

島根原子力発電所第2号機 審査資料	
資料番号	NS2-添2-009-14
提出年月日	2022年12月12日

VI-2-9-3-1 原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の耐震性についての計算書

2022年12月

中国電力株式会社

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

## 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	16
2.4	適用規格・基準等	19
3.	地震応答解析による評価方法	20
4.	応力解析による評価方法	22
4.1	評価対象部位及び評価方針	22
4.1.1	屋根スラブ及び床スラブ	22
4.1.2	屋根トラス	26
4.1.3	耐震壁	31
4.2	荷重及び荷重の組合せ	33
4.2.1	屋根スラブ	33
4.2.2	床スラブ	34
4.2.3	屋根トラス	35
4.2.4	耐震壁	93
4.3	許容限界	102
4.3.1	屋根スラブ、床スラブ及び耐震壁	102
4.3.2	屋根トラス	104
4.4	解析モデル及び諸元	106
4.4.1	屋根スラブ	106
4.4.2	床スラブ	106
4.4.3	屋根トラス	107
4.4.4	耐震壁	112
4.5	応力評価方法	113
4.5.1	屋根スラブ	113
4.5.2	床スラブ	115
4.5.3	屋根トラス	118
4.5.4	耐震壁	119
4.6	断面の評価方法	123
4.6.1	屋根スラブ	123
4.6.2	床スラブ	125
4.6.3	屋根トラス	127
4.6.4	耐震壁	128

5.	地震応答解析による評価結果	130
5.1	耐震壁のせん断ひずみの評価結果	130
6.	応力解析による評価結果	134
6.1	屋根スラブの評価結果	134
6.2	床スラブの評価結果	136
6.3	屋根トラスの評価結果	138
6.3.1	固有値解析結果	138
6.3.2	断面の評価結果	145
6.4	耐震壁の評価結果	152
7.	引用文献	154

別紙 1 原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の気密性に関する計算書

## 1. 概要

本資料は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、原子炉建物のうち、原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）、原子炉二次遮蔽及び補助遮蔽（原子炉建物）の地震時の構造強度及び機能維持の確認について説明するものであり、その評価は、地震応答解析による評価及び応力解析による評価により行う。

原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）は、設計基準対象施設においては「Sクラスの施設」に、重大事故等対処施設においては「常設重大事故緩和設備」に分類される。また、原子炉建物を構成する壁及びスラブの一部は、原子炉建物の原子炉二次遮蔽及び補助遮蔽（原子炉建物）に該当し、その原子炉二次遮蔽及び補助遮蔽（原子炉建物）は、重大事故等対処施設においては「常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備」に分類される。

以下、原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の「Sクラスの施設」及び「常設重大事故緩和設備」としての分類に応じた耐震評価並びに原子炉二次遮蔽及び補助遮蔽（原子炉建物）の「常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備」としての分類に応じた耐震評価を示す。

## 2. 基本方針

### 2.1 位置

原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）は原子炉建物の一部を構成している。原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）を含む原子炉建物の設置位置を図 2-1 に示す。

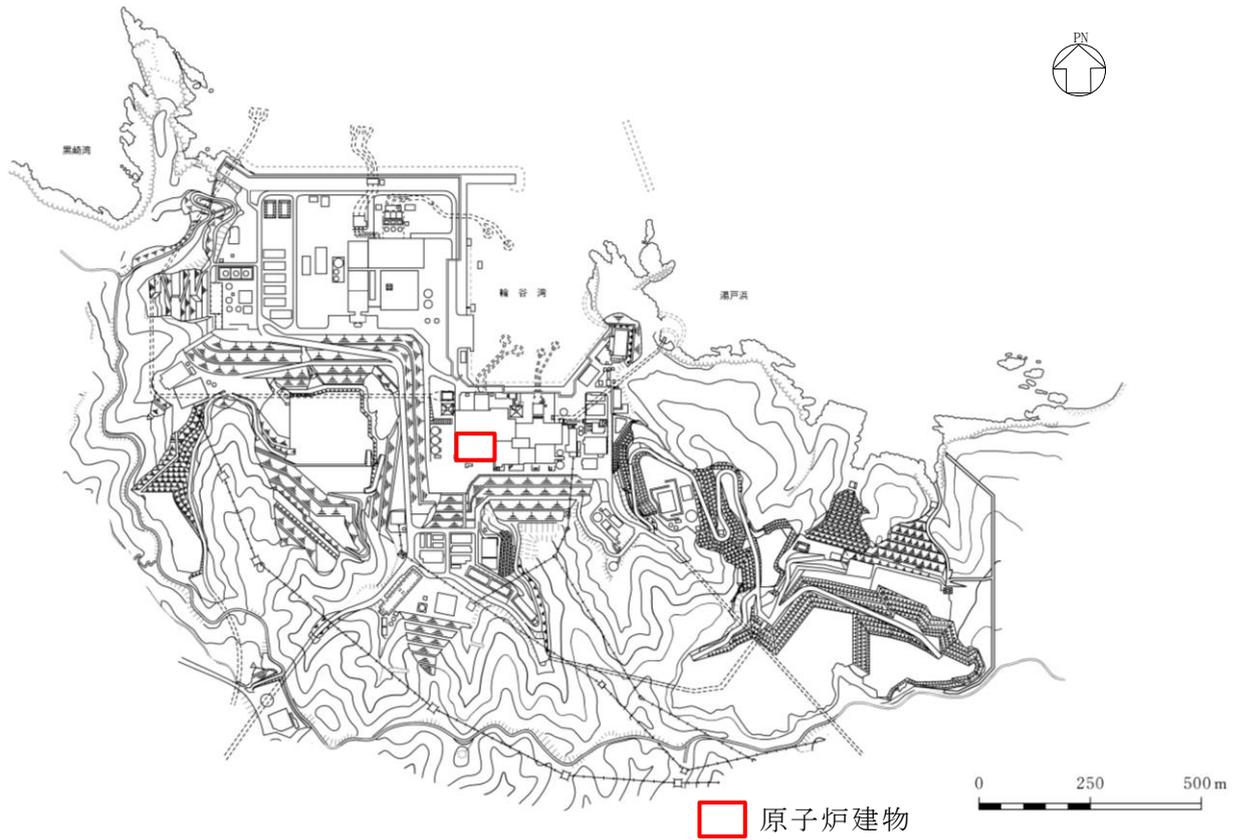


図 2-1 原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）を含む原子炉建物の設置位置

## 2.2 構造概要

原子炉建物は、中央部に地上4階、地下2階建で平面寸法が53.3m\*（NS）×53.8m\*（EW）の原子炉棟があり、その周囲に地上2階（一部3階）、地下2階建の原子炉建物付属棟（以下「付属棟」という。）を配置した鉄筋コンクリート造（一部鉄骨鉄筋コンクリート造及び鉄骨造）の建物である。

原子炉棟と付属棟は、一体構造で同一基礎スラブ上に設置され、本建物の平面寸法は、70.0m\*（NS）×89.4m\*（EW）の矩形を成している。基礎スラブ底面からの高さは68.2mである。

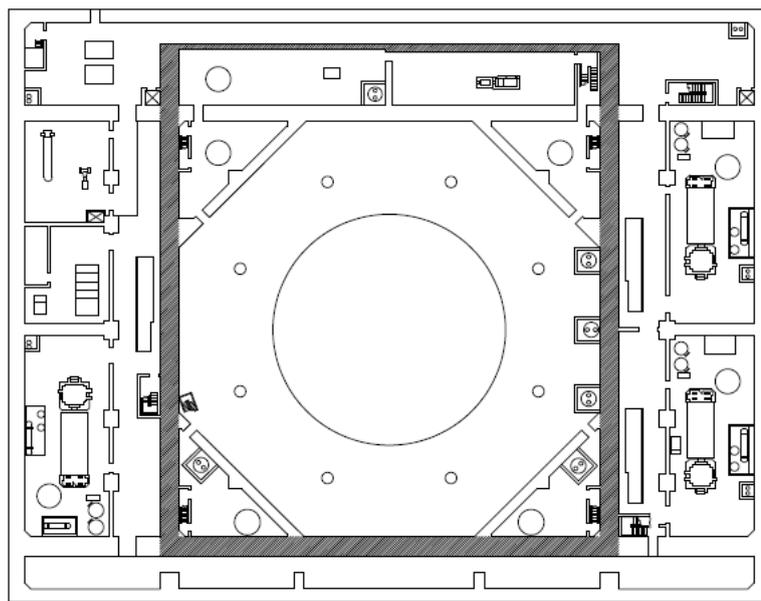
原子炉建物最上部に位置する鉄骨フレーム（以下「屋根トラス」という。）の平面は、39.9m\*（NS）×53.8m\*（EW）の長方形を成しており、燃料取替階からの高さは20.7mである。

原子炉建物の基礎は厚さ6.0mのべた基礎で、岩盤に直接設置している。

原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）は、基礎スラブから屋根面まで連続した壁、床スラブ及び屋根トラスに支持される屋根スラブから構成されている。

原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の範囲の平面図及び断面図を図2-2及び図2-3に示す。また、原子炉二次遮蔽及び補助遮蔽（原子炉建物）の範囲の平面図及び断面図を図2-4及び図2-5に示す。

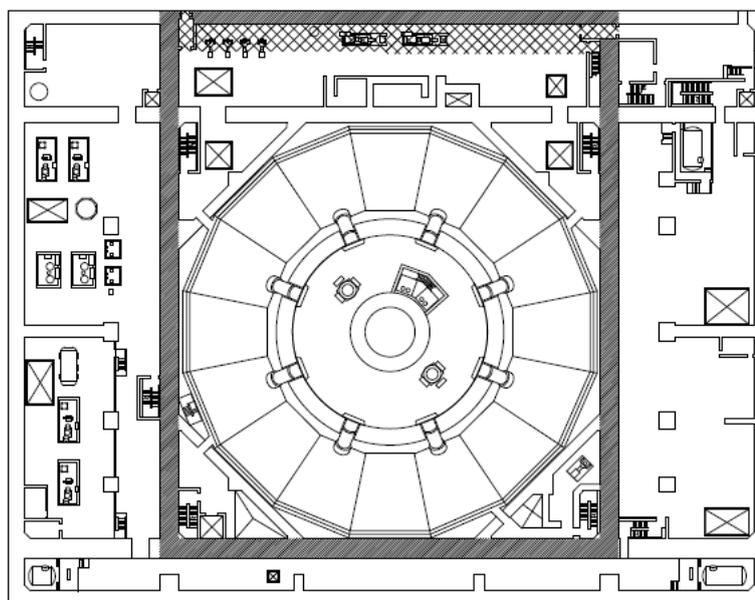
注記\*：建物寸法は壁外面寸法とする。



- : 二次格納施設バウンダリ (壁) を示す。
- ▨ : 二次格納施設バウンダリ (床) を示す。

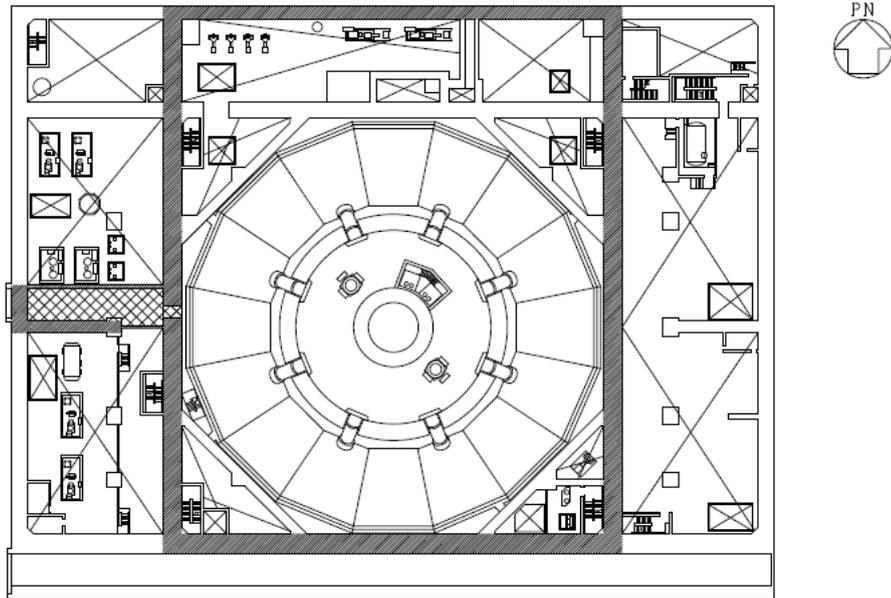
図 2-2(1) 原子炉建物原子炉棟 (二次格納施設) の範囲の平面図  
(B2F, EL 1.3m\*)

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。



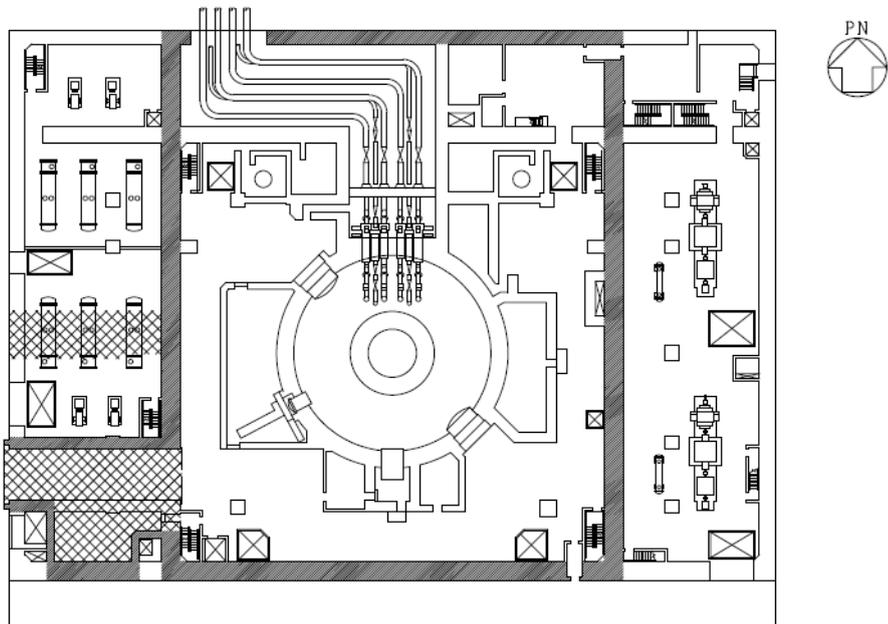
- : 二次格納施設バウンダリ (壁) を示す。
- ▨ : 二次格納施設バウンダリ (床) を示す。

図 2-2(2) 原子炉建物原子炉棟 (二次格納施設) の範囲の平面図  
(B1F, EL 8.8m)



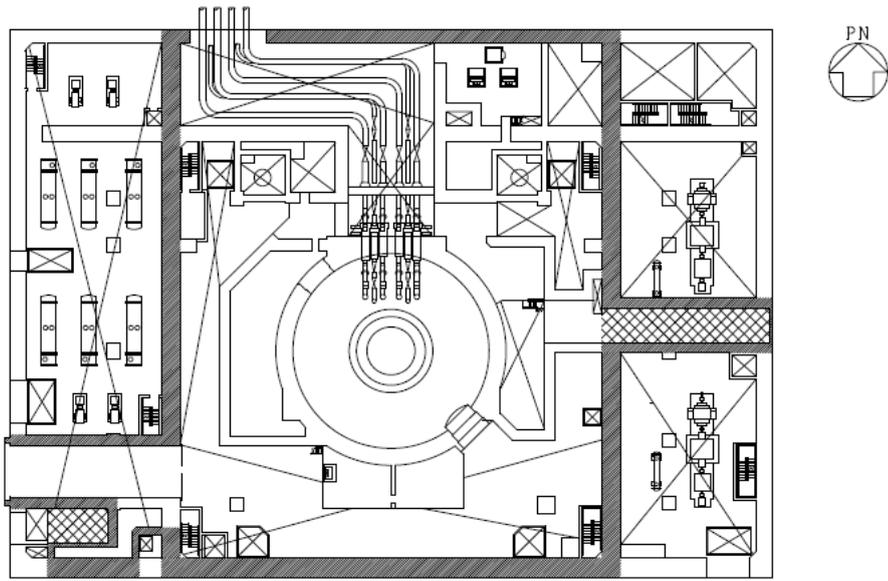
- : 二次格納施設バウンダリ (壁) を示す。
- ▨ : 二次格納施設バウンダリ (床) を示す。

図 2-2(3) 原子炉建物原子炉棟 (二次格納施設) の範囲の平面図  
(MB1F, EL 12.5m)



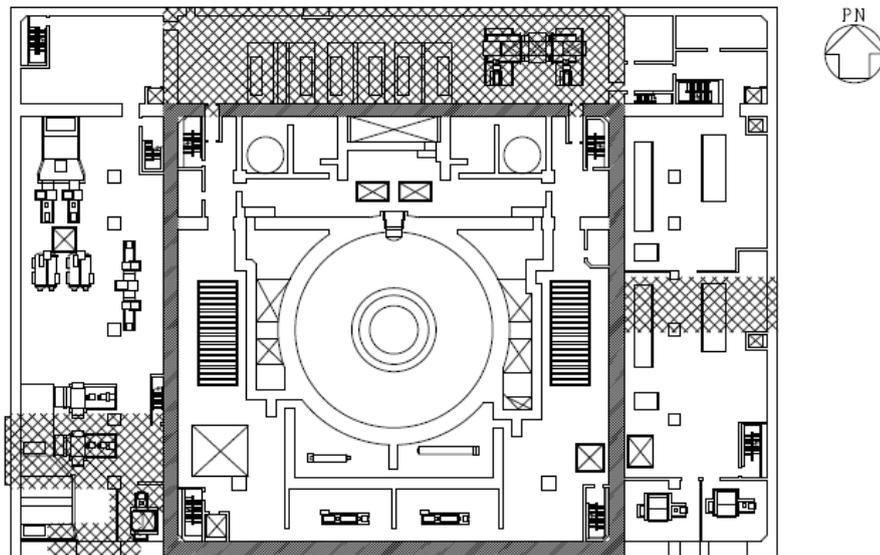
- : 二次格納施設バウンダリ (壁) を示す。
- ▨ : 二次格納施設バウンダリ (床) を示す。

図 2-2(4) 原子炉建物原子炉棟 (二次格納施設) の範囲の平面図  
(1F, EL 15.3m)



- : 二次格納施設バウンダリ (壁) を示す。
- ▨ : 二次格納施設バウンダリ (床) を示す。

図 2-2(5) 原子炉建物原子炉棟 (二次格納施設) の範囲の平面図  
(M2F, EL 19.5m)



- : 二次格納施設バウンダリ (壁) を示す。
- ▨ : 二次格納施設バウンダリ (床) を示す。

図 2-2(6) 原子炉建物原子炉棟 (二次格納施設) の範囲の平面図  
(2F, EL 23.8m)

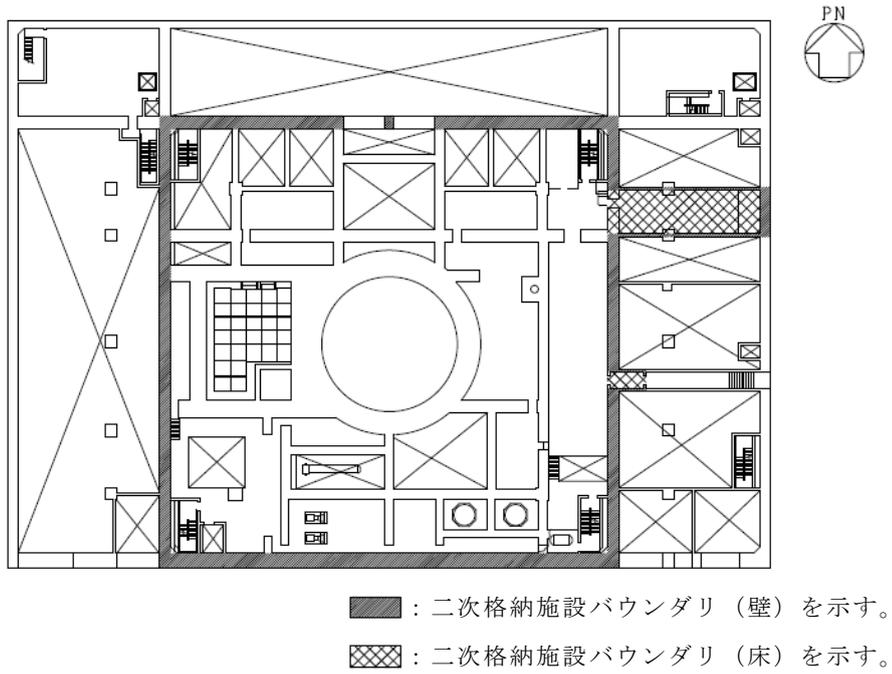


図 2-2(7) 原子炉建物原子炉棟 (二次格納施設) の範囲の平面図  
 (M3F, EL 30.5m)

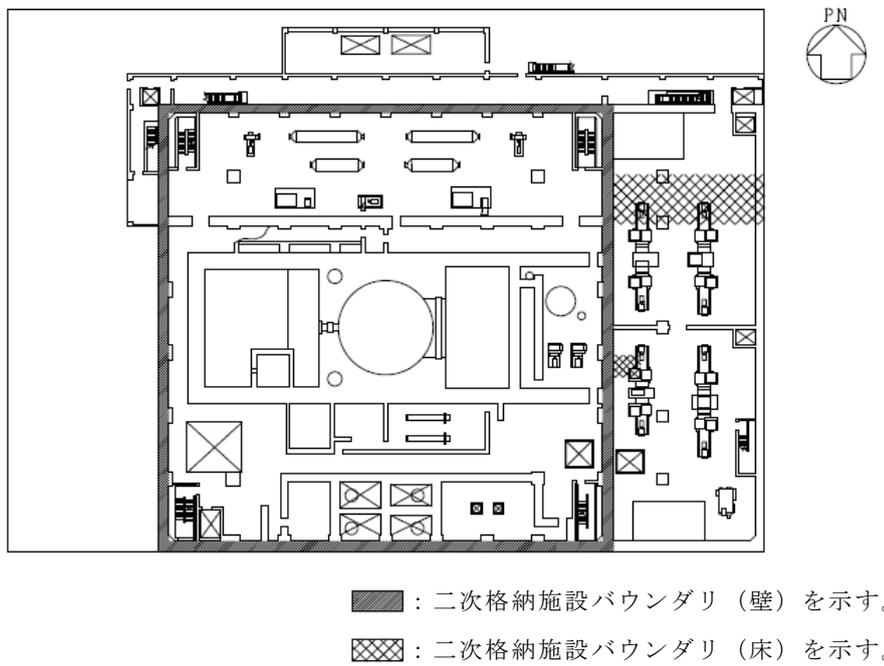
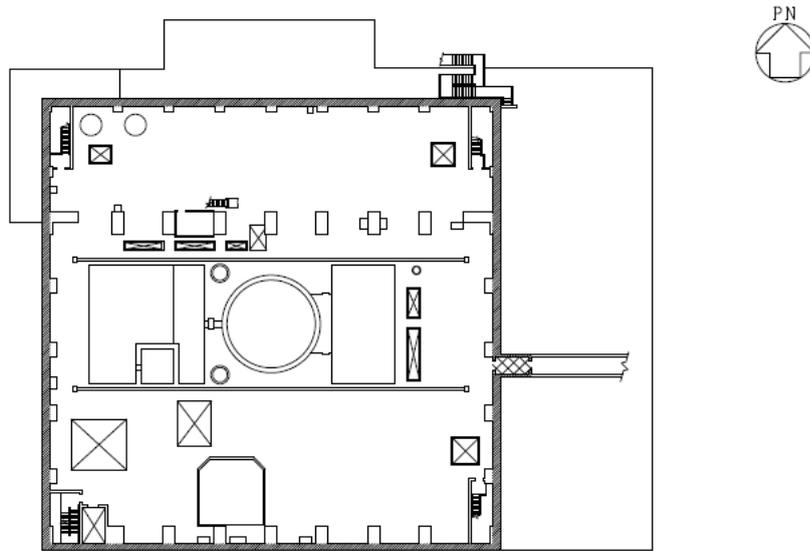
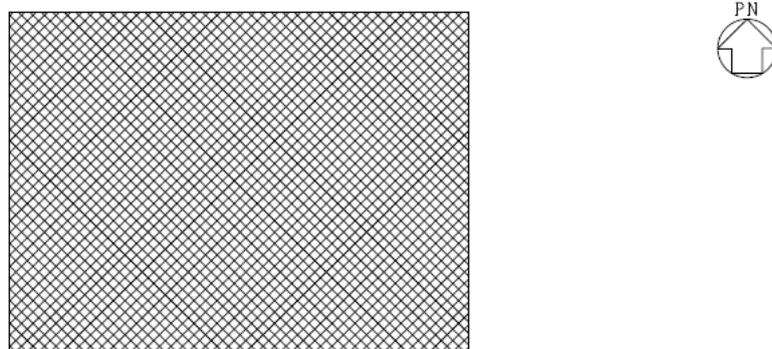


図 2-2(8) 原子炉建物原子炉棟 (二次格納施設) の範囲の平面図  
 (3F, EL 34.8m)



■ : 二次格納施設バウンダリ (壁) を示す。  
 ⊗ : 二次格納施設バウンダリ (床) を示す。

図 2-2(9) 原子炉建物原子炉棟 (二次格納施設) の範囲の平面図  
 (4F, EL 42.8m)



■ : 二次格納施設バウンダリ (壁) を示す。  
 ⊗ : 二次格納施設バウンダリ (床) を示す。

図 2-2(10) 原子炉建物原子炉棟 (二次格納施設) の範囲の平面図  
 (RF, EL 63.5m)

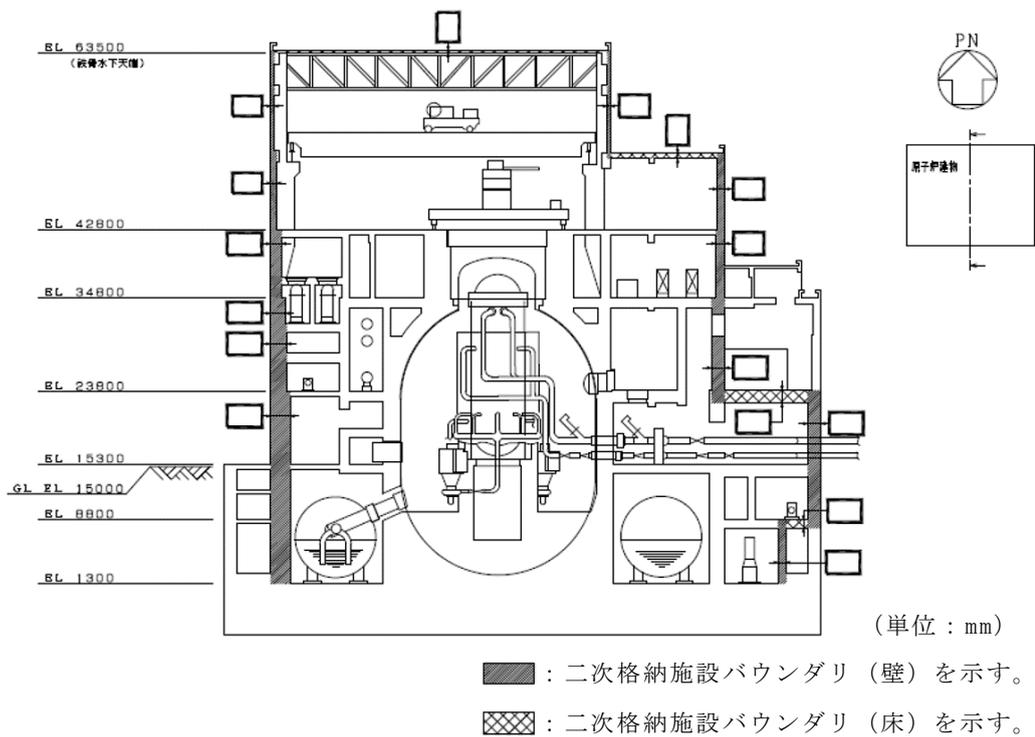


図 2-3(1) 原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の範囲の断面図（N S方向）

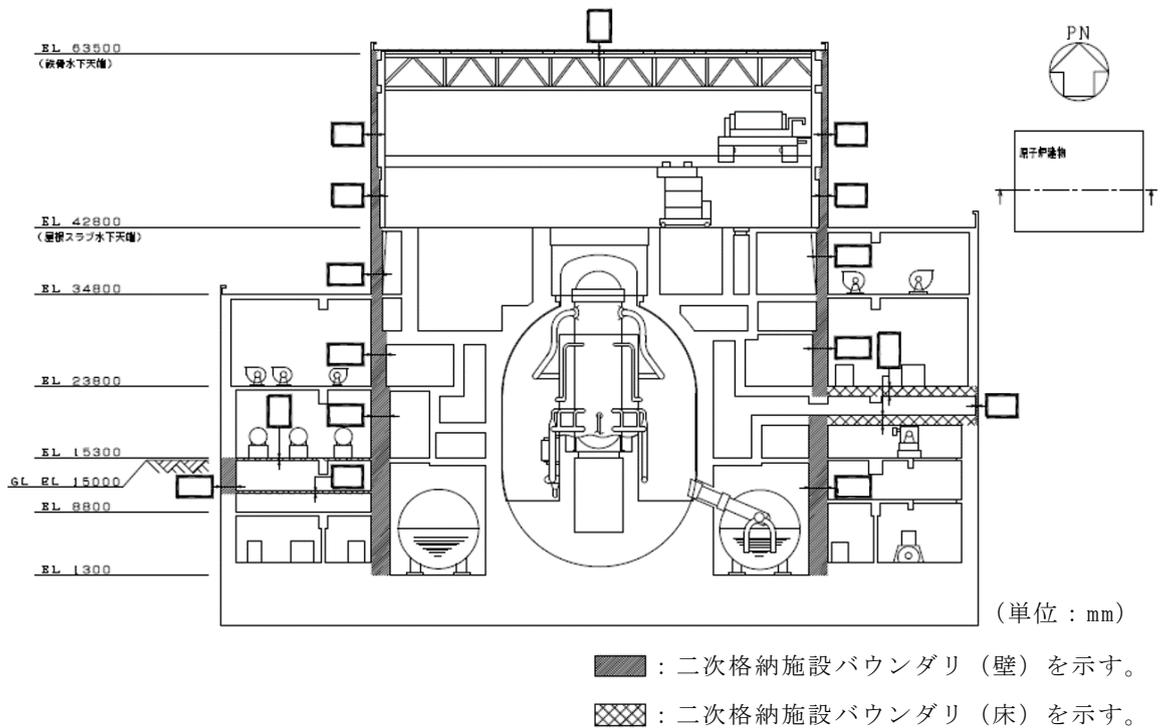


図 2-3(2) 原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の範囲の断面図（E W方向）

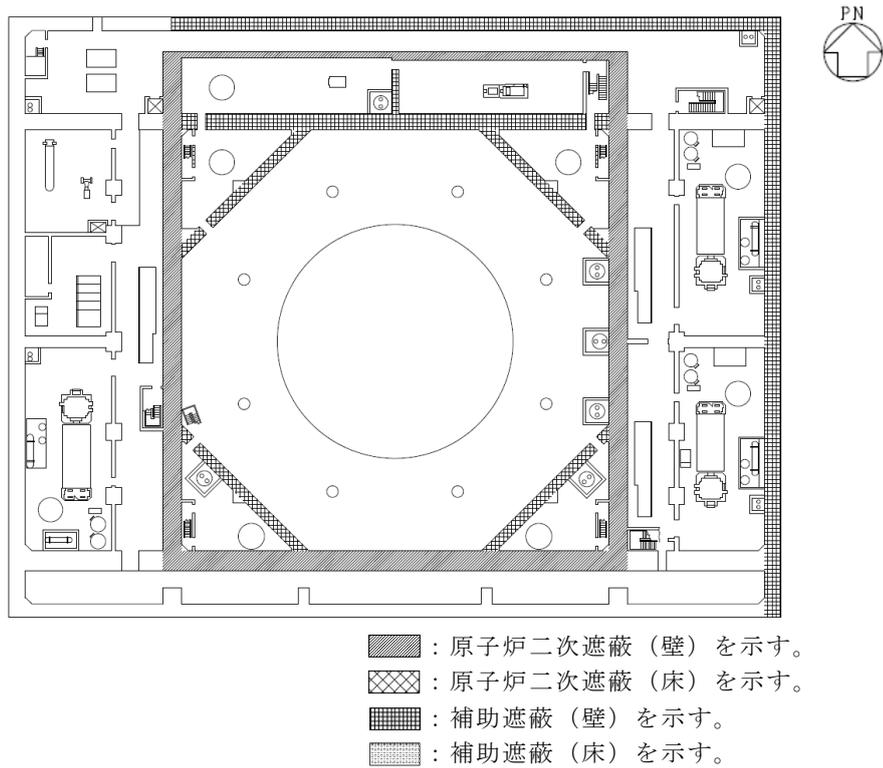


図 2-4(1) 原子炉二次遮蔽及び補助遮蔽（原子炉建物）の範囲の平面図  
(B2F, EL 1.3m)

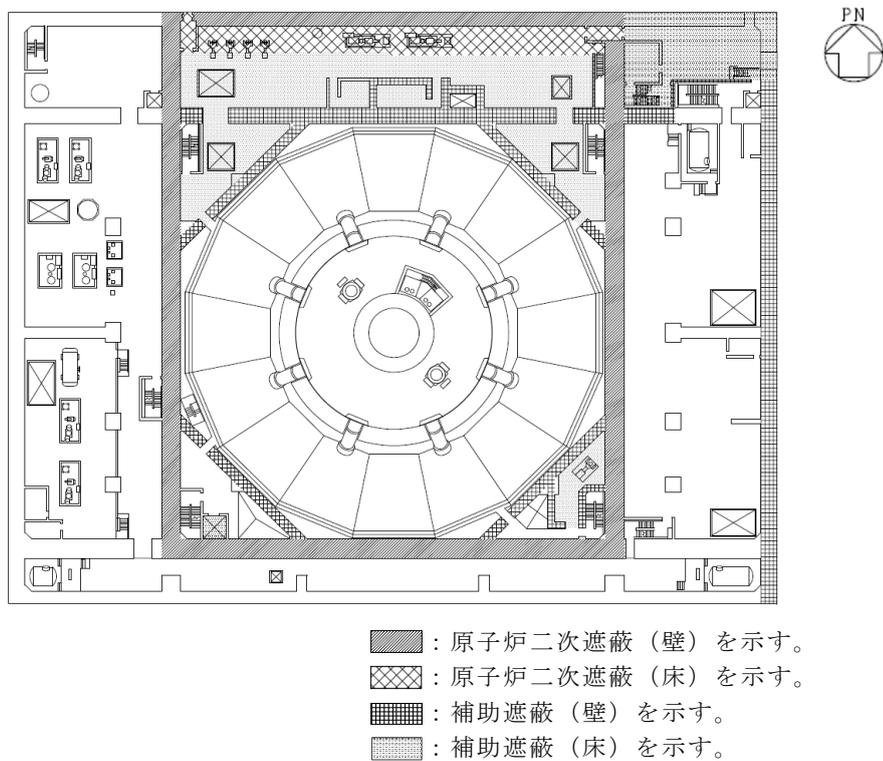


図 2-4(2) 原子炉二次遮蔽及び補助遮蔽（原子炉建物）の範囲の平面図  
(B1F, EL 8.8m)

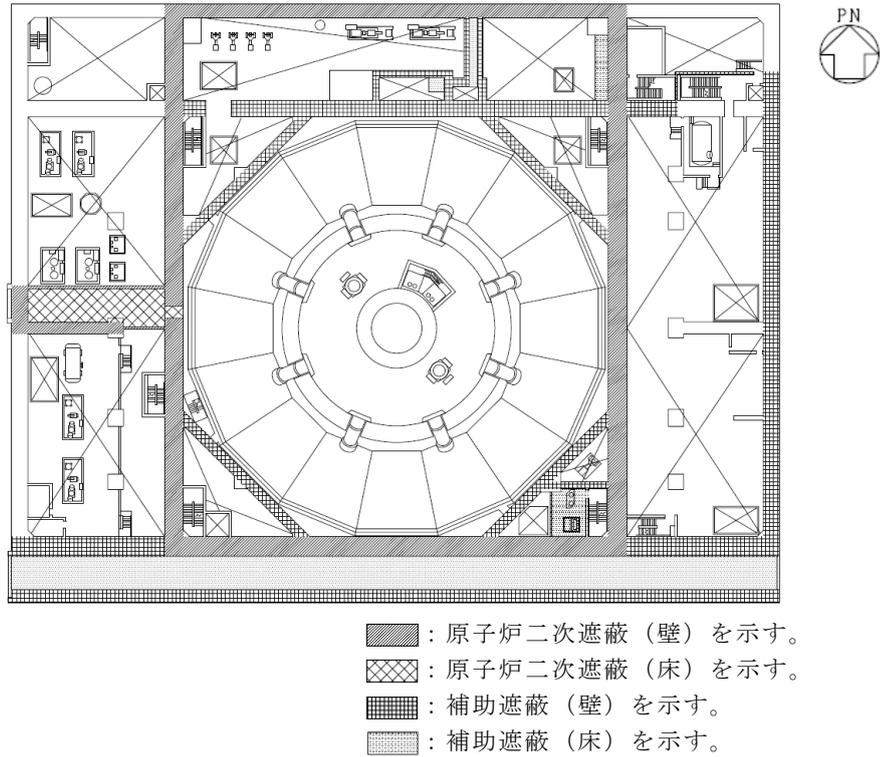


図 2-4(3) 原子炉二次遮蔽及び補助遮蔽（原子炉建物）の範囲の平面図  
(MB1F, EL 12.5m)

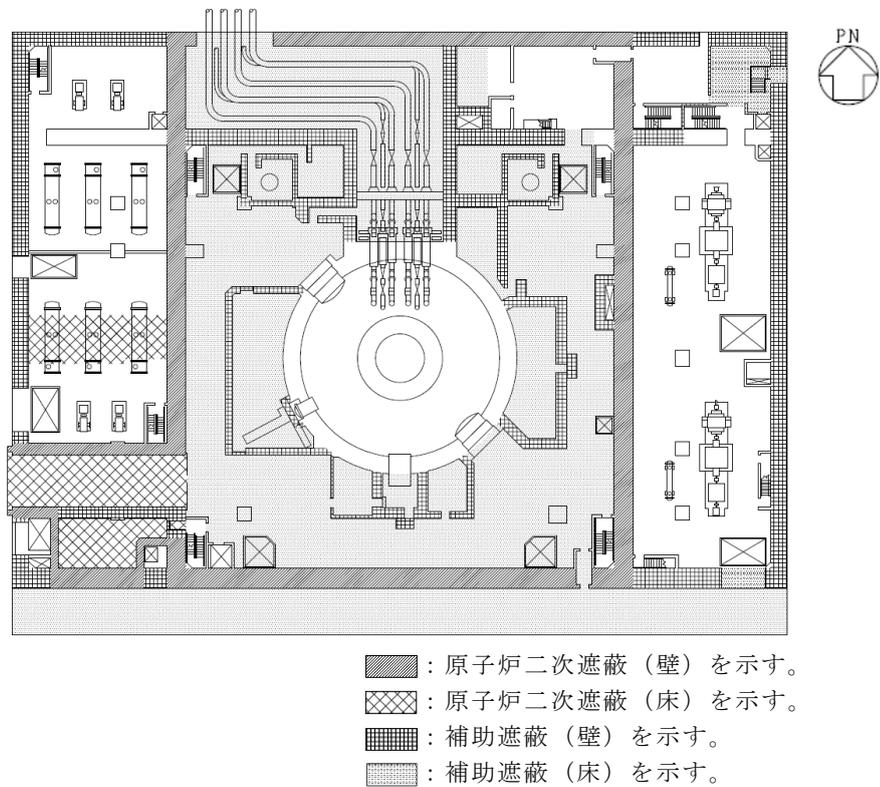


図 2-4(4) 原子炉二次遮蔽及び補助遮蔽（原子炉建物）の範囲の平面図  
(1F, EL 15.3m)

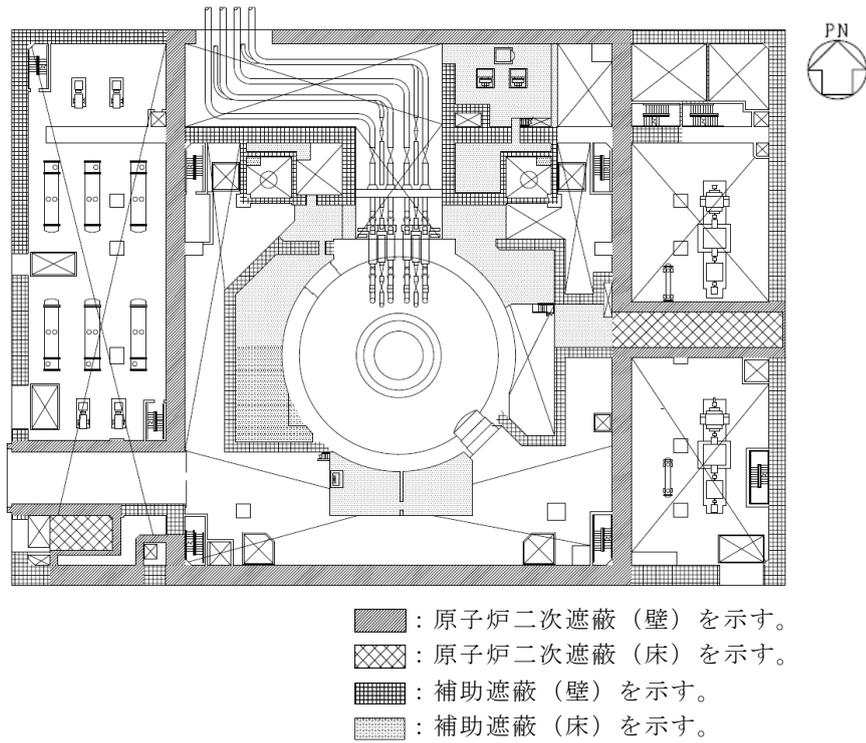


図 2-4(5) 原子炉二次遮蔽及び補助遮蔽（原子炉建物）の範囲の平面図  
(M2F, EL 19.5m)

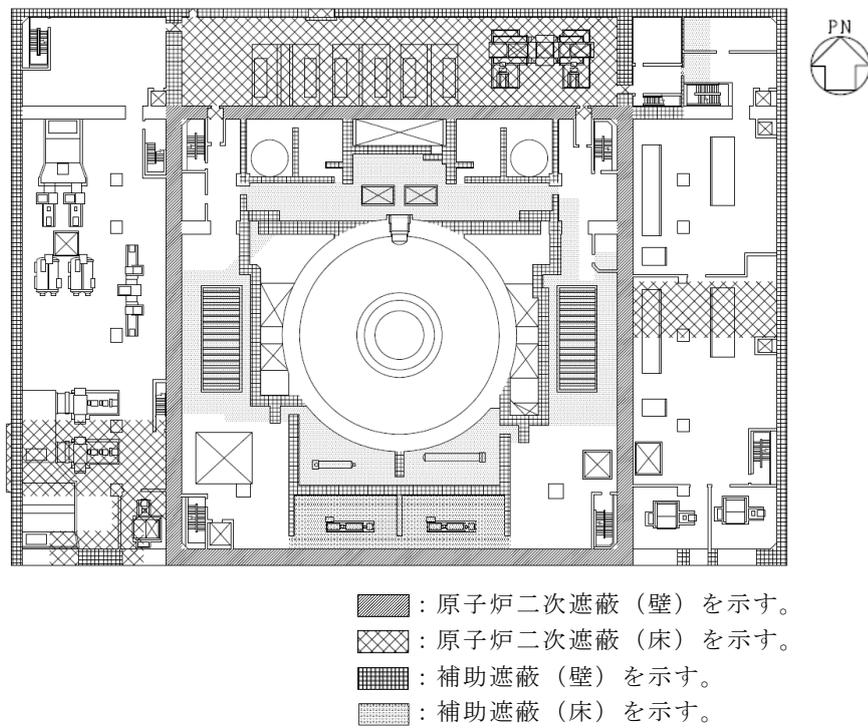


図 2-4(6) 原子炉二次遮蔽及び補助遮蔽（原子炉建物）の範囲の平面図  
(2F, EL 23.8m)

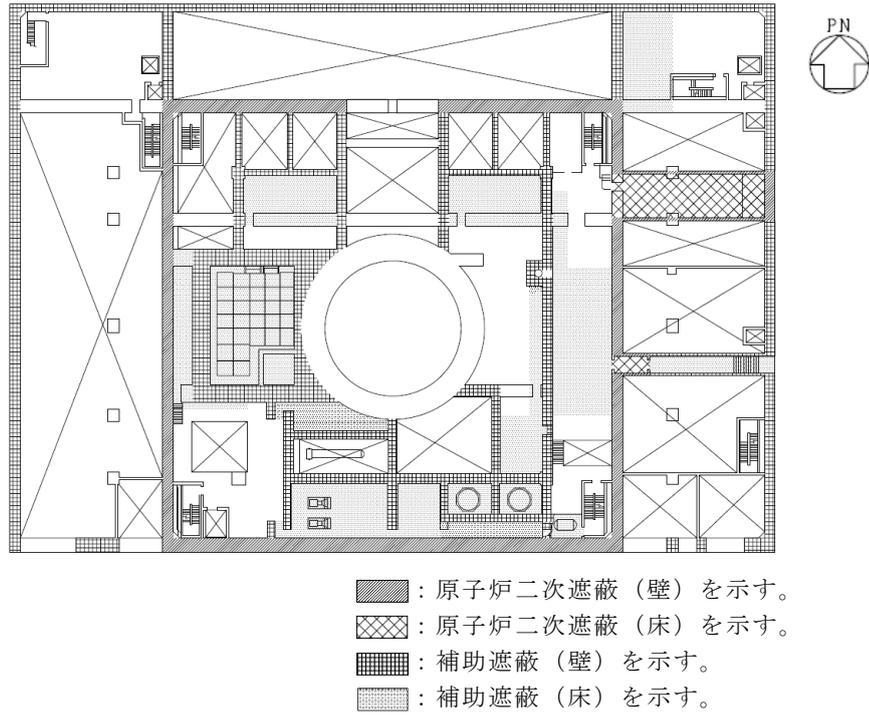


図 2-4(7) 原子炉二次遮蔽及び補助遮蔽（原子炉建物）の範囲の平面図  
(M3F, EL 30.5m)

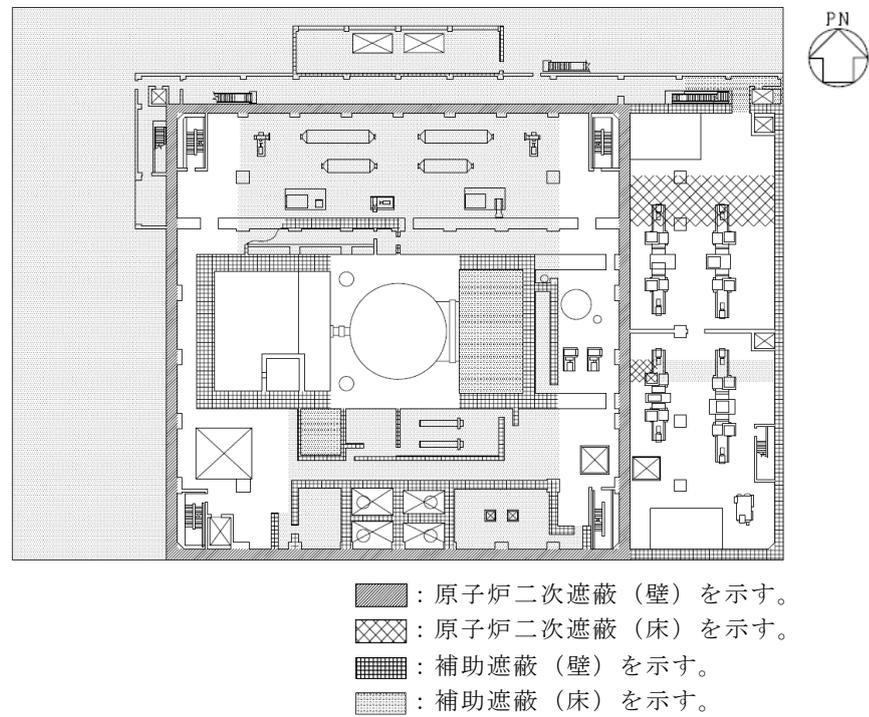


図 2-4(8) 原子炉二次遮蔽及び補助遮蔽（原子炉建物）の範囲の平面図  
(3F, EL 34.8m)

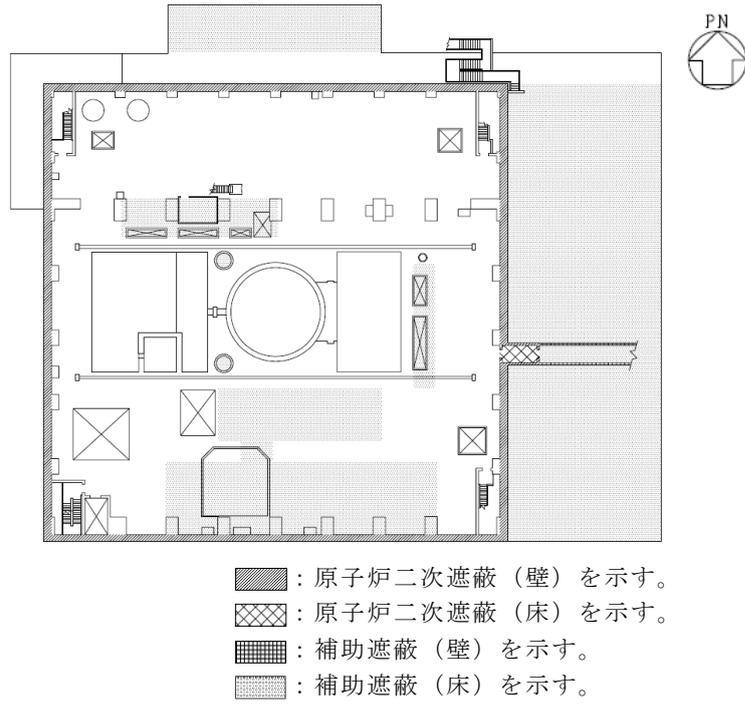


図 2-4(9) 原子炉二次遮蔽及び補助遮蔽（原子炉建物）の範囲の平面図  
(4F, EL 42.8m)

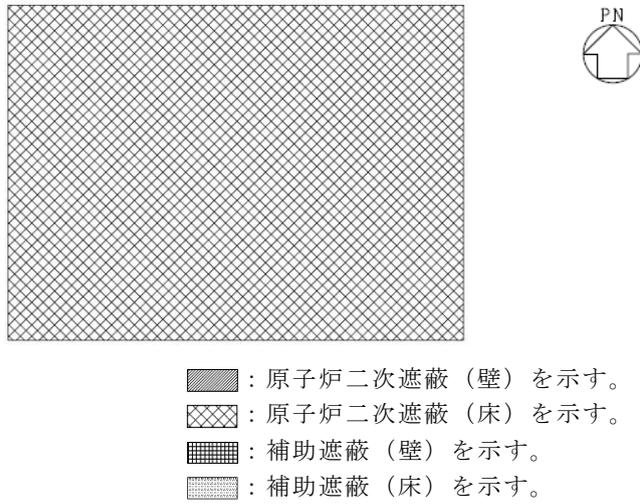


図 2-4(10) 原子炉二次遮蔽及び補助遮蔽（原子炉建物）の範囲の平面図  
(RF, EL 63.5m)

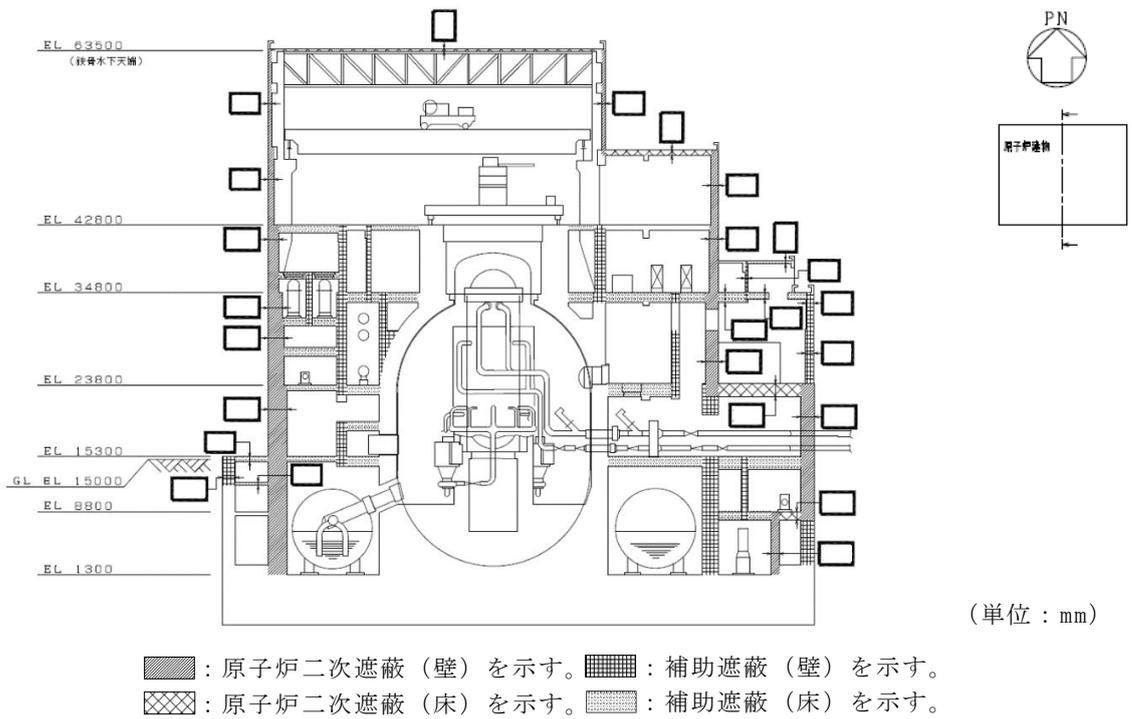


図 2-5(1) 原子炉二次遮蔽及び補助遮蔽（原子炉建物）の範囲の断面図（NS方向）

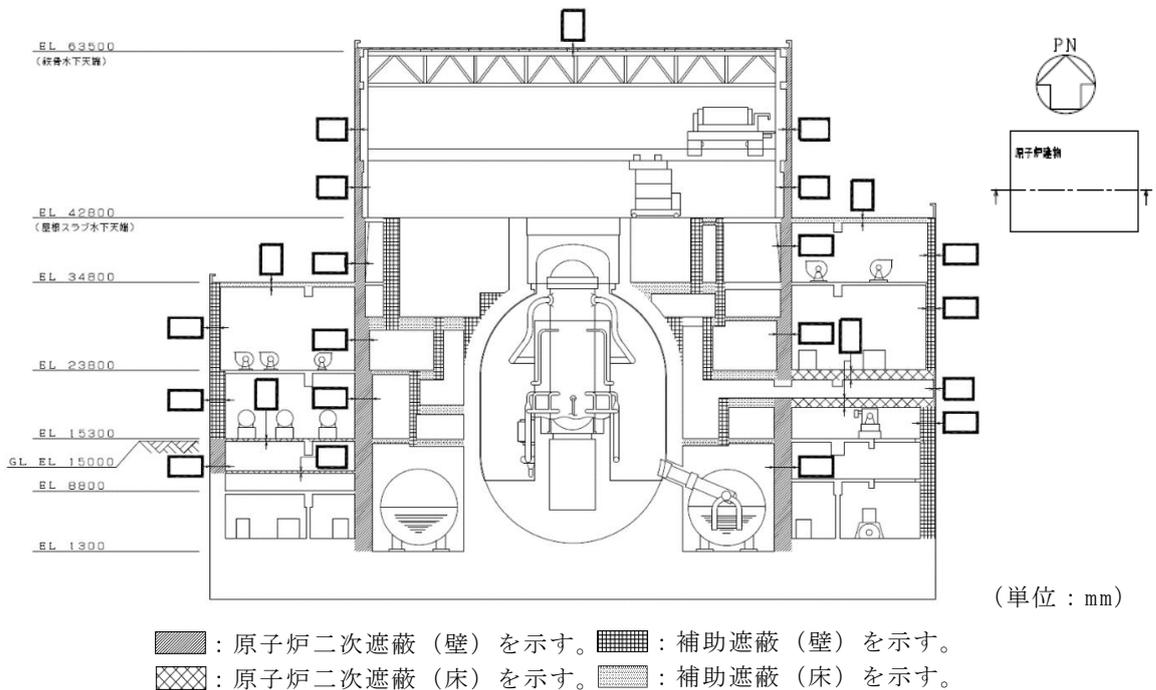


図 2-5(2) 原子炉二次遮蔽及び補助遮蔽（原子炉建物）の範囲の断面図（EW方向）

### 2.3 評価方針

原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）は、設計基準対象施設においては「Sクラスの施設」に、重大事故等対処施設においては「常設重大事故緩和設備」に分類される。また、原子炉建物を構成する壁及びスラブの一部は、原子炉建物の原子炉二次遮蔽及び補助遮蔽（原子炉建物）に該当し、その原子炉二次遮蔽及び補助遮蔽（原子炉建物）は、重大事故等対処施設においては「常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備」に分類される。

原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の設計基準対象施設としての評価においては、弾性設計用地震動 $S_d$ 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する評価（以下「 $S_d$ 地震時に対する評価」という。）、基準地震動 $S_s$ による地震力に対する評価（以下「 $S_s$ 地震時に対する評価」という。）及び保有水平耐力の評価を行うこととし、それぞれの評価は、VI-2-2-2「原子炉建物の地震応答計算書」の結果を踏まえたものとする。原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、地震応答解析による評価においては、耐震壁のせん断ひずみ及び保有水平耐力の評価を、応力解析による評価においては断面の評価を行うことで、原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の地震時の構造強度及び機能維持の確認を行う。評価にあたっては、材料物性の不確かさを考慮する。表2-1に材料物性の不確かさを考慮する解析ケースを示す。

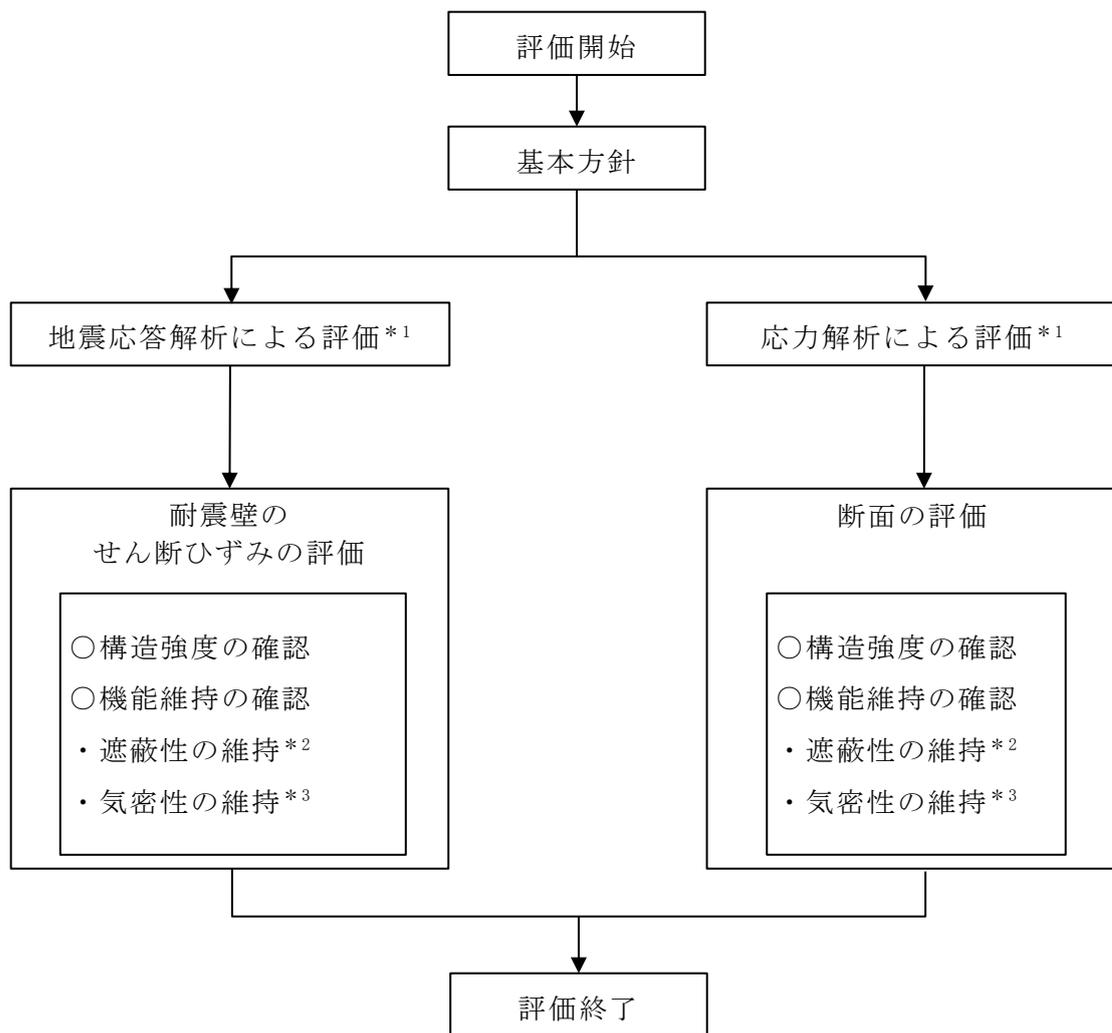
なお、原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の地震時の構造強度及び機能維持の確認には、地震応答解析による評価において保有水平耐力の評価及び支持機能の確認が必要であるが、原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）が原子炉建物の一部であることを踏まえ、原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）を含む原子炉建物全体としての評価結果をVI-2-2-3「原子炉建物の耐震性についての計算書」に示す。

