

番号	審査項目	指摘内容	指摘日	事業者回答	回答日	状況	指摘手段	備考
90	電源確保 / 火災防護	電源等のユーティリティ及び外部火災防護に係る配置上の取り合い等、東京電力と日本原子力研究開発機構(以下「JAEA」という。)の取り合い部分となる事項について、どのような取り合い点があるか、また、その取り合い仕様条件及び役割分担等を整理し丁寧に説明すること。	2020/9/30	[2.6電源の確保] 補足説明資料2.6-4頁にて、第2棟の電源取合を記載した。 [2.13緊急時対策] 補足説明資料2.13-11頁に、以下のような取合仕様とする旨を記載した。 M/C7 内光ケーブル成端端子水:M/C7南側の東電の浄水場内取合点より第2棟側についてはJAEAの所掌設備となる。	2023/7/26			特に記載なし
追-33	緊急時対策	外部電源が喪失した際の予備電源について、種類、性能、設置場所、接続する系統等について説明すること。		補足説明資料2.6-3頁にて、非常用電源設備の種類、性能、設置場所及び接続される系統を記載した。	2023/7/26			
90	緊急時対策	非常用電源設備から給電される各種設備が電源喪失した場合でも、第2棟で求められる安全機能(遮蔽、閉じ込め、臨界防止)が維持される旨を説明すること。	2023/6/19	補足説明資料2.6.2-1～4頁にて、非常用電源設備から給電される各種設備が電源喪失した場合でも、第2棟で求められる安全機能(遮蔽、閉じ込め、臨界防止)が維持されることを記載した。	2023/7/26			

## 2.6 電源の確保

## 措置を講ずべき事項

- ・ 設計，設備について措置を講ずべき事項

### 6. 電源の確保

重要度の特に高い安全機能や監視機能を有する構築物，系統及び機器が，その機能を達成するために電力を必要とする場合においては，外部電源（電力系統）又は非常用所内電源のいずれからも電力の供給を受けられ，かつ，十分に高い信頼性を確保，維持し得ること。

外部電源系，非常用所内電源系，その他の関連する電気系統の機器の故障によって，必要とされる電力の供給が喪失することがないように，異常を検知しその拡大及び伝播を防ぐこと。

#### 2.6.1 措置を講ずべき事項への適合方針

##### (1)東京電力福島第一原子力発電所における電源の確保

重要度の特に高い安全機能や監視機能を有する構築物，系統及び機器に対し，外部電源又は非常用所内電源のいずれからも電力を供給でき，かつ，十分に高い信頼性を確保，維持しうる構成とする。

外部電源，非常用所内電源，その他の関連する電気系統設備の故障によって，必要とされる電力の供給が喪失することがないように，異常を検知し，異常箇所を切り離すことによりその拡大及び伝播を防止する。

(実施計画： -1-6-1)

##### (2)第2棟における電源の確保

放射性物質分析・研究施設第2棟（以下「第2棟」という。）の外部電源は，2系統より受電する設計とし1系統からの受電が停止した場合でも全ての負荷に給電できる構成とする。外部電源が喪失した場合でも，必要な設備に給電する非常電源設備を設置する。

外部電源及びその他関連する電気系統の設備故障により，必要な設備への電力供給が喪失することがないように，異常を検知し，異常箇所を切り離すことによりその拡大及び伝播を防止する。

(実施計画： -2-48-8)

### (3)使用許可基準規則における関連条文に対する方針

#### (非常用電源設備)

第二十七条 使用前検査対象施設には、外部電源系統からの電気の供給が停止した場合において、監視設備その他当該使用前検査対象施設の安全機能を確保するために必要な設備を使用することができるように、必要に応じて非常用電源設備を設けなければならない。

#### 第1項について

第2棟は、外部電源系統からの電気の供給が停止した場合において、監視設備その他当該施設の安全機能を確保するために必要な設備を使用することができるように、必要に応じて非常用電源設備を設ける設計とする。

### 2.6.2 対応方針

#### (1)第2棟における設計方針

新福島変電所から常時2系統(大熊線3号及び4号)の外部電源を福島第一原子力発電所南側66kV開閉所が受電する。南側66kV開閉所は二重母線構成のため、大熊線3号及び4号いずれかが停止となっても、所内共通変圧器2台への電力供給は維持される。また、新福島変電所からの2回線が停止している場合には、東北電力富岡変電所から受電する。

福島第一原子力発電所構内の電源系統は、南側66kV開閉所の下流に複数の所内共通メタルクラッド開閉装置(以下「所内共通M/C」という。)が設置され、所内共通M/C相互が接続されている。

第2棟は、近傍の所内共通M/Cから、本線・予備線の2系統で高圧受電し、万一、外部電源が喪失した場合でも、第2棟で設置する非常用電源設備から必要な設備に給電する。

所内共通M/C及び第2棟受変電設備の高圧母線及び高圧母線に接続する設備には、保護継電器を用いて異常を検知し、異常個所を切り離すことでその拡大及び伝播を防止する。

なお、第2棟で本線側の故障や異常が生じた場合は、短時間で予備線側に切り替えて給電を再開する。(別紙-1,2,3参照)

#### (2)構造及び設備

第2棟の電源設備に適用する規格は、日本産業標準調査会(JIS)、日本電機工業会規格(JEM)、電気学会電気規格調査会標準規格(JEC)、その他関連法令、条例及び規格を適用する。

第2棟における電源設備の設備構成は、受変電設備と非常用電源設備で構成され、受変電設備で降圧し、負荷用途、負荷の設置位置、幹線事故の影響及び保全性を考慮した設計とする。

放射性物質分析・研究施設第2棟の電源系統について

福島第一原子力発電所南側 66kV 開閉所から第2棟までの概略電源系統を図 2.6.1-1 に示す。

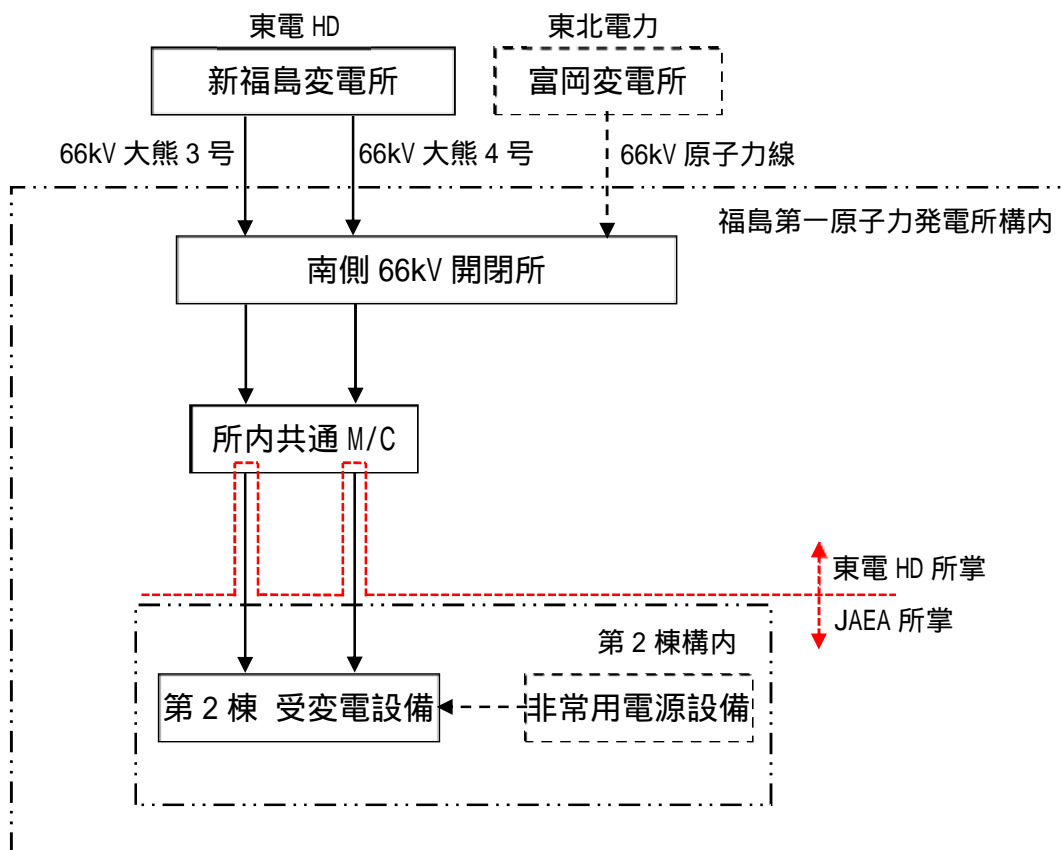
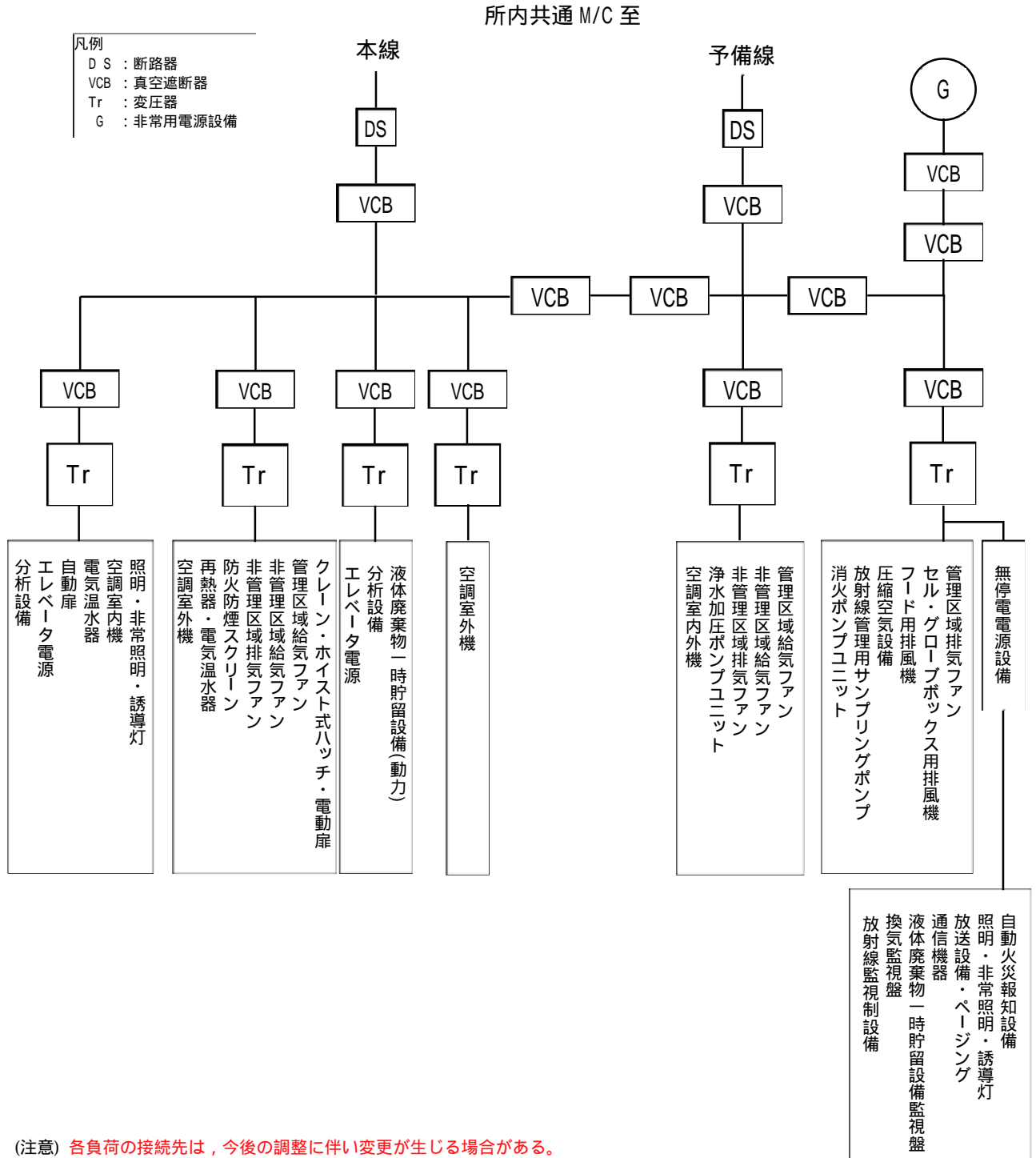


図 2.6.1-1 第2棟上流側の概略電源系統図

第2棟 受変電設備の概略電源系統図を図2.6.1-2に示す。



(注意) 各負荷の接続先は、今後の調整に伴い変更が生じる場合がある。

図2.6.1-2 第2棟受変電設備と非常用電源設備の概略電源系統図

第2棟 非常用電源設備の概略電源系統を図2.6.1-3に示す。

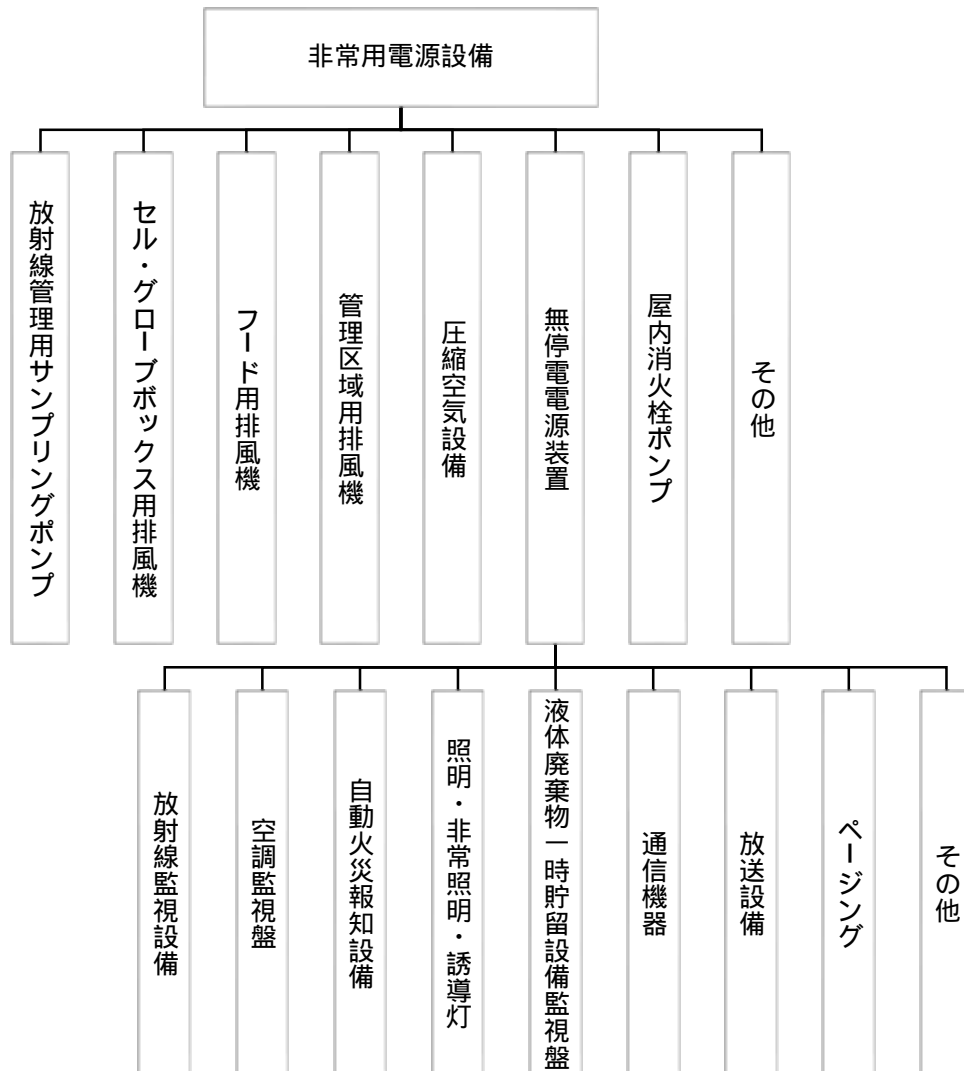


図2.6.1-3 非常用電源設備の概略電源系統

## 第2棟の外部電源喪失時における各設備への影響について

第2棟運用中に外部電源喪失した場合の各設備に与える影響や状況を下記に示す。

## (1) 換気空調設備

各送排風機及び圧縮空気設備(コンプレッサ)は、停止する。同時に管理区域用排気口手前の弁とコンクリートセル給排気側の第一弁が閉じ、コンクリートセルを閉じ込める。

停電保障時間10分の無停電電源設備に接続した空調監視盤と各部屋の差圧計は、監視を継続する。また、ある一定期間負圧が浅くなった場合に空調監視盤にて差圧警報が発報する。

次に、非常用電源設備から各排風機、圧縮空気設備及び無停電電源設備に給電するため、閉じ込め機能に影響は無い。万一、非常電源設備からの給電が無い場合は、コンクリートセルから直近の給排気弁を自動で閉止し、鉄セル及びグローブボックスから直近の給排気弁を手動で閉止することで、閉じ込め機能を維持する。また、フードは、前面スライド窓を手動で閉じて拡散を抑制する。

## (2) 放射線監視設備

各箇所に設置された検出器(線エリアモニタ、室内ダストモニタ)は、停電保障時間10分の無停電電源設備に接続した放射線監視盤で監視を継続する。

エアスニファ及びダストモニタに用いる放射線管理用サンプリングポンプが停止する。

次に、非常用電源設備から無停電電源設備、放射線管理用サンプリングポンプに給電し、サンプリングを継続する。万一、非常用電源設備からの給電が無い場合は、機動的対応により、携行機器を用いて排気口ダストモニタの監視を行う。

## (3) 液体廃棄物一時貯留設備

タンク内の攪拌及びタンク間移送中の液体廃棄物は、攪拌機及び移送ポンプの停止に伴い、液体廃棄物はタンク及び配管内に留まる。排出先の液体廃棄物は、自重で配管を通してタンクに収集するため電源喪失の影響を受けない。

停電保障時間10分の無停電電源設備に接続した液体廃棄物の現場監視盤は、液位及び漏えいの監視を継続する。

次に、非常用電源設備から無停電電源設備を経由し現場監視盤への給電が継続されるため、監視は継続する。万一、非常用電源設備からの電源が無い場合でも、液体廃棄物の移送は行わないため、他設備への影響は無い。



#### (4) 消防設備

自動火災報知設備は、無停電電源設備から給電し 10 分間火災監視を継続する。その後受信機内蓄電池に切り替えて監視を継続する

待機状態の防火防煙スクリーンは、待機状態を継続する。防火防煙スクリーン付近で火災を検知した場合は、自動火災報知設備の受信機から防火防煙スクリーンの自動閉鎖装置に信号を送り動作させる。

待機状態の屋内消火栓用ポンプは、電源を失うため停止する。自主設置の不活性ガス消火設備は、制御盤内の蓄電池からの給電に切り替え、待機状態を継続する。

次に、非常用電源設備から無停電電源設備を經由し自動火災報知設備の受信機及び制御盤は、蓄電池から切り替えを行い監視及び待機状態を継続する。屋内消火栓ポンプも同様に待機状態に戻る。万一、非常用電源設備からの給電が無い場合は、機動的対応により、リール式感知器、消火砂及び消火器で代替する。

#### (5) 通信設備

停電保障時間 10 分の無停電電源設備へ接続した放送設備、ページング、通信機器(ネットワーク機器、携帯電話機、衛星携帯電話機、固定電話機及び FAX)は、機能を維持する。

次に、非常用電源設備から無停電電源設備を經由し、通信設備の機能を維持する。万一、非常用電源設備からの給電が無い場合、携帯電話機や衛星携帯電話機の内蔵蓄電池を用いて受発信を行う。また、第 2 棟から免震重要棟に対して電池式のホットライン端末による連絡手段を確保する。

#### (6) 照明・非常照明・誘導灯

点灯していた照明は消灯し、消灯していた非常照明は、蓄電池からの給電に切り替えて、30 分間の間点灯する。常時点灯の誘導灯も蓄電池に切り替え 20 分間の点灯を継続し、建屋外へ誘導・避難させる。

次に、非常用電源設備から制御室、緊急時対策室及び電気室の照明・非常照明・誘導灯に給電し、照明は点灯し、非常照明は、蓄電池から給電を切り替えて消灯し蓄電池の充電を開始する。誘導灯は、充電を行いながら点灯を継続する。万一、非常用電源設備からの給電が無い場合は、機動的対応により、懐中電灯にて照明を確保する。

#### (7) クレーン、ホイスト式ハッチ

クレーン及びホイストの駆動部は、モーターと電磁ブレーキを組合せたもので、モーターの通電と同時に電磁ブレーキがバネの力に逆らってブレーキを開放し、モーターの通電が切れるとバネの力でブレーキが動作する。そのため、クレーン及びホイストの操作中においても、吊荷を保持し停止することから、他設備に与える影響は無い。また、復電後もバネによるブレーキが継続しているため、操作を再開しても他設備への影響は無い。

(8) 自動ドア・電動扉

自動ドア動作中にセンサーが機能喪失し、電源喪失時点の扉位置で停止する。手動でドアの開閉が可能であるため、電源喪失による影響は無い。

電動扉の開閉動作中は、扉がその状態で停止する。手動操作で扉を開閉できるため、電源喪失による影響は無い。

(9) エレベータ

エレベータ運行中に電源喪失した場合、エレベータ内の停電灯が自動点灯し、停電時自動着床装置により近傍下階まで運行後に扉を開放し避難する。その後エレベータは停止状態を維持し、運用しないため、他設備に与える影響は無い。

(10) 分析設備

分析作業中に電源喪失した場合は、分析作業を中止し、分析試料の処置をして避難することから、他設備へ与える影響は無い。

(11) その他機器

空調設備

非常用電源設備の運転から、制御室、緊急時対策室及び電気室について、空調設備による除熱を行う。万一、非常用電源設備からの電源が無い場合は、機器発熱が全て無くなるため、他設備に与える影響は無い。

浄水加圧ポンプユニット

電源喪失においても、受水槽から圧送する設備が無く、浄水は管内に留まることから他設備への影響は無い。

電気温水器

電源喪失後、温水を必要としない設計のため、他設備への影響は無い。

非常用電源設備の耐震クラスについて

セル・グローブボックス用換気空調設備の耐震クラスは、「東京電力ホールディングス株式会社福島第一原子力発電所における耐震クラス分類と地震動の適用の考え方（2022年11月16日）」に基づき、以下の評価結果からB<sup>+</sup>クラスと設定した。

1. 評価条件

- ・ コンクリートセル No.4 内の試料調製時に発生する燃料デブリの粉体の発生量を安全側に見積もり、粉体中の放射性物質がセル内の気相に移行<sup>1</sup>し、コンクリートセルの排気配管内の放射性物質を含む気体が直接周辺の室に放出され、さらに建屋から外部へ地上放出され、敷地境界に達したと想定する。
- ・ 建屋の除染係数  $10^{-2}$  を考慮する。

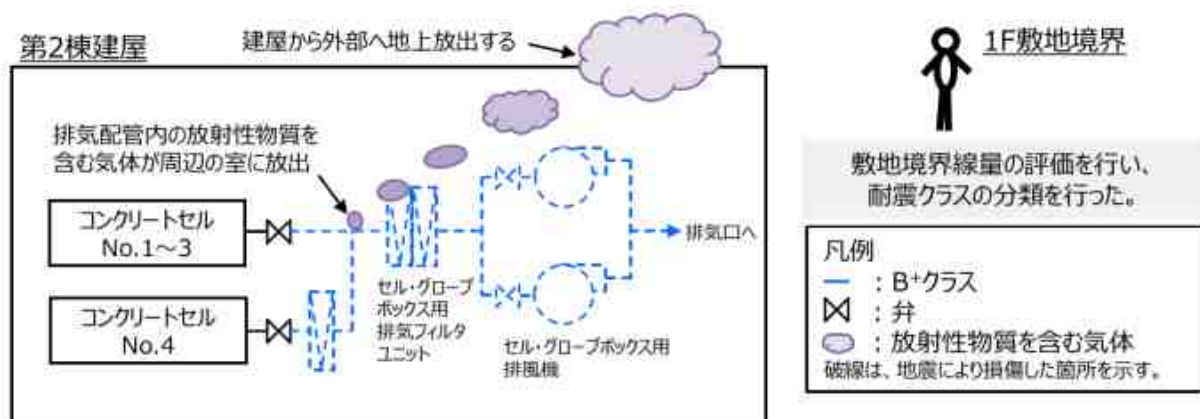


図 2.6.3-1 評価図

「東京電力ホールディングス株式会社福島第一原子力発電所における耐震クラス分類と地震動の適用の考え方（2022年11月16日）」のフローに従い耐震クラスを分類した。

表 2.6.3-1 評価結果

設備名称	敷地境界線量 (mSv)	耐震クラス
セル・グローブボックス用換気空調設備	$2.0 \times 10^{-1}$	B <sup>+</sup> クラス

- 1 燃料デブリ切断時の粉体から気相への放射性物質の移行率 1%（日本原子力学会「ホットラボの設計と管理」）。Kr 等の気体状の放射性物質は 100% 移行。
- 2 建屋の除染係数として気体状の放射性物質を除き、DF10 を考慮。

Elizabeth M.Flew, et al. "Assessment of the Potential Release of Radioactivity from Installations at AERE, Harwell. Implications for Emergency Planning". Handling of Radiation Accidents. International Atomic Energy Agency. Vienna, 1969, IAEA-SM-119/7

2. 機器毎の損傷による評価

2.1 セル・グローブボックス用換気空調設備の損傷時における敷地境界線量と耐震クラス

セル・グローブボックス用換気空調設備について、それぞれの機器が損傷したときの敷地境界線量を評価し、耐震クラス分類を行った。なお、「セル・グローブボックス用排風機の上流の弁より下流側」については、セル・グローブボックス用排気フィルタユニットの除染係数  $10^{-1}$  を考慮する。

セル・グローブボックス用換気空調設備の分割した各機器が損傷した場合の敷地境界線量、耐震クラスは以下のとおり。

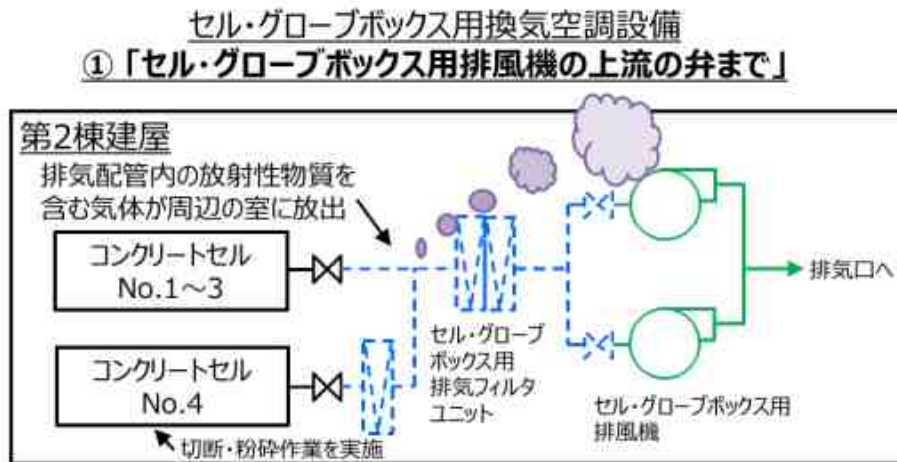


図 2.6.3-2 評価図

表 2.6.3-2 評価結果

設備名称	敷地境界線量 (mSv)	耐震クラス <sup>2</sup>
「セル・グローブボックス用排風機の上流の弁まで」	$2.0 \times 10^{-1}$	B <sup>+</sup> クラス

セル・グローブボックス用換気空調設備  
②「セル・グローブボックス用排風機の上流の弁より下流側」

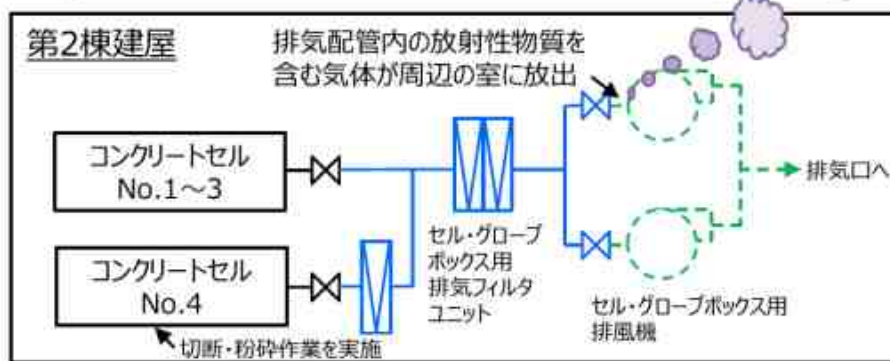


図 2.6.3-3 評価図

表 2.6.3-3 評価結果

設備名称	敷地境界線量 (mSv)	耐震クラス <sup>2</sup>
「セル・グローブボックス用排風機の上流の弁より下流側」	$2.8 \times 10^{-7}$	Cクラス

1 セル・グローブボックス用排気フィルタユニットは、基準粒子径  $0.15 \mu\text{m}$  以上に対して粒子捕集率 99.97%以上の JIS 規格品の高性能フィルタを 3 段使用する設計としている。

第 2 棟では、フィルタ 1 段目の除染係数を  $10^3$  とし、2 段目以降は 1 段あたりの除染係数を  $10^2$  として評価する。

2 第 2 棟の耐震 C クラスの設備が B クラスの地震により全て損傷した場合においても、敷地境界線量の合計値が耐震 C クラスの基準内であることを確認した。

よって、セル・グローブボックス用換気空調設備の耐震クラスは、「セル・グローブボックス用排風機の上流の弁まで」を B<sup>+</sup>クラス、「セル・グローブボックス用排風機上流の弁より下流側」を C クラスとする。

「東京電力福島第一原子力発電所における放射性物質の閉じ込め機能を有する 施設・設備に対する非常用電源設備の設置要否及び具体的な要件について」を踏まえると、非常用電源設備から給電するセル・グローブボックス用排風機は C クラスであることから、非常用電源設備は C クラスとなる。

## 2.2 フード用換気空調設備の損傷時における敷地境界線量と耐震クラス

フード用換気空調設備の損傷に伴い、フード内の燃料デブリ中の放射性物質の一部がフード内の気相に移行し、フードの排気配管内の放射性物質を含む気体が直接フード周辺の室に放出され、さらに建屋から外部へ地上放出され、敷地境界に達したと想定する。

フード用換気空調設備が損傷した場合の敷地境界線量、耐震クラスは以下のとおり。

表 2.6.3-4 評価結果

設備名称	敷地境界線量 (mSv)	耐震クラス
フード用換気空調設備	$2.8 \times 10^{-7}$	Cクラス

1 建屋の除染係数として気体状の放射性物質を除き、10を考慮。

Elizabeth M.Flew, et al. "Assessment of the Potential Release of Radioactivity from Installations at AERE, Harwell. Implications for Emergency Planning", Handling of Radiation Accidents. International Atomic Energy Agency. Vienna, 1969, IAEA-SM-119/7

2 燃料デブリ等の粉体から気相への放射性物質の移行率1% (日本原子力学会「ホットラボの設計と管理」)。Kr等の気体状の放射性物質は100%移行。

3 フードにおいて燃料デブリの切断は行わないが、取り扱う燃料デブリ全量が粉体化するものとし、2の移行率を用いた。

## 3. 耐震Cクラス設備が全て損傷した場合の線量評価

保守的な評価条件としてBクラスの地震により第2棟の電源が喪失し、非常用電源設備の給電ができなくなる、かつ、Cクラスの設備全てが損傷した場合における線量評価を実施した。Bクラスの地震により損傷する設備のうち、公衆被ばく影響を与える設備は、フード用換気空調設備、セル・グローブボックス用換気空調設備 (セル・グローブボックス用排風機の上流の弁より下流側) 及び液体廃棄物一時貯留設備である。

敷地境界線量の評価結果を(1)、(2)に示す。

### (1) 換気空調設備

設備名称	耐震クラス	敷地境界線量 <sup>1,2</sup> (mSv)
フード用換気空調設備 <sup>4</sup>	C	$2.7 \times 10^{-5}$
セル・グローブボックス用換気空調設備 (セル・グローブボックス用排風機の上流の弁より下流側)		$2.8 \times 10^{-7}$
計		$2.8 \times 10^{-5}$

### (2) 液体廃棄物一時貯留設備

設備名称	耐震クラス	敷地境界線量 <sup>1,3</sup> (mSv)
液体廃棄物一時貯留設備	C	$7.2 \times 10^{-6}$

1 建屋の除染係数として気体状の放射性物質を除き、10を考慮。

Elizabeth M.Flew, et al. "Assessment of the Potential Release of Radioactivity from Installations at AERE, Harwell. Implications for Emergency Planning", Handling of Radiation Accidents. International Atomic Energy Agency. Vienna, 1969, IAEA-SM-119/7

- 2 燃料デブリ等の粉体から気相への放射性物質の移行率 1% (日本原子力学会「ホットラボの設計と管理」)。Kr等の気体状の放射性物質は 100% 移行。
- 3 液体状の放射性物質の漏えい時の気相への移行率 0.02% ("Nuclear Fuel Cycle Facility Accident Analysis Handbook", NUREG/CR-6410)
- 4 フードにおいて燃料デブリの切断は行わないが、取り扱う燃料デブリ全量が粉体化するものとし、2の移行率を用いた。

両方の設備において、50  $\mu$ Sv 未満であることが確認できた。また、第 2 棟全体で電源喪失した場合における敷地境界線量の合計値は、 $3.6 \times 10^{-2} \mu$ Sv ( $=3.6 \times 10^{-5}$ mSv) となり、こちらも 50  $\mu$ Sv 未満であることを確認した。

#### 4. 結果

第 2 棟は、電源喪失の状態となっても、機動的対応により必要な機能を代替することにより、安全機能を確保できる。また、敷地境界における線量は、50  $\mu$ Sv 未満となる。

以上のことから、非常用電源設備は、耐震 C クラスのディーゼル発電機 1 台を設置し、外部電源復旧に要する 7 日間について電源確保できる設計とする。



番号	審査項目	指摘内容	指摘日	事業者回答	回答日	状況	指摘手段	備考
66	耐震設計	引き抜きによるアンカー部評価の結果について説明すること。	2020/7/30	2023/7/4の規制庁殿面談時の説明資料(基礎ボルト及びアンカー部コンクリートの評価結果)に基づき、補足説明資料の記載内容を追記記載する。	2023/7/4			・2021/6/9まとめ資料P.224, 255に記載あり
67	耐震設計	断面図だけでなく平面図にもコンクリートセルの場所を記載すること。	2020/7/30	補足説明資料2.14.2.1-1頁に、コンクリートセルを構成する壁等を赤枠で記すことで回答した。	2023/7/4			・申請書添付-2, 11等の平面図には記載あり ・2021/6/9まとめ資料P.199に記載はあるが、申請書添付-20耐震性等の平面図では明確な記載はなし
68	耐震設計	建屋に要求される機能のうち、遮蔽機能が求められる建屋の部位を明確にすること。また、密封機能についても、どの部位に求められどのように確保されるか説明すること。	2020/7/30	補足説明資料2.14.2.1-2頁に、遮へい機能の部位を示し、2.14.2.1-2頁以降に弾性範囲内であることを示した。	2023/7/4			・2021/6/9まとめ資料P.335, 336に記載あり ・これで全部か要確認)
161	耐震設計	公衆への被ばく影響の評価について、これまで示された評価は、使用施設等の基準において示されている評価方法、具体的には閉じ込め機能の喪失と遮へい機能の喪失及び1事故当たりの喪失の組み合わせを十分に考慮していないと考えるところ、設備毎に求められる安全機能を整理した上で、改めて耐震クラスの分類の際の影響評価として検討し説明すること。	2021/11/11	補足説明資料2.14.2.1-2頁に各設備の安全機能について示し、2.14.2.1-19頁に、各設備の公衆への被ばく影響を示した。	2021/11/14			
163	耐震設計	今回示された公衆への被ばく影響の評価の中で、遮へいがない場合が耐震クラス分類を行う際の評価に相当する。その上で、昨年9月8日に原子力規制委員会で「東京電力福島第一原子力発電所の耐震設計における地震動とその適用の考え方」を示す以前に申請され設計が進んでいた本件については、Ss900による耐震性の評価を確認した上で耐震クラス分類を確認することとするため、当該評価が終了し次第説明すること。	2022/1/14	補足説明資料2.14.2.1-1以降に記載した。	2022/11/25			
175	耐震設計	進め方として、Ss900体系による建屋の耐震性の評価を実施した後、建屋の地震影響を踏まえて敷地境界線量を評価し、その結果に応じて耐震クラス分類を決定することとしているが、最初に当該施設を構成する設備毎に安全機能及び単一で安全機能を喪失した場合の敷地境界線量への影響について整理し、耐震クラス設定についての考え方を示すこと。	2022/6/8	補足説明資料2.14.2.1-1頁以降に記載した。	2022/8/24 2022/11/25			
176	耐震設計	インベントリに応じ安全機能が喪失した状態で線量を評価した上で耐震クラス分類を設定し、その後設計の進捗状況等を勘案して適用する地震動を決定するという流れは、大筋で規制委員会の了承した流れに沿っているものの、スライド8ページの記載は耐震クラス分類を2度行うとの誤解を招く表現であり、表現の修正とともに耐震クラス分類した各設備に適用する地震動と応力評価基準等を整理し直して説明すること。	2022/8/24	補足説明資料2.14.2.1-1頁に、第51回規制委員会で示された新たな耐震クラスの設定フローに基づき実施することを記載した。	2022/11/25			
177	耐震設計	建屋、コンクリートセル等についてSs900に対して設計余裕を考慮した耐震評価結果となっていることを説明すること。	2022/8/24	補足説明資料2.14.2.1-4頁以降に、Ss900の耐震評価結果を示す。	2022/11/25			
178	耐震設計	線量評価の条件として、「試料ピットは堅牢な構造であり形状は維持されるため、臨界に達するおそれはない」としていることについて、耐震性の観点から根拠を説明すること。	2022/8/24	補足説明資料2.14.2.1-4頁以降に、コンクリートセルと試料ピットの耐震評価内容を示し、補足説明資料2.14.2.1-15頁に形状が変化した場合の確認結果を示した。	2022/11/25			
179	耐震設計	線量評価の条件として、「1 遮蔽機能は1か月(30日)で復旧できると想定」、「4 液体状の放射性物質の漏れ時の気相への移行率0.02%」としている根拠を説明すること。	2022/8/24	補足説明資料2.14.2.1-106頁に移行率0.02%の根拠を示す。 遮へい機能については、安全機能の喪失が継続する期間は、第103回特定原子力施設監視・評価検討会で示された7日間とし、敷地境界線量を評価した。	2022/11/25			
180	耐震設計	セル・グローブボックス用換気空調設備の線量評価の条件として、排気配管内の放射性物質の放出のみを考慮していることは換気空調設備がセル・グローブボックスと接続していることから適切でなく、セル・グローブボックス内からの放射性物質の放出を考慮すること。	2022/8/24	補足説明資料2.14.2.1-21頁に、コンクリートセルから気相に移行し放射性物質が放出される旨を記載した。	2022/11/25			
182	耐震設計	暫定的な耐震クラスに係る安全機能を失った際の公衆被ばく影響評価に関して、臨界量以上の燃料デブリを扱う設備については臨界防止機能が喪失した場合の影響も考慮すること。	2022/11/25	補足説明資料2.14.2.1-20頁に以下の内容を記す。 --- 臨界量以上の燃料デブリ等を扱う試料ピットについて、臨界に達した場合を想定し、公衆の被ばく影響を評価した結果、 $1.9 \times 10^2$ mSvとなる。	2023/7/4			
183	耐震設計	建屋の耐震をSクラスとしているため、その遮へい効果に期待して設備はB+として評価しているが、冒頭でこの考え方のロジックの説明を記載すること。	2022/11/25	補足説明資料2.14.2.1-1頁以降に、以下の内容を記す。 --- 建屋のSs900による耐震性評価の結果、建屋耐震壁及びコンクリートセル壁のせん断ひずみが許容限界( $2.0 \times 10^{-3}$ )を超えないことを確認した。 さらにJEAC4601を参考すると、「せん断ひずみの許容限界を満足している場合は、遮へい機能は保持されている」との記載があるため、遮蔽機能は維持されるものとして公衆被ばく影響を評価している。	2023/7/4			
184	耐震設計	消火設備等は放射性物質を内包する設備ではないが、地震により他設備の安全機能に影響を与える場合(例えば消火できずにセルの排気フィルタが消失等)は、安全機能の重要度に応じて当該設備と同じ耐震性を確保すること。	2022/11/25	補足説明資料2.14.2.1-108頁にて、地震時に消火機能を喪失しても、コンクリートセル、鉄セル及びグローブボックスの耐震クラス分類に影響を与えるような公衆被ばく線量の増加はないため、消火設備は耐震クラスCと分類する旨を記載した。	2023/7/4			



185	耐震設計	建屋、コンクリートセルの除染係数として10という値を用いているが、一律にこの値を用いる根拠について説明すること。	2022/11/25	補足説明資料2.14.2.1-107頁に、以下の内容を記す。 --- 除染係数(DF):10 Ss900による建屋の耐震性の評価結果から、建屋及びコンクリートセルは閉じ込め機能を維持できるため、以下の文献に基づき除染係数(DF)を設定した。 「Elizabeth M.Flew,et al."Assessment of the Potential Release of Radioactivity from Installations at AERE, Harwell. Implications for Emergency Planning".Handling of Radiation Accidents. International Atomic Energy Agency. Vienna, 1969, IAEA-SM-119/7」	2023/7/4			
187	耐震設計	資料1の耐震評価の考え方において、「原子力発電所耐震設計技術規程(JEAC4601)」を引用しているが、当該規程は原子力規制委員会としてエンドースしていないものであり、元の論文を引用する等、適切な形で評価すること。	2022/11/25	「JEAC4601に基づき」という記載を「JEAC4601を参考に」という記載に修正した。	2023/7/4			
188	耐震設計	資料1の耐震評価の考え方における耐震上の具体的な要求事項について、全体的に定性的な表現ではなく、評価結果の実態も考慮して、評価結果との関係で理解しやすいような表現に改めること。	2022/11/25	補足説明資料2.14.2.1-18頁で、「遮へい機能、閉じ込め機能、臨界防止機能が維持できることを確認した。」に示した。	2023/7/4			
190	耐震設計	資料2及び資料3の地盤モデルの設定根拠に関して、地盤調査の内容等を資料に明示すること、また使用済燃料乾式キャスク仮保管設備の地盤物性を用いることとした根拠等についても明示すること。	2022/11/25	補足説明資料2.14.2.1-30頁以降に以下の内容を記す。 --- 地盤調査の内容等を資料に明示した。 また、1F敷地内の西側に位置し、第2棟(T.P.+約40m)と同様な敷地高さ(T.P.+約38m)に設置されている使用済燃料乾式キャスク仮保管設備では、地層の連続性を確認した上で、福島第一原子力発電所 原子炉設置変更許可申請書より地盤物性値を適用しており、第2棟においても同様にボーリング調査により確認のうえ、地盤物性値を適用している。	2023/7/4			
191	耐震設計	コンクリートセルについて、現在の評価結果は建屋壁を含めた平均値を用いているが、コンクリートセル壁は建屋壁と厚さなどが異なることから、建屋とコンクリートセルを分離して評価すること。また、許容限界の考え方について、建屋の間接支持機能だけでなく、コンクリートセルの遮蔽機能及び閉じ込め機能に対しても整理すること。	2022/11/25	補足説明資料2.14.2.1-4頁以降に、コンクリートセル及び試料ピットに要求される機能について評価し、評価項目が許容限界であることを示した。	2023/7/4			
192	耐震設計	耐震評価の対象とする設備について、対象設備を類型化した上で、床応答加速度、評価対象部位や許容応力の設定の考え方を含めそれぞれのような評価を行うのが説明すること。また、今回の評価結果については、剛構造であることを前提とした評価を行っているが、その根拠となる固有値解析結果等を示すとともに、剛構造以外の設備(例えば評価対象となっていない設備としてマニピュレーター等)はどのように評価しているのか説明すること。	2022/11/25	補足説明資料2.14.2.1-83頁以降に、以下の内容を示す。 ・耐震評価の対象設備を類型化し、固有周期について設備ごとにまとめた。 ・評価対象部位が基礎ボルトであることを明確化した。  剛構造以外の設備(マニプレータ等)について、補足説明資料2.14.2.1-109頁の表2.14.2.1-93「パウンダリの取り方列のその他の欄」に示した。	2023/7/4			
193	耐震設計	耐震クラスの見直しによる耐震評価において、耐震Bクラス設備に適用される静的震度(1.8Ci)を用いた加速度の応答比倍率による評価を示しているが、措置を講ずべき事項では、適切な耐震上の区分の設定とそれに応じた設計用地震力に十分耐えることを要求していることから、変更申請においては適用する地震動による評価内容を提示すること。	2022/11/25	補足説明資料2.14.2.1-83頁以降に、内装設備の1/2Ss450機能維持について、応答倍率法ではなく、JEAC4601を参考にした評価を実施し、耐震性を有していることを確認する。一例として鉄セル遮へい体の評価結果を示す。	2023/7/4			
追-18	耐震設計	変更認可申請書及び説明資料においては、ローディングドック等で使用するクレーンに係る記載がないが、クレーンの重量等について説明するとともに、耐震に係る評価上クレーンの荷重等の考慮が不要であることを説明すること。		補足説明資料2.14.2-6頁に、第2棟には定格荷重(20t、5t)の計2基のクレーンの配置を計画しております。また、定格荷重20tのクレーンは、「クレーン機器重量約16t、吊荷重20t」、定格荷重5tのクレーンは、「クレーン機器重量約2.5t、吊荷重5t」であることを記載した。加えて、建屋の耐震設計では、クレーン構造規格や建築物荷重指針・同解説により、吊荷重量を除きクレーン機器重量を考慮して評価をしており、耐震性に問題ないことを確認したことを記載した。	2023/7/4			
追-19	耐震設計	塩酸含有廃液保管ラック及び有機廃液保管ラックに関して耐震設計の考え方を説明すること。		補足説明資料2.14.2-6頁に、塩酸含有廃液保管ラック及び有機廃液保管ラックは、取り扱う燃料デブリ等が少量であり、被ばく線量が極めて小さいことから、耐震Cクラスとしている。	2023/7/4			
85	閉じ込め機能 / 耐震設計	閉じ込め機能の確保の考え方に基づいて、電気系や弁等を含む設備全体の耐震クラスの整理をするとともに、異常時の弁の操作について説明すること。	2020/9/16	補足説明資料2.14.2.1-18頁に、各設備の耐震クラスを記載した。 閉じ込め機能の確保の考え方及び異常時の操作は、2.10放射性気体廃棄物の処理・管理に記載した。	2023/7/4			・耐震クラスについては別途確認中 ・2021/6/9まとめ資料P.393-400に自動閉止等の記載あり ・ただし設備の機能喪失+火災発生時等の弁の開閉操作については今後マニュアルを定める予定(要確認?)  【参考:東電関連説明 2021.2.3面談時】コンクリートセルの給排気弁(停電時に自動で閉止する弁)は、給電時であれば制御室にて開閉操作を行うことが可能である。

耐震設計	「東京電力ホールディングス株式会社福島第一原子力発電所における耐震クラス分類と地震動の適用の考え方」のフローに基づき暫定でSクラスであるものの、現実的な緩和対策を勘案してB+クラスとしている点について、Sクラスが担保できない点を含めて耐震に係る評価結果を網羅的かつ具体的に説明すること。	2023/1/24	補足説明資料2.14.2.1-1～77頁にて、試料ビット、コンクリートセルはSクラスと分類することを記載した。	2023/7/4			
耐震設計	Ss900による建屋の耐震性評価において、閉じ込め及び遮蔽機能の評価基準に、「原子力発電所耐震設計技術規程(JEAC4601)」で定めているせん断ひずみの値( $2.0 \times 10^{-3}$ )を用いているが、前回は指摘したとおりJEAC4601は原子力規制委員会でエンドースしておらず、また実用炉の審査ではその値を用いることの妥当性も含めて評価していることから、評価結果の記載については上記の耐震クラスの議論を踏まえた上で適切な内容に見直すこと。	2023/1/24	補足説明資料2.14.2.1-1～77頁にて、「原子力発電所耐震設計技術規程(JEAC4601)」を参考にして、評価を実施したことを記載した。	2023/7/4			
耐震設計	上記の耐震クラスの議論を踏まえ、必要に応じて耐震性評価を見直すこと、また下位クラス設備の破損等による上位クラス設備に対する波及的影響についても検討する必要があること。	2023/1/24	補足説明資料2.14.2.1-96頁にて、上位クラス設備に対する波及的影響を記載した。	2023/7/4			
耐震設計	マニプレータに係る説明に関連して、セル等の全ての貫通部や鉛ガラス部等について耐震、火災、負圧維持等の観点から、いずれの場合においても影響がないことを網羅的に説明すること。	2023/1/24	補足説明資料2.14.2.1-109,110頁にて、貫通部における鉛ガラス部等について耐震、火災、負圧維持等の観点から、いずれの場合においても影響がないことを記載した。	2023/7/4			
耐震設計	Ss900の評価結果等の「概ね弾性状態(スケルトンカーブの第2折れ点以下)」と記載している点について、どのような状態(例:鉄筋降伏には至らない状態等)を意味しているのか具体的に記載すること。	2023/2/13	補足説明資料2.14.2.1-6,7頁にて、スケルトンカーブの第2折れ点以下がどのような状態か具体的に記載した。	2023/7/4			
耐震設計	3.0Ciの耐震評価結果(検定比等)について、検定比が1.0を超過している部材の損傷程度を説明するとともに、各部材の機能維持に必要な強度との関係性や耐震上重要なセルやビットの機能への影響等について説明すること。	2023/2/13	補足説明資料2.14.2.1-9,10頁にて、検定比が1.0を超過している部材の損傷程度を記載した。また、2.14.2.1-16頁にて、ビットの機能への影響がないことを記載した。	2023/7/4			
耐震設計	耐震クラスについて、Ss900の解析・評価した結果等から実質上安全機能が喪失しないことからB+クラスにしたというならば、その考え方やロジック構築の経緯、昨年11月16日の原子力規制委員会で示した耐震クラスの設定の考え方のフローとの関係を整理して説明すること。	2023/2/13	補足説明資料2.14.2.1-1～77頁にて、試料ビット、コンクリートセルはSクラスと分類することを記載した。	2023/7/4			
耐震設計	暫定Sクラスとなるコンクリートセルや燃料ビット(以下「セル等」という。)の静的解析3.0Ciによる確認結果に関して、セル等及びその他部材の設置位置や役割(機能)を明確にした上で、検定比が1.0を上回る部材によるセル等への影響の有無について、断面図等を用いて各部材の設置位置及び役割の関係を踏まえて具体的に説明すること。その上で、当該部材が間接支持等でありセル等には波及的影響を及ぼさないのであればその根拠を説明すること。	2023/2/24	補足説明資料2.14.2.1-9,9～13頁にて、セル等及びその他部材の設置位置や役割(機能)を明確にした上で、検定比が1.0を上回る部材によるセル等への影響がないことを記載した。	2023/7/4			
耐震設計	地震時の破損・転倒等による上位クラス設備への波及的影響検討について、鉄セル遮へい体がセル等に波及的影響を及ぼす可能性がある事象を網羅的に検討した上で全体が分かるよう記載すること。	2023/2/24	補足説明資料2.14.2.1-98～104頁にて、上位クラス設備に対する波及的影響を記載した。	2023/7/4			
耐震設計	静的地震力の解析結果に係るコンクリートセル部への波及的影響関係について、波及的影響防止に係る「原子力発電所耐震設計技術規程(JEAC4601)」(2008年版)の記載について、「原子力発電所耐震設計技術指針(JEAG)」の記載等を確認の上、適切な記載に見直すこと。	2023/4/11	補足説明資料2.14.2.1-10～13頁にて、原子力発電所耐震設計技術指針(JEAG)に基づき確認した旨、記載の適正化を実施しました。	2023/7/4			
耐震設計	耐震性評価に係る基準として、JEAC4601にて定めているせん断ひずみの値( $2.0 \times 10^{-3}$ )を各所で用いているが、適切な内容に見直すこと。	2023/4/11	補足説明資料2.14.2.1-38, 51,52頁にて、せん断ひずみの評価基準値をスケルトンカーブの第2折れ点以下(概ね弾性範囲)であるように、記載しました。	2023/7/4			
耐震設計	東京電力福島第一原子力発電所で想定される自然現象に対する設計上の考慮として、地震と積雪等の荷重の組合せについても説明すること。	2023/4/11	補足説明資料2.14.2.1-27, 63～65頁にて、荷重及び荷重の組合せについて記載しました。	2023/7/4			
耐震設計	誘発上下動モデルについて、接地率と解析モデルの適用範囲との関係から、当該モデルの適用性について説明すること。	2023/4/11	補足説明資料2.14.2.1-42頁にて、接地率の評価結果を記載し、誘発上下動モデルの適用範囲内であることを記載しました。	2023/7/4			
耐震設計	第2棟の耐震評価における許容限界(概ね弾性範囲)について、以下の通り、記載の適正化を行うこと。 「原子力発電所耐震設計技術規程JEAC4601-2008」では、せん断ひずみに関する許容限界 $2.0 \times 10^{-3}$ 以下としているものの、閉じ込め機能等の観点から保守的に評価し、おおむね弾性範囲にとどめる。	2023/4/11	補足説明資料2.14.2.1-4頁にて、左記の通り、記載の見直しを行いました。	2023/7/4			
耐震設計	「2.2.2解析モデルの概要(2)建屋解析モデル(質点系モデル)概要」について、以下の通り、記載の適正化を行うこと。 建屋の耐震壁のスケルトンカーブ等については「原子力発電所耐震設計技術指針JEAC4601-1987」に基づくとともに、基礎浮き上がりの非線形性については、実用炉の審査実績がある誘発上下動モデルを「原子力発電所耐震設計技術規程JEAC4601-2008」を参考にして作成し、地震応答解析を実施する。	2023/4/11	補足説明資料2.14.2.1-5頁にて、左記の通り、記載の見直しを行いました。	2023/7/4			
耐震設計	耐震クラスが異なるコンクリートセル(Sクラス)及び鉄セル(B+クラス)について、鉄セルをコンクリートセルに接続して使用するため、Ss900地震時に鉄セルが破損してコンクリートセルに波及的影響を及ぼさないことを説明すること。	2023/4/11	補足説明資料2.14.2.1-98～104頁にて、上位クラス設備に対する波及的影響を記載しました。	2023/7/4			
耐震設計	鉄セルの解析モデル化に関して、モデル化の基となる鉄セルの構造図等を示すこと。また、固有値解析モデルと応力評価モデルで異なるモデルを使用している場合はその旨を示すとともに、固有値解析モデルでの拘束条件についても説明を追加すること。	2023/6/8	2023/7/4の面談にて説明予定。	2023/7/4			
耐震設計	鉄セルの遮へい体を支持しているコンクリートセル側の据え付け部の影響評価についても別途まとめ資料等で示して説明すること。また、コンクリートセル及び鉄セル間の物品等の搬出入部の耐震評価の必要性についても検討すること。	2023/6/8	次回面談にて説明予定。	2023/7/4			

