

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 (コメント回答)

2020.9.8

三菱重工業株式会社

枠囲いの内容は商業機密のため、非公開とします。

1. 指摘事項(コメント)リスト	…2
2. 指摘事項への回答	…3
3. 今後のご説明スケジュール	…19

1. 指摘事項(コメント)リスト

No.	受領日	コメント内容	該当条文	コメント回答	対応状況
1	2020/6/8 審査会合	型式証明の審査範囲を明確にするために、以下事項について説明すること。 (1-1)輸送容器と輸送荷姿の仕様・構造・評価上の差異 (1-2)縦置き姿勢で設置する方法における緩衝体の設置有無	全般	・(1-1)構造及び安全機能上の輸送容器との差異(P.3~P.10)を踏まえ、「輸送荷姿」として申請している貯蔵方式の分類を「蓋部の金属部への衝突が生じない設置方法」に適正化し、同設置方法の要求事項を満足する設計とする。また、本貯蔵方法の名称は、「蓋部の金属部への衝突が生じない設置方法(横置き)」とする。 ・(1-2)各設置方法の概要、及び縦置き姿勢で設置する方法における緩衝体の有無及び緩衝体の位置づけをP.11に示す。	2020/8/6審査会合で説明。
1'	2020/8/6 審査会合	縦置き②による設置方法における基本設計方針を示すとともに、型式証明と後段申請の範囲を明確にすること。	全般	基礎等に固定する設置方法設置方法(縦置き②)の基本設計方針及び耐震評価方針、並びに耐震評価における型式証明での審査範囲及び後段申請での確認事項をP.3~P.18に示す。	次回審査会合で説明予定。
2	2020/6/8 審査会合	型式証明での確認事項と設置(変更)許可段階での確認事項の整理表を作成すること。	全般	・型式証明での確認事項(説明事項)と設置(変更)許可申請における確認事項の整理表をP.19~P.31に示す。	2020/8/6審査会合で説明。
3	2020/6/8 審査会合	17×17燃料と15×15燃料を混載しないことを申請書に明記のこと。また、A型とB型を混載できること、及び安全評価で厳しい燃料条件となる理由について説明すること。	16条	今後回答する。	未 (今後回答予定)
4	2020/6/8 審査会合	木材の健全性評価では、使用中の他、製造時や保管状態の影響も併せて説明すること。また、使用中の木材の状態について確認する方法があれば併せて説明すること。	16条	今後回答する。	未 (今後回答予定)

2. 指摘事項への回答 2.1 指摘事項への回答(No.1')



指摘事項(No.1')

縦置き②による設置方法における基本設計方針を示すとともに、型式証明と後段申請の範囲を明確にすること。

(回答)

基礎等に固定する設置方法(縦置き②)の基本設計方針、及び耐震評価方針、並びに耐震評価における型式証明での審査範囲及び後段申請での確認事項を以下に示す。

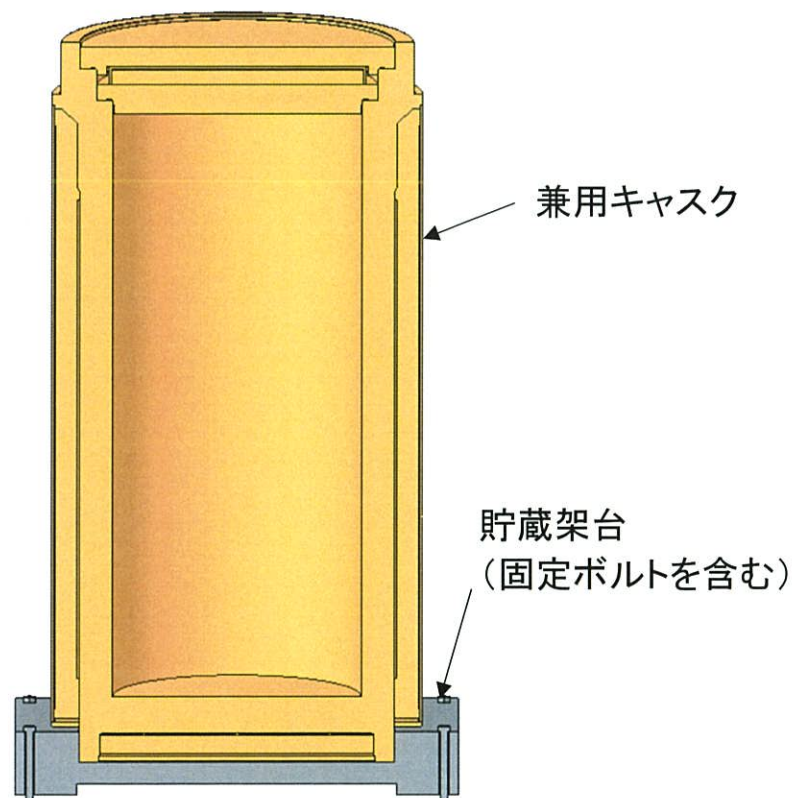
- | | |
|------------------------|------------|
| (1) 縦置き②による設置方法の基本設計方針 | …P.4～5参照 |
| (2) 耐震評価方針 | …P.6～7参照 |
| (3) 耐震評価概要(速度条件) | …P.8～11参照 |
| (4) 耐震評価概要(加速度条件) | …P.12～13参照 |
| (5) 型式証明と後段申請の範囲 | …P.14～18参照 |

