




No.	高浜2-IASCC-6rev2	事象：IASCC																											
質 問	(別冊-7-40頁) 技術評価で参照又は参考としたIASCC事例の概要とその分析結果を提示すること。																												
回 答	<p>バッフルフォーマボルトのIASCC事例については、1988年にフランスのBugey発電所2号炉において確認されたバッフルフォーマボルト損傷事例を初め、海外の複数のプラントでIASCCによるバッフルフォーマボルト損傷事例が報告されています。</p> <p>高浜2号炉と同時期に建設された米国のW社製3ループプラントにおけるバッフルフォーマボルトの点検実績を下記に示します。</p> <table border="1" data-bbox="406 987 1311 1153"> <thead> <tr> <th></th> <th>Robinson2u</th> <th>Surry1u</th> <th>Surry2u</th> <th>Farley1u</th> <th>Farley2u</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>営業運転開始日</td> <td>1971.3.7</td> <td>1972.12.22</td> <td>1973.5.1</td> <td>1977.12.1</td> <td>1981.7.30</td> </tr> <tr> <td>点検時間</td> <td>31.4EFPY</td> <td>28EFPY</td> <td>28EFPY</td> <td>16.6EFPY</td> <td>15.1EFPY</td> </tr> <tr> <td>損傷本数</td> <td>9本</td> <td>1本</td> <td>2本</td> <td>0本</td> <td>0本</td> </tr> </tbody> </table> <p>日本機械学会維持規格においては、バッフルフォーマボルトは縦列に2本のボルトが残存すればよく、ボルト全数(1,088本)の約7割が損傷した場合においても炉内構造物の安全機能の確保は可能とされています。これに比べると海外事例におけるボルト損傷本数はいずれも十分少なく、炉内構造物の安全機能に影響を及ぼすものではないと考えます。</p> <p>また、3ループプラント以外も含めて米国で公開されているバッフルフォーマボルトの点検結果について確認した結果、「炉内構造物点検評価ガイドライン」等の国内知見を大きく逸脱するようなボルト損傷が発生している事例はありません。今後も、国内外の点検結果を注視し、バッフルフォーマボルトの健全性評価手法の妥当性確認を継続して実施していきます。</p> <p>また、バッフルフォーマボルト以外の炉内構造物の部位では、これまでに入手している国内外の情報の範囲においてはIASCCが発生した事例はありません。</p> <p style="text-align: right;">以 上</p>						Robinson2u	Surry1u	Surry2u	Farley1u	Farley2u	営業運転開始日	1971.3.7	1972.12.22	1973.5.1	1977.12.1	1981.7.30	点検時間	31.4EFPY	28EFPY	28EFPY	16.6EFPY	15.1EFPY	損傷本数	9本	1本	2本	0本	0本
	Robinson2u	Surry1u	Surry2u	Farley1u	Farley2u																								
営業運転開始日	1971.3.7	1972.12.22	1973.5.1	1977.12.1	1981.7.30																								
点検時間	31.4EFPY	28EFPY	28EFPY	16.6EFPY	15.1EFPY																								
損傷本数	9本	1本	2本	0本	0本																								

No.	高浜2-絶縁低下-28 rev1	分類: 容器 (電気ペネトレーション)
質 問	<p>(4-3.3-2頁) 表1-1において、評価対象の電気ペネトレーションは全て「常設重大事故等対処設備」とされているが、各機器に対し重大事故等時に期待する機能を説明すること。</p>	
回 答	<p>電気ペネトレーションの設計基準事故・重大事故等時に期待する機能として、①電力・制御・計装信号送受機能、②電気絶縁性能維持及び③バウンダリの維持機能がある。</p> <p>③機能については、全ての電気ペネトレーションに対し期待する機能である。①②機能については、各々の事故時に機能要求のある電気・計装設備に計装信号等を伝送する電気ペネトレーションに対し期待する機能であり、具体的には以下の通り。</p> <p>【設計基準事故時】</p> <p>(キャニスター型-ピックテイル型)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・安全防護系電気ペネトレーション(4/4) ・加圧器ヒータ電気ペネトレーション(3/3) ・計装用電気ペネトレーション(2/2) ・小型補機制御用電気ペネトレーション(3/3) ・小型補機電源電気ペネトレーション(3/3) <p>(キャニスター型-ブッシング型、キャニスター型-三重同軸型)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・対象なし <p>(モジュラー型-三重同軸型)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・炉外計装装置電気ペネトレーション(2/4) <p>【重大事故等時】</p> <p>(キャニスター型-ピックテイル型)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・安全防護系電気ペネトレーション(4/4) ・加圧器ヒータ電気ペネトレーション(1/3) ・計装用電気ペネトレーション(2/2) ・小型補機制御用電気ペネトレーション(3/3) ・小型補機電源電気ペネトレーション(3/3) ・炉内温度計測用電気ペネトレーション(1/1) <p>(キャニスター型-ブッシング型、キャニスター型-三重同軸型)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・対象なし <p>(モジュラー型-三重同軸型)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・炉外計装装置電気ペネトレーション(4/4) <p>なお、新規制基準対応により、今後、新設される計装設備等については、接続先の電気ペネトレーション(キャニスター型-ピックテイル型、三重同軸型またはモジュラー型-三重同軸型)を明確に決定しているものではない。しかしながら、いずれの電気ペネトレーション(キャニスター型-ピックテイル型、三重同軸型またはモジュラー型-三重同軸型)についても、60年間の通常運転とその後の各種事故時において健全性を維持できることを確認しており、問題とはならない。</p>	

No.	高浜2-耐震-4 Rev.1	事象：耐震												
質問	<p>工事計画認可審査の内容を踏まえた高経年化技術評価の見直しがある場合、以下の事項について、見直し前後の相違点を整理し提示すること。</p> <p>イ) 評価対象の機器・構造物と経年劣化事象の関係 ロ) 評価条件・手法 ハ) 評価結果</p>													
回答	<p>工事計画認可申請の審査の内容を踏まえて、高経年化技術評価における耐震安全性評価の見直しを行うものは、以下のとおり。</p> <p>1. 制御棒挿入性評価</p> <p>高浜2号機の新規制基準への適合に係る工事計画認可申請側で評価手法を見直した再評価を行っており、劣化事象を考慮した耐震安全性評価においても、これに合わせた評価手法として、評価の見直しを行う。</p> <p>イ) 評価対象の機器・構造物と経年劣化事象の関係</p> <p>① 制御棒クラス案内管（案内板）の摩耗を考慮した制御棒挿入性評価 ② 制御棒被覆管の摩耗を考慮した制御棒挿入性評価 ③ バッフルフォーマボルトの照射誘起型応力腐食割れを考慮した制御棒挿入性評価</p> <p>※①、②については、案内板及び被覆管の摩耗を重畳させた評価を実施</p> <p>ロ) 評価条件・手法（相違点比較）</p> <table border="1" data-bbox="400 1305 1428 1980"> <thead> <tr> <th></th> <th>現評価（H27.11 補正申請）</th> <th>工認に合せた評価手法反映</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>評価条件</td> <td>燃料集合体照射後条件 （照射影響の考慮有り） Ss-1(700gal)～Ss-7</td> <td>燃料集合体照射後条件 （照射影響の考慮有り） Ss-1(700gal)～Ss-7</td> </tr> <tr> <td>解析モデル</td> <td>建屋-RCS-RV-CI-FA 連成モデル FA 減衰率：10%</td> <td>建屋-RCS-RV-CI-FA 連成モデル FA 減衰率：<u>1%</u></td> </tr> <tr> <td>評価手法</td> <td> 《挿入経路機器の応答解析》 ・制御棒駆動装置：時刻歴手法 ・制御棒クラス案内管：時刻歴手法 ・燃料集合体：時刻歴手法 《地震時挿入抗力の考慮方法》 ・制御棒駆動装置：時刻歴手法 ・制御棒クラス案内管：時刻歴手法 ・燃料集合体：時刻歴手法 </td> <td> 《挿入経路機器の応答解析》 ・制御棒駆動装置：<u>スペクトルモーダル解析</u> ・制御棒クラス案内管：時刻歴手法 ・燃料集合体：時刻歴手法 《地震時挿入抗力の考慮方法》 ・制御棒駆動装置：<u>最大抗力一定</u> ・制御棒クラス案内管：<u>最大抗力一定</u> ・燃料集合体：時刻歴手法 </td> </tr> </tbody> </table>			現評価（H27.11 補正申請）	工認に合せた評価手法反映	評価条件	燃料集合体照射後条件 （照射影響の考慮有り） Ss-1(700gal)～Ss-7	燃料集合体照射後条件 （照射影響の考慮有り） Ss-1(700gal)～Ss-7	解析モデル	建屋-RCS-RV-CI-FA 連成モデル FA 減衰率：10%	建屋-RCS-RV-CI-FA 連成モデル FA 減衰率： <u>1%</u>	評価手法	《挿入経路機器の応答解析》 ・制御棒駆動装置：時刻歴手法 ・制御棒クラス案内管：時刻歴手法 ・燃料集合体：時刻歴手法 《地震時挿入抗力の考慮方法》 ・制御棒駆動装置：時刻歴手法 ・制御棒クラス案内管：時刻歴手法 ・燃料集合体：時刻歴手法	《挿入経路機器の応答解析》 ・制御棒駆動装置： <u>スペクトルモーダル解析</u> ・制御棒クラス案内管：時刻歴手法 ・燃料集合体：時刻歴手法 《地震時挿入抗力の考慮方法》 ・制御棒駆動装置： <u>最大抗力一定</u> ・制御棒クラス案内管： <u>最大抗力一定</u> ・燃料集合体：時刻歴手法
	現評価（H27.11 補正申請）	工認に合せた評価手法反映												
評価条件	燃料集合体照射後条件 （照射影響の考慮有り） Ss-1(700gal)～Ss-7	燃料集合体照射後条件 （照射影響の考慮有り） Ss-1(700gal)～Ss-7												
解析モデル	建屋-RCS-RV-CI-FA 連成モデル FA 減衰率：10%	建屋-RCS-RV-CI-FA 連成モデル FA 減衰率： <u>1%</u>												
評価手法	《挿入経路機器の応答解析》 ・制御棒駆動装置：時刻歴手法 ・制御棒クラス案内管：時刻歴手法 ・燃料集合体：時刻歴手法 《地震時挿入抗力の考慮方法》 ・制御棒駆動装置：時刻歴手法 ・制御棒クラス案内管：時刻歴手法 ・燃料集合体：時刻歴手法	《挿入経路機器の応答解析》 ・制御棒駆動装置： <u>スペクトルモーダル解析</u> ・制御棒クラス案内管：時刻歴手法 ・燃料集合体：時刻歴手法 《地震時挿入抗力の考慮方法》 ・制御棒駆動装置： <u>最大抗力一定</u> ・制御棒クラス案内管： <u>最大抗力一定</u> ・燃料集合体：時刻歴手法												

