

島根原子力発電所 2 号炉 審査資料	
資料番号	EP-050 改 50(比)
提出年月日	令和 2 年 7 月 7 日

島根原子力発電所 2 号炉

地震による損傷の防止

比較表

令和 2 年 7 月

中国電力株式会社

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>別紙-6 機器・配管系設備に関する<u>その他手法の相違点</u>について</p> <p>1. はじめに <u>今回工認における機器・配管系設備の耐震評価において既工認から評価手法を変更する予定のものうち、他プラントを含めた認可実績のあるものについて本資料にて整理する。</u></p> <p>2. 手法の相違点 <u>(1) 原子炉建屋クレーンへの非線形時刻歴応答解析の適用</u> 原子炉建屋クレーンの解析では、より詳細な手法を用いる観点から、<u>脱線防止ラグ等の構造変更を踏まえ、浮き上がり及び滑り条件を考慮した非線形時刻歴応答解析にて評価を実施する。原子炉建屋クレーンの非線形時刻歴応答解析の適用については、大間1号炉の建設工認において適用実績がある手法である。</u>(添付資料1</p>	<p>別紙-5 機器・配管系における<u>手法の変更点</u>について (耐震)</p> <p>1. はじめに <u>今回工認における機器・配管系の耐震評価において、既工認から評価手法を変更するものについて、「別紙1 既工認との手法の相違点の整理について(設置変更許可申請段階での整理)」の整理結果を踏まえ、以下に結果を示すものである。</u></p> <p>2. 手法の相違点 <u>(1) 原子炉建屋クレーンへの非線形時刻歴応答解析の適用</u> 原子炉建屋クレーンの解析では、より詳細な手法を用いる観点から、<u>すべり及び浮き上りの条件を考慮した非線形時刻歴応答解析にて評価を実施する。原子炉建屋クレーンの非線形時刻歴応答解析の適用については、他プラントを含む既工認において適用実績がある手法である</u>(詳細は添付資料1参照)。</p>	<p>別紙-7 機器・配管系における<u>手法の変更点</u>について (耐震)</p> <p>目次 1. はじめに 2. 手法の相違点 3. 手法の変更項目に対する島根2号炉への適用性</p> <p>添付資料-1 <u>原子炉建物天井クレーンへの非線形時刻歴応答解析の適用について</u> 添付資料-2 <u>取水槽ガントリクレーンへの非線形時刻歴応答解析の適用について</u> 添付資料-3 <u>ポンプ等の応答解析モデルの精緻化について</u> 添付資料-4 <u>容器等の応力解析へのFEMモデルの適用について</u> 添付資料-5 <u>原子炉建物-大型機器連成解析モデルの変更について</u> 添付資料-6 <u>最新知見として得られた減衰定数の採用について</u> 添付資料-7 <u>水平方向と鉛直方向の動的地震力の二乗和平方根法による組合せについて</u> 添付資料-8 <u>等価繰返し回数の評価方針について</u> 添付資料-9 <u>多入力の時時刻歴応答解析の適用について</u></p> <p>1. はじめに <u>機器・配管系の耐震評価において既工認から評価手法を変更するものについて、「別紙-1 設置変更許可申請における既許可からの変更点及び既工認との手法の相違点の整理について」の整理結果を踏まえ、手法の相違点及び島根2号炉としての適用性の確認結果を示す。</u></p> <p>2. 手法の相違点 <u>(1) クレーン類への非線形時刻歴応答解析の適用</u> 原子炉建物天井クレーン及び取水槽ガントリクレーンの解析では、より詳細な手法を用いる観点から、<u>すべり及び浮上りの条件を考慮した非線形時刻歴応答解析にて評価を実施する。クレーン類への非線形時刻歴応答解析の適用は、他プラントを含む既工認あるいは補正工認において適用実績がある手法である。</u>(詳細は添</p>	<p>備考</p> <p>・記載方針の相違 【柏崎6/7】 柏崎6/7には島根2号炉の別紙1に該当する資料なし</p> <p>・評価方針の相違 【柏崎6/7, 東海第二】 島根2号炉では、原子炉建物天井クレーンに加え、取水槽ガントリク</p>

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>参照)</p> <p>(2) <u>立形ポンプの解析モデルの精緻化</u> 既工認において、立形ポンプについては設備の寸法、質量情報に基づき、ケーシング部とローター（軸）部を2軸でモデル化しているが、今回の評価では、JEAG4601-1991追補版に基づき取付フランジ部を回転ばねとして考慮する等のモデルの精緻化を行っている。本解析モデルは、大間1号炉の建設工認において適用実績がある手法である。（添付資料2 参照）</p>	<p>(2) <u>ポンプ等の解析モデルの精緻化</u> 最新の工認実績等を踏まえ、ポンプ等の一部設備に対して解析モデルの質点数の変更、設備の支持構造に沿った解析モデルの精緻化を行う。多質点モデルによる地震応答解析モデルの適用は、他プラントを含む既工認において適用実績がある手法である（詳細は添付資料2参照）。</p> <p>(3) <u>容器等の応力解析へのFEMモデルの適用</u> 既工認において、公式等による評価にて耐震計算を実施していた設備について、3次元FEMモデル、多質点モデルを適用した耐震評価を実施する。FEMモデルを用いた応力解析を行う手法は、他プラントを含む既工認において適用実績がある手法である（詳細は添付資料3参照）。</p> <p>(4) <u>解析コードの変更</u> 今回工認における原子炉格納容器、原子炉圧力容器等の主要設備の耐震評価に適用する解析コードについては、建設時に適用した解析コードから他プラントを含む既工認において適用実績がある解析コードに変更する（詳細は添付資料4参照）。</p>	<p>付資料-1参照)。なお、取水槽ガントリクレーンについては、既工認の実績として参照した大間1号炉建設工認の原子炉建屋天井クレーンと主要構造に差異がある（詳細は添付資料-2参照）。</p> <p>(2) <u>ポンプ等の応答解析モデルの精緻化</u> 最新の工認実績を踏まえ、ポンプ等の一部設備に対して応答解析モデルの変更を行う。応答解析モデルの変更については、他プラントを含む既工認において適用実績がある手法である（詳細は添付資料-3参照）。</p> <p>(3) <u>容器等の応力解析へのFEMモデルの適用</u> 既工認において、公式等による評価にて耐震計算を実施していた設備について、3次元FEMモデル等を適用した耐震評価を実施する。FEMモデルを用いた応力解析手法は、他プラントを含む既工認において適用実績がある手法である（詳細は添付資料-4参照）。</p> <p>(4) <u>原子炉建物—大型機器連成解析モデルの変更</u> 原子炉本体及び炉内構造物の水平方向応答解析モデルについて、既工認では建設工程の関係上、原子炉格納容器—原子炉圧力容器モデルと原子炉圧力容器—炉内構造物モデルの2種類のモデルを用いていたが、今回工認では、原子炉格納容器—原子炉圧力容器—炉内構造物モデルを用いる。これに合わせて、原子炉圧力容器スタビライザ及び原子炉格納容器スタビライザのばね定数算出方法について、最新の工認実績を踏まえた算出方法に変更する。本手法は、他プラントを含む既工認あるいは補正工認において適</p>	<p>レーンにも非線形時刻歴解析を適用するため記載</p> <p>・評価手法の相違 【柏崎6/7】 島根2号炉では、公式等による評価からFEMモデル等を適用した耐震評価に変更したため記載</p> <p>・評価手法の相違 【東海第二】 島根2号炉では、原子炉格納容器、原子炉圧力容器等の主要設備に、既工認において適用実績のある解析コードを使用しているため、記載なし（以下①の相違</p> <p>・評価手法の相違 【柏崎6/7、東海第二】 島根2号炉では、既工認で用いた2種類のモデルから、今回工認では1つに統合したモデルに変更。また、モデル設定に必要なPCV及びRPVスタビライザの</p>

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>(3) 最新知見として得られた減衰定数の採用</p> <p>最新知見として得られた減衰定数を採用する設備は以下のとおりであり、その値は、振動試験結果等を踏まえ、設計評価用として安全側に設定した減衰定数を採用したものである。また、鉛直方向の動的地震力を適用することに伴い、鉛直方向の設計用減衰定数についても新たに設定している。</p> <p>原子炉建屋クレーン、燃料取替機及び配管系の減衰定数並びに鉛直方向の設計用減衰定数は大間1号炉において適用実績がある。(添付資料3 参照)</p> <p>① 原子炉建屋クレーンの減衰定数 ② 燃料取替機の減衰定数 ③ 配管系の減衰定数</p> <p>(4) 水平方向と鉛直方向の動的地震力の二乗和平方根 (SRSS) 法による組み合わせ</p> <p>今回工認の評価では、鉛直方向の動的地震力が導入されたことから、水平方向と鉛直方向の地震力の組み合わせとして、既往の研究等に基づき二乗和平方根 (以下、「SRSS」という。) 法を用いる。SRSS 法による荷重の組み合わせは、大間1号炉の建設工認において適用実績がある手法である。(添付資料4 参照)</p>	<p>(5) 最新知見として得られた減衰定数の採用</p> <p>最新知見として得られた減衰定数を採用する設備は以下のとおりであり、その値は、振動試験結果等を踏まえ、設計評価用として安全側に設定した減衰定数を採用したものである。</p> <p>また、鉛直方向の動的地震力を適用することに伴い、鉛直方向の設計用減衰定数についても新たに設定している。</p> <p>天井クレーン、燃料取替機及び配管系の減衰定数並びに鉛直方向の設計用減衰定数は他プラントを含む既工認において適用実績がある (詳細は添付資料5 参照)。</p> <p>①天井クレーンの減衰定数 ②燃料取替機の減衰定数 ③配管系の減衰定数</p> <p>(6) 水平方向と鉛直方向の動的地震力の二乗和平方根法による組合せ</p> <p>今回工認の評価では、鉛直方向の動的地震力が導入されたことから、水平方向と鉛直方向の地震力の組み合わせとして、既往の研究等に基づき二乗和平方根 (以下「SRSS」という。) 法を用いる。SRSS 法による荷重の組み合わせは、他プラントを含む既工認において適用実績がある手法である (詳細は添付資料6 参照)。</p>	<p><u>用実績がある手法である。</u></p> <p>また、鉛直方向に動的地震力が導入されたことから、原子炉本体及び炉内構造物について、鉛直方向の応答を適切に評価する観点で、水平方向応答解析モデルとは別に鉛直方向応答解析モデル (原子炉压力容器-原子炉格納容器-炉内構造物モデル) を新たに採用し、鉛直地震動に対する評価を実施する。鉛直方向応答解析モデルは、他プラントを含む既工認において適用実績がある手法である (詳細は添付資料-5参照)。</p> <p>(5) 最新知見として得られた減衰定数の採用</p> <p>配管系、原子炉建物天井クレーン及び燃料取替機について、最新知見として得られた減衰定数を採用する。その値は、振動試験結果等を踏まえ、設計評価用として安全側に設定した減衰定数を採用したものである。また、鉛直方向の動的地震力を適用することに伴い、鉛直方向の設計用減衰定数についても新たに設定している。</p> <p>上記の減衰定数の設定は、他プラントを含む既工認において適用実績がある手法である (詳細は添付資料-6参照)。</p> <p>(6) 水平方向と鉛直方向の動的地震力の二乗和平方根法による組合せ</p> <p>鉛直方向の動的地震力が導入されたことから、水平方向と鉛直方向の地震力の組み合わせとして、既往の研究等に基づき二乗和平方根 (以下「SRSS」という。) 法を用いる。SRSS 法による荷重の組み合わせは、他プラントを含む既工認において適用実績がある手法である (詳細は添付資料-7 参照)。</p>	<p>ばね定数算出方法について最新工認実績を踏まえ変更 (以下②の相違)</p> <p>・記載方針の相違</p> <p>【柏崎 6/7, 東海第二】 鉛直方向の応答解析モデルについて、柏崎 6/7 は(5)項, 東海第二の(7)項に島根 2号炉と同等の内容を記載</p>

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p><u>(5) 水平方向応答解析モデルとは別に鉛直方向応答解析モデルを追加</u></p> <p>今回工認では鉛直動的地震動が導入されたことから、原子炉本体及び炉内構造物について、鉛直方向応答を適切に評価する観点で、水平方向応答解析モデルとは別に鉛直方向応答解析モデルを新たに採用し鉛直地震動に対する評価を実施する。鉛直方向応答解析モデルは大間1号炉にて適用実績があるモデルである。(添付資料5 参照)</p>	<p><u>(7) 鉛直方向応答解析モデルの追加</u></p> <p>今回工認では、鉛直方向に動的地震動が導入されたことから、原子炉本体及び炉内構造物について、鉛直方向の応答を適切に評価する観点で、水平方向応答解析モデルとは別に鉛直方向応答解析モデルを新たに採用し鉛直地震動に対する評価を実施する。鉛直方向応答解析モデルは他プラントを含む既工認にて適用実績があるモデルである。(詳細は添付資料7参照)。</p> <p><u>(8) 炉内構造物への極限解析による評価の適用</u></p> <p>既工認において、公式等による評価にて耐震計算を実施していた炉内構造物について、3次元FEMモデルを適用した極限解析による評価を実施する。極限解析による評価は、規格基準に基づく手法であり、他プラントでの既工認において適用実績がある手法である(詳細は添付資料8参照)。</p> <p>3. 手法の変更項目に対する東海第二発電所への適用性</p> <p>手法の変更点について、以下に示す3項目に分別した上で、東海第二発電所としての適用性を示す。</p> <p>(1) 先行プラントの知見反映を基本として変更する手法</p> <p>先行プラントで適用されている知見を反映する目的の変更項目については、<u>従来からの耐震設計手法に基づき、評価対象施設を質点系モデル、有限要素法モデルに置換し、地震応答解析を実施することにより評価は可能であるため、東海第二発電所への適用</u></p>	<p><u>(7) 等価繰返し回数の評価方針</u></p> <p><u>基準地震動の見直しに伴い、耐震評価における疲労評価に適用する等価繰返し回数を見直す。適用する等価繰返し回数の設定法は他プラントを含む既工認において適用実績がある手法である(詳細は添付資料-8参照)。</u></p> <p><u>(8) 多入力の時刻歴応答解析手法の適用</u></p> <p><u>三軸粘性ダンバを設置した配管系の地震応答解析において、多入力の時刻歴応答解析手法を適用する。なお、本解析手法は、原子炉建物等の建物・構築物の地震応答解析において、他プラントを含む既工認にて適用実績がある(詳細は添付資料-9参照)。</u></p> <p>3. 手法の変更項目に対する島根2号炉への適用性</p> <p>手法の変更点について、以下に示す3項目に分別した上で、島根2号炉としての適用性を示す。</p> <p>(1) 先行プラントの知見反映を基本として変更する手法</p> <p>先行プラントで適用されている知見を反映する変更項目については、<u>評価対象施設に応じて質点系モデル、FEMモデル等により適切にモデル化し、適切な解析手法を用いて地震応答解析を実施することから、島根2号炉への適用に際して問題となることは</u></p>	<p>・記載方針の相違</p> <p>【柏崎6/7、東海第二】</p> <p>島根2号炉では、設置許可段階で等価繰返し回数の評価について記載(以下③の相違)</p> <p>・評価手法の相違</p> <p>【柏崎6/7、東海第二】</p> <p>鉛直方向の応答解析モデルについては、島根2号炉では(4)項に同等の内容を記載</p> <p>・評価手法の相違</p> <p>【東海第二】</p> <p>島根2号炉では、極限解析を使用しないため記載なし(以下④の相違)</p> <p>・記載方針の相違</p> <p>【柏崎6/7、東海第二】</p> <p>島根2号炉では、他入力の時刻歴応答解析手法も手法の変更点として記載(以下⑤の相違)</p> <p>・記載方針の相違</p> <p>【柏崎6/7】</p> <p>島根2号炉では、手法の変更項目の適用性まで検討</p>

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
	<p>に際して問題となることはない。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・クレーンの時刻歴応答解析の適用 ・ポンプ等の応答解析モデルの精緻化 ・容器等の応力解析へのFEMモデルの適用 ・<u>解析コードの変更</u> <p>(2) 鉛直方向地震の動的な取扱いを踏まえて適用する手法 平成18年9月の耐震設計審査指針改訂から鉛直方向地震力に対する動的に取扱いがされており、大間1号炉及び新規制基準での工認においてPWRプラントで適用実績があり、東海第二発電所への適用に際して問題となることはない。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・水平方向と鉛直方向の動的な地震力の二乗和平方根による組合せ ・<u>鉛直方向応答解析モデルの追加</u> <p>(3) より現実的な応答を模擬する観点から採用する手法 a. 最新知見として得られた減衰定数の採用 今回工認においては、配管系、天井クレーン及び燃料取替機の減衰定数は、振動試験結果等を踏まえて設定した減衰定数を採用する。 配管系においては、新規制基準でのPWRプラントでの適用実績があり、また炉型、プラントごとによる設計方針について大きな差はない。また、最新知見として採用する減衰定数の設定の検討に際して、BWRプラントの配管系を踏まえた検討も実施しており、適用に際して問題となることはない。 天井クレーン及び燃料取替機の減衰定数の設定に際しては、振動試験を用いた検討を実施している。振動試験の試験体は、実機と同等の振動特性である試験体を用いることにより、減衰定数の</p>	<p>ない。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・クレーン類への非線形時刻歴応答解析の適用 ・ポンプ等の応答解析モデルの精緻化 ・容器等の応力解析へのFEMモデルの適用 <p>・<u>原子炉建物—大型機器連成解析モデルの変更</u></p> <p>・<u>等価繰返し回数の評価方針</u></p> <p>(2) 鉛直方向地震の動的な取扱いを踏まえて適用する手法 平成18年9月の耐震設計審査指針改訂から鉛直方向地震力に対する動的な取扱いがされており、大間1号炉建設工認及びPWRプラントの新規制基準工認で適用実績があり、島根2号炉への適用に際して問題となることはない。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・水平方向と鉛直方向の動的な地震力の二乗和平方根による組合せ ・<u>原子炉建物—大型機器連成解析モデルの変更</u> <p>(3) より現実的な応答を模擬する観点から採用する手法 a. 最新知見として得られた減衰定数の採用 配管系、原子炉建物天井クレーン及び燃料取替機の減衰定数は、振動試験結果等を踏まえて設定した減衰定数を採用する。 配管系については、PWRプラントの新規制基準工認で適用実績があり、また炉型、プラント毎による設計方針について大きな差はない。また、最新知見として採用する減衰定数の設定の検討に際して、BWRプラントの配管系を踏まえた検討も実施しており、適用に際して問題となることはない。 原子炉建物天井クレーン及び燃料取替機の減衰定数の設定に際しては、振動試験を用いた検討を実施している。振動試験の試験体は、実機と同様の振動特性である試験体を用いることにより、</p>	<p>・評価手法の相違 【柏崎6/7，東海第二】 ①の相違</p> <p>・評価手法の相違 【柏崎6/7，東海第二】 ②の相違</p> <p>・記載方針の相違 【柏崎6/7，東海第二】 ③の相違</p> <p>・評価手法の相違 【柏崎6/7，東海第二】 ②の相違</p>

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>3. 添付資料</p> <p>添付資料1 原子炉建屋クレーンへの非線形時刻歴応答解析の適用</p> <p>添付資料2 立形ポンプの解析モデルの精緻化</p> <p>添付資料3 最新知見として得られた減衰定数を採用するもの</p> <p>添付資料4 水平方向と鉛直方向の動的地震力の二乗和平方根 (SRSS) 法による組み合わせ</p> <p>添付資料5 鉛直方向応答解析モデルを追加したもの</p>	<p>データを採取している。</p> <p>東海第二発電所として適用する天井クレーン及び燃料取替機について、振動試験に用いた試験体と同等の構造仕様であることを確認しており、最新知見として得られた減衰定数の適用に際して問題となることはない(試験等の詳細は、添付資料5に記載)。なお、本減衰定数の適用は、大間1号炉及び天井クレーンに対しては新規規制基準での工認においてPWRプラントで適用実績がある。</p> <p>b. 極限解析による評価の適用</p> <p>極限解析による評価については、J E A G 4601 及び J S M E 設計・建設規格で規定されており適用に際して問題となることはない。ただし、他の手法に比べて適用実績及び審査実績が少ないことを踏まえて、極限解析による評価の妥当性の確認を行う。</p> <p>4. 添付資料</p> <p>(1) 原子炉建屋クレーンへの非線形時刻歴応答解析の適用について</p> <p>(2) ポンプ等の解析モデルの精緻化について</p> <p>(3) 容器等の応力解析へのFEMモデルの適用について</p> <p>(4) 解析コードの変更について</p> <p>(5) 最新知見として得られた減衰定数の採用について</p> <p>(6) 水平方向と鉛直方向の動的地震力の二乗和平方根法による組合せについて</p> <p>(7) 鉛直方向応答解析モデルの追加について</p> <p>(8) 炉内構造物への極限解析による評価の適用について</p>	<p>減衰定数のデータを採取している。</p> <p>島根2号炉の原子炉建物天井クレーン及び燃料取替機は、振動試験に用いた試験体と同様の構造仕様であることを確認しており、最新知見として得られた減衰定数の適用に際して問題となることはない(試験等の詳細は、添付資料6に記載)。なお、本減衰定数の適用は大間1号炉建設工認及びPWRプラントの新規制基準工認において適用実績がある。</p> <p>b. 多入力の時刻歴応答解析手法の適用</p> <p>三軸粘性ダンパを設置した配管系の地震応答解析において、多入力の時刻歴応答解析手法を適用する。本解析手法は、原子炉建物等の建物・構築物の地震応答解析において、他プラントを含む既工認にて適用実績がある。</p>	<p>備考</p> <p>・記載方針の相違</p> <p>【柏崎6/7, 東海第二】</p> <p>⑤の相違</p> <p>・評価手法の相違</p> <p>【東海第二】</p> <p>④の相違</p>

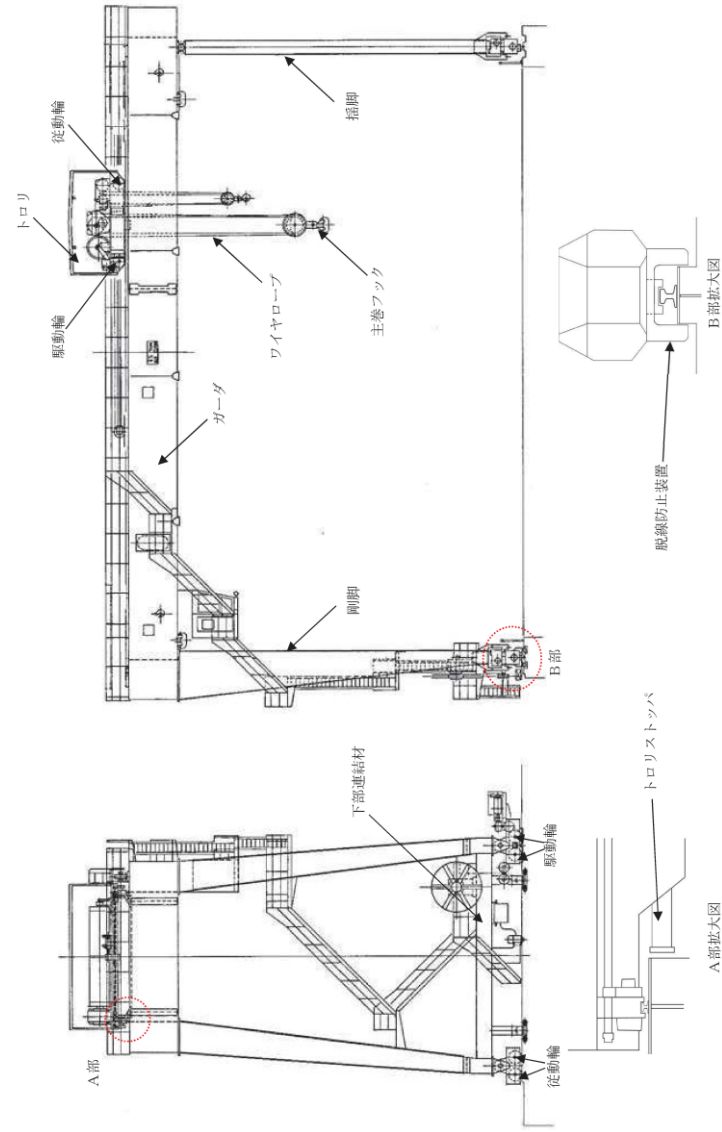
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
	<p style="text-align: right;">別紙-9</p> <p style="text-align: center;"><u>女川原子力発電所2号炉</u></p> <p style="text-align: center;"><u>海水ポンプ室門型クレーンへの</u> <u>非線形時刻歴応答解析の適用</u></p> <p style="text-align: center;">目次</p> <p>1. はじめに…………… 1</p> <p>2. 基本方針…………… 2</p> <p>2.1 要求事項…………… 2</p> <p>2.2 構造の概要…………… 3</p> <p>2.3 評価方針…………… 5</p> <p>2.4 適用規格…………… 6</p> <p>3. <u>耐震評価方法</u>…………… 7</p> <p>3.1 解析方法及び解析モデル…………… 7</p> <p>3.1.1 解析方法の詳細…………… 7</p> <p>3.1.2 解析モデル及び諸元…………… 8</p> <p>3.1.3 解析モデルの境界条件…………… 9</p> <p><u>3.2 評価対象部位</u>…………… 11</p> <p><u>3.3 入力地震動</u>…………… 12</p> <p>4. <u>評価方法</u>…………… 19</p> <p>4.1 評価方針…………… 19</p> <p>4.2 荷重の組合せ…………… 19</p>	<p style="text-align: right;">添付資料-2</p> <p style="text-align: center;"><u>取水槽ガントリクレーンへの非線形時刻歴応答解析の適用につい</u> <u>て</u></p> <p style="text-align: center;">目次</p> <p>1. はじめに</p> <p>2. 基本方針</p> <p>2.1 要求事項</p> <p>2.2 構造の概要</p> <p><u>2.2.1 取水槽ガントリクレーンの主要構造</u></p> <p><u>2.2.2 単軸粘性ダンパ</u></p> <p><u>2.2.3 転倒防止装置の構造</u></p> <p><u>2.2.4 トロリストッパ</u></p> <p><u>2.2.5 ホイストレール・車輪</u></p> <p>2.3 評価方針</p> <p>2.4 適用規格</p> <p>3. <u>応答解析の方法</u></p> <p>3.1 解析方法及び解析モデル</p> <p>3.1.1 解析方法の詳細</p> <p>3.1.2 解析モデル及び諸元</p> <p>3.1.3 解析モデルの境界条件</p> <p><u>3.2 入力地震動</u></p> <p>4. <u>耐震評価の方法</u></p> <p>4.1 評価方針</p> <p>4.2 荷重の組合せ</p> <p><u>4.3 評価対象部位</u></p>	<p>・設備構成の相違</p> <p>【女川2】</p> <p>島根2号炉の取水槽ガントリクレーンは、脱線防止装置ではなく転倒防止装置により転倒を防止する点、吊上げ装置としてホイストが存在する点、単軸粘性ダンパを設置している点が異なる</p> <p>(以下、①の相違)</p> <p>・記載方針の相違</p> <p>【女川2】</p> <p>島根2号炉では、同様の内容を4.3に記載</p> <p>・記載方針の相違</p> <p>【女川2】</p> <p>女川2では、同様の内容を3.2に記載</p>

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
	4.3 許容限界 19	4.4 許容限界	
		4.4.1 許容応力	
		4.4.2 許容浮上り量	
		4.4.3 吊具の許容荷重	
		4.4.4 単軸粘性ダンパの許容限界	
	4.4 各部の評価方法 20	4.5 各部の評価方法	・設備構成の相違
	4.4.1 クレーン本体, 脱線防止装置及びトロリストッパの応力評価方法 20	4.5.1 取水槽ガントリクレーン本体, 転倒防止装置, 走行レール, 単軸粘性ダンパブレース及び単軸粘性ダンパクレビス部の応力評価方法	【女川2】 ①の相違
			・設備構成の相違
			【女川2】
			①の相違
	4.4.2 脱線防止装置及びトロリストッパの浮上がり評価方法 22	4.5.2 トロリの浮上り評価方法	・設備構成の相違
			【女川2】
	4.4.3 吊具の荷重評価方法 22	4.5.3 吊具の荷重評価方法	①の相違
		4.5.4 単軸粘性ダンパの変位及び荷重評価方法	
	5. 評価結果 23	5. 評価条件・評価結果	
		5.1 評価条件	・記載方針の相違
		5.2 評価結果	【女川2】
			島根2号炉では, 評価結果に加えて, 評価条件についても記載する(以下, ②の相違)
	添付資料	添付資料	
	添付資料1 改造工事の概要	(2-1) 取水槽ガントリクレーンの改造箇所	
	添付資料2 評価ケース選定の考え方について		・記載方針の相違
			【女川2】
			島根2号炉では(9-3)で記載している
	添付資料3 海水ポンプ室門型クレーンへの非線形時刻歴解析の適用性	(2-2) 取水槽ガントリクレーンへの非線形時刻歴応答解析の適用性	
		(2-3) 取水槽ガントリクレーンの解析ケースの設定	・記載方針の相違
			【女川2】
			女川2では添付資料2で記載している
	添付資料4 海水ポンプ室門型クレーンの地震時挙動に関する補足		

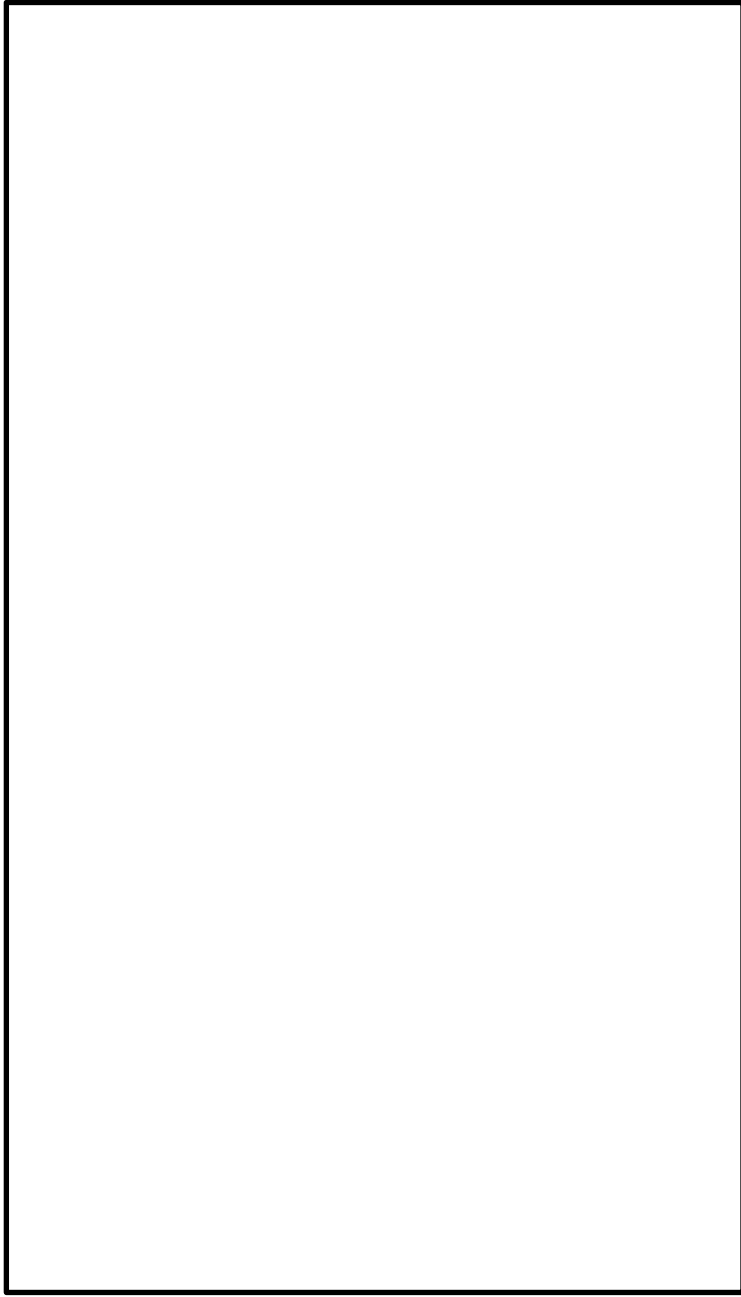
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
	<p><u>説明</u></p> <p>1. はじめに 設計基準対象施設のうち耐震重要度分類Sクラスに属する施設、その間接支持構造物及び屋外重要土木構造物（以下「Sクラス施設等」という。）が下位クラス施設の波及的影響によってその安全機能を損なわないこと、また、重大事故等対処施設のうち常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備並びにこれらが設置される常設重大事故等対処施設（以下「重要SA施設」という。）が下位クラス施設の波及的影響によって重大事故等に対処するために必要な機能を損なわないことについては、「<u>上位クラス施設の安全機能への下位クラス施設の波及的影響の検討</u>」（以下「波及的影響検討」という。）の適合性評価において確認している。 波及的影響検討において抽出された下位クラス施設のうち、<u>女川2号炉の海水ポンプ室門型クレーン</u>については、<u>基準地震動Ss</u>に対して十分な構造強度を有することを確認することでSクラス施設等及び重要SA施設（以下「上位クラス施設」という。）へ地震時に影響を及ぼさないことを説明する。</p> <p>2. 基本方針 2.1 要求事項 <u>海水ポンプ室門型クレーン</u>は海水ポンプ室を跨ぐ形で設置されており、<u>海水ポンプ室補機ポンプエリア</u>に設置している非常用海水ポンプ等のメンテナンスに使用される設備である。<u>海水ポンプ室門型クレーンの設置位置</u>について第2.1-1図に示す。 発電所の運転中など非常用海水ポンプ等のメンテナンスを実施しない期間は、<u>海水ポンプ室門型クレーン</u>は図中に示す通常待機位置に待機しているため、<u>周辺の上位クラス施設とは十分な離隔</u></p>	<p>(2-4) <u>取水槽ガントリクレーン車輪部の非線形要素（摩擦、接触、減衰）</u> (2-5) <u>取水槽ガントリクレーン本体及びトロリのすべりの影響</u> <u>について</u></p> <p>1. はじめに 設計基準対象施設のうちSクラスに属する施設、その間接支持構造物及び屋外重要土木構造物（以下「Sクラス施設等」という。）が下位クラス施設の波及的影響によってその安全機能を損なわないこと、また、重大事故等対処施設のうち常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備並びにこれらが設置される常設重大事故等対処施設（以下「重要SA施設」という。）が下位クラス施設の波及的影響によって重大事故等に対処するために必要な機能を損なわないことについては、「<u>別紙-9 下位クラス施設の波及的影響の検討について</u>」（以下「波及的影響検討」という。）において確認している。 <u>波及的影響検討</u>において抽出された下位クラス施設のうち、<u>島根2号炉の取水槽ガントリクレーンの耐震評価</u>について、<u>取水槽ガントリクレーンがレール上に固定されていないという構造上の特徴を踏まえ、鉛直方向地震力に対する車輪の浮上り等の挙動を考慮した応答解析の方法及び耐震評価の方法</u>について示す。また、<u>耐震評価を実施し、構造成立性</u>の見通しを示す。なお、<u>取水槽ガントリクレーンに設置する単軸粘性ダンパの詳細</u>については、<u>別紙-18 「機器・配管系への制震装置の適用について</u>」に示す。</p> <p>2. 基本方針 2.1 要求事項 <u>取水槽ガントリクレーン</u>は、<u>取水槽海水ポンプエリア及び取水槽循環水ポンプエリア</u>を跨いで設置されており、<u>原子炉補機海水ポンプ等のメンテナンス</u>に使用される設備である。<u>取水槽ガントリクレーンの設置位置</u>について第2-1図に示す。 発電所の運転中など原子炉補機海水ポンプ等のメンテナンスを実施しない期間は、<u>取水槽ガントリクレーン</u>は待機位置に待機しており、<u>周辺の上位クラス施設とは十分な離隔距離</u>があることか</p>	<p>・記載方針の相違 【女川2】 女川2では、参考資料1, 参考資料3に記載</p> <p>・設備構成の相違 【女川2】 ①の相違</p>

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
	<p>距離があることから波及的影響を及ぼすおそれはない。一方で、定期検査中など非常用海水ポンプ等のメンテナンスを実施する期間には、上位クラス施設が設置されている補機ポンプエリア付近に位置することとなる。そのため、海水ポンプ室門型クレーンが地震に伴う損傷・落下によって補機ポンプエリアに設置されている上位クラス施設へ波及的影響を及ぼさないことが要求される。</p> <div data-bbox="973 569 1679 1098" data-label="Image"> </div> <p>第 2.1-1 図 海水ポンプ室門型クレーンの設置位置概要</p> <p>2.2 構造の概要</p> <p>海水ポンプ室門型クレーンは剛脚、揺脚、ガーダ及びトロリなどの構造体で構成されている。全体構造図を第 2.2-1 図に示す。</p> <p>剛脚、揺脚はその上部にあるガーダを支持し、下部には走行装置が設置されている。剛脚はガーダと剛接合、揺脚はクレーン走行方向の軸回りに摺動回転可能な継手でガーダと接合されている。</p>	<p>ら波及的影響を及ぼすおそれはない。一方で、定期検査中など原子炉補機海水ポンプ等のメンテナンスを実施する期間には、上位クラス施設が設置されている取水槽海水ポンプエリア付近に位置することとなるため、取水槽ガントリクレーンが地震に伴う損傷、落下によって上位クラス施設へ波及的影響を及ぼさないことが要求される。</p> <div data-bbox="1804 554 2451 1115" data-label="Diagram"> </div> <p>第 2-1 図 取水槽ガントリクレーンの設置位置及び取水槽周辺の上位クラス施設概要</p> <p>2.2 構造の概要</p> <p>2.2.1 取水槽ガントリクレーンの主要構造</p> <p>取水槽ガントリクレーンの主要な構造部材としては、脚、ガーダ、トロリ、ホイスト、単軸粘性ダンパがある。構造を第 2-2 図に示す。</p> <p>脚はガーダを支持し、下部には走行車輪が設置されている。</p>	<p>備考</p> <ul style="list-style-type: none"> ・設備構成の相違【女川 2】①の相違 ・設備構成の相違【女川 2】女川 2 号炉では脚に剛脚、揺脚の 2 種があるが、島根 2 号炉取水槽ガントリクレーンには揺脚はない

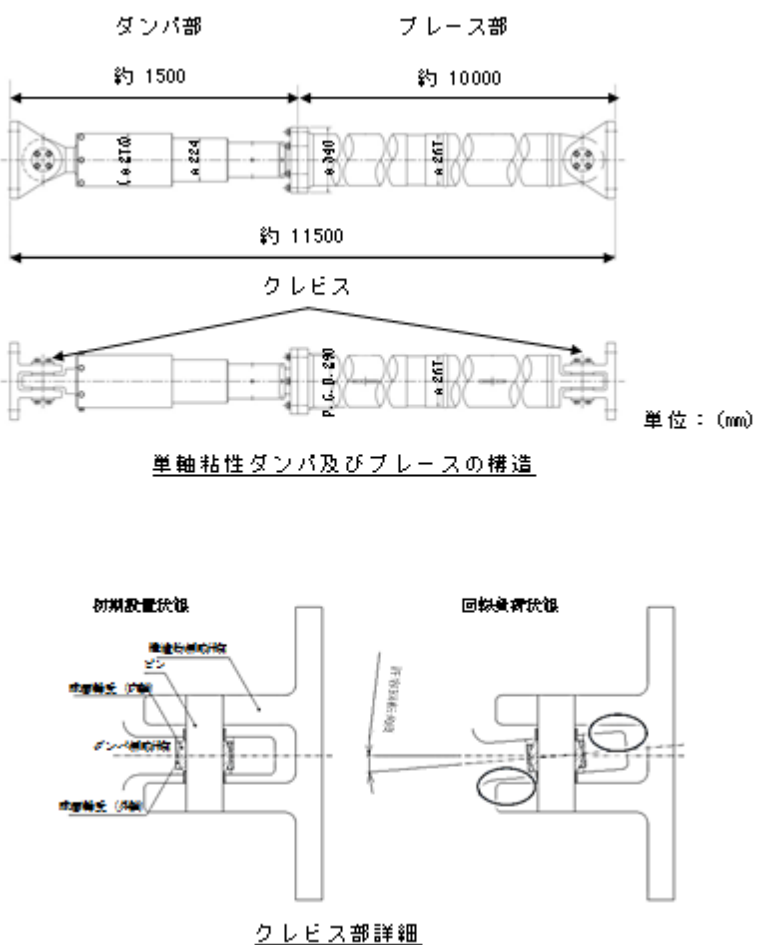
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
	<p>ガーダは剛脚、揺脚の上部に設置されており、その上面にトロリが移動するための横行レールが設置されている。トロリは横行レール上に位置しており、非常用海水ポンプ等のメンテナンス時等に吊荷を巻き上げるための巻上げ装置を有している。非常用海水ポンプ等のメンテナンス時には、トロリに設置された巻上げ装置とワイヤロープ及び主巻フックを介し、吊荷の吊上げ、吊下げ、移動等の作業を実施する。</p> <p>また、クレーン本体は海水ポンプ室の東側と西側に敷設された走行レール上を剛脚、揺脚下部にある走行装置並びに車輪によって移動する。トロリについてはガーダ上面の横行レール上をトロリ下部にある走行装置並びに車輪によって移動する。</p> <p>さらに、クレーン本体、トロリの脱輪による転倒もしくは落下を防止するため、それぞれ脱線防止装置、トロリストoppaが設置されており、地震発生時に浮上りが起こった場合でも脱輪による転倒もしくは落下を生じない構造となっている。</p> <p>なお、本資料で示す評価結果は、改造工事实施後の状態に対するものである。改造工事の概要を添付資料 1 に示す。</p>	<p>ガーダは脚の上部にあり、その上面にトロリが移動するための横行レールが設置されており、下部にはホイストレールが設置されている。原子炉補機海水ポンプ等のメンテナンス時には、トロリに設置された巻上げ装置(主巻)、又はホイストを使用して、ワイヤロープ及びフックを介し、吊荷の吊上げ、吊下げ、移動等の作業を実施する。</p> <p>取水槽ガントリクレーンは大型の構造物であり、制震装置の設置による地震荷重の低減が耐震性向上に有効である。取水槽ガントリクレーンの応答は、走行レールの直交方向に脚が変形する振動モードが支配的であり、ガーダと脚の間にブレースを介して単軸粘性ダンパを制震装置として設置する。</p> <p>単軸粘性ダンパ取付部の構造を第 2-3 図に示す。ダンパ本体の長さは標準設計の約 1.5m とし、これに約 10m のブレースを接続している。単軸粘性ダンパとガーダの接続、ブレースと脚の接続部にはクレビスと呼ぶ回転部を設けている。このクレビスは単軸粘性ダンパの伸縮方向と直交する一方向にはピンを軸として自由に回転可能となっている。また、ピンの軸受部は球面軸受となっており、クレビスの回転方向以外の方向にも約 3 度の許容回転角度を有することで、単軸粘性ダンパに伸縮方向以外の荷重が加わらない構造としている。</p> <p>単軸粘性ダンパ及び取付部材の質量は適切に地震応答解析モデルに反映する。</p> <p>取水槽ガントリクレーン本体は、取水槽海水ポンプエリアの北側と取水槽循環水ポンプエリア南寄りに敷設された走行レール上を脚下部にある走行装置及び車輪によって東西方向に移動する。トロリは、ガーダ上面の横行レール上を横行装置及び横行車輪によって南北方向に移動する。ホイストは、ガーダ下に設置されたホイストレールに沿って、南北方向に移動する。</p> <p>また、取水槽ガントリクレーン本体の地震による転倒を防止するため、本体下部に転倒防止装置が設置されており、地震時に浮上りが生じた場合でも転倒しない構造となっている。トロリにはトロリストoppaを設置しており、浮上りによる脱線・落下を防止する構造となっている。</p> <p>なお、本資料で示す取水槽ガントリクレーンの構造は、改造後の状態のものである。改造箇所の概要を添付資料 (2-1) に示す。</p>	<p>(以下、③の相違)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・設備構成の相違【女川 2】①の相違 ・設備構成の相違【女川 2】①の相違 ・設備構成の相違【女川 2】①の相違 ・設備構成の相違【女川 2】①の相違



第2.2-1図 海水ポンプ室門型クレーン全体構造図



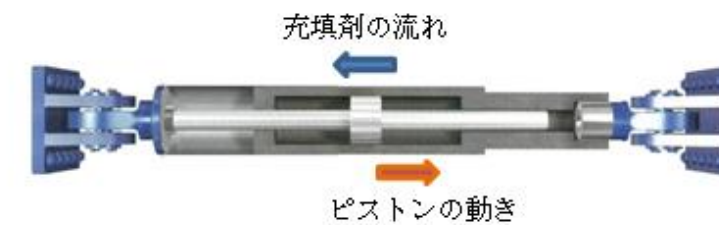
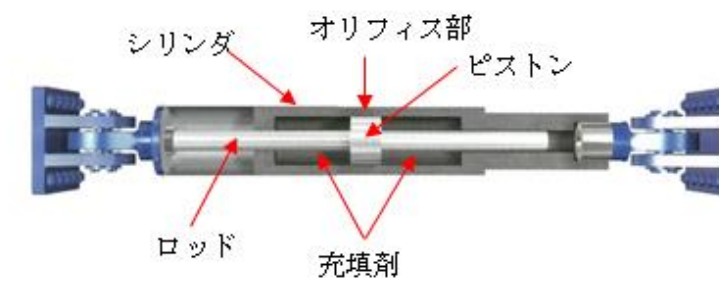
第2-2図 取水槽ガントリクレーンの構造

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		 <p style="text-align: center;">単軸粘性ダンパ及びブレースの構造</p> <p style="text-align: center;">クレビス部詳細</p> <p style="text-align: center;">第2-3図 単軸粘性ダンパ取付部の構造</p> <p>2.2.2 単軸粘性ダンパ</p> <p>単軸粘性ダンパの仕様を第2-1表に示す。単軸粘性ダンパの基本構成、動作を第2-4図に示す。単軸粘性ダンパは、ピストン、ロッドが軸方向に移動することにより、シリンダ内面とピストンの外面の間に形成されるオリフィス部を粘性流体が流れ、その抵抗力により減衰性能を発揮するものである。単軸粘性ダンパの粘性体は化学的に安定であり、消防法で定められている危険物に該</p>	<p>・設備構成の相違 【女川2】 ①の相違</p> <p>・設備構成の相違 【女川2】 ①の相違</p>

当しない。

第2-1表 単軸粘性ダンパの仕様

定格荷重 (kN)	全長 (mm)	外径 (mm)	質量 (kg)	許容荷重 (kN)	許容変位 (mm)
220	1535	224	533	300	100



第2-4図 単軸粘性ダンパの動作原理

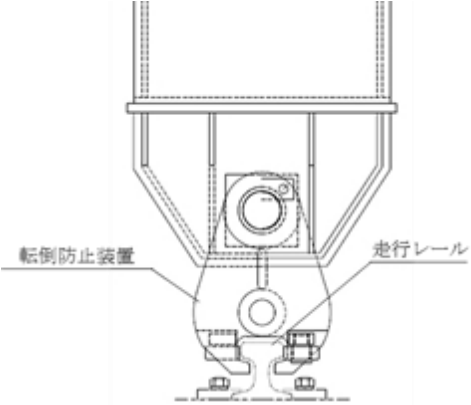
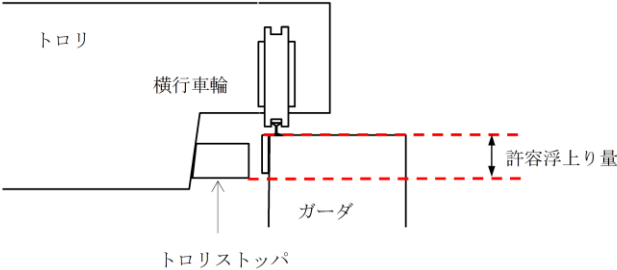
2.2.3 転倒防止装置の構造

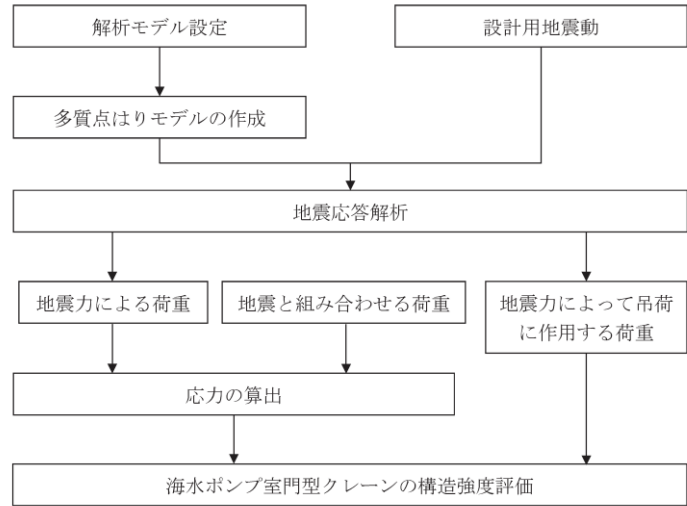
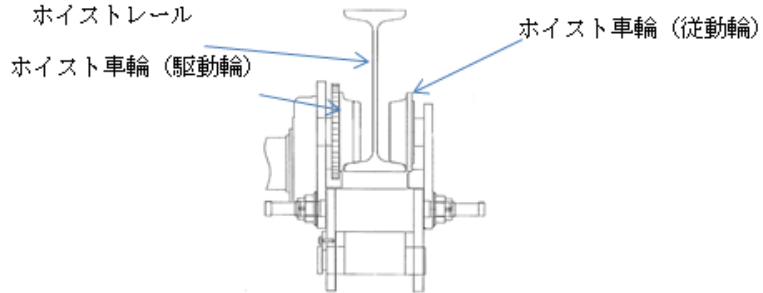
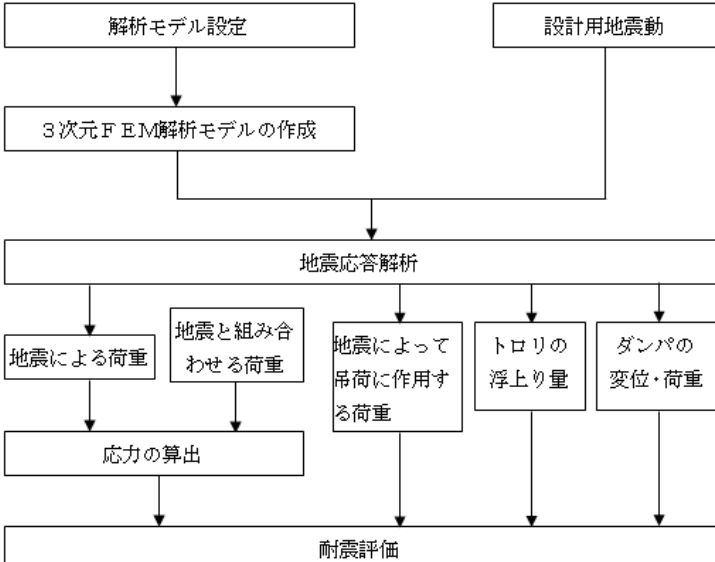
取水槽ガントリクレーン本体車輪部には、地震によって浮上りが発生した場合でも転倒しないように転倒防止装置が取り付けら

・設備構成の相違
【女川2】
①の相違

・設備構成の相違
【女川2】
①の相違

・設備構成の相違
【女川2】
①の相違

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>れており、浮上りによる脱線・転倒を防止する構造となっている。転倒防止装置の構造を第2-5図に示す。</p>  <p style="text-align: center;">第2-5図 転倒防止装置の構造</p> <p><u>2.2.4 トロリストoppa</u></p> <p>トロリの車輪部には、地震によって浮上りが発生した場合でも落下しないようにトロリストoppaを設置し、浮上りによる脱線・落下を防止する構造とする。トロリストoppaの概略構造を第2-6図に示す。</p>  <p style="text-align: center;">第2-6図 トロリストoppaの概略構造</p> <p><u>2.2.5 ホイストレール・車輪</u></p> <p>ホイストは、ホイスト車輪がホイストレールを挟み込むことにより懸架されている。ホイストレール及びホイスト車輪の構造を第2-7図に示す。</p>	<p>備考</p> <ul style="list-style-type: none"> ・設備構成の相違 【女川2】 ①の相違 ・記載方針の相違 【女川2】 女川2では、3.1にトロリストoppaを記載 ・記載方針の相違 【女川2】 女川2では、第3.1-2図にトロリストoppaを記載 ・設備構成の相違 【女川2】 ①の相違

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
	<p>2.3 評価方針</p> <p>海水ポンプ室門型クレーンの評価については、「2.2 構造の概要」にて示した海水ポンプ室門型クレーンの構造を踏まえ作成した「3.1 解析方法及び解析モデル」に示す解析モデルを用いて解析を行う。解析によって得られた結果を用いて「3.2 評価対象部位」に示す構造部位について発生する応力を算出し、許容限界以内であることを確認する。応力評価の方法と評価結果については、それぞれ「4. 評価方法」と「5. 評価結果」に示す。</p> <p>海水ポンプ室門型クレーンの耐震評価方法のフローを第2.3-1図に示す。</p>  <p>第2.3-1 図 海水ポンプ室門型クレーンの耐震評価フロー</p>	 <p>第2-7 図 ホイストレール及び車輪の構造</p> <p>2.3 評価方針</p> <p>取水槽ガントリクレーンの耐震評価にあたっては、「2.2 構造の概要」にて示した取水槽ガントリクレーンの構造を踏まえ作成した「3.1 解析方法及び解析モデル」に示す解析モデルを用いて地震応答解析を行う。解析によって得られた結果を用いて「4. 耐震評価方法」に示す方法により応力、荷重等が許容限界以内であることを確認する。</p> <p>取水槽ガントリクレーンの耐震評価フローを第2-8図に示す。</p>  <p>第2-8 図 取水槽ガントリクレーンの耐震評価フロー</p>	<p>備考</p> <p>・設備構成の相違 【女川2】 ①の相違</p> <p>・設備構成の相違 【女川2】 ①の相違</p>

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
	<p>2.4 適用規格</p> <p>・「<u>発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC 1-2005/2007</u>」(社) 日本機械学会</p> <p>・「<u>原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 JEAG4601・補-1984</u>」(社) 日本電気協会</p> <p>・「<u>原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987</u>」(社) 日本電気協会</p> <p>・「<u>原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991 追補版</u>」(社) 日本電気協会</p> <p>3. 耐震評価方法</p> <p>3.1 解析方法及び解析モデル</p> <p><u>海水ポンプ室門型クレーンの応力評価に用いる地震荷重及び荷重評価に用いる加速度を算定するための地震応答解析について以下に示す。</u></p> <p>3.1.1 解析方法の詳細</p> <p>(1) <u>海水ポンプ室門型クレーンは、地震加速度によって浮上りが発生する可能性があるため、その浮上り状況を適切に評価するために、多質点はりモデルによる非線形時刻歴応答解析を適用する。海水ポンプ室門型クレーンへの非線形時刻歴応答解析の適用性については添付資料 3 に示す。</u></p> <p>(2) <u>クレーン本体及びトロリの車輪部はレール上に乗っており固定されていないため、すべりが発生する構造であることから、解析に当たっては車輪、レールのすべり状況を考慮する。</u></p> <p>(3) 吊具の評価を行う場合は、トロリにワイヤロープを模擬したトラス要素と吊荷を模擬した質点を設けて地震応答解析を実施し、吊具に発生する<u>加速度</u>を算出し、これを用いて評価を行う。また、ワイヤロープについては、引張方向（鉛直下向き）にのみ荷重を受け、圧縮方向（鉛直上向き）の荷重を受けない設定とする。</p>	<p>2.4 適用規格</p> <p><u>取水槽ガントリクレーンの設計には、以下の規格（以下「JEAG 4601等」という。）を適用する。</u></p> <p>・「<u>原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG 4601-1987</u>」(社) 日本電気協会</p> <p>・「<u>原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 JEAG 4601・補-1984</u>」(社) 日本電気協会</p> <p>・「<u>原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG 4601-1991 追補版</u>」(社) 日本電気協会</p> <p>・「<u>発電用原子力設備規格 設計・建設規格（2005年版（2007年追補版を含む））<第I編 軽水炉規格>JSME S NC1-2005/2007</u>」(日本機械学会)</p> <p>3. 応答解析の方法</p> <p>3.1 解析方法及び解析モデル</p> <p><u>取水槽ガントリクレーンの地震応答解析方法及び解析モデルについて以下に示す。</u></p> <p>3.1.1 解析方法の詳細</p> <p>(1) <u>取水槽ガントリクレーンは、地震時に浮上りが発生する可能性があり、浮上り状況を適切に評価するために3次元FEM解析モデルによる非線形時刻歴応答解析を適用する。取水槽ガントリクレーンへの非線形時刻歴応答解析の適用性については添付資料(2-2)に示す。</u></p> <p>(2) <u>取水槽ガントリクレーン本体及びトロリの車輪部はレール上に乗っており固定されていないため、すべりが発生する構造であることから、解析にあたっては車輪、レールのすべり状況を考慮する。</u></p> <p>(3) 吊具の評価を行う場合は、トロリに設置された<u>主巻、ホイスト</u>、<u>トレールに設置されたホイスト</u>にワイヤロープを模擬したトラス要素と吊荷を模擬した質点を設けて地震応答解析を実施し、吊具に発生する<u>張力</u>を算出し、これを用いて評価を行う。また、ワイヤロープについては、引張方向（鉛直下向き）にのみ荷重を受け、圧縮方向（鉛直上向き）の荷重を受けない</p>	<p>備考</p> <p>・設備構成の相違 【女川2】 ①の相違</p>

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>設定とする。</p> <p>(4) <u>単軸粘性ダンパの減衰性能は、抵抗力が速度の 0.1 乗に比例するダッシュポットとばねを直列に接続した Maxwell モデルでモデル化する。単軸粘性ダンパの Maxwell モデルを第 3-1 図に示す。なお、単軸粘性ダンパの減衰性能とモデル化の詳細については、別紙-18「機器・配管系への制震装置の適用について」に示す。</u></p> <p>(5) <u>減衰定数については、既往の研究等によって妥当性が確認され、クレーン類に適用実績のある値として水平、鉛直方向ともに 2.0%とし、</u></p> <p><u>レイリー減衰を設定する。レイリー減衰は、質量マトリクス及び剛性マトリクスの線形結合により、以下の式で表される。</u></p> $[C] = \alpha[M] + \beta[K]$ <p><u>[C] : 減衰マトリクス</u> <u>[M] : 質量マトリクス</u> <u>[K] : 剛性マトリクス</u> <u>α, β : 係数</u></p> <p><u>係数α, βは、取水槽ガントリクレーンの固有振動数において、適用する減衰定数とレイリー減衰が一致するように以下の式で求める。</u></p> $h = \frac{\alpha}{2\omega_n} + \frac{\beta\omega_n}{2}$ <p><u>h : 減衰比</u> <u>ω_n : 固有値解析により求められたn次モードの固有円振動数</u></p> <p><u>具体的には、取水槽ガントリクレーンの固有値解析の結果から、NS方向の 1 次固有振動数 (1.97Hz) 及び鉛直方向の 1 次固有振動数 (4.48Hz) において減衰比が 2.0%となるように係数α, βを設定する。設定したレイリー減衰の各固有振動数における減衰比を第 3-2 図に示す。</u></p>	<p>・設備構成の相違 【女川 2】 ①の相違</p> <p>・記載方針の相違 【女川 2】 女川 2 では、3.3(1)に記載</p> <p>・記載方針の相違 【女川 2】 島根 2 号炉ではレイリー減衰についても詳細に記載 (以下、⑤の相違)</p>

(4) 解析コードは「ABAQUS Ver6. 11」を使用する。
 (5) 耐震評価については、トロリ位置及び吊荷有無によって地震時の挙動が変化する可能性があるため、第3.1-1表に示すとおり、トロリ位置3パターン（剛脚側、揺脚側、中央）、吊荷有無2パターン（吊荷有、吊荷無）を考慮し、全6ケースの評価を実施する。

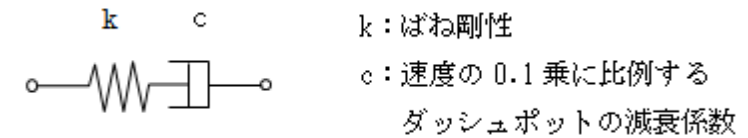
(6) 耐震評価に用いる寸法は公称値を使用する。

第3.1-1表 海水ポンプ室門型クレーンの耐震評価ケース

評価対象	クレーン本体、車輪部、浮上がり、及び吊具	
	吊荷有	吊荷無
トロリ位置		
剛脚側	ケース1	ケース4
揺脚側	ケース2	ケース5
中央	ケース3	ケース6

(6) 解析コードはABAQUS (Ver. 6. 11-1)を使用する。
 (7) 地震応答解析にあたっては、トロリ及びホイストの位置や吊荷の有無によって地震時の応答が変化する可能性があるため、トロリ及びホイストの位置並びに吊荷の有無を考慮し解析ケースを設定する（添付資料(2-3)）。トロリとホイストを同時に使用することはないため、いずれかが吊荷有りの場合は、もう一方は待機位置で吊荷なしとする。なお、吊荷の質量はそれぞれの最大質量を設定する。解析ケースを第3-1表に示す。

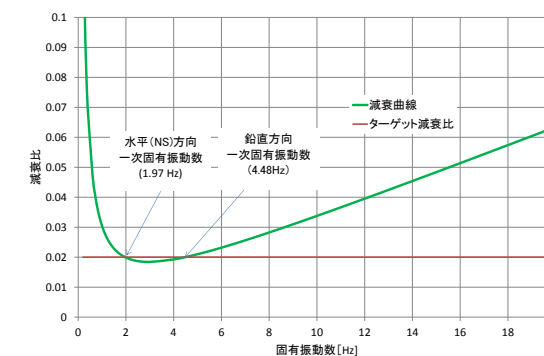
(8) 耐震評価に用いる寸法は公称値を使用する。



第3-1図 単軸粘性ダンパのMaxwellモデル

第3-1表 取水槽ガントリクレーンの解析ケース

ケース	トロリ		ホイスト	
	位置	吊荷有無(質量)	位置	吊荷有無(質量)
1	待機位置	なし	待機位置	なし
2	中央	有り(50t)	待機位置	なし
3	待機位置	なし	中央	有り(17t)



第3-2図 設定したレイリー減衰の各固有振動数における減衰比

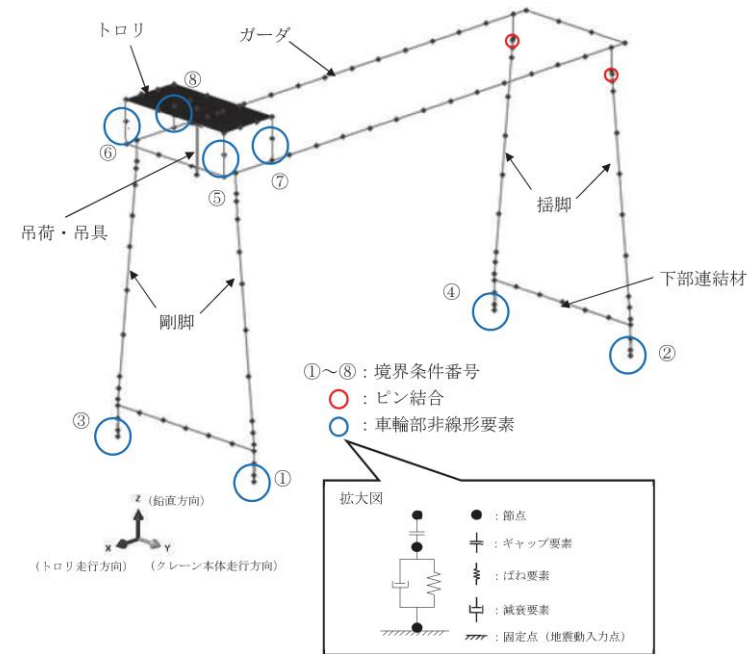
・設備構成の相違
 【女川2】
 ①の相違

・設備構成の相違
 【女川2】
 ①の相違

・記載方針の相違
 【女川2】
 ⑤の相違

3.1.2 解析モデル及び諸元

解析モデルはクレーン本体をはり要素でモデル化した多質点はりモデルとする。解析モデル概要図を第3.1-1 図に示す。クレーン諸元及び解析モデル諸元を第3.1-2 表及び第3.1-3 表に示す。



第3.1-1 図 海水ポンプ室門型クレーンの解析モデル概要図
(トロリ位置：剛脚側、吊荷有無：吊荷有(ケース1))

第3.1-2 表 クレーン諸元

部位	質量 (t)
クレーン本体 (脚, ガーダ等含む)	150.9
トロリ	28.8
吊具	2.0
吊荷 (定格荷重)	95.0
合計	276.7

第3.1-3 表 解析モデル諸元

部材	縦弾性係数 (MPa)	断面二次モーメント (cm ⁴)		断面積 (cm ²)
		強軸廻り	弱軸廻り	
剛脚 (代表断面*)	201000			
揺脚 (代表断面*)	201000			
下部連結材 (剛脚側)	201000			
下部連結材 (揺脚側)	201000			
ガーダ	201000			

* 剛脚及び揺脚における中央位置における断面

3.1.2 解析モデル及び諸元

取水槽ガントリクレーンの解析モデルは、取水槽ガントリクレーン本体を質点及びはり要素でモデル化した3次元FEM解析モデルとする。取水槽ガントリクレーンの地震応答解析モデルの概要を第3-3 図に示す。取水槽ガントリクレーン諸元及び解析モデル諸元を第3-2 表及び第3-3 表に示す。



第3-3 図 取水槽ガントリクレーンの地震応答解析モデル

第3-2 表 取水槽ガントリクレーン諸元

部位	質量 (t)
取水槽ガントリクレーン本体 (脚, ガーダ等含む)	162.5
トロリ	17.8
吊具 (主巻ワイヤ, フック)	2.0
ホイスト	3.5
吊具 (ホイストワイヤ, フック)	0.7
吊荷 (最大荷重)	50
合計	236.5

第3-3 表 取水槽ガントリクレーン解析モデル諸元

部材	縦弾性係数 (MPa)	断面二次モーメント (mm ⁴)		断面積 (mm ²)
		Iz	Iy	
ガーダ	202000			
脚	202000			
ガーダ継ぎ	202000			
脚下部継ぎ	202000			

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
	<p>3.1.3 解析モデルの境界条件</p> <p><u>クレーン本体車輪部</u> (駆動輪, 従動輪) と走行レール, <u>トロリ車輪部</u> (駆動輪, 従動輪) と横行レールにおける解析モデルの境界条件をそれぞれ第3.1-4表, 第3.1-5表に示す。</p> <p><u>クレーン本体車輪部</u>においては, <u>Y方向</u> (クレーン本体走行方向) 及び<u>Z方向</u> (鉛直方向) について, それぞれすべり, <u>浮上がり</u>を考慮しているため, 非拘束条件としている。また, <u>X方向</u> (クレーン本体走行方向の直交方向) については<u>クレーン本体車輪部</u>と走行レールとの間隙 (片側約17.5mm) 及び<u>脱線防止装置</u>と<u>躯体の間隙</u> (片側約20mm) は非常に狭く, 地震時には, <u>クレーン本体車輪部</u>と走行レールが接触して荷重が伝達されるため, 拘束条件としている。</p> <p>一方, <u>トロリ車輪部</u>においては, <u>X方向</u> (トロリ走行方向) 及び<u>Z方向</u> (鉛直方向) について, それぞれすべり, <u>浮上がり</u>を考慮して非拘束条件としている。また, <u>Y方向</u> (トロリ走行方向の直交方向) については, <u>トロリ車輪部</u>と横行レールの間隙 (片側約9mm), <u>トロリストッパ</u>と<u>躯体の間隙</u> (片側約32mm) が非常に狭く, 地震時には, <u>トロリ車輪部</u>と横行レールが接触し, 荷重が伝達されることから, すべりを生じない拘束条件としている。</p> <p><u>クレーン本体車輪部</u>及び<u>トロリ車輪部</u>の概要図について, 第3.1-2図に示す。</p>	<p>3.1.3 解析モデルの境界条件</p> <p><u>走行車輪</u> (駆動輪, 従動輪) と走行レール, <u>横行車輪</u> (駆動輪, 従動輪) と横行レール, <u>ホイスト車輪</u> (駆動輪, 従動輪) と<u>ホイストレール</u>における解析モデルの境界条件をそれぞれ第3-4表, 第3-5表, 第3-6表に示す。</p> <p><u>走行車輪</u>においては, <u>EW方向</u> (クレーン本体走行方向) 及び鉛直方向について, それぞれすべり, <u>浮上り</u>を考慮しているため, 非拘束条件としている。また, <u>NS方向</u> (クレーン本体走行方向に直交する方向) については, <u>走行車輪</u>と走行レールとの間隙 (片側約13mm) が小さく, 地震時には<u>走行車輪</u>と走行レールが接触して荷重が伝達されるため, すべりを生じない拘束条件としている。</p> <p><u>横行車輪</u>においては, <u>NS方向</u> (トロリ横行方向) 及び鉛直方向について, それぞれすべり, <u>浮上り</u>を考慮して非拘束条件としている。また, <u>EW方向</u> (トロリ横行方向に直交する方向) については, <u>横行車輪</u>と横行レールの間隙 (片側約9mm) が小さく, 地震時には<u>横行車輪</u>と横行レールが接触して荷重が伝達されるため, すべりを生じない拘束条件としている。</p> <p><u>ホイスト車輪</u>においては, <u>NS方向</u> (ホイスト横行方向) 及び鉛直方向について, それぞれすべり, <u>浮上り</u>を考慮して非拘束条件としている。また, <u>EW方向</u> (ホイスト横行方向に直交する方向) については, <u>ホイスト車輪</u>と<u>ホイストレール</u>の間隙 (片側約5mm) が小さく, 地震時には<u>ホイスト車輪</u>と<u>ホイストレール</u>が接触して荷重が伝達されるため, すべりを生じない拘束条件としている。</p> <p><u>走行車輪</u>, <u>横行車輪</u>及び<u>ホイスト車輪</u>の構造概要を第3-4図に示す。</p>	<p>・設備構成の相違 【女川2】 ①の相違</p> <p>・設備構成の相違 【女川2】 ①の相違</p> <p>・設備構成の相違 【女川2】 ①の相違</p>

第3.1-4表 境界条件 (クレーン本体車輪部と走行レール)

部位*		X方向 (クレーン本体走行方向 の直交方向)	Y方向 (クレーン本体 走行方向)	Z方向 (鉛直方向)
クレーン本体 車輪部と走行 レール	①(駆動輪)	拘束 ・走行レール及び 脱線防止装置に よる拘束	非拘束 ・すべり考慮 $\mu=0.3$	非拘束 ・浮上がり考慮
	②(駆動輪)			
	③(従動輪)		非拘束 ・追従移動 $\mu=0$	
	④(従動輪)			

* 部位欄の番号①～④は、図3.1-1中の①～④に対応。
 μ : 摩擦係数

第3.1-5表 境界条件 (トロリ車輪部と横行レール)

部位*		X方向 (トロリ走行方向)	Y方向 (トロリ走行方向の 直交方向)	Z方向 (鉛直方向)
トロリ車輪部 と横行レール	⑤(駆動輪)	非拘束 ・すべり考慮 $\mu=0.3$	拘束 ・横行レール及び トロリストッパ による拘束	非拘束 ・浮上がり考慮
	⑥(駆動輪)			
	⑦(従動輪)		非拘束 ・追従移動 $\mu=0$	
	⑧(従動輪)			

* 部位欄の番号⑤～⑧は、図3.1-1中の⑤～⑧に対応。
 μ : 摩擦係数

第3-4表 境界条件 (走行車輪 (クレーン本体車輪) と走行レール)

部位 ^{注1}	NS方向 (クレーン本体走行方向の 直交方向)	EW方向 (クレーン本体走行方向)	鉛直方向
駆動輪	【拘束】 走行レールによる 拘束	【非拘束】 すべり考慮 $\mu=0.3$	【非拘束】 浮上り考慮
従動輪		【非拘束】 追従による移動 $\mu=0$	

注1 : 部位については、第2-3添図参照
 μ : 摩擦係数

第3-5表 境界条件 (横行車輪 (トロリ車輪) と横行レール)

部位 ^{注1}	NS方向 (トロリの横行方向)	EW方向 (トロリ横行方向の 直交方向)	鉛直方向
駆動輪	【非拘束】 すべり考慮 $\mu=0.3$	【拘束】 横行レールによる 拘束	【非拘束】 浮上り考慮
従動輪	【非拘束】 追従による移動 $\mu=0$		

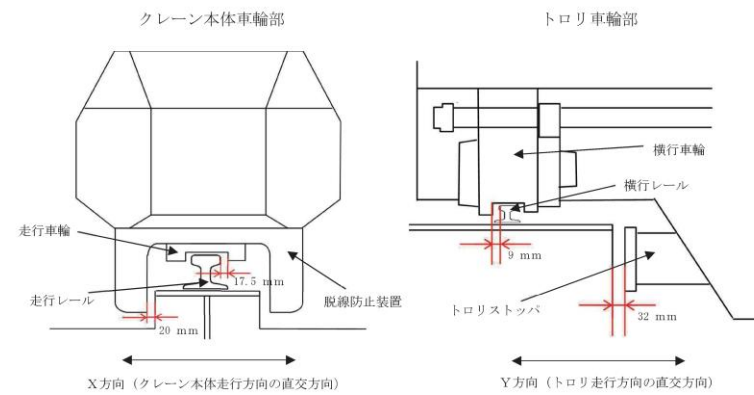
注1 : 部位については、第2-3添図参照
 μ : 摩擦係数

第3-6表 境界条件 (ホイスト車輪とホイストレール)

部位 ^{注1}	NS方向 (ホイストの横行方向)	EW方向 (ホイスト横行方向の 直交方向)	鉛直方向
駆動輪	【非拘束】 すべり考慮 $\mu=0.3$	【拘束】 ホイストレール による拘束	【非拘束】 浮上り考慮
従動輪	【非拘束】 追従による移動 $\mu=0$		

注1 : 部位については、第2-7図参照
 μ : 摩擦係数

・設備構成の相違
【女川2】
①の相違



第 3.1-2 図 クレーン本体車輪部及びトロリ車輪部概要図

3.2 評価対象部位

海水ポンプ室門型クレーンの耐震評価は、クレーン運転時においてクレーン本体の損傷、転倒及び吊荷の落下により、海水ポンプ等が損傷することを防止するため、以下を評価対象部位として選定し、評価を実施する。

(1) クレーン本体

クレーン本体については、剛脚、揺脚、下部連結材及びガーダの応力評価を実施する。

(2) 脱線防止装置、トロリストップ

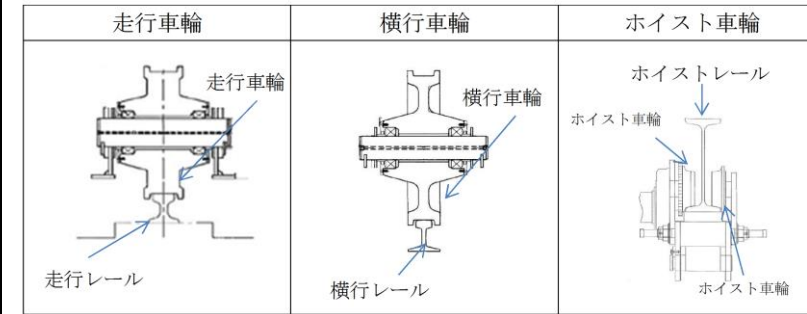
クレーン本体走行軸直交方向の荷重を負担するクレーン本体の脱線防止装置及びトロリ走行軸直交方向の荷重を負担するトロリストップについて応力評価を実施する。

また、脱線防止の観点から浮上りの評価を実施する。浮上りの評価では、クレーン本体の浮上り量と脱線防止装置の許容浮上り高さを比較する。トロリも同様に浮上り量とトロリストップの許容浮上り高さを比較する。

(3) 吊具

吊具については、ワイヤロープ及び主巻フックの荷重評価を実施する。

なお、海水ポンプ室門型クレーンの耐震評価部位については、第 2.2-1 図中に示している。



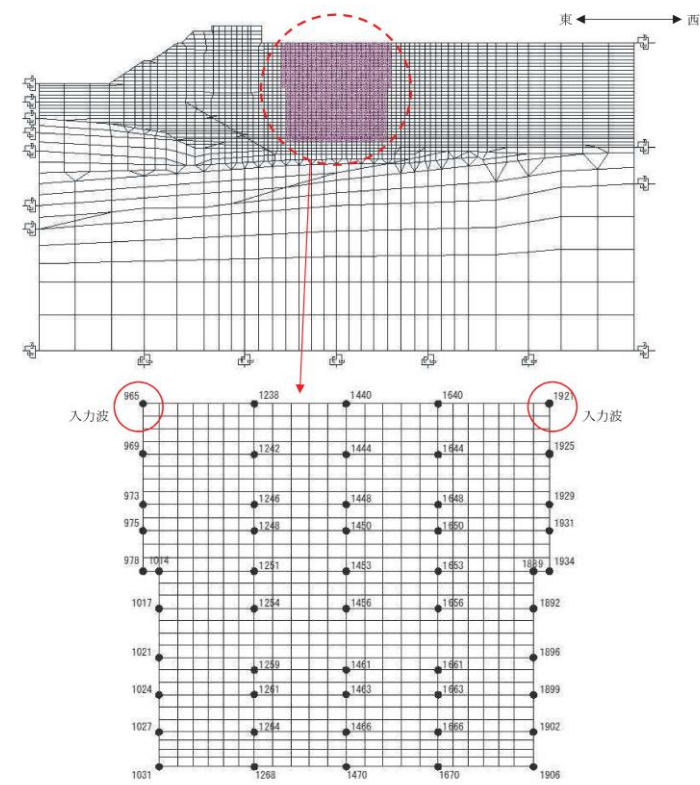
第 3-4 図 走行車輪、横行車輪及びホイスト車輪の構造概要図

・設備構成の相違
【女川 2】
①の相違

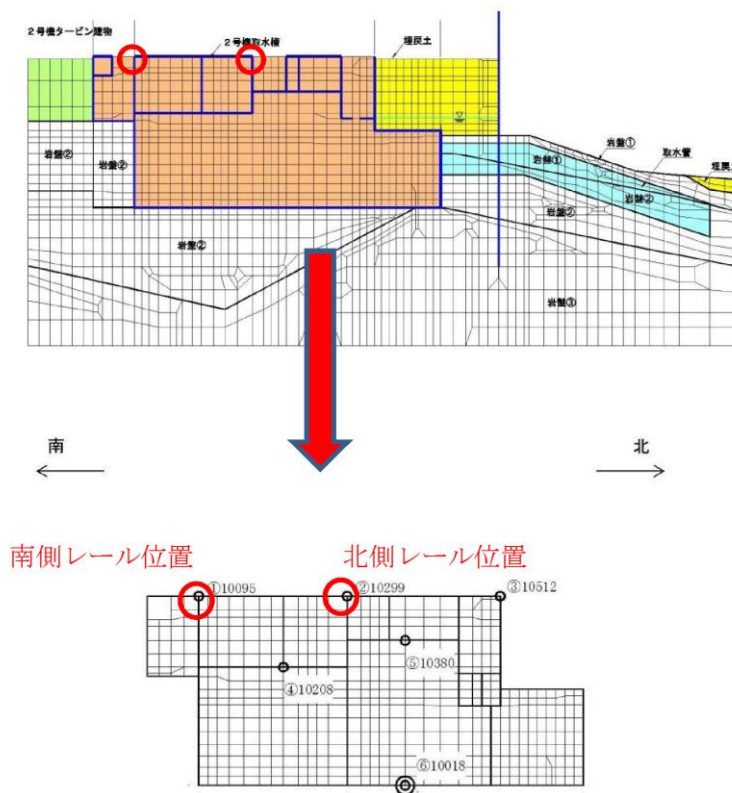
・記載方針の相違
【女川 2】
島根 2号炉では、同様の内容を 4.3 に記載

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
	<p>3.3 入力地震動</p> <p><u>海水ポンプ室門型クレーンの耐震評価に適用する地震動に係る事項を以下に示す。</u></p> <p>(1) <u>適用する地震動について</u></p> <p><u>耐震評価に用いる地震動は、上位クラス施設の設計に適用する基準地震動 S_s とする。本検討では、女川 2 号炉の基準地震動 S_s 相当*による評価結果（暫定値）を示す。</u></p> <p><u>評価に用いる入力地震波は、海水ポンプ室門型クレーン走行レールの設置位置を考慮して海水ポンプ室の最上部の節点 (965, 1921) より求められる応答加速度時刻歴を適用する。海水ポンプ室の地震応答解析モデル図を第 3. 3-1 図に、入力加速度時刻歴波形を第 3. 3-2～5 図に示す。</u></p> <p><u>減衰定数については、既往の研究等によって妥当性が確認され、先行のクレーン類に適用実績のある値として水平、鉛直方向ともに 2. 0%を適用する。</u></p> <p><u>なお、工認段階では、女川 2 号炉の基準地震動 S_s - D1～N1（全 7 波）に対して評価を実施する。また、審査結果を踏まえて設定する海水ポンプ室の地震応答解析モデルの解析結果を適用すると</u></p>	<p>3.2 入力地震動</p> <p><u>取水槽ガントリクレーンの地震応答解析に適用する地震動に係る事項を以下に示す。</u></p> <p>(1) <u>適用する地震動</u></p> <p><u>取水槽ガントリクレーンの地震応答解析に適用する地震動は基準地震動 S_s とし、取水槽ガントリクレーン走行レールの設置位置を考慮して取水槽最上部の節点より求められる応答加速度時刻歴を適用する。取水槽の NS 断面の地震応答解析モデルを第 3-5 図に示す。この解析モデルより求めた基準地震動 S_s - D の NS 方向、鉛直方向の入力加速度時刻歴波形を第 3-6 図、第 3-7 図に、床応答スペクトルを第 3-8 図に示す。なお、地震応答解析においては、南北レール位置の床応答スペクトルがほぼ同等のため、<u>取水槽ガントリクレーンの固有周期における応答加速度が大きい南側レール位置（節点 10095）の加速度時刻歴を用いる。</u></u></p> <p><u>また、取水槽 EW 断面の地震応答解析モデルにより求めた EW 方向の入力加速度時刻歴波形を第 3-9 図に示す。</u></p>	<p>備考</p> <ul style="list-style-type: none"> ・地震動の相違 【女川 2】 女川 2 では、暫定の地震動を使用しているが、島根 2 号炉では、おおむね妥当と認められた基準地震動 S_s を使用する（以下、④の相違） ・記載方針の相違 【女川 2】 島根 2 号炉では、時刻歴波に加え、床応答スペクトルを記載 ・記載方針の相違 【女川 2】 島根 2 号炉では、EW 方向の応答加速度時刻歴も記載 ・記載方針の相違 【女川 2】 島根 2 号炉では同様の内容を 3. 1. 1 に記載 ・地震動の相違 【女川 2】 ④の相違

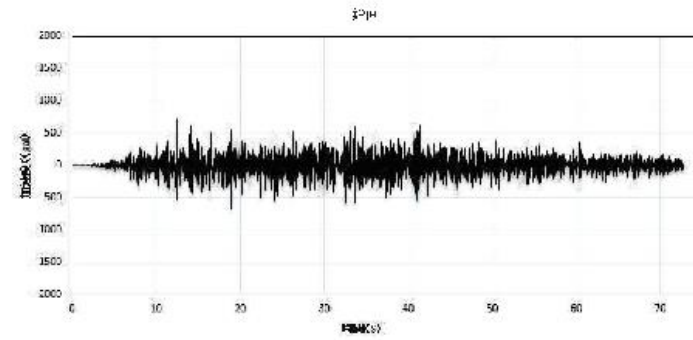
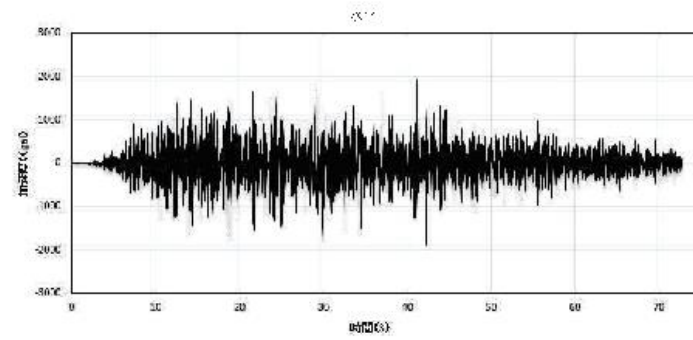
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
	<p>ともに、<u>地盤の不確かさ等の影響についても検討する。</u> <u>*平成 25 年 12 月 27 日申請時の基準地震動 Ss - 1, 2</u></p> <p>(2) <u>地震動の入力方向について</u> <u>水平方向及び鉛直方向の 3 方向同時入力 (X 方向 (トロリ走行方向), Y 方向 (クレーン本体走行方向), Z 方向 (鉛直方向)) により評価を実施する。</u> <u>なお, クレーン本体の走行車輪と走行レールは固定されていないため, 走行方向においては, 各時刻における最大静止摩擦力以上の水平力が加わった場合, クレーン本体は走行レール上を滑る。</u></p> <p>(3) <u>時刻歴応答解析の保守性について</u> <u>床応答スペクトルを適用して評価する設備においては, 地盤物性等の不確かさを考慮して, 評価に用いる床応答スペクトルを±10%拡幅したものをを用いている。このため, 海水ポンプ室門型クレーンの耐震評価に時刻歴応答解析手法を適用するに当たっては, 海水ポンプ室門型クレーン評価への影響が大きい地震動に対し, ASME Boiler and Pressure Vessel Code SECTION III, DIVISION 1-NONMANDATORY APPENDIX N (ARTICLE N-1222.3 Time History Broadening) の規定を参照し, 床応答スペクトルの拡幅分の考慮分として, 時刻歴加速度波を時間軸方向に±10%シフトさせた時刻歴加速度波による解析で評価する。</u> <u>なお, ±10%シフトさせた床応答スペクトルの谷間にクレーンの固有周期が存在する場合は, ASME の規定に基づきピーク位置が固有周期にあたるように考慮した評価も行うなど, 時刻歴応答解析の保守性に配慮した詳細な検討を工認段階で実施する。</u> <u>参考として, 上記 ASME 規格の抜粋, 第 3.3-6 図に Time History Broadening の概念図を示す。</u></p>	<p>(2) <u>地震動の入力方向</u> <u>水平 2 方向及び鉛直方向の 3 方向同時入力 (NS 方向, EW 方向, 鉛直方向) により評価を実施する。</u></p> <p><u>なお, クレーン本体の走行車輪と走行レールは固定されていないため, 走行方向においては, 各時刻における最大静止摩擦力以上の地震慣性力が加わった場合, クレーン本体は走行レール上をすべる。</u></p> <p>(3) <u>地盤物性等の不確かさに対する検討方針</u> <u>スペクトルモーダル解析では, 床応答加速度は地盤物性等の不確かさによる固有周期の変動を考慮して周期方向に±10%拡幅した設計用床応答曲線を用いる。取水槽ガントリクレーンの地震応答解析では, 設計用床応答曲線を用いない時刻歴応答解析を採用するが, 制震装置により取水槽ガントリクレーンに付与される減衰が大きくなるため, 地盤物性等の不確かさによる固有周期の変動の影響は軽微であると考えられる。詳細設計段階において, ASME Boiler and Pressure Vessel Code SECTION III, DIVISION 1-NONMANDATORY APPENDIX N (ARTICLE N-1222.3 Time History Broadening) に規定された手法を踏まえ, 影響を確認する。</u></p> <p><u>Time History Broadening の概念を第 3-10 図に示す。</u></p>	<p>備考</p> <p>・設備構成の相違 【女川 2】 ①の相違</p>



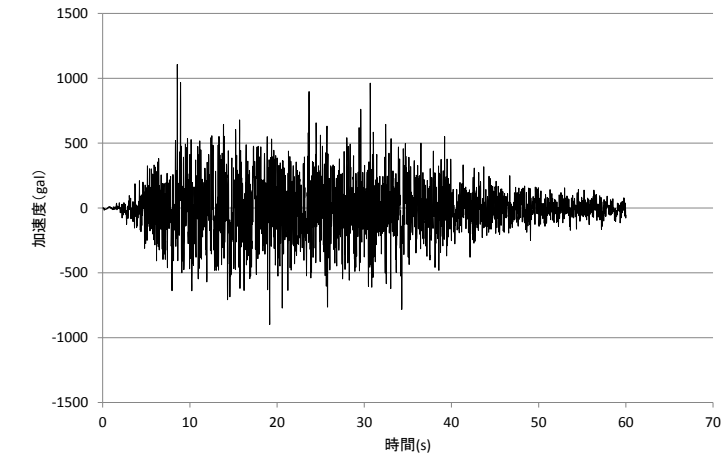
第 3.3-1 図 海水ポンプ室地震応答解析モデル図



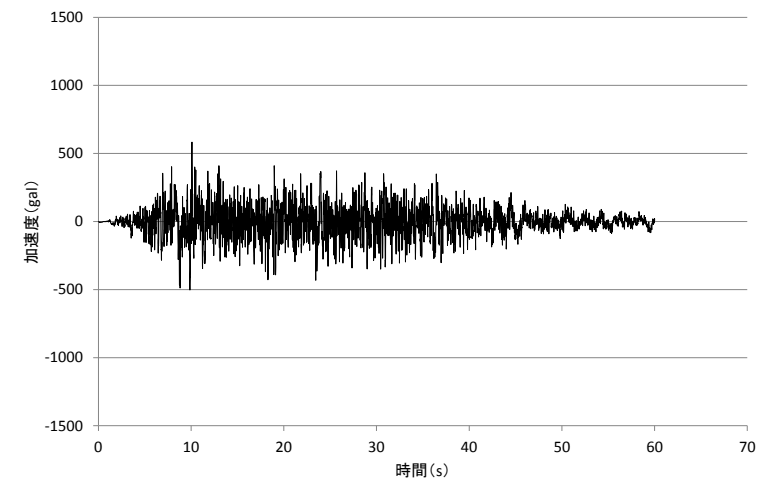
第 3-5 図 取水槽の地震応答解析モデル図 (N.S断面)



第 3.3-2 図 入力加速度時刻歴波形 (S_s-1* 節点 965)
*平成 25 年 12 月 27 日申請時の基準地震動 S_s

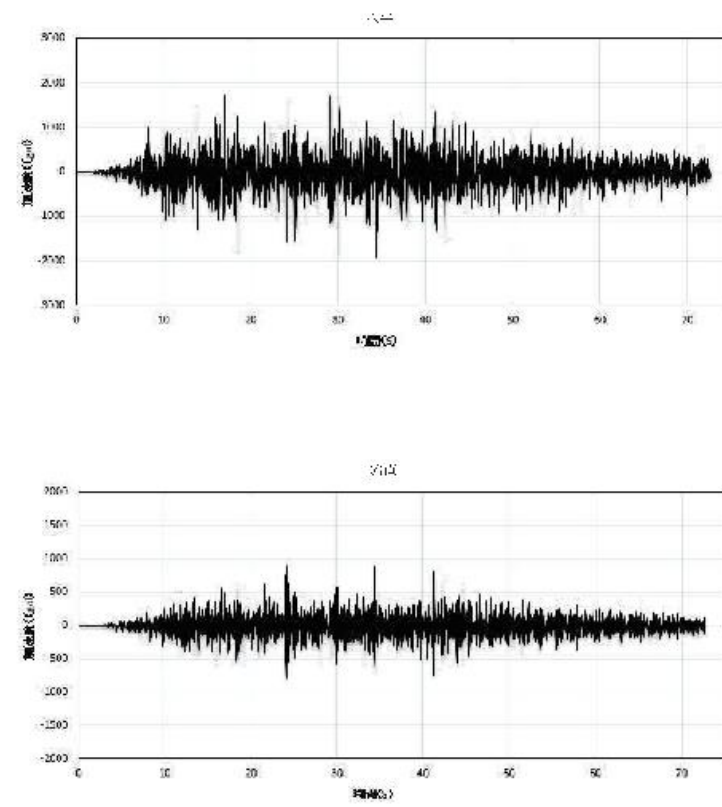


水平方向 (NS)

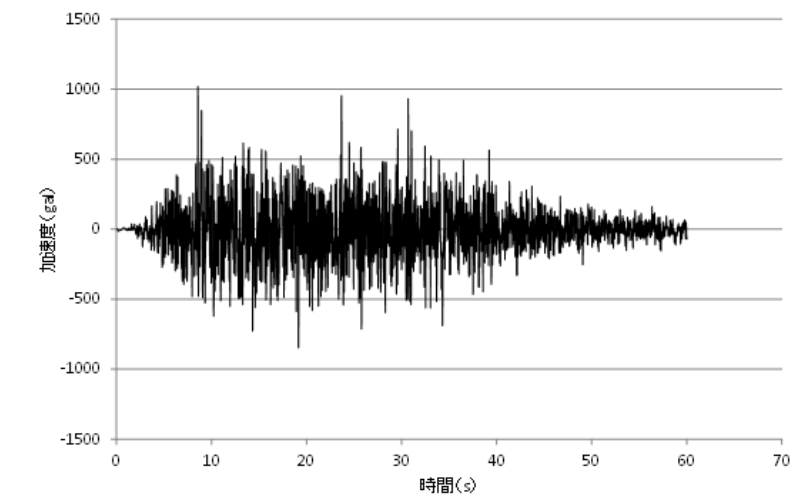


鉛直方向

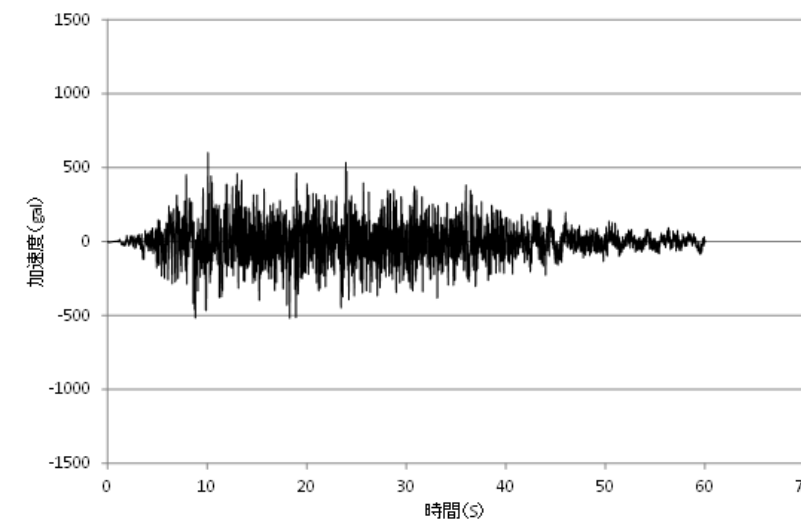
第 3-6 図 入力加速度時刻歴波形
(S_s-D 南側レール位置 (節点 10095))



第 3.3-3 図 入力加速度時刻歴波形 (S_s - 1* 節点 1921)
*平成 25 年 12 月 27 日申請時の基準地震動 S_s



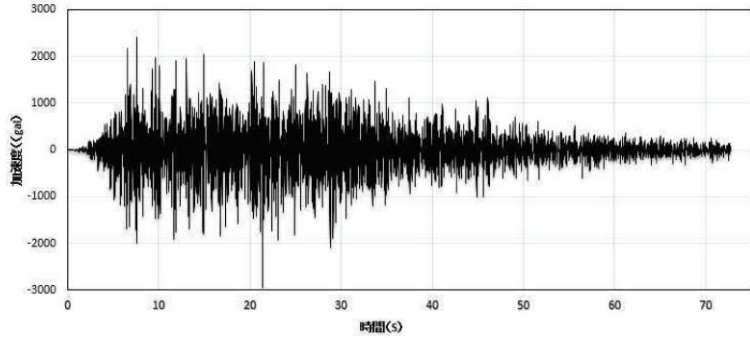
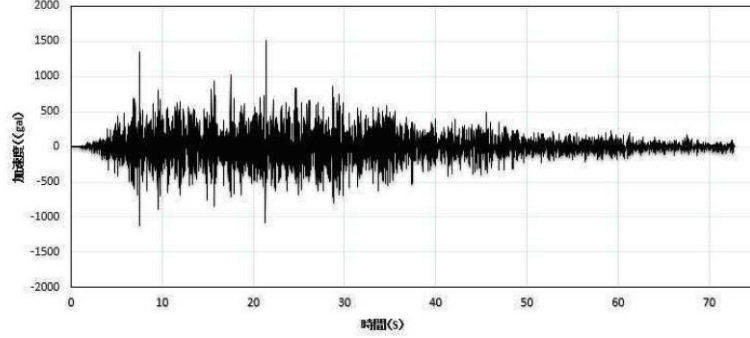
水平方向 (N S)

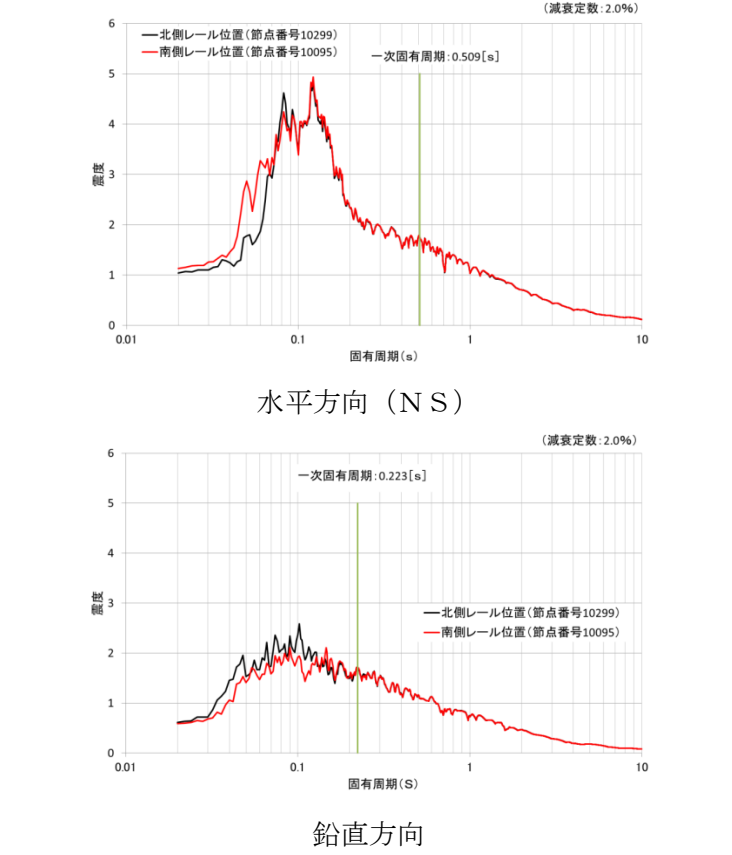
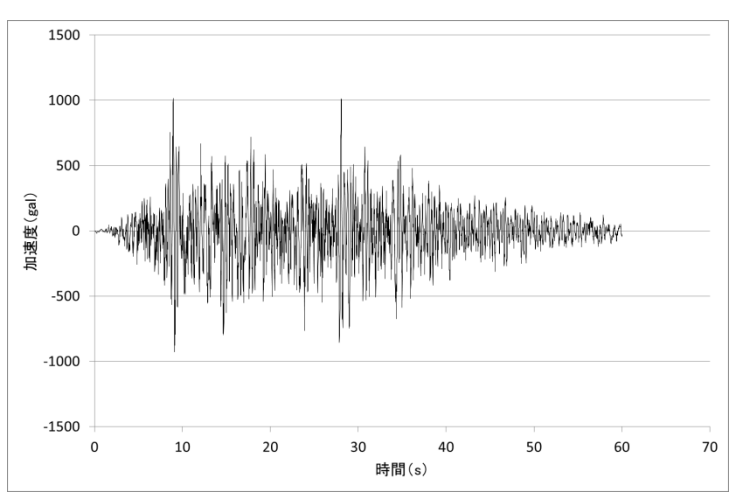


鉛直方向

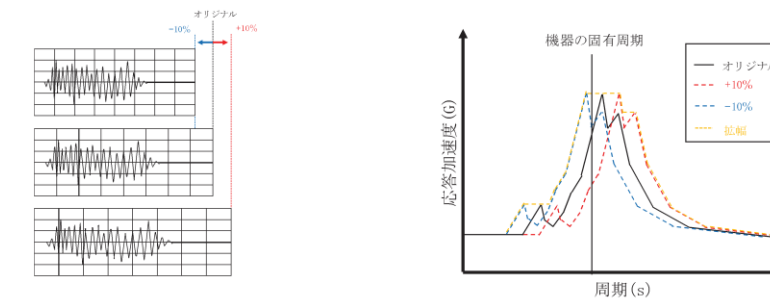
第 3-7 図 入力加速度時刻歴波形
(S_s - D 北側レール位置 (節点 10299))

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
	<div data-bbox="973 262 1662 598" data-label="Figure"> </div> <div data-bbox="973 703 1662 1039" data-label="Figure"> </div> <div data-bbox="979 1060 1662 1144" data-label="Caption"> <p>第 3.3-4 図 入力加速度時刻歴波形 (S_s - 2* 节点 965) *平成 25 年 12 月 27 日申請時の基準地震動 S_s</p> </div>		

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
	<div style="text-align: center;"> <p>水平</p>  <p>鉛直</p>  </div> <p>第 3.3-5 図 入力加速度時刻歴波形 (S_s - 2* 節点 1921)</p> <p>*平成 25 年 12 月 27 日申請時の基準地震動 S_s</p>		

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		 <p>第3-8 図 南北レール位置における床応答スペクトル</p>  <p>第3-9 図 入力加速度時刻歴波形 (S s - D)</p>	<p>備考</p> <ul style="list-style-type: none"> ・記載方針の相違 【女川2】 島根2号炉では, 床応答スペクトルについても記載 ・記載方針の相違 【女川2】 島根2号炉では, EW方向の応答加速度時刻歴も記載

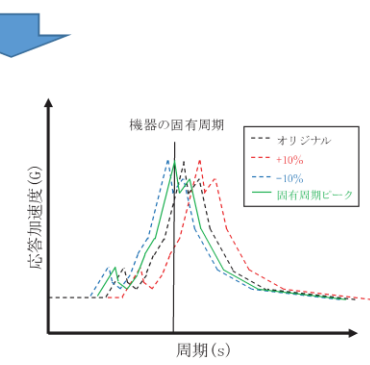
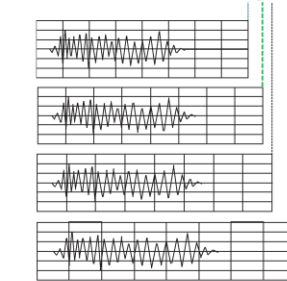
ASME B&PV Code Sec. III Appendix-N 2017 より引用



・オリジナルの時刻歴波に加えて時刻刻みを±10%シフトさせた時刻歴波を作成

・各時刻歴波を床応答スペクトル化

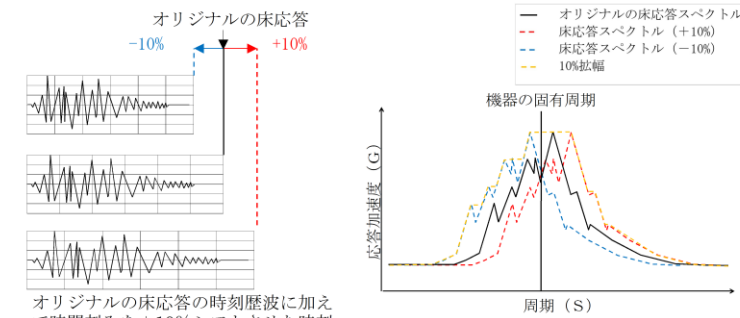
固有周期と合致するよう調整した時刻歴波形



・機器の固有周期が床応答スペクトルピークの谷間に存在する場合、ピークと合うような時刻歴波を作成し、時刻歴応答解析を実施

第3.3-6 図 Time History Broadening 概念図

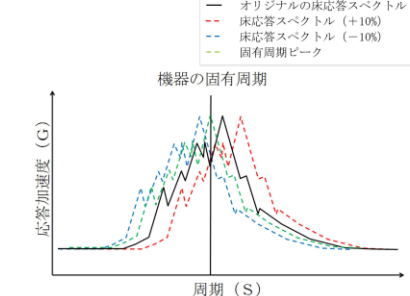
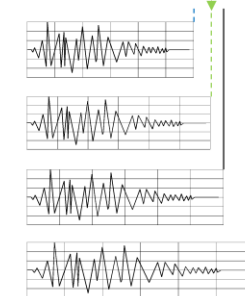
ASME Boiler and Pressure Vessel Code SECTION III, DIVISION1—NONMANDATORY APPENDIX N (ARTICLE N-1222.3 Time History Broadening) より引用



オリジナルの床応答の時刻歴波に加えて時刻刻みを±10%シフトさせた時刻歴波を作成

各時刻歴波を床応答スペクトル化

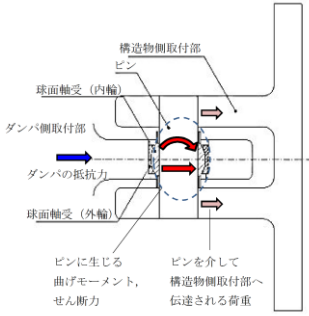
固有周期と合致するよう調整した時刻歴波



機器の固有周期が床応答スペクトルピークの谷間に存在する場合、ピークと合うような時刻歴波を作成し、時刻歴応答解析を実施する。

第3-10 図 Time History Broadening の概念図

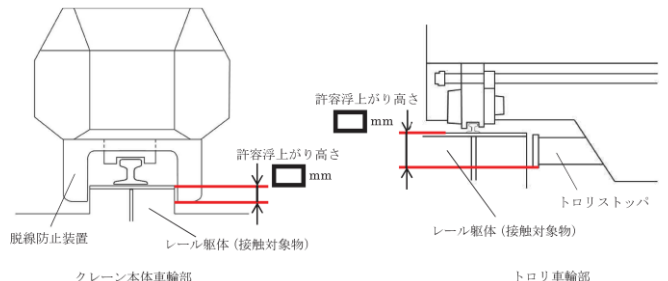
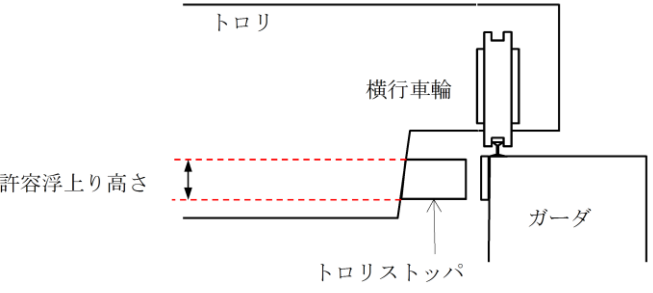
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
	<p>4. 評価方法</p> <p>4.1 評価方針</p> <p><u>海水ポンプ室門型クレーン</u>については、「3. 耐震評価方法」に記載の地震応答解析によって得られた各部位の荷重を用いて<u>公式による応力評価を実施する。</u></p> <p>また、許容限界については JSME S NC1-2005/2007 及び JEAG4601 を参照し、その他の支持構造物の許容応力を適用する。</p> <p>評価に適用する温度条件は、設備の使用環境を考慮して設定する。</p> <p>4.2 荷重の組合せ</p> <p><u>海水ポンプ室門型クレーンの耐震評価にあたっては地震荷重と組み合わせる荷重として以下を考慮する。</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・自重 ・積雪荷重 	<p>4. <u>耐震評価の方法</u></p> <p>4.1 評価方針</p> <p><u>取水槽ガントリクレーン</u>は、「3. 応答解析の方法」に記載の地震応答解析によって得られた各部位の荷重及び浮上り量を用いて評価する。<u>各部位の応力は荷重を用いて公式により計算する。</u></p> <p><u>応力の許容限界</u>については JSME S NC1-2005/2007 及び JEAG4601 を参照し、その他の支持構造物の許容応力を適用する。</p> <p>評価に適用する温度条件は、設備の使用環境を考慮して設定する。<u>また、地震応答解析により算出したトロリの浮上り量、単軸粘性ダンパの変位及び荷重、並びに吊具の荷重がそれぞれの許容限界以下であることを確認する。</u></p> <p>4.2 荷重の組合せ</p> <p><u>取水槽ガントリクレーンの耐震評価にあたっては、地震荷重と組み合わせる荷重として以下を考慮する。</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・自重 ・積雪荷重 <p>4.3 <u>評価対象部位</u></p> <p>取水槽ガントリクレーンの耐震評価は、取水槽ガントリクレーン運転時において本体の損傷、転倒及び吊荷の落下により原子炉補機海水ポンプ等の上位クラス施設が損傷することを防止するため、以下を評価対象部位として選定し、評価を実施する。</p> <p>(1) 取水槽ガントリクレーン本体</p> <p>取水槽ガントリクレーン本体については、ガード、脚、ガード継ぎ、下部脚継ぎの応力評価を実施する。</p> <p>(2) <u>転倒防止装置</u>、走行レール、トロリ</p> <p>クレーンの本体の転倒を防止する転倒防止装置の応力評価を実施する。また、走行車輪からクレーン走行方向と直交する方向の荷重並びに転倒防止装置から上方向の荷重を受ける走行レールの応力評価を実施する。なお、トロリストoppaとホイストレールについては、詳細設計中のため、詳細設計段階において評価を実施する。</p> <p>トロリの落下防止の観点から、トロリの浮上り量を算出し、許容浮上り量と比較する。</p>	<p>備考</p> <p>・設備構成の相違 【女川2】 ①の相違</p> <p>・記載方針の相違 【女川2】 女川2では、同様の内容を3.2に記載</p> <p>・設備構成の相違 【女川2】 ①の相違</p>