2.1 指摘事項への回答(No.1')

(1) 縦置き②による設置方法の基本設計方針

● 縦置き②による設置方法

縦置き②による設置方法(以下、「カップホルダ貯蔵方式」と称する)は、円柱形状の掘り込みを有する貯蔵架台に兼用キャスクの底部を勘合させることで兼用キャスクを転倒させずに支持する方法である。兼用キャスクは貯蔵架台に固縛しない。



2.1 指摘事項への回答(No.1')

(1) 縦置き②による設置方法の基本設計方針

● 兼用キャスクの耐震の基本設計方針

兼用キャスク告示で定める地震力に対して、支持性能が確保され、兼用キャスクの安全機能(臨界防止、遮蔽、除熱、閉じ込め)が損なわれるおそれがないこと。

● 規則適合性の説明方針

貯蔵架台に設置した状態において、兼用キャスクが転倒せず^(注1)、兼用キャスクに作用する荷重に対し、安全機能が維持できることを示す。

(注1) 本設置方法は、審査ガイド別表(P.20参照)の設置方法の分類⑤「基礎等に設置する固定方法」に分類しており、転倒しないことが兼用キャスクの耐震方針の前提条件である。

2.1 指摘事項への回答(No.1')

(2) 耐震評価方針

● 審査ガイドの規定

審査ガイドでは、地震力として、下の①又は②のいずれかを適用することを定めており、型式申請では、①兼用キャスク告示で定める地震力(加速度及び速度)を適用する。

審査ガイド抜粋 兼用キャスク告示で定める地震力

4.2.1 地震

【審査における確認事項】

第6項地震力を適用していること。

【確認内容】

- (1) 設置許可基準規則の解釈別記4第4条第3項に基づき、第6項地震力を定めていること。
- (2) 第6項地震力として、以下のいずれかを適用していること。

① 兼用キャスク告示で定める地震力

地震力を算出するために必要な加速度及び速度は以下のとおり。

- ・ 加速度 : 水平 2300Gal 及び鉛直 1600Gal
- ・ 速度 : 水平 200cm/s 及び鉛直 140cm/s

② 基準地震動による地震力

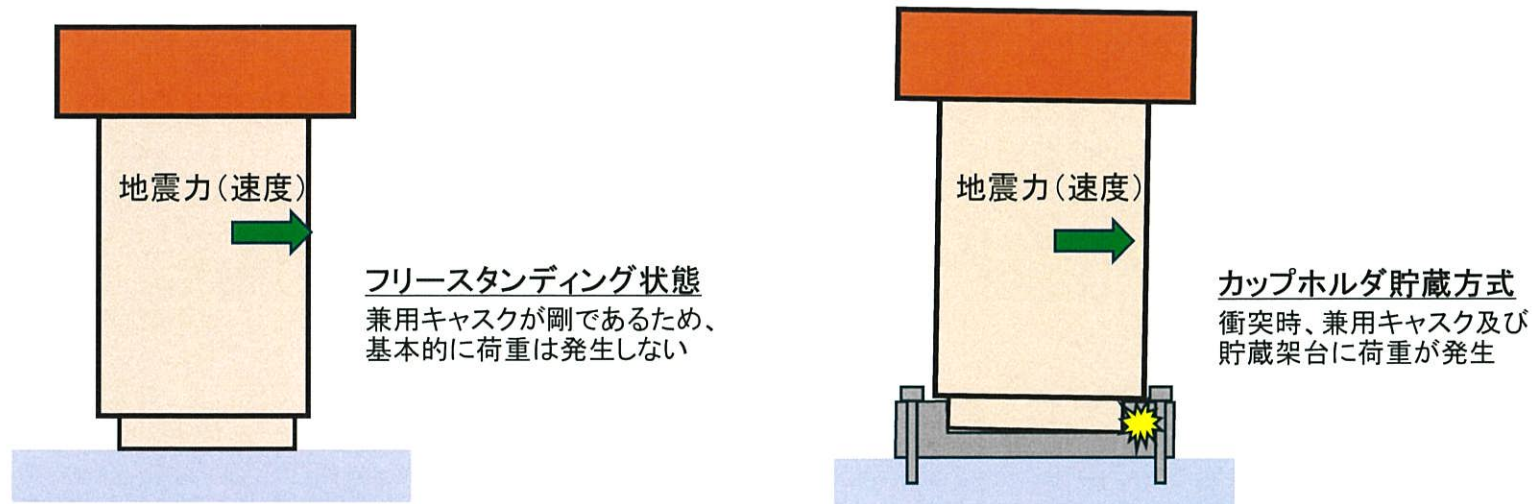
解放基盤表面から兼用キャスク設置位置までの地震波の伝播特性を適切に考慮するとともに、必要に応じて地盤の非線形応答に関する動的変形特性を考慮して求めた地盤応答加速度に基づく地震力

