

本資料のうち、枠囲みの内容は、
営業秘密又は防護上の観点から
公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-166 改5
提出年月日	平成30年9月28日

V-2-11-2-14 サービス建屋の耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 基本方針	2
2.1 位置	2
2.2 構造概要	3
2.3 評価方針	7
2.4 適用規格・基準等	9
3. 評価方法	10
3.1 評価対象部位及び評価方針	10
3.2 入力地震動	10
3.3 荷重及び荷重の組合せ	15
3.4 許容限界	17
3.5 解析方法	18
3.6 評価方法	28
4. 評価結果	29
4.1 構造物全体としての変形性能の評価結果	29
4.2 原子炉建屋への影響の評価結果	30

1. 概要

本資料は、添付書類「V-2-11-1 波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の耐震評価方針」に基づき、サービス建屋が原子炉建屋に対して波及的影響を及ぼさないことを説明するものである。その波及的影響の評価は、原子炉建屋の有する機能が保持されることを確認するために、下位クラス施設であるサービス建屋の構造物全体としての変形性能の評価及び原子炉建屋への影響の評価を行う。

2. 基本方針

2.1 位置

サービス建屋の設置位置を図 2-1 に示す。

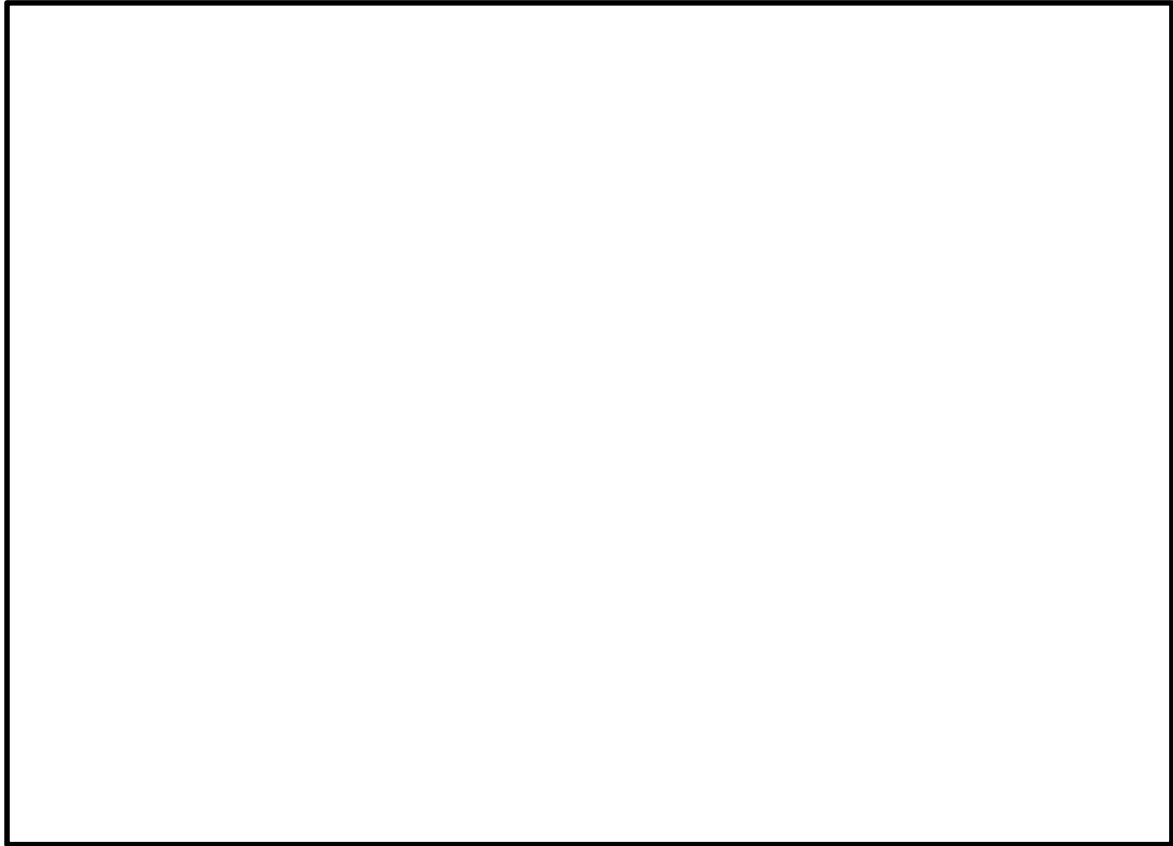


図 2-1 サービス建屋の設置位置

2.2 構造概要

サービス建屋は、原子炉建屋に隣接した建物である。サービス建屋の概略平面図を図 2-2 に、概略断面図を図 2-3 に、建屋配置図を図 2-4 に、原子炉建屋とサービス建屋のクリアランスを図 2-5 に示す。

サービス建屋は、発電所建設時に設置した部分（以下「既設部」という。）及び、その後に増設した部分（以下「増設部」という。）で構成され、既設部及び増設部並びに原子炉建屋は、それぞれ構造的に独立した建物である。本評価では原子炉建屋に隣接する既設部を対象とする。（以下特記の無い限り「サービス建屋」という場合は、既設部を指す。）

サービス建屋の平面規模は NS 方向で約 40 m、EW 方向で約 20 m であり、4 層の主要な床面を有する鉄筋コンクリート造のラーメン構造である。

サービス建屋の基礎は、厚さ約 1.2 m の基礎スラブで場所打ちコンクリート杭を用いた杭基礎となっており、砂質泥岩である久米層に支持される。

サービス建屋の既設部は、耐震性向上の観点から耐震補強を行うこととし、耐震補強を考慮した評価を行う。耐震補強は既設耐震壁の増厚もしくは耐震壁の新設により行う。

サービス建屋の増設部が既設部を介して原子炉建屋に与える間接的な影響については、増設部の重量及び剛性の関係から増設部の変形量が既設部よりも小さくなることを確認しており、地震時に既設部が原子炉建屋側に変形する際には、増設部が既設部に衝突しない。

従って、原子炉建屋への波及的影響評価は、サービス建屋の既設部を代表として行う。

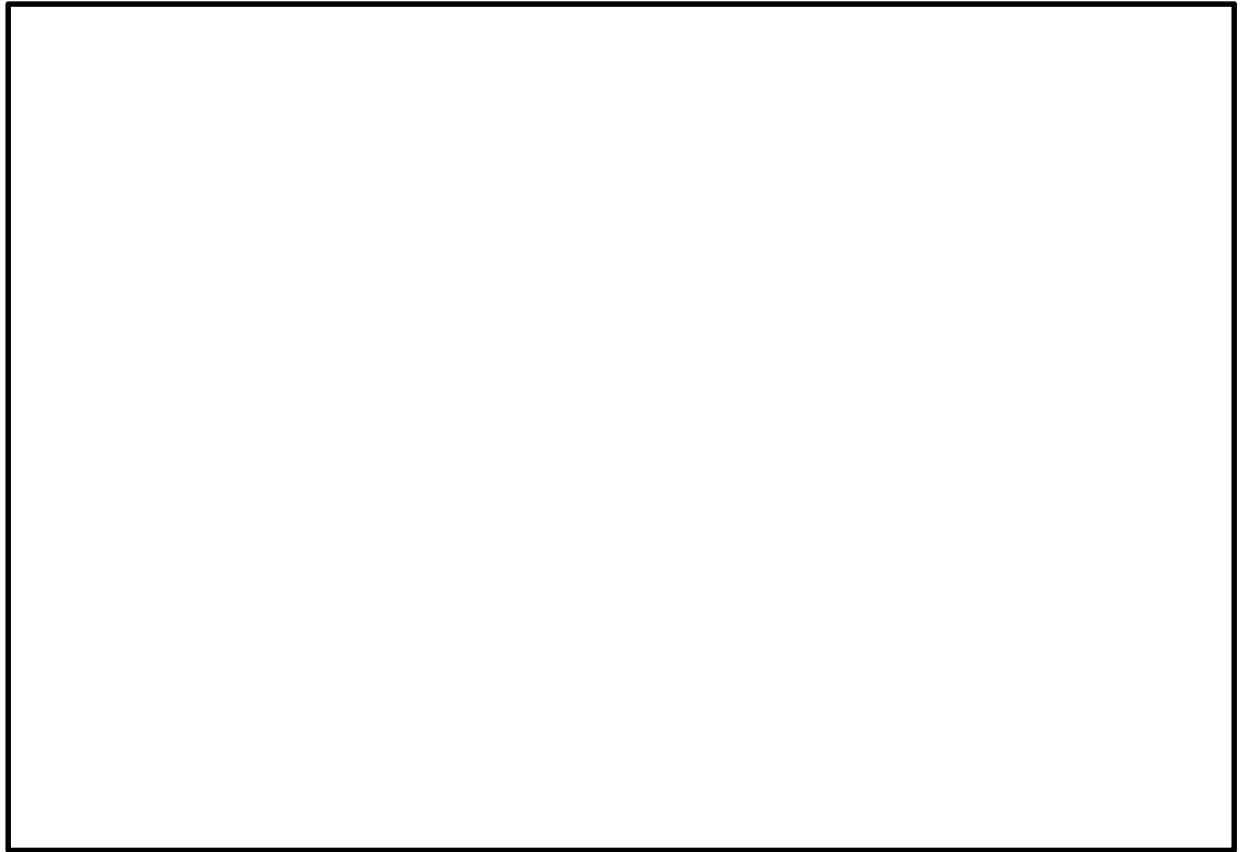


図 2-2 の概略平面図 (EL. 8.2 m)

