

| | |
|-------------------|----------------|
| 島根原子力発電所第2号機 審査資料 | |
| 資料番号 | NS2-添 2-014-08 |
| 提出年月日 | 2022年2月14日 |

VI-2-11-2-2 1号機排気筒の耐震性についての計算書

2022年2月

中国電力株式会社

目次

| | |
|--------------------------|----|
| 1. 概要 | 1 |
| 2. 基本方針 | 1 |
| 2.1 位置 | 1 |
| 2.2 構造概要 | 2 |
| 2.3 評価方針 | 5 |
| 2.4 適用規格・基準等 | 7 |
| 3. 評価方法 | 8 |
| 3.1 評価対象部位及び評価方針 | 8 |
| 3.2 設計に用いる地震波 | 8 |
| 3.3 荷重及び荷重の組合せ | 17 |
| 3.4 許容限界 | 18 |
| 3.5 解析方法 | 19 |
| 3.5.1 地震応答解析モデル | 19 |
| 3.5.2 解析方法 | 33 |
| 3.5.3 材料物性の不確かさ | 34 |
| 3.6 評価方法 | 36 |
| 3.6.1 構造物全体としての変形性能の評価方法 | 36 |
| 4. 評価結果 | 37 |
| 4.1 構造物全体としての変形性能の評価結果 | 37 |

1. 概要

本資料は、VI-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、1号機排気筒が原子炉補機海水ポンプ、原子炉建物等に対して、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、原子炉補機海水ポンプ、原子炉建物等の有する機能が保持されることを確認するために、施設の損傷、転倒及び落下等による影響では、1号機排気筒の構造物全体としての変形性能の評価を行う。

2. 基本方針

2.1 位置

1号機排気筒の設置位置を図2-1に示す。

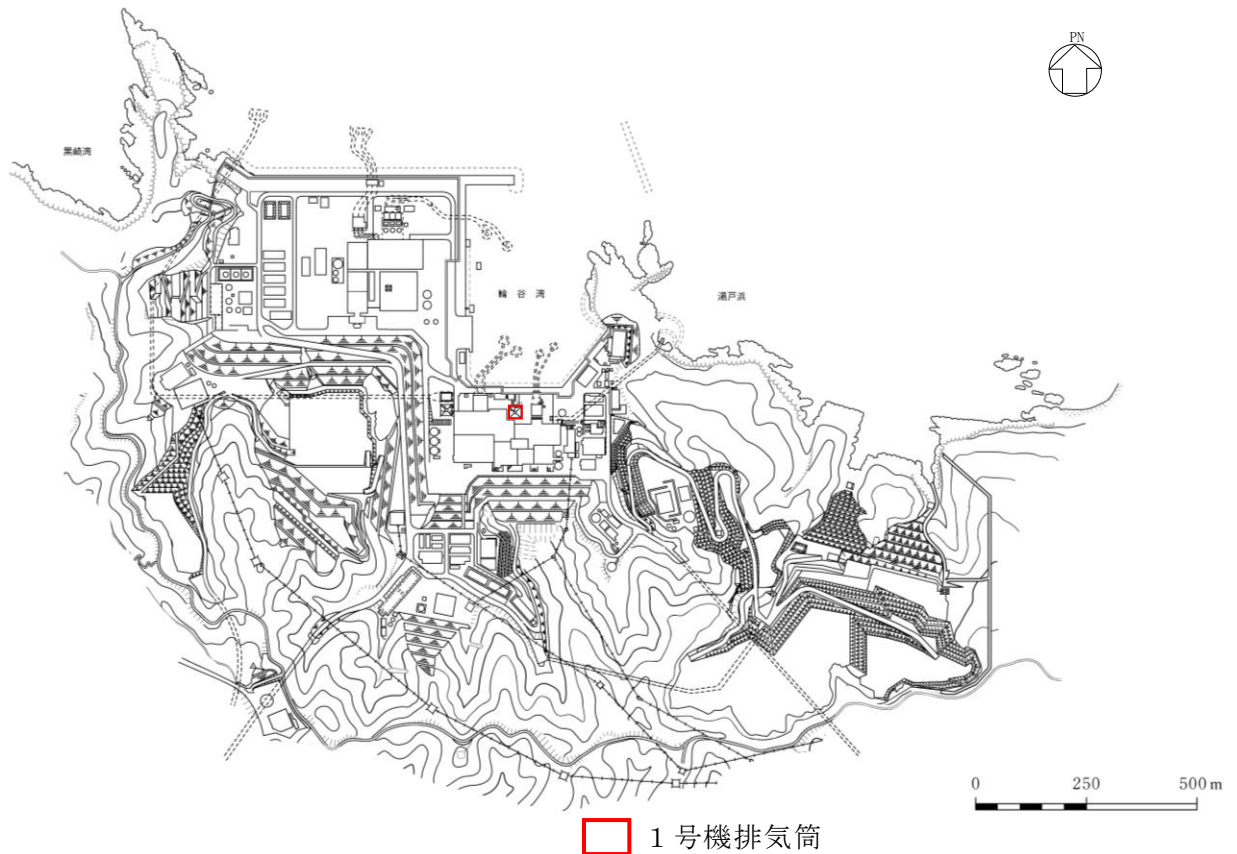


図2-1 1号機排気筒の設置位置

2.2 構造概要

1号機排気筒は、地盤からの高さ120mである内径2.8mの鋼板製筒身を鋼管四角形鉄塔で支えた鋼製鉄塔支持型排気筒である。

1号機排気筒の基礎は鉄筋コンクリート造であり、岩盤に直接設置している。

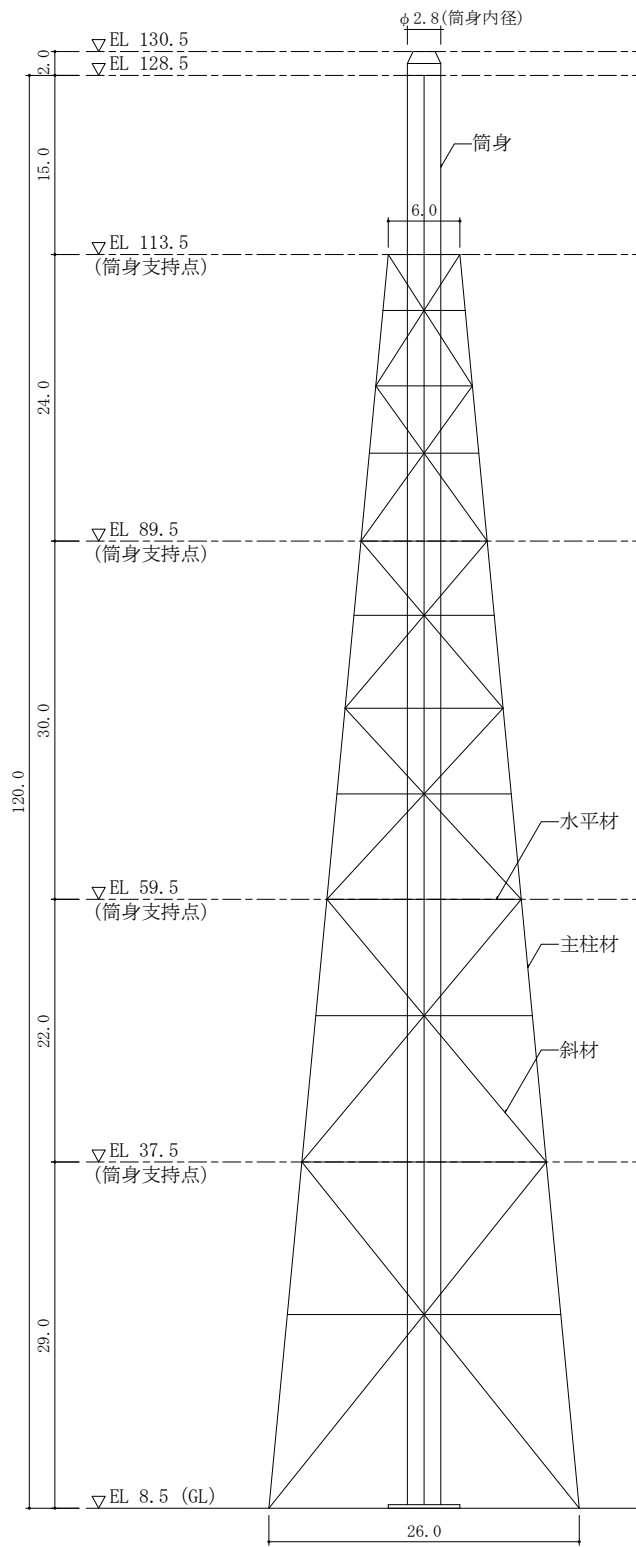
筒身は支持点位置(EL 37.5m, EL 59.5m, EL 89.5m 及び EL 113.5m*)にて鉄塔と接合されている。

1号機排気筒の概要図を図2-2に、配置図を図2-3に示す。

構造概要

| | |
|---------|---|
| 構造形状 | 鋼製鉄塔支持型 |
| 排気筒高さ | 筒身 120.0m (EL 128.5m) |
| 鉄塔高さ | 105.0m (EL 113.5m) |
| 鉄塔幅 | 頂部 6.0m |
| | 根開き 26.0m |
| 筒身支持点位置 | EL 37.5m, EL 59.5m, EL 89.5m, EL 113.5m |
| 基礎 | 鉄筋コンクリート造 |

注記* : 「EL」は東京湾平均海面 (T.P.) を基準としたレベルを示す。



| 部材リスト (単位: mm) | | 主柱材 | | 斜材 | | 水平材 | | 筒身 | |
|---------------------|--------------|--------------|-------------|-----------------|-------------|-------------|-------------|-----------------|---|
| STK41 (STK400相当) | φ 812.8×16.0 | φ 711.2×12.7 | φ 508.0×9.5 | φ 609.6×9.5 | φ 508.0×7.9 | φ 355.6×6.4 | φ 267.4×6.6 | — | 8 |
| STK41 (STK400相当) | φ 508.0×9.5 | φ 406.4×7.9 | φ 318.5×6.9 | φ 267.4×6.9 | φ 267.4×6.6 | φ 216.3×5.8 | φ 216.3×5.8 | φ 165.2 ×4.5 | 8 |
| STK41 (STK400相当) | φ 457.2×6.4 | φ 508.0×9.5 | φ 406.4×7.9 | φ 355.6 ×6.4 | φ 267.4×6.6 | φ 216.3×5.8 | φ 216.3×5.8 | φ 165.2 ×4.5 | 8 |
| SM41 (SM400相当) | t=8 | 10 | 8 | 12 14 12 | 12 14 12 | 12 14 12 | 12 14 12 | 12 14 12 | 8 |

注記 *1:SS41 (SS400相当)を示す。

図 2-2 1号機排気筒の概要図 (単位: m)

