

本資料のうち、枠囲みの内容は、
商業機密あるいは防護上の観点か
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1
提出年月日	平成30年3月1日

V-2-11-2-12 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 荷重及び荷重組合せ	10
3.4 許容限界	12
3.5 解析方法	13
3.6 評価方法	22
4. 評価結果	23
4.1 原子炉建屋への影響の評価	23
5. 衝突による波及的影響評価	24
5.1 評価方針	24
5.2 衝突荷重に対する評価方法	25
5.3 衝突解析による評価結果	31

1. 概要

本資料は、資料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。

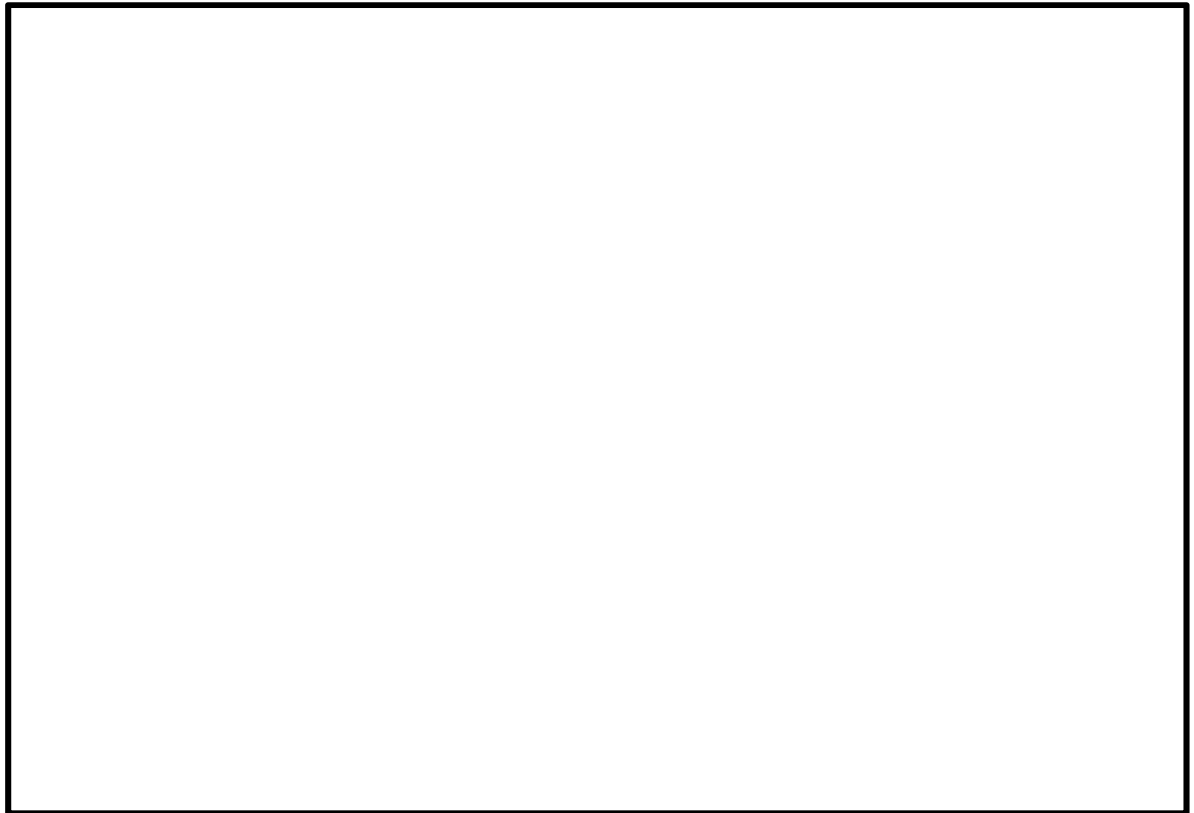


図 2-1 サービス建屋の設置位置

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。

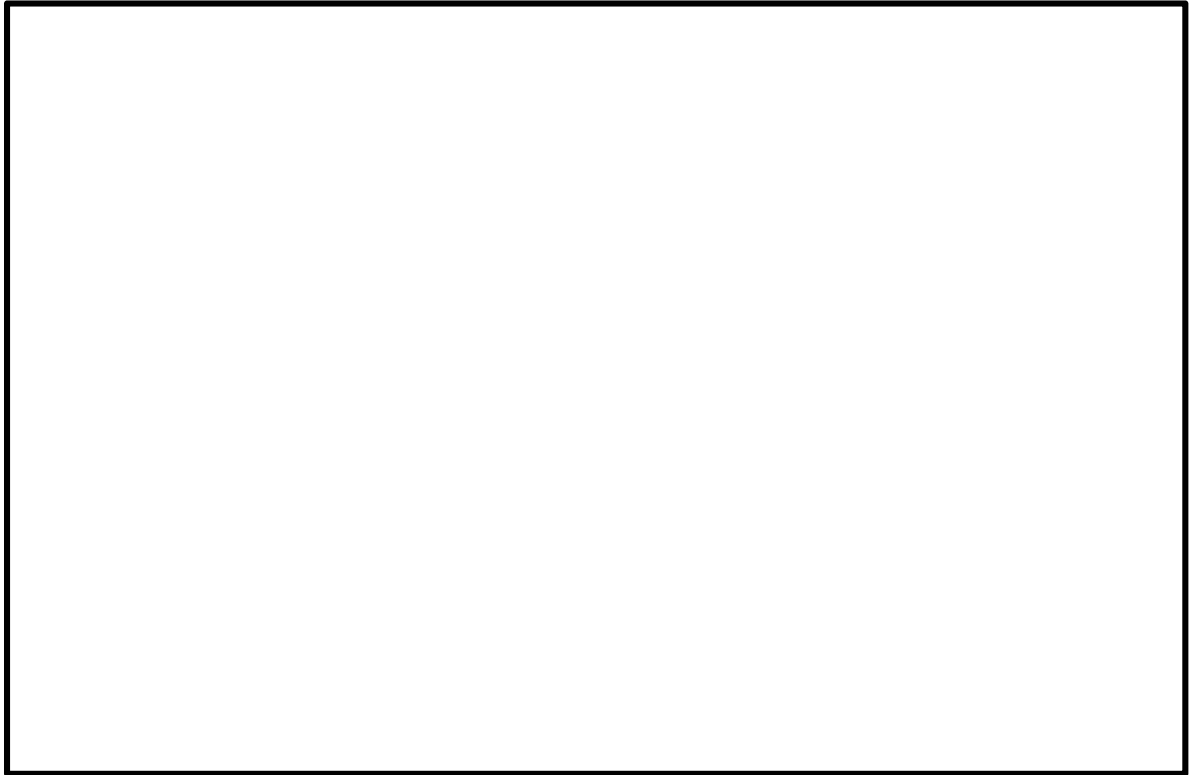
サービス建屋は、発電所建設時に設置した部分（以下「既設部」という。）及び、その後に増設した部分（以下「増設部」という。）で構成され、既設部及び増設部並びに原子炉建屋は、それぞれ構造的に独立した建物である。本評価では原子炉建屋に隣接する既設部を対象とする。（以下特記の無い限り「サービス建屋」という場合は、既設部を指す。）

