別図8-4に示されている縦弾性係数 (E₀=2.07×10⁸ MPa) と解

枠囲みの内容は商業機密に属しますので公開できません。

変更後

$$\left. \begin{aligned} S &= K \cdot S_b \\ S_b &= \sqrt{\sigma^2 + 4 \cdot \tau^2} \\ \sigma &= \frac{F}{A_b} \\ \tau &= \frac{T_r}{\frac{\pi \cdot d_s^3}{16}} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (5.9)$$

ここで、 S : ボルトのピーク応力強さ (MPa)
 K : 一次蓋締付けボルトのねじ部の応力集中係数 (=4)
 S_b : ボルト締付け時に発生する応力強さ (MPa)
 σ : ボルト初期締付け時の応力 (MPa)
 τ : ねじり応力 (MPa)
 F : ボルト初期締付け力 (= N)
 A_b : ボルト最小軸断面積 (= mm²)
 T_r : ボルト締付けトルク (= N・mm)
 d_s : 一次蓋締付けボルトの最小径 (= mm)

②及び③の事象において、一次蓋締付けボルトのピーク応力強さは、次式により計算する。

ここで、 S、 S_b、 K : (5.9) 式に同じ

m_a : 一次蓋の質量 (=3700 kg)
 G₂ : 鉛直方向の加速度
 吊上げ時 (= -1.3 G)
 支持架台への衝突時 (= -2.5 G)
 貯蔵架台への衝突時 (= -5.0 G)
 A : 全数のボルト最小断面積 (= mm²)

$$S = K \cdot \left(S_b + \frac{m_a \cdot G_2}{A} \right) \dots\dots\dots (5.10)$$

④の事象においては、「添付5-3-1 金属キャスクの耐震性に関する計算書(B WR用大型キャスク(タイプ2A)」5.4.6 密封容器(ボルト)の疲労評価に示す。

(5.9)式 及び(5.10)式で求めたボルトのピーク応力強さ (S) と各事象の回数を考慮して定めた応力サイクル及びそれに対応するピーク応力強さの範囲 (S_F) 並びに各事象の繰返し回数を第5-2表に示す。

枠囲みの内容は商業機密に属しますので公開できません。

備考

表中赤字の通り記載する。

析に用いる縦弾性係数（ $E=1.84 \times 10^5$ MPa）との比を考慮し補正する。

$$\left. \begin{aligned} S_e' &= S_e \cdot \frac{E_0}{E} \\ S_e &= \frac{1}{2} \cdot S_P \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (5.11)$$

「構造規格」別図 8-4 より、補正した繰返しピーク応力強さ（ S_e' ）に対する許容繰返し回数（ N_a ）を求める。各サイクルの繰返し回数（ N_c ）と許容繰返し回数（ N_a ）との比は第 5-3 表に示すとおりとなり、供用状態 A 及び B による疲労累積係数は 1.0 以下であり、「構造規格」MCD-1322 の規定を満足する。

表中赤字の通り記載する。

各応力サイクルに対応したピーク応力強さの範囲（ S_P ）から、次式により繰返しピーク応力強さ（ S_e 、 S_e' ）を求める。ここで、繰返しピーク応力強さ（ S_e ）は、「構造規格」別図 8-4 に示されている縦弾性係数（ $E_0=2.07 \times 10^5$ MPa）と解析に用いる縦弾性係数（ $E=1.84 \times 10^5$ MPa）との比を考慮し補正する。

$$\left. \begin{aligned} S_e' &= S_e \cdot \frac{E_0}{E} \\ S_e &= \frac{1}{2} \cdot S_P \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (5.11)$$