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考																																								
	<p>4.3 許容限界</p> <p>海水ポンプ室門型クレーンの各部位の評価に用いる許容応力を第4.3-1表に示す。また、浮上がりの許容限界としてクレーン本体及びトロリの許容浮上がり高さを第4.3-2表に示す。</p> <p>第4.3-1表 許容応力 (その他の支持構造物)</p> <table border="1" data-bbox="961 1570 1694 1728"> <thead> <tr> <th rowspan="3">許容応力状態</th> <th colspan="4">許容応力* (ボルト以外)</th> </tr> <tr> <th colspan="4">一次応力</th> </tr> <tr> <th>引張</th> <th>せん断</th> <th>圧縮</th> <th>曲げ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IV_sS</td> <td>1.5ft</td> <td>1.5fs</td> <td>1.5fc</td> <td>1.5fb</td> </tr> </tbody> </table> <p>* 応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。</p>	許容応力状態	許容応力* (ボルト以外)				一次応力				引張	せん断	圧縮	曲げ	IV _s S	1.5ft	1.5fs	1.5fc	1.5fb	<p>(3) 吊具 吊具については、トロリ主巻のワイヤ及びフックの荷重評価を実施する。なお、ホイストワイヤ及びフックについては詳細設計中のため、詳細設計段階において評価を実施する。</p> <p>(4) <u>単軸粘性ダンパ</u> 単軸粘性ダンパについては、ダンパに生じる最大荷重、最大変位を許容限界と比較する。 また、取付部であるブレースとクレビス部の応力評価を実施する。クレビス部については、断面積が小さくダンパの抵抗力により曲げモーメントとせん断力を受けるピンを評価部位とする(第4-1図)。</p>  <p>第4-1図 クレビス部の荷重伝達</p> <p>4.4 許容限界</p> <p>4.4.1 許容応力 取水槽ガントリクレーンの各部位の評価に用いる許容応力を第4-1表に示す。</p> <p>第4-1表 許容応力 (その他の支持構造物)</p> <table border="1" data-bbox="1762 1560 2481 1707"> <thead> <tr> <th rowspan="3">許容応力状態</th> <th colspan="5">許容応力 (ボルト以外)</th> </tr> <tr> <th colspan="5">一次応力</th> </tr> <tr> <th>引張</th> <th>せん断</th> <th>圧縮</th> <th>曲げ</th> <th>支圧</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IV_AS</td> <td>1.5・f_t[*]</td> <td>1.5・f_c[*]</td> <td>1.5・f_c[*]</td> <td>1.5・f_b[*]</td> <td>1.5・f_p[*]</td> </tr> </tbody> </table> <p>注記：応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。 f_t, f_s, f_c, f_b, f_pは、F値を$F = \min[S_y, 0.7S_u]$として、F値より算出した値 f_t[*], f_s[*], f_c[*], f_b[*], f_p[*]は、上記F値のS_yを1.2S_yと読み替え算出した値 S_y：材料の設計降伏点 S_u：材料の設計引張強さ</p>	許容応力状態	許容応力 (ボルト以外)					一次応力					引張	せん断	圧縮	曲げ	支圧	IV _A S	1.5・f _t [*]	1.5・f _c [*]	1.5・f _c [*]	1.5・f _b [*]	1.5・f _p [*]	<p>・設備構成の相違 【女川2】 ①の相違</p> <p>・設備構成の相違 【女川2】 ①の相違</p> <p>・設備構成の相違 【女川2】 ①の相違</p>
許容応力状態	許容応力* (ボルト以外)																																										
	一次応力																																										
	引張	せん断	圧縮	曲げ																																							
IV _s S	1.5ft	1.5fs	1.5fc	1.5fb																																							
許容応力状態	許容応力 (ボルト以外)																																										
	一次応力																																										
	引張	せん断	圧縮	曲げ	支圧																																						
IV _A S	1.5・f _t [*]	1.5・f _c [*]	1.5・f _c [*]	1.5・f _b [*]	1.5・f _p [*]																																						

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考																																
	<p style="text-align: center;">第 4.3-2 表 許容浮上がり高さ</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2">許容浮上がり高さ (mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>クレーン本体</td> <td style="border: 2px solid black;"></td> </tr> <tr> <td>トロリ</td> <td style="border: 2px solid black;"></td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">* 形状検討中のため暫定値</p> <p>海水ポンプ室門型クレーンの吊具 (ワイヤロープ, 主巻フック) の許容限界は, 建設時に定格荷重に対して設けられた安全率を考慮して設定する。許容荷重を第 4.3-3 表に示す。</p> <p style="text-align: center;">第 4.3-3 表 吊具の許容荷重</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>評価部位</th> <th>定格荷重 (t)</th> <th>安全率</th> <th>許容荷重 (kN)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ワイヤロープ</td> <td>97t (吊荷定格 95t + 主巻フック 2t)</td> <td>6.37</td> <td>6.059×10^3</td> </tr> <tr> <td>主巻フック</td> <td>95t</td> <td>5.55</td> <td>5.170×10^3</td> </tr> </tbody> </table>	許容浮上がり高さ (mm)		クレーン本体		トロリ		評価部位	定格荷重 (t)	安全率	許容荷重 (kN)	ワイヤロープ	97t (吊荷定格 95t + 主巻フック 2t)	6.37	6.059×10^3	主巻フック	95t	5.55	5.170×10^3	<p>4.4.2 許容浮上り量 トロリ (横行車輪) の許容浮上り量を第 4-2 表に示す。</p> <p style="text-align: center;">第 4-2 表 トロリの許容浮上り量</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2">許容浮上り量 (mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>トロリ (横行車輪)</td> <td>150^{注1}</td> </tr> </tbody> </table> <p>注 1 : トロリストップの形状設計中のため暫定値</p> <p>4.4.3 吊具の許容荷重 トロリ主巻のワイヤ及びフックの許容荷重を第 4-3 表に示す。</p> <p style="text-align: center;">第 4-3 表 吊具の許容荷重</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2">許容荷重 (kN)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>主巻ワイヤ</td> <td>4.28×10^3</td> </tr> <tr> <td>主巻フック</td> <td>4.98×10^3</td> </tr> </tbody> </table> <p>4.4.4 単軸粘性ダンパの許容限界 単軸粘性ダンパの許容限界を第 4-4 表に示す。</p> <p style="text-align: center;">第 4-4 表 単軸粘性ダンパの許容限界</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>許容変位</th> <th>許容荷重</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>100mm</td> <td>300kN</td> </tr> </tbody> </table>	許容浮上り量 (mm)		トロリ (横行車輪)	150 ^{注1}	許容荷重 (kN)		主巻ワイヤ	4.28×10^3	主巻フック	4.98×10^3	許容変位	許容荷重	100mm	300kN	<p>備考</p> <p>・設備構成の相違 【女川 2】 ①の相違</p> <p>・設備構成の相違 【女川 2】 ①の相違</p>
許容浮上がり高さ (mm)																																			
クレーン本体																																			
トロリ																																			
評価部位	定格荷重 (t)	安全率	許容荷重 (kN)																																
ワイヤロープ	97t (吊荷定格 95t + 主巻フック 2t)	6.37	6.059×10^3																																
主巻フック	95t	5.55	5.170×10^3																																
許容浮上り量 (mm)																																			
トロリ (横行車輪)	150 ^{注1}																																		
許容荷重 (kN)																																			
主巻ワイヤ	4.28×10^3																																		
主巻フック	4.98×10^3																																		
許容変位	許容荷重																																		
100mm	300kN																																		

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考																												
	<p>(3) 曲げ応力</p> $\sigma_b = \frac{M}{Z}$ $\sigma_b \leq f_b$	<p><u>i : 座屈軸についての断面二次半径</u> <u>Λ : 限界細長比</u></p> $\Lambda = \sqrt{\frac{\pi^2 E}{0.6F}}$ <p><u>F : 材料の設計降伏点, 設計引張強さにより定まる値</u> <u>E : 材料の縦弾性係数</u> <u>ν : 以下の式により計算した値</u></p> $\nu = 1.5 + \frac{2}{3} \left(\frac{\lambda}{\Lambda} \right)^2$ <p><u>b. 圧縮材の細長比が限界細長比を超える場合の場合</u></p> $f_c = 0.277F \left(\frac{\Lambda}{\lambda} \right)^2$ <p><u>λ 及び Λ : a. と同様</u></p> <p><u>許容圧縮応力の算定諸元を第4-5表に示す。</u></p> <p><u>第4-5表 許容圧縮応力の算出諸元</u></p> <table border="1" data-bbox="1774 1150 2466 1507"> <thead> <tr> <th rowspan="2">評価部位</th> <th colspan="3">座屈長さ</th> <th rowspan="2">断面二次半径 選定断面</th> </tr> <tr> <th>対象長さ l</th> <th>回転に対する 条件*</th> <th>座屈長さ l_k</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ブレース</td> <td>ダンパと ブレースの 合計長さ</td> <td>両端自由</td> <td>l</td> <td>ブレース部の 断面</td> </tr> <tr> <td>脚</td> <td>脚長さ</td> <td>1端自由 他端拘束</td> <td>$0.8l$</td> <td>脚断面 (最小断面)</td> </tr> <tr> <td>ガード継ぎ</td> <td>ガード継ぎ長さ</td> <td>両端拘束</td> <td>$0.65l$</td> <td>ガード継ぎ 断面</td> </tr> <tr> <td>脚下部継ぎ</td> <td>脚下部継ぎ長さ</td> <td>両端拘束</td> <td>$0.65l$</td> <td>脚下部継ぎ 断面</td> </tr> </tbody> </table> <p>※移動に対する条件は全て拘束とした。</p> <p>(3) 曲げ応力</p> $\sigma_b = \frac{M}{Z}$ $\sigma_b \leq f_b$ <p>M : 部材に発生する曲げモーメント Z : 曲げモーメントが作用する断面の断面係数</p>	評価部位	座屈長さ			断面二次半径 選定断面	対象長さ l	回転に対する 条件*	座屈長さ l_k	ブレース	ダンパと ブレースの 合計長さ	両端自由	l	ブレース部の 断面	脚	脚長さ	1端自由 他端拘束	$0.8l$	脚断面 (最小断面)	ガード継ぎ	ガード継ぎ長さ	両端拘束	$0.65l$	ガード継ぎ 断面	脚下部継ぎ	脚下部継ぎ長さ	両端拘束	$0.65l$	脚下部継ぎ 断面	
評価部位	座屈長さ			断面二次半径 選定断面																											
	対象長さ l	回転に対する 条件*	座屈長さ l_k																												
ブレース	ダンパと ブレースの 合計長さ	両端自由	l	ブレース部の 断面																											
脚	脚長さ	1端自由 他端拘束	$0.8l$	脚断面 (最小断面)																											
ガード継ぎ	ガード継ぎ長さ	両端拘束	$0.65l$	ガード継ぎ 断面																											
脚下部継ぎ	脚下部継ぎ長さ	両端拘束	$0.65l$	脚下部継ぎ 断面																											

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
	<p>M : 部材に発生する曲げモーメント Z : 曲げモーメントが作用する断面の断面係数 σ_b : 部材に発生する曲げ応力 f_b : 部材の許容曲げ応力</p> <p>(4) せん断応力</p> $\tau = \frac{Q}{A_s}$ $\tau \leq f_s$ <p>Q : 部材に発生するせん断荷重 A_s : せん断荷重が作用する断面積 τ : 部材に発生するせん断応力 f_s : 部材の許容せん断応力</p> <p>(5) 組合せ応力</p> <p>引張応力と曲げ応力の組合せ応力</p> $\frac{\sigma_t}{1.5f_t} + \frac{\sigma_b}{1.5f_t} \leq 1$ <p>圧縮応力と曲げ応力の組合せ応力</p> $\frac{\sigma_c}{1.5f_c} + \frac{\sigma_b}{1.5f_t} \leq 1$ <p>垂直応力とせん断応力の組合せ応力</p> $\sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \sigma_y + 3\tau_{xy}^2} \leq f_t$ <p>σ_x, σ_y : 互いに直交する垂直応力 τ_{xy} : σ_x, σ_yの作用する面内のせん断応力</p> <p>(6) 支圧応力</p>	<p>σ_b : 部材に発生する曲げ応力 f_b : 部材の許容曲げ応力 $(=1.5 \cdot f_b^*)$</p> <p>(4) せん断応力</p> $\tau = \frac{Q}{A_s}$ $\tau \leq f_s$ <p>Q : 部材に発生するせん断荷重 A_s : せん断荷重が作用する断面積 τ : 部材に発生するせん断応力 f_s : 部材の許容せん断応力 $(=1.5 \cdot f_s^*)$</p> <p>(5) 組合せ応力</p> <p>引張応力と曲げ応力の組合せ応力</p> $\frac{\sigma_t + \sigma_b}{f_t} \leq 1$ <p>圧縮応力と曲げ応力の組合せ応力</p> $\frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{\sigma_b}{f_b} \leq 1$ <p>垂直応力とせん断応力の組合せ応力</p> $\sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \sigma_y + 3\tau_{xy}^2} \leq f_t$ <p>σ_x, σ_y : 互いに直交する垂直応力 τ_{xy} : σ_x, σ_yの作用する面内のせん断応力</p> <p>(6) 支圧応力</p> $\sigma_p = \frac{F_p}{A_p}$ $\sigma_p \leq f_p$ <p>F_p : 部材に発生する支圧荷重</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
	<p> $\sigma_p = \frac{F_p}{A_p}$ $\sigma_p \leq f_p$ </p> <p> F_p: 部材に発生する支圧荷重 A_p: 支圧荷重が作用する断面積 σ_p: 部材に発生する支圧応力 f_p: 部材の許容支圧応力 </p> <p> 4.4.2 脱線防止装置及びトロリストoppaの浮上がり評価方法 クレーン本体車輪部及びトロリ車輪部には、地震によって浮上がりが発生した場合でも脱線しないように、脱線防止装置もしくはトロリストoppaが取り付けられており、レール直交方向への移動、脱線を防止する構造となっている。 浮上がりの評価では、クレーン本体及びトロリそれぞれが脱線しないことを確認するため、地震応答解析結果によって算出された各車輪部の浮上がり量が許容浮上がり高さ（脱線防止装置もしくはトロリストoppaと接触する対象物との鉛直方向の重なり高さ）を上回らないことを確認する。 許容浮上がり高さの概念図を第4.4-1 図に示す。 </p>  <p style="text-align: center;">第4.4-1 図 許容浮上がり高さ概念図</p> <p> 4.4.3 吊具の荷重評価方法 吊具の荷重評価では地震応答解析によって得られる吊具部分の最大荷重が許容荷重を上回らないことを確認する。 ワイヤロープに作用する荷重は、ロープに取り付けられたエコライザ（平衡装置）とロープシーブ（滑車）の回転により、自動的に荷重を釣り合い状態に保つため、12 本掛けのワイヤロープに均等に荷重が作用するものとして評価する。 </p>	<p> A_p: 支圧荷重が作用する断面積 σ_p: 部材に発生する支圧応力 f_p: 部材の許容支圧応力 ($=1.5 \cdot f_p^*$) </p> <p> 4.5.2 トロリの浮上り評価方法 トロリに浮上りが生じて落下しないことを評価するため、地震応答解析にて算出したトロリの浮上がり量が許容浮上がり量以下であることを確認する。許容浮上がり量の概念図を第4-2 図に示す。 </p>  <p style="text-align: center;">第4-2 図 許容浮上り量の概念図</p> <p> 4.5.3 吊具の荷重評価方法 吊具の荷重評価では、地震応答解析によって得られる吊具部分の最大荷重が許容荷重以下であることを確認する。 主巻のワイヤロープに作用する荷重は、ロープに取り付けられたエコライザシーブ（平衡装置）とクラブシーブ（滑車）の回転により自動的に荷重を釣り合い状態に保つため、12 本掛けのワイヤロープに均等に荷重が作用するものとして評価する。ホイストのワイヤロープについても同様に評価する。 </p>	<p>備考</p> <p>・設備構成の相違</p> <p>【女川2】</p> <p>①の相違</p>

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考								
	<p>ワイヤロープは長さを長く設定すると固有周期が大きくなり、短く設定すると固有周期が小さくなるという特徴を踏まえ、地震応答との関係から、吊具に対して応答が厳しくなる最大吊り上げ時のワイヤロープ長さ(ワイヤロープ短)での地震応答解析結果を用いて荷重評価を実施する。</p> <p>5. 評価結果</p> <p>海水ポンプ室門型クレーンの耐震評価結果を第5-1表に示す。女川2号炉の基準地震動S_s相当*に対して各部材の発生応力が許容応力を下回ること、浮上がり高さが許容浮上がり高さを下回ること及び吊具の発生荷重が許容荷重を下回ることを確認した。</p>	<p>ワイヤロープは長さを長く設定すると固有周期が大きくなり、短く設定すると固有周期が小さくなるという特徴を踏まえ、地震応答との関係から、吊具に対して応答が厳しくなる最大吊り上げ時のワイヤロープ長さでの地震応答解析結果を用いて荷重評価を実施する。</p> <p>4.5.4 単軸粘性ダンパの変位及び荷重評価方法 単軸粘性ダンパの変位及び荷重評価は、地震応答解析によって得られる最大変位及び最大荷重が許容限界以下であることを確認する。</p> <p>5. 評価条件・評価結果 5.1 評価条件 地震応答解析の条件を第5-1表に示す。入力地震波として、取水槽ガントリクレーンの固有振動数において床応答加速度の大きい基準地震動S_s-Dを用い、解析ケースは吊荷荷重が最大となる第3-1表のケース2とした。また、ダンパ性能のばらつきとして±20%を考慮し、ダンパ性能標準、+20%、-20%の3ケースを実施した。</p> <p style="text-align: center;">第5-1表 応答解析の条件</p> <table border="1" data-bbox="1774 1262 2475 1472"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>内容</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>入力地震波</td> <td>基準地震動S_s-D</td> </tr> <tr> <td>取水槽ガントリクレーンの解析ケース</td> <td>トロリ位置中央 吊荷あり (50t) ホイスト待機位置 吊荷なし (第3-1表のケース2)</td> </tr> <tr> <td>ダンパ性能</td> <td>ダンパ性能標準、±20% (3ケース)</td> </tr> </tbody> </table> <p>5.2 評価結果 固有値解析の結果を第5-2表に、振動モードを第5-1図に示す。なお、固有値解析は、単軸粘性ダンパを初期剛性と等しいばねに置き換えて実施した。</p> <p>耐震評価の結果を第5-3表に示す。各評価部位の発生値が許容限界を下回っていることから、取水槽ガントリクレーンは、島根2号炉の基準地震動S_sに対して損傷・落下せず上位クラス施設へ波及的影響を及ぼさないことの見通しを得た。</p>	項目	内容	入力地震波	基準地震動 S_s-D	取水槽ガントリクレーンの解析ケース	トロリ位置中央 吊荷あり (50t) ホイスト待機位置 吊荷なし (第3-1表のケース2)	ダンパ性能	ダンパ性能標準、±20% (3ケース)	<p>備考</p> <ul style="list-style-type: none"> ・設備構成の相違 【女川2】 ①の相違 ・記載方針の相違 【女川2】 ②の相違 ・記載方針の相違 【女川2】 ②の相違 ・記載方針の相違 【女川2】 女川2は、固有値解析の結果の記載なし
項目	内容										
入力地震波	基準地震動 S_s-D										
取水槽ガントリクレーンの解析ケース	トロリ位置中央 吊荷あり (50t) ホイスト待機位置 吊荷なし (第3-1表のケース2)										
ダンパ性能	ダンパ性能標準、±20% (3ケース)										

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017.12.20版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020.2.7版)	島根原子力発電所 2号炉	備考				
	<p>なお、<u>揺脚とガーダ接続部の揺動可能な構造（ピン結合でモデル化）によって、クレーン全体が倒壊するなどの不安定な挙動を示していないことを確認した。</u></p> <p>以上より、<u>海水ポンプ室門型クレーンは、女川2号炉の基準地震動 Ss に対して損傷・落下せず上位クラス施設へ波及的影響を及ぼさないことの見通しを得た。</u></p> <p>今後は工認段階で、<u>基準地震動 Ss - D1~N1（全7波）に対する耐震評価を実施して、地震による波及的影響を及ぼさないことを説明する。評価の際には、審査結果を踏まえて設定する海水ポンプ室の地震応答解析モデルによる解析結果を適用するとともに、地盤の不確かさ等についても検討する。また、時刻歴応答解析の保守性に配慮した詳細な検討を行う。</u></p> <p>* <u>平成25年12月27日申請時の基準地震動 Ss - 1, 2</u></p>	<p>なお脚において<u>裕度が比較的小さい部位が存在するが、当該部位は断面の補強を計画しており、詳細設計を反映して、追加の補強を検討する。裕度が小さい脚下部の補強について、第5-2図に示す。</u></p> <p>詳細設計段階においては、<u>第3-1表の全てのケースについて、基準地震動 S_s の5波に対する耐震評価を実施して、地震による波及的影響を及ぼさないことを確認する。評価の際には、地盤の不確かさも考慮し、時刻歴応答解析の保守性に配慮した詳細な検討を行う。</u></p> <p>第5-2表 取水槽ガントリクレーンの一次固有周期</p> <table border="1" data-bbox="1789 1297 2475 1394"> <thead> <tr> <th>水平方向</th> <th>鉛直方向</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.509s (1.97Hz)</td> <td>0.223s (4.48Hz)</td> </tr> </tbody> </table> <div data-bbox="1762 1415 2487 1755" style="border: 1px solid black; height: 160px; width: 100%;"></div> <p>水平一次モード 鉛直一次モード</p> <p>第5-1図 振動モード図</p>	水平方向	鉛直方向	0.509s (1.97Hz)	0.223s (4.48Hz)	<ul style="list-style-type: none"> ・設備構成の相違【女川2】 ③の相違 ・記載方針の相違【女川2】 島根2号炉では裕度が小さい部位を記載 ・地震動の相違【女川2】 ④の相違 ・地震動の相違【女川2】 ④の相違 ・記載方針の相違【女川2】 女川2は、固有周期の記載なし ・記載方針の相違【女川2】
水平方向	鉛直方向						
0.509s (1.97Hz)	0.223s (4.48Hz)						

女川2は、振動モード図の記載なし

第5-1表 海水ポンプ室門型クレーンの耐震評価結果*

評価部位		評価項目	発生値	許容限界
クレーン 本体	ガーダ	曲げ	238 (MPa)	276 (MPa)
		せん断	47 (MPa)	159 (MPa)
	剛脚	引張	7 (MPa)	276 (MPa)
		圧縮	81 (MPa)	259 (MPa)
		曲げ	172 (MPa)	276 (MPa)
		組合せ	0.72 (-)	1 (-)
	揺脚	引張	9 (MPa)	276 (MPa)
		圧縮	109 (MPa)	207 (MPa)
		曲げ	139 (MPa)	276 (MPa)
		組合せ	0.82 (-)	1 (-)
	下部連結材 (剛脚側)	引張	20 (MPa)	276 (MPa)
		圧縮	12 (MPa)	246 (MPa)
		曲げ	151 (MPa)	276 (MPa)
		組合せ	0.59 (-)	1 (-)
	下部連結材 (揺脚側)	引張	19 (MPa)	276 (MPa)
		圧縮	10 (MPa)	242 (MPa)
曲げ		141 (MPa)	276 (MPa)	
組合せ		0.52 (-)	1 (-)	
車輪部	脱線防止装置	曲げ	218 (MPa)	336 (MPa)
		せん断	8 (MPa)	194 (MPa)
	トロリストッパ	圧縮	37 (MPa)	276 (MPa)
クレーン本体		浮上がり	12 (mm)	
トロリ		浮上がり	22 (mm)	
吊具	ワイヤロープ	荷重	3.276×10 ³ (kN)	6.059×10 ³ (kN)
	主巻フック	荷重	3.209×10 ³ (kN)	5.170×10 ³ (kN)

* 平成25年12月27日申請時の基準地震動 Ss - 1, 2による暫定評価

第5-3表 取水槽ガントリクレーンの耐震評価結果

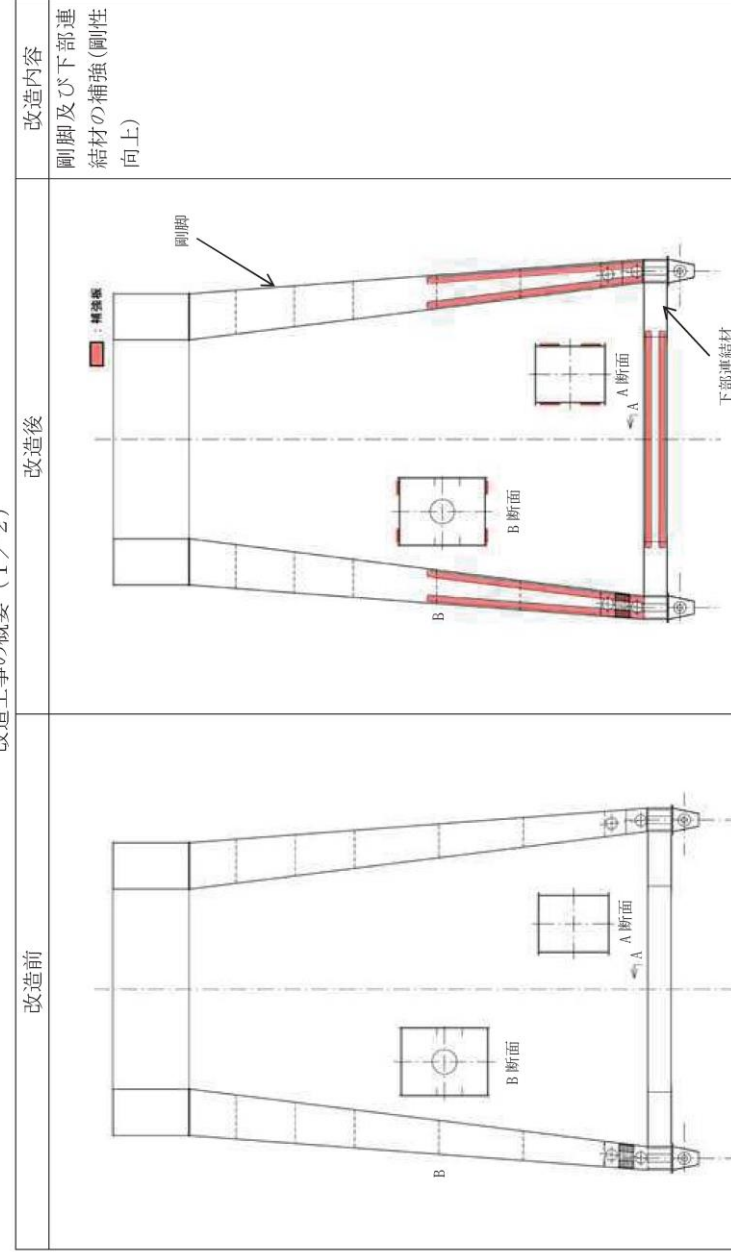
評価部位		評価項目	発生値	許容限界	
取水槽ガ ントリク レーン本 体	ガーダ	曲げ応力	111 (MPa)	280 (MPa)	
		せん断応力	29 (MPa)	161 (MPa)	
	脚	引張応力	4 (MPa)	280 (MPa)	
		圧縮応力	43 (MPa)	226 (MPa) *	
		曲げ応力	214 (MPa)	280 (MPa)	
		せん断応力	61 (MPa)	161 (MPa)	
		組合せ応力 (垂直+せん断)	253 (MPa)	280 (MPa)	
		組合せ応力 (曲げ+圧縮)	0.93 (-)	1 (-)	
		引張応力	4 (MPa)	280 (MPa)	
	ガーダ継ぎ	圧縮応力	5 (MPa)	279 (MPa) *	
		曲げ応力	101 (MPa)	280 (MPa)	
		組合せ応力 (曲げ+圧縮)	0.36 (-)	1 (-)	
	脚下部継ぎ	引張応力	11 (MPa)	280 (MPa)	
		圧縮応力	22 (MPa)	263 (MPa) *	
		曲げ応力	219 (MPa)	280 (MPa)	
		せん断応力	36 (MPa)	161 (MPa)	
		組合せ応力 (垂直+せん断)	229 (MPa)	280 (MPa)	
		組合せ応力 (曲げ+圧縮)	0.81 (-)	1 (-)	
	転倒防止装置		組合せ応力	70 (MPa)	357 (MPa)
	走行レール		組合せ応力	360 (MPa)	546 (MPa)
	トロリ		浮上り	2.8 (mm)	150 (mm)
	吊具	ワイヤロープ	荷重	1.35×10 ³ (kN)	4.28×10 ³ (kN)
		主巻フック	荷重	1.35×10 ³ (kN)	4.98×10 ³ (kN)
	単軸粘性 ダンバ	本体	変位	41 (mm)	100 (mm)
荷重			261 (kN)	300 (kN)	
ブレース		圧縮応力	18 (MPa)	74 (MPa) *	
クレビス部 (ピン)		曲げ応力	264 (MPa)	651 (MPa)	
		せん断応力	93 (MPa)	375 (MPa)	
	組合せ応力 (垂直+せん断)	309 (MPa)	651 (MPa)		

※座屈評価

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<div data-bbox="1745 262 2504 907" style="border: 2px solid black; width: 100%; height: 100%;"></div> <p data-bbox="1863 926 2377 957" style="text-align: center;">第5-2 図 裕度が小さい脚下部の補強計画</p>	<p data-bbox="2534 926 2813 1094"> ・記載方針の相違 【女川2】 島根2号炉では裕度が小さい部位を記載 </p>

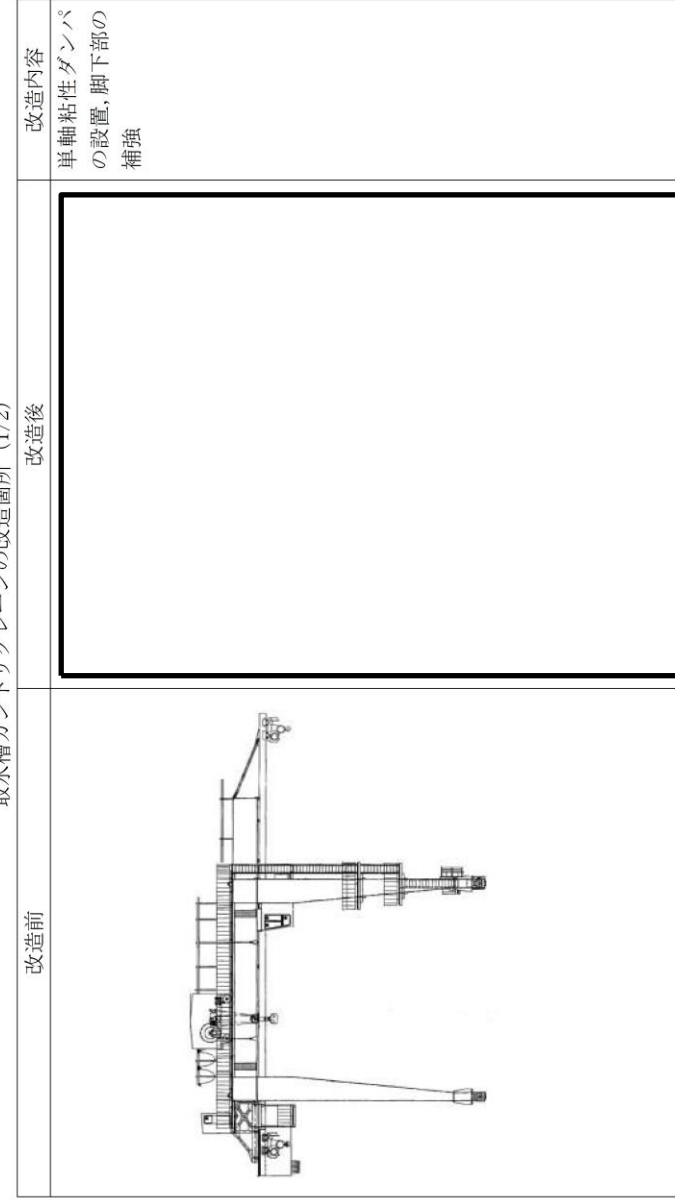
添付資料1

改造工事の概要 (1 / 2)

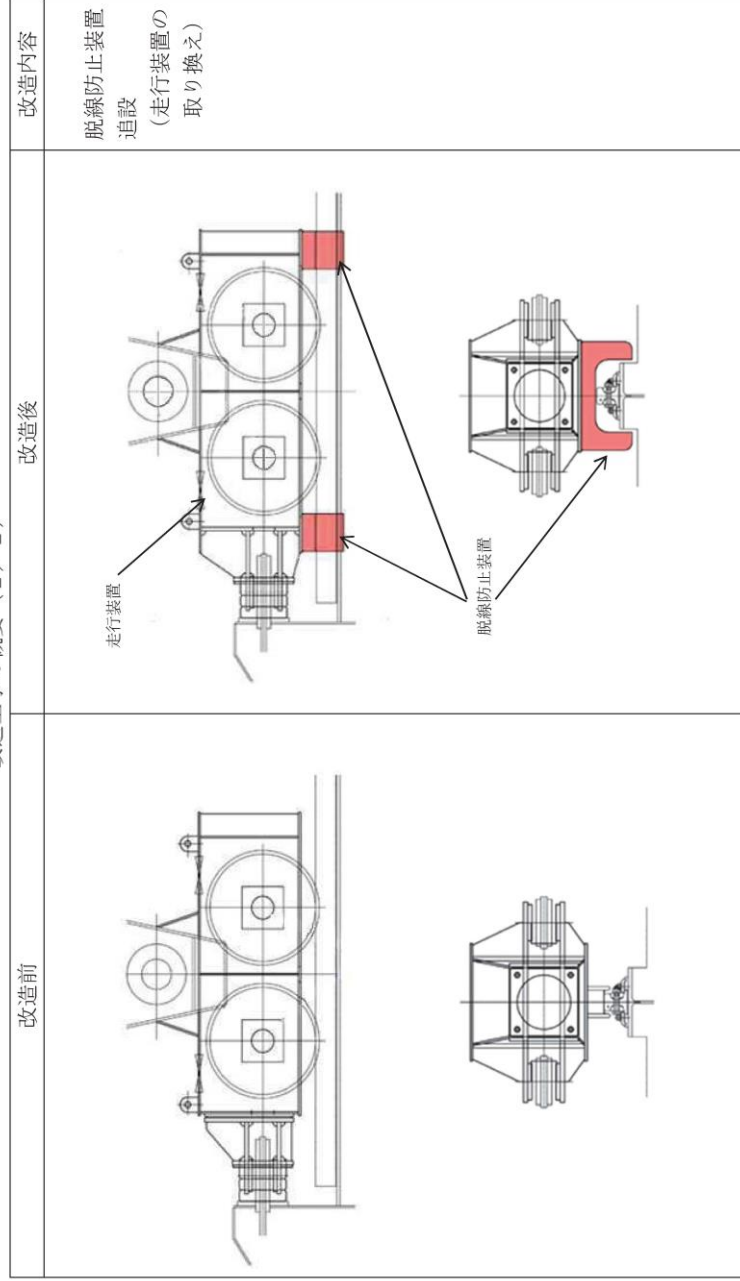


添付資料(2-1) 取水槽ガントリクレーンの改造箇所

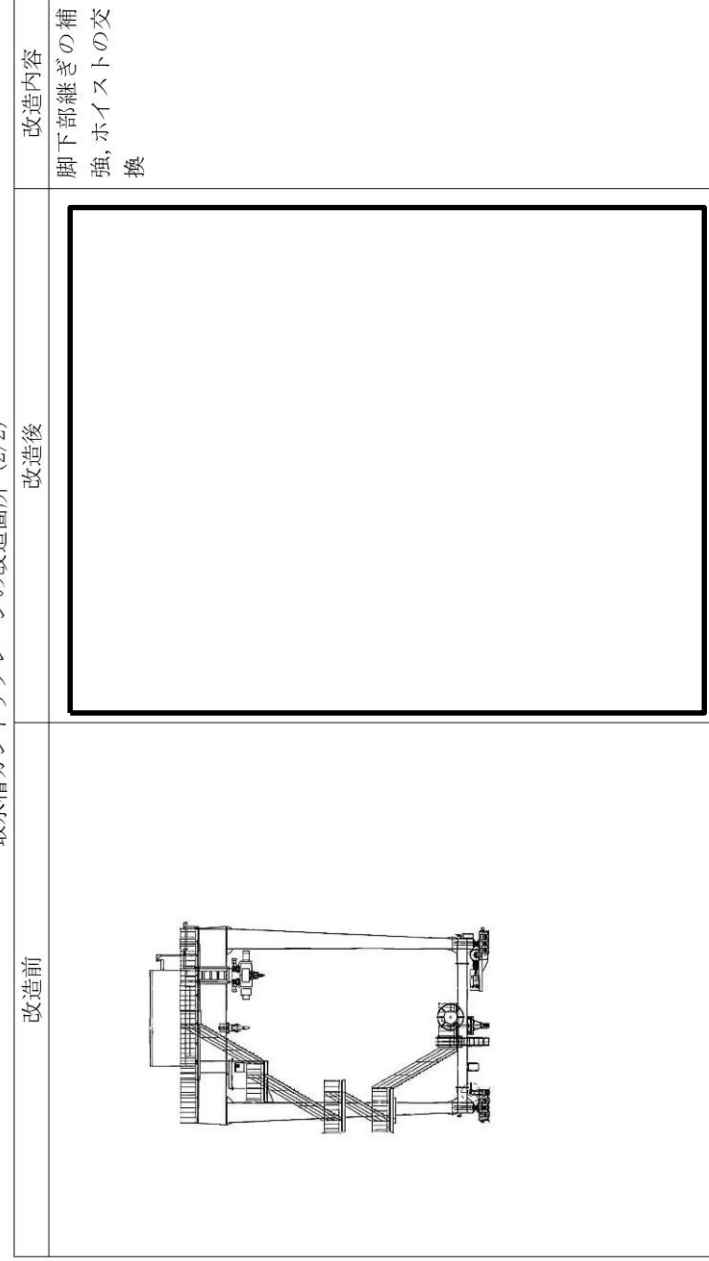
取水槽ガントリクレーンの改造箇所 (1/2)



改造工事の概要 (2 / 2)



取水槽ガントリクレーンの改造箇所 (2/2)



柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考																										
	<p style="text-align: right;">添付資料2</p> <p style="text-align: center;">評価ケース選定の考え方について</p> <p>海水ポンプ室門型クレーンの耐震評価においては、トロリ位置、吊荷有無及びワイヤロープ長さによって地震時の挙動が変化する可能性があるため、添付2-1表に示す12通りの評価ケースについて、評価の要否を検討した。</p> <p>ワイヤロープ短の場合は吊荷定格質量（約100t）がガーダの振動と一体化（ガーダ及び吊荷固有振動数*：2.9Hz）して付加質量として働き、ガーダの振動質量が約160tとなるのに対し、ワイヤロープ長の場合はガーダの振動モードと吊荷振動モードが別々に現れ（ガーダ側固有振動数*：5.5Hz、吊荷側固有振動数*：1.5Hz）、ガーダの振動質量は約60tとなるため、ワイヤロープ短の方が保守的な設定となる。</p> <p>したがって、今回の評価対象はワイヤロープ短の場合の6ケースとし、ワイヤロープ長の場合の評価ケースについては評価対象外とした。</p> <p>* 固有振動数はトロリ位置中央のケース</p> <p style="text-align: center;">添付2-1表 海水ポンプ室門型クレーンの耐震評価ケース</p> <table border="1" data-bbox="958 1157 1685 1549"> <thead> <tr> <th colspan="2" rowspan="2"></th> <th colspan="2">ワイヤロープ短</th> <th colspan="2">ワイヤロープ長</th> </tr> <tr> <th>吊荷有</th> <th>吊荷無</th> <th>吊荷有</th> <th>吊荷無</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3" style="writing-mode: vertical-rl; text-orientation: upright;">トロリ位置</td> <td>剛脚側</td> <td style="text-align: center;">○</td> <td style="text-align: center;">○</td> <td style="text-align: center;">—</td> <td style="text-align: center;">—</td> </tr> <tr> <td>揺脚側</td> <td style="text-align: center;">○</td> <td style="text-align: center;">○</td> <td style="text-align: center;">—</td> <td style="text-align: center;">—</td> </tr> <tr> <td>中央</td> <td style="text-align: center;">○</td> <td style="text-align: center;">○</td> <td style="text-align: center;">—</td> <td style="text-align: center;">—</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">○：評価対象，—：評価対象外</p>			ワイヤロープ短		ワイヤロープ長		吊荷有	吊荷無	吊荷有	吊荷無	トロリ位置	剛脚側	○	○	—	—	揺脚側	○	○	—	—	中央	○	○	—	—		<p>・記載方針の相違 【女川2】 島根2号炉では、同様の内容を添付資料(2-3)に記載</p> <p>・記載方針の相違 【女川2】 島根2号炉では、同様の内容を第3-1添表に記載</p>
				ワイヤロープ短		ワイヤロープ長																							
		吊荷有	吊荷無	吊荷有	吊荷無																								
トロリ位置	剛脚側	○	○	—	—																								
	揺脚側	○	○	—	—																								
	中央	○	○	—	—																								

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
	<p style="text-align: right;">添付資料 3</p> <p><u>海水ポンプ室門型クレーンへの非線形時刻歴解析の適用性</u></p> <p>1. 概要</p> <p><u>女川2号炉海水ポンプ室門型クレーン（以下「門型クレーン」という。）が上位クラス施設へ波及的影響を及ぼさないことを確認するため、基準地震動 Ss に対して十分な構造強度を有することを確認する必要がある。構造図を添付 3-1 図に示す。</u></p> <p><u>門型クレーンがレール上に固定されていないという構造上の特徴を踏まえ、水平方向へのすべりと鉛直方向の車輪部の浮上りを考慮した解析モデルによる非線形時刻歴解析を適用する。解析モデル概要図を添付 3-2 図に示す。</u></p> <div data-bbox="952 1188 1688 1507" data-label="Image"> <p>This diagram shows the structural details of a door-type crane in a seawater pump room. It includes a side view on the left and a top-down view on the right, illustrating the crane's frame, wheels, and lifting mechanism.</p> </div> <p style="text-align: center;">添付 3-1 図 海水ポンプ室門型クレーン構造図</p>	<p>添付資料(2-2) <u>取水槽ガントリクレーンへの非線形時刻歴応答解析の適用性</u></p> <p>1. 概要</p> <p><u>取水槽ガントリクレーンの耐震評価にあたっては、当該クレーンがレール上に固定されていないという構造上の特徴を踏まえ、水平方向へのすべりと鉛直方向の車輪部の浮上りを考慮した解析モデルによる非線形時刻歴応答解析を適用する。構造図を第 2-1 添図に、解析モデルの概要を第 2-2 添図に示す。</u></p> <p><u>本資料では、先行審査実績のあるクレーン類と構造、評価方法等の比較を行い、取水槽ガントリクレーンへの非線形時刻歴応答解析の適用性を示す。</u></p> <div data-bbox="1739 999 2496 1541" data-label="Image"> <p>This diagram shows the structural details of a gantry crane in a water tank. It is a top-down view showing the horizontal beam, vertical supports, and the crane's travel mechanism along the rails.</p> </div> <p style="text-align: center;">第 2-1 添図 取水槽ガントリクレーン構造図</p>	

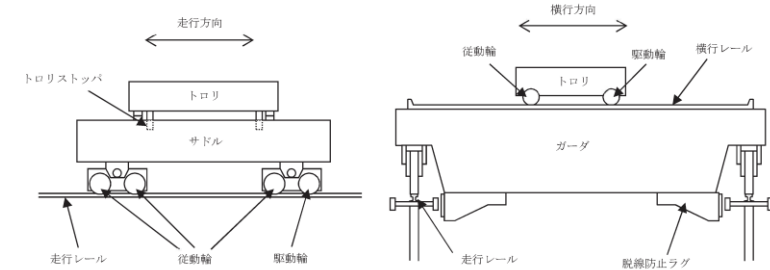
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
	<div data-bbox="1080 226 1567 646" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="961 659 1694 695">添付 3-2 図 非線形時刻歴応答解析に用いる解析モデル概要図</p> <p data-bbox="943 884 1715 1094">2. 先行実績(大間1号炉原子炉建屋クレーン)との構造比較 門型クレーンに非線形時刻歴解析を適用するにあたって、先行実績として大間1号炉原子炉建屋クレーン(以下「原子炉建屋クレーン」という。)で適用実績があるため、それぞれの構造や特徴を比較し、適用性について確認する。</p> <p data-bbox="943 1289 1210 1360">2.1 全体構造について (1) 構造概要 原子炉建屋クレーンは、トロリ式天井クレーンに分類されるものであり、2本のレール上を走行する方式である。走行レール間はガーダと呼ばれる部材が渡された桁構造で、ガーダ下部に設けられている車輪を介して走行レール上に設置されている。また、ガーダ上部には横行レールとトロリが設置され、吊荷の吊上げ、吊下げ及び移動が行われる。 門型クレーンは、トロリ式橋型クレーンに分類されるものであり、2本のレール上を走行する方式である。走行レール間はトロリ式天井クレーンと同様にガーダが渡された桁構造となっている。ガーダ下部には脚が設けられており、この脚の下部の車輪を介して走行レール上に設置されている。ガーダ上部にはトロリ式天井クレーンと同じく横行レールとトロリが設置され、吊荷の吊</p>	<div data-bbox="1745 210 2504 655" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="1754 659 2487 695">第2-2添図 非線形時刻歴応答解析に用いる解析モデル概要図</p> <p data-bbox="1736 884 2507 1230">2. 先行審査実績のあるクレーン類との構造比較 取水槽ガントリクレーンに非線形時刻歴応答解析を適用するにあたって、クレーン類に非線形時刻歴応答解析を適用した先行審査実績として大間1号炉原子炉建屋天井クレーン(以下「原子炉建屋天井クレーン」という。)及び設置変更許可審査中である女川2号炉海水ポンプ室門型クレーン(以下「海水ポンプ室門型クレーン」という。)があるため、それぞれの構造や特徴を比較し、適用性について確認する。</p> <p data-bbox="1736 1289 2003 1360">2.1 全体構造について (1) 構造概要 原子炉建屋天井クレーンは、トロリ式天井クレーンに分類されるものであり、2本のレール上を走行する方式である。走行レール間はガーダと呼ばれる部材が渡された桁構造で、ガーダ下部に設けられている車輪を介して走行レール上に設置されている。また、ガーダ上部には横行レールとトロリが設置され、吊荷の吊上げ、吊下げ及び移動が行われる。 海水ポンプ室門型クレーン及び取水槽ガントリクレーンは、トロリ式橋型クレーンに分類されるものであり、2本のレール上を走行する方式である。走行レール間はトロリ式天井クレーンと同様にガーダが渡された桁構造となっている。ガーダ下部には脚が設けられており、この脚の下部の車輪を介して走行レール上に設置されている。ガーダ上部にはトロリ式天井クレーンと同じく横</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
	<p>上げ、吊下げ及び移動が行われる。</p> <p>両設備の概要図について添付 3-3 図に示す。</p> <p>(2) 全体構造</p> <p>原子炉建屋クレーンの本体構造はガーダ、サドルと呼ばれる鋼構造物が主体となっている。トロリ本体も同様に鋼構造物で構成されている。ガーダは走行レール上に、トロリは横行レール上にも4箇所にある車輪を介して固定されずに設置されていることから地震時には水平方向にすべり、鉛直方向に浮上りが発生する。</p> <p>門型クレーンの本体構造はガーダ、サドル及び脚と呼ばれる鋼構造物が主体となっている。トロリ本体も同様に鋼構造物で構成されている。脚は走行レール上に、トロリは横行レール上にも4箇所にある車輪を介して固定されずに設置されていることから地震時には、原子炉建屋クレーンと同様、水平方向にすべり、鉛直方向に浮上りが発生する。</p> <p>(3) 構造の特徴比較</p> <p>原子炉建屋クレーンと門型クレーンの構造について特徴を比較した結果を添付 3-1 表に示す。</p> <p>両設備の違いは脚の有無だけであり、それ以外の構造物としての特徴は類似している。また、レールと4箇所の車輪が固定されずに接触し、水平方向にすべり、鉛直方向に浮上りが発生する挙動は両クレーンで類似している。</p>	<p>行レールとトロリが設置され、吊荷の吊上げ、吊下げ及び移動が行われる。</p> <p>これらの設備の概要図について第 2-3 添図に示す。</p> <p>(2) 全体構造</p> <p>原子炉建屋天井クレーンの本体構造はガーダ、サドルと呼ばれる鋼構造物が主体となっている。トロリ本体も同様に鋼構造物で構成されている。ガーダは走行レール上に、トロリは横行レール上にも4箇所にある車輪を介して固定されずに設置されており、地震時には水平方向にすべり、鉛直方向に浮上りが発生する可能性がある。</p> <p>海水ポンプ室門型クレーンの本体構造はガーダ及び脚と呼ばれる鋼構造物が主体となっている。トロリ本体も同様に鋼構造物で構成されている。脚は走行レール上に、トロリは横行レール上にも4箇所にある車輪を介して固定されずに設置されており、地震時には水平方向にすべり、鉛直方向に浮上りが発生する可能性がある。</p> <p>取水槽ガントリクレーンの本体構造はガーダ及び脚と呼ばれる鋼構造物が主体となっている。トロリ本体も同様に鋼構造物で構成されている。脚は走行レール上に、トロリは横行レール上にも4箇所にある車輪を介して固定されずに設置されている。取水槽ガントリクレーンは、走行方向の駆動輪、従動輪の間に転倒防止装置が設置されているが、地震時には原子炉建屋天井クレーンと同様、車輪は水平方向にすべり、鉛直方向に浮上りが発生する可能性がある。</p> <p>(3) 構造の特徴比較</p> <p>原子炉建屋天井クレーン、海水ポンプ室門型クレーン及び取水槽ガントリクレーンの構造について特徴を比較した結果を第 2-1 添表に示す。</p> <p>原子炉建屋天井クレーンと取水槽ガントリクレーンの違いは脚及び単軸粘性ダンパの有無が挙げられる。また、原子炉建屋天井クレーンでは、レールが破損した場合でも脱線防止ラグがガーダに当たって脱線を防ぐ構造であるのに対し、取水槽ガントリクレーンの転倒防止装置では、レールを掴むことで転倒を防止する構造になっている点が異なっている。なお、取水槽ガントリクレーンの転倒防止装置の構造は、伊方3号炉海水ピットクレーンの浮上り防止装置と同等の構造である。それ以外の構造物としての特徴は類似しており、レールと4箇所の車輪が固定されずに接触し、</p>	<p>備考</p> <p>・設備構成の相違 【女川2】 ①の相違</p>

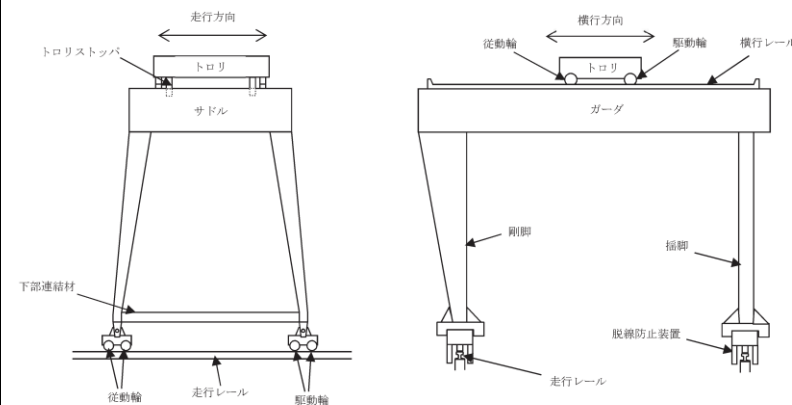
水平方向にすべり、鉛直方向に浮上りが発生する挙動も両クレーンで類似している。

海水ポンプ室門型クレーンと取水槽ガントリクレーンの違いは単軸粘性ダンパの有無が挙げられる。また、海水ポンプ室門型クレーンは、原子炉建屋天井クレーンの脱線防止ラグと同等の構造の脱線防止装置を設置しており、取水槽ガントリクレーンとは構造が異なっている。それ以外の構造物としての特徴は類似しており、ともに鉛直方向に浮上る可能性がある。

- ・設備構成の相違
- 【女川2】
- ①の相違

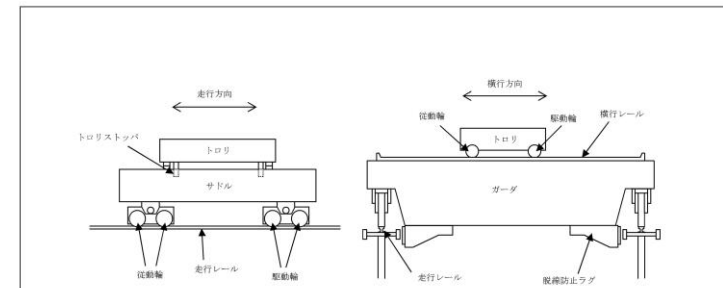


(a) 大間1号炉原子炉建屋クレーン

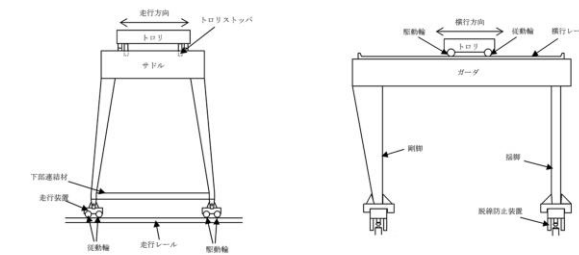


(b) 女川2号炉海水ポンプ室門型クレーン

添付3-3 図 大間1号炉原子炉建屋クレーン及び女川2号炉海水ポンプ室 門型クレーンの構造概要図



大間1号炉 原子炉建屋天井クレーン



女川2号炉 海水ポンプ室門型クレーン



島根2号炉 取水槽ガントリクレーン

第2-3添図 大間1号炉原子炉建屋天井クレーン、女川2号炉海水ポンプ室門型クレーン及び島根2号炉取水槽ガントリクレーンの構造概要図

添付 3-1 表 構造の特徴比較

	原子炉建屋クレーン	門型クレーン
構造概要	<ul style="list-style-type: none"> ・2本のレール間を跨ぐ桁構造 ・ガーダ上にトロリを設置 ・車輪を介してレール上に設置 	同左
主要構造物	<ul style="list-style-type: none"> ・ガーダ ・サドル ・トロリ 	<ul style="list-style-type: none"> ・ガーダ ・サドル ・トロリ ・脚
構造形状	鋼構造物 (炭素鋼) 溶接構造物	同左 同左

* 下線は相違点を示す。

2.2 荷重伝達について

原子炉建屋クレーンと門型クレーンの本体及びトロリはいずれも固定されずにレール上に車輪を介して設置されており、以下に示す荷重伝達機能も同様であると考えられる。

(1) クレーン本体走行方向の水平力

a. クレーン本体

(a) クレーン本体は走行レール上に乗っているだけで固定されていないため、走行方向の水平力が加わっても、クレーン本体は走行レール上を滑るだけで、クレーン本体には走行レールと走行車輪間の最大静止摩擦力以上の水平力は加わらない。

(b) クレーン本体の走行車輪は、駆動輪又は従動輪である。

(c) 駆動輪は、電動機及び減速機等の回転部分と連結されているため、地震力が車輪部に加わると回転部分が追従できず、最大静止摩擦力以上の水平力が加われば走行レール上を滑る。

(d) 従動輪は回転が拘束されていないため、クレーン本体の動きに合わせて自由に回転することからクレーン本体走行方向の水平力をクレーン本体に伝達しない。

b. トロリ

(a) トロリはクレーン本体の走行レールに対して直交方向に設置された横行レール上に設置していることから、クレーン本体

第 2-1 添表 構造の特徴比較

	大間1号炉 原子炉建屋天井 クレーン	女川2号炉 海水ポンプ室門型 クレーン	島根2号炉 取水槽ガントリー クレーン
構造概要	<ul style="list-style-type: none"> ・2本のレール間を跨ぐ桁構造 ・ガーダ上にトロリを設置 ・車輪を介してレールに設置 	同左	同左
主要構造物	<ul style="list-style-type: none"> ・ガーダ ・サドル ・トロリ ・脱線防止ラグ ・トロリストッパ 	<ul style="list-style-type: none"> ・ガーダ ・サドル ・トロリ ・脚 ・脱線防止装置 ・トロリストッパ 	<ul style="list-style-type: none"> ・ガーダ ・トロリ ・ホイスト ・脚 ・単軸粘性ダンパ ・転倒防止装置 ・トロリストッパ
構造形状	鋼構造物 (炭素鋼) 溶接構造物	同左 同左	同左 同左

2.2 荷重伝達について

原子炉建屋天井クレーンと取水槽ガントリークレーンの本体及びトロリは、いずれも固定されずにレール上に車輪を介して設置されており、以下に示す荷重伝達機構も同様である。

(1) 走行方向 (EW方向) の水平力

a. クレーン本体

(a) クレーン本体は走行レール上に乗っており、固定されていないため、走行方向 (EW方向) の水平力が加わっても、クレーン本体は走行レール上をすべり、クレーン本体には走行レールと走行車輪間の最大静止摩擦力以上の荷重は作用しない。

(b) クレーン本体の走行車輪は、駆動輪及び従動輪である。

(c) 駆動輪は、電動機及び減速機等の回転部分と連結されているため、最大静止摩擦力以上の地震慣性力が車輪部に加わった場合、回転部分が追従できず、走行レール上をすべる。

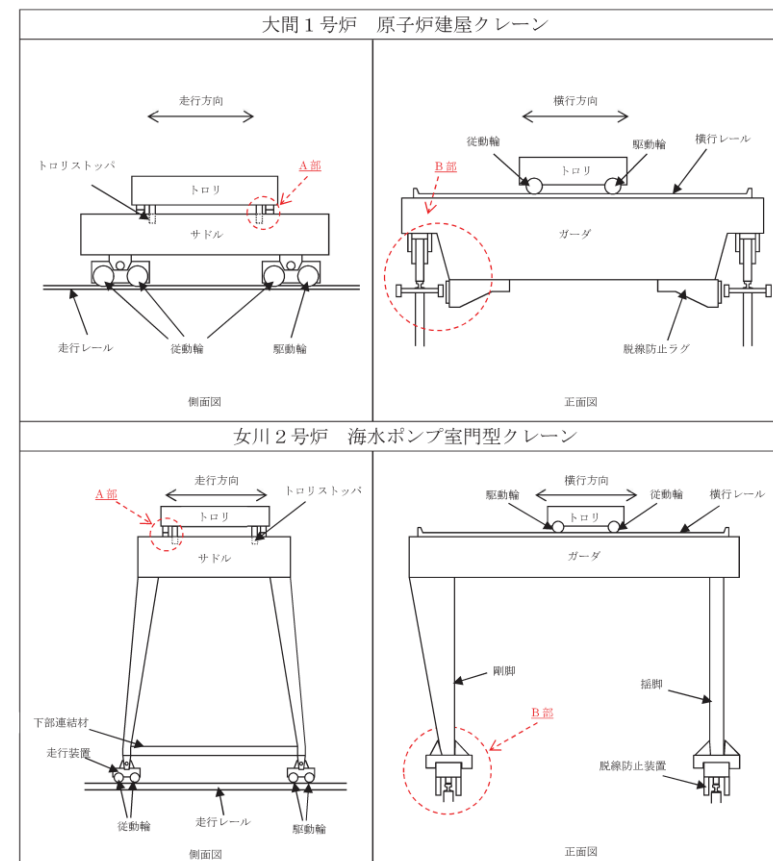
(d) 従動輪は回転が拘束されていないため、クレーン本体の動きに合わせて自由に回転することからクレーン本体走行方向の水平力をクレーン本体に伝達しない。

b. トロリ

(a) トロリはクレーン本体の走行レールに対して直交方向に設置された横行レール上に設置していることから、走行方向 (E

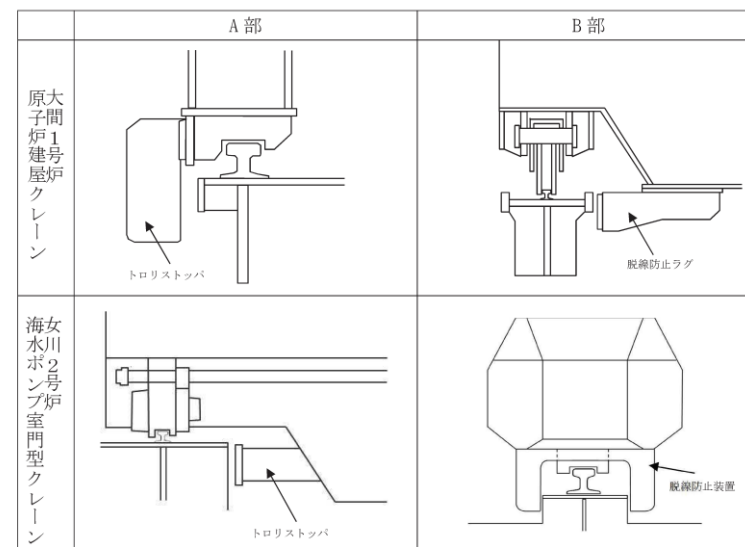
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
	<p>の走行方向の地震力はガーダ本体・横行レールを介してトロリへ作用する。</p> <p>(2) <u>トロリ走行方向の水平力</u></p> <p>a. クレーン本体</p> <p>(a) クレーン本体は横行レールに対して直交方向に設置された走行レール上に設置していることから、<u>トロリ走行方向の地震力は走行レールを介してクレーン本体へ作用する。</u></p> <p>b. トロリ</p> <p>(a) <u>トロリはガーダ上の横行レール上に乗っているだけで横行レールとは固定されていないため、水平力がトロリに加わっても、トロリは横行レール上を滑るだけで、トロリ本体には横行レールと横行車輪間の最大静止摩擦力以上の水平力は加わらない。</u></p> <p>(b) <u>トロリの横行車輪は、駆動輪又は従動輪である。</u></p> <p>(c) <u>トロリの駆動輪は、電動機及び減速機等の回転部分と連結されているため、地震力が車輪部に加わると回転部分が追従できず、最大静止摩擦力以上の水平力が加われば横行レール上を滑る。</u></p> <p>(d) <u>従動輪は回転が拘束されていないため、トロリの動きに合わせて自由に回転することから、トロリ走行方向の水平力をトロリ本体に伝達しない。</u></p> <p>(3) <u>鉛直力</u></p> <p>クレーン本体及びトロリは、レールと固定されていないことから、鉛直方向の地震力によってはレールから<u>浮上る</u>可能性がある。</p> <p>2.3 <u>車輪まわりの構造比較</u></p> <p>本解析手法は車輪まわりのすべりや<u>浮上がり</u>を考慮した非線形解析であり、車輪まわりの特徴を踏まえたモデル化が必要であることから、<u>車輪とレールの接触部分について、原子炉建屋クレーンと門型クレーンについて詳細に構造比較を行う。原子炉建屋クレーン及び門型クレーンの車輪まわりの模式図を添付3-4 図に示す。</u></p> <p>(1) <u>原子炉建屋クレーン</u></p> <p>原子炉建屋クレーンの車輪まわりは、走行装置が前後左右の4隅に配置された構造であり、各走行装置は2輪ずつの車輪で構成されている。車輪と走行レール間には鉛直上向きの拘束がなく<u>浮上がり</u>が発生する構造となっており、クレーンと走行レールの接</p>	<p><u>W方向</u>)の地震力はガーダ本体・横行レールを介してトロリへ作用する。</p> <p>(2) <u>横行方向 (NS方向) の水平力</u></p> <p>a. クレーン本体</p> <p>(a) クレーン本体は横行レールに対して直交方向に設置された走行レール上に設置していることから、<u>横行方向 (NS方向) の地震力は走行レールを介してクレーン本体へ作用する。</u></p> <p>b. トロリ</p> <p>(a) <u>トロリは横行レール上に乗っており、横行レールとは固定されていないため、横行方向 (NS方向) の水平力がトロリに加わっても、トロリは横行レール上をすべり、トロリ本体には横行レールと横行車輪間の最大静止摩擦力以上の荷重は作用しない。</u></p> <p>(b) <u>トロリの横行車輪は、駆動輪及び従動輪である。</u></p> <p>(c) <u>トロリの駆動輪は、電動機及び減速機等の回転部分と連結されているため、最大静止摩擦力以上の地震慣性力が車輪部に加わった場合、回転部分が追従できず、横行レール上をすべる。</u></p> <p>(d) <u>従動輪は回転が拘束されていないため、トロリの動きに合わせて自由に回転することからトロリ横行方向の水平力をトロリ本体に伝達しない。</u></p> <p>(3) <u>鉛直力</u></p> <p>クレーン本体及びトロリは、レールと固定されていないことから、鉛直方向の地震力によってレールから<u>浮上る</u>可能性がある。</p> <p>2.3 <u>車輪まわりの構造比較</u></p> <p>本解析手法は車輪まわりのすべりや<u>浮上り</u>を考慮した非線形解析であり、車輪まわりの特徴を踏まえたモデル化が必要であることから、<u>車輪とレールの接触部分を対象として、原子炉建屋天井クレーンと取水槽ガントリクレーンについて詳細に構造比較を行う。</u></p> <p>(1) <u>原子炉建屋天井クレーン</u></p> <p>原子炉建屋天井クレーンの車輪まわりは、走行装置が前後左右の4隅に配置された構造であり、各走行装置は2輪ずつの車輪で構成されている。車輪と走行レール間には鉛直上向きの拘束がなく<u>浮上り</u>が発生する<u>可能性がある</u>構造となっており、クレーンと</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
	<p>触点は、ともに鋼製部材である車輪と走行レールの接触となる。</p> <p>また、車輪については、駆動装置が設置された駆動輪（2輪分）とクレーンの動きに追従して回転する従動輪（6輪分）があり、全体の1/4の車輪で駆動力を伝達する機構となっている。</p> <p>トロリの車輪まわりは、前後左右で1輪ずつ配置された構造となっており、クレーン本体の車輪と同様に鉛直方向の拘束がないため<u>浮上がり</u>が発生する構造となっている。駆動輪と従動輪についてもクレーン本体の車輪と同様に前後で役割の異なる車輪が配置されている。</p> <p>クレーン本体車輪まわり及びトロリ車輪まわりには、脱線防止装置もしくはトロリストoppaが設置されているため、車輪がレールから<u>浮上がる</u>現象が発生した場合でも、脱線を防止する構造となっている。</p> <p>(2) <u>門型クレーン</u></p> <p><u>門型クレーンの本体車輪まわりは、添付3-4図に示すとおり走行装置が前後左右の4隅に配置された構造であり、各走行装置は2輪ずつの車輪で構成されている。車輪とレール間は鋼製部材同士の接触で上向きの拘束がなく、<u>浮上がり</u>が発生する点や駆動輪と従動輪で車輪が構成されている点など、原子炉建屋クレーンと同一の構造となっている。トロリの車輪まわりについても車輪（駆動輪、従動輪）配置や接触状況などについて同一構造となっている。</u></p> <p><u>門型クレーン本体車輪まわり及びトロリ車輪まわりについては、改造工事として脱線防止装置を設置するため、原子炉建屋クレーンと同様に、車輪がレールから浮上がる現象が発生した場合でも、脱線を防止する構造である。</u></p>	<p>走行レールの接触点は、ともに鋼製部材である車輪と走行レールの接触となる。</p> <p>また、車輪については、駆動装置が設置された駆動輪（2隅分）とクレーンの動きに追従して回転する従動輪（2隅分）があり、全体の半分の車輪で駆動力を伝達する機構となっている。</p> <p>トロリの車輪まわりは、前後左右で1輪ずつ配置された構造となっており、クレーン本体の車輪と同様に鉛直方向の拘束がないため<u>浮上り</u>が発生する<u>可能性がある</u>構造となっている。駆動輪と従動輪についてもクレーン本体の車輪と同様に前後で役割の異なる車輪が配置されている。</p> <p>クレーン本体車輪まわり及びトロリ車輪まわりには、脱線防止装置若しくはトロリストoppaが設置されているため、車輪がレールから<u>浮上る</u>現象が発生した場合でも、脱線を防止する構造となっている。</p> <p>(2) <u>取水槽ガントリクレーン</u></p> <p><u>取水槽ガントリクレーンの本体車輪まわりは、第2-3添図に示すとおり走行装置が前後左右の4隅に配置された構造であり、各走行装置は2輪ずつの車輪で構成されている。車輪とレール間は鋼製部材同士の接触で上向きの拘束がなく<u>浮上り</u>が発生する<u>可能性がある</u>点や駆動輪と従動輪が半数ずつで車輪が構成されている点など、原子炉建屋天井クレーンと同様の構造である。トロリの車輪まわりについても車輪（駆動輪、従動輪）配置や接触状況等について同様の構造である。</u></p> <p><u>取水槽ガントリクレーン本体車輪の間には転倒防止装置が設置されており、走行レールを掴むことで、転倒・脱線を防止する構造となっている。この構造は原子炉建屋天井クレーンと異なっているが、伊方3号炉海水ピットクレーンの浮上り防止装置と同様の構造である。取水槽ガントリクレーンの転倒防止装置と伊方3号炉海水ピットクレーンの浮上り防止装置の構造を第2-4添図に示す。</u></p>	<p>備考</p> <p>・設備構成の相違</p> <p>【女川2】</p> <p>①の相違</p>



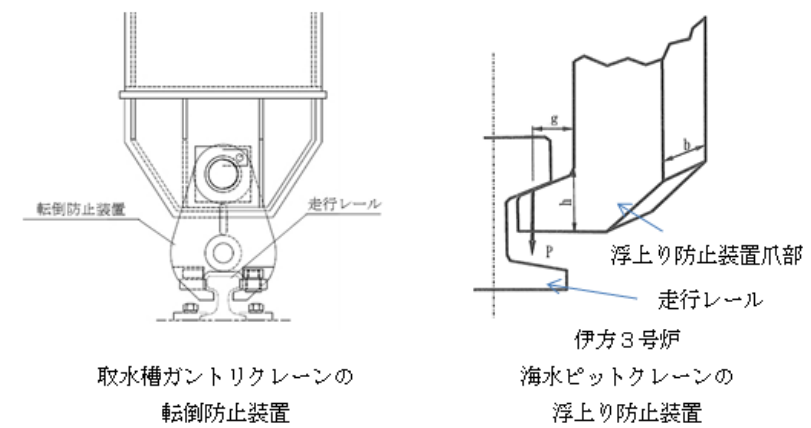
(a) 概略構造比較

添付 3-4 図 原子炉建屋クレーン及び門型クレーンの構造比較 (1/2)



(b) 車輪まわり構造詳細比較

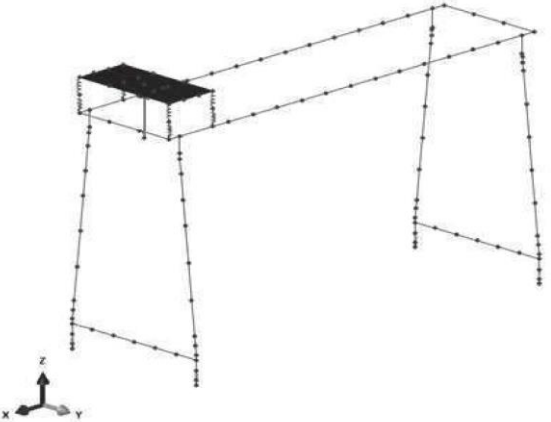
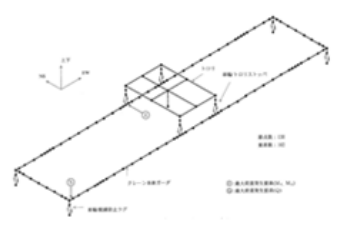

添付 3-4 図 原子炉建屋クレーン及び門型クレーンの構造比較 (2/2)



第 2-4 添図 取水槽ガントリクレーンの転倒防止装置及び伊方 3 号炉海水ピットクレーンの浮上り防止装置の構造

・設備構成の相違
【女川 2】
①の相違

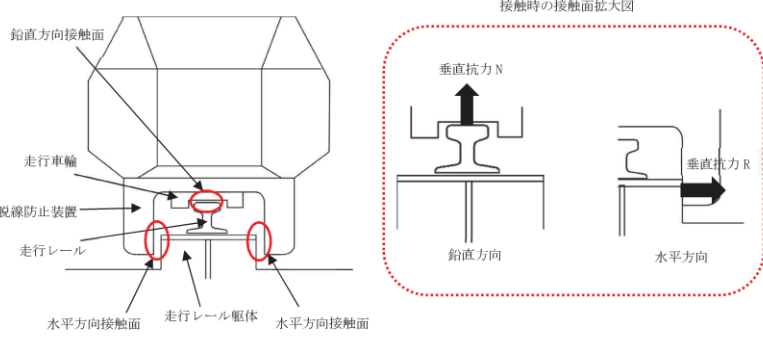
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考																																																								
	<p>3. 先行実績（大間1号炉原子炉建屋クレーン）との評価方法の比較</p> <p>3.1 評価方法の比較</p> <p>原子炉建屋クレーンと門型クレーンの評価方法の比較を添付3-2表に示す。門型クレーンの解析手法や解析モデル、境界条件などの解析評価の基本となる設定は原子炉建屋クレーンと同一の評価方法である。</p> <p>入力地震動はそれぞれの設備を設置している箇所の地震動を適用するため、評価方法の差異にはあたらない。</p> <p>添付3-2表 原子炉建屋クレーンと門型クレーンの評価方法比較</p> <table border="1" data-bbox="967 1073 1691 1430"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>原子炉建屋クレーン</th> <th>門型クレーン</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>解析手法</td> <td>非線形時刻歴応答解析</td> <td>同左</td> </tr> <tr> <td>解析モデル</td> <td>3次元FEM解析モデル</td> <td>同左</td> </tr> <tr> <td>車輪-レール間の境界条件</td> <td>すべり，浮上がり，衝突考慮</td> <td>同左</td> </tr> <tr> <td>地震力</td> <td>動的地震力</td> <td>同左</td> </tr> <tr> <td>入力地震動</td> <td>原子炉建屋におけるクレーン設置位置の加速度時刻歴</td> <td>海水ポンプ室におけるクレーン設置位置の加速度時刻歴</td> </tr> <tr> <td>減衰定数</td> <td>2.0%</td> <td>同左</td> </tr> <tr> <td>解析プログラム</td> <td>ABAQUS Ver. 6.5-4</td> <td>ABAQUS Ver6.11-1</td> </tr> </tbody> </table> <p>3.2 地震応答解析モデルの比較</p> <p>原子炉建屋クレーン及び門型クレーンの解析モデル概要を添付3-5図に示す。</p> <p>門型クレーンは原子炉建屋クレーンと同様に、クレーンの主要構成部材をはり要素でモデル化している。また、車輪部について</p>	項目	原子炉建屋クレーン	門型クレーン	解析手法	非線形時刻歴応答解析	同左	解析モデル	3次元FEM解析モデル	同左	車輪-レール間の境界条件	すべり，浮上がり，衝突考慮	同左	地震力	動的地震力	同左	入力地震動	原子炉建屋におけるクレーン設置位置の加速度時刻歴	海水ポンプ室におけるクレーン設置位置の加速度時刻歴	減衰定数	2.0%	同左	解析プログラム	ABAQUS Ver. 6.5-4	ABAQUS Ver6.11-1	<p>3. 先行審査実績（大間1号炉原子炉建屋天井クレーン，女川2号炉海水ポンプ室門型クレーン）との評価方法の比較</p> <p>3.1 評価方法の比較</p> <p>原子炉建屋天井クレーン，海水ポンプ室門型クレーン，取水槽ガントリクレーンの評価方法の比較を第2-2添表に示す。車輪部のすべり，浮上り，衝突を考慮した取水槽ガントリクレーンの解析手法，解析モデル，境界条件等は，原子炉建屋天井クレーン及び海水ポンプ室門型クレーンと同一の評価方法である。なお，原子炉建屋天井クレーンの脱線防止ラグ及び海水ポンプ室門型クレーンの脱線防止装置と取水槽ガントリクレーンの転倒防止装置は構造が異なるが，転倒防止装置のレールと爪部のギャップ要素を含めたモデル化は，伊方3号炉海水ピットクレーンの浮上り防止装置と同様である。</p> <p>入力地震動はそれぞれの設備を設置している箇所の地震動を適用するため，評価方法の差異にはあたらない。</p> <p>第2-2添表 先行審査実績のあるクレーン類の評価方法との比較</p> <table border="1" data-bbox="1754 1073 2487 1604"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>大間1号炉 原子炉建屋 天井クレーン</th> <th>女川2号炉 海水ポンプ室門型クレーン</th> <th>島根2号炉 取水槽ガントリ クレーン</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>解析手法</td> <td>非線形時刻歴応答解析</td> <td>同左</td> <td>同左</td> </tr> <tr> <td>解析モデル</td> <td>3次元FEM解析モデル</td> <td>同左</td> <td>同左</td> </tr> <tr> <td>車輪-レール間の境界条件</td> <td>すべり，浮上り，衝突考慮</td> <td>同左</td> <td>同左</td> </tr> <tr> <td>地震力</td> <td>動的地震力</td> <td>同左</td> <td>同左</td> </tr> <tr> <td>入力地震動</td> <td>原子炉建屋におけるクレーン設置位置の加速度時刻歴</td> <td>海水ポンプ室におけるクレーン設置位置の加速度時刻歴</td> <td>取水槽におけるクレーン設置位置の加速度時刻歴</td> </tr> <tr> <td>減衰定数</td> <td>2.0%</td> <td>同左</td> <td>同左</td> </tr> <tr> <td>解析プログラム</td> <td>ABAQUS (Ver.6.5-4)</td> <td>ABAQUS (Ver.6.11-1)</td> <td>同左</td> </tr> </tbody> </table> <p>3.2 地震応答解析モデルの比較</p> <p>原子炉建屋天井クレーン及び取水槽ガントリクレーンの解析モデルの概要を第2-5添図に示す。</p> <p>取水槽ガントリクレーンは原子炉建屋天井クレーンと同様に，クレーンの主要構成部材をはり要素でモデル化している。また，車</p>	項目	大間1号炉 原子炉建屋 天井クレーン	女川2号炉 海水ポンプ室門型クレーン	島根2号炉 取水槽ガントリ クレーン	解析手法	非線形時刻歴応答解析	同左	同左	解析モデル	3次元FEM解析モデル	同左	同左	車輪-レール間の境界条件	すべり，浮上り，衝突考慮	同左	同左	地震力	動的地震力	同左	同左	入力地震動	原子炉建屋におけるクレーン設置位置の加速度時刻歴	海水ポンプ室におけるクレーン設置位置の加速度時刻歴	取水槽におけるクレーン設置位置の加速度時刻歴	減衰定数	2.0%	同左	同左	解析プログラム	ABAQUS (Ver.6.5-4)	ABAQUS (Ver.6.11-1)	同左	<p>備考</p> <p>・設備構成の相違【女川2】 ①の相違</p>
項目	原子炉建屋クレーン	門型クレーン																																																									
解析手法	非線形時刻歴応答解析	同左																																																									
解析モデル	3次元FEM解析モデル	同左																																																									
車輪-レール間の境界条件	すべり，浮上がり，衝突考慮	同左																																																									
地震力	動的地震力	同左																																																									
入力地震動	原子炉建屋におけるクレーン設置位置の加速度時刻歴	海水ポンプ室におけるクレーン設置位置の加速度時刻歴																																																									
減衰定数	2.0%	同左																																																									
解析プログラム	ABAQUS Ver. 6.5-4	ABAQUS Ver6.11-1																																																									
項目	大間1号炉 原子炉建屋 天井クレーン	女川2号炉 海水ポンプ室門型クレーン	島根2号炉 取水槽ガントリ クレーン																																																								
解析手法	非線形時刻歴応答解析	同左	同左																																																								
解析モデル	3次元FEM解析モデル	同左	同左																																																								
車輪-レール間の境界条件	すべり，浮上り，衝突考慮	同左	同左																																																								
地震力	動的地震力	同左	同左																																																								
入力地震動	原子炉建屋におけるクレーン設置位置の加速度時刻歴	海水ポンプ室におけるクレーン設置位置の加速度時刻歴	取水槽におけるクレーン設置位置の加速度時刻歴																																																								
減衰定数	2.0%	同左	同左																																																								
解析プログラム	ABAQUS (Ver.6.5-4)	ABAQUS (Ver.6.11-1)	同左																																																								

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
	<p>も原子炉建屋クレーンと同様に水平方向のすべり及び鉛直方向の<u>浮上がり</u>を考慮するため、ギャップ要素及びばね、減衰要素でモデル化している。なお、車輪部の非線形要素については<u>参考資料 1</u>に詳細を示す。</p> <div data-bbox="961 436 1665 787" style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 100%;"></div> <p style="text-align: center;">(a) 大間1号炉 原子炉建屋クレーン</p> <div data-bbox="1032 890 1546 1283" style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: center;">(b) 女川2号炉 海水ポンプ室門型クレーン</p> <p style="text-align: center;">添付3-5 図 解析モデル概要図</p> <p>4. 非線形時刻歴解析の適用性 (まとめ)</p> <p>女川2号炉海水ポンプ室門型クレーンに対して非線形時刻歴解析を適用するにあたり、先行実績(大間1号炉原子炉建屋クレーン)との構造及び評価方法の比較を行った。</p> <p>前述の2項のとおり、全体構造、荷重伝達及び車輪まわりの構</p>	<p>輪部についても原子炉建屋天井クレーンと同様に水平方向のすべり及び鉛直方向の<u>浮上り</u>を考慮するため、ギャップ要素、ばね及び減衰要素でモデル化している。なお、車輪部の非線形要素については<u>添付資料 (2-4)</u>に詳細を示す。</p> <div data-bbox="1754 485 2487 762" style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; width: 45%; text-align: center;">  <p>大間1号炉原子炉建屋天井クレーン</p> </div> <div style="border: 1px solid black; width: 45%; text-align: center;">  <p>島根2号炉取水槽ガントリクレーン</p> </div> </div> <p style="text-align: center;">第2-5 添図 解析モデル概要図</p> <p>4. 非線形時刻歴応答解析の適用性 (まとめ)</p> <p>島根2号炉取水槽ガントリクレーンに対して非線形時刻歴応答解析を適用するにあたり、先行審査実績(大間1号炉原子炉建屋天井クレーン、女川2号炉海水ポンプ室門型クレーン)との構造及び評価方法の比較を行った。</p> <p>全体構造、荷重伝達及び車輪まわりの構造について比較した結</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
	<p>造について比較した結果、先行実績のある原子炉建屋クレーンに対して、<u>門型クレーン</u>は、クレーン本体の鋼構造物として脚が存在することのみが差異であり、これ以外の全体構造、荷重伝達及び車輪まわり構造が同様であることを確認した。なお、<u>クレーン本体の鋼構造物として脚が存在することについては、適切に解析モデルに反映することで問題はない。</u></p> <p>また、<u>前述の3項のとおり、評価方法及び解析モデルについて比較した結果、解析モデルの設定方法として、3次元はり要素によるモデル化、水平方向のすべり、鉛直方向の浮上がり</u>の挙動を考慮する非線形要素の考え方が同様であることを確認した。</p> <p><u>したがって、女川2号炉海水ポンプ室門型クレーンの耐震評価として、先行実績のある非線形時刻歴解析を適用することは妥当であると考えられる。</u></p> <p>5. 参考文献</p> <p>(1) <u>平成19年度 原子力施設等の耐震性評価技術に関する試験及び調査 動的上下動耐震試験（クレーン類）に係る報告書（08耐部報-0021, (独)原子力安全基盤機構）</u></p> <p>(2) <u>平成20年度 原子力施設等の耐震性評価技術に関する試験及び調査 動的上下動耐震試験（クレーン類）に係る報告書（09耐部報-0008, (独)原子力安全基盤機構）</u></p> <p>(3) <u>天井クレーンのすべりを伴う地震時挙動（火力原子力発電. Vo140 No. 6 小森ほか）</u></p>	<p>果、先行審査実績のある原子炉建屋天井クレーンに対して、<u>取水槽ガントリクレーン</u>は、クレーン本体の鋼構造物として脚が存在し<u>単軸粘性ダンパを有する点及び脱線防止ラグと転倒防止装置の構造が異なる点において差異があるが、</u>これ以外の全体構造、荷重伝達及び車輪まわりの構造が同等であることを確認した。なお、<u>脚及び単軸粘性ダンパが存在することについては、適切に解析モデルに反映することとし、単軸粘性ダンパを有する構造物の解析手法については、別紙-18「機器・配管系への制震装置の適用について」に示す。</u></p> <p>また、評価方法及び解析モデルについて比較した結果、解析モデルの設定方法として、はり要素によるモデル化、水平方向のすべり、鉛直方向の浮上り等の挙動を考慮する非線形要素の考え方が同様であることを確認した。</p> <p><u>なお、原子炉建屋天井クレーンの脱線防止ラグ及び海水ポンプ室門型クレーンの脱線防止装置と取水槽ガントリクレーンの転倒防止装置は構造が異なるが、転倒防止装置は伊方3号炉海水ピットクレーンの浮上り防止装置と同等の構造となっており、浮上りが発生し、浮上り防止装置の爪部とレールが接触しない限りは、応力が発生しない構造であり、モデル化が適切であることを確認した。</u></p> <p><u>以上のことから、島根2号炉取水槽ガントリクレーンの耐震評価として、先行審査実績のある非線形時刻歴応答解析を適用することは妥当であると考ええる。</u></p>	<p>備考</p> <ul style="list-style-type: none"> ・設備構成の相違【女川2】 ①の相違 ・設備構成の相違【女川2】 ①の相違 ・設備構成の相違【女川2】 ①の相違

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考																								
		<p><u>添付資料(2-3) 取水槽ガントリクレーンの解析ケースの設定</u></p> <p>取水槽ガントリクレーンの地震応答解析にあたっては、トロリ及びホイストの位置や吊荷の有無によって地震時の挙動が変化する可能性があるため、トロリ及びホイストの位置並びに吊荷の有無に応じた解析ケースを設定する必要がある。設定した解析ケースを第3-1添表に示す。取水槽ガントリクレーン使用時の状況を踏まえて解析ケースについて検討した内容を以下に示す。</p> <p>取水槽ガントリクレーンを使用する場合、まずクレーン本体が待機位置から吊り上げ対象物に向けて走行方向（EW方向）に移動する。クレーン本体の移動中は、トロリ及びホイストはそれぞれの待機位置にある。このような状態を踏まえた解析ケースとして、トロリ及びホイストがいずれも待機位置で吊荷なしの条件を設定する。（ケース1）</p> <p>トロリにより吊荷を吊り上げる場合は、トロリを横行方向（NS方向）に対象物の直上まで移動させ、対象物を吊り上げた後、トロリ位置はそのままクレーン本体が走行方向（EW方向）に点検等の作業エリアへ移動する。また、ホイストにより吊荷を吊り上げる場合もトロリの場合と同様に、ホイストを横行方向（NS方向）に対象物の直上まで移動させ、対象物を吊り上げた後、ホイスト位置はそのままクレーン本体が走行方向（EW方向）に点検等の作業エリアへ移動する。トロリとホイストを同時に使用することはないため、トロリを使用する場合にはホイストは待機位置、ホイストを使用する場合にはトロリは待機位置から移動しない。トロリ及びホイストの待機位置について第3-1添図に示す。以上のトロリ及びホイストの使用状態を踏まえた解析ケースとして、トロリ及びホイストのいずれかは最大質量の吊荷有りとし、もう一方は待機位置で吊荷なしの条件を設定する。なお、吊荷有りの場合のトロリ及びホイストの位置は中央付近であるためガーダの中央とする。（ケース2，3）</p> <p><u>第3-1添表 取水槽ガントリクレーンの耐震評価ケース</u></p> <table border="1" data-bbox="1754 1707 2487 1871"> <thead> <tr> <th rowspan="2">ケース</th> <th colspan="2">トロリ</th> <th colspan="2">ホイスト</th> </tr> <tr> <th>位置</th> <th>吊荷有無（質量）</th> <th>位置</th> <th>吊荷有無（質量）</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>待機位置</td> <td>なし</td> <td>待機位置</td> <td>なし</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>中央</td> <td>有り（50t）</td> <td>待機位置</td> <td>なし</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>待機位置</td> <td>なし</td> <td>中央</td> <td>有り（17t）</td> </tr> </tbody> </table>	ケース	トロリ		ホイスト		位置	吊荷有無（質量）	位置	吊荷有無（質量）	1	待機位置	なし	待機位置	なし	2	中央	有り（50t）	待機位置	なし	3	待機位置	なし	中央	有り（17t）	<p>・記載方針の相違 【女川2】 女川2は同様の内容を添付資料2に記載</p> <p>・記載方針の相違 【女川2】 女川2では、同様の内容を添付2-1表に記載</p>
ケース	トロリ			ホイスト																							
	位置	吊荷有無（質量）	位置	吊荷有無（質量）																							
1	待機位置	なし	待機位置	なし																							
2	中央	有り（50t）	待機位置	なし																							
3	待機位置	なし	中央	有り（17t）																							

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
	<p style="text-align: center;">添付資料 4</p> <p style="text-align: center;"><u>海水ポンプ室門型クレーンの地震時挙動に関する補足説明</u></p> <p>1. 車輪とレールとの摩擦力及び脱線防止部材との接触による摩擦力の考慮について</p> <p>門型クレーンはレール上を車輪で移動する構造であり、レールと車輪は固定されていないため、地震時には走行方向（レール長手方向）にはすべりが発生し、摩擦力以上の荷重を受けない構造である。</p> <p>門型クレーン本体車輪部とレール間の取り合い部を例とすると、すべりを想定する面としては、鉛直方向（本体車輪～レール間）と水平方向（脱線防止装置～レール躯体間）が挙げられる。（添付 4-1 図）</p> <p>鉛直方向には自重が常時下向きに加わっており、地震による鉛直方向加速度が 1G を上回りクレーン本体が浮上がり挙動を示すごく僅かな時間帯を除き、常に車輪はレール上面に接触し垂直抗力 N が発生する状態であることから、摩擦係数 μ ($=0.3$) 一定の条件の下、垂直抗力 N を時々刻々変化させた摩擦力 f ($=\mu N$) を考慮している。</p> <p>これに対して、水平方向には常時作用する荷重が無く、水平方向（横行方向）の地震力が作用し、脱線防止装置がレール躯体に</p>	<div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 100%; margin-bottom: 10px;"></div> <p style="text-align: center;">第 3-1 添図 取水槽ガントリクレーンのトロリ、ホイスト待機位置</p>	<p>・設備構成の相違【女川 2】①の相違</p> <p>・設備構成の相違【女川 2】①の相違</p>

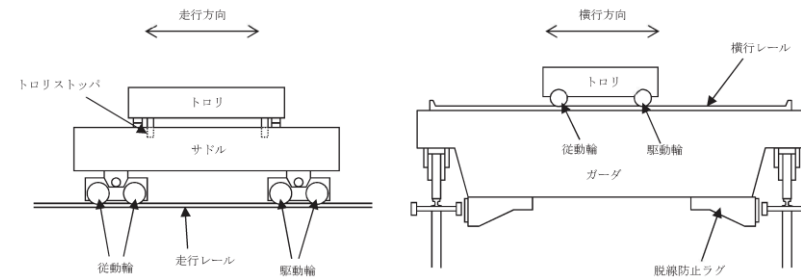
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
	<p>接触する場合に垂直抗力 R が発生する。</p> <p>しかしながら、地震力は交番荷重であること及び、接触後も部材間の跳ね返りが発生することから、側面の接触時間はごく僅かな時間となる。また、大きな摩擦力が発生するためには、横行方向の地震力により瞬間的に垂直抗力 R が発生する間に、走行方向の大きな地震力が同時に作用する必要があることから、各方向地震力の非同時性を考慮し、側面の接触による摩擦力は考慮していない。</p> <p>なお、基準地震動 S_s による地震力に対して、駆動輪に接続される電動機及び減速機等の回転部が破損し駆動輪が自由に回転する可能性も考えられるが、その場合、摩擦力は低減することから、上記のように摩擦力を考慮した評価を行うことで保守的な評価となっていると考える。</p>  <p style="text-align: center;">添付 4-1 図 鉛直方向と水平方向の接触面</p> <p>2. レール等の破損による解析条件への影響について</p> <p>門型クレーンのモデル化にあたっては、車輪がレール上にあり、レール直角方向に対しては脱線防止装置またはトロリストッパが接触して機能することを前提としている。</p> <p>ここでは、地震応答解析モデルの前提としている「レール上に車輪が乗っていること」が、脱線防止装置またはトロリストッパの健全性を確認することで満足されることを、門型クレーン本体車輪部を例に示す。</p> <p>門型クレーンに地震力が作用する際は、車輪がレール上に乗り上がる挙動が想定されるが、脱線防止装置がレール躯体に接触することで横行方向の移動量は制限される。脱線防止装置は、構造強度部材として基準地震動 S_s によって生じる地震力に対して許容応力を満足する設計としており、地震で破損することは無い</p>		<p>・設備構成の相違</p> <p>【女川2】</p> <p>①の相違</p>

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
	<p>め、脱線防止装置とレール躯体間のギャップ量に相当する移動量となった場合でも車輪がレール上から落ちることは無い。(添付4-2 図)</p> <p>上記については、トロリ車輪部についても同様である。</p> <p>また、脱線防止装置とレール躯体が接触する前に車輪からレールに荷重が伝わることになるが、車輪のつばとレールが接触（移動量 17.5 mm）してから脱線防止装置とレール躯体が接触（移動量 20 mm）し、移動量が制限されるまでの移動量は 2.5 mm (=20.0 mm-17.5 mm) 程度であることから、脱線防止装置が接触して機能する前に鋼製部材であるレールが大きく破損することは無いと考える。このように、車輪のつばの有無によらず構造強度部材である脱線防止装置が機能することで車輪がレールにとどまる設計であることから、車輪のつばは地震応答解析の前提条件に影響するものではない。</p> <p>以上より、地震時に脱線防止装置がレール躯体に接触して機能する前に車輪がすべり面であるレールから落下することや、レールが大きく破損することが無いことから脱線防止装置が機能する前に地震応答解析モデルの前提を満足しなくなるおそれは無いと考える。</p>		

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
	<p>(a) 通常時</p> <p>(b) 地震力により車輪のつばがレールに接触 (水平移動量 17.5 mm)</p> <p>(c) 地震力により脱線防止装置とレール駆体が接触 (水平移動量 20.0 mm)</p> <p>添付 4-2 図 本体車輪部概念図 (本図は車輪がレールから外れないことを示すための概念図であり、構造物の大きさや間隙については実物と異なる。)</p> <p>参考資料 1 クレーン車輪部の非線形要素の設定について</p> <p>1. 車輪部の非線形要素の考え方 クレーン車輪部のモデル化では、すべり、鉛直方向の浮上がり及び衝突の挙動を模擬するためギャップ要素を用いる。また、接触部位の局所変形による接触剛性をばね要素で、衝突による減衰効果を減衰要素で模擬し、参考 1-1 図に示すようにギャップ要素</p>	<p>添付資料(2-4) 取水槽ガントリクレーン車輪部の非線形要素 (摩擦, 接触, 減衰)</p> <p>取水槽ガントリクレーン車輪部のモデル化では、すべり、浮上り及び衝突の挙動を模擬するためギャップ要素を用いる。また、接触部位の局所変形による接触剛性をばね要素で、衝突による減衰効果を減衰要素で模擬し、第 4-1 添図に示すように、ギャップ</p>	<p>・設備構成の相違 【女川 2】 ①の相違</p>

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
	<p>と直列に配置する。</p> <p>クレーン車輪部の接触形態は、車輪（曲面形状）とレール（平面形状）による鋼材同士の接触であり、先行実績（大間1号炉原子炉建屋クレーン）と同様であることから、非線形要素設定については先行実績と同様の考え方を適用している。</p> <p>なお、各要素（ギャップ要素、ばね要素、減衰要素）の詳細設定については2. 以降に記載する。</p> <div data-bbox="1121 619 1537 856" data-label="Diagram"> </div> <p>参考1-1 図 クレーン車輪部の非線形要素図</p> <p>2. 車輪とレール間の摩擦特性 (ギャップ要素)</p> <p>クレーンの車輪には、電動機及び減速機等の回転部分と連結された駆動輪と回転部分と連結されていない従動輪の2種類がある。このうち駆動輪は回転が拘束されているため、地震力が車輪部に加わると回転部分が追従できず最大静止摩擦力以上の水平力が加わればレール上をすべる。</p> <p>摩擦係数は実機の縮小試験体を用いて加振試験を行った既往研究⁽¹⁾を踏まえ、0.3 と設定した。既往研究においては、摩擦係数として0.11~0.19 の値が確認されているが、摩擦係数の大きい方がクレーン本体へ加わる水平力が大きくなるため、保守的に0.3 とした。</p> <p>既往研究における試験体（原子炉建屋クレーンタイプ）と門型クレーンの構造上の差異（門型クレーンには脚が存在）から門型クレーンは地震動に対して多少のロッキング挙動を示す可能性はあるが、接触形態（車輪（曲面形状）とレール（平面形状）による鋼材同士の接触）は変わらないことから摩擦係数への影響は軽微であると考えられる。</p> <p>なお、摩擦係数0.3 は、女川2号炉原子炉建屋クレーンの既工認（静的解析*）及び先行実績（大間1号炉（動的解析））においても同様に適用されている。</p> <p>* すべり方向の水平力として最大静止摩擦力（鉛直方向荷重×摩</p>	<p>要素と直列に配置する。</p> <div data-bbox="1944 577 2300 850" data-label="Diagram"> </div> <p>第4-1 添図 車輪部の非線形要素</p> <p>1. 車輪とレール間の摩擦特性</p> <p>取水槽ガントリクレーンの車輪には電動機及び減速機等の回転部分と連結された駆動輪と、回転部分と連結されていない従動輪の2種類がある。第4-2 添図に取水槽ガントリクレーンの概要図を示す。このうち駆動輪は回転が拘束されているため、最大静止摩擦力以上の地震慣性力が加わった場合、レール上をすべる挙動を示す。</p> <p>ここで、摩擦係数は原子炉建物天井クレーンと同様の0.3 を用いる。</p>	

擦係数 (0.3) を用いてクレーン本体及びトロリを評価



参考 1-2 図 女川 2号炉原子炉建屋クレーン概要図

3. 車輪とレールの接触剛性 (ばね要素)

接触剛性はクレーン類の非線形応答挙動を検討した既往研究⁽²⁾を踏まえ、接触剛性を考慮したばね要素とクレーン質量で構成される1自由度系の固有振動数が20Hzになるように設定した。既往研究においては、今回の設定方法のほか、ヘルツの接触理論により荷重に着目して設定する方法、荷重やトロリ浮上がり量等の試験結果と同等になるようにパラメータスタディを行って設定する方法などを検討しているが、いずれの設定方法でも接触剛性(ばね要素)の差異がほとんどないことが確認されている。

なお、今回の接触剛性(ばね要素)の設定方法は、先行実績(大間1号炉)においても同様に適用されている。

4. 車輪とレール間の衝突による減衰 (減衰要素)

減衰は、クレーン類の非線形応答挙動を検討した既往研究⁽³⁾を踏まえ、車輪の反発係数から換算される減衰比を設定した。既往研究においては、車輪及びレールを模擬した試験体を用いて、重力加速度を利用した反発試験(参考1-3図)を実施し、車輪とレール間の反発係数から減衰比を確認している。

なお、反発係数と減衰比の関係式は次式のとおり。また、反発係数と減衰比の関係を参考1-4図に示す。

$$e = \exp\left(-\frac{h\pi}{\sqrt{1-h^2}}\right)$$

e: 反発係数, h: 減衰比



第 4-2 添図 取水槽ガントリークレーンの概要図

2. 車輪とレールの接触剛性

接触剛性は「平成20年度 原子力施設等の耐震性評価技術に関する試験及び調査 動的上下動耐震試験(クレーン類)に係る報告書(09耐部報-0008, (独)原子力安全基盤機構)」を参照し、車輪とレールの衝突時の剛性を模擬したばね要素を考慮し、クレーン質量で構成される1自由度系の固有振動数が20Hz相当になるように設定する。

3. 車輪とレール間の衝突による減衰

衝突による減衰は「平成19年度 原子力施設等の耐震性評価技術に関する試験及び調査 動的上下動耐震試験(クレーン類)に係る報告書(08耐部報-0021, (独)原子力安全基盤機構)」にて実施した要素試験のうち、車輪反発係数試験結果より評価した反発係数から算出する。

なお、減衰比と反発係数の関係式には次式を用いる。

$$e = \exp\left(-\frac{h\pi}{\sqrt{1-h^2}}\right)$$

ここで、eは反発係数、hは減衰比である。

上記の式で表される反発係数と減衰比との関係を第4-3添図

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
	<p>既往研究の反発係数試験から得られた反発係数は、0.62～0.65であり、減衰比に換算すると0.12～0.13となる。</p> <p>ここで、反発係数と減衰比の関係は、反発係数が大きいほど衝突時のエネルギー消散が小さく、減衰比が小さくなるため、車輪とレール間の衝突による減衰は、保守的に反発係数0.7(減衰比0.113)を適用する。</p> <p>なお、今回の減衰の設定方法は、先行実績(大間1号炉)においても同様に適用されている。</p> <div data-bbox="1169 730 1498 1171" data-label="Image"> </div> <p>参考 1-3 図 車輪反発係数試験体*</p> <div data-bbox="1050 1394 1576 1856" data-label="Figure"> </div> <p>参考 1-4 図 反発係数と減衰比の関係*</p>	<p>に示す。</p> <div data-bbox="1754 1339 2326 1856" data-label="Figure"> </div> <p>第 4-3 添図 反発係数と減衰比の関係</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
	<p>*『平成 19 年度 原子力施設等の耐震性評価技術に関する試験及び調査 動的上下動耐震試験 (クレーン類) に係る報告書 (08 耐部報-0021, (独)原子力安全基盤機構)』より一部引用</p> <p>5. 参考文献</p> <p>(1) 天井クレーンのすべりを伴う地震時挙動 (火力原子力発電. Vol140 No.6 小森ほか)</p> <p>(2) 「平成 20 年度 原子力施設等の耐震性評価技術に関する試験及び調査 動的上下動耐震試験 (クレーン類) に係る報告書 (09 耐部報-0008, (独)原子力安全基盤機構)」</p> <p>(3) 「平成 19 年度 原子力施設等の耐震性評価技術に関する試験及び調査 動的上下動耐震試験 (クレーン類) に係る報告書 (08 耐部報-0021, (独)原子力安全基盤機構)」</p>	<p>4. 転倒防止装置の構造・モデル化について</p> <p>転倒防止装置は、第 4-4 添図に示すように、レールの上部からレール頭部をアームで挟み込む構造である。通常運転時、アームの先端の爪部とレールの間には間隙がある。クレーンに浮上りが発生してレール頭部と転倒防止装置のアーム先端の爪部が接触すると鉛直方向の荷重が伝達される。</p> <p>水平方向については、レール直交方向には転倒防止装置が取付軸により回転する構造となっており、レールに沿った方向 (クレーン走行方向) にはガイドローラによって滑る構造のため、水平荷重は発生しない。</p> <p>以上より、転倒防止装置については、鉛直方向の爪部とレール頭部の間隙を考慮して、第 4-4 添図に示すギャップ要素によりモデル化を行う。</p> <div data-bbox="1804 1482 2439 1705" data-label="Image"> </div> <p>第 4-4 添図 転倒防止装置の構造及びモデル図</p>	<p>・設備構成の相違 【女川 2】 ①の相違</p> <p>・設備構成の相違 【女川 2】 ①の相違</p>

参考資料 2

地震時の本体車輪部及び脱線防止装置が衝突する躯体側の評価について

門型クレーンに地震力が作用した際は、まず走行車輪とレールが接触し、さらには車輪がレールに乗り上がって脱線防止装置がレール躯体に衝突する挙動が考えられる。門型クレーンは、構造強度部材である脱線防止装置が健全であることでレールからの脱輪による転倒もしくは落下を生じない構造であることを確認しているが、地震時に本体車輪部各部位及び脱線防止装置が衝突する躯体側に発生する応力について評価を行った。

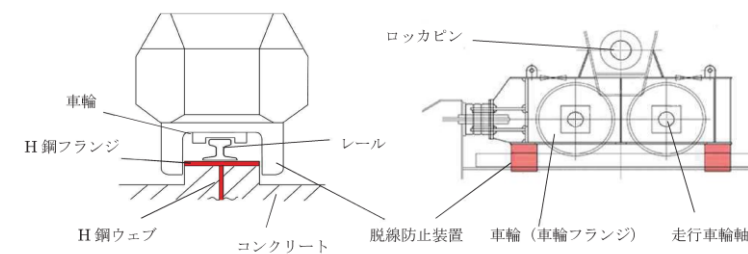
(1) 本体車輪部の評価について

評価の結果、本体車輪部は地震時に健全であることを確認した。

(2) 脱線防止装置が衝突する躯体側の評価について

レール躯体は、H鋼とコンクリートで構成されており、脱線防止装置衝突時にはH鋼とコンクリート両者に荷重が作用するが、保守的にレール躯体上部のH鋼フランジ端部のみに荷重が作用するものとして、H鋼のフランジとウェブの境界部のせん断、H鋼フランジの面内の圧縮の評価を行った。

評価の結果、レール躯体が脱線防止装置の衝突に対して健全であることを確認した。

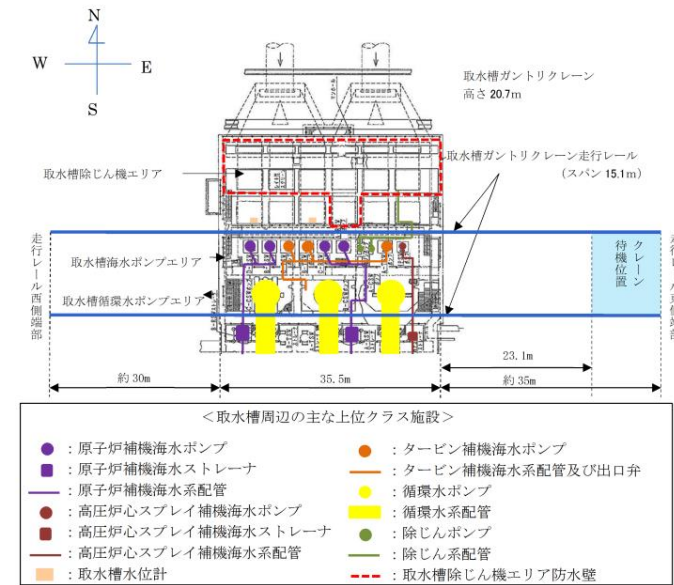


評価部位	評価項目	発生値*	許容限界	裕度	
本体車輪部	車輪フランジ	組合せ	194 (MPa)	539 (MPa)	2.77
	走行車輪軸	組合せ	289 (MPa)	571 (MPa)	1.97
	ロッカビン	組合せ	241 (MPa)	571 (MPa)	2.36
脱線防止装置衝突部躯体	せん断	51 (MPa)	146 (MPa)	2.86	
	圧縮	96 (MPa)	253 (MPa)	2.63	

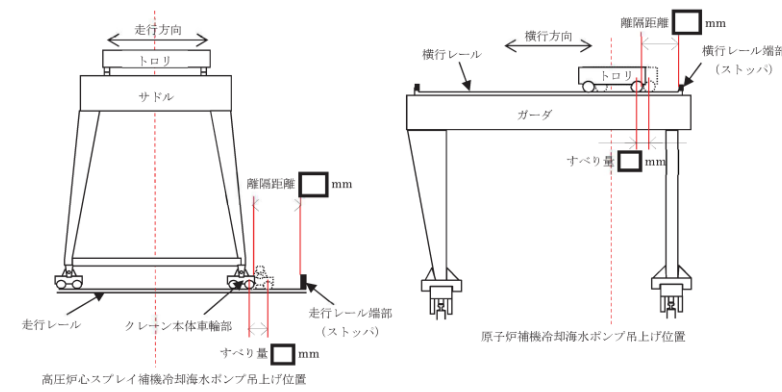
* 平成 25 年 12 月 27 日申請時の基準地震動 Ss - 1, 2 による暫定評価

・設備構成の相違
【女川 2】
①の相違

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
	<p style="text-align: right;">参考資料 3</p> <p><u>クレーン本体及びトロリのすべり量評価について</u></p> <p>クレーン本体及びトロリがすべりによって走行レール端部及び横行レール端部に衝突した場合、クレーン本体の転倒、トロリの落下により上位クラス設備へ波及的影響を及ぼすおそれがある。</p> <p><u>そこで、地震応答解析におけるクレーン本体及びトロリのすべり量がクレーン本体及びトロリがレール端部に最も接近した作業状態における走行レール端部及び横行レール端部までの離隔距離(許容基準値)を上回らないことを確認する。</u></p> <p><u>クレーン本体の場合は、走行レール端部に最も接近する作業状態として、高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ(西側)の吊上時を想定する。また、トロリの場合は、横行レール端部に最も接近する作業状態として、原子炉補機冷却海水ポンプ吊上げ時を想定する。</u></p> <p><u>評価の結果、クレーン本体及びトロリともに許容基準値を満足しており、すべりにより上位クラス設備への波及的影響を及ぼすおそれがないことを確認した。</u></p> <p><u>なお、本検討では基準地震動 Ss - D1~N1(全7波)のうち設備評価の観点で選定した基準地震動 Ss - D2 により評価を行っているが、工認段階においては、基準地震動 Ss - D1~N1(全7波)におけるすべり量評価を実施する。すべり量が増大し、現状の許容基準値を満足できない場合は走行装置の構造変更等による対策を実施する。</u></p>	<p><u>添付資料(2-5) 取水槽ガントリクレーン本体及びトロリのすべりの影響について</u></p> <p>取水槽ガントリクレーン本体及びトロリがすべりによって走行レール端部及び横行レール端部に衝突した場合、取水槽ガントリクレーン本体の転倒、トロリの落下により上位クラス施設へ波及的影響を及ぼすおそれがあることから、<u>取水槽ガントリクレーン本体及びトロリのすべりによるレール端部への衝突の有無を確認する。取水槽ガントリクレーンの走行範囲を第5-1添図に示す。</u></p> <p><u>取水槽から走行レール端部までの距離は最小で約30mであり、取水槽ガントリクレーンがすべりによって走行レール端部に衝突することはない。</u></p> <p><u>トロリについては、詳細設計段階においてすべり量を算出し、レール端部との適切な離隔距離を確保する。</u></p>	<p>備考</p> <ul style="list-style-type: none"> ・方針の相違 【女川2】 女川2は、すべり量の評価を実施しているが、島根2号炉取水槽ガントリクレーンは走行レール端部までの距離が大きいことから、レール端部について衝突することはない。トロリについては、詳細設計段階ですべり量を評価する(以下、⑥の相違) ・方針の相違 【女川2】 ⑥の相違 ・地震動の相違 【女川2】 ④の相違 ・方針の相違 【女川2】 ⑥の相違



第5-1添図 取水槽ガントリクレーンの走行範囲

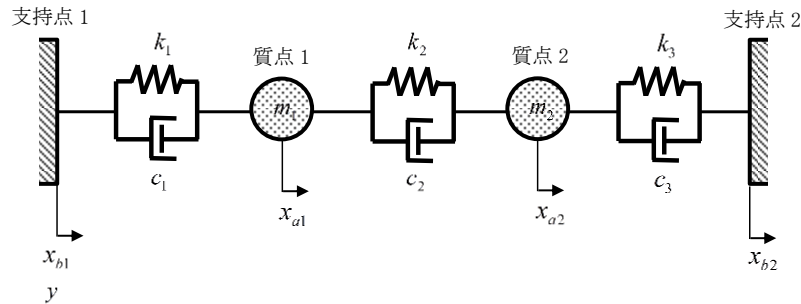


評価部位	発生値* (すべり量)	許容基準値 (離隔距離)
クレーン本体		
トロリ		

* 基準地震動 Ss - D1~N1 (全7波) のうち Ss - D2 による暫定評価

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
	<div data-bbox="973 275 1656 680" style="border: 1px solid black; height: 193px; margin-bottom: 10px;"></div> <div data-bbox="1121 701 1537 741" style="text-align: center;"><u>クレーン本体すべり量時刻歴波形</u></div> <div data-bbox="1003 863 1685 1268" style="border: 1px solid black; height: 193px; margin-top: 10px;"></div> <div data-bbox="1166 1287 1492 1327" style="text-align: center;"><u>トロリすべり量時刻歴波形</u></div>		<p data-bbox="2540 705 2689 827">・方針の相違 【女川2】 ⑤の相違</p> <p data-bbox="2540 1291 2689 1413">・方針の相違 【女川2】 ⑤の相違</p>

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p style="text-align: right;"><u>添付資料-9</u></p> <p style="text-align: center;"><u>多入力の時刻歴応答解析の適用について</u></p> <p>1. 概要 今回工認では、三軸粘性ダンパを設置した配管系の地震応答解析において、多入力の時刻歴応答解析手法を適用するため、本資料にて、その解析手法を説明する。なお、本解析手法は、原子炉建物等の建物・構築物の地震応答解析において、他プラントを含む既工認にて適用実績がある。</p> <p>注1：原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 - 1987 (社団法人日本電気協会)</p> <p>2. 多入力の時刻歴応答解析法 多入力の時刻歴応答解析では、基準とする入力点(基準入力点)に対する配管系の相対変位及び入力点の相対変位を用いると、地震による慣性力を受ける配管系の運動方程式は以下となる。</p> $[M]\{\ddot{x}_a\} + [C]\{\dot{x}_a\} + [K]\{x_a\} = -[M]\{I\}\ddot{y}_0 - [\tilde{C}]\{\dot{x}_b\} - [\tilde{K}]\{x_b\} \quad (1)$ <p>$[M]$, $[C]$, $[K]$: 配管系の質量, 減衰, 剛性マトリクス</p> <p>$\{I\}$: 単位ベクトル</p> <p>$\{x_a\}$: 基準入力点に対する配管系の相対変位ベクトル</p> <p>$\{x_b\}$: 基準入力点に対する入力点の相対変位ベクトル</p> <p>y_0 : 基準入力点の絶対変位</p> <p>$[\tilde{C}]$: 入力点の相対速度に対応した減衰マトリクス</p> <p>$[\tilde{K}]$: 入力点の相対変位に対応した剛性マトリクス</p>	<p>・対象設備の相違</p> <p>【柏崎 6/7, 東海第二】 島根 2号炉では、三軸粘性ダンパを設置した配管系の地震応答解析において、多入力の時刻歴応答解析手法を適用する。</p>

