東海第二発電所 審査資料		
資料番号	PD-C-1 改 121	
提出年月日	平成 30 年 5 月 18 日	

## 東海第二発電所

## 設計基準対象施設について

# 平成 30 年 5 月 日本原子力発電株式会社

本資料のうち, は営業秘密又は防護上の観点から公開できません。

- 4条 地震による損傷の防止
- 5条 津波による損傷の防止
- 6条 外部からの衝撃による損傷の防止(その他外部事象)
- 6条 外部からの衝撃による損傷の防止(竜巻)
- 6条 外部からの衝撃による損傷の防止(外部火災)
- 6条 外部からの衝撃による損傷の防止(火山)
- 7条 発電用原子炉施設への人の不法な侵入等の防止
- 8条 火災による損傷の防止
- 9条 溢水による損傷の防止等
- 10条 誤操作の防止
- 11条 安全避難通路等
- 12条 安全施設
- 14条 全交流動力電源喪失対策設備
- 16条 燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設(23条 計測制御系統施設含む)
- 17条 原子炉冷却材圧力バウンダリ
- 24条 安全保護回路
- 26条 原子炉制御室等
- 31条 監視設備
- 33条 保安電源設備
- 34条 緊急時対策所
- 35条 通信連絡設備

```
目 次
```

第1部

- 1. 基本方針
- 1.1 要求事項の整理
- 1.2 追加要求事項に対する適合性
  - (1) 位置,構造及び設備
  - (2) 安全設計方針
  - (3) 適合性説明
- 1.3 気象等
- 1.4 設備等
- 1.5 手順等

第2部

- 1. 耐震設計の基本方針
- 1.1 基本方針
- 1.2 適用規格
- 2. 耐震設計上の重要度分類
- 2.1 重要度分類の基本方針
- 2.2 耐震重要度分類
- 3. 設計用地震力
- 3.1 地震力の算定法
- 3.2 設計用地震力
- 4. 荷重の組合せと許容限界
- 4.1 基本方針
- 5. 地震応答解析の方針
- 5.1 建物·構築物
- 5.2 機器·配管系
- 5.3 屋外重要土木構造物
- 5.4 津波防護施設,浸水防止設備及び津波監視設備並びに浸水防止設備 又は津波監視設備が設置された建物・構築物
- 6. 設計用減衰定数
- 7. 耐震重要施設の安全機能への下位クラス施設の波及的影響
- 8. 水平2方向及び鉛直方向の地震力の組合せに関する影響評価方針
- 9. 構造計画と配置計画

- (別 添)
  - 別添-1 設計用地震力
  - 別添-2 動的機能維持の評価
  - 別添-3 弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>・静的地震力による評価
  - 別添-4 上位クラス施設の安全機能への下位クラス施設の波及的影響の 検討について
  - 別添-5 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針
  - 別添-6 屋外重要土木構造物の耐震評価における断面選定の考え方
  - 別添-7 主要建屋の構造概要について
  - 別添-8 地震応答解析に用いる地質断面図の作成例及び地盤の速度構造
- (別 紙)
- 別紙-1 既工認との手法の相違点の整理について(設置変更許可申請段階 での整理)
- 別紙-2 原子炉建屋の地震応答解析モデルについて
- 別紙-3 原子炉建屋屋根トラス評価モデルへの弾塑性解析適用について
- 別紙-4 土木構造物の解析手法及び解析モデルの精緻化について
- 別紙-5 機器・配管系における手法の変更点について
- 別紙-6 下位クラス施設の波及的影響の検討について
- 別紙-7 水平2方向及び鉛直方向地震力の適切な組合せに関する検討について
- 別紙-8 屋外重要土木構造物の耐震評価における断面選定について
- 別紙-9 使用済燃料乾式貯蔵建屋の評価方針について
- 別紙-10 液状化影響の検討方針について
- 別紙-11 屋外二重管の基礎構造の設計方針について
- 別紙-12 既設設備に対する耐震補強等について
- 別紙-13 動的機能維持評価の検討方針について
- 別紙-14 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の構造の変遷について

### <概 要>

第1部において,設計基準対象施設の設置許可基準規則,技術基準規則の追加要求事項を明確化するとともに,それら要求に対する東海第二発電所における適合性を示す。

第2部において,設計基準対象施設について,追加要求事項に適合するため に必要となる機能を達成するための設備または運用等について説明する。 第1部

### 1. 基本方針

1.1 要求事項の整理

地震による損傷の防止について,設置許可基準規則第4条及び技術基準規 則第5条において,追加要求事項を明確化する(表1)。

表 1 設置許可基準規則。	第4条及び技術基準規則第5条 要求事項	
設置許可基準規則	技術基準規則	市
第4条(地震による損傷の防止)	第5条(地震による損傷の防止)	運
設計基準対象施設は、地震力に十分に耐えるこ	設計基準対象施設は、これに作用する地震力	追加要求事項
とができるものでなければならない。	(設置許可基準規則第四条第二項の規定により)	
	算定する地震力をいう。) による損壊により公衆	
2 前項の地震力は、地震の発生によって生ずる	に放射線障害を及ぼさないように施設しなけれ	
おそれがある設計基準対象施設の安全機能の喪	ばならない。	
失に起因する放射線による公衆への影響の程度		
に応じて算定しなければならない。	2 耐震重要施設(設置許可基準規則第三条第一	
	項に規定する耐震重要施設をいう。以下同じ。)	
3 耐震重要施設は、その供用中に当該耐震重要	は、基準地震動による地震力(設置許可基準規	
施設に大きな影響を及ぼすおそれがある地震に	則第四条第三項に規定する基準地震動による地	
よる加速度によって作用する地震力(以下「基	震力をいう。以下同じ。) に対してその安全性が	
準地震動による地震力」という。) に対して安全	損なわれるおそれがないように施設しなければ	
機能が損なわれるおそれがないものでなければ	ならない。	
ならない。		
	3 耐震重要施設が設置許可基準規則第四条第三	
4 耐震重要施設は,前項の地震の発生によって	項の地震により生ずる斜面の崩壊によりその安	
生ずるおそれがある斜面の崩壊に対して安全機	全性が損なわれるおそれがないよう、防護措置	
能が損なわれるおそれがないものでなければな	その他の適切な措置を講じなければならない。	
らない。		

- 1.2 追加要求事項に対する適合性
  - (1) 位置,構造及び設備
    - ロ 発電用原子炉施設の一般構造
    - (1) 耐震構造

本発電用原子炉施設は、次の方針に基づき耐震設計を行い、「実用発 電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」 に適合するように設計する。

(i) 設計基準対象施設の耐震設計

設計基準対象施設については,耐震重要度分類に応じて,適用する 地震力に対して,以下の項目に従って耐震設計を行う。

- a. 耐震重要施設は,基準地震動Ssによる地震力に対して,安全機 能が損なわれるおそれがないように設計する。
- b. 設計基準対象施設は、地震により発生するおそれがある安全機能の喪失及びそれに続く放射線による公衆への影響を防止する観点から、各施設の安全機能が喪失した場合の影響の相対的な程度に応じて、耐震重要度分類を以下のとおり、Sクラス、Bクラス又はCクラスに分類し、それぞれに応じた地震力に十分に耐えられるように設計する。
  - Sクラス 地震により発生するおそれがある事象に対して,原子 炉を停止し,炉心を冷却するために必要な機能を持 つ施設,自ら放射性物質を内蔵している施設,当該 施設に直接関係しておりその機能喪失により放射性 物質を外部に拡散する可能性のある施設,これらの 施設の機能喪失により事故に至った場合の影響を緩 和し,放射線による公衆への影響を軽減するために

必要な機能を持つ施設及びこれらの重要な安全機能 を支援するために必要となる施設,並びに地震に伴 って発生するおそれがある津波による安全機能の喪 失を防止するために必要となる施設であって,その 影響が大きいもの

- Bクラス 安全機能を有する施設のうち,機能喪失した場合の影響がSクラス施設と比べ小さい施設
- Cクラス Sクラスに属する施設及びBクラスに属する施設以外 の一般産業施設又は公共施設と同等の安全性が要求 される施設

【説明資料(1.1(2):P4条-73)(2.1:P4条-78)】 c. Sクラスの施設(e.に記載のもののうち,津波防護機能を有する 設備(以下「津波防護施設」という。),浸水防止機能を有する設 備(以下「浸水防止設備」という。)及び敷地における津波監視機 能を有する施設(以下「津波監視設備」という。)を除く。), Bク ラス及びCクラスの施設は,建物・構築物については,地震層せ ん断力係数C<sub>i</sub>に,それぞれ 3.0, 1.5 及び 1.0 を乗じて求められ る水平地震力,機器・配管系については,それぞれ 3.6, 1.8 及び 1.2 を乗じた水平震度から求められる水平地震力に十分に耐えら れるように設計する。建物・構築物及び機器・配管系ともに,お おむね弾性状態に留まる範囲で耐えられるように設計する。

ここで、地震層せん断力係数C<sub>i</sub>は、標準せん断力係数C<sub>0</sub>を 0.2 以上とし、建物・構築物の振動特性、地盤の種類等を考慮して求 められる値とする。

ただし、土木構造物の静的地震力は、Cクラスに適用される静的

地震力を適用する。

Sクラスの施設(e.に記載のもののうち,津波防護施設,浸水防 止設備及び津波監視設備を除く。)については,水平地震力と鉛直 地震力が同時に不利な方向の組合せで作用するものとする。鉛直 地震力は,建物・構築物については,震度 0.3 以上を基準とし, 建物・構築物の振動特性,地盤の種類等を考慮して求められる鉛 直震度,機器・配管系については,これを 1.2 倍した鉛直震度よ り算定する。ただし,鉛直震度は高さ方向に一定とする。

d. Sクラスの施設(e.に記載のもののうち、津波防護施設、浸水防 止設備及び津波監視設備を除く。)は、基準地震動Ssによる地震 力に対して安全機能が保持できるように設計する。建物・構築物 については、構造物全体としての変形能力(終局耐力時の変形) について十分な余裕を有し、建物・構築物の終局耐力に対し妥当 な安全余裕を有するように設計する。機器・配管系については、 その施設に要求される機能を保持するように設計し、塑性ひずみ が生じる場合であっても、その量が小さなレベルに留まって破断 延性限界に十分な余裕を有し、その施設に要求される機能に影響 を及ぼさないように、また、動的機器等については、基準地震動 Ssによる応答に対して、その設備に要求される機能を保持するように設計する。

また,弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>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しておおむね弾性状態に留まる範囲で 耐えられるように設計する。建物・構築物については,発生する 応力に対して,建築基準法等の安全上適切と認められる規格及び 基準による許容応力度を許容限界とする。機器・配管系について

は、応答が全体的におおむね弾性状態に留まるように設計する。

なお,基準地震動S<sub>s</sub>及び弾性設計用地震動S<sub>d</sub>による地震力は, 水平2方向及び鉛直方向について適切に組み合わせて算定するも のとする。

基準地震動S<sub>s</sub>は,敷地ごとに震源を特定して策定する地震動及 び震源を特定せず策定する地震動について,敷地の解放基盤表面 における水平方向及び鉛直方向の地震動としてそれぞれ策定する。 策定した基準地震動S<sub>s</sub>の応答スペクトルを第1図~第3図に,基 準地震動S<sub>s</sub>の時刻歴波形を第4図~第11図に示す。

原子炉建屋設置位置付近は,地盤調査の結果,新第三系鮮新統~ 第四系下部更新統の久米層が分布し,EL.-370m以深ではS波速度 が 0.7km/s以上で著しい高低差がなく拡がりを持って分布してい ることが確認されている。したがって,EL.-370mの位置を解放基 盤表面として設定する。なお,入力地震動の評価においては,解 放基盤表面以浅の影響を適切に考慮する。

また,弾性設計用地震動S<sub>a</sub>は,基準地震動S<sub>s</sub>との応答スペク トルの比率が目安として 0.5 を下回らない値とし,さらに応答ス ペクトルに基づく地震動評価による基準地震動S<sub>s</sub>-D1に対して は,「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針(昭和 56 年 7 月 20 日原子力安全委員会決定,平成 13 年 3 月 29 日一部改訂)」 に基づいた「原子炉設置変更許可申請書(平成 11 年 3 月 10 日許 可/平成 09・09・18 資第 5 号)」の「添付書類六 変更後に係る 原子炉施設の場所に関する気象,地盤,水理,地震,社会環境等 の状況に関する説明書 3.2.6.3 基準地震動」における基準地震 動S<sub>1</sub>を踏まえて設定する。具体的には,工学的判断より基準地震

動S<sub>s</sub>-11,12,13,14,21,22,31に係数0.5を 乗じた地震動,基準地震動S<sub>s</sub>-D1に対しては,基準地震動S<sub>1</sub> も踏まえて設定した係数 0.5 を乗じた地震動を弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>として設定する。

【説明資料(3.1(2): P4条-80)】

なお, Bクラスの施設のうち, 共振のおそれのある施設について は, 弾性設計用地震動S<sub>d</sub>に2分の1を乗じた地震動によりその影 響についての検討を行う。建物・構築物及び機器・配管系ともに, おおむね弾性状態に留まる範囲で耐えられるように設計する。

【説明資料(3.1(2): P4条-80)】

e. 津波防護施設,浸水防止設備及び津波監視設備並びに浸水防止設備が設置された建物・構築物は,基準地震動Ssによる地震力に対して,それぞれの施設及び設備に要求される機能が保持できるように設計する。

【説明資料 (1.1(6): P4条-76) (4.1(3): P4条-85) (4.1(4): P4条-87)】

f. 耐震重要施設は、耐震重要度分類の下位のクラスに属する施設の 波及的影響によって、その安全機能を損なわないように設計する。 波及的影響の評価に当たっては、敷地全体を俯瞰した調査・検討 を行い、事象選定及び影響評価を行う。なお、影響評価において は、耐震重要施設の設計に用いる地震動又は地震力を適用する。

【説明資料(1.1(9): P4条-74)(7: P4条-98)】







第2図 基準地震動Ssの応答スペクトル(EW方向)



第3図 基準地震動Ssの応答スペクトル(UD方向)



第4図 応答スペクトルに基づく手法による基準地震動Ssの時刻歴波形
 (Ss-D1)



第5図 断層モデルを用いた手法による基準地震動Ssの時刻歴波形

 $<sup>(</sup>S_{s} - 1 1)$ 



第6図 断層モデルを用いた手法による基準地震動S<sub>s</sub>の時刻歴波形
 (S<sub>s</sub>-12)



第7図 断層モデルを用いた手法による基準地震動Ssの時刻歴波形

 $(S_{s} - 1 3)$ 



第8図 断層モデルを用いた手法による基準地震動S<sub>s</sub>の時刻歴波形 (S<sub>s</sub>-14)



第9図 断層モデルを用いた手法による基準地震動Ssの時刻歴波形

 $(S_{s} - 2 1)$ 



第10図 断層モデルを用いた手法による基準地震動Ssの時刻歴波形

 $(S_{s} - 2 2)$ 



第11図 震源を特定せず策定する地震動による基準地震動Ssの時刻歴波形

(S<sub>s</sub>-31)

- (2) 安全設計方針
- 1.3 耐震設計

発電用原子炉施設の耐震設計は,「設置許可基準規則」に適合するよう に,「1.3.1 設計基準対象施設の耐震設計」,「1.3.2 重大事故等対処施 設の耐震設計」,「1.3.3 主要施設の耐震構造」及び「1.3.4 地震検知 による耐震安全性の確保」に従って行う。

- 1.3.1 設計基準対象施設の耐震設計
- 1.3.1.1 設計基準対象施設の耐震設計の基本方針

設計基準対象施設の耐震設計は、以下の項目に従って行う。

- (1) 地震により生ずるおそれがあるその安全機能の喪失に起因する放射 線による公衆への影響の程度が特に大きいもの(以下「耐震重要施設」 という。)は、その供用中に当該耐震重要施設に大きな影響を及ぼす おそれがある地震による加速度によって作用する地震力に対して、そ の安全機能が損なわれるおそれがないように設計する。
- (2)設計基準対象施設は、地震により発生するおそれがある安全機能の 喪失(地震に伴って発生するおそれがある津波及び周辺斜面の崩壊等 による安全機能の喪失を含む。)及びそれに続く放射線による公衆へ の影響を防止する観点から、各施設の安全機能が喪失した場合の影響 の相対的な程度(以下「耐震重要度」という。)に応じて、耐震重要 度分類をSクラス、Bクラス又はCクラスに分類し、それぞれに応じ た地震力に十分耐えられるように設計する。
- (3)建物・構築物については、耐震重要度分類の各クラスに応じて算定 する地震力が作用した場合においても、接地圧に対する十分な支持力 を有する地盤に設置する。

なお,建物・構築物とは,建物,構築物及び土木構造物(屋外重要 土木構造物及びその他の土木構造物)の総称とする。

また,屋外重要土木構造物とは,耐震安全上重要な機器・配管系の 間接支持機能,若しくは非常時における海水の通水機能を求められる 土木構造物をいう。

(4) Sクラスの施設((6)に記載のもののうち,津波防護機能を有する 設備(以下「津波防護施設」という。),浸水防止機能を有する設 備(以下「浸水防止設備」という。)及び敷地における津波監視機 能を有する施設(以下「津波監視設備」という。)を除く。)は,基 準地震動Ssによる地震力に対して,その安全機能が保持できるよう に設計する。

また,弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>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しておおむね弾性状態に留まる範囲で耐えら れる設計とする。

(5) Sクラスの施設((6)に記載のもののうち,津波防護施設,浸水防止設備及び津波監視設備を除く。)について,静的地震力は,水平地 震力と鉛直地震力が同時に不利な方向の組合せで作用するものとする。

また,基準地震動S<sub>s</sub>及び弾性設計用地震動S<sub>d</sub>による地震力は,水 平2方向及び鉛直方向について適切に組み合わせて算定するものとす る。なお,水平2方向及び鉛直方向の地震力が同時に作用し,影響が 考えられる施設,設備については許容限界の範囲内に留まることを確 認する。

(6) 屋外重要土木構造物,津波防護施設,浸水防止設備及び津波監視設備並びに浸水防止設備が設置された建物・構築物は,基準地震動S<sub>s</sub> による地震力に対して,構造物全体として変形能力(終局耐力時の変

形)について十分な余裕を有するとともに、それぞれの施設及び設備 に要求される機能が保持できるように設計する。なお、基準地震動S sの水平2方向及び鉛直方向の地震力の組合せについては、上記(5)と 同様とする。

また,重大事故等対処施設を津波から防護するための津波防護施設, 浸水防止設備及び津波監視設備並びに浸水防止設備が設置された建 物・構築物についても同様の設計方針とする。

(7) Bクラスの施設は,静的地震力に対しておおむね弾性状態に留まる 範囲で耐えられるように設計する。

また,共振のおそれのある施設については,その影響についての検 討を行う。その場合,検討に用いる地震動は,弾性設計用地震動S<sub>d</sub> に2分の1を乗じたものとする。なお,当該地震動による地震力は, 水平2方向及び鉛直方向について適切に組み合わせて算定するものと し、Sクラス施設と同様に許容限界の範囲内に留まることを確認する。

- (8) Cクラスの施設は,静的地震力に対しておおむね弾性状態に留まる 範囲で耐えられるように設計する。
- (9) 耐震重要施設は,耐震重要度分類の下位のクラスに属するものの波 及的影響によって,その安全機能を損なわないように設計する。
- (10) 設計基準対象施設の構造計画及び配置計画に際しては、地震の影響が低減されるように考慮する。

【説明資料(1.1:P4条-73)】

#### 1.3.1.2 耐震重要度分類

設計基準対象施設の耐震重要度を、次のように分類する。

(1) Sクラスの施設

地震により発生するおそれがある事象に対して,原子炉を停止し,

炉心を冷却するために必要な機能を持つ施設,自ら放射性物質を内蔵している施設,当該施設に直接関係しておりその機能喪失により 放射性物質を外部に拡散する可能性のある施設,これらの施設の機能喪失により事故に至った場合の影響を緩和し,放射線による公衆への影響を軽減するために必要な機能を持つ施設及びこれらの重要な安全機能を支援するために必要となる施設,並びに地震に伴って 発生するおそれがある津波による安全機能の喪失を防止するために必要となる施設であって,その影響が大きいものであり,次の施設を含む。

- ・原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する機器・配管系
- ・使用済燃料を貯蔵するための施設
- ・原子炉の緊急停止のために急激に負の反応度を付加するための施設
  設,及び原子炉の停止状態を維持するための施設
- ・原子炉停止後、炉心から崩壊熱を除去するための施設
- ・原子炉冷却材圧力バウンダリ破損事故後,炉心から崩壊熱を除去 するための施設
- ・原子炉冷却材圧力バウンダリ破損事故の際に,圧力障壁となり放 射性物質の放散を直接防ぐための施設
- ・放射性物質の放出を伴うような事故の際に、その外部放散を抑制 するための施設であり、上記の「放射性物質の放散を直接防ぐ ための施設」以外の施設
- ・津波防護施設及び浸水防止設備
- · 津波監視設備

【説明資料(2.1(1): P4条-78)】

(2) Bクラスの施設

安全機能を有する施設のうち,機能喪失した場合の影響が S クラス 施設と比べ小さい施設であり,次の施設を含む。

- ・原子炉冷却材圧力バウンダリに直接接続されていて、1次冷却材 を内蔵しているか又は内蔵し得る施設
- ・放射性廃棄物を内蔵している施設(ただし,内蔵量が少ない又は 貯蔵方式により,その破損により公衆に与える放射線の影響が 「実用発電用原子炉の設置,運転等に関する規則(昭和 53 年通 商産業省令第 77 号)」第2条第2項第6号に規定する「周辺監 視区域」外における年間の線量限度に比べ十分小さいものは除 く)
- ・放射性廃棄物以外の放射性物質に関連した施設で、その破損により、公衆及び従事者に過大な放射線被ばくを与える可能性のある施設
- ・使用済燃料を冷却するための施設
- ・放射性物質の放出を伴うような場合に、その外部放散を抑制する ための施設で、Sクラスに属さない施設

【説明資料(2.1(2): P4条-78)】

(3) Cクラスの施設

Sクラスに属する施設及びBクラスに属する施設以外の一般産業施設又は公共施設と同等の安全性が要求される施設である。

【説明資料(2.1(3): P4条-78)】 上記に基づくクラス別施設を第1.3-1表に示す。

なお,同表には当該施設を支持する構造物の支持機能が維持されるこ とを確認する地震動及び波及的影響を考慮すべき施設に適用する地震 動についても併記する。

1.3.1.3 地震力の算定法

設計基準対象施設の耐震設計に用いる地震力の算定は以下の方法による。

(1) 静的地震力

静的地震力は、Sクラスの施設(津波防護施設,浸水防止設備及び 津波監視設備を除く。), Bクラス及びCクラスの施設に適用するこ ととし、それぞれ耐震重要度分類に応じて次の地震層せん断力係数 C<sub>1</sub>及び震度に基づき算定する。

a. 建物·構築物

水平地震力は,地震層せん断力係数C<sub>i</sub>に,次に示す施設の耐震重 要度分類に応じた係数を乗じ,さらに当該層以上の重量を乗じて算定 するものとする。

Sクラス	3.0
Bクラス	1.5
Cクラス	1.0

ここで、地震層せん断力係数C<sub>i</sub>は、標準せん断力係数C<sub>0</sub>を 0.2 以上とし、建物・構築物の振動特性、地盤の種類等を考慮して求め られる値とする。

また,必要保有水平耐力の算定においては,地震層せん断力係数C iに乗じる施設の耐震重要度分類に応じた係数は,Sクラス,Bクラ ス及びCクラスともに 1.0 とし,その際に用いる標準せん断力係数 C₀は 1.0 以上とする。

Sクラスの施設については、水平地震力と鉛直地震力が同時に不利 な方向の組合せで作用するものとする。鉛直地震力は、震度 0.3 以 上を基準とし、建物・構築物の振動特性、地盤の種類等を考慮し、

高さ方向に一定として求めた鉛直震度より算定するものとする。

ただし、土木構造物の静的地震力は、安全上適切と認められる規格 及び基準を参考に、Cクラスに適用される静的地震力を適用する。

b. 機器 · 配管系

静的地震力は、上記a. に示す地震層せん断力係数C<sub>i</sub>に施設の耐 震重要度分類に応じた係数を乗じたものを水平震度として、当該水平 震度及び上記a. の鉛直震度をそれぞれ 20%増しとした震度より求 めるものとする。

なお、Sクラスの施設については、水平地震力と鉛直地震力は同時 に不利な方向の組合せで作用するものとする。ただし、鉛直震度は高 さ方向に一定とする。

上記a.及びb.の標準せん断力係数C。等の割増し係数の適用については,耐震性向上の観点から,一般産業施設,公共施設等の耐震基準 との関係を考慮して設定する。

【説明資料(3.1(1): P4条-79)】

(2) 動的地震力

動的地震力は、Sクラスの施設、屋外重要土木構造物及びBクラス の施設のうち共振のおそれのあるものに適用することとし、基準地 震動S<sub>s</sub>及び弾性設計用地震動S<sub>d</sub>から定める入力地震動を入力とし て、動的解析により水平2方向及び鉛直方向について適切に組み合 わせて算定する。なお、構造特性から水平2方向及び鉛直方向の地 震力の影響が考えられる施設、設備については、水平2方向及び鉛 直方向の地震力の組合せに対して、許容限界の範囲内に留まること を確認する。

Bクラスの施設のうち共振のおそれのあるものについては、弾性設

計用地震動 S<sub>d</sub>から定める入力地震動の振幅を 2 分の 1 にしたものに よる地震力を適用する。

屋外重要土木構造物,津波防護施設,浸水防止設備及び津波監視設 備並びに浸水防止設備又は津波監視設備が設置された建物・構築物 については,基準地震動Ssによる地震力を適用する。

添付書類六「3. 地震」に示す基準地震動S<sub>s</sub>は,「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」及び「震源を特定せず策定する地震動」 について,解放基盤表面における水平方向及び鉛直方向の地震動としてそれぞれ策定し,年超過確率は,10<sup>-4</sup>から10<sup>-6</sup>程度である。

また,弾性設計用地震動 S<sub>a</sub>は,基準地震動 S<sub>s</sub>との応答スペクト ルの比率が目安として 0.5 を下回らないよう基準地震動S。に係数 0.5 を乗じて設定する。ここで、係数 0.5 は工学的判断として、原子 炉施設の安全機能限界と弾性限界に対する入力荷重の比率が 0.5 程度 であるという知見(1)を踏まえ、さらに応答スペクトルに基づく地 震動評価による基準地震動 S<sub>s</sub>-D1に対しては、「発電用原子炉 施設に関する耐震設計審査指針(昭和56年7月20日原子力安全 委員会決定, 平成 13 年 3 月 29 日一部改訂) | に基づいた「原子 炉設置変更許可申請書(平成 11 年 3 月 10 日許可/平成 09・ 09・18 資第5号) |の「添付書類六 変更後に係る原子炉施設の 場所に関する気象,地盤,水理,地震,社会環境等の状況に関す る説明書 3.2.6.3 基準地震動」における基準地震動 S<sub>1</sub>の応答 スペクトルをおおむね下回らないよう配慮した値とする。また、建 物・構築物及び機器・配管系ともに 0.5 を採用することで、弾性設計 用地震動Saに対する設計に一貫性をとる。なお、弾性設計用地震動 S」の年超過確率は、10<sup>-3</sup>~10<sup>-5</sup>程度である。弾性設計用地震動S」

の応答スペクトルを第1.3-1 図~第1.3-3 図に,弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>の時刻歴波形を第1.3-4 図~第1.3-11 図に,弾性設計用地震 動S<sub>d</sub>と基準地震動S<sub>1</sub>の応答スペクトルの比較を第1.3-12 図及び 第1.3-13 図に,弾性設計用地震動S<sub>d</sub>と解放基盤表面における地震 動の一様ハザードスペクトルの比較を第1.3-14 図及び第1.3-15 図 に示す。

【説明資料(3.1(2): P4条-80)】

a. 入力地震動

原子炉建屋設置位置付近は,地盤調査の結果,新第三系鮮新統~ 第四系下部更新統の久米層が分布し,EL.-370m 以深ではS波速度 が 0.7km/s 以上であることが確認されている。したがって,EL.-370mの位置を解放基盤表面として設定する。

建物・構築物の地震応答解析における入力地震動は,解放基盤表面 で定義される基準地震動S<sub>s</sub>及び弾性設計用地震動S<sub>d</sub>を基に,対象 建物・構築物の地盤条件を適切に考慮したうえで,必要に応じ2次 元FEM解析又は1次元波動論により,地震応答解析モデルの入力 位置で評価した入力地震動を設定する。地盤条件を考慮する場合に は,地震動評価で考慮した敷地全体の地下構造との関係にも留意し, 地盤の非線形応答に関する動的変形特性を考慮する。また,必要に 応じ敷地における観測記録による検証や最新の科学的・技術的知見 を踏まえ設定する。

b. 地震応答解析

(a) 動的解析法

i 建物·構築物

動的解析による地震力の算定に当たっては、地震応答解析手法の

適用性,適用限界等を考慮のうえ,適切な解析法を選定するととも に,建物・構築物に応じた適切な解析条件を設定する。動的解析は, 時刻歴応答解析法による。また,3次元応答性状等の評価は,線形 解析に適用可能な周波数応答解析法による。

建物・構築物の動的解析に当たっては,建物・構築物の剛性はそ れらの形状,構造特性等を十分考慮して評価し,集中質点系等に置 換した解析モデルを設定する。

動的解析には,建物・構築物と地盤との相互作用を考慮するもの とし,解析モデルの地盤のばね定数は,基礎版の平面形状,地盤の 剛性等を考慮して定める。設計用地盤定数は,原則として,弾性波 試験によるものを用いる。

地盤-建物・構築物連成系の減衰定数は,振動エネルギの地下逸 散及び地震応答における各部のひずみレベルを考慮して定める。

基準地震動S<sub>s</sub>及び弾性設計用地震動S<sub>d</sub>に対する応答解析にお いて,主要構造要素がある程度以上弾性範囲を超える場合には,実 験等の結果に基づき,該当する建物部分の構造特性に応じて,その 弾塑性挙動を適切に模擬した復元力特性を考慮した応答解析を行う。

また, Sクラスの施設を支持する建物・構築物の支持機能を検討 するための動的解析において,施設を支持する建物・構築物の主要 構造要素がある程度以上弾性範囲を超える場合には,その弾塑性挙 動を適切に模擬した復元力特性を考慮した応答解析を行う。

応答解析に用いる材料定数については,地盤の諸定数も含めて材 料のばらつきによる変動幅を適切に考慮する。また,必要に応じて 建物・構築物及び機器・配管系の設計用地震力に及ぼす影響を検討 する。 建物・構築物の動的解析において,地震時における地盤の有 効応力の変化に伴う影響を考慮する場合には,有効応力解析を 実施する。有効応力解析に用いる液状化強度特性は,敷地の原 地盤における代表性及び網羅性を踏まえた上で保守性を考慮し て設定することを基本とする。保守的な配慮として地盤を強制 的に液状化させることを仮定した影響を考慮する場合には,原 地盤よりも十分に小さい液状化強度特性(敷地に存在しない豊 浦標準砂に基づく液状化強度特性)を設定する。

原子炉建屋については、3次元FEM解析等から、建物・構築物の3次元応答性状及びそれによる機器・配管系への影響を評価する。

屋外重要土木構造物の動的解析は,構造物と地盤の相互作用を考 慮できる連成系の地震応答解析手法とし,地盤及び構造物の地震時 における非線形挙動の有無や程度に応じて,線形,等価線形,非線 形解析のいずれかにて行う。

なお,地震力については,水平2方向及び鉛直方向について適切 に組み合わせて算定する。

【説明資料(5.1:P4条-92)(5.3:P4条-96)】 ii 機器・配管系

動的解析による地震力の算定に当たっては、地震応答解析手法の適 用性,適用限界等を考慮のうえ、適切な解析法を選定するとともに、 解析条件として考慮すべき減衰定数、剛性等の各種物性値は、適切 な規格及び基準又は実験等の結果に基づき設定する。

機器の解析に当たっては,形状,構造特性等を考慮して,代表的な 振動モードを適切に表現できるよう質点系モデル,有限要素モデル 等に置換し,設計用床応答曲線を用いたスペクトルモーダル解析法

又は時刻歴応答解析法により応答を求める。配管系については,振 動モードを適切に表現できるモデルを作成し,設計用床応答曲線を 用いたスペクトルモーダル解析法又は時刻歴応答解析法により応答 を求める。スペクトルモーダル解析法及び時刻歴応答解析法の選択 に当たっては,衝突・すべり等の非線形現象を模擬する観点又は既 往研究の知見を取り入れ実機の挙動を模擬する観点で,建物・構築 物の剛性及び地盤物性のばらつき等への配慮をしつつ時刻歴応答解 析法を用いる等,解析対象とする現象,対象設備の振動特性・構造 特性等を考慮し適切に選定する。

また,設備の3次元的な広がりを踏まえ,適切に応答を評価できる モデルを用い,水平2方向及び鉛直方向の応答成分について適切に 組み合わせるものとする。

なお,剛性の高い機器は,その機器の設置床面の最大応答加速度の 1.2 倍の加速度を震度として作用させて地震力を算定する。

【説明資料(5.2:P4条-94)】

(3) 設計用減衰定数

応答解析に用いる減衰定数は,安全上適切と認められる規格及び基 準,既往の振動実験,地震観測の調査結果等を考慮して適切な値を定 める。

なお,建物・構築物の応答解析に用いる鉄筋コンクリートの減衰定 数の設定については,既往の知見に加え,既設施設の地震観測記録等 により,その妥当性を検討する。

また,地盤と屋外重要土木構造物の連成系地震応答解析モデルの減 衰定数については,地中構造物としての特徴,同モデルの振動特性を 考慮して適切に設定する。

1.3.1.4 荷重の組合せと許容限界

設計基準対象施設の耐震設計における荷重の組合せと許容限界は以下 による。

(1) 耐震設計上考慮する状態

地震以外に設計上考慮する状態を次に示す。

- a. 建物·構築物
  - (a) 運転時の状態

発電用原子炉施設が運転状態にあり,通常の自然条件下におか れている状態。

ただし,運転状態には通常運転時,運転時の異常な過渡変化時 を含むものとする。

(b) 設計基準事故時の状態

発電用原子炉施設が設計基準事故時にある状態。

(c) 設計用自然条件

設計上基本的に考慮しなければならない自然条件(風,積雪等)。

- b. 機器 · 配管系
- (a) 通常運転時の状態

発電用原子炉の起動,停止,出力運転,高温待機,燃料取替え 等が計画的又は頻繁に行われた場合であって運転条件が所定の 制限値以内にある運転状態。

(b) 運転時の異常な過渡変化時の状態

通常運転時に予想される機械又は器具の単一の故障若しくはその の誤作動又は運転員の単一の誤操作及びこれらと類似の頻度で

発生すると予想される外乱によって発生する異常な状態であっ て、当該状態が継続した場合には炉心又は原子炉冷却材圧力バ ウンダリの著しい損傷が生じるおそれがあるものとして安全設 計上想定すべき事象が発生した状態。

(c) 設計基準事故時の状態

発生頻度が運転時の異常な過渡変化より低い異常な状態であっ て、当該状態が発生した場合には発電用原子炉施設から多量の 放射性物質が放出するおそれがあるものとして安全設計上想定 すべき事象が発生した状態。

(d) 設計用自然条件

設計上基本的に考慮しなければならない自然条件(風,積雪等)。

#### 【説明資料(4.1(1): P4条-82)】

- (2) 荷重の種類
  - a. 建物·構築物
    - (a) 発電用原子炉のおかれている状態にかかわらず常時作用している荷重、すなわち固定荷重、積載荷重、土圧、水圧及び通常の気象条件による荷重
    - (b) 運転時の状態で施設に作用する荷重
    - (c) 設計基準事故時の状態で施設に作用する荷重
    - (d) 地震力, 風荷重, 積雪荷重等

ただし,運転時の状態及び設計基準事故時の状態での荷重には, 機器・配管系から作用する荷重が含まれるものとし,地震力には, 地震時土圧,機器・配管系からの反力,スロッシング等による荷 重が含まれるものとする。

- b. 機器 · 配管系
- (a) 通常運転時の状態で施設に作用する荷重
- (b) 運転時の異常な過渡変化時の状態で施設に作用する荷重
- (c) 設計基準事故時の状態で施設に作用する荷重
- (d) 地震力,風荷重,積雪荷重等

【説明資料(4.1(2): P4条-84)】

(3) 荷重の組合せ

地震力と他の荷重との組合せは次による。

- a. 建物・構築物 (c. に記載のものを除く。)
- (a) Sクラスの建物・構築物については、常時作用している荷重及 び運転時(通常運転時又は運転時の異常な過渡変化時)の状態 で施設に作用する荷重と地震力とを組み合わせる。
- (b) Sクラスの建物・構築物については、常時作用している荷重及び設計基準事故時の状態で施設に作用する荷重のうち長時間その作用が続く荷重と弾性設計用地震動S<sub>d</sub>による地震力又は静的地震力とを組み合わせる。
- (c) Bクラス及びCクラスの建物・構築物については、常時作用している荷重及び運転時の状態で施設に作用する荷重と動的地震力又は静的地震力とを組み合わせる。
- b. 機器・配管系(c. に記載のものを除く。)
  - (a) Sクラスの機器・配管系については,通常運転時の状態で作用 する荷重と地震力とを組み合わせる。
  - (b) Sクラスの機器・配管系については、運転時の異常な過渡変化時の状態及び設計基準事故時の状態のうち地震によって引き起こされるおそれのある事象によって施設に作用する荷重と地震

力とを組み合わせる。

- (c) Sクラスの機器・配管系については、運転時の異常な過渡変化時の状態及び設計基準事故時の状態のうち地震によって引き起こされるおそれのない事象であっても、いったん事故が発生した場合、長時間継続する事象による荷重は、その事故事象の発生確率、継続時間及び地震動の年超過確率の関係を踏まえ、適切な地震力と組み合わせる。
- (d) Bクラス及びCクラスの機器・配管系については、通常運転時の状態で施設に作用する荷重及び運転時の異常な過渡変化時の状態で施設に作用する荷重と、動的地震力又は静的地震力とを組み合わせる。
- c. 津波防護施設,浸水防止設備及び津波監視設備並びに浸水防止設備が設置された建物・構築物
- (a) 津波防護施設及び浸水防止設備が設置された建物・構築物については、常時作用している荷重及び運転時の状態で施設に作用する荷重と基準地震動Ssによる地震力とを組み合わせる。
- (b) 浸水防止設備及び津波監視設備については、常時作用している 荷重及び運転時の状態で施設に作用する荷重と基準地震動Ssに よる地震力とを組み合わせる

なお、上記 c. (a), (b)については、地震と津波が同時に作用 する可能性について検討し、必要に応じて基準地震動 S<sub>s</sub>による地 震力と津波による荷重の組合せを考慮する。また、津波以外によ る荷重については、「(2)荷重の種類」に準じるものとする。

- d. 荷重の組合せ上の留意事項
  - (a) Sクラスの施設に作用する地震力のうち動的地震力については,
水平2方向と鉛直方向の地震力とを適切に組み合わせ算定する ものとする。

- (b) ある荷重の組合せ状態での評価が明らかに厳しいことが判明し ている場合には、その他の荷重の組合せ状態での評価は行わな いことがある。
- (c) 複数の荷重が同時に作用する場合、それらの荷重による応力の 各ピークの生起時刻に明らかなずれがあることが判明している ならば、必ずしもそれぞれの応力のピーク値を重ねなくてもよ いものとする。
- (d) 上位の耐震重要度分類の施設を支持する建物・構築物の当該部 分の支持機能を確認する場合においては、支持される施設の耐 震重要度分類に応じた地震力と常時作用している荷重、運転時 の状態で施設に作用する荷重及びその他必要な荷重とを組み合 わせる。

なお,第 1.3-1 表に対象となる建物・構築物及びその支持機 能が維持されていることを検討すべき地震動等について記載す る。

(e) 地震と組み合わせる自然条件として、風及び積雪を考慮し、風荷重及び積雪荷重については、施設の設置場所、構造等を考慮して、地震荷重と組み合わせる。

【説明資料(4.1(3): P4条-85)】

(4) 許容限界

各施設の地震力と他の荷重とを組み合わせた状態に対する許容限界 は次のとおりとし,安全上適切と認められる規格及び基準又は試験 等で妥当性が確認されている許容応力等を用いる。

- a. 建物・構築物 (c. に記載のものを除く。)
  - (a) Sクラスの建物・構築物
    - i) 弾性設計用地震動S<sub>d</sub>による地震力又は静的地震力との組合
       せに対する許容限界

建築基準法等の安全上適切と認められる規格及び基準による 許容応力度を許容限界とする。

ただし、冷却材喪失事故時に作用する荷重との組合せ(原子 炉格納容器バウンダリにおける長期的荷重との組合せを除く。) に対しては、下記ii)に示す許容限界を適用する。

 ii) 基準地震動S<sub>s</sub>による地震力との組合せに対する許容限界
 構造物全体としての変形能力(終局耐力時の変形)について
 十分な余裕を有し,建物・構築物の終局耐力に対し妥当な安
 全余裕を持たせることとする(評価項目はせん断ひずみ,応 力等)。

なお,終局耐力は,建物・構築物に対する荷重又は応力を漸 次増大していくとき,その変形又はひずみが著しく増加する に至る限界の最大耐力とし,既往の実験式等に基づき適切に 定めるものとする。

(b) Bクラス及びCクラスの建物・構築物((e)及び(f)に記載のものを除く。)

上記(a) i) による許容応力度を許容限界とする。

(c) 耐震重要度分類の異なる施設を支持する建物・構築物((e)及び(f)に記載のものを除く。)

上記(a) ii)を適用するほか,耐震重要度分類の異なる施設を 支持する建物・構築物が,変形等に対してその支持機能を損な

われないものとする。

なお、当該施設を支持する建物・構築物の支持機能を損なわな いことを確認する際の地震動は、支持される施設に適用される 地震動とする。

(d) 建物・構築物の保有水平耐力((e)及び(f)に記載のものを除く。)

建物・構築物については,当該建物・構築物の保有水平耐力が 必要保有水平耐力に対して耐震重要度分類に応じた安全余裕を 有していることを確認する。

- (e) 屋外重要土木構造物
  - i)静的地震力との組合せに対する許容限界
     安全上適切と認められる規格及び基準による許容応力度を許容限界とする。
  - ii)基準地震動Ssによる地震力との組合せに対する許容限界 構造部材のうち,鉄筋コンクリートの曲げについては限 界層間変形角,終局曲率又は許容応力度,せん断について はせん断耐力又は許容せん断応力度を許容限界とする。構 造部材のうち,鋼材の曲げについては終局曲率又は許容応 力度,せん断についてはせん断耐力又は許容せん断応力度 を許容限界とする。

なお,限界層間変形角,終局曲率及びせん断耐力に対して は妥当な安全余裕を持たせた許容限界とし,それぞれの安全 余裕については各施設の機能要求等を踏まえ設定する。構造 部材の曲げについては限界層間変形角及び終局曲率又は許 容応力度,構造部材のせん断についてはせん断耐力又は許

容せん断応力度を許容限界とする。

(f) その他の土木構造物

安全上適切と認められる規格及び基準による許容応力度を許容 限界とする。

- b. 機器・配管系 (c. に記載のものを除く。)
- (a) Sクラスの機器・配管系
- i) 弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>による地震力又は静的地震力との組合
   せに対する許容限界

応答が全体的におおむね弾性状態に留まることとする(評価項 目は応力等)。

ただし、冷却材喪失事故時に作用する荷重との組合せ(原子炉 格納容器バウンダリを構成する設備,非常用炉心冷却設備等に おける長期的荷重との組合せを除く。)に対しては、下記(a)ii) に示す許容限界を適用する。

 ii) 基準地震動S<sub>s</sub>による地震力との組合せに対する許容限界 塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が小さなレベルに 留まって破断延性限界に十分な余裕を有し、その施設に要求さ れる機能に影響を及ぼさないように応力、荷重等を制限する値 を許容限界とする。

また,地震時又は地震後に動的機能が要求される機器等については,基準地震動 S<sub>s</sub>による応答に対して,実証試験等により確認されている機能確認済加速度等を許容限界とする。

(b) Bクラス及びCクラスの機器・配管系

応答が全体的におおむね弾性状態に留まることとする(評価項 目は応力等)。

(c) チャンネル・ボックス

地震時に作用する荷重に対して,燃料集合体の冷却材流路を維持できること及び過大な変形や破損を生ずることにより制御棒 の挿入が阻害されることがないことを確認する。

c. 津波防護施設,浸水防止設備及び津波監視設備並びに浸水防止設備が設置された建物・構築物

津波防護施設及び浸水防止設備が設置された建物・構築物については、当該施設及び建物・構築物が構造物全体としての変形能力 (終局耐力時の変形)について十分な余裕を有するとともに、その施設に要求される機能(津波防護機能及び浸水防止機能)が保持できることを確認する(評価項目はせん断ひずみ、応力等)。

浸水防止設備及び津波監視設備については,その設備に要求され る機能(浸水防止機能及び津波監視機能)が保持できることを確 認する。

- d. 基礎地盤の支持性能
- (a) Sクラスの建物・構築物及びSクラスの機器・配管系(津波防
   護施設,浸水防止設備及び津波監視設備を除く。)の基礎地盤
- i) 弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>による地震力又は静的地震力との組合
   せに対する許容限界

接地圧に対して、安全上適切と認められる規格及び基準等に よる地盤の短期許容支持力度を許容限界とする。

- ii) 基準地震動Ssによる地震力との組合せに対する許容限界
   接地圧が、安全上適切と認められる規格及び基準等による地
   盤の極限支持力度に対して妥当な余裕を有することを確認する。
- (b) 屋外重要土木構造物, 津波防護施設及び浸水防止設備並びに浸

水防止設備又は津波監視設備が設置された建物・構築物の基礎 地盤

- i) 基準地震動Ssによる地震力との組合せに対する許容限界
   接地圧が、安全上適切と認められる規格及び基準等による地
   盤の極限支持力度に対して妥当な余裕を有することを確認する。
- (c) Bクラス及びCクラスの建物・構築物, Bクラス及びCクラスの機器・配管系並びにその他の土木構造物の基礎地盤

上記(a) i) による許容支持力度を許容限界とする。

【説明資料(4.1(4): P4条-87)】

### 1.3.1.5 設計における留意事項

耐震重要施設は,耐震重要度分類の下位のクラスに属する施設(以下 「下位クラス施設」という。)の波及的影響によって,その安全機能を 損なわないように設計する。

波及的影響については,耐震重要施設の設計に用いる地震動又は地震 力を適用して評価を行う。なお,地震動又は地震力の選定に当たって は,施設の配置状況,使用時間等を踏まえて適切に設定する。また, 波及的影響においては水平2方向及び鉛直方向の地震力が同時に作用 する場合に影響を及ぼす可能性のある施設,設備を選定し評価する。

波及的影響の評価に当たっては,以下(1)~(4)をもとに,敷地全体を 俯瞰した調査・検討を行い,耐震重要施設の安全機能への影響がない ことを確認する。

なお、原子力発電所の地震被害情報をもとに、以下(1)~(4)以外に検 討すべき事項がないかを確認し、新たな検討事項が抽出された場合に は、その観点を追加する。

(1) 設置地盤及び地震応答性状の相違等に起因する不等沈下又は相対変位

による影響

a. 不等沈下

耐震重要施設の設計に用いる地震動又は地震力に対して不等沈下により,耐震重要施設の安全機能へ影響がないことを確認する。

b. 相対変位

耐震重要施設の設計に用いる地震動又は地震力による下位クラス施 設と耐震重要施設の相対変位により,耐震重要施設の安全機能へ影響 がないことを確認する。

(2) 耐震重要施設と下位クラス施設との接続部における相互影響

耐震重要施設の設計に用いる地震動又は地震力に対して,耐震重要 施設に接続する下位クラス施設の損傷により,耐震重要施設の安全機 能へ影響がないことを確認する。

(3) 建屋内における下位クラス施設の損傷,転倒及び落下等による耐震重 要施設への影響

耐震重要施設の設計に用いる地震動又は地震力に対して,建屋内の 下位クラス施設の損傷,転倒及び落下等により,耐震重要施設の安全 機能へ影響がないことを確認する。

(4) 建屋外における下位クラス施設の損傷,転倒及び落下等による耐震重 要施設への影響

a. 耐震重要施設の設計に用いる地震動又は地震力に対して, 建屋外の下位クラス施設の損傷, 転倒及び落下等により, 耐震重要施設の安全機能へ影響がないことを確認する。

b. 耐震重要施設の設計に用いる地震動又は地震力に対して, 耐震重 要施設の周辺斜面が崩壊しないことを確認する。

なお、上記(1)~(4)の検討に当たっては、溢水及び火災の観点からも

波及的影響がないことを確認する。(火災については「東海第二発電所 設計基準対象施設について」のうち「第8条火災による損傷の防止」 に,溢水については「東海第二発電所設計基準対象施設について」の うち「第9条溢水による損傷の防止等」に記載)

上記の観点で検討した波及的影響を考慮する施設を,第 1.3-1 表中 に「波及的影響を考慮すべき施設」として記載する。

【説明資料(7:P4条-98)】

1.3.1.6 構造計画と配置計画

設計基準対象施設の構造計画及び配置計画に際しては、地震の影響が 低減されるように考慮する。

建物・構築物は,原則として剛構造とし,重要な建物・構築物は,地 震力に対し十分な支持性能を有する地盤に支持させる。剛構造としな い建物・構築物は,剛構造と同等又はそれを上回る耐震安全性を確保 する。

機器・配管系は,応答性状を適切に評価し,適用する地震力に対して 構造強度を有する設計とする。配置に自由度のあるものは,耐震上の 観点からできる限り重心位置を低くし,かつ,安定性のよい据付け状 態になるよう配置する。

また,建物・構築物の建屋間相対変位を考慮しても,建物・構築物及 び機器・配管系の耐震安全性を確保する設計とする。

下位クラス施設は原則,耐震重要施設に対して離隔をとり配置する若 しくは,基準地震動 S<sub>s</sub>に対し構造強度を保つようにし,耐震重要施設 の安全機能を損なわない設計とする。

【説明資料(9:P4条-102)】

1.3.3 主要施設の耐震構造

1.3.3.1 原子炉建屋

原子炉建屋は,地上6階,地下2階建で,平面が約67m(南北方向) ×約67m(東西方向)の鉄筋コンクリート造(一部鉄骨造)の建物である。

最下階床面からの高さは約68mで地上高さは約56mである。

建物中央部には一次格納容器を囲む円型の一次遮蔽壁があり,その外側に 二次格納施設である原子炉棟の外壁及び原子炉建屋付属棟(以下,「付属 棟」という。)の外壁がある。

これらは原子炉建屋の主要な耐震壁を構成している。

これらの耐震壁間を床が一体に連絡し、全体として剛な構造としている。

原子炉建屋の基礎は、平面が約67m(南北方向)×約67m(東西方向)、厚 さ約5mのべた基礎で、人工岩盤を介して、砂質泥岩である久米層に岩着し ている。

1.3.3.2 タービン建屋

タービン建屋は、地上2階、地下1階建で、平面が約70m(南北方向) ×約105m(東西方向)の鉄筋コンクリート造(一部鉄骨造)の建物で あり、適切に配置された耐震壁で構成された剛な構造としている。

タービン建屋の基礎は、平面が約 70m(南北方向) ×約 105m(東西 方向)、厚さ約 1.9m で、杭及びケーソンを介して、砂質泥岩である久 米層に岩着している。

1.3.3.3 廃棄物処理建屋

廃棄物処理建屋は,地上4階,地下3階建で,平面は約41m(南北方向) ×約69m(東西方向)の鉄筋コンクリート造の建物であり,適切に配置され た耐震壁で構成された剛な構造としている。

廃棄物処理建屋の基礎は,平面が約41m(南北方向)×約69m(東西方 向),厚さ約2.5mのべた基礎で,人工岩盤を介して,砂質泥岩である久米 層に岩着している。

1.3.3.4 使用済燃料乾式貯蔵建屋

使用済燃料乾式貯蔵建屋は,地上1階建で平面が約52m(南北方向) ×約24m(東西方向)の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)の建物であり,適切に配置された耐震壁で構成され た剛な構造としている。

使用済燃料乾式貯蔵建屋の基礎は,平面が約 60m(南北方向)×約 33m(東西方向),厚さ約 2.5m(一部約 2.0m)で,鋼管杭を介して, 砂質泥岩である久米層に岩着している。

1.3.3.5 防潮提及び防潮扉

防潮堤は,鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁,鋼製防護壁及び鉄筋コンクリ ート防潮壁の3種類の構造形式に区分され,敷地を取り囲む形で設置する。 また,防潮堤のうち,敷地側面南側の鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁及び敷 地前面東側の鉄筋コンクリート防潮壁には,それぞれ1箇所ずつ防潮扉を設 置する。

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁は,延長約 1.5km,直径約 2m 及び約 2.5m の複数の鋼管杭を鉄筋コンクリートで巻き立てた天端高さ T.P. +18m 及び T.P. +20m の鉄筋コンクリート梁壁と鋼管鉄筋コンクリートとを一体とした 剛な構造物であり,鋼管杭を介して,砂質泥岩である久米層に岩着している。

鋼製防護壁は,延長約80m,天端高さT.P.+20m,奥行約5m~約16mの鋼 設構造であり,適切に配置された鋼板を溶接及び高力ボルトで接合した剛な 構造である。鋼製防護壁は,幅約50mの取水構造物を横断し,取水構造物の 側方に位置する地中連続壁基礎を介して,砂質泥岩である久米層に岩着して

いる。

鉄筋コンクリート防潮壁は,延長約 160m,天端高さ T.P.+20m,奥行約 10m~約 23m の鉄筋コンクリート造の剛な構造物であり,地中連続壁基礎を 介して,砂質泥岩である久米層に岩着している。

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁及び鉄筋コンクリート防潮壁に設置する防 潮扉は上下スライド式の鋼製扉であり,それぞれ杭又は地中連続壁基礎を介 して,砂質泥岩である久米層に岩着している。

1.3.3.6 原子炉格納容器

原子炉格納容器は、内径約 26m、高さ約 16m、厚さ約 3.2cm~約 3.8cm の 鋼製円筒殻と底部内径約 26m、頂部内径約 12m、高さ約 24m、厚さ約 2.8cm ~約 3.8cm の鋼製円錘殻、底部内径約 12m、頂部内径約 9.7m、高さ約 2m の 鋼製円錘殻、その上に載る格納容器ヘッド及び底部コンクリートスラブよ り構成され全体の高さは約 48m である。

円筒殻と底部コンクリートスラブとの接続にはアンカーボルトを用いる。 円筒殻と円錘殻の接続部の高さに,原子炉格納容器を上下に分けるダイ ヤフラム・フロアがあり,下部はサプレッション・チェンバになっている。

円錘殻頂部付近には上部シアラグ及びスタビライザがあり,原子炉圧力 容器より原子炉格納容器に伝えられる水平力及び原子炉格納容器にかかる 水平力の一部を周囲の一次遮蔽壁に伝える構造となっている。

1.3.3.7 原子炉圧力容器

原子炉圧力容器は内径約 6.4m, 高さ約 23m, 重量は原子炉圧力容器内部 構造物, 原子炉冷却材及び燃料集合体を含めて約 1,600 t である。

この容器は底部の鋼製スカートで支持され,スカートは鉄筋コンクリート 造円筒形の原子炉本体の基礎に固定されたベヤリングプレートにボルトで 接続されている。

原子炉圧力容器は,その外周の原子炉遮蔽頂部で原子炉圧力容器スタビ ライザによって水平方向に支持されて,原子炉遮蔽の頂部は原子炉格納容 器スタビライザによって原子炉格納容器に結合されている。原子炉圧力容 器スタビライザは地震力に対し原子炉圧力容器の上部を横方向に支持して いる。

したがって,水平力に対して原子炉圧力容器はスカートで下端固定,原 子炉圧力容器スタビライザで上部ピン支持となっている。

1.3.3.8 原子炉圧力容器内部構造物

炉心に作用する水平力は、ステンレス鋼の炉心シュラウドによって支持 されている。炉心シュラウドは、円筒形をした構造で原子炉圧力容器の下 部に溶接されている。

燃料集合体に作用する水平力は、上部格子板及び炉心支持板を通して炉 心シュラウドに伝えられ、燃料集合体はジルカロイ製の細長いチャンネ ル・ボックスに納められている。燃料棒は、過度の変形を生ずることがな いように、燃料集合体頂部と底部のタイプレートで押さえ、中間部もスペ ーサによって押さえられている。

スタンドパイプと気水分離器は溶接によって一体となっている。蒸気乾燥器は原子炉圧力容器につけたブラケットによって支持されている。ジェ ットポンプは炉心シュラウドの外周に配置されている。ライザは原子炉圧 力容器を貫通して立上り、上部において原子炉圧力容器に支持され、ジェ ットポンプは上部においてライザに結合されている。

ジェットポンプの下部はシュラウドサポートプレートに溶接されている。 この機構によってジェットポンプは熱膨脹を拘束されずに振動を防止でき る構造となっている。制御棒駆動機構ハウジングは、上部は原子炉圧力容器 底部に溶接されており、地震荷重に対しても十分な強度を持つように設計

する。

1.3.3.9 再循環系

再循環ループは 2 ループあって,外径約 610mm のステンレス鋼管で原子 炉圧力容器から下方に伸び,その最下部に再循環系ポンプを設け,持ち再 び立ち上げてヘッダに入り,そこから 5 本の外径約 320mm のステンレス鋼 管に分れ,原子炉圧力容器に接続される。この系の支持方法は,熱膨脹に よる動きを拘束せず,できる限り剛な系になるように,適切なスプリング ハンガ,スナッバ等を採用する。再循環系ポンプは,ケーシングに取り付 けられたコンスタントハンガ,スナッバ等によって支持される。

1.3.3.10 その他

その他の機器・配管系については,運転荷重,地震荷重,熱膨張に よる荷重を考慮して,必要に応じてスナッバ,ハンガ,その他の支持 装置を使用して耐震性に対しても熱的にも安全な設計とする。

- 1.3.4 地震検知による耐震安全性の確保
- (1) 地震検出計

安全保護系の一つとして地震検出計を設け,ある程度以上の地震 が起こった場合に原子炉を自動的に停止させる。スクラム設定値は, 弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>の加速度レベルに余裕を持たせた値とする。安 全保護系は,フェイル・セーフ設備とするが,地震以外のショック によって原子炉をスクラムさせないよう配慮する。

地震検出計は,基盤の地震動をできるだけ直接的に検出するため 建屋基礎版の位置,また主要な機器が配置されている代表的な床面 に設置する。なお,設置に当たっては試験及び保守管理が可能な原 子炉建屋の適切な場所に設置する。

(2) 地震観測等による耐震性の確認

発電用原子炉施設のうち安全上特に重要なものに対しては,地震 観測網を適切に設置し,地震観測等により振動性状の把握を行い, それらの測定結果に基づく解析等により,施設の機能に支障のない ことを確認していくものとする。

地震観測を継続して実施するために,地震観測網の適切な維持管 理を行う。

# 1.3.5 参考文献

(1)「静的地震力の見直し(建築編)に関する調査報告書(概要)」社団法
 人日本電気協会電気技術基準調査委員会原子力発電耐震設計特別調査委員会建築部会(平成6年3月)