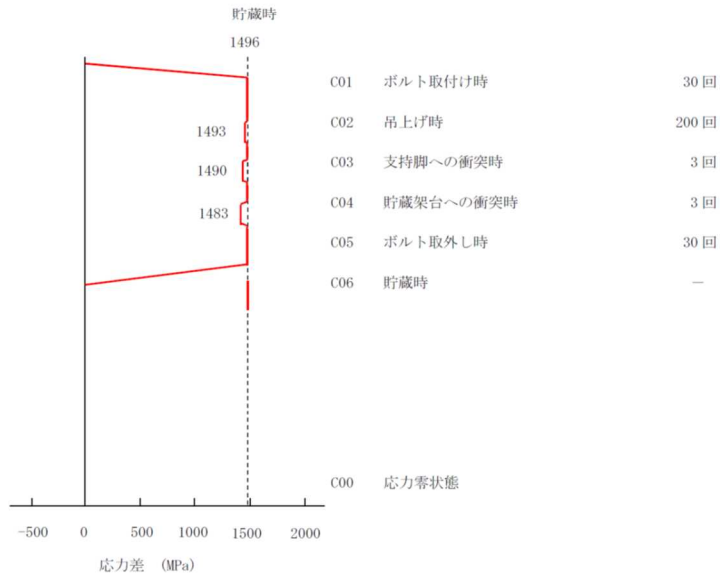
「構造規格」別図 8-4 より、補正した繰返しピーク応力強さ（ S_e' ）に対する許容繰返し回数（ N_a ）を求める。各サイクルの繰返し回数（ N_c ）と許容繰返し回数（ N_a ）との比は第 5-3 表に示すとおりとなり、供用状態 A 及び B による疲労累積係数は 1.0 以下であり、地震時における疲労累積係数との和も 1.0 以下となるため、「構造規格」MCD-1322 の規定を満足する。

変更前

第 5-2 表 応力差の変動 (一次蓋締付けボルト)

No.	事象	事象	S _p (MPa)
1	C01	C00	1496
2	C06	C04	13

以下に、各事象における応力差の変動概念図を示す。



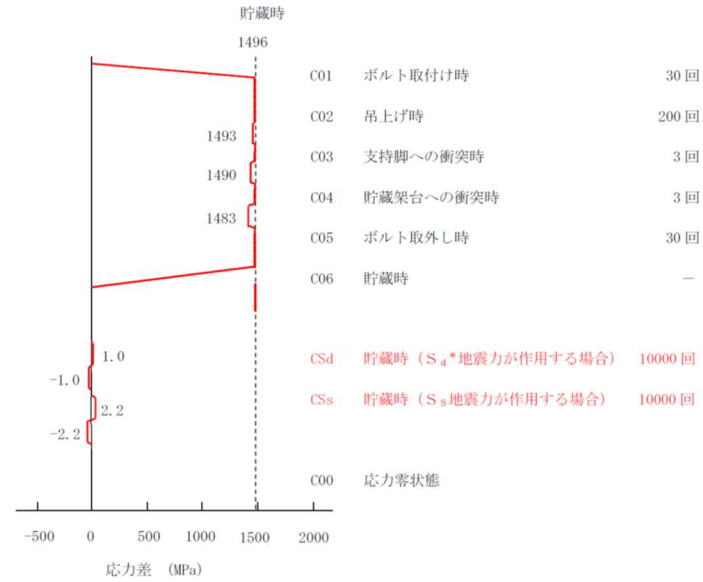
変更後

表 5-2 応力差の変動 (一次蓋締付けボルト)

No.	事象	事象	S _p (MPa)
1	C01	C00	1496
2	C06	C04	13
3*1	CSd	—	2
4*1	CSs	—	4

注記*1: 「添付 5-3-1 金属キャスタの耐震性に関する計算書 (BWR用大型キャスタ (タイプ 2 A))」第 5-23 表 疲労累積係数 (一次蓋締付けボルト) と同様。

以下に、各事象における応力差の変動概念図を示す。



備考

表中赤字の通り記載する。

変更前

第5-3表 疲労累積係数（一次蓋締付けボルト）

No.	S_p^{*1} (MPa)	S_d (MPa)	S_d' (MPa)	N_a	N_c	N_c/N_a
1	1496	748	841	679	30	0.0442
2	13	6	7	10^6	3	0.0000
疲労累積係数 $U_a=0.0442$						

