

福島第一原子力発電所

福島第二原子力発電所

平成 23 年東北地方太平洋沖地震の観測記録を用いた
タービン建屋及び耐震安全上重要な機器・配管系の
地震応答解析結果に関する報告書

平成 23 年 8 月 17 日

東京電力株式会社

目次

1. はじめに
2. 影響評価の基本方針
3. タービン建屋の影響評価
 3. 1 福島第一原子力発電所 1号機タービン建屋
 3. 2 福島第一原子力発電所 2号機タービン建屋
 3. 3 福島第一原子力発電所 3号機タービン建屋
 3. 4 福島第一原子力発電所 4号機タービン建屋
 3. 5 福島第一原子力発電所 5号機タービン建屋
 3. 6 福島第一原子力発電所 6号機タービン建屋
 3. 7 福島第二原子力発電所 1号機タービン建屋
 3. 8 福島第二原子力発電所 2号機タービン建屋
 3. 9 福島第二原子力発電所 3号機タービン建屋
 3. 10 福島第二原子力発電所 4号機タービン建屋
4. タービン建屋に設置される耐震安全上重要な機器・配管系の影響評価
 4. 1 影響評価方針
 4. 2 影響評価方法
 4. 3 影響評価結果
5. まとめ

1. はじめに

本報告書は、「平成 23 年東北地方太平洋沖地震における福島第一原子力発電所及び福島第二原子力発電所の地震観測記録の分析結果を踏まえた対応について（指示）」（平成 23・05・16 原院第 6 号 平成 23 年 5 月 18 日）を受け、実施した福島第一原子力発電所 1 号機、2 号機、3 号機、4 号機、5 号機及び 6 号機のタービン建屋（全 6 建屋）、並びに福島第二原子力発電所 1 号機、2 号機、3 号機及び 4 号機のタービン建屋（全 4 建屋）の地震応答解析結果並びにタービン建屋に付随した耐震安全上重要な機器・配管系の耐震性検討結果についてとりまとめたものである。

2. 影響評価の基本方針

本検討では、東北地方太平洋沖地震の観測記録に基づいたタービン建屋の地震応答解析を用いて解析的検討を行い、東北地方太平洋沖地震がタービン建屋並びに耐震安全上重要な機器・配管系へ与えた影響を評価する。

タービン建屋では、建屋内の一部に耐震安全上重要な機器・配管系が設置されていることから、その部位を機能維持部位として影響評価を行うこととし、観測記録に基づいた地震応答解析結果について、最大応答加速度分布及び機能維持部位のせん断スケルトン曲線上の最大応答値を示すこととする。

3. タービン建屋の影響評価

3. 1 福島第一原子力発電所 1号機タービン建屋

3. 1. 1 タービン建屋の概要

福島第一原子力発電所1号機タービン建屋は、地上3階、地下1階建ての鉄筋コンクリート造を主体とした建物で、屋根部分が鉄骨造（トラス構造）となっている。タービン建屋の概略平面図及び概略断面図を図-3.1.1.1と図-3.1.1.2に示す。

タービン建屋は、その主要な平面は、96.76 m^{*1}（南北方向）×46.90 m^{*1}（東西方向）の長方形である。基礎版底面からの高さは33.85 mであり、地上高さは25.75 mである。また、タービン建屋は隣接する原子炉建屋等と構造的に分離している。

タービン建屋の基礎は、厚さが1.30 mのべた基礎で、支持地盤である新第三紀層の泥岩盤上（一部、人工岩を介して）に設置されている。

タービン建屋の中央部には、建屋とは独立して基礎版から立ち上がっている蒸気タービン架台があり、高圧・低圧タービン、復水器及び発電機等が配置されている。

タービン建屋には、耐震安全上重要な機器・配管系として、非常用ディーゼル発電機及びその関連設備、補機冷却海水系配管、格納容器冷却海水系配管（地下1階から地上1階）、格納容器冷却系配管（地下1階）が設置されており、これらの機器が設置された床を支持する耐震壁等の構造要素を機能維持部位として、影響評価を行う。

*1：建屋寸法は壁外面押えとする。

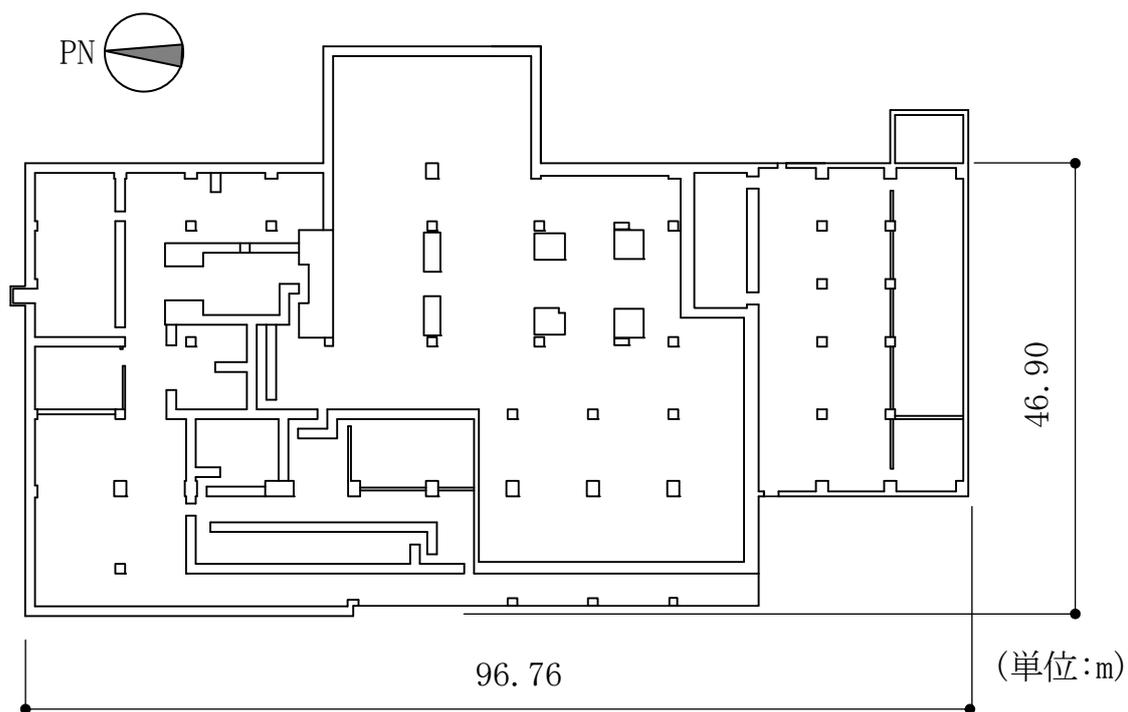


図-3.1.1.1 1号機タービン建屋の概略平面図

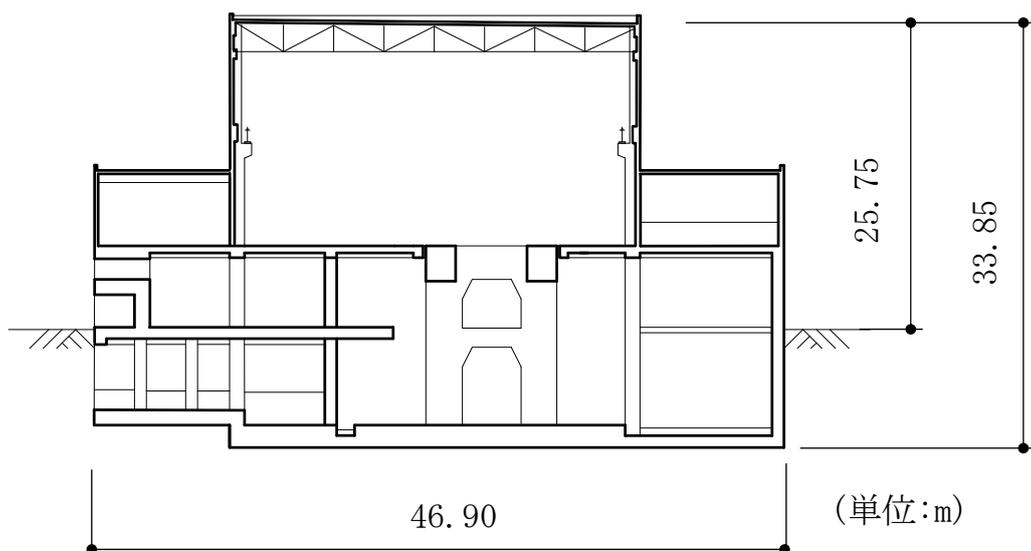


図-3.1.1.2 1号機タービン建屋の概略断面図（東西方向）

3. 1. 2 地震応答解析の方針

1号機タービン建屋の地震応答解析は、建屋内の観測記録が取得されていないことから、1号機原子炉建屋の基礎版上における地震観測記録を用いて実施する。

このタービン建屋の地震応答解析に用いる入力地震動は、図-3.1.2.1に示すように、1号機原子炉建屋の基礎版上での観測記録波から原子炉建屋の解析モデルの伝達関数を用いて基礎下端における入力地震動①を算出し、それをタービン建屋の地盤モデルの同一レベル位置に定義し、地盤の応答解析を実施してタービン建屋の入力地震動②を求める手順で行う。

以上の考え方より求めたタービン建屋の基礎下端レベルにおける入力地震動を図-3.1.2.2に示す。

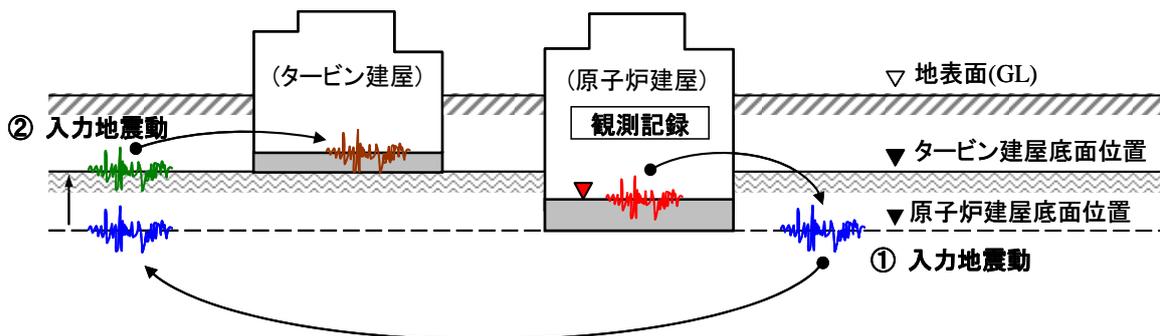
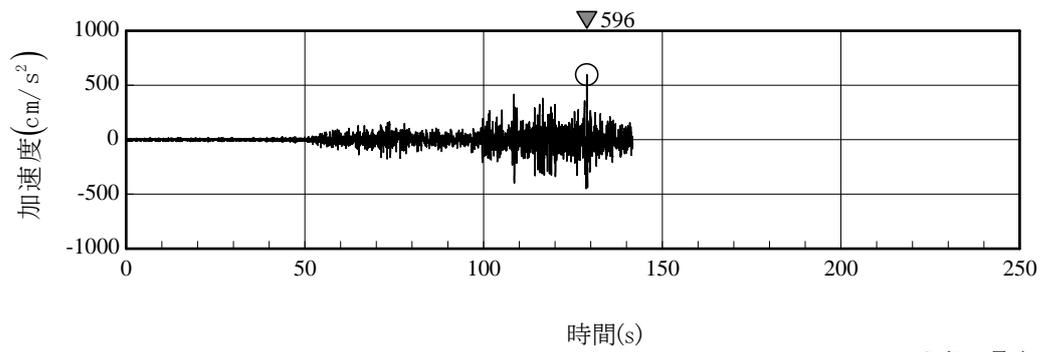


図-3.1.2.1 1号機タービン建屋の地震応答解析に用いる
入力地震動の考え方

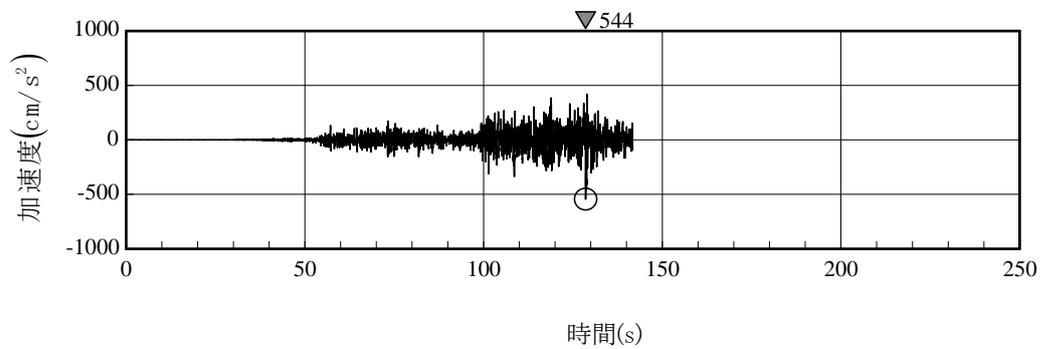
なお、1号機タービン建屋の場合、弾性応答解析の結果、一部の耐震要素に生じるせん断応力がせん断スケルトン曲線上の第一折れ点の応力状態よりも大きくなることから、弾塑性応答解析を実施している。

また、地震応答解析結果については、最大応答加速度分布及び機能維持部位のせん断スケルトン曲線上の最大応答値を示すこととする。



○印は最大値を示す

(a) 南北方向



○印は最大値を示す

(b) 東西方向

図-3.1.2.2 1号機タービン建屋の入力地震動の加速度時刻歴波形

3. 1. 3 地震応答解析モデル

(1) 地震応答解析モデル

1号機タービン建屋の地震応答解析モデルは、地盤との相互作用を考慮し、曲げ及びせん断剛性を考慮した質点系モデルとする。モデル化は、南北方向、東西方向それぞれについて行う。地震応答解析モデルを図-3.1.3.1に示す。

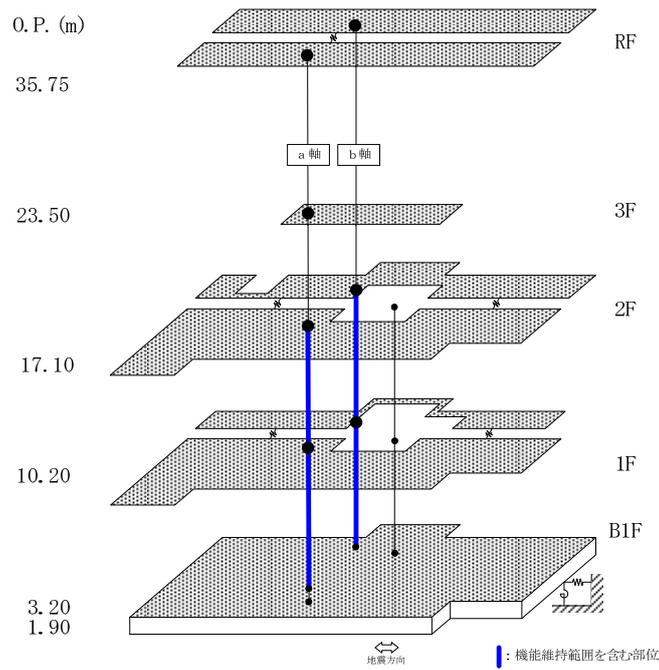
地盤は、水平成層地盤モデルとし、基礎底面地盤ばねについては「原子力発電所耐震設計技術指針 追補版 JEAG4601-1991」（以下、「JEAG4601-1991」という）により、成層補正を行ったのち、振動アドミッタンス理論に基づいてスウェイ及びロッキングばねを算定し、近似法により評価する。

建屋の復元力特性は、建屋の方向別に、層を単位とした水平断面形状より「JEAG4601-1991」に基づいて設定する。

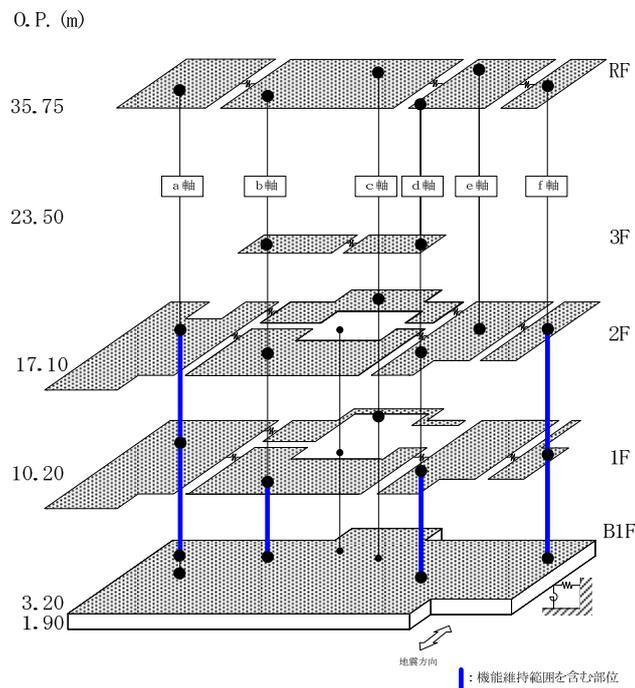
水平方向の地震応答解析は、上記復元力特性を用いた弾塑性応答解析とする。

(2) 解析に用いる地盤定数

解析に用いる地盤定数は、地震時のせん断ひずみレベルを考慮して、表-3.1.3.1に示すとおり設定している。



(南北方向)



(東西方向)

図-3.1.3.1 1号機タービン建屋の地震応答解析モデル

表-3.1.3.1 解析に用いる地盤定数

標高 (m) O.P.	地質	せん断波 速度 V_s (m/s)	単位体積 重量 γ (kN/m ³)	ポアソン 比 ν	初期せん断 弾性係数 G_0 ($\times 10^5$ kN/m ²)	剛性 低下率 G/G_0	減衰 定数 h (%)
10.0	砂岩	380	17.8	0.473	2.62	0.84	3
1.9		450	16.5	0.464	3.41	0.81	3
-10.0	泥岩	500	17.1	0.455	4.36	0.81	3
-80.0		560	17.6	0.446	5.63	0.81	3
-108.0		600	17.8	0.442	6.53	0.81	3
-196.0		(解放基盤)	700	18.5	0.421	9.24	1.00

3. 1. 4 影響評価結果

1号機タービン建屋の地震応答解析により求められた最大応答加速度分布を図-3.1.4.1に、機能維持部位のせん断ひずみ一覧を表-3.1.4.1に示す。また、そのときのせん断スケルトン曲線上の最大応答値を図-3.1.4.2に示す。

機能維持部位のせん断ひずみは、最大で 0.11×10^{-3} (南北方向、地上1階)であり、第一折れ点以下の応力・変形状態となっている。

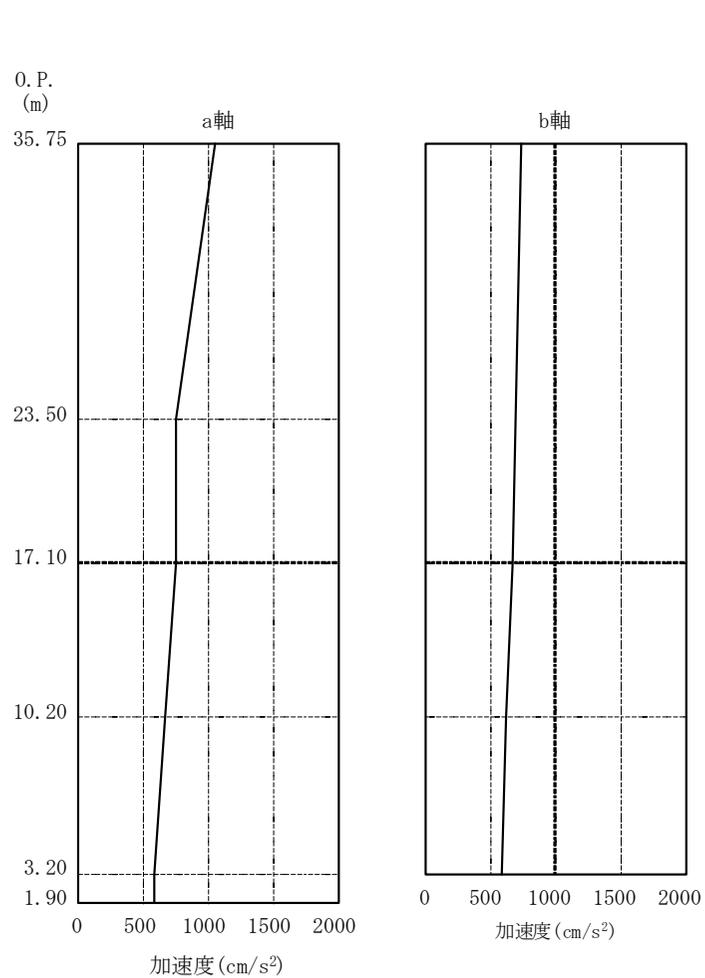
また、「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」の改訂に伴う耐震安全性評価に用いている耐震壁の最大せん断ひずみの評価基準値(2.0×10^{-3})に対しても十分な余裕を有している。

以上のことから、地震時のタービン建屋は要求される安全機能を保持できる状態にあったと推定される。

表-3.1.4.1 機能維持部位のせん断ひずみ一覧

($\times 10^{-3}$)

階	南北方向		東西方向	
	位置	せん断ひずみ	位置	せん断ひずみ
1F	a軸	0.11	a軸	0.10
	b軸	0.07	f軸	0.08
B1F	a軸	0.08	a軸	0.09
	b軸	0.08	b軸	0.09
			d軸	0.07
			f軸	0.08



(cm/s ²)	
a軸	b軸
シミュレーション解析	シミュレーション解析
1054	740
755	
742	680
660	627
583	583
588	

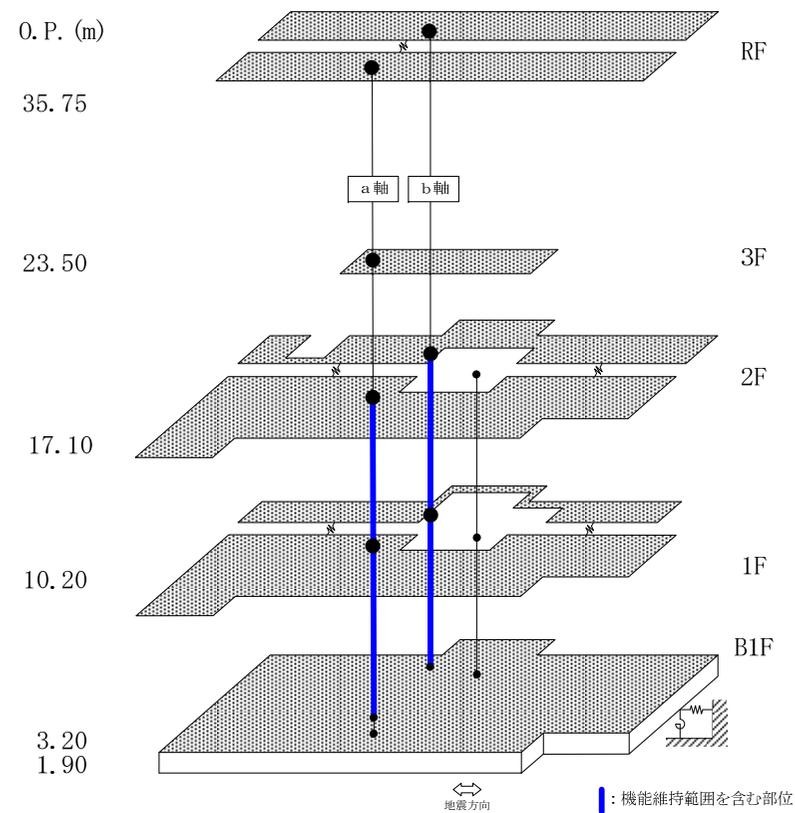


図-3.1.4.1(1) 最大応答加速度 (南北方向)

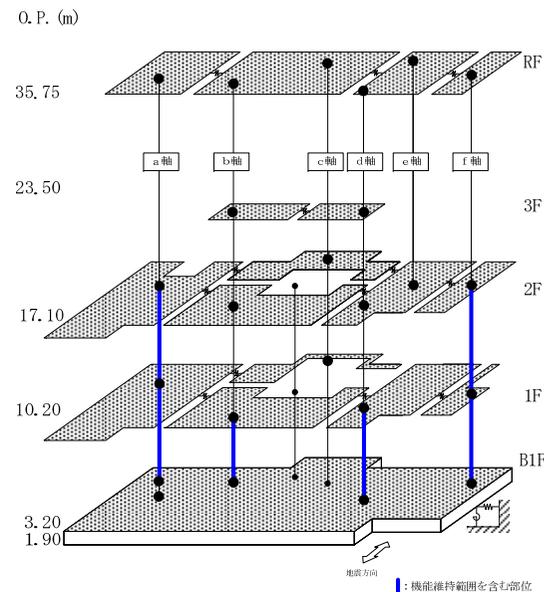
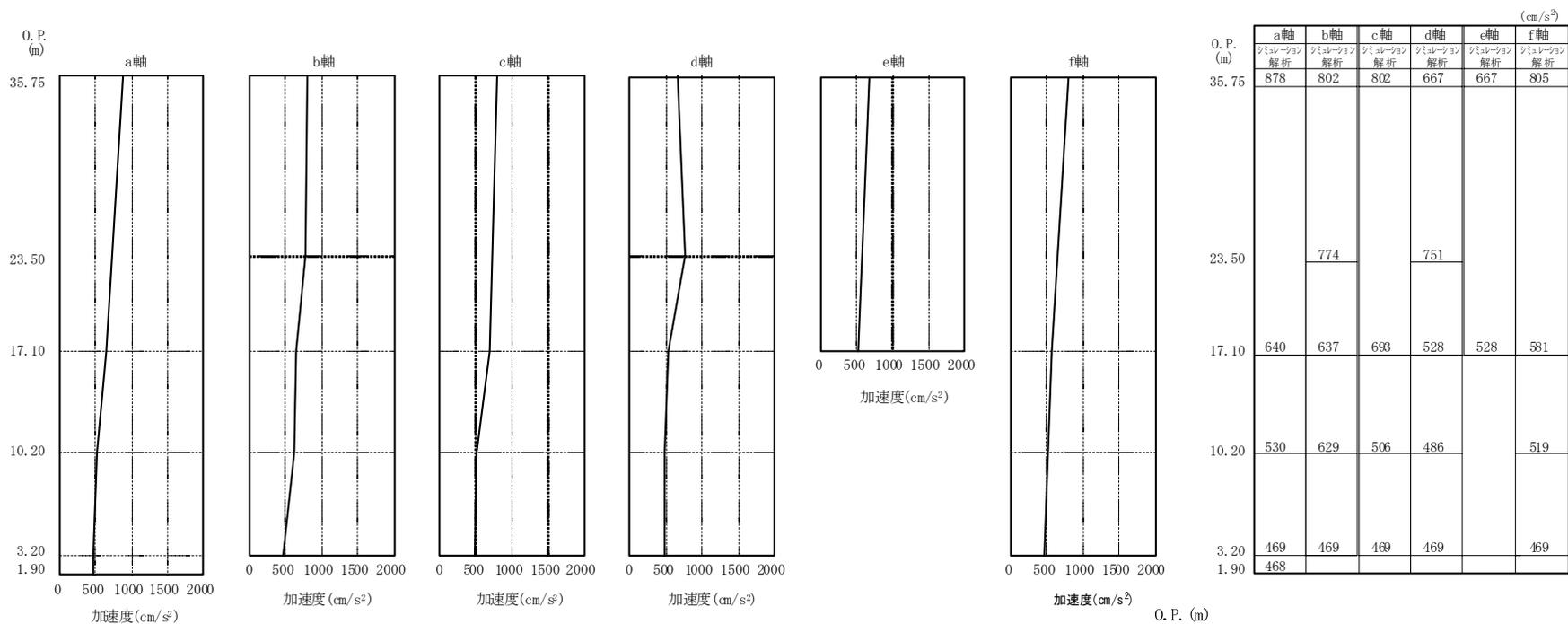
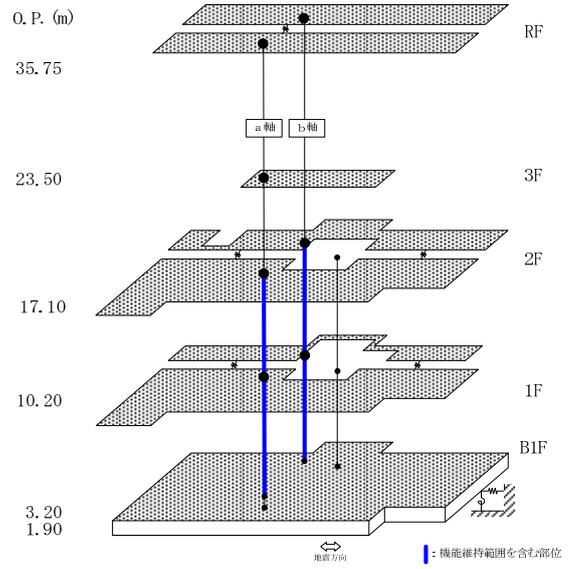
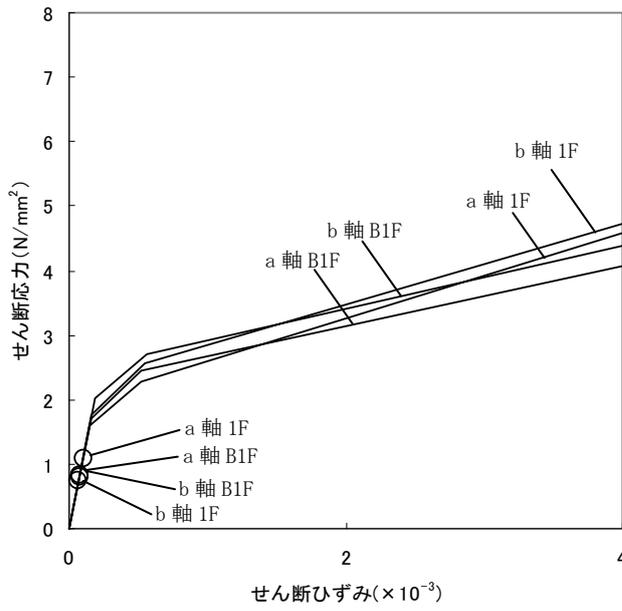
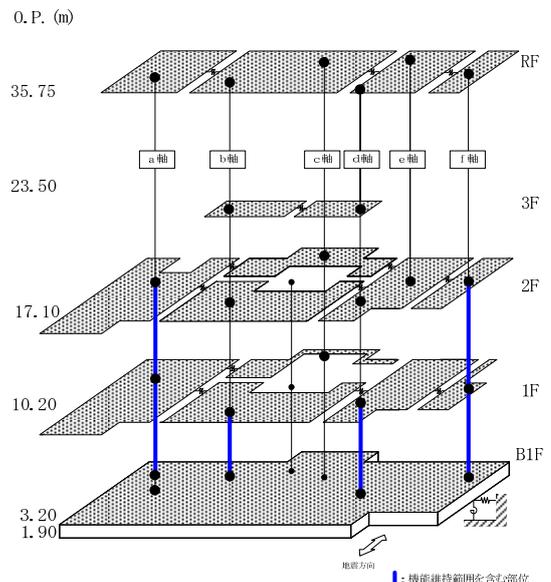
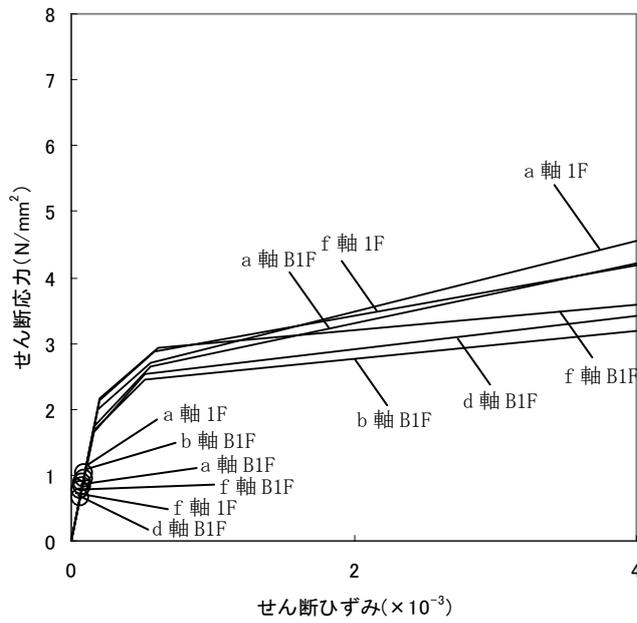


図-3.1.4.1(2) 最大応答加速度 (東西方向)



(南北方向)



(東西方向)

図-3.1.4.2 機能維持部位のせん断スケルトン曲線上の最大応答値

3. 2 福島第一原子力発電所 2号機タービン建屋

3. 2. 1 タービン建屋の概要

福島第一原子力発電所2号機タービン建屋は、地上3階、地下1階建ての鉄筋コンクリート造を主体とした建物で、屋根部分が鉄骨造（トラス構造）となっている。タービン建屋の概略平面図及び概略断面図を図-3.2.1.1と図-3.2.1.2に示す。

タービン建屋は、その主要な平面は、104.95 m^{*1}（南北方向）× 67.60 m^{*1}（東西方向）の長方形である。基礎版底面からの高さは37.35 mであり、地上高さは25.75 mである。また、タービン建屋は隣接する原子炉建屋等と構造的に分離している。

タービン建屋の基礎は、厚さが1.30 mのべた基礎で、支持地盤である新第三紀層の泥岩盤上（一部、人工岩を介して）に設置されている。

タービン建屋の中央部には、建屋とは独立して基礎版から立ち上がっている蒸気タービン架台があり、高圧・低圧タービン、復水器及び発電機等が配置されている。

タービン建屋には、耐震安全上重要な機器・配管系として、非常用ディーゼル発電機及びその関連設備、補機冷却海水系配管（地下1階から地上1階）、残留熱除去海水系配管、補給水系配管（地下1階）が設置されており、これらの機器が設置された床を支持する耐震壁等の構造要素を機能維持部位として、影響評価を行う。

*1：建屋寸法は壁外面押えとする。

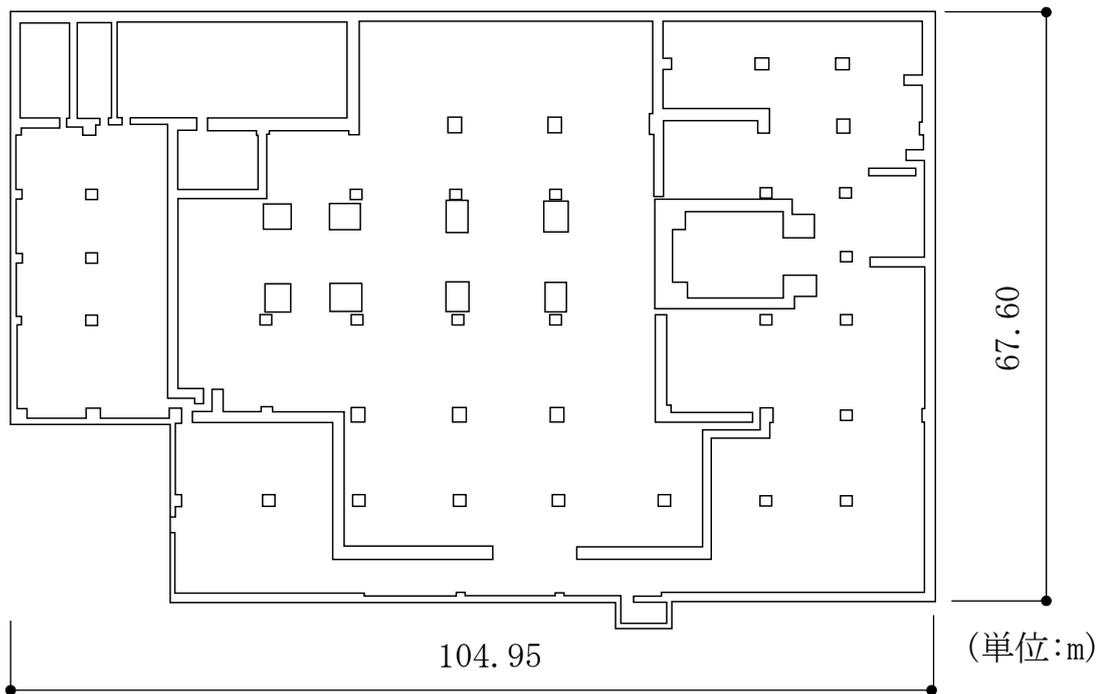


図-3.2.1.1 2号機タービン建屋の概略平面図

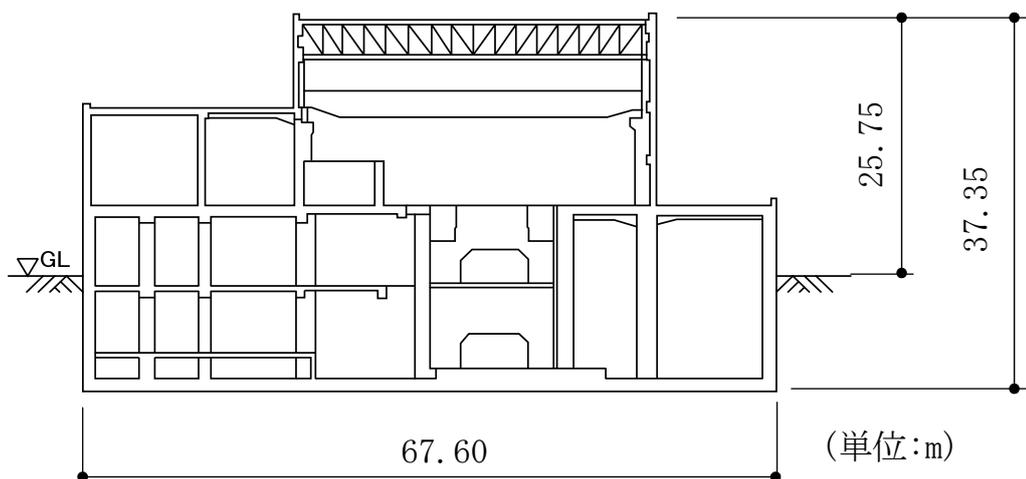


図-3.2.1.2 2号機タービン建屋の概略断面図（東西方向）

3. 2. 2 地震応答解析の方針

2号機タービン建屋の地震応答解析は、建屋内の観測記録が取得されていないことから、2号機原子炉建屋の基礎版上における地震観測記録を用いて実施する。

このタービン建屋の地震応答解析に用いる入力地震動は、図-3.2.2.1に示すように、2号機原子炉建屋の基礎版上での観測記録波から原子炉建屋の解析モデルの伝達関数を用いて基礎下端における入力地震動①を算出し、それをタービン建屋の地盤モデルの同一レベル位置に定義し、地盤の応答解析を実施してタービン建屋の入力地震動②を求める手順で行う。

以上の考え方より求めたタービン建屋の基礎下端レベルにおける入力地震動を図-3.2.2.2に示す。

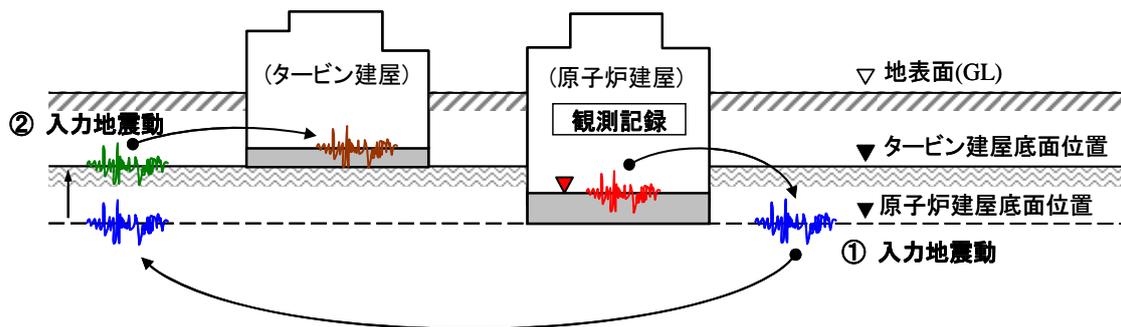
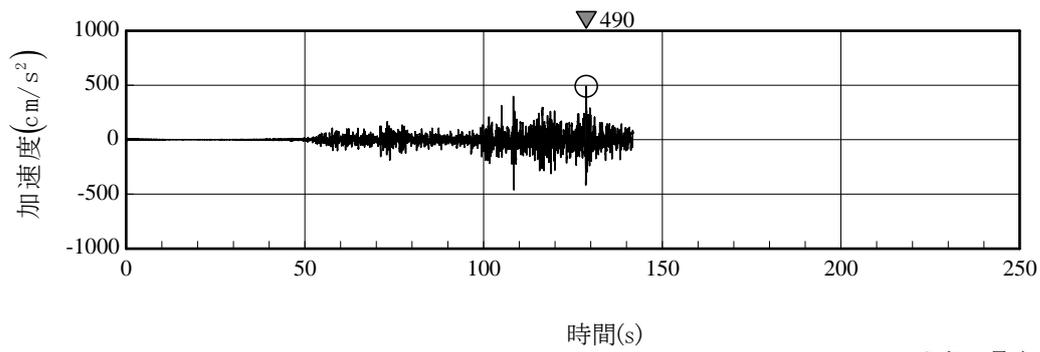


図-3.2.2.1 2号機タービン建屋の地震応答解析に用いる
入力地震動の考え方

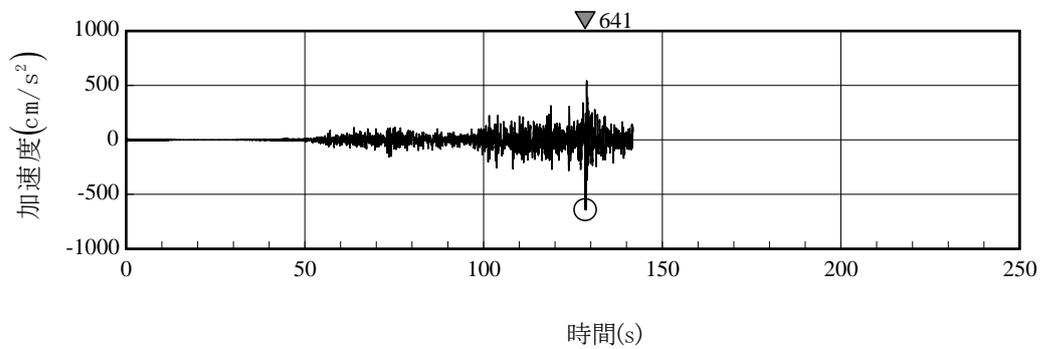
なお、2号機タービン建屋の場合、弾性応答解析の結果、一部の耐震要素に生じるせん断応力がせん断スケルトン曲線上の第一折れ点の応力状態よりも大きくなることから、弾塑性応答解析を実施している。