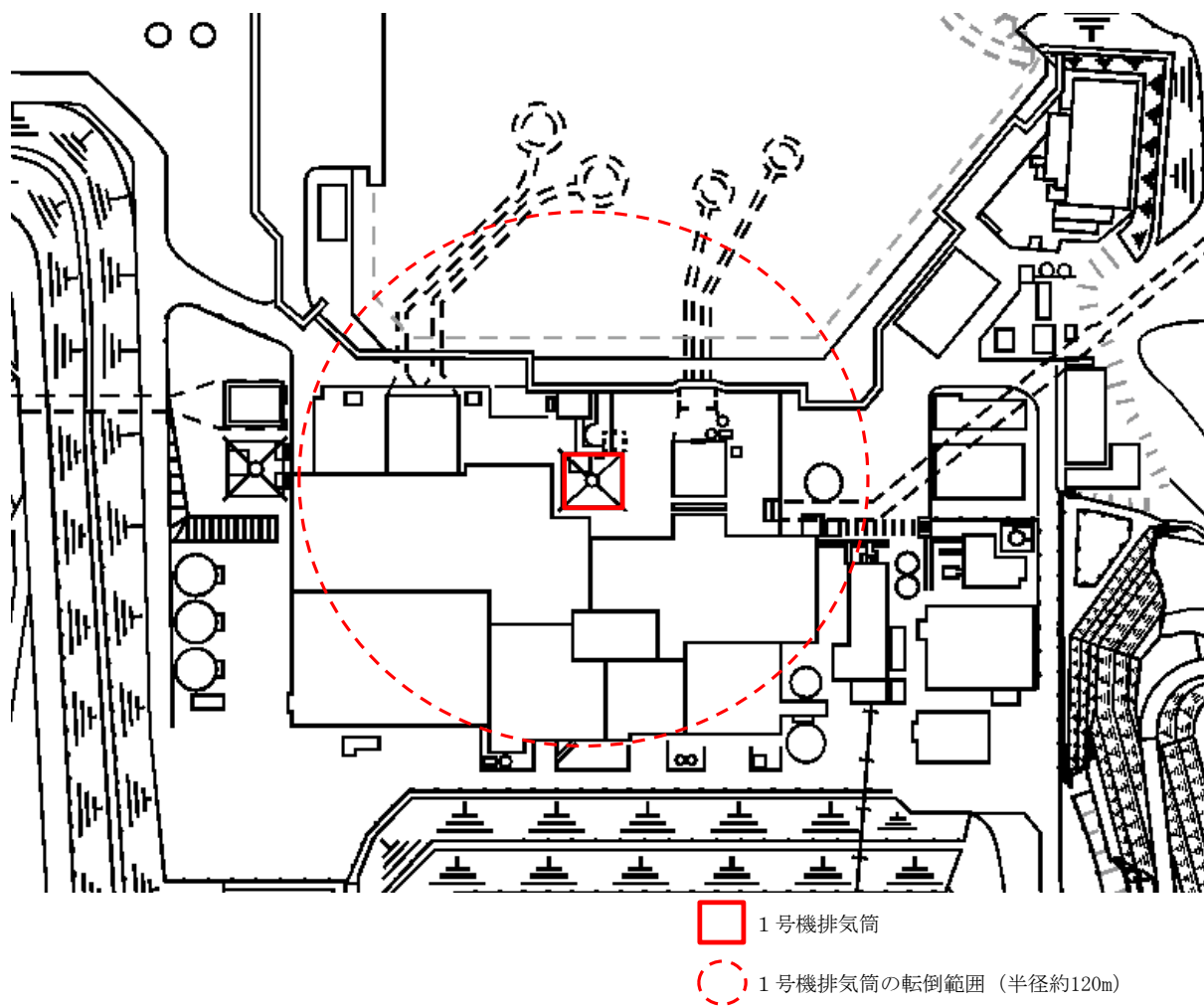


図 2-3 1号機排気筒の配置図

2.3 評価方針

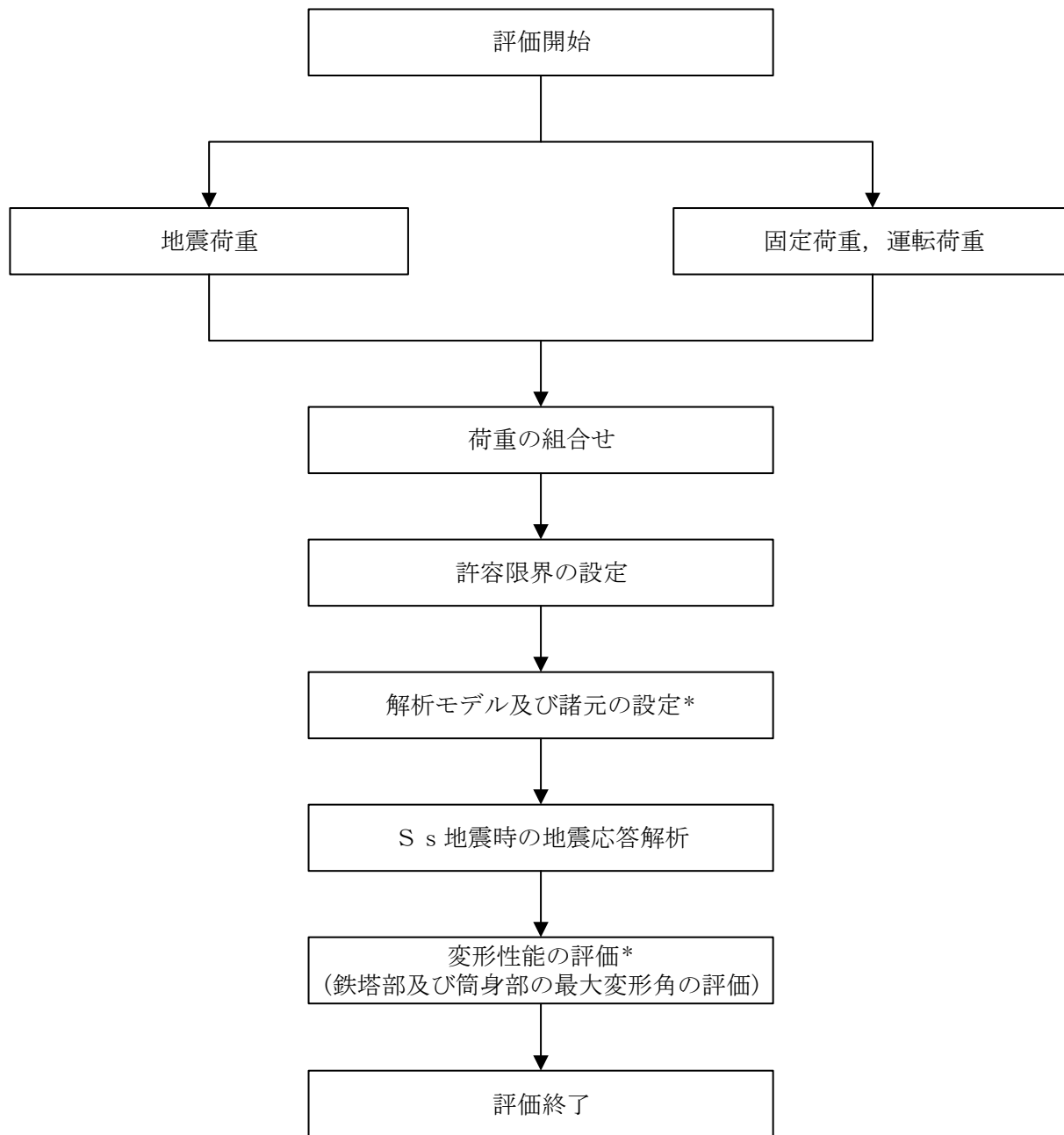
1号機排気筒は、原子炉補機海水ポンプ、原子炉建物等と同じ運転状態を想定することから、設計基準対象施設及び重大事故等対処施設に対する波及的影響の評価を行う。

1号機排気筒の設計基準対象施設に対する波及的影響の評価においては、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。

1号機排気筒の波及的影響の評価は、VI-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、地震応答解析による評価において、施設の損傷、転倒及び落下等による影響では、構造物全体としての変形性能の評価を行う。評価にあたっては、材料物性の不確かさを考慮する。

また、重大事故等対処施設に対する波及的影響の評価においては、 S_s 地震時に対する評価を行う。ここで、1号機排気筒では、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の評価は、設計基準対象施設に対する波及的影響の評価と同一となる。

図2-4に1号機排気筒の波及的影響の評価フローを示す。



注記* : 材料物性の不確かさを考慮する。

図 2-4 1 号機排気筒の波及的影響の評価フロー

2.4 適用規格・基準等

1号機排気筒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)
- ・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 改定)
- ・原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 ((社) 日本建築学会, 2005 制定)
- ・鋼構造設計規準 ー許容応力度設計法ー ((社) 日本建築学会, 2005 改定)
- ・煙突構造設計施工指針 ((財) 日本建築センター, 1982 年版)
- ・煙突構造設計指針 ((社) 日本建築学会, 2007 制定)
- ・塔状鋼構造設計指針・同解説 ((社) 日本建築学会, 1980 制定)
- ・鋼構造座屈設計指針 ((社) 日本建築学会, 1996 改定)
- ・容器構造設計指針・同解説 ((社) 日本建築学会, 2010 改定)

3. 評価方法

3.1 評価対象部位及び評価方針

1号機排気筒の波及的影響の評価は、以下の方針に基づき行う。

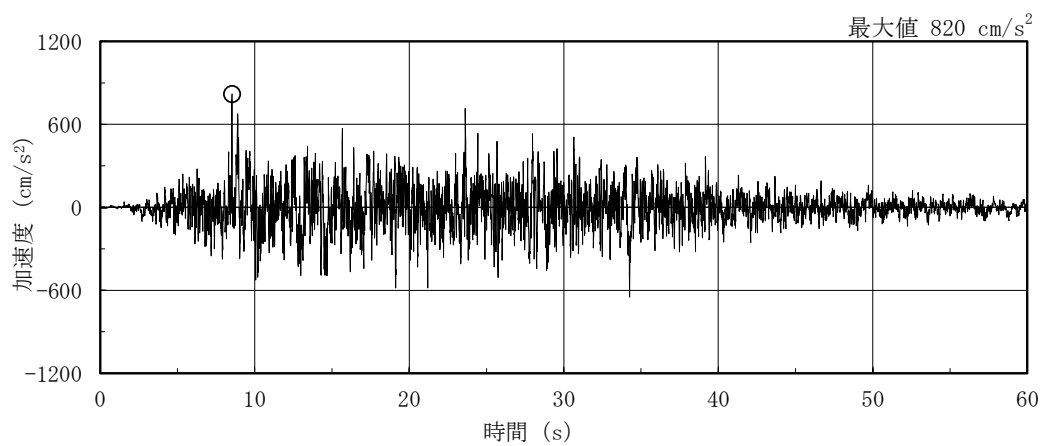
構造物全体としての変形性能の評価では、立体架構モデルを用いた地震応答解析結果により求められる鉄塔部及び筒身部の頂部変位に基づく最大変形角が、「建築基準法施行令第82条の2（層間変形角）」により設定した許容限界を超えないことを確認する。

以上の評価では、材料物性の不確かさを考慮する。

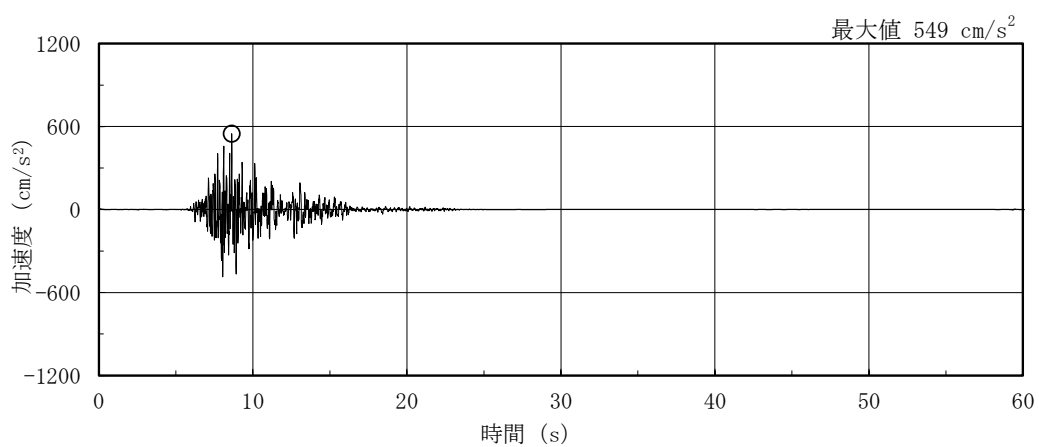
3.2 設計に用いる地震波

1号機排気筒の地震応答解析に用いる地震波は、上位クラス施設である原子炉補機海水ポンプ、原子炉建物等の評価に適用したVI-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に想定する地震波のうち、基準地震動S_sを用いることとする。

