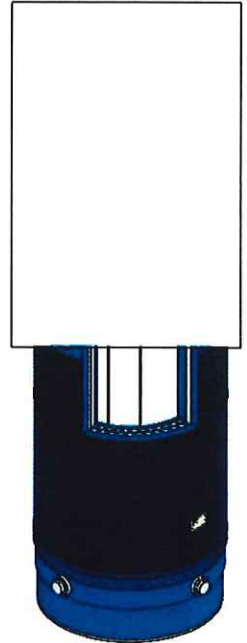


発電用原子炉施設に係る特定機器の設計の 型式証明申請 設置許可基準規則への適合性について (第四条関連)

GNS Gesellschaft für Nuklear-Service mbH

09.11.2022



目次

1. 指摘事項(コメント)リスト
2. 設置許可基準規則への適合性の概要
3. 設置許可基準規則への適合性(第四条)

1. 指摘事項(コメント)リスト


No.	受領日	件名	記載箇所	コメント内容	コメント回答	対応状況
1	2021/12/1	書面審査に用いる資料の作成		特定兼用キャスクとして令和3年10月27日に型式証明した三菱重工工業株式会社の審査資料(申請書及び補正書、審査会合資料、令和3年10月15日付け補足説明資料)(以下「先行例」という。)を参照して、必要な資料を作成すること。提出資料は原子力規制委員会のHPで公開することから、公開版の資料も作成すること。	ご指摘の内容については令和4年9月16日に提出した補正申請書に反映しており、また、今後の補足説明資料等に反映する。	—
2	2021/12/1	特定兼用キャスクの設計で参照する規格・基準等の適用の考え方	申請書P1-8 概要資料P3	本申請の特定兼用キャスクの設計で参照する規格・基準等については、 1)JSMEやJIS等の日本の国内法規に基づくもの 2)日本国外の規格・基準 3)上記1)及び2)以外のもの に分類した上で、上記2)及び3)を適用する場合は、「適用の根拠」、「国内法規に基づき規格及び基準との対比」、「適用の妥当性」に係る事項を明確にしている。今後、当該審査資料を作成する際は、上記2)及び3)を適用した、本申請の特定兼用キャスクとの構造類似性を有する金属製乾式キャスクの実用実績(許認可実績、運用実績等)も示すこと。	原則JSME及びJIS等の日本の国内法規に基づくものを参照することとしている。なお、参照できないものについてはご指摘の内容を関連する補足説明資料において説明させて頂く。	—

1. 指摘事項(コメント)リスト

No.	受領日	件名	記載箇所	コメント内容	コメント回答	対応状況
3	2021/12/1	解析コードを用いて評価を行う際の解析条件の明確化	申請書P1-53 ～ 概要資料P17 ～	耐震性評価や安全機能の評価等で解析コードを使用する場合は、入力条件や解析モデル等の解析条件を説明すること。	それぞれの評価に係る補足説明資料において説明させて頂く。 なお、自然現象に対する影響評価については解析コードは用いず、先行例で用いられた応力評価式を用いる。安全機能の評価については解析コードを用いることとしている。	自然事象に対する評価について本資料にて説明。 他の安全機能評価については未説明。
4	2021/12/1	使用済燃料集合体の収納位置条件の設定の考え方	申請書P10 概要資料P15	使用済燃料集合体を収納する配置毎に、燃焼度及び冷却期間の制限を設けている。 使用済燃料集合体の配置位置を制限する収納条件について、遮蔽等の制約要因を明確にした上で設定の考え方を説明すること。	使用済燃料の収納条件について、制約要因は遮蔽機能及び除熱機能によるものである。それぞれの補足説明資料において、制約要因を含めた設定の考え方について説明させて頂く。	未 (遮蔽機能及び除熱機能にて説明)
5	2021/12/1	特定機器を使用することができる発電用原子炉施設の範囲又は条件の整理	申請書P6 概要資料P12	先行例を踏まえて、本申請の特定兼用キャスクの使用の範囲及び条件について整理すること。整理に際しては、4条、5条、6条及び16条の要求事項のうち、本申請の範囲外とする事項を、電気事業者に申し送る事項に含めること。	本書面審査において、第四条、五条及び六条の要求事項に関して、本申請の範囲外とする事項(電気事業者に申し送る事項)について説明する。なお、令和4年9月16日の補正申請書にて先行例を踏まえた記載に見直している。	第四条から六条は本資料にて説明 第十六条については未説明。