第1.3-1表 耐震重要度分類表

: 2 ) :	検討用 地震動 <sup>(注6)</sup>	S S S S S S S S S S S S S S S S S S S	ູ ຈັຈ	N N N N N N N N	° ° ° °	S S S S S S S S S S S S S S S S S S S				S S S S S S S S S S S S S S S S S S S			
波及的影響を 考慮すべき施設 <sup>(3)</sup>	適 用 範 囲	・原子炉遮蔽 ・タービン建屋 ・廃棄物処理建屋 ・その他	・原子炉建屋クレーン・燃料取替機	建工1111,111,111,111,111,111,111,111,111,1	・タービン建屋 ・廃棄物処理建屋 ・その他	・タービン建屋 ・廃棄物処理建屋 ・その他				・タービン建屋 ・廃棄物処理建屋 ・その他			
E4)	検討用 地震動 <sup>(注6)</sup>	S s s	s s S S	S S	N N N	S <sub>s</sub>	S			S s	S		
間接支持構造物(创	適 用 範 囲	・原子炉本体の基礎 ・原子炉建屋	・原子炉建屋 ・使用済燃料乾式貯蔵 建屋	・ディーゼル発電機の 燃料油系を支持する 構造物	・原子炉建屋 ・原子炉本体の基礎	・原子炉建屋 ・海水ポンプ基礎等の 海水系を支持する構 活動	ビッ・ディーゼル発電機の 燃料油系を支持する	構造物		・原子炉建屋 ・海水ポンプ基礎等の 海水系を支持する構 造物	・ディーゼル発電機の 燃料油系を支持する 構造物		
(3)	型 し し し し し し し し し し し し し	s s	S		S	S				S			
直接支持構造物(注	適用範囲	- 原子炉圧力容器スカ ート - 機器・配管, 電気計 - 装設備等の支持構造 物	・機器・配管、電気計 装設備等の支持構造 か	2	機器・配管、電気計 装設備等の支持構造 物	・機器・配管, 電気計 - 装設備等の支持構造 物				・機器・配管,電気計 装設備等の支持構造 物			
[2]	副して、	S	S	S	ຽວ	SS	(	S	S	S	S	S	S
補助設備	適 用 範 囲	・隔離弁を閉とするた めに必要な電気計装 設備	・使用済燃料プール水 補給設備(残留熟除 ± 玄)	・ 非常用電源及び計装 設備(非常用ディー ゼル発電機及びその 冷却系・補助施設を 含む)	・炉心支持構造物 ・電気計装設備 ・チャンネル・ボック ス	・残留熟除去系海水系 ・炉心支持構造物 ・高圧炉心スプレイ系 ディーゼル弦電機の	びその冷却系・補助施設	・非常用電源及び計装設備(非常用デメー設備(非常用デメービル発電機及びそのそれ系のでのその合わ系・補助施設を合います。	・当該施設の機能維持 に必要な空調設備	・残留熟除去系海水系 ・高圧炉心スプレイ系 ディーゼル発電機及 びその冷却系・補助	施設 ・中央制御室の遮蔽と 空調設備	・非常用電源及び計装 設備(非常用ディー ゼル発電機及びその 冷却系・補助施設を	含む) ・当該施設の機能維持 に必要な空調設備
(1)	<u></u> 夏 ララス	SS	აა	S	S	sss	S			S		S	
主要設備	適 用 範 囲	・原子炉圧力容器 ・原子炉冷却材圧力バ ウンダリに属する容 器・配管・ポンプ・ 弁	・使用済燃料プール ・使用済燃料貯蔵ラッ カ	• 使用済燃料乾式貯蔵 容器	・制御棒、制御棒駆動 機構及び制御棒駆動 水圧系(スクラム機 能に関する部分)	・原子炉隔離時冷却系 - 高圧炉心スプレイ系 - 残留熟除去系(原子 - 恒億1+ 性冷却エード	を存在する 運転に必要な設備) ・ 冷却水源としてのサ	イレッション・ブール		・非常用炉心冷却系 1) 高圧炉心スプレイ 系 2) 低圧炉心スプレイ	系 3)残留熱除去系(低 正注 X キー Nimetr	に必要な設備) し必要な設備) 4) 自動滅圧系 ・冷却水源としてのサ プレッツョン・プー	Ń
	機能別分類	<ul> <li>(1)原子炉冷却材圧</li> <li>カバウンダリを構成する機器・配管系</li> </ul>	(三) 使用済燃料を貯 蔵するための施設		(Ⅲ)原子炉の緊急停止のために急激に 中のために急激に 負の反応度を付加 するための施設、 及び原子炉の停止 状態を維持するた めの施設	(iv) 原子炉停止後, 炉心から崩壊熱を 除去するための施 部	ž			(v) 原子炉冷却材圧 力バウンダリ破損 事故後、炉心から 崩疲熱を除去する	ための施設		
耐震重要度 分  類		Sクラス											

主5)	検討用 地震動 <sup>(注6)</sup>	°°°°°°°°	လူလူလူ	လလလ	s s s s	s s s s
波及的影響を 考慮すべき施設 <sup>(8)</sup>	遍 用 範 囲	・原子炉ウェル用遮 蔽ブロック ・タービン建屋 ・廃棄物処理建屋 ・その他	・タービン健屋 ・廃棄物処理建屋 ・その他	- タービン建屋 - 廃棄物処理建屋 - その他	・タービン建屋 ・廃棄物処理建屋 ・その他	・タービン建屋 ・廃棄物処理建屋 ・その他
E4)	検討用 地震動 <sup>(注6)</sup>	N N	လိုလ္ လို လိုလ္ရွိ	s s s s	s ss s	s s s s s s
間接支持構造物(	適 用 範 囲	・原子炉建屋	- 原子炉建屋 - 原子炉建屋 - 原子炉本体の基礎 (注1) - 海大ポンプ基礎等の 道物 - 市大シン基礎 - 市大の 一 一 たの - ディー た の - ディー た の - ディー た の - ディー た の - ディー た の - ディー た の - デ - デ - デ - デ - デ - デ - デ - デ - デ - デ	・原子炉建屋 ・当該の屋外設備を支持する構造物 持する構造物 ・ディーセル発電機の 燃料油系を支持する 構造物	・原子炉建屋 ・当該の屋外設備を支 持する構造物 ・ディーゼル発電機の 燃料油系を支持する 構造物	・原子炉建屋 ・原子炉本体の基礎 ・ディーゼル発電機の 燃料油系を支持する 構造物
主3)	更 タラス	S	ν	v	S	s s
直接支持構造物(	適 用 範 囲	・機器・配管,電気計 装設備等の支持構造 物	・機器・配管, 電気計 装設備等の支持構造 物	・機器・配管, 電気計 装設備等の支持構造 物	・機器・配管、電気計 装設備等の支持構造 物	・機器・配管、電気計 装設備等の支持構造 物 ・原子炉圧力容器
主2)	耐 慶 クラス	S	n n n	v	S	S
補助設備	適 用 範 囲	・隔離弁を閉とする ために必要な電気計 装設備	<ul> <li>・残留熱除去系海水</li> <li>・発留熱除去系海水</li> <li>・非常用電源及び計</li> <li>・セルン発電機及びそく</li> <li>の合却系、補助施設 を含む)</li> <li>・当該施設の機能維</li> <li>・当該施設の機能維</li> </ul>	・非常用電源及び計 装設備(非常用ディ 一ゼル発電機及びそ の冷却系・補助施設 を含む)	・非常用電源及び計 装設備(非常用ディ ーゼル発電機及びそ の冷却系・補助施設 を含む)	・非常用電源及び計 装設備(非常用ディ ーゼル発電機及びそ の冷却系・補助施設 を含む)
主1)	副 クラス	w w	<u>ര്യായായ</u> സ	ແມ່ນ ແມ່ນ	ແທນ	s s
主要設備	麗 皷 峀 鄭	・原子炉格納容器 ・原子炉格納容器べウ ンダリに属する配 管・弁	・残留熱除去糸(格納 容器スプレイ冷却 一下運転に必要な設 備) 一丁運転に必要な設 通 、可然性ガス濃度制 系 デ デ 小子の構築系 の 大 マレ、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、	<ul> <li>防潮堤</li> <li>防潮県</li> <li>防湖福</li> <li>防水路ゲート</li> <li>横内排水路逆流防止影備</li> <li>県谷豚い 整</li> <li>浸水防止 整</li> <li>浸水防止 整</li> </ul>	・取水ピット水位計 ・潮位計 ・津波・構内監視カメラ	・ほう酸水注入系 (注8) ・圧力容器内部構造物 (注9)
	機能別分類	<ul> <li>(vi)原子炉冷却材圧</li> <li>カバウンダリ破損</li> <li>事故の際に、圧力</li> <li>障壁となり放射性</li> <li>物質の放散を直接</li> <li>防ぐための施設</li> </ul>	(vii) 放射性物質の放 出を伴うような事 故の際に、その外 部放散を拍前する ための設備であ り, (vi)以外の施 設	(viii) 津波防護機能を 有する設備及び浸 水防止機能を有す る設備 る設備	(ix)敷地における津 波監視機能を有す る施設	(x) その拍
动震重要度 分 類		SDJA				

~	検討用 地震動 <sup>(注6)</sup>	N N G	ນັ້ນ ແນ	N N N N	<u>ພ</u> ພ ພ ພ
間接支持構造物 (注4	適 用 範 囲	・原子炉建屋 ・タービン建屋(外側主蒸 気隔離弁より主塞止弁ま での配管・弁を支持する 部分)	・原子炉建屋 ・原子炉建屋 ・カービン油屋	・ メートノ陸居 - 原子灯建居 - 廃棄物処理建居	<ul> <li>・原子炉建屋</li> <li>・タービン建屋</li> <li>・廃棄物処理建屋</li> <li>・使用済然料乾式貯蔵建屋</li> </ul>
	団 震 クラス	В	BB	ы	Д
直接支持構造物(注3)	適 用 範 囲	・機器・配管等の支持構造 物	・機器・配管等の支持構造 物 ・機器・配管等の支持構造	物・配管等の支持構造物	・機器・配管等の支持構造物
	<u></u> 可 感 クラス	I		I	I
補助設備(注2	適 用 範 囲	I	1 1	I	I
(1	副 し し し よ	B (注10)	B (注11) B B	n m	
主要設備(注	適 用 範 囲	・主蒸気系(外側主蒸気 隔離弁より主塞止弁ま で)	・主蒸気逃がし安全弁排 気管 ・主蒸気系及び給水系 - 回二450444360	・原士が市岡和利津店派 ・放射性廃棄物処理施設 (C クラスに属するも のは除く)	<ul> <li>・タービン、</li> <li>・タービン、</li> <li>・着債水器、</li> <li>・一、</li> <li>・一、</li> <li>・一、</li> <li>・一、</li> <li>・</li> <l< td=""></l<></ul>
機能別分類		<ul> <li>(i)原子炉冷却材圧力</li> <li>バウンダリに直接接 続されていて、一次</li> <li>冷却材を内蔵してい</li> <li>るか又は内蔵し得る</li> </ul>	施設	<ul> <li>(ii) 放射性廃棄物を内 蔵している施設(た だし、内蔵量が少な い又は貯蔵方式によ り、その破損による 公衆に与える放射線 の影響が周辺監視区 域外における年間の 線量限度に比べ十分 小さいものは除く)</li> </ul>	<ul> <li>(ⅲ) 放射性廃棄物以外の放射性物質に関した施設で、その放射性物質に関連した施設で、その破損により、公衆及び従事者に適大な放射線被ばくを与べる可能性のしたの。</li> </ul>
耐震重要度 分 類		Bクラス			

<b>沖</b> ,),,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,		主要設備(注	1)	補助設備(注2		直接支持構造物(注3)		間接支持構造物(注4	
回辰里安没 分  類	機能別分類	適 用 範 囲	討 渡 クラス	適 用 範 囲	声 ゆうス	適 用 範 囲	更 して ううス	適 用 範 囲	検討用 地震動 <sup>(注5)</sup>
Bクラス	(iv)使用済燃料を冷 却するための施設	・燃料プール冷却浄化系	В	,原子炉補機冷却系 • 補機冷却 <mark>系</mark> 佈水系 • 電気計装設備	апа	・機器・配管、電気計装設 備等の支持構造物	В	・原子炉建屋 ・施水ポンプ基礎等の佈水 系を支持する構造物	S B B
	(v) 放射性物質の放出 を伴うような場合 に、その外部放散を 拘制するための施設 で、Sクラスに属さ ない施設	Ι	I	1	I	I	I	1	I
C 7 7 X	(i)原子炉の反応度を 制御するための施設 でSクラス及びBク ラスに属さない施設	・再循環流量制御系 ・制御棒駆動水圧系(S クラス及びBクラスに 属さない部分)	υ U	I		・機器・配管, 電気計装設 備等の支持構造物	U	・原子炉建屋	Sc
	(ii) 放射性物質を内蔵 しているか、又はこ れに関連した施設で Sクラス及びBクラ スに属さない施設 スに属さない施設	<ul> <li>・試料採取系</li> <li>・洗濯廃液処理系</li> <li>・洗濯廃液処理系</li> <li>・固化装置より下流の固体廃棄物処理系</li> <li>(貯蔵庫を含む)</li> <li>・ 雑固体減容処理施設</li> <li>・ 放射性廃棄物処理施設</li> <li>のうち濃縮装置の簸縮</li> <li>水側</li> <li>・ 赤燃料貯蔵庫</li> <li>・ その他</li> </ul>	000 00 00	1	I	・機器・配管, 電気計装設 備等の支持構造物	U	- 原子炉建屋 - タービン建屋 - 廃棄物処理建屋 - 固体廃棄物貯蔵庫 - 給水加熟器保管庫 - 固体廃棄物作業建屋	× × × × × × × × × × × × × × × × × × ×

主4)	検討用 地震動 <sup>(注6)</sup>	ວິວິວີ ວິ ວິ	を し り ち ら ち ら か う い う の ち ら う う り ち う う 気 気 う う し う う う う む う に う む む い ひ い ひ む む い ひ む む む ひ む い ひ む か か か か か か か か か か か か か か か か か か
間接支持構造物(	適 用 範	・原子炉建屋 ・タービン建屋 ・廃棄物処理建屋 ・その他	9に受ける支持構造物。 9影響を及ぼすおそれの 1となる機能を有する。 た場合、放出された また、排気管がドラ
	声 ゆうス	υ	を にす 王 で認て直 波る 力 破す凝壊及。 掲 増る縮・10%
直接支持構造物 (注3	適 用 範 囲	・機器・配管、電気計装 設備等の支持構造物	。 はにたらの設備の単価 「なくせんの設備の単価 「なくしくんに属する で、「 たった」 で、 たっ、 たっ、 で、 に に に た で に に に た で に に た し た に に に に に に し た し に に に に に に に し に に に に に に に に に に に に に
(	町 タラス	I	「備」建よ討 サ をメのチを者物っを プ 行ン排ェン・て踏 レ うョ気ン・ううます シ ううまう
補助設備(注2	適 用 範 囲	I	いい。 備の 着の 都 の さ た の た の た る 市 の 市 の た の 市 し た し た い た の 市 か た の 市 市 か た の む む む む む む む む む む か か か か か か が か か か か か か か か か か か か か
1)	売 タラス	000 00000 0	設主直達震設 りぬ震的の気質にドイト競車接きタ計 震力地機で性対にて小舗要接さタ計 震力地機で性対すす管を設取れうに 力 意能、かし気プを
主要設備(注)	適 用 範 囲	・循環水系 シタービン補緩冷却系 所内ボイラ及び所内蒸 気系 消火系 主発電機・変圧器 主発電機・変圧器 空調設備 空調設備 ケーン 所内用空気系及び計器 用空気系	(能に直接的に関連する (能に直接的に関連する (能に間接的に関連する ) 直接文特構造物から存 直接文特構造物から存 いたりにはる地震 ) を ままして「1.3.1.5 と sにより定まる地震 式 施設に適用される 一 方 合 に より に より に よ の 信 ( 1.3.1.5 の 言 ( 1.3.1.5 の 言 ( 1.3.1.5 の 言 ( 1.3.1.5 の 言 ( 1.3.1.5 の 言 ( 1.3.1.5 の 言 ( 1.3.1.5 の 言 ( 1.3.1.5 の 言 ( 1.3.1.5 の 言 ( 1.3.1.5 の 言 ( 1.3.1.5 の 言 ( 1.3.1.5 の 言 ( 1.3.1.5 の 言 ( 二 の 言 ( 二 の 言 ( 二 の 言 ( 二 の 言 の 言 ( 二 の 言 の 言 ( 二 の 言 の 言 の に に 、 一 の 信 の 言 の に よ の に に の に の に の に 、 3 に よ の に に の に 3 に こ の に の に の に の に の の に の に の に の に の
	機能別分類	(Ⅲ) 原子炉施設では あるが、放射線安 全に関係しない施 設	<ul> <li>一、一、一、一、一、一、一、一、一、一、一、一、一、一、一、一、一、一、一、</li></ul>
耐震重要度 分  類		C 7 7 X	(第11) (第22) (第23) (第4) (第55) (第4) (第77) (第10) (第110)



第1.3-1図 弾性設計用地震動S<sub>d</sub>の応答スペクトル(NS方向)



第1.3-2図 弾性設計用地震動S<sub>d</sub>の応答スペクトル(EW方向)



第1.3-3図 弾性設計用地震動S<sub>d</sub>の応答スペクトル(UD方向)



第1.3-4図 弾性設計用地震動S<sub>d</sub>-D1の時刻歴波形



第1.3-5図 弾性設計用地震動S<sub>d</sub>-11の時刻歴波形



第1.3-6図 弾性設計用地震動S<sub>d</sub>-12の時刻歴波形



第1.3-7図 弾性設計用地震動S<sub>d</sub>-13の時刻歴波形



第1.3-8図 弾性設計用地震動S<sub>d</sub>-14の時刻歴波形



第1.3-9図 弾性設計用地震動S<sub>d</sub>-21の時刻歴波形



第1.3-10図 弾性設計用地震動S<sub>d</sub>-22の時刻歴波形



第1.3-11図 弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>-31の時刻歴波形



第1.3-12図 弾性設計用地震動S<sub>a</sub>と基準地震動S<sub>1</sub>の応答スペクトルの比較(NS方向)



第1.3-13図 弾性設計用地震動S<sub>d</sub>と基準地震動S<sub>1</sub>の応答スペクトルの比

# 較(EW方向)



第1.3-14図 一様ハザードスペクトルと弾性設計用地震動S<sub>d</sub>の応答スペク

トルの比較(水平方向)



第1.3-15図 一様ハザードスペクトルと弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>の応答スペクトルの比較(鉛直方向)

(3) 適合性説明

第四条 地震による損傷の防止

- 1 設計基準対象施設は、地震力に十分に耐えることができるものでなければならない。
- 2 前項の地震力は、地震の発生によって生ずるおそれがある設計基準対象施設の安全機能の喪失に起因する放射線による公衆への影響の程度に応じて算定しなければならない。
- 3 耐震重要施設は、その供用中に当該耐震重要施設に大きな影響を及ぼ すおそれがある地震による加速度によって作用する地震力(以下「基 準地震動による地震力」という。)に対して安全機能が損なわれるお それがないものでなければならない。
- 4 耐震重要施設は、前項の地震の発生によって生ずるおそれがある斜面の崩壊に対して安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない。

適合のための設計方針

第1項について

設計基準対象施設は、耐震重要度分類をSクラス、Bクラス又はCクラス に分類し、それぞれに応じて設定した地震力に対しておおむね弾性範囲の設 計を行う。

なお,耐震重要度分類及び地震力については,「第2項について」に示す とおりである。

【説明資料(1.1(2): P4条-73)】

第2項について

設計基準対象施設は、地震により発生するおそれがある安全機能の喪失 (地震に伴って発生するおそれがある津波及び周辺斜面の崩壊等による安全 機能の喪失を含む。)及びそれに続く放射線による公衆への影響を防止する 観点から、各施設の安全機能が喪失した場合の影響の相対的な程度に応じて、 以下のとおり、耐震重要度分類をSクラス、Bクラス又はCクラスに分類し、 それぞれに応じた地震力を算定する。

【説明資料(1.1(1):P4条-73)(1.1(2):P4条-73)】 (1) 耐震重要度分類

Sクラス:地震により発生するおそれがある事象に対して,原子炉を停 止し,炉心を冷却するために必要な機能を持つ施設,自ら 放射性物質を内蔵している施設,当該施設に直接関係して おりその機能喪失により放射性物質を外部に拡散する可能 性のある施設,これらの施設の機能喪失により事故に至っ た場合の影響を緩和し,放射線による公衆への影響を軽減 するために必要な機能を持つ施設及びこれらの重要な安全 機能を支援するために必要となる施設,並びに地震に伴っ て発生するおそれがある津波による安全機能の喪失を防止 するために必要となる施設であって,その影響が大きいも の

【説明資料(2.1(1): P4条-78)】

Bクラス:安全機能を有する施設のうち,機能喪失した場合の影響がS クラスの施設と比べ小さい施設

【説明資料(2.1(2): P4条-78)】

Cクラス: Sクラスに属する施設及びBクラスに属する施設以外の一般 産業施設又は公共施設と同等の安全性が要求される施設

【説明資料(2.1(3): P4条-78)】

(2) 地震力

上記(1)のSクラスの施設(津波防護施設,浸水防止設備及び津波監視 設備を除く。), Bクラス及びCクラスの施設に適用する地震力は以下の とおり算定する。

なお, Sクラスの施設については, 弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>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を適用する。

a. 静的地震力

静的地震力は、Sクラス、Bクラス及びCクラスの施設に適用することとし、それぞれ耐震重要度分類に応じて次の地震層せん断力係数C<sub>i</sub>及び震度に基づき算定する。

(a) 建物・構築物

水平地震力は,地震層せん断力係数C<sub>i</sub>に,次に示す施設の耐震重 要度分類に応じた係数を乗じ,さらに当該層以上の重量を乗じて算 定するものとする。

Sクラス 3.0

Bクラス 1.5

Cクラス 1.0

ここで、地震層せん断力係数C<sub>i</sub>は、標準せん断力係数C<sub>0</sub>を 0.2 以上とし、建物・構築物の振動特性、地盤の種類等を考慮して求め られる値とする。

Sクラスの施設については、水平地震力と鉛直地震力が同時に不利 な方向の組合せで作用するものとする。鉛直地震力は、震度 0.3 以

上を基準とし,建物・構築物の振動特性,地盤の種類等を考慮して 求めた鉛直震度より算定するものとする。ただし,鉛直震度は高さ 方向に一定とする。

(b) 機器・配管系

耐震重要度分類の各クラスの地震力は、上記(a)に示す地震層せん 断力係数C<sub>i</sub>に施設の耐震重要度分類に応じた係数を乗じたものを水 平震度とし、当該水平震度及び上記(a)の鉛直震度をそれぞれ 20%増 しとした震度より求めるものとする。

なお、Sクラスの施設については、水平地震力と鉛直地震力は同時 に不利な方向の組合せで作用するものとする。ただし、鉛直震度は高 さ方向に一定とする。

【説明資料(3.1(1): P4条-79)】

b. 弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>による地震力

弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>による地震力は, Sクラスの施設に適用する。 弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>は,「添付書類六 3. 地震」に示す基準地震動 S<sub>s</sub>に工学的判断から求められる係数 0.5 を乗じて設定する。

また,弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>による地震力は,水平 2 方向及び鉛直方 向について適切に組み合わせたものとして算定する。

なお、Bクラスの施設のうち、共振のおそれのある施設については、 弾性設計用地震動S<sub>d</sub>に2分の1を乗じた地震動によりその影響につい ての検討を行う。当該地震動による地震力は、水平2方向及び鉛直方 向について適切に組み合わせて算定するものとする。

【説明資料(3.1(2): P4条-79)】

第3項について

耐震重要施設(津波防護施設,浸水防止設備及び津波監視設備を除く。)
については,最新の科学的・技術的知見を踏まえ,敷地及び敷地周辺の地 質・地質構造,地盤構造並びに地震活動性等の地震学及び地震工学的見地か ら想定することが適切な地震動,すなわち「添付書類六 3. 地震」に示す基 準地震動Ssによる地震力に対して,安全機能が損なわれるおそれがないよ うに設計する。

【説明資料(1.1(5): P4条-74)】

また,屋外重要土木構造物,津波防護施設,浸水防止設備及び津波監視設備並びに浸水防止設備が設置された建物・構築物については,基準地震動Ssによる地震力に対して,それぞれの施設及び設備に要求される機能が保持できるように設計する。

【説明資料(1.1(6): P4条-74)】

基準地震動S<sub>s</sub>による地震力は、基準地震動S<sub>s</sub>を用いて、水平2方向及 び鉛直方向について適切に組み合わせたものとして算定する。

【説明資料(1.1(5):P4条-74)(1.1(6):P4条-74)】

なお,耐震重要施設は,耐震重要度分類の下位のクラスに属する施設の波 及的影響によって,その安全機能を損なわないように設計する。

【説明資料(1.1(9): P4条-76)】

第4項について

耐震重要施設については、基準地震動Ssによる地震力によって生じるお それがある周辺の斜面の崩壊に対して、その安全機能が損なわれるおそれが ない場所に設置する。

【説明資料(7(4): P4条-98)】

# 1.3 気象等 該当なし

# 1.4 設備等

該当なし

1.5 手順等

該当なし

第4条:地震による損傷の防止

## <目 次>

第2部

- 1. 耐震設計の基本方針
- 1.1 基本方針
- 1.2 適用規格
- 2. 耐震設計上の重要度分類
- 2.1 重要度分類の基本方針
- 2.2 耐震重要度分類
- 3. 設計用地震力
- 3.1 地震力の算定法
- 3.2 設計用地震力
- 4. 荷重の組合せと許容限界
- 4.1 基本方針
- 5. 地震応答解析の方針
- 5.1 建物·構築物
- 5.2 機器·配管系
- 5.3 屋外重要土木構造物
- 5.4 津波防護施設,浸水防止設備及び津波監視設備並びに浸水防止設備 又は津波監視設備が設置された建物・構築物
- 6. 設計用減衰定数
- 7. 耐震重要施設の安全機能への下位クラス施設の波及的影響
- 8. 水平2方向及び鉛直方向の地震力の組合せに関する影響評価方針
- 9. 構造計画と配置計画

(別 添)

- 別添一1 設計用地震力
- 別添-2 動的機能維持の評価
- 別添-3 弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>・静的地震力による評価
- 別添-4 上位クラス施設の安全機能への下位クラス施設の波及的影響の 検討について
- 別添-5 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針
- 別添-6 屋外重要土木構造物の耐震評価における断面選定の考え方
- 別添-7 主要建屋の構造概要について
- 別添-8 地震応答解析に用いる地質断面図の作成例及び地盤の速度構造

第2部

1. 耐震設計の基本方針

東海第二発電所の設計基準対象施設の耐震設計方針について説明する。 1.1 基本方針

発電用原子炉施設の耐震設計は,「実用発電用原子炉及びその附属施設の 位置,構造及び設備の基準に関する規則(平成25年6月28日原子力規制委 員会規則第5号)」及び「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に 関する規則(平成25年6月28日原子力規制委員会規則第6号)」に適合す るよう以下の項目に従って行う。

- (1) 地震により生ずるおそれがあるその安全機能の喪失に起因する放射 線による公衆への影響の程度が特に大きいもの(以下「耐震重要施設」 という。)は、その供用中に当該耐震重要施設に大きな影響を及ぼす おそれがある地震による加速度によって作用する地震力に対して、そ の安全機能が損なわれるおそれがない設計する。
- (2) 地震により発生するおそれがある安全機能の喪失(地震に伴って発生するおそれがある津波及び周辺斜面の崩壊等による安全機能の喪失を含む。)及びそれに続く放射線による公衆への影響を防止する観点から、各施設の安全機能が喪失した場合の影響の相対的な程度(以下「耐震重要度」という。)に応じて、耐震重要度分類をSクラス、Bクラス又はCクラスに分類(以下「耐震重要度分類」という。)し、それぞれに応じた地震力に十分耐えられる設計する。
- (3) 建物・構築物及び土木構造物(屋外重要土木構造物及びその他の土 木構造物)については,耐震重要度分類の各クラスに応じて算定する 地震力が作用した場合においても,接地圧に対する十分な支持力を有 する地盤に設置する。

- (4) Sクラスの施設((6)に記載のもののうち,津波防護機能を有する 設備(以下「津波防護施設」という。),浸水防止機能を有する設 備(以下「浸水防止設備」という。)及び敷地における津波監視 機能を有する施設(以下「津波監視設備」という。)を除く。)に ついて,静的地震力は,水平地震力と鉛直地震力が同時に不利な方向 の組合せで作用するものとする。
- (5) Sクラスの施設((6)に記載のもののうち,津波防護施設,浸水防止 設備及び津波監視設備を除く。)は、基準地震動Ssによる地震力に対 してその安全機能が保持できる設計とする。建物・構築物は、基準地 震動Ssによる地震力に対して、構造物全体として変形能力(終局耐力 時の変形)について十分な余裕を有するように、機器・配管系につい ては、塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が小さなレベルに 留まって破断延性限界に十分な余裕を有し、その施設の機能を保持で きるように設計する。

また,弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>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しておおむね弾性状態に留まる範囲で耐えら れる設計とする。

(6) 屋外重要土木構造物,津波防護施設,浸水防止設備及び津波監視設備並びに浸水防止設備又は津波監視設備が設置された建物・構築物は, 基準地震動Ssによる地震力に対して,それぞれの施設に要求される機能が保持できる設計とする。

新設屋外重要土木構造物の構造部材の曲げについては許容応力 度,構造部材のせん断については許容せん断応力度を許容限界の 基本とするが,構造部材のうち,鉄筋コンクリートの曲げについ ては限界層間変形角又は終局曲率,鋼材の曲げについては終局曲

率,鉄筋コンクリート及び鋼材のせん断についてはせん断耐力を 許容限界とする場合もある。既設屋外重要土木構造物の構造部材 のうち,鉄筋コンクリートの曲げについては限界層間変形角又は 終局曲率,鋼材の曲げについては終局曲率,鉄筋コンクリート及 び鋼材ののせん断についてはせん断耐力を許容限界とする。

なお,限界層間変形角,終局曲率及びせん断耐力に対しては妥 当な安全余裕を持たせた許容限界とし,それぞれの安全余裕につ いては各施設の機能要求等を踏まえ設定する。

津波防護施設及び浸水防止設備が設置された建物・構築物については、当該施設及び建物・構築物が構造物全体として変形能力及び安定性について十分な余裕を有するとともに、その施設に要求される機能が保持できるものとする。浸水防止設備及び津波監視設備については、その施設に要求される機能が保持できるものとする。

基準地震動S<sub>s</sub>による地震力は,水平2方向及び鉛直方向について適切に組み合わせて算定するものとする。

また,重大事故等対処施設を津波から防護するための津波防護施設, 浸水防止設備及び津波監視設備並びに浸水防止設備が設置された建 物・構築物についても同様の設計方針とする。

(7) Bクラスの施設は,静的地震力に対しておおむね弾性状態に留まる 範囲で耐えられる設計とする。

また,共振のおそれのあるものについては,その影響についての検 討を行う。その場合,検討に用いる地震動は,弾性設計用地震動S<sub>d</sub> に2分の1を乗じたものとする。当該地震動による地震力は,水平2 方向及び鉛直方向について適切に組み合わせて算定するものとし,S

クラス施設と同様に許容限界の範囲内に留まることを確認する。

- (8) Cクラスの施設は,静的地震力に対しておおむね弾性状態に留まる 範囲で耐えられる設計とする。
- (9) 耐震重要施設は、耐震重要度分類の下位のクラスに属するもの(資 機材等含む)の波及的影響によって、その安全機能を損なわない設計 とする。
- (10) 設計基準対象施設の構造計画及び配置計画に際しては、地震の影響が低減されるように考慮する。
- 1.2 適用規格

適用する規格としては、既往工認で適用実績がある規格のほか、最新の規 格基準についても技術的妥当性及び適用性を示したうえで適用可能とする。

なお,規格基準に規定のない評価手法等を用いる場合は,既往研究等にお いて試験,研究等により妥当性が確認されている手法,設定等について,適 用条件,適用範囲に留意し,その適用性を確認した上で用いる。

既往工認で実績のある適用規格を以下に示す。

- ・「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987」(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 JEAG
   4601・補 1984」(社)日本電気協会
- 「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991 追補版」(社)日本電気協会(以降,「JEAG4601」と記載しているものは上記3指針を指す。)
- ・建築基準法・同施行令
- ・鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 許容応力度設計法- ((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-許容応力度設計法-((社)日本建築学会,2005 改定)
- ・鉄骨鉄筋コンクリート構造計算基準・同解説-許容応力度設計と保有 水平耐力-((社)日本建築学会,2001改定)
- ・建築耐震設計における保有耐力と変形性能((社)日本建築学会,1990 改定)
- ・建築基礎構造設計指針((社)日本建築学会,2001改定)
- ・各種合成構造設計指針・同解説((社)日本建築学会 2010)
- ・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)
- ・コンクリート標準示方書 [構造性能照査編]((社) 土木学会, 2002 年 制定)
- ・道路橋示方書(Ⅰ 共通編・Ⅳ 下部構造編)・同解説(社)日本道路協会,平成14年3月)
- ・道路橋示方書(V 耐震設計編)・同解説(社)日本道路協会,平成 14
   年3月)
- ·水道施設耐震工法指針·解説((社)日本水道協会,1997年版)
- ・地盤工学会基準(JGS1521-2003)地盤の平板載荷試験方法
- ・地盤工学会基準(JGS3521-2004) 剛体載荷板による岩盤の平板載荷試 験方法

ただし、JEAG4601 に記載されている $A_s$ クラスを含むAクラスの施設 をSクラスの施設とした上で、基準地震動 $S_2$ 、 $S_1$ をそれぞれ基準地震動

S<sub>s</sub>,弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>と読み替える。

なお、Aクラスの施設をSクラスと読み替える際には基準地震動S<sub>s</sub>及び 弾性設計用地震動S<sub>d</sub>を適用するものとする。

また,「発電用原子力設備に関する構造等の技術基準」(昭和 55 年通商産 業省告示第 501 号,最終改正平成 15 年 7 月 29 日経済産業省告示第 277 号) に関する内容については,「発電用原子力設備規格 設計・建設規格(2005 年 版(2007 年追補版を含む))〈第 I 編 軽水炉規格〉JSME S NC1-2005/2007」 (日本機械学会)に従うものとする。

- 2. 耐震設計上の重要度分類
- 2.1 重要度分類の基本方針

設計基準対象施設の耐震設計上の重要度を次のように分類する。

(1) Sクラスの施設

地震により発生するおそれがある事象に対して,原子炉を停止し,炉心 を冷却するために必要な機能を持つ施設,自ら放射性物質を内蔵してい る施設,当該施設に直接関係しておりその機能喪失により放射性物質を 外部に拡散する可能性のある施設,これらの施設の機能喪失により事故 に至った場合の影響を緩和し,放射線による公衆への影響を軽減するた めに必要な機能を持つ施設及びこれらの重要な安全機能を支援するため に必要となる施設,並びに地震に伴って発生するおそれがある津波によ る安全機能の喪失を防止するために必要となる施設であって,その影響 が大きい施設

Bクラスの施設

安全機能を有する施設のうち,機能喪失した場合の影響がSクラスの施 設と比べ小さい施設

(3) Cクラスの施設

Sクラスに属する施設及びBクラスに属する施設以外の一般産業施設又 は公共施設と同等の安全性が要求される施設

2.2 耐震重要度分類

耐震重要度分類について第1部第 1.3-1 表に示す。なお、同表には当該 施設を支持する構造物の支持機能が維持されることを確認する地震動及び波 及的影響を考慮すべき施設に適用する地震動についても併記する。

- 3. 設計用地震力
- 3.1 地震力の算定法

耐震設計に用いる地震力の算定は以下の方法による。

(1) 静的地震力

静的地震力は、Sクラスの施設(津波防護施設,浸水防止設備及び津波 監視設備を除く)、Bクラス及びCクラスの施設に適用することとし、そ れぞれ耐震重要度分類に応じて、以下の地震層せん断力係数C<sub>i</sub>及び震度 に基づき算定するものとする。

a. 建物·構築物

水平地震力は,地震層せん断力係数C<sub>i</sub>に,次に示す施設の耐震重要度 分類に応じた係数を乗じ,さらに当該層以上の重量を乗じて算定するもの とする。

Sクラス 3.0

Bクラス 1.5

Cクラス 1.0

ここで、地震層せん断力係数C<sub>i</sub>は、標準せん断力係数C<sub>0</sub>を0.2以上とし、建物・構築物の振動特性、地盤の種類等を考慮して求められる値とする。

また、必要保有水平耐力の算定においては、地震層せん断力係数C<sub>i</sub>に 乗じる施設の耐震重要度分類に応じた係数は、Sクラス、Bクラス及び Cクラスともに 1.0 とし、その際に用いる標準せん断力係数C<sub>0</sub>は 1.0 以 上とする。

Sクラスの施設については、水平地震力と鉛直地震力が同時に不利な方向の組合せで作用するものとする。鉛直地震力は、震度0.3以上を基準とし、建物・構築物の振動特性、地盤の種類等を考慮し、高さ方向に一定として求めた鉛直震度より算定するものとする。

b. 機器 · 配管系

静的地震力は,上記 a. に示す地震層せん断力係数C<sub>i</sub>に施設の耐震重要 度分類に応じた係数を乗じたものを水平震度として,当該水平震度及び上 記 a. の鉛直震度をそれぞれ 20%増しとした震度より求めるものとする。

Sクラスの施設については、水平地震力と鉛直地震力は同時に不利な方 向の組合せで作用するものとする。ただし、鉛直震度は高さ方向に一定と する。

c. 土木構造物(屋外重要土木構造物及びその他の土木構造物)

土木構造物の静的地震力は,JEAG4601の規定を参考に,Cクラスの建物・構築物に適用される静的地震力を考慮する。

上記 a. 及び b. 並びに c. の標準せん断力係数C。等の割増し係数の適用に ついては,耐震性向上の観点から,一般産業施設及び公共施設等の耐震基準 との関係を考慮して決定する。

(2) 動的地震力

動的地震力は、Sクラスの施設,屋外重要土木構造物及びBクラスの施 設のうち共振のおそれのあるものに適用する。Sクラスの施設(津波防 護施設,浸水防止設備及び津波監視設備を除く。)については,基準地震

動Ss及び弾性設計用地震動Saから定める入力地震動を適用する。

基準地震動Ssは、敷地ごとに震源を特定して策定する地震動及び震源 を特定せず策定する地震動について、敷地の解放基盤表面における水平方 向及び鉛直方向の地震動としてそれぞれ策定する。また、弾性設計用地震 動S<sub>d</sub>は,基準地震動S<sub>s</sub>との応答スペクトルの比率が目安として 0.5 を下 回らない値とし、さらに応答スペクトルに基づく地震動評価による基準地 震動S<sub>s</sub>-D1に対しては、「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針 (昭和 56 年 7 月 20 日原子力安全委員会決定, 平成 13 年 3 月 29 日一部改 訂)」に基づいた「原子炉設置変更許可申請書(平成 11 年 3 月 10 日許可 /平成 09・09・18 資第 5 号)」の「添付書類六 変更後に係る原子炉施設 の場所に関する気象、地盤、水理、地震、社会環境等の状況に関する説明 3.2.6.3 基準地震動」における基準地震動S<sub>1</sub>を踏まえて設定する。 書 具体的には、工学的判断より基準地震動S<sub>s</sub>-11,12,13,14, 21, 22, 31に係数 0.5 を乗じた地震動, 基準地震動 S<sub>s</sub>-D1に対 しては、基準地震動S1も踏まえて設定した係数 0.5 を乗じた地震動を弾 性設計用地震動S。として設定する。基準地震動S。及び弾性設計用地震 動S<sub>d</sub>の最大加速度等を第1表及び第2表に示すとともに、基準地震動S<sub>s</sub> の設計用応答スペクトルを第1図~第3図に,弾性設計用地震動Saの設 計用応答スペクトルを第4図~第6図に示す。

Bクラスの施設のうち共振のおそれのあるものについては,弾性設計用 地震動 S<sub>d</sub>から定める入力地震動の振幅を2分の1にしたものによる地震 力を適用する。

屋外重要土木構造物,津波防護施設,浸水防止設備及び津波監視設備並 びに浸水防止設備又は津波監視設備が設置された建物・構築物について は,基準地震動 S<sub>s</sub>による地震力を適用する。

動的解析においては、地盤の諸定数も含めて材料のばらつきによる変動 幅を適切に考慮する。

3.2 設計用地震力

設計用地震力については別添-1に示す。

- 4. 荷重の組合せと許容限界
- 4.1 基本方針

耐震設計における荷重の組合せと許容限界は以下による。

(1) 耐震設計上考慮する状態

地震以外に設計上考慮する状態を以下に示す。

a. 建物·構築物

以下の(a)~(c)の状態を考慮する。

(a) 運転時の状態

発電用原子炉施設が運転状態にあり,通常の自然条件下におかれて いる状態。

ただし,運転状態には通常運転時,運転時の異常な過渡変化時を含 むものとする。

(b) 設計基準事故時の状態

発電用原子炉施設が設計基準事故時にある状態。

(c) 設計用自然条件

設計上基本的に考慮しなければならない自然条件(風,積雪等)。

b. 機器 · 配管系

以下の(a)~(d)の状態を考慮する。

(a) 通常運転時の状態

発電用原子炉の起動,停止,出力運転,高温待機及び燃料取替等 が計画的又は頻繁に行われた場合であって,運転条件が所定の制限 値以内にある運転状態。

(b) 運転時の異常な過渡変化時の状態

通常運転時に予想される機械又は器具の単一の故障若しくはその誤 作動又は運転員の単一の誤操作及びこれらと類似の頻度で発生する と予想される外乱によって発生する異常な状態であって,当該状態 が継続した場合には炉心又は原子炉冷却材圧力バウンダリの著しい 損傷が生ずるおそれがあるものとして安全設計上想定すべき事象が 発生した状態。

(c) 設計基準事故時の状態

発生頻度が運転時の異常な過渡変化より低い異常な状態であって, 当該状態が発生した場合には発電用原子炉施設から多量の放射性物 質が放出するおそれがあるものとして安全設計上想定すべき事象が 発生した状態。

(d) 設計用自然条件

設計上基本的に考慮しなければならない自然条件(風,積雪等)。

c. 土木構造物

以下の(a)~(c)の状態を考慮する。

(a) 運転時の状態

発電用原子炉施設が運転状態にあり,通常の自然条件下におかれて いる状態。

ただし,運転状態には通常運転時,運転時の異常な過渡変化時を含 むものとする。

(b) 設計基準事故時の状態

発電用原子炉施設が設計基準事故時にある状態。

(c) 設計用自然条件

設計上基本的に考慮しなければならない自然条件(風,積雪等)。

- (2) 荷重の種類
- a. 建物·構築物

以下の(a)~(d)の荷重とする。

- (a)発電用原子炉のおかれている状態にかかわらず常時作用している荷 重,すなわち固定荷重,積載荷重,土圧,水圧及び通常の気象条件 による荷重
- (b) 運転時の状態で施設に作用する荷重
- (c) 設計基準事故時の状態で施設に作用する荷重
- (d) 地震力, 風荷重, 積雪荷重等

ただし,運転時の状態及び設計基準事故時の状態での荷重には,機 器・配管系から作用する荷重が含まれるものとし,地震力には地震 時の土圧,機器・配管系からの反力,スロッシング等による荷重が 含まれるものとする。

b. 機器 · 配管系

以下の(a)~(d)の荷重とする。

- (a) 通常運転時の状態で施設に作用する荷重。
- (b) 運転時の異常な過渡変化時の状態で施設に作用する荷重。
- (c) 設計基準事故時の状態で施設に作用する荷重。
- (d) 地震力, 風荷重, 積雪荷重等。
- c. 土木構造物

以下の(a)~(d)の荷重とする。

(a) 発電用原子炉のおかれている状態にかかわらず常時作用している荷

- 重, すなわち固定荷重, 積載荷重, 土圧, 水圧及び通常の気象条件 による荷重。
- (b) 運転時の状態で施設に作用する荷重。
- (c) 設計基準事故時の状態で施設に作用する荷重。
- (d) 地震力, 風荷重, 積雪荷重等。

ただし,運転時の状態及び設計基準事故時の状態での荷重には,機 器・配管系から作用する荷重が含まれるものとし,地震力には地震 時の土圧,機器・配管系からの反力,スロッシング等による荷重が 含まれるものとする。

(3) 荷重の組合せ

(2)で定めた地震力と他の荷重との組合せは以下による。

- a. 建物・構築物(d. に記載のものを除く。)
  - (a) Sクラスの建物・構築物については、常時作用している荷重及び運転時(通常運転時又は運転時の異常な過渡変化時)に施設に作用する荷重と地震力とを組み合わせる。
  - (b) Sクラスの建物・構築物については、常時作用している荷重及び設計基準事故時の状態で施設に作用する荷重のうち長時間その作用が続く荷重と弾性設計用地震動S<sub>d</sub>による地震力又は静的地震力とを組み合わせる。
  - (c) Bクラス及びCクラスの建物・構築物については、常時作用している荷重及び運転時の状態で施設に作用する荷重と、動的地震力又は静的地震力とを組み合わせる。
- b. 機器・配管系(d.に記載のものを除く。)
  - (a) Sクラスの機器・配管系については,通常運転時の状態で施設に作 用する荷重と地震力とを組み合わせる。

- (b) Sクラスの機器・配管系については、運転時の異常な過渡変化時の 状態及び設計基準事故時の状態のうち地震によって引き起こされる おそれのある事象によって作用する荷重と地震力とを組み合わせる。
- (c) Sクラスの機器・配管系については、運転時の異常な過渡変化時の 状態及び設計基準事故時の状態のうち地震によって引き起こされる おそれのない事象であっても、いったん事故が発生した場合、長時 間継続する事象による荷重は、その事故事象の発生確率、継続時間 及び地震動の年超過確率の関係を踏まえ、適切な地震力と組み合わ せる。
- (d) Bクラス及びCクラスの機器・配管系については、通常運転時の状態で施設に作用する荷重及び運転時の異常な過渡変化時の状態で作用する荷重と、動的地震力又は静的地震力を組み合わせる。
- c. 土木構造物
  - (a) 屋外重要土木構造物については、常時作用している荷重及び運転時
     (通常運転時又は運転時の異常な過渡変化時)の状態で施設に作用
     する荷重と地震力とを組み合わせる。
  - (b) その他の土木構造物については,常時作用している荷重及び運転時の状態で施設に作用する荷重と,動的地震力又は静的地震力を組み合わせる。
- d. 津波防護施設,浸水防止設備及び津波監視設備並びに浸水防止設備が
   設置された建物・構築物
  - (a) 津波防護施設及び浸水防止設備が設置された建物・構築物については、常時作用している荷重及び運転時の状態で施設に作用する荷重と基準地震動Ssによる地震力とを組み合わせる。
  - (b) 浸水防止設備及び津波監視設備については、常時作用している荷重

及び運転時の状態で施設に作用する荷重等と基準地震動S<sub>s</sub>による地 震力とを組み合わせる。

なお,上記 d. (a),(b)については,地震と津波が同時に作用する可 能性について検討し,必要に応じて基準地震動Ssによる地震力と津波 による荷重の組合せを考慮する。また,津波以外による荷重について は,「(2)荷重の種類」に準じるものとする。

- e. 荷重の組合せ上の留意事項
  - (a)動的地震力については、水平2方向と鉛直方向の地震力とを適切に 組み合わせて算定するものとする。
  - (b) ある荷重の組合せ状態での評価が明らかに厳しい場合には、その妥 当性を示した上で、その他の荷重の組合せ状態での評価は行わない ものとする。
  - (c) 複数の荷重が同時に作用し、それらの荷重による応力の各ピークの 生起時刻に明らかなずれがある場合には、その妥当性を示した上で、 必ずしもそれぞれの応力のピーク値を重ねなくてもよいものとする。
  - (d)上位の耐震クラスの施設を支持する建物・構築物の当該部分の支持 機能を確認する場合においては、支持される施設の耐震重要度分類 に応じた地震力と、常時作用している荷重、運転時の状態で施設に 作用する荷重及びその他必要な荷重とを組み合わせる。

第1部第 1.3-1 表に対象となる建物・構築物及びその支持機能が 維持されていることを検討すべき地震動等について記載する。

- (e) 地震と組み合わせる自然荷重として、風及び積雪を考慮し、風荷重 及び積雪荷重については、施設の設置場所、構造等を考慮して、地 震荷重と組み合わせる。
- (4) 許容限界

各施設の地震力と他の荷重とを組み合わせた状態に対する許容限界は以下のとおりとし、JEAG4601等の安全上適切と認められる規格及び基準又は試験等で妥当性が確認されている値を用いる。

- a. 建物・構築物(d. に記載のものを除く。)
  - (a) Sクラスの建物・構築物
    - イ.弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>による地震力又は静的地震力との組合せに対 する許容限界

建築基準法等の安全上適切と認められる規格及び基準による許容応 力度を許容限界とする。

ただし、冷却材喪失事故時に作用する荷重との組合せ(原子炉格納 容器バウンダリを構成する施設における長期的荷重との組合せを除 く。)に対しては、下記ロ.に示す許容限界を適用する。

ロ. 基準地震動 S<sub>s</sub>による地震力との組合せに対する許容限界

建物・構築物が構造物全体としての変形能力(終局耐力時の変形) について十分な余裕を有し,終局耐力に対して妥当な安全余裕をも たせることとする。なお,終局耐力は,建物・構築物に対する荷重 又は応力を漸次増大していくとき,その変形又はひずみが著しく増 加するに至る限界の最大耐力とし,既往の実験式等に基づき適切に 定めるものとする。

(b) Bクラス及びCクラスの建物・構築物

上記(a)イ.による許容応力度を許容限界とする。

(c) 耐震重要度の異なる施設を支持する建物・構築物

上記(a) ロ.の項を適用するほか,耐震重要度の異なる施設がそれを 支持する建物・構築物が,変形等に対して,その支持機能が損なわ ないものとする。なお,当該施設を支持する建物・構築物の支持機 能が維持されることを確認する際の地震動は、支持される施設に適 用される地震動とする。

(d) 建物・構築物の保有水平耐力

建物・構築物については、当該建物・構築物の保有水平耐力が必要 保有水平耐力に対して耐震重要度分類に応じた安全余裕を有してい ることを確認する。

- b. 機器・配管系(d. に記載のものを除く)
  - (a) Sクラスの機器・配管系
    - イ. 弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>による地震力又は静的地震力との組合せに 対する許容限界

応答が全体的におおむね弾性状態に留まることとする。

ただし、冷却材喪失事故時に作用する荷重との組合せ(原子炉格納容器バウンダリを構成する設備及び非常用炉心冷却設備等における長期的荷重との組合せを除く。)に対しては、下記(a)ロ.に示す許容限界を適用する。

 
 ・ 基準地震動Ssによる地震力との組合せに対する許容限界 塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が微小なレベルに留 まって破断延性限界に十分な余裕を有し、その施設に要求される 機能に影響を及ぼすことがない限度に応力、荷重等を制限する。 また、地震時又は地震後に動的機能が要求される機器等について は、基準地震動Ssに対する応答に対して、実証試験等により確認

されている機能維持加速度等を許容限界とする。動的機能維持の 評価については別添-2に示す。

(b) Bクラス及びCクラスの機器・配管系

応答が全体的におおむね弾性状態に留まることとする。

(c) チャンネル・ボックス

地震時に作用する荷重に対して,燃料集合体の冷却材流路を維持で きること及び過大な変形や破損を生ずることにより制御棒の挿入が 阻害されることがないこととする。

- c. 土木構造物
  - (a) 屋外重要土木構造物
    - イ. 静的地震力との組合せに対する許容限界

安全上適切と認められる規格及び基準による許容応力度を許容限 界とする。

ロ. 基準地震動Ssによる地震力との組合せに対する許容限界

新設屋外重要土木構造物の構造部材の曲げについては許容応 力度,構造部材のせん断については許容せん断応力度を許容限 界の基本とするが,構造部材のうち,鉄筋コンクリートの曲げ については限界層間変形角又は終局曲率,鋼材の曲げについて は終局曲率,鉄筋コンクリート及び鋼材のせん断についてはせ ん断耐力を許容限界とする場合もある。既設屋外重要土木構造 物の構造部材のうち,鉄筋コンクリートの曲げについては限界 層間変形角又は終局曲率,鋼材の曲げについては終局曲率,鉄 筋コンクリート及び鋼材ののせん断についてはせん断耐力を許 容限界とする。

なお,限界層間変形角,終局曲率及びせん断耐力に対しては 妥当な安全余裕を持たせた許容限界とし,それぞれの安全余裕 については各施設の機能要求等を踏まえ設定する。

(b) その他の土木構造物

安全上適切と認められる規格及び基準による許容応力度を許容限界

とする。

d. 津波防護施設,浸水防止設備及び津波監視設備並びに浸水防止設備が設置された建物・構築物

津波防護施設及び浸水防止設備が設置された建物・構築物については、 当該施設及び建物・構築物が構造物全体として変形能力(終局耐力時 の変形)及び安定性について十分な余裕を有するとともに、その施設 に要求される機能(津波防護機能及び浸水防止機能)が保持できるものとする。

浸水防止設備及び津波監視設備については、その施設に要求される機能(浸水防止機能及び津波監視機能)が保持できるものとする。

- e. 基礎地盤の支持性能
  - (a) Sクラスの建物・構築物及びSクラスの機器・配管系(津波防護施設,浸水防止設備及び津波監視設備を除く。)の基礎地盤
    - イ. 弾性設計用地震動 S d による地震力又は静的地震力との組合せに 対する許容限界

接地圧に対して,安全上適切と認められる規格及び基準等による 地盤の短期許容支持力度を許容限界とする。

- ロ. 基準地震動Ssによる地震力との組合せに対する許容限界
   接地圧が、安全上適切と認められる規格及び基準等による地盤の
   極限支持力度に対して妥当な余裕を有することを確認する。
- (b) 屋外重要土木構造物,津波防護施設及び浸水防止設備並びに浸水防止設備又は津波監視設備が設置された建物・構築物の基礎地盤
  - イ. 基準地震動Ssによる地震力との組合せに対する許容限界
     上記(a)ロ.による許容支持力度を許容限界とする。
- (c) Bクラス及びCクラスの建物・構築物, Bクラス及びCクラスの機

器・配管系及びその他の土木構造物を支持する基礎地盤

上記(a)イ.による許容支持力度を許容限界とする。

- 5. 地震応答解析の方針
- 5.1 建物·構築物
  - (1) 入力地震動

原子炉建屋設置位置付近は,地盤調査の結果,新第三紀の砂質泥岩から なる久米層が分布している。ボーリング孔で実施したPS検層から得られ た EL. -400m までの久米層のS波速度は,深度方向に増大する傾向を示し 平均 0.38km/s~0.79km/sであり,EL. -370m 以深ではS波速度が 0.7km /s 以上であることが確認されている。したがって,EL. -370m の位置を 解放基盤表面として設定する。なお,S波速度と標高についての関係を第 7 図に示す。S波速度Vs (km/s)と標高Z (m)との関係は次式で近似 される。

V s = 0. 433 - 7. 71  $\times 10^{-4}$  · Z

解析に用いる解放基盤のS波速度は、標高ZをEL.-370mとして算定される 0.718km/sとする。

建物・構築物の地震応答解析における入力地震動は,解放基盤表面で定 義される基準地震動S<sub>s</sub>及び弾性設計用地震動S<sub>d</sub>を基に,対象建物・構 築物の地盤条件を適切に考慮したうえで,必要に応じ2次元FEM解析ま たは1次元波動論により,地震応答解析モデルの入力位置で評価した入力 地震動を設定する。地盤条件を考慮する場合には,地震動評価で考慮した 敷地全体の地下構造との関係や対象建物・構築物位置と炉心位置での地 質・速度構造の違いにも留意し,地盤の非線形応答に関する動的変形特性 を考慮する。また,必要に応じ敷地における観測記録による検証や最新の

科学的・技術的知見を踏まえ設定する。特に杭を介して岩盤に支持された 建物・構築物については杭の拘束効果についても適切に考慮する。弾性設 計用地震動 S<sub>d</sub>及び静的地震力による評価については別添-3に示す。

また,耐震Bクラスの建物・構築物のうち共振のおそれがあり,動的解 析が必要なものに対しては,弾性設計用地震動S<sub>d</sub>を1/2倍したものを用 いる。

(2) 解析方法及び解析モデル

動的解析による地震力の算定に当たっては,地震応答解析手法の適用性 及び適用限界等を考慮のうえ,適切な解析法を選定するとともに,建 物・構築物に応じた適切な解析条件を設定する。また,原則として,建 物・構築物の地震応答解析及び床応答曲線の策定は,線形解析及び非線 形解析に適用可能な時刻歴応答解析法による。

建物・構築物の動的解析において,地震時における地盤の有効応力 の変化に伴う影響を考慮する場合には,有効応力解析を実施する。 有効応力解析に用いる液状化強度特性は,敷地の原地盤における代 表性及び網羅性を踏まえた上で保守性を考慮して設定することを基 本とする。保守的な配慮として地盤を強制的に液状化させることを 仮定した影響を考慮する場合には,原地盤よりも十分に小さい液状 化強度特性(敷地に存在しない豊浦標準砂に基づく液状化強度特性) を設定する。

建物・構築物の地震応答解析に当たっては,建物・構築物の剛性はそれ らの形状,構造特性等を十分考慮して評価し,集中質点系等に置換した 解析モデルを設定する。

動的解析には,建物・構築物と地盤との相互作用を考慮するものとし, 解析モデルの地盤のばね定数は,基礎版の平面形状,基礎側面と地盤の

接触状況及び地盤の剛性等を考慮して定める。各入力地震動が接地率に 与える影響を踏まえて、地盤ばねには必要に応じて、基礎浮上りによる 非線形性又は誘発上下動を考慮できる浮上り非線形性を考慮するものと する。設計用地盤定数は、原則として、弾性波試験によるものを用いる。

地震応答解析に用いる材料定数については,地盤の諸定数も含めて材料 のばらつきによる変動幅を適切に考慮する。また,材料のばらつきによ る変動が建物・構築物の振動性状や応答性状に及ぼす影響として考慮す べき要因を選定した上で,選定された要因を考慮した動的解析により設 計用地震力を設定する。

建物・構築物の3次元応答性状及びそれによる機器・配管系への影響に ついては,建物・構築物の3次元FEMモデルによる解析に基づき,施 設の重要性,建屋規模,構造特性を考慮して評価する。3次元応答性状 等の評価は,周波数応答解析法による。

# 5.2 機器·配管系

(1) 入力地震動又は入力地震力

機器・配管系の地震応答解析における入力地震動又は入力地震力は,基準地震動S<sub>s</sub>及び弾性設計用地震動S<sub>d</sub>,又は当該機器・配管系の設置床における設計用床応答曲線又は時刻歴応答波とする。弾性設計用地震動S<sub>d</sub>による評価については別添-3に示す。

また,耐震Bクラスの機器・配管系のうち共振のおそれがあり,動的解 析が必要なものに対しては,弾性設計用地震動S<sub>d</sub>を基に作成した設計用 床応答曲線の応答加速度を1/2倍したものを用いる。

(2) 解析方法及び解析モデル

動的解析による地震力の算定に当たっては、地震応答解析手法の適用性

及び適用限界等を考慮のうえ,適切な解析法を選定するとともに解析条件として考慮すべき減衰定数,剛性等の各物性値は適切な規格・基準, あるいは実験等の結果に基づき設定する。

また,評価に当たっては建物・構築物の剛性及び地盤物性のばらつき等 を適切に考慮する。

機器の解析に当たっては,形状,構造特性等を考慮して,代表的な振動 モードを適切に表現できるよう1質点系モデル,多質点系モデル等に置 換し,設計用床応答曲線を用いたスペクトルモーダル解析法又は時刻歴 応答解析法により応答を求める。配管系については,振動モードを適切 に表現できるモデルを作成し,設計用床応答曲線を用いたスペクトルモ ーダル解析法又は時刻歴応答解析法により応答を求める。

スペクトルモーダル解析法及び時刻歴応答解析法の選択に当たっては, 衝突・すべり等の非線形現象を模擬する観点又は既往研究の知見を取り 入れ実機の挙動を模擬する観点で,建物・構築物の剛性及び地盤物性の ばらつき等への配慮を考慮しつつ時刻歴応答解析法を用いる等,解析対 象とする現象,対象設備の振動特性・構造特性等を考慮し適切に選定す る。

また、応答解析モデルは設備の3次元的な広がり及び当該設備の対称性 を踏まえ、応答を適切に評価できる場合は1次元モデルや2次元モデル を用い、3次元的な応答性状を把握する必要がある場合は3次元的な配 置をモデル化する等、その応答を適切に評価できるモデルを用いること とし、水平2方向及び鉛直方向の応答成分について適切に組み合わせる ものとする。

なお,剛性の高い機器は,その機器の設置床面の最大応答加速度の 1.2 倍の加速度を震度として作用させて構造強度評価に用いる地震力を算定

する。

#### 5.3 屋外重要土木構造物

(1) 入力地震動

屋外重要土木構造物の地震応答解析における入力地震動は,解放基盤表 面で定義される基準地震動Ssを基に,対象構造物の地盤条件を適切に考 慮したうえで,必要に応じ2次元FEM解析または1次元波動論により, 地震応答解析モデルの入力位置で評価した入力地震動を設定する。地盤 条件を考慮する場合には,地震動評価で考慮した敷地全体の地下構造と の関係にも留意し,地盤の非線形応答に関する動的変形特性を考慮する。

また,必要に応じ敷地における観測記録による検証や最新の科学的・技術的知見を踏まえ設定する。静的地震力による評価については別添-3 を参照。

(2) 解析方法及び解析モデル

動的解析による地震力の算定に当たっては、地震応答解析手法の適用性 及び適用限界等を考慮のうえ、適切な解析法を選定するとともに、各構 造物に応じた適切な解析条件を設定する。地震応答解析は、構造物と地 盤の相互作用を考慮できる連成系の地震応答解析手法とし、地盤及び構 造物の地震時における非線形挙動の有無や程度に応じて、線形、等価線 形、非線形解析のいずれかにて行う。地震時における地盤の有効応力の 変化に伴う影響を考慮する場合には、有効応力解析を実施する。有 効応力解析に用いる液状化強度特性は、敷地の原地盤における代表 性及び網羅性を踏まえた上で保守性を考慮して設定することを基本 とする。保守的な配慮として地盤を強制的に液状化させることを仮 定した影響を考慮する場合には、原地盤よりも十分に小さい液状化 強度特性(敷地に存在しない豊浦標準砂に基づく液状化強度特性)

を設定する。なお、地震応答解析では、水平地震動と鉛直地震動の同時 加振を基本とするが、構造物の応答特性により水平2方向の同時性を考 慮する必要がある場合は、水平2方向の組合せについて適切に評価する。 (3)評価対象断面

屋外重要土木構造物の評価対象断面については,構造物の形状・配置等 により耐震上の弱軸,強軸が明確である場合,構造の安定性に支配的で ある弱軸方向を対象とする。

また,評価対象断面位置については,構造物の配置や荷重条件等を考慮 し,耐震評価上最も厳しくなると考えられる位置を評価対象とする。

屋外重要土木構造物の耐震評価における評価断面選定の考え方を別添-6に示す。

5.4 津波防護施設,浸水防止設備及び津波監視設備並びに浸水防止設備又は津 波監視設備が設置された建物・構築物

(1) 入力地震動

津波防護施設,浸水防止設備及び津波監視設備並びに浸水防止設備又は 津波監視設備が設置された建物・構築物の地震応答解析における入力地震 動は,解放基盤表面で定義される基準地震動Ssを基に,構造物の基礎地 盤条件等を考慮し設定する。なお,敷地内の詳細な地盤条件を考慮する場 合には,地震動評価で考慮した敷地全体の地下構造との関係にも留意する。