ハ) 評価結果

		挿入時間*1		規定時間
		現評価 (H27.11 補正申請)	工認手法反映	
評価 条件	評価地震動	Ss-1~Ss-7 	Ss-1~Ss-7 	1.8 秒
	照射条件	照射後条件	照射後条件	
地震時挿入時間		1.43		
制御棒クラスタ案内管（案内板）及び被覆管の摩耗を考慮した地震時挿入時間		1.45		
バップルフォーマボルトの照射誘起型応力腐食割れを考慮した地震時挿入時間		1.46		

*1：各時間は落下開始から制御棒が全ストロークの85%に至るまでの時間

*2：挿入時間の下段のカッコ内は評価地震動を示す。

2. 炉内構造物等の耐震安全性評価

工事計画認可申請側の評価を踏まえ、燃料集合体の減衰定数を10%から1%へ変更することに伴い、原子炉容器－炉内構造物の連成モデルによる評価を行っている以下の評価について、応力評価及び疲労累積係数の評価の見直しを行う。

イ) 評価対象の機器・構造物と経年劣化事象の関係

No.	評価対象機器（部位）	経年劣化事象
①	原子炉容器（炉心支持金物）	低サイクル疲労
②	原子炉容器（胴部）	中性子照射脆化
③	炉内構造物（上部炉心支持板、上部炉心支持柱、下部炉心支持板、下部炉心支持柱）	低サイクル疲労
④	炉内構造物（シンプルチューブ）	摩耗
⑤	炉内構造物（炉心そう）	中性子照射による靱性低下
⑥	制御棒クラスタ（被覆管）	摩耗

ロ) 評価条件・手法（相違点比較）

	現評価（H27.11 補正申請）	工認に合せた評価手法反映
評価条件	Ss-1(700gal)~Ss-7	Ss-1(700gal)~Ss-7
解析モデル	建屋-RCS-RV-CI-FA 連成モデル FA 減衰率：10%	建屋-RCS-RV-CI-FA 連成モデル FA 減衰率： <u>1%</u>







枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

ハ) 評価結果：再評価を実施中

① 原子炉容器（炉心支持金物）の低サイクル疲労を考慮した影響評価

	疲労累積係数（許容値 1 以下）		
	通常運転時	地震時	合計
FA 減衰率：10%での評価結果 	0.007	0.001	0.008
FA 減衰率：1%での評価結果 	0.007	0.001	0.008

② 原子炉容器（胴部）の中性子照射脆化を考慮した影響評価（関連温度上昇）

	応力拡大係数	
	き裂深さ 10mm	き裂深さ 5mm
FA 減衰率：10%での評価結果 	$K_{IC} > K_I$ 	$K_{IC} > K_I$ 
FA 減衰率：1%での評価結果 	$K_{IC} > K_I$ 	$K_{IC} > K_I$ 

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

③ 炉内構造物（上部炉心支持板、上部炉心支持柱、下部炉心支持板、下部炉心支持柱）の低サイクル疲労を考慮した影響評価

		疲労累積係数（許容値 1 以下）		
		通常運転時	地震時	合計
FA 減衰率 10%での評 価結果	上部炉心支持板	0.160	0.000	0.160
	上部炉心支持柱	0.023	0.001	0.024
	下部炉心支持板	0.020	0.025	0.045
	下部炉心支持柱	0.001	0.006	0.007
FA 減衰率 1%での評 価結果	上部炉心支持板	0.160	0.000	0.160
	上部炉心支持柱	0.023	0.001	0.024
	下部炉心支持板	0.020	0.025	0.045
	下部炉心支持柱	0.001	0.006	0.007

④ 炉内構造物（シンプルチューブ）の摩耗を考慮した影響評価

		発生応力（1次膜+1次曲げ）		
		発生値 (MPa)	許容値 (MPa)	応力比
FA 減衰率：10%での評価結果				0.02
FA 減衰率：1%での評価結果				0.02

⑤ 炉内構造物（炉心そう）の中性子照射による靱性低下を考慮した影響評価

	応力拡大係数		
	発生値 (MPa√m)	許容値 (MPa√m)	応力比
FA 減衰率：10%での評価結果	7.5	51	0.15
FA 減衰率：1%での評価結果	7.6	51	0.15

⑥ 制御棒クラスタ（被覆管）の摩耗を考慮した影響評価

	発生応力（1次膜+1次曲げ）		
	発生値 (MPa)	許容値 (MPa)	応力比
FA 減衰率：10%での評価結果			0.47
FA 減衰率：1%での評価結果			0.48

3. 工事計画を踏まえ、影響評価を行うもの

工事計画において、従来の設計手法における水平1方向及び鉛直方向地震力を組合せた耐震計算に対して、設備の構造特性等により水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の可能性のある部位を抽出し、影響評価を行った結果、耐震性に影響がなく従来の設計手法で対応可能であることが確認されているが、高経年化技術評価の耐震安全性評価においても、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響を確認した。

イ) 評価対象の機器・構造物と経年劣化事象の関係

No.	評価対象機器（部位）	経年劣化事象
①	蒸気発生器（給水入口管台）	低サイクル疲労
②	1次冷却材ポンプ（支持脚）	低サイクル疲労
③	炉心支持構造物（下部炉心支持柱）	低サイクル疲労
④	復水タンク（基礎ボルト）	腐食（大気接触部）
⑤	加圧器スプレイ配管	低サイクル疲労

ロ) 評価条件・手法

高経年化評価対象設備のうち、工事計画において設備の構造特性等から水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の可能性があり、水平2方向+鉛直方向地震力の影響評価が行われた部位であって、耐震評価に影響する劣化事象が想定される部位について、影響評価を行った。

ハ) 評価結果

① 蒸気発生器（給水入口管台）の低サイクル疲労を考慮した影響評価

	疲労累積係数（許容値 1 以下）		
	通常運転時	地震時	合計
水平 1 方向+鉛直方向地震動 を考慮した評価結果	0.658	0.000	0.658
水平 2 方向+鉛直方向地震動 を考慮した影響評価結果	0.658	0.000	0.658