また、地震応答解析結果については、最大応答加速度分布及び機能維持部位のせん断スケルトン曲線上の最大応答値を示すこととする。



○印は最大値を示す

(a) 南北方向



○印は最大値を示す

(b) 東西方向

図-3.2.2.2 2号機タービン建屋の入力地震動の加速度時刻歴波形

3. 2. 3 地震応答解析モデル

(1) 地震応答解析モデル

2号機タービン建屋の地震応答解析モデルは、地盤との相互作用を考慮し、曲げ及びせん断剛性を考慮した質点系モデルとする。モデル化は、南北方向、東西方向それぞれについて行う。地震応答解析モデルを図-3.2.3.1に示す。

地盤は、水平成層地盤モデルとし、基礎底面地盤ばねについては「JEAG4601-1991」により、成層補正を行ったのち、振動アドミッタンス理論に基づいてスウェイ及びロッキングばねを算定し、近似法により評価する。

建屋の復元力特性は、建屋の方向別に、層を単位とした水平断面形状より「JEAG4601-1991」に基づいて設定する。

水平方向の地震応答解析は、上記復元力特性を用いた弾塑性応答解析とする。

(2) 解析に用いる地盤定数

解析に用いる地盤定数は、地震時のせん断ひずみレベルを考慮して、表-3.2.3.1に示すとおり設定している。

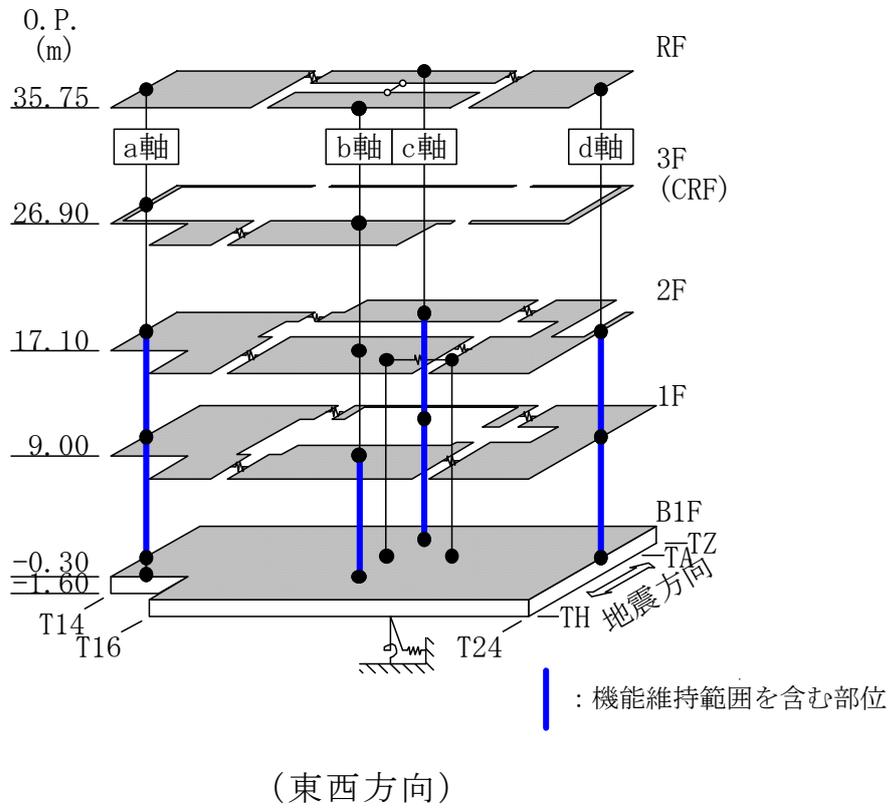
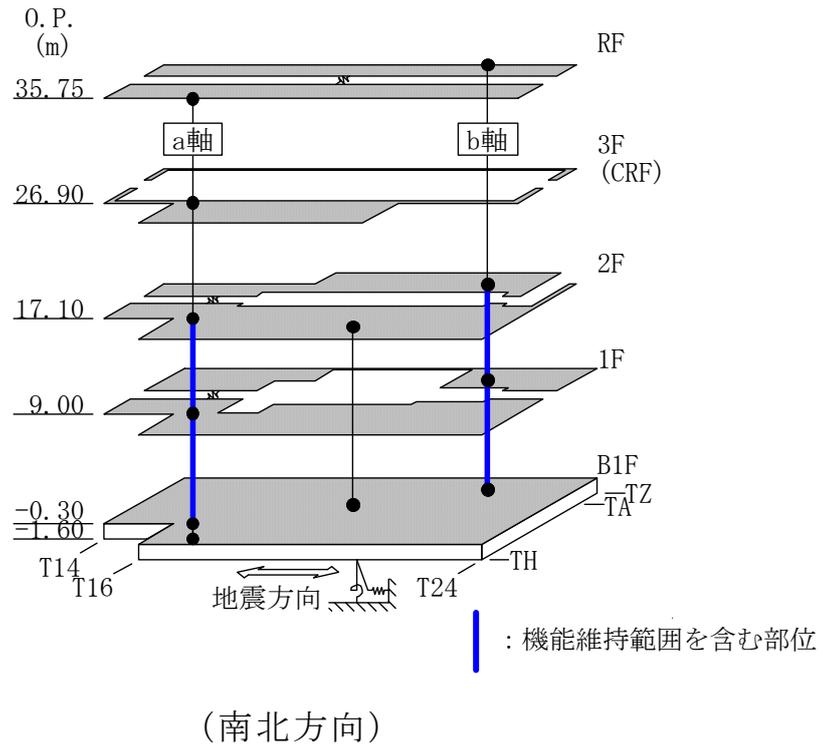


図-3.2.3.1 2号機タービン建屋の地震応答解析モデル

表-3.2.3.1 解析に用いる地盤定数

標高 (m) O.P.	地質	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 γ (kN/m ³)	ポアソン 比 ν	初期せん断 弾性係数 Go ($\times 10^5$ kN/m ²)	剛性 低下率 G/Go	減衰 定数 h (%)
10.0	砂岩	380	17.8	0.473	2.62	0.84	3
1.9		450	16.5	0.464	3.41	0.81	3
-10.0	泥岩	500	17.1	0.455	4.36	0.81	3
-80.0		560	17.6	0.446	5.63	0.81	3
-108.0		600	17.8	0.442	6.53	0.81	3
-196.0		(解放基盤)	700	18.5	0.421	9.24	1.00

3. 2. 4 影響評価結果

2号機タービン建屋の地震応答解析により求められた最大応答加速度分布を図-3.2.4.1に、機能維持部位のせん断ひずみ一覧を表-3.2.4.1に示す。また、そのときのせん断スケルトン曲線上の最大応答値を図-3.2.4.2に示す。

機能維持部位のせん断ひずみは、最大で 0.21×10^{-3} (東西方向、地下1階)であり、地下1階(d軸)を除いた機能維持部位は第一折れ点以下の応力・変形状態となっている。

また、「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」の改訂に伴う耐震安全性評価に用いている耐震壁の最大せん断ひずみの評価基準値(2.0×10^{-3})に対しても十分な余裕を有している。

以上のことから、地震時のタービン建屋は要求される安全機能を保持できる状態にあったと推定される。

表-3.2.4.1 機能維持部位のせん断ひずみ一覧

($\times 10^{-3}$)

階	南北方向		東西方向	
	位置	せん断ひずみ	位置	せん断ひずみ
1F	a軸	0.07	a軸	0.10
	b軸	0.07	c軸	0.06
			d軸	0.12
B1F	a軸	0.11	a軸	0.14
	b軸	0.06	b軸	0.12
			c軸	0.11
			d軸	0.21

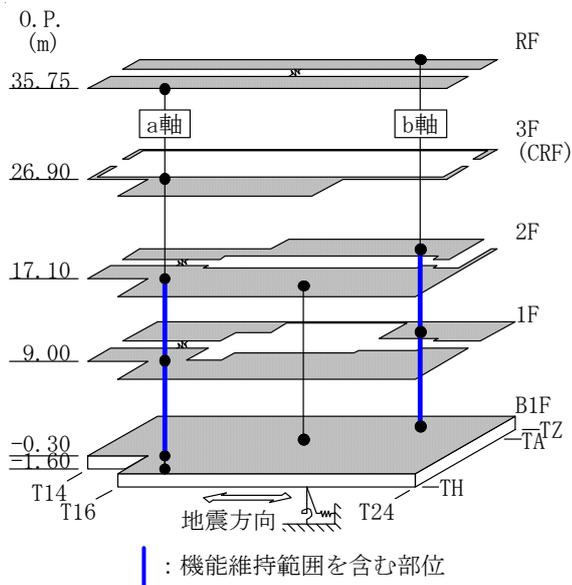
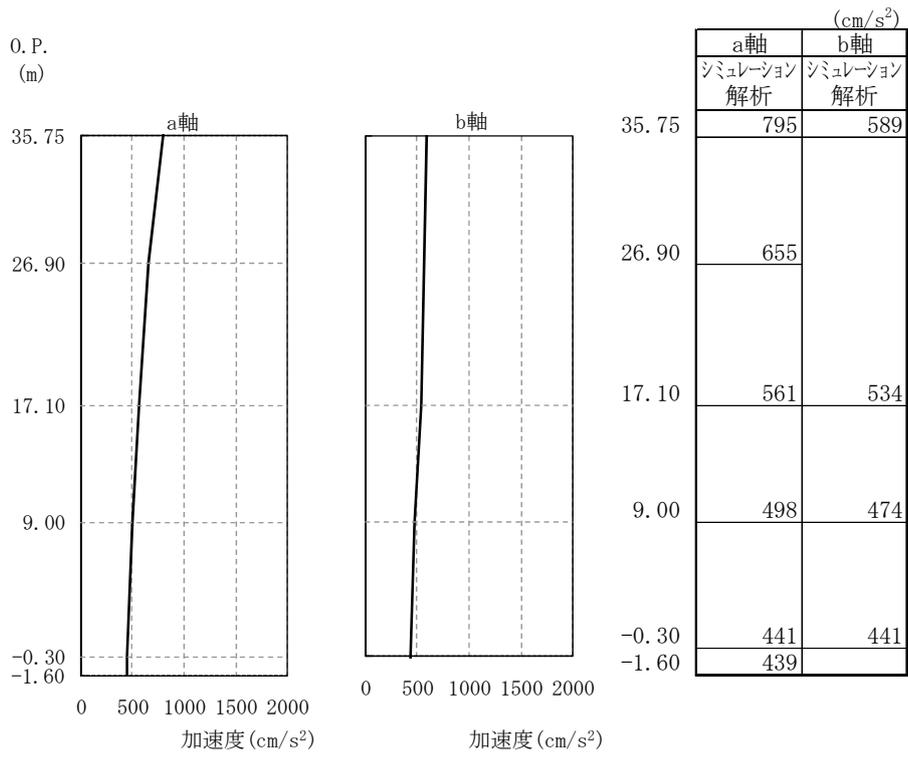
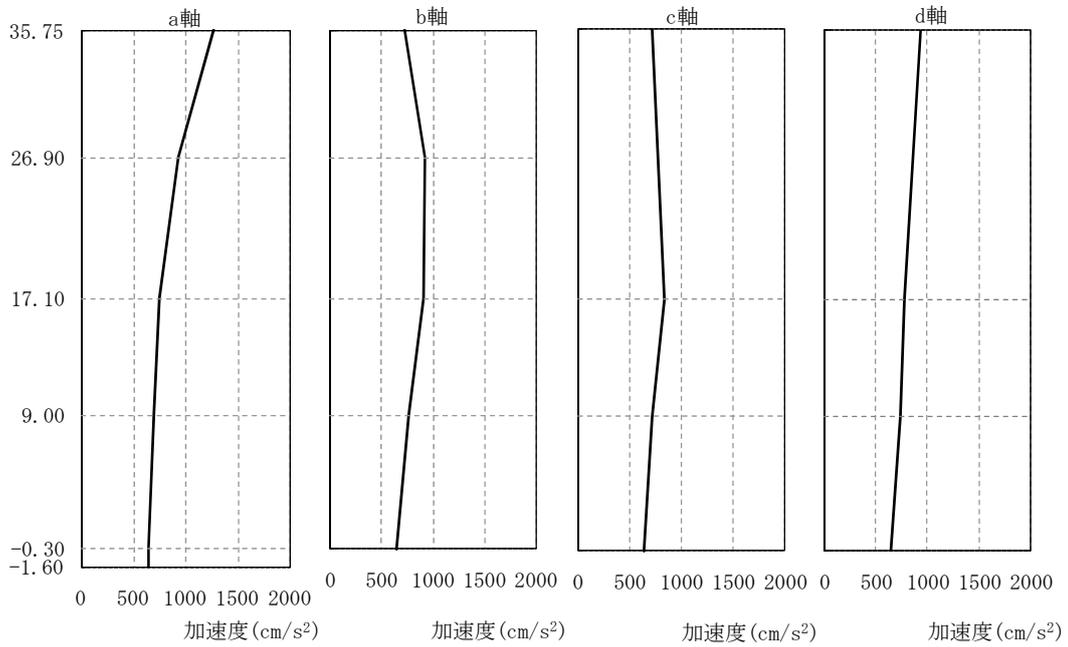


図-3.2.4.1(1) 最大応答加速度（南北方向）

O. P.
(m)



		(cm/s ²)			
		a軸	b軸	c軸	d軸
		シミュレーション 解析	シミュレーション 解析	シミュレーション 解析	シミュレーション 解析
35.75		1272	721	721	926
26.90		936	918		
17.10		752	904	842	776
9.00		699	760	718	736
-0.30		643	643	643	643
-1.60		643			

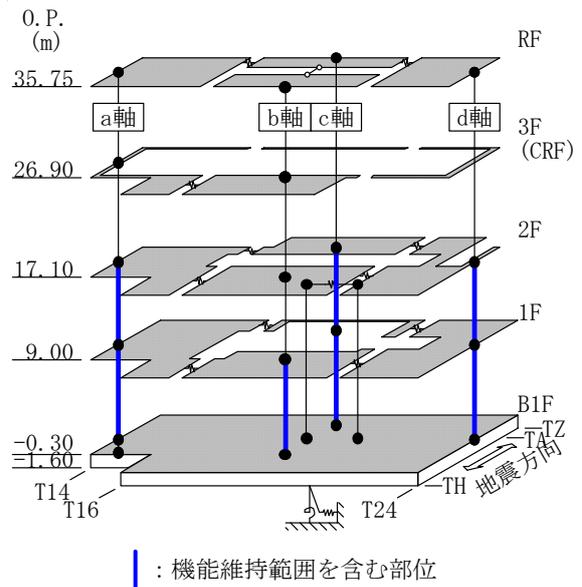
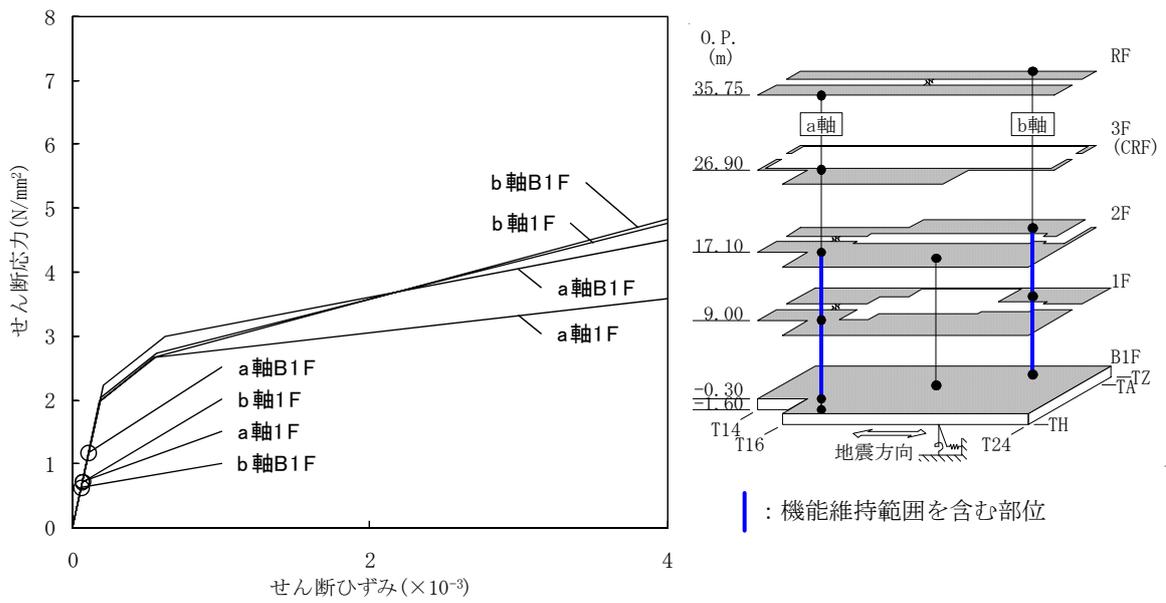
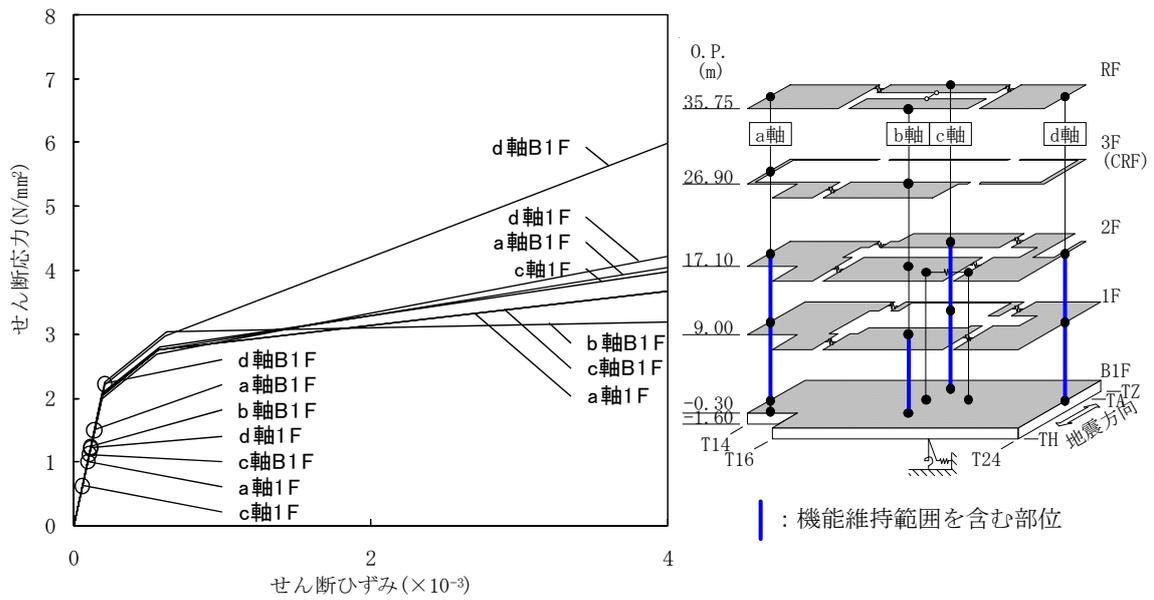


図-3. 2. 4. 1(2) 最大応答加速度 (東西方向)



(南北方向)



(東西方向)

図-3.2.4.2 機能維持部位のせん断スケルトン曲線上の最大応答値

3. 3 福島第一原子力発電所 3号機タービン建屋

3. 3. 1 タービン建屋の概要

福島第一原子力発電所3号機タービン建屋は、地上3階、地下1階建ての鉄筋コンクリート造を主体とした建物で、屋根部分が鉄骨造（トラス構造）となっている。タービン建屋の概略平面図及び概略断面図を図-3.3.1.1と図-3.3.1.2に示す。

タービン建屋は、その主要な平面は、127.15 m^{*1}（南北方向）× 67.60 m^{*1}（東西方向）の長方形である。基礎版底面からの高さは37.35 mであり、地上高さは25.75 mである。また、タービン建屋は隣接する原子炉建屋等と構造的に分離している。

タービン建屋の基礎は、厚さが1.30 mのべた基礎で、支持地盤である新第三紀層の泥岩盤上（一部、人工岩を介して）に設置されている。

タービン建屋の中央部には、建屋とは独立して基礎版から立ち上がっている蒸気タービン架台があり、高圧・低圧タービン、復水器及び発電機等が配置されている。

タービン建屋には、耐震安全上重要な機器・配管系として、非常用ディーゼル発電機及びその関連設備（地下1階）、補機冷却海水系配管、残留熱除去海水系配管、補給水系配管（地下1階から地上1階）、中央制御室空調機（地上2階）が設置されており、これらの機器が設置された床を支持する耐震壁等の構造要素を機能維持部位として、影響評価を行う。

*1：建屋寸法は壁外面押えとする。

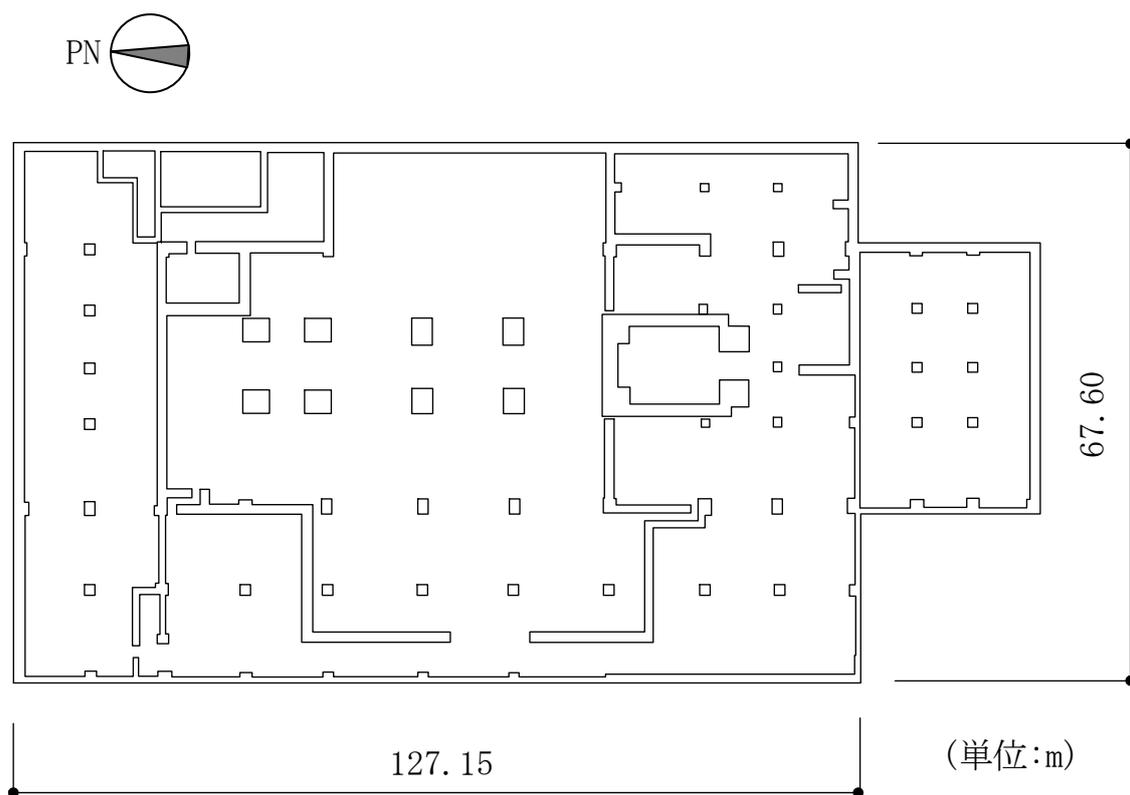


図-3.3.1.1 3号機タービン建屋の概略平面図

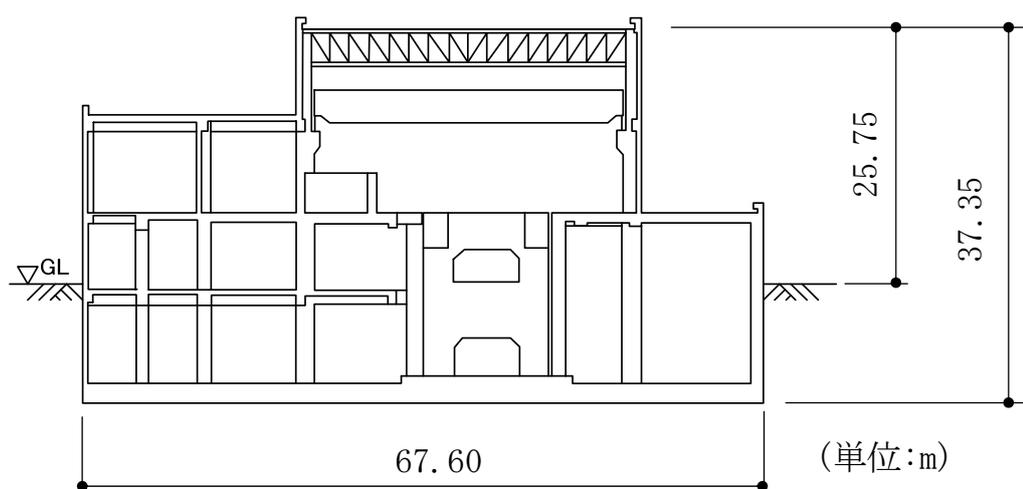


図-3.3.1.2 3号機タービン建屋の概略断面図 (東西断面)

3. 3. 2 地震応答解析の方針

3号機タービン建屋の地震応答解析は、建屋内の観測記録が取得されていないことから、3号機原子炉建屋の基礎版上における地震観測記録を用いて実施する。

このタービン建屋の地震応答解析に用いる入力地震動は、図-3.3.2.1に示すように、3号機原子炉建屋の基礎版上での観測記録波から原子炉建屋の解析モデルの伝達関数を用いて基礎下端における入力地震動①を算出し、それをタービン建屋の地盤モデルの同一レベル位置に定義し、地盤の応答解析を実施してタービン建屋の入力地震動②を求める手順で行う。

以上の考え方より求めたタービン建屋の基礎下端レベルにおける入力地震動を図-3.3.2.2に示す。

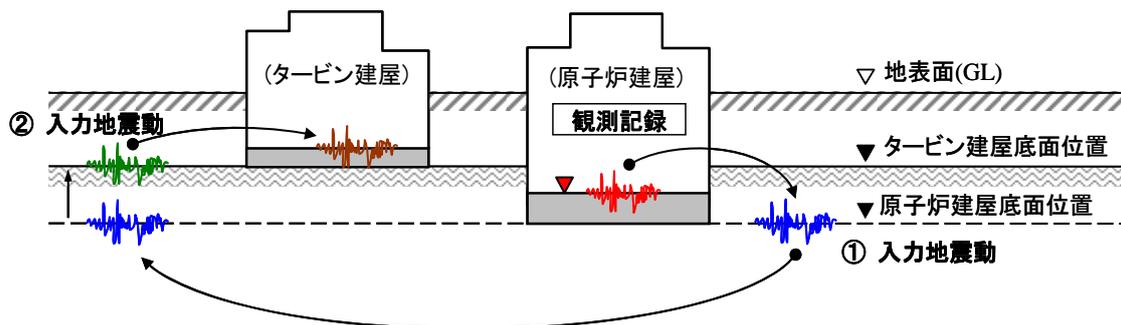
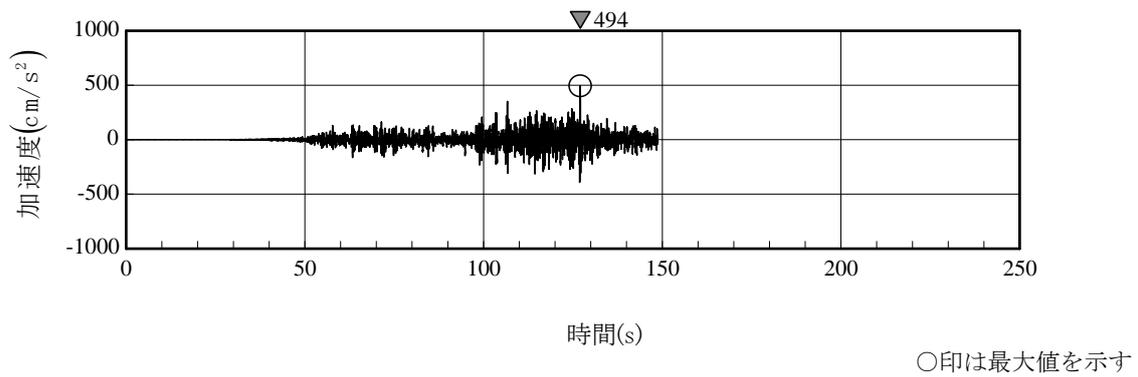


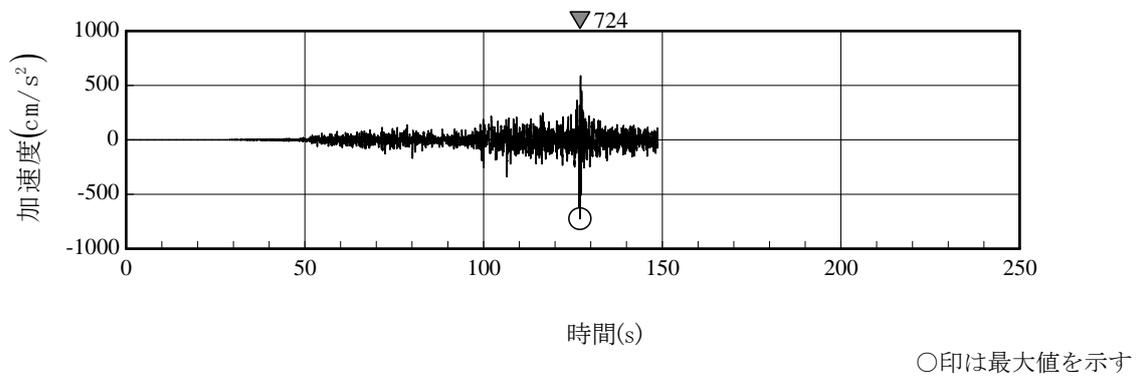
図-3.3.2.1 3号機タービン建屋の地震応答解析に用いる
入力地震動の考え方

なお、3号機タービン建屋の場合、弾性応答解析の結果、一部の耐震要素に生じるせん断応力がせん断スケルトン曲線上の第一折れ点の応力状態よりも大きくなることから、弾塑性応答解析を実施している。

また、地震応答解析結果については、最大応答加速度分布及び機能維持部位のせん断スケルトン曲線上の最大応答値を示すこととする。



(a) 南北方向



(b) 東西方向

図-3.3.2.2 3号機タービン建屋の入力地震動の加速度時刻歴波形

3. 3. 3 地震応答解析モデル

(1) 地震応答解析モデル

3号機タービン建屋の地震応答解析モデルは、地盤との相互作用を考慮し、曲げ及びせん断剛性を考慮した質点系モデルとする。モデル化は、南北方向、東西方向それぞれについて行う。地震応答解析モデルを図-3.3.3.1に示す。

地盤は、水平成層地盤モデルとし、基礎底面地盤ばねについては「JEAG4601-1991」により、成層補正を行ったのち、振動アドミッタンス理論に基づいてスウェイ及びロッキングばねを算定し、近似法により評価する。

建屋の復元力特性は、建屋の方向別に、層を単位とした水平断面形状より「JEAG4601-1991」に基づいて設定する。

水平方向の地震応答解析は、上記復元力特性を用いた弾塑性応答解析とする。

(2) 解析に用いる地盤定数

解析に用いる地盤定数は、地震時のせん断ひずみレベルを考慮して、表-3.3.3.1に示すとおり設定している。

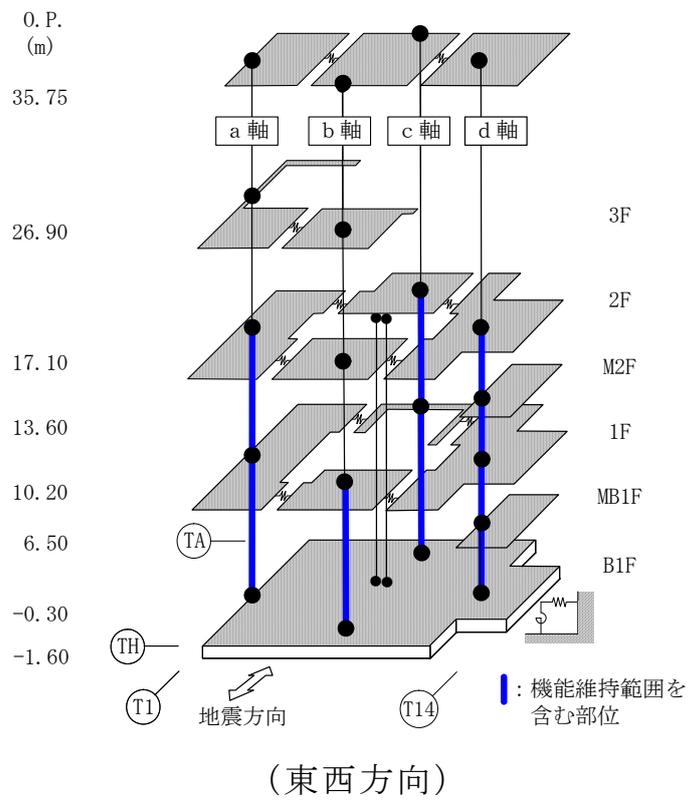
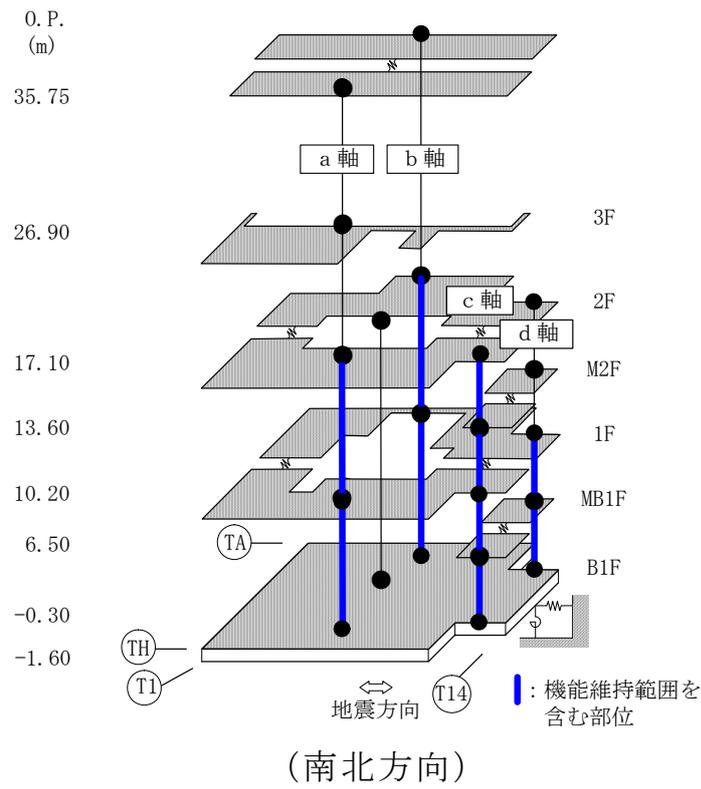


図-3.3.3.1 3号機タービン建屋の地震応答解析モデル

表-3.3.3.1 解析に用いる地盤定数

標高 (m) O.P.	地質	せん断波 速度 V_s (m/s)	単位体積 重量 γ (kN/m ³)	ポアソン 比 ν	初期せん断 弾性係数 G_0 ($\times 10^5$ kN/m ²)	剛性 低下率 G/G_0	減衰 定数 h (%)
10.0	砂岩	380	17.8	0.473	2.62	0.84	3
1.9		450	16.5	0.464	3.41	0.81	3
-10.0	泥岩	500	17.1	0.455	4.36	0.81	3
-80.0		560	17.6	0.446	5.63	0.81	3
-108.0		600	17.8	0.442	6.53	0.81	3
-196.0		(解放基盤)	700	18.5	0.421	9.24	1.00

3. 3. 4 影響評価結果

3号機タービン建屋の地震応答解析により求められた最大応答加速度分布を図-3.3.4.1に、機能維持部位のせん断ひずみ一覧を表-3.3.4.1に示す。また、そのときのせん断スケルトン曲線上の最大応答値を図-3.3.4.2に示す。

機能維持部位のせん断ひずみは、最大で 0.36×10^{-3} (東西方向、地下1階)であり、地下1階(d軸)と中地下1階(d軸)を除いた機能維持部位は第一折れ点以下の応力・変形状態となっている。

また、「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」の改訂に伴う耐震安全性評価に用いている耐震壁の最大せん断ひずみの評価基準値(2.0×10^{-3})に対しても十分な余裕を有している。

以上のことから、地震時のタービン建屋は要求される安全機能を保持できる状態にあったと推定される。

表-3.3.4.1 機能維持部位のせん断ひずみ一覧

($\times 10^{-3}$)

階	南北方向		東西方向	
	位置	せん断ひずみ	位置	せん断ひずみ
M2F	c軸	0.07	d軸	0.10
1F	a軸	0.10	a軸	0.13
	b軸	0.09	c軸	0.07
	c軸	0.12	d軸	0.11
MB1F	c軸	0.10	d軸	0.28
	d軸	0.06		
B1F	a軸	0.13	a軸	0.14
	b軸	0.08	b軸	0.13
	c軸	0.15	c軸	0.12
	d軸	0.09	d軸	0.36