動的解析による地震力の算定については、5.1(2)、5.2(2)及び 5.3(2) によるものとする。 6. 設計用減衰定数

応答解析に用いる減衰定数は,JEAG4601 に記載されている減衰定数を 設備の種類,構造等により適切に選定するとともに,試験等で妥当性が確認 された値も用いる。

なお,建物・構築物の地震応答解析に用いる鉄筋コンクリートの減衰定数 の設定については,既往の知見に加え,既設施設の地震観測記録等により, その妥当性について検討する。

地盤と屋外重要土木構造物の連成系地震応答解析モデルの減衰定数につい ては,地中構造物としての特徴,同モデルの振動特性を考慮して適切に設定 する。

7. 耐震重要施設の安全機能への下位クラス施設の波及的影響

耐震重要施設は,耐震重要度分類の下位のクラスに属する施設(以下「下 位クラス施設」という。)の波及的影響によって,その安全機能を損なわな いように設計する。

波及的影響については,耐震重要施設の設計に用いる地震動又は地震 力を適用して評価を行う。なお,地震動又は地震力の選定に当たっては, 施設の配置状況,使用時間等を踏まえて適切に設定する。また,波及的 影響においては水平 2 方向及び鉛直方向の地震力が同時に作用する場合 に影響を及ぼす可能性のある施設を選定し評価する。

波及的影響については,以下に示す(1)~(4)の4つの事項について検討を行う。

また,原子力発電所の地震被害情報等から新たに検討すべき事項が抽出さ れた場合は,これを追加する。

(1) 設置地盤及び地震応答性状の相違等に起因する不等沈下又は相対変位に

よる影響

a.不等沈下

耐震重要施設の設計に用いる地震動又は地震力に伴う不等沈下による耐 震重要施設の安全機能への影響

b. 相対変位

耐震重要施設の設計に用いる地震動又は地震力に伴う下位クラス施設と 耐震重要施設の相対変位による耐震重要施設の安全機能への影響

- (2) 耐震重要施設と下位のクラスの施設との接続部における相互影響 耐震重要施設の設計に用いる地震動又は地震力に伴う耐震重要施設に接 続する下位クラス施設の損傷による耐震重要施設の安全機能への影響
- (3) 建屋内における下位のクラスの施設の損傷,転倒及び落下等による耐震 重要施設への影響

耐震重要施設の設計に用いる地震動又は地震力に伴う建屋内の下位クラ ス施設の損傷,転倒及び落下等による耐震重要施設の安全機能への影響

(4) 建屋外における下位のクラスの施設の損傷,転倒及び落下等による耐震 重要施設への影響

耐震重要施設の設計に用いる地震動又は地震力に伴う建屋外の下位クラ ス施設の損傷,転倒及び落下等による耐震重要施設の安全機能への影響

なお、上記(1)~(4)の検討に当たっては、地震に起因する溢水及び火災の 観点からも波及的影響がないことを確認する。

上記観点で抽出した下位クラス施設について,抽出した過程と結果を別添 -4に示す。

水平2方向及び鉛直方向の地震力の組合せに関する影響評価方針
 水平2方向及び鉛直方向の地震力の組合せについて、従来の設計手法にお

ける水平1方向及び鉛直方向地震力を組み合わせた耐震計算に対して,施設 の構造特性から水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の可能性 があるものを抽出し,施設が有する耐震性に及ぼす影響を評価する。

評価に当たっては、施設の構造特性から水平2方向及び鉛直方向地震力の 組合せの影響を受ける部位を抽出し、その部位について水平2方向及び鉛直 方向の荷重や応力を算出し、施設が有する耐震性への影響を確認する。な お、本方針の詳細を別添-5に示す。

- (1) 建物・構築物
  - ・建物・構築物における耐震評価上の構成部位を整理し,各建屋において,該当する耐震評価上の構成部位を網羅的に確認する。
  - ・建物・構築物における耐震評価上の構成部位について,水平2方向及び 鉛直方向地震力の組合せの影響が想定される応答特性を整理する。
  - ・整理した耐震評価上の構成部位について、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響が想定される応答特性のうち、荷重の組合せによる応答特性を検討する。水平2方向及び鉛直方向地震力に対し、荷重の組合せによる応答特性により、有する耐震性への影響が想定される部位を抽出する。
  - ・3次元的な応答特性が想定される部位として抽出された部位について、
     3次元FEMモデルを用いた精査を実施し、水平2方向及び鉛直方向地
     震力により、有する耐震性への影響が想定される部位を抽出する。
  - ・上記で抽出されなかった部位についても、局所応答の観点から、3次元
     FEMモデルによる精査を実施し、水平2方向及び鉛直方向地震力により、有する耐震性への影響が想定される部位を抽出する。
  - ・評価対象として抽出した耐震評価上の構成部位について,構造部材の発 生応力等を適切に組み合わせることで,各部位の設計上の許容値に対す

る評価を実施し、各部位が有する耐震性への影響を評価する。

- (2) 機器・配管系
  - ・基準地震動Ssで評価を行う各設備を代表的な機種ごとに分類し、構造上の特徴から水平2方向の地震力が重複する観点、若しくは応答軸方向以外の振動モード(ねじれ振動等)が生じる観点にて検討を行い、水平2方向の地震力による影響の可能性がある設備を抽出する。
  - ・抽出された設備に対して、水平2方向及び鉛直方向に地震力が入力された場合の荷重や応力等を求め、従来の設計手法による設計上の配慮を踏まえて影響を検討する。
- (3) 屋外重要土木構造物
  - ・屋外重要土木構造物について,各構造物の構造上の特徴を踏まえ,構造 形式ごとに大別する。
  - ・従来設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重を抽出する。
  - ・屋外重要土木構造物は、地中に埋設された構造であり、周辺地盤からの 土圧が耐震上支配的な荷重となることから、評価対象断面に対して直交 方向に作用する土圧により水平2方向及び鉛直方向の地震力による影響 程度が決定される。したがって、地盤からの土圧が直接作用する部材に ついて影響検討を行う。
  - ・影響検討に当たっては,評価対象断面(弱軸方向)と評価対象断面に直交 する縦断方向(強軸方向)の部材照査に与える影響を検討する。
- (4) 津波防護施設,浸水防止設備及び津波監視設備並びに浸水防止設備又は 津波監視設備が設置された建物・構築物
  - ・津波防護施設,浸水防止設備及び津波監視設備並びに浸水防止設備又は
     津波監視設備が設置された建物・構築物について,各構造物の構造上の
     特徴を踏まえ,構造型式ごとに8.(1),8.(2)及び8.(3)により影響を検

9. 構造計画と配置計画

設計基準対象施設の構造計画及び配置計画に際しては、地震の影響が低減 されるように考慮する。

建物・構築物は,原則として剛構造とし,重要な建物・構築物は,地震力 に対し十分な支持性能を有する地盤に支持させる。剛構造としない建物・構 築物は,剛構造と同等又はそれを上回る耐震安全性を確保する。主要建屋の 平面図,断面図を別添-7に示す。

機器・配管系は,応答性状を適切に評価し,適用する地震力に対して構造 強度を有する設計とする。配置に自由度のあるものは,耐震上の観点から出 来る限り重心位置を低くし,かつ,安定性のよい据え付け状態になるよう配 置する。

また,建物・構築物の建屋間相対変位を考慮しても,建物・構築物及び機器・配管系の耐震安全性を確保する設計とする。

下位クラス施設は原則,耐震重要施設に対して離隔をとり配置するか,耐 震重要施設の設計に用いる地震動又は地震力に対して耐震性を保持するか若 しくは,下位クラス施設の波及的影響を想定しても耐震重要施設の有する機 能を保持する設計とする。 第1表 基準地震動S<sub>s</sub>の最大加速度一覧

	甘瀬は見ら	最大力	加速度(cm/	3 <sup>2</sup> )
	选择 出版 割 O S	NS方向	EW方向	UD方向
S <sub>s</sub> – D 1	応答スペクトル手法による基準地震動	87	0,	560
S <sub>s</sub> - 1 1	F1 断層〜北方陸域の断層〜塩ノ平地震断層の連動による地震 (短周期レベルの不確かさ,破壊開始点 1)	717	619	579
$S_{s} - 1 2$	F1 断層〜北方陸域の断層〜塩ノ平地震断層の連動による地震 (短周期レベルの不確かさ,破壊開始点2)	871	929	602
$S_{s} - 1 \ 3$	F1 断層〜北方陸域の断層〜塩ノ平地震断層の連動による地震 (短周期レベルの不確かさ,破壊開始点3)	903	219	599
S <sub>s</sub> – 1 4	F1 断層〜北方陸域の断層〜塩ノ平地震断層の連動による地震 (断層傾斜角の不確かさ,破壊開始点2)	586	482	451
$S_{s} - 2 1$	2011 年東北地方太平洋沖型地震 (短周期レベルの不確かさ)	901	288	620
$S_{s} - 2 2$	2011 年東北地方太平洋沖型地震 (SMGA 位置と短周期レベルの不確かさの重畳)	1009	874	736
S <sub>s</sub> -31	2004年北海道留萌支庁南部地震の検討結果に保守性を考慮した地震	61	0	280

	民日日店反對しる	2.我人叫还反 見	-
3 世라 파크 프 프 한 환	шщ	最大加速度 (cm/	(s <sup>2</sup> )
猈性政訂出地 <u></u> 展剿 ろ d	N S 方向	EW方向	UD方向
S $_{\rm d}$ $-$ D 1	438	2	280
$ m S~_{d}-1~1$	359	309	290
$ m S~_{d}-1~2$	435	313	301
$ m S_{~d}-1~3$	452	309	300
$ m S~{}^{q}-1~4$	293	241	226
$ m S~_{d}-2~1$	451	443	310
S $_{ m d}-2$ Z	505	437	368
$ m S_{~d}-3~1$	305	2	140

第2表 弹性設計用地震動Saの最大加速度一覧












4条-107



第4図 弾性設計用地震動S<sub>d</sub>の応答スペクトル(NS方向)



第5図 弾性設計用地震動S<sub>d</sub>の応答スペクトル(EW方向)



第6図 弾性設計用地震動S<sub>d</sub>の応答スペクトル(UD方向)



4条-111

別添-1

## 東海第二発電所

# 設計用地震力 (耐震)

#### 1. 静的地震力

静的地震力は、以下の地震層せん断力係数及び震度に基づき算定する。

種別	耐震クラス	地震層せん断力係数	<b>八古 (</b> 注2)
		及び水平震度 (注1)	如但辰皮
建物・構築物	S	3.0C i	$1.0 \mathrm{C}_{\mathrm{V}}$ (0.240)
	В	1.5C i	_
	С	1.0C i	_
機器・配管系	S	3.6C i	1.2C <sub>V</sub> (0.288)
	В	1.8C i	_
	С	1.2C i	_
土木構造物	С	1.0C i	_

(注1) C<sub>i</sub>:標準せん断力係数を 0.2 とし,建物・構築物の振動特性, 地盤の種類等を考慮して求められる値で次式に基づく。

 $C_i = R_t \cdot A_i \cdot C_0$ 

R<sub>t</sub>:振動特性係数 0.8

A<sub>i</sub>:C<sub>i</sub>の分布係数

C<sub>0</sub>:標準せん断力係数 0.2

(注2) C<sub>v</sub>: 震度 0.3 を基準とし、建物・構築物の振動特性、地盤の種類等を考慮し、高さ方向に一定とする。また次式より 求めた値を表に記載した。

 $C_{v} = 0.3 \cdot R_{v}$ 

R<sub>v</sub>: 振動特性係数 0.8

### 2. 動的地震力

### 動的地震力は、以下の入力地震動に基づき算定する。

往叫	耐震クラス	入力地震動 (注1)		
1里 万川		水平	鉛直	
		S	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub>	弾性設計用地震動 S <sub>d</sub>
建物・構築物	基準地震動 S <sub>s</sub>		基準地震動 S <sub>s</sub>	
	B 弾性設計用地震動S <sub>d</sub> × 1/2		<sup>(注2)</sup> 弾性設計用地震動S <sub>d</sub> × 1/2	
津波防護施設 浸水防止設備 津波監視設備		S	設計用床応答曲線 S <sub>s</sub> 又は 基準地震動 S <sub>s</sub>	設計用床応答曲線 S <sub>s</sub> 又は 基準地震動 S <sub>s</sub>
機器・配管系		S	設計用床応答曲線 S <sub>d</sub> 又は 弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 設計用床応答曲線 S <sub>s</sub> 又は 基準地震動 S <sub>s</sub>	設計用床応答曲線 S <sub>d</sub> 又は 弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 設計用床応答曲線 S <sub>s</sub> 又は 基準地震動 S <sub>s</sub>
		В	(注2) 設計用床応答曲線 S <sub>d</sub> ×1∕2	(注2) 設計用床応答曲線 S <sub>d</sub> ×1/2
土木 構造物	屋外重要 土木 構造物	С	基準地震動 S <sub>s</sub>	基準地震動 S <sub>s</sub>

(注1) 設計用床応答曲線は,弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>及び基準地震動 S<sub>s</sub>に 基づき作成した設計用床応答曲線とする。

(注2)水平及び鉛直方向の地震動に対して共振のおそれのある施設に適 用する。

### 3. 設計用地震力

設計用地震力について,下表に整理した。なお,動的地震力は,地震力 算定に用いる地震動を記載した。

種別	耐震 クラス	水平	鉛 直	摘要
建物・ <sup>G±1)</sup> 構築物	S	地震層 せん断力係数 3.0C <sub>i</sub>	静的震度 1.0C <sub>v</sub>	荷重の組合せは、水平方向及び 鉛直方向が静的地震力の場合は 同時に不利な方向に作用するも
		弾性設計用 地震動Sd	弾性設計用 地震動Sa	のとする。 水平方向及び鉛直方向が動的地 震力の場合は,組合せ係数法に よる。
		基準地震動Ss	基準地震動Ss	荷重の組合せは,組合せ係数法 による。
	B C	地震層 せん断力係数 1.5C <sub>i</sub>	_	静的地震力とする。
		弾性設計用地震動 S d×1/2 <sup>(注2)</sup>	弾性設計用地震動 S d×1/2 <sup>(注2)</sup>	水平方向及び鉛直方向が動的地 震力の場合は組合せ係数法によ る。
		地震層 せん断力係数 1.0C i	_	静的地震力とする。
津波防護施設 浸水防止設備 津波監視設備	S	設計用床応答 曲線 S <sub>s</sub> 又は 基準地震動 S <sub>s</sub>	設計用床応答 曲線 S <sub>s</sub> 又は 基準地震動 S <sub>s</sub>	荷重の組合せは,組合せ係数法 又は二乗和平方根 (SRSS) 法に よる。

種	重 別	耐震 クラス	水 平	鉛 直	摘要
	S	静的震度 3.6C <sub>i</sub>	静的震度 1.2C <sub>V</sub>	(注3) (注4) 荷重の組合せは、水平方向及び 鉛直方向が静的地震力の場合は 同時に不利な方向に作用するも のとする。 水平方向及び鉛直方向が動的地 震力の場合は二乗和平方根 (SRSS) 法による。	
		設計用床応答 曲線 S <sub>d</sub> 又は 弾性設計用 地震動 S <sub>d</sub>	設計用床応答 曲線 S <sub>d</sub> 又は 弾性設計用 地震動 S <sub>d</sub>		
榜西	<b>総器・</b> 己管系		設計用床応答 曲線 S s 又は 基準地震動 S s	設計用床応答 曲線 S s 又は 基準地震動 S s	<sup>(注4)</sup> 荷重の組合せは、二乗和平方根 (SRSS) 法による。
	В	静的震度 1.8C i	—	(注4)(注5) 水平方向及び鉛直方向が動的地 雪力の提合は一一垂和平方根	
		弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> ×1/2 <sup>@20</sup>	弾性設計用地震動 S d×1∕2 <sup>(注2)</sup>	(SRSS) 法による。	
		С	静的震度 1.2C <sub>i</sub>	_	静的地震力とする。
屋外    重要土木    土木  構造物	C C	静的震度 1.0C <sub>i</sub>	_	静的地震力とする。	
		基準地震動Ss	基準地震動Ss	動的地震力とする。 鉛直地震力は、水平地震力と同 時に作用するものとする。	
	その他の 土木 構造物	С	静的震度 1.0C <sub>i</sub>	_	静的地震力とする。

- (注1)建物・構築物の保有水平耐力は、必要保有水平耐力に対して、施設の耐震重 要度分類に応じた妥当な安全余裕を有していることを確認する。必要保有水 平耐力の算定においては、地震層せん断力係数に乗じる施設の耐震重要度分 類に応じた係数はSクラス、Bクラス及びCクラスともに 1.0 とし、その際 に用いる標準せん断力係数Coは1.0以上とする。
- (注2) 水平及び鉛直方向の地震動に対して共振のおそれのある施設に適用する。
- (注3) 水平における動的と静的の大きい方の地震力と,鉛直における動的と静的の 大きい方の地震力とを,絶対値和法で組み合わせてもよいものとする。
- (注4)絶対値和法で組み合わせてもよいものとする。
- (注5) 水平における動的と静的の大きい方の地震力と,鉛直における動的地震力と を,絶対値和法で組み合わせても良いものとする。

別添-2

## 東海第二発電所

# 動的機能維持の評価 (耐震)

#### 動的機能維持の評価

動的機能維持に関する評価は、以下に示す機能確認済加速度等との比較によ り実施する。

動的機能維持評価の手順を第2-1図に示す。

1. 機能確認済加速度との比較

基準地震動S<sub>s</sub>による評価対象機器の応答加速度を求め、その加速度が機 能確認済加速度以下であることを確認する。なお、機能確認済加速度とは、 立形ポンプ、横型ポンプ及びポンプ駆動用タービン等、機種毎に試験あるい は解析により動的機能維持が確認された加速度である。

制御棒の地震時挿入性の評価については, 炉心を模擬した実物大の部分モ デルによる加振時制御棒挿入試験結果から挿入機能に支障を与えない最大燃 料集合体変位を求め, 地震応答解析結果から求めた燃料集合体変位がその最 大燃料集合体変位を下回ることを確認する。

2. 詳細評価

機能維持確認済加速度の設定されていない機器,基準地震動S<sub>s</sub>による応 答加速度が機能確認済加速度を上回る機器については,「原子力発電所耐震 設計技術指針JEAG4601-1991 追補版」等を参考に,動的機能維持を確 認する上で評価が必要となる項目を抽出し,対象部位ごとの構造強度評価又 は動的機能維持評価を行い,発生値が評価基準値を満足していることを確認 する。



- \*1 制御棒の地震時挿入性の評価については、炉心を模擬した実物大の部分モデルによる加振時制 御棒挿入試験結果から挿入機能に支障を与えない最大燃料集合体変位を求め、地震応答解析か ら求めた燃料集合体変位がその最大燃料集合体変位を下回ることを確認する。
- \*2 解析,試験等による検討。

第2-1図 動的機能維持の評価手順

別添-3

## 東海第二発電所

# 弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>・静的地震力 による評価 (耐震)

#### 弾性設計用地震動Sa・静的地震力による評価

建物・構築物

弾性設計用地震動S<sub>d</sub>・静的地震力による評価は、既設も含め、建物・構築物が、弾性設計用地震動S<sub>d</sub>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して評価結果が、概ね弾性状態であること及び地震時の最大接地圧が、基礎地盤の短期許容応力度に対して安全余裕を有することを確認する。

また,建物・構築物の保有水平耐力が必要保有水平耐力に対して安全余裕 を有していることを確認する。

- 2. 機器·配管
  - (1) 弾性設計用地震動 S d による評価

評価対象設備が弾性設計用地震動S<sub>d</sub>に対しておおむね弾性状態にあることを確認するために、以下の手順にて評価を実施する。評価手順を第3-1 図に示す。

① 基準地震動Ssによる発生値と許容限界(Ⅲ,S)の比較

評価対象設備の基準地震動S<sub>s</sub>による発生値が弾性設計用の許容限界 (許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>S)以下であることを確認する。

弾性設計用地震動S<sub>d</sub>は基準地震動S<sub>s</sub>の係数倍にて定義していることから,設備の基準地震動S<sub>s</sub>による発生値が,許容限界(許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>S)以下であれば,弾性設計用地震動S<sub>d</sub>による発生値についても,許容限界(許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>S)以下となる。

ただし、基準地震動S<sub>s</sub>評価では考慮しない事故時荷重(LOCA 時荷重 など)を考慮する必要がある評価ケースは、弾性設計用地震動S<sub>d</sub>と組

#### 4条一別添3-2

み合わせるべき事故時荷重を考慮した評価を行い,発生値に考慮する。 ② 弾性設計用地震動 S d による発生値と許容限界(Ⅲ S)の比較

①項にて,評価対象設備の基準地震動S<sub>s</sub>による発生値が,許容限界 (許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>S)を上回った設備については,弾性設計用地震動S dによる発生値を詳細評価により算定し,その算定した発生値が許容限 界(許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>S)以下であることを確認する。

a. 弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>による評価において、1次+2次応力評価の省
 略について

弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>による評価において, 1次+2次応力評価を省 略する理由について以下に示す。

1次+2次応力評価については、JEAG4601・補-1984 許容応力編に規 定されている許容応力状態IV<sub>A</sub>S と $III_A$ S の許容値は同一となる。許容値が 同じであれば、弾性設計用地震動S<sub>d</sub>より大きな地震動である基準地震 動S<sub>s</sub>で評価した結果の方が厳しいことは明らかであることから、基準 地震動S<sub>s</sub>の評価を実施することで、弾性設計用地震動S<sub>d</sub>による評価 は省略した。

ただし、支持構造物(ボルト以外)のうち、「支圧」に対しては、許 容応力状態Ⅳ<sub>A</sub>SとⅢ<sub>A</sub>Sで許容値が異なるケースが存在するため、個別確 認を実施する。



第3-1図 機器・配管の弾性設計用地震動S<sub>d</sub>に対する評価手順

(2) 静的地震力による評価

既設の設備については、旧建築基準法(1970年改正)に基づく静的震度(C<sub>0</sub>)により耐震設計を行っており、設備が「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則(平成25年6月28日原子力規制委員 会規則第6号)」等に規定される静的震度(C<sub>i</sub>)においても影響のないこと を確認する。

#### 4条-別添3-4

静的震度(C<sub>i</sub>)に対する評価は,以下の関係を踏まえ,明らかに許 容限界を満足する設備を,以下の①~⑤の手順により,既往評価結果に 基づき許容限界を満足するとして詳細設計対象から除外し,詳細評価対 象設備を絞り込み,⑥にて詳細評価を実施する。なお,耐震裕度を算出 する際の応答加速度は,1.2 倍した値を用いる。評価手順を第 3-2 図 に示す。

○耐震評価における関係性

- ・3.6C<sub>1</sub>, 3.6C<sub>0</sub>に対する許容限界=設計用地震, S<sub>d</sub>に対する許容限界
- ・建設時の3.6C<sub>0</sub>による発生値≦許容限界を確認済み
- ・今回工認でのS<sub>d</sub>による発生値≦許容限界を確認済み

○評価手順

- ① 建設工認時の静的震度 $C_0$ と静的震度 $C_i$ を比較し、 $C_0 \ge C_i$ となる設備 は除外。
- ② 基準地震動 $S_s$ による動的地震力と静的震度  $3.6C_i$ による静的地震力を比較し\*,  $S_s \ge 3.6C_i$ となる設備は除外。 ただし、弾性設計用地震動 $S_d$ に対する評価において、基準地震動 $S_s$ に

よる発生値を用いている場合のみ適用可能。

- ③ 弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>による動的地震力と静的震度 3.6C<sub>i</sub>による静的地震力を比較し<sup>\*</sup>, S<sub>d</sub>  $\geq$  3.6C<sub>i</sub>となる設備を除外
- ④ 弾性設計用地震動S<sub>d</sub>に対する評価結果に基づく耐震裕度(Ⅲ<sub>A</sub>S 許容限界 値/発生値)(以下「S<sub>d</sub>裕度」という。)と必要裕度(3.6C<sub>i</sub>/S<sub>d</sub>比)を 比較し、S<sub>d</sub>裕度≧必要裕度となる設備は除外
- ⑤ 既工認における 3.6C<sub>0</sub>及び設計用地震に対する評価結果に基づく耐震裕

#### 4条-別添3-5

度( $III_AS$ 許容限界値/発生値)(以下「既工認における裕度」という。)と C<sub>i</sub>/C<sub>0</sub>比を比較し,既工認おける裕度 $\geq$ C<sub>i</sub>/C<sub>0</sub>比となる設備は除外

⑥ 3.6C<sub>i</sub>に対する詳細検討を実施

【⑤の補足】

3.6C<sub>i</sub>(3.6C<sub>0</sub>)に対する裕度= Ⅲ<sub>A</sub>S 許容限界値/3.6C<sub>i</sub>(3.6C<sub>0</sub>)によ る発生値であり,発生値は静的震度に比例することから,次式のような関 係となる。

3.6C<sub>i</sub>に対する裕度= 3.6C<sub>0</sub>に対する裕度÷(C<sub>i</sub>/C<sub>0</sub>)

また,既工認における裕度は,3.6C。及び設計用地震に対する裕度の小 さい方であることから,静的震度比C<sub>i</sub>/C<sub>0</sub>で除したものは,次式のよう な関係となる。

3.6C<sub>i</sub>に対する裕度  $\ge$  既工認における裕度  $\div$  (C<sub>i</sub>/C<sub>0</sub>) よって,既工認における裕度  $\ge$  C<sub>i</sub>/C<sub>0</sub>であれば, 3.6C<sub>i</sub>に対する裕度 は1以上となる。

<sup>\*</sup> 水平と鉛直方向の組合せについては、S<sub>s</sub>、S<sub>d</sub>はSRSS法による 組み合わせ、水平方向静的震度 3.6C<sub>i</sub>は鉛直方向静的震度 0.288 と 絶対値和による組合せを行っている。



- \*1 S d評価において、S sにおける発生値を用いている場合
- \*2 必要裕度は3.6C<sub>i</sub>(絶対和)/S<sub>d</sub>(SRSS)の比
- \*3 S dを用いた動的解析による裕度により判定
- \*4 水平・鉛直方向の組合せについては、S<sub>s</sub>、S<sub>d</sub>はSRSS法による組合せ、 水平方向静的震度3.6Ciは鉛直方向静的震度(0.288)と絶対値和による組合せを行っている。

第3-2図静的震度に対する評価手順

4条--別添3-7

#### 3. 屋外重要土木構造物

従前より屋外重要土木構造物として取り扱われている構造物については,既工認に おいて,土木構造物として求められているCクラス相当の静的地震力よりも大きなA クラス又はBクラス相当の静的地震力に対して,許容応力度法による耐震評価を実施 している。第3-1表に既工認における構築物の静的地震力(静的基準震度)を示す。

したがって、今回工認においては、現在の基準により設定される荷重条件や、許容 限界等の諸条件が、既工認における諸条件と同等であることを確認することで、静的 地震力に対する耐震評価が今回工認にて満足されることを確認する。

	クラス別	静的基準震度	
		水平	鉛直
構築物	$A_s$	3 C <sub>0</sub>	0. 24
	А		
	В	1.5 C $_{0}$	_
	С	0.9C <sub>0</sub>	_

第3-1表 既工認における構築物の静的地震力(静的基準震度)

別添-4

## 東海第二発電所

# 上位クラス施設の安全機能への下位クラス 施設の波及的影響の検討について (耐震)

#### 1. 概要

本資料は,設計基準対象施設及び重大事故等対処施設の設計を行うに際して,波及的影響を考慮した設計の基本的な考え方を説明するものである。 本資料の適用範囲は,設計基準対象施設及び重大事故等対処施設である。

2. 基本方針

設計基準対象施設のうち耐震重要度分類のSクラスに属する施設(以下 「Sクラス施設」という。),重大事故等対処施設のうち常設耐震重要重大事 故防止設備及び常設重大事故緩和設備並びにこれらが設置される常設重大 事故等対処施設(以下「SA施設」という。)は、下位クラス施設の波及的 影響によって,それぞれその安全機能及び重大事故等に対処するために必要 な機能を損なわないように設計する。

- 3. 波及的影響を考慮した施設の設計方針
- 3.1 設置許可基準規則に例示された事項に基づく事例の検討

Sクラス施設の設計においては、「設置許可基準規則の解釈別記2」(以下 「別記2」という。)に記載の以下の4つの観点で実施する。

SA施設の設計においては、別記2における「耐震重要施設」を「SA施設」に、「安全機能」を「重大事故等に対処するために必要な機能」に読み 替て適用する。

- 設置地盤及び地震応答性状の相違等に起因する相対変位又は不等沈下 による影響
- ② 耐震重要施設と下位のクラスの施設との接続部における相互影響
- ③ 建屋内における下位のクラスの施設の損傷,転倒及び落下等による耐 震重要施設への影響

#### 4条一別添4-2

- ④ 建屋外における下位のクラスの施設の損傷,転倒及び落下等による耐 震重要施設への影響
- 3.2 地震被害事例に基づく事象の検討

上記の別記2に例示された事項の他に考慮すべき事項が抜け落ちているものがないかを確認する観点で,原子力施設情報公開ライブラリー(NUC I

A) に登録された以下の地震を対象に被害情報を確認する。

(対象とした情報)

- ・宮城県沖地震(女川原子力発電所:平成17年8月)
- ・能登半島地震(志賀原子力発電所:平成19年3月)
- ・新潟県中越沖地震(柏崎刈羽原子力発電所:平成19年7月)
- ・駿河湾地震(浜岡原子力発電所:平成21年8月)
- ・東北地方太平洋沖地震(女川原子力発電所,東海第二発電所※:平成2 3年3月)

※NUCIA最終報告となっているものを対象とした。

その結果,これらの地震の被害要因のうち,3.1の検討事象に整理できないものとして,津波や警報発信等の設備損傷以外の要因が挙げられた。

津波については、別途「津波による損傷の防止」への適合性評価を実施する。津波の影響評価では、基準地震動Ssに伴う津波を超える高さの津波を 基準津波として設定して、施設の安全機能への影響評価を実施することから、 基準地震動Ssに伴う津波による影響については、これらの適合性評価に包 絡されるため、ここでは検討の対象外とする。

また,警報発信等については,設備損傷以外の要因による不適合事象であ ることから,波及的影響の観点で考慮すべき事象に当たらないと判断した。

以上のことから,原子力発電所の地震被害情報から確認された損傷要因を 踏まえても,3.1で整理した波及的影響の具体的な検討事象に追加考慮すべ き事項がないことを確認した。

以上の①~④の具体的な設計方法を以下に示す。

3.3 不等沈下又は相対変位の観点による設計

建屋外に設置する設計基準対象施設及び重大事故等対処施設を対象に,別 記2①「設置地盤及び地震応答性状の相違等に起因する相対変位又は不等沈 下による影響」の観点で,上位クラス施設の安全機能及び重大事故等に対処 するために必要な機能を損なわないよう下位クラス施設を設計する。

地盤の不等沈下による影響

下位クラス施設が設置される地盤の不等沈下により,上位クラス施設の 安全機能及び重大事故等に対処するために必要な機能が損なわないよう, 以下のとおり設計する。

離隔による防護を講じて設計する場合には、下位クラス施設の不等沈下 を想定しても上位クラス施設に衝突しない程度に十分な距離をとって配 置するか、下位クラス施設と上位クラス施設の間に波及的影響を防止する ために、衝突に対する強度を有する障壁を設置する。下位クラス施設を上 位クラス施設への波及的影響を及ぼす可能性がある位置に設置する場合 には、下位クラス施設を上位クラス施設と同等の支持性能を持つ地盤に、 同等の基礎を設けて設置する。支持性能が十分でない地盤に下位クラス施 設を設置する場合は、基礎の補強や周辺の地盤改良を行った上で、同等の 支持性能を確保する。

上記の方針で設計しない場合は、下位クラス施設が設置される地盤の不 等沈下を想定し、上位クラス施設の有する機能を保持するよう設計する。

以上の設計方針のうち,不等沈下を想定し,上位クラス施設の有する機能を保持するよう設計する下位クラス施設を「4. 波及的影響の設計対象とする下位クラス施設」に,その設計方針を「5. 波及的影響の設計対象とす

4条--別添4-4

る下位クラス施設の耐震設計方針」に示す。

(2) 建屋間の相対変位による影響

下位クラス施設と上位クラス施設との相対変位により,上位クラス施設 の安全機能及び重大事故等に対処するために必要な機能を損なわないよ う,以下のとおり設計する。

離隔による防護を講じて設計する場合には、下位クラス施設と上位クラ ス施設との相対変位を想定しても、下位クラス施設が上位クラス施設に衝 突しない程度に十分な距離をとって配置するか、下位クラス施設と上位ク ラス施設との間に波及的影響を防止するために、衝突に対する強度を有す る障壁を設置する。下位クラス施設と上位クラス施設の相対変位により、 下位クラス施設が上位クラス施設に衝突する位置にある場合には、衝突部 分の接触状況の確認、建屋全体評価又は局部評価を実施し、衝突に伴い、 上位クラス施設について、それぞれその安全機能及び重大事故等に対処す るために必要な機能が損なわれるおそれのないよう設計する。

以上の設計方針のうち,建屋全体評価又は局部評価を実施して設計する 下位クラス施設を「4. 波及的影響の設計対象とする下位クラス施設」に, その設計方針を「5. 波及的影響の設計対象とする下位クラス施設の耐震設 計方針」に示す。

3.4 接続部の観点による設計

建屋内外に設置する設計基準対象施設及び重大事故等対処施設を対象に, 別記 2②「上位クラス施設と下位のクラスの施設との接続部における相互影響」の観点で,上位クラス施設の安全機能及び重大事故等に対処するために 必要な機能を損なわないよう下位クラス施設を設計する。

上位クラス施設と下位クラス施設との接続部には,原則,上位クラスの隔 離弁等を設置することにより分離し,事故時等に隔離されるよう設計する。

#### 4条一別添4-5

隔離されない接続部以降の下位クラス施設については,下位クラス施設が 上位クラス施設の設計に用いる地震動又は地震力に対して,内部流体の内包 機能,機器の動的機能,構造強度等を確保するよう設計する。又は,これら が維持されなくなる可能性がある場合は,下位クラス施設の損傷と隔離によ るプロセス変化により,上位クラス施設の内部流体の温度,圧力に影響を与 えても,支持構造物を含めて系統としての機能が設計の想定範囲内に維持さ れるよう設計する。

以上の設計方針のうち,内部流体の内包機能,機器の動的機能,構造強度 を確保するよう設計する下位クラス施設を「4.波及的影響の設計対象とする 下位クラス施設」に,その設計方針を「5.波及的影響の設計対象とする下位 クラス施設の耐震設計方針」に示す。

3.5 損傷,転倒及び落下等の観点による建屋内施設の設計

建屋内に設置する設計基準対象施設及び重大事故等対処施設を対象に,別 記2③「建屋内における下位のクラスの施設の損傷,転倒及び落下等による 耐震重要施設への影響」の観点で,上位クラス施設の安全機能及び重大事故 等に対処するために必要な機能を損なわないよう下位クラス施設を設計す る。

離隔による防護を講じて設計する場合には、下位クラス施設の損傷、転倒 及び落下等を想定しても上位クラス施設に衝突しない程度に十分な距離を とって配置するか、下位クラス施設と上位クラス施設の間に波及的影響を防 止するために衝突に対する強度を有する障壁を設置する。下位クラス施設を 上位クラス施設への波及的影響を及ぼす可能性がある位置に設置する場合 には、下位クラス施設が上位クラス施設の設計に用いる地震動又は地震力に 対して、下位クラス施設が損傷、転倒及び落下等に至らないよう構造強度設 計を行う。

#### 4条-別添4-6

上記の方針で設計しない場合は、下位クラス施設の損傷,転倒及び落下等 を想定し、上位クラス施設の有する機能を保持するよう設計する。

以上の設計方針のうち,構造強度設計を行う,又は下位クラス施設の損傷, 転倒及び落下等を想定し,上位クラス施設の有する機能を保持するよう設計 する下位クラス施設を「4.波及的影響の設計対象とする下位クラス施設」に, その設計方針を「5.波及的影響の設計対象とする下位クラス施設の耐震設計 方針」に示す。

3.6 損傷,転倒及び落下等の観点による建屋外施設の設計

建屋外に設置する設計基準対象施設及び重大事故等対処施設を対象に,別 記2④「建屋外における下位のクラスの施設の損傷,転倒及び落下等による 耐震重要施設への影響」の観点で,上位クラス施設の安全機能及び重大事故 等に対処するために必要な機能を損なわないよう下位クラス施設を設計す る。

離隔による防護を講じて設計する場合には、下位クラス施設の損傷、転倒 及び落下等を想定しても上位クラス施設に衝突しない程度に十分な距離を とって配置するか、下位クラス施設と上位クラス施設の間に波及的影響を防 止するために衝突に対する強度を有する障壁を設置する。下位クラス施設を 上位クラス施設への波及的影響を及ぼす可能性がある位置に設置する場合 には、下位クラス施設が上位クラス施設の設計に用いる地震動又は地震力に 対して、下位クラス施設が損傷、転倒及び落下等に至らないよう構造強度設 計を行う。

上記の方針で設計しない場合は、下位クラス施設の損傷,転倒及び落下等 を想定し、上位クラス施設の有する機能を保持するよう設計する。

以上の設計方針のうち,構造強度設計を行う,又は下位クラス施設の損傷, 転倒及び落下等を想定し,上位クラス施設の有する機能を保持するよう設計

4条--別添4-7

する下位クラス施設を「4. 波及的影響の設計対象とする下位クラス施設」に、 その設計方針を「5. 波及的影響の設計対象とする下位クラス施設の耐震設計 方針」に示す。

4. 波及的影響の設計対象とする下位クラス施設

「3. 波及的影響を考慮した施設の設計方針」に基づき,構造強度等を確保 するよう設計するものとして選定した下位クラス施設を以下に示す。

- 4.1 不等沈下又は相対変位の観点
  - (1) 地盤の不等沈下による影響
    - a. タービン建屋, サービス建屋, ベーラ建屋, サンプルタンク室, ヘパ フィルター室, 大物搬入口及び連絡通路

下位クラス施設であるタービン建屋,サービス建屋,ベーラ建屋,サ ンプルタンク室,ヘパフィルター室,大物搬入口及び連絡通路は,上位 クラス施設である原子炉建屋に隣接しており,不等沈下による衝突影響 の観点で波及的影響を及ぼすおそれが否定できない。このため波及的影響の設計対象とした。

ここで選定した波及的影響の設計対象とする下位クラス施設の不等沈 下により,波及的影響を受けるおそれのある上位クラス施設を第4-1表 に示す。

波及的影響を受けるおそれのある	波及的影響の設計対象とする下
上位クラス施設	位クラス施設
原子炉建屋	タービン建屋
	サービス建屋
	ベーラ建屋
	サンプルタンク室
	ヘパフィルター室
	大物搬入口
	連絡通路

第4-1表 波及的影響の設計対象とする下位クラス施設(不等沈下)

(注) 詳細設計の段階で変更の可能性有り。

- (2) 建屋間の相対変位による影響
  - a.タービン建屋、サービス建屋、ベーラ建屋、大物搬入口及び連絡通路
    下位クラス施設であるタービン建屋、サービス建屋、ベーラ建屋、大
    物搬入口及び連絡通路は、上位クラス施設である原子炉建屋に隣接して
    いることから、上位クラス施設の設計に適用する地震動又は地震力に伴
    う相対変位により衝突して、原子炉建屋に対して波及的影響を及ぼすお
    それが否定できない。このため波及的影響の設計対象とした。

ここで選定した波及的影響の設計対象とする下位クラス施設の相対変 位により,波及的影響を受けるおそれのある上位クラス施設を第4-2表 に示す。

波及的影響を受けるおそれのある	波及的影響の設計対象とする下
上位クラス施設	位クラス施設
原子炉建屋	タービン建屋
	サービス建屋
	ベーラ建屋
	大物搬入口
	連絡通路

第4-2表 波及的影響の設計対象とする下位クラス施設(相対変位)

(注) 詳細設計の段階で変更の可能性有り。

- 4.2 接続部の観点
  - a. ウォーターレグシールライン(残留熱除去系)

上位クラス施設である残留熱除去系配管に系統上接続されている下 位クラス施設のウォーターレグシールラインは、下位クラス施設のウォ ーターレグシールラインの損傷により、上位クラス施設の残留熱除去系 配管のバウンダリ機能の喪失の可能性が否定できない。このため、上位 クラス施設の残留熱除去系配管と系統上接続されている下位クラス施 設のウォーターレグシールラインを波及的影響の設計対象とした。

b. ウォーターレグシールライン(高圧炉心スプレイ系)

上位クラス施設である高圧炉心スプレイ系配管に系統上接続されて いる下位クラス施設のウォーターレグシールラインは、下位クラス施設 のウォーターレグシールラインの損傷により、上位クラス施設の高圧炉 心スプレイ系配管のバウンダリ機能の喪失の可能性が否定できない。こ のため、上位クラス施設の高圧炉心スプレイ系配管と系統上接続されて いる下位クラス施設のウォーターレグシールラインを波及的影響の設 計対象とした。

c. ウォーターレグシールライン(低圧炉心スプレイ系)

#### 4条-別添4-10

上位クラス施設である低圧炉心スプレイ系配管に系統上接続されて いる下位クラス施設のウォーターレグシールラインは、下位クラス施設 のウォーターレグシールラインの損傷により、上位クラス施設の低圧炉 心スプレイ系配管のバウンダリ機能の喪失の可能性が否定できない。こ のため、上位クラス施設の低圧炉心スプレイ系配管と系統上接続されて いる下位クラス施設のウォーターレグシールラインを波及的影響の設 計対象とした。

ここで選定した波及的影響の設計対象とする下位クラス施設との接続 部の観点により,波及的影響を受けるおそれのある上位クラス施設を第4 -3表に示す。

波及的影響を受けるおそれのある	波及的影響の設計対象とする下
上位クラス施設	位クラス施設
残留熱除去系配管	ウォーターレグシールライン
高圧炉心スプレイ系配管	ウォーターレグシールライン
低圧炉心スプレイ系配管	ウォーターレグシールライン

第4-3表 波及的影響の設計対象とする下位クラス施設(接続部)

(注) 詳細設計の段階で変更の可能性有り。

- 4.3 建屋内施設の損傷,転倒及び落下等の観点
  - (1) 施設の損傷,転倒及び落下等による影響
    - a. 原子炉遮蔽壁

下位クラス施設である原子炉遮蔽壁は,上位クラス施設である原子炉 圧力容器に隣接していることから,上位クラス施設の設計に適用する地 震動又は地震力に伴う転倒により,原子炉圧力容器に衝突し波及的影響

### 4条--別添4-11

を及ぼすおそれが否定できない。このため波及的影響の設計対象とした。 b. 原子炉建屋クレーン

下位クラス施設である原子炉建屋クレーンは、上位クラス施設である 使用済燃料プール、使用済燃料貯蔵ラック等の上部に設置していること から、上位クラス施設の設計に適用する地震動又は地震力に伴う転倒ま たは落下により、使用済燃料プール、使用済燃料貯蔵ラック等に衝突し 波及的影響を及ぼすおそれが否定できない。このため波及的影響の設計 対象とした。

c. 燃料取替機

下位クラス施設である燃料取替機は,上位クラス施設である使用済燃 料プール及び使用済燃料貯蔵ラックの上部に設置していることから,上 位クラス施設の設計に適用する地震動又は地震力に伴う転倒または落 下により,使用済燃料プール及び使用済燃料貯蔵ラックに衝突し波及的 影響を及ぼすおそれが否定できない。このため波及的影響の設計対象と した。

d. 制御棒貯蔵ラック及び制御棒貯蔵ハンガ

下位クラス施設である制御棒貯蔵ランク及び制御棒貯蔵ハンガは,上 位クラス施設である使用済燃料プール及び使用済燃料貯蔵ラックの上 部又は隣接して設置していることから,上位クラス施設の設計に適用す る地震動又は地震力に伴う転倒または落下により,使用済燃料プール及 び使用済燃料貯蔵ラックに衝突し波及的影響を及ぼすおそれが否定で きない。このため波及的影響の設計対象とした。

e. 使用済燃料乾式貯蔵建屋クレーン

下位クラス施設である使用済燃料乾式貯蔵建屋クレーンは、上位クラス施設である使用済燃料乾式貯蔵容器の上部に設置していることから、

4条-別添4-12

上位クラス施設の設計に適用する地震動又は地震力に伴う転倒または 落下により,使用済燃料乾式貯蔵容器に衝突し波及的影響を及ぼすおそ れが否定できない。このため波及的影響の設計対象とした。

f. 原子炉ウェル遮蔽ブロック

下位クラス施設である原子炉ウェル遮蔽ブロックは,上位クラス施設 である原子炉格納容器の上部に設置していることから,上位クラス施設 の設計に適用する地震動又は地震力に伴う落下により,原子炉格納容器 に衝突し波及的影響を及ぼすおそれが否定できない。このため波及的影響の設計対象とした。

g. 中央制御室用天井照明

下位クラス施設ある中央制御室用天井照明は,上位クラス施設である 緊急時炉心冷却系操作盤,原子炉補機操作盤等の上部に設置しているこ とから,上位クラス施設の設計に適用する地震動又は地震力に伴う落下 により,緊急時炉心冷却系操作盤,原子炉補機操作盤等に衝突し波及的 影響を及ぼすおそれが否定できない。このため波及的影響の設計対象と した。

ここで選定した波及的影響の設計対象とする下位クラス施設の損傷,転 倒及び落下等により波及的影響を受けるおそれのある上位クラス施設を 第4-4表に示す。
第4-4表 波及的影響の設計対象とする下位クラス施設(損傷,転倒及び落下

等)

波及的影響を受けるおそれのある	波及的影響の設計対象とする下
上位クラス施設	位クラス施設
原子炉圧力容器	原子炉遮蔽壁
使用済燃料プール	原子炉建屋クレーン
使用済燃料ラック	
原子炉建屋換気系放射線モニタ	
使用済燃料プール	燃料取替機
使用済燃料ラック	
原子炉建屋換気系放射線モニタ	
使用済燃料プール	制御棒貯蔵ラック
使用済燃料ラック	制御棒貯蔵ハンガ
使用済燃料乾式貯蔵容器	使用済燃料乾式貯蔵建屋クレー
	$\sim$
<mark>原子炉</mark> 格納容器	原子炉ウ <mark>ェ</mark> ル遮蔽ブロック
緊急時炉心冷却系操作盤	中央制御室用天井照明
原子炉補機操作盤	
原子炉制御操作盤	
所内電源操作盤	

(注) 詳細設計の段階で変更の可能性有り。

- 4.4 建屋外施設の損傷,転倒及び落下等の観点
  - (1) 施設の損傷,転倒及び落下等による影響
    - a. 海水ポンプ室防護壁及び循環水ポンプクレーン

下位クラス施設である海水ポンプ室防護壁は、上位クラス施設である 残留熱除去系海水系ポンプ、残留熱除去系海水系ストレーナ等の上部に 設置していることから、上位クラス施設の設計に適用する地震動又は地 震力に伴う落下により、残留熱除去系海水系ポンプ、残留熱除去系海水 系ストレーナ等に衝突し、波及的影響を及ぼすおそれが否定できない。

このため波及的影響の設計対象とした。

b. 固定バースクリーン,回転レイキ付バースクリーン及びトラベリング スクリーン

下位クラス施設である固定バースクリーン,回転レイキ付バースクリ ーン及びトラベリングスクリーンは,上位クラス施設である残留熱除去 系海水系ポンプ,非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ等の水路上流側 に設置していることから,上位クラス施設の設計に適用する地震動又は 地震力に伴う損傷により,残留熱除去系海水系ポンプ,非常用ディーゼ ル発電機用海水ポンプ等に衝突し,波及的影響を及ぼすおそれが否定で きない。このため波及的影響の設計対象とした。

c. タービン建屋, サービス建屋, ベーラ建屋, サンプルタンク室, ヘパ フィルター室, 連絡通路及び大物搬入口

下位クラス施設であるタービン建屋,サービス建屋,ベーラ建屋,サ ンプルタンク室,ヘパフィルター室,連絡通路及び大物搬入口は,上位 クラス施設である原子炉建屋に隣接していることから,上位クラス施設 の設計に適用する地震動又は地震力に伴う転倒により,原子炉建屋に衝 突し,波及的影響を及ぼすおそれが否定できない。このため波及的影響 の設計対象とした。

d. 廃棄物処理建屋

下位クラス施設である廃棄物処理建屋は,上位クラス施設である原子 炉建屋,非常用ガス処理系配管等に隣接していることから,上位クラス 施設の設計に適用する地震動又は地震力に伴う転倒により,原子炉建屋, 非常用ガス処理系配管等に衝突し,波及的影響を及ぼすおそれが否定で きない。このため波及的影響の設計対象とした。

ここで選定した波及的影響の設計対象とする下位クラス施設の損傷,転

倒及び落下等により波及的影響を受けるおそれのある上位クラス施設を 第4-5表に示す。 第4-5表 波及的影響の設計対象とする下位クラス施設(損傷,転倒及び落

下等)	
-----	--

波及的影響を受けるおそれのある	波及的影響の設計対象とする下
上位クラス施設	位クラス施設
残留熱除去系海水 <mark>系</mark> ポンプ	海水ポンプ室防護壁
残留熱除去系海水 <mark>系</mark> ストレーナ	
残留熱除去系海水 <mark>系</mark> 配管	
非常用ディーゼル発電機用海水ポ	
ンプ	
非常用ディーゼル発電機用海水ス	
トレーナ	
非常用ディーゼル発電機用海水配	
管	
高圧炉心スプレイ系ディーゼル発	
電機用海水ポンプ	
高圧炉心スプレイ系ディーゼル発	
電機用海水ストレーナ	
高圧炉心スプレイ系ディーゼル発	
電機用海水配管 等	
残留熱除去系海水 <mark>系</mark> ポンプ	固定バースクリーン
非常用ディーゼル発電機用海水ポ	回転レイキ付バースクリーン
ンプ	トラベリングスクリーン
高圧炉心スプレイ系ディーゼル発	
電機用海水ポンプ	
原子炉建屋	タービン建屋
	サービス建屋
	ベーラ建屋
	サンプルタンク室
	ヘパフィルター室
	連絡通路
	大物搬入口
原子炉建屋	廃棄物処理建屋
非常用ガス処理系配管	
非常用ガス処理系配管支持構造物	
(排気筒,支持架構)	

(注) 詳細設計の段階で変更の可能性有り。

5. 波及的影響の設計対象とする下位クラス施設の耐震設計方針

「4. 波及的影響の設計対象とする下位クラス施設」で選定した施設の耐震 設計方針を以下に示す。

5.1 耐震評価部位

波及的影響の設計対象とする下位クラス施設の評価対象部位は,それぞれ の損傷モードに応じて選定する。すなわち,評価対象下位クラス施設の不等 沈下,相対変位,接続部における相互影響,損傷,転倒及び落下等を防止す るよう,主要構造部材,支持部及び固定部等を対象とする。

また,地盤の不等沈下又は下位クラス施設の転倒を想定して設計する施設 については,上位クラス施設の機能に影響がないよう評価部位を選定する。

5.2 地震応答解析

波及的影響の設計対象とする下位クラス施設の耐震設計において実施す る地震応答解析については,既工認で実績があり,かつ最新の知見に照らし ても妥当な手法及び条件を基本として行う。

5.3 設計用地震動又は地震力

波及的影響の設計対象とする下位クラス施設においては,上位クラス施設 の設計に用いる地震動又は地震力を適用する。

5.4 荷重の種類及び荷重の組合せ

波及的影響の防止を目的とした設計において用いる荷重の種類及び荷重 の組合せについては,波及的影響を受けるおそれのある上位クラス施設と同 じ運転状態において下位クラス施設に発生する荷重を組み合わせる。

また,地盤の不等沈下又は転倒を想定し,上位クラス施設の機能に影響が ない設計とする場合は、転倒等に伴い発生する荷重を組み合わせる。

荷重の設定においては,実運用・実事象上定まる範囲を考慮して設定する。 5.5 許容限界

波及的影響の設計対象とする下位クラス施設の評価に用いる許容限界設 定の考え方を,以下建物・構築物,機器・配管系及び土木構造物に分けて示 す。

5.5.1 建物·構築物

建物・構築物について,隔離による防護を講じることで,下位クラス施設 の相対変位等による波及的影響を防止する場合は,下位クラス施設と上位ク ラス施設との距離を基本として許容限界を設定する。

また,施設の構造を保つことで,下位クラス施設の損傷,転倒及び落下等 を防止する場合は,部材に発生する応力に対して終局耐力又は「建築基準法 及び同施行令」に基づく層間変形角の評価基準値を基本として許容限界を設 定する。

5.5.2 機器·配管系

機器・配管系について,施設の構造を保つことで,下位クラス施設の接続 部における相互影響及び損傷,転倒及び落下等を防止する場合は,許容限界 として,評価部位に塑性ひずみが生じる場合であっても,その量が小さなレ ベルに留まって破断延性限界に十分な余裕を有していることに相当する許 容限界を設定する。機器の動的機能維持を確保することで,下位クラス施設 の接続部における相互影響を防止する場合は,許容限界として動的機能確認 済加速度を設定する。

また,地盤の不等沈下又は転倒を想定する場合は,下位クラスの施設の転 倒等に伴い発生する荷重により,上位クラス施設の評価部位に塑性ひずみが 生じる場合であっても,その量が小さなレベルに留まって破断延性限界に十 分な余裕を有していること,また転倒した下位クラス施設と上位クラス施設 との距離を許容限界として設定する。

5.5.3 土木構造物

土木構造物について,施設の構造を保つことで,下位クラス施設の損傷, 転倒及び落下等を防止する場合は,構造部材の終局耐力や基礎地盤の極限支 持力度に対し妥当な安全余裕を考慮することを基本として許容限界を設定 する。

また,構造物の安定性や変形により上位クラス施設の機能に影響がないよ う設計する場合は,構造物のすべりや変形量に対し妥当な安全余裕を考慮す ることを基本として許容限界を設定する。

6. 工事段階における下位クラス施設の調査・検討

工事段階においても,設計基準対象施設及び重大事故等対処施設の設計段 階の際に検討した配置・補強等が設計どおりに施されていることを,敷地全 体を俯瞰した調査・検討を行うことで確認する。また,仮置資材等,現場の 配置状況等の確認を必要とする下位クラス施設についても合わせて確認す る。

工事段階における検討は、別記2の4つの観点のうち、③及び④の観点、 すなわち下位クラス施設の損傷、転倒及び落下等による影響について、プラ ントウォークダウンにより実施する。

確認事項としては,設計段階において検討した離隔による防護の観点で行 う。すなわち,施設の損傷,転倒及び落下等を想定した場合に上位クラス施 設に衝突するおそれのある範囲内に下位クラス施設がないこと,又は間に衝 撃に耐えうる障壁,緩衝物等が設置されていること,仮置資材等については 固縛など,転倒及び落下を防止する措置が適切に講じられていることを確認 する。

ただし,仮置資材等の下位クラス施設自体が,明らかに影響を及ぼさない 程度の大きさ,重量等の場合は対象としない。

以上を踏まえて,損傷,転倒及び落下等により,上位クラス施設に波及的 影響を及ぼす可能性がある下位クラス施設が抽出されれば,必要に応じて, 上記の確認事項と同じ観点で対策・検討したり,固縛等の転倒・落下防止措 置等を講じたりすることで対策・検討を行う。すなわち,下位クラス施設の 配置を変更したり,間に緩衝物等を設置したり,固縛等の転倒・落下防止措 置等を講じたりすることで対策・検討を行う。

また、工事段階における確認の後も、波及的影響を防止するように現場を 保持するため、保安規定に機器設置時の配慮事項等を定めて管理する。

別添-5

## 東海第二発電所

# 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに 関する影響評価方針 (耐震)

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針

1. 概要

本資料は,水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価の方 針について説明するものである。

#### 2. 基本方針

施設の耐震設計では,施設の構造から地震力の方向に対して弱軸及び強軸 を明確にし,地震力に対して配慮した構造としている。

今回,水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる耐震設計に係る技術 基準が制定されたことから,従来の設計手法における水平1方向及び鉛直方 向地震力を組み合わせた耐震計算に対して,施設の構造特性から水平2方向 及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の可能性があるものを抽出し,施設 が有する耐震性に及ぼす影響を評価する。

評価対象は「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則 (平成25年6月28日原子力規制委員会規則第6号)」の第5条及び第50条に規 定されている耐震重要施設及びその間接支持構造物,常設耐震重要重大事故 防止設備又は常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設,並び にこれらの施設への波及的影響防止のために耐震評価を実施する施設とする。 耐震 B クラスの施設については、共振のおそれのあるものを評価対象とする。

評価に当たっては,施設の構造特性から水平2方向及び鉛直方向地震力の 組合せの影響を受ける部位を抽出し,その部位について水平2方向及び鉛直 方向の荷重や応力を算出し,施設が有する耐震性への影響を確認する。

施設が有する耐震性への影響が確認された場合は,詳細な手法を用いた検 討等,新たに設計上の対応策を講じる。

4条一別添5-2

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価に用いる地震動
 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価には、基準地震動
 Ssを用いる。

ここで,水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価に用いる 基準地震動S<sub>s</sub>は,複数の基準地震動S<sub>s</sub>における地震動の特性及び包絡関係 を,施設の特性による影響も考慮した上で確認し,本影響評価に用いる。

4. 各施設における水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価方針

4.1 建物·構築物

4.1.1 水平方向及び鉛直方向地震力の組合せによる従来設計手法の考え方

従来の設計手法では,建物・構築物の地震応答解析において,水平方向及 び鉛直方向の地震動を質点系モデルにそれぞれ方向ごとに入力し,解析を行 っている。また,原子炉施設における建物・構築物は,全体形状及び平面レ イアウトから,地震力を主に耐震壁で負担する構造であり,剛性の高い設計 としている。

水平方向の地震力に対しては、せん断力について評価することを基本とし、 建物・構築物に生じるせん断力は、地震時の力の流れが明解となるように、 直交する2方向に釣合いよく配置された鉄筋コンクリート造耐震壁を主な耐 震要素として構造計画を行う。地震応答解析は、水平2方向の耐震壁に対し て、それぞれ剛性を評価し、各水平方向に対して解析を実施している。した がって、建物・構築物に対し、水平2方向の入力がある場合、各方向から作 用するせん断力を負担する部位が異なるため、水平2方向の入力がある場合 の評価は、水平1方向にのみ入力がある場合と同等な評価となる。

鉛直方向の地震力に対しては、軸力について評価することを基本としている。建物・構築物に生じる軸力は、鉄筋コンクリート造耐震壁を主な耐震要 4条-別添5-3 素として構造計画を行う。

入力方向ごとの耐震要素について、第4-1-1図に示す。



(a) 水平方向



(b) 鉛直方向

第4-1-1図 入力方向ごとの耐震要素

4.1.2 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価方針

建物・構築物において,水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せを考慮し た場合に影響を受ける可能性がある部位の評価を行う。

評価対象は,耐震重要施設及びその間接支持構造物,常設耐震重要重大事 故防止設備又は常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設並び にこれらの施設への波及的影響防止のために耐震評価を実施する施設の部位 とする。

対象とする部位について,水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる 影響が想定される応答特性から水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによ

4条-別添5-4

る影響を受ける可能性がある部位を抽出する。

応答特性から抽出された水平2方向及び鉛直方向地震力による影響を受け る可能性がある部位は、従来の評価結果の荷重又は応力の算出結果を水平2 方向及び鉛直方向に組み合わせ、各部位に発生する荷重や応力を算出し、各 部位が有する耐震性への影響を確認する。

各部位が有する耐震性への影響が確認された場合は,詳細な手法を用いた 検討等,新たに設計上の対応策を講じる。

4.1.3 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価方法

建物・構築物において,水平1方向及び鉛直方向地震力を組み合わせた従 来の設計手法に対して,水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響 の可能性がある耐震評価上の構成部位について,応答特性から抽出し,影響 を評価する。影響評価のフローを第4-1-2図に示す。

- (1) 影響評価部位の抽出
  - 耐震評価上の構成部位の整理

建物・構築物における耐震評価上の構成部位を整理し,該当する耐震 評価上の構成部位を網羅的に確認する。

② 応答特性の整理

建物・構築物における耐震評価上の構成部位について,水平2方向及 び鉛直方向地震力の組合せの影響が想定される応答特性を整理する。

③ 荷重の組合せによる応答特性が想定される部位の抽出

整理した耐震評価上の構成部位について,水平2方向及び鉛直方向地 震力の組合せによる影響が想定される応答特性のうち,荷重の組合せに よる応答特性を検討する。水平2方向及び鉛直方向地震力に対し,荷重 の組合せによる応答特性により,有する耐震性への影響が想定される部 4条-別添5-5 位を抽出する。

④ 3次元的な応答特性が想定される部位の抽出

荷重の組合せによる応答特性が想定される部位として抽出されなかっ た部位のうち、3次元的な応答特性が想定される部位を検討する。水平 2方向及び鉛直方向地震力の組合せに対し、3次元的な応答特性により、 有する耐震性への影響が想定される部位を抽出する。

5 3次元モデルによる精査

3次元的な応答特性が想定される部位として抽出された部位について, 3次元モデルを用いた精査を実施し,水平2方向及び鉛直方向地震力の 組合せにより,有する耐震性への影響が想定される部位を抽出する。

また,3次元的な応答特性が想定される部位として抽出されなかった 部位についても,局所応答の観点から,3次元モデルによる精査を実施 し,水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せにより,有する耐震性への 影響が想定される部位を抽出する。

