

MOX燃料加工施設

燃料加工建屋の耐震評価結果

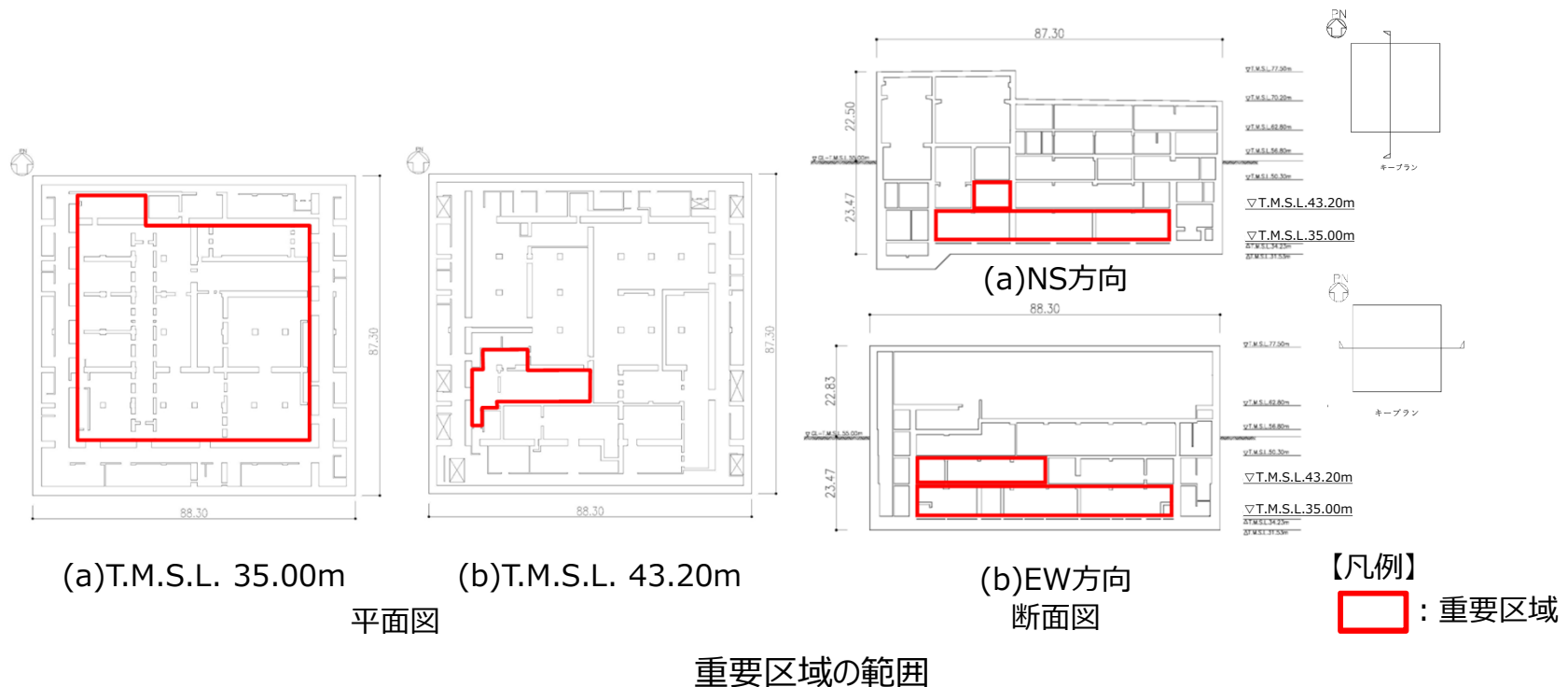
令和4年1月20日

燃料加工建屋の耐震評価結果

(1) 基本方針

■ 燃料加工建屋の地震に対する機能要求及び耐震評価方針

- 燃料加工建屋は、**閉じ込め機能**を有する構築物である重要区域（耐震重要度分類における**Sクラス施設**）を内包する建屋であり、建屋全体としては、Sクラス施設の間接支持構造物として**支持機能**を有する。
- **Sクラス部位（重要区域の壁及び床）**に対しては、「基準地震動Ssによる地震力」及び「弾性設計用地震動Sd及び静的地震力のいずれか大きい方の地震力」に対する評価を実施し、許容限界内に収まることを確認することで所定の**構造強度**が確保されていることを確認する。
- **閉じ込め機能及び支持機能**については、終局状態においてその機能が損なわれていないことを確認するために、基準地震動Ssによる地震力に対する評価を実施し、許容限界内に収まることを確認する。