注記*1： S_p は第5-2表による。

変更後

表5-3 疲労累積係数（一次蓋締付けボルト）

No.	S_p^{*1} (MPa)	S_d (MPa)	S_d' (MPa)	N_a	N_c	N_c/N_a
1	1496	748	841	679	30	0.0442
2	13	6	7	10^6	3	0.0000
疲労累積係数 $U_a=0.0442$						
3*2	2	1	1	10^6	10000	0.0100
疲労累積係数 $U_{s_i}=0.0100$						
4*2	4	2	3	10^6	10000	0.0100
疲労累積係数 $U_{s_i}=0.0100$						
疲労累積係数 $U_t=U_a+U_{s_i}=0.0542$						

注記*1： S_p は表5-2による。

注記*2：「添付5-3-1 金属キャスクの耐震性に関する計算書（BWR用大型キャスク（タイプ2A）」第5-23表 疲労累積係数（一次蓋締付けボルト）と同様。

備考

表中赤字の通り記載する。

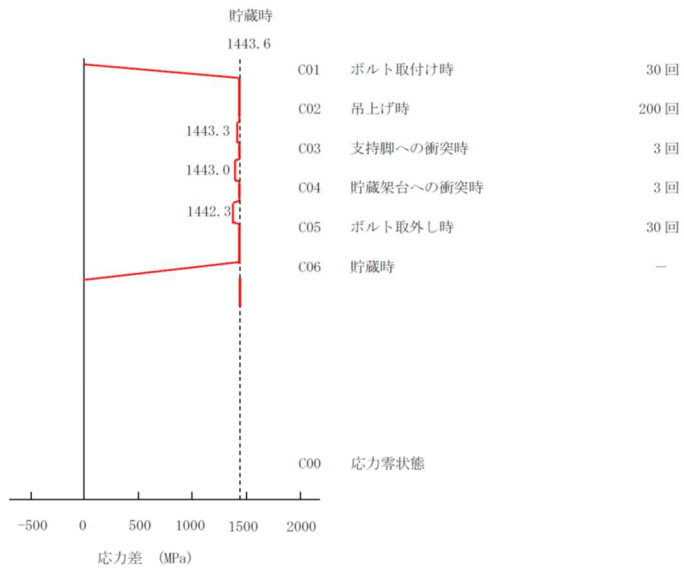
変更前	変更後	備考
<p>5.2.3 カバープレート締付けボルトの疲労解析</p> <p>疲労解析で考慮する事象は以下とする。</p> <ol style="list-style-type: none"> ① カバープレート締付けボルトの取付け・取外し時 ② 吊上げ時 ③ 衝突時（支持架台への衝突時及び貯蔵架台への衝突時） <p>①の事象において、カバープレート締付けボルトの取付け・取外し時におけるボルト締付け力によるボルトのピーク応力強さ（S）は(5.9)式により同様に求める。また、②及び③の事象におけるボルトのピーク応力強さ（S）の計算は(5.10)式により同様に求める。</p> <p>なお、m_eはm_rに読み替える。</p> <p>ここで、S、K、S_b、σ、τ：(5.9)式と同じ</p> <p>G_2：(5.10)式と同じ</p> <p>F：ボルト初期締付け力（= <input type="text"/> N）</p> <p>A_b：ボルト最小軸断面積（= <input type="text"/> mm²）</p> <p>T_r：ボルト締付けトルク（= <input type="text"/> N・mm）</p> <p>d_s：カバープレート締付けボルトの最小径（= <input type="text"/> mm）</p> <p>m_r：カバープレートの質量（=8 kg）</p> <p>A：全数のボルト最小断面積（= <input type="text"/> mm²）</p> <p>ボルトのピーク応力強さ（S）と各事象の回数を考慮して定めた応力サイクル及びそれに対応するピーク応力強さの範囲（S_p）並びに各事象の繰返し回数を第5-4表に示す。</p> <p>繰返しピーク応力強さ（S_e、S_e'）は、(5.11)式により同様に求める。</p> <p>各サイクルの繰返し回数（N_e）と許容繰返し回数（N_a）との比は第5-5表に示すとおりとなり、供用状態A及びBによる疲労累積係数は1.0以下であり、「構造規格」MCD-1322の規定を満足する。