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>式(1)の左辺は地震による慣性力を受ける配管系の運動方程式である。右辺第一項は、基準入力点の加速度を用いており、右辺第二項及び右辺第三項は、入力点の相対変位、相対速度により生じる力を表している。式(1)は、単一入力の場合と同様に、モード座標系の運動方程式に変換することが可能であり、今回の評価では、モード空間での連成した運動方程式に対して時間積分を行う方法を適用する。</p> <p>3. 多入力の場合の2自由度系の運動方程式の例</p> <p>多入力の時刻歴応答解析手法は、いくつかの定式化が可能であるが、前項に示した系全体の絶対変位を「基準とする支持点の絶対変位」と「基準とする支持点からの相対変位」の和で表す場合の定式化について、多入力の場合の2自由度系の運動方程式の例を以下に示す。対象とする2自由度系を図3-1に示す。</p> <p>なお、系を静的平衡関係から得られる疑似静的変位と動的変位の和で定義することを特徴とするCloughの方法がJ E A G 4 6 0 1に示されているが、変位等の定義の仕方が異なるだけであり、系の運動方程式としては、式(1)と同等である(参考資料(9-1)参照)。</p>  <p>The diagram shows a horizontal mass-spring-damper system. It is supported at two points: '支持点1' (Support 1) on the left and '支持点2' (Support 2) on the right. The displacement of Support 1 is denoted as x_{b1} and the displacement of Support 2 as x_{b2}. A vertical axis y is shown below Support 1. Two masses, '質点1' (Mass 1) and '質点2' (Mass 2), are connected in series between the supports. Mass 1 has mass m_1 and relative displacement x_{a1} from Support 1. Mass 2 has mass m_2 and relative displacement x_{a2} from Support 1. The system consists of three spring-damper units: the first between Support 1 and Mass 1 with stiffness k_1 and damping c_1; the second between Mass 1 and Mass 2 with stiffness k_2 and damping c_2; and the third between Mass 2 and Support 2 with stiffness k_3 and damping c_3.</p> <p>y : 基準とする支持点1の絶対変位 x_{a1}, x_{a2} : 支持点1に対する各質点の相対変位 x_{b1}, x_{b2} : 支持点1に対する各支持点の相対変位 ($x_{b1} = 0$) m_1, m_2 : 質量 k_1, k_2, k_3 : ばね定数 c_1, c_2, c_3 : 減衰係数</p> <p>図3-1 多入力の場合の2自由度系</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>地震による慣性力を受ける配管系の運動方程式を以下に示す。</p> $\begin{cases} m_1(\ddot{x}_{a1} + \ddot{y}) + c_1(\dot{x}_{a1} - \dot{x}_{b1}) - c_2(\dot{x}_{a2} - \dot{x}_{a1}) + k_1(x_{a1} - x_{b1}) - k_2(x_{a2} - x_{a1}) = 0 & (2) \\ m_2(\ddot{x}_{a2} + \ddot{y}) + c_2(\dot{x}_{a2} - \dot{x}_{a1}) - c_3(\dot{x}_{b2} - \dot{x}_{a2}) + k_2(x_{a2} - x_{a1}) - k_3(x_{b2} - x_{a2}) = 0 & (3) \end{cases}$ <p>基準とする支持点 1 に関する項を右辺に移項して整理すると、</p> $\begin{cases} m_1\ddot{x}_{a1} + (c_1 + c_2)\dot{x}_{a1} - c_2\dot{x}_{a2} + (k_1 + k_2)x_{a1} - k_2x_{a2} - c_1\dot{x}_{b1} - k_1x_{b1} = -m_1\ddot{y} & (4) \\ m_2\ddot{x}_{a2} - c_2\dot{x}_{a1} + (c_2 + c_3)\dot{x}_{a2} - k_2x_{a1} + (k_2 + k_3)x_{a2} - c_3\dot{x}_{b2} - k_3x_{b2} = -m_2\ddot{y} & (5) \end{cases}$ <p>となる。式 (4) および式 (5) を行列式で表現すると、</p> $\begin{bmatrix} m_1 & 0 \\ 0 & m_2 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \ddot{x}_{a1} \\ \ddot{x}_{a2} \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} c_1 + c_2 & -c_2 \\ -c_2 & c_2 + c_3 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \dot{x}_{a1} \\ \dot{x}_{a2} \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} k_1 + k_2 & -k_2 \\ -k_2 & k_2 + k_3 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} x_{a1} \\ x_{a2} \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} -c_1 & 0 \\ 0 & -c_3 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \dot{x}_{b1} \\ \dot{x}_{b2} \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} -k_1 & 0 \\ 0 & -k_3 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} x_{b1} \\ x_{b2} \end{Bmatrix} = - \begin{bmatrix} m_1 & 0 \\ 0 & m_2 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} 1 \\ 1 \end{Bmatrix} \ddot{y} \quad (6)$ <p>となる。</p> <p>ここで、入力点の相対速度に対応した減衰マトリクスを、$[\tilde{C}]$ 入力点の相対変位に対応した剛性マトリクスを $[\tilde{K}]$ としたうえでこれらを右辺に移項すると、以下の式となる。</p> $[M]\{\ddot{x}_a\} + [C]\{\dot{x}_a\} + [K]\{x_a\} = -[M]\{I\}\ddot{y} - [\tilde{C}]\{\dot{x}_b\} - [\tilde{K}]\{x_b\} \quad (7)$ <p>式 (7) の左辺は質点の変位 x_a、右辺は支持点の変位 x_b および y の運動方程式であり、前項に示す式 (1) と同様の方程式となる。</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p style="text-align: right;">参考資料(9-1)</p> <p style="text-align: center;">J E A G 4 6 0 1 -1987 (抜粋) 6.5.4 地震応答解析法 (3)配管</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>(3) 配 管</p> <p>Aクラス配管の地震応答解析手法として設計において最も多く用いられている方法は、「6.5.4(2)容器」で示したスペクトルモード解析法であるが、「6.5.4(1)建屋連成系の機器」で述べた時刻解析法による場合もある。配管系は、多数の支持点にて支持されていることから多入力解析を用いることが合理的と考えられる。この多入力解析法については、いくつかの定式化が考えられるが、配管を対象とした多入力解析の場合はCloughにより提案された方法^(6.5.4-3)を用いることが多い。このCloughの方法は、系を静的平衡関係から得られる擬静的変位と動的変位の和で定義したことを特徴とするもので、最終的には系の運動方程式は次の式(6.5.4-8)となる。</p> $M\ddot{U} + C\dot{U} + KU = -MH\ddot{U}_b \quad \dots\dots\dots (6.5.4-8)$ <p>M : 質量マトリクス C : 減衰マトリクス K : 剛性マトリクス \ddot{U}_b : 支持点の絶対加速度 H : 静的平衡関係から得られる変換マトリクス</p> <p>式(6.5.4-8)はこれまでに扱ってきた運動方程式と同様な形式となっているため、時刻歴による多入力解析はもちろんであるが支持点の応答スペクトルを用いたスペクトル多入力解析をも可能としている。ただし、膨大な数のモデルを対象とする配管設計においては、簡便さと安全側の観点から各々の支持部の入力を包絡し、単一入力として解析する場合が多い。</p> <p>つまり、配管系の地震応答解析は「6.5.2(3)配管」において述べたように曲げせん断はり(ビーム、管要素)により3次元のモデル化が行われスペクトルモード解析により地震力を求める解析法が主となっている。そして、スペクトルモード解析においてモード合成により部材力を求める場合は「SRSS」法が用いられ、地震入力方向の合成には絶対値和法を用いるのが普通である。</p> </div>	

実線・・設備運用又は体制等の相違（設計方針の相違）
 波線・・記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

まとめ資料比較表 [4条 地震による損傷の防止 別紙-15]

東海第二発電所（2018.9.18版）	女川原子力発電所 2号炉（2020.2.7版）	島根原子力発電所 2号炉	備考
別紙-13 動的機能維持評価の検討方針について（耐震）	別紙-8 <u>規格適用範囲外の動的機能維持の評価</u> <目次> 1. はじめに 2. 動的機能維持のための新たな検討又は詳細検討が必要な設備の検討方針 3. 動的機能維持のための新たな検討又は詳細検討が必要な設備抽出 4. 新たな検討が必要な設備における動的機能維持評価の検討 4.1 新たな検討が必要な設備における動的機能維持の検討方針 4.2 <u>新たな検討が必要な設備における動的機能維持評価の評価項目の抽出</u> 4.3 <u>スクリー式ポンプの地震時異常要因分析による基本評価項目の抽出</u> 4.4 耐特委で検討された遠心式ポンプの地震時異常要因分析による基本評価項目 4.5 電共研で検討されたギヤ式ポンプの地震時異常要因分析による基本評価項目 4.6 スクリー式ポンプの基本評価項目の検討 4.7 <u>まとめ</u> 5. 詳細検討が必要な設備における動的機能維持の検討方針 6. <u>弁の機能維持評価に用いる配管系の応答値について</u> 別表1 <u>検討対象設備における動的機能維持評価の整理結果</u>	別紙-15 <u>動的機能維持評価の検討方針について（耐震）</u> 目次 1. はじめに 2. <u>動的機能維持のための新たな検討、詳細検討又は加振試験が必要な設備の検討方針</u> 3. <u>動的機能維持のための新たな検討、詳細検討又は加振試験が必要な設備の抽出</u> 4. <u>新たな検討が必要な設備における動的機能維持評価の検討</u> 4.1 <u>新たな検討が必要な設備における動的機能維持の検討方針</u> 4.2 <u>スクリー式ポンプに対する検討</u> 4.2.1 <u>検討対象設備の概要</u> 4.2.2 <u>スクリー式ポンプの動的機能維持評価項目の抽出</u> 4.2.3 <u>耐特委で検討された遠心式ポンプの地震時異常要因分析による基本評価項目</u> 4.2.4 <u>電共研で検討されたギヤ式ポンプの地震時異常要因分析による基本評価項目</u> 4.2.5 <u>スクリー式ポンプの基本評価項目の検討</u> 4.2.6 <u>スクリー式ポンプの動的機能維持評価項目の検討結果</u> 4.3 <u>ガスタービン発電機に対する検討</u> 4.3.1 <u>検討対象設備の概要</u> 4.3.2 <u>ガスタービン発電機の動的機能維持評価項目の抽出</u> 4.3.3 <u>耐特委で検討された非常用ディーゼル発電機の地震時異常要因分析による基本評価項目</u> 4.3.4 <u>耐特委で検討されたポンプ駆動用タービンの地震時異常要因分析による基本評価項目</u> 4.3.5 <u>ガスタービン発電機の基本評価項目の検討</u> 4.3.6 <u>ガスタービン発電機の動的機能維持評価項目の検討結果</u> 5. <u>詳細検討が必要な設備における動的機能維持の検討方針</u> 6. <u>加振試験が必要な設備における動的機能維持評価の検討</u> 7. <u>弁の動的機能維持評価に用いる配管系の応答値について</u> 別表1 <u>検討対象設備の抽出結果</u>	・資料構成の相違 【東海2，女川2】 島根2号炉では，加振試験の内容を本資料に含む。（以下，②の相違） ・新たな検討が必要な設備の相違 【東海2，女川2】 島根2号炉では，ガスタービン発電機について，新たな検討が必要な設備として抽出している。（以下，①の相違） ・資料構成の相違 【東海2，女川2】 ②の相違

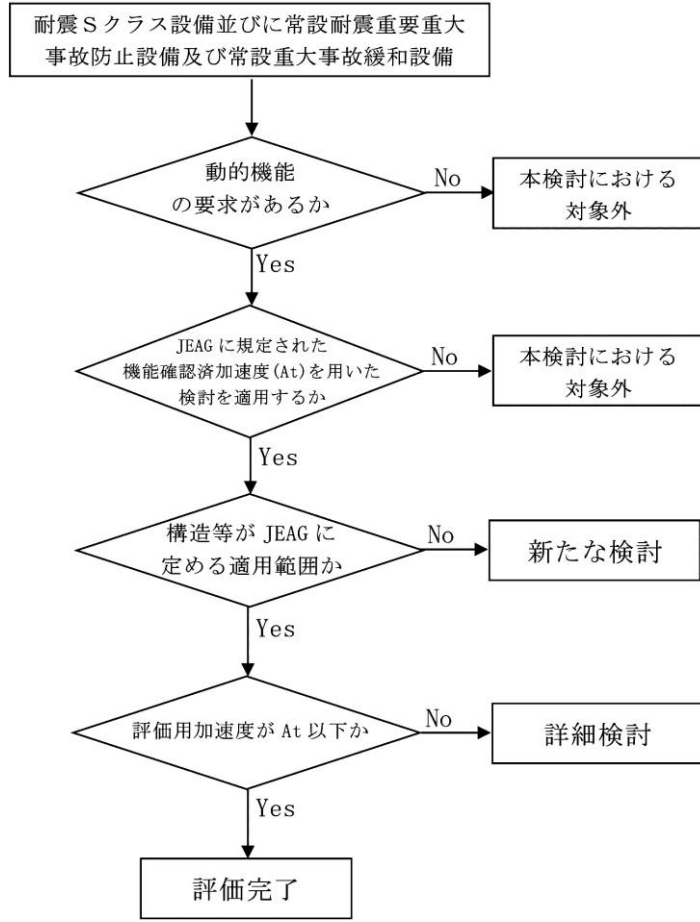
東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p><u>添付資料 1 高圧原子炉代替注水ポンプの加振試験について</u></p> <p><u>参考資料 1 ガスタービン発電機の加振試験について</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> ・資料構成の相違 【東海 2, 女川 2】 ②の相違 ・新たな検討が必要な設備の相違 【東海 2, 女川 2】 ①の相違

東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>1. はじめに</p> <p>本資料では、実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈等における動的機能保持に関する評価に係る一部改正（以下「<u>技術基準規則解釈等の改正</u>」という）を踏まえて、<u>動的機能維持が必要な設備の検討方針</u>を示す。</p>	<p>1. はじめに</p> <p>本資料では、実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈等における動的機能保持に関する評価に係る一部改正を踏まえて、<u>動的機能維持についての検討方針</u>、<u>新たな検討又は詳細検討が必要な設備の抽出及び検討結果</u>を示す。</p> <p>なお、<u>検討の結果、詳細な評価が必要になった設備については、工認段階で詳細評価の内容を説明する。</u></p> <p>実用発電用原子炉及びその附属設備の技術基準に関する規則の解釈及び耐震設計に係る審査ガイドのうち、<u>動的機能維持の評価に係る部分は以下のとおり。</u></p> <p>実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈（抜粋）</p> <div data-bbox="961 835 1709 1150" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>第5条（地震による損傷の防止）</p> <p>3 動的機器に対する「施設の機能を維持していること」とは、基準地震動による応答に対して、当該機器に要求される機能を保持することをいう。具体的には、当該機器の構造、動作原理等を考慮した評価を行うこと、既往研究で機能維持の確認がなされた機能確認済加速度等を超えていないことを確認することをいう。</p> </div>	<p>1. はじめに</p> <p>本資料では、実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈等における動的機能保持に関する評価に係る一部改正を踏まえて、<u>動的機能維持についての検討方針</u>、<u>新たな検討又は詳細検討が必要な設備の抽出及び検討結果</u>を示す。</p> <p>なお、<u>検討の結果、詳細な評価が必要になった設備については、工認段階で詳細評価の内容を説明する。</u></p> <p>実用発電用原子炉及びその附属設備の技術基準に関する規則の解釈および耐震設計に係る審査ガイドのうち、<u>動的機能維持の評価に係る部分は以下のとおり。</u></p> <p>実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈（抜粋）</p> <div data-bbox="1751 835 2499 1150" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>第5条（地震による損傷の防止）</p> <p>3 動的機器に対する「施設の機能を維持していること」とは、基準地震動による応答に対して、当該機器に要求される機能を保持することをいう。具体的には、当該機器の構造、動作原理等を考慮した評価を行うこと、既往研究で機能維持の確認がなされた機能確認済加速度等を超えていないことを確認することをいう。</p> </div>	

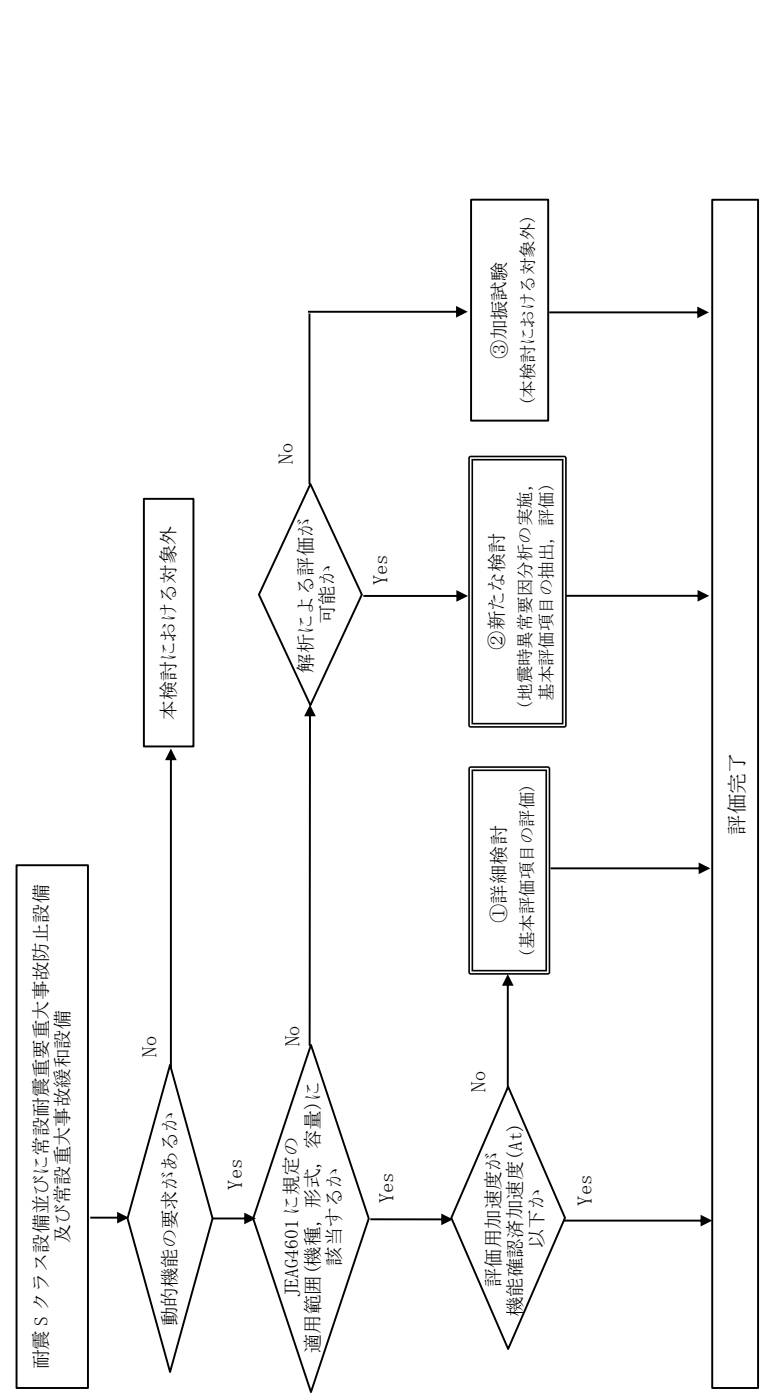
東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
	<p>耐震設計に係る工認審査ガイド (抜粋)</p> <p>4.6.2 動的機能</p> <p>【審査における確認事項】</p> <p>Sクラスの施設を構成する主要設備又は補助設備に属する機器のうち、地震時又は地震後に機能保持が要求される動的機器については、基準地震動 S_s を用いた地震応答解析結果の応答値が動的機能保持に関する評価基準値を超えていないことを確認する。</p> <p>【確認内容】</p> <p>動的機能については以下を確認する。</p> <p>(1) 水平方向の動的機能保持に関する評価については、規制基準の要求事項に留意して、機器の地震応答解析結果の応答値が JEAG4601 の規定を参考に設定された機能確認済加速度、構造強度等の評価基準値を超えていないこと。(中略) また、適用条件、適用範囲に留意して、既往の研究等において試験等により妥当性が確認されている設定等を用いること。</p> <p>(2) 鉛直方向の動的機能保持に関する評価については、規制基準の要求事項に留意して、機器の地震応答解析結果の応答値が水平方向の動的機能保持に関する評価に係る JEAG4601 の規定を参考に設定された機能確認済加速度、構造強度等の評価基準値を超えていないこと。(中略) また、適用条件、適用範囲に留意して、既往の研究等において試験等により妥当性が確認されている設定等を用いること。</p> <p>(3) 上記(1)及び(2)の評価に当たっては、当該機器が JEAG4601 に規定されている機種、形式、適用範囲等と大きく異なる場合又は機器の地震応答解析結果の応答値が JEAG4601 の規定を参考に設定された機能確認済加速度を超える場合(評価方法が JEAG4601 に規定されている場合を除く。)については、既往の研究等を参考に異常要因分析を実施し、当該分析に基づき抽出した評価項目毎に評価を行い、評価基準値を超えていないこと。また、当該分析結果に基づき抽出した評価部位について、構造強度評価等の解析のみにより行うことが困難な場合には、当該評価部位の地震応答解析結果の応答値が、加振試験(既往の研究等において実施されたものを含む。)により動的機能保持を確認した加速度を超えないこと。</p>	<p>耐震設計に係る工認審査ガイド(抜粋)</p> <p>4.6.2 動的機能</p> <p>【審査における確認事項】</p> <p>Sクラスの施設を構成する主要設備又は補助設備に属する機器のうち、地震時又は地震後に機能保持が要求される動的機器については、基準地震動 S_s を用いた地震応答解析結果の応答値が動的機能保持に関する評価基準値を超えていないことを確認する。</p> <p>【確認内容】</p> <p>動的機能については以下を確認する。</p> <p>(1) 水平方向の動的機能保持に関する評価については、規制基準の要求事項に留意して、機器の地震応答解析結果の応答値が JEAG4601 の規定を参考に設定された機能確認済加速度、構造強度等の評価基準値を超えていないこと。(中略) また、適用条件、適用範囲に留意して、既往の研究等において試験等により妥当性が確認されている設定等を用いること。</p> <p>(2) 鉛直方向の動的機能保持に関する評価については、規制基準の要求事項に留意して、機器の地震応答解析結果の応答値が水平方向の動的機能保持に関する評価に係る JEAG4601 の規定を参考に設定された機能確認済加速度、構造強度等の評価基準値を超えていないこと。(中略) また、適用条件、適用範囲に留意して、既往の研究等において試験等により妥当性が確認されている設定等を用いること。</p> <p>(3) 上記(1)及び(2)の評価に当たっては、当該機器が JEAG4601 に規定されている機種、形式、適用範囲等と大きく異なる場合又は機器の地震応答解析結果の応答値が JEAG4601 の規定を参考に設定された機能確認済加速度を超える場合(評価方法が JEAG4601 に規定されている場合を除く。)については、既往の研究等を参考に異常要因分析を実施し、当該分析に基づき抽出した評価項目毎に評価を行い、評価基準値を超えていないこと。また、当該分析結果に基づき抽出した評価部位について、構造強度評価等の解析のみにより行うことが困難な場合には、当該評価部位の地震応答解析結果の応答値が、加振試験(既往の研究等において実施されたものを含む。)により動的機能保持を確認した加速度を超えないこと。</p>	

東海第二発電所 (2018.9.18版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020.2.7版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>2. 動的機能維持のための新たな検討又は詳細検討が必要な設備の検討方針</p> <p><u>JEAG4601に定められた適用範囲から外れ新たな検討が必要な設備又は評価用加速度が機能維持確認済加速度を超えるため詳細検討が必要な設備を抽出するとともに、抽出された設備における動的機能維持のための検討方針を示す。</u></p> <p>2.1 動的機能維持のための新たな検討又は詳細検討が必要な設備の抽出</p> <p>(1) 検討対象設備</p> <p>検討対象設備は、耐震Sクラス並びに常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備とし、動的機能が必要な設備としてJEAG4601で適用範囲が定められている機種(立形ポンプ、横形ポンプ、電動機等)とする。なお、<u>加振試験により機能維持を確認する設備JEAG4601にて評価用加速度が機能維持確認済み加速度を超えた場合の詳細検討の具体的手順が定められている設備については検討から除外する。</u></p> <p>(2) 新たな検討又は詳細検討が必要な設備の抽出</p> <p><u>第1図に抽出フローを示す。検討対象設備について、JEAG4601に定める適用機種に対して構造、作動原理等が同じであることを確認する。同じであることが確認できない場合は、新たな検討が必要な設備として抽出する。</u></p>	<p>2. 動的機能維持のための新たな検討又は詳細検討が必要な設備の検討方針</p> <p>動的機能維持評価において、原子力発電所耐震設計技術指針JEAG4601-1991追補版(以下「JEAG4601」という。)に定められた適用範囲から外れ新たな検討が必要な設備又は評価用加速度が機能確認済加速度を超えるため詳細検討が必要な設備を抽出するとともに、抽出された設備における動的機能維持のための検討方針を示す。</p> <p>3. 動的機能維持のための新たな検討又は詳細検討が必要な設備の抽出</p> <p>(1) 検討対象設備</p> <p>検討対象設備は、耐震Sクラス並びに常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備とし、動的機能が必要な設備としてJEAG4601で適用範囲が定められている機種(立形ポンプ、横形ポンプ、電動機等)とする。</p> <p>なお、電気計装機器については、原則として加振試験により電氣的機能維持を確認することから、動的機能維持評価の検討対象設備から除いている。</p> <p>(2) 新たな検討又は詳細検討が必要な設備の抽出</p> <p>第3-1図に動的機能維持評価方法の検討フローを示す。検討対象設備について、動的機能維持の要求の有無を確認し、要求がない設備については、本検討における対象外とする。</p> <p>動的機能維持の要求がある検討対象設備について、JEAG4601に定める機能確認済加速度(A_t)との比較による評価方法が適用できる機種に対して、構造、作動原理、各機器の流量、出力等がJEAG4601で定められた適用範囲と大きく異なることを確認する。大きく異なる場合は、<u>解析による評価が可能かにより、新たな検討(地震時異常要因分析の実施、基本評価項目の抽出、評価)が必要な設備又は加振試験を実施する設備として抽出する。</u></p>	<p>2. 動的機能維持のための新たな検討、<u>詳細検討又は加振試験</u>が必要な設備の検討方針</p> <p><u>動的機能維持評価において、原子力発電所耐震設計技術指針JEAG4601-1991追補版(以下「JEAG4601」という。)に定められた適用範囲から外れ新たな検討又は加振試験が必要な設備、もしくは機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を超えるため詳細検討が必要な設備を抽出するとともに、抽出された設備における動的機能維持のための検討方針を示す。</u></p> <p>3. 動的機能維持のための新たな検討、<u>詳細検討又は加振試験</u>が必要な設備の抽出</p> <p>(1) 検討対象設備</p> <p>検討対象設備は、Sクラス設備並びに常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備とし、動的機能が必要な設備としてJEAG4601で適用範囲が定められている機種(立形ポンプ、横形ポンプ、電動機等)とする。</p> <p>なお、<u>電気計装機器については、原則として加振試験により電氣的機能維持を確認することから、動的機能維持評価の検討対象設備から除いている。</u></p> <p>(2) 新たな検討、<u>詳細検討又は加振試験</u>が必要な設備の抽出</p> <p><u>第3-1図に動的機能維持評価の検討フローを示す。検討対象設備について、動的機能維持の要求の有無を確認し、要求がない設備については本検討における対象外とする。</u></p> <p><u>動的機能維持の要求がある検討対象設備について、JEAG4601に定める機能確認済加速度(A_t)との比較による評価方法が適用できる機種に対して、構造、作動原理、各機器の流量、出力等がJEAG4601で定められた適用範囲と大きく異なることを確認する。大きく異なる場合は、新たな検討(地震時異常要因分析の実施、基本評価項目の抽出、評価)が必要な設備、又は加振試験を実施する設備として抽出する。</u></p>	<p>・資料構成の相違 【東海2, 女川2】 ②の相違</p> <p>・資料構成の相違 【東海2, 女川2】 ②の相違</p> <p>・資料構成の相違 【東海2, 女川2】 ②の相違</p> <p>・資料構成の相違 【東海2, 女川2】 ②の相違</p>

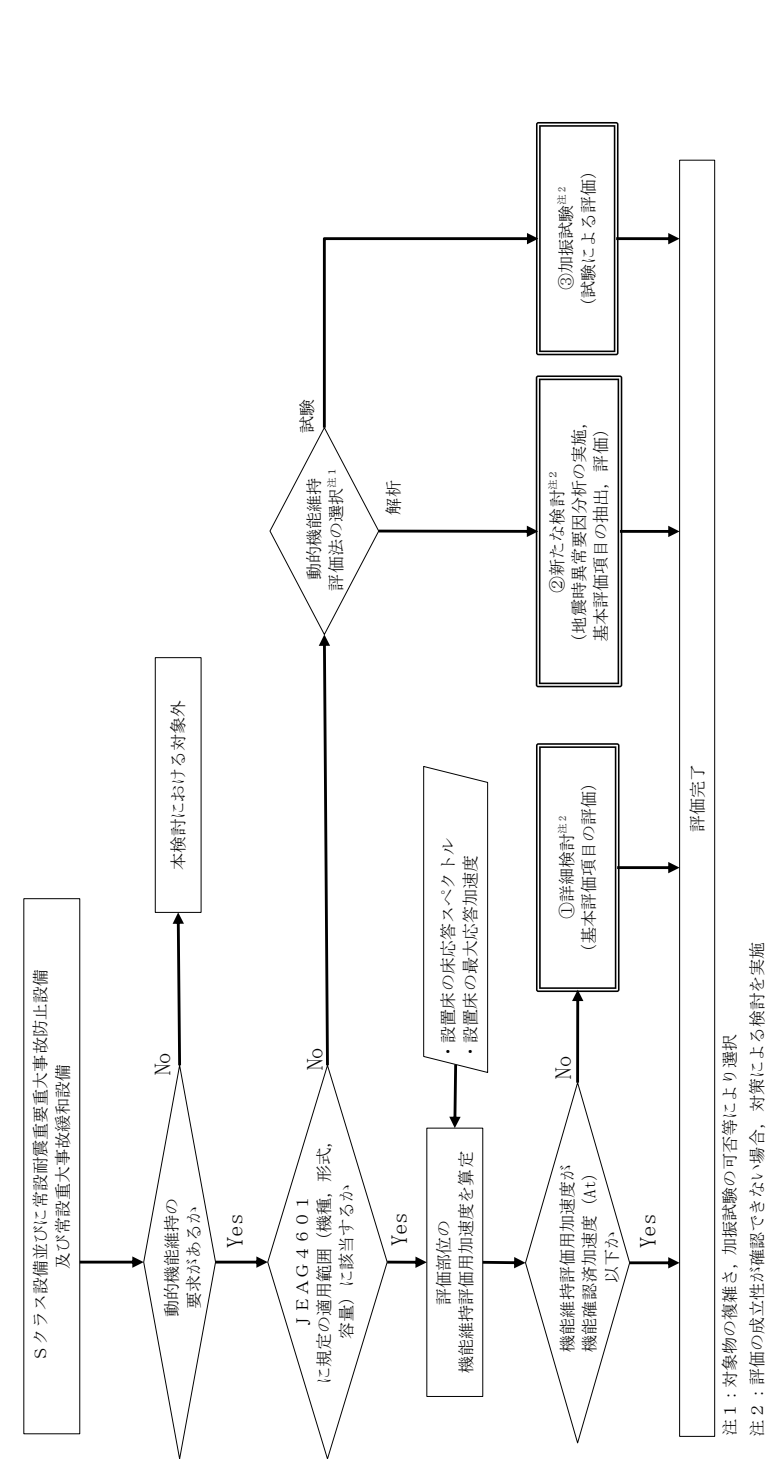
東海第二発電所 (2018.9.18版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020.2.7版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>さらに評価用加速度が J E A G 4601 及び既往の研究等※により妥当性が確認されている値に定める機能確認済加速度以内であることの確認を行い、機能確認済加速度を超える設備については詳細検討が必要な設備として抽出する。</p> <p>上記の整理結果として別表 1 に検討対象設備を示すとともに、<u>新たな検討又は詳細検討</u>が必要な設備の抽出のための情報として J E A G 4601 に該当する機種名等を整理した。</p> <p>※ 電力共通研究「鉛直地震動を受ける設備の耐震評価手法に関する研究 (平成 10 年度～平成 13 年度)」</p>	<p>さらに、評価用加速度が JEAG4601 及び既往の研究等※により妥当性が確認されている機能確認済加速度 (At) 以下であることの確認を行い、機能確認済加速度を超える設備については詳細検討 (基本評価項目の評価) が必要な設備として抽出する。</p> <p>なお、弁については JEAG4601 にて評価用加速度が機能確認済加速度を超えた場合の詳細検討の具体的手順が定められているため、<u>本検討の対象外とする。</u></p> <p>上記の整理結果として別表 1 に検討対象設備を示すとともに、<u>詳細検討又は新たな検討</u>が必要な設備の抽出のための情報として JEAG4601 に該当する機種名等を整理した。</p> <p>また、別表 1 に整理した設備や評価用加速度等の内容については、設計途中のため、動的機能維持評価の方針が検討中の設備も含まれており、今後の詳細設計の進捗に併せて変更の可能性があることから、工認段階で再度、設備及び評価方法の整理を行う。</p> <p>※電力共通研究「鉛直地震動を受ける設備の耐震評価手法に関する研究 (平成 10 年度～平成 13 年度)」</p>	<p>さらに、<u>機能維持</u>評価用加速度が J E A G 4 6 0 1 及び既往の研究等※により妥当性が確認されている機能確認済加速度 (A t) 以下であることの確認を行い、機能確認済加速度を超える設備については詳細検討 (基本評価項目の評価) が必要な設備として抽出する。</p> <p>なお、弁については J E A G 4 6 0 1 にて<u>機能維持</u>評価用加速度が機能確認済加速度を超えた場合の詳細検討の具体的手順が定められているため、<u>詳細評価法検討の対象外とする。</u></p> <p>上記の整理結果として別表 1 に検討対象設備を示すとともに、<u>詳細検討又は新たな検討</u>が必要な設備の抽出のための情報として J E A G 4 6 0 1 に該当する機種名等を整理した。</p> <p>また、別表 1 に整理した設備や<u>機能維持</u>評価用加速度等の内容については、設計途中のため、動的機能維持評価の方針が検討中の設備も含まれており、今後の詳細設計の進捗に併せて変更の可能性があることから、工認段階で再度、設備及び評価方法の整理を行う。</p> <p>※電力共通研究「鉛直地震動を受ける設備の耐震評価手法に関する研究 (平成 10 年度～平成 13 年度)」</p>	



第1図 検討が必要な設備の抽出フロー



第3-1図 動的機能維持評価の検討フロー



注1：対象物の複雑さ、加振試験の可否等により選択
注2：評価の成立性が確認できない場合、対策による検討を実施

第3-1図 動的機能維持評価の検討フロー

東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>(3) 抽出結果</p> <p>第1表に新たな検討又は詳細検討が必要な設備の抽出結果を示す。</p> <p>新たな検討が必要となる設備として、Vベルトの方式の遠心ファン(以下「Vベルト式ファン」という。)となる中央制御室換気系空気調和機ファン、中央制御室換気系フィルタ系ファン及び非常用ガス処理系排風機並びに横形スクリー式ポンプ(以下「スクリー式ポンプ」という。)、横形ギヤ式ポンプ(以下「ギヤ式ポンプ」という。)として非常用ディーゼル発電機燃料移送ポンプ、高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料移送ポンプ、常設代替高圧電源装置燃料移送ポンプ及び緊急時対策所用発電機給油ポンプが該当する。</p> <p>新たな検討が必要となる設備のうち、Vベルト式ファンについては、遠心直結式ファン又は遠心直動式ファンへの構造変更を行うため、動的機能維持評価のための新たな検討は不要となる。</p> <p>また、評価用加速度が機能確認済加速度を超える設備として残留熱除去系海水系ポンプ、非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプ並びにこれらポンプ用の電動機が該当する。</p>	<p>(3) 抽出結果</p> <p>別表1をもとに、第3-1図の検討フローにより、①詳細検討、②新たな検討及び③加振試験が必要な設備を検討した結果を、第3-1表に示す。</p> <p>①詳細検討(基本評価項目の評価)が必要な設備 評価用加速度が機能確認済加速度を超え、詳細検討が必要となる設備として、以下の設備が該当する。</p> <ul style="list-style-type: none"> 原子炉補機冷却海水ポンプ用電動機 非常用ガス処理系排風機及び電動機 可燃性ガス濃度制御系再結合装置ブロワ及び電動機 ほう酸水注入系ポンプ及び電動機 非常用ディーゼル発電設備非常用ディーゼル発電機 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機 <p>②新たな検討(地震時異常要因分析の実施、基本評価項目の抽出、評価)が必要な設備 新たな検討が必要な設備としては、以下の設備が該当する。 なお、ポンプの型式は全て横形スクリー式ポンプ(以下「スクリー式ポンプ」という。)である。</p> <ul style="list-style-type: none"> ガスタービン発電設備燃料移送ポンプ 非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ <p>③加振試験(本検討における対象外) 検討対象設備のうち、加振試験が必要な設備として以下の設備が抽出された。</p> <ul style="list-style-type: none"> 高圧代替注水系ポンプ ガスタービン発電機 	<p>(3) 抽出結果</p> <p>別表1をもとに、第3-1図の検討フローにより、①詳細検討、②新たな検討及び③加振試験が必要な設備を検討した結果を、第3-1表に示す。</p> <p>① 詳細検討(基本評価項目の評価)が必要な設備 機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を超え、詳細検討が必要となる設備として、以下の設備が該当する。</p> <ul style="list-style-type: none"> 原子炉補機海水ポンプ及び電動機 非常用ガス処理系排風機及び電動機 可燃性ガス濃度制御系再結合装置ブロワ及び電動機 ほう酸水注入ポンプ及び電動機 高圧炉心スプレイポンプ補機海水ポンプ及び電動機 燃料プール冷却ポンプ及び電動機 <p>② 新たな検討(地震時異常要因分析の実施、基本評価項目の抽出、評価)が必要な設備 新たな検討が必要な設備としては、以下の設備が該当する。</p> <p><スクリー式ポンプ></p> <ul style="list-style-type: none"> ガスタービン発電機用燃料移送ポンプ 非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ <p><ガスタービン機関></p> <ul style="list-style-type: none"> ガスタービン発電機 <p>③ 加振試験(試験による評価)が必要な設備 加振試験が必要な設備としては、以下の設備が該当する。</p> <ul style="list-style-type: none"> 高圧原子炉代替注水ポンプ 	<p>・新たな検討が必要な設備の相違 【東海2, 女川2】 ①の相違</p> <p>・資料構成の相違 【東海2, 女川2】 ②の相違</p> <p>・新たな検討が必要な設備の相違 【東海2, 女川2】 ①の相違</p>

東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)

第 1 表(1) 新たな検討又は詳細検討が必要な設備の抽出結果

機種名	設備名称	J E A G 4601 適用範囲 ○:可 ×:否 (新たな 検討が必要)	At 確認 ○:OK ×:NG (詳細 検討が必要)
立形ポンプ	残留熱除去系ポンプ	○	○
	高圧炉心スプレイ系ポンプ	○	○
	低圧炉心スプレイ系ポンプ	○	○
	残留熱除去系海水系ポンプ	○	×
	非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ	○	×
	高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用 海水ポンプ	○	×
	緊急用海水ポンプ	○	○注1
横形ポンプ	原子炉隔離時冷却系ポンプ	○	○
	非常用ディーゼル発電機燃料移送ポンプ	×	-
	高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃 料移送ポンプ	×	-
	常設低圧代替注水系ポンプ	○	○注1
	代替燃料プール冷却系ポンプ	○	○
	格納容器圧力逃がし装置移送ポンプ	○	○注1
	代替循環冷却系ポンプ	○	○
	常設代替高圧電源装置燃料移送ポンプ	×	-
	緊急時対策所用発電機給油ポンプ	×	-
	原子炉隔離時冷却系ポンプ用駆動タービ ン	○	○
電動機	残留熱除去系ポンプ用電動機	○	○
	高圧炉心スプレイ系ポンプ用電動機	○	○
	低圧炉心スプレイ系ポンプ用電動機	○	○
	残留熱除去系海水系ポンプ用電動機	○	×
	ほう酸水注入ポンプ用電動機	○	○
	中央制御室換気系空調機ファン用電 動機	○	○

注 1) 今後の設計進捗によって、評価用加速度の変更により At 確認結果が変更する可能性が有る。

女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)

第 3-1 表 新たな検討又は詳細検討が必要な設備の抽出結果
(1/3)

機種名	設備名称	J E A G 4601 の適用性確認 ○:適用可 ×:適用外 (新たな検討が必要)	At 確認 ^{注1} ○:At 以下 (評価完了) ×:At 超過 (詳細検討が必要) -:評価中	
立形ポンプ	残留熱除去系ポンプ	○	○	
	高圧炉心スプレイ系ポンプ	○	○	
	低圧炉心スプレイ系ポンプ	○	○	
	原子炉補機冷却海水ポンプ	○	○	
	高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ	○	○	
	原子炉隔離時冷却系ポンプ	○	○	
	原子炉補機冷却水ポンプ	○	○	
横形ポンプ	高圧炉心スプレイ補機冷却水ポンプ	○	○	
	復水移送ポンプ	○	○	
	代替循環冷却ポンプ	○	○	
	燃料プール冷却浄化系ポンプ ^{注2}	○	-	
	ガスタービン発電設備燃料移送ポンプ ^{注2}	×	(スクリー方式) -	
	非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ ^{注2}	×	(スクリー方式) -	
	高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備 燃料移送ポンプ ^{注2}	×	(スクリー方式) -	
	原子炉隔離時冷却系ポンプ駆動用タービン	○	○	
	電動機	残留熱除去系ポンプ用電動機	○	○
		高圧炉心スプレイ系ポンプ用電動機	○	○
低圧炉心スプレイ系ポンプ用電動機		○	○	
原子炉補機冷却海水ポンプ用電動機		○	×	
高圧炉心スプレイ補機冷却海水系ポンプ用電動機		○	○	
原子炉補機冷却水ポンプ用電動機		○	○	
高圧炉心スプレイ補機冷却水ポンプ用電動機		○	○	

島根原子力発電所 2号炉

第 3-1 表 新たな検討又は詳細検討が必要な設備の抽出結果
(1/2)

機種名	設備名称	J E A G 4601 の適用性確認 ○:適用可 ×:適用外 (新たな検討が必要)	At 確認 ^{注1} ○:At 以下 (評価完了) ×:At 超過 (詳細検討が必要) -:対象外, 評価中
立形ポンプ	残留熱除去系ポンプ	○	○
	高圧炉心スプレイ系ポンプ	○	○
	低圧炉心スプレイ系ポンプ	○	○
	原子炉補機海水ポンプ	○	×
	高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ	○	×
横形ポンプ	燃料プール冷却ポンプ	○	×
	高圧原子炉代替注水ポンプ (タービン駆動水潤滑式)	×	-
	残留熱代替除去ポンプ	○	○
	原子炉隔離時冷却ポンプ	○	○
	低圧原子炉代替注水ポンプ	○	○
	原子炉補機冷却水ポンプ	○	○
	高圧炉心スプレイ補機冷却水ポンプ	○	○
	非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ (スクリー方式)	×	-
	高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ (スクリー方式)	×	-
	ガスタービン発電機用燃料移送ポンプ (スクリー方式)	×	-
往復動式ポンプ	ほう酸水注入ポンプ	○	×
ポンプ駆動用ター ビン	原子炉隔離時冷却ポンプ駆動用蒸気タービン	○	○
電動機	燃料プール冷却ポンプ用電動機	○	×
	残留熱除去系ポンプ用電動機	○	○
	高圧炉心スプレイ系ポンプ用電動機	○	○
	低圧炉心スプレイ系ポンプ用電動機	○	○
	残留熱代替除去ポンプ用電動機	○	○
	低圧原子炉代替注水ポンプ用電動機	○	○
	原子炉補機冷却水ポンプ用電動機	○	○
	原子炉補機海水ポンプ用電動機	○	×
	高圧炉心スプレイ補機冷却水ポンプ用電動機	○	○
	高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ用電動機	○	×
ほう酸水注入ポンプ用電動機	○	×	

・対象設備の相違
【東海 2, 女川 2】
設備構成及び応答加
速度の相違により抽
出結果が異なる。(以
下, ③の相違)

東海第二発電所 (2018.9.18版)

第1表(2) 新たな検討又は詳細検討が必要な設備の抽出結果

機種名	設備名称	JEAG4601 適用範囲 ○：可 ×：否(新たな 検討が必要)	At 確認 ○：OK ×：NG(詳細 検討が必要)
電動機	中央制御室換気系フィルタ系ファン用電動機	○	○
	非常用ガス処理系排風機用電動機	○	○
	非常用ガス再循環系排風機用電動機	○	○
	可燃性ガス濃度制御系再結合装置ブロウ用電動機	○	○
	非常用ディーゼル発電機燃料移送ポンプ用電動機	○	○注1
	非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ用電動機	○	×
	高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料移送ポンプ用電動機	○	○注1
	高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプ用電動機	○	×
	常設低圧代替注水系ポンプ用電動機	○	○注1
	代替燃料プール冷却系ポンプ用電動機	○	○
	格納容器圧力逃し装置移送ポンプ用電動機	○	○注1
	代替循環冷却系ポンプ用電動機	○	○
	緊急用海水ポンプ用電動機	○	○注1
	緊急時対策所非常用送風機用電動機	○	○注1
	常設代替高圧電源装置燃料移送ポンプ用電動機	○	○注1
	緊急時対策所非常用送風機	○	○注1
	ファン	中央制御室換気系空調機ファン	×
中央制御室換気系フィルタ系ファン		×	—
非常用ガス処理系排風機		×	—
非常用ガス再循環系排風機		○	○
可燃性ガス濃度制御系再結合装置ブロウ		○	○
緊急時対策所非常用送風機		○	○注1

注1) 今後の設計進捗によって、評価用加速度の変更によりAt 確認結果が変更する可能性がある。

第1表(3) 新たな検討又は詳細検討が必要な設備の抽出結果

機種名	設備名称	JEAG4601 適用範囲 ○：可 ×：否(新たな 検討が必要)	At 確認 ○：OK ×：NG(詳細 検討が必要)
非常用ディーゼル発電機	非常用ディーゼル発電機	○	○
	高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機	○	○
	非常用ディーゼル発電機調速装置及び非常用ディーゼル発電機非常調速装置	○	○
	高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機調速装置及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機非常調速装置	○	○
往復動式ポンプ	ほう酸水注入ポンプ	○	○
制御棒	制御棒挿入性	○	○注2

注2) 地震応答解析結果から求めた燃料集合体変位が加振試験により確認された制御棒挿入機能に支障を与えない変位に対して下回ることを確認

女川原子力発電所 2号炉 (2020.2.7版)

第3-1表 新たな検討又は詳細検討が必要な設備の抽出結果

(2/3)

機種名	設備名称	JEAG4601の適用性確認 ○：適用可 ×：適用外 (新たな検討が必要)	At 確認 ^{※1} ○：At 以下 (評価完了) ×：At 超過 (詳細検討が必要) —：評価中	
電動機	復水移送ポンプ用電動機 ^{※2}	○	—	
	代替循環冷却ポンプ用電動機 ^{※2}	○	—	
	燃料プール冷却浄化系ポンプ用電動機 ^{※2}	○	—	
	ほう酸水注入系ポンプ用電動機	○	×	
	中央制御室送風機用電動機	○	○	
	中央制御室排風機用電動機	○	○	
	中央制御室再循環送風機用電動機	○	○	
	非常用ガス処理系排風機用電動機	○	×	
	可燃性ガス濃度制御系再結合装置ブロウ用電動機	○	×	
	緊急時対策所非常用送風機用電動機 ^{※2}	○	—	
	ガスタービン発電設備燃料移送ポンプ用電動機 ^{※2}	○	—	
	非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ用電動機 ^{※2}	○	—	
	高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ用電動機 ^{※2}	○	—	
	ファン	中央制御室送風機	○	○
		中央制御室排風機	○	○
		中央制御室再循環送風機	○	○
		非常用ガス処理系排風機	○	×
可燃性ガス濃度制御系再結合装置ブロウ		○	×	
非常用ディーゼル発電設備	非常用ディーゼル発電設備	○	×	
	高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機	○	×	
往復動式ポンプ	ほう酸水注入系ポンプ	○	×	

第3-1表 新たな検討又は詳細検討が必要な設備の抽出結果

(3/3)

機種名	設備名称	JEAG4601の適用性確認 ○：適用可 ×：適用外 (新たな検討が必要)	At 確認 ^{※1} ○：At 以下 (評価完了) ×：At 超過 (詳細検討が必要) —：評価中
制御棒	制御棒挿入性	○	○注3

※1 今後の設計進捗によって評価用加速度が変更となり、At 確認結果が変更となる場合がある。
 ※2 SA 設備として現在設計中。
 ※3 地震応答解析結果から求めた燃料集合体相対変位が、加振試験により確認された制御棒挿入機能に支障を与えない変位に対して下回ることを確認。

島根原子力発電所 2号炉

第3-1表 新たな検討又は詳細検討が必要な設備の抽出結果

(2/2)

機種名	設備名称	JEAG4601の適用性確認 ○：適用可 ×：適用外 (新たな検討が必要)	At 確認 ^{※1} ○：At 以下 (評価完了) ×：At 超過 (詳細検討が必要) —：対象外、評価中
電動機	中央制御室送風機用電動機	○	○
	中央制御室非常用再循環送風機用電動機	○	○
	非常用ガス処理系排風機用電動機	○	×
	可燃性ガス濃度制御系再結合装置ブロウ用電動機	○	×
	非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ用電動機	○	○
	高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ用電動機	○	○
	ガスタービン発電機用燃料移送ポンプ用電動機	○	○
ファン	中央制御室送風機	○	○
	中央制御室非常用再循環送風機	○	○
	非常用ガス処理系排風機	○	×
	可燃性ガス濃度制御系再結合装置ブロウ	○	×
非常用ディーゼル発電設備	非常用ディーゼル発電設備ディーゼル機関	○	○
	高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備ディーゼル機関	○	○
ガスタービン機関	ガスタービン発電機	×	— (ガスタービン発電機)
制御棒	制御棒(地震時挿入性)	○	○注2

注1：今後の設計進捗によって機能維持評価用加速度が変更となる場合は確認結果に反映する。

注2：地震応答解析結果から求めた燃料集合体相対変位が、加振試験により確認された制御棒挿入機能に支障を与えない変位に対して下回ることを確認。

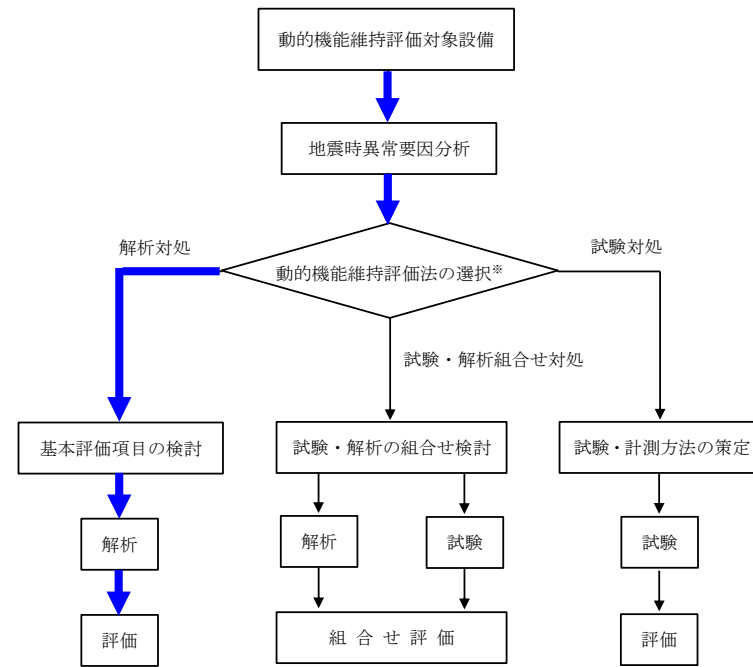
備考

・対象設備の相違
 【東海2, 女川2】
 ③の相違

・対象設備の相違
 【東海2, 女川2】
 ③の相違

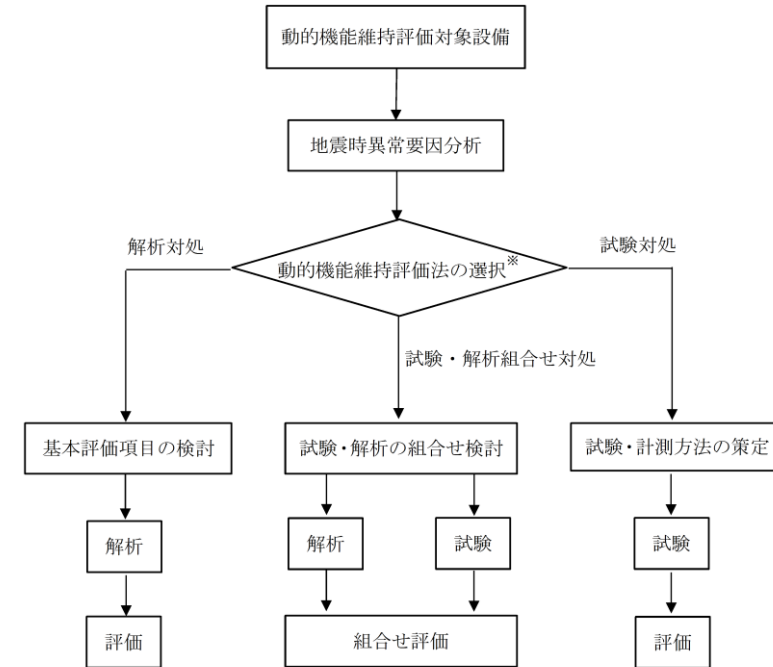
東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
	<p><u>(4) 動的機能維持評価の検討方針が未定の設備について</u> <u>検討対象設備のうち、新規規制基準適合に必要な設備として設計途中又は審議中のために、動的機能維持の検討方針が未定の設備として、以下の設備が該当する。</u></p> <p><u>①直流駆動低圧注水系ポンプ</u> <u>直流駆動低圧注水系ポンプは、横形ポンプとして現在設計中であり、今後の設計進捗に応じて構造、容量等が変更となるため、動的機能維持の検討方針は定まっていない。</u> <u>そのため、動的機能維持の検討方針及び詳細については、設計条件が確定した後、工認段階で再度整理する。</u></p> <p><u>②地下水低下設備</u> <u>本資料における検討対象には該当しないが、新規性基準適合性審査において、当該設備についての審査が進められている。</u> <u>そのため、今後の審査状況を踏まえ、動的機能維持の検討方針については、工認段階で再度整理する。</u></p>		<p>・対象設備の相違 【女川2】 島根2号炉では、動的機能維持の検討方針が未定の設備はない。</p>

東海第二発電所 (2018.9.18版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020.2.7版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>2.2. 動的機能維持の検討</p> <p>2.2.1 新たな検討が必要な設備の検討</p> <p>(1) 新たな検討が必要な設備における動的機能維持の検討方針</p> <p>新たな検討が必要な設備における動的機能維持の検討方針としては、技術基準規則解釈等の改正を踏まえて、公知化された検討として(社)日本電気協会電気技術基準調査委員会の下に設置された原子力発電耐震設計特別調査委員会(以下「耐特委」という。)により取り纏められた類似機器における検討をもとに実施する。</p> <p>具体的には、耐特委では動的機能の評価においては、対象機種ごとに現実的な地震応答レベルでの異常のみならず、破壊に至るような過剰な状態を念頭に地震時に考え得る異常状態を抽出し、その分析により動的機能上の評価点を検討し、機能維持を評価する際に確認すべき事項として、基本評価項目を選定している。</p> <p>今回新たな検討が必要な設備については、<u>基本的な構造は類似している機種/型式に対する耐特委での検討を参考に、型式による構造の違いを踏まえた上で地震時異常要因分析を実施し、基本評価項目を選定し機能維持評価を実施する。</u></p>	<p>4. 新たな検討が必要な設備における動的機能維持評価の検討</p> <p>4.1 新たな検討が必要な設備における動的機能維持の検討方針</p> <p>検討対象設備のうち、<u>ガスタービン発電設備燃料移送ポンプ、非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ及び高圧炉心スプレィ系ディーゼル発電設備燃料移送ポンプについては、スクリュウ式ポンプであり、JEAG4601に定められた適用範囲から外れ、機能確認済加速度との比較による評価方法が適用できないことから、新たな検討(新たに評価項目の検討)が必要となる設備である。</u></p> <p>JEAG4601に定められた機能確認済加速度との比較による評価方法が適用できる機種の範囲から外れた設備における動的機能維持の検討方針としては、技術基準規則解釈等の改正を踏まえて、公知化された検討として(社)日本電気協会電気技術基準調査委員会の下に設置された原子力発電耐震設計特別調査委員会(以下「耐特委」という。)により取り纏められた類似機器における検討及び電力共通研究(以下「電共研」という。)にて取り纏められた類似機器の検討をもとに実施する。</p> <p>具体的には、耐特委では動的機能の評価においては、対象機種ごとに現実的な地震応答レベルでの異常のみならず、破壊に至るような過剰な状態を念頭に地震時に考え得る異常状態を抽出し、その分析により動的機能上の評価点を検討し、動的機能維持を評価する際に確認すべき事項として、基本評価項目を選定している。また、電共研の検討では、耐特委及び原子力発電技術機構(以下「NUPEC」という。)での検討を踏まえて、動的機能維持の基本評価項目を選定している。</p> <p>今回 JEAG4601に定められた適用機種の範囲から外れた設備については、<u>基本的な構造が類似している機種/型式に対する耐特委及び電共研での検討を参考に、型式による構造の違いを踏まえた上で地震時異常要因分析を実施し、基本評価項目を選定し動的機能維持評価を実施する。動的機能維持評価のフローを第4.1-1図に示す。</u></p> <p>なお、JEAG4601においても、機能維持評価の基本方針として、地震時の異常要因分析を考慮し、動的機能の維持に必要な評価のポイントを明確にすることとなっている。</p>	<p>4. <u>新たな検討が必要な設備における動的機能維持評価の検討</u></p> <p>4.1 新たな検討が必要な設備における動的機能維持の検討方針</p> <p>検討対象設備のうち、3.(3)②に示す機器については、<u>JEAG4601に定められた機種及び適用形式から外れ、機能確認済加速度との比較による評価方法が適用できないことから、新たに評価項目の検討が必要となる設備である。</u></p> <p><u>JEAG4601に定められた機能確認済加速度との比較による評価方法が適用できる機種の範囲から外れた設備における動的機能維持の検討においては、技術基準規則解釈等の改正を踏まえて、公知化された検討として(社)日本電気協会電気技術基準調査委員会の下に設置された原子力発電耐震設計特別調査委員会(以下「耐特委」という。)により取り纏められた類似機器における検討及び電力共通研究(以下「電共研」という。)にて取り纏められた類似機器を参考に検討を実施する。</u></p> <p>具体的には、耐特委では動的機能の評価においては、対象機種ごとに現実的な地震応答レベルでの異常のみならず、破壊に至るような過剰な状態を念頭に地震時に考え得る異常状態を抽出し、その分析により動的機能上の評価項目を検討し、動的機能維持を評価する際に確認すべき事項として、基本評価項目を選定している。また、電共研の検討では、耐特委及び原子力発電技術機構(以下「NUPEC」という。)での検討を踏まえて、動的機能維持の基本評価項目を選定している。</p> <p><u>JEAG4601に定められた機種及び適用形式から外れた設備については、作動原理、構造又は機能が類似している構成設備を有する機種/形式に対する耐特委及び電共研での検討を参考に、型式による構造の違いを踏まえた上で地震時異常要因分析を実施し、基本評価項目を選定し動的機能維持評価を実施する。動的機能維持評価のフローを第4.1-1図に示す。</u></p> <p><u>なお、JEAG4601においても、機能維持評価の基本方針として、地震時の異常要因分析を考慮し、動的機能の維持に必要な評価のポイントを明確にすることとなっている。</u></p>	



※対象物の複雑さ等で選択
 ■ 本評価でのフロー

第 4.1-1 図 動的機能維持評価フロー



※対象物の複雑さ等で選択

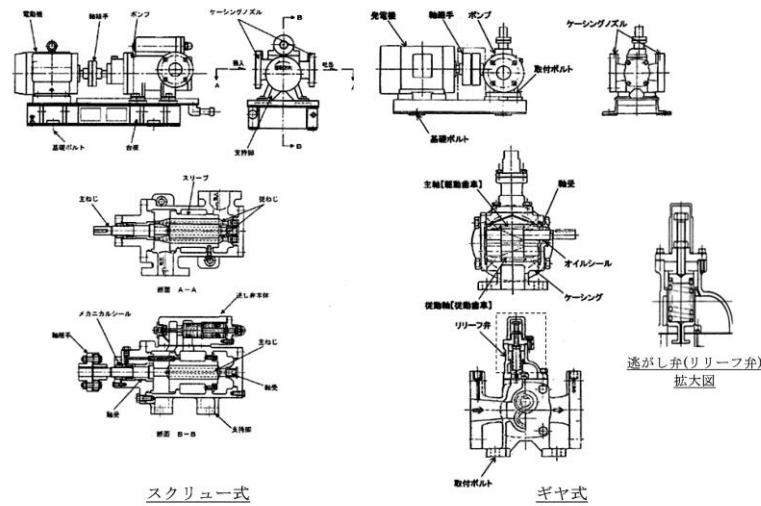
第 4.1-1 図 動的機能維持評価フロー

東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>新たな検討が必要な設備において、参考とする機種／型式を第2表に示すとともに、第2図及び第3図に今回工認にて新たな検討が必要な設備及び耐特委で検討され新たな検討において参考とする設備の構造概要図を示す。</p> <p>スクリー式及びギヤ式ポンプは、遠心式横形ポンプ(以下「遠心式ポンプ」という。)と内部流体の吐出構造が異なるが、電動機からの動力を軸継手を介してポンプ側に伝達する方式であること及びケーシング内にて軸系が回転し内部流体を吐出する機構を有しており基本構造が同じといえる。</p> <p>このため、スクリー式及びギヤ式ポンプについては、遠心式横形ポンプを参考とし、地震時異常要因分析を実施する。</p> <p>なお、非常用ディーゼル発電機燃料移送ポンプ、高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料移送ポンプ、常設代替高圧電源装置燃料移送ポンプ及び緊急時対策所用発電機給油ポンプについては、新規制基準により新たに動的機能要求が必要となり、評価する設備となる。</p>	<p>地震時異常要因分析を検討するに当たり、第4.1-1表に、新たな検討が必要な設備及び参考とする機種／型式を示すとともに、第4.1-2図に、今回工認において、新たな検討が必要な設備として抽出されたスクリー式ポンプ、参考とする耐特委で検討された遠心式ポンプ及び電共研で検討されたギヤ式ポンプの構造概要図を示す。</p> <p>スクリー式ポンプは、容積式の横形ポンプであり、一定容積の液をスクリーにて押し出す構造のポンプである。参考とするギヤ式ポンプは、スクリー式ポンプと同様の容積式であり、ギヤで一定容積を押し出す構造である。</p> <p>一方、遠心式ポンプはインペラの高速回転により液を吸込み・吐出するポンプであり、スクリー式と内部流体の吐出構造が異なるが、ケーシング内にて軸系が回転し内部流体を吐出する機構を有している。</p> <p>また、固定方法については、基礎ボルトで周囲を固定した架台の上に、駆動機器である横形ころがり軸受の電動機とポンプが取付ボルトにより設置され、地震荷重は主軸、軸受を通してケーシングに伝達されることから、基本構造は同じと言える。さらに、電動機からの動力は軸継手を介してポンプ側に伝達する方式であることから、作動原理についても同じと言える。</p> <p>そのため、スクリー式ポンプについては、遠心式ポンプ及びギヤ式ポンプを参考として、地震時異常要因分析を実施する。</p> <p>なお、ガスタービン発電設備燃料移送ポンプ、非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備燃料移送ポンプについては、新規制基準により新たに動的機能要求が必要となり、評価する設備となる。</p>	<p>4.2 スクリュー式ポンプに対する検討</p> <p>4.2.1 検討対象設備の概要</p> <p>スクリー式ポンプは、その作動原理・構造から異常要因分析や基本評価項目の抽出が可能であり、分析や項目の抽出において参考とする類似ポンプの検討事例があることから、解析による評価を実施する。地震時異常要因分析を検討するに当たり、第4.2.1-1表に、新たな検討が必要な設備及び参考とする機種／形式を示すとともに、第4.2.1-1図、第4.2.1-2図及び第4.2.1-3図に、今回工認において、新たな検討が必要な設備として抽出されたスクリー式ポンプ、参考とする耐特委で検討された遠心式ポンプ及び電共研で検討されたギヤ式ポンプの構造概要図を示す。</p> <p>スクリー式ポンプは、容積式の横形ポンプであり、一定容積の液をスクリーにて押し出す構造のポンプである。参考とするギヤ式ポンプは、スクリー式ポンプと同様の容積式であり、ギヤで一定容積を押し出す構造である。</p> <p>一方、遠心式ポンプはインペラの高速回転により液を吸込み・吐出するポンプであり、スクリー式と内部流体の吐出構造が異なるが、ケーシング内にて軸系が回転し内部流体を吐出する機構を有している。</p> <p>また、固定方法については、基礎ボルトで周囲を固定した架台の上に、駆動機器である横形ころがり軸受の電動機とポンプが取付ボルトにより設置され、地震荷重は主軸、軸受を通してケーシングに伝達されることから、基本構造は同じと言える。さらに、電動機からの動力は軸継手を介してポンプ側に伝達する方式であることから、作動原理についても同じと言える。</p> <p>そのため、スクリー式ポンプについては、遠心式ポンプ及びギヤ式ポンプを参考として、地震時異常要因分析を実施する。</p> <p>なお、ガスタービン発電設備燃料移送ポンプ、非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備燃料移送ポンプについては、新規制基準により新たに動的機能要求が必要となり、評価する設備となる。</p>	

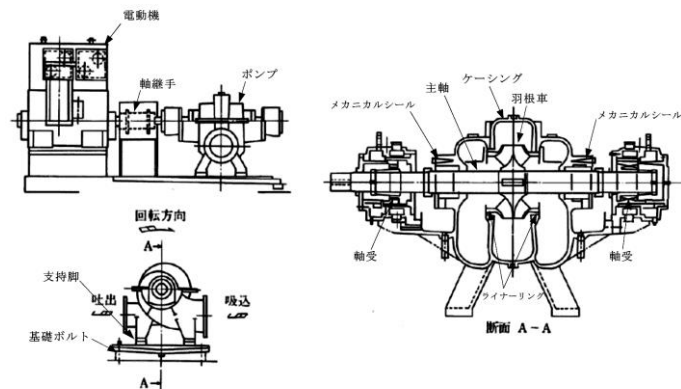
東海第二発電所 (2018.9.18版)

第2表 新たな検討が必要な設備において参考とする機種/型式

新たな検討が必要な設備	機種/型式	参考とする機種/型式
・非常用ディーゼル発電機燃料移送ポンプ ・高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料移送ポンプ ・常設代替高圧電源装置燃料移送ポンプ	横形ポンプ/ スクリーュー式	横形ポンプ/ 単段遠心式
・緊急時対策用発電機給油ポンプ	横形ポンプ/ ギヤ式	



第2図 スクリュー式, ギヤ式ポンプ構造概要図

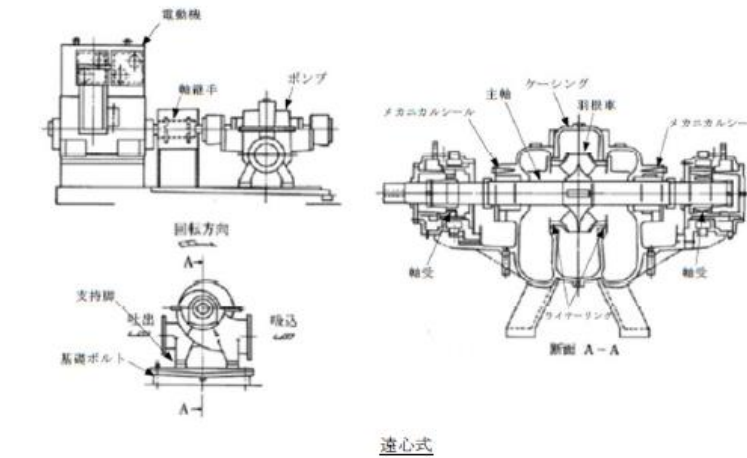
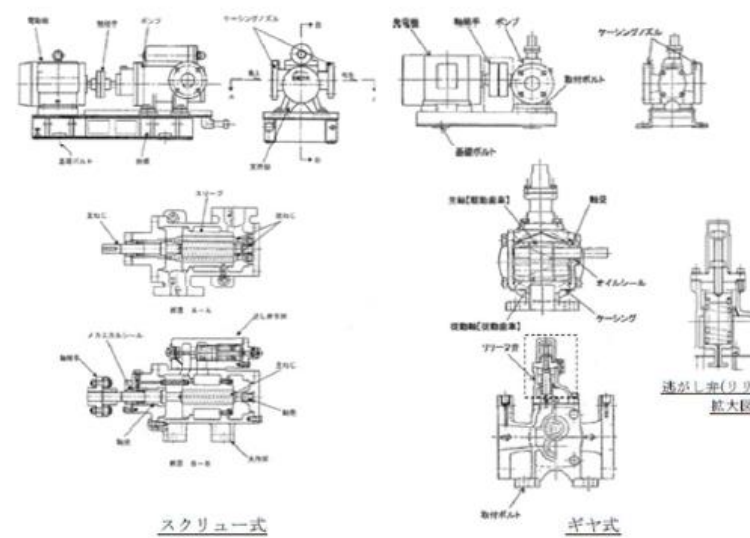


第3図 遠心式ポンプ構造概要図

女川原子力発電所 2号炉 (2020.2.7版)

第4.1-1表 新たな検討が必要な設備において参考とする機種/型式

新たな検討が必要な設備	機種/型式	参考とする機種/型式
・ガスタービン発電機設備燃料移送ポンプ ・非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ ・高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料移送ポンプ	横形ポンプ/ スクリーュー式	横形ポンプ/ 単段遠心式 横形ポンプ/ ギヤ式

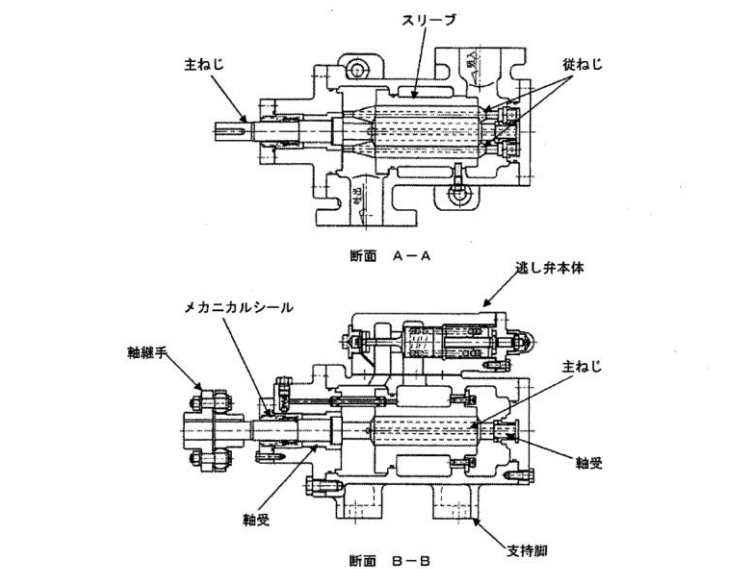
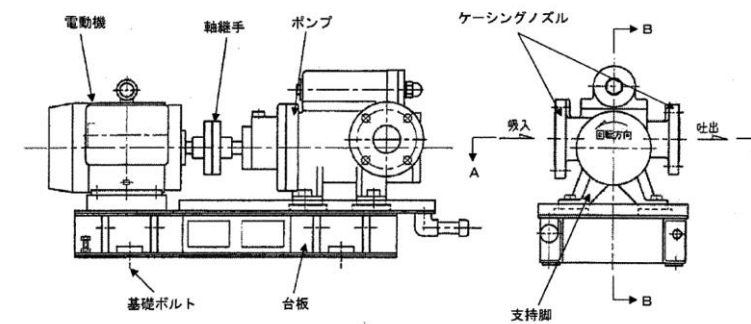


第4.1-2図 スクリュー式ポンプ, 遠心式ポンプ及びギヤ式ポンプの構造概要図

島根原子力発電所 2号炉

第4.2.1-1表 新たな検討が必要な設備において参考とする機種/形式

新たな検討が必要な設備	機種/形式	参考とする機種/形式
・非常用ディーゼル発電機燃料移送ポンプ ・高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料移送ポンプ ・ガスタービン発電機燃料移送ポンプ	横形ポンプ/ スクリーュー式	横形ポンプ/ 単段遠心式 横形ポンプ/ ギヤ式



第4.2.1-1図 スクリュー式ポンプ構造概要図

備考

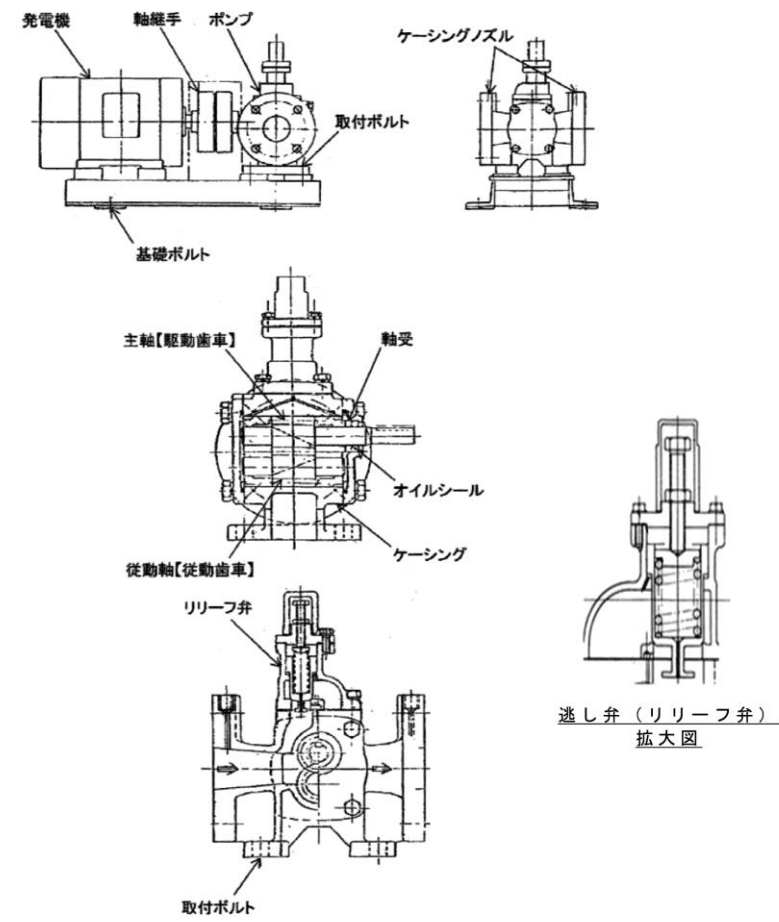
- ・対象設備の相違
【東海2】
島根2号炉ではスクリーュー式ポンプの検討において、ギヤ式ポンプを参考とする。(以下、④の相違)
- ・設備構成の相違
【東海2】
島根2号炉にはギヤ式ポンプは無い。(以下、⑤の相違)

東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)

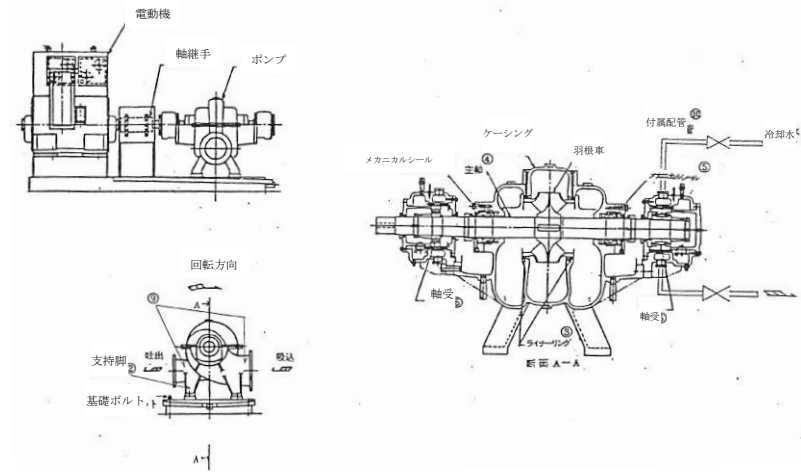
女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)

島根原子力発電所 2号炉

備考

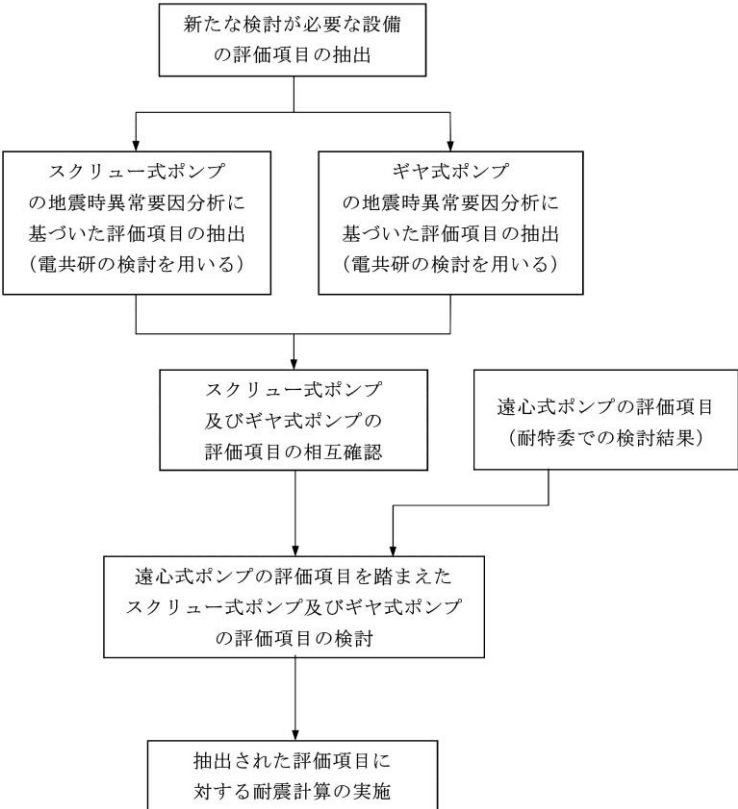
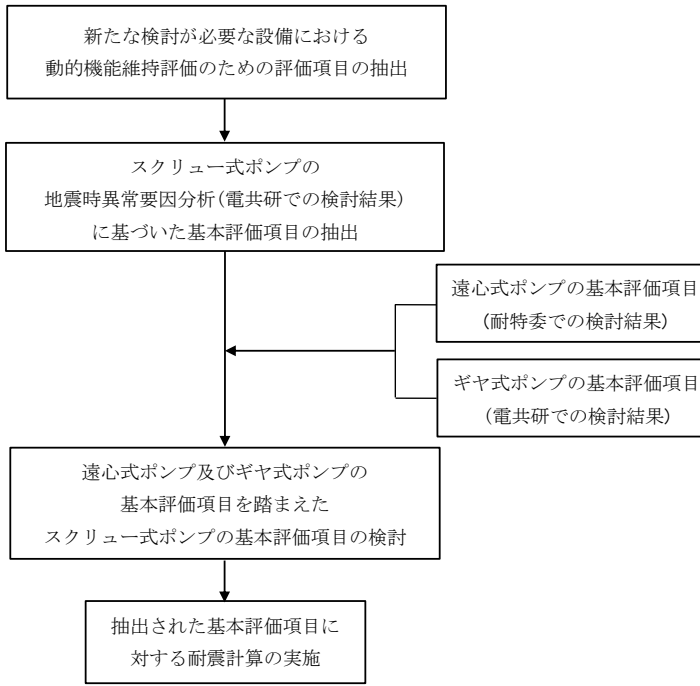
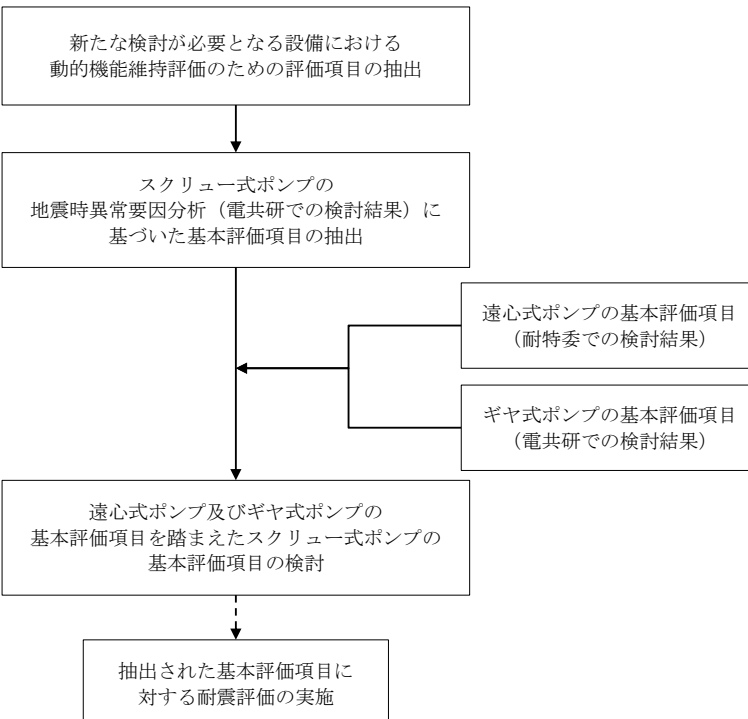


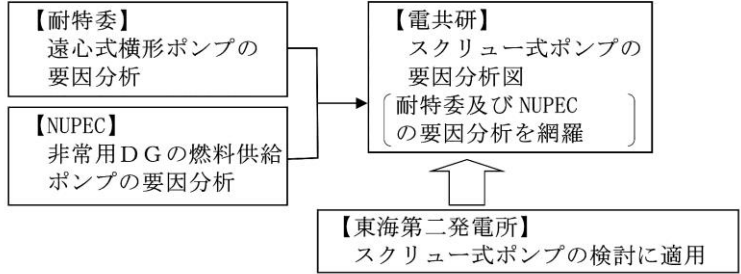
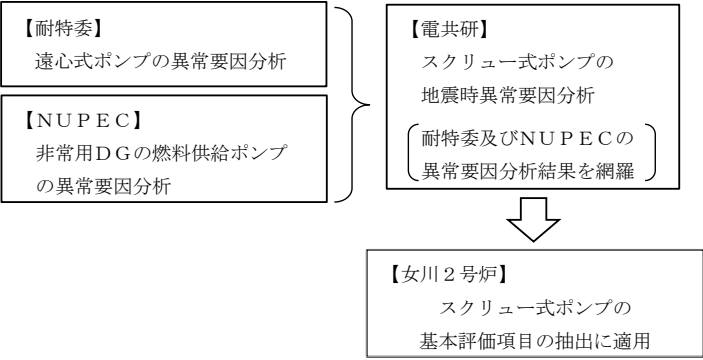
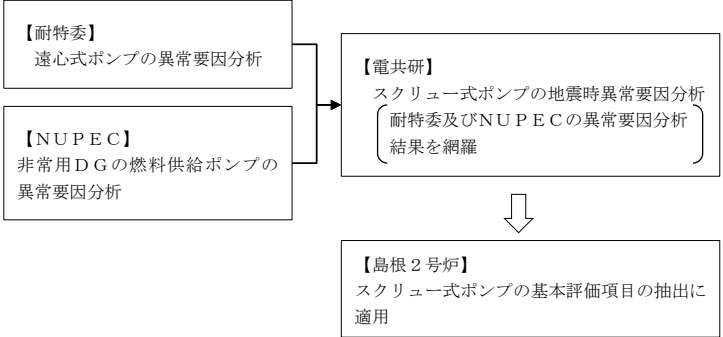
第 4. 2. 1-2 図 ギヤ式ポンプ構造概要図



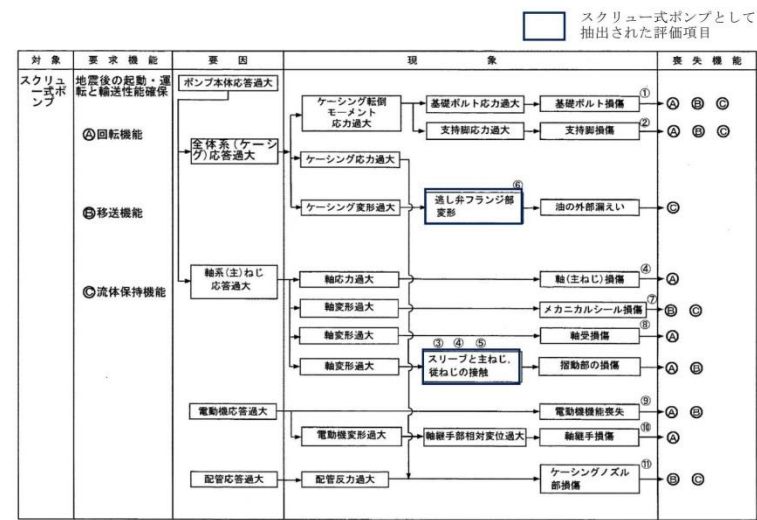
第 4. 2. 1-3 図 遠心式ポンプ構造概要図

・対象設備の相違
【東海 2】
④の相違

東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>(2) <u>新たな検討が必要な動的機能維持評価の評価項目の抽出</u></p> <p>新たな検討が必要な設備として、<u>スクリー式ポンプ及びギヤ式ポンプに対する地震時異常要因分析を踏まえて評価項目を抽出</u>する。また当該検討において参考とする耐特委での機種/型式に対する評価項目を踏まえた検討を行う。</p> <p>動的機能維持評価のための評価項目の抽出フローを第4図に示す。</p>  <p>第4図 <u>動的機能維持評価のための評価項目の抽出フロー</u></p>	<p>4.2 <u>新たな検討が必要な設備における動的機能維持評価の評価項目の抽出</u></p> <p>新たな検討が必要な設備であるスクリー式ポンプの動的機能維持評価の評価項目については、電共研で検討されたスクリー式ポンプに対する地震時異常要因分析を踏まえて基本評価項目を検討する。また、当該検討において参考とする、耐特委で検討された遠心式ポンプ及び電共研で検討されたギヤ式ポンプに対する地震時異常要因分析による基本評価項目を踏まえた検討を行う。</p> <p>スクリー式ポンプにおける動的機能維持評価のための基本評価項目の抽出フローを第4.2-1図に示す。</p>  <p>第4.2-1図 <u>動的機能維持評価のための基本評価項目の抽出フロー</u></p>	<p>4.2.2 <u>スクリー式ポンプの動的機能維持評価項目の抽出</u></p> <p>新たな検討が必要な設備であるスクリー式ポンプの動的機能維持評価の評価項目については、電共研で検討されたスクリー式ポンプに対する地震時異常要因分析を踏まえて基本評価項目を検討する。また、当該検討において参考とする、耐特委で検討された遠心式ポンプ及び電共研で検討されたギヤ式ポンプに対する地震時異常要因分析による基本評価項目を踏まえた検討を行う。</p> <p>スクリー式ポンプにおける動的機能維持評価のための基本評価項目の抽出フローを第4.2.2-1図に示す。</p>  <p>第4.2.2-1図 <u>スクリー式ポンプにおける動的機能維持評価のための基本評価項目の抽出フロー</u></p>	<p>備考</p> <ul style="list-style-type: none"> ・対象設備の相違【東海2】④の相違 ・対象設備の相違【東海2】④の相違

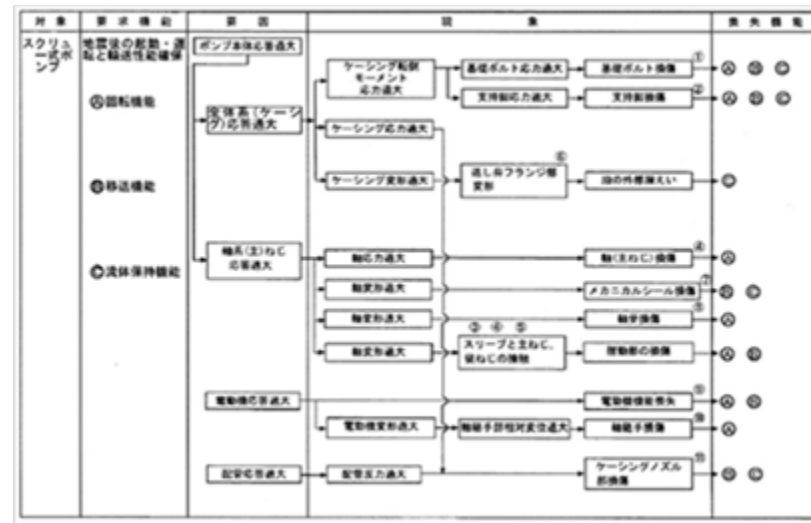
東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>a. <u>スクリー式ポンプ及びギヤ式ポンプの地震時異常要因分析による評価項目の抽出</u></p> <p>(a) <u>スクリー式ポンプの評価項目の抽出</u></p> <p>スクリー式ポンプの地震時異常要因分析図 (以下「要因分析図」という。) 及び評価項目は、電共研*での検討内容を用いる。電共研では第 5 図に示すとおり、耐特委における遠心式横形ポンプ及び NUPEC における非常用 DG の燃料供給ポンプに対する異常要因分析結果 (非常用ディーゼル発電機システム耐震実証試験 (1992 年 3 月)) を網羅するように、スクリー式ポンプに対する地震時異常要因分析を行い、評価項目を抽出している。</p> <p>スクリー式ポンプの要因分析図を第 6 図に示す。要因分析図に基づき抽出される評価項目は第 3 表のとおりである。</p> <p>※動的機器の地震時機能維持の耐震余裕に関する研究 (平成 25 年 3 月)</p>  <p>第 5 図 地震時異常要因分析の適用 (スクリー式ポンプ)</p>	<p>4.3 <u>スクリー式ポンプの地震時異常要因分析による基本評価項目の抽出</u></p> <p>スクリー式ポンプの地震時異常要因分析図 (以下「要因分析図」という。) 及び基本評価項目は、電共研*での検討内容を用いる。電共研では第 4.3-1 図に示すとおり、耐特委における遠心式ポンプ及び NUPEC における非常用 DG の燃料供給ポンプに対する異常要因分析結果 (非常用ディーゼル発電機システム耐震実証試験 (1992 年 3 月)) を網羅するように、スクリー式ポンプに対する地震時異常要因分析を行い、基本評価項目を抽出している。</p> <p>スクリー式ポンプの要因分析図を第 4.3-2 図に示す。要因分析図に基づき抽出されるスクリー式ポンプの基本評価項目は、第 4.3-1 表のとおりである。</p> <p>※ 動的機器の地震時機能維持の耐震余裕に関する研究 (平成 25 年 3 月)</p>  <p>第 4.3-1 図 地震時異常要因分析の適用 (スクリー式ポンプ)</p>	<p>スクリー式ポンプの地震時異常要因分析図 (以下「異常要因分析図」という。) 及び基本評価項目は、電共研*での検討内容を用いる。電共研では第 4.2.2-2 図に示すとおり、耐特委における遠心式ポンプ及び NUPEC における非常用ディーゼル発電機の燃料供給ポンプに対する異常要因分析結果 (非常用ディーゼル発電機システム耐震実証試験 (1992 年 3 月)) を網羅するように、スクリー式ポンプに対する地震時異常要因分析を行い、基本評価項目を抽出している。</p> <p>スクリー式ポンプの要因分析図を第 4.2.2-3 図に示す。要因分析図に基づき抽出されるスクリー式ポンプの基本評価項目は、第 4.2.2-1 表のとおりである。</p> <p>※動的機器の地震時機能維持の耐震余裕に関する研究 (平成 25 年 3 月)</p>  <p>第 4.2.2-2 図 地震時異常要因分析の適用 (スクリー式ポンプ)</p>	

東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)



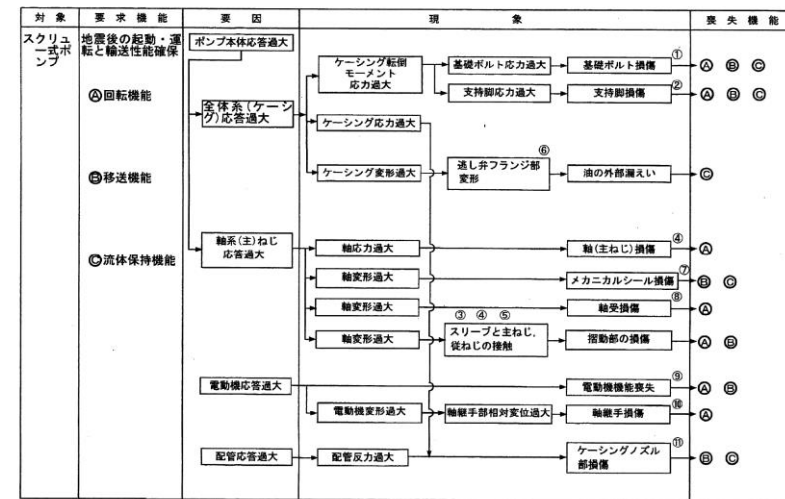
第 6 図 スクリュー式ポンプの地震時異常要因分析図

女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)



第 4.3-2 図 スクリュー式ポンプの地震時異常要因分析図

島根原子力発電所 2号炉



第 4.2.2-3 図 スクリュー式ポンプの地震時異常要因分析図

備考

東海第二発電所 (2018.9.18版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020.2.7版)	島根原子力発電所 2号炉	備考																																																																																														
<p>第3表 スクリュー式ポンプ要因分析図から抽出した評価項目</p> <table border="1" data-bbox="184 348 905 1115"> <thead> <tr> <th>評価項目</th> <th>異常要因</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>① 基礎ボルト (取付ボルト含む)</td> <td>ポンプ全体系の応答が過大となることで、転倒モーメントにより基礎ボルト(取付ボルトを含む)の応力が過大となり損傷に至り、全体系が転倒することで機能喪失する。</td> </tr> <tr> <td>② 支持脚</td> <td>ポンプ全体系の応答が過大となることで、転倒モーメントにより支持脚の応力が過大となり損傷に至り、全体系が転倒することで機能喪失する。</td> </tr> <tr> <td>③ 摺動部 ④ (③スリーブ④主ねじ ⑤ ⑤従ねじのクリアランス)</td> <td>ポンプ全体系の応答が過大となることで、軸変形が過大となることによりスリーブと主ねじ又は従ねじが接触し、摺動部が損傷に至り回転機能及び移送機能が喪失する。</td> </tr> <tr> <td>④ 軸系(主ねじ)</td> <td>軸応力が過大となり、軸が損傷することにより回転機能及び移送機能が喪失する。</td> </tr> <tr> <td>⑥ 逃がし弁</td> <td>ケーシングの応答が過大となり逃がし弁フランジ部変形し油の外部漏えいに至る。</td> </tr> <tr> <td>⑦ メカニカルシール</td> <td>軸系ねじの応答過大により軸変形に至りメカニカルシールが損傷することにより移送機能及び流体保持機能が喪失する。</td> </tr> <tr> <td>⑧ 軸受</td> <td>軸変形が過大となり、軸受が損傷することで回転機能及び移送機能が喪失する。</td> </tr> <tr> <td>⑨ 電動機</td> <td>電動機の応答が過大になり電動機の機能が喪失することで、回転機能及び移送機能が喪失する。</td> </tr> <tr> <td>⑩ 軸継手</td> <td>電動機の変形過大により軸受部の相対変位が過大となり、軸継手が損傷することで回転機能が喪失する。</td> </tr> <tr> <td>⑪ ケーシングノズル</td> <td>接続配管の応答が過大となり、ケーシングノズルが損傷することで移送機能及び流体保持機能が喪失する。</td> </tr> </tbody> </table>	評価項目	異常要因	① 基礎ボルト (取付ボルト含む)	ポンプ全体系の応答が過大となることで、転倒モーメントにより基礎ボルト(取付ボルトを含む)の応力が過大となり損傷に至り、全体系が転倒することで機能喪失する。	② 支持脚	ポンプ全体系の応答が過大となることで、転倒モーメントにより支持脚の応力が過大となり損傷に至り、全体系が転倒することで機能喪失する。	③ 摺動部 ④ (③スリーブ④主ねじ ⑤ ⑤従ねじのクリアランス)	ポンプ全体系の応答が過大となることで、軸変形が過大となることによりスリーブと主ねじ又は従ねじが接触し、摺動部が損傷に至り回転機能及び移送機能が喪失する。	④ 軸系(主ねじ)	軸応力が過大となり、軸が損傷することにより回転機能及び移送機能が喪失する。	⑥ 逃がし弁	ケーシングの応答が過大となり逃がし弁フランジ部変形し油の外部漏えいに至る。	⑦ メカニカルシール	軸系ねじの応答過大により軸変形に至りメカニカルシールが損傷することにより移送機能及び流体保持機能が喪失する。	⑧ 軸受	軸変形が過大となり、軸受が損傷することで回転機能及び移送機能が喪失する。	⑨ 電動機	電動機の応答が過大になり電動機の機能が喪失することで、回転機能及び移送機能が喪失する。	⑩ 軸継手	電動機の変形過大により軸受部の相対変位が過大となり、軸継手が損傷することで回転機能が喪失する。	⑪ ケーシングノズル	接続配管の応答が過大となり、ケーシングノズルが損傷することで移送機能及び流体保持機能が喪失する。	<p>第4.3-1表 スクリュー式ポンプの要因分析図から抽出した基本評価項目</p> <table border="1" data-bbox="967 348 1706 1087"> <thead> <tr> <th>No.</th> <th>基本評価項目</th> <th>異常要因</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>①</td> <td>基礎ボルト (取付ボルト含む)</td> <td>ポンプ全体系の応答が過大となることで、転倒モーメントにより基礎ボルト(取付ボルト含む)の応力が過大となり損傷に至り、全体系が転倒することで機能喪失する。</td> </tr> <tr> <td>②</td> <td>支持脚</td> <td>ポンプ全体系の応答が過大となることで、転倒モーメントにより支持脚の応力が過大となり損傷に至り、全体系が転倒することで機能喪失する。</td> </tr> <tr> <td>③</td> <td>摺動部</td> <td>ポンプ全体系の応答が過大となることで、軸変形が過大となることによりスリーブと主ねじ又は従ねじが接触し、摺動部が損傷に至り回転機能及び移送機能が喪失する。</td> </tr> <tr> <td>④</td> <td>(③スリーブ、④主ねじ、 ⑤ ⑤従ねじのクリアランス)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>④</td> <td>軸系</td> <td>軸応力が過大となり軸が損傷することにより、回転機能及び移送機能が喪失する。</td> </tr> <tr> <td>⑥</td> <td>逃がし弁フランジ部</td> <td>ケーシングの応答が過大となり逃がし弁フランジ部が変形し、油の外部漏えいに至る。</td> </tr> <tr> <td>⑦</td> <td>メカニカルシール</td> <td>軸系ねじの応答過大により軸変形に至り、メカニカルシールが損傷することにより、移送機能及び流体保持機能が喪失する。</td> </tr> <tr> <td>⑧</td> <td>軸受</td> <td>軸変形が過大となり軸受が損傷することで、回転機能及び移送機能が喪失する。</td> </tr> <tr> <td>⑨</td> <td>電動機</td> <td>電動機の応答が過大になり電動機の機能が喪失することで、回転機能及び移送機能が喪失する。</td> </tr> <tr> <td>⑩</td> <td>軸継手</td> <td>電動機の変形過大により軸受部の相対変位が過大となり、軸継手が損傷することで回転機能が喪失する。</td> </tr> <tr> <td>⑪</td> <td>ケーシングノズル</td> <td>接続配管の応答が過大となり、ケーシングノズルが損傷することで移送機能及び流体保持機能が喪失する。</td> </tr> </tbody> </table>	No.	基本評価項目	異常要因	①	基礎ボルト (取付ボルト含む)	ポンプ全体系の応答が過大となることで、転倒モーメントにより基礎ボルト(取付ボルト含む)の応力が過大となり損傷に至り、全体系が転倒することで機能喪失する。	②	支持脚	ポンプ全体系の応答が過大となることで、転倒モーメントにより支持脚の応力が過大となり損傷に至り、全体系が転倒することで機能喪失する。	③	摺動部	ポンプ全体系の応答が過大となることで、軸変形が過大となることによりスリーブと主ねじ又は従ねじが接触し、摺動部が損傷に至り回転機能及び移送機能が喪失する。	④	(③スリーブ、④主ねじ、 ⑤ ⑤従ねじのクリアランス)		④	軸系	軸応力が過大となり軸が損傷することにより、回転機能及び移送機能が喪失する。	⑥	逃がし弁フランジ部	ケーシングの応答が過大となり逃がし弁フランジ部が変形し、油の外部漏えいに至る。	⑦	メカニカルシール	軸系ねじの応答過大により軸変形に至り、メカニカルシールが損傷することにより、移送機能及び流体保持機能が喪失する。	⑧	軸受	軸変形が過大となり軸受が損傷することで、回転機能及び移送機能が喪失する。	⑨	電動機	電動機の応答が過大になり電動機の機能が喪失することで、回転機能及び移送機能が喪失する。	⑩	軸継手	電動機の変形過大により軸受部の相対変位が過大となり、軸継手が損傷することで回転機能が喪失する。	⑪	ケーシングノズル	接続配管の応答が過大となり、ケーシングノズルが損傷することで移送機能及び流体保持機能が喪失する。	<p>第4.2.2-1表 スクリュー式ポンプの異常要因分析図から抽出した基本評価項目</p> <table border="1" data-bbox="1798 348 2463 1222"> <thead> <tr> <th>No.</th> <th>基本評価項目</th> <th>異常要因</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>①</td> <td>基礎ボルト (取り付けボルト含む)</td> <td>ポンプ全体系の応答が過大となることで、転倒モーメントにより基礎ボルト(取付ボルトを含む)の応力が過大となることにより損傷に至り、全体系が転倒することで機能喪失する。</td> </tr> <tr> <td>②</td> <td>支持脚</td> <td>ポンプ全体系の応答が過大となることで、転倒モーメントにより支持脚の応力が過大となることにより損傷に至り、全体系が転倒することで機能喪失する。</td> </tr> <tr> <td>③</td> <td>摺動部</td> <td>ポンプ全体系の応答が過大となることで、軸変形が過大となりスリーブと主ねじ又は従ねじが接触し、摺動部が損傷に至り回転機能及び移送機能が喪失する。</td> </tr> <tr> <td>④</td> <td>(③スリーブ、④主ねじ、 ⑤ ⑤従ねじのクリアランス)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>④</td> <td>軸系</td> <td>軸応力が過大となり軸が損傷することにより、回転機能及び移送機能が喪失する。</td> </tr> <tr> <td>⑥</td> <td>逃がし弁フランジ部</td> <td>ケーシングの応答が過大となり逃がし弁フランジ部が変形し、油の外部漏えいに至る。</td> </tr> <tr> <td>⑦</td> <td>メカニカルシール</td> <td>軸系ねじの応答過大により軸変形に至り、メカニカルシールが損傷することにより、移送機能及び流体保持機能が喪失する。</td> </tr> <tr> <td>⑧</td> <td>軸受</td> <td>軸変形が過大となり軸受が損傷することで、回転機能及び移送機能が喪失する。</td> </tr> <tr> <td>⑨</td> <td>電動機</td> <td>電動機の応答が過大になり電動機の機能が喪失することで、回転機能及び移送機能が喪失する。</td> </tr> <tr> <td>⑩</td> <td>軸継手</td> <td>電動機の変形過大により軸受部の相対変位が過大となり、軸継手が損傷することで回転機能が喪失する。</td> </tr> <tr> <td>⑪</td> <td>ケーシングノズル</td> <td>接続配管の応答が過大となり、ケーシングノズルが損傷することで移送機能及び流体保持機能が喪失する。</td> </tr> </tbody> </table>	No.	基本評価項目	異常要因	①	基礎ボルト (取り付けボルト含む)	ポンプ全体系の応答が過大となることで、転倒モーメントにより基礎ボルト(取付ボルトを含む)の応力が過大となることにより損傷に至り、全体系が転倒することで機能喪失する。	②	支持脚	ポンプ全体系の応答が過大となることで、転倒モーメントにより支持脚の応力が過大となることにより損傷に至り、全体系が転倒することで機能喪失する。	③	摺動部	ポンプ全体系の応答が過大となることで、軸変形が過大となりスリーブと主ねじ又は従ねじが接触し、摺動部が損傷に至り回転機能及び移送機能が喪失する。	④	(③スリーブ、④主ねじ、 ⑤ ⑤従ねじのクリアランス)		④	軸系	軸応力が過大となり軸が損傷することにより、回転機能及び移送機能が喪失する。	⑥	逃がし弁フランジ部	ケーシングの応答が過大となり逃がし弁フランジ部が変形し、油の外部漏えいに至る。	⑦	メカニカルシール	軸系ねじの応答過大により軸変形に至り、メカニカルシールが損傷することにより、移送機能及び流体保持機能が喪失する。	⑧	軸受	軸変形が過大となり軸受が損傷することで、回転機能及び移送機能が喪失する。	⑨	電動機	電動機の応答が過大になり電動機の機能が喪失することで、回転機能及び移送機能が喪失する。	⑩	軸継手	電動機の変形過大により軸受部の相対変位が過大となり、軸継手が損傷することで回転機能が喪失する。	⑪	ケーシングノズル	接続配管の応答が過大となり、ケーシングノズルが損傷することで移送機能及び流体保持機能が喪失する。	
評価項目	異常要因																																																																																																
① 基礎ボルト (取付ボルト含む)	ポンプ全体系の応答が過大となることで、転倒モーメントにより基礎ボルト(取付ボルトを含む)の応力が過大となり損傷に至り、全体系が転倒することで機能喪失する。																																																																																																
② 支持脚	ポンプ全体系の応答が過大となることで、転倒モーメントにより支持脚の応力が過大となり損傷に至り、全体系が転倒することで機能喪失する。																																																																																																
③ 摺動部 ④ (③スリーブ④主ねじ ⑤ ⑤従ねじのクリアランス)	ポンプ全体系の応答が過大となることで、軸変形が過大となることによりスリーブと主ねじ又は従ねじが接触し、摺動部が損傷に至り回転機能及び移送機能が喪失する。																																																																																																
④ 軸系(主ねじ)	軸応力が過大となり、軸が損傷することにより回転機能及び移送機能が喪失する。																																																																																																
⑥ 逃がし弁	ケーシングの応答が過大となり逃がし弁フランジ部変形し油の外部漏えいに至る。																																																																																																
⑦ メカニカルシール	軸系ねじの応答過大により軸変形に至りメカニカルシールが損傷することにより移送機能及び流体保持機能が喪失する。																																																																																																
⑧ 軸受	軸変形が過大となり、軸受が損傷することで回転機能及び移送機能が喪失する。																																																																																																
⑨ 電動機	電動機の応答が過大になり電動機の機能が喪失することで、回転機能及び移送機能が喪失する。																																																																																																
⑩ 軸継手	電動機の変形過大により軸受部の相対変位が過大となり、軸継手が損傷することで回転機能が喪失する。																																																																																																
⑪ ケーシングノズル	接続配管の応答が過大となり、ケーシングノズルが損傷することで移送機能及び流体保持機能が喪失する。																																																																																																
No.	基本評価項目	異常要因																																																																																															
①	基礎ボルト (取付ボルト含む)	ポンプ全体系の応答が過大となることで、転倒モーメントにより基礎ボルト(取付ボルト含む)の応力が過大となり損傷に至り、全体系が転倒することで機能喪失する。																																																																																															
②	支持脚	ポンプ全体系の応答が過大となることで、転倒モーメントにより支持脚の応力が過大となり損傷に至り、全体系が転倒することで機能喪失する。																																																																																															
③	摺動部	ポンプ全体系の応答が過大となることで、軸変形が過大となることによりスリーブと主ねじ又は従ねじが接触し、摺動部が損傷に至り回転機能及び移送機能が喪失する。																																																																																															
④	(③スリーブ、④主ねじ、 ⑤ ⑤従ねじのクリアランス)																																																																																																
④	軸系	軸応力が過大となり軸が損傷することにより、回転機能及び移送機能が喪失する。																																																																																															
⑥	逃がし弁フランジ部	ケーシングの応答が過大となり逃がし弁フランジ部が変形し、油の外部漏えいに至る。																																																																																															
⑦	メカニカルシール	軸系ねじの応答過大により軸変形に至り、メカニカルシールが損傷することにより、移送機能及び流体保持機能が喪失する。																																																																																															
⑧	軸受	軸変形が過大となり軸受が損傷することで、回転機能及び移送機能が喪失する。																																																																																															
⑨	電動機	電動機の応答が過大になり電動機の機能が喪失することで、回転機能及び移送機能が喪失する。																																																																																															
⑩	軸継手	電動機の変形過大により軸受部の相対変位が過大となり、軸継手が損傷することで回転機能が喪失する。																																																																																															
⑪	ケーシングノズル	接続配管の応答が過大となり、ケーシングノズルが損傷することで移送機能及び流体保持機能が喪失する。																																																																																															
No.	基本評価項目	異常要因																																																																																															
①	基礎ボルト (取り付けボルト含む)	ポンプ全体系の応答が過大となることで、転倒モーメントにより基礎ボルト(取付ボルトを含む)の応力が過大となることにより損傷に至り、全体系が転倒することで機能喪失する。																																																																																															
②	支持脚	ポンプ全体系の応答が過大となることで、転倒モーメントにより支持脚の応力が過大となることにより損傷に至り、全体系が転倒することで機能喪失する。																																																																																															
③	摺動部	ポンプ全体系の応答が過大となることで、軸変形が過大となりスリーブと主ねじ又は従ねじが接触し、摺動部が損傷に至り回転機能及び移送機能が喪失する。																																																																																															
④	(③スリーブ、④主ねじ、 ⑤ ⑤従ねじのクリアランス)																																																																																																
④	軸系	軸応力が過大となり軸が損傷することにより、回転機能及び移送機能が喪失する。																																																																																															
⑥	逃がし弁フランジ部	ケーシングの応答が過大となり逃がし弁フランジ部が変形し、油の外部漏えいに至る。																																																																																															
⑦	メカニカルシール	軸系ねじの応答過大により軸変形に至り、メカニカルシールが損傷することにより、移送機能及び流体保持機能が喪失する。																																																																																															
⑧	軸受	軸変形が過大となり軸受が損傷することで、回転機能及び移送機能が喪失する。																																																																																															
⑨	電動機	電動機の応答が過大になり電動機の機能が喪失することで、回転機能及び移送機能が喪失する。																																																																																															
⑩	軸継手	電動機の変形過大により軸受部の相対変位が過大となり、軸継手が損傷することで回転機能が喪失する。																																																																																															
⑪	ケーシングノズル	接続配管の応答が過大となり、ケーシングノズルが損傷することで移送機能及び流体保持機能が喪失する。																																																																																															