自然現象に対する設計方針	使用許可基準規則の第11条(外部からの衝撃による損傷の防止)の解釈に記載されている「地滑り」、「火山の影響」を「地震以外の想定される自然現象」に追加すること。	2023/7/4	2.14.2-7頁にて、「地滑り」、「火山の影響」に対する設計上の考慮を記載した。	2023/7/26			
自然現象に対する設計方針	「地震以外の想定される自然現象」である「落雷」について、避雷針や接地について、準拠する法令等と具体的な準拠事項を追記すること。	2023/7/4	2.14.2.2-1.2頁にて、避雷針や接地に係る準拠法令等と具体準拠事項を記載した。	2023/7/26			
㉑ 自然現象に対する設計方針	「地震以外の想定される自然現象」について、溢水に対する設計上の考慮を示すこと。	2023/7/4	2.14.2-7頁にて、「溢水」に対する設計上の考慮を記載した。	2023/7/26			
㉒ 耐震設計	補足説明資料2.14.2.1-88で使用されている評価式について、出典を記載すること。	2023/7/4	補足説明資料2.14.2.1-88頁にて、評価式に係る参考文献を記載した。	2023/7/26			
㉓ 竜巻影響評価	想定される設計竜巻による飛来物について、現状の1Fを勘案した上で対象物を設定すること。	2023/7/4	2.14.2.3-5頁にて、竜巻影響評価に使用した設計飛来物とその設定根拠を記載した。	2023/7/26			
㉔ 竜巻影響評価	使用している評価モデルの妥当性を示すこと。	2023/7/4	2.14.2.3-15,16頁にて、使用している評価モデルを竜巻影響評価に適用することが妥当である旨を記載した。	2023/7/26			
㉕ 竜巻影響評価	竜巻影響評価に使用した設計竜巻の最大風速を92m/sと設定した妥当性を示すこと。	2023/7/4	2.14.2.3-3頁にて、竜巻影響評価に使用した設計竜巻の最大風速の設定根拠を記載した。	2023/7/26			
㉖ 耐震設計	設計を見直した鉄セルのアンカー部の変更点を明確にするため、アンカー部の設計について変更前後を評価結果(荷重の値も含む)と併せて説明すること。	2023/7/4	追而回答				
㉗ 耐震設計	AC(コンクリートのコーン状破壊面の有効投影面積)とアンカー部について網羅的に評価を行い、安全を確認していることを説明すること。	2023/7/4	追而回答				

## 2.14.2 自然現象に対する設計上の考慮への 適合性

## 措置を講ずべき事項

### ・設計，設備について措置を講ずべき事項

#### 14．設計上の配慮

施設の設計については，安全上の重要度を考慮して以下に掲げる事項を適切に考慮されたものであること。

##### 自然現象に対する設計上の考慮

- ・安全機能を有する構築物，系統及び機器は，その安全機能の重要度及び地震によって機能の喪失を起こした場合の安全上の影響を考慮して，耐震設計上の区分がなされるとともに，適切と考えられる設計用地震力に十分耐えられる設計であること。
- ・安全機能を有する構築物，系統及び機器は，地震以外の想定される自然現象（津波，豪雨，台風，竜巻等）によって施設の安全性が損なわれない設計であること。重要度の特に高い安全機能を有する構築物，系統及び機器は，予想される自然現象のうち最も苛酷と考えられる条件，又は自然力に事故荷重を適切に組み合わせた場合を考慮した設計であること。

### 2.14.2.1 措置を講ずべき事項への適合方針

#### (1) 東京電力福島第一原子力発電所における自然現象に対する設計上の考慮

##### 設計，設備について考慮する事項

- 施設の設計については，安全上の重要度を考慮して以下について適切に考慮したものとす

##### 自然現象に対する設計上の考慮

- ・安全機能を有する構築物，系統及び機器は，その安全機能の重要度，地震によって機能の喪失を起こした場合の安全上の影響（公衆被ばく影響）や廃炉活動への影響等を考慮した上で，核燃料物質を非密封で扱う燃料加工施設や使用施設等における耐震クラス分類を参考にして耐震設計上の区分を行うとともに，適切と考えられる設計用地震力に耐えられる設計とする。また，確保できない場合は必要に応じて多様性を考慮した設計とする。
- ・安全機能を有する構築物，系統及び機器は，地震以外の想定される自然現象（津波，豪雨，台風，竜巻等）によって施設の安全性が損なわれないものとする。その際，必要に応じて多様性も考慮する。重要度の特に高い安全機能を有する構築物，系統及び機器は，予想される自然現象のうち最も苛酷と考えられる条件，又は自然力に事故荷重を適切に組み合わせた場合を考慮したものとす。

（実施計画： -1-14）

#### (2) 第2棟における自然現象に対する設計上の考慮

##### 地震に対する設計上の考慮



第2棟の建屋及び設備の耐震設計は、「東京電力ホールディングス株式会社福島第一原子力発電所における耐震クラス分類と地震動の適用の考え方」(第51回原子力規制委員会資料,令和4年11月16日)に基づき,クラス別分類して設計する。また,その耐震性の評価に当たっては,「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987」等に示されている手法を準用する。

地震による機能喪失を想定した場合の影響を評価し,「東京電力ホールディングス株式会社福島第一原子力発電所における耐震クラス分類と地震動の適用の考え方」に基づき定めた耐震クラスが「使用施設等の位置,構造及び設備の基準に関する規則」を考慮した設計とする。

地震以外に想定される自然現象(津波,豪雨,台風,竜巻等)に対する設計上の考慮

第2棟は,地震以外の想定される自然現象(津波,豪雨,台風,竜巻等)によって施設の安全性が損なわれない設計とする。

### (3) 使用許可基準規則における関連条文に対する方針

#### 使用許可基準規則

(使用前検査対象施設の地盤)

#### 第八条

- 1 使用前検査対象施設は,次条第二項の規定により算定する地震力(安全機能を有する使用前検査対象施設のうち,地震の発生によって生ずるおそれがあるその安全機能の喪失に起因する放射線による公衆への影響の程度が特に大きいもの(以下この条及び次条において「耐震重要施設」という。)にあつては,同条第三項の地震力を含む。)が作用した場合においても当該使用前検査対象施設を十分に支持することができる地盤に設けなければならない。
- 2 耐震重要施設は,変形した場合においてもその安全機能が損なわれるおそれがない地盤に設けなければならない。
- 3 耐震重要施設は,変位が生ずるおそれがない地盤に設けなければならない。

#### 第1項について

第2棟は,地震の発生によって生ずるおそれがある当該施設の安全機能の喪失に起因する放射線による公衆への影響の程度に応じて算定する地震力が作用した場合においても,第2棟を十分に支持することができる地盤に設ける設計とする。

#### 第2項について

第2棟の支持地盤は,新第三紀富岡層(砂質泥岩,シルト岩,砂岩)に支持し,第2棟の建屋基礎は直接基礎で人口岩盤(MMR)を介して新第三紀富岡層に支持する設計であるため,変形した場合においてもその安全機能が損なわれる恐れのない地盤に設ける設計とする。

#### 第3項について

第2棟の支持地盤は,新第三紀富岡層(砂質泥岩,シルト岩,砂岩)に支持し,第2棟の建屋基礎は直接基礎で人口岩盤(MMR)を介して新第三紀富岡層に支持する設計であるため,変位が生ずるおそれがない地盤に設ける設計とする。

(地震による損傷の防止)

第九条

- 1 使用前検査対象施設は、地震力に十分に耐えることができないものでなければならない。
- 2 前項の地震力は、地震の発生によって生ずるおそれがある使用前検査対象施設の安全機能の喪失に起因する放射線による公衆への影響の程度に応じて算定しなければならない。
- 3 耐震重要施設は、その供用中に当該耐震重要施設に大きな影響を及ぼすおそれがある地震による加速度によって作用する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。
- 4 耐震重要施設は、前項の地震の発生によって生ずるおそれがある斜面の崩壊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。

第1項について

第2棟の設備に係る耐震設計は、耐震設計審査指針に基づき耐震設計上の重要度に応じてクラス別分類を行うとともに、原子力発電所耐震設計技術指針（JEAG4601-1987）等に基づき、耐震性評価を行う。

第2項について

第2棟は、地震の発生によって生ずるおそれがある当該施設の安全機能の喪失に起因する放射線による公衆への影響の程度に応じて算定する地震力に、十分に耐えることができる設計とする。

第3項について

第2棟は、その供用中に当該施設に大きな影響を及ぼすおそれがある地震による加速度によって作用する地震力に対して安全機能が損なわれるおそれがない設計とする。

第4項について

第2棟は、その供用中に当該施設に大きな影響を及ぼすおそれがある地震の発生によって生ずるおそれがある斜面の崩壊に対して安全機能が損なわれるおそれがない設計とする。

(外部からの衝撃による損傷の防止)

第十一条 使用前検査対象施設は、想定される自然現象（地震及び津波を除く。次項において同じ。）が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない。

2 安全上重要な施設は、当該安全上重要な施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により当該安全上重要な施設に作用する衝撃及び設計評価事故時に生ずる応力を適切に考慮したものでなければならない。

第1項について

第2棟は、想定される自然現象（地震及び津波を除く。）が発生した場合においても安全機能を損なわない設計とする。

第2項について

第2棟は、当該施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により当該施設に作用する衝撃及び設計評価事故時に生ずる応力を適切に考慮した設計とする。

#### 2.14.2.2 対応方針

具体的な対応方針を以下に示す。

##### (1) 地震に対する第2棟の設計上の考慮（別紙-1参照）

###### 建屋

第2棟は、「東京電力ホールディングス株式会社福島第一原子力発電所における耐震クラス分類と地震動の適用の考え方」（第51回原子力規制委員会資料，令和4年11月16日）に基づき、耐震設計上の重要度に応じてクラス別分類を行うとともに、耐震性評価を行う。

なお、設計は建築基準法に準拠し、積雪荷重及び風圧についても評価する。

第2棟は、鉄筋コンクリート造の地上2階、地下1階、平面寸法35.0m（EW方向）×28.0m（NS方向）、地上高さ17.3mの建物である。基礎は直接基礎で、人工岩盤を介して富岡層に支持させる。

建屋に加わる地震時の水平力は、主に外周部及び建物内部に設けた耐震壁にて負担する。

###### 設備

###### i) 設備に係る耐震設計方針

第2棟の設備に係る耐震設計は、「東京電力ホールディングス株式会社福島第一原子力発電所における耐震クラス分類と地震動の適用の考え方」（第51回原子力規制委員会資料，令和4年11月16日）に基づき、耐震設計上の重要度に応じてクラス別分類を行うとともに、「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987」等に基づくとともに、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」を参考に耐震性評価を行う。また、耐震B+クラスの各設備は、剛構造（固有周期：0.05s以下）とする。



) クレーンの重量及び耐震上の考慮について

第2棟には、定格荷重(20t, 5t)の計2基のクレーンの配置を計画している。定格荷重20tは、「クレーン機器重量約16t, 吊荷荷重20t」、定格荷重5tは、「クレーン機器重量約2.5t, 吊荷荷重5t」となる。

建屋の耐震設計では、クレーン構造規格や建築物荷重指針・同解説により、吊荷重量を除きクレーン機器重量を考慮して評価をしており、耐震性に問題ないことを確認した。

) 塩酸含有廃液保管ラック、有機廃液保管ラックの耐震設計の考え方について

塩酸含有廃液保管ラック及び有機廃液保管ラックは、取り扱う燃料デブリ等が少量であり、被ばく線量が極めて小さいことから、耐震Cクラスとする。

## (2) 地震以外の想定される自然現象(津波, 豪雨, 台風, 竜巻等)に対する第2棟の設計上の考慮

第2棟は、地震以外の想定される自然現象(津波, 豪雨, 台風, 竜巻等)によって、施設の安全性が損なわれないよう設計する。

### 津波

第2棟は、津波が到達しないと考えられるT.P. + 約40mの場所に設置することにより、津波の影響を受けない設計とする。

### 豪雨

豪雨に対しては、屋根面の排水等、適切な排水を行う設計とする。

### 積雪

積雪時に係る建屋の設計は、建築基準法及び関係法令、福島県建築基準法施行細則第19条に基づく積雪荷重(積雪量: 30cm, 単位荷重  $20\text{N}/\text{m}^2/\text{cm}$ )に耐えられる構造とすることにより、積雪に対して、その安全性が損なわれない設計とする。

なお、その積雪荷重は、その地方における垂直積雪量を考慮したものとする。

### 落雷(別紙-2参照)

第2棟建屋に避雷針の設置、機器接地等により落雷による損傷を防止する設計とする。

### 台風(強風・高潮)

台風など暴風時に係る建屋の設計は、建築基準法及び関係法令に基づく風圧力(基準風速:  $30\text{m}/\text{s}$ )に対して耐えられる構造とすることにより、強風(台風等)に対して、その安全性が損なわれない設計とする。

なお、その風圧力は、その地方における観測記録に基づくものとする。

高潮は、T.P. + 約40mの場所に設置することにより、影響を受けない設計とする。

#### 竜巻（飛来物含む）（別紙-3 参照）

竜巻による影響がないように設計する。竜巻注意報が発生した場合、竜巻による設備損傷の恐れを考慮して、運転員が手動により第2棟制御室から設備を停止できる設計とする。

#### 凍結

第2棟は鉄筋コンクリート造であるため、凍結により建屋が損傷するおそれはない。また、屋外配管に対しては、保温材の設置等の対策を講じることにより、凍結に対して、その安全性が損なわれない設計とする。

#### 紫外線

第2棟は、建屋外壁への塗装等により、紫外線に対して、その安全性が損なわれない設計とする。

#### 高温

第2棟は、福島第一原子力発電所近傍の気象観測記録として過去に計測された最高気温を踏まえて、適切な材料、機器等を選定することにより、高温に対して、その安全性が損なわれない設計とする。

#### 生物学的事象

小動物等の襲来により、建屋貫通孔等からの小動物の侵入が想定されるため、建屋貫通孔や電路端部等に対してシール材を施工することにより、侵入を防止する設計とする。

#### 地滑り（別紙-4 参照）

第2棟は、斜面からの離隔を確保し、地滑りのおそれがない位置に設置する設計とする。

#### 火山の影響

火山の影響により、第2棟に火山灰が降下してきた場合は、屋上階の降灰をシャベル、塵取り等を用いて除去する。また、火山灰により建屋の給気フィルタに目詰まりが生じた場合は給気フィルタを交換し、目詰まりを解消する。火山灰の降灰により送電線が切断され、外部電源の喪失が発生した場合は、非常用電源設備から給電し、監視設備等の機能を確保する設計とする。

#### 溢水

建屋外部における溢水源としては、換気設備のチラーとして使用する屋上階の冷温水配管、地面を浸透した雨水の地下階への流入が挙げられる。外部溢水が発生した場合においても第2棟の安全機能を損なわないようにするため、屋上階の冷温水配管からの溢水は、屋上の雨水排水設備により排水される設計とする。また、地面を浸透した雨水は、地下階に流入しないよう壁面に防水対策を施し、地下階に流入したとしても地下ピットへ流れ込む設計とする。

建屋内部における溢水源としては、浄水タンク、浄水配管、消火配管が挙げられる。内部溢水が発生した場合においても第2棟の安全機能を損なわないようにするため、浄水タンクは地下階の非管理区域（換気空調設備室(2)）に設置する設計とする。また、浄水配管、消火配管は、コンクリートセル上部に設置しない設計とする。

その他

- ・ 森林火災 (別紙-5 参照)

第2棟は、周囲の森林から20m以上の離隔幅を確保し森林火災から防護する設計とする。

## 第2棟の耐震評価について

## 1. 耐震クラス設定のフローと考え方

第2棟の耐震クラスは、第51回原子力規制委員会で示された文書「東京電力ホールディングス株式会社福島第一原子力発電所における耐震クラス分類と地震動の適用の考え方（令和4年11月16日）」のフローに従い設定しており、以下に概要を示す。

## 1.1 「1- :地震により安全機能を失った際の公衆への被ばく影響に基づき暫定的に耐震クラスを設定」

燃料デブリ等の受入、加工、保管等を行うコンクリートセル，試料ピットについては、安全機能（遮へい、閉じ込め）を失った場合、敷地境界の実効線量が5mSvを超える（他の設備は5mSv未満）

また、試料ピットにおいては臨界量以上の燃料デブリ等を取り扱うため形状を管理

以上から、コンクリートセル，試料ピットは暫定Sクラス，これ以外の設備は暫定Bクラス又は暫定Cクラスと分類

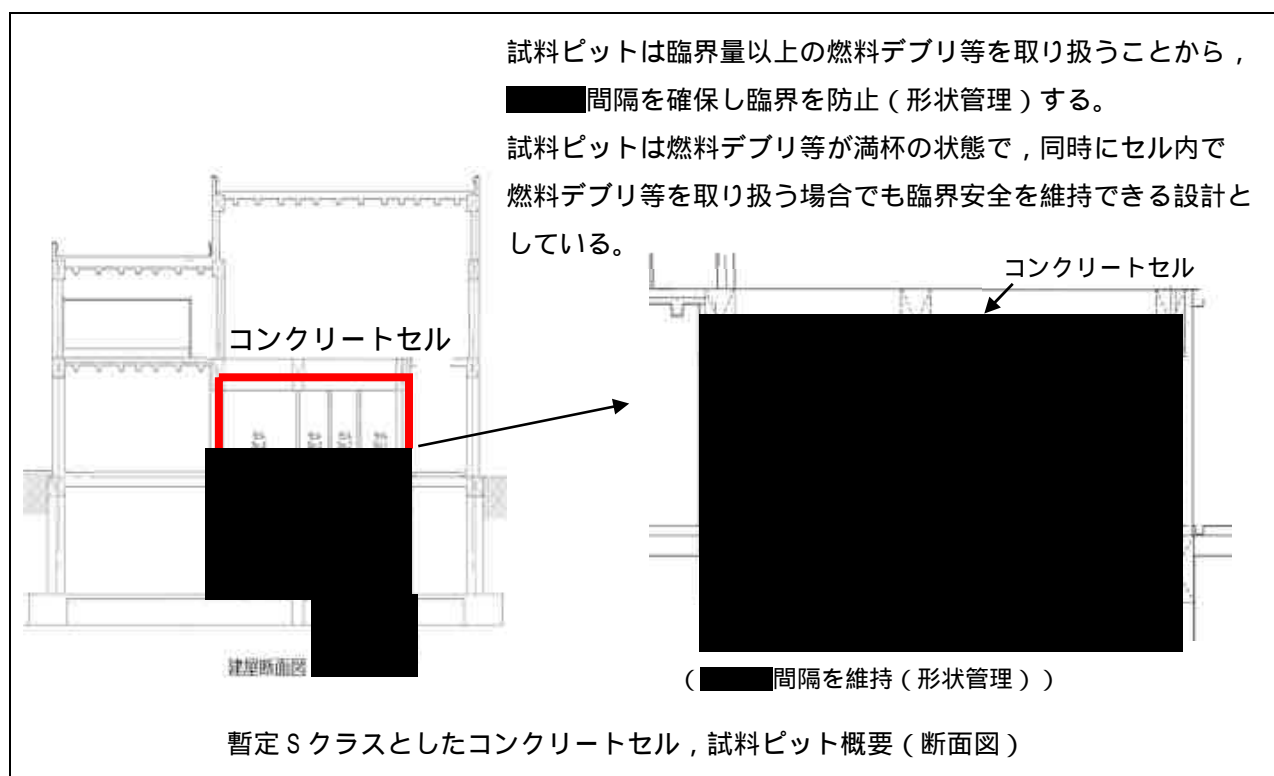


図 2.14.2.1-1 建屋断面図・部分拡大図

1.2 「1- :現実的な緩和対策を考慮(被ばく評価期間,放射線防護対策,建屋耐震設計など)」  
暫定Sクラスとした「コンクリートセル」及び「試料ピット」について耐震Sクラス相当の実力を有していることを評価

建屋(コンクリートセル,試料ピット含む)について,動的地震力 Ss900 を用いて耐震性(復元力特性)を評価した結果,おおむね弾性範囲に収まることを確認できたため,Sクラス相当の耐震性を有すると判断

同様に動的地震力 Sd450 を用いて耐震性(復元力特性)を評価した結果においても,おおむね弾性範囲に収まることを確認できたため,Sクラス相当の耐震性を有すると判断

静的地震力 3.0Ci と動的地震力 Ss900 の地震力(層せん断力)を比較すると,動的地震力 Ss900 が静的地震力 3.0Ci を上回ることを確認しているため,Ss900 でおおむね弾性範囲に収まることからSクラス相当の実力があると判断

また,静的地震力 3.0Ci を用いて耐震性(部材毎の短期許容応力)を評価した結果,コンクリートセル及び試料ピットについては,許容応力を満たすことを確認した。

以上から,コンクリートセル及び試料ピットの耐震クラスをSクラスとする。

## 2. 地震により安全機能を失った際の耐震クラス分類

地震により安全機能を失った際の公衆への被ばく影響を評価し,耐震クラスを分類する。

### (1) 要求される安全機能

設計においては,既存ホットラボを参考に各設備での燃料デブリの取扱量を考慮して,以下の安全機能を要求している

表 2.14.2.1-1 各設備の安全機能

設備名称	安全機能
建屋	遮へい(一部の壁,天井等 <sup>1</sup> ),間接支持機能
コンクリートセル	閉じ込め,遮へい機能
試料ピット	遮へい,臨界防止機能
鉄セル	閉じ込め,遮へい機能
グローブボックス	閉じ込め機能 <sup>2</sup>
フード	閉じ込め機能 <sup>2</sup>
液体廃棄物一時貯留設備	閉じ込め機能 <sup>2</sup>
セル・グローブボックス用換気空調設備	閉じ込め機能 <sup>2</sup>
フード用換気空調設備	閉じ込め機能 <sup>2</sup>

1 液体廃棄物一時貯留室の天井の一部,固体廃棄物準備室の天井及び一部の壁に遮へい機能を要求する。

2 取り扱う燃料デブリ等が少量であり,被ばく線量が極めて小さいため,遮へい機能は要求しない。

(2) 第2棟の暫定耐震クラス

コンクリートセル，試料ピットは暫定 S クラス，これ以外は暫定 B 又は C クラスとなることから，第2棟は暫定 S クラスに分類される。

2.1 地震により安全機能を失った際の耐震クラス分類

地震により安全機能を失った際（建屋，コンクリートセルの壁・天井等が無い場合）の公衆への被ばく影響を評価し，耐震クラスを分類した。結果を以下に示す。

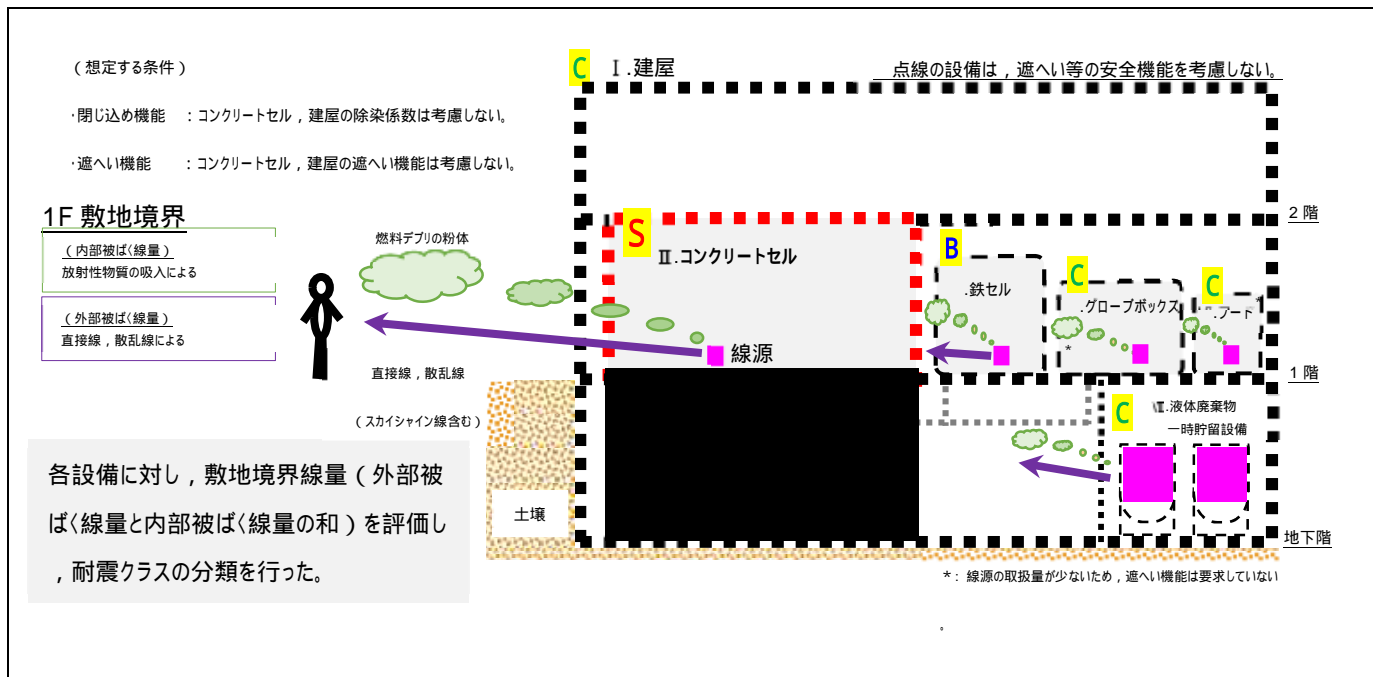


図 2.14.2.1-2 第2棟の耐震クラス分類

「東京電力ホールディングス株式会社福島第一原子力発電所における耐震クラス分類と地震動の適用の考え方（令和4年11月16日）」のフローに従い耐震クラスを分類した。

表 2.14.2.1-2 各設備の暫定耐震クラス

No.	設備名称 <sup>1</sup>	敷地境界線量 (mSv)	暫定耐震クラス
	建屋	$6.5 \times 10^{-4}$	暫定 C クラス
	コンクリートセル	$1.4 \times 10^2$	暫定 S クラス
	試料ピット	$> 1.9 \times 10^2$	暫定 S クラス
	鉄セル	2.8	暫定 B クラス
	グローブボックス	$2.7 \times 10^{-4}$	暫定 C クラス
	フード	$2.7 \times 10^{-4}$	暫定 C クラス
	セル・グローブボックス用換気空調設備	2.0	暫定 B クラス
	液体廃棄物一時貯留設備	$7.2 \times 10^{-5}$	暫定 C クラス

1：上記の設備の他，フード用換気空調設備，管理区域用換気空調設備，消火設備，固体廃棄物払出準備設備についても評価を行い，耐震クラスを分類した。

地震により安全機能を失った際の被ばく評価を行った結果、コンクリートセル、試料ピットは暫定 S クラス、これ以外の設備は暫定 B 又は暫定 C クラスと分類した。

## 2.2 現実的な緩和対策の考慮について

### (1) 暫定 S クラス設備に要求される安全機能

表 2.14.2.1-3 暫定 S クラス設備に要求される安全機能

設備名称	要求される安全機能
コンクリートセル	壁，天井等による遮へい機能
	壁，天井等による閉じ込め機能
試料ピット	コンクリート躯体による遮へい機能
	試料ピットの形状維持による臨界防止機能

(2) 上記の暫定 S クラス設備が S クラスの実力があるか確認するため、下記の耐震評価を行う。

表 2.14.2.1-4 各評価項目における耐震評価

	項目	地震力	評価項目	許容限界
	コンクリートセル， 試料ピット	Ss900	耐震壁のせん断ひずみ	おおむね弾性範囲にとどまること
		Sd450	耐震壁のせん断ひずみ	おおむね弾性範囲にとどまること
		3.0Ci	柱・梁・壁部材の応力	短期許容応力度以下
	地盤	Ss900	接地圧	極限支持力度以下

「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」では、せん断ひずみに関する許容限界  $2.0 \times 10^{-3}$  以下としているものの、閉じ込め機能等の観点から保守的に評価し、おおむね弾性範囲にとどめる。

なお、Ss900 による耐震評価の結果を基に、地震により試料ピットが変形した場合の臨界安全についても評価を行う。

### 2.2.1 第 2 棟の建屋構成部材に要求される S クラス相当の機能について

- ・コンクリートセル部( )を間接支持する部分は、Ss900 に対して間接支持機能が要求される。
- ・S クラス相当の耐震性が要求される範囲は、コンクリートセル部となる。
- ・第 2 棟の各部位に求められる機能要求は、以下の図 2.14.2.1-3 に示す。

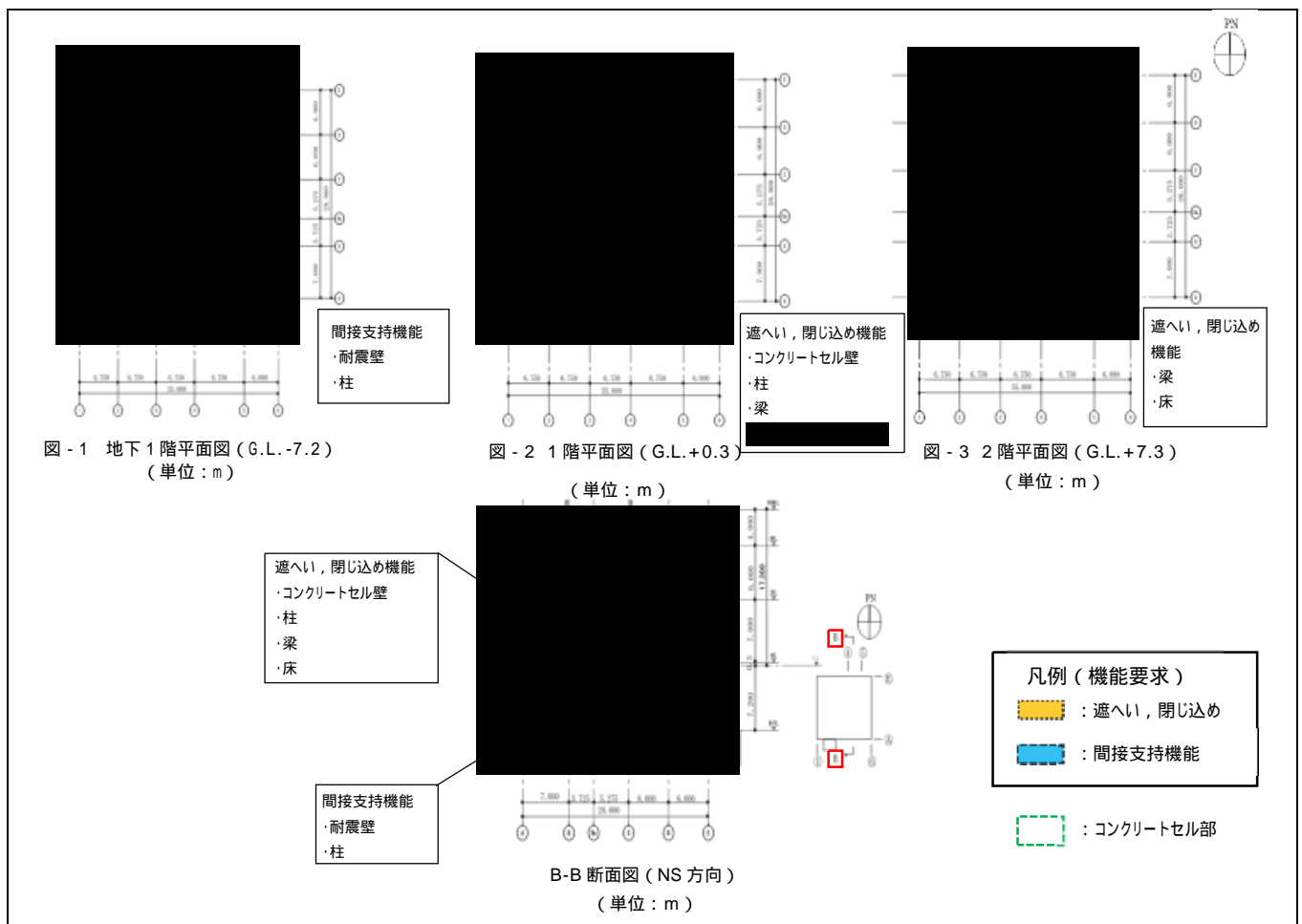


図 2.14.2.1-3 S クラス相当に求められる機能要求と対象範囲

## 2.2.2 動的地震力による耐震性評価

### (1) 建屋概要

- ・構造 : 鉄筋コンクリート造
- ・階数 : 地上2階, 地下1階
- ・基礎 : 直接基礎で人工岩盤 (MMR) を介して富岡層 (砂質泥岩 ~ 泥岩) に支持
- ・平面寸法 : 35.0m (EW 方向) × 28.0m (NS 方向)
- ・基礎形状 : 40.0m (EW 方向) × 37.6m (NS 方向)
- ・地上高さ : 17.3m

### (2) 建屋解析モデル (質点系モデル) 概要

建屋の耐震壁のスケルトンカーブ等については「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987」に基づくとともに, 基礎浮き上がりの非線形性については, 実用炉の審査実績がある誘発上下動モデルを「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」を参考にして作成し, 地震応答解析を実施する。



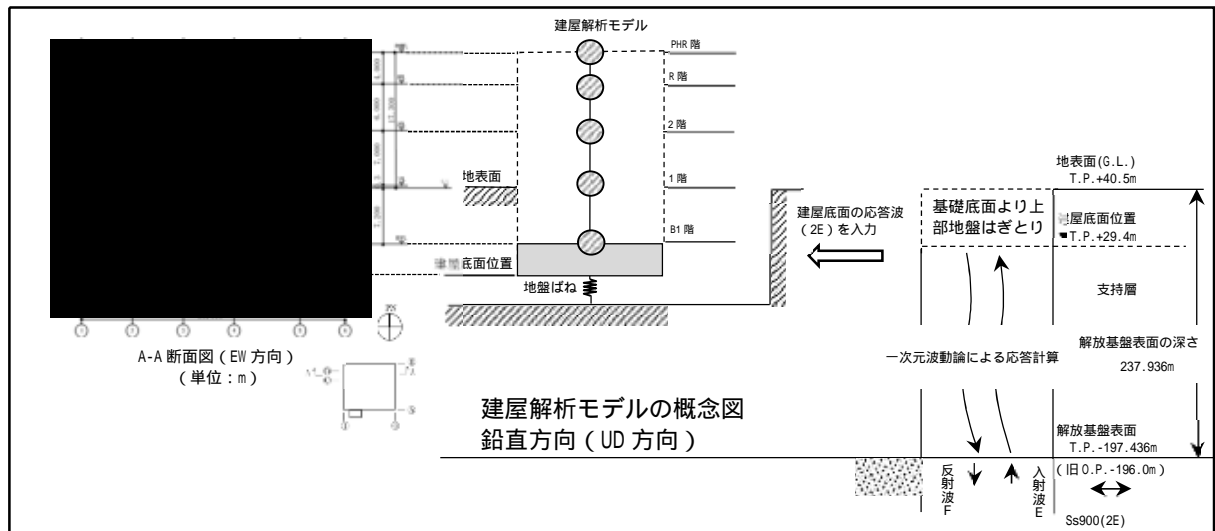
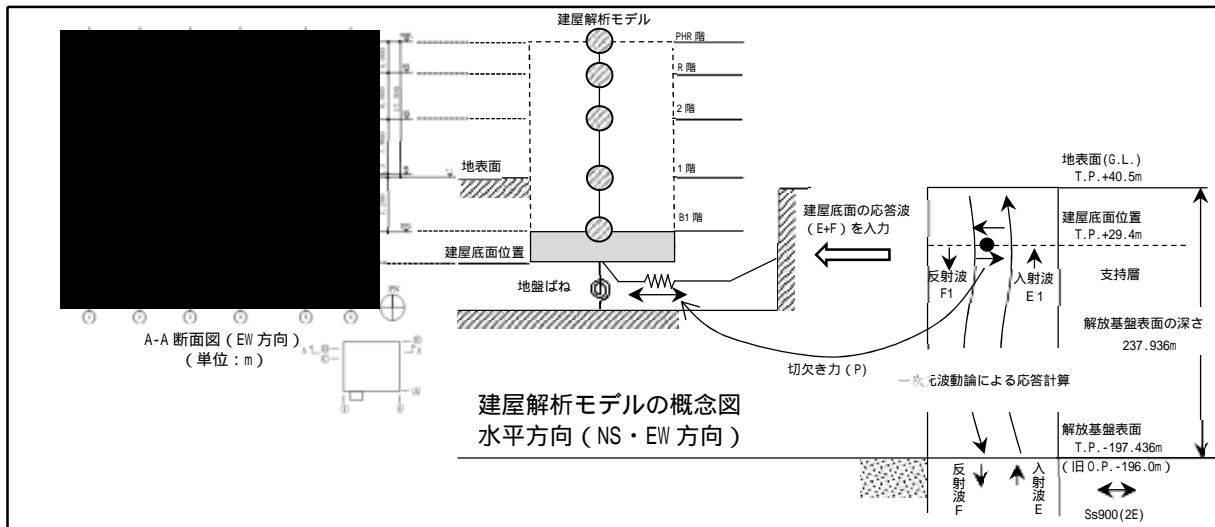


図 2.14.2.1-4 建屋解析モデル概念図

### (3) 鉄筋コンクリート造耐震壁の復元力特性の評価法

- ・原子力施設のような耐震壁を主体とした建屋では塑性変形を考慮し、耐震壁に生じるせん断応力度とせん断ひずみの関係（スケルトンカーブ（ - ）<sup>1</sup>）において、評価する。
- ・一般的には、スケルトンカーブ（ - ）関係は、第1折れ点付近でコンクリートにひび割れが生じ、第2折れ点付近で鉄筋が降伏するとされている。そのため、第2折れ点付近にとどまると、おおむね弾性状態であると考えられ、変形は著しく発生せず、地震後の残留ひずみは小さいことから、遮へい、閉じ込め機能を有するものと考えられる。
- ・このため、第2棟の建屋の地震応答解析は、おおむね弾性状態であることを確認する。

1 鉄筋コンクリート造耐震壁の復元力特性の評価法「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAG4601-1987」

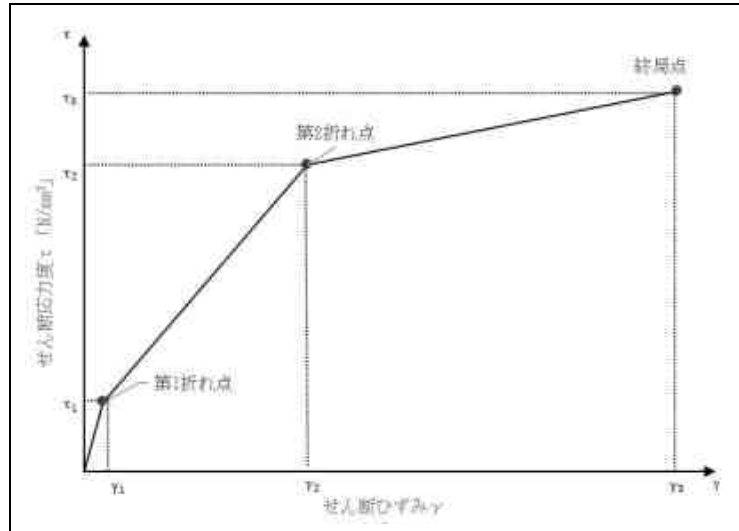


図 2.14.2.1-5 スケルトンカーブ (  $\sigma$  -  $\gamma$  関係 )

- ・ 第 1 折れ点  
一般的に第 1 折れ点付近でコンクリートにひび割れが生じるとされている点
- ・ 第 2 折れ点  
一般的に第 2 折れ点付近で鉄筋が降伏するとされている点
- ・ 終局点  
終局せん断ひずみとされている点 (  $\gamma = 4.0 \times 10^{-3}$  )

#### (4) 動的地震力による耐震性評価の確認結果

##### 動的地震力 Ss900 による確認結果

Ss900<sup>1</sup>における建屋各層のせん断応力度-せん断ひずみ関係は、図 2.14.2.1-6 のスケルトンカーブ (  $\sigma$  -  $\gamma$  ) 関係となる。

各層に発生するせん断応力度におけるせん断ひずみは、Ss900<sup>1</sup> に対しいずれも  $2.0 \times 10^{-3}$  以下であり、また、第 2 折れ点を超過しないことから、建屋はおおむね弾性範囲にとどまり、コンクリートセル部は S クラス相当の耐震性を有することを確認した。

<sup>1</sup> Ss900 ( Ss900- 及び Ss900- ) は第 27 回特定原子力施設監視・評価検討会 資料 2「東京電力福島第一原子力発電所の外部事象に対する防護の検討について」で示された地震動

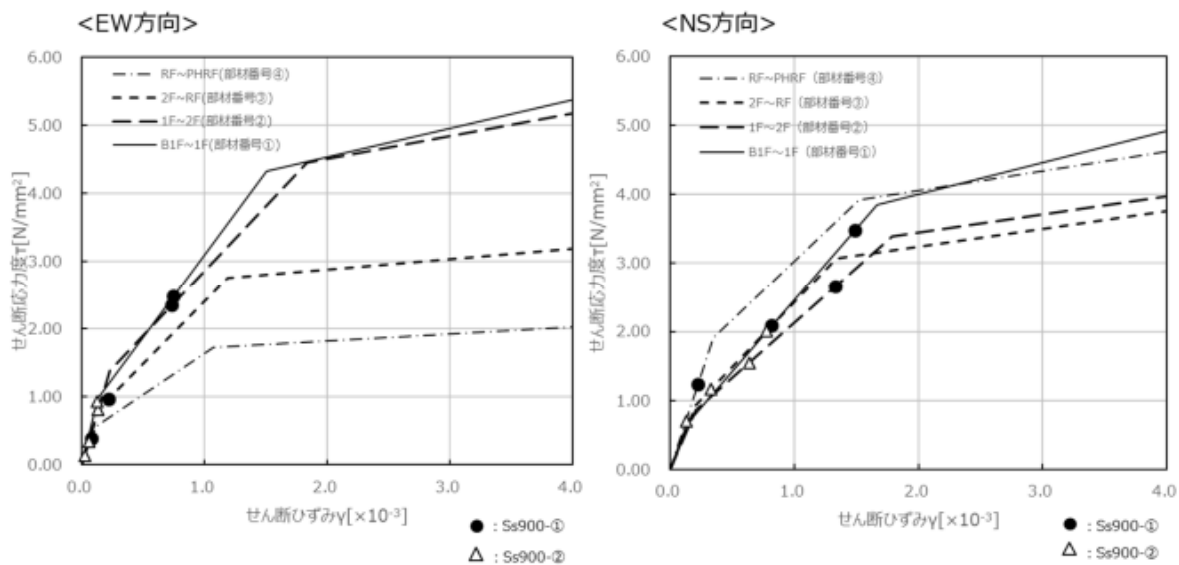


図 2.14.2.1-6 スケルトンカーブ(Ss900)

動的地震力 Sd450 による確認結果

Sd450<sup>1</sup>における建屋各層のせん断応力度-せん断ひずみ関係は、図 2.14.2.1-7 のスケルトンカーブ( )関係となる。

各層に発生するせん断応力度におけるせん断ひずみは Sd450<sup>1</sup> に対しいずれも第 1 折れ点付近であり、また、第 2 折れ点を超過しないことから、建屋はおおむね弾性範囲にとどまり、コンクリートセル部は S クラス相当の耐震性を有することを確認した。

1 Sd450 (Sd450- 及び Sd450- ) は検討用地震動 (Ss900) に係数 0.5 を乗じて設定した地震動

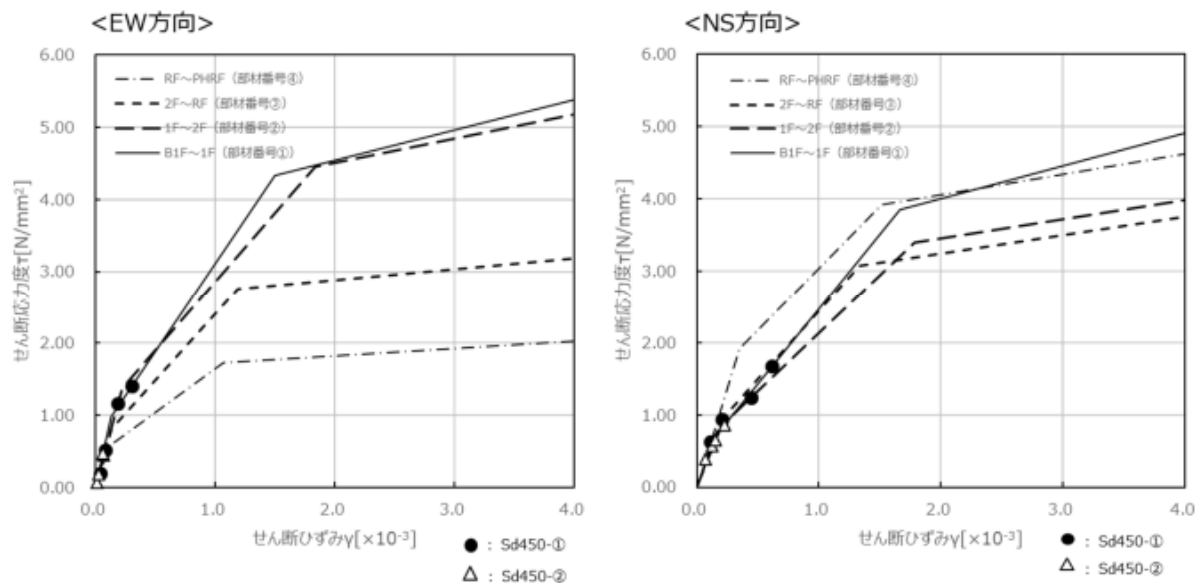


図 2.14.2.1-7 スケルトンカーブ(Sd450)

### 2.2.3 静的地震力による耐震性評価

#### (1) 静的地震力(3.0Ci)に対する評価の考え方

- ・暫定Sクラスとなるコンクリートセル部( )は、静的地震力(3.0Ci)に対して短期許容応力度以下であることが求められる。
- ・第2棟の建屋は、Ss900における地震応答解析を実施しており、各階に発生する水平方向の地震力が算定できている。
- ・表2.14.2.1-5に、各階ごとの水平方向の地震力(層せん断力)について、Ss900と静的地震力(3.0Ci)を示す。

表2.14.2.1-5 建屋各層における地震力(層せん断力)の比較

単位(kN)

地震力	Ss900		3.0Ci
R階	8630	>	8179
2階	56108	>	34085
1階	127938	>	60027
B1階	201506	>	110986

- ・第2棟の建屋に発生する水平方向の地震力は、各階においてSs900の方が大きいことが確認された。
- ・Ss900では、第2棟の建屋はおおむね弾性範囲にあることから、要求される静的地震力(3.0Ci)においても安全機能を確保できると考えられる。

以上のことから、コンクリートセル部については、耐震Sクラス相当の実力を有していると判断する。

#### (2) 静的地震力(3.0Ci)による確認結果(コンクリートセル部について)

- ・暫定Sクラス設備の安全機能が維持されることを確認するため、「原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」に基づき、建屋の柱、梁、壁をモデル化し、静的地震力3.0Ciを入力して短期許容応力度計算を実施した。
- ・暫定Sクラスに分類したコンクリートセル部について、短期許容応力度に対する部材の検定比は、柱1箇所を除き1.00以下である。
- ・柱(B通り 3通り)1箇所検定比1.00をわずかに上回るものの、柱に用いる鉄筋SD390はJIS適合品として降伏点が390~510N/mm<sup>2</sup>と規定され、解析に用いた基準強度(390N/mm<sup>2</sup>)

に対し強度に余裕を有している。

- ・ JIS 適合品の降伏点を考慮し、鉄筋の強度を建築基準法に基づき、基準強度の 1.1 倍とした場合、検定比 1.00 以下であり、実力としては鉄筋は降伏せず S クラス相当の耐震性を有している。

表 2.14.2.1-6 静的地震力 (3.0Ci) による短期許容応力度計算結果

部材	階	対象範囲	荷重ケース	評価基準	検定比	
					曲げ	せん断
柱	1	B 通り - 3 通り	EW 方向	1.00	1.02 ( 0.93 )	0.19

鉄筋の強度を基準強度 × 1.1 倍とした場合の検定比

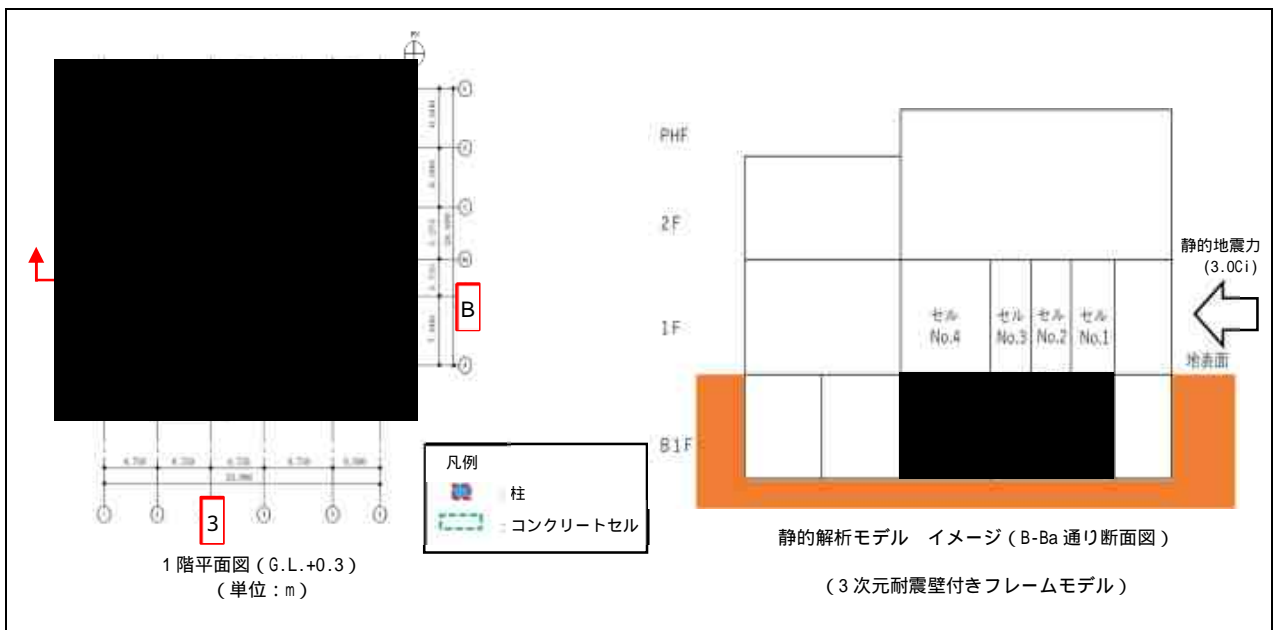


図 2.14.2.1-8 1 階平面図・静的解析モデルイメージ図

(3) 静的地震力 (3.0Ci) の評価について (波及的影響の検討)

- ・ コンクリートセル部は S クラスとなることから、建屋を静的地震力 3.0Ci による解析を行った。その結果、コンクリートセル部 (間接支持機能部も含む) は検定比 1.0 以下を満足することを確認したが、コンクリートセル部を支持しない部位で検定比 1.0 を上回った (柱で 1 箇所、梁で 2 箇所、耐震壁で 3 箇所)。
- ・ このため、建屋の各部位がコンクリートセル部に波及的影響を及ぼさないことを、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」を参考に、S クラス設備の耐震評価で用いられる動的地震力  $S_s900$  と保有水平耐力を比較して確認する。

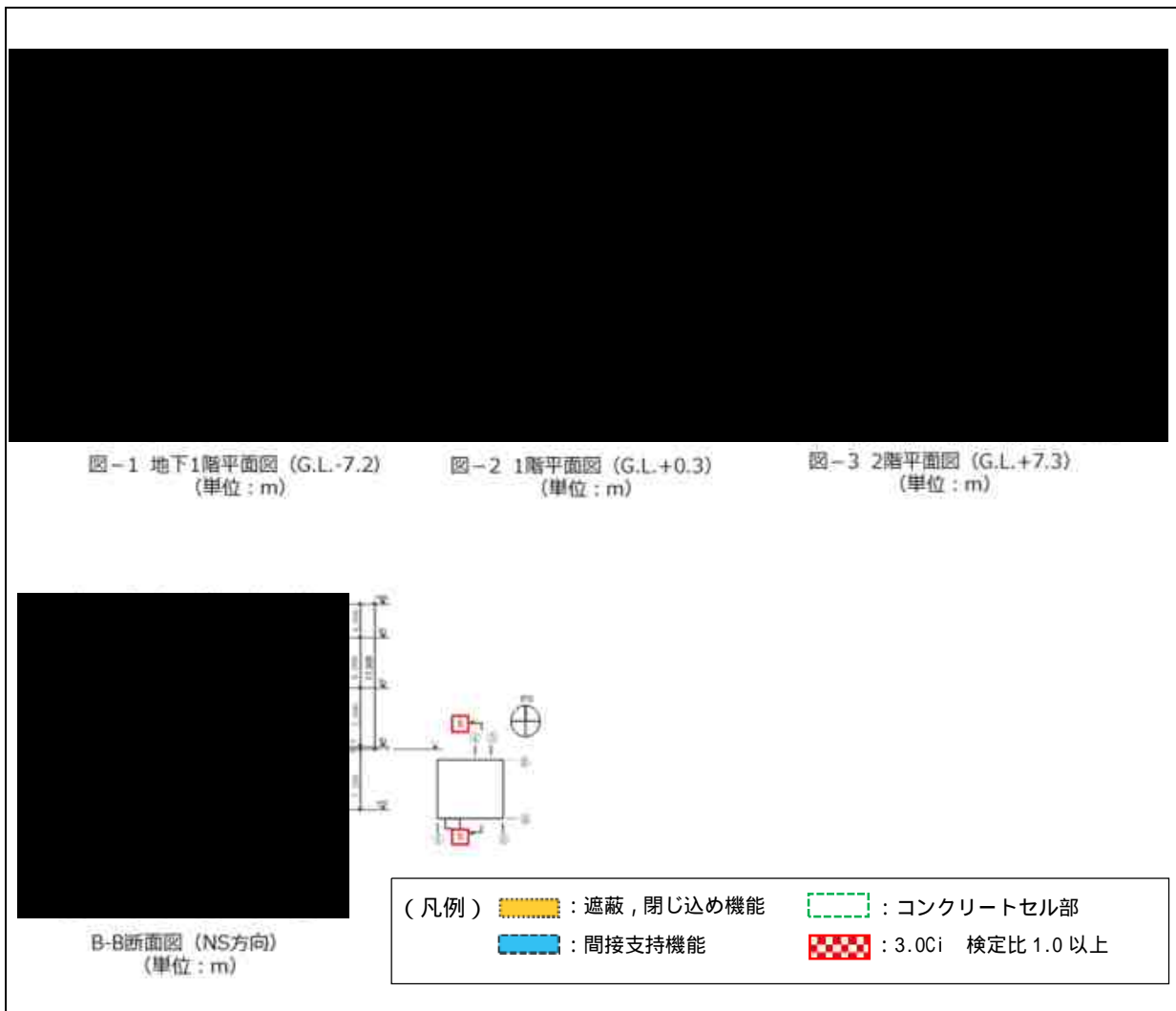


図 2.14.2.1-9 静的地震力 3.0Ci による解析結果

(4) 静的地震力 (3.0Ci) の波及的影響の確認結果

- ・ 波及的影響の確認は、「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987」における機能維持の波及事故防止機能<sup>1</sup>に基づき、建屋の構造体またはその一部が崩壊しないことを確認する。本確認は、動的地震力 Ss900 による地震力（層せん断力）と建屋の部位が終局時の耐力（保有水平耐力）を比較して、各層（各階）の層せん断力が保有水平耐力に至らないことを確認する。なお、検討においては、原子力施設の設計で参照される「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」<sup>2</sup>も参考にする。
- ・ 第2棟建屋の各階の保有水平耐力と Ss900 による層せん断力を表 2.14.2.1-7～8 に示す。
- ・ 保有水平耐力は Ss900 による層せん断力及び 3.0Ci より十分大きいことから、建屋の一部の部位が短期許容応力度を超過していても破壊には至らず、コンクリートセル部への波及的影響防止の機能は確保されていると判断する。
- ・ なお、保有水平耐力  $Q_u$  は必要保有水平耐力  $Q_{un}$  に対しても、 $Q_u/Q_{un} = 3.64$  (EW 方向), 3.45