1. 指摘事項(コメント)リスト

No.	受領日	件名	記載箇所	コメント内容	コメント回答	対応状況	
6	2021/12/1	設置許可基準規則第16条の基準適合性に係る事項					
6. (1)	2021/12/1	臨界防止	申請書P2 概要資料P23	「技術的に想定されるいかなる場合でも、臨界を防止する設計とする」ことの説明方針について、キャスク取扱時の冠水/乾燥状況を全て抽出して臨界防止機能の評価していることを説明すること。	冠水状態において感度評価を実施し、最も厳しい条件で評価を実施している。その評価がキャスク取扱時の状況を全て考慮していることを臨界防止機能評価の補足説明資料において説明させて頂く。	未 (臨界防止評価にて説明)	
6. (2)	2021/12/1	遮蔽能力	申請書P1-53 概要資料P26	日本国内での許認可実績がない解析コードを使用することについて、断面積ライブラリとの組合せも含めて、妥当性の検証方法、検証範囲、本申請への適用性を説明すること。	MGNP6コードを使用するに当たり、断面積ライブラリとの組み合わせも含めて、その検証および妥当性確認については、貯蔵中のキャスクでの検証結果を用いて、遮蔽評価の補足説明資料の中で説明させて頂く。	未 (遮蔽評価にて説明)	
6. (3)	2021/12/1	崩壊熱の除去	申請書P1-53 概要資料P28	本申請のキャスクの各部位の温度評価結果と、それら部位毎の温度制限値設定の考え方を説明すること。 また、三次元有限要素法コードの使用について、日本国内の許認可実績がある場合は、それらの実績を整理すること。 なお、三次元有限要素法コードの使用について、引用可能な許認可実績がない場合は、妥当性の検証方法、検証範囲、本申請への適用性を説明すること。	キャスク各部位の温度評価結果及びそれら部位毎の温度制限値設定の考え方を、除熱評価の補足説明資料において説明させて頂く。日本の規格及び実証試験結果に基づくものについてはそれを、その他の部位・部材については、キャスク概要・材料の補足説明資料にて説明させて頂く。 ANSYSコードを使用するに当たり、その検証および妥当性確認手法について、補足説明資料において説明させて頂く。	未 (除熱評価にて説明)	

 GNS 本日の回答は青枠部分

設置許可基準規則への適合性について / 5

1. 指摘事項(コメント)リスト

No.	受領日	件名	記載箇所	コメント内容	コメント回答	対応状況
6. (4)	2021/12/1	閉じ込め及び監視	申請書P1-55 概要資料P9	金属ガスケットの長期密封特性について、電力中央研究所の研究成果を引用しているが、試験条件や試験で使用された金属ガスケットの構造等と比較した上で研究成果の適用性について説明すること。 GNSの許認可実績を踏まえた説明を行うのであれば、許認可を受け使用された同様の金属ガスケットの長期健全性を示した上で、設計貯蔵期間中(60年)、健全性が維持されることを説明すること。	電力中央研究所の長期実証試験結果(外被材:銀)を引用している(補正申請書において外被材の材質を明確化した)。本件は、長期健全性の補足説明資料において説明させて頂く。	未 (長期健全性にて説明)
			申請書 P1-54 概要資料 P30	基準漏えい率について、先行例と同じく、リークテスト判定基準を設けるのであれば、基準漏えい率/リークテスト判定基準/金属ガスケット設計漏えい率を明確にした上で、負圧維持の考え方を説明すること。	基準漏えい率については、先行例と同様に、設計貯蔵期間において負圧を維持できる漏えい率とし、評価としてはリークテスト判定基準及び金属ガスケット漏えい率がそれを下回ることによって説明する。本件は、閉じ込め評価の補足説明資料において説明させて頂く。	未 (閉じ込め評価にて説明)
6. (5)	2021/12/1	経年変化を考慮した材料・構造健全性	申請書P1-1 概要資料P8	キャスク本体の材料に球状黒鉛鋳鉄を使用することについて、キャスクの製造場所が日本国外であれば、JIS規格は適用していないのではないかと。については、キャスクの製造場所(予定)を明確にした上で、適用する規格を、その要求事項と共に説明すること。	キャスクの製造場所は、型式指定申請書の製造の均一性の説明において明確化させて頂きたい。なお、仮に日本国外で製造する場合においても、JIS規格を適用する計画としている。	本説明の通り

