

【公開版】

日本原燃株式会社	
資料番号	耐震 1.2Ss01 <u>R7</u>
提出年月日	<u>令和4年7月1日</u>

## 設工認に係る補足説明資料

### 燃料加工建屋の重大事故等対処施設に 関する耐震性評価結果に係る補足説明

1. 文章中の下線部は R6 から R7 への変更箇所を示す。
2. 本資料（R7）は5月17日に提示した「燃料加工建屋の重大事故対処施設に関する耐震性評価結果に係る補足説明（R6）」に対し、ヒアリングにおける指摘事項を踏まえ、評価方針、評価方法の詳細に係る記載内容を拡充したものである。

## 目 次

1. 目的及び概要	1
1.1 目的	1
1.2 概要	1
2. 評価方針に係る補足説明	2
2.1 1.2×S <sub>s</sub> 時の基礎スラブの状態に係る考察	3
2.2 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せ時の状態に係る考察	6
3. 耐震壁以外の壁及び床スラブの詳細評価条件	9
3.1 耐震壁以外の壁の評価条件	9
3.2 床スラブの評価条件	13
4. 設工認記載の評価部位の選定	16
4.1 床スラブの応力評価	16
4.2 耐震壁以外の壁	22
4. 不確かさによる影響	24
4.1 不確かさによる影響評価結果	25
(参考1) 材料物性のばらつきを考慮した地震応答解析結果	28
(参考2) 設計基準における説明項目の重大事故等対処施設に関する 耐震評価における扱いについて	37

## 1. 目的及び概要

本資料は、MOX燃料加工施設に対する、第1回設工認申請（令和2年1月24日申請）のうち、以下に示す添付書類に示す燃料加工建屋の重大事故対処施設に関する耐震性評価結果を補足説明するものである。

- ・MOX燃料加工施設 添付書類「Ⅲ-6-2-1-1-2 燃料加工建屋の基準地震動を1.2倍した地震力に対する耐震計算書」

### 1.1 目的

本資料では、燃料加工建屋の重大事故対処施設に関する耐震性評価結果について、最も評価結果が厳しい部位における評価を選定し、設工認に記載していることを説明する。

また、燃料加工建屋における基準地震動 $S_s$ を1.2倍した地震力による層の変形について、念のための評価として、設計基準にて考慮している不確かさを考慮した場合の影響を説明する。

### 1.2 概要

燃料加工建屋の基準地震動 $S_s$ を1.2倍した地震力（以下、「 $1.2 \times S_s$ 」という。）に対する耐震評価方針における評価部位の考え方並びに水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せを考慮する部位に係る補足説明として、 $1.2 \times S_s$ 時の基礎スラブの状態について、基準地震動 $S_s$ に対する評価結果に基づく考察を示す。

また、燃料加工建屋の $1.2 \times S_s$ に対する耐震評価結果については、床スラブ及び耐震壁以外の壁のそれぞれのうち、最も検定比の大きい部位における評価結果を設工認に記載しているが、設工認に記載していない部位の評価結果をあわせて示すことにより、適切な部位の評価結果が設工認に記載されていることを示す。

また、基準地震動 $S_s$ を1.2倍した地震力に対する耐震評価にあたっては、層の変形が終局状態に達しない設計とする方針としているが、評価にあたっては、重大事故等の対処をより確実にするために、許容限界を基準地震動 $S_s$ に対するせん断ひずみ度と同様の値としていることから、設計基準にて考慮している不確かさについては考慮しないこととしているが、念のための評価として、これらの不確かさを考慮した場合においても、層の変形が終局状態に対して十分な余裕を有していることを示す。

## 2. 評価方針に係る補足説明

本章においては、添付書類「Ⅲ－6－2－1－1－2 燃料加工建屋の基準地震動を1.2倍した地震力に対する耐震計算書」の「2. 評価方針」における評価対象部位について、以下の項目に係る考え方を説明する。

- ・ 1.2×S<sub>s</sub>においても基礎スラブ全体が崩壊系に至らないことの根拠
- ・ 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せを考慮する部位の考え方

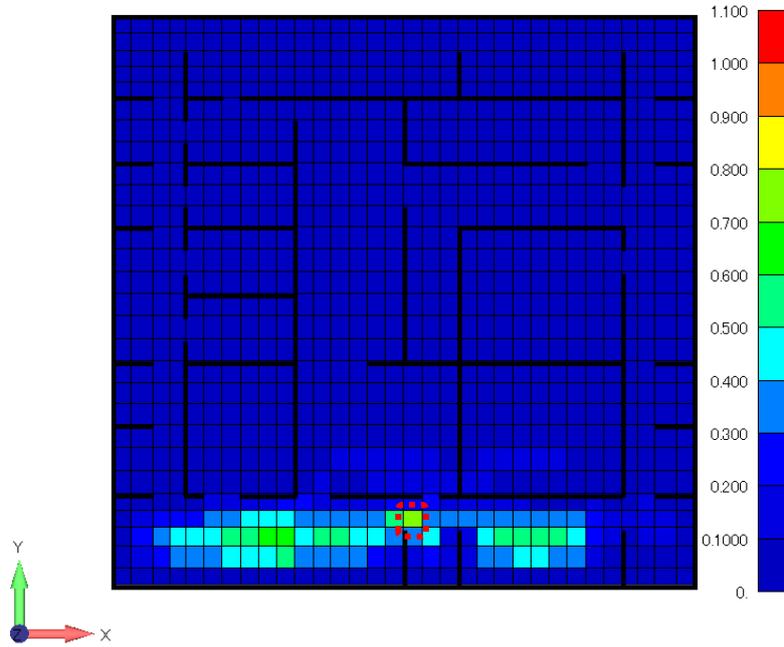
## 2.1 1.2×S<sub>s</sub>時の基礎スラブの状態に係る考察

添付書類「Ⅲ-6-2-1-1-2 燃料加工建屋の基準地震動を1.2倍した地震力に対する耐震計算書」の「3.評価方針」に示したとおり、基礎スラブについては、基礎スラブについては、壁よりも十分大きな剛性を有している部材であるため、耐震壁のせん断ひずみ度が $2.0 \times 10^{-3}$ 以下の場合には基礎スラブの変形は抑えられ、建屋全体の崩壊系に至るような基礎スラブの版全体として損傷とはならないと考えられる。

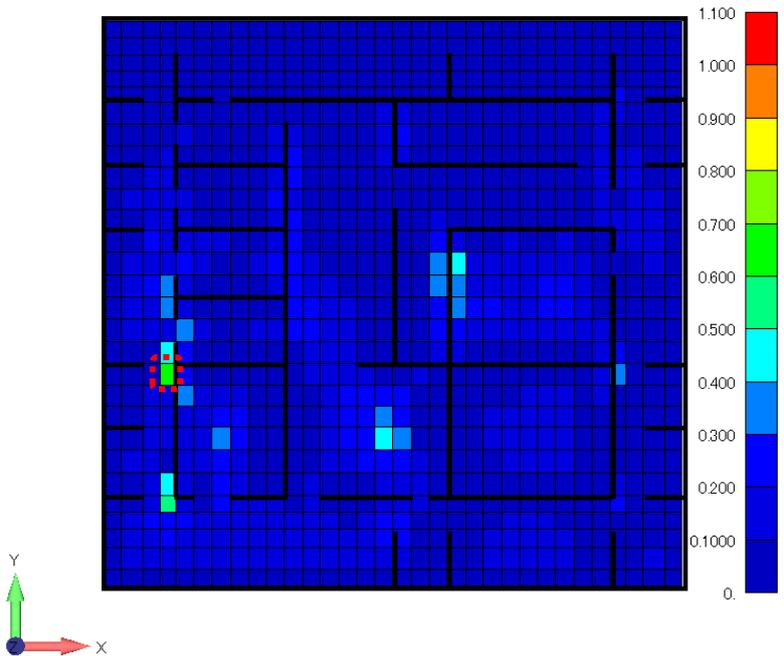
本章においては、上記の考え方の具体的な確認として、1.2×S<sub>s</sub>時の基礎スラブの状態について想定を行い、版全体として崩壊系に至らないことを示す。1.2×S<sub>s</sub>時の基礎スラブの状態の想定にあたっては、設計基準対象施設の基準地震動S<sub>s</sub>に対する応力解析結果における検定比の分布状況や裕度を確認することにより、1.2×S<sub>s</sub>時の損傷範囲について考察を行う。

第2.2-1図及び第2.2-2図に、「Ⅲ-2-1-1-1-1-2 燃料加工建屋の耐震計算書」に示した基準地震動S<sub>s</sub>に対する応力解析結果の検定比コンター図を示す。検定比コンターに示すとおり、第2.2-1図に示す軸力と面外曲げモーメントに対する評価については、版全体として十分に余裕を有する結果となっている。また、第2.2-2図に示す面外せん断力についても、限定的な範囲で検定比が大きい部分がみられるものの、版全体としては十分に余裕を有する結果となっている。

このことから、基礎スラブについては、1.2×S<sub>s</sub>時においても、過大な変形・たわみの発生や版全体としての崩壊系には至るような版全体の損傷とはならない。