(NS 方向) であり, S クラス要求 (安全率  $Q_u/Q_{un} = 1.5$ ) に対して 2 倍以上裕度があり, S クラスに求められる建屋の耐震性は十分に確保できているものと判断する。

- ・ 保有水平耐力は Ss900 の地震力より十分大きいことを確認したことから「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」を参考に, 波及的影響防止は確保されていると判断する。
- ・ 建屋は動的地震力 Ss900 を用いた耐震性評価において, 各層に発生するせん断応力度におけるせん断ひずみは, 第 2 折れ点を超過しないことから, 建屋はおおむね弾性範囲にとどまり, また,  $2.0 \times 10^{-3}$  以下であることから, 3.0Ci で検定比 1.0 を上回った部位についても, 著しい変形が発生することはないため, 波及的影響を及ぼさないと判断する。

以上より, コンクリートセル部に影響を与えず, コンクリートセル部は安全機能を確保できると判断する。

表 2.14.2.1-7 建屋各階の保有水平耐力及び Ss900 によるせん断力 (EW 方向)

単位 (kN)

EW 方向					
	保有水平耐力		Ss900		3.0Ci
R 階	27262	>	8630	>	8179
2 階	113617	>	56108	>	34085
1 階	200089	>	127938	>	60027
B 1 階	369953	>	201506	>	110986

表 2.14.2.1-8 建屋各階の保有水平耐力及び Ss900 によるせん断力 (NS 方向)

単位 (kN)

NS 方向					
	保有水平耐力		Ss900		3.0Ci
R 階	25899	>	10367	>	8179
2 階	107936	>	72505	>	34085
1 階	190084	>	155283	>	60027
B 1 階	351456	>	240473	>	110986

1 「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987」

5.3.4 機能維持の検討

c. 波及事故防止機能

波及事故の例としては、天井や壁のコンクリートの一部が落下し、あるいはクレーンが落下し、安全上重要な機器が損傷する、などがある。後者はクレーンに対する支持機能が満足されていればよい。前者については、一般に構造体又はその一部が崩壊しなければよいと考えられる。

2 「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」

3.6.4.2 波及的影響防止の検討

波及的影響を考慮すべき建物・構築物を構成する部位は、対象とする上位の耐震クラスに分類される施設の確認用地震動から求まる地震力によって生じる当該部位が属する層の最大せん断力が、保有水平耐力に至らないことを確認する。



#### 2.2.4 地盤の動的地震力 Ss900 による確認結果

- 地震時の最大接地圧は、動的解析の応答解析結果から水平地震動による応力と鉛直地震動による応力を組み合わせ係数法（係数 0.4）を考慮して算出する。
- 接地圧は、最大で 1697kN/m<sup>2</sup>（上向き，NS 方向）であり，評価基準値（極限鉛直支持力度 3000kN/m<sup>2</sup><sup>1</sup>）を超えないことから，Ss900 に対し第 2 棟の基礎地盤の支持性能は十分な余裕を有していることを確認した。

表 2.14.2.1-9 Ss900-<sup>2</sup> 接地圧  
単位 (kN/m<sup>2</sup>)

評価項目	上下動	評価基準	接地圧	
			EW 方向	NS 方向
最大 接地圧	上向き	q <sub>u</sub> 3000	650	1697
	下向き		722	839

表 2.14.2.1-10 Ss900-<sup>2</sup> 接地圧  
単位 (kN/m<sup>2</sup>)

評価項目	上下動	評価基準	接地圧	
			EW 方向	NS 方向
最大 接地圧	上向き	q <sub>u</sub> 3000	353	335
	下向き		521	526

1 極限鉛直支持力度は，建築基準法施行令の地盤の許容応力度より設定

2 Ss900-<sup>1</sup> 及び Ss900-<sup>2</sup> は第 27 回特定原子力施設監視・評価検討会 資料 2「東京電力福島第一原子力発電所の外部事象に対する防護の検討について」で示された地震動

2.2.5 その他：Ss900 により試料ピットが一時的に変形した場合の臨界防止の確認結果

(1) 間隔を狭めたときの中性子実効増倍率 (Keff+3 )

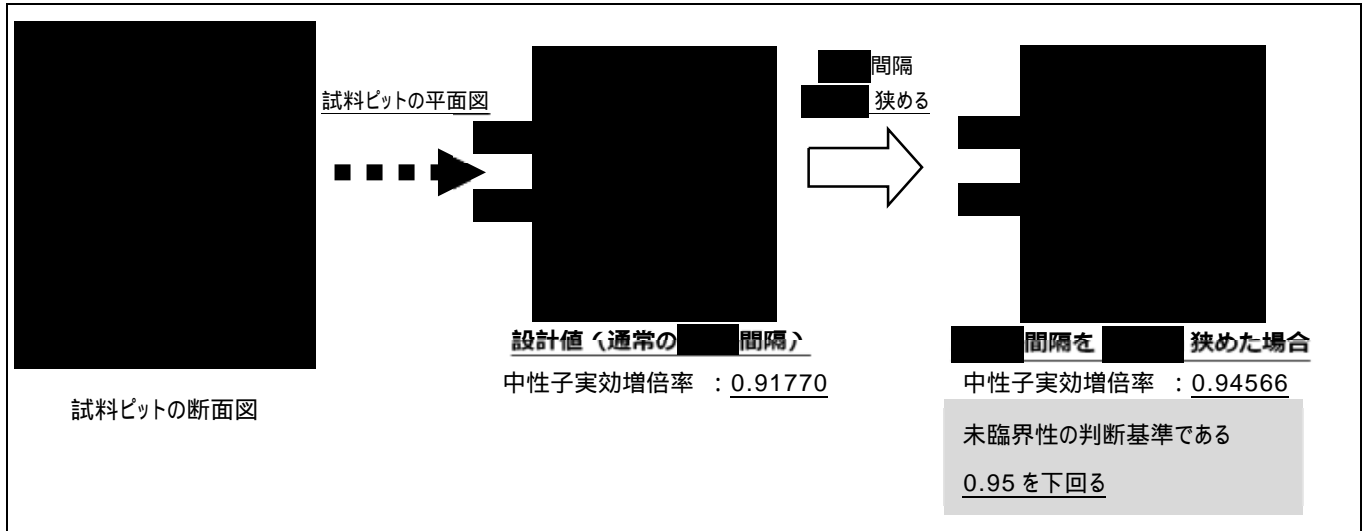


図 2.14.2.1-10 試料ピット 間隔

間隔が 狭まったとしても臨界にはならない。( の余裕)

(2) 地震による 間隔の変位量

Ss900 による 間隔の一時的な変位量 :

間隔の余裕 地震時の一時的な変位量 であり, 臨界防止において十分な余裕を有している

## 2.2.6 公衆被ばく影響評価において考慮する安全機能

暫定 S クラス設備について現実的な緩和対策の評価結果を表 2.14.2.1-11 にまとめる。

表 2.14.2.1-11 評価結果

	項目	地震力	評価結果
	コンクリートセル，試料ピット	Ss900	建屋全体としてせん断ひずみが $2.0 \times 10^{-3}$ 以下であり，おおむね弾性範囲にとどまるため， <span style="background-color: black; color: black;">XXXXXXXXXX</span> S クラス相当の耐震性を有することを確認した。
		Sd450	建屋全体としておおむね弾性範囲にとどまるため， <span style="background-color: black; color: black;">XXXXXXXXXX</span> S クラス相当の耐震性を有することを確認した。
		3.0Ci	<span style="background-color: black; color: black;">XXXXXXXXXX</span> について S クラス相当の耐震性を有することを確認した。
	地盤	Ss900	基礎地盤の支持性能は十分な余裕を有していることを確認した。

現実的な緩和対策の評価結果から，安全機能について以下のとおり判断する。

- ・ コンクリートセルについて，Ss900 及び Sd450 に対しおおむね弾性範囲にとどまり，3.0Ci 評価においても S クラス相当の耐震性を有することから，遮へい機能及び閉じ込め機能は維持されると判断する。
- ・ 試料ピットについて，Ss900 及び Sd450 に対しおおむね弾性範囲にとどまり，地震によるXXXXXXXXXX間隔の変位も小さいため，遮へい機能及び臨界防止機能は維持されると判断する。
- ・ なお，建屋全体として Ss900 に対し耐震性を有することから，建屋についても遮へい機能，閉じ込め機能及び間接支持機能を有していると判断する。

### 2.3 現実的な緩和対策を考慮した際の耐震クラス分類

耐震性の評価結果に基づき、現実的な緩和対策（建屋，コンクリートセルの壁・天井等がある場合）を考慮して公衆の被ばく影響を評価し、耐震クラスを分類した。結果を以下に示す。

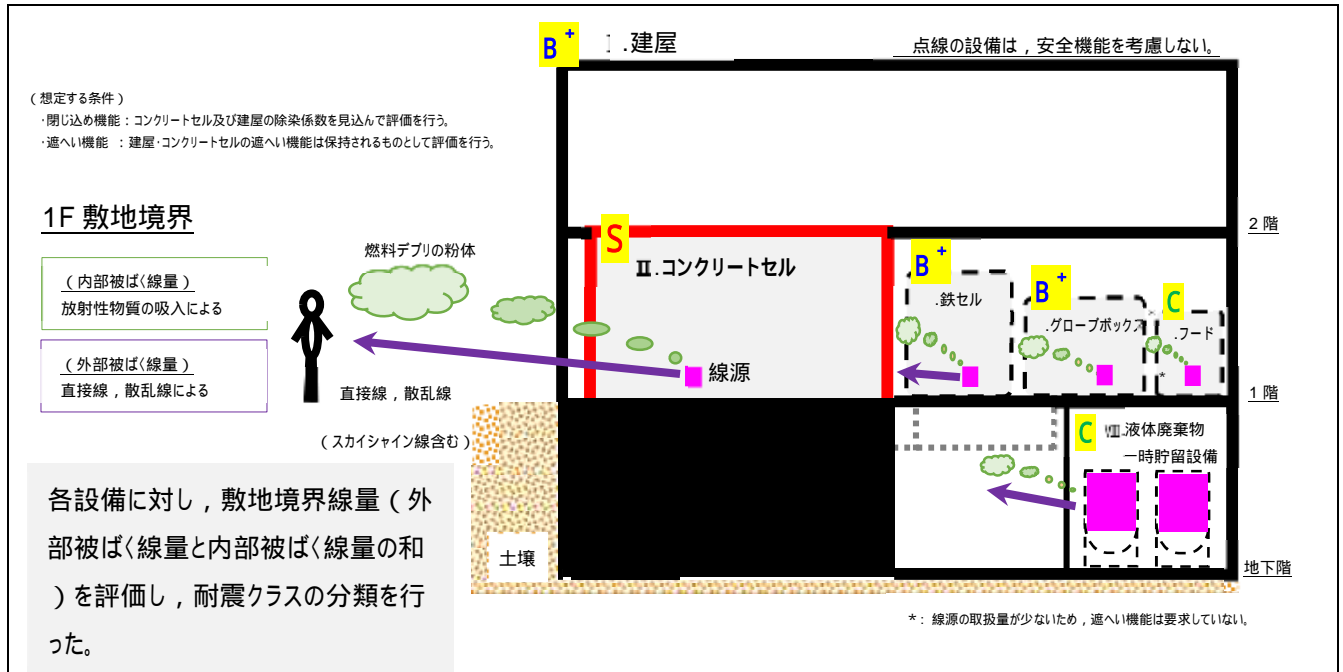


図 2.14.2.1-11 第 2 棟の耐震クラス分類

「東京電力ホールディングス株式会社福島第一原子力発電所における耐震クラス分類と地震動の適用の考え方（令和 4 年 11 月 16 日）」のフローに従い耐震クラスを分類した。

表 2.14.2.1-12 各設備の耐震クラス

No.	設備名称 <sup>1</sup>	敷地境界線量 (mSv)	耐震クラス
	建屋	$1.5 \times 10^{-11}$	B <sup>+</sup> クラス
	コンクリートセル	1.2	Sクラス
	試料ピット	$2.6 \times 10^{-4}$	Sクラス
	鉄セル	$2.8 \times 10^{-1}$	B <sup>+</sup> クラス
	グローブボックス	$2.7 \times 10^{-5}$	B <sup>+</sup> クラス <sup>2</sup>
	フード	$2.7 \times 10^{-5}$	Cクラス
	セル・グローブボックス用換気空調設備	$2.0 \times 10^{-1}$	B <sup>+</sup> クラス
	液体廃棄物一時貯留設備	$7.2 \times 10^{-6}$	Cクラス

1：上記の設備の他、フード用換気空調設備、管理区域用換気空調設備、消火設備、固体廃棄物払出準備設備についても評価を行った。

2：敷地境界線量が  $50 \mu\text{Sv}$  以下となるため C クラスとなるが、将来の機能拡張を考慮するとともに長期的に使用するため、B<sup>+</sup>クラスと分類した。

耐震性の評価結果から、コンクリートセル，試料ピットは S クラスの実力があることを確認できたので、耐震クラスは S クラスと分類した。これ以外の設備は B<sup>+</sup> 又は C クラスと分類した。

### 3. 第2棟の耐震クラスに係るまとめ

- ・ Ss900 等による耐震性の評価結果から、建屋、コンクリートセル、試料ピットに要求する遮へい機能、閉じ込め機能、臨界防止機能が維持できることを確認した。
- ・ コンクリートセル、試料ピットの耐震クラスは S クラス ( Ss900 , Sd450 及び 3.0Ci で S クラス相当の耐震性を有している。)
- ・ また、耐震性の評価結果から、建屋・コンクリートセル部の遮へい機能、放射性物質の除染係数を考慮し、公衆の被ばく影響を再評価した結果、他設備の耐震クラスは以下のとおり分類した。
- ・ さらに、各設備の耐震クラスに応じた地震力に対する耐震性を有することを確認している。

表 2.14.2.1-13 耐震クラス分類

設備名称	耐震クラス	動的地震力		静的地震力	説明
		機能維持	弾性範囲		
コンクリートセル	S	Ss900	Sd450	水平：3.0Ci	・コンクリートセル、試料ピットは Ss900 及び Sd450 に対しおおむね弾性範囲にとどまることを確認。また、3.0Ci 評価においても S クラス相当の耐震性を有することを確認。
試料ピット					
建屋	B <sup>+</sup>	1/2Ss450	1/2Sd225 (共振時のみ)	水平：1.5Ci	・建屋の公衆被ばく線量は 50 μSv 以下であるが、長期的に使用することから、B <sup>+</sup> クラスの地震力を適用する。
鉄セル	B <sup>+</sup>	1/2Ss450	1/2Sd225 (共振時のみ)	水平：1.8Ci	・公衆被ばく線量評価を実施した結果 50 μSv を超え、5mSv 以下となり、長期間使用する設備であることを考慮し、B <sup>+</sup> クラスの地震力を適用する。 ・グローブボックスについて、敷地境界線量が 50 μSv 以下となるため C クラスとなるが、将来の機能拡張を考慮するとともに長期的に使用するため、B <sup>+</sup> クラスと分類した。
グローブボックス					
セル・グローブボックス用換気空調設備					
フード、液体廃棄物一時貯留設備、フード用換気空調設備、電気設備	C			水平：1.2Ci	・公衆被ばく線量評価を実施した結果、50 μSv 以下となるため、C クラスの地震力を適用する。

現設計において固有値解析を行った結果、固有周期は 0.003 ~ 0.048 秒であり、剛構造 ( 0.05 秒以下 ) であるため共振のおそれはない。

地震により安全機能を失った際の線量評価

第2棟の耐震評価の考え方は、第51回原子力規制委員会で示された文書「東京電力ホールディングス株式会社福島第一原子力発電所における耐震クラス分類と地震動の適用の考え方」に従うと以下のとおりとなる。

1- :地震により安全機能を失った際の公衆への被ばく影響により、暫定的に耐震クラスをS、B及びCに分類

安全機能を失った際(建屋、コンクリートセルの壁・天井等が無いとした場合)の公衆被ばく線量は下表のとおり5mSvを超過する。

- ・ 閉じ込め機能：コンクリートセル、建屋の除染係数は考慮しない。
- ・ 遮へい機能：コンクリートセル、建屋の遮へい機能は考慮しない。

表 2.14.2.1-14(1/3) 公衆被ばく線量

設備名称	耐震上の安全機能	機能喪失時の敷地境界線量評価の概要	内部被ばく	外部被ばく <sup>1</sup>	敷地境界線量
建屋	遮へい	<p>【外部被ばく】建屋の遮へい機能が喪失し、地下階に存在する固体廃棄物払出準備設備及び液体廃棄物一時貯留設備に含まれる放射性物質の放射能(それぞれ<math>2.3 \times 10^{10}</math>Bq及び<math>2.4 \times 10^8</math>Bq)から燃料デブリ等重量に換算し、その直接線、スカイシャイン線が敷地境界に達したと想定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 建屋の遮へいを考慮しない。</li> <li>・ 固体廃棄物払出準備設備及び液体廃棄物一時貯留設備は地下階に存在するため、土壌による遮へいを考慮する。</li> </ul>		$6.5 \times 10^{-4}$ mSv	$6.5 \times 10^{-4}$ mSv
コンクリートセル	閉じ込め	<p>【内部被ばく】コンクリートセル内の試料調製時に発生する燃料デブリ等からの粉体の発生量を安全側に見積もり、粉体中の放射性物質がセル内の気相に移行<sup>2</sup>し、排気系統を通じてではなく、直接、セル周辺の室に放出され、さらに建屋から外部へ地上放出され、敷地境界に達したと想定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ コンクリートセル及び建屋の除染係数を考慮しない。</li> </ul>	$1.1 \times 10^2$ mSv	$2.2 \times 10^1$ mSv	$1.4 \times 10^2$ mSv
	遮へい	<p>【外部被ばく】コンクリートセルの遮へい機能が喪失し、燃料デブリ等から直接線、スカイシャイン線が敷地境界に達したと想定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ コンクリートセル及び建屋による遮</li> </ul>			

		へいを考慮しない。			
試料 ピット	遮へい	<p>【外部被ばく】試料ピットの遮へい機能が喪失し、燃料デブリ等 ■■■ から直接線、スカイシャイン線が敷地境界に達したと想定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■■■■■ 建屋の遮へいを考慮しない。</li> <li>試料ピットは■■■■■ ため、土壌による遮へいを考慮する。</li> </ul>		$\geq 1.9 \times 10^2$ mSv	$\geq 1.9 \times 10^2$ mSv
	(臨界防止)	<ul style="list-style-type: none"> <li>試料ピットの臨界防止機能が喪失することを想定する。</li> </ul>			

- 1 安全機能の喪失が継続する期間を7日間として評価した。
- 2 燃料デブリ等切断時の粉体から気相への放射性物質の移行率1% (日本原子力学会「ホットラボの設計と管理」)。Kr等の気体状の放射性物質は100%移行。

表 2.14.2.1-14(2/3) 公衆被ばく線量

設備名称	耐震上の安全機能	機能喪失時の敷地境界線量評価の概要	内部被ばく	外部被ばく <sup>1</sup>	敷地境界線量
鉄セル	閉じ込め	<p>【内部被ばく】鉄セル内の燃料デブリ等中の放射性物質の一部がセル内の気相に移行<sup>3</sup>し、排気系統を通じてではなく、直接、セル周辺の室に放出され、さらに建屋から外部へ地上放出され、敷地境界に達したと想定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>建屋の除染係数を考慮しない。</li> </ul>	2.7 mSv	$5.3 \times 10^{-2}$ mSv	2.8 mSv
	遮へい	<p>【外部被ばく】鉄セルの遮へい機能が喪失し、燃料デブリ等 ■■■ から直接線・スカイシャイン線が敷地境界に達したと想定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>建屋の遮へいを考慮しない。</li> </ul>			
グローブボックス	閉じ込め	<p>【内部被ばく】グローブボックス内の燃料デブリ等中の放射性物質の一部がグローブボックス内の気相に移行<sup>3</sup>し、排気系統を通じてではなく、直接、グローブボックス周辺の室に放出され、さらに建屋から外部へ地上放出され、敷地境界に達したと想定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>建屋の除染係数を考慮しない。</li> </ul>	$2.7 \times 10^{-4}$ mSv		$2.7 \times 10^{-4}$ mSv
フード	閉じ込め	<p>【内部被ばく】フード内の燃料デブリ等中の放射性物質の一部がフード内の気相に移行<sup>3</sup>し、排気系統を通じてではなく、直接、フード周辺の室に放出され、さらに建屋から外部へ地上放出され、敷地境界に達したと想定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>建屋の除染係数を考慮しない。</li> </ul>	$2.7 \times 10^{-4}$ mSv		$2.7 \times 10^{-4}$ mSv
液体廃棄	閉じ込め	<p>【内部被ばく】</p>	$7.2 \times 10^{-5}$		$7.2 \times 10^{-5}$

物一時貯留設備		液体廃棄物一時貯留設備のうち分析廃液受槽が破損し、内蔵している放射性の液体廃棄物が堰内に漏えいし、漏えいに伴い液体廃棄物中の放射性物質の一部が室内の気相に移行 <sup>4</sup> し、排気系統を通じてではなく、直接、建屋から外部へ地上放出され、敷地境界に達したと想定する。 ・建屋の除染係数を考慮しない。	mSv		mSv
---------	--	--	-----	--	-----

- 1 安全機能の喪失が継続する期間を7日間として評価した。
- 2 燃料デブリ等切断時の粉体から気相への放射性物質の移行率1%（日本原子力学会「ホットラボの設計と管理」）。Kr等の気体状の放射性物質は100%移行。
- 3 鉄セル、グローブボックス、フードでは、燃料デブリ等の切断は行わないが、取り扱う燃料デブリ等全量が粉体化するものとし、2の移行率を用いた。
- 4 液体状の放射性物質の漏えい時の気相への移行率0.02%（"Nuclear Fuel Cycle Facility Accident Analysis Handbook", NUREG/CR-6410）

表 2.14.2.1-14(3/3) 公衆被ばく線量

設備名称	耐震上の安全機能	機能喪失時の敷地境界線量評価の概要	内部被ばく	外部被ばく <sup>1</sup>	敷地境界線量
セル・グローブボックス用換気空調設備	閉じ込め	【内部被ばく】 コンクリートセル内の試料調製時に発生する燃料デブリ等からの粉体の発生量を安全側に見積もり、粉体中の放射性物質がセル内の気相に移行 <sup>2</sup> し、コンクリートセルの排気配管内の放射性物質を含む気体が直接周辺の室に放出され、さらに建屋から外部へ地上放出され、敷地境界に達したと想定する。 ・建屋の除染係数を考慮しない。	2.0 mSv		2.0 mSv
フード用換気空調設備	閉じ込め	【内部被ばく】 フード内の燃料デブリ等中の放射性物質の一部がフード内の気相に移行 <sup>3</sup> し、フードの排気配管内の放射性物質を含む気体が直接フード周辺の室に放出され、さらに建屋から外部へ地上放出され、敷地境界に達したと想定する。 ・建屋の除染係数を考慮しない。	$2.7 \times 10^{-4}$ mSv		$2.7 \times 10^{-4}$ mSv
管理区域用換気空調設備		設備が機能喪失しても公衆への被ばく影響はない。			
消火設備		設備が機能喪失しても公衆への被ばく影響はない。			
固体廃棄物払出準備設備		固定して使用する設備がないため、耐震上の安全機能はない。			



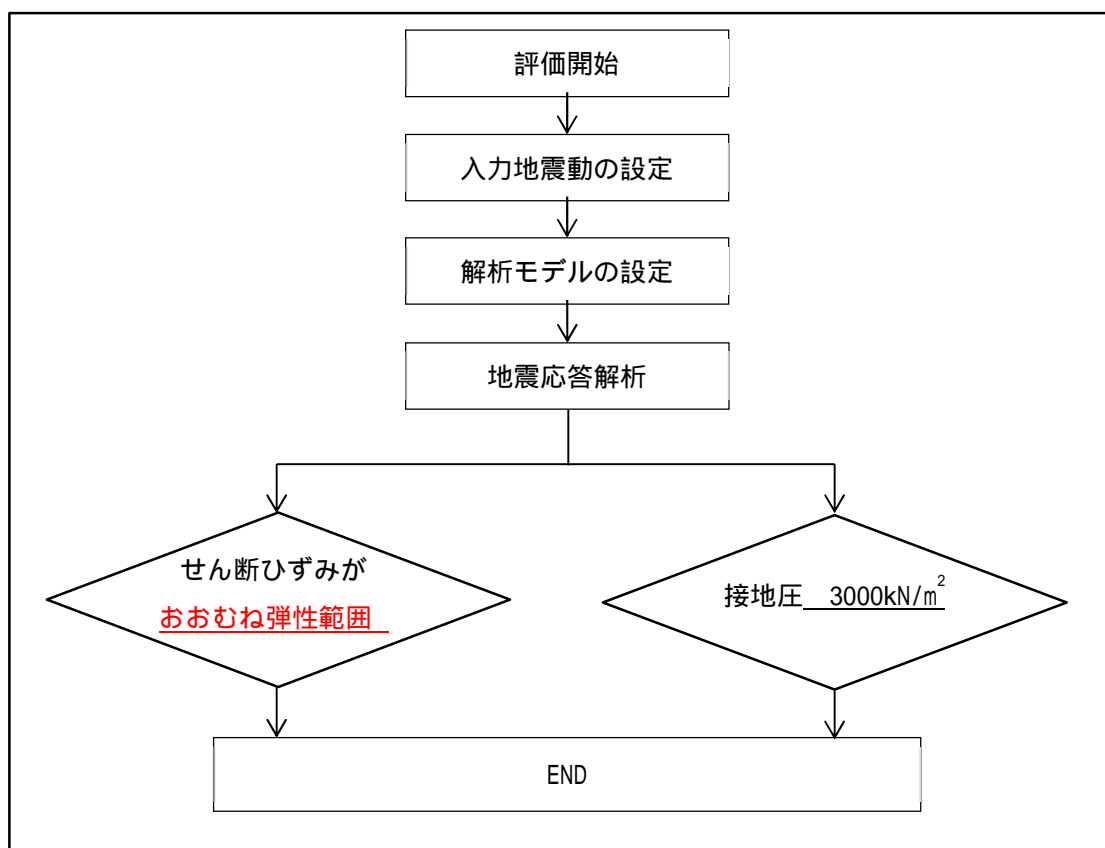
	合計	$1.2 \times 10^2$ mSv	$>2.2 \times 10^2$ mSv	$>3.4 \times 10^2$ mSv
--	----	--------------------------	---------------------------	---------------------------

- 1 安全機能の喪失が継続する期間を7日間として評価した。
- 2 燃料デブリ等切断時の粉体から気相への放射性物質の移行率1%（日本原子力学会「ホットラボの設計と管理」）。Kr等の気体状の放射性物質は100%移行。
- 3 鉄セル、グローブボックス、フードでは、燃料デブリ等の切断は行わないが、取り扱う燃料デブリ等全量が粉体化するものとし、2の移行率を用いた。

Ss900 による建屋の耐震性評価結果

1. 耐震性の確認

- ・ 「東京電力ホールディングス株式会社福島第一原子力発電所における耐震クラス分類と地震動の適用の考え方」(第 51 回原子力規制委員会資料, 令和 4 年 11 月 16 日) に基づき, コンクリートセル, 試料ピットは耐震 S クラスとなることから, Ss900 による建屋(コンクリートセル, 試料ピット含む)の耐震性の確認を行うことを目的に実施する。
- ・ Ss900 による耐震性の確認は図 2.14.2.1-12 の評価方針に基づき実施する。



鉄筋コンクリート造耐震壁の復元力特性の評価法「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」における第 2 折れ点以下であること。

図 2.14.2.1-12 耐震評価概略フロー

1-1. 検討に用いる地震動

- ・ 地震動は，検討用地震動（以下「Ss900」という）とする。
- ・ 解放基盤表面を T.P. 約-197m に設定する。

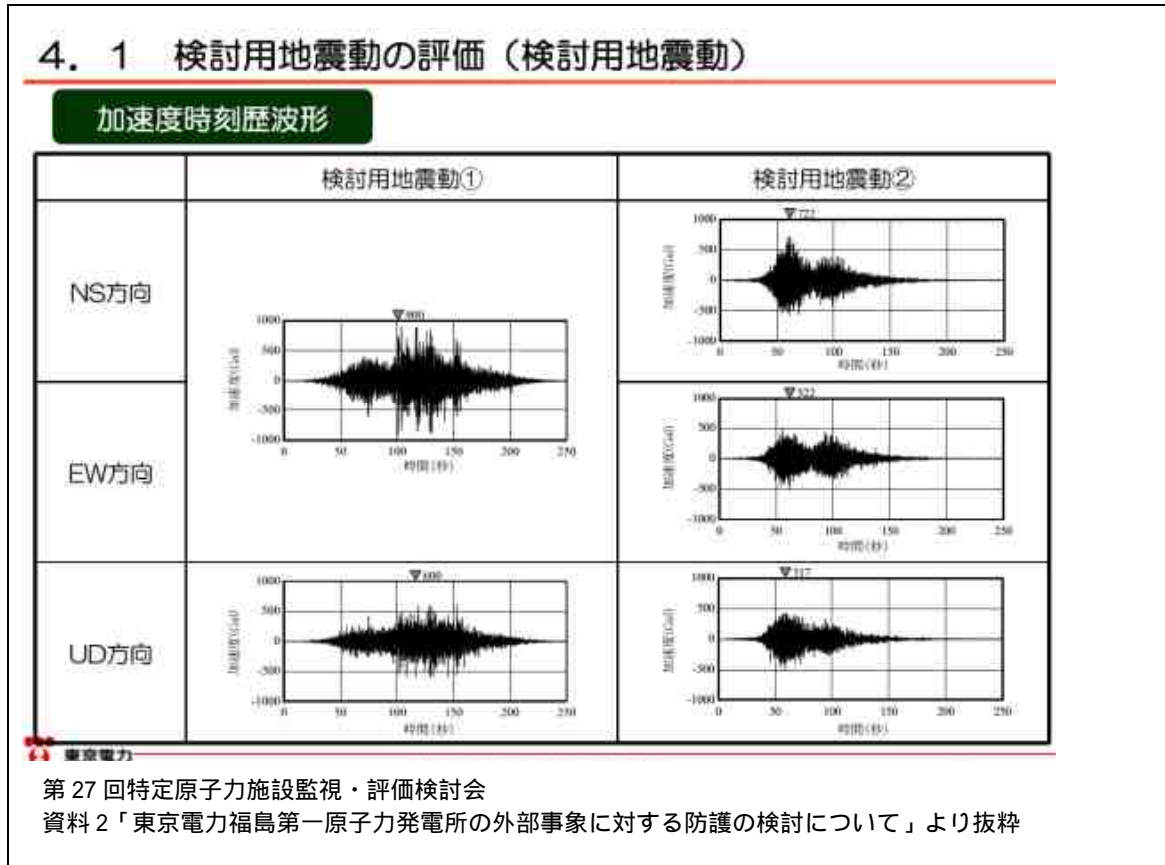


図 2.14.2.1-13 検討に用いる地震動

## 1-2. 建屋概要

- ・ 構造：鉄筋コンクリート造
- ・ 階数：地上2階，地下1階
- ・ 基礎：直接基礎で人工岩盤を介して富岡層に支持
- ・ 平面寸法：35.0m(EW方向) × 28.0m(NS方向)
- ・ 基礎形状：40.0m(EW方向) × 37.6m(NS方向)
- ・ 地上高さ：17.3m

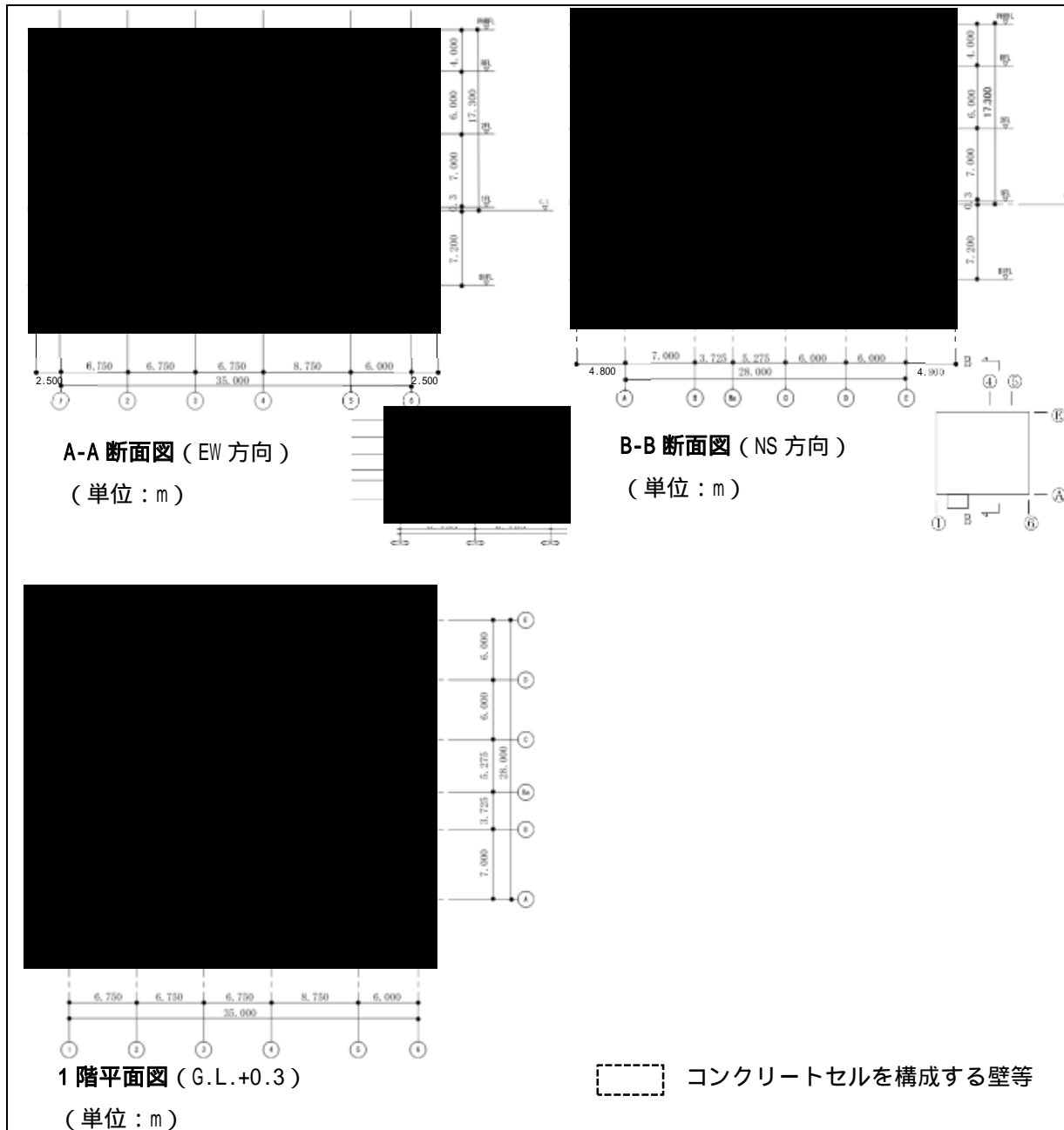


図 2.14.2.1-1 建屋断面図・平面図(抜粋)

### 1-3. 解析方法

- ・ 動的解析に用いる地震応答解析モデルは、水平方向は建屋と地盤の相互作用を考慮したスウェイ・ロッキングモデルとし、鉛直方向は上下バネマスモデルとする。
- ・ 建屋は、形状及び構造特性等を考慮し、水平方向モデルは質点とばね要素からなる多質点系モデルとし、鉛直方向モデルは質点とばね要素からなる多質点系モデルを設定する。
- ・ 地盤は、建屋の埋込み効果は無視し、建屋基礎底面位置の地盤をばねによってモデル化する。
- ・ 建屋基礎底面位置の地盤ばねは、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」を参考に、グラウンドコンプライアンス理論により算定する。基礎浮き上がりの非線形性については、接地率に応じて実用炉の審査実績がある誘発上下動を考慮したモデルを「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」を参考にして設定する。
- ・ 水平方向の入力地震動は、地表面までモデル化した自由地盤の一次元等価線形解析結果により求められる建屋底面位置での応答波(E + F)に、建屋基礎底面レベルにおけるせん断力(切欠き力 P )を付加することにより、地盤の切欠き効果を考慮する。
- ・ 鉛直方向の入力地震動は、基礎底面位置より上部を剥ぎ取った地盤モデルにより求められる建屋底面位置での応答波(2E)とする。
- ・ 地盤解析の解析プログラムは「SoilPlus」、建屋解析の解析プログラムは「DYNA2E」を使用する。

P : 補正水平力 ( 切欠き力 ) = 建屋基礎底面位置の地盤のせん断応力度 × 建屋底面積

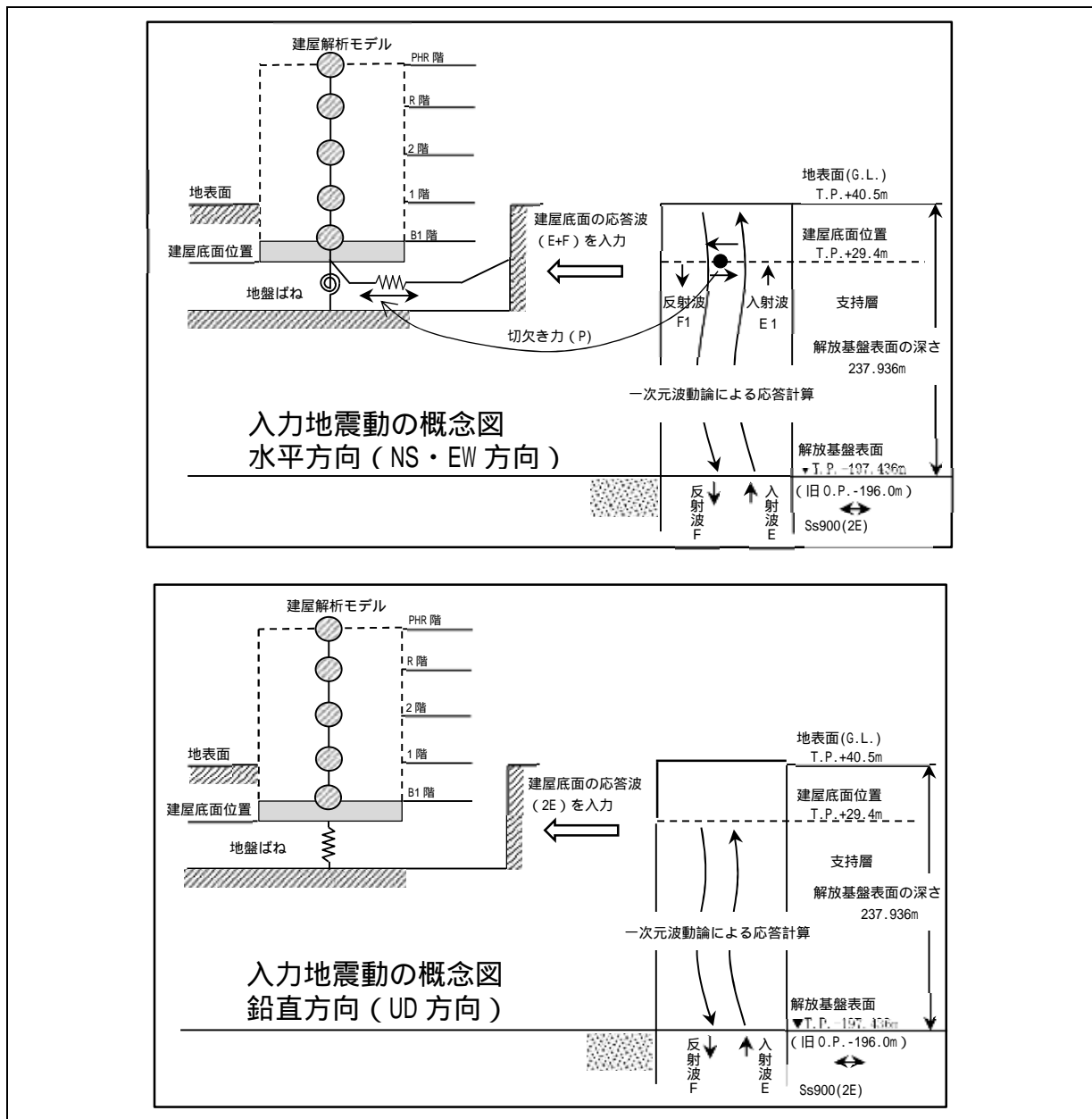


図 2.14.2.1-15 入力地震動の概念図

1-4. 荷重及び荷重の組合せ

Ss 地震時の荷重及び荷重の組合せは、静的地震力の評価に準じる。

1-5. 建屋解析モデルの諸元(水平方向)

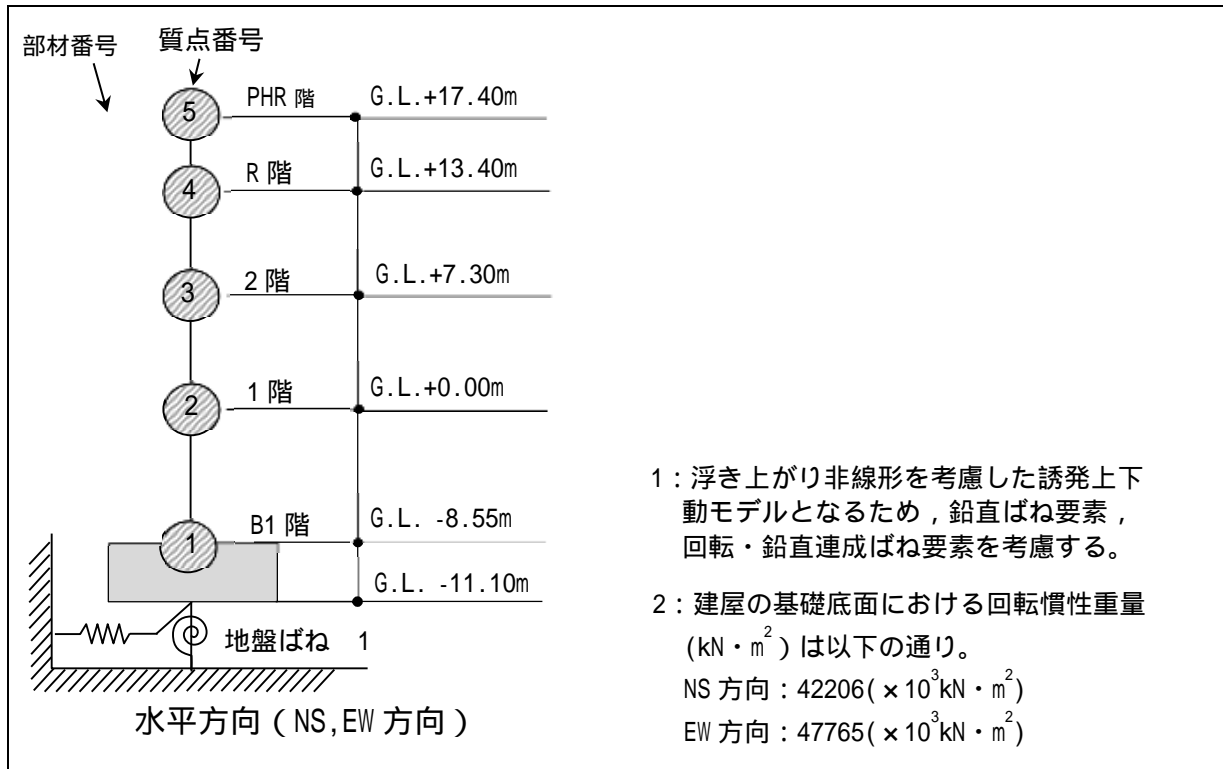


図 2.14.2.1-16 水平方向モデル

表 2.14.2.1-15 (NS 方向)

質点番号	高さ G.L. (m)	重量 (kN)	部材番号	せん断断面積 ( $\text{m}^2$ )
5	17.40	5660		
4	13.40	35104		4.274
3	7.30	59280		14.57
2	0.00	84932		22.88
1	-8.55	173265		32.01

建屋基礎底面における回転慣性重量は  $42206 (\times 10^3 \text{kN} \cdot \text{m}^2)$

表 2.14.2.1-16 (EW 方向)

質点番号	高さ G.L. (m)	重量 (kN)	部材番号	せん断 断面積 (m <sup>2</sup> )
5	17.40	5660		9.681
4	13.40	35104		31.81
3	7.30	59280		30.63
2	0.00	84932		56.38
1	-8.55	173265		

建屋基礎底面における回転慣性重量は 47765 ( × 10<sup>3</sup>kN · m<sup>2</sup> )

表 2.14.2.1-17 コンクリートの材料定数

設計基準強度 Fc(N/mm <sup>2</sup> )	ヤング係数 E(kN/m <sup>2</sup> )	せん断弾性係数 G(kN/m <sup>2</sup> )	減衰定数 h(%)
36	2.595 × 10 <sup>7</sup>	1.081 × 10 <sup>7</sup>	3.0

1-6. 建屋解析モデルの諸元(鉛直方向)

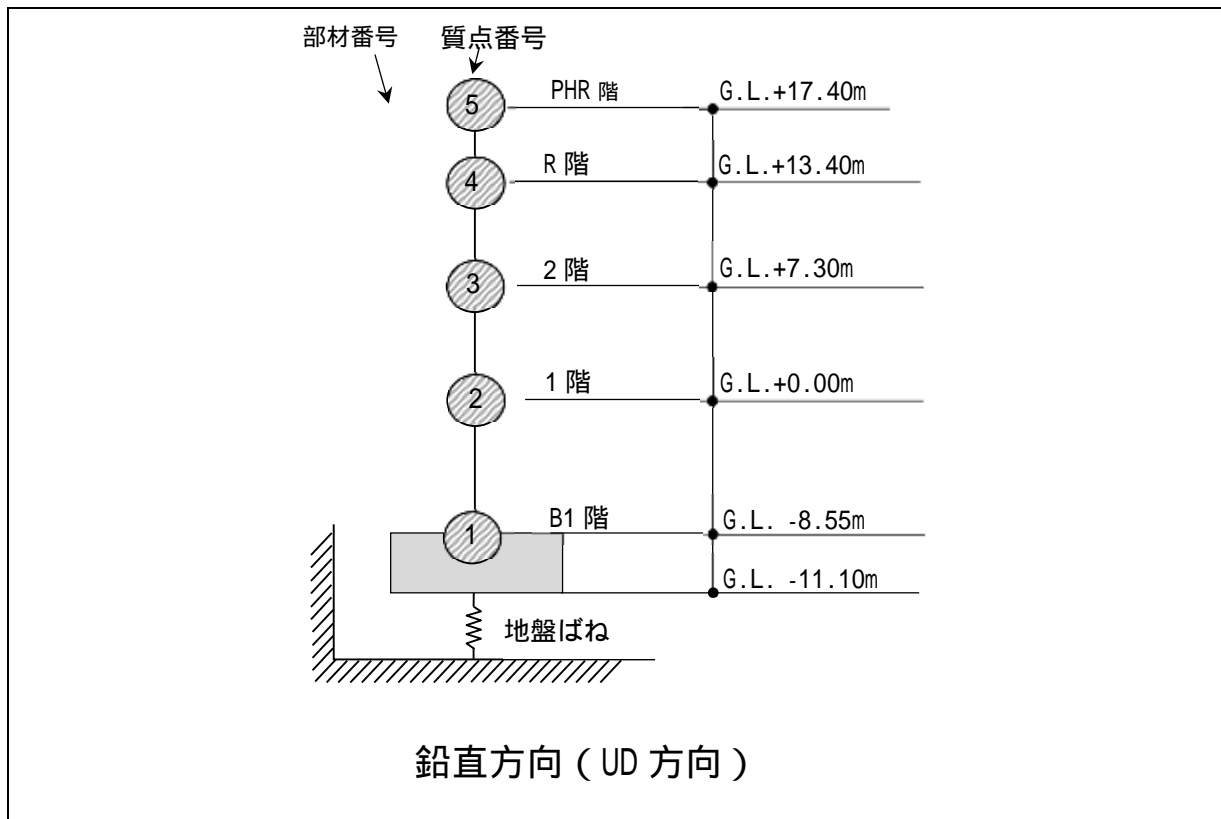


図 2.14.2.1-17 鉛直方向モデル



表 2.14.2.1-18 (UD 方向)

質点番号	高さ G.L. (m)	質点重量 (kN)	部材 番号	軸断面積 (m <sup>2</sup> )	鉛直剛性 (kN/m)
5	17.40	5660	-		
4	13.40	35104		43.51	2.823 × 10 <sup>8</sup>
3	7.30	59280		145.4	6.187 × 10 <sup>8</sup>
2	0.00	84932		172.8	6.142 × 10 <sup>8</sup>
1	-8.55	173265		225.4	6.840 × 10 <sup>8</sup>
			-		

表 2.14.2.1-19 コンクリートの材料定数

設計基準強度 Fc(N/mm <sup>2</sup> )	ヤング係数 E(kN/m <sup>2</sup> )	せん断弾性係数 G(kN/m <sup>2</sup> )	減衰定数 h(%)
36	2.595 × 10 <sup>7</sup>	1.081 × 10 <sup>7</sup>	3.0

1-7. 地盤モデルの設定

- ・ 地層構成は、第 2 棟建屋中央部付近で実施したボーリングの結果に基づいて水平成層地盤としてモデル化する。
- ・ 物性値については、福島第一原子力発電所の地盤物性 を用いることとし、地盤物性が示されていない地層（ローム層）については第 2 棟地盤調査結果にもとづいて設定する。

福島第一原子力発電所 原子炉設置変更許可申請書(平成 5 年 4 月)等から設定した使用済燃料乾式キャスク仮保管設備の地盤物性

表 2.14.2.1-20 物性値

地層名	標高		湿潤密度 $\rho$ ( $t/m^3$ )	単位体積重量 $\gamma$ ( $kN/m^3$ )	せん断波速度 $V_s$ ( $m/s$ )	動的変形特性		動的変形特性	
	上端 T.P. (m)	下端 T.P. (m)				せん断弾性係数 $G_0$ ( $kN/m^2$ )	動ポアソン比 $\nu_d$	$G/G_0 \sim \gamma$ (%)	$h$ (%) $\sim \gamma$ (%)
埋炭土	40.500	37.930	1.80	17.65	201	72600	0.350	$1/(1+10.65\gamma^{0.778})$	$22.97\gamma^{0.289}$
ローム層	37.930	35.930	1.74	17.06	164	46700	0.410	$1/(1+11.00\gamma^{0.802})$	$17.80\gamma^{0.277}$
段丘堆積物	35.930	33.370	1.59	15.59	315	158000	0.480	$1/(1+6.872\gamma^{0.614})$	$14.79/(1+0.036/\gamma)$
T3 部層 互層部	33.370	18.450	1.76	17.26	414	302000	0.460	$1/(1+3.257\gamma^{0.688})$	$17.57/(1+0.084/\gamma)$
T3 部層 泥質部	18.450	16.230	1.71	16.77	500	427000	0.450	$1/(1+3.600\gamma^{0.962})$	$11.90\gamma^{1.086}+1.617$
T3 部層 細粒砂岩	16.230	14.470	1.84	18.04	338	210000	0.480	$1/(1+3.009\gamma^{0.604})$	$21.80/(1+0.122/\gamma)$
T3 部層 泥質部	14.470	12.220	1.71	16.77	500	427000	0.450	$1/(1+3.600\gamma^{0.962})$	$11.90\gamma^{1.086}+1.617$
T3 部層 粗粒砂岩	12.220	11.400	1.84	18.04	338	210000	0.480	$1/(1+3.009\gamma^{0.604})$	$21.80/(1+0.122/\gamma)$
T3 部層 泥質部	11.400	-18.070	1.71	16.77	500	427000	0.450	$1/(1+3.600\gamma^{0.962})$	$11.90\gamma^{1.086}+1.617$
T2 部層	-18.070	-110.470	1.75- 0.000417Z	17.16- 0.004089Z	深度依存	254000- 3220Z	0.467+ 0.000222Z	$1/(1+2.845\gamma^{0.918})$	$10.54\gamma^{0.865}+0.903$
T1 部層	-110.470	-183.180	1.79	17.55	610	667000	0.440	$1/(1+2.586\gamma^{0.722})$	$15.04\gamma^{0.517}$
先富岡層	-183.180	-197.436	1.88	18.44	712	954000	0.420	$1/(1+2.714\gamma^{0.920})$	$14.69\gamma^{0.583}$
解放基盤表面	-197.436	-	1.88	18.44	712	-	-	-	-

注) Z: 標高 O.P. (m)