2.1 指摘事項への回答(No.1')

(2) 耐震評価方針

● 速度条件による評価

- 兼用キャスクは固縛することなく、貯蔵架台とのクリアランス内でガタを有する支持方法である。
- 地震時、兼用キャスクがガタの中で貯蔵架台に対して相対的に移動し、貯蔵架台と接触(衝突)することにより荷重が発生する。
- したがって、兼用キャスク告示で定める地震力の速度条件を用いて兼用キャスクと貯蔵架台との衝突荷重を算出し、兼用キャスクの構造健全性を評価する。



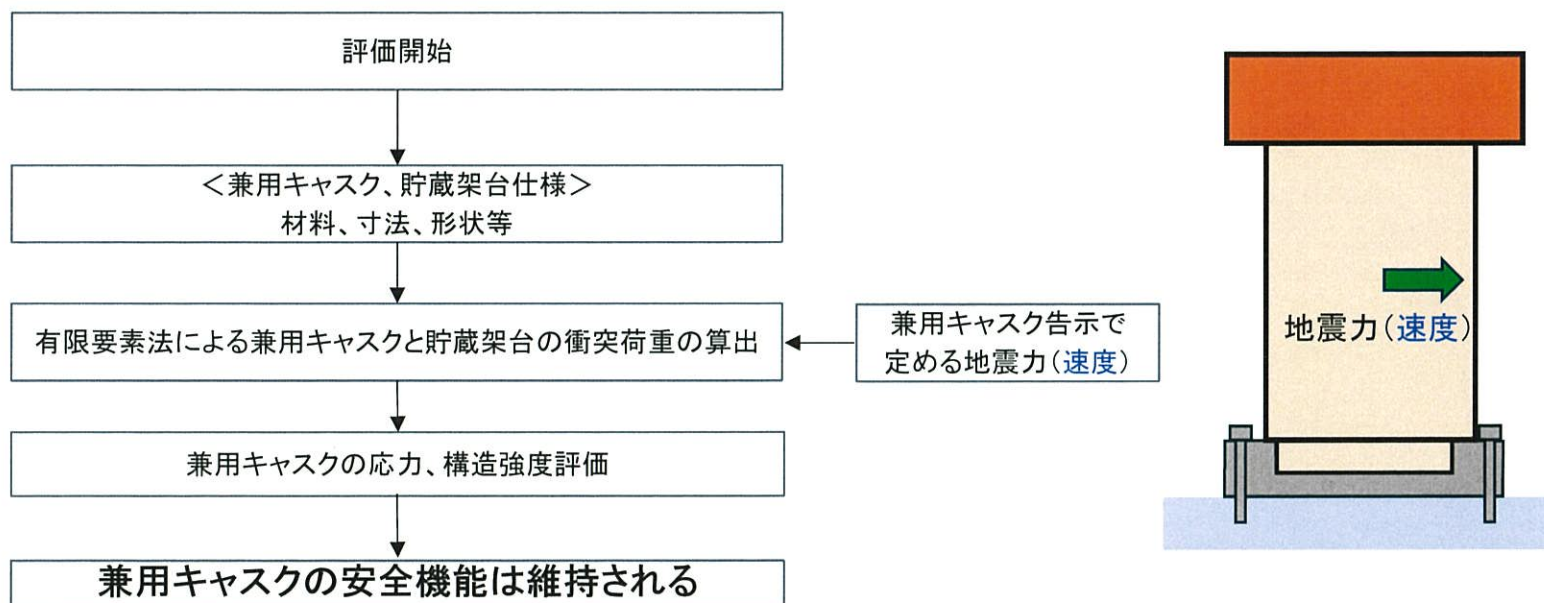
● 加速度条件による評価

- ガタの隙間が十分に小さいため、完全支持状態とみなした上で、兼用キャスク告示で定める地震力の加速度条件を用いて兼用キャスクの構造健全性を評価する。

2.1 指摘事項への回答(No.1')