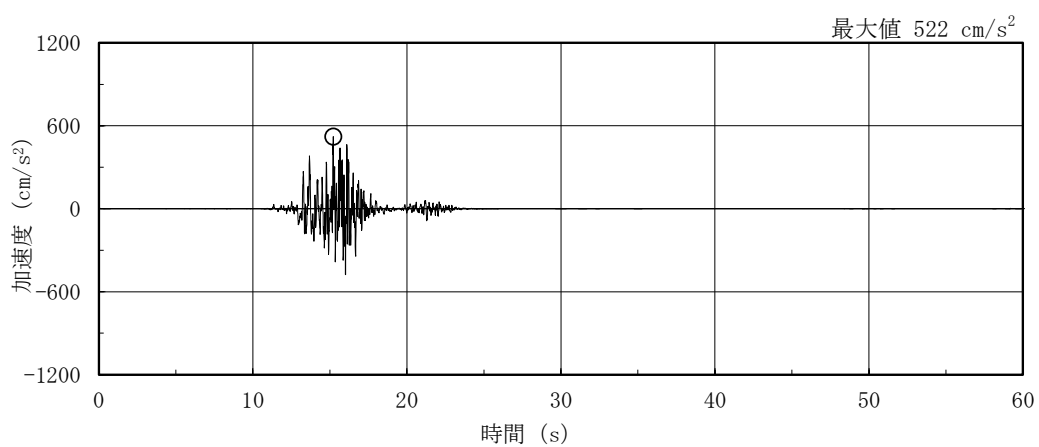
地震応答解析に用いる地震波の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルを、図3-1～図3-4に示す。



(a) S s - D

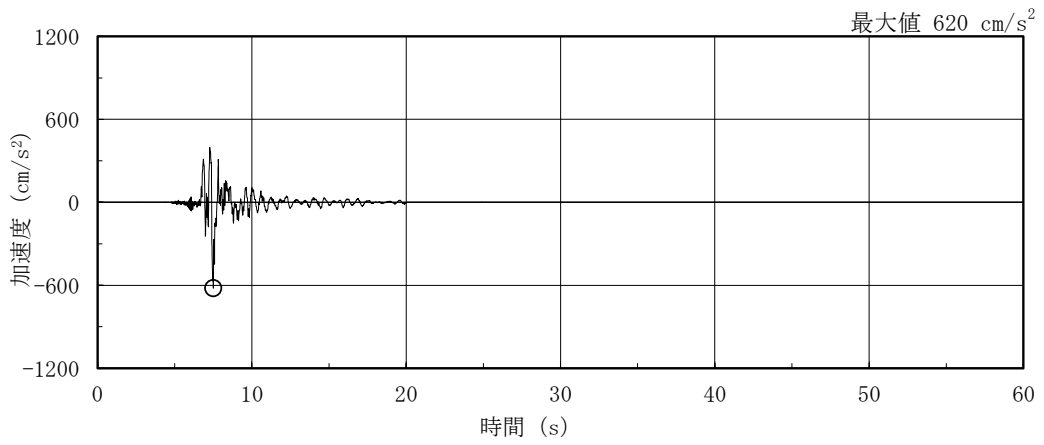


(b) S s - F 1

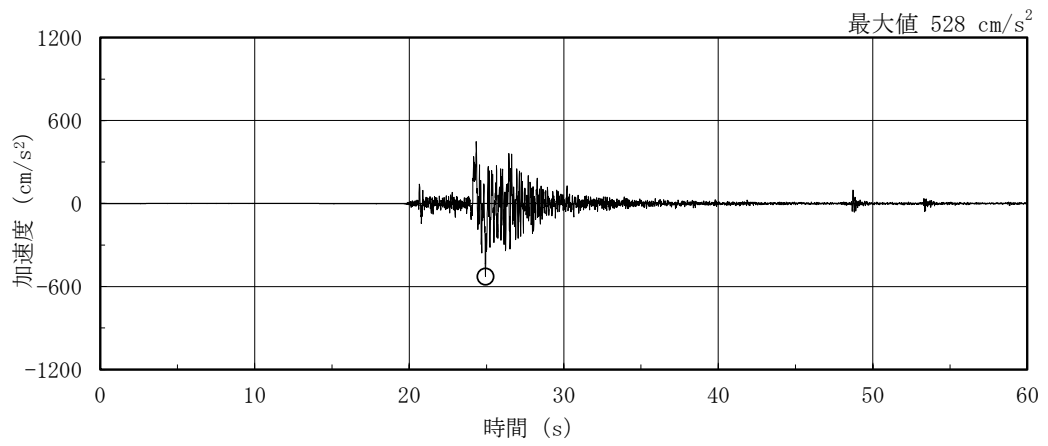


(c) S s - F 2

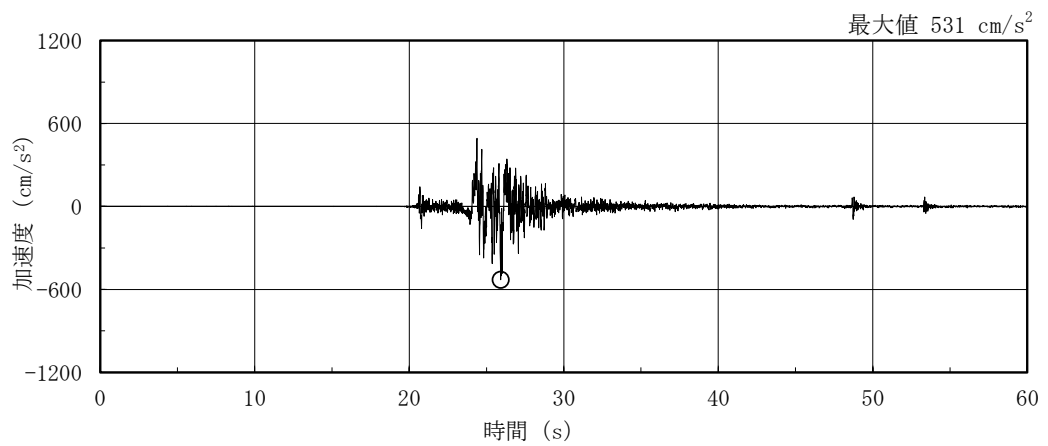
図 3-1(1) 加速度時刻歴波形 (基準地震動 S s, NS 方向)



(d) S s - N 1

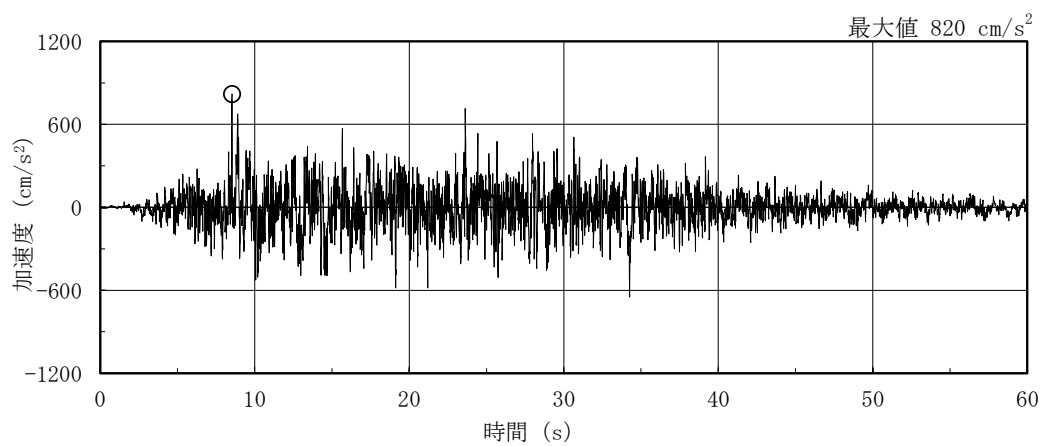


(e) S s - N 2 N S

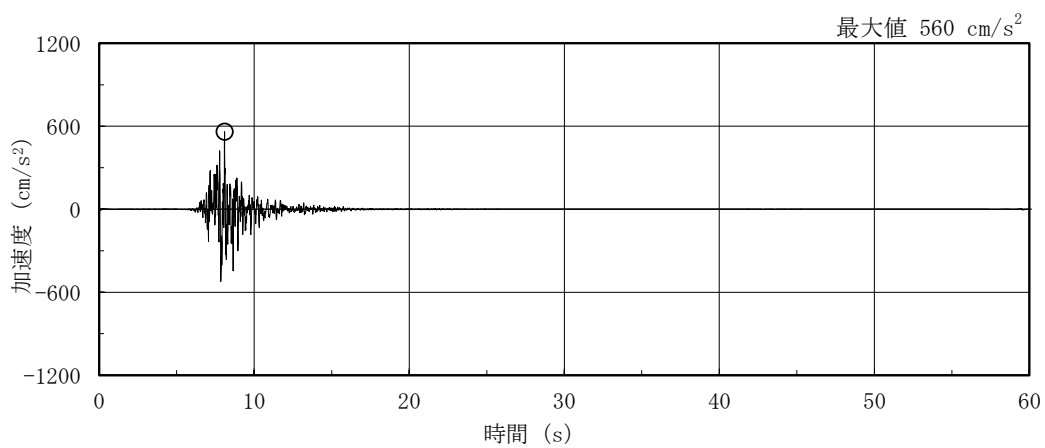


(f) S s - N 2 E W

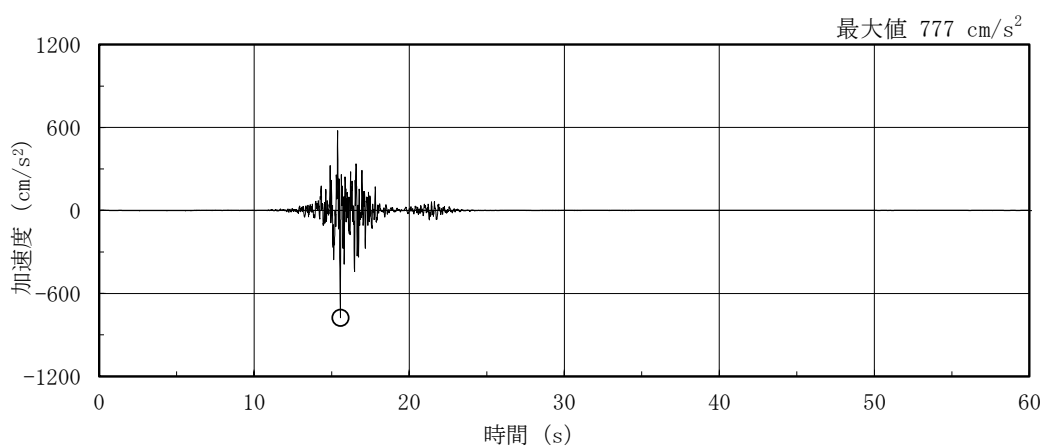
図 3-1(2) 加速度時刻歴波形 (基準地震動 S s , N S 方向)