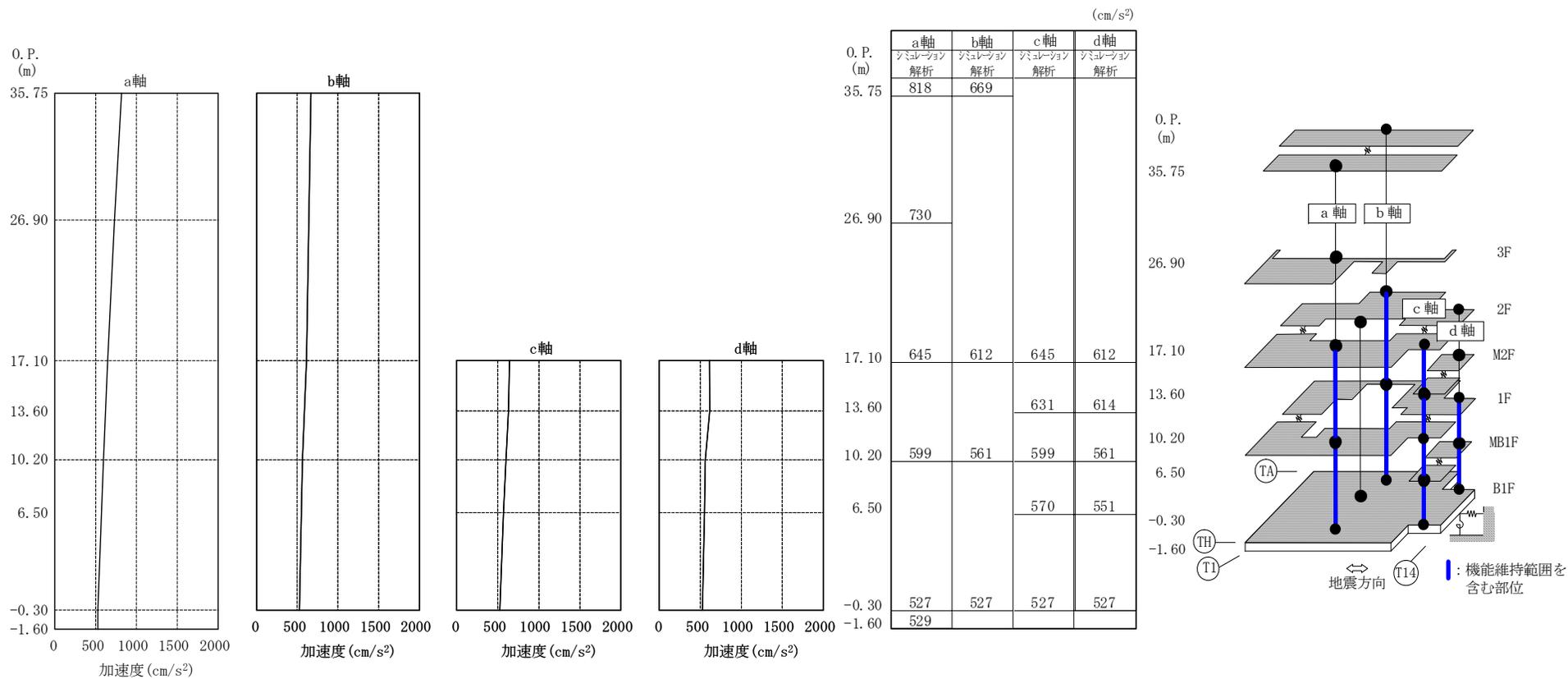


図-3.3.4.1(1) 最大応答加速度（南北方向）

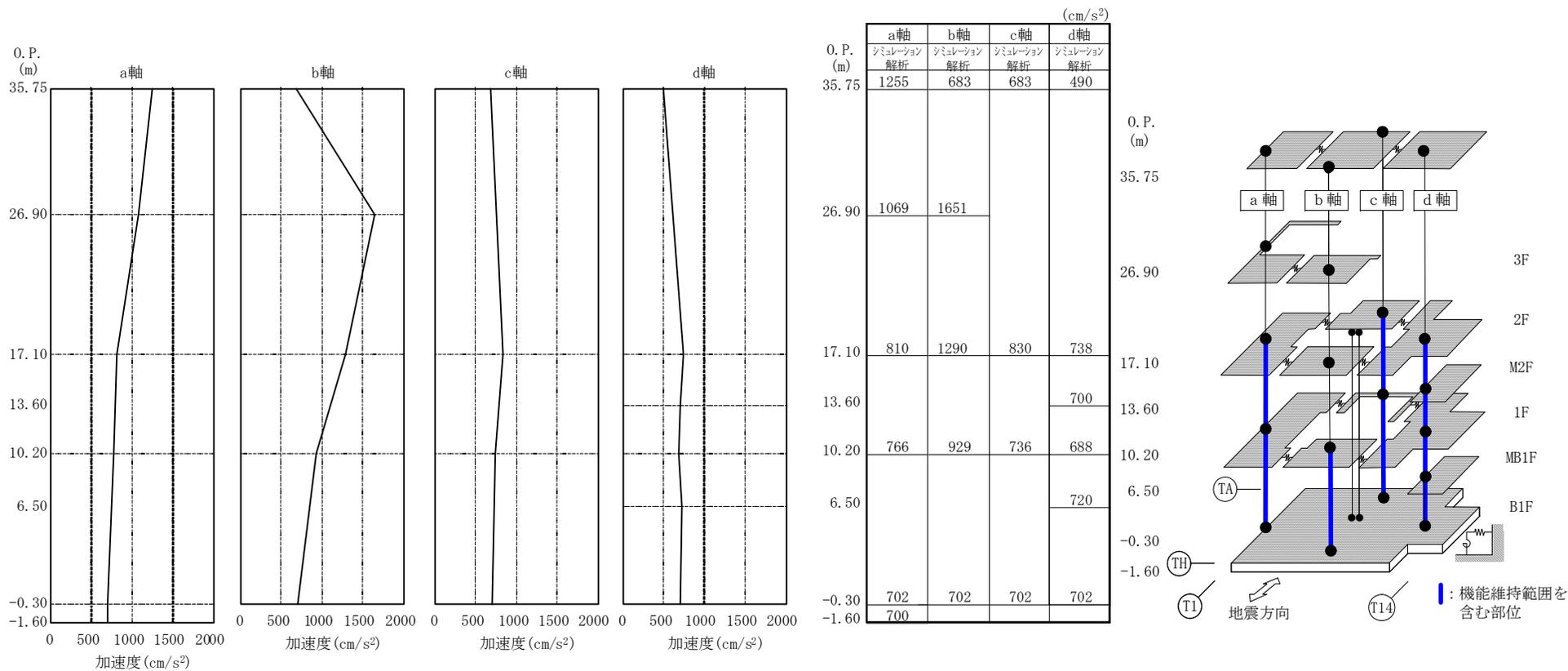
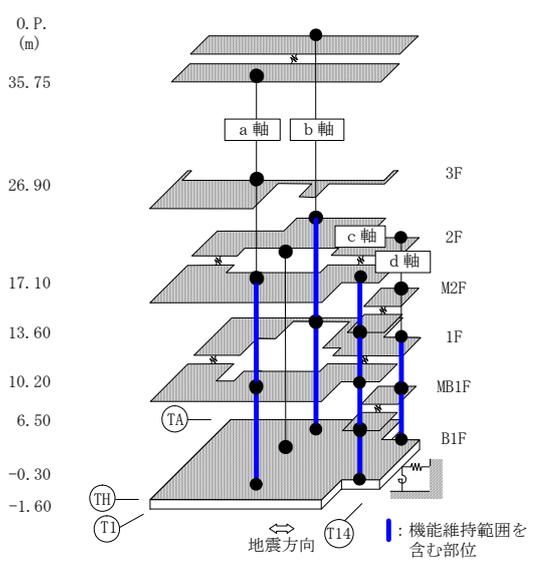
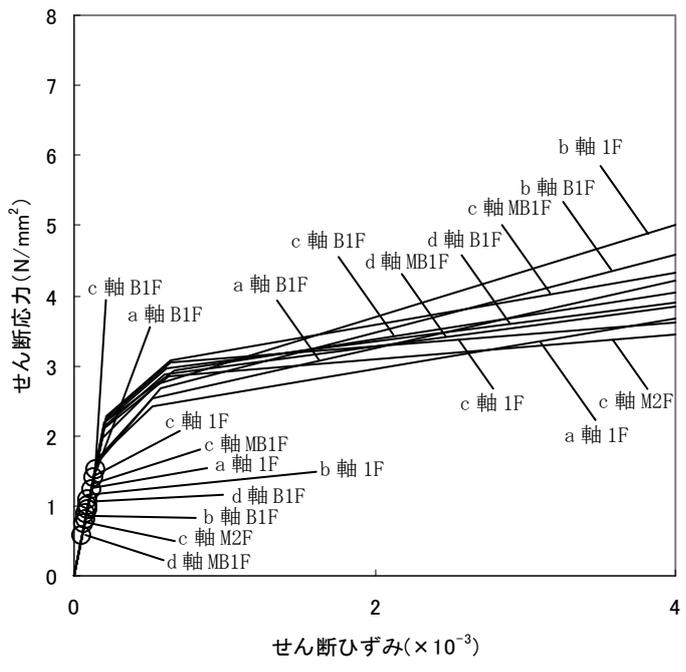
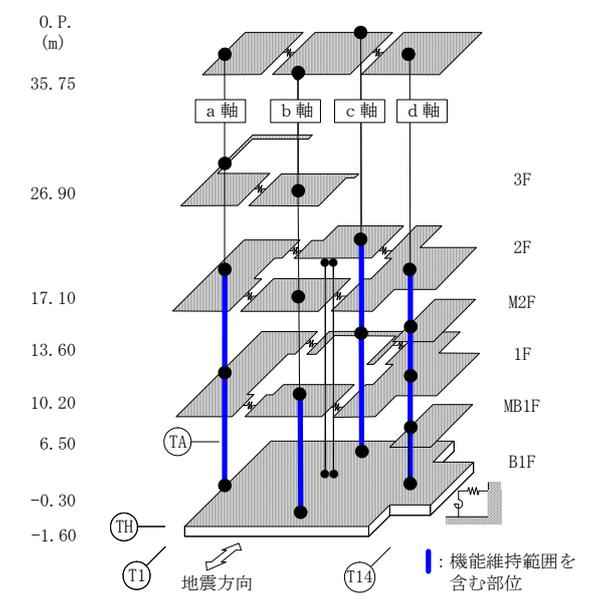
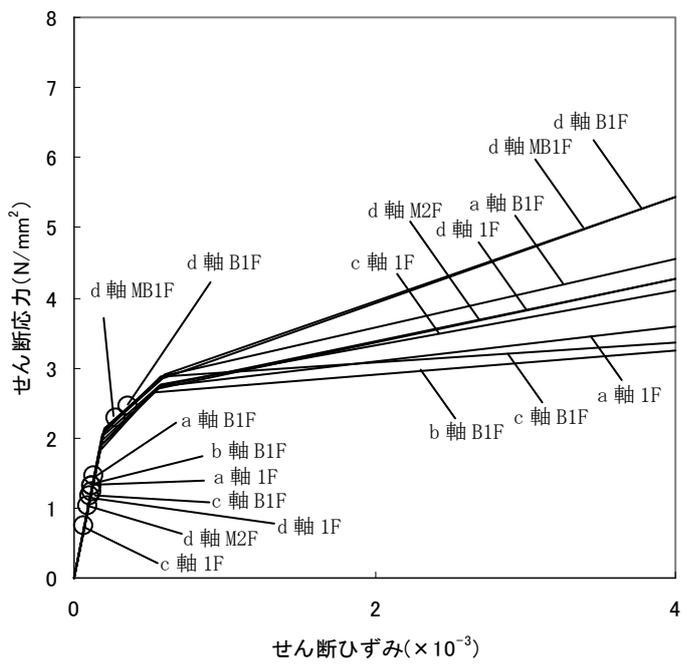


図-3.3.4.1(2) 最大応答加速度（東西方向）



(南北方向)



(東西方向)

図-3.3.4.2 機能維持部位のせん断スケルトン曲線上の最大応答値

3. 4 福島第一原子力発電所 4号機タービン建屋

3. 4. 1 タービン建屋の概要

福島第一原子力発電所4号機タービン建屋は、地上3階、地下1階建ての鉄筋コンクリート造を主体とした建物で、屋根部分が鉄骨造（トラス構造）となっている。タービン建屋の概略平面図及び概略断面図を図-3.4.1.1と図-3.4.1.2に示す。

タービン建屋は、その主要な平面は、105.15 m^{*1}（南北方向）× 67.60 m^{*1}（東西方向）の長方形である。基礎版底面からの高さは37.35 mであり、地上高さは25.75 mである。また、タービン建屋は隣接する原子炉建屋等と構造的に分離している。

タービン建屋の基礎は、厚さが1.30 mのべた基礎で、支持地盤である新第三紀層の泥岩盤上（一部、人工岩を介して）に設置されている。

タービン建屋の中央部には、建屋とは独立して基礎版から立ち上がっている蒸気タービン架台があり、高圧・低圧タービン、復水器及び発電機等が配置されている。

タービン建屋には、耐震安全上重要な機器・配管系として、非常用ディーゼル発電機及びその関連設備（地下1階から地上1階）、補機冷却海水系配管、残留熱除去海水系配管（地下1階）が設置されており、これらの機器が設置された床を支持する耐震壁等の構造要素を機能維持部位として、影響評価を行う。

*1：建屋寸法は壁外面押えとする。

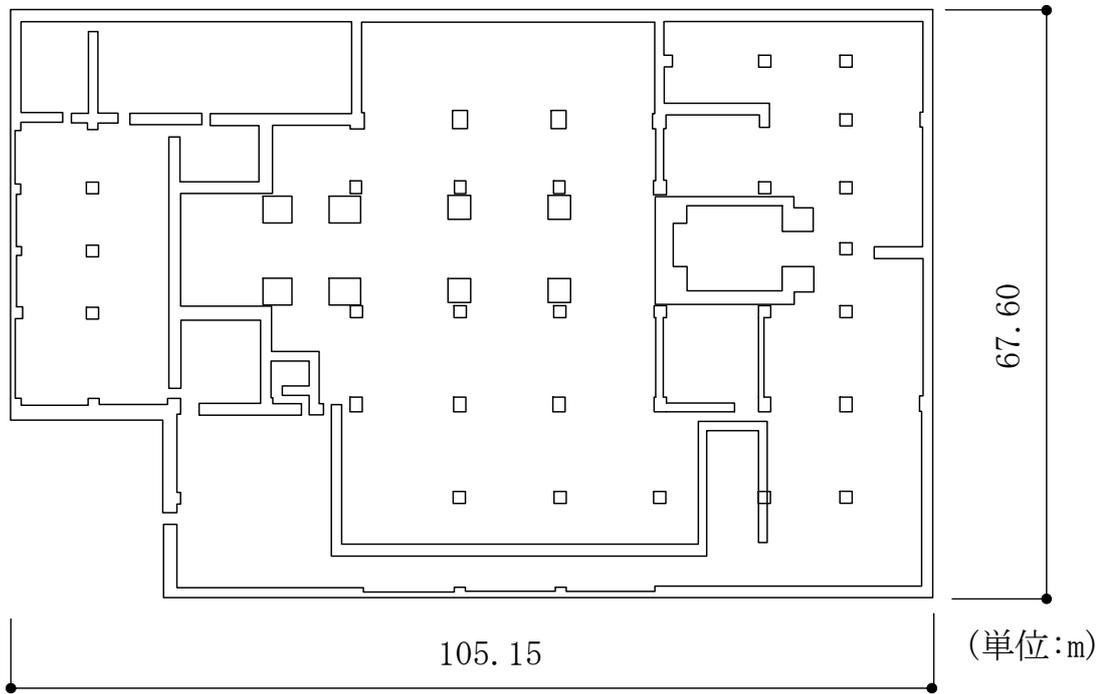


図-3.4.1.1 4号機タービン建屋の概略平面図

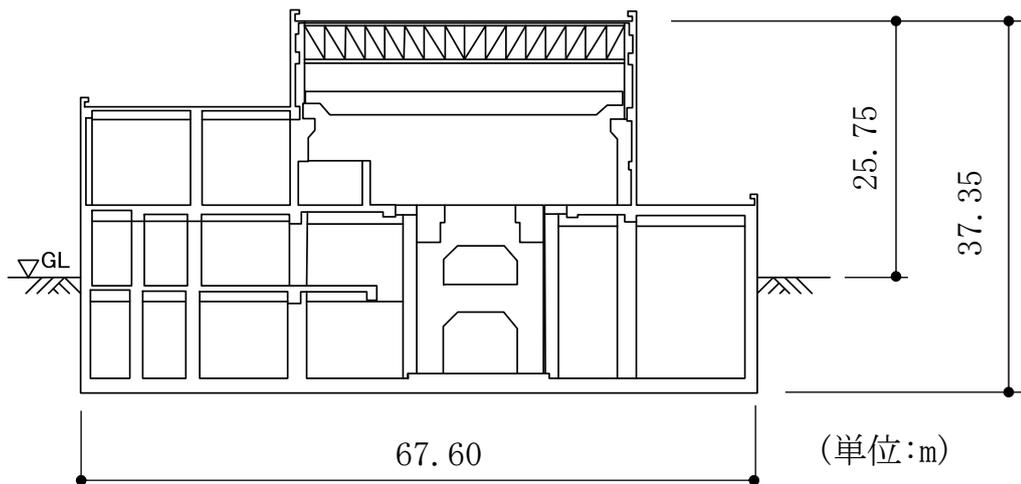


図-3.4.1.2 4号機タービン建屋の概略断面図 (東西方向)

3. 4. 2 地震応答解析の方針

4号機タービン建屋の地震応答解析は、建屋内の観測記録が取得されていないことから、4号機原子炉建屋の基礎版上における地震観測記録を用いて実施する。

このタービン建屋の地震応答解析に用いる入力地震動は、図-3.4.2.1に示すように、4号機原子炉建屋の基礎版上での観測記録波から原子炉建屋の解析モデルの伝達関数を用いて基礎下端における入力地震動①を算出し、それをタービン建屋の地盤モデルの同一レベル位置に定義し、地盤の応答解析を実施してタービン建屋の入力地震動②を求める手順で行う。

以上の考え方より求めたタービン建屋の基礎下端レベルにおける入力地震動を図-3.4.2.2に示す。

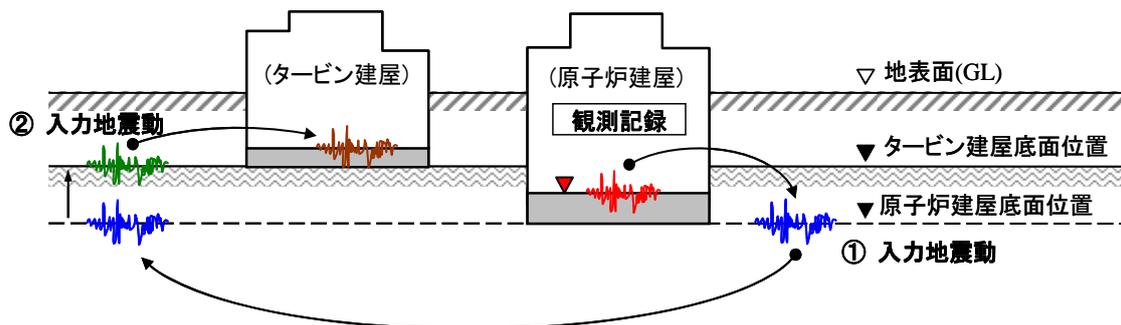
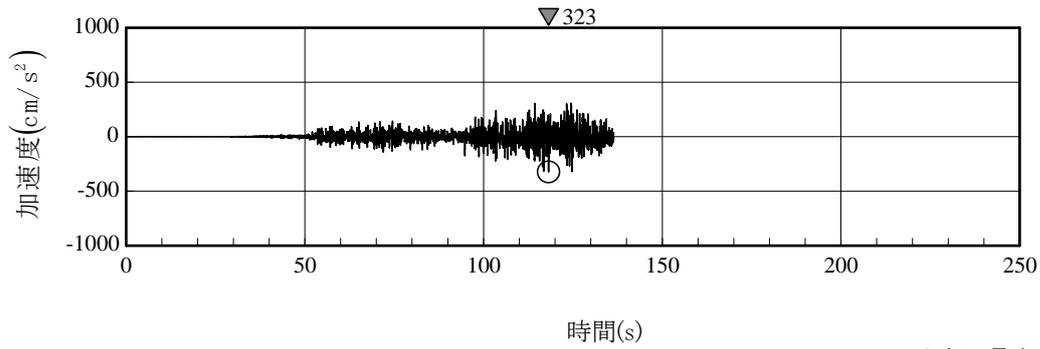


図-3.4.2.1 4号機タービン建屋の地震応答解析に用いる
入力地震動の考え方

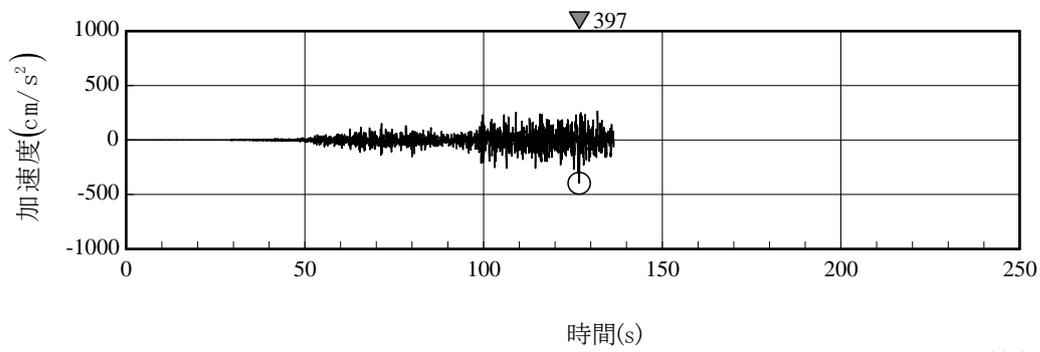
なお、4号機タービン建屋の場合、弾性応答解析の結果、一部の耐震要素に生じるせん断応力がせん断スケルトン曲線上の第一折れ点の応力状態よりも大きくなることから、弾塑性応答解析を実施している。

また、地震応答解析結果については、最大応答加速度分布及び機能維持部位のせん断スケルトン曲線上の最大応答値を示すこととする。



○印は最大値を示す

(a) 南北方向



○印は最大値を示す

(b) 東西方向

図-3.4.2.2 4号機タービン建屋の入力地震動の加速度時刻歴波形

3. 4. 3 地震応答解析モデル

(1) 地震応答解析モデル

4号機タービン建屋の地震応答解析モデルは、地盤との相互作用を考慮し、曲げ及びせん断剛性を考慮した質点系モデルとする。モデル化は、南北方向、東西方向それぞれについて行う。地震応答解析モデルを図-3.4.3.1に示す。

地盤は、水平成層地盤モデルとし、基礎底面地盤ばねについては「JEAG4601-1991」により、成層補正を行ったのち、振動アドミッタンス理論に基づいてスウェイ及びロッキングばねを算定し、近似法により評価する。

建屋の復元力特性は、建屋の方向別に、層を単位とした水平断面形状より「JEAG4601-1991」に基づいて設定する。

水平方向の地震応答解析は、上記復元力特性を用いた弾塑性応答解析とする。

(2) 解析に用いる地盤定数

解析に用いる地盤定数は、地震時のせん断ひずみレベルを考慮して、表-3.4.3.1に示すとおり設定している。

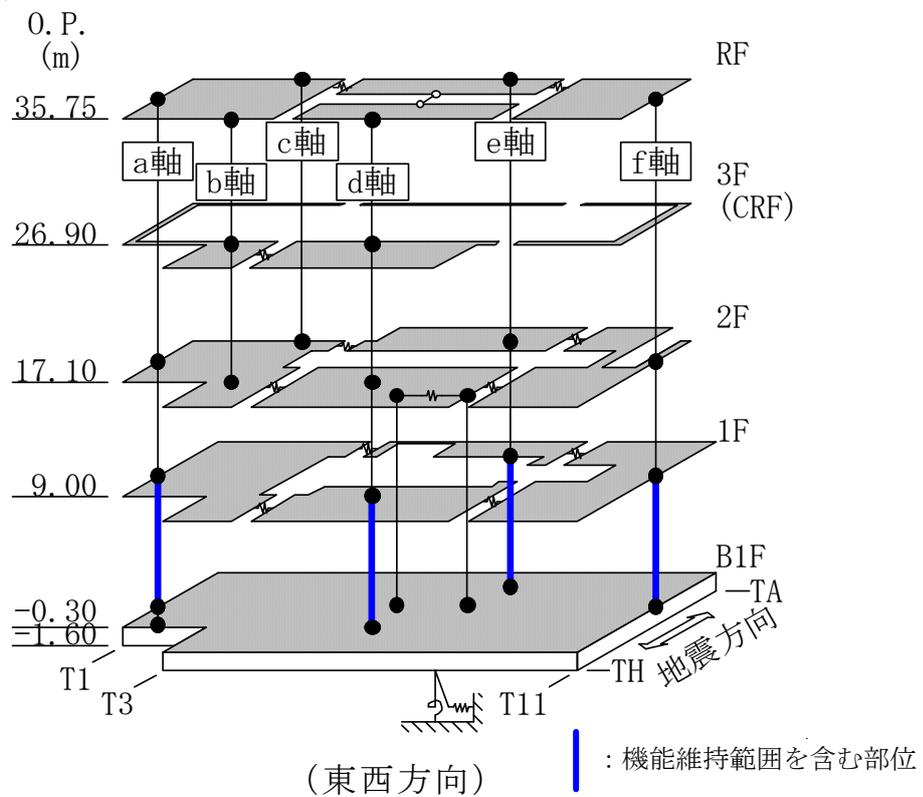
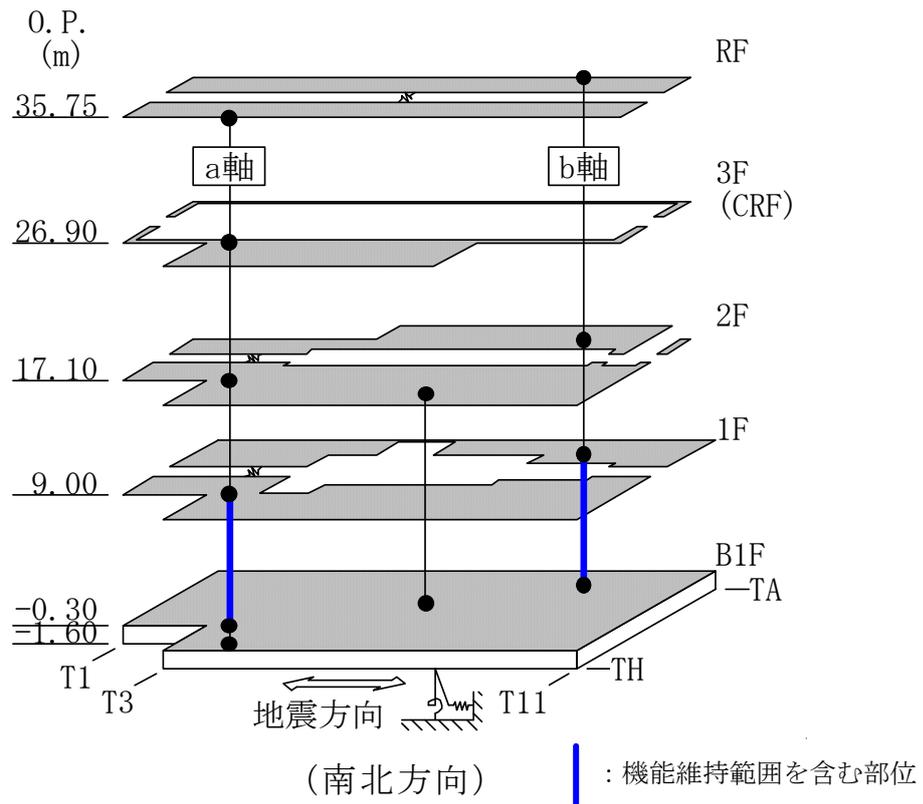


図-3.4.3.1 4号機タービン建屋の地震応答解析モデル

表-3.4.3.1 解析に用いる地盤定数

標高 O. P. (m)	地質	せん断波 速度 V_s (m/s)	単位体積 重量 γ (kN/m ³)	ポアソン 比 ν	初期せん断 弾性係数 G_0 ($\times 10^5$ kN/m ²)	剛性 低下率 G/G_0	減衰 定数 h (%)
10.0	砂岩	380	17.8	0.473	2.62	0.84	3
1.9		450	16.5	0.464	3.41	0.81	3
-10.0	泥岩	500	17.1	0.455	4.36	0.81	3
-80.0		560	17.6	0.446	5.63	0.81	3
-108.0		600	17.8	0.442	6.53	0.81	3
-196.0		(解放基盤)	700	18.5	0.421	9.24	1.00

3. 4. 4 影響評価結果

4号機タービン建屋の地震応答解析により求められた最大応答加速度分布を図-3.4.4.1に、機能維持部位のせん断ひずみ一覧を表-3.4.4.1に示す。また、そのときのせん断スケルトン曲線上の最大応答値を図-3.4.4.2に示す。

機能維持部位のせん断ひずみは、最大で 0.10×10^{-3} (東西方向、地下1階)であり、第一折れ点以下の応力・変形状態となっている。

また、「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」の改訂に伴う耐震安全性評価に用いている耐震壁の最大せん断ひずみの評価基準値(2.0×10^{-3})に対しても十分な余裕を有している。

以上のことから、地震時のタービン建屋は要求される安全機能を保持できる状態にあったと推定される。

表-3.4.4.1 機能維持部位のせん断ひずみ一覧

($\times 10^{-3}$)

階	南北方向		東西方向	
	位置	せん断ひずみ	位置	せん断ひずみ
B1F	a 軸	0.09	a 軸	0.07
	b 軸	0.05	d 軸	0.09
			e 軸	0.08
			f 軸	0.10

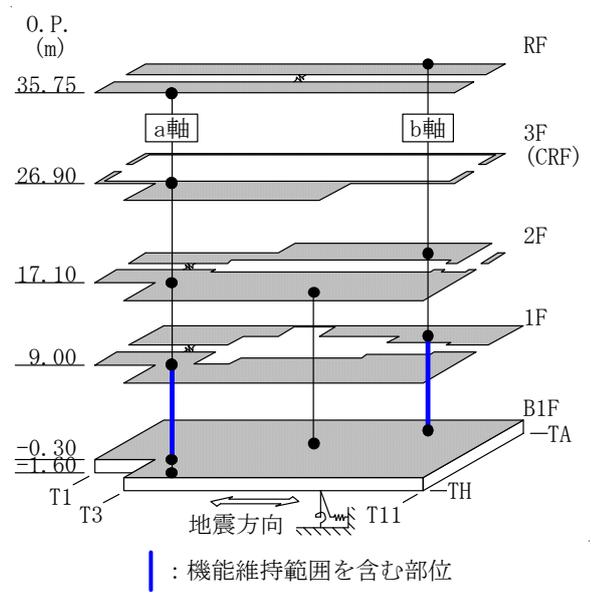
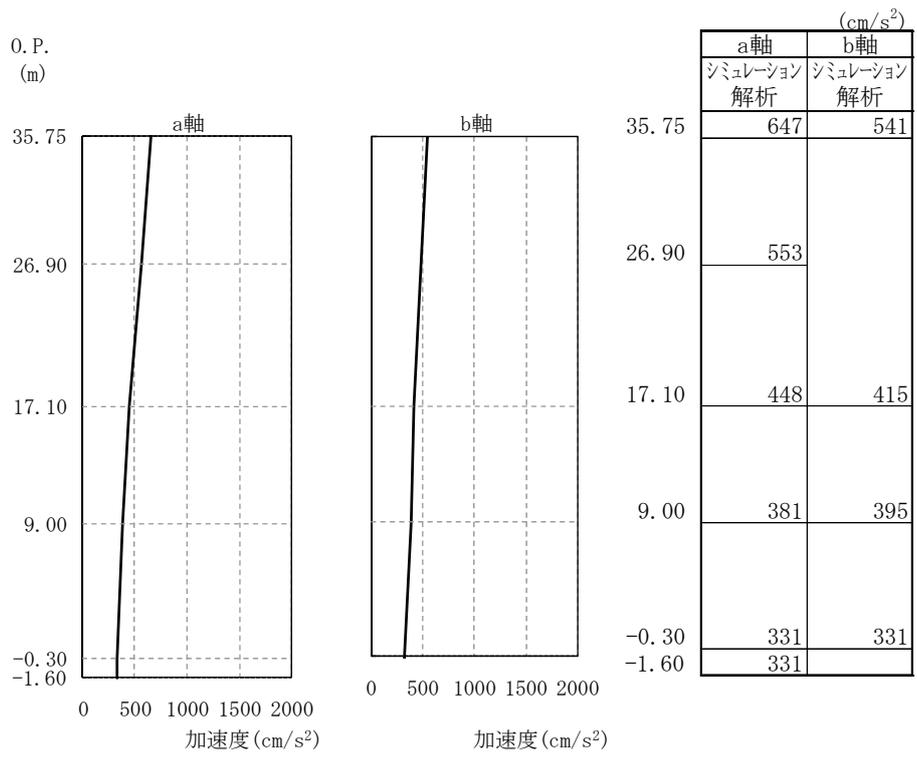
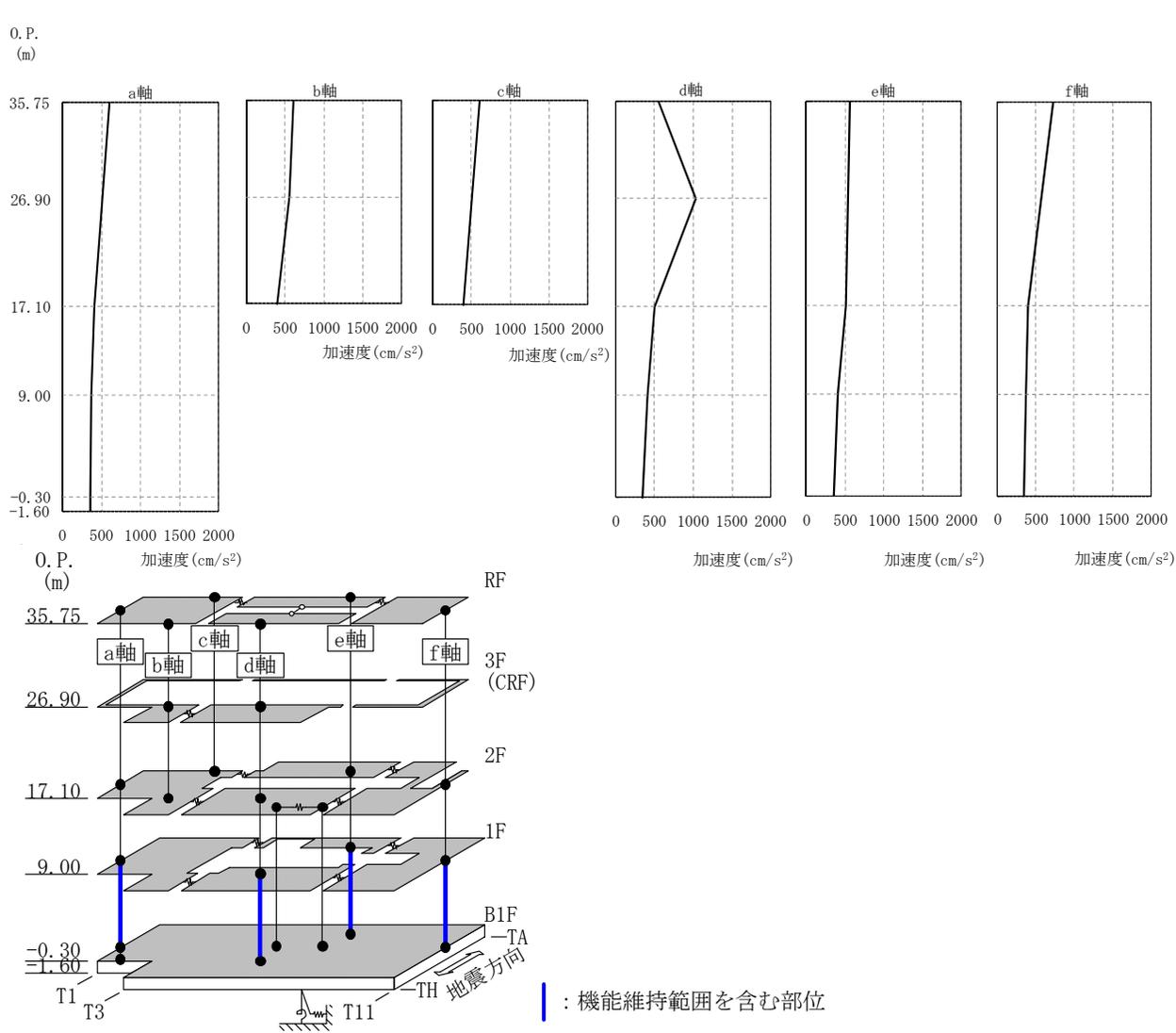
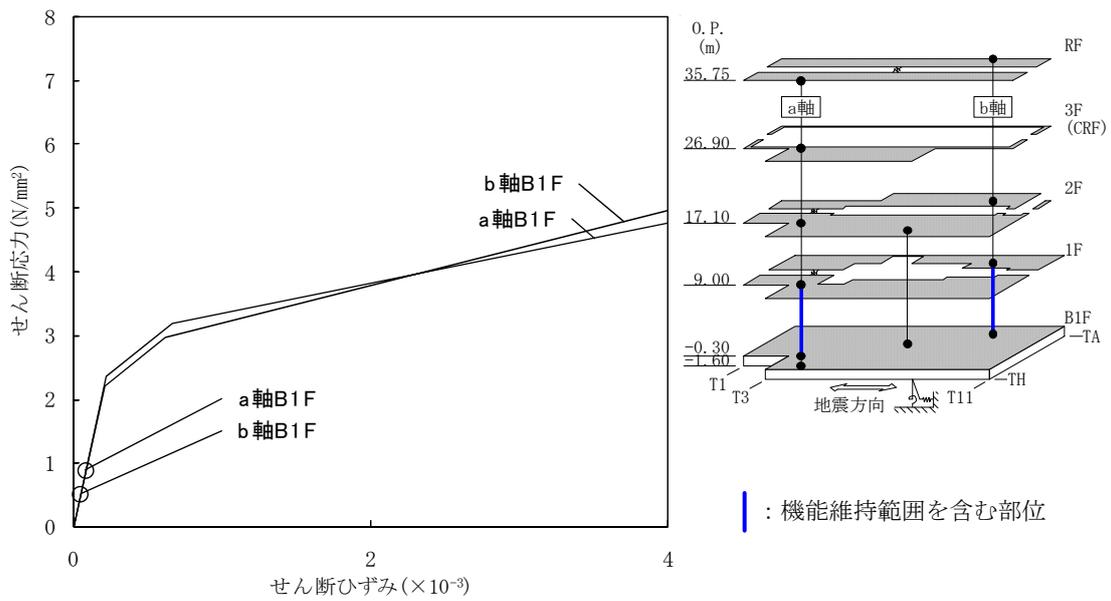


図-3.4.4.1(1) 最大応答加速度 (南北方向)

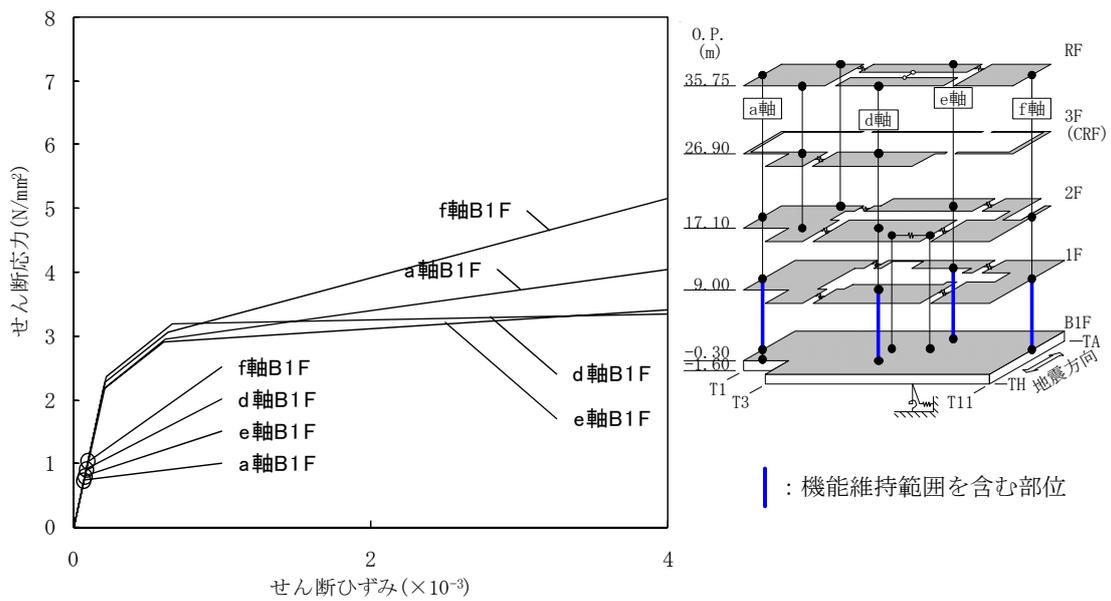


(cm/s ²)					
a軸	b軸	c軸	d軸	e軸	f軸
シミュレーション 解析	シミュレーション 解析	シミュレーション 解析	シミュレーション 解析	シミュレーション 解析	シミュレーション 解析
606	606	606	558	558	719
	555		1043		
398	398	398	510	509	404
369			422	398	378
350			350	350	350
350					

図-3.4.4.1(2) 最大応答加速度（東西方向）



(南北方向)



(東西方向)

図-3.4.4.2 機能維持部位のせん断スケルトン曲線上の最大応答値

3. 5 福島第一原子力発電所 5号機タービン建屋

3. 5. 1 タービン建屋の概要

福島第一原子力発電所5号機タービン建屋は、地上3階、地下1階建ての鉄筋コンクリート造を主体とした建物で、屋根部分が鉄骨造（トラス構造）となっている。タービン建屋の概略平面図及び概略断面図を図-3.5.1.1と図-3.5.1.2に示す。

タービン建屋は、その主要な平面は、133.50 m^{*1}（南北方向）× 67.60m^{*1}（東西方向）の長方形である。基礎版底面からの高さは37.35 mであり、地上高さは25.75 mである。また、タービン建屋は隣接する原子炉建屋等と構造的に分離している。

タービン建屋の基礎は、厚さが1.30 mのべた基礎で、支持地盤である新第三紀層の泥岩盤上（一部、人工岩を介して）に設置されている。

タービン建屋の中央部には、建屋とは独立して基礎版から立ち上がっている蒸気タービン架台があり、高圧・低圧タービン、復水器及び発電機等が配置されている。

タービン建屋には、耐震安全上重要な機器・配管系として、非常用ディーゼル発電機及びその関連設備（地下1階から地上1階）、補機冷却海水系配管、補給水系配管、残留熱除去海水系配管（地下1階）、中央制御室空調機（地上2階）が設置されており、これらの機器が設置された床を支持する耐震壁等の構造要素を機能維持部位として、影響評価を行う。

*1：建屋寸法は壁外面押えとする。

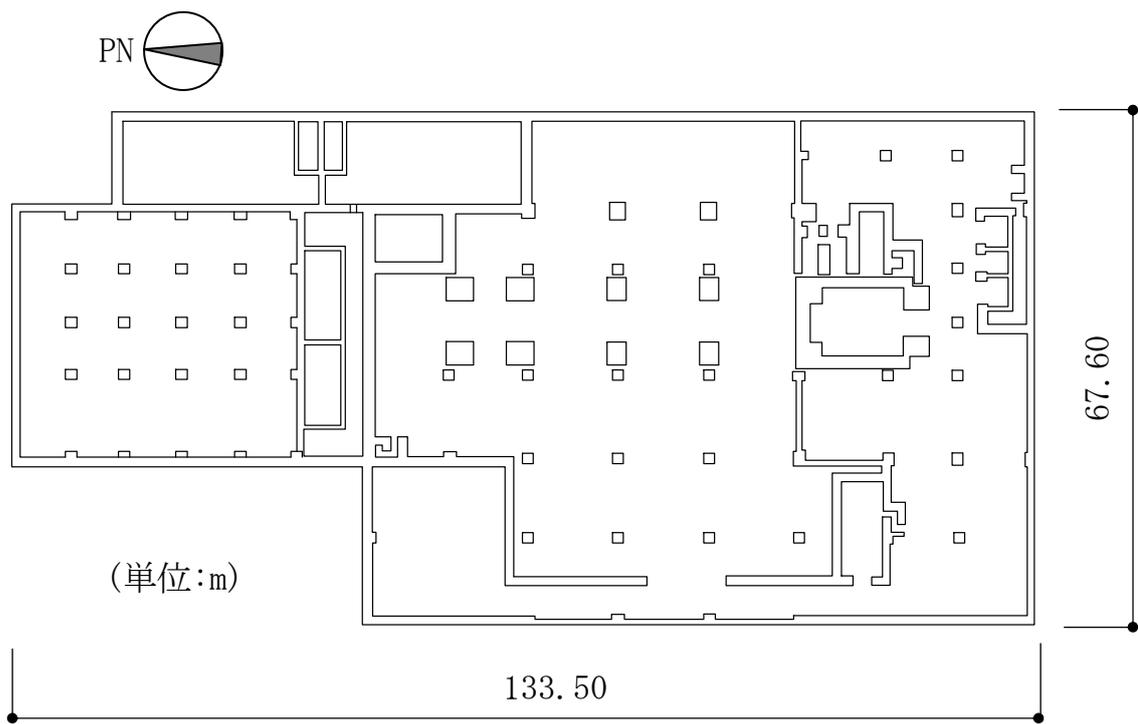


図-3.5.1.1 5号機タービン建屋の概略平面図

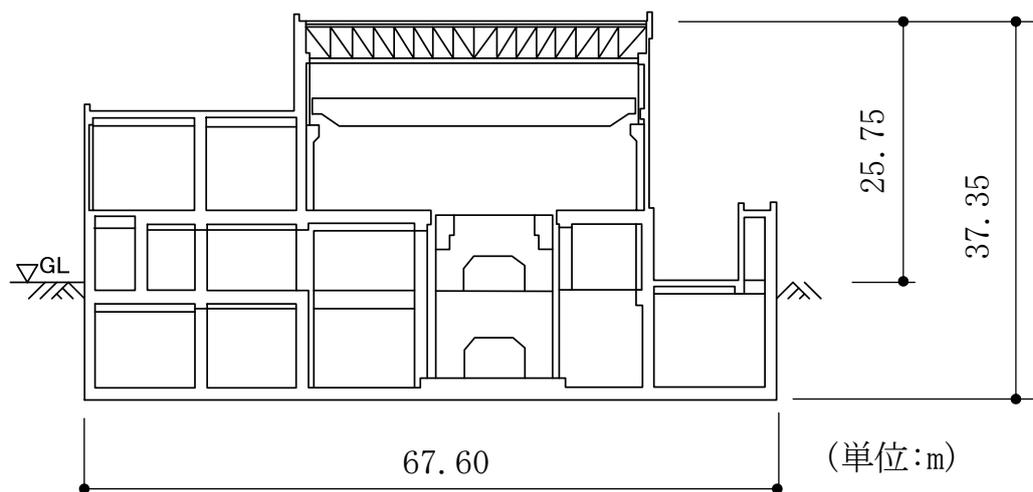


図-3.5.1.2 5号機タービン建屋の概略断面図（東西方向）

3. 5. 2 地震応答解析の方針

5号機タービン建屋の地震応答解析は、建屋内の観測記録が取得されていないことから、5号機原子炉建屋の基礎版上における地震観測記録を用いて実施する。

このタービン建屋の地震応答解析に用いる入力地震動は、図-3.5.2.1に示すように、5号機原子炉建屋の基礎版上での観測記録波から原子炉建屋の解析モデルの伝達関数を用いて基礎下端における入力地震動①を算出し、それをタービン建屋の地盤モデルの同一レベル位置に定義し、地盤の応答解析を実施してタービン建屋の入力地震動②を求める手順で行う。