 GNS 本日の回答は青枠部分

設置許可基準規則への適合性について / 6

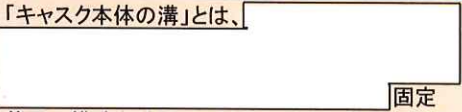
1. 指摘事項(コメント)リスト

No.	受領日	件名	記載箇所	コメント内容	コメント回答	対応状況
(続き) 6. (5)	2021/12/1	閉じ込め及び監視	申請書P1-9 概要資料P10	塗装について、キャスクの製造場所が日本国外であれば、塗装の耐候性、及び電気事業者が行うべき定期検査の考え方を説明すること。また、当該塗装に特殊性がある場合は、その詳細を説明すること。	キャスクの製造場所は、型式指定申請書の製造の均一性の説明において明確化させて頂きたい。仮に日本国外で製造する場合は、塗装の耐候性、及び電気事業者が行うべき定期検査の考え方を説明させて頂く。なお、当該塗装については、長期健全性の補足説明資料において説明させて頂く。	未 (長期健全性にて説明)
			申請書P1-1 概要資料P10	中性子遮蔽材について、キャスクの使用温度の影響(熱分解についての考慮など)の考え方を説明すること。また、当該遮蔽材に特殊性がある場合は、その詳細を説明すること。	中性子遮蔽材であるポリエチレンについて、その熱的性質についてはキャスク構造・材料の補足説明資料の中で、長期健全性については長期健全性の補足説明資料において説明させて頂く。	未 (キャスク構造・材料及び長期健全性にて説明)
			申請書P1-3 概要資料P11	キャスクの材料一覧について規格番号等を明確にすること	キャスクの規格番号を含めた材料仕様については、キャスク構造・材料の補足説明資料の中で説明させて頂く。	キャスク構造・材料の資料の中で説明する。
7	2021/12/1	設置許可基準規則第4条、第5条及び第6条の基準適合性に係る事項	申請書P1-56 ~1-58 概要資料P18、P20、P22	地震・津波・竜巻に係る構造健全性評価の手法について、国内の許認可実績がない場合、妥当性の検証方法、検証範囲、本申請への適用性を説明すること。	地震・津波・竜巻に係る構造健全性評価の手法については、先行例で用いられた応力評価式を用いる。本件はそれぞれの補足説明資料の中で説明させて頂く。	本資料にて説明

GNS 本日の回答は青枠部分

設置許可基準規則への適合性について / 7

1. 指摘事項(コメント)リスト

No.	受領日	件名	記載箇所	コメント内容	コメント回答	対応状況
(続き) 7	2021/12/1	設置許可基準規則第4条、第5条及び第6条の基準適合性に係る事項	概要資料P18	地震に係る構造健全性評価を行う際のキャスク固定方法について、固定装置図で示している「キャスク本体の溝」とは何か。固定装置の構造を詳細に説明すること。	「キャスク本体の溝」とは、  固定装置の構造を詳細は、地震に対する構造健全性評価の補足説明資料の中で説明させて頂く。	本資料にて説明
8	2021/12/1	その他		指摘事項への対応に際しては、関連する申請内容全体を俯瞰した対応に努めること。	拝承	