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。



図 2-2 サービス建屋の概略平面図(EL. 8.2 m)



(EW 方向、A-A 断面)

図 2-3 サービス建屋の概略断面図

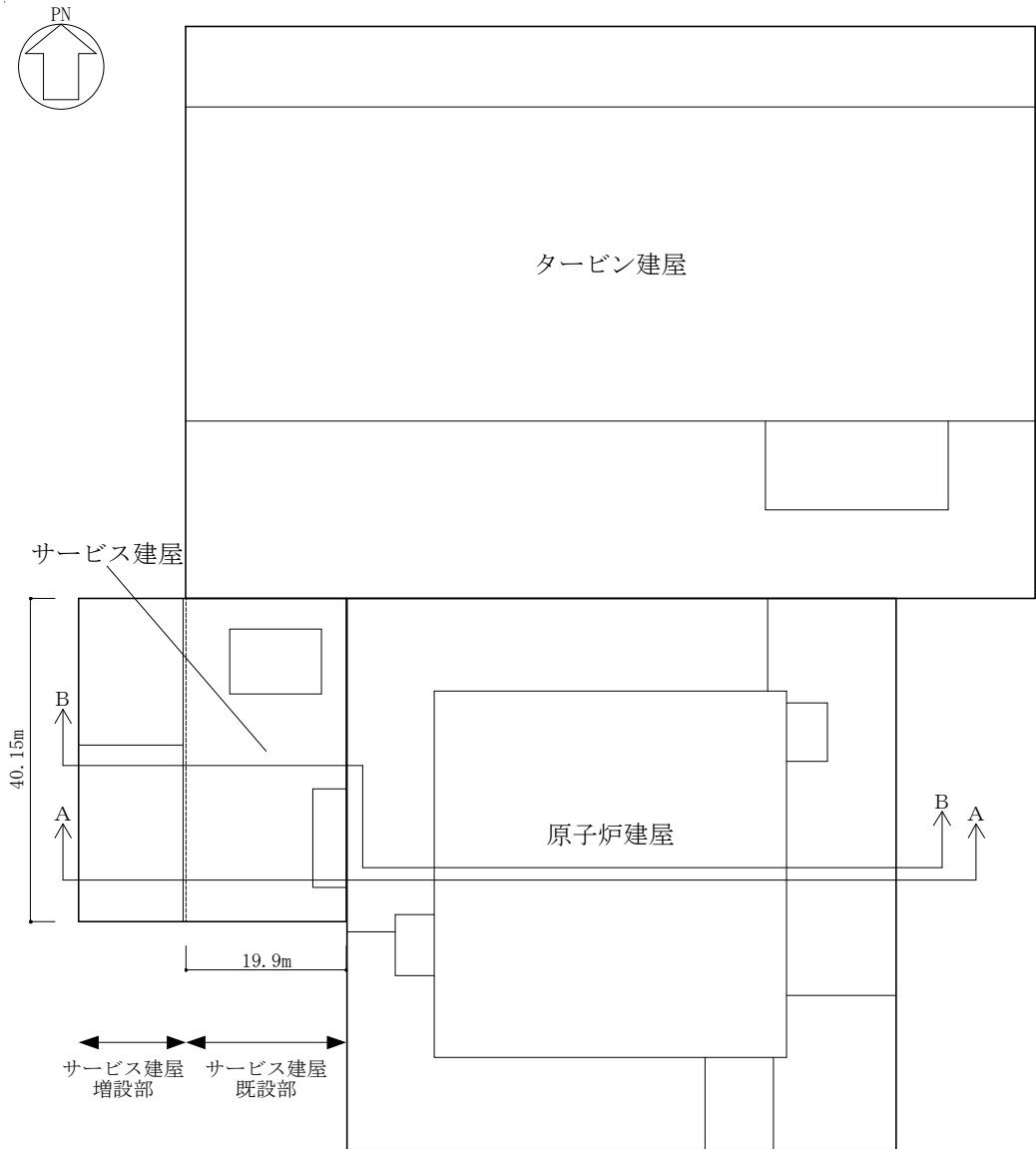


図 2-4 建屋配置図

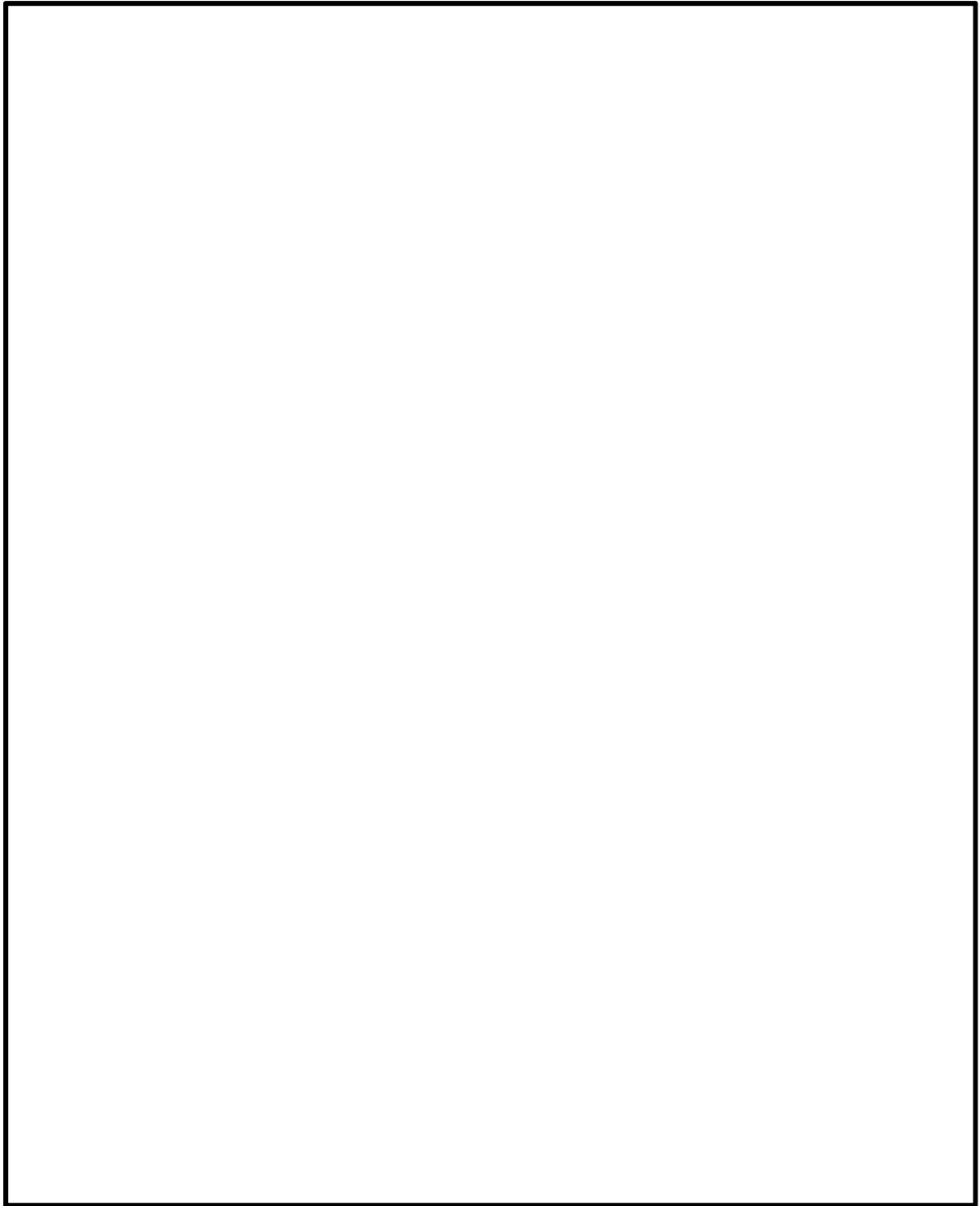


図 2-5 原子炉建屋とサービス建屋のクリアランス

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。サービス建屋の波及的影響評価は、資料V-2-11-1「波及的影響を及ぼす恐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、原子炉建屋との相対変位の評価及び層間変形角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。なお、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、資料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。

サービス建屋と原子炉建屋の相対変位が、建屋間のクリアランスを超える場合には、衝突を考慮した場合の評価を行い、原子炉建屋が支持機能を維持することに加えて、原子炉建屋が内包する設備に波及的影響がないことを確認する。