局所応答に対する3次元モデルによる精査は、施設の重要性、建屋規 模及び構造特性を考慮し、原子炉建屋について、地震応答解析を行う。

- (2) 影響評価手法
  - ⑥ 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価

水平2方向及び鉛直方向同時入力による評価を行わない部位における 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価においては,水 平1方向及び鉛直方向地震力の組合せによる局部評価の荷重又は応力の 算出結果を用い,水平2方向及び鉛直方向地震力を組み合わせる方法と して,米国Regulatory Guide 1.92(注)の「2. Combining Effects Caused by Three Spatial Components of an Earthquake」を参考とし て,組合せ係数法(1.0:0.4:0.4)に基づいて地震力を設定する。

4条-別添5-6

評価対象として抽出した耐震評価上の構成部位について,構造部材の 発生応力等を適切に組み合わせることで,各部位の設計上の許容値に対 する評価を実施し,各部位が有する耐震性への影響を評価する。

⑦ 機器・配管系への影響検討

評価対象として抽出された部位が,耐震重要施設,常設耐震重要重大 事故防止設備又は常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施 設の機器・配管系の間接支持機能を有する場合には,水平2方向及び鉛 直方向地震力の組合せによる応答値への影響を確認する。

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる応答値への影響が確認 された場合,機器・配管系の影響評価に反映する。

なお,3次元モデルによる精査にて,建物・構築物の影響の観点から 抽出されなかった部位であっても,機器・配管系への影響の可能性が想 定される部位について検討対象として抽出する。

(注) Regulatory Guide (RG) 1.92 "Combining modal responses and Spatial components in seismic response analysis"



第4-1-2図 水平2方向及び鉛直方向地震力による影響評価のフロー

4.2 機器·配管系

4.2.1 水平方向及び鉛直方向地震力の組合せによる従来設計の考え方

機器・配管系における従来の水平方向及び鉛直方向地震力の組合せによる 設計手法では,建物・構築物の振動特性を考慮し,変形するモードが支配的 となり応答が大きくなる方向(応答軸方向)に基準地震動S<sub>s</sub>を入力して得 られる各方向の地震力(床応答)を用いている。

応答軸(強軸・弱軸)が明確となっている設備の耐震評価においては,水 平各方向の地震力を包絡し,変形モードが支配的となる応答軸方向に入力す るなど,従来評価において保守的な取り扱いを基本としている。

一方,応答軸が明確となっていない設備で3次元的な広がりを持つ設備の 耐震評価においては,基本的に3次元のモデル化を行っており,建物・構築 物の応答軸方向の地震力をそれぞれ入力し,この入力により算定される荷重 や応力のうち大きい方を用いて評価を実施している。

さらに,応答軸以外の振動モードが生じ難い構造の採用,応答軸以外の振 動モードが生じ難いサポート設計の採用といった構造上の配慮など,水平方 向の入力に対して配慮した設計としている。

4.2.2 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価方針

機器・配管系において,水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せを考慮し た場合に,影響を受ける可能性がある設備(部位)の評価を行う。

評価対象は,耐震重要施設,常設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大 事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設の機器・配管系並びにこれら の施設への波及的影響防止のために耐震評価を実施する設備とする。

対象とする設備を機種ごとに分類し、それぞれの構造上の特徴により荷重 の伝達方向、その荷重を受ける構造部材の配置及び構成等により水平2方向 4条-別添5-9 の地震力による影響を受ける可能性がある設備(部位)を抽出する。

構造上の特徴により影響の可能性がある設備(部位)は,水平2方向及び 鉛直方向地震力の組合せによる影響の検討を実施する。水平各方向の地震力 が1:1で入力された場合の発生値を従来の評価結果の荷重又は算出応力等 を水平2方向及び鉛直方向に整理して組み合わせる又は新たな解析等により 高度化した手法を用いる等により,水平2方向の地震力による設備(部位) に発生する荷重や応力を算出する。

これらの検討により,水平2方向及び鉛直方向地震力を組み合わせた荷重 や応力の結果が従来の発生値と同等である場合は影響のない設備として抽出 し,従来の発生値を超えて耐震性への影響が懸念される場合は,設備が有す る耐震性への影響を確認する。

設備が有する耐震性への影響が確認された場合は,詳細な手法を用いた検 討等,新たに設計上の対応策を講じる。

#### 4.2.3 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価方法

機器・配管系において,水平2方向及び鉛直方向地震力の影響を受ける可 能性があり,水平1方向及び鉛直方向地震力の従来評価に加え,更なる設計 上の配慮が必要な設備について,構造及び発生値の増分の観点から抽出し, 影響を評価する。影響評価は従来設計で用いている質点系モデルによる評価 結果を用いて行うことを基本とする。影響評価のフローを第4-2-1 図に示 す。

なお、耐震評価は基本的におおむね弾性範囲でとどまる体系であることに 加え、国内と海外の機器の耐震解析は、基本的に線形モデルにて実施してい る等類似であり、水平2方向及び鉛直方向の位相差は機器の応答にも現れる ことから、米国Regulatory Guide 1.92の「2. Combining Effects Caused 4条-別添5-10 by Three Spatial Components of an Earthquake」を参考として,水平2方 向及び鉛直方向地震力の組合せの影響を検討する際は,地震時に水平2方向 及び鉛直方向それぞれの最大応答が同時に発生する可能性は極めて低いとし た考え方であるSquare-Root-of-the-Sum-of-the-Squares 法(以下「最大応 答の非同時性を考慮したSRSS法」という。)又は組合せ係数法(1.0:0.4: 0.4)を適用し,各方向からの地震入力による各方向の応答を組み合わせる。

評価対象となる設備の整理

耐震重要施設,常設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大事故緩和 設備が設置される重大事故等対処施設の機器・配管系並びにこれらの施 設への波及的影響防止のために耐震評価を実施する設備,共振のおそれ のある耐震 B クラスを評価対象とし,代表的な機種ごとに分類し整理す る。(第4-2-1図①)

構造上の特徴による抽出

機種ごとに構造上の特徴から水平2方向の地震力が重複する観点,も しくは応答軸方向以外の振動モード(ねじれ振動等)が生じる観点にて 検討を行い,水平2方向の地震力による影響の可能性がある設備を抽出 する。(第4-2-1図②)

発生値の増分による抽出

水平2方向の地震力による影響の可能性がある設備に対して,水平2 方向の地震力が各方向1:1で入力された場合に各部にかかる荷重や応 力を求め,従来の水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せによる設計に 対して,水平2方向及び鉛直方向地震力を考慮した発生値の増分を用い て影響を検討し,耐震性への影響が懸念される設備を抽出する。

また,建物・構築物及び屋外重要土木構造物の検討により,機器・配 4条-別添5-11 管系への影響の可能性がある部位が抽出された場合は、機器・配管系への影響を評価し、耐震性への影響が懸念される設備を抽出する。

影響の検討は、機種ごとの分類に対して地震力の寄与度に配慮し耐震 裕度が小さい設備(部位)を対象とする。(第4-2-1図③)

④ 水平2方向及び鉛直方向地震力の影響評価

③の検討において算出された荷重や応力を用いて,設備が有する耐震 性への影響を確認する。(第4-2-1図④)



第4-2-1図 水平2方向及び鉛直方向地震力による影響評価フロー

4.3 屋外重要土木構造物

4.3.1 水平方向及び鉛直方向地震力の組合せによる従来設計手法の考え方
 従来設計手法の考え方について、RC構造物である取水構造物を例に第4-3
 -1表に示す。

一般的な地上構造物では, 躯体の慣性力が主たる荷重であるのに対し, 屋 外重要土木構造物は, 概ね地中に埋設されているため, 動土圧や動水圧等の 外力が主たる荷重となる。また, 屋外重要土木構造物は, 比較的単純な構造 部材の配置で構成され, ほぼ同一の断面が奥行き方向に連続する構造的特徴 を有することから, 3次元的な応答の影響は小さいため, 2次元断面での耐 震評価を行っている。

屋外重要土木構造物は,主に海水の通水機能や配管等の間接支持機能を維 持するため,通水方向や管軸方向に対して空間を保持できるように構造部材 が配置されることから,構造上の特徴として,明確な弱軸,強軸を有する。

強軸方向の地震時挙動は,弱軸方向に対して顕著な影響を及ぼさないこと から,従来設計手法では,弱軸方向を評価対象断面として,耐震設計上求め られる水平1方向及び鉛直方向の地震力による耐震評価を実施している。 第4-3-1図に示すとおり,従来設計手法では,屋外重要土木構造物の構造 上の特徴から,弱軸方向の地震荷重に対して保守的に加振方向に平行な壁部 材を見込まず,垂直に配置された構造部材のみで受けもつよう設計している。

なお,屋外重要土木構造物のうち,既設構造物は取水構造物と屋外二重管 (基礎部除く)であり,それ以外の構造物は新設構造物である。ここでは, 既設構造物,新設構造物の両方について検討を行う。



第4-3-1表 従来設計における評価対象断面の考え方(取水構造物の例)



第4-3-1図 従来設計手法の考え方

4.3.2 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価方針

屋外重要土木構造物において,水平2方向及び鉛直方向地震力を考慮した 場合に影響を受ける可能性がある構造物の評価を行う。

評価対象は、屋外重要土木構造物である、取水構造物及び屋外二重管並び に波及影響防止のために耐震評価する土木構造物とする。また、常設耐震重 要重大事故防止設備又は常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処 施設の間接支持構造物のうち常設代替高圧電源装置置場、常設代替高圧電源 装置用カルバート、代替淡水貯槽、常設低圧代替注水系ポンプ室、常設低圧 代替注水系配管カルバート、緊急用海水ポンプピット、格納容器圧力逃がし 装置用配管カルバート、緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎及び可 搬型設備用軽油タンク基礎並びに重大事故時における海水の通水構造物のう ちSA用海水ピット取水塔、海水引込み管、SA用海水ピット及び緊急用海 水取水管も本評価では屋外重要土木構造物として扱うこととし、評価対象に 含める。

屋外重要土木構造物を構造形式ごとに分類し、構造形式ごとに作用すると 考えられる荷重を整理し、荷重が作用する構造部材の配置等から水平2方向 及び鉛直方向地震力による影響を受ける可能性のある構造物を抽出する。

抽出された構造物については,従来設計手法での評価対象断面(弱軸方向) の地震応答解析に基づく構造部材の照査において,評価対象断面(弱軸方向) に直交する断面(強軸方向)の地震応答解析に基づく構造部材の発生応力等 を適切に組み合わせることで,水平2方向及び鉛直方向地震力による構造部 材の発生応力を算出し,構造物が有する耐震性への影響を確認する。

構造物が有する耐震性への影響が確認された場合は詳細な手法を用いた検 討等,新たに設計上の対応策を講じる。

4条一別添5-16

4.3.3 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価方法

屋外重要土木構造物において、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの 影響を受ける可能性があり、水平1方向及び鉛直方向の従来評価に加え、更 なる設計上の配慮が必要な構造物について、構造形式及び作用荷重の観点か ら影響評価の対象とする構造物を抽出し、構造物が有する耐震性への影響を 評価する。影響評価のフローを第4-3-2図に示す。

- (1) 影響評価対象構造物の抽出
- 構造形式の分類

評価対象構築物について,各構造物の構造上の特徴や従来設計手法の考 え方を踏まえ,構造形式ごとに大別する。

- ② 従来設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重の整理
   従来設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重を抽出する。
- ③ 荷重の組合せによる応答特性が想定される構造物形式の抽出
   ②で整理した荷重に対して、構造形式ごとにどのように作用するかを整理し、耐震性に与える影響程度を検討した上で、水平2方向及び鉛直方向
   地震力の影響が想定される構造形式を抽出する。
- ④ 従来設計手法における評価対象断面以外の3次元的な応答特性が想定される箇所の抽出

③で抽出されなかった構造形式について,従来設計手法における評価対象断面以外の箇所で,水平2方向及び鉛直方向地震力の影響により3次元的な応答が想定される箇所を抽出する。

⑤ 従来設計手法の妥当性の確認

④で抽出された箇所が,水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに対し て,従来設計手法における評価対象断面の耐震評価で満足できるか検討を 行う。

- (2) 影響評価手法
- ⑥ 水平2方向及び鉛直方向地震力の影響評価

評価対象として抽出された構造物について,従来設計手法での評価対象 断面(弱軸方向)の地震応答解析に基づく構造部材の照査において,評価 対象断面(弱軸方向)に直交する断面(強軸方向)の地震応答解析に基づ く構造部材の発生応力等を適切に組合せることで,水平2方向及び鉛直方 向地震力による構造部材の発生応力を算出し,構造物が有する耐震性への 影響を確認する。

評価対象部位については,屋外重要土木構造物が明確な弱軸・強軸を示 し,地震時における構造物のせん断変形方向が明確であることを考慮し, 従来設計手法における評価対象断面(弱軸方向)における構造部材の耐震 評価結果及び水平2方向の影響の程度を踏まえて選定する。

機器・配管系への影響検討

評価対象として抽出された構造物が,耐震重要施設,常設耐震重要重大 事故防止設備又は常設重大緩和設備が設置される重大事故等対処施設の機 器・配管系の間接支持構造物である場合,水平2方向及び鉛直方向地震力 の組合せによる応答値への影響を確認する。

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる応答値への影響が確認さ れた場合,機器・配管系の影響評価に反映する。

なお、④及び⑤の精査にて、屋外重要土木構造物の影響の観点から抽出 されなかった部位であっても、地震応答解析結果から機器・配管系への影 響の可能性が想定される部位については検討対象として抽出する。



第4-3-2図 水平2方向及び鉛直方向地震力による影響評価のフロー

4.4 津波防護施設,浸水防止設備及び津波監視設備並びに浸水防止設備又は 津波監視設備が設置された建物・構築物

4.4.1 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価方針

津波防護施設,浸水防止設備及び津波監視設備並びに浸水防止設備又は津波 監視設備が設置された建物・構築物は「建物・構築物」,「機器・配管系」又 は「屋外重要土木構造物」に区分し設計をしていることから,水平2方向及び 鉛直方向地震力の組合せの影響評価は,施設,設備の区分に応じて「4.1 建 物・構築物」,「4.2 機器・配管系」又は「4.3 屋外重要土木構造物」の方針 に基づいて実施する。

別添-6

## 東海第二発電所

# 屋外重要土木構造物の耐震評価における 断面選定の考え方について (耐震)

1. 方針

本資料では,屋外重要土木構造物,「常設耐震重要重大事故防止設備又は 常設重大事故緩和設備」及び「常設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大 事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設(特定重大事故等対処施設を 除く)(以後,「常設重大事故等対処施設」という。)」の耐震評価における断 面選定の考え方について示す。

本資料で記載する屋外重要土木構造物等及びこれに設置される主要設備の 一覧表を第1表に,全体配置図を第1図に示す。

耐震評価においては、構造物の配置、構造形状、周辺の地質構造等を考慮 し、耐震評価上最も厳しくなると考えられる位置を評価対象断面とする。

上記を考慮した屋外重要土木構造物等の断面選定の考え方を第2表の通り 整理する。

個々の施設の断面選定においては、上記の考え方に加え、可とう管及び杭 基礎等に着目した影響並びに周辺施設の影響及び上載する機器・配管等への 影響についても考慮する。

	屋外重要土木構造物等					主要設備			
	各	屋外重要 土木構造物	津波防護 施設	常設SA 設備	常設SA 施設	名 茶	耐震	律波	常設SA 設備
						残留熱除去系海水ポンプ	0	I	0
		(		(	(	非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ	0	I	0
	取水确定物	C	I	С	C	高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプ	0	I	0
						潮位計、取水ピット水位計	I	0	[卅]
						残留熟除去系海水系配管	0	I	0
	屋外二重管	0	I	Ι	0	非常用ディーゼル発電機用海水系配管	0	I	0
14						高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水系配管	0	I	0
₩ 01	貯留堰	0	0	0	Ι	-	Ι	I	I
翀			(	-		津波・構内監視カメラ(4台)	I	0	「 世
	20潮速(縄官れ鉄助コンクリートの潮壁)	I	C		I	防潮扉	-	0	一位1
	防潮堤(鉄筋コンクリート防潮壁)	I	0	一位1	I	防潮扉	I	0	[卅]
	防潮堤(鋼製防護壁)	I	0	[卅]	Ι	1	Ι	Ι	I
	鉄筋コンクリート防潮壁(放水路エリア)	I	0	[卅]	I	放水路ゲート	I	0	[卅 一
	常設代替高圧電源装置置場	(		(	(	軽油貯蔵タンク	0	Ι	0
	(西側淡水貯水設備)	)	I	)	)	常設代替高圧電源装置他	-	-	0
	常設代替高圧電源装置用カルバート(トンネル部)					軽油移送配管	0	I	0
	常設代替高圧電源装置用カルバート(立坑部)	0	I	I	0				
	常設代替高圧電源装置用カルバート(カルバート部)					常設代替高圧電源装置電路	I	I	0
	代替淡水貯槽	I	I	0	I				
	常設低圧代替注水系ポンプ室	Ι	Ι	Ι	0	常設低圧代替注水系ポンプ	Ι	Ι	0
	常設低圧代替注水系配管カルバート	I	I	I	0	常設低圧代替注水系配管	I	I	0
	緊急用海水ポンプピット	I	Ι	0	0	緊急用海水ポンプ	Ι	Ι	0
	格納容器圧力逃びし装置用配管カルバート	I	I	I	0	格納容器圧力逃がし装置用配管	I	I	0
第:	緊急用海水取水管	I	I	0	I	1	I	I	I
っ章	SA用 海水 ピット	I	I	0	I	1	I	I	I
	海水引込み管	I	I	0	I	1	I	I	I
	SA用海水ピット取水塔	Ι	Ι	0	-	I	-	Ι	I
	緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎(A, B)	-	Ι	Ι	0	緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク (A, B)	-	-	0
	可搬型設備用軽油タンク基礎(西側)	I	I	I	0	可搬型設備用軽油タンク(西側)	I	I	0
	可搬型設備用軽油タンク基礎(南側)	I	I	I	0	可搬型設備用軽油タンク(南側)	I	I	0

耐震重要施設等に設置される主要設備一覧表

<u>第1表</u>

常設5A設備 : 常設師賽重要重大事故防止設備又は常設重大事故緩和設備 常設5A施設 : 常設師賽重要重大事故防止設備又は常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設 耐震 : 耐震重要拖設(津波防護施設,浸水防止設備,津波監視設備を除く) 津波 : 津波防護施設,浸水防止設備,津波監視設備

注1:常設重大事故等対処設備に対する津波防護施設、浸水防止設備、津波監視設備

		1	箫	<2 ⋕	IF	<u> </u>	1	1	1	I		1	1	<u>I</u>	1	箫。	r い神	1	<u>I</u>	1	I	
	名教	取水構造物	屋外二重管	貯留堰	防潮堤(鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁)	防潮堤(鉄筋コンクリート防潮壁)	防潮堤(鋼製防護壁)	鉄筋コンクリート防潮壁(放水路エリア)	常設代替高圧電源装置置場	常設代替高圧電源装置用カルバート (トンネル,立坑,カルバート)	代替淡水貯槽	常設低圧代替注水系ポンプ室	常設低圧代替注水系配管カルバート	緊急用海水ポンプピット	格納容器圧力逃がし装置用配管カルバート	緊急用海水取水管	SA用海水ピット	海水引込み管	SA用海水ピット取水塔	緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎 (A, B)	可搬型設備用軽油タンク基礎(西側)	
	<ul> <li>A:構造形状、周辺の地質構造等の条件が比較的単純であり、</li> <li>の条件が比較的単純であり、</li> <li>耐農評価上厳しい断面が定性</li> <li>的に定まるもの</li> </ul>							0	0	〇 (立坑、カルバート)	0	0	0	0			0		0	0	0	
融画運行の	B: 比較的長いトンネル又は鋼管であり、複数個所にて一次元 であり、複数個所にて一次元 波動論等による地震応答解析 を実施し、耐震評価上厳しい 断面を選定するもの									0 (トンネル)						0		0				
)基本方針	C: 構造形状、周辺の地質構造等 の条件から複数の断面を耐態 評価断面として整理し、耐震 評価上厳しい断面を選定する もの	0	0	0		0									0							-
	D: 複雑な設備構造、長大な設置 範囲であることを考慮し、 資 波荷重等も踏まえた総合的な 耐震評価、耐津波評価を行う もの				0		0															

第2表 屋外重要土木構造物等の断面選定の考え方

4条--別添6-4

第1図 全体配置図

- 2. 屋外重要土木構造物の耐震評価における断面選定の考え方
- 2.1 各施設の配置

本章では屋外重要土木構造物である,取水構造物,屋外二重管,常設代替 高圧電源装置置場及び常設代替高圧電源装置用カルバート,津波防護施設で ある防潮堤(放水路エリアを含む)及び貯留堰の断面選定の考え方を示す。

第2.1-1図に屋外重要土木構造物及び津波防護施設の平面配置図を示す。



第2.1-1図 屋外重要土木構造物及び津波防護施設の平面配置図

2.2 取水構造物の断面選定の考え方

取水構造物の平面図を第2.2-1図に,縦断面図を第2.2-2図に,横断面 図を第2.2-3図に示す。

取水構造物は、Sクラス機器である残留熱除去系海水ポンプ,非常用ディ ーゼル発電機用海水ポンプ等の間接支持機能を有する。取水構造物は非常用 取水設備であり,通水性能及び貯水性能が要求される。

取水構造物は, 延長約 56m, 幅約 43m, 高さ約 12m の鉄筋コンクリート造の地中構造物であり, 取水方向に対して複数の断面形状を示すが, 基本的には取水路は8連のラーメン構造にて, 取水ピットは5連のラーメン構造にて 構成され, 杭を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置される。

取水構造物の縦断方向(通水方向)は、加振方向と平行に配置される側壁 又は隔壁を耐震設計上見込むことができるため、強軸方向となる。一方、横 断方向(通水方向に対し直交する方向)は、通水機能を確保するため、加振 方向と平行に配置される構造部材が少ないことから、弱軸方向となる。

耐震評価では,構造の安全性に支配的な弱軸方向である横断方向を評価対 象の断面の方向とする。

取水路である8連のボックスカルバート構造の区間(以下,「取水路区 間」という。)においては, 頂版には取水方向に概ね規則的に開口が存在す る。このため, 耐震評価においては, 同区間の取水方向全長で開口を含めた 平均的な剛性及び上載荷重を考慮した断面を設定する。

取水構造物は,上述のとおり取水方向に対し複数の断面形状を示すこと, 杭による支持形式であることから,周辺の地質構造,隣接する構造物の状況 を踏まえ,杭への影響についても考慮し,上述の断面を含めた複数の断面を 耐震評価候補断面として整理し,耐震安全上最も厳しくなる断面にて基準地 震動 S<sub>s</sub>による耐震評価を実施する。

4条--別添6-7

なお,取水ピットである5連のボックスカルバート形状の区間(以下, 「取水ピット区間」という。)においては,循環水ポンプ,残留熱除去系海 水ポンプ等の非常用ポンプなどの重量物が設置される。このため,機器・配 管系を評価する床応答の観点から,機器への影響を踏まえ,開口を含めた平 均的な剛性及び上載荷重を考慮した断面を選定し,地震応答解析を実施す る。



第2.2-1 図 取水構造物 平面図


第2.2-2 図 取水構造物 縦断面図 (A-A断面)



第2.2-3(1) 図 取水構造物 横断面図(B-B断面:取水路)



第2.2-3(2)図 取水構造物 横断面図(C-C断面:取水ピット)

2.3 屋外二重管の断面選定の考え方

屋外二重管は、Sクラス機器である残留熱除去系海水系配管、非常用ディ ーゼル発電機用海水系配管等の間接支持機能を有する。

屋外二重管は,延長約215m,内径2.0m及び1.8mの2本の鋼管の地中構造物である。構造物直下には液状化検討対象層であるAs層,Ag1層及びAg2層が分布している。なお,指針改訂に伴う耐震裕度向上工事として,平成21年にAg2層を対象とした地盤改良を実施している。

設置許可基準規則第3条第1項への適合性の観点から,本構造物は杭等を 介して岩盤で支持する構造とする。

屋外二重管の平面図を第2.3-1図に,縦断面図を第2.3-2図に,横断図 を第2.3-3図に示す。

主な範囲においては,屋外二重管の直下に沈下防止を目的とした鋼製粱を 設置して,鋼管杭を介して岩盤で支持させる。また,原子炉建屋近傍で,移 設不可能な既設構造物(排気筒基礎等)や埋設物との干渉によって鋼管杭の 打設が困難な箇所については,屋外二重管直下を地盤改良(セメント固化工 法等)することにより補強する地盤に支持させる検討を行う。屋外二重管の 基礎構造概要図を第2.3-4 図に示す。

屋外二重管のうち二重管部分は管軸方向に対して一様の断面形状を示す線 状の構造物であり、横断方向(管周方向)が弱軸方向である。また、一般的 な地中埋設管路の設計では管軸方向が弱軸として設計されることを考慮し、 管軸方向断面についても評価対象とする。なお、延長上の複数箇所に可とう 管を設置することから、管軸方向の評価においては、可とう管の配置を踏ま えた検討を実施する。

屋外二重管の耐震評価では、上述の構造的特徴があること、周辺の地盤構 造、隣接する構造物の状況を踏まえ、可とう管及び杭基礎部分への影響につ

いても考慮し,耐震安全上最も厳しくなる断面にて基準地震動 S<sub>s</sub>による耐 震評価を実施する。

また,屋外二重管には残留熱除去系海水系配管,非常用ディーゼル発電機 用海水系配管等が設置されることから,これら配管系への影響も踏まえた断 面を選定し,地震応答解析を実施する。



第2.3-1 図 屋外二重管 平面図



第2.3-2図 屋外二重管 縦断面図 (A-A断面)



第2.3-3 図 屋外二重管 横断面図 (B-B断面)





第2.3-4(2) 基礎構造概要図(平面図)

2.4 貯留堰の断面選定の考え方

貯留堰の平面図を第2.4-1図に、断面図を第2.4-2図に示す。

貯留堰は非常用取水設備であり, 貯水性能が要求される。

貯留堰は,延長約110mの海底面から約2m突出した鋼管矢板を連結した構造物であり,取水口護岸に接続する。鋼管矢板は十分な支持性能を有する岩盤に直接設置される。

貯留堰の縦断方向(軸方向)は,加振方向に隣接する鋼管矢板を耐震設計 上見込むことができるため,強軸方向となる。一方,横断方向(軸方向に対 して直交する方向)は,加振方向に隣接する鋼管矢板がないことから,弱軸 方向となる。

貯留堰は,上述のとおり縦断方向に対し一様な設備形状であるが,鋼管矢板の周辺に第四系地盤が分布していることから,耐震評価では,周辺地盤の 影響が支配的と考えられる。

S-1 断面から,貯留堰の設置位置については,北に向かって堆積層の基底面が深くなっていることから,貯留堰の本体に着目した検討断面として, EW-2 断面を選定する。また,護岸との接続部については,北側の接続部に着目した検討断面として, EW-1 断面及び NS-1 断面を選定する。

今後,上述の断面を含めた複数の断面を耐震評価候補断面として整理し, 耐震安全上最も厳しくなる断面にて基準地震動S<sub>s</sub>による耐震評価を実施す る。



第2.4-1 図 貯留堰 平面図



第2.4-2(1)図 貯留堰 断面図(EW-1断面)



第2.4-2(2)図 貯留堰 断面図(EW-2断面)



第2.4-2(3) 図 貯留堰 断面図 (NS-1 断面)

2.5 防潮堤の断面選定の考え方

防潮堤の平面図を第2.5-1 図に示す。防潮堤は、鋼管杭鉄筋コンクリー ト防潮壁、鋼製防護壁及び鉄筋コンクリート防潮壁に区分され、総延長は約 2.3km, 天端高さはT.P.+20m(敷地前面東側)又はT.P+18m(敷地側面北 側及び敷地側面南側)からなる。以下に、それぞれの断面選定の考え方を示 す。



第2.5-1 図 防潮堤 平面図

2.5.1 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の平面図を第2.5-2図に,正面図 及び断 面図を第2.5-3図に,横断面図を第2.5-4~5図に示す。

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁は,延長約 2km,直径 2~2.5m の複数の鋼 管杭を鉄筋コンクリートで巻き立てた鉄筋コンクリート造の防潮壁を1つの ブロックとした構造物であり,鋼管杭を介して十分な支持性能を有する岩盤 に設置される。

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の縦断方向は,加振方向と平行に配置され る躯体及び杭基礎を耐震設計上見込むことができるため強軸方向となる。一 方,横断方向は,加振方向と平行に躯体及び杭基礎が配置されないことから, 弱軸方向となる。

耐震評価では、構造物の構造的特徴や周辺の地盤条件も考慮して、構造の 安全性に支配的な弱軸方向である横断方向の断面について、基準地震動 S<sub>s</sub> による耐震評価を実施する。

なお、鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁は敷地の全域に渡り設置することから、敷地の地質・地質構造の特徴や遡上津波の特性等を踏まえ、それらを網 羅的に考慮した検討断面を第2.5-1表、第2.5-6図、第2.5-2表、第2.5 -7図に基づき選定した(①断面~⑥断面)。



第2.5-2図 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁 平面図



第2.5-3 図 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁 正面図及び断面図



第2.5-4図 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁 横断面図(③断面)



第2.5-5図 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁 横断面図(⑥断面)

検討	地質的特徴	区間名	海今田山
断面		(防潮堤天端高さ)	进化 理田
くは④断面 もし	岩盤が傾斜す る。	岩盤傾斜区間	岩盤の傾斜角が最も大きい
		(T.P.+18m もしくは	箇所
		T.P.+20m)	
② 断 面	岩盤標高が低い (第四系の層厚 が厚い)	「区間	粘土層が最も厚く堆積する
		$I \bowtie [H]$	箇所(区間内で第四系の層
		(1. r. +10m)	厚はほぼ一定)
③ 断 面		Ⅱ区間 (T.P.+20m)	全区間で防潮壁の壁高さが
			最も高い箇所(全区間で津
			波荷重が最も大きい箇所)
⑤ 断 面		Ⅲ区間 (T.P.+20m)	当該区間で第四系の層厚が
	岩盤標高が高い		最も厚い箇所
	(第四系の層厚		
⑥ 断 面	が薄い) 更新統が存在す		当該区間で第四玄の屋頂が
		IV区間	
	る。	(T.P.+18m)	取 む/字 い 固 川
		、	

第2.5-1表 検討断面選定理由



第2.5-2表 区間別の第四系層厚

凡例	区間	鋼管杭径	第四系の層厚(岩盤の出現深さ)
	岩盤傾斜 区間	φ2,000 or φ2,500	薄い~厚い(傾斜)
	I 区間	φ2,000	一定の厚さで薄い(浅い)
	Ⅱ区間	φ2,500	一定の厚さで薄い(浅い)
	Ⅲ区間	φ2,500	一定の厚さで厚い(深い)
	IV区間	φ2,000	一定の厚さで厚い(深い)





第2.5-7 図 検討断面位置図

#### 2.5.2 鋼製防護壁

鋼製防護壁の平面図を第2.5-8 図に,正面図を第2.5-9 図に,断面図を 第2.5-10 図に示す。

鋼製防護壁は,幅約81m,高さ約17m,奥行約5mの鋼製の構造物であり, 幅約50mの取水構造物を横断し,取水構造物の側方の地中連続壁基礎を介し て十分な支持性能を有する岩盤に設置される。鋼製防護壁周辺の地盤は新第 三系の岩盤上面が南側から北側に傾斜し,その上部に第四系の地層が堆積し ているため,第四系の地層は北側で厚く分布している。

鋼製防護壁は,上部工では相対的に断面係数が大きい縦断方向が強軸方向 となる。一方,鋼製防護壁の基礎は取水構造物を挟んで南北に分離されてお り,平面形状が正方形であり,構造全体としての挙動を考慮すると縦断方向 を強軸方向とは見なせない。また,北側と南側で基礎の延長や地盤条件が異 なるため,複雑な挙動が考えられる。

耐震評価では、構造物の構造的特徴や周辺の地盤条件を考慮して、縦断方向1 断面及び南北基礎の横断方向(堤軸に対して直交する方向)2 断面について、基準地震動Ssによる耐震評価を実施する。



# 第2.5-8 図 鋼製防護壁 平面図



第2.5-9図 鋼製防護壁 正面図 (A-A断面)



第2.5-10(1)図 鋼製防護壁 断面図(B-B断面)



第2.5-10(2)図 鋼製防護壁 断面図(C-C断面)

2.5.3 鉄筋コンクリート防潮壁(放水路エリアを除く)

鉄筋コンクリート防潮壁(放水路エリアを除く)の平面図を第 2.5-11 図に、断面図を第 2.5-12 図に示す。

鉄筋コンクリート防潮壁は,幅11m~20m程度,高さ約22m,奥行約10mの 鉄筋コンクリート造の構造物であり,ブロック間は止水ジョイントを施した 構造である。鉄筋コンクリート防潮壁は,地中連続壁基礎を介して十分な支 持性能を有する岩盤に設置される。

鉄筋コンクリート防潮壁の縦断方向は,加振方向と平行に配置される躯体 を耐震設計上見込むことができるため強軸方向となる。横断方向(堤軸に対 して直交する方向)は,加振方向と平行に躯体が配置されないことから,弱 軸方向となる。一方,地中連続壁基礎に着目すると防潮堤の縦断方向は加振 方向と平行に配置される部材が少ないことから弱軸方向となる。

鉄筋コンクリート防潮壁周辺の地盤は新第三系の岩盤上面が南側から北側 に傾斜し,その上部に第四系の地層が堆積しているため,第四系の地層は北 側で厚く分布している。第四系の地層は,南側の東西方向では起伏に富み, 北側の東西方向はほぼ水平に層をなしている。

耐震評価では、構造物の構造的特徴や周辺の地盤条件を考慮して、上部工 については構造の安全性に支配的な弱軸方向である横断方向の4断面、基礎 部については構造の安全性に支配的な弱軸方向である縦断方向の4断面を耐 震評価候補断面として整理し、耐震安全上もっとも厳しくなる断面にて基準 地震動Ssによる耐震評価を実施する。

第2.5-11図 鉄筋コンクリート防潮壁 平面図



第2.5-12(1)図 鉄筋コンクリート防潮壁 断面図(D-D断面)



第2.5-12(2)図 鉄筋コンクリート防潮壁 断面図(E-E断面)



第2.5-12(3)図 鉄筋コンクリート防潮壁 断面図(F-F断面)

<sup>4</sup>条--別添6-30



第2.5-12(4)図 鉄筋コンクリート防潮壁 断面図(G-G断面)



第2.5-12(5)図 鉄筋コンクリート防潮壁 断面図(H-H断面)

4条一別添6-31







第2.5-12(7)図 鉄筋コンクリート防潮壁 断面図(J-J断面)



第2.5-12(8)図 鉄筋コンクリート防潮壁 断面図(K-K断面)

2.5.4 鉄筋コンクリート防潮壁(放水路エリア)

鉄筋コンクリート防潮壁のうち放水路横断部の平面図を第 2.5-13 図に, 断面図を第 2.5-14 図に示す。

鉄筋コンクリート防潮壁は,縦断方向約 20m,高さ約 17m,横断方向約 23m の鉄筋コンクリート造の構造物であり,放水路,地中連続壁基礎を介して十 分な支持性能を有する岩盤に設置される。

鉄筋コンクリート防潮壁の縦断方向では,防潮壁部は加振方向と平行に配置される躯体を耐震設計上見込むことができるため強軸方向となり,防水路部及び放水路ゲート部は加振方向と平行に躯体が配置されないことから,弱軸方向となる。

鉄筋コンクリート防潮壁周辺の第四系の地層はほぼ水平な層をなし, Ac 層 が厚く分布する。

耐震評価では、構造物の構造的特徴や周辺の地盤条件を考慮して、縦断方向2 断面及び横断方向1 断面について、基準地震動Ssによる耐震評価を実施する。縦断方向の断面位置は防潮壁部と放水路ゲート部に設定する。横断方向の断面位置は構造物の中心線位置とする。







第2.5-14(1)図 鉄筋コンクリート防潮壁(放水路エリア) 断面図(A-A断面)(防潮壁部)



第2.5-14(2)図 鉄筋コンクリート防潮壁(放水路エリア)断面図 (B-B断面)(放水路ゲート部)



第2.5-14(3)図 鉄筋コンクリート防潮壁(放水路エリア)断面図 (C-C断面)

2.6 常設代替高圧電源装置置場の断面選定の考え方

常設代替高圧電源装置置場の平面図を第2.6-1図に、断面図を第2.6-2図に示す。

常設代替高圧電源装置置場は常設重大事故等対処施設である常設代替高圧 電源装置等を内包すると共に,Sクラス施設である軽油貯蔵タンクを間接支 持する機能を有する。また,施設の下部を,常設代替高圧電源装置等である 西側淡水貯水設備として使用する。

常設代替高圧電源装置置場は,幅約46m(南北方向)×約56m(東西方 向),高さ約47mの多層ラーメン構造の鉄筋コンクリート造の地中構造物で あり,十分な支持性能を有する岩盤に直接設置される。

常設代替高圧電源装置置場では内包する常設代替高圧電源装置や間接支持 するSクラス施設が縦断方向(東西方向)に一様に設置されているため、機 器・配管の設置位置による影響を考慮する必要はない。

常設代替高圧電源装置置場の東西方向は加振と平行に配置される側壁又は 隔壁を耐震設計上見込むことが出来るため,強軸方向となる。一方,南北方 向は,設備の配置などから加振方向と平行に配置される構造部材が少ないこ とから弱軸方向となる。

常設代替高圧電源装置置場は,弱軸方向にほぼ一様な構造であること,周辺の地質構造は施設の縦断方向について一様であることから,耐震評価では,構造の安全性に支配的な弱軸方向である南北方向の断面を選定し,基準 地震動S<sub>s</sub>による耐震評価を実施する。



第2.6-1 図 常設代替高圧電源装置置場 平面図





第2.6-2(2)図 常設代替高圧電源装置置場 断面図(南北断面)

2.7 常設代替高圧電源装置用カルバートの断面選定の考え方

常設代替高圧電源装置用カルバートの平面図を第2.7-1図に示す。

常設代替高圧電源装置用カルバートは,鉄筋コンクリート造の地中構造物 であり,トンネル部,立坑部及びカルバート部に区分される。以下にそれぞ れの断面選定の考え方を示す。

第2.7-1図 常設代替高圧電源装置用カルバート 平面図

2.7.1 トンネル部

常設代替高圧電源装置用カルバートのうちトンネル部の縦断面図を第2.7 -2 図に,横断面図を第2.7-3 図に示す。

常設代替高圧電源装置用カルバート(トンネル部,立坑部,カルバート 部)は常設重大事故等対処施設である常設代替高圧電源装置電路等を内包す ると共に,Sクラス施設である軽油移送配管を間接支持する機能を有する。

トンネル部は,延長約150m,内径約5mの鉄筋コンクリート造の地中構造物であり,トンネルの軸方向(配管方向)に対して内空寸法が一様で,十分な支持性能を有する岩盤に設置される。トンネル部は全線にわたり一定区間でブロック割されている。

トンネルの縦断方向(軸方向)は、加振方向と平行に配置される側壁を耐 震設計上見込むことができるため、強軸方向となる。また、前述のとおりト ンネル部は全線にわたり一定区間でブロック割されており、トンネル縦断方 向の応力は区間毎に解放されると考えられる。縦断方向のブロック毎の相対 変位に対しては、岩盤に設置されているため小さいと考えられる。一方、横 断方向(軸方向に対し直交する方向)は、配管が一様に配置されるため、加 振方向と平行に配置される構造部材がないことから、弱軸方向となる。

トンネル部は、全長を岩盤に設置されており、周辺の地盤が構造物に与え る影響はどの断面でも大きな差はなく、上載荷重の影響が支配的であると考 えられることから、耐震評価では、構造の安全性に支配的な弱軸方向である 横断方向(配管方向と直交する断面)のうち、土被りが最も大きくなるA-A断面を選定し、基準地震動S<sub>s</sub>による耐震評価を実施する。なお、周辺地 質状況の相違による影響を確認するため、トンネル縦断方向における複数地 点にて一次元波動論における地震応答解析を実施し、トンネルの上端と下端 の相対変位を確認する。



第2.7-2図 常設代替高圧電源装置用カルバート(トンネル部)縦断面図



第2.7-3図 常設代替高圧電源装置用カルバート(トンネル部)横断面図

2.7.2 立坑部

常設代替高圧電源装置用カルバートのうち立坑部の断面図を第2.7-4図に示す。

立坑部は,幅約15m(東西方向)×約11m(南北方向),高さ約39mの多層 ラーメン構造の鉄筋コンクリート造の地中構造物であり,十分な支持性能を 有する岩盤に直接設置される。

立坑部は,角筒形の鉄筋コンクリート構造物であり,互いに直交する荷重 はそれぞれ異なる構造部材で受け持つ設計とすることから,耐震評価では, 立坑部の南北方向及び東西方向の2断面を選定し,基準地震動Ssによる耐 震評価を実施する。



第2.7-4(1)図 常設代替高圧電源装置用カルバート(立坑部)断面図 (東西断面)



第2.7-4(2)図 常設代替高圧電源装置用カルバート(立坑部)断面図 (南北断面)
2.7.3 カルバート部

常設代替高圧電源装置用カルバートのうちカルバート部の平面図を第2.7 -5 図に,断面図を第2.7-6 図に示す。

カルバート部は,延長約29m,内空幅約12m,内空高さ約3m及び延長約 6m,内空幅約2m,内空高さ約3mの鉄筋コンクリート造の地中構造物であ り,カルバートの軸方向(配管方向)に対して内空寸法がほぼ一様で,杭を 介して十分な支持性能を有する岩盤に設置される。

カルバートの縦断方向(軸方向)は、加振方向と平行に配置される側壁を 耐震設計上見込むことができるため、強軸方向となる。一方、横断方向(軸 方向に対し直交する方向)は、配管が一様に配置されるため、加振方向と平 行に配置される構造部材がないことから、弱軸方向となる。

耐震評価では、構造の安全性に支配的な弱軸方向である横断方向の断面 (配管方向と直交する断面)を選定し、基準地震動Ssによる耐震評価を実施する。



第2.7-5図 常設代替高圧電源装置用カルバート(カルバート部)平面図



第2.7-6 図 常設代替高圧電源装置用カルバート(カルバート部) 断面図(①-①'断面)

3. 常設重大事故等対処施設等の耐震評価における断面選定の考え方

3.1 各施設の配置

本章では常設重大事故等対処施設である,代替淡水貯槽,常設低圧代替注 水系ポンプ室,常設低圧代替注水系配管カルバート,緊急用海水ポンプピッ ト,格納容器圧力逃がし装置用配管カルバート,緊急用海水取水管,SA用 海水ピット,海水引込み管,SA用海水ピット取水塔,緊急時対策所用発電 機燃料油貯蔵タンク基礎及び可搬型設備用軽油タンク基礎の断面選定の考え 方を示す。各施設の平面配置図を第3.1-1 図に示す。

第3.1-1図 常設重大事故等対処施設の土木構造物 平面配置図

3.2 代替淡水貯槽の断面選定の考え方

代替淡水貯槽の平面図を第3.2-1図に、断面図を第3.2-2図に示す。

代替淡水貯槽は常設重大事故等対処施設である。

代替淡水貯槽は、内径約 20m、内空高さ約 22m の鉄筋コンクリート造の円 筒形の地中構造物であり、十分な支持性能を有する岩盤に直接設置される。

代替淡水貯槽は、円筒形の鉄筋コンクリート構造物であり、明確な弱軸方 向がないことから、東西及び南北方向の2断面を選定し、両者から得られた 地震力による断面力を組み合わせ、基準地震動Ssによる耐震評価を実施す る。

## 第3.2-1 図 代替淡水貯槽 平面図



第3.2-2(1) 図 代替淡水貯槽 断面図(東西断面)



第3.2-2(2) 図 代替淡水貯槽 断面図(南北断面)

3.3 常設低圧代替注水系ポンプ室の断面選定の考え方

常設低圧代替注水系ポンプ室の平面図を第3.3-1図に,断面図を第3.3-2図に示す。

常設低圧代替注水系ポンプ室は常設重大事故等対処施設であり,常設低圧 代替注水系ポンプ等を内包する。

常設低圧代替注水ポンプ室は,内空幅約11m(東西方向)×約7m(南北方 向),内空高さ約26mの多層ラーメン構造の鉄筋コンクリート造の地中構造 物であり,十分な支持性能を有する岩盤に直接設置される。また,代替淡水 貯槽と接続する配管を支持する内空幅約2m,内空高さ約2mの張出し部を2 箇所有する。

常設低圧代替注水系ポンプ室は,角筒形の鉄筋コンクリート構造物であ り,互いに直交する荷重はそれぞれ異なる構造部材で受け持つ設計とするこ とから,耐震評価では,常設低圧代替注水系ポンプ室の東西方向及び南北方 向の2断面を選定し,基準地震動Ssによる耐震評価を実施する。また,南 北断面においては,東西方向の幅で張出し部を含めた剛性及び上載荷重を考 慮する。







第3.3-2(1)図 常設低圧代替注水系ポンプ室 断面図(東西断面)

第3.3-2(2)図 常設低圧代替注水系ポンプ室 断面図(南北断面)

3.4 常設低圧代替注水系配管カルバートの断面選定の考え方

常設低圧代替注水系配管カルバートの平面図を第3.4-1図に,断面図を 第3.4-2図に示す。

常設低圧代替注水系配管カルバートは常設重大事故等対処施設であり、常設低圧代替注水系配管を内包する。

常設低圧代替注水系配管カルバートは,延長約22m,内空幅約2m,内空高 さ約2mの鉄筋コンクリート造の地中構造物であり,軸方向(配管方向)に 対して内空寸法が一様で,人工岩盤を介して十分な支持性能を有する岩盤に 設置される。

常設低圧代替注水系配管カルバートの縦断方向(軸方向)は,加振方向と 平行に配置される側壁を耐震設計上見込むことができるため,強軸方向とな る。一方,横断方向(軸方向に対し直交する方向)は,配管が配置されるた め,加振方向と平行に配置される構造部材がないことから,弱軸方向とな る。

常設低圧代替注水系配管カルバートは全区間同一断面であり、周辺地盤も 同じ構成であることから、耐震評価では、構造の安全性に支配的な弱軸方向 である横断方向の断面を選定し、基準地震動Ssによる耐震評価を実施す る。

第3.4-1図 常設低圧代替注水系配管カルバート 平面図



第3.4-2図 常設低圧代替注水系配管カルバート 断面図(東西断面)

## 4条--別添6-54

3.5 緊急用海水ポンプピットの断面選定の考え方

緊急用海水ポンプピットの平面図を第 3.5-1 図に, 断面図を第 3.5-2 図 に示す。

緊急用海水ポンプピットは常設重大事故等対処施設であり、緊急用

海水ポンプ等を内包する。

SA用海水ポンプピットは非常用取水設備であり,通水性能及び貯水性能が要求される。

緊急用海水ポンプピットは,幅約 12m (東西方向)×約 12m (南北方向), 高さ約 36m の多層ラーメン構造の鉄筋コンクリート造の地中構造物であり, 十分な支持性能を有する岩盤に直接設置される。また,原子炉建屋内へ接続 する配管を間接支持する内空幅約 3m,内空高さ約 2m の張出し部を有する。

緊急用海水ポンプピットは,角筒形の鉄筋コンクリート構造物であり,互 いに直交する荷重はそれぞれ異なる構造部材で受け持つ設計とすることか ら,耐震評価では,緊急用海水ポンプピットの東西方向及び南北方向の2断 面を選定し,基準地震動Ssによる耐震評価を実施する。また,東西断面に おいては,南北方向の幅で張出し部を含めた剛性及び上載荷重を考慮する。



第3.5-1図 緊急用海水ポンプピット 平面図



第3.5-2(1)図 緊急用海水ポンプピット 断面図(東西断面)



第3.5-2(2)図 緊急用海水ポンプピット 断面図(南北断面)

3.6 格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの断面選定の考え方

格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの平面図を第3.6-1 図に,縦 断面図を第3.6-2 図に,横断面図を第3.6-3 図に示す。

格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートは常設重大事故等対処施設であ り,格納容器圧力逃がし装置用配管を内包する。

格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートは,延長約37m,内空幅約3m (一部約5m及び約9m),内空高さ約8mの鉄筋コンクリート造の地中構造物 であり,人工岩盤を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置される。

格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートの縦断方向(軸方向)は,加振 方向と平行に配置される側壁を耐震設計上見込むことができるため,強軸方 向となる。一方,横断方向(軸方向に対し直交する方向)は,配管が一様に 配置されるため,加振方向と平行に配置される構造部材が少ないことから, 弱軸方向となる。

格納容器圧力逃がし装置用配管カルバート周辺の地質構造は縦断方向に対 して一様であるが,格納容器圧力逃がし装置用配管カルバートは縦断方向に 対して複数の断面形状を示すことから,上述の断面を含めた複数の断面を耐 震評価候補断面として整理し,耐震安全上最も厳しくなる断面にて基準地震 動S<sub>s</sub>による耐震評価を実施する。 第3.6-1図 格納容器圧力逃がし装置用配管カルバート 平面図

第3.6-2図 格納容器圧力逃がし装置用配管カルバート 縦断面図

(A-A断面)



第3.6-3(1)図 格納容器圧力逃がし装置用配管カルバート 横断面図 (B-B断面)



第3.6-3(2)図 格納容器圧力逃がし装置用配管カルバート 横断面図 (C-C断面)

3.7 緊急用海水取水管の断面選定の考え方

緊急用海水取水管の平面図を第3.7-1図に,縦断面図を第3.7-2図に,横断面図を第3.7-3図に示す。

緊急用海水取水管は常設重大事故等対処施設である。また,非常用取水 設備であり,通水性能が要求される。

緊急用海水取水管は、SA用海水ピットと緊急用海水ポンプピットを接続する延長約168mで内径1.2mの鋼管の地中構造物であり、十分な支持性能を有する岩盤に設置される。

緊急用海水取水管は管軸方向に対して一様の断面形状を示す線状の構造 物であり、横断方向(管周方向)が弱軸方向である。また、一般的な地中 埋設管路の設計では管軸方向を弱軸として設計されることを考慮し、管軸 方向断面についても評価対象断面とする。なお、延長上の複数箇所に可と う管を設置することから、管軸方向の評価においては、可とう管の配置を 踏まえた検討を実施する。

緊急用海水取水管は,全長を岩盤に設置されており,周辺の地盤が構造 物に与える影響はどの断面でも大きな差はなく,上載荷重の影響が支配的 であると考えられることから,耐震評価では,構造の安全性に支配的な弱 軸方向である横断方向のうち,土被りが最も大きくなるA-A断面を選定 し,基準地震動S<sub>s</sub>による耐震評価を実施する。

なお,周辺地質状況の相違による影響を確認するため,管軸方向におけ る複数地点にて一次元波動論における地震応答解析を実施し,管路の上端 と下端の相対変位を確認する。





第3.7-2図 緊急用海水取水管 縦断面図



第3.7-3 図 緊急用海水取水管 横断面図 (A-A断面)

3.8 SA用海水ピットの断面選定の考え方

SA用海水ピットの平面図を第3.8-1図に、断面図を第3.8-2図に示す。

SA用海水ピットは常設重大事故等対処施設である。また,非常用取水設備であり,通水性能及び貯水性能が要求される。

SA用海水ピットは、内径約10m、内空高さ約28mの円筒形の鉄筋コンク リート造の地中構造物であり、十分な支持性能を有する岩盤に直接設置され る。また、SA用海水ピットは、十分な支持性能を有する地盤内で海水引込 み管及び緊急用海水取水管が接続する構造で、双方の管路はSA用海水ピッ トへ直交して接続される。

SA用海水ピットは、円筒形の鉄筋コンクリート構造物であり、明確な弱 軸方向がないことから、SA用海水ピットに接続する海水引込み管及び緊急 用海水取水管に着目し、直交する両管路の縦断方向の2断面を選定し、両者 から得られた地震力による断面力を組み合わせ、基準地震動Ssによる耐震 評価を実施する。

## 第3.8-1図 SA用海水ピット 平面図



第3.8-2(1)図 SA用海水ピット 断面図(①-①断面)



第3.8-2(2)図 SA用海水ピット 断面図(2-2)断面)

3.9 海水引込み管の断面選定の考え方

海水引込み管の平面図を第3.9-1図に,縦断面図を第3.9-2図に,横断 面図を第3.9-3図に示す。

海水引込み管は常設重大事故等対処施設である。また,非常用取水設備で あり,通水性能が要求される。

海水引込み管は、SA用海水ピット取水塔とSA用海水ピットを接続する 延長約 154m, 内径 1.2m の鋼管の地中構造物であり、十分な支持性能を有する 岩盤に設置される。

海水引込み管は管軸方向に対して一様の断面形状を示す線状の構造物であ り、横断方向(管周方向)が弱軸方向である。また、一般的な地中埋設管路 の設計では管軸方向を弱軸として設計されることを考慮し、管軸方向断面に ついても評価対象断面とする。なお、延長上の複数箇所に可とう管を設置す ることから、管軸方向の評価においては、可とう管の配置を踏まえた検討を 実施する。

海水引込み管は、全長とも岩盤に設置されており、周辺の地盤が構造物に 与える影響はどの断面でも大きな差はなく、上載荷重の影響が支配的である と考えられることから、耐震評価では、構造の安全性に支配的な弱軸方向で ある横断方向のうち、土被りが最も大きくなるA-A断面を選定し、基準地 震動S<sub>5</sub>による耐震評価を実施する。

なお,周辺地質状況の相違による影響を確認するため,管軸方向における 複数地点にて一次元波動論における地震応答解析を実施し,管路の上端と下 端の相対変位を確認する。



第3.9-1図 海水引込み管 平面図



第3.9-2図 海水引込み管 縦断面図



第3.9-3 図 海水引込み管 横断面図 (A-A断面)

## 4条一別添6-68

3.10 SA用海水ピット取水塔の断面選定の考え方

SA用海水ピット取水塔の平面図を第3.10-1図に,断面図を第3.10-2 図に示す。

SA用海水ピット取水塔は常設重大事故等対処施設である。また,非常用 取水設備であり,通水性能が要求される。

SA用海水ピット取水塔は、内径約4m、内空高さ約18mの円筒形の鉄筋コ ンクリート造の地中構造物であり、十分な支持性能を有する岩盤に直接設置 される。また、SA用海水ピット取水塔は、十分な支持性能を有する地盤内 で海水引込み管が接続する構造で、管路はSA用海水ピット取水塔へ直交し て接続される。

SA用海水ピット取水塔は、円筒形の鉄筋コンクリート構造物であり明確 な弱軸方向がないことから、SA用海水ピット取水塔に接続される海水引込 み管に着目し、海水引込み管を縦断する断面とこれに直交する断面の2断面 を選定し、両者から得られた地震力による断面力を組み合わせ、基準地震動 S<sub>s</sub>による耐震評価を実施する。



第3.10-1図 SA用海水ピット取水塔 平面図







第3.10-2(2)図 SA用海水ピット取水塔 断面図(②-②断面)

4条--別添6-70

3.11 緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎及び可搬型設備用軽油タン

ク基礎

緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎の平面図を第3.11-1図に, 断面図を第3.11-2図に示す。また,可搬型設備用軽油タンク基礎の平面図 を第3.11-3図に,断面図を第3.11-4図に示す。

緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎及び可搬型設備用軽油タンク 基礎はいずれも常設重大事故等対処施設であり,対応するタンク(緊急時対 策所用発電機燃料油貯蔵タンク及び可搬型設備用軽油タンク)を内包する。

緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎は内空幅約9m(タンク軸方 向)×約5m(タンク横断方向),内空高さ約4m,可搬型設備用軽油タンク基 礎は内空幅約11m(タンク軸方向)×約13m(タンク横断方向),内空高さ約 4mの鉄筋コンクリート造の地中構造物であり,杭を介して十分な支持性能を 有する岩盤に設置される。

緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎及び可搬型設備用軽油タンク 基礎はいずれも比較的単純な箱型構造物であり,縦断方向(タンクの軸方 向)にほぼ一様な断面である。

緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎及び可搬型設備用軽油タンク 基礎はいずれも内包するタンクが縦断方向に一様に設置されているため,機 器・配管の設置位置による影響を考慮する必要はない。

緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎及び可搬型設備用軽油タンク 基礎の縦断方向は、加振方向と平行に配置される側壁又は隔壁を耐震設計上 見込むことができるため、強軸方向となる。一方、横断方向(タンクの軸方 向に対し直交する方向)は、タンクを格納するため、加振方向と平行に配置 される構造部材がないことから、弱軸方向となる。

耐震評価では、構造の安全性に支配的な弱軸方向である横断方向(タンク

4条一別添6-71

の軸方向に対し直交する方向)の断面を選定し,基準地震動 S<sub>s</sub>による耐震 評価を実施する。



第3.11-1図 緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎 平面図



第3.11-2図 緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎 断面図



第3.11-3図 可搬型設備用軽油タンク基礎 平面図



第3.11-4(1)図 可搬型設備用軽油タンク基礎(西側) 断面図

<sup>4</sup>条--別添6-74



第3.11-4図(2) 可搬型設備用軽油タンク基礎(南側) 断面図

別添-7

## 東海第二発電所

# 主要建屋の構造概要について (耐震)

#### 主要建屋の構造概要について

1. はじめに

本資料は,東海第二発電所の既工認の認可を受けた主要建屋のうち,耐震 重要施設及びその間接支持構造物,常設耐震重要重大事故防止設備又は常設 重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設並びにこれらの施設への 波及的影響防止のために評価を実施する建屋の構造と評価概要について纏め たものである。

なお、新設建屋については、工事計画認可申請図書にて記載する。

(1) 原子炉建屋

原子炉建屋は,地上6階,地下2階建で,平面が約67m(南北方向)×約67m(東西方向)の鉄筋コンクリート造(一部鉄骨造)の建物である。

最下階床面からの高さは約68mで地上高さは約56mである。

建物中央部には一次格納容器を囲む円型の一次遮蔽壁があり,その外側に 二次格納施設である原子炉建屋(以下,「原子炉棟」という。)の外壁及び 原子炉建屋付属棟(以下,「付属棟」という。)の外壁がある。

これらは原子炉建屋の主要な耐震壁を構成している。

これらの耐震壁間を床が一体に連絡し、全体として剛な構造としている。

原子炉建屋の基礎は,平面が約67m(南北方向)×約67m(東西方 向),厚さ約5mのべた基礎で,人工岩盤を介して,砂質泥岩である久米層 に岩着している。

二次格納施設である原子炉棟は耐震重要度分類Sクラスであり,弾性設計 用地震動S<sub>d</sub>による地震力又はSクラスに適用される静的地震力いずれか大 きい方の地震力に対しておおむね弾性状態に留まる範囲で耐えられる設計と する。また,基準地震動S<sub>s</sub>に対しては,安全機能が保持できるように設計

### 4条--別添7-2

する。付属棟は耐震重要度分類Sクラスの設備の間接支持構造物であり、基準地震動Ssに対して、安全機能が保持できるように設計する。

(2) 使用済燃料乾式貯蔵建屋

使用済燃料乾式貯蔵建屋は,地上1階建で平面が約52m(南北方向)×約 24m(東西方向)の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)の建物であり,適切に配置された耐震壁で構成された剛な構造とし ている。

使用済燃料乾式貯蔵建屋の基礎は,平面が約60m(南北方向)×約33m (東西方向),厚さ約2.5m(一部約2.0m)で,鋼管杭を介して,砂質泥 岩である久米層に岩着している。

使用済燃料乾式貯蔵建屋は耐震重要度分類Cクラスの建屋であるが、基礎は、Sクラスの使用済燃料乾式貯蔵容器の間接支持構造物に該当するため、 基準地震動Ssに対して、安全機能が保持できるように設計する。

(3) タービン建屋

タービン建屋は,地上2階,地下1階建で,平面が約70m(南北方向) ×約105m(東西方向)の鉄筋コンクリート造(一部鉄骨造)の建物であ り,適切に配置された耐震壁で構成された剛な構造としている。

タービン建屋の基礎は、平面が約70m(南北方向)×約105m(東西方 向)、厚さ約1.9mで、杭及びケーソンを介して、砂質泥岩である久米層に 岩着している。

タービン建屋は耐震重要度分類Cクラスの建屋ではあるが, Bクラスの機 器を内包しているためBクラスに適用される静的地震力に対しておおむね弾 性状態に留まる範囲で耐えられるように設計されている。タービン建屋は原 子炉建屋に隣接しているため, 原子炉建屋への波及的影響評価を行う。

### 4条一別添7-3

(4) 廃棄物処理建屋

廃棄物処理建屋は,地上4階,地下3階建で,平面は約41m(南北方向) ×約69m(東西方向)の鉄筋コンクリート造の建物であり,適切に配置され た耐震壁で構成された剛な構造としている。

廃棄物処理建屋の基礎は、平面が約41 m(南北方向)×約69 m(東西方 向)、厚さ約2.5 mのべた基礎で、人工岩盤を介して、砂質泥岩である久米 層に岩着している。

廃棄物処理建屋は耐震重要度分類Cクラスの建屋ではあるが、Bクラスの 機器を内包しているためBクラスに適用される静的地震力に対しておおむね 弾性状態に留まる範囲で耐えられるように設計されている。廃棄物処理建屋 は原子炉建屋に隣接しているため、原子炉建屋への波及的影響評価を行う。