GNS 本日の回答は青枠部分

設置許可基準規則への適合性について / 8

2. 設置許可基準規則への適合性の概要

設置許可基準規則適合性説明対象

設置許可基準規則	安全機能					構造健全性	設計条件	貯蔵施設に関する要件
	臨界防止	遮蔽	除熱	閉じ込め	長期健全性			
第四条:地震による損傷の防止	-	-	-	-	-	○	-	○
第五条:津波による損傷の防止	-	-	-	-	-	○	-	○
第六条:外部からの衝撃による損傷の防止	-	-	-	-	-	○	-	○
第十六条:燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設	○	○	○	○	○	-	-	○

「第四条:地震による損傷の防止」について、本資料で説明する。(青枠部分)



3. 設置許可基準規則への適合性(第四条)

設置許可基準規則第四条(地震による損傷の防止)の要求事項に対するCASTOR® geo26JP型の設計方針を下表に示す。

規則等	要求事項	設計方針	先行例との比較
設置許可基準規則(注1) 第四条第6項	兼用キャスクは、次のいずれかの地震力に対して安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない。 一 兼用キャスクが地震力により安全機能を損なうかどうかをその設置される位置のいかにかわらず判断するために用いる合理的な地震力として原子力規制委員会が別に定めるもの 二 基準地震動による地震力	基礎等に固定し、貯蔵架台の上にてたて置きで設置し、兼用キャスク告示(注2)第一条で定める合理的な地震力が作用しても特定兼用キャスクの安全機能が損なわれない設計とする。	MSF-24P(S)型のたて置きと同様。
設置許可基準規則解釈(注3) 別記4第四条第2項	第6項に規定する地震力(以下、「第6項地震力」)に対して、その安全機能が損なわれるおそれがないものであること。	基礎等に固定し、貯蔵架台の上にてたて置きで設置し、第6項地震力に対してその安全機能が損なわれないよう設計する。	MSF-24P(S)型のたて置きと同様。
設置許可基準規則解釈 第四条第2項	<ul style="list-style-type: none"> 自重その他の貯蔵時に想定される荷重と第6項地震力を組み合わせた荷重条件を考慮すること。 塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が小さなレベルにとどまって破断延性限界に十分な余裕を有すること。 兼用キャスクの閉じ込め機能を担保する部位は、上記の荷重条件に対しておおむね弾性状態にとどまる範囲で耐えること。 	<ul style="list-style-type: none"> 自重及び貯蔵中に想定される荷重と第6項地震力を組み合わせた荷重条件を考慮する。 閉じ込め機能を担保する部材はおおむね弾性範囲内に、臨界防止機能を担保する部材は弾性範囲内に留まるように設計する。 除熱機能及び遮蔽機能を担保する部材は、塑性ひずみが生じる場合であっても、破断延性限界に十分な余裕を有するように設計する。 	放熱フィンがキャスク本体の一部であること、中性子遮蔽材がキャスク内部に配置されることが先行例と設計が異なる。
設置許可基準規則解釈 別記4第四条第3項	水平地震力及び鉛直地震力については、同時に不利な方向の組合せで作用させること。	水平地震力及び鉛直地震力が同時に不利な方向の組合せで作用することを考慮する。	MSF-24P(S)型と同様。

(注1)「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」

(注2)「兼用キャスクが安全機能を損なうかどうかをその設置される位置のいかにかわらず判断するために用いる地震力等を定める告示」

(注3)「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」

3. 設置許可基準規則への適合性(第四条)