東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)

女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)

島根原子力発電所 2号炉

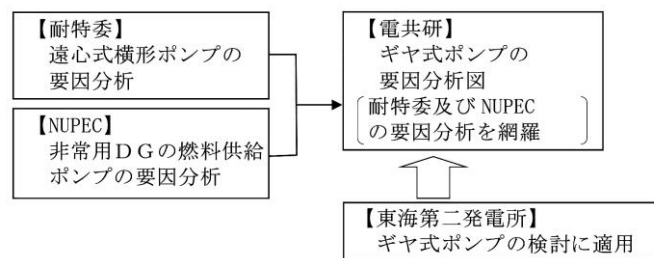
備考

(b) ギヤ式ポンプの評価項目の抽出

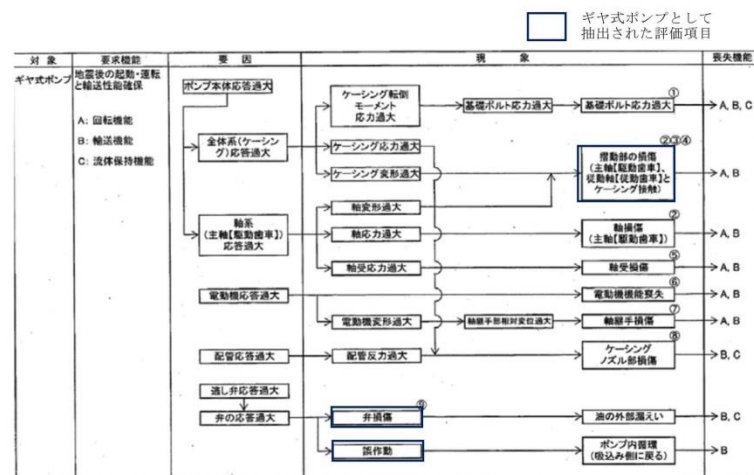
ギヤ式ポンプの要因分析図及び評価項目は、電共研※での検討内容を用いる。電共研では、第7図に示すとおり耐特委における遠心式横形ポンプ及びNUPECにおける非常用DGの燃料供給ポンプに対する異常要因分析結果（非常用ディーゼル発電機システム耐震実証試験（1992年3月））を網羅するように、ギヤ式ポンプに対する異常要因分析を行い、評価項目を抽出している。

ギヤ式ポンプの要因分析図を第8図に示す。要因分析図に基づき抽出される評価項目は第4表のとおりである。

※ 動的機器の地震時機能維持の耐震余裕に関する研究（平成25年3月）



第7図 地震時異常要因分析の適用（ギヤ式ポンプ）



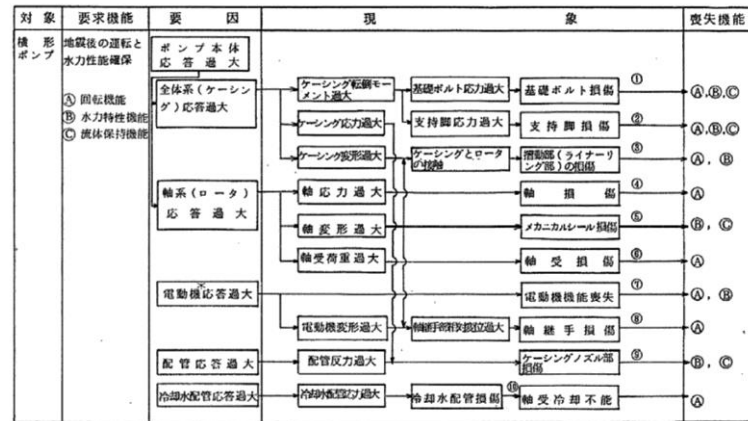
第8図 ギヤ式ポンプの地震時異常要因分析図

・設備構成の相違
【東海2】
⑤の相違

東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考																		
<p><u>第4表 ギヤ式ポンプ要因分析図から抽出した評価項目</u></p> <table border="1" data-bbox="184 321 902 940"> <thead> <tr> <th>評価項目</th> <th>異常要因</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>① 基礎ボルト (取付ボルト含む)</td> <td>ポンプ全体系の応答が過大となることで、転倒モーメントにより基礎ボルト(取付ボルトを含む)の応力が過大となり損傷に至り、全体系が転倒することにより機能喪失する。</td> </tr> <tr> <td>② 摺動部 ③ (②主軸又は③従動軸 ④と④ケーシングのクリアランス)</td> <td>ポンプ全体系の応答が過大となることで、主軸(主動歯車)及び従動軸(従動歯車)の応答が過大となり軸部の変形により、ギヤがケーシングと接触することで損傷に至り、回転機能及び輸送機能が喪失する。</td> </tr> <tr> <td>② 軸</td> <td>軸応力が過大となり、軸が損傷することにより回転機能及び輸送機能が喪失する。</td> </tr> <tr> <td>⑤ 軸受</td> <td>軸受荷重が過大となり、軸受が損傷することで回転機能及び輸送機能が喪失する。</td> </tr> <tr> <td>⑥ 電動機</td> <td>電動機の応答が過大になり電動機の機能が喪失することで、回転機能及び輸送機能が喪失する。</td> </tr> <tr> <td>⑦ 軸継手</td> <td>被駆動機軸と電動機軸の相対変位が過大となり、軸継手が損傷することで回転機能及び輸送機能が喪失する。</td> </tr> <tr> <td>⑧ ケーシングノズル</td> <td>接続配管の応答が過大となり、ケーシングノズルが損傷することで輸送機能及び流体保持機能が喪失する。</td> </tr> <tr> <td>⑨ 逃がし弁</td> <td>弁の応答が過大となり、弁が損傷又は誤作動することで外部漏えい、ポンプ内循環が発生し、輸送機能及び流体保持機能が喪失する。</td> </tr> </tbody> </table> <p>(c) <u>スクリー式ポンプ及びギヤ式ポンプの抽出した評価項目に対する相互確認</u></p> <p><u>スクリー式ポンプ及びギヤ式ポンプは、ポンプ構造が類似していることを踏まえて、各ポンプの評価項目の抽出結果を比較することにより、その検討結果について相互の確認を行う。</u></p> <p><u>i) スクリー式ポンプで抽出した評価項目に対してギヤ式ポンプで抽出されなかった評価項目</u></p> <p>① <u>支持脚</u> ギヤ式ポンプはポンプケーシングに取付ボルト用のフランジが直接取り付けられており構造上存在しない。</p> <p>② <u>メカニカルシール</u> ギヤ式ポンプはメカニカルシールを有しない構造である。</p> <p><u>ii) ギヤ式ポンプで抽出した評価項目に対してスクリー式ポンプで抽出されなかった評価項目</u></p> <p>③ <u>逃がし弁(移送機能)</u> スクリー式ポンプについても逃がし弁が設置されており、誤作動すればギヤ式ポンプと同様に移送機能に影響を与えることからスクリー式ポンプについても評価項目として選定する。</p>	評価項目	異常要因	① 基礎ボルト (取付ボルト含む)	ポンプ全体系の応答が過大となることで、転倒モーメントにより基礎ボルト(取付ボルトを含む)の応力が過大となり損傷に至り、全体系が転倒することにより機能喪失する。	② 摺動部 ③ (②主軸又は③従動軸 ④と④ケーシングのクリアランス)	ポンプ全体系の応答が過大となることで、主軸(主動歯車)及び従動軸(従動歯車)の応答が過大となり軸部の変形により、ギヤがケーシングと接触することで損傷に至り、回転機能及び輸送機能が喪失する。	② 軸	軸応力が過大となり、軸が損傷することにより回転機能及び輸送機能が喪失する。	⑤ 軸受	軸受荷重が過大となり、軸受が損傷することで回転機能及び輸送機能が喪失する。	⑥ 電動機	電動機の応答が過大になり電動機の機能が喪失することで、回転機能及び輸送機能が喪失する。	⑦ 軸継手	被駆動機軸と電動機軸の相対変位が過大となり、軸継手が損傷することで回転機能及び輸送機能が喪失する。	⑧ ケーシングノズル	接続配管の応答が過大となり、ケーシングノズルが損傷することで輸送機能及び流体保持機能が喪失する。	⑨ 逃がし弁	弁の応答が過大となり、弁が損傷又は誤作動することで外部漏えい、ポンプ内循環が発生し、輸送機能及び流体保持機能が喪失する。			<p>・設備構成の相違 【東海2】 ⑤の相違</p>
評価項目	異常要因																				
① 基礎ボルト (取付ボルト含む)	ポンプ全体系の応答が過大となることで、転倒モーメントにより基礎ボルト(取付ボルトを含む)の応力が過大となり損傷に至り、全体系が転倒することにより機能喪失する。																				
② 摺動部 ③ (②主軸又は③従動軸 ④と④ケーシングのクリアランス)	ポンプ全体系の応答が過大となることで、主軸(主動歯車)及び従動軸(従動歯車)の応答が過大となり軸部の変形により、ギヤがケーシングと接触することで損傷に至り、回転機能及び輸送機能が喪失する。																				
② 軸	軸応力が過大となり、軸が損傷することにより回転機能及び輸送機能が喪失する。																				
⑤ 軸受	軸受荷重が過大となり、軸受が損傷することで回転機能及び輸送機能が喪失する。																				
⑥ 電動機	電動機の応答が過大になり電動機の機能が喪失することで、回転機能及び輸送機能が喪失する。																				
⑦ 軸継手	被駆動機軸と電動機軸の相対変位が過大となり、軸継手が損傷することで回転機能及び輸送機能が喪失する。																				
⑧ ケーシングノズル	接続配管の応答が過大となり、ケーシングノズルが損傷することで輸送機能及び流体保持機能が喪失する。																				
⑨ 逃がし弁	弁の応答が過大となり、弁が損傷又は誤作動することで外部漏えい、ポンプ内循環が発生し、輸送機能及び流体保持機能が喪失する。																				

b. 耐特委で検討された遠心式ポンプの地震時異常要因分析による評価項目

新たな検討が必要な設備としてスクリー式ポンプ及びギヤ式ポンプの評価項目の検討において、公知化された検討として参考とする耐特委での遠心式ポンプの要因分析図を第9図に、要因分析図から抽出される評価項目を第5表に示す。

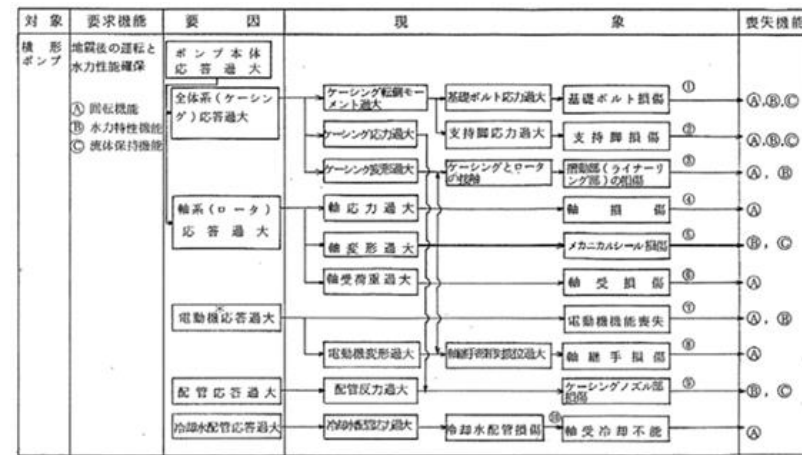


* 駆動用タービンの場合も同様。また、増速機も含む。

第9図 遠心式ポンプの地震時異常要因分析図

4.4 耐特委で検討された遠心式ポンプの地震時異常要因分析による基本評価項目

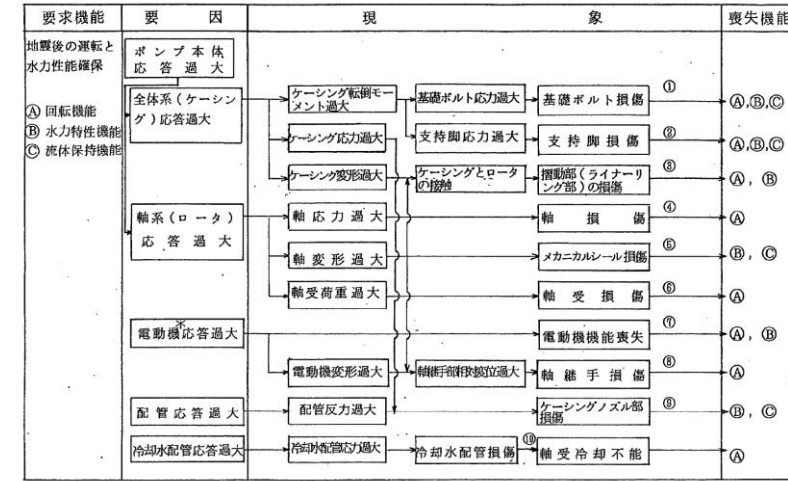
新たな検討が必要な設備として抽出されたスクリー式ポンプの基本評価項目の検討において、公知化された検討として、参考とする耐特委での遠心式ポンプの地震時異常要因分析図を第4.4-1図に、地震時異常要因分析図から抽出される遠心式ポンプの基本評価項目を第4.4-1表に示す。



第4.4-1図 遠心式ポンプの地震時異常要因分析図

4.2.3 耐特委で検討された遠心式ポンプの地震時異常要因分析による基本評価項目

新たな検討が必要な設備として抽出されたスクリー式ポンプの基本評価項目の検討において、公知化された検討として、参考とする耐特委での遠心式ポンプの異常要因分析図を第4.2.3-1図に、異常要因分析図から抽出される遠心式ポンプの基本評価項目を第4.2.3-1表に示す。



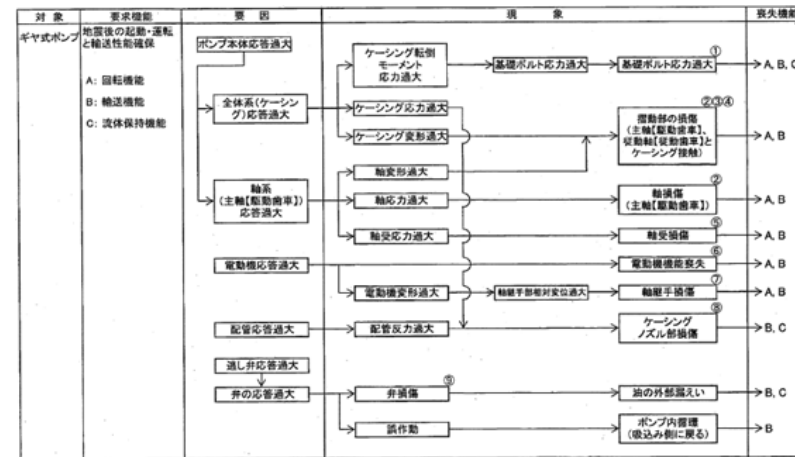
* 駆動用タービンの場合も同様。また、増速機も含む。

第4.2.3-1図 遠心式ポンプの地震時異常要因分析図

・対象設備の相違
【東海2】
④の相違

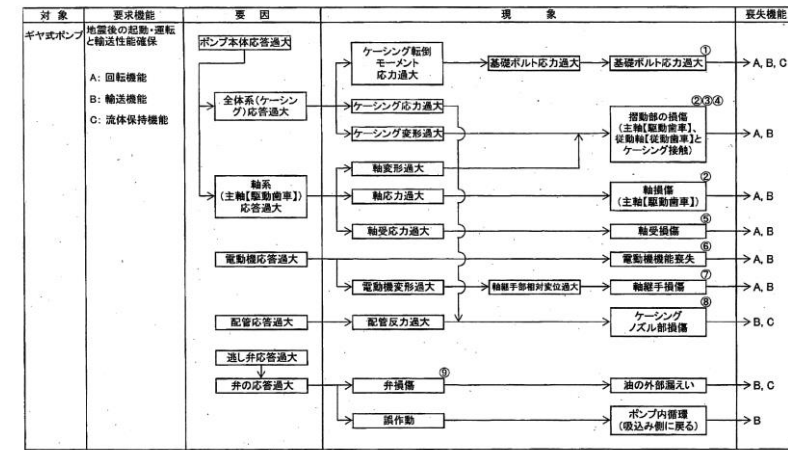
東海第二発電所 (2018.9.18版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020.2.7版)	島根原子力発電所 2号炉	備考																																																																																						
<p>第5表 遠心式ポンプ要因分析図から抽出した評価項目</p> <table border="1" data-bbox="184 359 908 1066"> <thead> <tr> <th>評価項目</th> <th>異常要因</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>① 基礎ボルト(取付ボルト含む), 支持脚</td> <td>ポンプ全体系の応答が過大となることで, 転倒モーメントにより基礎ボルト(取付ボルト含む)の応力が過大となり損傷に至り, 全体系が転倒することにより機能喪失する。またポンプ全体系の応答が過大となることで, 支持脚の応力が過大となり損傷に至り, ポンプが転倒することにより機能喪失する。</td> </tr> <tr> <td>③ 摺動部 (インペラとライナーリングのクリアランス)</td> <td>軸変形が過大となり, インペラがライナーリングと接触することで損傷に至り, 回転機能及び輸送機能が喪失する。</td> </tr> <tr> <td>④ 軸</td> <td>軸応力が過大となり, 軸が損傷することにより回転機能及び輸送機能が喪失する。</td> </tr> <tr> <td>⑤ メカニカルシール</td> <td>軸変形が過大となり, メカニカルシールが損傷することにより流体保持機能が喪失する。</td> </tr> <tr> <td>⑥ 軸受</td> <td>軸受荷重が過大となり, 軸受が損傷することで回転機能及び輸送機能が喪失する。</td> </tr> <tr> <td>⑦ 電動機</td> <td>電動機の応答が過大になり電動機の機能が喪失することで, 回転機能及び輸送機能が喪失する。</td> </tr> <tr> <td>⑧ 軸継手</td> <td>被駆動器軸と電動機軸の相対変位が過大となり, 軸継手が損傷することで回転機能及び輸送機能が喪失する。</td> </tr> <tr> <td>⑨ ケーシングノズル</td> <td>接続配管の応答が過大となり, ケーシングノズルが損傷することで輸送機能及び流体保持機能が喪失する。</td> </tr> <tr> <td>⑩ 軸冷却水配管</td> <td>冷却水配管の応答が過大となり, 損傷することで軸冷却不能に至り, 回転機能が喪失する。</td> </tr> </tbody> </table>	評価項目	異常要因	① 基礎ボルト(取付ボルト含む), 支持脚	ポンプ全体系の応答が過大となることで, 転倒モーメントにより基礎ボルト(取付ボルト含む)の応力が過大となり損傷に至り, 全体系が転倒することにより機能喪失する。またポンプ全体系の応答が過大となることで, 支持脚の応力が過大となり損傷に至り, ポンプが転倒することにより機能喪失する。	③ 摺動部 (インペラとライナーリングのクリアランス)	軸変形が過大となり, インペラがライナーリングと接触することで損傷に至り, 回転機能及び輸送機能が喪失する。	④ 軸	軸応力が過大となり, 軸が損傷することにより回転機能及び輸送機能が喪失する。	⑤ メカニカルシール	軸変形が過大となり, メカニカルシールが損傷することにより流体保持機能が喪失する。	⑥ 軸受	軸受荷重が過大となり, 軸受が損傷することで回転機能及び輸送機能が喪失する。	⑦ 電動機	電動機の応答が過大になり電動機の機能が喪失することで, 回転機能及び輸送機能が喪失する。	⑧ 軸継手	被駆動器軸と電動機軸の相対変位が過大となり, 軸継手が損傷することで回転機能及び輸送機能が喪失する。	⑨ ケーシングノズル	接続配管の応答が過大となり, ケーシングノズルが損傷することで輸送機能及び流体保持機能が喪失する。	⑩ 軸冷却水配管	冷却水配管の応答が過大となり, 損傷することで軸冷却不能に至り, 回転機能が喪失する。	<p>第4.4-1表 遠心式ポンプの要因分析図から抽出された基本評価項目</p> <table border="1" data-bbox="967 369 1703 1066"> <thead> <tr> <th>No.</th> <th>基本評価項目</th> <th>異常要因</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>①</td> <td>基礎ボルト (取付ボルト含む)</td> <td>ポンプ全体系の応答が過大となることで, 転倒モーメントにより基礎ボルト(取付ボルト含む)の応力が過大となり損傷に至り, 全体系が転倒することにより機能喪失する。また, ポンプ全体系の応答が過大となることで, 支持脚の応力が過大となり損傷に至り, ポンプが転倒することにより機能喪失する。</td> </tr> <tr> <td>②</td> <td>支持脚</td> <td></td> </tr> <tr> <td>③</td> <td>摺動部 (インペラとライナーリングのクリアランス)</td> <td>軸変形が過大となり, インペラがライナーリングと接触することで損傷に至り, 回転機能及び輸送機能が喪失する。</td> </tr> <tr> <td>④</td> <td>軸</td> <td>軸応力が過大となり, 軸が損傷することにより回転機能及び輸送機能が喪失する。</td> </tr> <tr> <td>⑤</td> <td>メカニカルシール</td> <td>軸変形が過大となり, メカニカルシールが損傷することにより流体保持機能が喪失する。</td> </tr> <tr> <td>⑥</td> <td>軸受</td> <td>軸受荷重が過大となり, 軸受が損傷することで回転機能及び輸送機能が喪失する。</td> </tr> <tr> <td>⑦</td> <td>電動機</td> <td>電動機の応答が過大になり電動機の機能が喪失することで, 回転機能及び輸送機能が喪失する。</td> </tr> <tr> <td>⑧</td> <td>軸継手</td> <td>被駆動器軸と電動機軸の相対変位が過大となり, 軸継手が損傷することで回転機能及び輸送機能が喪失する。</td> </tr> <tr> <td>⑨</td> <td>ケーシングノズル</td> <td>接続配管の応答が過大となり, ケーシングノズルが損傷することで輸送機能及び流体保持機能が喪失する。</td> </tr> <tr> <td>⑩</td> <td>軸冷却水配管</td> <td>冷却水配管の応答が過大となり, 損傷することで軸冷却不能に至り, 回転機能が喪失する。</td> </tr> </tbody> </table>	No.	基本評価項目	異常要因	①	基礎ボルト (取付ボルト含む)	ポンプ全体系の応答が過大となることで, 転倒モーメントにより基礎ボルト(取付ボルト含む)の応力が過大となり損傷に至り, 全体系が転倒することにより機能喪失する。また, ポンプ全体系の応答が過大となることで, 支持脚の応力が過大となり損傷に至り, ポンプが転倒することにより機能喪失する。	②	支持脚		③	摺動部 (インペラとライナーリングのクリアランス)	軸変形が過大となり, インペラがライナーリングと接触することで損傷に至り, 回転機能及び輸送機能が喪失する。	④	軸	軸応力が過大となり, 軸が損傷することにより回転機能及び輸送機能が喪失する。	⑤	メカニカルシール	軸変形が過大となり, メカニカルシールが損傷することにより流体保持機能が喪失する。	⑥	軸受	軸受荷重が過大となり, 軸受が損傷することで回転機能及び輸送機能が喪失する。	⑦	電動機	電動機の応答が過大になり電動機の機能が喪失することで, 回転機能及び輸送機能が喪失する。	⑧	軸継手	被駆動器軸と電動機軸の相対変位が過大となり, 軸継手が損傷することで回転機能及び輸送機能が喪失する。	⑨	ケーシングノズル	接続配管の応答が過大となり, ケーシングノズルが損傷することで輸送機能及び流体保持機能が喪失する。	⑩	軸冷却水配管	冷却水配管の応答が過大となり, 損傷することで軸冷却不能に至り, 回転機能が喪失する。	<p>第4.2.3-1表 遠心式ポンプの要因分析図から抽出された基本評価項目</p> <table border="1" data-bbox="1757 359 2510 1255"> <thead> <tr> <th>No.</th> <th>評価項目</th> <th>異常要因</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>①</td> <td>基礎ボルト (取付ボルト含む)</td> <td>ポンプ全体系の応答が過大となることで, 転倒モーメントにより基礎ボルト(取付ボルトを含む)の応力が過大となることにより, 損傷に至り, 全体系が転倒することによって機能喪失する。また, ポンプ全体系の応答が過大となることで, 支持脚の応力が過大となることにより損傷に至り, ポンプが転倒することにより機能喪失する。</td> </tr> <tr> <td>②</td> <td>支持脚</td> <td></td> </tr> <tr> <td>③</td> <td>摺動部 (インペラとライナーリングのクリアランス)</td> <td>軸変形が過大となり, インペラがライナーリングと接触することで損傷に至り, 回転機能及び輸送機能が喪失する。</td> </tr> <tr> <td>④</td> <td>軸系</td> <td>軸応力が過大となり, 軸が損傷することで回転機能及び輸送機能が喪失する。</td> </tr> <tr> <td>⑤</td> <td>メカニカルシール</td> <td>軸変形が過大となり, メカニカルシールが損傷することで流体保持機能が喪失する。</td> </tr> <tr> <td>⑥</td> <td>軸受</td> <td>軸受荷重が過大となり, 軸受が損傷することで回転機能及び輸送機能が喪失する。</td> </tr> <tr> <td>⑦</td> <td>電動機</td> <td>電動機の応答が過大になり電動機の機能が喪失することで, 回転機能及び輸送機能が喪失する。</td> </tr> <tr> <td>⑧</td> <td>軸継手</td> <td>被駆動器軸と電動機軸の相対変位が過大となり, 軸継手が損傷することで回転機能及び輸送機能が喪失する。</td> </tr> <tr> <td>⑨</td> <td>ケーシングノズル</td> <td>接続配管の応答が過大となり, ケーシングノズルが損傷することで輸送機能及び流体保持機能が喪失する。</td> </tr> <tr> <td>⑩</td> <td>軸冷却水配管</td> <td>冷却水配管の応答が過大となり, 損傷することで軸冷却不能に至り, 回転機能が喪失する。</td> </tr> </tbody> </table>	No.	評価項目	異常要因	①	基礎ボルト (取付ボルト含む)	ポンプ全体系の応答が過大となることで, 転倒モーメントにより基礎ボルト(取付ボルトを含む)の応力が過大となることにより, 損傷に至り, 全体系が転倒することによって機能喪失する。また, ポンプ全体系の応答が過大となることで, 支持脚の応力が過大となることにより損傷に至り, ポンプが転倒することにより機能喪失する。	②	支持脚		③	摺動部 (インペラとライナーリングのクリアランス)	軸変形が過大となり, インペラがライナーリングと接触することで損傷に至り, 回転機能及び輸送機能が喪失する。	④	軸系	軸応力が過大となり, 軸が損傷することで回転機能及び輸送機能が喪失する。	⑤	メカニカルシール	軸変形が過大となり, メカニカルシールが損傷することで流体保持機能が喪失する。	⑥	軸受	軸受荷重が過大となり, 軸受が損傷することで回転機能及び輸送機能が喪失する。	⑦	電動機	電動機の応答が過大になり電動機の機能が喪失することで, 回転機能及び輸送機能が喪失する。	⑧	軸継手	被駆動器軸と電動機軸の相対変位が過大となり, 軸継手が損傷することで回転機能及び輸送機能が喪失する。	⑨	ケーシングノズル	接続配管の応答が過大となり, ケーシングノズルが損傷することで輸送機能及び流体保持機能が喪失する。	⑩	軸冷却水配管	冷却水配管の応答が過大となり, 損傷することで軸冷却不能に至り, 回転機能が喪失する。	
評価項目	異常要因																																																																																								
① 基礎ボルト(取付ボルト含む), 支持脚	ポンプ全体系の応答が過大となることで, 転倒モーメントにより基礎ボルト(取付ボルト含む)の応力が過大となり損傷に至り, 全体系が転倒することにより機能喪失する。またポンプ全体系の応答が過大となることで, 支持脚の応力が過大となり損傷に至り, ポンプが転倒することにより機能喪失する。																																																																																								
③ 摺動部 (インペラとライナーリングのクリアランス)	軸変形が過大となり, インペラがライナーリングと接触することで損傷に至り, 回転機能及び輸送機能が喪失する。																																																																																								
④ 軸	軸応力が過大となり, 軸が損傷することにより回転機能及び輸送機能が喪失する。																																																																																								
⑤ メカニカルシール	軸変形が過大となり, メカニカルシールが損傷することにより流体保持機能が喪失する。																																																																																								
⑥ 軸受	軸受荷重が過大となり, 軸受が損傷することで回転機能及び輸送機能が喪失する。																																																																																								
⑦ 電動機	電動機の応答が過大になり電動機の機能が喪失することで, 回転機能及び輸送機能が喪失する。																																																																																								
⑧ 軸継手	被駆動器軸と電動機軸の相対変位が過大となり, 軸継手が損傷することで回転機能及び輸送機能が喪失する。																																																																																								
⑨ ケーシングノズル	接続配管の応答が過大となり, ケーシングノズルが損傷することで輸送機能及び流体保持機能が喪失する。																																																																																								
⑩ 軸冷却水配管	冷却水配管の応答が過大となり, 損傷することで軸冷却不能に至り, 回転機能が喪失する。																																																																																								
No.	基本評価項目	異常要因																																																																																							
①	基礎ボルト (取付ボルト含む)	ポンプ全体系の応答が過大となることで, 転倒モーメントにより基礎ボルト(取付ボルト含む)の応力が過大となり損傷に至り, 全体系が転倒することにより機能喪失する。また, ポンプ全体系の応答が過大となることで, 支持脚の応力が過大となり損傷に至り, ポンプが転倒することにより機能喪失する。																																																																																							
②	支持脚																																																																																								
③	摺動部 (インペラとライナーリングのクリアランス)	軸変形が過大となり, インペラがライナーリングと接触することで損傷に至り, 回転機能及び輸送機能が喪失する。																																																																																							
④	軸	軸応力が過大となり, 軸が損傷することにより回転機能及び輸送機能が喪失する。																																																																																							
⑤	メカニカルシール	軸変形が過大となり, メカニカルシールが損傷することにより流体保持機能が喪失する。																																																																																							
⑥	軸受	軸受荷重が過大となり, 軸受が損傷することで回転機能及び輸送機能が喪失する。																																																																																							
⑦	電動機	電動機の応答が過大になり電動機の機能が喪失することで, 回転機能及び輸送機能が喪失する。																																																																																							
⑧	軸継手	被駆動器軸と電動機軸の相対変位が過大となり, 軸継手が損傷することで回転機能及び輸送機能が喪失する。																																																																																							
⑨	ケーシングノズル	接続配管の応答が過大となり, ケーシングノズルが損傷することで輸送機能及び流体保持機能が喪失する。																																																																																							
⑩	軸冷却水配管	冷却水配管の応答が過大となり, 損傷することで軸冷却不能に至り, 回転機能が喪失する。																																																																																							
No.	評価項目	異常要因																																																																																							
①	基礎ボルト (取付ボルト含む)	ポンプ全体系の応答が過大となることで, 転倒モーメントにより基礎ボルト(取付ボルトを含む)の応力が過大となることにより, 損傷に至り, 全体系が転倒することによって機能喪失する。また, ポンプ全体系の応答が過大となることで, 支持脚の応力が過大となることにより損傷に至り, ポンプが転倒することにより機能喪失する。																																																																																							
②	支持脚																																																																																								
③	摺動部 (インペラとライナーリングのクリアランス)	軸変形が過大となり, インペラがライナーリングと接触することで損傷に至り, 回転機能及び輸送機能が喪失する。																																																																																							
④	軸系	軸応力が過大となり, 軸が損傷することで回転機能及び輸送機能が喪失する。																																																																																							
⑤	メカニカルシール	軸変形が過大となり, メカニカルシールが損傷することで流体保持機能が喪失する。																																																																																							
⑥	軸受	軸受荷重が過大となり, 軸受が損傷することで回転機能及び輸送機能が喪失する。																																																																																							
⑦	電動機	電動機の応答が過大になり電動機の機能が喪失することで, 回転機能及び輸送機能が喪失する。																																																																																							
⑧	軸継手	被駆動器軸と電動機軸の相対変位が過大となり, 軸継手が損傷することで回転機能及び輸送機能が喪失する。																																																																																							
⑨	ケーシングノズル	接続配管の応答が過大となり, ケーシングノズルが損傷することで輸送機能及び流体保持機能が喪失する。																																																																																							
⑩	軸冷却水配管	冷却水配管の応答が過大となり, 損傷することで軸冷却不能に至り, 回転機能が喪失する。																																																																																							

4.5 電共研で検討されたギヤ式ポンプの地震時異常要因分析による基本評価項目
 新たな検討が必要な設備として抽出されたスクリー式ポンプの基本評価項目の検討において、公知化された検討として、参考とする電共研でのギヤ式ポンプの地震時異常要因分析図を第4.5-1図に、地震時異常要因分析図から抽出されるギヤ式ポンプの基本評価項目を第4.5-1表に示す。



第4.5-1図 ギヤ式ポンプの地震時異常要因分析図

4.2.4 電共研で検討されたギヤ式ポンプの地震時異常要因分析による基本評価項目
 新たな検討が必要な設備として抽出されたスクリー式ポンプの基本評価項目の検討において、公知化された検討として、参考とする電共研でのギヤ式ポンプの異常要因分析図を第4.2.4-1図に、異常要因分析図から抽出されるギヤ式ポンプの基本評価項目を第4.2.4-1表に示す。



第4.2.4-1図 ギヤ式ポンプの地震時異常要因分析図

・対象設備の相違
 【東海2】
 ④の相違

第 4.5-1 表 ギヤ式ポンプ要因分析図から抽出された
基本評価項目

No.	基本評価項目	異常要因
①	基礎ボルト (取付ボルト含む)	ポンプ全体系の応答が過大となることで、転倒モーメントにより基礎ボルト(取付ボルト含む)の応力が過大となり損傷に至り、全体系が転倒することにより機能喪失する。
② ③ ④	摺動部 (②主軸又は③従動軸と ④ケーシングのクリアランス)	ポンプ全体系の応答が過大となることで、主軸(主動歯車)及び従動軸(従動歯車)の応答が過大となり軸部の変形により、ギヤがケーシングと接触することにより損傷に至り、回転機能及び輸送機能が喪失する。
②	軸系	軸応力が過大となり、軸が損傷することにより回転機能及び輸送機能が喪失する。
⑤	軸受	軸受荷重が過大となり、軸受が損傷することで回転機能及び輸送機能が喪失する。
⑥	電動機	電動機の応答が過大になり電動機の機能が喪失することで、回転機能及び輸送機能が喪失する。
⑦	軸継手	被駆動機軸と電動機軸の相対変位が過大となり、軸継手が損傷することで回転機能及び輸送機能が喪失する。
⑧	ケーシングノズル	接続配管の応答が過大となり、ケーシングノズルが損傷することで輸送機能及び流体保持機能が喪失する。
⑨	逃がし弁	弁の応答が過大となり、弁が損傷又は誤動作することで外部漏えい、ポンプ内循環が発生し、輸送機能及び流体保持機能が喪失する。

第 4.2.4-1 表 ギヤ式ポンプの要因分析図から抽出された
基本評価項目

No.	評価項目	異常要因
①	基礎ボルト (取付ボルト含む)	ポンプ全体系の応答が過大となることで、転倒モーメントにより基礎ボルト(取付ボルトを含む)の応力が過大となり損傷に至り、全体系が転倒することにより機能喪失する。
② ③ ④	摺動部 (②主軸又は③従動軸と④ケーシングのクリアランス)	ポンプ全体系の応答が過大となることで、主軸(主動歯車)及び従動軸(従動歯車)の応答が過大となることによる軸部の変形により、ギヤがケーシングと接触することで損傷に至り、回転機能及び輸送機能が喪失する。
②	軸系	軸応力が過大となり、軸が損傷することで回転機能及び輸送機能が喪失する。
⑤	軸受	軸受荷重が過大となり、軸受が損傷することで回転機能及び輸送機能が喪失する。
⑥	電動機	電動機の応答が過大になり電動機の機能が喪失することで、回転機能及び輸送機能が喪失する。
⑦	軸継手	被駆動機軸と電動機軸の相対変位が過大となり、軸継手が損傷することで回転機能及び輸送機能が喪失する。
⑧	ケーシングノズル	接続配管の応答が過大となり、ケーシングノズルが損傷することで輸送機能及び流体保持機能が喪失する。
⑨	逃がし弁	弁の応答が過大となり、弁が損傷又は誤動作することで外部漏えい、ポンプ内循環が発生し、輸送機能及び流体保持機能が喪失する。

・対象設備の相違
【東海 2】
④の相違

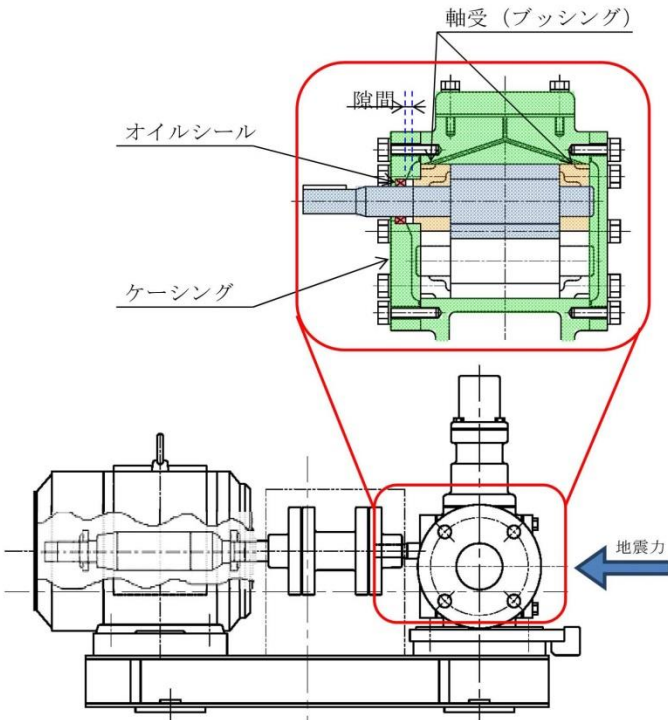
東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考																																																																																																																																																																		
<p>c. <u>遠心式ポンプの評価項目を踏まえたスクリー式ポンプ及びギヤ式ポンプの評価項目の検討</u></p> <p><u>(a) スクリー式ポンプの評価項目の検討</u></p> <p>スクリー式ポンプの要因分析結果について、耐特委における遠心式ポンプの要因分析結果と同様に整理した結果、スクリー式ポンプの評価項目は、<u>遠心式ポンプとほぼ同様となった。スクリー式ポンプの動的機能維持の評価項目の抽出にあたり、遠心式ポンプの耐特委における評価項目に加え、構造の差異により抽出されたスクリー式ポンプの評価項目を加えて検討を行う。なお、構造の差異として抽出された評価項目は下記の通りである。</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・<u>逃がし弁 (遠心式ポンプの評価項目になくスクリー式ポンプのみで抽出)</u> ・<u>摺動部 (スクリー式ポンプ及び遠心式ポンプの両方で抽出された評価項目であるが、構成部品が異なる。)</u> ・<u>軸冷却水配管 (スクリー式ポンプの評価項目になく遠心式ポンプのみで抽出)</u> <p>耐特委で検討された遠心式ポンプは、大型のポンプであり軸受としてすべり軸受を採用していることから、軸受の冷却が必要となる。このため、地震により軸冷却水配管の損傷に至ればポンプの機能維持に影響を及ぼすため、軸冷却水配管を評価項目として抽出している。一方でスクリー式ポンプの標準設計として、<u>軸冷却水配管を有していない。軸冷却水配管は軸受の冷却のため設置されるが、スクリー式ポンプの軸受は内部流体で冷却が可能であるため、軸冷却水配管は設置されていない。</u></p>	<p>4.6 <u>スクリー式ポンプの基本評価項目の検討</u></p> <p>(1) <u>遠心式ポンプ及びギヤ式ポンプの基本評価項目を踏まえたスクリー式ポンプの評価項目の整理</u></p> <p>スクリー式ポンプの要因分析結果について、参考とする遠心式ポンプ及びギヤ式ポンプの要因分析結果と同様に整理した結果、スクリー式ポンプの基本評価項目は、<u>第4.6-1表に示すとおり、一部構造の差異による違いはあるものの、参考とする遠心式ポンプ及びギヤ式ポンプとほぼ同様となった。</u></p> <p style="text-align: center;">第4.6-1表 スクリー式ポンプにおける基本評価項目の整理結果</p> <p style="text-align: center;">○：既往知見における評価項目，－：対象外</p> <table border="1" data-bbox="982 968 1688 1709"> <thead> <tr> <th rowspan="2">No.</th> <th rowspan="2">基本評価項目</th> <th colspan="3">検討対象 (参照知見)</th> <th rowspan="2">備考</th> </tr> <tr> <th>スクリー式ポンプ (電共研)</th> <th>ギヤ式ポンプ (電共研)</th> <th>遠心式ポンプ (耐特委)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>I</td> <td>基礎ボルト (取付ボルト含む)</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td></td> </tr> <tr> <td>II</td> <td>支持脚</td> <td>○</td> <td>△</td> <td>○</td> <td>ギヤ式ポンプには構造上、存在しない</td> </tr> <tr> <td>III</td> <td>摺動部</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td></td> </tr> <tr> <td>IV</td> <td>軸系</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td></td> </tr> <tr> <td>V</td> <td>逃がし弁フランジ部 (漏えい防止)</td> <td>○</td> <td>－</td> <td>△</td> <td>遠心式ポンプには構造上、存在しない</td> </tr> <tr> <td>VI</td> <td>逃がし弁 (移送機能)</td> <td>－</td> <td>○</td> <td>△</td> <td>遠心式ポンプには構造上、存在しない</td> </tr> <tr> <td>VII</td> <td>メカニカルシール</td> <td>○</td> <td>△</td> <td>○</td> <td>ギヤ式ポンプはブッシングを使用</td> </tr> <tr> <td>VIII</td> <td>軸受</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td></td> </tr> <tr> <td>IX</td> <td>電動機</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td></td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>軸継手</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td></td> </tr> <tr> <td>XI</td> <td>ケーシングノズル</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td></td> </tr> <tr> <td>XII</td> <td>軸冷却水配管</td> <td>△</td> <td>△</td> <td>○</td> <td>試験体が大型ポンプのため設置</td> </tr> </tbody> </table>	No.	基本評価項目	検討対象 (参照知見)			備考	スクリー式ポンプ (電共研)	ギヤ式ポンプ (電共研)	遠心式ポンプ (耐特委)	I	基礎ボルト (取付ボルト含む)	○	○	○		II	支持脚	○	△	○	ギヤ式ポンプには構造上、存在しない	III	摺動部	○	○	○		IV	軸系	○	○	○		V	逃がし弁フランジ部 (漏えい防止)	○	－	△	遠心式ポンプには構造上、存在しない	VI	逃がし弁 (移送機能)	－	○	△	遠心式ポンプには構造上、存在しない	VII	メカニカルシール	○	△	○	ギヤ式ポンプはブッシングを使用	VIII	軸受	○	○	○		IX	電動機	○	○	○		X	軸継手	○	○	○		XI	ケーシングノズル	○	○	○		XII	軸冷却水配管	△	△	○	試験体が大型ポンプのため設置	<p>4.2.5 <u>スクリー式ポンプの基本評価項目の検討</u></p> <p>(1) <u>遠心式ポンプ及びギヤ式ポンプの基本評価項目を踏まえたスクリー式ポンプの評価項目の整理</u></p> <p>スクリー式ポンプの異常要因分析結果について、参考として遠心式ポンプ及びギヤ式ポンプの異常要因分析結果と同様に整理した結果、スクリー式ポンプの基本評価項目は、<u>第4.2.5-1表に示すとおり、一部構造の差異による違いはあるものの、参考とする遠心式ポンプ及びギヤ式ポンプの評価項目を網羅していることを確認した。</u></p> <p style="text-align: center;">第4.2.5-1表 スクリー式ポンプにおける基本評価項目の整理結果</p> <p style="text-align: center;">○：既往知見における評価項目，－：対象外</p> <table border="1" data-bbox="1754 968 2496 1612"> <thead> <tr> <th rowspan="2">No.</th> <th rowspan="2">基本評価項目</th> <th colspan="3">検討対象 (参照知見)</th> <th rowspan="2">備考</th> </tr> <tr> <th>スクリー式ポンプ (電共研)</th> <th>ギヤ式ポンプ (電共研)</th> <th>遠心式ポンプ (耐特委)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>I</td> <td>基礎ボルト (取付ボルト含む)</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td></td> </tr> <tr> <td>II</td> <td>支持脚</td> <td>○</td> <td>△</td> <td>○</td> <td>ギヤ式ポンプには構造上、存在しない</td> </tr> <tr> <td>III</td> <td>摺動部</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td></td> </tr> <tr> <td>IV</td> <td>軸系 (主ねじ)</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td></td> </tr> <tr> <td>V</td> <td>逃がし弁フランジ部 (漏えい防止)</td> <td>○</td> <td>－</td> <td>△</td> <td>遠心式ポンプには構造上、存在しない</td> </tr> <tr> <td>VI</td> <td>逃がし弁 (移送機能)</td> <td>－</td> <td>○</td> <td>△</td> <td>遠心式ポンプには構造上、存在しない</td> </tr> <tr> <td>VII</td> <td>メカニカルシール</td> <td>○</td> <td>△</td> <td>○</td> <td>ギヤ式ポンプはブッシングを使用</td> </tr> <tr> <td>VIII</td> <td>軸受</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td></td> </tr> <tr> <td>IX</td> <td>電動機</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td></td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>軸継手</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td></td> </tr> <tr> <td>XI</td> <td>ケーシングノズル</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> <td></td> </tr> <tr> <td>XII</td> <td>軸冷却水配管</td> <td>△</td> <td>△</td> <td>○</td> <td>試験体が大型ポンプのため設置</td> </tr> </tbody> </table>	No.	基本評価項目	検討対象 (参照知見)			備考	スクリー式ポンプ (電共研)	ギヤ式ポンプ (電共研)	遠心式ポンプ (耐特委)	I	基礎ボルト (取付ボルト含む)	○	○	○		II	支持脚	○	△	○	ギヤ式ポンプには構造上、存在しない	III	摺動部	○	○	○		IV	軸系 (主ねじ)	○	○	○		V	逃がし弁フランジ部 (漏えい防止)	○	－	△	遠心式ポンプには構造上、存在しない	VI	逃がし弁 (移送機能)	－	○	△	遠心式ポンプには構造上、存在しない	VII	メカニカルシール	○	△	○	ギヤ式ポンプはブッシングを使用	VIII	軸受	○	○	○		IX	電動機	○	○	○		X	軸継手	○	○	○		XI	ケーシングノズル	○	○	○		XII	軸冷却水配管	△	△	○	試験体が大型ポンプのため設置	<p>・対象設備の相違 【東海2】 ④の相違</p> <p>・対象設備の相違 【東海2】 ④の相違</p>
No.	基本評価項目			検討対象 (参照知見)				備考																																																																																																																																																													
		スクリー式ポンプ (電共研)	ギヤ式ポンプ (電共研)	遠心式ポンプ (耐特委)																																																																																																																																																																	
I	基礎ボルト (取付ボルト含む)	○	○	○																																																																																																																																																																	
II	支持脚	○	△	○	ギヤ式ポンプには構造上、存在しない																																																																																																																																																																
III	摺動部	○	○	○																																																																																																																																																																	
IV	軸系	○	○	○																																																																																																																																																																	
V	逃がし弁フランジ部 (漏えい防止)	○	－	△	遠心式ポンプには構造上、存在しない																																																																																																																																																																
VI	逃がし弁 (移送機能)	－	○	△	遠心式ポンプには構造上、存在しない																																																																																																																																																																
VII	メカニカルシール	○	△	○	ギヤ式ポンプはブッシングを使用																																																																																																																																																																
VIII	軸受	○	○	○																																																																																																																																																																	
IX	電動機	○	○	○																																																																																																																																																																	
X	軸継手	○	○	○																																																																																																																																																																	
XI	ケーシングノズル	○	○	○																																																																																																																																																																	
XII	軸冷却水配管	△	△	○	試験体が大型ポンプのため設置																																																																																																																																																																
No.	基本評価項目	検討対象 (参照知見)			備考																																																																																																																																																																
		スクリー式ポンプ (電共研)	ギヤ式ポンプ (電共研)	遠心式ポンプ (耐特委)																																																																																																																																																																	
I	基礎ボルト (取付ボルト含む)	○	○	○																																																																																																																																																																	
II	支持脚	○	△	○	ギヤ式ポンプには構造上、存在しない																																																																																																																																																																
III	摺動部	○	○	○																																																																																																																																																																	
IV	軸系 (主ねじ)	○	○	○																																																																																																																																																																	
V	逃がし弁フランジ部 (漏えい防止)	○	－	△	遠心式ポンプには構造上、存在しない																																																																																																																																																																
VI	逃がし弁 (移送機能)	－	○	△	遠心式ポンプには構造上、存在しない																																																																																																																																																																
VII	メカニカルシール	○	△	○	ギヤ式ポンプはブッシングを使用																																																																																																																																																																
VIII	軸受	○	○	○																																																																																																																																																																	
IX	電動機	○	○	○																																																																																																																																																																	
X	軸継手	○	○	○																																																																																																																																																																	
XI	ケーシングノズル	○	○	○																																																																																																																																																																	
XII	軸冷却水配管	△	△	○	試験体が大型ポンプのため設置																																																																																																																																																																

東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>① 基礎ボルト (取付ボルトを含む) の評価</p> <p>スクリー式ポンプは遠心式ポンプと同様に、基礎ボルトで固定された架台の上に、駆動機器及び被駆動機器が取付ボルトに設置されており、地震時に有意な荷重がかかることから動的機能維持の評価項目として選定する。</p> <p>② 支持脚部の評価</p> <p>支持脚部については、スクリー式ポンプと遠心式ポンプとで構造に大きな違いはなく、高い剛性を有するためにケーシング定着部に荷重がかかる構造となっている。</p> <p>このため、取付ボルト及び基礎ボルトが評価上厳しい部位であるため、取付ボルト及び基礎ボルトの評価で代表できる。</p> <p>③ 摺動部の評価</p> <p>摺動部の損傷の観点より、遠心式ポンプの検討におけるケーシングと接触して損傷するライナーリング部の評価を行うのと同様に、スクリー式ポンプにおける評価項目を以下のとおり選定する。</p> <p>スクリー式ポンプのスクリー部は、構造が非常に剛であり、地震応答増幅が小さく動的機能評価上重要な部分の地震荷重が通常運転荷重に比べて十分小さいと考えられる。また、スリーブ部については、ケーシング部に設置されている。</p>	<p>(2) 女川2号炉のスクリー式ポンプにおける動的機能維持評価の基本評価項目の検討</p> <p>女川2号炉のスクリー式ポンプにおける動的機能維持評価の基本評価項目の選定に当たっては、第4.6-1表のとおり、既往知見により抽出されたスクリー式ポンプの基本評価項目に、参考とする遠心式ポンプ及びギヤ式ポンプの基本評価項目を踏まえた全12項目について検討を行う。</p> <p>No. I : 基礎ボルト (取付ボルト含む)</p> <p>スクリー式ポンプは参考とする遠心式ポンプ及びギヤ式ポンプと同様に、基礎ボルトで固定された架台の上に、駆動機器及び被駆動機器が取付ボルトで設置されており、地震時に有意な荷重がかかる構造となっていることから、基礎ボルトを動的機能維持評価の基本評価項目として選定する。</p> <p>No. II : 支持脚</p> <p>支持脚については、スクリー式ポンプと遠心式ポンプとで構造に大きな違いはなく、高い剛性を有するためにケーシング定着部に荷重がかかる構造となっている。</p> <p>そのため、取付ボルト及び基礎ボルトが評価上厳しい部位となることから、取付ボルト及び基礎ボルトを支持脚の評価として代替する。</p> <p>No. III : 摺動部</p> <p>摺動部の損傷の観点から、遠心式ポンプの検討において、ケーシングがローターと接触して損傷するライナーリング部 (摺動部) の評価を行うのと同様に、スクリー式ポンプにおいても摺動部の検討を行い、動的機能維持評価の基本評価項目として以下のとおり選定する。</p> <p>スクリー式ポンプの摺動部であるスクリー部は構造が非常に剛であり、地震応答増幅が小さく、動的機能評価上重要な部分の地震荷重は通常運転荷重に比べて十分小さいと考えられる。また、スリーブ部については、剛性の高いケーシング部に設置されており、有意な変形が生じることはない。</p>	<p>(2) 島根2号炉のスクリー式ポンプにおける動的機能維持評価の基本評価項目の検討</p> <p>島根2号炉のスクリー式ポンプにおける動的機能維持評価の基本評価項目の選定に当たっては、第4.2.5-1表のとおり、既往知見により抽出されたスクリー式ポンプの基本評価項目に、参考とする遠心式ポンプ及びギヤ式ポンプの基本評価項目を踏まえた全12項目について検討を行う。</p> <p>No. I : 基礎ボルト (取付ボルト含む)</p> <p>スクリー式ポンプは参考とする遠心式ポンプ及びギヤ式ポンプと同様に、基礎ボルトで固定された架台の上に駆動機器及び被駆動機器が取付ボルトで設置されており、地震時に有意な荷重がかかる構造となっていることから、基礎ボルトを動的機能維持評価の基本評価項目として選定する。</p> <p>No. II : 支持脚</p> <p>支持脚については、スクリー式ポンプと遠心式ポンプとで構造に大きな違いはなく、高い剛性を有するためにケーシング定着部に荷重がかかる構造となっている。</p> <p>そのため、取付ボルト及び基礎ボルトが評価上厳しい部位となることから、取付ボルト及び基礎ボルトを支持脚の評価として代替する。</p> <p>No. III : 摺動部</p> <p>摺動部の損傷の観点から、遠心式ポンプの検討において、ケーシングがローターと接触して損傷するライナーリング部 (摺動部) の評価を行うのと同様に、スクリー式ポンプにおいても摺動部の検討を行い、動的機能維持評価の基本評価項目として以下のとおり選定する。</p> <p>スクリー式ポンプの摺動部であるスクリー部は剛性が高く、地震応答増幅が小さいため、動的機能評価上重要な部分の地震荷重は通常運転荷重に比べて十分小さいと考えられる。また、スリーブ部については、剛性の高いケーシング部に設置されており、有意な変形が生じることはない。</p>	<p>・対象設備の相違</p> <p>【東海2】</p> <p>④の相違</p>

東海第二発電所 (2018.9.18版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020.2.7版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>主ねじ又は従ねじについては、損傷によってスリーブ部と接触することで回転機能及び輸送機能が喪失に至ることが考えられるため、動的機能維持の評価項目として選定する。</p> <p>④ 軸系の評価</p> <p>スクリー式ポンプは主ねじ及び従ねじを有する構造であり、一軸構造の遠心式ポンプとは軸の構造が異なるが、軸系の損傷によってポンプとしての機能を喪失することは同様である。</p> <p>このため、スクリー式ポンプにおいても、遠心式ポンプと同様に、軸損傷が発生しないことを確認するため、軸系の評価を動的機能維持の評価項目として選定する。</p> <p>⑥ 逃がし弁の評価</p> <p>逃がし弁はばね式であり、フランジ部の構造評価に対する確認も含め、弁に作用する最大加速度が、安全弁の動的機能維持確認済加速度以下であることを確認する。</p> <p>⑦ メカニカルシール</p> <p>メカニカルシールは、高い剛性を有するケーシングに固定されており、地震時に有意な変位が生じない。また軸封部は軸受近傍に位置し、軸は地震時でも軸受で支持されており、有意な変位は生じることはなく、軸封部との接触は生じないため、計算書の対象外とする。</p>	<p>スクリー部を構成する主ねじ又は従ねじについては、損傷によってスリーブと接触することで、回転機能及び移送機能が喪失に至ることが考えられるため、摺動部を動的機能維持評価の基本評価項目として選定する。</p> <p>No. IV : 軸系</p> <p>スクリー式ポンプは主ねじ及び従ねじを有する構造であり、遠心式ポンプは一軸構造、ギヤ式ポンプは主軸及び従動軸からなる二軸構造となっている。各ポンプによって軸構造は異なるが、軸系の損傷によってポンプとしての機能を喪失することは同様である。</p> <p>そのため、軸損傷が発生しないことを確認するために、軸系を動的機能維持評価の基本評価項目として選定する。</p> <p>No. V : 逃がし弁フランジ部 (漏えい防止)</p> <p>逃がし弁フランジ部については、地震によりポンプケーシングの応答が増大すると、フランジ部に変形が生じて内部流体の漏えいに至り、ポンプとしての機能に影響を与えることから、逃がし弁フランジ部 (漏えい防止) を動的機能維持の基本評価項目として選定し、フランジ部の構造評価を実施する。</p> <p>No. VI : 逃がし弁 (移送機能)</p> <p>スクリー式ポンプは、ギヤ式ポンプと同様に逃がし弁が設置されており、誤作動すれば移送機能に影響を与えることから、逃がし弁 (移送機能) を動的機能維持評価の基本評価項目として選定する。評価においては、弁に作用する最大加速度が、安全弁の機能維持確認済加速度以下であることを確認する。</p> <p>No. VII : メカニカルシール</p> <p>メカニカルシールは、高い剛性を有するケーシングに固定されており、地震時に有意な変位が生じない。また軸封部は軸受近傍に位置し、軸は地震時でも軸受で支持されており、有意な変位は生じることはなく、軸封部との接触は生じないため、メカニカルシールは動的機能維持評価の対象外とする。</p>	<p>スクリー部を構成する主ねじ又は従ねじについては、損傷によってスリーブと接触することで、回転機能及び移送機能が喪失に至ることが考えられるため、摺動部を動的機能維持評価の基本評価項目として選定する。</p> <p>No. IV : 軸系</p> <p>スクリー式ポンプは主ねじ及び従ねじを有する構造であり、遠心式ポンプは一軸構造、ギヤ式ポンプは主軸及び従動軸からなる二軸構造となっている。各ポンプによって軸構造は異なるが、軸系の損傷によってポンプとしての機能を喪失することは同様である。</p> <p>そのため、軸損傷が発生しないことを確認するために、軸系を動的機能維持評価の基本評価項目として選定する。</p> <p>No. V : 逃がし弁フランジ部 (漏えい防止)</p> <p>逃がし弁フランジ部については、地震によりポンプケーシングの応答が増大すると、フランジ部に変形が生じて内部流体の漏えいに至り、ポンプとしての機能に影響を与えることから、逃がし弁フランジ部 (漏えい防止) を動的機能維持の基本評価項目として選定し、フランジ部の構造評価を実施する。</p> <p>No. VI: 逃がし弁 (移送機能)</p> <p>スクリー式ポンプは、ギヤ式ポンプと同様に逃がし弁が設置されており、誤作動すれば移送機能に影響を与えることから、逃がし弁 (移送機能) を動的機能維持評価の基本評価項目として選定する。評価においては、弁に作用する最大加速度が、安全弁の機能確認済加速度以下であることを確認する。</p> <p>No. VII : メカニカルシール</p> <p>メカニカルシールは、高い剛性を有するケーシングに固定されており、地震時に有意な変位が生じない。また軸封部は軸受近傍に位置し、軸は地震時でも軸受で支持されており、有意な変位は生じることはなく、軸封部との接触は生じないため、メカニカルシールは動的機能維持評価の対象外とする。</p>	

東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>⑧ 軸受の評価</p> <p>ポンプにおいて、軸受の役割は回転機能の保持であり、その役割はスクリー式ポンプも遠心式ポンプも同じである。当該軸受が損傷することにより、ポンプの機能喪失につながるため、動的機能維持の評価項目として選定する。また、評価においては発生する荷重としてスラスト方向及びラジアル方向の荷重を考慮して評価を行う。</p> <p>⑨ 電動機の評価</p> <p>スクリー式ポンプの電動機は横向きに設置されるころがり軸受を使用する電動機であり、耐特委 (J E A G 4601) で検討されている横型ころがり軸受電動機の適用範囲内であることから、動的機能維持済加速度との比較により評価を行う。</p> <p>⑩ 軸継手の評価</p> <p>スクリー式ポンプは、遠心式ポンプと同様に、軸受でスラスト荷重を受け持つこと及びフレキシブルカップリングを採用していることから、軸継手にはスラスト荷重による有意な応力が発生しないため、計算書の評価対象外とする。</p> <p>⑪ ケーシングノズルの評価</p> <p>スクリー式ポンプのケーシングノズル部は、遠心式ポンプと同様に、ポンプケーシングと配管の接続部であるが、ノズル出入口配管のサポートについて適切に配管設計することで、ノズル部に過大な配管荷重が伝わらないため、計算書の評価対象外とする。</p>	<p>No. VIII : 軸受</p> <p>ポンプにおける軸受の役割は回転機能の保持であり、その役割はスクリー式ポンプも参考とする遠心式及びギヤ式ポンプも同じである。軸受が損傷すると、ポンプの機能喪失につながることから、軸受は動的機能維持評価の基本評価項目として選定する。また、評価においては発生する荷重として、スラスト方向及びラジアル方向の荷重を考慮して評価を行う。</p> <p>No. IX : 電動機</p> <p>スクリー式ポンプの電動機は、横向きに設置されるころがり軸受を使用する電動機であり、その構造は耐特委 (JEAG4601) で検討されている横型ころがり軸受電動機の適用範囲内である。</p> <p>そのため、電動機を動的機能維持評価の基本評価項目として選定し、機能維持確認済加速度との比較により評価を行う。</p> <p>No. X : 軸継手</p> <p>スクリー式ポンプは遠心式及びギヤ式ポンプと同様に、軸受でスラスト荷重を受け持つこと及びフレキシブルカップリングを採用しており、軸継手にはスラスト荷重による有意な応力が発生しない構造となっている。</p> <p>よって、軸継手は動的機能維持評価の対象外とする。</p> <p>No. XI : ケーシングノズル</p> <p>スクリー式ポンプのケーシングノズル部は、遠心式及びギヤ式ポンプと同様に、ポンプケーシングと配管の接続部であるが、ノズル出入口配管のサポートについて適切に配管設計することで、ノズル部に過大な配管荷重が伝わらないようにすることが可能である。</p> <p>よって、ケーシングノズルは動的機能維持評価の対象外とする。</p>	<p>No. VIII : 軸受</p> <p>ポンプにおける軸受の役割は回転機能の保持であり、その役割はスクリー式ポンプと参考とする遠心式及びギヤ式ポンプで同じである。軸受が損傷すると、ポンプの機能喪失につながることから、軸受は動的機能維持評価の基本評価項目として選定する。また、評価においては発生する荷重として、スラスト方向及びラジアル方向の荷重を考慮して評価を行う。</p> <p>No. IX : 電動機</p> <p>スクリー式ポンプの電動機は、横向きに設置されるころがり軸受を使用する電動機であり、その構造は耐特委 (J E A G 4 6 0 1) で検討されている横型ころがり軸受電動機の適用範囲内である。</p> <p>そのため、電動機を動的機能維持評価の基本評価項目として選定し、機能確認済加速度との比較により評価を行う。</p> <p>No. X : 軸継手</p> <p>スクリー式ポンプは遠心式及びギヤ式ポンプと同様に、軸受でスラスト荷重を受け持つこと及びフレキシブルカップリングを採用しており、軸継手にはスラスト荷重による有意な応力が発生しない構造となっている。</p> <p>よって、軸継手は動的機能維持評価の対象外とする。</p> <p>No. XI : ケーシングノズル</p> <p>スクリー式ポンプのケーシングノズル部は、遠心式及びギヤ式ポンプと同様に、ポンプケーシングと配管の接続部であるが、ノズル出入口配管のサポートについて適切に配管設計することで、ノズル部に過大な配管荷重が伝わらないようにすることが可能である。</p> <p>よって、ケーシングノズルは動的機能維持評価の対象外とする。</p>	<p>・対象設備の相違 【東海2】 ④の相違</p> <p>・対象設備の相違 【東海2】 ④の相違</p>

東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>以上から、スクリー式ポンプにおいて抽出される動的機能維持の評価項目のうち、計算書の評価対象とするものは以下の通りである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・基礎ボルト及び取付ボルトの評価 ・摺動部（軸系）の評価 ・軸系としてねじの評価 ・逃がし弁の評価 ・軸受の評価 ・電動機の評価 <p>(b) ギヤ式ポンプの評価項目の検討</p> <p>ギヤ式ポンプの要因分析結果について、耐特委における遠心式ポンプの要因分析結果と同様に整理した結果、ギヤ式ポンプの評価項目は、遠心式ポンプとほぼ同様となる。ギヤ式ポンプの動的機能維持の評価項目の抽出にあたり、遠心式ポンプの耐特委における評価項目に加え、構造の差異により抽出されたギヤ式ポンプの評価項目を加えて検討を行う。なお、構造の差異として抽出された評価項目は下記の通りである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・逃がし弁（遠心式ポンプの評価項目になくギヤ式ポンプのみで抽出） ・摺動部（ギヤ式ポンプと遠心式ポンプの両方で抽出された評価項目であるが、構成部品が異なる。） ・メカニカルシール（ギヤ式ポンプの評価項目になく遠心式ポンプのみで抽出） <p>・軸冷却水配管（ギヤ式ポンプの評価項目になく遠心式ポンプのみで抽出）</p> <p>耐特委で検討された遠心式ポンプは、大型のポンプであり軸受としてすべり軸受を採用していることから、軸受の冷却が必要となる。このため、地震により軸冷却水配管の損傷に至ればポンプの機能維持に影響を及ぼすため、<u>軸冷却水配管</u>を評価項目として抽出している。</p> <p>一方でスクリー式ポンプの標準設計として、<u>軸冷却水配管</u>を有していない。軸冷却水配管は軸受の冷却のため設置されるが、スクリー式ポンプの軸受は内部流体で冷却が可能であるため、<u>軸冷却水配管</u>は設置されていない。</p>	<p>No. XII：軸冷却水配管</p> <p>耐特委で検討された遠心式ポンプは大型のポンプであり、軸受としてすべり軸受を採用していることから、軸受の冷却が必要となる。このため、地震により軸冷却水配管の損傷に至ればポンプの機能維持に影響を及ぼすため、基本評価項目としている。</p> <p>一方、スクリー式ポンプの軸受は内部流体で冷却が可能であるため、<u>軸冷却水配管</u>は有していないことから、<u>軸冷却水配管</u>は動的機能維持評価の対象外とする。</p>	<p>No.XII：軸冷却水配管</p> <p>耐特委で検討された遠心式ポンプは大型のポンプであり、軸受としてすべり軸受を採用していることから、軸受の冷却が必要となる。このため、地震により軸冷却水配管の損傷に至ればポンプの機能維持に影響を及ぼすため、基本評価項目としている。</p> <p>一方、スクリー式ポンプの軸受は内部流体で冷却が可能であるため、<u>軸冷却水配管</u>は有していないことから、<u>軸冷却水配管</u>は動的機能維持評価の対象外とする。</p>	

東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p data-bbox="163 256 928 604"> <u>また、ギヤ式ポンプは軸封部の標準設計としてオイルシールを採用している (第 10 図参照)。オイルシールはケーシングと軸受 (ブッシング) で形成される隙間部に挿入される形態で取り付けられており、オイルシールとブッシングの間には隙間がある構造であるため、地震荷重は軸受 (ブッシング) を通してケーシングに伝達されることから、ケーシングと軸受 (ブッシング) が健全であれば、オイルシールが損傷することはないことから、地震時異常要因分析による評価項目に選定されていない。</u> </p>  <p data-bbox="237 1360 608 1386">設計進捗により構造変更の可能性有り。</p> <p data-bbox="281 1423 816 1453">第 10 図 ギヤ式ポンプの標準的な構造概要図</p>			<p data-bbox="2537 256 2760 378"> ・設備構成の相違 【東海 2】 ⑤の相違 </p>

東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>① 基礎ボルト (取付ボルトを含む) の評価</p> <p><u>ギヤ式ポンプは遠心式ポンプと同様に、基礎ボルトで固定された架台の上に、駆動機器及び被駆動機器が取付ボルトに設置されており、地震時に有意な荷重がかかることから動的機能維持の評価項目として選定する。</u></p> <p>②③④ 摺動部の評価</p> <p><u>摺動部の損傷の観点より、遠心式ポンプの検討におけるケーシングと接触して損傷するライナーリング部の評価を行うのと同様に、ギヤ式ポンプにおける評価項目を以下のとおり選定する。</u></p> <p><u>ギヤ式ポンプのギヤ部は、構造が非常に剛であり、地震応答増幅が小さく動的機能評価上重要な部分の地震荷重が通常運転荷重に比べて十分小さいと考えられる。また、ケーシングについては、横形ポンプと同様に耐圧構造であり、使用圧力に耐えられる強度の肉厚を有している。</u></p> <p><u>主軸又は従動軸については、損傷によってギヤがケーシングと接触することで回転機能及び輸送機能が喪失に至ることが考えられる。主軸の重量は、従動軸の重量に比べ大きく、軸を支持する距離は双方の軸で同じであるため、評価項目は、主軸 (ギヤ部) を対象として行う。</u></p> <p>② 主軸の評価</p> <p><u>ギヤ式ポンプは二軸 (主軸及び従動軸) 構造であり、一軸構造の横形ポンプとは軸の構造が異なるが、主軸の重量は、従動軸に比べ大きく、軸を支持する距離は双方の軸で同じであるため、主軸の健全性確認を行うことによって、一軸構造の横形ポンプと同様の見解が適用できるものである。そのため、ギヤ式ポンプにおいても、遠心式ポンプと同様に、軸損傷が発生しないことを確認するため、主軸の評価を動的機能維持の評価項目として選定する。</u></p> <p>⑤ 軸受の評価</p> <p><u>ポンプにおいて、軸受の役割は「回転機能の保持」であり、その役割は遠心ポンプもギヤ式ポンプも同じである。</u></p> <p><u>当該軸受が損傷することにより、ポンプの機能喪失につながるため、動的機能維持の評価項目として選定する。また、評価においては発生する荷重としてスラスト方向及びラジアル方向の荷重を考慮して評価を行う。</u></p>			<p>・設備構成の相違</p> <p>【東海 2】</p> <p>⑤の相違</p>

東海第二発電所 (2018.9.18版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020.2.7版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p><u>なお、遠心式ポンプは「ころがり軸受」を用いており、「回転機能の保持」という役割を果たすために、ベアリング内外輪間に鋼球を装備した回転機構を有する構造となっている。</u></p> <p><u>一方、ギヤ式ポンプは「ブッシング」を用いており、「ころがり軸受」と同様に「回転機能の保持」という役割を果たすために、軸とブッシング間に形成された油膜によるスベリ支持を有する構造となっている。</u></p> <p><u>⑥ 電動機の評価</u></p> <p><u>ギヤ式ポンプの電動機は横向きに設置されるころがり軸受を使用する電動機であり、耐特委（J E A G 4601）で検討されている横型ころがり軸受電動機の適用範囲内であることから、動的機能維持済加速度との比較により評価を行う。</u></p> <p><u>⑦ 軸継手の評価</u></p> <p><u>ギヤ式ポンプは、遠心式ポンプと同様に、軸受でスラスト荷重を受け持つこと及びフレキシブルカップリングを採用していることから、軸継手にはスラスト荷重による有意な応力が発生しないため、計算書の評価対象外とする。</u></p> <p><u>⑧ ケーシングノズルの評価</u></p> <p><u>ギヤ式ポンプのケーシングノズル部は、遠心式ポンプと同様に、機器と配管の接続部であるが、ノズル出入口配管のサポートについて適切に配管設計することで、ノズル部に過大な配管荷重が伝わらないため、計算書の評価対象外とする。</u></p> <p><u>⑨ 逃がし弁の評価</u></p> <p><u>逃がし弁はばね式であるため、弁に作用する最大加速度が、安全弁の動的機能維持確認済加速度以下であることを確認する。</u></p> <p><u>以上から、ギヤ式ポンプにおいて抽出される動的機能維持の評価項目のうち、計算書の評価対象とするものは以下の通りである。</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <u>・基礎ボルト（取付ボルトを含む）の評価</u> <u>・主軸（ギヤ部）の評価</u> <u>・主軸の評価</u> <u>・軸受の評価</u> <u>・電動機の評価</u> <u>・逃がし弁の評価</u> 			<p>・設備構成の相違</p> <p>【東海2】</p> <p>⑤の相違</p>

東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>(3) <u>まとめ</u></p> <p>新たな検討が必要な設備について、<u>地震時要因分析を行い、基本的な機構造が類似している機種／型式に対する耐特委での検討を参考に、型式による構造の違いを踏まえた上で地震時異常要因分析を行い、評価項目の抽出を行った。</u></p> <p>また、<u>耐特委における遠心式ポンプの評価項目に対して、スクリー式ポンプ及びギヤ式ポンプは、一部構造の異なる部位があるが、これら部位に対する評価方法については、耐特委で検討された遠心式ポンプにおける評価手法と同様であること、既往の評価方法を踏まえて実施が可能であることから、耐特委の検討をもとに参考とする遠心式ポンプをベースとした評価は可能であると考える。</u></p>	<p><u>4.7 まとめ</u></p> <p>女川2号炉における規格適用外の動的機能維持が必要な設備のうち、新たな検討が必要な設備であるスクリー式ポンプについて、基本的な構造が類似している耐特委での遠心式ポンプ及び電共研でのギヤ式ポンプにおける検討結果を参考に、<u>型式による構造の違いを踏まえた上で地震時異常要因分析を行い、動的機能維持を確認するための基本評価項目の抽出を行った。</u></p> <p>その結果、スクリー式ポンプの基本評価項目は、参考とした遠心式ポンプ及びギヤ式ポンプとの構造の違いにより一部の評価項目は異なるが、<u>ほぼ同様となった。また、参考とするポンプとの構造及び評価項目の差異を踏まえ、基本評価項目について、女川2号炉のスクリー式ポンプにおける動的機能維持評価の基本評価項目についての検討した結果、評価項目が異なる部位に対する評価方法は同様であり、既往の評価手法を踏まえた詳細評価が可能であると考えられる。</u></p> <p>以上の検討結果から、<u>女川2号炉のスクリー式ポンプにおける動的機能維持評価の基本評価項目については、第4.7-1表のとおり整理し、抽出された基本評価項目に対して、耐震計算を実施する。</u></p>	<p><u>4.2.6 スクリュー式ポンプの動的機能維持評価項目の検討結果</u></p> <p>島根2号炉における規格適用外の動的機能維持が必要な設備のうち、新たな検討が必要な設備であるスクリー式ポンプについて、基本的な構造が類似している耐特委での遠心式ポンプ及び電共研でのギヤ式ポンプにおける検討結果を参考に、<u>形式による構造の違いを踏まえた上で地震時異常要因分析を行い、動的機能維持を確認するための基本評価項目の抽出を行った。</u></p> <p>その結果、スクリー式ポンプの基本評価項目は、参考とした遠心式ポンプ及びギヤ式ポンプとの構造の違いにより一部の評価項目は異なるが、<u>ほぼ同様となった。また、参考とするポンプとの構造及び評価項目の差異を踏まえ、基本評価項目について、島根2号炉のスクリー式ポンプにおける動的機能維持評価の基本評価項目について検討した結果、評価項目が異なる部位に対する評価方法は同様であり、既往の評価手法を踏まえた詳細評価が可能であると考えられる。</u></p> <p>以上の検討結果から、<u>島根2号炉のスクリー式ポンプにおける動的機能維持評価の基本評価項目については、第4.2.6-1表のとおり整理し、抽出された基本評価項目に対して、耐震計算を実施する。</u></p>	

第 4.7-1 表 女川 2 号炉のスクリー式ポンプにおける
動的機能維持評価の基本評価項目の検討結果

○：評価対象 (計算書対象), -：対象外

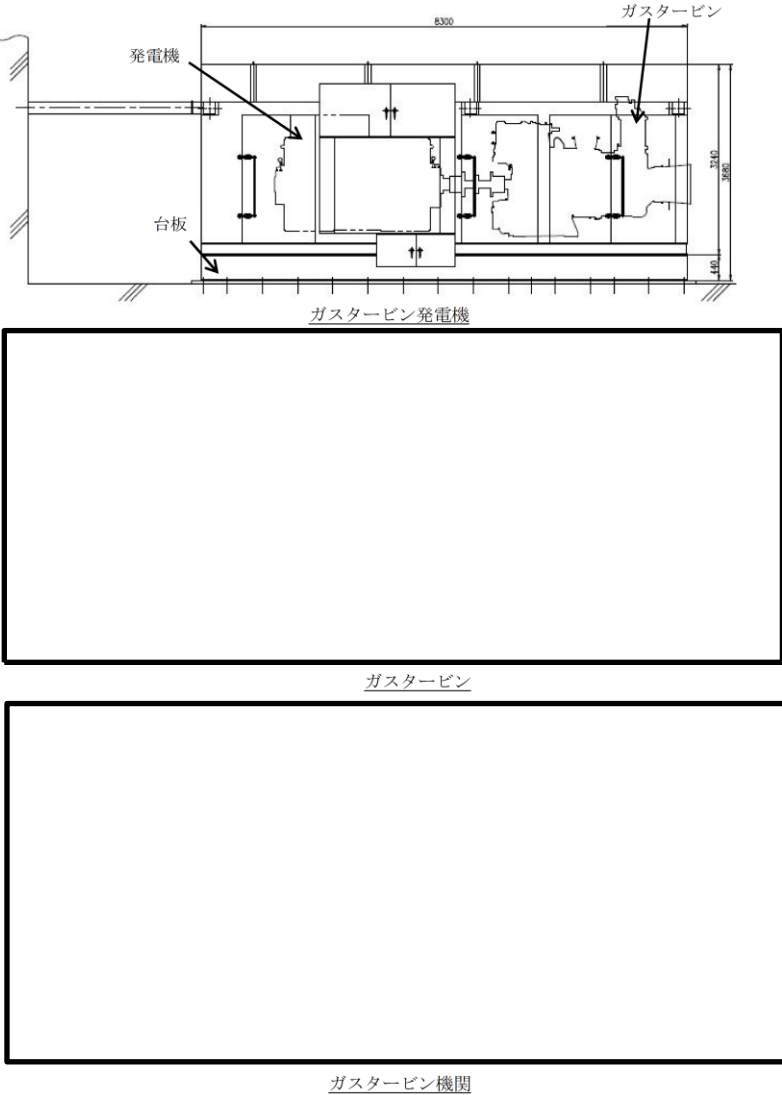
No.	既往知見における 基本評価項目	スクリー式ポンプ における動的機能維持 評価の基本評価項目	主な理由
I	基礎ボルト (取付ボルト含む)	○	損傷によりポンプ機能喪失
II	支持脚	-	基礎ボルトにて代替評価
III	摺動部	○	損傷によりポンプ機能喪失
IV	軸系	○	損傷によりポンプ機能喪失
V	逃がし弁フランジ部 (漏えい防止)	○	損傷によりポンプ機能喪失
VI	逃がし弁本体 (移送機能)	○	誤動作によりポンプ機能喪失
VII	メカニカルシール	-	地震により損傷しないため 評価不要
VIII	軸受	○	損傷によりポンプ機能喪失
IX	電動機	○	損傷によりポンプ機能喪失
X	軸継手	-	地震により損傷しないため 評価不要
XI	ケーシングノズル	-	配管設計により対応可能なため 評価不要
XII	軸冷却水配管		構造上, 存在しないため 評価不要

第 4.2.6-1 表 島根 2 号炉のスクリー式ポンプにおける
動的機能維持評価の基本評価項目の検討結果

○：評価対象 (計算書対象), -：対象外

No.	既往知見における 基本評価項目	スクリー式ポンプにおける 動的機能維持評価の基本評価 項目	主な理由
I	基礎ボルト (取付ボルト含む)	○	損傷によりポンプ機能喪失
II	支持脚	-	基礎ボルトにて代替評価
III	摺動部	○	損傷によりポンプ機能喪失
IV	軸系	○	損傷によりポンプ機能喪失
V	逃がし弁フランジ部 (漏えい防止)	○	損傷によりポンプ機能喪失
VI	逃がし弁 (移送機能)	○	誤動作によりポンプ機能喪失
VII	メカニカルシール	-	地震により損傷しないため 評価不要
VIII	軸受	○	損傷によりポンプ機能喪失
IX	電動機	○	損傷によりポンプ機能喪失
X	軸継手	-	地震により損傷しないため 評価不要
XI	ケーシングノズル	-	配管設計により対応可能な ため評価不要
XII	軸冷却水配管		構造上, 存在しないため 評価不要

東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考									
		<p>4.3 ガスタービン発電機に対する検討</p> <p>4.3.1 検討対象設備の概要</p> <p><u>ガスタービン発電機は、その作動原理・構造から異常要因分析や基本評価項目の抽出が可能であり、分析や項目の抽出において参考とする類似機器の検討事例があることから、解析による評価を実施する。地震時異常要因分析を検討するに当たり、第4.3.1-1表に新たな検討が必要な設備及び参考とする機種/形式を示すとともに、第4.3.1-1図、第4.3.1-2図及び第4.3.1-3図に今回工認において新たな検討が必要な設備として抽出されたガスタービン発電機、参考とする耐特委で検討された非常用ディーゼル発電機及びポンプ駆動用タービンの構造概要図を示す。</u></p> <p><u>ガスタービン発電機は第4.3.1-1図に示すように、同一の台板上にガスタービンと発電機が据え付けられた構造となっている。ガスタービンと発電機は、軸継手によって連結されており、ガスタービンによって出力軸を回転させ、軸継手を介して発電機回転子を回転させて発電を行っている。ガスタービン発電機には、運転に必要な空気の取り込み、排出を行うために、伸縮継手を介して専用のダクト(吸排気設備)を設けている。</u></p> <p>第4.3.1-1表 新たな検討が必要な設備において参考とする機種/形式</p> <table border="1" data-bbox="1762 1247 2493 1486"> <thead> <tr> <th colspan="2">新たな検討が必要な設備</th> <th rowspan="2">参考とする機種/形式</th> </tr> <tr> <th>設備名</th> <th>機種/形式</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">ガスタービン発電機</td> <td rowspan="2">ガスタービン発電機/機関本体</td> <td>非常用ディーゼル発電機/機関本体</td> </tr> <tr> <td>ポンプ駆動用タービン/AFWP用</td> </tr> </tbody> </table>	新たな検討が必要な設備		参考とする機種/形式	設備名	機種/形式	ガスタービン発電機	ガスタービン発電機/機関本体	非常用ディーゼル発電機/機関本体	ポンプ駆動用タービン/AFWP用	<p>・新たな検討が必要な設備の相違</p> <p>【東海2, 女川2】</p> <p>①の相違</p>
新たな検討が必要な設備		参考とする機種/形式										
設備名	機種/形式											
ガスタービン発電機	ガスタービン発電機/機関本体	非常用ディーゼル発電機/機関本体										
		ポンプ駆動用タービン/AFWP用										

東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		 <p data-bbox="1843 1377 2415 1409">第4.3.1-1図 ガスタービン発電機構造概要図</p>	<p data-bbox="2546 258 2813 422"> ・新たな検討が必要な 設備の相違 【東海2, 女川2】 ①の相違 </p>

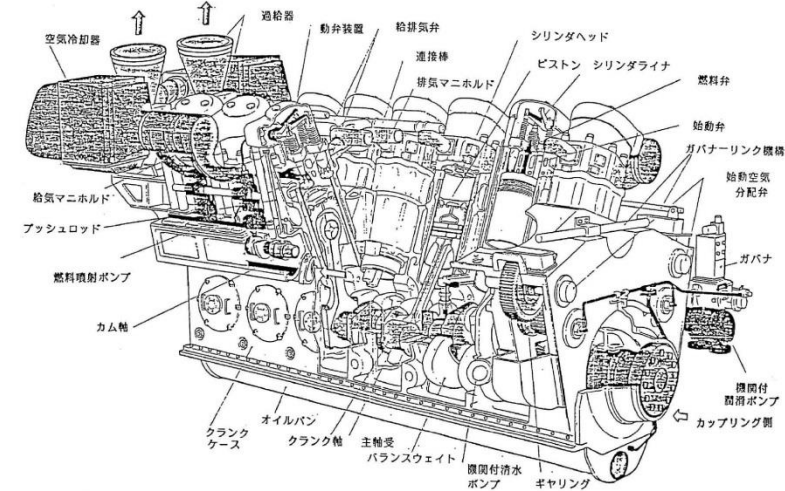
東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)

女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)

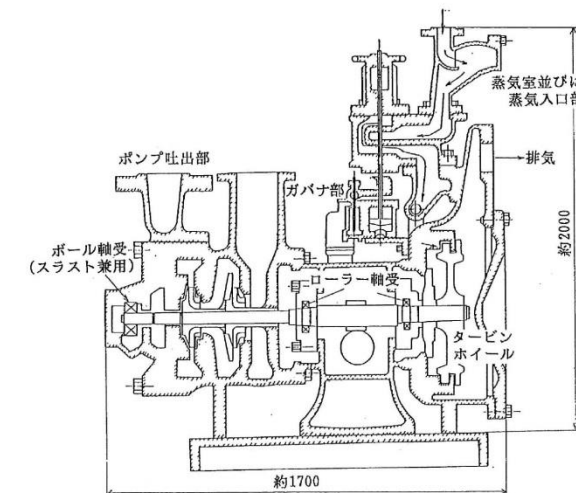
島根原子力発電所 2号炉

備考

・新たな検討が必要な
設備の相違
【東海2, 女川2】
①の相違



第 4. 3. 1-2 図 非常用ディーゼル発電機構造概要図



第 4. 3. 1-3 図 ポンプ駆動用タービン (AFWP用)
構造概要図

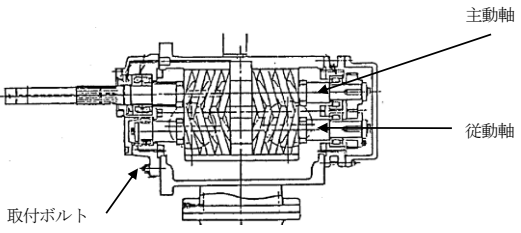

東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p><u>ガスタービン発電機の動的機能維持評価において参考とする非常用ディーゼル発電機及びポンプ駆動用タービンについて、ガスタービンとの類似性を以下に示す。</u></p> <p><u>(1)非常用ディーゼル発電機</u></p> <p><u>非常用ディーゼル発電機とガスタービン発電機は機関の構造は異なるが、動力機関と発電機及び付帯設備からなる非常用発電機という点で類似な設備であり、系統構成が同等である。各構成設備においても、その機能・作動原理から類似といえる機器が存在する。以下に、類似性を有する構成機器及びその根拠を示す。</u></p> <p><u>a. ガスタービン (機関)</u></p> <p><u>非常用ディーゼル発電機の過給機と以下の点において類似性を有する。</u></p> <p><u>非常用ディーゼル発電機の過給機とガスタービン (機関) の構造比較を第 4.3.1-4 図に示す。非常用ディーゼル発電機の過給機とガスタービン (機関) は、共に昇圧した燃焼用空気を機関に送気する機能を有したターボ機械である。過給機は、燃焼後の排気ガスにて動力を得るための軸流型タービンと燃焼用空気を過給するためのインペラ型圧縮機を一軸上に配した回転軸を2つの軸受で支持した構造である。一方、ガスタービン (機関) も圧縮機とタービンを一軸上の回転軸に配し両端の軸受で支持した構造である。</u></p> <p><u>共に高速で回転する回転軸が支持している軸受を介してケーシング内に内包された構造であり、このケーシングを本体取付面にボルト結合されている点で類似の構造である。また、共に回転軸は常用の回転速度において固有振動数が危険速度と一致しないように離調されており、この軸振動特性を確保するために回転軸のみならず軸受及びこれを支えるケーシングに対しても変形を抑制する高い剛性が要求されている。このように、機関全体が高い剛性を有しており、振動特性の観点からも両者は類似している。</u></p>	<p>・新たな検討が必要な設備の相違</p> <p>【東海2, 女川2】</p> <p>①の相違</p>

東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p><u>b. ガスタービン (減速機)</u> <u>非常用ディーゼル発電機のギヤリングと以下の点において類似性を有する。</u> <u>非常用ディーゼル発電機のギヤリングとガスタービン (減速機) の構造比較を第 4.3.1-5 図に示す。非常用ディーゼル発電機のギヤリングは、クランクの回転より得た動力をクランクギヤ、アイドルギヤ、及びカムギヤ等で構成された歯車機構を介して燃料噴射系及び排気動弁系の機器を駆動させるカムへ伝達する機能を有している。一方、ガスタービン (減速機) も遊星歯車等の歯車で構成された歯車機構を介してガスタービン (機関) 主軸より得た動力を適切な回転速度に減速調整して出力軸より発電機へ伝達する機能を有しており、類似の動力伝達の機能を有した機器である。また、共に回転する歯車軸が軸受を介してケーシング内に内包された構造であり、このケーシングを台板にボルト結合されている点で類似の構造を有している。</u> <u>また、動力伝達時に歯車同士が噛み合うことで生じる反力を歯車軸で受けながら円滑な回転を確保するために、歯車軸をはじめ、軸受及びこれを支えるケーシングに対しても変形を抑制する高い剛性が要求されている。このように、機関全体が高い剛性を有しており、振動特性の観点からも類似性を有している。</u></p> <p><u>c. ガスタービン付きポンプ (主燃料油ポンプ、潤滑油ポンプ)</u> <u>非常用ディーゼル発電機の潤滑油ポンプと以下の点において類似性を有する。</u> <u>非常用ディーゼル発電機の潤滑油ポンプとガスタービン付きポンプ (主燃料油ポンプ、潤滑油ポンプ) の構造比較を第 4.3.1-6 図に示す。非常用ディーゼル発電機の潤滑油ポンプは、機関各部へ潤滑油を供給するため、機関本体に付属して回転するクランク軸 (クランクギヤ) より歯車を介して動力を得る回転式ポンプである。一方、ガスタービン付きポンプ (主燃料油ポンプ、潤滑油ポンプ) も機関各部へ燃料油や潤滑油を供給するため、ガスタービン (減速機) に付属して回転する減速機軸より動力を得る回転式ポンプであり、共に主機関より動力を得て流体を輸送するポンプ機能を有する点で類似している。</u></p>	<p>・新たな検討が必要な設備の相違 【東海 2, 女川 2】 ①の相違</p>

東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p><u>また、共に流体を押し出す回転部品とケーシングで構成された単純な構造の機器であり、主機関にボルト結合された支持構造であることから、振動特性の観点からも類似性を有している。</u></p> <p><u>d. 燃料制御装置 (燃料制御ユニット, 燃料制御ユニットドライバ, 燃料供給電磁弁)</u></p> <p><u>非常用ディーゼル発電機のガバナ及びオーバースピードトリップ装置と以下の点において類似性を有する。</u></p> <p><u>非常用ディーゼル発電機のガバナは、ディーゼル機関の回転数を一定に保つために、燃料流量を制御しており、機構は異なるものの同様に回転数を一定に保つために燃料流量制御を行うガスタービンの燃料制御装置と機能面で類似性を有している。</u></p> <p><u>また、非常用ディーゼル発電機のオーバースピードトリップ装置とガスタービン発電機の燃料供給電磁弁は、共に過速度トリップ機能として燃料供給制御を行う点で類似性を有している。</u></p>	<p>・新たな検討が必要な設備の相違</p> <p>【東海2, 女川2】</p> <p>①の相違</p>

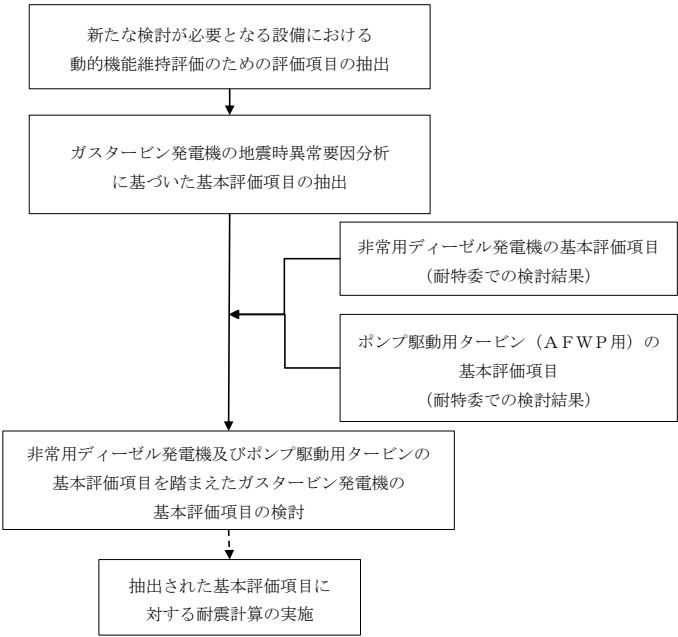
東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<div data-bbox="1754 359 2499 827" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="1754 827 2499 1304" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="1754 1304 2499 1423" data-label="List-Group"> <p>類似点</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 燃焼用空気を機関に送気する機能を有したターボ機械である。 ・ 圧縮機とタービンを一軸上の回転軸に配置し両端の軸受で支持した構造である。 ・ 回転軸がケーシング内に内包されており、ケーシングがボルト結合されている。 ・ 機関全体が高い剛性を有している。 </div> <div data-bbox="1813 1465 2436 1545" data-label="Caption"> <p>第 4. 3. 1-4 図 非常用ディーゼル発電機の過給機と ガスタービン (機関) の比較</p> </div>	<p>備考</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 新たな検討が必要な設備の相違 <p>【東海 2, 女川 2】</p> <p>①の相違</p>

東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<div data-bbox="1774 310 2496 772" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="1774 779 2496 1241" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="1774 1247 2496 1335" data-label="List-Group"> <p>類似点</p> <ul style="list-style-type: none"> ・歯車機構を介して動力を伝達する機能を有する。 ・歯車軸がケーシング内に内包されており、ケーシングがボルト結合されている。 ・機器全体が高い剛性を有している。 </div> <div data-bbox="1792 1373 2466 1457" data-label="Caption"> <p>第 4. 3. 1-5 図 非常用ディーゼル発電機のギヤリングと ガスタービン (減速機) の比較</p> </div>	<p>・新たな検討が必要な設備の相違</p> <p>【東海 2, 女川 2】</p> <p>①の相違</p>

東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<div data-bbox="1754 317 2499 779"> <p>非常用ディーゼル発電機の潤滑油ポンプ</p>  </div> <div data-bbox="1754 779 2499 1287"> <p>ガスタービン付きポンプ (主燃料油ポンプ・潤滑油ポンプ)</p>  </div> <div data-bbox="1754 1287 2499 1377"> <p>類似点</p> <ul style="list-style-type: none"> ・主機関より動力を得て流体を輸送するポンプ機能を有する。 ・流体を押し出す回転部品とケーシングで構成された単純な構造の機器である。 ・主機関にボルト結合されている。 </div> <div data-bbox="1754 1423 2499 1549"> <p><u>第 4.3.1-6 図 非常用ディーゼル発電機の潤滑油ポンプとガスタービン付きポンプ (主燃料油ポンプ, 潤滑油ポンプ) の比較</u></p> </div>	<p>・新たな検討が必要な設備の相違</p> <p>【東海 2, 女川 2】</p> <p>①の相違</p>

東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>(2) <u>ポンプ駆動用タービン</u></p> <p><u>ポンプ駆動用タービンとガスタービン発電機は、以下の点で類似性を有するターボ機械である。</u></p> <p><u>ポンプ駆動用タービンとガスタービン（機関）の構造比較を第4.3.1-7図に示す。ポンプ駆動用タービンは、駆動用蒸気を動力とする軸流型タービンとポンプタービンを一軸上に配した回転軸を複数の軸受で支持した構造である。一方、ガスタービン（機関）も、圧縮機とタービンからなる一軸の回転軸を両端の軸受で支持した構造である。共に高速で回転する回転軸を支持する軸受を介してケーシング内に内包した構造であり、このケーシングを本体取付面にボルト結合している点で類似の構造を有している。</u></p> <p><u>また、共に回転軸は常用の回転速度において固有振動数が危険速度と一致しないように離調されており、この軸振動特性を確保するために回転軸のみならず軸受、及びこれを支えるケーシングに対しても変形を抑制する高い剛性が要求されている。このように、回転軸及び関連部位が高い剛性を有しており、振動特性の観点からも両者は類似している。</u></p>	<p>・新たな検討が必要な設備の相違</p> <p>【東海2，女川2】</p> <p>①の相違</p>

東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<div data-bbox="1754 296 2487 751" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="1754 758 2487 1220" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="1754 1226 2487 1304" data-label="List-Group"> <p>類似点</p> <ul style="list-style-type: none"> ・タービンにより高速で回転する回転軸を有する。 ・回転軸がケーシング内に内包されており、ケーシングがボルト結合されている。 ・回転軸及び関連部位が高い剛性を有する。 </div> <div data-bbox="1754 1331 2487 1409" data-label="Caption"> <p>第4.3.1-7図 ポンプ駆動用タービンとガスタービン (機関) の比較</p> </div>	<p>備考</p> <ul style="list-style-type: none"> ・新たな検討が必要な設備の相違 <p>【東海2, 女川2】</p> <p>①の相違</p>

東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>4.3.2 <u>ガスタービン発電機の動的機能維持評価項目の抽出</u></p> <p><u>新たな検討が必要な設備であるガスタービン発電機の動的機能維持評価の評価項目については、耐特委で検討された非常用ディーゼル機関及びポンプ駆動用タービンに対する地震時異常要因分析による基本評価項目を踏まえた検討を行う。</u></p> <p><u>ガスタービン発電機における動的機能維持評価のための基本評価項目の抽出フローを第4.3.2-1図に示す。</u></p>  <p>第4.3.2-1図 <u>ガスタービン発電機における動的機能維持評価のための基本評価項目の抽出フロー</u></p>	<p>備考</p> <ul style="list-style-type: none"> 新たな検討が必要な設備の相違 <p>【東海2, 女川2】</p> <p>①の相違</p>

東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p><u>ガスタービン発電機の動的機能維持を評価する上で、ガスタービン及びガスタービン付き機器を対象に評価項目を検討した。</u></p> <p><u>第 4.3.1-1 図に示すガスタービン発電機のうち、台板等の構造物は動作を要求される機器ではないため、本検討の対象外とした。また、ガスタービン発電機の関連設備として、非常用ディーゼル発電機における吸排気設備やデイトンク等と同様に付帯設備として設置される設備も存在するが、既往の非常用ディーゼル発電機にて評価手法が確立されているため、本検討の対象外とした。発電機については、非常用ディーゼル発電機における発電機の評価と同様に、基本構造が同一である電動機における機能確認済加速度との比較により動的機能維持評価を行う。なお、ガスタービンと発電機は、軸継手により連結しているが、それぞれの軸は機器両端の軸受で支持されており、軸継手には変位吸収が可能なダイヤフラムカップリングを用いて、軸端の応答が互いに影響を及ぼさない構造となっているため、機器は個別に評価が可能である。</u></p> <p><u>ガスタービン発電機の異常要因分析図を第 4.3.2-2 図～第 4.3.2-7 図に示す。要因分析図に基づき抽出されるガスタービンの基本評価項目は、第 4.3.2-1 表のとおりである。なお、ガスタービンの異常要因分析は以下の区分に分類し実施した。</u></p> <p><u><異常要因分析の検討区分></u></p> <p><u>I ガスタービン (機関, 減速機)</u></p> <p><u>II 出力制御系</u></p> <p><u>III 着火系</u></p> <p><u>IV 始動系</u></p> <p><u>V 燃料油系</u></p> <p><u>VI 潤滑油系</u></p> <p><u>なお、ガスタービン (機関) 等の軸応答過大による軸損傷は、次の理由により基本評価項目から除外した。</u></p> <p><u>軸損傷は軸部のケーシングへの接触や破断がその対象となる。いずれも軸に作用する外力によって軸の変形を伴う事象であるが、構造的な特徴として破断に到る前に軸とケーシングが接触する。よって、軸の破断に対する強度評価は軸とケーシングとのクリアランスを評価することで包絡可能である。</u></p>	<p>・新たな検討が必要な設備の相違</p> <p>【東海 2, 女川 2】</p> <p>①の相違</p>

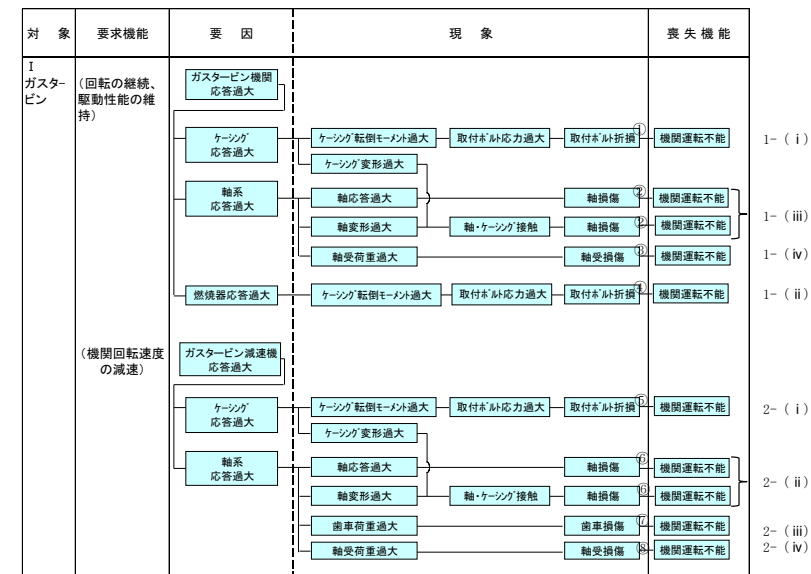
東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)

女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)

島根原子力発電所 2号炉

備考

・新たな検討が必要な
設備の相違
【東海2, 女川2】
①の相違



第 4.3.2-2 図 異常要因分析図と構造図 (ガスタービン)

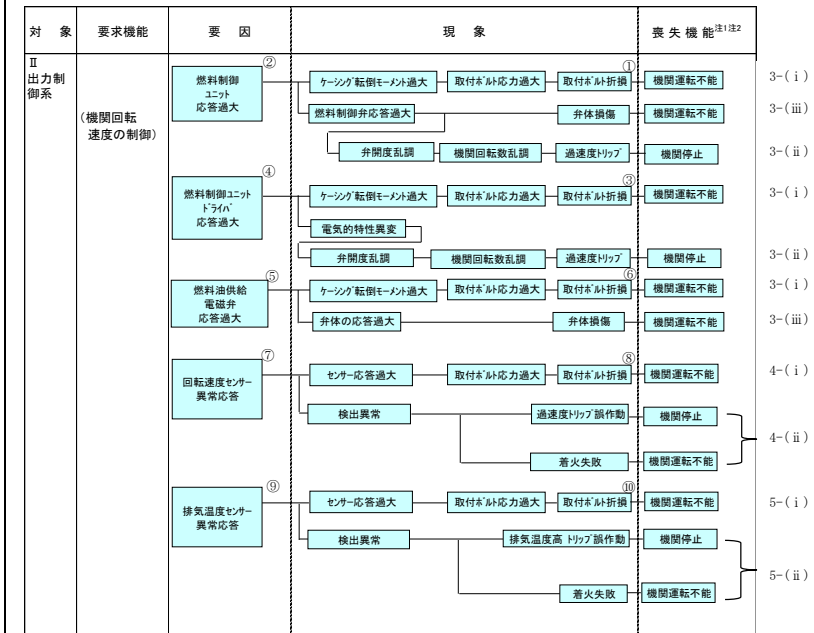
東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)

女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)

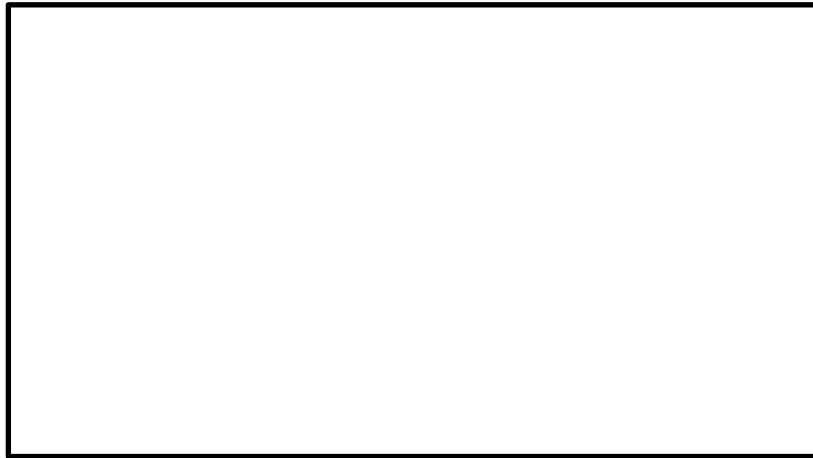
島根原子力発電所 2号炉

備考

・新たな検討が必要な
設備の相違
【東海2, 女川2】
①の相違



注1 機関運転不能：構成機器の損傷や動作不良により運転が不能となる
注2 機関停止：誤信号によるトリップにより運転が停止する（損傷に至らない）



第 4. 3. 2-3 図 異常要因分析図と構造図（出力制御系）

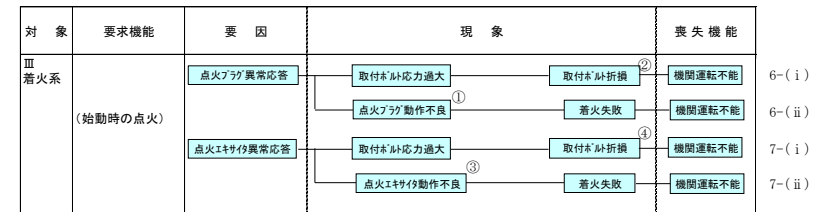
東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)

女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)

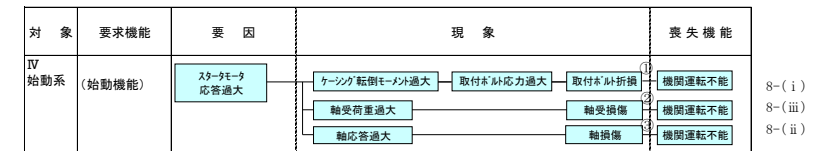
島根原子力発電所 2号炉

備考

・新たな検討が必要な
設備の相違
【東海2, 女川2】
①の相違



第 4.3.2-4 図 異常要因分析図と構造図 (着火系)



第 4.3.2-5 図 異常要因分析図と構造図 (始動系)

東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)

女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)

島根原子力発電所 2号炉

備考

・新たな検討が必要な
設備の相違
【東海2, 女川2】
①の相違

対象	要求機能	要因	現象	喪失機能		
V 燃料油系 (燃料油供給機能)	主燃料油ポンプ 応答過大	ケージング転倒	取付ボルト応答過大 → 取付ボルト折損 → 燃料噴射不能	機関運転不能		
		モーメント過大			①	
		軸受荷重過大			②	
	始動用燃料油ポンプ 応答過大	ケージング転倒	取付ボルト応答過大 → 取付ボルト折損 → 燃料噴射不能	機関運転不能		
		モーメント過大			④	
		軸受荷重過大			⑤	
	始動用燃料油ポンプ用 モータ応答過大	ケージング転倒	取付ボルト応答過大 → 取付ボルト折損	機関運転不能		
		モーメント過大			⑦	
		軸受荷重過大			⑧	
		軸応答過大	軸損傷	③	機関運転不能	9-(i)
		軸受損傷	⑥	機関運転不能	9-(iii)	
		軸損傷	③	機関運転不能	9-(ii)	
		軸受損傷	⑤	機関運転不能	10-(i)	
		軸損傷	⑥	機関運転不能	10-(iii)	
		軸損傷	⑥	機関運転不能	10-(ii)	
		軸受損傷	⑧	機関運転不能	11-(i)	
		軸損傷	⑨	機関運転不能	11-(iii)	
		軸損傷	⑨	機関運転不能	11-(ii)	



第 4. 3. 2-6 図 異常要因分析図と構造図 (燃料油系)

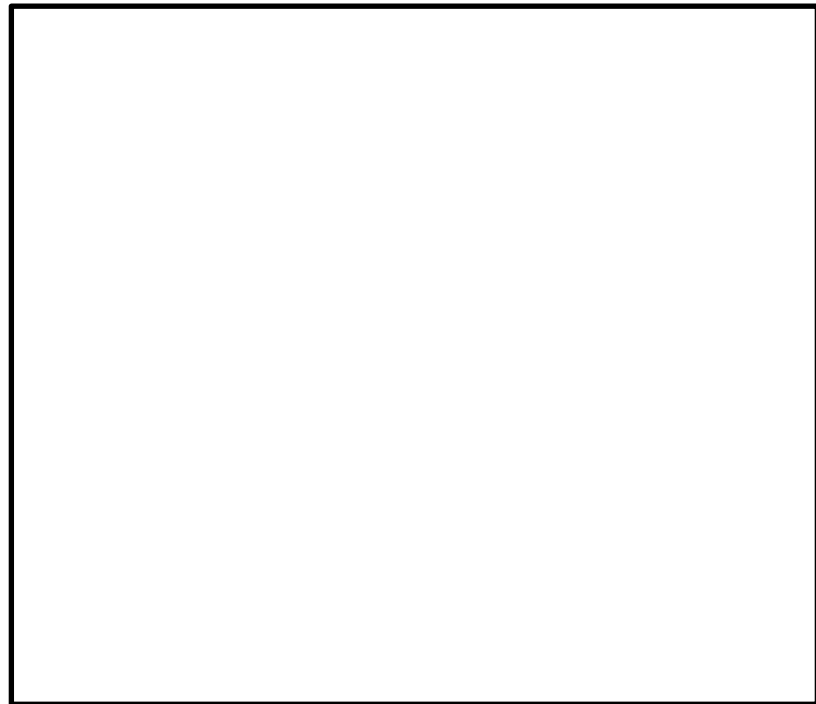
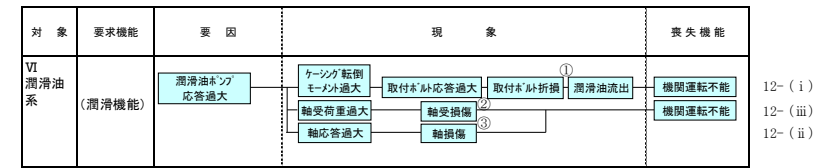
東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)

女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)

島根原子力発電所 2号炉

備考

・新たな検討が必要な
設備の相違
【東海2, 女川2】
①の相違



第 4.3.2-7 図 異常要因分析図と構造図 (潤滑油系)