(a) S s - D

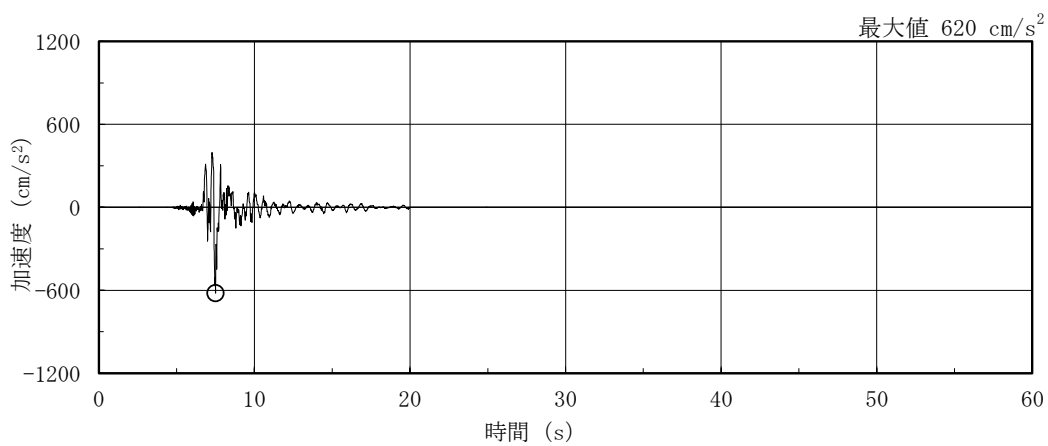


(b) S s - F 1

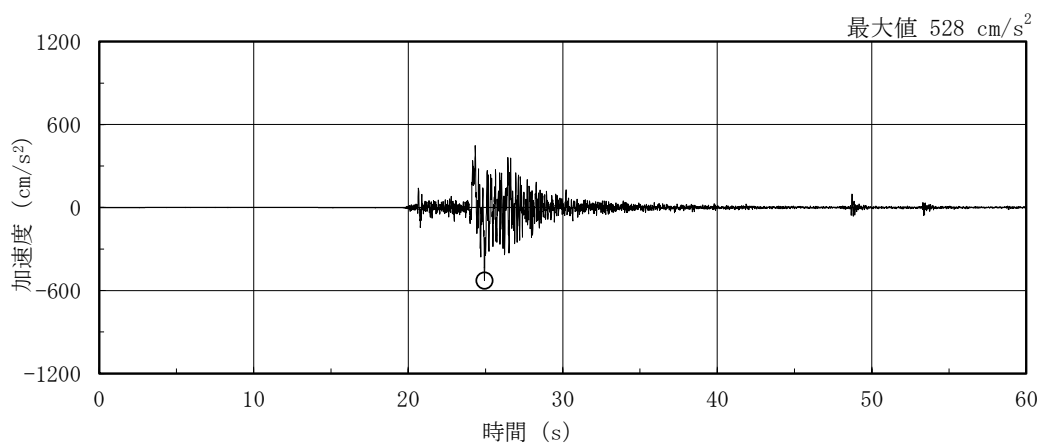


(c) S s - F 2

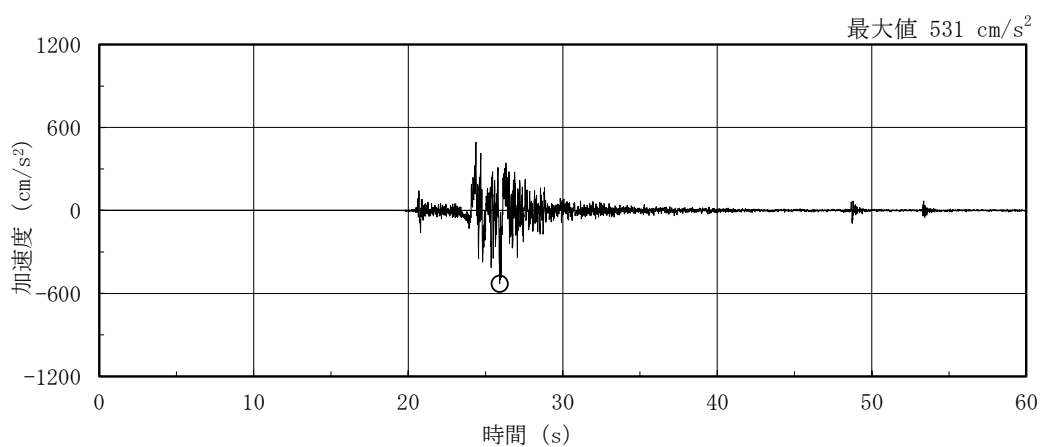
図 3-2(1) 加速度時刻歴波形 (基準地震動 S s, E W 方向)



(d) S s - N 1

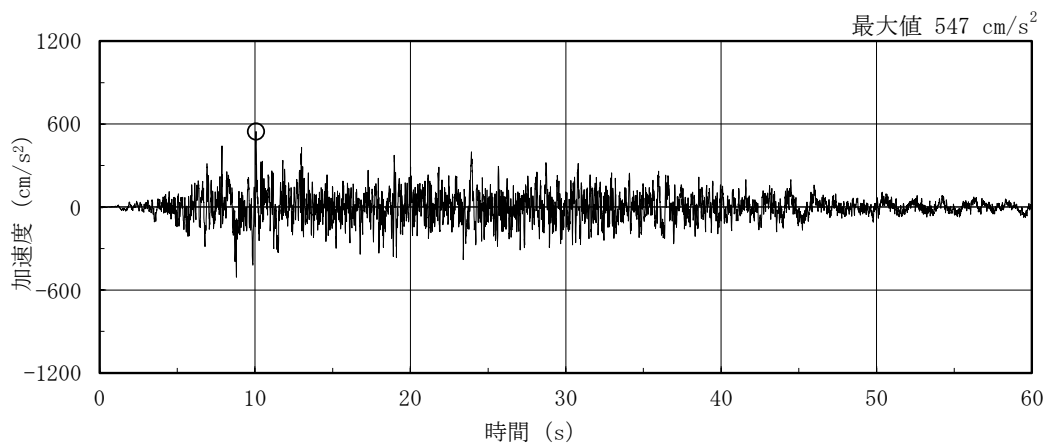


(e) S s - N 2 N S

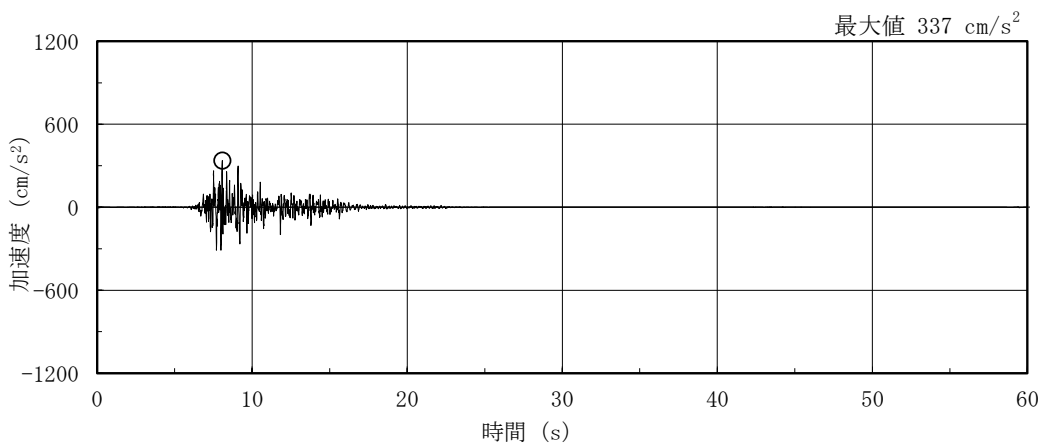


(f) S s - N 2 E W

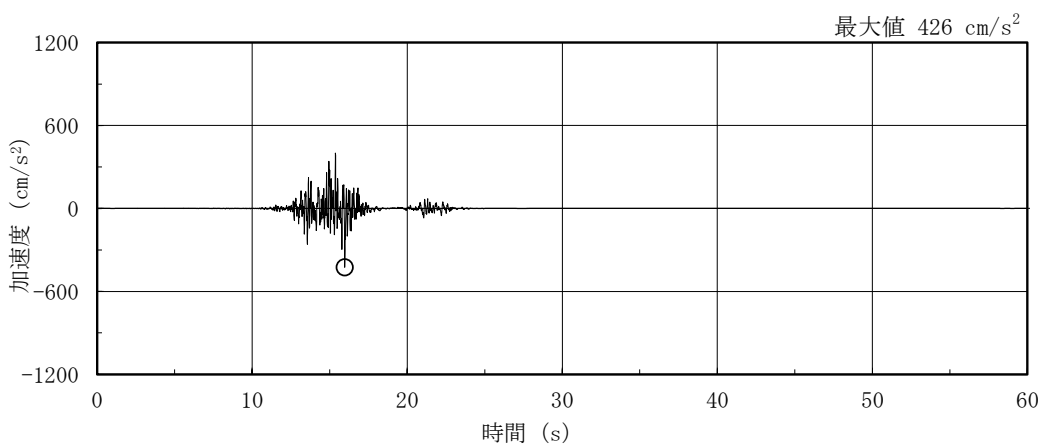
図 3-2(2) 加速度時刻歴波形 (基準地震動 S s , E W 方向)



(a) S s - D

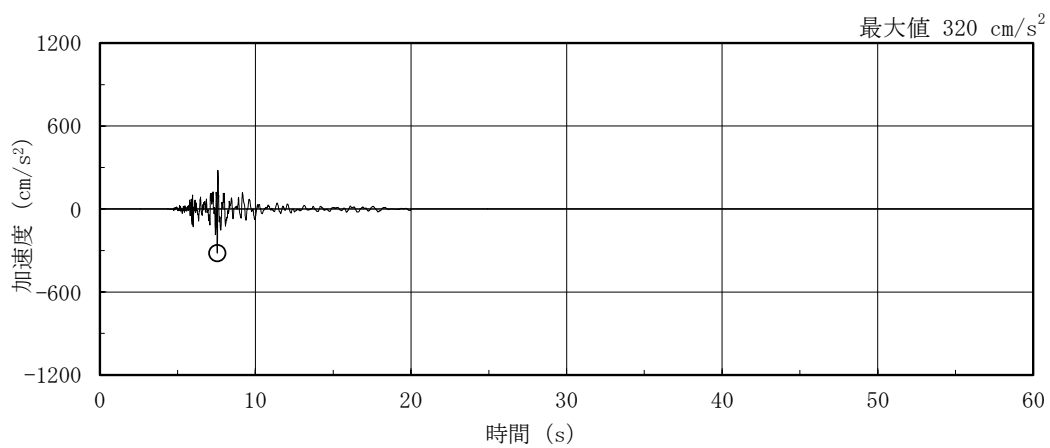


(b) S s - F 1

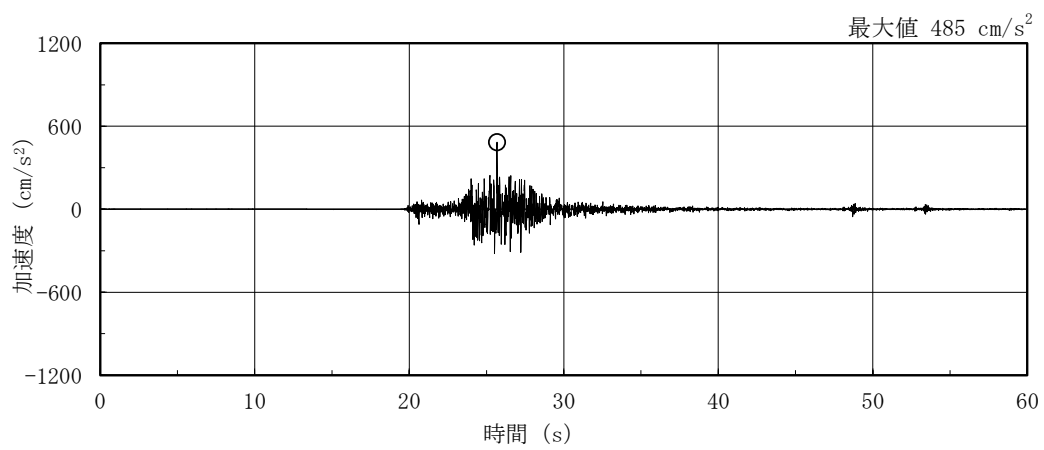


(c) S s - F 2

図 3-3(1) 加速度時刻歴波形 (基準地震動 S s, 鉛直方向)



(d) S s - N 1



(e) S s - N 2

図 3-3(2) 加速度時刻歴波形 (基準地震動 S s , 鉛直方向)