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。

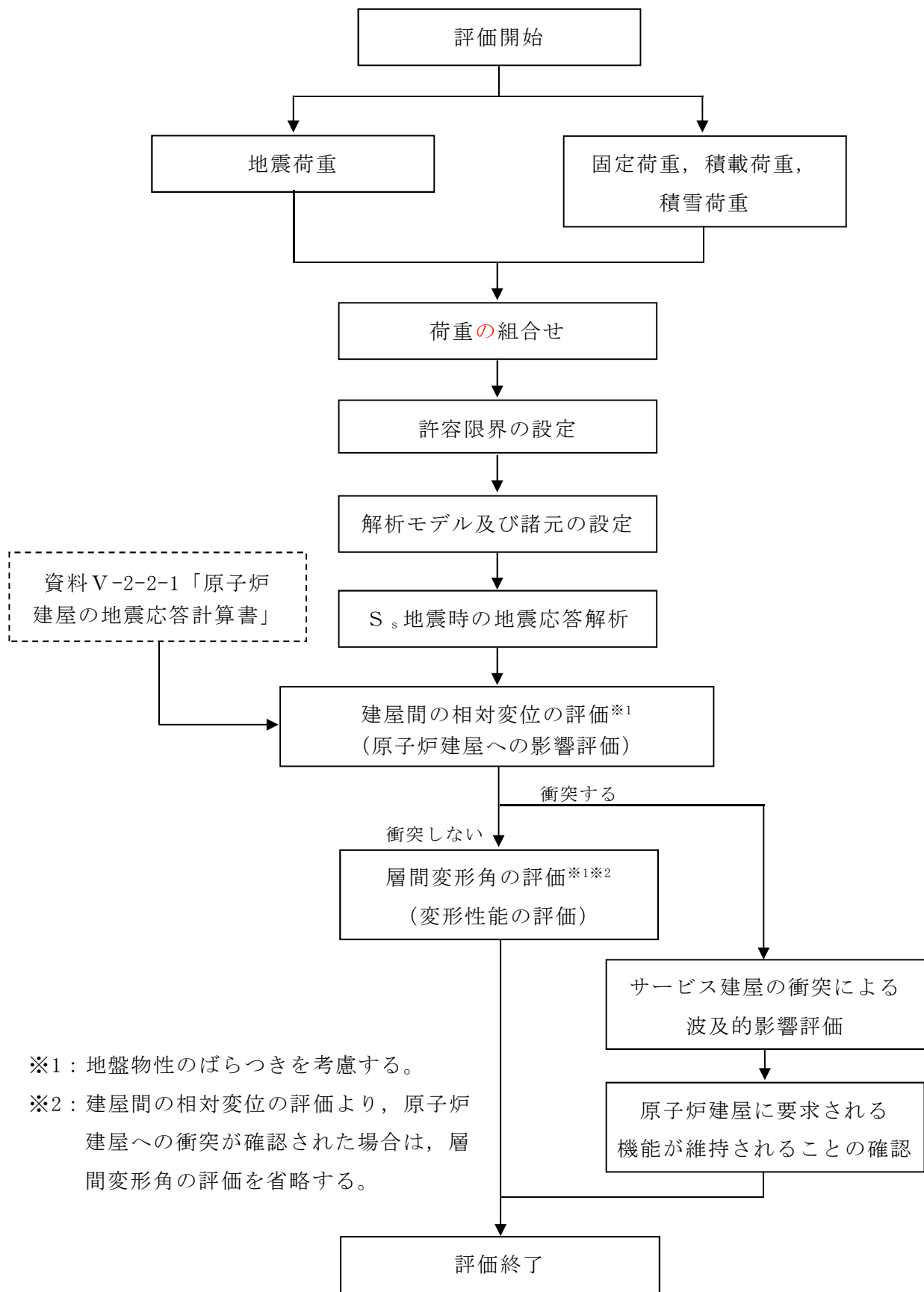


図 2-6 サービス建屋の波及的影響の評価フロー

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。

- ・ 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)
- ・ 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)
- ・ 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、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、資料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」に示す基準地震動S_sを基に、地盤条件を考慮し、地盤の地震応答解析により基礎底面位置で算定する。

3.3 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは、資料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)

サービス建屋に作用する固定荷重 (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

※1：各階の平均値を示す。

※2：積雪荷重を含む。

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	外壁 (1F~3F)	1.20 kN/m ²

(2) 積雪荷重 (S)

積雪荷重は、資料 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、資料 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 積雪荷重 (S)

外力の状態	荷重組合せ
S _s 地震時	G + P + S _{地震時} + K _S

- G : 固定荷重
- P : 積載荷重
- S_{地震時} : 積雪荷重
- K_S : S_s地震荷重

3.4 許容限界

地震応答解析による評価におけるタービン建屋の許容限界は、資料V-2-11-1「波及的影響を及ぼす恐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 地震応答解析による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（評価基準値）
原子炉建屋に波及的影響を及ぼさない	基準地震動 S_s	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	クリアランス： 50 mm

表3-6 地震応答解析による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（評価基準値）
原子炉建屋に波及的影響を及ぼさない	基準地震動 S_s	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	クリアランス： 50 mm

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、資料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 3-1 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、杭を考慮した地盤の動的インピーダンスから算定する。動的インピーダンスは薄層要素法と3次元有限要素法を組み合わせた方法を用いて計算する。

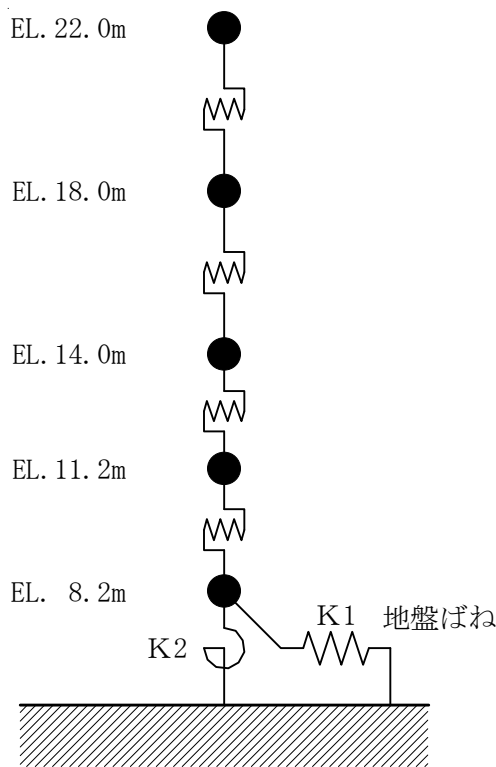
地盤定数を表 3-9～表 3-16 に、地盤応答解析に用いる基礎地盤のばね定数を表 3-17 に示す。また、基礎地盤の減衰係数を設定する。