東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考																					
		<p data-bbox="1774 256 2484 331"><u>第 4.3.2-1 表 ガスタービン発電機の異常要因分析図から抽出した基本評価項目 (1/5)</u></p> <table border="1" data-bbox="1774 346 2484 1354"> <thead> <tr> <th data-bbox="1774 346 1863 373">No.</th> <th data-bbox="1863 346 2092 373">基本評価項目</th> <th data-bbox="2092 346 2484 373">異常要因</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="1774 373 1863 548">1-(i)</td> <td data-bbox="1863 373 2092 548">ケーシング取付ボルト</td> <td data-bbox="2092 373 2484 548">ガスタービン (機関) の地震応答が過大となると、転倒モーメントによるガスタービン (機関) の取付ボルトの応力が過大となる。その結果、取付ボルトが損傷に至り、機関ケーシング部が脱落し、回転の継続及び駆動性能の維持機能を喪失する。</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1774 548 1863 695">1-(ii)</td> <td data-bbox="1863 548 2092 695">燃焼器取付ボルト</td> <td data-bbox="2092 548 2484 695">燃焼器の地震応答が過大となると、転倒モーメントによる取付ボルトの応力が過大となり損傷に至る。その結果、燃焼器が脱落し、燃焼ガスを保持できなくなり機関の回転の継続及び駆動性能の維持機能を喪失する。</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1774 695 1863 982">1-(iii)</td> <td data-bbox="1863 695 2092 982">ガスタービン機関摺動部 (軸とケーシングとのクリアランス)</td> <td data-bbox="2092 695 2484 982">ガスタービン (機関) の地震応答が過大となると、回転軸の応答が過大となり、軸部の変形によりケーシングに付随する静止部と接触する。その結果、軸部が損傷に至り、回転の継続及び駆動性能の維持機能を喪失する。なお、クリアランスを形成する静止部は軸よりも外径側にあり、且つ耐圧構造で剛性の高いケーシングに固定されているため、その変形量は軽微となる。よって、変形量の評価は軸のみを対象とする。</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1774 982 1863 1066">1-(iv)</td> <td data-bbox="1863 982 2092 1066">ガスタービン機関軸受</td> <td data-bbox="2092 982 2484 1066">軸受荷重が過大となり、軸受が損傷することにより回転の継続及び駆動性能の維持機能が喪失する。</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1774 1066 1863 1213">2-(i)</td> <td data-bbox="1863 1066 2092 1213">減速機取付ボルト</td> <td data-bbox="2092 1066 2484 1213">ガスタービン全体系の地震応答が過大となると、転倒モーメントによる減速機取付ボルトの応力が過大となる。その結果、取付ボルトが損傷に至り、全体系が転倒することで機関回転速度の減速機能を喪失する。</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1774 1213 1863 1354">2-(ii)</td> <td data-bbox="1863 1213 2092 1354">減速機摺動部 (軸とケーシングのクリアランス)</td> <td data-bbox="2092 1213 2484 1354">ガスタービン全体系の地震応答が過大となると、回転体である歯車の応答が過大となり、歯車軸部の変形によりケーシングと接触する。その結果、軸が損傷に至り、機関回転速度の減速機能を喪失する。</td> </tr> </tbody> </table>	No.	基本評価項目	異常要因	1-(i)	ケーシング取付ボルト	ガスタービン (機関) の地震応答が過大となると、転倒モーメントによるガスタービン (機関) の取付ボルトの応力が過大となる。その結果、取付ボルトが損傷に至り、機関ケーシング部が脱落し、回転の継続及び駆動性能の維持機能を喪失する。	1-(ii)	燃焼器取付ボルト	燃焼器の地震応答が過大となると、転倒モーメントによる取付ボルトの応力が過大となり損傷に至る。その結果、燃焼器が脱落し、燃焼ガスを保持できなくなり機関の回転の継続及び駆動性能の維持機能を喪失する。	1-(iii)	ガスタービン機関摺動部 (軸とケーシングとのクリアランス)	ガスタービン (機関) の地震応答が過大となると、回転軸の応答が過大となり、軸部の変形によりケーシングに付随する静止部と接触する。その結果、軸部が損傷に至り、回転の継続及び駆動性能の維持機能を喪失する。なお、クリアランスを形成する静止部は軸よりも外径側にあり、且つ耐圧構造で剛性の高いケーシングに固定されているため、その変形量は軽微となる。よって、変形量の評価は軸のみを対象とする。	1-(iv)	ガスタービン機関軸受	軸受荷重が過大となり、軸受が損傷することにより回転の継続及び駆動性能の維持機能が喪失する。	2-(i)	減速機取付ボルト	ガスタービン全体系の地震応答が過大となると、転倒モーメントによる減速機取付ボルトの応力が過大となる。その結果、取付ボルトが損傷に至り、全体系が転倒することで機関回転速度の減速機能を喪失する。	2-(ii)	減速機摺動部 (軸とケーシングのクリアランス)	ガスタービン全体系の地震応答が過大となると、回転体である歯車の応答が過大となり、歯車軸部の変形によりケーシングと接触する。その結果、軸が損傷に至り、機関回転速度の減速機能を喪失する。	<p data-bbox="2555 256 2813 331">・新たな検討が必要な設備の相違</p> <p data-bbox="2555 346 2754 380">【東海 2, 女川 2】</p> <p data-bbox="2594 390 2703 424">①の相違</p>
No.	基本評価項目	異常要因																						
1-(i)	ケーシング取付ボルト	ガスタービン (機関) の地震応答が過大となると、転倒モーメントによるガスタービン (機関) の取付ボルトの応力が過大となる。その結果、取付ボルトが損傷に至り、機関ケーシング部が脱落し、回転の継続及び駆動性能の維持機能を喪失する。																						
1-(ii)	燃焼器取付ボルト	燃焼器の地震応答が過大となると、転倒モーメントによる取付ボルトの応力が過大となり損傷に至る。その結果、燃焼器が脱落し、燃焼ガスを保持できなくなり機関の回転の継続及び駆動性能の維持機能を喪失する。																						
1-(iii)	ガスタービン機関摺動部 (軸とケーシングとのクリアランス)	ガスタービン (機関) の地震応答が過大となると、回転軸の応答が過大となり、軸部の変形によりケーシングに付随する静止部と接触する。その結果、軸部が損傷に至り、回転の継続及び駆動性能の維持機能を喪失する。なお、クリアランスを形成する静止部は軸よりも外径側にあり、且つ耐圧構造で剛性の高いケーシングに固定されているため、その変形量は軽微となる。よって、変形量の評価は軸のみを対象とする。																						
1-(iv)	ガスタービン機関軸受	軸受荷重が過大となり、軸受が損傷することにより回転の継続及び駆動性能の維持機能が喪失する。																						
2-(i)	減速機取付ボルト	ガスタービン全体系の地震応答が過大となると、転倒モーメントによる減速機取付ボルトの応力が過大となる。その結果、取付ボルトが損傷に至り、全体系が転倒することで機関回転速度の減速機能を喪失する。																						
2-(ii)	減速機摺動部 (軸とケーシングのクリアランス)	ガスタービン全体系の地震応答が過大となると、回転体である歯車の応答が過大となり、歯車軸部の変形によりケーシングと接触する。その結果、軸が損傷に至り、機関回転速度の減速機能を喪失する。																						

東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考																								
		<p align="center">第 4.3.2-1 表 ガスタービン発電機の異常要因分析図から抽出した基本評価項目 (2/5)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="1754 344 1843 373">No.</th> <th data-bbox="1843 344 2080 373">基本評価項目</th> <th data-bbox="2080 344 2484 373">異常要因</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="1754 373 1843 491">2-(iii)</td> <td data-bbox="1843 373 2080 491">減速機歯車</td> <td data-bbox="2080 373 2484 491">減速機軸系の地震応答が過大となると、減速機歯車荷重が過大となる。その結果、歯車が損傷することで機関回転速度の減速機能を喪失する。</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1754 491 1843 541">2-(iv)</td> <td data-bbox="1843 491 2080 541">減速機軸受</td> <td data-bbox="2080 491 2484 541">軸受荷重が過大となり、軸受が損傷することにより機関回転速度の減速機能を喪失する。</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1754 541 1843 722">3-(i)</td> <td data-bbox="1843 541 2080 722">燃料制御ユニット、燃料制御ユニットドライバ、燃料油供給電磁弁 取付ボルト</td> <td data-bbox="2080 541 2484 722">燃料制御ユニット、燃料制御ユニットドライバ、燃料油供給電磁弁の地震応答が過大となると、転倒モーメントによる取付ボルトの応力が過大となる。その結果、取付ボルトが損傷に至り、脱落することで機関回転速度の制御機能を喪失する。</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1754 722 1843 932">3-(ii)</td> <td data-bbox="1843 722 2080 932">燃料制御ユニット、燃料制御ユニットドライバ</td> <td data-bbox="2080 722 2484 932">燃料制御ユニットドライバの地震応答が過大となると、回路の電気的特性に異変が生じ、制御信号に乱れが生じる可能性がある。制御信号の乱れ又は燃料制御ユニットの燃料制御弁の過大応答により弁開度が乱調し、適切な燃料投入量が得られなくなることで、機関回転数の乱調に伴う過速度トリップによりガスタービンが停止する。</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1754 932 1843 1024">3-(iii)</td> <td data-bbox="1843 932 2080 1024">燃料制御ユニット、燃料油供給電磁弁 弁体</td> <td data-bbox="2080 932 2484 1024">燃料制御ユニット、燃料油供給電磁弁の地震応答が過大となると、弁体の損傷に至り、機関回転速度の制御機能を喪失する。</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1754 1024 1843 1205">4-(i)</td> <td data-bbox="1843 1024 2080 1205">回転速度センサー取付ボルト</td> <td data-bbox="2080 1024 2484 1205">回転速度センサーの地震応答が過大となると、転倒モーメントによる回転速度センサーの取付ボルトの応力が過大となる。その結果、取付ボルトが損傷に至り、回転速度センサーが脱落すると機関回転速度の制御機能を喪失する。</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1754 1205 1843 1373">4-(ii)</td> <td data-bbox="1843 1205 2080 1373">回転速度センサー</td> <td data-bbox="2080 1205 2484 1373">回転速度センサーの地震応答が過大となると、定格運転中は検出異常による過速度トリップの誤作動が発生し、ガスタービンが停止する可能性がある。また、始動中は燃料制御異常による着火失敗(機関回転速度の制御機能の喪失)に至る可能性がある。</td> </tr> </tbody> </table>	No.	基本評価項目	異常要因	2-(iii)	減速機歯車	減速機軸系の地震応答が過大となると、減速機歯車荷重が過大となる。その結果、歯車が損傷することで機関回転速度の減速機能を喪失する。	2-(iv)	減速機軸受	軸受荷重が過大となり、軸受が損傷することにより機関回転速度の減速機能を喪失する。	3-(i)	燃料制御ユニット、燃料制御ユニットドライバ、燃料油供給電磁弁 取付ボルト	燃料制御ユニット、燃料制御ユニットドライバ、燃料油供給電磁弁の地震応答が過大となると、転倒モーメントによる取付ボルトの応力が過大となる。その結果、取付ボルトが損傷に至り、脱落することで機関回転速度の制御機能を喪失する。	3-(ii)	燃料制御ユニット、燃料制御ユニットドライバ	燃料制御ユニットドライバの地震応答が過大となると、回路の電気的特性に異変が生じ、制御信号に乱れが生じる可能性がある。制御信号の乱れ又は燃料制御ユニットの燃料制御弁の過大応答により弁開度が乱調し、適切な燃料投入量が得られなくなることで、機関回転数の乱調に伴う過速度トリップによりガスタービンが停止する。	3-(iii)	燃料制御ユニット、燃料油供給電磁弁 弁体	燃料制御ユニット、燃料油供給電磁弁の地震応答が過大となると、弁体の損傷に至り、機関回転速度の制御機能を喪失する。	4-(i)	回転速度センサー取付ボルト	回転速度センサーの地震応答が過大となると、転倒モーメントによる回転速度センサーの取付ボルトの応力が過大となる。その結果、取付ボルトが損傷に至り、回転速度センサーが脱落すると機関回転速度の制御機能を喪失する。	4-(ii)	回転速度センサー	回転速度センサーの地震応答が過大となると、定格運転中は検出異常による過速度トリップの誤作動が発生し、ガスタービンが停止する可能性がある。また、始動中は燃料制御異常による着火失敗(機関回転速度の制御機能の喪失)に至る可能性がある。	<p>・新たな検討が必要な設備の相違</p> <p>【東海 2, 女川 2】</p> <p>①の相違</p>
No.	基本評価項目	異常要因																									
2-(iii)	減速機歯車	減速機軸系の地震応答が過大となると、減速機歯車荷重が過大となる。その結果、歯車が損傷することで機関回転速度の減速機能を喪失する。																									
2-(iv)	減速機軸受	軸受荷重が過大となり、軸受が損傷することにより機関回転速度の減速機能を喪失する。																									
3-(i)	燃料制御ユニット、燃料制御ユニットドライバ、燃料油供給電磁弁 取付ボルト	燃料制御ユニット、燃料制御ユニットドライバ、燃料油供給電磁弁の地震応答が過大となると、転倒モーメントによる取付ボルトの応力が過大となる。その結果、取付ボルトが損傷に至り、脱落することで機関回転速度の制御機能を喪失する。																									
3-(ii)	燃料制御ユニット、燃料制御ユニットドライバ	燃料制御ユニットドライバの地震応答が過大となると、回路の電気的特性に異変が生じ、制御信号に乱れが生じる可能性がある。制御信号の乱れ又は燃料制御ユニットの燃料制御弁の過大応答により弁開度が乱調し、適切な燃料投入量が得られなくなることで、機関回転数の乱調に伴う過速度トリップによりガスタービンが停止する。																									
3-(iii)	燃料制御ユニット、燃料油供給電磁弁 弁体	燃料制御ユニット、燃料油供給電磁弁の地震応答が過大となると、弁体の損傷に至り、機関回転速度の制御機能を喪失する。																									
4-(i)	回転速度センサー取付ボルト	回転速度センサーの地震応答が過大となると、転倒モーメントによる回転速度センサーの取付ボルトの応力が過大となる。その結果、取付ボルトが損傷に至り、回転速度センサーが脱落すると機関回転速度の制御機能を喪失する。																									
4-(ii)	回転速度センサー	回転速度センサーの地震応答が過大となると、定格運転中は検出異常による過速度トリップの誤作動が発生し、ガスタービンが停止する可能性がある。また、始動中は燃料制御異常による着火失敗(機関回転速度の制御機能の喪失)に至る可能性がある。																									

東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考																								
		<p style="text-align: center;"><u>第 4.3.2-1 表 ガスタービン発電機の異常要因分析図から抽出した基本評価項目 (3/5)</u></p> <table border="1" data-bbox="1760 338 2496 1451"> <thead> <tr> <th>No.</th> <th>基本評価項目</th> <th>異常要因</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>5-(i)</td> <td>排気温度センサー取付ボルト</td> <td>排気温度センサーの地震応答が過大となると、転倒モーメントによる排気温度センサーの取付ボルトの応力が過大となる。その結果、取付ボルトが損傷に至り、排気温度センサーが脱落することで、始動中の機関回転速度の制御機能を喪失する。</td> </tr> <tr> <td>5-(ii)</td> <td>排気温度センサー</td> <td>排気温度センサーの地震応答が過大となると、定格運転中は検出異常による排気温度高トリップの誤作動が発生し、ガスタービンが停止する可能性がある。また、始動中は燃料制御異常による着火失敗(機関回転速度の制御機能の喪失)に至る可能性がある。</td> </tr> <tr> <td>6-(i)</td> <td>点火プラグ取付ボルト</td> <td>点火プラグの地震応答が過大となると、転倒モーメントによる点火プラグの取付ボルトの応力が過大となる。その結果、取付ボルトが損傷に至り、点火プラグが脱落することで始動時の点火機能を喪失し、着火失敗に至る。</td> </tr> <tr> <td>6-(ii)</td> <td>点火プラグ</td> <td>点火プラグの地震応答が過大となることで、始動時に電氣的動作不良が発生すると、点火機能を喪失し、着火失敗に至る。</td> </tr> <tr> <td>7-(i)</td> <td>点火エキサイタ取付ボルト</td> <td>点火エキサイタの地震応答が過大となることで、転倒モーメントによる点火エキサイタの取付ボルトの応力が過大となる。その結果、取付ボルトが損傷に至り、点火エキサイタが脱落することで始動時の点火機能を喪失する。</td> </tr> <tr> <td>7-(ii)</td> <td>点火エキサイタ</td> <td>点火エキサイタの地震応答が過大となることで、電氣的動作不良が発生し、着火失敗に至る。その結果、始動時の点火機能を喪失する。</td> </tr> <tr> <td>8-(i)</td> <td>スタータモータ取付ボルト</td> <td>スタータモータの地震応答が過大となることで、転倒モーメントによる取付ボルトの応力が過大となる。その結果、取付ボルトが損傷に至り、スタータモータが転倒することで始動機能を機能喪失する。</td> </tr> </tbody> </table>	No.	基本評価項目	異常要因	5-(i)	排気温度センサー取付ボルト	排気温度センサーの地震応答が過大となると、転倒モーメントによる排気温度センサーの取付ボルトの応力が過大となる。その結果、取付ボルトが損傷に至り、排気温度センサーが脱落することで、始動中の機関回転速度の制御機能を喪失する。	5-(ii)	排気温度センサー	排気温度センサーの地震応答が過大となると、定格運転中は検出異常による排気温度高トリップの誤作動が発生し、ガスタービンが停止する可能性がある。また、始動中は燃料制御異常による着火失敗(機関回転速度の制御機能の喪失)に至る可能性がある。	6-(i)	点火プラグ取付ボルト	点火プラグの地震応答が過大となると、転倒モーメントによる点火プラグの取付ボルトの応力が過大となる。その結果、取付ボルトが損傷に至り、点火プラグが脱落することで始動時の点火機能を喪失し、着火失敗に至る。	6-(ii)	点火プラグ	点火プラグの地震応答が過大となることで、始動時に電氣的動作不良が発生すると、点火機能を喪失し、着火失敗に至る。	7-(i)	点火エキサイタ取付ボルト	点火エキサイタの地震応答が過大となることで、転倒モーメントによる点火エキサイタの取付ボルトの応力が過大となる。その結果、取付ボルトが損傷に至り、点火エキサイタが脱落することで始動時の点火機能を喪失する。	7-(ii)	点火エキサイタ	点火エキサイタの地震応答が過大となることで、電氣的動作不良が発生し、着火失敗に至る。その結果、始動時の点火機能を喪失する。	8-(i)	スタータモータ取付ボルト	スタータモータの地震応答が過大となることで、転倒モーメントによる取付ボルトの応力が過大となる。その結果、取付ボルトが損傷に至り、スタータモータが転倒することで始動機能を機能喪失する。	<p>・新たな検討が必要な設備の相違</p> <p>【東海 2, 女川 2】</p> <p>①の相違</p>
No.	基本評価項目	異常要因																									
5-(i)	排気温度センサー取付ボルト	排気温度センサーの地震応答が過大となると、転倒モーメントによる排気温度センサーの取付ボルトの応力が過大となる。その結果、取付ボルトが損傷に至り、排気温度センサーが脱落することで、始動中の機関回転速度の制御機能を喪失する。																									
5-(ii)	排気温度センサー	排気温度センサーの地震応答が過大となると、定格運転中は検出異常による排気温度高トリップの誤作動が発生し、ガスタービンが停止する可能性がある。また、始動中は燃料制御異常による着火失敗(機関回転速度の制御機能の喪失)に至る可能性がある。																									
6-(i)	点火プラグ取付ボルト	点火プラグの地震応答が過大となると、転倒モーメントによる点火プラグの取付ボルトの応力が過大となる。その結果、取付ボルトが損傷に至り、点火プラグが脱落することで始動時の点火機能を喪失し、着火失敗に至る。																									
6-(ii)	点火プラグ	点火プラグの地震応答が過大となることで、始動時に電氣的動作不良が発生すると、点火機能を喪失し、着火失敗に至る。																									
7-(i)	点火エキサイタ取付ボルト	点火エキサイタの地震応答が過大となることで、転倒モーメントによる点火エキサイタの取付ボルトの応力が過大となる。その結果、取付ボルトが損傷に至り、点火エキサイタが脱落することで始動時の点火機能を喪失する。																									
7-(ii)	点火エキサイタ	点火エキサイタの地震応答が過大となることで、電氣的動作不良が発生し、着火失敗に至る。その結果、始動時の点火機能を喪失する。																									
8-(i)	スタータモータ取付ボルト	スタータモータの地震応答が過大となることで、転倒モーメントによる取付ボルトの応力が過大となる。その結果、取付ボルトが損傷に至り、スタータモータが転倒することで始動機能を機能喪失する。																									

東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考																											
		<p style="text-align: center;"><u>第 4.3.2-1 表 ガスタービン発電機の異常要因分析図から抽出した基本評価項目 (4/5)</u></p> <table border="1" data-bbox="1760 359 2499 1388"> <thead> <tr> <th>No.</th> <th>基本評価項目</th> <th>異常要因</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>8-(ii)</td> <td>スタータモータ摺動部 (軸とケーシングのクリアランス)</td> <td>スタータモータの地震応答が過大となることで、回転体である軸の応答が過大となり、軸部の変形によりケーシングと接触する。その結果、軸が損傷に至り、始動機能を喪失する。</td> </tr> <tr> <td>8-(iii)</td> <td>スタータモータ軸受</td> <td>軸受荷重が過大となり、軸受が損傷することにより始動機能を喪失する。</td> </tr> <tr> <td>9-(i)</td> <td>主燃料油ポンプ取付ボルト</td> <td>主燃料油ポンプの地震応答が過大となることで、転倒モーメントによる取付ボルトの応力が過大となる。その結果、取付ボルトが損傷に至り、ポンプが脱落することで燃料油供給機能を喪失する。</td> </tr> <tr> <td>9-(ii)</td> <td>主燃料油ポンプ摺動部 (軸とケーシングのクリアランス)</td> <td>主燃料油ポンプの地震応答が過大となることで、回転軸の応答が過大となり、軸部の変形によりケーシングと接触する。その結果、軸が損傷に至り、燃料油供給機能を喪失する。</td> </tr> <tr> <td>9-(iii)</td> <td>主燃料油ポンプ軸受</td> <td>主燃料油ポンプの軸受荷重が過大となり、軸受が損傷することで燃料油供給機能を喪失する。</td> </tr> <tr> <td>10-(i)</td> <td>始動用燃料油ポンプ取付ボルト</td> <td>始動用燃料油ポンプの地震応答が過大となることで、転倒モーメントによる取付ボルトの応力が過大となる。その結果、取付ボルトが損傷に至り、ポンプが転倒することで燃料油供給機能を喪失する。</td> </tr> <tr> <td>10-(ii)</td> <td>始動用燃料油ポンプ摺動部 (軸とケーシングのクリアランス)</td> <td>始動用燃料油ポンプの地震応答が過大となることで、回転体軸の応答が過大となり、軸部の変形によりケーシングと接触する。その結果、軸が損傷に至り、燃料油供給機能を喪失する。</td> </tr> <tr> <td>10-(iii)</td> <td>始動用燃料油ポンプ軸受</td> <td>始動用燃料油ポンプの軸受荷重が過大となり、軸受が損傷することにより燃料油供給機能を喪失する。</td> </tr> </tbody> </table>	No.	基本評価項目	異常要因	8-(ii)	スタータモータ摺動部 (軸とケーシングのクリアランス)	スタータモータの地震応答が過大となることで、回転体である軸の応答が過大となり、軸部の変形によりケーシングと接触する。その結果、軸が損傷に至り、始動機能を喪失する。	8-(iii)	スタータモータ軸受	軸受荷重が過大となり、軸受が損傷することにより始動機能を喪失する。	9-(i)	主燃料油ポンプ取付ボルト	主燃料油ポンプの地震応答が過大となることで、転倒モーメントによる取付ボルトの応力が過大となる。その結果、取付ボルトが損傷に至り、ポンプが脱落することで燃料油供給機能を喪失する。	9-(ii)	主燃料油ポンプ摺動部 (軸とケーシングのクリアランス)	主燃料油ポンプの地震応答が過大となることで、回転軸の応答が過大となり、軸部の変形によりケーシングと接触する。その結果、軸が損傷に至り、燃料油供給機能を喪失する。	9-(iii)	主燃料油ポンプ軸受	主燃料油ポンプの軸受荷重が過大となり、軸受が損傷することで燃料油供給機能を喪失する。	10-(i)	始動用燃料油ポンプ取付ボルト	始動用燃料油ポンプの地震応答が過大となることで、転倒モーメントによる取付ボルトの応力が過大となる。その結果、取付ボルトが損傷に至り、ポンプが転倒することで燃料油供給機能を喪失する。	10-(ii)	始動用燃料油ポンプ摺動部 (軸とケーシングのクリアランス)	始動用燃料油ポンプの地震応答が過大となることで、回転体軸の応答が過大となり、軸部の変形によりケーシングと接触する。その結果、軸が損傷に至り、燃料油供給機能を喪失する。	10-(iii)	始動用燃料油ポンプ軸受	始動用燃料油ポンプの軸受荷重が過大となり、軸受が損傷することにより燃料油供給機能を喪失する。	<p>・新たな検討が必要な設備の相違 【東海 2, 女川 2】 ①の相違</p>
No.	基本評価項目	異常要因																												
8-(ii)	スタータモータ摺動部 (軸とケーシングのクリアランス)	スタータモータの地震応答が過大となることで、回転体である軸の応答が過大となり、軸部の変形によりケーシングと接触する。その結果、軸が損傷に至り、始動機能を喪失する。																												
8-(iii)	スタータモータ軸受	軸受荷重が過大となり、軸受が損傷することにより始動機能を喪失する。																												
9-(i)	主燃料油ポンプ取付ボルト	主燃料油ポンプの地震応答が過大となることで、転倒モーメントによる取付ボルトの応力が過大となる。その結果、取付ボルトが損傷に至り、ポンプが脱落することで燃料油供給機能を喪失する。																												
9-(ii)	主燃料油ポンプ摺動部 (軸とケーシングのクリアランス)	主燃料油ポンプの地震応答が過大となることで、回転軸の応答が過大となり、軸部の変形によりケーシングと接触する。その結果、軸が損傷に至り、燃料油供給機能を喪失する。																												
9-(iii)	主燃料油ポンプ軸受	主燃料油ポンプの軸受荷重が過大となり、軸受が損傷することで燃料油供給機能を喪失する。																												
10-(i)	始動用燃料油ポンプ取付ボルト	始動用燃料油ポンプの地震応答が過大となることで、転倒モーメントによる取付ボルトの応力が過大となる。その結果、取付ボルトが損傷に至り、ポンプが転倒することで燃料油供給機能を喪失する。																												
10-(ii)	始動用燃料油ポンプ摺動部 (軸とケーシングのクリアランス)	始動用燃料油ポンプの地震応答が過大となることで、回転体軸の応答が過大となり、軸部の変形によりケーシングと接触する。その結果、軸が損傷に至り、燃料油供給機能を喪失する。																												
10-(iii)	始動用燃料油ポンプ軸受	始動用燃料油ポンプの軸受荷重が過大となり、軸受が損傷することにより燃料油供給機能を喪失する。																												

東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考																					
		<p data-bbox="1774 256 2484 331"><u>第 4.3.2-1 表 ガスタービン発電機の異常要因分析図から抽出した基本評価項目 (5/5)</u></p> <table border="1" data-bbox="1757 359 2496 1205"> <thead> <tr> <th data-bbox="1757 359 1843 390">No.</th> <th data-bbox="1843 359 2089 390">基本評価項目</th> <th data-bbox="2089 359 2496 390">異常要因</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="1757 390 1843 569">11-(i)</td> <td data-bbox="1843 390 2089 569">始動用燃料油ポンプ用モータ取付ボルト</td> <td data-bbox="2089 390 2496 569">始動用燃料油ポンプ用モータの地震応答が過大となることで、転倒モーメントによる取付ボルトの応力が過大となる。その結果、取付ボルトが損傷に至り、転倒することでモータの回転機能を喪失し、燃料油供給機能を喪失する。</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1757 569 1843 747">11-(ii)</td> <td data-bbox="1843 569 2089 747">始動用燃料油ポンプ用モータ 摺動部 (軸とケーシングのクリアランス)</td> <td data-bbox="2089 569 2496 747">始動用燃料油ポンプ用モータの地震応答が過大となることで、回転軸の応答が過大となり、軸部の変形によりケーシングと接触する。その結果、軸が損傷に至り、モータの回転機能を喪失し、燃料油供給機能を喪失する。</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1757 747 1843 869">11-(iii)</td> <td data-bbox="1843 747 2089 869">始動用燃料油ポンプ用モータ 軸受</td> <td data-bbox="2089 747 2496 869">始動用燃料油ポンプ用モータの軸受荷重が過大となり、軸受が損傷することによりモータの回転機能を喪失し、燃料油供給機能を喪失する。</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1757 869 1843 1024">12-(i)</td> <td data-bbox="1843 869 2089 1024">潤滑油ポンプ取付ボルト</td> <td data-bbox="2089 869 2496 1024">潤滑油ポンプの地震応答が過大となることで、転倒モーメントによる取付ボルトの応力が過大となる。その結果、取付ボルトの損傷に至り、ポンプが脱落することで、潤滑機能を喪失する。</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1757 1024 1843 1146">12-(ii)</td> <td data-bbox="1843 1024 2089 1146">潤滑油ポンプ摺動部 (軸とケーシングのクリアランス)</td> <td data-bbox="2089 1024 2496 1146">潤滑油ポンプの地震応答が過大となることで、回転軸の応答が過大となり、軸部の変形によりケーシングと接触する。その結果、軸が損傷に至り、潤滑機能を喪失する。</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1757 1146 1843 1205">12-(iii)</td> <td data-bbox="1843 1146 2089 1205">潤滑油ポンプ軸受</td> <td data-bbox="2089 1146 2496 1205">潤滑油ポンプの軸受荷重が過大となり、軸受が損傷することにより潤滑機能を喪失する。</td> </tr> </tbody> </table>	No.	基本評価項目	異常要因	11-(i)	始動用燃料油ポンプ用モータ取付ボルト	始動用燃料油ポンプ用モータの地震応答が過大となることで、転倒モーメントによる取付ボルトの応力が過大となる。その結果、取付ボルトが損傷に至り、転倒することでモータの回転機能を喪失し、燃料油供給機能を喪失する。	11-(ii)	始動用燃料油ポンプ用モータ 摺動部 (軸とケーシングのクリアランス)	始動用燃料油ポンプ用モータの地震応答が過大となることで、回転軸の応答が過大となり、軸部の変形によりケーシングと接触する。その結果、軸が損傷に至り、モータの回転機能を喪失し、燃料油供給機能を喪失する。	11-(iii)	始動用燃料油ポンプ用モータ 軸受	始動用燃料油ポンプ用モータの軸受荷重が過大となり、軸受が損傷することによりモータの回転機能を喪失し、燃料油供給機能を喪失する。	12-(i)	潤滑油ポンプ取付ボルト	潤滑油ポンプの地震応答が過大となることで、転倒モーメントによる取付ボルトの応力が過大となる。その結果、取付ボルトの損傷に至り、ポンプが脱落することで、潤滑機能を喪失する。	12-(ii)	潤滑油ポンプ摺動部 (軸とケーシングのクリアランス)	潤滑油ポンプの地震応答が過大となることで、回転軸の応答が過大となり、軸部の変形によりケーシングと接触する。その結果、軸が損傷に至り、潤滑機能を喪失する。	12-(iii)	潤滑油ポンプ軸受	潤滑油ポンプの軸受荷重が過大となり、軸受が損傷することにより潤滑機能を喪失する。	<p data-bbox="2555 256 2813 331">・新たな検討が必要な設備の相違</p> <p data-bbox="2555 344 2754 380">【東海 2, 女川 2】</p> <p data-bbox="2594 392 2703 428">①の相違</p>
No.	基本評価項目	異常要因																						
11-(i)	始動用燃料油ポンプ用モータ取付ボルト	始動用燃料油ポンプ用モータの地震応答が過大となることで、転倒モーメントによる取付ボルトの応力が過大となる。その結果、取付ボルトが損傷に至り、転倒することでモータの回転機能を喪失し、燃料油供給機能を喪失する。																						
11-(ii)	始動用燃料油ポンプ用モータ 摺動部 (軸とケーシングのクリアランス)	始動用燃料油ポンプ用モータの地震応答が過大となることで、回転軸の応答が過大となり、軸部の変形によりケーシングと接触する。その結果、軸が損傷に至り、モータの回転機能を喪失し、燃料油供給機能を喪失する。																						
11-(iii)	始動用燃料油ポンプ用モータ 軸受	始動用燃料油ポンプ用モータの軸受荷重が過大となり、軸受が損傷することによりモータの回転機能を喪失し、燃料油供給機能を喪失する。																						
12-(i)	潤滑油ポンプ取付ボルト	潤滑油ポンプの地震応答が過大となることで、転倒モーメントによる取付ボルトの応力が過大となる。その結果、取付ボルトの損傷に至り、ポンプが脱落することで、潤滑機能を喪失する。																						
12-(ii)	潤滑油ポンプ摺動部 (軸とケーシングのクリアランス)	潤滑油ポンプの地震応答が過大となることで、回転軸の応答が過大となり、軸部の変形によりケーシングと接触する。その結果、軸が損傷に至り、潤滑機能を喪失する。																						
12-(iii)	潤滑油ポンプ軸受	潤滑油ポンプの軸受荷重が過大となり、軸受が損傷することにより潤滑機能を喪失する。																						

東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>4.3.3 耐特委で検討された非常用ディーゼル発電機の地震時異常要因分析による基本評価項目</p> <p>新たな検討が必要な設備として抽出されたガスタービン発電機の基本評価項目の検討において、公知化された検討として、参考とする耐特委での非常用ディーゼル発電機の地震時異常要因分析図を第4.3.3-1図～第4.3.3-6図に、地震時異常要因分析図から抽出される非常用ディーゼル発電機の基本評価項目とこれに対応するガスタービンにおける類似評価項目を第4.3.3-1表に示す。</p> <p>ガスタービン発電機に属する機器のうち、非常用ディーゼル発電機と類似性を有する機器については、異常要因分析に基づいて抽出された評価項目においても類似性を有していることが確認できる。また、異常要因分析の考え方についても、非常用ディーゼル発電機での異常要因分析の手法に倣い、要求機能別の系統構成に分類した各機器の構造や作動原理から地震時に発生し得る異常現象を抽出した結果、ガスタービン発電機と非常用ディーゼル発電機の要因分析結果との類似性が確認できる。</p> <p>以上より、ガスタービン発電機のうち、非常用ディーゼル発電機と類似性を有する評価項目が網羅的に抽出されていることが確認された。</p> <p>第4.3.3-1図 非常用ディーゼル発電機の異常要因分析図 (ディーゼル機関本体)</p>	<p>・新たな検討が必要な設備の相違</p> <p>【東海2, 女川2】</p> <p>①の相違</p>

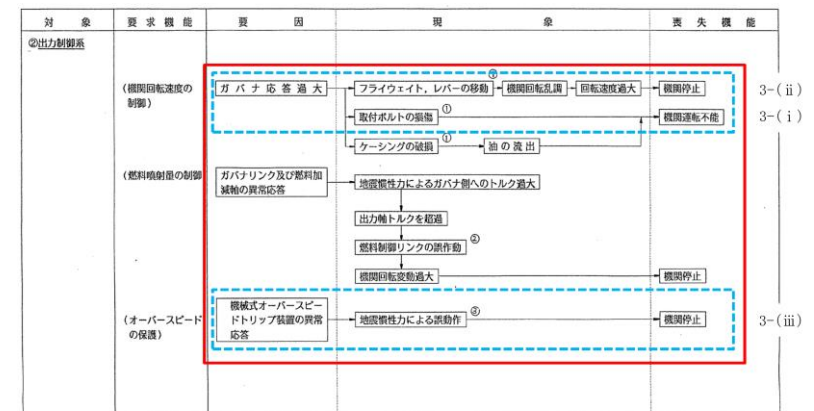
東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)

女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)

島根原子力発電所 2号炉

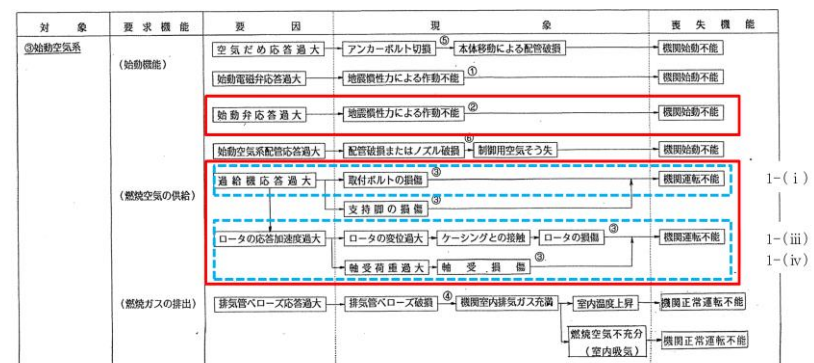
備考

- ・新たな検討が必要な設備の相違
- 【東海2, 女川2】
- ①の相違



□ : 非常用ディーゼル発電機のうち機関及び機関付き機器の項目
 □ : ガスタービンとの類似評価項目

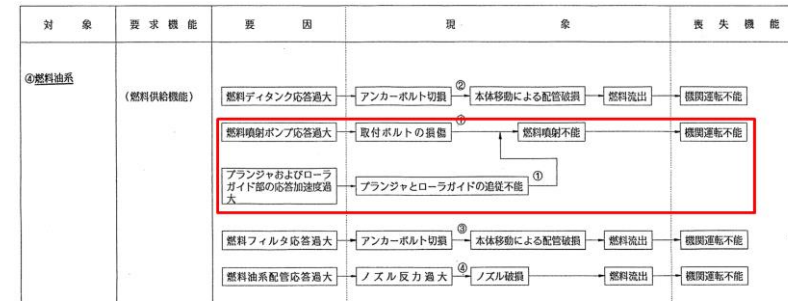
第 4.3.3-2 図 非常用ディーゼル発電機の異常要因分析図 (出力制御系)



□ : 非常用ディーゼル発電機のうち機関及び機関付き機器の項目
 □ : ガスタービンとの類似評価項目

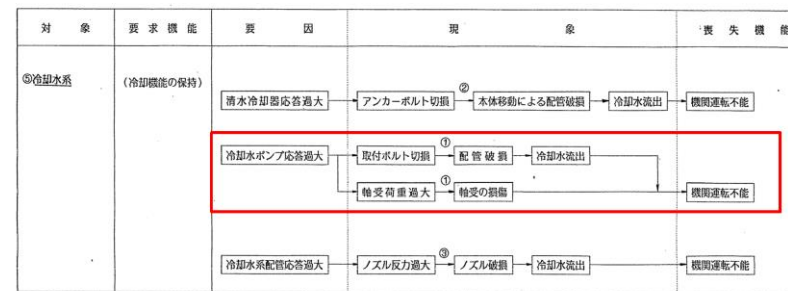
第 4.3.3-3 図 非常用ディーゼル発電機の異常要因分析図 (始動空気及び吸排気系)

・新たな検討が必要な
設備の相違
【東海2, 女川2】
①の相違



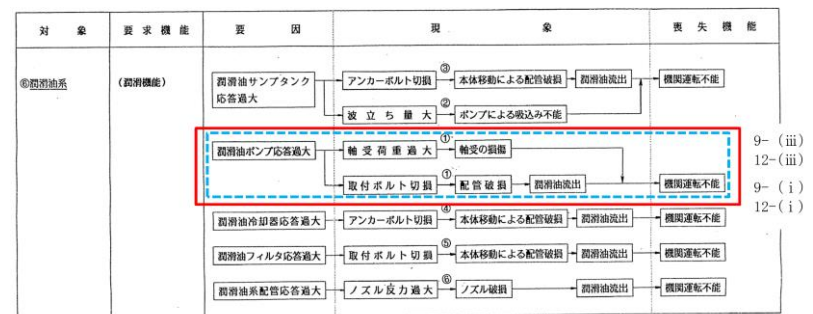
□ : 非常用ディーゼル発電機のうち機関及び機関付き機器の項目
 □ : ガスタービンとの類似評価項目

第 4.3.3-4 図 異常要因分析図 (燃料油系)



□ : 非常用ディーゼル発電機のうち機関及び機関付き機器の項目
 □ : ガスタービンとの類似評価項目

第 4.3.3-5 図 非常用ディーゼル発電機の異常要因分析図 (冷却水系)



□ : 非常用ディーゼル発電機のうち機関及び機関付き機器の項目
 □ : ガスタービンとの類似評価項目

第 4.3.3-6 図 非常用ディーゼル発電機の異常要因分析図 (潤滑油系)

東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)

女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)

島根原子力発電所 2号炉

備考

・新たな検討が必要な
設備の相違
【東海2, 女川2】
①の相違

第4.3.3-1表 非常用ディーゼル発電機とガスタービン発電機の評価項目比較 (ディーゼル機関係本体)

No.	機器名称	非常用ディーゼル発電機		ガスタービン発電機で対応する評価項目	
		異常要因分析 該当項目	評価項目	No.	評価項目
1	ピストン	ピストンピンメタル損傷	軸受強度	-	該当なし
2	クランク軸	軸受の損傷	軸受強度	-	該当なし
3	連接棒	軸受の損傷	軸受強度	-	該当なし
4	カム軸	軸受の損傷	軸受強度	-	該当なし
5	ギヤリング	アイドルギヤ軸受の損傷	軸受強度	2-(iv)	ガスタービン (減速機) 軸受
		軸の曲がり	軸の強度	2-(ii)	ガスタービン (減速機) 摺動部 (軸とケーシング のクリアランス)
6	動弁装置	歯の折損	歯車の強度	2-(iii)	ガスタービン (減速機) 歯車
		バルブレバーの破損	軸受強度	-	該当なし
		プッシュロッドの曲がり	プッシュロッド強度	-	該当なし
		バルブレバーの破損 地震慣性力による弁の誤 開閉	バルブレバーの強度 プッシュロッド弁	-	該当なし
7	基準軸受	基準軸受損傷	軸受ハウジング強度	-	該当なし
			軸受強度	-	該当なし
8	機関本体	基礎ボルト折損	基礎ボルト強度	2-(i)	減速機取付ボルト

東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)

女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)

島根原子力発電所 2号炉

備考

・新たな検討が必要な
設備の相違
【東海2, 女川2】
①の相違

4.3.3-1 表 非常用ディーゼル発電機とガスタービン発電機の評価項目比較 (出力制御系)

No.	非常用ディーゼル発電機		評価項目	No.	評価項目
	機器名称	異常要因分析 該当項目			
9	ガバナ	フライウエイト, レバーの 移動	ガバナの健全性評価 (地震時の機能維持確 認)	3-(ii)	燃料制御ユニット, 燃料制御ユニットドライバ 燃料制御ユニット, 燃料制御ユニットドライ バ, 燃料油供給電磁弁 取付ボルト 該当なし
		取付ボルトの損傷		3-(i)	
		ケーシングの破損		-	
10	ガバナリン ク及び燃料 加減軸	燃料制御リンクの誤作動	地震時の抵抗	-	該当なし
11	オーバー ピードトリ ップ装置	地震慣性力による誤作動	コントローラック中で の燃料加減軸のつかえ有 無	3-(iii)	燃料制御ユニット, 燃料油供給電磁弁 弁体

東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)

女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)

島根原子力発電所 2号炉

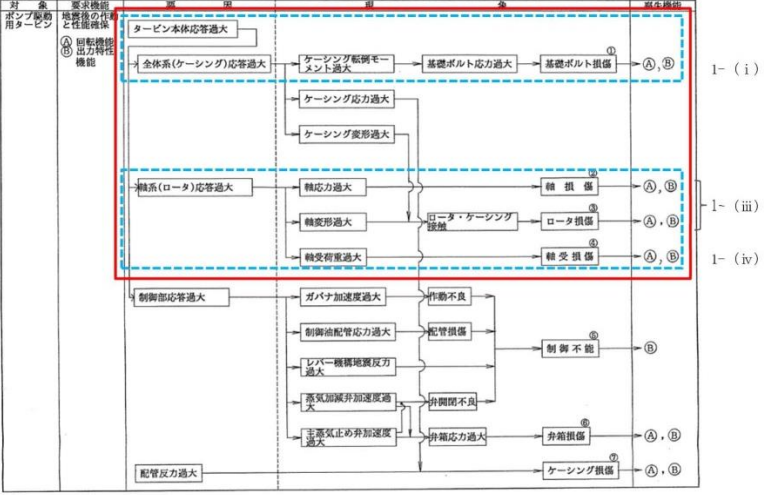
備考

- ・新たな検討が必要な設備の相違
- 【東海2, 女川2】
- ①の相違

第 4. 3. 3-1 表 非常用ディーゼル発電機とガスタービン発電機の評価項目比較 (始動空気系, 燃料油系, 冷却水系)

No.	機器名称	非常用ディーゼル発電機		ガスタービン発電機で対応する評価項目	
		異常要因分析 該当項目	評価項目	No.	評価項目
始動空気系					
12	始動弁	地震慣性力による 動作不能	弁棒の変形 弁棒の曲げ 弁の脱落閉	-	該当なし 該当なし 該当なし
13	過給機	取付ボルトの損傷	取付ボルトの強度	I-(i)	ケーシング取付ボルト
		支持脚の損傷	支持脚の強度	-	該当なし
		ロータの損傷	軸とケーシングのクリ アランス (たわみ)	I-(iii)	ガスタービン機潤滑動部 (軸とケーシングとの クリアランス)
		軸受損傷	軸受強度	I-(iv)	ガスタービン機潤滑軸受
燃料油系					
14	燃料噴射 ポンプ	取付ボルトの損傷	取付ボルトの強度	-	該当なし
		フランジヤとローラガイ ドの追従不能	押付け力評価	-	該当なし
冷却水系					
15	冷却水 ポンプ	取付ボルト折損	取付ボルトの強度	-	該当なし
		軸受荷重過大	軸受強度	-	該当なし
			インペラとケーシング のクリアランス	-	該当なし

東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考																												
第 4. 3. 3-1 表 非常用ディーゼル発電機とガスタービン発電機の評価項目比較 (潤滑油系)																															
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th data-bbox="1798 548 1843 976">No.</th> <th data-bbox="1843 548 1932 976">非常用ディーゼル発電機 異常要因分析 該当項目</th> <th data-bbox="1932 548 2021 976">評価項目</th> <th data-bbox="2021 548 2110 976">No.</th> <th data-bbox="2110 548 2353 976">ガスタービン発電機で対応する評価項目 評価項目</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="1798 976 1843 1833" rowspan="6" style="text-align: center;">潤滑油系 16</td> <td data-bbox="1843 976 1932 1260" rowspan="2" style="text-align: center;">取付ボルト折損</td> <td data-bbox="1932 976 2021 1260" style="text-align: center;">取付ボルトの強度</td> <td data-bbox="2021 976 2110 1050" style="text-align: center;">9-(i)</td> <td data-bbox="2110 976 2353 1050" style="text-align: center;">主燃料油ポンプ取付ボルト</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1932 1260 2021 1333" style="text-align: center;">軸受強度</td> <td data-bbox="2021 1050 2110 1123" style="text-align: center;">12-(i)</td> <td data-bbox="2110 1050 2353 1123" style="text-align: center;">潤滑油ポンプ取付ボルト</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1843 1333 1932 1564" rowspan="2" style="text-align: center;">軸受荷重過大</td> <td data-bbox="1932 1333 2021 1564" rowspan="2" style="text-align: center;">軸とケーシングのクリ アランス</td> <td data-bbox="2021 1333 2110 1407" style="text-align: center;">軸受強度</td> <td data-bbox="2021 1407 2110 1480" style="text-align: center;">9-(iii)</td> <td data-bbox="2110 1407 2353 1480" style="text-align: center;">主燃料油ポンプ軸受</td> </tr> <tr> <td data-bbox="2021 1480 2110 1564" style="text-align: center;">軸とケーシングのクリ アランス</td> <td data-bbox="2021 1564 2110 1638" style="text-align: center;">12-(iii)</td> <td data-bbox="2110 1564 2353 1638" style="text-align: center;">潤滑油ポンプ軸受</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1843 1564 1932 1701" rowspan="2" style="text-align: center;">軸受荷重過大</td> <td data-bbox="1932 1564 2021 1701" rowspan="2" style="text-align: center;">軸とケーシングのクリ アランス</td> <td data-bbox="2021 1564 2110 1701" rowspan="2" style="text-align: center;">軸とケーシングのクリ アランス</td> <td data-bbox="2021 1701 2110 1774" style="text-align: center;">9-(ii)</td> <td data-bbox="2110 1701 2353 1774" style="text-align: center;">主燃料油ポンプ摺動部 (軸とケーシングのクリ アランス)</td> </tr> <tr> <td data-bbox="2021 1774 2110 1833" style="text-align: center;">12-(ii)</td> <td data-bbox="2110 1774 2353 1833" style="text-align: center;">潤滑油ポンプ摺動部 (軸とケーシングのクリ アランス)</td> </tr> </tbody> </table>	No.	非常用ディーゼル発電機 異常要因分析 該当項目	評価項目	No.	ガスタービン発電機で対応する評価項目 評価項目	潤滑油系 16	取付ボルト折損	取付ボルトの強度	9-(i)	主燃料油ポンプ取付ボルト	軸受強度	12-(i)	潤滑油ポンプ取付ボルト	軸受荷重過大	軸とケーシングのクリ アランス	軸受強度	9-(iii)	主燃料油ポンプ軸受	軸とケーシングのクリ アランス	12-(iii)	潤滑油ポンプ軸受	軸受荷重過大	軸とケーシングのクリ アランス	軸とケーシングのクリ アランス	9-(ii)	主燃料油ポンプ摺動部 (軸とケーシングのクリ アランス)	12-(ii)	潤滑油ポンプ摺動部 (軸とケーシングのクリ アランス)	<p>・新たな検討が必要な 設備の相違 【東海 2, 女川 2】 ①の相違</p>
No.	非常用ディーゼル発電機 異常要因分析 該当項目	評価項目	No.	ガスタービン発電機で対応する評価項目 評価項目																											
潤滑油系 16	取付ボルト折損	取付ボルトの強度	9-(i)	主燃料油ポンプ取付ボルト																											
		軸受強度	12-(i)	潤滑油ポンプ取付ボルト																											
	軸受荷重過大	軸とケーシングのクリ アランス	軸受強度	9-(iii)	主燃料油ポンプ軸受																										
			軸とケーシングのクリ アランス	12-(iii)	潤滑油ポンプ軸受																										
	軸受荷重過大	軸とケーシングのクリ アランス	軸とケーシングのクリ アランス	9-(ii)	主燃料油ポンプ摺動部 (軸とケーシングのクリ アランス)																										
				12-(ii)	潤滑油ポンプ摺動部 (軸とケーシングのクリ アランス)																										

東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>4.3.4 耐特委で検討されたポンプ駆動用タービンの地震時異常要因分析による基本評価項目</p> <p><u>新たな検討が必要な設備として抽出されたガスタービン発電機の基本評価項目の検討において、公知化された検討として参考とする耐特委でのポンプ駆動用タービンの地震時異常要因分析図を第 4.3.4-1 図に、地震時異常要因分析図から抽出されるポンプ駆動用タービン（タービン本体部分）の基本評価項目とこれに対応するガスタービン発電機における類似評価項目を第 4.3.4-1 表に示す。</u></p> <p><u>ガスタービン発電機に属する機器のうちポンプ駆動用タービン（タービン本体部分）と類似性を有する機器については、異常要因分析に基づいて抽出された評価項目においても類似性を有していることが確認できる。また、異常要因分析の考え方についても、異常要因分析結果との類似性が確認できる。</u></p> <p><u>以上より、ガスタービン発電機のうち、ポンプ駆動用タービン（タービン本体部分）と類似性を有する評価項目が網羅的に抽出されていることが確認された。</u></p>  <p>■ : ポンプ駆動用タービンのうちタービン本体の項目 □ : ガスタービンとの類似評価項目</p> <p>第 4.3.4-1 図 ポンプ駆動用タービンの異常要因分析図</p>	<p>・新たな検討が必要な設備の相違</p> <p>【東海 2，女川 2】</p> <p>①の相違</p>

東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考																					
		<p style="text-align: center;">第 4.3.4-1 表 ポンプ駆動用タービンとガスタービン発電機の評価項目比較</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" data-bbox="1875 338 1923 957">ポンプ駆動用タービン (タービン本体部分)</th> <th colspan="2" data-bbox="1875 957 1923 1766">ガスタービン発電機で対応する評価項目</th> </tr> <tr> <th data-bbox="1923 338 2012 957">機器名称</th> <th data-bbox="1923 957 2012 1766">異常要因分析 該当項目</th> <th data-bbox="2012 338 2101 957">評価項目</th> <th data-bbox="2012 957 2101 1766">No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="2012 338 2101 957">1</td> <td data-bbox="2012 957 2101 1766">ケーシング 基礎ボルト損傷</td> <td data-bbox="2101 338 2190 957">基礎ボルト強度</td> <td data-bbox="2101 957 2190 1766">1-(i)</td> </tr> <tr> <td data-bbox="2101 338 2190 957" rowspan="2">2</td> <td data-bbox="2101 957 2190 1766">軸損傷</td> <td data-bbox="2190 338 2279 957" rowspan="2">ロータ変位</td> <td data-bbox="2190 957 2279 1766" rowspan="2">1-(iii)</td> </tr> <tr> <td data-bbox="2190 957 2279 1766">ロータ損傷</td> </tr> <tr> <td data-bbox="2279 338 2368 957"></td> <td data-bbox="2279 957 2368 1766">軸受損傷</td> <td data-bbox="2368 338 2457 957">軸受強度</td> <td data-bbox="2368 957 2457 1766">1-(iv)</td> </tr> </tbody> </table>	ポンプ駆動用タービン (タービン本体部分)		ガスタービン発電機で対応する評価項目		機器名称	異常要因分析 該当項目	評価項目	No.	1	ケーシング 基礎ボルト損傷	基礎ボルト強度	1-(i)	2	軸損傷	ロータ変位	1-(iii)	ロータ損傷		軸受損傷	軸受強度	1-(iv)	<p>・新たな検討が必要な設備の相違 【東海 2, 女川 2】 ①の相違</p>
ポンプ駆動用タービン (タービン本体部分)		ガスタービン発電機で対応する評価項目																						
機器名称	異常要因分析 該当項目	評価項目	No.																					
1	ケーシング 基礎ボルト損傷	基礎ボルト強度	1-(i)																					
2	軸損傷	ロータ変位	1-(iii)																					
	ロータ損傷																							
	軸受損傷	軸受強度	1-(iv)																					

東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考																
		<p>4.3.5 <u>ガスタービン発電機の基本評価項目の検討</u></p> <p><u>ガスタービン発電機は高温高圧の燃焼ガスによる熱的荷重、高速回転による遠心力に十分耐えられる材料、構造、強度を有しており、地震加速度による影響は小さいと考えられる。また、島根2号炉のガスタービンと類似の仕様である米国PWR向けガスタービンに対して加振試験が実施されており、試験では島根2号炉の機能維持評価用加速度を上回る加速度により健全性が確認されていることから、前項までの検討結果を踏まえた異常要因分析図から抽出された基本評価項目に対し、動的機能維持評価における評価対象部位を選定した。米国PWR向けのガスタービン発電機に対する加振試験について参考資料1に示すとともに、選定結果を第4.3.5-1表に示す。</u></p> <p><u>第4.3.5-1表 ガスタービンの動的機能維持評価における評価対象部位の選定結果(1/7)</u></p> <table border="1" data-bbox="1774 940 2487 1348"> <thead> <tr> <th>No.</th> <th>基本評価項目</th> <th>評価対象</th> <th>理由</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1-(i)</td> <td>ケーシング取付ボルト</td> <td>×</td> <td>取付ボルトについては、減速機取付ボルトに対して裕度が大きいため、評価対象外とした。</td> </tr> <tr> <td>1-(ii)</td> <td>燃焼器取付ボルト</td> <td>×</td> <td>取付ボルトについては、減速機取付ボルトに対して裕度が大きいため、評価対象外とした。</td> </tr> <tr> <td>1-(iii)</td> <td>ガスタービン機関摺動部(軸とケーシングとのクリアランス)</td> <td>○</td> <td>ガスタービンの軸及びケーシングは十分剛な構造であり、地震による変形量は軽微であるが、軸とケーシング間のクリアランスもわずかであること、軸とケーシングの接触に伴う軸損傷が運転に及ぼす影響が大きいことから評価対象部位として選定した。</td> </tr> </tbody> </table>	No.	基本評価項目	評価対象	理由	1-(i)	ケーシング取付ボルト	×	取付ボルトについては、減速機取付ボルトに対して裕度が大きいため、評価対象外とした。	1-(ii)	燃焼器取付ボルト	×	取付ボルトについては、減速機取付ボルトに対して裕度が大きいため、評価対象外とした。	1-(iii)	ガスタービン機関摺動部(軸とケーシングとのクリアランス)	○	ガスタービンの軸及びケーシングは十分剛な構造であり、地震による変形量は軽微であるが、軸とケーシング間のクリアランスもわずかであること、軸とケーシングの接触に伴う軸損傷が運転に及ぼす影響が大きいことから評価対象部位として選定した。	<p>・新たな検討が必要な設備の相違</p> <p>【東海2, 女川2】</p> <p>①の相違</p>
No.	基本評価項目	評価対象	理由																
1-(i)	ケーシング取付ボルト	×	取付ボルトについては、減速機取付ボルトに対して裕度が大きいため、評価対象外とした。																
1-(ii)	燃焼器取付ボルト	×	取付ボルトについては、減速機取付ボルトに対して裕度が大きいため、評価対象外とした。																
1-(iii)	ガスタービン機関摺動部(軸とケーシングとのクリアランス)	○	ガスタービンの軸及びケーシングは十分剛な構造であり、地震による変形量は軽微であるが、軸とケーシング間のクリアランスもわずかであること、軸とケーシングの接触に伴う軸損傷が運転に及ぼす影響が大きいことから評価対象部位として選定した。																

東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考												
		<p data-bbox="1774 302 2481 380"><u>第 4.3.5-1 表 ガスタービンの動的機能維持評価における 評価対象部位の選定結果(2/7)</u></p> <table border="1" data-bbox="1765 401 2493 1310"> <thead> <tr> <th data-bbox="1765 401 1846 449">No.</th> <th data-bbox="1846 401 2062 449">基本評価項目</th> <th data-bbox="2062 401 2142 449">評価対象</th> <th data-bbox="2142 401 2493 449">理由</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="1765 449 1846 1115">1-(iv)</td> <td data-bbox="1846 449 2062 1115">ガスタービン機関軸受</td> <td data-bbox="2062 449 2142 1115">○</td> <td data-bbox="2142 449 2493 1115">ガスタービン（機関）の軸は他の動的機器と比べても高速回転（18,000rpm）であり、軸受部は軸の回転を支持する動的機能維持上重要な部位である。また、軸受の損傷は機関全体の重大な損傷につながる可能性がある。ガスタービン（機関）の軸受は、ガスタービン及びガスタービン付き機器で使用されている軸受の中で、ガスタービン（減速機）の一部の軸受を除いて裕度が小さい。ここで、ガスタービン（減速機）の軸受のうち、運転時に加わる機械荷重が支配的となる軸受については、ガスタービン（機関）の軸受と比較して地震荷重の寄与分に対する強度上の裕度（＝（許容値－運転時荷重）／地震のみの荷重）が大きいことが確認されている。一方、地震荷重が支配的となる軸受については、ガスタービン（機関）の軸受と比較して耐震裕度が大きいことが確認されている。したがって、異常発生時の影響の大きさも考慮して、耐震評価上より厳しいと考えられるガスタービン（機関）の軸受を評価対象部位として選定した。</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1765 1115 1846 1310">2-(i)</td> <td data-bbox="1846 1115 2062 1310">減速機取付ボルト</td> <td data-bbox="2062 1115 2142 1310">○</td> <td data-bbox="2142 1115 2493 1310">減速機取付ボルトは、ガスタービン及びガスタービン付き機器の重量を支えるボルトであり、ガスタービン及びガスタービン付き機器で使用されている取付ボルトの中で転倒モーメントが大きく、裕度が小さいため、本取付ボルトを評価対象部位として選定した。</td> </tr> </tbody> </table>	No.	基本評価項目	評価対象	理由	1-(iv)	ガスタービン機関軸受	○	ガスタービン（機関）の軸は他の動的機器と比べても高速回転（18,000rpm）であり、軸受部は軸の回転を支持する動的機能維持上重要な部位である。また、軸受の損傷は機関全体の重大な損傷につながる可能性がある。ガスタービン（機関）の軸受は、ガスタービン及びガスタービン付き機器で使用されている軸受の中で、ガスタービン（減速機）の一部の軸受を除いて裕度が小さい。ここで、ガスタービン（減速機）の軸受のうち、運転時に加わる機械荷重が支配的となる軸受については、ガスタービン（機関）の軸受と比較して地震荷重の寄与分に対する強度上の裕度（＝（許容値－運転時荷重）／地震のみの荷重）が大きいことが確認されている。一方、地震荷重が支配的となる軸受については、ガスタービン（機関）の軸受と比較して耐震裕度が大きいことが確認されている。したがって、異常発生時の影響の大きさも考慮して、耐震評価上より厳しいと考えられるガスタービン（機関）の軸受を評価対象部位として選定した。	2-(i)	減速機取付ボルト	○	減速機取付ボルトは、ガスタービン及びガスタービン付き機器の重量を支えるボルトであり、ガスタービン及びガスタービン付き機器で使用されている取付ボルトの中で転倒モーメントが大きく、裕度が小さいため、本取付ボルトを評価対象部位として選定した。	<p data-bbox="2555 260 2813 331">・新たな検討が必要な 設備の相違</p> <p data-bbox="2555 348 2754 380">【東海 2, 女川 2】</p> <p data-bbox="2594 394 2703 426">①の相違</p>
No.	基本評価項目	評価対象	理由												
1-(iv)	ガスタービン機関軸受	○	ガスタービン（機関）の軸は他の動的機器と比べても高速回転（18,000rpm）であり、軸受部は軸の回転を支持する動的機能維持上重要な部位である。また、軸受の損傷は機関全体の重大な損傷につながる可能性がある。ガスタービン（機関）の軸受は、ガスタービン及びガスタービン付き機器で使用されている軸受の中で、ガスタービン（減速機）の一部の軸受を除いて裕度が小さい。ここで、ガスタービン（減速機）の軸受のうち、運転時に加わる機械荷重が支配的となる軸受については、ガスタービン（機関）の軸受と比較して地震荷重の寄与分に対する強度上の裕度（＝（許容値－運転時荷重）／地震のみの荷重）が大きいことが確認されている。一方、地震荷重が支配的となる軸受については、ガスタービン（機関）の軸受と比較して耐震裕度が大きいことが確認されている。したがって、異常発生時の影響の大きさも考慮して、耐震評価上より厳しいと考えられるガスタービン（機関）の軸受を評価対象部位として選定した。												
2-(i)	減速機取付ボルト	○	減速機取付ボルトは、ガスタービン及びガスタービン付き機器の重量を支えるボルトであり、ガスタービン及びガスタービン付き機器で使用されている取付ボルトの中で転倒モーメントが大きく、裕度が小さいため、本取付ボルトを評価対象部位として選定した。												

東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考																												
		<p align="center"><u>第 4.3.5-1 表 ガスタービンの動的機能維持評価における 評価対象部位の選定結果(3/7)</u></p> <table border="1" data-bbox="1774 390 2496 1367"> <thead> <tr> <th>No.</th> <th>基本評価項目</th> <th>評価対象</th> <th>理由</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2-(ii)</td> <td>減速機摺動部(軸とケーシングのクリアランス)</td> <td>×</td> <td>ガスタービン(減速機)の軸は、歯車の両側近傍に軸受を有した構造であり、ガスタービン(機関)の軸と比較して軸受間距離が短く、たわみ発生量が小さい。また、クリアランスはガスタービン(機関)と比較して大きい傾向にあり、最狭部でも同程度である。したがって、ガスタービン(機関)の軸とケーシングを代表評価部位とし、減速機取付ボルトについては評価対象外とした。</td> </tr> <tr> <td>2-(iii)</td> <td>減速機歯車</td> <td>×</td> <td>ガスタービン(減速機)の歯元曲げ応力を支配するのは運転時に加わる機械荷重であり、地震により加わる荷重は十分小さく、耐震性を有していることが確認されていることから、評価対象外とした。(非常用ディーゼル発電機のギヤリングと同様の整理。)</td> </tr> <tr> <td>2-(iv)</td> <td>減速機軸受</td> <td>×</td> <td>ガスタービン(減速機)の軸受は、耐震評価上より厳しいと考えられるガスタービン(機関)の軸受を代表評価部位とするため、減速機取付ボルトについては評価対象外とした。</td> </tr> <tr> <td>3-(i)</td> <td>燃料制御ユニット, 燃料制御ユニットドライバ, 燃料油供給電磁弁 取付ボルト</td> <td>×</td> <td>取付ボルトについては、減速機取付ボルトに対して裕度が大きいいため、評価対象外とした。</td> </tr> <tr> <td>3-(ii)</td> <td>燃料制御ユニット, 燃料制御ユニットドライバ</td> <td>○</td> <td>高速回転機器であるガスタービンの回転数を制御する装置であり、回転の機能維持上重要であることから選定した。</td> </tr> <tr> <td>3-(iii)</td> <td>燃料制御ユニット, 燃料油供給電磁弁 弁体</td> <td>×</td> <td>弁体のばね力評価については、ばね力を打ち消す地震による慣性力が弁体等の重量に比例するが、比較的軽量であり、その影響は軽微であることから、評価対象外とした。</td> </tr> </tbody> </table>	No.	基本評価項目	評価対象	理由	2-(ii)	減速機摺動部(軸とケーシングのクリアランス)	×	ガスタービン(減速機)の軸は、歯車の両側近傍に軸受を有した構造であり、ガスタービン(機関)の軸と比較して軸受間距離が短く、たわみ発生量が小さい。また、クリアランスはガスタービン(機関)と比較して大きい傾向にあり、最狭部でも同程度である。したがって、ガスタービン(機関)の軸とケーシングを代表評価部位とし、減速機取付ボルトについては評価対象外とした。	2-(iii)	減速機歯車	×	ガスタービン(減速機)の歯元曲げ応力を支配するのは運転時に加わる機械荷重であり、地震により加わる荷重は十分小さく、耐震性を有していることが確認されていることから、評価対象外とした。(非常用ディーゼル発電機のギヤリングと同様の整理。)	2-(iv)	減速機軸受	×	ガスタービン(減速機)の軸受は、耐震評価上より厳しいと考えられるガスタービン(機関)の軸受を代表評価部位とするため、減速機取付ボルトについては評価対象外とした。	3-(i)	燃料制御ユニット, 燃料制御ユニットドライバ, 燃料油供給電磁弁 取付ボルト	×	取付ボルトについては、減速機取付ボルトに対して裕度が大きいいため、評価対象外とした。	3-(ii)	燃料制御ユニット, 燃料制御ユニットドライバ	○	高速回転機器であるガスタービンの回転数を制御する装置であり、回転の機能維持上重要であることから選定した。	3-(iii)	燃料制御ユニット, 燃料油供給電磁弁 弁体	×	弁体のばね力評価については、ばね力を打ち消す地震による慣性力が弁体等の重量に比例するが、比較的軽量であり、その影響は軽微であることから、評価対象外とした。	<p>・新たな検討が必要な設備の相違 【東海2, 女川2】 ①の相違</p>
No.	基本評価項目	評価対象	理由																												
2-(ii)	減速機摺動部(軸とケーシングのクリアランス)	×	ガスタービン(減速機)の軸は、歯車の両側近傍に軸受を有した構造であり、ガスタービン(機関)の軸と比較して軸受間距離が短く、たわみ発生量が小さい。また、クリアランスはガスタービン(機関)と比較して大きい傾向にあり、最狭部でも同程度である。したがって、ガスタービン(機関)の軸とケーシングを代表評価部位とし、減速機取付ボルトについては評価対象外とした。																												
2-(iii)	減速機歯車	×	ガスタービン(減速機)の歯元曲げ応力を支配するのは運転時に加わる機械荷重であり、地震により加わる荷重は十分小さく、耐震性を有していることが確認されていることから、評価対象外とした。(非常用ディーゼル発電機のギヤリングと同様の整理。)																												
2-(iv)	減速機軸受	×	ガスタービン(減速機)の軸受は、耐震評価上より厳しいと考えられるガスタービン(機関)の軸受を代表評価部位とするため、減速機取付ボルトについては評価対象外とした。																												
3-(i)	燃料制御ユニット, 燃料制御ユニットドライバ, 燃料油供給電磁弁 取付ボルト	×	取付ボルトについては、減速機取付ボルトに対して裕度が大きいいため、評価対象外とした。																												
3-(ii)	燃料制御ユニット, 燃料制御ユニットドライバ	○	高速回転機器であるガスタービンの回転数を制御する装置であり、回転の機能維持上重要であることから選定した。																												
3-(iii)	燃料制御ユニット, 燃料油供給電磁弁 弁体	×	弁体のばね力評価については、ばね力を打ち消す地震による慣性力が弁体等の重量に比例するが、比較的軽量であり、その影響は軽微であることから、評価対象外とした。																												

東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考																				
		<p align="center"><u>第 4.3.5-1 表 ガスタービンの動的機能維持評価における 評価対象部位の選定結果(4/7)</u></p> <table border="1" data-bbox="1754 394 2502 1451"> <thead> <tr> <th>No.</th> <th>基本評価項目</th> <th>評価対象</th> <th>理由</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>4-(i)</td> <td>回転速度センサー 取付ボルト</td> <td>×</td> <td>取付ボルトについては、減速機取付ボルトに対して裕度が大きいため、評価対象外とした。</td> </tr> <tr> <td>4-(ii)</td> <td>回転速度センサー</td> <td>×</td> <td>回転速度センサーは、下記理由により取付部の健全性を確認することで、電氣的機能維持を確保できるため、評価対象外とした。 ①回転速度センサーには電磁ピックアップ式センサーが用いられており動作部がない。 ②軽量かつ単純構造であり、地震力により発生する荷重が小さく、構造強度について十分な裕度を持っている。 ③J E A G 4 6 0 1 -1987 の電気計装機器のうち、剛体と見なせる器具に該当すると考えられ、構造健全性が保たれている限り、その機能が失われることはないと考えられる。</td> </tr> <tr> <td>5-(i)</td> <td>排気温度センサー 取付ボルト</td> <td>×</td> <td>取付ボルトについては、減速機取付ボルトに対して裕度が大きいため、評価対象外とした。</td> </tr> <tr> <td>5-(ii)</td> <td>排気温度センサー</td> <td>×</td> <td>排気温度センサーは、下記理由により取付部の健全性を確認することで、電氣的機能維持を確保できるため、評価対象外とした。 ①排気温度センサーにはシース熱電対が用いられており動作部がない。 ②軽量かつ単純構造であり、地震力により発生する荷重が小さく、構造強度について十分な裕度を持っている。 ③J E A G 4 6 0 1 -1987 の電気計装機器のうち、剛体と見なせる器具に該当すると考えられ、構造健全性が保たれている限り、その機能が失われることはないと考えられる。</td> </tr> </tbody> </table>	No.	基本評価項目	評価対象	理由	4-(i)	回転速度センサー 取付ボルト	×	取付ボルトについては、減速機取付ボルトに対して裕度が大きいため、評価対象外とした。	4-(ii)	回転速度センサー	×	回転速度センサーは、下記理由により取付部の健全性を確認することで、電氣的機能維持を確保できるため、評価対象外とした。 ①回転速度センサーには電磁ピックアップ式センサーが用いられており動作部がない。 ②軽量かつ単純構造であり、地震力により発生する荷重が小さく、構造強度について十分な裕度を持っている。 ③J E A G 4 6 0 1 -1987 の電気計装機器のうち、剛体と見なせる器具に該当すると考えられ、構造健全性が保たれている限り、その機能が失われることはないと考えられる。	5-(i)	排気温度センサー 取付ボルト	×	取付ボルトについては、減速機取付ボルトに対して裕度が大きいため、評価対象外とした。	5-(ii)	排気温度センサー	×	排気温度センサーは、下記理由により取付部の健全性を確認することで、電氣的機能維持を確保できるため、評価対象外とした。 ①排気温度センサーにはシース熱電対が用いられており動作部がない。 ②軽量かつ単純構造であり、地震力により発生する荷重が小さく、構造強度について十分な裕度を持っている。 ③J E A G 4 6 0 1 -1987 の電気計装機器のうち、剛体と見なせる器具に該当すると考えられ、構造健全性が保たれている限り、その機能が失われることはないと考えられる。	<p>・新たな検討が必要な設備の相違 【東海 2, 女川 2】 ①の相違</p>
No.	基本評価項目	評価対象	理由																				
4-(i)	回転速度センサー 取付ボルト	×	取付ボルトについては、減速機取付ボルトに対して裕度が大きいため、評価対象外とした。																				
4-(ii)	回転速度センサー	×	回転速度センサーは、下記理由により取付部の健全性を確認することで、電氣的機能維持を確保できるため、評価対象外とした。 ①回転速度センサーには電磁ピックアップ式センサーが用いられており動作部がない。 ②軽量かつ単純構造であり、地震力により発生する荷重が小さく、構造強度について十分な裕度を持っている。 ③J E A G 4 6 0 1 -1987 の電気計装機器のうち、剛体と見なせる器具に該当すると考えられ、構造健全性が保たれている限り、その機能が失われることはないと考えられる。																				
5-(i)	排気温度センサー 取付ボルト	×	取付ボルトについては、減速機取付ボルトに対して裕度が大きいため、評価対象外とした。																				
5-(ii)	排気温度センサー	×	排気温度センサーは、下記理由により取付部の健全性を確認することで、電氣的機能維持を確保できるため、評価対象外とした。 ①排気温度センサーにはシース熱電対が用いられており動作部がない。 ②軽量かつ単純構造であり、地震力により発生する荷重が小さく、構造強度について十分な裕度を持っている。 ③J E A G 4 6 0 1 -1987 の電気計装機器のうち、剛体と見なせる器具に該当すると考えられ、構造健全性が保たれている限り、その機能が失われることはないと考えられる。																				

東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考																				
		<p style="text-align: center;"><u>第 4.3.5-1 表 ガスタービンの動的機能維持評価における 評価対象部位の選定結果(5/7)</u></p> <table border="1" data-bbox="1754 396 2504 1444"> <thead> <tr> <th>No.</th> <th>基本評価項目</th> <th>評価対象</th> <th>理由</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>6-(i)</td> <td>点火プラグ 取付ボルト</td> <td>×</td> <td>取付ボルトについては、減速機取付ボルトに対して裕度が大きいため、評価対象外とした。</td> </tr> <tr> <td>6-(ii)</td> <td>点火プラグ</td> <td>×</td> <td>点火プラグは、下記理由により、取付部の健全性を確認することで、電気的機能維持を確保できるため、評価対象外とした。 ①点火プラグにはスパークプラグが用いられており動作部がない。 ②軽量かつ単純構造であり、地震力により発生する荷重が小さく、構造強度について十分な裕度を持っている。 ③ J E A G 4 6 0 1 - 1987 の電気計装機器のうち、剛体と見なせる器具に該当すると考えられ、構造健全性が保たれている限り、その機能が失われることはないと考えられる。</td> </tr> <tr> <td>7-(i)</td> <td>点火エキサイタ 取付ボルト</td> <td>×</td> <td>取付ボルトについては、減速機取付ボルトに対して裕度が大きいため、評価対象外とした。</td> </tr> <tr> <td>7-(ii)</td> <td>点火エキサイタ</td> <td>×</td> <td>点火エキサイタは、下記理由により、取付部の健全性を確認することで、電気的機能維持を確保できるため、評価対象外とした。 ①点火エキサイタには Capacitor Discharge Ignition 方式の点火装置が用いられており動作部がない。 ②軽量かつ単純構造であり、地震力により発生する荷重が小さく、構造強度について十分な裕度を持っている。 ③ J E A G 4 6 0 1 - 1987 の電気計装機器のうち、剛体と見なせる器具に該当すると考えられ、構造健全性が保たれている限り、その機能が失われることはないと考えられる。</td> </tr> </tbody> </table>	No.	基本評価項目	評価対象	理由	6-(i)	点火プラグ 取付ボルト	×	取付ボルトについては、減速機取付ボルトに対して裕度が大きいため、評価対象外とした。	6-(ii)	点火プラグ	×	点火プラグは、下記理由により、取付部の健全性を確認することで、電気的機能維持を確保できるため、評価対象外とした。 ①点火プラグにはスパークプラグが用いられており動作部がない。 ②軽量かつ単純構造であり、地震力により発生する荷重が小さく、構造強度について十分な裕度を持っている。 ③ J E A G 4 6 0 1 - 1987 の電気計装機器のうち、剛体と見なせる器具に該当すると考えられ、構造健全性が保たれている限り、その機能が失われることはないと考えられる。	7-(i)	点火エキサイタ 取付ボルト	×	取付ボルトについては、減速機取付ボルトに対して裕度が大きいため、評価対象外とした。	7-(ii)	点火エキサイタ	×	点火エキサイタは、下記理由により、取付部の健全性を確認することで、電気的機能維持を確保できるため、評価対象外とした。 ①点火エキサイタには Capacitor Discharge Ignition 方式の点火装置が用いられており動作部がない。 ②軽量かつ単純構造であり、地震力により発生する荷重が小さく、構造強度について十分な裕度を持っている。 ③ J E A G 4 6 0 1 - 1987 の電気計装機器のうち、剛体と見なせる器具に該当すると考えられ、構造健全性が保たれている限り、その機能が失われることはないと考えられる。	<p>・新たな検討が必要な設備の相違 【東海 2, 女川 2】 ①の相違</p>
No.	基本評価項目	評価対象	理由																				
6-(i)	点火プラグ 取付ボルト	×	取付ボルトについては、減速機取付ボルトに対して裕度が大きいため、評価対象外とした。																				
6-(ii)	点火プラグ	×	点火プラグは、下記理由により、取付部の健全性を確認することで、電気的機能維持を確保できるため、評価対象外とした。 ①点火プラグにはスパークプラグが用いられており動作部がない。 ②軽量かつ単純構造であり、地震力により発生する荷重が小さく、構造強度について十分な裕度を持っている。 ③ J E A G 4 6 0 1 - 1987 の電気計装機器のうち、剛体と見なせる器具に該当すると考えられ、構造健全性が保たれている限り、その機能が失われることはないと考えられる。																				
7-(i)	点火エキサイタ 取付ボルト	×	取付ボルトについては、減速機取付ボルトに対して裕度が大きいため、評価対象外とした。																				
7-(ii)	点火エキサイタ	×	点火エキサイタは、下記理由により、取付部の健全性を確認することで、電気的機能維持を確保できるため、評価対象外とした。 ①点火エキサイタには Capacitor Discharge Ignition 方式の点火装置が用いられており動作部がない。 ②軽量かつ単純構造であり、地震力により発生する荷重が小さく、構造強度について十分な裕度を持っている。 ③ J E A G 4 6 0 1 - 1987 の電気計装機器のうち、剛体と見なせる器具に該当すると考えられ、構造健全性が保たれている限り、その機能が失われることはないと考えられる。																				

東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考																																																
		<p align="center"><u>第 4.3.5-1 表 ガスタービンの動的機能維持評価における 評価対象部位の選定結果(6/7)</u></p> <table border="1" data-bbox="1757 384 2499 1409"> <thead> <tr> <th>No.</th> <th>基本評価項目</th> <th>評価対象</th> <th>理由</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>8-(i)</td> <td>スタータモータ取付ボルト</td> <td>×</td> <td>取付ボルトについては、減速機取付ボルトに対して裕度が大きいため、評価対象外とした。</td> </tr> <tr> <td>8-(ii)</td> <td>スタータモータ摺動部 (軸とケーシングのクリアランス)</td> <td>×</td> <td>ガスタービン付きポンプはガスタービン (機関) に比べて小型軽量であり、軸に発生する応力が比較的小さいことから、評価対象外とした。</td> </tr> <tr> <td>8-(iii)</td> <td>スタータモータ軸受</td> <td>×</td> <td>ガスタービン (機関) の軸受に対して裕度が大きいため、評価対象外とした。</td> </tr> <tr> <td>9-(i)</td> <td>主燃料油ポンプ取付ボルト</td> <td>×</td> <td>取付ボルトについては、減速機取付ボルトに対して裕度が大きいため、評価対象外とした。</td> </tr> <tr> <td>9-(ii)</td> <td>主燃料油ポンプ摺動部 (軸とケーシングのクリアランス)</td> <td>×</td> <td>ガスタービン付きポンプはガスタービン (機関) に比べて小型軽量であり、軸に発生する応力が比較的小さいことから、評価対象外とした。</td> </tr> <tr> <td>9-(iii)</td> <td>主燃料油ポンプ軸受</td> <td>×</td> <td>ガスタービン (機関) の軸受に対して裕度が大きいため、評価対象外とした。</td> </tr> <tr> <td>10-(i)</td> <td>始動用燃料油ポンプ取付ボルト</td> <td>×</td> <td>取付ボルトについては、減速機取付ボルトに対して裕度が大きいため、評価対象外とした。</td> </tr> <tr> <td>10-(ii)</td> <td>始動用燃料油ポンプ摺動部 (軸とケーシングのクリアランス)</td> <td>×</td> <td>ガスタービン付きポンプはガスタービン (機関) に比べて小型軽量であり、軸に発生する応力が比較的小さいことから、評価対象外とした。</td> </tr> <tr> <td>10-(iii)</td> <td>始動用燃料油ポンプ軸受</td> <td>×</td> <td>ガスタービン (機関) の軸受に対して裕度が大きいため、評価対象外とした。</td> </tr> <tr> <td>11-(i)</td> <td>始動用燃料油ポンプ用モータ取付ボルト</td> <td>×</td> <td>取付ボルトについては、減速機取付ボルトに対して裕度が大きいため、評価対象外とした。</td> </tr> <tr> <td>11-(ii)</td> <td>始動用燃料油ポンプ用モータ摺動部 (軸とケーシングのクリアランス)</td> <td>×</td> <td>ガスタービン付きポンプはガスタービン (機関) に比べて小型軽量であり、軸に発生する応力が比較的小さいことから、評価対象外とした。</td> </tr> </tbody> </table>	No.	基本評価項目	評価対象	理由	8-(i)	スタータモータ取付ボルト	×	取付ボルトについては、減速機取付ボルトに対して裕度が大きいため、評価対象外とした。	8-(ii)	スタータモータ摺動部 (軸とケーシングのクリアランス)	×	ガスタービン付きポンプはガスタービン (機関) に比べて小型軽量であり、軸に発生する応力が比較的小さいことから、評価対象外とした。	8-(iii)	スタータモータ軸受	×	ガスタービン (機関) の軸受に対して裕度が大きいため、評価対象外とした。	9-(i)	主燃料油ポンプ取付ボルト	×	取付ボルトについては、減速機取付ボルトに対して裕度が大きいため、評価対象外とした。	9-(ii)	主燃料油ポンプ摺動部 (軸とケーシングのクリアランス)	×	ガスタービン付きポンプはガスタービン (機関) に比べて小型軽量であり、軸に発生する応力が比較的小さいことから、評価対象外とした。	9-(iii)	主燃料油ポンプ軸受	×	ガスタービン (機関) の軸受に対して裕度が大きいため、評価対象外とした。	10-(i)	始動用燃料油ポンプ取付ボルト	×	取付ボルトについては、減速機取付ボルトに対して裕度が大きいため、評価対象外とした。	10-(ii)	始動用燃料油ポンプ摺動部 (軸とケーシングのクリアランス)	×	ガスタービン付きポンプはガスタービン (機関) に比べて小型軽量であり、軸に発生する応力が比較的小さいことから、評価対象外とした。	10-(iii)	始動用燃料油ポンプ軸受	×	ガスタービン (機関) の軸受に対して裕度が大きいため、評価対象外とした。	11-(i)	始動用燃料油ポンプ用モータ取付ボルト	×	取付ボルトについては、減速機取付ボルトに対して裕度が大きいため、評価対象外とした。	11-(ii)	始動用燃料油ポンプ用モータ摺動部 (軸とケーシングのクリアランス)	×	ガスタービン付きポンプはガスタービン (機関) に比べて小型軽量であり、軸に発生する応力が比較的小さいことから、評価対象外とした。	<p>・新たな検討が必要な設備の相違 【東海 2, 女川 2】 ①の相違</p>
No.	基本評価項目	評価対象	理由																																																
8-(i)	スタータモータ取付ボルト	×	取付ボルトについては、減速機取付ボルトに対して裕度が大きいため、評価対象外とした。																																																
8-(ii)	スタータモータ摺動部 (軸とケーシングのクリアランス)	×	ガスタービン付きポンプはガスタービン (機関) に比べて小型軽量であり、軸に発生する応力が比較的小さいことから、評価対象外とした。																																																
8-(iii)	スタータモータ軸受	×	ガスタービン (機関) の軸受に対して裕度が大きいため、評価対象外とした。																																																
9-(i)	主燃料油ポンプ取付ボルト	×	取付ボルトについては、減速機取付ボルトに対して裕度が大きいため、評価対象外とした。																																																
9-(ii)	主燃料油ポンプ摺動部 (軸とケーシングのクリアランス)	×	ガスタービン付きポンプはガスタービン (機関) に比べて小型軽量であり、軸に発生する応力が比較的小さいことから、評価対象外とした。																																																
9-(iii)	主燃料油ポンプ軸受	×	ガスタービン (機関) の軸受に対して裕度が大きいため、評価対象外とした。																																																
10-(i)	始動用燃料油ポンプ取付ボルト	×	取付ボルトについては、減速機取付ボルトに対して裕度が大きいため、評価対象外とした。																																																
10-(ii)	始動用燃料油ポンプ摺動部 (軸とケーシングのクリアランス)	×	ガスタービン付きポンプはガスタービン (機関) に比べて小型軽量であり、軸に発生する応力が比較的小さいことから、評価対象外とした。																																																
10-(iii)	始動用燃料油ポンプ軸受	×	ガスタービン (機関) の軸受に対して裕度が大きいため、評価対象外とした。																																																
11-(i)	始動用燃料油ポンプ用モータ取付ボルト	×	取付ボルトについては、減速機取付ボルトに対して裕度が大きいため、評価対象外とした。																																																
11-(ii)	始動用燃料油ポンプ用モータ摺動部 (軸とケーシングのクリアランス)	×	ガスタービン付きポンプはガスタービン (機関) に比べて小型軽量であり、軸に発生する応力が比較的小さいことから、評価対象外とした。																																																

東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考																				
		<p data-bbox="1774 302 2481 380" style="text-align: center;"><u>第 4.3.5-1 表 ガスタービンの動的機能維持評価における 評価対象部位の選定結果(7/7)</u></p> <table border="1" data-bbox="1760 405 2496 764"> <thead> <tr> <th>No.</th> <th>基本評価項目</th> <th>評価対象</th> <th>理由</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>11-(iii)</td> <td>始動用燃料油ポンプ用モータ 軸受</td> <td>×</td> <td>ガスタービン (機関) の軸受に対して裕度が大きいため、評価対象外とした。</td> </tr> <tr> <td>12-(i)</td> <td>潤滑油ポンプ取付ボルト</td> <td>×</td> <td>取付ボルトについては、減速機取付ボルトに対して裕度が大きいため、評価対象外とした。</td> </tr> <tr> <td>12-(ii)</td> <td>潤滑油ポンプ摺動部 (軸とケーシングのクリアランス)</td> <td>×</td> <td>ガスタービン付きポンプはガスタービン (機関) に比べて小型軽量であり、軸に発生する応力が比較的小さいことから、評価対象外とした。</td> </tr> <tr> <td>12-(iii)</td> <td>潤滑油ポンプ軸受</td> <td>×</td> <td>ガスタービン (機関) の軸受に対して裕度が大きいため、評価対象外とした。</td> </tr> </tbody> </table>	No.	基本評価項目	評価対象	理由	11-(iii)	始動用燃料油ポンプ用モータ 軸受	×	ガスタービン (機関) の軸受に対して裕度が大きいため、評価対象外とした。	12-(i)	潤滑油ポンプ取付ボルト	×	取付ボルトについては、減速機取付ボルトに対して裕度が大きいため、評価対象外とした。	12-(ii)	潤滑油ポンプ摺動部 (軸とケーシングのクリアランス)	×	ガスタービン付きポンプはガスタービン (機関) に比べて小型軽量であり、軸に発生する応力が比較的小さいことから、評価対象外とした。	12-(iii)	潤滑油ポンプ軸受	×	ガスタービン (機関) の軸受に対して裕度が大きいため、評価対象外とした。	<p data-bbox="2546 258 2822 422"> ・新たな検討が必要な設備の相違 【東海 2, 女川 2】 ①の相違 </p>
No.	基本評価項目	評価対象	理由																				
11-(iii)	始動用燃料油ポンプ用モータ 軸受	×	ガスタービン (機関) の軸受に対して裕度が大きいため、評価対象外とした。																				
12-(i)	潤滑油ポンプ取付ボルト	×	取付ボルトについては、減速機取付ボルトに対して裕度が大きいため、評価対象外とした。																				
12-(ii)	潤滑油ポンプ摺動部 (軸とケーシングのクリアランス)	×	ガスタービン付きポンプはガスタービン (機関) に比べて小型軽量であり、軸に発生する応力が比較的小さいことから、評価対象外とした。																				
12-(iii)	潤滑油ポンプ軸受	×	ガスタービン (機関) の軸受に対して裕度が大きいため、評価対象外とした。																				

東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p><u>4.3.6 ガスタービン発電機の動的機能維持評価項目の検討結果</u> <u>島根2号炉における規格適用外の動的機能維持が必要な設備のうち、新たな検討が必要な設備であるガスタービンについて、耐特委での非常用ディーゼル発電機及びポンプ駆動用タービンにおける検討結果を参考に、構造の違いを踏まえた上で地震時異常要因分析を行い、動的機能維持を確認するための基本評価項目の抽出を行った。また、抽出した基本評価項目に対し、ガスタービン発電機の動的機能維持評価における評価対象部位を選定した。</u></p> <p><u>以上の検討結果から、島根2号炉のガスタービン発電機における動的機能維持評価の評価項目については第4.3.6-1表に整理し、抽出された評価項目に対して耐震評価を実施する。</u></p>	<p>・新たな検討が必要な設備の相違 【東海2, 女川2】 ①の相違</p>

東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考									
		<p data-bbox="1768 258 2487 331"><u>第 4.3.6-1 表 島根 2 号炉のガスタービンにおける動的機能維持評価の評価項目の検討結果(1/2)</u></p> <table border="1" data-bbox="1768 352 2487 1297"> <thead> <tr> <th data-bbox="1768 352 1813 415">No.</th> <th data-bbox="1813 352 2056 415">評価項目</th> <th data-bbox="2056 352 2487 415">評価内容</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="1768 415 1813 825">I</td> <td data-bbox="1813 415 2056 825">ガスタービン機関摺動部 (軸とケーシングとのクリアランス)</td> <td data-bbox="2056 415 2487 825">ガスタービンとポンプ駆動用タービンは、回転機器として同様な軸系の構造を有しており、ケーシング、軸系とも剛性が高いことから類似構造であると言える。したがって、ガスタービンの軸とケーシングのクリアランスも、J E A G 4 6 0 1 に示されるポンプ駆動用タービンの荷重条件を用いて軸の変位量を評価する。 なお、両端を軸受で支持された軸のたわみ量の算出において、軸受自体の剛性による変位は数十μm 程度と十分小さく、軸とケーシングとのクリアランスを評価する上では有意とはならないため考慮は不要と判断している。一方、軸受による軸の支持条件は単純支持として、軸のたわみ量が大きくなるよう保守的に評価する。</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1768 825 1813 1297">II</td> <td data-bbox="1813 825 2056 1297">ガスタービン機関軸受</td> <td data-bbox="2056 825 2487 1297">ガスタービンとポンプ駆動用タービンは、回転機器として同様な軸系の構造を有しており、ケーシング、軸系とも剛性が高いことから類似構造であると言える。したがって、ガスタービンの軸受も、J E A G 4 6 0 1 に示されるポンプ駆動用タービンにおける軸受の評価方法を適用可能であるが、ここでは軸受荷重の許容値がメーカー規定の基本静定格荷重（メーカー保証値）で設定されていることから、J I S (J I S B 1519-2009) に基づくメーカー規定の計算式（ガスタービン回転軸に地震力や運転中のスラスト荷重が作用することにより軸受に発生する静等価荷重）にて評価する。 軸受強度は、軸受の剛性に関わりなく軸受に作用する荷重が許容される荷重以下であることで評価される。</td> </tr> </tbody> </table>	No.	評価項目	評価内容	I	ガスタービン機関摺動部 (軸とケーシングとのクリアランス)	ガスタービンとポンプ駆動用タービンは、回転機器として同様な軸系の構造を有しており、ケーシング、軸系とも剛性が高いことから類似構造であると言える。したがって、ガスタービンの軸とケーシングのクリアランスも、J E A G 4 6 0 1 に示されるポンプ駆動用タービンの荷重条件を用いて軸の変位量を評価する。 なお、両端を軸受で支持された軸のたわみ量の算出において、軸受自体の剛性による変位は数十μm 程度と十分小さく、軸とケーシングとのクリアランスを評価する上では有意とはならないため考慮は不要と判断している。一方、軸受による軸の支持条件は単純支持として、軸のたわみ量が大きくなるよう保守的に評価する。	II	ガスタービン機関軸受	ガスタービンとポンプ駆動用タービンは、回転機器として同様な軸系の構造を有しており、ケーシング、軸系とも剛性が高いことから類似構造であると言える。したがって、ガスタービンの軸受も、J E A G 4 6 0 1 に示されるポンプ駆動用タービンにおける軸受の評価方法を適用可能であるが、ここでは軸受荷重の許容値がメーカー規定の基本静定格荷重（メーカー保証値）で設定されていることから、J I S (J I S B 1519-2009) に基づくメーカー規定の計算式（ガスタービン回転軸に地震力や運転中のスラスト荷重が作用することにより軸受に発生する静等価荷重）にて評価する。 軸受強度は、軸受の剛性に関わりなく軸受に作用する荷重が許容される荷重以下であることで評価される。	<p data-bbox="2555 258 2813 426">・新たな検討が必要な設備の相違 【東海 2, 女川 2】 ①の相違</p>
No.	評価項目	評価内容										
I	ガスタービン機関摺動部 (軸とケーシングとのクリアランス)	ガスタービンとポンプ駆動用タービンは、回転機器として同様な軸系の構造を有しており、ケーシング、軸系とも剛性が高いことから類似構造であると言える。したがって、ガスタービンの軸とケーシングのクリアランスも、J E A G 4 6 0 1 に示されるポンプ駆動用タービンの荷重条件を用いて軸の変位量を評価する。 なお、両端を軸受で支持された軸のたわみ量の算出において、軸受自体の剛性による変位は数十μm 程度と十分小さく、軸とケーシングとのクリアランスを評価する上では有意とはならないため考慮は不要と判断している。一方、軸受による軸の支持条件は単純支持として、軸のたわみ量が大きくなるよう保守的に評価する。										
II	ガスタービン機関軸受	ガスタービンとポンプ駆動用タービンは、回転機器として同様な軸系の構造を有しており、ケーシング、軸系とも剛性が高いことから類似構造であると言える。したがって、ガスタービンの軸受も、J E A G 4 6 0 1 に示されるポンプ駆動用タービンにおける軸受の評価方法を適用可能であるが、ここでは軸受荷重の許容値がメーカー規定の基本静定格荷重（メーカー保証値）で設定されていることから、J I S (J I S B 1519-2009) に基づくメーカー規定の計算式（ガスタービン回転軸に地震力や運転中のスラスト荷重が作用することにより軸受に発生する静等価荷重）にて評価する。 軸受強度は、軸受の剛性に関わりなく軸受に作用する荷重が許容される荷重以下であることで評価される。										

東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)

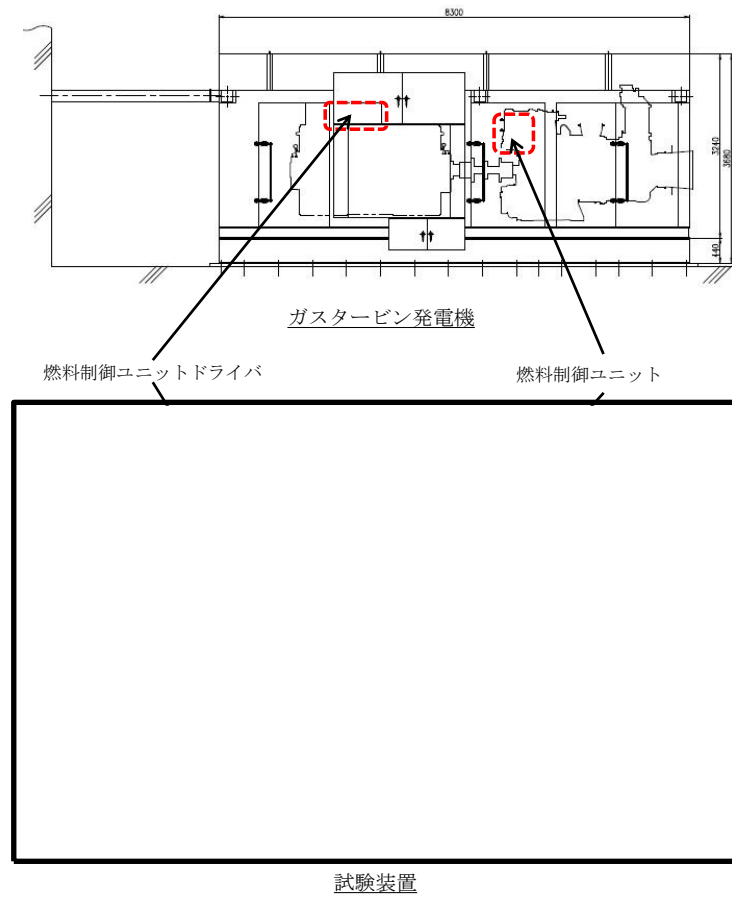
女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)

島根原子力発電所 2号炉

備考

第 4.3.6-1 表 島根 2号炉のガスタービンにおける動的機能維持評価の評価項目の検討結果(2/2)

No.	評価項目	評価内容
III	減速機取付ボルト	ガスタービンと非常用ディーゼル発電機はいずれも剛性の高い設備であり、1 質点系モデルに置き換えることが可能である。したがって、減速機取付ボルトも、非常用ディーゼル発電機と同様に 1 質点系モデルにより評価する。
IV	燃料制御ユニット, 燃料制御ユニットドライバ	燃料制御ユニット及び燃料制御ユニットドライバは解析による評価が困難であるため、実機を加振試験することにより電氣的機能維持の確認を行う。燃料制御ユニット及び燃料制御ユニットドライバの加振試験を第 4.3.6-1 図に示す。加振試験により燃料制御ユニットの機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下となることを確認する。



第 4.3.6-1 図 燃料制御ユニット及び燃料制御ユニットドライバ加振試験

・新たな検討が必要な設備の相違
【東海 2, 女川 2】
①の相違

東海第二発電所 (2018.9.18版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020.2.7版)	島根原子力発電所 2号炉	備考																														
<p>(2) 詳細検討が必要な設備における動的機能維持の検討方針</p> <p>評価用加速度が機能確認済加速度を超えた場合の検討については、J E A G 4601-1991 追補版及び耐特委報告書にて、動的機能維持評価上必要な基本評価項目が地震時異常要因分析に基づき選定されている(第6表)。機能維持評価に当たっては、技術基準規則解釈等の改正を踏まえて、基本評価項目に対して、必要な評価項目を選定し、その妥当性を示した上で検討を実施する。</p>	<p>5. 詳細検討が必要な設備における動的機能維持の検討方針</p> <p>評価用加速度が機能確認済加速度を超えた場合の検討については、J E A G 4601 及び耐特委報告書にて、動的機能維持の評価上必要な基本評価項目が地震時異常要因分析に基づき選定されている(第5-1表)。</p> <p>機能維持評価に当たっては、技術基準規則解釈等の改正を踏まえて、基本評価項目に対して、必要な評価項目を選定し、その妥当性を示した上で検討を実施する。</p>	<p>5. 詳細検討が必要な設備における動的機能維持の検討方針</p> <p>機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を超えた場合の検討については、J E A G 4 6 0 1 及び耐特委報告書にて、動的機能維持の評価上必要な基本評価項目が地震時異常要因分析に基づき選定されている(第5-1表)。</p> <p>機能維持評価に当たっては、技術基準規則解釈等の改正を踏まえて、基本評価項目に対して、必要な評価項目を選定し、その妥当性を示した上で検討を実施する。<u>なお、詳細設計段階において、弁の応答加速度(機能維持評価用加速度)が機能確認済加速度を超える場合、J E A G 4 6 0 1 に基づき詳細検討を実施する。</u></p>																															
<p align="center">第6表 各設備における基本評価項目</p>	<p align="center">第5-1表 各設備における基本評価項目(1/2)</p>	<p align="center">第5-1表 各設備における基本評価項目(1/2)</p>																															
<table border="1"> <thead> <tr> <th>詳細検討が必要な設備</th> <th>機種/型式</th> <th>基本評価項目</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>・残留熱除去系海水系ポンプ ・非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ ・高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプ</td> <td>立形ポンプ/ 立形斜流ポンプ</td> <td>基礎ボルト 取付ボルト ディスチャージケーシング コラム コラムサポート 軸受 軸 冷却水配管 メカニカルシール熱交換器 電動機</td> </tr> <tr> <td>・残留熱除去系海水系ポンプ用電動機 ・非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ用電動機 ・高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプ用電動機</td> <td>電動機/ 立形ころがり軸受電動機</td> <td>端子箱 フレーム 基礎ボルト 取付ボルト 固定子 軸(回転子) 軸受 固定子と回転子とのクリアランス 軸継手</td> </tr> </tbody> </table>	詳細検討が必要な設備	機種/型式	基本評価項目	・残留熱除去系海水系ポンプ ・非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ ・高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプ	立形ポンプ/ 立形斜流ポンプ	基礎ボルト 取付ボルト ディスチャージケーシング コラム コラムサポート 軸受 軸 冷却水配管 メカニカルシール熱交換器 電動機	・残留熱除去系海水系ポンプ用電動機 ・非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ用電動機 ・高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプ用電動機	電動機/ 立形ころがり軸受電動機	端子箱 フレーム 基礎ボルト 取付ボルト 固定子 軸(回転子) 軸受 固定子と回転子とのクリアランス 軸継手	<table border="1"> <thead> <tr> <th>詳細検討が必要な設備</th> <th>機種/型式</th> <th>基本評価項目</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>・原子炉補機冷却海水ポンプ用電動機 ・ほう酸水注入系ポンプ用電動機 ・非常用ガス処理系排風機用電動機 ・可燃性ガス濃度制御系再結合装置ブロワ用電動機</td> <td>電動機/立形ころがり軸受、横形ころがり軸受</td> <td>①端子箱 ②フレーム ③基礎ボルト・取付ボルト ④固定子 ⑤軸(回転子) ⑥軸受 ⑦固定子と回転子のクリアランス ⑧軸継手</td> </tr> <tr> <td>・非常用ガス処理系排風機 ・可燃性ガス濃度制御系再結合装置ブロワ</td> <td>ファン/遠心直結型ファン、遠心直動型ファン</td> <td>①ケーシング ②ケーシング取付ボルト ③軸 ④軸受 ⑤軸受取付ボルト ⑥インペラ ⑦ペローズ ⑧軸継手 ⑨メカニカルシール ⑩電動機取付ボルト ⑪電動機 ⑫基礎ボルト ⑬フレキシブルダクト継手</td> </tr> </tbody> </table>	詳細検討が必要な設備	機種/型式	基本評価項目	・原子炉補機冷却海水ポンプ用電動機 ・ほう酸水注入系ポンプ用電動機 ・非常用ガス処理系排風機用電動機 ・可燃性ガス濃度制御系再結合装置ブロワ用電動機	電動機/立形ころがり軸受、横形ころがり軸受	①端子箱 ②フレーム ③基礎ボルト・取付ボルト ④固定子 ⑤軸(回転子) ⑥軸受 ⑦固定子と回転子のクリアランス ⑧軸継手	・非常用ガス処理系排風機 ・可燃性ガス濃度制御系再結合装置ブロワ	ファン/遠心直結型ファン、遠心直動型ファン	①ケーシング ②ケーシング取付ボルト ③軸 ④軸受 ⑤軸受取付ボルト ⑥インペラ ⑦ペローズ ⑧軸継手 ⑨メカニカルシール ⑩電動機取付ボルト ⑪電動機 ⑫基礎ボルト ⑬フレキシブルダクト継手	<table border="1"> <thead> <tr> <th>詳細検討が必要な設備</th> <th>機種/形式</th> <th>基本評価項目</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>・原子炉補機海水ポンプ ・高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ</td> <td>立形ポンプ/ 斜流式</td> <td>①基礎ボルト、取付ボルト ②ディスチャージケーシング ③パレル ④コラム ⑤軸受 ⑥軸 ⑦冷却水配管 ⑧メカニカルシール熱交換器 ⑨電動機</td> </tr> <tr> <td>・燃料プール冷却ポンプ</td> <td>横形ポンプ/ 単段遠心式</td> <td>①基礎ボルト ②支持脚 ③摺動部(ライナーリング部) ④軸 ⑤メカニカルシール ⑥軸受 ⑦電動機 ⑧軸継手 ⑨ケーシングノズル部 ⑩冷却水配管</td> </tr> <tr> <td>・ほう酸水注入ポンプ</td> <td>往復動式ポンプ/ 横形3連往復動式</td> <td>①基礎ボルト ②ポンプ本体取付ボルト ③クランク軸軸受 ④コネクティングロッド軸受 ⑤クロスヘッドガイド摺動部 ⑥バルブシート面 ⑦吸込・吐出ノズル ⑧減速機取付ボルト ⑨歯車軸軸受 ⑩歯車 ⑪電動機 ⑫軸継手 ⑬油配管</td> </tr> </tbody> </table>	詳細検討が必要な設備	機種/形式	基本評価項目	・原子炉補機海水ポンプ ・高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ	立形ポンプ/ 斜流式	①基礎ボルト、取付ボルト ②ディスチャージケーシング ③パレル ④コラム ⑤軸受 ⑥軸 ⑦冷却水配管 ⑧メカニカルシール熱交換器 ⑨電動機	・燃料プール冷却ポンプ	横形ポンプ/ 単段遠心式	①基礎ボルト ②支持脚 ③摺動部(ライナーリング部) ④軸 ⑤メカニカルシール ⑥軸受 ⑦電動機 ⑧軸継手 ⑨ケーシングノズル部 ⑩冷却水配管	・ほう酸水注入ポンプ	往復動式ポンプ/ 横形3連往復動式	①基礎ボルト ②ポンプ本体取付ボルト ③クランク軸軸受 ④コネクティングロッド軸受 ⑤クロスヘッドガイド摺動部 ⑥バルブシート面 ⑦吸込・吐出ノズル ⑧減速機取付ボルト ⑨歯車軸軸受 ⑩歯車 ⑪電動機 ⑫軸継手 ⑬油配管	<p>・対象設備の相違 【東海2, 女川2】 ③の相違</p>
詳細検討が必要な設備	機種/型式	基本評価項目																															
・残留熱除去系海水系ポンプ ・非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ ・高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプ	立形ポンプ/ 立形斜流ポンプ	基礎ボルト 取付ボルト ディスチャージケーシング コラム コラムサポート 軸受 軸 冷却水配管 メカニカルシール熱交換器 電動機																															
・残留熱除去系海水系ポンプ用電動機 ・非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ用電動機 ・高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプ用電動機	電動機/ 立形ころがり軸受電動機	端子箱 フレーム 基礎ボルト 取付ボルト 固定子 軸(回転子) 軸受 固定子と回転子とのクリアランス 軸継手																															
詳細検討が必要な設備	機種/型式	基本評価項目																															
・原子炉補機冷却海水ポンプ用電動機 ・ほう酸水注入系ポンプ用電動機 ・非常用ガス処理系排風機用電動機 ・可燃性ガス濃度制御系再結合装置ブロワ用電動機	電動機/立形ころがり軸受、横形ころがり軸受	①端子箱 ②フレーム ③基礎ボルト・取付ボルト ④固定子 ⑤軸(回転子) ⑥軸受 ⑦固定子と回転子のクリアランス ⑧軸継手																															
・非常用ガス処理系排風機 ・可燃性ガス濃度制御系再結合装置ブロワ	ファン/遠心直結型ファン、遠心直動型ファン	①ケーシング ②ケーシング取付ボルト ③軸 ④軸受 ⑤軸受取付ボルト ⑥インペラ ⑦ペローズ ⑧軸継手 ⑨メカニカルシール ⑩電動機取付ボルト ⑪電動機 ⑫基礎ボルト ⑬フレキシブルダクト継手																															
詳細検討が必要な設備	機種/形式	基本評価項目																															
・原子炉補機海水ポンプ ・高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ	立形ポンプ/ 斜流式	①基礎ボルト、取付ボルト ②ディスチャージケーシング ③パレル ④コラム ⑤軸受 ⑥軸 ⑦冷却水配管 ⑧メカニカルシール熱交換器 ⑨電動機																															
・燃料プール冷却ポンプ	横形ポンプ/ 単段遠心式	①基礎ボルト ②支持脚 ③摺動部(ライナーリング部) ④軸 ⑤メカニカルシール ⑥軸受 ⑦電動機 ⑧軸継手 ⑨ケーシングノズル部 ⑩冷却水配管																															
・ほう酸水注入ポンプ	往復動式ポンプ/ 横形3連往復動式	①基礎ボルト ②ポンプ本体取付ボルト ③クランク軸軸受 ④コネクティングロッド軸受 ⑤クロスヘッドガイド摺動部 ⑥バルブシート面 ⑦吸込・吐出ノズル ⑧減速機取付ボルト ⑨歯車軸軸受 ⑩歯車 ⑪電動機 ⑫軸継手 ⑬油配管																															

第5-1表 各設備における基本評価項目 (2/2)

詳細検討が必要な設備	機種/型式	基本評価項目
<ul style="list-style-type: none"> 非常用ディーゼル発電設備 非常用ディーゼル発電機 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機 	非常用ディーゼル機関/機関本体, ガバナ	<ul style="list-style-type: none"> ①クランク軸基準軸受 ②ピストン・クランク軸・連接棒 ③カム軸軸受 ④ギヤリング ⑤動弁装置 ⑥機関本体基礎ボルト ⑦ガバナリンク装置 ⑧オーバースピードトリップ装置 ⑨始動弁・主始動弁 ⑩過給機 ⑪排気筒ベローズ ⑫燃料噴射ポンプ ⑬冷却水ポンプ ⑭潤滑油ポンプ ⑮潤滑油サンプタンク ⑯発電機基礎ボルト ⑰発電機
<ul style="list-style-type: none"> ほう酸水注入系ポンプ 	往復動式ポンプ/横形3速往復動式ポンプ	<ul style="list-style-type: none"> ①基礎ボルト ②ポンプ本体取付ボルト ③クランク軸軸受 ④コネクティングロッド軸受 ⑤クロスヘッドガイド摺動部 ⑥バルブシート面 ⑦吸込・吐出ノズル ⑧減速機取付ボルト ⑨歯車軸軸受 ⑩歯車 ⑪電動機 ⑫軸継手 ⑬油配管

第5-1表 各設備における基本評価項目 (2/2)

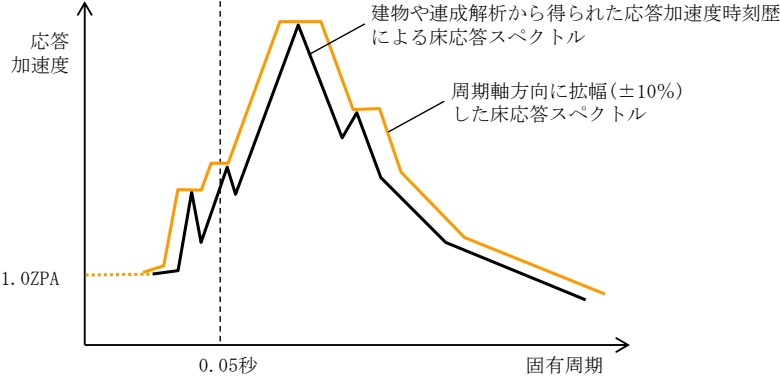
詳細検討が必要な設備	機種/形式	基本評価項目
<ul style="list-style-type: none"> 燃料プール冷却ポンプ用電動機 原子炉補機海水ポンプ用電動機 高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ用電動機 ほう酸水注入ポンプ用電動機 非常用ガス処理系排風機用電動機 可燃性ガス濃度制御系再結合装置ブロワ用電動機 	電動機/横形ころがり軸受, 立形ころがり軸受	<ul style="list-style-type: none"> ①端子箱 ②フレーム ③基礎ボルト, 取付ボルト ④固定子 ⑤軸 (回転子) ⑥軸受 ⑦固定子と回転子のクリアランス ⑧軸継手
<ul style="list-style-type: none"> 非常用ガス処理系排風機 可燃性ガス濃度制御系再結合装置ブロワ 	ファン/遠心直結型, 遠心直動式	<ul style="list-style-type: none"> ①ケーシング ②ケーシング取付ボルト ③軸 ④軸受 ⑤軸受取付ボルト ⑥インペラ ⑦ベローズ ⑧軸継手 ⑨メカニカルシール ⑩電動機取付ボルト ⑪電動機 ⑫基礎ボルト ⑬フレキシブルダクト継手