② 1次冷却材ポンプ（支持脚）の低サイクル疲労を考慮した影響評価

	疲労累積係数（許容値 1 以下）		
	通常運転時	地震時	合計
水平 1 方向+鉛直方向地震動 を考慮した評価結果	0.185	0.001	0.186
水平 2 方向+鉛直方向地震動 を考慮した影響評価結果	0.185	0.001	0.186

③ 炉心支持構造物（下部炉心支持柱）の低サイクル疲労を考慮した影響評価

	疲労累積係数（許容値 1 以下）		
	通常運転時	地震時	合計
水平 1 方向+鉛直方向地震動 を考慮した評価結果	0.001	0.006	0.007
水平 2 方向+鉛直方向地震動 を考慮した影響評価結果	0.001	0.030	0.031

※FA 減衰率：1%を考慮した再評価結果。

④-1 復水タンク（基礎ボルト）の腐食を考慮した影響評価【引張荷重*1】

	発生値 (MPa)	許容値 (MPa)	応力比
水平1方向+鉛直方向地震動 を考慮した評価結果			0.67
水平2方向+鉛直方向地震動 を考慮した影響評価結果			0.68

*1：せん断荷重との組合せを考慮した評価

④-2 復水タンク（基礎ボルト）の腐食を考慮した影響評価【せん断荷重】

	発生値 (MPa)	許容値 (MPa)	応力比
水平1方向+鉛直方向地震動 を考慮した評価結果			0.24
水平2方向+鉛直方向地震動 を考慮した影響評価結果			0.34

⑤ 加圧器スプレイ配管の低サイクル疲労を考慮した影響評価

	疲労累積係数（許容値1以下）		
	通常運転時	地震時	合計
水平1方向+鉛直方向地震動 を考慮した評価結果	0.267	0.001	0.268
水平2方向+鉛直方向地震動 を考慮した影響評価結果	0.267	0.001	0.268

以上

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

No.	高浜2-耐震-12 Rev.3	分類：共通										
質 問	<p>後打ちアンカの評価について、減肉後の応力比の算定根拠（プラント設計時の耐震条件含む）を提示すること。</p>											
回 答	<p>後打ちアンカについては、メーカーの後打ちアンカ使用基準に基づき最大許容荷重が定められており、この値以上の荷重がボルトに作用しないよう施工されています。</p> <p>後打ちアンカの評価にあたっては、ボルトに技術評価により想定される運転開始後60年時点での減肉量(半径方向に0.3mm)を考慮した上で、保守的に最大許容荷重が作用した場合であっても応力比が1以下になることを確認しています。</p> <p>減肉後の応力比の算定条件及び算定結果を添付資料1に示します。</p> <p>新たな基準地震動S_sに対する耐震安全性については、新規制基準工事計画認可申請における後打ちアンカ評価設備において、表1の対象機器に対し、減肉による影響を考慮した耐震評価を実施し、応力比が1以下となることから健全性を確認しています（補足参照）。</p> <p>表1 新規制基準の工事計画認可申請における後打ちアンカ評価設備</p> <table border="1" data-bbox="478 1355 1276 1624"> <thead> <tr> <th>分 類</th> <th>設 備</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>計測制御設備</td> <td>プロセス計測制御設備</td> </tr> <tr> <td>電源設備</td> <td>原子炉トリップ遮断器盤</td> </tr> <tr> <td>機械設備</td> <td>加圧器サポート</td> </tr> <tr> <td>機械設備</td> <td>1次冷却材ポンプサポート</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: right;">以 上</p>		分 類	設 備	計測制御設備	プロセス計測制御設備	電源設備	原子炉トリップ遮断器盤	機械設備	加圧器サポート	機械設備	1次冷却材ポンプサポート
分 類	設 備											
計測制御設備	プロセス計測制御設備											
電源設備	原子炉トリップ遮断器盤											
機械設備	加圧器サポート											
機械設備	1次冷却材ポンプサポート											

<補足>

新規制基準の工事計画認可申請における後打ちアンカのうち、P L M評価対象となる設備について、新たな基準地震動Ss (Ss-1～Ss7) に対する評価例を以下に示します。

分類	設 備		型式	ボルト 呼び径	ボルト 本数 (本)	減肉前 応力比	減肉後 応力比	備考
計測制 御設備	プロセス 計測制御 設備	流量	補助給 水流量	メカニカ ルアンカ				
		温度	使用済 燃料ピ ット温 度	メカニカ ルアンカ				
		中性 子束	炉外核 計装盤	ケミカル アンカ				
電源 設備	制御棒駆 動装置用 電源設備	原子炉トリップ 遮断器盤		ケミカル アンカ				
機械 設備	加圧器サポート			ケミカル アンカ				
	1次冷却材ポンプサポート			ケミカル アンカ				

[]内は、耐震バックチェック (基準地震動 Ss(550gal)) 時の評価結果

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません

減肉後の応力比の算定条件及び算定結果 (引張)

型式	ボルト呼び径	長期最大許容荷重 (N)	短期最大許容荷重*1 (N)	断面積		減肉後発生応力*2 (N/mm ²)	許容応力*3 (N/mm ²)	減肉後の応力比*4
				減肉前 (mm ²)	減肉後 (mm ²)			
メカニカルアンカ	M8	2.3×10 ³	3.45×10 ³	50.2	43.0			0.39
	M10	2.7×10 ³	4.05×10 ³	78.5	69.3			0.28
	M12	4.7×10 ³	7.05×10 ³	113.0	102.0			0.33
	M16	6.9×10 ³	10.35×10 ³	200.9	186.1			0.27
	M20	10.8×10 ³	16.2×10 ³	314.0	295.4			0.26
	M24	13.84×10 ³	20.76×10 ³	452.2	429.8			0.23
ケミカルアンカ	M10	7.4×10 ³	11.1×10 ³	78.5	69.3			0.77
	M12	10.9×10 ³	16.35×10 ³	113.0	102.0			0.77
	M16	20.0×10 ³	30.0×10 ³	200.9	186.1			0.77
	M20	37.8×10 ³	56.7×10 ³	314.0	295.4			0.91
	M22	45.8×10 ³	68.7×10 ³	379.9	359.5			0.91
	M24	53.6×10 ³	80.4×10 ³	452.2	429.8			0.90
	M30	88.0×10 ³	132.0×10 ³	706.5	678.5			0.93
	M33	92.6×10 ³	138.9×10 ³	854.9	824.1			0.80
	M39	132.2×10 ³	198.4×10 ³	1194.0	1157.5			0.82

※M33、M39は新たに使用されるため、追加する

*4：減肉後発生応力／許容応力

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません

減肉後の応力比の算定条件及び算定結果 (せん断)

型式	ボルト呼び径	長期最大許容荷重(N)	短期最大許容荷重*1(N)	断面積		減肉後発生応力*2(N/mm ²)	許容応力*3(N/mm ²)	減肉後の応力比*4
				減肉前(mm ²)	減肉後(mm ²)			
メカニカルアンカ	M8	2.5×10 ³	3.75×10 ³	50.2	43.0			0.55
	M10	4.7×10 ³	7.05×10 ³	78.5	69.3			0.64
	M12	7.1×10 ³	10.65×10 ³	113.0	102.0			0.66
	M16	12.5×10 ³	18.75×10 ³	200.9	186.1			0.63
	M20	19.8×10 ³	29.7×10 ³	314.0	295.4			0.63
	M24	26.38×10 ³	39.57×10 ³	452.2	429.8			0.58
ケミカルアンカ	M10	5.1×10 ³	7.65×10 ³	78.5	69.3			0.69
	M12	7.5×10 ³	11.25×10 ³	113.0	102.0			0.69
	M16	13.7×10 ³	20.55×10 ³	200.9	186.1			0.69
	M20	21.3×10 ³	31.95×10 ³	314.0	295.4			0.68
	M22	27.2×10 ³	40.8×10 ³	379.9	359.5			0.71
	M24	31.8×10 ³	47.7×10 ³	452.2	429.8			0.69
	M30	61.5×10 ³	92.25×10 ³	706.5	678.5			0.85
	M33	76.1×10 ³	114.2×10 ³	854.9	824.1			0.87
	M39	107.0×10 ³	160.6×10 ³	1194.0	1157.5			0.87