地震応答解析は、上記復元力特性を用いた弾塑性時刻歴応答解析とし、建屋と地盤の相互作用を評価した建屋-地盤連成モデルとする。この連成モデルへの入力地震動は、資料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」に示す解放基盤表面レベルで定義された設計用模擬地震波を基に、地盤条件を考慮し、地盤の地震応答解析により基礎底面位置で算定した応答波を用いることとする。

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



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 _g	要素 番号	ばね定数 ×10 ⁶ kN/m K
22.00	1	11000	—		
18.00	2	9260	—	1	7.44
14.00	3	11070	—	2	6.22
11.20	4	7950	—	3	19.7
8.20	5	37150	2.37	4	22.5
総重量		76430			

図 3-1 地震応答解析モデル

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		4.7	2.01	0.11	171	1794	0.495																		
-2.7	Km	11.7	2.15	0.05	391	1847	0.477																		
-14.4								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																									
-120.0														30.0	1.73	0.03	486	1745	0.458						
-150.0																									
-190.0														40.0	1.74	0.03	542	1809	0.451						
-230.0																									
-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												

*: 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		4.7	2.01	0.05	212	1800	0.493																		
-2.7	Km	11.7	2.15	0.04	442	1862	0.470																		
-14.4								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																									
-120.0														30.0	1.73	0.03	501	1751	0.455						
-150.0																									
-190.0														40.0	1.74	0.02	558	1816	0.448						
-230.0																									
-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												

*: 地下水位より浅いことを示す。

表 3-11 地盤定数 (S_s-12)

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		4.7	2.01	0.05	211	1800	0.493						
-2.7	Km	11.7	2.15	0.04	433	1859	0.471						
-14.4								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	解放基盤	—	1.76	0.00	718	1988	0.425						
-320.0								50.0	1.75	0.03	594	1891	0.445
-370.0	50.0	1.76	0.03	633	1928	0.440							

*: 地下水位より浅いことを示す。

表 3-12 地盤定数 (S_s-13)

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		4.7	2.01	0.06	209	1800	0.493						
-2.7	Km	11.7	2.15	0.04	433	1859	0.471						
-14.4								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	解放基盤	—	1.76	0.00	718	1988	0.425						
-320.0								50.0	1.75	0.03	594	1891	0.445
-370.0	50.0	1.76	0.03	629	1926	0.440							

*: 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		4.7	2.01	0.05	216	1801	0.493																		
-2.7	Km	11.7	2.15	0.04	439	1861	0.471																		
-14.4								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																									
-120.0														30.0	1.73	0.03	489	1746	0.457						
-150.0																									
-190.0														40.0	1.74	0.03	542	1809	0.451						
-230.0																									
-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												

*: 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		4.7	2.01	0.08	189	1797	0.494																		
-2.7	Km	11.7	2.15	0.04	418	1854	0.473																		
-14.4								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																									
-120.0														30.0	1.73	0.03	501	1751	0.455						
-150.0																									
-190.0														40.0	1.74	0.02	561	1817	0.447						
-230.0																									
-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												

*: 地下水位より浅いことを示す。

表 3-15 地盤定数 (S_s-22)

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	Km	11.7	2.15	0.05	406	1851	0.475																																																						
-14.4								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																																																													
-320.0	50.0	1.76	0.02	659	1940	0.435																																																							
-370.0							解放基盤	—	1.76	0.00	718	1988	0.425																																																

*: 地下水位より浅いことを示す。

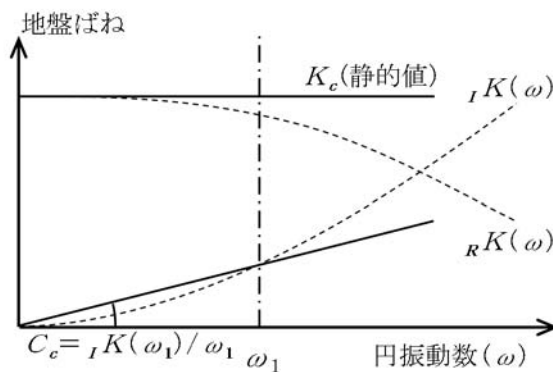
表 3-16 地盤定数 (S_s-31)

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	Km	11.7	2.15	0.06	384	1845	0.477																																																						
-14.4								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																																																													
-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																																																

*: 地下水位より浅いことを示す。

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 kN/m (kN・m/rad)	減衰係数 kN・s/m (kN・m・s/rad)
S _s -D1	底面 スウェイばね K _S	4.08×10 ⁶	3.17×10 ⁵
	底面 ロッキングばね K _R	1.87×10 ⁹	1.95×10 ⁷
S _s -11	底面 スウェイばね K _S	5.73×10 ⁶	3.25×10 ⁵
	底面 ロッキングばね K _R	2.15×10 ⁹	1.76×10 ⁷
S _s -12	底面 スウェイばね K _S	5.65×10 ⁶	3.27×10 ⁵
	底面 ロッキングばね K _R	2.13×10 ⁹	1.83×10 ⁷
S _s -13	底面 スウェイばね K _S	5.58×10 ⁶	3.25×10 ⁵
	底面 ロッキングばね K _R	2.12×10 ⁹	1.81×10 ⁷
S _s -14	底面 スウェイばね K _S	6.02×10 ⁶	3.31×10 ⁵
	底面 ロッキングばね K _R	2.18×10 ⁹	1.77×10 ⁷
S _s -21	底面 スウェイばね K _S	4.53×10 ⁶	3.03×10 ⁵
	底面 ロッキングばね K _R	1.99×10 ⁹	1.78×10 ⁷
S _s -22	底面 スウェイばね K _S	4.24×10 ⁶	3.07×10 ⁵
	底面 ロッキングばね K _R	1.93×10 ⁹	1.84×10 ⁷
S _s -31	底面 スウェイばね K _S	3.95×10 ⁶	3.16×10 ⁵
	底面 ロッキングばね K _R	1.84×10 ⁹	1.97×10 ⁷