O.P. は震災前の「旧 O.P.」を指す。O.P.  $\pm$  0m=T.P. -1.436m

1-8. 入力地震動

- ・ 建屋基礎底面位置における入力地震動（水平方向，鉛直方向）の加速度時刻歴波形は以下の通り。

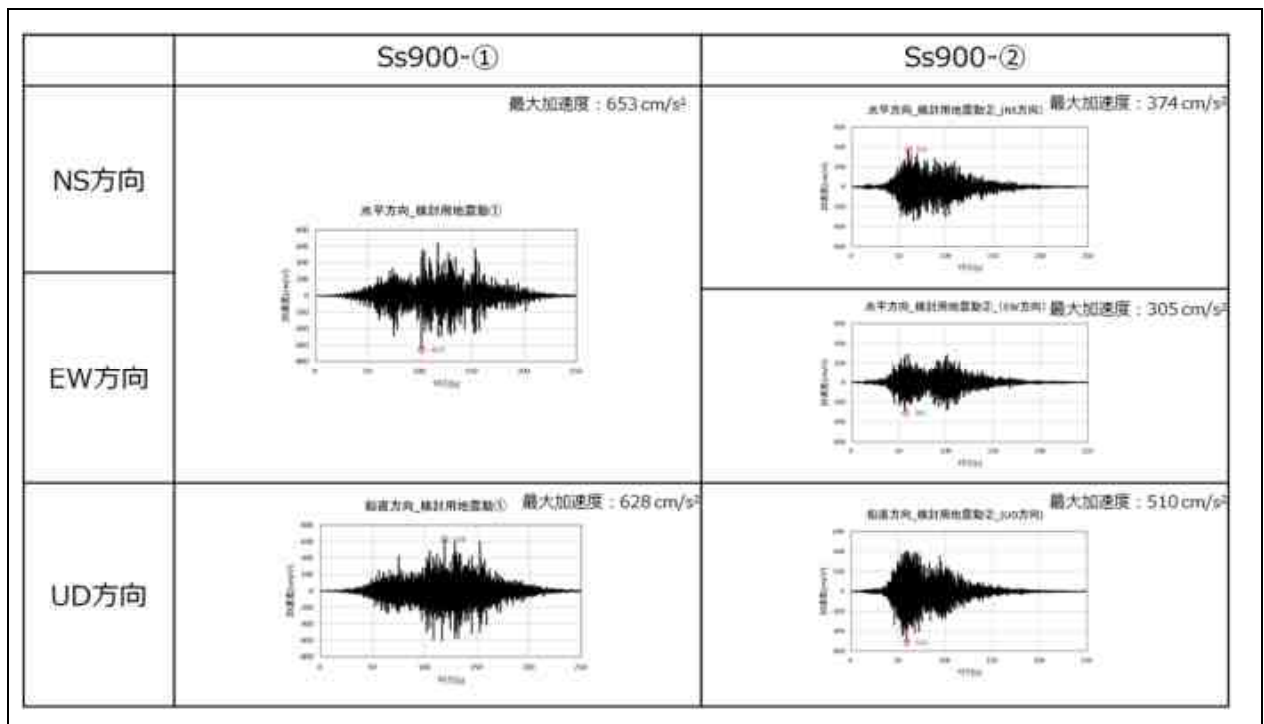


図 2.14.2.1-18 入力地震動

1-9. 地盤ばねの算定

- ・ 矩形基礎の算定式にて地盤ばねを設定する。
- ・ 一次元波動論による解析に用いた地盤モデルを用いて成層補正を行い、小堀の方法により地盤ばねを算定する。

表 2.14.2.1-21 地盤ばね (ばね定数及び減衰係数) (水平方向【NS 方向】)

地震動	地盤ばね		ばね定数 K (水平 : kN/m) (回転 : kN・m/rad)	減衰係数 C (水平 : kN・s/m) (回転 : kN・m・s/rad)
	位置	成分		
Ss900-	底面	水平	$2.969 \times 10^7$	$1.011 \times 10^6$
		回転	$1.311 \times 10^{10}$	$1.682 \times 10^8$
Ss900-	底面	水平	$3.325 \times 10^7$	$1.061 \times 10^6$
		回転	$1.468 \times 10^{10}$	$1.735 \times 10^8$

表 2.14.2.1-22 地盤ばね (ばね定数及び減衰係数) (水平方向【EW 方向】)

地震動	地盤ばね		ばね定数 K (水平 : kN/m) (回転 : kN・m/rad)	減衰係数 C (水平 : kN・s/m) (回転 : kN・m・s/rad)
	位置	成分		
Ss900-	底面	水平	$2.942 \times 10^7$	$1.031 \times 10^6$
		回転	$1.428 \times 10^{10}$	$2.115 \times 10^8$
Ss900-	底面	水平	$3.359 \times 10^7$	$1.118 \times 10^6$
		回転	$1.631 \times 10^{10}$	$2.271 \times 10^8$

表 2.14.2.1-23 地盤ばね (ばね定数及び減衰係数) (鉛直方向【UD 方向】)

地震動	地盤ばね		ばね定数 K (kN/m)	減衰係数 C (kN・s/m)
	位置	成分		
Ss900-	底面	鉛直	$5.761 \times 10^7$	$2.471 \times 10^6$
Ss900-	底面	鉛直	$6.531 \times 10^7$	$2.617 \times 10^6$

1-10. 固有値解析結果

建屋解析モデルの固有値解析結果を表2.14.2.1-24～25に示す。

表 2.14.2.1-24 固有値解析結果(Ss900- )

方向	次数	固有周期 (s)	振動数 (Hz)
NS	1	0.279	3.58
	2	0.161	6.22
	3	0.139	7.20
EW	1	0.262	3.81
	2	0.161	6.22
	3	0.136	7.36
UD	1	0.161	6.22
	2	0.029	34.18
	3	0.016	64.36

表 2.14.2.1-25 固有値解析結果(Ss900- )

方向	次数	固有周期 (s)	振動数 (Hz)
NS	1	0.269	3.72
	2	0.132	7.56
	3	0.082	12.19
EW	1	0.249	4.02
	2	0.128	7.82
	3	0.073	13.77
UD	1	0.151	6.61
	2	0.029	34.25
	3	0.016	64.37

1-11. 地震応答解析結果（最大応答せん断力）

<EW 方向>

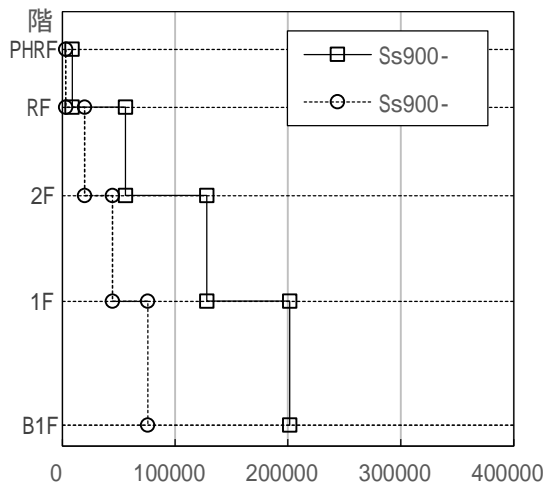


図 2.14.2.1-19 せん断力 EW 方向[kN]

<NS 方向>

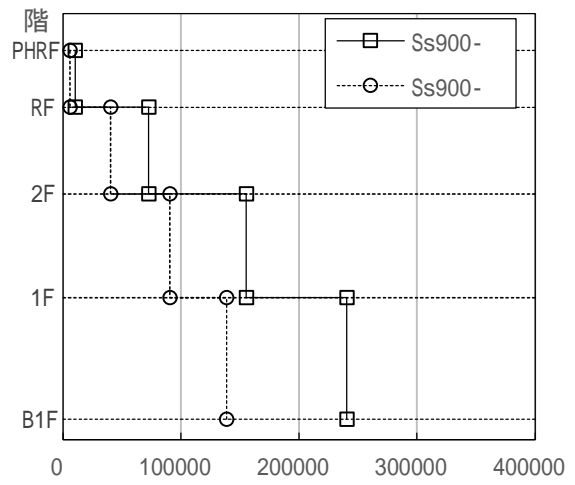


図 2.14.2.1-20 せん断力 NS 方向[kN]

表 2.14.2.1-26 最大応答せん断力

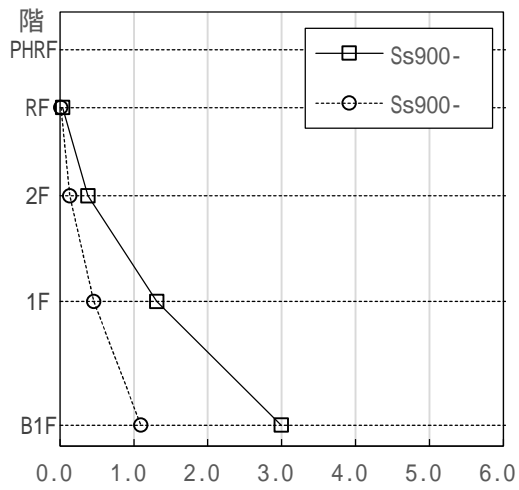
	Ss900-	Ss900-
RF ~ PHRF	8630	2898
2F ~ RF	56108	19699
1F ~ 2F	127938	44427
B1F ~ 1F	201506	75637

表 2.14.2.1-27 最大応答せん断力

	Ss900-	Ss900-
RF ~ PHRF	10367	5890
2F ~ RF	72505	40370
1F ~ 2F	155283	90443
B1F ~ 1F	240473	138575

1-12. 地震応答解析結果（曲げモーメント）

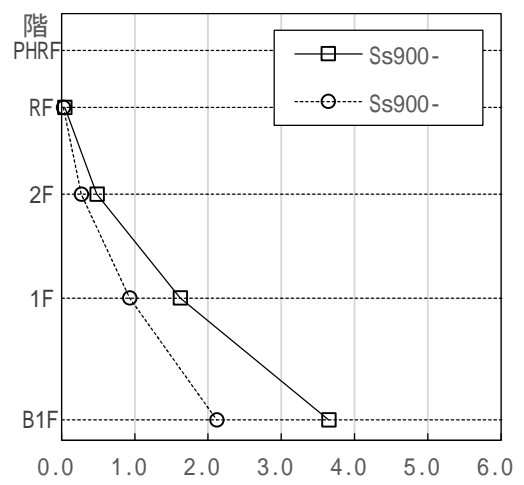
<EW 方向>



曲げモーメント EW 方向 [ $\times 10^6 \text{kN} \cdot \text{m}$ ]

図 2.14.2.1-21

<NS 方向>



曲げモーメント NS 方向 [ $\times 10^6 \text{kN} \cdot \text{m}$ ]

図 2.14.2.1-22

表 2.14.2.1-28 最大応答曲げモーメント

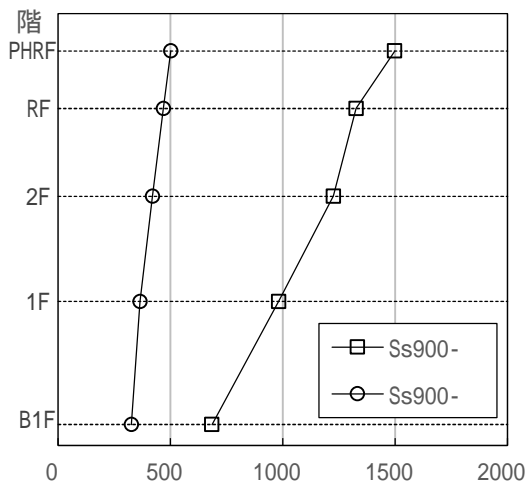
	Ss900-	Ss900-
RF ~ PHRF	0.035	0.012
2F ~ RF	0.379	0.132
1F ~ 2F	1.311	0.455
B1F ~ 1F	2.994	1.092

表 2.14.2.1-29 最大応答曲げモーメント

	Ss900-	Ss900-
RF ~ PHRF	0.041	0.024
2F ~ RF	0.481	0.268
1F ~ 2F	1.617	0.929
B1F ~ 1F	3.646	2.116

1-13. 地震応答解析結果 (最大応答加速度 水平方向)

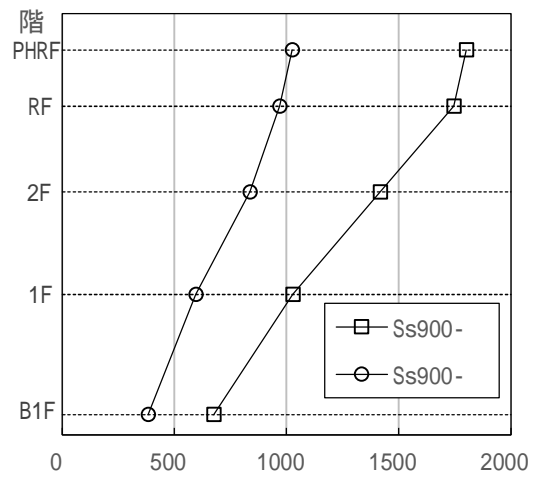
<EW 方向>



最大応答加速度 EW 方向[cm/s<sup>2</sup>]

図 2.14.2.1-23

<NS 方向>



最大応答加速度 NS 方向[cm/s<sup>2</sup>]

図 2.14.2.1-24

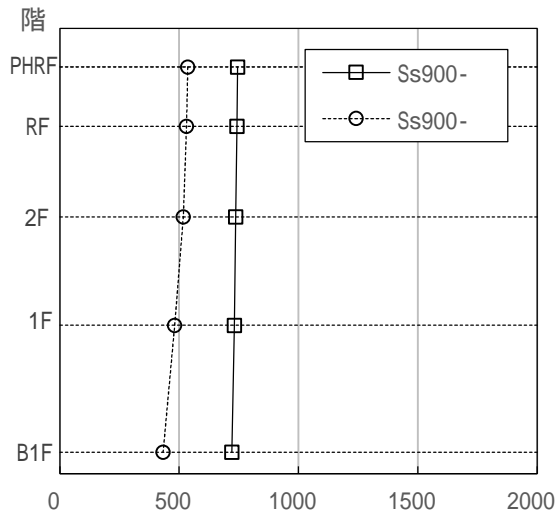
表 2.14.2.1-30 最大応答加速度

	Ss900-	Ss900-
PHRF	1498	502
RF	1326	469
2F	1225	420
1F	982	365
B1F	685	326

表 2.14.2.1-31 最大応答加速度

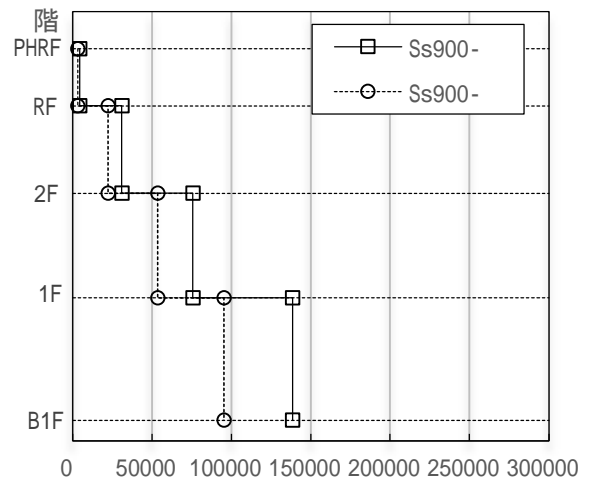
	Ss900-	Ss900-
PHRF	1801	1024
RF	1746	969
2F	1417	836
1F	1028	596
B1F	675	382

1-14. 地震応答解析結果（鉛直方向）



最大応答加速度 UD 方向 [cm/s<sup>2</sup>]

図 2.14.2.1-25



最大応答軸力 [kN]

図 2.14.2.1-26

表 2.14.2.1-32 最大応答加速度

	Ss900-	Ss900-
PHRF	745	536
RF	743	531
2F	737	517
1F	732	482
B1F	721	433

表 2.14.2.1-33 最大応答軸力

	Ss900-	Ss900-
RF ~ PHRF	4318	3104
2F ~ RF	30993	22190
1F ~ 2F	75676	53489
B1F ~ 1F	138415	95241



1-15. せん断ひずみの評価結果

表 2.14.2.1-34 せん断ひずみ(Ss900- )

評価項目		評価基準	EW 方向
せん断ひずみ	R 階	$1.07 \times 10^{-3}$	$0.08 \times 10^{-3}$
	2 階	$1.19 \times 10^{-3}$	$0.22 \times 10^{-3}$
	1 階	$1.84 \times 10^{-3}$	$0.74 \times 10^{-3}$
	B1 階	$1.50 \times 10^{-3}$	$0.75 \times 10^{-3}$

評価項目		評価基準	NS 方向
せん断ひずみ	R 階	$1.52 \times 10^{-3}$	$0.22 \times 10^{-3}$
	2 階	$1.34 \times 10^{-3}$	$0.82 \times 10^{-3}$
	1 階	$1.79 \times 10^{-3}$	$1.33 \times 10^{-3}$
	B1 階	$1.66 \times 10^{-3}$	$1.48 \times 10^{-3}$

表 2.14.2.1-35 せん断ひずみ(Ss900- )

評価項目		評価基準	EW 方向
せん断ひずみ	R 階	$1.07 \times 10^{-3}$	$0.03 \times 10^{-3}$
	2 階	$1.19 \times 10^{-3}$	$0.06 \times 10^{-3}$
	1 階	$1.84 \times 10^{-3}$	$0.13 \times 10^{-3}$
	B1 階	$1.50 \times 10^{-3}$	$0.12 \times 10^{-3}$

評価項目		評価基準	NS 方向
せん断ひずみ	R 階	$1.52 \times 10^{-3}$	$0.13 \times 10^{-3}$
	2 階	$1.34 \times 10^{-3}$	$0.33 \times 10^{-3}$
	1 階	$1.79 \times 10^{-3}$	$0.64 \times 10^{-3}$
	B1 階	$1.66 \times 10^{-3}$	$0.78 \times 10^{-3}$

評価基準値はスケルトンカーブ( )の第2折れ点を示す。

1-16. 復元力特性

・ 建屋各層のせん断応力度-せん断ひずみ関係は図 2.14.2.1-27 のスケルトンカーブ( - )関係となる。

・ 各層に発生するせん断応力度におけるせん断ひずみは  $2.0 \times 10^{-3}$  以下であり、応答値はいずれも第 2 折れ点以下である。

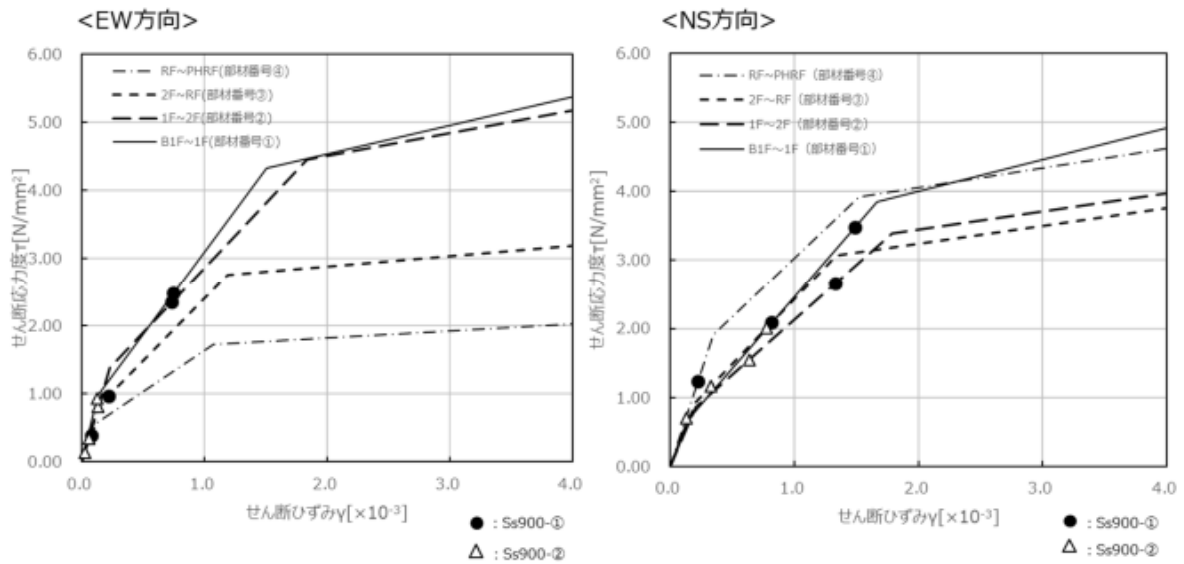


図 2.14.2.1-27 スケルトンカーブ(Ss900)

## 1-17. コンクリートセル壁のせん断ひずみ

### (1) 評価方法

動的解析(等価せん断モデル)では,各階の層間変形から階高を除して,耐震壁のせん断ひずみを算出している(表 2.14.2.1-28)。同一階でも,建屋外壁とコンクリートセル壁では,耐震壁の剛性比や全体のねじれ等により,層間変形に差が生じることから,各フレーム毎の層間変形を求める。静的解析で使用した解析モデル(3次元耐震壁付きフレームモデル)に Ss900- の評価時の外力を入力することで,各フレーム毎の層間変形を求め,せん断ひずみを算出する。

### (2) 評価結果

表 2.14.2.1-37~38 のとおり,建屋外壁とコンクリートセル壁のせん断ひずみは,動的解析結果と同程度となっている。建屋外壁,コンクリートセル壁は,閉じ込め及び遮へい機能の評価基準値(せん断ひずみ:  $2.0 \times 10^{-3}$ )を下回っていることを確認した。

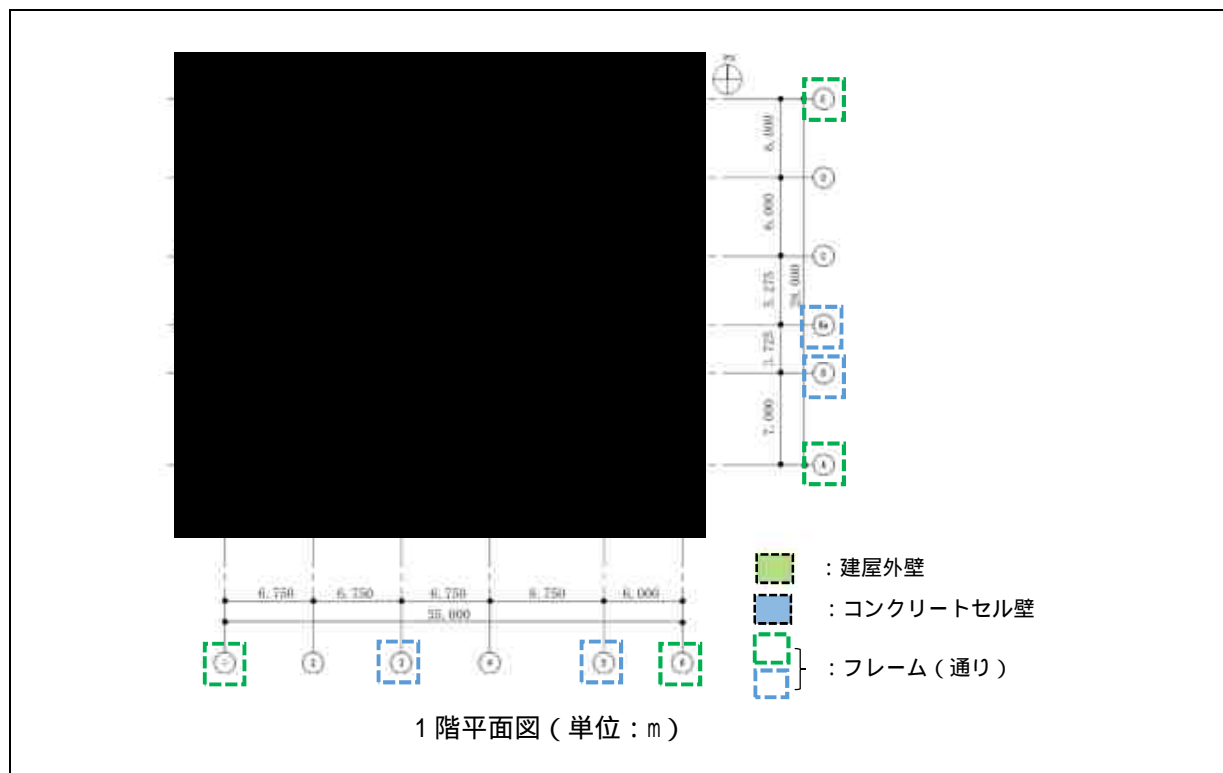


表 2.14.2.1-36 動的解析結果 ( Ss900- )

	NS 方向	EW 方向
1 階	$1.33 \times 10^{-3}$	$0.74 \times 10^{-3}$

表 2.14.2.1-37 建屋外壁

	NS 方向	EW 方向
1 通り	$1.30 \times 10^{-3}$	
6 通り	$1.35 \times 10^{-3}$	
A 通り		$0.72 \times 10^{-3}$
E 通り		$0.76 \times 10^{-3}$

表 2.14.2.1-38 コンクリートセル壁

	NS 方向	EW 方向
3 通り	$1.32 \times 10^{-3}$	
5 通り	$1.34 \times 10^{-3}$	
B 通り		$0.73 \times 10^{-3}$
Ba 通り		$0.73 \times 10^{-3}$

1-18. 接地率の評価結果

- ・ Ss900 による地震応答解析の結果に基づく接地率の一覧を表 2.14.2.1-39 ~ 40 に示す。
- ・ Ss900 による接地率 ( ) は、誘発上下動を考慮した浮き上がり非線形解析を適用できる値 (50%) 以上であることを確認した。

表 2.14.2.1-39 Ss900- 最大接地率

評価項目	評価基準	EW 方向	NS 方向
接地率 ( )	50%	80%	62%

表 2.14.2.1-40 Ss900- 最大接地率

評価項目	評価基準	EW 方向	NS 方向
接地率 ( )	50%	100%	97%

1-19. 接地圧の評価結果

- ・ 地震時の最大接地圧は、水平地震動による応力と鉛直地震動による応力を組み合わせ係数法 (係数 0.4) にて考慮して算出する。
- ・ 接地圧は、最大で 1697kN/m<sup>2</sup> (NS 方向) であり、評価基準値 (極限鉛直支持力度 3000kN/m<sup>2</sup>) を超えないことを確認した。

表 2.14.2.1-41 Ss900- 最大接地圧

評価項目	上下動	評価基準	EW 方向	NS 方向
最大接地圧	上向き	q <sub>u</sub> 3000	650	1697
	下向き		722	839

表 2.14.2.1-42 Ss900- 最大接地圧

評価項目	上下動	評価基準	EW 方向	NS 方向
最大接地圧	上向き	q <sub>u</sub> 3000	353	335
	下向き		521	526

極限鉛直支持力度は、建築基準法施行令の地盤の許容応力度より設定

1-20. 評価結果まとめ

- ・ 第 2 棟建屋の耐震性評価として、Ss900 による地震応答解析を行い、耐震壁に生じるせん断ひずみ及び接地圧が評価基準値を超えないことを確認した。
- ・ 以上により、第 2 棟建屋は Ss900 に対して耐震裕度を有しており、建屋 (コンクリートセル、試料ピット含む) の安全機能は維持できると評価する。

Sd450 による建屋の耐震性評価結果

1-1. 評価概要

- ・ 検討に用いる地震動，建屋概要，解析方法，建屋解析モデルの諸元，地盤モデルの設定については，参考資料 1-2「Ss900 による建屋の耐震性評価結果」に準じる。

1-2. 入力地震動

- ・ 建屋基礎底面位置における入力地震動（水平方向，鉛直方向）の加速度時刻歴波形は以下の通り。

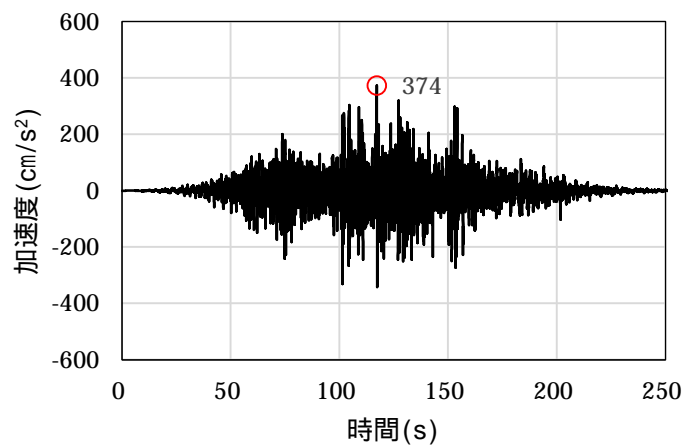


図 2.14.2.1-29 建屋基礎底面位置における地震動の加速度時刻歴波形  
(1/2Ss450- 水平方向)

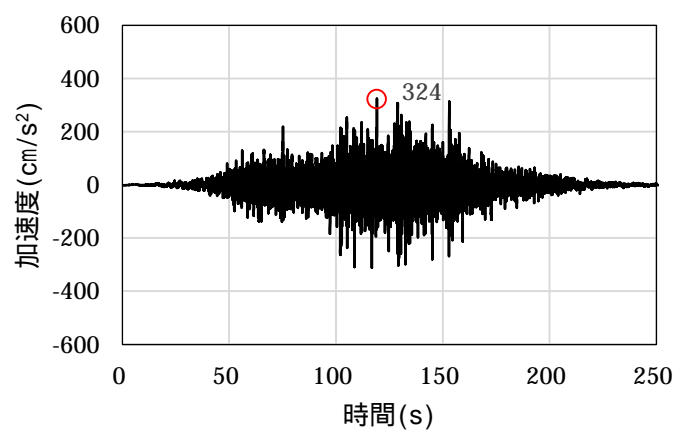


図 2.14.2.1-30 建屋基礎底面位置における地震動の加速度時刻歴波形  
(1/2Ss450- 鉛直方向)

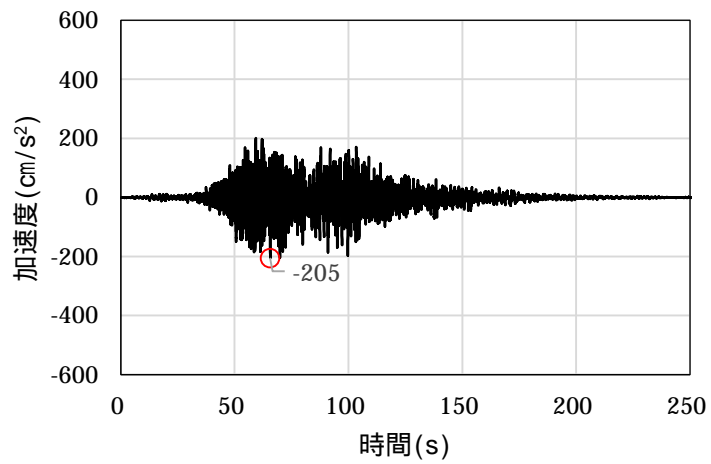


図 2.14.2.1-31 建屋基礎底面位置における地震動の加速度時刻歴波形  
( 1/2Ss450- 水平方向【NS 方向】 )

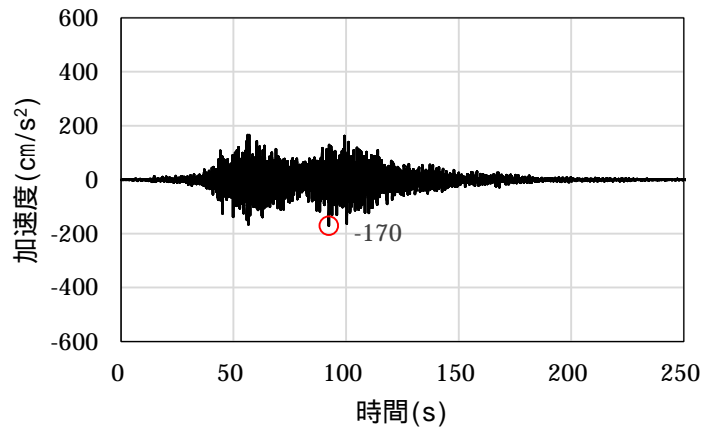


図 2.14.2.1-32 建屋基礎底面位置における地震動の加速度時刻歴波形  
( 1/2Ss450- 水平方向【EW 方向】 )

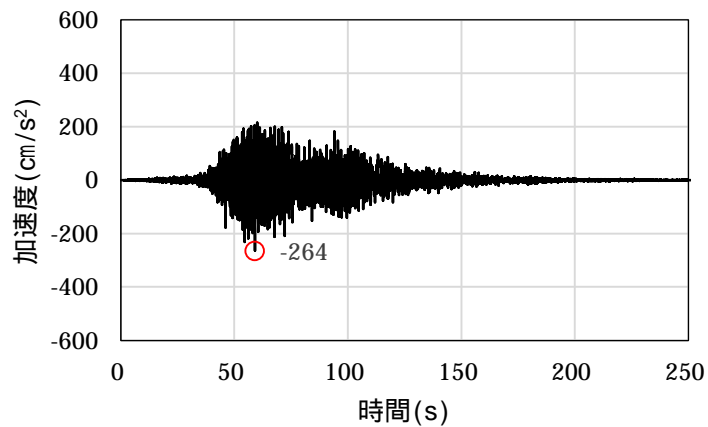


図 2.14.2.1-33 建屋基礎底面位置における地震動の加速度時刻歴波形  
( 1/2Ss450- 鉛直方向【UD 方向】 )

2.14.2.1-44

### 1-3. 地盤ばね

- ・ 解析に用いた地盤ばねを表 2.14.2.1-43 ~ 45 に示す。

表 2.14.2.1-43 地盤ばね (ばね定数及び減衰係数) (水平方向【NS 方向】)

地震動	地盤ばね		ばね定数 K (水平 : kN/m) (回転 : kN・m/rad)	減衰係数 C (水平 : kN・s/m) (回転 : kN・m・s/rad)
	位置	成分		
1/2Ss450-	底面	水平	$3.351 \times 10^7$	$1.070 \times 10^6$
		回転	$1.480 \times 10^{10}$	$1.749 \times 10^8$
1/2Ss450-	底面	水平	$3.663 \times 10^7$	$1.093 \times 10^6$
		回転	$1.617 \times 10^{10}$	$1.749 \times 10^8$

表 2.14.2.1-44 地盤ばね (ばね定数及び減衰係数) (水平方向【EW 方向】)

地震動	地盤ばね		ばね定数 K (水平 : kN/m) (回転 : kN・m/rad)	減衰係数 C (水平 : kN・s/m) (回転 : kN・m・s/rad)
	位置	成分		
1/2Ss450-	底面	水平	$3.321 \times 10^7$	$1.105 \times 10^6$
		回転	$1.612 \times 10^{10}$	$2.245 \times 10^8$
1/2Ss450-	底面	水平	$3.540 \times 10^7$	$1.115 \times 10^6$
		回転	$1.719 \times 10^{10}$	$2.245 \times 10^8$

表 2.14.2.1-45 地盤ばね (ばね定数及び減衰係数) (鉛直方向【UD 方向】)

地震動	地盤ばね		ばね定数 K (kN/m)	減衰係数 C (kN・s/m)
	位置	成分		
1/2Ss450-	底面	鉛直	$6.483 \times 10^7$	$2.608 \times 10^6$
1/2Ss450-	底面	鉛直	$6.945 \times 10^7$	$2.692 \times 10^6$



1-4. 固有値解析結果

- ・ 建屋解析モデルの固有値解析結果を表 2.14.2.1-46 ~ 47 に示す。

表 2.14.2.1-46 固有値解析結果(1/2Ss450- )

方向	次数	固有周期 (s)	振動数 (Hz)
NS	1	0.268	3.73
	2	0.132	7.58
	3	0.082	12.21
EW	1	0.250	4.00
	2	0.129	7.78
	3	0.073	13.75
UD	1	0.152	6.59
	2	0.029	34.24
	3	0.016	64.37

表 2.14.2.1-47 固有値解析結果(1/2Ss450- )

方向	次数	固有周期 (s)	振動数 (Hz)
NS	1	0.260	3.84
	2	0.127	7.87
	3	0.080	12.46
EW	1	0.248	4.03
	2	0.126	7.93
	3	0.072	13.86
UD	1	0.147	6.81
	2	0.029	34.29
	3	0.016	64.37

1-5. 地震応答解析結果（最大応答せん断力）

<EW 方向>

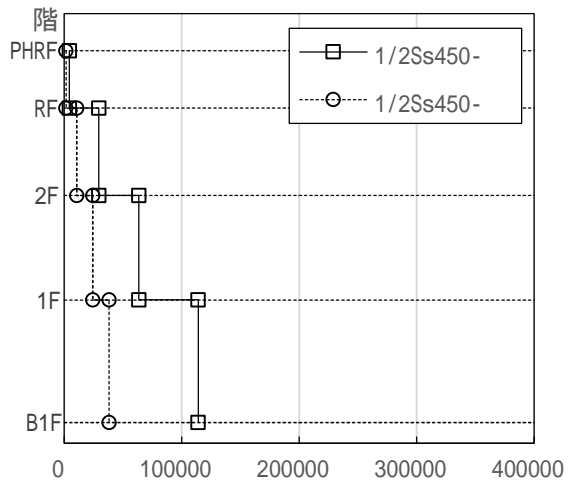


図 2.14.2.1-34 せん断力 EW 方向[kN]

<NS 方向>

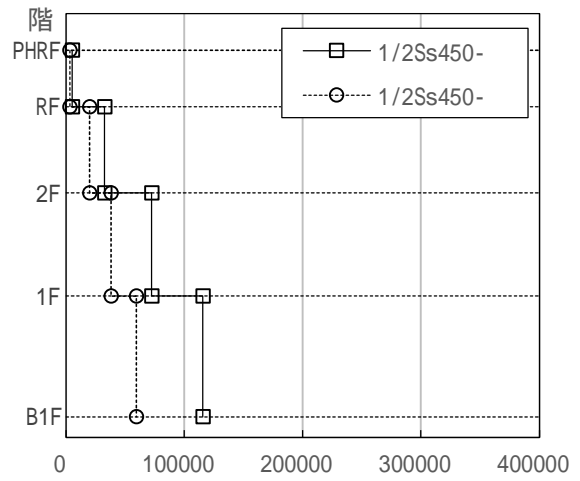


図 2.14.2.1-35 せん断力 NS 方向[kN]

表 2.14.2.1-48 最大応答せん断力

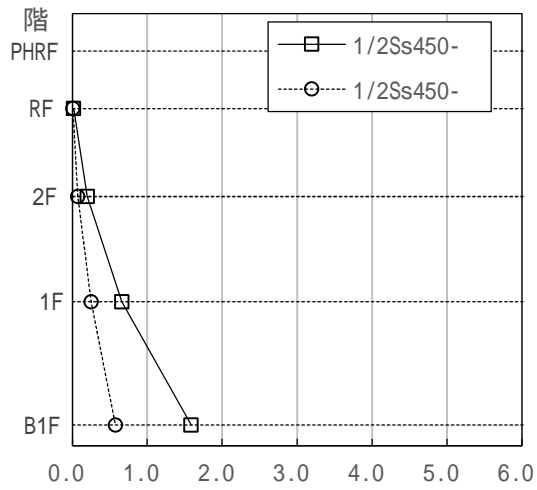
	1/2Ss450-	1/2Ss450-
RF ~ PHRF	4452	1614
2F ~ RF	29603	10777
1F ~ 2F	63596	24337
B1F ~ 1F	114112	38200

表 2.14.2.1-49 最大応答せん断力

	1/2Ss450-	1/2Ss450-
RF ~ PHRF	5276	3218
2F ~ RF	32603	20027
1F ~ 2F	72476	38019
B1F ~ 1F	115580	59452

1-6. 地震応答解析結果（曲げモーメント）

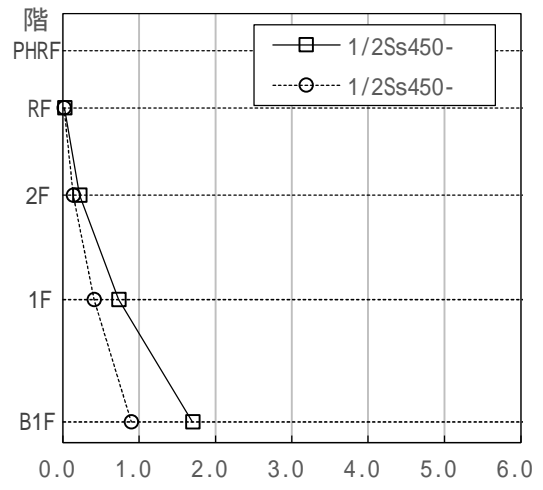
<EW 方向>



曲げモーメント EW 方向 [ $\times 10^6 \text{kN} \cdot \text{m}$ ]

図 2.14.2.1-36

<NS 方向>



曲げモーメント NS 方向 [ $\times 10^6 \text{kN} \cdot \text{m}$ ]

図 2.14.2.1-37

表 2.14.2.1-50 最大応答曲げモーメント

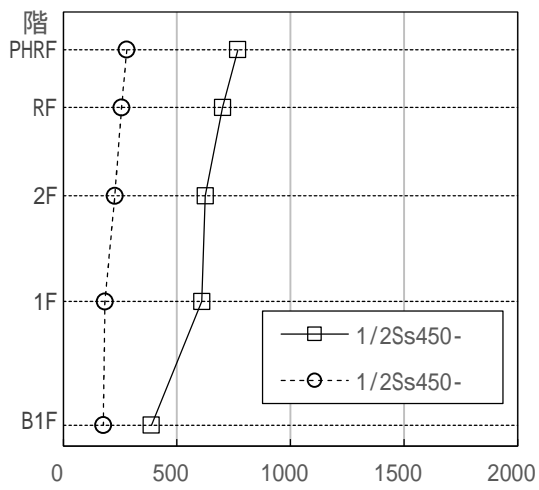
	1/2Ss450-	1/2Ss450-
RF ~ PHRF	0.018	0.006
2F ~ RF	0.198	0.072
1F ~ 2F	0.662	0.249
B1F ~ 1F	1.585	0.574

表 2.14.2.1-51 最大応答曲げモーメント

	1/2Ss450-	1/2Ss450-
RF ~ PHRF	0.021	0.013
2F ~ RF	0.220	0.135
1F ~ 2F	0.731	0.409
B1F ~ 1F	1.699	0.895

1-7. 地震応答解析結果（最大応答加速度 水平方向）

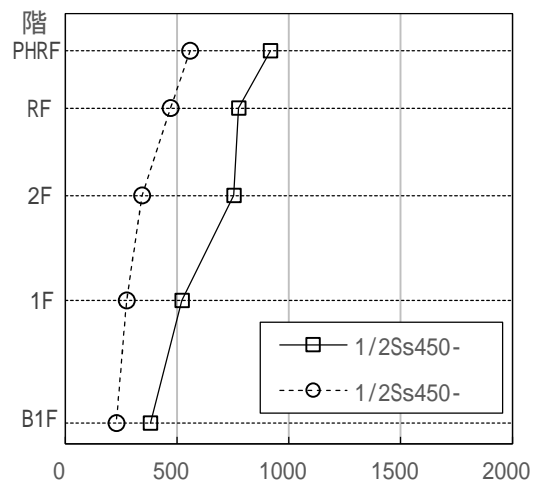
<EW 方向>



最大応答加速度 EW 方向[cm/s<sup>2</sup>]

図 2.14.2.1-38

<NS 方向>



最大応答加速度 NS 方向[cm/s<sup>2</sup>]

図 2.14.2.1-39

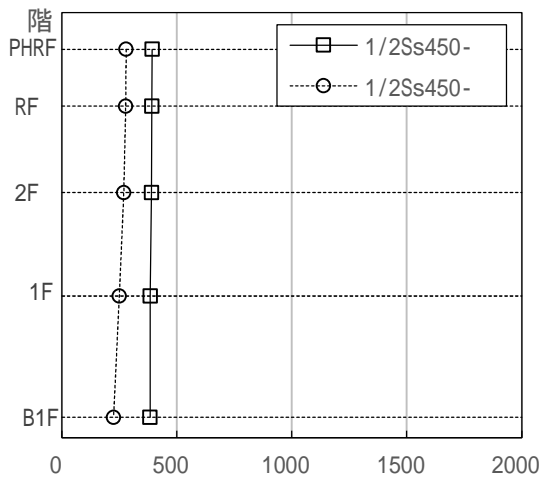
表 2.14.2.1-52 最大応答加速度

	1/2Ss450-	1/2Ss450-
PHRF	768	279
RF	701	256
2F	625	226
1F	610	182
B1F	387	175

表 2.14.2.1-53 最大応答加速度

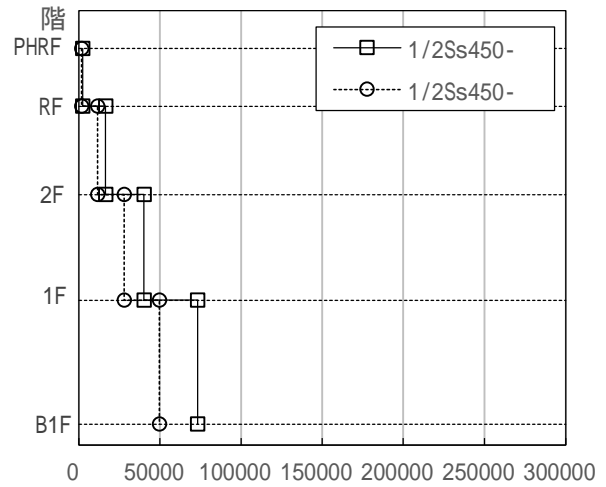
	1/2Ss450-	1/2Ss450-
PHRF	917	559
RF	775	471
2F	754	344
1F	522	275
B1F	381	228

1-8. 地震応答解析結果（鉛直方向）



最大応答加速度 UD 方向[cm/s<sup>2</sup>]

図 2.14.2.1-40



最大応答軸力[kN]

図 2.14.2.1-41

表 2.14.2.1-54 最大応答加速度

	1/2Ss450-	1/2Ss450-
PHRF	393	279
RF	392	277
2F	390	270
1F	385	250
B1F	383	225

表 2.14.2.1-55 最大応答軸力

	1/2Ss450-	1/2Ss450-
RF ~ PHRF	2278	1618
2F ~ RF	16378	11579
1F ~ 2F	40020	27923
B1F ~ 1F	73158	49589

1-9. 評価結果

- 耐震壁のせん断ひずみは，最大で  $0.62 \times 10^{-3}$  (NS 方向) であり，評価基準 ( $2.0 \times 10^{-3}$ ) を超えず，十分な裕度を確保していることを確認した。

表 2.14.2.1-56 Sd450- せん断ひずみ

評価項目		評価基準	EW 方向
せん断ひずみ	R 階	$1.07 \times 10^{-3}$	$0.04 \times 10^{-3}$
	2 階	$1.19 \times 10^{-3}$	$0.09 \times 10^{-3}$
	1 階	$1.84 \times 10^{-3}$	$0.19 \times 10^{-3}$
	B1 階	$1.50 \times 10^{-3}$	$0.31 \times 10^{-3}$

評価項目		評価基準	NS 方向
せん断ひずみ	R 階	$1.52 \times 10^{-3}$	$0.11 \times 10^{-3}$
	2 階	$1.34 \times 10^{-3}$	$0.21 \times 10^{-3}$
	1 階	$1.79 \times 10^{-3}$	$0.44 \times 10^{-3}$
	B1 階	$1.66 \times 10^{-3}$	$0.62 \times 10^{-3}$

表 2.14.2.1-57 Sd450- せん断ひずみ

評価項目		評価基準	EW 方向
せん断ひずみ	R 階	$1.07 \times 10^{-3}$	$0.02 \times 10^{-3}$
	2 階	$1.19 \times 10^{-3}$	$0.03 \times 10^{-3}$
	1 階	$1.84 \times 10^{-3}$	$0.07 \times 10^{-3}$
	B1 階	$1.50 \times 10^{-3}$	$0.06 \times 10^{-3}$

評価項目		評価基準	NS 方向
せん断ひずみ	R 階	$1.52 \times 10^{-3}$	$0.07 \times 10^{-3}$
	2 階	$1.34 \times 10^{-3}$	$0.13 \times 10^{-3}$
	1 階	$1.79 \times 10^{-3}$	$0.15 \times 10^{-3}$
	B1 階	$1.66 \times 10^{-3}$	$0.23 \times 10^{-3}$

評価基準値はスケルトンカーブ ( - ) の第 2 折れ点を示す。

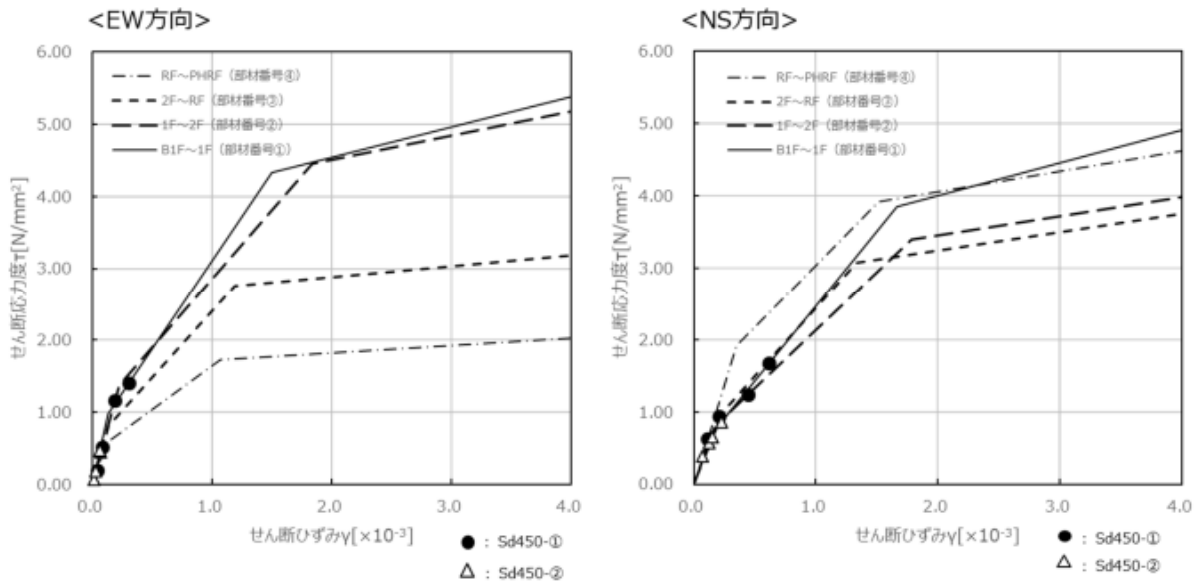


図 2.14.2.1-42 スケルトンカーブ(Sd450)

## 静的地震力による建屋の耐震性確認結果

1. 静的地震力 1.5C<sub>i</sub> による確認結果

## 1.1 評価方針

第2棟は、「東京電力ホールディングス株式会社福島第一原子力発電所における耐震クラス分類と地震動の適用の考え方」(第51回原子力規制委員会資料,令和4年11月16日)に基づき,クラス別分類はB+クラスの建物と位置づけられるため,B+クラスとしての評価を実施する。

なお,設計は建築基準法に準拠し,積雪荷重及び風圧についても評価する。

第2棟は,鉄筋コンクリート造の地上2階,地下1階,平面寸法35.0m(EW方向)×28.0m(NS方向),地上高さ17.3mの建物である。基礎は直接基礎で,人工岩盤を介して富岡層に支持させる。第2棟の平面図及び断面図を図2.14.2.1-43~49に示す。

建屋に加わる地震時の水平力は,主に外周部及び建物内部に設けた耐震壁にて負担する。耐震性の評価は,地震層せん断力係数として1.5C<sub>i</sub>を採用した場合の当該部位の応力に対して行う。第2棟の評価手順を図2.14.2.1-50に示す。



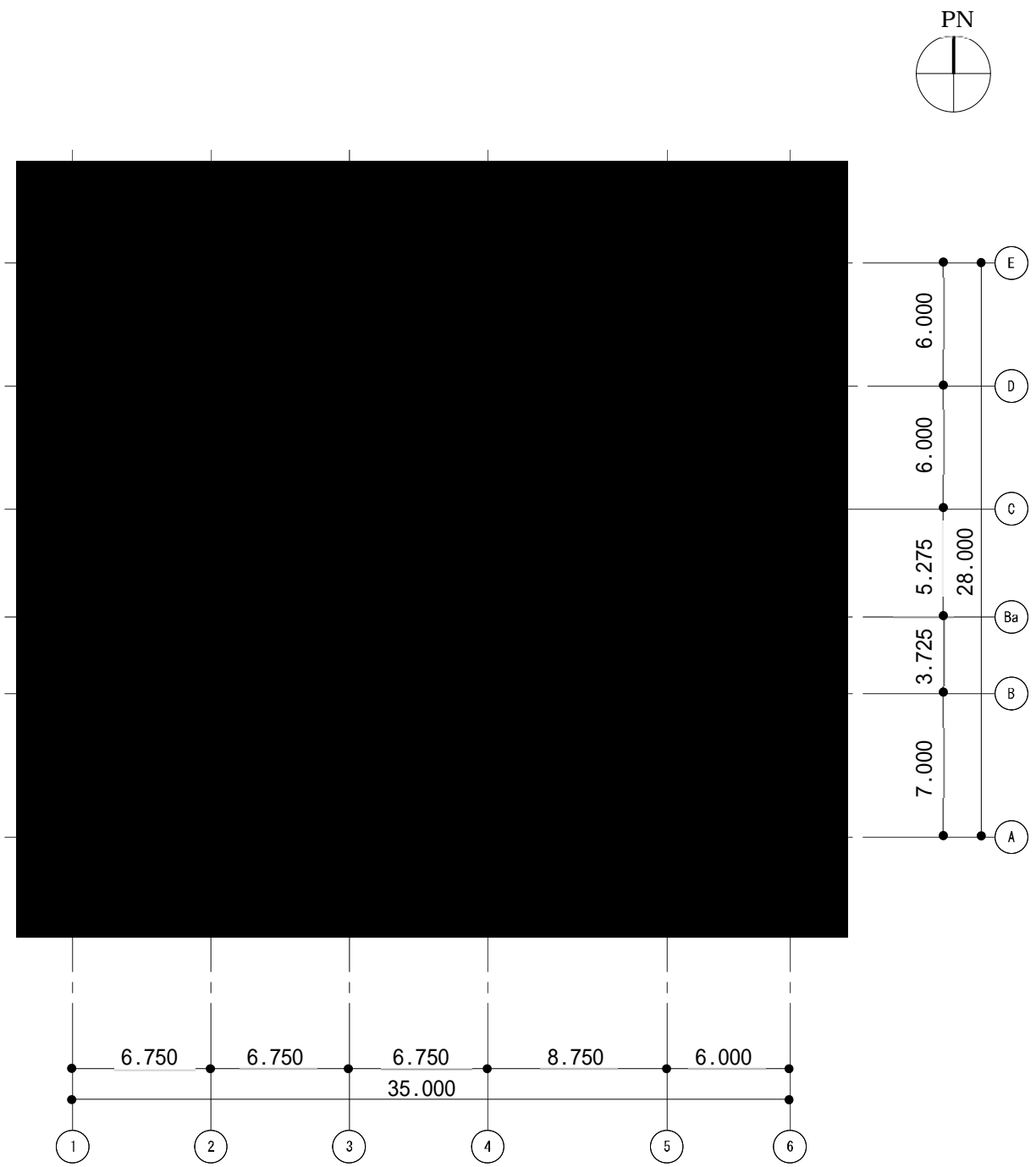


图 2.14.2.1-43 地下 1 階平面図 (G.L.-7.2)(单位 : m)