※M33、M39は新たに使用されるため、追加する。



*4：減肉後発生応力／許容応力


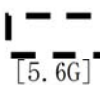
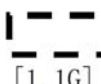
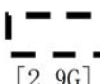
枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません

No.	高浜2-耐震-13 Rev.1	事象：耐震
質問	<p>耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象として弁と配管の接続部における疲労割れあるいは接続配管の腐食（流れ加速型腐食）が抽出された弁について、地震時の応答加速度が機能確認済加速度を上回らないとする評価の具体的内容（評価仕様、解析モデル、入力（荷重）条件、評価結果を含む）を提示すること。</p>	
回答	<p>1. 動的機能維持評価の対象弁・経年劣化事象の選定 弁の地震時の応答加速度が機能確認済加速度を上回らないことを確認すべき対象を以下のとおり選定した。</p> <div style="text-align: center;"> <pre> graph TD Start[①弁と配管の接続部における疲労割れ/②接続配管の腐食(流れ加速型腐食)に対する弁の動的機能維持評価] --> Q1{振動応答特性に影響する経年劣化事象か?} Q1 -- No --> N1[①※1] Q1 -- Yes --> Q2{振動応答特性に影響が及ぶ範囲に地震時に動的機能維持(主要弁)が存在するか?} Q2 -- No --> N2[主給水系統 低圧再熱蒸気系統 第3・4抽気体系統 補助蒸気系統 グランド蒸気系統 復水系統 トレン系統 SQ700-ダウンス系統] Q2 -- Yes --> S1[主蒸気系統] N1 --> EndOut[評価対象外] N2 --> EndOut S1 --> Box1[評価対象弁の抽出] Box1 --> Box2[主蒸気逃がし弁・主蒸気安全弁 → これについて評価を実施する] </pre> </div> <p>※1: 疲労割れが生じた場合は振動応答に影響を与える可能性があるが、疲労累積係数が1以下であることを確認しているため割れは発生せず、振動応答に影響を与える経年劣化事象ではない</p> <p>※2: 弁そのものの経年劣化事象ではないが、接続配管に流れ加速型腐食が生じた場合は、配管の振動応答特性の変化が弁の応答加速度に影響すると考えられる</p>	
<p>図1 動的機能維持評価の対象弁・経年劣化事象の選定フロー</p>		

2. 評価結果

主蒸気逃がし弁および主蒸気安全弁に接続する主蒸気系統配管の、流れ加速型腐食に係る減肉管理部位を必要最小肉厚まで一様に減肉させた耐震補強工事後のモデル（高浜2-耐震（1/3）～（3/3）参照）を用いて、スペクトルモーダル解析を実施し、対象弁における応答加速度を算出した結果、機能確認済加速度を上回ることがないことを確認した。よって動的機能維持の観点から耐震安全性上問題ないことを確認した。

表1 主蒸気逃がし弁および主蒸気安全弁の動的機能維持評価結果

地震力		主蒸気逃がし弁 (2-PCV-3013)		主蒸気安全弁 (2-MS-521C)	
		応答加速度	機能確認済 加速度	応答加速度	機能確認済 加速度
Ss	水平	 [5.2G]	6.0G	 [5.6G]	10.0G
	鉛直	 [1.1G]	6.0G	 [2.9G]	3.0G

(注) $G=9.80665 \text{ (m/s}^2\text{)}$

[]内は工認での評価結果

なお、主蒸気逃がし弁については、工事計画において水平2方向および鉛直方向地震力の組み合わせによる影響評価の評価部位となっていることから、流れ加速型腐食に対する耐震安全性評価においても水平2方向および鉛直方向地震力の組み合わせによる影響評価を行った。結果は、以下の表となり、動的機能維持の観点から耐震安全性上問題ないことを確認した。

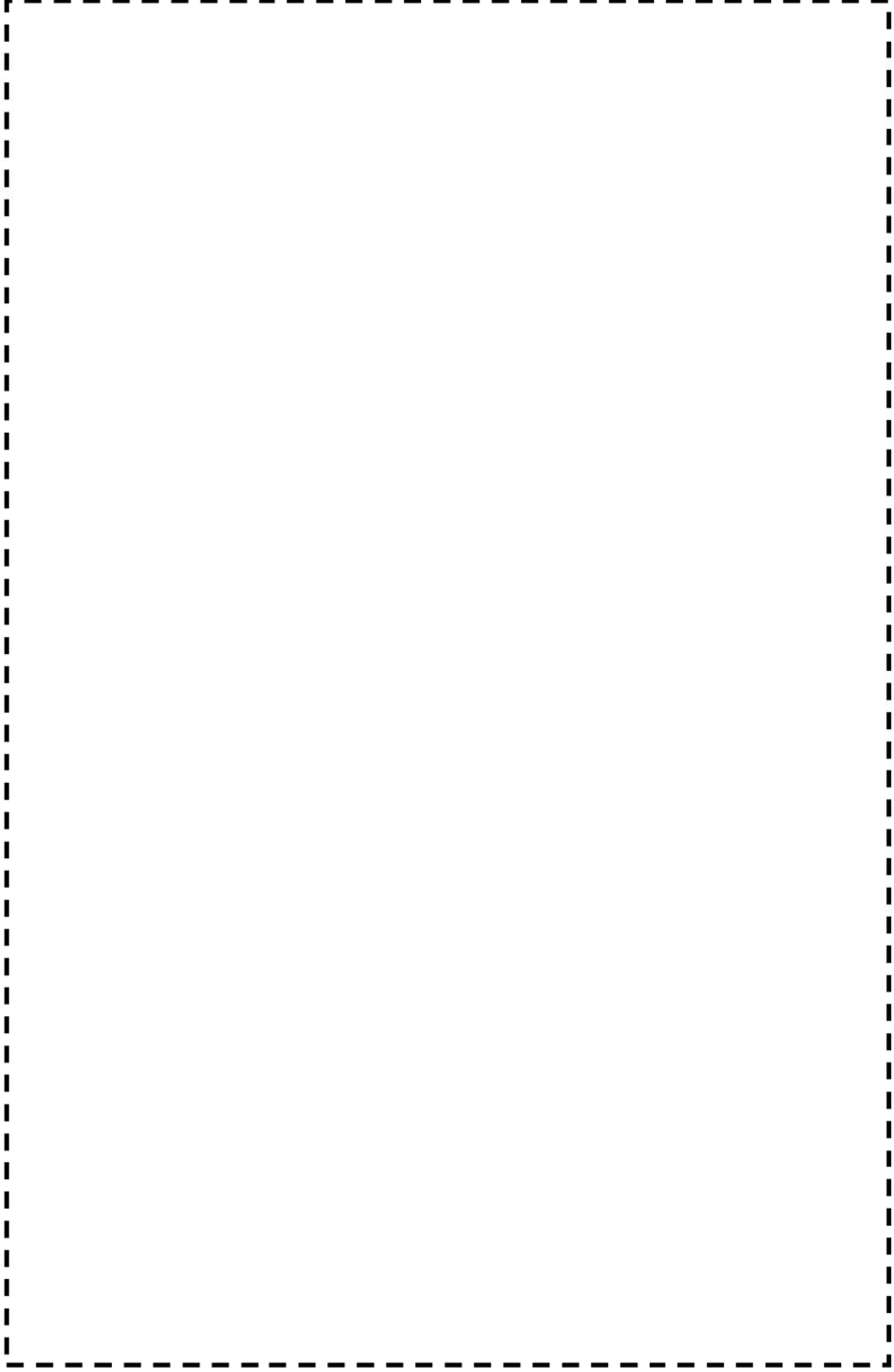
表2 主蒸気逃がし弁の水平2方向および鉛直方向地震力の組み合わせによる動的機能維持評価結果