・対象設備の相違
【東海2, 女川2】
③の相違

東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考				
		<p>6. <u>加振試験が必要な設備における動的機能維持評価の検討</u> <u>高圧原子炉代替注水ポンプは、海外メーカー製であり、異常要因分析や基本評価項目の抽出が容易ではないことから、加振試験による評価を実施する。高圧原子炉代替注水ポンプの構造概要を第6-1図に示すとともに、加振試験の内容を添付資料1に示す。また、加振試験結果より設定した機能確認済加速度と島根2号炉高圧原子炉代替注水ポンプの動的機能維持における機能維持評価用加速度の比較を第6-1表に示す。</u></p> <div data-bbox="1748 716 2487 1234" style="border: 1px solid black; height: 200px; margin: 10px 0;"></div> <p style="text-align: center;"><u>第6-1図 高圧原子炉代替注水ポンプの構造概要図</u></p> <p style="text-align: center;"><u>第6-1表 島根2号炉高圧原子炉代替注水ポンプ機能維持評価用加速度と機能確認済加速度の比較</u></p> <table border="1" style="margin: 10px auto; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="padding: 5px;">島根2号炉 高圧原子炉代替注水ポンプ 機能維持評価用加速度^{注1} [G]</th> <th style="padding: 5px;">加振試験により確認された 機能確認済加速度 [G]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="padding: 5px; text-align: center;">水平：0.81 鉛直：0.58</td> <td style="padding: 5px;"></td> </tr> </tbody> </table> <p><u>注1：機能維持評価用加速度は、暫定値であり今後設計進捗により変更の可能性がある。</u></p>	島根2号炉 高圧原子炉代替注水ポンプ 機能維持評価用加速度 ^{注1} [G]	加振試験により確認された 機能確認済加速度 [G]	水平：0.81 鉛直：0.58		<p>・資料構成の相違 【東海2，女川2】 ②の相違</p>
島根2号炉 高圧原子炉代替注水ポンプ 機能維持評価用加速度 ^{注1} [G]	加振試験により確認された 機能確認済加速度 [G]						
水平：0.81 鉛直：0.58							

東海第二発電所 (2018.9.18版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020.2.7版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>3. 弁機能維持評価に用いる配管系の応答値について 技術基準規則解釈等の改正を踏まえて、<u>東海第二発電所</u>の配管系に設置される弁の機能維持評価に適用する加速度値の算定方針について、規格基準に基づく設計手順を整理し、比較することにより示す。規格基準に基づく手法として J E A G 4601 の当該記載部の抜粋を第 11 図に示す。</p> <p>(1) 規格基準に基づく設計手順の整理 J E A G 4601 において、弁の動的機能維持評価に用いる弁駆動部の応答加速度の算定方針が示されている。 配管系の固有値が剛と判断される場合は最大加速度 (ZPA) を用いること、また、柔の場合は設計用床応答スペクトルを入力とした配管系のスペクトルモード解析を行い算出された弁駆動部での応答加速度を用いることにより、弁の動的機能維持評価を実施することとされている。</p> <p>(2) 今回工認における<u>東海第二発電所</u>の設計手順 今回工認における<u>東海第二発電所</u>の弁駆動での応答加速度値の設定は、上記の J E A G 4601 の規定に加えて一定の余裕を見込み評価を実施する方針とする。</p> <p>a. 剛の場合 配管系が剛な場合は、最大加速度に一定の<u>余裕</u>を考慮し 1.2 倍した値 (1.2ZPA) を用いて弁駆動部の応答加速度を算出し、機能維持評価を実施する。</p> <p>b. 柔の場合 配管系の固有値が柔の場合は、J E A G 4601 の手順と同様にスペクトルモード解析を行い弁駆動部の応答加速度を算出した値に加えて、剛領域の振動モードの影響を考慮する観点から 1.2 倍した最大加速度 (1.2ZPA) による弁駆動部の応答加速度を算定し、<u>何れか大きい</u>加速度を用いて機能維持評価を行う方針とする。</p>	<p>6. 弁の機能維持評価に用いる配管系の応答値について 技術基準規則解釈等の改正を踏まえて、<u>女川2号炉</u>の配管系に設置される弁の機能維持評価に適用する加速度値の算定方針について、規格基準に基づく設計手順を整理し、比較することにより示す。規格基準に基づく手法として J E A G 4601 の当該記載部の抜粋を第 6-1 図に示す。</p> <p>(1) 規格基準に基づく設計手順の整理 J E A G 4601 において、弁の動的機能維持評価に用いる弁駆動部の応答加速度の算定方針が示されている。配管系の固有値が剛と判断される場合は最大加速度 (ZPA) を用いること、また、柔の場合は設計用床応答スペクトルを入力とした配管系のスペクトルモード解析を行い、算出された弁駆動部での応答加速度を用いることにより、弁の動的機能維持評価を実施することとされている。</p> <p>(2) 今回工認における<u>女川2号炉</u>の設計手順 今回工認における<u>女川2号炉</u>の弁駆動部での応答加速度値の設定は、上記 J E A G 4601 の規定に加えて、一定の余裕を見込み評価を実施する方針とする。</p> <p>a. 剛の場合 配管系が剛な場合は、最大加速度に一定の<u>余裕</u>を考慮し、1.2 倍した値 (1.2ZPA) を用いて弁駆動部の応答加速度を算出し、機能維持評価を実施する。</p> <p>b. 柔の場合 配管系の固有値が柔の場合は、J E A G 4601 の手順と同様にスペクトルモード解析を行い、弁駆動部の応答加速度を算出した値に加えて、剛領域の振動モードの影響を考慮する観点から 1.2 倍した最大加速度 (1.2ZPA) による弁駆動部の応答加速度を算定し、<u>いずれか大きい</u>加速度を用いて機能維持評価を行う方針とする。</p>	<p>7. 弁の動的機能維持評価に用いる配管系の応答値について 技術基準規則解釈等の改正を踏まえて、<u>島根2号炉</u>の配管系に設置される弁の機能維持評価に適用する加速度値の算定方針について、規格基準に基づく設計手順を整理し、比較することにより示す。規格基準に基づく手法として J E A G 4601 の当該記載部の抜粋を第 7-1 図に示す。</p> <p>(1) 規格基準に基づく設計手順の整理 J E A G 4601 において、弁の動的機能維持評価に用いる弁駆動部の応答加速度の算定方針が示されている。配管系の固有値が剛と判断される場合は最大加速度 (ZPA) を用いること、また、柔の場合は設計用床応答スペクトルを入力とした配管系のスペクトルモード解析を行い、算出された弁駆動部での応答加速度を用いることにより、弁の動的機能維持評価を実施することとされている。</p> <p>(2) 今回工認における<u>島根2号炉</u>の設計手順 今回工認における<u>島根2号炉</u>の弁駆動部での応答加速度値の設定は、上記 J E A G 4601 の規定に加えて、<u>一定の余裕</u>を見込み評価を実施する方針とする。</p> <p>a. 剛の場合 配管系が剛な場合は、最大加速度に一定の<u>余裕</u>を考慮し、1.2 倍した値 (1.2ZPA) を弁駆動部の応答加速度を算出し、機能維持評価を実施する。</p> <p>b. 柔の場合 配管系の固有値が柔の場合は、J E A G 4601 の手順と同様にスペクトルモード解析を行い、<u>弁駆動部</u>の応答加速度を算出した値に加えて、剛領域の振動モードの影響を考慮する観点から 1.2 倍した最大加速度 (1.2ZPA) による弁駆動部の応答加速度を算定し、<u>いずれか大きい</u>加速度を用いて機能維持評価を行う方針とする。</p>	

東海第二発電所 (2018.9.18版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020.2.7版)	島根原子力発電所 2号炉	備考																											
<p>また、弁駆動部の応答加速度の算定に用いる配管系のスペクトルモーダル解析において、剛領域の振動モードの影響により応答加速度の増加が考えられる場合には、剛領域の振動モードの影響を考慮するため、高周波数域の振動モードまで考慮した地震応答解析を行う。<u>スペクトルモーダル解析において考慮する高周波数域の範囲については、応答解析結果を用いた検討を踏まえて決定する。</u></p> <p>弁の機能維持評価における規格基準に基づく耐震設計手順及び東海第二発電所の耐震設計手順の比較を第7表に示す。</p> <p>第7表に示すとおり、東海第二発電所における弁の機能維持評価に用いる加速度値としては、規格基準に基づく設定方法に比べて一定の裕度を見込んだ値としている。</p> <p>第7表 弁の機能維持評価の耐震設計手順の比較</p> <table border="1" data-bbox="281 1117 816 1413"> <thead> <tr> <th>配管系の固有値</th> <th>JEAG4601</th> <th>東海第二発電所</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>剛の場合</td> <td>最大加速度(1.0ZPA)を適用する。</td> <td>最大加速度の1.2倍した値(1.2ZPA)を適用する。</td> </tr> <tr> <td>柔の場合</td> <td>スペクトルモーダル解析により算出した弁駆動部の応答を適用する。</td> <td>スペクトルモーダル解析により算出した弁駆動部の応答^{*1}又は最大加速度の1.2倍した値(1.2ZPA)のいずれか大きい方を適用する。</td> </tr> </tbody> </table> <p><small>*1 高周波数域の振動モードまで考慮した地震応答解析を行う。</small></p>	配管系の固有値	JEAG4601	東海第二発電所	剛の場合	最大加速度(1.0ZPA)を適用する。	最大加速度の1.2倍した値(1.2ZPA)を適用する。	柔の場合	スペクトルモーダル解析により算出した弁駆動部の応答を適用する。	スペクトルモーダル解析により算出した弁駆動部の応答 ^{*1} 又は最大加速度の1.2倍した値(1.2ZPA)のいずれか大きい方を適用する。	<p>また、弁駆動部の応答加速度の算定に用いる配管系のスペクトルモーダル解析において、剛領域の振動モードの影響により応答加速度の増加が考えられる場合には、剛領域の振動モードの影響を考慮するため、高周波数域の振動モードまで考慮した地震応答解析を行う。<u>スペクトルモーダル解析において考慮する高周波数域の範囲については、応答解析結果を用いた検討を踏まえて決定する。</u></p> <p>弁の機能維持評価における規格基準に基づく耐震設計手順及び女川2号炉の耐震設計手順の比較を第6-1表に示す。</p> <p>第6-1表に示すとおり、女川2号炉における弁の機能維持評価に用いる加速度値としては、規格基準に基づく設定方法に比べて一定の裕度を見込んだ値としている。</p> <p>第6-1表 弁の機能維持評価の耐震設計手順の比較</p> <table border="1" data-bbox="1032 1117 1638 1423"> <thead> <tr> <th>配管系の固有値</th> <th>JEAG4601</th> <th>女川2号炉</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>剛の場合</td> <td>最大加速度(1.0ZPA)を適用する。</td> <td>最大加速度の1.2倍した値(1.2ZPA)を適用する。</td> </tr> <tr> <td>柔の場合</td> <td>スペクトルモーダル解析により算出した弁駆動部の応答を適用する。</td> <td>スペクトルモーダル解析により算出した弁駆動部の応答^{*1}又は最大加速度の1.2倍した値(1.2ZPA)のいずれか大きい方を適用する。</td> </tr> </tbody> </table> <p><small>※1 高周波数域の振動モードまで考慮した地震応答解析を行う。</small></p>	配管系の固有値	JEAG4601	女川2号炉	剛の場合	最大加速度(1.0ZPA)を適用する。	最大加速度の1.2倍した値(1.2ZPA)を適用する。	柔の場合	スペクトルモーダル解析により算出した弁駆動部の応答を適用する。	スペクトルモーダル解析により算出した弁駆動部の応答 ^{*1} 又は最大加速度の1.2倍した値(1.2ZPA)のいずれか大きい方を適用する。	<p>また、弁駆動部の応答加速度の算定に用いる配管系のスペクトルモーダル解析において、剛領域の振動モードの影響により応答加速度の増加が考えられる場合には、剛領域の振動モードの影響を考慮するため、高周波数域の振動モードまで考慮した地震応答解析を行う。<u>地震応答解析に用いる20Hz以上(周期0.05s以下)の高振動数領域を考慮した床応答スペクトルは、従来から適用している20Hz以下(周期0.05s以上)の床応答スペクトルの作成方法と同様に、建物や連成解析から得られた応答加速度時刻歴を用いて算出し、周期軸方向に拡幅して設定する。弁の動的機能維持評価に適用する床応答スペクトルのイメージを第7-2図に示す。</u></p> <p>弁の機能維持評価における規格基準に基づく耐震設計手順及び島根2号炉の耐震設計手順の比較を第7-1表に示す。</p> <p>第7-1表に示すとおり、島根2号炉における弁の機能維持評価に用いる加速度値としては、規格基準に基づく設定方法に比べて一定の裕度を見込んだ値としている。</p> <p>第7-1表 弁の動的機能維持評価の耐震設計手順の比較</p> <table border="1" data-bbox="1754 1117 2504 1365"> <thead> <tr> <th>配管系の固有値</th> <th>JEAG4601</th> <th>島根2号炉</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>剛の場合</td> <td>最大応答加速度(1.0ZPA)を適用する。</td> <td>最大応答加速度を1.2倍した値(1.2ZPA)を適用する。</td> </tr> <tr> <td>柔の場合</td> <td>スペクトルモーダル解析により算出した弁駆動部の応答を適用する。</td> <td>スペクトルモーダル解析により算出した弁駆動部の応答^{*1}又は最大応答加速度を1.2倍した値(1.2ZPA)のいずれか大きい方を適用する。</td> </tr> </tbody> </table> <p><small>注1：高周波数領域の振動モードまで考慮した地震応答解析を行う。</small></p>	配管系の固有値	JEAG4601	島根2号炉	剛の場合	最大応答加速度(1.0ZPA)を適用する。	最大応答加速度を1.2倍した値(1.2ZPA)を適用する。	柔の場合	スペクトルモーダル解析により算出した弁駆動部の応答を適用する。	スペクトルモーダル解析により算出した弁駆動部の応答 ^{*1} 又は最大応答加速度を1.2倍した値(1.2ZPA)のいずれか大きい方を適用する。	<p>・記載の充実</p> <p>【東海2, 女川2】</p> <p>島根2号炉では、スペクトルモーダル解析に用いる床応答スペクトルについて記載している。</p>
配管系の固有値	JEAG4601	東海第二発電所																												
剛の場合	最大加速度(1.0ZPA)を適用する。	最大加速度の1.2倍した値(1.2ZPA)を適用する。																												
柔の場合	スペクトルモーダル解析により算出した弁駆動部の応答を適用する。	スペクトルモーダル解析により算出した弁駆動部の応答 ^{*1} 又は最大加速度の1.2倍した値(1.2ZPA)のいずれか大きい方を適用する。																												
配管系の固有値	JEAG4601	女川2号炉																												
剛の場合	最大加速度(1.0ZPA)を適用する。	最大加速度の1.2倍した値(1.2ZPA)を適用する。																												
柔の場合	スペクトルモーダル解析により算出した弁駆動部の応答を適用する。	スペクトルモーダル解析により算出した弁駆動部の応答 ^{*1} 又は最大加速度の1.2倍した値(1.2ZPA)のいずれか大きい方を適用する。																												
配管系の固有値	JEAG4601	島根2号炉																												
剛の場合	最大応答加速度(1.0ZPA)を適用する。	最大応答加速度を1.2倍した値(1.2ZPA)を適用する。																												
柔の場合	スペクトルモーダル解析により算出した弁駆動部の応答を適用する。	スペクトルモーダル解析により算出した弁駆動部の応答 ^{*1} 又は最大応答加速度を1.2倍した値(1.2ZPA)のいずれか大きい方を適用する。																												

東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>(5) 地震応答解析</p> <p>弁の地震応答を算出するに当たり、(4)項で作成した弁モデルを配管系モデルに組み込み、地震応答解析を実施する。この場合の解析方法は、配管系の固有値に応じて静的応答解析法あるいはスペクトルモーダル応答解析法を用いる。</p> <p>配管系の固有値が剛と判断される場合は、静的応答解析を行うが、この場合弁に加わる加速度は設計用床応答スペクトルのZPA（ゼロ周期加速度）であり、これを弁駆動部応答加速度と見なして評価を行う。また、剛の範囲にない場合には、原則として(3)項で定めた設計用床応答スペクトルを入力とする配管系のスペクトルモーダル解析を行い、算出された弁駆動部応答加速度を用いて弁の評価を実施する。更に、弁の詳細評価が必要となる場合には、弁各部の強度評価に必要な応答荷重を算出する。</p> <p>なお、減衰定数については現在配管系の解析に使用されている0.5～2.5%の値を用いるものとする。</p> <p>第11図 J E A G 4601 (1991) の抜粋</p>	<p>(5) 地震応答解析</p> <p>弁の地震応答を算出するに当たり、(4)項で作成した弁モデルを配管系モデルに組み込み、地震応答解析を実施する。この場合の解析方法は、配管系の固有値に応じて静的応答解析法あるいはスペクトルモーダル応答解析法を用いる。</p> <p>配管系の固有値が剛と判断される場合は、静的応答解析を行うが、この場合弁に加わる加速度は設計用床応答スペクトルのZPA（ゼロ周期加速度）であり、これを弁駆動部応答加速度と見なして評価を行う。また、剛の範囲にない場合には、原則として(3)項で定めた設計用床応答スペクトルを入力とする配管系のスペクトルモーダル解析を行い、算出された弁駆動部応答加速度を用いて弁の評価を実施する。更に、弁の詳細評価が必要となる場合には、弁各部の強度評価に必要な応答荷重を算出する。</p> <p>なお、減衰定数については現在配管系の解析に使用されている0.5～2.5%の値を用いるものとする。</p> <p>第6-1図 JEAG4601 (1991) の抜粋</p>	<p>(5) 地震応答解析</p> <p>弁の地震応答を算出するに当たり、(4)項で作成した弁モデルを配管系モデルに組み込み、地震応答解析を実施する。この場合の解析方法は、配管系の固有値に応じて静的応答解析法あるいはスペクトルモーダル応答解析法を用いる。</p> <p>配管系の固有値が剛と判断される場合は、静的応答解析を行うが、この場合弁に加わる加速度は設計用床応答スペクトルのZPA（ゼロ周期加速度）であり、これを弁駆動部応答加速度と見なして評価を行う。また、剛の範囲にない場合には、原則として(3)項で定めた設計用床応答スペクトルを入力とする配管系のスペクトルモーダル解析を行い、算出された弁駆動部応答加速度を用いて弁の評価を実施する。更に、弁の詳細評価が必要となる場合には、弁各部の強度評価に必要な応答荷重を算出する。</p> <p>なお、減衰定数については現在配管系の解析に使用されている0.5～2.5%の値を用いるものとする。</p> <p>第7-1図 J E A G 4 6 0 1 -1991 抜粋</p>  <p>第7-2図 弁の動的機能維持評価に適用する床応答スペクトル (イメージ)</p>	<p>備考</p> <p>・記載の充実 【東海2, 女川2】 島根2号炉では、スペクトルモーダル解析に用いる床応答スペクトルについて記載している。</p>

別表 1 検討対象設備の抽出結果

施設区分/設備名称	動的機能維持要求の有無	動的機能維持の確保方法	評価時期の評価方法がJISAG4001に規定されている設備 ○: 規定されている ×: 規定されていない -: 対象外	検討対象設備としての抽出結果 ○: 検討対象とする設備 ×: 検討対象でない設備	JISAG4001 種類/型式		A: 確認		
					機種	型式	方向	評価用*1 加速度	機能維持許容加速度
核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設									
使用済燃料貯蔵庫冷却浄化設備									
代替燃料プール注水系統									
常設低圧代替注水ポンプ	有	JISAG4001 による確認	×	○	機形ポンプ	遠心式	水平 鉛直	0.61 0.53	3.2 (軸直角方向) 1.4 (軸方向)
					電動機	横形ころがり軸受	水平 鉛直	0.61 0.53	4.7 1.0
可搬型代替注水大型ポンプ	有	追加試験による確認	-	-	-	-	-	-	-
代替燃料プール冷却系統									
代替燃料プール冷却ポンプ	有	JISAG4001 による確認	×	○	機形ポンプ	遠心式	水平 鉛直	0.66 0.65	3.2 (軸直角方向) 1.4 (軸方向)
					電動機	横形ころがり軸受	水平 鉛直	0.66 0.65	4.7 1.0
原子炉冷却系統施設									
原子炉冷却材再循環設備									
原子炉冷却材再循環系									
原子炉冷却材再循環ポンプ	無	-	-	-	-	-	-	-	-
原子炉冷却材の循環設備									
残留熱除去設備									
残留熱除去系									
残留熱除去ポンプ	有	JISAG4001 による確認	×	○	立式ポンプ	ピストン形	水平 鉛直	0.48 0.50	10.0 1.0
					電動機	立形ころがり軸受	水平 鉛直	0.48 0.50	2.5 1.0
熱納容圧力逃がし装置									
熱納容圧力逃がし装置移送ポンプ	有	JISAG4001 による確認	×	○	機形ポンプ	遠心式	水平 鉛直	0.61 0.53	3.2 (軸直角方向) 1.4 (軸方向)
					電動機	横形ころがり軸受	水平 鉛直	0.61 0.53	4.7 1.0
非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備									
高圧炉心スプレイス									
高圧炉心スプレイスポンプ	有	JISAG4001 による確認	×	○	立式ポンプ	ピストン形	水平 鉛直	0.48 0.50	10.0 1.0
					電動機	立形ころがり軸受	水平 鉛直	0.48 0.50	2.5 1.0
低圧炉心スプレイス									
低圧炉心スプレイスポンプ	有	JISAG4001 による確認	×	○	立式ポンプ	ピストン形	水平 鉛直	0.48 0.50	10.0 1.0
					電動機	立形ころがり軸受	水平 鉛直	0.48 0.50	2.5 1.0
原子炉隔離時冷却系									
原子炉隔離時冷却系ポンプ									
原子炉隔離時冷却系ポンプ	有	JISAG4001 による確認	×	○	機形ポンプ	遠心式	水平 鉛直	0.48 0.50	3.2 (軸直角方向) 1.4 (軸方向)
					ポンプ駆動用タービン	R C I C ポンプ用	水平 鉛直	0.48 0.50	2.4 1.0
高圧代替注水系統									
常設高圧代替注水ポンプ	有	追加試験による確認	-	-	-	-	-	-	-

*1 評価用加速度は、暫定値であり今後設計進捗により変更の可能性がある。

別表 1 検討対象設備における動的機能維持評価の整理結果 (1/5)

施設区分/設備名称	動的機能維持要求の有無	動的機能維持の確保方法	評価時期の評価方法がJISAG4001に規定されている設備 ○: 規定されている ×: 規定されていない -: 対象外	検討対象設備としての抽出結果 ○: 検討対象とする設備 ×: 検討対象でない設備	JISAG4001 適用性確認		機能維持許容加速度(A)との比較		備考
					機種名	型式 (適用範囲)	評価用*1 加速度	機能維持許容加速度(A)	
核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設									
使用済燃料貯蔵庫冷却浄化設備									
代替燃料プール冷却系									
代替燃料プール冷却ポンプ	有	JISAG4001 による確認	×	○	機形ポンプ	多段遠心式 (~2400m³/h)	180m³/h	水平 鉛直	3.2 (軸直角方向) 1.4 (軸方向)
					電動機	横形ころがり軸受 (~950kW)	75kW	水平 鉛直	4.7 1.0
代替燃料プール代替注水系統									
代替燃料プールスプレイス									
原子炉冷却材再循環設備									
原子炉冷却材再循環系									
原子炉冷却材再循環ポンプ	無	-	-	-	-	-	-	-	-
原子炉冷却材の循環設備									
残留熱除去設備									
残留熱除去系									
残留熱除去ポンプ	有	JISAG4001 による確認	×	○	立式ポンプ	ピストン形 (~3000m³/h)	1160m³/h	水平 鉛直	0.68 0.55
					電動機	立形ころがり軸受 (~2700kW)	340kW	水平 鉛直	0.68 0.55
熱納容圧力逃がし装置									
熱納容圧力逃がし装置移送ポンプ	有	JISAG4001 による確認	×	○	機形ポンプ	遠心式	1074m³/h	水平 鉛直	0.68 0.53
					電動機	横形ころがり軸受	1074m³/h	水平 鉛直	0.68 0.53
非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備									
高圧炉心スプレイス									
高圧炉心スプレイスポンプ	有	JISAG4001 による確認	×	○	立式ポンプ	ピストン形 (~3000m³/h)	1074m³/h	水平 鉛直	0.68 0.55
					電動機	立形ころがり軸受 (~2700kW)	300kW	水平 鉛直	0.68 0.55
低圧炉心スプレイス									
低圧炉心スプレイスポンプ	有	JISAG4001 による確認	×	○	立式ポンプ	ピストン形 (~3000m³/h)	1074m³/h	水平 鉛直	0.68 0.55
					電動機	立形ころがり軸受 (~2700kW)	300kW	水平 鉛直	0.68 0.55
原子炉隔離時冷却系									
原子炉隔離時冷却系ポンプ	有	JISAG4001 による確認	×	○	機形ポンプ	多段遠心式 (~700m³/h)	96.5m³/h	水平 鉛直	0.72 0.58
					ポンプ駆動用タービン	反応炉用タービン (プラント出力に比例して出力が変動する。出力は12%以内)	-	水平 鉛直	0.72 0.58

別表 1 検討対象設備の抽出結果(1/4)

施設区分/設備名称	動的機能維持要求の有無	動的機能維持の確保方法	評価時期の評価方法がJISAG4001に規定されている設備 ○: 規定されている ×: 規定されていない -: 対象外	検討対象設備としての抽出結果 ○: 検討対象とする設備 ×: 検討対象でない設備	JISAG4001 適用性確認		機能維持許容加速度(A)との比較		備考
					機種名	型式 (適用範囲)	評価用*1 加速度	機能維持許容加速度(A)	
核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設									
使用済燃料貯蔵庫冷却浄化設備									
代替燃料プール冷却系									
代替燃料プール冷却ポンプ	有	JISAG4001 による確認	×	○	機形ポンプ	多段遠心式 (~2400m³/h)	198m³/h	水平 鉛直	3.2 (軸直角方向) 1.4 (軸方向)
					電動機	横形ころがり軸受 (~950kW)	110kW	水平 鉛直	4.7 1.0
代替燃料プール代替注水系統									
代替燃料プールスプレイス									
原子炉冷却材再循環設備									
原子炉冷却材再循環系									
原子炉冷却材再循環ポンプ	無	-	-	-	-	-	-	-	-
原子炉冷却材の循環設備									
残留熱除去設備									
残留熱除去系									
残留熱除去ポンプ	有	JISAG4001 による確認	×	○	立式ポンプ	ピストン形 (~1000m³/h)	1212m³/h	水平 鉛直	0.81 0.58
					電動機	立形ころがり軸受 (~2700kW)	560kW	水平 鉛直	0.81 0.58
熱納容圧力逃がし装置									
熱納容圧力逃がし装置移送ポンプ	有	JISAG4001 による確認	×	○	立式ポンプ	ピストン形 (~1000m³/h)	1342m³/h	水平 鉛直	0.81 0.58
					電動機	立形ころがり軸受 (~2700kW)	238kW	水平 鉛直	0.81 0.58
非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備									
高圧炉心スプレイス									
高圧炉心スプレイスポンプ	有	JISAG4001 による確認	×	○	立式ポンプ	ピストン形 (~1000m³/h)	1164m³/h	水平 鉛直	0.81 0.58
					電動機	立形ころがり軸受 (~2700kW)	910kW	水平 鉛直	0.81 0.58
低圧炉心スプレイス									
低圧炉心スプレイスポンプ	有	JISAG4001 による確認	×	○	立式ポンプ	ピストン形 (~1000m³/h)	1164m³/h	水平 鉛直	0.81 0.58
					電動機	立形ころがり軸受 (~2700kW)	910kW	水平 鉛直	0.81 0.58
原子炉隔離時冷却系									
原子炉隔離時冷却系ポンプ	有	JISAG4001 による確認	×	○	機形ポンプ	多段遠心式 (~700m³/h)	230 m³/h	水平 鉛直	3.2 (軸直角方向) 1.4 (軸方向)
					電動機	横形ころがり軸受 (~950kW)	210 kW	水平 鉛直	4.7 1.0
原子炉隔離時冷却系ポンプ									
原子炉隔離時冷却系ポンプ	有	JISAG4001 による確認	×	○	機形ポンプ	多段遠心式 (~700m³/h)	99 m³/h	水平 鉛直	0.81 0.58
					ポンプ駆動用タービン	R C I C ポンプ用 (プラント出力に比例して出力が変動する。出力は12%以内)	550 kW	水平 鉛直	0.81 0.58
高圧代替注水系統									
常設高圧代替注水ポンプ	有	追加試験による確認	-	-	-	-	-	-	-
原子炉隔離時冷却系ポンプ	有	JISAG4001 による確認	×	○	機形ポンプ	多段遠心式 (~2400m³/h)	1880 m³/h	水平 鉛直	0.92 0.57
					電動機	横形ころがり軸受 (~950kW)	360 kW	水平 鉛直	0.92 0.57
原子炉隔離時冷却系ポンプ	有	JISAG4001 による確認	×	○	機形ポンプ	斜板式 (~700m³/h)	2049 m³/h	水平 鉛直	1.42 1.0
					電動機	立形ころがり軸受 (~13000kW)	410 kW	水平 鉛直	1.42 1.0

- ・対象設備の相違【東海2, 女川2】
- ③の相違

別表1 検討対象設備における動的機能維持評価の整理結果 (2/5)

別表1 検討対象設備の抽出結果(2/4)

・対象設備の相違【東海2, 女川2】
③の相違

Table with columns for equipment name, JEAG401 compliance, and dynamic function maintenance evaluation results. Includes sections for cooling water systems, pumps, and fans.

*1 評価用加速度は、暫定値であり今後設計進捗により変更の可能性がある。

Detailed table for Aomori Nuclear Power Plant No. 2, listing equipment like pumps and fans with specific performance metrics and compliance status.

Detailed table for Shimane Nuclear Power Plant No. 2, listing equipment like pumps and fans with specific performance metrics and compliance status.

別表1 検討対象設備における動的機能維持評価の整理結果 (3/5)

別表1 検討対象設備の抽出結果(3/4)

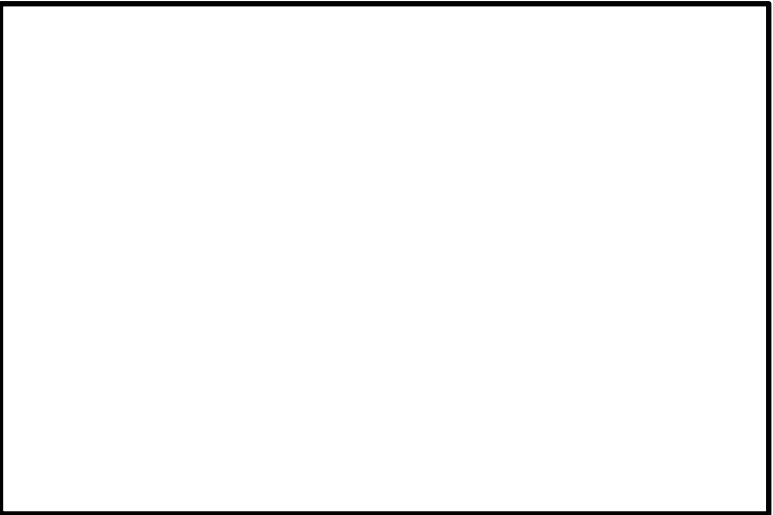
・対象設備の相違【東海2, 女川2】
③の相違

Table with columns for equipment name, dynamic function maintenance requirements, J EAG4601 compliance, and evaluation results. Includes sections for emergency power supply, heat exchanger, and various pumps.

*1 評価用加速度は、暫定値であり今後設計進捗により変更の可能性がある。

Table with columns for equipment name, dynamic function maintenance requirements, J EAG4601 compliance, and evaluation results. Includes sections for emergency power supply, heat exchanger, and various pumps.

Table with columns for equipment name, dynamic function maintenance requirements, J EAG4601 compliance, and evaluation results. Includes sections for emergency power supply, heat exchanger, and various pumps.

東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p style="text-align: right;">添付資料 1</p> <p style="text-align: center;"><u>高圧原子炉代替注水ポンプの加振試験について</u></p> <p><u>高圧原子炉代替注水ポンプは横形のポンプであるが、原動機であるタービンと一体構造となっており、J E A G 4 6 0 1における適用形式が異なることから、機能確認済加速度を用いた評価とすることができない。そのため、機能確認済加速度を設定することを目的とし、を用いて、高圧原子炉代替注水ポンプに対する加振試験を実施した。加振試験の概要について、以下に示す。</u></p> <p>1. <u>試験概要</u></p> <p><u>高圧原子炉代替注水ポンプはタービンと一体構造であるため、ガバナ等の付属品を含む形で試験を実施した。ポンプ断面イメージ図を第 1-1 図に示す。</u></p> <p><u>試験方法としては振動特性把握試験を実施し固有振動数を求め、剛構造であることを確認した後、機器の据付位置における機能維持評価用加速度を包絡する加振波で加振試験を実施した。また、加振試験に加え、試験前後の性能比較及び試験後に機器毎の部品に分解し目視検査を実施することで健全性を確認している。振動試験装置外観を第 1-2 図、加振台仕様を第 1-1 表に示す。</u></p> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;">  </div> <p style="text-align: center;">第 1-1 図 <u>ポンプ断面イメージ図</u></p>	<p>・資料構成の相違 【東海 2, 女川 2】 ②の相違</p>

東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考									
		<div data-bbox="1768 247 2504 701" style="border: 1px solid black; height: 216px; width: 248px; margin-bottom: 10px;"></div> <p data-bbox="1961 705 2320 737" style="text-align: center;">第1-2図 振動試験装置外観</p> <p data-bbox="2000 793 2282 825" style="text-align: center;">第1-1表 加振台仕様</p> <table border="1" data-bbox="1872 852 2436 1010" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">寸法</td> <td rowspan="4" style="width: 80px; height: 75px;"></td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">最大積載量</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">運転周波数帯域</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">最大加速度</td> <td style="text-align: center;">水平 鉛直</td> </tr> </table> <p data-bbox="1748 1157 2012 1188">2. 振動特性把握試験</p> <p data-bbox="1748 1199 1923 1230">2.1 試験条件</p> <p data-bbox="1748 1241 2516 1409">ポンプに3軸加速度計を取付け、までの範囲のランダム波による各軸単独加振を実施し、応答加速度による周波数応答関数から固有周期を求める。計測センサー取付位置を第2.1-1図に示す。</p>	寸法			最大積載量		運転周波数帯域		最大加速度	水平 鉛直	<p data-bbox="2546 258 2763 380">・資料構成の相違 【東海2, 女川2】 ②の相違</p>
寸法												
最大積載量												
運転周波数帯域												
最大加速度	水平 鉛直											

東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<div data-bbox="1760 254 2510 737" style="border: 1px solid black; height: 230px; width: 253px; margin-bottom: 10px;"></div> <p data-bbox="1911 751 2350 781" style="text-align: center;">第 2.1-1 図 計測センサー取付位置</p> <p data-bbox="1748 842 1923 871">2.2 試験結果</p> <p data-bbox="1748 888 2510 1052">試験結果として得られた周波数応答関数を第 2.2-1 図に、各軸方向の固有振動数を第 2.2-1 表に示す。第 2.2-1 表より、各軸方向について剛構造と見なせる固有周期 0.05 秒を十分に下回る結果が得られた。</p>	<p data-bbox="2549 258 2760 380">・資料構成の相違 【東海 2, 女川 2】 ②の相違</p>

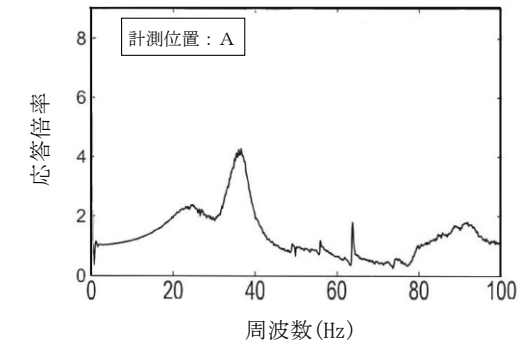
東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)

女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)

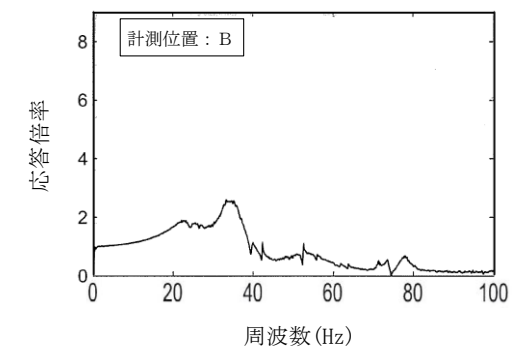
島根原子力発電所 2号炉

備考

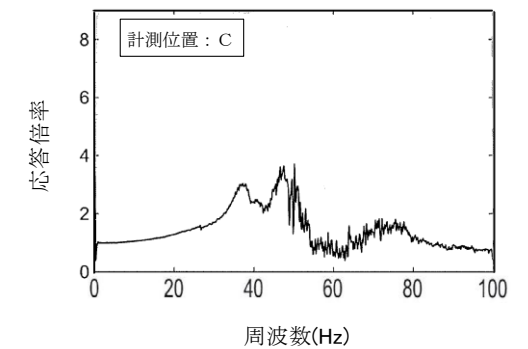
・資料構成の相違
【東海2, 女川2】
②の相違



X方向



Y方向



Z方向

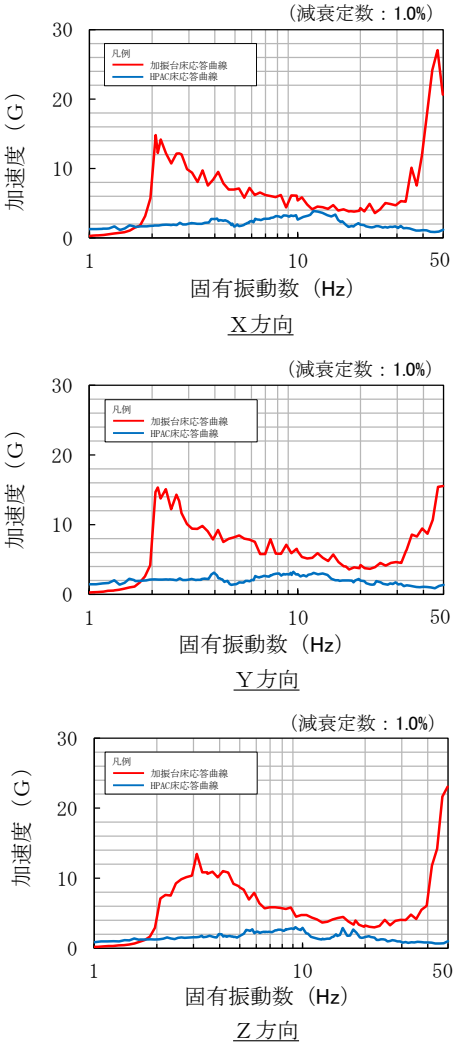
第 2.2-1 図 周波数応答関数

第 2.2-1 表 各軸方向での固有振動数

方向	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)
X		
Y		
Z		

東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考										
		<p>3. 加振試験</p> <p>3.1 試験条件</p> <p>加振試験における試験条件を第3.1-1表に示す。また、加振台上の加速度時刻歴波形を第3.1-1図に、加振台床応答曲線と島根2号炉の高圧原子炉代替注水ポンプの設置位置における床応答曲線（以下「HPAC床応答曲線」という。）の比較を第3.1-2図に示す。機器の固有周期は0.05秒を下回っており、剛構造と見なせることから、機器設置位置における機能維持評価用加速度を包絡する加振波を生成し、加振試験を実施する。加振方向は水平（前後、左右）及び鉛直方向の三軸同時加振とする。なお、第3.1-1図に示す加振台床応答曲線は、加振波を入力とした振動台の時刻歴応答波形の床応答曲線であり、振動台の [] の影響により、50Hz近傍にピークが生じている。</p> <p style="text-align: center;">第3.1-1表 加振試験条件</p> <table border="1" data-bbox="1754 947 2510 1115"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>試験条件</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>加振地震波</td> <td>ランダム波</td> </tr> <tr> <td>加振方向</td> <td>水平2方向+鉛直方向の3軸同時加振試験</td> </tr> <tr> <td>運転状態</td> <td>停止中加振^{注1}（満水状態）</td> </tr> <tr> <td>取付条件</td> <td>振動台上に設置された台板にボルトにて取り付け</td> </tr> </tbody> </table> <p>注1：重大事故等は「地震の独立事象」として扱っており、高圧原子炉代替注水ポンプの運転を想定する時間は、事象発生後約8.3時間であることから、地震荷重との組合せが不要な期間（10⁻²年）より短時間であるため、加振試験条件として停止時を考慮する。</p>	項目	試験条件	加振地震波	ランダム波	加振方向	水平2方向+鉛直方向の3軸同時加振試験	運転状態	停止中加振 ^{注1} （満水状態）	取付条件	振動台上に設置された台板にボルトにて取り付け	<p>・資料構成の相違 【東海2, 女川2】 ②の相違</p>
項目	試験条件												
加振地震波	ランダム波												
加振方向	水平2方向+鉛直方向の3軸同時加振試験												
運転状態	停止中加振 ^{注1} （満水状態）												
取付条件	振動台上に設置された台板にボルトにて取り付け												

東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<div data-bbox="1748 264 2507 1262" style="border: 1px solid black; height: 475px; width: 256px; margin-bottom: 10px;"></div> <div data-bbox="1852 1283 2398 1325" style="color: red; text-decoration: underline;">第 3.1-1 図 加振台上の加速度時刻歴波形</div>	<ul style="list-style-type: none"> ・資料構成の相違 【東海 2, 女川 2】 ②の相違

東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		 <p>第 3.1-2 図 加振台床応答曲線と HPAC 床応答曲線の比較</p>	<p>備考</p> <ul style="list-style-type: none"> 資料構成の相違 【東海 2, 女川 2】 ②の相違

東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>3.2 試験結果</p> <p><u>以下について機器に異常のないことを確認し、本試験において加振台での最大加速度を整数位で切り捨てた値を機能確認済加速度とした。</u></p> <p>(1) <u>漏えいのないこと。</u></p> <p>(2) <u>構造上損傷のないこと。</u></p> <p>(3) <u>加振中にガバナが [] 以上変位しないこと。</u></p> <p>(4) <u>トリップ装置が誤作動しないこと。</u></p> <p>(5) <u>動作試験として、加振試験前後の性能比較を実施し、機器の健全性ならびに動作性に異常のないこと。</u></p> <p>a. <u>高圧および低圧時における定格流量点で設計揚程の [] の範囲にあること。</u></p> <p>b. <u>高圧時による性能試験で、必要揚程を下回らないこと。</u></p> <p>c. <u>高圧時による性能試験で、設定縮切揚程を上回らないこと。</u></p> <p>d. <u>正常にトリップ機能が動作すること</u></p> <p>e. <u>漏えいのないこと</u></p> <p>(6) <u>加振試験後に機器毎の部品に分解し、外観目視点検により損傷のないこと。</u></p> <p><u>加振試験における機能確認済加速度と、島根2号炉高圧原子炉代替注水ポンプの動的機能維持における機能維持評価用加速度の比較を第3.2-1表に示す。また、試験体と島根2号炉高圧原子炉代替注水ポンプの主な仕様の比較を第3.2-2表に示す。</u></p>	

東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考																																												
		<p data-bbox="1774 302 2504 380"><u>第 3.2-1 表 機能確認済加速度と島根 2 号炉 高圧原子炉代替注水ポンプ機能維持評価用加速度の比較</u></p> <table border="1" data-bbox="1757 394 2504 611"> <thead> <tr> <th>方向</th> <th>島根 2 号炉 高圧原子炉代替注水ポンプ 機能維持評価用加速度^{注1} [G]</th> <th>試験により確認された 機能確認済加速度 [G]</th> <th>加振台加振試験時 最大加速度 [G]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>0.81</td> <td rowspan="3" style="background-color: black;"></td> <td rowspan="3" style="background-color: black;"></td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>0.81</td> </tr> <tr> <td>Z</td> <td>0.58</td> </tr> </tbody> </table> <p data-bbox="1757 617 2463 638">注 1 : 機能維持評価用加速度は、暫定値であり今後設計進捗により変更の可能性がある。</p> <p data-bbox="1792 751 2504 783"><u>第 3.2-2 表 高圧原子炉代替注水ポンプの主な仕様の比較</u></p> <table border="1" data-bbox="1792 821 2466 1203"> <thead> <tr> <th colspan="2"></th> <th>試験体</th> <th>島根 2 号炉 高圧原子炉代替注水 ポンプ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">外形寸法</td> <td></td> <td>1430mm (長さ)</td> <td>1394mm (長さ)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>940mm (幅)</td> <td>850mm (幅)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>1285mm (高さ)</td> <td>1251.5mm (高さ)</td> </tr> <tr> <td>重量</td> <td></td> <td>3740kg</td> <td>3280kg</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">ポンプ</td> <td>種類</td> <td colspan="2">ターボ形</td> </tr> <tr> <td>容量</td> <td>136 m³/h</td> <td>93 m³/h</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">原動機</td> <td>種類</td> <td colspan="2">背圧式蒸気タービン</td> </tr> <tr> <td>出力</td> <td>553kW</td> <td>567kW</td> </tr> </tbody> </table>	方向	島根 2 号炉 高圧原子炉代替注水ポンプ 機能維持評価用加速度 ^{注1} [G]	試験により確認された 機能確認済加速度 [G]	加振台加振試験時 最大加速度 [G]	X	0.81			Y	0.81	Z	0.58			試験体	島根 2 号炉 高圧原子炉代替注水 ポンプ	外形寸法		1430mm (長さ)	1394mm (長さ)		940mm (幅)	850mm (幅)		1285mm (高さ)	1251.5mm (高さ)	重量		3740kg	3280kg	ポンプ	種類	ターボ形		容量	136 m ³ /h	93 m ³ /h	原動機	種類	背圧式蒸気タービン		出力	553kW	567kW	<p data-bbox="2546 260 2763 380">・資料構成の相違 【東海 2, 女川 2】 ②の相違</p>
方向	島根 2 号炉 高圧原子炉代替注水ポンプ 機能維持評価用加速度 ^{注1} [G]	試験により確認された 機能確認済加速度 [G]	加振台加振試験時 最大加速度 [G]																																												
X	0.81																																														
Y	0.81																																														
Z	0.58																																														
		試験体	島根 2 号炉 高圧原子炉代替注水 ポンプ																																												
外形寸法		1430mm (長さ)	1394mm (長さ)																																												
		940mm (幅)	850mm (幅)																																												
		1285mm (高さ)	1251.5mm (高さ)																																												
重量		3740kg	3280kg																																												
ポンプ	種類	ターボ形																																													
	容量	136 m ³ /h	93 m ³ /h																																												
原動機	種類	背圧式蒸気タービン																																													
	出力	553kW	567kW																																												

東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p style="text-align: right;"><u>参考資料 1</u></p> <p style="text-align: center;"><u>ガスタービン発電機の加振試験について</u></p> <p><u>米国 PWR 向けのガスタービン (以下「US-APWR ガスタービン」という。) について、加振試験が実施されている^[1]。</u></p> <p><u>島根 2 号炉のガスタービンと US-APWR ガスタービンは類似の仕様であることから、島根 2 号炉のガスタービン発電機に対する動的機能維持のための新たな検討の補足として、US-APWR ガスタービンに対する加振試験を示すとともに、US-APWR ガスタービンと島根 2 号炉のガスタービンの類似性を示す。</u></p> <p>1. <u>US-APWR ガスタービン加振試験</u></p> <p>1.1 <u>試験概要</u></p> <p><u>US-APWR ガスタービンは、米国における電気設備の加振試験に関して規定されている IEEE Std 344[2]に基づき試験が実施されている。実規模の試験における US-APWR ガスタービンの構造概要を第 1.1-1 図に示す。</u></p> <div style="display: flex; align-items: center; margin: 10px 0;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; border-right: 1px solid black; padding-right: 5px; margin-right: 5px;">外観</div> <div style="border: 1px solid black; width: 200px; height: 100px; margin-right: 5px;"></div> </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin: 10px 0;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; border-right: 1px solid black; padding-right: 5px; margin-right: 5px;">構造</div> <div style="border: 1px solid black; width: 200px; height: 100px; margin-right: 5px;"></div> </div> <p style="text-align: center;"><u>第 1.1-1 図 US-APWR ガスタービンの構造概要</u></p>	<p>・新たな検討が必要な設備の相違</p> <p>【東海 2, 女川 2】</p> <p>①の相違</p>

東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考								
		<p>1.2 振動特性把握試験</p> <p>1.2.1 試験条件</p> <p><u>振動特性把握試験における試験条件を第 1.2.1-1 表に示す。</u></p> <p><u>水平（軸方向，軸直方向）及び鉛直方向に対して、それぞれ 1～50Hz の振動数範囲で加振レベル約 0.1 G の正弦波掃引加振を実施し，ガスタービンの固有振動数を確認した。計測センサー取付位置を第 1.2.1-1 図に示す。</u></p> <p style="text-align: center;">第 1.2.1-1 表 正弦波掃引加振の試験条件</p> <table border="1" data-bbox="1822 699 2439 825"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>試験条件</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>掃引振動数</td> <td>1～50Hz</td> </tr> <tr> <td>加振レベル</td> <td>0.1G</td> </tr> <tr> <td>加振方向</td> <td>水平（軸方向，軸直方向）及び鉛直方向単独</td> </tr> </tbody> </table> <div data-bbox="1760 926 2502 1633" style="border: 1px solid black; height: 300px; margin: 10px 0;"></div> <p style="text-align: center;">第 1.2.1-1 図 計測センサー取付位置</p>	項目	試験条件	掃引振動数	1～50Hz	加振レベル	0.1G	加振方向	水平（軸方向，軸直方向）及び鉛直方向単独	<p>・新たな検討が必要な設備の相違</p> <p>【東海 2，女川 2】</p> <p>①の相違</p>
項目	試験条件										
掃引振動数	1～50Hz										
加振レベル	0.1G										
加振方向	水平（軸方向，軸直方向）及び鉛直方向単独										

東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p data-bbox="1760 258 2510 422"> <u>1.2.2 試験結果</u> <u>試験結果として得られた周波数応答関数を第1.2.2-1 図に、各軸方向での固有振動数を第1.2.2-1 表に示す。第1.2.2-1 表より、ガスタービンが剛構造であることを確認した。</u> </p> <div data-bbox="1751 478 2510 1717" style="border: 1px solid black; height: 590px; width: 256px; margin: 10px auto;"></div> <p data-bbox="1938 1738 2323 1770" style="text-align: center;"> <u>第1.2.2-1 図 周波数応答関数</u> </p>	<p data-bbox="2555 258 2813 422"> ・新たな検討が必要な設備の相違 【東海2, 女川2】 ①の相違 </p>

東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p data-bbox="1893 258 2362 289">第 1. 2. 2-1 表 各軸方向の固有振動数</p> <div data-bbox="1748 306 2507 716" style="border: 1px solid black; height: 195px; width: 256px;"></div>	<p data-bbox="2546 258 2813 422"> ・新たな検討が必要な 設備の相違 【東海 2, 女川 2】 ①の相違 </p>

東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)

女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)

島根原子力発電所 2号炉

備考

1.3 加振試験

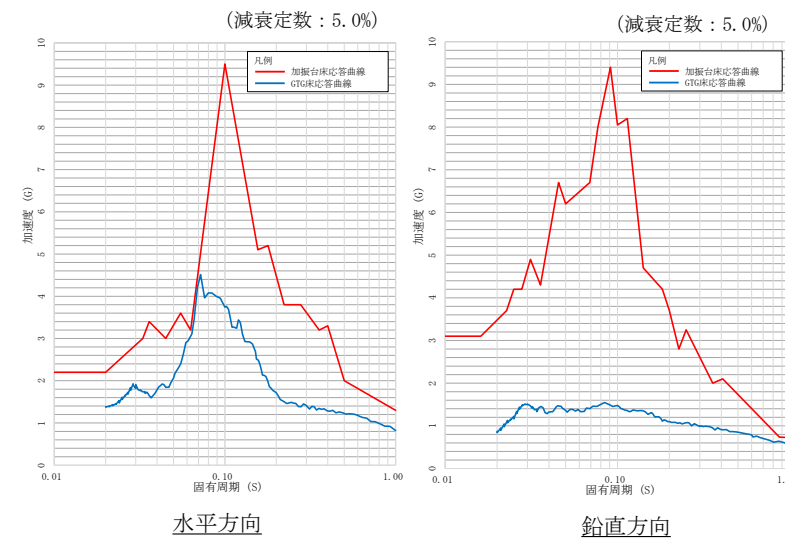
1.3.1 試験条件

加振試験における試験条件を第 1.3.1-1 表に示す。また、US-APWR ガスタービンの加振試験は地震波加振により実施されている為、参考として加振台床応答曲線と島根 2 号炉のガスタービン設置位置における床応答曲線（以下「GTG 床応答曲線」という。）の比較を第 1.3.1-1 図に示す。なお、第 1.3.1-1 図に示す加振台床応答曲線の減衰定数は、IEEE Std 344^[2]に基づき、米国の加振試験における加振波の設定において推奨されている減衰定数 5.0%を用いている。

・新たな検討が必要な設備の相違
【東海 2, 女川 2】
①の相違

第 1.3.1-1 表 加振試験条件

項目	試験条件
試験体	US-APWR ガスタービン (発電機部分を除く)
加振地震波	ランダム波
加振方向	水平 1 方向 + 鉛直方向の 2 軸同時加振試験
運転状態	・ 停止中加振 ・ 運転中加振 ・ 加振中起動
取付条件	振動台上に設置された台板にボルトにて取り付け



第 1.3.1-1 図 加振台床応答曲線と GTG 床応答曲線の比較

東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考														
		<p>1.3.2 試験結果</p> <p><u>US-APWR ガスタービンの試験結果を第 1.3.2-1 表に示す。加振試験時及び加振試験後において、ガスタービンの運転性能に異常は確認されず、US-APWR ガスタービンの機能確認済加速度として、水平方向：2.2G，鉛直方向：3.1Gが得られた。</u></p> <p style="text-align: center;"><u>第 1.3.2-1 表 加振試験結果</u></p> <table border="1" data-bbox="1774 579 2487 898"> <thead> <tr> <th colspan="2">項目</th> <th>試験結果</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">最大 加速度</td> <td>水平</td> <td>2. 2 G</td> </tr> <tr> <td>鉛直</td> <td>3. 1 G</td> </tr> <tr> <td colspan="2">試験結果</td> <td>全ての運転状態（停止中加振，運転中加振，加振中起動）において，ガスタービンの運転性能に異常のないことを確認した。</td> </tr> <tr> <td colspan="2">試験後確認</td> <td>試験後の確認運転において，ガスタービンの運転性能に異常のないことを確認した。また，試験後の開放点検においても，外観，寸法，構成部品の作動に異常のないことを確認した。</td> </tr> </tbody> </table>	項目		試験結果	最大 加速度	水平	2. 2 G	鉛直	3. 1 G	試験結果		全ての運転状態（停止中加振，運転中加振，加振中起動）において，ガスタービンの運転性能に異常のないことを確認した。	試験後確認		試験後の確認運転において，ガスタービンの運転性能に異常のないことを確認した。また，試験後の開放点検においても，外観，寸法，構成部品の作動に異常のないことを確認した。	<p>・新たな検討が必要な設備の相違</p> <p>【東海 2，女川 2】</p> <p>①の相違</p>
項目		試験結果															
最大 加速度	水平	2. 2 G															
	鉛直	3. 1 G															
試験結果		全ての運転状態（停止中加振，運転中加振，加振中起動）において，ガスタービンの運転性能に異常のないことを確認した。															
試験後確認		試験後の確認運転において，ガスタービンの運転性能に異常のないことを確認した。また，試験後の開放点検においても，外観，寸法，構成部品の作動に異常のないことを確認した。															

東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考																																				
		<p>2. 島根2号炉のガスタービンとUS-APWRガスタービンの類似性</p> <p>US-APWRガスタービンと島根2号炉のガスタービンの主な仕様の比較を第2-1表に、ガスタービン機関の構造概要の比較を第2-1図に示す。また、US-APWRガスタービン加振試験における機能確認済加速度と、島根2号炉ガスタービンの動的機能維持における機能維持評価用加速度の比較を第2-2表に示す。</p> <p>第2-1表及び第2-1図の通り、US-APWRガスタービンと島根2号炉のガスタービンは類似している。また、島根2号炉の機能維持評価用加速度を上回る加速度による加振試験により健全性が確認されている。このため、島根2号炉のガスタービンにおいても加振試験に対して同等の健全性を有すると考えられる。</p> <p style="text-align: center;">第2-1表 ガスタービンの主な仕様の比較</p> <table border="1" data-bbox="1795 840 2487 1402"> <thead> <tr> <th colspan="2"></th> <th>US-APWRガスタービン</th> <th>島根2号炉ガスタービン</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="5">型式</td> <td>エンジン基数</td> <td colspan="2" rowspan="5" style="background-color: #cccccc;"></td> </tr> <tr> <td rowspan="4">構造</td> <td>圧縮機</td> </tr> <tr> <td>タービン</td> </tr> <tr> <td>燃焼器</td> </tr> <tr> <td>減速機</td> </tr> <tr> <td>外形寸法</td> <td>2877 mm(全長) 2180 mm(幅) 2275 mm(高さ)</td> <td>同左</td> </tr> <tr> <td>定格出力 [発電機出力]</td> <td>5,625 kVA [4,500 kW]</td> <td>6,000 kVA [4,800 kW]</td> </tr> <tr> <td>電圧</td> <td>6,900 V</td> <td>同左</td> </tr> <tr> <td>周波数</td> <td>60 Hz</td> <td>同左</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">回転数</td> <td>ガスタービン</td> <td colspan="2" style="background-color: #cccccc;"></td> </tr> <tr> <td>発電機</td> <td>1,800 min⁻¹</td> <td>同左</td> </tr> <tr> <td>始動方式</td> <td>空気始動方式</td> <td colspan="2">電気始動方式</td> </tr> </tbody> </table>			US-APWRガスタービン	島根2号炉ガスタービン	型式	エンジン基数			構造	圧縮機	タービン	燃焼器	減速機	外形寸法	2877 mm(全長) 2180 mm(幅) 2275 mm(高さ)	同左	定格出力 [発電機出力]	5,625 kVA [4,500 kW]	6,000 kVA [4,800 kW]	電圧	6,900 V	同左	周波数	60 Hz	同左	回転数	ガスタービン			発電機	1,800 min ⁻¹	同左	始動方式	空気始動方式	電気始動方式		<p>・新たな検討が必要な設備の相違</p> <p>【東海2, 女川2】</p> <p>①の相違</p>
		US-APWRガスタービン	島根2号炉ガスタービン																																				
型式	エンジン基数																																						
	構造			圧縮機																																			
				タービン																																			
				燃焼器																																			
				減速機																																			
外形寸法	2877 mm(全長) 2180 mm(幅) 2275 mm(高さ)	同左																																					
定格出力 [発電機出力]	5,625 kVA [4,500 kW]	6,000 kVA [4,800 kW]																																					
電圧	6,900 V	同左																																					
周波数	60 Hz	同左																																					
回転数	ガスタービン																																						
	発電機	1,800 min ⁻¹	同左																																				
始動方式	空気始動方式	電気始動方式																																					

東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	女川原子力発電所 2号炉 (2020. 2. 7 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考								
		<div data-bbox="1783 310 2502 726" style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 50%;">US-APWR ガスタービン</td> <td style="width: 50%;">島根2号炉ガスタービン</td> </tr> <tr> <td style="height: 150px;"></td> <td style="height: 150px;"></td> </tr> </table> </div> <p style="text-align: center;">第2-1 図 ガスタービン機関の構造概要の比較</p> <p style="text-align: center; color: red;">第2-2表 US-APWRガスタービンの機能確認済加速度と島根2号炉ガスタービン機能維持評価用加速度の比較</p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center; margin-bottom: 10px;"> <tr> <td style="width: 50%;">US-APWR ガスタービンの試験により確認された機能確認済加速度 [G]</td> <td style="width: 50%;">島根2号炉ガスタービン機能維持評価用加速度^{注1} [G]</td> </tr> <tr> <td>水平：2.2 鉛直：3.1</td> <td>水平：1.47 鉛直：0.69</td> </tr> </table> <p style="font-size: small;">注1：機能維持評価用加速度は、暫定値であり今後設計進捗により変更の可能性がある。</p> <p>【参考文献】</p> <p>[1] <u>Mitsubishi Heavy Industries, LTD., "Initial Type Test Result of Class 1E Gas Turbine Generator System" (MUAP-10023-NP[R7]), December 2013</u></p> <p>[2] <u>IEEE Recommended Practice for Seismic Qualification of Class 1E Equipment for Nuclear Power Generating Stations</u></p>	US-APWR ガスタービン	島根2号炉ガスタービン			US-APWR ガスタービンの試験により確認された機能確認済加速度 [G]	島根2号炉ガスタービン機能維持評価用加速度 ^{注1} [G]	水平：2.2 鉛直：3.1	水平：1.47 鉛直：0.69	<p>・新たな検討が必要な設備の相違</p> <p>【東海2, 女川2】</p> <p>①の相違</p>
US-APWR ガスタービン	島根2号炉ガスタービン										
US-APWR ガスタービンの試験により確認された機能確認済加速度 [G]	島根2号炉ガスタービン機能維持評価用加速度 ^{注1} [G]										
水平：2.2 鉛直：3.1	水平：1.47 鉛直：0.69										

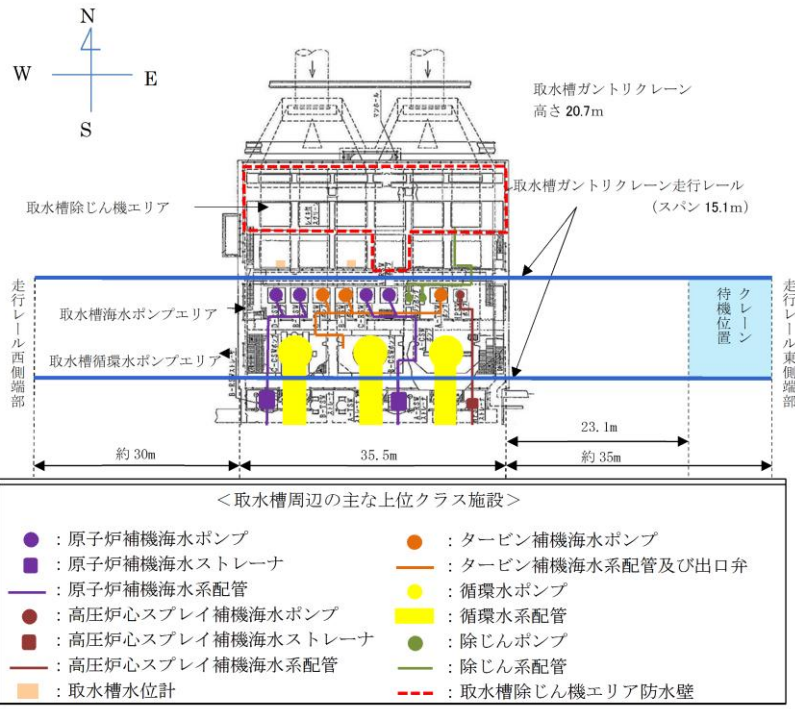
実線・・・設備運用又は体制等の相違（設計方針の相違）
 波線・・・記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

まとめ資料比較表 [4条 地震による損傷の防止 別紙-18]

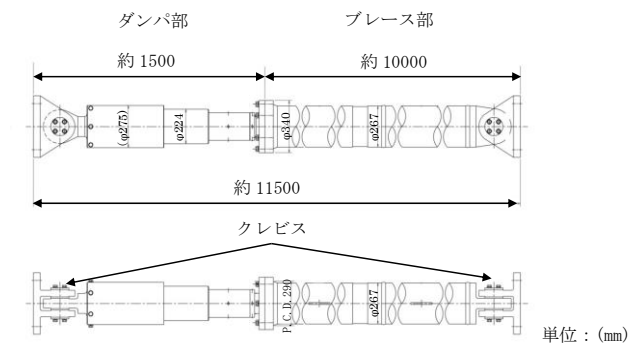
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p style="text-align: center;"><u>別紙-18 機器・配管系への制震装置の適用について</u></p> <p style="text-align: center;">目次</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 概要 2. 単軸粘性ダンパの取水槽ガントリクレーンへの設置 <ol style="list-style-type: none"> 2.1 基本方針 <ol style="list-style-type: none"> 2.1.1 要求事項 2.1.2 構造の概要 2.1.3 設計方針 2.1.4 適用規格 2.2 耐震評価方法 <ol style="list-style-type: none"> 2.2.1 評価方針 2.2.2 単軸粘性ダンパの配置検討 2.2.3 性能試験及び解析モデル 2.2.4 地震応答解析手法 2.2.5 単軸粘性ダンパ評価 2.2.6 機器評価 2.3 耐震評価結果 3. 三軸粘性ダンパの配管系への設置 <ol style="list-style-type: none"> 3.1 基本方針 <ol style="list-style-type: none"> 3.1.1 要求事項 3.1.2 構造の概要 3.1.3 設計方針 3.1.4 適用規格 3.2 耐震評価方法 <ol style="list-style-type: none"> 3.2.1 評価方針 3.2.3 性能試験及び解析モデル 3.2.4 地震応答解析手法 3.2.5 三軸粘性ダンパ評価 3.2.6 配管系評価 3.3 耐震評価結果 <ol style="list-style-type: none"> 3.3.1 評価条件 3.3.2 評価結果 4. 実績との比較 5. まとめ 	<p>・対象設備の相違 【柏崎 6/7, 東海第二】 島根 2号炉では、制震装置を適用した機器・配管系の地震応答解析手法を用いる。</p>

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p style="text-align: center;">添 付 資 料</p> <p>1-1 制震装置の減衰性能に影響する検討項目の抽出</p> <p>1-2 既工認実績のある制震装置との差異の整理</p> <p>1-3 Time History Broadening の概要</p> <p>1-4 新規制基準適合性審査の実績等を踏まえた検討事項に対する考察</p> <p>1-5 制震装置に応じた減衰性能の表現及びモデル化</p> <p>2-1 取水槽ガントリクレーンに設置する制震装置の選定</p> <p>2-2 単軸粘性ダンパの性能試験方法</p> <p>2-3 単軸粘性ダンパの特性試験</p> <p>2-4 単軸粘性ダンパを設置した取水槽ガントリクレーンの地震応答解析手法</p> <p>2-5 単軸粘性ダンパの減衰性能と取水槽ガントリクレーンの応答の関係</p> <p>3-1 三軸粘性ダンパの低速移動時の拘束力</p> <p>3-2 配管系に設置する制震装置の選定</p> <p>3-3 三軸粘性ダンパに関する ASME Boiler and Pressure Vessel Code の記載</p> <p>3-4 三軸粘性ダンパを設置した配管系の加振試験の概要</p> <p>3-5 三軸粘性ダンパの減衰性能及び解析モデルによる表現</p> <p>3-6 三軸粘性ダンパの特性試験</p> <p>3-7 三軸粘性ダンパの据付公差による減衰性能への影響</p> <p>3-8 三軸粘性ダンパの性能試験方法</p> <p>3-9 三軸粘性ダンパを設置した配管系の地震応答解析手法</p> <p>3-10 三軸粘性ダンパの減衰性能と配管系の応答の関係</p> <p>3-11 三軸粘性ダンパの配管への取付部の設計について</p> <p>3-12 三軸粘性ダンパの耐震評価方法に関する海外実績との比較</p>	

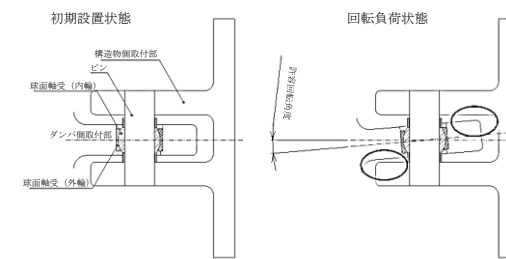
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>1. 概要</p> <p>島根2号炉において、波及的影響を防止するための対策を行う取水槽ガントリクレーン及びBクラスの配管系に、耐震性向上を目的として制震装置を設置する。</p> <p>大きな地震力が作用する機器・配管系に対して、耐震構造による補強では設計及び施工が困難となる場合、制震装置の設置により地震応答を低減することは有効な耐震補強の手法のひとつである。</p> <p>制震装置の適用にあたっては、その減衰性能を適切にモデル化し、制震装置を組み込んだ機器・配管系の地震応答解析を実施する必要がある。本資料では、制震装置の構造、作動原理等を示した上で、制震装置の減衰性能を適切に考慮したモデル化及び地震応答解析手法について説明する。また、取水槽ガントリクレーンの車輪部のすべり、浮上り等の非線形挙動のモデル化及び解析手法については、別紙ー7 添付資料ー2「取水槽ガントリクレーンへの非線形時刻歴解析の適用について」に示す。</p> <p>なお、制震装置（単軸粘性ダンパ）の設置は、島根2号炉、島根3号炉及び柏崎6 / 7号炉等の排気筒で実績がある。</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>2. 単軸粘性ダンパの取水槽ガントリクレーンへの設置</p> <p>2.1 基本方針</p> <p>2.1.1 要求事項</p> <p>取水槽ガントリクレーンは、取水槽海水ポンプエリア及び取水槽循環水ポンプエリアを跨いで設置されており、原子炉補機海水ポンプ等のメンテナンスに使用される設備である。取水槽ガントリクレーンの設置位置及び取水槽周辺の上位クラス施設概要を第2-1図に示す。</p> <p>発電所の運転中などメンテナンスを実施しない期間は、取水槽ガントリクレーンは待機位置に待機しており、周辺の上位クラス施設とは十分な離隔距離があることから波及的影響を及ぼすおそれはない。一方で、定期検査中など原子炉補機海水ポンプ等のメンテナンスを実施する期間には、上位クラス施設が設置されている取水槽海水ポンプエリア付近に位置することとなるため、基準地震動Ssによる地震力に対して取水槽ガントリクレーンが損傷、転倒及び落下することで、上位クラス施設へ波及的影響を及ぼさないことが要求される。</p>  <p>第2-1図 取水槽ガントリクレーンの設置位置及び取水槽周辺の上位クラス施設概要</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>2.1.2 構造の概要</p> <p>(1) 取水槽ガントリクレーンの構造概要</p> <p>取水槽ガントリクレーンの構造を第2-2図に示す。脚はガーダを支持し、下部には走行車輪が設置されている。ガーダは脚の上部にあり、その上面にトロリが移動するための横行レールが設置されており、下部にはホイストレールが設置されている。原子炉補機海水ポンプ等のメンテナンス時には、トロリに設置された巻上げ装置（主巻）、又はホイストを使用して、ワイヤロープ及びフックを介し、吊荷の吊上げ、吊下げ、移動等の作業を実施する。</p> <p>取水槽ガントリクレーンは大型の構造物であり、制震装置の設置による地震荷重の低減が耐震性向上に有効である。取水槽ガントリクレーンの応答は、横行方向に脚が変形する振動モードが支配的であり、ガーダと脚の間にブレースを介して単軸粘性ダンパを制震装置として設置する。制震装置選定の考え方を添付資料2-1に示す。単軸粘性ダンパの設置は、島根2号炉、島根3号炉及び柏崎6 / 7号炉等の排気筒で実績がある。</p> <p>単軸粘性ダンパ取付部の構造を第2-3図に示す。ダンパ本体の長さは標準設計の約1.5mとし、これに約10mのブレースを接続している。単軸粘性ダンパとガーダの接続部、ブレースと脚の接続部にはクレビスと呼ぶ回転部を設けている。このクレビスは単軸粘性ダンパの伸縮方向と直交する一方向にはピンを軸として自由に回転可能となっている。また、ピンの軸受部は球面軸受となっており、クレビスの回転方向以外の方向にも約3度の許容回転角度を有することで、単軸粘性ダンパに伸縮方向以外の荷重が加わらない構造としている。単軸粘性ダンパ及び取付部材の質量は適切に地震応答解析モデルに反映する。</p> <div data-bbox="1757 1388 2481 1770" style="border: 1px solid black; height: 180px; width: 100%;"></div> <p style="text-align: center;">第2-2図 取水槽ガントリクレーンの構造</p>	



単軸粘性ダンパ及びブレースの構造



クレビス部詳細

第2-3図 単軸粘性ダンパ取付部の構造

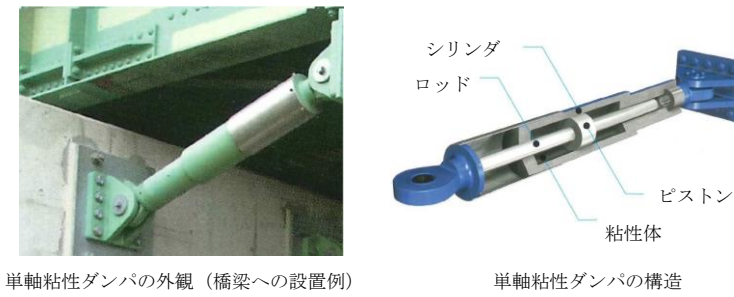
(2) 単軸粘性ダンパの構造概要

取水槽ガントリークレーンに設置する単軸粘性ダンパの仕様を第2-1表に示す。また、単軸粘性ダンパの外観及び構造を第2-4図に示す。単軸粘性ダンパは主にシリンダ、ピストン、ロッド及び粘性体により構成されている。単軸粘性ダンパの粘性体は化学的に安定であり、消防法で定められている危険物に該当しない。

単軸粘性ダンパの動作原理を第2-5図に示す。単軸粘性ダンパは、ピストン、ロッドが軸方向に移動することにより、シリンダ内面とピストン外面の間に形成されるオリフィス部を粘性体が流れ、その抵抗力により減衰性能を発揮するものであり、自重等の静的荷重は支持しない。

第2-1表 単軸粘性ダンパの仕様

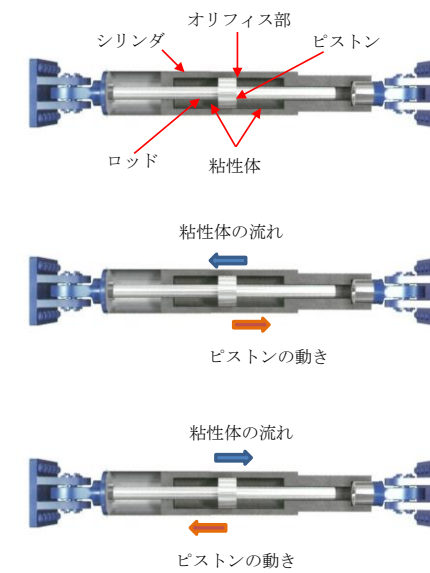
定格荷重 (kN)	全長 (mm)	外径 (mm)	質量 (kg)	許容荷重 (kN)	許容変位 (mm)
220	1535	224	533	300	100



単軸粘性ダンパの外観 (橋梁への設置例)

単軸粘性ダンパの構造

第 2-4 図 単軸粘性ダンパの外観及び構造



第 2-5 図 単軸粘性ダンパの動作原理

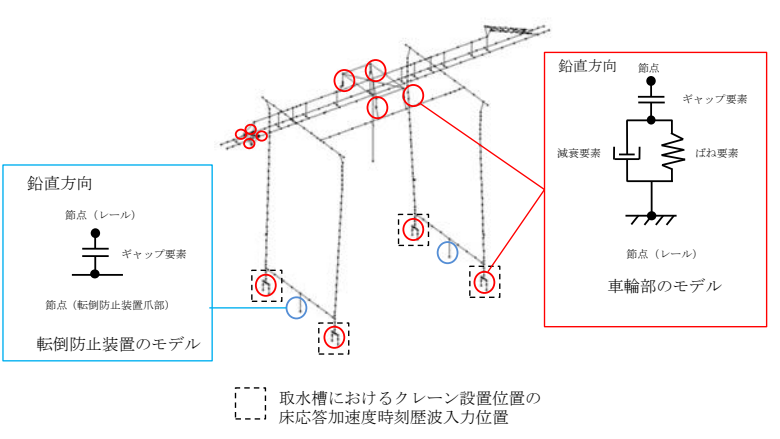
2.1.3 設計方針

単軸粘性ダンパを設置した取水槽ガントリクレーンの耐震設計フローを第 2-6 図に、設計プロセスを第 2-2 表に示す。また、単軸粘性ダンパ設置前の取水槽ガントリクレーンと単軸粘性ダンパを設置した取水槽ガントリクレーンの地震応答解析モデルを第 2-7 図に示す。単軸粘性ダンパ設置前の地震応答解析モデルに制震装置を適切にモデル化して追加するという考え方は、既工認実績のある排気筒のモデル化の考え方と同様である。

第 2-6 図の耐震設計フローは、基本的に一般的な機器の設計フローと同じであるが、第 2-6 図における単軸粘性ダンパを設置することに伴う追加の設計プロセスについて、2.2 項にて詳細に説明する。

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>第2-6 図 単軸粘性ダンパを設置した取水槽ガントリクレーンの耐震設計フロー</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考																																																
		<p>第2-2表 単軸粘性ダンパを設置した取水槽ガントリクレーンの設計プロセス</p> <table border="1" data-bbox="1745 300 2502 1241"> <thead> <tr> <th>番号*1</th> <th>実施事項</th> <th>内容</th> <th>追加設計プロセス</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>(1)</td> <td>設計条件の決定</td> <td>取水槽ガントリクレーンの仕様, 設計条件を決定する。</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>(2)</td> <td>取水槽ガントリクレーンのモデル化</td> <td>取水槽ガントリクレーン本体を構成する主要部材を質点及びはり要素でモデル化し, 車輪部のすべり及び浮上り等の非線形挙動をギャップ要素, ばね要素及び減衰要素でモデル化する。</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>(3)</td> <td>単軸粘性ダンパの配置検討</td> <td>単軸粘性ダンパの配置を検討する。</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>(4)</td> <td>単軸粘性ダンパの性能評価方針の検討</td> <td>単軸粘性ダンパの減衰性能への影響の検討を要する項目を抽出し, 性能試験及びモデル化における対応方針の検討を行う。</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>(5)</td> <td>単軸粘性ダンパの性能試験</td> <td>単軸粘性ダンパの実機使用条件を踏まえた性能試験条件を設定し, 性能試験を実施する。</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>(6)</td> <td>単軸粘性ダンパのモデル化</td> <td>性能試験結果から単軸粘性ダンパの減衰性能をMaxwellモデルによりモデル化する。また, 減衰性能のばらつきを考慮して, 地震応答解析モデルにおける減衰性能を設定する。</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>(7)</td> <td>単軸粘性ダンパの解析モデルの追加</td> <td>取水槽ガントリクレーンの地震応答解析モデルに単軸粘性ダンパをモデル化したMaxwellモデルを追加する。</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>(8)</td> <td>地震応答解析の実施</td> <td>地震応答解析を実施し, 応力, 変位等を求める。</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>(9)</td> <td>単軸粘性ダンパ評価</td> <td>地震応答解析により得られた応答値が性能試験条件の範囲内であること及び単軸粘性ダンパの許容限界が満たされていることを確認する。</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>(10)</td> <td>機器評価</td> <td>地震応答解析結果を基に, 発生応力, 浮上り量, 吊具荷重が許容値以内であることを確認する。</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>(11)</td> <td>詳細構造設計</td> <td>地震応答解析結果を基に, 各部の詳細構造設計を行う。</td> <td>—</td> </tr> </tbody> </table> <p>※1: 番号は第2-6図の耐震設計フローの番号に対応している。</p>	番号*1	実施事項	内容	追加設計プロセス	(1)	設計条件の決定	取水槽ガントリクレーンの仕様, 設計条件を決定する。	—	(2)	取水槽ガントリクレーンのモデル化	取水槽ガントリクレーン本体を構成する主要部材を質点及びはり要素でモデル化し, 車輪部のすべり及び浮上り等の非線形挙動をギャップ要素, ばね要素及び減衰要素でモデル化する。	—	(3)	単軸粘性ダンパの配置検討	単軸粘性ダンパの配置を検討する。	○	(4)	単軸粘性ダンパの性能評価方針の検討	単軸粘性ダンパの減衰性能への影響の検討を要する項目を抽出し, 性能試験及びモデル化における対応方針の検討を行う。	○	(5)	単軸粘性ダンパの性能試験	単軸粘性ダンパの実機使用条件を踏まえた性能試験条件を設定し, 性能試験を実施する。	○	(6)	単軸粘性ダンパのモデル化	性能試験結果から単軸粘性ダンパの減衰性能をMaxwellモデルによりモデル化する。また, 減衰性能のばらつきを考慮して, 地震応答解析モデルにおける減衰性能を設定する。	○	(7)	単軸粘性ダンパの解析モデルの追加	取水槽ガントリクレーンの地震応答解析モデルに単軸粘性ダンパをモデル化したMaxwellモデルを追加する。	○	(8)	地震応答解析の実施	地震応答解析を実施し, 応力, 変位等を求める。	—	(9)	単軸粘性ダンパ評価	地震応答解析により得られた応答値が性能試験条件の範囲内であること及び単軸粘性ダンパの許容限界が満たされていることを確認する。	○	(10)	機器評価	地震応答解析結果を基に, 発生応力, 浮上り量, 吊具荷重が許容値以内であることを確認する。	—	(11)	詳細構造設計	地震応答解析結果を基に, 各部の詳細構造設計を行う。	—	
番号*1	実施事項	内容	追加設計プロセス																																																
(1)	設計条件の決定	取水槽ガントリクレーンの仕様, 設計条件を決定する。	—																																																
(2)	取水槽ガントリクレーンのモデル化	取水槽ガントリクレーン本体を構成する主要部材を質点及びはり要素でモデル化し, 車輪部のすべり及び浮上り等の非線形挙動をギャップ要素, ばね要素及び減衰要素でモデル化する。	—																																																
(3)	単軸粘性ダンパの配置検討	単軸粘性ダンパの配置を検討する。	○																																																
(4)	単軸粘性ダンパの性能評価方針の検討	単軸粘性ダンパの減衰性能への影響の検討を要する項目を抽出し, 性能試験及びモデル化における対応方針の検討を行う。	○																																																
(5)	単軸粘性ダンパの性能試験	単軸粘性ダンパの実機使用条件を踏まえた性能試験条件を設定し, 性能試験を実施する。	○																																																
(6)	単軸粘性ダンパのモデル化	性能試験結果から単軸粘性ダンパの減衰性能をMaxwellモデルによりモデル化する。また, 減衰性能のばらつきを考慮して, 地震応答解析モデルにおける減衰性能を設定する。	○																																																
(7)	単軸粘性ダンパの解析モデルの追加	取水槽ガントリクレーンの地震応答解析モデルに単軸粘性ダンパをモデル化したMaxwellモデルを追加する。	○																																																
(8)	地震応答解析の実施	地震応答解析を実施し, 応力, 変位等を求める。	—																																																
(9)	単軸粘性ダンパ評価	地震応答解析により得られた応答値が性能試験条件の範囲内であること及び単軸粘性ダンパの許容限界が満たされていることを確認する。	○																																																
(10)	機器評価	地震応答解析結果を基に, 発生応力, 浮上り量, 吊具荷重が許容値以内であることを確認する。	—																																																
(11)	詳細構造設計	地震応答解析結果を基に, 各部の詳細構造設計を行う。	—																																																

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		 <p data-bbox="1765 640 2493 661">単軸粘性ダンパを設置前の取水槽ガントリクレーンの地震応答解析モデル</p> <p data-bbox="1765 1165 2493 1186">単軸粘性ダンパを設置した取水槽ガントリクレーンの地震応答解析モデル</p>	
		<p data-bbox="1765 1197 2493 1228">第2-7 図 取水槽ガントリクレーンの地震応答解析モデル</p> <p data-bbox="1736 1291 1944 1323">2.1.4 適用規格</p> <p data-bbox="1736 1333 2507 1407">取水槽ガントリクレーンの設計には、以下の規格（以下「J E A G 4 6 0 1 等」という。）を適用する。</p> <ul data-bbox="1736 1417 2507 1816" style="list-style-type: none"> ・「原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987」 （社）日本電気協会 ・「原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補-1984」（社）日本電気協会 ・「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」（社）日本電気協会 ・「発電用原子力設備規格 設計・建設規格（2005年版（2007年追補版を含む））＜第I編 軽水炉規格＞JSME S NC1-2005 /2007」（日本機械学会） 	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考																															
		<p>取水槽ガントリクレーンの設計における適用規格の適用範囲について第2-3表に示す。</p> <p>第2-3表 単軸粘性ダンパを設置した取水槽ガントリクレーンの適用規格及び適用範囲</p> <table border="1" data-bbox="1745 436 2496 1010"> <thead> <tr> <th>適用対象</th> <th>適用範囲</th> <th>適用規格</th> <th>適用の考え方</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">取水槽 ガントリ クレーン全体</td> <td>減衰定数</td> <td>— (振動試験結果)</td> <td>振動試験結果を踏まえ設計評価用として安全側に設定した減衰定数を採用する(別紙-7添付資料-6「最新知見として得られた減衰定数の採用について」参照)。</td> </tr> <tr> <td>一般事項</td> <td rowspan="2">J E A G 4 6 0 1 等</td> <td rowspan="2">従来のクレーンの評価と同様である。</td> </tr> <tr> <td>構造強度評価</td> </tr> <tr> <td>吊具</td> <td>構造強度評価</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>トロリ</td> <td>浮上り量評価</td> <td>— (構造寸法に基づく)</td> <td>クレーンの構造寸法に基づき設定する。</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">単軸粘性ダンパ</td> <td rowspan="2">構造強度評価</td> <td>許容荷重</td> <td>J E A G 4 6 0 1 等</td> <td>従来の機器・配管系の支持構造物と同様である。</td> </tr> <tr> <td>許容変位</td> <td>— (構造寸法に基づく)</td> <td>制震装置ごとの構造寸法に基づき設定する。</td> </tr> <tr> <td>減衰性能の設定</td> <td>— (性能試験結果)</td> <td>制震装置の特性に応じて試験結果に基づき設定する。</td> </tr> </tbody> </table> <p>2.2 耐震評価方法</p> <p>2.2.1 評価方針</p> <p>2.1.3 にて整理した単軸粘性ダンパを設置することに伴う追加の設計プロセスについて、具体的な評価方針を以下に示す。</p> <p>まず、取水槽ガントリクレーンの構造を考慮して、地震荷重の低減に効果的な単軸粘性ダンパの配置を検討する。次に、単軸粘性ダンパの減衰性能への影響の検討を要する項目を抽出し、性能試験及びモデル化における対応方針を検討する。単軸粘性ダンパのモデル化を行うために、実機使用条件を踏まえた性能試験条件により、実機に設置する単軸粘性ダンパを用いた性能試験を実施する。性能試験の結果に基づき減衰性能を設定し、単軸粘性ダンパを Maxwell モデルによりモデル化する。この Maxwell モデルを取水槽ガントリクレーンの地震応答解析モデルに追加し、地震応答解析を行う。単軸粘性ダンパの評価として、地震応答解析により得られた応答値が性能試験条件の範囲内であること及び単軸粘性ダンパの許容限界が満たされていることを確認する。</p>	適用対象	適用範囲	適用規格	適用の考え方	取水槽 ガントリ クレーン全体	減衰定数	— (振動試験結果)	振動試験結果を踏まえ設計評価用として安全側に設定した減衰定数を採用する(別紙-7添付資料-6「最新知見として得られた減衰定数の採用について」参照)。	一般事項	J E A G 4 6 0 1 等	従来のクレーンの評価と同様である。	構造強度評価	吊具	構造強度評価			トロリ	浮上り量評価	— (構造寸法に基づく)	クレーンの構造寸法に基づき設定する。	単軸粘性ダンパ	構造強度評価	許容荷重	J E A G 4 6 0 1 等	従来の機器・配管系の支持構造物と同様である。	許容変位	— (構造寸法に基づく)	制震装置ごとの構造寸法に基づき設定する。	減衰性能の設定	— (性能試験結果)	制震装置の特性に応じて試験結果に基づき設定する。	
適用対象	適用範囲	適用規格	適用の考え方																															
取水槽 ガントリ クレーン全体	減衰定数	— (振動試験結果)	振動試験結果を踏まえ設計評価用として安全側に設定した減衰定数を採用する(別紙-7添付資料-6「最新知見として得られた減衰定数の採用について」参照)。																															
	一般事項	J E A G 4 6 0 1 等	従来のクレーンの評価と同様である。																															
	構造強度評価																																	
吊具	構造強度評価																																	
トロリ	浮上り量評価	— (構造寸法に基づく)	クレーンの構造寸法に基づき設定する。																															
単軸粘性ダンパ	構造強度評価	許容荷重	J E A G 4 6 0 1 等	従来の機器・配管系の支持構造物と同様である。																														
		許容変位	— (構造寸法に基づく)	制震装置ごとの構造寸法に基づき設定する。																														
	減衰性能の設定	— (性能試験結果)	制震装置の特性に応じて試験結果に基づき設定する。																															

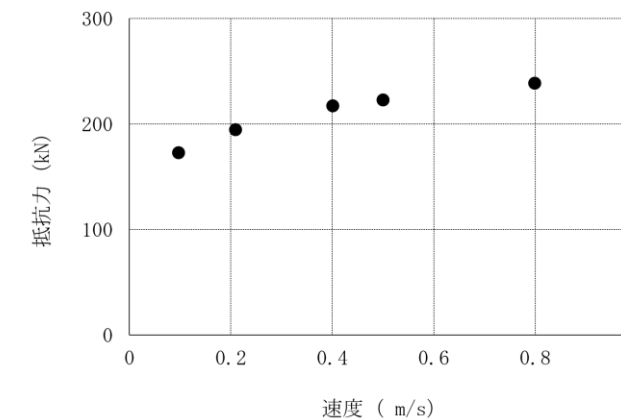
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考																
		<p>2.2.2 単軸粘性ダンパの配置検討</p> <p>取水槽ガントリクレーンの構造を考慮して、地震荷重の低減に効果的な単軸粘性ダンパの配置を検討する。単軸粘性ダンパはピストン、ロッドが軸方向に移動することで生じる抵抗力により減衰性能を発揮するため、大きな変位が生じる取水槽ガントリクレーンのガーダと脚の間に設置する。</p> <p>2.2.3 性能試験及び解析モデル</p> <p>(1)単軸粘性ダンパの性能評価方針の検討</p> <p>単軸粘性ダンパを設置した取水槽ガントリクレーンの評価においては単軸粘性ダンパの減衰性能を適切に取得して設定することが重要であるため、単軸粘性ダンパの性能試験及びモデル化にあたって、減衰性能への影響の検討を要する項目を「免震構造の審査手引きの提案(平成26年1月) 独立行政法人原子力安全基盤機構」を参照して抽出した(添付資料1-1参照)。減衰性能への影響の検討結果を第2-4表に示す。減衰性能に影響する項目については、減衰性能を取得するための性能試験条件の設定において適切に考慮する、若しくは地震応答解析においてばらつきとして考慮する方針とする。</p> <p>第2-4表 減衰性能への影響の検討結果(単軸粘性ダンパ)</p> <table border="1" data-bbox="1754 1146 2487 1425"> <thead> <tr> <th>No.</th> <th>項目</th> <th>減衰性能への影響</th> <th>対応方針</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>連続加振</td> <td>連続加振による減衰性能への影響は十分小さいことを試験により確認している(添付資料2-3参照)。</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>振動数</td> <td>減衰性能は、加振振動数によって±10%以内の範囲で変動することを試験により確認した(添付資料2-3参照)。</td> <td>左記の変動及びばらつき要因を合わせて、±20%の</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>製造公差</td> <td>製造公差による減衰性能のばらつきは±10%以内で管理する。</td> <td>減衰性能のばらつきを考慮する。</td> </tr> </tbody> </table> <p>(2)単軸粘性ダンパの性能試験</p> <p>a. 性能試験条件の設定</p> <p>単軸粘性ダンパの実機使用条件を踏まえ、性能試験条件を設定する。</p> <p>加振振動数による単軸粘性ダンパの減衰性能の変動は比較的小さいことを踏まえ、単軸粘性ダンパの許容変位100mmの中で実機使用条件を含む幅広い試験速度(0.1~0.8m/s)を設定して性能試験を実施する。単軸粘性ダンパの性能試験条件を第2-5表に示す。</p>	No.	項目	減衰性能への影響	対応方針	1	連続加振	連続加振による減衰性能への影響は十分小さいことを試験により確認している(添付資料2-3参照)。	—	2	振動数	減衰性能は、加振振動数によって±10%以内の範囲で変動することを試験により確認した(添付資料2-3参照)。	左記の変動及びばらつき要因を合わせて、±20%の	3	製造公差	製造公差による減衰性能のばらつきは±10%以内で管理する。	減衰性能のばらつきを考慮する。	
No.	項目	減衰性能への影響	対応方針																
1	連続加振	連続加振による減衰性能への影響は十分小さいことを試験により確認している(添付資料2-3参照)。	—																
2	振動数	減衰性能は、加振振動数によって±10%以内の範囲で変動することを試験により確認した(添付資料2-3参照)。	左記の変動及びばらつき要因を合わせて、±20%の																
3	製造公差	製造公差による減衰性能のばらつきは±10%以内で管理する。	減衰性能のばらつきを考慮する。																

b. 性能試験の実施

設定した性能試験条件により、単軸粘性ダンパの性能試験を実施する。性能試験の詳細について添付資料 2-2 に示す。地震応答解析に適用する単軸粘性ダンパの減衰性能は、実機に設置する単軸粘性ダンパについて性能試験を実施のうえ設定する。単軸粘性ダンパは抵抗力が速度の 0.1 乗に比例するように設計されており、非線形の挙動を示すことから、その減衰性能は抵抗力と速度の関係で把握する。性能試験結果により取得した減衰性能を第 2-8 図に示す。

第 2-5 表 単軸粘性ダンパの性能試験条件

No.	振動数 (Hz)	加振速度 (m/s)
1	1.6	0.1
2		0.2
3		0.4
4		0.5
5		0.8



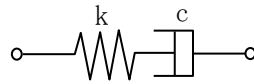
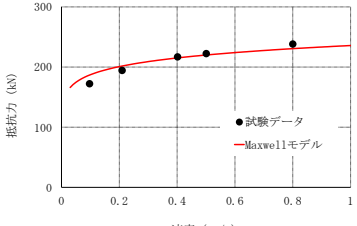
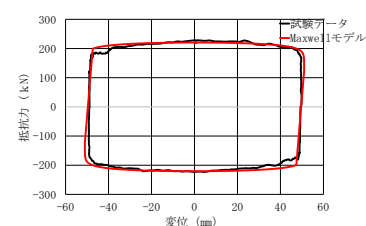
第 2-8 図 性能試験結果

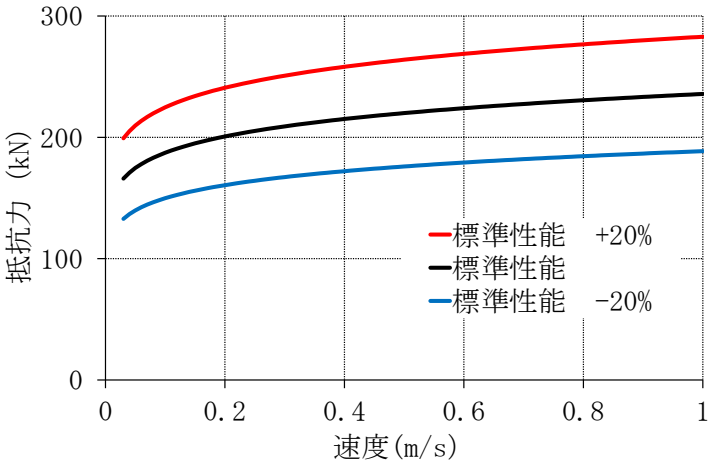
(3) 単軸粘性ダンパのモデル化

a. 減衰性能のモデル化

性能試験の結果に基づき、単軸粘性ダンパの減衰性能をモデル化する。

単軸粘性ダンパは、加振速度の変化に対して抵抗力の変化が小さく、振動数依存性も比較的小さいことから、速度の 0.1 乗に比例するダッシュポットを組み込んだ 2 パラメータの Maxwell モデルを用いる。単軸粘性ダンパの減衰性能を模擬する Maxwell モデルを第 2-9 図に示す。加振振動数 1.6Hz の場合の Maxwell モデルによる計算値と性能試験結果の比較を第 2-10 図に示す。この図

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>から、速度と抵抗力の関係及び履歴曲線で囲まれる面積に相当する散逸エネルギーのいずれについても、Maxwell モデルにより減衰性能を精度良く表現できることが分かる。</p> <p>b. ばらつきの考慮</p> <p>単軸粘性ダンパの減衰性能のばらつきを考慮して、地震応答解析に用いる解析モデルを設定する。性能試験結果に基づいてモデル化した単軸粘性ダンパの減衰性能に対して、第2-4表に基づき、振動数による±10%の変動と、製造公差による±10%のばらつきを合わせて±20%のばらつきを考慮する。単軸粘性ダンパの減衰性能は、ばらつきを考慮して標準性能+20%、標準性能、標準性能-20%の3段階設定する。標準性能+20%の減衰性能を設定する理由は、単軸粘性ダンパの取付部材の設計においては減衰性能が高く抵抗力が大きい場合の荷重を適用するためである。地震応答解析モデルにおける減衰性能の設定を第2-11図に示す。</p> <div data-bbox="1804 953 2427 1073" style="text-align: center;">  <p>k : ばね剛性 c : 速度の0.1乗に比例する ダッシュポットの減衰係数</p> </div> <p style="text-align: center;">第2-9図 単軸粘性ダンパの Maxwell モデル</p> <div data-bbox="1768 1205 2472 1493" style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="1768 1205 2101 1478">  <p style="text-align: center;">速度と抵抗力の関係</p> </div> <div data-bbox="2131 1205 2472 1493">  <p style="text-align: center;">速度 0.5m/s における 正弦波 1 周期分の履歴曲線</p> </div> </div> <p style="text-align: center;">第2-10図 Maxwell モデルによる計算値と性能試験結果の比較</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		 <p>第2-11 図 地震応答解析モデルにおける段階的な減衰性能の設定</p> <p>(4) 単軸粘性ダンパの解析モデルの追加 単軸粘性ダンパをモデル化した Maxwell モデルを取水槽ガントリクレーンの地震応答解析モデルに追加することにより、単軸粘性ダンパを設置した取水槽ガントリクレーンの地震応答解析モデルを作成する。</p> <p>2.2.4 地震応答解析手法 取水槽ガントリクレーンは、地震時に浮上りが発生する可能性があるため、浮上り状況を適切に評価するために3次元FEM解析モデルによる非線形時刻歴応答解析を適用する。(添付資料2-4 参照) 標準性能+20%、標準性能、標準性能-20%の3段階の減衰性能に対応した地震応答解析を行い、これらの最大応答を用いて耐震評価を行う(第2-11 図参照)。</p> <p>取水槽ガントリクレーンの減衰定数については、既往の研究等によって妥当性が確認され、クレーン類に適用実績のある値として水平、鉛直方向ともに別紙-7 添付資料-6「最新知見として得られた減衰定数の採用について」に示す原子炉建物天井クレーンの減衰定数2.0%を適用する。</p> <p>スペクトルモーダル解析では、床応答加速度は地盤物性等の不確かさによる固有周期の変動を考慮して周期方向に±10%拡幅した設計用床応答曲線を用いている。取水槽ガントリクレーンの地震応答解析では、時刻歴応答解析を採用することから、地盤物性等の不確かさによる固有周期の変動の影響を考慮し、機器評価への影響が大きい地震動に対し、ASME Boiler and Pressure Vessel</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>Code SECTION III, DIVISION1—NONMANDATORY APPENDIX N (ARTICLE N-1222.3 Time History Broadening) に規定された手法等により検討を行う (添付資料 1-3 参照)。</p> <p>2.2.5 単軸粘性ダンパ評価 単軸粘性ダンパを設置した取水槽ガントリクレーンの地震応答解析によって得られた応答値が、単軸粘性ダンパの減衰性能を取得した性能試験の試験条件の範囲内であることを確認する。 また、単軸粘性ダンパが許容限界を満足し、地震時にその機能を維持する設計とするため、単軸粘性ダンパは許容荷重及び許容変位を満たすように設計する。</p> <p>2.2.6 機器評価 取水槽ガントリクレーンは、地震に伴う損傷、落下によって上位クラス施設へ波及的影響を及ぼさないことが要求されるため、機器評価における評価方法及び許容限界は第 2-6 表のとおりとする。許容限界は、J E A G 4 6 0 1 等に基づき設定することを基本とする。</p>	

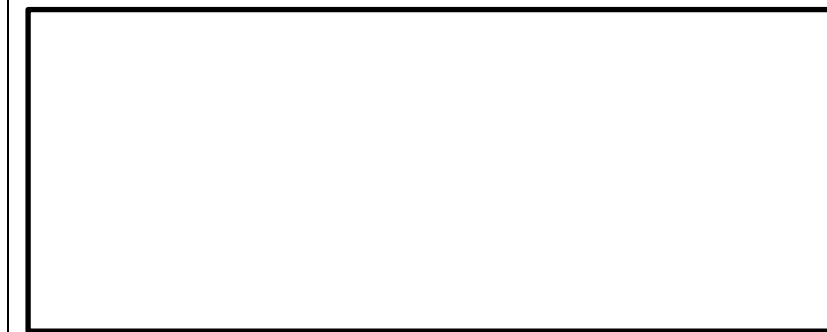
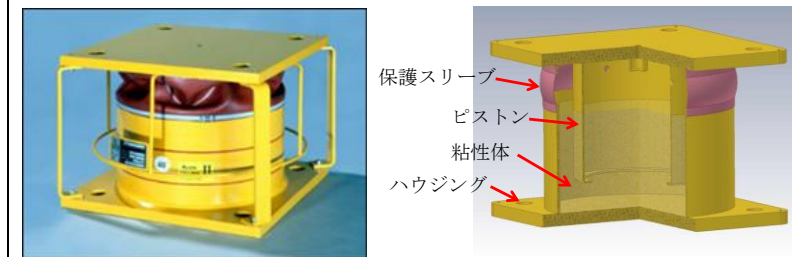
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考																														
		<p style="text-align: center;">第2-6表 機器評価における評価方法及び許容限界</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">評価方針</th> <th style="width: 15%;">設計地震力</th> <th style="width: 15%;">部位</th> <th style="width: 25%;">評価方法</th> <th style="width: 30%;">許容限界</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="7">上位クラス施設へ波及的影響を及ぼさないこと</td> <td rowspan="7">基準地震動 S_sによる地震力</td> <td>取水槽ガントリクレーン本体</td> <td>部材に発生する応力が許容限界を超えないことを確認する。</td> <td>許容応力状態 IV A S の許容応力</td> </tr> <tr> <td>転倒防止装置</td> <td>部材に発生する応力が許容限界を超えないことを確認する。</td> <td>許容応力状態 IV A S の許容応力</td> </tr> <tr> <td>レール</td> <td>部材に発生する応力が許容限界を超えないことを確認する。</td> <td>許容応力状態 IV A S の許容応力</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">トロリ</td> <td>部材に発生する応力が許容限界を超えないことを確認する。</td> <td>許容応力状態 IV A S の許容応力</td> </tr> <tr> <td>浮上り量が許容限界を超えないことを確認する。</td> <td>トロリストッパ高さに基づく許容浮上り量</td> </tr> <tr> <td>吊具</td> <td>吊具部分の荷重が許容限界を超えないことを確認する。</td> <td>吊具の許容荷重</td> </tr> <tr> <td>ブレース</td> <td>部材に発生する応力が許容限界を超えないことを確認する。</td> <td>許容応力状態 IV A S の許容応力</td> </tr> <tr> <td>単軸粘性ダンパ</td> <td>単軸粘性ダンパの荷重及び変位が許容限界を超えないことを確認する。</td> <td>許容荷重及び許容変位</td> </tr> </tbody> </table>	評価方針	設計地震力	部位	評価方法	許容限界	上位クラス施設へ波及的影響を及ぼさないこと	基準地震動 S _s による地震力	取水槽ガントリクレーン本体	部材に発生する応力が許容限界を超えないことを確認する。	許容応力状態 IV A S の許容応力	転倒防止装置	部材に発生する応力が許容限界を超えないことを確認する。	許容応力状態 IV A S の許容応力	レール	部材に発生する応力が許容限界を超えないことを確認する。	許容応力状態 IV A S の許容応力	トロリ	部材に発生する応力が許容限界を超えないことを確認する。	許容応力状態 IV A S の許容応力	浮上り量が許容限界を超えないことを確認する。	トロリストッパ高さに基づく許容浮上り量	吊具	吊具部分の荷重が許容限界を超えないことを確認する。	吊具の許容荷重	ブレース	部材に発生する応力が許容限界を超えないことを確認する。	許容応力状態 IV A S の許容応力	単軸粘性ダンパ	単軸粘性ダンパの荷重及び変位が許容限界を超えないことを確認する。	許容荷重及び許容変位	
評価方針	設計地震力	部位	評価方法	許容限界																													
上位クラス施設へ波及的影響を及ぼさないこと	基準地震動 S _s による地震力	取水槽ガントリクレーン本体	部材に発生する応力が許容限界を超えないことを確認する。	許容応力状態 IV A S の許容応力																													
		転倒防止装置	部材に発生する応力が許容限界を超えないことを確認する。	許容応力状態 IV A S の許容応力																													
		レール	部材に発生する応力が許容限界を超えないことを確認する。	許容応力状態 IV A S の許容応力																													
		トロリ	部材に発生する応力が許容限界を超えないことを確認する。	許容応力状態 IV A S の許容応力																													
			浮上り量が許容限界を超えないことを確認する。	トロリストッパ高さに基づく許容浮上り量																													
		吊具	吊具部分の荷重が許容限界を超えないことを確認する。	吊具の許容荷重																													
		ブレース	部材に発生する応力が許容限界を超えないことを確認する。	許容応力状態 IV A S の許容応力																													
単軸粘性ダンパ	単軸粘性ダンパの荷重及び変位が許容限界を超えないことを確認する。	許容荷重及び許容変位																															
		<p>2.3 耐震評価結果</p> <p>取水槽ガントリクレーンの評価結果は、別紙-7添付資料-2「取水槽ガントリクレーンへの非線形時刻歴応答解析の適用について」に示す。また、地震応答解析は3段階の減衰性能を設定して実施することから、3段階の減衰性能と取水槽ガントリクレーンの地震応答についてまとめた結果を添付資料2-5に示す。</p> <p>単軸粘性ダンパを含めた取水槽ガントリクレーンの解析結果から、単軸粘性ダンパの応答値と解析上の前提条件の比較を第2-7表に示す。単軸粘性ダンパの応答値が解析上の前提条件の範囲内であることを確認した。</p> <p>第2-7表 単軸粘性ダンパの応答値と解析上の前提条件の比較</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%;"></th> <th style="width: 35%;">発生値</th> <th style="width: 35%;">解析条件</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>最大速度</td> <td style="text-align: center;">0.47 (m/s)</td> <td style="text-align: center;">0.8 (m/s)</td> </tr> </tbody> </table>		発生値	解析条件	最大速度	0.47 (m/s)	0.8 (m/s)																									
	発生値	解析条件																															
最大速度	0.47 (m/s)	0.8 (m/s)																															

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>3. 三軸粘性ダンパの配管系への設置</p> <p>3.1 基本方針</p> <p>3.1.1 要求事項</p> <p>三軸粘性ダンパは外側主蒸気隔離弁から低圧タービン、復水器までの主蒸気系配管に設置する。三軸粘性ダンパの設置範囲を第3-1図に示す。当該配管の耐震重要度分類はBクラスである。また、外側主蒸気隔離弁から主蒸気止め弁までの範囲はS d機能維持設計とする。</p> <p>なお、既工認では基準地震動S 1の最大加速度の1/2の値を鉛直震度として求まる鉛直方向地震力を考慮していたが、今回工認では鉛直方向の動的地震力を考慮する。大口径の主蒸気系配管に対しては、鉛直方向の動的地震力の影響は大きく、耐震構造による補強では設計及び施工が困難であることから、三軸粘性ダンパによる耐震補強を行う。</p> <div data-bbox="1736 919 2493 1318" data-label="Diagram"> </div> <p>第3-1図 三軸粘性ダンパの設置範囲及び耐震クラス</p> <p>3.1.2 構造の概要</p> <p>(1) 主蒸気系配管の構造概要</p> <p>外側主蒸気隔離弁から低圧タービン、復水器までの主蒸気系配管は、大口径配管（主流路は600A～1600A程度）であり、また運転時には高温になるため、熱膨張による配管変位を考慮した設計が必要である。地震荷重が大きく、熱膨張の変位を拘束するサポートの設置が困難であることから、熱膨張の変位を拘束しない制震装置の設置による地震荷重の低減が耐震性向上に有効である。三軸粘性ダンパ設置範囲の主蒸気系配管について、代表箇所を第3-2図に示す。</p> <p>配管系の応答は、複数の振動モードの重ね合わせであり、応答</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>の方向も部位により異なるため、3方向に減衰性能を発揮し、熱膨張による低速度の運動を拘束しない(添付資料3-1参照)三軸粘性ダンパを主蒸気系配管に設置する。制震装置選定の考え方を添付資料3-2に示す。</p> <p>なお、三軸粘性ダンパの合計質量(約50台想定)は、建物の配管系設置床の質点質量に対して0.1%以下であり、建物の地震応答解析結果への影響は軽微である。また、三軸粘性ダンパを設置する配管系については三軸粘性ダンパ設置に伴う質量増加を踏まえてモデル化を行う。</p> <div data-bbox="1745 667 2487 919" data-label="Image"> </div> <p>(a) 主蒸気ヘッダ周辺 (600A) (b) 高圧タービン下部 (1050A)</p> <p>第3-2図 三軸粘性ダンパ設置範囲の主蒸気系配管(代表箇所)</p> <p>(2) 三軸粘性ダンパの構造概要</p> <p>三軸粘性ダンパの外観及び構造を第3-3図に、仕様を第3-1表に、動作機構を第3-4図に示す。三軸粘性ダンパは、主にピストン、ハウジング及び粘性体から構成されており、粘性体への異物等の混入防止のために保護スリーブが取り付けられている。三軸粘性ダンパの粘性体は化学的に安定であり、消防法で定められている危険物に該当しない。三軸粘性ダンパは、粘性体に入ったハウジングにピストンが挿入された構造であり、粘性体とピストンの間に相対運動が生じることで、相対運動の方向と逆向きに流動抵抗力による減衰性能を発揮する。水平方向については回転対称な構造であるため、方向による減衰性能の違いはないが、鉛直方向については動作機構が異なるため、水平方向とは減衰性能が異なる。三軸粘性ダンパは自重等の静的荷重は支持せず、熱膨張のような低速度の運動を拘束しない。</p> <p>三軸粘性ダンパは、原子力発電所に用いることができる制震装置として ASME Boiler and Pressure Vessel Code SECTION III, DIVISION1-Subsection NF- Supports に記載されており(添付資料3-3参照)、海外の原子力発電所において振動対策及び地震対策として設置実績がある。海外の原子力発電所における三軸粘</p>	