以上の考え方より求めたタービン建屋の基礎下端レベルにおける入力地震動を図-3.5.2.2に示す。

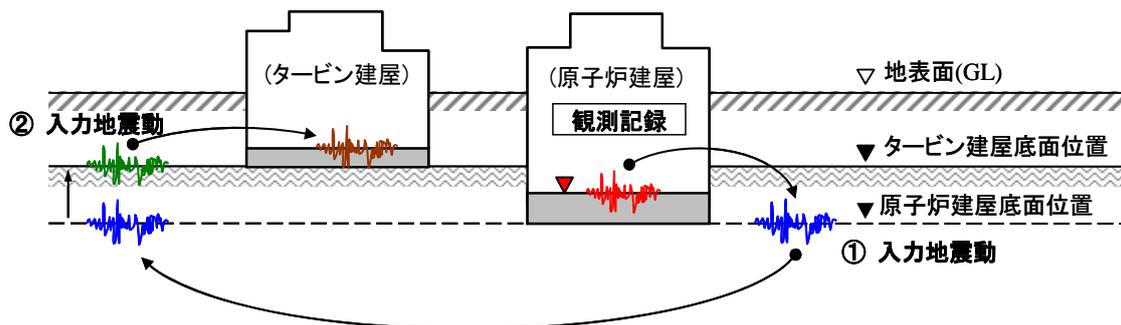
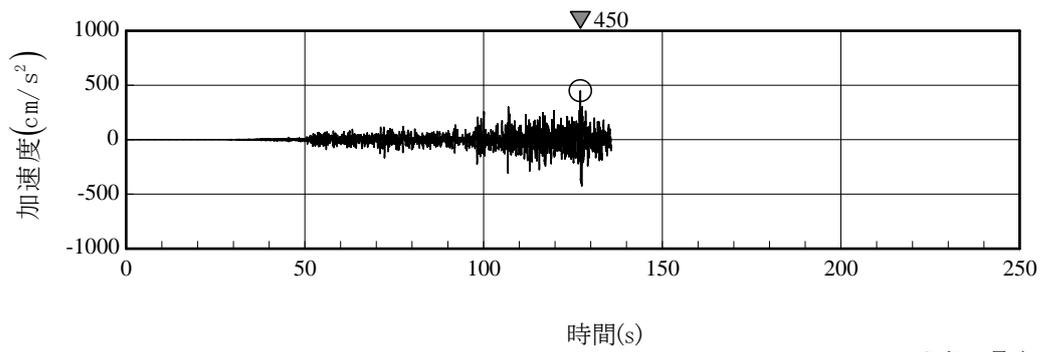


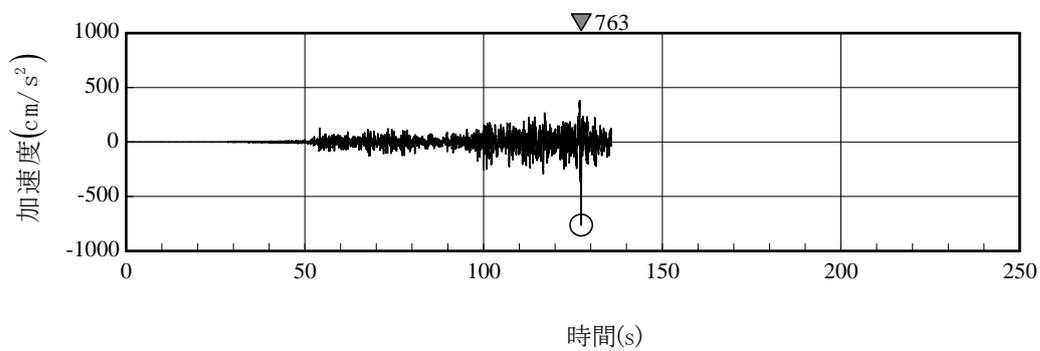
図-3.5.2.1 5号機タービン建屋の地震応答解析に用いる
入力地震動の考え方

なお、5号機タービン建屋の場合、弾性応答解析の結果、一部の耐震要素に生じるせん断応力がせん断スケルトン曲線上の第一折れ点の応力状態よりも大きくなることから、弾塑性応答解析を実施している。

また、地震応答解析結果については、最大応答加速度分布及び機能維持部位のせん断スケルトン曲線上の最大応答値を示すこととする。



(a) 南北方向



(b) 東西方向

図-3.5.2.2 5号機タービン建屋の入力地震動の加速度時刻歴波形

3. 5. 3 地震応答解析モデル

(1) 地震応答解析モデル

5号機タービン建屋の地震応答解析モデルは、地盤との相互作用を考慮し、曲げ及びせん断剛性を考慮した質点系モデルとする。モデル化は、南北方向、東西方向それぞれについて行う。地震応答解析モデルを図-3.5.3.1に示す。

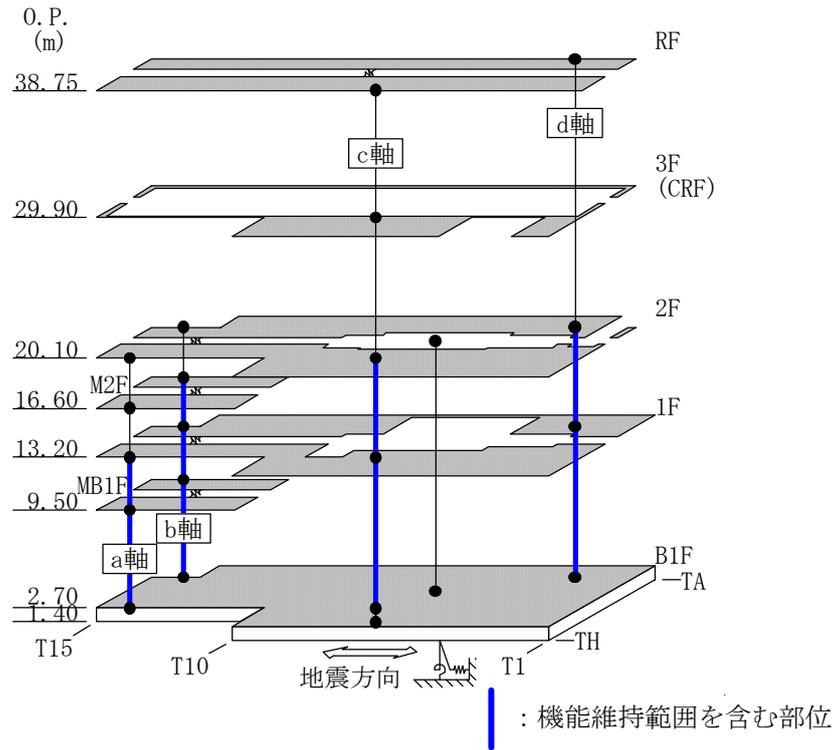
地盤は、水平成層地盤モデルとし、基礎底面地盤ばねについては「JEAG4601-1991」により、成層補正を行ったのち、振動アドミッタンス理論に基づいてスウェイ及びロッキングばねを算定し、近似法により評価する。

建屋の復元力特性は、建屋の方向別に、層を単位とした水平断面形状より「JEAG4601-1991」に基づいて設定する。

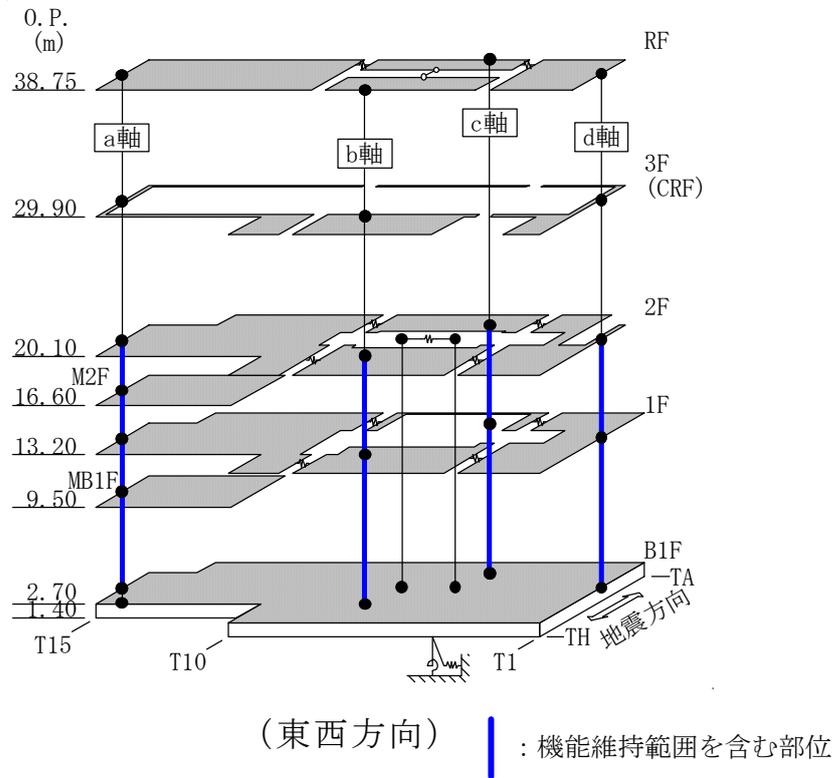
水平方向の地震応答解析は、上記復元力特性を用いた弾塑性応答解析とする。

(2) 解析に用いる地盤定数

解析に用いる地盤定数は、地震時のせん断ひずみレベルを考慮して、表-3.5.3.1に示すとおり設定している。



(南北方向)



(東西方向)

図-3.5.3.1 5号機タービン建屋の地震応答解析モデル

表-3.5.3.1 解析に用いる地盤定数

標高 O.P. (m)	地質	せん断波 速度 V_s (m/s)	単位体積 重量 γ (kN/m ³)	ポアソン 比 ν	初期せん断 弾性係数 G_0 ($\times 10^5$ kN/m ²)	剛性 低下率 G/G_0	減衰 定数 h (%)
13.0	砂岩	380	17.8	0.473	2.62	0.82	3
4.5		470	17.0	0.459	3.83	0.81	3
-73.0	泥岩	530	17.4	0.447	4.98	0.81	3
-99.0		580	17.4	0.443	5.97	0.81	3
-181.0		750	17.6	0.410	10.10	0.81	3
-196.0		(解放基盤)	750	17.6	0.410	10.10	1.00

3. 5. 4 影響評価結果

5号機タービン建屋の地震応答解析により求められた最大応答加速度分布を図-3.5.4.1に、機能維持部位のせん断ひずみ一覧を表-3.5.4.1に示す。また、そのときのせん断スケルトン曲線上の最大応答値を図-3.5.4.2に示す。

機能維持部位のせん断ひずみは、最大で 0.37×10^{-3} (東西方向、地下1階)であり、地下1階(d軸)を除く機能維持部位は第一折れ点以下の応力・変形状態となっている。

また、「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」の改訂に伴う耐震安全性評価に用いている耐震壁の最大せん断ひずみの評価基準値(2.0×10^{-3})に対しても十分な余裕を有している。

以上のことから、地震時のタービン建屋は要求される安全機能を保持できる状態にあったと推定される。

表-3.5.4.1 機能維持部位のせん断ひずみ一覧

($\times 10^{-3}$)

階	南北方向		東西方向	
	位置	せん断ひずみ	位置	せん断ひずみ
M2F			a軸	0.14
1F			a軸	0.16
	b軸	0.14	b軸	0.21
	c軸	0.09	c軸	0.06
	d軸	0.10	d軸	0.16
MB1F	a軸	0.11	a軸	0.21
	b軸	0.05		
B1F	a軸	0.14	a軸	0.22
	b軸	0.12	b軸	0.14
	c軸	0.13	c軸	0.09
	d軸	0.10	d軸	0.37

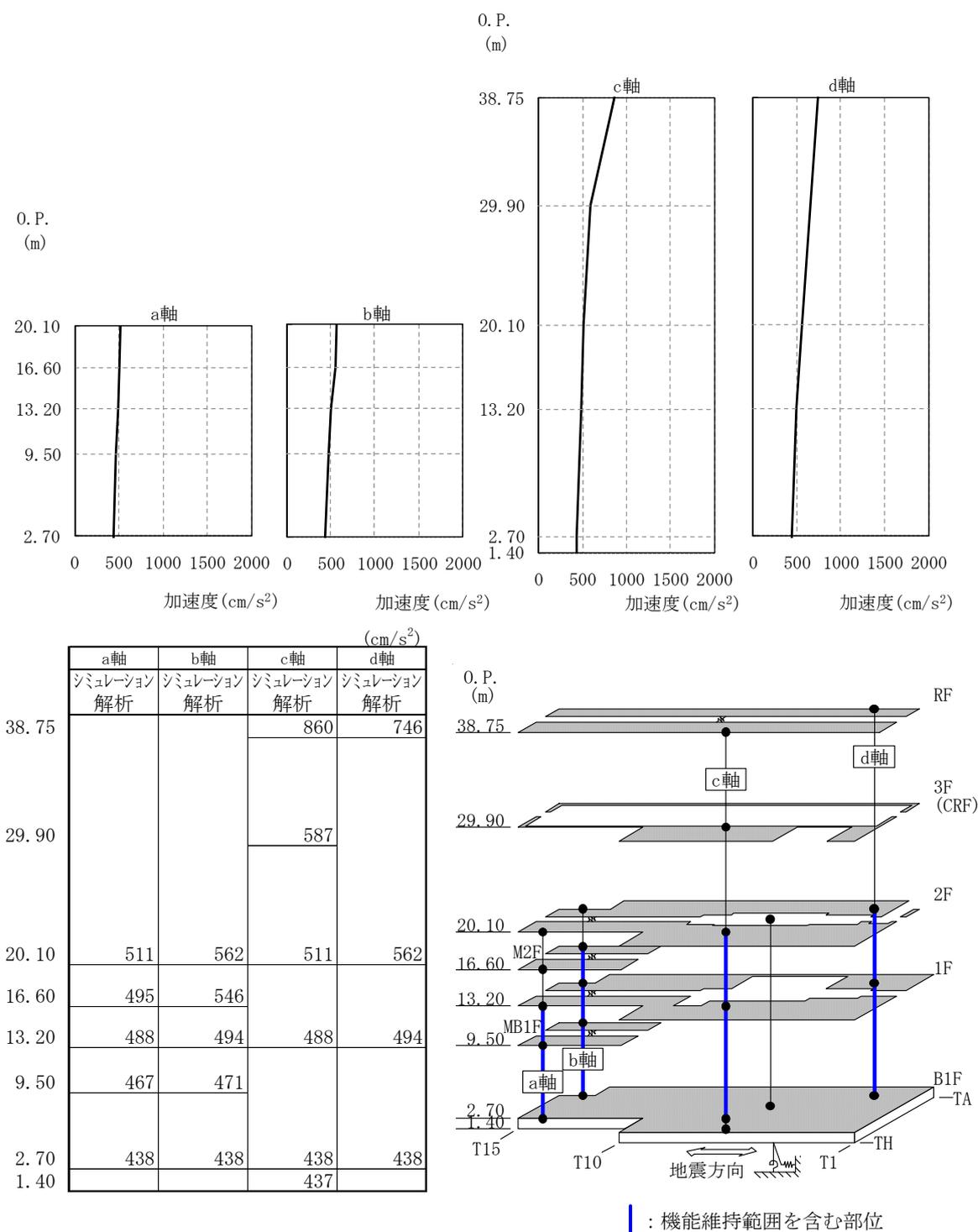
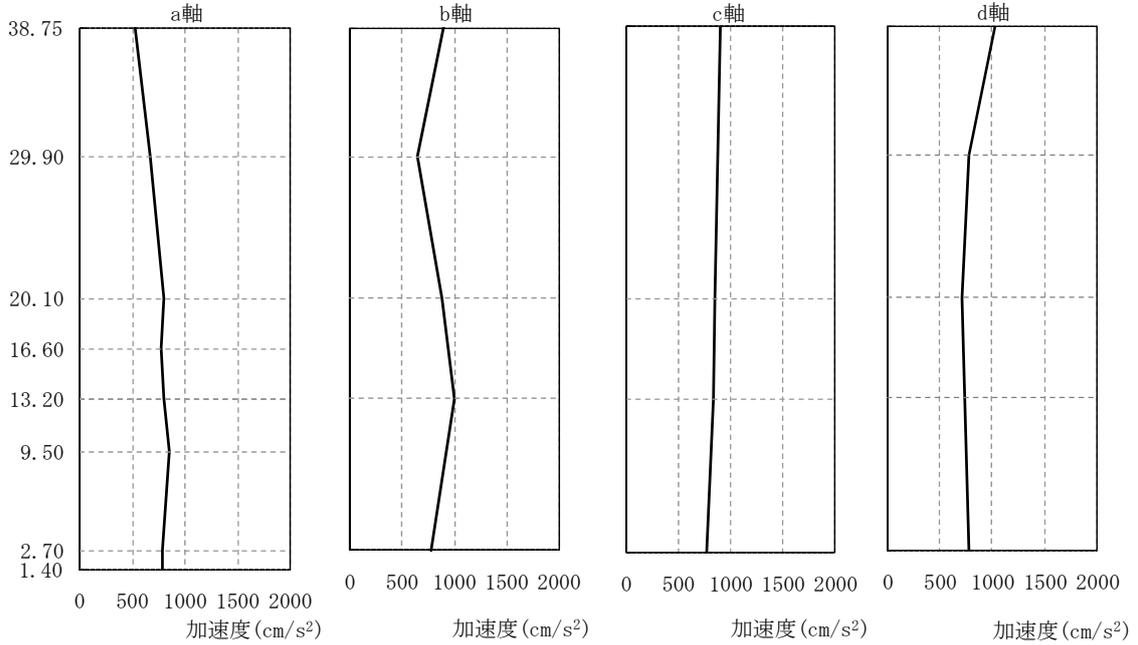
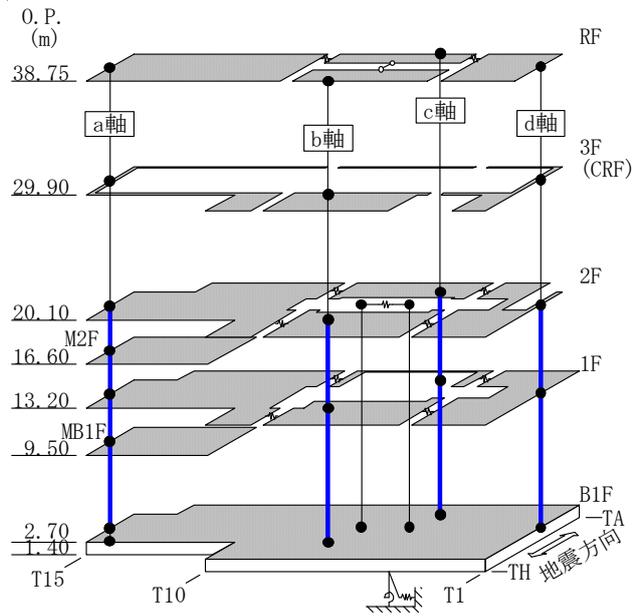


図-3.5.4.1(1) 最大応答加速度（南北方向）

0. P.
(m)

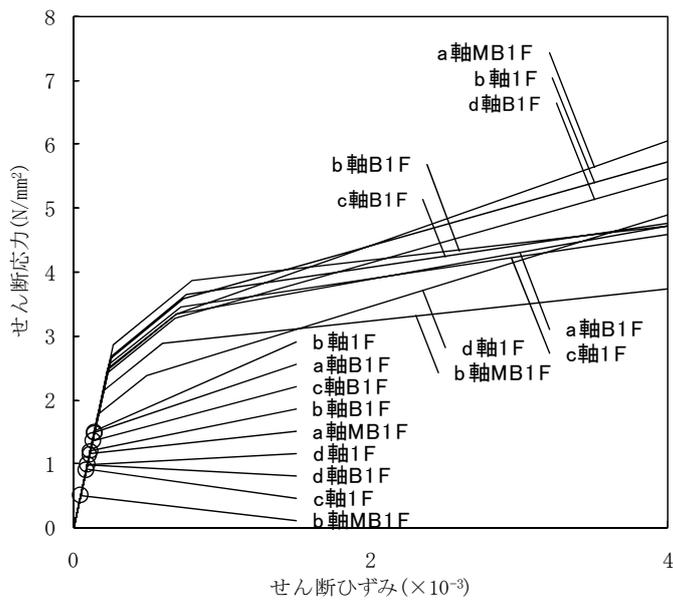


		(cm/s ²)			
		a軸	b軸	c軸	d軸
		シミュレーション 解析	シミュレーション 解析	シミュレーション 解析	シミュレーション 解析
38.75		529	899	899	1027
29.90		671	648		774
20.10		792	891	847	704
16.60		768			
13.20		788	1009	841	734
9.50		843			
2.70		777	777	777	777
1.40		775			

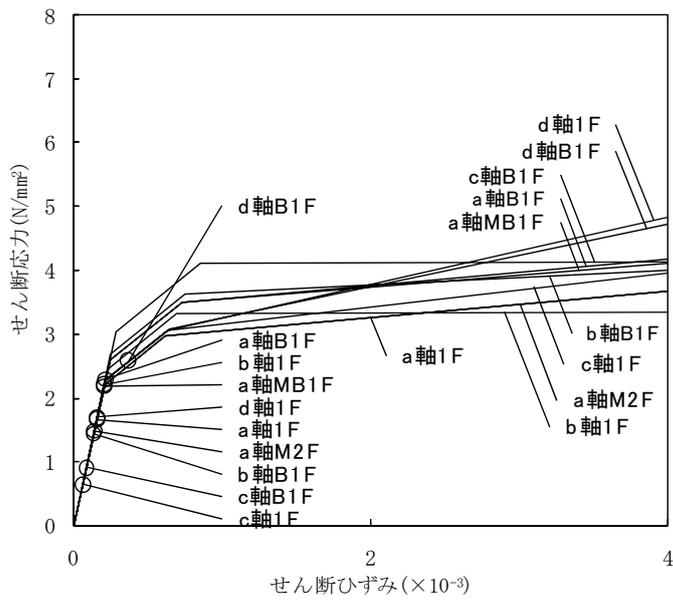
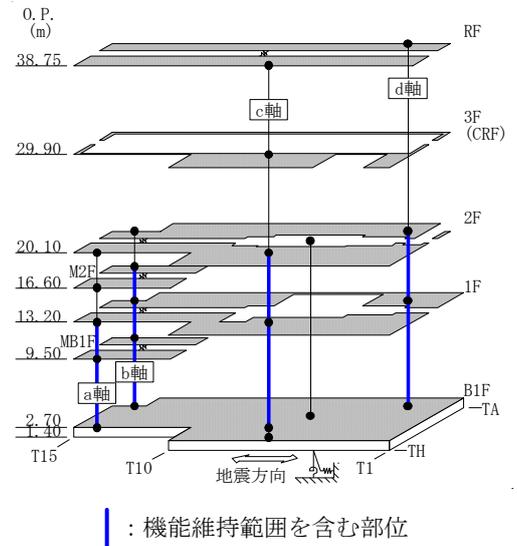


┃ : 機能維持範囲を含む部位

図-3.5.4.1(2) 最大応答加速度（東西方向）



(南北方向)



(東西方向)

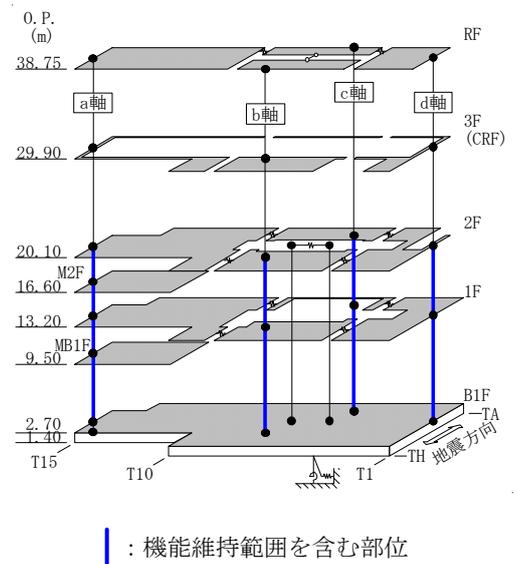


図-3.5.4.2 機能維持部位のせん断スケルトン曲線上の最大応答値

3. 6 福島第一原子力発電所 6号機タービン建屋

3. 6. 1 タービン建屋の概要

福島第一原子力発電所6号機タービン建屋は、地上3階、地下1階建ての鉄筋コンクリート造を主体とした建物で、屋根部分が鉄骨造（トラス構造）となっている。タービン建屋の概略平面図及び概略断面図を図-3.6.1.1と図-3.6.1.2に示す。

タービン建屋は、その主要な平面は、105.50 m^{*1}（南北方向）× 71.00 m^{*1}（東西方向）の長方形である。基礎版底面からの高さは46.10 mであり、地上高さは32.30 mである。また、タービン建屋は隣接する原子炉建屋等と構造的に分離している。

タービン建屋の基礎は、厚さが1.80 mのべた基礎で、支持地盤である新第三紀層の泥岩盤上（一部、人工岩を介して）に設置されている。

タービン建屋の中央部には、建屋とは独立して基礎版から立ち上がっている蒸気タービン架台があり、高圧・低圧タービン、復水器及び発電機等が配置されている。

タービン建屋には、耐震安全上重要な機器・配管系として、残留熱除去海水系配管（地下1階）が設置されており、これらの機器が設置された床を支持する耐震壁等の構造要素を機能維持部位として、影響評価を行う。

*1：建屋寸法は壁外面押えとする。

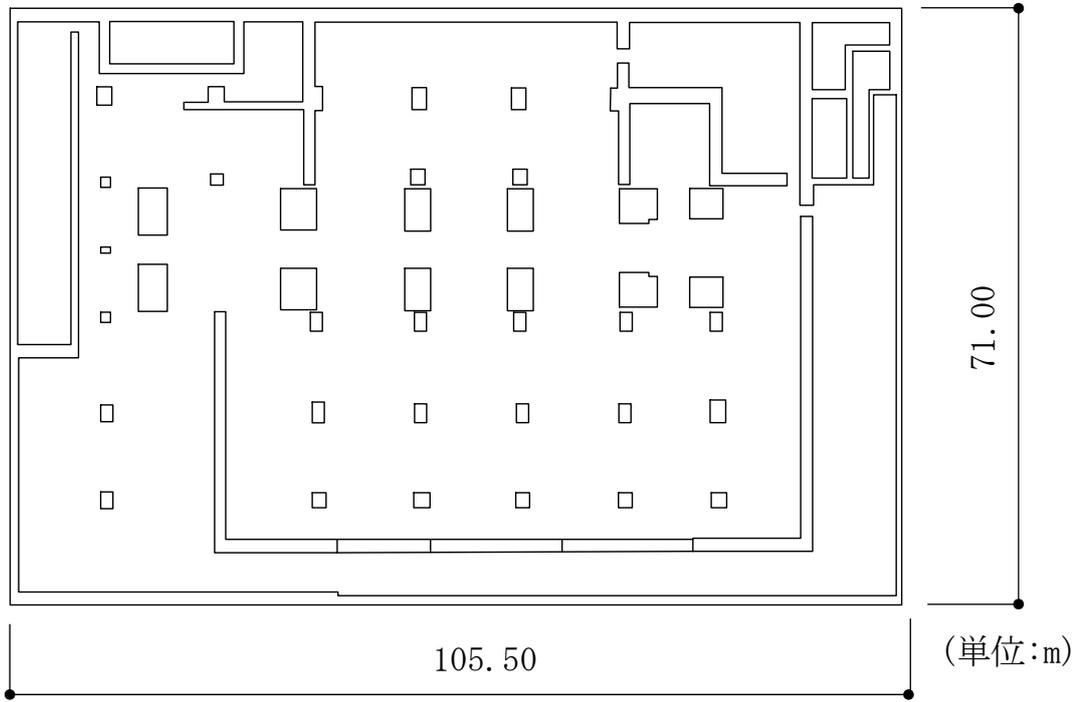


図-3.6.1.1 6号機タービン建屋の概略平面図

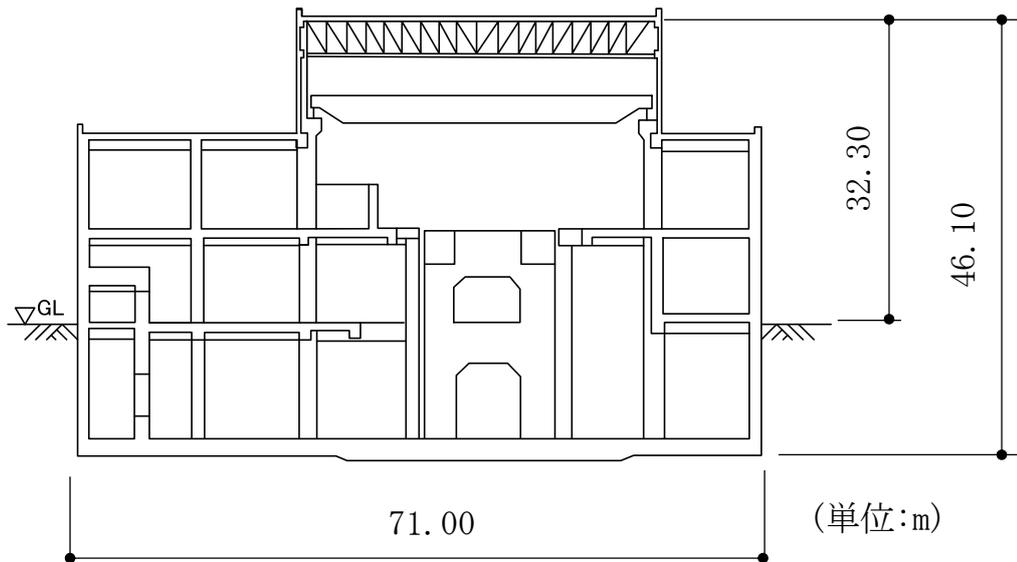
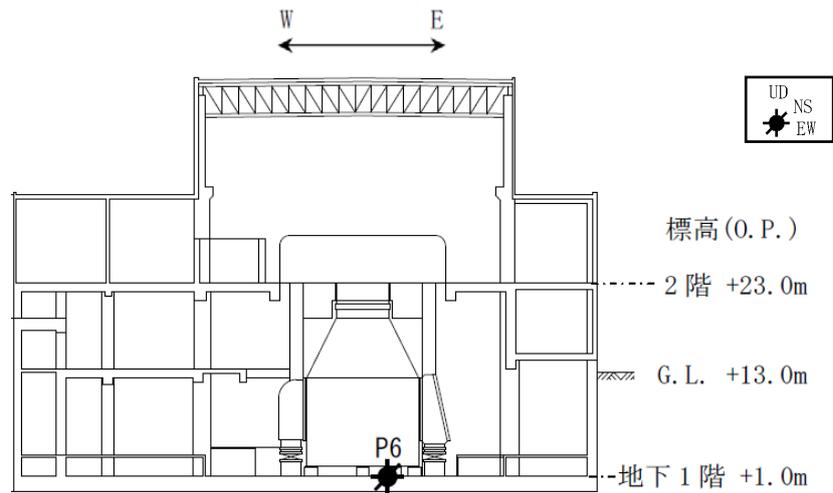


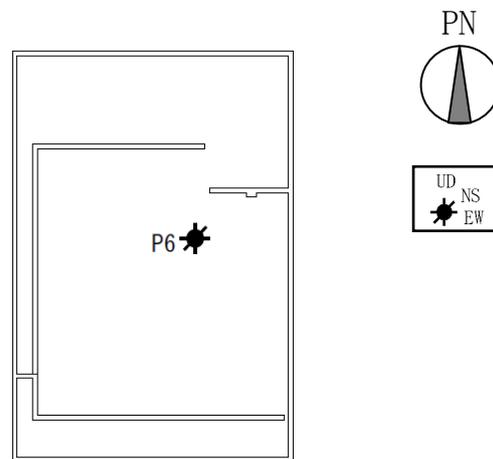
図-3.6.1.2 6号機タービン建屋の概略断面図 (東西方向)

3. 6. 2 タービン建屋における地震観測記録

検討に用いる 6 号機タービン建屋内の地震観測位置を図-3.6.2.1 に、また、地下 1 階（基礎版上）の地震観測点（P6）で得られた加速度時刻歴波形を図-3.6.2.2 に示す。



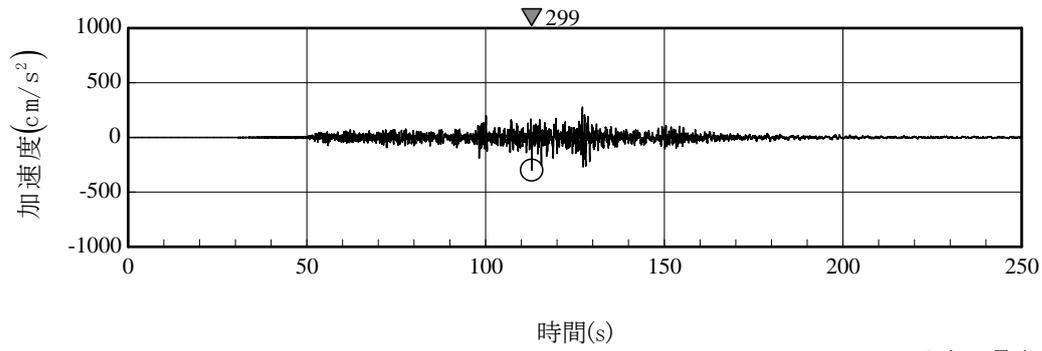
(a) 断面図



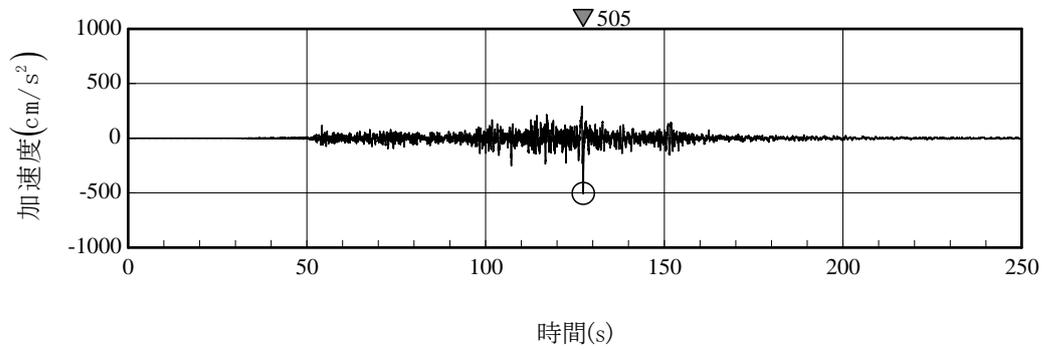
地下1階（基礎版上）

(b) 平面図

図-3.6.2.1 検討に用いる 6 号機タービン建屋内の地震観測位置



(a) 南北方向



(b) 東西方向

図-3.6.2.2 6号機タービン建屋基礎版上で観測された
加速度時刻歴波形 (P6)

3. 6. 3 地震応答解析の方針

6号機タービン建屋の地震応答解析は、地震時に観測した基礎版上における地震観測記録を用いた弾性応答解析による。

建屋各部位の応答は、タービン建屋の基礎版上での観測記録（図-3.6.2.2）を解析モデルの基礎版上に入力し、基礎版上からの建屋各部位の伝達関数を用いて算定する。

以上の地震応答解析の概要を図-3.6.3.1に示す。

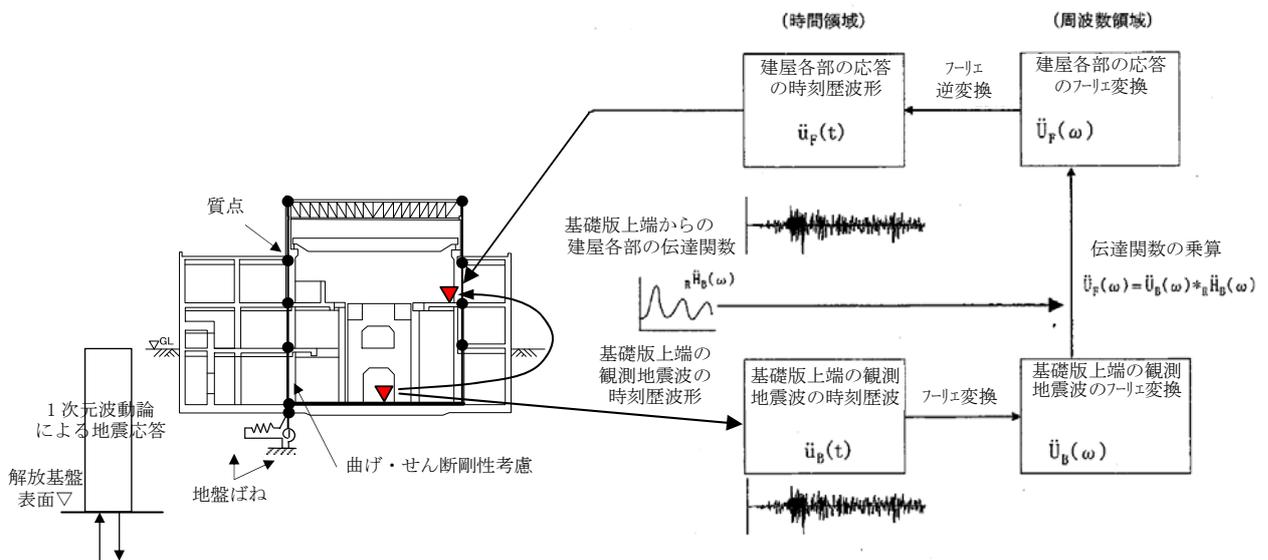


図-3.6.3.1 6号機タービン建屋の地震応答解析の概要

なお、6号機タービン建屋の場合、弾性応答解析の結果、一部の耐震要素に生じるせん断応力がせん断スケルトン曲線上の第一折れ点の応力状態よりも大きくなることから、弾塑性応答解析を実施している。

弾塑性応答解析では、基礎版上の観測記録と解析結果が概ね一致するように地盤ばねに入力される地盤応答を求めて解析を実施している。

弾塑性応答解析の概要を図-3.6.3.2に示す。

なお、地震応答解析結果については、最大応答加速度分布及び機能維持部位のせん断スケルトン曲線上の最大応答値を示すこととする。

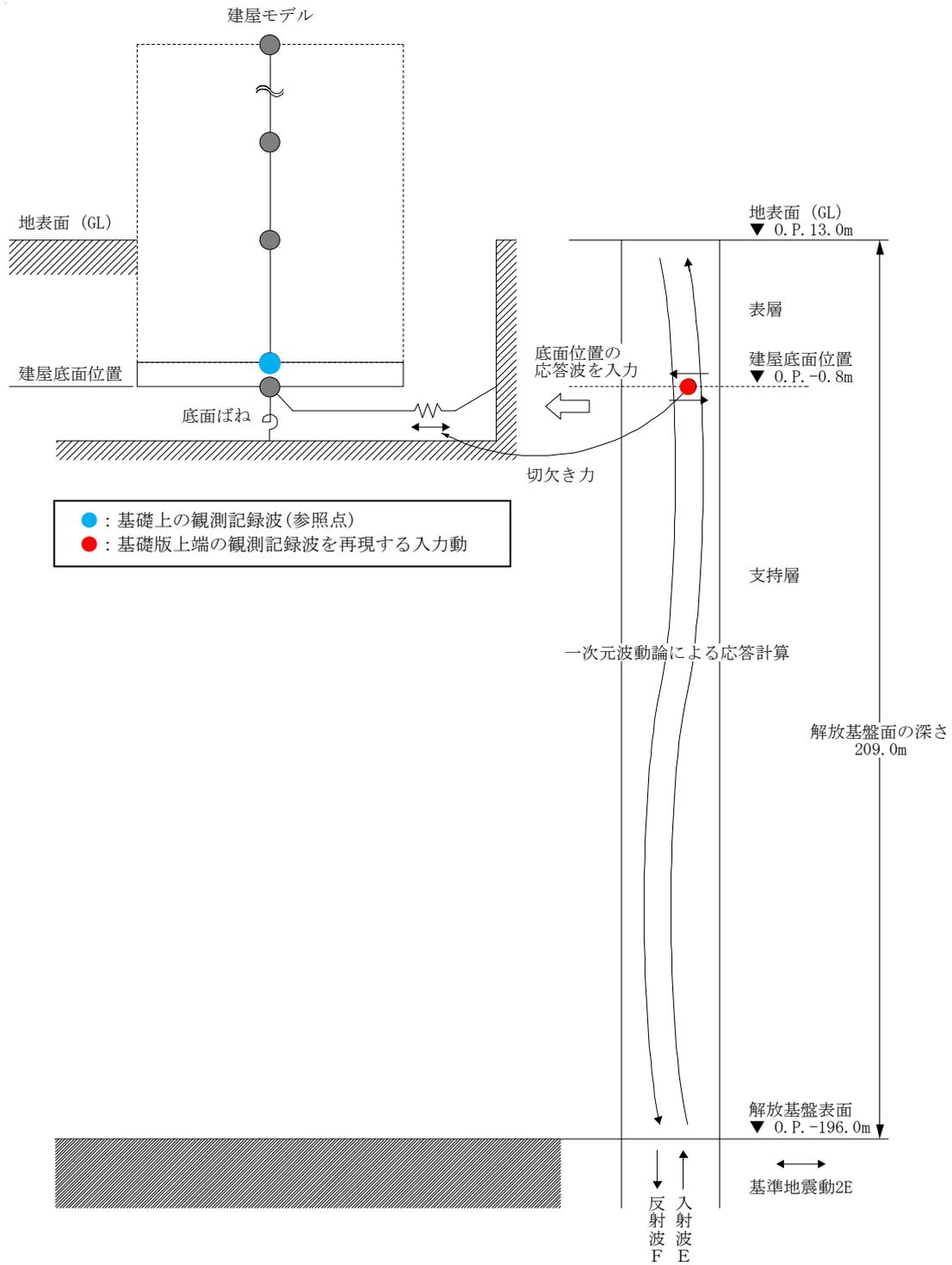


図-3.6.3.2 6号機タービン建屋の弾塑性応答解析の概要

3. 6. 4 地震応答解析モデル

(1) 地震応答解析モデル

6号機タービン建屋の地震応答解析モデルは、地盤との相互作用を考慮し、曲げ及びせん断剛性を考慮した質点系モデルとする。モデル化は、南北方向、東西方向それぞれについて行う。地震応答解析モデルを図-3.6.4.1に示す。