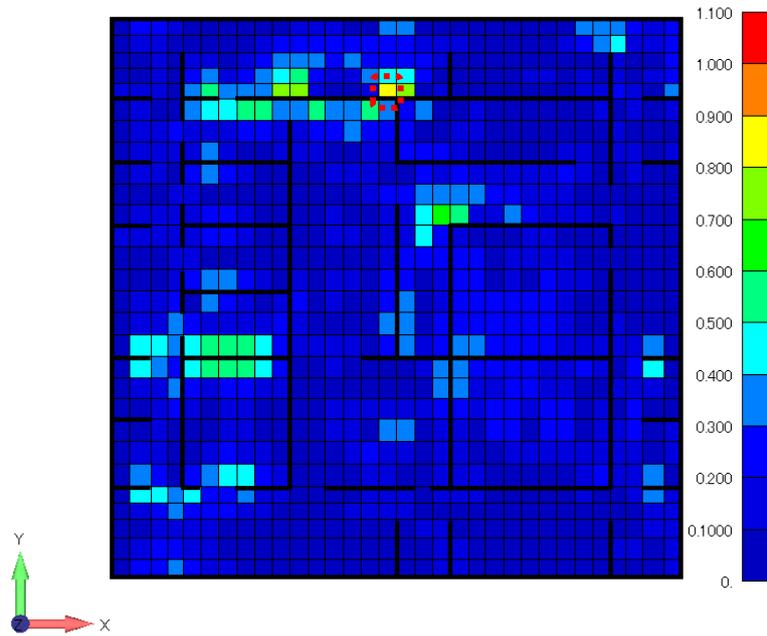
水平 1 方向 NS 方向



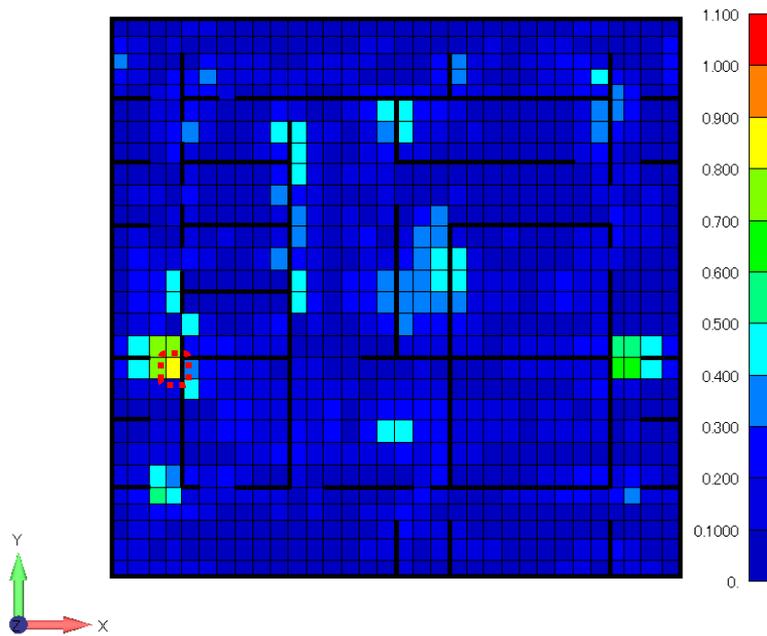
水平 1 方向 EW 方向

注記 : 最大検定比となる位置を      で示す。

第 2.2-1 図 基準地震動  $S_s$  に対する基礎スラブの応力解析結果  
 (軸曲げに対する結果, 検定比が最大となる荷重組合せケース)



NS 方向



EW 方向

注記 : 最大検定比となる位置を   で示す。

第 2.2-2 図 基準地震動  $S_s$  に対する基礎スラブの応力解析結果  
(面外せん断力に対する結果, 検定比が最大となる荷重組合せケース)

## 2.2 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せ時の状態に係る考察

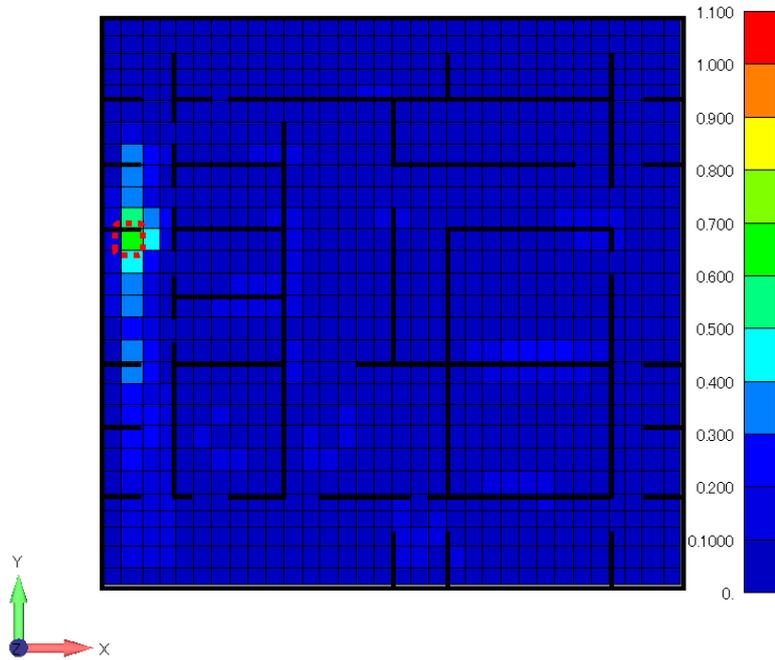
「Ⅲ－6－1 基準地震動 $S_s$ を1.2倍した地震力による重大事故等対処施設に関する耐震計算の基本方針」において、基準地震動 $S_s$ を1.2倍した地震力に対し、水平2方向及び鉛直方向の組み合わせについて、基準地震動 $S_s$ に対する水平2方向及び鉛直方向の組み合わせの影響を考慮して評価するものとするとされている。

「Ⅲ－2－3－1－1－1 建物及び屋外機械基礎の水平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」において、燃料加工建屋として水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せを評価している部位は、基礎スラブである。

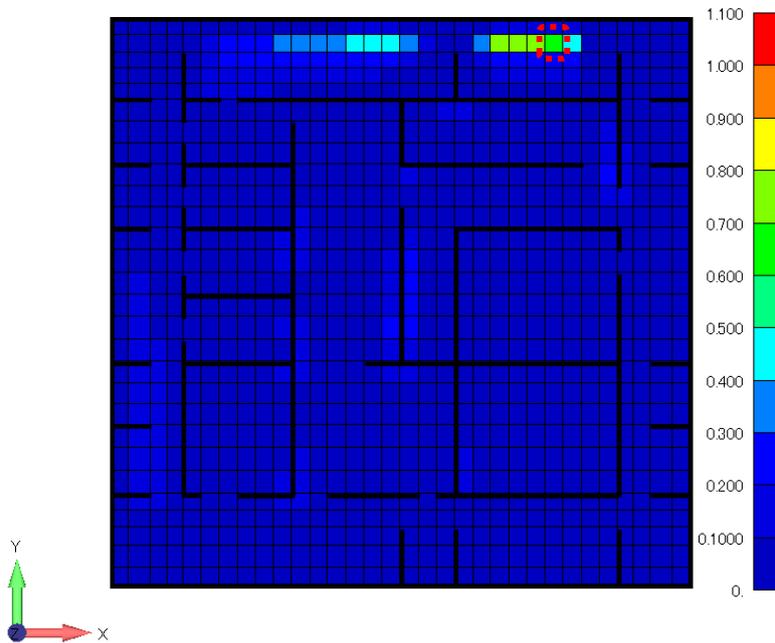
第2.2-3図及び第2.2-4図に、「Ⅲ－2－3－1－1－1 建物及び屋外機械基礎の水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果」に示した基準地震動 $S_s$ に対する水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せを考慮した応力解析結果の検定比コンター図をに示す。

検定比コンターに示すとおり、第2.2-3図に示す軸力と面外曲げモーメントに対する評価については、版全体として十分に余裕を有する結果となっている。また、第2.2-4図に示す面外せん断力についても、限定的な範囲で検定比が大きい部分がみられるものの、版全体としては十分に余裕を有する結果となっている。

このことから、 $1.2 \times S_s$ に対して水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せを考慮したとしても、過大な変形・たわみの発生や版全体としての崩壊系には至るような版全体の損傷とはならない。



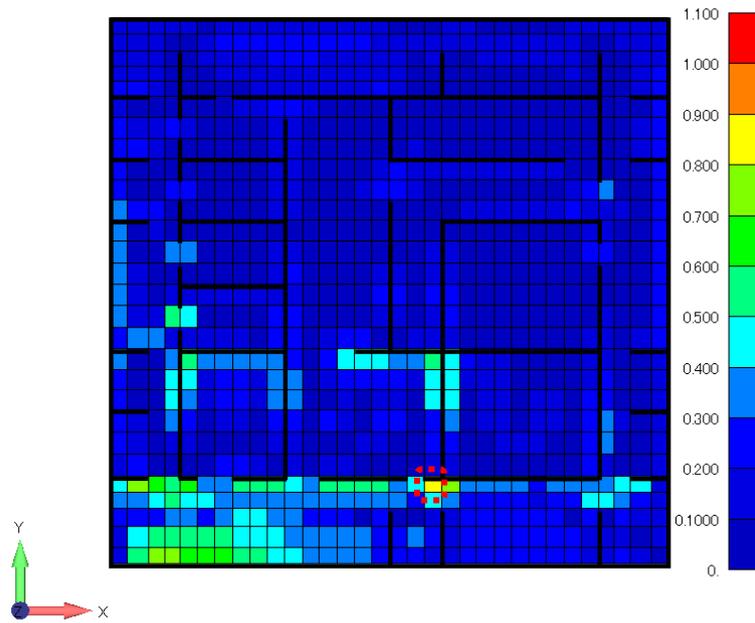
水平 2 方向 NS 方向



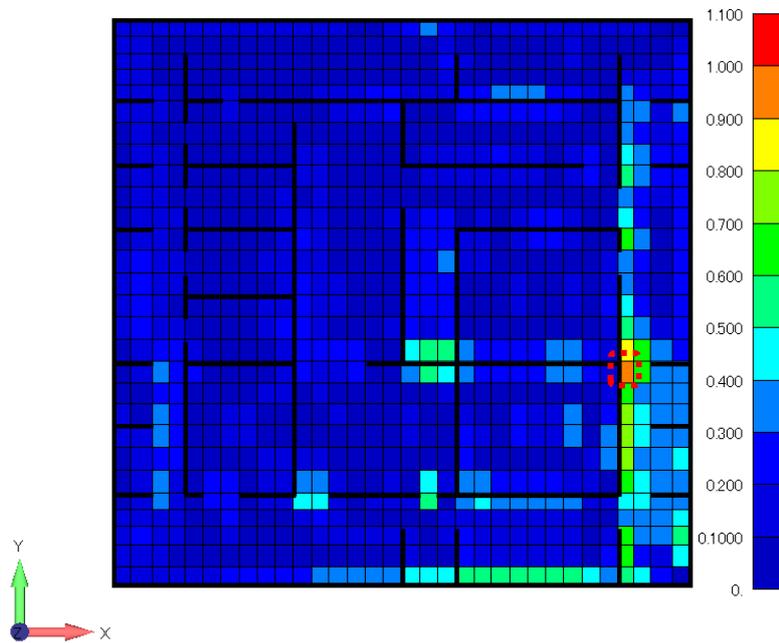
水平 2 方向 EW 方向

注記 : 最大検定比となる位置を      で示す。

第 2.2-3 図 基準地震動  $S_s$  に対する基礎スラブの応力解析結果 (軸曲げに対する結果, 検定比が最大となる荷重組合せケース)