また、原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）、原子炉二次遮蔽及び補助遮蔽（原子炉建物）の重大事故等対処施設としての評価においては、 $S_s$ 地震時に対する評価及び保有水平耐力の評価を行う。ここで、原子炉建物は燃料プールにおいて、運転時、設計基準事故時及び重大事故等時の状態で、温度の条件が異なるが、コンクリートの温度が上昇した場合においても、コンクリートの圧縮強度の低下は認められず、剛性低下は認められるが、その影響は小さいと考えられること、また、「発電用原子力設備規格 コンクリート製原子炉格納容器規格（（社）日本機械学会、2003）」では要素内の温度差及び拘束力により発生する熱応力は自己拘束的な応力であり、十分な塑性変形能力がある場合は終局耐力に影響しないとされていることから、重大事故等対処施設としての評価は、設計基準対象施設としての評価と同一となる。

図2-6に原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）、原子炉二次遮蔽及び補助遮蔽（原子炉建物）の評価フローを示す。

表 2-1 材料物性の不確かさを考慮する解析ケース

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%)	
ケース 4 (積雪)	設計基準強度	標準地盤	積雪荷重との 組合せを考慮



注記\*1：VI-2-2-2「原子炉建物の地震応答計算書」の結果を踏まえた評価を行う。

\*2：原子炉二次遮蔽及び補助遮蔽（原子炉建物）について実施する。

\*3：原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）について実施する。

図2-6 原子炉建物原子炉棟（二次格納施設），原子炉二次遮蔽及び補助遮蔽（原子炉建物）の評価フロー

## 2.4 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・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)
- ・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)
- ・発電用原子力設備規格 コンクリート製原子炉格納容器規格 ( (社) 日本機械学会, 2003)
- ・鉄骨鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 ー許容応力度設計と保有水平耐力ー ( (社) 日本建築学会, 2001 改定)

### 3. 地震応答解析による評価方法

原子炉建物原子炉棟（二次格納施設），原子炉二次遮蔽及び補助遮蔽（原子炉建物）の構造強度については，VI-2-2-2「原子炉建物の地震応答計算書」に基づき，材料物性の不確かさを考慮した耐震壁の最大応答せん断ひずみが許容限界を超えないことを確認する。

また，遮蔽性及び気密性の維持については，VI-2-2-2「原子炉建物の地震応答計算書」に基づき，材料物性の不確かさを考慮した耐震壁の最大応答せん断ひずみが許容限界を超えないことを確認する。

地震応答解析による評価における原子炉建物原子炉棟（二次格納施設），原子炉二次遮蔽及び補助遮蔽（原子炉建物）の許容限界は，VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に記載の構造強度上の制限及び機能維持方針に基づき，表 3-1 及び表 3-2 のとおり設定する。

表 3-1 地震応答解析による評価における許容限界  
(設計基準対象施設としての評価)

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 <sub>s</sub>	耐震壁*1	最大応答せん断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	せん断ひずみ 2.0×10 <sup>-3</sup>
気密性	換気性能とあいまって気密機能を維持すること	基準地震動 S <sub>s</sub>	耐震壁*1 (原子炉建物原子炉棟(二次格納施設))	最大応答せん断ひずみが気密性を維持するための許容限界を超えないことを確認	せん断ひずみ 2.0×10 <sup>-3</sup> *2

注記\*1：建物全体としては，耐震壁で地震力を全て負担する構造となっており，剛性の高い耐震壁の変形に追従する柱，はり，間仕切壁等の部材の層間変形は十分小さいこと，また，全体に剛性の高い構造となっており複数の耐震壁間の相対変形が小さく床スラブの変形が抑えられることから，各層の耐震壁の最大応答せん断ひずみが許容限界を満足していれば，建物・構築物に要求される機能は維持される。

\*2：事故時においては，PCV から漏えいした空気を非常用ガス処理設備で処理できるように気密性を有する設計とし，地震時においてもその機能を維持できる設計とする。気密性に対する許容限界の適用性は，「別紙 1 原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の気密性に関する計算書」に示す。

表 3-2 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としての評価)

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 <sub>s</sub>	耐震壁*1	最大応答せん断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	せん断ひずみ 2.0×10 <sup>-3</sup>
遮蔽性	遮蔽体の損傷により遮蔽性を損なわないこと	基準地震動 S <sub>s</sub>	耐震壁*1 (原子炉二次遮蔽及び補助遮蔽(原子炉建物))	最大応答せん断ひずみが遮蔽性を維持するための許容限界を超えないことを確認	せん断ひずみ 2.0×10 <sup>-3</sup>
気密性	換気性能とあいまって気密機能を維持すること	基準地震動 S <sub>s</sub>	耐震壁*1(原子炉建物原子炉棟(二次格納施設))	最大応答せん断ひずみが気密性を維持するための許容限界を超えないことを確認	せん断ひずみ 2.0×10 <sup>-3</sup> *2

注記\*1：建物全体としては、耐震壁で地震力を全て負担する構造となっており、剛性の高い耐震壁の変形に追従する柱、はり、間仕切壁等の部材の層間変形は十分小さいこと、また、全体に剛性の高い構造となっており複数の耐震壁間の相対変形が小さく床スラブの変形が抑えられることから、各層の耐震壁の最大応答せん断ひずみが許容限界を満足していれば、建物・構築物に要求される機能は維持される。

\*2：事故時においては、PCV から漏えいした空気を非常用ガス処理設備で処理できるように気密性を有する設計とし、地震時においてもその機能を維持できる設計とする。気密性に対する許容限界の適用性は、「別紙 1 原子炉建物原子炉棟(二次格納施設)の気密性に関する計算書」に示す。

#### 4. 応力解析による評価方法

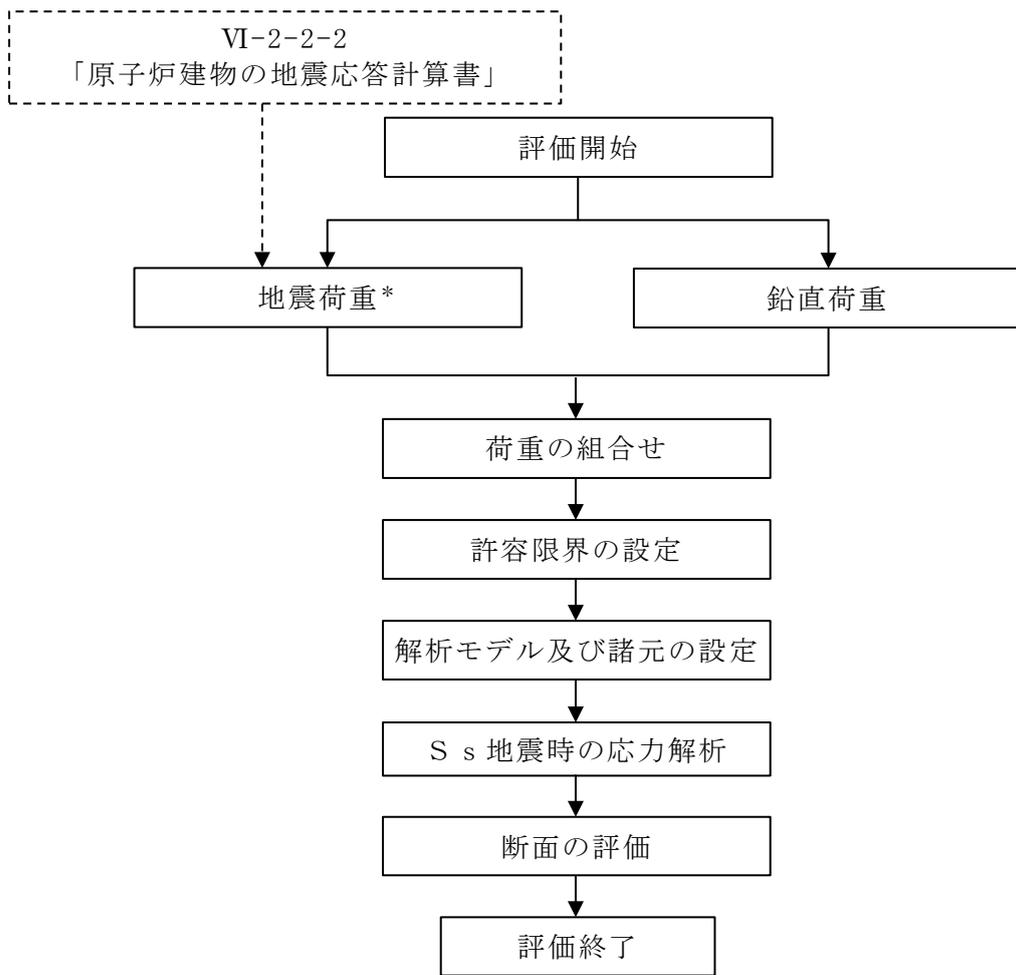
##### 4.1 評価対象部位及び評価方針

原子炉建物原子炉棟（二次格納施設），原子炉二次遮蔽及び補助遮蔽（原子炉建物）の応力解析による評価対象部位は，屋根スラブ，床スラブ，屋根トラス及び耐震壁とする。

##### 4.1.1 屋根スラブ及び床スラブ

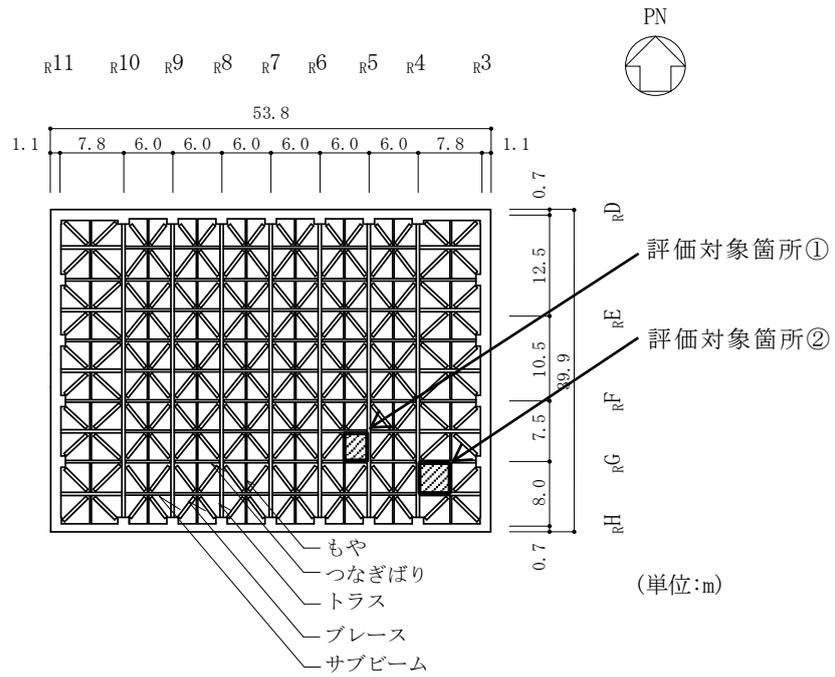
屋根スラブ及び床スラブについては，鉛直方向の地震動の影響を受けやすいと考えられる。したがって， $S_s$ 地震時に対する評価は，基準地震動 $S_s$ による鉛直震度を考慮した応力解析モデルを用いて，各部材の断面評価を行う。鉛直震度については，VI-2-2-2「原子炉建物の地震応答計算書」により得られた基準地震動 $S_s$ による結果を用いる。許容限界については，屋根スラブ及び床スラブは，「原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（（社）日本建築学会，2005 制定）」（以下「RC-N規準」という。）に基づき設定する。 $S_d$ 地震時に対する評価については，上記のとおり基準地震動 $S_s$ で評価するため新たな検討は行わない。評価については，各断面の検定値が最も大きい部材を選定して示す。

応力解析による評価フローを図4-1に，選定した部材を図4-2に示す。

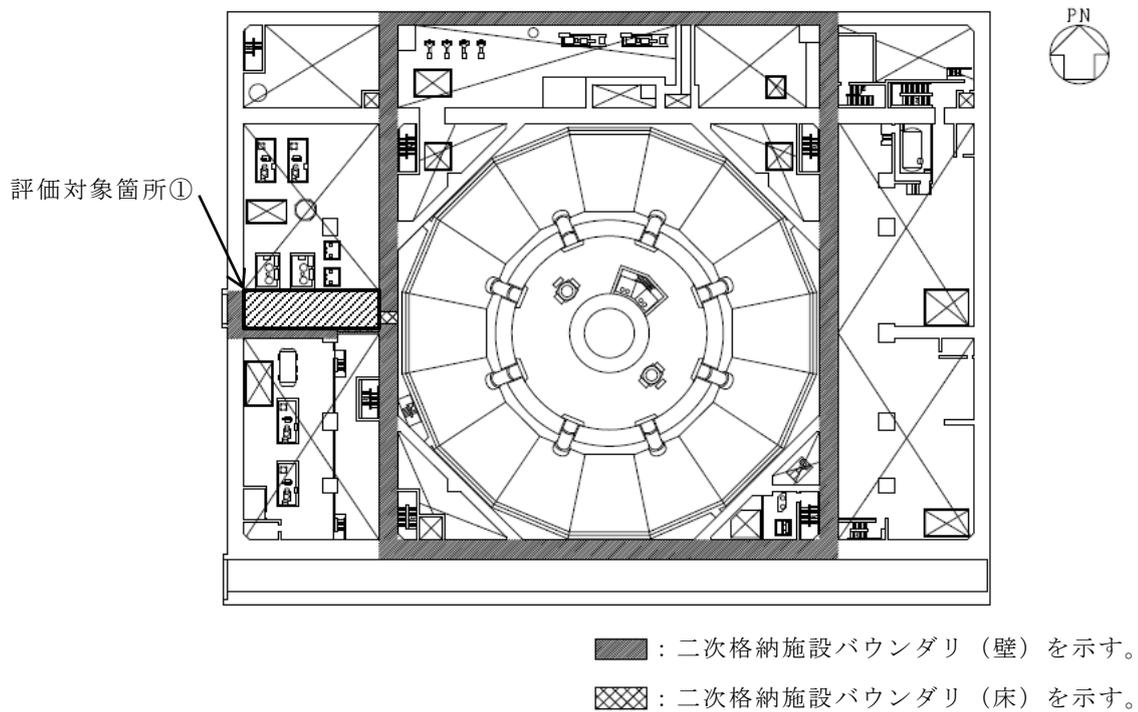


注記\*：材料物性の不確かさを考慮する。

図 4-1 屋根スラブ及び床スラブの応力解析による評価フロー

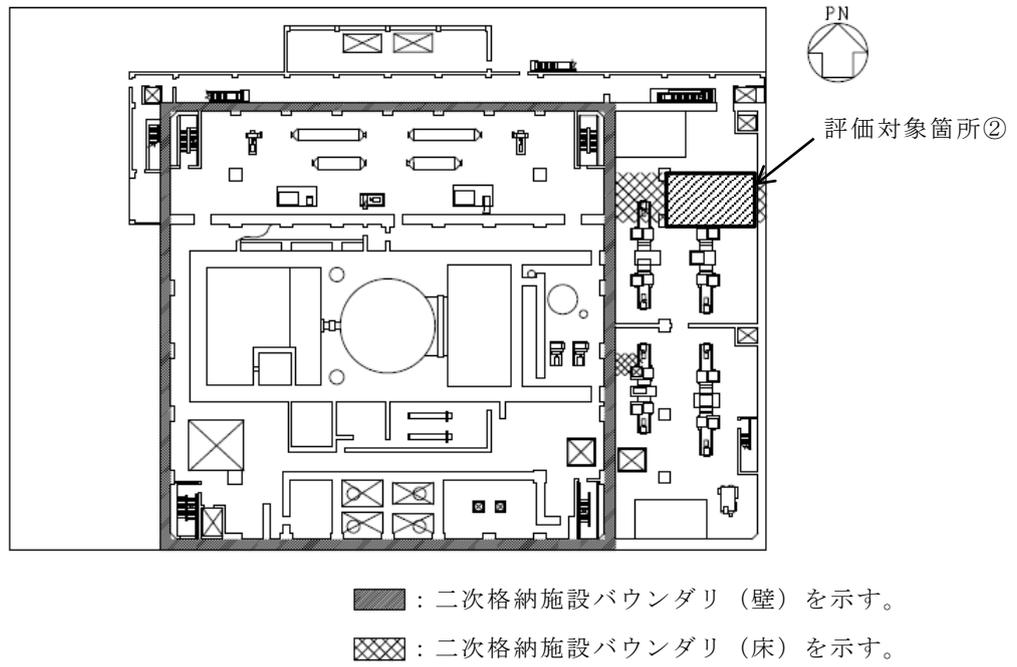


(a) 屋根スラブ (RF, EL 63.5m)



(b) 床スラブ (MB1F, EL 12.5m)

図 4-2(1) 評価を記載する部材の位置



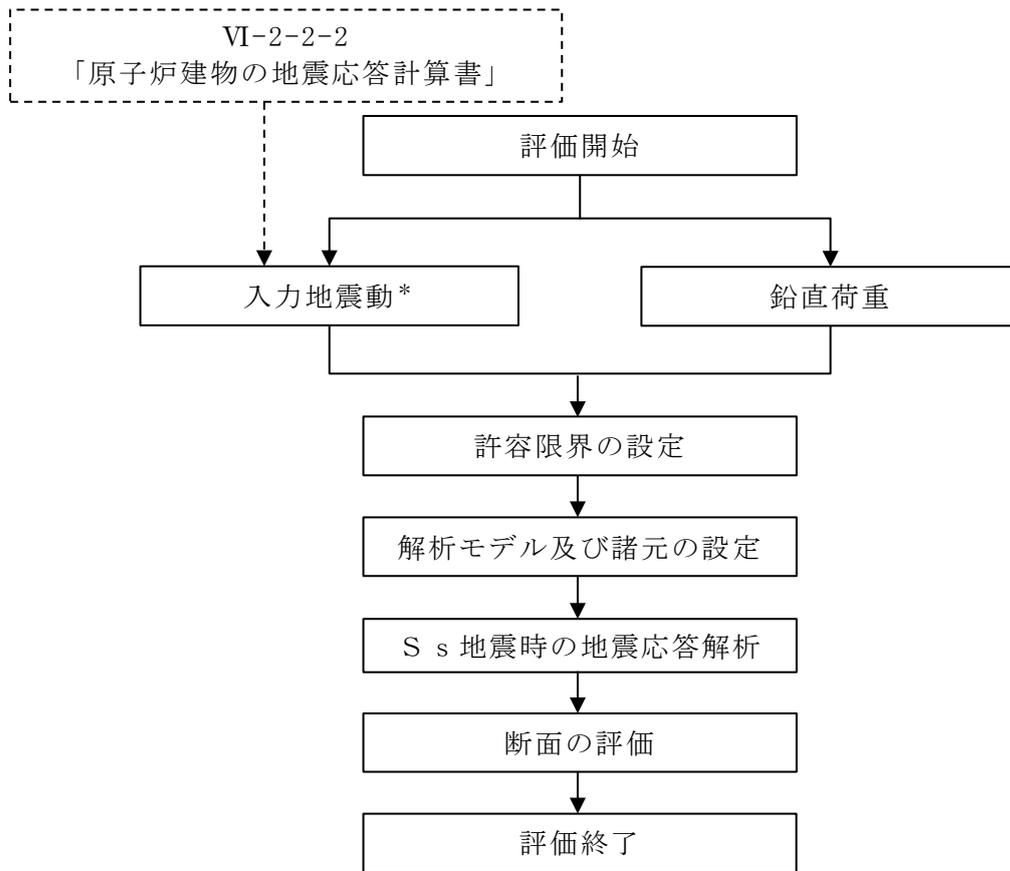
(c) 床スラブ (3F, EL 34.8m)

図 4-2(2) 評価を記載する部材の位置

#### 4.1.2 屋根トラス

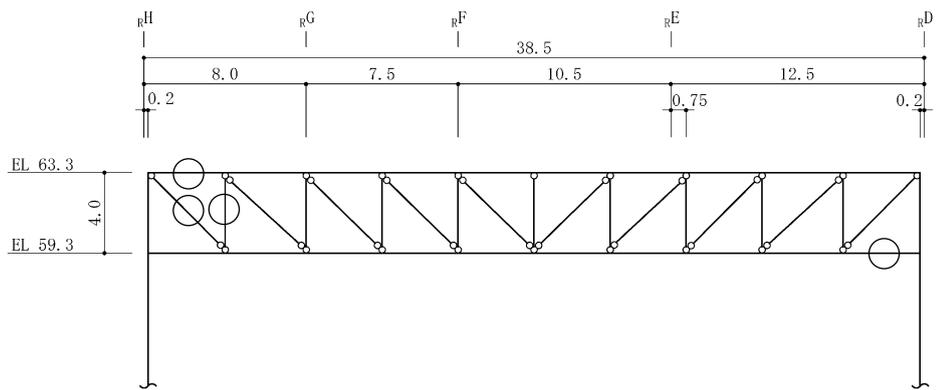
屋根トラスについては、水平方向の地震動に加え、鉛直方向の地震動の影響を受けやすいと考えられる。したがって、水平方向と鉛直方向地震力の同時入力による評価を行うために、3次元FEMモデルを用いた地震応答解析により生じた応力を用いて、各部材の断面の評価を行う。S<sub>s</sub>地震時に対する評価については、VI-2-2-2「原子炉建物の地震応答計算書」により得られた基準地震動S<sub>s</sub>による結果を用いる。許容限界については、「平12建告第2464号」に基づきF値に1.1倍の割増しを考慮した弾性限強度とする。評価については、各部材の検定値が最も大きい部材を選定して示す。

応力解析による評価フローを図4-3に、選定した部材を図4-4～図4-9に示す。



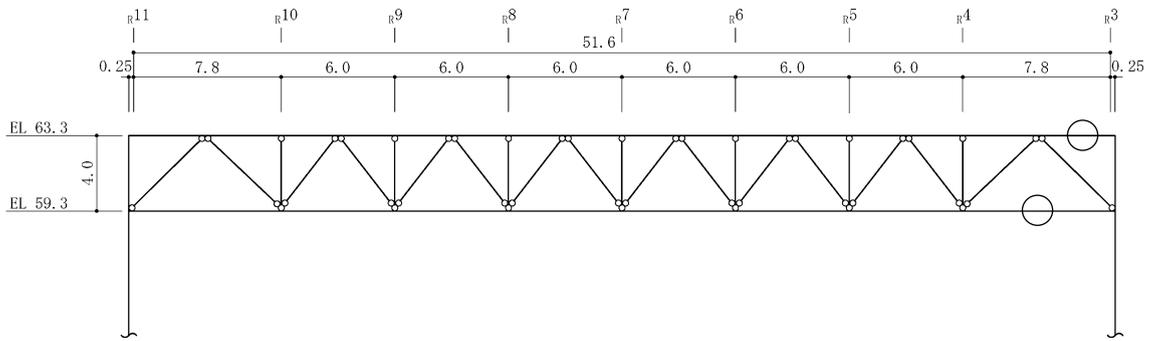
注記\*：材料物性の不確かさを考慮する。

図 4-3 屋根トラスの応力解析による評価フロー



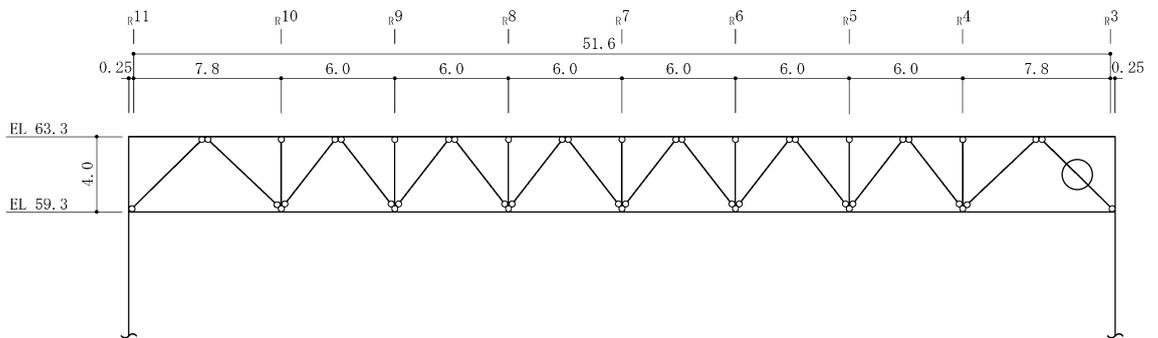
○：最大応力発生箇所を示す。  
(単位：m)

図 4-4 評価を記載する部材の位置 (主トラス：R<sup>7</sup> 通り)



○：最大応力発生箇所を示す。  
(単位：m)

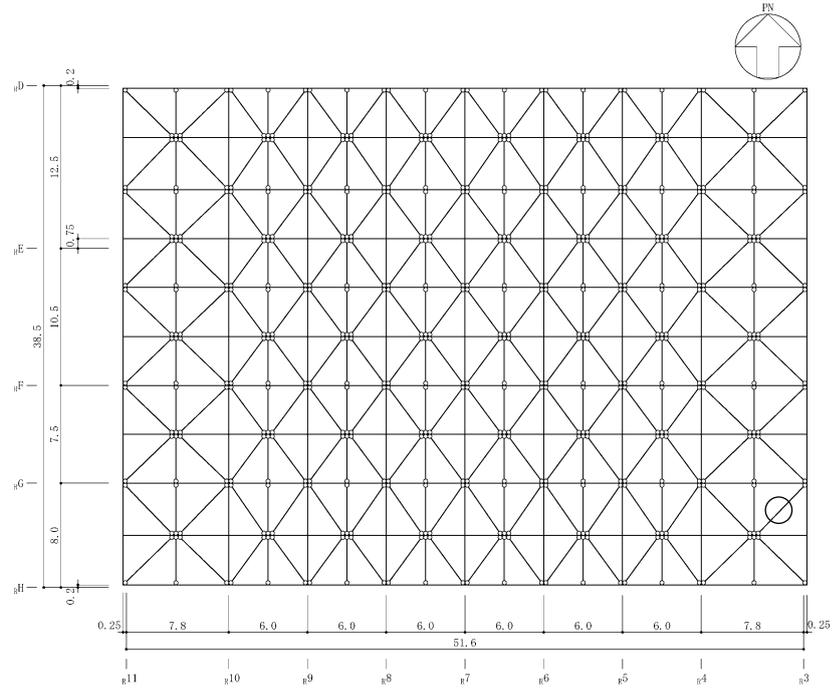
(a) サブトラス：R<sup>F</sup> 通り



○：累積塑性変形倍率が最も大きい箇所を示す。  
(単位：m)

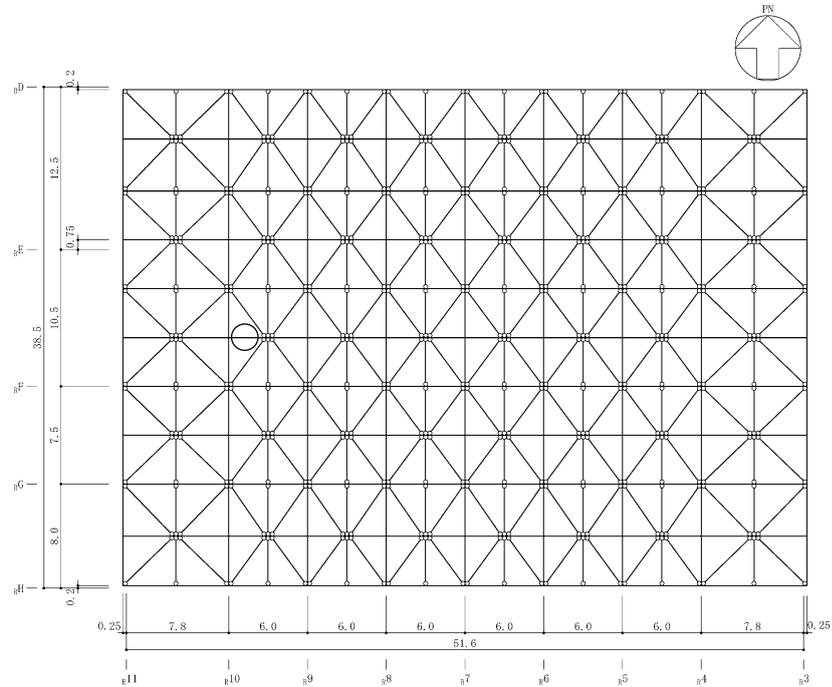
(b) サブトラス：R<sup>E</sup> 通り+3.0m

図 4-5 評価を記載する部材の位置 (サブトラス)



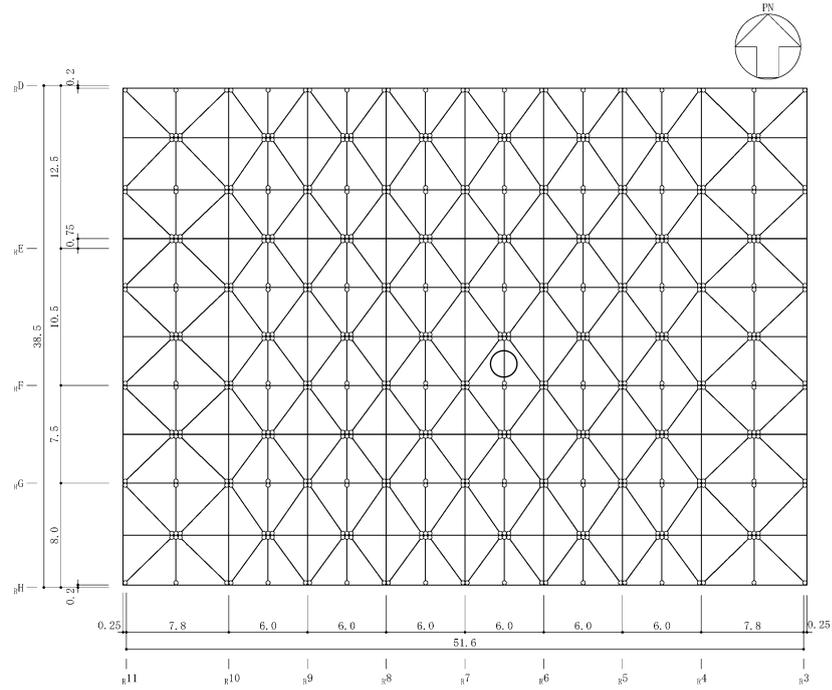
○：最大応力発生箇所を示す。  
(単位：m)

図 4-6 評価を記載する部材の位置 (水平ブレース：EL 63.3m)



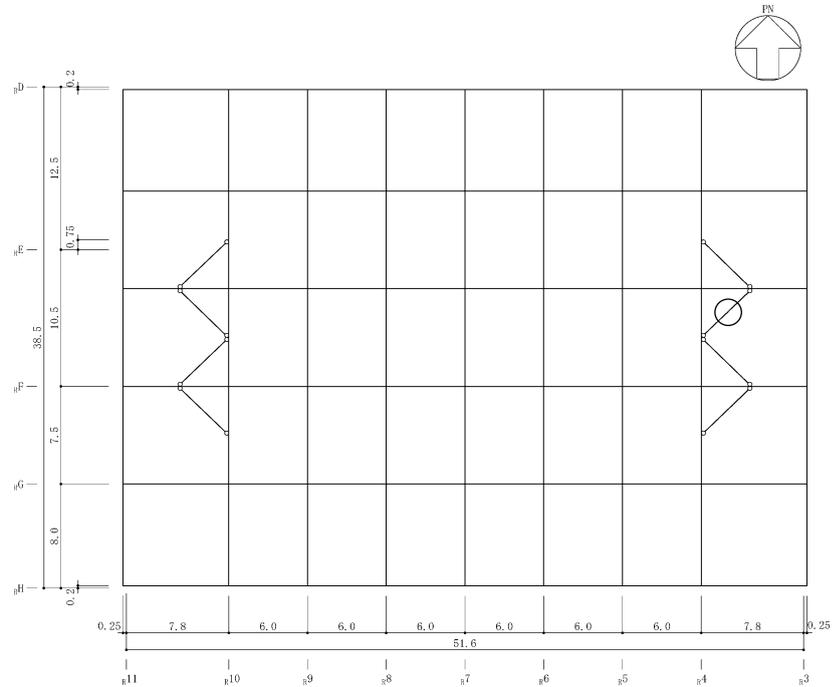
○：最大応力発生箇所を示す。  
(単位：m)

図 4-7 評価を記載する部材の位置 (サブビーム：EL 63.3m)



○：最大応力発生箇所を示す。  
(単位：m)

図4-8 評価を記載する部材の位置 (母屋：EL 63.3m)



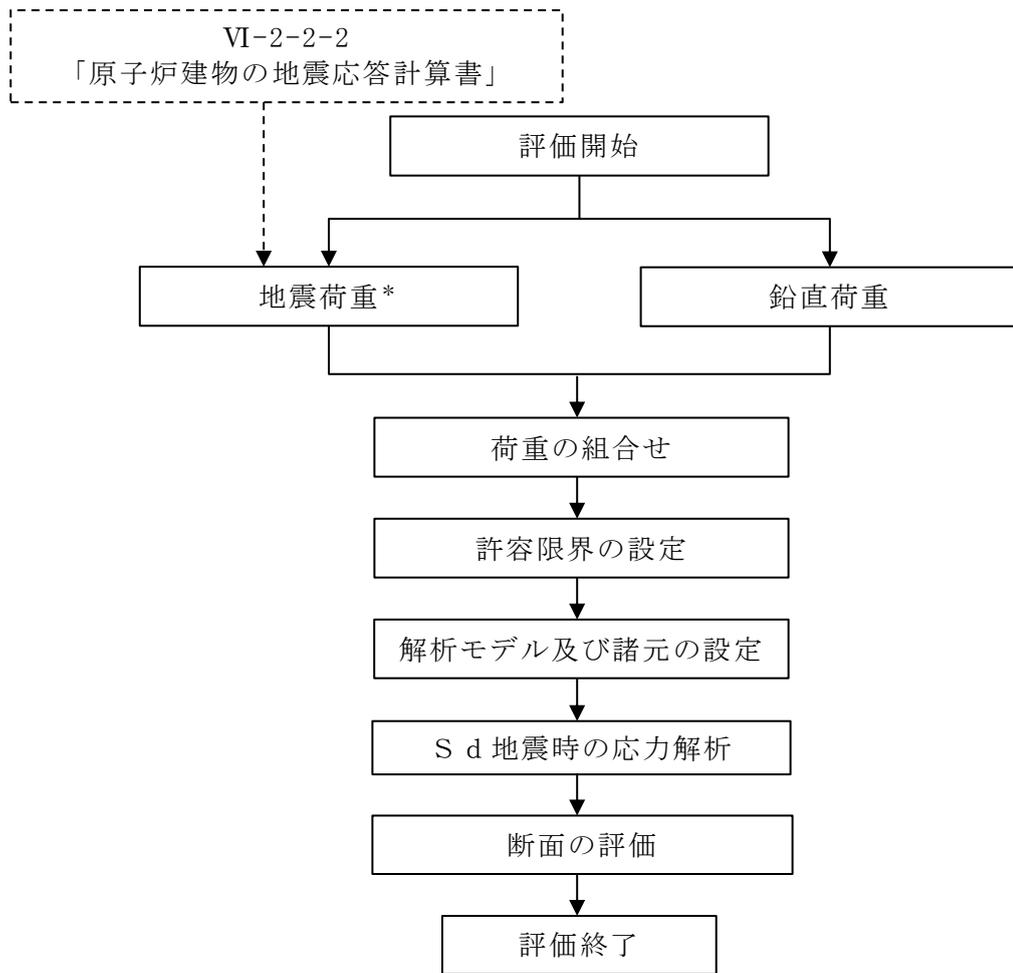
○：最大応力発生箇所を示す。  
(単位：m)

図4-9 評価を記載する部材の位置 (サブトラス下弦材座屈止め：EL 59.3m)

#### 4.1.3 耐震壁

S d 地震時に対する評価は，材料物性の不確かさを考慮した地震力と地震力以外の荷重の組合せの結果により発生する応力が，「RC-N規準」に基づき設定した許容限界を超えないことを確認する。評価については，耐震壁の検定値が最も大きい部材を選定して示す。

応力解析による評価フローを図4-10に，選定した部材を図4-11に示す。



注記\*：材料物性の不確かさを考慮する。

図 4-10 耐震壁の応力解析による評価フロー

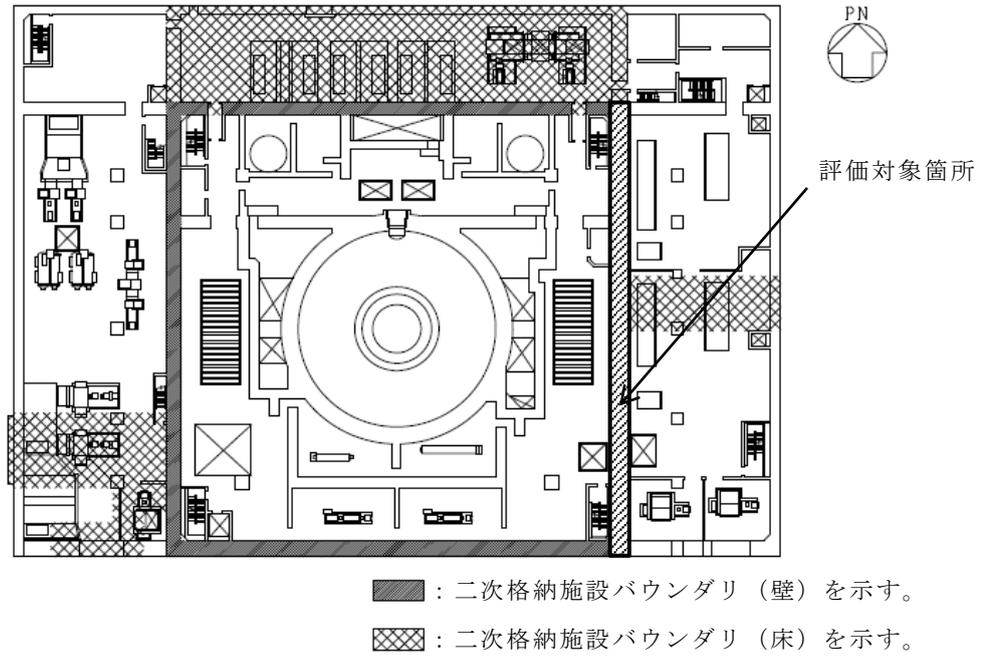


図 4-11 耐震壁の評価を記載する部材の位置  
(2F, EL 23.8m)

## 4.2 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは，VI-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。

### 4.2.1 屋根スラブ

#### (1) 荷重

##### a. 鉛直荷重

固定荷重（G），積載荷重（P）は昭和59年2月24日付け58資庁第15180号にて認可された工事計画の添付資料IV-2-4-2「原子炉建物の耐震性についての計算書」（以下「既工認」という。）に基づき設定する。積雪荷重（SNL）は，発電所敷地に最も近い気象官署である松江地方気象台で観測された観測史上1位の月最深積雪100cmに平均的な積雪荷重を与えるための係数0.35を考慮し35.0cmとし，積雪量1cmごとに20N/m<sup>2</sup>の積雪荷重が作用することを考慮し設定する。

##### b. 地震荷重

地震荷重（S<sub>s</sub>）は，基準地震動S<sub>s</sub>に対する質点系モデルの屋根トラス部の鉛直方向最大応答加速度より鉛直震度を算定する。なお，鉛直震度は材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果を包絡したものとする。

#### (2) 荷重の組合せ

荷重の組合せを表4-1に示す。

表4-1 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
S <sub>s</sub> 地震時	G + P + SNL + S <sub>s</sub>

G : 固定荷重

P : 積載荷重

SNL : 積雪荷重

S<sub>s</sub> : 地震荷重

## 4.2.2 床スラブ

## (1) 荷重

## a. 鉛直荷重

固定荷重 (G) , 積載荷重 (P) は「既工認」に基づき設定する。積雪荷重 (SNL) は, 発電所敷地に最も近い気象官署である松江地方気象台で観測された観測史上 1 位の月最深積雪 100cm に平均的な積雪荷重を与えるための係数 0.35 を考慮し 35.0cm とし, 積雪量 1cm ごとに  $20\text{N/m}^2$  の積雪荷重が作用することを考慮し設定する。

## b. 地震荷重

地震荷重 ( $S_s$ ) は, 基準地震動  $S_s$  に対する質点系モデルの各層の鉛直方向最大応答加速度より鉛直震度を算定する。なお, 鉛直震度は材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果を包絡したものとする。

## (2) 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 4-2 に示す。

表 4-2 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
$S_s$ 地震時	$G + P + SNL^* + S_s$

G : 固定荷重

P : 積載荷重

SNL : 積雪荷重

$S_s$  : 地震荷重

注記\* : 積雪荷重 (SNL) は, 積雪荷重が作用する屋外に面する床スラブに対して考慮する。

## 4.2.3 屋根トラス

## (1) 荷重

## a. 鉛直荷重

荷重の一覧を表 4-3 に示す。固定荷重 (G) 及び積載荷重 (P) は「既工認」に基づき設定する。積雪荷重 (SNL) は、発電所敷地に最も近い気象官署である松江地方気象台で観測された観測史上 1 位の月最深積雪 100cm に平均的な積雪荷重を与えるための係数 0.35 を考慮し 35.0cm とし、積雪量 1cm ごとに  $20\text{N/m}^2$  の積雪荷重が作用することを考慮し設定する。なお、原子炉建物内は負圧となっており、屋根スラブに鉛直下向きの圧力荷重が作用しているが、鉛直荷重と比較して  $6.28 \times 10^{-2}\text{kN/m}^2$  と非常に軽微なため考慮しない。

表 4-3 荷重一覧

固定荷重 (G)	屋根スラブ	$6.10\text{kN/m}^2$
	トラス鋼材	$77.0\text{kN/m}^3$
	クレーン荷重	3432kN
積載荷重 (P)		$0.30\text{kN/m}^2$
積雪荷重 (SNL)		$0.70\text{kN/m}^2$

## b. 地震荷重

地震荷重 ( $S_s$ ) は、VI-2-2-2「原子炉建物の地震応答計算書」から得られる燃料取替階レベル (4F, EL 42.8m) の  $S_s$  地震時の水平及び鉛直方向の時刻歴応答加速度とし、「2.3 評価方針」に示したとおり、材料物性の不確かさを考慮する。 $S_s-D$ ,  $S_s-F1$ ,  $S_s-F2$ ,  $S_s-N1$  及び  $S_s-N2$  の水平 2 成分、鉛直成分及び回転 2 成分の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルを図 4-12~図 4-67 に示す。

(2) 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 4-4 に示す。

表 4-4 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
S <sub>s</sub> 地震時	G + P + S <sub>NL</sub> * + S <sub>s</sub>

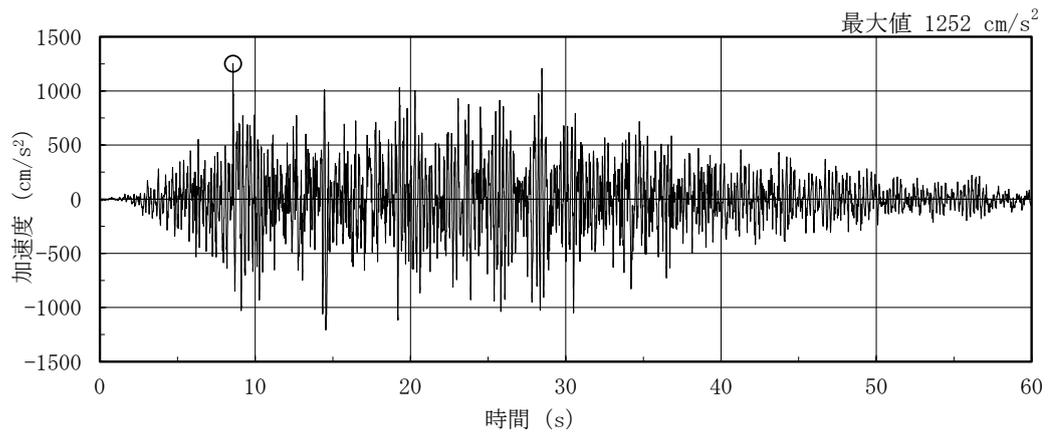
G : 固定荷重

P : 積載荷重

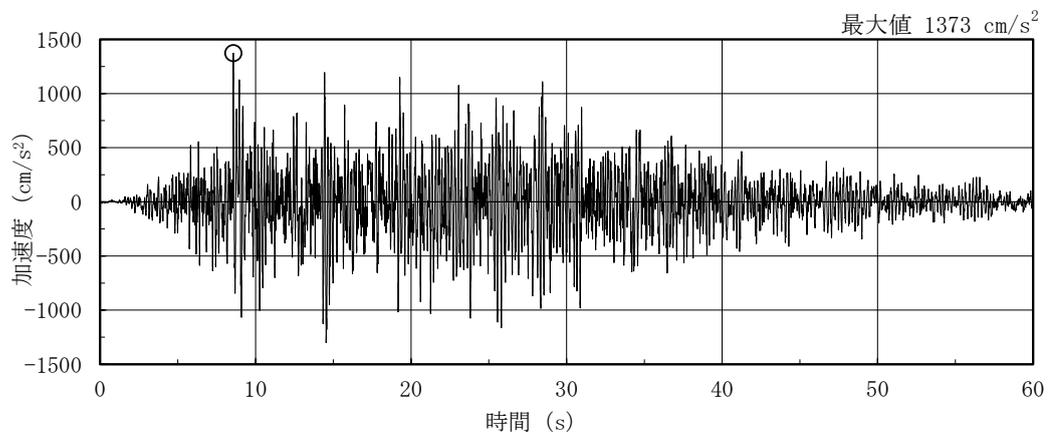
S<sub>NL</sub> : 積雪荷重

S<sub>s</sub> : 地震荷重

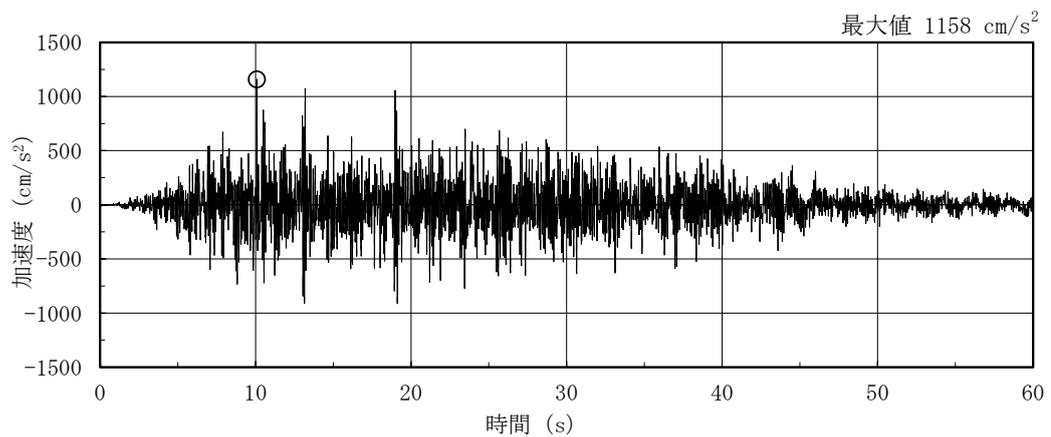
注記\* : 材料物性の不確かさ等を考慮する解析ケースのうち、積雪荷重との組合せを考慮するケース 4 において、積雪荷重 (S<sub>NL</sub>) を考慮する。



(a) NS方向

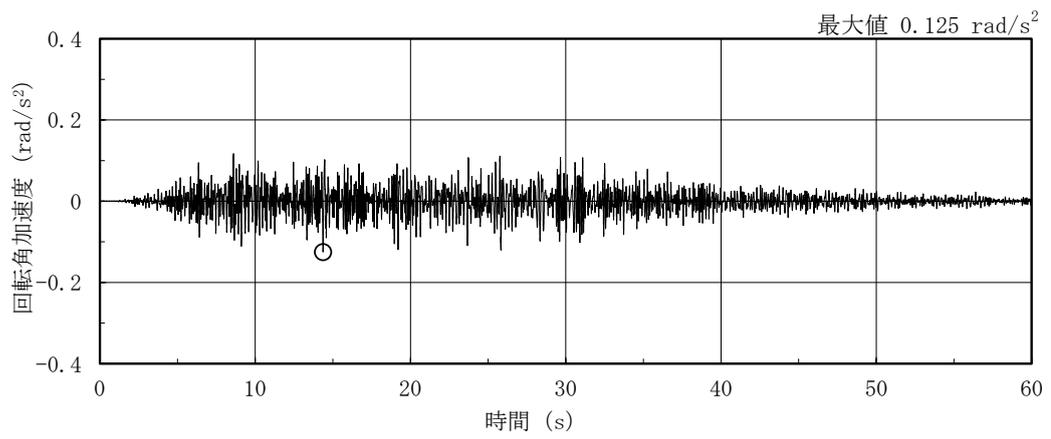


(b) EW方向

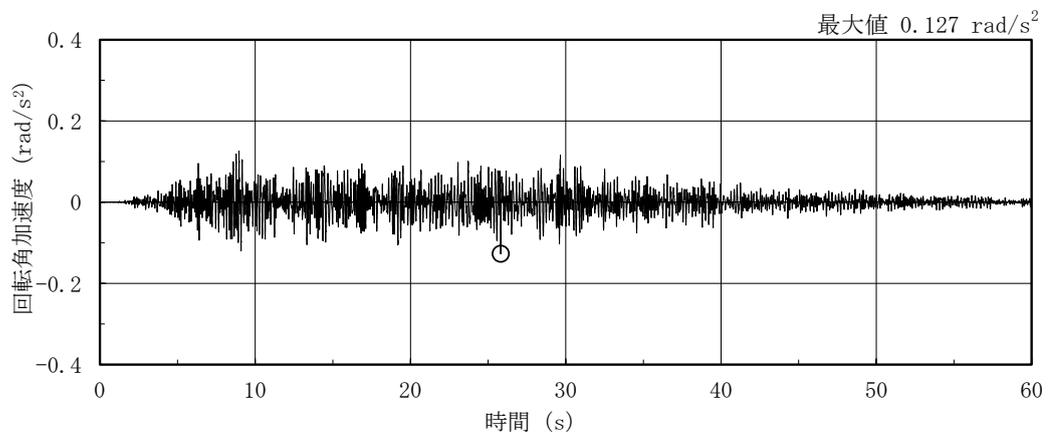


(c) 鉛直方向

図 4-12 燃料取替階レベル (4F, EL 42.8m) の加速度時刻歴波形  
(S s - D, ケース 1, 水平, 鉛直成分)

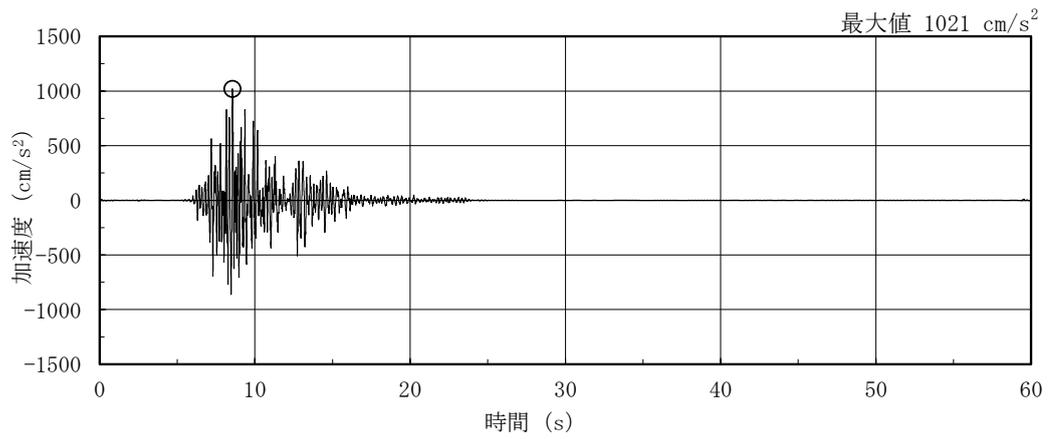


(a) NS方向

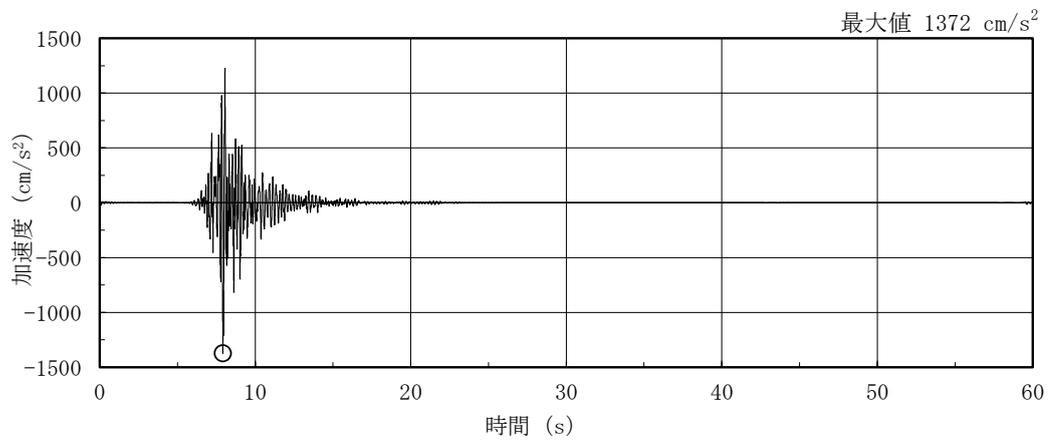


(b) EW方向

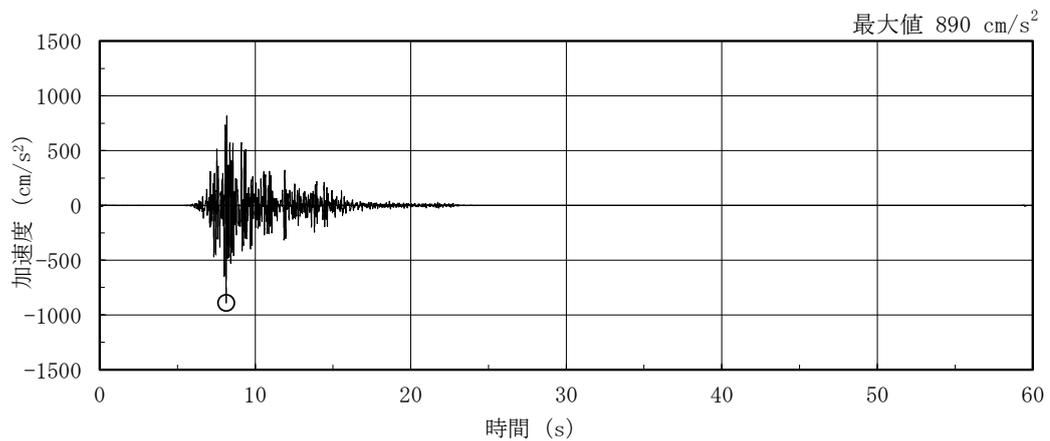
図 4-13 燃料取替階レベル (4F, EL 42.8m) の加速度時刻歴波形  
(S s - D, ケース 1, 回転成分)



(a) NS方向

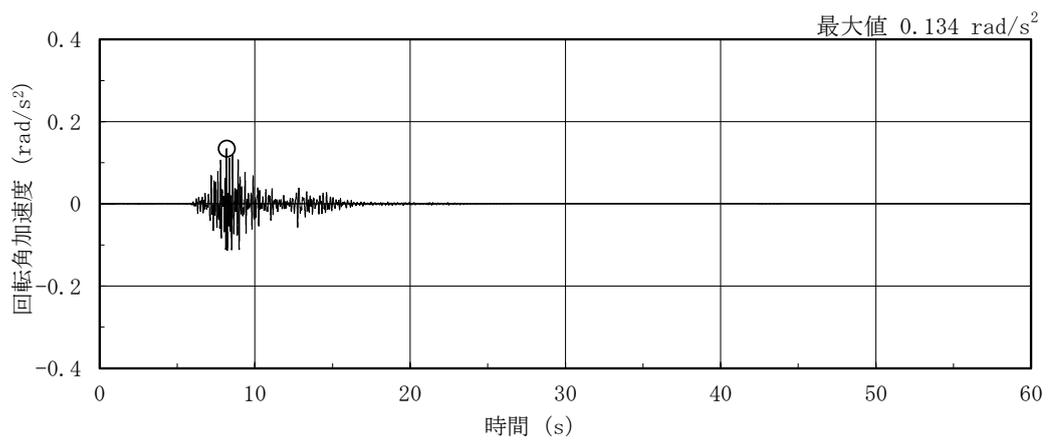


(b) EW方向

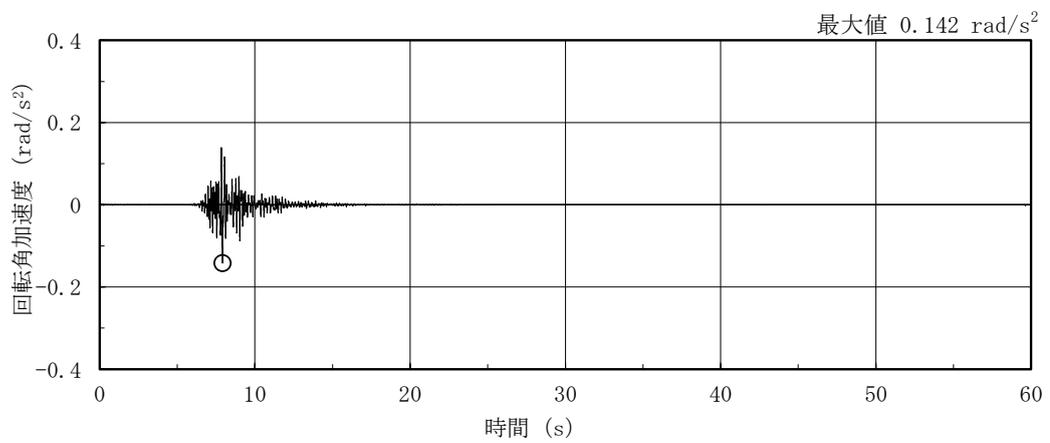


(c) 鉛直方向

図 4-14 燃料取替階レベル (4F, EL 42.8m) の加速度時刻歴波形  
(S s - F 1, ケース 1, 水平, 鉛直成分)