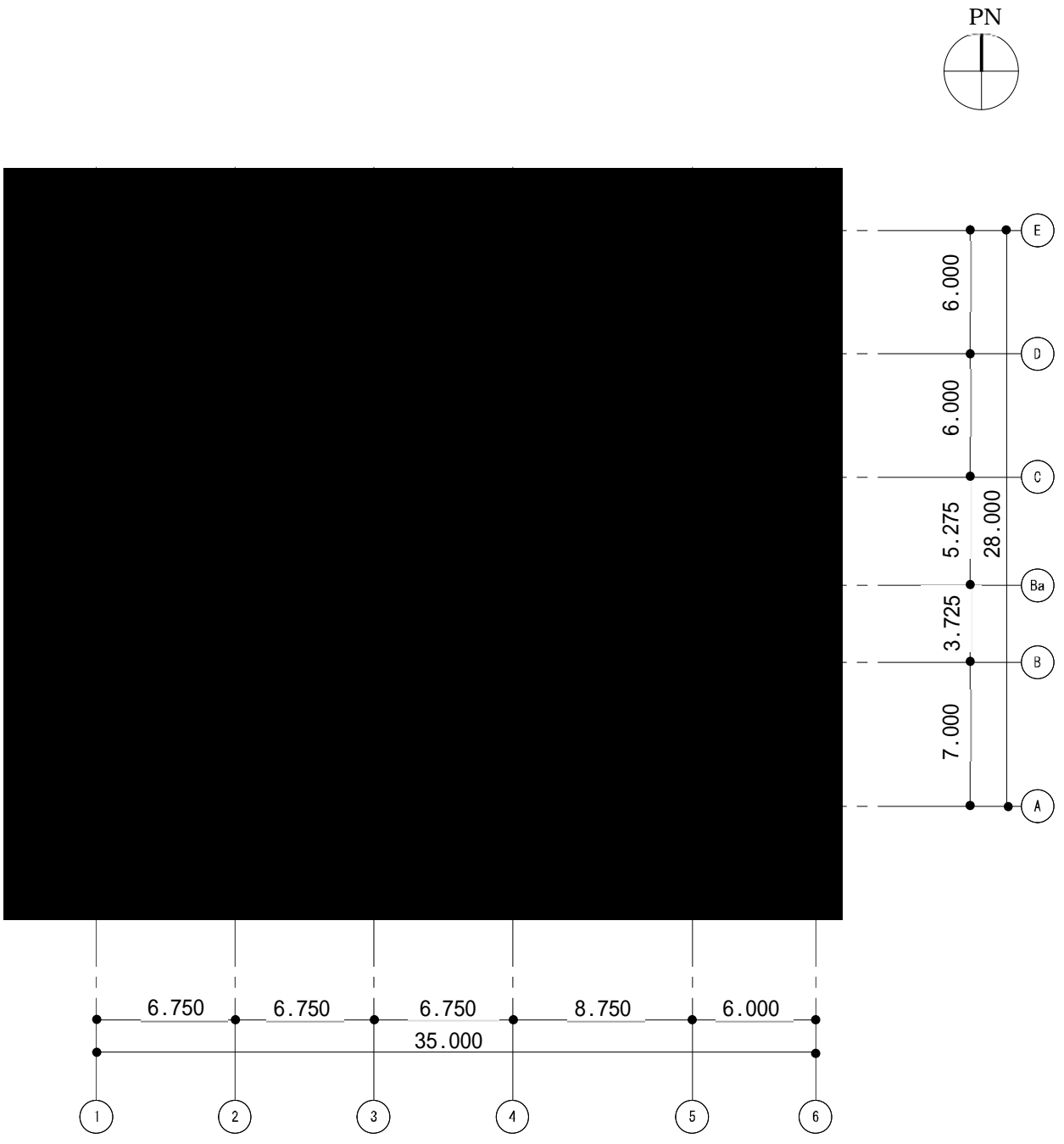


图 2.14.2.1-44 1 階平面図 (G.L.+0.3)(单位 : m)

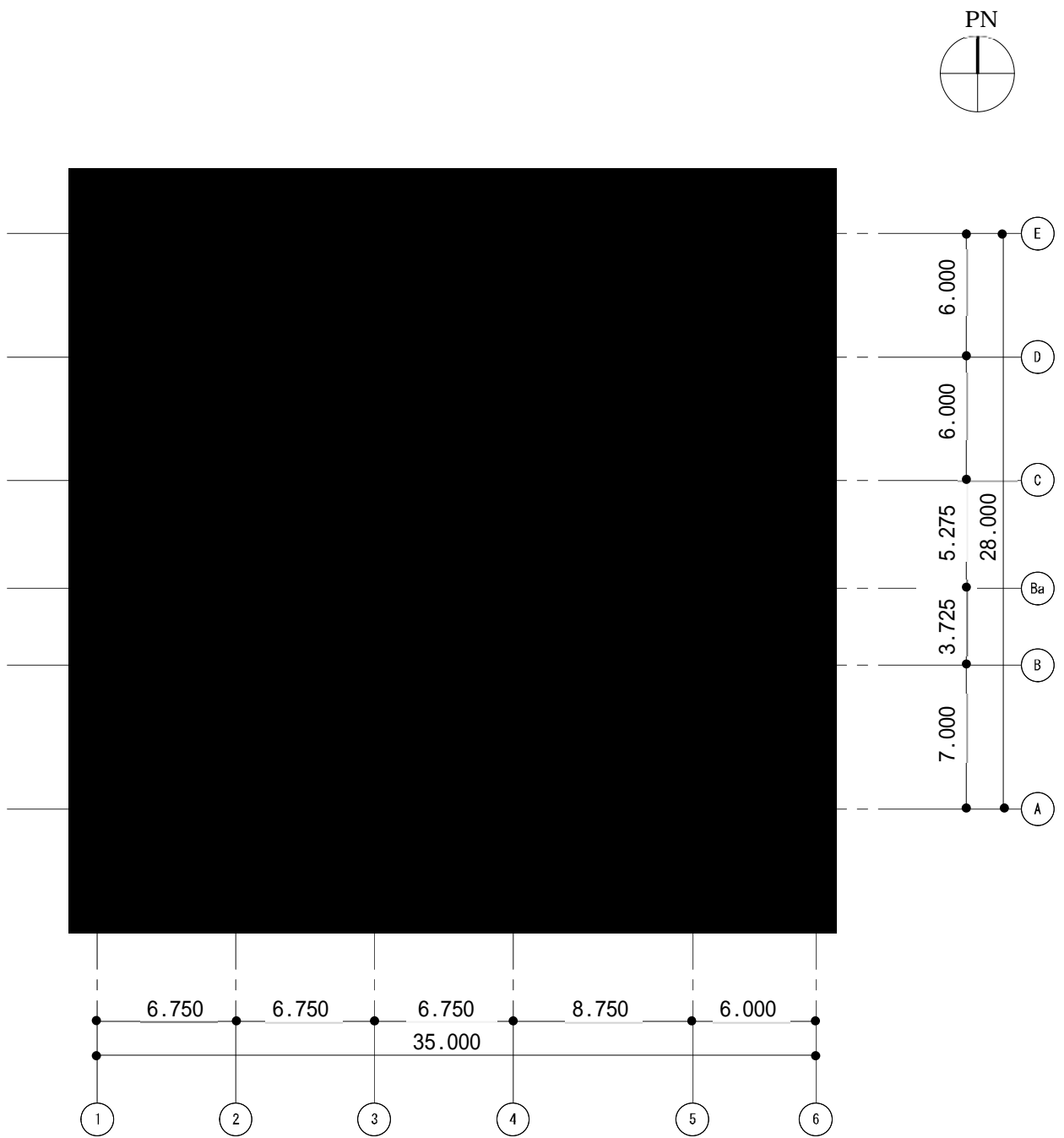


图 2.14.2.1-45 2 階平面図 (G.L.+7.3)(单位 : m)

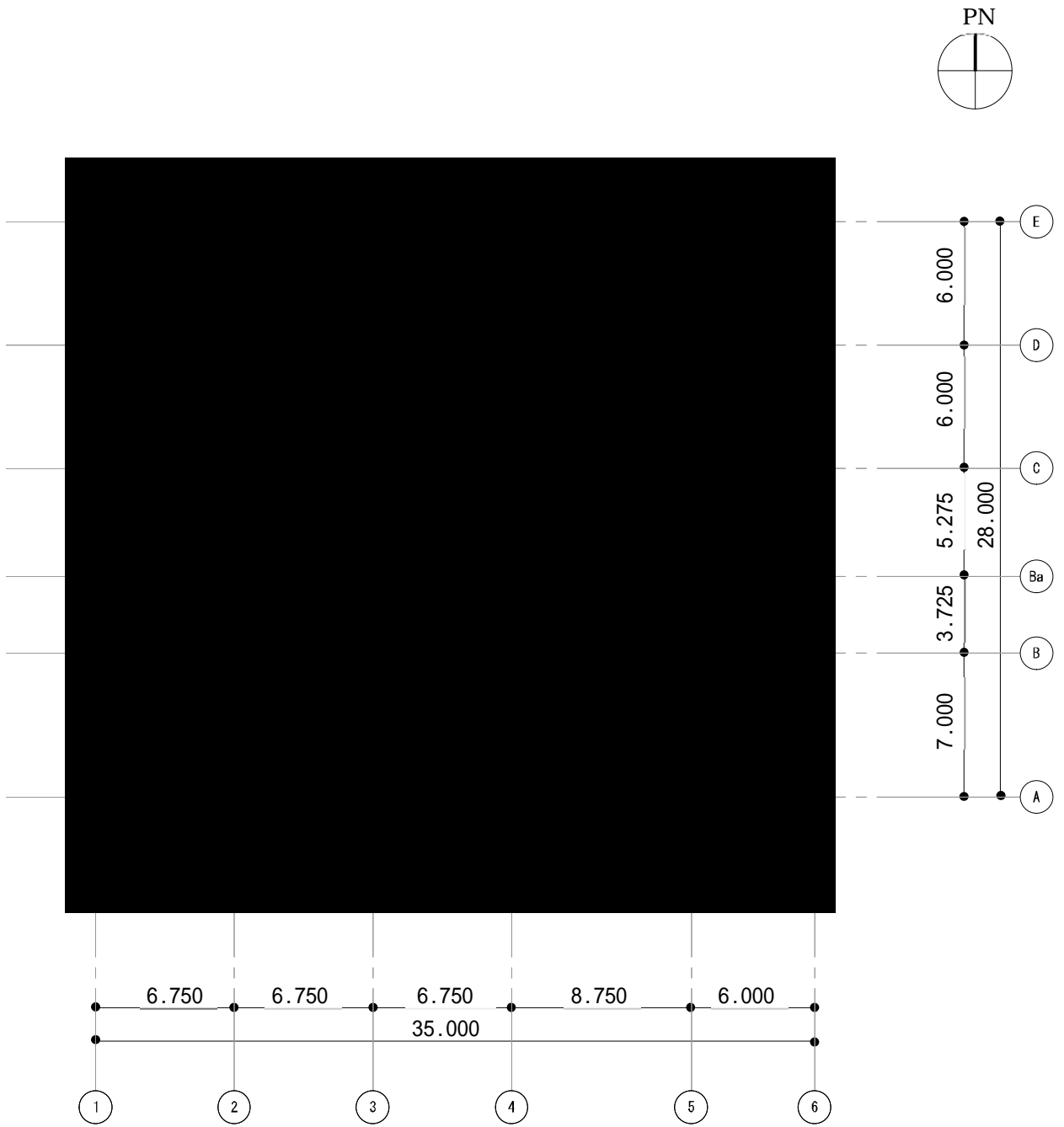


图 2.14.2.1-46 屋上階平面图 (G.L.+13.3, +14.8)(单位: m)

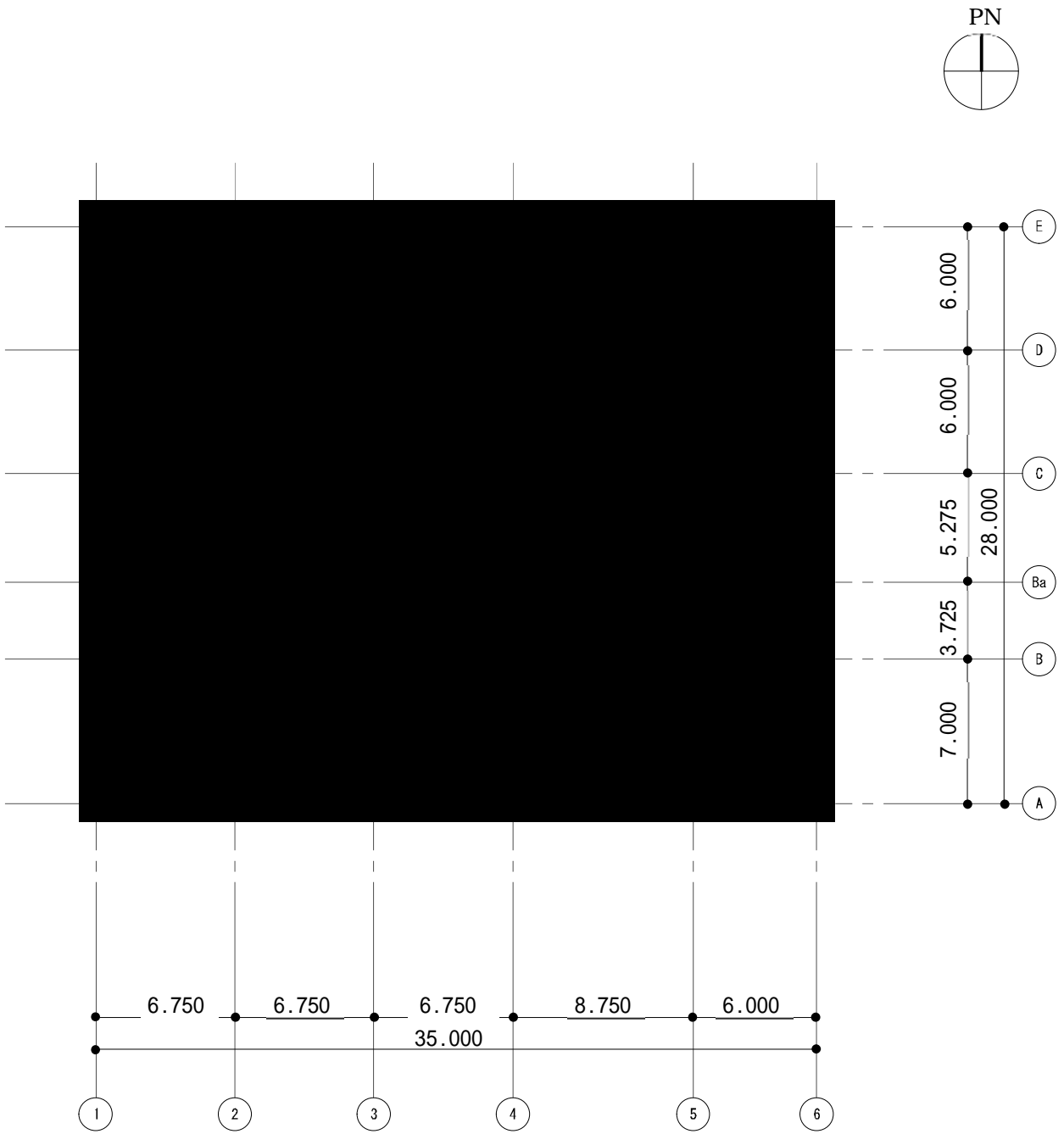


图 2.14.2.1-47 屋根平面图 (G.L.+17.3)(单位 : m)

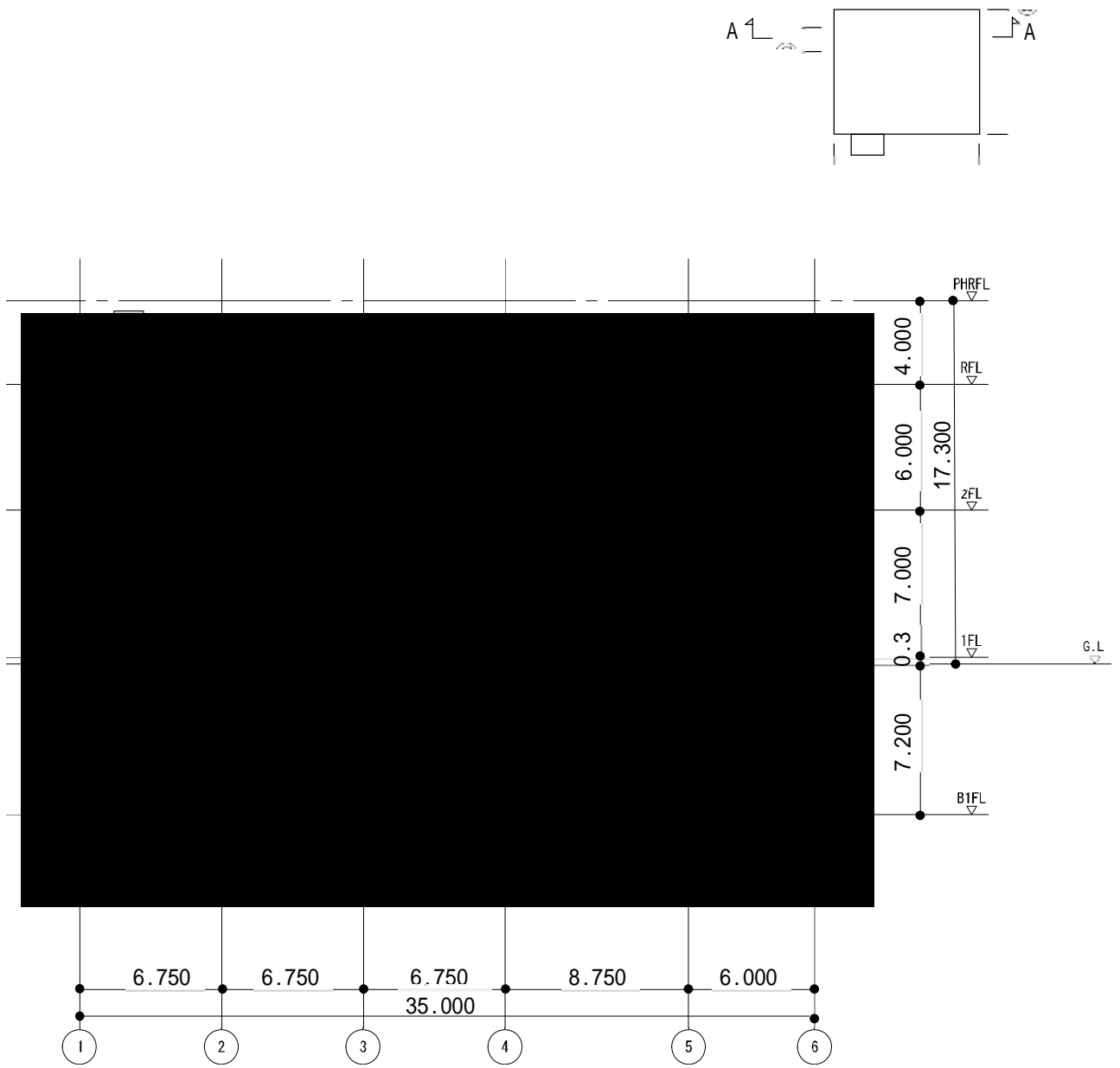


图 2.14.2.1-48 A - A 断面图 (EW 方向) (单位 : m)

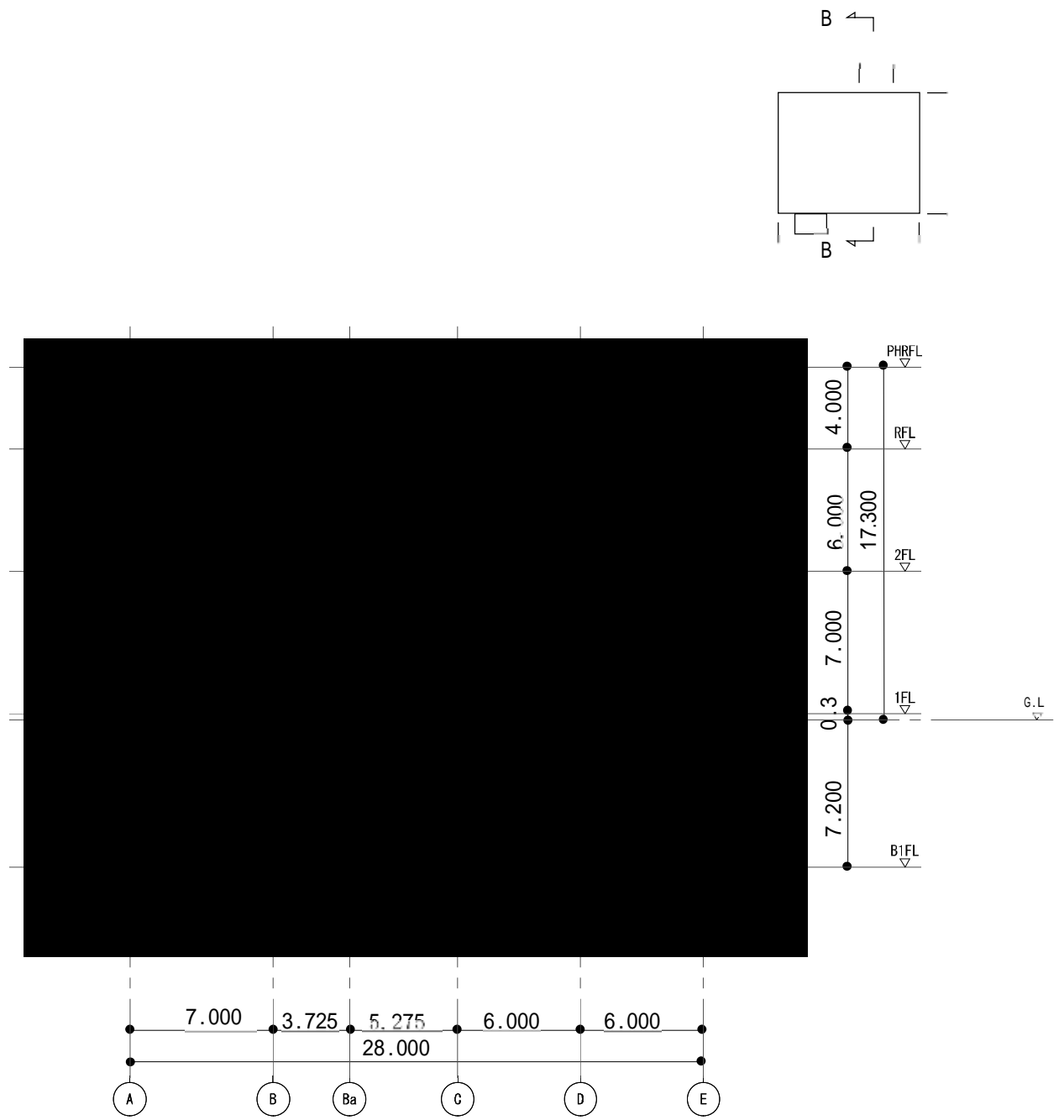


图 2.14.2.1-49 B - B 断面图 (NS 方向) (单位 : m)

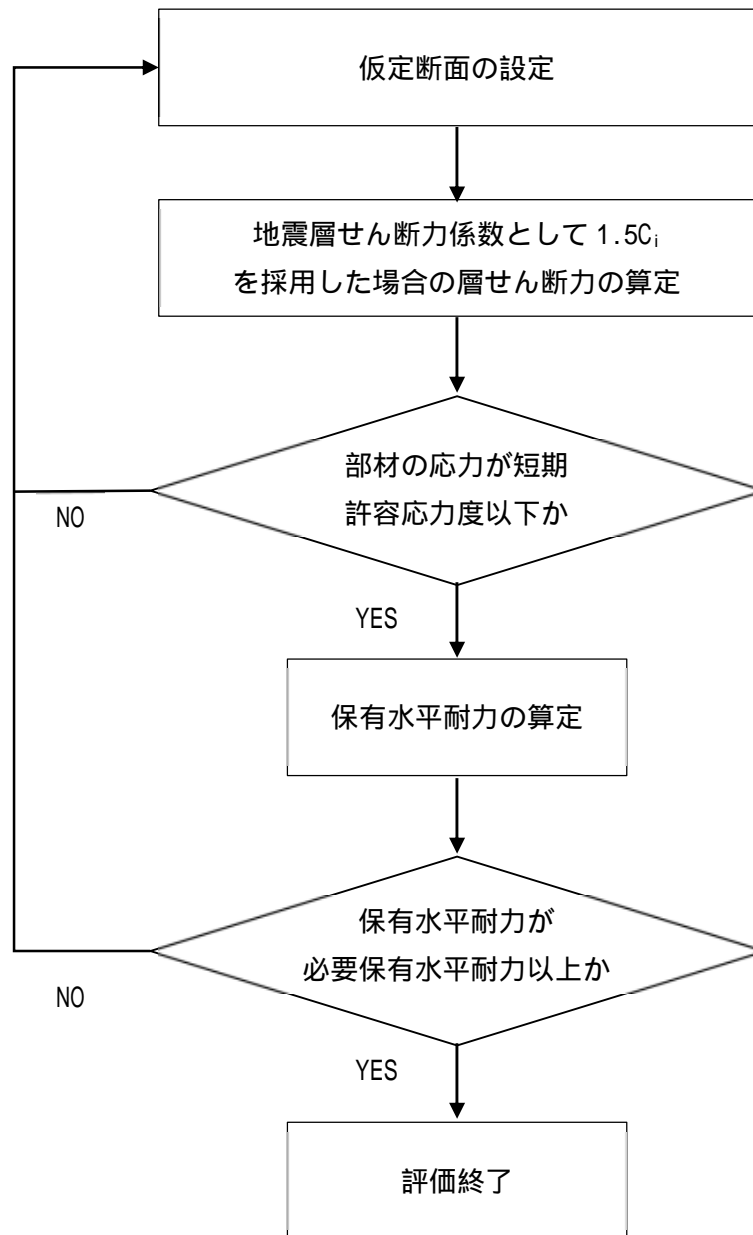


図 2.14.2.1-50 B クラス施設としての建屋の耐震性評価手順



## 1.2 評価条件

### 1.2.1 使用材料並びに材料の許容応力度及び材料強度

第 2 棟の上部構造に用いる材料のうち、コンクリートは普通コンクリートとし、コンクリートの設計基準強度  $F_c$  は  $36 \text{ N/mm}^2$  及び  $60 \text{ N/mm}^2$  とする。鉄筋は SD295A、SD345 及び SD390 とする。各使用材料の許容応力度を表 2.14.2.1-58 ~ 59 に示す。

表 2.14.2.1-58 コンクリートの許容応力度

	長期 (N/mm <sup>2</sup> )		短期 (N/mm <sup>2</sup> )	
	圧縮	せん断	圧縮	せん断
$F_c = 36 \text{ N/mm}^2$	12	0.85	24	1.27
$F_c = 60 \text{ N/mm}^2$	20	1.09	40	1.63

注：「原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」(日本建築学会 平成 25 年 8 月)による。

表 2.14.2.1-59 鉄筋の許容応力度

		長期 (N/mm <sup>2</sup> )		短期 (N/mm <sup>2</sup> )	
		引張及び圧縮	せん断補強	引張及び圧縮	せん断補強
SD295A	D16 以下	195	195	295	295
SD345	D19 ~ D25	215	195	345	345
SD390	D29 ~ D38	195	195	390	390

注：「原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」(日本建築学会 平成 25 年 8 月)による。

## 1.2.2 荷重及び荷重の組合せ

### (1) 荷重

設計で考慮する荷重を以下に示す。

#### 1) 鉛直荷重 (VL)

鉛直荷重は、固定荷重、積載荷重（機器荷重を含む。）及び仕上荷重（配管荷重を含む。）とする。

#### 2) 積雪荷重 (SNL)

積雪荷重は、建築基準法施行令第 86 条及び福島県建築基準法施行細則第 19 条に準拠し以下の条件とする。

積雪量：30cm，単位荷重：20N/m<sup>2</sup>/cm

#### 3) 風荷重 (WL)

建築基準法施行令第 87 条，建設省告示第 1454 号に基づく速度圧及び風力係数を用いて算定する。

- ・基準風速：30m/s
- ・地表面粗度区分：

#### 4) 地震荷重 (SEL)

地震力を算定する際の基準面は、地上面として、建屋の高さに応じた当該部分に作用する全体の地震力を算定する。水平地震力は下式により算定し、算定結果を表 2.14.2.1-60，図 2.14.2.1-51 に示す。

$$Q_i = n \cdot C_i \cdot W_i$$

$$C_i = Z \cdot R_t \cdot A_i \cdot C_0$$

ここで、

$Q_i$ ：水平地震力 (kN)

$n$ ：施設の重要度分類に応じた係数 ( $n = 1.5$ )

$C_i$ ：地震層せん断力係数

$W_i$ ：当該層以上の重量 (kN)

$Z$ ：地震地域係数 ( $Z = 1.0$ )

$R_t$ ：振動特性係数 ( $R_t = 1.0$ )

$A_i$ ：地震層せん断力係数の高さ方向の分布係数

$C_0$ ：標準せん断力係数 ( $C_0 = 0.2$ )

表 2.14.2.1-60 水平地震力の算定結果

G.L. (m)	当該層以上の重量 $W_i$ (kN)	地震層せん断力係数 $1.5 \cdot C_i$	設計用地震力 (層せん断力) (kN)
+17.30	5660	0.723	4089
+13.30	35104	0.418	17043
+7.30	59280	0.300	30013
+0.30	84932	0.300	55493
-7.20			

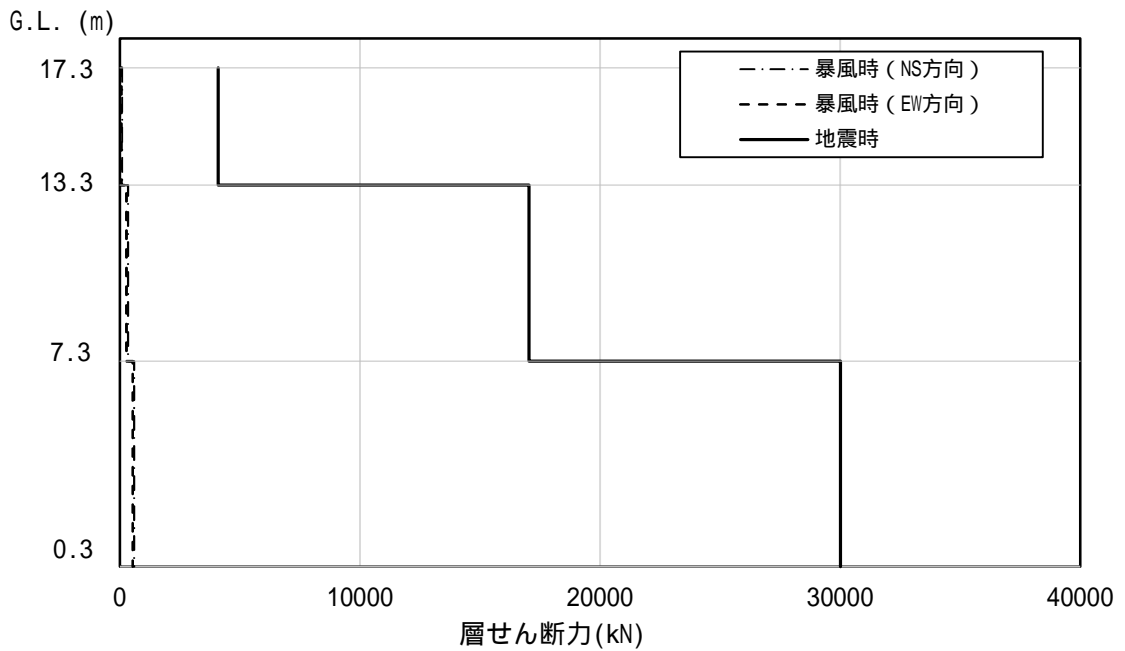


図 2.14.2.1-51 暴風時と地震時の層せん断力の比較結果

(2) 荷重の組合せ

荷重の組合せについて表 2.14.2.1-61 に示す。

表 2.14.2.1-61 荷重の組合せ

荷重状態	荷重ケース	荷重の組合せ	許容応力度
常時	A	VL	長期
積雪時	B	VL + SNL	短期
地震時	C1	VL + SEL(W E方向)	
	C2	VL + SEL(E W方向)	
	C3	VL + SEL(S N方向)	
	C4	VL + SEL(N S方向)	
暴風時	D1	VL+WL (W E方向)	
	D2	VL+WL (E W方向)	
	D3	VL+WL (S N方向)	
	D4	VL+WL (N S方向)	

### 1.3 評価結果

上部構造の応力解析は、大ばり及び柱を線材置換したフレームに、耐震壁を壁エレメント置換して組み込んだ立体ラーメンモデルにより行う。基礎スラブの応力解析は、フラットスラブとして板材を線材置換して評価する。

#### 1.3.1 耐震壁の評価結果

検討により求められた耐震壁への作用応力と許容応力と比較し、検定比が最大となる部位を表 2.14.2.1-62 に示し、配筋図を図 2.14.2.1-52 に示す。

これより、耐震壁への作用応力は、許容応力以下であることを確認した。

表 2.14.2.1-62 耐震壁の検討結果

部位	断面	荷重 ケース	作用応力 (kN)	許容応力 <sup>注</sup> (kN)	検定比
B1 階 6 通り C~D 通り間	壁厚 ■■■ ( $F_c=36$ ) タテ筋 D25@200 ダブル ヨコ筋 D25@200 ダブル	地震時 C3	5231.1	8731.7	0.60 1.0

注：「原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」(日本建築学会 平成 25 年 8 月)による。

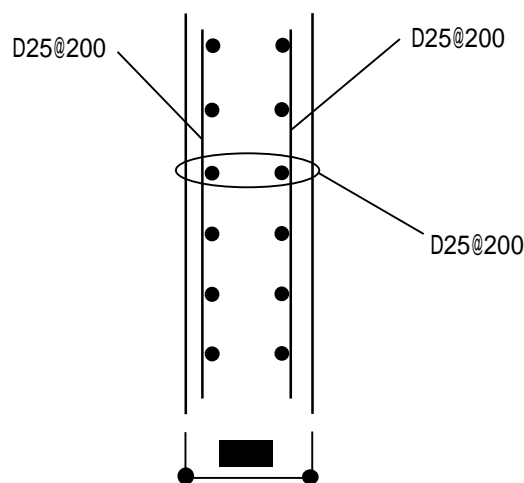


図 2.14.2.1-52 耐震壁の配筋図(mm)

### 1.3.2 大ばり及び柱の評価結果

検討により求められたラーメン部材への作用応力を許容応力と比較して、検定比の最大となる部位について表 2.14.2.1-63～64 に示す。

これより、各部材の応力は、許容応力以下となっていることを確認した。

表 2.14.2.1-63 大ばり断面算定表

検討箇所	断面	荷重ケース	応力	作用応力		許容応力 <sup>注</sup>		検定比
				曲げモーメント: kN・m	せん断力: kN	曲げモーメント: kN・m	せん断力: kN	
R 階 3 通り +2200 A～B 通り間	B×D = 1000×1000 (F <sub>c</sub> =36) 上端筋 7-D35 下端筋 5-D35 あばら筋 3-D13@150 (端部)	常時 A	曲げモーメント	790.7	842.9	0.94	1.0	
			せん断力	427.6	765.2	0.56	1.0	
1 階 5 通り Ba～C 通り間	B×D = 1000×1200 (F <sub>c</sub> =36) 上端筋 8-D38 下端筋 6-D38 あばら筋 4-D13@200 (端部)	地震時 C4	曲げモーメント	1978.5	2843.3	0.66	1.0	
			せん断力	1286.9	1585.0	0.81	1.0	

注：「原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」(日本建築学会 平成 25 年 8 月)による。

表 2.14.2.1-64 柱断面算定表

検討箇所	断面	荷重ケース	応力	作用応力		許容応力 <sup>注1</sup>		検定比
				曲げモーメント: kN・m	せん断力: kN	曲げモーメント: kN・m	せん断力: kN	
B1 階 C/2 通り	B×D = 1000×1000 (F <sub>c</sub> =60) 主筋 8-D38 帯筋 3-3-D13@100 (柱頭)	常時 A	曲げモーメント	31.9	85.4 (軸力 5763.6 kN 作用時 <sup>注2</sup> )	0.37	1.0	
			せん断力	69.1	842.3	0.08	1.0	
1 階 A/6 通り	B×D [ ] (F <sub>c</sub> =60) 主筋 8-D38 帯筋 2-2-D13@100 (柱頭)	地震時 C2	曲げモーメント	755.0	1298.3 (軸力 548.9kN 作用時 <sup>注2</sup> )	0.58	1.0	
			せん断力	323.3	1327.1	0.24	1.0	

注 1：「原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」(日本建築学会 平成 25 年 8 月)による。

注 2：圧縮を正とする。

### 1.3.3 基礎スラブの評価結果

検討により求められた基礎スラブへの作用応力を許容応力と比較して、検定比が最大となる箇所の断面検討結果を表 2.14.2.1-65 に示す。基礎スラブ配筋図を図 2.14.2.1-53 に示す。

これより、各部材の応力は、許容応力以下となっていることを確認した。

表 2.14.2.1-65 基礎スラブ断面算定表

検討箇所	荷重 ケース	応力	作用応力		許容応力 <sup>注</sup>		検定比
			〔曲げモーメント: kN・m〕 せん断力: kN	〔曲げモーメント: kN・m〕 せん断力: kN	〔曲げモーメント: kN・m〕 せん断力: kN	〔曲げモーメント: kN・m〕 せん断力: kN	
A~B/4~5 通り間	常時 A	曲げモーメント	800.8		1239.4		0.65 1.0
		せん断力	950.1		1360.8		0.70 1.0
E/4~5 通り間	地震時 C3	曲げモーメント	2715.0		4790.4		0.57 1.0
		せん断力	1392.3		1964.6		0.71 1.0

注：「原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」（日本建築学会 平成 25 年 8 月）による。

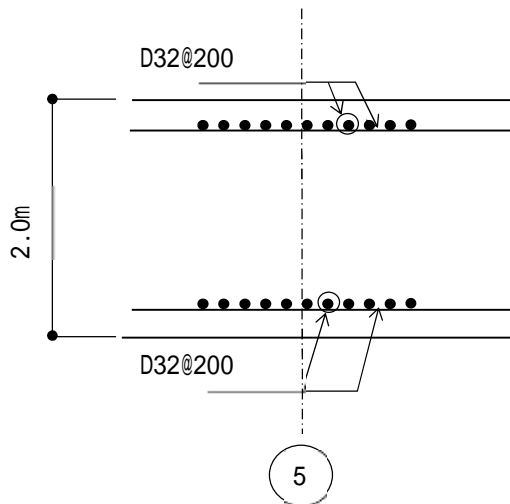


図 2.14.2.1-53 基礎スラブの配筋図 (C 通り)

### 1.3.4 地盤の評価結果

#### (1) 設計方針

第2棟を支持する地盤は、基礎スラブ直下の地盤を南北方向に約37.6m、東西方向に約40.0m、人工岩盤=厚さ約5.4m、 $F_c = 18\text{N/mm}^2$ を介して、T.P.+約24.0m (G.L.-約16.0m)の富岡層に支持する。

常時及び地震時に地盤に生じる最大接地圧が許容応力度以下であることを確認する。

#### (2) 常時における地盤の検討

常時における地盤に生じる最大接地圧と許容応力度の比較を、検定比が最大となる位置について表2.14.2.1-66に示す。

これより、地盤に生じる最大応力が許容応力度以下であることを確認した。

表 2.14.2.1-66 地盤の許容応力度と接地圧の比較

検討位置	接地圧 ( $\text{kN/m}^2$ )	許容応力度 ( $\text{kN/m}^2$ )	検定比
A/2 通り	443	1000	0.44 1.0

#### (3) 地震時における地盤の検討

地震時における地盤に生じる最大応力と許容応力度の比較を、検定比が最大となる位置について表2.14.2.1-67に示す。

これより、地盤に生じる最大応力が許容応力度以下であることを確認した。

表 2.14.2.1-67 地盤の許容応力度と接地圧の比較

検討位置	接地圧 ( $\text{kN/m}^2$ )	許容応力度 ( $\text{kN/m}^2$ )	検定比
A/2 通り	588	2000	0.29 1.0



## 2. 保有水平耐力の検討

保有水平耐力 ( $Q_u$ ) が必要保有水平耐力 ( $Q_{un}$ ) 以上であることを確認する。

各層の保有水平耐力は、建築基準法施行令第 82 条の 3 及び平成 19 年国土交通省告示第 594 号に基づき算出する。各層の必要保有水平耐力と保有水平耐力の算定結果を表 2.14.2.1-68 に示す。

これより、第 2 棟は必要保有水平耐力以上の保有水平耐力を有していることを確認した。

表 2.14.2.1-68 必要保有水平耐力と保有水平耐力の比較

### (1) EW 方向 (長辺)

G.L. (m)	必要保有水平耐力 $Q_{un}$ (kN)	保有水平耐力 $Q_u$ (kN)	$\frac{Q_u}{Q_{un}}$
+13.30 ~ +17.30	7497	27262	3.64
+7.30 ~ +13.30	31245	113617	3.64
+0.30 ~ +7.30	55024	200089	3.64
-7.20 ~ +0.30	101737	369953	3.64

### (2) NS 方向 (短辺)

G.L. (m)	必要保有水平耐力 $Q_{un}$ (kN)	保有水平耐力 $Q_u$ (kN)	$\frac{Q_u}{Q_{un}}$
+13.30 ~ +17.30	7497	25899	3.45
+7.30 ~ +13.30	31245	107936	3.45
+0.30 ~ +7.30	55024	190084	3.45
-7.20 ~ +0.30	101737	351456	3.45

以上のことから、第 2 棟の耐震安全性は確保されているものと評価した。

### 3. 静的地震力 (3.0C<sub>i</sub>) による確認結果 (コンクリートセル部以外について)

#### 3.1 評価方針等

評価方針, 評価条件, 荷重の組合せ等の諸条件は, 静的地震力 1.5C<sub>i</sub> の評価に準じる。  
 なお, 耐震性評価は, 地震層せん断力係数を 3.0C<sub>i</sub> を採用して評価する。

#### 3.2 地震力

水平地震力の算定結果を表 2.14.2.1-69 に示す。

表 2.14.2.1-69 水平地震力の算定結果

G.L. (m)	当該層以上の重量 W <sub>i</sub> (kN)	地震層せん断力係数 3.0・C <sub>i</sub>	設計用地震力 (層せん断力) (kN)
+17.30	5660	1.445	8179
+13.30	35104	0.836	34085
+7.30	59280	0.600	60027
+0.30	84932	0.600	110986
-7.20			

#### 3.3 静的地震力 3.0C<sub>i</sub> による解析結果

静的地震力 3.0C<sub>i</sub> による解析の結果, コンクリートセル部以外の部材では, 柱で 1 箇所, 梁で 2 箇所, 耐震壁で 3 箇所が検定比 1.0 を上回ることを確認した。これらの部材については, 鉄筋の強度を建築基準法に基づき 基準強度の 1.1 倍とした場合においても検定比が 1.0 を上回る。

検定比が 1.0 を上回る箇所があるが, Ss900 では, 第 2 棟の建屋はおおむね弾性範囲にある。

表 2.14.2.1-70 検定比

No	部材	階	対象範囲	荷重ケース	評価基準	検定比	
						曲げ	せん断
-1	柱	1	A 通り - 6 通り	EW 方向	1.00	1.15	0.42
-1	梁	2	5 通り A - B 間	NS 方向		1.13	0.60
-2		1	5 通り Ba - C 間	NS 方向		1.32	1.48

表 2.14.2.1-71 検定比

No	部材	階	対象範囲	荷重ケース	評価基準	検定比
-1	耐震壁	B1	E 通り 3 - 4 間	EW 方向	1.00	1.17
-2		B1	3 通り A - B 間	NS 方向		1.15
-3		B1	6 通り C - D 間	NS 方向		1.20

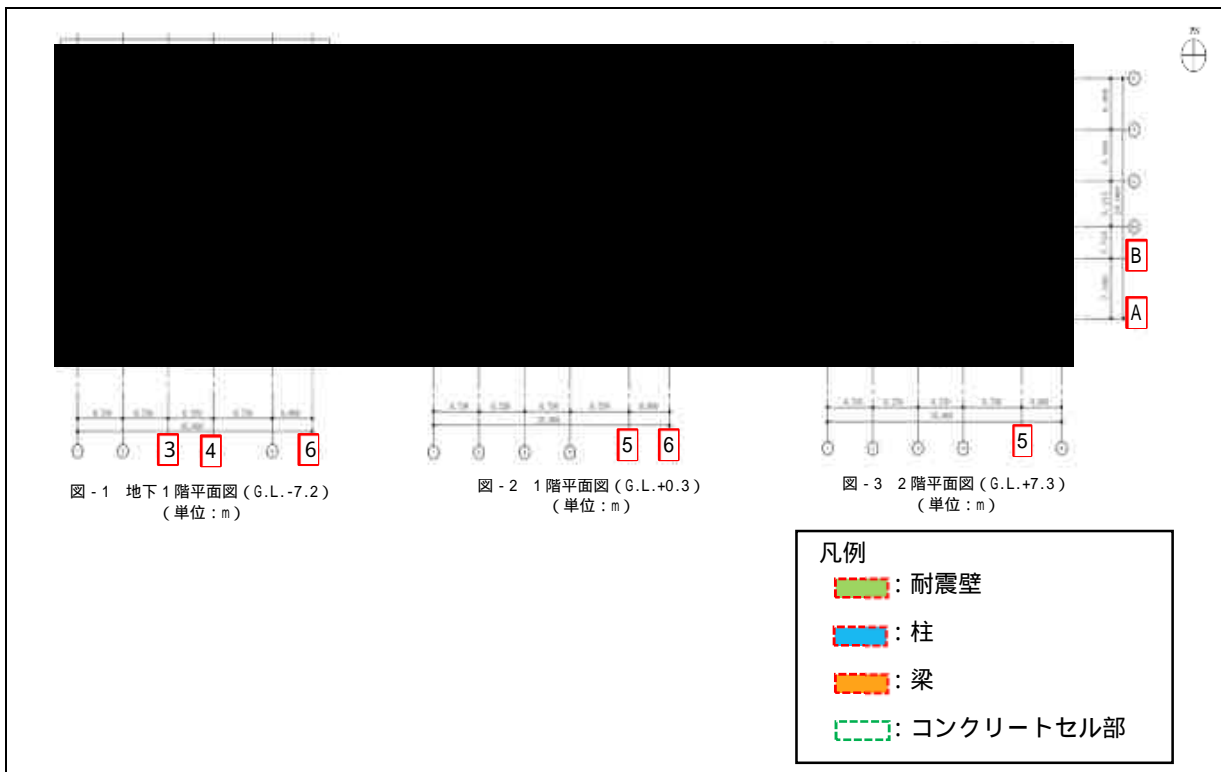


図 2.14.2.1-54 静的地震力 (3.0Ci) による確認結果 (コンクリートセル部以外)

試料ピットの未臨界性評価結果

■■■■間隔についての臨界安全評価の詳細について示す。

1. 試料ピットの変位量の評価

試料ピットは、建屋■■■■と一体的に設置されることから、地震時の変形は建屋の変形に追従するものとする。■■■■最大せん断ひずみは  $1.48 \times 10^{-3}$  であり、試料ピットも同一のひずみと想定し、試料ピットの■■■■間隔の変位量を検討した。

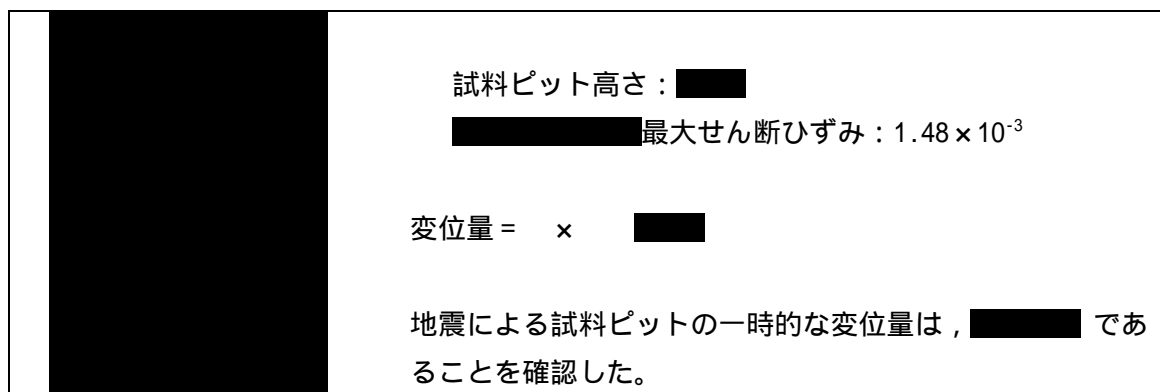


図 2.14.2.1-55 試料ピット断面図

2. 間隔を狭めた場合の中性子実効増倍率

試料ピット 内の燃料デブリ等を収納した容器を積み上げて保管した状態に加えて、 の燃料デブリ等を収納した保管容器がピット上部に存在すると仮定した試料ピット全体の解析モデルを作成し、試料ピットの 間隔を ずつ狭めて解析をする。解析結果を図 2.14.2.1-56 に示す。

間隔の形状の制限値 から 狭めた としても中性子実効増倍率は 0.94566 であり、未臨界性の判断基準である 0.95 を下回るため、地震により試料ピットの 間隔が 程度一時的に変形しても十分な余裕を有している。

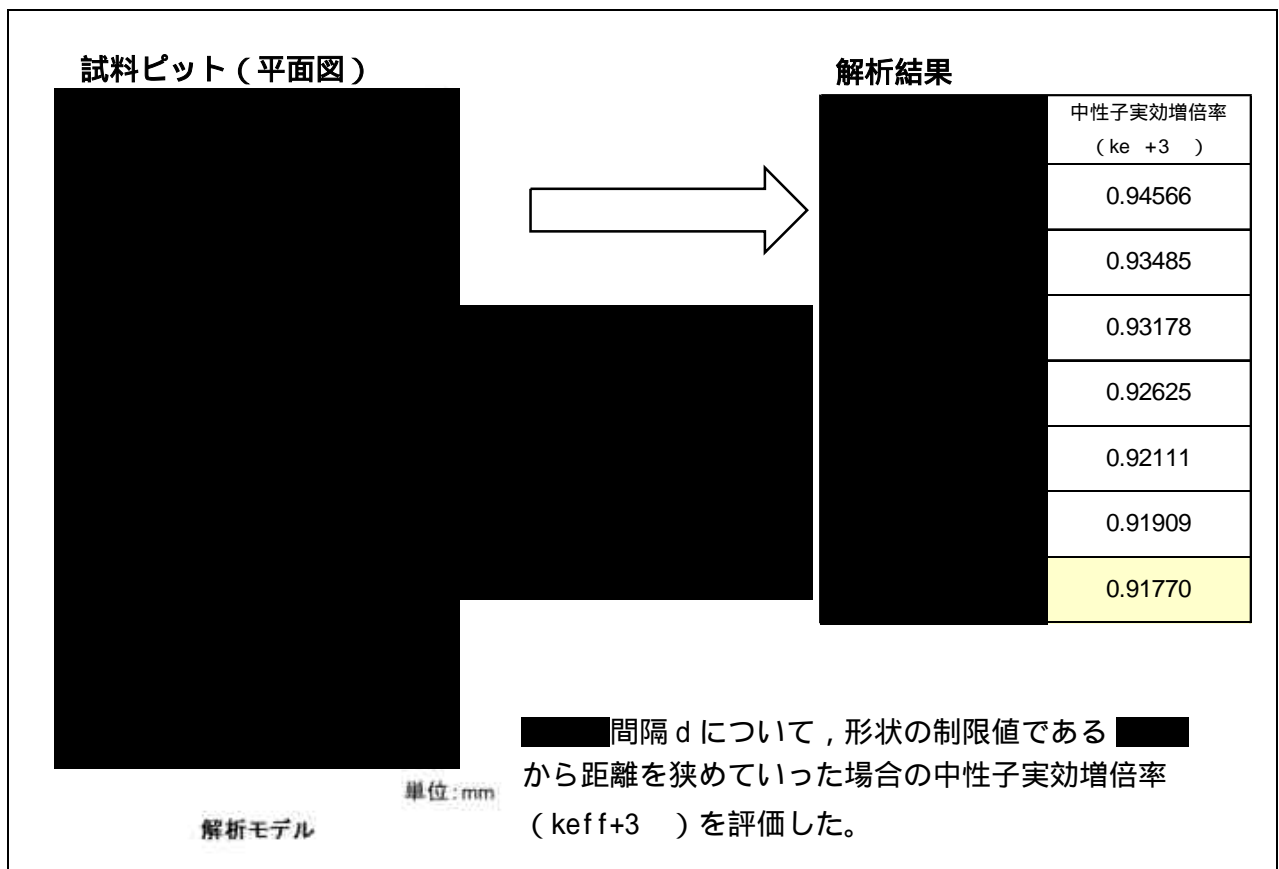


図 2.14.2.1-56 試料ピット解析モデルと結果

試料ピットにおける 間隔の設計寸法は であるが、施工誤差を考慮し、安全側の評価となるよう設計寸法から として評価した。

試料ピットの形状維持について

1. 試料ピットの概要は以下のとおり。

コンクリートセルと [REDACTED] でライニング(内張鋼板)によって閉じ込め機能を果たす構造となっている。

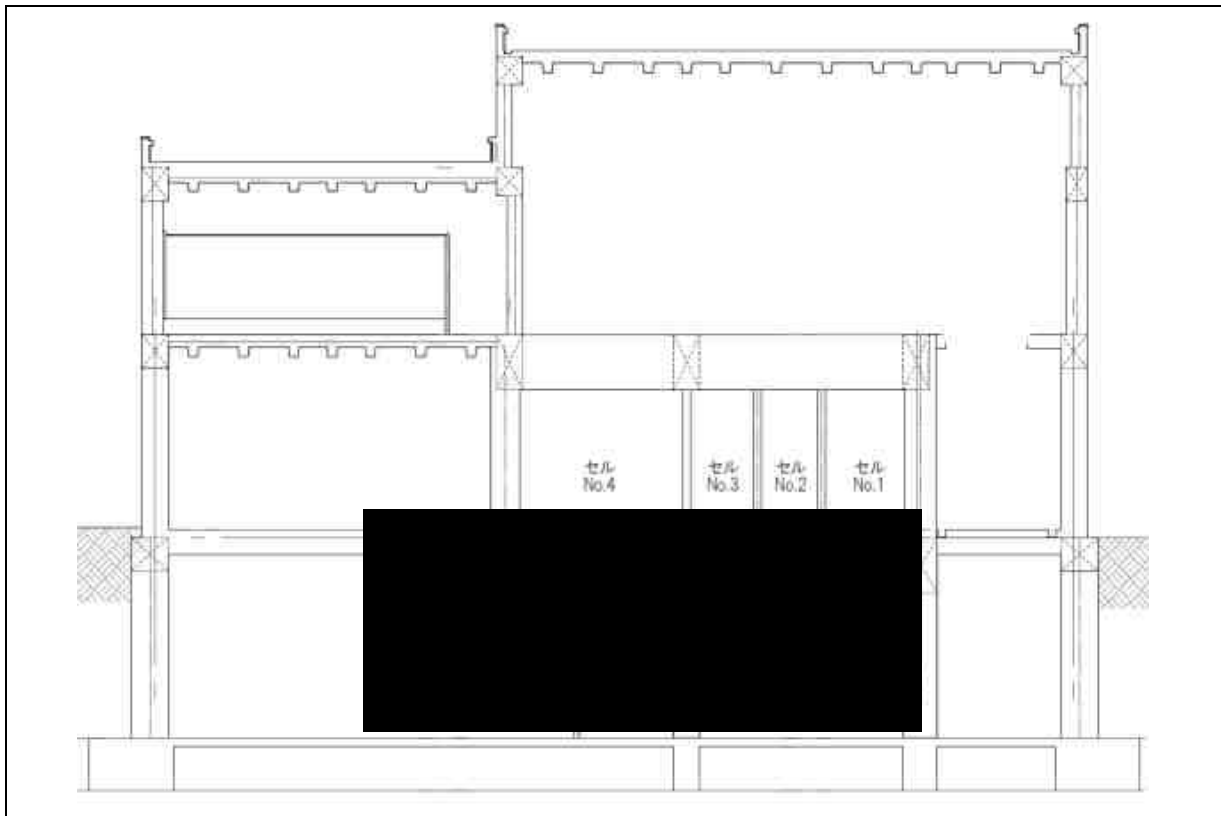


図 2.14.2.1-57 建屋断面図



図 2.14.2.1-58 試料ビット平面図

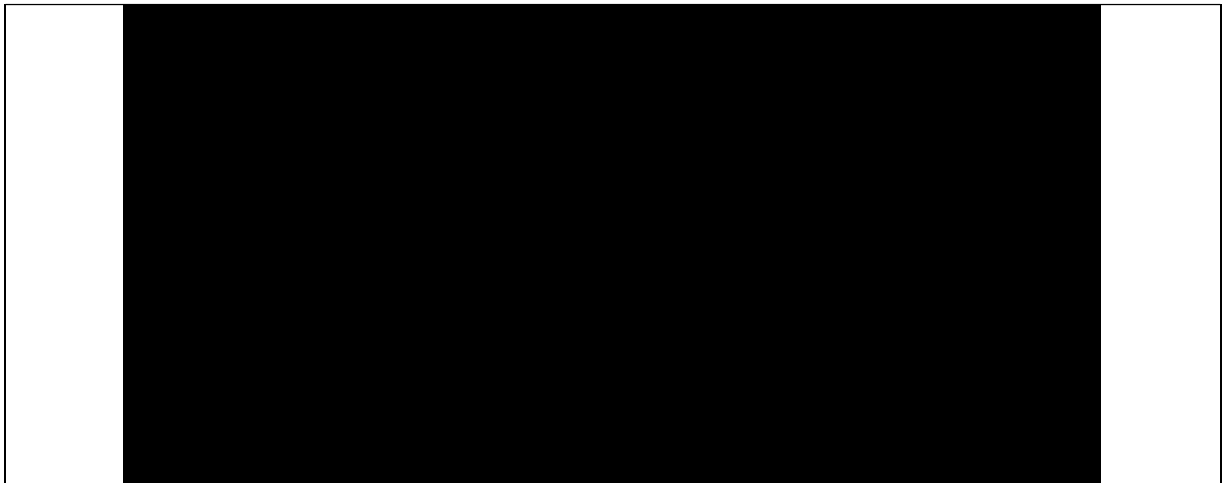


図 2.14.2.1-59 建屋断面図(コンクリートセル周辺)