(3) 耐震評価概要(速度条件)

● 速度条件を用いた耐震評価フロー

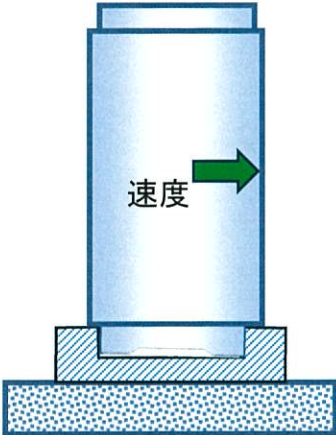


- 兼用キャスクと貯蔵架台の衝突荷重に対して、兼用キャスク各部の発生応力を求め、構造健全性を評価することで、兼用キャスクの安全機能が維持できることを示す。
- 一方で、兼用キャスクが転倒しないことが前提条件であるため、貯蔵架台の構造健全性(破損しないこと)も併せて示す。

2.1 指摘事項への回答(No.1')

(3) 耐震評価概要(速度条件)

● 解析モデル(衝突荷重算出用)

速度条件 水平200cm/s 及び鉛直140cm/s
評価モデル 
解析コード LS-DYNA
解析条件 兼用キャスクに初速(速度条件)を付与して、貯蔵架台に衝突させ、その際の発生荷重を評価する。

2.1 指摘事項への回答(No.1')



(3) 耐震評価概要(速度条件)

● 境界条件(貯蔵架台の主要仕様)

主要形状(特徴)

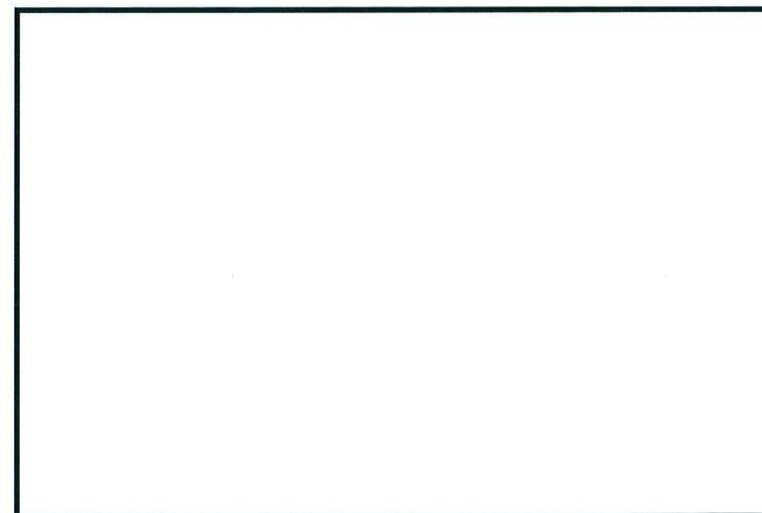
- ・掘り込み部 : 兼用キャスクを縦置き状態で設置
- ・脚部設置 : エアパレットを挿入
- ・固定方法 : 固定ボルトで基礎に固定

主要寸法

- ・外形 : 3100mm × 2700mm × 450mm
- ・勘合部 : 
- ・固定ボルト : 

材料

- ・貯蔵架台 : 炭素鋼
- ・固定ボルト : ニッケルクロムモリブデン鋼



2.1 指摘事項への回答(No.1')