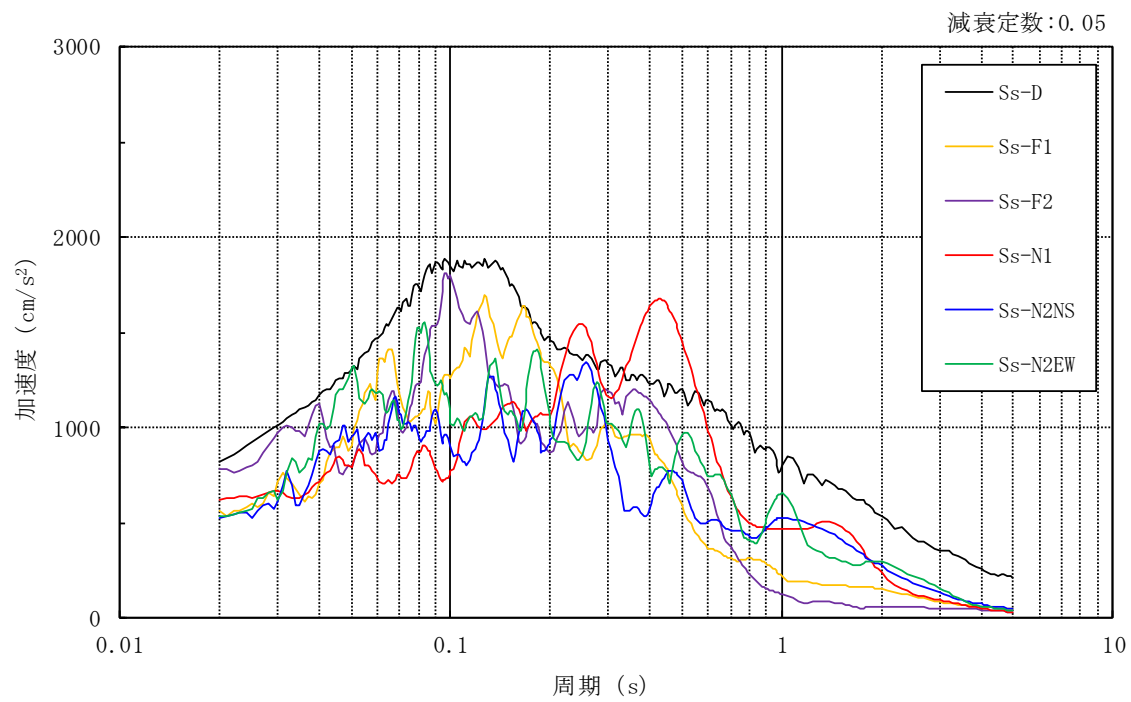
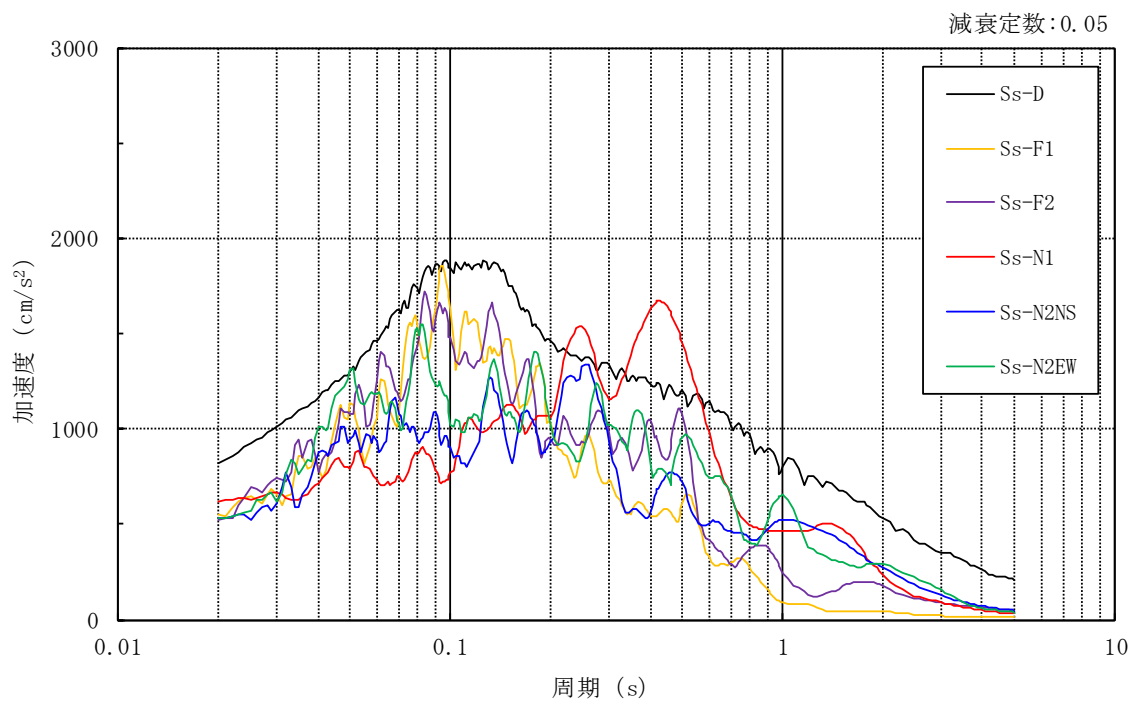


図 3-4(1) 加速度応答スペクトル (基準地震動 S s)

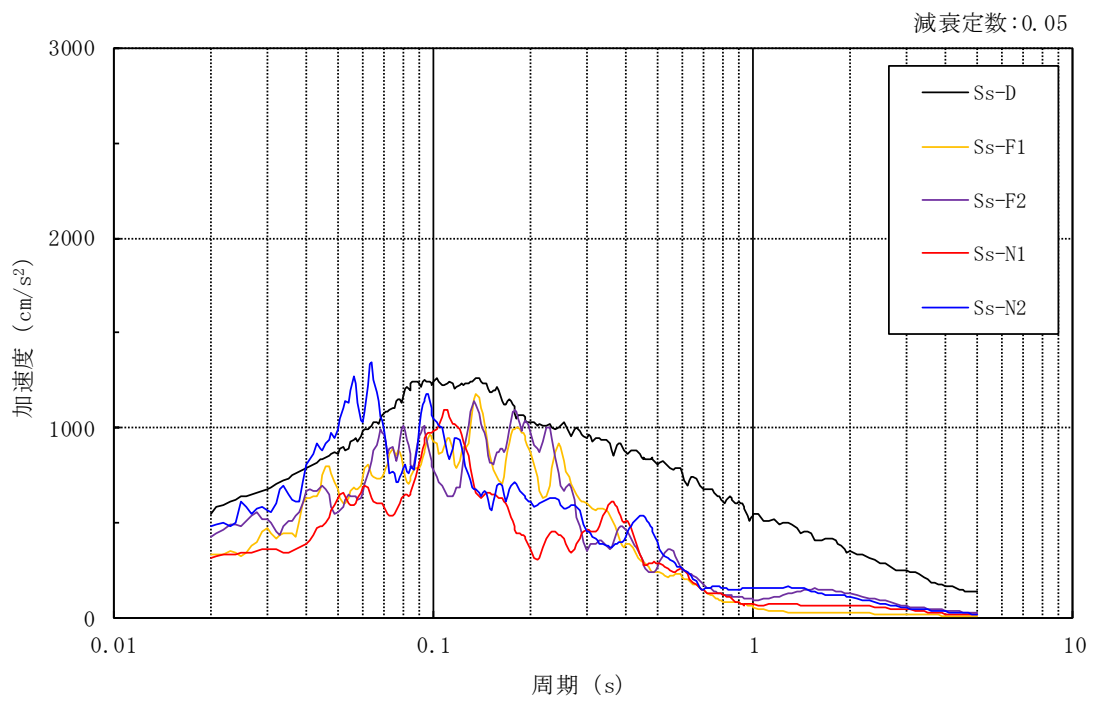


図 3-4(2) 加速度応答スペクトル (基準地震動 S s)

3.3 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは、VI-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」にて設定している荷重及び荷重の組合せを用いる。荷重の組合せを表3-1に示す。

表 3-1 荷重の組合せ

| 外力の状態 | 荷重の組合せ |
|--------------------|------------------------|
| S _s 地震時 | G + P + S _s |

[記号の説明]

G : 固定荷重

P : 地震と組み合わせべきプラントの運転状態における運転荷重

S_s : 基準地震動 S_s により定まる地震力

3.4 許容限界

1号機排気筒の原子炉補機海水ポンプ，原子炉建物等に対する波及的影響の評価における許容限界は，VI-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」に記載の許容限界に基づき，表3-2及び表3-3のとおり設定する。

表3-2 波及的影響の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 |
|-------------------------------|-----------|----------|--|--------|
| 原子炉補機海水ポンプ，原子炉建物等に波及的影響を及ぼさない | 基準地震動 S s | 鉄塔部及び筒身部 | 最大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 | 1/120* |

注記*：「建築基準法施行令第82条の2（層間変形角）」により設定。

表3-3 波及的影響の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 |
|-------------------------------|-----------|----------|--|--------|
| 原子炉補機海水ポンプ，原子炉建物等に波及的影響を及ぼさない | 基準地震動 S s | 鉄塔部及び筒身部 | 最大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 | 1/120* |

注記*：「建築基準法施行令第82条の2（層間変形角）」により設定。

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、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に記載の解析モデルの設定方針に基づき設定する。地震応答解析モデルの設定に用いた使用材料の物性値を表3-4に示す。

表3-4 使用材料の物性値

| 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 (%) | 備考 |
|--|------------------------------------|--|------------------|----|
| 鉄筋コンクリート コンクリート： Fc=22.1 (N/mm ²) (Fc=225 (kgf/cm ²)) 鉄筋：SD35 (SD345 相当) | 2.20×10 ⁴ | 9.18×10 ³ | 5 | 基礎 |
| 鋼材： SS41 (SS400 相当) STK41 (STK400 相当) | 2.05×10 ⁵ | 7.90×10 ⁴ | 2 | 鉄塔 |
| 鋼材： SM41 (SM400 相当) | 2.05×10 ⁵ | 7.90×10 ⁴ | 1 | 筒身 |

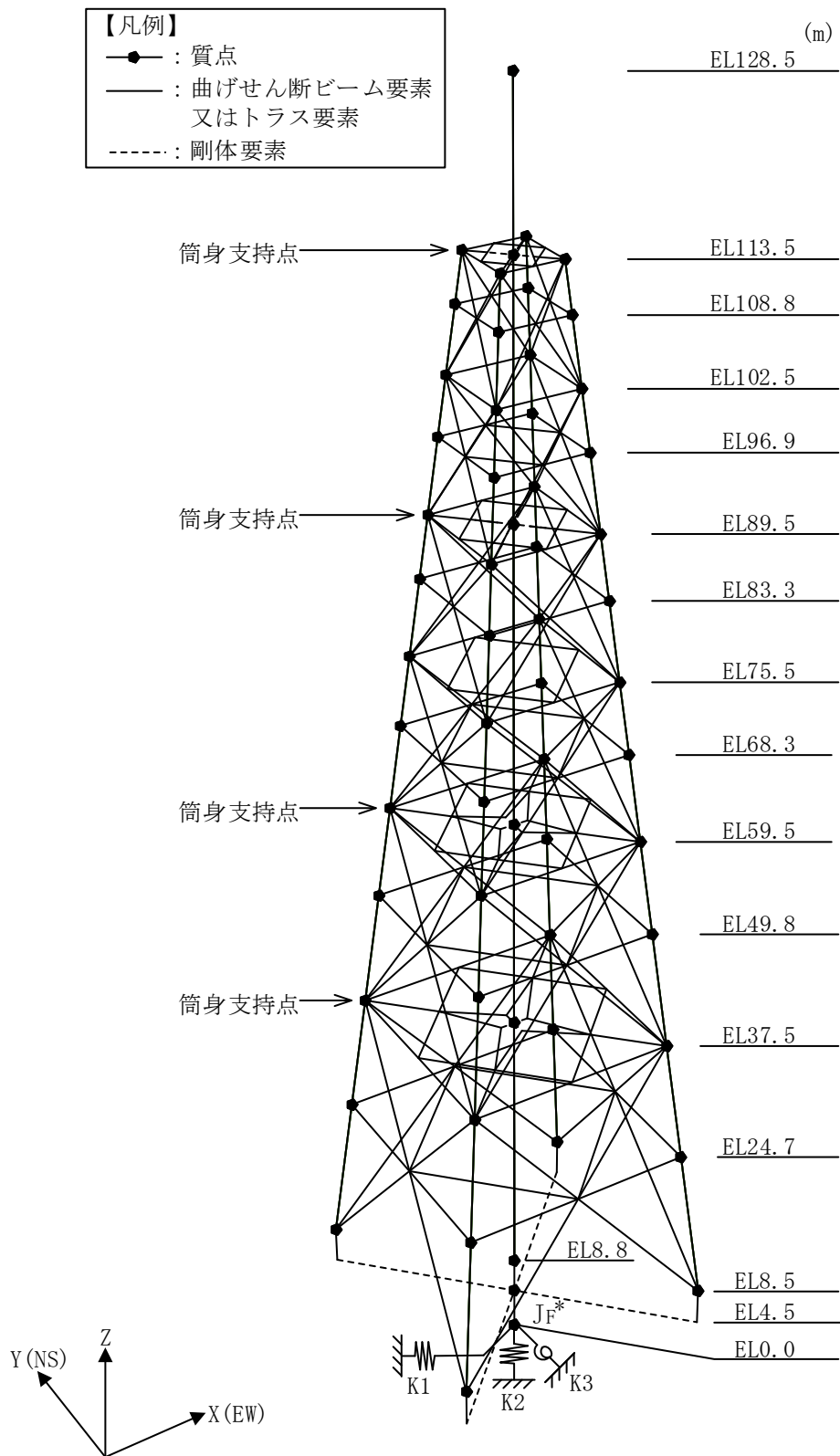
地震応答解析モデルは、地盤との相互作用を考慮し、構造物－地盤連成の立体架構モデルとする。1号機排気筒の地震応答解析モデルを図3-5に、部材諸元一覧を表3-5～表3-10に示す。