底面ばね

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

3.5.2 解析方法

サービス建屋の地震応答解析は、資料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RC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)－層間変形角(R)関係を図3-2に示す。

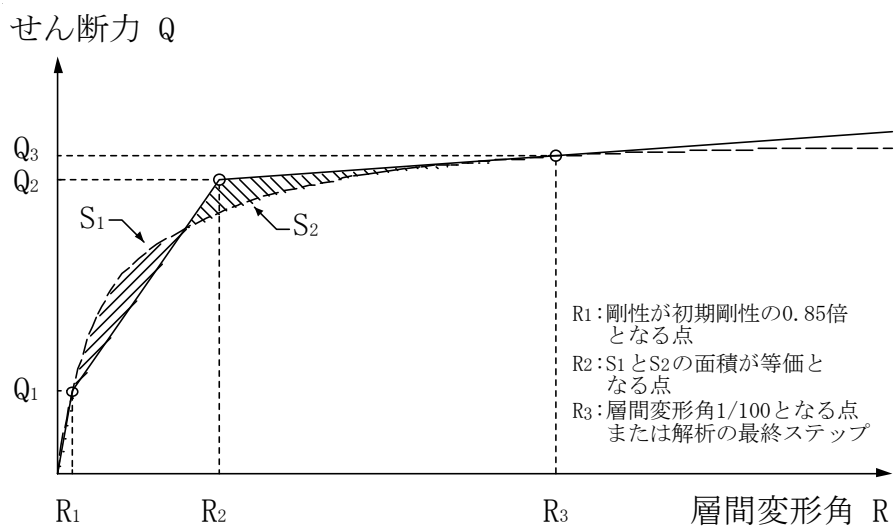


図 3-2 EW 方向のせん断力 (Q) - 層間変形角 (R) 関係

(2) スケルトン曲線

サービス建屋の各部材について、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)

E. L. 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	1800	15800	19000	0.242	6.70	31.9
18.00 ~ 14.00	2	5700	21100	22700	0.916	12.0	40.0
14.00 ~ 11.20	3	3000	27300	29900	0.152	6.50	28.0
11.20 ~ 8.20	4	2570	36600	39200	0.114	7.20	30.0

3.5.4 材料物性のばらつき

解析においては、V-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」の「3.1 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。

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

ケース名	地盤のせん断波速度 V_s (m/s)
基本	平均値 (718)
地盤 + σ	+ σ 相当 (790)
地盤 - σ	- σ 相当 (646)

注：() 内は、解放基盤表面のせん断波速度を示す。

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、サービス建屋の原子炉建屋への影響の評価及び構造物全体としての変形性能の評価を行う。サービス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、建屋の衝突の有無を確認する。

3.6.1 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。

3.6.2 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。

4. 評価結果

サービス建屋の原子炉建屋への接触の有無の評価は、地震時のサービス建屋と原子炉建屋の最大相対変位が、建屋間のクリアランスを超えないことを確認する。

4.1 原子炉建屋への影響の評価

サービス建屋と原子炉建屋との建屋間の最大相対変位は、地盤物性のばらつきを考慮しない基本ケースのS。地震時に対し、建屋間のクリアランスを超え原子炉建屋に接触するため、「2.3 評価方針」に基づき、「5. 衝突による波及的影響の評価」にて、サービス建屋の衝突による原子炉建屋への波及的影響を確認する。また、構造物全体としての変形性能の評価は省略する。

5. 衝突による波及的影響評価

5.1 評価方針

「4.1 原子炉建屋への影響の評価結果」及び資料V-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」より，サービス建屋と原子炉建屋との建屋間の最大相対変位が，建屋間のクリアランスを超え，両建屋が接触する場合は，波及的影響評価として，衝突荷重に対し，原子炉建屋に要求される機能の維持の確認を行う。更に，内包する設備に波及的影響を及ぼさないことの確認として，S₀地震時に対し，最大せん断ひずみが許容限界を超えないことを確認する。