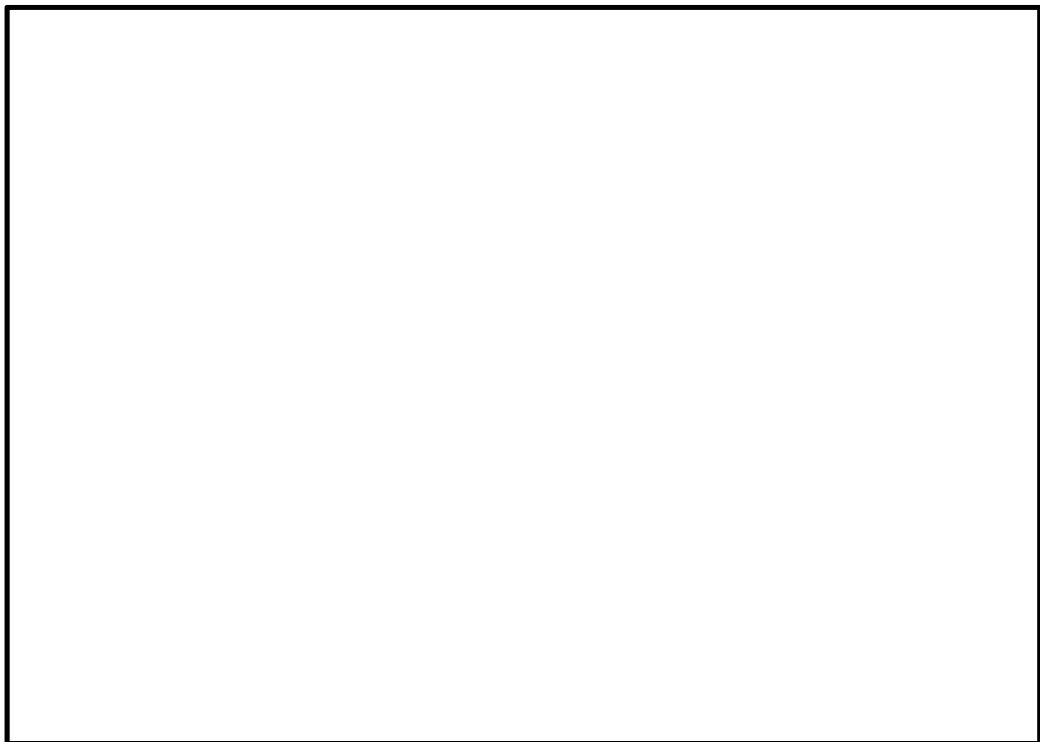


図 2-3 サービス建屋の概略断面図 (A-A 断面 EW 方向)