(5) サービス建屋

サービス建屋は,地上3階建で平面が約40m(南北方向)×約33m(東 西方向)の鉄筋コンクリート造(一部鉄骨造)の建物である。

サービス建屋の基礎は,鉄筋コンクリート杭を介して,一部を除いて砂質 泥岩である久米層に岩着している。

サービス建屋は耐震重要度分類Cクラスの建屋であり,原子炉建屋に隣接 しているため,原子炉建屋への波及的影響評価を行う。

主要建屋の配置図を第1-1図に示す。また,各建屋の概略平面図及び断面図を第1-2図~第1-11図に示す。

第1-1図 主要建屋の配置図
# 第1-2図 原子炉建屋 概略平面図



第1-3図 原子炉建屋 断面図

# 第1-4 図 使用済燃料乾式貯蔵建屋 概略平面図

第1-5図 使用済燃料乾式貯蔵建屋 断面図

第1-6図 タービン建屋 概略平面図

第1-7図 タービン建屋 断面図

第1-8回 廃棄物処理建屋 概略平面図

第1-9図 廃棄物処理建屋 断面図

4条--別添7-11

第1-10図 サービス建屋 概略平面図

第1-11図 サービス建屋 断面図

ダイヤフラム・フロアの耐震クラスについて

ダイヤフラム・フロアの構造概要図を第1図に,ダイヤフラム・フロアの各 部材の耐震クラスを第1表に示す。ダイヤフラム・フロアは原子炉格納容器内 のドライウェルとウェットウェルとを区分する圧力低減設備としての機能を有 するため,全ての構造部材は耐震Sクラスとなる。



第1図 ダイヤフラム・フロア構造概要図

第1表 ダイヤフラム・フロアの耐震クラス

構造部材	耐震クラス
鉄骨梁	Sクラス
構造用スラブ	
断熱層(コンクリート)	
シヤーコネクタ(スタッド)	
柱	

別添-8

# 東海第二発電所

# 地震応答解析に用いる地質断面図の作成例及び 地盤の速度構造 (耐震)

地震応答解析に用いる地質断面図の作成例及び地盤の速度構造

1. 地質断面図

地震応答解析に用いる地質断面図は,評価対象地点近傍のボーリング調 査等の結果に基づき,岩盤,堆積物及び埋戻土の分布を設定し作成する。 第1-1 図に敷地内で実施したボーリング調査位置図を示す。

代表例として,第1-1図に示す断面位置の地質断面図を第1-2図及び 第1-3図に示す。

第1-1図 ボーリング調査位置図



1-2図 地質断面図 (Ew 断面)

箫

# 4条一別添8-4





- 2. 地盤の速度構造
- 2.1 入力地震動策定に用いる地下構造モデル

入力地震動の策定に用いる地下構造モデルについては,評価対象地点の 地層構成に基づき,解放基盤表面(EL.-370 m)から解析モデル入力位置 までをモデル化する。地下構造モデルの概要を第2-1表に示す。なお,本 モデルに適用する新第三系(Km 層)の地盤物性の詳細については,「添付書 類六 1. 地盤」に示す。

地層	新第三系 (Km層)	基盤
標高	解析モデル入力位置 ~ EL370 m	EL370 m以深
P波速度 Vp (m/s)	$Vp = Vs \sqrt{\frac{2(1 - \nu_d)}{1 - 2\nu_d}}$	1988 (z=-370m)
S波速度 Vs (m/s)	Vs=433-0.771・z z:標高(m)	718 (z=-370m)
動ポアソン比 v <sub>d</sub>	ν <sub>d</sub> =0.463+1.03×10 <sup>-4</sup> ・z z:標高(m)	0.425 (z=-370m)
密度 ρ (g/cm <sup>3</sup> )	ρ=1.72-1.03×10 <sup>-4</sup> ・z z:標高(m)	1.76 (z=-370m)
せん断剛性の ひずみ依存性 G/G <sub>0</sub> ~γ	<u>1</u> 1+107γ <sup>0.824</sup> γ:せん断ひずみ(一)	_
減衰定数 h~ γ	γ (4.41γ+0.0494) +0.0184 γ : せん断ひずみ (-)	0.03

第2-1表 入力地震動の策定に用いる地下構造モデル

2.2 地震応答解析に用いる浅部地盤の解析モデル

「1. 地質断面図 第1-1 図」に示すボーリング孔を利用して実施した PS 険層の結果から設定した,地層ごとの P 波速度及び S 波速度を第2-2表 に示す。

地震応答解析に用いる浅部地盤の解析モデルの作成に当たっては、「1. 地質断面図」において作成した地質図を基に、浅部地盤の速度構造を適切 に反映できる深度までモデル化する。

	李函		平均	匀值	平均有効主応力依存式 Vs=A×(σ'm) <sup>0.25</sup>
	地層		Vs (m/s)	Vp (m/s)	係数A
		不飽和	910	482	82.860
	du)皆	飽和	210	1,850	82.241
	۸ <i>"</i> 9 🖂	不飽和	240	446	71.527
	Ag2)官	飽和	240	1,801	78.772
	Ac層	飽和	163-1.54 • z	1,240-1.93 • z	58.062
	As層	飽和	211-1.19 • z	1,360-1.78 • z	65.101
第四系	Ag1層	飽和	350	1,950	82.698
	D2c-3層	飽和	270	1,770	78.156
	D2s-3層	飽和	360	1,400	104. 425
	D2g-3層	飽和	500	1,879	136.169
	1m層	不飽和	130	1,160	40.950
	D1c-1層	飽和	280	1,730	_
	D1~_1 屋	不飽和	200	903	110. 636
	D18-1唱	飽和	290	1,757	107.033
新第三系	Km層	飽和	433-0. 771 • z	1,650-0.910 • z	_

第2-2表 PS 検層結果

z:標高 (m)

σ'm: 平均有効主応力(kN/m<sup>2</sup>)

"A:最小二乗法の回帰係数

別紙-1

# 東海第二発電所

# 既工認との手法の相違点の整理について (設置変更許可申請段階での整理) (耐震)

1. はじめに

本資料は,設置変更許可審査段階におけるプラントの耐震成立性確認を目 的として,今後提出する東海第二発電所の補正工認(以下「今回工認」とい う。)で採用する予定の評価手法のうち,当該発電所の既工認(以下「既工 認」という。)の評価手法と相違があり,他社のプラントの既工認(以下「他 プラント既工認」という。)で採用実績のないものを網羅的に整理する方針 について示すものである。

なお,原子炉建屋における今回工認の応答加速度と建設工認時との応答加 速度等の比較について,添付1に示す。

- 2. 整理方針
  - (1) 整理対象

プラントの耐震成立性を確認するための重要な耐震Sクラス設備,耐震 Sクラス設備に波及的影響を及ぼすおそれのある設備及び耐震Sクラス設 備を支持する施設を対象とする。ただし,波及的影響を及ぼすおそれのあ る設備については,既工認で耐震計算書を有するクレーン類を対象とする。 (2) 整理方針

既工認の手法と今回工認の手法の差異を整理するとともに,他プラント 既工認での採用実績の有無を整理する。これらから,既工認又は他プラン ト既工認での採用実績がないものを抽出する。

さらに、東海第二発電所は、原子力発電所耐震設計技術指針JEAG 4601-1987 等の規格基準制定前に建設されたプラントであることを踏まえ、 既工認の手法と今回工認の手法に相違が無くても、規格基準に沿った手法 で耐震評価がされているかを確認する。なお抽出された設備において、他 プラント既工認での適用実績がない場合は、適用例のない手法として整理

する。

(3) 既工認の手法と今回工認の手法の相違点の整理フロー

既工認の手法と今回工認の手法の相違点の整理フローについて,第1図 に示すとともに,整理フローの検討内容を下記に示す。

a. 既工認と今回工認との比較のための整理

整理対象として抽出した設備について,既工認と今回工認時との比較を 行うために,解析手法,解析モデル,減衰定数及びその他(評価条件の変 更等)に対して,既工認の手法及び今回工認の手法について設備ごとに内 容を整理する。

b. 既工認と今回工認との整理結果から適用例の無い手法の抽出

a. にて整理した結果に対して,既工認の手法と今回工認の手法について以下項目における相違の有無を確認する。

(a) 解析手法

解析種別として応答解析及び応力解析に適用する解析手法に対して, 時刻歴解析,スペクトルモーダル解析,公式等による評価等の相違の 有無を確認する。

(b) 解析モデル

解析種別として応答解析及び応力解析に適用する解析モデルに対し て,1質点系モデル,多質点系モデル,FEMモデル等の相違の有無 を確認する。

(c) 減衰定数

解析種別として応答解析及び応力解析に適用する減衰定数に対して, 相違の有無を確認する。

(d) その他(評価条件の変更等)

(a) ~ (c) 以外の評価条件の変更について相違の有無を確認する。

相違が有れば,他プラントの既工認での適用実績の確認を行う。適用実 績の確認は,基本は他プラント既工認での同等設備での確認とするが,同 等設備での適用実績がない場合は,その参照した設備を整理した上で,適 用実績が無い場合は,適用例の無い手法として整理する。他プラントの既 工認での適用実績が有る場合において,東海第二発電所として適用性を確 認することとし,適用性に際して特に留意すべき設備については,添付2 にて個別に整理する。

c. 規格基準に沿った手法であることの確認

既工認の手法と今回工認の手法とに相違が無いことが確認された場合に おいても、今回工認の手法が既往工認で適用実績がある規格基準に沿った 手法であることを確認する。

規格基準に沿った手法でない場合においては,②の手順に従って適用例 の無い手法として整理するかを判断する。



第1図 既工認の手法と今回工認の手法の相違点の整理フロー

3. 既工認の手法と今回工認の手法の相違点の整理結果

第1図の相違点の整理フローに基づき,既工認の手法と今回工認の手法の 比較を行うために,解析手法,解析モデル,減衰定数及びその他(評価条件 の変更等)の相違点について,設備ごとに整理した。整理した結果として建 物・構築物を別表1に,屋外重要土木構造物を別表2に,機器・配管系を別 表3に示す。

既工認の手法と今回工認の手法に相違が有ったものについては,建物・構築物,屋外重要土木構造物,機器・配管系ごとにその適用性等を以下別紙に て示す。

【建物・構築物】

- 別紙-2 原子炉建屋の地震応答解析モデルについて
- 別紙-3 原子炉建屋屋根トラス評価モデルへの弾塑性解析の適用について
- 別紙-9 使用済燃料乾式貯蔵建屋の評価方針について

【屋外重要土木構造物】

別紙-4 土木構造物の解析手法及び解析モデルの精緻化について

【機器・配管系】

別紙-5 機器・配管系における手法の変更点について

上記の結果,建物・構築物及び屋外重要土木構造物については,既工認の 手法と今回工認の手法との比較において全ての施設に対して相違有り(既工 認と異なる手法)と整理された。

一方で機器・配管系の一部施設については,既工認の手法と今回工認の手法との比較において相違無し(既工認と同じ手法)と整理された。このため, 既工認と同じ手法を用いると整理された当該施設に対して,JEAG 4601-1987 等の制定前に建設されたプラントであることを踏まえ,4.項にて 規格基準に沿った手法かの確認を行う。

今回工認の手法が既工認と同じ手法を用いる施設に対する規格基準に沿った手法かの確認

機器・配管系において、今回工認の手法が既工認と同じ手法を用いると整 理された施設に対して、規格基準に沿った手法であることの確認を第 4-1 表に記載するとともに、以下のとおり整理した。

(1) 原子炉圧力容器スタビライザ

評価に用いる手法は,大型機器系連成解析モデルを用いた地震応答解析 結果から得られる原子炉圧力容器スタビライザの各部材に発生する荷重に 対して,荷重が受け持つ部材の断面積から応力を算出する一般的な材料力 学の計算式であり,許認可実績を有する手法である。

(2) 建設工認以降に設置又は取り替えた設備

建設以降に設置又は取り替えた設備として、使用済燃料貯蔵ラック、使 用済燃料乾式貯蔵容器及び放射線モニタについては、設置又は取替時の工 事計画認可申請において、JEAG4601-1987等に基づく耐震計算を実施 しており、今回工認でも同様の評価を実施する計画である。

(3) ポンプ,タンク類の一般機器

ポンプ,タンク類の一般機器については,既工認ではJEAG4601-1987 等に則っていない計算式にて応力算出を実施していたが、今回工認におい ては,各構造タイプに応じてJEAG4601-1987等に基づく規格基準に従 った手法で評価を実施する。

以上のとおり,機器・配管系における評価対象設備において規格基準に沿 った手法の適用等の採用により,適用例のない手法と整理されるものが無い ことが確認できた。

5. まとめ

設置変更許可審査段階における既工認との手法の相違点の検討として、東

海第二発電所の今回工認で採用する予定の評価手法において,他プラント既 工認で採用実績を有する手法を採用すること,また現行の規格基準に沿った 手法を採用することを確認した。

4.項 の項目	規格基準に沿った手法 であるのか等の確認	対象設備
(1)	荷重が受け持つ部材の断面積から応 力を算出する一般的な材料力学の計 算式であり,許認可実績を有する手 法で評価を実施する。	原子炉圧力容器スタビライザ
(2)	既工認の手法が,設置又は取替によりJEAG4601-1987 等に従った手法で実施しているため,今回工認においても同様の手法で評価を実施する。	使用済燃料貯蔵ラック 使用済燃料乾式貯蔵容器 放射線モニタ
(3)	<ul> <li>         既工認は,独自の規格計算式により 評価を実施していが,今回工認においてはJEAG4601-1987のその他 機器(ポンプ,ブロワ類)の評価法に基づき評価を実施する。     </li> <li>         既工認は,独自の規格計算式により 評価を実施していが,今回工認においてはJEAG4601-1987の平底たて置円筒形の評価法に基づき評価を実施する。     </li> </ul>	原子炉隔離時冷却系ポンプ 原子炉隔離時冷却系ポンプ駆動用ター ビン 残留熱除去系海水系ストレーナ 非常用ディーゼル発電機用海水ストレ ーナ 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機 用海水ストレーナ ほう酸水注入ポンプ 放射線モニタ 中央制御室換気系送風機 中央制御室換気系ブィルタユニット 非常用ガス再循環系排風機 非常用ガス再循環系フィルタトレイン 非常用ガス処理系フィルタトレイン 非常用ガス処理系フィルタトレイン 再結合装置 ディーゼル機関 発電機 その他電源装置 (交流電源装置,蓄電池) ほう酸水貯蔵タンク
	既工認は,独自の規格計算式により 評価を実施していが,今回工認にお いてはJEAG4601-1987の電気計 装機器の構造健全性評価法に基づき 評価を実施する。	電気盤 (ベンチ盤,直立盤,現場盤)

第4-1表 機器・配管系における今回工認に用いる手法の適用性の整理

### 別表1 既設DB施設の耐震評価条件整理一覧表(建物・構築物)

(※1) 共通適用あり:規格・基準類等に基づきプラントの仕様等によらず適用性が確認されたプラント共通の適用例がある手法 個別適用例あり:プラント個別に適用性が確認されたプラント個別の適用例がある手法

								既工認と今回工認時との比較										他プラントを含めた既工認での	の適用例	
		(公式等に。	ころ評価, ジ	解析ヨ スペクトル	手法 モーダル解析,時刻歴解析他)		角军	析モデル			減衰定数			その他 (評価条件の)	<u>1</u> 変更等)	備考	考 比較した自 (※1) の: 非通適用例あり 口: 傾別適用例あり ス: 適用例なし 本照した設備			既工認と今回工認の手法 減衰定数の実績 に相違
	評価対象設備	O:同じ		1	相違內容	〇:同じ		相 違 内 容	〇:同じ		相違	内容	〇:同じ	相	直違内 容	(左欄にて比較した目 プラント既工認)	<ul> <li>(※1)</li> <li>○:共通適用例あり</li> <li>□:個別適用例あり</li> </ul>	内容	参照した設備名称	<ul> <li>○:構造上の差異なし</li> <li>×:構造上の差異あり</li> <li>(適用可能であることの)</li> <li>○:相違なし</li> </ul>
		●:異なる -:該当なし	工認	解析種別	内容	●:異なる -:該当なし	工認 解析種別 方向	内 容	● : 異なる - : 該当なし	工認	解析種別 方向	内 容	●:異なる -:該当なし	工認	内 容		×:適用例なし			理由も記載)
			既工認	応答解析	時刻歷応答解析		既工認 応答解析 -	【建屋モデル】 水平:1軸多賀点系モデル 鉛直:応答解析を実施せず 【相互作用】 SRモデル 〇水平方向 基礎底面:Tinoshenko, Barkan等の式に基づき底 面ばね(水平,回転)を評価		既工認	水平 応答解析	コンクリート: 5% 基礎底面ばね: 5%		既工認	・線形解析		(解析手法)	(解析手法) 時刻歴応客解析は、高浜3,4号機工認で共 通適用例のある手法		
原子炉建屋	耐藥壁	0	今回工認	応答解析	時刻歷応答解析	•	今回工認 応答解析 水平 鉛直	【建物モデル】 ホ平:1軸多質点系モデル 約面:1軸多質点系モデル 【相互作用】 理込みSRモデル 〇水平方向 側面:NOVAKの側面ばね(水平)を近似法に より評価 基礎底面:振動アドミッタンス理論に基づき底面 ゴね(水平,回転)を近似法により評価 S基礎底面:振動アドミッタンス理論に基づき底面 ゴ(ね(鉛直)を近似法により評価	•	今回工誌	8 応答解析 6 応答解析	コンクリート:5% 側面ばね:NOVAKば ねに基づきJEAC4601 1991の近似法で評価 基礎底面はね:振動アド ミックンス理論に基づ き、JEAC4601-1991の 近似法で評価	•	今回工認	・非線形解析 (復元力特性を設定)	建設工認第1回 添付書類Ⅲ-1-4 原子 炉建屋の地震応答計算 書」	○ (解析モデル) (滅衰定数) ○ (その他) ○	(解析・テパル) 多質点系モデルは、高浜3,4号機工認で共 通適用例のある手法 (減資定数) 減資定数(、高浜3,4号機工認で共通適用 例のある手法 (その他) 復元力特性は、高浜3,4号機工認で共通適 用例のある手法	同じ設備及び高浜 3,4号機を参照	_
			既工認	応力解析	静的応力解析		既工認         応力解析         水平           鉛直         鉛直	2次元フレームモデル		既工認				既工認	-	建設工認 第1回	(解析手法) ○ (解析モデル)	(解析手法) 解析手法は、川内1,2号機工認で共通適用 例のある手法 (解析モデル) 解析モデルは、川内2号機のタービン建屋で 適用側のあてませ。	問1° 勤確ひ78日内	
耐震Sクラス施設	屋根トラス	•	今回工認	応答解析 応力解析	弹塑性解析	•	今回工認 応答解析 水平 応方解析 応力解析 鉛直	3次元フレームモデル	•	今回工語	水平 © 応答解析	コンクリート:5% 鋼材:2%	•	今回工認 考 方 方 方 一 来 方 一 来 の 一 来 の 一 来 の 一 、 表 の 、 ろ の 、 ろ の 、 ろ の 、 ろ の 、 ろ の 、 の 、 ろ の 、 ろ の 、 ろ の 、 ろ の 、 ろ の 、 ろ の 、 ろ の 、 ろ の 、 ろ の 、 ろ の 、 ろ の 、 ろ の 、 ろ の 、 ろ ろ の ろ ろ ろ ろ	<ul> <li>非線形解析</li> <li>基準地震動Ssに対して</li> <li>、材料(鉄骨)の非</li> <li>泉形特性を考慮した弾</li> <li>製性解析を実施</li> <li>・屋根トラス部の耐震</li> <li>谷度向上工事の内容を</li> <li>マ映</li> </ul>	添付書類Ⅲ-5「原子炉 建屋の強度計算書」	(減衰定数) ○ (その他) ○	通角的のの50-74 (滅衰定数1、川内1,2号機工認で共通適用 例のある手法 (その他) 非線形物性は、川内2号機のタービン建屋で 適用例のある手法	n Cox 備及びが下す 1,2号機を参照	-
	原子炉格納施設の基礎	0	既工認	応力解析	原子炉建屋の地震応答解析結果 を用いた静的応力解析	- •	既工認 応力解析 水平	3次元FEMモデル(構造的にほぼ対称であるこ とから半分のみをモデル化)	_	既工認			0	既工認	・線形解析	建設工認 第1回 添付書類Ⅲ-3-3-14 - 「原子炉格納容器底部	(解析手法) ○ (解析モデル) ○ (減衰定数)	(解析手法) 静的応力解析は、高浜3,4号機工認で共通 適用例のある手法 (解析モデル) 解析モデルは、高浜3,4号機工認で共通適 用例のある手法	同じ設備及び高浜 3,4号機を参照	
			今回工認	応力解析	原子炉建屋の地震応答解析結果 を用いた静的応力解析		今回工認         応力解析         水平           鉛直	3次元FEMモデル(全体をモデル化)		今回工語	g			今回工認	・線形解析	度計算書」	_ (その他) ○	(減衰定数) - (その他) 線形解析は,既工認で適用例のある手法		
	使用済燃料プール	•	既工認	_	-	- •	既工認	-	•	既工認			•	既工認	_	記載なし	(解析手法) ○ (解析モデル) ○ (減衰定数)	(解析手法) 静的応力解析は、高浜3,4号機工認で共通 適用例のある手法 (解析モデル) 解析モデルは、高浜3,4号機工認で共通適 用例のある手法 (細密空影)	高浜3,4号機を参照	
			今回工認	応力解析	原子炉建屋の地震応答解析結果 を用いた静的応力解析		今回工器         応力解析           約直         約直	3次元FEMモデル		今回工誌	3			今回工認	・線形解析		_ (その他) ○	(冬をため) (その他) 線形解析は、高浜3,4号機工認で共通適用 例のある手法		
耐震Sクラス設備の間接支持構造物使用済燃料乾式貯蔵建屋			既工認	応答解析	時刻歷応答解析		水平 既工認 応答解析 —	【建物モデル】 木平:1軸多質点系モデル 数面:に恣客解析を実施せず 【相互作用】 SRモデル 〇木平方向 基礎底面:3次元導層要素法による杭と地盤のイ ンピーダンス (水平,回転) を近似法により評価		既工認	水平 応答解析	コンクリート:5% 基礎低面伝は:3次元薄層 要素法により杭と地盤の インビーグンスを求め、 J E A C4 640-1991の近似 法で評価		既工認	•線形解析		(解析手法) ○	(解析手法) 時刻歴に答解析は、既工認で適用例のある手 法: (*** - ** )		
	耐震墜	0	今回工認	応答解析	時刻歷応答解析	•	今回工認 応答解析 鉛直	【建物モデル】 木平:1軸多質点系モデル(NS方向)、 2軸多質点系モデル(EW方向) 該面:1軸多質点系モデル 【相互作用】 SRモデル 〇水平方向 基礎底面:3次元薄層要素法による杭と地盤のイ ンビーダンス(水平,回転)を近似法により評価 の発道方向 基礎底面:3次元薄層要素法による杭と地盤のイ ンビーダンス(始直)を近似法により評価	0	今回工能	水平 8. 応答解析 ————————————————————————————————————	コンクリート:5% 基礎底面はは:3次元薄層 要素法により おと地盤の インビーダンスを求め、 J E A C 4601-1991の近似 法で評価	•	今回工認	・非線形解析 (復元力特性を設定)	発管後第63号 添付書類IV-2-3「使用 済燃料乾式貯蔵建屋の 新餐性についての計算 書」	(解析モデル) ○ (減衰定数) ○ (その他) ○	(時所モテル) 多軸多質点系モデルは、高浜3,4号機で共 通適用例のある手法 (減衰定数) 減衰定数は、既工設で適用例のある手法 (その他) 復元力幹性は、高浜3,4号機工認で共通適 用例のある手法	同じ設備及び高浜 3,4号機を参照	
	基礎	0	既工認	応力解析	静的応力解析	0	既工認         応力解析         水平           鉛直         鉛直	3次元FEMモデル		既工認				既工認	•線形解析	発管発第63号 添付書類IV-2-3「使用 済燃料乾式貯蔵建屋の	(解析手法) ○ (解析モデル)	(解析手法) 解析手法は,既工設で適用例のある手法 (解析モデル) 解析モデルは,既工設で適用例のある手法	同じ設備を参照	_
			今回工認	応力解析	静的応力解析		今回工認         応力解析           鉛直	3次元FEMモデル		今回工證	g			今回工認	・線形解析	耐震性についての計算 書」	()残衰疋数) - (その他) ○	( <sup>19</sup> ((天)) ー (その他) 線形解析は、既工認で適用例のある手法		

### 別表2 既設DB施設の耐震評価条件整理一覧表(屋外重要土木構造物)

										()	※1)共通	適用あり:規格	・基準類等	に基づきプラン	・トの仕様等(	こよらず適用性が確認さ	されたプラント共通の適	用例がある手法	個別適用例あり:プラント個別に適用性	が確認されたプラン	ト個別の適用例がある手	法
							既工認	8と今回工認時との比	較										他プラントを含めた既工	認での適用例		
	亚研分免疫情	(公式等による	る評価,ス	解析手法 ペクトルモーダル解析,時刻歴解析他)			解析モデル				減衰定数	[			その (評価条件の	他 )変更等)	- 備考 (左欄にて比較した)	(※1) ○・±通適用例あ			減衰定数の実績	既工認と今回工認の手法 に相違
	計Ⅲ对豕砹加	<ul> <li>○:同じ</li> <li>●・異かろ</li> </ul>		相違內容	<ul> <li>○:同じ</li> <li>●・異かろ</li> </ul>		相違内容	<sup>22</sup>	<ul> <li>○:同じ</li> <li>●・異かろ</li> </ul>		相	違 内 容		<ul> <li>○:同じ</li> <li>●:異なろ</li> </ul>	ħ	目 違 内 容	プラント既工認)	り □:個別適用例あ り	内容	参照した設備名称	<ul> <li>:構造上の差異なし</li> <li>:構造上の差異あり</li> <li>(適用可能であること)</li> <li>(適用可能であること)</li> </ul>	ー:相違あり ○:相違なし
		<ul> <li>- :該当なし</li> </ul>	工認	解析種別内容	<ul> <li>- :該当なし</li> </ul>	工認	解析種別 方向	內 容	<ul> <li>-:該当なし</li> </ul>	工認	解析種別	」 方向 内	] 容	<ul> <li>-:該当なし</li> </ul>	工認	内 容		× : 適用例なし				
	15. J. 18. 'H 42.		既工認	応答解析 時刻歴モーダル解析		既工認	応答解析 <u>     お直</u> -	÷デル		既工認	応答解析	水平 コンク - 鉛直	·リート:5%		既工認	許容応力度法	建設工認 第7回 添付書類Ⅲ-2-1「申 設備にかかわる耐震 計の基本方針」	青 (解析手法) と ○ (解析モデル)	(解析手法) 解析手法は、高浜3,4号機工認で共 通適用例がある。 (解析モデルは、高浜3,4号機工認で 共通適用例がある。	<ul> <li>(高浜3,4号</li> <li>機)</li> <li>海水ボンブ室等</li> </ul>		
耐震Sクラス施設の問	µ又水•稱:迫物	•	今回 工認	応答解析 時刻歷解析	-	今回 工認	水平         地質デー           応答解析            鉛直         同上	-タに基づくFEMモ	-	今回 工認	応答解析	水平 コンク あ 1%+) 鉛直	リート : 5%, ,るいは 履歴減衰		今回 工認	非線形解析 限界状態設計法	添付資料Ⅲ-3-1「残価 熱除去系海水系ボンフ の基礎に関する説明 書」	g ⑦ (減衰定数) ○	(減衰定数) ・緑形での減衰定数は、高浜3,4号 横工設で共通適用例がある。 ・履歴モデルにより構造物の履歴減衰 を用いる場合の減衰定数については、 柏崎6,7号機で共通適用例がある。	<ul><li>(柏崎6,7号</li><li>機)</li><li>スクリーン室等</li></ul>	0	_
			町丁切	応答解析 波動理論		眶丁切	水平         地質デー           応答解析         4           鉛直         -	-タに基づく地盤モデ	_	町丁切	応答解析	水平 	-	_	町丁辺	如穷亡力産法						
接支持構造			94. <u>–</u> BD	応力解析 公式等による評価		976 工 810	応力解析         水平         -           鉛直         -		_	by Tap	応力解析	水平 鉛直	-	_	<b>火</b> 二-100	11 47 <i>9</i> 0777242	建設工認 第8回 添付書類Ⅲ-2-1「申書	f (解析手法)	(解析手法) 解析手法は,高浜3,4号機工認及び 玄海3,4号機工認で共通適用例があ る。	(高浜3,4号 機)		
物	屋外二重管	(応答解析) ● (応力解析)	今回工認	応答解析 時刻歷解析	(応答解析) ● (応力解析) -	今回 工認	水平         地質デー           デル         デル           鉛直         同上	-タに基づく F E Mモ	(応答解析) ● (応力解析) -	) 今回 工認	応答解析	水平 鋼 あ 1 <sup>%+)</sup> 鉛直	材:3%  るいは 履歴減衰	0	今回 工認	許容応力度法	設備に係る耐震設計 本方針」 添付資料Ⅲ-2-4「屋夕 海水配水配管用外管の 耐震性についての計算 書」	<ul> <li>▲</li> <li>●</li> <li>●<td>(時時モアル) 解析モデルは、高浜3,4号機工認で 共通適用例がある。 (滅衰定数) ・線形での減衰定数は、高浜3,4号 機工認で共通適用例がある。 ・履歴モデルにより構造物の履歴減衰 を用いる場合の減衰定数については、 拍崎6,7号機で共通適用例がある。</td><td>m×ホンン至等 (柏崎6,7号 機) スクリーン室等 (玄海3,4号 機) 取水管路</td><td>0</td><td>_</td></li></ul>	(時時モアル) 解析モデルは、高浜3,4号機工認で 共通適用例がある。 (滅衰定数) ・線形での減衰定数は、高浜3,4号 機工認で共通適用例がある。 ・履歴モデルにより構造物の履歴減衰 を用いる場合の減衰定数については、 拍崎6,7号機で共通適用例がある。	m×ホンン至等 (柏崎6,7号 機) スクリーン室等 (玄海3,4号 機) 取水管路	0	_
				応答変位法及び公式等による			水平 -				応力解析	水平	_									
				67°100			鉛直一					鉛直	-									

|--|

(※1)共通適用あり:規格・基準類等に基づきプラントの仕様等によらず適用性が確認されたプラント共通の適用例がある手法 個別適用例あり:プラント個別に適用性が確認されたプラント個別の適用例がある手法

			既工認と今回工認時との比較										他プラントを含めた既工認での通	重用例								
		解析手法 (公式等による評価,スペクトルモーダル解析,時刻歴解析他) 日 違 内 容					角	析モデル		減	硬定数		その他 (評価条件の変更等)	備考	(**1)			減衰定数の実績	既工認と今回工認の手法 に相違			
	計恤刈家試備	〇:同じ			柞	1 違 内 容	〇:同じ				相 違 内 容	0:同じ		相違內容	〇:同じ	相違內容	(左欄にて比較した日 プラント既工認)	<ul> <li>(※1)</li> <li>○:共通適用例あり</li> <li>□:個別適用例あり</li> <li>×:適用例な1.</li> </ul>	内 容	参照した設備名称	<ul> <li>:構造上の差異なし</li> <li>:構造上の差異あり</li> <li>(適用可能であることの)</li> </ul>	ー : 相違あり ○ : 相違なし
		●:異なる -:該当なし	工認	解析種別	ıJ	内 容	●:異なる -:該当なし	工認	解析種別	刂 方向	内容	●:異なる -:該当なし	工認	解析種別 方向 内 容	●:異なる -:該当なし	工認 内容					理由も記載)	
		(応答解析)	既工認	応答解析 応力解析	〒 時刻歴角	祥忻 祥析及び公式等による評価	(応答解析)	既工認	応答解析 , 応力解析	水平           鉛直           水平	<ul> <li>多質点系モデル(建屋-機器連成解析モデル)</li> <li>-</li> <li>F E Mモデル</li> <li>E F Mモデル</li> </ul>	(応答解析)	既工認	水平         1.0%           松草         -           松草         -           水平         -           水平         -           小車         -	-	(応力解析) 既工認 解析コード:ASSAL	建設工認 第21回 添付書類Ⅲ-2-1「申請 30.6/16.7 表示部33-1	(解析手法) 応力解析:〇〇 (解析チェー)				
	シュラウド	○ (応力解析) ●	今回工認	応答解析 応力解析	F 時刻歷角	曜析 こよる評価	● (応力解析) ●	今回工認	応答解析 応力解析	加回           水平           鉛直           水平           鉛直           小平           鉛直	<ul> <li></li></ul>	● (応力解析) -	今回 工認	水平         1.0%           応答解析         翁直         1.0%           応力解析         水平         -           鉛直         -	-	今回 工認 —		(MFF0 E) / / / / / / / / / / / / / / / / / /			0	_
	シュラウドサポート	(応答解析) 〇 (応力解析)	既工認	応答解析 応力解析	〒 時刻歴角	幕析 幕析及び公式等による評価	(応答解析) (応力解析)	既工認	応答解析 、 応力解析	水平       鉛直       水平       鉛直       水平       鉛直       水平       鉛直	多質点系モデル(建屋ー機器連成解析モデル)       -       F E Mモデル       F E Mモデル       9質点系モデル(建屋ー機器連成解析モデル)	(応答解析) (応力解析)	既工認	水平         1.0%           約直         -           応力解析         水平         -           約直         -            放力解析         水平         -           放直         -            水平         1.0%	•	既工認 解析コード:ASSAL	建設工認 第21回 添付書類Ⅲ-2-1「申請 設備に係る耐震設計方 針」 添付書類Ⅲ-2-4「シュ	(解析モデル) 応答解析:○ (減衰定数) 応答解析:○ (その他)			0	_
		0	今回 工認	応答解析 応力解析	f 時刻歷創	₩析 ₩析及び公式等による評価		今回工認	応答解析	新正       分直       水平       台直	多質点系モデル(建屋-機器連成解析モデル)           FEMモデル           FEMモデル	-	今回 工認	応答解析 <u>鉛直</u> 1.0% 応力解析 <u>松平</u> - 鉛直 -	-	今回 (応力解析) 工認 解析コード:ASHSD2	ラウドサポートの耐震 性についての計算書」	(その他) 解析コード:○				
	上部格子板	(応答解析) 〇 (応力解析) 〇	既工認 今回 工認	応答解析 応力解析 応答解析	「 時刻歴角 テ 公式等に 「 時刻歴角	¥析 こよる評価 ¥析	(応答解析) (応力解析)	既工認 今回 工認	応答解析 応力解析 応答解析	水平         小平           鉛直         水平           鉛直         水平           鉛直         小平           鉛直         水平           鉛直         水平	多質点系モデル(建屋-機器連成解析モデル) 多質点系モデル(建屋-機器連成解析モデル) 多質点系モデル(建屋-機器連成解析モデル) -	(応答解析) (応力解析) -	既工認 今回 工認	広容解析         水平         1.0%           約直         -           応力解析         糸平         -           成富         -            応容解析         鉛直         -           成富         -            成富         1.0%            水平         1.0%            水平         1.0%            水平         -		既工認 - 今回 工認 -	建設工認 第21回 添付書類Ⅲ-2-1「申請 設備に係る耐残設計方 一針」 添付書類Ⅲ-2-3「炉心 構造物の耐残性につい ての計算書」	(解析モデル) 応答解析:○ (減衰定数) 応答解析:○			o	_
原子炉本体	◇心支持 構造 炉心支持板	(応答解析) ○ (応力解析) ○	既工認	応力解析 応答解析 応力解析	<ul> <li>示 公式等に</li> <li>示 時刻歴角</li> <li>示 公式等に</li> <li>示 公式等に</li> </ul>	こよる評価 岸桁 岸桁	(応答解析) (応力解析)	既工認	<ul> <li>応力解析</li> <li>応答解析</li> <li>応方解析</li> <li>応答解析</li> </ul>	水平           鉛直	- 多質点系モデル (建垦-機器連成解析モデル) - - - 多質点系モデル (建垦-機器連成解析モデル)	(応答解析) (応/算析) (応/算解析)	既工認	応力解析 始直 - 成答解析 が平 1.0% 始直 新露 応答解析 約直 約面 外平 1.0%		既工認 -	<ul> <li>建設工認第21回</li> <li>添付書類Ⅲ-2-1「申請</li> <li>設備に係る耐震設計方針)</li> <li>添付書類Ⅲ-2-3「炉心 構造物の耐震性についての計量素」</li> </ul>	<ul> <li>(解析モデル)</li> <li>応答解析:○</li> <li>(減衰定数)</li> <li>応答解析:○</li> </ul>			0	_
			今回 工認	応力解析	f 公式等(	こよる評価		今回 工認	応力解析	鉛直       水平       鉛直       水平       鉛直       水平       小平	<ul> <li>              ・             ・</li></ul>	-	今回 工認	鉛直         1.0%           応力解析         水平         -           鉛直         -            水平         -            水平         -	-	今回 工認 						
燃液	燃料支持金具	(応答解析) - (応力解析)	既工認	応答解析	ŕ —		(応答解析) 	既工認	応答解析	f 鉛直 水平 鉛直	-	(応答解析) (応力解析)	既工認	応答解析 鉛直 - 応力解析 <u></u> 水平 - 鉛直 -	-	既工認 —		(解析手法) 応答解析:○ 応力解析:○ (解析モデル) (解析モデル)			0	_
		_	今回 工認	応答解析 応力解析	f 時刻歷角	幕折 こよる評価	_	今回 工認	応答解析 応力解析	水平       鉛直       水平       鉛直       小平       鉛直	<ul> <li>多質点系モデル(建屋-機器連成解析モデル)</li> <li>多質点系モデル(建屋-機器連成解析モデル)</li> <li>-</li> </ul>	_	今回 工認	水平         1.0%           応答解析         鉛直         1.0%           応力解析         水平         -           鉛直         -         幼直         -	-	今回 _ 工認 _		№ 合野町: ① (滅衰定数) 応答解析: ○				
	制御棒案内管	(応答解析) 〇 (応力解析)	既工認	応答解析 応力解析	「 時刻歷角 「 公式等!	 ¥析 こよる評価	(応答解析) ● (応力解析)	既工認	応答解析 。 応力解析	水平 鉛直 水平 鉛直 公平 鉛直	<ul> <li>多質点系モデル(建屋-機器連成解析モデル)</li> <li>-</li> <li>-</li></ul>	(応答解析) ● (応力解析)	既工認	水平         1.0%           約直         -           成力解析         水平         -           約直         -         -           約直         -         -           約直         -         -           約直         -         -           分面         -         -	_	既工認 -	建設工認 第21回 添付書類Ⅲ-2-1「申請 設備に係る耐震設計方 →針) 添付書類Ⅲ-0-7「細細	(解析モデル) 応答解析:○ (減衰定数)			0	_
		0	今回 工認	応答解析 応力解析	「 時刻歴角	¥析 こよる評価	_	今回 工認	応答解析	水平       鉛直       水平       釿       台直       小平       台直	<ul> <li>● 風点ホセアル(堆屋一機器連成解析モデル)</li> <li>多質点系モデル(建屋一機器連成解析モデル)</li> <li>-</li> </ul>	-	今回 工認	水平         1.0%           応答解析         鉛直         1.0%           成力解析         水平         -           約直         -	-	今回 工認 -	#413   <b>1734    -2-7</b>     朝御   梅案内容の耐震性につ  いての計算書]	応答解析:〇				

(※1)共通適用あり:規格・基準類等に基づきプラントの仕様等によらず適用性が確認されたプラント共通の適用例がある手法 個別適用例あり:プラント個別に適用性が確認されたプラント個別の適用例がある手法

								既工認と今回工認時との比較							他プラントを含めた既工認での適用	例	
	河东北条款库	(公	式等によ	解析手法 る評価,スペクトルモーダル解析,時刻歴解析他)				解析モデル		減衰定数		その他 (評価条件の変更等)	備 考 (左環)にアド乾1 た白	(※1)			既工認と今回工認の手法 減衰定数の実績 に相違
	H 1 100 V 105 02 100	〇:同じ		相 違 内 容	〇:同じ			相 違 內 容	〇:同じ	相 達 内 容	〇:同じ	相違內容	プラント既工認)	<ul> <li>○:共通適用例あり</li> <li>□:個別適用例あり</li> </ul>	内容参	照した設備名称	<ul> <li>○:構造上の差異なし</li> <li>×:構造上の差異あり</li> <li>(適用可能であることの</li> <li>○:相違なし</li> </ul>
		●:異なる -:該当なし	工認	解析種別 内 容	●:異なる -:該当なし	工認 解析種	重別 方	向内容	●:異なる -:該当なし	工認 解析種別 方向 内 容	●:異なる -:該当なし	工認 内 容	=	× : 適用例なし			理由も記載)
	111 64% 868	(応答解析) 〇	既工認	応答解析 時刻歴解析 3 応力解析 FEM解析及び公式等による評価	(応答解析)	応答解 既工認 応力解	新 新 新 新 新	<ul> <li>平 多質点系モデル(建屋-機器連成解析モデル)</li> <li>直 -</li> <li>平 FEMモデル</li> </ul>	 (応答解析) ●	成         応         不平         1.0%           所正認         一         分面         -           応力解析         水平         -            第二章         小平         -		既工認 解析コード:ASSAL,FEMR	建設工認 第17回 添付書類Ⅲ-1-1「申請 設備に係る耐震設計方	(解析モデル) 応答解析:○ (減衰定数)			
	F 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	(応力解析)	今回 工認	応答解析 時刻歴解析 応力解析 FEM解析及び公式等による評価	(応力解析)	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	新 新 鉛 新 新	<ul> <li>平 多質点系モデル(建屋-機器連成解析モデル)</li> <li>直 多質点系モデル(建屋-機器連成解析モデル)</li> <li>平 FEMモデル</li> <li>直 FEMモデル</li> </ul>	(応力解析) 	中国         応答解析         水平         1.0%           介田         第二         第二         1.0%         1.0%           水正認         次の解析         水平         -           応力解析         水平         -           約直         -         -		今回 (応力解析) 工認 解析コード:ASHSD2	*「」 添付書類Ⅲ-2-2「炉心 回り円筒胴の強度計算 書」	応答解析:○ (その他) 解析⊐ード:○			
	下鏡	(応答解析) 〇 (広力解析)	既工認	応答解析 時刻歴解析 応力解析 FEM解析及び公式等による評価	(応答解析) (広力解析)	応答解 既工認 応力解	新 新 鉛 新 新	<ul> <li>平 多質点系モデル(建屋-機器連成解析モデル)</li> <li>直 -</li> <li>平 FEMモデル</li> <li>直 FEMモデル</li> </ul>	(応答解析) (広力解析)	成容解析         水平         1.0%           成立解析         公面            水水         人工         人工	•	既工認 解析コード:ASSAL, FEMR	建設工設 第17回 添付書類Ⅲ-1-1「申請 設備に係る耐震設計方 針」	<ul> <li>(解析モデル)</li> <li>応答解析:○</li> <li>(減衰定数)</li> <li>広答解析・○</li> </ul>			0 -
		0	今回 工認	応答解析 時刻歴解析 応力解析 FEM解析及び公式等による評価	0	応答解 今回 工認 応力解	林 新 鉛 秋 鉛	<ul> <li>平 多質点系モデル(建屋-機器連成解析モデル)</li> <li>直 多質点系モデル(建屋-機器連成解析モデル)</li> <li>平 FEMモデル</li> <li>車 FEMモデル</li> </ul>		今回 工認         応答解析 応力解析         水平         1.0%           %         第         1.0%         1.0	-	今回 (応力解析) 工認 解析コード:ASHSD2	添付書類Ⅲ-2-4 「下鏡 板および支持スカート の強度計算書」	(その他) 解析コード:○			
		(応答解析)	既工認	応答解析 時刻歴解析 3 応力解析 FEM解析及び公式等による評価	(応答解析)	既工認         応答解           成力解	新 新 新	平     多質点系モデル(建屋-機器連成解析モデル)       直     -       平     FEMモデル	(応答解析)	成工部         応答解析         水平         1.0%           成力解析         小平         -         -         -	-	既工認 解析コード:ASSAL, FEMR	建設工認 第17回 添付書類Ⅲ-1-1「申請 設備に係る耐震設計方	(解析モデル) 応答解析:○			
原子 炉 田	制御榛駆動機構 ハウジング貫通部 5 5 5	(応力解析) 〇	今回工認	応答解析 時刻歴解析 応力解析 FEM解析及び公式等による評価	● (応力解析) ○	今回 工認 応方解	野 新 新 新	<ul> <li>B. FENTET/W</li> <li> <b>※</b>             「              「</li></ul>	● (応力解析) 	Figure         Figure         -           AP         1.0%         3.0%           AP         1.0%         3.0%           AP         5.0%         3.0%           AP         5.0%         3.0%           AP         5.0%         3.0%	•	今回 (応力解析) 工認 解析コード:ASHSD2	針」 添付書類Ⅲ-2-5「制御 棒駆動機構および中性 子計測ハウジング貫通 部の強度計算書」	<ul> <li>(減衰定数)</li> <li>応答解析:○</li> <li>(その他)</li> <li>解析コード:○</li> </ul>			0 -
丁炉本体 器本体	- 		既工認	応答解析 時刻歴解析 。 応力解析 FEM解析及び公式等による評価	_	既工認 応 方解	50 秋 新 新	<ul> <li>B. FENTEアル</li> <li>学 多質点系モデル (建屋-機器連成解析モデル)</li> <li>直 -</li> <li>平 FEMモデル</li> </ul>	_	成容解析         水平         1.0%           成正認         -         分元         分元           成力解析         水平         -         -	-	既工認 -					
	中性子計測 ハウジング貫通部	(応答解析) ○ (応力解析) ○	今回工認	応答解析 時刻歴解析 (たわ解紙 PPN(解析)	(応答解析) ● (応力解析) ○	応答解 今回 工認 (* 1)解	台 新 新 新 名	直 FEMモデル           平 多質点系モデル(建屋-機器連成解析モデル)           直 多質点系モデル(建屋-機器連成解析モデル)           平 FEMモデル	(応答解析) ● (応力解析) -	公司         公司         公司         小平         1.0%           小田         小田         小田         小田         1.0%         1.0%           小田         小田         小田         小田         小田         1.0%         1.0%		今回	発管業発144号 添付書類2-2-2「中性 子計測ハウジング貫通 部の応力計算書」	(解析モデル) 応答解析:○ (減衰定数) 応答解析:○			0 -
			既工認	ルンガ料が F E Mi种fr & O S X マトレス of the S S S S S S S S S S S S S S S S S S S		応万麻 応答解 既工認	FM 新 新 新 新 新 新 新 新 新 新 新 新 新	<ul> <li>直 FEMモデル</li> <li>平 3次元はりモデル</li> <li>直 3次元はりモデル</li> </ul>	_	応防時前         鉛直         一           応答解析         水平         0.5%           鉛直         -           次三部         4xx         -	-	既工認 解析コード:ASSAL, FEMR	k				
	再循環水出ロノズル (N 1)	(応答解析) ○ (応力解析) ○	今回	応力解析 F E M解析及び公式等による評価 応答解析 スペクトルモーダル解析(配管反力)	(応答解析) 〇 (応力解析) 〇	応力解 応答解 今回 丁物	新 新 新 新	直     FEMモデル       平     3次元はりモデル       直     3次元はりモデル	(応答解析) ● (応力解析) -	応力解析         水下           約直         -           な客解析         水平         2.5%           分直         -         公布	•	今回 (広力解析) 丁翌 触転	(建設上設 第17回) 添付書類Ⅲ-1-1「申請 設備に係る耐震設計方 -針」 添付書類Ⅲ-2-6「再循 環水出ロノズルの強度 計算書」	(減衰定数) 応答解析:○ (その他) 解析コード:○			0 –
			-1-80	応力解析 FEM解析及び公式等による評価 応答解析 スペクトルモーダル解析 (配管反力)		応力解応 応答解	新 新 鉛 新	平 FEMモデル 直 FEMモデル 平 3次元はりモデル	_	本平         -           応力解析         新直         -           航空客解析         水平         0.5%							
再销量水入口 (N 2)	再循環水入口ノズル (N 2)	(応答解析) ○ (応力解析)	既工認	2 応力解析 FEM解析及び公式等による評価	(応答解析) 〇 (応力解析)	既工認応力解	台 称 新 4	直     3次元はりモデル       平     FEMモデル       直     FEMモデル	(応答解析) ● (応力解析)	既工認         鉛直         一           応力解析         水平         -           鈴直         -         -	•	(応力解析) 解析コード:ASSAL,FEMR	建設工認 第17回 添付書類Ⅲ-1-1「申請 設備に係る耐震設計方 -針」 添付書類Ⅲ-9-7「更新	<ul> <li>(減衰定数)</li> <li>応答解析:○</li> <li>(その他)</li> </ul>			0 -
		0	今回 工認	応答解析 スペクトルモーダル解析(配管反力) 応力解析 FEM解析及び公式等による評価	O	応答解 今回 工認 応力解	新 新 新 新	+ 36ス元はりモアル 直 3次元はりモデル 平 FEMモデル 直 FEMモデル	(応答解析) (応力解析) -	水平         2.5%           今回 工認         第二         第二           応力解析         水平         -           成力解析         水平         -	-	今回 (広力解析) 工認 解析コード:ASHSD2	Web 日本田 2 (一件)相 環水入口ノズルの強度 計算書」	解析コード:〇			

(※1)共通適用あり:規格・基準類等に基づきプラントの仕様等によらず適用性が確認されたプラント共通の適用例がある手法 個別適用例あり:プラント個別に適用性が確認されたプラント個別の適用例がある手法

									Į	工認と今回工認時との比較								他プラントを含めた既工認での適用例		
	評価対象設備	(公	式等による	評価, ス~	解析手法 ペクトルモーダル解析,時刻歴解析他)				角	所モデル		減症	硬定数		その他 (評価条件の変更等)	備 考 (左欄にて比較した自	(※1)			既工認と今回工認の手法 減衰定数の実績 に相違
	at the Athese acting	〇:同じ			相 違 内 容	〇:同じ				相 違 内 容	〇:同じ		相 違 内 容	〇:同じ	相違內容	プラント既工認)	<ul> <li>○:共通適用例あり</li> <li>□:個別適用例あり</li> </ul>	内容参照	した設備名称	<ul> <li>○:構造上の差異なし</li> <li>×:構造上の差異あり</li> <li>(適用可能であることの</li> <li>○:相違なし</li> </ul>
		●:異なる -:該当なし	工認	解析種別	」	●:異なる -:該当なし	工認	解析種別	盯 方向	内 容	●:異なる -:該当なし	工認	解析種別 方向 内 容	●:異なる -:該当なし	工認内容		×:適用例なし			理由も記載)
			既工認	応答解析	・ スペクトルモーダル解析(配管反力)		既工認	応答解析	水平 鉛直 オ 平	3次元はりモデル 3次元はりモデル RRMエデル	-	既工認	応答解析 <u>水平</u> 0.5% <u>鉛直</u> -	-	(応力解析) 既工認 解析コード:ASSAL, FE	ſR				
	蒸気出口ノズル (N 3)	(応答解析) ○ (応力解析)		応力解析	F E M解析及び公式等による評価	(応答解析) 〇 (応力解析)		応力解析	f 鉛直	FEMモデル	<ul> <li>(応答解析)</li> <li>●</li> <li>(応力解析)</li> </ul>		応力解析 鉛直 -	-		建設工認 第17回 添付書類Ⅲ-1-1「申請 設備に係る耐震設計方 一一」	<ul> <li>(減衰定数)</li> <li>応答解析:○</li> <li>(その他)</li> </ul>			0 –
		0	今回	応答解析	スペクトルモーダル解析 (配管反力)	0	今回	応答解析	水平 f 鉛直	3次元はりモデル 3次元はりモデル	_	今回	応答解析 松平 3.0% 鉛直 3.0%	-	今回 (応力解析) エカ 敏振コード・ASUSD2	漆付書類Ⅲ-2-8「蒸気 出口ノズルの強度計算 書」	解析コード:〇			
				応力解析	F E M解析及び公式等による評価		1.80	応力解析	r か平 鉛直	FEMモデル FEMモデル	_	140	水平         -           公方解析         鉛直         -	_	1.80 /9+01 - 1 . ADAD2					
			呼丁叔	応答解析	・ スペクトルモーダル解析(配管反力)		既丁級	応答解析	水平 鉛直	3次元はりモデル 3次元はりモデル	_	既丁銀	水平         0.5%           鉛直         -	-	晋 ⊤ 寂     (応力解析)					
	給水ノズル	(応答解析) 〇	9/L-180	応力解析	F E M解析及び公式等による評価	(応答解析) 〇	96-190	応力解析	水平 f 鉛直	FEMモデル FEMモデル	(応答解析)	9/1-1-80	応力解析 松平 - 鉛直 -		<sup>991</sup> 年の 解析コード:ASSAL, FEI	保 建設工認 第17回 添付書類Ⅲ-1-1「申請 設備に係る耐震設計方	<ul> <li>(減衰定数)</li> <li>応答解析:○</li> </ul>			
	(N 4)	(応力解析) 〇	今回	応答解析	・スペクトルモーダル解析 (配管反力)	(応力解析) 〇	今回	応答解析	ŕ が平 鉛直	3次元はりモデル 3次元はりモデル	(応力解析) 	今回	水平         2.0%           鉛直         2.0%	-	今回 (応力解析)	針」 添付書類Ⅲ-2-9「給水 ノズルの強度計算書」	(その他) 解析コード : ○			
			工認	応力解析	F E M解析及び公式等による評価		工認	応力解析	水平 鉛直	FEMモデル FEMモデル	-	工認	応力解析 水平 - 鉛直 -	-	工認 解析コード:ASHSD2					
				応答解析	・ スペクトルモーダル解析 (配管反力)			応答解析	水平 鉛直	3次元はりモデル 3次元はりモデル	_		応答解析 <u> 松平</u> 0.5% <u> 鉛直</u> -		(応力解析)					
	低圧炉心スプレイノズ/	(応答解析) ル 〇	沈上認	応力解析	F E M解析及び公式等による評価	(応答解析)	既丄認	応力解析	f 分型 が平	FEMモデル FEMモデル	(応答解析)	既丄認	水平         -           応力解析            鉛直         -		既上認解析コード:ASSAL, FE	IR 建設工認 第17回 添付書類Ⅲ-1-1「申請 設備に係る耐震設計方	(減衰定数) 応答解析:○			
	(N 5 A)	(応力解析)	今回	応答解析	・スペクトルモーダル解析 (配管反力)	(応力解析)	今回	応答解析	f 分型 が平	3次元はりモデル 3次元はりモデル	(応力解析)	今回	応答解析 <u>松</u> 平 2.0% <u></u> 鉛直 2.0%	-	今回 (応力解析)	新 新 新 新 新 新 町 -2-10 「 炉 心スプレイノズル(N 5)の強度計算書」	(その他) 解析コード:○			0 –
ル ニ 原 子 月			工認	応力解析	F E M解析及び公式等による評価		工認	応力解析	水平 鉛直	FEMモデル FEMモデル	-	工認	応力解析 水平 - 鉛直 -		工認 解析コード:ASHSD2					
炉ンネーキー	力 容 器 本			応答解析	スペクトルモーダル解析 (配管反力)			応答解析	亦平 鉛直	3次元はりモデル 3次元はりモデル			水平         0.5%           公答解析         鉛直         -	_	(広力報報)					
	高圧但心スプレイノズ	(応答解析) い	既工認	応力解析	F E M解析及び公式等による評価	(応答解析)	既工認	応力解析	r 分子 が平	FEMモデル FEMモデル	(応答解析)	既工認	応力解析 松平 - 鉛直 -		既工認 解析コード:ASSAL, FE		(減衰定数) 応答解析・○			
	(N 5 B)	(応力解析)	合同	応答解析	スペクトルモーダル解析 (配管反力)	(応力解析)	合同	応答解析	f か平 鉛直	3次元はりモデル 3次元はりモデル	(応力解析)	合同	応答解析 <u> お</u> 平 2.0% <u> 鉛直</u> 2.0%	-	合同 (広力解析)	針」 添付書類Ⅲ-2-10「炉 心スプレイノズル(N 5)の強度計算書」	(その他) 解析コード:○			0 –
			,11 工認	応力解析	FEM解析及び公式等による評価		,11 工認	応力解析	水平 鉛直	FEMモデル FEMモデル		,」 工認	応力解析 松平 - 鉛直 -		工認 解析コード:ASHSD2					
				応答解析	スペクトルモーダル解析 (配管反力)			応答解析	f か平 鉛直	3次元はりモデル 3次元はりモデル	_		応答解析 <u> 松平</u> 0.5% <u> 鉛直</u> -	_	(広力解析)					
	低圧注水ノズル	(応答解析)	既工認	応力解析	FEM解析及び公式等による評価	(応答解析)	既工認	応力解析	水平 鉛直	FEMモデル FEMモデル	(応答解析)	既工認	応力解析 松平 - 鉛直 -	-	既工認 解析コード:ASSAL, FE		(減衰定数) 広答解析・○			
	(N 1 7)	(応力解析)	山山	応答解析	・スペクトルモーダル解析 (配管反力)	(応力解析)	Am	応答解析	ŕ が平 鉛直	3次元はりモデル 3次元はりモデル	(応力解析)	本同	応答解析 松平 2.0% 鉛直 2.0%	-	(ドカ銀坂)	● 針」 添付書類Ⅲ-2-13「低 圧注水ノズルの強度計 算書」	心音併切.○ (その他) 解析コード:○			0 –
			工認	応力解析	FEM解析及び公式等による評価		工認	応力解析	亦平 鉛直	FEMモデル FEMモデル	-	工認	応力解析 松平 - 鉛直 -	-	コロー (GUSSAWI) 工認 解析コード:ASHSD2					
				応答解析	スペクトルモーダル解析 (配管反力)			応答解析	亦平 鉛直	3次元はりモデル 3次元はりモデル			水平         0.5%           公答解析         鉛直         -	_	(広力報報)					
	ト暗スプレイノブル	(応答解析)	既工認	応力解析	F E M解析及び公式等による評価	(応答解析)	既工認	応力解析	r 分型	FEMモデル FEMモデル	(応答解析)	既工認	応力解析 松平 - 鉛直 -		既工認 解析コード:ASSAL, FE	IR 建設工認第17回 添付書類Ⅲ-1-1「申請 設備に係る耐震設計方	(減衰定数) 広答解析:〇			
上鏡スプレイノズル (N 6)	(N 6)	(応力解析)	全同	応答解析	スペクトルモーダル解析 (配管反力)	(応力解析)		応答解析	f 分型	3次元はりモデル 3次元はりモデル	(応力解析)	合同	応答解析 松平 3.0% 鉛直 3.0%		今回 (広力敏好)	針」 添付書類Ⅲ-2-14「上 鏡スプレイノズル(N 6 A)の強度計算書」	(その他) 解析コード:○			0 -
		工認	応力解析	F E M解析及び公式等による評価		工認	応力解析	水平 鉛直	FEMモデル FEMモデル		工認	応力解析 松平 - 鉛直 -	-	「正認解析コード: ASHSD2						

(※1)共通適用あり:規格・基準類等に基づきプラントの仕様等によらず適用性が確認されたプラント共通の適用例がある手法 個別適用例あり:プラント個別に適用性が確認されたプラント個別の適用例がある手法