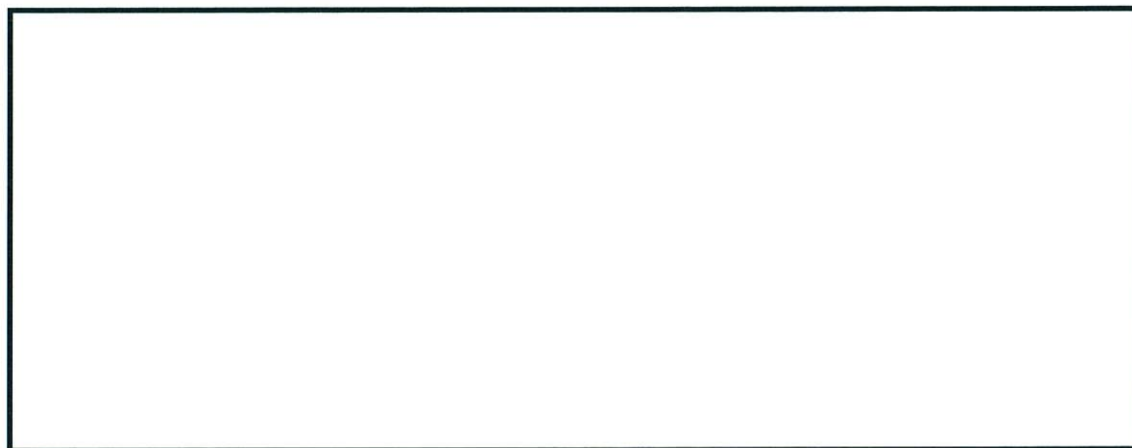
(3) 耐震評価概要(速度条件)

● 構造健全性評価

兼用キャスクの安全機能を担保する主要部材に対して、応力値が民間規格(JEAG4601、JSME金属キャスク構造規格等)を満足することを確認する。

<評価部位>

- ・胴
- ・蓋
- ・密封境界部(蓋ボルトを含む)
- ・バスケット

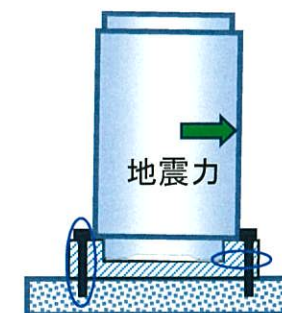


(前提条件の確認)

兼用キャスクが転倒しないことが前提条件であるため、貯蔵架台の強度上クリティカルとなる部位に対して、応力値が民間規格(JEAG4601、JSME設計建設規格等)を満足することを確認する。

<評価部位>

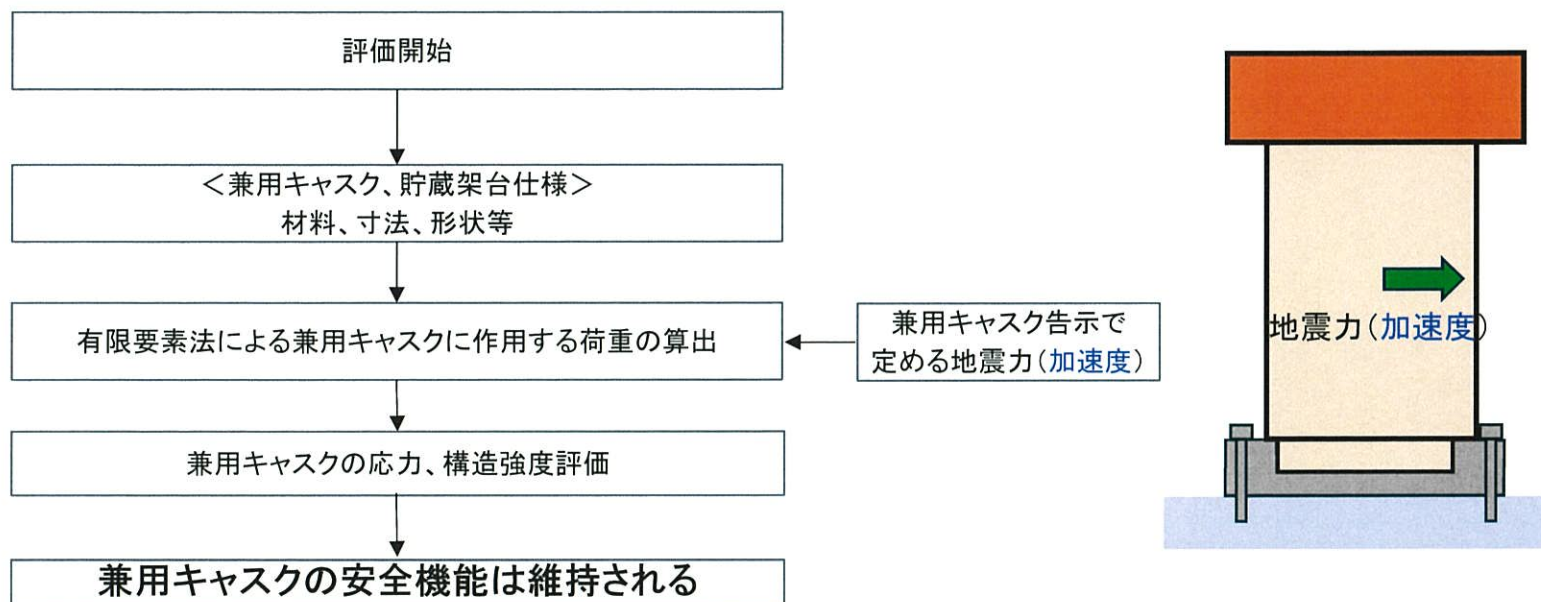
- ・貯蔵架台の側壁
- ・固定ボルト



2.1 指摘事項への回答(No.1')