NT2 補② V-2-11-2-14 R1

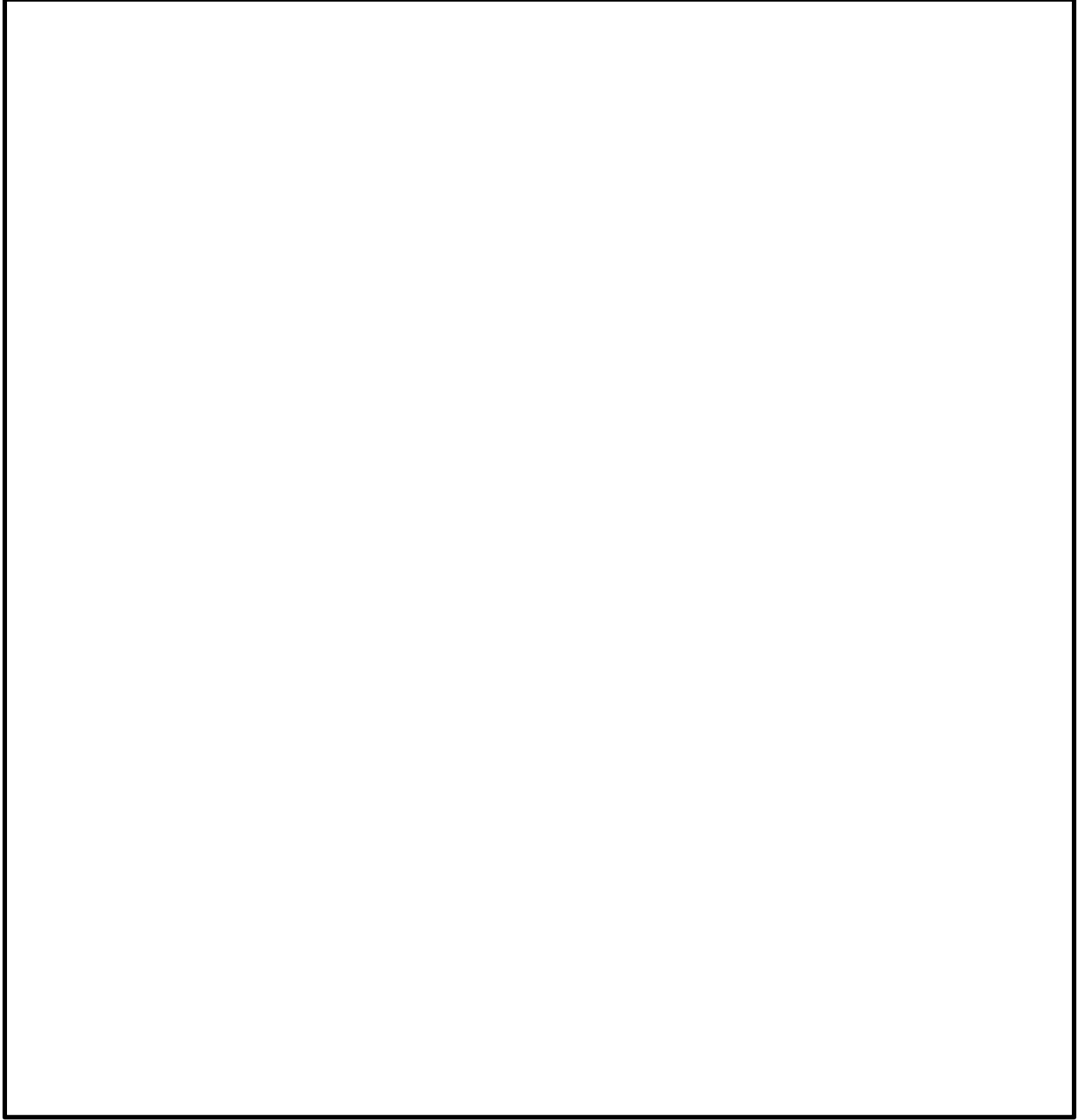


図 2-4 建屋配置図

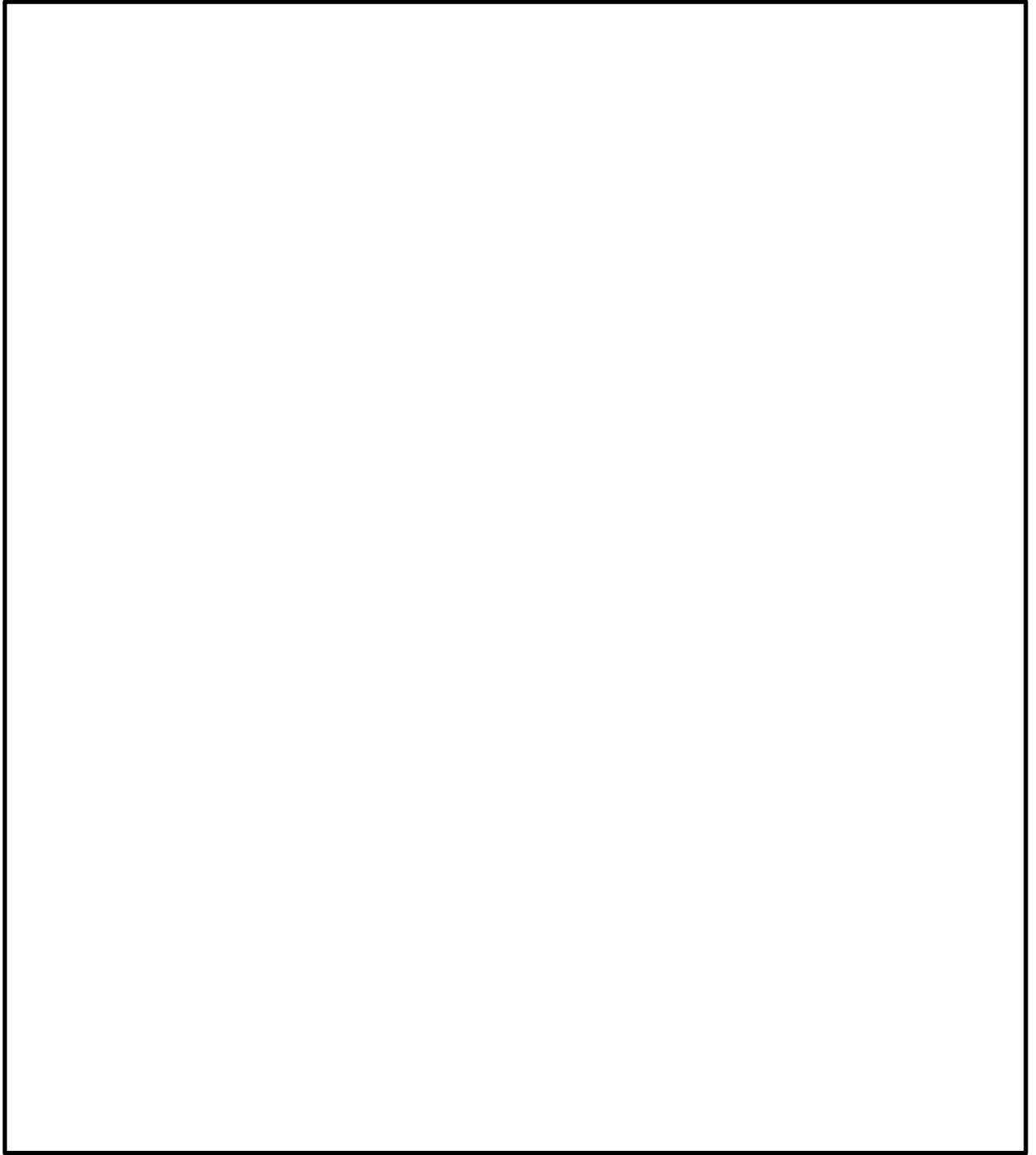


図 2-5 原子炉建屋とサービス建屋のクリアランス

2.3 評価方針

サービス建屋は、原子炉建屋と同じ運転状態を想定することから、設計基準対象施設及び重大事故等対処施設に対する波及的影響の評価を行う。

サービス建屋の設計基準対象施設に対する波及的影響評価においては、基準地震動 S_s に対する評価（以下「 S_s 地震時に対する評価」という。）を行うこととする。サービス建屋の波及的影響評価は、添付書類「V-2-11-1 波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の耐震設計方針」に基づき、地震応答解析による評価において、層間変形角の評価及び原子炉建屋との相対変位の評価を行うことで、原子炉建屋への波及的影響確認を行う。相対変位の評価では、サービス建屋の最大応答変位に加えて、添付書類「V-2-2-1 原子炉建屋の地震応答計算書」に基づく最大応答変位を用いる。評価にあたっては、地盤物性のばらつきを考慮する。なお、原子炉建屋直交方向（EW 方向）は原子炉建屋平行方向（NS 方向）に比べ原子炉建屋と接触する可能性が高いこと、原子炉建屋直交方向（EW 方向）はサービス建屋短辺方向であり原子炉建屋平行方向（NS 方向）に比べ底面回転地盤ばねが小さくなりロッキングの影響による変形が大きくなることから、波及的影響確認はサービス建屋の EW 方向に対して行う。

また、重大事故等対処施設に対する波及的影響評価においては、 S_s 地震時に対する評価を行う。ここで、サービス建屋では、設計基準事故時及び重大事故等時の状態における圧力、温度等の条件に有意な差異がないことから、重大事故等対処施設に対する波及的影響評価は、設計基準対象施設に対する波及的影響評価と同一となる。

図 2-6 に波及的影響の評価フローを示す。

評価は、サービス建屋が原子炉建屋との相対変位により衝突しないことを確認し、衝突する場合は、衝突による原子炉建屋への波及的影響評価を行う。

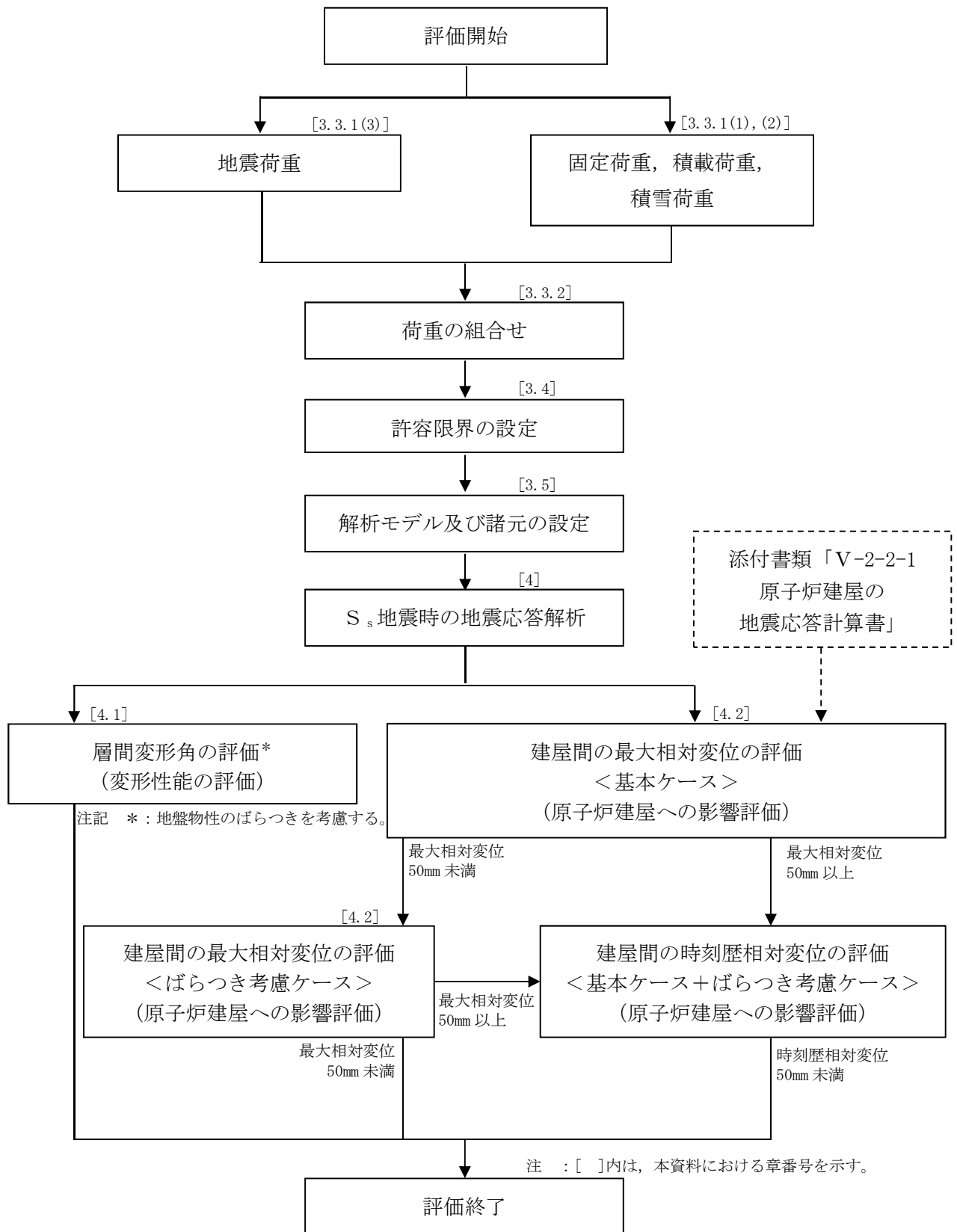


図 2-6 サービス建屋の波及的影響の評価フロー

2.4 適用規格・基準等

サービス建屋の波及的影響の評価を行う際に適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 ((社) 日本電気協会)
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力度編 J E A G 4 6 0 1 ・補-1984 ((社) 日本電気協会)
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版 ((社) 日本電気協会) (以下「J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版」という。)
- ・ 建築基準法・同施行令
- ・ 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 ー許容応力度設計法ー ((社) 日本建築学会, 1999)
- ・ 2015 年版 建築物の構造関係技術基準解説書 (国土交通省国土技術政策総合研究所・国立研究開発法人建築研究所) (以下「技術基準解説書」という。)

3. 評価方法

3.1 評価対象部位及び評価方針

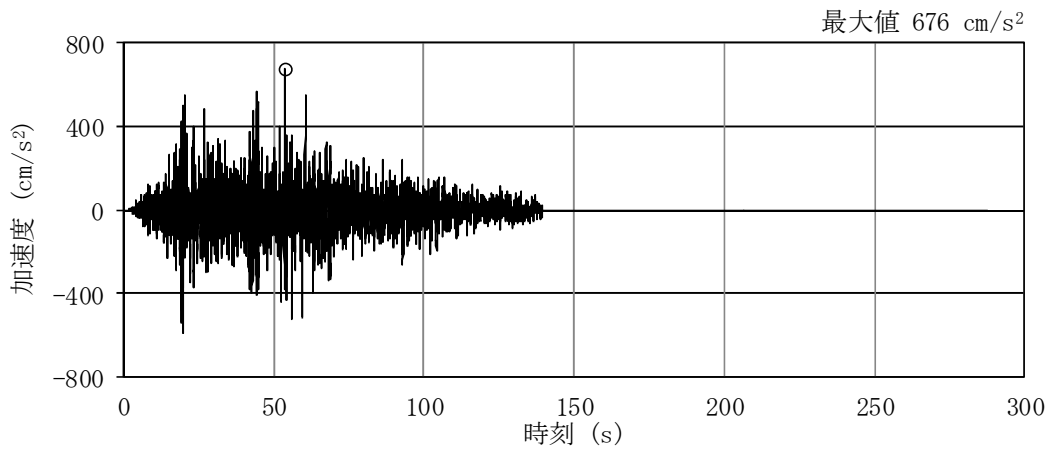
サービス建屋の評価対象部位は、EL.8.2 m より上部の柱・梁のフレーム及び耐震壁とし、以下の方針に基づき検討を行う。

S_s地震時に対する評価は、建屋全体について質点系モデルを用いた弾塑性時刻歴応答解析によることとし、地震力と地震力以外の荷重の組合せの結果、材料物性のばらつきを考慮した層間変形角が、「技術基準解説書」により設定した 1/120 以下であることを確認することにより、サービス建屋が倒壊しないことを確認する。