審査ガイド(注1)の確認内容に対するCASTOR® geo26JP型の地震による損傷防止に対する設計方針を下表に示す。

確認内容	地震による損傷防止に関する設計方針	先行例との比較
<p>(基本方針)</p> <ul style="list-style-type: none"> 兼用キャスクを基礎等に固定する場合、兼用キャスク告示で定める加速度による地震力に対して安全機能が維持される設計であること。 周辺施設からの波及的影響によって、その安全機能を損なわないように設計すること。 	<ul style="list-style-type: none"> CASTOR® geo26JP型は、兼用キャスク告示第1条に定める加速度による地震力を作用させても、キャスク本体の溝部を固定装置により貯蔵架台に固定することで、特定兼用キャスクの安全機能が維持される設計とする。 周辺施設からの波及的影響の評価については、本型式証明申請の範囲外とし、設置(変更)許可申請において確認を受ける事項とする。 	MSF-24P(S)型のたて置きと同じ考え方
<p>(荷重及び荷重の組合せ)</p> <p>兼用キャスクに作用する地震力と地震力以外の荷重を適切に組み合わせていること。</p>	<p>金属キャスク構造規格(注2)に基づき、特定兼用キャスクに作用する地震力に加え、地震力以外の荷重として、供用中に作用する荷重(圧力荷重、機械的荷重及び熱荷重)を組み合わせる。</p>	MSF-24P(S)型のたて置きと同じ考え方
<p>(許容限界)</p> <p>兼用キャスクの許容限界は、安全上適切と認められる規格等に基づき設定すること。加えて、密封境界部がおおむね弾性範囲内となる許容限界とし、バスケットが臨界防止上有意な変形を起こさない許容限界としていること。</p>	<p>金属キャスク構造規格に基づき許容限界を設定し、機能維持評価では閉じ込め機能を担う密封境界部(一次蓋密封シール部、一次蓋ボルト)の構成部材は許容限界をおおむね弾性範囲内とし、臨界防止機能を担うバスケットは弾性範囲内と設定する。</p>	MSF-24P(S)型と密封境界部の許容限界が異なる。

(注1)「原子力発電所敷地内での輸送・貯蔵兼用乾式キャスクによる使用済燃料の貯蔵に関する審査ガイド」
(注2)「日本機械学会 使用済燃料貯蔵施設規格 金属キャスク構造規格 2007年版」

3. 設置許可基準規則への適合性(第四条)

審査ガイドへの適合性(つづき)

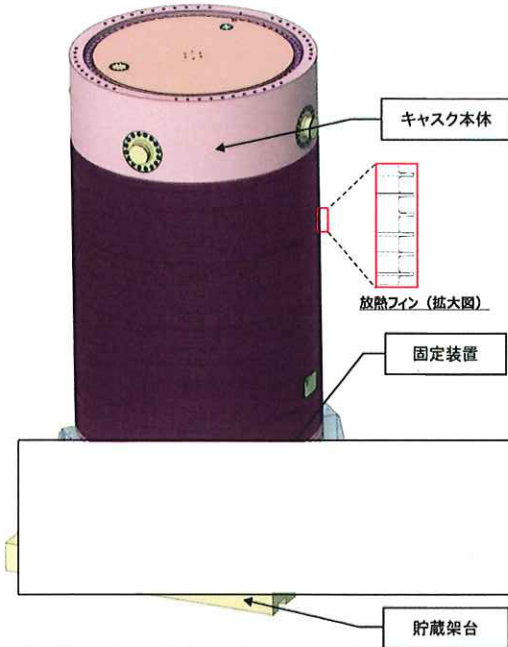
確認内容	地震による損傷防止に関する設計方針	先行例との比較
<p>(静的解析及び地震応答解析)</p> <p>静的解析及び地震応答解析に用いる解析モデル及び解析手法は、JEAG4601の規定を参考に設定していること。静的解析において、水平地震力及び鉛直地震力を同時に不利な方向に作用させること。</p>	<p>CASTOR® geo26JP型の地震力に対する構造健全性及び機能維持評価は、応力評価式を用いた静的解析により実施する。ここで、静的解析における地震力は、兼用キャスク告示で定める地震力を用い、水平地震力及び鉛直地震力を同時に不利な方向の組み合わせで作用させることを考慮する。</p>	<p>応力評価式を用いて構造健全性評価及び機能維持評価を行う。</p>
<p>(耐震性評価)</p> <p>兼用キャスクの耐震性を評価する上で必要な箇所を評価対象部位として選定し、安全上適切と認められる規格等の規定を参考に、応力評価及び疲労評価を行っていること。</p> <p>第6項地震力と地震力以外の荷重を組合せ、その結果得られる応力等が、許容限界を超えていないこと。また、密封境界部以外の部位に塑性ひずみが生じる場合でも、その量が小さなレベルに留まって、破断延性限界に対して十分な余裕を有すること。</p>	<p>CASTOR® geo26JP型に作用する地震力に加えて、地震力以外の荷重として供用中に作用する荷重(圧力荷重、機械的荷重及び熱荷重)を組み合わせることを確認する。</p> <p>耐震性を評価する上で必要な箇所は以下のとおりとする。</p> <ul style="list-style-type: none"> 転倒防止を担保する部材として胴(キャスク溝部及びキャスク下部固定装置接触部) 閉じ込め機能を担保する部材として密封境界部(一次蓋密封シール部、一次蓋ボルト) 臨界防止機能を担保する部材としてバスケット 遮蔽及び除熱機能を担保する部材として胴(ボアホール部及び放熱フィン部) 	<p>貯蔵架台への固定方法は、トランオンではなく、キャスク溝部と固定装置を用いるため、評価部位が異なる。</p>