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin: 10px auto;">枠囲みの内容は商業機密に属しますので公開できません。</div>	<p>5.2.3 カバープレート締付けボルトの疲労解析</p> <p>疲労解析で考慮する事象は以下とする。</p> <ol style="list-style-type: none"> ① カバープレート締付けボルトの取付け・取外し時 ② 吊上げ時 ③ 衝突時（支持架台への衝突時及び貯蔵架台への衝突時） ④ 貯蔵時（S_a地震力及びS_b地震力が作用する場合） <p>①の事象において、カバープレート締付けボルトの取付け・取外し時におけるボルト締付け力によるボルトのピーク応力強さ（S）は(5.9)式により同様に求める。また、②及び③の事象におけるボルトのピーク応力強さ（S）の計算は(5.10)式により同様に求める。</p> <p>なお、m_eはm_rに読み替える。</p> <p>ここで、S、K、S_b、σ、τ：(5.9)式と同じ</p> <p>G_2：(5.10)式と同じ</p> <p>F：ボルト初期締付け力（= <input type="text"/> N）</p> <p>A_b：ボルト最小軸断面積（= <input type="text"/> mm²）</p> <p>T_r：ボルト締付けトルク（= <input type="text"/> N・mm）</p> <p>d_s：カバープレート締付けボルトの最小径（= <input type="text"/> mm）</p> <p>m_r：カバープレートの質量（=8 kg）</p> <p>A：全数のボルト最小断面積（= <input type="text"/> mm²）</p> <p>④の事象においては、「添付5-3-1 金属キャスクの耐震性に関する計算書（BWR用大型キャスク（タイプ2A）」5.4.6 密封容器（ボルト）の疲労評価に示す。</p> <p>ボルトのピーク応力強さ（S）と各事象の回数を考慮して定めた応力サイクル及びそれに対応するピーク応力強さの範囲（S_p）並びに各事象の繰返し回数を第5-4表に示す。</p> <p>繰返しピーク応力強さ（S_e、S_e'）は、(5.11)式により同様に求める。</p> <p>各サイクルの繰返し回数（N_e）と許容繰返し回数（N_a）との比は第5-5表に示すとおりとなり、供用状態A及びBによる疲労累積係数は1.0以下であり、「構造規格」MCD-1322の規定を満足する。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin: 10px auto;">枠囲みの内容は商業機密に属しますので公開できません。</div>	<p>表中赤字の通り記載する。</p>
<p>10-2-2-1</p> <p>47</p>	<p>10-2-2-1</p> <p>47</p>	

変更前

第 5-4 表 応力差の変動 (カバープレート締付けボルト)