								既工認と今回工認時との比較							他プラントを含めた既工認での	窗用例	
	亚研始教授	(公	式等によ	解析手法 る評価,スペクトルモーダル解析,時刻歴解析他)				解析モデル		減衰定数		その他 (評価条件の変更等)	備 考 (左欄にて比較」た白	(※1)			既工認と今回工認の手法 減衰定数の実績
	11 Im V IV IX IN	〇:同じ		相 違 内 容	〇:同じ			相 違 内 容	〇:同じ	相違內容	〇:同じ	相違內容	プラント既工認)	<ul> <li>○:共通適用例あり</li> <li>□:個別適用例あり</li> </ul>	内 容	参照した設備名称	<ul> <li>○:構造上の差異なし</li> <li>×:構造上の差異あり</li> <li>一:相違あり</li> <li>(適用可能であることの</li> <li>○:相違なし</li> </ul>
		●:異なる -:該当なし	工認	解析種別 内 容	●:異なる -:該当なし	工認 解	析種別	方向 内 容	●:異なる -:該当なし	工認 解析種別 方向 内 容	●:異なる -:該当なし	工認内容	_	× : 適用例なし			理由も記載)
	ベントノズル	(応答解析)	既工認	応答解析         スペクトルモーダル解析(配管反力)           3         応力解析           FEM解析及び公式等による評価	(応答解析)	応名 既工認 応フ	答解析 - 力解析 -	<ul> <li>水平 3次元はりモデル</li> <li>鉛市 3次元はりモデル</li> <li>水平 FEMモデル</li> <li>鉛直 FEMモデル</li> </ul>	(応答解析)	成客解析         水平         0.5%           施立         -            応力解析         水平         -           鉛直         -		既工認 解析コード:ASSAL,FEM	R 建設工認 第17回 添付書類Ⅲ-1-1「申請 設備に係る耐震設計方	(減衰定数) 広答解析:〇			
	(N 7)	(応力解析)	今回 工認	応答解析 スペクトルモーダル解析 (配管反力) 応力解析 FEM解析及び公式等による評価	(応力解析)	応 今回 工認 応?	答解析 - 力解析 -	水平 3次元はりモデル 船直 3次元はりモデル 水平 FEMモデル 船直 FEMモデル	(応力解析) 	応答解析         水平         2.0%           介回 工部         次方解析         始直         2.0%           成力解析         水平         -           約直         -	•	<ul> <li>今回 (応力解析)</li> <li>工認 解析コード:ASHSD2</li> </ul>	■野」 添付書類Ⅲ-2-16「ベ ントノズル(N 7)の強 度計算書」	(その他) 解析コード:○			0 -
	ジェットポンプ計測管 営通際/ズル	(応答解析) 〇	既工認	応答解析 スペクトルモーダル解析 (配管反力) な力解析 FEM解析及び公式等による評価	(応答解析)	応名 既工認 応 <i>1</i>	答解析 - 力解析 -	<ul> <li>水平 3次元はりモデル</li> <li>鉛直 3次元はりモデル</li> <li>水平 FEMモデル</li> <li>鉛直 FEMモデル</li> </ul>	(応答解析)	応答解析         水平         0.5%           販工認         -            応力解析         水平         -           公前         -		既工認 解析コード:ASSAL,FEM	R 建設工認 第17回 添付書類III-1-1「申請 設備に係る耐震設計方 針」	(減衰定数) 応答解析:○			0 -
	(N 8)	(応力解析)	今回 工認	応答解析 スペクトルモーダル解析 (配管反力)	(応力解析)	応答 今回 工認	答解析 -	<ul> <li>水平 3次元はりモデル</li> <li>鉛造 3次元はりモデル</li> <li>水平 F E Mモデル</li> </ul>	(応力解析)	今回 工認         応答解析         水平         2.0%           分面         2.0%         分面         2.0%		今回 (応力解析) 工認 解析コード:ASHSD2	添付書類 <b>Ⅲ</b> -2-17 「ジェットポンプ計測 ノズル(N8)の強度計 算書」	(その他) 解析コード : ○			
				応力解析 F E M解析及び公式等による評価 応答解析 スペクトルモーダル解析 (配管反力)		応7	5 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9 9	<ul> <li>第 F E Mモデル</li> <li>水平 3次元はりモデル</li> </ul>	_	応力解析         第二           鉛直         -           応答解析         水平         0.5%							
	液体ボイズン及び炉心差 圧計測 / ズル (N 1 0)	(応答解析) ○	既工認	応力解析 FEM解析及び公式等による評価	(応答解析)	既工認 – 応力	力解析	船直 3次元はりモデル 水平 FEMモデル 船直 FEMモデル	(応答解析)	既工認         鉛直         一           応力解析         水平         -           鉛直         -		(応力解析) 既工認 解析コード:ASSAL,FEM	R 建設工認 第17回 添付書類Ⅲ-1-1「申請 設備に係る耐震設計方 針1	(減衰定数) 応答解析:〇			
原		(応力解析) ○	今回 工認	応答解析 スペクトルモーダル解析 (配管反力)	(応力解析)	応名 今回 工認	<sup>答解析</sup>	<ul> <li>水平 3次元はりモデル</li> <li>鉛直 3次元はりモデル</li> <li>水平 FFMモデル</li> </ul>	(応力解析)	今回 工認         水平         2.0%           株平         2.0%         300	•	今回 (応力解析) 工認 解析コード:ASHSD2	添付書類Ⅲ-2-12「液 体ポイズンおよび炉心 差圧計測ノズルの強度 計算書」	(その他) 解析コード:○			0 -
原子炉 本体	- - - - - - - - - - - - - - - - - - -			応力解析 FEM解析及び公式等による評価 応答解析 スペクトルモーダル解析(配管反力)		応対応を	力解析	船直 F E Mモデル 水平 3次元はりモデル	_	応力解析 <u> 応</u> 分解析 <u> 水平</u> 0.5%							
体	c c c c c c n 同 f 問 別 ノズル	(応答解析) <td< td=""><td>(応答解析)</td><td>既工認</td><td>力解析</td><td><ul> <li>鉛直 3次元はりモデル</li> <li>水平 FEMモデル</li> <li>鉛直 FEMモデル</li> </ul></td><td>(応答解析)</td><td>既工認         鉛直         -           応力解析         水平         -           鉛直         -         -</td><td></td><td>(応力解析) 既工認 解析コード:ASSAL,FEM</td><td>R 建設工認 第17回 添付書類Ⅲ-1-1「申請 設備に係る耐震設計方</td><td>(減衰定数) 応答解析・○</td><td></td><td></td><td></td></td<>	(応答解析)	既工認	力解析	<ul> <li>鉛直 3次元はりモデル</li> <li>水平 FEMモデル</li> <li>鉛直 FEMモデル</li> </ul>	(応答解析)	既工認         鉛直         -           応力解析         水平         -           鉛直         -         -		(応力解析) 既工認 解析コード:ASSAL,FEM	R 建設工認 第17回 添付書類Ⅲ-1-1「申請 設備に係る耐震設計方	(減衰定数) 応答解析・○					
	(N 1 1, N 1 2, N 1 6)	(応力解析)	今回 工認	応答解析 スペクトルモーダル解析 (配管反力)	(応答解析) 〇 (応力解析) 〇	応名 今回 工認	答解析 -	水平 3次元はりモデル 鉛直 3次元はりモデル	(応力解析)	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	•	今回 (応力解析) 工認 解析コード: ASHSD2	<ul> <li></li></ul>	N 言序f 1 . ○ (その他) 解析コード:○			0 –
				応力解析 <b>FEM解析及び公式等による評価</b>		応7	力解析	水平 FEMモデル 船直 FEMモデル 水平 3次元はりモデル		応力解析         水平         -           始直         -         -           た気解析         水平         0.5%							
		(応答解析)	既工認	応告所約 × シアルル シアルル (加) (広) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1	(応答解析)	既工認	力解析	<ul> <li>給直 3次元はりモデル</li> <li>水平 FEMモデル</li> <li>絵直 FFMモデル</li> </ul>	(応答解析)	既工認 既工認 応 広 力解析 松 雪 休 平 ・ か 平 ・ ・ ・ 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、		(応力解析) 既工認 解析コード:ASSAL,FEM	R 建設工認 第17回 添付書類Ⅲ-1-1「申請 設備に係る可需設計力	(減衰定数)			
	ドレンノズル (N 1 5)	○ (応力解析) ○	今回	応答解析 スペクトルモーダル解析 (配管反力)	 (応力解析) ○	応2 今回 工物	答解析 -	<ul> <li>水平 3次元はりモデル</li> <li>鉛液にはりモデル</li> </ul>	(応力解析) -	点面         丸面           今回         応答解析         水平         2.0%           予約         小市         2.0%         第	•	今回 (応力解析) て初 (解析)	☆ 針」 添付書類Ⅲ-2-19「ド レンノズルの強度計算 書」	応答解析:〇 (その他) 解析コード:〇			0 -
				応力解析 FEM解析及び公式等による評価		応力	力解析 -	<ul> <li>水平 FEMモデル</li> <li>鉛直 FEMモデル</li> <li>水平 多質点系モデル (建屋-機器連成解析モデル)</li> </ul>	_	上wo         水平         -           応力解析		→ BO 19791 → 1° - A016302					
		( select total dama a second	応答解析 時刻歴解析 既工認 応力解析 公式等によろ到	応答解析         時刻歴解析           3         応力解析           公式等による評価	( ala kite kan tan -	成1 成1 成1 成1	<sup>答解析</sup> 力解析	船直 - 水平	( +1-+ Arto A +	応答解析 </td <td></td> <td>既工認 —</td> <td>212-101,</td> <td>(AT 10</td> <td></td> <td></td> <td></td>		既工認 —	212-101,	(AT 10			
ブラケット類	ブラケット類	<ul> <li>(心答解析)</li> <li>○</li> <li>(応力解析)</li> <li>○</li> </ul>	同会	応答解析 時刻歷解析	(応答解析) ● (応力解析)	応答	答解析 -	鉛直         -           水平         多質点系モデル(建屋ー機器連成解析モデル)           鉛直         多質点系モデル(建屋ー機器連成解析モデル)	(心答解研) ● (応力解析)	約直            応答解析         水平         1.0%           分直         1.0%         3.0%		今回	延設上認 第17回 添付書類Ⅲ-2-20「ス タビライザブラケット の強度計算書」	<ul> <li>(再析モアル)</li> <li>応答解析:○</li> <li>(減衰定数)</li> <li>応答解析:○</li> </ul>			0 -
	06.7/JPF01/           応答解析         時刻歴解析 <td></td> <td>,四 工認 応り</td> <td>力解析</td> <td><ul><li>水平 -</li><li>約直 -</li></ul></td> <td>-</td> <td>、二 二 記 広力解析 <u>休平</u> - <u></u> 約直 -</td> <td></td> <td>, —</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td>		,四 工認 応り	力解析	<ul><li>水平 -</li><li>約直 -</li></ul>	-	、二 二 記 広力解析 <u>休平</u> - <u></u> 約直 -		, —								

(※1)共通適用あり:規格・基準類等に基づきプラントの仕様等によらず適用性が確認されたプラント共通の適用例がある手法 個別適用

								既工認と今回工認時との比較						他プラントを含めた既工認での適用例					
		(公	式等によ	解析手法 る評価,スペクトルモーダル解析,時刻歴解析他)				解析モデル		減衰定数		その他 (評価条件の変更等)	備考	(※1)			減衰定数の実績	既工認と今回工認の手法 に相違	
	評価対象設備	○:同じ ●:目むz		相 達 内 容	〇:同じ ●:囲むz			相違内容	○:同じ	相違內容	○:同じ	相違內容	- (左欄にて比較した目 プラント既工認)	<ul> <li>(※1)</li> <li>○:共通適用例あり</li> <li>□:個別適用例あり</li> <li>×:適用例なし</li> </ul>	内容	参照した設備名称	<ul> <li>○:構造上の差異なし</li> <li>×:構造上の差異あり</li> <li>(適用可能であることの</li> </ul>	ー : 相違あり ○ : 相違なし	
		●: 異なる -:該当なし	工認	解析種別 内 容	●: 異なる -:該当なし	工認 解	祈種別	方向 内 容	●:	工認 解析種別 方向 内 3	●: 異なる -:該当なし	工認 内 容					埋田も記載)		
		(応答解析)	既工認	応答解析 時刻歴解析 応力解析 FEM解析及び公式等による評価	(応答解析)	応1 既工認 応2	答解析 - 力解析 -	水平     多質点系モデル(建屋-機器連成解析モデル)       鉛直     -       水平     FEMモデル       鉛直     FEMモデル	(応答解析)	既工認         応答解析 協直         水平         1.0%           応力解析         水平         -           約直         -         -           約6         -         -           約6         -         -	-	既工認 解析コード:ASSAL, FEMR	建設工認 第17回 添付書類Ⅲ-1-1「申請 設備に係る耐需設計方	<ul> <li>(解析モデル)</li> <li>応答解析:</li> </ul>					
周 于 炊 日 プ 窄	支持スカート 夏 デ E 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5	(応力解析)	今回 工認	応答解析 時刻歴解析 応力解析 FEM解析及び公式等による評価	(応力解析)	応4 今回 工認 応2	答解析 - 力解析 -	水平     多質点系モデル(建屋-機器連成解析モデル)       鉛直     多質点系モデル(建屋-機器連成解析モデル)       水平     FEMモデル       鉛直     FEMモデル	(応力解析)	中国 工認         応答解析         水平         1.0%           応方解析         応         1.0%         4	-	今回 (広力解析) 工認 解析コード:ASHSD2	- 針〕 添付書類Ⅲ-2-4「下鏡 板と支持スカートの強 度計算書」	(減減に数) 応答解析:○ (その他) 解析コード:○			0	-	
暑支井 棹 近常	品 之 持 嗨 查 勿	(応答解析)	既工認	応答解析 時刻歴解析 応力解析 公式等による評価	(応答解析)	応1 既工認 応2	答解析 - 力解析 -	水平     多質点系モデル(建屋-機器連成解析モデル)       鉛直     -       水平     -       鉛直     -	(応答解析)	既工認         応答解析 命意         水平         1.0%           応力解析         余元         -         -           松市         -         -         -           松市         -         -         -	-	既工認 —	建設工認 第7回 添付書類Ⅲ-2-1「申請 設備に係る耐震設計方	育 5 (解析モデル)					
	原子护圧力容器 基礎ボルト	○ (応力解析) ○	今回 工認	応答解析 時刻歴解析 応力解析 公式等による評価	(応力解析) 一	応 今回 工認 応 <i>注</i>	答解析 - 力解析 -	水平         多賀点系モデル(建屋-機器連成解析モデル)           鉛直         多賀点系モデル(建屋-機器連成解析モデル)           水平         -           ショュー         -	● (応力解析) 一	空間         広答解析         水平         1.0%           公式         分面         1.0%         小平         -           次力解析         水平         -         -         -	-	今回 工認 —	針] 添付書類Ⅲ-2-2「原子 炉圧力容器基礎ボルト の耐震性についての計 算書」	応答解析:○ (滅衰定数) 応答解析:○			0	-	
	原子炉圧力容器	(応答解析)	既工認	応答解析 時刻歴解析 応力解析 公式等による評価	(応答解析)	成1 既工認 応2	答解析 - 力解析 -	水平     多質点系モデル(建屋-機器速成解析モデル)       鉛直     -       水平     -       鉛直     -       鉛直     -	- (応答解析) ○	既工部         応答解析         水平         1.0%           成方解析         公         公         公         公         1         0%           成方解析         小平         -	-	既工認 -	建設工認 第17回 添付書類Ⅲ-1-1「申請 設備に係る耐選設計方						
原子点	スタビライザ	(応力解析)	今回 工認	応答解析 時刻歴解析 応力解析 公式等による評価	(応力解析) 一	応1 今回 工認 応:	答解析 - 力解析 -	水平     多質点系モデル(建屋-機器連成解析モデル)       鉛直     -       水平     -       鉛直     -	(応力解析)	中回         応答解析         水平         1.0%           公司         分面         -         -           次力解析         水平         -         -           約面         -         -         -		今回 工認 -	▼□」 添付書類Ⅲ-2-22「ス タビライザの強度計算 書」					0	
"本体	原子炉格納容器	(応答解析) 〇 (広力解析)	応答解析         時刻態解析           既工認         応力解析           応力解析         公式等による評価	(応答解析) (広答解析)	応1 既工認 応2	答解析 - 力解析 -	<ul> <li>水平 多質点系モデル(建屋一機器速成解析モデル)</li> <li>約直 -</li> <li>ホ平 -</li> <li>約直 -</li> </ul>	(応答解析) (広答解析)	成客解析         水平         1.0%           既工認         応客解析         給直         -           応力解析         水平         -           応力解析         約直         -           (応客解析)          水平         -		既工認 —	建設工認 第17回 添付書類Ⅲ-1-1「申請 設備に係る耐震設計方 -針」	<ul> <li>(解析モデル)</li> <li>応答解析:○</li> <li>(減衰定数)</li> </ul>			0	_		
周子炉日ナ発			今回 工認	応答解析 時刻歴解析 応力解析 公式等による評価	(応力解析) (応力解析) 	応 今回 工認 応 2	答解析 - 力解析 -	水平         多質点系モデル(建屋-機器連成解析モデル)           鉛直         多質点系モデル(建屋-機器連成解析モデル)           水平         -           鉛直         -		(折) 中国 工部 (本) (市) (市) (市) (市) (市) (市) (市) (市) (市) (市		今回 工認 —	添付書類 <b>Ⅲ</b> -2-22「ス タビライザの強度計算 書」	· 応答解析:○ (減衰定数) 応答解析:○ ¥					
不屑样近彩	- - - - - - - - - - - - - -	(応答解析)	既工認	応答解析 時刻歴解析 応力解析 公式等による評価	(応答解析)	応1 既工認 応2	答解析 - 力解析 -	<ul> <li>水平 多質点系モデル(建屋-機器速成解析モデル)</li> <li>鉛直 -</li> <li>約直 -</li> <li>約直 -</li> </ul>	応力所約         約直           原工部         水平           応答解析         応           (応答解析)         応う所新           (応力解析)         ホ平           (広力解析)         ホ平	既工部         応答解析 公         水平         1.0%           応立         -         -         -           応力解析         水平         -         -           約直         -         -         -	-	既工認 —	建設工認 第20回 添付書類Ⅲ-1-1「申請 設備に係る耐震設計方 針」	<ul> <li>(解析モデル)</li> <li>応答解析:○</li> </ul>			0	_	
	ク <b>文</b> 符金具	(応力解析)	今回 工認	応答解析 時刻歴解析 応力解析 公式等による評価	(応答解析) (応力解析)	応1 今回 工認 応2	答解析 - 力解析 -	水平     多賀点系モデル(建屋-機器連成解析モデル)       鉛直     多賀点系モデル(建屋-機器連成解析モデル)       水平     -       鉛直     -		今回         応答解析         水平         1.0%           方面         元の解析         新直         1.0%           成力解析         水平         -           約直         -         約直         -	-	今回 工题 —	添け 書類Ⅲ-2-3 「制御 棒駆動機構ハウジング 支持金具の強度計算 書」	(滅衰定数) 応答解析:○					
	差圧検出・ほう酸水注入	(応答解析)	既工認	応答解析 スペクトルモーダル解析 応力解析 公式等による評価	所         広答解析)         応答解析)         水平         多賀点系モデル           (応答解析)         (応答解析)         (広答解析)         水平         -           (広答解析)         (広答解析)         (広答解析)         (広答解析)         (広答解析)	所直     デ       (応答解析)     近(市)       (応答解析)     (市)       (応答解析)     (市)			(応答解析) 既工認 解析コード:EBASCO社 構造解析コード	建設工認 第21回 添付書類Ⅲ-2-1「申請 設備に係る耐震設計方 針」	(減衰定数) 応答解析・○			0	_				
	<b>密</b>	(応力解析)	今回 工認	・         ・	はかゆり/ 力解析) 一         知道         知道         (広答解)           二         約直         -         (広方解)           二         応答解析         木平         多質点系モデル         (広方解)           工認         応力解析         木平         -         -           成立力解析         水平         -         -         -           成力解析         水平         -         -         -	(応答解析)         (広/所*0)         松直         -           (広/方解析)         - <td< td=""><td>今回 (応答解析) 工認 解析コード:NSTRAN</td><td></td><td>(その他) 解析コード:〇</td><td></td><td></td><td>~ </td><td></td></td<>	今回 (応答解析) 工認 解析コード:NSTRAN		(その他) 解析コード:〇			~ 							

箇用例あり:	プラン	>個別に適用性が確認されたプラント個別の適用例がある手法

(※1)共通適用あり:規格・基準類等に基づきプラントの仕様等によらず適用性が確認されたプラント共通の適用例がある手法 個別適用例あり:プラント個別に適用性が確認されたプラント個別の適用例がある手法

							I	既工認と今回工認時との比較							他プラントを含めた既工認での適用例						
	TT IT LLAS TO DE	(公	式等による	解析手法 る評価,スペクトルモーダル解析,時刻歴解析他)				角	¥析モデル		減衰	医定数		その他 (評価条件の変更等)	備考	(**1)			減衰定数の実績	既工認と今回工認の手法 に相違	
n'T (IIII A') 5% 62 (M		〇:同じ		相 違 內 容	〇:同じ				相 違 内 容	〇:同じ		相 違 内 容	〇:同じ	相 違 内 容	<ul> <li>(左欄にて比較した目 プラント既工認)</li> </ul>	(※1) ○:共通適用例あり □:個別適用例あり ×:適田例な1	内容	参照した設備名称	<ul> <li>○:構造上の差異なし</li> <li>×:構造上の差異あり</li> <li>(適用可能であることの)</li> </ul>	ー : 相違あり ○ : 相違なし	
		●:異なる -:該当なし	工認	解析種別 内容	●:異なる -:該当なし	工認	解析種別	則 方向	内容	●:異なる -:該当なし	工認	解析種別 方向 内 容	●:異なる -:該当なし	工認 内容		人:適用例なし			理由も記載)		
		(応答解析)	既工認	応答解析 時刻歴解析 応力解析 公式等による評価	(応答解析)	既工認	応答解析 応力解析	水平           鉛直           水平           介	多質点系モデル (建屋-機器連成解析モデル) - -	(応答解析)	既工認	水平         1.0%           応答解析         4           始直         -           成力解析         水平	-	既工認 —	建設工認 第21回 添付書類II-2-1「申請 50.65.2.545(19.1)	(解析モデル)					
	蒸気乾燥器	○ (応力解析) ○	今回 工認	応答解析 時刻歴解析 応力解析 公式等による評価	● (応力解析) 一	今回工認	応答解析応方解析	ポ世 ポー が平 鉛直 水平 鉛直 小平 鉛直 公面	多賀点系モデル(建屋一機器連成解析モデル)           多賀点系モデル(建屋一機器連成解析モデル)           -           -	(応力解析) 一	今回工認	水平         1.0%           応答解析             協直         1.0%            応力解析              公司	 - -	今回 工認 -	→ 計 新 新 ※付書類Ⅲ-2-3「炉心 構造物の耐震性につい ての計算書」	応答解析:○ (滅衰定数) 応答解析:○			0	_	
		(応答解析)	既工認	応答解析 時刻歴解析 応力解析 公式等による評価	(応答解析)	既工認	応答解析	水平 鉛直 水平	<ul> <li>多質点系モデル(建風-機器連成解析モデル)</li> <li>-</li> </ul>	(応答解析)	既工認	水平         1.0%           応答解析         给直         -           応力解析         水平         -           (応力解析         小車         -	-	既工認 —	建設工認 第21回 添付書類Ⅲ-2-1「申請 50.65~30-2015)	(解析手法) 応力解析:○					
	気水分離器及びスタンド パイプ	○ (応力解析) ●	今回 工認	応答解析         時刻歷解析           応力解析         F E M解析	● (応力解析) 	今回 工認	応答解析 応力解析	水平 行 鉛直 示平	<ul> <li>平 多質点系モデル(建屋-機器連成解析モデル)</li> <li>直 多質点系モデル(建屋-機器連成解析モデル)</li> <li>平 3次元FEMモデル</li> </ul>	● (応力解析) 	<ul> <li>所)</li> <li>今回</li> <li>広答解析</li> <li>広方解析</li> <li>水平</li> <li>広力解析</li> <li>水平</li> <li>公正</li> <li>水平</li> <li>水平</li> <li>水平</li> <li>水平</li> <li>水平</li> <li>ホェ</li> </ul>	水平         1.0%           応答解析         鉛直         1.0%           成立角柝析         水平         -		今回 工認 —	→ 針) 添付書類Ⅲ-2-3「炉心 構造物の耐震性につい ての計算書」	(解析モデル) 応答解析:○ (減衰定数) 応答解析:○			0	_	
			既工認	応答解析 時刻歴解析 広力解析 FFM解析及び少さ等による評価	-	既工認	応答解析	鉛直       水平       鉛直       水平       鉛直       水平       鉛直       水平	3 次元FEMモデル       多質点系モデル(建屋一機器連成解析モデル)       -       2次元輪対象モデル		既工器         応答           既工器         応答           応力         応応           ク回         工器           応応         応方	鉛直         一           応答解析         水平         1.0%           鉛直         -            広力解析         水平         -	-	既工認 —	建設工認 第21回	* (解析手法)					
- 原子 炉 日 大 一 二 大	シュラウドヘッド ( ; ;	(応答解析) ○ (応力解析) ●	中回 工部         応答解析         時刻歴解析           成力解析         公式等による評価	応答解析 時刻歴解析 応力解析 公式等による評価	(応答解析) ● (応力解析) -	<ul> <li>新)</li> <li>売等</li> <li>今回</li> <li>工部</li> <li>応え</li> </ul>	応答解析 応力解析	- 鉛直 水平 鉛直 水平 鉛直 水平	- 多質点系モデル(建屋-機器連成解析モデル) 多質点系モデル(建屋-機器連成解析モデル) -	(応答解析) ● (応力解析) -		応容解析) 応力解析) 一 応 今回 工認 応	釣直         一           広答解析         水平         1.0%           鈴直         1.0%           応力解析         水平         -	 -	今回 工题 -	徐行者類Ⅲ-2-1 甲請 設備に係る耐震役計方 新月 総行者類Ⅲ-2-3「炉心 構造物の耐震性につい ての計算書」	応力解析: (解析モデル) 応答解析: (減衰定数) 応答解析:〇			0	-
于炉本体	2 3 3 ジェットポンプ	(応答解析) 〇〇	既工認	応答解析         各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価           応力解析         公式等による評価	(応答解析) (応力解析)	既工認	応答解析	知直 水平 鉛直 水平 鉛直 水平 鉛直 か平 鉛直 の の の の の の の の の の の の の	- 多質点モデル - - -	(応答解析)	既工認	安直         -           応答解析         水平         -           鈴直         -         -           成力解析         -         -           約直         -         -           約直         -         -	- - -	既工認 —	建設工認第21回 添付書類Ⅲ-2-1「申請 設備に係る耐震設計方 針」	(解析手法) 応答解析:つい			0		
		(UC)/JR407/	今回 工認	応答解析         各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価           応力解析         公式等による評価		今回工認	応答解析応力解析	水平       鉛直       水平       鉛直       小平       鉛直	多質点モデル 多質点モデル - -		-	水平         -           応答解析         鉛直         -           成力解析         水平         -           約直         -         -           約面         -         -		今回 工認 -	(A)1音類Ⅲ2つ 「ジェットボンプの耐 廃性についての計算 書」	(解析モデル) 応答解析:○					
	給水スパージャ	(応答解析) 〇 (広告解析)	既工認	応答解析 各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価 応力解析 公式等による評価	(応答解析) (広ちか解析)	既工認	応答解析	水平           鉛直           水平           鉛直           小平           台直           小平           台直	<ul> <li>多質点モデル</li> <li>多資点モデル</li> <li>-</li> <li>-</li> </ul>	(応答解析)	(応答解析) (応力解析) - - 今回 工認	既工認 (第4年)	水平         -           応答解析         4           6         -           成力解析         水平           分直         -           約直         -	•	(以答解析) 既工認 解析コード:EBASCO 構造解析コード	社 建設工認 第21回 添付書類Ⅲ-2-1「申請 設備に係る耐震設計方 針」	(その他)			0	_
		(GC)/JP4-677)	今回 工認	応答解析 各設備の固有周期に基づく応答加速度による評 価 応力解析 公式等による評価	()©/)я+от) —	今回 工認	応答解析	水平           鉛直           水平           台直           水平           台直	多質点モデル 多質点モデル - -	(応多解析)         鉛直           (応力解析)         永平           (応力解析)         上記           (応力解析)         水平           た溶解析         水平           たの解析         水平           広力解析         小析		水平         -           始直         -           広力解析         水平         -           松直         -         -		今回 (応答解析) 工認 解析コード:NSTRAN	添付書類Ⅲ-25 リジイージャ 配管およびスパージャ の耐震性についての計 算書」	解析コード:〇					
	炉心スプレイスパージャ	(応答解析) 〇 (広力報知)	応答解析         各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価           成力解析         公式等による評価         (応答解析)	既工認	応答解析	水平 鉛直 水平 鉛直		公正         知道         一           (応答解析)         (応答解析)         次平         -           (応答解析)         次米         -           (応答解析)         次米         -           (応答解析)         小米         -	既工認 (応答解析)	水平         -           始直         -           応力解析         水平         -           労道         -         -		既工認 -	建設工認 第21回 添付書類Ⅲ-2-1「申請 設備に係る耐震設計方 針」 添付書類Ⅲ-2-2「約4	(解析モデル) 応答解析・○			0	_			
		(心刀鲜竹)	今回 工認	応答解析         各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価           応力解析         公式等による評価	(心刀解析) 一	今回 工認	応答解析 応力解析	水平           鉛直           水平           台直           小平           台直	多賀点モデル 多賀点モデル - -	(応谷解析) (応力解析) - - 2 2 2	約直         一           今回         水平         -           工認         次方解析         水平         -           応力解析         水平         -            始直         -	-	今回 — 工認 —	降付書類Ⅲ-255 炉内 配管およびスパージャ の耐震性についての計 算書」	(解析モデル) 皿-2-5 「炉内 広答解析:〇 びスパージャ についての計			-			

(※1) 共通適用あり:規格・基準類等に基づきプラントの仕様等によらず適用性が確認されたプラント共通の適用例がある手法 個別適用例あり:プラント個別に適用性が確認されたプラント個別の適用例がある手法

							既工認と今回工設	認時との比較								他プラントを含めた既工認での	り適用例	
		(公	式等による	解析手法 る評価,スペクトルモーダル解析,時刻歴解析他)			解析モデル			減衰定数		その (評価条件の	他 0変更等)	備考	(***)			既工認と今回工認の手法     減衰定数の実績     に相違
	評価対象設備	〇:同じ 		相違內容	〇:同じ		相違内	容	〇:同じ	相違內容	〇:同じ	4	相違內容	<ul> <li>(左欄にて比較した目 プラント既工認)</li> </ul>	<ul> <li>(※1)</li> <li>○:共通適用例あり</li> <li>□:個別適用例あり</li> <li>×:適用例なし</li> </ul>	内 容	参照した設備名称	<ul> <li>○:構造上の差異なし</li> <li>×:構造上の差異あり</li> <li>(適用可能であることの</li> <li>○:相違なし</li> </ul>
		●: 共なる -:該当なし	工認	解析種別 内 容	●: 典なる - : 該当なし	工認 解析種	鯏 方向	内容	●: 共なる -:該当なし	工認 解析種別 方向 内 容	●: 共なる -:該当なし	工認	内容					
	<b>取印動於十字訂签(回了</b>	(応答解析)	既工認	応答解析     -       応力解析     -	(応答解析)	応答解 既工認 応力解	水平         -           鉛直         -           新直         -           新直         -		(応答解析)	成容解析         水平         -           施正認         -         約直         -           成力解析         水平         -            協直         -             成力解析         私平         -	-	既工認	_		(解析手法) 応答解析: 〇 た 1 9 1 - 〇			
	炉庄力容器内)	(応力解析) 一	今回 工認	応答解析 各設備の固有周期に基づく応答加速度による評 価 応力解析 公式等による評価	(応力解析) 一	応答解 今回 工認 応力解	水平         多質点モデル           鉛直         多質点モデル           粉面         多質点モデル           小平         -           粉面         -		(応力解析) 	今回 工器         広答解析 協直         水平         -           方解析 協直         -         -         -		今回 工認	_		<ul> <li>(解析モデル)</li> <li>応答解析:○</li> <li>応力解析:○</li> </ul>			o –
			既工認	応答解析 スペクトルモーダル解析 広力解析 小式等による評価	_	応答解 既工認 応力解	水平         多賀点モデル           鉛直         多賀点モデル           新直         多賀点モデル           水平         -		_	成         水         不明           版工記         広         小平         -           広力解析         水平         -         -	-	既工認	(応答解析) 解析コード:EBASCO社 構造解析コード	建設工認 第21回 添付書類Ⅲ-2-1「申請				
原子炉田	炉心スプレイ系配管(原 子炉圧力容器内)	<ul> <li>(応答解析)</li> <li>○</li> <li>(応力解析)</li> <li>○</li> </ul>	今回工認	応答解析 スペクトルモーダル解析	(応答解析) 〇 (応力解析) 一	応答解 今回 工認	鉛直         一           水平         多賀点モデル           鉛直         多賀点モデル           水平         -		(応答解析) ● (応力解析) -	公正            合回 工認         応答解析         水平         1.0%           水平         -         -	-	今回工認	(応答解析) 解析コード : NSTRAN	設備に係る耐震設計方 針」 添付書類Ⅲ-2-5「炉内 配管およびスパージャ の耐震性についての計 算書」	<ul> <li>(減衰定数)</li> <li>応答解析:○</li> <li>(その他)</li> <li>解析コード:○</li> </ul>			0 –
庄力容器内部構造:			応力解析         公式等による評価           廃工認         応答解析         スペクトルモーダル解析           廃析()         広力解析         公式等による評価           解析)         (広力解析         公式等による評価	_	応力解4 応答解4 既工認	新 鉛直 - 秋平 多質点系モデル 鉛直 - 鉛直 -	v	-	応力解析         鉛直            応答解析         私平         不明           成ご答解析         鉛直	-	既工認	(応答解析) 解析コード:EBASCO社						
原	(圧検出・ほう酸水注入 (原子炉圧力容器内)	(応答解析) 〇 (応力解析) 〇	今回 工認	応力解析 公式等による評価 応答解析 スペクトルモーダル解析 応力解析 公式等による評価	(応答解析) ● (応力解析)	応力解           今回           工認           応力解	ボー		(応答解析) ● (応力解析) -	応力解析         水平         -           転答解析         糸正         1.0%           広方解析         松正         1.0%           広方解析         松平         -	•	今回工認	(応答解析) 解析コード:NSTRAN	(本政:140 新2:140 添付書類田-2-1「申請 設備に係る耐震設計方 針」 添付書類田-2-5「炉内 配管およびスパージャ の耐震性についての計 算書」	(解析モデル) 応答解析:○ (滅衰定数) 応答解析:○ (その他) 解析コード:○			0 -
子炉本体	中性子計測案內管	(応答解析) ○ (応力解析) ○	既工認 今回 工認	応答解析     スペクトルモーダル解析       応力解析     公式等による評価       応う解析     スペクトルモーダル解析       応力解析     スペクトルモーダル解析       応力解析     スペクトルモーダル解析	(応答解析) (応力解析) 	既工認     応答解     応方射     への     なっか     なの     なの	約直         -           松平         多賀点モデル           納直         -           松平         9賀点モデル           納直         -           松平         -           約直         -           小平         -           約直         -           小平         -           小田         -           新車         -           小田         -		(広答解析) (広:力解析)	知道         -           応答解析         水平         1.0%           成立方解析         水平         -           成立方解析         水平         -           公前         -            金箔解析         水平         -           公前         -            公方解析         水平         1.0%           公方解析         小平         1.0%           次方解析         水平         -		既工認 今回 工認		発管発144号 添付書類IV-1-2「中 子計測案内管の耐震 についての計算書」	<ul> <li>(解析モデル)</li> <li>応答解析:○</li> <li>(減衰定数)</li> <li>応答解析:○</li> </ul>			0 -
原子	円筒部	(応答解析) 〇 (応力解析) 〇	既工認 今回 工認	応答解析         時刻歷解析           応力解析         FEM解析           応答解析         時刻歷解析           応方解析         FEM解析	(応答解析) (応力解析) 〇	既工認     応答解     成工認     応方解     今回     工認     応方射     広方射	約直         -           水平         多質点系モデル           約直         -           新車         シェルモデル           粉直         シェルモデル           粉面         シェルモデル           新車         シェルモデル           新市         多質点系モデル           新市         シェルモデル           新市         シェルモデル	<ul> <li>(建屋一機器連成解析モデル)</li> <li>(建屋一機器連成解析モデル)</li> <li>(建屋一機器連成解析モデル)</li> </ul>	(応答解析) (応方解析) 	知面         二           応答解析         木平         5.0%           近方解析         小平         -           方方解析         小平         -           公方解析         小平         5.0%           次面         -         -           公式方解析         小平         5.0%           公式方解析         小平         5.0%           公式方解析         小平         -	-	既工認 今回 工認	-	<ul> <li>              金設工設 第3回 旅行書類Ⅲ-3-1「申請 設備に係る耐震設計の 基本方針う 旅行書類Ⅲ-4「原子炉 本体の基礎に関する説 明書」      </li> </ul>	<ul> <li>(解析モデル)</li> <li>応答解析:○</li> <li>(減衰定数)</li> <li>応答解析:○</li> </ul>			o –
小子炉本体の基礎	アンカ部	(応答解析) 〇 (応力解析)	既工認 今回 工認	応答解析         時刻歴解析           応力解析         FEM解析及び公式等による評価           応答解析         時刻歴解析           応力解析         公式等による評価	(応答解析) (応う解析) -	既工認         応答新           成力射         応方射           今回         工認           広方射         応力射	鉛直         シェルモデル           航空         多質点系モデル           鉛直         -           加倍         -           指位         シェルモデル           約直         シェルモデル           約面         シェルモデル           約面         多質点系モデル           約面         多質点系モデル           約面         多質点系モデル           約面         多質点系モデル	<ul> <li>レ (建屋一機器連成解析モデル)</li> <li>レ (建屋一機器連成解析モデル)</li> <li>レ (建屋一機器連成解析モデル)</li> <li>レ (建屋一機器連成解析モデル)</li> </ul>	(応答解析) (応力解析) 	知意         二           応答解析         木平         5.0%           施立         二            市方所析         和平         -           合口             小平         小平         -           小平         小平            小平             小市             小市             小市             小市             小市             小市             小市             小市		原工認 今回 工認		建設工認 第3回 添付書類Ⅲ-3-1「申請 設備に係る耐震設計の 基本方針」 添付書類Ⅲ-4「原子炉 本体の基礎に関する説 明書」	<ul> <li>(解析手法)</li> <li>応力解析デル)</li> <li>(解析モデル)</li> <li>応答解析:○</li> <li>(減衰定数)</li> <li>応答解析:○</li> </ul>			o –

(※1) 共通適用あり:規格・基準類等に基づきプラントの仕様等によらず適用性が確認されたプラント共通の適用例がある手法 個別適

							既工認と今回工認時との比較											他プラントを含めた既工認での適用例			
	275 for ± 1.46 ±0.44	(4	公式等による	評価, スイ	解析手法 ペクトルモーダル解析,時刻歴解析他)				解	折モデル		減到	复定数		その他 (評価条件の変更等)	備考	(*1)			減衰定数の実績	既工認と今回工認の手法 に相違
	評価対象設備	〇:同じ			相 違 内 容	<ul><li>○:同じ</li></ul>				相 違 內 容	〇:同じ		相違內容	〇:同じ	相 違 内 容	<ul> <li>(左欄にて比較した目 プラント既工認)</li> </ul>	(※1) ○:共通適用例あり □:個別適用例あり ×:適用例なし	内容	参照した設備名称	<ul> <li>○:構造上の差異なし</li> <li>×:構造上の差異あり</li> <li>(適用可能であることの</li> </ul>	ー : 相違あり ○ : 相違なし
		●:異なる -:該当なし	工認	解析種別	内容	●:異なる -:該当なし	工認	解析種別	方向	内容	●:異なる -:該当なし	工認	解析種別 方向 内 容	●:異なる -:該当なし	工認 内容					理由も記載)	
			既工認	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速度による評 価		既工認	応答解析	水平 鉛直	シェルモデル シェルモデル		既工認	応答解析 <u>松平</u> 1.0% <u>鉛直</u> -	-	既工認 —						
		(応答解析)		応力解析	F E M解析及び公式等による評価	(応答解析)		応力解析	水平 鉛直	シェルモデル シェルモデル	(応答解析)		応力解析 松平 - 鉛直 -	-		発管業発274号 添付書類2-1「申請設 備に係る耐震設計の基					
	使用済燃料貯蔵ラック	(応力解析)	今回	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速度による評 価	(応力解析)	今回	応答解析	水平 鉛直	シェルモデル シェルモデル	(応力解析) 一	今回	応答解析 <u>お直</u> 一		今回 _	本方針」 添付書類2-2-1「使用 済燃料貯蔵設備の耐震 性についての計算書」	-	-	_	_	0
	使 用 済 燃		工認	応力解析	F E M解析及び公式等による評価		工認	応力解析	水平 鉛直	シェルモデル		工認	応力解析 松平 - 鉛直 -	-	工認						
	料 貯 蔵 設 備		既工認	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速度による評 価		既工認	応答解析	水平 鉛直	-		既工認	水平         -           公答解析         鉛直         -	-	既工認 —						
		(応答解析)		応力解析	F E M解析及び公式等による評価	(応答解析)		応力解析	水平鉛直	シェルモデル シェルモデル	(応答解析)		応力解析 松平 - 鉛直 -	-		発管発435号 添付書類IV-2-1「申請 設備に係る耐震設計の 基本支針」					
	使用済燃料乾式貯藏容器	(応力解析)		応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速度による評 価	(応力解析) 〇		応答解析	水平	_	(応力解析) 一		応答解析 松平 -			添付書類IV-2-2「使用 済燃料乾式貯蔵容器の 耐震性についての計算 書」	_	_	_	_	0
			今回 工認	応力解析	F EM解析及び公式等による評価	_	今回 工認	応力解析	水平 	シェルモデル シェルモデル		今回 工認	応力解析 応力解析 <u> </u>	-	今回 工認 						
核燃料			00°	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速度による評 価		80°	応答解析	水平 鉛直	-		10° 40	水平         -           応答解析         鉛直         -	-							
物質の取扱	燃料取替機	(応答解析)	耽工認	応力解析	公式等による評価	(応答解析) ●	既工認	応力解析	水平 鉛直	-	(応答解析)	<b>吹</b> 工部	水平         -           公力解析         鉛直         -		既上認 —	発発発第18号 1-1 「燃料取扱装置燃	<ul> <li>(解析手法)</li> <li>応答解析:○</li> <li>(解析モデル)</li> <li>応力解析:○</li> </ul>			_	_
取扱施設及び貯		(応力解析)	今回	応答解析	スペクトルモーダル解析	(心刀弾竹)	今回	応答解析	水平 鉛直	はりモデル	(心刀弾術T) 一	今回	水平         2.0%           鉛直         2.0%	-	今回	料取替機の耐農性につ いての計算書」	(減衰定数) 応答解析:○				
蔵施設			-1-80	応力解析	公式等による評価		08.1	応力解析	水平	-		1.80	応力解析 松平 - 鉛直 -	-	1.80						
			既工認	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速度による評 価		既工認	応答解析	水平 鉛直	-		既工認	応答解析 水平 - 鉛直 -	-	既工認 —						
	燃 料 取 原子炉建屋クレーン	(応答解析) ● (広力解析)		応力解析	<sup>77971</sup> 価 5解析 公式等による評価 (応答 (応答	(応答解析) ● (応力解析)		応力解析	水平 鉛直	-	(応答解析) ● (応力解析)	解析) 解析) - - 工認	水平         -           応力解析         糸直         -           鈴直         -            応答解析         水平         2.0%           大線         -			発管業発第312号 1-1 「届出設備に係 耐震設計の基本方針 1-2-1 「原子炉建屋	(解析手法) 応答解析:○ (解析モデル) 応答解析:○			-	_
	装置	0	今回 工認	応答解析	時刻歷解析	_	今回 工認	応答解析	水平 鉛直	<ul> <li>多質点モデル</li> <li>多質点モデル</li> </ul>	-				今回	レーンの耐震性につい ての計算書」	(減衰定数) 応答解析:○				
				応力解析	公式等による評価			応力解析	水平 鉛直	-			応力解析 松平 - 鉛直 -	-							
			既工認	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価		既工認	応答解析	水平 鉛直	-		既工認	水平         -           公答解析            鉛直         -	-	既工認 —						
	使用済燃料乾式貯蔵建屋	(応答解析) ●		応力解析	公式等による評価	(応答解析) ●		応力解析	水平 鉛直	-	(応答解析) ●		応力解析         水平         -           鉛直         -			発管発第63号 添付書類IV-2-1「申請 設備に係る耐震設計の 基本方針」	(解析手法) 応答解析:○ (解析モデル) 応答解析:○			_	_
	大井グ レーン	(AG /) AF+ (AT)	今回	応答解析	時刻歷解析	(//G/J/J#+0T) 	今回	応答解析	水平 鉛直	多質点モデル 多質点モデル	(心ノ)月47日) 一	今回	水平         2.0%           鉛直         2.0%	-	今回 _	添付書類Ⅳ-2-4「天井 クレーンの耐震性につ いての計算書」	(減衰定数) 応答解析:○				
			工認	応力解析	公式等による評価		工認	応力解析	水平 鉛直	-		工認	応力解析 松平 - 鉛直 -	-	工設						
				応答解析	_			応答解析	水平 鉛直	-			応答解析 水平 - 鉛直 -	-							
原子炉冷却	主主蒸気逃がし安全弁逃が	(応答解析)	既工認	応力解析	_	(応答解析) -	既工認	応力解析	水平 鉛直	-	(応答解析) 一	既工認	応力解析 松平 - 鉛直 -	-	成工部 —		(解析手法) 応答解析:○				
却系統施設	気 レ开機能用アキュムレー タ	(応力解析) 一	今回	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速度による評 価	(応力解析) 一	今回	応答解析	水平 鉛直	-	(応力解析) 一	今回	応答解析 <u> 松平</u> - <u> 鉛直</u> -		今回		応力解析:〇			-	_
μX			工認	応力解析	公式等による評価		工認	応力解析	水平 鉛直	-		工認	応力解析 松平 - 鉛直 -	-							
							- I								a l						

箇用例あり:ブ	プラント個別に適用性が確認さ	れたプラント個別の適用例があ	る手法

(※1)共通適用あり:規格・基準類等に基づきプラントの仕様等によらず適用性が確認されたプラント共通の適用例がある手法 個別適用例あり:プラント個別に適用性が確認されたプラント個別の適用例がある手法

								既工認と今回工認時との比較		他ブラントを含めた既工認での適用例							
		(公	式等による	解析手法 3評価,スペクトルモーダル解析,時刻歴解析他)				解析モデル		減衰定数		その他 (評価条件の変更等)	備考	(**1)			既工認と今回工認の手法 減衰定数の実績 に相違
	評価対象設備	〇:同じ		相 違 内 容	〇:同じ			相 違 內 容	〇:同じ	相 違 内 容		相違內容	<ul> <li>(左欄にて比較した目 プラント既工認)</li> </ul>	<ul> <li>(※1)</li> <li>○:共通適用例あり</li> <li>□:個別適用例あり</li> <li>×:適用例なし</li> </ul>	内容参	照した設備名称	<ul> <li>○:構造上の差異なし</li> <li>×:構造上の差異あり</li> <li>(適用可能であることの</li> <li>○:相違なし</li> </ul>
		●:異なる -:該当なし	工認	解析種別 内容	●:異なる -:該当なし	工認解	析種別:	响 内容	●:異なる -:該当なし	工認 解析種別 方向 内 容	●:異なる -:該当なし	工認 内容					理由も記載)
	主 主 主蒸気逃がし安全弁自動	(応答解析)	既工認	応答解析	(応答解析)	応3 既工認 応7	答解析 ; 力解析	平 直 二 平 平 - 二 二 二 二 二 二 二 二 二 二 二 二 二	(応答解析)	成室解析         水平         -           段直         -            成力解析         水平         -           公式の解析         公式の解析		既工認 —		(解析手法) 生物和生 〇			
	<ul> <li>(滅圧機能用アキュムレー 系)</li> </ul>	(応力解析) 一	今回 工認	応答解析 各設備の固有周期に基づく応答加速度による評 価 応力解析 公式等による評価	(応力解析) 一	応 今回 工認 応7	答解析 	平	────────────────────────────────────	応答解析         水平         -           介田         新道         -           工認         広力解析         水平         -	_	今回 工認 -		応力解析:○			
		(+*********	既工認	応答解析         各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価           応力解析         公式等による評価	(11.55.67.47.)	成 成 成 次 次 2 成 7 成 7 成 7 成 7 成 7 成 7 成 7 の の 7 の の 7 の の 7 7	; 答解析 ; 力解析	四 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一		成本         一           成本         不平         -           分成         -         -           成力解析         水平         -		既工認 -	建設工認 第8回 添付書類Ⅲ-2-1「申請	(解析手法) 中等例析			
	残留熱除去系熱交換器	(応力解析) 〇	今回 工認	応答解析 スペクトルモーダル解析 応力解析 公式等による評価	(応力解析) -	今回 工認 応7	答解析 	<ul> <li>              平 多質点モデル      </li> <li>             変質点モデル         </li> <li>             ぞ             ・      </li> <li>             ·             ·</li></ul>	(応力解析) (応力解析)	内口口         水平         1.0%           介印         分子         約百         1.0%           介所析         水平         -           成力解析         松平         -           始直         -            水平         -	_	今回 — 工認 —	は両面になっての決定は前金 本力針) 派仲吉素類町-2-2「残留 熟除主系素及後器の両 實性についての計算 書」	○留新モデル) (常新モデル) 応答解析:○ (減衰定数) 応答解析:○			0 –
27 <b>- - - - - - - - - -</b>	残 留 熱 熱 除 現留熟絵主系ポンプ	(応答解析)	既工認	応答解析	(応答解析)	応1 既工認 応2	答解析 ; ; ; ;	本平     多質点モデル       道     -       平     -       道     -	 (応答解析)	成         成         人 <td></td> <td>既工認 —</td> <td>建設工認 第9回 添付書類Ⅲ-2-1「申請 設備に係る耐震設計基 本方針</td> <td>(解析手法) 応答解析:○ (解析モデル)</td> <td></td> <td></td> <td>0 -</td>		既工認 —	建設工認 第9回 添付書類Ⅲ-2-1「申請 設備に係る耐震設計基 本方針	(解析手法) 応答解析:○ (解析モデル)			0 -
原子炉冷却	た 大 古 二 次 4 (ス 年 4 (ノ) 大 (人) (人) (人) (人) (人) (人) (人) (人)	(応力解析)	今回 工認	応答解析 スペクトルモーダル解析 応力解析 公式等による評価	(応力解析) 	応 今回 工認 応 7 元 7 元 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7	答解析 	平平     多質点モデル       値     多質点モデル       マー     -       道     -	(応力解析) 	点容解析         水平         1.0%           公司印		今回 工認 —	本の町」 添付書類Ⅲ-2-4「残留 熱除去系ボンブの耐震 性についての計算書」	応答解析:○ (滅衰定数) 応答解析:○			
系統施設	残留熱除去系ストレーナ	(応答解析) 〇 (応力解析) 〇	既工認	解析 各設備の固有周期に基づく応答加速度による評 価 「解析 FEM解析 FEM解析 G設備の固有周期に基づく応答加速度による評 価 (I (I) (I)	(応答解析) ● (応力解析) ○	応? 既工認 応7	答解析 	<ul> <li>平 -</li> <li>通 -</li> <li>マ シェルモデル</li> <li>道 シェルモデル</li> <li>マ ビームモデル</li> </ul>	(応答解析) (応力解析)	水平         -           応答解析         分道         -           応力解析         水平         -           応力解析         秋平         -           安白田         水平         1.0%           小記器         水平         1.0%           応力解析         秋平         -           公式         小平         1.0%           公式         小平         -           公式         小平         -	-	既工認 -	発室発 623号 添付書類IV-1-1「申請 設備に係る所義設計の 基本方針」 添付書類IV-1-2-1「残 環熟除活素ストレーナ	<ul> <li>(解析モデル)</li> <li>の応答解析:○</li> <li>(練表定数)</li> <li>(読客解析:○</li> </ul>			0 -
			今回 工認			応答 今回 工認 応力	答解析 	<ul> <li>直 ビームモデル</li> <li>平 シェルモデル</li> <li>直 シェルモデル</li> <li>平 多質点モデル</li> </ul>	-			今回 工認 -	の耐震性についての計 算書」				
	高圧炉心スプレイ系ボン プ	(応答解析) ● (応力解析)	原工認         応答解析         各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価           か解析)         広力解析         公式等による評価         (成           力解析)         広気解析         スペクトルエーダル 報告         (成	<ul> <li>(応答解析)</li> <li>●</li> <li>(応力解析)</li> </ul>	応1 既工認 応7	答解析 	直	 (応答解析) (応力解析)	成容解析         水平         1.0%           第6         -            応力解析         水平         -           約面         -            協士         -            約面         -            協士         -		既工認 —	建設工認 第9回 添付書類Ⅲ-2-1「申請 設備に係る耐震設計基 本方針」 添付書類Ⅲ-2-7「高圧	<ul> <li>(解析手法)</li> <li>応答解析:○</li> <li>(解析モデル)</li> <li>応答解析:○</li> </ul>			0 -	
7 7 7 7 7	高 王 炉 心 ス プ		(応力解析)         ご答解析         スペクトルモーダル解析         (応力解析)           会回 工部         応力解析         スペクトルモーダル解析         (応力解析)           応力解析         公式等による評価         (応力解析)           販工部         応答解析         各設備の固有周期に基づく応答加速度による評 応力解析         (応答解析)           (広力解析)         FEM解析         (応答解析)           (広方解析)         「         (応答解析)           (広方解析)         「         (広答解析)           (広方解析)         「         (広答解析)	応 今回 工認 応7	答解析 : 力解析 :	道     多質点モデル       平     -       道     -	-	応答解析         水平         -           公面         -         -           広力解析         松平         -           公面         -         -		今回 工認 —	がでヘノレイ 氷ホンプ の耐震性についての計 算書」	(1983年年初) 応答解析:○					
	、 レ イ 系 系 高圧炉心スプレイ系スト レーナ	(応答解析) 〇 (応力解析)		応答解析         各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価           応力解析         FEM解析	評         既工記         水平         -           (応答解析)         (広答解析)         近         公式         公式           (広方解析)         (広方解析)         公式         シェルモデル         公式	<ul> <li>** -</li> <li>ゴー</li> <li>** シェルモデル</li> <li>ゴ シェルモデル</li> <li>** ビームエデル</li> </ul>	 (応答解析) ● (応力解析)	所正部         戸田         一           成工部         応答解析         水平         -           応力解析         水平         -           約直         -         -	-	既工認 -	発室発 623号 添付書類IV-1-1「申請 設備に係る耐震設計の 基本方針) 添付書類IV-1-4-1「高	<ul> <li>(解析モデル)</li> <li>応答解析:○</li> <li>(減衰定数)</li> <li>応答解析:○</li> </ul>			0 -		
		0		0	応 今回 工認 応7	济解析         水平           分館         小平           力解析         水平           鉛値         小平	<ul> <li>エームモアル</li> <li>道 ビームモデル</li> <li>マ シェルモデル</li> <li>道 シェルモデル</li> </ul>	_	T)     鉛直        市)       水平     1.0%       今回 工器           応答解析           成           水型           小型           水型		今回 工認 -	基本方針」 添付書類ハー1-4-1「 近伊心ズレイズス レーナの耐震性につい ての計算書」	Purat AFUI - U				

									Į	既工認と今回工認時との比較		(※1) 共通適用8	り:規格・基準義	「等に基づきフ	ラントの仕様等によ	らず適用性が確認されたプ	ラント共通の適用例がある	5手法 個別適用例あり:プラント個別に递 他プラントを含めた既工認	同性が確認されたプラン での適用例	ト個別の適用例がある手法	
		(2	、式等によ	る評価,ス	解析手法 スペクトルモーダル解析,時刻歴解析他)				角	新モデル		減衰定数		その (評価条件の	也  変更等)	備考				法主中教心中体	既工認と今回工認の手 に相違
	評価対象設備	0:同じ			相 違 內 容	0:同じ				相 違 内 容	0:同じ	相違內容	0:同じ	1	目違 内 容	<ul> <li>(左欄にて比較した自 プラント既工認)</li> </ul>	(※1) ○:共通適用例あり □:個別適用例あり	内容	参照した設備名称	<ul> <li>(スと数の実績)</li> <li>○:構造上の差異なし</li> <li>×:構造上の差異あり</li> <li>(適田可能であろことの)</li> </ul>	<ul> <li>-:相違あり</li> <li>○:相違なし</li> </ul>
		●:異なる -:該当なし	工認	解析種	別内容	●:異なる -:該当なし	工認	解析種	別 方向	内容	●:異なる -:該当なし	工認 解析種別 方向 内	●:異なる ー:該当なし	工認	内 容		× : 適用例なし			理由も記載)	
			既工認	応答解	析 各設備の固有周期に基づく応答加速度による 価	評	既工認	応答解れ	亦平 鉛直	多賢点モデル -	_	成答解析         水平         -           販工認         -         -	_	既工認	_						
	低圧炉心スプレイ;	(応答解析) ● (応力解析) ○		応力解 応答解	折 公式等による評価 折 スペクトルモーダル解析	(応答解析) ● (応力解析)		応力解れ	水平 鉛直 水平	- - 多質点モデル	(応答解析) ● (応力解析)	応力解析         水平         -           協直         -         -           応答解析         水平         1.0				埋設上認 第9回 添付書類Ⅲ-2-1「申請 設備に係る耐震設計基 本方針」 添付書類Ⅲ-2-5「低圧 炉心スプレイ系ポンプ の耐震性についての計	(解析手法) 応答解析:○ (解析モデル) 応答解析:○ (減衰定数) 応答解析:○			0	-
<b>化</b> 一 二 二 二 二 二 二 二 二 二 二 二 二 二 二 二 二 二 二	低 王 炉 乙		今回 工認	応力解	折 公式等による評価		今回 工認	応力解れ	鉛直       水平       鉛直	多質点モデル - -	_	今回 工認         鉛直         1.0           応力解析         水平         -           協直         -		今回 工認	_	算書」					
1	プ レ イ 系		既工認	応答解	析 各設備の固有周期に基づく応答加速度による 価	評	既工認	応答解れ	水平 鉛直	-	_	成答解析         水平         -           既工認         小平         -		既工認	_	<b>政守政 200日</b>					
	低圧炉心スプレイ; レーナ	(応答解析) (応答解析) ○ (応力解析) ○		応力解	<ul> <li>折 F E M解析</li> <li>各設備の固有周期に基づく応答加速度による</li> </ul>	(応答解析) ● (応力解析) 評 ○		応力解	が平 新 新 新 新 新 一 新 一 新 一 新 一 新 一 新 一 新 一 新 一 新 一 新 二 新 一 新 二 新 二 、 新 二 、 新 二 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、	シェルモアル シェルモデル ビームモデル	(応答解析) ● (応力解析)	応力解析         新平         -           協力解析         鉛直         -           小平         1.0				添付書類IV-1-1「申請 設備に係る耐震設計の 基本方針」 添付書類IV-1-3-1「高 圧炉心スプレイ系スト レーナの耐震性につい	青 (解析モデル) 応答解析:○ (減衰定数) 応答解析:○			0	-
			今回 工認	応 合 解 応 力 解	が「価」 「FEM解析		今回 工認	応 方解		ビームモデル シェルモデル シュルモデル	-	今回 工認         広合解析         鉛直         1.0           広力解析         水平	6	今回 工認	-	レーナの耐震性につい ての計算書」					
			際工業	応答解	折 各設備の固有周期に基づく応答加速度による     価	評	114 - 7 220	応答解れ	n 近 水平 鉛直	-	_	応答解析         水平         -           応答解析         -         -         -		際工物							
	原子炉隔離時冷却; プ	(応答解析) 系ポン (応力解析)	56.1.80	応力解	折 公式等による評価	(応答解析)  (応力解析)	56-1-80	応力解れ	亦平 鉛直	-	(応答解析)  (応力解析)	<sup> </sup>		54.7.80		建設工認 第9回 添付書類Ⅲ-2-1「申請 設備に係る耐震設計基 本方針」 添付書類Ⅲ-2-2「原子	-	_	_	_	0
原非	原	0	今回 工認	応答解	折 各設備の固有周期に基づく応答加速度による 価 近 いご笑にトス発価	評 -	今回 工認	応答解れ	近 が平 新 新 都直	-	_	今回         公答解析         第二         一           工認         広方解析         第二         -		今回 工認	_	炉隔離時沿却糸ボンブ の耐震性についての計 算書」					
》冷却系統施品 一	ッ 隔 維 一 一			応答解	新 スペイによる新 画 各設備の固有周期に基づく応答加速度による 価	評		応力解析	新	- - -	_	応防中が     鉛直     -       応答解析     水平     -       Gain     公面     -									
設 7	** 原子炉隔離時冷却 ブ駆動田蒸気ター	(応答解析) 系ポン ○ ベン (応力解析)	既工認	応力解	折 公式等による評価		既工認	応力解れ	水平 近 鉛直	-	(応答解析) - (広力解析)	既工認 応力解析 公前 -		既工認	_	建設工認 第9回 添付書類Ⅲ-2-1「申請 設備に係る耐震設計基 本方針」 添付書類Ⅲ-2-2「原子	-	_	_	_	0
		0	今回 工認	応答解	析 各設備の固有周期に基づく応答加速度による 価	評 -	今回 工認	応答解	水平       鉛直       水平	- - -	_	広答解析         水平         -           今回         近答解析         鉛直         -           工認         水平         -	_	今回 工認	_	炉隔離時冷却系ポンプ の耐震性についての計 算書」					
				応力解 応答解	所 公式等による評価 折 スペクトルモーダル解析			応方解れ	折 鉛直 水平 折	- 多質点モデル	_	応力解析 鉛直 応答解析 水平 1.0	6								
	难母教险主玄海水	(応答解析)	既工認	<td>折 公式等による評価</td> <td>(応答解析)</td> <td>既工認</td> <td>応力解れ</td> <td>鉛直       水平       街直</td> <td>- - -</td> <td>(応答解析)</td> <td>既工認         鉛直         一           応力解析         水平         -           鉛直         -         -</td> <td></td> <td>既工認</td> <td>_</td> <td>発室発149号 添付書類IV-1-1「申請 設備に係る耐震設計の 基本方4+」</td> <td>(解析モデル)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td>	折 公式等による評価	(応答解析)	既工認	応力解れ	鉛直       水平       街直	- - -	(応答解析)	既工認         鉛直         一           応力解析         水平         -           鉛直         -         -		既工認	_	発室発149号 添付書類IV-1-1「申請 設備に係る耐震設計の 基本方4+」	(解析モデル)				
ž	プ 残	(応力解析)	今回工認		(応力解析)	(かり)     分直     -     (	6	今回工認	_	旅付書類IV-1-2-1「残 留熱除去系海水系ボン プの耐震性についての 計算書」	応答解析:〇			0	_						
We the set of the o	留 熱 余 去 系			応力解	新会式等による評価	評		応力解	近 水平 鉛直 水平	-	-	応力解析         水平         -           協直         -         -           水平         -         -           水平         -         -									
7	水 系	(応答解析)	既工認	応力解	<sup>21</sup> 価 近 が 公式等による評価	答加速度による評 (++********)	既工認	応力解れ		-	- - (応答解析)	既工認 成 か な の た か な が な の で か な の 、 の 、 の 、 の 、 の 、 の 、 の 、 の 、 の 、 の		既工認	_	建設工認 第14回 添付書類Ⅲ-2-1「申請 設備に係る耐震設計基					
	残留熱除去系海水; レーナ	系スト ○ (応力解析) ○	SF解析) ○ か解析 ○ か解析) ○ か解析 二 記器       ○ 広力解析     公式等による評価     (広答舟) (広方舟)       ○ か解析     公式等による評価       ○ な常解析     各設備の固有周期に基づく応答加速度による評 価       ○ なのからの     ○ へのからの       ○ なのからの     ○ へのからの	 (応力解析) 評	今回	応答解	nue 水平 鉛直		(応答解析) 	如         小         -            応答解析         水平         -           今回         5         5         5		今回		本方針」 添付書類Ⅲ-2-3「残留 熟除去系海水系機器・ 配管の耐震性について の計算書」	-	_	-	_	0		
				応力解	折 公式等による評価		今回 工認	応力解れ	約直         -           水平         -           約直         -	-	今回 工認         鉛直         一           応力解析         水平         一           鉛直         一	- 4 I	上認	今回 工器 							
(※1) 共通適用あり:規格・基準類等に基づきプラントの仕様等によらず適用性が確認されたプラント共通の適用例がある手法 個別適用例あり:プラント個別に適用性が確認されたプラント個別の適用例がある手法