性ダンパの設置例を第3-5図に示す。なお、国内においては原子力分野以外で、石油プラントの配管系（口径300A）、コンサートホール等の大規模建物の制振システム及び振動台等の機械装置の防振対策等への採用実績があり、採用実績の例を第3-6図に示す。

また、三軸粘性ダンパを配管系に設置した場合の有効性を確認するため、配管系を対象とした加振試験を実施し、地震応答の低減に有効であることを確認した。加振試験の詳細は添付資料3-4に示す。



第3-3図 三軸粘性ダンパの外観及び構造

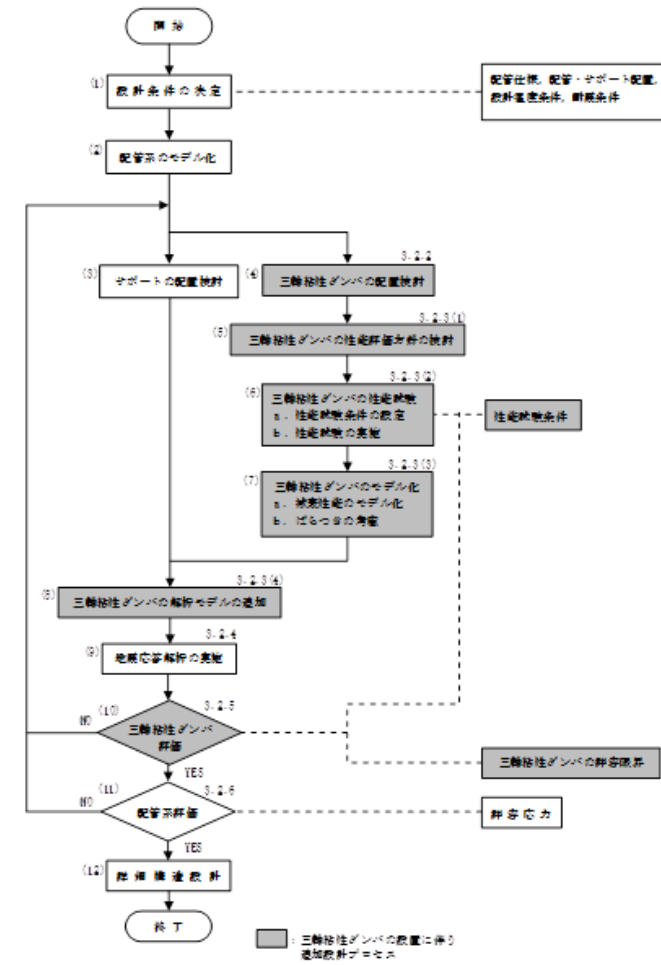
第3-1表 三軸粘性ダンパの仕様

型式	外径 (mm)	高さ (mm)	質量 (kg)	許容荷重 (kN)		許容変位 (mm)	
				水平	鉛直	水平	鉛直
中型	325	343	111	68	27		
大型	630	586	691	350	140		



第3-4図 三軸粘性ダンパの動作機構

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<div data-bbox="1745 247 2504 558" style="border: 1px solid black; height: 148px; width: 256px; margin-bottom: 10px;"></div> <p data-bbox="1745 569 2504 646">第 3-5 図 海外の原子力発電所における三軸粘性ダンパの設置例</p> <div data-bbox="1745 716 2504 1026" style="border: 1px solid black; height: 148px; width: 256px; margin-bottom: 10px;"></div> <p data-bbox="1745 1062 2504 1094">第 3-6 図 国内における三軸粘性ダンパの採用実績の例</p> <p data-bbox="1745 1157 1941 1188">3. 1. 3 設計方針</p> <p data-bbox="1745 1199 2504 1587">三軸粘性ダンパを設置した配管系の耐震設計フローを第 3-7 図に、設計プロセスを第 3-2 表に示す。また、三軸粘性ダンパ設置前の配管系と三軸粘性ダンパを設置した配管系の地震応答解析モデルの一例を第 3-8 図に示す。三軸粘性ダンパ設置前の地震応答解析モデルに制震装置を適切にモデル化して追加するという考え方は、既工認実績のある排気筒のモデル化の考え方と同様である。また、4パラメータ Maxwell モデルによる三軸粘性ダンパのモデル化は、海外の原子力発電所において実績のあるモデル化手法である。</p> <p data-bbox="1745 1598 2504 1766">第 3-7 図の耐震設計フローは、基本的に一般的な配管系の設計フローと同じであるが、第 3-7 図における三軸粘性ダンパを設置することに伴う追加の設計プロセスについて、3.2 項にて詳細に説明する。</p>	

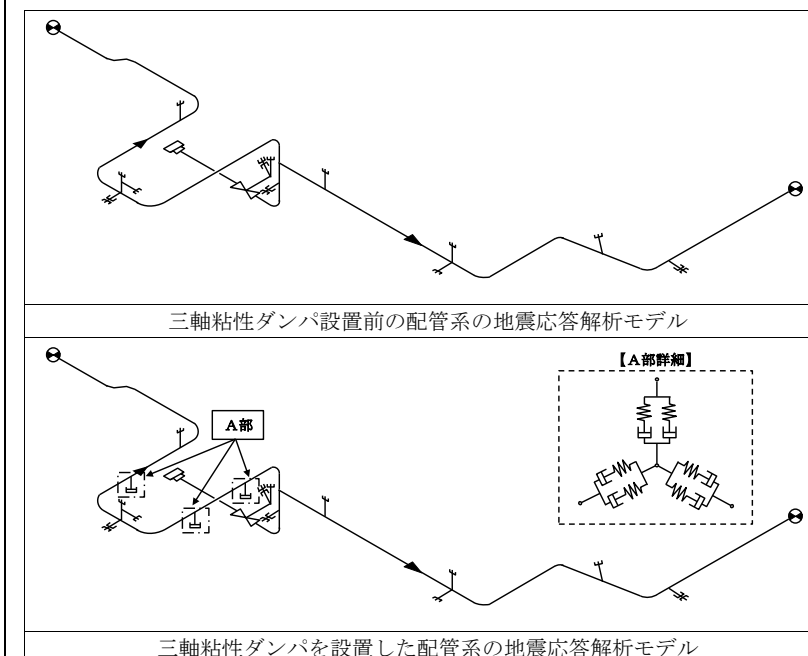


第3-7図 三軸粘性ダンパを設置した配管系の耐震設計フロー

第3-2表 三軸粘性ダンパを設置した配管系の設計プロセス

番号 ^{※1}	実施事項	内容	追加設計プロセス
(1)	設計条件の決定	配管系の仕様, 配置他設計条件を決定する。	—
(2)	配管系のモデル化	配管系を3次元はりモデルによりモデル化する。	—
(3)	サポートの配置検討	サポートの配置を検討する。	—
(4)	三軸粘性ダンパの配置検討	三軸粘性ダンパの配置を検討する。	○
(5)	三軸粘性ダンパの性能評価方法の検討	三軸粘性ダンパの減衰性能への影響の検討を要する項目を抽出し, 性能試験及びモデル化における対応方針の検討を行う。	○
(6)	三軸粘性ダンパの性能試験	三軸粘性ダンパの実機使用条件を踏まえた性能試験条件により, 性能試験を実施する。	○
(7)	三軸粘性ダンパのモデル化	性能試験結果から三軸粘性ダンパの減衰性能を4パラメータ Maxwell モデルによりモデル化する。また, 減衰性能のばらつきを考慮して, 地震応答解析モデルにおける減衰性能を設定する。	○
(8)	三軸粘性ダンパの解析モデルの追加	配管系の地震応答解析モデルに三軸粘性ダンパをモデル化した4パラメータ Maxwell モデルを追加する。	○
(9)	地震応答解析の実施	地震応答解析を実施し, 応力, 変位等を求める。	—
(10)	三軸粘性ダンパ評価	地震応答解析により得られた応答値が性能試験条件の範囲内であること及び三軸粘性ダンパの許容限界が満たされていることを確認する。	○
(11)	配管系評価	地震応答解析結果を基に, 配管系の発生応力が許容応力を満たしていることを確認する。	—
(12)	詳細構造設計	地震応答解析結果を基に, 各部の詳細構造設計を行う。	—

※1 : 番号は第3-7図の耐震設計フローの番号に対応している。



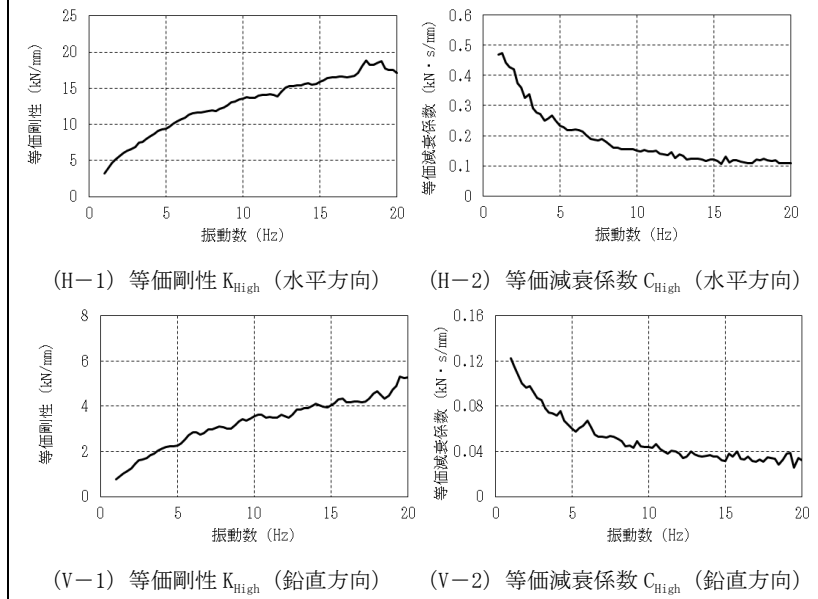
第3-8図 配管系の地震応答解析モデル

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考																								
		<p>3.1.4 適用規格</p> <p>配管系の設計に用いる規格としては、原子力発電所の施設設計に用いる J E A G 4 6 0 1 等を基本とする。配管系の設計における適用規格の適用範囲について第 3-3 表に示す。</p> <p>第 3-3 表 三軸粘性ダンパを設置した配管系の適用規格及び適用範囲</p> <table border="1" data-bbox="1745 537 2496 1094"> <thead> <tr> <th>適用対象</th> <th>適用範囲</th> <th>適用規格</th> <th>適用の考え方</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">配管系全体</td> <td>減衰定数</td> <td>— (振動試験結果)</td> <td>振動試験結果を踏まえ設計評価用として安全側に設定した減衰定数を採用する(別紙-7 添付資料-6「最新知見として得られた減衰定数の採用について」参照)。</td> </tr> <tr> <td>一般事項</td> <td rowspan="3">J E A G 4 6 0 1 等</td> <td rowspan="3">従来の配管系、支持構造物の評価と同様である。</td> </tr> <tr> <td>配管</td> <td>構造強度評価</td> </tr> <tr> <td>支持構造物</td> <td>構造強度評価</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">三軸粘性ダンパ</td> <td rowspan="2">構造強度評価</td> <td>許容荷重</td> <td rowspan="2">— (構造寸法に基づく)</td> </tr> <tr> <td>許容変位</td> <td>制震装置ごとの構造寸法に基づき設定する。</td> </tr> <tr> <td>減衰性能の設定</td> <td>— (性能試験結果)</td> <td>制震装置の特性に応じて試験結果に基づき設定する。</td> </tr> </tbody> </table> <p>3.2 耐震評価方法</p> <p>3.2.1 評価方針</p> <p>3.1.3 にて整理した三軸粘性ダンパを設置することに伴う追加の設計プロセスについて、三軸粘性ダンパを設置した配管系の評価方針を以下に示す。</p> <p>まず、配管系の地震荷重の低減に効果的な三軸粘性ダンパの配置を検討する。次に、三軸粘性ダンパの減衰性能への影響の検討を要する項目を抽出し、性能試験及びモデル化における対応方針の検討を行う。三軸粘性ダンパのモデル化を行うために、実機使用条件を踏まえた性能試験条件により、三軸粘性ダンパを用いた性能試験を実施する。性能試験の結果に基づき減衰性能を設定し、三軸粘性ダンパを 4 パラメータ Maxwell モデルによりモデル化する。この 4 パラメータ Maxwell モデルを配管系の地震応答解析モデルに追加し、地震応答解析を行う。三軸粘性ダンパの評価として、地震応答解析により得られた応答値が性能試験条件の範囲内であること及び三軸粘性ダンパの許容限界が満たされていることを確認する。</p>	適用対象	適用範囲	適用規格	適用の考え方	配管系全体	減衰定数	— (振動試験結果)	振動試験結果を踏まえ設計評価用として安全側に設定した減衰定数を採用する(別紙-7 添付資料-6「最新知見として得られた減衰定数の採用について」参照)。	一般事項	J E A G 4 6 0 1 等	従来の配管系、支持構造物の評価と同様である。	配管	構造強度評価	支持構造物	構造強度評価	三軸粘性ダンパ	構造強度評価	許容荷重	— (構造寸法に基づく)	許容変位	制震装置ごとの構造寸法に基づき設定する。	減衰性能の設定	— (性能試験結果)	制震装置の特性に応じて試験結果に基づき設定する。	
適用対象	適用範囲	適用規格	適用の考え方																								
配管系全体	減衰定数	— (振動試験結果)	振動試験結果を踏まえ設計評価用として安全側に設定した減衰定数を採用する(別紙-7 添付資料-6「最新知見として得られた減衰定数の採用について」参照)。																								
	一般事項	J E A G 4 6 0 1 等	従来の配管系、支持構造物の評価と同様である。																								
配管	構造強度評価																										
支持構造物	構造強度評価																										
三軸粘性ダンパ	構造強度評価	許容荷重	— (構造寸法に基づく)																								
		許容変位		制震装置ごとの構造寸法に基づき設定する。																							
	減衰性能の設定	— (性能試験結果)	制震装置の特性に応じて試験結果に基づき設定する。																								

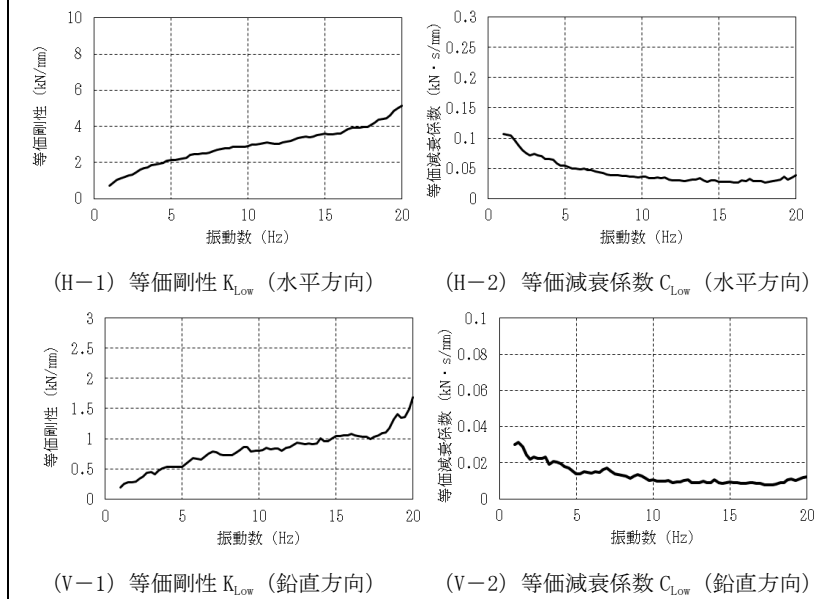
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>3.2.2 三軸粘性ダンパの配置検討</p> <p>配管系の地震荷重の低減に効果的な三軸粘性ダンパの配置を検討する。三軸粘性ダンパは粘性体とピストンの間に相対運動が生じることで減衰性能を発揮するため、配管系の変位が大きくなる箇所に設置する。</p> <p>3.2.3 性能試験及び解析モデル</p> <p>(1) 三軸粘性ダンパの性能評価方針の検討</p> <p>三軸粘性ダンパの粘性体は粘弾性を有するため、その減衰性能は等価剛性 K 及び等価減衰係数 C により表現する（添付資料 3-5 参照）。また、三軸粘性ダンパはその構造から水平方向加振に対する減衰性能は各方向で等しいが、水平方向加振と鉛直方向加振では減衰性能が異なるため、各方向で減衰性能を表現する。</p> <p>三軸粘性ダンパを設置した配管系の評価においては三軸粘性ダンパの減衰性能を適切に取得して設定することが重要であるため、三軸粘性ダンパの性能試験及びモデル化にあたって、減衰性能への影響の検討を要する項目を「免震構造の審査手引きの提案（平成 26 年 1 月） 独立行政法人原子力安全基盤機構」を参照して抽出した（添付資料 1-1 参照）。抽出した項目と減衰性能への影響の検討結果を第 3-4 表に示す。減衰性能に影響する項目については、減衰性能を取得するための性能試験条件の設定において適切に考慮する、若しくは地震応答解析においてばらつきとして考慮する方針とする。</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考																													
		<p>第3-4表 減衰性能への影響の検討結果 (三軸粘性ダンパ)</p> <table border="1" data-bbox="1754 262 2493 1102"> <thead> <tr> <th>No.</th> <th>項目</th> <th>減衰性能への影響</th> <th>対応方針</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>水平・鉛直同時加振</td> <td>地震時に三軸粘性ダンパは3方向同時加振されることから、水平方向及び鉛直方向の同時加振と1方向加振との減衰性能に差異がないことを試験により確認している (添付資料 3-6 参照)。</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>放射線</td> <td>放射線による減衰性能への影響が十分小さいことを試験により確認している (添付資料 3-6 参照)。</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>温度</td> <td>粘性体は高温になるほど粘度が低下する性質があることから、粘性体の温度によって三軸粘性ダンパの減衰性能が変動することを試験により確認している (添付資料 3-6 参照)。</td> <td rowspan="3">減衰性能を取得する性能試験条件の設定において考慮する。</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>振幅</td> <td>減衰性能は加振振幅が大きいほど低下することを試験により確認している (添付資料 3-6 参照)。</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>連続加振</td> <td>減衰性能は連続加振により累積消費エネルギーが増大すると低下することを試験により確認している (添付資料 3-6 参照)。</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>製造公差</td> <td>製造公差による減衰性能のばらつきは±10%以内で管理する。</td> <td rowspan="2">左記のばらつき要因を合わせて±30%の減衰性能のばらつきを考慮する。</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>据付公差</td> <td>据付公差による減衰性能のばらつきは±20%以内で管理する (添付資料 3-7 参照)。</td> </tr> </tbody> </table> <p>(2) 三軸粘性ダンパの性能試験</p> <p>a. 性能試験条件の設定</p> <p>三軸粘性ダンパの実機使用条件を踏まえ、性能試験条件を設定する。三軸粘性ダンパはその構造から水平方向加振に対する減衰性能は各方向で等しいが、水平方向加振と鉛直方向加振では減衰性能が異なるため、水平方向及び鉛直方向でそれぞれ性能試験を実施する。</p> <p>減衰性能への影響の検討結果 (第3-4表参照) に基づき、三軸粘性ダンパの減衰性能については、変動及びばらつきを包絡するように減衰性能の上限と下限を設定する。第3-4表のうち温度、振幅及び連続加振による変動を踏まえた第3-5表に示す性能試験条件により、高側ダンパ試験性能 (K_{High}, C_{High}) と、低側ダンパ試験性能 (K_{Low}, C_{Low}) を性能試験で取得する。具体的な性能試験条件の設定例について添付資料 3-8 に示す。なお、減衰性能の設定において上限及び下限を設定する理由は、減衰性能が低いほど配管系の応答は大きくなる傾向であるが、三軸粘性ダンパを支持</p>	No.	項目	減衰性能への影響	対応方針	1	水平・鉛直同時加振	地震時に三軸粘性ダンパは3方向同時加振されることから、水平方向及び鉛直方向の同時加振と1方向加振との減衰性能に差異がないことを試験により確認している (添付資料 3-6 参照)。	—	2	放射線	放射線による減衰性能への影響が十分小さいことを試験により確認している (添付資料 3-6 参照)。	—	3	温度	粘性体は高温になるほど粘度が低下する性質があることから、粘性体の温度によって三軸粘性ダンパの減衰性能が変動することを試験により確認している (添付資料 3-6 参照)。	減衰性能を取得する性能試験条件の設定において考慮する。	4	振幅	減衰性能は加振振幅が大きいほど低下することを試験により確認している (添付資料 3-6 参照)。	5	連続加振	減衰性能は連続加振により累積消費エネルギーが増大すると低下することを試験により確認している (添付資料 3-6 参照)。	6	製造公差	製造公差による減衰性能のばらつきは±10%以内で管理する。	左記のばらつき要因を合わせて±30%の減衰性能のばらつきを考慮する。	7	据付公差	据付公差による減衰性能のばらつきは±20%以内で管理する (添付資料 3-7 参照)。	
No.	項目	減衰性能への影響	対応方針																													
1	水平・鉛直同時加振	地震時に三軸粘性ダンパは3方向同時加振されることから、水平方向及び鉛直方向の同時加振と1方向加振との減衰性能に差異がないことを試験により確認している (添付資料 3-6 参照)。	—																													
2	放射線	放射線による減衰性能への影響が十分小さいことを試験により確認している (添付資料 3-6 参照)。	—																													
3	温度	粘性体は高温になるほど粘度が低下する性質があることから、粘性体の温度によって三軸粘性ダンパの減衰性能が変動することを試験により確認している (添付資料 3-6 参照)。	減衰性能を取得する性能試験条件の設定において考慮する。																													
4	振幅	減衰性能は加振振幅が大きいほど低下することを試験により確認している (添付資料 3-6 参照)。																														
5	連続加振	減衰性能は連続加振により累積消費エネルギーが増大すると低下することを試験により確認している (添付資料 3-6 参照)。																														
6	製造公差	製造公差による減衰性能のばらつきは±10%以内で管理する。	左記のばらつき要因を合わせて±30%の減衰性能のばらつきを考慮する。																													
7	据付公差	据付公差による減衰性能のばらつきは±20%以内で管理する (添付資料 3-7 参照)。																														

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考																		
		<p>する構造物の設計においては上限の減衰性能に基づく最大荷重を適用するためである。</p> <p>b. 性能試験の実施</p> <p>設定した性能試験条件により，三軸粘性ダンパの性能試験を実施する。性能試験の詳細について添付資料3-8に示す。地震応答解析に適用する三軸粘性ダンパの減衰性能は，実機に設置する各型式の三軸粘性ダンパについて性能試験を実施のうえ設定する。</p> <p>第3-5表に示す性能試験条件に基づいて取得した三軸粘性ダンパの高側ダンパ試験性能 (K_{High}, C_{High}) と，低側ダンパ試験性能 (K_{Low}, C_{Low}) を第3-9図及び第3-10図に示す。</p> <p>第3-5表 三軸粘性ダンパの性能試験条件の設定</p> <table border="1" data-bbox="1754 804 2481 1171"> <thead> <tr> <th rowspan="2">取得性能</th> <th rowspan="2">試験条件設定の考え方</th> <th colspan="3">性能試験条件</th> </tr> <tr> <th>温度</th> <th>加振振幅</th> <th>累積消費エネルギー</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>高側ダンパ試験性能 (K_{High}, C_{High})</td> <td>実機使用条件より減衰性能を高く取得するため，室温，微小加振振幅，微小累積消費エネルギーとする。</td> <td>常温</td> <td>小</td> <td>小</td> </tr> <tr> <td>低側ダンパ試験性能 (K_{Low}, C_{Low})</td> <td>実機使用条件より減衰性能を低く取得するため，実機使用で想定される最高温度，最大加振振幅，最大累積消費エネルギーとする。</td> <td>高温^{※1}</td> <td>大^{※1}</td> <td>大^{※1}</td> </tr> </tbody> </table> <p>※1：実機使用条件を想定して設定する。</p>	取得性能	試験条件設定の考え方	性能試験条件			温度	加振振幅	累積消費エネルギー	高側ダンパ試験性能 (K_{High} , C_{High})	実機使用条件より減衰性能を高く取得するため，室温，微小加振振幅，微小累積消費エネルギーとする。	常温	小	小	低側ダンパ試験性能 (K_{Low} , C_{Low})	実機使用条件より減衰性能を低く取得するため，実機使用で想定される最高温度，最大加振振幅，最大累積消費エネルギーとする。	高温 ^{※1}	大 ^{※1}	大 ^{※1}	
取得性能	試験条件設定の考え方	性能試験条件																			
		温度	加振振幅	累積消費エネルギー																	
高側ダンパ試験性能 (K_{High} , C_{High})	実機使用条件より減衰性能を高く取得するため，室温，微小加振振幅，微小累積消費エネルギーとする。	常温	小	小																	
低側ダンパ試験性能 (K_{Low} , C_{Low})	実機使用条件より減衰性能を低く取得するため，実機使用で想定される最高温度，最大加振振幅，最大累積消費エネルギーとする。	高温 ^{※1}	大 ^{※1}	大 ^{※1}																	



第3-9図 高側ダンパ試験性能 (中型の例)

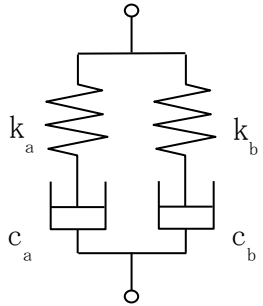


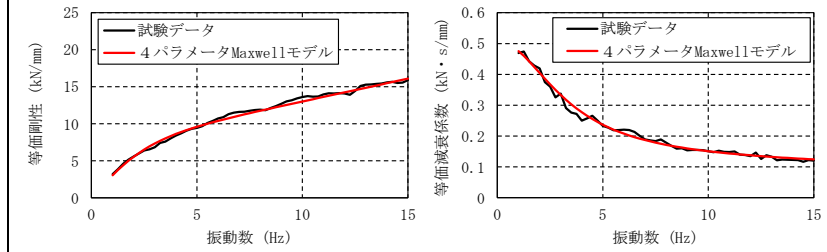
第3-10図 低側ダンパ試験性能 (中型の例)

(3) 三軸粘性ダンパのモデル化

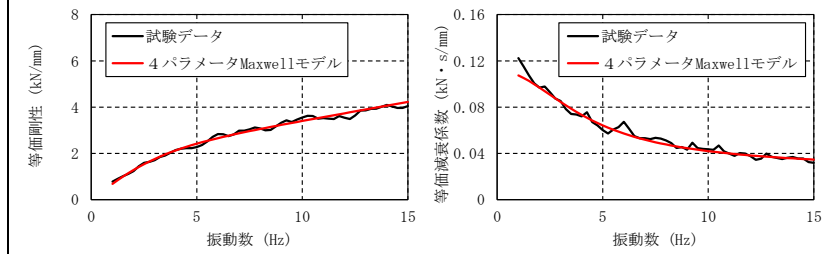
a. 減衰性能のモデル化

性能試験の結果に基づき、三軸粘性ダンパの減衰性能をモデル化する。三軸粘性ダンパの等価剛性 K 及び等価減衰係数 C は振動数依存性を有しているが、4パラメータ Maxwell モデルにより、その振動数特性を精度良くモデル化できる。4パラメータ Maxwell モデルを第3-11図に、4パラメータ Maxwell モデルによる性能試験結果のモデル化を第3-12図及び第3-13図に示す。

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>三軸粘性ダンパの減衰性能は、水平方向及び鉛直方向でそれぞれ高側ダンパ試験性能 (K_{High}, C_{High}) 及び低側ダンパ試験性能 (K_{Low}, C_{Low}) を性能試験により取得するため、4パラメータ Maxwell モデルは各方向に対して高側及び低側を設定する。</p> <p>b. ばらつきの考慮</p> <p>三軸粘性ダンパの減衰性能のばらつきを考慮して、地震応答解析に用いる解析モデルを設定する。性能試験結果に基づいてモデル化した三軸粘性ダンパの高側及び低側の減衰性能に対して、さらに第3-4表のうち製造公差による±10%のばらつきと、据付公差による±20%のばらつきを合わせて±30%のばらつきとして考慮し、解析上の減衰性能の上限 ($K_1=1.3 \times K_{High}, C_1=1.3 \times C_{High}$) 及び下限 ($K_5=0.7 \times K_{Low}, C_5=0.7 \times C_{Low}$) を第3-14図のように設定する。また、保守的に変動及びばらつきを考慮することで上限と下限の減衰性能の差が大きくなるため、等間隔に補間した減衰性能も設定することとし、上限と下限を含めた5段階の減衰性能を設定する。地震応答解析モデルにおける減衰性能の設定を第3-6表、第3-15図に示す。</p> <div style="text-align: center;">  <p style="margin-left: 20px;"> k_a, k_b : ばね剛性 c_a, c_b : ダッシュポットの減衰係数 </p> </div> <p>第3-11図 三軸粘性ダンパの4パラメータ Maxwell モデル</p>	

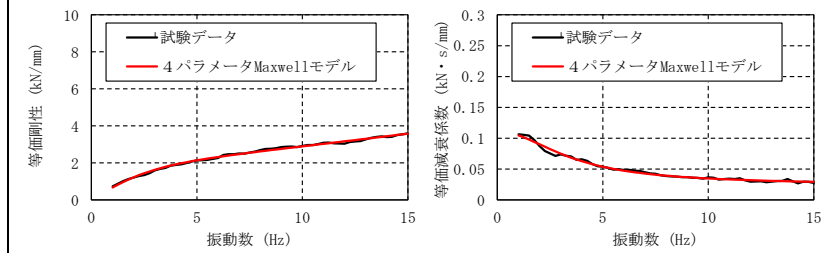


(H-1) 等価剛性 K_{High} (水平方向) (H-2) 等価減衰係数 C_{High} (水平方向)

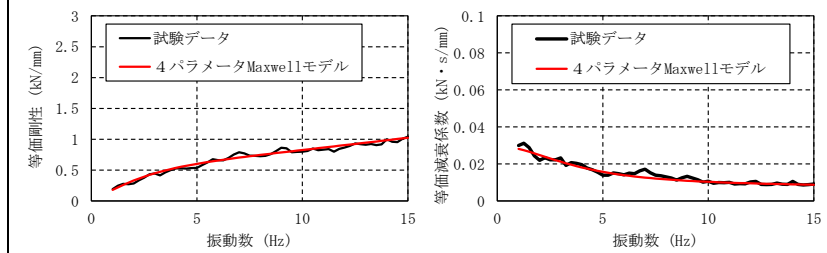


(V-1) 等価剛性 K_{High} (鉛直方向) (V-2) 等価減衰係数 C_{High} (鉛直方向)

第 3-12 図 高側ダンパ試験性能のモデル化 (中型の例)



(H-1) 等価剛性 K_{Low} (水平方向) (H-2) 等価減衰係数 C_{Low} (水平方向)

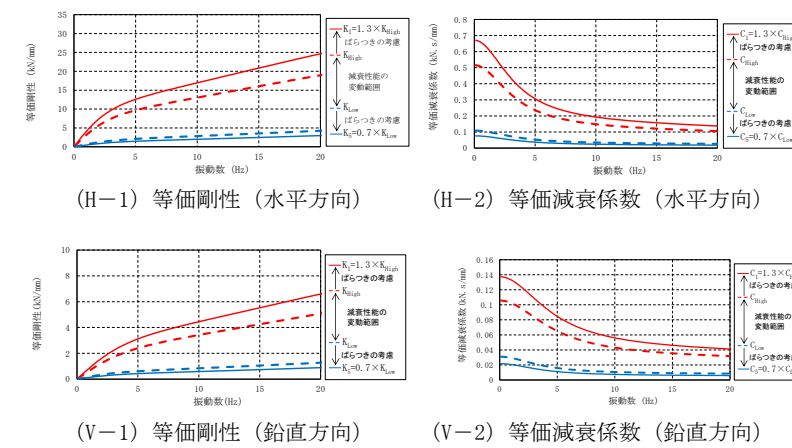


(V-1) 等価剛性 K_{Low} (鉛直方向) (V-2) 等価減衰係数 C_{Low} (鉛直方向)

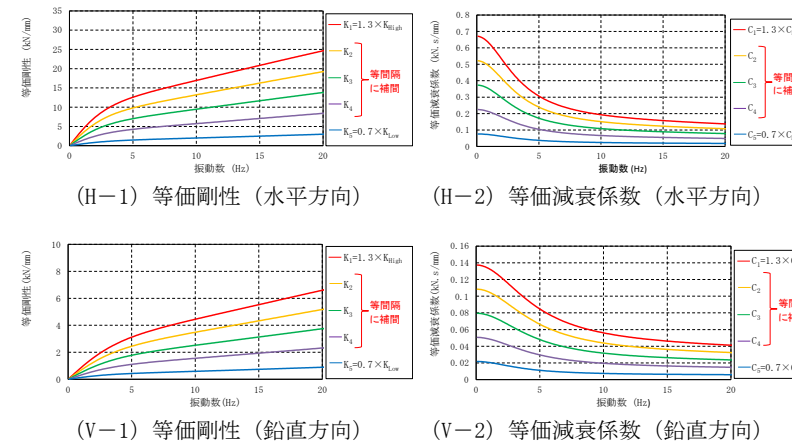
第 3-13 図 低側ダンパ試験性能のモデル化 (中型の例)

第 3-6 表 地震応答解析モデルにおける減衰性能の設定

解析モデル	減衰性能
1	K_1, C_1 (上限)
2	均等に内挿
3	
4	
5	K_5, C_5 (下限)



第3-14図 性能試験による減衰性能の上限と下限の設定 (中型の例)



第3-15図 地震応答解析モデルにおける段階的な減衰性能の設定 (中型の例)

(3) 三軸粘性ダンパの解析モデルの追加

三軸粘性ダンパをモデル化した4パラメータ Maxwell モデルを配管系の地震応答解析モデルに追加することにより、三軸粘性ダンパを設置した配管系の地震応答解析モデルを作成する。

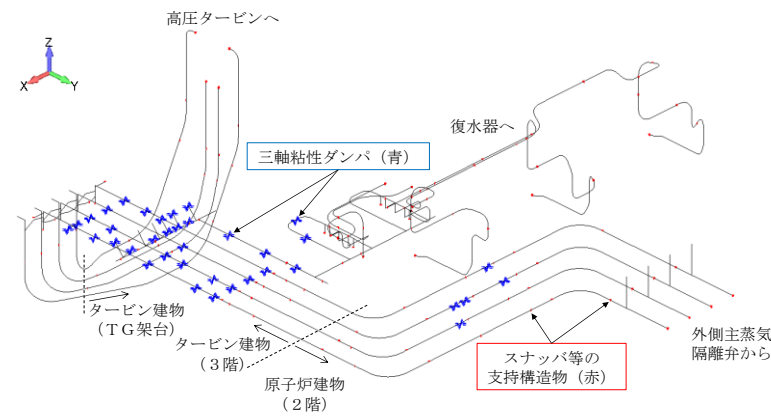
3.2.4 地震応答解析手法

三軸粘性ダンパを設置した配管系は減衰が大きくなるため、地震応答解析手法としてスペクトルモーダル解析は適用できず、時刻歴応答解析を適用する(添付資料3-9参照)。三軸粘性ダンパの減衰性能の上限と下限を含めた5段階の減衰性能に対応した地震応答解析を行い、これらの最大応答を用いて耐震評価を行う。

配管系の減衰定数については、別紙-7添付資料-6「最新知見

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>として得られた減衰定数の採用について」に示す配管系の減衰定数を適用する。</p> <p>スペクトルモーダル解析では、床応答加速度は地盤物性等の不確かさによる固有周期の変動を考慮して周期方向に±10%拡幅した設計用床応答曲線を用いている。三軸粘性ダンパを設置した配管系の地震応答解析では、時刻歴応答解析を採用することから、地盤物性等の不確かさによる固有周期の変動の影響を考慮し、機器評価への影響が大きい地震動に対し、ASME Boiler and Pressure Vessel Code SECTION III, DIVISION1—NONMANDATORY APPENDIX N (ARTICLE N—1222.3 Time History Broadening) に規定された手法等により検討を行う (添付資料1—3参照)。</p> <p>3.2.5 三軸粘性ダンパ評価</p> <p>三軸粘性ダンパを設置した配管系の地震応答解析によって得られた応答値が、三軸粘性ダンパの減衰性能を取得した性能試験の試験条件の範囲内であることを確認する。</p> <p>また、三軸粘性ダンパが許容限界を満足し、地震時にその機能を維持する設計とするため、三軸粘性ダンパは許容荷重及び許容変位を満たすように設計する。なお、許容変位の評価においては配管系の熱移動も考慮する。</p> <p>3.2.6 配管系評価</p> <p>三軸粘性ダンパを設置する外側主蒸気隔離弁から低圧タービン、復水器までの主蒸気系配管の耐震重要度分類はBクラスであり、外側主蒸気隔離弁から主蒸気止め弁までの範囲はS d機能維持設計とするため、応力評価等における許容限界は第3—7表のとおりとする。許容限界は、J E A G 4 6 0 1等に基づき設定することを基本とする。</p>	

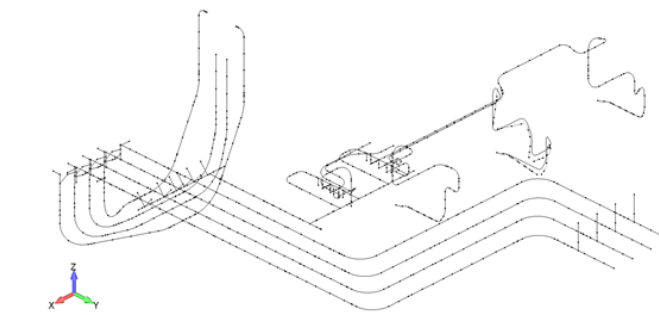
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考																																					
		<p align="center">第3-7表 配管系評価における評価方法及び許容限界</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>範囲</th> <th>地震力</th> <th>部位</th> <th>評価方法</th> <th>許容限界</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="6">外側主蒸気隔離弁から主蒸気止め弁まで</td> <td rowspan="3">静的地震力及び弾性設計用地震動S_dに2分の1を乗じたものによる地震力</td> <td>配管</td> <td>部材に発生する応力が許容限界を超えないことを確認する。</td> <td>許容応力状態 B_{AS}の許容応力</td> </tr> <tr> <td>支持構造物</td> <td>部材に発生する応力が許容限界を超えないことを確認する。</td> <td>許容応力状態 B_{AS}の許容応力</td> </tr> <tr> <td>三軸粘性ダンパ</td> <td>三軸粘性ダンパの荷重及び変位が許容限界を超えないことを確認する。</td> <td>許容荷重及び許容変位</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">弾性設計用地震動S_dによる地震力</td> <td>配管</td> <td>部材に発生する応力が許容限界を超えないことを確認する。</td> <td>許容応力状態 IV_{AS}の許容応力</td> </tr> <tr> <td>支持構造物</td> <td>部材に発生する応力が許容限界を超えないことを確認する。</td> <td>許容応力状態 IV_{AS}の許容応力</td> </tr> <tr> <td>三軸粘性ダンパ</td> <td>三軸粘性ダンパの荷重及び変位が許容限界を超えないことを確認する。</td> <td>許容荷重及び許容変位</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">上記以外の範囲</td> <td rowspan="3">静的地震力及び弾性設計用地震動S_dに2分の1を乗じたものによる地震力</td> <td>配管</td> <td>部材に発生する応力が許容限界を超えないことを確認する。</td> <td>許容応力状態 B_{AS}の許容応力</td> </tr> <tr> <td>支持構造物</td> <td>部材に発生する応力が許容限界を超えないことを確認する。</td> <td>許容応力状態 B_{AS}の許容応力</td> </tr> <tr> <td>三軸粘性ダンパ</td> <td>三軸粘性ダンパの荷重及び変位が許容限界を超えないことを確認する。</td> <td>許容荷重及び許容変位</td> </tr> </tbody> </table> <p>3.3 耐震評価結果</p> <p>3.3.1 評価条件</p> <p>(1) 評価対象配管モデル</p> <p>外側主蒸気隔離弁から高圧タービン、復水器までの配管系を対象としてS_d機能維持評価結果を示す。配管モデルを第3-16図に示す。当該配管モデルには三軸粘性ダンパを37箇所設置予定である。</p> <p>三軸粘性ダンパを設置する前の配管モデルの固有周期及び刺激係数を第3-8表に示す。また、主要な振動モードのモード図を第3-17図に示す。</p> <p>(2) 入力地震動</p> <p>弾性設計用地震動S_d-1, S_d-D, S_d-F1, S_d-F2, S_d-N1, S_d-N2のうち最も評価上厳しいと考えられるS_d-1を入力地震動とする。なお詳細設計段階においては、弾性設計用地震動の6波を考慮して、耐震評価を実施する。S_d</p>	範囲	地震力	部位	評価方法	許容限界	外側主蒸気隔離弁から主蒸気止め弁まで	静的地震力及び弾性設計用地震動S _d に2分の1を乗じたものによる地震力	配管	部材に発生する応力が許容限界を超えないことを確認する。	許容応力状態 B _{AS} の許容応力	支持構造物	部材に発生する応力が許容限界を超えないことを確認する。	許容応力状態 B _{AS} の許容応力	三軸粘性ダンパ	三軸粘性ダンパの荷重及び変位が許容限界を超えないことを確認する。	許容荷重及び許容変位	弾性設計用地震動S _d による地震力	配管	部材に発生する応力が許容限界を超えないことを確認する。	許容応力状態 IV _{AS} の許容応力	支持構造物	部材に発生する応力が許容限界を超えないことを確認する。	許容応力状態 IV _{AS} の許容応力	三軸粘性ダンパ	三軸粘性ダンパの荷重及び変位が許容限界を超えないことを確認する。	許容荷重及び許容変位	上記以外の範囲	静的地震力及び弾性設計用地震動S _d に2分の1を乗じたものによる地震力	配管	部材に発生する応力が許容限界を超えないことを確認する。	許容応力状態 B _{AS} の許容応力	支持構造物	部材に発生する応力が許容限界を超えないことを確認する。	許容応力状態 B _{AS} の許容応力	三軸粘性ダンパ	三軸粘性ダンパの荷重及び変位が許容限界を超えないことを確認する。	許容荷重及び許容変位	
範囲	地震力	部位	評価方法	許容限界																																				
外側主蒸気隔離弁から主蒸気止め弁まで	静的地震力及び弾性設計用地震動S _d に2分の1を乗じたものによる地震力	配管	部材に発生する応力が許容限界を超えないことを確認する。	許容応力状態 B _{AS} の許容応力																																				
		支持構造物	部材に発生する応力が許容限界を超えないことを確認する。	許容応力状態 B _{AS} の許容応力																																				
		三軸粘性ダンパ	三軸粘性ダンパの荷重及び変位が許容限界を超えないことを確認する。	許容荷重及び許容変位																																				
	弾性設計用地震動S _d による地震力	配管	部材に発生する応力が許容限界を超えないことを確認する。	許容応力状態 IV _{AS} の許容応力																																				
		支持構造物	部材に発生する応力が許容限界を超えないことを確認する。	許容応力状態 IV _{AS} の許容応力																																				
		三軸粘性ダンパ	三軸粘性ダンパの荷重及び変位が許容限界を超えないことを確認する。	許容荷重及び許容変位																																				
上記以外の範囲	静的地震力及び弾性設計用地震動S _d に2分の1を乗じたものによる地震力	配管	部材に発生する応力が許容限界を超えないことを確認する。	許容応力状態 B _{AS} の許容応力																																				
		支持構造物	部材に発生する応力が許容限界を超えないことを確認する。	許容応力状態 B _{AS} の許容応力																																				
		三軸粘性ダンパ	三軸粘性ダンパの荷重及び変位が許容限界を超えないことを確認する。	許容荷重及び許容変位																																				

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>－ 1 の加速度時刻歴及び床応答スペクトルを第 3-18 図～第 3-21 図に示す。評価対象配管は原子炉建物及びタービン建物に支持されるため、各支持点（三軸粘性ダンパ及びスナッパ等の支持構造物）に対応した各建物の加速度時刻歴を入力する。なお、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せを考慮して、解析は三方向同時入力により実施する。</p> <p>3.3.2 評価結果</p> <p>三軸粘性ダンパを含む配管系の評価結果を第 3-9 表～第 3-12 表に、配管の最大応力発生箇所を第 3-22 図に示す。三軸粘性ダンパを含めた配管系の構造強度評価が成立し、三軸粘性ダンパの応答値が解析上の前提条件の範囲内であることを確認した。なお、三軸粘性ダンパ以外の支持構造物については算出された荷重に基づいて設計を行う。また、地震応答解析は 5 段階の減衰性能を設定して実施することから、5 段階の減衰性能と配管系の地震応答についてまとめた結果を添付資料 3-10 に示す。</p> <p>三軸粘性ダンパの配管取付部の構造等の詳細については、添付資料 3-11 に示す。</p>  <p>第 3-16 図 評価対象の配管モデル</p>	

第3-8表 固有周期及び刺激係数

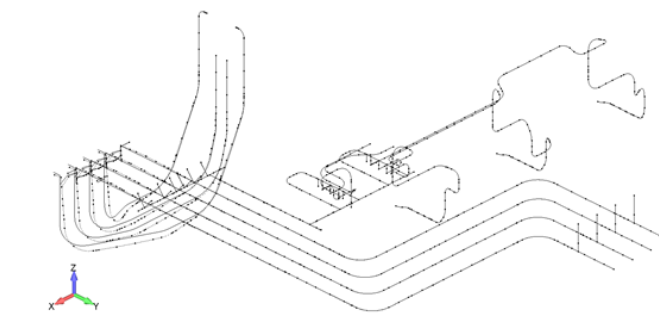
モード	固有周期 (s)	刺激係数 ^{※1}		
		X方向	Y方向	Z方向
1次	0.141	0.023	0.433	-1.608
2次	0.138	-1.826	6.356	-4.263
3次	0.112	0.726	-0.214	0.053
4次	0.109	6.901	13.153	1.067
5次	0.108	0.684	-0.335	-1.264
6次	0.106	-4.331	1.345	-0.471
7次	0.103	0.765	-0.701	-0.642
8次	0.102	-0.068	0.387	0.273
65次	0.050	3.859	1.941	-0.146

※1：モード質量が1となるように固有ベクトルを正規化して算出



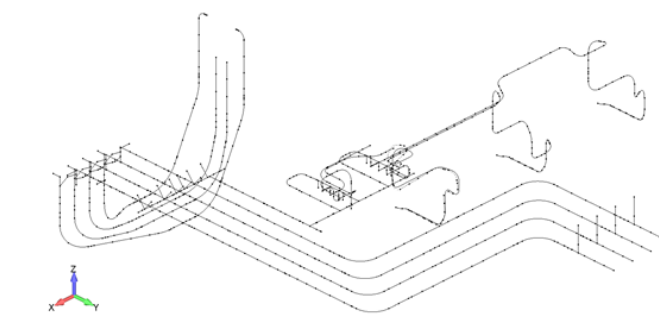
アウトプットセット: Mode 1, 7.081943 Hz
変形(0.576): Total Translation

(a) 1次モード



アウトプットセット: Mode 2, 7.223807 Hz
変形(0.206): Total Translation

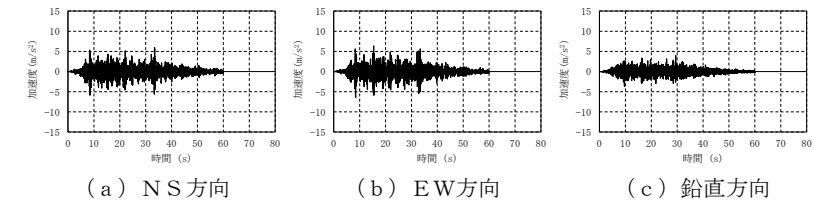
(b) 2次モード



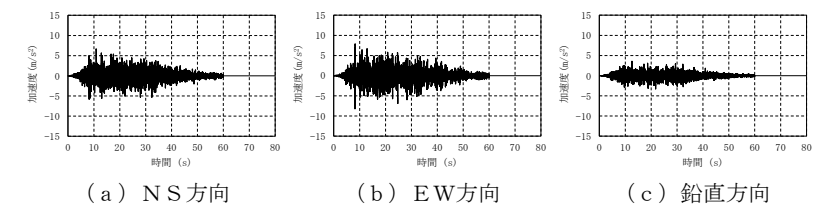
アウトプットセット: Mode 3, 8.923149 Hz
変形(0.835): Total Translation

(c) 3次モード

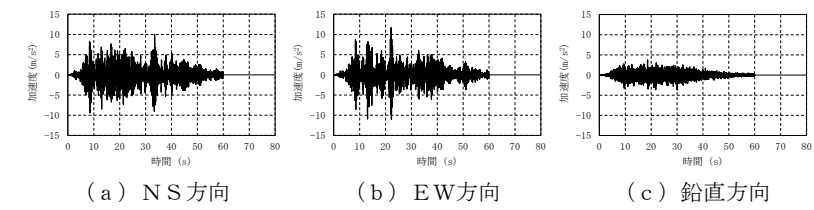
第3-17図 振動モード図



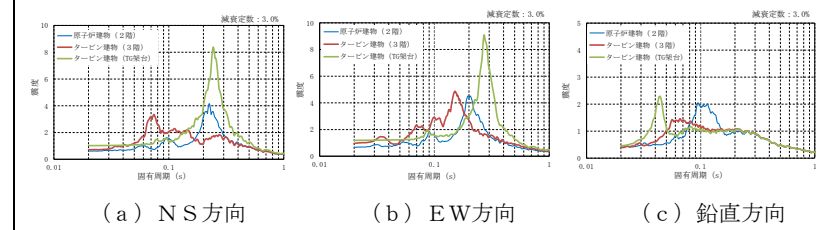
第3-18図 原子炉建物（2階：EL. 23800）の加速度時刻歴



第3-19図 タービン建物（3階：EL. 20600）の加速度時刻歴



第3-20図 タービン建物（TG 架台：EL. 20480）の加速度時刻歴



第3-21図 床応答スペクトル

第3-9表 配管の構造強度評価結果

評価項目	発生値	許容限界
一次応力	122 (MPa)	377 (MPa)
一次+二次応力	163 (MPa)	406 (MPa)

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考																																												
		<p>第3-10表 三軸粘性ダンパの構造強度評価結果</p> <table border="1" data-bbox="1855 247 2386 432"> <thead> <tr> <th colspan="2">評価項目</th> <th>発生値</th> <th>許容限界</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">最大荷重^{※1}</td> <td>水平</td> <td>117 (kN)</td> <td>350 (kN)</td> </tr> <tr> <td>鉛直</td> <td>36 (kN)</td> <td>140 (kN)</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">最大変位^{※1}</td> <td>水平</td> <td>4.3 (mm)</td> <td rowspan="2"></td> </tr> <tr> <td>鉛直</td> <td>2.7 (mm)</td> </tr> </tbody> </table> <p>※1：最も厳しい結果を記載</p> <p>第3-11表 三軸粘性ダンパ取付部（クランプ）の構造強度評価結果</p> <table border="1" data-bbox="1855 621 2386 732"> <thead> <tr> <th colspan="2">評価項目</th> <th>発生値</th> <th>許容限界</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">最大荷重^{※1}</td> <td>水平</td> <td>117 (kN)</td> <td>156 (kN)</td> </tr> <tr> <td>鉛直</td> <td>36 (kN)</td> <td>140 (kN)</td> </tr> </tbody> </table> <p>※1：最も厳しい結果を記載</p> <p>第3-12表 三軸粘性ダンパの応答値と解析上の前提条件の比較</p> <table border="1" data-bbox="1855 890 2386 1094"> <thead> <tr> <th colspan="2">評価項目</th> <th>発生値</th> <th>解析条件</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">最大変位^{※1}</td> <td>水平</td> <td>4.3 (mm)</td> <td rowspan="4"></td> </tr> <tr> <td>鉛直</td> <td>2.7 (mm)</td> </tr> <tr> <td>累積消費</td> <td>水平</td> <td>12.3 (kJ)</td> </tr> <tr> <td>エネルギー^{※1}</td> <td>鉛直</td> <td>3.6 (kJ)</td> </tr> </tbody> </table> <p>※1：最も厳しい結果を記載</p>	評価項目		発生値	許容限界	最大荷重 ^{※1}	水平	117 (kN)	350 (kN)	鉛直	36 (kN)	140 (kN)	最大変位 ^{※1}	水平	4.3 (mm)		鉛直	2.7 (mm)	評価項目		発生値	許容限界	最大荷重 ^{※1}	水平	117 (kN)	156 (kN)	鉛直	36 (kN)	140 (kN)	評価項目		発生値	解析条件	最大変位 ^{※1}	水平	4.3 (mm)		鉛直	2.7 (mm)	累積消費	水平	12.3 (kJ)	エネルギー ^{※1}	鉛直	3.6 (kJ)	
評価項目		発生値	許容限界																																												
最大荷重 ^{※1}	水平	117 (kN)	350 (kN)																																												
	鉛直	36 (kN)	140 (kN)																																												
最大変位 ^{※1}	水平	4.3 (mm)																																													
	鉛直	2.7 (mm)																																													
評価項目		発生値	許容限界																																												
最大荷重 ^{※1}	水平	117 (kN)	156 (kN)																																												
	鉛直	36 (kN)	140 (kN)																																												
評価項目		発生値	解析条件																																												
最大変位 ^{※1}	水平	4.3 (mm)																																													
	鉛直	2.7 (mm)																																													
累積消費	水平	12.3 (kJ)																																													
エネルギー ^{※1}	鉛直	3.6 (kJ)																																													

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		 <p>(a) 全体図</p> <p>MAX : 122[MPa]</p> <p>MAX : 163[MPa]</p> <p>(b) 一次応力発生箇所拡大図 (c) 一次+二次応力発生箇所拡大図</p> <p>第3-22図 配管の最大応力発生箇所</p> <p>4. 実績との比較</p> <p>既工認実績のある制震装置との差異に着目し、機器・配管系への適用性や減衰性能への影響の観点から検討を要する項目を整理した。その結果、追加の検討項目は抽出されず、必要な検討が行われていることを確認した。既工認実績との差異の確認結果について、詳細は添付資料1-2に示す。</p> <p>また、三軸粘性ダンパについては、海外実績と島根2号炉における耐震評価方法を添付資料3-12で比較し、海外実績に加えて減衰性能の変動及びばらつきを考慮していることを示した。</p> <p>制震装置を設置する場合の耐震評価方法について、原子炉施設の耐震設計の体系及び新規制基準適合性審査の実績を踏まえて重点的に検討すべき事項を抽出し、耐震評価方法において考慮していることを確認するため、「耐震設計に係る工認審査ガイド(最終改正 平成29年11月15日, 原規技発第1711152号)」に基づき、耐震評価方法の設定にあたって必要な検討を実施していることを確認した。確認の結果を添付資料1-4に示す。工認審査ガイドに基づいて抽出した検討事項は、耐震評価方法の設定にあたって考慮されており、追加の検討を要する事項はないことを確認した。</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>5. まとめ</p> <p>単軸粘性ダンパ及び三軸粘性ダンパは、その減衰性能を Maxwell モデルにより精度良くモデル化できる。単軸粘性ダンパ及び三軸粘性ダンパの減衰性能の表現方法及びモデル化の考え方について、添付資料 1-5 で比較して示した。また、単軸粘性ダンパを設置した取水槽ガントリクレーン及び三軸粘性ダンパを設置した配管系の地震応答解析では、減衰性能の変動及びばらつきを踏まえて段階的に設定した減衰性能に対応した地震応答解析を行い、これらの最大応答を用いて耐震評価を行う。従って、単軸粘性ダンパ及び三軸粘性ダンパのモデル化は妥当であり、減衰性能の変動及びばらつきを適切に考慮していることから、地震応答解析手法として妥当と考える。</p> <p>設定した耐震評価方法に基づき、単軸粘性ダンパを設置した取水槽ガントリクレーン及び三軸粘性ダンパを設置した配管系の耐震評価を実施し、構造成立性を確認した。</p> <p>【参考文献】</p> <p>(1) 免震構造の審査手引きの提案 (平成 26 年 1 月) 独立行政法人原子力安全基盤機構</p> <p>(2) 三方向粘性ダンパを適用した機器・配管系の地震応答解析法に関する確性試験報告書 (平成 28 年 3 月) 一般財団法人 発電設備技術検査協会</p> <p>(3) I. Tamura, M. Kuramasu, "A STUDY ABOUT THE EFFECTIVENESS OF SEISMIC SAFETY IMPROVEMENT BY INSTALLING VISCOELASTIC DAMPERS AT PIPING SYSTEMS AND COMPONENTS," Proceedings of ICAPP 2017, Fukui and Kyoto (Japan), April 24-28, 2017.</p> <p>(4) V. Kostarev, I. Tamura, M. Kuramasu, F. Barutzki, P. Vasiliev, Y. Enomoto, Y. Namita, S. Okita, Y. Sato , "Shaking Table Test of a Piping System with Viscoelastic Dampers Subjected to Severe Earthquake Motions," ASME Pressure Vessels & Piping Conference, Vancouver, British Columbia, Canada, July 17-21, 2016, PVP2016-64004 (2016).</p> <p>(5) I. Tamura, M. Kuramasu, F. Barutzki, D. Fischer, V. Kostarev, A. Berkovsky, P. Vasiliev, T. Inoue, S. Okita, Y. Namita, "Dynamic Analysis of NPP Piping System and Components with Viscoelastic Dampers Subjected to Severe Earthquake Motions," ASME Pressure Vessels & Piping Conference, Vancouver, British Columbia, Canada, July</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>17-21, 2016, PVP2016-64029 (2016).</p> <p>(6) 免震構造設計指針 日本建築学会</p> <p>(7) パッシブ制振構造 設計・施工マニュアル 第2版 社団法人 日本免震構造協会</p> <p>(8) 金子美香, 熊谷仁志, 岡田敬一, “三次元大型振動台と三次元大振幅振動台の開発”, 日本地震工学会論文集第16巻, 第9号, 2016</p> <p>(9) Masaya Aoyama, Toshiaki Itou, Kouji Yamamoto, Hiroki Matsunaga, Ryouta Inoue, Shuhei Kaneko, “Development and Design of System to Control Vibrations due to Human Rhythmic Action of Concert Audiences using Floating Mass Damper,” Proceedings of the 7th Structural Engineers World Congress 2019 Architecture and Structure : From Past to Future, Istanbul, Turkey, April 24-26, 2019.</p>	

添付資料 1-1 制震装置の減衰性能に影響する検討項目の抽出

制震装置の減衰性能の設定において考慮すべき事項について「免震構造の審査手引きの提案(平成26年1月) 独立行政法人原子力安全基盤機構」を参照して第1-1-1添表に整理した。各項目について単軸粘性ダンパ及び三軸粘性ダンパの構造, 使用条件, 性能試験方法等を踏まえて, 減衰性能への影響の検討要否を第1-1-2添表に整理した。第1-1-2添表で検討要となった項目については, 制震装置のモデル化にあたって減衰性能への影響を検討する。

第1-1-1添表 免震構造の審査手引きの提案における検討項目 (1/3)

項目	内容	記載箇所
①制震装置に応じた減衰性能の設定	制震装置に応じた減衰性能の設定方法について検討する。	【本文】5.4.8(機器免震に係る考慮事項)(2)免震装置の構造に起因する応答特性の考慮 p.31 【解説】5.4.8(機器免震に係る考慮事項)(2)免震装置の構造に起因する応答特性の考慮 p.38 【審査等のポイント】5.4.8(機器免震に係る考慮事項)(2)免震装置の構造に起因する応答特性の考慮 p.42
②地震入力方向	地震入力方向による減衰性能の変化について検討する。	【本文】5.4.8(機器免震に係る考慮事項)(1)地震入力方向による免震特性変化の考慮 p.31 【解説】5.4.8(機器免震に係る考慮事項)(1)地震入力方向による免震特性変化の考慮 p.38 【審査等のポイント】5.4.8(機器免震に係る考慮事項)(1)地震入力方向による免震特性変化の考慮 p.42
③使用環境	使用環境を踏まえて減衰性能を設定する。	【本文】5.4.6 p.30 【解説】5.4.6 p.33

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18版)	島根原子力発電所 2号炉	備考																		
		<p style="text-align: center;">第1-1-1 添表 免震構造の審査手引きの提案における検討項目 (2/3)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">項目</th> <th style="width: 45%;">内容</th> <th style="width: 40%;">記載箇所</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>④温度</td> <td>減衰性能の変化要因として温度による影響を検討する。</td> <td>【本文】5.4.8(建屋免震・機器免震共通の考慮事項)(3)免震装置の性能の変化に係る考慮○免震要素特性のばらつき p.31 【解説】5.4.8(建屋免震・機器免震共通の考慮事項)(3)免震装置の性能の変化に係る考慮○地震時免震機能の変化の考慮 p.36 【審査等のポイント】5.4.8(建屋免震・機器免震共通の考慮事項)(3)免震装置の性能の変化に係る考慮○地震時免震機能の変化の考慮 p.41</td> </tr> <tr> <td>⑤速度</td> <td>減衰性能の変化要因として速度による影響を検討する。</td> <td>【本文】5.4.8(建屋免震・機器免震共通の考慮事項)(3)免震装置の性能の変化に係る考慮○地震時免震機能の変化の考慮 p.31</td> </tr> <tr> <td>⑥振動数</td> <td>減衰性能の変化要因として振動数による影響を検討する。</td> <td>【解説】5.4.8(建屋免震・機器免震共通の考慮事項)(3)免震装置の性能の変化に係る考慮○地震時免震機能の変化の考慮 p.36</td> </tr> <tr> <td>⑦連続加振</td> <td>作動中の減衰性能の変化について検討する。</td> <td>【審査等のポイント】5.4.8(建屋免震・機器免震共通の考慮事項)(3)免震装置の性能の変化に係る考慮○地震時免震機能の変化の考慮 p.41</td> </tr> <tr> <td>⑧経年劣化</td> <td>経年劣化による減衰性能のばらつきについて検討する。</td> <td>【本文】5.4.8(建屋免震・機器免震共通の考慮事項)(3)免震装置の性能の変化に係る考慮○免震要素特性のばらつき p.31 【解説】5.4.8(建屋免震・機器免震共通の考慮事項)(3)免震装置の性能の変化に係る考慮○免震要素特性のばらつき p.35 【審査等のポイント】5.4.8(建屋免震・機器免震共通の考慮事項)(3)免震装置の性能の変化に係る考慮○免震要素特性のばらつき p.41 【参考資料-4】</td> </tr> </tbody> </table>	項目	内容	記載箇所	④温度	減衰性能の変化要因として温度による影響を検討する。	【本文】5.4.8(建屋免震・機器免震共通の考慮事項)(3)免震装置の性能の変化に係る考慮○免震要素特性のばらつき p.31 【解説】5.4.8(建屋免震・機器免震共通の考慮事項)(3)免震装置の性能の変化に係る考慮○地震時免震機能の変化の考慮 p.36 【審査等のポイント】5.4.8(建屋免震・機器免震共通の考慮事項)(3)免震装置の性能の変化に係る考慮○地震時免震機能の変化の考慮 p.41	⑤速度	減衰性能の変化要因として速度による影響を検討する。	【本文】5.4.8(建屋免震・機器免震共通の考慮事項)(3)免震装置の性能の変化に係る考慮○地震時免震機能の変化の考慮 p.31	⑥振動数	減衰性能の変化要因として振動数による影響を検討する。	【解説】5.4.8(建屋免震・機器免震共通の考慮事項)(3)免震装置の性能の変化に係る考慮○地震時免震機能の変化の考慮 p.36	⑦連続加振	作動中の減衰性能の変化について検討する。	【審査等のポイント】5.4.8(建屋免震・機器免震共通の考慮事項)(3)免震装置の性能の変化に係る考慮○地震時免震機能の変化の考慮 p.41	⑧経年劣化	経年劣化による減衰性能のばらつきについて検討する。	【本文】5.4.8(建屋免震・機器免震共通の考慮事項)(3)免震装置の性能の変化に係る考慮○免震要素特性のばらつき p.31 【解説】5.4.8(建屋免震・機器免震共通の考慮事項)(3)免震装置の性能の変化に係る考慮○免震要素特性のばらつき p.35 【審査等のポイント】5.4.8(建屋免震・機器免震共通の考慮事項)(3)免震装置の性能の変化に係る考慮○免震要素特性のばらつき p.41 【参考資料-4】	
項目	内容	記載箇所																			
④温度	減衰性能の変化要因として温度による影響を検討する。	【本文】5.4.8(建屋免震・機器免震共通の考慮事項)(3)免震装置の性能の変化に係る考慮○免震要素特性のばらつき p.31 【解説】5.4.8(建屋免震・機器免震共通の考慮事項)(3)免震装置の性能の変化に係る考慮○地震時免震機能の変化の考慮 p.36 【審査等のポイント】5.4.8(建屋免震・機器免震共通の考慮事項)(3)免震装置の性能の変化に係る考慮○地震時免震機能の変化の考慮 p.41																			
⑤速度	減衰性能の変化要因として速度による影響を検討する。	【本文】5.4.8(建屋免震・機器免震共通の考慮事項)(3)免震装置の性能の変化に係る考慮○地震時免震機能の変化の考慮 p.31																			
⑥振動数	減衰性能の変化要因として振動数による影響を検討する。	【解説】5.4.8(建屋免震・機器免震共通の考慮事項)(3)免震装置の性能の変化に係る考慮○地震時免震機能の変化の考慮 p.36																			
⑦連続加振	作動中の減衰性能の変化について検討する。	【審査等のポイント】5.4.8(建屋免震・機器免震共通の考慮事項)(3)免震装置の性能の変化に係る考慮○地震時免震機能の変化の考慮 p.41																			
⑧経年劣化	経年劣化による減衰性能のばらつきについて検討する。	【本文】5.4.8(建屋免震・機器免震共通の考慮事項)(3)免震装置の性能の変化に係る考慮○免震要素特性のばらつき p.31 【解説】5.4.8(建屋免震・機器免震共通の考慮事項)(3)免震装置の性能の変化に係る考慮○免震要素特性のばらつき p.35 【審査等のポイント】5.4.8(建屋免震・機器免震共通の考慮事項)(3)免震装置の性能の変化に係る考慮○免震要素特性のばらつき p.41 【参考資料-4】																			

<p>柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)</p>	<p>東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)</p>	<p>島根原子力発電所 2号炉</p> <p>第1-1-1 添表 免震構造の審査手引きの提案における検討項目 (3/3)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="1825 1150 1849 1270">項目</th> <th data-bbox="1825 808 1849 1150">内容</th> <th data-bbox="1825 231 1849 808">記載箇所</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="1893 1150 1944 1270">⑨製造公差</td> <td data-bbox="1893 808 1944 1150">製造公差による減衰性能のばらつきについて検討する。</td> <td data-bbox="1893 231 1944 808">【本文】5.4.8(建屋免震・機器免震共通の考慮事項)(3)免震装置の性能の変化に係る考慮○免震要素特性のばらつき p.31 【解説】5.4.8(建屋免震・機器免震共通の考慮事項)(3)免震装置の性能の変化に係る考慮○免震要素特性のばらつき p.35 【審査等のポイント】5.4.8(建屋免震・機器免震共通の考慮事項)(3)免震装置の性能の変化に係る考慮○免震要素特性のばらつき p.41</td> </tr> <tr> <td data-bbox="2033 1150 2083 1270">⑩据付公差</td> <td data-bbox="2033 808 2083 1150">据付公差による減衰性能のばらつきについて検討する。</td> <td data-bbox="2033 231 2083 808">【解説】5.4.8(建屋免震・機器免震共通の考慮事項)(3)免震装置の性能の変化に係る考慮○免震要素特性のばらつき p.35 【審査等のポイント】5.4.8(建屋免震・機器免震共通の考慮事項)(3)免震装置の性能の変化に係る考慮○免震要素特性のばらつき p.41</td> </tr> <tr> <td data-bbox="2122 1150 2202 1270">⑪制震装置の構造上の動作制限</td> <td data-bbox="2122 808 2202 1150">制震装置の構造上、動作に影響を与える機構等があれば、その影響を検討する。</td> <td data-bbox="2122 231 2202 808">【解説】5.4.8(建屋免震・機器免震共通の考慮事項)(3)免震装置の性能の変化に係る考慮○免震装置変位防止用ストッパー、台座、擁壁、塵埃防止カバー、結露に対する免震機能の変化の考慮 p.36</td> </tr> <tr> <td data-bbox="2291 1150 2371 1270">⑫地震以外の外的事象</td> <td data-bbox="2291 808 2371 1150">地震以外の外的事象による減衰性能への影響を検討する。</td> <td data-bbox="2291 231 2371 808">【本文】5.4.8(建屋免震・機器免震共通の考慮事項)(3)免震装置の性能の変化に係る考慮 p.31 【解説】5.4.8(建屋免震・機器免震共通の考慮事項)(3)免震装置の性能の変化に係る考慮○地震以外の津波や風等外的事象に対する免震機能の変化の考慮 p.36 【審査等のポイント】5.4.8(建屋免震・機器免震共通の考慮事項)(3)免震装置の性能の変化に係る考慮○地震以外の津波や風等外的事象に対する免震機能の変化の考慮 p.42</td> </tr> </tbody> </table>	項目	内容	記載箇所	⑨製造公差	製造公差による減衰性能のばらつきについて検討する。	【本文】5.4.8(建屋免震・機器免震共通の考慮事項)(3)免震装置の性能の変化に係る考慮○免震要素特性のばらつき p.31 【解説】5.4.8(建屋免震・機器免震共通の考慮事項)(3)免震装置の性能の変化に係る考慮○免震要素特性のばらつき p.35 【審査等のポイント】5.4.8(建屋免震・機器免震共通の考慮事項)(3)免震装置の性能の変化に係る考慮○免震要素特性のばらつき p.41	⑩据付公差	据付公差による減衰性能のばらつきについて検討する。	【解説】5.4.8(建屋免震・機器免震共通の考慮事項)(3)免震装置の性能の変化に係る考慮○免震要素特性のばらつき p.35 【審査等のポイント】5.4.8(建屋免震・機器免震共通の考慮事項)(3)免震装置の性能の変化に係る考慮○免震要素特性のばらつき p.41	⑪制震装置の構造上の動作制限	制震装置の構造上、動作に影響を与える機構等があれば、その影響を検討する。	【解説】5.4.8(建屋免震・機器免震共通の考慮事項)(3)免震装置の性能の変化に係る考慮○免震装置変位防止用ストッパー、台座、擁壁、塵埃防止カバー、結露に対する免震機能の変化の考慮 p.36	⑫地震以外の外的事象	地震以外の外的事象による減衰性能への影響を検討する。	【本文】5.4.8(建屋免震・機器免震共通の考慮事項)(3)免震装置の性能の変化に係る考慮 p.31 【解説】5.4.8(建屋免震・機器免震共通の考慮事項)(3)免震装置の性能の変化に係る考慮○地震以外の津波や風等外的事象に対する免震機能の変化の考慮 p.36 【審査等のポイント】5.4.8(建屋免震・機器免震共通の考慮事項)(3)免震装置の性能の変化に係る考慮○地震以外の津波や風等外的事象に対する免震機能の変化の考慮 p.42	<p>備考</p>
項目	内容	記載箇所																
⑨製造公差	製造公差による減衰性能のばらつきについて検討する。	【本文】5.4.8(建屋免震・機器免震共通の考慮事項)(3)免震装置の性能の変化に係る考慮○免震要素特性のばらつき p.31 【解説】5.4.8(建屋免震・機器免震共通の考慮事項)(3)免震装置の性能の変化に係る考慮○免震要素特性のばらつき p.35 【審査等のポイント】5.4.8(建屋免震・機器免震共通の考慮事項)(3)免震装置の性能の変化に係る考慮○免震要素特性のばらつき p.41																
⑩据付公差	据付公差による減衰性能のばらつきについて検討する。	【解説】5.4.8(建屋免震・機器免震共通の考慮事項)(3)免震装置の性能の変化に係る考慮○免震要素特性のばらつき p.35 【審査等のポイント】5.4.8(建屋免震・機器免震共通の考慮事項)(3)免震装置の性能の変化に係る考慮○免震要素特性のばらつき p.41																
⑪制震装置の構造上の動作制限	制震装置の構造上、動作に影響を与える機構等があれば、その影響を検討する。	【解説】5.4.8(建屋免震・機器免震共通の考慮事項)(3)免震装置の性能の変化に係る考慮○免震装置変位防止用ストッパー、台座、擁壁、塵埃防止カバー、結露に対する免震機能の変化の考慮 p.36																
⑫地震以外の外的事象	地震以外の外的事象による減衰性能への影響を検討する。	【本文】5.4.8(建屋免震・機器免震共通の考慮事項)(3)免震装置の性能の変化に係る考慮 p.31 【解説】5.4.8(建屋免震・機器免震共通の考慮事項)(3)免震装置の性能の変化に係る考慮○地震以外の津波や風等外的事象に対する免震機能の変化の考慮 p.36 【審査等のポイント】5.4.8(建屋免震・機器免震共通の考慮事項)(3)免震装置の性能の変化に係る考慮○地震以外の津波や風等外的事象に対する免震機能の変化の考慮 p.42																

第1-1-2添表 減衰性能への影響の検討項目の抽出

項目 ^{※1}	要否	車軸粘性ダンパ 理由	三輪粘性ダンパ 理由
①耐震装置に応じた減衰性能の検証	-	車軸粘性ダンパの性能試験結果を踏まえて減衰性能を適切にモデル化する。	三輪粘性ダンパの性能試験結果を踏まえて減衰性能を適切にモデル化する。
②地震入力方向	-	車軸粘性ダンパは、軸方向へのみ動作することから、この方向に加振して減衰性能を取得する。	三輪粘性ダンパは、水圧方向は回転対称な構造であり方向による減衰性能の差はないが、水圧方向は非対称な構造であり軸方向の異なる減衰性能試験を実施して減衰性能を取得する。また、三輪に動作するものであることから、水圧・鉛直回転方向による減衰性能への影響を確認する。
③ ④温度 使用 環境	-	屋外で使用するため、使用環境温度の変化は小さい。また、減衰性能に-2参照。	屋内の使用環境温度による減衰性能への影響を確認する。
⑤経年劣化 条件	-	屋外で使用するため放射線の影響を受けない。	放射線による減衰性能への影響を確認する。
⑥振動数	○	化学的に安定な粘弾体を使用しており、減衰性能の劣化は生じない。車軸粘性ダンパは10年以上の継続使用の実績がある。	化学的に安定な粘弾体を使用しており、減衰性能の劣化は生じない。三輪粘性ダンパは10年以上の継続使用の実績がある。
⑦速度	-	振動数による減衰性能への影響を確認する。	三輪粘性ダンパの減衰性能は振動数依存性を有することから、この振動数特性を適切にモデル化する。
⑧連続加振	○	車軸粘性ダンパは非線形挙動を示すことから、減衰性能は速度と抵抗力の関係として把握し、これを適切にモデル化する。	速度(振幅) ^{※2} による減衰性能への影響を確認する。
⑨製造公差	○	連続加振による減衰性能への影響を確認する。	連続加振による減衰性能への影響を確認する。
⑩据付公差	-	製造公差による減衰性能のばらつきが生じる。	製造公差による減衰性能のばらつきが生じる。
⑪耐震装置の構造上の動作制限	-	車軸粘性ダンパはオリフィン等を粘弾体が移動する際の運動制限により減衰性能を確保するものであるため、据付時にシムによる減衰性能の変化は小さい。また、据付時にシムによりヒストン位置を調整するため、据付公差は小さい。	据付公差による減衰性能のばらつきが生じる。
⑫地震以外の外的事象	-	変位防止ストッパー、台座、確認、塵埃防止カバー等の耐震装置の動作を制限するものは設置しておらず、減衰性能に影響はない。また、シリンドラは粘弾体で満たされ、密封されているため影響しない。	変位防止ストッパー、台座、確認等の耐震装置の動作を制限するものは設置しておらず、塵埃防止カバーにあたる格納スリーブは柔軟性を有しておりヒストンの動作に影響するものではないため、減衰性能に影響はない。また、屋内で使用し、使用環境において湿度は生じない。

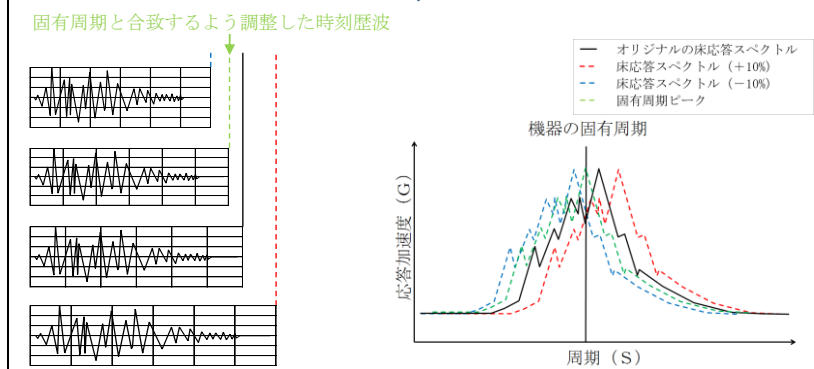
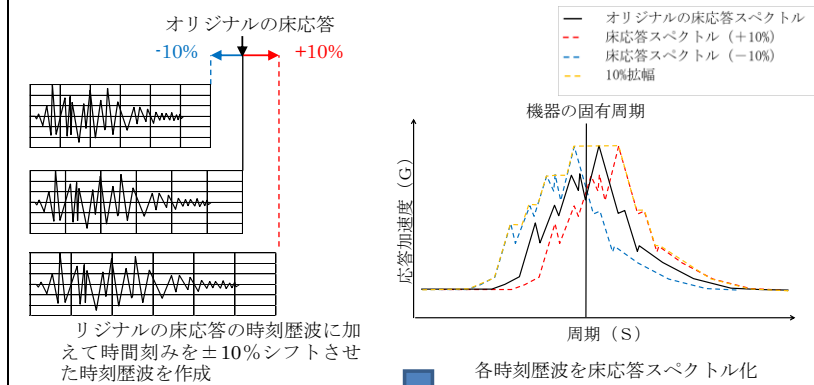
※1：第1-1-2添表内の各項目番号は、第1-1-1添表内の各項目番号に対応している。
 ※2：三輪粘性ダンパの減衰性能は振動数において加振速度を変更することは加振振幅を変更すること等しいため、加振振幅を変更することにより減衰性能の速戻依存性を把握する。

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考										
		<p>添付資料 1-2 既工認実績のある制震装置との差異の整理</p> <p>1. はじめに 取水槽ガントリクレーンに設置する単軸粘性ダンパ及び配管系に設置する三軸粘性ダンパと既工認実績である島根2号炉排気筒に設置した制震装置(単軸粘性ダンパ)との差異に着目し、機器・配管系への適用性や減衰性能への影響の観点から検討を要する項目を整理する。</p> <p>2. 島根2号炉の排気筒で実績のある制震装置について 島根2号炉の排気筒で適用実績のある単軸粘性ダンパについて、概要を以下に示す。この単軸粘性ダンパは、粘性体が充填されたシリンダとピストンにより構成され、シリンダとピストンの間に相対運動が生じることで、相対運動の方向と逆向きに生じる抵抗力を用いるものである。単軸粘性ダンパは自重等の静的荷重は支持せず、熱膨張のような低速度の運動を拘束しない。単軸粘性ダンパの外観及び構造を第1-2-1添図に示す。また、単軸粘性ダンパの仕様を第1-2-1添表に示す。</p> <div data-bbox="1774 1081 2463 1297"> </div> <p>第1-2-1添図 島根2号炉の排気筒に設置した単軸粘性ダンパの外観及び構造</p> <p>第1-2-1添表 単軸粘性ダンパの仕様</p> <table border="1" data-bbox="1795 1507 2433 1602"> <thead> <tr> <th>全長 (mm)</th> <th>外径 (mm)</th> <th>質量 (kg)</th> <th>許容荷重 (kN)</th> <th>許容変位 (mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1350</td> <td>165</td> <td>86</td> <td>144</td> <td>300</td> </tr> </tbody> </table> <p>3. 今回適用する制震装置と既工認実績のある制震装置の差異 取水槽ガントリクレーンに設置する単軸粘性ダンパ及び配管系に設置する三軸粘性ダンパと島根2号炉排気筒の単軸粘性ダンパを比較し、機器・配管系への適用性や減衰性能への影響の観点から検討を要する項目を整理した。結果を第1-2-2添表及び第1</p>	全長 (mm)	外径 (mm)	質量 (kg)	許容荷重 (kN)	許容変位 (mm)	1350	165	86	144	300	
全長 (mm)	外径 (mm)	質量 (kg)	許容荷重 (kN)	許容変位 (mm)									
1350	165	86	144	300									

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考																																																														
		<p>ー2ー3 添表に示す。その結果、追加の検討項目は抽出されず、必要な検討が行われていることを確認した。</p> <p>第1ー2ー2 添表 適用実績のある制震装置との差異の整理 (単軸粘性ダンパ)</p> <table border="1" data-bbox="1754 432 2490 930"> <thead> <tr> <th></th> <th>単軸粘性ダンパ 【島根2号炉排気筒】</th> <th>単軸粘性ダンパ 【取水槽ガントリクレーン】</th> <th>差異</th> <th>検討内容</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>適用対象</td> <td>排気筒</td> <td>取水槽ガントリクレーン</td> <td>○</td> <td>適用対象のモデル化の方法を検討 (2. 1. 3 参照)</td> </tr> <tr> <td>環境条件</td> <td>屋外</td> <td>屋外</td> <td>ー</td> <td>ー</td> </tr> <tr> <td>制震装置</td> <td>単軸線形タイプ</td> <td>単軸非線形タイプ</td> <td>○</td> <td>制震装置のモデル化の方法を検討 (2. 2. 3 参照)</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">解析</td> <td>制震装置モデル</td> <td>Maxwellモデル</td> <td>Maxwellモデル</td> <td>ー</td> <td>ー</td> </tr> <tr> <td>解析手法</td> <td>時刻歴応答解析</td> <td>時刻歴応答解析</td> <td>ー</td> <td>ー</td> </tr> </tbody> </table> <p>第1ー2ー3 添表 適用実績のある制震装置との差異の整理 (三軸粘性ダンパ)</p> <table border="1" data-bbox="1754 1110 2490 1640"> <thead> <tr> <th></th> <th>単軸粘性ダンパ 【島根2号炉排気筒】</th> <th>三軸粘性ダンパ 【配管系】</th> <th>差異</th> <th>検討内容</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>適用対象</td> <td>排気筒</td> <td>配管系</td> <td>○</td> <td>適用対象のモデル化の方法を検討 (3. 1. 3 参照)</td> </tr> <tr> <td>環境条件</td> <td>屋外</td> <td>屋内</td> <td>○</td> <td>屋内の環境条件による制震装置の減衰性能への影響を検討 (3. 2. 1 参照)</td> </tr> <tr> <td>制震装置</td> <td>単軸線形タイプ</td> <td>三軸非線形タイプ</td> <td>○</td> <td>制震装置のモデル化の方法を検討 (3. 2. 3 参照)</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">解析</td> <td>制震装置モデル</td> <td>Maxwellモデル (4パラメータ)</td> <td>Maxwellモデル</td> <td>ー</td> <td>ー</td> </tr> <tr> <td>解析手法</td> <td>時刻歴応答解析</td> <td>時刻歴応答解析</td> <td>ー</td> <td>ー</td> </tr> </tbody> </table>		単軸粘性ダンパ 【島根2号炉排気筒】	単軸粘性ダンパ 【取水槽ガントリクレーン】	差異	検討内容	適用対象	排気筒	取水槽ガントリクレーン	○	適用対象のモデル化の方法を検討 (2. 1. 3 参照)	環境条件	屋外	屋外	ー	ー	制震装置	単軸線形タイプ	単軸非線形タイプ	○	制震装置のモデル化の方法を検討 (2. 2. 3 参照)	解析	制震装置モデル	Maxwellモデル	Maxwellモデル	ー	ー	解析手法	時刻歴応答解析	時刻歴応答解析	ー	ー		単軸粘性ダンパ 【島根2号炉排気筒】	三軸粘性ダンパ 【配管系】	差異	検討内容	適用対象	排気筒	配管系	○	適用対象のモデル化の方法を検討 (3. 1. 3 参照)	環境条件	屋外	屋内	○	屋内の環境条件による制震装置の減衰性能への影響を検討 (3. 2. 1 参照)	制震装置	単軸線形タイプ	三軸非線形タイプ	○	制震装置のモデル化の方法を検討 (3. 2. 3 参照)	解析	制震装置モデル	Maxwellモデル (4パラメータ)	Maxwellモデル	ー	ー	解析手法	時刻歴応答解析	時刻歴応答解析	ー	ー	
	単軸粘性ダンパ 【島根2号炉排気筒】	単軸粘性ダンパ 【取水槽ガントリクレーン】	差異	検討内容																																																													
適用対象	排気筒	取水槽ガントリクレーン	○	適用対象のモデル化の方法を検討 (2. 1. 3 参照)																																																													
環境条件	屋外	屋外	ー	ー																																																													
制震装置	単軸線形タイプ	単軸非線形タイプ	○	制震装置のモデル化の方法を検討 (2. 2. 3 参照)																																																													
解析	制震装置モデル	Maxwellモデル	Maxwellモデル	ー	ー																																																												
	解析手法	時刻歴応答解析	時刻歴応答解析	ー	ー																																																												
	単軸粘性ダンパ 【島根2号炉排気筒】	三軸粘性ダンパ 【配管系】	差異	検討内容																																																													
適用対象	排気筒	配管系	○	適用対象のモデル化の方法を検討 (3. 1. 3 参照)																																																													
環境条件	屋外	屋内	○	屋内の環境条件による制震装置の減衰性能への影響を検討 (3. 2. 1 参照)																																																													
制震装置	単軸線形タイプ	三軸非線形タイプ	○	制震装置のモデル化の方法を検討 (3. 2. 3 参照)																																																													
解析	制震装置モデル	Maxwellモデル (4パラメータ)	Maxwellモデル	ー	ー																																																												
	解析手法	時刻歴応答解析	時刻歴応答解析	ー	ー																																																												

添付資料 1-3 Time History Broadening の概要

ASME Boiler and Pressure Vessel Code SECTION III, DIVISION1
 -NONMANDATORY APPENDIX N (ARTICLE N-1222.3 Time History
 Broadening) より引用



・機器の固有周期が床応答スペクトルピークの谷間に存在する場合、ピークと合うような時刻歴史波を作成し、時刻歴史応答解析を実施する。

<p>柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)</p>	<p>東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)</p>	<p>島根原子力発電所 2号炉</p> <p>添付資料1-4 新規制基準適合性審査の実績等を踏まえた検討事項に対する考察</p> <p>制震装置を設置する場合の耐震評価方法について、原子炉施設の耐震設計の体系及び新規制基準適合性審査の実績を踏まえて重点的に検討すべき事項を抽出し、耐震評価方法において考慮されていることを確認する。具体的には、「耐震設計に係る工認審査ガイド(最終改正 平成29年11月15日, 原規技発第1711152号)」(以下「工認審査ガイド」という。)に基づき、耐震評価方法の設定にあたって必要な検討が実施されていることを確認する。</p> <p>確認の結果を第1-4-1添表に示す。工認審査ガイドに基づいて抽出した検討事項は、耐震評価方法の設定にあたって考慮されており、追加の検討を要する事項はないことを確認した。</p> <p>第1-4-1添表 工認審査ガイドに基づく検討事項の耐震評価方法への反映要否 (1/4)</p> <table border="1" data-bbox="1834 802 2220 1894"> <thead> <tr> <th data-bbox="1834 1759 1941 1894">検討事項 (工認審査ガイド) 4. 機器・配管系 に関する事項</th> <th data-bbox="1834 1306 1941 1759">工認審査ガイドに対応した耐震評価方法の設定にあたっての検討内容</th> <th data-bbox="1834 919 1941 1306">追加検討 事項の有無 (○:有 -:無)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="1941 1759 2220 1894">4.1 使用材料及び材 料定数</td> <td data-bbox="1941 1306 2220 1759"> <p>単軸粘性ダンパを設置する取水槽ガントリクレーン</p> <p>機器・配管系の地震応答解析及び構造設計において、工認審査ガイドに従って適用可能な規格及び基準等を使用する。</p> <p>地震応答解析に用いる材料定数は、地震の請定数も含めて材料のばらつきによる変動幅を適切に考慮する。なお、制震装置により機器・配管系に付与される減衰が大きくなるため、影響は軽微であると考えているが、詳細設計段階において ASME Boiler and Pressure Vessel Code SECTION III, DIVISION 1-NONMANDATORY APPENDIX N (ARTICLE N-1222.3 Time History Broadening) に規定された手法等により検討を行い、影響が軽微であることを確認する(添付資料1-3参照)。</p> </td> <td data-bbox="1941 919 2220 1306"> <p>— (考慮済)</p> <p>— (考慮済)</p> </td> </tr> </tbody> </table>	検討事項 (工認審査ガイド) 4. 機器・配管系 に関する事項	工認審査ガイドに対応した耐震評価方法の設定にあたっての検討内容	追加検討 事項の有無 (○:有 -:無)	4.1 使用材料及び材 料定数	<p>単軸粘性ダンパを設置する取水槽ガントリクレーン</p> <p>機器・配管系の地震応答解析及び構造設計において、工認審査ガイドに従って適用可能な規格及び基準等を使用する。</p> <p>地震応答解析に用いる材料定数は、地震の請定数も含めて材料のばらつきによる変動幅を適切に考慮する。なお、制震装置により機器・配管系に付与される減衰が大きくなるため、影響は軽微であると考えているが、詳細設計段階において ASME Boiler and Pressure Vessel Code SECTION III, DIVISION 1-NONMANDATORY APPENDIX N (ARTICLE N-1222.3 Time History Broadening) に規定された手法等により検討を行い、影響が軽微であることを確認する(添付資料1-3参照)。</p>	<p>— (考慮済)</p> <p>— (考慮済)</p>	<p>備考</p>
検討事項 (工認審査ガイド) 4. 機器・配管系 に関する事項	工認審査ガイドに対応した耐震評価方法の設定にあたっての検討内容	追加検討 事項の有無 (○:有 -:無)							
4.1 使用材料及び材 料定数	<p>単軸粘性ダンパを設置する取水槽ガントリクレーン</p> <p>機器・配管系の地震応答解析及び構造設計において、工認審査ガイドに従って適用可能な規格及び基準等を使用する。</p> <p>地震応答解析に用いる材料定数は、地震の請定数も含めて材料のばらつきによる変動幅を適切に考慮する。なお、制震装置により機器・配管系に付与される減衰が大きくなるため、影響は軽微であると考えているが、詳細設計段階において ASME Boiler and Pressure Vessel Code SECTION III, DIVISION 1-NONMANDATORY APPENDIX N (ARTICLE N-1222.3 Time History Broadening) に規定された手法等により検討を行い、影響が軽微であることを確認する(添付資料1-3参照)。</p>	<p>— (考慮済)</p> <p>— (考慮済)</p>							

<p>柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)</p>	<p>東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)</p>	<p>島根原子力発電所 2号炉</p>	<p>備考</p>
<p>第1-4-1 添表 工認審査ガイドに基づく検討事項の耐震評価方法への反映要否 (2/4)</p>			
<p>検討事項 (工認審査ガイド 4. 機器・配管系 に関する事項)</p>	<p>工認審査ガイドに対応した耐震評価方法の設定にあつての検討内容</p>	<p>追加検討 事項の有無 (○：有 —：無)</p>	
<p>4. 2 荷重及び荷重の 組合せ</p>	<p>単軸粘性ダンパを設置する取水槽ガントリクレーン 地震力と地震力以外の荷重は、工認審査ガイドに例示されてい る規格及び基準等に基づき適切に組み合わせる。</p>	<p>三軸粘性ダンパを設置する配管系 同左</p>	<p>— (考慮済)</p>
<p>4. 3 許容限界</p>	<p>取水槽ガントリクレーンに係る許容限界及び単軸粘性ダンパ の許容荷重は、工認審査ガイドに例示されている規格及び基準等 に基づき設定する。 単軸粘性ダンパの許容変位は、その構造、寸法に基づき設定す る。</p>	<p>配管、支持構造物に係る許容限界及び三軸粘性ダン パの許容荷重は、工認審査ガイドに例示されている規 格及び基準等に基づき設定する。 三軸粘性ダンパの許容変位は、その構造、寸法に基 づき設定する。</p>	<p>— (考慮済)</p>
<p>4. 4 地震応答解析 4. 4. 1 地震応答解析手 法及び地震応 答解析モデル</p>	<p>地震応答解析手法は、工認審査ガイドに例示されている規格及 び基準等並びに新規制審査実績を参考に設定する。 取水槽ガントリクレーンの地震応答解析モデルは、工認審査ガ イドに例示されている規格及び基準等並びに新規制審査実績を 参考に設定する。また、単軸粘性ダンパの減衰性能は、性能試験 結果に基づいてモデル化し、減衰性能のばらつきを考慮する。 取水槽ガントリクレーンの水平方向及び鉛直方向の減衰定数 については、最新の知見を反映して設定する。詳細は、別紙-7 添付資料-6「最新知見として得られた減衰定数の採用について」 に示す。</p>	<p>地震応答解析手法は、工認審査ガイドに例示されて いる規格及び基準等を参考に設定する。 配管系の地震応答解析モデルは、工認審査ガイドに 例示されている規格及び基準等を参考に設定する。ま た、三軸粘性ダンパの減衰性能は、性能試験結果に基 づいてモデル化し、減衰性能の変動及びばらつきを考 慮する。 配管系の水平方向及び鉛直方向の減衰定数につい ては、最新の知見を反映して設定する。詳細は、別紙 -7 添付資料-6「最新知見として得られた減衰定数 の採用について」に示す。</p>	<p>— (考慮済)</p>

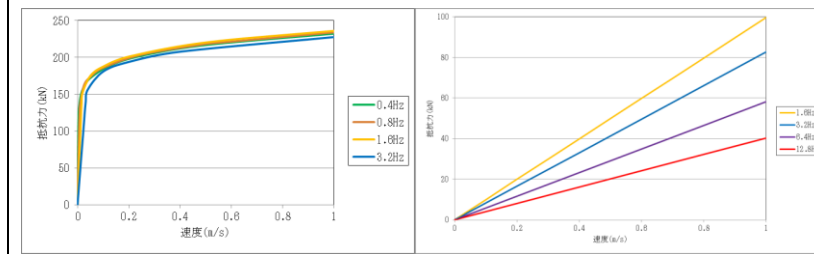
第1-4-1 添表 工認審査ガイドに基づく検討事項の耐震評価方法への反映要否 (3/4)

検討事項 〔工認審査ガイド 4. 機器・配管系 に関する事項〕	工認審査ガイドに対応した耐震評価方法の取扱いにあたっての検討内容		追加検討 事項の有無 〔○：有 —：無 (考慮済) (考慮済)
	単軸粘性ダンバを設置する取水槽ガントリクレーン	三軸粘性ダンバを設置する配管系	
4.4.2 入力地震力	入力地震力は、取水槽ガントリクレーン設置位置の応答波を用いる。	入力地震力は、配管系設置位置の応答波を用いる。	— (考慮済)
4.5 構造設計手法 4.5.1 構造解析手法及 び構造解析モデ ル	構造解析手法及び構造解析モデルは、工認審査ガイドに例示されている規格及び基準等並びに新規制審査実績を参考に設定する。構造解析モデルの材料定数は、「4.1 使用材料及び材料定数」による。	同左	— (考慮済)
4.5.2 水平方向及び鉛 直方向地震力の 組合せ	水平2方向及び鉛直方向の動的地震力の組み合わせに関しては、三方向同時入力により地震応答解析を行う。	同左	— (考慮済)

第1-4-1 添表 工認審査ガイドに基づく検討事項の耐震評価方法への反映要否 (4/4)

検討事項 (工認審査ガイド 4. 機器・配管系 に関する事項)	工認審査ガイドに対応した耐震評価方法の設定にあたっての検討内容		追加検討 事項の有無 ○：有 —：無
	単軸粘性ダンパを設置する取水槽ガントリクレーン	三軸粘性ダンパを設置する配管系	
4. 6 基準地震動Ssによる地震力に対する耐震設計 4. 6. 1 構造強度	取水槽ガントリクレーンは、基準地震動Ssによる地震力に対して、上位クラス施設に波及的影響を及ぼさないことが要求されるものである。構造強度に関する耐震設計においては、耐震性を確認する上で必要な評価対象部位を運定し、施設に作用する応力等が工認審査ガイドに例示されていないことを確認する。	三軸粘性ダンパを設置する配管系はBクラス(一部Sd機能維持設計)であり、基準地震動Ssによる地震力に対する耐震設計の対象に該当しない。	— (考慮済) 【取水槽ガントリクレーン】
4. 6. 2 動的機能	取水槽ガントリクレーンは、基準地震動Ssによる地震力に対して、上位クラス施設に波及的影響を及ぼさないことが要求されるものであり、動的機能維持の対象に該当しない。	三軸粘性ダンパを設置する配管系はBクラス(一部Sd機能維持設計)であり、動的機能維持の対象に該当しない。	— (対象外) 【配管系】
4. 7 弾性設計用地震動Sdによる地震力・静的地震力に対する耐震設計	取水槽ガントリクレーンは、基準地震動Ssによる地震力に対して、上位クラス施設に波及的影響を及ぼさないことが要求されるものであり、弾性設計用地震動Sdによる地震力及び静的地震力に対する耐震設計の対象に該当しない。	三軸粘性ダンパを設置する配管系はBクラス(一部Sd機能維持設計)である。構造強度に関する耐震設計においては、耐震性を確認する上で必要な評価対象部位を運定し、施設に作用する応力等が工認審査ガイドに例示されていないことを確認する。	— (対象外) 【取水槽ガントリクレーン】 — (考慮済) 【配管系】

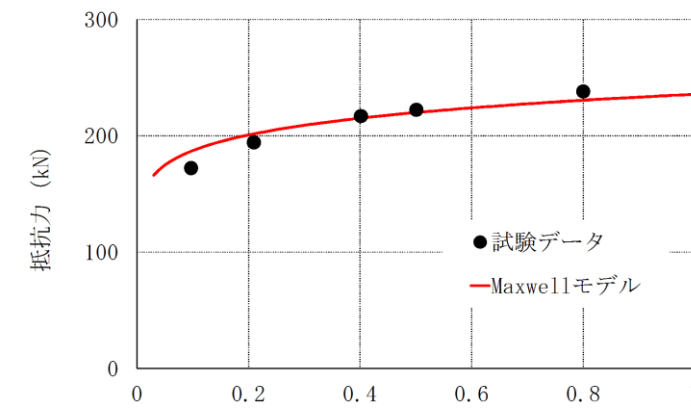
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>添付資料 1-5 制震装置に応じた減衰性能の表現及びモデル化</p> <p>本資料では、単軸粘性ダンパと三軸粘性ダンパについて減衰性能の特性を整理し、その違いを踏まえた減衰性能の表現及びモデル化の考え方を示す。</p> <p>1. 制震装置の減衰性能の振動数依存性</p> <p>単軸粘性ダンパと三軸粘性ダンパについて、振動数を変化させた場合の速度と抵抗力の関係を第 1-5-1 添図に示す。</p> <p>単軸粘性ダンパは、微小速度の領域を除けば速度の変化に対して抵抗力の変化が小さい。一方、三軸粘性ダンパは、速度と抵抗力がほぼ比例関係とみなすことができる。</p> <p>また、振動数の変化に対して、単軸粘性ダンパは速度と抵抗力の関係の変化は小さいが、三軸粘性ダンパは速度と抵抗力の関係の変化が大きい。</p> <p>2. 単軸粘性ダンパの減衰性能のモデル化</p> <p>単軸粘性ダンパは、微小速度では速度の変化に対して抵抗力が大きく変化する。それ以降は速度の変化に対して抵抗力の変化が小さいという特性を有している。これは単軸粘性ダンパの抵抗力が速度の 0.1 乗に比例するように設計されているためである。また、単軸粘性ダンパの速度と抵抗力の関係に対して、振動数依存性は小さいことが確認されている。このような特性を踏まえて、単軸粘性ダンパの減衰性能は、速度と抵抗力の関係として表現することとし、解析モデルとしては速度の 0.1 乗に比例するダッシュポットを組み込んだ Maxwell モデルを使用する。Maxwell モデルのパラメータ数は 2 つであるが、第 1-5-2 添図に示すとおり、2 つのパラメータで精度良く減衰性能を表現することができる。</p> <p>3. 三軸粘性ダンパの減衰性能のモデル化</p> <p>三軸粘性ダンパは減衰性能の振動数依存性が大きいことから、各振動数における等価剛性及び等価減衰係数により減衰性能を表現する。また、解析モデルとしては減衰性能の振動数特性を表現できる Maxwell モデルを使用する。</p> <p>一般的な Maxwell モデルのパラメータ数は 2 つであるが、精度良く振動数特性を表現することを目的として、パラメータ数を増やした 4 パラメータ Maxwell モデルを使用する (第 1-5-3 添図参照)。</p>	



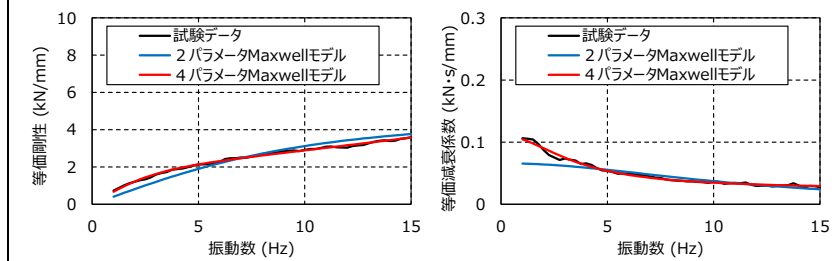
(a) 単軸粘性ダンパ

(b) 三軸粘性ダンパ

第1-5-1 添図 振動数を変化させた場合の速度と抵抗力の関係



第1-5-2 添図 単軸粘性ダンパの減衰性能のモデル化



(H-1) 等価剛性 (水平方向) (H-2) 等価減衰係数 (水平方向)

第1-5-3 添図 三軸粘性ダンパの減衰性能のモデル化

添付資料 2-1 取水槽ガントリクレーンに設置する制震装置の選定

取水槽ガントリクレーンに設置する制震装置として単軸粘性ダンパを選定した理由について第 2-1-1 添表に整理した。

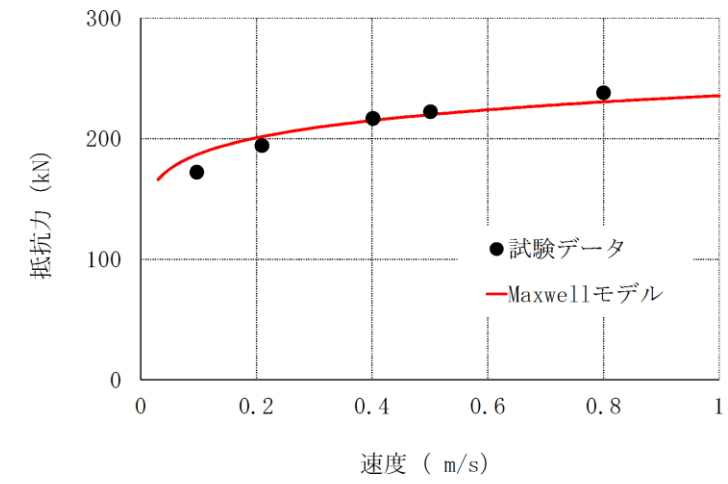
第 2-1-1-1 添表 取水槽ガントリクレーンに設置する制震装置の検討

分類	ダンパの種類	原理	作動方向	支持荷重	抵抗力の特性	原子力施設における適用実績	適用性	理由
履歴型	弾塑性ダンパ	材料の弾塑性変形を利用してエネルギーを吸収するダンパ	1方向 又は 2方向	熱衝撃 地震 荷重	抵抗力は、材料の初期弾性、二次弾性で決まる。	なし	△	弾塑性変形で地震エネルギーを吸収しており、繰返しにより抵抗力が変化する。また、ダンパの剛性が高いため、クレーンの剛性が高くなる。
	摩擦ダンパ	摩擦抵抗力を利用してエネルギーを吸収するダンパ			抵抗力は、摩擦材の締め付け力等で決定し、履歴曲線は矩形に近い。		○	粘性ダンパと特性は類似しているが、加振繰返し回数が増えると、性能が変化する可能性がある。
	鉛ダンパ	鉛の塑性運動抵抗力を利用してエネルギーを吸収するダンパ			抵抗力は鉛の剛性、二次弾性で決まる。		△	弾塑性変形で地震エネルギーを吸収しており、繰返しにより抵抗力が変化する。
粘性型	粘性ダンパ (非線形)	粘性体の運動抵抗力を利用してエネルギーを吸収するダンパ	1方向	地震 荷重	抵抗力は速度のべき乗(0.1~1)に比例し、0.1乗の場合、履歴曲線は矩形に近い。	なし	◎	微小変位から最大変位まで、抵抗力の変化が小さく、エネルギー吸収が大きい。また、クレーンの剛性を高くせず、地震エネルギーの吸収を大きくできる。
	粘性ダンパ (線形)	粘性体の運動抵抗力を利用してエネルギーを吸収するダンパ			抵抗力は速度に比例し、履歴曲線は楕円に近い。		○	適用は可能であるが、粘性ダンパほどのエネルギー吸収が期待できない。
	オイルダンパ	オイルの運動抵抗力を利用してエネルギーを吸収するダンパ			抵抗力は速度のべき乗(0.4~1)に比例し、履歴曲線は楕円に近い。		○	適用は可能であるが、粘性ダンパほどのエネルギー吸収が期待できない。
三軸	粘性ダンパ	粘性体の運動抵抗力を利用してエネルギーを吸収するダンパ	3方向		抵抗力は速度に比例し、履歴曲線は楕円に近い。	海外での適用あり	△	取水槽ガントリクレーンは1軸方向の振動荷重の低減を必要としているため、3方向の減衰は必要ない。

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>添付資料 2-2 単軸粘性ダンパの性能試験方法</p> <p>単軸粘性ダンパは、微小速度の領域を除けば速度の変化に対する抵抗力の変化を小さくすることを目的として、速度の 0.1 乗に比例した減衰性能を発揮するように設計されており、性能試験で設計通りの抵抗力が得られることを確認する。また、抵抗力が速度の 0.1 乗に比例するダッシュポットとばねを直列に接続した Maxwell モデルによりモデル化できることを確認する。ここでは、Maxwell モデルのパラメータを決定し、単軸粘性ダンパをモデル化するための性能試験方法について示す。</p> <p>1. 単軸粘性ダンパの性能試験方法</p> <p>単軸粘性ダンパの性能試験装置の構成を第 2-2-1 添図に示す。単軸粘性ダンパの性能試験では、アクチュエータを用いて単軸粘性ダンパを所定の正弦波により加振し、加振中の変位及び荷重を測定する。性能試験条件を第 2-2-1 添表に示す。加振振動数による単軸粘性ダンパの減衰性能の変動は小さいことを踏まえ、単軸粘性ダンパのストローク 100mm の中で実機使用条件を含む幅広い試験速度 (0.1~0.8m/s) を設定して性能試験を実施する。単軸粘性ダンパ設置前の取水槽ガントリクレーンの固有振動数 (1.03Hz) 及び予備解析における単軸粘性ダンパの入力波形の主要な振動数 (0.8Hz~2.0Hz 程度) を考慮して加振振動数は 1.6Hz とした。また、単軸粘性ダンパの減衰性能は温度の影響を受けない (添付資料 2-3 参照) ことから、性能試験は室温にて実施した。単軸粘性ダンパの性能試験結果を第 2-2-2 添図に示す。測定した速度及び抵抗力に適合するように、Maxwell モデルのパラメータを決定する。パラメータの設定は最小二乗法により実施しており、第 2-2-2 添図に示すとおり、Maxwell モデルによって試験結果として得られた減衰性能を精度良く表現できることを確認した。</p> <div data-bbox="1745 1556 2496 1860" style="border: 1px solid black; height: 145px; width: 253px; margin: 10px auto;"></div> <p>第 2-2-1 添図 単軸粘性ダンパの性能試験装置の構成</p>	

第2-2-1 添表 単軸粘性ダンパの性能試験条件

No.	振動数 (Hz)	加振速度 (m/s)
1	1.6	0.1
2		0.2
3		0.4
4		0.5
5		0.8

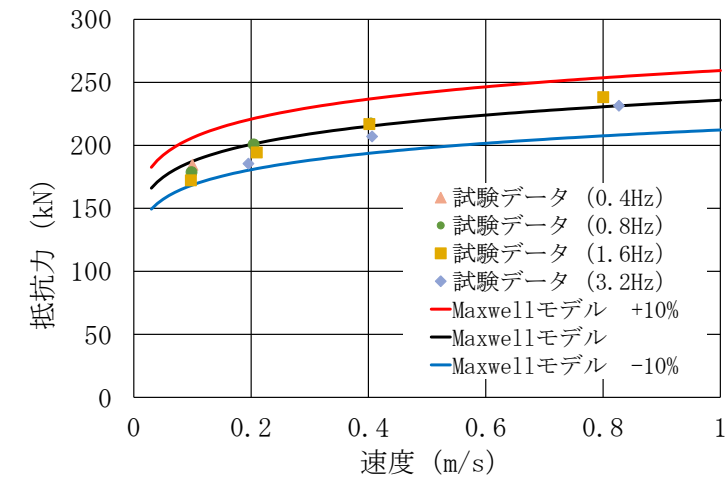


第2-2-2 添図 単軸粘性ダンパの性能試験結果

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考																													
		<p>添付資料 2-3 単軸粘性ダンパの特性試験</p> <p>単軸粘性ダンパの減衰性能に影響する特性を把握するために実施した特性試験の結果を以下に示す。なお、(1)及び(2)の特性試験は、取水槽ガントリクレーンに設置する単軸粘性ダンパを用いて実施した。また、(3)温度依存性試験については、温度による減衰性能への影響が生じる場合、その主要な要因は粘性体の物性変化と考えられることから、取水槽ガントリクレーンに設置する単軸粘性ダンパと同タイプ(粘性体が同一)で定格荷重の異なるダンパを用いた。</p> <p><試験項目></p> <p>(1) 加振振動数を変更した特性試験 (2) 連続加振試験 (3) 温度依存性試験</p> <p>1. 加振振動数を変更した特性試験</p> <p>加振振動数に応じた単軸粘性ダンパの減衰性能への影響を確認するため、以下の試験条件で単軸粘性ダンパの特性試験を実施した。</p> <p>1.1 試験条件</p> <p>4段階の加振速度を設定し、同一の加振速度で振動数を変更した正弦波により特性試験を実施した。試験条件を第2-3-1添表に示す。</p> <p>第2-3-1添表 加振振動数を変更した特性試験の試験条件</p> <table border="1" data-bbox="1855 1388 2353 1766"> <thead> <tr> <th>No.</th> <th>加振速度 (m/s)</th> <th>振動数 (Hz)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td rowspan="3">0.1</td><td>0.4</td></tr> <tr><td>2</td><td>0.8</td></tr> <tr><td>3</td><td>1.6</td></tr> <tr><td>4</td><td rowspan="3">0.2</td><td>0.8</td></tr> <tr><td>5</td><td>1.6</td></tr> <tr><td>6</td><td>3.2</td></tr> <tr><td>7</td><td rowspan="3">0.4</td><td>0.8</td></tr> <tr><td>8</td><td>1.6</td></tr> <tr><td>9</td><td>3.2</td></tr> <tr><td>10</td><td rowspan="2">0.8</td><td>1.6</td></tr> <tr><td>11</td><td>3.2</td></tr> </tbody> </table>	No.	加振速度 (m/s)	振動数 (Hz)	1	0.1	0.4	2	0.8	3	1.6	4	0.2	0.8	5	1.6	6	3.2	7	0.4	0.8	8	1.6	9	3.2	10	0.8	1.6	11	3.2	
No.	加振速度 (m/s)	振動数 (Hz)																														
1	0.1	0.4																														
2		0.8																														
3		1.6																														
4	0.2	0.8																														
5		1.6																														
6		3.2																														
7	0.4	0.8																														
8		1.6																														
9		3.2																														
10	0.8	1.6																														
11		3.2																														