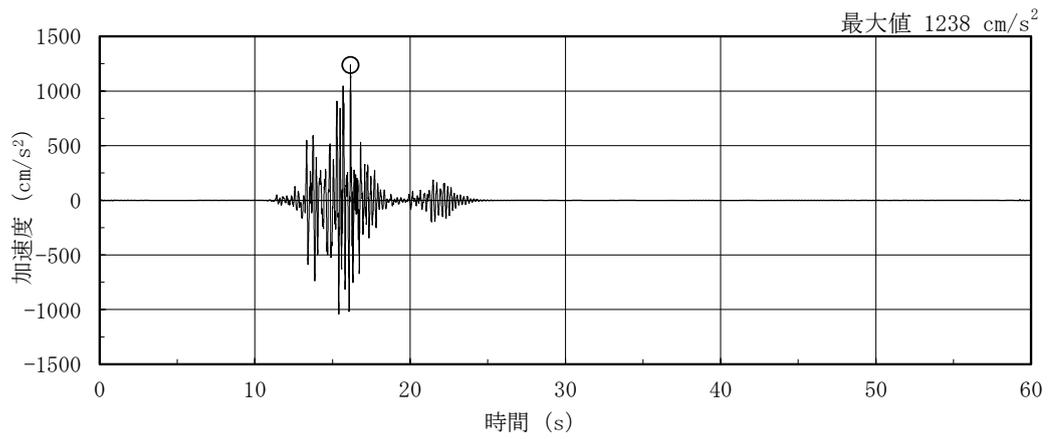


(a) NS方向

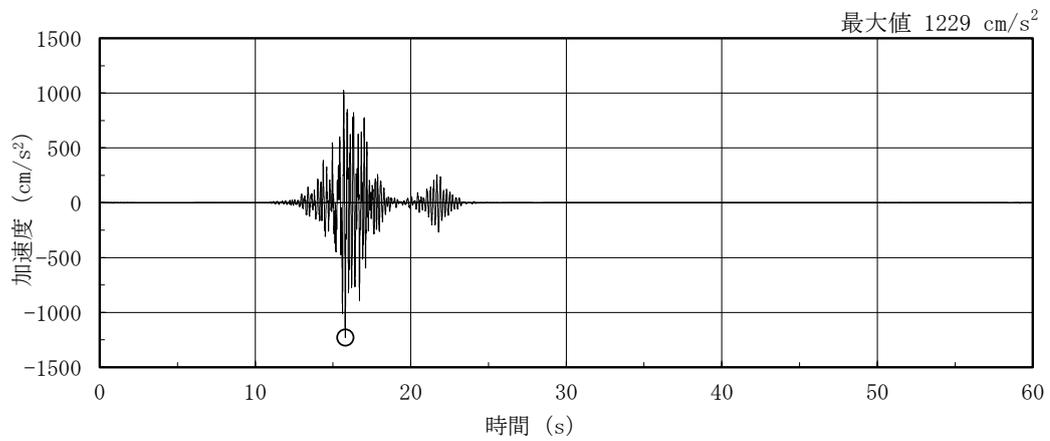


(b) EW方向

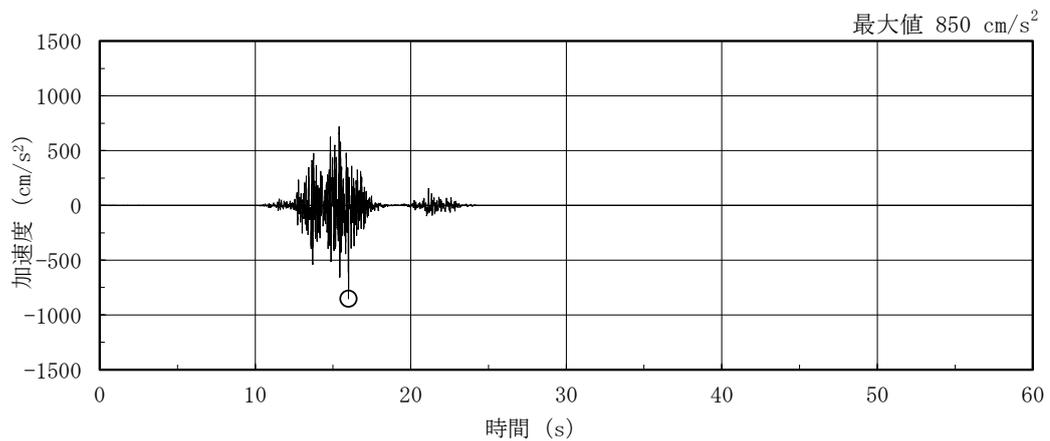
図 4-15 燃料取替階レベル (4F, EL 42.8m) の加速度時刻歴波形  
(S s - F 1, ケース 1, 回転成分)



(a) NS 方向

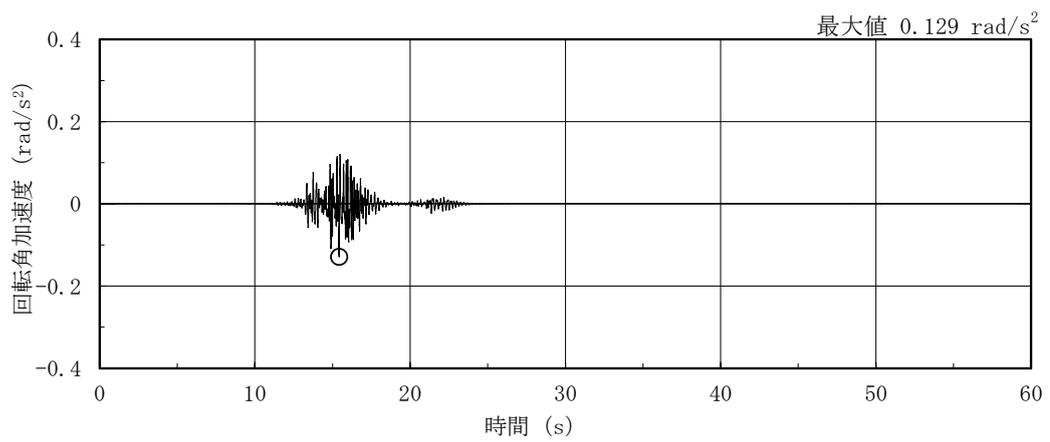


(b) EW 方向

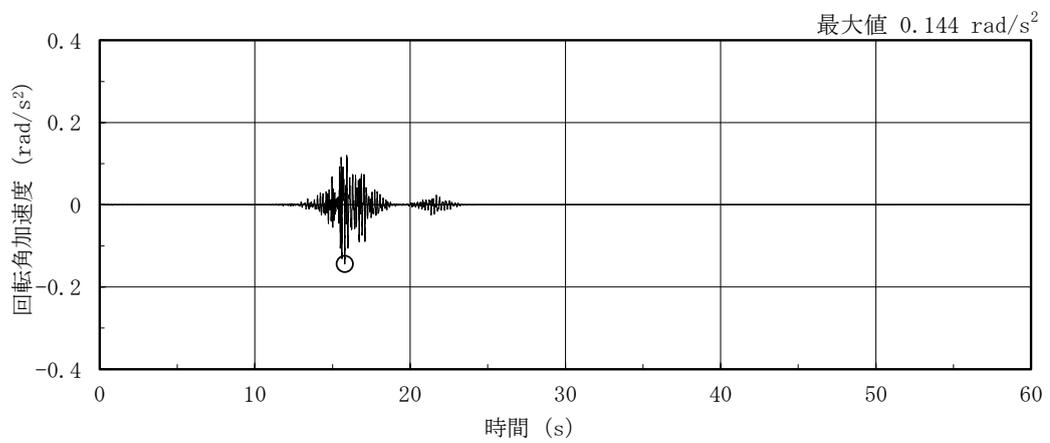


(c) 鉛直方向

図 4-16 燃料取替階レベル (4F, EL 42.8m) の加速度時刻歴波形  
(S s - F 2, ケース 1, 水平, 鉛直成分)

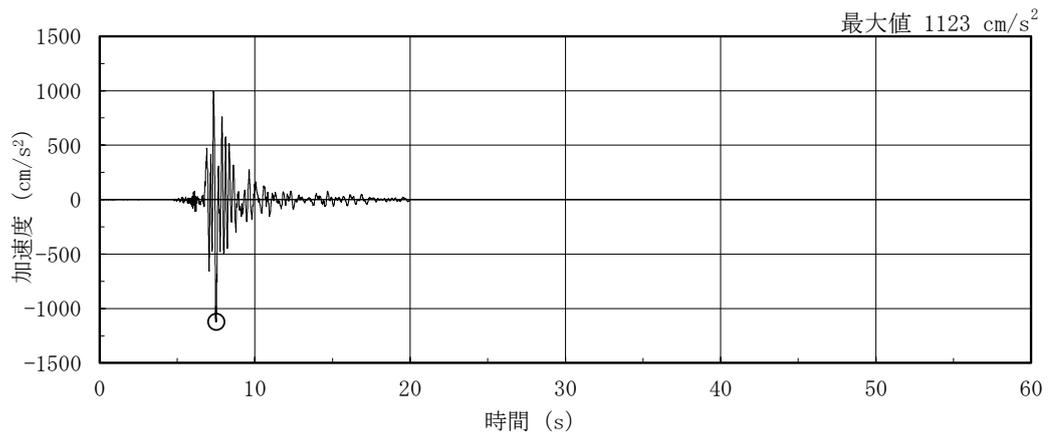


(a) NS方向

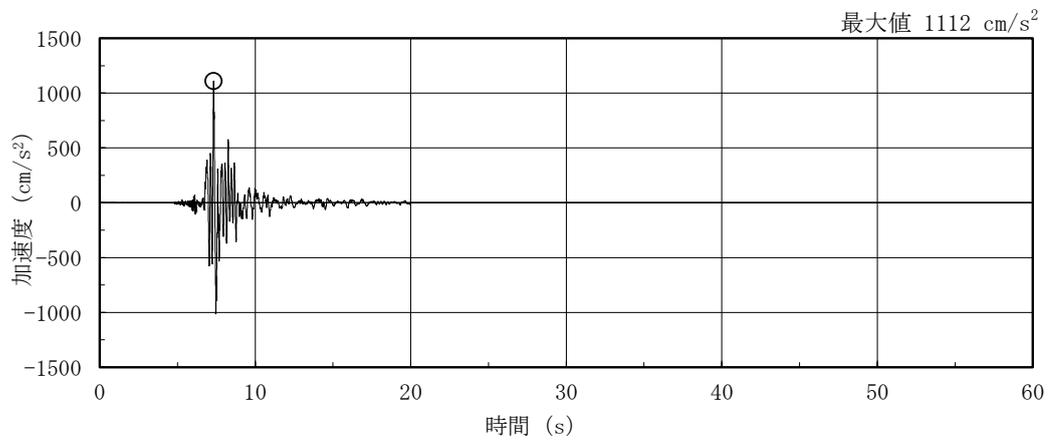


(b) EW方向

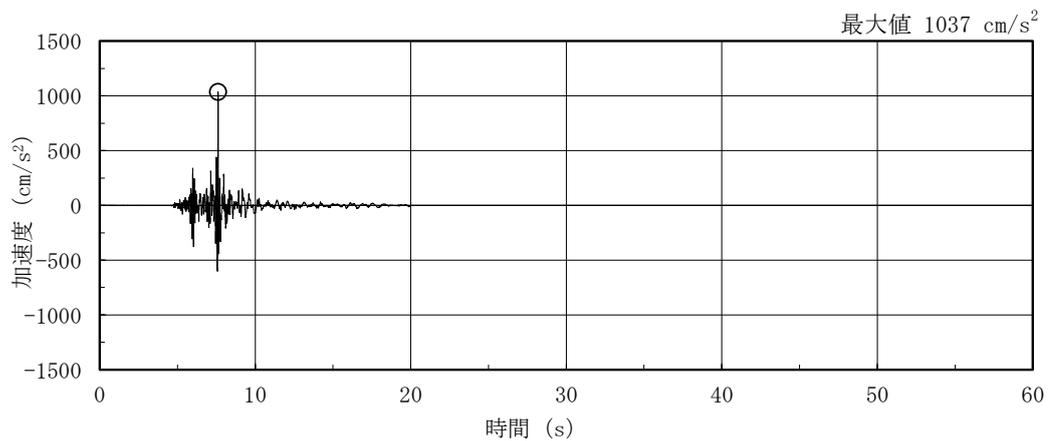
図 4-17 燃料取替階レベル (4F, EL 42.8m) の加速度時刻歴波形  
(S s - F 2, ケース 1, 回転成分)



(a) NS方向

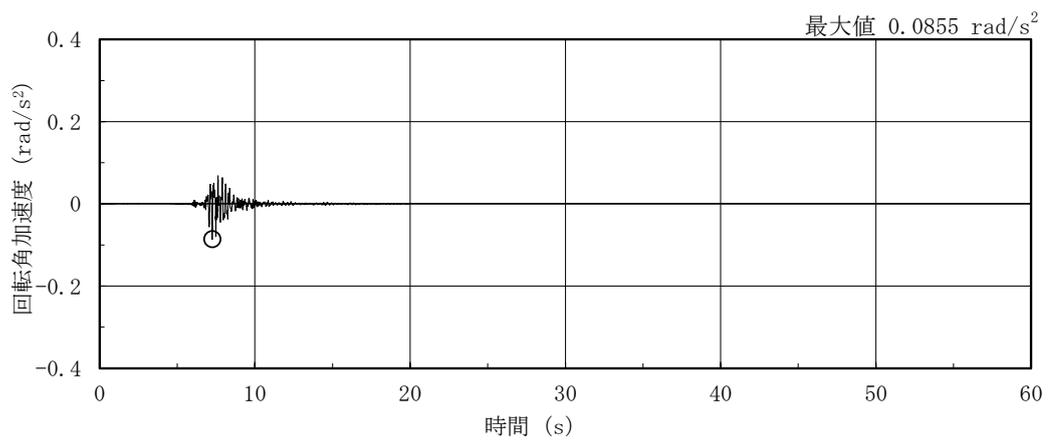


(b) EW方向

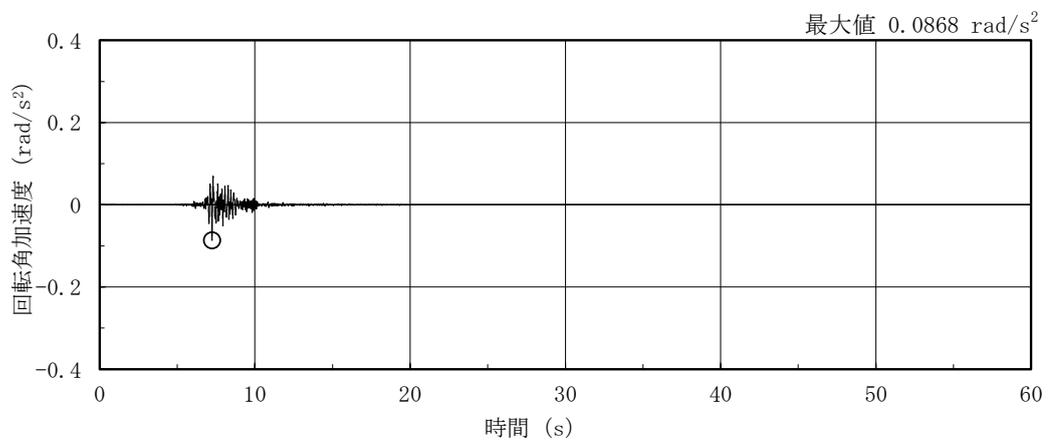


(c) 鉛直方向

図 4-18 燃料取替階レベル (4F, EL 42.8m) の加速度時刻歴波形  
(S s - N 1, ケース 1, 水平, 鉛直成分)

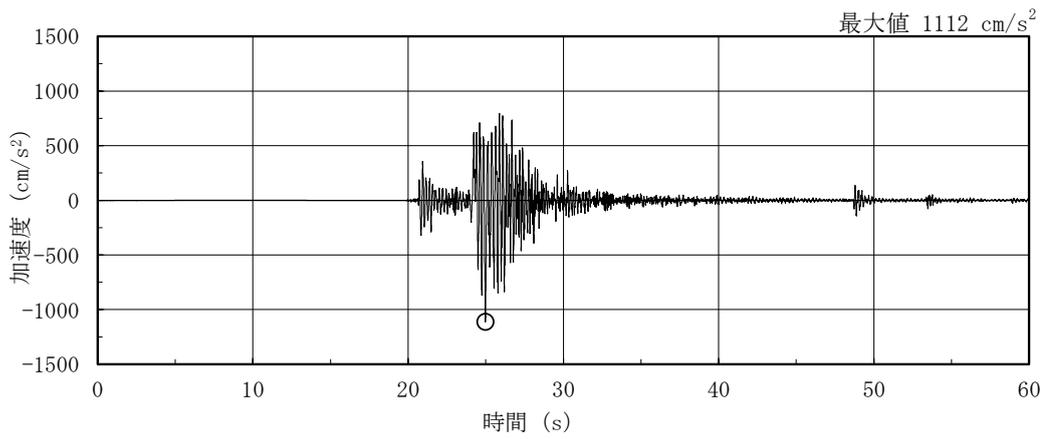


(a) NS方向

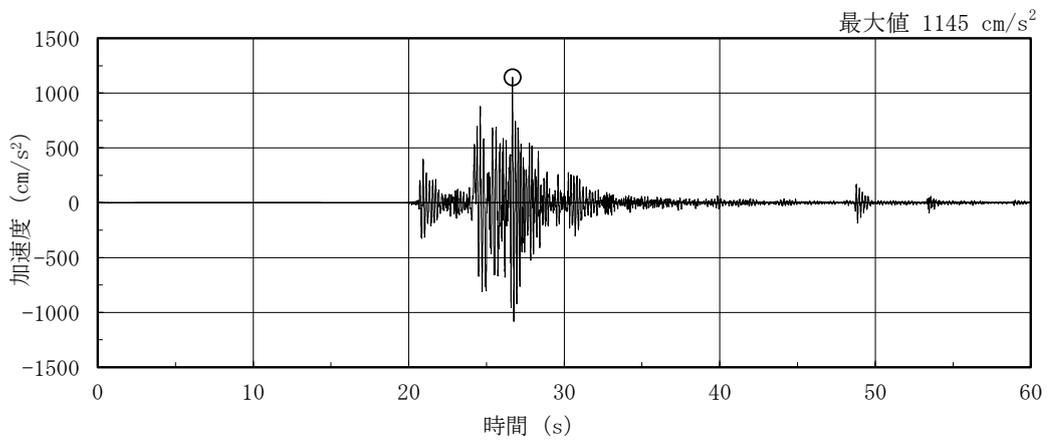


(b) EW方向

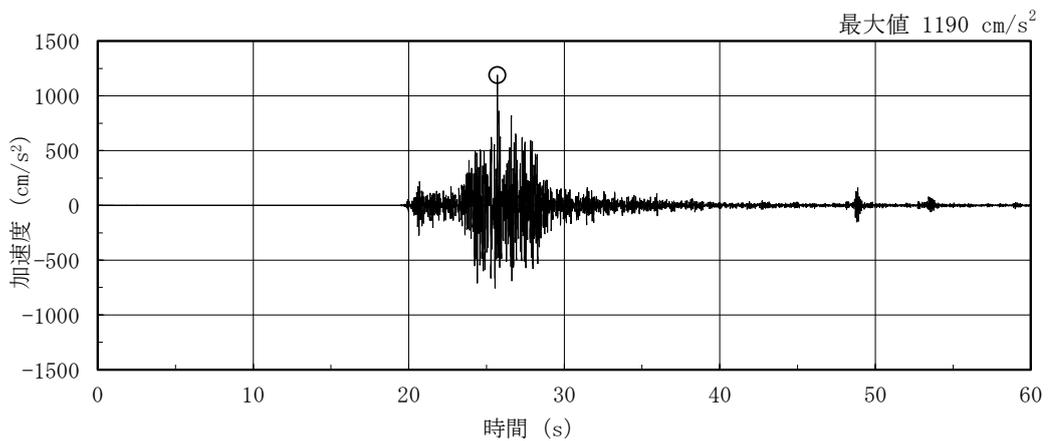
図 4-19 燃料取替階レベル (4F, EL 42.8m) の加速度時刻歴波形  
(S s - N 1, ケース 1, 回転成分)



(a) NS方向 (S<sub>s</sub>-N<sub>2</sub>NS)

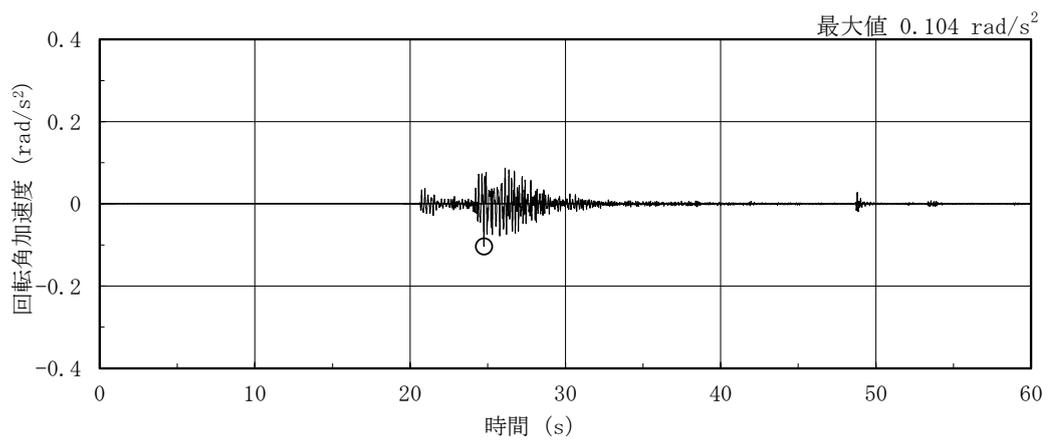


(b) EW方向 (S<sub>s</sub>-N<sub>2</sub>NS)

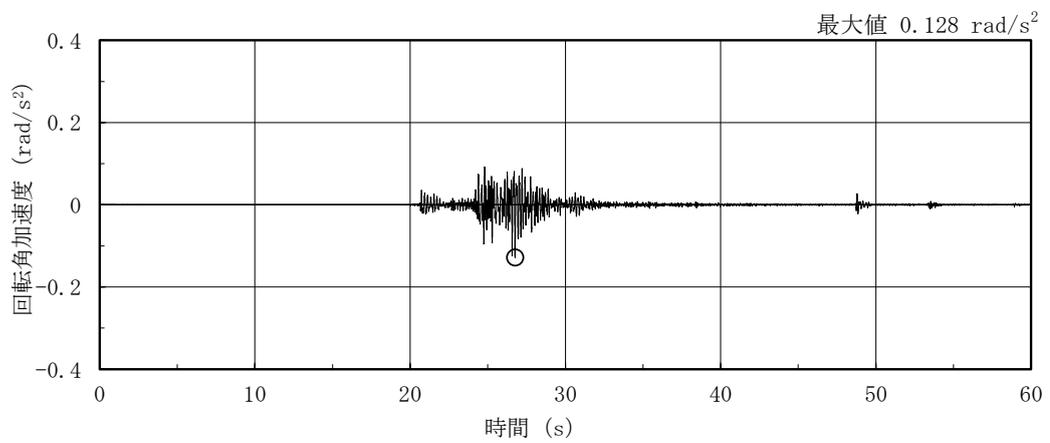


(c) 鉛直方向

図 4-20 燃料取替階レベル (4F, EL 42.8m) の加速度時刻歴波形  
(S<sub>s</sub>-N<sub>2</sub>, ケース 1, 水平, 鉛直成分)

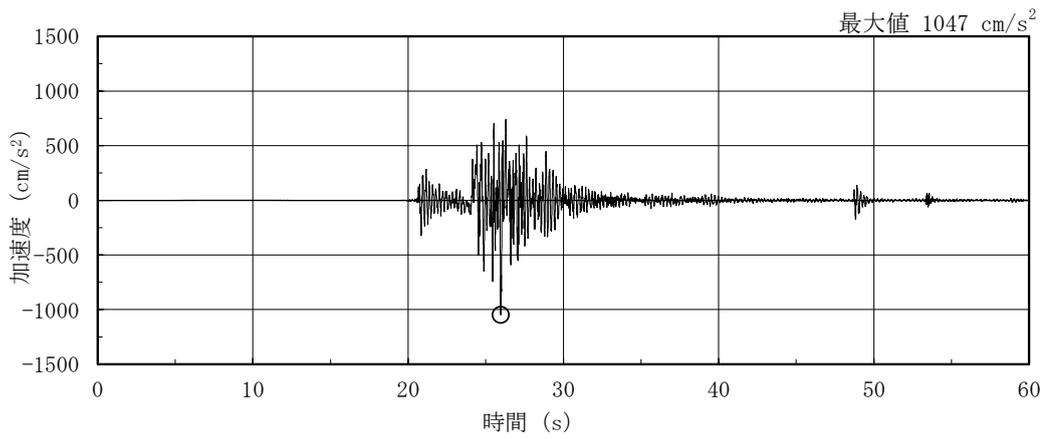


(a) NS方向 (S<sub>s</sub> - N<sub>2</sub>NS)

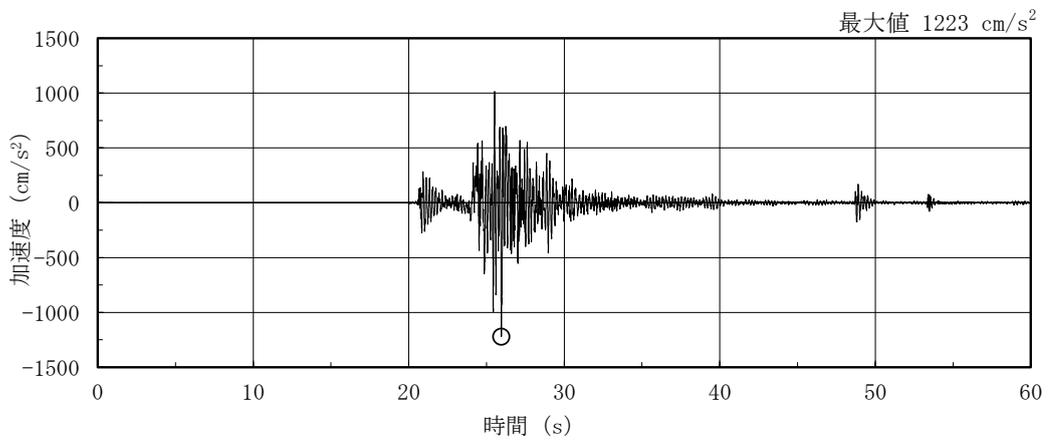


(b) EW方向 (S<sub>s</sub> - N<sub>2</sub>NS)

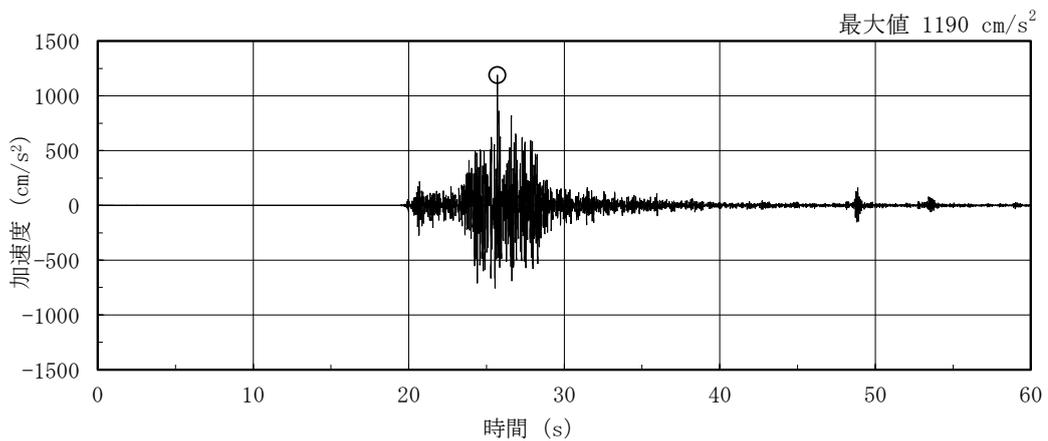
図 4-21 燃料取替階レベル (4F, EL 42.8m) の加速度時刻歴波形  
(S<sub>s</sub> - N<sub>2</sub>, ケース 1, 回転成分)



(a) NS方向 (S s - N 2 EW)

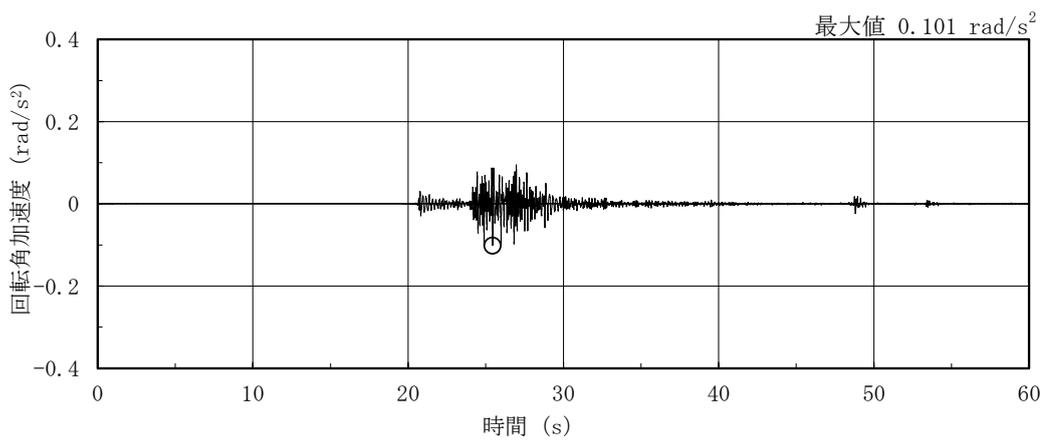


(b) EW方向 (S s - N 2 EW)

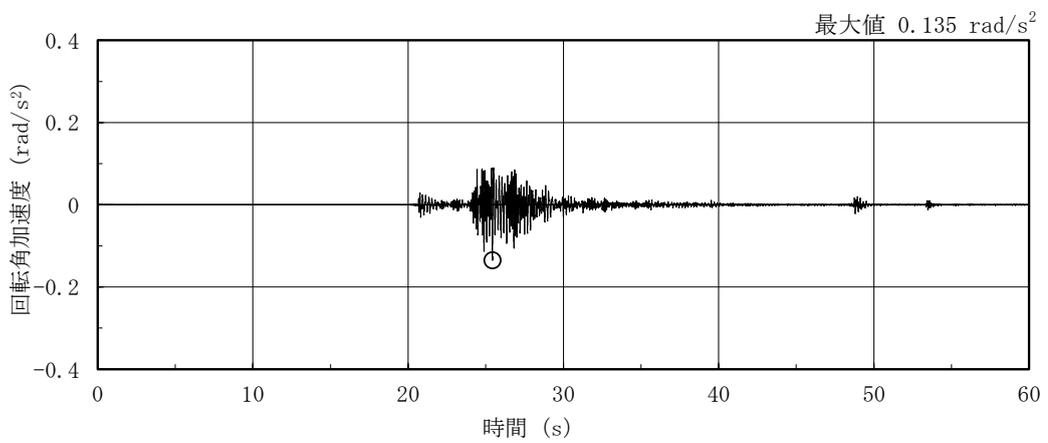


(c) 鉛直方向

図 4-22 燃料取替階レベル (4F, EL 42.8m) の加速度時刻歴波形  
(S s - N 2, ケース 1, 水平, 鉛直成分)

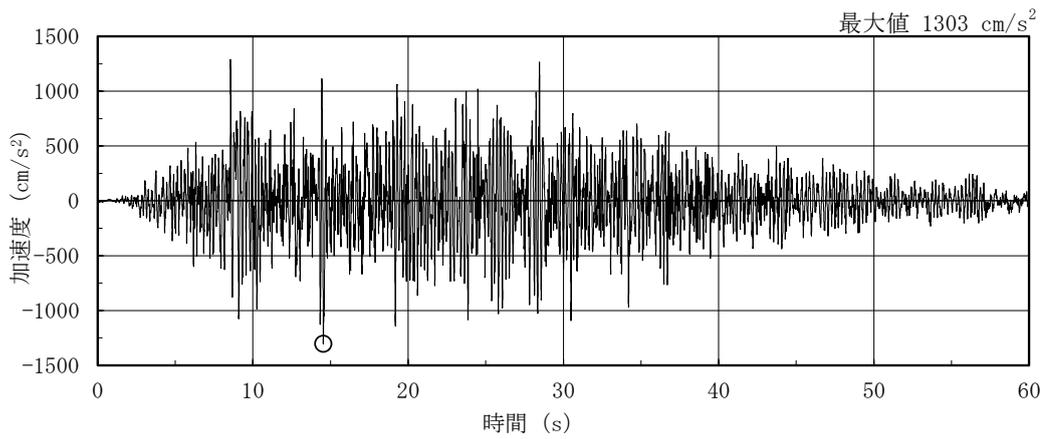


(a) NS方向 (S s - N 2 EW)

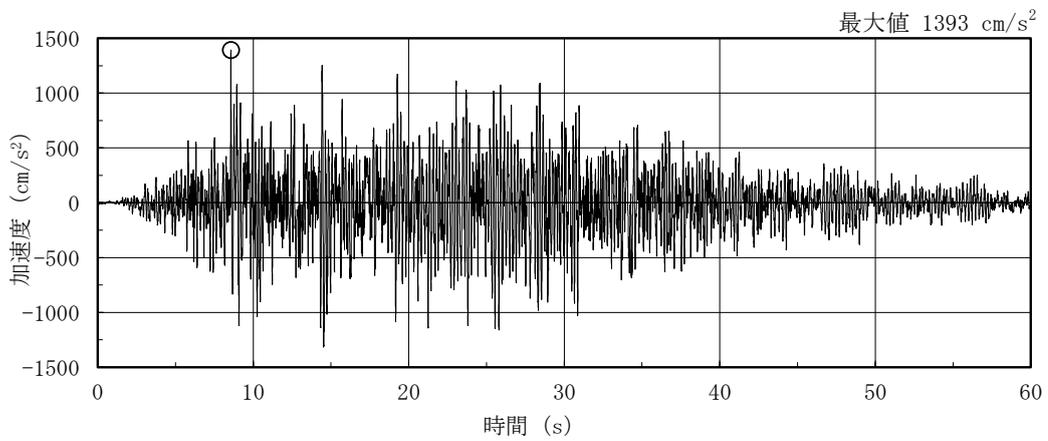


(b) EW方向 (S s - N 2 EW)

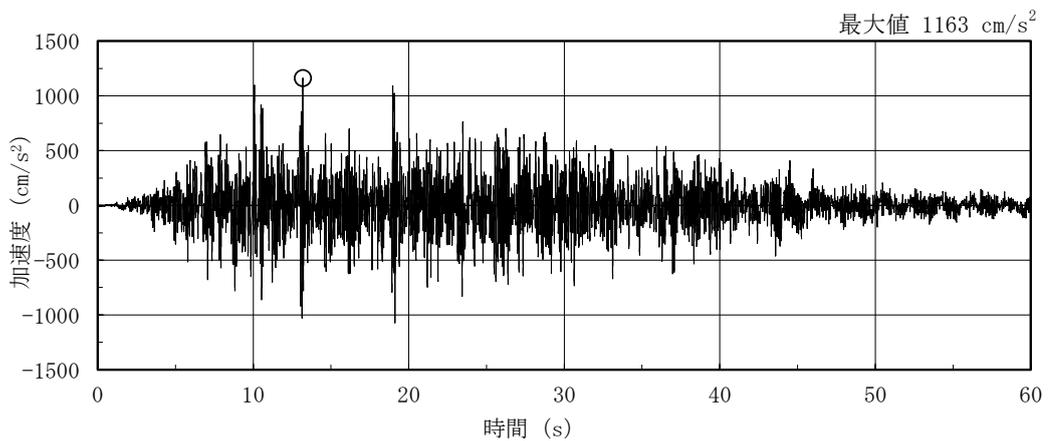
図 4-23 燃料取替階レベル (4F, EL 42.8m) の加速度時刻歴波形  
(S s - N 2, ケース 1, 回転成分)



(a) NS方向

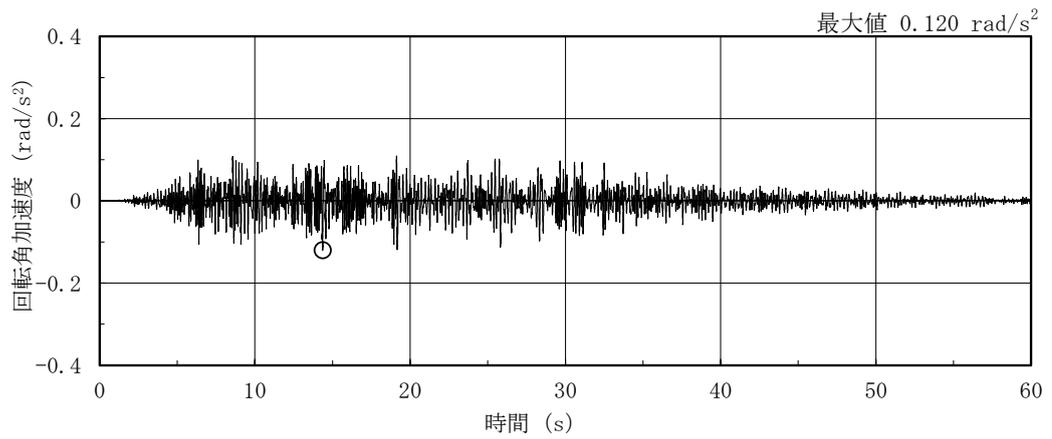


(b) EW方向

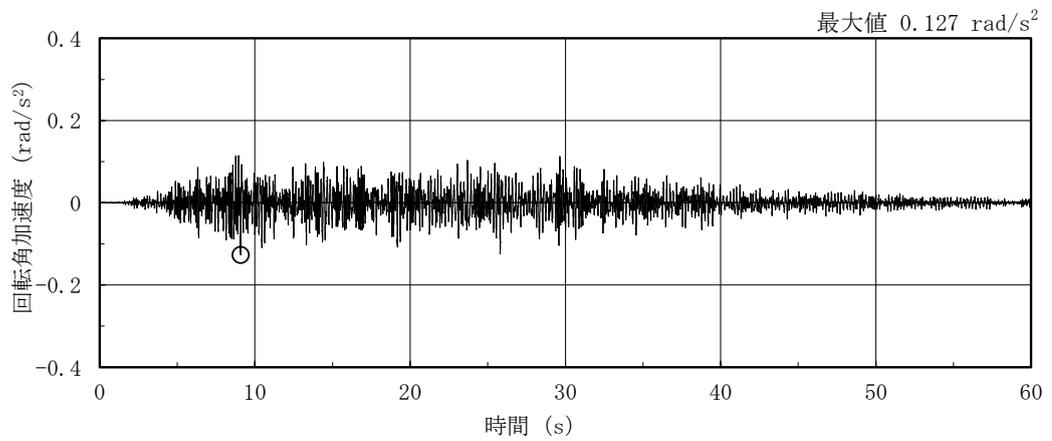


(c) 鉛直方向

図 4-24 燃料取替階レベル (4F, EL 42.8m) の加速度時刻歴波形  
(S s - D, ケース 2, 水平, 鉛直成分)

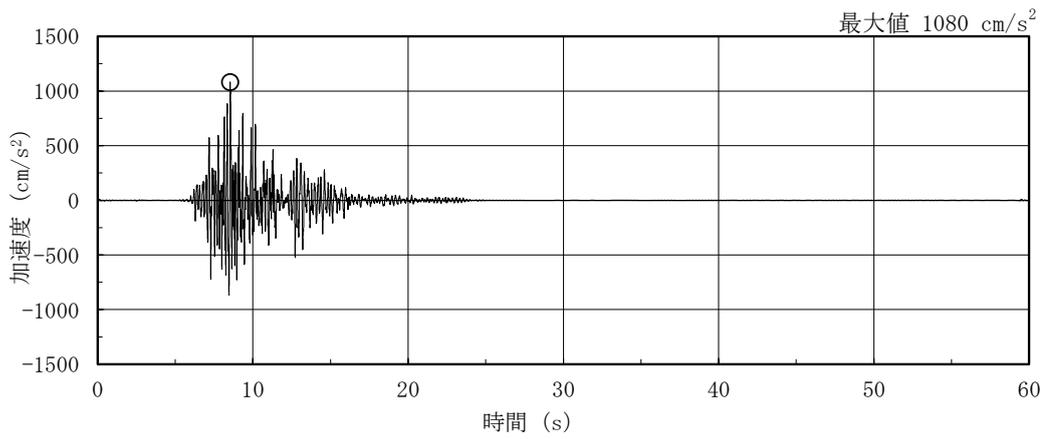


(a) NS方向

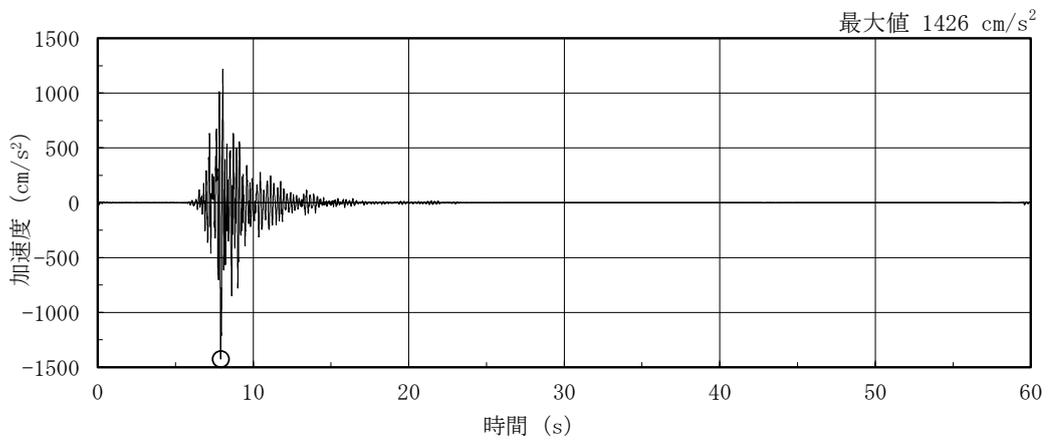


(b) EW方向

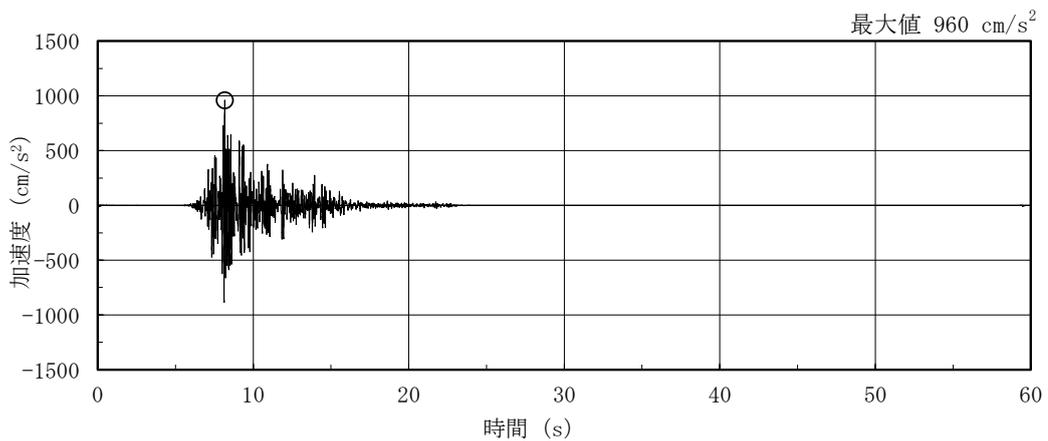
図 4-25 燃料取替階レベル (4F, EL 42.8m) の加速度時刻歴波形  
(S s-D, ケース 2, 回転成分)



(a) NS方向

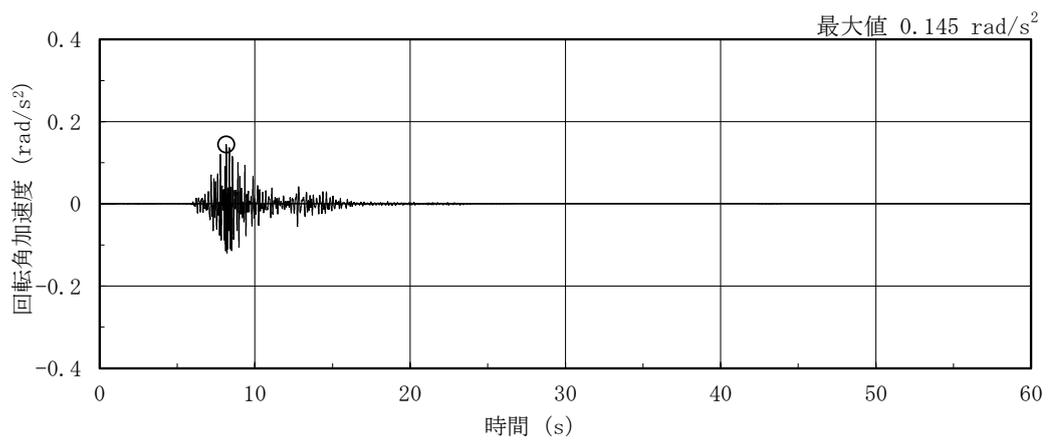


(b) EW方向

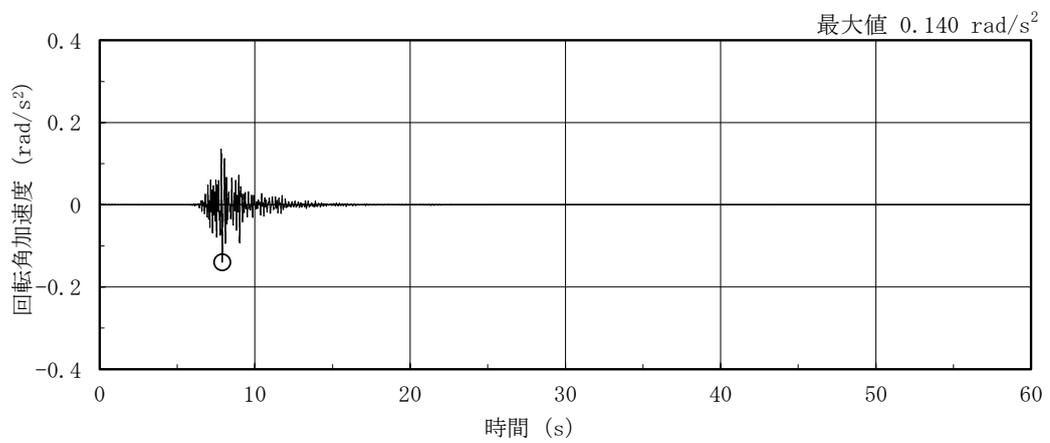


(c) 鉛直方向

図 4-26 燃料取替階レベル (4F, EL 42.8m) の加速度時刻歴波形  
(S s - F 1, ケース 2, 水平, 鉛直成分)

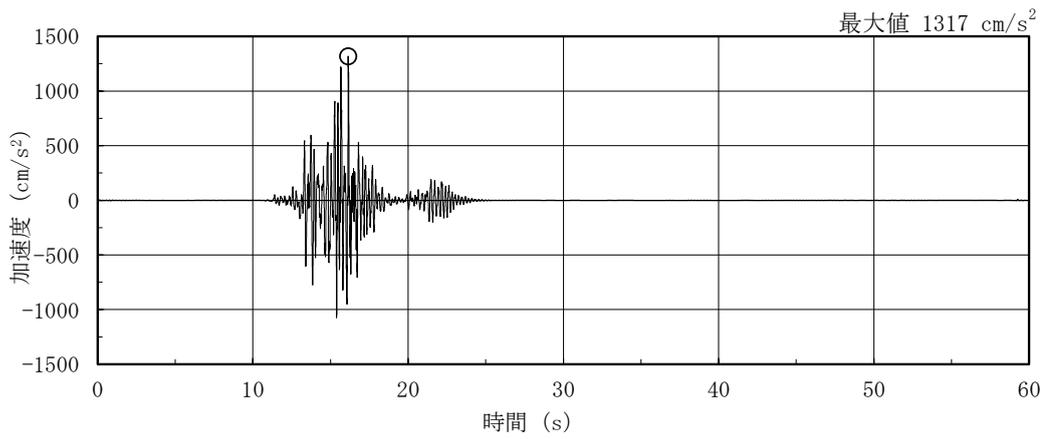


(a) NS方向

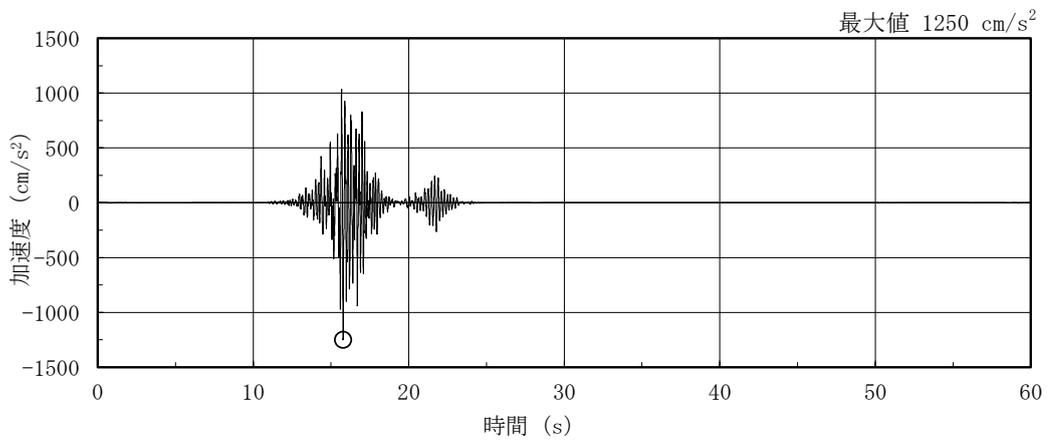


(b) EW方向

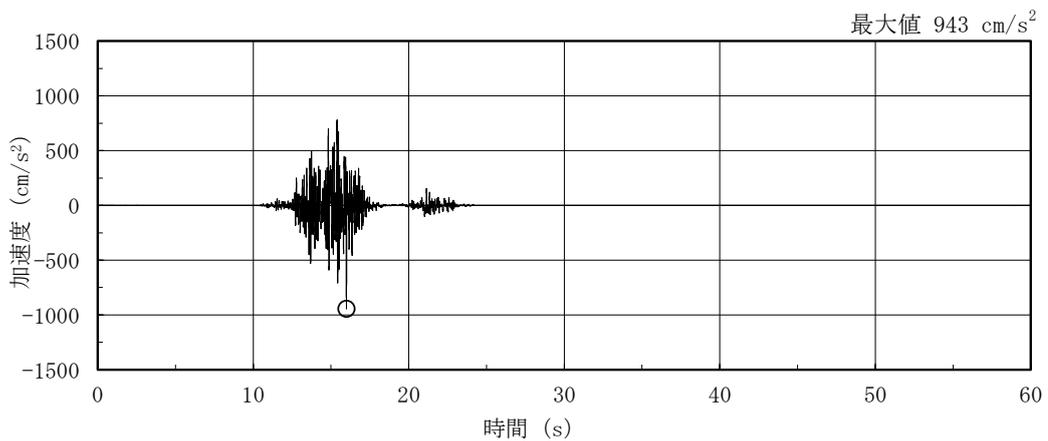
図 4-27 燃料取替階レベル (4F, EL 42.8m) の加速度時刻歴波形  
(S s - F 1, ケース 2, 回転成分)



(a) NS方向

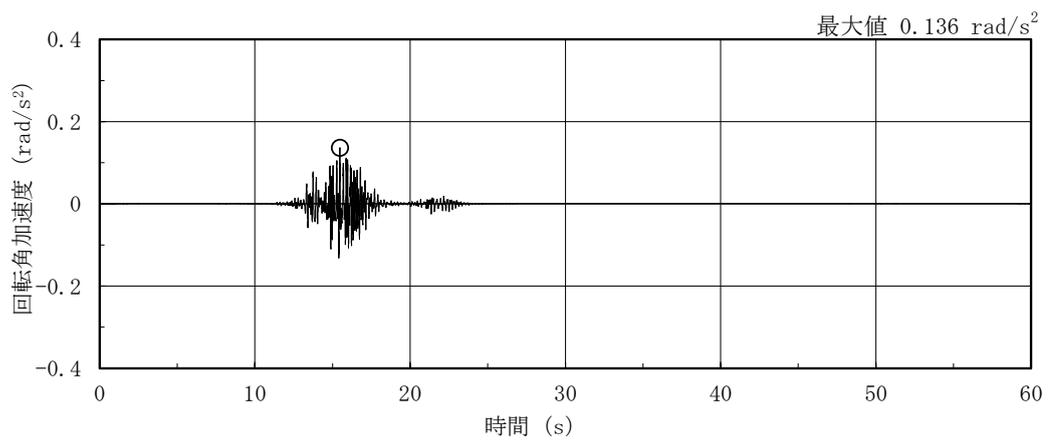


(b) EW方向

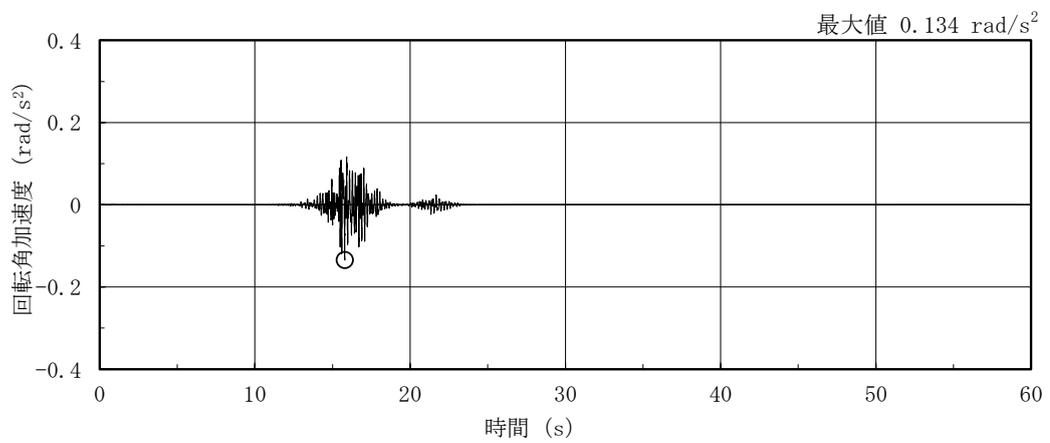


(c) 鉛直方向

図 4-28 燃料取替階レベル (4F, EL 42.8m) の加速度時刻歴波形  
(S s - F 2, ケース 2, 水平, 鉛直成分)

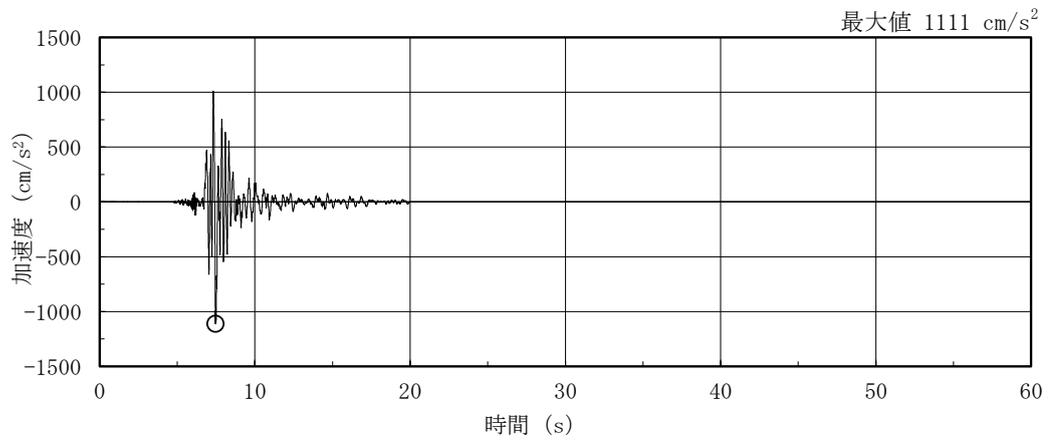


(a) NS方向

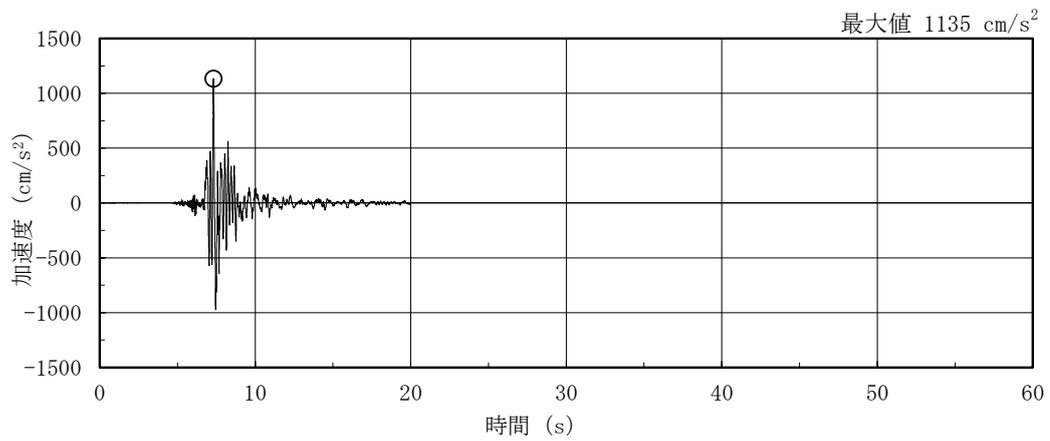


(b) EW方向

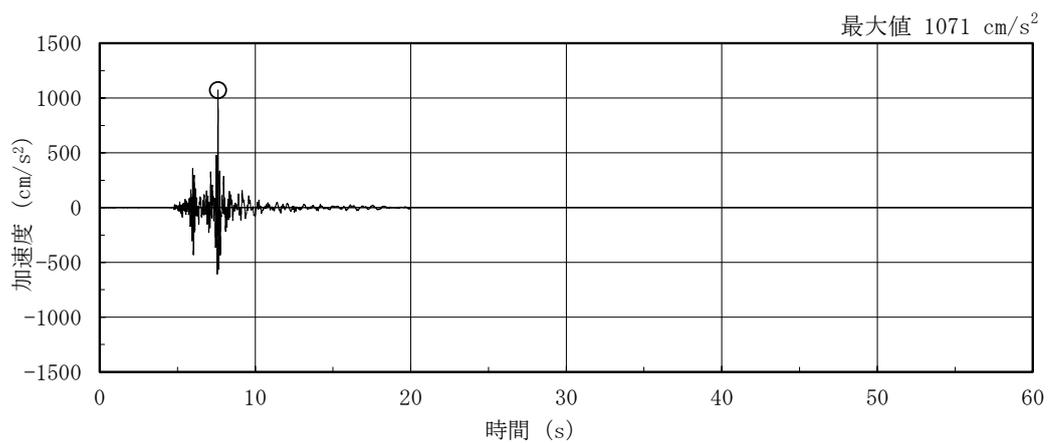
図 4-29 燃料取替階レベル (4F, EL 42.8m) の加速度時刻歴波形  
(S s - F 2, ケース 2, 回転成分)