水平 2 方向 NS 方向



水平 2 方向 EW 方向

注記 : 最大検定比となる位置を      で示す。

第 2.2-4 図 基準地震動  $S_s$  に対する基礎スラブの応力解析結果  
 (面外せん断力に対する結果, 検定比が最大となる荷重組合せケース)

### 3. 耐震壁以外の壁及び床スラブの詳細評価条件

#### 3.1 耐震壁以外の壁の評価条件

耐震壁以外の壁については、「Ⅲ－6－2－1－1－2 燃料加工建屋の基準地震動を1.2倍した地震力に対する耐震計算書」において、耐震壁の剛性のみに期待した場合の地震応答解析結果において、耐震壁が負担するせん断応力と同じ応力を、耐震壁以外の壁も負担することを考慮した評価を行っている。

評価に用いるせん断応力の算出にあたっては、各々の耐震壁以外の壁に生じるせん断応力について、せん断力分配解析等を用いて確認する方法も考えられるが、本検討としては、あくまでも層としての変形に対して耐震壁以外の壁が追従可能であるかに着目した確認であること、また、同一層内の変形については、燃料加工建屋の構造から大きくばらつくことは無いと見込まれることから、地震応答解析結果に基づく層に生じるせん断力に対して変形性能を確認することとしている。以下にその考え方の詳細を示す。

第3.1-1表に、燃料加工建屋の基準地震動 $S_s$ に対するせん断力分配解析結果を示す。本結果は、耐震壁のみを考慮したせん断力分配解析結果であるが、建屋の各通りに対する応力の分配バランスを確認する観点で本説明に用いることとした。せん断力分配解析モデルは、「Ⅲ－2－1－1－1－1－2 燃料加工建屋の耐震計算書」の「4.4.2 重要区域の壁の評価方法」に示すものを用いた。また、添付書類「Ⅲ－6－2－1－1－2 燃料加工建屋の基準地震動を1.2倍した地震力に対する耐震計算書」の「4.4 床スラブ」において、各層の床スラブが $1.2 \times S_s$ 時にも概ね弾性状態に留まること確認していることを踏まえ、各層床位置における水平変位は同一と仮定している。

各通りの耐震壁が負担するせん断力度は、各耐震壁におけるせん断応力度の平均値に対する最大値の割合は1.02～1.06となっており、概ね同一層内で一様に分布し、同一層内の特定位置において応力が集中する状況にはなっていない。

ここで、耐震壁以外の壁に現実的に生じるせん断力を考慮する場合、耐震壁に負担させているせん断力を耐震壁以外の壁にも負担させることになるため、層全体の平均的なせん断応力度は、耐震壁以外の壁のせん断断面積が増した分低減することになる。第3.1-2表に示す通り、本評価において耐震壁以外の壁に考慮しているせん断応力度は、耐震壁と耐震壁以外の壁の両方が負担する平均的な層せん断応力度よりも1.06～1.40倍大きな設定となっている。さらに、上記のせん断力分配解析により各耐震壁が負担する応力のばらつき幅と比較すると、同等またはそれよりも大きい余裕を有していることを確認した。

以上のことから、耐震壁の剛性のみに期待した場合の地震応答解析結果において、耐震壁が負担するせん断応力と同じ応力を耐震壁以外の壁

に考慮した評価は，保守的な設定となっている。

なお，「4.2 耐震壁以外の壁」に示すとおり，耐震壁以外の壁の鉄筋については，破断に対して十分な余裕を有していることから，層の変形に対しては十分に変形追従が可能である。

第 3.1-1 表 基準地震動  $S_s$  に対する各耐震壁に配分されるせん断力  
(NS 方向)

階	平均値 (kN/mm <sup>2</sup> )	最大値 (kN/mm <sup>2</sup> )	最小値 (kN/mm <sup>2</sup> )	各耐震壁の 負担応力の 最大値/平均値
地上 1 階	2.92	3.00	2.81	1.03
地下 1 階	2.34	2.41	2.00	1.03
地下 2 階	2.67	2.73	2.39	1.02
地下 3 階	3.21	3.33	3.03	1.04

(EW 方向)

階	平均値 (kN/mm <sup>2</sup> )	最大値 (kN/mm <sup>2</sup> )	最小値 (kN/mm <sup>2</sup> )	各耐震壁の 負担応力の 最大値/平均値
地上 1 階	2.32	2.42	1.64	1.04
地下 1 階	2.55	2.66	1.77	1.04
地下 2 階	2.54	2.68	1.65	1.05
地下 3 階	3.07	3.27	1.81	1.06

第 3.1-2 表 耐震壁以外の壁が負担するせん断力

(NS 方向)

階	①せん断断面積 (耐震壁のみ) (m <sup>2</sup> )	②せん断断面積 (耐震壁以外の壁) (m <sup>2</sup> )	③せん断断面積 (①+②) (m <sup>2</sup> )	④層せん断力 (kN)	⑤せん断応力度 (耐震壁のみ) (④/①) (N/mm <sup>2</sup> )	⑥せん断応力度 (耐震壁+ 耐震壁以外の壁) (④/③) (N/mm <sup>2</sup> )	⑦評価において 耐震壁以外の壁 に考慮した応力 に対する裕度 (⑤/⑥)	⑧せん断力分配 解析による各耐 震壁の負担応力 の最大値/平均値
地上 1 階	474.4	191.4	665.8	1383358	2.92	2.08	1.40	1.03
地下 1 階	640.5	151.8	792.3	1496692	2.34	1.89	1.24	1.03
地下 2 階	749.8	145.4	895.2	2004141	2.67	2.24	1.19	1.02
地下 3 階	876.1	98.8	974.9	2808770	3.21	2.88	1.11	1.04
備考				耐震壁の剛性の みを考慮した地 震応答解析結果 に基づく値	評価において耐 震壁以外の壁に 考慮した応力	⑤よりも小さい 値となっている ことを確認		⑦よりも小さい 値となっている ことを確認

(EW 方向)

階	①せん断断面積 (耐震壁のみ) (m <sup>2</sup> )	②せん断断面積 (耐震壁以外の壁) (m <sup>2</sup> )	③せん断断面積 (①+②) (m <sup>2</sup> )	④層せん断力 (kN)	⑤せん断応力度 (耐震壁のみ) (④/①) (N/mm <sup>2</sup> )	⑥せん断応力度 (耐震壁+ 耐震壁以外の壁) (④/③) (N/mm <sup>2</sup> )	⑦評価において 耐震壁以外の壁 に考慮した応力 に対する裕度 (⑤/⑥)	⑧せん断力分配 解析による各耐 震壁の負担応力 の最大値/平均値
地上 1 階	522.9	151.4	674.3	1213917	2.32	1.80	1.29	1.04
地下 1 階	633.2	151.1	784.3	1614313	2.55	2.06	1.24	1.04
地下 2 階	791.3	131.6	922.9	2013645	2.54	2.18	1.17	1.05
地下 3 階	975.9	61.2	1037.1	3000750	3.07	2.89	1.06	1.06
備考				耐震壁の剛性の みを考慮した地 震応答解析結果 に基づく値	評価において耐 震壁以外の壁に 考慮した応力	⑤よりも小さい 値となっている ことを確認		⑦よりも小さい 値となっている ことを確認

### 3.2 床スラブの評価条件

床スラブについては、「Ⅲ－6－2－1－1－2 燃料加工建屋の基準地震動を1.2倍した地震力に対する耐震計算書」において、床スラブの評価は、床スラブに生じる慣性力が面内せん断力を介して壁に伝達されることから、面内せん断応力度に対して評価を行っている。

評価に用いる面内せん断応力度の算出にあたっては、建屋3次元 FEMモデルを用いて局所的な床の応力を確認する方法も考えられるが、本検討の目的としては、あくまでも地震応答解析モデルにおける剛床仮定の確認の観点で、床スラブ版全体として十分に剛として取り扱うことが可能であることを確認するものであることから、床スラブ版全体に生じる平均的な面内せん断応力度を用いた。