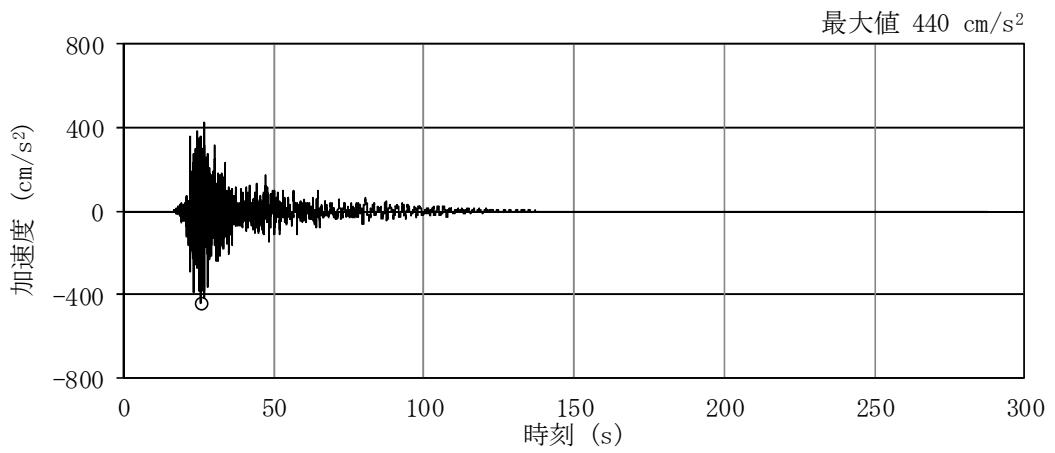
また、地盤物性のばらつきを考慮した、サービス建屋の最大応答変位と隣接する原子炉建屋の最大応答変位の絶対値和（以下「最大相対変位」という。）と建屋間のクリアランスの大小関係により、隣接する原子炉建屋への衝突の有無を確認する。

3.2 入力地震動

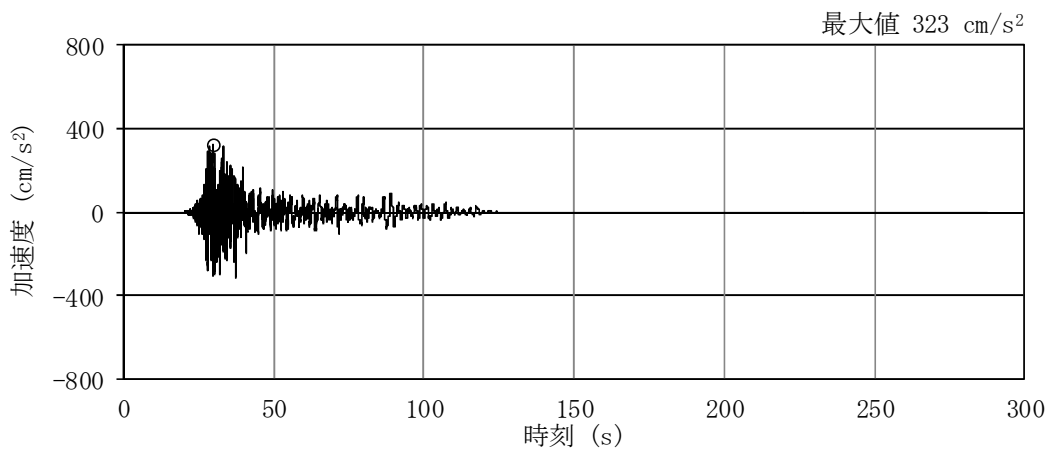
サービス建屋の地震応答解析に用いる入力地震動は、一次元波動論に基づき、添付書類「V-2-1-2 基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d の策定概要」に示す解放基盤レベルで定義される基準地震動 S_s に対する、地盤条件を考慮した建屋基礎スラブ底面レベルでの地盤の応答として評価する。入力地震動の算定には、解析コード「KSHAKE ver. 2.0」を用いる。解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「V-5-17 計算機プログラム（解析コード）の概要・KSHAKE」に示す。地盤物性を基本ケースとした場合の基礎スラブ底面位置における入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルを図 3-1 及び図 3-2 に示す。



(a) $S_s - D 1$

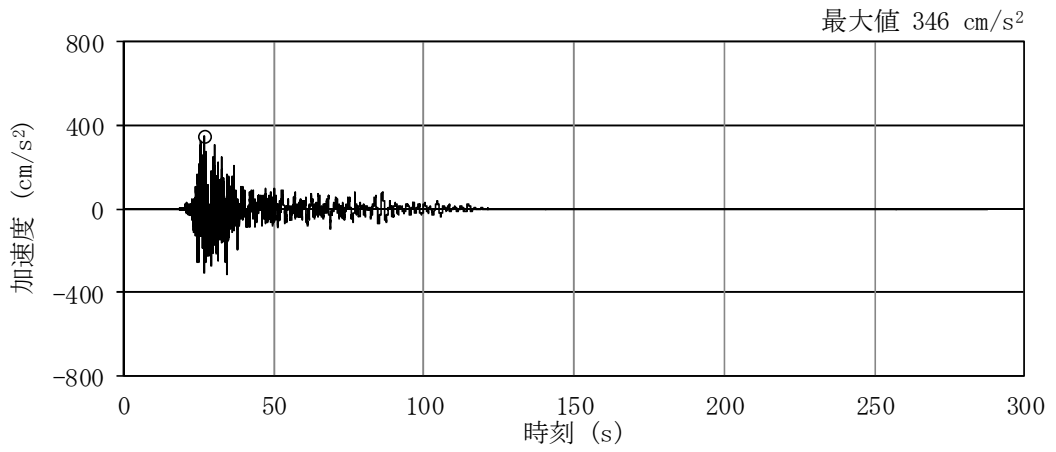


(b) $S_s - 1 1$

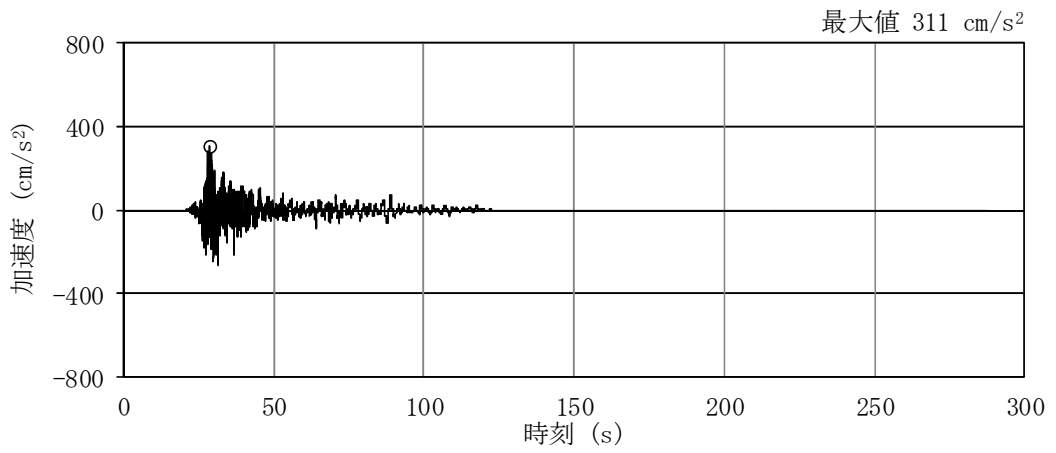


(c) $S_s - 1 2$

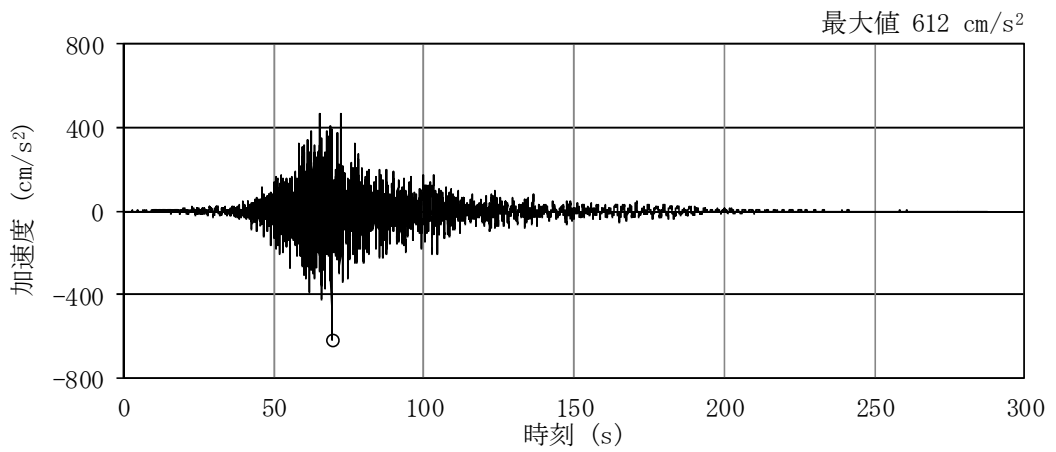
図 3-1 (1/3) 入力地震動の加速度時刻歴波形 (S_s)



(d) S_s - 1 3



(e) S_s - 1 4



(f) S_s - 2 1

図 3-1 (2/3) 入力地震動の加速度時刻歴波形 (S_s)