地震応答解析は、時刻歴応答解析により行う。なお、減衰は剛性比例型減衰（1号機排気筒の水平方向1次固有振動数に対し、筒身は1%、鉄塔は2%、基礎は5%と設定）として評価する。

基礎底面の地盤ばねについては、「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）」により、成層補正を行ったのち、振動アドミタンス理論に基づき求めたスウェイ、ロッキング及び鉛直の地盤ばねを、近似法により定数化して用いる。地盤ばねの定数化の概要を図3-6に、地盤ばね定数及び減衰係数を表3-11に示す。基礎底面ばねの評価には解析コード「ADMITHF」を用いる。評価に用いる解析コードの検証、妥当性確認等の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

入力地震動は、解放基盤表面で定義される基準地震動 S_s から以下の手順で算定する。まず、解放基盤表面以深の地盤を1次元地盤としてモデル化し、一次元波動論に基づく評価により、EL-215mの入射波を算定する。算定したEL-215mの入射波を1号機排気筒位置での地盤をモデル化した1次元地盤に入力して一次元波動論に基づく評価を行い、1号機排気筒基礎底面での地盤応答を評価して入力地震動とする。地震応答解析に用いる地盤モデルの地盤物性値を表3-12に示す。表3-12に示す地盤物性値のうち、表層①-1については、地震動レベル及び試験結果に基づく埋戻土のひずみ依存性を考慮した等価物性値とする。また、1号機排気筒基礎底面レベルにおけるせん断力及び軸力（以下「切欠き力」という。）を入力地震動に付加することにより、地盤の切欠き効果を考慮する。

地震応答解析モデルに入力する地震動の概念図を図3-7に、1次元地盤モデルを図3-8に、基礎底面位置（EL 0.0m）における入力地震動の加速度応答スペクトルを図3-9に示す。入力地震動の算定には、解析コード「SHAKE」を用いる。評価に用いる解析コードの検証、妥当性確認等の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。



注記* : 回転慣性重量 ($9.976 \times 10^6 \text{kN} \cdot \text{m}^2$)

図 3-5 地震応答解析モデル

表 3-5 筒身部モデル諸元 (断面諸元)

| 高さ EL (m) | 断面形状 (mm) | 断面性能 | | | |
|-----------------|----------------------------|--|---|---|--|
| | | 断面積 A ($\times 10^3 \text{ mm}^2$) | せん断 断面積 $A_{sx, y}$ ($\times 10^3 \text{ mm}^2$) | 断面二次 モーメント $I_{x, y}$ ($\times 10^9 \text{ mm}^4$) | ねじり 定数 J ($\times 10^9 \text{ mm}^4$) |
| 128.5 ~ 8.8 | $\phi 2,816 \times 8.0$ | 71.0 | 35.5 | 70.0 | 139.1 |
| 21.3 ~ 13.8 | $\phi 2,820 \times 10.0$ | 88.0 | 44.0 | 87.0 | 174.3 |
| 128.5 ~ 8.8 | $\phi 2,824 \times 12.0^*$ | 106.0 | 53.0 | 105.0 | 209.6 |
| 128.5 ~ 8.8 | $\phi 2,828 \times 14.0^*$ | 124.0 | 62.0 | 123.0 | 245.0 |

注記* : 筒身支持点の上下区間の断面形状を示す。

表 3-6 筒身部モデル諸元 (質点重量)

| 高さ EL (m) | 質点重量 (kN) |
|--------------|--------------|
| 128.5 | 40.0 |
| 113.5 | 310.0 |
| 89.5 | 250.0 |
| 59.5 | 260.0 |
| 37.5 | 200.0 |
| 8.8 | 460.0 |

表 3-7 鉄塔部モデル諸元 (断面諸元)

| 部材 | 高さ EL (m) | 使用部材 (mm) | 断面性能 | | | |
|------|-----------------|------------------------|--------------------------------|---|---|---|
| | | | 断面積 A (mm ²) | せん断 断面積 A _{S_x, y} (mm ²) | 断面二次 モーメント I _{x, y} (×10 ⁶ mm ⁴) | ねじり 定数 J (×10 ⁶ mm ⁴) |
| 主柱材 | 113.5 ~ 102.5 | φ 267.4 × 6.6 | 5408 | 2704 | 46.0 | 92.0 |
| | 102.5 ~ 89.5 | φ 355.6 × 6.4 | 7021 | 3511 | 107.1 | 214.0 |
| | 89.5 ~ 75.5 | φ 508.0 × 7.9 | 12410 | 6205 | 388.1 | 776.0 |
| | 75.5 ~ 59.5 | φ 609.6 × 9.5 | 17910 | 8955 | 806.4 | 1612.0 |
| | 59.5 ~ 37.5 | φ 711.2 × 12.7 | 27870 | 13935 | 1700.0 | 3399.0 |
| | 37.5 ~ 8.5 | φ 812.8 × 16.0 | 40050 | 20025 | 3180.0 | 6357.0 |
| 斜材 | 113.5 ~ 89.5 | φ 216.3 × 5.8 | 3836 | — | — | — |
| | 89.5 ~ 75.5 | φ 267.4 × 6.6 | 5408 | — | — | — |
| | 75.5 ~ 59.5 | φ 318.5 × 6.9 | 6755 | — | — | — |
| | 59.5 ~ 37.5 | φ 406.4 × 7.9 | 9890 | — | — | — |
| | 37.5 ~ 8.5 | φ 508.0 × 9.5 | 14880 | — | — | — |
| 水平材 | 113.5 | H-500 × 200 × 10 × 16* | 11080 | 6400 | 460.4 | 0.7021 |
| | | | | 5000 | 21.4 | |
| | 108.8 | φ 165.2 × 4.5 | 2272 | 1136 | 7.3 | 14.7 |
| | 102.5 ~ 83.3 | φ 216.3 × 5.8 | 3836 | 1918 | 21.3 | 42.5 |
| | 75.5 ~ 68.3 | φ 267.4 × 6.6 | 5408 | 2704 | 46.0 | 92.0 |
| | 59.5 | φ 355.6 × 6.4 | 7021 | 3511 | 107.1 | 214.0 |
| | 49.8 | φ 406.4 × 7.9 | 9890 | 4945 | 196.4 | 392.6 |
| | 37.5 | φ 508.0 × 9.5 | 14880 | 7440 | 462.3 | 924.3 |
| 24.7 | φ 457.2 × 6.4 | 9064 | 4532 | 230.3 | 460.5 | |

注記* : H形鋼のせん断断面積及び断面二次モーメントは上段が A_{S_x} 及び I_x, 下段が A_{S_y} 及び I_y を示す。

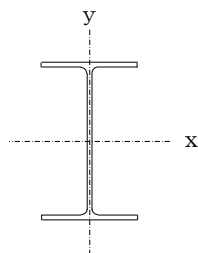


表 3-8 鉄塔部モデル諸元 (質点重量)

| 高さ EL (m) | 質点重量* (kN) |
|--------------|---------------|
| 113.5 | 60.0 |
| 108.8 | 35.2 |
| 102.5 | 46.0 |
| 96.9 | 56.0 |
| 89.5 | 83.2 |
| 83.3 | 75.2 |
| 75.5 | 111.2 |
| 68.3 | 138.0 |
| 59.5 | 233.2 |
| 49.8 | 278.0 |
| 37.5 | 453.2 |
| 24.7 | 473.2 |
| 8.5 | 206.0 |

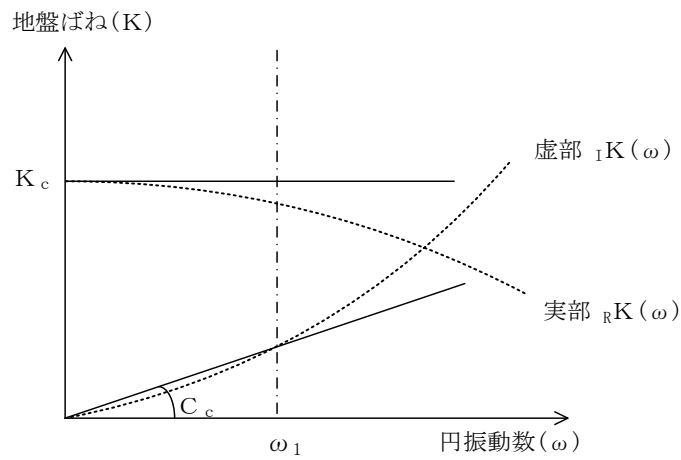
注記* : 各高さの総重量を示す。

表 3-9 基礎部モデル諸元 (断面諸元)

| 高さ EL (m) | 断面形状 (m) | 断面性能 | | | |
|------------------|-------------|-------------------------------|---|---|-------------------------------------|
| | | 断面積 A (m ²) | せん断 断面積 A _{Sx, y} (m ²) | 断面二次 モーメント I _{x, y} (m ⁴) | ねじり 定数 J (m ⁴) |
| 8.8 ~ 4.5 (筒身部) | 6.0×6.0 | 36.00 | 30.00 | 108.00 | 182.20 |
| 8.5 ~ 4.5 (鉄塔部) | 4.0×4.0 | 16.00 | 13.33 | 21.33 | 35.99 |
| 4.5 ~ 0.0 (地中梁部) | — | 516.0 | 430.0 | 59320 | 35430 |

表 3-10 基礎部モデル諸元 (質点重量)

| 高さ EL (m) | 質点重量 (kN) |
|--------------|--------------|
| 8.8 | 1760.0 |
| 8.5 | 2980.0 |
| 4.5 | 66420.0 |
| 0.0 | 27330.0 |



ばね定数 : 0Hz のばね定数 K_c で定数化

減衰係数 : 地盤—建物連成系の 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 で定数化

図 3-6 地盤ばねの定数化の概要

表 3-11 地盤ばね定数と減衰係数

| ばね 番号 | 地盤ばね 成分 | ばね定数 K_c | 減衰係数 C_c |
|----------|------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| K1 | 底面・水平 | 4.44×10^8 (kN/m) | 2.17×10^6 (kN · s/m) |
| K2 | 底面・鉛直 | 6.00×10^8 (kN/m) | 3.99×10^6 (kN · s/m) |
| K3 | 底面・回転 | 8.05×10^{10} (kN · m/rad) | 2.75×10^5 (kN · m · s/rad) |

表 3-12 1号機排気筒の地震応答解析に用いる地盤モデルの地盤物性値

| 層番号 | S波速度 V _s (m/s) | P波速度 V _p (m/s) | 単位体積重量 γ (kN/m ³) | ポアソン比 ν | せん断弾性係数 G (×10 ⁵ kN/m ²) | 減衰定数 h (%) |
|-------|------------------------------|------------------------------|----------------------------------|------------|--|---------------|
| 表層①-1 | 127* | 422* | 20.7 | 0.45 | 0.341* | 8* |
| 岩盤③ | 1600 | 3600 | 24.5 | 0.377 | 64.0 | 3 |
| 岩盤④ | 1950 | 4000 | 24.5 | 0.344 | 95.1 | 3 |
| 岩盤⑤ | 2000 | 4050 | 26.0 | 0.339 | 105.9 | 3 |
| 岩盤⑥ | 2350 | 4950 | 27.9 | 0.355 | 157.9 | 3 |