(a) NS方向

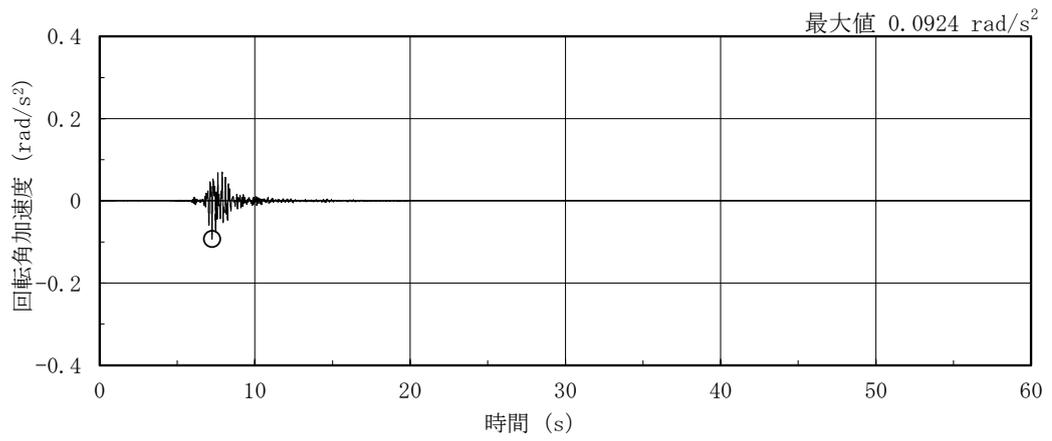


(b) EW方向

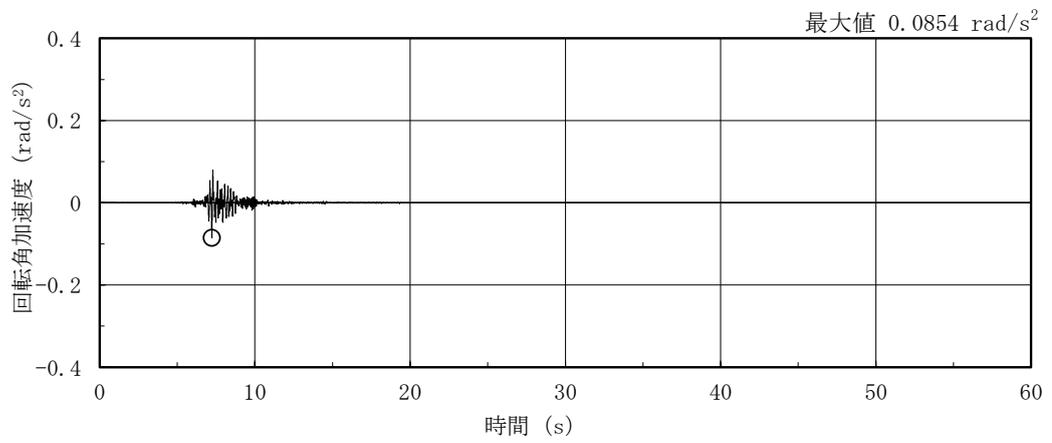


(c) 鉛直方向

図 4-30 燃料取替階レベル (4F, EL 42.8m) の加速度時刻歴波形  
(S s - N 1, ケース 2, 水平, 鉛直成分)

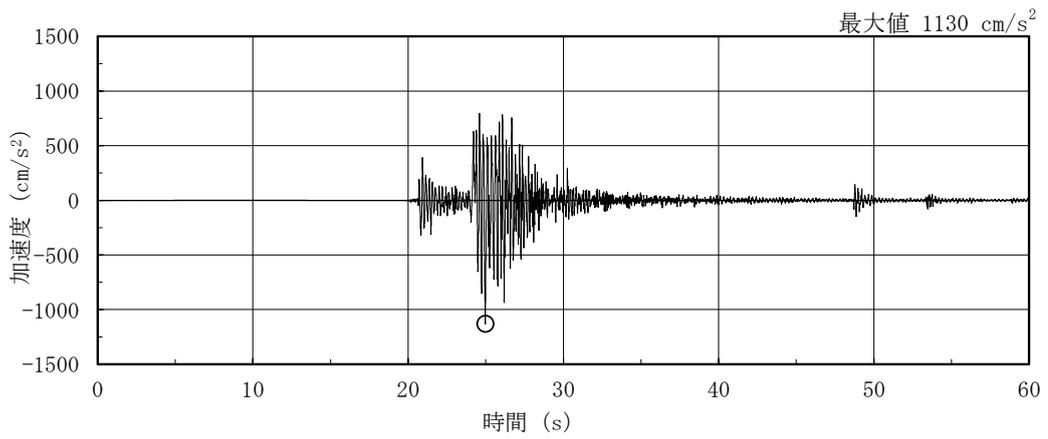


(a) NS方向

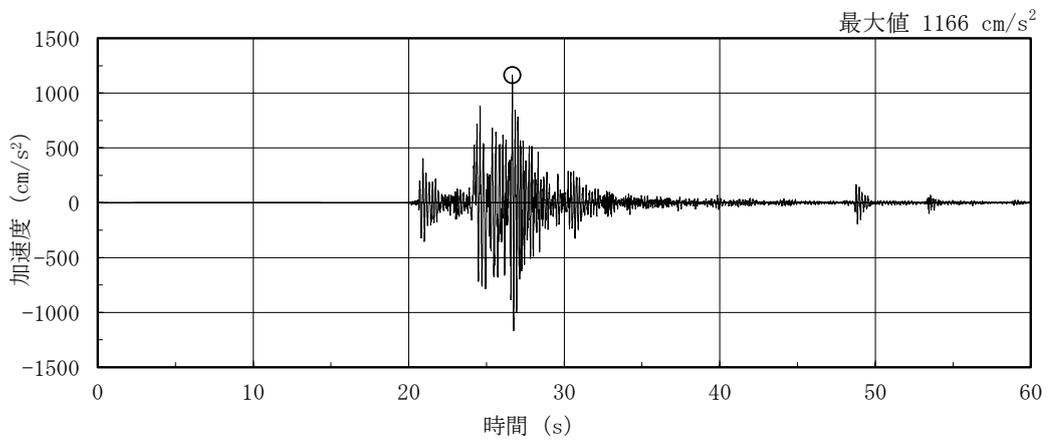


(b) EW方向

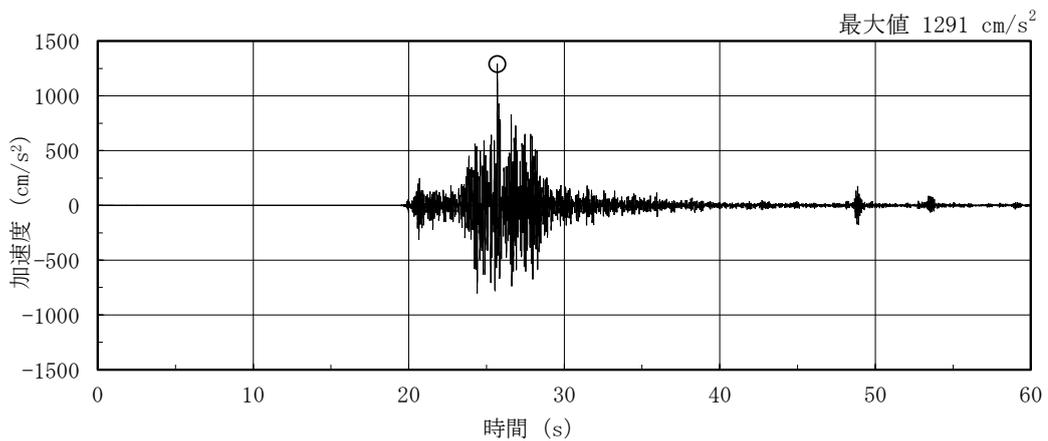
図 4-31 燃料取替階レベル (4F, EL 42.8m) の加速度時刻歴波形  
(S s - N 1, ケース 2, 回転成分)



(a) NS方向 (S<sub>s</sub> - N<sub>2</sub>NS)

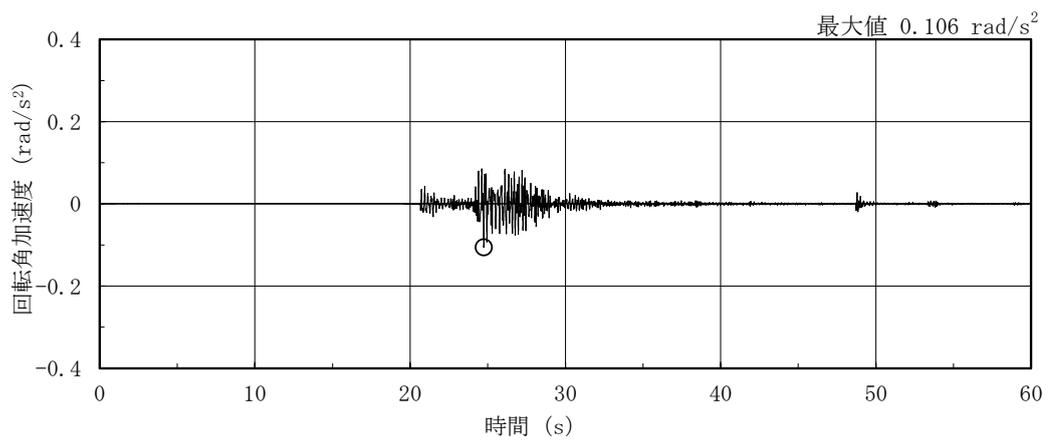


(b) EW方向 (S<sub>s</sub> - N<sub>2</sub>NS)

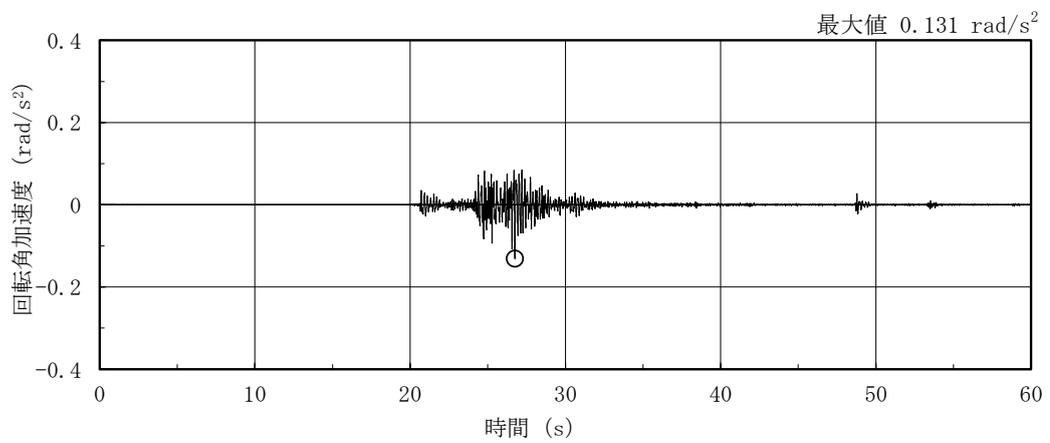


(c) 鉛直方向

図 4-32 燃料取替階レベル (4F, EL 42.8m) の加速度時刻歴波形  
(S<sub>s</sub> - N<sub>2</sub>, ケース 2, 水平, 鉛直成分)

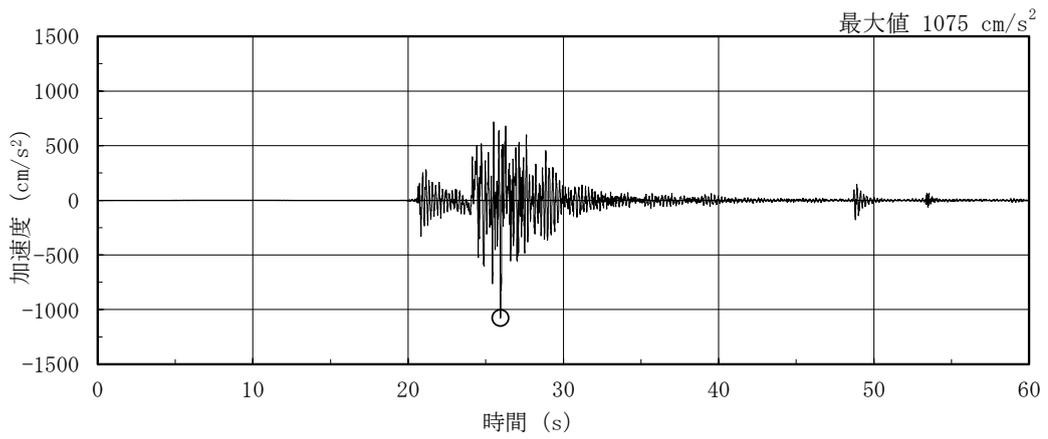


(a) NS方向 (S<sub>s</sub> - N<sub>2</sub>NS)

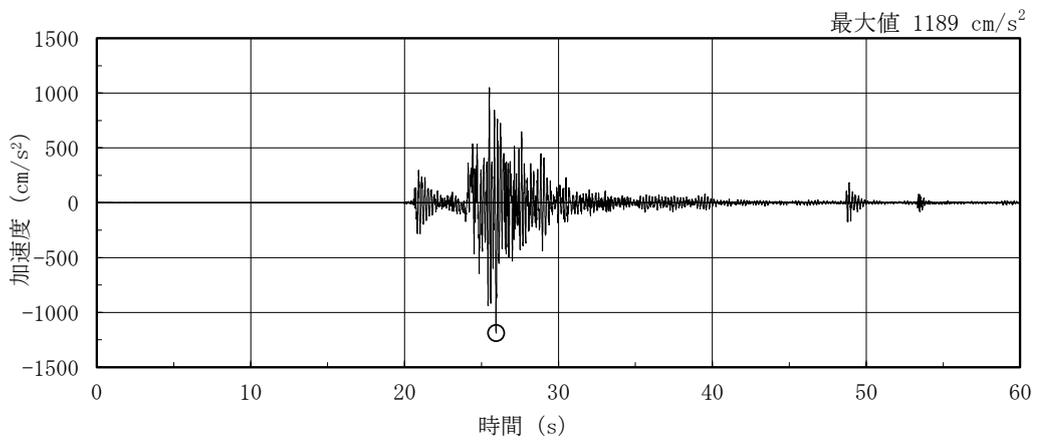


(b) EW方向 (S<sub>s</sub> - N<sub>2</sub>NS)

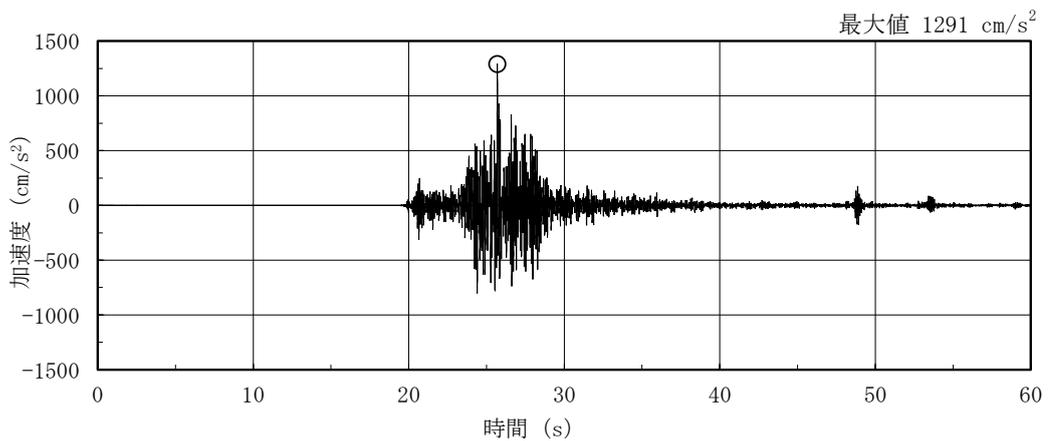
図 4-33 燃料取替階レベル (4F, EL 42.8m) の加速度時刻歴波形  
(S<sub>s</sub> - N<sub>2</sub>, ケース 2, 回転成分)



(a) NS方向 (S s - N 2 EW)

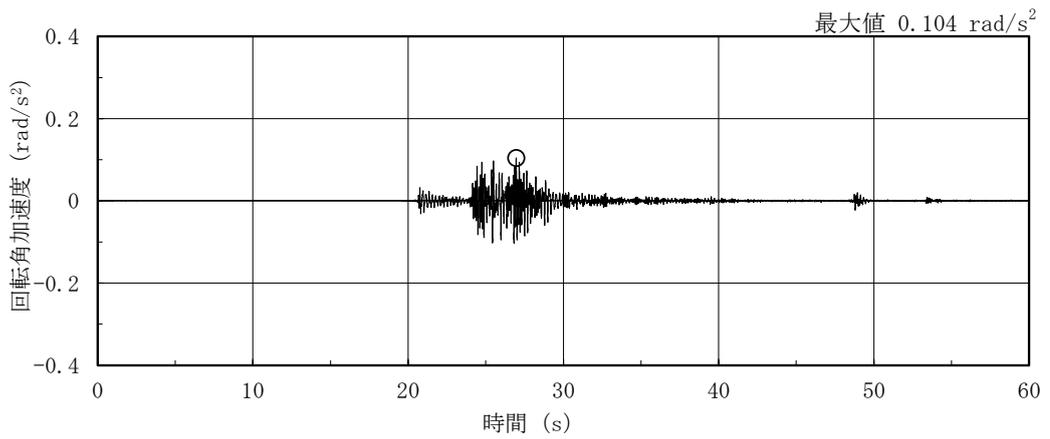


(b) EW方向 (S s - N 2 EW)

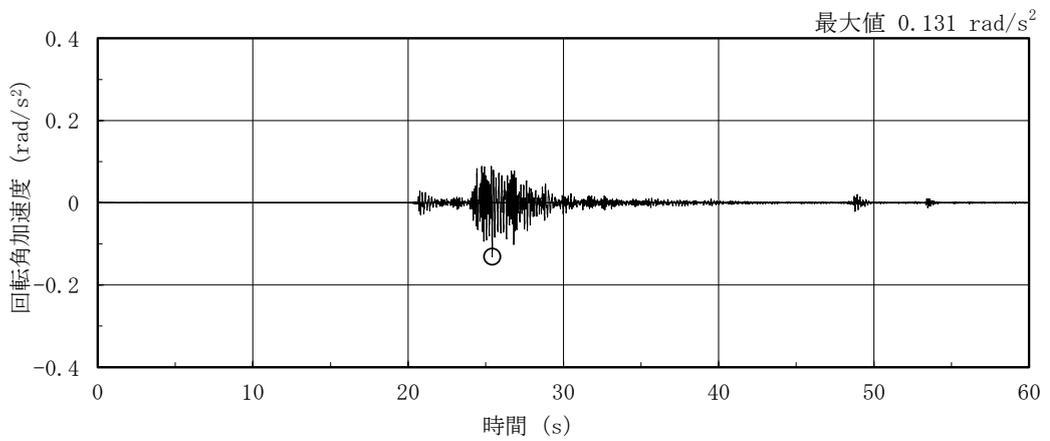


(c) 鉛直方向

図 4-34 燃料取替階レベル (4F, EL 42.8m) の加速度時刻歴波形  
(S s - N 2, ケース 2, 水平, 鉛直成分)

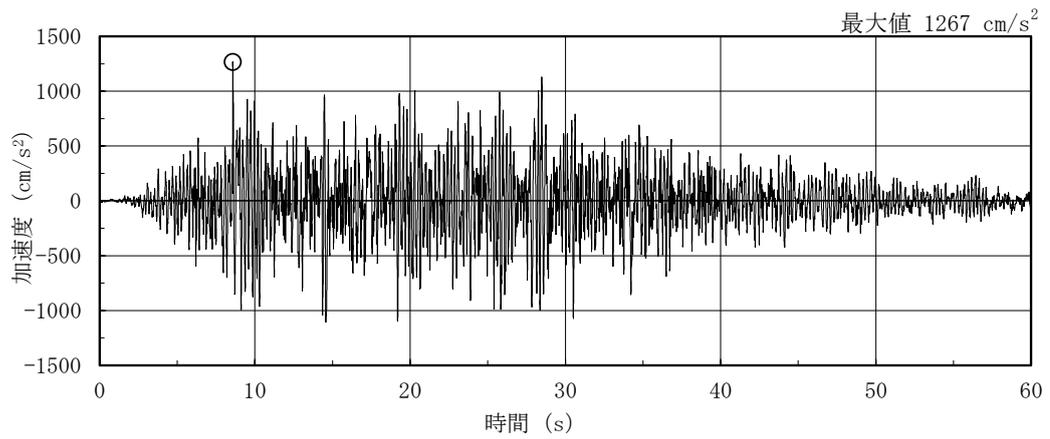


(a) NS方向 (S s - N 2 EW)

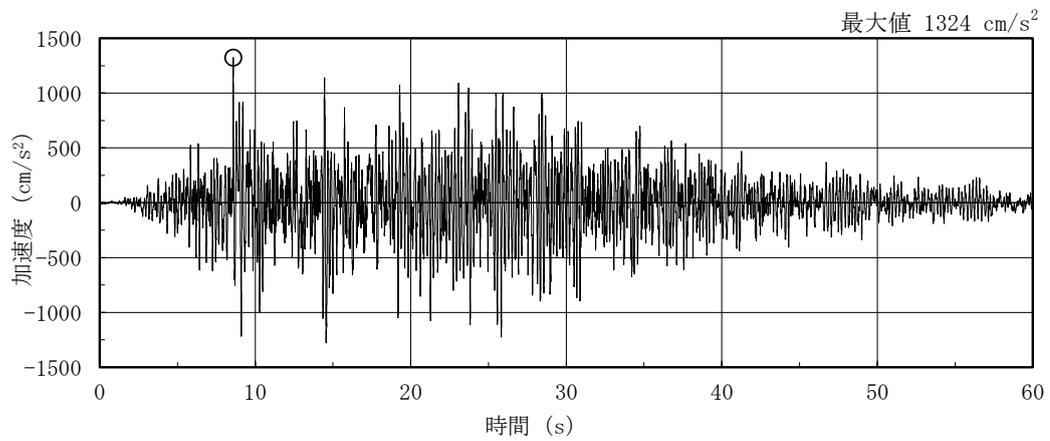


(b) EW方向 (S s - N 2 EW)

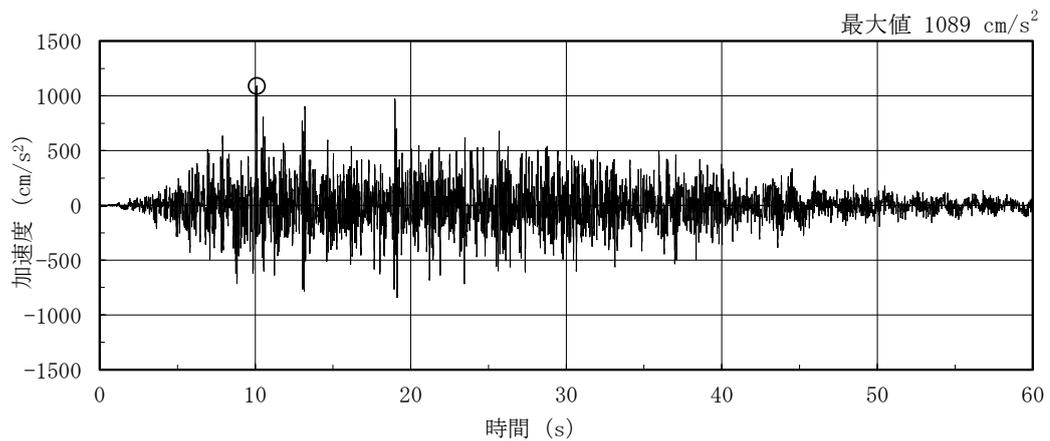
図 4-35 燃料取替階レベル (4F, EL 42.8m) の加速度時刻歴波形  
(S s - N 2, ケース 2, 回転成分)



(a) NS方向

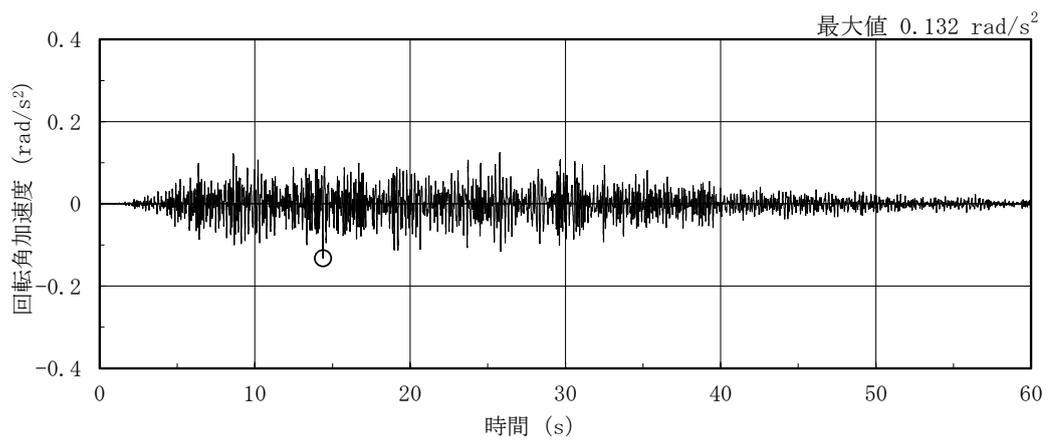


(b) EW方向

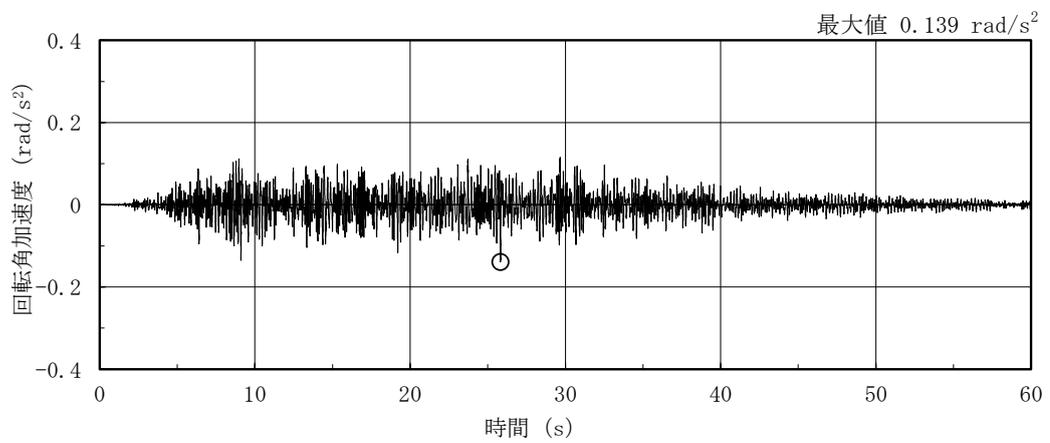


(c) 鉛直方向

図 4-36 燃料取替階レベル (4F, EL 42.8m) の加速度時刻歴波形  
(S s - D, ケース 3, 水平, 鉛直成分)

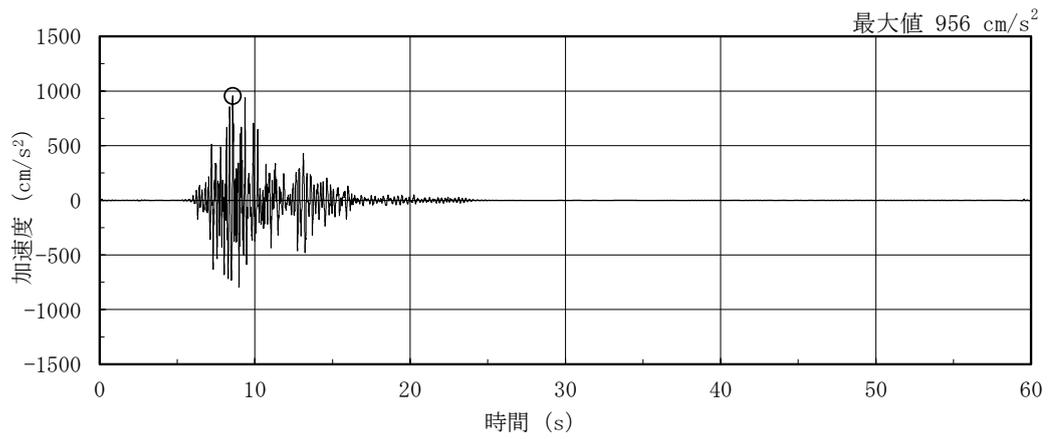


(a) NS方向

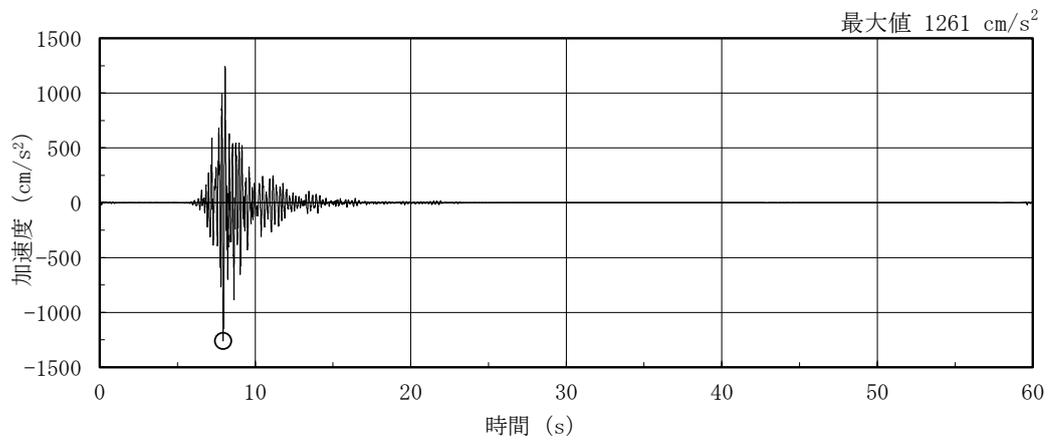


(b) EW方向

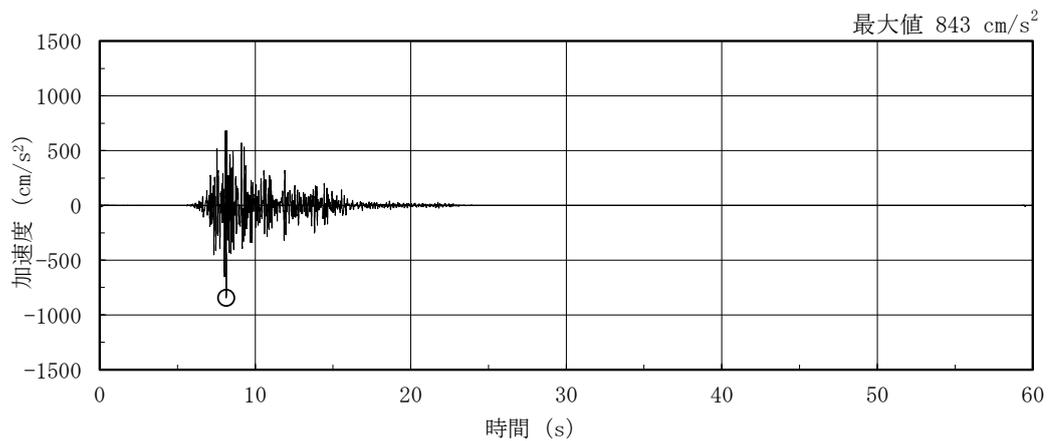
図 4-37 燃料取替階レベル (4F, EL 42.8m) の加速度時刻歴波形  
(S s-D, ケース 3, 回転成分)



(a) NS方向

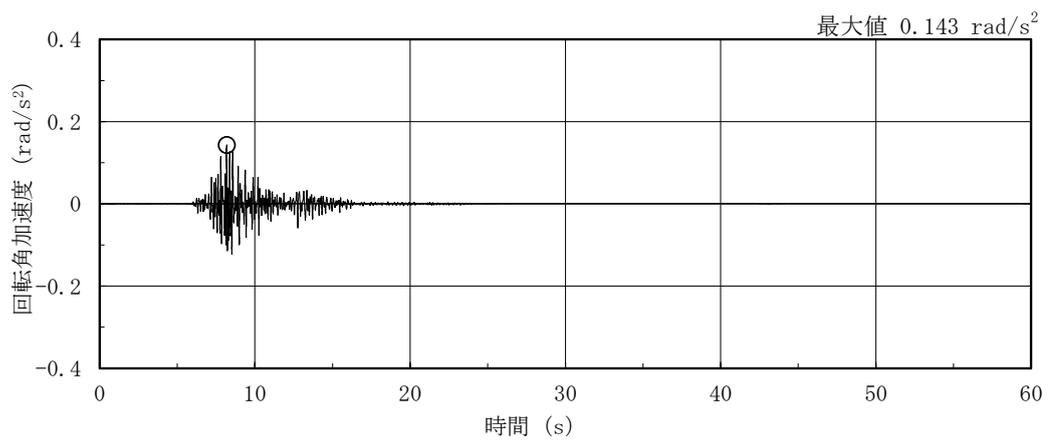


(b) EW方向

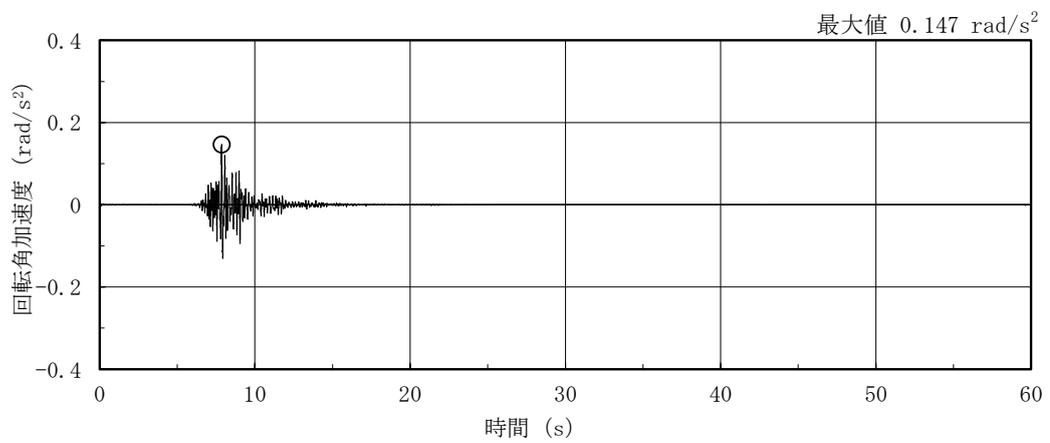


(c) 鉛直方向

図 4-38 燃料取替階レベル (4F, EL 42.8m) の加速度時刻歴波形  
(S s - F 1, ケース 3, 水平, 鉛直成分)

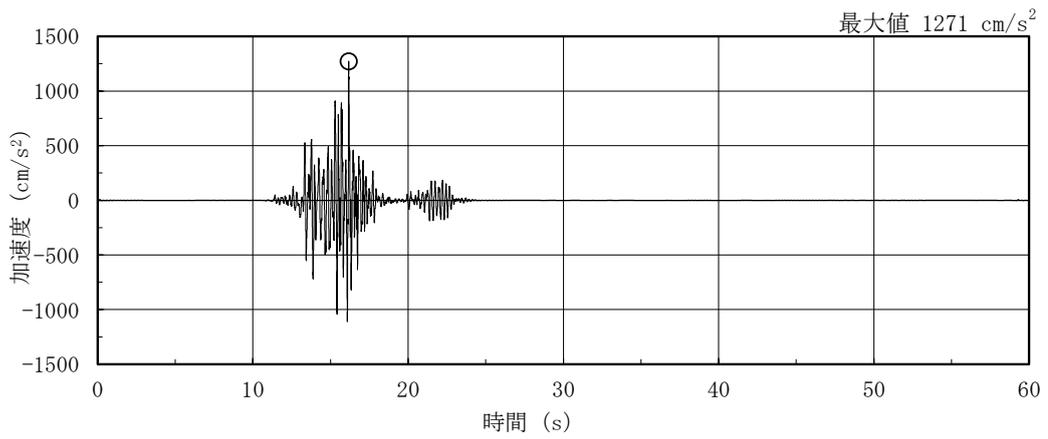


(a) NS方向

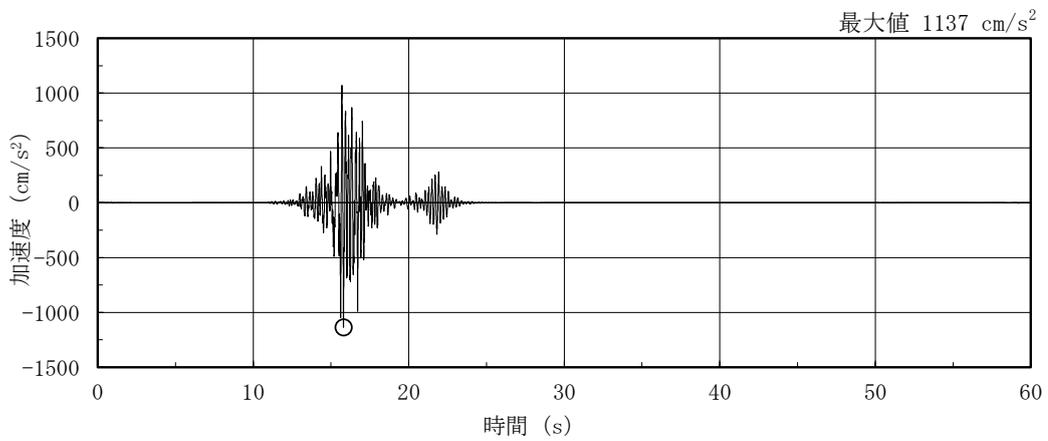


(b) EW方向

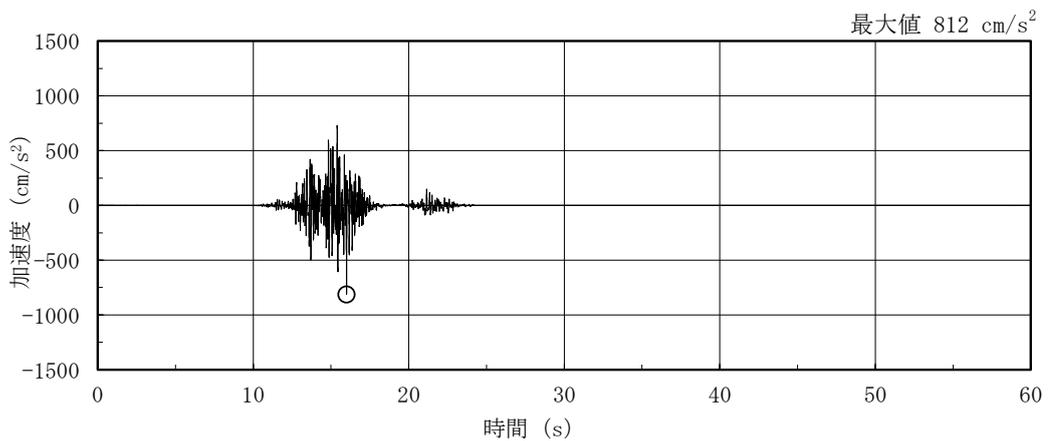
図 4-39 燃料取替階レベル (4F, EL 42.8m) の加速度時刻歴波形  
(S s - F 1, ケース 3, 回転成分)



(a) NS方向

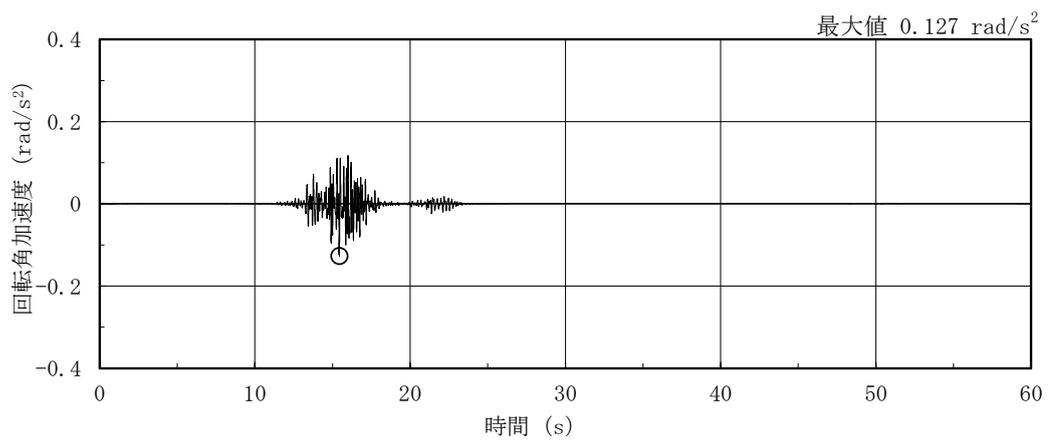


(b) EW方向

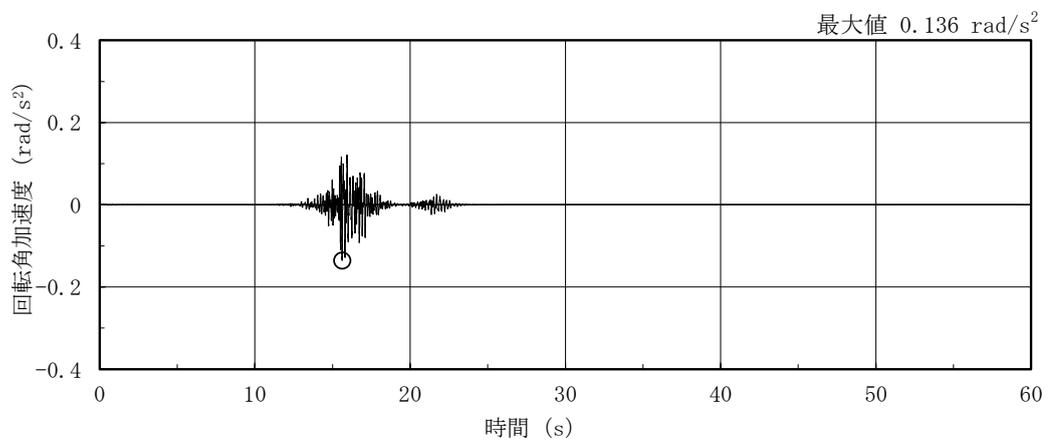


(c) 鉛直方向

図 4-40 燃料取替階レベル (4F, EL 42.8m) の加速度時刻歴波形  
(S s - F 2, ケース 3, 水平, 鉛直成分)

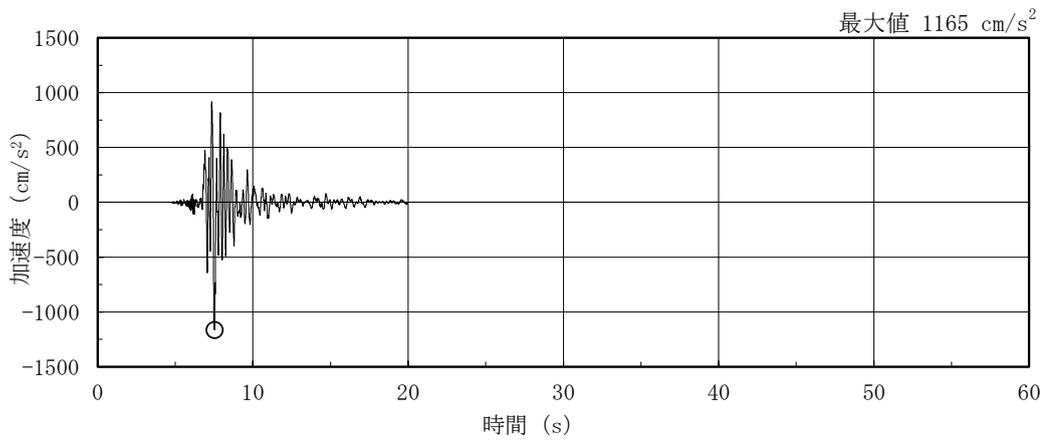


(a) NS方向

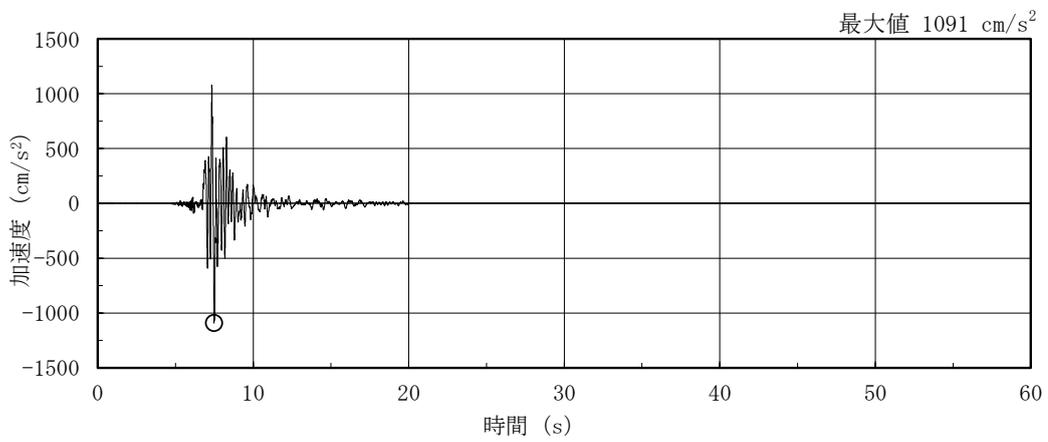


(b) EW方向

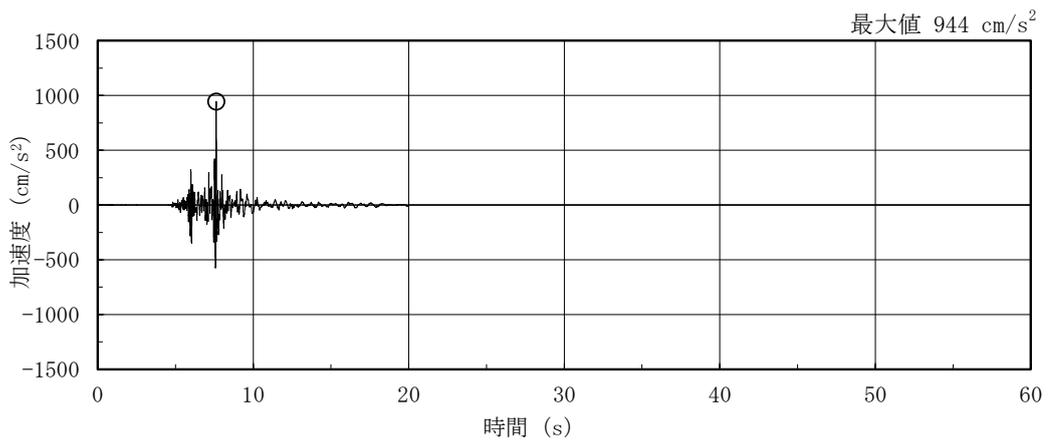
図 4-41 燃料取替階レベル (4F, EL 42.8m) の加速度時刻歴波形  
(S s - F 2, ケース 3, 回転成分)



(a) NS方向

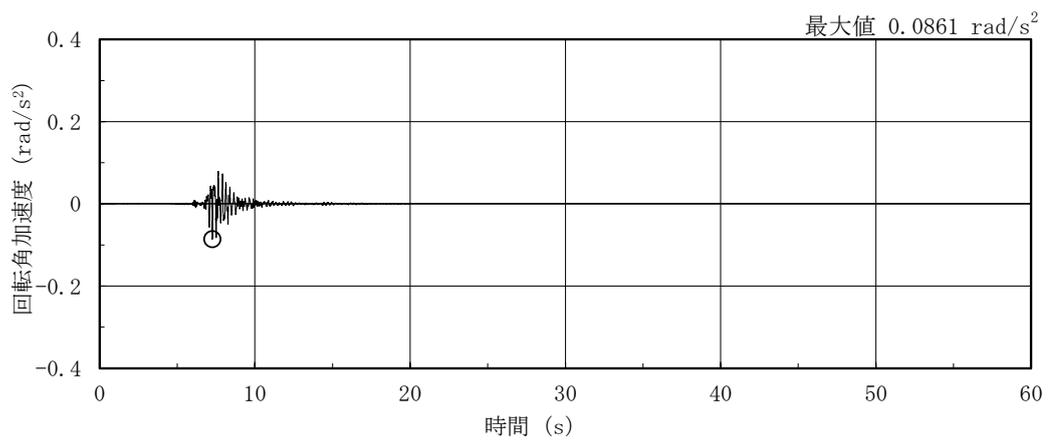


(b) EW方向

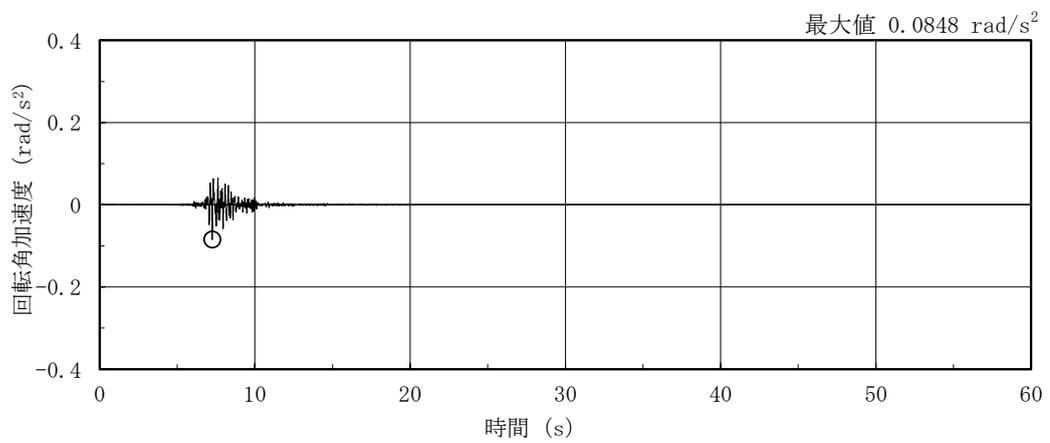


(c) 鉛直方向

図 4-42 燃料取替階レベル (4F, EL 42.8m) の加速度時刻歴波形  
(S s - N 1, ケース 3, 水平, 鉛直成分)

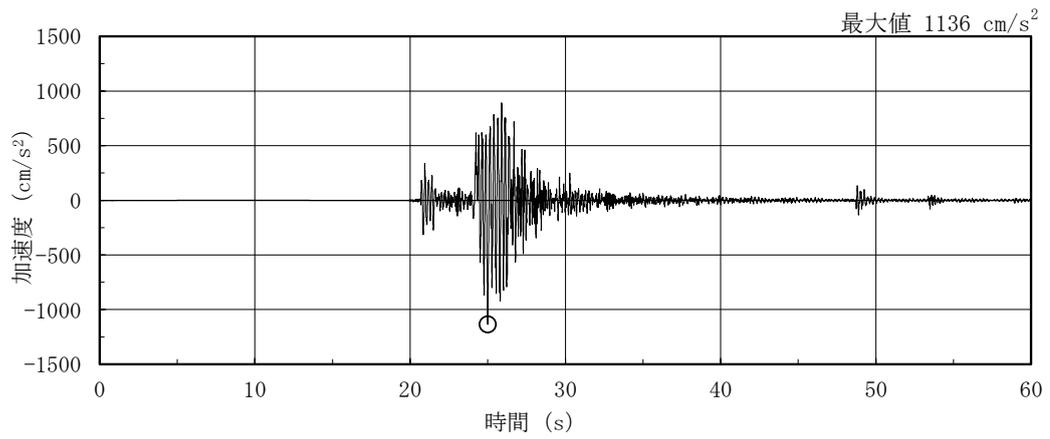


(a) NS方向

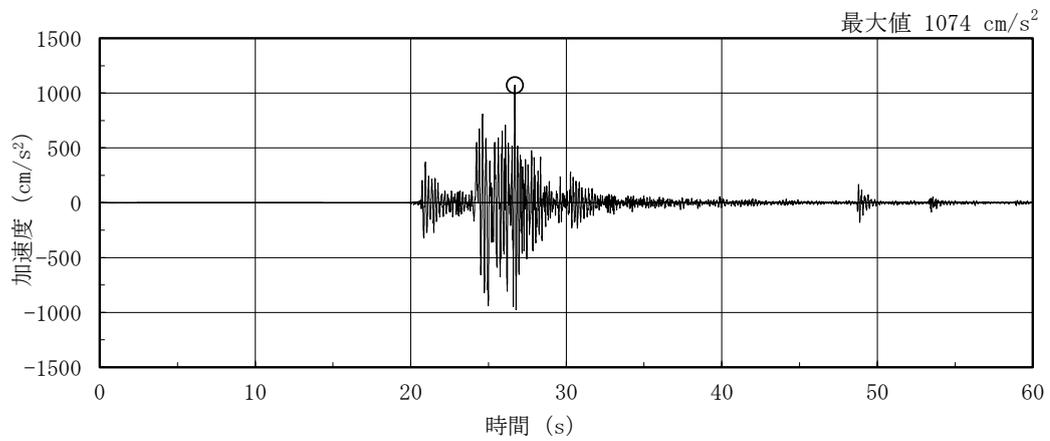


(b) EW方向

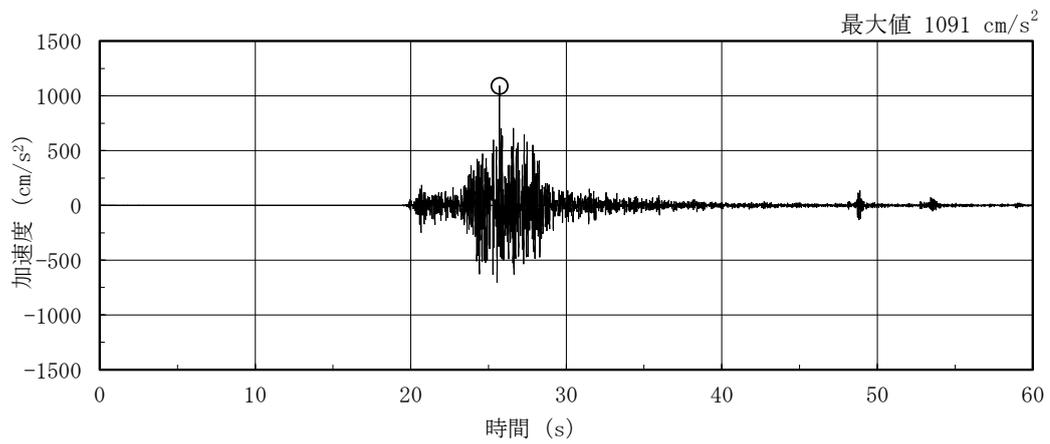
図 4-43 燃料取替階レベル (4F, EL 42.8m) の加速度時刻歴波形  
(S s - N 1, ケース 3, 回転成分)



(a) NS方向 (S<sub>s</sub> - N<sub>2</sub>NS)

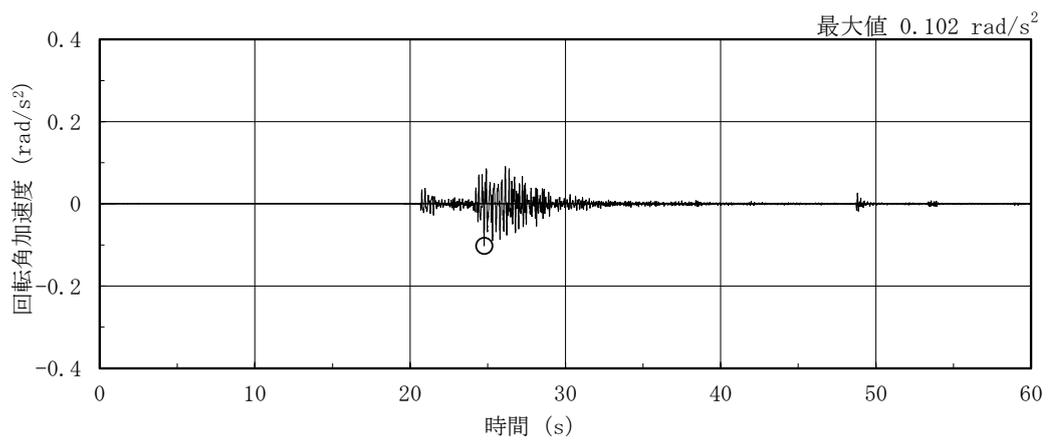


(b) EW方向 (S<sub>s</sub> - N<sub>2</sub>NS)

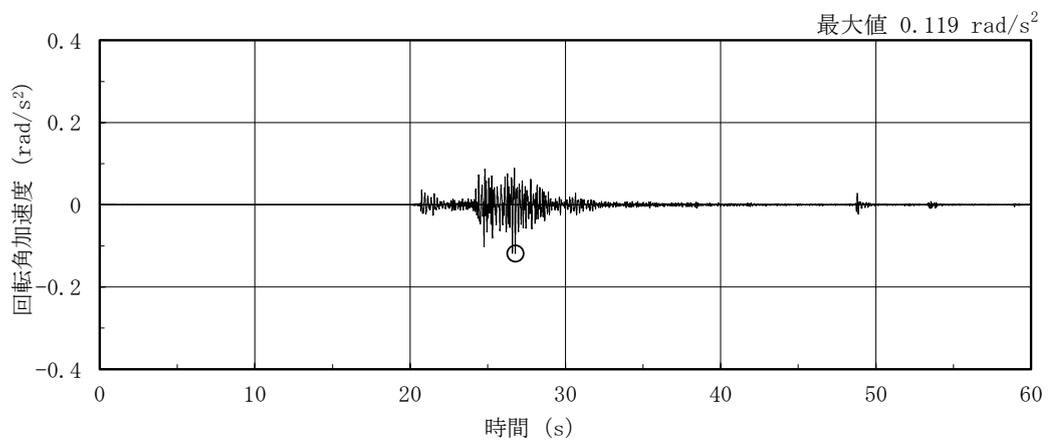


(c) 鉛直方向

図 4-44 燃料取替階レベル (4F, EL 42.8m) の加速度時刻歴波形  
(S<sub>s</sub> - N<sub>2</sub>, ケース 3, 水平, 鉛直成分)

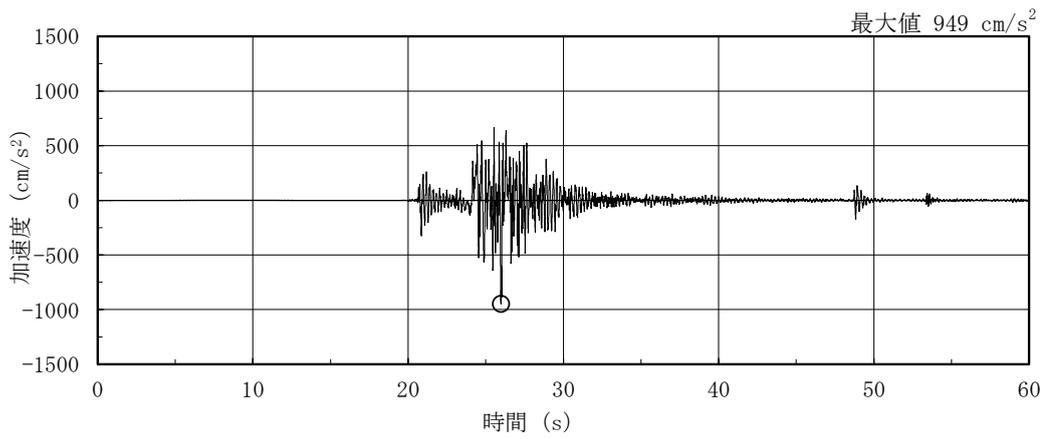


(a) NS方向 (S s - N 2 N S)

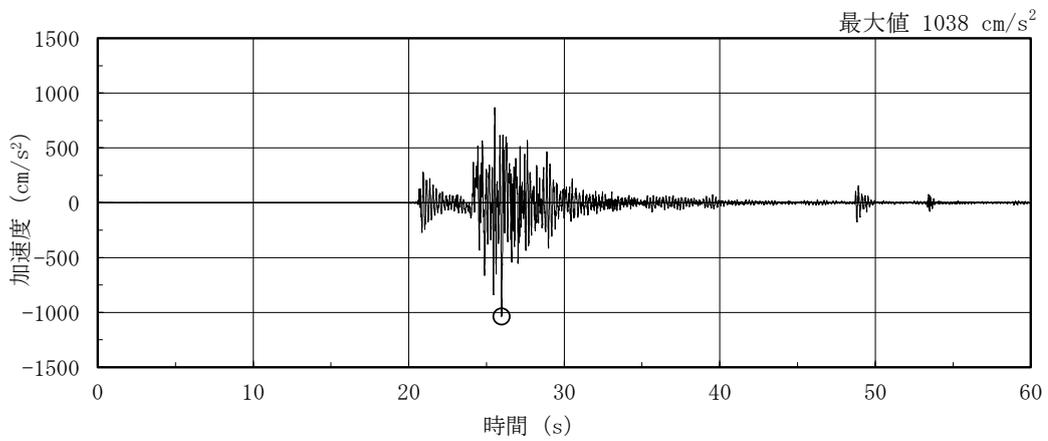


(b) EW方向 (S s - N 2 N S)