図 2.14.2.1-60 試料ピット断面図

## 2. 試料ピットの形状維持評価

試料ピットは建屋と一体な構造であることから、建屋の Ss900 の評価結果より、試料ピットの形状維持について評価する。

試料ピットは、建屋 ■■■■ と一体的に設置されることから地震時の変形（形状維持）は建屋の変形に追従するものとする。

解析の結果、第 2 棟はおおむね弾性状態（スケルトンカーブの第 2 折れ点以下）にとどまり、■■■■ の最大せん断ひずみは  $1.48 \times 10^{-3}$  であるため、試料ピットは形状維持できると考える。



現実的な緩和対策を考慮した際の線量評価

1. 現実的な緩和策を考慮した線量評価

Ss900 等による耐震性の評価結果に基づき、以下の安全機能を考慮して公衆の被ばく影響を評価した。

- ・ 閉じ込め機能：換気空調設備による負圧維持機能が喪失されるため、放射性物質が外部に放出することを想定する。なお、おおむね弾性状態（スケルトンカーブの第2折れ点以下）にとどまることから、コンクリートセル及び建屋の除染係数として気体状の放射性物質を除き、各々 $10^{-1}$ を見込めるものとして評価を行う。
- ・ 遮へい機能：おおむね弾性状態（スケルトンカーブの第2折れ点以下）にとどまることから、建屋・コンクリートセルの遮へい機能は保持されるものとして評価を行う。

表 2.14.2.1-72(1/3) 公衆被ばく影響

設備名称	耐震上の安全機能	機能喪失時の敷地境界線量評価の概要	内部被ばく	外部被ばく <sup>2</sup>	敷地境界線量
建屋	遮へい	<p>【外部被ばく】</p> <p>建屋の遮へい機能が見込め、地下階に存在する固体廃棄物払出準備設備及び液体廃棄物一時貯留設備に含まれる放射性物質の放射能（それぞれ <math>2.3 \times 10^{10}</math>Bq 及び <math>2.4 \times 10^8</math>Bq）から燃料デブリ等重量に換算し、その直接線、スカイシャイン線が敷地境界に達したと想定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 建屋の遮へいを考慮する。</li> <li>・ 固体廃棄物払出準備設備及び液体廃棄物一時貯留設備は地下階に存在するため、土壌による遮へいを考慮する。</li> </ul>		$1.5 \times 10^{-11}$ mSv	$1.5 \times 10^{-11}$ mSv
コンクリートセル	閉じ込め	<p>【内部被ばく】</p> <p>コンクリートセル内の試料調製時に発生する燃料デブリ等からの粉体の発生量を安全側に見積もり、粉体中の放射性物質がセル内の気相に移行<sup>3</sup>し、排気系統を通じてではなく、直接、セル周辺の室に放出され、さらに建屋から外部へ地上放出され、敷地境界に達したと想定</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 建屋、コンクリートセルの除染係数各々<math>10^{-1}</math>を考慮</li> </ul>	1.1 mSv	$2.4 \times 10^{-4}$ mSv	1.2 mSv

		する。			
	遮へい	<p>【外部被ばく】</p> <p>コンクリートセルの遮へい機能が喪失し、燃料デブリ等 ■■■ から直接線、スカイシャイン線が敷地境界に達したと想定</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・コンクリートセル及び建屋による遮へいを考慮する。</li> </ul>			
試料ピット	遮へい	<p>【外部被ばく】</p> <p>試料ピットの遮へい機能が見込め、燃料デブリ等 ■■■ から直接線・スカイシャイン線が敷地境界に達したと想定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・■■■■■建屋による遮へいを考慮する。</li> <li>・試料ピットは■■■■■ため、土壌による遮へいを考慮する。</li> </ul>		2.6 × 10 <sup>-4</sup> mSv	2.6 × 10 <sup>-4</sup> mSv
	(臨界防止)	・試料ピットは臨界に達するおそれはない。			

1 コンクリートセル、建屋の除染係数として気体状の放射性物質を除き、各々10を考慮。鉄セル、グローブボックス、フード、廃液受槽については建屋の除染係数のみ考慮

Elizabeth M.Flew, et al. "Assessment of the Potential Release of Radioactivity from Installations at AERE, Harwell. Implications for Emergency Planning". Handling of Radiation Accidents. International Atomic Energy Agency. Vienna, 1969, IAEA-SM-119/7

2 安全機能の喪失が継続する期間を7日間として評価した。

3 燃料デブリ等切断時の粉体から気相への放射性物質の移行率1% (日本原子力学会「ホットラボの設計と管理」)。Kr等の気体状の放射性物質は100%移行。

表 2.14.2.1-72(2/3) 公衆被ばく影響

設備名称	耐震上の安全機能	機能喪失時の敷地境界線量評価の概要	内部被ばく	外部被ばく <sup>2</sup>	敷地境界線量
鉄セル	閉じ込め	<p>【内部被ばく】</p> <p>鉄セル内の燃料デブリ等中の放射性物質の一部がセル内の気相に移行<sup>4</sup>し、排気系統を通じてではなく、直接、セル周辺の室に放出され、さらに建屋から外部</p>	2.7 × 10 <sup>-1</sup> mSv	3.1 × 10 <sup>-7</sup> mSv	2.8 × 10 <sup>-1</sup> mSv

		<p>へ地上放出され、敷地境界に達したと想定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 建屋の除染係数 <math>10^{-1}</math> を考慮する。</li> </ul>			
	遮へい	<p>【外部被ばく】</p> <p>鉄セルの遮へい機能が喪失し、燃料デブリ等 ■ から直接線、スカイシャイン線が敷地境界に達したと想定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 建屋の遮へいを考慮する。</li> </ul>			
グローブボックス	閉じ込め	<p>【内部被ばく】</p> <p>グローブボックス内の燃料デブリ等中の放射性物質の一部がグローブボックス内の気相に移行<sup>4</sup>し、排気系統を通じてではなく、直接、グローブボックス周辺の室に放出され、さらに建屋から外部へ地上放出され、敷地境界に達したと想定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 建屋の除染係数 <math>10^{-1}</math> を考慮</li> </ul>	$2.7 \times 10^{-5}$ mSv		$2.7 \times 10^{-5}$ mSv
フード	閉じ込め	<p>【内部被ばく】</p> <p>フード内の燃料デブリ等中の放射性物質の一部がフード内の気相に移行<sup>4</sup>し、排気系統を通じてではなく、直接、フード周辺の室に放出され、さらに建屋から外部へ地上放出され、敷地境界に達したと想定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 建屋の除染係数 <math>10^{-1}</math> を考慮する。</li> </ul>	$2.7 \times 10^{-5}$ mSv		$2.7 \times 10^{-5}$ mSv
液体廃棄物一時貯留設備	閉じ込め	<p>【内部被ばく】</p> <p>液体廃棄物一時貯留設備のうち分析廃液受槽が破損し、内蔵している放射性の液体廃棄物が堰内に漏えいし、漏えいに伴い液体廃棄物中の放射性物質の一部が室内の気相に移行<sup>5</sup>し、排気系統を通じてではなく、直接、建屋から外部へ地上放出され、敷地境界に達したと想定</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 建屋の除染係数 <math>10^{-1}</math> を考慮する。</li> </ul>	$7.2 \times 10^{-6}$ mSv		$7.2 \times 10^{-6}$ mSv

1 コンクリートセル、建屋の除染係数として気体状の放射性物質を除き、各々10を考慮。鉄セル、グローブボックス、フード、廃液受槽については建屋の除染係数のみ考慮

Elizabeth M.Flew, et al. "Assessment of the Potential Release of Radioactivity from Installations at AERE, Harwell. Implications for Emergency Planning". Handling of Radiation Accidents. International Atomic Energy Agency. Vienna, 1969, IAEA-SM-119/7

- 2 安全機能の喪失が継続する期間を7日間として評価した。
- 3 燃料デブリ等切断時の粉体から気相への放射性物質の移行率1% (日本原子力学会「ホットラボの設計と管理」)。Kr等の気体状の放射性物質は100%移行。
- 4 鉄セル、グローブボックス、フードでは、燃料デブリの切断は行わないが、取り扱う燃料デブリ等全量が粉体化するものとし、3の移行率を用いた。
- 5 液体状の放射性物質の漏えい時の気相への移行率0.02% ( " Nuclear Fuel Cycle Facility Accident Analysis Handbook ", NUREG/CR-6410 )

表 2.14.2.1-72(3/3) 公衆被ばく影響

設備名称	耐震上の安全機能	機能喪失時の敷地境界線量評価の概要	内部被ばく	外部被ばく <sup>2</sup>	敷地境界線量
セル・グローブボックス用換気空調設備	閉じ込め	<p>【内部被ばく】</p> <p>コンクリートセル内の試料調製時に発生する燃料デブリ等からの粉体の発生量を安全側に見積もり、粉体中の放射性物質がセル内の気相に移行<sup>3</sup>し、コンクリートセルの排気配管内の放射性物質を含む気体が直接周辺の室に放出され、さらに建屋から外部へ地上放出され、敷地境界に達したと想定する。</p> <p>・建屋の除染係数<math>10^{-1}</math>を考慮する。</p>	$2.0 \times 10^{-1}$ mSv		$2.0 \times 10^{-1}$ mSv
フード用換気空調設備	閉じ込め	<p>【内部被ばく】</p> <p>フード内の燃料デブリ等中の放射性物質の一部がフード内の気相に移行<sup>4</sup>し、フードの排気配管内の放射性物質を含む気体が直接フード周辺の室に放出され、さらに建屋から外部へ地上放出され、敷地境界に達したと想定する。</p> <p>・建屋の除染係数<math>10^{-1}</math>を考慮する。</p>	$2.7 \times 10^{-5}$ mSv		$2.7 \times 10^{-5}$ mSv
管理区域用換気空調設備		設備が機能喪失しても公衆への被ばく影響はない。			
消火設備		設備が機能喪失しても公衆への被ばく影響はない。			
固体廃棄物払出準備設備		固定して使用する設備がないため、耐震上の安全機能はない。			

	合計	1.6 mSv	$5.1 \times 10^{-4}$ mSv	1.7 mSv
--	----	------------	-----------------------------	------------

1 コンクリートセル，建屋の除染係数として気体状の放射性物質を除き，各々10を考慮。鉄セル，グローブボックス，フード，廃液受槽については建屋の除染係数のみ考慮

Elizabeth M.Flew, et al. "Assessment of the Potential Release of Radioactivity from Installations at AERE, Harwell. Implications for

Emergency Planning". Handling of Radiation Accidents. International Atomic Energy Agency. Vienna, 1969, IAEA-SM-119/7

2 安全機能の喪失が継続する期間を7日間として評価した。

3 燃料デブリ等切断時の粉体から気相への放射性物質の移行率1% (日本原子力学会「ホットラボの設計と管理」)。Kr等の気体状の放射性物質は100%移行。

4 鉄セル，グローブボックス，フードでは，燃料デブリ等の切断は行わないが，取り扱う燃料デブリ等全量が粉体化するものとし，3の移行率を用いた。

「参考資料 1-9」に記載した 3 次元 FEM モデル  
 による評価に応じて記載を見直す。

参考資料 1-8

B+クラスの機器・配管系の耐震評価結果

1. B+クラスの機器・配管系の耐震評価項目

B+クラスの機器・配管系に対して、以下の設計用地震力で耐震評価を行う。

表 2.14.2.1-73 耐震 B+クラスの設計用地震力

耐震クラス	動的地震力		静的地震力
	機能維持	弾性範囲 (共振時のみ)	
B+	1/2Ss450	1/2Sd225	水平：1.8Ci (0.36G) 鉛直：

現設計において固有値解析を行った結果、固有周期は 0.003 ~ 0.048 秒であり、剛構造 (0.05 秒以下) であるため共振のおそれはない。

表 2.14.2.1-74 各設備の固有周期

大分類	中分類	設備名称	固有周期(s) <sup>1</sup>
機器	分析設備	鉄セル遮へい体	0.048
		鉄セルインナーボックス	0.048
		グローブボックス ( 1, 2, 4 )	0.046
		グローブボックス ( 3 )	0.048
	換気空調設備	セル・グローブボックス用排風機	<sup>2</sup>
		セル・グローブボックス用排気フィルタユニット A, B	0.014
		セル・グローブボックス用排気フィルタユニット C, D	0.013
		コンクリートセル用給気フィルタユニット A, B	0.008
		鉄セル用給気フィルタユニット A, B	0.003
		鉄セル用給気フィルタユニット C, D	0.003
		グローブボックス用給気フィルタユニット A~F	0.003

		グローブボックス用給気フィルタユニット G, H	0.003
配管系	鋼管	主要排気管 (鋼管)	0.05 <sup>3</sup>
		主要給気管 (鋼管)	0.05 <sup>3</sup>
	ダクト	主要排気管 (ダクト)	0.05 <sup>3</sup>

1 0.05s 以下であれば剛構造である。

2 排風機 (プロア含む) の本体は、十分に剛であるため固有周期の算定は省略できる。(「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987」を参考)

3 固有周期が 0.05 となるように配管の支持間隔を設定している。

## 2. 機器の静的地震力 1.8Ci に対する耐震評価

「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」を参考に発生応力を計算し、許容応力との比較により、基礎ボルトの耐震性を評価する。

### 2.1 評価結果

すべての機器について、発生応力が許容応力を下回るため、1.8Ci に対して耐震性を有することを確認した。

表 2.14.2.1-75 1.8Ci の耐震評価

設備名		設置床面	1.8Ci での発生応力 (MPa)		許容応力 (MPa)
鉄セル	遮へい体	1 階	引張	-	362
			せん断	60	278
	インナーボックス	1 階	引張	-	183
			せん断	5	141
グローブボックス (GB-No.1, 2, 4)		1 階	引張	-	183
			せん断	1	141
グローブボックス (GB-No.3)		1 階	引張	-	183
			せん断	2	141
セル・グローブボックス用排風機		地下 1 階	引張	-	170
			せん断	4	131
セル・グローブボックス用排気フィルタユニット A, B		地下 1 階	引張	1	170
			せん断	6	131
セル・グローブボックス用排気フィルタユニット C, D		地下 1 階	引張	3	170
			せん断	6	131
コンクリートセル用給気フィルタユニット A, B		2 階	引張	-	170
			せん断	2	131
鉄セル用給気フィルタユニット A, B		1 階歩廊 (2 階)	引張	1	153
			せん断	1	118
鉄セル用給気フィルタユニット C, D		1 階歩廊 (2 階)	引張	1	153
			せん断	1	118
グローブボックス用給気フィルタユニット A~F		1 階歩廊 (2 階)	引張	1	153
			せん断	1	118
グローブボックス用給気フィルタユニット G, H		1 階歩廊 (2 階)	引張	1	153
			せん断	1	118

### 3. 配管系の静的地震力 1.8Ci に対する耐震評価

「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」を参考に以下のとおり，評価を行う。

- ・鋼管については，固有振動数を 20Hz とした場合の支持間隔から発生応力を計算し，許容応力と比較する。
- ・ダクト系については，許容座屈曲げモーメントから定まる支持間隔を計算する。

#### 3.1 評価結果 (応力評価)

すべての配管系について，発生応力が許容応力を下回るため，1.8Ci に対して耐震性を有することを確認した。



表 2.14.2.1-76 主要排気管（鋼管）

配管材料	SUS304							
配管口径	100A	125A	150A	200A	250A	350A	450A	600A
Sch	10S/20S	10S	10S/20S	10S/20S	10S	40		
設計圧力（MPa）	0.0095							
1.8Ci での発生応力（MPa）	8	8	8	8	8	8	8	8
許容応力（MPa）	1.0Sy = 153							

表 2.14.2.1-77 主要給気管（鋼管）

配管材料	SUS304				
配管口径	80A	150A	200A	250A	300A
Sch	20S			10S	
設計圧力（MPa）	0.001			0.0005	
1.8Ci での発生応力（MPa）	8	8	8	8	8
許容応力（MPa）	1.0Sy = 153				

4. 計算結果（ダクトの支持間隔評価）

ダクトの支持間隔を計算した結果，ダクト系の固有振動数から定まる支持間隔の方が許容座屈曲げモーメントから定まる支持間隔よりも短いことを確認した。

第 2 棟の主要排気管（ダクト）の支持間隔は，固有振動数から定まる支持間隔以下とすることで，剛構造かつ 1.8Ci に対して耐震性を有するものとする。

表 2.14.2.1-78 主要排気管 (ダクト)

材料	SS400		
設計温度 ( )	60		
寸法 (mm)	559.0 × 559.0	659.0 × 659.0	706.4 1
板厚 (mm)	4.5	4.5	3.2
ダクト系の固有振動数から定まる支持間隔 (m)	6.6	7.1	7.0
許容座屈曲げモーメントから定まる支持間隔 (m) (設計震度 1G の場合)	57.8	55.3	42.2
耐震支持間隔 (= Min [ , ])(m)	6.6	7.1	7.0

1 寸法 706.4mm × 706.4mm, 板厚 3.2mm の矩形ダクトとして代表した支持間隔を示す。

5. 機器の 1/2Ss450 に対する耐震評価

「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」を参考に発生応力を計算し, 許容応力との比較により, 基礎ボルトの耐震性を評価する。鉄セル遮へい体の評価を以下に示す。

(1) 評価方法

算出応力と許容応力の比較により, 基礎ボルトを評価する。

- 応力計算モデルは 1 質点系とし, 重心位置に地震荷重が作用する。
- 基礎ボルトに対する引張力は, 片側の列のボルトを支点とする転倒を考え, これを他方の列のボルトで受けるものとして計算する。
- 基礎ボルトに対するせん断力は, 基礎ボルト全本数で受けるものとして計算する。

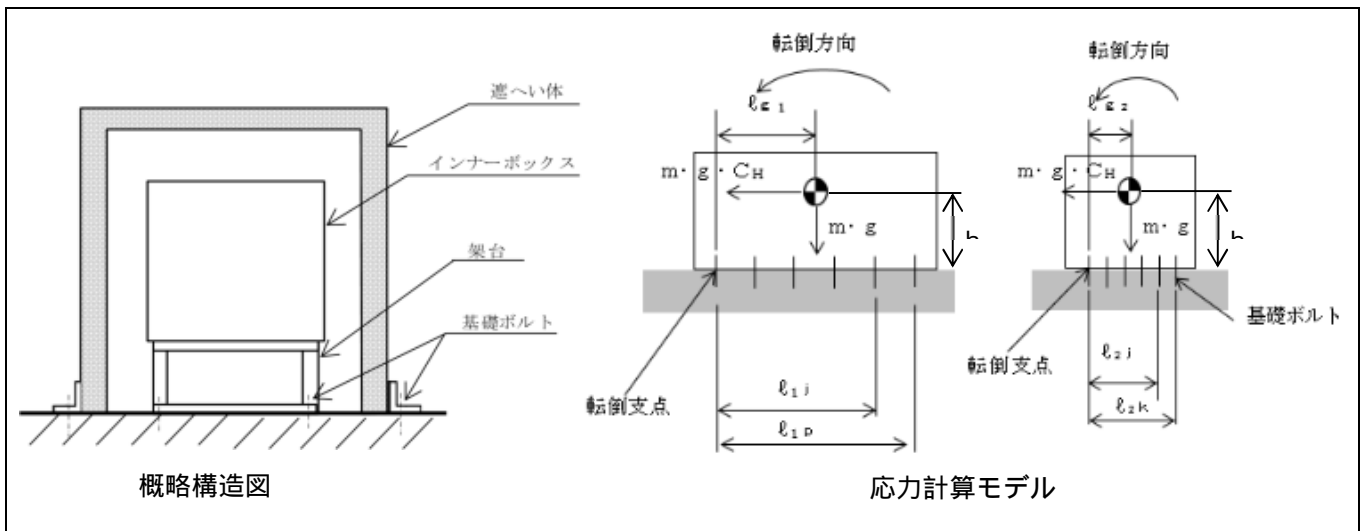


図 2.14.2.1-61 概略構造図・応力計算モデル

(2) 評価式

a. 引張応力

引張力

$$F_{b1} = \frac{m \cdot g \cdot C_H \cdot h \cdot l_{1p}}{\sum_{j=1}^p n_{f1j} \cdot l_{1j}^2}$$

$$F_{b2} = \frac{m \cdot g \cdot C_H \cdot h \cdot l_{2k}}{\sum_{j=1}^k n_{f2j} \cdot l_{2j}^2}$$

$$F_{bz} = \frac{m \cdot g \cdot (1 - C_V)}{n}$$

引張応力

$$\sigma_b = \frac{\sqrt{F_{b1}^2 + F_{b2}^2} - F_{bz}}{A_b}$$

[ボルトの断面積]

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2$$

b. せん断応力

せん断力

$$Q_b = m \cdot g \cdot \sqrt{C_H^2 + C_H^2}$$

せん断応力

$$\tau_b = \frac{Q_b}{A_b \cdot n}$$

(参考文献)

・原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008

凡例

記号	記号の説明	単位
$A_b$	基礎ボルトの軸断面積	$\text{mm}^2$
$C_H$	水平方向の設計用震度	
$C_V$	鉛直方向の設計用震度	
$d$	基礎ボルトの呼び径	mm
$F_{b1}$	基礎ボルトに作用する引張力(1本当たり)(長辺方向)	N
$F_{b2}$	基礎ボルトに作用する引張力(1本当たり)(短辺方向)	N
$F_{bz}$	基礎ボルトに作用する引張力(1本当たり)(鉛直方向)	N
$g$	重力加速度	$\text{m/s}^2$
$h$	据付面から重心までの距離	mm
${}_1j$	転倒支点と各基礎ボルトとの距離(長辺方向)	mm
${}_2j$	転倒支点と各基礎ボルトとの距離(短辺方向)	mm
$p$	転倒支点から最も離れた基礎ボルト番号(長辺方向)	
$k$	転倒支点から最も離れた基礎ボルト番号(短辺方向)	
$m$	機器の質量	kg
$n$	基礎ボルトの全本数	
$n_{f1j}$	転倒支点から ${}_1j$ の距離にある基礎ボルトの本数(長辺方向)	
$n_{f2j}$	転倒支点から ${}_2j$ の距離にある基礎ボルトの本数(短辺方向)	
$Q_b$	基礎ボルトに作用するせん断力	N
	円周率	
$\sigma_b$	基礎ボルトに生じる引張応力	MPa
$\tau_b$	基礎ボルトに生じるせん断応力	MPa

(3) 基礎ボルトの応力評価

基礎ボルトの引張応力  $\sigma_b$  は、次式より求めた許容引張応力  $f_{ts}$  以下であること。ただし、 $f_{to}$  は下表による。

$$f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \sigma_b, f_{to}]$$

せん断応力  $\tau_b$  は、せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力  $f_{sb}$  以下であること。ただし、 $f_{sb}$  は下表による。

表 2.14.2.1-79

	許容引張応力 $f_{t0}$	許容せん断応力 $f_{sb}$
計算式	$\left[ \frac{F}{2} \right] 1.5$	$\left[ \frac{F}{1.5\sqrt{3}} \right] 1.5$

凡例

記号	記号の説明	単位
F	設計・建設規格 SSB-3133 に定める値	MPa
$f_{sb}$	許容せん断応力	MPa
$f_{t0}$	引張力のみを受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
$f_{ts}$	引張力とせん断力を同時に受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
$b$	基礎ボルトに生じる引張応力	MPa
$b$	基礎ボルトに生じるせん断応力	MPa

(4) 評価条件

表 2.14.2.1-80

機器名称	耐震設計上の 重要度分類	固有周期 (s)		据付場所	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
		水平方向	鉛直方向			
鉄セル遮へい体	B <sup>+</sup>	0.048	-	地上 1 階	C <sub>H</sub> =0.75	C <sub>V</sub> =0.48

固有周期は 0.05 s 以下であり，鉄セル遮へい体は剛構造である。

(5) 評価結果

表 2.14.2.1-81 (単位：MPa)

機器名称	部材	材料	応力	算出応力	許容応力
鉄セル遮へい体	基礎ボルト	S45C	引張	$b = 127$	$f_{ts} = 225$
			せん断	$b = 176$	$f_{sb} = 278$

算出応力が許容応力以下であり，十分な構造強度を有していることを確認した。

## 5.1 評価結果

すべての機器について、発生応力が許容応力を下回るため、1/2Ss450 に対して耐震性を有することを確認した。

表 2.14.2.1-82 1/2Ss450 の耐震評価

設備名		設置床面	1/2Ss450 での発生応力 (MPa)		許容応力 (MPa)
鉄セル	遮へい体	1 階	引張	127	225
			せん断	176	278
	インナーボックス	1 階	引張	21	183
			せん断	15	141
グローブボックス (GB-No.1, 2, 4)		1 階	引張	6	183
			せん断	3	141
グローブボックス (GB-No.3)		1 階	引張	7	183
			せん断	4	141
セル・グローブボックス用排風機		地下 1 階	引張	4	170
			せん断	6	131
セル・グローブボックス用排気フィルタユニット A, B		地下 1 階	引張	18	170
			せん断	12	131
セル・グローブボックス用排気フィルタユニット C, D		地下 1 階	引張	26	170
			せん断	12	131
コンクリートセル用給気フィルタユニット A, B		2 階	引張	9	170
			せん断	5	131
鉄セル用給気フィルタユニット A, B		1 階歩廊 (2 階)	引張	4	153
			せん断	2	118
鉄セル用給気フィルタユニット C, D		1 階歩廊 (2 階)	引張	4	153
			せん断	2	118
グローブボックス用給気フィルタユニット A~F		1 階歩廊 (2 階)	引張	4	153
			せん断	2	118
グローブボックス用給気フィルタユニット G, H		1 階歩廊 (2 階)	引張	4	153
			せん断	2	118

## 6. 配管系の 1/2Ss450 に対する耐震評価

「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」を参考に以下のとおり、評価を行う。

- ・ 鋼管については、固有振動数を 20Hz とした場合の支持間隔から発生応力を計算し、許容応力と比較する。
- ・ ダクト系については、許容座屈曲げモーメントから定まる支持間隔を計算する。

(1) 鋼管の評価方法

対象の主要排気管は、クラス 4 配管の規定を準用する。

「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」を参考に応力算定式については下式で表される。

$$S = \frac{P D_o}{4 t} + \frac{M_a + M_b}{Z}$$

Ma : 自重によるモーメント  $M_a = \frac{w \cdot g \cdot L^2}{8}$

Mb : 地震によるモーメント  $M_b = \frac{C_h w \cdot g \cdot L^2}{8}$

凡例

S	: 発生応力	[ MPa ]
P	: 設計圧力	[ MPa ]
D <sub>o</sub>	: 外径	[ mm ]
t	: 板厚	[ mm ]
Z	: 断面係数	[ mm <sup>3</sup> ]
C <sub>h</sub>	: 水平震度	-
C <sub>v</sub>	: 鉛直震度	-
L	: 支持間隔	[ mm ]
w	: 主要給気管の単位長さ当たりの質量	[ kg/mm ]
g	: 重力加速度 ( = 9.80665 )	[ m/s <sup>2</sup> ]

(2) ダクト 評価方法

○ 許容座屈曲げモーメントから定まる支持間隔 : L<sub>R2</sub>

$$L_{R2} = \sqrt{\frac{8 \cdot M}{w \cdot g \cdot \alpha}}$$

○ 許容座屈曲げモーメント : M

$$M = S \cdot M_t$$

$$M_t = \lambda \cdot \frac{\pi \cdot t \cdot I}{\sqrt{1 - \nu^2 \cdot b^2}} \cdot \sqrt{E \cdot \sigma_y \cdot \gamma}$$

$$I = \frac{t \cdot b^3}{6} + a e \cdot t \cdot \frac{b^2}{2}$$

○ 設計震度：

$$\alpha = 1 + \sqrt{C_H^2 + C_H^2 + C_v^2}$$

凡例

$L_{R2}$	：許容座屈曲げモーメントから定まる支持間隔	( mm )
$M$	：許容座屈曲げモーメント	( N・mm )
$w$	：ダクト単位長さ質量	( kg/mm )
$g$	：重力加速度 ( = 9.80665 )	( m/ s <sup>2</sup> )
	：設計震度	( - )
$S$	：許容座屈曲げモーメントの安全係数	0.7
$C_H$	：水平震度	( - )
$C_v$	：水平震度	( - )
$M_t$	：座屈限界曲げモーメント	( N・mm )
	：座屈限界曲げモーメントの補正係数	( - )
	：円周率	( - )
$t$	：ダクト板厚	( mm )
$b$	：ダクト短辺寸法	( mm )
$I$	：断面二次モーメント	( mm <sup>4</sup> )
$E$	：縦弾性係数	( N/mm <sup>2</sup> )
$ae$	：ダクトフランジの有効幅	( mm )
	：座屈限界曲げモーメントの安全係数	0.6
	：ポアソン比	0.3
$\sigma_y$	：降伏点	( N/mm <sup>2</sup> )

### 6.1 評価結果（応力評価）

すべての配管系について、発生応力が許容応力を下回るため、1/2Ss450 に対して耐震性を有することを確認した。



表 2.14.2.1-83 主要排気管

配管材料	SUS304							
配管口径	100A	125A	150A	200A	250A	350A	450A	600A
Sch	10S/20S	10S	10S/20S	10S/20S	10S	40		
設計圧力 (MPa)	0.0095							
1/2Ss450 での発生応力 (MPa)	14	14	14	14	14	14	14	14
許容応力 (MPa)	1.0Sy=153							

表 2.14.2.1-84 主要給気管

配管材料	SUS304				
配管口径	80A	150A	200A	250A	300A
Sch	20S			10S	
設計圧力 (MPa)	0.001			0.0005	
1/2Ss450 での発生応力 (MPa)	14	14	14	13	13
許容応力 (MPa)	1.0Sy=153				

## 6.2 評価結果 (支持間隔評価)

ダクトの支持間隔を計算した結果、ダクト系の固有振動数から定まる支持間隔が最も短いことを確認した。

第 2 棟の主要排気管 (ダクト) の支持間隔は、固有振動数から定まる支持間隔以下とすることで、剛構造かつ 1/2Ss450 に対して耐震性を有するものとする。

表 2.14.2.1-85 主要排気管 (ダクト)

材料	SS400		
設計温度 ( )	60		
寸法 (mm)	559.0 × 559.0	659.0 × 659.0	706.4 <sup>1</sup>
板厚 (mm)	4.5	4.5	3.2
ダクト系の固有振動数から定まる支持間隔 (m)	6.6	7.1	7.0
許容座屈曲げモーメントから定まる支持間隔 (m) (設計震度 1G の場合)	57.8	55.3	42.2
許容座屈曲げモーメントから定まる支持間隔 (m) (1/2Ss450 の場合)	37.3	35.7	27.2
耐震支持間隔 (=Min [ , , ])(m)	6.6	7.1	7.0

1 寸法 706.4mm × 706.4mm , 板厚 3.2mm の矩形ダクトとして代表した支持間隔を示す。

上位クラス設備に対する波及的影響

1. 機器転倒時のセルライニングの健全性確認

上位クラス設備に対する波及的影響として、コンクリートセルに設置されることが想定される機器（前処理又は分析に使用する装置等）が転倒した場合のセルライニングの健全性評価を行った。

(1) 評価方法

機器の転倒の想定として、機器の重量を持つ質点が機器の高さから落下したとみなし、そのときのエネルギーすべてがセルライニングに与えられるものとする。機器の位置エネルギーとセルライニングを破損させるために必要なエネルギー（破損限界エネルギー）を比較することにより、セルライニングの健全性を確認する。

機器の位置エネルギーと破損限界エネルギーの算出式は以下のとおり。

- ・ 機器の位置エネルギー

$$E_p = mgh$$

- ・ 破損限界エネルギー<sup>\*1</sup>

$$E_f = 3.0 \times 10^8 \cdot D_e^{1.5} T^{1.5}$$

$$D_e = D_m$$

\*1 飛来物体に対する鋼板の耐衝撃性（第4報，破損限界エネルギーに対する材質の影響），日本機械学会論文集（A編）49巻444号，昭和58年8月。

凡例

$E_f$	: 破損限界エネルギー (kgf・m)	$E_p$	: 装置の位置エネルギー
$D_e$	: 相当直径 (m)	$m$	: 装置の質量 (kg)
$T$	: 鋼板板厚 (m)	$G$	: 重力加速度 (m/s <sup>2</sup> )
$D_m$	: 飛翔体直径 (m)	$H$	: 装置の高さ (m)

上記の算出式から、機器の重量（m）及び高さ（h）が大きく、かつ、機器の直径<sup>\*2</sup>（D<sub>m</sub>）が小さい条件が評価上厳しくなる。

\*2 各機器の最小面積の円相当直径

(2) コンクリートセルで使用を想定している機器

コンクリートセルで使用する主な機器を以下に示す。コンクリートセルで使用する各機器は、それぞれの重量が700kg以下、高さが1.8m以下、直径<sup>2</sup>が50mm以上を想定している。

\*2 各機器の最小面積の円相当直径

- ・ 蛍光 X 線分析装置 (XRF)
- ・ 切断機
- ・ 電気炉
- ・ 研磨機
- ・ スタンプミル
- ・ ホットプレート 等

(3) 評価結果

最も保守的な条件として、重量が700kg、高さが1.8m及び直径<sup>2</sup>が50mmである機器を仮想的に想定して評価したところ、下記のとおり機器の位置エネルギーが破損限界エネルギーを下回る結果が得られた。このことから、機器の転倒によりセルライニングの破損は生じない。

表 2.14.2.1-86 仮想機器の位置エネルギーとライニングの破損限界エネルギー

転倒する仮想的な機器	機器の位置エネルギー (J)	破損限界エネルギー (J)
重量 : 700kg 高さ : 1.8m 相当直径 : 50mm	1.24 × 10 <sup>4</sup>	■■■■ (セルライニング厚 ■■■ の場合)

## 2. 鉄セルの Ss900 に対する耐震性

### (1) 評価の概要について

耐震 B+クラスの鉄セルについて、コンクリートセルへの波及的影響評価のため、鉄セルの基礎ボルトの Ss900 に対する耐震性を有することを確認した。

結果としては、Ss900 に対する耐震性を有することを確認したことから、鉄セルが耐震 Sクラスのコンクリートセルへ波及的影響を与えることはない。

### (2) 評価の方法について

鉄セルの Ss900 に対する耐震性を確認するため、3次元 FEM モデルを構築し、以下の項目・条件で評価を実施する。

#### (2)-1 評価項目

以下の、について評価を行う。

固有値解析

基礎ボルトに発生するせん断応力及び引張応力

#### (2)-2 設計用地震力

以下の設計用地震力で鉄セルを評価する。

表 2.14.2.1-87 設計用地震力

動的地震力
Ss900 (鉄セルは剛構造であり <sup>1</sup> 、建屋の Ss900 による解析で得られる最大床応答加速度(1階)で FEM 解析を実施)

1 固有値解析の結果は「2.14.2.1-101」に示す。

#### (2)-3 供用状態

Ss900 で機能維持を確認することから供用状態 D<sub>s</sub><sup>2</sup>とする。

2 「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987」に基づき、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」を参考とした。

(2)-4 評価モデル

以下の構造図を基に 3 次元 FEM モデルを構築した。拘束条件は、基礎ボルト部分をピン支持 (XYZ 拘束) とした。

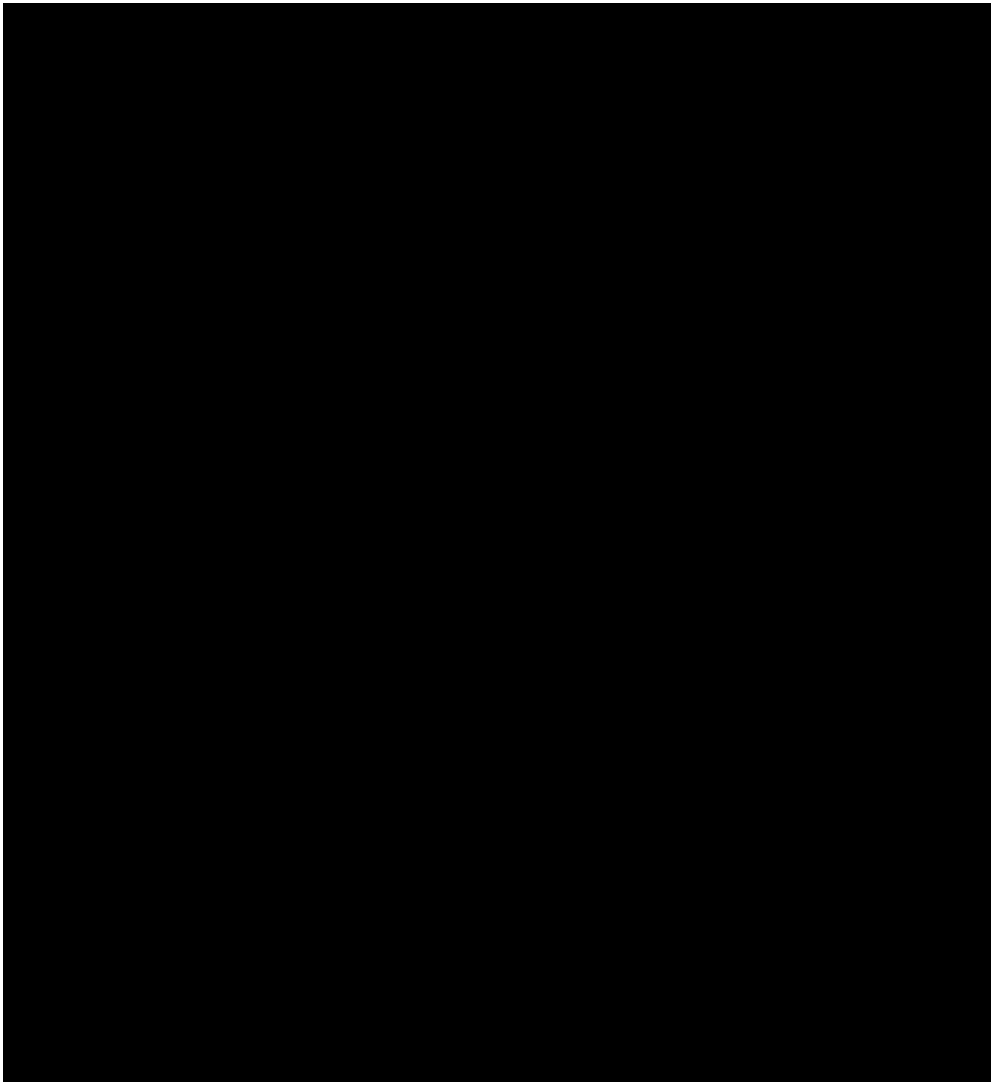


図 2.14.2.1-62 鉄セル構造図

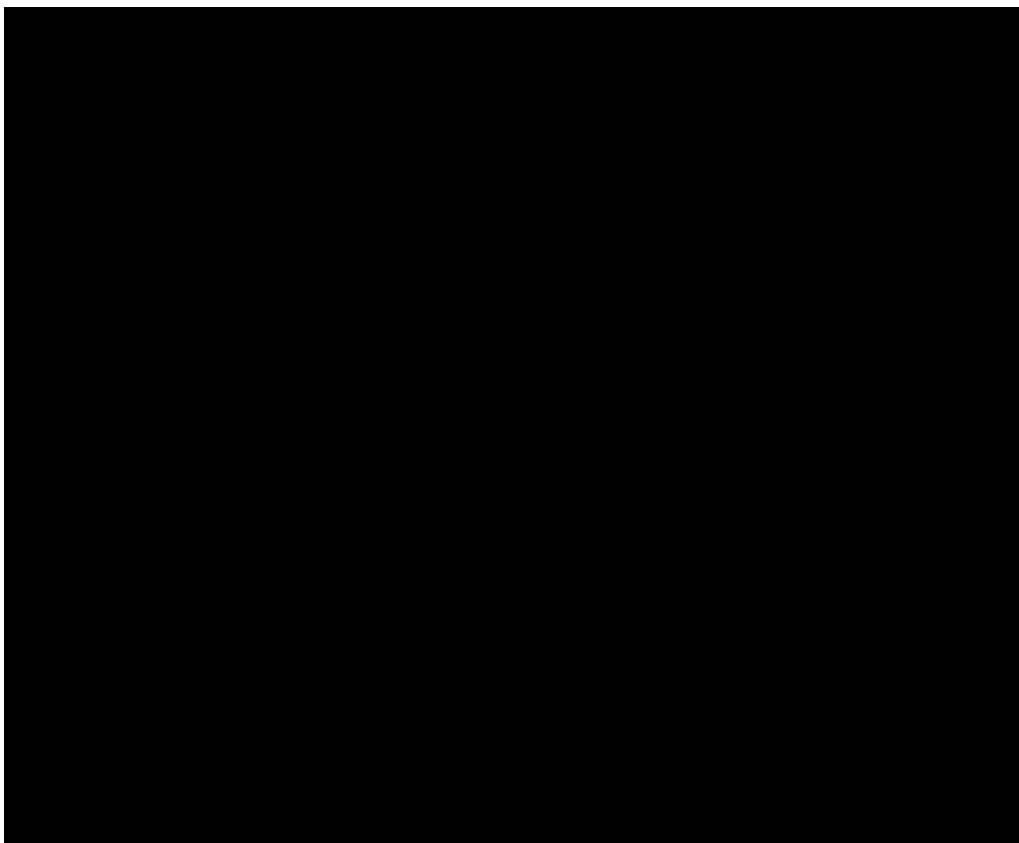


図 2.14.2.1-63 3次元 FEM モデル

(3) 解析結果について

以下に示す固有値解析モデルで固有周期を解析した結果,固有周期は1次振動モードで0.047秒となった。固有周期は0.05秒以下であることから,鉄セルは剛構造であることを確認した。

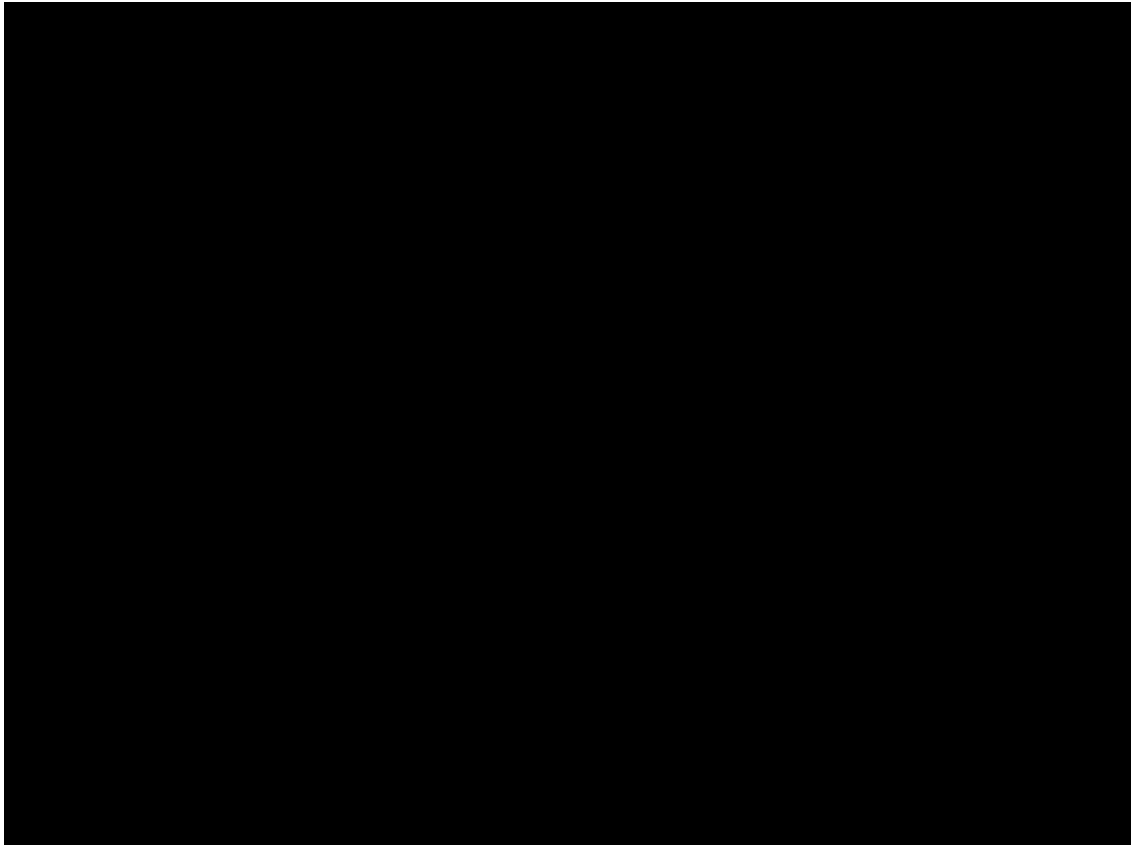


図 2.14.2.1-64 鉄セルの1次振動モード



(4) 地震力の設定について

(4)-1 設計用地震力の設定

固有値解析で、鉄セルは剛構造であることを確認したことから、静的な設計用地震力を以下のとおり設定する。

鉄セルが設置される1階における建屋のSs900に対する地震応答解析結果を各方向に対して20%割り増しし、重力加速度で除することで震度は以下のとおりとなる。

表 2.14.2.1-88 震度の計算過程

方向	水平方向		鉛直方向
	EW 方向	NS 方向	UD 方向
1階における建屋のSs900に対する最大床応答加速度[Gal]	982	1028	732
20%割り増しした加速度[Gal]	1178.4	1233.6	878.4
震度[-]	1.21	1.26	0.90

水平方向の設計震度について保守的に包絡させるため、最終的に設計用震度は以下のとおりとなる。

表 2.14.2.1-89 設計用震度

方向	水平方向		鉛直方向
	EW 方向	NS 方向	UD 方向
設計用震度[-]	1.26	1.26	0.90

(5) 応力評価結果について

地震力の入力方向の組合せは 8 通り<sup>1</sup> がある。各発生応力が最大となる入力方向の組合せにおける基礎ボルトの発生応力を以下に示す。

<sup>1</sup> X, Y, Z 方向の 3 方向に対して, それぞれ正又は負方向の 2 通りが考えられるため,  $8(=2 \times 2 \times 2)$  通りとなる。

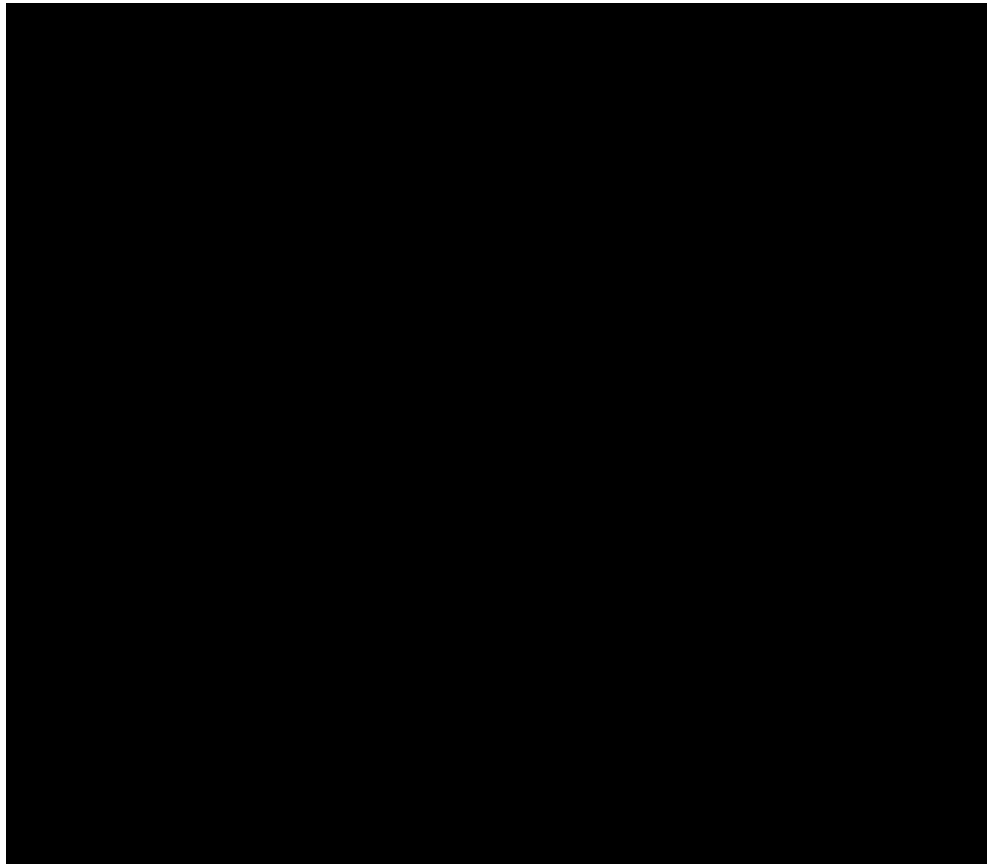


図 2.14.2.1-65 各最大発生応力の発生箇所

下表のとおり, すべての応力について最大発生応力が許容応力を下回っているため, 鉄セルは Ss900 に対して耐震性を有することを確認した。

表 2.14.2.1-90 各評価応力の最大発生応力

評価応力	節点番号	最大発生応力 (MPa)	許容応力 <sup>2</sup> (MPa)
引張応力	9816	237	487
せん断応力	11911	338	375
組合せ応力 <sup>3</sup>	5878	193	217

2 「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987」及び発電用原子力設備規格 設計・建設規格 (JSME S NC1-2005/2007) に基づく

3 引張応力とせん断力の組合せ

評価結果から、鉄セルはコンクリートセルへ波及的影響を及ぼさない。

線量評価に用いた移行率及び除染係数について

地震により安全機能を失った際の線量評価，現実的な緩和策を考慮した線量評価において用いた移行率及び除染係数は，以下の文献に基づき設定した。

1. 燃料デブリ等切断時の粉体から気相への放射性物質の移行率：1%

「ホットラボの設計と管理（日本原子力学会）」において，以下の通り記載されている。

放射性物質がセルから排気系へ放出される可能性の大きいのは，主として照射燃料切断の場合である。第3- -6表は，照射燃料切断時に粒子状および揮発性放射性物質がどの程度セルから排気系へ飛散するか（飛散度）の測定結果を示したものである。この表から通常の飛散度は，粒子状の場合  $10^{-2}$ ，揮発性の場合  $10^{-1}$  と考えてよい。

【ホットラボの設計と管理，社団法人 日本原子力学会，1976年9月，5．排出廃棄物のモニタリング，5.1 排気（p100）より抜粋】

表 2.14.2.1-91 「第3- -6表 照射燃料切断時における放射性物質の飛散度」

第3- -6表 照射燃料切断時における放射性物質の飛散度<sup>+ 15)</sup>

核種 実験番号	<sup>144</sup> Ce - <sup>144</sup> Pf <sup>++</sup>	<sup>134</sup> Cs <sup>++</sup>	<sup>137</sup> Cs <sup>++</sup>	<sup>125</sup> Sb <sup>+++</sup>
1	$4.3 \times 10^{-2}$	$2.2 \times 10^{-4}$	$1.4 \times 10^{-4}$	$2.3 \times 10^{-2}$
2	$1.2 \times 10^{-4}$	$4.5 \times 10^{-4}$	$4.0 \times 10^{-4}$	$3.7 \times 10^{-2}$
3	$1.3 \times 10^{-4}$	$6.3 \times 10^{-4}$	$4.2 \times 10^{-4}$	$5.8 \times 10^{-2}$
4	$1.6 \times 10^{-4}$	$2.0 \times 10^{-3}$	$1.6 \times 10^{-3}$	$4.1 \times 10^{-2}$
5	$1.1 \times 10^{-4}$	$9.8 \times 10^{-4}$	$8.4 \times 10^{-4}$	$1.4 \times 10^{-2}$
6	$2.9 \times 10^{-4}$	$4.0 \times 10^{-3}$	$3.8 \times 10^{-3}$	$5.0 \times 10^{-2}$
7	$3.1 \times 10^{-4}$	$6.6 \times 10^{-3}$	$4.7 \times 10^{-3}$	$3.9 \times 10^{-2}$
8	$2.7 \times 10^{-4}$	$4.9 \times 10^{-3}$	$3.4 \times 10^{-3}$	$2.6 \times 10^{-2}$
平均値	$1.8 \times 10^{-4}$	$2.5 \times 10^{-3}$	$1.9 \times 10^{-3}$	$3.0 \times 10^{-2}$

+ 飛散度 =  $\frac{\text{排気系へ飛散した全放射能}}{\text{照射燃料の切断の全放射能}}$   
 ++ 粒子状  
 +++ 揮発性（化学的性状）

地震により安全機能を失った際の線量評価，現実的な緩和策を考慮した線量評価では，照射燃料の切断時を想定したため，上記の文献に基づき，燃料デブリ等切断時の粉体から気相への放射性物質の移行率を1%とした。

2. 液体状の放射性物質の漏えい時の気相への移行率：0.02%

「Nuclear Fuel Cycle Facility Accident Analysis Handbook (NUREG)」に基づき、液体状の放射性物質の漏えい時の気相への移行率を設定した。