地震力		主蒸気逃がし弁	
		水平応答加速度	機能確認済 加速度
Ss	水平 + 鉛直	 [7.0G]	9.5G*

※機能確認済加速度は、電共研で得られた知見をもとに設定している。

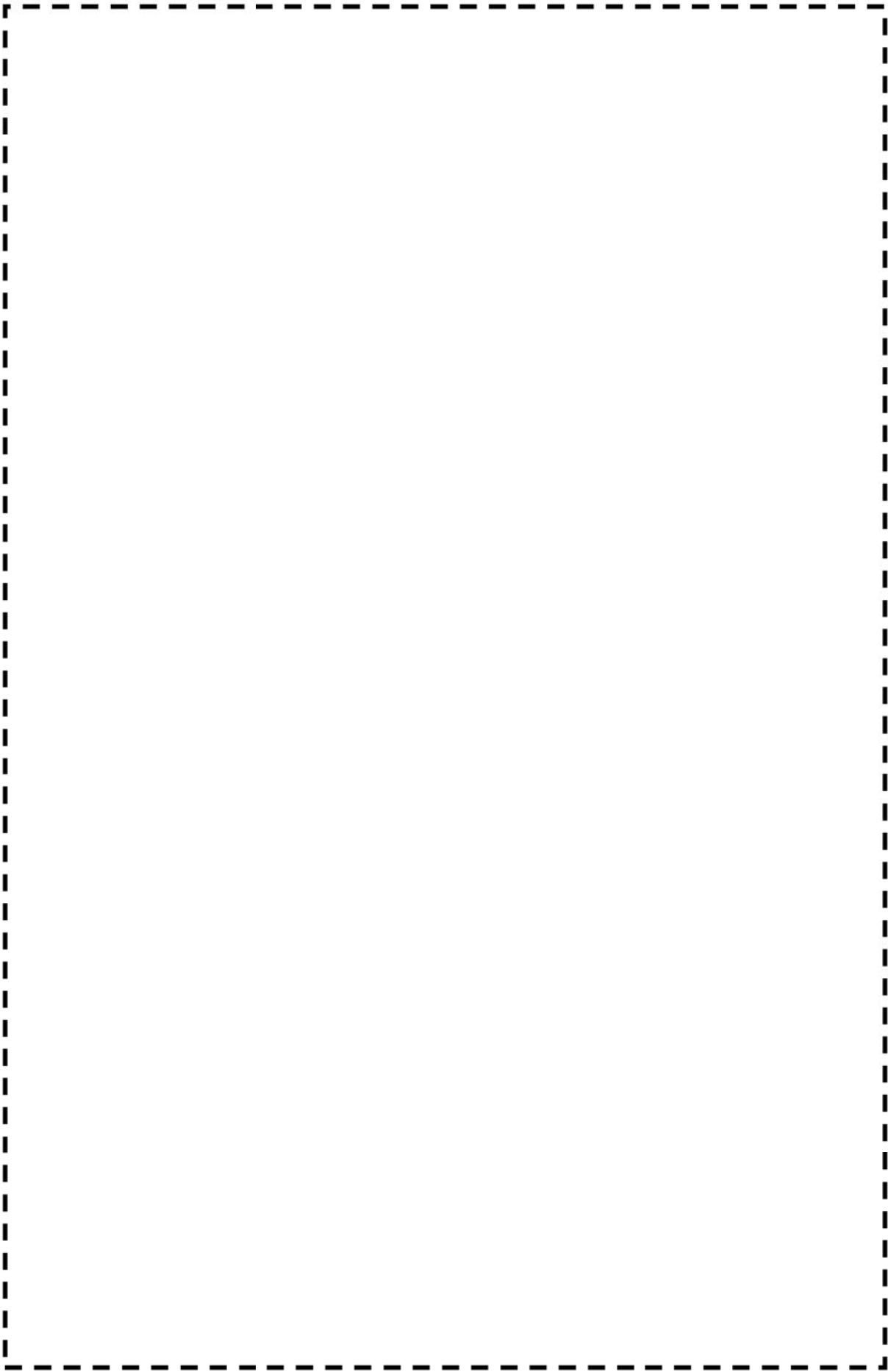
以上

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。



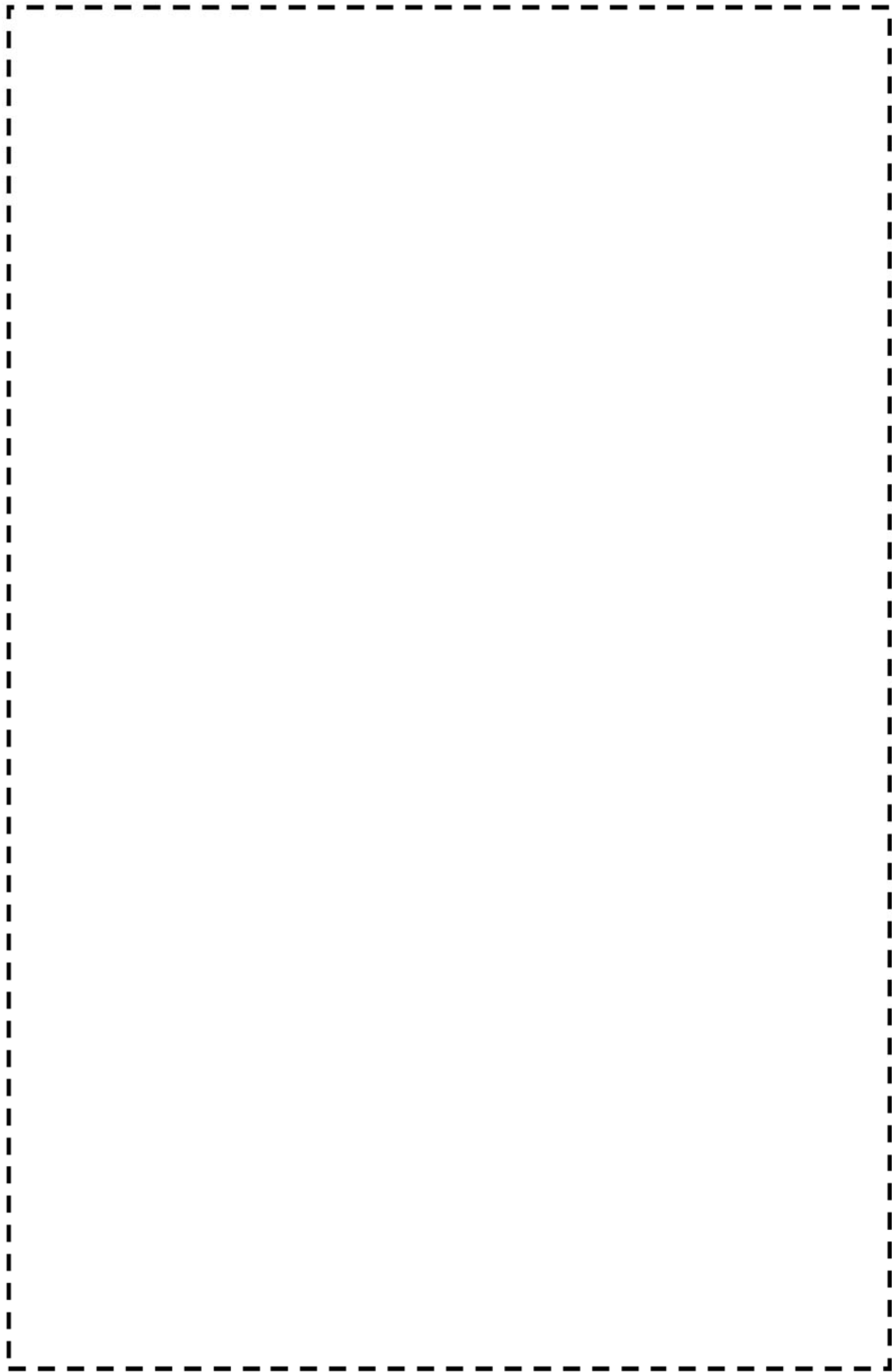
高浜2号機 主蒸気系統配管(A-主蒸気配管(CV外))

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。



高浜2号機 主蒸気系統配管(B-主蒸気配管(CV外))

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。



高浜2号機 主蒸気系統配管(C-主蒸気配管(CV外))