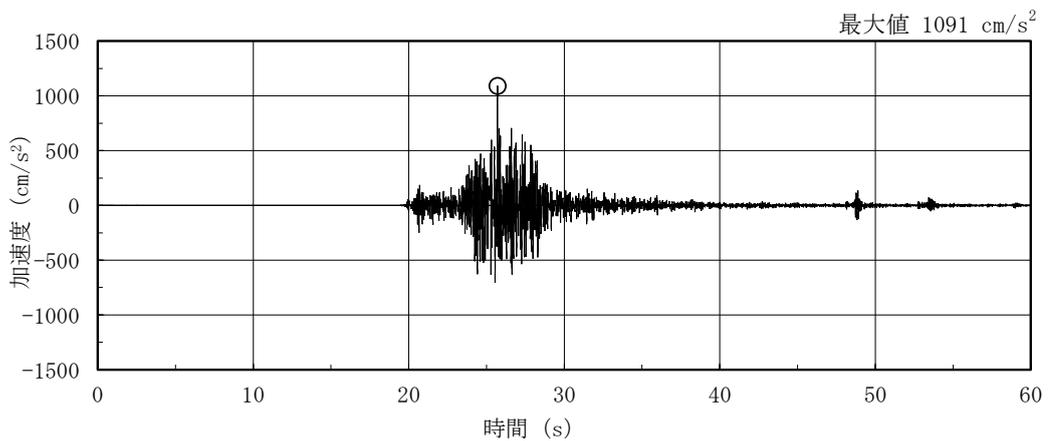
図 4-45 燃料取替階レベル (4F, EL 42.8m) の加速度時刻歴波形  
(S s - N 2, ケース 3, 回転成分)



(a) NS方向 (S s - N 2 EW)

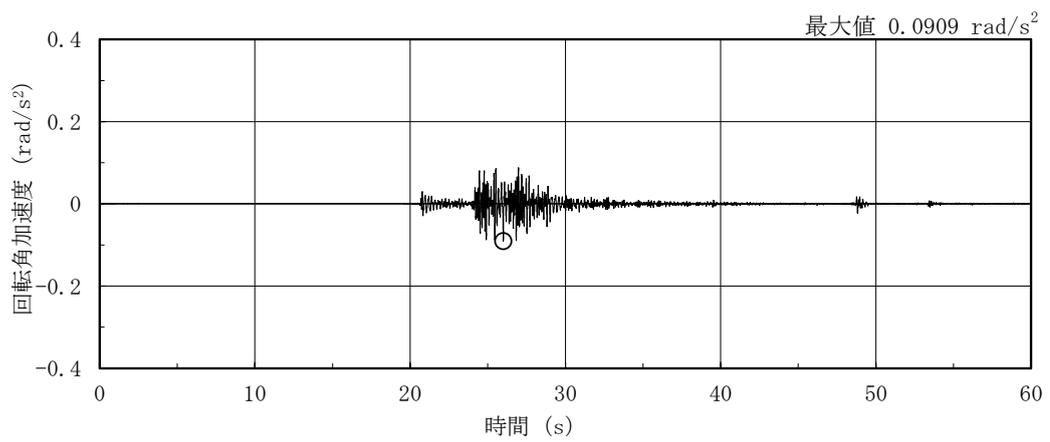


(b) EW方向 (S s - N 2 EW)

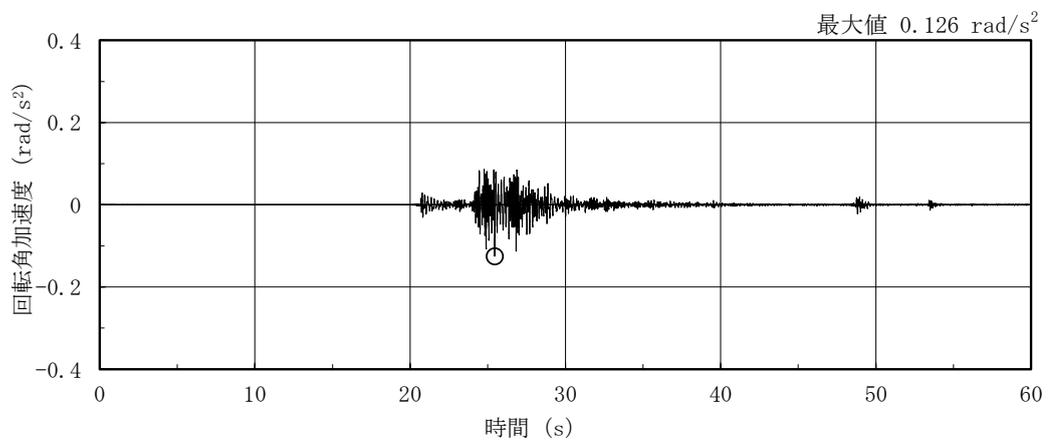


(c) 鉛直方向

図 4-46 燃料取替階レベル (4F, EL 42.8m) の加速度時刻歴波形  
(S s - N 2, ケース 3, 水平, 鉛直成分)

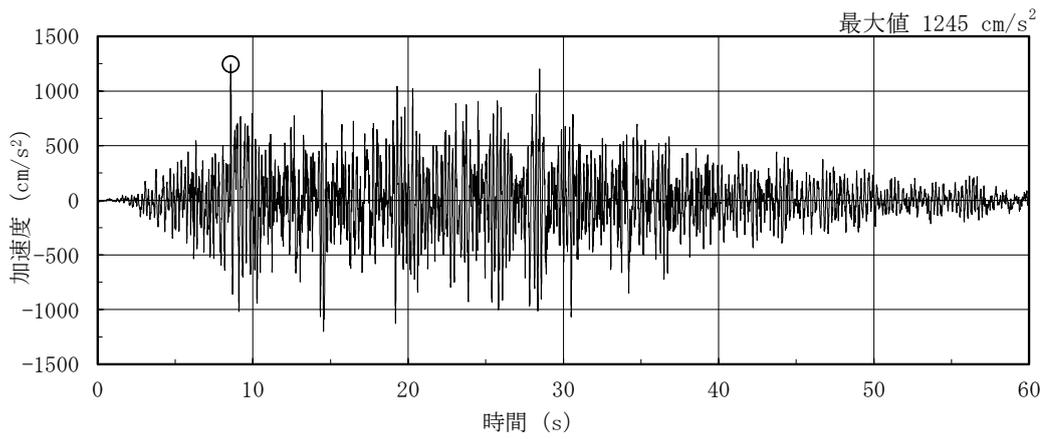


(a) NS方向 (S s - N 2 EW)

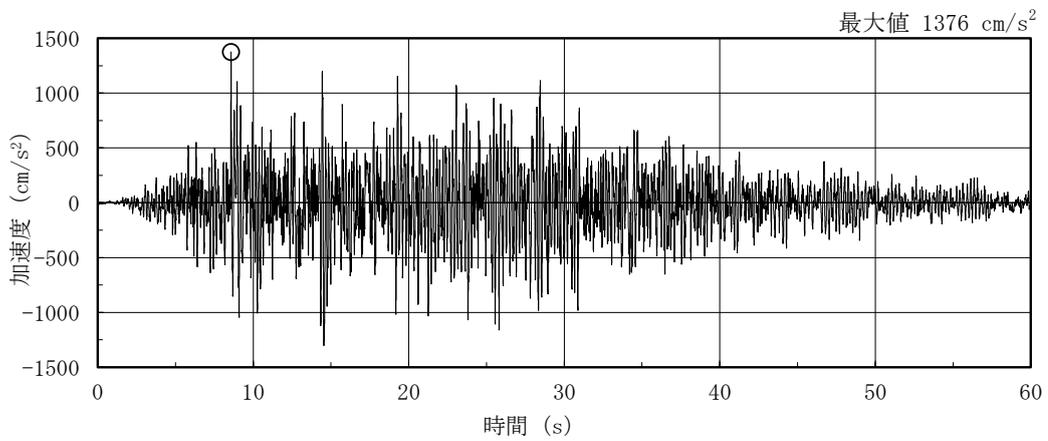


(b) EW方向 (S s - N 2 EW)

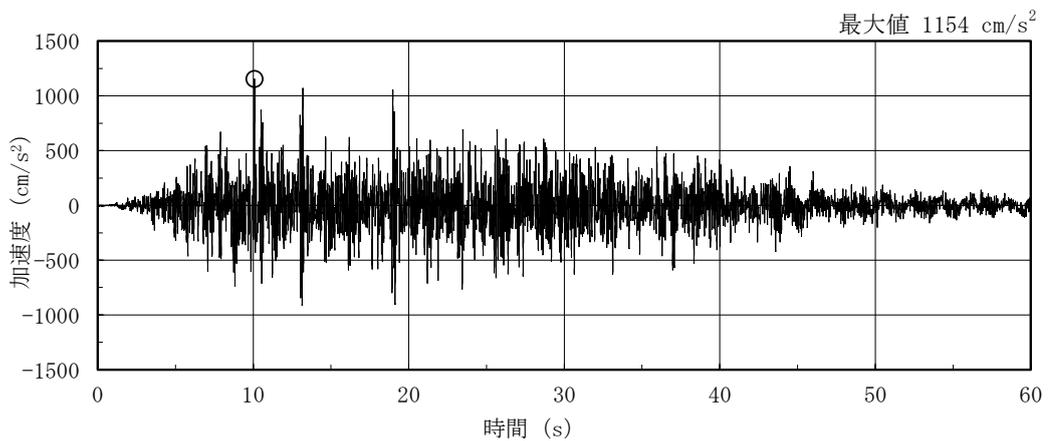
図 4-47 燃料取替階レベル (4F, EL 42.8m) の加速度時刻歴波形  
(S s - N 2, ケース 3, 回転成分)



(a) NS方向

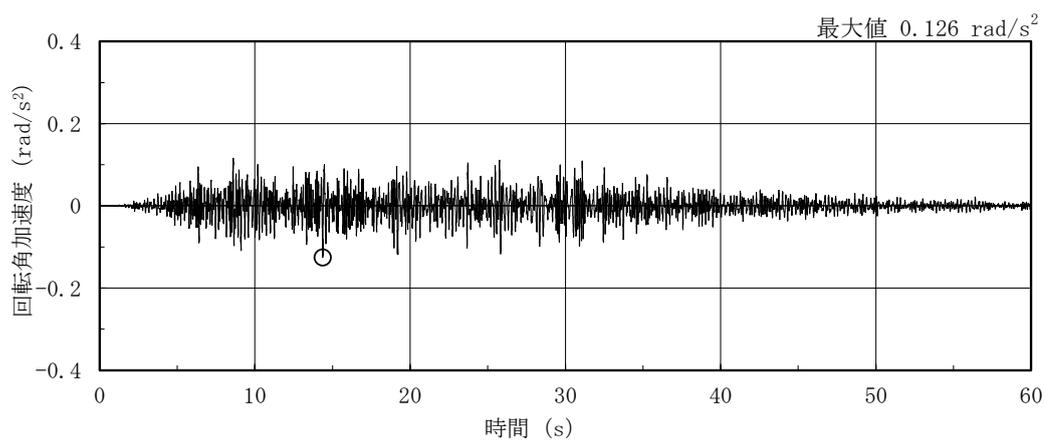


(b) EW方向

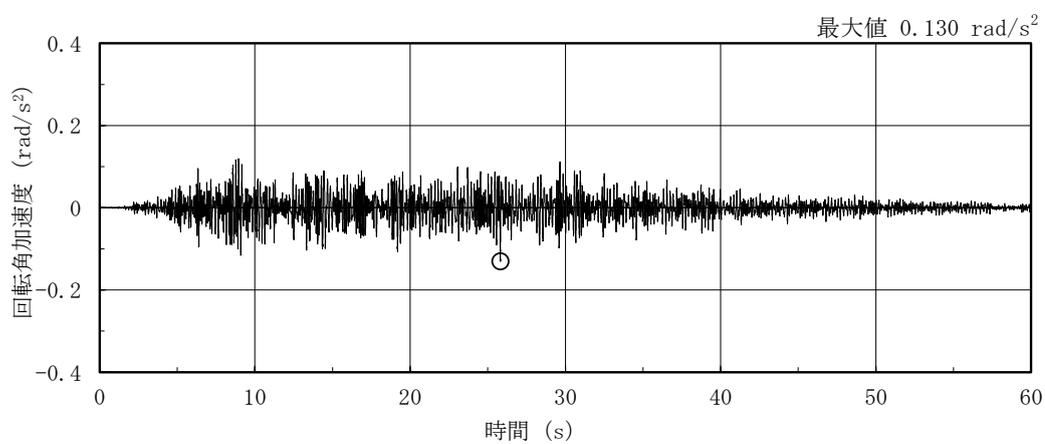


(c) 鉛直方向

図 4-48 燃料取替階レベル (4F, EL 42.8m) の加速度時刻歴波形  
(S s - D, ケース 4, 水平, 鉛直成分)

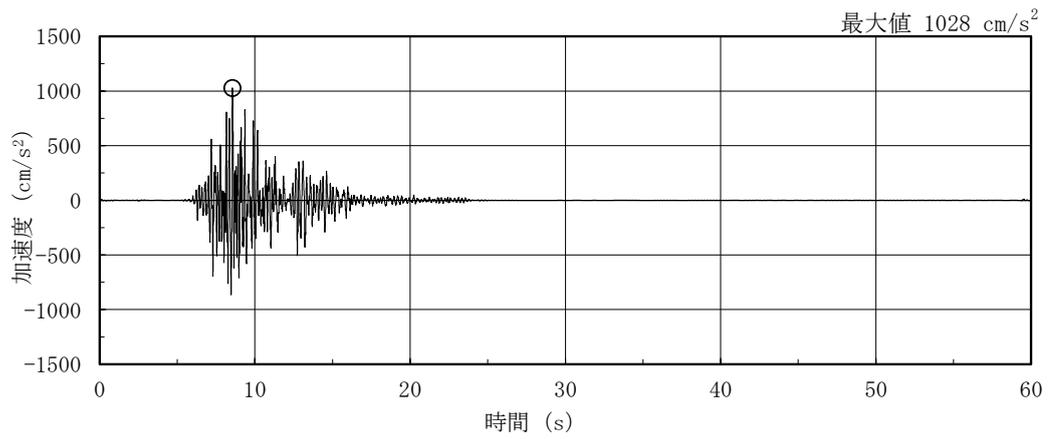


(a) NS方向

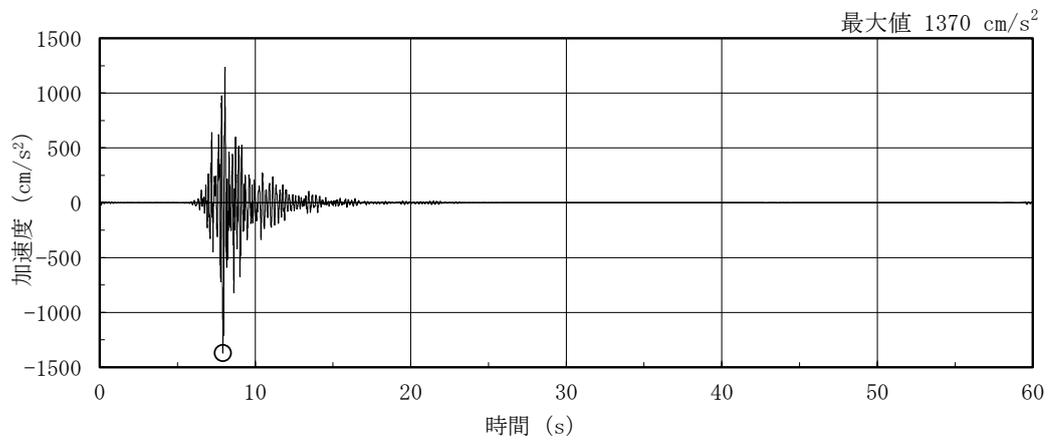


(b) EW方向

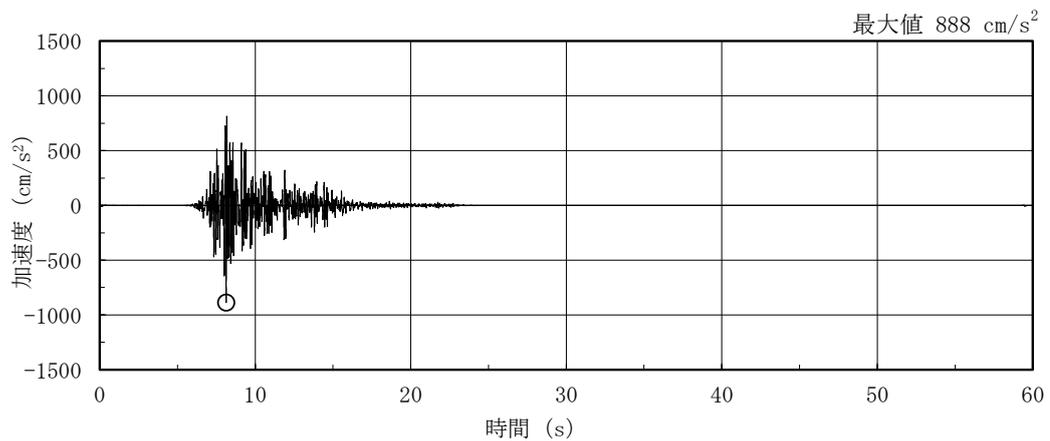
図 4-49 燃料取替階レベル (4F, EL 42.8m) の加速度時刻歴波形  
(S s-D, ケース 4, 回転成分)



(a) NS方向

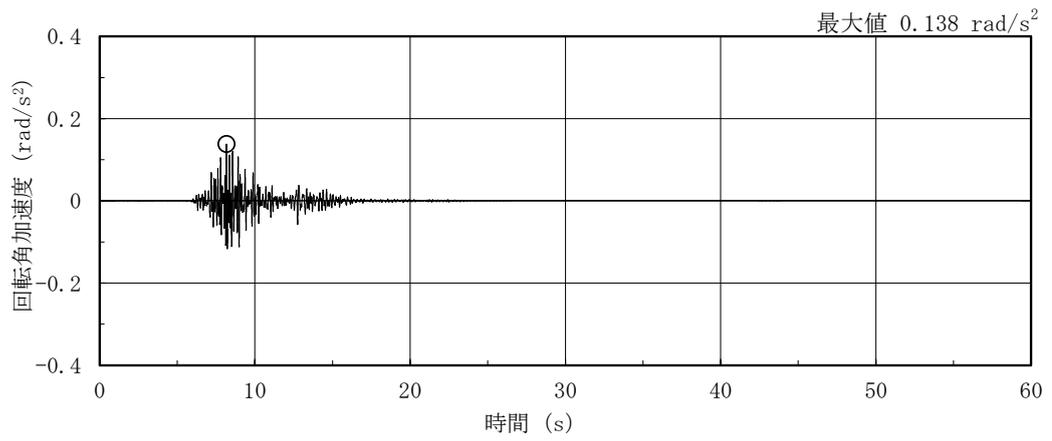


(b) EW方向

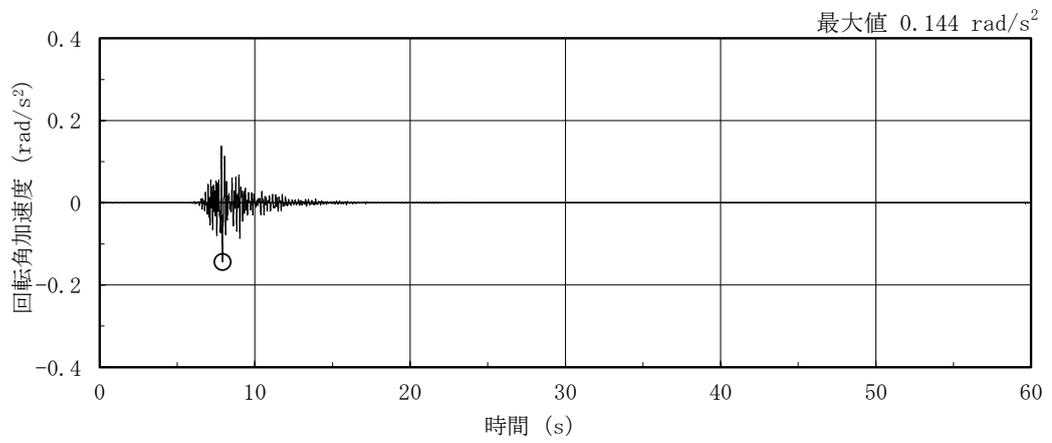


(c) 鉛直方向

図 4-50 燃料取替階レベル (4F, EL 42.8m) の加速度時刻歴波形  
(S s - F 1, ケース 4, 水平, 鉛直成分)

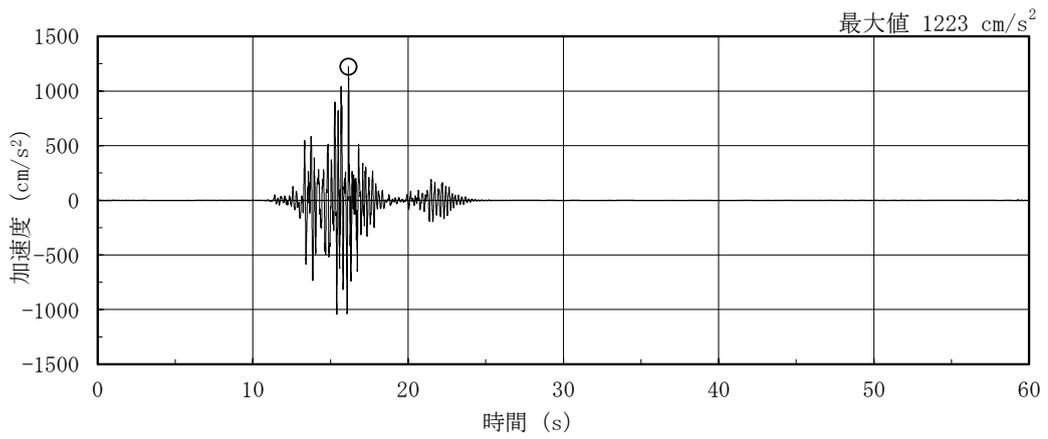


(a) NS方向

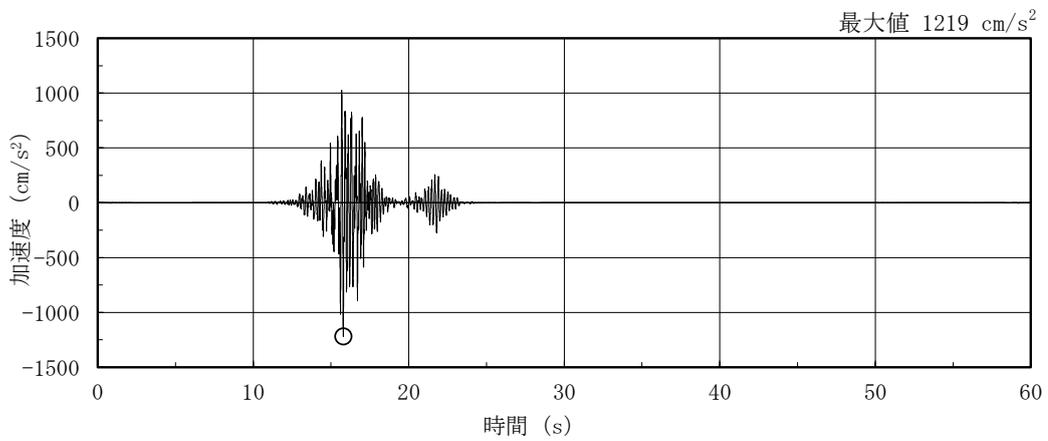


(b) EW方向

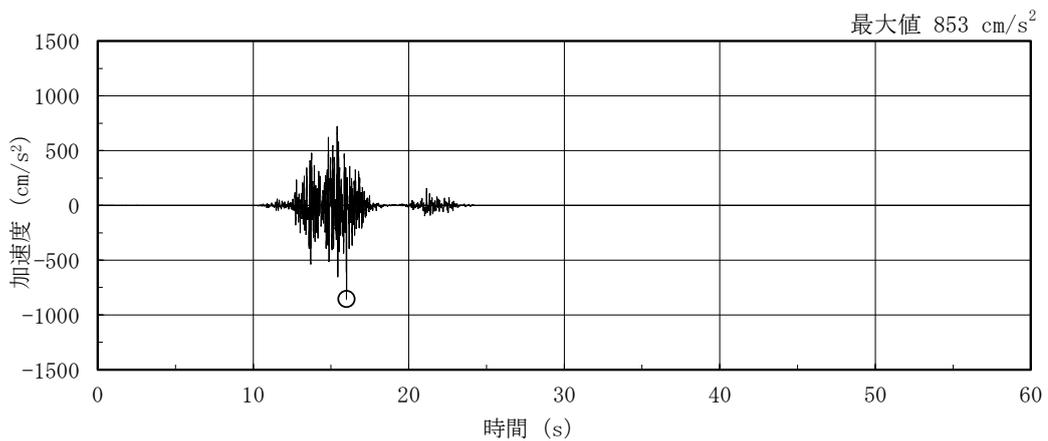
図 4-51 燃料取替階レベル (4F, EL 42.8m) の加速度時刻歴波形  
(S s - F 1, ケース 4, 回転成分)



(a) NS方向

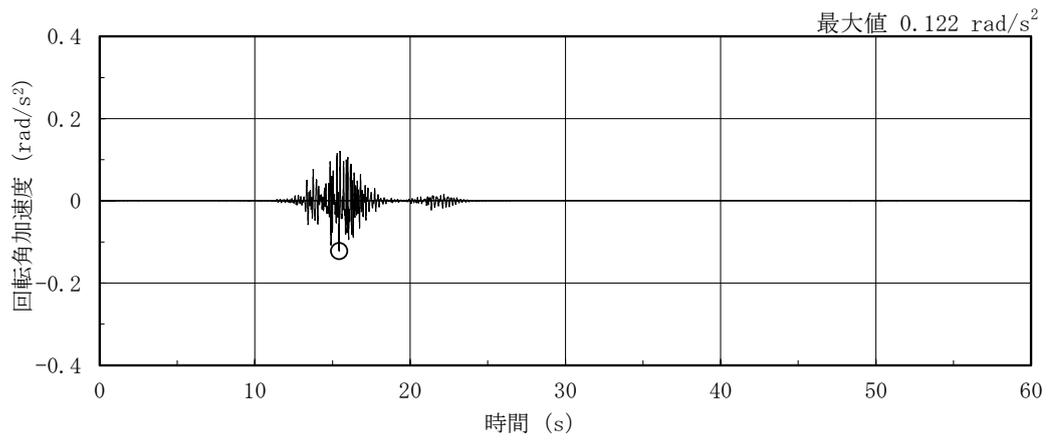


(b) EW方向

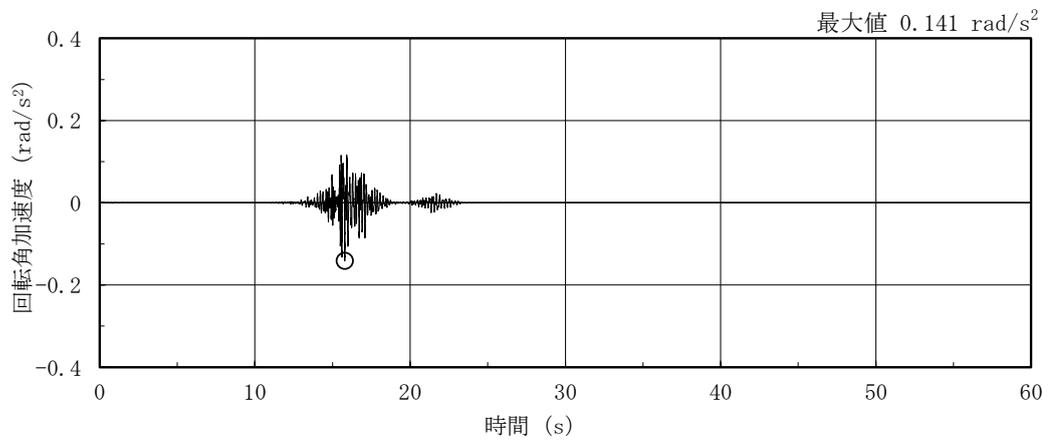


(c) 鉛直方向

図 4-52 燃料取替階レベル (4F, EL 42.8m) の加速度時刻歴波形  
(S s - F 2, ケース 4, 水平, 鉛直成分)

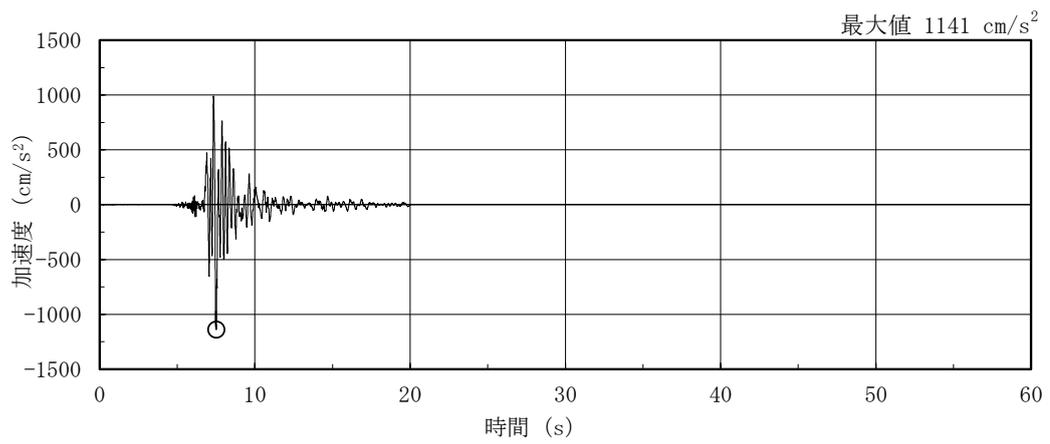


(a) NS方向

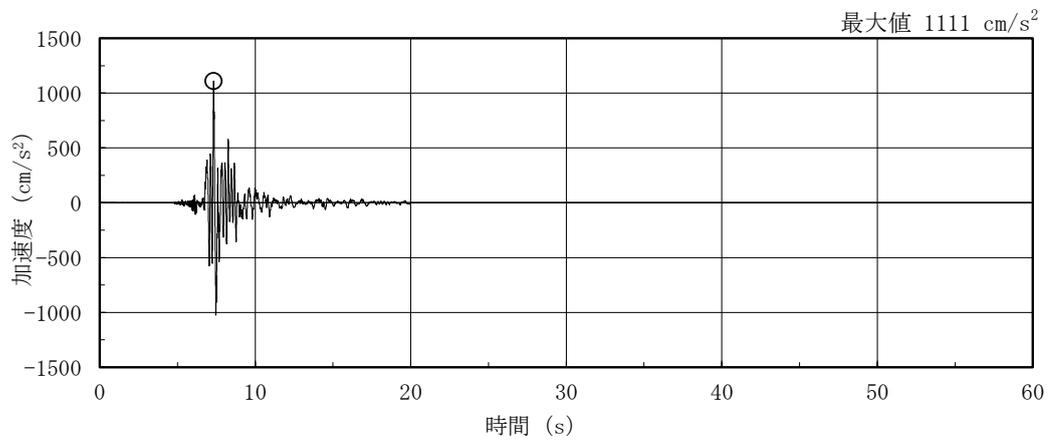


(b) EW方向

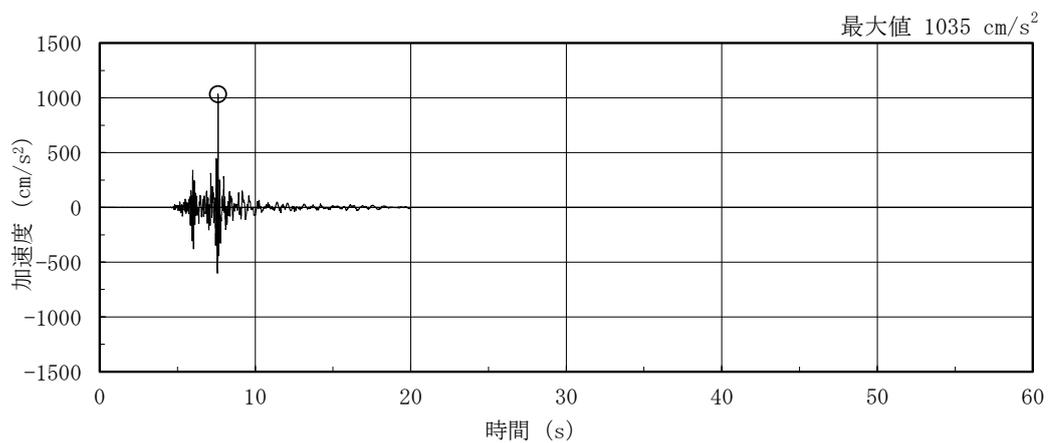
図 4-53 燃料取替階レベル (4F, EL 42.8m) の加速度時刻歴波形  
(S s - F 2, ケース 4, 回転成分)



(a) NS方向

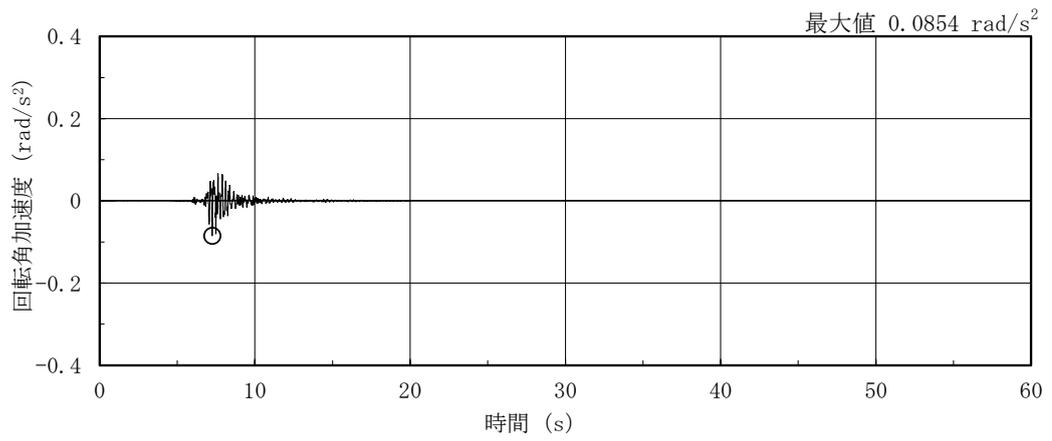


(b) EW方向

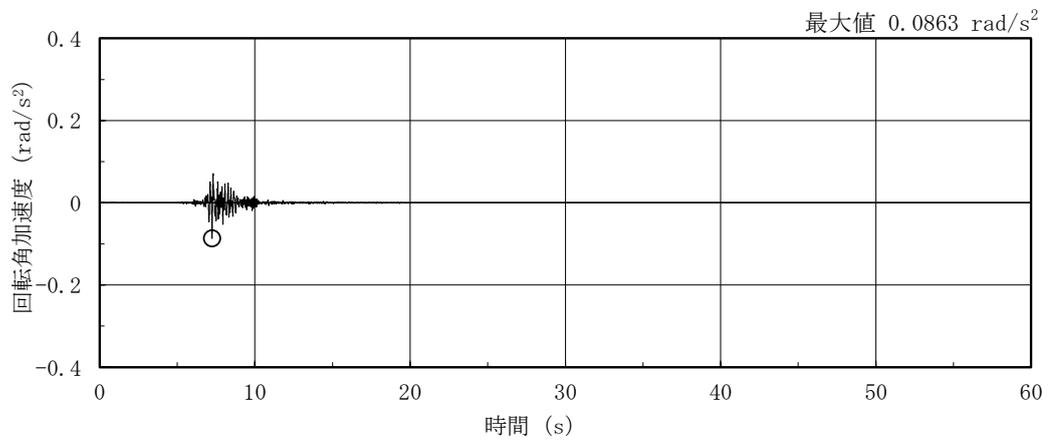


(c) 鉛直方向

図 4-54 燃料取替階レベル (4F, EL 42.8m) の加速度時刻歴波形  
(S s - N 1, ケース 4, 水平, 鉛直成分)

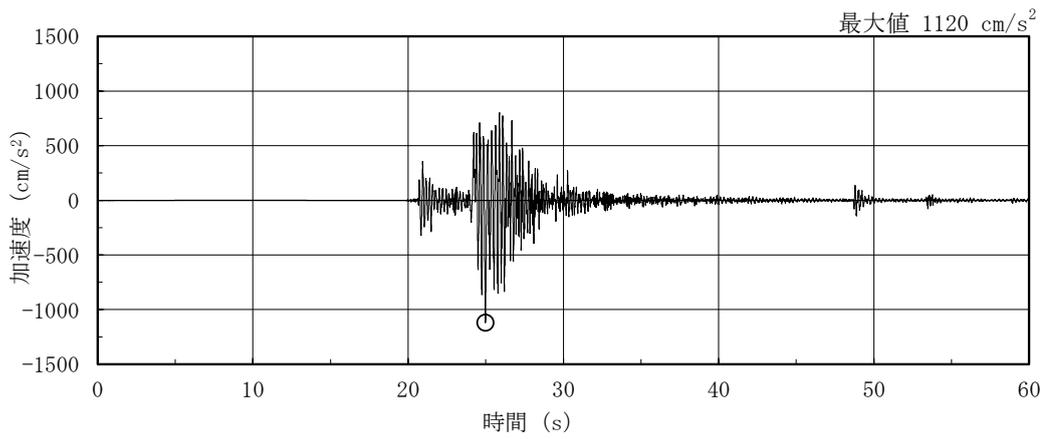


(a) NS方向

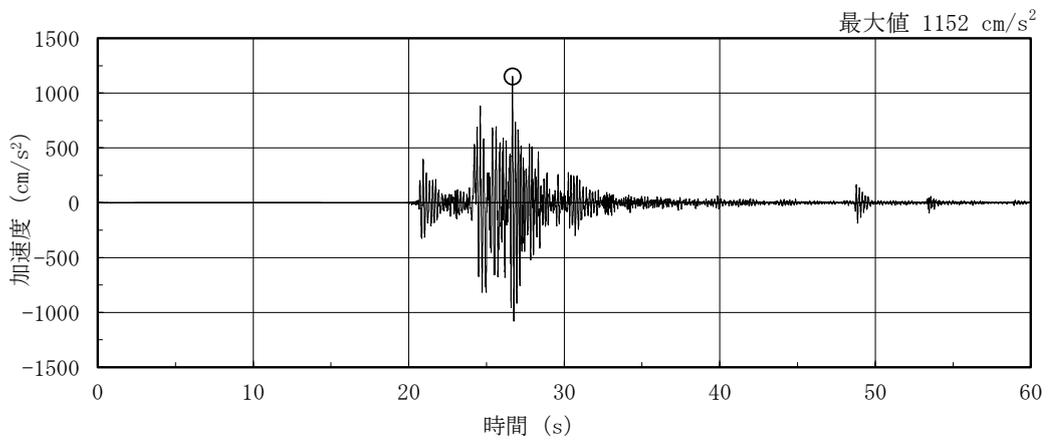


(b) EW方向

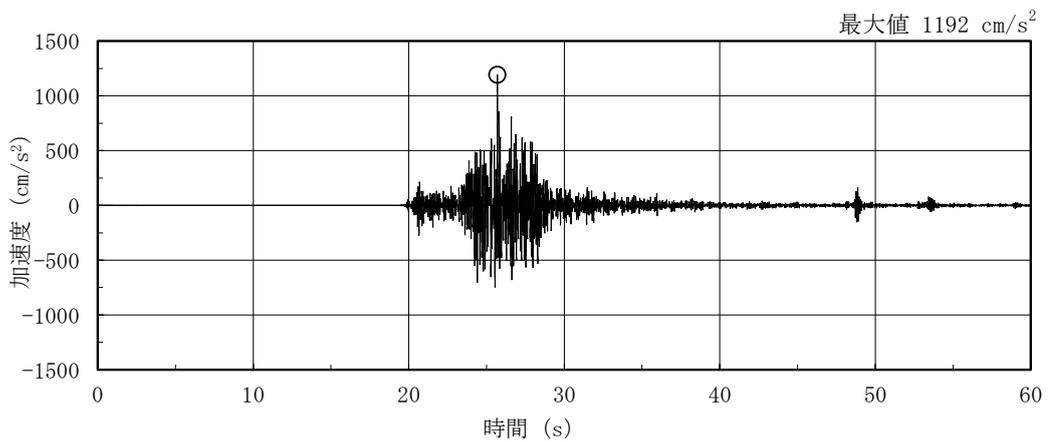
図 4-55 燃料取替階レベル (4F, EL 42.8m) の加速度時刻歴波形  
(S s - N 1, ケース 4, 回転成分)



(a) NS方向 (S<sub>s</sub> - N<sub>2</sub>NS)

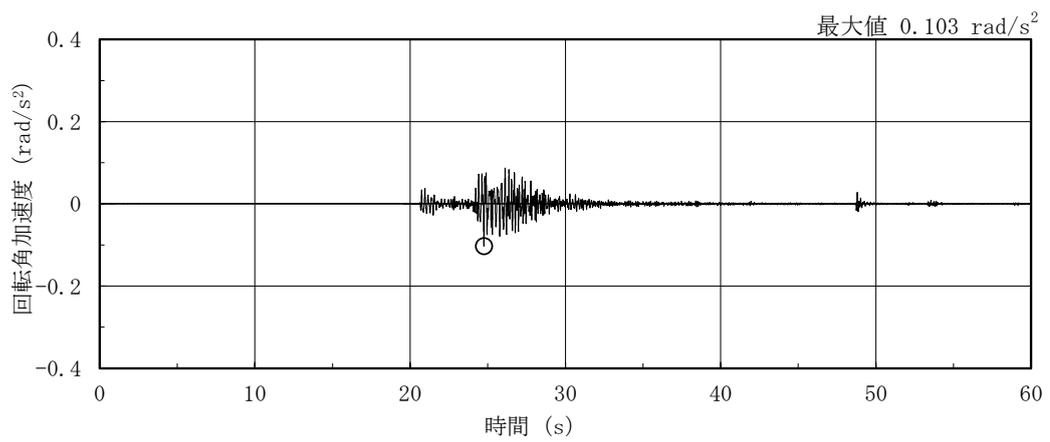


(b) EW方向 (S<sub>s</sub> - N<sub>2</sub>NS)

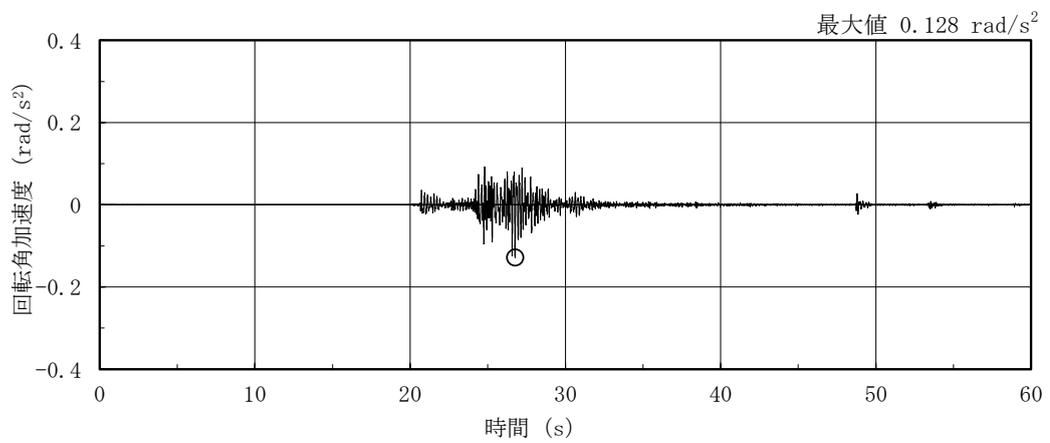


(c) 鉛直方向

図 4-56 燃料取替階レベル (4F, EL 42.8m) の加速度時刻歴波形  
(S<sub>s</sub> - N<sub>2</sub>, ケース 4, 水平, 鉛直成分)

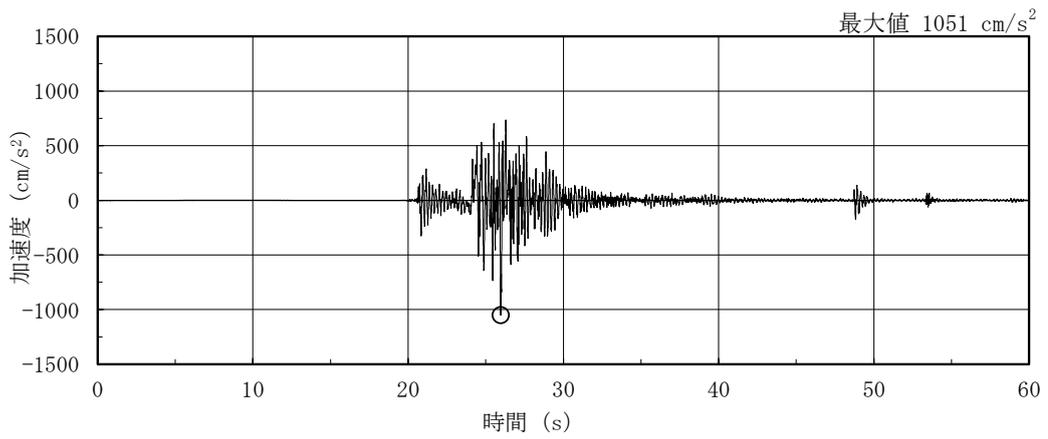


(a) NS方向 (S s - N 2 N S)

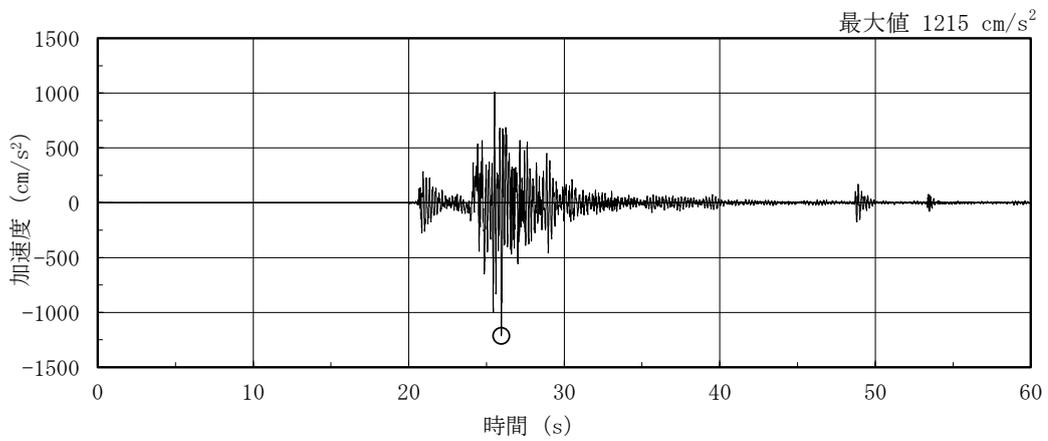


(b) EW方向 (S s - N 2 N S)

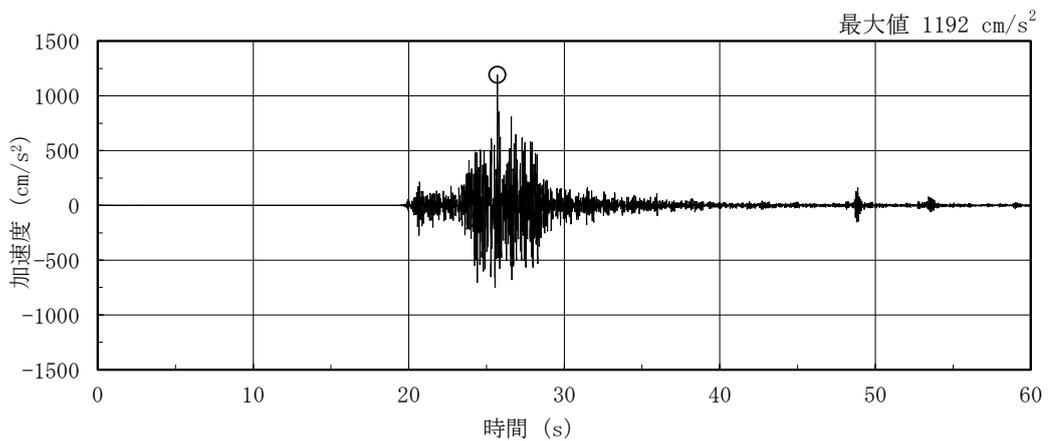
図 4-57 燃料取替階レベル (4F, EL 42.8m) の加速度時刻歴波形  
(S s - N 2, ケース 4, 回転成分)



(a) NS方向 (S s - N 2 EW)

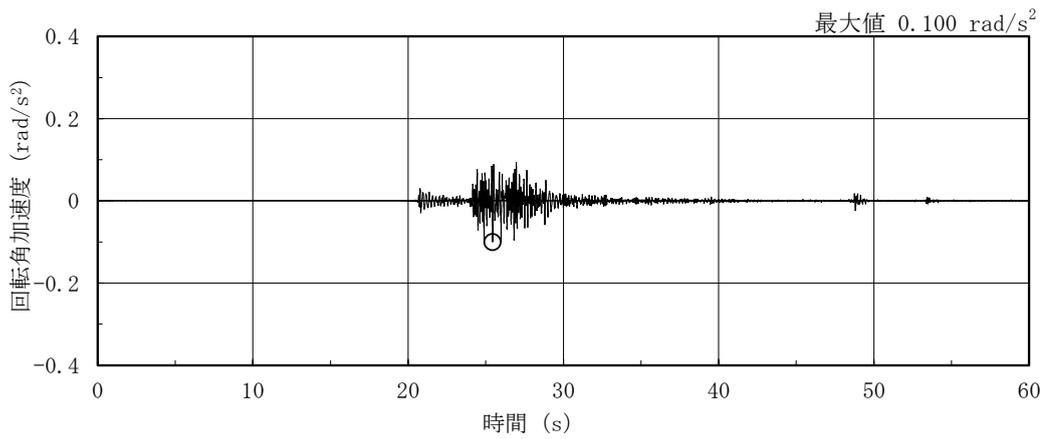


(b) EW方向 (S s - N 2 EW)

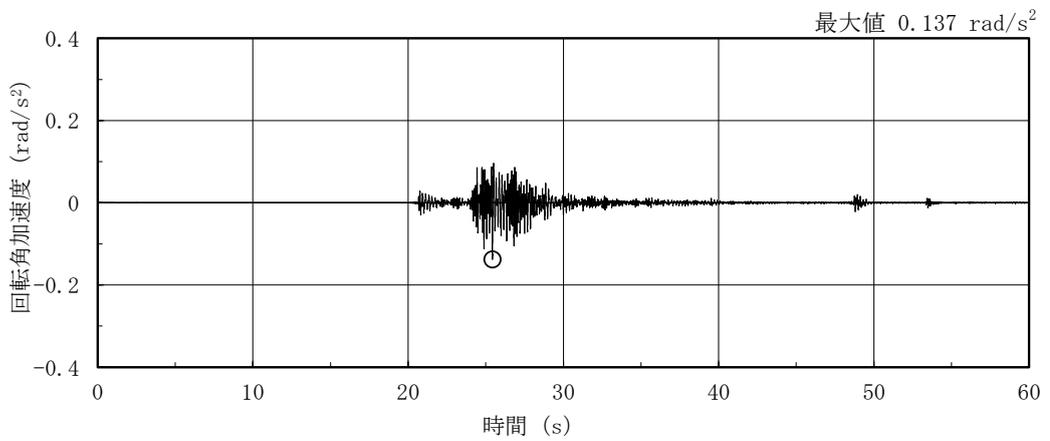


(c) 鉛直方向

図 4-58 燃料取替階レベル (4F, EL 42.8m) の加速度時刻歴波形  
(S s - N 2, ケース 4, 水平, 鉛直成分)



(a) NS方向 (S s - N 2 EW)



(b) EW方向 (S s - N 2 EW)

図 4-59 燃料取替階レベル (4F, EL 42.8m) の加速度時刻歴波形  
(S s - N 2, ケース 4, 回転成分)

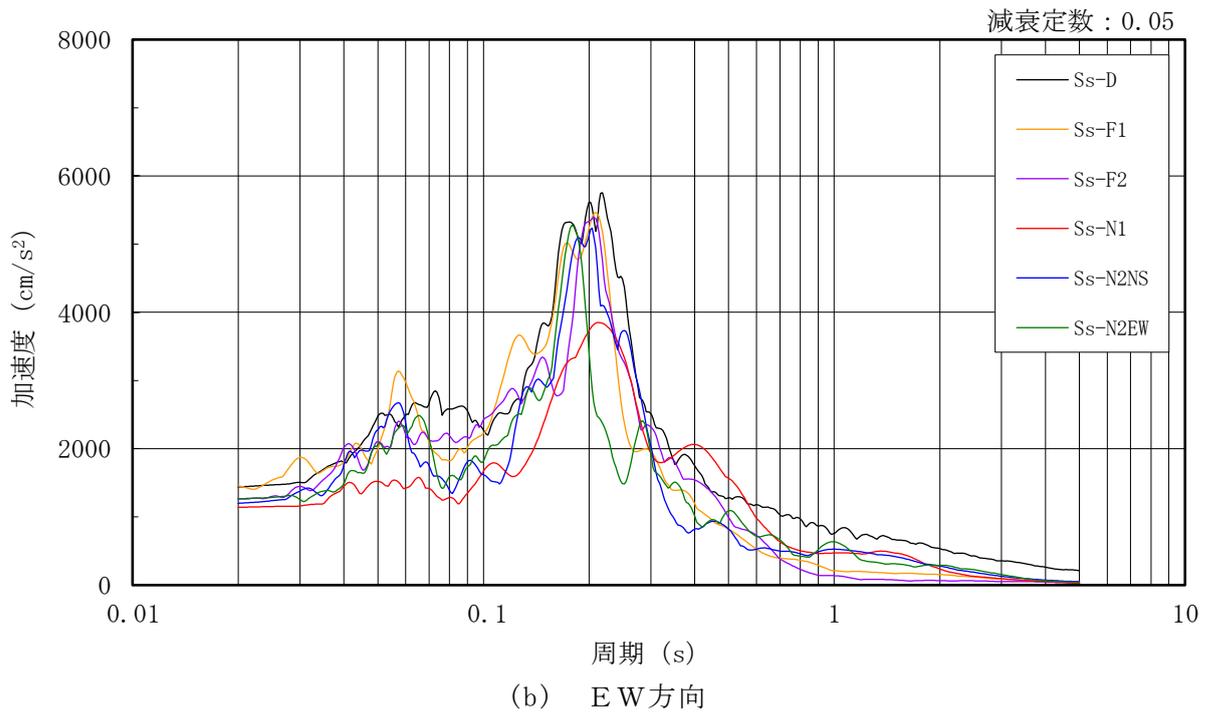
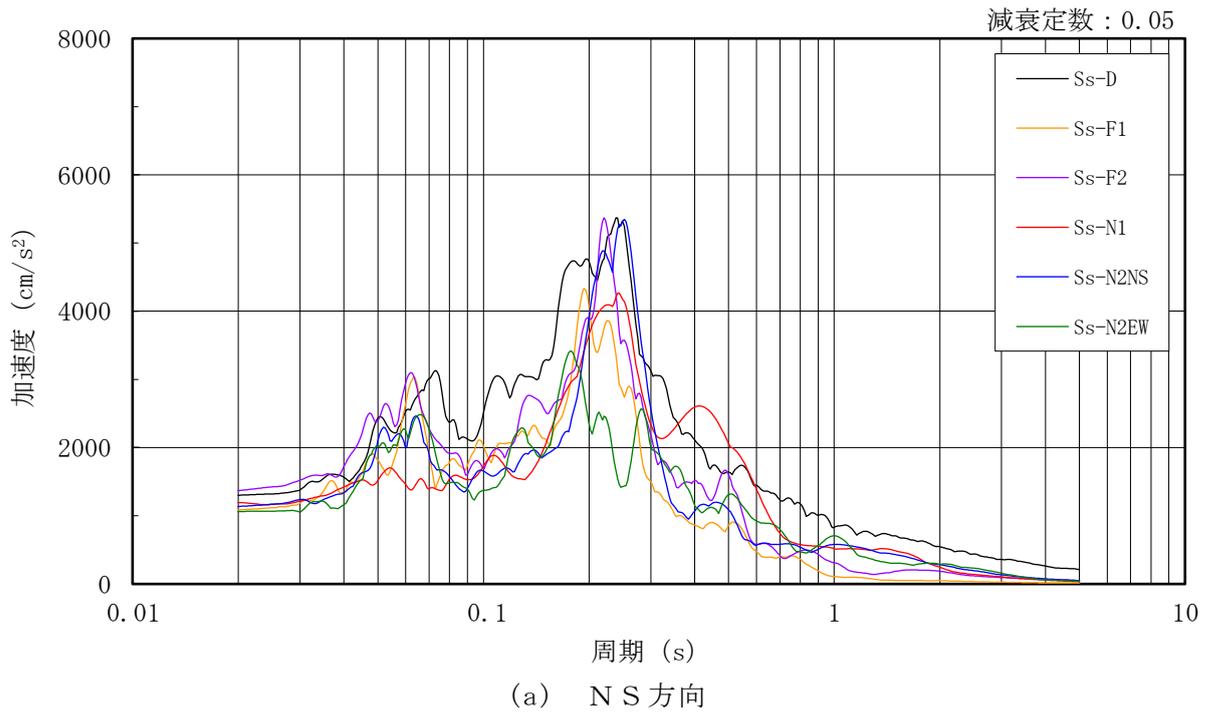


図 4-60 水平成分の加速度応答スペクトル  
(燃料取替階レベル (4F, EL 42.8m), ケース 1)

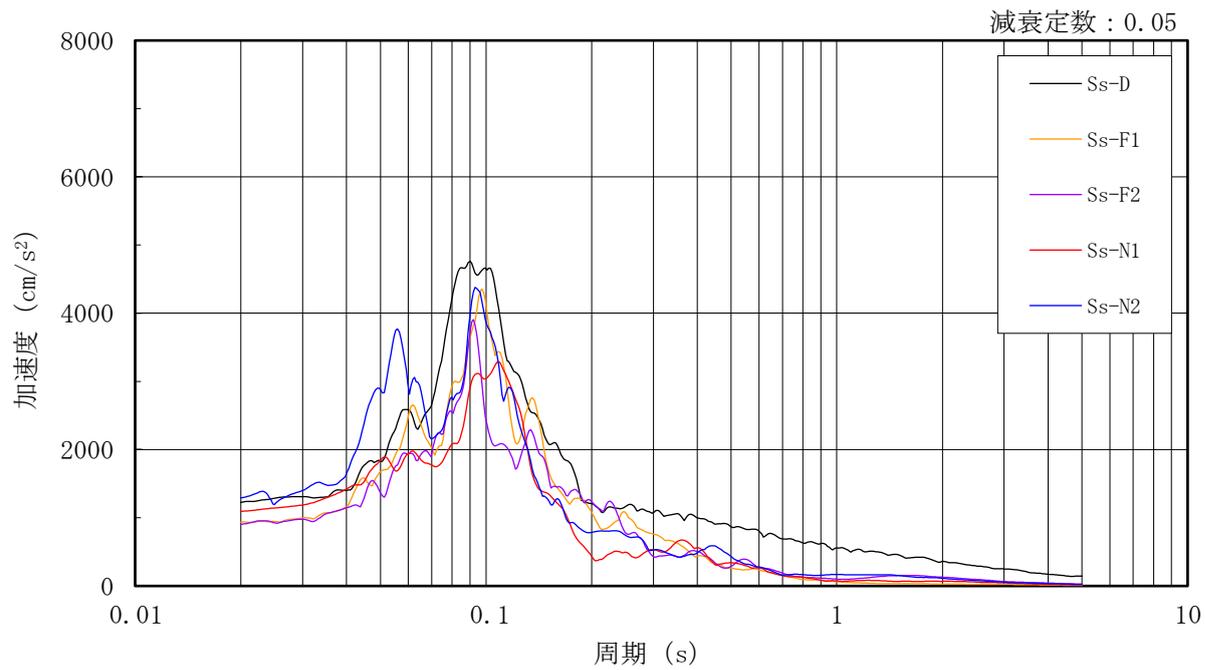


図 4-61 鉛直成分の加速度応答スペクトル  
 (燃料取替階レベル (4F, EL 42.8m), ケース 1)