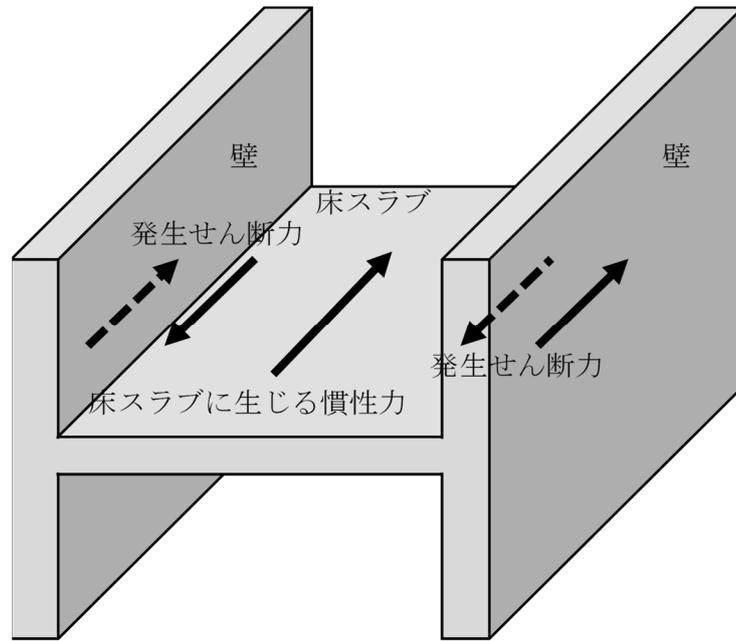
本章では、床スラブの面内せん断応力度について、床に取りつく壁の配置を加味して適切に分配して評価を行っていることの方と、許容限界の考え方についてその詳細を示す。

#### (1) 面内せん断応力度の算定の考え方

床スラブが負担する面内せん断応力としては、 $1.2 \times S_s$ による地震応答解析結果に基づく各層の最大加速度から耐震壁および耐震壁以外の壁で囲まれた各位置の床スラブに発生する慣性力を算定し、各位置の床スラブに発生する慣性力を、保守的に地震方向の端部壁のみが負担することを仮定し、第3.2-1図に示すように2方向に面内せん断力を分割して床スラブの発生面内せん断応力 $\tau$ を算定する。

上記算定において、端部壁として考慮した耐震壁および耐震壁以外の壁については、通芯にある壁を主体とし、それらを繋ぐ直交壁や床スラブを囲むように配置される壁を第4.1.2-1図に示すように設定する。床スラブに発生する慣性力は、端部壁として考慮した壁の内側にある壁にも荷重は流れる事になるが、床スラブの四辺を囲むように区分けできない壁を無視することで、慣性力が両側の端部壁にのみ伝達されることを仮定し、面内せん断力が保守的に算定されるように評価する。

なお、開口部の周辺には適切に開口補強筋が配置されており、局所的な損傷による大規模なコンクリートの剥落は生じない。



第 3.2-1 図 床スラブに発生する面内せん断力算定の考え方

(2) 許容限界について

算定した床スラブの発生面内せん断力度  $\tau$  が、コンクリートのひび割れ強度以下であることを確認する上で考慮する許容限界について以下に示す。

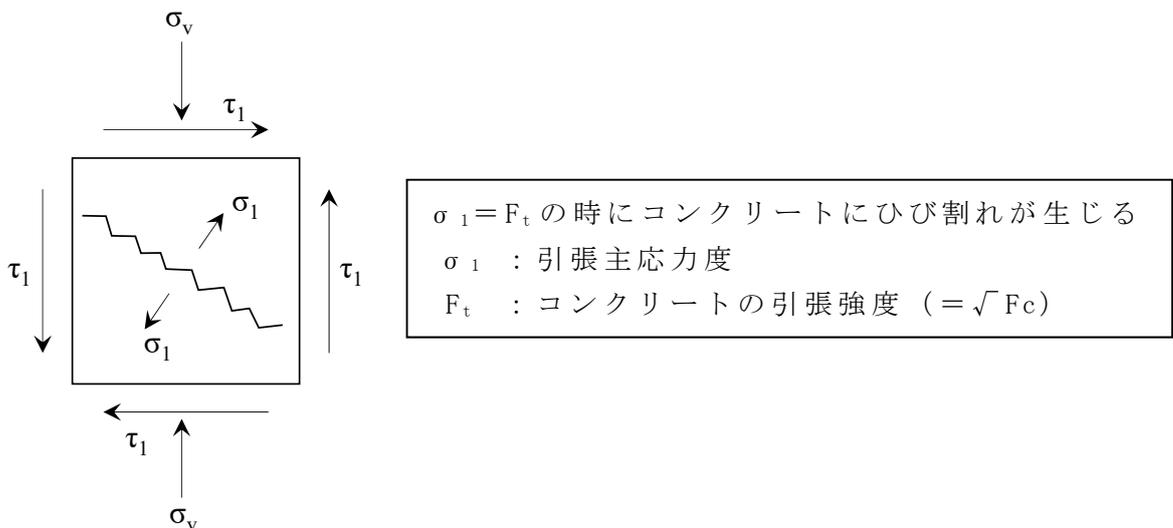
コンクリートのひび割れ強度は、コンクリートの材料特性としてのせん断ひび割れ耐力と対応するものとして、コンクリート材料の引張主応力度がコンクリートの引張強度に達した時のせん断応力度として、モールの応力円に基づく下式を用いる。

なお、本評価式は鉄筋コンクリート版に対する面内せん断力に対する評価である JEAG 4601-1991 追補版に基づくトリリニア型スケルトンカーブの第 1 折点のせん断応力度  $\tau_1$  とも対応する。

$$\tau = \sqrt{\left(\sqrt{F_c}(\sqrt{F_c + \sigma_v})\right)}$$

ここで、

- $\tau$  : 床スラブの発生面内せん断力度
- $F_c$  : コンクリートの圧縮強度 (kgf/cm<sup>2</sup>)
- $\sigma_v$  : 縦軸応力度 (kgf/cm<sup>2</sup>) (圧縮軸応力度が作用するとせん断応力度  $\tau_1$  は大きくなるが、保守的な評価となるように軸応力度はゼロとした。)



第 3.2-2 図 コンクリートのひび割れ強度の考え方

#### 4. 設工認記載の評価部位の選定

##### 4.1 床スラブの応力評価

床スラブの応力評価結果について、壁に囲まれた各位置の床スラブに対して行う。

各位置の床スラブにおける検定比を、各階のうち最も検定比が大きい位置とあわせて第 2.1.2-1 表及び第 2.1.2-1 図に示す。地下 3 階の床は、直下ピット階の束壁が各通り位置に格子状に存在するため、床の面内せん断力は小さく抑えられると考えられるため、評価対象は地上 1 階、地下 1～2 階とした。なお、評価対象部位としては、「V-1-1-4-4 地震を要因とする重大事故等に対する施設の耐震設計」に示す重大事故等対処設備の配置を網羅するよう、各階の床全体に対して行った。

第 4.1.2-1 表 評価結果の検定比一覧 (1/3)

部位		発生せん断力 $\tau$ (N/mm <sup>2</sup> )	許容限界 $\tau_1$ (N/mm <sup>2</sup> )	検定比
階	床位置			
地上 1 階	1	0.34	1.70	0.20
	2	0.68	1.70	0.40
	3	0.68	1.70	0.40
	4	0.34	1.70	0.20
	5	0.68	1.70	0.40
	6	0.48	1.70	0.28
	7	0.68	1.70	0.40
	8	0.64	1.70	0.38
	9	0.64	1.70	0.38
	10	0.48	1.70	0.28
	11	0.52	1.70	0.31
	12	0.34	1.70	0.20
	13	0.37	1.70	0.22
	14	0.17	1.70	0.10
	15	0.20	1.70	0.12
	16	1.02	1.70	<u>0.60</u>
	17	0.68	1.70	0.40
	18	0.34	1.70	0.20
	19	0.20	1.70	0.12
	20	0.34	1.70	0.20
	21	0.51	1.70	0.30
	22	0.32	1.70	0.19
	23	0.20	1.70	0.12

注記 : 下線部は検定比が最大となる位置を示す。

第 4.1.2-1 表 評価結果の検定比一覧 (2/3)

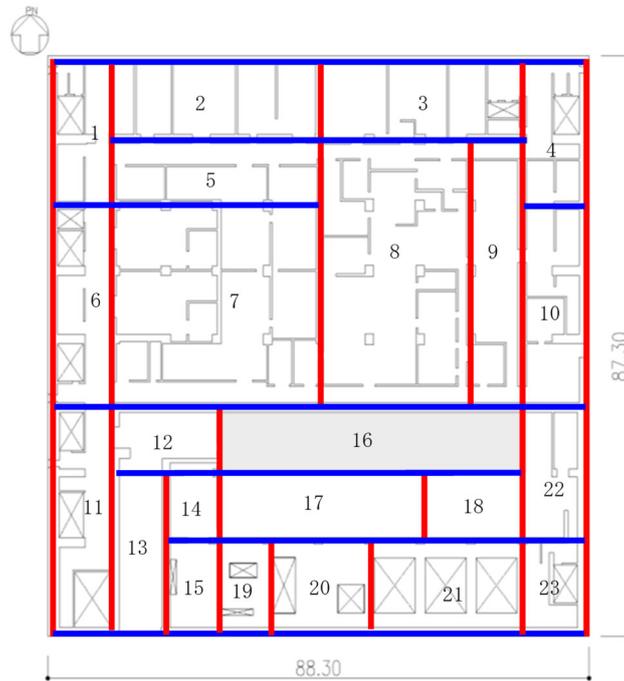
部位		発生せん断力 $\tau$ (N/mm <sup>2</sup> )	許容限界 $\tau_1$ (N/mm <sup>2</sup> )	検定比
階	床位置			
地下 1 階	1	0.39	1.70	0.23
	2	0.40	1.70	0.24
	3	0.40	1.70	0.24
	4	0.80	1.70	<u>0.47</u>
	5	0.39	1.70	0.23
	6	0.55	1.70	0.33
	7	0.40	1.70	0.24
	8	0.40	1.70	0.24
	9	0.55	1.70	0.33
	10	0.60	1.70	0.36
	11	0.40	1.70	0.24
	12	0.55	1.70	0.33
	13	0.37	1.70	0.22
	14	0.37	1.70	0.22
	15	0.40	1.70	0.24
	16	0.20	1.70	0.12
	17	0.60	1.70	0.36
	18	0.60	1.70	0.36
	19	0.60	1.70	0.36
	20	0.64	1.70	0.38
	21	0.60	1.70	0.36
	22	0.60	1.70	0.36
	23	0.36	1.70	0.21
	24	0.20	1.70	0.12
	25	0.40	1.70	0.24
	26	0.40	1.70	0.24
	27	0.40	1.70	0.24