							既工認と今回工認時との比較			(/*	1 / / / / / / /					他プラント	トを含めた既工認で	の適用例	1 [m//1-2/22/11/17/ 07 07 1] 1	
	マボ / エー・トー・イム・ デト / 地	(公	式等による評価	解析手法 新,スペクトルモーダル解析,時刻歴解析他)			解析モデル		減	讓定数			その (評価条件)	)他 の変更等)	備考(大綱)				減衰定数の実績	既工認と今回工認の手法 に相違
	計個对象試備	<ul> <li>○:同じ</li> <li>●・異なる</li> </ul>		相違內容	○:同じ ●・思かス		相 達 内 容	<ul> <li>○:同じ</li> <li>●: 思かみ</li> </ul>		相 違	内 容	○:同じ		相違內容	- (圧欄にて比較した目) プラント既工認) □: 個別適用例あり ×:適用例なし	内容	\$	参照した設備名称	<ul> <li>(請造上の差異なし</li> <li>:構造上の差異あり</li> <li>(適用可能であることの</li> <li>理由もお参)</li> </ul>	<ul> <li>−:相違あり</li> <li>○:相違なし</li> </ul>
		<ul> <li>- :該当なし</li> </ul>	工認 解植	析種別 内容	<ul> <li>-:該当なし</li> </ul>	工認 解析	種別 方向 内 容	<ul> <li>●: 該当なし</li> </ul>	工認	解析種別	」 方向 F	→ : 秋はる - : 該当なし	工認	内容						
			応名 既工認 応 <i>1</i>	密解析 スペクトルモーダル解析 力解析 公式等による評価		応答 既工認 応力	解析 水平 多賀点モデル 約直 - 解析 水平 -	_	既工認	応答解析	水平       鉛直       水平	1.0% 	既工認	_	発室発574号 添付書類IV-1-5「申請 設備(ポンプ)に係る 研審設計の基本方料」					
邦 常 月 ラ ィ 	非常用ディーゼル発電機 用海水ボンプ	(心答解析) 〇 (応力解析) 〇	今回 工認 応知		(応答解析) ● (応力解析) -	応 今回 工認 応力	鉛直         -           新車         多賀点モデル           粉面         多賀点モデル           新車         多賀点モデル           解析         -	(応答解析)  (応力解析) 	今回 工認	応答解析 応力解析	鉛直       水平       鉛直       水平		今回 工認	_	添付書類IV-1-7-1「非 常用ディーゼル発電機 用海水ボンブ及び高圧 スプレイ系ディーゼル 発電機用海水ボンブの 耐震性についての計算 書」				0	-
セル				久恐徳の田左周期に其ペノボダ加速度に トスジョン			鉛直         -           水平         -				鉛直 水平	-								
電税 月油 水 弄	ま常用ディーゼル発電機 用海水ストレーナ	(応答解析) ○ (応力解析) ○	応名 既工認 応 プ	古秋順の回す両列に進っていた宮川辺と及による計 価  カ解析 公式等による評価	(応答解析) 一 (応力解析)	応名 既工認 応力	解析 <u>約直</u> - 解析 <u>約直</u> - <u>約直</u> - <u>約直</u> - <u>秋平</u> -	(応答解析) - (応力解析)	既工認	応答解析	<ul> <li>鉛直</li> <li>水平</li> <li>鉛直</li> <li>水平</li> </ul>	- - - -	既工認	-		-		-	_	0
原子炉冷却			応名 今回 工認 応力	<sup>容解析</sup> 価 加加・100000000000000000000000000000000000		応 今回 工認 応力	解析 <u> </u>	_	今回 工認	応答解析	鉛直 水平 鉛直	-	今回 工認	_	1000011-24/54以後1000 記官の耐勢失任について の計算書」					
<b>却</b> 系統施設			成2	溶解析 スペクトルモーダル解析		応答 既工認	水平         多質点モデル           鈴直         -           水平         -	_	既工認	応答解析	水平 鉛直 水平	1.0% 	既工認	-	発室発574号 添付書類IV-1-5「申請 時備(ポンプ)に係る					
唐 日 歩 <i>レ</i> ア ノ フ	高圧炉心スプレイ系 ディーゼル発電機用海水 ポンプ	(応答解析) ○ (応力解析) ○	応対応名	カ解析 公式等による評価	(応答解析) ● (応力解析)	応力	解析 <u> 新直</u> - 解析 林平 多賀点モデル タ賀点モデル	(応答解析)  (応力解析) 		応力解析	鉛直 水平				は (解析・ビット・) 「新賀波計の基本方針」 添付書類IV-1-7-1 [非 常用ディーゼル発電機 用海水ボンブ及び高圧 スプレイ系ディーゼル 常電機用ルポンプの				0	_
フレイ オデライ	0 		今回 工認 応力	力解析 公式等による評価		今回 工認 応力	新直         多質点モテル           解析         木平         -           鈴直         -         -	_	今回 工認	応力解析	<u>鉛直</u> 水平 鉛直		今回 工認	_	<ul> <li>         耐震性についての計算         </li> <li> </li> </ul>					
 七 八 発 電 模			応名 既工認	客解析 各設備の固有周期に基づく応答知速度による評価		応答 既工認	解析 <u>休平</u> - <u>約直</u> - <u>秋平</u> -	_	既工認	応答解析	水平       鉛直       水平		既工認	_	<b>建設工認 第16回</b> 添付書類Ⅱ-2-1「申請					
月 油 水 弄	高圧炉心スプレイ系 ディーゼル発電機用海水 ストレーナ	(応答解析) ○ (応力解析) ○	本 本 本 名 二 認	容解析 各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価	(応答解析) - (応力解析) -		Mil         Mil         -           My         -         -           Mil         -         -           Mil         -         -           My         -         -	(応答解析) 	今回 工認	応答解析	鉛直 水平 鉛直 水平		今回工認	_	IX面に味る耐速はTIの 基本方針) 二添付書類Ⅲ-2-10「非 − 常用予備電電装置内燃 機関冷却木設備機器・ 配管の耐震性について の計算書」	-		-	_	0
			応7	カ解析 公式等による評価 客解析 各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価		応力	解析 <u>約</u> 直 - 解析 <u>水</u> 平 多賀点モデル <u>約</u> 直 -	-		応力解析 応答解析	鉛直 水平 鉛直	-		(応答解析)						
<b>串</b> 征	」 8 8 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	(応答解析) 〇 (応力解析)	応力	力解析 公式等による評価	(応答解析) ● (応力解析)	成工部 応力	解析	(応答解析)  (応力解析)	<b>吠</b> ⊥認	応力解析	水平 鉛直 水平	-	既工部	解研コード: EBASCO社 構造解析コード	健設工認 第18回 添付書類Ⅲ-2-1「申請 設備に係る耐震設計畫 (解析モデル) 本方針) 応答解析:○ 添付書類Ⅲ-2-3「削額 忙での他)				0	-
計測制御		0	応名 今回 工認 応ナ	容解析 各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価 価 力解析 公式等による評価	_	応答 今回 工認 応力	ボヤ 多員ぶ C ブル           解析         会質点モデル           解析         水平         -           鈴直         -         -		今回 工認	応答解析 応力解析	小平 鉛直 水平 鉛直	-	今回 工認	(応答解析) 解析コード : SAP-IV	操転動水圧糸機器配管   解析コード:○ の耐震性についての計 算書」					
系統施設	ŧ		応名 既工認 広ナ	容解析 各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価 のの目的ではないないであった。 力解析 公式等による評価		応答 既工認 広ナ	水平         -           約直         -           水平         -           解析         水平	_	既工認	応答解析	水平 鉛直 水平	-	既工認	_	建設工認 第18回 添付書類Ⅲ-2-1「申請					
ご能か注入系	<sup>そ</sup> ほう酸水注入ポンプ	(応答解析) ○ (応力解析) ○	応復	客解析 各設備の固有周期に基づく応答加速度による評 価	(応答解析) - (応力解析) -	応答	約直         -           解析         水平         -           約直         -         -	(応答解析) (応力解析) 		応答解析	鉛直 水平 鉛直				設備に係る耐寒設計基 本方針」 本方針」 部付書類面-2-4「ほう 酸水注入系機器配管の 耐震性についての計算 書」	_		_	_	0
			今回 工認 応力	力解析 公式等による評価		工認応力	水平         -           鉛直         -	-	<i>今</i> 回 工認	応力解析	水平 鉛直	-	今回 工認	-						

(※1) 共通適用あり:規格・基準類等に基づきプラントの仕様等によらず適用性が確認されたプラント共通の適用例がある手法 個別適用例あり:プラント個別に適用性が確認されたプラント個別の適用例がある手法

								既	モエ認と今回工認時との比較								他プラントを含めた既工認での	り適用例		
	評価対象設備	(公:	式等による	評価, ス^	解析手法 ペクトルモーダル解析,時刻歴解析他)		T	角军书	析モデル		減至	定数			その他 (評価条件の変更等)	備 考 (左欄にて比較した自 (※1)			減衰定数の実績 ○・壊失しの美男な1	既工認と今回工認の手法 に相違
		○:同じ ●:異なる -:該当なし	工認	解析種別	相 達 内 容	<ul> <li>○:同じ</li> <li>●:異なる</li> <li>-:該当なし</li> </ul>	工認	解析種別 方向	相 違 内 容 内 容	○ : 同じ ● : 異なる - : 該当なし	工設	相 違 解析種別	内 容 方向 P	<ul> <li>○:同じ</li> <li>●:異なる</li> <li>-:該当なし</li> </ul>	相違内容       工認     内容	プラント既工認) □:個別適用例あり □:個別適用例あり ×:適用例なし	内 容	参照した設備名称	<ul> <li>(満垣上の差異なじ</li> <li>×:構造上の差異あり</li> <li>(適用可能であることの</li> <li>理由も記載)</li> </ul>	ー : 相違あり ○ : 相違なし
			既工認	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速度による評 価	_	既工認	応答解析 <u> </u>	-		既工認	応答解析	水平 鉛直	-	既工認 —	the first the second				
ほう酸水注入	まう酸水貯蔵タンク	(応答解析) ○ (応力解析) ○		応力解析	公式等による評価 各設備の固有周期に基づく応答加速度による評	(応答解析)  (応力解析) 		応力解析 鉛直 · 	-	(応答解析)  (応力解析) 		応力解析	水平 鉛直 水平			建設 1.85 単1/8世) 添付書第四-2-1「申請 設備に係る耐険設計基 本方針」 添付書第四-2-4「ほう 酸水注入系機器配管の	-	_	-	0
系			今回 工認	応力解析	価 公式等による評価	_	今回 工認	む	-		今回 工認	応力解析	鉛直 水平 鉛直	-	今回 — 工認 —	前後在10-50、Cの計算 書」				
			既工認	応答解析	スペクトルモーダル解析		既工認	応答解析 <u> 応答解析</u> <u> 水平</u> 鉛直	多質点モデル -		既工認	応答解析	水平 鉛直	1. 0% 	既工認 (応答解析) 飯杯コード・HISAC					
	起動領域計装ドライ チューブ	(応答解析) ○ (応力解析) ○		応力解析	公式等による評価	(応答解析) ○ (応力解析)		応力解析         水平           鉛直            水平	  多質点モデル	(応答解析) 〇 (応力解析)		応力解析	水平 鉛直 水平	- - 1.0%		発管業発第58号 1-1 届出設備に係る耐 廃設計の基本方針 (その他) 1-2-1 起動領域計装ド 解析コード:○ ライチューブ耐震性に			0	_
			今回 工認	応答解析	スペクトルモーダル解析 公式等による評価	_	今回 工認	応答解析 鉛直 応力解析 <u>水平</u> ・	-		今回 工認	応答解析	鉛直 水平	-	今回 (応答解析) 工認 解析コード:SAP-Ⅳ	ついての計算書				
_			野丁認	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速度による評 価		呼丁認	公直           応答解析           公面           公面			呼丁級	応答解析	鉛直 水平 鉛直	- -						
	出力領域計裝検出器集合 本	(応答解析) ● (応力解析)		応力解析	公式等による評価	(応答解析) ● (応力解析)		応力解析 応力解析 <u> 分</u> 館 水平 ・	- - 多質点モデル	(応答解析) ● (応力解析)	00	応力解析	水平 鉛直 水平			<ul> <li>              金設工認 第21回</li></ul>			0	_
計測制		-	今回 工認	応答解析	スペクトルモーダル解析 公式等による評価	_	今回 工認	応答解析 鉛直 応力解析 水平・			今回 工認	応答解析	鉛直 水平	-	今回 工認 —	構造物の耐酸性につい、応答解析:〇 ての計算書」				
御系統施設			既丁級	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速度による評 価		既丁認	新直           応答解析           鉛直           鉛直			既丁認	応答解析	<u></u>	-	医丁認 —					
計測装置	ベンチ <u>盤</u>	(応答解析) ○ (応力解析) ○		応力解析	公式等による評価	(応答解析)  (応力解析)		応力解析         水平           鉛直         水平	-	(応答解析)  (応力解析)		応力解析	水平 鉛直 水平			桂設工認第11回 添付書類Ⅲ-2-1「申請 設備に係る耐候設計の 基本方針」 送付素類Ⅲ-2-4「聲に	_	_	_	0
		Ū	今回 工認	応答解析 応力解析	ぜ広知 <sup>(1)</sup> (1)(1)(1)(1)(1)(1)(2)(1)(1)(1)(1)(1)(1)(1)(1)(1)(1)(1)(1)(1)	_	今回 工認	応答解析 <u>鉛直</u> 応力解析	-		今回 工認	応答解析	鉛直 水平	-	今回 工認	関する新興計算書」				
-			FFT ±9	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速度による評 価		呼丁却	鉛直           応答解析           鉛直           鉛直	-		再工物	応答解析	<ul> <li>鉛直</li> <li>水平</li> <li>鉛直</li> </ul>	- -	IFF T 25					
i	直立盤	(応答解析) 〇 (応力解析)	90	応力解析	公式等による評価	(応答解析) - (応力解析)	90 HD	応力解析 応力解析 <u> </u>	-	(応答解析) 一 (応力解析)	90-240	応力解析	水平 鉛直 水平			推設工器 第11回 旅付書類Ⅲ-2-1「申請 設備に係る耐震設計の 基本方針」     歩け素簡Ⅲ    の 4 「№1」	-	-	_	0
		0	今回 工認	応答解析 応力解析	各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価 公式等による評価	_	今回 工認	応答解析 鉛直 応力解析	-		今回 工認	応答解析	鉛直 水平	-	今回 工認 —	1947) 室村正 ショーン塗に 関する耐焼計算書」				
			既丁級	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速度による評 価		既工物	公直           応答解析           公面           公面			既丁釼	応答解析	<ul> <li>鉛直</li> <li>水平</li> <li>鉛直</li> </ul>		医丁级 —					
	見場盤	(応答解析) ○ (応力解析) ○	HU'	応力解析	公式等による評価	(応答解析)  (応力解析) 	U	応力解析         水平           鉛直         水平	-	(応答解析) - (応力解析)	HD.	応力解析	水平 鉛直 水平			推設工認 第11回 旅付書類Ⅲ-2-1「申請 設備に係る耐震設計の 基本方針」 ぶ付書類Ⅲ-2-4「韓」	-	-	_	0
		č	今回 工認	応答解析 応力解析	10 Loom 200171799991に287 八 No合のU2E及による評価 公式等による評価	_	今回 工認	応答解析 <u>鉛直</u> <u>公</u> 力解析	-		今回 工認	応答解析	鉛直 水平 松声	-	今回 工認 —	関する耐震計算書」				

(※1) 共通適用あり:規格・基準類等に基づきプラントの仕様等によらず適用性が確認されたプラント共通の適用例がある手法 個別適用例あり:プラント個別に適用性が確認されたプラント個別の適用例がある手法

									ų	工認と今回工認時との比較			(承主) 旁边通行的 / /	<u>. Atm 254-78</u>	CE JEJ JUT OLIMPICAD	7 JEE/1112/7 HEBD C 4 0/C 2 .		他プラントを含めた既工認で	の適用例	ALL C. C. NULLER C. NULLER	
	亚価対象設備	(公	式等による	5評価,ス	解析手法 ペクトルモーダル解析,時刻歴解析他)				解	<b></b> 折モデル		減衰	定数		その他 (評価条件の変更等)	備考 (左欄にて比較1た自	(**1)			減衰定数の実績	既工認と今回工認の手法 に相違
	µT Ⅲ 八 秋 4 K (明	○ : 同じ ● : 異なる			相 違 內 容	<ul> <li>○:同じ</li> <li>●:異なる</li> </ul>				相違內容	○:同じ ●:異なる		相違內容	○ : 同じ ● : 異なる	相違內容	プラント既工認)	<ul> <li>○: 共通適用例あり</li> <li>□: 個別適用例あり</li> <li>×: 適用例なし</li> </ul>	内 容	参照した設備名称	<ul> <li>(         ・ ・ ・</li></ul>	- : 相違あり ○ : 相違なし
		- : 該当なし	工認	解析種別	」 内 容	- : 該当なし	工認	解析種	別 方向	内容	-:該当なし	工認	解析種別 方向 内 容	- : 該当なし	工認 内容						
		(応答解析)	既工認	応答解析 応力解析	各設備の固有周期に基づく応答加速度による評 価 公式等による評価	(応答解析)	既工認	応答解 応力解	水平           鉛直           水平           鉛直           小平           鉛直		(応答解析)	既工認	水平         -           応答解析         鉛直         -           応力解析         水平         -           鉛直         -         -	-	既工認 —	発管業発第105号 添付書類1-1「届出設 備に係る耐震設計の基					
プロセスモー	主蒸気管放射線モニタ	(応力解析)	今回 工認	応答解析 応力解析	各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価	(応力解析) 	今回 工認	応答解 応力解	水平           鉛直           木平           鉛直           小平           鉛直		(応力解析)	今回 工認	応答解析 松平 - 鉛直 - 水平 - 水平 - 松可解析 鉛直 -	-	今回 — 工認 —	ー本方針」 添付書類1-2「放射線 管理設備の耐震性につ いての計算書」			_	_	0
ータリング設備			既工認	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価	_	既工認	応答解	水平       鉛直       水平			既工認	水平         -           Shi         -           Shi         -           水平         -	-	既工認 —	<b>発管業発第105</b> 号					
	原子炉建屋放射線モニタ	<ul> <li>(応答解析)</li> <li>○</li> <li>(応力解析)</li> <li>○</li> </ul>	今回	応方解析	公式等による評価 各設備の固有周期に基づく応答加速度による評 価	(応答解析)  (応力解析) 	今回	応力解 応答解	所 鉛直 水平 釿 鉛直		(応答解析)  (応力解析) 	今回	応力解析 鉛直 - 応答解析 松平 - 鉛直 -		今回	添付書類1-1「届出設 備に係る耐震設計の基 本方針」 添付書類1-2「放射線 管理設備の耐震性につ いての計算書」			-	_	0
			工認	応力解析	公式等による評価		工認	応力解	水平	-		工認	応力解析 水平 - 鉛直 -	-	工認						
			既工認	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速度による評 価	_	既工認	応答解	水平       鉛直	-		既工認	応答解析 松平 - 鉛直 -	-	既工認 —						
	中央制御室换気系送風機	(応答解析) 〇 (応力解析)		応力解析	公式等による評価	(応答解析) - (応力解析)		応力解	水平 好直 水平	-	(応答解析) - (応力解析)		水平     -       応力解析     鉛直     -       * 平     -			建設工認 第13回 添付書類Ⅲ-2-1「申請 設備に係る耐震設計の 基本方針」 添付書類Ⅲ-2-4「捧気			_	_	0
放射線		0	今回 工認	応答解析 応力解析	各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価 価 公式等による評価	_	今回 工認	応答解 応力解	所 分 が 子 が 子 の む の で の で り の で の の の の の の の の の の の の の		_	今回 工認	応答解析 <u> </u>	-	今回	系機器の耐震性についての計算書」					
管理施設中央制			既工認	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価 公式等による評価	_	既工認	応答解 応力解	水平           鉛直           水平           小平	-		既工認	応答解析 <u>応</u> 答解析 <u>称</u> 平 - <u></u> 水平 - <u></u> 水平 -	-	既工認 —	建設工認 第13回 添付書類Ⅲ-2-1「申請					
司御室換 気系	中央制御室非常用排風機	(応合所行) 〇 (応力解析) 〇	今回工認	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価	(応合解析) 	今回 工認	応答解	鉛直           水平           鉛直           松車           公司           水平           公司           水平           公司           水平		(応合所析) - (応力解析) -	今回 工認	鉛直         -           応答解析         水平         -           鉛直         -            が正         -            水平         -            水平         -            水平         -		今回 工認 —	設備に係る耐震設計の 基本方針〕 添付書類Ⅲ-2-4「換気 系機器の耐震性につい ての計算書」			_	_	0
			既工認	応答解析	公式(等による計画 各設備の固有周期に基づく応答加速度による評 価	_	既工認	応答解	鉛直 水平 鉛直 鉛直	-		既工認	ルンJAPH 1 <u> 鉛直 -</u> 水平 - <u> 鉛直 -</u> 鉛直 -	-	既工認 -						
	中央制御室換気系フィル タユニット	(応答解析) 〇 (応力解析)		応力解析	公式等による評価	(応答解析) - (応力解析)		応力解	水平 好直 水平	-	(応答解析) - (応力解析)		水平     -       応力解析     鉛直     -       オーズ     -			建設工認 第13回 添付書類Ⅲ-2-1「申請 設備に係る耐震設計の 基本方針」 添付書類Ⅲ-2-4「換気			_	_	0
		0	今回 工認	応答解析 応力解析	各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価 価 公式等による評価	_	今回 工認	応答解 応力解	小平 鉛直 水平 鉛直 鉛直		_	今回 工認	応答解析 <u> 応答解析</u> <u> 給直</u> - 水平 - <u> </u> 応力解析 <u> 給直</u> -	-	今回	系機器の耐震性についての計算書」					
原子炉建		(応答解析)	既工認	応答解析 応力解析	各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価 公式等による評価	(応答解析)	既工認	応答解:	水平           鉛直           水平           小平           小平	-	(応答解析)	既工認	応答解析 <u> 応答解析</u> <u> 始直</u> - 水平 - 水平 - 水平 -	-	既工認 -	建設工認 第13回 添付書類Ⅲ-2-1「申請 設備に係る耐震設計の					
屋ガス処理系	非常用ガス再循環系排風 機	○ (応力解析) ○	今回 丁級	応答解析	各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価	 (応力解析) 	今回	応答解	<u><u></u><u></u><u></u><u></u><u></u><u></u><u></u><u></u><u></u><u></u><u></u><u></u><u></u><u></u><u></u><u></u><u></u><u></u><u></u></u>	-	 (応力解析) 	今回	町止         一           応答解析         水平         -           鉛直         -         -		今回 - T 親 -	基本方針」 添付書類Ⅲ-2-3「非常 用ガス再循環系排風機 の耐震性についての計 算書」			_	-	0
			80	応力解析	公式等による評価			応力解	水平 新 鉛直	-			応力解析 松平 - 鉛直 -	-	(KC,						

(※1) 共通適用あり:規格・基準類等に基づきプラントの仕様等によらず適用性が確認されたプラント共通の適用例がある手法 個別適用例あり:プラント個別に適用性が確認されたプラント個別の適用例がある手法

							既工認と今回工認時との比較				17 76/22	ш/п 0/ / .	<u> 70,711 25,44-784 77</u>		7 JE/111177 16 BD C 4 07 C 7	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	他フ	プラントを含めた既工認	での適用例	<ul> <li>「回加小ッション」」(11/1/1-02-0-1-14)</li> </ul>	
		(4	式等によ	解析手法 る評価,スペクトルモーダル解析,時刻歴解析他)			解析モデル		词	衰定数			(	その他 (評価条件の変更等)	備考					減衰定数の実績	既工認と今回工認の手法 に相違
	評価対象設備	〇:同じ		相 違 内 容	〇:同じ		相 違 内 容	〇:同じ		相違	内容		〇:同じ	相 違 内 容	<ul> <li>(左欄にて比較した自 プラント既工認)</li> </ul>	<ul> <li>(※1)</li> <li>○:共通適用例あり</li> <li>□:個別適用例あり</li> <li>×:適田例た1</li> </ul>	内	內 容	参照した設備名利	<ul> <li>○:構造上の差異なし</li> <li>×:構造上の差異あり</li> <li>(適用可能であることの)</li> </ul>	ー : 相違あり ○ : 相違なし
		●:異なる -:該当なし	工認	解析種別 内 容	●:異なる -:該当なし	工認 解析種	別 方向 内容	●:異なる -:該当なし	工認	解析種5	別 方向 日	内 容	●:異なる -:該当なし	工認 内 容	-	へ . 適用内なし				理由も記載)	
			既工認	応答解析 各設備の固有周期に基づく応答加速度による評 価 応力解析 公式等による評価		応答解 既工認 応力解	水平         -           50         -           50         -           50         -           50         -	-	既工語	応答解4	水平       鉛直       水平	-		既工認 —	建設工認 第13回 添付書類Ⅲ-2-1「申請						
	非常用ガス再領環系フィ ルタトレイン	(応合解析) ○ (応力解析) ○	今回 工認	応答解析         各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価           応力解析         公式等による評価	(応答解析)  (応力解析) 	応答解 今回 工認 応力解	約直     -       水平     -       約直     -       水平     -       水平     -       松声     -	(応答解析) 	今回工認	応答解析	鉛直           水平           鉛直           水平           分直           水平           小平           小平           小平	-	-	今回 工認 -	設備に係る耐震波計の 基本方針〕 添付書類Ⅲ-2-4「非常 用ガス再循環系フィル タトレインの耐震性に ついての計算書」	_	_		_	_	0
				応答解析 各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価		応答解	メロビス 新田区 新田区 新田区 本平 一 - - - - - - - - - - - - -			応答解析	水平	-									
放射線管理施	第 子 戸 豊 非常用ガス処理系排風機	(応答解析) ○ (応力解析) ○	既工認	応力解析 公式等による評価 広次等による評価 た変解析 各設備の固有周期に基づく応答加速度による評	(応答解析) 	既工認 応力解 広答編	新田         新田           新平         -           新直         -           新正         -           林野         水平	(応答解析) 	既工證	応力解析	加固       水平       鉛直       水平	-	_	既工認 —	建設工認 第13回 添付書類Ⅲ-2-1「申請 設備に係る耐震設計の 基本方針」 添付書類Ⅲ-2-6「非常 用ガス処理系排風機の	_	_		_	_	0
設 <sup>9</sup> 野 3	20. 里里 系		今回 工認	応力解析 公式等による評価		今回 工認 応力解	新直         -           株式         -           新直         -	-	今回 工認	応力解析	鉛直       水平       鉛直	-		今回 工認 -	展住についての計算   書]						
			既工認	応答解析 各設備の固有周期に基づく応答加速度による評 価		応答解 既工認	水平         -           約直         -	-	既工部	応答解析	水平       鉛直	-		既工認 一							
	非常用ガス処理系フィル	(応答解析) 〇 (広力留垢)		応力解析 公式等による評価	(応答解析) 	応力解	水平         -           約直         -	(応答解析) - (広ち解析)		応力解析	水平	-	_		建設工認 第13回 添付書類Ⅲ-2-1「申請 設備に係る耐震設計の 基本方針」	_	_		_	_	0
	2 1 1 2	(IG)/J#4/T)	今回 工認	応答解析 各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価 応力解析 公式等による評価	(ルビン)月年か开) —	応答解 今回 工認 応力解	水平         -           鉛直         -           析         水平         -           60 ±         -         -	(心力)种(m) 	今回 工認	応答解析 応力解析	水平           鉛直           水平           公直	-		今回 工認 —	(約1) 書類Ⅲ22-(「非希 用ガス処理系フィルタ トレインの耐震性についての計算書」						
		(応答解析)	既工認	応答解析 時刻歴解析 応力解析 FEM解析及び公式等による評価	(応答解析)	成答解 既工認 応力解	水平         多質点系モデル(建屋-機器連成解析モデル)           新直         -           水平         シェルモデル           折         新直           ・         ・	(応答解析)	既工語	応答解4 応力解4	水平       鉛直       水平       鉛直       水平       鉛直	1.0% 		既工認 解析コード:ASSAL	建設工認 第1回 添付書類Ⅲ-1-1 部4の耳左44	(解析モデル) 応答解析:○ (減去空影)					
	ドライウエル	(応力解析)	今回 工認	応答解析 時刻歴解析 応力解析 FEM解析及び公式等による評価	(応力解析)	応答解 今回 工認 応力解	水平         多質点系モデル(建屋ー機器連成解析モデル)           折直         多質点系モデル(建屋ー機器連成解析モデル)           折         水平           シェルモデル         第6回           約回         シェルモデル	(応力解析)	今回工認	応答解析	水平           鉛直           水平           公司           小平           公司           公司	1.0% 1.0% —	•	今回 (応力解析) 工認 解析コード:NASTRAN	旅行書類Ⅲ-3-3「原子 炉格納容器強度計算 書」	(応答解析:○ (その他) 解析コード:○				0	_
原』	Ĩ F	(広答解析)	既工認	応答解析 時刻歴解析 : 応力解析 FEM解析及び公式等による評価	(広答解析)	成答解 既工認 応力解	水平         多賀点系モデル(建屋-機器連成解析モデル)           新直         -           水平         シェルモデル           折         ・	(広筌解析)	既工語	応答解析	水平           鉛直           水平	1.0% 		既工認 解析コード:ASSAL	建設工認 第1回 添付書類Ⅲ-1-1「耐償	(解析モデル) 広答解析:○					
<sup>24</sup> 格納施設	┌ サブレッション・チェン パ ダ 登 量	(応力解析)	今回工認	応答解析 時刻歴解析 応力解析 FEM解析及び公式等による評価	● (応力解析) ○	応答解           今回            工認	PIIL         シェルで丁ノル           水平         多質点系モデル(建屋ー機器連成解析モデル)           約直         多質点系モデル(建屋ー機器連成解析モデル)           約面         多質点系モデル(建屋ー機器連成解析モデル)           折         水平           シェルモデル         ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	● (応力解析) ○	今回工認	応答解析	町但       水平       鉛直       水平	1.0% 1.0%	•	今回 (応力解析) 工認 解析コード:NASTRAN	設計の基本方針」 添付書類Ⅲ-3-3「原子 炉格納容器強度計算 書」	(滅衰定数) 応答解析:○ (その他) 解析コード:○				0	_
		(広答解析)	既工認	応答解析 時刻歴解析 応力解析 公式等による評価	(応答解析)	成	内山県         ンエル・マアル           水平         多賀点系モデル(健屋ー機器連成解析モデル)           折         航直           小平         小平           折         小平	(広答解析)	既工語	応答解析	新直       水平       鉛直       水平       小平       小平       小平			既工認 —	建設工認 第1回 添付書類Ⅲ-1-1「耐雪	(解析手法) 応力解析:○					
	上部シアラグ及びスタビ ライザ	(応力解析)	今回 工認	応答解析 時刻歴解析 広力解析 FEM解析及びハオ等にトス型研	● (応力解析) ●		xiill         一           水平         多質点系モデル(建屋ー機器連成解析モデル)           鉛店         多質点系モデル(建屋ー機器連成解析モデル)           水平         シェルモデル	● (応力解析) -	今回工認	応答解析	鉛直       水平       鉛直       水平       分直       水平		_	今回 工認 -	設計の基本方針」 添付書類Ⅲ-3-3「原子 炉格納容器強度計算 書」	(時付モナル) 応答解析:○ 応力解析:○ (減衰定数) 応答解析:○				0	-
						אין עישיין	鉛直 シェルモデル				鉛直	-									

(※1) 共通適用あり:規格・基準類等に基づきプラントの仕様等によらず適用性が確認されたプラント共通の適用例がある手法 個別適用例あり:プラント個別に適用性が確認されたプラント個別の適用例がある手法

								既工認と今回工認時との比較							他プラントを含めた既工認での通	i用例	
		(公	式等によ	解析手法 る評価,スペクトルモーダル解析,時刻歴解析他)				解析モデル		減衰定数		その他 (評価条件の変更等)	備考	(***)			既工認と今回工認の手法 減衰定数の実績 に相達
	評価対象設備	〇:同じ 		相違內容	〇:同じ 			相 違 內 容	〇:同じ	相違內容	〇:同じ	相違內容	<ul> <li>(左欄にて比較した自 プラント既工認)</li> </ul>	<ul> <li>(※1)</li> <li>○:共通適用例あり</li> <li>□:個別適用例あり</li> <li>×:適用例なし</li> </ul>	内容	参照した設備名称	<ul> <li>○:構造上の差異なし</li> <li>×:構造上の差異あり</li> <li>(適用可能であることの</li> <li>○:相違なし</li> </ul>
		●: 異なる -:該当なし	工認	解析種別 内 容	●: 異なる -:該当なし	工認	解析種別	方向 内容	●: 異なる -:該当なし	工認 解析種別 方向 内 容	●: 美なる -:該当なし	工認 内 容					埋田も記載)
			既工認	応答解析 時刻歴解析 : 応力解析 公式等による評価	_	既工認	応答解析	水平         多質点系モデル(建屋-機器連成解析モデル)           鉛直         -           水平         -		成容解析         水平         1.0%           既工認         応方解析         小平         -           応力解析         水平         -	-	既工認 —	建設工認 第1回	(解析手法) 広力解析:〇			
	下部シアラグとダイヤフ ラムブラケット	(応答解析) ○ (応力解析) ●	今回	応答解析 時刻歷解析	(応答解析) ● (応力解析)	今回	応答解析	鉛直         -           水平         多質点系モデル(建屋-機器連成解析モデル)           鉛直         多質点系モデル(建屋-機器連成解析モデル)	(応答解析) ● (応力解析) -	知直         一           小平         1.0%           今回         500           小平         1.0%		수回 	添行書類Ⅲ-1-1「晒展 設計の基本方針」 添付書類Ⅲ-3-3「原子 炉格納容器強度計算 書」	<ul> <li>(解析モデル)</li> <li>応答解析:○</li> <li>応力解析:○</li> <li>(減衰定数)</li> <li>応答解析:○</li> </ul>			0 -
			上認	応力解析 FEM解析及び公式等による評価		上認	応力解析	水平 シェルモデル 鉛直 シェルモデル		⊥     芯     立     応     力解析     水平     −	-	工部					
			既工認	応答解析 時刻歷解析	-	既工認	応答解析	水平         多質点系モデル(建屋-機器連成解析モデル)           鉛直         -		成答解析         水平         1.0%           既工認         -         -	-	既工認 —					
	胴アンカー部	(応答解析) ○ (応力解析)		応力解析 公式等による評価	<ul> <li>(応答解析)</li> <li>●</li> <li>(応力解析)</li> </ul>		応力解析	<u> 水平</u> - <u> 約直</u> -	(応答解析) ● (応力解析)	応力解析         -           協直         -			建設工認 第1回 添付書類Ⅲ-1-1「耐震 設計の基本方針」 添付書類Ⅲ-3-3「原子	<ul> <li>(解析モデル)</li> <li>応答解析:○</li> <li>(減衰定数)</li> </ul>			0 –
		0	今回	応答解析 時刻歷解析	_	今回	応答解析	水平         多質点系モデル(建屋ー機器連成解析モデル)           鉛直         多質点系モデル(建屋ー機器連成解析モデル)		広答解析         水平         1.0%           今回 丁切         1.0%         30         1.0%	-	今回 〒29 —	炉格納容器強度計算 書」	応答解析:〇			
			1.80	応力解析 公式等による評価		1.00	応力解析	水平         -           鉛直         -		工事の         水平         -           応力解析         鉛直         -	-	BC <sup>1</sup>					
			既工認	応答解析 各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価	-	既工認	応答解析	水平 - 鉛直 - 水平 -	_	成容解析         水平         -           販工認	-	既工認 —					
	イクイプメントハッチ	(応答解析) 〇 (応力解析)		応力解析 公式等による評価	(応答解析) - (応力解析)		応力解析	約直 — 水平 —	(応答解析) - (応力解析)	応力解析 <u> </u>			<ul> <li>建設工認第1回</li> <li>添付書類Ⅲ-1-1「耐震</li> <li>設計の基本方針」</li> <li>添付書類Ⅲ-3-3「原子</li> <li>添付書類Ⅲ-3-3「原子</li> </ul>	<ul> <li>(解析手法)</li> <li>応力解析:○</li> <li>(解析モデル)</li> </ul>			0 -
原原子子	Ĩ.		今回 工認	応答解析 各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価 応力解析 FEM解析及び公式等による評価		今回 工認	応答解析	<u>鉛直</u> - 水平 シェルモデル		今回 工認         広答解析 鉛直         一           水平         -           広力解析         水平         -	-	今回 _ 工認 -	产 <sup>伯索14-益强反 目 异</sup> 書」	ALX/J###1:0			
, 炉 格納 縮 ∽	□ 子 り ≲						rie At America	鉛直     シェルモデル       水平     -									
設器	n 24	(応答解析)	既工認	<sup>12</sup> -合 <sup>94</sup> 切 価 に 応力解析 公式等による評価	(応答解析)	既工認	応力解析	<ul> <li>船直 -</li> <li>水平 -</li> <li>船直 -</li> </ul>	(応答解析)	既工認 <sup>心合所</sup> 鈴直         -           広力解析         水平         -            広力解析	-	既工認 —	建設工認 第1回 添付書類Ⅲ-1-1「耐震	(解析手法)			
	パーソナルエアロック	(応力解析) ●	今回	応答解析 各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価	 (応力解析) ●	今回	応答解析	水平         -           鉛直         -	 (応力解析) 	今回         広答解析         水平         -           分回         一         90         90         90		今回 	other and the second	応力解析:○ (解析モデル) 応力解析:○			0 –
			08-1-	応力解析 FEM解析及び公式等による評価		-04-1-	応力解析	水平 シェルモデル 鉛直 シェルモデル		上記         水平         -           応力解析         鉛直         -	-	1.80					
			医丁纲	応答解析 各設備の固有周期に基づく応答加速度による評 価		医丁叔	応答解析	水平         -           鉛直         -		応答解析         水平         -           断正認         4         4         -	-	<b>呼丁說</b> —					
	サプレッション・チェン	(応答解析) ○	90	・ 応力解析 公式等による評価	(応答解析) -	870-1140 <sup>-</sup>	応力解析	水平         -           鉛直         -	(応答解析)	応力解析 水平 - 始直 -	-		建設工認 第1回 添付書類Ⅲ-1-1「耐震 設計の基本方針」	(解析手法) 応力解析:○			
	バアクセスハッチ	(応力解析) ●	今回	応答解析 価	(応力解析)	今回	応答解析	水平         -           鉛直         -	(応力解析)	水平         -           広答解析         鉛直         -	-	今回	添付書類Ⅲ-3-3「原子 炉格納容器強度計算 書」	(解析モデル) 応力解析:○			Ŭ
			工認	応力解析 FEM解析及び公式等による評価		工認	応力解析	<ul><li>水平 シェルモデル</li><li>鉛直 シェルモデル</li></ul>		工認         水平         -           応力解析         鉛直         -	-	工認 _					
			際工物	応答解析 スペクトルモーダル解析		明丁初	応答解析	水平 3次元はりモデル 鉛直 3次元はりモデル		広答解析 水平 0.5% 広答解析 鉛直 -	-	IFF 〒 20					
	an the same variation	(応答解析) 〇	540 - L BC	応力解析 公式等による評価	(応答解析) 〇	96,7780	応力解析	水平         -           鉛直         -	(応答解析)	b(1.1c)         水平         -           応力解析         -         -           鉛直         -	-	86-1-90	建設工認 第20回 添付書類Ⅲ-2-1「申請 設備になる耐震設計の	(解析手法) 応力解析 : ○ (解析モデル)			
	mu H 94.4四前)	(応力解析) ●	今回 工認	応答解析 スペクトルモーダル解析	(応力解析) ●	今回 工認	応答解析	水平 3次元はりモデル 船直 3次元はりモデル	(応力解析)	今回 工認         応答解析         水平         0.5%~ 3.0%           公司		今回 工認	<sup>∞+小刀町」</sup> 添付書類Ⅲ-2-6「格納 容器貫通部の耐震性に ついての計算書」	応力解析:○ (減衰定数) 応答解析:○			
				応力解析 FEM解析			応力解析	n+ $v = n = r + r + r + r + r + r + r + r + r + r$		応力解析 <u> 応力解析</u> <u> が平 -</u> <u> 鉛直 -</u>							

(※1) 共通適用あり:規格・基準類等に基づきプラントの仕様等によらず適用性が確認されたプラント共通の適用例がある手法 個別適

							Ę	死工認と今回工認時との比較								他プラントを含めた既工認で	の適用例		
	評価対象設備	(2	公式等によ	解析手法 る評価、スペクトルモーダル解析、時刻歴解析他)			角军	析モデル		減到	長定数		その他 (評価条件の変更等)	備 者 (左欄にて比較した自	(*1)			減衰定数の実績	既工認と今回工認の手法 に相違
	AL BRING REAK M	〇:同じ		相 達 内 容	〇:同じ			相 違 内 容	〇:同じ		相違內容	〇:同じ	相違內容	プラント既工認)	<ul> <li>○:共通適用例あり</li> <li>□:個別適用例あり</li> <li>×:適用例なし</li> </ul>	内 容	参照した設備名称	<ul> <li>():構造上の差異なし</li> <li>×:構造上の差異あり</li> <li>(適用可能であることの</li> </ul>	ー : 相違あり ○ : 相違なし
		●:異なる -:該当なし	工認	解析種別内容	●:異なる -:該当なし	工認 解析種)	別 方向	内容	●:異なる -:該当なし	工認	解析種別 方向 内 容	●:異なる -:該当なし	工認 内容		へ . 週月177まで			理由も記載)	
厉 子 炉	ति 	(応答解析)	既工認	応答解析 — 	(応答解析)	応答解4 既工認 応力解4	水平           鉛直           水平           鉛直           小平           鉛直	-	(応答解析)	既工認	水平         -           応答解析         鉛直         -           公面         -         -           応力解析         水平         -           鉛直         -         -	-	既工認 —		(解析手法) 応答解析:○ 応力解析:○ (解析エデル)				
格 新 室 器	各 電気配線質通部 內容 品	(応力解析) 一	今回 工認	応答解析 スペクトルモーダル解析 応力解析 FEM解析	(応力解析) 	応答解析 今回 工認 応力解析	水平       分直       水平       分直       小平       分直	ビームモデル ビームモデル シェルモデル シェルモデル	(応力解析)	今回 工認	水平         1.0%           公容解析         鉛直         1.0%           公方解析         水平         -           公方解析         鉛直         -		今回 工認 —		(FF10) 応答解析:○ 応容成式定数) 応答解析:○			0	_
			既工認	応答解析 時刻歷解析	-	応答解4 既工認	₼平 鉛直	多質点系モデル(建屋-機器速成解析モデル) -	_	既工認	応答解析 <u> </u>	-	既工認 —						
	ダイヤフラム・フロア	(応答解析) ○ (応力解析)		応力解析 FEM解析及び公式等による評価	(応答解析) ● (応力解析)	応力解析	水平       鉛直       水平	<ul> <li>F E Mモデル</li> <li>F E Mモデル</li> <li>多質点系モデル(建屋-機器連成解析モデル)</li> </ul>	(応答解析) ● (応力解析)		水平         -           応力解析         鉛直         -           鉛直         -         水平         5.0%			建設工認 第3回 添付書類Ⅲ-3-1「申請 設備に係る耐震設計の 基本方針」 添付書類Ⅲ-3-2「申請	<ul> <li>(解析モデル)</li> <li>応答解析:○</li> <li>(減衰定数)</li> <li>(応答解析:○</li> </ul>			0	-
			今回 工認	応答解析 時刻歴解析 応力解析 FEM解析及び公式等による評価	_	応答解4 今回 工認 応力解4	f 鉛直	<ul> <li></li></ul>	-	今回 工認	応答解析 <u>鉛直</u> 5.0% 成力解析 <u>水平</u> -	-	今回 — 工認	設備の耐震性についての計算書」	28 B / F / I C				
日大但	E 5 &		既工認	応答解析 時刻歷解析		応答解析 既工認	鉛直       水平       台直       分直	F E Mモデル 多質点系モデル -	_	既工認	公正	-	既工認 —						
海湖置その	成 友 を こ い べント管 り	(応答解析) ● (応力解析)		応力解析 公式等による評価	(応答解析) ● (応力解析)	応力解析	水平       鉛直       水平	- - ビームモデル	(応答解析) 〇 (応力解析)		水平         -           公前         -           公前         -           水平         0.5%			建設工認 第3回 添付書類Ⅲ-3-1「申請 設備に係る耐震設計の 基本方針」 添付書類Ⅲ-3-2「申請	(解析手法) 応答解析:○ (解析モデル) 応答解析:○			0	_
の 安全説 備	- つう 安 全 皮 笛		今回 工認	応答解析 スペクトルモーダル解析 応力解析 公式等による評価	_	<ul> <li>         今回 工認         応方解析         応力解析     </li> </ul>	f 鉛直		-	今回 工認	応答解析 <u> </u>	-	今回 — 工認	設備の耐震性について の計算書」					
炉格納施設			再工物	応答解析 スペクトルモーダル解析		応答解析	鉛直       水平       鉛直	ー ビームモデル ビームモデル	_	野丁級	公正	-	────────────────────────────────────						
	格納容器スプレイヘッ	(応答解析) 〇 (応力解析)		応力解析 公式等による評価	(応答解析) ● (応力解析)	応力解析	水平 鉛直 オ平	- - -	(応答解析) ● (応力解析)		水平         -           応力解析         鉛直         -           鉛直         -         -			建設工認 第3回 添付書類Ⅲ-3-1「申請 設備に係る耐震設計の — 基本方針」 添付書類Ⅲ-3-2「申請	(減衰定数) 応答解析:○			0	-
		0	今回 工認	応答解析 スペクトルモーダル解析 応力解析 公式等による評価	-	応答解れ 今回 工認 応力解れ	が平 鉛直 析 鉛直 鉛直	ビームモデル 	_	今回 工認	応答解析         パー         0.5%           協直         0.5%            応力解析         水平         -           鉛直         -	-	今回 工認	設備の耐震性について の計算書」					
			既工認	応答解析 各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価 ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・	-	応答解4 既工認	水平       鉛直       水平	-	_	既工認	水平         -           公答解析         分直         -           公面         -         -           次力解析         水平         -	-	既工認 —	建設工認 第24回 添付書類Ⅲ-2-1「申請					
-	再結合装置ブロワ	(応答解析) ○ (応力解析) ○	今回	応答解析         各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価	(応答解析)  (応力解析) -	応答解れ	鉛直       水平       鉛直	-	(応答解析) 	今回	公式         公式         公式         公式         公式         二 <th二< th="">         二         二         <th二< td="" th<=""><td></td><td>今回</td><td>設備に係る耐震設計の 基本方針」 添付書類Ⅲ-2-3「可燃 性ガス濃度制御系機器 配管の耐震性について の計算書」</td><td>_</td><td>-</td><td>-</td><td>_</td><td>0</td></th二<></th二<>		今回	設備に係る耐震設計の 基本方針」 添付書類Ⅲ-2-3「可燃 性ガス濃度制御系機器 配管の耐震性について の計算書」	_	-	-	_	0
- 燃性 大 フ 湯	ッ 大 生 デ ズ 、 慶		工認	応力解析 公式等による評価	1	工認 応力解析	水平           鉛直	-		工認	水平         -           公方解析         公面         -           公面         -         -		工認 -						
度串後弄	<b>芝</b> 利 甲 長		既工認	応答解析	-	成答解4 既工認 応力解4		-		既工認	応答解析         ハー         -           鉛直         -            応力解析         水平         -	-	既工認 —	建設工認 第24回 添付書類Ⅲ-2-1「申請					
	再結合装置	(応答解析) ○ (応力解析) ○		応答解析 価 の固有周期に基づく応答加速度による評	(応答解析)  (応力解析) 	応答解析			(応答解析) - (応力解析)		公正         一           応答解析         小平         -           公面         -         -		A	設備に係る耐震設計の 基本方針1 添付書類Ⅲ-2-3「可燃 性ガス濃度制御系機器 配管の耐震性について の計算書」	_	_	_	_	0
			二部	応力解析 公式等による評価	1	工認応力解析	水平       鉛直	-	-	二四工記	応力解析 協直 -	-	7四 — 工認 —						

	適用例あり:プラン	・ト個別に適用性が確認されたプラン	ト個別の適用例がある手法
--	-----------	-------------------	--------------

(※1) 共通適用あり:規格・基準類等に基づきプラントの仕様等によらず適用性が確認されたプラント共通の適用例がある手法 個別適用例あり:プラント個別に適用性が確認されたプラント個別の適用例がある手法

						既工認と今回工認時との比較							, (-d) - C -			他プラントを含めた既工認で	D適用例		
		(公才	解析手法 式等による評価,スペクトルモーダル解析,時刻歴解析他)			解析モデル			減衰	定数			その (評価条件の	他 9変更等)	備考			減衰定数の実績	既工認と今回工認の手法 に相違
	計画対象式加	○:同じ ●:異なる -:該当なし	相違內容       工認解析種別       内容	<ul> <li>○:同じ</li> <li>●:異なる</li> <li>-:該当なし</li> </ul>	工認 解析種	相違内容       別方向     内容	<ul> <li>○:同じ</li> <li>●:異な</li> <li>-:該当</li> </ul>	る iなし	工認	相 違   解析種別	内容	<ul> <li>○:同じ</li> <li>●:異なる</li> <li>-:該当なし</li> </ul>	工認	目違内容	( 左欄に C 北軟 U に 目 ( ☆ 1 ) プラント既工記) □: 鉄通道用例あり □: 傾別適用例あり ×: 適用例なし	内 容	参照した設備名称	<ul> <li>(:構造上の差異なし         ×:構造上の差異あり         (適用可能であることの         理由も記載)     </li> </ul>	- : 相違あり ○ : 相違なし
	ディーゼル機関	(応答解析) ○ (応力解析) ○	成容解析         各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価           応力解析         公式等による評価           今回         二認           応力解析         公式等による評価           応力解析         公式等による評価	(応答解析) (応力解析) 一		$\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	(応答 	释析) 释析)	既工認 - 今回 工認	応答解析 応力解析 応答解析 応力解析	水平       鉛直       水平       鉛直       小平       鉛直       水平       鉛直       水平	- - - - - - -	既工認 今回 工認	-	建設工認 第13回 添付書類Ⅲ-21「申請 設備に係る耐震設計の 基本方針) − 添付書類Ⅲ-2-5「非常 用予備発電装置に関す る耐震計算書」	_	_	_	0
非常用デ	始動空気だめ	(応答解析) 〇 (応力解析)	応答解析         各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価           応力解析         公式等による評価           応力解析         各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価           小部析         各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価           小部析         FEM解析	(応答解析) (応力解析)	既工認         応答解           応力解         応方解           今回 工認         応答解	$\hat{\gamma}_{RE}$ $ \frac{k \cdot v}{max}$ $ \hat{\gamma}_{RE}$ $ \frac{k \cdot v}{max}$ $ \frac{k \cdot v}{max}$ $ \frac{k \cdot v}{max}$ $ \hat{\gamma}_{RE}$ $-$	(応答 	驿析) 驿析)	既工認 今回 工認	応答解析 応力解析 応答解析 応力解析	अ直             अ車             अ車             水平             अ車             水平             अ車             水平             अ車             水平             अ車             水平             अ車             水平             अ車             水平	- - - - - - - -	既工認 今回 工認	-	接設工認第13回 旅付書類Ⅲ-2-1「申請 設備に係る耐震設計の 芯方解析:○ 式方解析:○ 常がモデル) 花方路時:○ 常所モデル) 広方解析:○ る耐震計算書」			_	
イーゼル発電機	燃料油デイタンク	(応答解析) ○ (応力解析) ●	応答解析         各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価           応方解析         公式等による評価            応答解析         各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価	(応答解析) (応力解析)	既工認         応答解/           応力解         応力解           小回 工認         応答解/           応力解         応方解	知直         FEMモデル           水平         -           知道         -           水平         -           約道         -           約道         -           約道         -           小平         -           約道         -           小平         -           第二         -           小平         -           第二         -           小平         -           第二         -           小平         - <t< td=""><td>(応答) (応答) (応う)</td><td>驿析) 驿析)</td><td>既工認 - 今回 工認 -</td><td>応答解析 応力解析 応答解析 応力解析</td><td>鉛直       水平       鉛直       水平       鉛直       水平       鉛直       水平       鉛直       水平       公田       水平</td><td>- - - - - - - -</td><td>既工認 今回 工認</td><td>_</td><td>建設工認 第13回 添付書類III-2-1「申請 設備に係る耐霧設計の 基本方針」 添付書類III-2-5「非常 成力解析:() 解析モデル) 成力解析:() 解析モデル) 成力解析:() 常が解析・() の の がすま 、 の の の が の の の の の が し 、 の の の が し 、 の の が の に の 、 の の が し 、 の の が い 、 の に の 、 の が し 、 の の が い 、 の に の で 、 の が し 、 の に い し の に の に の に の に の に の に の に の に の に の に の に の に の の の に の に の の に い の に の の の に の い の に の い の の に の に の の の の に の の の の の の し の の し の に い こ の の の た い の の に の に い の に の の の た い し の の た に の に の の の に の の の の の た の の の の の の の の の の で い の の の の し の の の の の の の の の し の の の の の の の の の の の の の</td><td></td><td></td><td>_</td><td></td></t<>	(応答) (応答) (応う)	驿析) 驿析)	既工認 - 今回 工認 -	応答解析 応力解析 応答解析 応力解析	鉛直       水平       鉛直       水平       鉛直       水平       鉛直       水平       鉛直       水平       公田       水平	- - - - - - - -	既工認 今回 工認	_	建設工認 第13回 添付書類III-2-1「申請 設備に係る耐霧設計の 基本方針」 添付書類III-2-5「非常 成力解析:() 解析モデル) 成力解析:() 解析モデル) 成力解析:() 常が解析・() の の がすま 、 の の の が の の の の の が し 、 の の の が し 、 の の が の に の 、 の の が し 、 の の が い 、 の に の 、 の が し 、 の の が い 、 の に の で 、 の が し 、 の に い し の に の に の に の に の に の に の に の に の に の に の に の に の の の に の に の の に い の に の の の に の い の に の い の の に の に の の の の に の の の の の の し の の し の に い こ の の の た い の の に の に い の に の の の た い し の の た に の に の の の に の の の の の た の の の の の の の の の の で い の の の の し の の の の の の の の の し の の の の の の の の の の の の の			_	
用電源設備	死電機	(応答解析) 〇 (応力解析) 〇	応答解析         各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価           成立方解析         公式等による評価           今回 工器         応方解析           応力解析         会設備の固有周期に基づく応答加速度による評価	(応答解析) (応力解析)	既工認         応答解           応力解         応答解           今回         応答解           工認         応方解	на         РЕМСТИ           ***         -           fait         -           ***         -           fait         -           ****         -           ****	(応答 	驿析) 驿析)	既工認 今回 工認	応答解析 応力解析 応答解析 応力解析	<u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u> <u></u>	- - - - - - - - - - -	既工認 今回 工認	_	<ul> <li>建設工認第13回 添付書類Ⅲ-2-1「申請 設備に係る耐震設計の 基本方針」 -</li> <li>添付書類Ⅲ-2-5「非常 用子備発電装置に関す る耐震計算書」</li> </ul>	-	_	-	0
高圧炉心スプレイ系非	ディーゼル機関	(応答解析) ○ (応力解析) ○	既工認         応答解析 価         各設備の固有周期に基づく応答加速度による評 広力解析            応力解析         公式等による評価             本容解析         各設備の固有周期に基づく応答加速度による評 価   <	(応答解析) 	既工認 応答解 応力解 合回 工認 応力解 応力解	$\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	(応答 	驿析) · · ·	既工認 - 今回 工認	応答解析 応力解析 応答解析 応力解析	水平       鉛直       水平       鉛直       水平       鉛直       水平       鉛直       水平       鉛直       水平       鉛直		既工認 今回 工認	-	建設工認 第13回 添付書類Ⅲ-2-1「申請 設備に係る耐震設計の 基本方針」 - 添付書類Ⅲ-2-5「非常 用予備務電装置に関す る耐震計算書」	_	_	_	0
7常用ディー ゼル 発電機	始動空気だめ	(応答解析) ○ (応力解析) ●	成警察新         各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価           応力解析         公式等による評価            応方解析            本客解析            各設備の固有周期に基づく応答加速度による評価                た方解析	(応答解析) (応力解析)	既工認     応     忘力解     示     忘     方解     正認     応     こ     忘     方解     応     志力解     応     応	k = - $k =  k = -$ <	(応答) 	驿析) 驿析)	既工認 - 今回 工認	応答解析 応力解析 応答解析 応力解析	水平       鉛直       小平       鉛直       小平       鉛直		既工認 今回 工認	-	建設工認 第13回 添付書類Ⅲ-2-1「申請 設備に係る耐震設計の 志木方針) 添付書類Ⅲ-2-5「非常 用子価発電装置に関す る耐震計算書」 (解析デ法) 応力解析:○ 応力解析:○ 応力解析:○ 応力解析:○			_	_

(※1) 共通適用あり:規格・基準類等に基づきプラントの仕様等によら	ず適用性が確認されたプラ	ラント共通の適用例がある手法	個別適用例あり:
			仙プラント

					l	既工認と今回工認時との比較							他プラントを含めた既工認	での適用例		
	亚瓜计外部供	(公:	解析手法 (式等による評価、スペクトルモーダル解析、時刻歴解析他)		角	好ガモデル		減衰定数	その (評価条件)	他 の変更等)	備 考 (左纓にて比較1 たら	(*1)			減衰定数の実績	既工認と今回工認の手法 に相違
	IT IIII XI IK IK IIII	〇:同じ	相 違 内 容	〇:同じ		相 違 内 容	〇:同じ	相 違 内 容 〇:同じ		相違內容	プラント既工認)	<ul> <li>○:共通適用例あり</li> <li>□:個別適用例あり</li> <li>× 液田例ね!</li> </ul>	内容	参照した設備名称	<ul> <li>○:構造上の差異なし</li> <li>×:構造上の差異あり</li> <li>(適用可能であることの)</li> </ul>	- : 相違あり ○ : 相違なし
		●:異なる -:該当なし	工認 解析種別 内 容	● : 異なる — : 該当なし	工認 解析種別 方向	内容	● : 異なる - : 該当なし	<ul> <li>工認 解析種別 方向 内 容</li> <li>●: 異なる</li> <li>-:該当な</li> </ul>	し工認	内容		へ . 適用内なし			理由も記載)	
÷		(応答解析)	<ul> <li>既工認</li> <li>応力解析</li> <li>合設備の固有周期に基づく応答加速度に</li> <li>価</li> <li>協力解析</li> <li>公式等による評価</li> </ul>	- る評 (応答解析)	既工認         応答解析         水平           応方解析         新直           応力解析         水平	-	(応答解析)	кти $-$ вали $\kappa$ кли $ \kappa$ $ \kappa$ $ \kappa$ $ \kappa$ $ \kappa$ $-$	既工認	_	建設工認 第13回 添付書類Ⅲ-2-1「申請 設備に係る評鑑於計の	(解析手法)				
画圧 炉心ス プレイ系 非	燃料油デイタンク	○ (応力解析) ●	今回 工認         応答解析 応力解析         各設備の固有周期に基づく応答加速度に 価	(応力解析) :る評	今回 工認         応答解析         水平           応方解析         赤平           応力解析         水平	- - F E Mモデル F E Mモデル	(応力解析)	本平         -           今回         次答解析         鉛直         -           工認         広力解析         水平         -           協直         -         -            公司第一次         小平         -         -	今回 工認	-	基本方針」 添付書類Ⅲ-2-5「非常 用予備発電装置に関す る耐震計算書」	心力解析:○ (解析=デル) 応力解析:○			-	-
(常用ディーゼル発		(応答解析)	<ul> <li>既工認</li> <li>応方解析</li> <li>合設備の固有周期に基づく応答加速度に</li> <li>価</li> <li>広力解析</li> <li>公式等による評価</li> </ul>	(応答解析)	成容解析         水平           販工認         応方解析         赤平           応力解析         水平           協直         小平	- - -	(応答解析)	既工認         広答解析 金力解析         水平         -           松平         -            松平         -            松平         -            松平         -            松平         -            小平         -	既工認	-	建設工認 第13回 添付書類Ⅲ-2-1「申請 設備に係る耐震設計の				-	
電機非常用	発電機	○ (応力解析) ○	今回 工部         応答解析 応力解析         各設備の固有周期に基づく応答加速度に 価	(応力解析) こる評 -	今回 工部         応答解析 約直           次回         水平           第6         水平           第6         水平           第6         小平           第6         小平           第6         小平	- - - -	(応力解析) 	空回         水平         一           工部         広力解析         水平         一           成立力解析         公園         -         -	今回 工認	-	基本方針」 添付書類Ⅲ-2-5「非常 用予備発電装置に関す る耐震計算書」	_	-	_	_	0
電源設備	パノなった広告期	(応答解析) 〇	既工認 応答解析 合設備の固有周期に基づく応答加速度に 価 応力解析 公式等による評価	<る評 (応答解析) 一	成容解析         水平           販工認         応方解析         水平           応力解析         水平         新直	- - -	(応答解析)	成在         水平         -           成正         分面         -           公式         小平         -           成立         -         -           公式         小平         -           公式         小平         -           公式         小平         -           公式         公式         -	既工認	_	建設工認 第13回 添付書類Ⅲ-2-1「申請 設備に係る耐震設計の またすたね」					
その他の	ハイダル交流電源	(応力解析) 〇	今回 工器         企答解析 価         各設備の固有周期に基づく応答加速度に 価	(応力解析)	空答解析         水平           今回 工認         応ろ解析         新宣           応力解析         水平         新宣	- - -	(応力解析) 	内回         水平         -           工認         公司         公司         公司           広力解析         水平         -         -           公司         公司         公司         -	今回 工認	_	▲ 本 力 新了 添付書類Ⅲ-2-6「その 他の発電装置に関する 耐震計算書」	_	-	_		0
電源装置	装膏油	(応答解析)	既工認         応答解析 価         各設備の固有周期に基づく応答加速度に 価           成力解析         公式等による評価	:る評 (応答解析)	成答解析         水平           既工認         応方解析         水平           応力解析         水平         新直		(応答解析)	成容解析         水平         -           段面         -            成力解析         水平         -           給面         -	既工認	-	建設工認 第13回 添付書類Ⅲ-2-1「申請 設備に係る耐震設計の 其本方分↓	_	_		_	0
	1 200 - 425 I US	(応力解析) 〇	今回         応答解析         各設備の固有周期に基づく応答加速度に           小部         価           応力解析         公式等による評価	(応力解析) :る評 -	空答解析         水平           今回 工認         応う解析         新宣           応力解析         水平         新宣           応力解析         小平         新宣	-	(応力解析) 	内回         水平         -           工認         分回         分回         分回           広力解析         水平         -            協直         -	今回 工認	_	※行みます」 添付書類Ⅲ-2-6「その 他の発電装置に関する 耐震計算書」					