原子炉建屋への影響の評価フローを図5-1に示す。

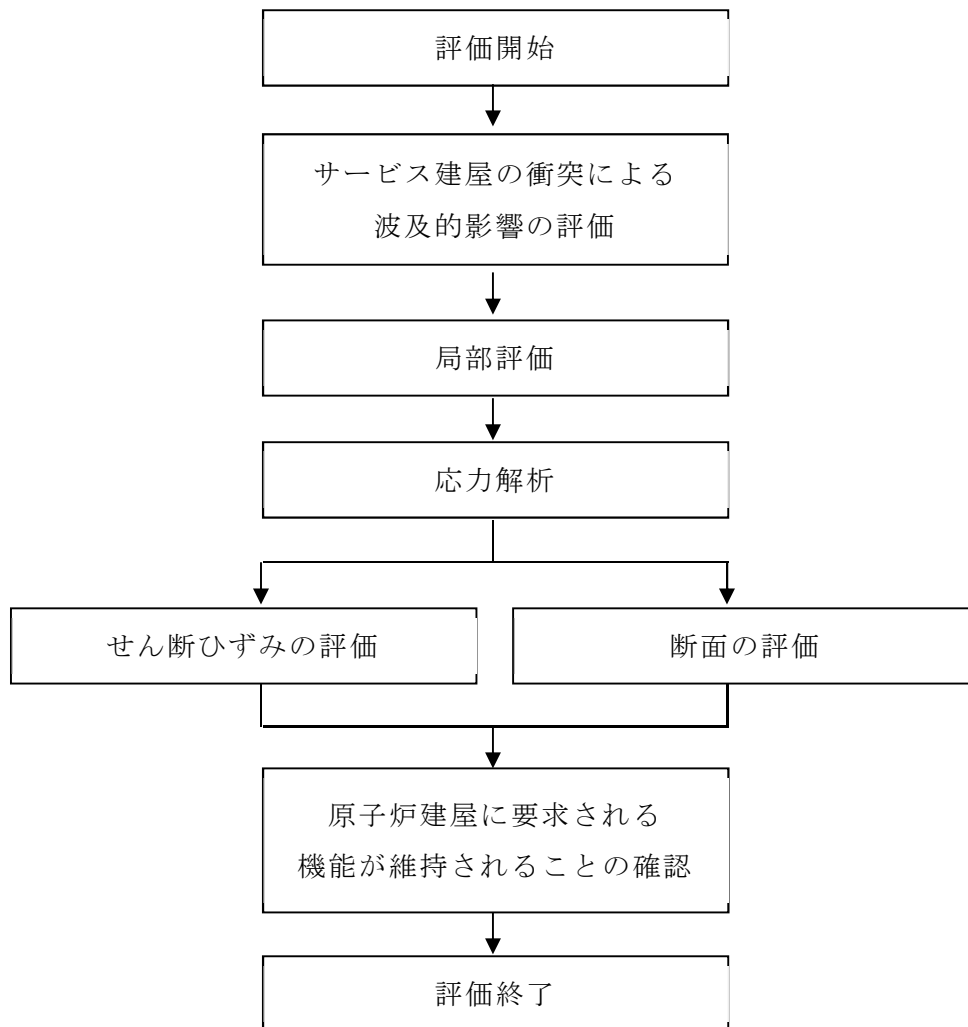


図5-1 原子炉建屋への影響の評価フロー

5.2 衝突荷重に対する評価方法

5.2.1 評価対象部位及び評価方針

サービス建屋と原子炉建屋の最大相対変位が、建屋間のクリアランスを超える場合は、衝突による波及的影響評価として、原子炉建屋の壁の面外方向に対して、衝突荷重を考慮して弾性応力解析を実施する。

「4.1 原子炉建屋への影響の評価結果」で得られたサービス建屋の応答変位と資料V-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」で得られた原子炉建屋の応答変位から算出した最大相対変位を表5-1に示す。表5-1より、サービス建屋の質点レベルEL. 14.0m～EL. 22.0mにおいて最大相対変位がクリアランスを超えるため、衝突解析により、図5-2に示す衝突範囲を評価対象部位として評価を行う。



図5-2 衝突範囲（評価対象部位）

表 5-1 最大相対変位

原子炉 建屋		サービス 建屋		最大相対変位 ^{※1} (mm)							
質点 番号	高さ (EL. +m)	質点 番号	高さ (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
7	20.30	1	22.00	<u>133.2</u>	24.7	25.8	25.5	18.1	34.5	<u>94.4</u>	<u>101.6</u>
		2	18.00	<u>126.5</u>	22.2	23.4	23.2	16.4	30.3	<u>88.3</u>	<u>96.1</u>
8	14.00		18.00	<u>123.4</u>	21.1	21.9	21.8	15.4	29.0	<u>86.2</u>	<u>90.5</u>
		3	14.00	<u>61.1</u>	16.7	17.1	17.2	12.3	20.2	39.6	<u>66.8</u>
		4	11.20	36.9	13.4	13.9	14.1	10.0	15.3	23.6	44.2
9	8.20		11.20	34.4	12.5	12.7	12.8	9.1	14.1	22.0	40.7
5		8.20	27.8	11.0	9.9	10.4	8.3	12.9	17.5	31.2	

※1：近接する高さの質点における最大相対変位を算定

5.2.2 許容限界

応力解析による評価における原子炉建屋の許容限界は、資料V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、表5-2のとおり設定する。

表5-2 応力解析による評価における許容限界

要求機能	機能設計上の性能目標	地震力	部 位	機能維持のための考え方	許容限界 (評価基準値)
—	構造強度を有すること	基準地震動 S_s	原子炉建屋の耐震壁	部材に生じる応力及びひずみが構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	終局耐力
支持機能 (※1)	機器・配管系等を支持する機能を損なわないこと	基準地震動 S_s	原子炉建屋の耐震壁	部材に生じる応力及びひずみが支持機能を維持するための許容限界を超えないことを確認	最大せん断ひずみ 2.0×10^{-3}

※1：「支持機能」の確認には、「内包する設備に対する波及的影響評価」の確認が含まれる。

5.2.3 評価方法

(1) 層評価

原子炉建屋の間接支持機能維持及び内包する設備に対する波及的影響の確認として、せん断ひずみによる評価を行う。資料V-2-2-1「原子炉建屋の地震応答計算書」による原子炉建屋の S_s 地震時における最大応答せん断力にサービス建屋衝突時の原子炉建屋への作用荷重を足し合わせた最大値が許容限界を超えないことを確認する。

サービス建屋の最頂部の質点レベル EL. 22.0 m において原子炉建屋に衝突するものとして、層としての健全性を確認する。

衝突による荷重は、サービス建屋の衝突する層が原子炉建屋に作用させうる最大の荷重として当該層の保有水平耐力とする。

サービス建屋の質点レベル EL. 18.0 m～EL. 22.0 m の部材における EW 方向の保有水平耐力を表 5-3 に示す。

表 5-3 サービス建屋衝突時の原子炉建屋への作用荷重
(サービス建屋の保有水平耐力)

原子炉建屋への作用荷重 (kN)
16270

(2) 局部評価

a. 解析モデル

衝突解析における応力解析モデルは、原子炉建屋の機能維持の確認を目的として、原子炉建屋の中央制御室の外壁を、幅 1000 mm、厚さ 900 mm、長さ 4500 mm の両端固定梁としてモデル化する。図 5-3 に応力解析モデルを示す。