Nuclear Fuel Cycle Facility Accident Analysis Handbook , NUREG/CR-6410 , 3.3.3 Aerodynamic Entrainment/Resuspension , 3.3.4.2 Free-Fall Spill – Aqueous Liquids , Bounding Values (下記 : p3-81 より抜粋)

**3.3.4.2 Free-Fall Spill - Aqueous Liquids, Bounding Values**

*a. Aqueous solutions (experiments performed using acidic UNH and sodium fluorocein), spill distance up to 3 m (~ 10 ft)*

**ARF 2E-4**  
**RF 0.4**

*b. Aqueous slurries, < 40 percent solids, spill distance < 3 m (~ 10 ft)*

**ARF 5E-5**  
**RF 0.8**

*c. Aqueous viscous solutions, spill distance < 3 m (~ 10 ft)*

**ARF 7E-6**  
**RF 0.8**

ARF : 物理的刺激による気相への移行率

UNH(Uranyl nitrate hexahydrate) : 硝酸ウラニル六水和物

上記の赤実線部に、液体(水溶液,スラリー,粘性液)が落下した場合における放射性物質の気相への移行率(ARF)が示されている。

**【気相への移行率】**

- a. 水溶液 : 2E-4 (0.02%)
- b. スラリー : 5E-5 (0.005%)
- c. 粘性液 : 7E-6 (0.0007%)

以上を踏まえ、第2棟の液体廃棄物一時貯留設備において漏えいが発生した場合の線量評価における放射性物質の気相への移行率は、最も高い移行率である2E-4(0.02%)を設定した。

3. 除染係数 (DF): 10

Ss900 による建屋の耐震性の評価結果から, 建屋及びコンクリートセルは閉じ込め機能を維持できるため, 以下の文献に基づき除染係数 (DF) を設定した。

Elizabeth M.Flew, et al. "Assessment of the Potential Release of Radioactivity from Installations at AERE, Harwell. Implications for Emergency Planning". Handling of Radiation Accidents. International Atomic Energy Agency. Vienna, 1969, IAEA-SM-119/7 (下表: p664 より抜粋)

<u>Modifying Factors</u>	
<u>Factor 3. Fraction of Aerosol released from primary containment into building.</u>	
<u>Primary Containment</u>	<u>Factor</u>
<u>Gases &amp; Vapours</u>	
Whatever the containment (except elemental iodine released under water).	1.0
Elemental iodine released under water.	0.01
<u>All other forms</u>	
Fibre drums, glove boxes, cells, reactor structures etc., which are so seriously damaged that containment is virtually nil.	1.0
Storage blocks and pits, seriously damaged glove boxes, cells, flasks, reactor structures, etc.	0.1
Safes, undamaged or slightly damaged glove-boxes <sup>(12)</sup> , cells, flasks, reactor structures, etc., under water storage, particulate release into building via filtered extract, single metal containment.	0.01
Concreted steel drums, double metal containment.	0.001
<u>Factor 4. Fraction of Airborne Material released from Building</u>	
<u>Condition of Building</u>	<u>Factor</u>
Gases in damaged or undamaged buildings.	1.0
Volatile and particulate aerosols in buildings so seriously damaged that containment is virtually nil.	
(a) by explosion	1.0
(b) by fire (factor allowed for thermal lift)	0.1
Volatile and particulate aerosols in building containments undamaged or slightly damaged.	0.1
Particulate release from building via filtered extract.	0.01

上表の赤破線部に, 各設備における気体状を除く放射性物質の除染係数が示されているが, 保守的な評価を行うため, 赤実線部に基づき除染係数を設定した。

上記のことから, 建屋及びコンクリートセルの DF は, 気体状の放射性物質に対して 1 (Factor: 1.0), それ以外の放射性物質に対してそれぞれ 10 (Factor: 0.1) とした。

消火設備の耐震クラスについて

地震により消火機能を喪失した状況で、更に以下の火災が発生した場合における「現実的な緩和策を考慮した線量評価」を実施した。

- ・ コンクリート内火災
- ・ 鉄セル内火災
- ・ グローブボックス内火災

燃料デブリ等切断時の粉体から気相への放射性物質の移行率 1%<sup>1</sup>に、火災に伴う燃料デブリ等の粉体から気相への放射性物質の移行率 0.6%<sup>2</sup>を加え、合計で 1.6%の燃料デブリ等の粉体が気相へ移行すると想定した。また、気相へ移行した放射性物質は、設備周辺の室に直接放出され、さらに建屋から外部へ地上放出され、敷地境界に達したと想定した。Ss900 による建屋の耐震性の評価結果に基づき、コンクリートセル及び建屋の除染係数として気体状の放射性物質を除き、各々10<sup>3</sup>を見込めるものとして評価を行った。

表 2.14.2.1-92 現実的な緩和策を考慮した線量評価

設備名称	内部被ばく	外部被ばく <sup>4</sup>	敷地境界線量 (地震+火災)	【参考】 敷地境界線量 (地震のみ)
コンクリートセル	1.8mSv	2.4 × 10 <sup>-4</sup> mSv	1.9mSv	1.2mSv
鉄セル	4.4 × 10 <sup>-1</sup> mSv	3.1 × 10 <sup>-7</sup> mSv	4.5 × 10 <sup>-1</sup> mSv	2.8 × 10 <sup>-1</sup> mSv
グローブボックス	4.4 × 10 <sup>-5</sup> mSv		4.4 × 10 <sup>-5</sup> mSv	2.7 × 10 <sup>-5</sup> mSv

1 燃料デブリ等切断時の粉体から気相への放射性物質の移行率 1% (日本原子力学会「ホットラボの設計と管理」)。Kr 等の気体状の放射性物質は 100% 移行。

2 火災に伴う粉体から気相への放射性物質の移行率 0.6% ( " Nuclear Fuel Cycle Facility Accident Analysis Handbook ", NUREG/CR-6410 )

3 コンクリートセル、建屋の除染係数として気体状の放射性物質を除き、各々10<sup>3</sup>を考慮。鉄セル、グローブボックスについては建屋の除染係数のみ考慮

Elizabeth M.Flew , et al. " Assessment of the Potential Release of Radioactivity from Installations at AERE , Harwell. Implications for Emergency Planning " .Handling of Radiation Accidents. International Atomic Energy Agency. Vienna , 1969 , IAEA-SM-119/7

4 安全機能の喪失が継続する期間を 7 日間として評価した。

地震時に消火機能を喪失しても、コンクリートセル、鉄セル及びグローブボックスの耐震クラス分類に影響を与えるような公衆被ばく線量の増加はないため、消火設備は耐震クラスCと分類する。万一、地震時に消火機能を喪失し、かつ、コンクリートセル内、鉄セル内又はグローブボックス内において火災が発生した場合は、給排気弁を閉止して酸素の供給を断って窒息消火させる。

コンクリートセル貫通部について

コンクリートセルに設ける貫通部のバウンダリが、地震時及び火災時においても負圧維持に問題が無いか確認した一覧を以下に示す。

表 2.14.2.1-93 コンクリートセル貫通部一覧

バウンダリの取り方	開口部名称	開口寸法 (mm) <sup>1)</sup>	主要材質	地震時の影響	火災時の影響	負圧維持
設備本体 (次ページ)	遮へい窓	W1360 × H1360 × 1 基	ガラス・鉄・ ステンレス・ アクリル	設備はコンクリートセル壁に埋め込まれており、さらに固定しているため、地震発生時においても、セル壁と一体で揺れるため、脱落することはない。	バウンダリの構成部材には、不燃性又は難燃性の部材を使用するため、火災発生時においても、閉じ込め機能は維持される。	地震時及び火災時においても、閉じ込め機能は維持されるため、負圧維持については問題ない。
	背面遮へい扉	W800 × H2000	鉄・ポリエチレン			
セル内の気密ボックス (次ページ)	電線管 (コンジット管)	53.5 (50A.S20) × 5 本	鉄・ステンレス・ 樹脂	気密ボックス及びコンジット管は、コンクリートの壁に固定又は埋め込まれ、壁に追従して動くため、地震発生時においても、セル壁と一体で揺れるため、脱落することはない。		
	線モニタ (コンジット管)	28 (25A.S20)	ステンレス			
	プラグ類 (インセルモニタ等)	最大 400 × 3	鉄・コンクリート			
計器本体 (次ページ)	差圧導管	14.3 (10A.S20) × 2 本	ステンレス	計器は、コンクリートの壁に固定又は埋め込まれ、壁に追従して動くため、地震発生時においても、セル壁と一体で揺れるため、脱落することはない。		
	温度計 (案内管)	7.5 (6A.S20)	ステンレス			
その他	給気配管 (スクリューダクト)	398	ステンレス	配管等は、コンクリートの壁に埋め込まれ、壁等に追従して動くため、地震発生時においても、壁等と一体で揺れるため、脱落することはない。		
	排気配管 (スクリューダクト)	248	ステンレス			
	消火設備配管	22.2 (20A.S20) × 2 本	ステンレス			
	トボガン (シームレス管)	155.2 (150A.S20)	ステンレス			
	マニプレータ (スルーウォールチューブ)	279.4 × 2 本	鉄・鉛・ステンレス			
	ポート類 (非破壊検査装置用, 天井, ダブルカバー)	409.6 (450A.S80) × 3	鉄・ステンレス・ ポリエチレン			

1 現在想定しているもので最大寸法を記載



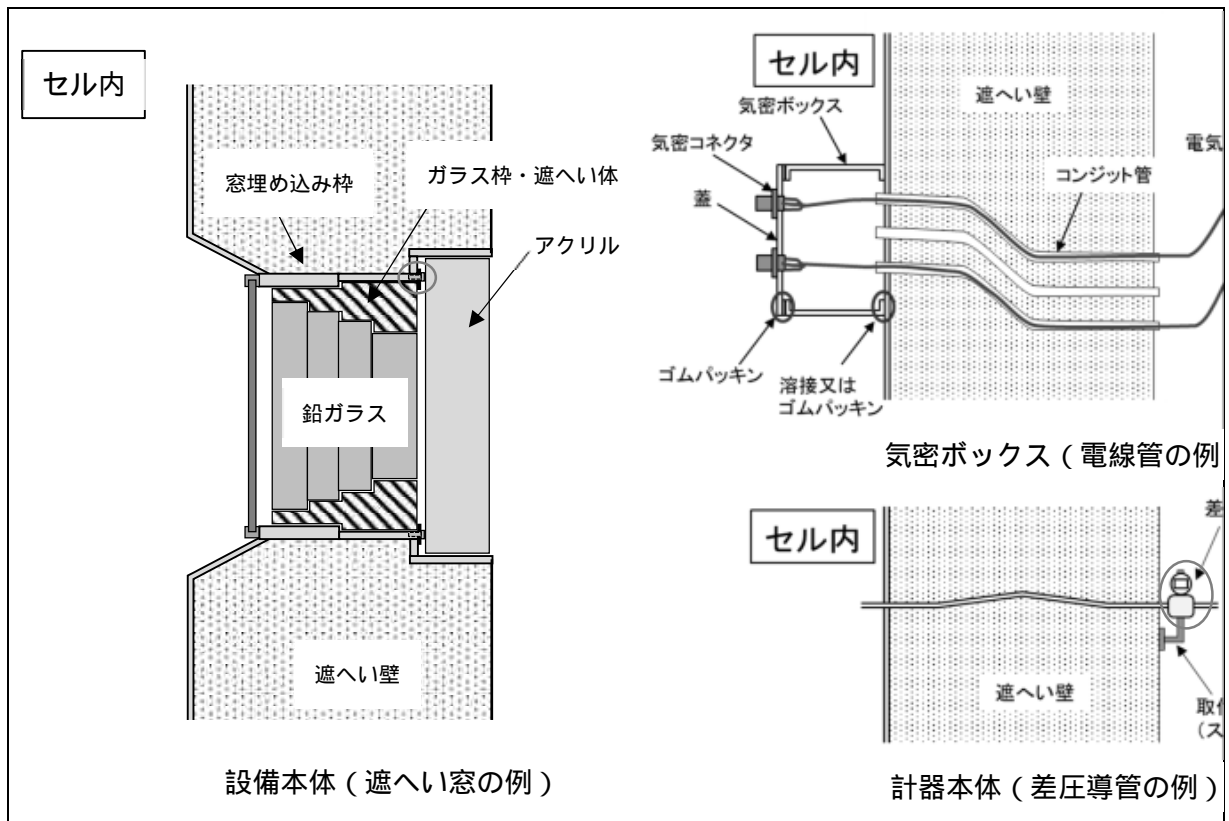


図 2.14.2.1-66 イメージ図

### 落雷に対する設計上の考慮に係る準拠法令等について

第2棟は、避雷針の設置、機器接地により、落雷による損傷を防止する設計とする。避雷針の設置、機器接地を行うにあたって、下記条文のJIS A 4201（建築物等の雷保護）及び建築基準法に基づき設計する。

JIS A 4201では、施設毎に保護レベルを設けて選択することが適切であると示されている。保護レベルは、レベルⅠ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳの4段階が設定されており、被保護物の種類、重要度などで実際上妥当と考えられる保護レベルを選定し、これらに対応する保護システムを施すように規定している。

第2棟は、保護レベルを選定する上で、「新JISに基づく外部雷保護システムの設計・施工実務」（日本電設工業協会）の保護レベル選定上、考慮する条件に基づき、施設の重要度を考慮して保護レベル

表 2.14.2.2-1 保護レベル選定上、考慮する条件

立地条件	その地方の襲来頻度 地形（平地の一軒家、山または丘の頂上、がけの上）
建築物等の種類・重要度	建築物の高さ 多数の人が集まる建築物（学校、寺院、病院、デパート、劇場等） 重要業務を行う建築物等（官庁、電話局、銀行、商社） 科学的、文化的に貴重な建築物等（美術館、博物館、保護建築物等） 家畜を多数収容する牧舎 火薬、可燃性液体、可燃性ガス、毒物、放射性物質などを貯蔵または取り扱う建築物等 大量の電子機器を収容している建築物等

更に、接地については、以下の告示に基づき、日本工業規格 A4210（建築物等の雷保護）-2003を準拠した設計とする。

【雷撃によって生ずる電流を建築物に被害を及ぼすことなく安全に地中に流すことができる避雷設備の構造方法を定める件（平成十二年五月三十一日）（建設省告示第千四百二十五号）より抜粋】

建築基準法施行令（昭和二十五年政令第三百三十八号）第二百九条の十五第一号の規定に基づき、雷撃によって生ずる電流を建築物に被害を及ぼすことなく安全に地中に流すことができる避雷設備の構造方法を次のように定める。

雷撃によって生ずる電流を建築物に被害を及ぼすことなく安全に地中に流すことができる避雷設備の構造方法を定める件

雷撃によって生ずる電流を建築物に被害を及ぼすことなく安全に地中に流すことができる避雷設備の構造方法は、日本工業規格 A 四二〇一（建築物等の雷保護） 二〇〇三に規定する外部雷保護システムに適合する構造とすることとする。

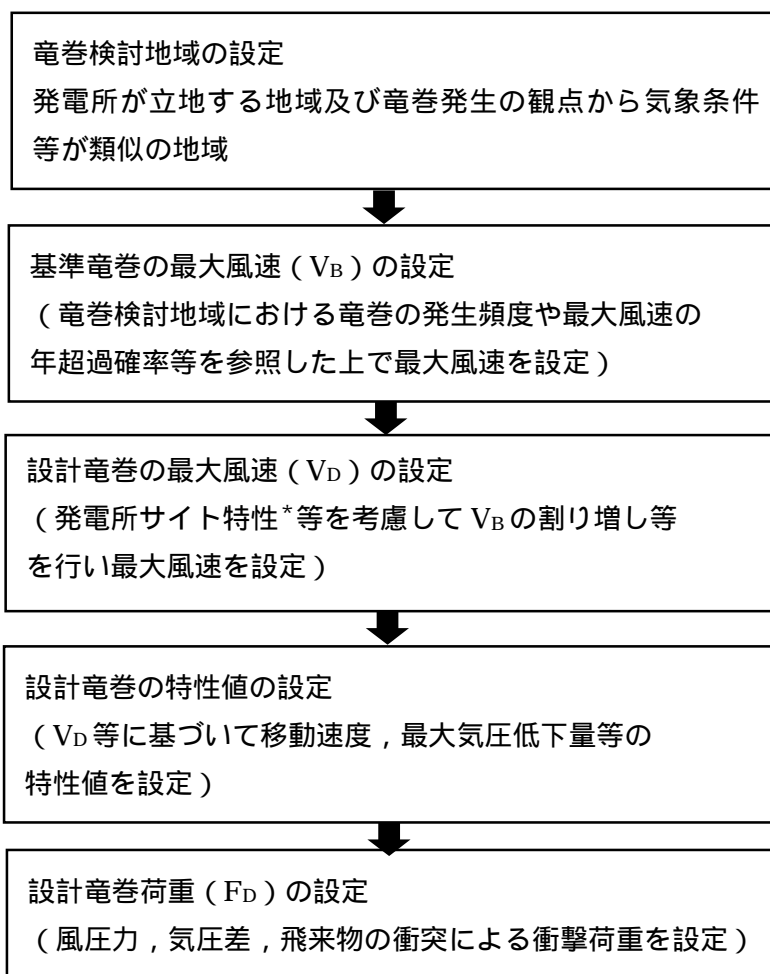
## 竜巻影響評価について

## 1. 竜巻防護に関する設計方針

竜巻及びその随伴事象等によって安全機能を有する施設の安全機能を損なわない設計であることを評価するため、「原子力発電所の竜巻影響評価ガイド」（平成25年6月19日 原規技発第13061911号原子力規制委員会決定）（以下「竜巻ガイド」という。）を参照し、以下の竜巻影響評価について実施し第2棟が竜巻の影響を受ける場合においてもその安全機能を確保するために、竜巻に対して安全機能を損なわない設計とする。

## 2. 設計竜巻の設定

第2棟における設計竜巻の風速は92m/sと設定する。設計竜巻の最大風速の設定については、「竜巻ガイド」に沿って以下の流れに沿って設定する。



\*：地形効果による竜巻の増幅特性等

図 2.14.2.3-1 基準竜巻・設計竜巻の設定に係る基本フロー

## 2.1 竜巻検討地域の設定

福島第一原子力発電所に対する基準竜巻風速の設定を検討する竜巻検討地域（宮城県以西の太平洋側沿岸域）とする。検討地域の面積は88,682 km<sup>2</sup>であり，最大のFスケールはF3（風速70～92m/s）である。福島県から青森県にかけての太平洋側沿岸域における発生数は，茨城県以西の太平洋側沿岸域に比べて極めて少ないが，宮城県以西の太平洋側沿岸域は，大きなスーパーセル型竜巻の発生ポテンシャルが国内でも最大規模である地域を含んでおり，総観場分析によって竜巻検討地域として設定することは適切であると考える。

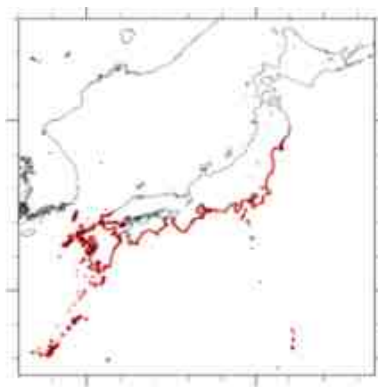


図 2.14.2.3-2 基準竜巻風速設定に用いる竜巻検討地域

## 2.2 基準竜巻の最大風速 $V_b$ の設定

基準竜巻の最大風速は，過去に発生した竜巻による最大風速( $V_{B1}$ )及び竜巻最大風速のハザード曲線による最大風速( $V_{B2}$ )のうち，大きな風速を設定する。

### 2.2.1 過去に発生した竜巻による最大風速( $V_{B1}$ )の設定

過去発生した最大規模の竜巻は表2.14.2.3-1に示すとおり，藤田スケールのF3竜巻（風速70～92m/s）であることから， $V_{B1}$ はF3の風速範囲の上限値92m/sとする。

表 2.14.2.3-1 過去発生した主な F3 竜巻（気象庁，竜巻等の突風データベースより）

F スケール	発生日	発生場所
F3	1971年7月7日	埼玉県浦和市
F3	1978年2月28日	神奈川県川崎市
F3	1990年12月11日	千葉県茂原市
F3	1999年9月24日	愛知県豊橋市
F3	2012年5月6日	茨城県常総市

### 2.2.2 竜巻風速のハザード曲線による最大風速 $V_{B2}$

竜巻風速のハザード曲線に基づく最大風速 $V_{B2}$ については、竜巻ガイドに基づき図2.14.2.3-3のフローに基づき評価する。

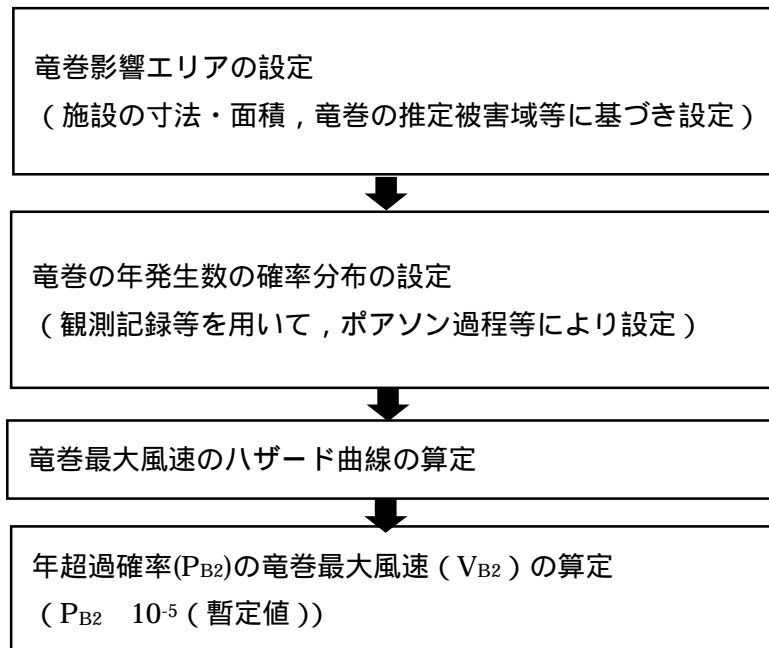


図 2.14.2.3-3 竜巻最大風速のハザード曲線による最大風速( $V_{B2}$ )の算定フロー

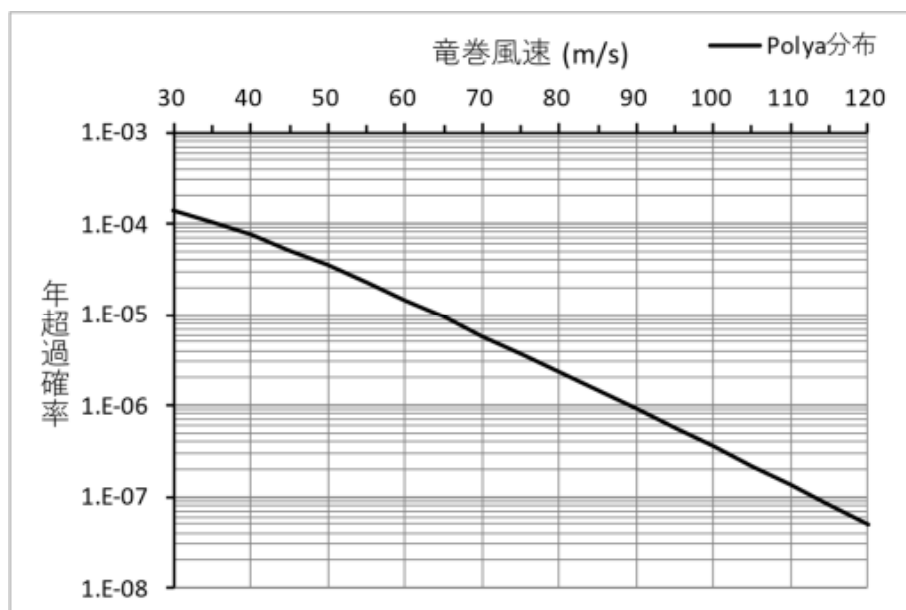


図 2.14.2.3-4 竜巻風速のハザード評価結果

評価の結果，竜巻風速のハザード評価は図 2.14.2.3-4 の通りになり，竜巻ガイドにて設定されている年超過確率  $10^{-5}$  に対する竜巻風速は 64.3 m/s となる。

表 2.14.2.3-2 竜巻風速のハザード評価結果の纏め

	$10^{-4}$	$10^{-5}$	$10^{-6}$	$10^{-7}$
第 2 棟	35.8	64.3	89.0	113.1

### 2.2.3 基準竜巻の最大風速 $V_B$

過去に発生した竜巻による最大風速  $V_{B1}=92\text{m/s}$  及び竜巻最大風速のハザード曲線による最大風速  $V_{B2}=64.3\text{m/s}$  のうち，大きい風速である  $92\text{m/s}$  を基準竜巻の最大風速  $V_B$  とする。

表 2.14.2.3-3 竜巻最大風速の算定結果

項目	最大風速 [m/s]
過去に発生した竜巻による最大風速 $V_{B1}$	92
竜巻最大風速のハザード曲線による最大風速 $V_{B2}$	64.3
基準竜巻の最大風速 $V_B$	92

### 2.3 設計竜巻の最大風速 $V_0$ の設定

福島第一原子力発電所周辺で発生する竜巻は，地形が平坦な海側から発電所敷地に進入する可能性が高く発電所敷地自体も平坦であるため竜巻が増幅することはないと考えられる。また，竜巻が海上から陸側に移動する際には，地表面粗度の小さい海上から粗度の大きい陸上に上陸するため，粗度により減衰するものと考えられる。

以上のことから，地形効果による竜巻の増幅を考慮せず，設計竜巻の最大風速  $V_0$  は F3 の風速範囲の上限値  $92\text{m/s}$  とする。

### 3. 設計竜巻の特性値

竜巻ガイドに基づき算出した設計竜巻の各特性値を以下に示す。

表 2.14.2.3-4 設計竜巻の特性値

最大風速 $V_0$ [m/s]	移動速度 $V_T$ [m/s]	最大接線風速 $V_{Rm}$ [m/s]	最大接線風速半径 $R_m$ [m]	最大気圧低下量 $P_{max}$ [hPa]	最大気圧低下率 $(dp/dt)_{max}$ [hPa/s]
92	14	78	30	75	35

#### 4. 設計飛来物の設定

竜巻ガイドに基づき、第2棟の設置環境を考慮し、設計飛来物を設定した。竜巻ガイドを基に設定した飛来物を表2.14.2.3-5に示す。また、第2棟の設置環境を考慮し設定した飛来物を表2.14.2.3-6に示す。

表 2.14.2.3-5 竜巻ガイドを基に設定した飛来物

	棒状物		板状物	塊状物	
飛来物の種類	鋼製パイプ	鋼製材	コンクリート板	コンテナ	トラック
サイズ[m]	長さ×直径 2×0.05	長さ×幅×奥行 4.2×0.3×0.2	長さ×幅×厚さ 1.5×1×0.15	長さ×幅×奥行 2.4×2.6×6	長さ×幅×奥行 5×1.9×1.3
質量[kg]	8.4	135	540	2300	4750

表 2.14.2.3-6 第2棟の設置環境を考慮し設定した飛来物

	塊状物	
飛来物の種類	車両（大） <sup>1</sup>	車両（小） <sup>2</sup>
サイズ[m]	長さ×幅×奥行 4.90×1.88×1.87	長さ×幅×奥行 3.4×1.5×1.5
質量[kg]	2150	710

1 TEPCO 柏崎刈羽原子力発電所の許認可実績から引用

2 日本原燃の許認可実績から引用

#### 5. TONBOS による設計飛来物の飛散解析

他の原子力施設で許認可実績があるTONBOSを使用し、設計竜巻における飛来物の飛散高さ、速度等を評価した。結果を表2.14.2.3-7に示す。

TONBOSによる飛散解析の結果及び図2.14.2.3-5に示す第2棟の断面図から以下の項目のとおり整理する。

- ・ 鋼管パイプ、コンクリート板及びトラックは浮上しないため、以降の評価から除外する。
- ・ 鋼製材、車両（大）及び車両（小）は、最大飛散高さが7m以下であるため、1階のみに衝突すると想定する。
- ・ コンテナは最大飛散高さが13m以下であるため、1階及び2階に衝突すると想定する。
- ・ 屋上階の高さまで飛来物は飛散しない。



表 2.14.2.3-7 TONBOS による飛散解析の結果

飛来物	浮上判定	最大飛散高さ[m]	最大水平速度[m/s]
鋼管パイプ	浮上しない		
鋼製材	浮上する	0.2	11.4
コンクリート板	浮上しない		
コンテナ	浮上する	12.9	49.6
トラック	浮上しない		
車両(大)	浮上する	3.4	37.8
車両(小)	浮上する	5.4	48.8



図 2.14.2.3-5 第2棟建屋の断面図

### 6. 設計竜巻荷重に対する建屋の影響評価

竜巻ガイドを基に、設計竜巻荷重に対して第2棟建屋が健全であることを確認するため、設計竜巻による複合荷重 ( $W_{T1}$ 及び $W_{T2}$ ) に対して、第2棟建屋の構造健全性が維持されることを確認するため、保有水平耐力以下であることを確認する<sup>3)</sup>。

複合荷重の計算式を以下に示す。

- ①  $W_{T1} = W_p$
  - ②  $W_{T2} = W_W + 0.5 \cdot W_p + W_M$
- $W_{T1}, W_{T2}$ : 設計竜巻による複合荷重  
 $W_W$ : 設計竜巻の風圧力による荷重  
 $W_p$ : 設計竜巻による気圧差による荷重  
 $W_M$ : 設計飛来物による衝撃荷重

$W_p$  (気圧差による荷重) の計算式

$$W_p = \Delta P_{max} \cdot A = 8.9 \times A$$

$W_W$  (風圧力による荷重) の計算式

$$W_W = q \cdot G \cdot C \cdot A \quad (q = (0.613 \cdot V)^2)$$

$W_M$  (飛来物による衝撃荷重) の計算式

$$W_M = mv^2/L_1 \quad (\text{Rieraの式})$$

結果として、複合荷重 ( $W_{T1}$ 及び $W_{T2}$ ) が建屋の保有水平耐力以下であることを確認した。複合荷重と保有水平耐力との比較の詳細を表2.14.2.3-8及び表2.14.2.3-9に示す。

3 建屋の構造健全性確認として、保有水平耐力を算定し建屋設計を実施する。設計竜巻荷重が、保有水平耐力を下回れば、竜巻による影響は保有水平耐力評価に内包されるため、竜巻による建屋への影響はないと評価する。

表 2.14.2.3-8 複合荷重  $W_{T1}$  と保有水平耐力の比較

階層	$W_{T1}$ [N]	保有水平耐力 [N]	判定
1 階	9.45E+05	1.90E+08	○
2 階	1.96E+06	1.08E+08	○
屋上階	1.52E+06	2.59E+07	○

表 2.14.2.3-9 複合荷重  $W_{T2}$  と保有水平耐力の比較

飛来物が衝突する階	飛来物 <sup>4</sup>	$W_{T2}$ [N] <sup>5</sup>	保有水平耐力 [N]	判定
1 階	鋼製材	3.18E+07	1.90E+08	○
	コンテナ			○
	車両(大)			○
	車両(小)			○
2 階	コンテナ	1.04E+07	1.08E+08	○

4 鋼管パイプ、コンクリート板及びトラックは浮上しない。また、鋼製材、車両(大)及び車両(小)は、1階の高さまでしか飛散しない。

5 1階衝突時は鋼製材、コンテナ、車両(大)及び車両(小)が同時に衝突する場合を想定する。

## 7. 設計飛来物の衝突に対する影響評価

### 7.1 建屋外壁(コンクリート)に設計飛来物が衝突した場合の影響評価

設計飛来物の寸法重量及びTONBOSによる解析で得られた飛来物の速度から、飛来物が建屋外壁(コンクリート)に衝突した場合における貫通及び裏面剥離の発生の有無を確認する。

なお、貫通及び裏面剥離の発生の有無を評価する際に使用する評価式は、他の原子力施設で許認可実績がある以下の式を使用する。

○コンクリートに対する貫通評価及び裏面剥離評価

・貫通評価※1

Degen式  $t_p = \alpha_p D \left\{ 2.2 \left( \frac{X_c}{\alpha_c D} \right) - 0.3 \left( \frac{X_c}{\alpha_c D} \right)^2 \right\}$

修正NDRC式  $X_c = \alpha_c \sqrt{4kWND \left( \frac{V}{1000D} \right)^{1.8}}$   
 $k = \frac{180}{\sqrt{F_c}}$

・裏面剥離評価

Chang式  $t_s = \frac{1.84 \alpha_s \left( \frac{200}{V} \right)^{0.13} (MV^2)^{0.4}}{\left( \frac{D}{12} \right)^{0.2} (144F_c)^{0.4}}$

※1 形状係数：1.14（鋭い）、低減係数：1.0（剛体）の条件で計算

凡例	
$t_p$ : 貫通限界厚さ(in)	$\alpha_c$ : 裏面剥離限界厚さ低減係数(-)
$\alpha_c$ : 貫入深さ飛来物低減係数(-)	M: 質量(lb/(ft/s <sup>2</sup> ))
$X_c$ : 貫入深さ(in)	T: 鋼板貫通限界厚さ(in)
N: 形状係数(-)	M: 飛来物質量(lb・s <sup>2</sup> /ft)
$F_c$ : コンクリート強度(psi)	K: 鋼板の材料に関する係数(=1)
$\alpha_p$ : 貫通限界厚さ低減係数(-)	
D: 飛来物直径(in)	
W: 飛来物重量(lb)	
V: 衝突速度(ft/s)	
$t_s$ : 裏面剥離限界厚さ(ft)	
g: 重力加速度(ft/s <sup>2</sup> )	

設計飛来物の寸法重量及びTONBOSによる解析で得られた飛来物の速度から算出した貫通限界厚さ及び裏面剥離限界厚さを表2.14.2.3-10に示す。各限界厚さと建屋外壁の壁厚を比較することで、設計飛来物が衝突した場合の影響を評価し、以下の項目に示すとおり設計飛来物ごとに整理した。

- ・ 鋼管パイプ、コンクリート板、トラック  
 浮上しないため、第2棟に衝突しない。
- ・ 鋼製材、車両（大）、車両（小）  
 最大飛散高さが7m未満であるため、1階の外壁に衝突する。1階外壁の壁厚が、貫通限界厚さ及び裏面剥離限界厚さよりも大きいため、貫通、裏面剥離は発生しない。
- ・ コンテナ  
 最大飛散高さが7m以上、13m未満であるため、1階及び2階の外壁に衝突する。1階外壁の壁厚が、貫通限界厚さ及び裏面剥離限界厚さよりも大きいため、貫通及び裏面剥離は発生しない。2階外壁の一部の壁厚が、裏面剥離限界厚さよりも小さいため、裏面剥離が発生する。図2.14.2.3-6の実線枠で示した外壁は壁厚■■■■であり、各限界厚さ以上の厚みであるため、貫通及び裏面剥離は発生しない。図2.14.2.3-6の破線枠で示した外壁は壁厚■■■■であり、コンテナが衝突した場合は裏面剥離が発生する。ただし、発生した剥離物は、近傍（換気空調設備室、制御室、更衣室・汚染検査室及び放射線監視室）に落下するが、コンクリートセルに影響はない。

表 2.14.2.3-10 建屋外壁に設計飛来物が衝突した場合の限界厚さ

飛来物	最大飛散高さ[m]	コンクリートの貫通限界厚さ[cm]	コンクリートの裏面剥離限界厚さ[cm]	衝突する壁の厚さ
鋼管パイプ				
鋼製材	0.2	■	■	■■■■

				(1階:高さ0~7m)
コンクリート板				
コンテナ	12.9	■	■	<div style="background-color: black; width: 50px; height: 10px; margin: 0 auto;"></div> (2階:高さ7~13m) <div style="background-color: black; width: 50px; height: 10px; margin: 0 auto;"></div> (1階:高さ0~7m)
トラック				
車両(大)	3.4	■	■	<div style="background-color: black; width: 50px; height: 10px; margin: 0 auto;"></div> (1階:高さ0~7m)
車両(小)	5.4	■	■	<div style="background-color: black; width: 50px; height: 10px; margin: 0 auto;"></div> (1階:高さ0~7m)

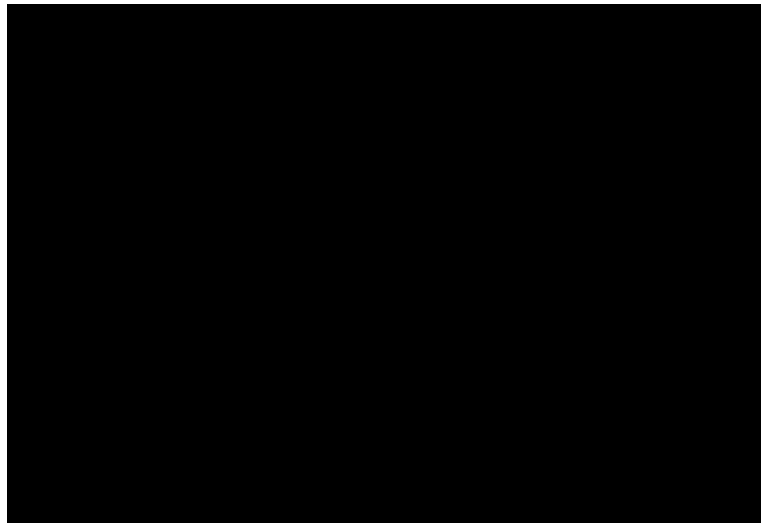


図 2.14.2.3-6 2階の壁厚(第2棟2階平面図)

### 7.2 扉(鋼板)に設計飛来物が衝突した場合の影響評価

設計飛来物の寸法重量及びTONBOSによる解析で得られた飛来物の速度から、飛来物が扉(鋼板)に衝突した場合における貫通の発生の有無を確認する。第2棟に設置される扉の様を表2.14.2.3-11に示す。

なお、貫通の発生の有無を評価する際に使用する評価式は、他の原子力施設で許認可実績がある以下の式を使用する。

○鋼板に対する貫通評価

$$\text{BRL式} \quad T^{3/2} = \frac{0.5MV^2}{17400K^2D^{3/2}}$$

凡例	
$t_p$ : 貫通限界厚さ(in)	$\alpha_g$ : 裏面剥離限界厚さ低減係数(-)
$\alpha_c$ : 貫入深さ飛来物低減係数(-)	M: 質量(lb/(ft/s <sup>2</sup> ))
$X_c$ : 貫入深さ(in)	T: 鋼板貫通限界厚さ(in)
N: 形状係数(-)	M: 飛来物質量(lb·s <sup>2</sup> /ft)
$F_c$ : コンクリート強度(psi)	K: 鋼板の材料に関する係数(=1)
$\alpha_p$ : 貫通限界厚さ低減係数(-)	
D: 飛来物直径(in)	
W: 飛来物重量(lb)	
V: 衝突速度(ft/s)	
$t_g$ : 裏面剥離限界厚さ(ft)	
g: 重力加速度(ft/s <sup>2</sup> )	

設計飛来物の寸法重量及びTONBOSによる解析で得られた飛来物の速度から算出した貫通限界厚さを表2.14.2.3-12に示す。貫通限界厚さと扉の厚さを比較することで、設計飛来物が衝突した場合の影響を評価し、以下の項目に示すとおり扉の種類ごとに整理した。

- ・ 扉 1  
鋼板厚さが■であるため、いずれの飛来物が衝突しても貫通することはない。
- ・ 扉 2  
鋼板厚さが■以上あるため、いずれの飛来物が衝突しても貫通することはない。

表 2.14.2.3-11 第 2 棟に設置される扉の仕様

設置階	材質	厚さ [mm]
1, 2	ステンレス鋼	■
1	ステンレス鋼 / 普通コンクリート / ステンレス鋼 <sup>6</sup>	■

6 普通コンクリートがステンレス鋼で挟まれている構造

表 2.14.2.3-12 鋼板の貫通限界厚さ

飛来物	最大飛散高さ [m]	鋼板の貫通限界厚さ [mm]
鋼管パイプ		
鋼製材	0.2	■
コンクリート板		
コンテナ	12.9	■
トラック		
車両 (大)	3.4	■
車両 (小)	5.4	■

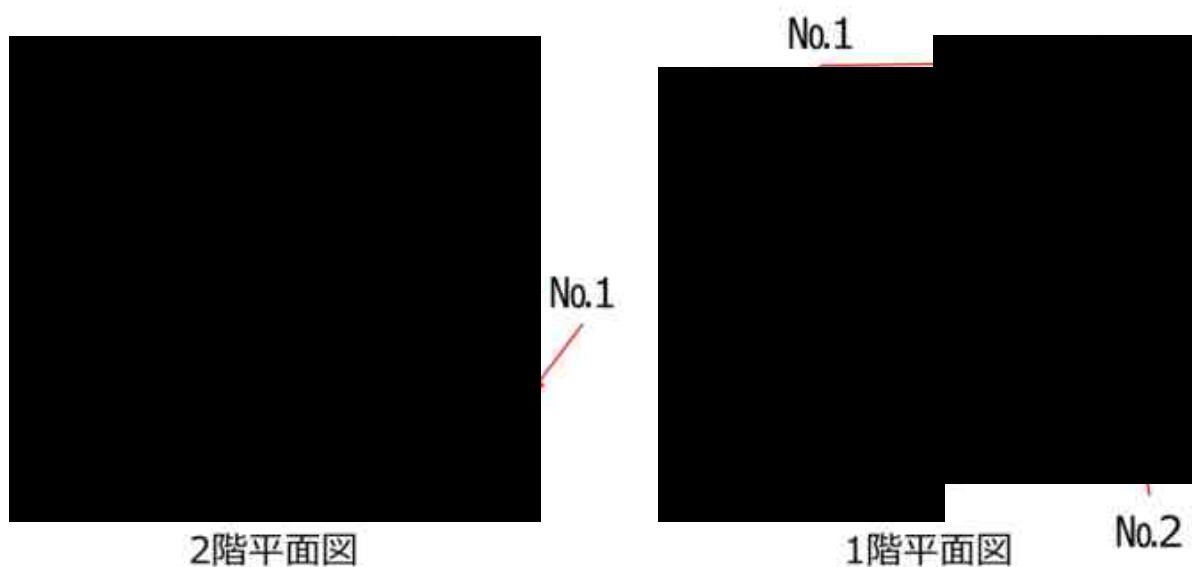


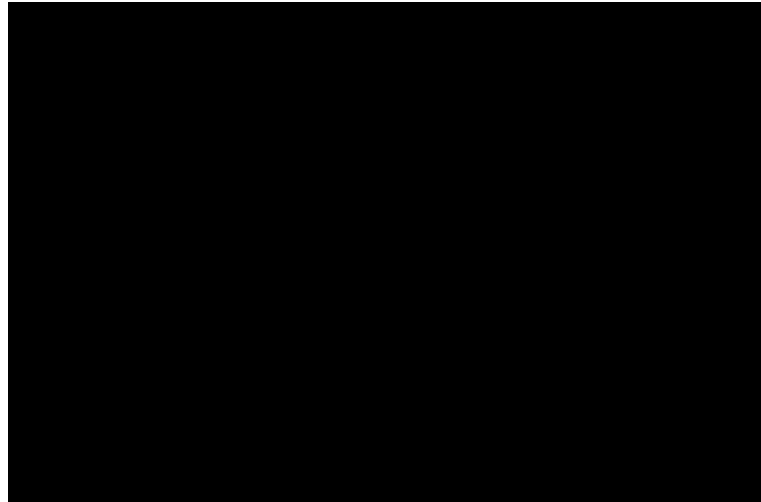
図 2.14.2.3-7 第 2 棟の扉の配置

### 7.3 給気ガラリに設計飛来物が衝突した場合の影響評価

設計飛来物の寸法重量及びTONBOSによる解析で得られた飛来物の速度から、2階に衝突する可能性のあるコンテナが給気ガラリに衝突した場合における影響を確認する。給気ガラリにコンテナが衝突した場合、給気フィルタ室の壁（壁厚25cm）に衝突し、貫通することで換気空調設備室（給気）に侵入する。その後、サービスエリアとの境界壁（壁厚60cm）に衝突し、貫通はせず、裏面剥離が発生する。裏面剥離で発生した剥離物はコンクリートセルから2.8m離れたサービスエリア床に落下する。

コンテナが給気ガラリに衝突した場合の経路を図2.14.2.3-8に示す。また、裏面剥離発生箇所を状況を図2.14.2.3-9に示す。

結果として、コンテナが給気ガラリに衝突した場合は裏面剥離が発生するが、剥離物と防護対象施設は2.8m離れているため、影響はない。なお、コンテナ衝突時のコンクリートの各限界厚さは表2.14.2.3-10を参照する。



2階平面図

図 2.14.2.3-8 コンテナの経路

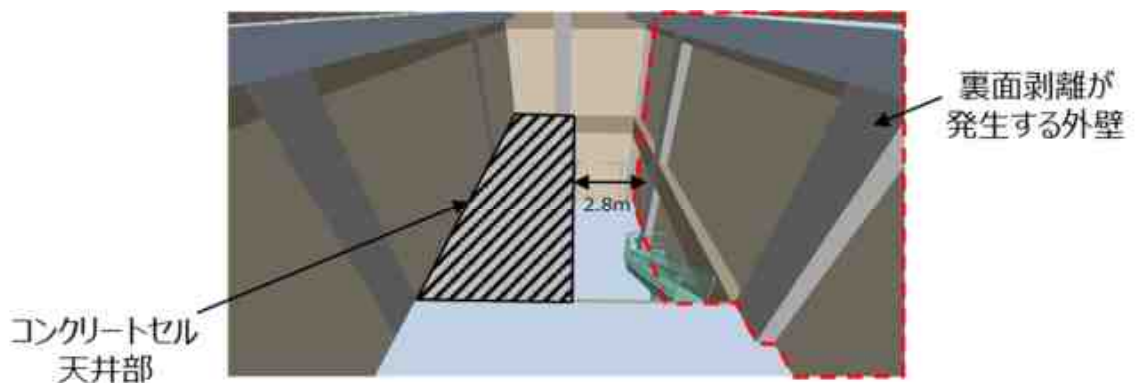


図 2.14.2.3-9 裏面剥離発生箇所の状況

## 8. 設計飛来物の最適化

竜巻ガイドで例示されている飛来物の寸法は一般的な仕様を示したものである。福島第一原子力発電所（以下「1F」という。）で最適化された飛来物で影響評価を行う必要があるため、以下の項目において飛来物ごとにパラメータサーベイを行い、1Fで想定され得る最大影響を考慮した評価を行う。

### 8.1 コンテナ

コンテナは、内容物の量によって竜巻影響評価に影響が生じる可能性がある。1Fで想定されるコンテナの状況を網羅的に評価するため、重量に対してパラメータサーベイを行う。パラメータサーベイの範囲は、1000kgから5000kgの範囲を500kg刻み、5000kg以上の範囲を1000kg刻みで重量を増加させ、コンテナが浮上しなくなるまでの範囲を行う。

パラメータサーベイの結果を表2.14.2.3-13に示す。コンテナは、重量が9000kgを超えると浮上しなくなることを確認した。重量が1000kgから2000kgの場合、コンテナは13m以上浮

上するため、1階、2階及び屋上階に衝突する。重量が2500kgから3000kgの場合、コンテナは7m以上、13m未満の範囲で浮上するため、1階及び2階に衝突する。重量が3500kg以上の場合、コンテナは1階にのみ衝突することを確認した。

1階にコンテナが衝突する場合は、いずれの重量においても各限界厚さが1階の壁厚を下回るため、貫通及び裏面剥離は発生しないことを確認した。2階にコンテナが衝突する場合は、貫通は発生しないが、コンテナ重量が1000kgから2000kgの場合は、2階の建屋外壁で裏面剥離が発生するが、影響評価は7.1と同様である。

屋上階にコンテナが衝突する場合、貫通は発生しないが、裏面剥離が発生する。屋上階で発生した剥離物は、図2.14.2.3-10の破線枠に示す範囲に落下することが想定される。剥離物の落下範囲には、施設の安全上重要なコンクリートセル（天井部）及びコンクリートセルの給気管が存在するため、剥離物がコンクリートセル（天井部）及びコンクリートセルの給気管に衝突した場合の影響評価を行う。

裏面剥離で発生する剥離物の寸法及び重量は、裏面剥離に対する報告例<sup>7</sup>によると、剥離物は飛来物の種類に係らず、かぶり部程度の厚さで、1辺の大きさが鉄筋間隔の2倍程度となることが報告されている。屋上階で発生する剥離物についても同様の考え方を適用すると、屋上階の建屋外壁のかぶり厚が■■■■■、鉄筋ピッチが■■■■■であるため、寸法は■■■■■■■■■■となる。コンクリートの密度は2.25g/cm<sup>3</sup>であるため、剥離物の重量は43.2kgである。剥離物の衝突評価では、剥離物の最小面積(400mm×120mm)衝突することを想定する。また、衝突速度は屋上階天井部（高さ17m）からコンクリートセル天井部(高さ7m)までの距離10mを自由落下で加速された速度である15.0m/sとする。

以上の条件で剥離物がコンクリートセル天井部に衝突した場合の評価結果を表2.14.2.3-13に示す。各限界厚さはコンクリートセル天井部の厚み（■■）を下回るため、貫通及び裏面剥離は発生しない。

7 伊藤千浩，大沼博志，白井孝治，”飛来物の衝突に対するコンクリート構造物の耐衝撃設計手法”，電力中央研究所総合報告U24，(1991)。

表 2.14.2.3-13 コンテナのパラメータサーベイの結果

コンテナ重量 [kg]	最大飛散高さ [m]	コンクリートの貫通限界厚さ [cm]	コンクリートの裏面剥離限界厚さ [cm]	衝突する壁の厚さ
1000	25.3	■■	■■	■■■■■ (屋上階:高さ13~17m)
1500	20.2	■■	■■	■■■■■ (2階:高さ7~13m)
2000	15.3	■■	■■	■■■■■ (1階:高さ0~7m)



2500	10.9	■	■	■ (2階:高さ7~13m)
3000	7.8	■	■	■ (1階:高さ0~7m)
3500	5.6	■	■	■ (1階:高さ0~7m)
4000	4.5	■	■	
4500	3.7	■	■	
5000	2.9	■	■	
6000	1.7	■	■	
7000	0.7	■	■	
8000	0.3	■	■	
9000	0.1	■	■	
10000	0	-	-	-

表 2.14.2.3-14 屋上階で発生した剥離物の各限界厚さ

衝突物	落下距離 [m]	コンクリートの貫通限界厚さ[cm]	コンクリートの裏面剥離限界厚さ[cm]	衝突する壁の厚さ[cm]
剥離物	10	■	■	■

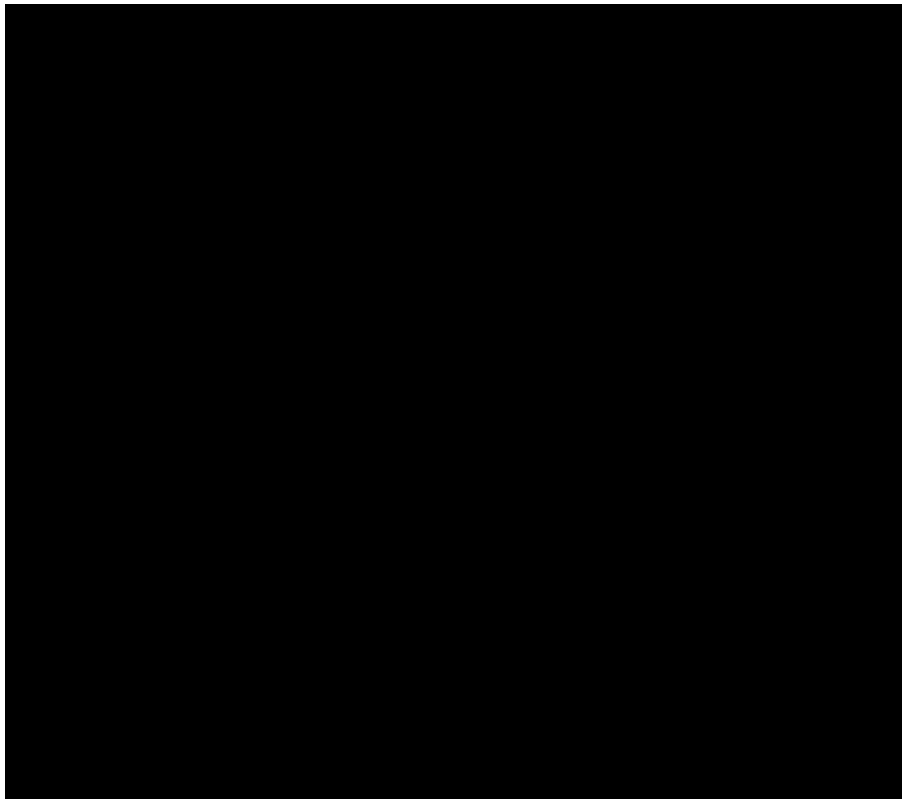


図 2.14.2.3-10 剥離物の落下範囲 (2 階平面図)

## 竜巻影響評価におけるフジタモデルの適用について

## 1. 竜巻影響評価の風速場モデルについて

「原子力発電所の竜巻影響評価ガイド(以下「竜巻ガイド」)」を参照し竜巻影響評価を行う上で、設計飛来物の飛来速度を設定するための風速場モデルを選定する必要がある。これまでの竜巻飛来物評価において用いられている風速場モデルとして、米国 NRC の基準類に記載されている「ランキン渦モデル」及び原子力安全基盤機構の調査研究報告書に記載されている「LES(Large-eddy simulation)」の数値解析があるが、当社の竜巻影響評価においては、地面におかれた物体への影響をよく表現できている風速場モデルとしてフジタの竜巻工学モデル DBT-77 (DBT : Design Basis Tornado) を選定する。

## 2. フジタモデルの概要

フジタモデルは、米国 NRC の実際の竜巻風速場をモデル化したいという要望により、藤田博士が 1978 年に竜巻観測記録をもとに考案した工学モデルである。モデル作成に当たっては、1974 年 8 月に米国カンザス州 Ash Valley 等で発生した竜巻の記録ビデオ画像の写真図化分析を行い、竜巻の地上痕跡調査、被災状況調査結果と照合することで風速ベクトルを作成し、そのベクトル図をもとに作成した流線モデルから、竜巻風速場を代数式で表現している。

フジタモデルの特徴は、地表面付近における竜巻中心に向かう強い水平方向流れ、及び外部コアにおける上昇流といった、実際の竜巻風速場をよく表現している点にある。

## 3. ランキン渦モデルの概要

ランキン渦モデルは、米国 NRC ガイドでも採用されており、設計竜巻の特性値を設定する際に用いられている。しかし、米国で開発された飛来物速度用のランキン渦モデルは竜巻中心に向かう半径方向風速と上昇速度を特別に付加している。そのため、流れの連続の式(質量保存式)を満たしておらず、地面から吹き出しが生じるような流れとなっており、地上からの物体の浮上・飛散を現実的に模擬することができない。ランキン渦モデルを用いて飛散評価を行う場合、地上の物体であっても空中浮遊状態を仮定して評価することになる。