「 枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。」

No.	高浜2-耐震-14	分類：配管																																														
質問	余熱除去系統配管のアンカーサポート取付部の疲労割れに対する評価の具体的内容（評価仕様、解析モデル、入力（荷重）条件、評価結果を含む）を提示すること。																																															
回答	<p>余熱除去系統配管のアンカーサポートにかかる荷重をもとに、各応力を算出した過程は以下のとおりです。また、サポートの位置を添付-1の系統図、アイソメ図に示します。</p> <p>1. 評価用荷重の算出</p> <p>配管を3次元梁モデル化してSs、Sd地震時の支持点荷重をスペクトルモーダル解析にて算出しています。評価部位はサポートラグ（固定点）であり、隣接する解析ブロックとの境界部になります。この為、両ブロックの解析結果から得られた荷重を合成し、評価用荷重としています。算出された評価用荷重は表1、表2のとおりです。</p> <p style="text-align: center;">表1 評価用荷重 (Ss)</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">方向</th> <th colspan="2">荷重</th> </tr> <tr> <th>1次</th> <th>1次+2次</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Fx</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Fy</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Fz</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Mx</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>My</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Mz</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">表2 評価用荷重 (Sd)</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">方向</th> <th colspan="2">荷重</th> </tr> <tr> <th>1次</th> <th>1次+2次</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Fx</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Fy</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Fz</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Mx</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>My</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Mz</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>		方向	荷重		1次	1次+2次	Fx			Fy			Fz			Mx			My			Mz			方向	荷重		1次	1次+2次	Fx			Fy			Fz			Mx			My			Mz		
方向	荷重																																															
	1次	1次+2次																																														
Fx																																																
Fy																																																
Fz																																																
Mx																																																
My																																																
Mz																																																
方向	荷重																																															
	1次	1次+2次																																														
Fx																																																
Fy																																																
Fz																																																
Mx																																																
My																																																
Mz																																																

2. 応力の算出

溶接部に発生する応力は、下式で算出しています。本評価式は、材料力学に基づく公式をもとにして設定したものであり、設計・建設規格や耐震設計審査指針等に規定されたものではないことから、応力集中係数に係る規定はありません。また、支持構造物は、降伏点を許容値としており許容値を厳しくする設計体系となっていることから、発生応力の算出において応力係数を考慮する必要はないと判断しています。なお、本評価式により適切な応力が評価できることは、FEM解析により確認し採用しているものです。

$$\sigma_1 = \frac{|Mx| + |Fy| \cdot L}{Z_{wx}} + \frac{|My| + |Fx| \cdot L}{Z_{wy}} + \frac{|Fz|}{A_w}$$

$$\sigma_2 = \sqrt{\left(\frac{Fx}{A_w}\right)^2 + \left(\frac{Fy}{A_w}\right)^2} + \frac{|Mz|}{Z_{wp}}$$

A_w : 溶接部の断面積

Z_{wx} , Z_{wy} , Z_{wp} : 各方向の溶接部の断面係数

L : 荷重作用点から評価部位までの距離

応力評価は、以下の組合せ応力を用います。

- ・ すみ肉溶接部

$$\sigma = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}$$

- ・ 溶け込み溶接部

$$\sigma = \sqrt{\sigma_1^2 + 3\sigma_2^2}$$

3. 評価仕様

評価に用いたデータを以下に示します。

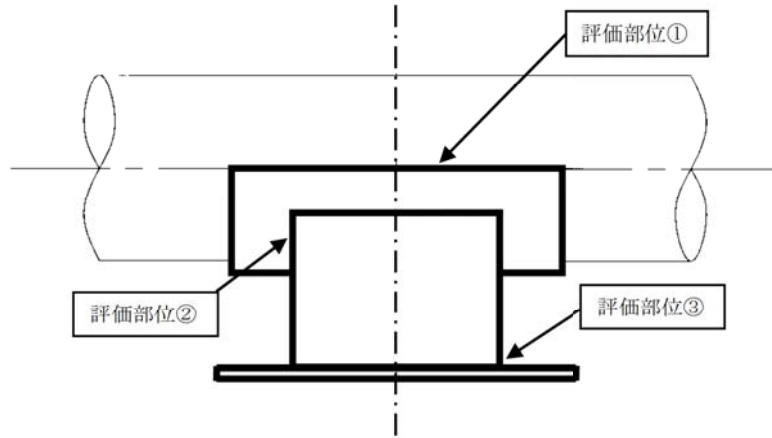


図-1 配管サポートの外形図

表4 諸元表

(単位：mm)

パッドの幅 (母管外径)	パッドの長さ	パッドの すみ肉溶接の脚長	角型鋼管の 配管方向長さ	角型鋼管の 配管直交長さ	角型鋼管の 厚さ
b_1	h_1	t_{sp}	a_1	a_2	t

評価部位	$L^{(注1)}$ (mm)	A_w (mm^2)	Z_{wx} (mm^3)	Z_{wy} (mm^3)	Z_{wp} (mm^3)
①配管とパッド の溶接部					
②パッドとラグ の溶接部					
③ラグと底板の 溶接部					

(注1) Lは配管中心から評価点までの距離であるが、安全側に最長の距離を一律に用いた。

4. 評価結果

各部位の許容応力を表5に、評価結果を表6に示します。発生応力は許容応力を超えることはなく、耐震安全上問題ない。

表5 許容応力 (単位：MPa)

部 位		パッド	ラグ	底板
物 性 値	材 質			
	使用温度(°C)			
	F 値			
1 次応力の許容値				
1 次 + 2 次応力の許容値				

表6 (1/3) 配管とパッドの溶接部 (評価部位①)

1 次応力 評価	S _s ^(注1)	発生応力	
		許容応力	
1 次 + 2 次 応力評価	S _s ^(注1)	発生応力	
		許容応力	

表6 (2/3) パッドとラグの溶接部 (評価部位②)

1 次応力 評価	S _s ^(注1)	発生応力	
		許容応力	
1 次 + 2 次 応力評価	S _s ^(注1)	発生応力	
		許容応力	

表6 (3/3) ラグと底板の溶接部 (評価部位③)

1 次応力 評価	S _s ^(注1)	発生応力	
		許容応力	
1 次 + 2 次 応力評価	S _s ^(注1)	発生応力	
		許容応力	

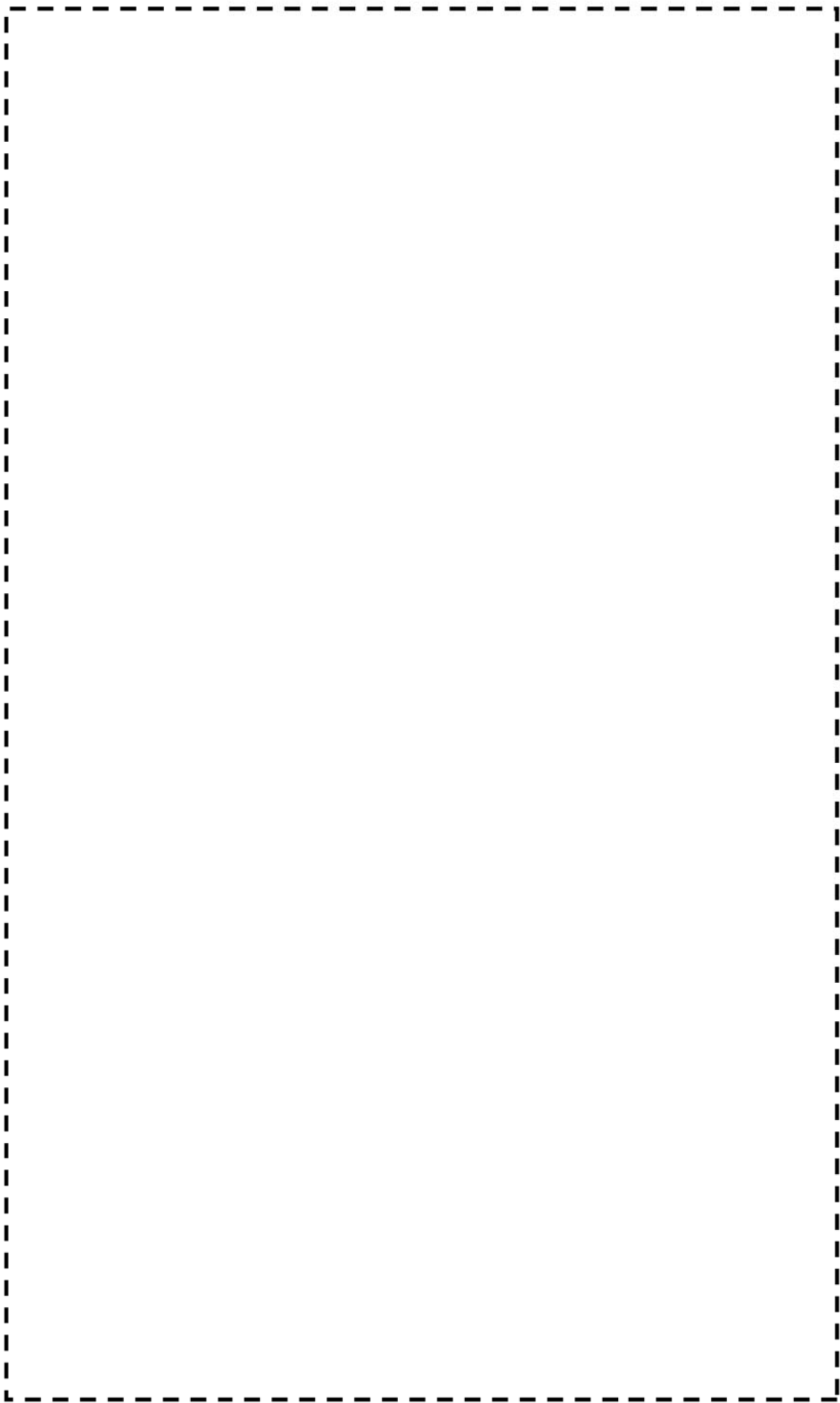
(注1) S_s地震力がS_d地震力および静的地震力より大きく、S_s地震力による評価応力が共用状態C_sの許容応力を下回るため、S_d地震力および静的地震力による評価を省略した。