地盤は、水平成層地盤モデルとし、基礎底面地盤ばねについては「JEAG4601-1991」により、成層補正を行ったのち、振動アドミッタンス理論に基づいてスウェイ及びロッキングばねを算定し、近似法により評価する。

建屋の復元力特性は、建屋の方向別に、層を単位とした水平断面形状より「JEAG4601-1991」に基づいて設定する。

水平方向の地震応答解析は、上記復元力特性を用いた弾塑性応答解析とする。

(2) 解析に用いる地盤定数

解析に用いる地盤定数は、地震時のせん断ひずみレベルを考慮して、表-3.6.4.1に示すとおり設定している。

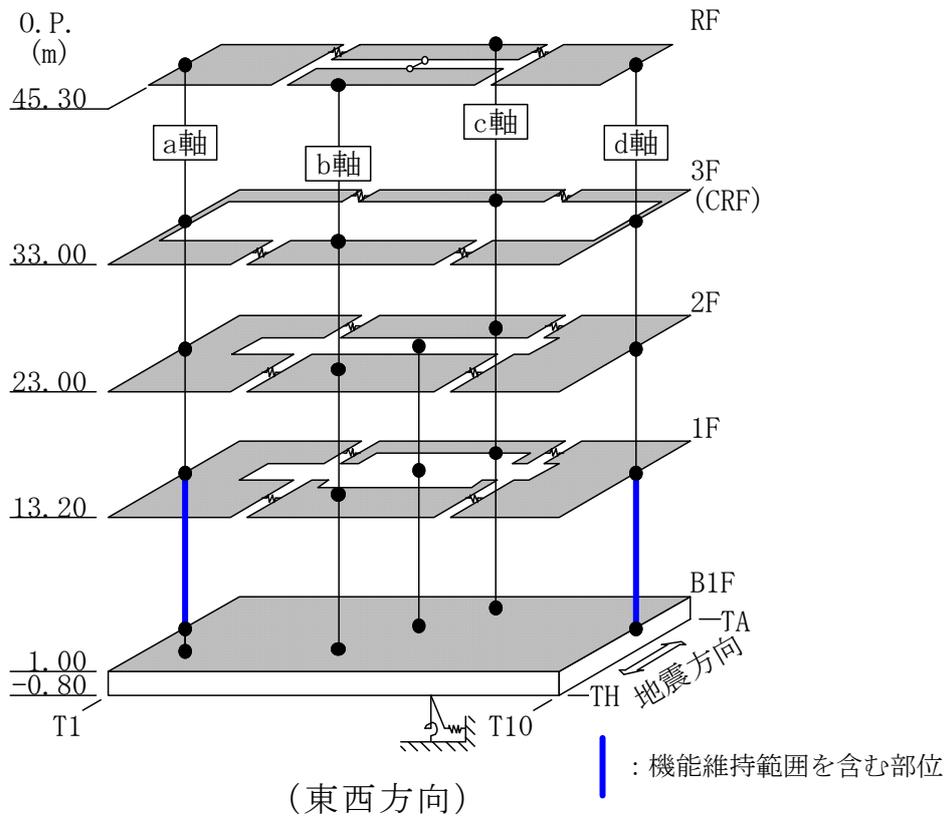
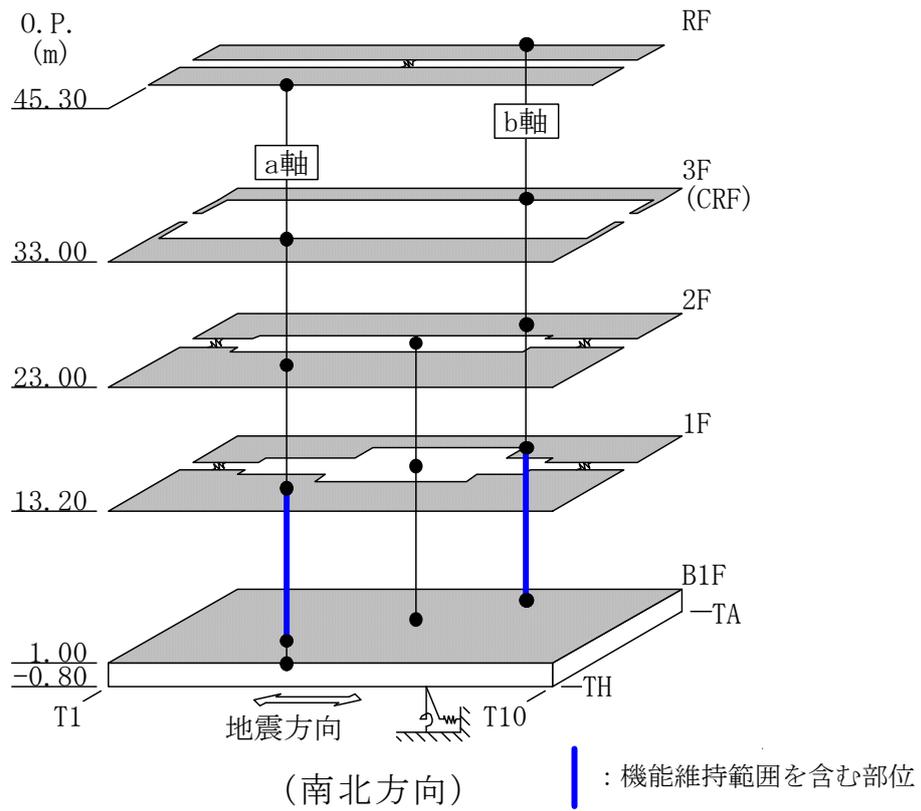


図-3.6.4.1 6号機タービン建屋の地震応答解析モデル

表-3.6.4.1 解析に用いる地盤定数

標高 O.P. (m)	地質	せん断波 速度 V_s (m/s)	単位体積 重量 γ (kN/m ³)	ポアソン 比 ν	初期せん断 弾性係数 G_0 ($\times 10^5$ kN/m ²)	剛性 低下率 G/G_0	減衰 定数 h (%)
13.0	砂岩	380	17.8	0.473	2.62	0.82	3
4.5		470	17.0	0.459	3.83	0.81	3
-73.0	泥岩	530	17.4	0.447	4.98	0.81	3
-99.0		580	17.4	0.443	5.97	0.81	3
-181.0		750	17.6	0.410	10.10	0.81	3
-196.0		(解放基盤)	750	17.6	0.410	10.10	1.00

3. 6. 5 影響評価結果

6号機タービン建屋の地震応答解析により求められた最大応答加速度分布及び観測記録を図-3.6.5.1に、機能維持部位のせん断ひずみ一覧を表-3.6.5.1に示す。また、そのときのせん断スケルトン曲線上の最大応答値を図-3.6.5.2に示す。

機能維持部位のせん断ひずみは、最大で 0.16×10^{-3} (東西方向、地下1階)であり、第一折れ点以下の応力・変形状態となっている。

また、「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」の改訂に伴う耐震安全性評価に用いている耐震壁の最大せん断ひずみの評価基準値(2.0×10^{-3})に対しても十分な余裕を有している。

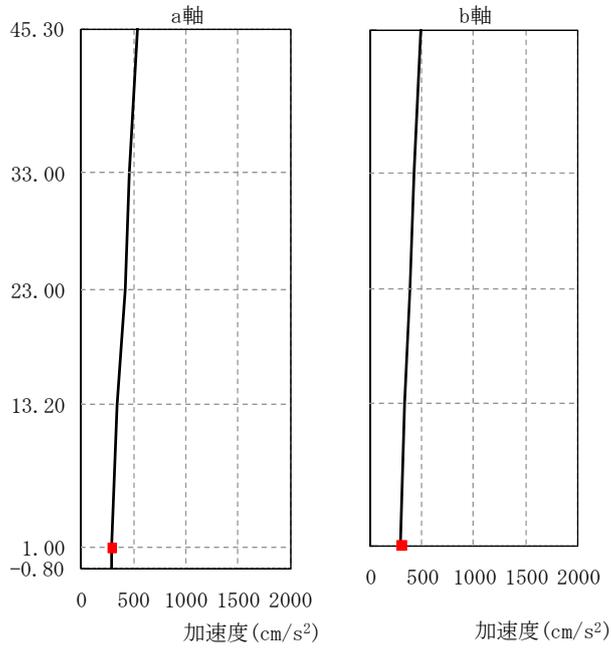
以上のことから、地震時のタービン建屋は要求される安全機能を保持できる状態にあったと推定される。

表-3.6.5.1 機能維持部位のせん断ひずみ一覧

($\times 10^{-3}$)

階	南北方向		東西方向	
	位置	せん断ひずみ	位置	せん断ひずみ
B1F	a軸	0.11	a軸	0.15
	b軸	0.07	d軸	0.16

■ 観測値
— シミュレーション解析



		(cm/s ²)	
		a軸	b軸
観測値	シミュレーション解析	観測値	シミュレーション解析
		533	483
		459	415
		418	381
		351	336
1.00	299	295	295
-0.80	297		

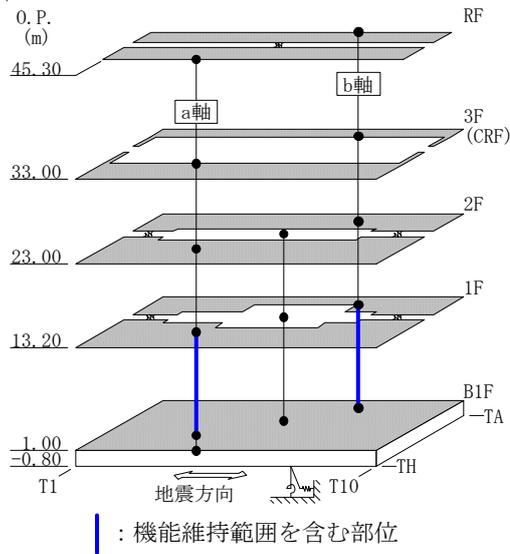
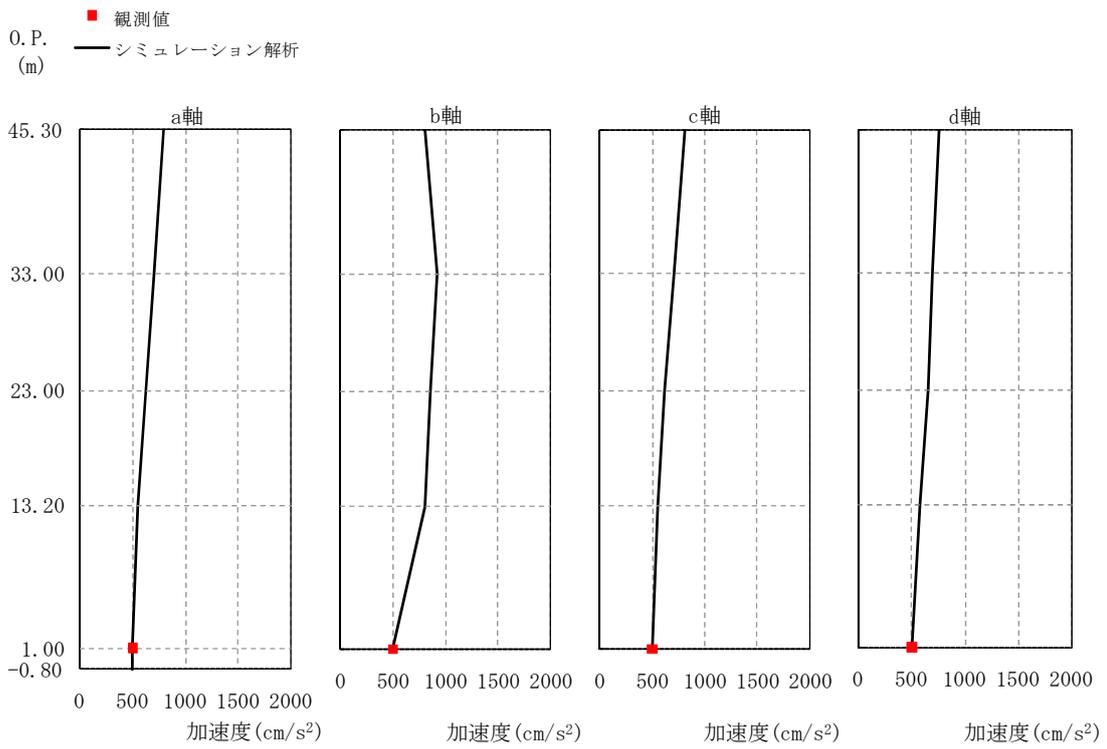


図-3.6.5.1(1) 最大応答加速度 (南北方向)



	a軸		b軸		c軸		d軸	
	観測値	シミュレーション解析	観測値	シミュレーション解析	観測値	シミュレーション解析	観測値	シミュレーション解析
45.30		800		814		814		756
33.00		716		924		711		696
23.00		632		863		623		651
13.20		554		811		559		574
1.00	505	503	505	503	505	503	505	503
-0.80		503						

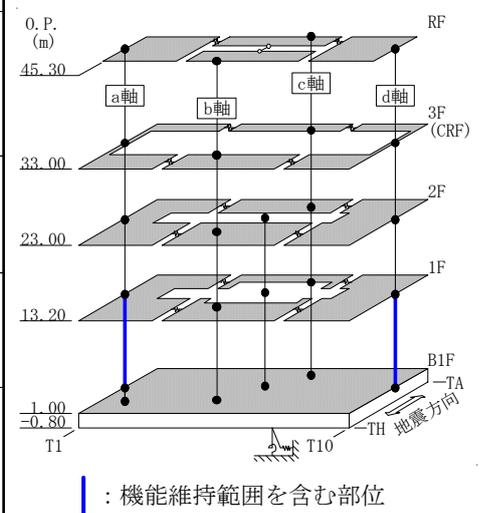
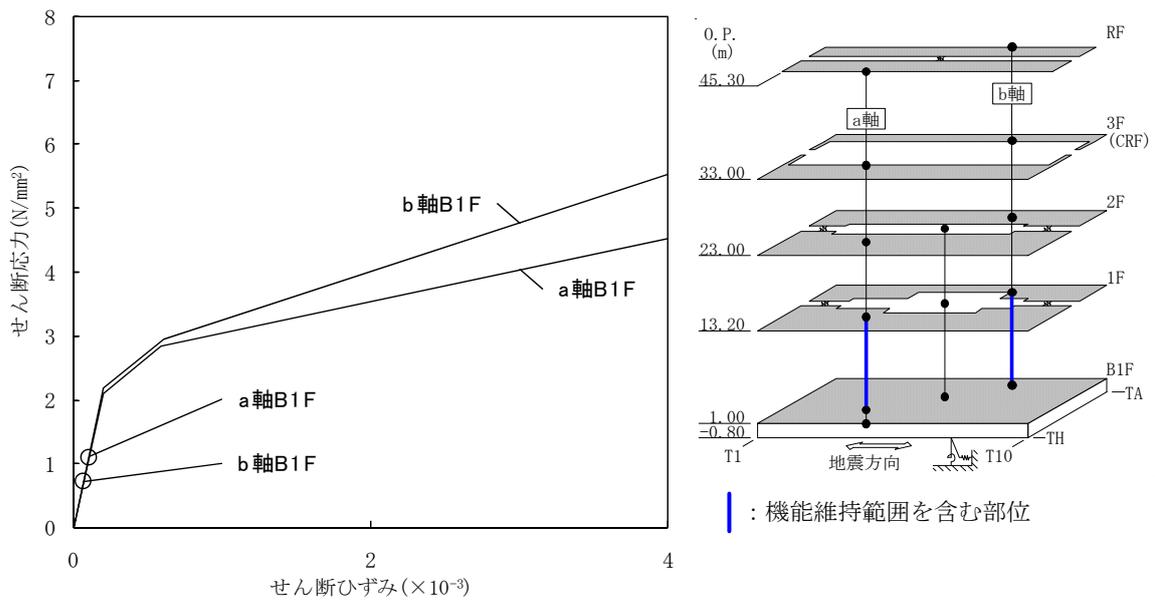
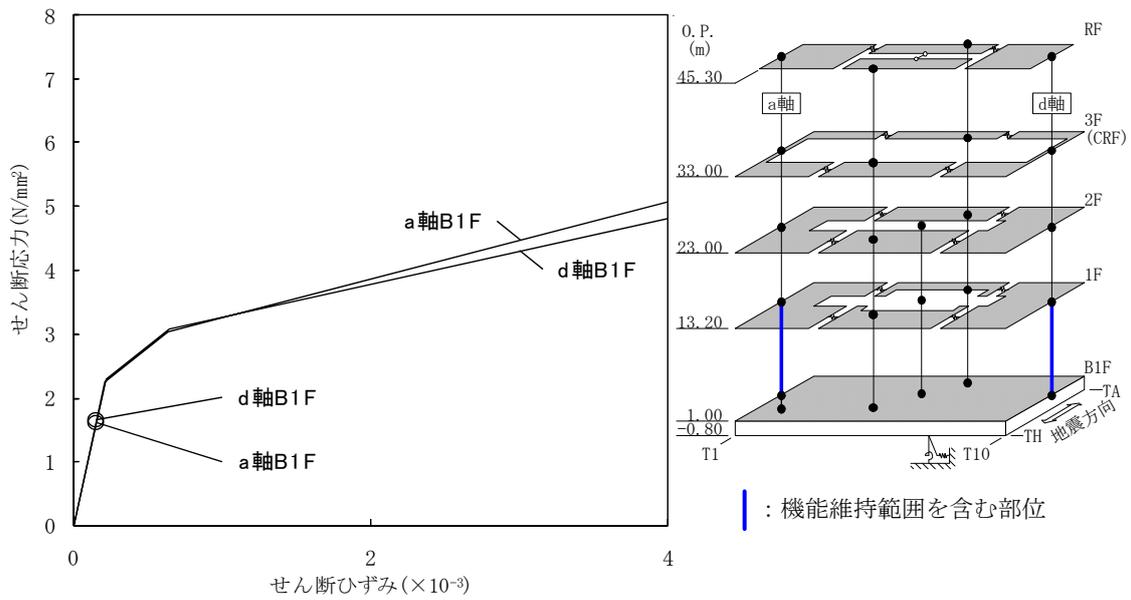


図-3.6.5.1(2) 最大応答加速度（東西方向）



(南北方向)



(東西方向)

図-3.6.5.2 機能維持部位のせん断スケルトン曲線上の最大応答値

3. 7 福島第二原子力発電所 1号機タービン建屋

3. 7. 1 タービン建屋の概要

福島第二原子力発電所1号機タービン建屋は、地上2階（一部、3階）、地下1階（一部、地下2階）建ての鉄筋コンクリート造を主体とした建物で、屋根部分が鉄骨造（トラス構造）となっている。タービン建屋の概略平面図及び概略断面図を図-3.7.1.1と図-3.7.1.2に示す。

タービン建屋は、その主要な平面は、146.80 m^{*1}（南北方向）× 78.00 m^{*1}（東西方向）の長方形である。基礎版底面からの高さは46.80 mであり、地上高さは32.50 mである。また、タービン建屋は隣接する原子炉建屋等と構造的に分離している。

タービン建屋の基礎は、厚さが2.30 mのべた基礎で、支持地盤である新第三紀層の泥岩盤上（一部、人工岩を介して）に設置されている。

タービン建屋の中央部には、建屋とは独立して基礎版から立ち上がっている蒸気タービン架台があり、高圧・低圧タービン、復水器及び発電機等が配置されている。

タービン建屋には、耐震安全上重要な機器・配管系として、高圧炉心スプレー系配管、残留熱除去冷却海水系配管、非常用補機冷却系配管、高圧炉心スプレー補機冷却系配管（地下1階）、中央制御室空調機（地上3階）が設置されており、これらの機器が設置された床を支持する耐震壁等の構造要素を機能維持部位として、影響評価を行う。

*1：建屋寸法は壁外面押えとする。

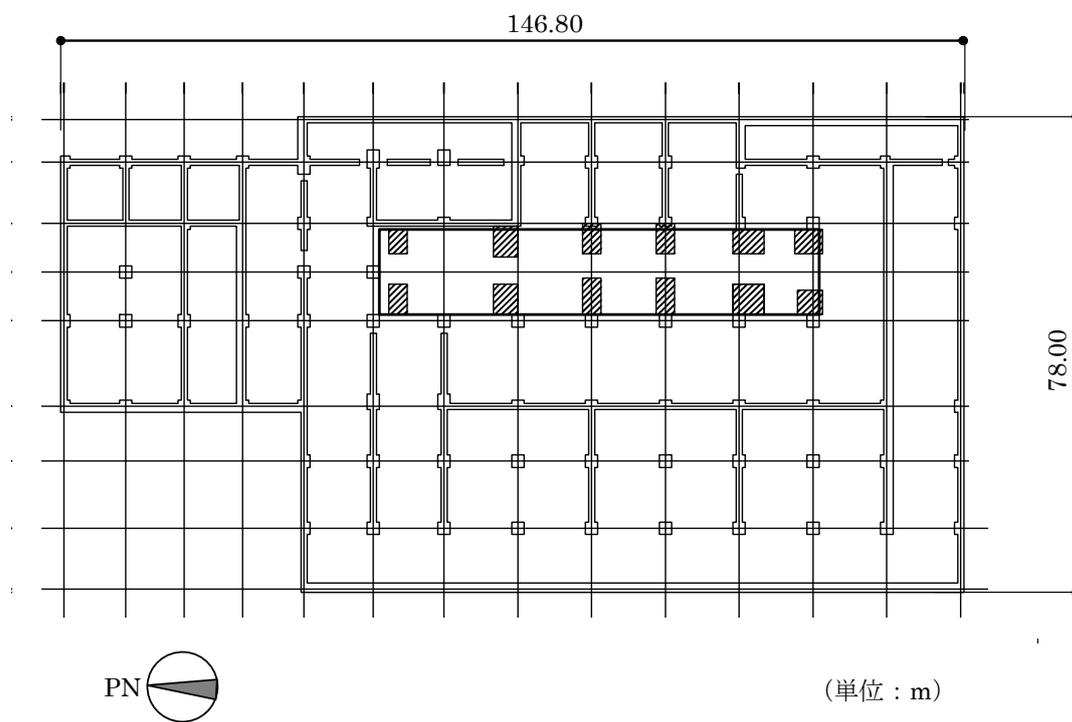


図-3.7.1.1 1号機タービン建屋の概略平面図

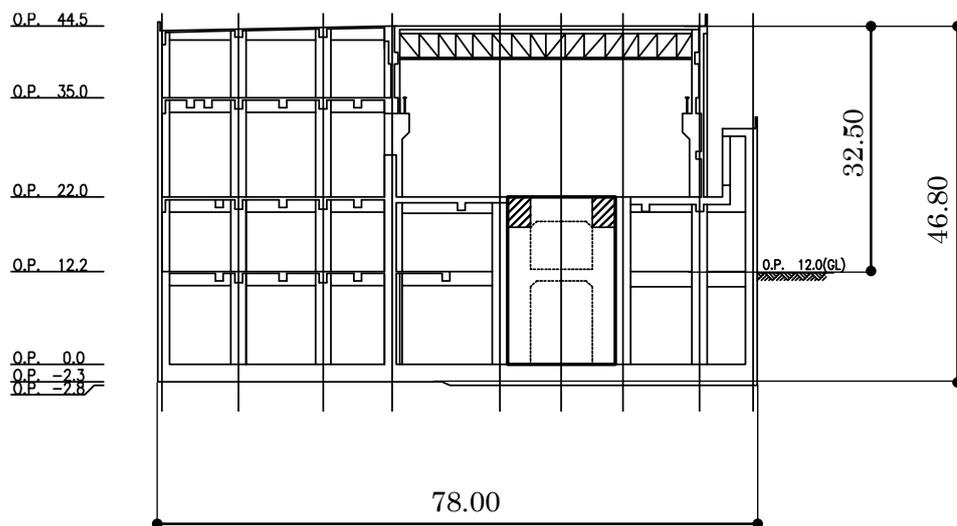
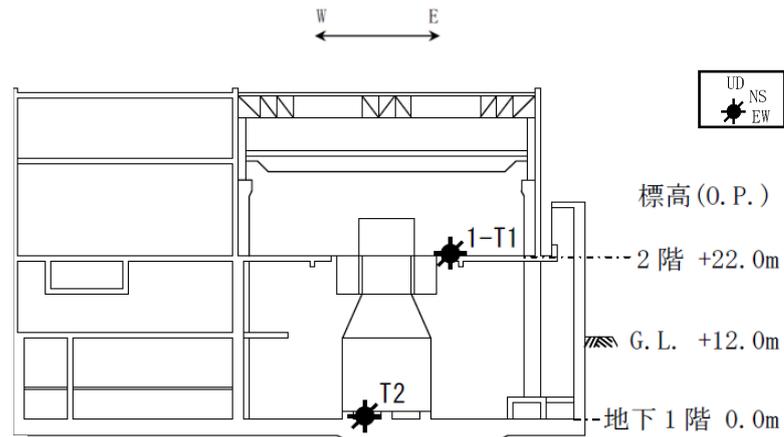


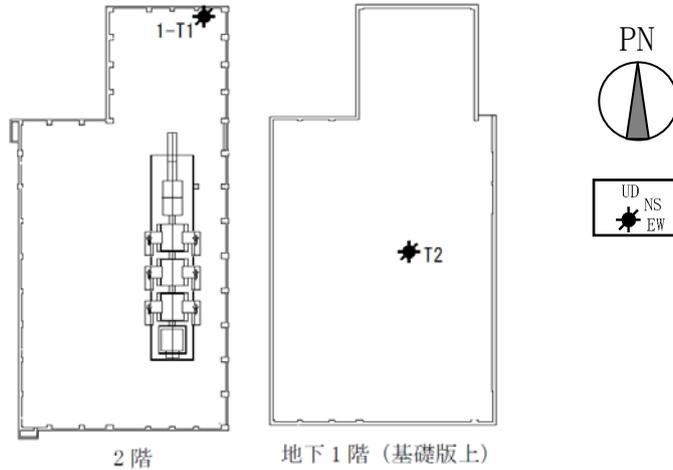
図-3.7.1.2 1号機タービン建屋の概略断面図 (東西断面)

3. 7. 2 タービン建屋における地震観測記録

検討に用いる 1 号機タービン建屋内の地震観測位置を図-3.7.2.1 に、また、地下 1 階（基礎版上）の地震観測点（T2）で得られた加速度時刻歴波形を図-3.7.2.2 に示す。

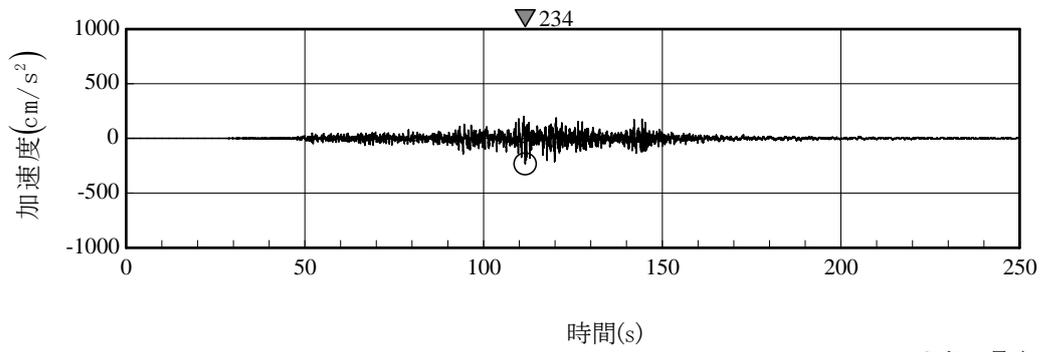


(a) 断面図



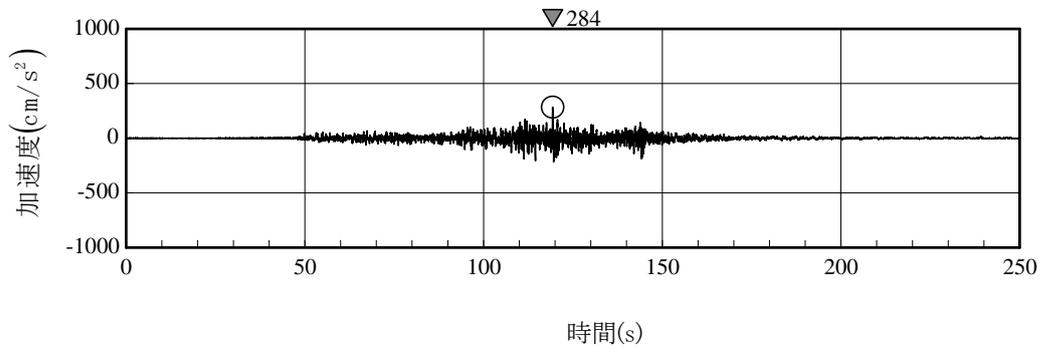
(b) 平面図

図-3.7.2.1 検討に用いる 1 号機タービン建屋内の地震観測位置



○印は最大値を示す

(a) 南北方向



○印は最大値を示す

(b) 東西方向

図-3.7.2.2 1号機タービン建屋基礎版上で観測された
加速度時刻歴波形 (T2)

3. 7. 3 地震応答解析の方針

1号機タービン建屋の地震応答解析は、地震時に観測した基礎版上における地震観測記録を用いた弾性応答解析による。

建屋各部位の応答は、タービン建屋の基礎版上での観測記録（図-3.7.2.2）を解析モデルの基礎版上に入力し、基礎版上からの建屋各部位の伝達関数を用いて算定する。

以上の地震応答解析の概要を図-3.7.3.1に示す。

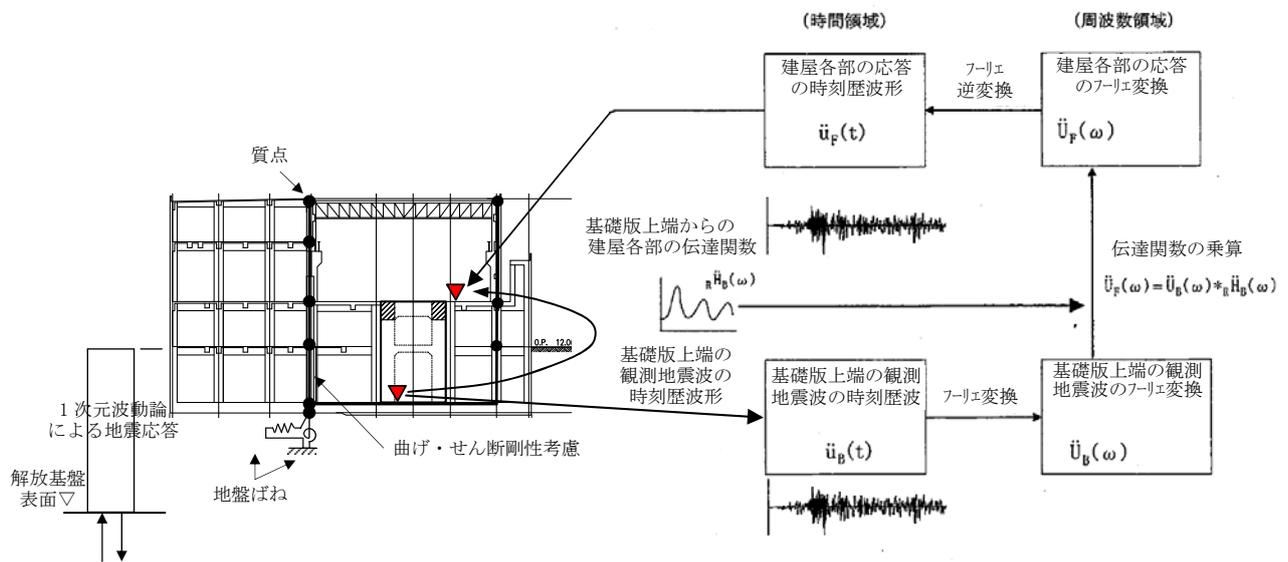


図-3.7.3.1 1号機タービン建屋の地震応答解析の概要

なお、地震応答解析結果については、最大応答加速度分布と機能維持部位のせん断スケルトン曲線上の最大応答値を示すこととする。

3. 7. 4 地震応答解析モデル

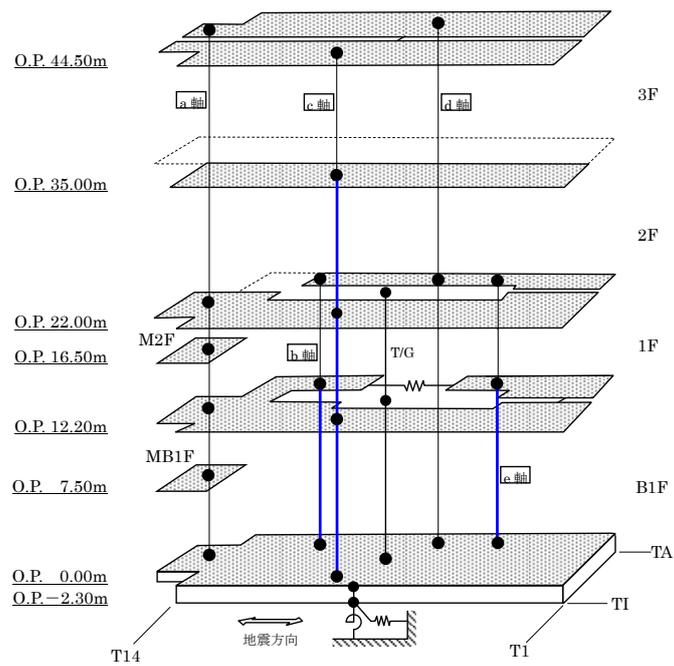
(1) 地震応答解析モデル

1号機タービン建屋の地震応答解析モデルは、地盤との相互作用を考慮し、曲げ及びせん断剛性を考慮した質点系モデルとする。モデル化は、南北方向、東西方向それぞれについて行う。地震応答解析モデルを図-3.7.4.1に示す。

地盤は、水平成層地盤モデルとし、基礎底面地盤ばねについては「JEAG4601-1991」により、成層補正を行ったのち、振動アドミッタンス理論に基づいてスウェイ及びロッキングばねを算定し、近似法により評価する。

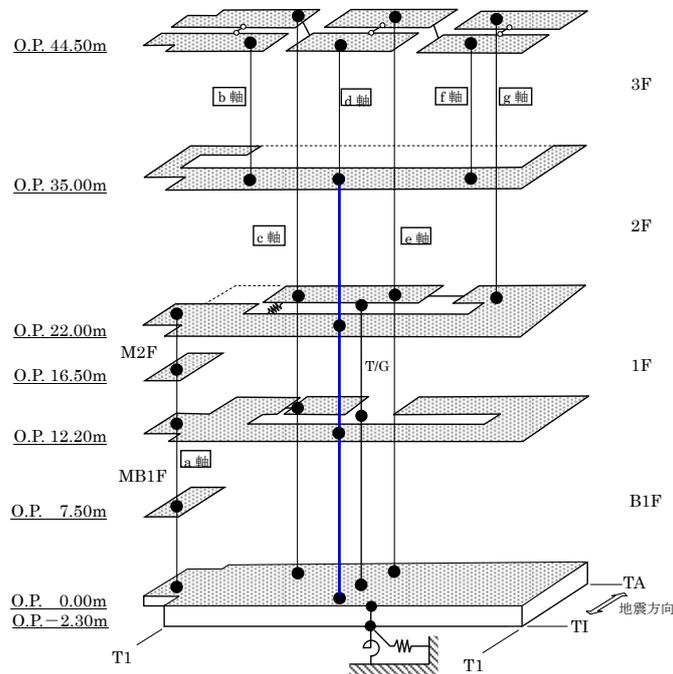
(2) 解析に用いる地盤定数

解析に用いる地盤定数は、地震時のせん断ひずみレベルを考慮して、表-3.7.4.1に示すとおり設定している。



：機能維持範囲を含む部位

(南北方向)



：機能維持範囲を含む部位

(東西方向)

図-3.7.4.1 1号機タービン建屋の地震応答解析モデル

表-3.7.4.1 解析に用いる地盤定数

標高 O.P. (m)	地質	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 γ (kN/m ³)	ポアソン 比 ν	初期せん断 弾性係数 Go ($\times 10^5$ kN/m ²)	剛性 低下率 G/Go	減衰 定数 h (%)
12.0	表層	192	17.7	0.33	0.67	0.69	6
9.0		236	17.7	0.33	1.00	0.69	6
6.0		259	17.7	0.33	1.21	0.69	6
3.0		275	17.7	0.33	1.36	0.69	6
0.0		泥岩	390	16.3	0.46	2.53	0.85
-6.5	452		16.7	0.46	3.47	0.85	3
-49.3	528		17.2	0.45	4.88	0.85	3
-114.3	細粒砂岩	612	17.3	0.44	6.61	0.85	3
-168.0	(解放基盤)	714	17.4	0.42	9.05	1.00	-

3. 7. 5 影響評価結果

1号機タービン建屋の地震応答解析により求められた最大応答加速度分布及び観測記録を図-3.7.5.1に、機能維持部位のせん断ひずみ一覧を表-3.7.5.1に示す。また、そのときのせん断スケルトン曲線上の最大応答値を図-3.7.5.2に示す。

機能維持部位のせん断ひずみは、最大で 0.10×10^{-3} (南北方向、地下1階)であり、第一折れ点以下の応力・変形状態となっている。

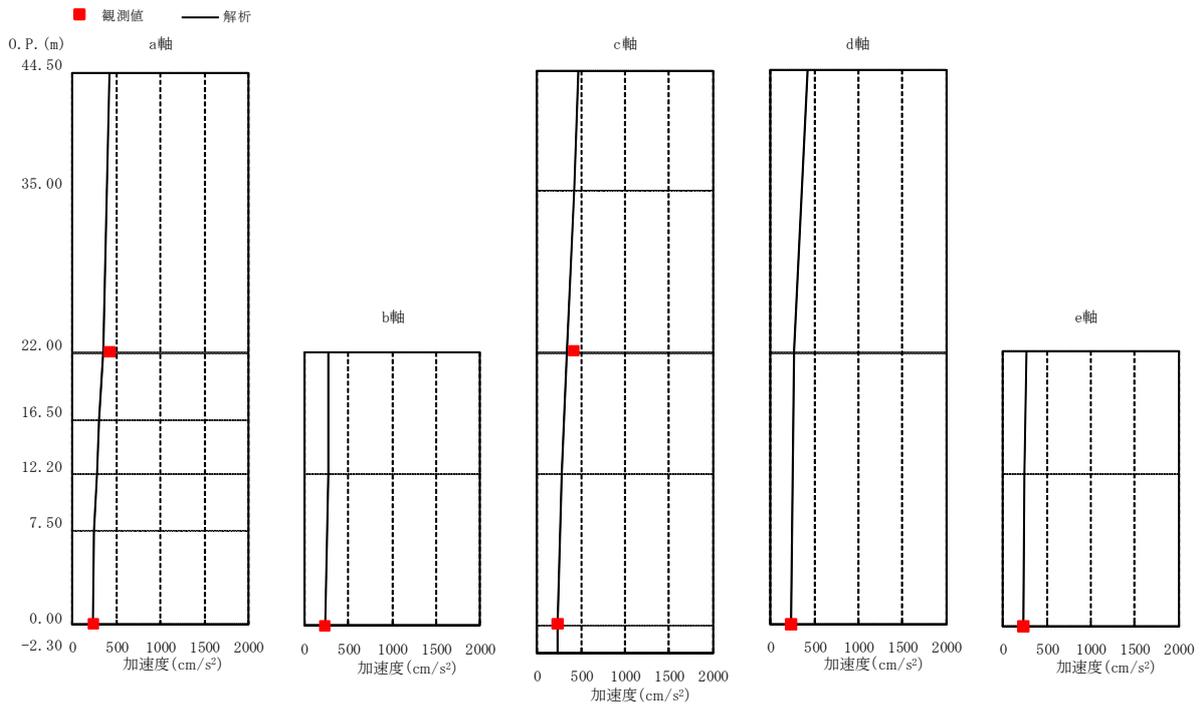
また、「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」の改訂に伴う耐震安全性評価に用いている耐震壁の最大せん断ひずみの評価基準値(2.0×10^{-3})に対しても十分な余裕を有している。

以上のことから、地震時のタービン建屋は要求される安全機能を保持できる状態にあったと推定される。

表-3.7.5.1 機能維持部位のせん断ひずみ一覧

($\times 10^{-3}$)

階	南北方向		東西方向	
	位置	せん断ひずみ	位置	せん断ひずみ
2F	c 軸	0.05	d 軸	0.10
1F	c 軸	0.08	d 軸	0.06
B1F	b 軸	0.10	d 軸	0.08
	c 軸	0.10		
	e 軸	0.06		



O. P. (m)	(cm/s ²)									
	a軸		b軸		c軸		d軸		e軸	
	観測値	シミュレーション解析	観測値	シミュレーション解析	観測値	シミュレーション解析	観測値	シミュレーション解析	観測値	シミュレーション解析
44.50		420				464		420		
35.00						417				
22.00	418	344	271	418	344		271		271	
16.50		306								
12.20		276	276	276	276				249	
7.50		245								
0.00	234	234	234	234	234	234	234	234	234	234
-2.30						233				