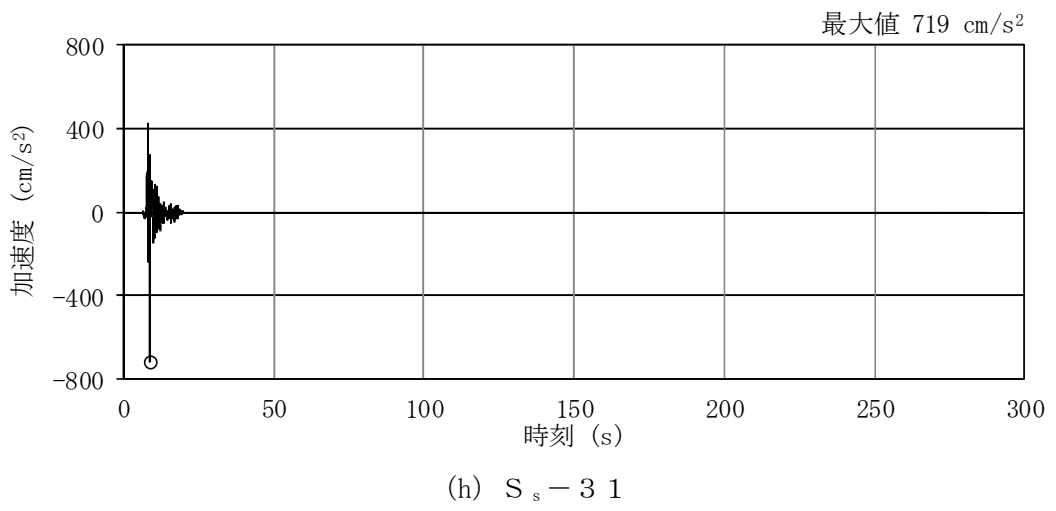
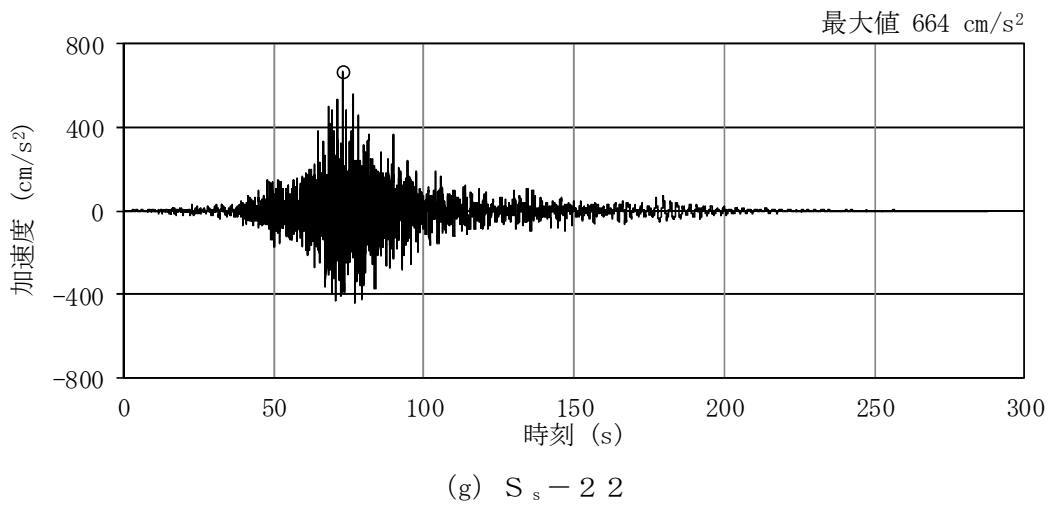


図 3-1 (3/3) 入力地震動 加速度時刻歴波形 (S_s)

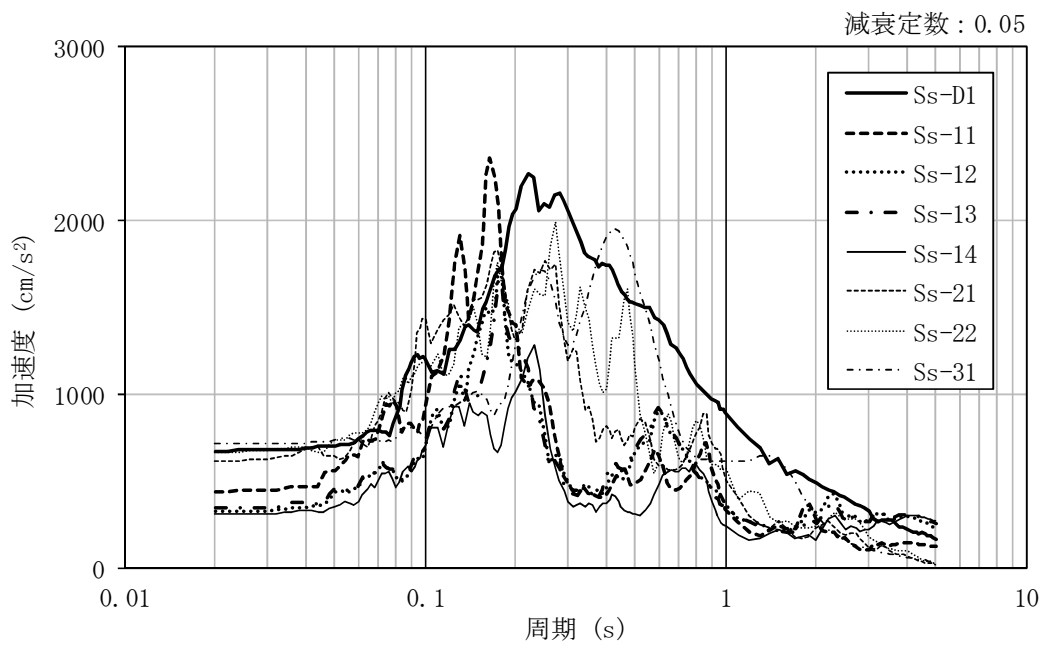


図 3-2 入力地震動の加速度応答スペクトル (S_s)

3.3 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している荷重及び荷重の組合せを用いる。

3.3.1 荷重

(1) 固定荷重 (G), 積載荷重 (P)

サービス建屋の固定荷重 (G) 及び積載荷重 (P) を表 3-1 及び表 3-2 に示す。

表 3-1 固定荷重 (G) 及び積載荷重 (P) (屋根及び床)

部位		固定荷重* ¹ (kN/m ²)	積載荷重* ¹ (kN/m ²)
屋根	EL. +22.0 m	5.2	1.1* ²
床 (3F)	EL. +18.0 m	3.8	1.8
床 (2F)	EL. +14.0 m	5.9	2.1
床 (M2F)	EL. +11.2 m	4.5	2.7
床 (1F)	EL. + 8.2 m	26.0	5.1

注記 *1: 各階の平均値を示す。

*2: 積雪荷重を含む。積雪荷重を除いた積載荷重は 0.89 (kN/m²) である。

表 3-2 固定荷重 (G) (パラペット及び壁)

部位		固定荷重
パラペット	屋根	4.80 kN/m
壁 (ALC パネル)	外壁 (1F~3F)	1.20 kN/m ²
壁 (新設耐震壁)	内外壁 (1F~3F)	24.0 kN/m ³

(2) 積雪荷重 (S)

積雪荷重は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に記載の地震力と積雪の組合せに基づき、表 3-3 のとおり設定する。ただし、積雪荷重は屋根面の積載荷重に含まれるものとする。

表 3-3 積雪荷重 (S)

荷重及び外力について想定する状態	積雪荷重
地震時荷重 (S _{地震時})	210 N/m ²

(3) 地震荷重 (K_s)

サービス建屋の地震応答解析に用いる入力地震動は、「3.2 入力地震動」に示す基準地震動 S_s を用いる。

3.3.2 荷重の組合せ

荷重の組合せは、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき設定する。荷重組合せを表 3-4 に示す。

表 3-4 荷重の組合せ

外力の状態	荷重組合せ
S_s 地震時	$G+P+S_{\text{地震時}}+K_s$

G : 固定荷重

P : 積載荷重

$S_{\text{地震時}}$: 積雪荷重

K_s : S_s 地震荷重

3.4 許容限界

サービス建屋の原子炉建屋に対する波及的影響評価における許容限界は、添付書類「V-2-11-1 波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の耐震設計方針」に記載の許容限界に基づき、表 3-5 及び表 3-6 のとおり設定する。

表 3-5 波及的影響評価における許容限界
(設計基準対象施設に対する評価)

機能設計上の性能目標	地震力	部 位	機能維持のための考え方	許容限界
原子炉建屋に波及的影響を及ぼさない	基準地震動 S_s	耐震壁付きの柱・梁のフレーム部材	最大層間変形角が構造物全体としての構造強度のための許容限界を超えないことを確認	最大層間変形角 $1/120^{*1}$
		サービス建屋及び原子炉建屋	建屋間の最大相対変位が波及的影響を及ぼさないための許容限界を超えないことを確認	最大相対変位 50 mm

注記 *1：建築基準法施行令第 82 条の 2（層間変形角）より設定。

表 3-6 波及的影響評価における許容限界
(重大事故等対処施設に対する評価)

機能設計上の性能目標	地震力	部 位	機能維持のための考え方	許容限界
原子炉建屋に波及的影響を及ぼさない	基準地震動 S_s	耐震壁付きの柱・梁のフレーム部材	最大層間変形角が構造物全体としての構造強度の確認のための許容限界を超えないことを確認	最大層間変形角 $1/120^{*1}$
		サービス建屋及び原子炉建屋	建屋間の最大相対変位が波及的影響を及ぼさないための許容限界を超えないことを確認	最大相対変位 50 mm