注記 : 下線部は検定比が最大となる位置を示す。

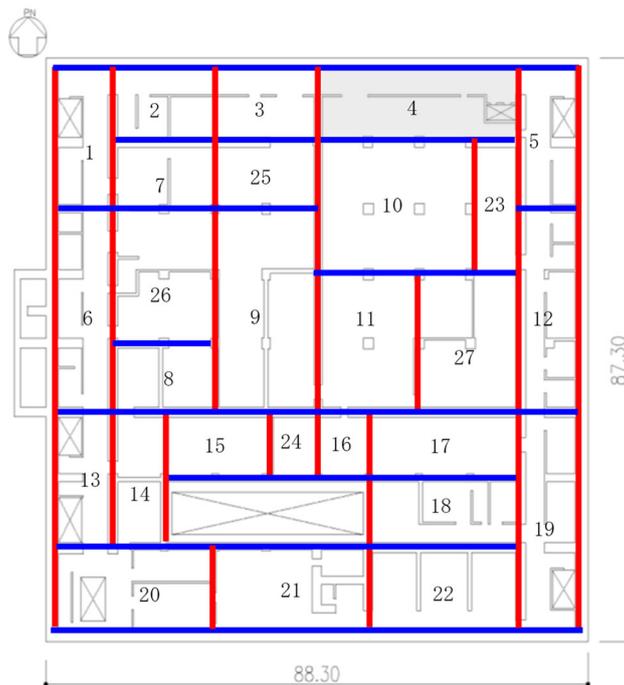
第 4.1.2-1 表 評価結果の検定比一覧 (3/3)

部位		発生せん断力 $\tau$ (N/mm <sup>2</sup> )	許容限界 $\tau_1$ (N/mm <sup>2</sup> )	検定比
階	床位置			
地下 2 階	1	0.38	1.70	0.22
	2	0.81	1.70	0.48
	3	0.49	1.70	0.29
	4	0.38	1.70	0.22
	5	0.54	1.70	0.32
	6	0.53	1.70	0.31
	7	0.32	1.70	0.19
	8	0.71	1.70	0.42
	9	0.35	1.70	0.21
	10	0.36	1.70	0.22
	11	0.65	1.70	0.38
	12	0.65	1.70	0.38
	13	0.36	1.70	0.22
	14	0.49	1.70	0.29
	15	0.54	1.70	0.32
	16	0.36	1.70	0.21
	17	0.36	1.70	0.21
	18	0.36	1.70	0.21
	19	0.36	1.70	0.21
	20	0.49	1.70	0.29
	21	0.84	1.70	<u>0.49</u>
	22	0.23	1.70	0.13
	23	0.49	1.70	0.29
	24	0.58	1.70	0.35

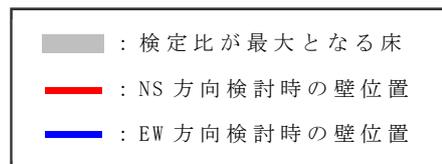
注記 : 下線部は検定比が最大となる位置を示す。



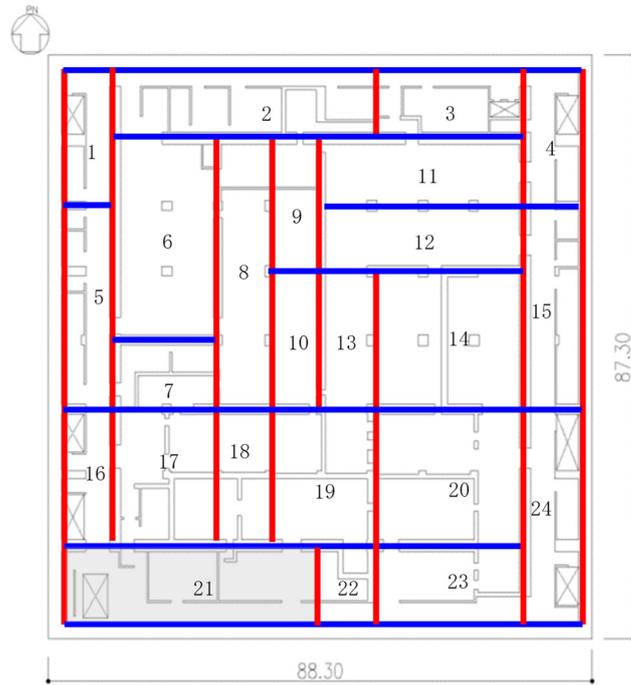
(a) 地上1階



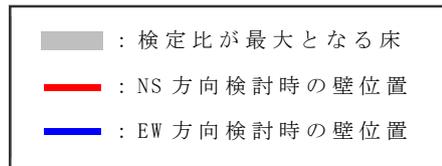
(b) 地下1階



第 4.1.2-1 図 床スラブの最大検定比となる位置 (1/2)



(c) 地下2階



第 4.1.2-1 図 床スラブの最大検定比となる位置 (2/2)

#### 4.2 耐震壁以外の壁

耐震壁以外の壁の応力評価については、燃料加工建屋の重大事故等対処に係る階（地上1階，地下1～3階）の各設備の支持部を取り付けるまたはアクセスルート及び操作場所を構成すると想定される壁について、壁の種別ごとの鉄筋量に応じて実施している。

結果について、燃料加工建屋の各位置の耐震壁以外の壁の検定比を、第2.2-1表に示す。なお、評価にあたっては、「V-1-1-4-4 地震を要因とする重大事故等に対する施設の耐震設計」に示す重大事故等対処設備の配置を網羅するよう、各階の耐震壁以外の壁全体に対して行った。なお、腰壁等の天井スラブに達していない壁については、本来、上下階の層の拘束によるせん断力は発生しないが、今回評価においては、当該層の変形が、天井スラブに達している壁と同等の応力が発生するものとして評価を行った。

第2.2-1表 耐震壁以外の壁の検定比一覧(1/2)

階	部位		発生軸 ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	鉄筋径	許容限界 ( $\times 10^{-1}$ )	検定比
	壁 番号	壁種別				
地上1階	1	W30	1.843	D16	1.5	0.013
	2	W50	1.570	D22	1.5	0.011
	3	W60	1.895	D22	1.5	0.013
	4	W70	1.324	D29	1.5	0.009
	5	W120C	0.640	D38	1.5	0.005
	6	W140F	0.746	D38	1.5	0.005
	7	AW130A	1.651	D35	1.5	0.012
	8	AW140F	0.746	D38	1.5	0.005
	9	AW150A	1.920	D35	1.5	<u>0.013</u>

注記 \* : 下線部は検定比が最大となる位置を示す。

第 2.2-1 表 耐震壁以外の壁の検定比一覧(2/2)

部位			発生軸 ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	鉄筋径	許容限界 ( $\times 10^{-1}$ )	検定比
階	壁 番号	壁種別				
地下 1 階	1	W30	1.933	D16	1.5	0.013
	2	W40	2.142	D16D19	1.5	<u>0.015</u>
	3	W60	1.990	D22	1.5	0.014
	4	W80	1.580	D29	1.5	0.011
	5	W120A	1.592	D35	1.5	0.011
	6	W140B	1.558	D38	1.5	0.011
	7	W150A	2.017	D35	1.5	0.014
地下 2 階	1	W30	2.125	D16	1.5	<u>0.015</u>
	2	W50	1.780	D22	1.5	0.012
	3	W60	2.193	D22	1.5	<u>0.015</u>
	4	W70	1.500	D29	1.5	0.010
	5	W80	1.714	D29	1.5	0.012
	6	W85	1.270	D29	1.5	0.013
	7	W90	1.560	D32	1.5	0.011
	8	W100	1.733	D32	1.5	0.012
	9	W150E	1.079	D35	1.5	0.008
地下 3 階	1	W30	2.343	D16	1.5	0.016
	2	W60	2.422	D22	1.5	<u>0.017</u>
	3	W70	1.622	D29	1.5	0.011
	4	W80	1.862	D29	1.5	0.013
	5	W100	1.885	D32	1.5	0.013

注記 \* : 下線部は検定比が最大となる位置を示す。

#### 4. 不確かさによる影響

設計基準において、耐震評価に影響を与える要因(以下、「不確かさ」という。)として考慮している項目として、以下の項目が挙げられる。

- ・ 材料物性のばらつき
- ・ 隣接建屋の影響
- ・ 一関東評価用地震動（鉛直）に対する影響

基準地震動  $S_s$  を 1.2 倍した地震力に対する耐震評価にあたっては、層の変形が終局状態に達しない設計とする方針としているが、評価にあたっては、重大事故等の対処をより確実にするために、許容限界を基準地震動  $S_s$  に対するものと同様の値としていることから、設計基準にて考慮している不確かさについては考慮しないこととしているが、念のための評価として、これらの不確かさを考慮した場合においても、層の変形が終局状態に対して十分な余裕を有していることを示す。

#### 4.1 不確かさによる影響評価結果

##### 4.1.1 材料物性のばらつき

材料物性のばらつきとして、設計基準における燃料加工建屋の耐震評価では、地盤物性のばらつきを考慮している。基準地震動  $S_s$  を 1.2 倍した地震力に対して、念のための評価として、地盤物性のばらつきを考慮した場合の層の変形に与える影響を確認した。