燃料加工建屋の耐震評価結果

(1) 基本方針

■ 許容限界

- 燃料加工建屋の耐震評価は、建物の全体的な挙動（応答）から評価できる部位については「**地震応答解析による評価**」を実施し、局所的な応力評価が必要な部位については「**応力解析による評価**」を実施し、下表及び次頁に示す許容限界内に収まることを確認する。

<地震応答解析による評価の許容限界>

要求機能	機能設計上の性能目標	地震力	部位	機能維持のための考え方	許容限界 (評価基準値)
—	構造強度を有すること	基準地震動 S _s	Sクラスの壁	耐震壁の最大せん断ひずみ度が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	最大せん断ひずみ度 2.0×10 ⁻³
		基準地震動 S _s	基礎地盤	最大接地圧が地盤の支持力を十分下回ることを確認	基礎地盤の 極限支持力度
		保有水平耐力	構造物全体	保有水平耐力が必要保有水平耐力に対して妥当な安全余裕を有することを確認	必要保有水平耐力
閉じ込め機能	放射性物質の過度の放出を防止する機能を損なわないこと	基準地震動 S _s	Sクラスの壁	耐震壁の最大せん断ひずみ度が放射性物質の過度の放出を防止する機能を維持するための許容限界を超えないことを確認	最大せん断ひずみ度 2.0×10 ⁻³
支持機能	機器・配管等の設備を支持する機能を損なわないこと	基準地震動 S _s	耐震壁	最大せん断ひずみ度が支持機能を維持するための許容限界を超えないことを確認	最大せん断ひずみ度 2.0×10 ⁻³

燃料加工建屋の耐震評価結果

(1) 基本方針

<応力解析による評価の許容限界>

要求機能	機能設計上の性能目標	地震力	部位	機能維持のための考え方	許容限界(評価基準値)
—	構造強度を有すること	弾性設計用地震動 Sd 及び 静的地震力	Sクラスの壁	部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	「RC-N規準」に基づく短期許容応力度
			Sクラスの床		
—	—	基準地震動 Ss	Sクラスの床	部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界に対して妥当な安全余裕を有することを確認	「RC-N規準」に基づく終局耐力 (評価は短期許容応力度に対して行う)
閉じ込め機能	放射性物質の過度の放出を防止する機能を損なわないこと	基準地震動 Ss	Sクラスの床	部材に生じる応力が放射性物質の過度の放出を防止する機能を維持するための許容限界を超えないことを確認	「RC-N規準」に基づく終局耐力 (評価は短期許容応力度に対して行う)
支持機能	機器・配管系等の設備を支持する機能を損なわないこと	基準地震動Ss	基礎スラブ	部材に生じる応力が支持機能を維持するための許容限界を超えないことを確認	「RC-N規準」に基づく終局耐力

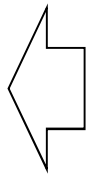
燃料加工建屋の耐震評価結果

(1) 基本方針

■ 各部位の設計に用いる地震力の算定

＜地震応答解析＞

評価部位	建物の全体挙動
評価概要	<p>(単位: m)</p> <p>T.M.S.L. 77.50</p> <p>T.M.S.L. 70.20</p> <p>T.M.S.L. 62.80</p> <p>T.M.S.L. 56.80</p> <p>T.M.S.L. 50.30</p> <p>T.M.S.L. 43.20</p> <p>T.M.S.L. 35.00</p> <p>T.M.S.L. 34.23</p> <p>T.M.S.L. 31.53</p> <p>注記1: ○数字は質点番号を示す。 注記2: □数字は要素番号を示す。</p>
	<p>【地盤モデルの設定】</p> <ul style="list-style-type: none"> 直下地盤モデルを用いる <p>【入力地震動の算定】</p> <ul style="list-style-type: none"> 地盤のひずみ依存特性を考慮した等価線形解析により算定 <p>【建屋モデル】</p> <ul style="list-style-type: none"> 側面地盤ばねを考慮した埋込みSRモデル 耐震壁の復元力特性を考慮した非線形解析