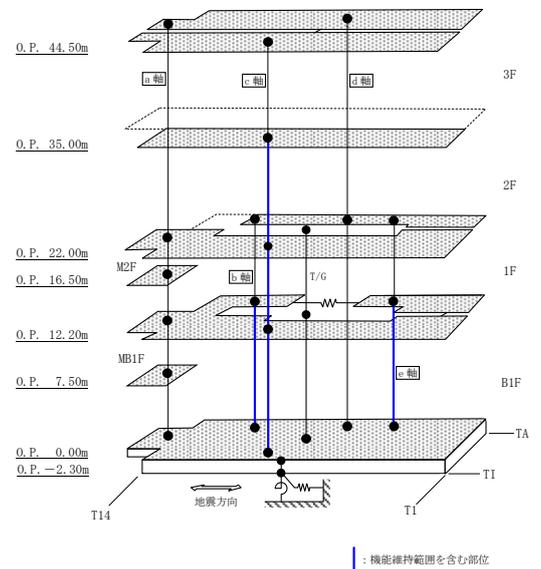
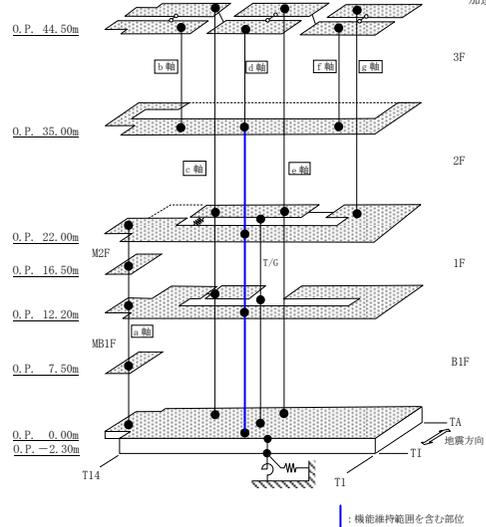
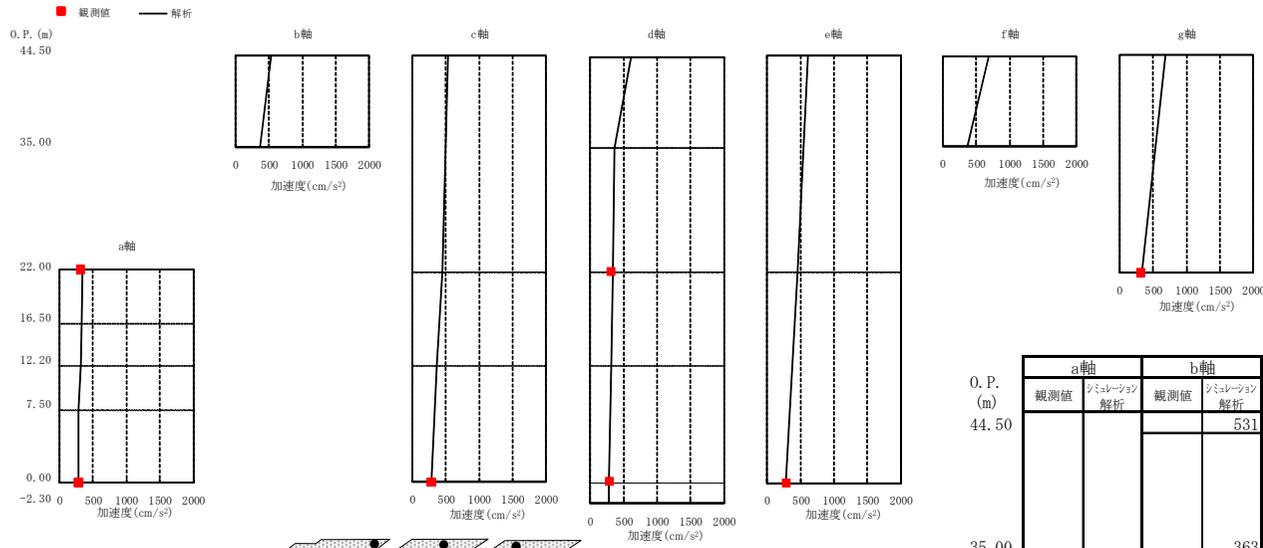
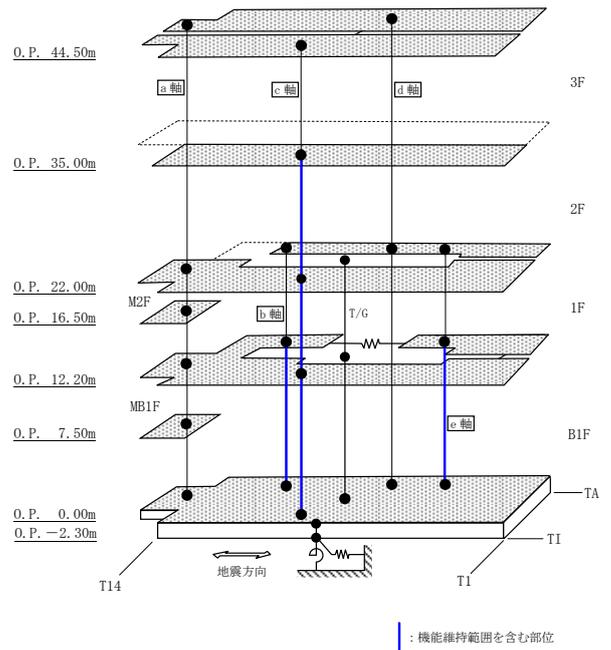
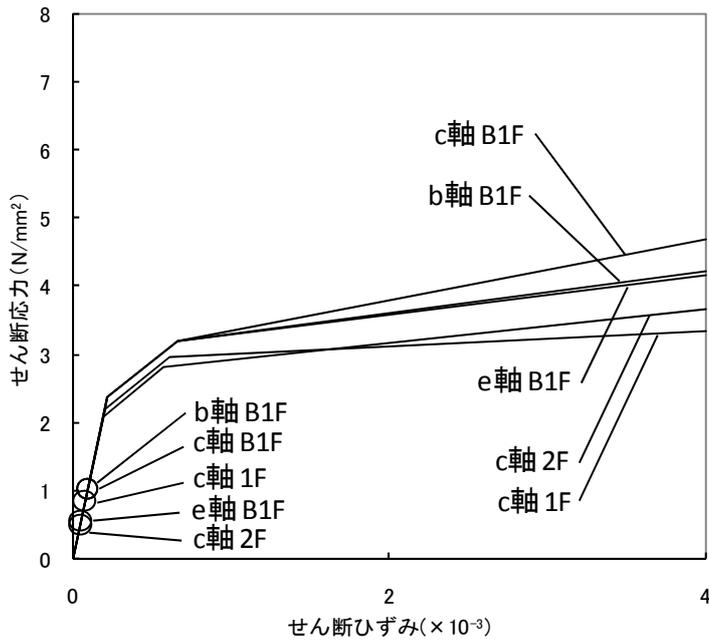


図-3.7.5.1(1) 最大応答加速度（南北方向）

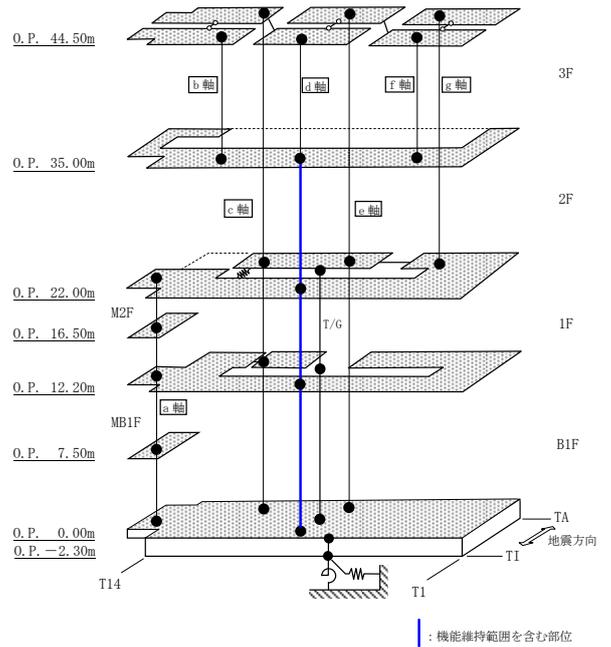
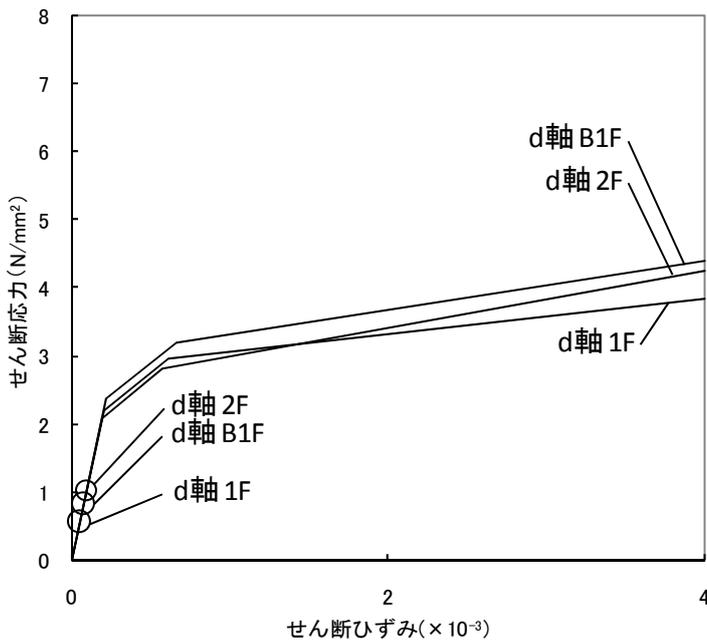


O.P. (m)	a軸		b軸		c軸		d軸		e軸		f軸		g軸	
	観測値	シミュレーション解析												
44.50				531		531		613		613		688		688
35.00				363				363				363		
22.00	312	337				456	312	337		456			312	337
16.50		329												
12.20		313				364		313						
7.50		281												
0.00	284	284			284	284	284	284	284	284				
-2.30								284						

図-3.7.5.1(2) 最大応答加速度 (東西方向)



(南北方向)



(東西方向)

図-3.7.5.2 機能維持部位のせん断スケルトン曲線上の最大応答値

3. 8 福島第二原子力発電所 2号機タービン建屋

3. 8. 1 タービン建屋の概要

福島第二原子力発電所2号機タービン建屋は、地上3階（一部、2階）、地下1階（一部、地下2階）建ての鉄筋コンクリート造を主体とした建物で、屋根部分が鉄骨造（トラス構造）となっている。タービン建屋の概略平面図及び概略断面図を図-3.8.1.1と図-3.8.1.2に示す。

タービン建屋は、その主要な平面は、107.75 m^{*1}（南北方向）× 78.00 m^{*1}（東西方向）の長方形である。基礎版底面からの高さは46.80 mであり、地上高さは32.50 mである。また、タービン建屋は隣接する原子炉建屋等と構造的に分離している。

タービン建屋の基礎は、厚さが2.30 mのべた基礎で、支持地盤である新第三紀層の泥岩盤上（一部、人工岩を介して）に設置されている。

タービン建屋の中央部には、建屋とは独立して基礎版から立ち上がっている蒸気タービン架台があり、高圧・低圧タービン、復水器及び発電機等が配置されている。

タービン建屋には、耐震安全上重要な機器・配管系として、非常用ディーゼル発電設備冷却系配管、残留熱除去冷却海水系配管、高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備冷却系配管（地下1階）、中央制御室空調機（地上3階）が設置されており、これらの機器が設置された床を支持する耐震壁等の構造要素を機能維持部位として、影響評価を行う。

*1：建屋寸法は壁外面押えとする。

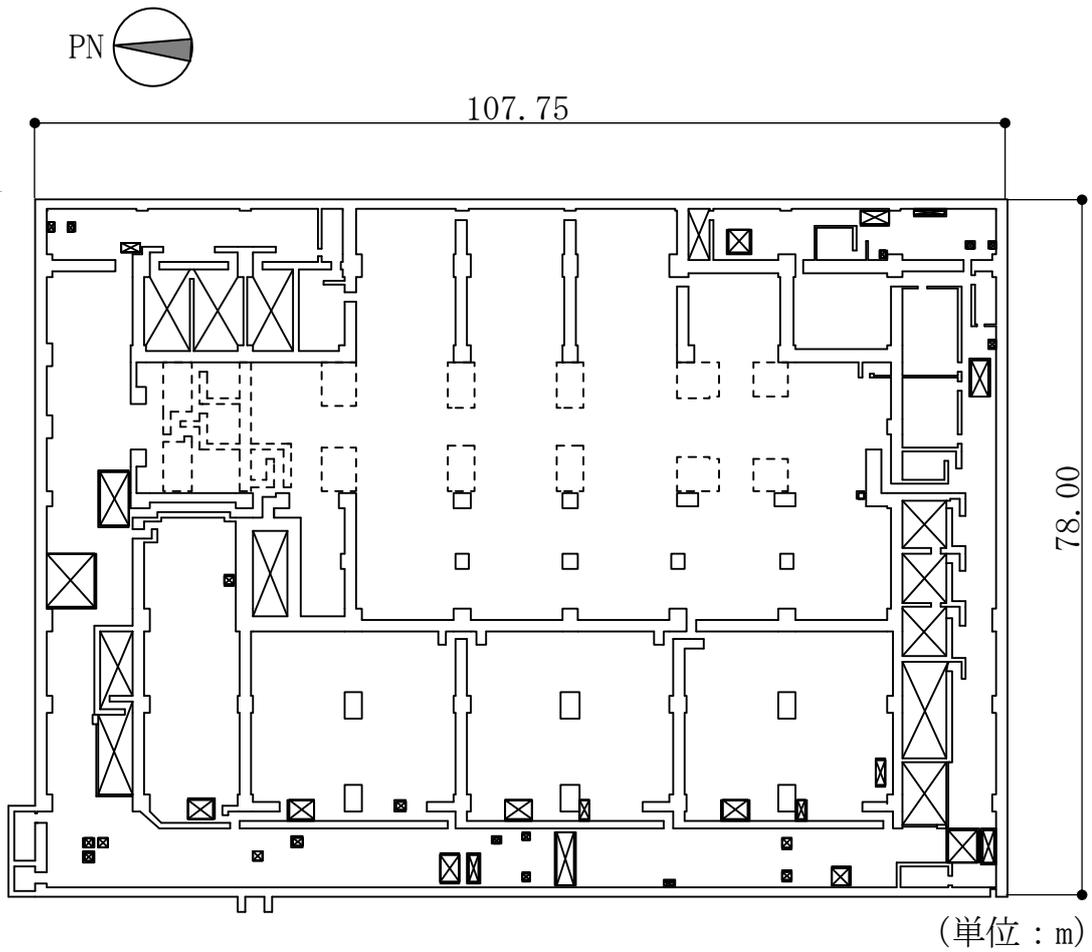


図-3.8.1.1 2号機タービン建屋の概略平面図

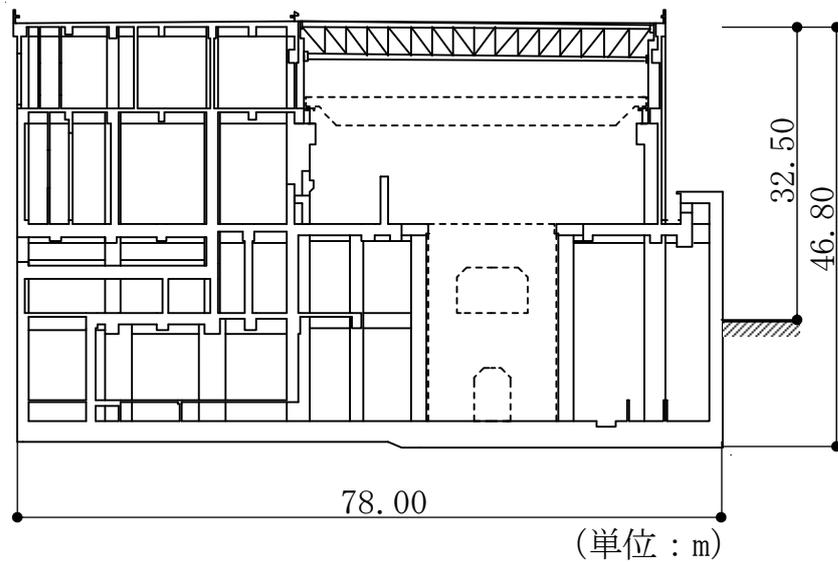
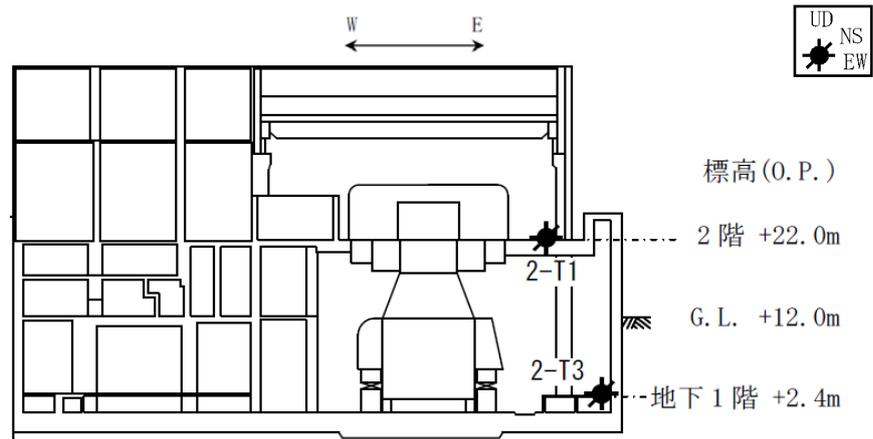


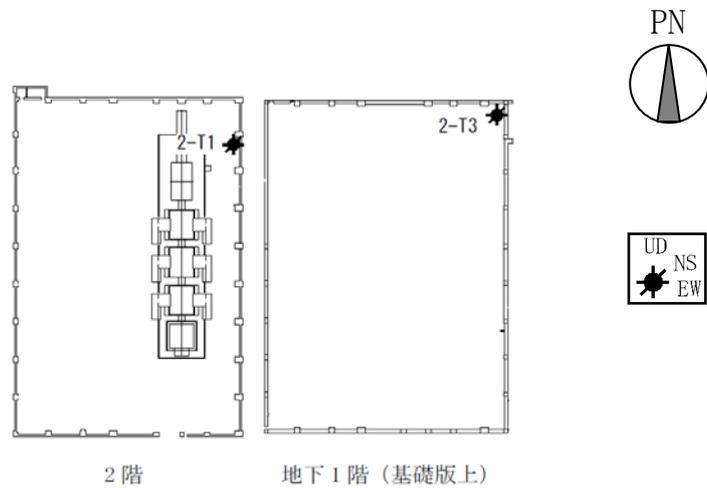
図-3.8.1.2 2号機タービン建屋の概略断面図（東西方向）

3. 8. 2 タービン建屋における地震観測記録

検討に用いる 2 号機タービン建屋内の地震観測位置を図-3.8.2.1 に、また、地下 1 階（基礎版上）の地震観測点（2-T3）で得られた加速度時刻歴波形を図-3.8.2.2 に示す。

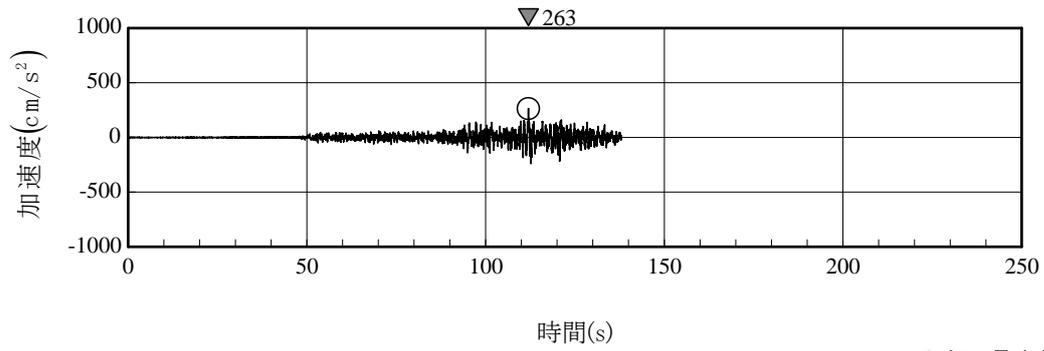


(a) 断面図



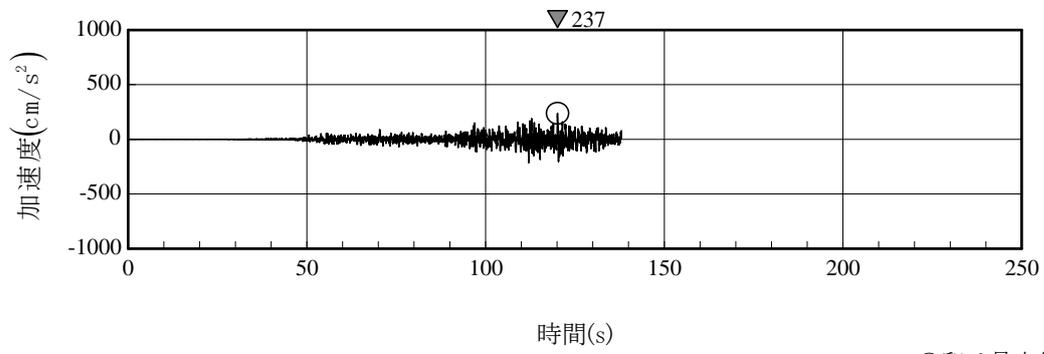
(b) 平面図

図-3.8.2.1 検討に用いる 2 号機タービン建屋内の地震観測位置



○印は最大値を示す
 注) 記録開始から 138 秒で記録が終了

(a) 南北方向



○印は最大値を示す
 注) 記録開始から 138 秒で記録が終了

(b) 東西方向

図-3.8.2.2 2号機タービン建屋基礎版上で観測された
 加速度時刻歴波形 (2-T3)

3. 8. 3 地震応答解析の方針

2号機タービン建屋の地震応答解析は、地震時に観測した基礎版上における地震観測記録を用いた弾性応答解析による。

建屋各部位の応答は、タービン建屋の基礎版上での観測記録（図-3.8.2.2）を解析モデルの基礎版上に入力し、基礎版上からの建屋各部位の伝達関数を用いて算定する。

以上の地震応答解析の概要を図-3.8.3.1に示す。

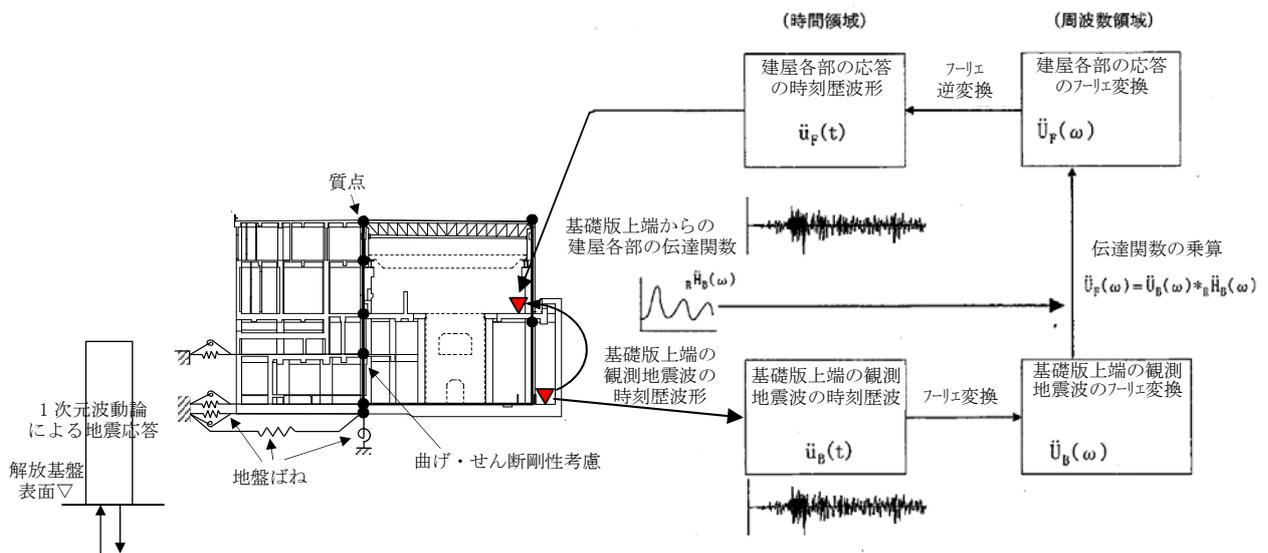


図-3.8.3.1 2号機タービン建屋の地震応答解析の概要

なお、地震応答解析結果については、最大応答加速度分布と機能維持部位のせん断スケルトン曲線上の最大応答値を示すこととする。

3. 8. 4 地震応答解析モデル

(1) 地震応答解析モデル

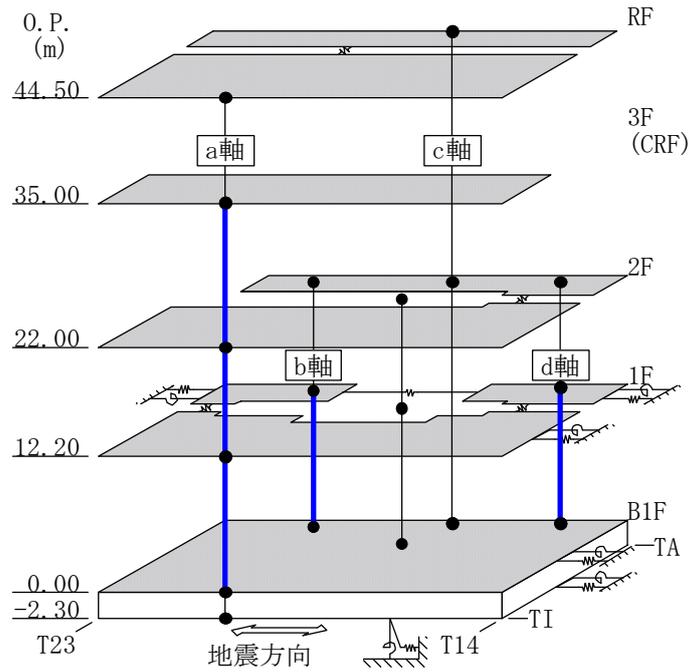
2号機タービン建屋の地震応答解析モデルは、地盤との相互作用を考慮し、曲げ及びせん断剛性を考慮した質点系モデルとする。モデル化は、南北方向、東西方向それぞれについて行う。地震応答解析モデルを図-3.8.4.1に示す。

地盤は、水平成層地盤モデルとし、基礎底面地盤ばねについては「JEAG4601-1991」により、成層補正を行ったのち、振動アドミッタンス理論に基づいてスウェイ及びロッキングばねを算定し、近似法により評価する。

また、埋込部分の建屋側面地盤ばねについては、建屋側面位置の地盤定数を用いて、水平及び回転ばねを「JEAG4601-1991」により Novak の方法に基づいて算定し、近似法により評価する。

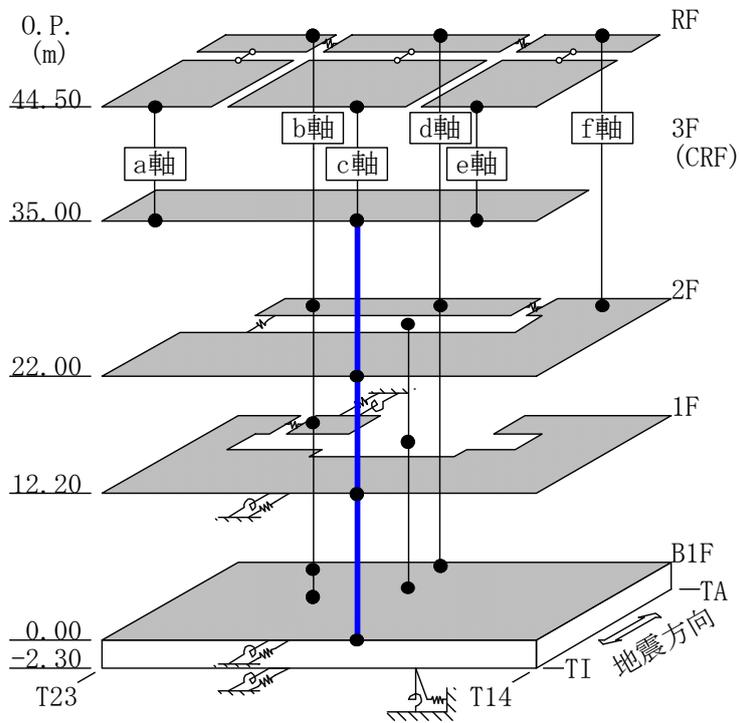
(2) 解析に用いる地盤定数

解析に用いる地盤定数は、地震時のせん断ひずみレベルを考慮して、表-3.8.4.1に示すとおり設定している。



：機能維持範囲を含む部位

(南北方向)



：機能維持範囲を含む部位

(東西方向)

図-3.8.4.1 2号機タービン建屋の地震応答解析モデル

表-3.8.4.1 解析に用いる地盤定数

標高 O.P. (m)	地質	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 γ (kN/m ³)	ポアソン 比 ν	初期せん断 弾性係数 Go ($\times 10^5$ kN/m ²)	剛性 低下率 G/Go	減衰 定数 h (%)
12.0	表層	192	17.7	0.33	0.67	0.69	6
9.0		236	17.7	0.33	1.00	0.69	6
6.0		259	17.7	0.33	1.21	0.69	6
3.0		275	17.7	0.33	1.36	0.69	6
0.0	泥岩	390	16.3	0.46	2.53	0.85	3
-6.5		452	16.7	0.46	3.47	0.85	3
-49.3		528	17.2	0.45	4.88	0.85	3
-114.3	細粒砂岩 (解放基盤)	612	17.3	0.44	6.61	0.85	3
-168.0		714	17.4	0.42	9.05	1.00	-

3. 8. 5 影響評価結果

2号機タービン建屋の地震応答解析により求められた最大応答加速度分布及び観測記録を図-3.8.5.1に、機能維持部位のせん断ひずみ一覧を表-3.8.5.1に示す。また、そのときのせん断スケルトン曲線上の最大応答値を図-3.8.5.2に示す。

機能維持部位のせん断ひずみは、最大で 0.14×10^{-3} (南北方向、地下1階)であり、第一折れ点以下の応力・変形状態となっている。

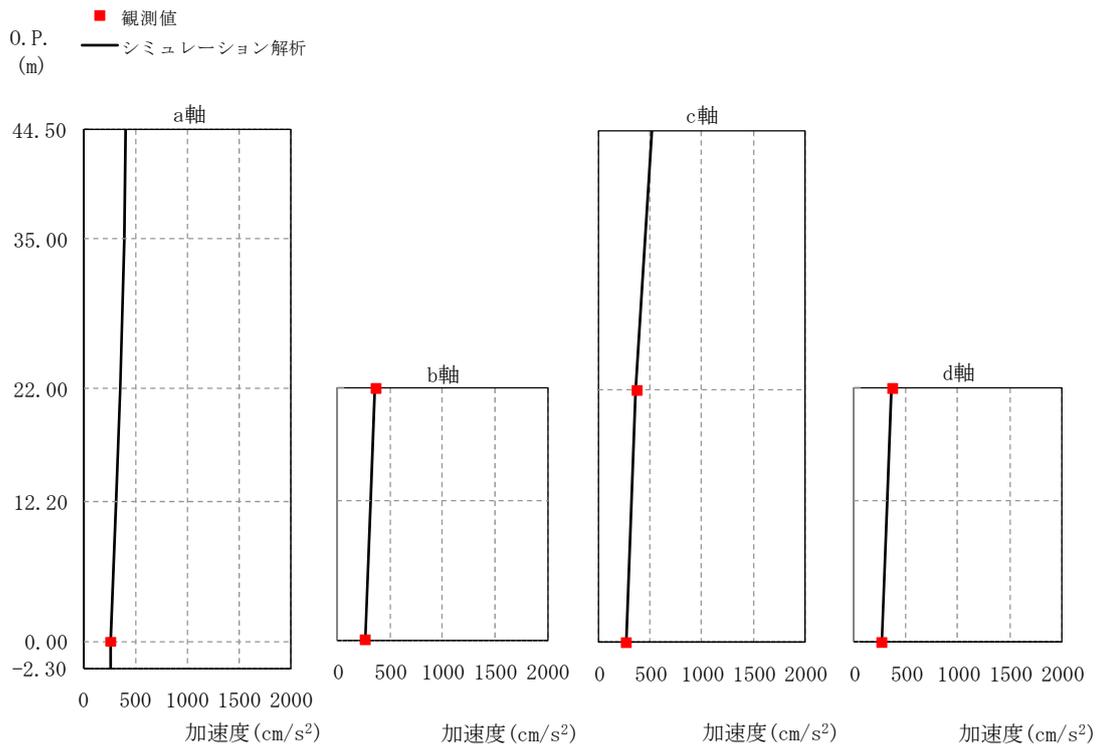
また、「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」の改訂に伴う耐震安全性評価に用いている耐震壁の最大せん断ひずみの評価基準値(2.0×10^{-3})に対しても十分な余裕を有している。

以上のことから、地震時のタービン建屋は要求される安全機能を保持できる状態にあったと推定される。

表-3.8.5.1 機能維持部位のせん断ひずみ一覧

($\times 10^{-3}$)

階	南北方向		東西方向	
	位置	せん断ひずみ	位置	せん断ひずみ
2F	a 軸	0.04	c 軸	0.04
1F	a 軸	0.08	c 軸	0.04
B1F	a 軸	0.14	c 軸	0.07
	b 軸	0.06		
	d 軸	0.06		



	a軸		b軸		c軸		d軸	
	観測値	シミュレーション解析	観測値	シミュレーション解析	観測値	シミュレーション解析	観測値	シミュレーション解析
44.50		404				513		
35.00		386						
22.00		356	366	354	366	354	366	354
12.20		319		316				322
0.00	263	263	263	263	263	263	263	263
-2.30		264						

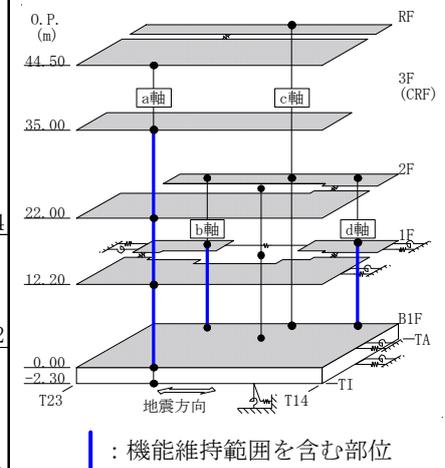
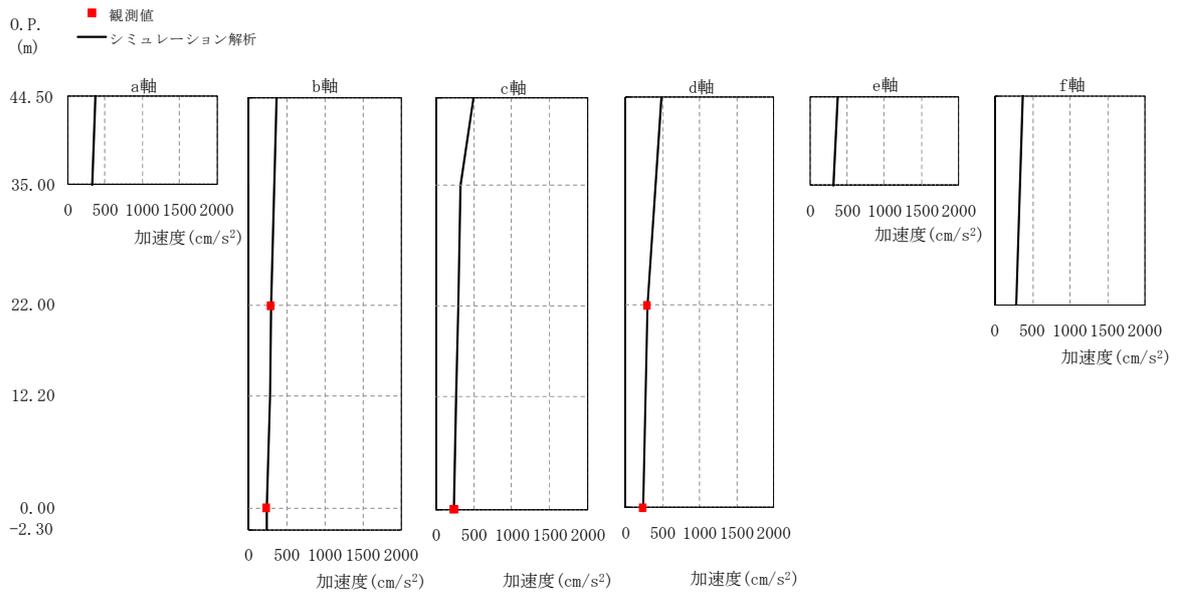
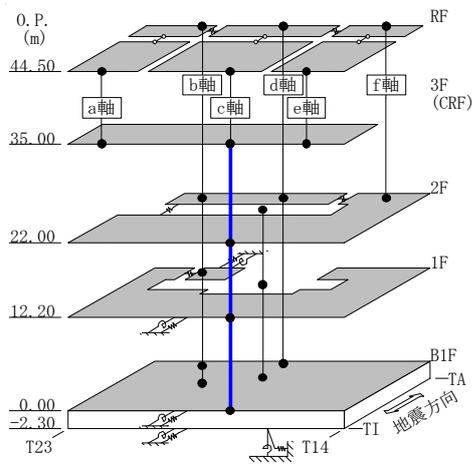


図-3.8.5.1(1) 最大応答加速度 (南北方向)



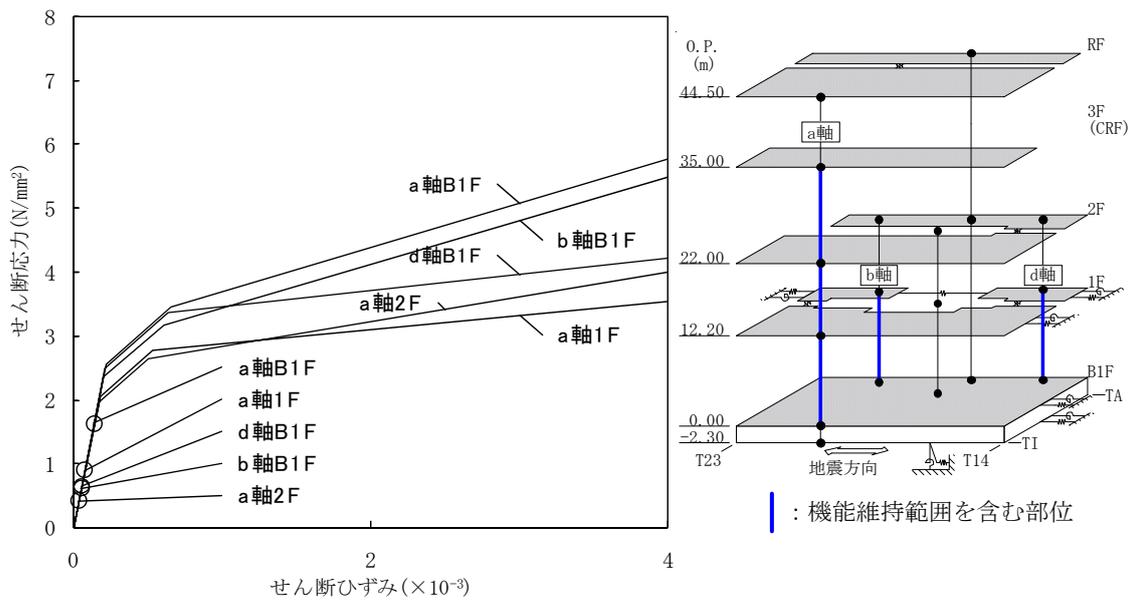
O. P. (m)	a軸		b軸		c軸		d軸		e軸		f軸	
	観測値	シミュレーション解析										
44.50		372		372		489		489		378		378
35.00		322				322				322		
22.00			289	296		287	289	296				287
12.20				275		266						
0.00			237	237	237	237	237	237				
-2.30				236								

(cm/s²)

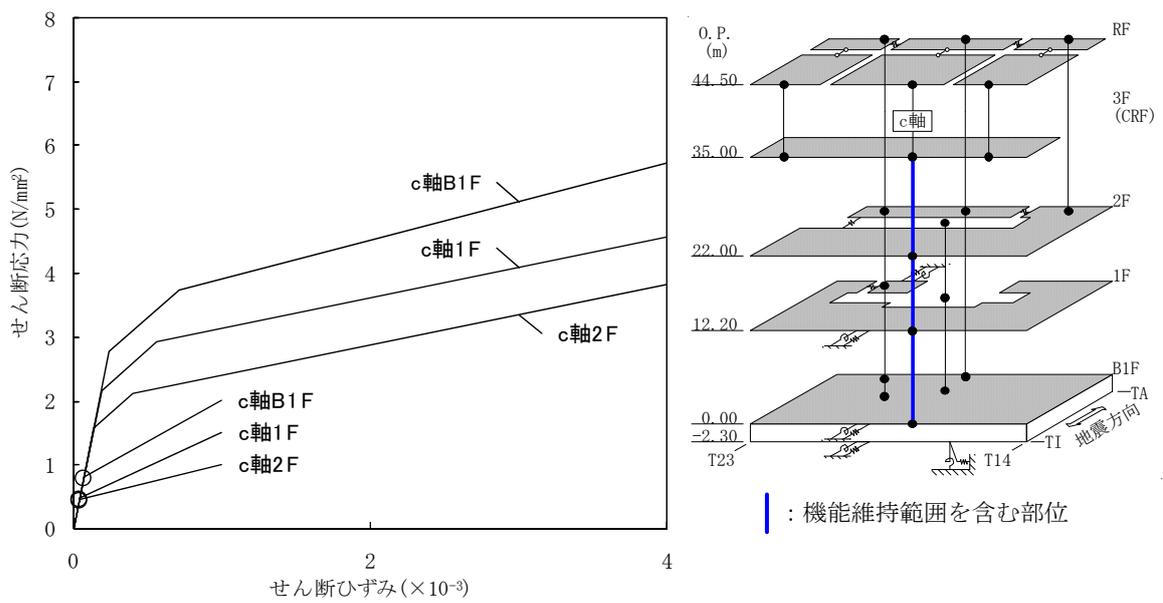


■ : 機能維持範囲を含む部位

図-3.8.5.1(2) 最大応答加速度 (東西方向)



(南北方向)



(東西方向)

図-3.8.5.2 機能維持部位のせん断スケルトン曲線上の最大応答値

3. 9 福島第二原子力発電所 3号機タービン建屋

3. 9. 1 タービン建屋の概要

福島第二原子力発電所3号機タービン建屋は、地上2階（一部、3階）、地下2階建ての下部鉄筋コンクリート造、上部鉄骨造（一部、鉄骨鉄筋コンクリート造）の建物で、屋根部分が鉄骨造（トラス構造）となっている。タービン建屋の概略平面図及び概略断面図を図-3.9.1.1と図-3.9.1.2に示す。