注記 *1：建築基準法施行令第 82 条の 2（層間変形角）より設定。

3.5 解析方法

3.5.1 地震応答解析モデル

地震応答解析モデルは、添付書類「V-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に示す解析方法及び解析モデルに基づき、水平方向（EW 方向）について設定する。地震応答解析モデルの設定に用いた建物・構築物の物性値を表 3-7 に示す。

地震応答解析モデルは、地盤との相互作用を考慮した、剛基礎を有する多質点系のせん断ばねモデルとし、地震応答解析モデルの諸元を設定する。地震応答解析モデルを図に、地震応答解析モデルの諸元を表 3-8 に示す。

せん断剛性及び復元力特性は、3次元FEMによる荷重増分解析に基づき設定する。

地盤ばね（水平ばね及び回転ばね）は、三次元薄層要素法に基づいて振動数依存の実部と虚部を評価したうえで、「J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版」による近似法によって、水平及び回転ばねを定数化する。地盤ばねの評価には解析コード「S u p e r F L U S H / 3 D ver. 3.0A01」を用いる。解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、添付書類「V-5-60 計算機プログラム（解析コード）の概要・S u p e r F L U S H / 3 D」に示す。

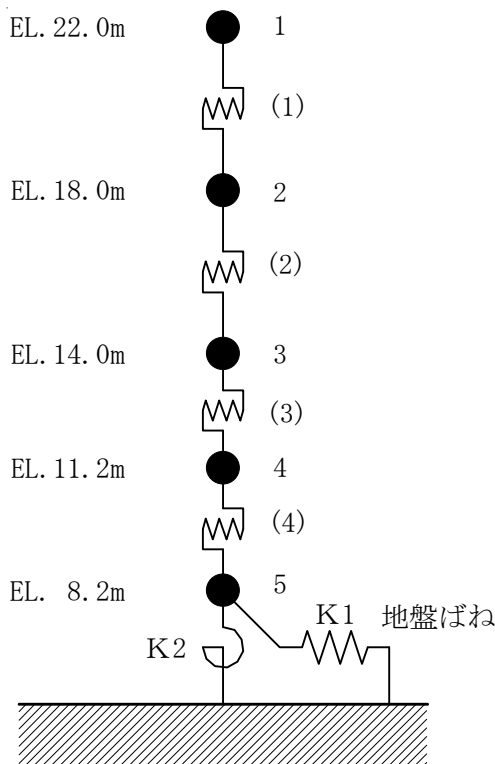
地盤ばねの算定に用いる地盤定数は、初期地盤の物性値とひずみの依存特性から一次元波動論より求めた等価物性値とする。基準地震動 S_0 に対する地盤定数を表 3-9～表 3-16 に、地盤ばねの定数化の概要を図 3-4 に、地盤ばね定数及び減衰係数を表 3-17 に示す。

地震応答解析は、上記の復元力特性を用いた弾塑性時刻歴応答解析とし、建屋と杭と地盤の相互作用を評価した建屋－杭－地盤連成モデルとする。

表 3-7 建物・構築物の物性値

建物・構築物	使用材料	ヤング係数 E (N/mm ²)	せん断 弾性係数 G (N/mm ²)	減衰定数 h (%)
サービス建屋	コンクリート： Fc=17.7 (N/mm ²) (Fc=180 (kgf/cm ²)) 鉄筋：SD30 (SD295A 相当)	2.05×10 ⁴	8.54×10 ³	5

表 3-8 地震応答解析モデル諸元(EW 方向)



高さ m (EL)	質点 番号	質点重量 (kN) W	回転慣性重量 (×10 ⁶ kN・m ²) I _r	要素 番号	ばね定数 (×10 ⁶ kN/m) K
22.00	1	11220	—		
18.00	2	9710	—	(1)	8.53
14.00	3	11560	—	(2)	9.16
11.20	4	8420	—	(3)	36.0
8.20	5	37370	2.42	(4)	36.2
総重量		78280			

注 1 : 数字は質点番号を示す。
注 2 : () 内は要素番号を示す。

図 3-3 地震応答解析モデル (EW 方向)

表 3-9 地盤定数 (S_s-D1)

標高 EL. (m)	地層 区分	層厚 (m)	密度 (t/m ³)	等価 減衰定数	等価 S波速度 (m/s)	等価 P波速度 (m/s)	ポアソン比
8.0	du*	5.0	1.82	0.06	178	412	0.385
3.0	Ag2*	1.0	1.89	0.08	193	353	0.286
2.0	Ag2	4.7	2.01	0.11	171	1794	0.495
-2.7	D2g-3	11.7	2.15	0.05	391	1847	0.477
-14.4	Km	5.6	1.72	0.03	406	1644	0.468
-20.0		20.0	1.72	0.03	410	1660	0.468
-40.0		20.0	1.73	0.03	425	1679	0.466
-60.0		30.0	1.73	0.03	442	1691	0.463
-90.0		30.0	1.73	0.03	465	1718	0.460
-120.0		30.0	1.73	0.03	486	1745	0.458
-150.0		40.0	1.74	0.03	508	1769	0.455
-190.0		40.0	1.74	0.03	542	1809	0.451
-230.0		40.0	1.75	0.03	577	1850	0.446
-270.0		50.0	1.75	0.03	612	1899	0.442
-320.0		50.0	1.76	0.03	652	1937	0.436
-370.0	解放基盤	—	1.76	0.00	718	1988	0.425

注記 * : 地下水位より浅いことを示す。

表 3-10 地盤定数 (S_s-11)

標高 EL. (m)	地層 区分	層厚 (m)	密度 (t/m ³)	等価 減衰定数	等価 S波速度 (m/s)	等価 P波速度 (m/s)	ポアソン比
8.0	du*	5.0	1.82	0.04	191	442	0.385
3.0	Ag2*	1.0	1.89	0.04	217	396	0.286
2.0	Ag2	4.7	2.01	0.05	212	1800	0.493
-2.7	D2g-3	11.7	2.15	0.04	442	1862	0.470
-14.4	Km	5.6	1.72	0.02	425	1651	0.465
-20.0		20.0	1.72	0.02	433	1667	0.464
-40.0		20.0	1.73	0.02	445	1686	0.463
-60.0		30.0	1.73	0.02	461	1698	0.460
-90.0		30.0	1.73	0.03	479	1723	0.458
-120.0		30.0	1.73	0.03	501	1751	0.455
-150.0		40.0	1.74	0.02	526	1776	0.452
-190.0		40.0	1.74	0.02	558	1816	0.448
-230.0		40.0	1.75	0.02	587	1854	0.444
-270.0		50.0	1.75	0.02	619	1902	0.441
-320.0		50.0	1.76	0.02	656	1938	0.435
-370.0	解放基盤	—	1.76	0.00	718	1988	0.425

注記 * : 地下水位より浅いことを示す。

表 3-11 地盤定数 (S_s-1 2)

標高 EL. (m)	地層 区分	層厚 (m)	密度 (t/m ³)	等価 減衰定数	等価 S波速度 (m/s)	等価 P波速度 (m/s)	ポアソン比
8.0	du*	5.0	1.82	0.04	191	442	0.385
3.0	Ag2*	1.0	1.89	0.04	217	396	0.286
2.0	Ag2	4.7	2.01	0.05	211	1800	0.493
-2.7	D2g-3	11.7	2.15	0.04	433	1859	0.471
-14.4	Km	5.6	1.72	0.02	421	1649	0.465
-20.0		20.0	1.72	0.02	425	1665	0.465
-40.0		20.0	1.73	0.03	435	1682	0.464
-60.0		30.0	1.73	0.03	447	1693	0.463
-90.0		30.0	1.73	0.03	468	1719	0.460
-120.0		30.0	1.73	0.03	486	1745	0.458
-150.0		40.0	1.74	0.03	511	1770	0.455
-190.0		40.0	1.74	0.03	539	1808	0.451
-230.0		40.0	1.75	0.03	567	1846	0.448
-270.0		50.0	1.75	0.03	594	1891	0.445
-320.0		50.0	1.76	0.03	633	1928	0.440
-370.0	解放基盤	—	1.76	0.00	718	1988	0.425

注記 * : 地下水位より浅いことを示す。

表 3-12 地盤定数 (S_s-1 3)

標高 EL. (m)	地層 区分	層厚 (m)	密度 (t/m ³)	等価 減衰定数	等価 S波速度 (m/s)	等価 P波速度 (m/s)	ポアソン比
8.0	du*	5.0	1.82	0.04	190	439	0.385
3.0	Ag2*	1.0	1.89	0.05	216	395	0.286
2.0	Ag2	4.7	2.01	0.06	209	1800	0.493
-2.7	D2g-3	11.7	2.15	0.04	433	1859	0.471
-14.4	Km	5.6	1.72	0.02	421	1649	0.465
-20.0		20.0	1.72	0.02	428	1666	0.465
-40.0		20.0	1.73	0.03	435	1682	0.464
-60.0		30.0	1.73	0.03	450	1694	0.462
-90.0		30.0	1.73	0.03	468	1719	0.460
-120.0		30.0	1.73	0.03	486	1745	0.458
-150.0		40.0	1.74	0.03	511	1770	0.455
-190.0		40.0	1.74	0.03	539	1808	0.451
-230.0		40.0	1.75	0.03	563	1844	0.449
-270.0		50.0	1.75	0.03	594	1891	0.445
-320.0		50.0	1.76	0.03	629	1926	0.440
-370.0	解放基盤	—	1.76	0.00	718	1988	0.425

注記 * : 地下水位より浅いことを示す。

表 3-13 地盤定数 (S_s-14)