設工認記載の評価結果と地盤物性のばらつきを考慮した場合の建屋の最大せん断ひずみ度を、第 3.1.1-1 表に比較して示す。また、「別紙 1 材料物性のばらつきを考慮した地震応答解析」に、地盤物性のばらつきを考慮した場合の地震応答解析条件及び地震応答解析結果を示す。

燃料加工建屋の地震応答解析モデルは、各層の剛性として耐震壁のみに期待し、層の変形を大きく評価するモデルを用いているが、実際の建屋においては、耐震壁以外の壁が配置されていることから、評価にあたっては、より現実に近い建屋の挙動を評価する目的で、耐震壁に加えて耐震壁以外の壁の剛性を考慮したモデルを設定した。

剛性を考慮する耐震壁以外の壁は、最大せん断ひずみが地下 3 階(要素 [6]) において最も大きくなっていること、また、当該層は地下 3 階であり、耐震壁及び耐震壁以外の壁ともに、支持地盤と接する基礎スラブから直接立ち上がっていることから、地震力がスムーズに伝達され、層の変形を負担することが可能と判断し、地下 3 階(要素 [6]) の耐震壁以外の壁とした。

第 3.1.1-1 表に示す結果のとおり、地盤物性のばらつきを考慮した場合の最大せん断ひずみ度は、許容限界である  $2.0 \times 10^{-3}$  を下回る結果となった。

第 3.1.1-1 表 地盤物性のばらつきを考慮した最大せん断ひずみ度

方向	1.2 × $S_s$ による 最大せん断ひずみ度		許容限界
	基本ケース	地盤物性のばらつき を考慮した結果	
N S 方向	$0.658 \times 10^{-3}$	$1.60 \times 10^{-3}$	$2.0 \times 10^{-3}$
E W 方向	$0.516 \times 10^{-3}$	$1.06 \times 10^{-3}$	

注記 : 本表には、建屋全体で最大せん断ひずみ度が最大となる要素 [6] における結果を示す。

#### 4.1.2 隣接建屋の影響

設計基準における燃料加工建屋の耐震評価では、隣接建屋の影響を評価している。影響評価に当たっては、FEM を用いた詳細検討として、実際の建屋配置状況に則して各建屋を配置する場合と各建屋を単独でモデル化する場合の地震応答解析を実施し両者の建屋応答の比較から得られる応答比率を算出していることから、この応答比率を考慮した場合の層の変形に与える影響を確認した。応答比率は、添付書類「Ⅲ-2-3-2 隣接建屋に関する影響評価結果」のうち「Ⅲ-2-3-2-1-1 建物」に記載のものをを用いる。

設工認記載の評価結果に対して、隣接建屋を考慮した応答比率を乗じた最大せん断ひずみ度を、第 3.1.2-1 表に示す。

第 3.1.2-1 表に示す結果のとおり、隣接建屋を考慮した応答比率を乗じた建屋の最大せん断ひずみ度は、許容限界である  $2.0 \times 10^{-3}$  を下回る結果となった。

第 3.1.2-1 表 隣接建屋の影響を考慮した最大せん断ひずみ度

方向	① $1.2 \times S_s$ による 最大せん断ひずみ度 (設工認記載値)	② 応答比率	③ 応答比率を乗じた 最大せん断ひずみ度 (① × ②)
	N S 方向		
E W 方向	$0.516 \times 10^{-3}$	1.040	$0.544 \times 10^{-3}$

注記 \*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

#### 4.1.3 一関東評価用地震動（鉛直）に対する影響

鉛直方向の地震力については，層の変形に対する寄与は水平方向の地震力に対して十分に小さいことから，影響評価は実施しない。

## (参考1) 材料物性のばらつきを考慮した地震応答解析結果

### 1. 概要

「3.1.1 材料物性のばらつき」に示したとおり、基準地震動を1.2倍した地震力に対して、地盤物性のばらつきを考慮した地震応答解析を実施し、最大せん断ひずみ度を算定していることから、その解析条件及び解析結果を示す。

### 2. 解析条件

#### 2.1 地震応答解析モデル

地震応答解析モデルについては、「Ⅲ-2-1-1-4 燃料加工建屋の重大事故対処施設に関する耐震性評価結果」の「3.5 地震応答解析結果」において、最大せん断ひずみが地下3階（要素⑥）において最も大きくなっていること、また、当該層は地下3階であり、耐震壁及び耐震壁以外の壁ともに、支持地盤と接する基礎スラブから直接立ち上がっていることから、地震力がスムーズに伝達され、層の変形を負担することが可能と判断し、要素⑥について、耐震壁に加えて耐震壁以外の壁の剛性を考慮したモデルを設定した。なお、剛性として考慮する耐震壁以外の壁は、補足説明資料「耐震建物11 地震応答計算書に関する地震応答解析における材料物性のばらつきに関する検討」の「参考資料 燃料加工建屋における建屋物性のばらつきによる建屋応答への影響に関する考察」に示す要素⑥の補助壁とする。第2.1-1表に耐震壁以外の壁の剛性を考慮したケースの諸元を示す。

入力地震動の算定に用いる地盤物性は、ひずみ依存特性を考慮した等価線形解析に基づく等価物性値を用いる。

第 2.1-1 表 耐震壁以外の壁の剛性を考慮したケースの  
せん断断面積及び軸断面積

(NS 方向)

要素 番号	要素位置 T. M. S. L. (m)	せん断断面積 $A_s$ (m <sup>2</sup> )			
		①設工認	②補助壁	①+②	比率
1	77.50~70.20	133.3	0.0	133.3	1.00
2	70.20~62.80	362.5	0.0	362.5	1.00
3	62.80~56.80	474.4	0.0	474.4	1.00
4	56.80~50.30	640.5	0.0	640.5	1.00
5	50.30~43.20	749.8	0.0	749.8	1.00
6	43.20~35.00	876.1	98.8	974.9	1.11
7	35.00~34.23	2956.9	0.0	2956.9	1.00
8	34.23~31.53	7708.6	0.0	7708.6	1.00

(EW 方向)

要素 番号	要素位置 T. M. S. L. (m)	せん断断面積 $A_s$ (m <sup>2</sup> )			
		①設工認	②補助壁	①+②	比率
1	77.50~70.20	300.1	0.0	300.1	1.00
2	70.20~62.80	415.6	0.0	415.6	1.00
3	62.80~56.80	522.9	0.0	522.9	1.00
4	56.80~50.30	633.2	0.0	633.2	1.00
5	50.30~43.20	791.3	0.0	791.3	1.00
6	43.20~35.00	975.9	61.2	1037.1	1.06
7	35.00~34.23	3852.8	0.0	3852.8	1.00
8	34.23~31.53	7708.6	0.0	7708.6	1.00

## 2.2 解析条件

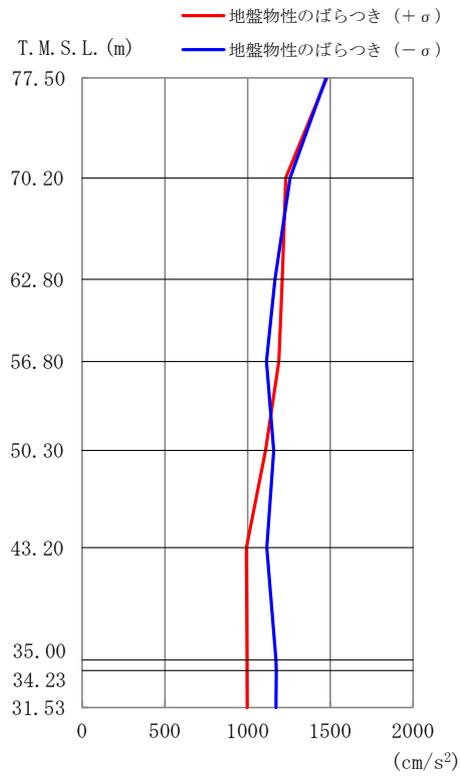
材料物性のばらつきについては、「Ⅲ-2-1-1-1-1-1 燃料加工建屋の地震応答計算書」の「3.6 材料物性のばらつき」に示す地盤物性のばらつきを考慮したケース(+ $\sigma$ )及び地盤物性のばらつきを考慮したケース(- $\sigma$ )の地盤物性値を用いる。

地盤物性のばらつきを考慮した評価の対象とする地震動は、「Ⅲ-2-1-1-4 燃料加工建屋の重大事故対処施設に関する耐震性評価結果」の「3.5 地震応答解析結果」において、 $1.2 \times S_s - C1$ による最大せん断ひずみ度が、建屋の全ての層において最も大きい値となっていることから、 $1.2 \times S_s - C1$ とする。

建物・構築物の入力地震動の算定、解析方法及び解析条件については、「Ⅲ-2-1-1-4 燃料加工建屋の重大事故対処施設に関する耐震性評価結果」と同じ方法により実施する。 $1.2 \times S_s - C1$ の地盤物性のばらつきを考慮したケース(- $\sigma$ )については、「Ⅲ-2-1-1-4 燃料加工建屋の重大事故対処施設に関する耐震性評価結果」の「3.4.1 誘発上下動を考慮する場合の基礎浮上り評価法」に示す誘発上下動を考慮した地震応答解析モデルを用いる。