(4) 耐震評価概要(加速度条件)

● 加速度条件を用いた耐震評価フロー

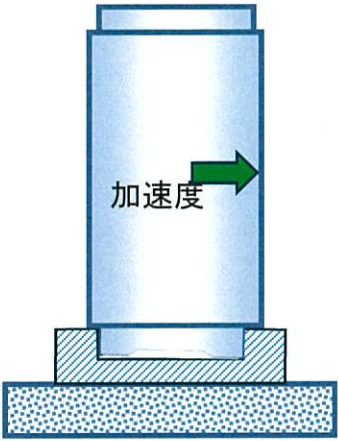


- 兼用キャスクに作用する荷重に対して、兼用キャスク各部の発生応力を求め、構造健全性を評価することで、兼用キャスクの安全機能が維持できることを示す。
- 一方で、兼用キャスクが転倒しないことが前提条件であるため、貯蔵架台の構造健全性(破損しないこと)も併せて示す。

2.1 指摘事項への回答(No.1')

(4) 耐震評価概要(加速度条件)

● 解析モデル(荷重算出用)

加速度条件 水平2300Gal 及び鉛直1600Gal
評価モデル 
解析コード ABAQUS
解析条件 兼用キャスクに慣性力(加速度条件)を付与して、兼用キャスクに作用する荷重を評価する。

● 境界条件(貯蔵架台の主要仕様)

速度条件(P.10)と同じ

● 構造健全性評価

速度条件(P.11)と同じ

(5) 型式証明と後段申請の範囲

● 設置許可申請での確認事項

審査ガイドでは、地震力として、下の①又は②のいずれかを適用することを定めており、設置許可申請では、①兼用キャスク告示で定める地震力(加速度及び速度)又は②基準地震動による地震力のいずれかを適用する。

審査ガイド抜粋 兼用キャスク告示で定める地震力

4.2.1 地震

【審査における確認事項】

第6項地震力を適用していること。

【確認内容】

- (1) 設置許可基準規則の解釈別記4第4条第3項に基づき、第6項地震力を定めていること。
- (2) 第6項地震力として、以下のいずれかを適用していること。

① 兼用キャスク告示で定める地震力

地震力を算出するために必要な加速度及び速度は以下のとおり。

- ・ 加速度 : 水平 2300Gal 及び鉛直 1600Gal
- ・ 速度 : 水平 200cm/s 及び鉛直 140cm/s

② 基準地震動による地震力

解放基盤表面から兼用キャスク設置位置までの地震波の伝播特性を適切に考慮するとともに、必要に応じて地盤の非線形応答に関する動的変形特性を考慮して求めた地盤応答加速度に基づく地震力

(5) 型式証明と後段申請の範囲

● 設置許可申請での確認事項

①兼用キャスク告示で定める地震力を適用する場合

以下を確認する。なお、地震力は型式申請の条件と一致するため確認不要である。

- 寸法、材料等の設計条件が型式申請の条件と同一であること

②基準地震動による地震力を適用する場合

兼用キャスクは固縛することなく、貯蔵架台とのクリアランス内でガタを有する支持方法であることから、時刻歴波による地震応答を評価する。この場合、兼用キャスクに発生する荷重は、貯蔵架台との相対速度に依存するため、時刻歴地震応答における兼用キャスクと貯蔵架台の相対速度が告示地震力(速度条件)以下であることを示すことで型式申請の結果が適用できると判断できる。

したがって、以下を確認する。

- 寸法、材料等の設計条件が型式申請の条件と同一であること
- 兼用キャスクと貯蔵架台の相対速度が型式申請の条件以下であること^(注1)

(注1)カップホルダ貯蔵方式における時刻歴動解析^(補足1:P.16参照)によって、兼用キャスクと貯蔵架台の相対速度が型式申請の地震力条件(水平200cm/s、鉛直140cm/s)以下であることを示す。

<評価例>

1000Gal相当のPWR人工地震波^(補足2:P.17参照)での時刻歴動解析の場合

- ・水平方向:速度最大値:92cm/s (衝突時最大:76cm/s) < 告示に定める地震力:200cm/s
- ・鉛直方向:速度最大値:51cm/s < 告示に定める地震力:140cm/s