標高 EL. (m)	地層 区分	層厚 (m)	密度 (t/m ³)	等価 減衰定数	等価 S波速度 (m/s)	等価 P波速度 (m/s)	ポアソン比
8.0	du*	5.0	1.82	0.03	195	451	0.385
3.0	Ag2*	1.0	1.89	0.04	220	402	0.286
2.0	Ag2	4.7	2.01	0.05	216	1801	0.493
-2.7	D2g-3	11.7	2.15	0.04	439	1861	0.471
-14.4	Km	5.6	1.72	0.02	423	1650	0.465
-20.0		20.0	1.72	0.02	430	1666	0.464
-40.0		20.0	1.73	0.03	440	1684	0.463
-60.0		30.0	1.73	0.03	453	1695	0.462
-90.0		30.0	1.73	0.03	471	1720	0.459
-120.0		30.0	1.73	0.03	489	1746	0.457
-150.0		40.0	1.74	0.03	514	1771	0.454
-190.0		40.0	1.74	0.03	542	1809	0.451
-230.0		40.0	1.75	0.03	574	1849	0.447
-270.0		50.0	1.75	0.03	601	1894	0.444
-320.0		50.0	1.76	0.03	641	1932	0.438
-370.0	解放基盤	—	1.76	0.00	718	1988	0.425

注記 * : 地下水位より浅いことを示す。

表 3-14 地盤定数 (S_s-21)

標高 EL. (m)	地層 区分	層厚 (m)	密度 (t/m ³)	等価 減衰定数	等価 S波速度 (m/s)	等価 P波速度 (m/s)	ポアソン比
8.0	du*	5.0	1.82	0.06	179	414	0.385
3.0	Ag2*	1.0	1.89	0.07	198	362	0.286
2.0	Ag2	4.7	2.01	0.08	189	1797	0.494
-2.7	D2g-3	11.7	2.15	0.04	418	1854	0.473
-14.4	Km	5.6	1.72	0.02	418	1648	0.466
-20.0		20.0	1.72	0.03	425	1665	0.465
-40.0		20.0	1.73	0.03	435	1682	0.464
-60.0		30.0	1.73	0.03	453	1695	0.462
-90.0		30.0	1.73	0.03	477	1723	0.458
-120.0		30.0	1.73	0.03	501	1751	0.455
-150.0		40.0	1.74	0.02	532	1779	0.451
-190.0		40.0	1.74	0.02	561	1817	0.447
-230.0		40.0	1.75	0.02	591	1856	0.444
-270.0		50.0	1.75	0.02	619	1902	0.441
-320.0		50.0	1.76	0.02	656	1938	0.435
-370.0	解放基盤	—	1.76	0.00	718	1988	0.425

注記 * : 地下水位より浅いことを示す。

表 3-15 地盤定数 (S_s-2 2)

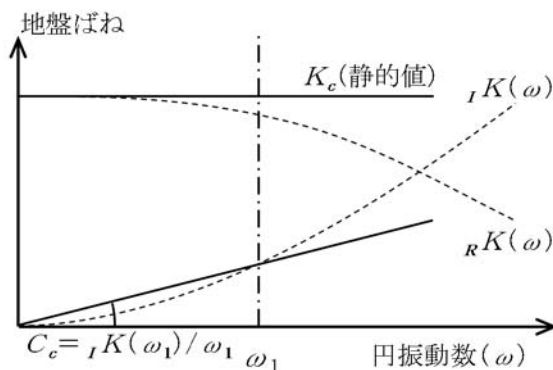
標高 EL. (m)	地層 区分	層厚 (m)	密度 (t/m ³)	等価 減衰定数	等価 S波速度 (m/s)	等価 P波速度 (m/s)	ポアソン比
8.0	du*	5.0	1.82	0.06	177	409	0.385
3.0	Ag2*	1.0	1.89	0.08	195	356	0.286
2.0		4.7	2.01	0.10	178	1795	0.495
-2.7	D2g-3						
		11.7	2.15	0.05	406	1851	0.475
-14.4	Km	5.6	1.72	0.03	416	1648	0.466
-20.0		20.0	1.72	0.03	425	1665	0.465
-40.0		20.0	1.73	0.03	438	1683	0.464
-60.0		30.0	1.73	0.03	455	1695	0.461
-90.0		30.0	1.73	0.03	477	1723	0.458
-120.0		30.0	1.73	0.03	501	1751	0.455
-150.0		40.0	1.74	0.03	526	1776	0.452
-190.0		40.0	1.74	0.02	555	1815	0.448
-230.0		40.0	1.75	0.02	587	1854	0.444
-270.0		50.0	1.75	0.02	619	1902	0.441
-320.0		50.0	1.76	0.02	659	1940	0.435
-370.0		解放基盤	—	1.76	0.00	718	1988

注記 * : 地下水位より浅いことを示す。

表 3-16 地盤定数 (S_s-3 1)

標高 EL. (m)	地層 区分	層厚 (m)	密度 (t/m ³)	等価 減衰定数	等価 S波速度 (m/s)	等価 P波速度 (m/s)	ポアソン比
8.0	du*	5.0	1.82	0.06	177	409	0.385
3.0	Ag2*	1.0	1.89	0.08	190	347	0.286
2.0		4.7	2.01	0.11	168	1794	0.496
-2.7	D2g-3						
		11.7	2.15	0.06	384	1845	0.477
-14.4	Km	5.6	1.72	0.03	401	1643	0.468
-20.0		20.0	1.72	0.03	405	1658	0.468
-40.0		20.0	1.73	0.03	414	1675	0.467
-60.0		30.0	1.73	0.03	436	1689	0.464
-90.0		30.0	1.73	0.03	468	1719	0.460
-120.0		30.0	1.73	0.03	489	1746	0.457
-150.0		40.0	1.74	0.03	517	1773	0.454
-190.0		40.0	1.74	0.03	545	1811	0.450
-230.0		40.0	1.75	0.03	577	1850	0.446
-270.0		50.0	1.75	0.03	612	1899	0.442
-320.0		50.0	1.76	0.03	652	1937	0.436
-370.0		解放基盤	—	1.76	0.00	718	1988

注記 * : 地下水位より浅いことを示す。



ばね定数：0 Hz の値をばね定数 K_c で定式化

減衰係数：地盤－建屋連成系の 1 次固有円振動数 ω_1 に対応する虚部の値と原点とを結ぶ直線の傾き C_c で定式化

図 3-4 地盤ばねの定数化の概要

表 3-17 地盤ばね定数と減衰係数

対象 地震動	地盤ばね 成分	ばね定数 K (kN/m) (kN・m/rad)	減衰係数 C (kN・s/m) (kN・m・s/rad)
S _s -D 1	底面 スウェイばね K _S , C _S	4.08×10 ⁶	3.23×10 ⁵
	底面 ロッキングばね K _R , C _R	1.87×10 ⁹	1.98×10 ⁷
S _s -1 1	底面 スウェイばね K _S , C _S	5.73×10 ⁶	3.34×10 ⁵
	底面 ロッキングばね K _R , C _R	2.15×10 ⁹	1.80×10 ⁷
S _s -1 2	底面 スウェイばね K _S , C _S	5.65×10 ⁶	3.37×10 ⁵
	底面 ロッキングばね K _R , C _R	2.13×10 ⁹	1.87×10 ⁷
S _s -1 3	底面 スウェイばね K _S , C _S	5.58×10 ⁶	3.35×10 ⁵
	底面 ロッキングばね K _R , C _R	2.12×10 ⁹	1.85×10 ⁷
S _s -1 4	底面 スウェイばね K _S , C _S	6.02×10 ⁶	3.41×10 ⁵
	底面 ロッキングばね K _R , C _R	2.18×10 ⁹	1.81×10 ⁷
S _s -2 1	底面 スウェイばね K _S , C _S	4.53×10 ⁶	3.08×10 ⁵
	底面 ロッキングばね K _R , C _R	1.99×10 ⁹	1.80×10 ⁷
S _s -2 2	底面 スウェイばね K _S , C _S	4.24×10 ⁶	3.12×10 ⁵
	底面 ロッキングばね K _R , C _R	1.93×10 ⁹	1.86×10 ⁷
S _s -3 1	底面 スウェイばね K _S , C _S	3.95×10 ⁶	3.22×10 ⁵
	底面 ロッキングばね K _R , C _R	1.84×10 ⁹	1.99×10 ⁷

3.5.2 解析方法

サービス建屋の地震応答解析には、解析コード「RESP-T Ver. 5.1.2」を用いる。また、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「V-5-44 計算機プログラム（解析コード）の概要・RESP-T」に示す。

サービス建屋の地震応答解析は、添付書類「V-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の解析方法に基づき、時刻歴応答解析により実施する。

3.5.3 解析条件

(1) 復元力特性

地震応答解析に用いる復元力特性は、3次元FEMによる荷重増分解析に基づき設定する。鉛直部材間の鉄筋コンクリート造スラブは、剛床として設定し、柱の復元力特性はファイバーモデルとする。