1.2 試験結果

試験結果を第 2-3-1 添図に示す。この図には、加振振動数 1.6Hz の時の Maxwell モデルによる計算値をあわせて示しているが、振動数を変更することによる抵抗力の変化は小さく、その変化幅は±10%以内であることが確認された。



第2-3-1添図 加振振動数を変更した単軸粘性ダンパの特性試験結果

2. 連続加振試験

連続加振による単軸粘性ダンパの減衰性能への影響を確認するため、正弦波による連続加振試験を実施した。

2.1 試験条件

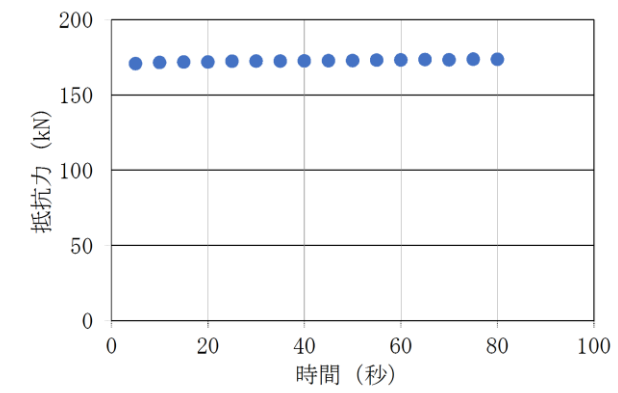
第2-3-2添表に試験条件を示す。試験条件は、取水槽ガントリクレーンにおける単軸粘性ダンパの散逸エネルギーを上回る条件として設定した。

第2-3-2添表 連続加振による試験条件

入力波	振動数 (Hz)	振幅 (mm)	加振時間 (秒)
正弦波	1	10	80以上

2.2 試験結果

連続加振試験における抵抗力の時間変化を第 2-3-2 添図に示す。80 秒経過までの連続加振により抵抗力は変化しておらず、連続加振による減衰性能への影響はないことを確認した。



第2-3-2 添図 連続加振試験結果

3. 温度依存性試験

周囲環境温度による単軸粘性ダンパの減衰性能への影響を確認するため、温度を変化させて単軸粘性ダンパの性能試験を実施した。

3.1 試験条件

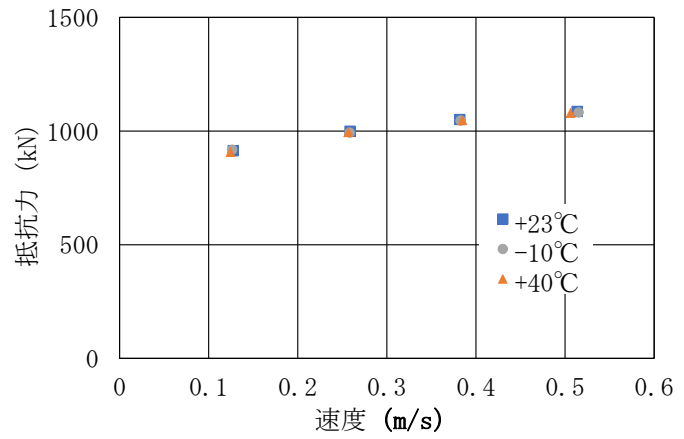
試験条件を第2-3-3 添表に示す。屋外に設置することから、温度は-10℃、23℃、40℃の3段階とした。

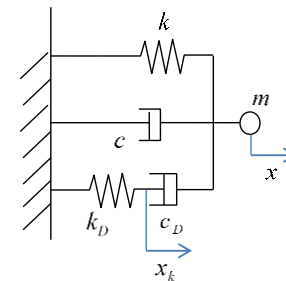
第2-3-3 添表 温度依存性試験の試験条件

No.	振動数 (Hz)	加振速度 (m/s)	温度 (℃)
1	1.0	0.13	-10
2			23
3			40
4		0.26	-10
5			23
6			40
7		0.39	-10
8			23
9			40
10		0.52	-10
11			23
12			40

3.2 試験結果

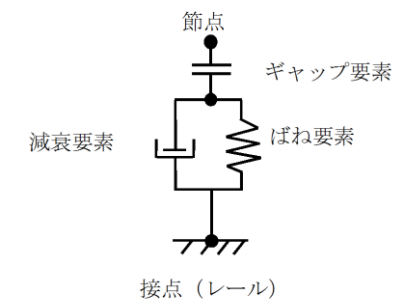
試験結果を第2-3-3 添図に示す。温度が異なっても、抵抗力にほとんど差が見られないことから、単軸粘性ダンパの減衰性能への影響がないことを確認した。

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		 <p data-bbox="1893 661 2350 693">第2-3-3 添図 温度依存性試験結果</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>添付資料 2-4 単軸粘性ダンパを設置した取水槽ガントリクレーンの地震応答解析手法</p> <p>本資料では、単軸粘性ダンパを設置した取水槽ガントリクレーンの時刻歴応答解析手法を説明する。</p> <p>1. 地震応答解析</p> <p>地震による慣性力を受けるクレーンの運動方程式を以下に示す。単軸粘性ダンパの減衰性能は、ばね（クレーンの剛性マトリクスの要素として考慮）と抵抗力が速度の 0.1 乗に比例するダッシュポットを直列に接続した Maxwell モデルでモデル化する。</p> $[M]\ddot{x} + [C]\dot{x} + [K]x + [C_D][\dot{x}]^0 \{I\} = -[M]\ddot{y} \quad (1)$ <p> $[M]$, $[C]$, $[K]$: クレーンの質量, 減衰, 剛性マトリクス $[C_D]$: 相対速度の 0.1 乗に比例するダッシュポットの減衰マトリクス $[X_D]$: クレーンの相対変位マトリクス $\{x\}$: クレーンの変位ベクトル $\{I\}$: 単位ベクトル \ddot{y}: 地動加速度 </p> <p>2. 個別要素のモデル化</p> <p>2.1 単軸粘性ダンパの減衰</p> <p>単軸粘性ダンパを含む系の運動方程式の簡単な例として、1 質点系に単軸粘性ダンパを表す Maxwell モデルを接続した第 2-4-1 添図に示す系の運動方程式を示す。</p>  <p>第 2-4-1 添図 単軸粘性ダンパを接続した 1 質点系のモデル</p> <p>ここで(1)式の $\{x\}$ を</p> $\{x\} = \begin{pmatrix} x \\ x_k \end{pmatrix} \quad (2)$ <p>とすると、この系の運動方程式は以下となる。</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx + c_D(\dot{x} - \dot{x}_k)^{0.1} = -m\ddot{y} \quad (3)$ $k_D(x_k) - c_D(\dot{x} - \dot{x}_k)^{0.1} = 0 \quad (4)$ <p>単軸粘性ダンパを設置した取水槽ガントリクレーンの地震応答解析では、単軸粘性ダンパの抵抗力の速度に対する非線形性を表す$[C_D][\dot{\mathbf{X}}_D^{0.1}]\{U\}$の項が存在することから、直接積分による時刻歴応答解析を採用する。</p> <p>2.2 取水槽ガントリクレーンの構造減衰 取水槽ガントリクレーンの解析に適用する減衰定数については、既往の研究等によって妥当性が確認され、クレーン類に適用実績のある値として水平、鉛直方向ともに2.0%とし、レイリー減衰を設定する。レイリー減衰は、質量マトリクス及び剛性マトリクスの線形結合により、以下の式で表される。</p> $[C] = \alpha[M] + \beta[K] \quad (5)$ <p><u>[C]</u> : 減衰マトリクス <u>[M]</u> : 質量マトリクス <u>[K]</u> : 剛性マトリクス <u>α, β</u> : 係数</p> <p>係数α, βは、取水槽ガントリクレーンの固有振動数において、適用する減衰定数とレイリー減衰が一致するように以下の式で求める。</p> $h = \frac{\alpha}{2\omega_n} + \frac{\beta\omega_n}{2}$ <p><u>h</u> : 減衰比 <u>ω_n</u> : 固有値解析により求められたn次モードの固有円振動数</p> <p>2.3 車輪部の非線形要素 取水槽ガントリクレーンは、地震時に浮上りが発生する可能性があり、浮上り状況を適切に評価するために3次元FEM解析モデルによる非線形時刻歴応答解析を適用する。 取水槽ガントリクレーン車輪部のモデル化では、すべり、浮上</p>	

り及び衝突の挙動を模擬するためギャップ要素を用いる。また、接触部位の局所変形による接触剛性をばね要素で、衝突による減衰効果を減衰要素で模擬し、第2-4-2添図に示すように、ギャップ要素と直列に配置する。なお、取水槽ガントリクレーンの車輪部のすべり、浮上り等の非線形挙動のモデル化及び解析手法については、別紙-7 添付資料-2「取水槽ガントリクレーンへの非線形時刻歴解析の適用について」に示す。



第2-4-2添図 車輪部の非線形要素

添付資料 2-5 単軸粘性ダンパの減衰性能と取水槽ガントリクレーンの応答の関係

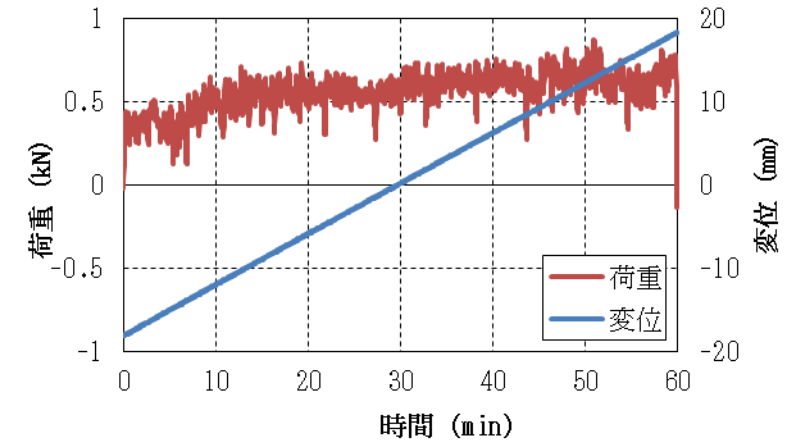
単軸粘性ダンパの減衰性能と取水槽ガントリクレーンの応答の関係を第2-5-1添表及び第2-5-2添表に示す。

取水槽ガントリクレーンの荷重及び単軸粘性ダンパの最大変位は、減衰性能を変化させても影響は軽微であった。また、単軸粘性ダンパの最大荷重は、減衰性能が高いほど算出値が大きくなる傾向であり、これは単軸粘性ダンパの減衰性能が高くなることで単軸粘性ダンパが負担する荷重が大きくなるためである。

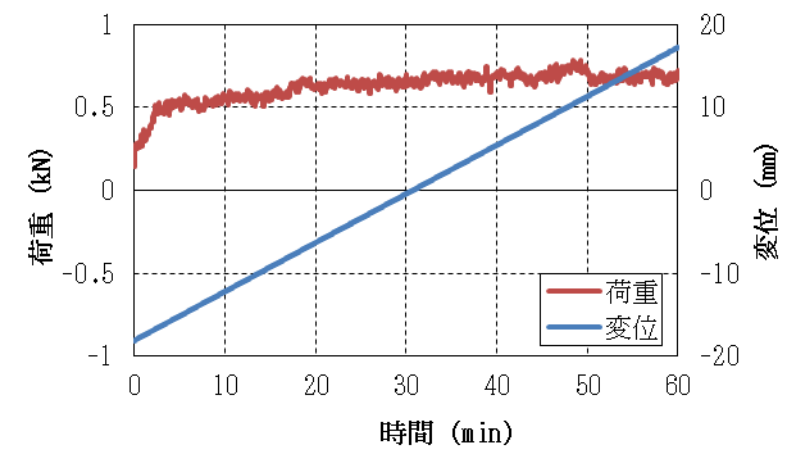
第2-5-1添表 取水槽ガントリクレーンの荷重

減衰性能	ガーダ			脚		
	せん断 (kN)	軸力 (kN)	曲げモーメント (kN・m)	せん断 (kN)	軸力 (kN)	曲げモーメント (kN・m)
標準性能 +20%	708.8	1303	2043	566.3	1794	3160
標準性能	660.7	1262	2014	512.5	1752	3189
標準性能 -20%	721.3	1335	2220	499.3	1869	3267

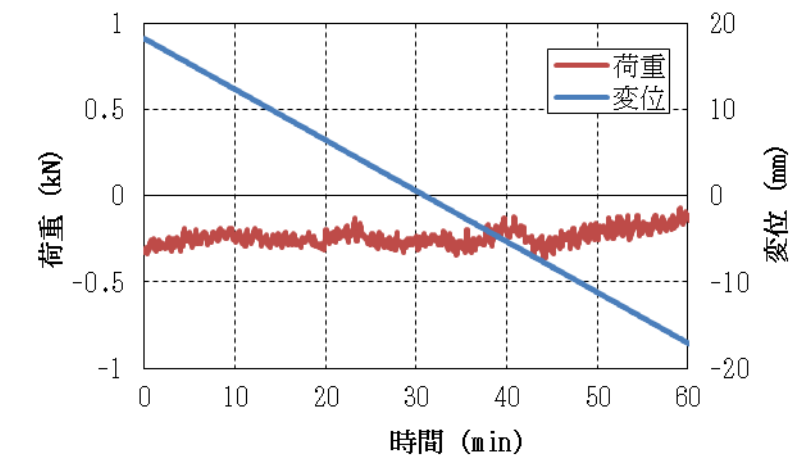
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考																				
		<p style="text-align: center;">第2-5-2 添表 単軸粘性ダンパの荷重及び変位</p> <table border="1" data-bbox="1739 478 2502 611"> <thead> <tr> <th>減衰性能</th> <th>最大変位 (mm)</th> <th>最大荷重 (kN)</th> <th>最大速度 (m/s)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>標準性能+20%</td> <td>41</td> <td>260.2</td> <td>0.44</td> </tr> <tr> <td>標準性能</td> <td>41</td> <td>218.3</td> <td>0.47</td> </tr> <tr> <td>標準性能-20%</td> <td>40</td> <td>173.6</td> <td>0.44</td> </tr> </tbody> </table> <p>添付資料 3-1 三軸粘性ダンパの低速移動時の拘束力</p> <p>1. 概要</p> <p>三軸粘性ダンパは熱膨張のような低速度の運動を拘束しないものであるが、低速移動時の拘束力を定量的に確認するため、低速移動試験を実施した。</p> <p>2. 試験条件</p> <p>低速移動試験の試験条件を第3-1-1 添表に示す。熱膨張が大きい主蒸気配管がプラント起動時に約4.5時間で通常運転温度まで昇温することから、大型ダンパの水平方向許容変位72mmと等しい熱変位が約4.5時間で生じることを想定した場合の速度0.005mm/sに余裕をみて、試験条件は0.01mm/sとした。</p> <p style="text-align: center;">第3-1-1 添表 低速移動試験の試験条件</p> <table border="1" data-bbox="1902 1415 2326 1493"> <thead> <tr> <th>試験体</th> <th>速度</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>大型</td> <td>0.01mm/s</td> </tr> </tbody> </table> <p>3. 試験結果</p> <p>試験結果を第3-1-1 添図～第3-1-3 添図に示す。熱膨張を想定した低速移動に対して三軸粘性ダンパの発生荷重は1kNを下回る十分に小さな値となり、三軸粘性ダンパは熱膨張のような低速度の運動を拘束しないことが確認された。</p>	減衰性能	最大変位 (mm)	最大荷重 (kN)	最大速度 (m/s)	標準性能+20%	41	260.2	0.44	標準性能	41	218.3	0.47	標準性能-20%	40	173.6	0.44	試験体	速度	大型	0.01mm/s	
減衰性能	最大変位 (mm)	最大荷重 (kN)	最大速度 (m/s)																				
標準性能+20%	41	260.2	0.44																				
標準性能	41	218.3	0.47																				
標準性能-20%	40	173.6	0.44																				
試験体	速度																						
大型	0.01mm/s																						



第3-1-1添図 水平方向の低速移動に対する発生荷重



第3-1-2添図 鉛直方向（ピストンを上げる方向）の低速移動に対する発生荷重



第3-1-3添図 鉛直方向（ピストンを下げる方向）の低速移動に対する発生荷重

添付資料 3-2 配管系に設置する制震装置の選定

配管系に設置する制震装置として三軸粘性ダンパを選定した理由について第3-2-1添表に整理した。

第3-2-1添表 配管系に設置する制震装置の検討

分類	ダンパの種類	原理	作動方向	支持荷重	抵抗力の特性	原子力施設における適用実績	適用性	理由
履歴型	弾塑性ダンパ	材料の弾塑性変形を利用してエネルギーを吸収するダンパ	1方向 又は 2方向	熱膨張 地震荷重	抵抗力は、材料の弾塑性、二次剛性で決まる。	なし	△	履歴曲線では熱膨張を拘束するため、別途熱膨張を逃がす補償方法を検討する必要がある。
	摩擦ダンパ	摩擦抵抗力を利用してエネルギーを吸収するダンパ			抵抗力は、摩擦材の締め付け力等で決定し、履歴曲線は矩形に近い。			
	鉛ダンパ	鉛の塑性流動抵抗力を利用してエネルギーを吸収するダンパ			抵抗力は鉛の弾塑性、二次剛性で決まる。			
粘性型	粘性ダンパ (非線形)	粘性体の流動抵抗力を利用してエネルギーを吸収するダンパ	1方向	地震荷重	抵抗力は速度のべき乗(0.1~1)に比例し、0.1乗の場合、履歴曲線は矩形に近い。	なし	○	三方向に 대응する配管系に対して、1方向のみに減衰性能を確保する。
	粘性ダンパ (線形)	粘性体の流動抵抗力を利用してエネルギーを吸収するダンパ			抵抗力は速度のべき乗(0.1~1)に比例し、履歴曲線は楕円に近い。			
	オイルダンパ	オイルの流動抵抗力を利用してエネルギーを吸収するダンパ			抵抗力は速度のべき乗(0.4~1)に比例し、履歴曲線は楕円に近い。			
三軸	粘性ダンパ	粘性体の流動抵抗力を利用してエネルギーを吸収するダンパ	3方向		抵抗力は速度に比例し、履歴曲線は楕円に近い。	海外での適用例あり	◎	三方向に減衰性能を確保するため、三方向に 대응する配管系に適している。

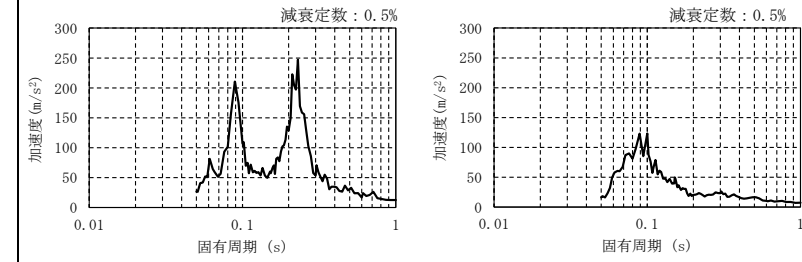
凡例 ◎：適用可能(有効性が最も高い) ○：適用可能 △：適用するたために問題がある ×：適用不可

<p>柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)</p>	<p>東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)</p>	<p>島根原子力発電所 2号炉</p> <p>添付資料 3-3 三軸粘性ダンパに関する ASME Boiler and Pressure Vessel Code の記載</p> <p>三軸粘性ダンパは ASME Boiler and Pressure Vessel Code において、原子力発電所に設置できる典型的なダンパとして例示されている。三軸粘性ダンパに関する ASME Boiler and Pressure Vessel Code の記載について第 3-3-1 添表に示す。</p> <p style="text-align: center;"> 第 3-3-1 添表 ASME Boiler and Pressure Vessel Code SECTION III, DIVISION I-Subsection NF-Supports 2013 の記載 </p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">主な記載箇所</th> <th style="text-align: center;">記載内容</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="width: 30%;">ARTICLE NF-1000 INTRODUCTION</td> <td style="width: 20%;">NF-1100 SCOPE AND GENERAL REQUIREMENTS NF-1200 TYPES OF SUPPORTS AND ATTACHMENTS</td> <td style="width: 50%;">支持構造物と建物・構築物との取合について記載されており、Figure NF-1132-1 の典型例の中に三軸粘性ダンパが図示されている (第 3-3-1 添表参照)。 基本的な支持構造物の例として三軸粘性ダンパが記載されており、Figure NF-1214-1 の支持装置の典型例の中に三軸粘性ダンパが図示されている (第 3-3-1 添表参照)。</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">NONMANDATORY APPENDIX NF-E DAMPERS, ENERGY ABSORBERS, AND SNUBBERS ARTICLE NF-E-1000</td> <td>NF-E-1210 DESCRIPTION</td> <td>ダンパは動的振動を低減させる機能を持つ支持装置として使用され、系に減衰を付加することが記載されている。</td> </tr> <tr> <td>NF-E-1220 FUNCTION</td> <td>三軸粘性ダンパを例として、構造、動作等について記載されている。</td> </tr> <tr> <td>NF-E-1230 APPLICATIONS</td> <td>ダンパは振動対策や地震対策等に用いられることが記載されている。</td> </tr> <tr> <td>NF-E-1240 MODELING</td> <td>ダンパは動的な支持装置であり静的荷重に対しては機能しないことが記載されている。また、機器・配管系にダンパを設置した場合の数値解析法として、モーダル解析及び時空解析が記載されている。</td> </tr> </tbody> </table>	主な記載箇所		記載内容	ARTICLE NF-1000 INTRODUCTION	NF-1100 SCOPE AND GENERAL REQUIREMENTS NF-1200 TYPES OF SUPPORTS AND ATTACHMENTS	支持構造物と建物・構築物との取合について記載されており、Figure NF-1132-1 の典型例の中に三軸粘性ダンパが図示されている (第 3-3-1 添表参照)。 基本的な支持構造物の例として三軸粘性ダンパが記載されており、Figure NF-1214-1 の支持装置の典型例の中に三軸粘性ダンパが図示されている (第 3-3-1 添表参照)。	NONMANDATORY APPENDIX NF-E DAMPERS, ENERGY ABSORBERS, AND SNUBBERS ARTICLE NF-E-1000	NF-E-1210 DESCRIPTION	ダンパは動的振動を低減させる機能を持つ支持装置として使用され、系に減衰を付加することが記載されている。	NF-E-1220 FUNCTION	三軸粘性ダンパを例として、構造、動作等について記載されている。	NF-E-1230 APPLICATIONS	ダンパは振動対策や地震対策等に用いられることが記載されている。	NF-E-1240 MODELING	ダンパは動的な支持装置であり静的荷重に対しては機能しないことが記載されている。また、機器・配管系にダンパを設置した場合の数値解析法として、モーダル解析及び時空解析が記載されている。	<p>備考</p>
主な記載箇所		記載内容																
ARTICLE NF-1000 INTRODUCTION	NF-1100 SCOPE AND GENERAL REQUIREMENTS NF-1200 TYPES OF SUPPORTS AND ATTACHMENTS	支持構造物と建物・構築物との取合について記載されており、Figure NF-1132-1 の典型例の中に三軸粘性ダンパが図示されている (第 3-3-1 添表参照)。 基本的な支持構造物の例として三軸粘性ダンパが記載されており、Figure NF-1214-1 の支持装置の典型例の中に三軸粘性ダンパが図示されている (第 3-3-1 添表参照)。																
NONMANDATORY APPENDIX NF-E DAMPERS, ENERGY ABSORBERS, AND SNUBBERS ARTICLE NF-E-1000	NF-E-1210 DESCRIPTION	ダンパは動的振動を低減させる機能を持つ支持装置として使用され、系に減衰を付加することが記載されている。																
	NF-E-1220 FUNCTION	三軸粘性ダンパを例として、構造、動作等について記載されている。																
	NF-E-1230 APPLICATIONS	ダンパは振動対策や地震対策等に用いられることが記載されている。																
	NF-E-1240 MODELING	ダンパは動的な支持装置であり静的荷重に対しては機能しないことが記載されている。また、機器・配管系にダンパを設置した場合の数値解析法として、モーダル解析及び時空解析が記載されている。																

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<div data-bbox="1739 216 2472 695" style="border: 2px solid black; height: 228px; width: 247px; margin-bottom: 10px;"></div> <p data-bbox="1745 703 2496 783">第3-3-1 添図 ASME Boiler and Pressure Vessel Code の関連図</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考				
		<p>添付資料 3-4 三軸粘性ダンパを設置した配管系の加振試験の概要</p> <p>1. 試験の概要 配管系に三軸粘性ダンパを設置した場合の効果を検証するため、配管系の加振試験を実施し、配管応答の低減効果を確認した。試験の概要を第 3-4-1 添表に示す。</p> <p style="text-align: center;">第 3-4-1 添表 試験の概要</p> <table border="1" data-bbox="1733 611 2513 684"> <tr> <td>実施期間</td> <td>2014. 6. 9~2014. 6. 13</td> </tr> <tr> <td>実施場所</td> <td>奥村組技術研究所振動台</td> </tr> </table> <p>2. 加振試験条件</p> <p>2.1 試験体 三軸粘性ダンパを設置した配管系（以下「ダンパ設置配管」という。）と三軸粘性ダンパを設置しない配管系（以下「ダンパ無配管」という。）の 2 種類の試験体を用いて加振試験を実施した。配管系試験体を第 3-4-1 添図に、配管系試験体構造図を第 3-4-2 添図に示す。いずれの配管系も配管部は 200A Sch40 の直管（STPT410）及びショートエルボ（STPT410）で構成している。また、配管系は終端 2 箇所アンカにより固定され、1 箇所スプリングハンガにより支持されており、弁を模擬した付加質量（372kg）を有する。ダンパ設置配管には、三軸粘性ダンパを配管系の 2 箇所に合計 4 台（2 箇所× 2 台）設置した。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p style="text-align: center;">第 3-4-1 添図 配管系試験体</p>	実施期間	2014. 6. 9~2014. 6. 13	実施場所	奥村組技術研究所振動台	
実施期間	2014. 6. 9~2014. 6. 13						
実施場所	奥村組技術研究所振動台						

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<div data-bbox="1869 220 2300 672" data-label="Diagram"> </div> <div data-bbox="1869 703 2359 735" data-label="Caption"> <p>第3-4-2添図 配管系試験体の構造図</p> </div> <div data-bbox="1736 787 1944 819" data-label="Section-Header"> <p>2.2 入力地震波</p> </div> <div data-bbox="1736 829 2507 1186" data-label="Text"> <p>地震波加振における入力地震波は、耐震バックチェック評価用地震動S s - 1 (600gal) に対して島根原子力発電所2号炉原子炉建物の地震応答解析により算出した床応答波を参考に設定した地震波を用いた。入力地震波の加速度時刻歴波形を第3-4-3添図に、応答スペクトルを第3-4-4添図に示す。加振レベルは、配管系が弾性域に留まり、三軸粘性ダンパ設置位置の変位及び荷重が三軸粘性ダンパの許容範囲内となる最大加振レベルを目安として設定した。</p> </div> <div data-bbox="1736 1197 2507 1312" data-label="Text"> <p>配管系試験体はY方向加振時の応答よりもX方向加振時の応答が大きくなる傾向があるため、水平方向加振はX方向を代表とし、地震波加振はX+Z方向について実施した。</p> </div> <div data-bbox="1765 1333 2478 1365" data-label="Text"> <p>各試験ケースにおける加速度レベルを第3-4-2添表に示す。</p> </div> <div data-bbox="1736 1438 2493 1669" data-label="Figure"> </div> <div data-bbox="1810 1680 2433 1711" data-label="Caption"> <p>(a) 水平方向 (X方向) (b) 鉛直方向 (Z方向)</p> </div> <div data-bbox="1825 1732 2418 1764" data-label="Caption"> <p>第3-4-3添図 入力地震波の加速度時刻歴波形</p> </div>	



(a) X方向

(b) Z方向

第3-4-4添図 入力地震波の応答スペクトル

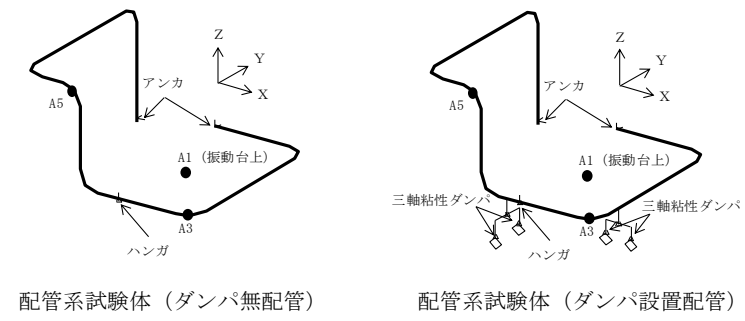
第3-4-2添表 地震波加振の試験ケース

No.	試験体条件	加速度レベル(m/s ²)	
		X方向	Z方向
1	ダンパ無配管	1.5	0.84
2		2.5	1.41
3	ダンパ設置配管	2.5	1.41
4		10	5.6
5		18	10.1

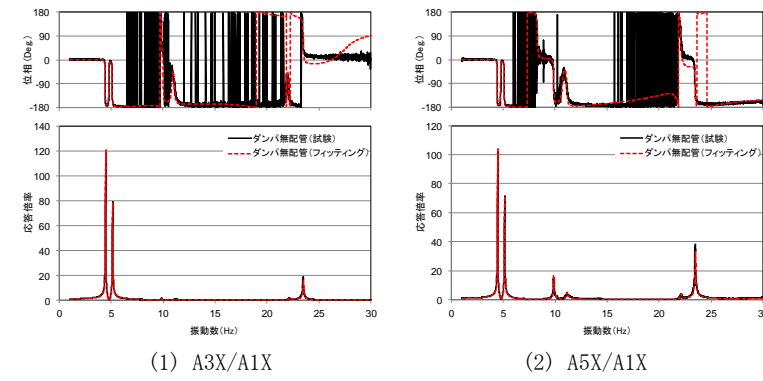
3. 加振試験結果

3.1 正弦波掃引試験結果

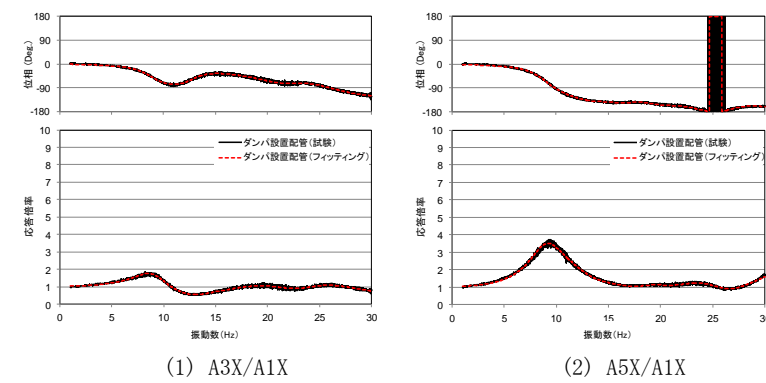
配管系試験体の概略図を第3-4-5添図に示す。また、ダンパ無配管におけるX方向の正弦波掃引試験結果について、振動台上の加振方向の加速度に対する配管位置の加振方向の応答加速度の振動伝達特性を第3-4-6添図に、カーブフィットにより得られた配管系試験体の固有振動数とモード減衰比を第3-4-3添表に示す。同様にダンパ設置配管での振動伝達特性を第3-4-7添図に、配管系試験体の固有振動数とモード減衰比を第3-4-4添表に示す。第3-4-4添表において、固有振動数とモード減衰比の値は概略値で示す。ダンパ設置配管の場合、配管系の減衰が非常に大きくなり、カーブフィットに対して固有振動数、モード減衰比の感度が低くなるため、モード減衰比を一律20%とした概略値で試験結果とカーブフィットが良好に一致する。これらの結果から、ダンパ無配管では最大で120倍程度の応答倍率を持つ複数のピークがあったが、ダンパ設置配管での応答倍率は最大で4倍程度まで低減されたことを確認した。また、ダンパ無配管は減衰比が非常に小さいが、ダンパ設置配管は減衰比が非常に大きいことが確認された。



第3-4-5添図 配管系試験体の概略図



第3-4-6添図 振動伝達特性 (ダンパ無配管, X方向加振, 入力加速度, 0.5m/s²)

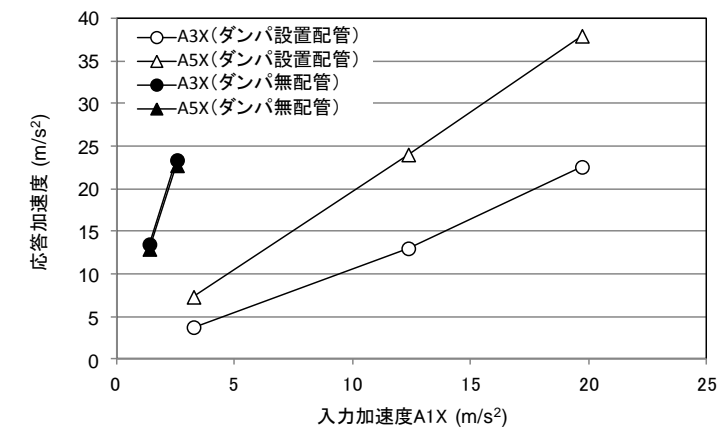


第3-4-7添図 振動伝達特性 (ダンパ設置配管, X方向加振, 入力加速度 1.0m/s²)

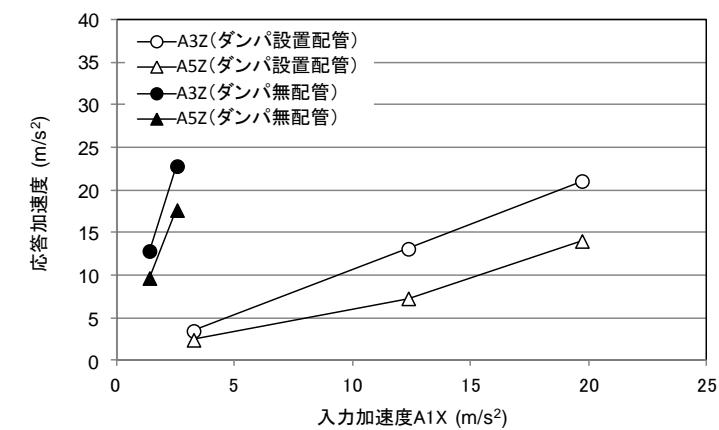
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考																																										
		<p data-bbox="1745 212 2475 239">第3-4-3 添表 固有振動数とモード減衰比 (ダンパ無配管)</p> <table border="1" data-bbox="1863 264 2362 491"> <thead> <tr> <th>No.</th> <th>固有振動数(Hz)</th> <th>モード減衰比(%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>4.5</td><td>0.22</td></tr> <tr><td>2</td><td>5.1</td><td>0.26</td></tr> <tr><td>3</td><td>9.9</td><td>0.26</td></tr> <tr><td>4</td><td>11.1</td><td>0.55</td></tr> <tr><td>5</td><td>22.1</td><td>0.30</td></tr> <tr><td>6</td><td>23.5</td><td>0.15</td></tr> </tbody> </table> <p data-bbox="1745 569 2475 596">第3-4-4 添表 固有振動数とモード減衰比 (ダンパ設置配管)</p> <table border="1" data-bbox="1863 621 2362 848"> <thead> <tr> <th>No.</th> <th>固有振動数(Hz)</th> <th>モード減衰比(%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>9</td><td>20</td></tr> <tr><td>2</td><td>13</td><td>20</td></tr> <tr><td>3</td><td>17</td><td>20</td></tr> <tr><td>4</td><td>19</td><td>20</td></tr> <tr><td>5</td><td>23</td><td>20</td></tr> <tr><td>6</td><td>25</td><td>20</td></tr> </tbody> </table> <p data-bbox="1745 926 2065 953">3.2 地震波加振の試験結果</p> <p data-bbox="1745 974 2504 1409">入力地震波 (X+Z方向) により加振した場合のダンパ無配管とダンパ設置配管の配管応答加速度を第3-4-8 添図及び第3-4-9 添図に示す。第3-4-8 添図では、ダンパ無配管の応答倍率 (応答/入力) がA3 及びA5 の位置で10 倍程度であるのに対し、ダンパ設置配管の場合の応答倍率はA3 の位置で1 倍程度、A5 の位置で2 倍程度であり、応答がそれぞれ1/10、1/5 に低減されている。また、第3-4-9 添図では、ダンパ無配管の応答倍率がA3 及びA5 の位置で10 倍程度であるのに対し、ダンパ設置配管の場合の応答倍率はA3 の位置で1 倍程度、A5 の位置で0.7 倍程度であり、応答がそれぞれ1/10、7/100 に低減されている。</p> <p data-bbox="1745 1430 2504 1892">地震波加振試験において応答が低減した要因には、ダンパ設置配管のモード減衰比が大きくなったことに加えて、ダンパ設置配管の固有振動数が剛側に変動することによる影響も含まれる。固有振動数の変動による影響について考察するため、X方向の応答が卓越する1次モードと、Z方向の応答が卓越する2次モードに着目し、ダンパ設置前後における床応答スペクトルの値を第3-4-10 添図にて比較した。X方向入力では、1次固有周期における床応答スペクトルの値がダンパ設置前後で0.3 倍程度となっており、Z方向入力では、2次固有周期における床応答スペクトルの値がダンパ設置前後で5 倍程度となっている。これに対して、地震波加振試験におけるダンパ設置前後の応答倍率の変化はX方向</p>	No.	固有振動数(Hz)	モード減衰比(%)	1	4.5	0.22	2	5.1	0.26	3	9.9	0.26	4	11.1	0.55	5	22.1	0.30	6	23.5	0.15	No.	固有振動数(Hz)	モード減衰比(%)	1	9	20	2	13	20	3	17	20	4	19	20	5	23	20	6	25	20	
No.	固有振動数(Hz)	モード減衰比(%)																																											
1	4.5	0.22																																											
2	5.1	0.26																																											
3	9.9	0.26																																											
4	11.1	0.55																																											
5	22.1	0.30																																											
6	23.5	0.15																																											
No.	固有振動数(Hz)	モード減衰比(%)																																											
1	9	20																																											
2	13	20																																											
3	17	20																																											
4	19	20																																											
5	23	20																																											
6	25	20																																											

で1/10, 1/5であり, 床応答スペクトルの低下率よりも大きく低減されている。また, Z方向では床応答スペクトルの値は大きくなっているにも関わらず応答倍率は1/10, 7/100に低減されている。床応答スペクトルの変化よりも大きく応答倍率が低減されていることは, 三軸粘性ダンパの設置による減衰の効果と考えられる。

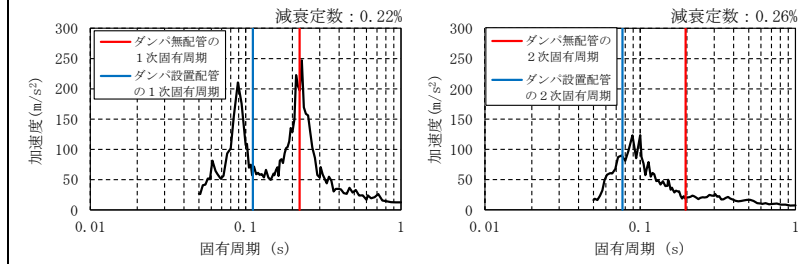
以上より, 正弦波掃引試験により確認された三軸粘性ダンパの応答低減効果は, 地震波加振試験の結果においても確認された。



第3-4-8 添図 入力加速度 A1X に対する X 方向の応答加速度 (地震波 X + Z 方向加振)



第3-4-9 添図 入力加速度 A1X に対する Z 方向の応答加速度 (地震波 X + Z 方向加振)



(a) X方向入力 (b) Z方向入力

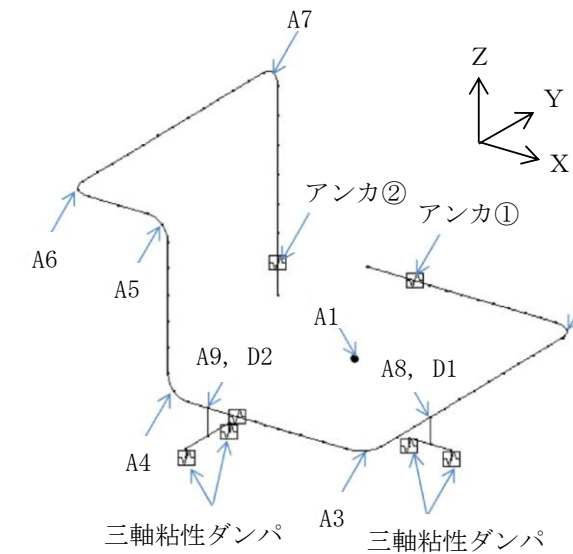
第3-4-10添図 卓越モードの固有周期における応答スペクトルの比較

4. 三軸粘性ダンパを適用した配管系の加振試験結果による妥当性確認

三軸粘性ダンパを適用した配管系の地震応答解析法の妥当性を加振試験結果と解析結果の比較により確認する。

4.1 解析モデル

三軸粘性ダンパを適用した配管系の加振試験の試験体をモデル化して地震応答解析を実施した。解析モデルを第3-4-11添図に示す。



第3-4-11添図 解析モデル

4.2 解析ケース

上限の減衰性能 (K_1, C_1), 下限の減衰性能 (K_5, C_5) 及びその間の3つの内挿点の計5ケースの減衰性能により地震応答解析を実施した。地震応答解析ケースを第3-4-5添表に示す。なお、地震応答解析の対象とする試験ケースは、X方向及びZ方向の最

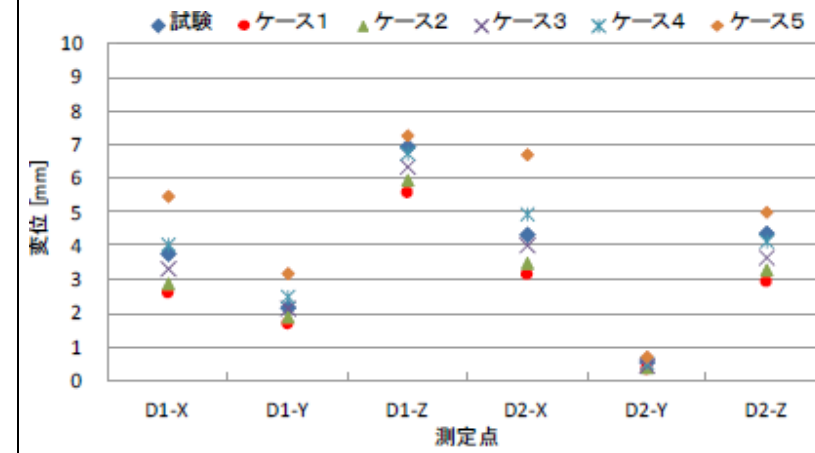
大加振ケース (X方向 : 19.7m/s², Z方向 : 10.6m/s²) とした。

第3-4-5添表 解析ケース

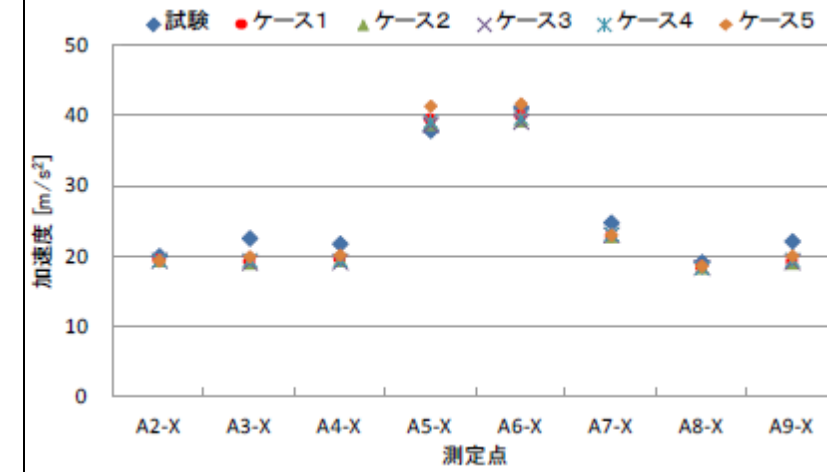
解析ケース	減衰性能
1	K ₁ , C ₁ (上限)
2	均等に内挿
3	
4	
5	K ₅ , C ₅ (下限)

4.3 解析結果

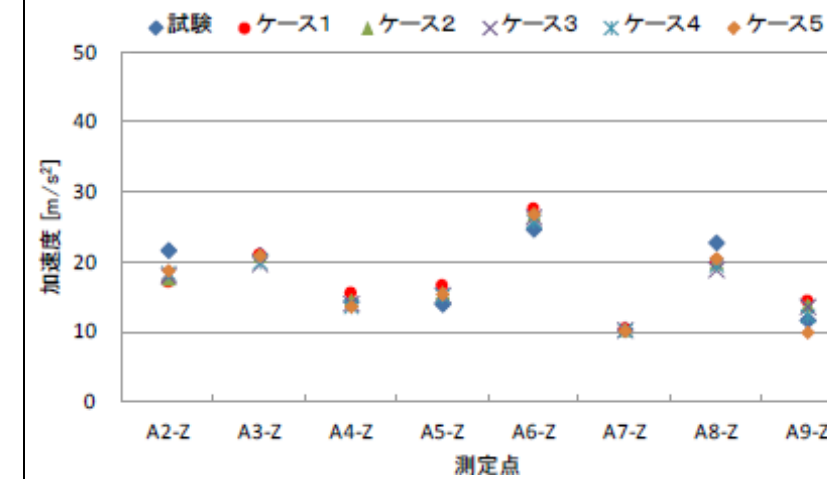
三軸粘性ダンパの最大応答変位の試験結果と解析結果を第3-4-12添図に示す。X方向及びZ方向の最大応答加速度の試験結果と解析結果を第3-4-13添図に示す。三軸粘性ダンパの最大応答変位の解析結果は、試験結果を上回る保守的な評価となっている。また、配管最大応答加速度の解析結果は、試験結果に対して-10%程度以上の精度で一致している。



第3-4-12添図 三軸粘性ダンパ最大応答変位



(a) X方向



(b) Z方向

第3-4-13添図 最大応答加速度

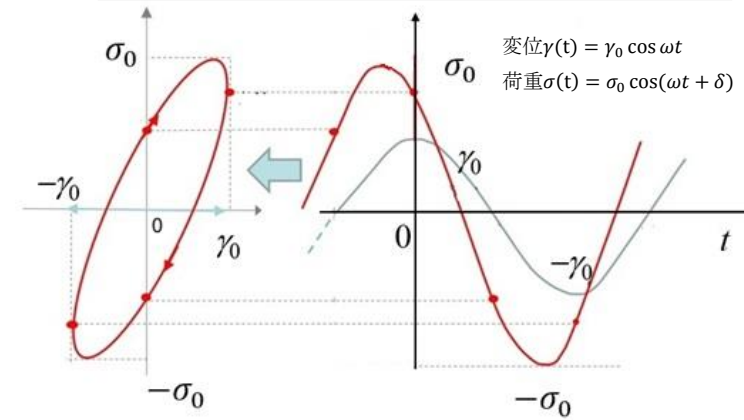
4.4 解析結果の考察

上限の減衰性能 (K_1, C_1), 下限の減衰性能 (K_5, C_5) 及びその間に内挿した減衰性能で地震応答解析を行い, 最大応答変位及び最大応答加速度を適切に評価できることを確認した。最大応答変位については, 解析結果が試験結果を上回っており, 地震動による配管応力を保守的に評価することができる。

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>添付資料 3-5 三軸粘性ダンパの減衰性能及び解析モデルによる表現</p> <p>1. 三軸粘性ダンパの性能の表し方</p> <p>三軸粘性ダンパに使用される粘性体は粘弾性を有しており、三軸粘性ダンパの減衰性能は粘弾性を表すパラメータにより表現される。一般に粘弾性体を式 (1) に示す正弦波変位 $\gamma(t)$ で加振すると、第 3-5-1 添図に示すように位相が変位に対して δ ($0 \sim \pi/2$) 進んだ荷重 $\sigma(t)$ (式 (2)) が生じる。</p> $\gamma(t) = \gamma_0 \cos \omega t \quad (1)$ $\sigma(t) = \sigma_0 \cos(\omega t + \delta) \quad (2)$ <p>γ_0 : 変位の振幅 ω : 変位の角振動数 σ_0 : 荷重の振幅 δ : 位相角 (変位及び荷重の位相差)</p> <p>荷重 $\sigma(t)$ は、式 (3) に示すとおり変位成分に比例する弾性応答成分と速度成分に比例する粘性応答成分の和として表現することができる。</p> $\begin{aligned} \sigma(t) &= \sigma_0 \cos(\omega t + \delta) \\ &= \sigma_0 \cos \delta \cdot \cos \omega t - \sigma_0 \sin \delta \cdot \sin \omega t \\ &= \frac{\sigma_0}{\gamma_0} \cos \delta \cdot \gamma_0 \cos \omega t - \frac{\sigma_0}{\gamma_0} \sin \delta \cdot \gamma_0 \sin \omega t \end{aligned} \quad (3)$ <p>式 (3) の最大変位 γ_0 と最大荷重 σ_0 の比 σ_0/γ_0 を等価剛性 K と呼ぶ。等価剛性 K は粘弾性体の剛性を定量的に定義する一般的なパラメータである。</p> <p>荷重の式 (3) に対して一周分の積分を行うと変位成分に比例する弾性応答成分の項は 0、速度成分に比例する粘性応答成分の項は $\pi \sigma_0 \gamma_0 \sin \delta$ となり、粘性応答成分による散逸エネルギーが求められる。散逸エネルギーは第 3-5-1 添図のリサーチ曲線で囲まれる面積に相当する。このような減衰性能を定量的に定義するため、粘弾性体を散逸エネルギーの等しい理想的な粘性体である速度比例型ダッシュポットに置き換えた場合の比例係数を等価減衰係数 C と定義する。一周分の変位 $\gamma(t)$ を減衰係数 C のダッシュポットに入力した場合の散逸エネルギーが $C \gamma_0^2 \omega \pi$ であるので、散逸エネルギーに関して式 (4) の関係となる。従って、等価減衰係数 C は式 (5) となる。</p> $\pi \sigma_0 \gamma_0 \sin \delta = C \gamma_0^2 \omega \pi \quad (4)$ $C = \frac{\sigma_0}{\gamma_0 \omega} \sin \delta \quad (5)$ <p>三軸粘性ダンパの減衰性能は、これまで述べた粘弾性体の基本的な性質と同様に、等価剛性 K 及び等価減衰係数 C により表現することができる。</p>	

三軸粘性ダンパの等価剛性 K 及び等価減衰係数 C は振動数依存性を有しており、一般に振動数が高いほど等価剛性 K は大きく、等価減衰係数 C は小さくなる傾向がある。

γ_0 : 変位の振幅 ω : 変位の角振動数
 σ_0 : 荷重の振幅 δ : 位相角 (変位及び荷重の位相差)



第3-5-1添図 典型的な粘弾性体の荷重-変位特性
 (左: 荷重-変位, 右: 荷重-時間)

2. 三軸粘性ダンパの解析モデル

粘弾性体のモデル化には、Voigt モデル、Maxwell モデル及びそれらを混合したモデル等が一般的に用いられている。三軸粘性ダンパの減衰性能は振動数依存性を有するため、その振動数特性を表現できる Maxwell モデルを採用する。Maxwell モデルは、第3-5-2 添図に示すばね剛性 ($=k$) とダッシュポットの減衰係数 ($=c$) を直列につないだものである。また、 k/c を Maxwell モデルの特性振動数 ($=\omega_0$) とする。Maxwell モデルに変位 $\gamma = \gamma_0 \cos \omega t$ を与えた場合の荷重 $\sigma(t)$ を以下に示す。

$$\sigma(t) = \gamma_0 K_e \cos \omega t + \gamma_0 K_v \sin \omega t \tag{6}$$

γ_0 : 変位の振幅 ω : 変位の角振動数,
 K_e : 三軸粘性ダンパの貯蔵弾性率, K_v : 三軸粘性ダンパの損失弾性率

または,

$$\sigma(t) = \gamma_0 K \cos(\omega t + \delta) \tag{7}$$

K : 三軸粘性ダンパの等価剛性 ($=\sqrt{K_e^2 + K_v^2}$) δ : 位相角 ($=\tan^{-1}(K_v / K_e)$)

Maxwell モデルの場合, K_e 及び K_v は以下の式で与えられる。

$$\begin{aligned} K_e &= k(\omega / \omega_0)^2 / (1 + (\omega / \omega_0)^2) \\ K_v &= k(\omega / \omega_0) / (1 + (\omega / \omega_0)^2) \end{aligned} \tag{8}$$

k : Maxwell モデルのばね剛性 ω_0 : Maxwell モデルの特性振動数

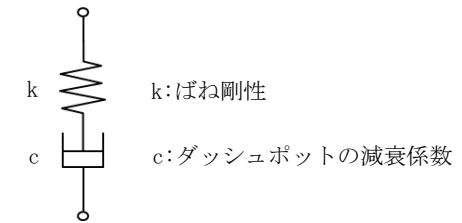
三軸粘性ダンパのモデル化にあたっては、その減衰性能の振動

数特性をより精度良く表現するため、Maxwell モデルを 2 つ並列にした 4 パラメータ Maxwell モデル (第 3-5-3 添図参照) を用いる (第 3-5-4 添図参照)。4 パラメータ Maxwell モデルでは、 K_e 及び K_v は以下の式となる。

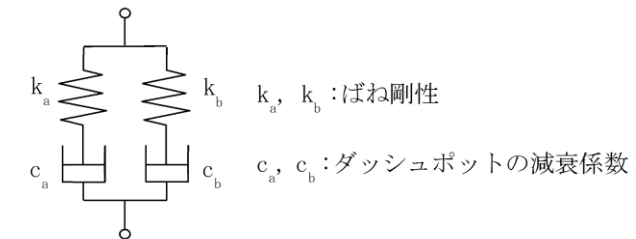
$$\begin{aligned} K_e &= K_a(\omega/\omega_a)^2/(1+(\omega/\omega_a)^2) + K_b(\omega/\omega_b)^2/(1+(\omega/\omega_b)^2) \\ K_v &= K_a(\omega/\omega_a)/(1+(\omega/\omega_a)^2) + K_b(\omega/\omega_b)/(1+(\omega/\omega_b)^2) \end{aligned} \quad (9)$$

ここで、 $\omega_a = k_a/c_a$, $\omega_b = k_b/c_b$

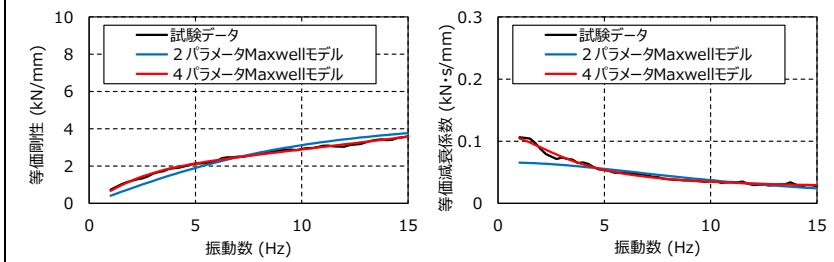
4 パラメータ Maxwell モデルのパラメータは、三軸粘性ダンパの性能試験結果に基づいて設定する。



第 3-5-2 添図 Maxwell モデル

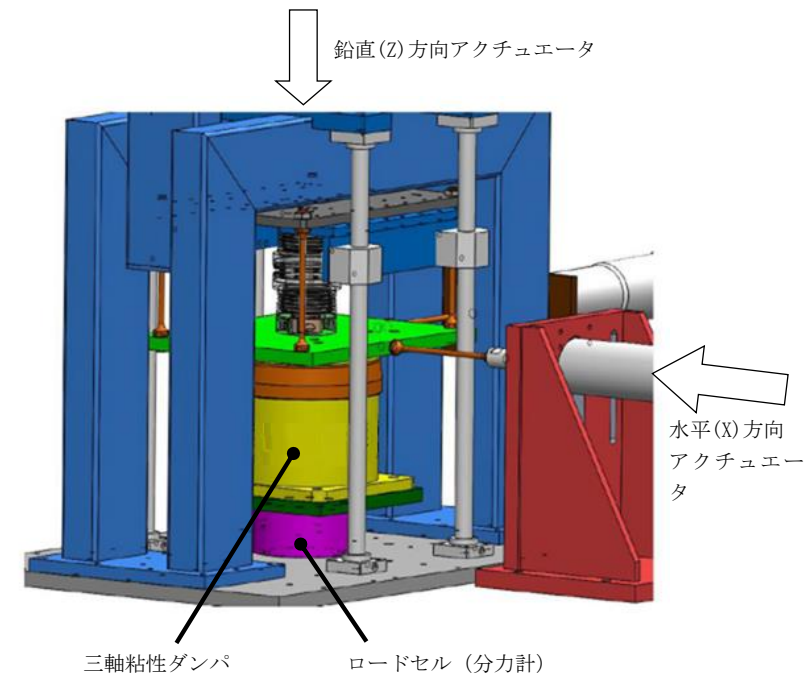


第 3-5-3 添図 4 パラメータ Maxwell モデル



第 3-5-4 添図 4 パラメータ Maxwell モデルと Maxwell モデルの比較 (中型の例)

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>添付資料 3-6 三軸粘性ダンパの特性試験</p> <p>三軸粘性ダンパの減衰性能に影響する特性を把握するために実施した特性試験の結果を以下に示す。なお、三軸粘性ダンパは型式によらず構造は同じであり、使用する粘性体も同一であることから、特性試験結果については、中型及び小型（実機適用なし）の試験結果で代表して示す。</p> <p>< 試験項目 ></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 水平・鉛直同時加振試験（水平・鉛直同時加振） 2. 放射線照射試験（放射線） 3. 粘性体温度を変えた性能試験（温度） 4. 加振振幅を変えた性能試験（振幅） 5. 連続加振試験（連続加振） <p>1. 水平・鉛直同時加振試験</p> <p>三軸粘性ダンパの性能試験は、水平、鉛直の各方向で1方向加振を行う方法により実施する。一方、地震時に三軸粘性ダンパは3方向同時加振されることから、水平方向加振と鉛直方向加振で相互に減衰性能に影響を及ぼす場合は、性能試験で取得した減衰性能と地震時の減衰性能に差が生じる可能性がある。そのため、水平方向及び鉛直方向の同時加振と1方向加振との減衰性能の比較を行った。水平・鉛直同時加振試験の概略図を第3-6-1添図に示す。試験条件を第3-6-1添表に、変位の時刻歴波形を第3-6-2添図に、試験結果を第3-6-3添図に示す。第3-6-3添図のとおり、水平方向及び鉛直方向の同時加振と1方向加振では減衰性能に差がないことを確認した。</p>	



第3-6-1添図 水平・鉛直同時加振試験

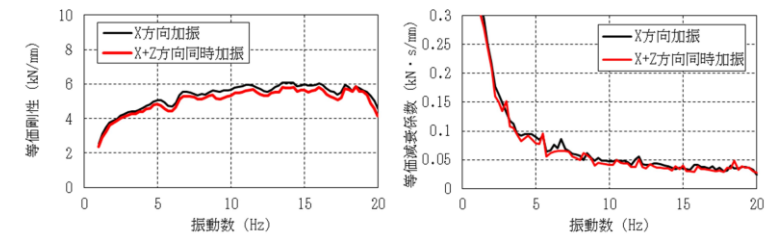
第3-6-1添表 水平・鉛直同時加振試験条件

No.	型式	温度 (°C)	加振方向	入力波形	振幅 (mm)	継続時間 (s)
1	中型	20	水平	ランダム波	3	32
2			鉛直			
3			水平・鉛直			

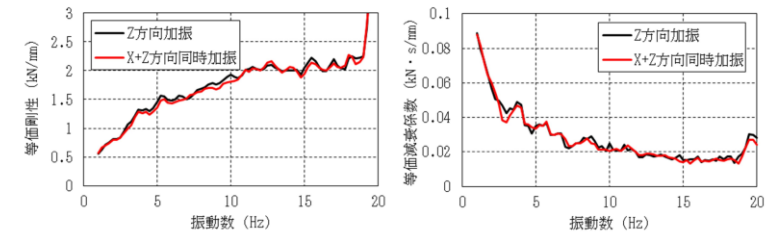


(H) 水平方向 (V) 鉛直方向

第3-6-2添図 変位の時刻歴波形



(H-1) 等価剛性 (水平単独と比較) (H-2) 等価減衰係数 (水平単独と比較)



(V-1) 等価剛性 (鉛直単独と比較) (V-2) 等価減衰係数 (鉛直単独と比較)

第3-6-3 添図 水平・鉛直同時加振による減衰性能への影響確認結果

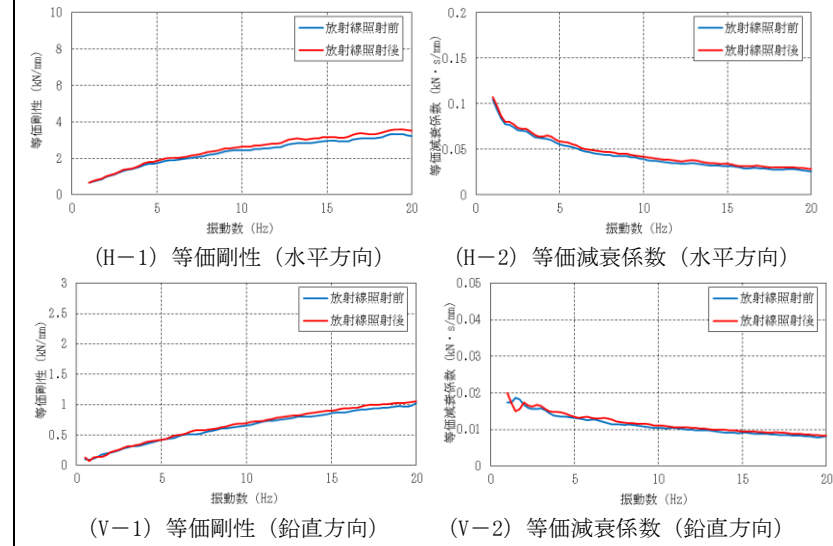
2. 放射線照射試験

放射線による三軸粘性ダンパの減衰性能への影響を確認するため、 γ 線照射量を変えた第3-6-2 添表に示す試験条件にて三軸粘性ダンパの性能試験を実施した。 γ 線照射量は、島根2号炉の一般管理区域における40年間積算放射線量0.004kGyに余裕を見た1kGyとした。

結果を第3-6-4 添図に示す。第3-6-4 添図のとおり、1kGyの照射では減衰性能は変化しておらず、影響がないことが確認された。

第3-6-2 添表 放射線照射試験条件

No.	型式	温度 (°C)	加振方向	入力波形	振幅 (mm)	継続時間 (s)	γ 線照射量
1	小型	20	水平	ランダム波	1	32	照射なし
2							1kGy
3			鉛直				照射なし
4							1kGy



第3-6-4 添図 放射線による減衰性能への影響確認結果

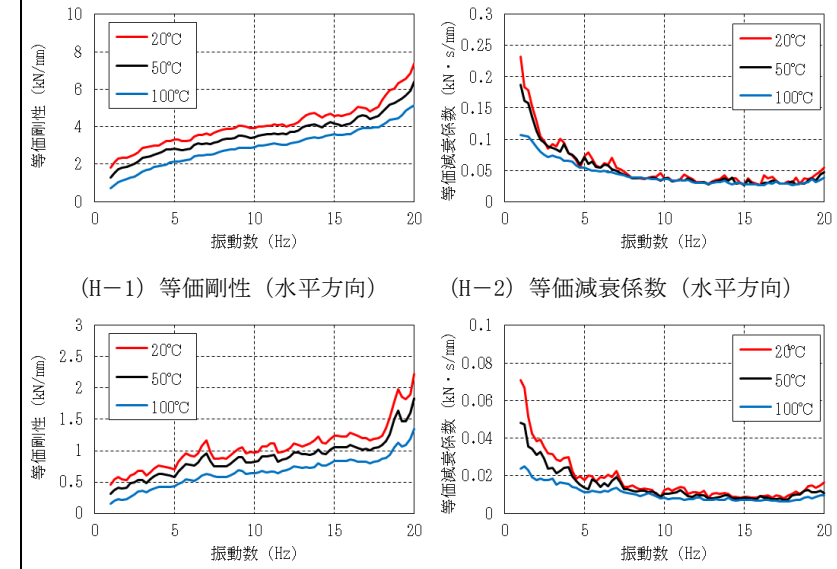
3. 粘性体温度を変えた性能試験

粘性体温度による三軸粘性ダンパの減衰性能への影響を確認するため、粘性体温度を変えた第3-6-3 添表の試験条件にて三軸粘性ダンパの性能試験を実施した。

試験結果を第3-6-5 添図に示す。第3-6-5 添図のとおり、粘性体温度が高くなるほど三軸粘性ダンパの減衰性能が低下することが確認された。これは、粘性体の温度が上昇するほどその粘度が低下することが要因と考えられる。

第3-6-3 添表 粘性体温度を変えた性能試験条件

No.	型式	温度 (°C)	加振方向	入力波形	振幅 (mm)	継続時間 (s)
1	中型	20	水平	ランダム波	6	32
2		50				
3		100				
4		20	鉛直			
5		50				
6		100				



第3-6-5 添図 粘性体温度による減衰性能への影響確認結果

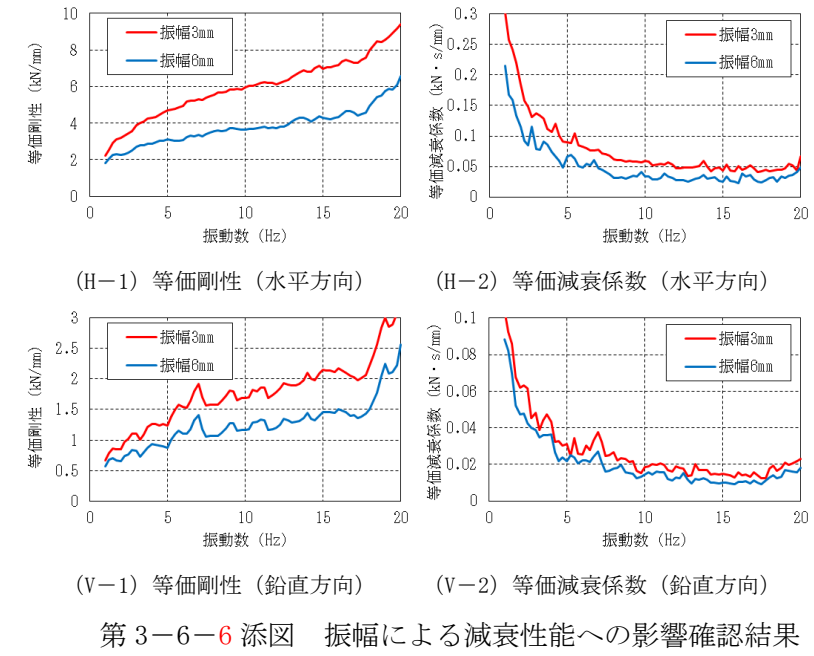
4. 加振振幅を変えた性能試験

振幅の大きさによる三軸粘性ダンパの減衰性能への影響を確認するため、振幅を変えた第3-6-4 添表の試験条件にて三軸粘性ダンパの性能試験を実施した。

試験結果を第3-6-6 添図に示す。第3-6-6 添図のとおり、振幅が大きいほど三軸粘性ダンパの減衰性能が低下することが確認された。これは、三軸粘性ダンパで消費されたエネルギーにより粘性体温度が上昇したこと、粘性体が内部で流動し、ダンパピストンとの接触状態が変化したことが要因と考えられる。

第3-6-4 添表 加振振幅を変えた性能試験条件

No.	型式	温度 (°C)	加振方向	入力波形	振幅 (mm)	継続時間 (s)
1	中型	20	水平	ランダム波	3	32
2			鉛直		6	
3			水平			
4			鉛直			



5. 連続加振試験

連続加振による三軸粘性ダンパの減衰性能への影響を確認するため、第 3-6-5 添表に示す試験条件により、連続加振試験を実施した。

試験結果を第 3-6-7 添図に示す。第 3-6-7 添図のとおり、三軸粘性ダンパの累積消費エネルギー W が増大すると単調に減衰性能が低下することが確認された。これは、三軸粘性ダンパで消費されたエネルギーにより粘性体温度が上昇したこと、粘性体が内部で流動し、ダンパピストンとの接触状態が変化したことが要因と考えられる。累積消費エネルギー W とは加振により三軸粘性ダンパで消費されるエネルギーの総和をいい、以下の式 (1) で表される。

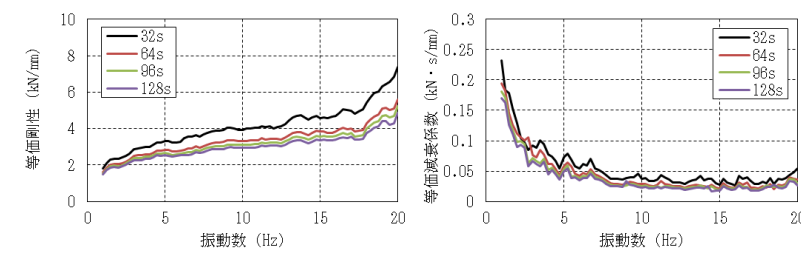
$$W = \int_0^T F(t) \frac{dx(t)}{dt} dt \quad (1)$$

ここで、

$F(t)$: 三軸粘性ダンパ反力, $x(t)$: 三軸粘性ダンパ変位, T : 加振継続時間

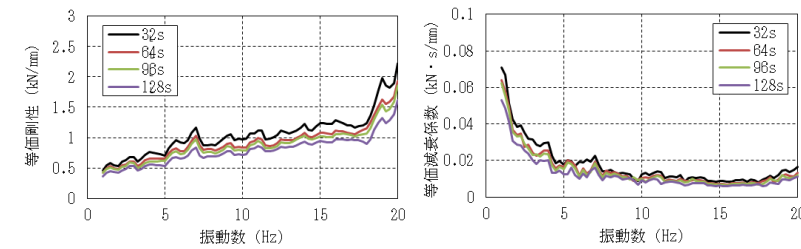
第3-6-5添表 連続加振試験条件

No.	型式	温度 (°C)	加振方向	入力波形	振幅 (mm)	継続時間 (s)
1	中型	20	水平	ランダム波	6	32
2			鉛直			
3			水平			64
4			鉛直			
5			水平			96
6			鉛直			
7			水平			128
8			鉛直			



(H-1) 等価剛性 (水平方向)

(H-2) 等価減衰係数 (水平方向)

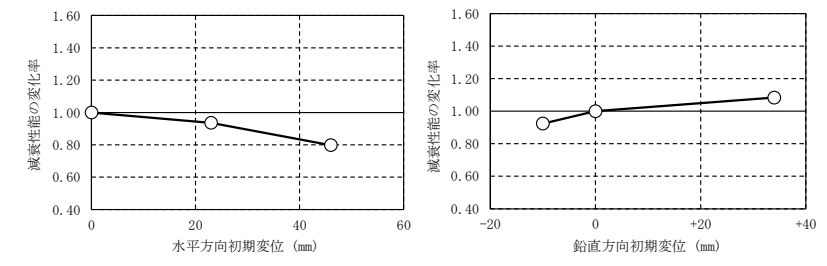


(V-1) 等価剛性 (鉛直方向)

(V-2) 等価減衰係数 (鉛直方向)

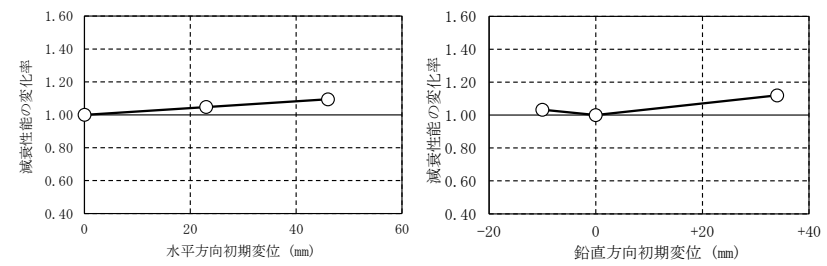
第3-6-7添図 連続加振による減衰性能への影響確認結果

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考																																																								
		<p>添付資料 3-7 三軸粘性ダンパの据付公差による減衰性能への影響</p> <p>三軸粘性ダンパは、配管系の熱移動も考慮した上で、運転時にハウジング中心付近の標準位置にピストンが位置するように据付を行うことから、標準位置からのピストンの初期変位は小さいと考えられるが、その影響の程度を把握するため、三軸粘性ダンパのピストンに標準位置からの初期変位を与えた場合の減衰性能への影響を試験により確認した。なお、ピストン及びハウジングの角度については、水準器を用いて水平を保って据付を行うこと及び配管の熱移動により生じる配管のねじれは微小であることから、減衰性能への影響は軽微と判断する。</p> <p>三軸粘性ダンパの初期変位による減衰性能への影響確認試験の試験ケースを第 3-7-1 添表に、試験結果を第 3-7-1 添図～第 3-7-2 添図に示す。三軸粘性ダンパの減衰性能は振動数依存性を有するため、減衰性能の変化率は 5～15Hz の平均値で示す。また、等価剛性及び等価減衰係数のうち、より大きい変化率を減衰性能の変化率と整理する。</p> <p>試験により把握した初期変位による減衰性能への影響を第 3-7-2 添表に整理する。試験結果に基づき、初期変位による減衰性能への影響が±20%以内となるようにピストン位置の基準を定めて管理する。なお、本資料では、中型の三軸粘性ダンパを代表として試験結果を示したが、大型の三軸粘性ダンパについても初期変位による減衰性能への影響について同様の管理を行う。</p> <p style="text-align: center;">第 3-7-1 添表 初期変位の影響確認試験条件</p> <table border="1" data-bbox="1816 1373 2427 1780"> <thead> <tr> <th rowspan="2">No.</th> <th rowspan="2">型式</th> <th rowspan="2">温度 (°C)</th> <th rowspan="2">加振方向</th> <th rowspan="2">入力波形</th> <th rowspan="2">振幅 (mm)</th> <th rowspan="2">継続時間 (s)</th> <th colspan="2">初期変位 (mm)</th> </tr> <tr> <th>水平</th> <th>鉛直^{※1}</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td rowspan="10">中型</td> <td rowspan="10">20</td> <td>水平</td> <td rowspan="10">ランダム波</td> <td rowspan="10">6</td> <td rowspan="10">32</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>鉛直</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>水平</td> <td>23</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>鉛直</td> <td>46</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>水平</td> <td>0</td> <td>34</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>鉛直</td> <td>0</td> <td>34</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>水平</td> <td>0</td> <td>34</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>鉛直</td> <td>0</td> <td>34</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>水平</td> <td>0</td> <td>34</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>鉛直</td> <td>0</td> <td>-10</td> </tr> </tbody> </table> <p>※1：鉛直方向の初期変位についてはピストンを引き抜く方向をマイナスとする。</p>	No.	型式	温度 (°C)	加振方向	入力波形	振幅 (mm)	継続時間 (s)	初期変位 (mm)		水平	鉛直 ^{※1}	1	中型	20	水平	ランダム波	6	32	0	0	2	鉛直	0	0	3	水平	23	0	4	鉛直	46	0	5	水平	0	34	6	鉛直	0	34	7	水平	0	34	8	鉛直	0	34	9	水平	0	34	10	鉛直	0	-10	
No.	型式	温度 (°C)								加振方向	入力波形	振幅 (mm)	継続時間 (s)	初期変位 (mm)																																													
			水平	鉛直 ^{※1}																																																							
1	中型	20	水平	ランダム波	6	32	0	0																																																			
2			鉛直				0	0																																																			
3			水平				23	0																																																			
4			鉛直				46	0																																																			
5			水平				0	34																																																			
6			鉛直				0	34																																																			
7			水平				0	34																																																			
8			鉛直				0	34																																																			
9			水平				0	34																																																			
10			鉛直				0	-10																																																			



(H) 水平方向初期変位 (V) 鉛直方向初期変位

第3-7-1添図 水平方向の減衰性能の変化



(H) 水平方向初期変位 (V) 鉛直方向初期変位

第3-7-2添図 鉛直方向の減衰性能の変化

第3-7-2添表 三軸粘性ダンパの初期変位による減衰性能への影響

	減衰性能への影響	
	水平方向初期変位	鉛直方向初期変位
水平方向の減衰性能	初期変位が大きいほど直線的に減衰性能が低下する（最大で-20%となる）。	上向きの初期変位に対しては減衰性能が低下する（-10mmに対して-10%未満）。 下向きの初期変位に対しては減衰性能が高くなる（最大で+10%未満）。
鉛直方向の減衰性能	初期変位が大きいほど直線的に減衰性能が大きくなる（最大で+10%未満）。	上向きの初期変位に対しては減衰性能の変化は軽微である。 下向きの初期変位に対しては減衰性能が高くなる（最大で+13%未満）。

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>添付資料 3-8 三軸粘性ダンパの性能試験方法</p> <p>三軸粘性ダンパの減衰性能は等価剛性 K 及び等価減衰係数 C によって表現し、減衰性能の振動数特性を精度良く表現できる4パラメータ Maxwell モデルによりモデル化する。ここでは、三軸粘性ダンパの等価剛性 K 及び等価減衰係数 C を取得し、4パラメータ Maxwell モデルのパラメータを決定するための性能試験方法について示す。</p> <p>1. 性能試験方法</p> <p>三軸粘性ダンパの等価剛性 K 及び等価減衰係数 C を取得し、4パラメータ Maxwell モデルの4つのパラメータを決定するための性能試験は、以下の流れで実施する。</p> <p>最初に粘性体が均一に所定の温度となるように三軸粘性ダンパを恒温槽等で加温する。次に、試験機を用いて三軸粘性ダンパを所定の変位波形で加振し、加振中の変位及び荷重を測定する。なお、減衰性能は水平方向加振と鉛直方向加振で異なることから、水平方向及び鉛直方向のそれぞれで加振を行い、データを取得する。加振中に測定した変位及び荷重の時刻歴波形からフーリエ変換によりフーリエスペクトルを求めて、伝達関数を算出し、三軸粘性ダンパの等価剛性 K 及び等価減衰係数 C を得る。最後に、性能試験により取得した三軸粘性ダンパの等価剛性 K 及び等価減衰係数 C に基づき、4パラメータ Maxwell モデルの4つのパラメータを決定する。性能試験のフローを第3-8-1添図に示す。</p> <p>三軸粘性ダンパの性能試験においては、温度、加振振幅及び連続加振による減衰性能の変動を考慮して、高側ダンパ試験性能 (K_{High}, C_{High}) と低側ダンパ試験性能 (K_{Low}, C_{Low}) を取得する。高側ダンパ試験性能 (K_{High}, C_{High}) は実際の使用条件よりも高い減衰性能となる試験条件で、低側ダンパ試験性能 (K_{Low}, C_{Low}) は実際の使用条件よりも低い減衰性能となる試験条件で取得する性能である。試験条件の設定例を第3-8-1添表に示す。</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p data-bbox="1795 212 2436 239">第3-8-1 添表 三軸粘性ダンパの性能試験条件の例</p> <div data-bbox="1739 247 2504 894" style="border: 2px solid black; height: 308px; width: 258px; margin: 5px auto;"></div>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<div data-bbox="1733 222 2513 1230" style="border: 2px solid black; height: 480px; width: 263px; margin-bottom: 10px;"></div> <p data-bbox="1893 1241 2347 1272">第 3-8-1 添図 性能試験フロー(1/3)</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<div data-bbox="1736 210 2510 1060" style="border: 2px solid black; height: 405px; margin-bottom: 10px;"></div> <p data-bbox="1893 1066 2350 1096" style="text-align: center;">第3-8-1 添図 性能試験フロー(2/3)</p> <div data-bbox="1736 1155 2510 1722" style="border: 2px solid black; height: 270px;"></div> <p data-bbox="1893 1738 2350 1768" style="text-align: center;">第3-8-1 添図 性能試験フロー(3/3)</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>添付資料 3-9 三軸粘性ダンパを設置した配管系の地震応答解析手法</p> <p>本資料では、三軸粘性ダンパを設置した配管系の地震応答解析に用いる時刻歴応答解析手法を説明する。</p> <p>地震による慣性力を受ける配管系の運動方程式を以下に示す。</p> $[M]\{\ddot{x}\} + [C]\{\dot{x}\} + [K]\{x\} = -[M]\{I\}\ddot{y} \quad (1)$ <p>$[M]$, $[C]$, $[K]$: 配管系の質量, 減衰, 剛性マトリクス $\{x\}$: 配管系の変位ベクトル $\{I\}$: 単位ベクトル \ddot{y} : 地動加速度</p> <p>ここで、減衰マトリクスの値が小さいとして $[C]=0$ と仮定し、$-[M]\{I\}\ddot{y}=0$ とすると、</p> $[M]\{\ddot{x}\} + [K]\{x\} = 0 \quad (2)$ <p>となる。この式を用いて実固有値解析を行うことにより各モードの固有角振動数 ω_i とモードマトリクス $[\Lambda]$ が算出される。モードマトリクス $[\Lambda]$ を使い $\{x\}$ を以下の式で表現する。</p> $\{x\} = [\Lambda]\{q\} \quad \{q\} : \text{各次モードの応答} \quad (3)$ <p>式(3)を式(1)に代入して左側から $[\Lambda]^T$ を掛けると以下の式になる。</p> $[\Lambda]^T[M][\Lambda]\{\ddot{q}\} + [\Lambda]^T[C][\Lambda]\{\dot{q}\} + [\Lambda]^T[K][\Lambda]\{q\} = -[\Lambda]^T[M]\{I\}\ddot{y} \quad (4)$ <p>式(4)について、$[C]$ の値が小さく、対角化できると仮定して展開すると以下の式になる。</p> $\begin{bmatrix} \ddots & 0 \\ m_i & \ddots \\ 0 & \ddots \end{bmatrix} \{\ddot{q}\} + \begin{bmatrix} \ddots & 0 \\ c_i & \ddots \\ 0 & \ddots \end{bmatrix} \{\dot{q}\} + \begin{bmatrix} \ddots & 0 \\ k_i & \ddots \\ 0 & \ddots \end{bmatrix} \{q\} = -[\Lambda]^T[M]\{I\}\ddot{y} \quad (5)$ <p>式(5)は式(6)に示すモード空間での非連成の運動方程式となる。</p> $\ddot{q}_i + 2\zeta_i\omega_i\dot{q}_i + \omega_i^2q_i = -\beta_i\ddot{y} \quad (6)$ <p>ここで、 ζ_i : i 次のモード減衰比 β_i : i 次モードの刺激係数 $\left(= \frac{\{\lambda_i\}^T[M]\{I\}}{\{\lambda_i\}^T[M]\{\lambda_i\}} \right)$ λ_i : i 次モードの固有ベクトル q_i : i 次モードの応答</p> <p>このモード空間での非連成の運動方程式から、i 次モードのモードベクトル $\{\lambda_i\}$, 刺激係数 β_i 及び i 次モードの固有角振動数 ω_i の応答スペクトル値を用いて、スペクトルモーダル解析を行うことができる。</p> <p>一方で、配管系に三軸粘性ダンパを設置した場合、減衰マトリクス $[C]$ が大きな値となり対角化できず、$[M]$, $[C]$, $[K]$ の3つのマトリクスを解く複素固有値解析になる。この場合、固有値、固有ベクトルは複素数となるため、上記のスペクトルモーダル解</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>析は適用できない。三軸粘性ダンパの減衰性能を解析モデルへ反映して解析を行う方法としては、モード解析を用いて、モード空間での連成した運動方程式に対して時間積分を行う方法が適用できる。この方法では、減衰マトリクス[C]が対角化できず、式(4)がモード空間での連成した運動方程式となる場合にも、運動方程式の解を求めることができる。この場合、三軸粘性ダンパを設置した配管系では減衰マトリクス[C]は、三軸粘性ダンパによって配管系に付与される減衰に対応した減衰マトリクス[C_D]と、各モードに一律付与する配管系の減衰定数に対応した減衰マトリクス[C_P]の和として式(7)のように設定することが可能である。また、モーダル座標を用いること以外は、一般的な直接積分による時刻歴応答解析と同様の手法である。</p> $[C]=[C_p]+[C_D] \quad (7)$ <p>ここで、[C_P]は一般的な配管系と同様の減衰マトリクスであり、モード空間では対角項が配管の減衰定数に関する要素、非対角項がすべてゼロ要素からなる式(8)のような対角行列となる。</p> $[A]^T[C_p][A] \cong \begin{bmatrix} \ddots & & 0 \\ & 2\zeta_i\omega_i & \\ 0 & & \ddots \end{bmatrix} \quad (8)$ <p>なお、多入力の時刻歴応答解析では、基準とする入力点(基準入力点)に対する配管系の相対変位及び入力点の相対変位を用いると、地震による慣性力を受ける配管系の運動方程式は以下となる。</p> $[M]\{\ddot{x}_a\}+[C]\{\dot{x}_a\}+[K]\{x_a\}=-[M]\{I\}\ddot{y}_0-[\tilde{C}]\{\dot{x}_b\}-[\tilde{K}]\{x_b\} \quad (9)$ <p>{x_a} : 基準入力点に対する配管系の相対変位ベクトル {x_b} : 基準入力点に対する入力点の相対変位ベクトル y₀ : 基準入力点の絶対変位 $\begin{bmatrix} \tilde{C} \\ \tilde{K} \end{bmatrix}$: 入力点の相対速度に対応した減衰マトリクス $\begin{bmatrix} \tilde{C} \\ \tilde{K} \end{bmatrix}$: 入力点の相対変位に対応した剛性マトリクス</p> <p>式(9)の左辺は式(1)と同様である。右辺第一項は、地動加速度に替えて基準入力点の加速度を用いるが、その意味は式(1)の右辺と同様である。右辺第二項及び右辺第三項は、入力点の相対変位、相対速度により生じる力を表している。式(9)は、単一入力の場合と同様に、モード座標系の運動方程式に変換</p>	

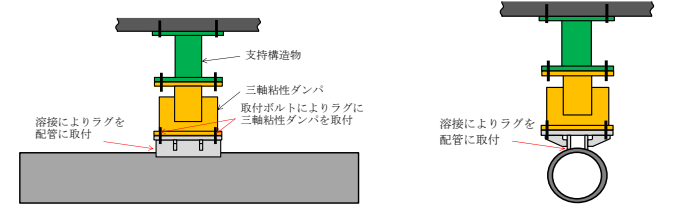
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考																																																				
		<p>することが可能であり、今回の評価では、モード空間での連成した運動方程式に対して時間積分を行う方法を適用する。</p> <p>添付資料 3-10 三軸粘性ダンパの減衰性能と配管系の応答の関係</p> <p>三軸粘性ダンパの減衰性能と配管系の応答の関係を第 3-10-1 添表及び第 3-10-2 添表に示す。配管モーメント及び三軸粘性ダンパの最大変位は、減衰性能が低いほど算出値が大きくなる傾向であり、三軸粘性ダンパの減衰性能が低くなるほど配管系の応答が大きくなるといえる。また、三軸粘性ダンパの最大荷重は、減衰性能が高いほど算出値が大きくなる傾向であり、これは三軸粘性ダンパの減衰性能が高いことにより三軸粘性ダンパが負担する荷重が大きくなるためである。</p> <p>第 3-10-1 添表 配管モーメント</p> <table border="1" data-bbox="1783 972 2436 1182"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>減衰性能</th> <th>発生値</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="5">配管モーメント※1</td> <td>K₁, C₁</td> <td>3.19×10⁵(N・m)</td> </tr> <tr> <td>K₂, C₂</td> <td>3.27×10⁵(N・m)</td> </tr> <tr> <td>K₃, C₃</td> <td>3.30×10⁵(N・m)</td> </tr> <tr> <td>K₄, C₄</td> <td>3.38×10⁵(N・m)</td> </tr> <tr> <td>K₅, C₅</td> <td>3.59×10⁵(N・m)</td> </tr> </tbody> </table> <p>※1：最も厳しい結果を記載</p> <p>第 3-10-2 添表 三軸粘性ダンパの荷重及び変位</p> <table border="1" data-bbox="1798 1346 2466 1749"> <thead> <tr> <th rowspan="2">項目</th> <th rowspan="2">減衰性能</th> <th colspan="2">発生値</th> </tr> <tr> <th>水平</th> <th>鉛直</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="5">最大荷重※1</td> <td>K₁, C₁</td> <td>117 (kN)</td> <td>36 (kN)</td> </tr> <tr> <td>K₂, C₂</td> <td>104 (kN)</td> <td>31 (kN)</td> </tr> <tr> <td>K₃, C₃</td> <td>84 (kN)</td> <td>24 (kN)</td> </tr> <tr> <td>K₄, C₄</td> <td>69 (kN)</td> <td>18 (kN)</td> </tr> <tr> <td>K₅, C₅</td> <td>36 (kN)</td> <td>9 (kN)</td> </tr> <tr> <td rowspan="5">最大変位※1</td> <td>K₁, C₁</td> <td>1.4 (mm)</td> <td>1.7 (mm)</td> </tr> <tr> <td>K₂, C₂</td> <td>1.6 (mm)</td> <td>1.8 (mm)</td> </tr> <tr> <td>K₃, C₃</td> <td>1.8 (mm)</td> <td>2.1 (mm)</td> </tr> <tr> <td>K₄, C₄</td> <td>2.4 (mm)</td> <td>2.3 (mm)</td> </tr> <tr> <td>K₅, C₅</td> <td>4.3 (mm)</td> <td>2.7 (mm)</td> </tr> </tbody> </table> <p>※1：最も厳しい結果を記載</p>	項目	減衰性能	発生値	配管モーメント※1	K ₁ , C ₁	3.19×10 ⁵ (N・m)	K ₂ , C ₂	3.27×10 ⁵ (N・m)	K ₃ , C ₃	3.30×10 ⁵ (N・m)	K ₄ , C ₄	3.38×10 ⁵ (N・m)	K ₅ , C ₅	3.59×10 ⁵ (N・m)	項目	減衰性能	発生値		水平	鉛直	最大荷重※1	K ₁ , C ₁	117 (kN)	36 (kN)	K ₂ , C ₂	104 (kN)	31 (kN)	K ₃ , C ₃	84 (kN)	24 (kN)	K ₄ , C ₄	69 (kN)	18 (kN)	K ₅ , C ₅	36 (kN)	9 (kN)	最大変位※1	K ₁ , C ₁	1.4 (mm)	1.7 (mm)	K ₂ , C ₂	1.6 (mm)	1.8 (mm)	K ₃ , C ₃	1.8 (mm)	2.1 (mm)	K ₄ , C ₄	2.4 (mm)	2.3 (mm)	K ₅ , C ₅	4.3 (mm)	2.7 (mm)	
項目	減衰性能	発生値																																																					
配管モーメント※1	K ₁ , C ₁	3.19×10 ⁵ (N・m)																																																					
	K ₂ , C ₂	3.27×10 ⁵ (N・m)																																																					
	K ₃ , C ₃	3.30×10 ⁵ (N・m)																																																					
	K ₄ , C ₄	3.38×10 ⁵ (N・m)																																																					
	K ₅ , C ₅	3.59×10 ⁵ (N・m)																																																					
項目	減衰性能	発生値																																																					
		水平	鉛直																																																				
最大荷重※1	K ₁ , C ₁	117 (kN)	36 (kN)																																																				
	K ₂ , C ₂	104 (kN)	31 (kN)																																																				
	K ₃ , C ₃	84 (kN)	24 (kN)																																																				
	K ₄ , C ₄	69 (kN)	18 (kN)																																																				
	K ₅ , C ₅	36 (kN)	9 (kN)																																																				
最大変位※1	K ₁ , C ₁	1.4 (mm)	1.7 (mm)																																																				
	K ₂ , C ₂	1.6 (mm)	1.8 (mm)																																																				
	K ₃ , C ₃	1.8 (mm)	2.1 (mm)																																																				
	K ₄ , C ₄	2.4 (mm)	2.3 (mm)																																																				
	K ₅ , C ₅	4.3 (mm)	2.7 (mm)																																																				

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>添付資料 3-11 三軸粘性ダンパの配管への取付部の設計について</p> <p>三軸粘性ダンパは、ラグ又はクランプにより配管に取り付ける。本資料では、配管への取付部の構造概要、荷重伝達機構及び構造成立性を示す。また、配管系への三軸粘性ダンパの配置計画の成立性について説明する。</p> <p>1. ラグの設計について</p> <p>1. 1 構造概要</p> <p>ラグの構造の概要を第3-11-1添図に示す。ラグの構造については、従来のアンカサポート等の設計と同様であり、配管と溶接により一体となる構造とする。ラグと三軸粘性ダンパは第3-11-2添図のとおり取付ボルトにより接続する。</p> <p>1. 2 荷重の伝達機構</p> <p>地震により配管に振動が生じた場合、ラグは配管と一体となって運動し、取付ボルトを介して三軸粘性ダンパに運動が伝達される。これを受けて、三軸粘性ダンパのピストンが粘性体中を移動し、抵抗力が生じる。この抵抗力は、三軸粘性ダンパのピストンから取付ボルト及びラグを介して配管へ伝達される。</p> <p>1. 3 構造成立性について</p> <p>ラグは三軸粘性ダンパを接続すること以外は従来の構造及び設計と同様であり、三軸粘性ダンパの発生荷重に対して十分な構造強度を持つように設計する。</p> <p>なお、取付ボルトは、三軸粘性ダンパの構造強度評価において、三軸粘性ダンパの許容荷重に対する評価を行う。</p> <p>2. クランプの設計について</p> <p>2. 1 構造概要</p> <p>クランプの構造の概要を第3-11-3添図に示す。クランプは上部クランプ及び下部クランプから構成され、第3-11-4添図のように上部クランプと下部クランプをクランプボルトにより締め付けることで配管に取り付ける。クランプと三軸粘性ダンパは取付ボルトにより接続する。</p>	

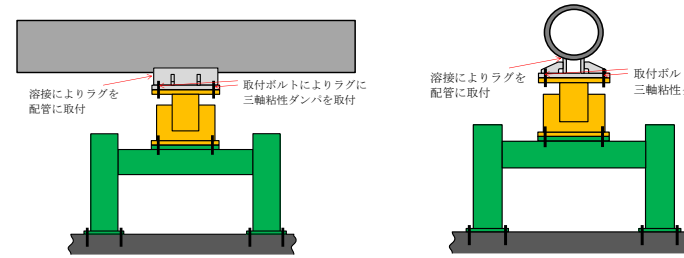
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>2. 2 荷重の伝達機構</p> <p>地震により配管に振動が生じた場合、クランプは配管と一体となって運動し、取付ボルトを介して三軸粘性ダンパに運動が伝達される。これを受けて、三軸粘性ダンパのピストンが粘性体中を移動し、抵抗力が生じる。この抵抗力は、三軸粘性ダンパのピストンから取付ボルト及びクランプを介して配管へ伝達される。クランプから配管への荷重伝達機構は、荷重の方向により異なることから、各方向の荷重伝達機構を以下に示す。</p> <p>【クランプから配管への荷重伝達機構】</p> <p>(1) 水平方向</p> <p>水平方向の荷重伝達機構を第3-11-5添図に示す。水平方向については、配管軸方向及び配管軸直角方向に分けて説明する。</p> <p>a. 配管軸方向</p> <p>第3-11-5添図(a)に示すように、クランプが配管を押し返すことや、配管軸方向の摩擦によりクランプが配管を拘束することで荷重が伝達される。</p> <p>b. 配管軸直方向</p> <p>第3-11-5添図(b)に示すように、クランプが配管を押し返すことや、配管周方向の摩擦によりクランプが配管を拘束することで荷重が伝達される。</p> <p>(2) 鉛直方向</p> <p>鉛直方向の荷重伝達機構を第3-11-6添図に示す。クランプボルトで配管に取り付けられたクランプが配管を押し返すことで荷重が伝達される。</p> <p>2. 3 構造成立性について</p> <p>クランプに対して水平方向及び鉛直方向における三軸粘性ダンパの荷重伝達機構を考慮のうえ、許容荷重を設定する。クランプに接続される三軸粘性ダンパの地震応答解析における最大荷重と設定した許容荷重を比較することで構造成立性を確認する。</p> <p>(1) 水平方向荷重に対するクランプの構造成立性</p> <p>水平方向の荷重はクランプと配管の摩擦によって制限されるため、クランプの最大摩擦力と等しくなる時の三軸粘性ダンパのピストンに生じる荷重をクランプの許容荷重とする。許容荷重の算出方法を以下に示す。</p> <p>上部クランプと下部クランプにおいて、許容荷重の算出方法は同様であるため、下部クランプを例に説明する。クランプ締付力により、下部クランプに一樣な圧力がp_lが生じた状態を考える。</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (201712. 20版)	東海第二発電所 (2018.9. 18版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>第3-11-7添図に示すとおり、下部クランプと配管が接している範囲の角度$-\alpha \leq \theta \leq \alpha$の中で微小角度$d\theta$を考えると、$d\theta$においてクランプの締付により鉛直方向に生じる力$Q_{ld\theta}$は式(1)となる。</p> $Q_{ld\theta} = N_{ld\theta} \cdot \cos \theta = p_l \cdot \frac{D}{2} \cdot d\theta \cdot B \cdot \cos \theta \quad (1)$ <p>ここで、$N_{ld\theta}$は微小角度$d\theta$においてクランプ面に垂直な方向に生じる力、Dは配管外径、Bはクランプ幅である。 $Q_{ld\theta}$をクランプが配管と接している角度$-\alpha \leq \theta \leq \alpha$で積分すると、鉛直方向の力の総和$Q_l$は式(2)となる。</p> $Q_l = \int_{-\alpha}^{\alpha} Q_{ld\theta} = \int_{-\alpha}^{\alpha} p_l \cdot \frac{D}{2} \cdot B \cdot \cos \theta \cdot d\theta = p_l \cdot \frac{D}{2} \cdot B \cdot 2\sin \alpha \quad (2)$ <p>この鉛直方向の力Q_lはクランプの締付力F_cと等しいため、</p> $F_c = Q_l = p_l \cdot \frac{D}{2} \cdot B \cdot 2\sin \alpha \quad (3)$ <p>となり、クランプの締付による下部クランプに生じる圧力p_lは式(4)となる。</p> $p_l = \frac{F_c}{D \cdot B \cdot \sin \alpha} \quad (4)$ <p>この圧力p_lが角度$-\alpha \leq \theta \leq \alpha$の部分の面積に加わるため、クランプの締付により下部クランプに生じる垂直抗力F_{IN}は式(5)となる。</p> $F_{IN} = p_l \cdot \frac{D}{2} \cdot 2\alpha \cdot B = \frac{F_c}{D \cdot B \cdot \sin \alpha} \cdot \frac{D}{2} \cdot 2\alpha \cdot B = \frac{F_c \cdot \alpha}{\sin \alpha} \quad (5)$ <p>摩擦係数をμとすると下部クランプに生じる静止摩擦力F_{yf}は式(6)となる。</p> $F_{yf} = \mu \cdot F_{IN} = \frac{\mu \cdot F_c \cdot \alpha}{\sin \alpha} \quad (6)$ <p>上部クランプについても同様に静止摩擦力F_{uf}を計算すると、上部クランプと下部クランプによる摩擦力F_fは式(7)となる。</p> $F_f = F_{uf} + F_{yf} = 2F_{yf} = 2 \frac{\mu \cdot F_c \cdot \alpha}{\sin \alpha} \quad (7)$ <p>配管軸方向の拘束についてはF_fが許容荷重となる。 配管軸直角方向の拘束については、三軸粘性ダンパの抵抗力がピストンと粘性体の接触面で生じることから、荷重作用点を考慮して算出したモーメントに対してすべりが生じることのない摩擦力を確保する。そのため、配管外径をD、荷重発生箇所のモーメントアームをL_mとすると、モーメントのつり合いから式(8)により配管軸直角方向の許容荷重F_aが得られる。</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		$F_f \cdot \frac{D}{2} = F_a \cdot L_m \quad (8)$ $F_a = \frac{F_f D}{2L_m}$ <p>許容荷重 F_f 及び F_a を式 (7), (8) 及びクランプの諸元により算出した結果を第3-11-1添表に示す。なお、クランプの構造成立性の確認にあたっては、値の小さい軸直角方向の許容荷重 F_a を水平方向の共通の許容荷重として第3-11-2添表のとおり設定する。</p> <p>(2) 鉛直方向荷重に対するクランプの構造成立性</p> <p>三軸粘性ダンパは鉛直方向の許容荷重が 140(kN)であり、水平方向と比べて小さいため、クランプの許容荷重も第3-11-2添表のとおり接続する三軸粘性ダンパと同じ 140(kN)に設定する。三軸粘性ダンパ及びクランプ共通の許容荷重 140(kN)に対して、クランプの構成部品の中で余裕が小さいと想定される評価対象部位としてクランプボルトの構造強度評価を J E A G 4 6 0 1 等に基づいて実施した。評価の結果は第3-11-3添表のとおりであり、構造成立性を確認した。</p> <p>3. 配管系への三軸粘性ダンパの配置計画の成立性について</p> <p>三軸粘性ダンパは、配管への取付方法としてラグ又はクランプを選択可能であり、配管の上部及び下部のいずれの位置にも設置することができる。配管への取付方法及び設置位置は設置スペース、干渉物、施工性等を考慮して現場状況に応じて選択することから、配置計画の成立性に問題はないと判断している。</p> <div data-bbox="1834 1360 2380 1558" data-label="Image"> </div> <p>第3-11-1添図 ラグの構造概要</p>	

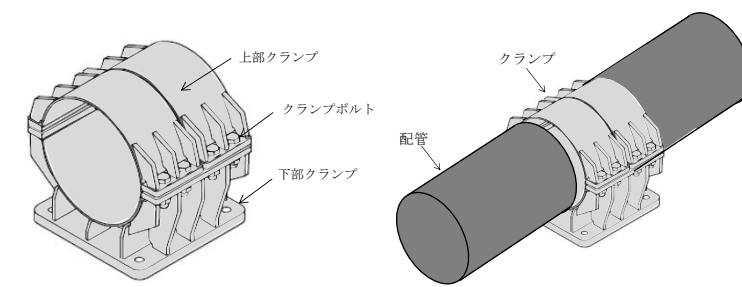


(a) 配管上部への設置の例

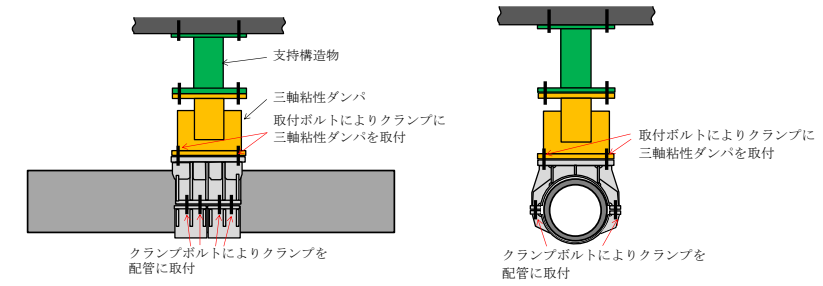


(b) 配管下部への設置の例

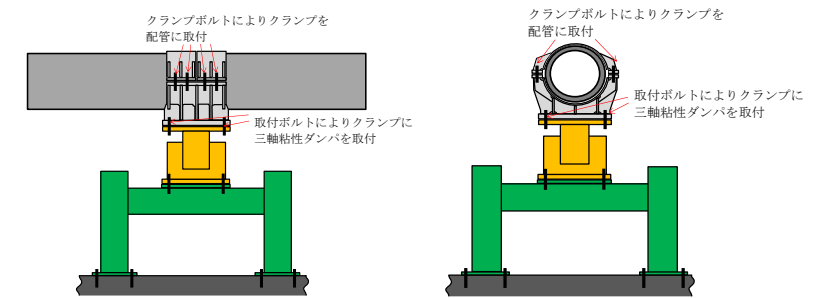
第3-11-2 添図 ラグの配管への取付及び三軸粘性ダンパへの接続



第3-11-3 添図 クランプの構造概要

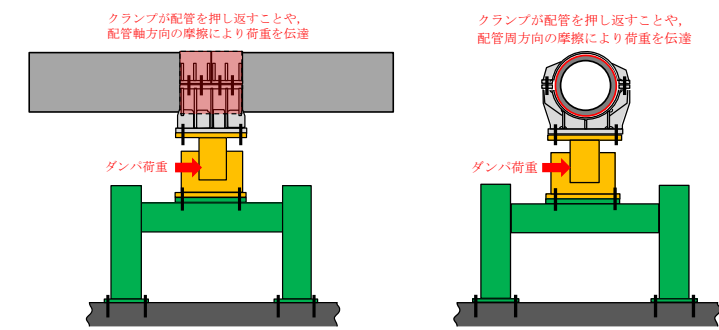


(a) 配管上部への設置の例

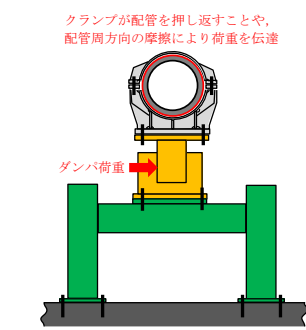


(b) 配管下部への設置の例

第3-11-4 添図 クランプの配管への取付及び三軸粘性ダンパへの接続

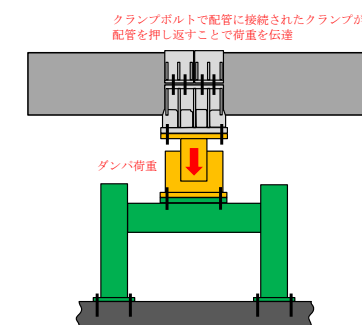


(a) 配管軸方向荷重の伝達

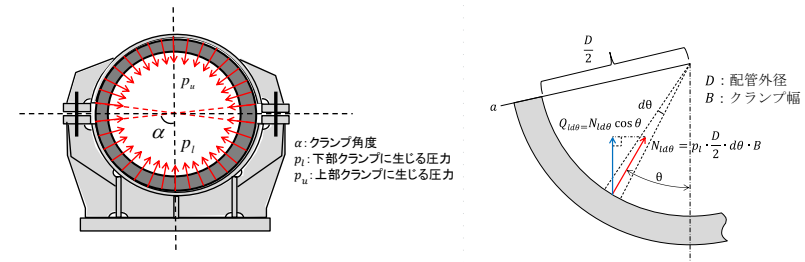


(b) 配管軸直方向荷重の伝達

第3-11-5 添図 クランプによる水平方向の荷重伝達機構



第3-11-6 添図 クランプによる鉛直方向の荷重伝達機構



第3-11-7 添図 クランプ締付力による鉛直方向の力の算出

第3-11-1 添表 クランプの諸元及び水平方向許容荷重の算出値

摩擦係数 μ	締付力 F_c (kN)	クランプ角度 α (rad)	配管 直径 D (mm)	モーメント アーム L_m (mm)	算出値	
					F_r (kN)	F_n (kN)
0.3	660.8	$(85/180)\pi$	609.6	1150	590	156

第3-11-2 添表 クランプの許容荷重

方向		許容荷重
水平方向	配管軸直角方向	156 (kN)
	配管軸方向	156 (kN) ^{※1}
鉛直方向		140 (kN) ^{※2}

※1 : より厳しい配管軸直角方向の許容荷重に合わせて設定

※2 : 三軸粘性ダンパの鉛直方向の許容荷重に合わせて設定

第3-11-3 添表 鉛直方向許容荷重によるクランプボルトの評価結果

評価項目	発生値	許容限界 ^{※1}
引張応力	25 (MPa)	398 (MPa)

※1 : 許容応力状態B_ASの許容応力

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考															
		<p data-bbox="1733 212 2507 285">添付資料 3-12 三軸粘性ダンパの耐震評価方法に関する海外実績との比較</p> <p data-bbox="1733 348 2507 688">三軸粘性ダンパを設置した配管系の耐震評価方法について、海外実績と島根2号炉の比較を第3-12-1添表に示す。第3-12-1添表に示すとおり、三軸粘性ダンパを設置する場合の耐震評価方法は同様である。島根2号炉では、海外実績における耐震評価方法に加えて減衰性能の変動及びばらつきを考慮しているが、これは「免震構造の審査手引きの提案(平成26年1月) 独立行政法人原子力安全基盤機構」及び工認審査ガイドを踏まえて考慮することとしたものである。</p> <p data-bbox="1733 751 2507 825">第3-12-1添表 海外実績と島根2号炉における耐震評価方法の比較</p> <table border="1" data-bbox="1804 835 2457 1560"> <thead> <tr> <th data-bbox="1804 835 2006 861">項目</th> <th data-bbox="2006 835 2243 861">海外実績</th> <th data-bbox="2243 835 2457 861">島根2号炉</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="1804 861 2006 1115">減衰性能のパラメータ設定方法</td> <td data-bbox="2006 861 2243 1115">三軸粘性ダンパの性能試験結果に基づき、等価剛性及び等価減衰係数のフィッティングにより4パラメータMaxwellモデルのパラメータを設定している。</td> <td data-bbox="2243 861 2457 1115">同左</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1804 1115 2006 1178">地震応答解析手法</td> <td data-bbox="2006 1115 2243 1178">時刻歴応答解析を適用している。</td> <td data-bbox="2243 1115 2457 1178">同左</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1804 1178 2006 1339">三軸粘性ダンパの許容限界</td> <td data-bbox="2006 1178 2243 1339">地震応答解析結果から三軸粘性ダンパの荷重及び変位を算出し、許容荷重及び許容変位と比較している。</td> <td data-bbox="2243 1178 2457 1339">同左</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1804 1339 2006 1560">減衰性能の変動及びばらつき</td> <td data-bbox="2006 1339 2243 1560">—</td> <td data-bbox="2243 1339 2457 1560">減衰性能の変動及びばらつきを包絡するように上限及び下限の減衰性能を設定した上で、5段階の段階的な減衰性能を設定する。</td> </tr> </tbody> </table>	項目	海外実績	島根2号炉	減衰性能のパラメータ設定方法	三軸粘性ダンパの性能試験結果に基づき、等価剛性及び等価減衰係数のフィッティングにより4パラメータMaxwellモデルのパラメータを設定している。	同左	地震応答解析手法	時刻歴応答解析を適用している。	同左	三軸粘性ダンパの許容限界	地震応答解析結果から三軸粘性ダンパの荷重及び変位を算出し、許容荷重及び許容変位と比較している。	同左	減衰性能の変動及びばらつき	—	減衰性能の変動及びばらつきを包絡するように上限及び下限の減衰性能を設定した上で、5段階の段階的な減衰性能を設定する。	
項目	海外実績	島根2号炉																
減衰性能のパラメータ設定方法	三軸粘性ダンパの性能試験結果に基づき、等価剛性及び等価減衰係数のフィッティングにより4パラメータMaxwellモデルのパラメータを設定している。	同左																
地震応答解析手法	時刻歴応答解析を適用している。	同左																
三軸粘性ダンパの許容限界	地震応答解析結果から三軸粘性ダンパの荷重及び変位を算出し、許容荷重及び許容変位と比較している。	同左																
減衰性能の変動及びばらつき	—	減衰性能の変動及びばらつきを包絡するように上限及び下限の減衰性能を設定した上で、5段階の段階的な減衰性能を設定する。																