No.	事象	事象	S _p (MPa)
1	C01	C00	1444
2	C06	C04	1

以下に、各事象における応力差の変動概念図を示す。



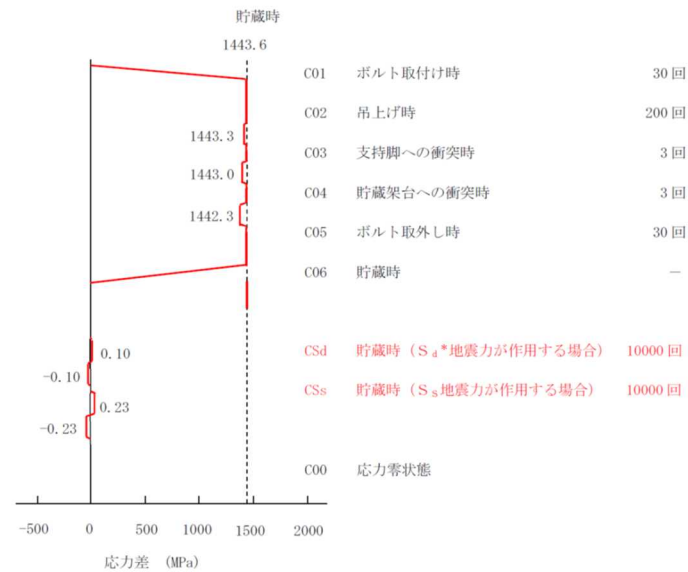
変更後

表 5-4 応力差の変動 (カバープレート締付けボルト)

No.	事象	事象	S _p (MPa)
1	C01	C00	1444
2	C06	C04	1
3*1	CSd	-	0.2
4*1	CSs	-	0.5

注記*1:「添付 5-3-1 金属キャスクの耐震性に関する計算書(B WR用大型キャスク(タイプ2A)」第 8-24 表 疲労累積係数(カバープレート締付けボルト)と同様。

以下に、各事象における応力差の変動概念図を示す。



備考

表中赤字の通り記載する。

変更前

第5-5表 疲労累積係数 (カバープレート締付けボルト)

No.	S _p *1 (MPa)	S _e (MPa)	S _e ' (MPa)	N _a	N _c	N _c /N _a
1	1444	722	812	727	30	0.0413
2	1	1	1	10 ⁶	3	0.0000
疲労累積係数 U _n =0.0413						

注記*1: S_pは第5-4表による。

変更後

表5-5 疲労累積係数 (カバープレート締付けボルト)

No.	S _p *1 (MPa)	S _e (MPa)	S _e ' (MPa)	N _a	N _c	N _c /N _a
1	1444	722	812	727	30	0.0413
2	1	1	1	10 ⁶	3	0.0000
疲労累積係数 U _n =0.0413						
3*2	0.2	0.1	0.1	10 ⁶	10000	0.0100
疲労累積係数 U _{s_n} =0.0100						
4*2	0.5	0.2	0.3	10 ⁶	10000	0.0100
疲労累積係数 U _{s_s} =0.0100						
疲労累積係数 U _r =U _n +U _{s_n} +U _{s_s} =0.0513						

注記*1: S_pは表5-2による。

注記*2: 「添付5-3-1 金属キャスクの耐震性に関する計算書 (BWR用大型キャスク (タイプ2 A))」第5-24表 疲労累積係数 (カバープレート締付けボルト) と同様。