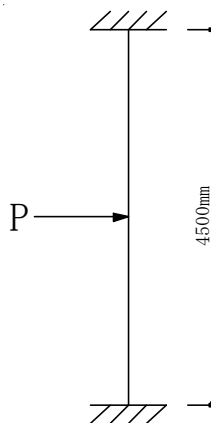


図 5-3 応力解析モデル

b. 荷重の算定方法

原子炉建屋への作用荷重は、表 5-3 に示すサービス建屋当該階の EW 方向の保有水平耐力が、原子炉建屋中央制御室外壁に集中荷重として作用するものとする。

局部評価に用いた、サービス建屋衝突時の原子炉建屋への作用荷重、接触幅、単位幅当たりの作用荷重、原子炉建屋外壁の使用材料を表 5-4 に示す。

表 5-4 作用荷重、接触幅、単位幅当たりの作用荷重及び原子炉建屋の使用材料

作用荷重 (kN)	接触幅 (m)	単位幅当たりの 作用荷重 (kN/m)	原子炉建屋外壁の使用材料	
			鉄筋	コンクリート
16270	40.15	406	SD345 2-D35@200	$F_c = 22.1 \text{ N/mm}^2$

c. 荷重の入力方法

荷重の入力方法は、「b. 荷重の算定方法」で算定した単位幅当たりの作用荷重を図 5-3 に示す両端固定梁に集中荷重として与える。荷重入力的位置は、保守的な設定として梁中央部とする。

5.2.4 断面の評価方法

原子炉建屋の断面の評価に用いる応力は、両端固定梁を用いた応力解析により得られた原子炉建屋の外壁に作用する曲げモーメント及び面外せん断応力が、「技術基準解説書」に基づいて求めた終局耐力を超えないことを確認する。

5.3 衝突解析による評価結果

5.3.1 せん断ひずみの評価結果

衝突時の原子炉補助建屋の鉄筋コンクリート造耐震壁について、「5.2.3 評価方法」に基づき、 S_s 地震時のサービス建屋との衝突における評価対象部位の最大せん断ひずみが許容限界 (2.0×10^{-3}) を超えないことを確認する。

サービス建屋衝突時の原子炉建屋への作用荷重を表 5-5 に、ばらつきを考慮した S_s 地震時の原子炉建屋の最大応答せん断力の最大値とサービス建屋による作用荷重を足し合わせた最大応答せん断力を表 5-6 に示す。また、 S_s 地震時においてサービス建屋の衝突による作用荷重を考慮した原子炉建屋の EW 方向の $Q-\gamma$ 関係と最大応答値を図 5-4 に示す。

S_s 地震時においてサービス建屋の衝突による作用荷重を考慮しても原子炉建屋の最大せん断ひずみは許容限界 (2.0×10^{-3}) を超えないことを確認した。

表 5-5 サービス建屋衝突時の原子炉建屋への作用荷重

原子炉建屋への作用荷重 (kN)
16270

表 5-6 S_s 地震時の原子炉建屋の最大応答せん断力と
サービス建屋による作用荷重を足し合わせた最大応答せん断力

部材番号	最大応答せん断力 ($\times 10^3$ kN)	
	S_s 地震時 ($S_s - 31$)	S_s 地震時 ($S_s - 31$) + サービス建屋衝突時
(7)	486	502

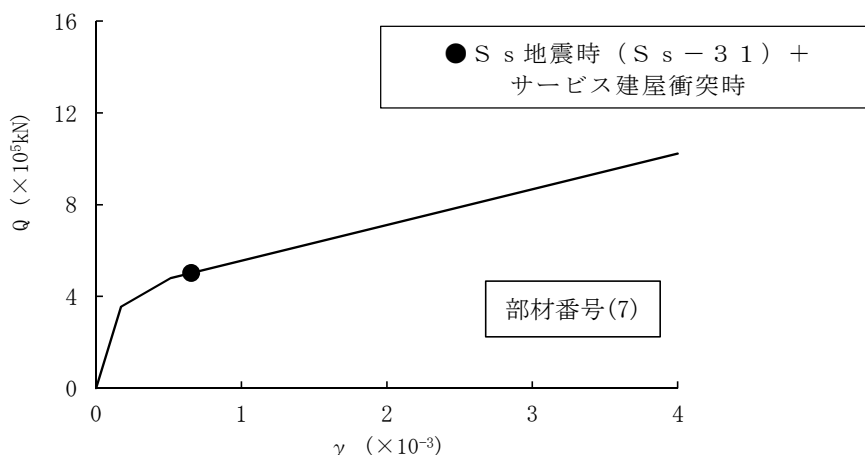


図 5-4 S_s 地震時においてサービス建屋の衝突による作用荷重を考慮した原子炉建屋の $Q-\gamma$ 関係と最大応答値

5.3.2 応力解析による評価結果

応答解析の結果を用いた最大相対変位の評価において、サービス建屋と原子炉建屋が接触するため、サービス建屋の衝突による波及的影響評価として、局所の評価を行う。

「5.2.3 評価方法」に示す原子炉建屋の応力解析モデルによる断面算定結果を表 5-7 に示す。

以上の結果より、サービス建屋の衝突により原子炉建屋に発生する断面力が許容値を超えないことを確認した。

表 5-7 断面算定結果

評価対象	解析結果	許容値 ^{※1}
曲げモーメント	229 kN・m	1225 kN・m
面外せん断力	0.43 N/mm ²	1.62 N/mm ²

※1：「技術基準解説書」に基づき，終局耐力を算定