タービン建屋は、その主要な平面は、109.00 m^{*1}（南北方向）× 66.00 m^{*1}（東西方向）の長方形である。基礎版底面からの高さは49.30 mであり、地上高さは33.00 mである。また、タービン建屋は隣接する原子炉建屋等と構造的に分離している。

タービン建屋の基礎は、厚さが2.30 mのべた基礎で、支持地盤である新第三紀層の泥岩盤上（一部、人工岩を介して）に設置されている。

タービン建屋の中央部には、建屋とは独立して基礎版から立ち上がっている蒸気タービン架台があり、高圧・低圧タービン、復水器及び発電機等が配置されている。

タービン建屋には、耐震安全上重要な機器・配管系として、残留熱除去冷却海水系配管、高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備冷却系配管（地下2階）、非常用ディーゼル発電設備冷却系配管（地下2階から地下1階）が設置されており、これらの機器が設置された床を支持する耐震壁等の構造要素を機能維持部位として、影響評価を行う。

*1：建屋寸法は壁外面押えとする。

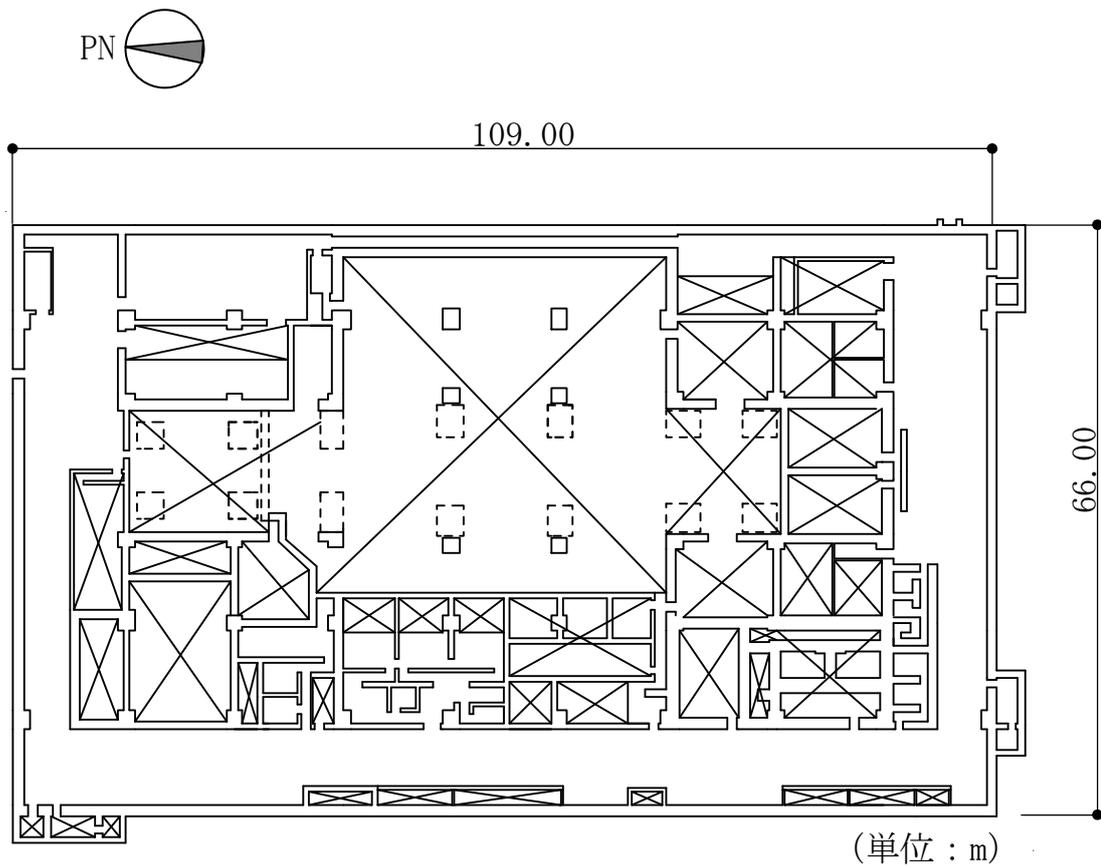


図-3.9.1.1 3号機タービン建屋の概略平面図

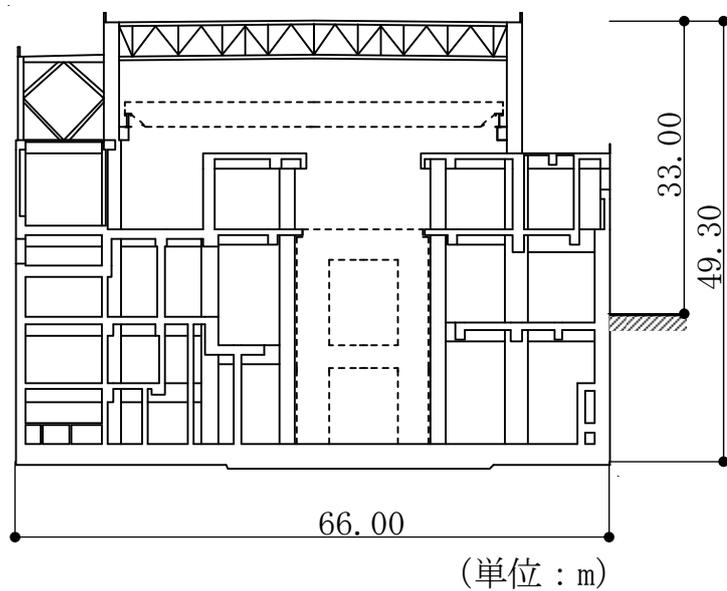


図-3.9.1.2 3号機タービン建屋の概略断面図 (東西方向)

3. 9. 2 タービン建屋における地震観測記録

検討に用いる 3 号機タービン建屋内の地震観測位置を図-3.9.2.1 に、また、地下 2 階（基礎版上）の地震観測点（3-T3）で得られた加速度時刻歴波形を図-3.9.2.2 に示す。

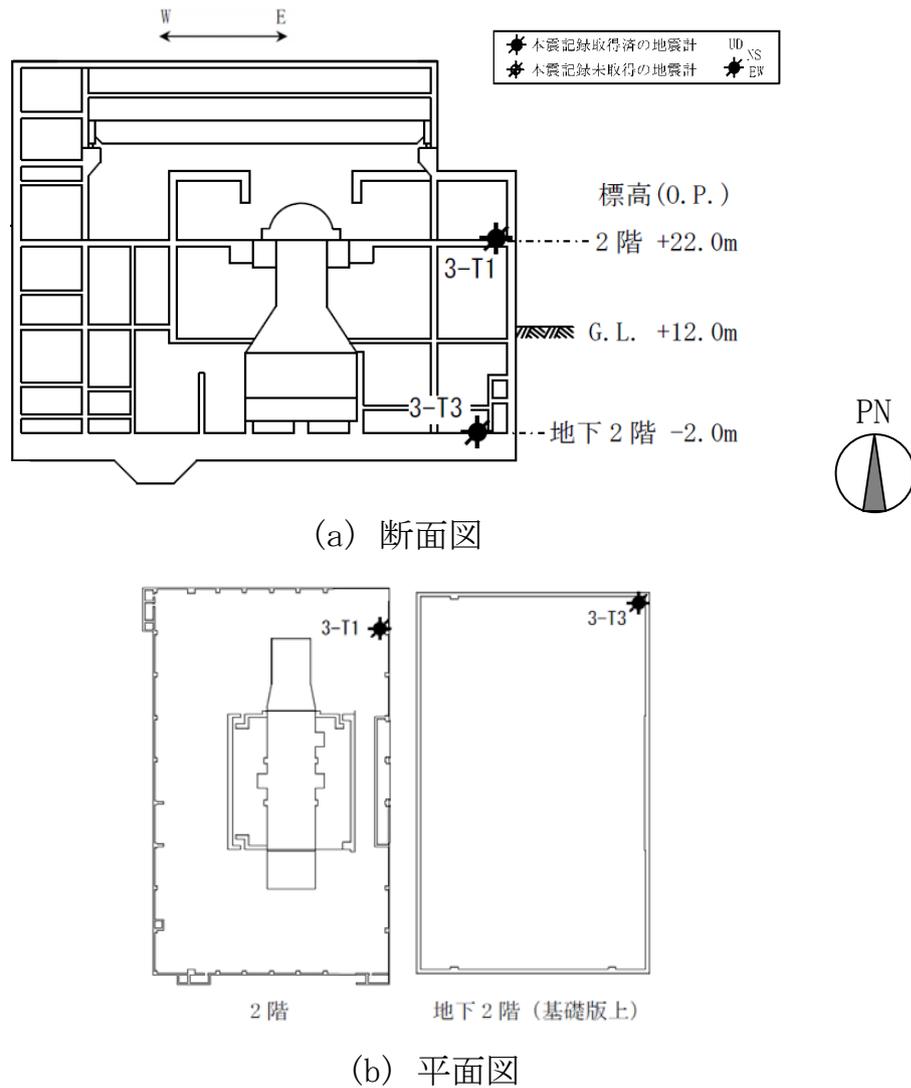
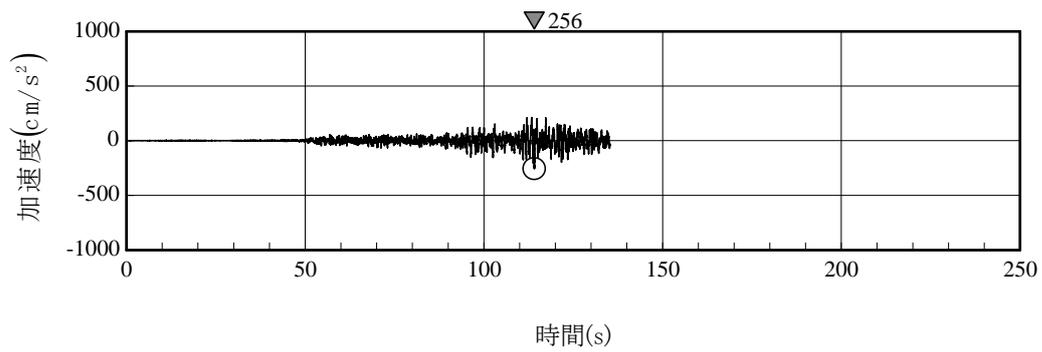
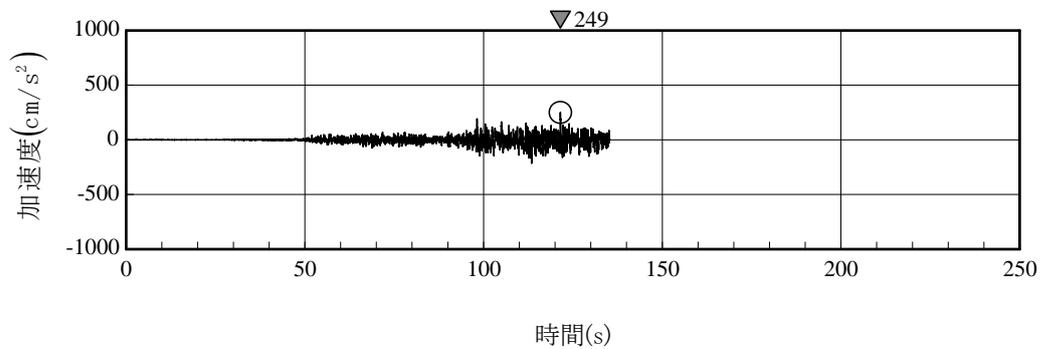


図-3.9.2.1 検討に用いる 3 号機タービン建屋内の地震観測位置



○印は最大値を示す
 注) 記録開始から 135 秒で記録が終了

(a) 南北方向



○印は最大値を示す
 注) 記録開始から 135 秒で記録が終了

(b) 東西方向

図-3.9.2.2 3号機タービン建屋基礎版上で観測された
 加速度時刻歴波形 (3-T3)

3. 9. 3 地震応答解析の方針

3号機タービン建屋の地震応答解析は、地震時に観測した基礎版上における地震観測記録を用いた弾性応答解析による。

建屋各部位の応答は、タービン建屋の基礎版上での観測記録（図-3.9.2.2）を解析モデルの基礎版上に入力し、基礎版上からの建屋各部位の伝達関数を用いて算定する。

以上の地震応答解析の概要を図-3.9.3.1に示す。

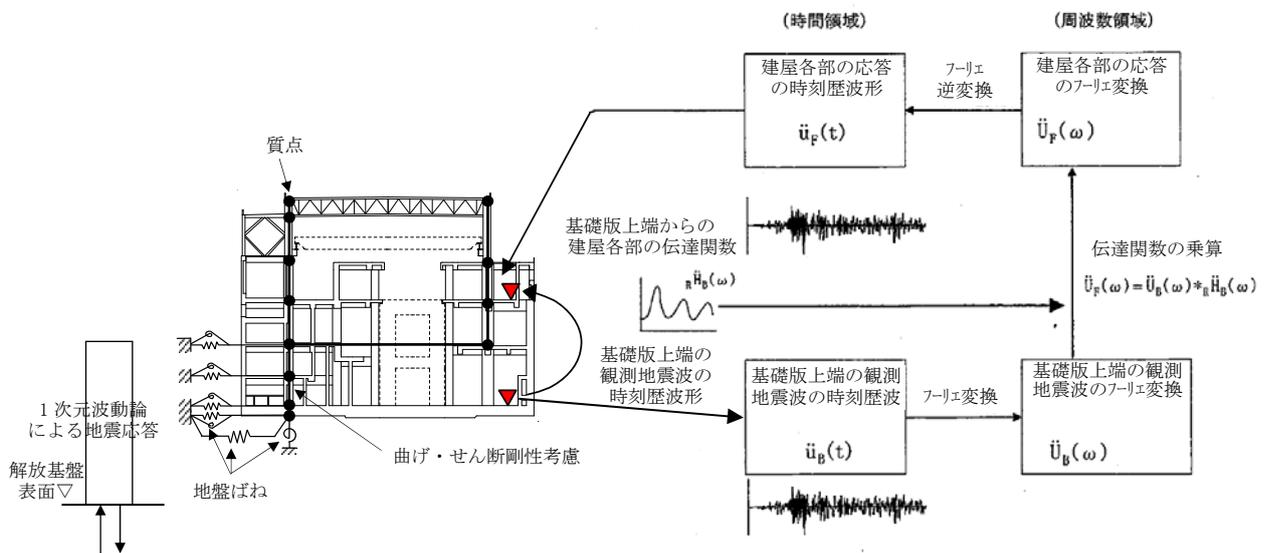


図-3.9.3.1 3号機タービン建屋の地震応答解析の概要

なお、地震応答解析結果については、最大応答加速度分布と機能維持部位のせん断スケルトン曲線上の最大応答値を示すこととする。

3. 9. 4 地震応答解析モデル

(1) 地震応答解析モデル

3号機タービン建屋の地震応答解析モデルは、地盤との相互作用を考慮し、曲げ及びせん断剛性を考慮した質点系モデルとする。モデル化は、南北方向、東西方向それぞれについて行う。地震応答解析モデルを図-3.9.4.1に示す。

地盤は、水平成層地盤モデルとし、基礎底面地盤ばねについては「JEAG4601-1991」により、成層補正を行ったのち、振動アドミッタンス理論に基づいてスウェイ及びロッキングばねを算定し、近似法により評価する。

また、埋込部分の建屋側面地盤ばねについては、建屋側面位置の地盤定数を用いて、水平及び回転ばねを「JEAG4601-1991」により Novak の方法に基づいて算定し、近似法により評価する。

(2) 解析に用いる地盤定数

解析に用いる地盤定数は、地震時のせん断ひずみレベルを考慮して、表-3.9.4.1に示すとおり設定している。

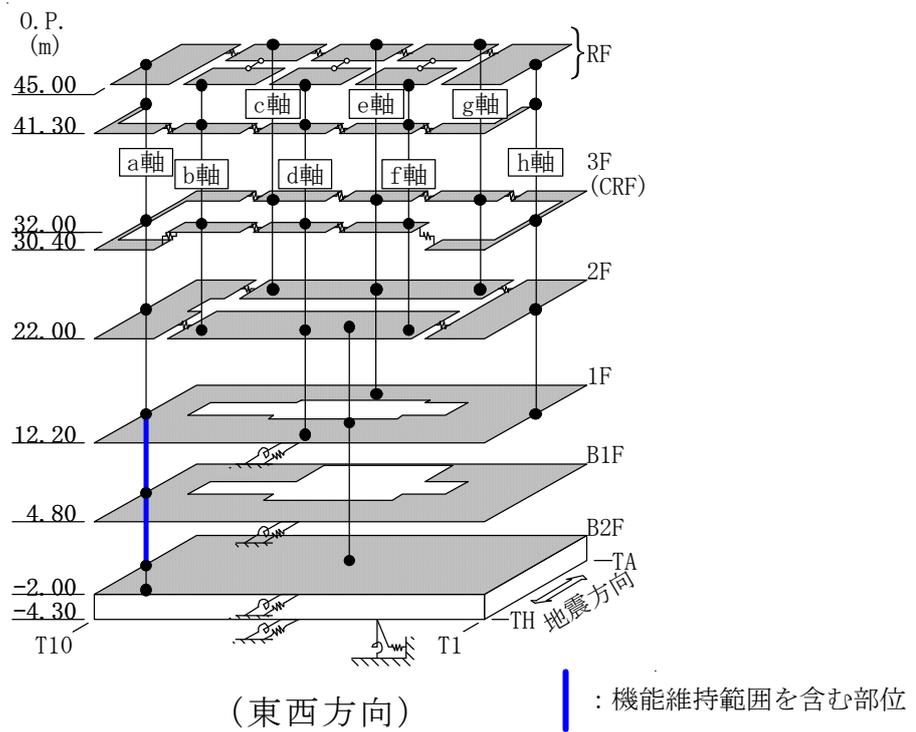
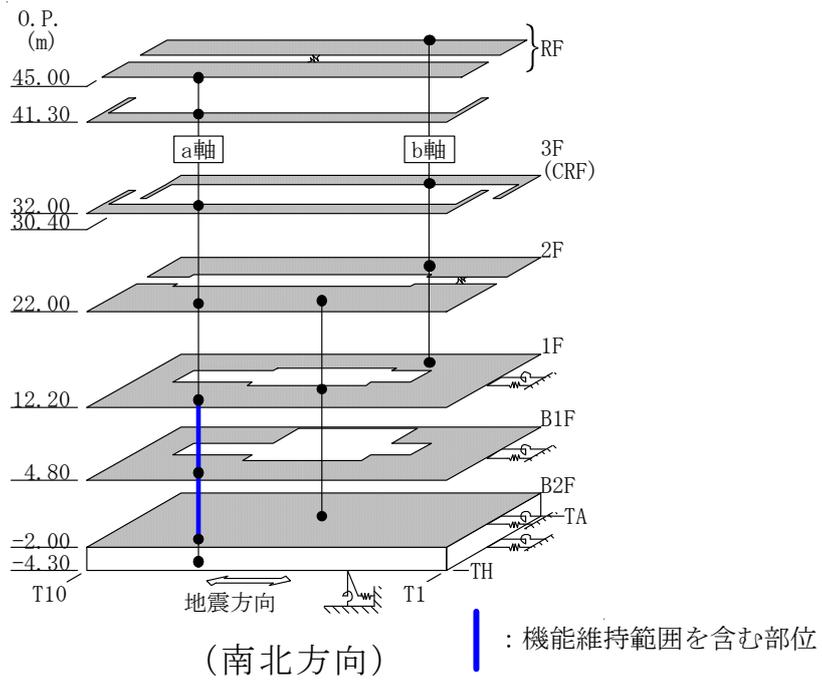


図-3.9.4.1 3号機タービン建屋の地震応答解析モデル

表-3.9.4.1 解析に用いる地盤定数

標高 O.P. (m)	地質	せん断波 速度 V_s (m/s)	単位体積 重量 γ (kN/m ³)	ポアソン 比 ν	初期せん断 弾性係数 G_0 ($\times 10^5$ kN/m ²)	剛性 低下率 G/G_0	減衰 定数 h (%)
12.0	表層	192	17.7	0.33	0.67	0.69	6
9.0		236	17.7	0.33	1.00	0.69	6
6.0		259	17.7	0.33	1.21	0.69	6
3.0		275	17.7	0.33	1.36	0.69	6
0.0							
-6.5	泥岩	390	16.3	0.46	2.53	0.85	3
-49.3		452	16.7	0.46	3.47	0.85	3
		528	17.2	0.45	4.88	0.85	3
-114.3	細粒砂岩 (解放基盤)	612	17.3	0.44	6.61	0.85	3
-168.0		714	17.4	0.42	9.05	1.00	-

3. 9. 5 影響評価結果

3号機タービン建屋の地震応答解析により求められた最大応答加速度分布及び観測記録を図-3.9.5.1に、機能維持部位のせん断ひずみ一覧を表-3.9.5.1に示す。また、そのときのせん断スケルトン曲線上の最大応答値を図-3.9.5.2に示す。

機能維持部位のせん断ひずみは、最大で 0.10×10^{-3} (東西方向、地下2階)であり、第一折れ点以下の応力・変形状態となっている。

また、「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」の改訂に伴う耐震安全性評価に用いている耐震壁の最大せん断ひずみの評価基準値(2.0×10^{-3})に対しても十分な余裕を有している。

以上のことから、地震時のタービン建屋は要求される安全機能を保持できる状態にあったと推定される。

表-3.9.5.1 機能維持部位のせん断ひずみ一覧

($\times 10^{-3}$)

階	南北方向	東西方向
B1F	0.06	0.08
B2F	0.09	0.10

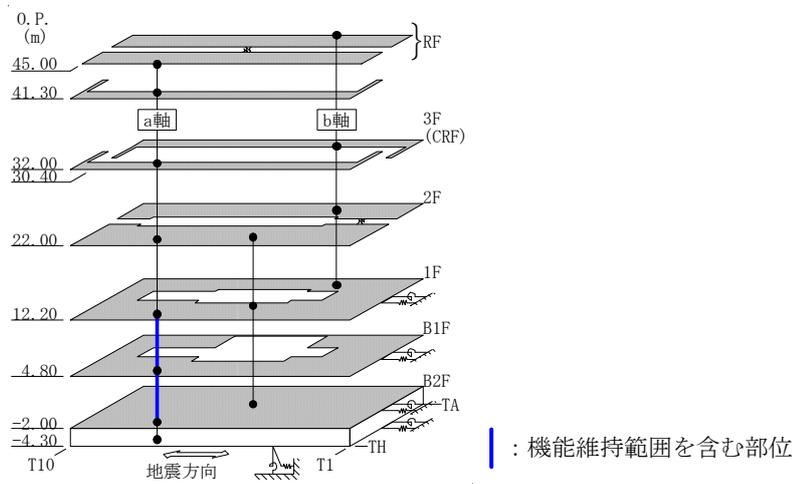
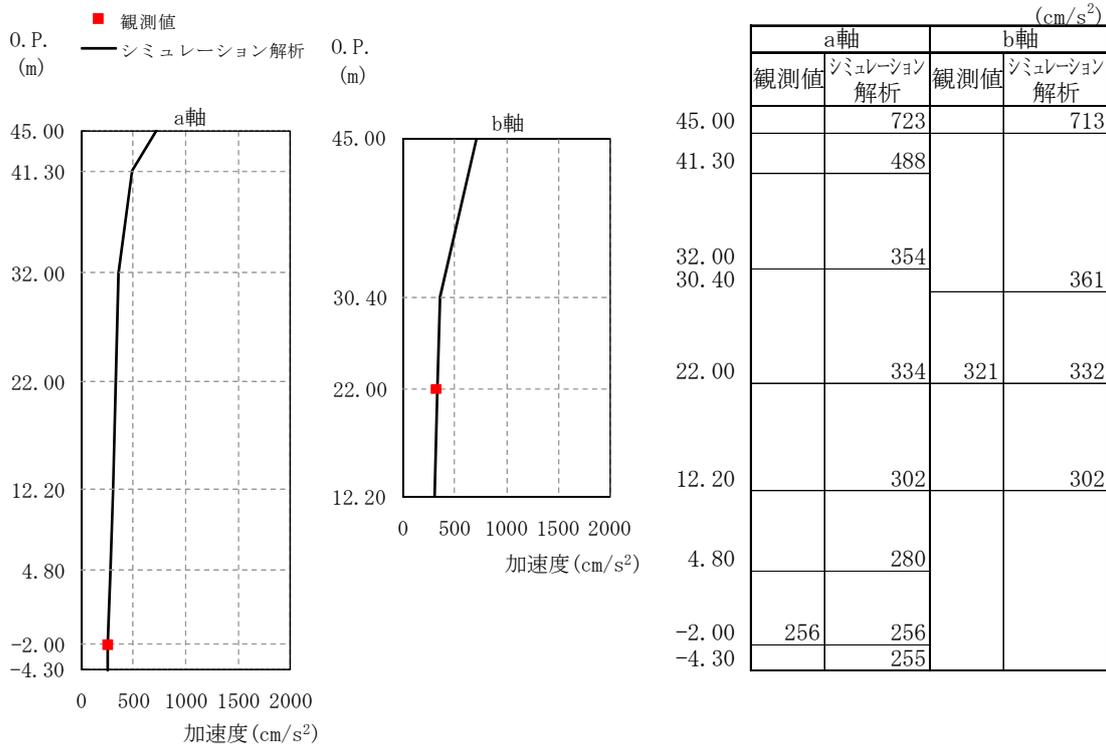
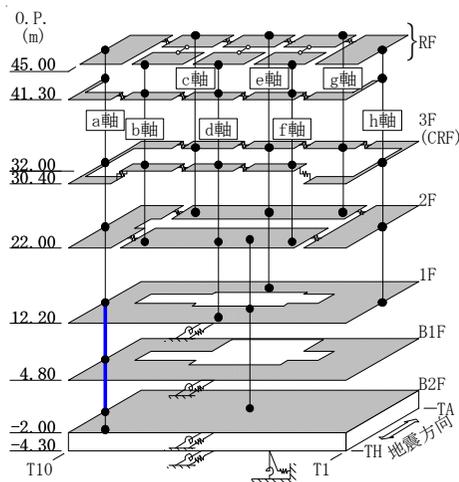
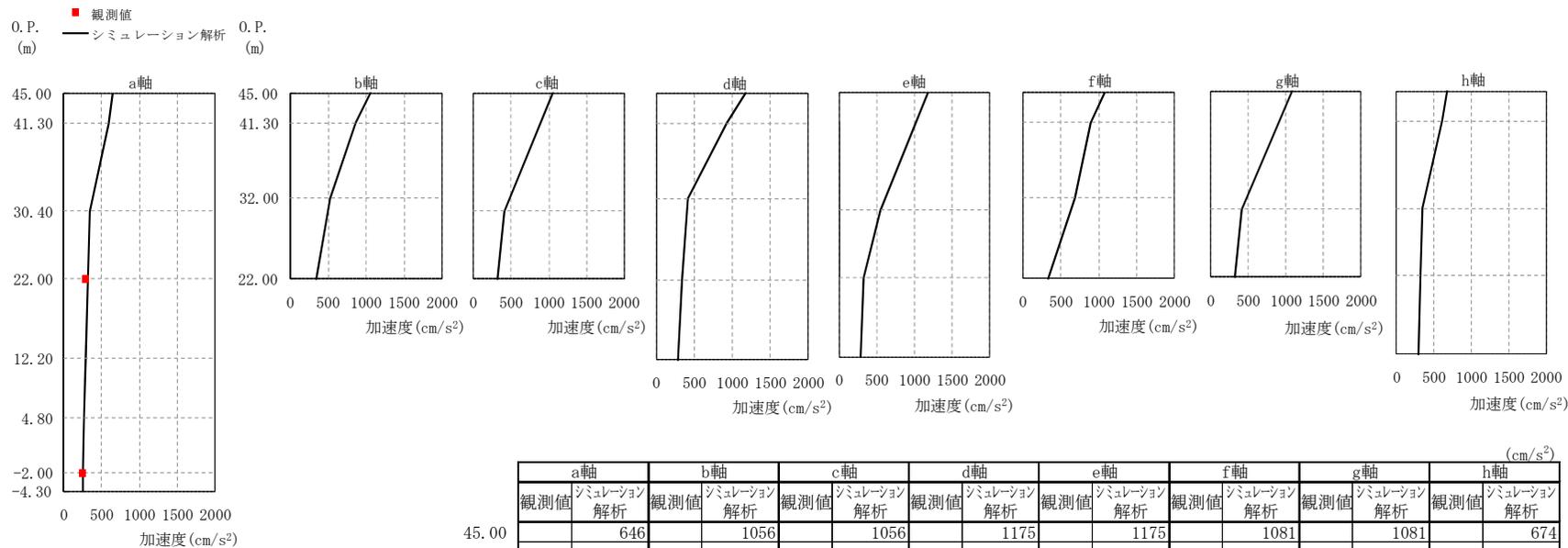


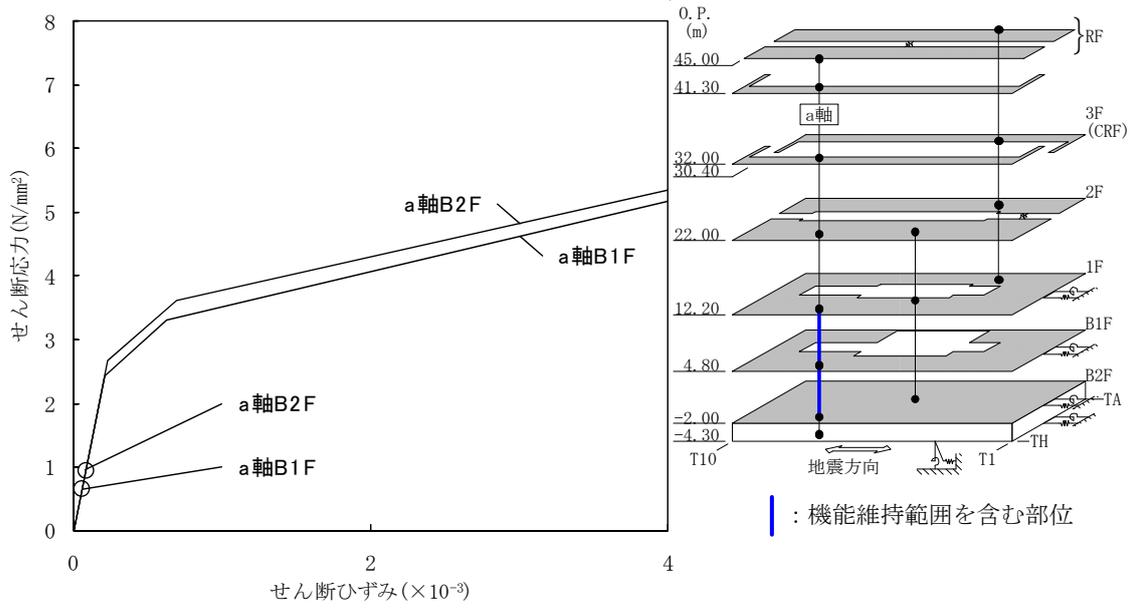
図-3.9.5.1(1) 最大応答加速度（南北方向）



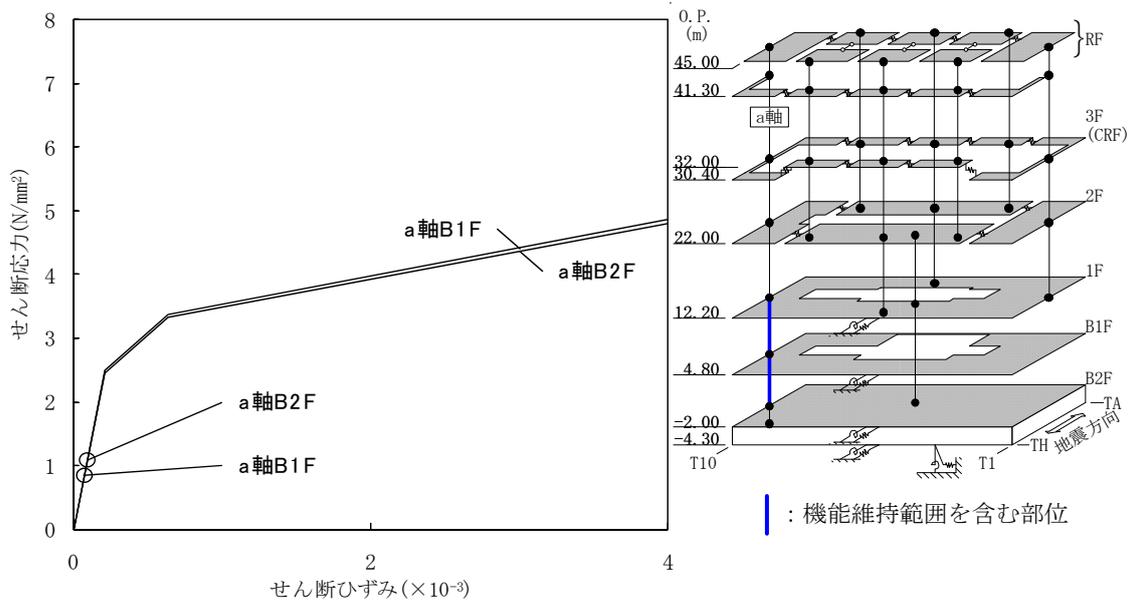
O. P. (m)	a軸		b軸		c軸		d軸		e軸		f軸		g軸		h軸	
	観測値	シミュレーション解析														
45.00		646		1056		1056		1175		1175		1081		1081		674
41.30		587		864				927				893				604
32.00				525				420				684				
30.40		335				413				546				413		342
22.00	287	317		338		328		338		328		338		328		318
12.20		289						289		289						289
4.80		263														
-2.00	249	249														
-4.30		251														

■ : 機能維持範囲を含む部位

図-3.9.5.1(2) 最大応答加速度 (東西方向)



(南北方向)



(東西方向)

図-3.9.5.2 機能維持部位のせん断スケルトン曲線上の最大応答値

3. 10 福島第二原子力発電所 4号機タービン建屋

3. 10. 1 タービン建屋の概要

福島第二原子力発電所4号機タービン建屋は、地上2階（一部、3階）、地下2階建ての下部鉄筋コンクリート造、上部鉄骨造（一部、鉄骨鉄筋コンクリート造）の建物で、屋根部分が鉄骨造（トラス構造）となっている。タービン建屋の概略平面図及び概略断面図を図-3.10.1.1と図-3.10.1.2に示す。

タービン建屋は、その主要な平面は、109.00 m^{*1}（南北方向）× 66.00 m^{*1}（東西方向）の長方形である。基礎版底面からの高さは49.30 mであり、地上高さは33.00 mである。また、タービン建屋は隣接する原子炉建屋等と構造的に分離している。

タービン建屋の基礎は、厚さが2.30 mのべた基礎で、支持地盤である新第三紀層の泥岩盤上（一部、人工岩を介して）に設置されている。

タービン建屋の中央部には、建屋とは独立して基礎版から立ち上がっている蒸気タービン架台があり、高圧・低圧タービン、復水器及び発電機等が配置されている。

タービン建屋には、耐震安全上重要な機器・配管系として、非常用ディーゼル発電設備冷却系配管、残留熱除去冷却海水系配管、高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備冷却系配管（地下2階）が設置されており、これらの機器が設置された床を支持する耐震壁等の構造要素を機能維持部位として、影響評価を行う。

*1：建屋寸法は壁外面押えとする。

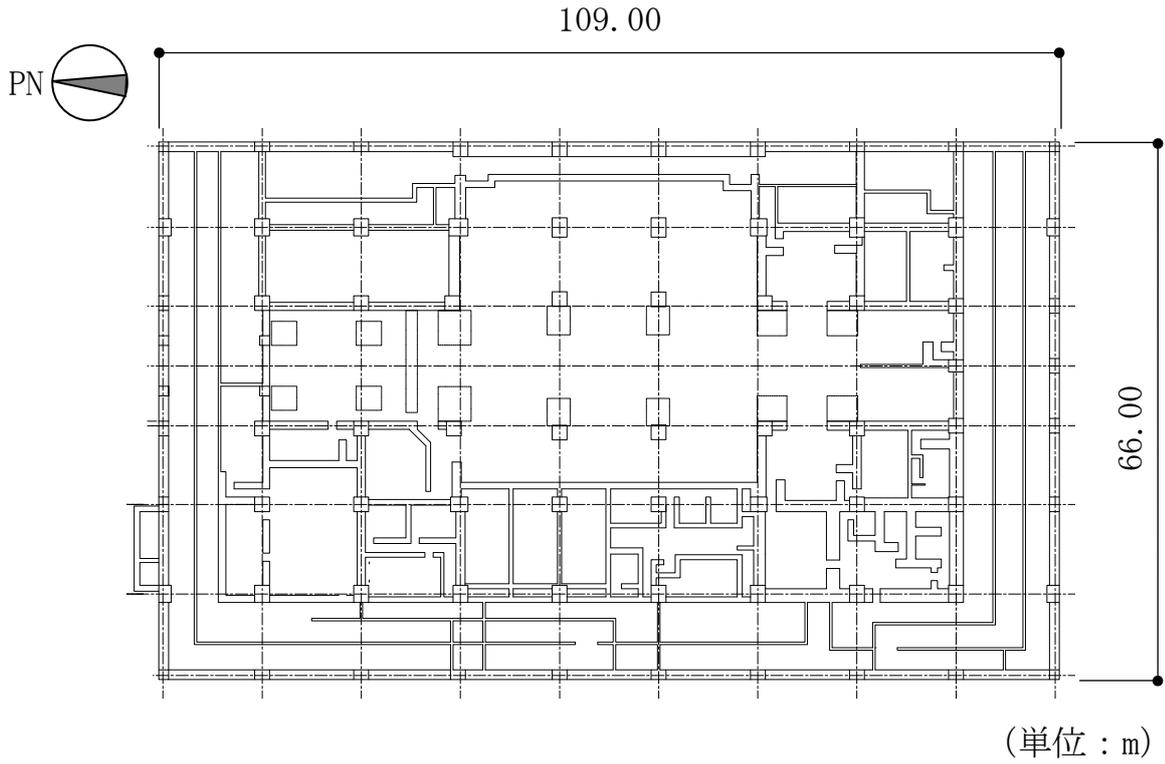


図-3.10.1.1 4号機タービン建屋の概略平面図

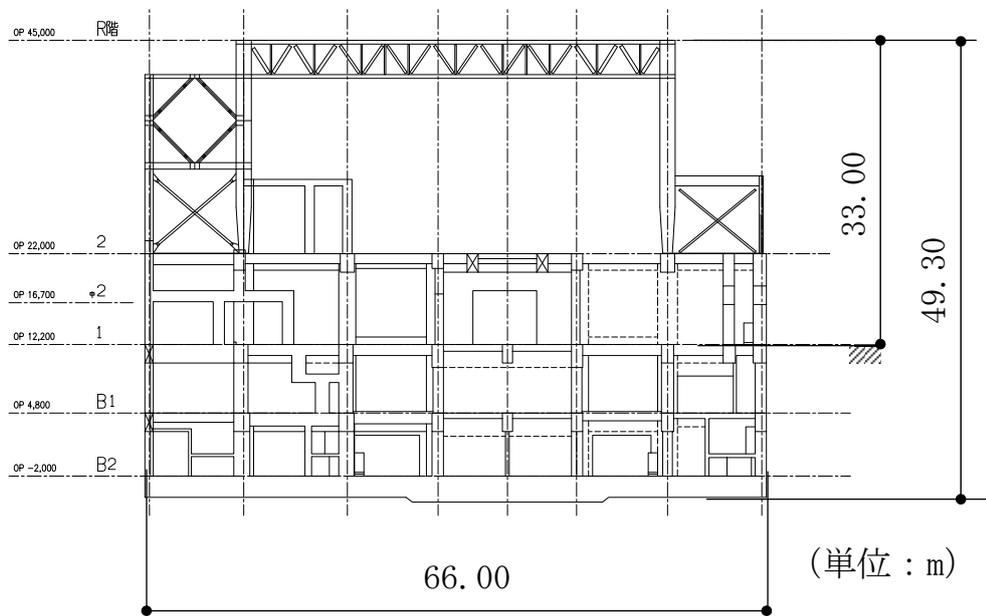
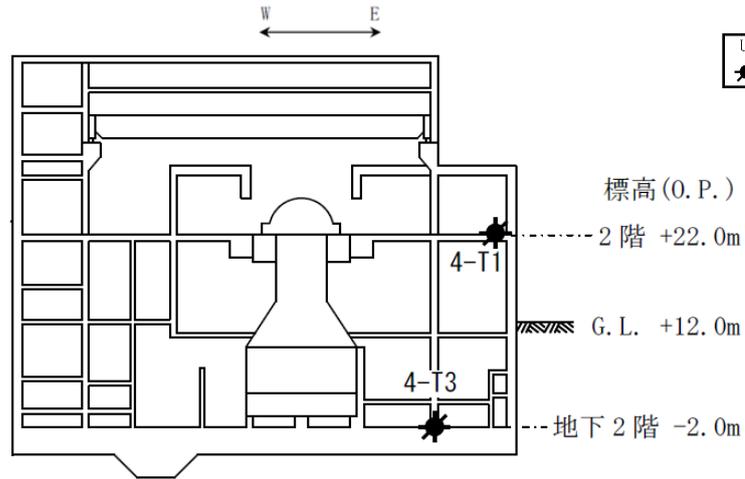


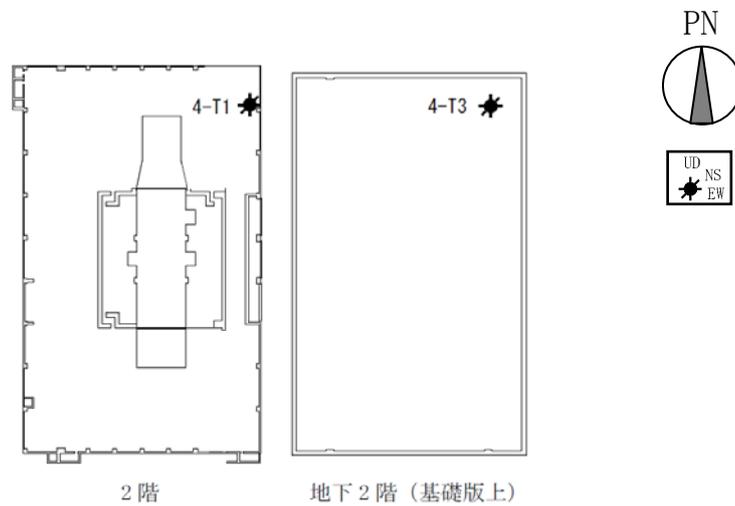
図-3.10.1.2 4号機タービン建屋の概略断面図 (東西方向)