(5) 型式証明と後段申請の範囲

(補足1) 時刻歴動解析の概要

解析モデル

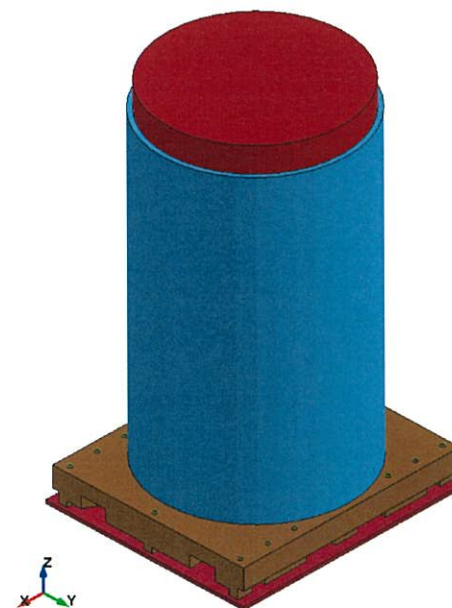
- 兼用キャスク、貯蔵架台、固定ボルトで構成(ソリッド要素でモデル化)
- 貯蔵架台は床面(基礎)に固定ボルトで固定
- 兼用キャスクと貯蔵架台の掘り込み部の隙間:半径2mmを考慮
- 兼用キャスクは、貯蔵架台の掘り込み部に置いた状態を模擬

解析コード

- LS-DYNA

解析条件

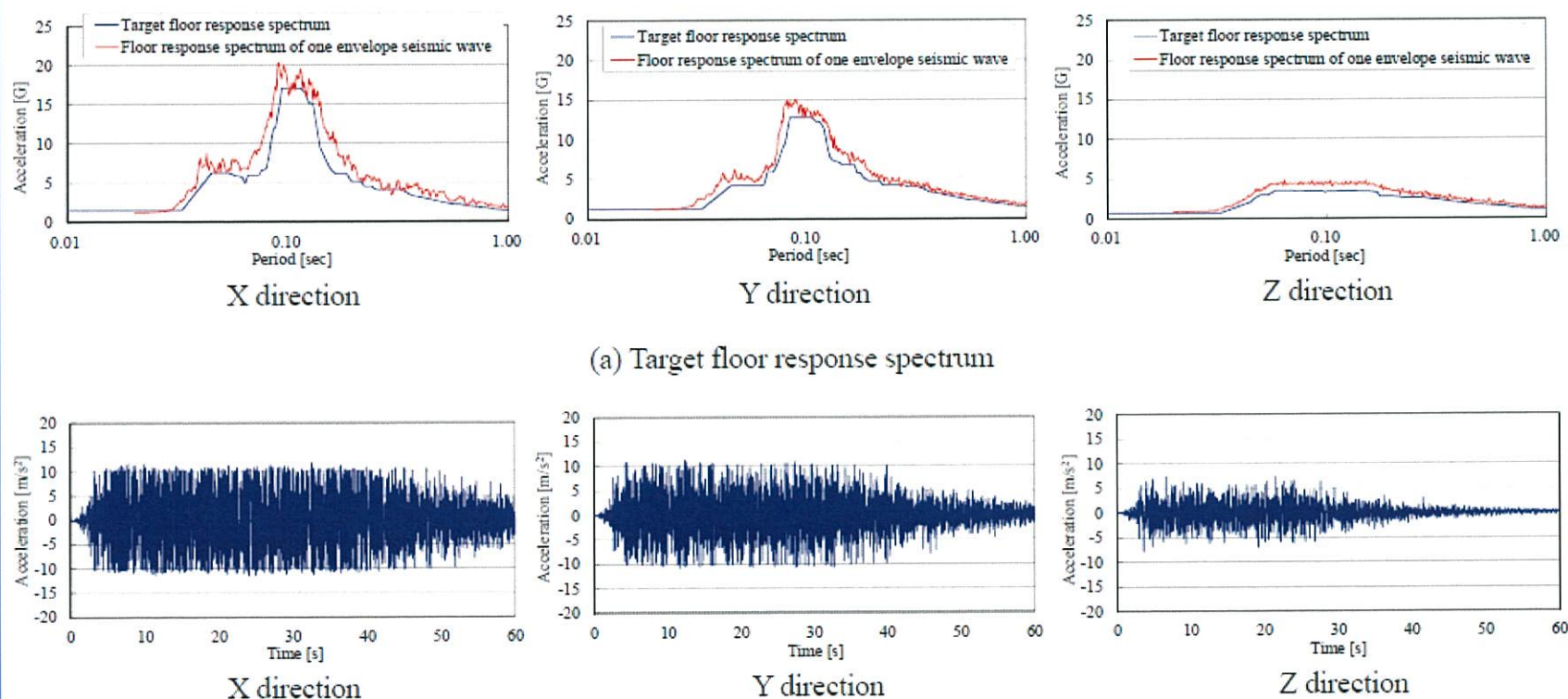
- 弾性評価
- 接触要素による兼用キャスクと貯蔵架台の衝突を考慮
- 床面(基礎)に時刻歴地震波を入力