EW方向のせん断力(Q)一層間変形角(R)関係を図3-5に示す。

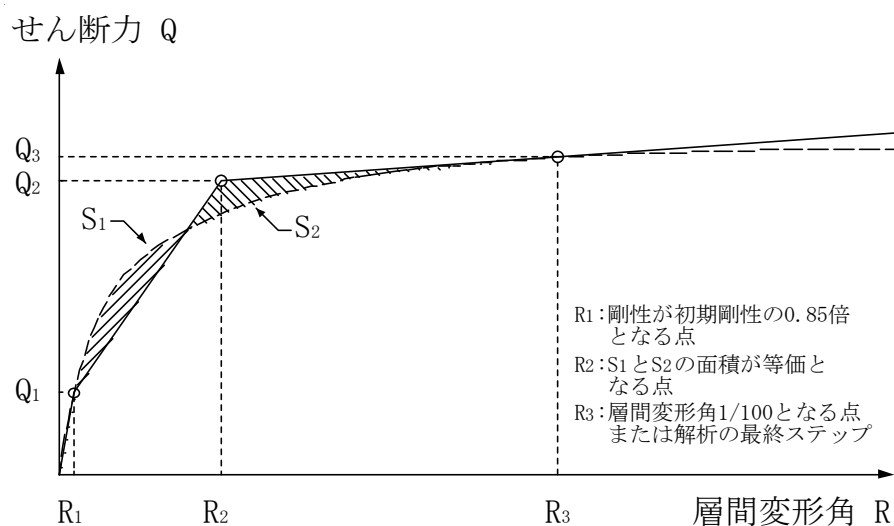


図 3-5 EW 方向のせん断力 (Q) 一層間変形角 (R) 関係

(2) スケルトン曲線

サービス建屋の各階部材について、スケルトン曲線の諸数値を表 3-18 に示す。

表 3-18 サービス建屋の復元力特性諸元 (EW 方向)

EL. (m)	要素 番号	Q ₁ (kN)	Q ₂ (kN)	Q ₃ (kN)	δ ₁ (mm)	δ ₂ (mm)	δ ₃ (mm)
22.00 ~ 18.00	(1)	1450	21600	23000	0.170	9.80	40.0
18.00 ~ 14.00	(2)	2940	30500	33700	0.321	12.2	40.0
14.00 ~ 11.20	(3)	3090	45000	47600	0.0859	6.50	28.0
11.20 ~ 8.20	(4)	2660	51400	54300	0.0734	7.50	30.0

3.5.4 材料物性のばらつき

解析においては、「3.5.1 地震応答解析モデル」に示す物性値及び定数を基本ケースとし、材料物性のばらつきを考慮する。材料物性のばらつきを考慮した地震応答解析は、基準地震動 S_s のうち、原子炉建屋の評価で選定している S_s-D1 、 S_s-21 、 S_s-22 及び S_s-31 に対して実施することとする。

材料物性のばらつきのうち、地盤物性については、地盤調査結果の平均値をもとに設定した数値を基本ケースとし、支持地盤のせん断波速度のばらつきは、 $\pm\sigma$ 相当として、変動係数 10 % を考慮する。また表層地盤についても同様に $\pm\sigma$ 相当として du 層は 5 %、 $Ag2$ 層は 10 %、 $D2g-3$ 層は 15 % の変動係数を考慮する。なお、建屋物性のばらつきについては、コンクリートの実強度は設計基準強度よりも大きくなること及び建屋剛性として考慮していない壁の建屋剛性への寄与については構造耐力の向上が見られることから、保守的に考慮しない。材料物性のばらつきを考慮する地震応答解析ケースを表 3-19 に示す。

表 3-19 材料物性のばらつきを考慮する地震応答解析ケース

EL. (m)	地層 区分	地盤のせん断波速度 (m/s)		
		基本ケース	+ σ 相当	- σ 相当
8.0 ~ 3.0	du	210	221	199
3.0 ~ -2.7	Ag2	240	264	216
-2.7 ~ -14.4	D2g-3	500	575	425
-14.4 ~ -20.0	Km	446	491	401
-20.0 ~ -40.0		456	502	410
-40.0 ~ -60.0		472	520	424
-60.0 ~ -90.0		491	541	441
-90.0 ~ -120.0		514	566	462
-120.0 ~ -150.0		537	591	483
-150.0 ~ -190.0		564	621	507
-190.0 ~ -230.0		595	655	535
-230.0 ~ -270.0		626	689	563
-270.0 ~ -320.0		660	726	594
-320.0 ~ -370.0		699	769	629

3.6 評価方法

サービス建屋の地震応答解析による波及的影響評価は、質点系モデルの地震応答解析に基づき、基準地震動 S_s に対して、サービス建屋の構造物全体としての変形性能の評価及び原子炉建屋への影響の評価を行う。

3.6.1 構造物全体としての変形性能の評価方法

サービス建屋の構造物全体としての変形性能の評価は、質点系モデルによる地震応答解析を行い、層間変形角を算出し、最大層間変形角が許容限界を超えないことを確認する。変形性能の評価にあたっては、地盤物性のばらつきを考慮する。

3.6.2 原子炉建屋への影響の評価方法

サービス建屋の原子炉建屋への影響の評価は、原子炉建屋との最大相対変位により、建屋衝突の有無を確認する。最大相対変位を算出する際の基準点は、サービス建屋の基礎底面レベルとする。原子炉建屋への影響の評価にあたっては、地盤物性のばらつきを考慮する。

4. 評価結果

4.1 構造物全体としての変形性能の評価結果

基準地震動 S_s に対する最大層間変形角を表 4-1 に示す。なお、全ケースにおいて、最大層間変形角は地上 2 階 (EL. 14.0 m~EL. 18.0 m) である。

地盤物性のばらつきを考慮した最大層間変形角は、最大で 1/265 ($S_s - 3 1$, $+\sigma$ 相当) であり、許容限界 (1/120) 以下であることを確認した。

表 4-1 耐震壁の最大層間変形角

(a) 基本ケース

地震波	最大層間変形角	許容限界
$S_s - D 1$	1/305	1/120
$S_s - 1 1$	1/950	
$S_s - 1 2$	1/1018	
$S_s - 1 3$	1/1024	
$S_s - 1 4$	1/1073	
$S_s - 2 1$	1/499	
$S_s - 2 2$	1/347	
$S_s - 3 1$	1/267	

(b) 地盤 $+\sigma$ 相当

地震波	最大層間変形角	許容限界
$S_s - D 1$	1/284	1/120
$S_s - 2 1$	1/515	
$S_s - 2 2$	1/327	
$S_s - 3 1$	1/265	

(c) 地盤 $-\sigma$ 相当

地震波	最大層間変形角	許容限界
$S_s - D 1$	1/314	1/120
$S_s - 2 1$	1/503	
$S_s - 2 2$	1/383	
$S_s - 3 1$	1/294	

4.2 原子炉建屋への影響の評価結果

サービス建屋の原子炉建屋への影響評価は、「3.5 解析方法」に示すサービス建屋の地震応答解析モデルによる解析結果と添付書類「V-2-2-1 原子炉建屋の地震応答計算書」における地震応答解析結果から、建屋間の相対変位を確認する。

建屋間の相対変位は、「3.6 評価方法」に基づき、サービス建屋質点高さにおけるサービス建屋と原子炉建屋の最大応答変位を確認する。

基準地震動 S_s に対する基本ケースによるサービス建屋と原子炉建屋の最大相対変位を表 4-2 に示す。基本ケースの最大相対変位は、 S_s-31 のサービス建屋質点レベル EL. 22.00 m で 49.5 mm であり、許容限界を超えない。

基準地震動 S_s に対する地盤物性のばらつきを考慮したサービス建屋と原子炉建屋の最大相対変位を表 4-3 に示す。地盤物性のばらつきを考慮した最大相対変位は、 S_s-31 のサービス建屋質点レベル EL. 22.00 m で 49.7 mm であり、許容限界を超えないことから、サービス建屋と原子炉建屋は接触しないことを確認した。従って、サービス建屋の衝突による原子炉建屋への波及的影響評価は不要となる。

表 4-2 サービス建屋と原子炉建屋との最大相対変位（基本ケース）

サービス建屋		原子炉建屋		最大相対変位 (mm)							
質点番号	EL. (m)	質点番号	EL. (m)	S_s-D1	S_s-11	S_s-12	S_s-13	S_s-14	S_s-21	S_s-22	S_s-31
1	22.00	*	22.00	45.1	16.0	14.8	14.8	14.1	24.8	39.1	49.5
3	14.00	8	14.00	17.0	6.4	5.7	5.8	5.0	9.6	14.3	18.9

注記 * : 原子炉建屋の EL. 22.00 m の応答は、質点番号 6 (EL. 29.00 m) と質点番号 7 (EL. 20.30 m) の応答を線形補完して算定する。

表 4-3 サービス建屋と原子炉建屋との最大相対変位

(a) 地盤+ σ 相当

サービス建屋		原子炉建屋		最大相対変位 (mm)			
質点 番号	EL. (m)	質点 番号	EL. (m)	S _s -D 1	S _s -2 1	S _s -2 2	S _s -3 1
1	22.00	*	22.00	45.5	24.9	41.1	49.4
3	14.00	8	14.00	16.5	9.7	14.3	18.7

注記 * : 原子炉建屋の EL. 22.00 m の応答は、質点番号 6 (EL. 29.00 m) と質点番号 7 (EL. 20.30 m) の応答を線形補完して算定する。

(b) 地盤- σ 相当

サービス建屋		原子炉建屋		最大相対変位 (mm)			
質点 番号	EL. (m)	質点 番号	EL. (m)	S _s -D 1	S _s -2 1	S _s -2 2	S _s -3 1
1	22.00	*	22.00	44.3	24.8	36.1	49.7
3	14.00	8	14.00	17.2	9.5	13.7	19.4

注記 * : 原子炉建屋の EL. 22.00 m の応答は、質点番号 6 (EL. 29.00m) と質点番号 7 (EL. 20.30 m) の応答を線形補完して算定する。