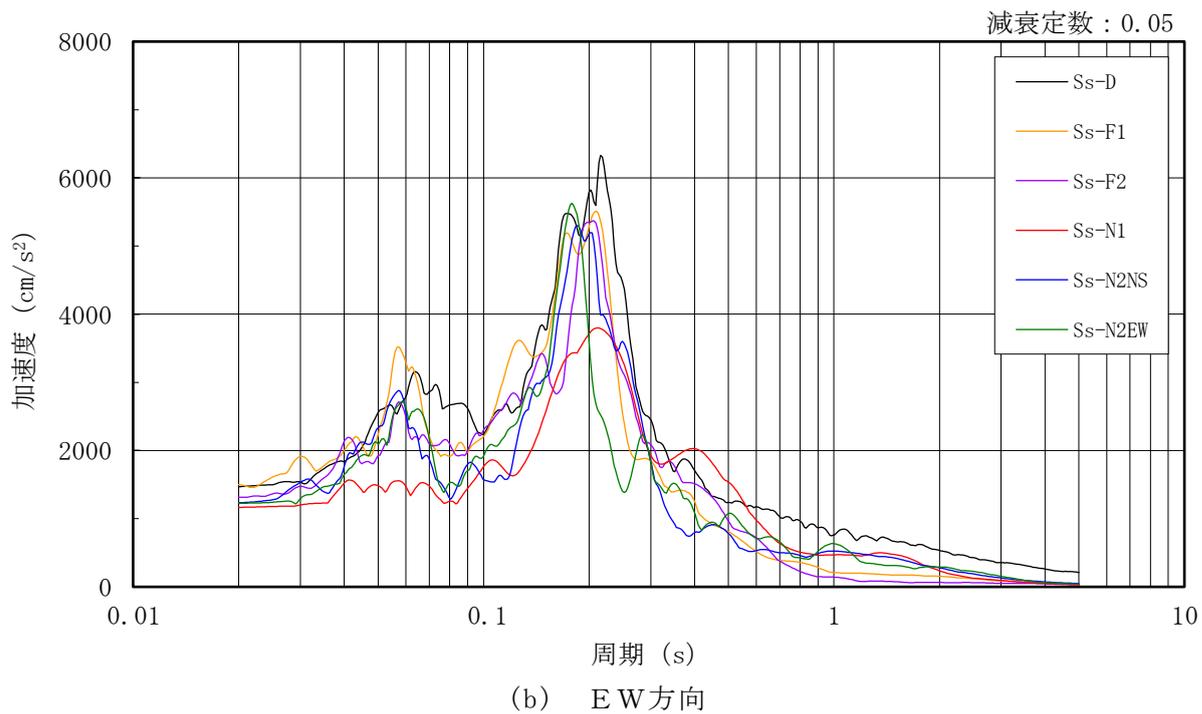
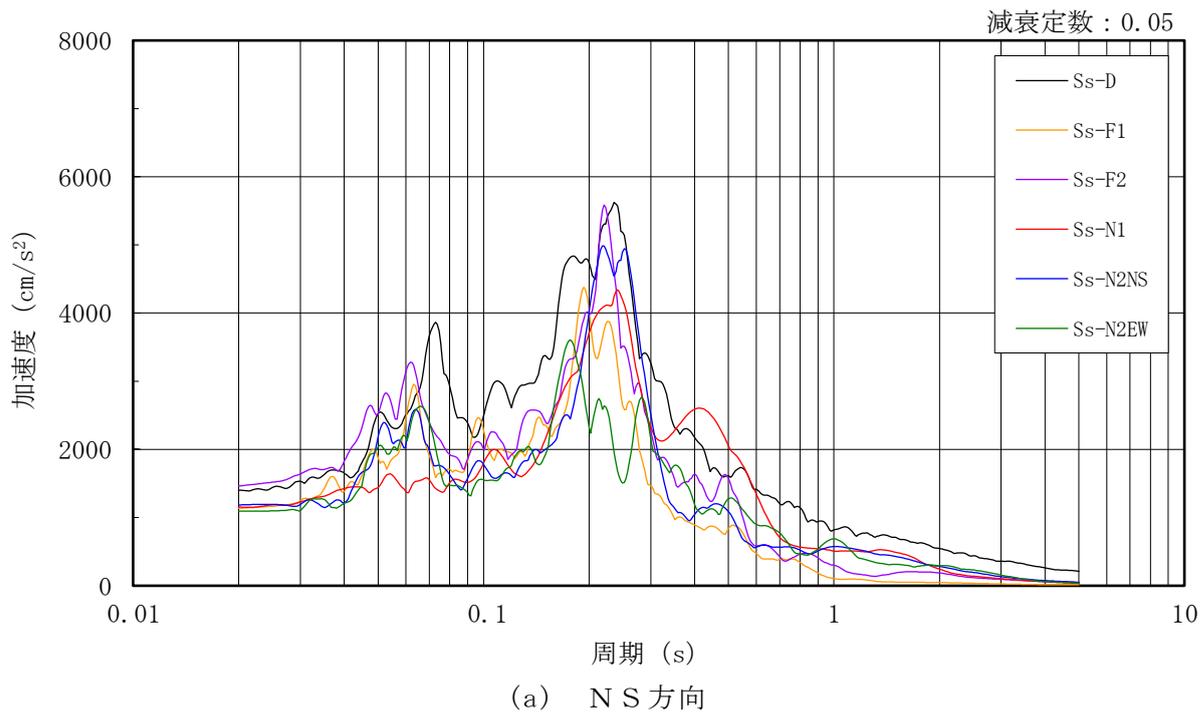


図 4-62 水平成分の加速度応答スペクトル  
(燃料取替階レベル (4F, EL 42.8m), ケース 2)

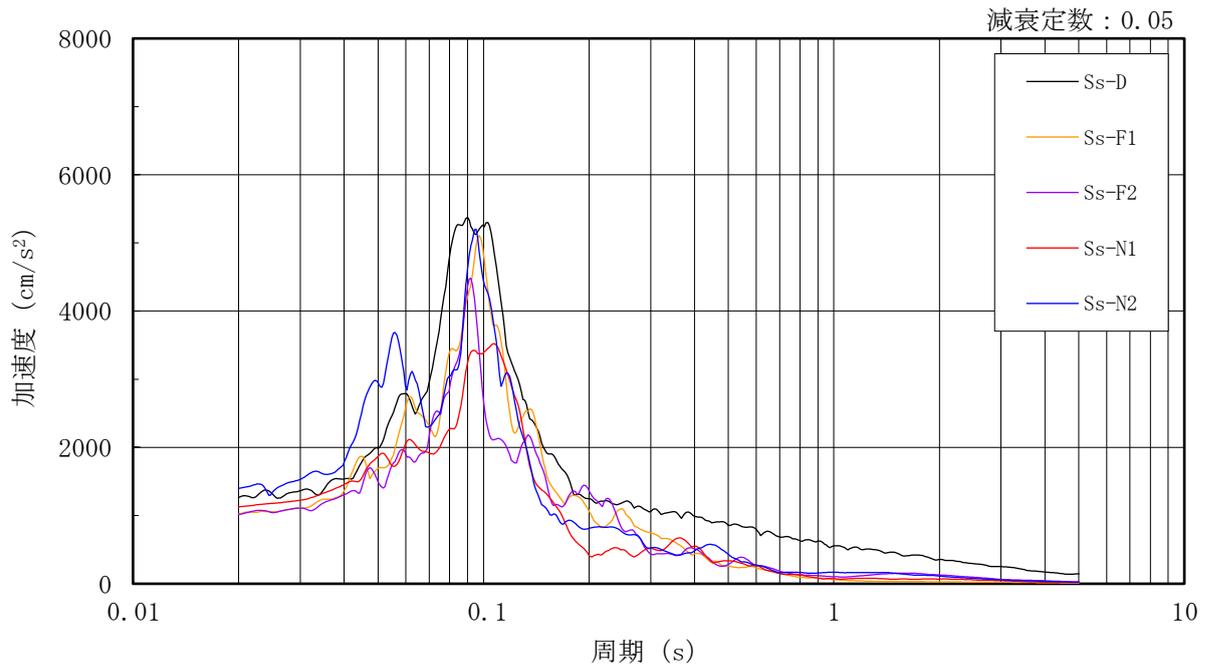


図 4-63 鉛直成分の加速度応答スペクトル  
 (燃料取替階レベル (4F, EL 42.8m), ケース 2)

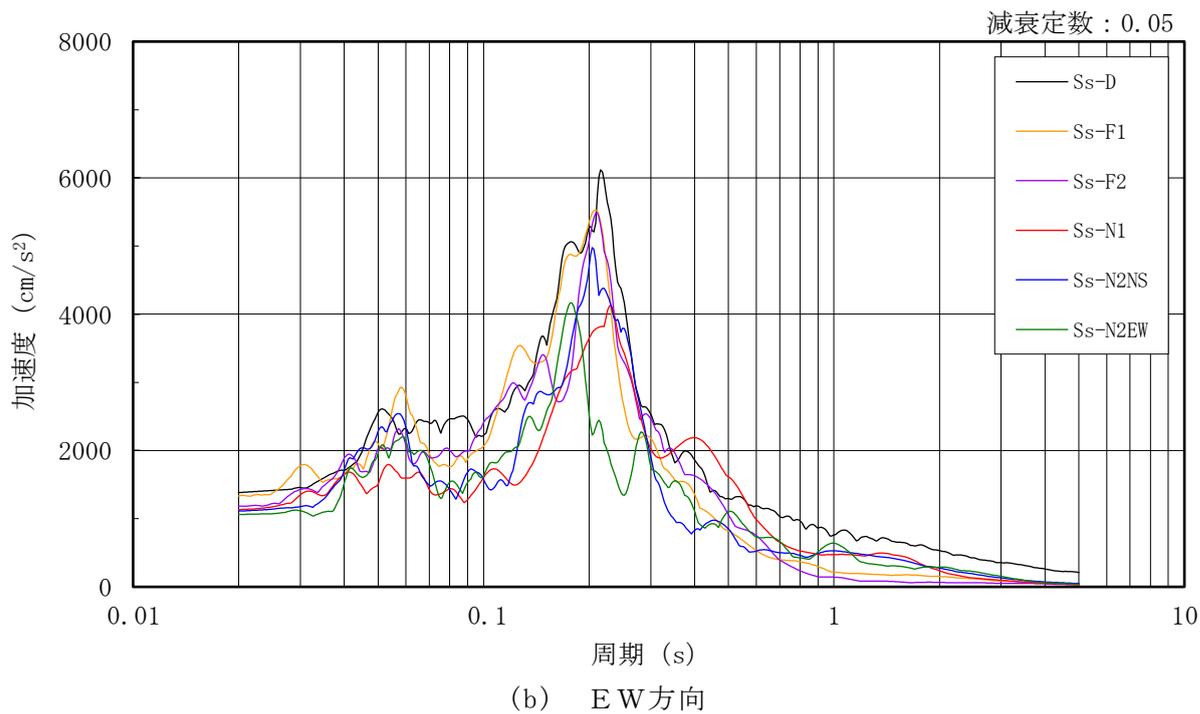
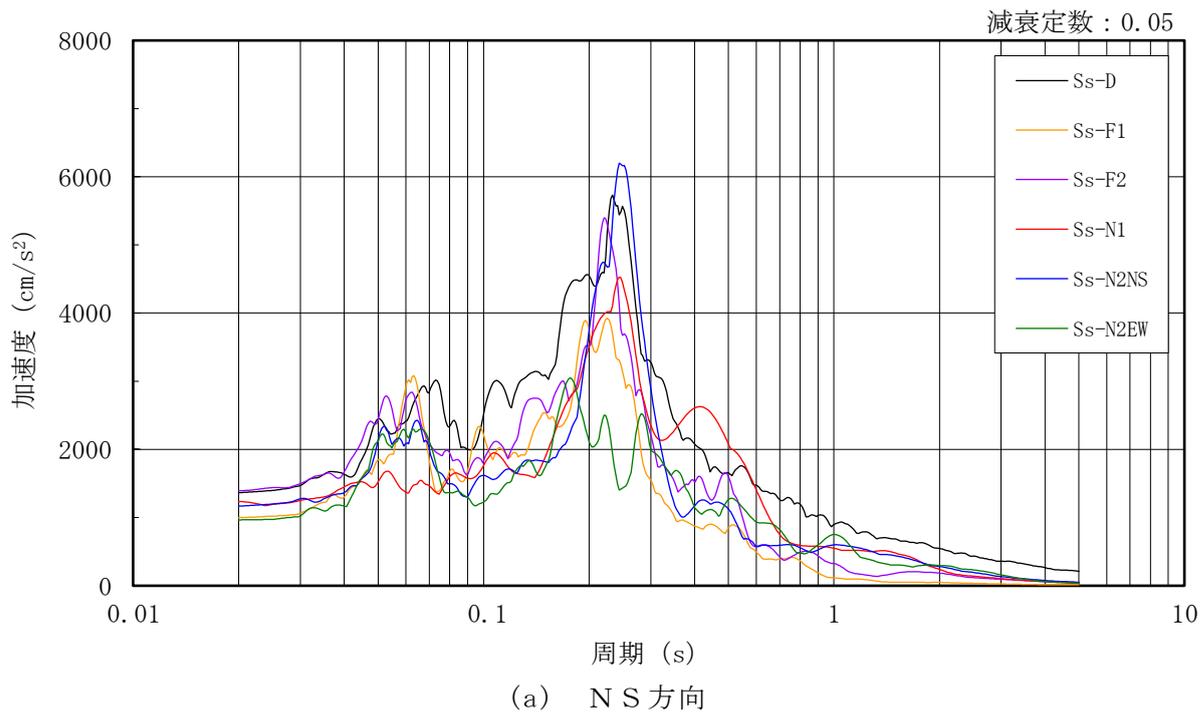


図 4-64 水平成分の加速度応答スペクトル  
(燃料取替階レベル (4F, EL 42.8m), ケース 3)

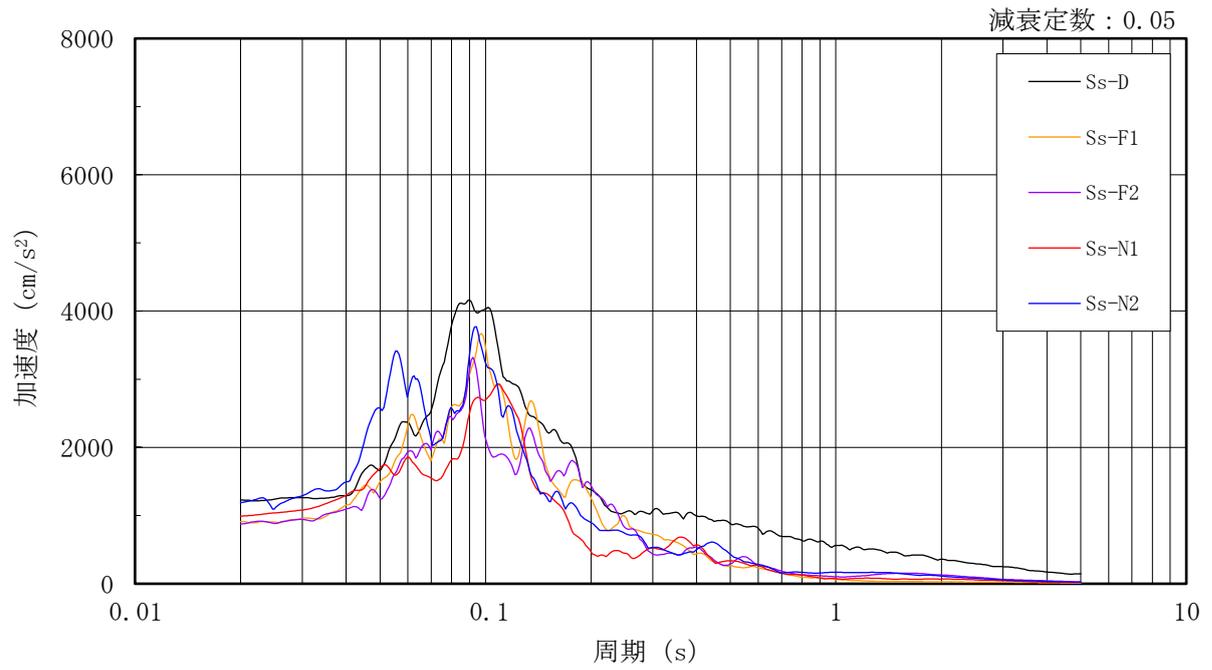


図 4-65 鉛直成分の加速度応答スペクトル  
 (燃料取替階レベル (4F, EL 42.8m), ケース 3)

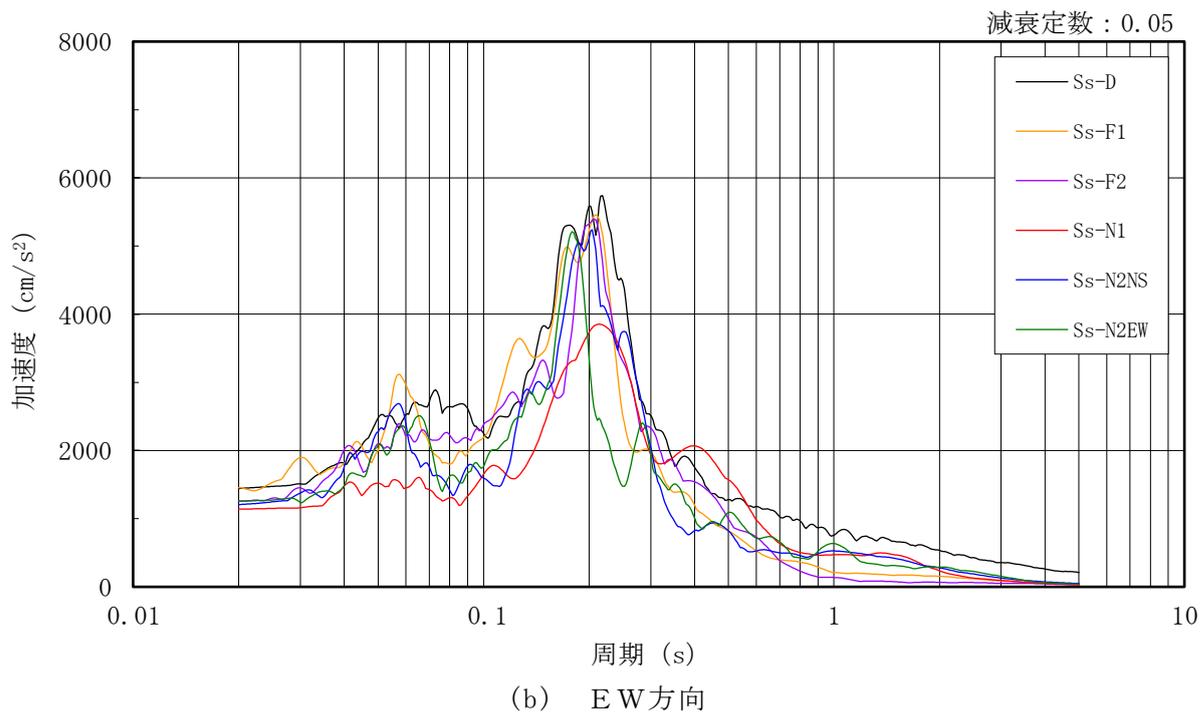
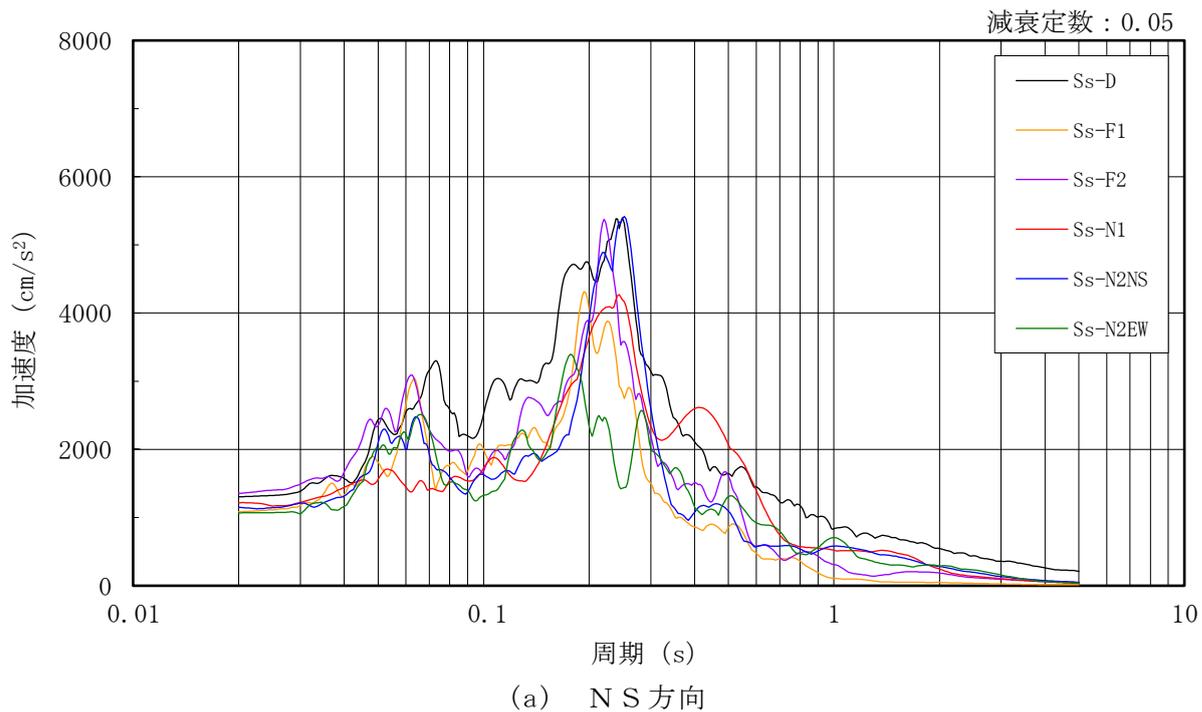


図 4-66 水平成分の加速度応答スペクトル  
(燃料取替階レベル (4F, EL 42.8m), ケース 4)

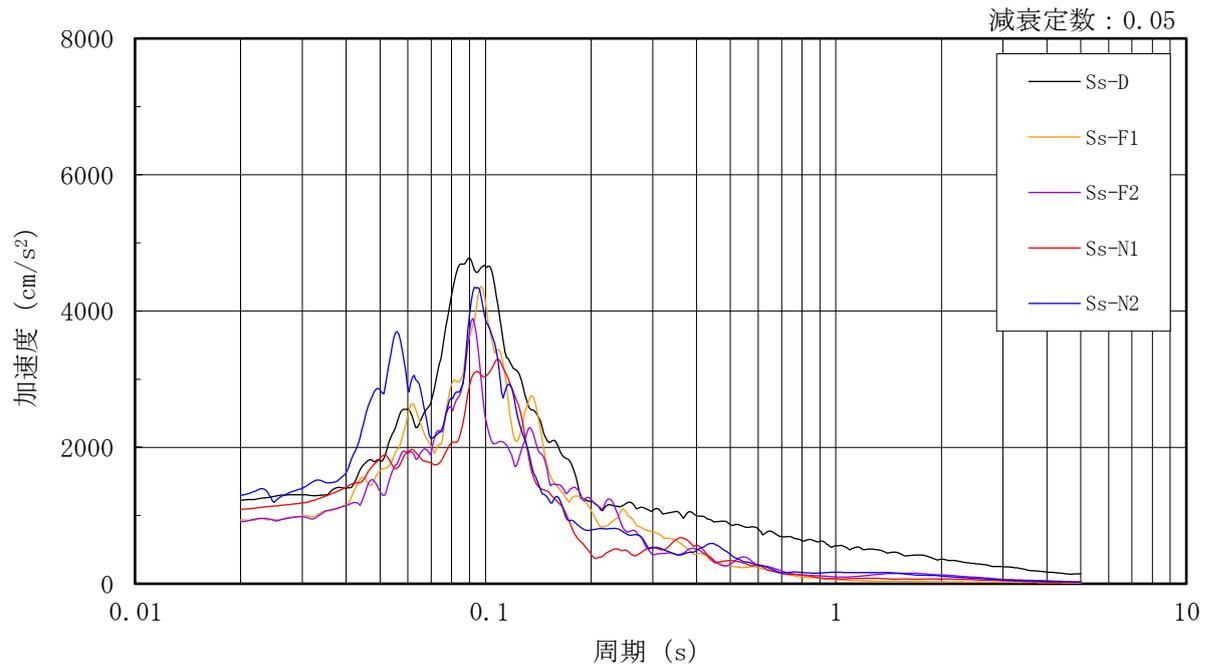


図 4-67 鉛直成分の加速度応答スペクトル  
 (燃料取替階レベル (4F, EL 42.8m), ケース 4)

#### 4.2.4 耐震壁

##### (1) 荷重

###### a. 鉛直荷重

固定荷重 (G) , 積載荷重 (P) は「既工認」に基づき設定する。

###### b. 地震荷重

###### (a) 地震荷重

地震荷重 (S<sub>d</sub>) は, 静的地震力と弾性設計用地震動 S<sub>d</sub> に対する地震応答解析により算定される動的地震力を包絡した荷重とする。このとき, 弾性設計用地震動 S<sub>d</sub> に対する地震応答解析より算定される動的地震力は, VI-2-2-2 「原子炉建物の地震応答計算書」に基づき, 材料物性の不確かさを考慮して設定する。

地震荷重を表 4-5~表 4-9 に示す。

表 4-5 地震荷重

(弾性設計用地震動 S d 及び静的地震力によるせん断力, N S 方向)

部位	EL (m)	要素 番号	せん断力 ( $\times 10^4$ kN)		
			Sd	静的	最大値
OW-13	34.8~30.5	1	13.2	11.2	13.2
	30.5~23.8	2	14.5	12.2	14.5
	23.8~15.3	3	18.6	15.0	18.6
	15.3~8.8	4	22.5	16.9	22.5
	8.8~1.3	5	25.3	19.1	25.3
IW-11	63.5~51.7	6	3.86	4.22	4.22
	51.7~42.8	7	8.16	7.48	8.16
	42.8~34.8	8	12.5	9.87	12.5
	34.8~30.5	9	16.0	12.1	16.0
	30.5~23.8	10	23.4	17.2	23.4
	23.8~15.3	11	26.9	19.6	26.9
	15.3~8.8	12	31.6	22.6	31.6
	8.8~1.3	13	33.0	23.5	33.0
DW	42.8~34.8	14	3.68	3.02	3.68
	34.8~30.5	15	5.66	3.12	5.66
	30.5~23.8	16	8.04	5.33	8.04
	23.8~15.3	17	10.6	6.57	10.6
	15.3~10.1	18	16.2	11.5	16.2
	10.1~1.3	19	18.6	13.6	18.6
IW-3	63.5~51.7	20	3.89	4.32	4.32
	51.7~42.8	21	8.76	7.94	8.76
	42.8~34.8	22	12.5	10.0	12.5
	34.8~30.5	23	16.5	11.9	16.5
	30.5~23.8	24	23.4	17.2	23.4
	23.8~15.3	25	28.8	20.7	28.8
	15.3~8.8	26	31.8	22.8	31.8
	8.8~1.3	27	33.0	23.5	33.0
OW-1	42.8~34.8	28	9.09	7.69	9.09
	34.8~30.5	29	13.4	10.4	13.4
	30.5~23.8	30	14.8	11.4	14.8
	23.8~15.3	31	22.7	17.0	22.7
	15.3~8.8	32	22.7	16.6	22.7
	8.8~1.3	33	25.8	19.0	25.8

注：ハッチングは弾性設計用地震動 S d による動的地震力と静的地震力のうち大きい値を表示。

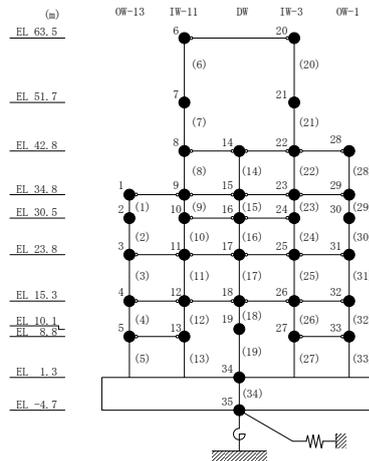


表 4-6 地震荷重

(弾性設計用地震動 S d 及び静的地震力によるせん断力, E W 方向)

部位	EL (m)	要素 番号	せん断力 ( $\times 10^4$ kN)		
			Sd	静的	最大値
OW-I	15.3~8.8	1	21.7	17.1	21.7
	8.8~1.3	2	20.8	15.6	20.8
IW-H	63.5~51.7	3	4.84	4.26	4.84
	51.7~42.8	4	8.50	6.66	8.50
	42.8~34.8	5	13.7	9.68	13.7
	34.8~30.5	6	20.6	14.6	20.6
	30.5~23.8	7	23.5	17.0	23.5
	23.8~15.3	8	38.6	28.8	38.6
	15.3~8.8	9	37.3	27.2	37.3
	8.8~1.3	10	42.1	31.6	42.1
DW	42.8~34.8	11	6.98	4.92	6.98
	34.8~30.5	12	1.92	1.13	1.92
	30.5~23.8	13	8.89	6.63	8.89
	23.8~15.3	14	11.1	6.97	11.1
	15.3~10.1	15	12.4	9.22	12.4
	10.1~1.3	16	15.3	11.3	15.3
IW-D	63.5~51.7	17	4.18	3.92	4.18
	51.7~42.8	18	1.27	0.785	1.27
	42.8~34.8	19	8.51	5.93	8.51
	34.8~30.5	20	8.53	5.62	8.53
	30.5~23.8	21	13.0	9.55	13.0
IW-B	51.7~42.8	22	9.16	7.77	9.16
	42.8~34.8	23	12.4	8.78	12.4
	34.8~30.5	24	22.6	16.1	22.6
	30.5~23.8	25	25.1	18.4	25.1
	23.8~15.3	26	30.6	23.0	30.6
	15.3~8.8	27	28.3	21.0	28.3
	8.8~1.3	28	31.1	23.1	31.1
OW-A	34.8~30.5	29	13.7	10.4	13.7
	30.5~23.8	30	15.0	11.5	15.0
	23.8~15.3	31	25.4	20.4	25.4
	15.3~8.8	32	21.4	15.9	21.4
	8.8~1.3	33	23.2	17.2	23.2

注：ハッチングは弾性設計用地震動 S d による動的地震力と静的地震力のうち大きい値を表示。

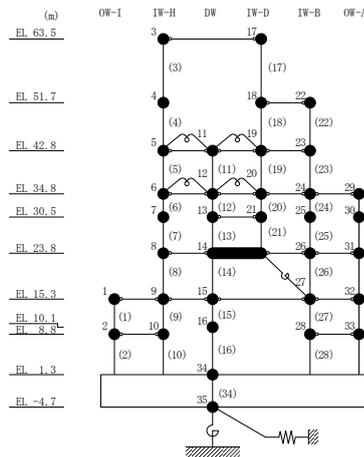


表 4-7(1) 地震荷重

(弾性設計用地震動 S d 及び静的地震力による曲げモーメント, N S 方向)

部位	EL (m)	要素番号	曲げモーメント ( $\times 10^5$ kN・m)		
			Sd	静的	最大値
OW-13	34.8~30.5	1	0.00 5.66	0.00 4.84	— 5.66
	30.5~23.8	2	5.66 15.4	4.84 13.0	5.66 15.4
	23.8~15.3	3	15.4 31.1	13.0 25.8	15.4 31.1
	15.3~8.8	4	31.1 45.5	25.8 36.8	31.1 45.5
	8.8~1.3	5	45.5 64.4	36.8 51.1	45.5 64.4
IW-11	63.5~51.7	6	0.00 4.55	0.00 4.98	— 4.98
	51.7~42.8	7	4.55 11.8	4.98 11.6	4.98 11.8
	42.8~34.8	8	11.8 21.6	11.6 19.5	11.8 21.6
	34.8~30.5	9	21.6 28.4	19.5 24.8	21.6 28.4
	30.5~23.8	10	28.4 44.0	24.8 36.3	28.4 44.0
	23.8~15.3	11	44.0 66.8	36.3 52.9	44.0 66.8
	15.3~8.8	12	66.8 87.2	52.9 67.6	66.8 87.2
	8.8~1.3	13	87.2 112	67.6 85.3	87.2 112
DW	42.8~34.8	14	0.00 2.94	0.00 2.42	— 2.94
	34.8~30.5	15	2.94 5.37	2.42 3.76	2.94 5.37
	30.5~23.8	16	5.37 10.5	3.76 7.33	5.37 10.5
	23.8~15.3	17	10.5 19.4	7.33 12.9	10.5 19.4
	15.3~10.1	18	19.4 27.3	12.9 18.9	19.4 27.3
	10.1~1.3	19	27.3 43.4	18.9 30.9	27.3 43.4

注：ハッチングは弾性設計用地震動 S d による動的地震力と静的地震力のうち大きい値を表示。

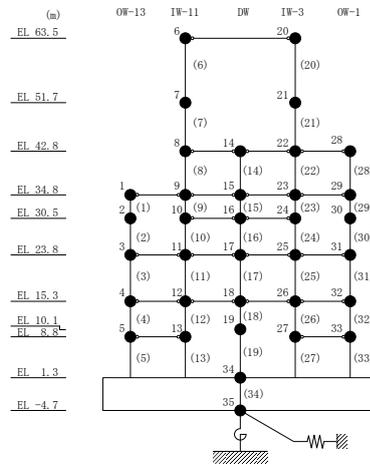


表 4-7(2) 地震荷重

(弾性設計用地震動 S d 及び静的地震力による曲げモーメント, N S 方向)

部位	EL (m)	要素 番号	曲げモーメント ( $\times 10^5$ kN $\cdot$ m)		
			Sd	静的	最大値
IW-3	63.5~51.7	20	0.00	0.00	—
			4.59	5.09	5.09
	51.7~42.8	21	4.59	5.09	5.09
			12.4	12.2	12.4
	42.8~34.8	22	12.4	12.2	12.4
			22.1	20.1	22.1
	34.8~30.5	23	22.1	20.1	22.1
			29.1	25.3	29.1
30.5~23.8	24	29.1	25.3	29.1	
		44.7	36.8	44.7	
23.8~15.3	25	44.7	36.8	44.7	
		69.1	54.4	69.1	
15.3~8.8	26	69.1	54.4	69.1	
		89.6	69.2	89.6	
8.8~1.3	27	89.6	69.2	89.6	
		114	86.8	114	
OW-1	42.8~34.8	28	0.00	0.00	—
			7.27	6.16	7.27
	34.8~30.5	29	7.27	6.16	7.27
			13.0	10.6	13.0
	30.5~23.8	30	13.0	10.6	13.0
			22.9	18.3	22.9
	23.8~15.3	31	22.9	18.3	22.9
42.2			32.7	42.2	
15.3~8.8	32	42.2	32.7	42.2	
		56.5	43.5	56.5	
8.8~1.3	33	56.5	43.5	56.5	
		75.8	57.7	75.8	

注：ハッチングは弾性設計用地震動 S d による動的地震力と静的地震力のうち大きい値を表示。

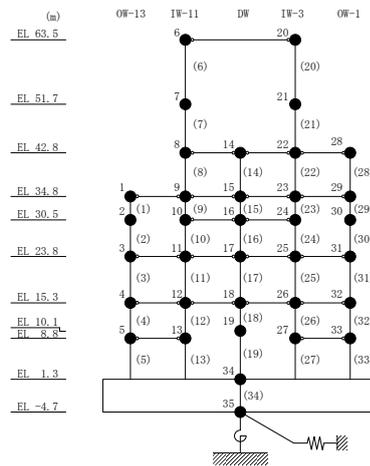


表 4-8(1) 地震荷重

(弾性設計用地震動 S<sub>d</sub> 及び静的地震力による曲げモーメント, E-W方向)

部位	EL (m)	要素 番号	曲げモーメント ( $\times 10^5$ kN·m)		
			S <sub>d</sub>	静的	最大値
OW-I	15.3~8.8	1	0.00 14.1	0.00 11.1	— 14.1
	8.8~1.3	2	14.1 29.6	11.1 22.8	14.1 29.6
IW-H	63.5~51.7	3	0.00 5.71	0.00 5.02	— 5.71
	51.7~42.8	4	5.71 13.3	5.02 10.9	5.71 13.3
	42.8~34.8	5	14.9 25.8	12.1 19.8	14.9 25.8
	34.8~30.5	6	27.7 36.5	21.1 27.4	27.7 36.5
	30.5~23.8	7	36.5 52.2	27.4 38.8	36.5 52.2
	23.8~15.3	8	52.2 84.8	38.8 63.3	52.2 84.8
	15.3~8.8	9	84.8 109	63.3 81.0	84.8 109
	8.8~1.3	10	109 139	81.0 105	109 139
DW	42.8~34.8	11	2.87 2.72	1.98 1.95	2.87 2.72
	34.8~30.5	12	1.63 1.89	0.373 0.114	1.63 1.89
	30.5~23.8	13	1.89 6.23	0.114 4.56	1.89 6.23
	23.8~15.3	14	6.23 15.2	4.56 10.5	6.23 15.2
	15.3~10.1	15	15.2 21.4	10.5 15.3	15.2 21.4
	10.1~1.3	16	21.4 33.9	15.3 25.2	21.4 33.9

注：ハッチングは弾性設計用地震動 S<sub>d</sub> による動的地震力と静的地震力のうち大きい値を表示。

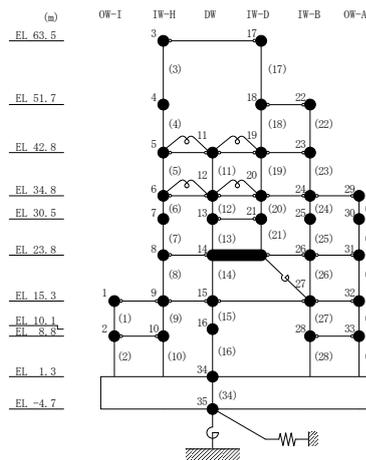


表 4-8(2) 地震荷重

(弾性設計用地震動 S d 及び静的地震力による曲げモーメント, E W 方向)

部位	EL (m)	要素番号	曲げモーメント ( $\times 10^5$ kN·m)		
			Sd	静的	最大値
IW-D	63.5~51.7	17	0.00	0.00	—
			4.93	4.63	4.93
	51.7~42.8	18	4.93	4.63	4.93
			5.82	5.33	5.82
	42.8~34.8	19	7.06	6.20	7.06
			13.8	10.9	13.8
34.8~30.5	20	15.3	12.0	15.3	
		18.9	14.4	18.9	
30.5~23.8	21	18.9	14.4	18.9	
		27.6	20.8	27.6	
IW-B	51.7~42.8	22	0.00	0.00	—
			8.15	6.91	8.15
	42.8~34.8	23	8.15	6.91	8.15
			18.0	13.9	18.0
	34.8~30.5	24	18.0	13.9	18.0
			27.7	20.9	27.7
	30.5~23.8	25	27.7	20.9	27.7
			44.5	33.2	44.5
23.8~15.3	26	44.5	33.2	44.5	
		70.3	52.8	70.3	
15.3~8.8	27	97.9	73.6	97.9	
		116	87.2	116	
8.8~1.3	28	116	87.2	116	
		139	105	139	
OW-A	34.8~30.5	29	0.00	0.00	—
			5.89	4.47	5.89
	30.5~23.8	30	5.89	4.47	5.89
			15.8	12.2	15.8
	23.8~15.3	31	15.8	12.2	15.8
			37.2	29.5	37.2
15.3~8.8	32	37.2	29.5	37.2	
		51.0	39.8	51.0	
8.8~1.3	33	51.0	39.8	51.0	
		68.2	52.7	68.2	

注：ハッチングは弾性設計用地震動 S d による動的地震力と静的地震力のうち大きい値を表示。

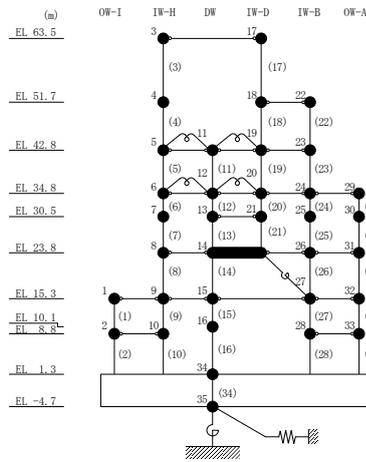
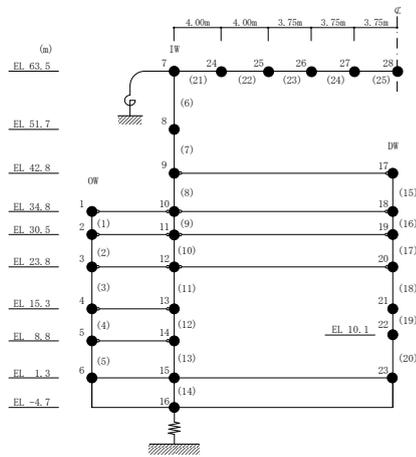


表 4-9 地震荷重

(弾性設計用地震動 S<sub>d</sub> 及び静的地震力による鉛直震度)

EL (m)	鉛直震度			
	S <sub>d</sub>	0.4×S <sub>d</sub>	静的	包絡値
63.5~51.7	0.81	0.32	0.24	0.32
51.7~42.8	0.74	0.30	0.24	0.30
42.8~34.8	0.66	0.26	0.24	0.26
34.8~30.5	0.57	0.23	0.24	0.24
30.5~23.8	0.52	0.21	0.24	0.24
23.8~15.3	0.45	0.18	0.24	0.24
15.3~8.8	0.36	0.14	0.24	0.24
8.8~1.3	0.32	0.13	0.24	0.24

注：ハッチングは弾性設計用地震動 S<sub>d</sub> による動的地震力と静的地震力のうち大きい値を表示。



(b) 地震時土圧

地震時土圧荷重は、「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）」に基づき算出し、常時土圧に地震時増分土圧を加えて算定した地震時土圧を設定する。なお、北側はタービン建物、東側は廃棄物処理建物及びタービン建物が隣接しているため、地震時土圧荷重を考慮しない。

(2) 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 4-10 に示す。

表 4-10 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
S d 地震時	G + P + S d

G : 固定荷重

P : 積載荷重（常時土圧を含む）

S d : 地震荷重（地震時土圧荷重を含む）

## 4.3 許容限界

## 4.3.1 屋根スラブ，床スラブ及び耐震壁

応力解析による評価における屋根スラブ，床スラブ及び耐震壁の許容限界は，VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，表 4-11 及び表 4-12 のとおり設定する。また，表 4-13 及び表 4-14 にコンクリート及び鉄筋の短期許容応力度を示す。

表 4-11 応力解析による評価における許容限界  
(設計基準対象施設としての評価)

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 $S_s$	原子炉建物原子炉棟(二次格納施設)の屋根スラブ及び床スラブ	部材に生じる応力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	「RC-N規準」に基づく短期許容応力度*1
		弾性設計用地震動 $S_d$ 及び静的地震力	原子炉建物原子炉棟(二次格納施設)の耐震壁	部材に生じる応力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	「RC-N規準」に基づく短期許容応力度
気密性	換気性能とあいまって気密機能を維持すること	基準地震動 $S_s$	原子炉建物原子炉棟(二次格納施設)の屋根スラブ及び床スラブ	部材に生じる応力が気密性を維持するための許容限界を超えないことを確認	「RC-N規準」に基づく短期許容応力度*2
		弾性設計用地震動 $S_d$ 及び静的地震力	原子炉建物原子炉棟(二次格納施設)の耐震壁	部材に生じる応力が気密性を維持するための許容限界を超えないことを確認	「RC-N規準」に基づく短期許容応力度

注記\*1：許容限界は終局耐力に対し妥当な安全余裕を有したものとして設定することとし，さらなる安全余裕を考慮して短期許容応力度とする。

\*2：地震時に生じる応力に対して許容応力度設計とし，地震時及び地震後においても気密性を維持できる設計とする。

表 4-12 応力解析による評価における許容限界  
(重大事故等対処施設としての評価)

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 <sub>s</sub>	原子炉建物原子炉棟(二次格納施設)の屋根スラブ及び床スラブ, 原子炉二次遮蔽(床)及び補助遮蔽(原子炉建物)(床)	部材に生じる応力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	「RC-N規準」に基づく短期許容応力度* <sup>1</sup>
遮蔽性	遮蔽体の損傷により遮蔽性を損なわないこと	基準地震動 S <sub>s</sub>	原子炉二次遮蔽(床)及び補助遮蔽(原子炉建物)(床)	部材に生じる応力が遮蔽性を維持するための許容限界を超えないことを確認	「RC-N規準」に基づく短期許容応力度* <sup>1</sup>
気密性	換気性能とあいまって気密機能を維持すること	基準地震動 S <sub>s</sub>	原子炉建物原子炉棟(二次格納施設)の屋根スラブ及び床スラブ	部材に生じる応力が気密性を維持するための許容限界を超えないことを確認	「RC-N規準」に基づく短期許容応力度* <sup>2</sup>

注記\*1: 許容限界は終局耐力に対し妥当な安全余裕を有したものとして設定することとし、さらなる安全余裕を考慮して短期許容応力度とする。

\*2: 地震時に生じる応力に対して許容応力度設計とし、地震時及び地震後においても気密性を維持できる設計とする。

表 4-13 コンクリートの短期許容応力度(屋根スラブ及び床スラブ)  
(単位: N/mm<sup>2</sup>)

設計基準強度 F <sub>c</sub>	圧縮	せん断
23.5	15.6	1.08

表 4-14 鉄筋の短期許容応力度(屋根スラブ, 床スラブ及び耐震壁)  
(単位: N/mm<sup>2</sup>)

種別	引張及び圧縮	せん断
SD35 (SD345 相当)	345	345

#### 4.3.2 屋根トラス

応力解析による評価における屋根トラスの許容限界は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、表 4-15 及び表 4-16 のとおり設定する。また、表 4-17 に鉄骨の弾性限強度を示す。

表 4-15 応力解析による評価における許容限界  
(設計基準対象施設としての評価)

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 <sub>s</sub>	主トラス サブトラス 水平ブレース サブビーム 母屋 サブトラス下弦材 座屈止め	部位に生じる応力が許容限界を超えないことを確認	弾性限強度*
支持機能	屋根スラブを支持する機能を損なわないこと	基準地震動 S <sub>s</sub>	主トラス サブトラス 水平ブレース サブビーム 母屋 サブトラス下弦材 座屈止め	部位に生じる応力が許容限界を超えないことを確認	弾性限強度*

注記\*：弾性限強度を上回る場合は、応答による繰返し回数が最大ひずみ度に対する破断寿命（繰返し回数）に対して十分な裕度を有することを確認する。

表 4-16 応力解析による評価における許容限界  
(重大事故等対処施設としての評価)

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 <sub>s</sub>	主トラス サブトラス 水平ブレース サブビーム 母屋 サブトラス下弦材 座屈止め	部位に生じる応力が許容限界を超えないことを確認	弾性限強度*
支持機能	屋根スラブを支持する機能を損なわないこと	基準地震動 S <sub>s</sub>	主トラス サブトラス 水平ブレース サブビーム 母屋 サブトラス下弦材 座屈止め	部位に生じる応力が許容限界を超えないことを確認	弾性限強度*

注記\*：弾性限強度を上回る場合は、応答による繰返し回数が最大ひずみ度に対する破断寿命（繰返し回数）に対して十分な裕度を有することを確認する。

表 4-17 鉄骨の弾性限強度

(単位：N/mm<sup>2</sup>)

材料	板厚	F 値	弾性限強度		
			圧縮及び引張*	曲げ*	せん断
SS41 (SS400 相当) SS400	t ≤ 40mm	235	258	258	135
SM50A (SM490A 相当) SN490B	t ≤ 40mm	325	357	357	187

注記\*：「平 12 建告第 2464 号」に基づき F 値に 1.1 倍の割増しを考慮する。ただし、圧縮及び曲げの弾性限強度に対しては上限値であり、座屈長さ等を勘案して設定する。

#### 4.4 解析モデル及び諸元

##### 4.4.1 屋根スラブ

###### (1) モデル化の基本方針

屋根スラブは，屋根トラスで支持され，厚さが同じでスパンがほぼ均等なスラブが連続しており，その外周がスラブに比べて十分剛性の大きい鉄筋コンクリート造の耐震壁に接合されていることから，屋根スラブの辺長比を考慮して四辺固定版として評価する。

###### (2) 解析諸元

使用材料の物性値を表 4-18 に示す。

表 4-18 使用材料の物性値

コンクリートの 設計基準強度 $F_c$ ( $N/mm^2$ )	ヤング係数 $E$ ( $N/mm^2$ )	ポアソン比 $\nu$
23.5	$2.25 \times 10^4$	0.2

##### 4.4.2 床スラブ

###### (1) モデル化の基本方針

床スラブは，床スラブの辺長比及び周囲の境界条件を考慮して，片持ちはり，両端固定はり，三辺固定・一辺自由版又は四辺固定版として評価する。

###### (2) 解析諸元

使用材料の物性値を表 4-19 に示す。

表 4-19 使用材料の物性値

コンクリートの 設計基準強度 $F_c$ ( $N/mm^2$ )	ヤング係数 $E$ ( $N/mm^2$ )	ポアソン比 $\nu$
23.5	$2.25 \times 10^4$	0.2

#### 4.4.3 屋根トラス

##### (1) モデル化の基本方針

屋根トラスの評価に用いる応力は、地震応答解析により評価する。屋根トラスの地震応答解析モデルは、燃料取替階（4F, EL 42.8m）より上部の鉄筋コンクリート造（一部鉄骨鉄筋コンクリート造）の柱、はり、耐震壁及び屋根スラブ並びに鉄骨造の屋根トラスを線材及び面材により立体的にモデル化した 3 次元 FEM モデルとする。

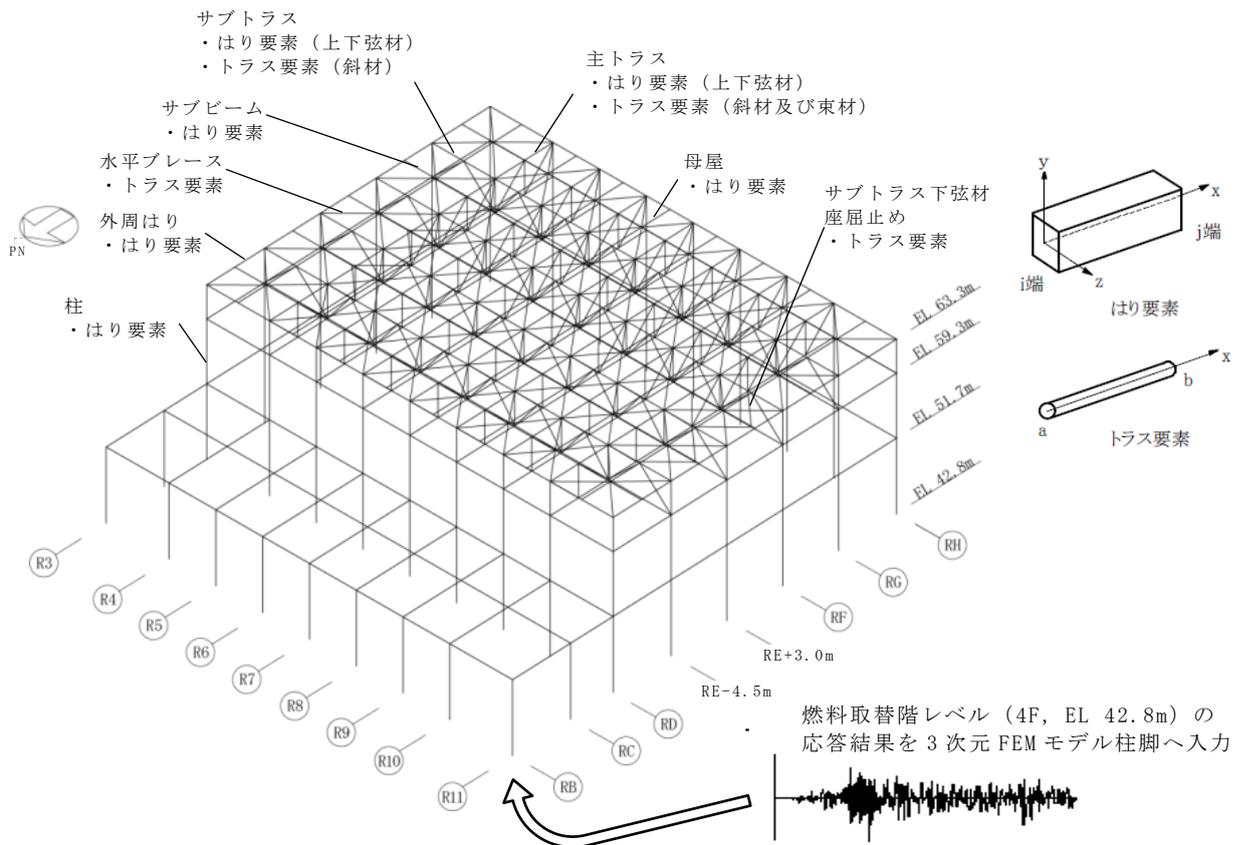
屋根トラスは、主トラス、サブトラス、水平ブレース、サブビーム、母屋及びサブトラス下弦材座屈止めをモデル化する。各鉄骨部材は軸、曲げ変形を考慮したはり要素（トラスの上下弦材、サブビーム及び母屋）と軸変形のみを考慮したトラス要素（トラスの斜材、束材、水平ブレース及びサブトラス下弦材座屈止め）としてモデル化し、減衰を剛性比例型減衰として設定する。屋根スラブはシェル要素でモデル化し、面内剛性のみ考慮することとし、屋根トラスの応力評価に対する保守性の観点から、面外剛性については考慮しない。耐震壁及び外周はりは各々シェル要素並びに軸、曲げ変形を考慮したはり要素としてモデル化し、耐震壁の開口部についても考慮する。柱脚の条件は固定とする。また、屋根トラスについては、主トラス及びサブトラスの補強工事の内容を解析モデルに反映している。解析モデルの節点数は 524、要素数は 1440 である。

解析モデルの概要を図 4-68 に、部材リストを表 4-20 に示す。

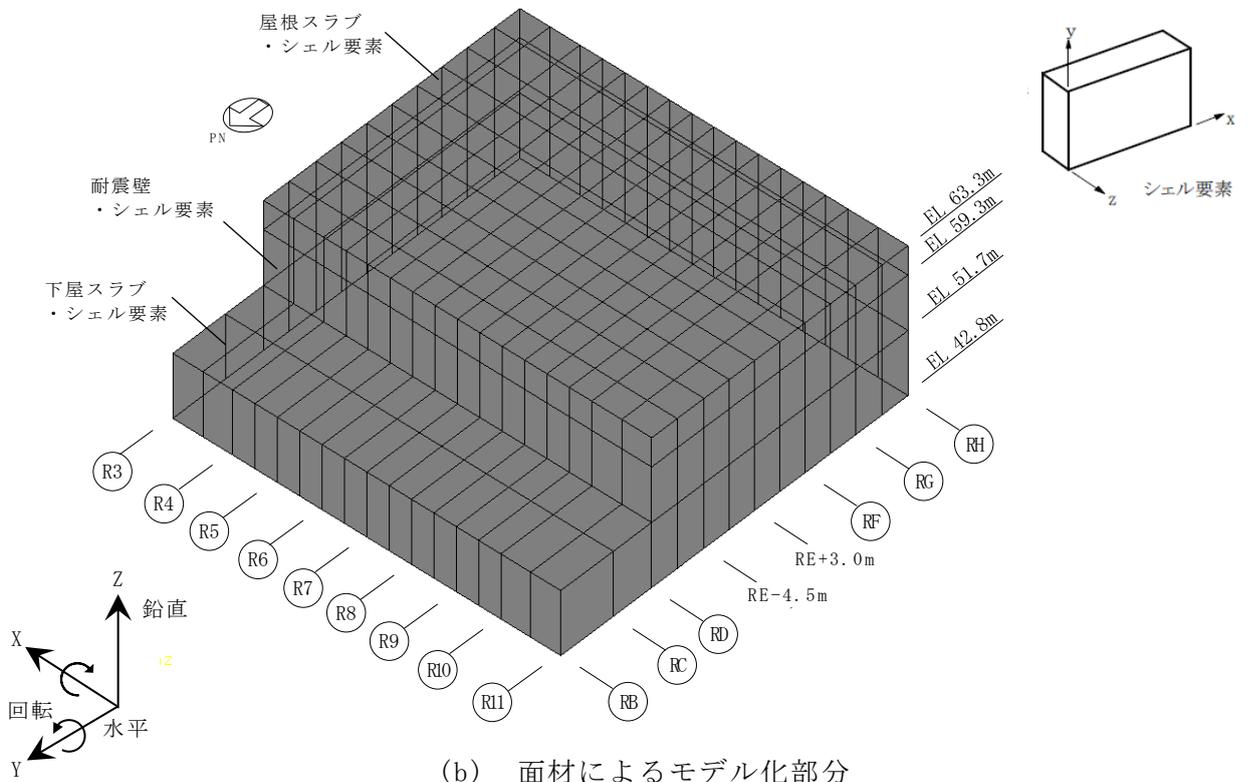
基準地震動  $S_s$  に対する評価を実施する際、屋根トラスを構成する部材の一部が弾性範囲を超えることが確認されたため、屋根トラスを構成する部材の一部に対して弾塑性特性として修正若林モデル（引用文献(1)参照）を適用する。修正若林モデルの弾塑性特性を図 4-69 に示す。修正若林モデルは、繰返し载荷による初期座屈以降の耐力低下を累積塑性ひずみの関数で表現し、実験との対応度を向上させた手法である。屋根トラス部材の弾塑性特性について表 4-21 に示す。

解析モデルへの入力は、原子炉建物全体の地震応答解析から得られる燃料取替階レベル（4F, EL 42.8m）の応答結果を用いることとし、燃料取替階位置を固定として水平方向と鉛直方向の同時入力とする。なお、応答スペクトルに基づく地震動である  $S_s - D$  及び震源を特定せず策定する地震動である  $S_s - N1$  については、2 方向（3 成分）（水平 1 方向（並進・回転）及び鉛直方向）の同時入力とする。一方で、断層モデルに基づく地震動である  $S_s - F1$  及び  $S_s - F2$  並びに震源を特定せず策定する地震動である  $S_s - N2$  については、3 方向（5 成分）（水平 2 方向（並進・回転）及び鉛直方向）の同時入力とする。

解析には、解析コード「f a p p a s e」を使用し、解析コードの検証及び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。