3. 設置許可基準規則への適合性(第四条)

● 特定兼用キャスクの固定方法

CASTOR® geo26JP型はキャスク本体の溝部とキャスク本体の下部を固定装置により貯蔵架台に固定することで、地震力が作用してもキャスクの滑動や転倒を防ぐ設計とする。

固定装置の舌部をキャスク本体の溝部に嵌め込むことで上下動を制限し、固定装置の下部でキャスク本体を挟み込むことで水平方向の移動を制限する。



3. 設置許可基準規則への適合性(第四条)

● 基本方針、荷重及び荷重の組合せ、許容限界

評価に用いる地震力、荷重及びその組み合わせ

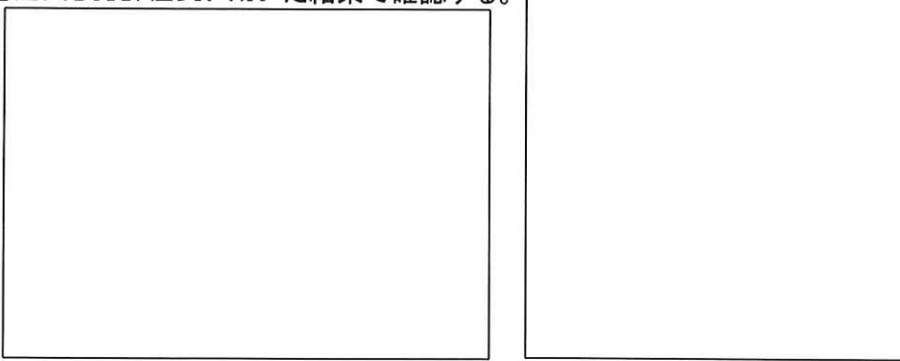
- 地震に対する評価に用いる地震力は、兼用キャスク告示が定める地震力とし、地震力を算出するために必要な加速度は、以下のとおりとする。
水平: 2300Gal、鉛直: 1600Gal
- 水平地震力及び鉛直地震力を同時に不利な方向の組み合わせで作用させることを考慮する。
- 地震力以外の荷重として、供用中に作用する荷重(圧力荷重、機械的荷重及び熱荷重)を組み合わせる。

評価項目	評価対象	評価基準	
構造健全性評価	転倒防止 (構造健全性)	胴(キャスク溝部及びキャスク下部接触部)	おおむね弾性範囲内
	閉じ込め機能	密封境界部(一次蓋、一次蓋ボルト、胴)	おおむね弾性範囲内
機能維持評価	臨界防止機能	バスケット(H-ビーム、コーナーエレメント、バスケット側板)	弾性範囲内
	遮蔽機能	胴(ボアホール部※)	破断延性限界に十分な余裕を有する
	除熱機能	胴(放熱フィン部)	破断延性限界に十分な余裕を有する