備考

表中赤字の通り記載する。

変更前	変更後	備考
<p>5.2.4 二次蓋締付けボルトの疲労解析</p> <p>疲労解析で考慮する事象は以下とする。</p> <p>① 二次蓋締付けボルトの取付け・取外し時 ② 吊上げ時 ③ 衝突時（支持架台への衝突時及び貯蔵架台への衝突時）</p> <p>①の事象において、二次蓋締付けボルトの取付け・取外し時におけるボルト締付け力によるボルトのピーク応力強さ(S)は(5.9)式により同様に求める。また、②及び③の事象におけるボルトのピーク応力強さ（S）の計算は(5.10)式により同様に求める。</p> <p>なお、m_1はm_{e2}に読み替える。</p> <p>ここで、S、K、S_b、σ、τ：(5.9)式と同じ G_2：(5.10)式と同じ F：ボルト初期締付け力（= <input type="text"/> N） A_b：ボルト最小軸断面積（= <input type="text"/> mm²） T_r：ボルト締付けトルク（= <input type="text"/> N・mm） d_s：二次蓋締付けボルトの最小径（= <input type="text"/> mm） m_{e2}：二次蓋の質量（=4600 kg） A：全数のボルト最小断面積（= <input type="text"/> mm²）</p> <p>ボルトのピーク応力強さ（S）と各事象の回数を考慮して定めた応力サイクル及びそれに対応するピーク応力強さの範囲（S_p）並びに各事象の繰返し回数を第5-6表に示す。</p> <p>繰返しピーク応力強さ（S_a、S_a'）は、(5.11)式により同様に求める。なお、縦弾性係数Eは$E=1.86 \times 10^5$ MPaに読み替える。</p> <p>各サイクルの繰返し回数（N_c）と許容繰返し回数（N_a）との比は第5-7表に示すとおりとなり、供用状態A及びBによる疲労累積係数は1.0以下となるため、「構造規格」MCD-1322の規定を満足する。</p>	<p>5.2.4 二次蓋締付けボルトの疲労解析</p> <p>疲労解析で考慮する事象は以下とする。</p> <p>① 二次蓋締付けボルトの取付け・取外し時 ② 吊上げ時 ③ 衝突時（支持架台への衝突時及び貯蔵架台への衝突時） ④ 貯蔵時（S_a地震力及びS_b地震力が作用する場合）</p> <p>①の事象において、二次蓋締付けボルトの取付け・取外し時におけるボルト締付け力によるボルトのピーク応力強さ(S)は(5.9)式により同様に求める。また、②及び③の事象におけるボルトのピーク応力強さ（S）の計算は(5.10)式により同様に求める。</p> <p>なお、m_1はm_{e2}に読み替える。</p> <p>ここで、S、K、S_b、σ、τ：(5.9)式と同じ G_2：(5.10)式と同じ F：ボルト初期締付け力（= <input type="text"/> N） A_b：ボルト最小軸断面積（= <input type="text"/> mm²） T_r：ボルト締付けトルク（= <input type="text"/> N・mm） d_s：二次蓋締付けボルトの最小径（= <input type="text"/> mm） m_{e2}：二次蓋の質量（=4600 kg） A：全数のボルト最小断面積（= <input type="text"/> mm²）</p> <p>④の事象においては、「添付5-3-1 金属キャスクの耐震性に関する計算書(BWR用大型キャスク(タイプ2A)」5.4.6 密封容器(ボルト)の疲労評価に示す。</p> <p>ボルトのピーク応力強さ（S）と各事象の回数を考慮して定めた応力サイクル及びそれに対応するピーク応力強さの範囲（S_p）並びに各事象の繰返し回数を第5-6表に示す。</p> <p>繰返しピーク応力強さ（S_a、S_a'）は、(5.11)式により同様に求める。なお、縦弾性係数Eは$E=1.86 \times 10^5$ MPaに読み替える。</p> <p>各サイクルの繰返し回数（N_c）と許容繰返し回数（N_a）との比は第5-7表に示すとおりとなり、供用状態A及びBによる疲労累積係数は1.0以下となるため、「構造規格」MCD-1322の規定を満足する。</p>	<p>表中赤字の通り記載する。</p>
<p>10-2-2-1</p> <p style="text-align: center;">枠囲みの内容は商業機密に属しますので公開できません。</p> <p style="text-align: center;">50</p>	<p>10-2-2-1</p> <p style="text-align: center;">枠囲みの内容は商業機密に属しますので公開できません。</p> <p style="text-align: center;">50</p>	