(a) 線材によるモデル化部分



(b) 面材によるモデル化部分

図 4-68(1) 屋根トラス (燃料取替階上部フレーム) の解析モデル図と入力概要

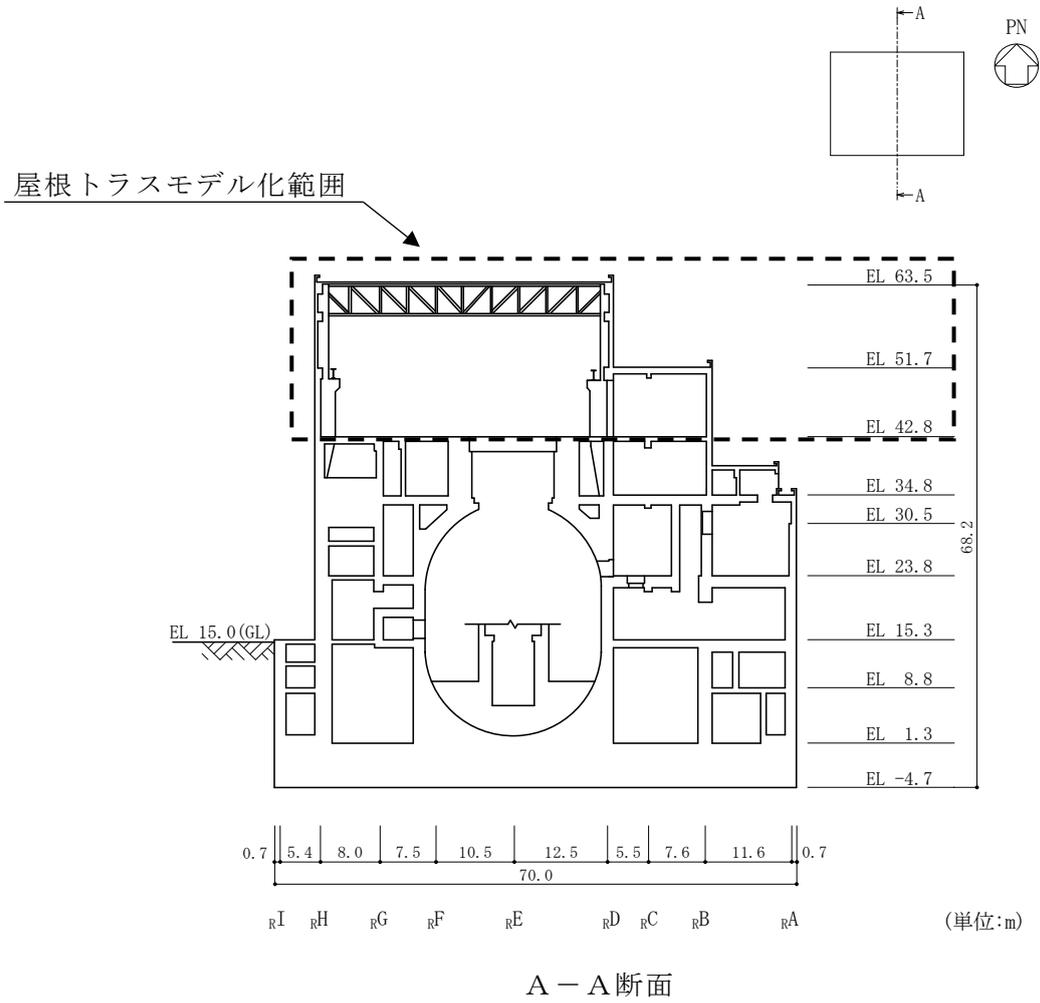


図 4-68(2) 屋根トラス (燃料取替階上部フレーム) の解析モデル図と入力概要

表 4-20 部材リスト

部位		使用部材	材質	断面積 ( $\times 10^2 \text{mm}^2$ )	断面二次 モーメント ( $\times 10^4 \text{mm}^4$ )
主トラス	上弦材	H-400 $\times$ 400 $\times$ 13 $\times$ 21	SM50A (SM490A 相当)	218.7	66600
	下弦材	H-400 $\times$ 400 $\times$ 13 $\times$ 21	SM50A (SM490A 相当) SN490B	218.7	66600
		BH-400 $\times$ 400 $\times$ 19 $\times$ 35		342.7	99230
		BH-400 $\times$ 400 $\times$ 19 $\times$ 35 +2PLs-16 $\times$ 330*		448.3	108800
	斜材	2CTs-175 $\times$ 350 $\times$ 12 $\times$ 19	SS41 (SS400 相当) SS400	173.9	—
		2CTs-150 $\times$ 300 $\times$ 10 $\times$ 15		119.8	
		2CTs-150 $\times$ 300 $\times$ 10 $\times$ 15 +4Ls-90 $\times$ 90 $\times$ 10*		187.8	
		2CTs-125 $\times$ 250 $\times$ 9 $\times$ 14 +4Ls-90 $\times$ 90 $\times$ 10*		160.2	
	束材	2CTs-175 $\times$ 350 $\times$ 12 $\times$ 19	SS41 (SS400 相当)	173.9	—
		2CTs-150 $\times$ 300 $\times$ 10 $\times$ 15		119.8	
		2CTs-125 $\times$ 250 $\times$ 9 $\times$ 14		92.20	
サブ トラス	上弦材 下弦材	H-390 $\times$ 300 $\times$ 10 $\times$ 16	SS41 (SS400 相当)	136.0	38700
	斜材	2CTs-125 $\times$ 250 $\times$ 9 $\times$ 14	SS41	92.20	—
		2CTs-125 $\times$ 250 $\times$ 9 $\times$ 14 +4Ls-65 $\times$ 65 $\times$ 6*	(SS400 相当) SS400	122.3	
水平ブレース	H-400 $\times$ 408 $\times$ 21 $\times$ 21	SS41 (SS400 相当)	250.7	—	
	H-400 $\times$ 400 $\times$ 13 $\times$ 21		218.7		
	H-394 $\times$ 398 $\times$ 11 $\times$ 18		186.8		
サブビーム	H-400 $\times$ 400 $\times$ 13 $\times$ 21	SS41	218.7	66600	
	H-390 $\times$ 300 $\times$ 10 $\times$ 16	(SS400 相当)	136.0	38700	
母屋	H-244 $\times$ 175 $\times$ 7 $\times$ 11	SS41	56.24	6120	
	H-294 $\times$ 200 $\times$ 8 $\times$ 12	(SS400 相当)	72.38	11300	
サブトラス下弦材 座屈止め	2[s-150 $\times$ 75 $\times$ 9 $\times$ 12.5*	SS400	61.20	—	

注記\*：補強工事で追加した部材

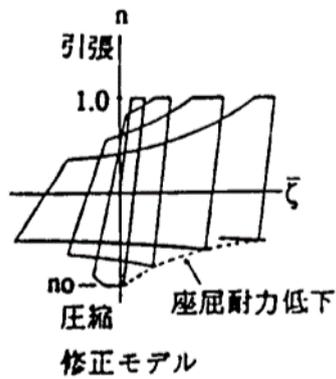


図 4-69 修正若林モデルの弾塑性特性

表 4-21 屋根トラス部材の弾塑性特性について

部位		モデル要素	弾塑性特性
主トラス	上弦材	はり要素	考慮しない (弾性)
	下弦材		
	斜材	トラス要素	弾塑性 (修正若林モデル)
	束材		
サブトラス	上弦材	はり要素	考慮しない (弾性)
	下弦材		
	斜材	トラス要素	弾塑性 (修正若林モデル)
水平ブレース		トラス要素	弾塑性 (修正若林モデル)
サブビーム		はり要素	考慮しない (弾性)
母屋		はり要素	考慮しない (弾性)
サブトラス下弦材 座屈止め		トラス要素	弾塑性 (修正若林モデル)

## (2) 解析諸元

使用材料の物性値を表 4-22 に示す。

表 4-22 使用材料の物性値

使用材料	ヤング係数 E (N/mm <sup>2</sup> )	せん断弾性係数 G (N/mm <sup>2</sup> )	減衰定数 h (%)
鉄筋 コンクリート	$2.25 \times 10^4$	$9.38 \times 10^3$	5
鉄骨	$2.05 \times 10^5$	$7.90 \times 10^4$	2

#### 4.4.4 耐震壁

##### (1) モデル化の基本方針

耐震壁の応力は，VI-2-2-2「原子炉建物の地震応答計算書」に基づき評価する。  
地震時土圧に対する地下外壁の応力解析は，図 4-70 に示すように，基礎スラブ上端で固定，各床位置をピン支承とする一方向版として行う。

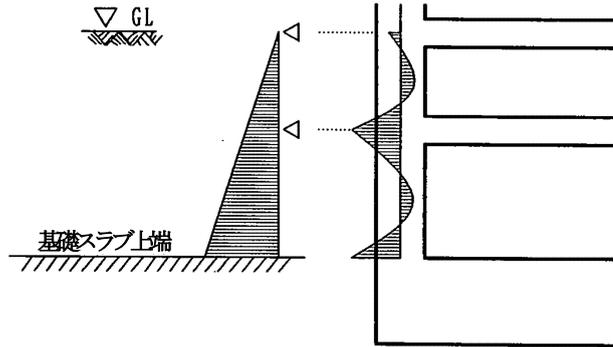


図 4-70 地下外壁の応力解析モデル

##### (2) 解析諸元

使用材料の物性値を表 4-23 に示す。

表 4-23 使用材料の物性値

コンクリートの 設計基準強度 $F_c$ ( $N/mm^2$ )	ヤング係数 $E$ ( $N/mm^2$ )	ポアソン比 $\nu$
23.5	$2.25 \times 10^4$	0.2

#### 4.5 応力評価方法

##### 4.5.1 屋根スラブ

###### (1) 荷重ケース

S<sub>s</sub>地震時の応力は、単独荷重による応力を組み合わせて求める。

単独荷重の記号を以下に示す。鉛直震度算定のための最大応答鉛直加速度は、質点系モデルにより得られた屋根面の加速度のうち、最大の加速度を採用する。なお、対象とするスラブは十分な剛性（固有振動数 20Hz 以上）を有していることから、共振は考慮しない。最大応答鉛直加速度及び鉛直震度を表 4-24 に示す。

- G : 固定荷重  
 P : 積載荷重  
 S<sub>NL</sub> : 積雪荷重  
 S<sub>sUD</sub> : S<sub>s</sub>地震荷重（鉛直方向）

表 4-24 最大応答鉛直加速度及び鉛直震度

EL (m)	階	ケース	最大応答 鉛直加速度 (cm/s <sup>2</sup> )	鉛直震度
63.5	RF	S <sub>s</sub> -D (ケース 2)	4287	4.38

###### (2) 荷重の組合せケース

荷重の組合せケースを表 4-25 に示す。

鉛直地震力は、固定荷重及び積雪荷重と同じ載荷方向となる下向き方向に作用させるものとする。

表 4-25 荷重の組合せケース（屋根スラブ）

外力の状態	荷重の組合せ
S <sub>s</sub> 地震時	G + P + S <sub>NL</sub> + 1.0 S <sub>sUD</sub>

(3) 応力算出方法

等分布荷重を受ける四辺固定版の曲げモーメント及びせん断力は下式により求める。

- ・短辺方向の端部曲げモーメント ( $M_{X1}$ )

$$M_{X1} = -\frac{1}{12} \cdot w_X \cdot l_X^2$$

- ・短辺方向の中央部曲げモーメント ( $M_{X2}$ )

$$M_{X2} = \frac{1}{18} \cdot w_X \cdot l_X^2$$

- ・短辺方向のせん断力 ( $Q_X$ )

$$Q_X = 0.52 \cdot w \cdot l_X$$

- ・長辺方向の端部曲げモーメント ( $M_{Y1}$ )

$$M_{Y1} = -\frac{1}{24} \cdot w \cdot l_X^2$$

- ・長辺方向の中央部曲げモーメント ( $M_{Y2}$ )

$$M_{Y2} = \frac{1}{36} \cdot w \cdot l_X^2$$

- ・長辺方向のせん断力 ( $Q_Y$ )

$$Q_Y = 0.46 \cdot w \cdot l_X$$

ここで、

$l_X$  : 短辺有効スパン (m)

$l_Y$  : 長辺有効スパン (m)

$w$  : 等分布荷重 (kN/m<sup>2</sup>)

$$w_X = \frac{l_Y^4}{l_X^4 + l_Y^4} \cdot w$$

#### 4.5.2 床スラブ

##### (1) 荷重ケース

S s 地震時の応力は、単独荷重による応力を組み合わせて求める。

単独荷重の記号を以下に示す。鉛直震度算定のための最大応答鉛直加速度は、VI-2-2-2「原子炉建物の地震応答計算書」による。なお、対象とするスラブは十分な剛性（固有振動数 20Hz 以上）を有していることから、共振は考慮しない。最大応答鉛直加速度及び鉛直震度を表 4-26 に示す。

- G : 固定荷重
- P : 積載荷重
- S N L : 積雪荷重
- S s U D : S s 地震荷重（鉛直方向）

表 4-26 最大応答鉛直加速度及び鉛直震度

EL (m)	階	ケース	最大応答 鉛直加速度 (cm/s <sup>2</sup> )	鉛直震度
51.7	CRF	S s - N 2 (ケース 2)	1444	1.48
42.8	4F	S s - N 2 (ケース 2)	1291	1.32
34.8	3F	S s - N 2 (ケース 2)	1075	1.10
30.5	M3F	S s - N 2 (ケース 2)	959	0.98
23.8	2F	S s - N 2 (ケース 2)	826	0.85
15.3	1F	S s - D (ケース 1)	695	0.71
8.8	B1F	S s - D (ケース 1)	627	0.64

## (2) 荷重の組合せケース

荷重の組合せケースを表 4-27 に示す。

鉛直地震力は、固定荷重及び積雪荷重と同じ載荷方向となる下向き方向に作用させるものとする。

表 4-27 荷重の組合せケース (床スラブ)

外力の状態	荷重の組合せ
S s 地震時	G + P + S N L * + 1.0 S s U D

注記\*：積雪荷重 (S N L) は、積雪荷重が作用する屋外に面する床スラブに対して考慮する。

## (3) 応力算出方法

等分布荷重を受ける片持ちはり，両端固定はり及び四辺固定版の曲げモーメント及びせん断力は下式により求める。また，等分布荷重を受ける三辺固定・一辺自由版の曲げモーメント及びせん断力は，計算図表（引用文献(2)参照）を用いて求める。

(片持ちはり)

- ・ 端部曲げモーメント ( $M_E$ )

$$M_E = -\frac{1}{2} \cdot w \cdot l^2$$

- ・ 端部せん断力 ( $Q_E$ )

$$Q_E = w \cdot l$$

(両端固定はり)

- ・ 端部曲げモーメント ( $M_E$ )

$$M_E = -\frac{1}{12} \cdot w \cdot l^2$$

- ・ 中央部曲げモーメント ( $M_C$ )

$$M_C = \frac{1}{24} \cdot w \cdot l^2$$

- ・ 端部せん断力 ( $Q_E$ )

$$Q_E = 0.5 \cdot w \cdot l$$

ここで，

l : 有効スパン (m)

w : 等分布荷重 (kN/m)

(四辺固定版)

- 短辺方向の端部曲げモーメント ( $M_{X1}$ )

$$M_{X1} = -\frac{1}{12} \cdot w_X \cdot l_X^2$$

- 短辺方向の中央部曲げモーメント ( $M_{X2}$ )

$$M_{X2} = \frac{1}{18} \cdot w_X \cdot l_X^2$$

- 短辺方向のせん断力 ( $Q_X$ )

$$Q_X = 0.52 \cdot w \cdot l_X$$

- 長辺方向の端部曲げモーメント ( $M_{Y1}$ )

$$M_{Y1} = -\frac{1}{24} \cdot w \cdot l_X^2$$

- 長辺方向の中央部曲げモーメント ( $M_{Y2}$ )

$$M_{Y2} = \frac{1}{36} \cdot w \cdot l_X^2$$

- 長辺方向のせん断力 ( $Q_Y$ )

$$Q_Y = 0.46 \cdot w \cdot l_X$$

ここで,

$l_X$  : 短辺有効スパン (m)

$l_Y$  : 長辺有効スパン (m)

w : 等分布荷重 (kN/m<sup>2</sup>)

$$w_X = \frac{l_Y^4}{l_X^4 + l_Y^4} \cdot w$$

#### 4.5.3 屋根トラス

屋根トラスについては，3次元FEMモデルを用いた地震応答解析により得られた各部材の応力を評価する。

##### (1) 荷重ケース

S<sub>s</sub>地震時の応力は，次の荷重を3次元FEMモデルに入力して求める。  
荷重の記号を以下に示す。

G : 固定荷重

P : 積載荷重

S<sub>NL</sub> : 積雪荷重\*

S<sub>s</sub> : S<sub>s</sub>地震荷重（燃料取替階レベルのS<sub>s</sub>地震時の水平及び鉛直方向の時刻歴応答加速度）

注記\*：材料物性の不確かさ等を考慮する解析ケースのうち，積雪荷重との組合せを考慮するケース4において，積雪荷重（S<sub>NL</sub>）を考慮する。

##### (2) 荷重の組合せケース

水平地震荷重と鉛直地震荷重は，加速度時刻歴波形を同時に入力して組み合わせる。

##### (3) 荷重の入力方法

屋根面の固定荷重及び積雪荷重は節点に集中荷重として，天井クレーンは待機位置（<sub>R3</sub>～<sub>R4</sub> 通り間）にあるものとし，その重量は対応する節点に集中荷重として入力する。

地震荷重は，図4-12～図4-59に示した加速度時刻歴波形を3次元FEMモデルの脚部に入力する。

## 4.5.4 耐震壁

## (1) 地震時面内せん断応力度

地震荷重に対する耐震壁の面内せん断力に対して、耐震壁の有効せん断断面積により面内せん断応力度を評価する。

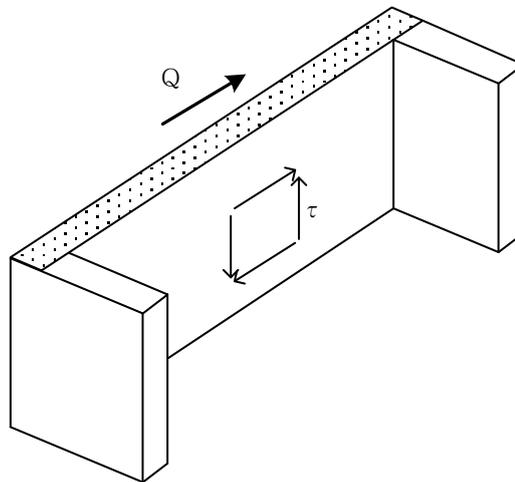
$$\tau = \frac{Q}{A_s}$$

ここで、

$\tau$  : 面内せん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$Q$  : 面内せん断力 (N)

$A_s$  : 有効せん断断面積 (mm<sup>2</sup>)



(2) 地震時曲げモーメント及び軸力

a. 鉄筋比により評価する場合

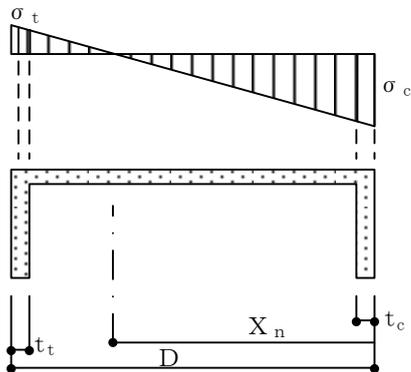
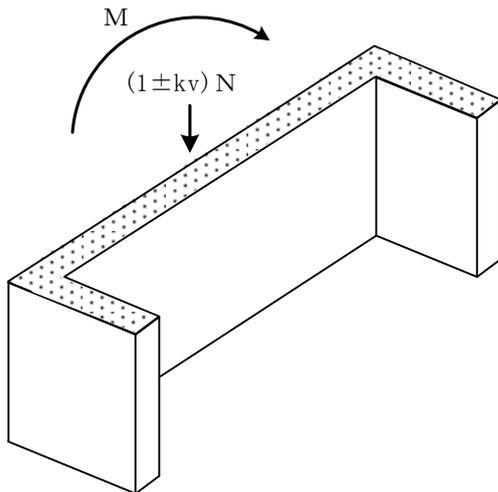
地震時曲げモーメント及び軸力に対して，耐震壁の有効断面二次モーメントにより軸方向応力度を評価する。なお，鉛直荷重に対しては，鉛直震度を考慮する。

$$\sigma_c = (1 + k_v) \sigma_o + \frac{M}{I} (X_n - t_c) \times 10^{-3} \quad (\text{ウェブ})$$

$$= (1 + k_v) \sigma_o + \frac{M}{I} X_n \times 10^{-3} \quad (\text{フランジ})$$

$$\sigma_t = (1 - k_v) \sigma_o - \frac{M}{I} (D - X_n - t_t) \times 10^{-3} \quad (\text{ウェブ})$$

$$= (1 - k_v) \sigma_o - \frac{M}{I} (D - X_n - \frac{t_t}{2}) \times 10^{-3} \quad (\text{フランジ})$$



ここで，

$\sigma_c$  : 軸方向最大圧縮応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$\sigma_t$  : 軸方向最大引張応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$\sigma_o$  : 鉛直荷重による平均軸圧縮応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

M : 地震時曲げモーメント (kN・m)

N : 長期軸力 (kN)

$k_v$  : 鉛直震度

I : 耐震壁の断面二次モーメント (m<sup>4</sup>)

$X_n$  : 曲げ材の圧縮縁から中立軸までの距離 (m)

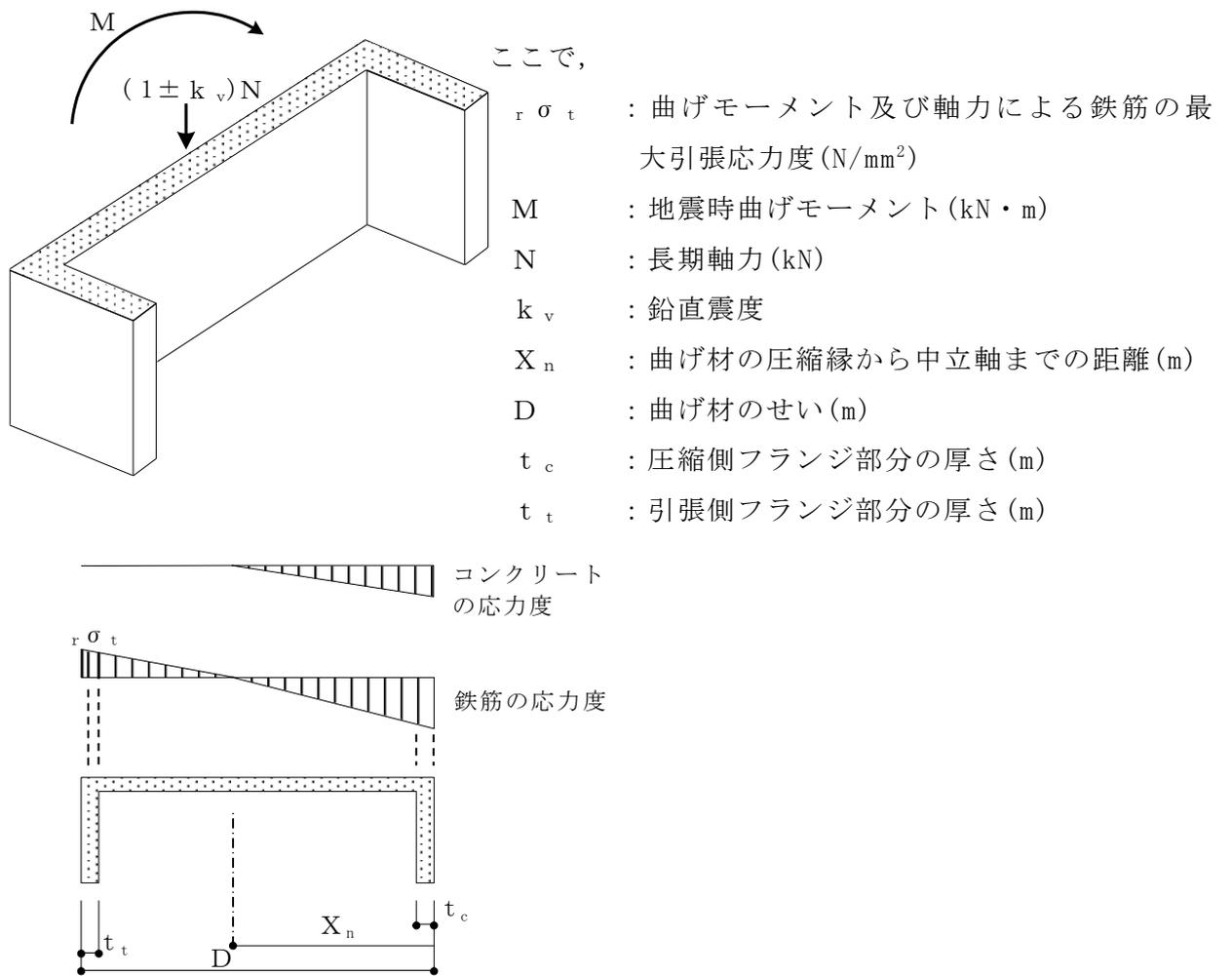
D : 曲げ材のせい (m)

$t_c$  : 圧縮側フランジ部分の厚さ (m)

$t_t$  : 引張側フランジ部分の厚さ (m)

b. 応力度により評価する場合

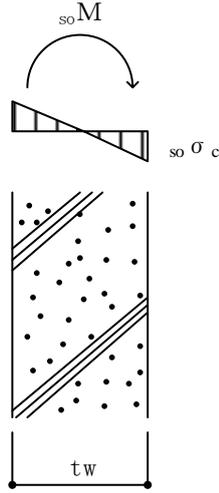
鉄筋比により健全性が確認できなかった場合、「RC-N規準 14 条 柱の軸方向力と曲げに対する断面算定」に準じて地震時曲げモーメント及び軸力に対する耐震壁の鉄筋の応力度を評価する。なお、鉛直荷重に対しては、鉛直震度を考慮する。



(3) 地震時土圧による面外応力度

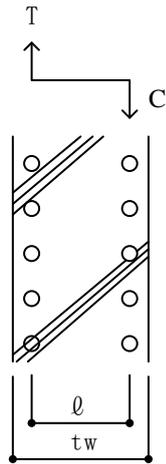
耐震壁で地震時土圧による面外曲げモーメントの生じる部分については、下式によりそれぞれコンクリートの最大圧縮応力度及び鉄筋の最大引張応力度を評価する。

$$s_o \sigma_c = \frac{s_o M}{Z}$$



$$a_t = \frac{s_o M}{f_t \cdot \ell}$$

$$P_{s_o} = \frac{2}{b} \cdot \frac{a_t}{t_w}$$



ここで、

$s_o \sigma_c$  : コンクリートの最大圧縮応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$s_o M$  : 土圧による面外曲げモーメント (kN・m)

Z : 単位幅あたりの壁の面外断面係数 (m<sup>3</sup>)

$$\left( = \frac{b \cdot t_w^2}{6} \right)$$

b : 単位幅 (m)

$t_w$  : 壁の厚さ (m)

ここで、

$a_t$  : 片側必要鉄筋断面積 (m<sup>2</sup>)

$\ell$  : 鉄筋の重心間距離 (m)

$f_t$  : 鉄筋の許容引張応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

b : 耐震壁の幅 (m)

$P_{s_o}$  : 土圧による面外曲げモーメントによる必要鉄筋比

## 4.6 断面の評価方法

### 4.6.1 屋根スラブ

断面の評価は以下の方法で行う。

屋根スラブについては、曲げモーメントによる鉄筋応力度及び面外せん断力を算定し、各許容限界を超えないことを確認する。

#### (1) 曲げモーメントに対する断面の評価方法

断面の評価は、「RC-N規準」に基づき、次式をもとに計算した評価対象部位に生じる曲げモーメントによる鉄筋応力度が、許容限界を超えないことを確認する。

$$\sigma_t = \frac{M}{a_t \cdot j}$$

ここで、

$\sigma_t$  : 鉄筋の引張応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

M : 曲げモーメント (N・mm)

$a_t$  : 引張鉄筋断面積 (mm<sup>2</sup>)

j : 断面の応力中心間距離で、断面の有効せいの 7/8 倍の値 (mm)

#### (2) 面外せん断力に対する断面の評価方法

断面の評価は、「RC-N規準」に基づき、評価対象部位に生じる面外せん断力が、次式をもとに計算した許容面外せん断力を超えないことを確認する。

$$Q_A = b \cdot j \cdot \{ \alpha \cdot f_s + 0.5 \cdot w_f \cdot f_t \cdot (p_w - 0.002) \}$$

ここで、

$Q_A$  : 許容面外せん断力 (N)

b : 断面の幅 (mm)

j : 断面の応力中心間距離で、断面の有効せいの 7/8 倍の値 (mm)

$\alpha$  : 許容せん断力の割り増し係数

(2 を超える場合は 2, 1 未満の場合は 1 とする。)

$$\alpha = \frac{4}{M / (Q \cdot d) + 1}$$

M : 曲げモーメント (N・mm)

Q : せん断力 (N)

d : 断面の有効せい (mm)

$f_s$  : コンクリートの短期許容せん断応力度で、表 4-13 に示す値

(N/mm<sup>2</sup>)

$f_t$  : せん断補強筋の短期許容引張応力度で，表 4-14 に示す値

(N/mm<sup>2</sup>)

$p_w$  : せん断補強筋比で，次式による。(0.002 以上とする。\*)

$$p_w = \frac{a_w}{b \cdot x}$$

$a_w$  : せん断補強筋の断面積 (mm<sup>2</sup>)

$x$  : せん断補強筋の間隔 (mm)

注記\* : せん断補強筋がない領域については，第 2 項を 0 とする。

(なお，屋根スラブには，面外せん断補強筋は入っていない。)

#### 4.6.2 床スラブ

床スラブの評価対象箇所は，原子炉建物原子炉棟（二次格納施設），原子炉二次遮蔽及び補助遮蔽（原子炉建物）の範囲の床スラブとし，断面の評価は以下の方法で行う。

曲げモーメントによる鉄筋応力度及び面外せん断力を算定し，各許容限界を超えないことを確認する。

##### (1) 曲げモーメントに対する断面の評価方法

断面の評価は，「RC-N規準」に基づき，次式をもとに計算した評価対象部位に生じる曲げモーメントによる鉄筋応力度が，許容限界を超えないことを確認する。

$$\sigma_t = \frac{M}{a_t \cdot j}$$

ここで，

$\sigma_t$  : 鉄筋の引張応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

M : 曲げモーメント (N・mm)

$a_t$  : 引張鉄筋断面積 (mm<sup>2</sup>)

j : 断面の応力中心間距離で，断面の有効せいの 7/8 倍の値 (mm)

##### (2) 面外せん断力に対する断面の評価方法

断面の評価は，「RC-N規準」に基づき，評価対象部位に生じる面外せん断力が，次式をもとに計算した許容面外せん断力を超えないことを確認する。

$$Q_A = b \cdot j \cdot \{ \alpha \cdot f_s + 0.5 \cdot w f_t \cdot (p_w - 0.002) \}$$

ここで，

$Q_A$  : 許容面外せん断力 (N)

b : 断面の幅 (mm)

j : 断面の応力中心間距離で，断面の有効せいの 7/8 倍の値 (mm)

$\alpha$  : 許容せん断力の割り増し係数

(2 を超える場合は 2，1 未満の場合は 1 とする。)

$$\alpha = \frac{4}{M / (Q \cdot d) + 1}$$

M : 曲げモーメント (N・mm)

Q : せん断力 (N)

d : 断面の有効せい (mm)

$f_s$  : コンクリートの短期許容せん断応力度で、表 4-13 に示す値  
( $\text{N}/\text{mm}^2$ )

$w f_t$  : せん断補強筋の短期許容引張応力度で、表 4-14 に示す値  
( $\text{N}/\text{mm}^2$ )

$p_w$  : せん断補強筋比で、次式による。(0.002 以上とする。\*)

$$p_w = \frac{a_w}{b \cdot x}$$

$a_w$  : せん断補強筋の断面積 ( $\text{mm}^2$ )

$x$  : せん断補強筋の間隔 (mm)

注記\* : せん断補強筋がない領域については、第 2 項を 0 とする。

(なお、床スラブには、面外せん断補強筋は入っていない。)

#### 4.6.3 屋根トラス

断面の評価は以下の方法で行う。

3次元FEMモデルの時刻歴地震応答解析により各部材に生じる応力が許容限界を超えないこと及び塑性化部材では破断しないことを確認する。

##### (1) 主トラス，サブトラス（上下弦材），水平ブレース，サブビーム，母屋及びサブトラス下弦材座屈止め

地震時に生じる軸力及び曲げモーメントに対する断面検定について，下式を用いて行う。ただし，主トラスの斜材，束材，水平ブレース及びサブトラス下弦材座屈止めは軸応力度のみ評価する。なお，主トラス上下弦材の弱軸周りの曲げモーメントはサブトラスが直交方向の変形を拘束しているため考慮しない。

(圧縮)

$$\frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{\sigma_b}{f_b} \leq 1.0$$

ここで， $\sigma_c$  : 地震時における部材の軸応力度  
 $\sigma_b$  : 地震時における部材の曲げ応力度  
 $f_c$  : 圧縮応力度に対する許容値\*  
 $f_b$  : 曲げ応力度に対する許容値\*

(引張)

$$\frac{\sigma_t}{f_t} + \frac{\sigma_b}{f_b} \leq 1.0$$

ここで， $\sigma_t$  : 地震時における部材の軸応力度  
 $\sigma_b$  : 地震時における部材の曲げ応力度  
 $f_t$  : 引張応力度に対する許容値\*  
 $f_b$  : 曲げ応力度に対する許容値\*

注記\*：「平12建告第2464号」に基づく鋼材の材料強度（F値の1.1倍）による。

##### (2) サブトラス（斜材）

各部材の累積塑性変形倍率を整理した上で，累積塑性変形倍率が最も大きい部材について評価する。当該部材の軸ひずみの時刻歴を参照し，座屈及び降伏の繰返し回数が，当該部材の最大ひずみ度に対する破断寿命（繰返し回数）と比較し，十分な裕度を有していることを確認する。

#### 4.6.4 耐震壁

耐震壁の断面評価の評価フローを図 4-71 に示す。

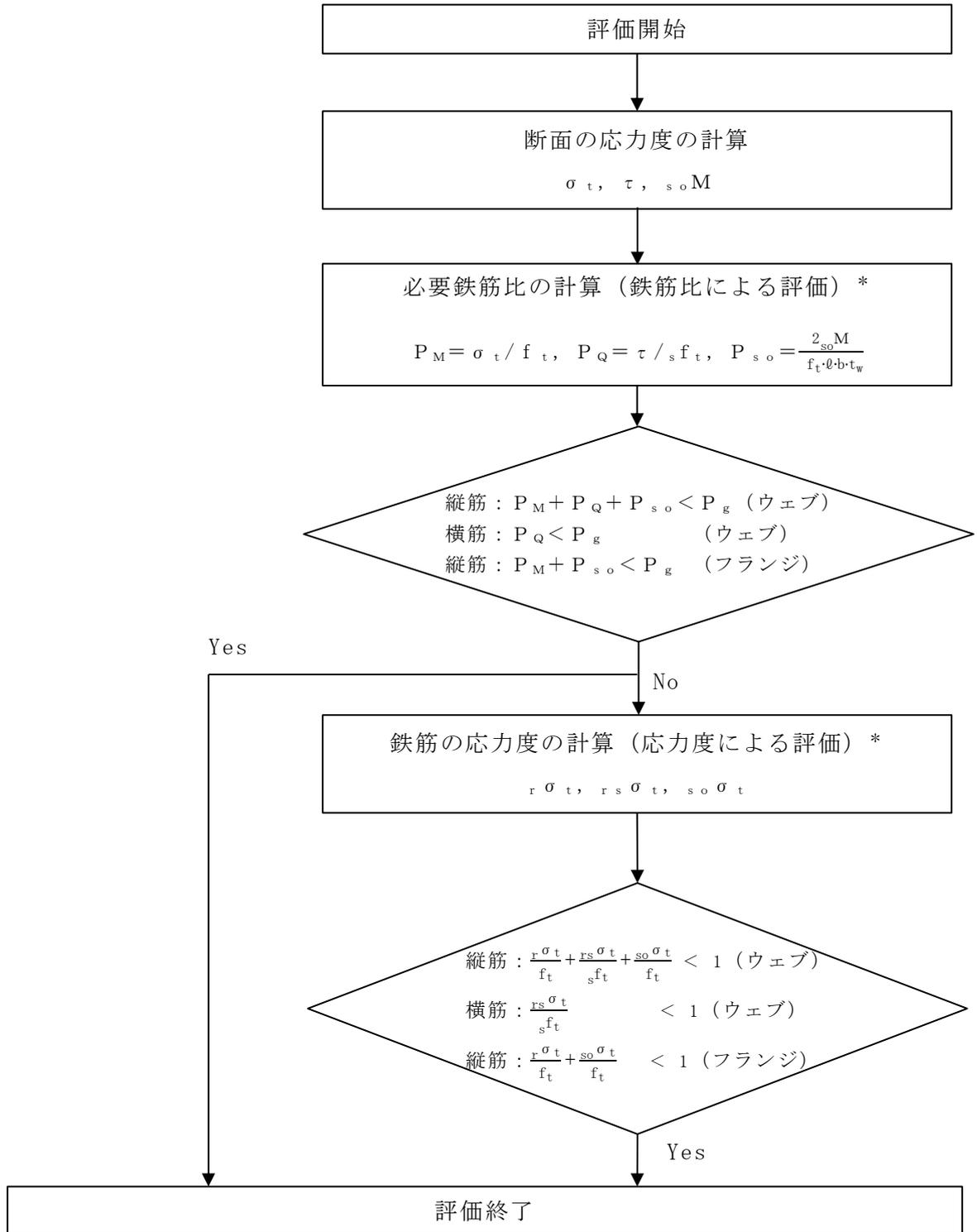
ここで、図中の記号は以下による。

$\sigma_t$	: 軸方向最大引張応力度
$\tau$	: 面内せん断応力度
$s_o \sigma_t$	: 土圧による鉄筋の最大引張応力度
$f_t$	: 鉄筋の許容引張応力度
$s f_t$	: 鉄筋のせん断補強用許容引張応力度
$P_g$	: 設計鉄筋比
$P_Q$	: 面内せん断力による必要鉄筋比
$P_{s_o}$	: 土圧による面外曲げモーメントによる必要鉄筋比
$P_M$	: 曲げモーメント及び軸力による必要鉄筋比
$s_o M$	: 土圧による面外曲げモーメント
$r \sigma_t$	: 曲げモーメント及び軸力による鉄筋の最大引張応力度
$r_s \sigma_t$	: 面内せん断力による鉄筋の最大引張応力度
$b$	: 耐震壁の幅
$t_w$	: 耐震壁の厚さ
$\ell$	: 鉄筋の重心間距離

耐震壁の断面評価は、「4.5 応力評価方法」に示す方法により地震時面内せん断応力度、地震時曲げモーメント及び軸力による軸方向応力度並びに土圧による面外応力度によってそれぞれ計算される必要鉄筋比の和が設計鉄筋比を超えないことを確認する。

必要鉄筋比の和が設計鉄筋比を上回る場合には、地震時曲げモーメント及び軸力に対して、「RC-N規準 14 条 柱の軸方向力と曲げに対する断面算定」に準じて鉄筋の応力度を算定し、地震時面内せん断応力度及び地震時土圧による面外応力度を組み合わせた応力度が鉄筋の許容応力度を超えないことを確認する。

各部の評価において考慮する応力度は次のとおりとする。ウェブの評価においては、地震時面内せん断応力度、地震時曲げモーメント及び軸力による軸方向応力度並びに常時土圧による面外応力度を考慮するものとする。フランジにおいては、地震時曲げモーメント及び軸力による軸方向応力度並びに地震時土圧による面外応力度を考慮するものとする。なお、フランジのうちウェブと交差する箇所は、地震時面内せん断応力度も考慮するものとする。



注記\* : 「4.5.4 耐震壁」による。

図 4-71 耐震壁の評価フロー

## 5. 地震応答解析による評価結果

### 5.1 耐震壁のせん断ひずみの評価結果

鉄筋コンクリート造耐震壁について、 $S_s$ 地震時の各層の最大応答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する。

材料物性の不確かさを考慮した最大応答せん断ひずみは  $0.77 \times 10^{-3}$  (NS方向,  $S_s-N1$ , ケース 3, 要素番号 18) であり, 許容限界 ( $2.0 \times 10^{-3}$ ) を超えないことを確認した。各要素の耐震壁の最大応答せん断ひずみ一覧を表 5-1 に示す。各表において, 各要素の最大応答せん断ひずみのうち最も大きい値について, せん断スケルトン曲線上にプロットした図を図 5-1 に示す。

表 5-1(1) 最大応答せん断ひずみ一覧 (N S 方向)

部位	EL (m)	要素番号	最大応答せん断ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	許容限界 ( $\times 10^{-3}$ )
OW-13	34.8~30.5	1	0.30	2.0
	30.5~23.8	2	0.37	
	23.8~15.3	3	0.38	
	15.3~8.8	4	0.43	
	8.8~1.3	5	0.52	
IW-11	63.5~51.7	6	0.39	
	51.7~42.8	7	0.41	
	42.8~34.8	8	0.35	
	34.8~30.5	9	0.33	
	30.5~23.8	10	0.33	
	23.8~15.3	11	0.38	
	15.3~8.8	12	0.43	
	8.8~1.3	13	0.52	
DW	42.8~34.8	14	0.12	
	34.8~30.5	15	0.16	
	30.5~23.8	16	0.16	
	23.8~15.3	17	0.24	
	15.3~10.1	18	0.77	
	10.1~1.3	19	0.22	
IW-3	63.5~51.7	20	0.33	
	51.7~42.8	21	0.48	
	42.8~34.8	22	0.35	
	34.8~30.5	23	0.33	
	30.5~23.8	24	0.33	
	23.8~15.3	25	0.38	
	15.3~8.8	26	0.42	
	8.8~1.3	27	0.53	
OW-1	42.8~34.8	28	0.35	
	34.8~30.5	29	0.28	
	30.5~23.8	30	0.35	
	23.8~15.3	31	0.37	
	15.3~8.8	32	0.42	
	8.8~1.3	33	0.52	

注：ハッチングは各要素の最大応答せん断ひずみのうち最も大きい値を表示。

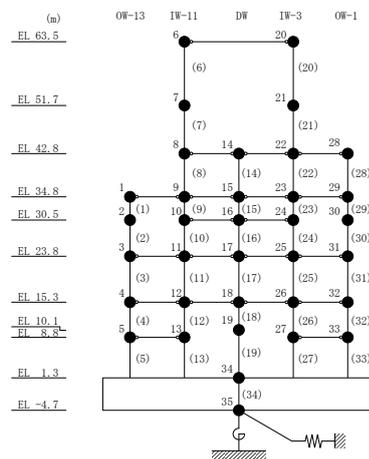
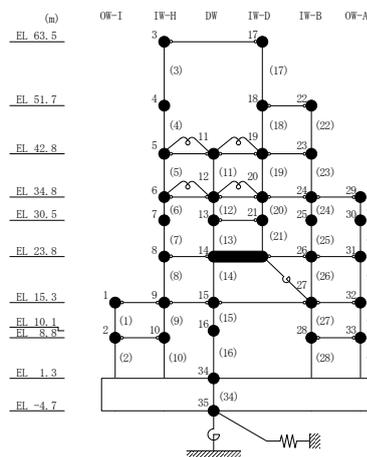
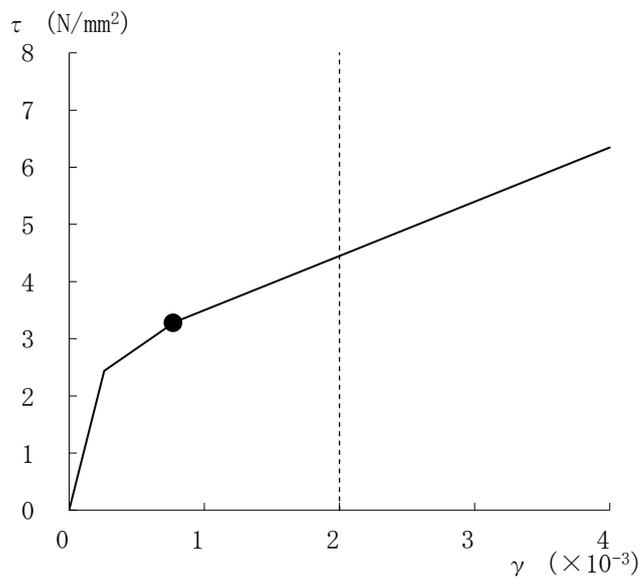


表 5-1(2) 最大応答せん断ひずみ一覧 (EW方向)

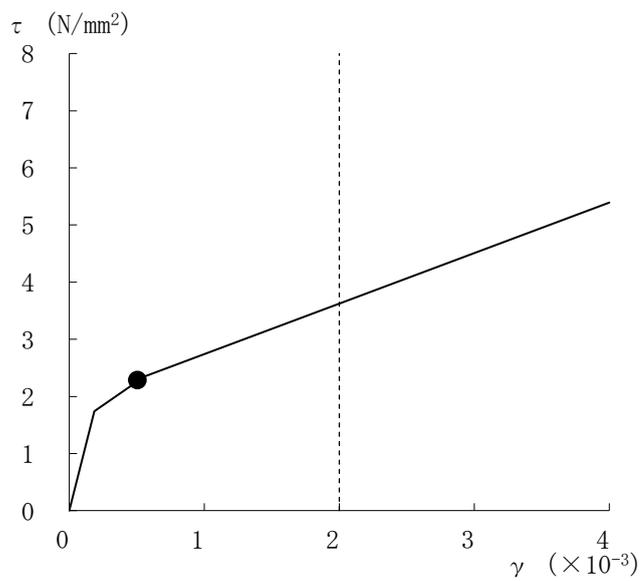
部位	EL (m)	要素番号	最大応答せん断ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	許容限界 ( $\times 10^{-3}$ )
OW-I	15.3~8.8	1	0.32	2.0
	8.8~1.3	2	0.23	
IW-H	63.5~51.7	3	0.31	
	51.7~42.8	4	0.37	
	42.8~34.8	5	0.19	
	34.8~30.5	6	0.18	
	30.5~23.8	7	0.40	
	23.8~15.3	8	0.50	
	15.3~8.8	9	0.31	
	8.8~1.3	10	0.22	
DW	42.8~34.8	11	0.09	
	34.8~30.5	12	0.07	
	30.5~23.8	13	0.27	
	23.8~15.3	14	0.37	
	15.3~10.1	15	0.29	
	10.1~1.3	16	0.16	
IW-D	63.5~51.7	17	0.24	
	42.8~34.8	19	0.17	
	34.8~30.5	20	0.18	
	30.5~23.8	21	0.40	
IW-B	51.7~42.8	22	0.48	
	42.8~34.8	23	0.21	
	34.8~30.5	24	0.26	
	30.5~23.8	25	0.37	
	23.8~15.3	26	0.50	
	15.3~8.8	27	0.22	
	8.8~1.3	28	0.30	
OW-A	34.8~30.5	29	0.32	
	30.5~23.8	30	0.33	
	23.8~15.3	31	0.50	
	15.3~8.8	32	0.22	
	8.8~1.3	33	0.30	

注：ハッチングは各要素の最大応答せん断ひずみのうち最も大きい値を表示。





(a) NS方向 (S<sub>s</sub>-N1, ケース3, 要素番号18)



(b) EW方向 (S<sub>s</sub>-D, ケース2, 要素番号31)

図5-1 せん断スケルトン曲線上の最大応答せん断ひずみ

6. 応力解析による評価結果

6.1 屋根スラブの評価結果

屋根スラブの評価結果を表 6-1 に示す。

屋根スラブについては，S<sub>s</sub>地震時において，曲げモーメントに対する鉄筋応力度が許容限界を超えないこと及び発生する面外せん断力が許容限界を超えないことを確認した。

表 6-1(1) 評価結果（屋根スラブ）（評価対象箇所①）

方向		短辺（EW）方向	長辺（NS）方向
EL (m)		63.5	
厚さ t (mm)		□	
有効せい d (mm)		□	□
配筋 (鉄筋断面積)	上ば筋	D13@200 (635 mm <sup>2</sup> /m)	D13@200 (635 mm <sup>2</sup> /m)
	下ば筋	D13@200 (635 mm <sup>2</sup> /m)	D13@200 (635 mm <sup>2</sup> /m)
曲げモーメント	発生曲げモーメント M (kN・m/m)	19.5	13.7
	鉄筋応力度 $\sigma_t$ (N/mm <sup>2</sup> )	292	274
	許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )	345	345
	検定値	0.85	0.80
面外せん断力	発生せん断力 Q (kN/m)	57.2	50.6
	せん断スパン比による 割増し係数 $\alpha$	1.04	1.00
	許容限界 (kN/m)	117.9	85.1
	検定値	0.49	0.60
判定		可	可

表 6-1(2) 評価結果 (屋根スラブ) (評価対象箇所②)

方向		短辺 (NS) 方向	長辺 (EW) 方向
EL (m)		63.5	
厚さ t (mm)		□	
有効せい d (mm)		□	□
配筋 (鉄筋断面積)	上ば筋	D13@100 (1270 mm <sup>2</sup> /m)	D13@100 (1270 mm <sup>2</sup> /m)
	下ば筋	D13@100 (1270 mm <sup>2</sup> /m)	D13@100 (1270 mm <sup>2</sup> /m)
曲げモーメント	発生曲げモーメント M (kN・m/m)	24.7	24.4
	鉄筋応力度 $\sigma_t$ (N/mm <sup>2</sup> )	247	183
	許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )	345	345
	検定値	0.72	0.54
面外せん断力	発生せん断力 Q (kN/m)	76.3	67.5
	せん断スパン比による 割増し係数 $\alpha$	1.00	1.00
	許容限界 (kN/m)	85.1	113.4
	検定値	0.90	0.60
判定		可	可

## 6.2 床スラブの評価結果

床スラブの評価結果を表 6-2 に示す。

床スラブについては、S s 地震時において、曲げモーメントに対する鉄筋応力度が許容限界を超えないこと及び発生する面外せん断力が許容限界を超えないことを確認した。

表 6-2(1) 評価結果 (床スラブ) (評価対象箇所①)

方向		短辺 (N S) 方向
EL (m)		12.5
厚さ t (mm)		
有効せい d (mm)		
配筋 (鉄筋断面積)	上ば筋	D16@200 (995 mm <sup>2</sup> /m)
	下ば筋	D16@200 (995 mm <sup>2</sup> /m)
曲げモーメント	発生曲げモーメント M (kN・m/m)	40.0
	鉄筋応力度 $\sigma_t$ (N/mm <sup>2</sup> )	219
	許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )	345
	検定値	0.64
面外せん断力	発生せん断力 Q (kN/m)	54.6
	せん断スパン比による 割増し係数 $\alpha$	1.00
	許容限界 (kN/m)	198.5
	検定値	0.28
判定		可

表 6-2(2) 評価結果 (床スラブ) (評価対象箇所②)

方向		短辺 (N S) 方向
EL (m)		34.8
厚さ t (mm)		<input type="text"/>
有効せい d (mm)		<input type="text"/>
配筋 (鉄筋断面積)	上ば筋	D22@200 (1935 mm <sup>2</sup> /m)
	下ば筋	D22@200 (1935 mm <sup>2</sup> /m)
曲げ モー メント	発生曲げモーメント M (kN・m/m)	84.0
	鉄筋応力度 $\sigma_t$ (N/mm <sup>2</sup> )	160
	許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )	345
	検定値	0.47
面外 せん 断力	発生せん断力 Q (kN/m)	112.1
	せん断スパン比による 割増し係数 $\alpha$	1.17
	許容限界 (kN/m)	342.8
	検定値	0.33
判定		可

### 6.3 屋根トラスの評価結果

#### 6.3.1 固有値解析結果

屋根トラスの評価は、積雪荷重との組合せを考慮したケース（ケース 4 の燃料取替階レベルの時刻歴応答加速度を用いる場合）に対しては、積雪荷重を考慮した 3 次元 FEM モデルによる地震応答解析を行うため、積雪荷重を考慮しない 3 次元 FEM モデル（以下「基本モデル」という。）及び積雪荷重を考慮した 3 次元 FEM モデル（以下「積雪モデル」という。）のそれぞれのモデルに対する屋根トラスの固有値解析結果を示す。

##### (1) 基本モデル

屋根トラス（基本モデル）の固有値解析結果を表 6-3 及び図 6-1 に示す。

1 次固有振動数は鉛直方向で 4.60Hz、水平方向で 7.87Hz（NS 方向）、8.12Hz（EW 方向）となる。

表 6-3 固有値解析結果（基本モデル）

次数	振動数 (Hz)	周期 (s)	刺激係数			備考
			水平方向 (NS)	水平方向 (EW)	鉛直方向 (UD)	
1	4.60	0.217	0.085	-0.003	1.748	鉛直方向 1 次
2	6.23	0.160	-0.004	-0.040	-0.001	
3	7.87	0.127	-1.717	0.016	-0.002	NS 方向 1 次
4	8.12	0.123	-0.014	-1.988	0.006	EW 方向 1 次

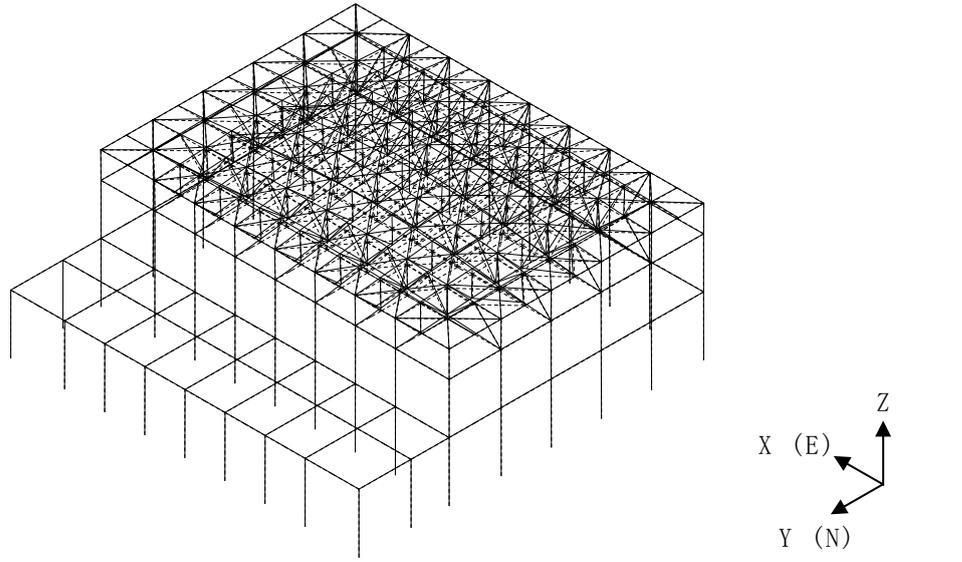
##### (2) 積雪モデル

屋根トラス（積雪モデル）の固有値解析結果を表 6-4 及び図 6-2 に示す。

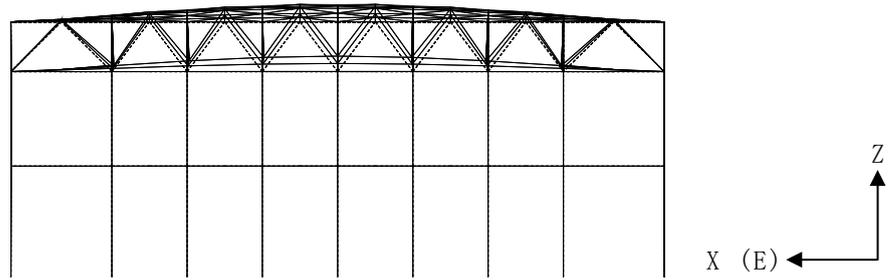
1 次固有振動数は鉛直方向で 4.50Hz、水平方向で 7.79Hz（NS 方向）、8.06Hz（EW 方向）となる。

表 6-4 固有値解析結果（積雪モデル）

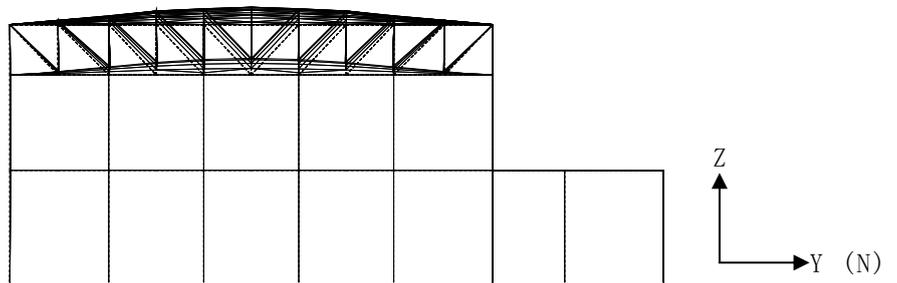
次数	振動数 (Hz)	周期 (s)	刺激係数			備考
			水平方向 (NS)	水平方向 (EW)	鉛直方向 (UD)	
1	4.50	0.222	0.081	-0.003	1.744	鉛直方向 1 次
2	6.10	0.164	-0.004	-0.043	-0.001	
3	7.79	0.128	-1.713	0.015	-0.005	NS 方向 1 次
4	8.06	0.124	-0.013	-1.986	0.008	EW 方向 1 次



(a) 鳥瞰図

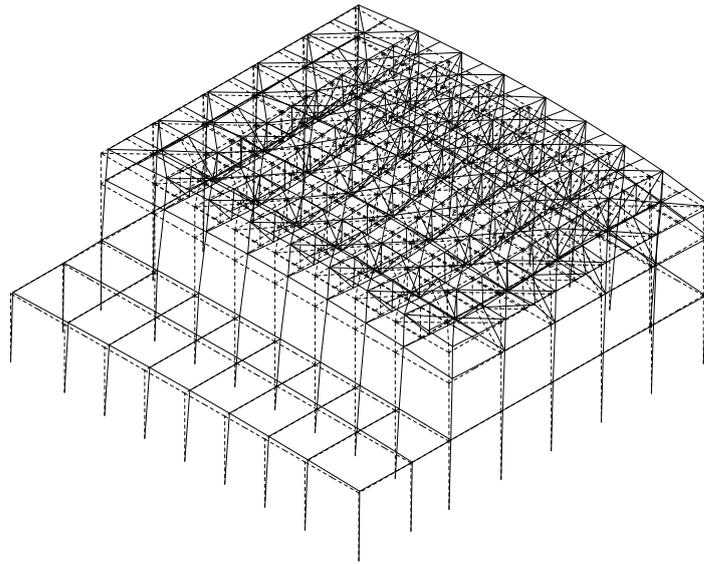


(b) XZ 面

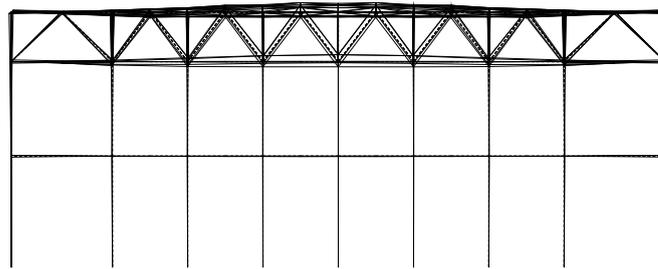


(c) YZ 面

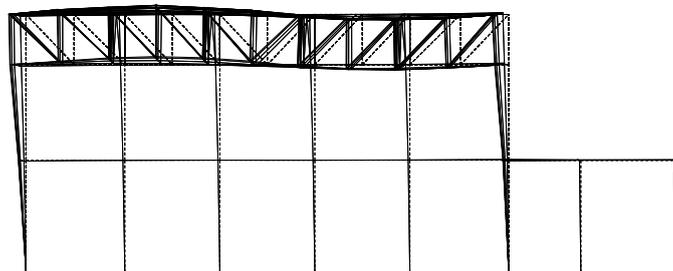
図 6-1(1) 固有モード図  
(基本モデル, 鉛直方向 1 次)



(a) 鳥瞰図

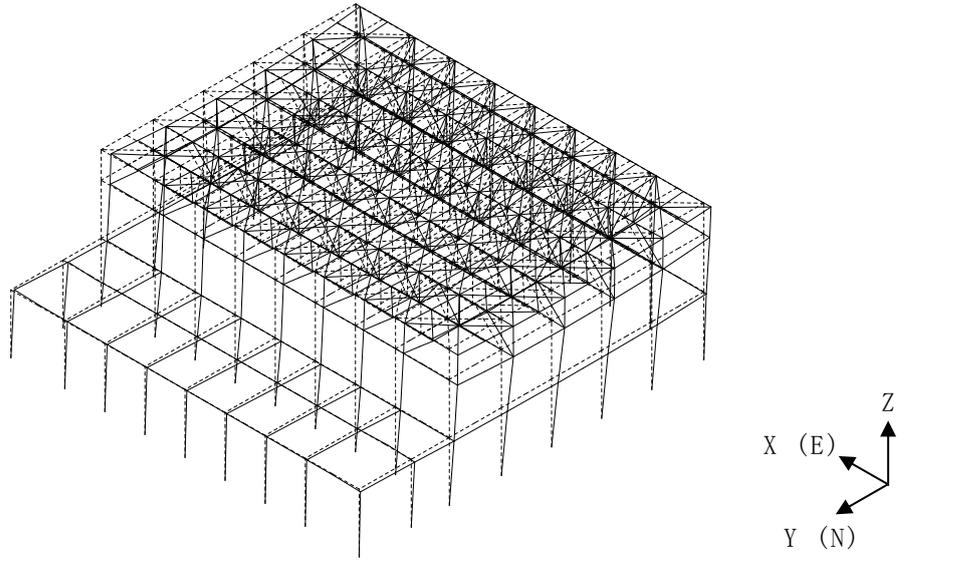


(b) XZ 面

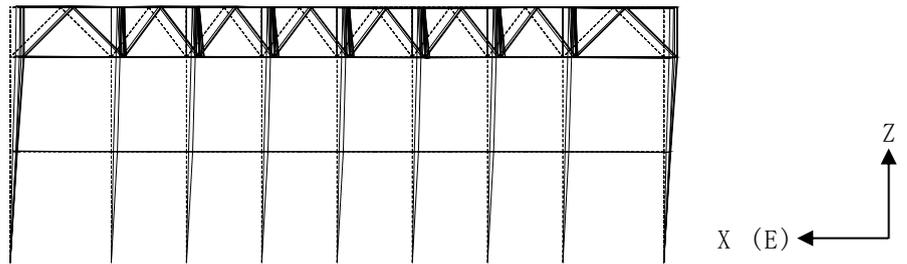


(c) YZ 面

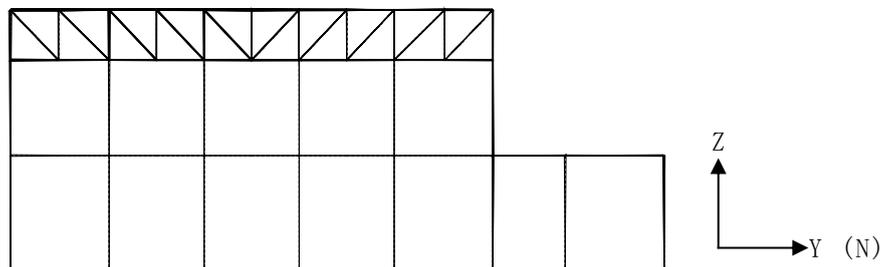
図 6-1(2) 固有モード図  
(基本モデル, NS 方向 1 次)