これまでの審査を踏まえた反映事項
<p>■ 地盤モデルの設定</p> <ul style="list-style-type: none"> 直下及び近傍の地盤データに基づき作成した直下地盤モデルを用いる。(8/30審査会合 資料1 p11~19にて説明)
<p>■ 入力地震動の算定</p> <ul style="list-style-type: none"> 燃料加工建屋について、等価線形解析により入力地震動を算定している。この際、地盤の最大せん断ひずみが一般的な適用の目安(1%程度)を大きく上回る事及び試験データに対して外挿範囲となっていたことから、逐次非線形解析及び外挿範囲に対するパラメータスタディを実施し、入力地震動の算定結果に影響を与えないことを確認した。(11/15審査会合 資料1 p3~5にて説明)

＜応力解析＞

評価部位	Sクラスの壁	Sクラスの床	基礎スラブ
評価概要	<p>せん断力分配解析モデルを用いて各通りの壁に応力を分配</p> <p>(単位: m)</p> <p>T.M.S.L. 77.50</p> <p>T.M.S.L. 70.20</p> <p>T.M.S.L. 62.80</p> <p>T.M.S.L. 56.80</p> <p>T.M.S.L. 50.30</p> <p>T.M.S.L. 43.20</p> <p>T.M.S.L. 35.00</p> <p>T.M.S.L. 34.23</p> <p>T.M.S.L. 31.53</p>	<p>発生応力について、「RC規準」※に基づき算定</p>	<p>FEMモデル(シェル要素)を用いて基礎スラブの発生応力を算定</p>
	<p>※: 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 -許容応力度設計法- (社)日本建築学会, 1999)</p>		

燃料加工建屋の耐震評価結果 (2) 耐震評価結果

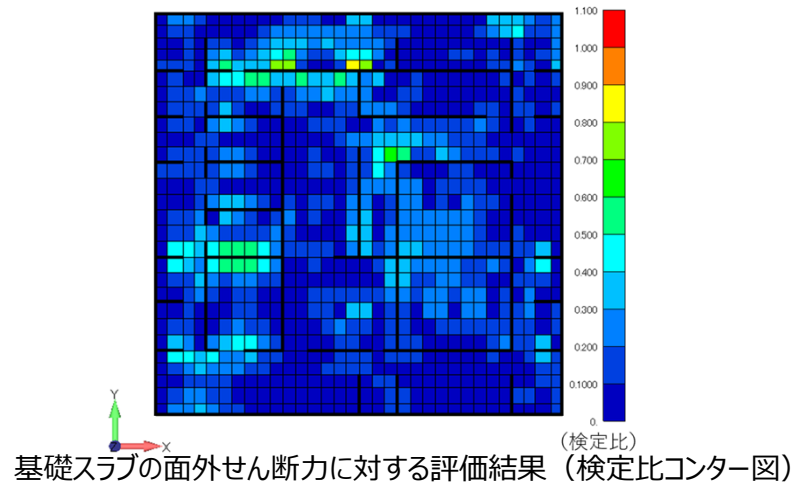
■ 燃料加工建屋の耐震評価結果

- 燃料加工建屋の各評価部位における耐震評価結果を以下に示す。
- 各評価部位において検定比が1.00を超えないことから、安全上支障がないことを確認した。

燃料加工建屋の耐震評価結果（各項目に対し検定比が最も厳しい項目を代表して記載）

検討対象部位	評価項目			耐震評価結果※1 (検定比換算)	判定
	地震力	方向	項目		
耐震壁※2	Ss	NS	最大せん断ひずみ度	0.497	OK
地盤（接地圧）	Ss	EW	最大接地圧	0.0361	OK
保有水平耐力	—	NS	保有水平耐力	0.243	OK
基礎スラブ	Ss	NS	軸力+曲げモーメント	0.752	OK
		NS	面外せん断力	0.861	OK
Sクラスの壁	Sd	NS	鉄筋の引張応力度	0.838	OK
Sクラスの床	Ss※3	EW	曲げモーメント	0.792	OK
		EW	面外せん断力	0.378	OK