注記*：地震動レベル及び試験結果に基づく埋戻土のひずみ依存性を考慮した等価物性値

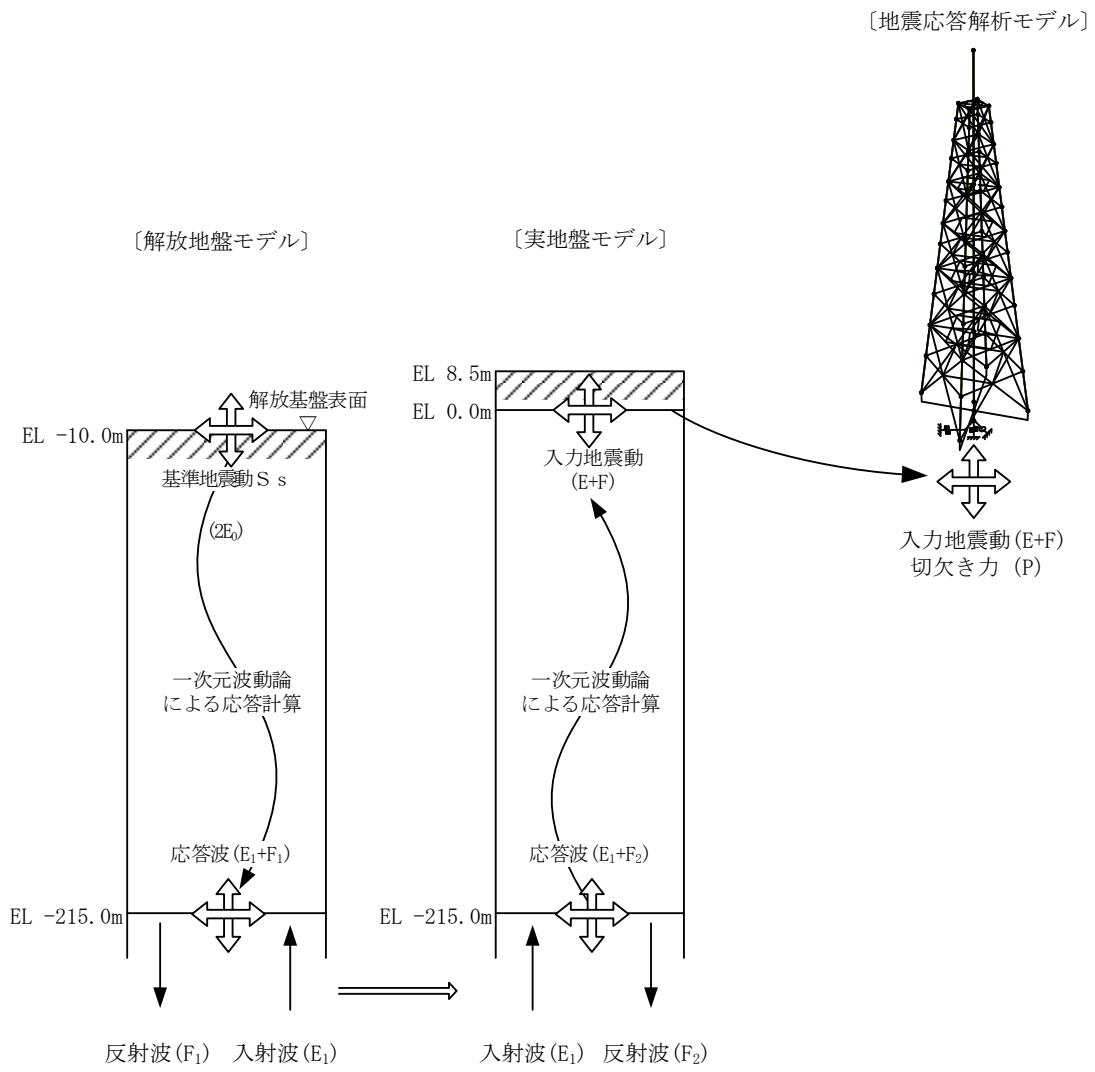


図 3-7 地震応答解析モデルに入力する地震動の概念図

[解放地盤モデル]

[実地盤モデル]

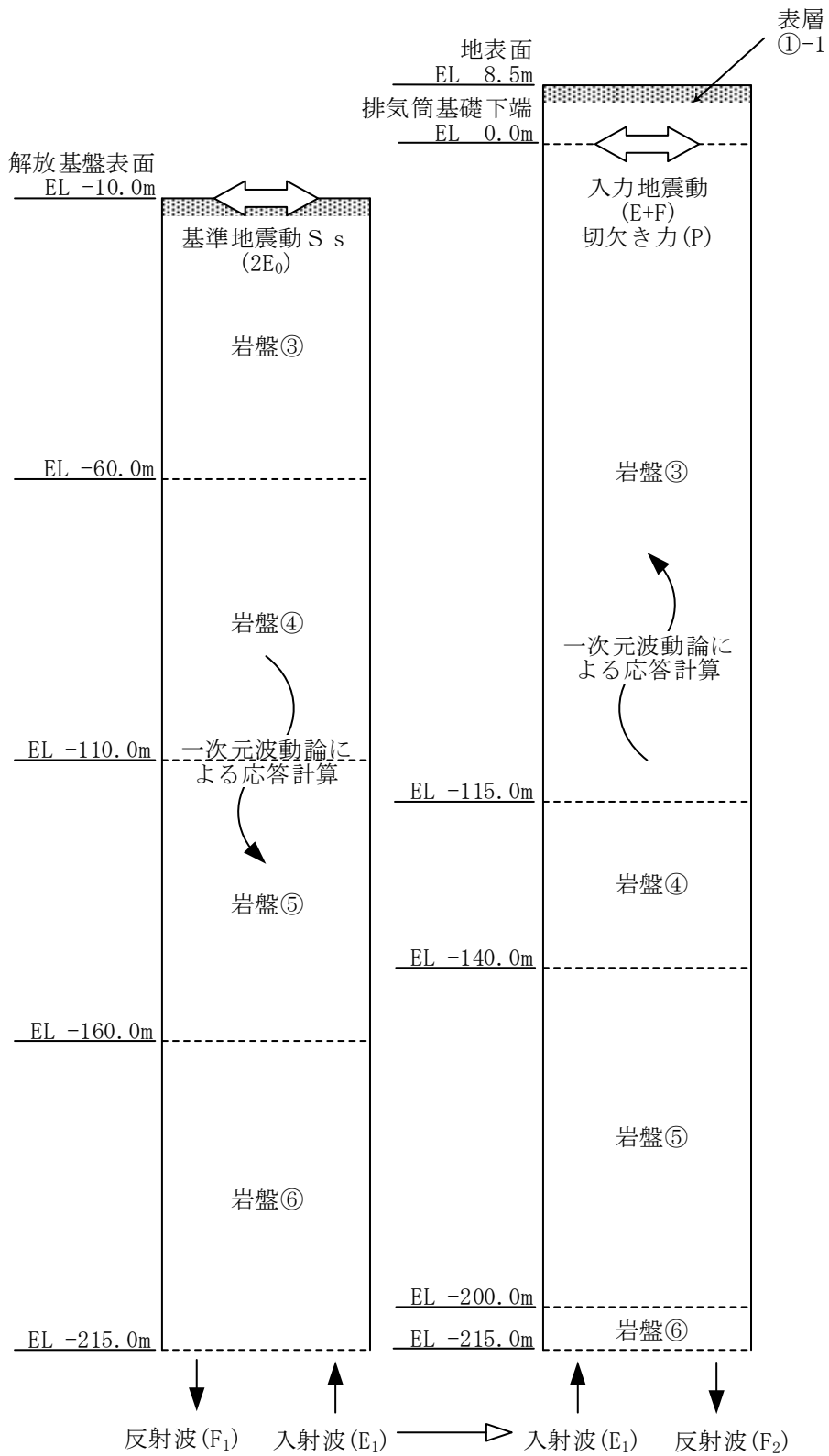


図 3-8(1) 1次元地盤モデル (水平方向)

[解放地盤モデル]

[実地盤モデル]

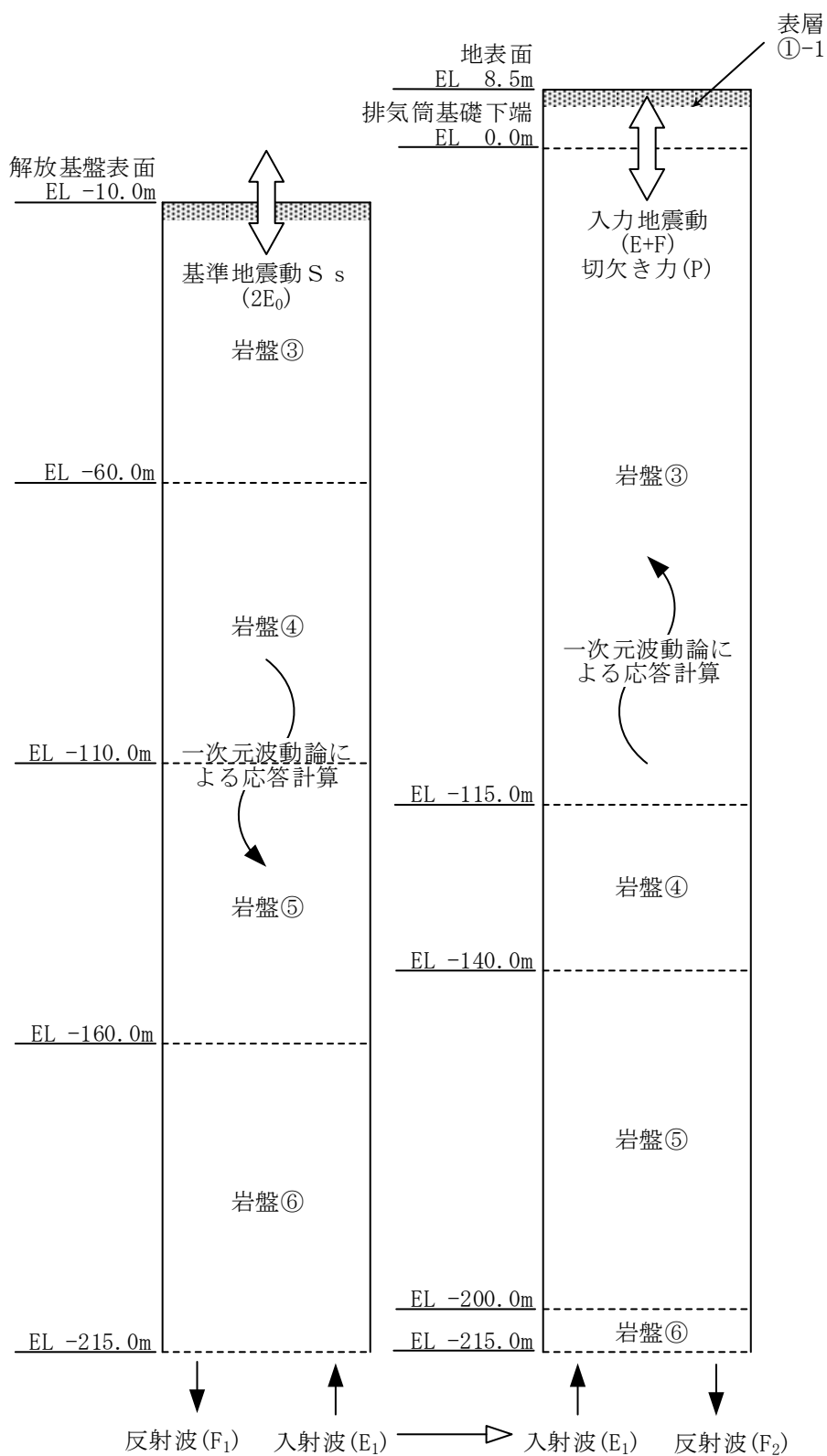


図 3-8(2) 1次元地盤モデル (鉛直方向)