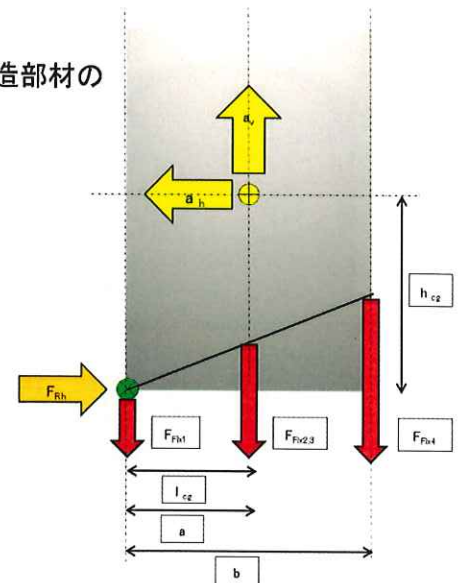
3. 設置許可基準規則への適合性(第四条)

● 静的解析(構造健全性評価及び機能維持評価)

構造健全性評価は応力評価式を用いて行う。機能維持評価は安全機能に関わる構造部材の健全性を応力評価式を用いた結果で確認する。



- 鉛直方向荷重 F_{vert} は、固定装置の舌部を介してキャスクの溝部に作用する。
- 溝部に作用する鉛直方向荷重は、固定装置の配置に合わせて線形に分布するものとする。
- 水平方向荷重 F_{hor} は、固定装置の下部接触部を介してキャスクの下部に作用する。
- キャスク下部に作用する水平方向荷重は、1つの固定装置で支持された場合を想定する。



● = 重心
● = 転倒モーメントの回転中心(支点)

図: 荷重状態のつり合い



3. 設置許可基準規則への適合性(第四条)

構造健全性評価結果のまとめ

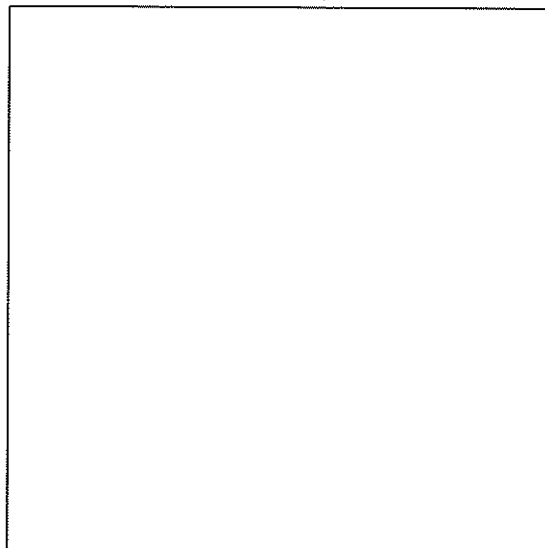
評価部位	部材	評価項目	評価基準 [MPa]		計算結果 [MPa]	評価結果
キャスク溝部	球状黒鉛鋳鉄品 FCD300LT	一次せん断応力	$\frac{S_y}{\sqrt{3}}$	92.8	[]	弾性範囲内
		一次曲げ応力	S_y	160.8		弾性範囲内
キャスク下部接触部		一次膜応力	S_y	160.8		弾性範囲内

これらの結果から、地震荷重に対して、固定装置とキャスク溝部及びキャスク下部接触部に発生する応力は弾性範囲以内に収まり、構造健全性が損なわれることはなく、特定兼用キャスクは転倒しない。

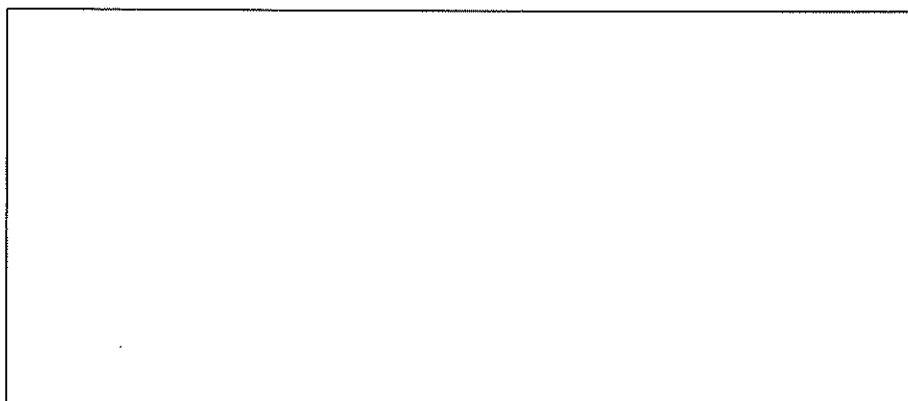


3. 設置許可基準規則への適合性(第四条)