※1：有効数字3桁表記（4桁目を保守的に切り上げ）， ※2：Sクラスの壁のSs評価を含む， ※3：Sdでの評価については， Ssでの評価を代表とすることで示す



燃料加工建屋の耐震評価結果

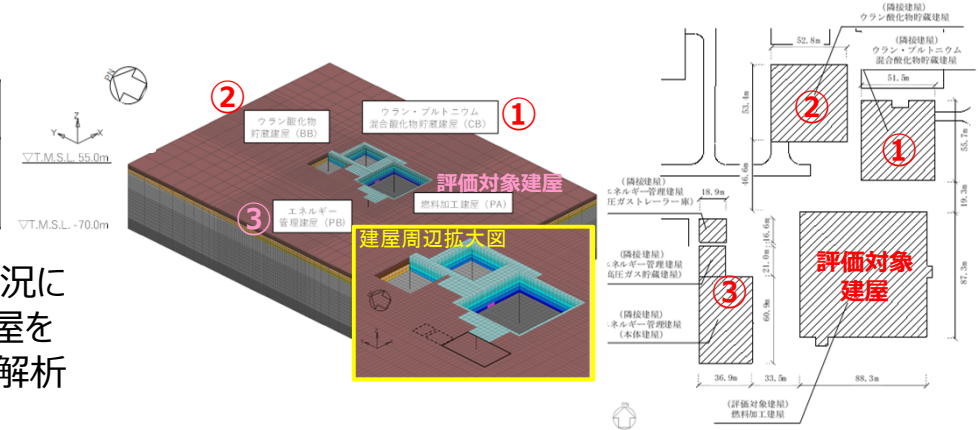
(2) 耐震評価結果

■ 隣接建屋による影響評価

これまでの審査を踏まえた反映事項

隣接建屋の影響評価について地盤3次元FEMモデルを用いた評価とする (6/28審査会合 資料2-1 p37にて説明)

- 隣接建屋による影響評価として、実際の建屋配置状況に則して各建屋を配置する場合（隣接モデル）と各建屋を単独でモデル化する場合（単独モデル）の地震応答解析を実施し、両者の建屋応答を比較。
- 建屋を質点系モデルとし、地盤を3次元FEMモデルとした**地盤3次元FEMモデル**を用いる。
- 隣接モデルでは、評価対象建屋の基礎幅程度の範囲内に存在する建屋を考慮する。
- 各評価部位において検定比が1.00を超えないことから、安全上支障がないことを確認した。



評価対象建屋	隣接モデルに考慮する建屋
燃料加工建屋	①ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋
	②ウラン酸化物貯蔵建屋
	③エネルギー管理建屋

燃料加工建屋の隣接建屋による影響評価モデル

隣接建屋に関する影響検討結果（割増係数を乗じた検定比が最も厳しい項目を代表して記載）

評価対象部位	①最大応答比率	評価項目			②耐震評価結果※1 (検定比換算)	③割増係数を乗じた検定比※1 (①×②)	判定
		地震力	方向	項目			
耐震壁	1.040	Ss	NS	せん断ひずみ	0.497	0.529※2	OK
地盤(接地圧)	1.022	Ss	NS	最大接地圧	0.0348	0.0356	OK
基礎スラブ	1.026	Ss	NS	面外せん断力	0.861	0.884	OK
Sクラスの壁	1.037	Sd	NS	鉄筋応力度	0.838	0.870	OK

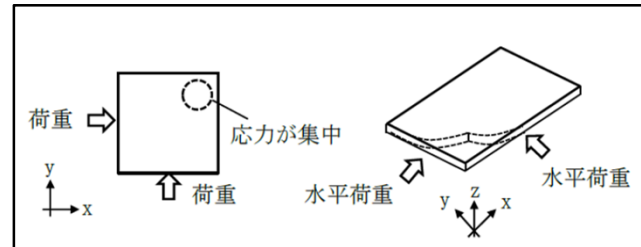
※1：有効数字3桁表記（4桁目を保守的に切り上げ）
 ※2：エネルギー一定則を考慮した値のため、単純に①×②の値とはならない、