3. 10. 2 タービン建屋における地震観測記録

検討に用いる4号機タービン建屋内の地震観測位置を図-3.10.2.1に、また、地下2階（基礎版上）の地震観測点（4-T3）で得られた加速度時刻歴波形を図-3.10.2.2に示す。

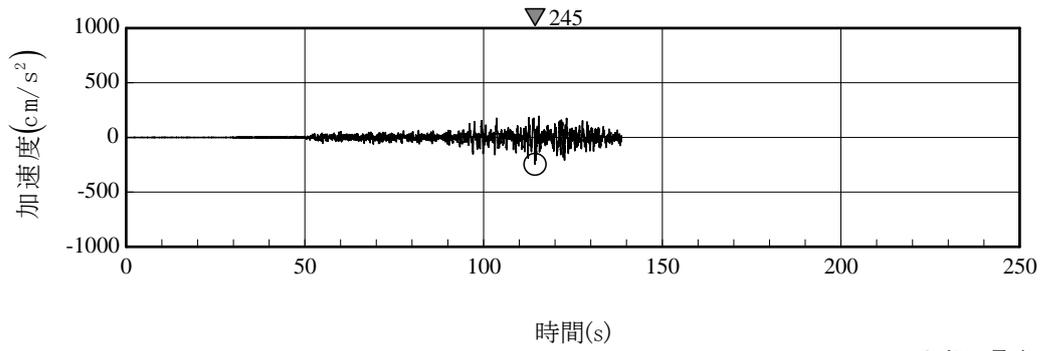


(a) 断面図



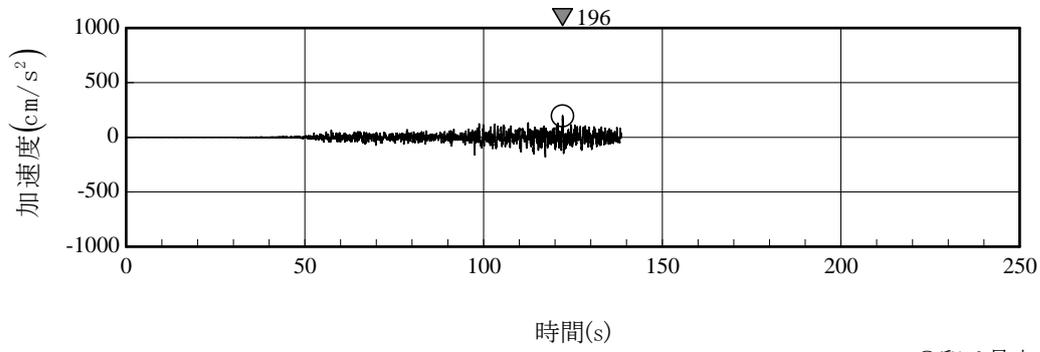
(b) 平面図

図-3.10.2.1 検討に用いる4号機タービン建屋内の地震観測位置



○印は最大値を示す
 注) 記録開始から 138 秒で記録が終了

(a) 南北方向



○印は最大値を示す
 注) 記録開始から 138 秒で記録が終了

(b) 東西方向

図-3.10.2.2 4号機タービン建屋基礎版上で観測された
 加速度時刻歴波形 (4-T3)

3. 10. 3 地震応答解析の方針

4号機タービン建屋の地震応答解析は、地震時に観測した基礎版上における地震観測記録を用いた弾性応答解析による。

建屋各部位の応答は、タービン建屋の基礎版上での観測記録（図-3.10.2.2）を解析モデルの基礎版上に入力し、基礎版上からの建屋各部位の伝達関数を用いて算定する。

以上の地震応答解析の概要を図-3.10.3.1に示す。

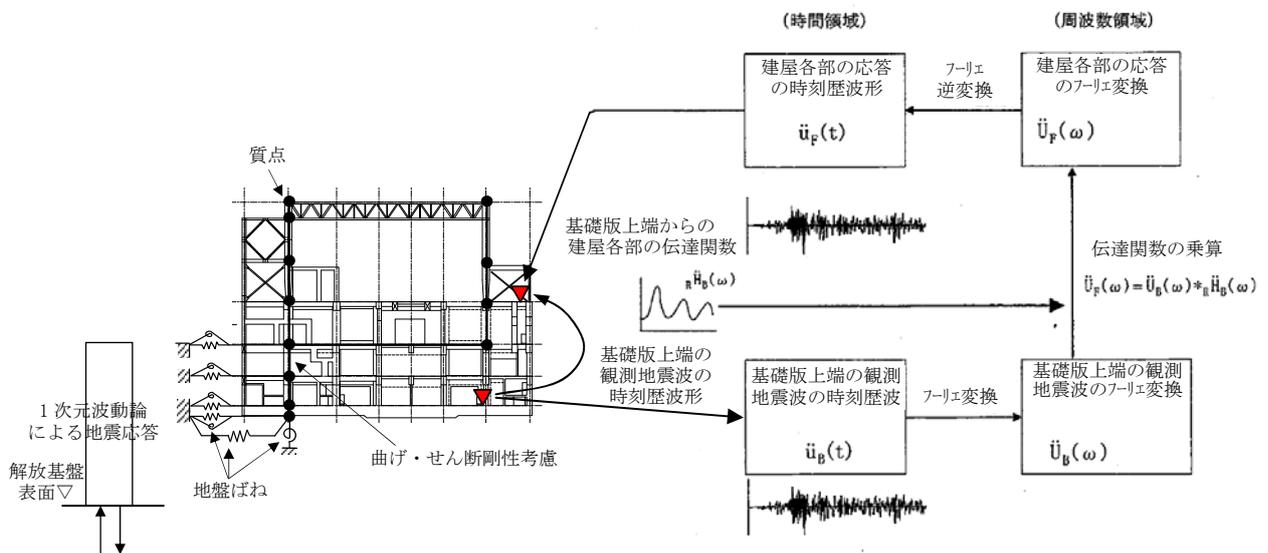


図-3.10.3.1 4号機タービン建屋の地震応答解析の概要

なお、地震応答解析結果については、最大応答加速度分布と機能維持部位のせん断スケルトン曲線上の最大応答値を示すこととする。

3. 10. 4 地震応答解析モデル

(1) 地震応答解析モデル

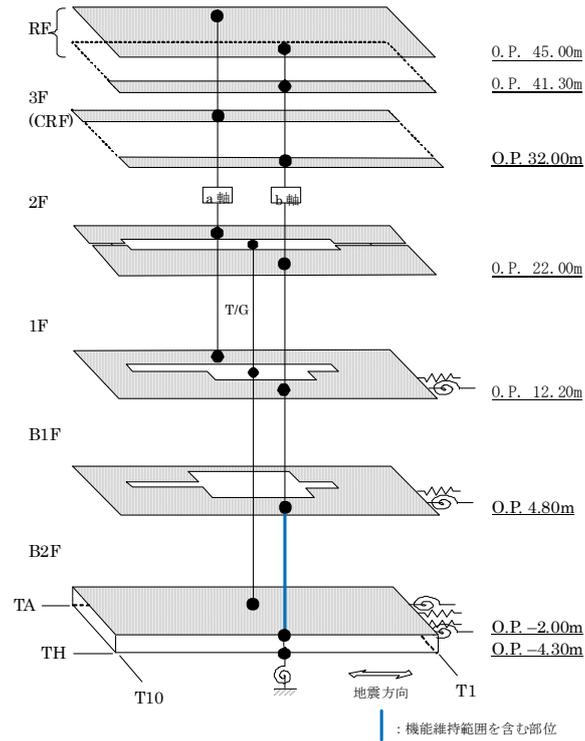
4号機タービン建屋の地震応答解析モデルは、地盤との相互作用を考慮し、曲げ及びせん断剛性を考慮した質点系モデルとする。モデル化は、南北方向、東西方向それぞれについて行う。地震応答解析モデルを図-3.10.4.1に示す。

地盤は、水平成層地盤モデルとし、基礎底面地盤ばねについては、「JEAG4601-1991」により、成層補正を行ったのち、振動アドミッタンス理論に基づいてスウェイ及びロッキングばねを算定し、近似法により評価する。

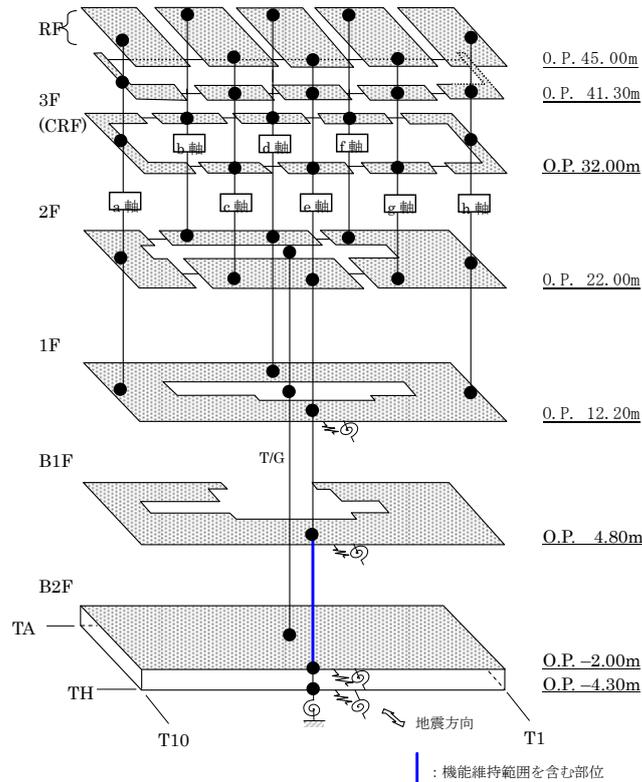
また、埋込部分の建屋側面地盤ばねについては、建屋側面位置の地盤定数を用いて、水平及び回転ばねを「JEAG4601-1991」により Novak の方法に基づいて算定し、近似法により評価する。

(2) 解析に用いる地盤定数

解析に用いる地盤定数は、地震時のせん断ひずみレベルを考慮して、表-3.10.4.1に示すとおり設定している。



(南北方向)



(東西方向)

図-3.10.4.1 4号機タービン建屋の地震応答解析モデル

表-3.10.4.1 解析に用いる地盤定数

標高 O.P. (m)	地質	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 γ (kN/m ³)	ポアソン 比 ν	初期せん断 弾性係数 Go ($\times 10^5$ kN/m ²)	剛性 低下率 G/Go	減衰 定数 h (%)
12.0	表層	192	17.7	0.33	0.67	0.69	6
9.0		236	17.7	0.33	1.00	0.69	6
6.0		259	17.7	0.33	1.21	0.69	6
3.0		275	17.7	0.33	1.36	0.69	6
0.0		泥岩	390	16.3	0.46	2.53	0.85
-6.5	452		16.7	0.46	3.47	0.85	3
-49.3	528		17.2	0.45	4.88	0.85	3
-114.3	細粒砂岩	612	17.3	0.44	6.61	0.85	3
-168.0	(解放基盤)	714	17.4	0.42	9.05	1.00	-

3. 10. 5 影響評価結果

4号機タービン建屋の地震応答解析により求められた最大応答加速度分布及び観測記録を図-3.10.5.1に、機能維持部位のせん断ひずみ一覧を表-3.10.5.1に示す。また、そのときのせん断スケルトン曲線上の最大応答値を図-3.10.5.2に示す。

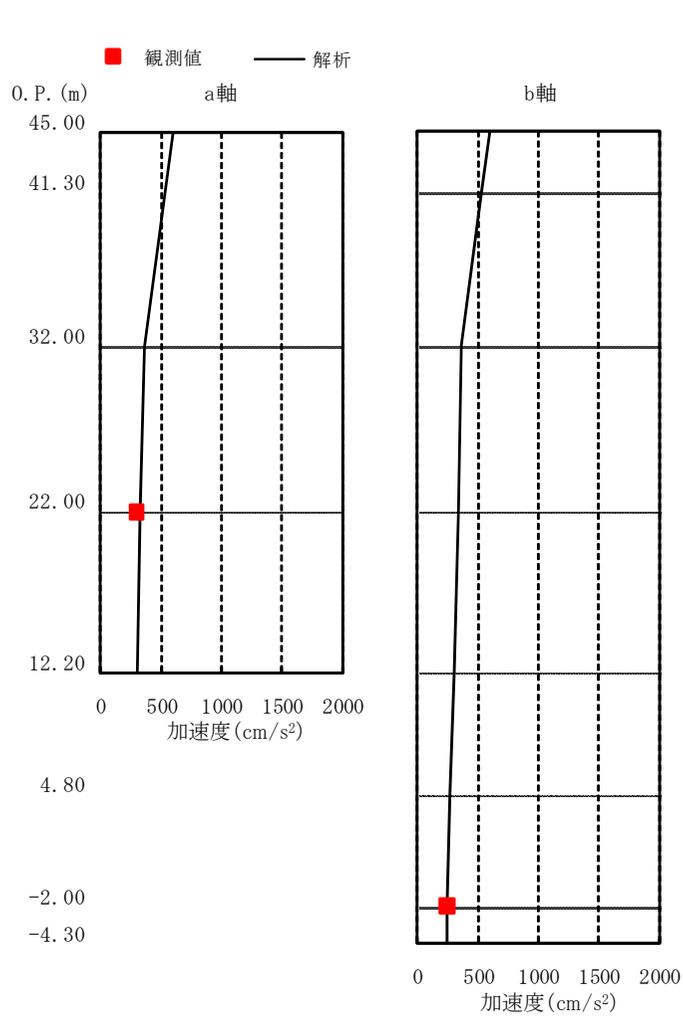
機能維持部位のせん断ひずみは、最大で 0.08×10^{-3} (南北方向、地下2階)であり、第一折れ点以下の応力・変形状態となっている。

また、「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」の改訂に伴う耐震安全性評価に用いている耐震壁の最大せん断ひずみの評価基準値(2.0×10^{-3})に対しても十分な余裕を有している。

以上のことから、地震時のタービン建屋は要求される安全機能を保持できる状態にあったと推定される。

表-3.10.5.1 機能維持部位のせん断ひずみ一覧
($\times 10^{-3}$)

階	南北方向	東西方向
B2F	0.08	0.06



0. P. (m)	a軸		b軸	
	観測値	シミュレーション解析	観測値	シミュレーション解析
45.00		600		600
41.30				532
32.00		367		365
22.00	296	328		342
12.20		302		302
4.80				273
-2.00			245	245
-4.30				246

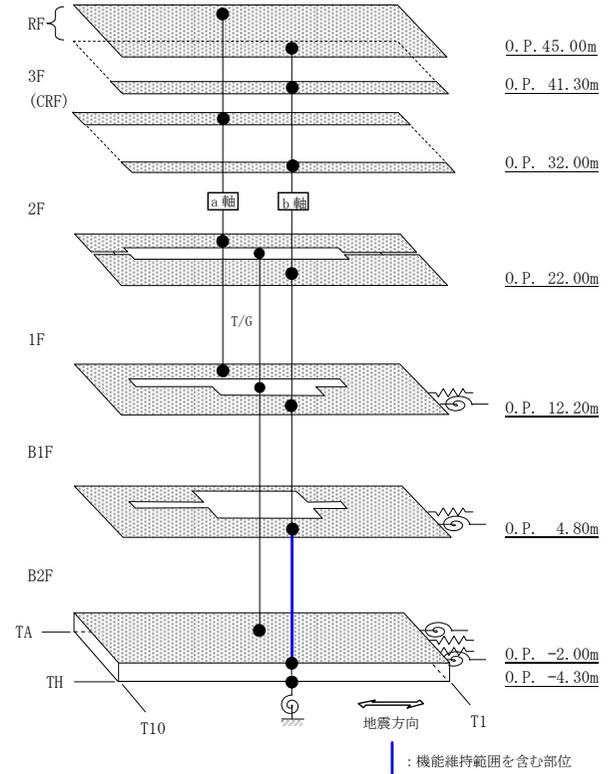
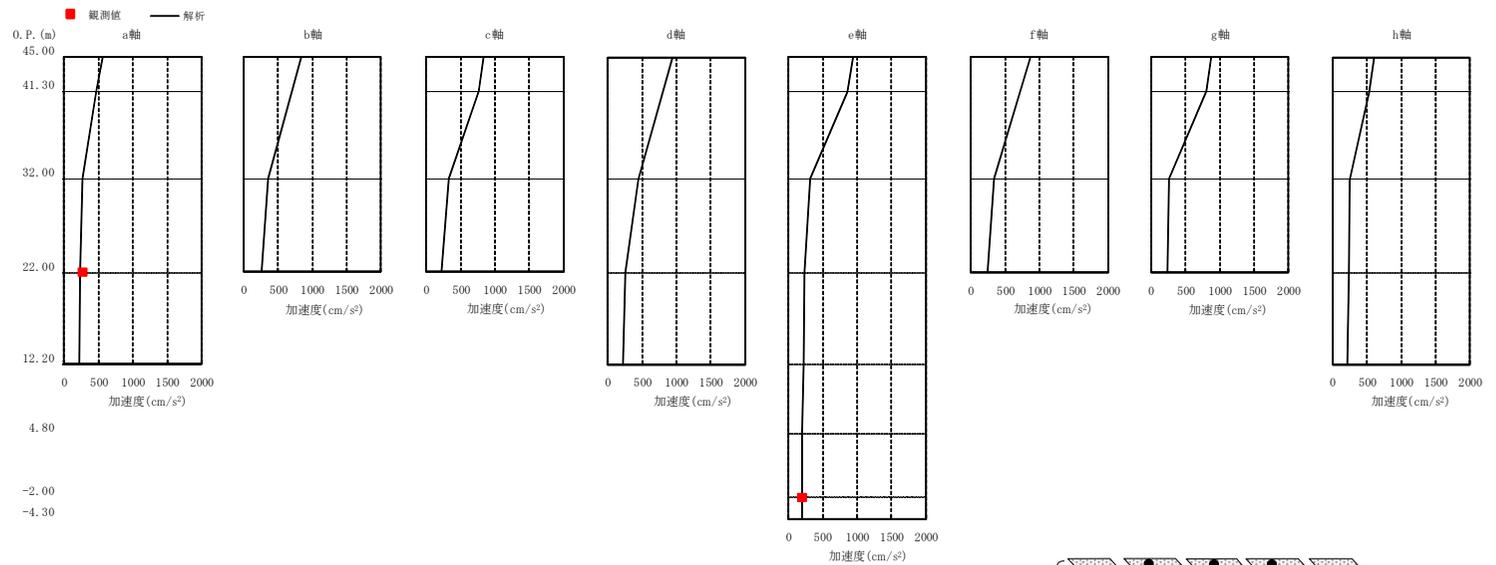


図-3.10.5.1(1) 最大応答加速度 (南北方向)



O. P. (m)	a軸		b軸		c軸		d軸		e軸		f軸		g軸		h軸	
	観測値	シミュレーション解析	観測値	シミュレーション解析	観測値	シミュレーション解析	観測値	シミュレーション解析	観測値	シミュレーション解析	観測値	シミュレーション解析	観測値	シミュレーション解析	観測値	シミュレーション解析
	(cm/s ²)															
45.00		556		835		835		941		941		873		873		601
41.30		466				763					859			809		529
32.00		262		355		330		441		314		340		267		252
22.00		265	233	260		227		260		227		240		240		240
12.20			215					215		215						215
4.80										201						
-2.00										196	196					
-4.30										199						

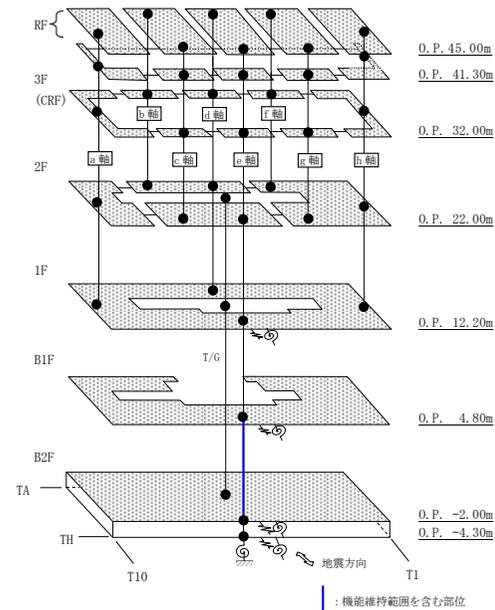
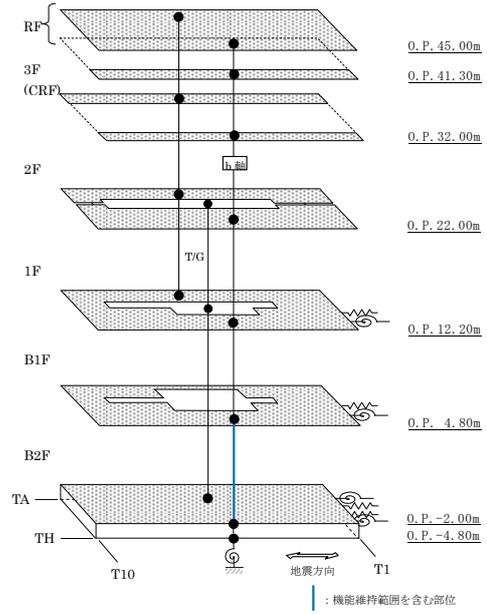
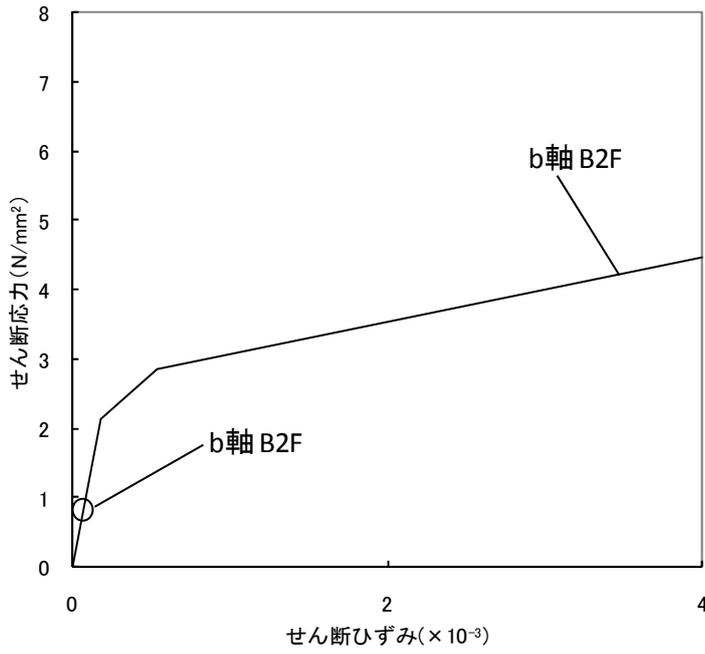
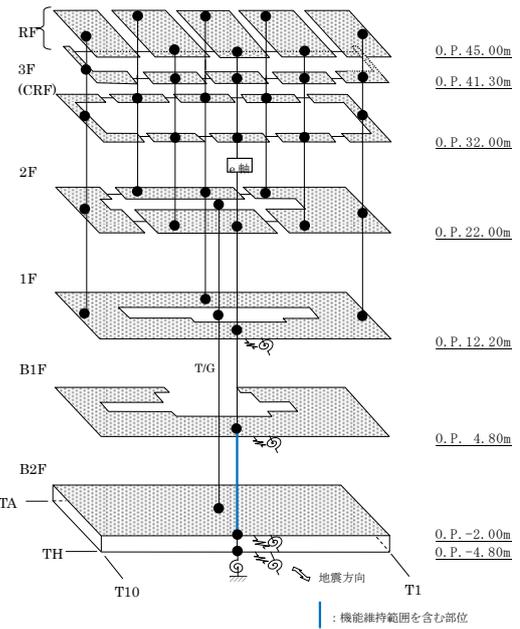
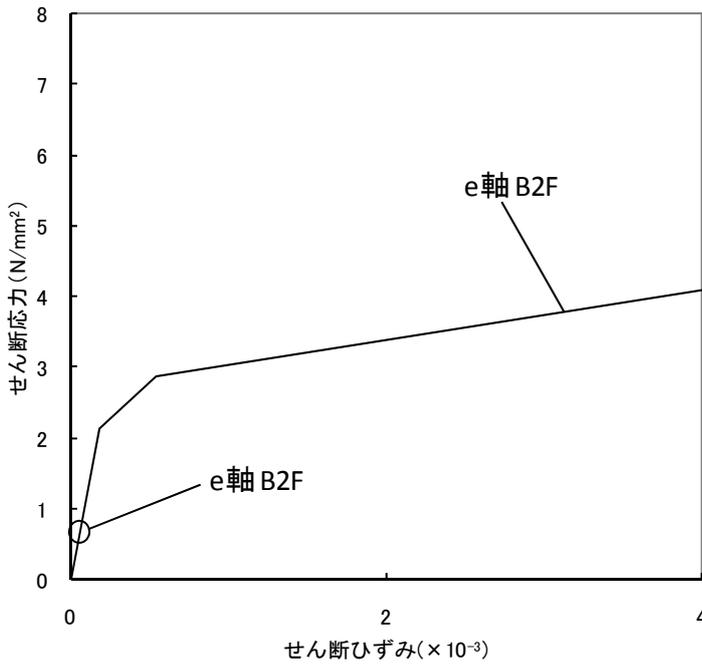


図-3.10.5.1(2) 最大応答加速度（東西方向）



(南北方向)



(東西方向)

図-3.10.5.2 機能維持部位のせん断スケルトン曲線上の最大応答値

4. タービン建屋に設置される耐震安全上重要な機器・配管系の影響評価

4. 1 影響評価方針

本検討では、東北地方太平洋沖地震の観測記録に基づいたタービン建屋の地震応答解析を用いて解析的検討を行い、東北地方太平洋沖地震が耐震安全上重要な機能を有する機器・配管系へ与えた影響を評価する。

評価対象は、福島第一原子力発電所のタービン建屋に設置される耐震安全上重要な機能を有する機器・配管系のうち、地震による外部電源喪失直後の電源設備として機能した非常用ディーゼル機関及びその関連設備とする。なお、福島第一原子力発電所4号機タービン建屋に設置されるディーゼル機関は、地震時に分解点検中であったため評価対象から除く。また、福島第一原子力発電所6号機のディーゼル機関は、タービン建屋に設置されていないため、評価対象から除く。

4. 2 影響評価方法

影響評価は、前章の地震応答解析で得られたタービン建屋の応答加速度を用いて、非常用ディーゼル機関及びその関連設備の耐震性評価を実施する。

構造強度評価においては、下記に示す簡易評価又は詳細評価を用いて今回の地震における計算値を算定し、評価基準値との比較をおこなう。

動的機能維持評価については、非常用ディーゼル機関の設置位置における応答加速度と機能確認済加速度との比較をおこなう。

A. 簡易評価

今回の地震荷重等（加速度、せん断力、モーメント、軸力）と設計時における地震荷重等との比を求め、設計時の計算値（応力）に乗じることにより、今回の地震による計算値を算定する手法。

B. 詳細評価

設計時の強度計算書と同等の評価手法。

4. 3 影響評価結果

非常用ディーゼル機関及びその関連設備に対する耐震性評価結果を表-4.3.1～表-4.3.4 に示す。なお、各設備の評価の概要を図-4.3.1～図-4.3.3 に示す。

今回の地震に対して、非常用ディーゼル機関及びその関連設備の計算値は、全て評価基準値以下であることを確認した。また、非常用ディーゼル機関の設置位置における応答加速度が機能確認済加速度以下であることを確認した。

関連図書※によれば、地震直後に外部電源を喪失したため、当該のディーゼル発電機が起動し、正常に電圧確立していたことが確認されており、本検討における解析結果と整合する。以上のことから、安全上重要な機能を有する主要な設備は地震時及び地震直後において、要求される安全機能を保持できる状態にあったと推定する。

※ 「東北地方太平洋沖地震発生当時の福島第一原子力発電所運転記録及び事故記録の分析と影響評価について」 平成 23 年 5 月 23 日 東京電力株式会社

表-4.3.1 (1) 耐震性評価（構造強度評価）結果（福島第一原子力発電所 1号機）

評価対象設備	評価部位	応力分類	計算値 (MPa)	評価基準値 ^{※1} (MPa)	評価手法 ^{※2}
ディーゼル機関	据付ボルト	引張	26	207	B
燃料サービスタンク	据付ボルト	引張	18	207	B
始動空気槽	据付ボルト	引張	19	207	B
ディーゼル発電機	据付ボルト	せん断	11	146	B

※1:「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2005」に示される供用状態 D に対する許容値（「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601・補-1984」に示される許容応力状態 IV_AS 相当）

※2: A:簡易評価, B:詳細評価

表-4.3.1 (2) 耐震性評価（動的機能維持評価）結果（福島第一原子力発電所 1号機）

評価対象設備	加速度確認部位	水平加速度 (G ^{※1})		鉛直加速度 (G ^{※1})	
		応答加速度	機能確認済加速度	応答加速度	機能確認済加速度
非常用ディーゼル機関	機関重心位置	0.60	1.1	0.35	1.0 ^{※2}

※1: G=9.80665 (m/s²)

※2: 内部部品の浮き上がりを考慮する必要のない鉛直方向加速度 1.0G とする。

表-4.3.2 (1) 耐震性評価（構造強度評価）結果（福島第一原子力発電所2号機）

評価対象設備	評価部位	応力分類	計算値 (MPa)	評価基準値 ^{※1} (MPa)	評価手法 ^{※2}
ディーゼル機関及び発電機	基礎ボルト	せん断	38	146	A
燃料油タンク	基礎ボルト	引張	137 ^{※3}	183	B
始動空気槽	胴板	膜	91	268	B

※1:「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2005」に示される供用状態 D に対する許容値（「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601・補-1984」に示される許容応力状態 IV_AS 相当）

※2: A:簡易評価, B:詳細評価

※3: 福島第一2号機の燃料油タンクは、福島第一3号機の燃料ディタンクと概ね同形状であることから、評価用震度がより大きい福島第一3号機の燃料ディタンクで代表して評価を実施し、福島第一3号機と同じ値を記載した。

表-4.3.2 (2) 耐震性評価（動的機能維持評価）結果（福島第一原子力発電所2号機）

評価対象設備	加速度確認部位	水平加速度 (G ^{※1})		鉛直加速度 (G ^{※1})	
		応答加速度	機能確認済加速度	応答加速度	機能確認済加速度
非常用ディーゼル機関	機関重心位置	0.69	1.1	0.44	1.0 ^{※2}

※1: G=9.80665 (m/s²)

※2: 内部部品の浮き上がりを考慮する必要のない鉛直方向加速度 1.0G とする。

表-4.3.3 (1) 耐震性評価（構造強度評価）結果（福島第一原子力発電所3号機）

評価対象設備	評価部位	応力分類	計算値 (MPa)	評価基準値 ^{※1} (MPa)	評価手法 ^{※2}
ディーゼル機関及び発電機	基礎ボルト	せん断	56	146	A
燃料ディタンク	基礎ボルト	引張	137	183	B
始動空気槽	胴板	膜	91	288	B

※1:「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2005」に示される供用状態 D に対する許容値（「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601・補-1984」に示される許容応力状態 IV_AS 相当）

※2: A:簡易評価, B:詳細評価

表-4.3.3 (2) 耐震性評価（動的機能維持評価）結果（福島第一原子力発電所3号機）

評価対象設備	加速度確認部位	水平加速度 (G ^{※1})		鉛直加速度 (G ^{※1})	
		応答加速度	機能確認済加速度	応答加速度	機能確認済加速度
非常用ディーゼル機関	機関重心位置	0.79	1.1	0.54	1.0 ^{※2}

※1: G=9.80665 (m/s²)

※2: 内部部品の浮き上がりを考慮する必要のない鉛直方向加速度 1.0G とする。

表-4.3.4 (1) 耐震性評価（構造強度評価）結果（福島第一原子力発電所 5号機）

評価対象設備	評価部位	応力分類	計算値 (MPa)	評価基準値 ^{※1} (MPa)	評価手法 ^{※2}
ディーゼル機関及び発電機	基礎ボルト	せん断	33	146	A
燃料油ディタンク	基礎ボルト	引張	30	190	B
始動空気槽	胴板	膜	91	282	B

※1:「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2005」に示される供用状態 D に対する許容値（「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601・補-1984」に示される許容応力状態 IV_AS 相当）

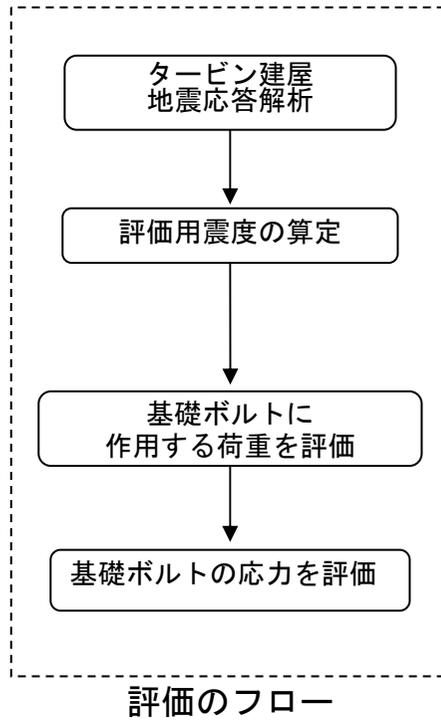
※2: A:簡易評価, B:詳細評価

表-4.3.4 (2) 耐震性評価（動的機能維持評価）結果（福島第一原子力発電所 5号機）

評価対象設備	加速度確認部位	水平加速度 (G ^{※1})		鉛直加速度 (G ^{※1})	
		応答加速度	機能確認済加速度	応答加速度	機能確認済加速度
非常用ディーゼル機関	機関重心位置	0.82	1.1	0.36	1.0 ^{※2}

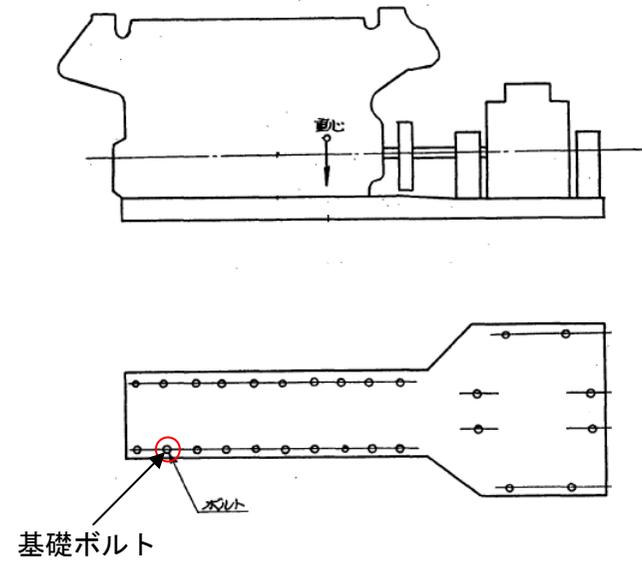
※1: G=9.80665 (m/s²)

※2: 内部部品の浮き上がりを考慮する必要のない鉛直方向加速度 1.0G とする。



評価用震度

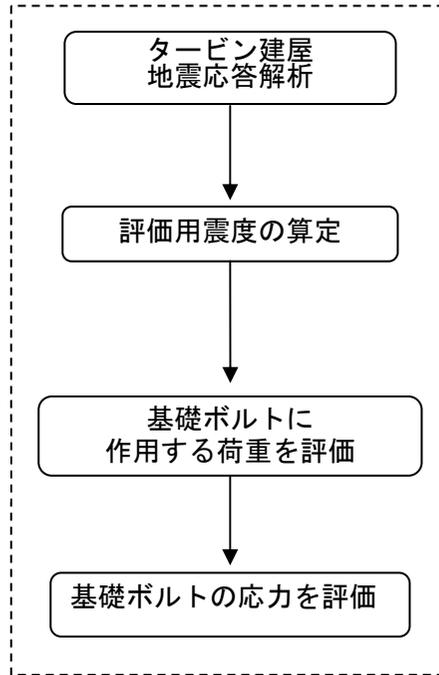
0. P. (m)	水平方向 (NS/EW 包絡)	鉛直方向
4.98	0.99	0.43



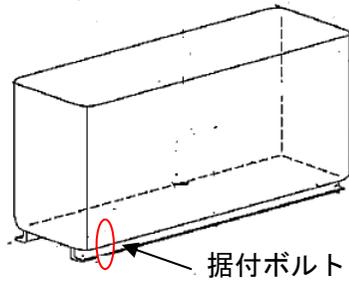
ディーゼル機関及び発電機模式図

評価対象設備	評価部位	応力分類	計算値 (MPa)	評価基準値 (MPa)	評価手法
ディーゼル機関及び発電機	基礎ボルト	せん断	33	146	A

図-4.3.1 ディーゼル機関及び発電機の耐震性評価の概要(5号機の例)

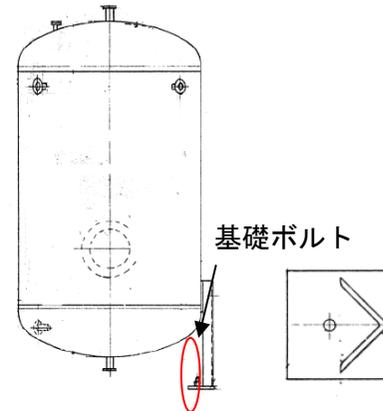


評価のフロー



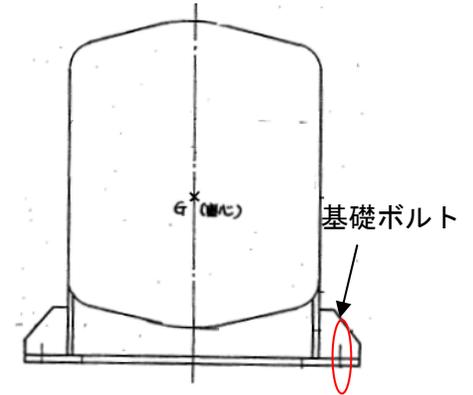
燃料サービスタンク
模式図(1号機)

評価用震度		
O. P. (m)	水平方向 (NS/EW 包絡)	鉛直方向
3.2	0.72	0.42



燃料ディタンク
模式図(3号機)

評価用震度		
O. P. (m)	水平方向 (NS/EW 包絡)	鉛直方向
10.2	1.61	0.82

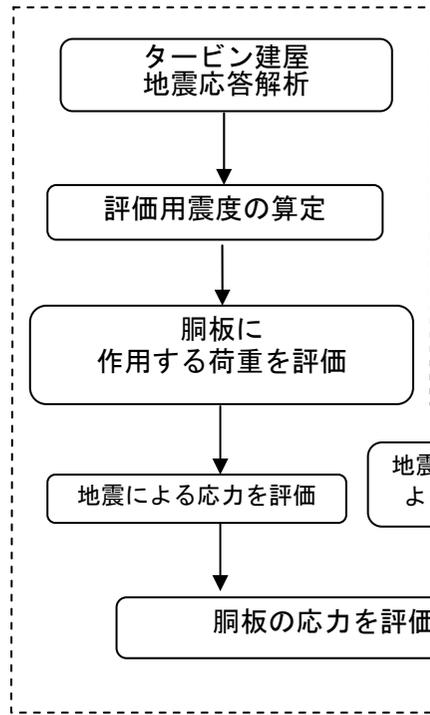


燃料油ディタンク
模式図(5号機)

評価用震度		
O. P. (m)	水平方向 (NS/EW 包絡)	鉛直方向
13.80	1.24	0.69

号機	評価対象設備	評価部位	応力分類	計算値 (MPa)	評価基準値 (MPa)	評価手法
福島第一 1号機	燃料サービスタンク	据付ボルト	引張	18	207	B
福島第一 3号機	燃料ディタンク	基礎ボルト	引張	137	183	B
福島第一 5号機	燃料油ディタンク	基礎ボルト	引張	30	190	B

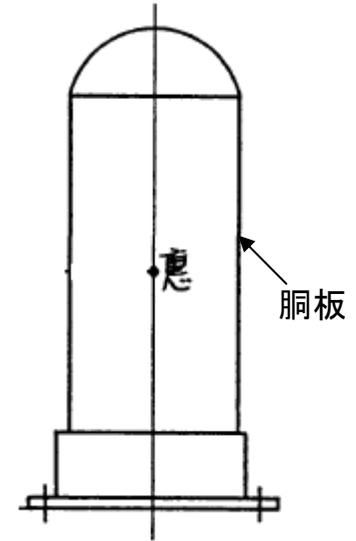
図-4.3.2 燃料油ディタンクの耐震性評価の概要 (1, 3, 5号機)



評価のフロー

評価用震度

0. P. (m)	水平方向 (NS/EW 包絡)	鉛直方向
5.00	0.99	0.43



始動空気槽模式図

評価対象設備	評価部位	応力分類	計算値 (MPa)	評価基準値 (MPa)	評価手法
始動空気槽	胴板	膜	91	282	B

図-4.3.3 始動空気槽の耐震性評価の概要(5号機の例)

5. まとめ

福島第一原子力発電所1号機、2号機、3号機、4号機、5号機及び6号機、並びに福島第二原子力発電所1号機、2号機、3号機及び4号機に対して、東北地方太平洋沖地震がタービン建屋並びに耐震安全上重要な機器・配管系へ与えた影響を評価した。

タービン建屋については、地震応答解析結果による最大応答加速度分布及びせん断スケルトン曲線上の最大応答値を示した。また、タービン建屋の機能維持部位は、機能維持要求のある耐震壁の耐震安全性評価に用いている最大せん断ひずみの評価基準値 (2.0×10^{-3}) に対しても十分な余裕を有していることを確認した。

耐震安全上重要な機器・配管系については、今回地震の記録に基づくタービン建屋の地震応答解析から得られた応答加速度を用いて、非常用ディーゼル機関及びその関連設備の耐震性評価を実施した。その結果、今回の地震に対して、タービン建屋内にある非常用ディーゼル機関及びその関連設備の計算値は、全て評価基準値以下であることを確認した。また、それらの評価結果は、現時点における地震後のプラント挙動の分析結果と整合しており、以上のことから、安全上重要な機能を有する主要な設備は、地震時及び地震直後において、要求される安全機能を保持できる状態にあったと推定する。