## 4. モデルの比較

それぞれの風速場モデルの特徴の比較を表 2.14.2.3-15 に示す。またフジタモデルとランキン渦モデルの風速場構造の比較を図 2.14.2.3-11 に示す。フジタモデルの風速場構造の流線は、地面付近を含め、より実際の竜巻風速場に即した形で表現されており、地上からの物体の浮上・飛散解析が可能となっていることがフジタモデルの大きなメリットとなっている。それに対し、ランキン渦モデルは上空での水平方向風速の観点からは比較的良好に表現できると言えるものの、地上付近では実現象と乖離しており、地上からの飛散挙動は解析するに適切でない。フジタモデルは特に問題となる点もないことから、竜巻影響評価に用いる風速場モ

デルとしてフジタモデルを選定することは妥当であると考える。

表 2.14.2.3-15 フジタモデルとランキン渦モデルの特徴の比較

モデル	使用実績	特徴	問題点
フジタモデル	<ul style="list-style-type: none"> <li>・竜巻飛来物設計速度，飛散高さに関する米国 DOE 重要施設の設計基準作成に利用されている。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・実観測に基づいて考案されたモデルであり，実際に近い風速場構造を表現している。</li> <li>・比較的簡易な代数式により風速場を表現できる。</li> <li>・流体の連続式を満たす定式化。</li> <li>・地上に設置した状態から飛来物の挙動を解析できる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・特になし。</li> <li>（ランキン渦モデルと比較すると，解析モデルが複雑になるが，計算能力の向上，および評価ツールの高度化により問題とならない）</li> </ul>
ランキン渦モデル	<ul style="list-style-type: none"> <li>・米国 NRC Regulatory Guide 1.76 で採用されている。</li> <li>・竜巻ガイド（設計竜巻の特性値の設定）で例示されている。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・簡易な式で上空での水平方向の風速場を表現できる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・風速場に高度依存性がなく，上昇流が全領域に存在する。（地面からも吹き出しがある）ため，実現象から乖離。</li> <li>・地上からの飛散挙動を改正するには適切でない。</li> </ul>

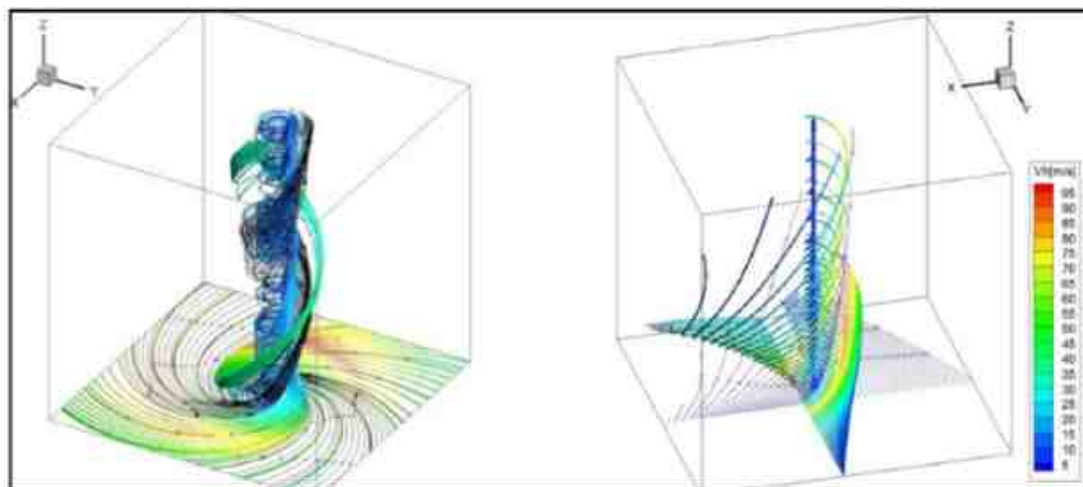


図 2.14.2.3-11 フジタモデル（左）とランキン渦モデル（右）の風速場構造の比較

## 地滑りの対応について

### 1. 地滑りへの対応

第2棟は地滑りの影響がないように斜面からの離隔を確保し、地滑りのおそれがない位置に設置する設計とする

### 2. 第2棟の設置場所について

第2棟の設置場所は、図2.14.2.4-1の通り、約50m以内に斜面がないことを確認した。



「Satellite Image (C)[2022] Maxar Technologies.」

図2.14.2.4-1 第2棟から50mの範囲（黄色部分）

## 森林火災の影響評価について

### 1. 概要

想定される森林火災については、外部火災影響評価ガイド<sup>[1]</sup>（以下、外部火災ガイド）を参考として、森林火災シミュレーション解析コード（以下「FARSITE」という。）を用いて森林火災影響評価を実施する。

この評価結果に基づき、必要な離隔距離を確保し、第2棟の安全機能を損なわない設計とする。

### 2. 森林火災影響評価について

想定する森林火災については、外部火災ガイドを参考として、初期条件（可燃物量（植生）、気象条件（湿度、温度、風速、風向）及び発火点）を、施設への影響が厳しい評価となるよう設定し、森林火災影響評価を行う。

#### 2.1 評価条件について

森林火災影響評価の評価条件は、外部火災影響評価ガイドを参考に、以下のとおりとする。

##### （1）地形データ

敷地内及び敷地周辺の土地の標高及び地形のデータについては、国土交通省 国土地理院発行の「基盤地図情報 数値標高モデル10mメッシュデータ（2016年度）<sup>[2]</sup>」を基に、地形マップ（標高、傾斜方向、傾斜角）を作成する。

##### （2）植生データ

植生データについては、環境省 自然環境局生物多様性センターが実施した「自然環境保全基礎調査 植生調査<sup>[3]</sup>」の結果を用いる。

外部火災ガイドにおいて、「森林簿の情報を用いて、土地利用データにおける森林領域を、樹種・林齢によりさらに細分化する」ことが推奨されている。しかし、1Fサイト構外においては森林簿が入手できなかったため、環境省の植生データを使用して、土地利用データ上で「森林」区分となっている領域を細分化する。

なお、1F近傍の植生については、現地植生調査結果を反映する。

##### （3）土地利用データ

土地利用データについては、国土交通省 国土政策局発行の「国土数値情報 土地利用細分メッシュ（2016年度調査版）<sup>[4]</sup>」を用いる。土地利用データのうち「森林」区分については、植生データによって細分化する。

1F周辺においては除染廃棄物の中間貯蔵施設の整備が進行中である<sup>[5]</sup>。中間貯蔵施設

の整備により，広範囲にわたって土地が整地され，植生の無い領域が広がる  
と考えられる。これを踏まえ，本解析評価においては，2019年8月時点における最新公開  
情報をベースに，整地が完了した領域を非植生領域として反映する。

#### (4) 気象データ

森林火災の発生件数の多い3～5月の気象条件から設定する。3～5月の過去10年間の気  
象データ（気象庁が公開している気象統計情報<sup>[6]</sup>）を調査し，卓越風向，最大風速，最高  
気温，及び最小湿度の条件を選定した（表2.14.2.5-1参照）。風向，風速及び気温は1F  
付近の浪江町，川内村，及び広野町の地域気象観測システム（アメダス）の値を調査し，  
3地点における3～5月の過去10年間における卓越風向，最大風速および最高気温とし  
た。湿度を観測している観測所は「福島」「小名浜」「若松」「白河」とある。しか  
し，「小名浜」以外の3地点は1Fから距離が遠く，かつ内陸に位置することから，「小名  
浜」の値を調査し，3～5月の過去10年間における最小湿度を解析に使用した。

表2.14.2.5-1 3～5月の卓越風向・最大風速・最高気温・最小湿度

卓越風向[16方位]	最大風速 [ km/h ]	最高気温 [ ]	最小湿度 [ % ]
西北西/西	59	33.5	13

#### (5) 火災発生件数の分析

日本全国における森林火災の発生件数は消防庁発行「消防白書」<sup>[7]</sup>より，福島県におけ  
る森林火災の発生件数は福島県農林企画課発行「福島県農林水産業の現状」<sup>[8]</sup>より，過去  
10年間（平成20年～29年）に発生した森林火災は，全国，福島県ともに3～5月に件数が多  
い。よって，1F森林火災の影響評価に用いる気象条件は，森林火災発生件数の多い3～5月  
の気象条件から設定することとした。

また，「消防白書」より，全国の森林火災の出火原因割合を調査した。平成15～24年  
度の林野火災の主な発生原因は，たき火約4500件，火入れ約2300件，放火（疑い含む）  
約1500件となっている。いずれの発生原因も，民家，田畑周辺あるいは道路沿いで発生  
する人為的行為となっている。

1F周辺は立ち入り制限区域であることから，人間が立ち入るのは常磐道ないし主要国道  
近辺に限られると想定され，常磐道沿いあるいは国道沿いを発火点と設定することが適切  
と考えられるため，以下の方針で設定し，図2.14.2.5-1に示すように発火点を4点設定す  
る。

- ・1Fからの直線距離10kmの間に設定する。
- ・陸側方向（1Fの東側は海）の風上を選定する。
- ・風向は，卓越風向（西北西，西）とする。
- ・人為的行為を考え，交通量が多く火災の発生頻度が高いと想定される道路（常磐  
道，国道6号等）沿いを選定する。

## 2.2 森林火災影響評価について

2.1(5)で設定した発火点4か所に加えて解析の妥当性と、条件設定の保守性を確認することを目的に、JNES-RC-Report<sup>[9]</sup>で使用された気象条件を用いた解析を、2ケースを加えた6ケースで森林火災影響評価を実施する。

### (ケース1)

1F近隣からの発火の方が1F周辺に火災が到達するまでの時間が短くなることから、1F敷地境界周辺の国道6号線沿いの発火を想定する。1Fまでの距離が短くなり、かつ最大風速記録時の風向である西北西方向の国道6号線沿いに発火点を選定する。

### (ケース2)

1F遠方からの発火の方が火災の規模が大きくなる(火災前線が広がり、発電所構内を同時期に取り囲むような火災となる)ことから、1Fから距離が遠く、かつ人間活動が多い常磐道沿いの発火を想定する。発電所から見て最大風速記録時の風向である西北西方向の常磐道沿いに発火点を選定する。

### (ケース3)

卓越風向として西方向からの風も一部存在することを考慮して、1F西側の発火を想定する。

### (ケース4)

ケース3同様に1F西側の発火を想定する。また、ケース2同様に火災の規模拡大の観点から、発電所からの距離が遠い発火点を想定する。

### (ケース5)

ケース3と同じ発火点、ならびに、JNES-RC-Reportにおいて比較的評価条件の厳しいケースの気象条件を用いて解析を行う。

### (ケース6)

ケース4と同じ発火点、ならびに、JNES-RC-Reportにおいて比較的評価条件の厳しいケースの気象条件を用いて解析を行う。





ESRI ジャパン株式会社 ArcGIS

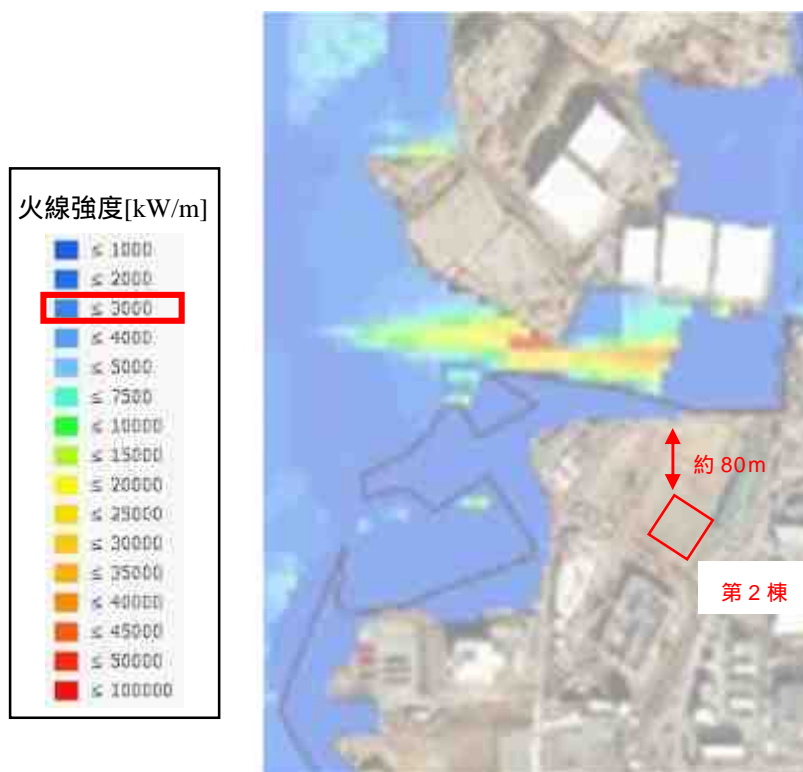
図2.14.2.5-1 発火点位置と評価ケースについて

表2.14.2.5-2 評価する気象条件について

No	風向[16方位]	風速[km/h]	気温[ ]	湿度[%]	備考
1	西北西	59	34	13	過去10年間の気象データから設定された、3~5月に1F周辺で起こり得る最も厳しい気象条件。
2	西北西	59	34	13	
3	西	59	34	13	
4	西	59	34	13	
5	西	52.2	30	5	JNES-RC-Reportにおいて比較的評価条件の厳しいケースの気象条件。
6	西	52.2	30	5	

### 3. 森林火災影響評価を踏まえた第2棟の対応について

F A R S I T E による火線強度評価の結果、福島第一原子力発電所への影響が厳しい評価結果はケース3で図2.14.2.5-2のとおりとなる。第2棟近傍は3,000kW/m以下となる。外部火災ガイドを参考として、風上に樹木がある場合の火線強度と最小防火帯の関係から、第2棟では、必要とされる最小防火帯幅18.3mを上回る幅20m以上の離隔幅を確保することにより、設計対象施設への延焼を防止し、外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。



Product(C)[2019] DigitalGlobe, Inc., a Maxar company

図2.14.2.5-2 FARSITEによる火線強度評価結果

表 2.14.2.5-3 風上に樹木が有る場合の火線強度と最小防火帯幅の関係（火災の防火帯突破確率1%）

火線強度 (kW/m)	3000	4000	5000	10000	15000	20000	25000
防火帯幅 (m)	18.3	19.3	20.2	24.9	29.7	34.4	39.1

外部火災影響評価ガイド pA-6抜粋（原子力規制委員会 平成25年6月）

#### 4. 参考文献

- [ 1 ] 原子力規制委員会「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド」
- [ 2 ] 国土交通省国土地理院（2016） 基盤地図情報 数値標高モデル10mメッシュデータ
- [ 3 ] 環境省自然環境局（1979～1998）自然環境保全基礎調査 植生調査データ（1/50,000縮尺）  
第2～5回植生調査
- [ 4 ] 国土交通省（2016） 国土数値情報 土地利用細分メッシュデータ
- [ 5 ] 環境省 中間貯蔵施設環境安全委員会第15回会合  
資料1「中間貯蔵施設事業の状況について（2019年8月）」
- [ 6 ] 気象庁 各種データ資料 <http://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obsdl/index.php>
- [ 7 ] 消防庁 消防白書（2010年度版～2019年度版）
- [ 8 ] 福島県 農林企画課 福島県農林水産業の現状（令和元年7月版）
- [ 9 ] （独）原子力安全基盤機構「福島第一原子力発電所への林野火災に関する影響評価」

番号	審査項目	指摘内容	指摘日	事業者回答	回答日	状況	指摘手段	備考
①	外部人為事象に対する設計方針	使用許可基準規則の第11条(外部からの衝撃による損傷の防止)の解釈に記載されている「有毒ガス」を「想定される外部人為事象」に追加すること。	2023/7/4	2.14.3-4頁にて、「有毒ガス」に対する設計上の考慮を記載した。	2023/7/26			

### 2.14.3 外部人為事象に対する設計上の考慮

## 措置を講ずべき事項

### ・設計，設備について措置を講ずべき事項

#### 14．設計上の考慮

施設の設計については，安全上の重要度を考慮して以下に掲げる事項を適切に考慮されたものであること。

##### 外部人為事象に対する設計上の考慮

- ・安全機能を有する構築物，系統及び機器は，想定される外部人為事象によって，施設の安全性を損なうことのない設計であること。
- ・安全機能を有する構築物，系統及び機器に対する第三者の不法な接近等に対し，これを防御するため，適切な措置を講じた設計であること。

### 2.14.3.1 措置を講ずべき事項への適合方針

#### (1) 東京電力福島第一原子力発電所における設計上の考慮

施設の設計については，安全上の重要度を考慮して以下について適切に考慮したものとする。

想定される外部人為事象としては，航空機落下，ダムの崩壊及び爆発，漂流した船舶の港湾への衝突等が挙げられる。本特定原子力施設への航空機の落下確率は，これまでの事故実績等をもとに，民間航空機，自衛隊機及び米軍機を対象として評価した（原管発管 21 第 270 号 実用発電用原子炉施設への航空機落下確率の再評価結果について（平成 21 年 10 月 30 日）），その結果は約  $3.6 \times 10^{-8}$  回 / 炉・年であり， $1.0 \times 10^{-7}$  回 / 炉・年を下回る。したがって，航空機落下を考慮する必要はない。また，特定原子力施設の近くには，ダムの崩壊により特定原子力施設に影響を及ぼすような河川並びに爆発により特定原子力施設の安全性を損なうような爆発物の製造及び貯蔵設備はない。また，最も距離の近い航路との離隔距離や周辺海域の流向を踏まえると，航路を通行する船舶の衝突により，特定原子力施設が安全機能を損なうことはない。

安全機能を有する構築物，系統及び機器に対する第三者の不法な接近，妨害破壊行為（サイバートロ等の不正アクセス行為を含む）及び核物質の不法な移動を未然に防止するため，下記の措置を講ずる。

- ）安全機能を有する構築物，系統及び機器を含む区域を設定し，それを取り囲む物的障壁を持つ防護された区域を設けて，これらの区域への接近管理，入退域管理を徹底する。
- ）探知施設を設け，警報，映像監視等，集中監視する設計とする。
- ）外部との通信設備を設ける。

（実施計画： -1-14-1～2）

## (2) 第2棟における設計上の考慮

第2棟は、想定される外部人為事象によって、施設の安全性を損なうことのない設計とする。  
第2棟に対する第三者の不法な接近等に対し、これを防御するため、適切な措置を講じた設計とする。

## (3) 使用許可基準規則における関連条文に対する方針

(外部からの衝撃による損傷の防止)

### 第十一条

3 使用前検査対象施設は、工場等内又はその周辺において想定される当該使用前検査対象施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）に対して安全機能を損なわないものでなければならない。

### 第3項について

第2棟は、工場等内又はその周辺において想定される当該施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）に対して安全機能を損なわない設計とする。

### 2.14.3.2 対応方針

第2棟は、想定される外部人為事象によって、施設の安全性を損なうことのない設計とする。また、第三者の不法な接近等に対し、これを防御するため、適切な措置を講じた設計とする。

#### 電磁的障害（別紙-1 参照）

第2棟は、電磁的障害による擾乱に対して、制御部、演算部は接地した鋼製の筐体に格納、高圧動力ケーブルは金属シールド付きとするとともに、計装ケーブルとは別ケーブルトレイに設置、通信ラインにおける光ケーブルの適用等により、影響を受けない設計とする。

#### 不正アクセス行為（サイバーテロを含む）（別紙-1 参照）

不正アクセス行為（サイバーテロを含む）を未然に防止するため、燃料デブリ等の閉じ込めに関する設備の監視・制御装置を第2棟内の制御室に設置する。監視・制御装置は電気通信回線等を通じて外部と接続しない設計としているため、電気通信回線等を通じた不正アクセス行為（サイバーテロを含む）を受けることがない設計とする。

#### 漂流船舶の衝突

第2棟は、福島第一原子力発電所港湾から離れており、漂流船舶の衝突の恐れはなく安全性が損なわれることはない。

#### 航空機落下

第2棟への航空機の落下確率は、これまでの事故実績等をもとに、民間航空機、自衛隊機及び米軍機を対象として評価した結果、 $10^{-9}$ 回/炉・年となり「**实用発電用原子炉施設への航空機落下確率の評価基準について**」（平成14・07・29 原院第4号（平成14年7月30日原子力安全・保安院制定））に定められた基準である $10^{-7}$ 回/炉・年未満であることから、落下の確率は低いため、安全性が損なわれることはない。

#### ダム崩壊及び爆発

**第2棟の近隣には**、ダムの崩壊により特定原子力施設に影響を及ぼすような河川並びに爆発により特定原子力施設の安全性を損なうような爆発物の製造及び貯蔵設備はない。

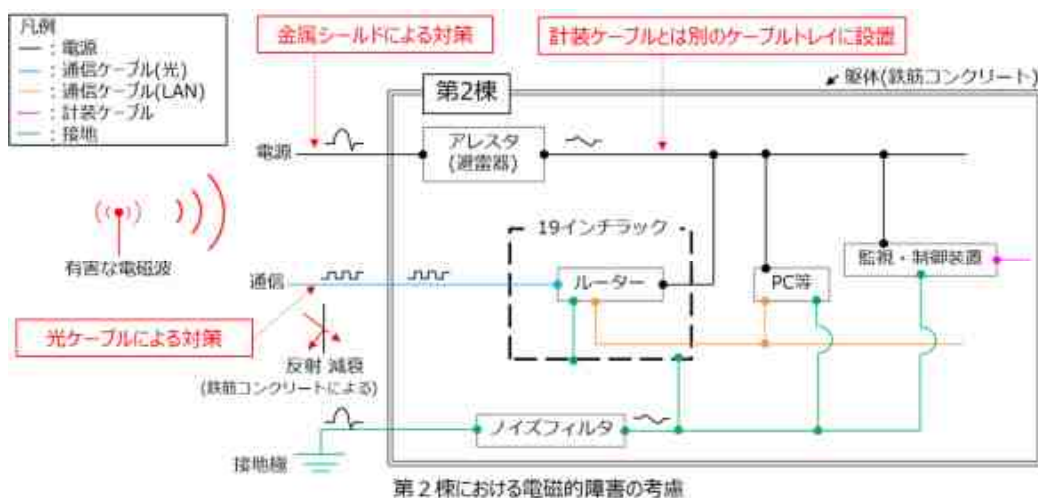
#### 有毒ガス

**第2棟の近隣には**、有毒ガスの原因となる、石油コンビナート施設及び化学薬品工場は存在しないため、有毒ガスによる影響を考慮する必要はない。

第2棟における電磁的障害及び不正アクセス行為に対する措置について

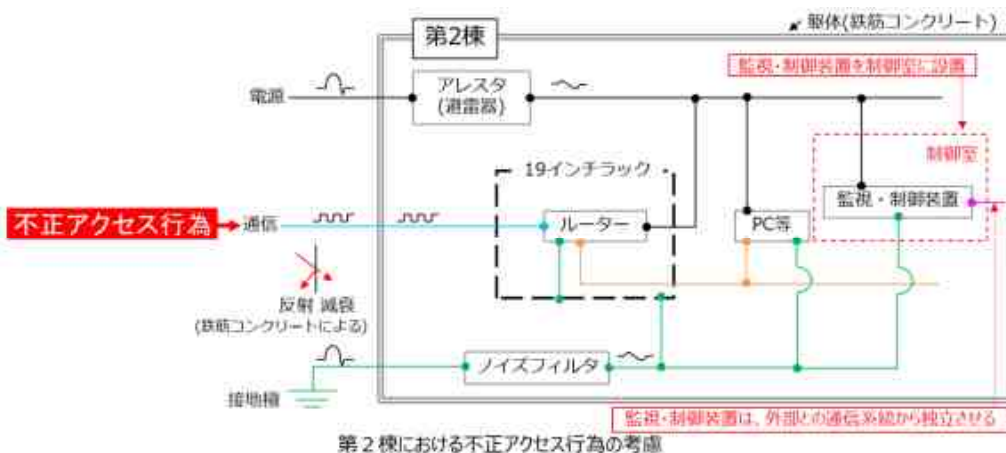
(1) 電磁的障害

第2棟は、電磁的障害による擾乱に対して、制御部、演算部は接地した鋼製の筐体に格納、高圧動力ケーブルは金属シールド付きとするとともに、計装ケーブルとは別のケーブルトレイに設置、通信ラインにおける光ケーブルの適用等により、影響を受けない設計とする。



(2) 不正アクセス行為 (サイバーテロを含む)

不正アクセス行為 (サイバーテロを含む) を未然に防止するため、燃料デブリ等の閉じ込めに関係する設備の監視・制御装置を第2棟内の制御室に設置する。監視・制御装置は電気通信回線等を通じて外部と接続しない設計としているため、電気通信回線等を通じた不正アクセス行為 (サイバーテロを含む) を受けることがない設計とする。





## 第 2 棟に係る使用許可基準規則及びその解釈への適合性

使用許可基準規則及びその解釈	適合方針	備考
<p><b>使用許可基準規則</b>            (使用前検査対象施設の地盤)            第八条 使用前検査対象施設は、次条第二項の規定により算定する地震力(安全機能を有する使用前検査対象施設のうち、地震の発生によって生ずるおそれがあるその安全機能の喪失に起因する放射線による公衆への影響の程度が特に大きいもの(以下この条及び次条において「耐震重要施設」という。)にあっては、同条第三項の地震力を含む。)が作用した場合においても当該使用前検査対象施設を十分に支持することができる地盤に設けなければならない。</p>	<p>第 2 棟は、地震の発生によって生ずるおそれがある当該施設の安全機能の喪失に起因する放射線による公衆への影響の程度に応じて算定する地震力が作用した場合においても、第 2 棟を十分に支持することができる地盤に設ける設計とする。</p>	<p>頁番号は追而 (以下、同様)</p>
<p><b>使用許可基準規則の解釈</b>            第 8 条 (使用前検査対象施設の地盤)            1 第 8 条第 1 項に規定する「当該使用前検査対象施設を十分に支持することができる」とは、使用前検査対象施設について、自重及び通常時の荷重等に加え、耐震重要度分類(本規程第 9 条 2 の「耐震重要度分類」をいう。以下同じ。)の各クラスに応じて算定する地震力(第 8 条第 1 項に規定する「耐震重要施設」(本規程第 9 条 2 の S クラスに属する施設をいう。以下同じ)にあっては、第 9 条第 3 項に規定する「その供用中に当該耐震重要施設に大きな影響を及ぼすおそれがある地震による加速度によって作用する地震力」(以下「基準地震動による地震力」という。)を含む。)が作用した場合においても、接地圧に対する十分な支持性能を有する設計であることをいう。            なお、耐震重要施設については、上記に加え、基準地震動による地震力が作用することによって弱面上のずれ等が発生しないことを含め、基準地震動による地震力に対する支持性能が確保されていることを確認することが含まれる。</p>	<p>第 2 棟を支持する地盤は、基礎スラブ直下の地盤を南北方向に約 37.6m、東西方向に約 40.0m、人工岩盤 = 厚さ約 5.4m、<math>F_c = 18\text{N/mm}^2</math> を介して、T.P.+約 24.0m (G.L.-約 16.0m) の富岡層に支持する設計とする。また、Ss900 地震時の最大接地圧は地盤の許容応力度(極限鉛直支持力度)を超えない設計とし、Ss900 に対し第 2 棟の基礎地盤は十分な支持性能を有する設計とする。</p>	
<p><b>使用許可基準規則</b>            2 耐震重要施設は、変形した場合においてもその安全機能が損なわれるおそれがない地盤に設けなければならない。</p>	<p>第 2 棟の支持地盤は、新第三紀富岡層(砂質泥岩、シルト岩、砂岩)に支持し、第 2 棟の建屋基礎は直接基礎で人口岩盤(MMR)を介して新第三紀富岡層に支持する設計とし、変形した場合においてもその安全機能が損なわれる恐れのない地盤に設ける設計とする。</p>	
<p><b>使用許可基準規則の解釈</b>            2 第 8 条第 2 項に規定する「変形」とは、地震発生に伴う地殻変動によって生じる支持地盤の傾斜及び撓み並びに地震発生に伴う建物・構築物間の不等沈下、液状化及び揺すり込み沈下等の周辺地盤の変状をいう。            このうち上記の「地震発生に伴う地殻変動によって生じる支持地盤の傾斜及び撓み」については、広域的な地盤の隆起又は沈降によって生じるもののほか、局所的なものを含む。これらのうち、上記の「局所的なもの」については、支持地盤の傾斜及び撓みの安全性への影響が大きいおそれがあるため、特に留意が必要である。</p>	<p>(使用許可基準規則の用語の説明であるため記載を省略)</p>	

<p><b>使用許可基準規則</b>  3 耐震重要施設は、変位が生ずるおそれがない地盤に設けなければならない。</p>	<p>第2棟の支持地盤は、新第三紀富岡層（砂質泥岩、シルト岩、砂岩）に支持し、第2棟の建屋基礎は直接基礎で人口岩盤（MMR）を介して新第三紀富岡層に支持する設計とし、変位が生ずるおそれがない地盤に設ける設計とする。</p>	
<p><b>使用許可基準規則の解釈</b>  3 第8条第3項に規定する「変位」とは、将来活動する可能性のある断層等が活動することにより、地盤に与えるずれをいう。  また、同項に規定する「変位が生ずるおそれがない地盤に設ける」とは、耐震重要施設が将来活動する可能性のある断層等の露頭がある地盤に設置された場合、その断層等の活動によって安全機能に重大な影響を与えるおそれがあるため、当該施設を将来活動する可能性のある断層等の露頭が無いことを確認した地盤に設置することをいう。  なお、上記の「将来活動する可能性のある断層等」とは、後期更新世以降（約12～13万年前以降）の活動が否定できない断層等をいう。その認定に当たって、後期更新世（約12～13万年前）の地形面又は地層が欠如する等、後期更新世以降の活動性が明確に判断できない場合には、中期更新世以降（約40万年前以降）まで遡って地形、地質・地質構造及び応力場等を総合的に検討した上で活動性を評価すること。なお、活動性の評価に当たって、設置面での確認が困難な場合には、当該断層の延長部で確認される断層等の性状等により、安全側に判断すること。また、「将来活動する可能性のある断層等」には、震源として考慮する活断層のほか、地震活動に伴って永久変位が生じる断層に加え、支持地盤まで変位及び変形が及び地すべり面を含む。</p>	<p>（使用許可基準規則の用語の説明であるため記載を省略）</p>	
<p><b>使用許可基準規則</b>  （地震による損傷の防止）  第九条 使用前検査対象施設は、地震力に十分に耐えることができるものでなければならない。</p>	<p>第2棟の設備に係る耐震設計は、耐震設計審査指針に基づき耐震設計上の重要度に応じてクラス別分類を行うとともに、原子力発電所耐震設計技術指針（JEAG4601-1987）等に基づき、耐震性評価を行う。</p>	
<p><b>使用許可基準規則の解釈</b>  第9条（地震による損傷の防止）  1 第9条第1項に規定する「地震力に十分に耐える」とは、ある地震力に対して施設全体としておおむね弾性範囲の設計がなされることをいう。この場合、上記の「弾性範囲の設計」とは、施設を弾性体とみなして応力解析を行い、施設各部の応力を許容限界以下に留めることをいう。また、この場合、上記の「許容限界」とは、必ずしも厳密な弾性限界ではなく、局部的に弾性限界を超える場合を容認しつつも施設全体としておおむね弾性範囲に留まり得ることをいう。  3 第9条第1項に規定する「地震力に十分に耐えること」を満たすために、耐震重要度分類の各クラスに属する使用前検査対象施設の耐震設計に当たっては、以下の方針によること。  一 耐震クラス分類  Sクラス（津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備を除く。）  ・弾性設計用地震動による地震力又は静的地震力のいずれか大きい方の地震力に対しておおむね弾性状態に留まる範囲で耐えること。</p>	<p>耐震クラスに応じた地震力に対し、原子力発電所耐震設計技術指針（JEAG4601-1987）に基づき、原子力発電所耐震設計技術規程（JEAC4601-2008）を参考に評価で規定された許容限界以下となるような設計とする。  さらに、第2棟の耐震クラスは「東京電力ホールディングス株式会社福島第一原子力発電所における耐震クラス分類と地震動の適用の考え方」（原子力規制庁、令和4年11月21日）に応じた地震力に対し、原子力発電所耐震設計技術規程（JEAC4601-2008）を参考に評価で規定された許容限界以下となるような設計とする。</p>	

・建物・構築物については、通常時に作用している荷重と、弾性設計用地震動による地震力又は静的地震力を組み合わせ、その結果発生する応力に対して、建築基準法等の安全上適切と認められる規格及び基準による許容応力度を許容限界とすること。

・機器・配管系については、通常時及び事故時に生じるそれぞれの荷重と、弾性設計用地震動による地震力又は静的地震力を組み合わせた荷重条件に対して、応答が全体的におおむね弾性状態に留まること。なお、「事故時に生じる」荷重については、地震によって引き起こされるおそれのある事象によって作用する荷重及び地震によって引き起こされるおそれのない事象であっても、いったん事故が発生した場合、長時間継続する事象による荷重は、その事故事象の発生確率、継続時間及び地震動の超過確率の関係を踏まえ、適切な地震力と組み合わせで考慮すること。

#### Bクラス

・静的地震力に対しておおむね弾性状態に留まる範囲で耐えること。また、共振のおそれのある施設については、その影響についての検討を行うこと。その場合、検討に用いる地震動は、弾性設計用地震動に2分の1を乗じたものとする。ただし、Sクラスに属する施設を有しない使用施設等に対しては、共振のおそれのある施設への影響の検討に用いる地震動として、弾性設計用地震動に2分の1を乗じたものに代えて、建築基準法等に基づく評価において使用する地震動を参考に設定することができる。

・機建物・構築物については、通常時に作用している荷重と静的地震力を組み合わせ、その結果発生する応力に対して、建築基準法等の安全上適切と認められる規格及び基準による許容応力度を許容限界とすること。

・機器・配管系については、通常時の荷重と静的地震力を組み合わせ、その結果発生する応力に対して、応答が全体的におおむね弾性状態に留まること。

#### Cクラス

・静的地震力に対しておおむね弾性状態に留まる範囲で耐えること。

・建物・構築物については、通常時に作用している荷重と静的地震力を組み合わせ、その結果発生する応力に対して、建築基準法等の安全上適切と認められる規格及び基準による許容応力度を許容限界とすること。

・機器・配管系については、通常時の荷重と静的地震力を組み合わせ、その結果発生する応力に対して、応答が全体的におおむね弾性状態に留まること。

## 二 耐震クラス分類

### 第1類

・建物・構築物については、常時作用している荷重と静的地震力を組み合わせ、その結果発生する応力に対して、建築基準法等安全上適切と認められる規格及び基準による許容応力を許容限界とすること。

・設備・機器については、常時作用している荷重と一次地震力を組み合わせ、その結果発生する応力に対して、降伏応力又はこれと同等の応力を許容限界とすること。また、設備・機器については、常時作用し

<p>ている荷重と二次地震力を組み合わせ、その結果発生する応力に対して、設備・機器の相当部分が降伏し、塑性変形する場合でも過大な変形、亀裂、破損等が生じ、その施設の安全機能に重大な影響を及ぼすことがないこと。</p> <p>第2類及び第3類</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 設建物・構築物については、常時作用している荷重と静的地震力を組み合わせ、その結果発生する応力に対して、建築基準法等の安全上適切と認められる規格及び基準による許容応力を許容限界とすること。</li> <li>・ 設備・機器については、常時作用している荷重と一次地震力を組み合わせ、その結果発生する応力に対して、降伏応力又はこれと同等の応力を許容限界とすること。</li> </ul>		
<p><b>使用許可基準規則</b></p> <p>2 前項の地震力は、地震の発生によって生ずるおそれがある使用前検査対象施設の安全機能の喪失に起因する放射線による公衆への影響の程度に応じて算定しなければならない。</p>	<p>第2棟は、地震の発生によって生ずるおそれがある当該施設の安全機能の喪失に起因する放射線による公衆への影響の程度に応じて算定する地震力に、十分に耐えることができる設計とする。</p>	
<p><b>使用許可基準規則の解釈</b></p> <p>2 第9条第2項に規定する「地震の発生によって生ずるおそれがある使用前検査対象施設の安全機能の喪失に起因する放射線による公衆への影響の程度」とは、地震により発生するおそれがある使用前検査対象施設の安全機能の喪失（地震に伴って発生するおそれがある津波及び周辺斜面の崩壊等による安全機能の喪失を含む。）及びそれに続く放射線による公衆への影響を防止する観点から、各施設の安全機能が喪失した場合の影響の相対的な程度（以下「耐震重要度」という。）をいう。使用前検査対象施設は、耐震重要度に応じて、以下のクラスに分類するものとする。</p> <p>一 耐震クラス分類</p> <p>使用前検査対象施設は、以下のクラスに分類するものとする。ただし、施設の特徴に応じて、合理的な理由がある場合は、二の耐震クラス分類によることができる。</p> <p>Sクラス</p> <p>自ら放射性物質を内蔵している施設、当該施設に直接関係しており、その機能喪失により放射性物質を外部に放出する可能性のある施設、放射性物質を外部に放散する可能性のある事態を防止するために必要な施設及び放射性物質が外部に放散される事故発生の際に、外部に放散される放射性物質による影響を低減させるために必要な施設、並びに地震に伴って発生するおそれがある津波による安全機能の喪失を防止するために必要となる施設であって、環境への影響が大きいものをいい、例えば、次の施設が挙げられる。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>核燃料物質を非密封で取り扱う設備・機器を収納するセル又はグローブボックス及びこれらと同等の閉じ込め機能を必要とする設備・機器であって、その破損による公衆への放射線の影響が大きい施設。</li> <li>上記a)に関連する設備・機器で放射性物質の外部への放散を抑制するための設備・機器</li> <li>上記a)及びb)の設備・機器の機能を確保するために必要な施設</li> </ol>	<p>第2棟の建屋及び施設は「耐震設計審査指針」及び「東京電力ホールディングス株式会社福島第一原子力発電所における耐震クラス分類と地震動の適用の考え方」（原子力規制庁、令和4年11月21日）に基づき、コンクリートセル及び試料ビットはSクラス、鉄セル等はB+クラスとする。「核燃料物質の使用等に関する規則」、「使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」では、耐震クラスは、その破損による公衆への放射線の影響の程度によって分類することとしており、第2棟についても、一般公衆への影響を検討し、その影響がB+クラスの範囲内であることを確認する。</p> <p>耐震クラスに応じた地震力が作用した場合においても、原子力発電所耐震設計技術規程（JEAC4601-2008）を参考に評価で規定された許容限界以下となるような設計とする。コンクリートセル部（<span style="background-color: black; color: black;">XXXXXXXXXX</span>）を含む建屋全体が、Ss900に対して、おおむね弾性範囲にとどまることを確認する。また、静的地震力水平3.0Ciに対して、建屋の各部位がコンクリートセル部に波及的影響を及ぼさないこと及び耐震性には問題ないことを確認する。</p>	

上記に規定する「環境への影響が大きい」とは、周辺監視区域周辺の公衆の実効線量の評価値が発生事故当たり5ミリシーベルトを超えることをいう。

#### Bクラス

機能喪失した場合の影響がSクラス施設と比べ小さい施設をいい、例えば、次の施設が挙げられる。

a) 核燃料物質を取り扱う設備・機器又は核燃料物質を非密封で取り扱う設備・機器を収納するセル又はグローブボックス及びこれらと同等の閉じ込め機能を必要とする設備・機器であって、その破損による公衆への放射線の影響が比較的小さいもの。(ただし、核燃料物質が少ないか又は収納方式によりその破損による公衆への放射線の影響が十分小さいものは除く。)

b) 放射性物質の外部への放散を抑制するための設備・機器であってSクラス以外の設備・機器

なお、Sクラスに属する施設を有しない使用施設等のうち、安全機能を喪失した場合に敷地周辺の公衆が被ばくする線量が十分に低いものは、Cクラスに分類することができる。この場合において、上記の「敷地周辺の公衆が被ばくする線量が十分に低い」とは、「発電用軽水型原子炉施設周辺の線量目標値に関する指針」(昭和50年5月13日原子力委員会決定)を参考に、実効線量が発生事故当たり50マイクロシーベルト以下であることをいう。

#### Cクラス

Sクラスに属する施設及びBクラスに属する施設以外の、一般産業施設又は公共施設と同等の安全性が要求される施設をいう。

## 二 耐震クラス分類

### 第1類

非密封の核燃料物質を取り扱う設備・機器及び非密封の核燃料物質を閉じ込めるための設備・機器並びに臨界安全上の核的制限値を有する設備・機器及びその制限値を維持するための設備・機器であって、その機能を失うことによる影響の大きい設備・機器をいう。なお、これらの設備・機器を収納する建物・構築物を含む。

### 第2類

非密封の核燃料物質を取り扱う設備・機器及び非密封の核燃料物質を閉じ込めるための設備・機器並びに臨界安全上の核的制限値を有する設備・機器及びその制限値を維持するための設備・機器であって、その機能を失うことによる、影響が小さいもの及び化学的制限値又は熱的制限値を有する設備・機器をいう。なお、設備・機器を収納する建物・構築物を含む。

### 第3類

第1類に属する施設及び第2類に属する施設以外の一般産業施設と同等の安全性が要求される施設をいう。

各耐震クラスに応じた地震力が作用した場合においても、原子力発電所耐震設計技術規程(JEAC4601-2008)を参考に評価で規定された許容限界以下となるような設計とする。なお、B+クラス設備は、剛構造としており共振のおそれはない。建屋は通常時に作用している固定荷重、積載荷重(機器荷重を含む。)及び仕上荷重と静的地震力(1.5Ci)を組み合わせ、その結果発生する応力に対して、耐震壁、大はり、柱及び基礎スラブの部材が建築基準法による短期許容応力度以下となるような設計とする。また、建屋全体が、Sd450に対して、概ね弾性範囲にとどまることを確認する。機器・配管系については、通常時の荷重と静的地震力を組み合わせ、その結果発生する応力に対して、許容応力以下となるような設計とする。

(使用許可基準規則の用語の説明であるため記載を省略)

4 第9条第2項に規定する「地震力」の「算定」に当たっては、以下に示す方法によること。

一 耐震クラス分類

「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」(原規技発第1306193号(平成25年6月19日原子力規制委員会決定)。以下「実用炉設置許可基準解釈」という。)第4条4の方法によること。

二 耐震クラス分類

建物・構造物

- ・建物・構築物の耐震設計法については、各クラスとも原則として静的設計法を基本とし、かつ、建築基準法等関係法令によること。
- ・上位の分類に属するものは、下位の分類に属するものの破損によって波及的破損が生じないこと。
- ・上位の分類の建物・構築物と構造的に一体に設計することが必要な場合には、上位分類の設計法によること。
- ・静的地震力は、建築基準法施行令第88条に規定する地震層せん断力係数 $C_i$ に、耐震重要度に応じて下記に示す割り増し係数を乗じて算定すること。ここで、地震層せん断力係数 $C_i$ は、標準せん断力係数 $C_o$ を0.2以上とし、建物・構築物の振動特性、地盤の種類等を考慮して求められる値とすること。
- ・保有水平耐力の算定においては、建築基準法施行令第82条の3に規定する構造計算により安全性を確認することを原則とすること。また、必要保有水平耐力については、同条第2号に規定する式で計算した数値に下記に示す割り増し係数を乗じた値とする。また必要保有水平耐力の算出に使用する標準せん断力係数 $C_o$ は1.0以上とすること。

【割り増し計数】

- 第1類 1.5以上
- 第2類 1.25以上
- 第3類 1.0以上

設備・機器

- ・設備・機器の耐震設計法については、原則として静的設計法を基本とすること。
- ・上位の分類に属するものは、下位の分類に属するものの破損によって波及的破損が生じないこと。
- ・上位の分類の建物・構築物と構造的に一体に設計することが必要な場合には、上位分類の設計法によること。
- ・設備・機器の設計に当たっては剛構造となることを基本とし、それが困難な場合には動的解析等適切な方法により設計すること。
- ・各クラスともに一次設計を行うこと。この一次設計に係る一次地震力は、地震層せん断力係数 $C_i$ に、耐震重要度に応じて上記に示す割り増し係数を乗じたものに20%増しして算定するものとする。ここで「一次設計」とは、常時作用している荷重と一次地震力を組み合わせ、その結果発生する応力に対して、降伏応力又はこれと同等な安全性を有する応力を許容限界とする設計をいう。

<p>・第1類については、上記一次設計に加え、二次設計を行うこと。この二次設計に係る二次地震力は、一次地震力に1.5以上を乗じたものとする。ここで「二次設計」とは、常時作用している荷重と一次地震力を上回る二次地震力とを組み合わせ、その結果発生する応力に対して、設備・機器の相当部分が降伏し、塑性変形する場合でも過大な変形、亀裂、破損等が生じ、その施設の安全機能に重大な影響を及ぼすことがない設計をいう。</p>		
<p><b>使用許可基準規則</b> 3 耐震重要施設は、その供用中に当該耐震重要施設に大きな影響を及ぼすおそれがある地震による加速度によって作用する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。</p>	<p>第2棟は、その供用中に当該施設に大きな影響を及ぼすおそれがある地震による加速度によって作用する地震力に対して安全機能が損なわれるおそれがない設計とする。</p>	
<p><b>使用許可基準規則の解釈</b> 5 第9条第3項に規定する「その供用中に当該耐震重要施設に大きな影響を及ぼすおそれがある地震」による地震動（以下「基準地震動」という。）は、実用炉設置許可基準解釈第4条5の方針により策定すること。</p> <p>6 第9条第3項に規定する「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」ことを満たすために、基準地震動に対する使用前検査対象施設の設計に当たっては、以下に掲げる方針によること。</p> <p>一 耐震重要施設のうち、二以外のもの</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・基準地震動による地震力に対して、その安全機能が保持できること。</li> <li>・建物・構築物については、通常時に作用している荷重と基準地震動による地震力との組合せに対して、当該建物・構築物が構造物全体としての変形能力（終局耐力時の変形）について十分な余裕を有し、建物・構築物の終局耐力に対し妥当な安全余裕を有していること。</li> <li>・機器・配管系については、通常時及び事故時に生じるそれぞれの荷重と基準地震動による地震力を組み合わせた荷重条件に対して、その施設に要求される機能を保持すること。なお、上記により求められる荷重により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留まって破断延性限界に十分な余裕を有し、その施設に要求される機能に影響を及ぼさないこと。また、動的機器等については、基準地震動による応答に対して、その設備に要求される機能を保持すること。具体的には、実証試験等により確認されている機能維持加速度等を許容限界とすること。</li> </ul> <p>なお、上記の「事故時に生じる」荷重については、地震によって引き起こされるおそれのある事象によって作用する荷重及び地震によって引き起こされるおそれのない事象であっても、いったん事故が発生した場合、長時間継続する事象による荷重は、その事故事象の発生確率、継続時間及び地震動の超過確率の関係を踏まえ、適切な地震力と組み合わせで考慮すること。</p> <p>二 津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備並びに浸水防止設備が設置された建物・構築物</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・基準地震動による地震力に対して、それぞれの施設及び設備に要求される機能（津波防護機能、浸水防止機能及び津波監視機能をいう。）が保持できること。</li> </ul>	<p>コンクリートセル及び試料ピットを含む建屋が Ss900 に対して、おおむね弾性範囲にとどまることを確認する。</p> <p>（使用許可基準規則の用語の説明であるため記載を省略）</p>	

<p>・津波防護施設及び浸水防止設備が設置された建物・構築物は、通常時に作用している荷重と基準地震動による地震力の組合せに対して、当該施設及び建物・構築物が構造全体として変形能力（終局耐力時の変形）について十分な余裕を有するとともに、その施設に要求される機能（津波防護機能及び浸水防止機能）を保持すること。</p> <p>・浸水防止設備及び津波監視設備は、通常時に作用している荷重等と基準地震動による地震力の組合せに対して、その設備に要求される機能（浸水防止機能及び津波監視機能）を保持すること。</p> <p>なお、上記の「終局耐力」とは、構造物に対する荷重を漸次増大した際、構造物の変形又は歪みが著しく増加する状態を構造物の終局状態と考え、この状態に至る限界の最大荷重負荷をいう。</p> <p>また、耐震重要施設が、耐震重要度分類の下位のクラスに属するもの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。この波及的影響の評価に当たっては、敷地全体を俯瞰した調査・検討の内容等を含めて、事象選定及び影響評価の結果の妥当性を示すとともに、耐震重要施設の設計に用いる地震動又は地震力を適用すること。</p> <p>なお、上記の「耐震重要施設が、耐震重要度分類の下位のクラスに属するものの波及的影響によって、その安全機能を損なわない」とは、少なくとも次に示す事項について、耐震重要施設の安全機能への影響が無いことを確認すること。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・設置地盤及び地震応答性状の相違等に起因する相対変位又は不等沈下による影響</li> <li>・耐震重要施設と下位のクラスの施設との接続部における相互影響</li> <li>・建屋内における下位のクラスの施設の損傷、転倒及び落下等による耐震重要施設への影響</li> <li>・建屋外における下位のクラスの施設の損傷、転倒及び落下等による耐震重要施設への影響</li> </ul> <p>7 本規程第8条1の「基準地震動による地震力」の算定に当たっては、実用炉設置許可基準解釈第4条7の方法によること。</p>	<p>(使用許可基準規則の用語の説明であるため記載を省略)</p>	
<p><b>使用許可基準規則</b></p> <p>4 耐震重要施設は、前項の地震の発生によって生ずるおそれがある斜面の崩壊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。</p>	<p>第2棟は、その供用中に当該施設に大きな影響を及ぼすおそれがある地震の発生によって生ずるおそれがある斜面の崩壊に対して安全機能が損なわれるおそれがない設計とする。</p>	
<p><b>使用許可基準規則の解釈</b></p> <p>8 第9条第4項の適用に当たっては、実用炉設置許可基準解釈第4条8の規程を準用すること。</p>	<p>(使用許可基準規則の用語の説明であるため記載を省略)</p>	
<p><b>使用許可基準規則</b></p> <p>(外部からの衝撃による損傷の防止)</p> <p>第十一条 使用前検査対象施設は、想定される自然現象（地震及び津波を除く。次項において同じ。）が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない。</p>	<p>第2棟は、想定される自然現象（地震及び津波を除く。）が発生した場合においても安全機能を損なわない設計とする。</p>	



<p><b>使用許可基準規則の解釈</b></p> <p>第11条（外部からの衝撃による損傷の防止）</p> <p>1 第1項に規定する「想定される自然現象」とは、敷地の自然環境を基に、洪水、風（台風）、竜巻、凍結、降水、積雪、落雷、地滑り、火山の影響、生物学的事象、森林火災等から適用されるもので、核燃料物質等の使用方法等から安全確保上適用すべきものをいう。</p> <p>2 第1項に規定する「想定される自然現象（地震及び津波を除く。次項において同じ。）が発生した場合においても安全機能を損なわないもの」とは、設計上の考慮を要する自然現象又はその組合せに遭遇した場合において、自然事象そのものもたらす環境条件及びその結果として使用前検査対象施設で生じ得る環境条件において、その設備が有する安全機能が達成されることをいう。</p>	<p>第2棟は、「想定される自然現象」（敷地の自然環境を基に、洪水、風（台風）、竜巻、凍結、降水、積雪、落雷、地滑り、火山の影響、生物学的事象、森林火災等）について、核燃料物質等の使用方法等から安全確保する。</p> <p>第2棟は、設計上の考慮を要する自然現象又はその組合せに遭遇した場合において、自然事象そのものもたらす環境条件及びその結果として当該施設で生じ得る環境条件において、その設備が有する安全機能を損なわない設計とする。</p>	
<p><b>使用許可基準規則</b></p> <p>2 安全上重要な施設は、当該安全上重要な施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により当該安全上重要な施設に作用する衝撃及び設計評価事故時に生ずる応力を適切に考慮したものでなければならない。</p>	<p>第2棟は、当該施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により当該施設に作用する衝撃及び設計評価事故時に生ずる応力を適切に考慮した設計とする。</p>	
<p><b>使用許可基準規則の解釈</b></p> <p>3 第2項に規定する「大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象」とは、対象となる自然現象に対応して、最新の科学的技術的知見を踏まえて適切に予想されるものをいう。なお、過去の記録、現地調査の結果、最新知見等を参考にして、必要のある場合には、異種の自然現象を重畳させるものとする。</p> <p>4 第2項に規定する「適切に考慮したもの」とは、大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により安全上重要な施設に作用する衝撃及び設計評価事故が発生した場合に生じる応力を単純に加算することを必ずしも要求するものではなく、それぞれの因果関係及び時間的変化を考慮して適切に組合せた場合をいう。</p>	<p>「大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象」の対象となる自然現象に対応して、最新の科学的技術的知見を踏まえて適切に予想をおこなう。なお、過去の記録、現地調査の結果、最新知見等を参考にし、必要のある場合には、異種の自然現象を重畳させる。</p> <p>第2棟は、大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により、当該施設に作用する衝撃及び設計評価事故が発生した場合に生じる応力を因果関係及び時間的変化を考慮して適切に組合せ評価する。</p>	
<p><b>使用許可基準規則</b></p> <p>3 使用前検査対象施設は、工場等内又はその周辺において想定される当該使用前検査対象施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）に対して安全機能を損なわないものでなければならない。</p>	<p>第2棟は、工場等内又はその周辺において想定される当該施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）に対して安全機能を損なわない設計とする。</p>	
<p><b>使用許可基準規則の解釈</b></p> <p>5 第3項に規定する「当該使用前検査対象施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）」とは、敷地及び敷地周辺の状況を基に選択されるものであり、飛来物、ダム崩壊、爆発、近隣工場等の火災、有毒ガス、船舶の衝突、電磁的障害等をいう。</p>	<p>人為による（故意によるものを除く。）安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象（飛来物、ダム崩壊、爆発、近隣工場等の火災、有毒ガス、船舶の衝突、電磁的障害等）について、敷地及び敷地周辺の状況を基に選択する。</p>	

<p><b>使用許可基準規則</b> (非常用電源設備) 第二十七条 使用前検査対象施設には、外部電源系統からの電気の供給が停止した場合において、監視設備その他当該使用前検査対象施設の安全機能を確保するために必要な設備を使用することができるように、必要に応じて非常用電源設備を設けなければならない。</p>	<p>第2棟は、外部電源系統からの電気の供給が停止した場合において、監視設備その他当該施設の安全機能を確保するために必要な設備を使用することができるように、必要に応じて非常用電源設備を設ける設計とする。</p>	
<p><b>使用許可基準規則の解釈</b> 第27条(非常用電源設備) 1 第27条に規定する「非常用電源設備」とは、非常用電源設備(非常用ディーゼル発電機、無停電電源等)及び安全機能を確保するために必要な施設への電力供給設備(ケーブル等)をいう。  2 非常用電源系は、停電等の外部電源系統の機能喪失時における安全機能の確保のために必要な以下の設備のために、十分な容量、機能を有すること。 一 放射線監視設備 二 管理区域の排気設備 三 火災等の警報設備、緊急通信・連絡設備、非常用照明灯 等</p>	<p>(使用許可基準規則の用語の説明であるため記載を省略)</p> <p>第2棟の非常用電源系は、停電等の外部電源系統の機能喪失時における安全機能の確保のために必要な以下の設備のために、十分な容量、機能を有する設計とする。 一 放射線監視設備 二 管理区域の排気設備 三 火災等の警報設備、緊急通信・連絡設備、非常用照明灯 等</p>	