バスケットに発生する加速度

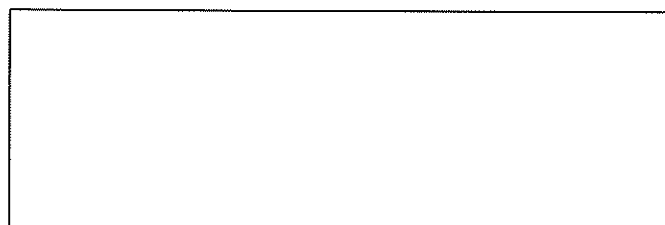


鉛直方向加速度



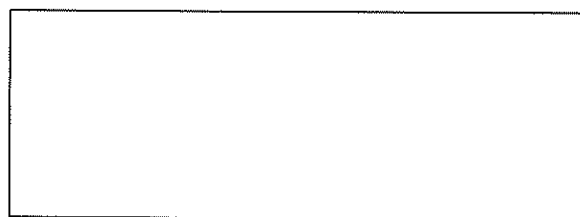
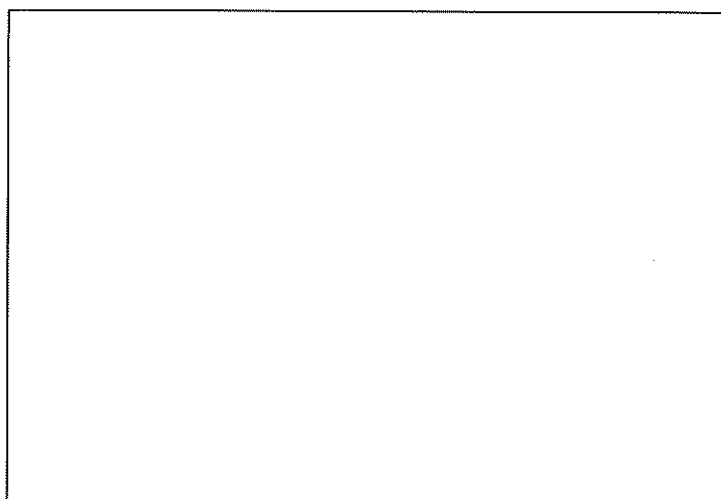
水平方向加速度 (0° 方向)

水平方向加速度 (45° 方向)



3. 設置許可基準規則への適合性(第四条)

密封境界部に発生する加速度



鉛直方向加速度

3. 設置許可基準規則への適合性(第四条)

機能維持評価結果のまとめ

評価部位		部材	評価項目	評価基準 [MPa]	計算結果 [MPa]	評価結果
密封境界部	一次蓋密封シール部	[]	一次膜+	Sy 155.2	[]	弾性範囲内
			一次曲げ応力			
	一次蓋ボルト		一次膜+曲げ 応力	Sy 913.4		弾性範囲内
バスケット	H-ビーム		一次膜応力	Sy 157		弾性範囲内
	コーナーエレメント		一次曲げ応力	Sy 157		弾性範囲内
	バスケット側板		一次膜応力	Sy 114		弾性範囲内
胴	ボアホール部		一次膜応力	Sy 114		弾性範囲内
	放熱フィン部	キャスク下部接触部の評価に包絡される。※			弾性範囲内	
		地震により発生する慣性力 [N]	一次蓋の摩擦力[N]	評価結果		
一次蓋横ずれ		[]		一次蓋は横ずれしない		

※ボアホール部及び放熱フィン部に発生する応力は、キャスク本体胴に発生する応力となる。キャスク本体胴の断面積は固定装置とキャスク下部が接触する部分の断面積より大きいため、キャスク本体胴に発生する応力はキャスク下部接触部に発生する応力よりも小さく、構造健全性は損なわれない。



ご清聴ありがとうございました！