## 2.3 地震応答解析結果

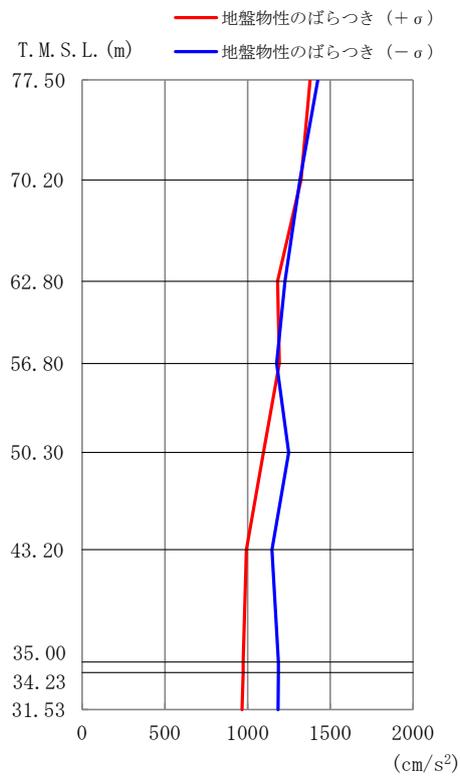
地盤物性のばらつきを考慮したケースについて、 $1.2 \times S_s$ による地震応答解析結果を第 2.3.-1 図～第 2.3-13 図及び第 2.3-1 表～第 2.3-13 表に示す。



第 2.3-1 図 最大応答加速度 (1.2 × S<sub>s</sub>, NS 方向)

第 2.3-1 表 最大応答加速度一覧表 (1.2 × S<sub>s</sub>, NS 方向)

T. M. S. L. (m)	質点 番号	最大応答加速度 (cm/s <sup>2</sup> )		
		設工認記載 の結果	地盤物性のばらつき	
			平均 + σ	平均 - σ
77.50	1	1496	1478	1474
70.20	2	1389	1231	1258
62.80	3	1230	1209	1165
56.80	4	1273	1190	1114
50.30	5	1301	1109	1158
43.20	6	1083	993	1116
35.00	7	969	997	1172
34.23	8	971	997	1174
31.53	9	960	998	1172



第 2.3-2 図 最大応答加速度 (1.2 × S<sub>s</sub>, EW 方向)

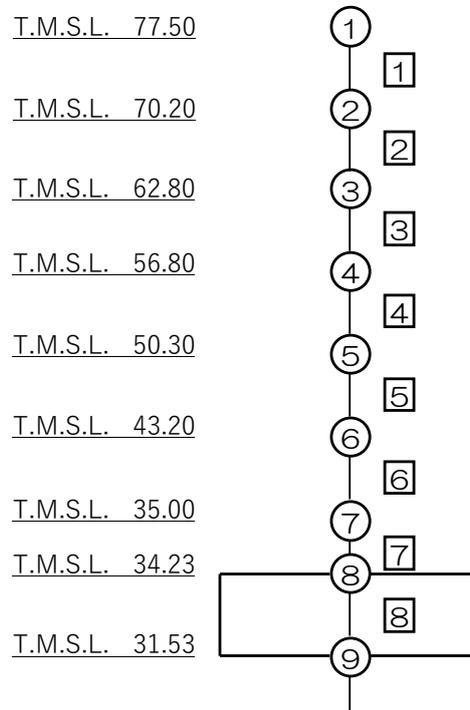
第 2.3-2 表 最大応答加速度一覧表 (1.2 × S<sub>s</sub>, EW 方向)

T. M. S. L. (m)	質点 番号	最大応答加速度 (cm/s <sup>2</sup> )		
		設工認記載 の結果	地盤物性のばらつき	
			平均 + σ	平均 - σ
77.50	1	1466	1377	1424
70.20	2	1360	1322	1316
62.80	3	1237	1181	1227
56.80	4	1157	1193	1175
50.30	5	1243	1096	1249
43.20	6	1066	992	1147
35.00	7	1006	973	1187
34.23	8	1004	973	1186
31.53	9	982	967	1185

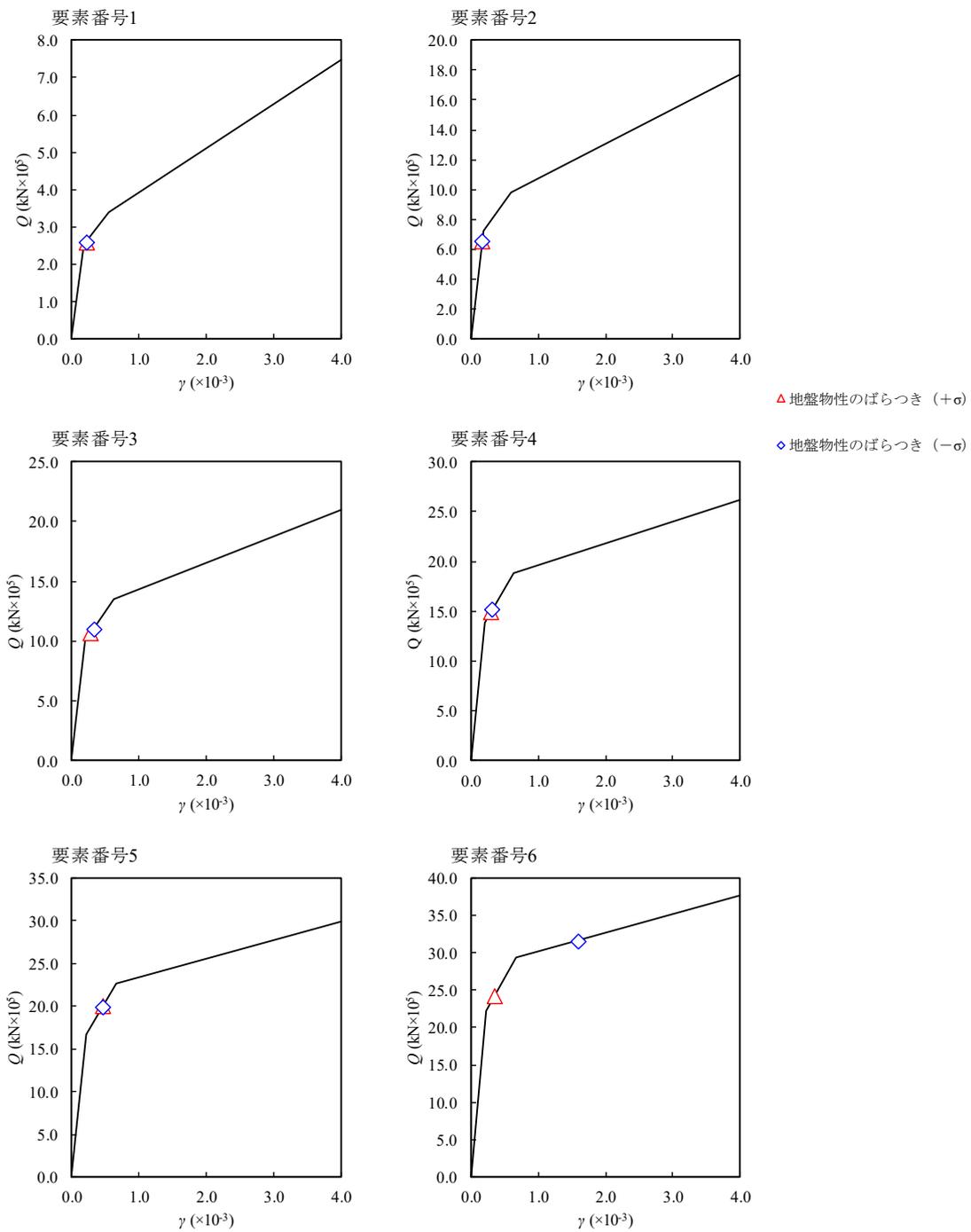
第 2.3-3 表 最大応答せん断ひずみ度 (1.2×S<sub>s</sub>, NS 方向)

T.M.S.L. (m)	要素 番号	最大応答せん断ひずみ度(×10 <sup>-3</sup> )		
		設工認記載 の結果	地盤物性のばらつき	
			平均+σ	平均-σ
77.50	1	0.240	0.224	0.221
70.20				
62.80	2	0.193	0.178	0.179
	56.80	3	0.424	0.283
50.30	4	0.430	0.311	0.328
	43.20	5	0.550	0.468
35.00	6	0.658	0.361	1.60
34.23				
	7	0.0948	0.0866	0.112

(単位：m)



注記 \*1: ○数字は質点番号を示す。  
\*2: □数字は要素番号を示す。

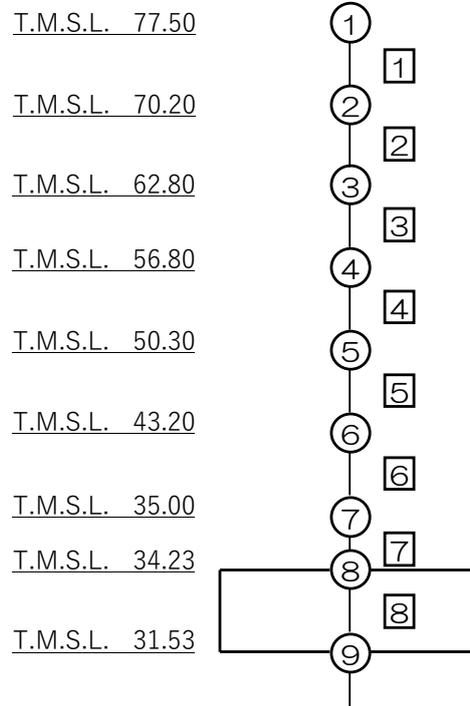


第 2.3-3 図  $\tau - \gamma$  関係と最大応答値 ( $1.2 \times S_s$ , NS 方向)