(a) 鳥瞰図

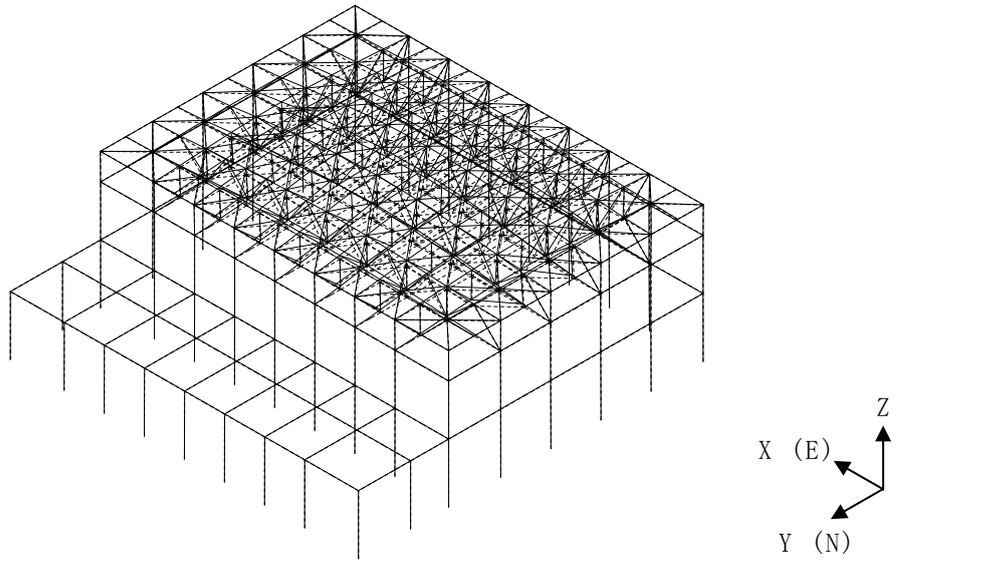


(b) XZ 面

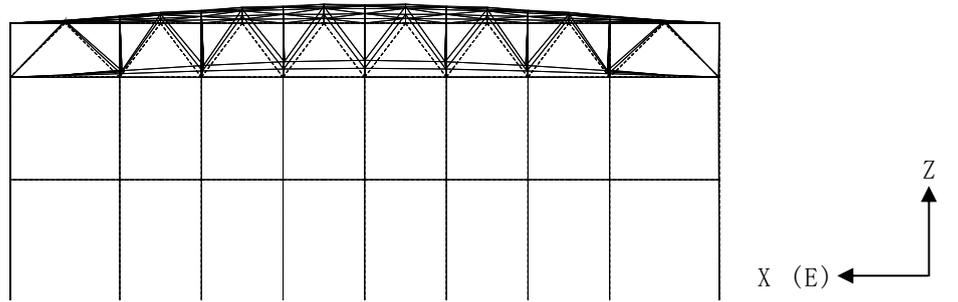


(c) YZ 面

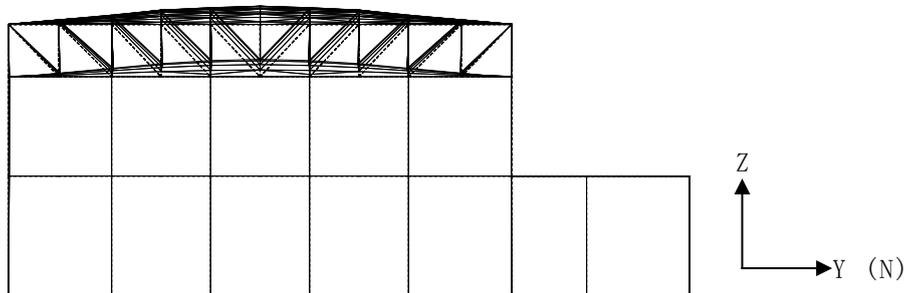
図 6-1(3) 固有モード図  
(基本モデル, EW方向 1次)



(a) 鳥瞰図

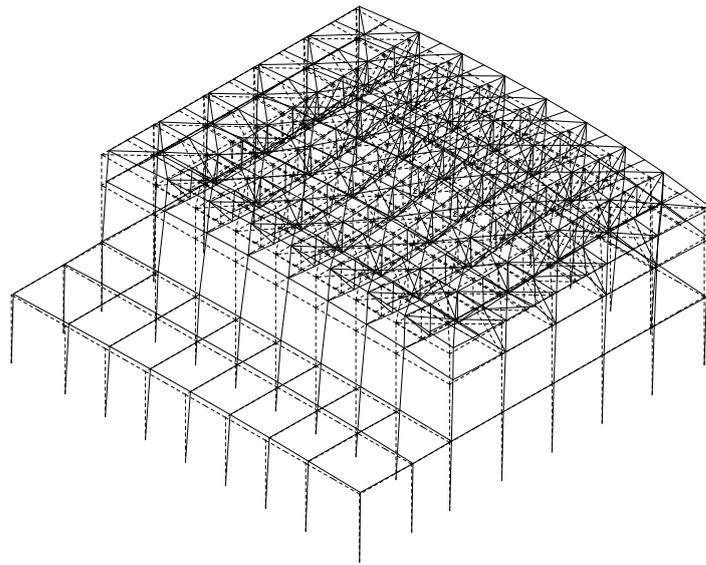


(b) XZ 面

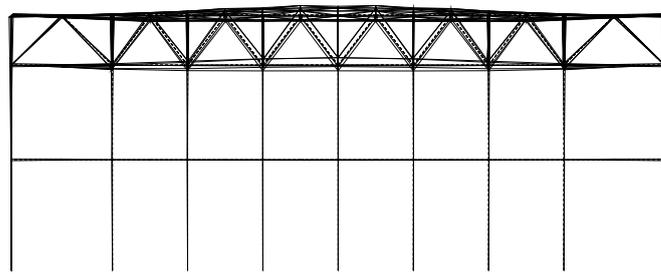


(c) YZ 面

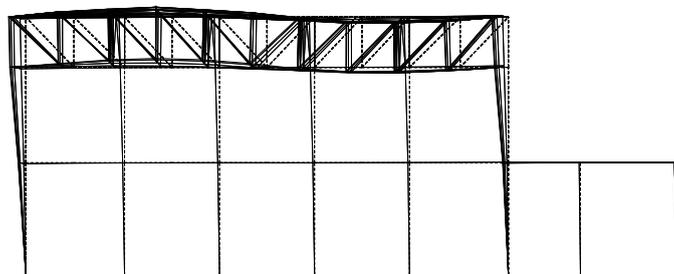
図 6-2(1) 固有モード図  
(積雪モデル, 鉛直方向 1 次)



(a) 鳥瞰図

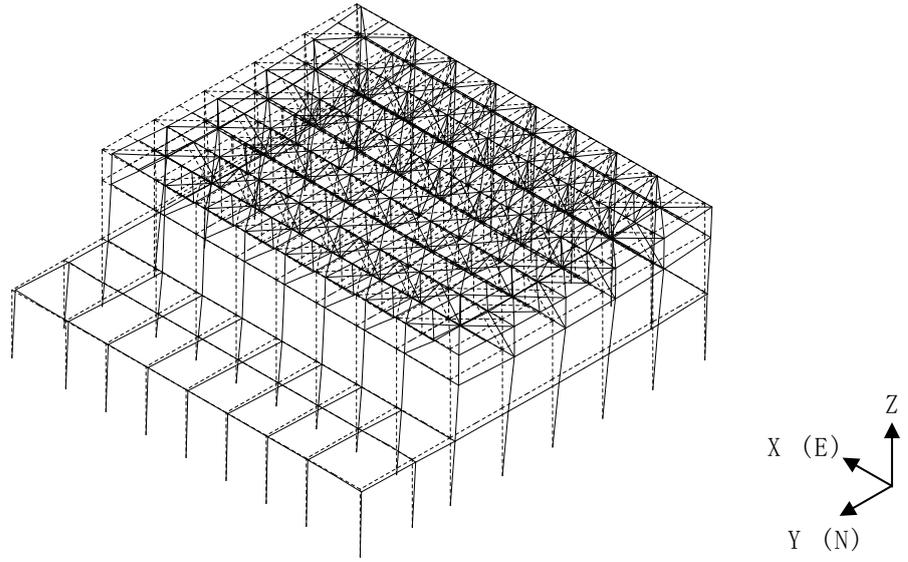


(b) XZ 面

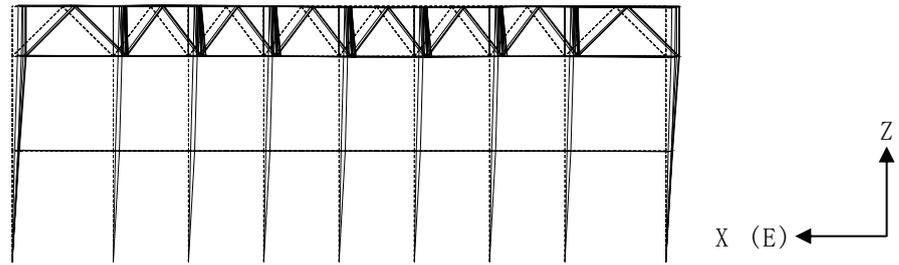


(c) YZ 面

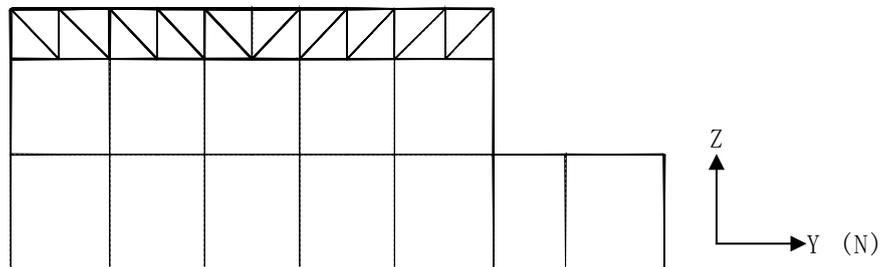
図 6-2(2) 固有モード図  
(積雪モデル, NS 方向 1 次)



(a) 鳥瞰図



(b) XZ 面



(c) YZ 面

図 6-2(3) 固有モード図  
(積雪モデル, EW方向 1次)

### 6.3.2 断面の評価結果

- (1) 主トラス，サブトラス（上下弦材），水平ブレース，サブビーム，母屋及びサブトラス下弦材座屈止め

屋根トラスの主トラス，サブトラス（上下弦材），水平ブレース，サブビーム，母屋及びサブトラス下弦材座屈止めの断面算定結果を表 6-5～表 6-10 に示す。

各部材における発生応力度が許容限界を超えないことを確認した。

表 6-5(1) 断面算定結果 (主トラス :  $R7$  通り)

部材 (種類)		上弦材	
位置		$R_G$ 通り $R_H$ 通り間	
ケース		S <sub>s</sub> -D, ケース 4	
鉄骨断面	部材	H-400×400×13×21	
	種別	SM50A (SM490A 相当)	
応力状態		引張	圧縮
N (kN)		392	343
M (kN・m)		435	435
断面算定	$\sigma_t$ (N/mm <sup>2</sup> )	17.9	—
	$\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	—	15.7
	$\sigma_b$ (N/mm <sup>2</sup> )	131	131
	$f_t$ (N/mm <sup>2</sup> )	357	—
	$f_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	—	357
	$f_b$ (N/mm <sup>2</sup> )	357	357
	$\frac{\sigma_t}{f_t} + \frac{\sigma_b}{f_b}$	0.42 (<1.0)	—
	$\frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{\sigma_b}{f_b}$	—	0.42 (<1.0)
判定		可	可

表 6-5(2) 断面算定結果 (主トラス :  $R7$  通り)

部材 (種類)		下弦材	
位置		$R_D$ 通り $R_E$ 通り間	
ケース		S <sub>s</sub> -D, ケース 4	
鉄骨断面	部材	BH-400×400×19×35 +2PL <sub>s</sub> -16×330	
	種別	SM50A (SM490A 相当), SN490B	
応力状態		引張	圧縮
N (kN)		1150	5390
M (kN・m)		482	482
断面算定	$\sigma_t$ (N/mm <sup>2</sup> )	33.6	—
	$\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	—	157
	$\sigma_b$ (N/mm <sup>2</sup> )	97.1	97.1
	$f_t$ (N/mm <sup>2</sup> )	357	—
	$f_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	—	301
	$f_b$ (N/mm <sup>2</sup> )	357	357
	$\frac{\sigma_t}{f_t} + \frac{\sigma_b}{f_b}$	0.38 (<1.0)	—
	$\frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{\sigma_b}{f_b}$	—	0.81 (<1.0)
判定		可	可

表 6-5(3) 断面算定結果 (主トラス :  $r_7$  通り)

部材 (種類)		斜材	
位置		$r_G$ 通り $r_H$ 通り間	
ケース		S <sub>s</sub> -D, ケース 4	
鉄骨断面	部材	2CTs-175×350×12×19	
	種別	SS41(SS400 相当)	
応力状態		引張	圧縮
N (kN)		4260	1510
断面算定	$\sigma_t$ (N/mm <sup>2</sup> )	245	—
	$\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	—	86.8
	$f_t$ (N/mm <sup>2</sup> )	258	—
	$f_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	—	181
	$\frac{\sigma_t}{f_t}$	0.95 (<1.0)	—
	$\frac{\sigma_c}{f_c}$	—	0.48 (<1.0)
判定		可	可

表 6-5(4) 断面算定結果 (主トラス :  $r_7$  通り)

部材 (種類)		束材	
位置		$r_G$ 通り $r_H$ 通り間	
ケース		S <sub>s</sub> -D, ケース 4	
鉄骨断面	部材	2CTs-175×350×12×19	
	種別	SS41(SS400 相当)	
応力状態		引張	圧縮
N (kN)		1120	3170
断面算定	$\sigma_t$ (N/mm <sup>2</sup> )	64.4	—
	$\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	—	182
	$f_t$ (N/mm <sup>2</sup> )	258	—
	$f_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	—	216
	$\frac{\sigma_t}{f_t}$	0.25 (<1.0)	—
	$\frac{\sigma_c}{f_c}$	—	0.85 (<1.0)
判定		可	可

表6-6(1) 断面算定結果 (サブトラス:  $R$ F通り)

部材 (種類)		上弦材	
位置		$R3$ 通り $R4$ 通り間	
ケース		S <sub>s</sub> -D, ケース 4	
鉄骨断面	部材	H-390×300×10×16	
	種別	SS41(SS400 相当)	
応力状態		引張	圧縮
N (kN)		557	308
M (kN・m)		261	261
断面算定	$\sigma_t$ (N/mm <sup>2</sup> )	41.0	—
	$\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	—	22.6
	$\sigma_b$ (N/mm <sup>2</sup> )	131	131
	$f_t$ (N/mm <sup>2</sup> )	258	—
	$f_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	—	258
	$f_b$ (N/mm <sup>2</sup> )	258	258
	$\frac{\sigma_t}{f_t} + \frac{\sigma_b}{f_b}$	0.67 (<1.0)	—
	$\frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{\sigma_b}{f_b}$	—	0.60 (<1.0)
判定		可	可

表6-6(2) 断面算定結果 (サブトラス:  $R$ F通り)

部材 (種類)		下弦材	
位置		$R3$ 通り $R4$ 通り間	
ケース		S <sub>s</sub> -D, ケース 4	
鉄骨断面	部材	H-390×300×10×16	
	種別	SS41(SS400 相当)	
応力状態		引張	圧縮
N (kN)		677	1630
M (kN・m)		131	131
断面算定	$\sigma_t$ (N/mm <sup>2</sup> )	49.8	—
	$\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	—	120
	$\sigma_b$ (N/mm <sup>2</sup> )	66.0	66.0
	$f_t$ (N/mm <sup>2</sup> )	258	—
	$f_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	—	243
	$f_b$ (N/mm <sup>2</sup> )	258	258
	$\frac{\sigma_t}{f_t} + \frac{\sigma_b}{f_b}$	0.46 (<1.0)	—
	$\frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{\sigma_b}{f_b}$	—	0.76 (<1.0)
判定		可	可

表 6-7 断面算定結果 (水平ブレース :  $R_3$  通り  $R_4$  通り間)

部材 (種類)		水平ブレース	
位置		$R_G$ 通り $R_H$ 通り間	
ケース		S <sub>s</sub> -F 2, ケース 4	
鉄骨断面	部材	H-400×408×21×21	
	種別	SS41 (SS400 相当)	
応力状態		引張	圧縮
N (kN)		2770	3260
断面算定	$\sigma_t$ (N/mm <sup>2</sup> )	110	—
	$\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	—	130
	$f_t$ (N/mm <sup>2</sup> )	258	—
	$f_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	—	246
	$\frac{\sigma_t}{f_t}$	0.43 (<1.0)	—
	$\frac{\sigma_c}{f_c}$	—	0.53 (<1.0)
判定		可	可

表 6-8 断面算定結果 (サブビーム :  $R_E$  通り  $R_F$  通り間)

部材 (種類)		サブビーム	
位置		$R_9$ 通り $R_{10}$ 通り間	
ケース		S <sub>s</sub> -D, ケース 2	
鉄骨断面	部材	H-390×300×10×16	
	種別	SS41 (SS400 相当)	
応力状態		引張	圧縮
N (kN)		327	325
M (kN・m)		194	194
断面算定	$\sigma_t$ (N/mm <sup>2</sup> )	24.0	—
	$\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	—	23.9
	$\sigma_b$ (N/mm <sup>2</sup> )	97.7	97.7
	$f_t$ (N/mm <sup>2</sup> )	258	—
	$f_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	—	244
	$f_b$ (N/mm <sup>2</sup> )	258	258
	$\frac{\sigma_t}{f_t} + \frac{\sigma_b}{f_b}$	0.48 (<1.0)	—
	$\frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{\sigma_b}{f_b}$	—	0.48 (<1.0)
判定		可	可

表 6-9 断面算定結果 (母屋 :  $R_6$  通り  $R_7$  通り間)

部材 (種類)		母屋	
位置		$R_E$ 通り $R_F$ 通り間	
ケース		S <sub>s</sub> -D, ケース 4	
鉄骨断面	部材	H-244×175×7×11	
	種別	SS41 (SS400 相当)	
応力状態		引張	圧縮
N (kN)		79.1	209
M (kN・m)		0	0
断面算定	$\sigma_t$ (N/mm <sup>2</sup> )	14.1	—
	$\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	—	37.2
	$\sigma_b$ (N/mm <sup>2</sup> )	0	0
	$f_t$ (N/mm <sup>2</sup> )	258	—
	$f_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	—	194
	$f_b$ (N/mm <sup>2</sup> )	258	258
	$\frac{\sigma_t}{f_t} + \frac{\sigma_b}{f_b}$	0.06 (<1.0)	—
$\frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{\sigma_b}{f_b}$	—	0.20 (<1.0)	
判定		可	可

表 6-10 断面算定結果 (サブトラス下弦材座屈止め :  $R_3$  通り  $R_4$  通り間)

部材 (種類)		サブトラス下弦材座屈止め	
位置		$R_E$ 通り $R_F$ 通り間	
ケース		S <sub>s</sub> -F1, ケース 2	
鉄骨断面	部材	2[s-150×75×9×12.5	
	種別	SS400	
応力状態		引張	圧縮
N (kN)		248	275
断面算定	$\sigma_t$ (N/mm <sup>2</sup> )	64.4	—
	$\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	—	44.9
	$f_t$ (N/mm <sup>2</sup> )	235	—
	$f_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	—	61.3
	$\frac{\sigma_t}{f_t}$	0.28 (<1.0)	—
$\frac{\sigma_c}{f_c}$	—	0.74 (<1.0)	
判定		可	可

(2) サブトラス (斜材)

サブトラス (斜材) の破断評価結果を表 6-11 に示す。

サブトラス (斜材) は、累積塑性変形倍率が最も大きい部材であっても、中込ほか (引用文献(3)参照) による破断寿命と比較し、十分な裕度を有していることを確認した。

表 6-11 破断評価結果 (RE 通り+3.0m, S s -D, ケース 4)

使用部材	位置	最大等価 軸ひずみ $\epsilon_{\max} (\times 10^{-3})$	累積塑性 変形倍率 $\eta$	応答による 繰返し回数*1 $n_i$	評価基準*2 (破断寿命) $N_p$	$\frac{n_i}{N_p}$	判定
2CTs-125×250×9×14 +4Ls-65×65×6 SS41 (SS400 相当), SS400	R3 通り R4 通り間	1.006	0.9656	901	1190000	0.001	可

注記\*1: ピークカウント法を用い、対象部材の軸ひずみの時刻歴波形の最大及び最小を全てカウントする。

\*2: 最大等価軸ひずみ (設定ひずみ振幅) に対応する鋼材の破断寿命を引用文献(3)より算定し、これを評価基準とする。

#### 6.4 耐震壁の評価結果

耐震壁の評価結果を表 6-12 に示す。対象部位において、鉄筋比による評価を実施した結果、S s 地震時に曲げモーメント及び軸力並びに面内せん断力による必要鉄筋比が設計鉄筋比を超えないことを確認した。

表 6-12 評価結果 (耐震壁) (評価対象箇所)

EL (m)		23.8~30.5
壁位置 (通り)		R3
壁厚 (mm)		<input type="text"/>
せん断断面積 (m <sup>2</sup> )		116.2
配筋	縦筋配筋	2-D38@200 2-D35@400
	縦筋設計鉄筋比 P <sub>g</sub> (%)	0.899
	横筋配筋	2-D35@200 2-D35@400
	横筋設計鉄筋比 P <sub>g</sub> (%)	0.798
せん断に対する検討	せん断力 Q (×10 <sup>4</sup> kN)	23.4
	せん断応力度 τ (N/mm <sup>2</sup> )	2.02
	面内せん断力による 必要鉄筋比 P <sub>Q</sub> (%)	0.584
曲げモーメントに対する検討	曲げモーメント M (×10 <sup>5</sup> kN・m)	44.7
	軸力 N (×10 <sup>3</sup> kN)	185.4
	曲げモーメント及び軸力 による必要鉄筋比 P <sub>M</sub> (%)	0.246
(P <sub>Q</sub> + P <sub>M</sub> ) / P <sub>g</sub>		0.93
判定		可

## 7. 引用文献

- (1) 谷口ほか「鉄骨 X 型ブレース架構の復元力特性に関する研究」(日本建築学会構造工学論文集, Vol. 37B 号, 1991 年 3 月, pp. 303-316)
- (2) 「鉄筋コンクリート構造計算用資料集」((社)日本建築学会, 2002 年)
- (3) 中込ほか「繰返し力を受ける SM490 鋼の疲労性に関する研究」(日本建築学会構造系論文集, 第 469 号, pp. 127-136, 1995 年 3 月)

別紙1 原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の気密性に関する  
計算書

## 目 次

1. 概要	1
2. 既往の知見等の整理	1
3. 原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）における空気漏えい量に対する影響検討	3
3.1 検討方針	3
3.2 空気漏えい量の算定結果	10
3.2.1 壁面からの漏えい量	10
3.3 総漏えい量と非常用ガス処理設備放出流量の比較	12
3.4 検討結果	12
4. まとめ	12

## 1. 概要

「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針（昭和 53 年 9 月制定）」における A クラスの施設の気密性について、「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）」（以下「J E A G 4 6 0 1 - 1987」という。）では、S<sub>1</sub>地震動に対し弾性範囲であることを確認することで、機能が維持されるとしている。

VI-2-1-9「機能維持の基本方針」の機能維持の設計方針では、耐震壁のせん断ひずみがおおむね弾性状態にとどまることを基本としたうえで、おおむね弾性状態を超える場合は、地震応答解析による耐震壁のせん断ひずみから算定した空気漏えい量が、設置する換気設備の性能を下回ることによって必要な気密性を維持する設計としている。その場合、気密性を要求される施設に対し、基準地震動 S<sub>s</sub> による鉄筋コンクリート造耐震壁の許容限界をせん断ひずみ  $2.0 \times 10^{-3}$  としている。

二次格納施設の気密バウンダリを構成する原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の地震応答解析による評価において、耐震壁の許容限界として設定したせん断ひずみ  $2.0 \times 10^{-3}$  の適用性について確認するために、耐震壁のせん断ひび割れと空気漏えい量の関係に係る既往の知見を整理するとともに、原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）における空気漏えい量に対する影響を評価する。

## 2. 既往の知見等の整理

（財）原子力発電技術機構は、「原子力発電施設耐震信頼性実証試験に関する報告書<sup>\*1</sup>」において、「J E A G 4 6 0 1 - 1987」による許容限界の目安値（S<sub>2</sub>地震動に対してせん断変形角 2/1000rad、静的地震力に対して  $\tau = \tau_u/1.5$ ）において想定されるひび割れを残留ひび割れと仮定した場合の外気侵入量を算出し、気圧差維持のためのファン容量と比較することで、空気漏えい量に対する評価を実施している。その結果「残留ひび割れからの外気侵入量は、ファン容量に比較すると無視できるほど小さいことが明らかになった」としている。

また、（財）原子力発電技術機構は、「原子炉建屋の弾塑性試験に関する報告書<sup>\*2</sup>」において、耐震壁の残留ひび割れからの通気量の評価式が、十分に実機への適用性があることを確認している。更に、開口部の存在による通気量割増率の評価式も示されており、「開口部の残留ひび割れ幅の割増率がおおよそ推定できる」としている。

したがって、二次格納施設の気密バウンダリとなる原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の壁が鉄筋コンクリート造であり、壁厚も「原子炉建屋の弾塑性試験に関する報告書」に示される壁厚と同程度であることから、同文献にて提案されている各評価式を用い、原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）における空気漏えい量の算出を行う。以下に評価式を示す。

$$Q = C \cdot \gamma^{2.57} \cdot \Delta P / T \dots\dots\dots (2. 1)$$

ここで、

Q : 単位面積あたりの流量 (L/min/m<sup>2</sup>)

C : 定数

(中央値は 2.24×10<sup>6</sup>, 95%非超過値は 1.18×10<sup>7</sup>, 5%非超過値は 4.21×10<sup>5</sup>)

γ : 最大応答せん断ひずみ

ΔP : 差圧 (mmAq)

T : 壁厚 (cm)

$$\Delta Q = \left\{ (\alpha^2 - 1) \cdot \left( \frac{Q'}{Q_0} - 1 \right) - 1 \right\} \cdot \beta + 1 \dots\dots\dots (2. 2)$$

ここで、

ΔQ : 通気量割増率

α : 通気量割増範囲 (=3)

$\frac{Q'}{Q_0}$  : 定数

(中央値とみなされる評価法では 1.81, 安全側とみなされる評価法では 7.41)

β : 壁の見付け面積に対する開口の総面積の比

注記\*1 : 財団法人 原子力発電技術機構 「原子力発電施設耐震信頼性実証試験 原子炉建屋  
総合評価 建屋基礎地盤系評価に関する報告書 (その2) 平成8年度」

\*2 : 財団法人 原子力発電技術機構 「耐震安全解析コード改良試験 原子炉建屋の弾塑性試験 試験結果の評価に関する報告書 平成5年度」

### 3. 原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）における空気漏えい量に対する影響検討

#### 3.1 検討方針

「原子炉建屋の弾塑性試験に関する報告書」に基づき、式(2. 1)及び式(2. 2)により気密バウンダリを構成する壁の最大応答せん断ひずみが許容限界 ( $2.0 \times 10^{-3}$ ) に達したときの空気漏えい量を算定し、非常用ガス処理設備放出流量以下となっていることを確認する。

原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の概略図を図 3-1 及び図 3-2 に示す。原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）（EL 1.3m～EL 63.5m）を構成する壁の壁厚は約

□ cm から約 □ cm である。

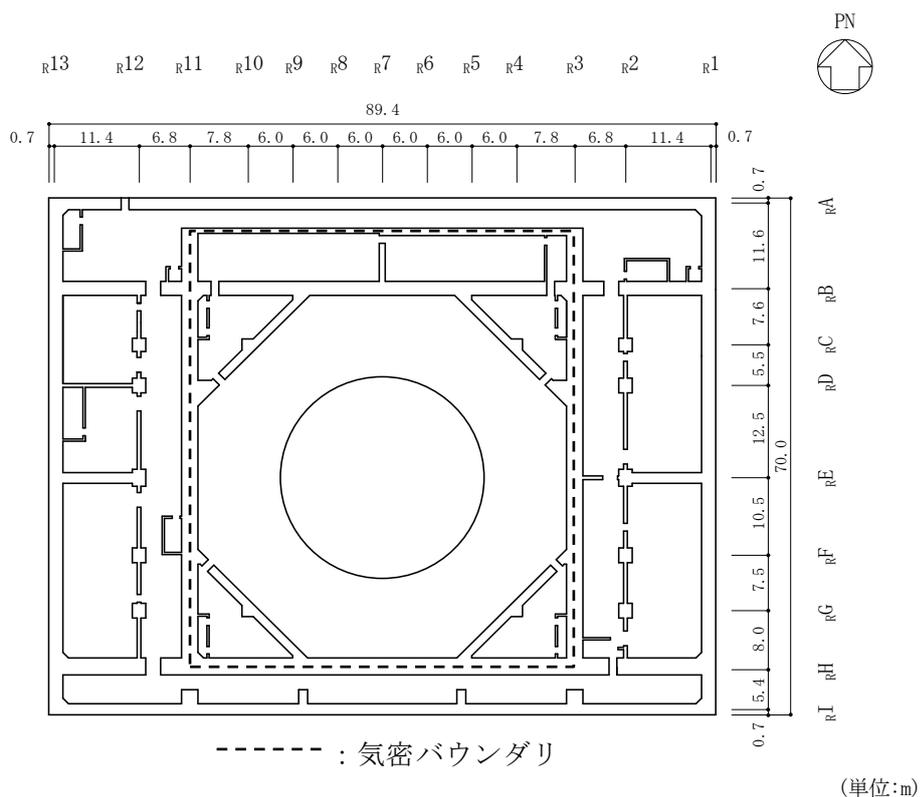


図 3-1(1) 原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の概略平面図（EL 1.3m\*）

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。

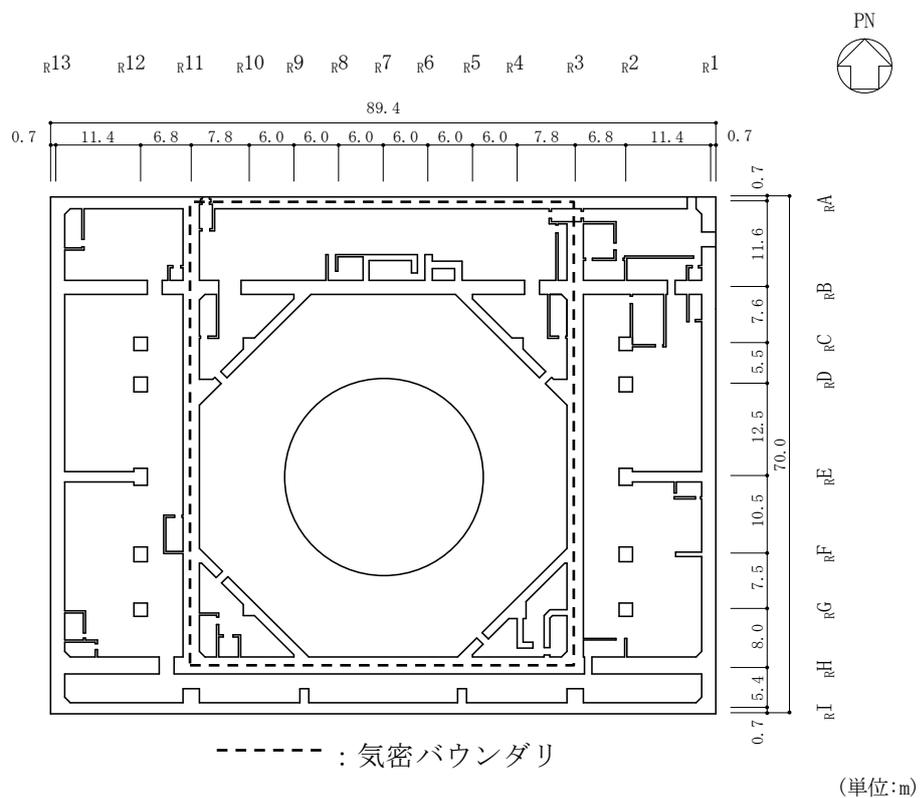


図 3-1(2) 原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の概略平面図（EL 8.8m）

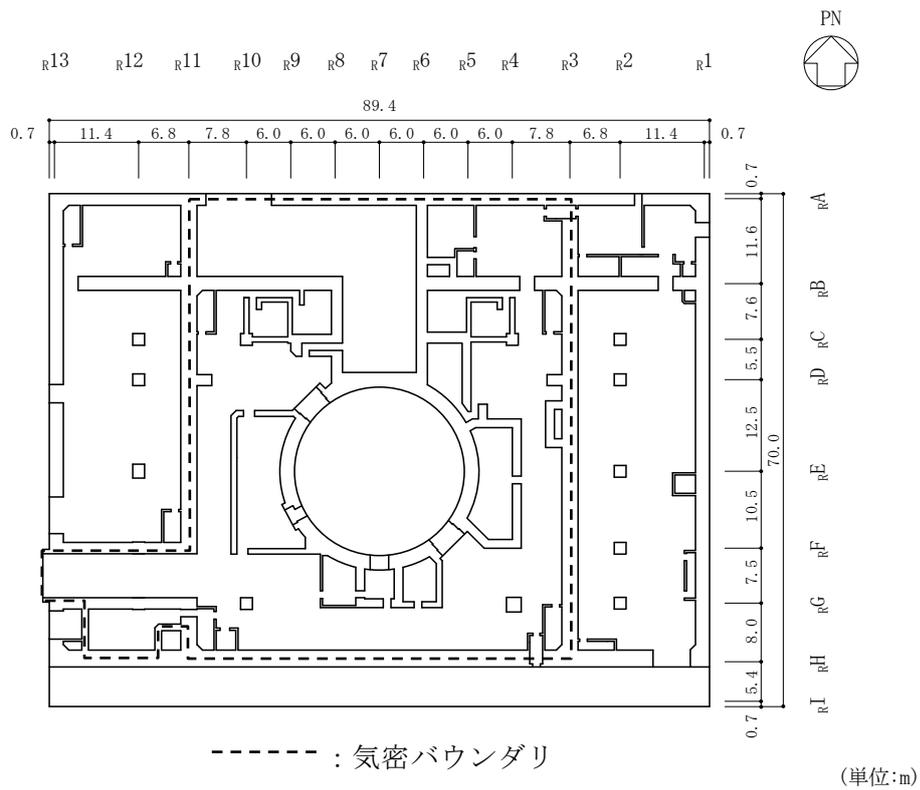


図 3-1(3) 原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の概略平面図（EL 15.3m）

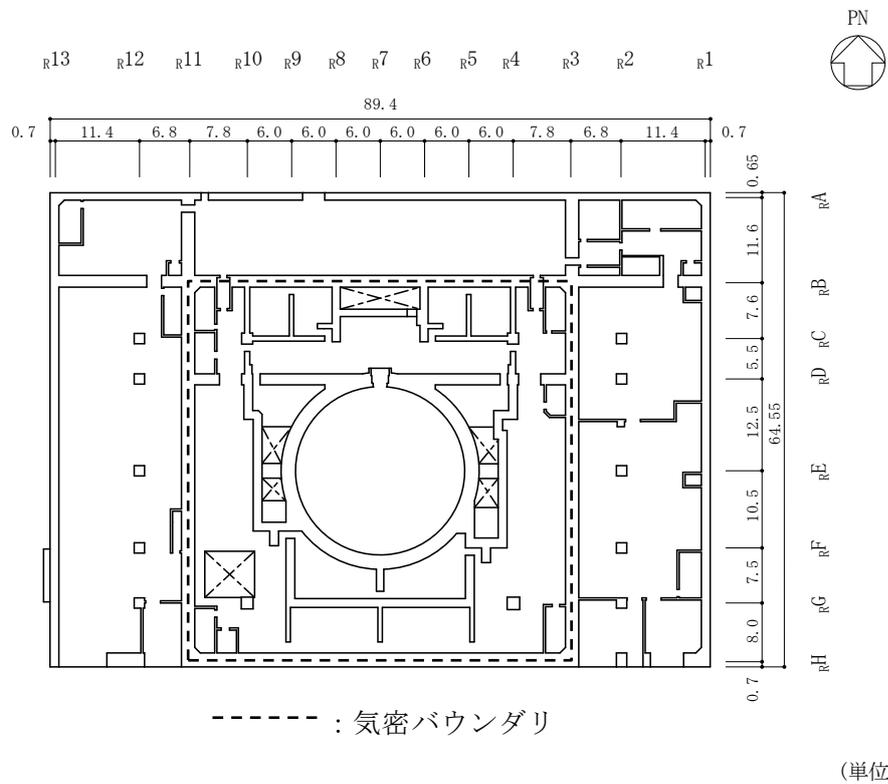


図 3-1(4) 原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の概略平面図（EL 23.8m）

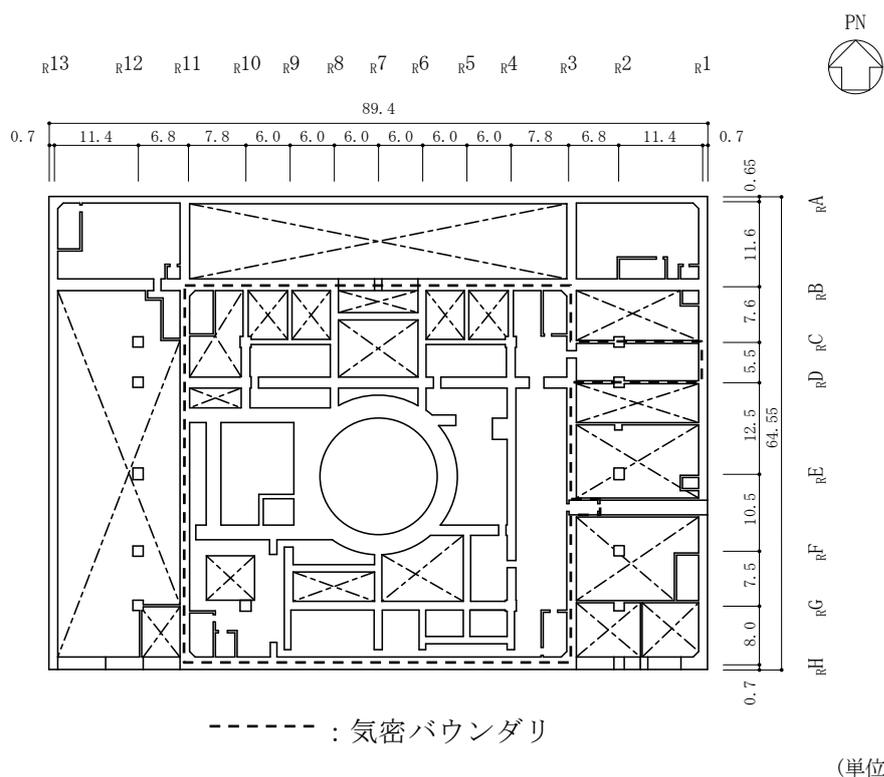


図 3-1(5) 原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の概略平面図（EL 30.5m）

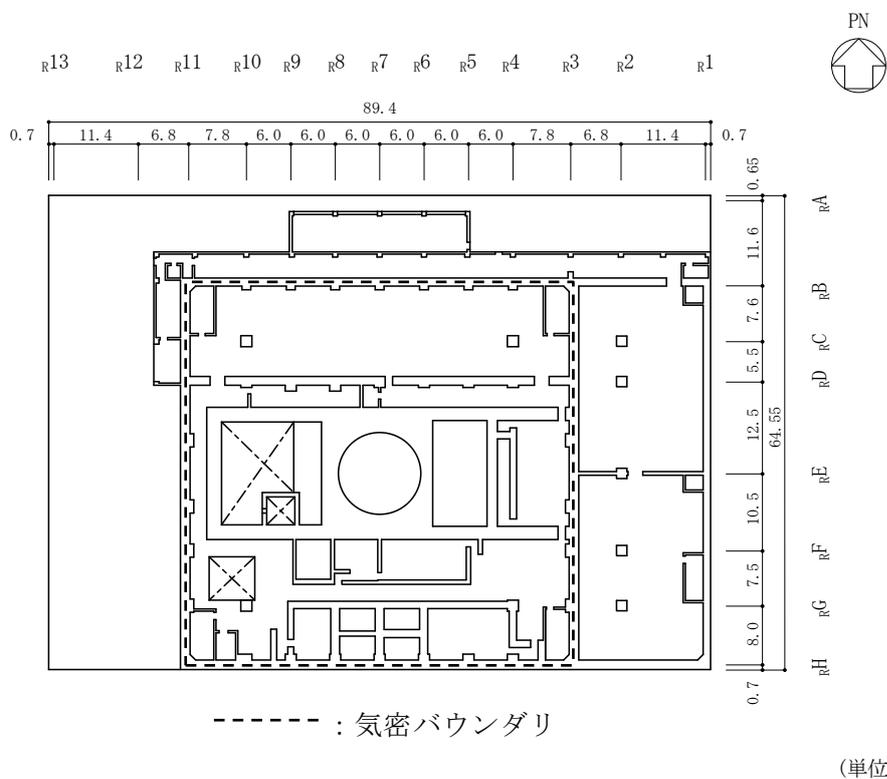


図 3-1(6) 原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の概略平面図（EL 34.8m）

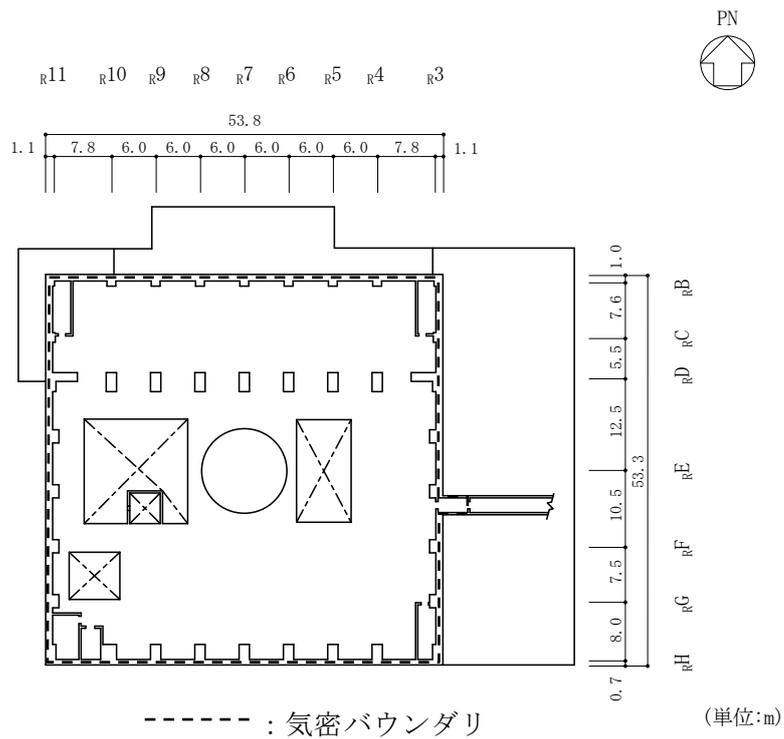


図 3-1(7) 原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の概略平面図（EL 42.8m）

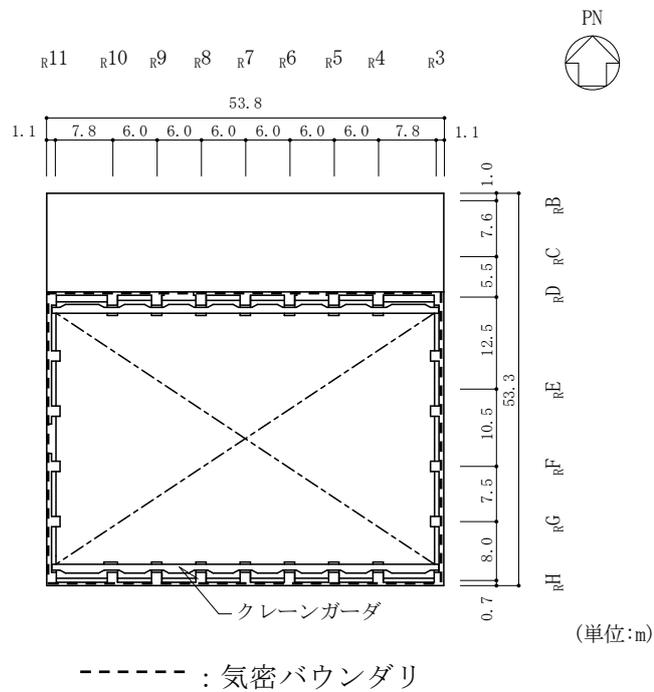


図 3-1(8) 原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の概略平面図（EL 51.7m）

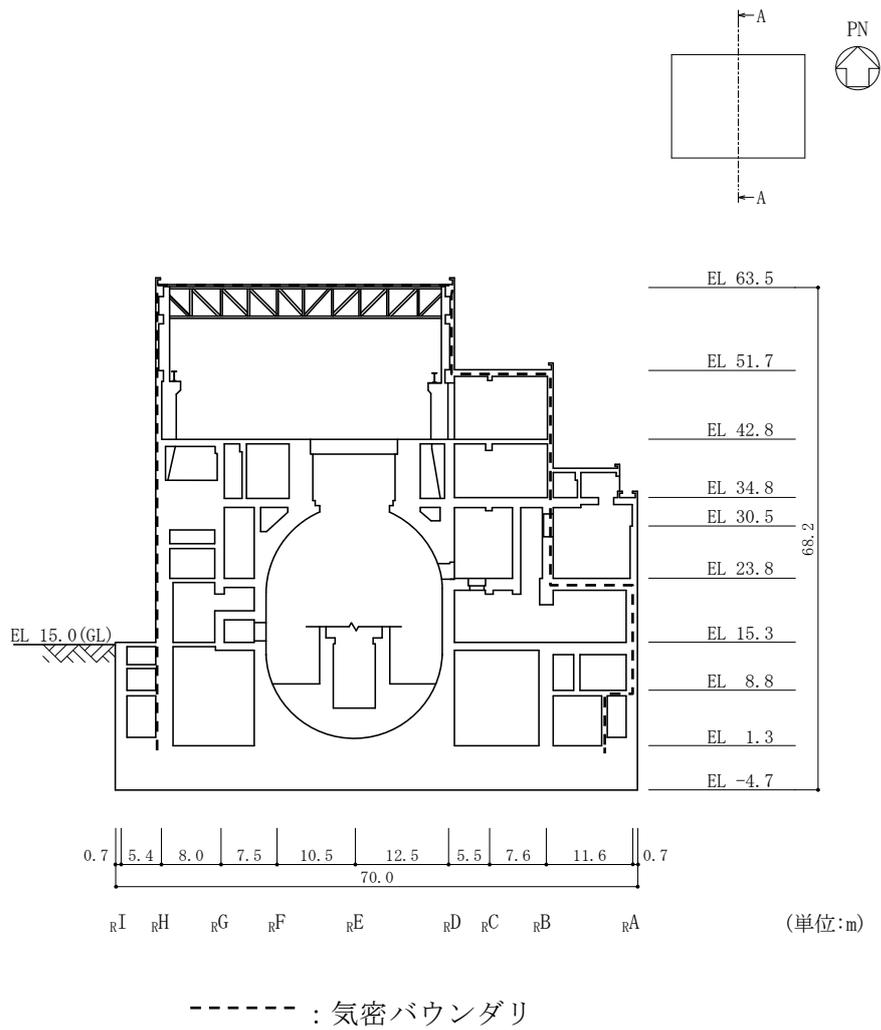


図 3-2(1) 原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の概略断面図（A-A断面，NS方向）

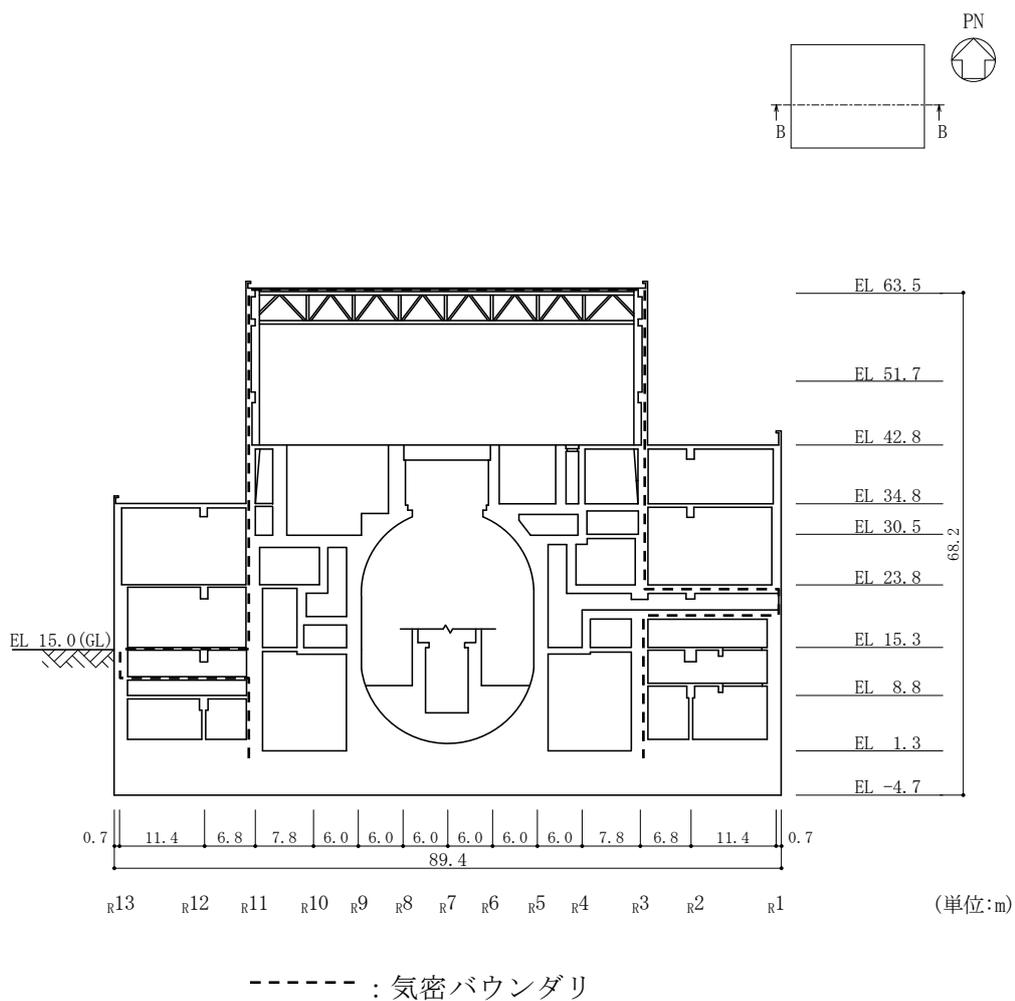


図 3-2(2) 原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の概略断面図（B-B 断面，EW 方向）

### 3.2 空気漏えい量の算定結果

#### 3.2.1 壁面からの漏えい量

原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の壁厚ごとに空気漏えい量を算定した。本検討は、地震応答解析における耐震壁の許容限界としてせん断ひずみ  $2.0 \times 10^{-3}$  を用いることの適用性を確認することが目的であることから、評価式における定数について、安全側の値を用いた。算定結果を表3-1 に示す。

表3-1 算定結果（原子炉建物原子炉棟（二次格納施設））

EL (m)	壁厚 T (cm)	定数		*1 最大応答 せん断 ひずみ $\gamma$	*2 差圧 $\Delta P$ (mmAq)	*3 壁の 見付面積 A (㎡)	漏えい量 Q (L/min/㎡)	壁の見付 面積に対 する開口 の総面積 の比 $\beta$	通気量 割増率 $\Delta Q$	総漏えい量 $Q \times A \times \Delta Q$ (L/min)
		C	$\frac{Q'}{Q_0}$							
1.3		$1.18 \times 10^7$	7.41	$2.0 \times 10^{-3}$	6.4	191	0.12	0.001	1.05	25
		$1.18 \times 10^7$	7.41	$2.0 \times 10^{-3}$	6.4	197	0.09	0.001	1.05	19
		$1.18 \times 10^7$	7.41	$2.0 \times 10^{-3}$	6.4	892	0.04	0.002	1.10	40
		$1.18 \times 10^7$	7.41	$2.0 \times 10^{-3}$	6.4	387	0.04	0.002	1.10	18
8.8		$1.18 \times 10^7$	7.41	$2.0 \times 10^{-3}$	6.4	77	0.05	0.065	4.27	17
		$1.18 \times 10^7$	7.41	$2.0 \times 10^{-3}$	6.4	190	0.04	0.032	2.61	20
		$1.18 \times 10^7$	7.41	$2.0 \times 10^{-3}$	6.4	77	0.04	0.000	1.00	4
10.3		$1.18 \times 10^7$	7.41	$2.0 \times 10^{-3}$	6.4	34	0.29	0.000	1.00	10
		$1.18 \times 10^7$	7.41	$2.0 \times 10^{-3}$	6.4	91	0.22	0.003	1.15	24
		$1.18 \times 10^7$	7.41	$2.0 \times 10^{-3}$	6.4	57	0.06	0.011	1.55	6
		$1.18 \times 10^7$	7.41	$2.0 \times 10^{-3}$	6.4	258	0.05	0.004	1.20	16
		$1.18 \times 10^7$	7.41	$2.0 \times 10^{-3}$	6.4	24	0.05	0.089	5.47	7
		$1.18 \times 10^7$	7.41	$2.0 \times 10^{-3}$	6.4	608	0.04	0.016	1.80	44
		$1.18 \times 10^7$	7.41	$2.0 \times 10^{-3}$	6.4	258	0.04	0.008	1.40	15
15.3		$1.18 \times 10^7$	7.41	$2.0 \times 10^{-3}$	6.4	13	0.15	0.000	1.00	2
		$1.18 \times 10^7$	7.41	$2.0 \times 10^{-3}$	6.4	71	0.10	0.000	1.00	8
		$1.18 \times 10^7$	7.41	$2.0 \times 10^{-3}$	6.4	94	0.06	0.000	1.00	6
		$1.18 \times 10^7$	7.41	$2.0 \times 10^{-3}$	6.4	217	0.05	0.168	9.45	103
		$1.18 \times 10^7$	7.41	$2.0 \times 10^{-3}$	6.4	32	0.05	0.778	40.12	65
		$1.18 \times 10^7$	7.41	$2.0 \times 10^{-3}$	6.4	486	0.04	0.015	1.75	35
		$1.18 \times 10^7$	7.41	$2.0 \times 10^{-3}$	6.4	258	0.04	0.020	2.01	21
19.5		$1.18 \times 10^7$	7.41	$2.0 \times 10^{-3}$	6.4	31	0.17	0.002	1.10	6
		$1.18 \times 10^7$	7.41	$2.0 \times 10^{-3}$	6.4	11	0.15	0.000	1.00	2
		$1.18 \times 10^7$	7.41	$2.0 \times 10^{-3}$	6.4	51	0.10	0.000	1.00	6
		$1.18 \times 10^7$	7.41	$2.0 \times 10^{-3}$	6.4	21	0.09	0.001	1.05	2
		$1.18 \times 10^7$	7.41	$2.0 \times 10^{-3}$	6.4	157	0.07	0.000	1.00	11
		$1.18 \times 10^7$	7.41	$2.0 \times 10^{-3}$	6.4	127	0.06	0.002	1.10	9
		$1.18 \times 10^7$	7.41	$2.0 \times 10^{-3}$	6.4	222	0.05	0.000	1.00	12
		$1.18 \times 10^7$	7.41	$2.0 \times 10^{-3}$	6.4	56	0.05	0.346	18.40	52
		$1.18 \times 10^7$	7.41	$2.0 \times 10^{-3}$	6.4	473	0.04	0.026	2.31	44
		$1.18 \times 10^7$	7.41	$2.0 \times 10^{-3}$	6.4	264	0.04	0.001	1.05	12
23.8		$1.18 \times 10^7$	7.41	$2.0 \times 10^{-3}$	6.4	346	0.05	0.054	3.72	65
		$1.18 \times 10^7$	7.41	$2.0 \times 10^{-3}$	6.4	691	0.05	0.015	1.75	61
		$1.18 \times 10^7$	7.41	$2.0 \times 10^{-3}$	6.4	346	0.05	0.000	1.00	18
30.5		$1.18 \times 10^7$	7.41	$2.0 \times 10^{-3}$	6.4	46	0.29	0.046	3.31	45
		$1.18 \times 10^7$	7.41	$2.0 \times 10^{-3}$	6.4	157	0.22	0.001	1.05	37
		$1.18 \times 10^7$	7.41	$2.0 \times 10^{-3}$	6.4	24	0.07	0.204	11.26	19
		$1.18 \times 10^7$	7.41	$2.0 \times 10^{-3}$	6.4	410	0.07	0.025	2.26	65
		$1.18 \times 10^7$	7.41	$2.0 \times 10^{-3}$	6.4	222	0.05	0.119	6.98	78
		$1.18 \times 10^7$	7.41	$2.0 \times 10^{-3}$	6.4	222	0.05	0.000	1.00	12
		$1.18 \times 10^7$	7.41	$2.0 \times 10^{-3}$	6.4	124	0.08	0.001	1.05	11
34.8		$1.18 \times 10^7$	7.41	$2.0 \times 10^{-3}$	6.4	372	0.07	0.001	1.05	28
		$1.18 \times 10^7$	7.41	$2.0 \times 10^{-3}$	6.4	289	0.08	0.000	1.00	24
37.2		$1.18 \times 10^7$	7.41	$2.0 \times 10^{-3}$	6.4	867	0.07	0.007	1.35	82
		$1.18 \times 10^7$	7.41	$2.0 \times 10^{-3}$	6.4	31	0.29	0.068	4.42	40
42.8		$1.18 \times 10^7$	7.41	$2.0 \times 10^{-3}$	6.4	470	0.12	0.001	1.05	60
		$1.18 \times 10^7$	7.41	$2.0 \times 10^{-3}$	6.4	470	0.10	0.001	1.05	50
		$1.18 \times 10^7$	7.41	$2.0 \times 10^{-3}$	6.4	922	0.09	0.001	1.05	88
		$1.18 \times 10^7$	7.41	$2.0 \times 10^{-3}$	6.4	1254	0.19	0.026	2.31	551
51.7		$1.18 \times 10^7$	7.41	$2.0 \times 10^{-3}$	6.4	931	0.13	0.017	1.85	224
									合計	2219

注記\*1：保守的に各壁の最大応答せん断ひずみが同時に許容限界となることを想定し、評価する。

\*2：設計気密度の差圧条件とする。

\*3：気密バウンダリを構成する壁の総面積を用いる。

### 3.3 総漏えい量と非常用ガス処理設備放出流量の比較

原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）の総漏えい量と空気流入率を表3-2に示す。

表3-2 総漏えい量と空気流入率の比較

総漏えい量 (m <sup>3</sup> /min)	非常用ガス処理設備放出流量 (m <sup>3</sup> /min)
2.3	73.3*

注記\*：非常用ガス処理系排風機流量とする。

### 3.4 検討結果

原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）について総漏えい量は非常用ガス処理設備放出流量以下となっていることを確認した。

よって、原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）は、耐震壁の許容限界をせん断ひずみ $2.0 \times 10^{-3}$ とした場合において、換気設備とあいまって機能を維持できる気密性を有している。

## 4. まとめ

原子炉建物原子炉棟（二次格納施設）は、耐震壁の許容限界としてせん断ひずみ $2.0 \times 10^{-3}$ を適用した場合において、原子炉格納容器から漏えいした空気を非常用ガス処理設備で処理できる気密性を有していることを確認した。

以上より、原子炉建物の地震応答解析による評価において、換気設備とあいまって気密性を維持するために設定する許容限界として、せん断ひずみ $2.0 \times 10^{-3}$ を用いることの適用性を確認した。