第5-6表 応力差の変動（二次蓋締付けボルト）

No.	事象	事象	S _p (MPa)
1	C01	C00	1345
2	C06	C04	13

以下に、各事象における応力差の変動概念図を示す。

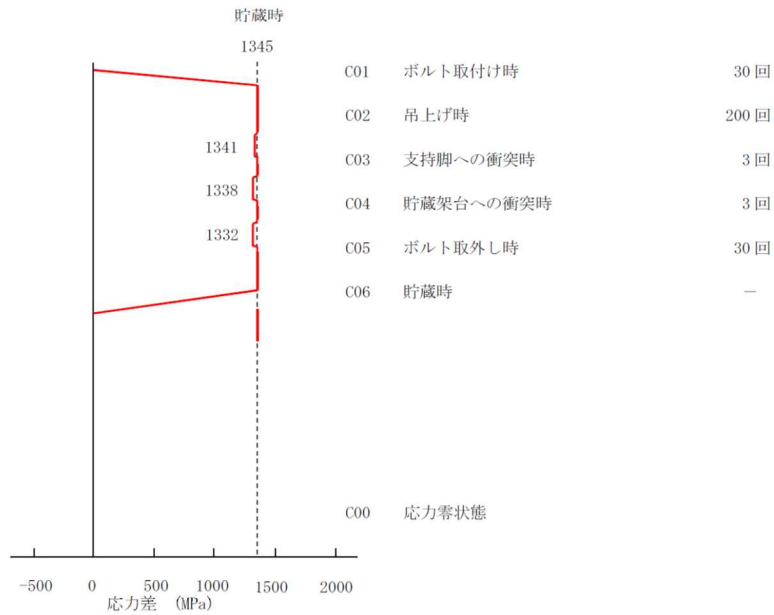
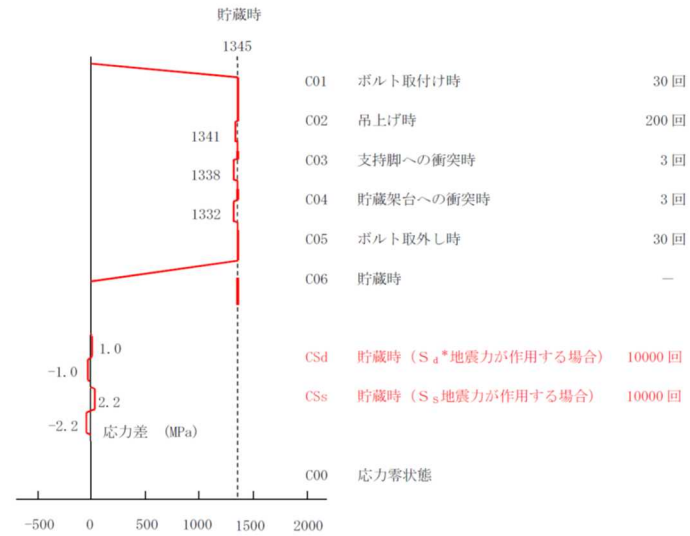


表5-6 応力差の変動（二次蓋締付けボルト）

No.	事象	事象	S _p (MPa)
1	C01	C00	1345
2	C06	C04	13
3*	CSd	—	2
4*	CSs	—	4

注記*1: 「添付5-3-1 金属キャスタの耐震性に関する計算書 (BWR用大型キャスタ (タイプ2A))」第5-25表疲労累積係数 (二次蓋締付けボルト) と同様。

以下に、各事象における応力差の変動概念図を示す。



変更前

第5-7表 疲労累積係数 (二次蓋縮付けボルト)

No.	S_p^{*1} (MPa)	S_e (MPa)	S_e' (MPa)	N_a	N_c	N_c/N_a
1	1345	672	748	852	30	0.0353
2	13	6	7	10^6	3	0.0000
疲労累積係数 $U_a=0.0353$						

注記*1: S_p は第5-6表による。

変更後

表5-7 疲労累積係数 (二次蓋縮付けボルト)

No.	S_p^{*1} (MPa)	S_e (MPa)	S_e' (MPa)	N_a	N_c	N_c/N_a
1	1345	672	748	852	30	0.0353
2	13	6	7	10^6	3	0.0000
疲労累積係数 $U_a=0.0353$						
3*2	2	1	1	10^6	10000	0.0100
疲労累積係数 $U_{3a}=0.0100$						
4*2	4	2	2	10^6	10000	0.0100
疲労累積係数 $U_{4a}=0.0100$						
疲労累積係数 $U_e=U_a+U_{3a}=0.0453$						

注記*1: S_p は表5-2による。

注記*2: 「添付5-3-1 金属キャスクの耐震性に関する計算書 (BWR用大型キャスク (タイプ2A))」第5-25表疲労累積係数 (二次蓋縮付けボルト)と同様。

備考

表中赤字の通り記載する。