燃料加工建屋の耐震評価結果

(2) 耐震評価結果

■ 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価

- 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の可能性のある部位について、荷重の組合せによる応答特性が想定される部位、3次元的な応答特性が想定される部位の抽出を行った。
- 抽出の結果、直交する水平2方向の荷重が応力として集中する矩形の**基礎スラブ**を選定し、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価を実施した。
- 評価部位において検定比が1.00を超えないことから、安全上支障がないことを確認した。

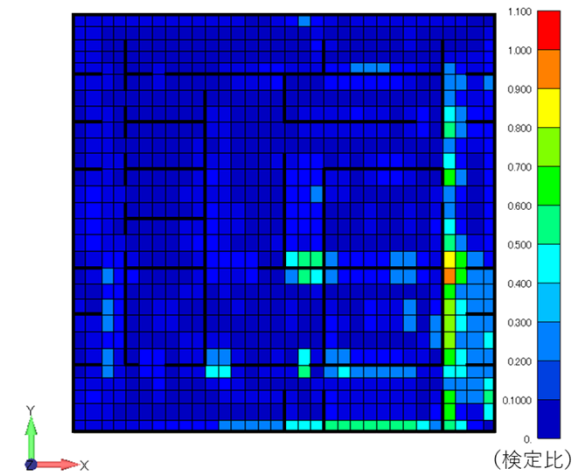


水平2方向の荷重が応力として集中する部位（矩形の基礎スラブ）

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果
(各項目に対し検定比が最も厳しいケースを代表して記載)

評価対象部位	評価項目			耐震評価結果※1 (検定比換算)	判定
	地震力	方向	項目		
基礎スラブ	Ss	EW	軸力+ 曲げモーメント	0.752	OK
		EW	面外せん断力	0.973	OK

※1：有効数字3桁表記（4桁目を保守的に切り上げ）



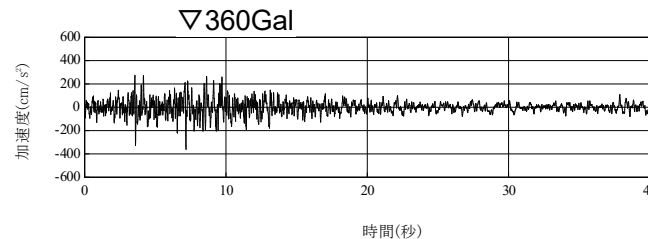
基礎スラブの面外せん断力に対する評価結果
(検定比コンター図)

燃料加工建屋の耐震評価結果

(2) 耐震評価結果

■ 一関東評価用地震動（鉛直）に関する影響評価

- 基準地震動Ss-C4は、水平方向の地震動のみであることから、水平方向と鉛直方向の地震力を組み合わせた影響評価を行う場合には、工学的に水平方向の地震動から設定した鉛直方向の評価用地震動（一関東評価用地震動（鉛直））による地震力を用いて、水平方向と鉛直方向の地震力を組み合わせた影響が考えられる部位に対して、許容限界の範囲内に留まることを確認した。
- 各評価部位において検定比が1.00を超えないことから、安全上支障がないことを確認した。



一関東評価用地震動（鉛直）の加速度時刻歴波形

一関東評価用地震動（鉛直）に関する影響検討結果（割増係数を乗じた検定比が最も厳しいケースを代表して記載）

評価対象部位	①最大応答比率	評価項目			②耐震評価結果※1 (検定比換算)	③割増係数を 乗じた検定比※1 (①×2)	判定
		地震力	方向	項目			
地盤(接地圧)	0.98				—※2		
基礎スラブ	0.99				—※2		
Sクラスの壁	1.01	Sd	NS	鉄筋（鉛直）の 引張応力度	0.838	0.847	OK
Sクラスの床	1.01	Ss	EW	曲げモーメント	0.792	0.800	OK

※1：有効数字3桁表記（4桁目を保守的に切り上げ）

※2：最大応答比率が1を超えないため、割増係数を乗じた影響評価は不要

(3) まとめ

- MOX燃料加工施設の第1回申請施設における耐震設計の各段階において、これまでの審査を踏まえた燃料加工建屋の設工認申請書（耐震設計部分）への反映事項を踏まえた耐震評価を行った。
- 上記評価の結果、燃料加工建屋の耐震性に問題が無いことを確認した。
- 上記評価方針並びに結果については、設工認申請書に適切に反映する。