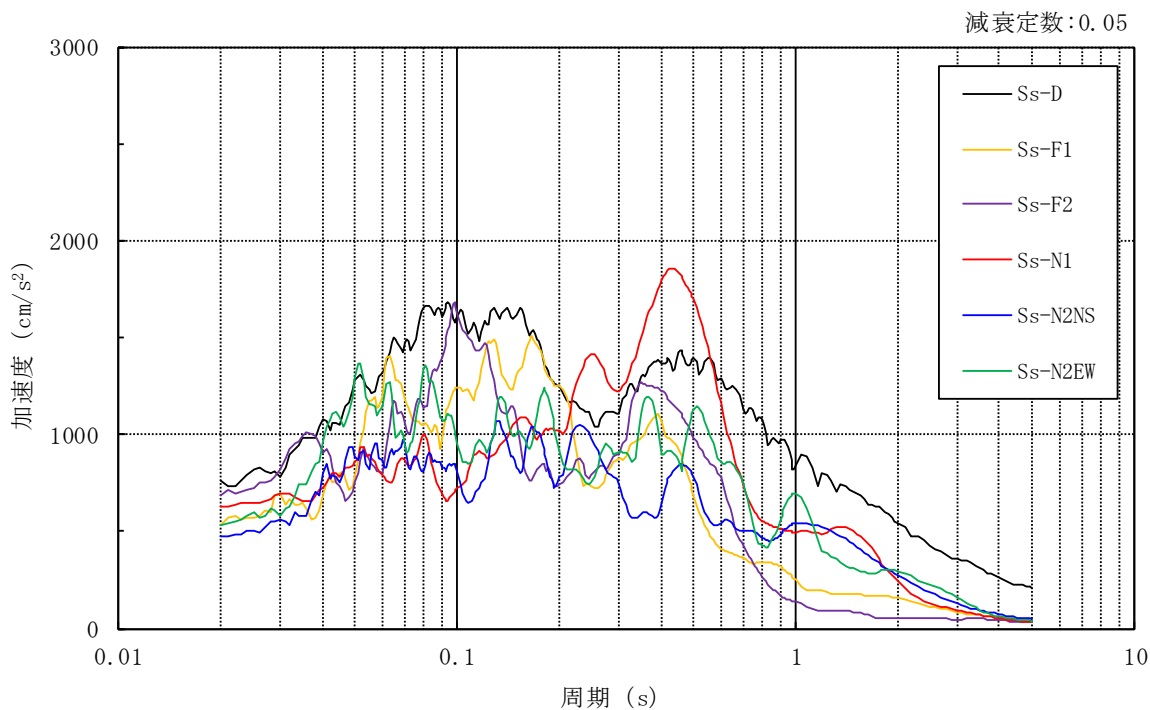
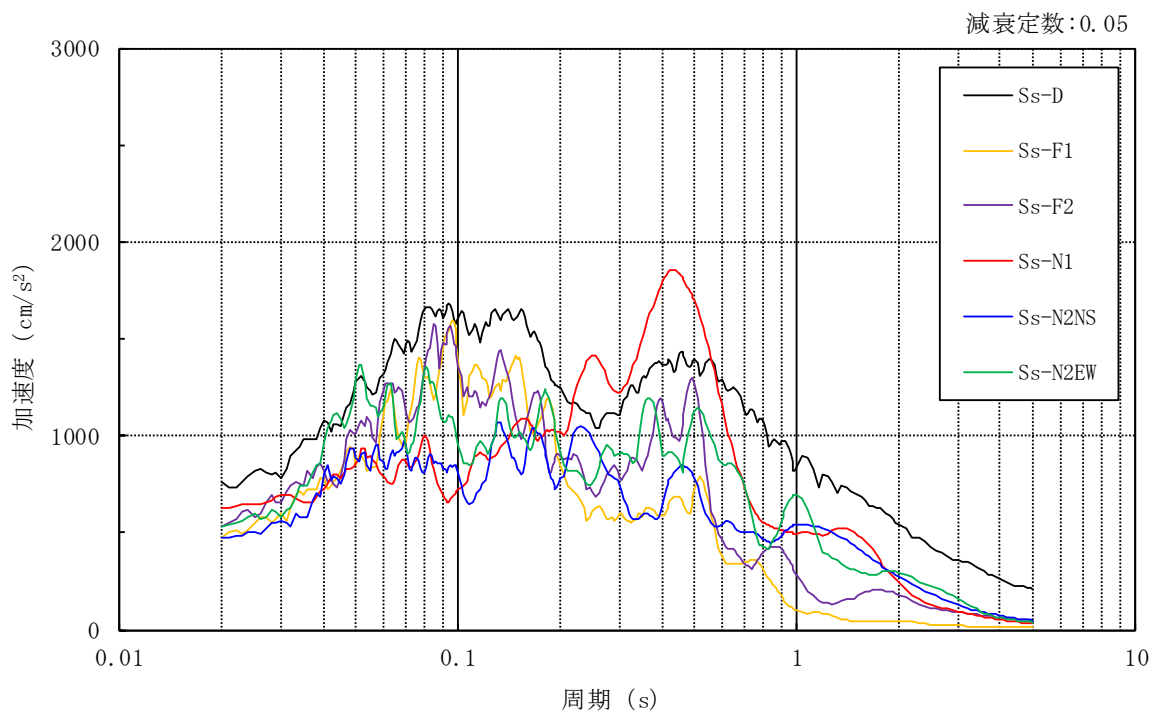


図 3-9(1) 入力地震動の加速度応答スペクトル (基準地震動 S s , EL 0.0m)

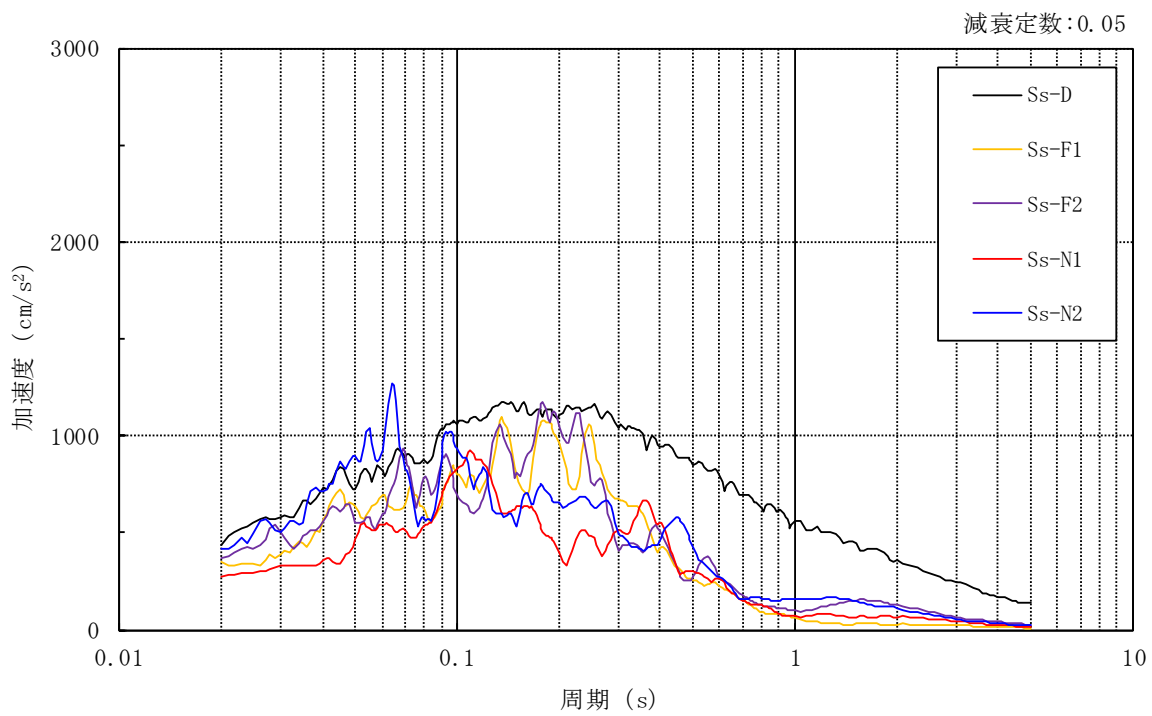


図 3-9(2) 入力地震動の加速度応答スペクトル (基準地震動 S s , EL 0.0m)

3.5.2 解析方法

1号機排気筒の地震応答解析には、解析コード「f a p p a s e」を用いる。

建物・構築物の地震応答解析は、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に基づき、時刻歴応答解析により実施する。

基準地震動 $S_s - D$ 及び $S_s - N 1$ については、2方向（水平1方向（ 0° 方向又は 45° 方向）及び鉛直方向）の同時入力とする。また、基準地震動 $S_s - F 1$ 、 $S_s - F 2$ 及び $S_s - N 2$ については、3方向（水平2方向及び鉛直方向）の同時入力とする。

なお、地震応答解析に用いる解析コードの検証、妥当性確認等の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

3.5.3 材料物性の不確かさ

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、材料物性の不確かさを考慮する。材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析は、1号機排気筒応答への影響の大きい地震動に対して実施することとし、基本ケースの地震応答解析の応答値のいずれかが最大となる地震動に対して実施することとする。

地盤物性の不確かさについては、地盤調査結果の平均値を基に設定した数値を基本ケースとし、地盤物性の不確かさ検討にあたっては、S波速度に対して標準偏差に相当するばらつき（ $\pm 1\sigma$ ）を考慮する。

材料物性の不確かさを考慮する地震応答解析ケースを表3-13に、地盤物性の不確かさを考慮した解析用地盤物性値を表3-14に示す。

表3-13 材料物性の不確かさを考慮する地震応答解析ケース

| 検討ケース | コンクリート 剛性 | 地盤物性 | 備考 |
|---------------------------|--------------|--------------------------------|-------|
| ケース1 (工認モデル) | 設計基準強度 | 標準地盤 | 基本ケース |
| ケース2 (地盤物性 $+\sigma$) | 設計基準強度 | 標準地盤 $+\sigma$ (+10%, +20%) | |
| ケース3 (地盤物性 $-\sigma$) | 設計基準強度 | 標準地盤 $-\sigma$ (-10%, -20%) | |

表 3-14 地盤物性の不確かさを考慮した解析用地盤物性値

(a) S波速度

| 層番号 | 地盤の S 波速度 V_s (m/s) | | |
|-------|-----------------------|---------------|---------------|
| | 基本ケース | + σ 相当 | - σ 相当 |
| 表層①-1 | 127 | 153 | 102 |
| 岩盤③ | 1600 | 1760 | 1440 |
| 岩盤④ | 1950 | 2145 | 1755 |
| 岩盤⑤ | 2000 | 2200 | 1800 |
| 岩盤⑥ | 2350 | 2585 | 2115 |

(b) P波速度

| 層番号 | 地盤の P 波速度 V_p (m/s) | | |
|-------|-----------------------|---------------|---------------|
| | 基本ケース | + σ 相当 | - σ 相当 |
| 表層①-1 | 422 | 506 | 338 |
| 岩盤③ | 3600 | 3960 | 3240 |
| 岩盤④ | 4000 | 4400 | 3600 |
| 岩盤⑤ | 4050 | 4455 | 3645 |
| 岩盤⑥ | 4950 | 5445 | 4455 |

3.6 評価方法

1号機排気筒の波及的影響の評価は、基準地震動 S_s における立体架構モデルの地震応答解析結果を用い、以下のとおり評価する。

なお、以下の評価には、材料物性の不確かさを考慮する。

3.6.1 構造物全体としての変形性能の評価方法

構造物全体としての変形性能の評価では、立体架構モデルによる地震応答解析結果を行い、鉄塔部及び筒身部の頂部変位より最大変形角を算定し、許容限界を超えないことを確認する。

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 1 号機排気筒の最大変形角を表 4-1 に示す。

その結果，ケース 1（工認モデル）の最大変形角は，鉄塔部で $1/370$ （ $S_s - D$ ），筒身部で $1/308$ （ $S_s - D$ ）である。また，材料物性の不確かさを考慮した場合の最大変形角は，鉄塔部で $1/355$ （ケース 3， $S_s - D$ ），筒身部で $1/293$ （ケース 3， $S_s - D$ ）であり，いずれの場合においても許容限界（ $1/120$ ）を超えないことを確認した。

表 4-1 1 号機排気筒の最大変形角

| 項目 \ ケース | 鉄塔部 | | | 筒身部 | | | 許容 限界 |
|--------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|----------|
| | ケース 1 (工認モデル) | ケース 2 | ケース 3 | ケース 1 (工認モデル) | ケース 2 | ケース 3 | |
| 高さ*1 (m) | 105.0 | 105.0 | 105.0 | 119.7 | 119.7 | 119.7 | — |
| 水平 応答変位 (mm) | 283.4 | 276.3 | 295.4 | 388.5 | 378.9 | 407.7 | — |
| 最大*2 変形角 | $1/370$ ($S_s - D$) | $1/380$ ($S_s - D$) | $1/355$ ($S_s - D$) | $1/308$ ($S_s - D$) | $1/315$ ($S_s - D$) | $1/293$ ($S_s - D$) | $1/120$ |

注記*1：鉄塔部は EL 8.5m からの高さ，筒身部は EL 8.8m からの高さを示す。

*2：（ ）内は各ケースにおいて応答が最大となる地震動を示す。材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析は，基準地震動 $S_s - D$ ， $S_s - F 1$ ， $S_s - F 2$ ， $S_s - N 1$ 及び $S_s - N 2$ に対して実施。