以上

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません

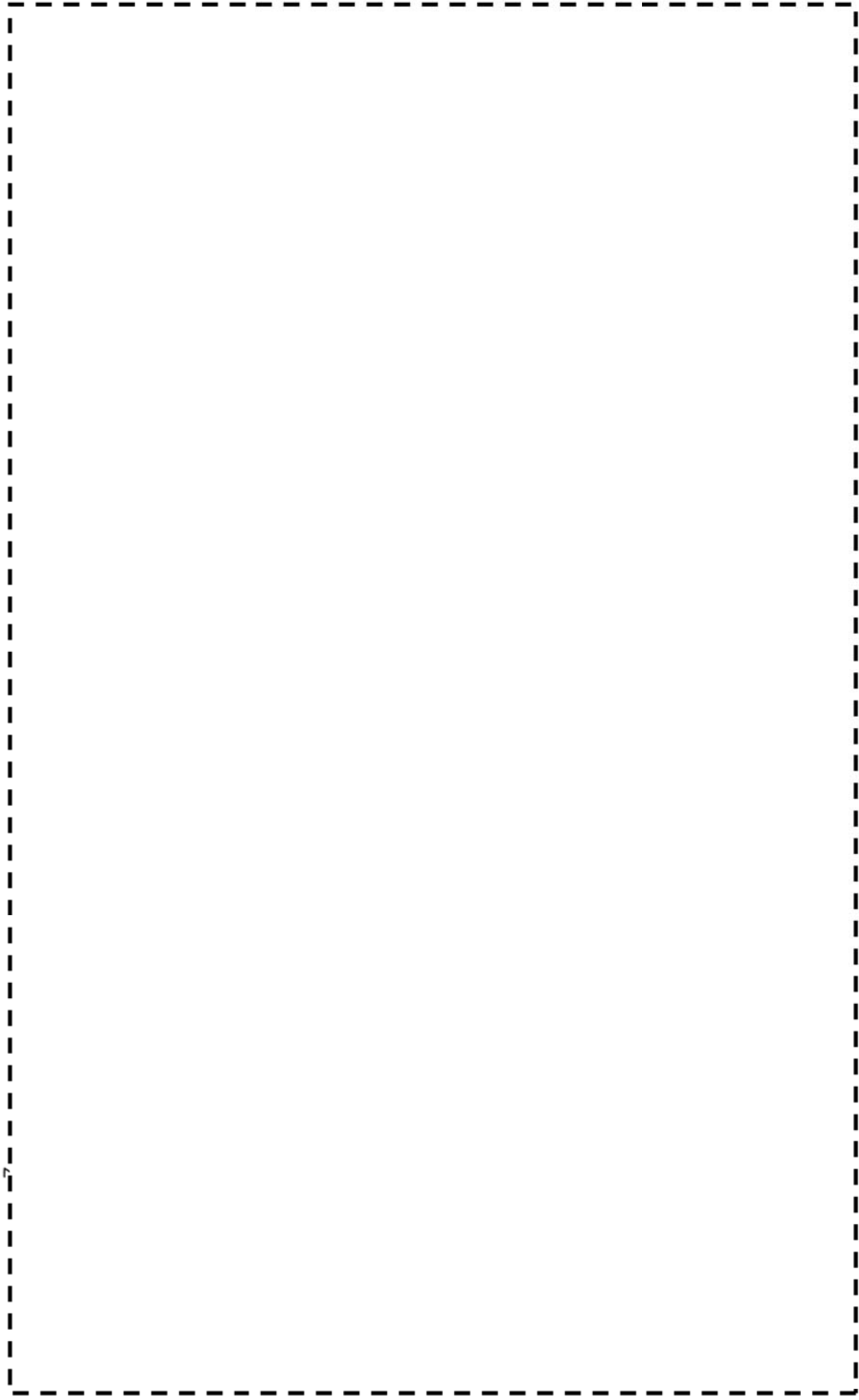
評価対象アンカーサポートの設置位置

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません



高浜2号機 余熱除去系統配管(A-余熱除去クローラ出口配管(PEN側))

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません



高浜2号機 余熱除去系統配管(B-余熱除去クローラ出口配管(PEN側))

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません

高浜 2 号機 余熱除去系統配管サポートの疲労評価について

1. 評価対象サポート

高浜 2 号機については、余熱除去系統配管サポートのうち、3 方向の変位及びモーメントを拘束する 1 1 個のアンカーサポートについて評価を実施しています。その結果、これまでは、応力比の大きい [] 及び [] の評価結果を技術評価側に記載していたが、[] の改造により、耐震評価については、応力比の大きい [] に対する評価を行っています。