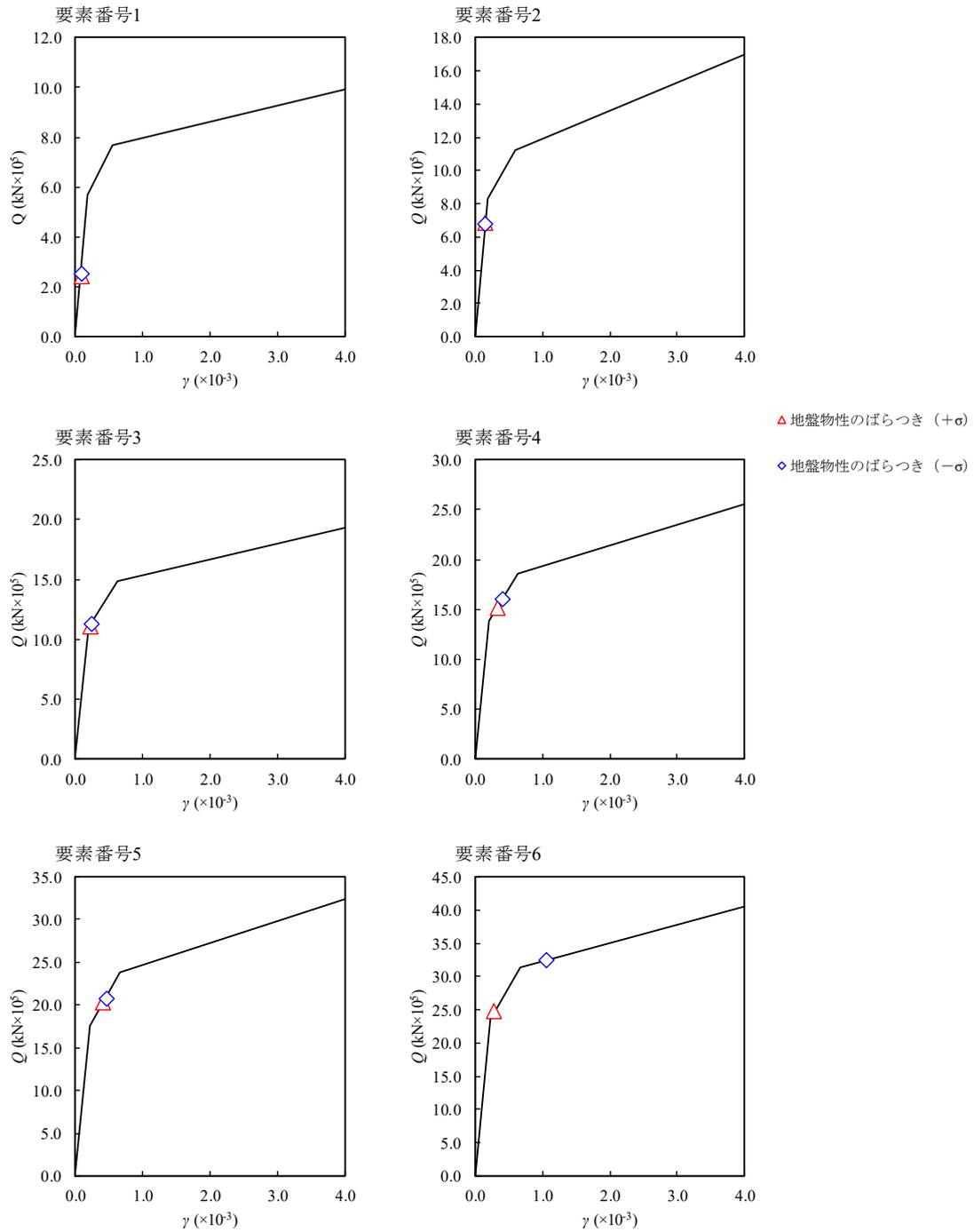
第 2.3-4 表 最大応答せん断ひずみ度 (1.2×S<sub>s</sub>, EW 方向)

T.M.S.L. (m)	要素 番号	最大応答せん断ひずみ度(×10 <sup>-3</sup> )		
		設工認記載 の結果	地盤物性のばらつき	
			平均+σ	平均-σ
77.50	1	0.0855	0.0799	0.0832
70.20				
62.80	2	0.166	0.163	0.162
	56.80	3	0.259	0.215
50.30	4	0.449	0.342	0.422
	43.20	5	0.472	0.410
35.00	6	0.516	0.291	1.06
34.23	7	0.0747	0.0681	0.0888

(単位：m)



注記 \* 1: ○数字は質点番号を示す。  
\* 2: □数字は要素番号を示す。



第 2.3-4 図  $\tau - \gamma$  関係と最大応答値 ( $1.2 \times S_s$ , EW 方向)

(参考2) 設計基準における説明項目の重大事故等対処施設に関する耐震評価における扱いについて

設計基準における基準地震動  $S_s$  及び弾性設計用地震動  $S_d$  に対する地震応答解析及び耐震評価にあたっては、補足説明資料により追加説明を行っている。

燃料加工建屋の重大事故対処施設に関する耐震性評価にあたっては、その評価モデルや評価条件の部分については共通しており、追加説明内容は同一となることから、各説明項目について、燃料加工建屋の重大事故対処施設に関する耐震性評価における扱いを第1表に整理して示す。

第1表のうち、「耐震評価に影響を与える要因として考慮している項目」については、「3. 不確かさによる影響」において、基準地震動を1.2倍した地震力に対しての念のための評価として、これらの項目を考慮した場合における層のせん断変形に対する影響を確認している。

第1表 (1 / 2) 設計基準における説明項目の重大事故等対処施設に関する耐震評価における扱いの整理

分類	設計基準に係る耐震評価における補足説明資料		燃料加工建屋の重大事故対処施設に関する耐震評価における扱い	当該項目についての説明資料
	補足説明資料番号	項目		
評価方針に基づく項目	耐震建物 07	水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する評価部位の抽出	「V-1-1-4-4 地震を要因とする重大事故等に対する施設の耐震設計」に基づき評価部位を抽出し、評価を実施する。	基準地震動 $S_s$ に対する評価において抽出されている基礎スラブについて、その位置付けを本補足説明資料の「2.2 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せ時の状態に係る考察」にて説明
耐震評価に影響を与える要因として考慮している項目	耐震建物 06	隣接建屋の影響に関する検討	不確かさの位置付けにあたるものの、念のための確認として本資料に評価結果を記載。評価方法については、設計基準と同じ。	本補足説明資料にて説明
	耐震建物 11	地震応答解析における材料物性のばらつきに関する検討		
	耐震建物 12	地震応答計算書に関する一関東評価用地震動（鉛直）に対する影響評価について		
評価手法・評価項目に係る項目	耐震建物 01	耐震評価対象の網羅性、既設工認との手法の相違点の整理について	評価手法については設計基準と同じ手法を用いている。 評価項目・評価部位については、建屋に求められる要件に基づき右記資料にて網羅的に整理。	「V-1-1-4-4 地震を要因とする重大事故等に対する施設の耐震設計」及び「III-6-1 基準地震動 $S_s$ を1.2倍した地震力による重大事故等対処施設に関する耐震計算の基本方針」において、建屋に求められる要件を踏まえた評価項目及び評価部位の考え方を整理
	耐震建物 21	燃料加工建屋に係る既認可からの変更点について	設計基準における評価と同じ手法を用いている。	左記補足説明資料を適用
	耐震建物 29	計算機プログラム(解析コード)の概要	設計基準における評価と同じ計算機プログラムを用いている。	左記補足説明資料を適用

第1表 (2 / 2) 設計基準における説明項目の重大事故等対処施設に関する耐震評価における扱いの整理

分類	設計基準に係る耐震評価における補足説明資料		燃料加工建屋の重大事故等対処施設に関する耐震評価における扱い	当該項目についての説明資料
	補足説明資料番号	項目		
評価に用いる解析モデル又は物性値に係る項目	耐震地盤 01	地盤の支持性能について	設計基準と重大事故で同じ地盤に支持されている。	左記補足説明資料を適用
	耐震建物 08	地震応答解析における地盤モデル及び物性値の設定について		
	耐震建物 09	地震応答解析における耐震壁のせん断スケルトンカーブの設定	設計基準と重大事故で同じ地震応答解析モデルを用いている。	左記補足説明資料を適用
	耐震建物 05	「建屋側面地盤ばね」及び「地盤のひずみ依存特性」の評価手法について		
	耐震建物 10	地震応答解析モデルに用いる鉄筋コンクリート造部の減衰定数に関する検討		
耐震評価条件及び結果整理に係るもの	耐震建物 15	応力解析モデル、境界条件及び拘束条件の考え方	FEM モデルを用いた応力評価の考え方であるが、重大事故等対処施設に係る評価における応力評価としてはFEMモデルを用いていないため説明事項無し。	—
	耐震建物 16	地震荷重の入力方法		—
	耐震建物 17	建物・構築物の耐震評価における組合せ係数法の適用性について	重大事故等対処施設に係る評価においては異なる方向の荷重を組み合わせた評価を実施していないことから、説明事項無し。	—
	耐震建物 18	応力解析における断面の評価部位の選定	個別の応力解析に係る内容であることから、個別に説明。	本補足説明資料の「4. 設工認記載の評価部位の選定」にて説明
その他 (燃料加工建屋以外の施設の扱いに係る補足説明事項)	耐震建物 13	建物・構築物周辺の設計用地下水位の考え方	設計基準と重大事故等対処施設に係る評価で耐震設計上の地下水位及び地下水排水設備の扱いは同じ。	左記補足説明資料を適用
	耐震機電 03	下位クラス施設の波及的影響の検討について	MOX 燃料加工施設の重大事故等対処にあたり考慮が必要な波及的影響を及ぼすおそれのある設備の設計については、後次回で示す。	「V-1-1-4-4 地震を要因とする重大事故等に対する施設の耐震設計」にて方針を説明した上で、詳細については後次回申請にて説明する。
	耐震建物 20	洞道の設工認申請上の取扱いについて	燃料加工建屋の耐震性評価であることから、説明事項無し。	—