(5) 型式証明と後段申請の範囲

(補足2) PWRプラントの人工地震波

日本国内PWR プラントの使用済燃料ピット床位置における地震特性を考慮した目標床応答スペクトルを全周波数範囲にわたって1波で包絡する60秒の人工地震波



(出典) 日本機械学会論文集「フリースタANDINGラックの実用化研究(実寸大試験体を用いた耐震試験)」Vol.81, No.831, 2015

2.1 指摘事項への回答(No.1')

(5) 型式証明と後段申請の範囲

● 各審査フェーズにおける審査範囲

審査	審査事項
型式申請	兼用キャスク告示で定める地震力における縦置き②の耐震評価手法 ➤ 貯蔵架台に設置した状態において、兼用キャスクが転倒せず、兼用キャスクに作用する荷重に対し、兼用キャスクの安全機能が維持できること。
設置許可申請 (事業者)	型式申請の条件の適合性確認 ➤ 兼用キャスクと貯蔵架台との取合い条件、貯蔵架台の仕様が型式申請と同じであること。 ➤ 設置許可申請における評価条件が型式申請の条件以下であること。 ①兼用キャスク告示で定める地震力を適用する場合 (確認不要) ②基準地震動による地震力を適用する場合 兼用キャスクと貯蔵架台の相対速度(時刻歴動解析により算出)が型式申請の条件(水平200cm/s以下、鉛直140cm/s以下)以下であること。
設工認 (事業者)	上記方針に基づく健全性評価

3. 今後のご説明スケジュール






● 審査工程案

- 次回審査会合にて、縦置き②の申請範囲に係るコメントについて、基礎等に固定する設置方法(縦置き②)に係るコメント回答(基本設計方針及び型式証明の範囲)をご回答。
- 上記審議と並行して、設置許可基準規則への適合性について、4つの安全機能(16条)をご説明。
- 引き続き、地震(4条)、津波(5条)・竜巻(6条)・その他についてご説明。
(なお、地震(4条)以外の説明事項は、縦置き①と縦置き②は同じである。)

条項		2020年度			
		4月-6月	7月-9月	10月-12月	1月-3月
全般	ヒアリング 審査会合	概要 ↓ 6/8	申請範囲 ↓ 8/6	申請範囲(2) ▽	▽補正
16条 燃料体等の取扱施設 及び貯蔵施設	ヒアリング 審査会合		横置き・縦置き①② ▽	縦置き①と縦置き②の 適合性説明事項は同じ	
4条 地震による損傷の防止	ヒアリング 審査会合		横置き・ 縦置き①	縦置き② ▽	
5条 津波による損傷の防止 6条 外部からの衝撃による 損傷の防止 その他	ヒアリング 審査会合		横置き・ 縦置き①② ▽	縦置き①と縦置き②の 適合性説明事項は同じ	

(参考)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抜粋

別表 兼用キャスクの設置方法に応じた評価の例

設置方法		地盤、基礎、支持部等の評価	蓋部の金属部への衝突評価	兼用キャスク本体評価	備考
地盤の十分な支持を想定しない 基礎等に固定しない	①輸送荷姿 	-	-	-	*1
	②蓋部の金属部への衝突が生じない設置方法 			○ (加速度)	
	③蓋部の金属部への衝突が生じる設置方法 	-	○ (速度)	○ (加速度)	*2
地盤の十分な支持を想定する	④基礎等に固定する 	○ (基準地震動)	/	○ (加速度)	*3
	⑤基礎等に固定する 	○ (基準地震動)	/	○ (加速度)	

○：評価要
-：評価不要

*1~*3：「6.1 安定性評価の基本方針」参照

MOVE THE WORLD FORWARD

**MITSUBISHI
HEAVY
INDUSTRIES
GROUP**

無断複製・転載禁止 三菱重工業株式会社