なお、[] と [] は、それぞれ図 1 に示す評価部位に対して、評価を行っています。

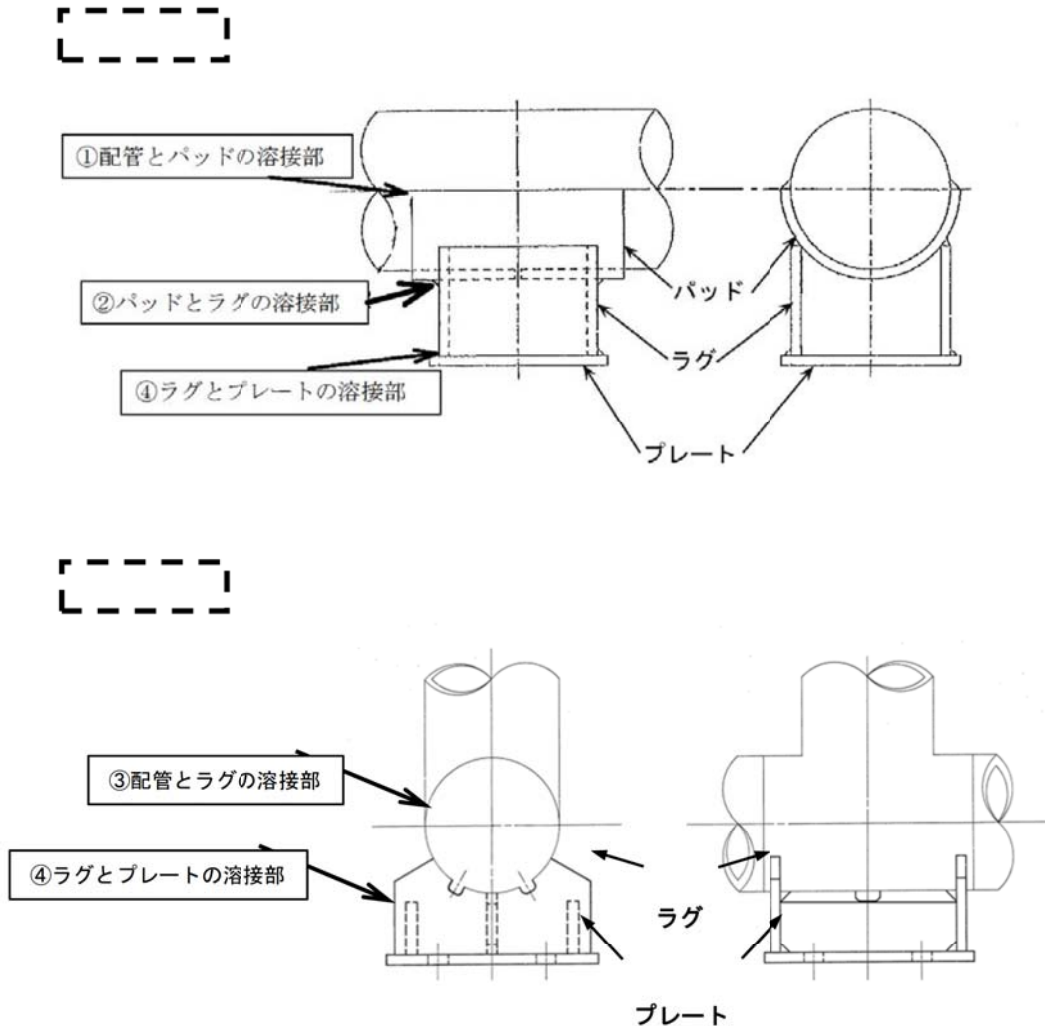


図 1 [] 及び [] の評価部位

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

2. 技術評価結果及び耐震評価結果について

技術評価書及び耐震評価書に記載している「一次＋二次応力」における応力比の対象サポートと、それぞれの発生値、許容値は以下のとおりです。

高浜 2 号 技術評価

評価項目			
①配管とパッドの溶接部	一次＋二次応力	0.58	
	許容応力		
	応力比		
②パッドとラグの溶接部	一次＋二次応力	0.26	
	許容応力		
	応力比		
③配管とラグの溶接部	一次＋二次応力	0.54	
	許容応力		
	応力比		
④ラグとプレートの溶接部	一次＋二次応力	0.23	0.11
	許容応力		
	応力比		

耐震評価は技術評価において応力比の厳しい [] を評価対象とした



高浜 2 号 耐震評価

評価項目			
①配管とパッドの溶接部	一次＋二次応力	0.56	
	許容応力		
	応力比		
②パッドとラグの溶接部	一次＋二次応力	0.58	
	許容応力		
	応力比		
③配管とラグの溶接部	一次＋二次応力		
	許容応力		
	応力比		
④ラグとプレートの溶接部	一次＋二次応力	0.45	
	許容応力		
	応力比		

以 上

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

許容応力の算出

(単位:MPa)

アンカーサポート番号		パッド	ラグ	底板
部 位				
物 性 値	材 質			
	評価温度(°C) (注1)			
	① Sy (付録図表 Part 5 表 8) (at 使用温度)			
	Su (付録図表 Part 5 表 9) (at 使用温度)			
	② Sy (at 常温)			
	③ 1.35Sy			
	④ 0.7Su			
	F=min (②, ③, ④) (注2)			
	引張許容応力 ft=F/1.5			
	曲げ許容応力 fb=F/1.5			
	せん断許容応力 fs=F/1.5√3			
一 次 応 力 の 許 容 値	引張許容応力 1.5ft [1.5ft*] (注3)			
	曲げ許容応力 1.5fb [1.5fb*] (注3)			
	せん断許容応力 1.5fs [1.5fs*] (注3)			
一 次 + 二 次 応 力 の 許 容 値	引張許容応力 3ft			
	曲げ許容応力 3fb			
	せん断許容応力 3fs (溶け込み) [1.5fs(すみ肉)]			

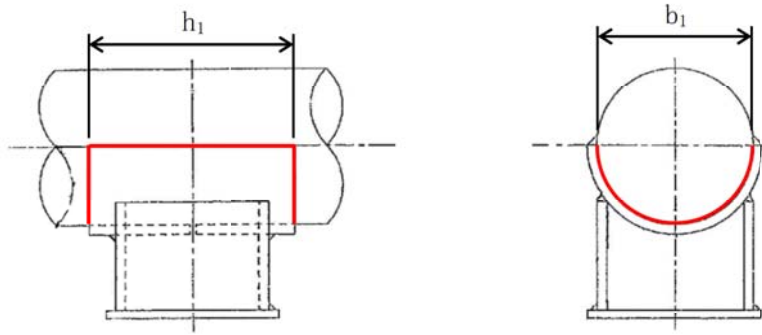
(注1) 評価温度は安全側を考慮して RHR 運転温度の 177°C を一律に使用した。

(注2) 使用温度が 40°C を超えるオーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金の場合のみ。それ以外については、 $F = \min (①, ④)$

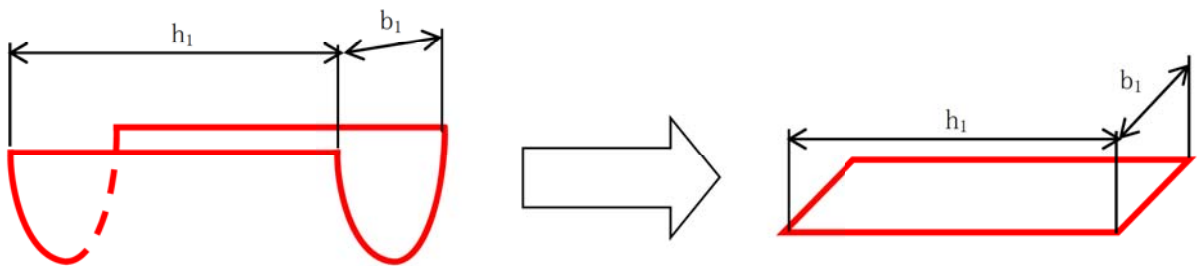
(注3) Ss 地震の一次応力評価では JEAG4601 の支持構造物規程に従い①, ②の値を「別表第9 (付録図表 Part 5 表 8) に定める値の 1.2 倍の値」と読み替えて算出した値を使用する。

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

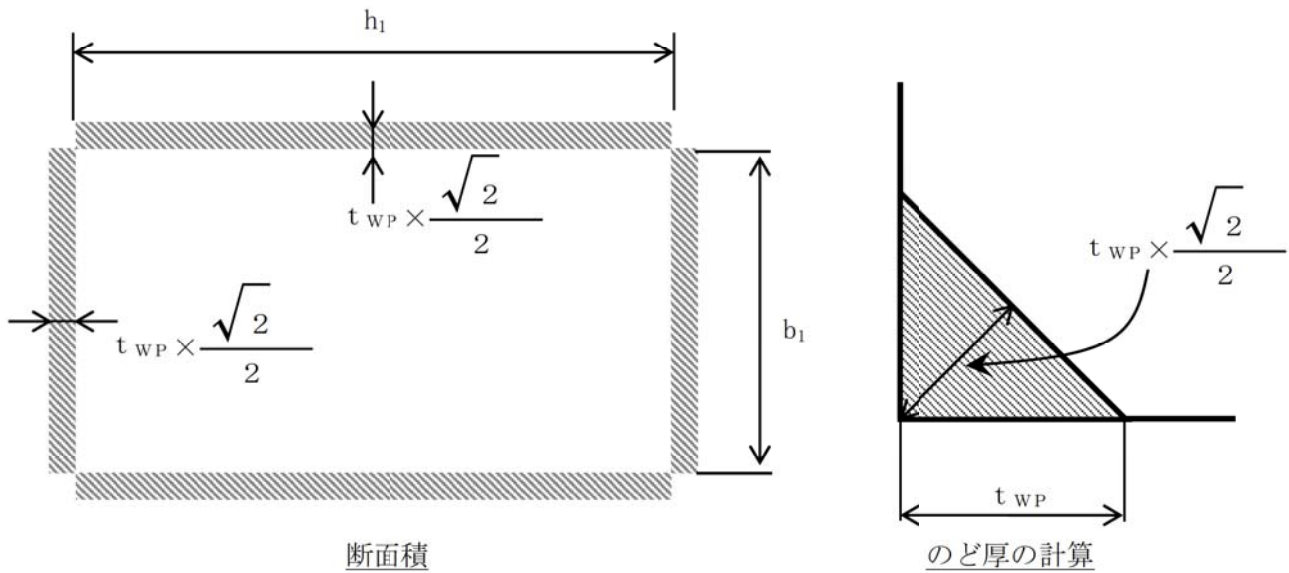
<溶接部の断面積計算例>



1. 溶接部の保守的なモデル化



2. 断面積 (Aw) の計算



$$A_w = h_1 \times t_{WP} \times \frac{\sqrt{2}}{2} \times 2 + b_1 \times t_{WP} \times \frac{\sqrt{2}}{2} \times 2$$

$$= \boxed{} \times \boxed{} \times \frac{\sqrt{2}}{2} \times 2 + \boxed{} \times \boxed{} \times \frac{\sqrt{2}}{2} \times 2 \doteq \boxed{}$$

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。