用例あり:プラント個別に適用性が確認されたプラント個別の適用例がある手法	

今回工認と建設工認時との応答加速度等の比較

今回工認と建設工認時との評価用地震動に対する応答の比較を整理する。第 1表に,建設工認及び今回工認における評価用地震動の比較を示す。

原子炉建屋における基準地震動S<sub>s</sub>及び弾性設計用地震動S<sub>d</sub>に基づく今回 工認モデルによる最大応答加速度と建設工認時の設計波に基づく最大応答加速 度及び静的地震力による震度との比較を第1図に,最大応答せん断力について の比較を第2図に示す。また,床応答曲線について,基準地震動S<sub>s</sub>及び弾性 設計用地震動S<sub>d</sub>と,建設工認時の評価条件及び<mark>原子炉</mark>格納容器,制御棒駆動 装置等一部設備に適用した1.5倍した評価条件との比較を第3図に示す。

設計方針	建設工認	今回工認
弾性状態に 留まる設計	EL CENTRO 波 (1940/3/18) * <sup>1</sup> TAFT 波 (1952/7/21) IBARGI 波 (1963/5/8)	弹性設計用地震動 S <sub>d</sub>
機能維持に 対する設計	上記応答を 1.5 倍	基準地震動 S <sub>s</sub>

第1表 建設工認及び今回工認における評価用地震動の比較

\*1:床応答曲線(第3図)の作成において,機器・配管系評価の影響を踏ま えて EL CENTRO 波及び TAFT 波の2波を選定している。



第1図 原子炉建屋における最大応答加速度の比較

静的地震力:建設工認における静的地震力



第2図 原子炉建屋における最大応答せん断力の比較



第3図(1) 床応答曲線の比較(原子炉建屋 EL.+46.5m)



第3図(2) 床応答曲線の比較(原子炉建屋 EL. +34.7m)

4条-別紙1-添付1-4







第3図(4) 床応答曲線の比較(原子炉建屋 EL. +8.2m)

4条-別紙1-添付1-5



第3図(5) 床応答曲線の比較(原子炉建屋 EL.-4.0m)

既工認での適用例を確認する他プラントについて

1. はじめに

既工認との手法の相違点の整理において、今回工認に適用する評価手法が 既工認で適用した評価手法と異なる場合、他プラント既工認での適用実績を 確認することとし、東海第二発電所(以下本項では「東海第二」と略す。) では、以下に示す項目を除いて基本的にH18年9月の耐震設計審査指針改 訂後のプラントとして大間1号炉を比較対象としている。

一方で、大間1号炉はABWRであり、炉型として大きく異なる原子炉格 納容器及びその他関連設備については、その参照を適切に考慮する必要があ る。このため、既工認での適用例を参照するプラントについて整理する。

2. 他プラントでの適用例を参照するプラント及びその説明

原子炉格納容器及びその他関連設備について,東海第二における既工認の 手法と今回工認の手法との相違点に対して,他プラントでの適用例を参考と する項目を記載するとともに,参照するプラント名及びその説明を第1表に 整理した。 原子炉格納容器及びその他関連設備において参照するプラント及びその説明 第1表

No.	評価対象項目	他プランを参考	トでの適用例 する項目	参照する プラント	説明
原子炉	格納容器				
1	ドライウェル	応答解析	解析モデル	美浜3号	東海第二の鉛直方向の原子炉格納容器本体(ドライウェル部)の地震力を
			(鉛直)		算定するにあたって、原子炉格納容器を多質点系モデルにモデル化し、建屋
					と大型機器系を連成させた地震応答解析(以下「建屋-機器連成解析」とい
					う。)を実施する。
					参照するプラントとしては、東海第二と同様に鋼製格納容器を多質点系モ
					デルにモデル化している美浜3号としている。
			减衰定数	美浜3号	東海第二の建屋-機器連成解析に用いる原子炉格納容器の鉛直方向の減衰
			(鋭直)		定数として, 溶接構造物の1%を適用する。
					参照するプラントとしては,東海第二と同様に鋼製格納容器であり鉛直方
					向の減衰定数として, 1%を適用している美浜3号としている。
		応力解析	I	I	
2	サプレッション・チェンバ	応答解析	解析モデル	美浜3号	東海第二の鉛直方向の原子炉格納容器本体(サプレッション・チェンバ部)
			(鉛直)		の地震力を算定するにあたって、原子炉格納容器を多質点系モデルにモデル
					化し、建屋-機器連成解析を実施する。
					参照するプラントとしては、東海第二と同様に鋼製格納容器を多質点系モ
					デルにモデル化している美浜3号としている。
			减衰定数	美浜3号	東海第二の建屋-機器連成解析に用いる原子炉格納容器の鉛直方向の減衰
			(鉛直)		定数として, 溶接構造物の1%を適用する。
					参照するプラントとしては、東海第二と同様の鋼製格納容器であり鉛直方
					向の減衰定数として、1%を適用している美浜3号としている。
		応力解析		-	

設 明	東海第二の上部シアラグが取り付く原子炉格納容器本体の評価に際して、 当該箇所の鉛直方向の地震力を算定する。地震力の算定にあたっては、原子 炉格納容器を多質点系モデルにモデル化し、建屋一機器連成解析を実施する。 参照するプラントとしては、東海第二と同様に鋼製格納容器を多質点系モ デルにモデル化している美浜3号としている。	東海第二の建屋一機器連成解析に用いる原子炉格納容器の鉛直方向の減衰 定数として、溶接構造物の1%を適用する。 参照するプラントとしては、東海第二と同様の鋼製格納容器であり鉛直方 向の減衰定数として、1%を適用している美浜3号としている。	<mark>原子炉</mark> 格納容器構造(MARK – II型)が同じ柏崎刈羽5号を参照する。	子匠	東海第二の下部シアラグが取り付く原子炉格納容器本体の評価に際して、 当該箇所の鉛直方向の地震力を算定する。地震力の算定にあたっては、原子 炉格納容器を多質点系モデルにモデル化し、建屋一機器連成解析を実施する。 参照するプラントとしては、東海第二と同様に鋼製格納容器を多質点系モ デルにモデル化している美浜3号機としている。	東海第二の建屋-機器連成解析に用いる原子炉格納容器の鉛直方向の減衰 定数として、溶接構造物の1%を適用する。 参照するプラントとしては、東海第二と同様の鋼製格納容器であり鉛直方 向の減衰定数として、1%を適用している美浜3号としている。	<mark>原子炉</mark> 格納容器構造(MARK-II型)が同じ柏崎刈羽5号を参照する。	子直
参照する プラント	美浜3号	美浜3号	柏崎刈羽 5 号	柏崎刈羽 5 号	美浜3号	美浜3号	柏崎刈羽 5 号	柏崎刈羽 5号
トでの適用例 ぎする項目	解析 <i>モデル</i> (鉛直)	減衰定数 (鉛直)	解析手法	解析モデル	<i>解析モデル</i> (鉛直)	減衰定数 (鉛直)	解析手法	解析モデル
他プラン と参考	<b>祊答解</b> 析		応力解析		<b>示答解</b> 析		応力解析	
評価対象項目	上部シアラグ及びスラビライザ				下部シアラグとダイヤフラ ム <mark>プ</mark> ラケット			
No.	m				4			

No.	評価対象項目	あんしく	トでの適用例 きする項目	参照する プラント	説 明
വ	胴アンカー部	行 御 赤 赤	解析モデル (鉛直)	美浜 3 号	東海第二の鉛直方向の原子炉格納容器本体底部の地震力を算定するにあたって、原子炉格納容器を多質点系モデルにモデル化し、建屋と大型機器系を連成させた地震応答解析(以下「建屋-機器連成解析」という。)を実施する。参照するプラントとしては、東海第二と同様に鋼製格納容器を多質点系モデルにモデル化している美浜3号としている。
			减衰定数 (鉛直)	美浜3号	東海第二の建屋 - 機器連成解析に用いる原子炉格納容器の鉛直方向の減衰 定数として,溶接構造物の1%を適用する。 参照するプラントとしては,東海第二と同様の鋼製格納容器であり鉛直方 向の減衰定数として, 1%を適用している美浜3号としている。
		応力解析			
9	イクイプメントハッチ	応答解析	1	1	1
		応力解析	解析手法	大間1号	鋼製円筒状である基本構造は同じであることから、大間1号を参照する。 また、大間1号はコンクリート製格納容器であるが、鋼板を介してハッチを 取り付けており、東海第二発電所と同様の形状を有している。
			解析モデル	大間1号	丁国
2	パーソナルエアロック	応答解析			
		応力解析	解析手法	大間1号	鋼製円筒状である基本構造は同じであることから、大間1号を参照する。 また、大間1号はコンクリート製格納容器であるが、鋼板を介してエアロ ックを取り付けており、東海第二発電所と同様の形状を有している。
			解析モデル	大間1号	于国
∞	サプレッション・チェンバア	応答解析	1	1	
	クセスハッチ	応力解析	解析手法	大間1号	鋼製円筒状である基本構造は同じであることから、大間1号を参照する。 ただし、大間1号炉のサプレッション・チェンバ用のアクセスハッチはコ ンクリート構造物に直接取り付く構造であるため、当該部の評価は、類似設 備として機器搬入用のハッチを参照する。
			解析モデル	大間1号	王国

9         配管貫通部         応答解析         減衰定数         大間1号         配管貫通部に発生する反力を算定するための配管解析であり,配管級           応力解析         配管页力)         電管反力         原型に関係なく同様にあるため大間1号を参照する。           応力解析         解析手法         東通1号         高管貫通部の構造は、調製格納容器プラントでは同一構造であるため           10         電気配線貫通部         第ゴラントである東通1号を参照する。           11         一         第第一日         高管貫通部の構造は、調製格納容器プラントでは同一構造であるため           11         電気配線貫通部         第ゴ号         高音第一4号         東海第二号電部たし同手法*を適用した実績を有する当該プラントを参           11         電気配線貫通部に発生する地震外力を用いたFEM解析の実施         第         第         第           11         電気配線貫通部に発生する地震外力を用いたFEM解析の実施         第         第         第           11         電気配線貫通部に発生する地震外力を用いたFEM解析の実施         1         1         1           11         第         第         第         1         1           11         第         1         1         1         1         1           11         1	No.	評価対象項目	他プラン を参考	トでの適用例 ける項目	参照する プラント	説 明
応力解析         解析手法         東通1号         配管貫通部の構造は、鋼製格納容器プラントでは同一構造であるため、           10<	6	配管貫通部	応答解析	减衰定数 (配管反力)	大間1号	配管貫通部に発生する反力を算定するための配管解析であり, 配管設計は 炉型に関係なく同様にあるため大間1号を参照する。
10         電気配線貫通部         解析モデル         東通1号         同上           10         電気配線貫通部         応答解析         解析モデル         電島第一4号         東海第二発電所と同手法*を適用した実績を有する当該プラントを参加           11         電気配線貫通部に発生する地震外力を用いたFEM解析の実施         63         *         *         電気配線貫通部に発生する地震外力を用いたFEM解析の実施           11         福析モデル         福島第一4号         同上         *			応力解析	解析手法	東通1号	配管貫通部の構造は、鋼製格納容器プラントでは同一構造であるため、最 新プラントである東通1号を参照する。
10         電気配線貫通部         応答解析         幅析手法         福島第一4号         東海第二発電所と同手法*を適用した実績を有する当該プラントを参           20         昭析モデル         (122 年改造工器)         50           確析モデル         福島第一4号         同上           21         (122 年改造工器)         50           22         福島第一4号         同上           23         第<電気配線貫通部に発生する地震外力を用いたFEM解析の実施				解析モデル	東通1号	子道
(H22年改造工認)         5。           解析モデル         福島第一4号         * 電気配線貫通部に発生する地震外力を用いたFEM解析の実施           解析モデル         福島第一4号         同上           (H22年改造工認)         日二         (H22年改造工認)           成力解析         解析手法         福島第一4号           (H22年改造工認)         る。           解析モデル         福島第一4号           (H22年改造工認)         人           (H22年改造工認)         る。           (H24年改造工認)         人           (H25年改造工認)         人           (H25年改造工認)         人           (H24年以造工認)         人           (H25年改造工認)         人           (H25年改造工認)         人           (H24年以造工認)         人           (H25年改造工認)         人           (H24年以造工認)         人           (H24年以造工認)         人           (H25年改造         福島第一級           (H24年以売         一	10	電気配線貫通部	応答解析	解析手法	福島第一4号	東海第二発電所と同手法*を適用した実績を有する当該プラントを参照す
株         電気配線貫通部に発生する地震外力を用いたFEM解析の実施           解析モデル         福島第一4号         同上           確却         (H22年改造工器)         自二           成力解析         解析手法         福島第一4号         同上           応力解析         解析手法         福島第一4号         同上           応力解析         解析手法         福島第一4号         同二           応力解析         解析手法         福島第一4号         同二           応力解析         解析手法         (H22年改造工器)            応力解析         解析手法         東海第二発電所と同手法*を適用した実績を有する当該プラントを参加           府千子         東海第二発電所と同手法*を適用した実績を有する当該プラントを参加           解析モデル         福島第一4号         東海第二発電所の置かた手術           施力         (H22年改造工器)         る。           解析モデル         福島第一4号         東海第二発電所と同手法*を適用したたEM解析の実施           市         (H22年改造工器)         る。           解析モデル         福島第一4号         同上					(H22年改造工認)	ର ଜ
解析モデル         福島第一4号         同上           (H22年改造工認)         (H22年改造工認)           減衰定数         福島第一4号         同上           応力解析         解析手法         福島第一4号         東海第二発電所と同手法*を適用した実績を有する当該プラントを参           応力解析         解析手法         福島第一4号         東海第二発電所と同手法*を適用した実績を有する当該プラントを参           応力解析         解析手法         福島第一4号         東海第二発電所と同手法*を適用した実績を有する当該プラントを参           席         (H22年改造工認)         る。           解析モデル         福島第一4号         東海第二発電航貨通部に発生する地震外力を用いたFEM解析の実施           解析モデル         福島第一4号         同上						* 電気配線貫通部に発生する地震外力を用いたFEM解析の実施
(H22年改造工認)         (H22年改造工認)           減衰定数         福島第一4号         同上           応力解析         解析手法         福島第一4号         同二           応力解析         解析手法         福島第一4号         東海第二発電所と同手法*を適用した実績を有する当該プラントを参           応力解析         解析手法         福島第一4号         東海第二発電所と同手法*を適用した実績を有する当該プラントを参           府         (H22年改造工認)         る。           解析モデル         福島第一4号         同二           解析モデル         福島第一4号         同二           (H22年改造工認)         る。           解析モデル         福島第一4号         同二				解析モデル	福島第一4号	子道
減衰定数     福島第一4号     同上       応力解析     解析手法     (H22年改造工認)       応力解析     解析手法     福島第一4号     東海第二発電所と同手法*を適用した実績を有する当該プラントを参       (H22年改造工認)     る。     * 電気配線貫通部に発生する地震外力を用いたFEM解析の実施       解析モデル     福島第一4号     同上       解析モデル     福島第一4号     同上       (H22年改造工認)     6					(H22 年改造工認)	
(H22年改造工認)       応力解析     解析手法     福島第一4号     東海第二発電所と同手法*を適用した実績を有する当該プラントを参、 (H22年改造工認) る。       (H22年改造工認)     る。       解析モデル     福島第一4号     市       解析モデル     福島第一4号     同上       (H22年改造工認)     (H22年改造工認)				减衰定数	福島第一4号	子道
応力解析     解析手法     福島第一4号     東海第二発電所と同手法*を適用した実績を有する当該プラントを参       (H22年改造工認)     る。       (H22年改造工認)     る。       解析モデル     福島第一4号       (H22年改造工認)     高       (H22年改造工認)     6					(H22 年改造工認)	
(H22 年改造工認)       る。         (H22 年改造工認)       本 電気配線貫通部に発生する地震外力を用いたFEM解析の実施         解析モデル       福島第一4号       同上         (H22 年改造工認)       (H22 年改造工認)			応力解析	解析手法	福島第一4号	東海第二発電所と同手法*を適用した実績を有する当該プラントを参照す
解析モデル         福島第一4号         同上           (H22 年改造工認)         (H22 年改造工認)					(H22年改造工認)	ୁ ଅଂ
解析モデル         福島第一4号         同上           (H22年改造工認)         (H22年改造工認)						* 電気配線貫通部に発生する地震外力を用いたFEM解析の実施
(H22年改造工認)				解析モデル	福島第一4号	子道
					(H22 年改造工認)	

No.	評価対象項目	あった	トでの適用例 ぎする項目	参照する プラント	説 明
圧力値	玉減装置その他関連の安全設備				
11	イロレ <mark>・</mark> ケイレダ	心体	離 ( 御 ( 御 ( 御 ( 御 ( 御 ( 御 ( 御 ( 御 ( 御 (	大飯3,4号 大飯3,4号	東海第二のダイヤフラム・フロアの評価に際しては、当該設備の設置位置 として原子炉本体の基礎及び原子炉建屋基礎版上の鉛直方向加速度を用い る。原子炉本体の基礎の鉛直方向加速度の算定にあたっては、多質点系モデ ルにモデル化し、建屋ー機器連成解析を実施する。なお、原子炉種屋基礎版 上の鉛直方向加速度は、原子炉建屋の地震応答解析結果を用いる(別途整理 済み)。 参照するプラントとしては、東海第二と同様の鉄筋コンクリートを多質点 系モデルにモデル化している大飯3、4号としている。 東海第二の建屋 – 機器連成解析に用いる原子炉本体の基礎の鉛直方向の減 衰定数として、鉄筋コンクリートの5%を適用する。 参照するプラントとしては、東海第二と同様の鉄筋コンクリートの鉛直方 向の減害定数として、5%を適用していろ大飯3、4号としている。
		応力解析	I	I	
12	バ 下 館	<b>示答解</b> 析	解析手法解析モデル	右崎刈羽 ち っ ち っ っ っ	<mark>原子炉</mark> 格納容器構造(MARK-Ⅱ型)が同じ柏崎刈羽5号を参照する。 同上
		応力解析	1	2	
13	格納容器スプレイヘッダ	応答解析	减衰定数 (鉛直)	大間1号	一般的な配管解析であるため、大間1号を参照する。
		応力解析	Ι	Ι	

別紙-2

# 東海第二発電所

# 原子炉建屋の地震応答解析モデルについて (耐震)

### 1. はじめに

本資料は、今後申請する東海第二発電所の補正工認(以下「今回工認」とい う。)に提出する予定の原子炉建屋の地震応答解析について纏めたものである。 まず、東北地方太平洋沖地震のシミュレーション解析の結果を踏まえて今回

工認に用いる地震応答解析モデルを設定し,次に設定したモデルを用いた基準 地震動S<sub>s</sub>に対する地震応答解析結果を示し,原子炉建屋の耐震健全性を説明 するものである。

- 2. 原子炉建屋の概要
- 2.1 原子炉建屋の概要

原子炉建屋は、地下2階、地上6階の鉄筋コンクリート造の建物である。

建物の中央部には原子炉格納容器を収納する原子炉棟があり、その周囲に 付属棟を配置している。原子炉建屋の概要を第2-1図及び第2-2図に、使 用材料を第2-1表に示す。

原子炉棟と付属棟とは同一基礎スラブ上に設置した一体構造であり,原子 炉建屋の平面は,地下部分は約 67 m×約 67 m,地上部分は一部を除き約 41 m ×約 44 mの矩形をしている。基礎底面からの高さは約 73 m であり,地上高 さは約 56 m である。

原子炉建屋の基礎は,平面が約67m×約67m,厚さ5mのべた基礎で,人 工岩盤を介して,砂質泥岩である久米層に岩着している。

# 第2-1図 原子炉建屋の概要(平面図)

第2-2図 原子炉建屋の概要(断面図)

立てた	設計基	準強度	単位容積 重量	ポアソン比	ヤング係数	せん断 弾性係数
的卫生	Fc	F c <sup>* 2</sup>	γ	ν	E N ( <sup>2</sup>	G
	kgt∕cm²	N/mm²	kN∕m°		N/mm²	N/mm²
建屋	225	22.1	24.0	0.2	2. $21 \times 10^{4}$	9. $21 \times 10^{3}$
人工岩盤	140	13.7	23.0	0.2	1.88 $\times$ 10 <sup>4</sup>	7.83 $\times$ 10 <sup>3</sup>
鋼材	_	_	77.1	0.3	2. $05 \times 10^{5}$	7.9 $\times 10^4$

第2-1表 原子炉建屋の使用材料\*1

※1 使用材料については、「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 - 許容応力度設計法-(1999)」、「原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説(2005)」及び「鋼構造設計規準-許容応力度設計法-(2005)」に準拠した。

※2 F c は 9.80665 m/s<sup>2</sup>を用いて換算した。

2.2 原子炉建屋の位置

第2-3図の構内配置図に原子炉建屋の位置を示す。

第2-3 図 構内配置図

# 2.3 設置地盤の状況

原子炉建屋はコンクリート造の人工岩盤を介して,砂質泥岩である久米層 に岩着している。原子炉建屋の設置状況及び埋込み状況を第2-4図の原子炉 建屋設置地盤断面図に示す。



(NS方向)



# (EW方向)

第2-4 図 原子炉建屋設置地盤断面図

# 4条-別紙2-9

3. 原子炉建屋の地震応答解析モデルの設定

3.1 目的

今回工認に用いる原子炉建屋の地震応答解析モデルについて検討する。

東海第二発電所原子炉建屋の基礎はコンクリート造の人工岩盤を介して支 持地盤である久米層に設置している。また,原子炉建屋の基礎下端はEL. -9 mであり,地表面(EL.+8 m)から17 m地中に埋め込まれている。

建設当時の工認(以下「既工認」という。)では,原子力発電所耐震設計技 術指針JEAG4601-1987[社団法人日本電気協会](以下「JEAG4601-1987」 という。)制定前であったため,解放基盤表面という概念が無く,地盤応答解 析を介さずに人工岩盤下端に設計波を直接入力していた。そのため人工岩盤 を建屋モデル側にモデル化し,建屋と側面地盤の相互作用は考慮していなか った。

今回工認の地震応答解析モデルを検討するにあたり,「JEAG4601-1987」 及び原子力発電所耐震設計技術指針JEAG4601-1991追補版〔社団法人日 本電気協会〕(以下「JEAG4601-1991追補版」という。)には,基礎底面 の人工岩盤のモデル化方法及び側面回転地盤ばねの扱いについて明確に表記 されていないため,2011年3月11日東北地方太平洋沖地震(以下「東北地 方太平洋沖地震」という。)時の観測記録を用いたシミュレーション解析を行 い,人工岩盤のモデル化の影響と建屋と側面地盤との相互作用の影響評価を 行い,これらの工認上の扱いを検討する。 3.2 原子炉建屋内の地震計設置位置

原子炉建屋には、地震時の基本的な振動性状を把握する目的で偶数階に各階1台の地震計を設置している。また、基礎上(地下2階)には更に4台の地 震計を設置している。

原子炉建屋の地震計設置位置を第3-1図に示す。



第3-1図 原子炉建屋の地震計設置位置

3.3 建屋-地盤動的相互作用の評価法について

既工認では、埋込み効果を無視した、スウェイ・ロッキングモデル(以下 「SRモデル」という。)として、建屋と地盤の相互作用を考慮している。

本資料では、はじめに、既工認に用いたSRモデルと側面地盤による回転 拘束を含む埋込み効果を考慮した埋込みSRモデルを用いて東北地方太平洋 沖地震のシミュレーション解析を行い、建屋の振動性状を比較した。解析に 用いたSRモデルによる地震応答解析の概要を第3-2図に、埋込みSRモデ ルによる地震応答解析の概要を第3-3図に示す。

東北地方太平洋沖地震のシミュレーション解析結果として、両者の最大応 答加速度分布の比較を第3-4図及び第3-5図に、床応答スペクトルの比較 を第3-6図及び第3-7図に示す。これらの解析結果より埋込みSRモデル を用いた方が、SRモデルを用いた場合に比べ、観測記録との整合が改善し ており、より実状に近い建屋の振動性状を評価できているものと考えられる。



第3-2図 SRモデルによる地震応答解析の概要



第3-3図 埋込みSRモデルによる地震応答解析の概要



第3-4図 最大応答加速度分布の比較(NS方向)



第3-5図 最大応答加速度分布の比較(EW方向)


h = 1%



地下2階

第3-6図(1/4) 床応答スペクトルの比較(NS方向)



h = 1%



2階

第3-6図(2/4) 床応答スペクトルの比較(NS方向)



h = 1%



4階

第3-6図(3/4) 床応答スペクトルの比較(NS方向)



h = 1%



6階

第3-6図(4/4) 床応答スペクトルの比較(NS方向)



h = 1%



地下2階

第3-7図(1/4) 床応答スペクトルの比較(EW方向)



h = 1%



2階

第3-7図(2/4) 床応答スペクトルの比較(EW方向)



h = 1%



4階

第3-7図(3/4) 床応答スペクトルの比較(EW方向)







6階

第3-7図(4/4) 床応答スペクトルの比較(EW方向)

3.4 工認上の人工岩盤のモデル化について

既工認では、人工岩盤を建屋モデル側にモデル化し、地震応答解析を行っていたが、ここでは、人工岩盤を地盤モデル側に岩盤としてモデル化した場合の建屋応答への影響について検討した。

人工岩盤を岩盤としてモデル化した場合の地震応答解析の概要を第3-8 図に示す。ここで、基礎底面の地盤ばね及び入力動の算定に用いる地盤モデ ルは、基礎底面レベルである EL. -9.0mまで砂質泥岩である久米層の物性と 同等として設定した。また、比較検討には、前章にも用いた実状に近い建屋 の振動性状を評価できている埋込みSRモデルを用いた。

東北地方太平洋沖地震のシミュレーション解析結果として最大応答加速度 分布の比較を第3-9図及び第3-10図に,床応答スペクトルの比較を第3-11図及び第3-12図に示す。人工岩盤を地盤モデル側に岩盤としてモデル化 した場合は,建屋モデル側にモデル化した場合の応答に比べ,概ね同程度で あるか一部の周期帯では若干大きくなることが確認できた。そのため今回の 工認では,保守的に人工岩盤を地盤モデル側に岩盤としてモデル化する方針 とした。



第3-8図 人工岩盤を岩盤としてモデル化した場合の地震応答解析の概要



第3-9図 最大応答加速度分布の比較(NS方向)



第3-10図 最大応答加速度分布の比較(EW方向)



h = 1%



h = 5%

地下2階

第3-11図(1/4) 床応答スペクトルの比較(NS方向)



h=1%



2 階

第3-11図(2/4) 床応答スペクトルの比較(NS方向)



h = 1%



4階

第3-11図(3/4) 床応答スペクトルの比較(NS方向)







6 階

第3-11図(4/4) 床応答スペクトルの比較(NS方向)



h = 1%



h = 5%

地下2階

第3-12図(1/4) 床応答スペクトルの比較(EW方向)



h = 1%



2 階

第3-12図(2/4) 床応答スペクトルの比較(EW方向)



h = 1%



4 階

第3-12図(3/4) 床応答スペクトルの比較(EW方向)



h = 1%



6 階

第3-12図(4/4) 床応答スペクトルの比較(EW方向)

3.5 工認上の側面回転ばねの扱いについて

建屋側面地盤の埋込み効果を考慮するにあたり,側面地盤を水平ばね及び 回転ばねとして評価してきた。ここでは,側面回転ばねを考慮しない場合の 建屋応答への影響について検討した。

側面回転ばねを考慮しない場合の地震応答解析の概要を第3-13図に示す。

東北地方太平洋沖地震のシミュレーション解析結果として最大応答加速度 分布の比較を第3-14図及び第3-15図に,床応答スペクトルの比較を第3 -16図及び第3-17図に示す。側面回転ばねを考慮しない場合の解析結果は, 側面回転ばねを考慮する場合の応答に比べ,概ね同程度であるか一部の周期 帯では若干大きくなることが確認できた。

「3.3 建屋-地盤動的相互作用の評価法について」において示したように、 埋込み効果として、側面地盤の水平ばね及び回転ばねを考慮した場合に、よ り実状に近い建屋の振動性状を評価できているものと考えられるが、今回工 認において、当プラントでは保守的に側面回転ばねを採用しない方針とした。



第3-13図 側面回転ばねを考慮しない場合の地震応答解析の概要



第3-14図 最大応答加速度分布の比較(NS方向)



第3-15図 最大応答加速度分布の比較(EW方向)



h = 1%



h = 5%

地下2階

第3-16図(1/4) 床応答スペクトルの比較(NS方向)



h = 1%



2 階

第3-16図(2/4) 床応答スペクトルの比較(NS方向)



h = 1%



4階

第3-16図(3/4) 床応答スペクトルの比較(NS方向)



h = 1%



6階

第3-16図(4/4) 床応答スペクトルの比較(NS方向)



h = 1%



地下2階

第3-17図(1/4) 床応答スペクトルの比較(EW方向)



h = 1%



2 階

第 3-17 図 (2/4) 床応答スペクトルの比較(EW方向)



h = 1%



4階

第3-17図(3/4) 床応答スペクトルの比較(EW方向)



h = 1%



6階

第3-17図(4/4) 床応答スペクトルの比較(EW方向)

3.6 工認に用いる地震応答解析モデルについて

東海第二発電所原子炉建屋の地震応答解析モデルについて,東北地方太平 洋沖地震のシミュレーション解析結果の比較から,人工岩盤のモデル化及び 側面回転ばねの工認上の扱いについて検討した。

既工認ではSRモデルとしていたが、側面地盤の埋込み効果を考慮した埋 込みSRモデルとした場合、より実状に近い建屋の振動性状を評価できるこ とを確認した。また、人工岩盤は岩盤として地盤モデル側にモデル化し、側 面回転ばねを考慮しないモデルとする方が、応答を保守側に評価することを 確認した。

以上の結果から、今回工認に用いる地震応答解析モデルは、人工岩盤を地 盤モデル側に岩盤としてモデル化し、側面回転ばねを考慮しない埋込みSR モデルとする。また、今回の検討で確認した地震観測記録の床応答スペクト ルとシミュレーション解析結果との差異については、詳細設計においてその 要因について考察を行うとともに、機器の耐震性評価に適切に考慮する。 4. 既工認との比較

「3. 原子炉建屋の地震応答解析モデルの設定」で示したように、今回工 認において、地震応答解析モデルを一部見直している。地震応答解析モデル の主要な変更点を第4-1表に示す。

項目	既工認	今回工認	
相互作用	SRモデル	埋込みSRモデル	
	地盤ばねは Timoshenko,	地盤ばねは NOVAK の方法	
	Barkan 等の式に基づき	及び振動アドミッタンス	
	評価	理論に基づき評価	
建屋モデル	線形としてモデル化	せん断及び曲げの非線形	
		性を考慮	
入力地震動	設計用地震動を直接入力	基準地震動 S <sub>s</sub> を一次元	
		波動論により算定	

第4-1表 地震応答解析モデルの主要な変更点

- 5. 基準地震動 Ss に対する耐震安全性評価
- 5.1 評価方針

原子炉建屋の耐震安全性評価は、地震応答解析結果を基に実施する。建屋の耐震安全性については、基準地震動Ssにより耐震壁に生じるせん断ひず みが評価基準値(2.0×10<sup>-3</sup>)を超えないことを確認する。

5.2 基準地震動 S<sub>s</sub>

原子炉建屋の耐震安全性評価に用いる地震動は解放基盤表面で定義された 基準地震動Ssとする。基準地震動Ssの一覧を第5-1表に示し、加速度波 形及び加速度応答スペクトルを第5-1図~第5-8図に示す。

No.	名称	継続時間 (s)	方 向	加速度最大値 (cm/s <sup>2</sup> )
1	S <sub>s</sub> -D1	139. 28	水平	870
			鉛直	560
			N S	717
2	S <sub>s</sub> -11	194.03	ΕW	619
			UD	579
3	S <sub>s</sub> -12	173.18	N S	871
			ΕW	626
			UD	602
4 S <sub>s</sub> -13		179.22	N S	903
	$S_{s} - 1 3$		ΕW	617
			UD	599
5 $S_s - 14$		174.46	N S	586
	S <sub>s</sub> -14		ΕW	482
			UD	451
6	S <sub>s</sub> -2 1	287.83	N S	901
			ΕW	887
			UD	620
7	S <sub>s</sub> – 2 2	287.59	N S	1,009
			ΕW	874
			UD	736
8	S <sub>s</sub> – 3 1	20.00	水平	610
			鉛直	280

第5-1表 基準地震動Ssの一覧

注:いずれも時間刻みは 0.01 s


(a) 水平方向

第5-1図(1/2) 加速度波形及び加速度応答スペクトル(S<sub>s</sub>-D1)





第5-1図(2/2) 加速度波形及び加速度応答スペクトル(S<sub>s</sub>-D1)



(a) NS方向

第5-2図(1/3) 加速度波形及び加速度応答スペクトル(S<sub>s</sub>-11)



(b) EW方向

第5-2図(2/3) 加速度波形及び加速度応答スペクトル(S<sub>s</sub>-11)



第5-2図(3/3) 加速度波形及び加速度応答スペクトル(S<sub>s</sub>-11)



(a) NS方向

第5-3図(1/3) 加速度波形及び加速度応答スペクトル(S<sub>s</sub>-12)



(b) EW方向

第5-3図(2/3) 加速度波形及び加速度応答スペクトル(S<sub>s</sub>-12)



第5-3図(3/3) 加速度波形及び加速度応答スペクトル(S<sub>s</sub>-12)



(a) NS方向

第5-4図(1/3) 加速度波形及び加速度応答スペクトル(S<sub>s</sub>-13)



(b) EW方向

第5-4図(2/3) 加速度波形及び加速度応答スペクトル(S<sub>s</sub>-13)



第5-4図(3/3) 加速度波形及び加速度応答スペクトル(S<sub>s</sub>-13)



(a) NS方向

第5-5図(1/3) 加速度波形及び加速度応答スペクトル(S<sub>s</sub>-14)





第5-5図(2/3) 加速度波形及び加速度応答スペクトル(S<sub>s</sub>-14)



(c) UD方向

第5-5図(3/3) 加速度波形及び加速度応答スペクトル(S<sub>s</sub>-14)



(a) NS方向

第5-6図(1/3) 加速度波形及び加速度応答スペクトル(S<sub>s</sub>-21)



(b) EW方向

第5-6図(2/3) 加速度波形及び加速度応答スペクトル(S<sub>s</sub>-21)



第5-6図(3/3) 加速度波形及び加速度応答スペクトル(S<sub>s</sub>-21)



(a) NS方向

第5-7図(1/3) 加速度波形及び加速度応答スペクトル(S<sub>s</sub>-22)



(b) EW方向

第5-7図(2/3) 加速度波形及び加速度応答スペクトル(S<sub>s</sub>-22)



第5-7図(3/3) 加速度波形及び加速度応答スペクトル(S<sub>s</sub>-22)



(a) 水平方向

第5-8図(1/2) 加速度波形及び加速度応答スペクトル(S<sub>s</sub>-31)



(b) 鉛直方向

第5-8図(2/2) 加速度波形及び加速度応答スペクトル(S<sub>s</sub>-31)

5.3 地盤応答解析による入力地震動の算定

水平方向及び鉛直方向の解析概要を第5-9図及び第5-10図に示す。

水平方向の入力地震動は、解放基盤表面(EL. -370m, Vs  $\Rightarrow 700 m/s$ )で定 義される基準地震動S<sub>s</sub>(2E<sub>o</sub>)を用いて、一次元波動論により算定した基 礎版下端及び側面地盤ばね位置での応答波(E+F)とする。

算定に用いる地盤モデルは、当該敷地の地層等を考慮して設定された水平 成層地盤とし、等価線形化法により地盤の非線形を考慮した物性値を用いる。

鉛直方向の入力地震動は,解放基盤表面(EL. -370m, Vs≒700 m/s)で定 義される基準地震動S<sub>s</sub>(2E<sub>0</sub>)を用いて,一次元波動論により算定した基 礎版下端位置での応答波(2E)とする。

算定に用いる地盤モデルには,水平方向の入力地震動算定に用いた地盤モ デルの等価せん断波速度と体積弾性係数より求めた疎密波速度を用い,基礎 版下端位置より上部を剥ぎ取った地盤モデルを用いる。







第5-10 図 鉛直方向解析概要

4条-別紙2-76

## 5.4 地震応答解析モデル

水平方向の地震応答解析に用いる建屋解析モデル及びその振動諸元を第5 -2表に示す。また,鉛直方向地震応答解析に用いる建屋解析モデル及びそ の振動諸元を第5-3表に示す。

水平方向の地震応答解析モデルは,耐震壁を曲げせん断要素でモデル化し, 建屋-地盤の相互作用を考慮するため基礎版下端に水平及び回転地盤ばねを 設けている。また,建屋埋め込み部分にも側面地盤ばねを設け,地盤への埋 め込み効果を考慮している。基礎版下端の底面地盤ばねは,振動アドミッタ ンス理論に基づき求め,建屋埋め込み部の側面地盤ばねは,NOVAKの方 法により算定している。これら振動数依存の複素ばねを「JEAG4601-1991 追補版」に基づき近似したものを解析に用いており,底面地盤ばねの剛性は 静的理論解を用いて振動数に対して一定値とし,底面地盤ばねの減衰は円振 動数ωの一次式の形で示し,地盤ー建屋連成系の一次固有円振動数ω1で虚部 の値と一致するように設定している。側面地盤ばねの剛性については理論解 の極大値を用いて振動数に対して一定値とし,側面地盤ばねの減衰は底面地 盤ばねと同様に近似設定している。地盤ばねの近似法を第5-11回に示す。

鉛直方向の地震応答解析モデルは,耐震壁の軸剛性を考慮した質点系モデ ルとし,建屋-地盤の相互作用を考慮するため,基礎版下端に鉛直地盤ばね を設けている。

建屋の減衰定数は,鉄筋コンクリート部を5%,鉄骨部を2%とし,モード 減衰として与えている。各次のモード減衰定数は,建屋各部のひずみエネル ギに比例した値として算定している。

地震波ごとの地盤ばね算定結果は,第5-4表~第5-11表に示す通りである。

建物の非線形性については、耐震壁について設定しており、「JEAG

4条-別紙2-77

4601-1991 追補版」に基づき、トリリニア形スケルトン曲線としている。また、せん断力の履歴特性は最大点指向型としている。曲げモーメントの履歴 特性は第2折点までは最大点指向型、それ以上ではディグレイディングトリ リニア型としている。復元力特性のスケルトン曲線を第5-12図に、履歴特 性を第5-13図に示す。原子炉建屋について算定したせん断及び曲げスケル トン曲線の諸数値を第5-12表及び第5-13表に示す。



・数字は質点番号を示す。
・( )内は要素番号を示す。

*V//* 

標高 EL.	質点	質点重量	回転慣性重量 (×10 <sup>5</sup> kN·m <sup>2</sup> )		要素	せん断 (m	断面積 <sup>2</sup> )	断面2次モーメント (×10 <sup>3</sup> m <sup>4</sup> )	
(m)	番芳	(KN)	NS方向	EW方向	番方	NS方向	EW方向	NS方向	EW方向
63.65	1	15870	35.7	31.5	(				
57.00	2	16160	51.2	44.7	(1)	27.3	25.5	20.4	18. 4
46 50	<u>д</u>	67320	120 3	104 7	(2)	27.3	25.5	20.4	18.
40.00		01020	120.0	104.7	(3)	212	154	64.4	34.
38.80	4	97130	161.6	99.8	(4)	133	141	45.0	37.3
34.70	5	83270	113.0	68.7	(5)	143	156	45.4	38 '
29.00	6	122370	348.8	250.5	(0)	110	100	10. 1	50.
20.30	7	161820	488.7	543.9	(6)	218	237	77.6	72.
14 00	8	234650	720.8	779.6	(7)	242	224	86.3	77.0
	0	10000	.20.0		(8)	394	345	178.5	147.
8.20	9	199260	893.0	886.8	(9)	464	454	218.4	208.
2.00	10	220710	832.4	830. 7	(10)	464	454	218 8	208
-4.00	11	439290	1724.6	1712.1	(11)	4075	101	1000 1	1014
-9.00	12	275090	1081.4	1073.5	(11)	4675	4675	1828. 1	1814.
総重	₽ ₽	1932940			1	II			

第5-2表 水平方向解析モデル及び振動諸元

第5-3表 鉛直方向解析モデル及び振動諸元



外壁・シェル壁部						
標高 EL. (m)	質点 番号	質点重量 (kN)	要素 番号	軸断面積 (m <sup>2</sup> )		
63.65	1	8030				
57.00	2	16160	(1)	52.4		
46.50	3	67320	(2)	58.8		
20.00		0.020	(3)	331		
38.80	4	97130	(4)	243		
34.70	5	83270	(5)	207		
29.00	6	122370	(3)	291		
20.30	7	161820	(6)	451		
11.00		00.4050	(7)	461		
14.00	8	234650	(8)	727		
8.20	9	199260	(0)	000		
2.00	10	220710	(9)	900		
-4 00	11	439290	(10)	900		
1.00	11	100230	(11)	4675		
-9.00	12	275090				
総重	量	1932940				

屋根トラス部								
標高 EL. (m)	スパン方向 (m)	質点 番号	質点重量 (kN)	要素 番号	せん断断面積 (×10 <sup>-2</sup> m <sup>2</sup> )	断面2次モーメント (m <sup>4</sup> )		
	20 55	25	1120					
	20.00	20	1120	(24)	5 68	1 76		
	15 41	24	2240	(24)	5.00	1.70		
	10.41	24	2240	(23)	5 68	1 76		
63 65	10 27	23	2240	(20)	0.00	1.10		
05.05	10.21	20	2210	(22)	8 50	1 76		
	5 13	22	2240		0.00	1.10		
	0.10			(21)	11.49	1.76		
	0 00	1		(11)	111 10	1.10		
	0.00	1						

トラス端部回転拘束ばね K<sub>θ</sub>=5.62×10<sup>6</sup> kN·m/rad

4条一別紙2-80



(a) 底面地盤ばね



ばね 番号	質点 番号	地盤ばね 成 分	ばね定数*1 Kc	減衰係数 <sup>*2</sup> Cc
K1	9	側面·並進	5. $46 \times 10^5$	2. $50 \times 10^5$
K2	10	側面·並進	$1.22 \times 10^{6}$	4. $18 \times 10^5$
KЗ	11	側面·並進	6.64 $\times 10^{6}$	9. $11 \times 10^5$
K4	12	側面·並進	$1.92 \times 10^{7}$	8. $70 \times 10^5$
K5	12	底面・並進	6. $41 \times 10^7$	3. $45 \times 10^{6}$
K6	12	底面・回転	9. $26 \times 10^{10}$	$1.59 \times 10^{9}$

(a) NS方向

\*2:K1~K5はkN・s/m, K6はkN・m・s/rad

(b) EW方向

ばね 番号	質点 番号	地盤ばね 成 分	ばね定数*1 K <sub>c</sub>	減衰係数*2 Cc
K1	9	側面·並進	5. $46 \times 10^5$	2. $49 \times 10^5$
K2	10	側面·並進	$1.22 \times 10^{6}$	4. $19 \times 10^5$
K3	11	側面·並進	6.64 $\times 10^{6}$	9.09 $\times 10^{5}$
K4	12	側面·並進	$1.92 \times 10^{7}$	8.69 $\times 10^{5}$
K5	12	底面・並進	6. $42 \times 10^7$	3. $45 \times 10^{6}$
K6	12	底面・回転	9. $17 \times 10^{10}$	$1.57 \times 10^{9}$

\*1:K1~K5 は kN/m, K6 は kN·m/rad

(c) UD方向

ばね 番号	質点 番号	地盤ばね 成 分	ばね定数 Kc kN/m	減衰係数 C <sub>c</sub> kN・s/m
K1	12	底面・鉛直	$1.08 \times 10^{8}$	8.21×10 <sup>6</sup>

ばね 番号	質点 番号	地盤ばね 成 分	ばね定数*1 Kc	減衰係数 <sup>*2</sup> Cc
K1	9	側面·並進	6. $46 \times 10^5$	2. $88 \times 10^5$
K2	10	側面·並進	$1.75 \times 10^{6}$	6. $72 \times 10^5$
KЗ	11	側面·並進	8.96 $\times 10^{6}$	9.99 $\times 10^{5}$
K4	12	側面·並進	2. $20 \times 10^7$	9.69 $\times 10^{5}$
K5	12	底面・並進	7. $04 \times 10^{7}$	3. $61 \times 10^{6}$
K6	12	底面・回転	$1.01 \times 10^{11}$	$1.65 \times 10^{9}$

(a) NS方向

\*2:K1~K5はkN・s/m, K6はkN・m・s/rad

(b) EW方向

ば 番号	質 番号	地盤ばね 成 分	ばね定数*1 K <sub>C</sub>	減衰係数*2 Cc
K1	9	側面·並進	6. $46 \times 10^5$	2.90×10 <sup>5</sup>
K2	10	側面·並進	$1.75 \times 10^{6}$	6. $64 \times 10^5$
K3	11	側面·並進	8.96 $\times 10^{6}$	$1.00 \times 10^{6}$
K4	12	側面·並進	2. $20 \times 10^7$	9.69×10 <sup>5</sup>
K5	12	底面・並進	7.05 $\times 10^{7}$	3. $61 \times 10^{6}$
K6	12	底面・回転	$1.00 \times 10^{11}$	$1.63 \times 10^{9}$

\*1:K1~K5はkN/m, K6はkN・m/rad

(c) UD方向

ばね	質点	地盤ばね	ばね定数	減衰係数
番号	番号	成 分	Kc kN/m	C <sub>c</sub> kN・s/m
K1	12	底面・鉛直	1. $16 \times 10^8$	8.50 $\times 10^{6}$

ばね 番号	質点 番号	地盤ばね 成 分	ばね定数*1 Kc	減衰係数 <sup>*2</sup> Cc
K1	9	側面·並進	6. $46 \times 10^5$	2. $93 \times 10^5$
K2	10	側面·並進	$1.74 \times 10^{6}$	6. 59 $\times 10^{5}$
K3	11	側面·並進	8.66 $\times 10^{6}$	9.81×10 <sup>5</sup>
K4	12	側面·並進	2. $16 \times 10^7$	9. 56 $\times 10^{5}$
K5	12	底面・並進	6.80 × 10 <sup>7</sup>	3. $54 \times 10^{6}$
K6	12	底面・回転	9. $69 \times 10^{10}$	$1.62 \times 10^{9}$

(a) NS方向

\*2:K1~K5はkN・s/m, K6はkN・m・s/rad

(b) EW方向

ば 番号	質 番号	地盤ばね 成 分	ばね定数*1 K <sub>C</sub>	減衰係数*2 Cc
K1	9	側面·並進	6. $46 \times 10^5$	2.95 $\times 10^{5}$
K2	10	側面·並進	$1.74 \times 10^{6}$	6. 54 $\times 10^{5}$
K3	11	側面·並進	8.66 $\times 10^{6}$	9.83 $\times 10^{5}$
K4	12	側面·並進	2. $16 \times 10^7$	9. $55 \times 10^5$
K5	12	底面・並進	6.80 × 10 <sup>7</sup>	3. $55 \times 10^{6}$
K6	12	底面・回転	9.64 $\times 10^{10}$	$1.60 \times 10^{9}$

\*1:K1~K5はkN/m, K6はkN・m/rad

(c) UD方向

ばね	質点	地盤ばね	ばね定数	減衰係数
番号	番号	成 分	Kc kN/m	C <sub>c</sub> kN・s/m
K1	12	底面・鉛直	$1.11 \times 10^{8}$	8.31 $\times 10^{6}$

ばね 番号	質点 番号	地盤ばね 成 分	ばね定数*1 Kc	減衰係数 <sup>*2</sup> Cc
K1	9	側面·並進	6. $39 \times 10^5$	2.85 $\times 10^{5}$
K2	10	側面·並進	$1.71 \times 10^{6}$	6. $67 \times 10^5$
KЗ	11	側面·並進	8.60×10 <sup>6</sup>	9. $78 \times 10^5$
K4	12	側面·並進	2. $16 \times 10^7$	9. 56 $\times 10^{5}$
K5	12	底面・並進	6.83 $\times 10^{7}$	3. $55 \times 10^{6}$
K6	12	底面・回転	9. $78 \times 10^{10}$	$1.63 \times 10^{9}$

(a) NS方向

\*2:K1~K5はkN・s/m, K6はkN・m・s/rad

(b) EW方向

ばね 番号	質点 番号	地盤ばね 成 分	ばね定数*1 K <sub>C</sub>	減衰係数*2 Cc
K1	9	側面·並進	6. $39 \times 10^5$	2.87 $\times 10^{5}$
K2	10	側面·並進	$1.71 \times 10^{6}$	6. $64 \times 10^5$
K3	11	側面·並進	8.60 $\times 10^{6}$	9.80×10 <sup>5</sup>
K4	12	側面·並進	2. $16 \times 10^7$	9. 56 $\times 10^{5}$
K5	12	底面・並進	6.83 × 10 <sup>7</sup>	3. $55 \times 10^{6}$
K6	12	底面・回転	9.73×10 <sup>10</sup>	$1.61 \times 10^{9}$

\*1:K1~K5はkN/m, K6はkN・m/rad

(c) UD方向

ばね 番号	質点 番号	地盤ばね 成 分	ばね定数 Kc kN/m	減衰係数 Cc kN・s/m
K1	12	底面・鉛直	$1.12 \times 10^{8}$	8.35 $\times 10^{6}$

ばね 番号	質点 番号	地盤ばね 成 分	ばね定数*1 Kc	減衰係数 <sup>*2</sup> Cc
K1	9	側面·並進	6. $78 \times 10^5$	3. $18 \times 10^5$
K2	10	側面·並進	$1.83 \times 10^{6}$	6. $42 \times 10^5$
K3	11	側面·並進	9. $11 \times 10^{6}$	$1.00 \times 10^{6}$
K4	12	側面·並進	2. $22 \times 10^7$	9.68×10 <sup>5</sup>
K5	12	底面・並進	6. $92 \times 10^7$	3. $58 \times 10^{6}$
K6	12	底面・回転	9. $92 \times 10^{10}$	$1.64 \times 10^{9}$

(a) NS方向

\*2:K1~K5はkN・s/m, K6はkN・m・s/rad

(b) EW方向

ば 番号	質点 番号	地盤ばね 成 分	ばね定数*1 K <sub>C</sub>	減衰係数*2 Cc
K1	9	側面·並進	6. $78 \times 10^5$	3. $21 \times 10^5$
K2	10	側面·並進	$1.83 \times 10^{6}$	6. $36 \times 10^5$
K3	11	側面·並進	9. $11 \times 10^{6}$	$1.01 \times 10^{6}$
K4	12	側面·並進	2. $22 \times 10^7$	9.68×10 <sup>5</sup>
K5	12	底面・並進	6. $92 \times 10^7$	3. $58 \times 10^{6}$
K6	12	底面・回転	9.87 $\times 10^{10}$	$1.62 \times 10^{9}$

\*1:K1~K5 kt kN/m, K6 kt kN·m/rad

\*2:K1~K5はkN・s/m, K6はkN・m・s/rad

(c) UD方向

ばね 番号	質点 番号	地盤ばね 成 分	ばね定数 Kc kN/m	減衰係数 C <sub>c</sub> kN・s/m
K1	12	底面・鉛直	$1.13 \times 10^{8}$	8. $40 \times 10^{6}$

## 4条-別紙2-86

ばね 番号	質点 番号	地盤ばね 成 分	ばね定数*1 Kc	減衰係数 <sup>*2</sup> Cc
K1	9	側面·並進	5. 54 $\times 10^{5}$	2. $58 \times 10^5$
K2	10	側面·並進	$1.38 \times 10^{6}$	4. $38 \times 10^5$
KЗ	11	側面·並進	7.62 $\times 10^{6}$	9. $47 \times 10^5$
K4	12	側面·並進	2. $08 \times 10^7$	9. $30 \times 10^5$
K5	12	底面・並進	6.80 × 10 <sup>7</sup>	3. $55 \times 10^{6}$
K6	12	底面・回転	9. 76 $\times 10^{10}$	$1.62 \times 10^{9}$

(a) NS方向

\*2:K1~K5はkN・s/m, K6はkN・m・s/rad

(b) EW方向

ばね 番号	質点 番号	地盤ばね 成 分	ばね定数*1 K <sub>C</sub>	減衰係数*2 C <sub>c</sub>
K1	9	側面·並進	5. 54 $\times 10^{5}$	2. 57 $\times 10^{5}$
K2	10	側面·並進	$1.38 \times 10^{6}$	4. $42 \times 10^5$
K3	11	側面·並進	7.62 $\times 10^{6}$	9. $43 \times 10^5$
K4	12	側面·並進	2.08 × 10 <sup>7</sup>	9. $29 \times 10^5$
K5	12	底面・並進	6.80 × 10 <sup>7</sup>	3. $55 \times 10^{6}$
K6	12	底面・回転	9.70×10 <sup>10</sup>	$1.60 \times 10^{9}$

\*1:K1~K5はkN/m, K6はkN・m/rad

(c) UD方向

ばね	質点	地盤ばね	ばね定数	減衰係数
番号	番号	成 分	Kc kN/m	C <sub>c</sub> kN・s/m
K1	12	底面・鉛直	$1.14 \times 10^{8}$	8. $42 \times 10^{6}$

ばね 番号	質点 番号	地盤ばね 成 分	ばね定数*1 Kc	減衰係数 <sup>*2</sup> C <sub>c</sub>
K1	9	側面·並進	5. $39 \times 10^5$	2. $61 \times 10^5$
K2	10	側面·並進	$1.28 \times 10^{6}$	4. $08 \times 10^5$
K3	11	側面·並進	7. $22 \times 10^{6}$	9. $49 \times 10^5$
K4	12	側面·並進	2.03 $\times 10^{7}$	9. $10 \times 10^{5}$
K5	12	底面・並進	6.80 × 10 <sup>7</sup>	3. $55 \times 10^{6}$
K6	12	底面・回転	9.80 $\times 10^{10}$	$1.62 \times 10^{9}$

(a) NS方向

\*2:K1~K5はkN・s/m, K6はkN・m・s/rad

(b) EW方向

ばね 番号	質点 番号	地盤ばね 成 分	ばね定数*1 K <sub>C</sub>	減衰係数*2 C <sub>c</sub>
K1	9	側面·並進	5. $39 \times 10^5$	2. 59 $\times 10^{5}$
K2	10	側面·並進	$1.28 \times 10^{6}$	4. $10 \times 10^5$
K3	11	側面·並進	7.22 $\times 10^{6}$	9. $46 \times 10^5$
K4	12	側面·並進	2.03 $\times 10^{7}$	9.09×10 <sup>5</sup>
K5	12	底面・並進	6.80 × 10 <sup>7</sup>	3. $55 \times 10^{6}$
K6	12	底面・回転	9.75 $\times 10^{10}$	$1.60 \times 10^{9}$

\*1:K1~K5はkN/m, K6はkN・m/rad

\*2:K1~K5はkN・s/m, K6はkN・m・s/rad

(c) UD方向

ばね 番号	質点 番号	地盤ばね 成 分	ばね定数 Kc kN/m	減衰係数 C <sub>c</sub> kN・s/m
K1	12	底面・鉛直	$1.14 \times 10^{8}$	8. $43 \times 10^{6}$

## 4条-別紙2-88
ばね 番号	質点 番号	地盤ばね 成 分	ばね定数*1 Kc	減衰係数 <sup>*2</sup> C <sub>c</sub>
K1	9	側面·並進	5. $39 \times 10^5$	2. $46 \times 10^5$
K2	10	側面·並進	$1.18 \times 10^{6}$	4. $01 \times 10^{5}$
K3	11	側面·並進	5.24 $\times 10^{6}$	8.98 $\times 10^{5}$
K4	12	側面·並進	$1.86 \times 10^{7}$	8. 58 $\times 10^{5}$
K5	12	底面・並進	6. $26 \times 10^7$	3. $41 \times 10^{6}$
K6	12	底面・回転	8.96 $\times 10^{10}$	$1.57 \times 10^{9}$

(a) NS方向

\*1:K1~K5はkN/m, K6はkN・m/rad

\*2:K1~K5はkN・s/m, K6はkN・m・s/rad

(b) EW方向

ばね 番号	質点 番号	地盤ばね 成 分	ばね定数*1 K <sub>C</sub>	減衰係数*2 C <sub>c</sub>
K1	9	側面·並進	5. $39 \times 10^5$	2. $45 \times 10^5$
K2	10	側面·並進	$1.18 \times 10^{6}$	4. $00 \times 10^{5}$
K3	11	側面·並進	5. $24 \times 10^{6}$	8.97 $\times 10^{5}$
K4	12	側面·並進	$1.86 \times 10^{7}$	8. 57 $\times 10^{5}$
K5	12	底面・並進	6. $27 \times 10^7$	3. $41 \times 10^{6}$
K6	12	底面・回転	8.91×10 <sup>10</sup>	1.55 $\times 10^{9}$

\*1:K1~K5はkN/m, K6はkN・m/rad

\*2:K1~K5はkN・s/m, K6はkN・m・s/rad

(c) UD方向

ばね	質点	地盤ばね	ばね定数	減衰係数
番号	番号	成 分	Kc kN/m	C <sub>c</sub> kN・s/m
K1	12	底面・鉛直	$1.06 \times 10^{8}$	8. $14 \times 10^{6}$



τ<sub>1</sub>:第1折れ点のせん断応力度
 τ<sub>2</sub>:第2折れ点のせん断応力度
 τ<sub>3</sub>:終局点のせん断応力度
 γ<sub>1</sub>:第1折れ点のせん断ひずみ
 γ<sub>2</sub>:第2折れ点のせん断ひずみ
 γ<sub>3</sub>:終局点のせん断ひずみ
 M<sub>1</sub>:第1折れ点の曲げモーメント
 M<sub>2</sub>:第2折れ点の曲げモーメント
 M<sub>3</sub>:終局点の曲げモーメント
 φ<sub>1</sub>:第1折れ点の曲率
 φ<sub>2</sub>:第2折れ点の曲率
 φ<sub>3</sub>:終局点の曲率

第5-12図 復元力特性のスケルトン曲線



(a) 最大点指向型



(b) ディグレイディングトリリニア型第5-13図 復元力特性の履歴特性

第5-12表 せん断スケルトン数値表

EL.	要素	$\tau_{1}$	$ au$ $_2$	τ <sub>3</sub>	γ1	$\gamma$ 2	γ3
m	番号	$N/mm^2$	$N/mm^2$	$N/mm^2$	$ imes 10^{-3}$	$ imes 10^{-3}$	$ imes 10^{-3}$
63.65 $\sim$ 57.00	1	1.60	2.16	4.54	0.174	0.522	4.0
57.00 $\sim$ 46.50	2	1.71	2.31	4.63	0.185	0.555	4.0
46.50 $\sim$ 38.80	3	1.59	2.15	4.38	0.173	0.519	4.0
$38.80 \sim 34.70$	4	1.34	1.81	4.17	0.145	0.435	4.0
34.70 $\sim$ 29.00	5	1.28	1.73	3.91	0.139	0.417	4.0
29.00 $\sim$ 20.30	6	1.47	1.98	4.26	0.159	0.477	4.0
20.30 $\sim$ 14.00	7	1.61	2.17	4.87	0.174	0.522	4.0
14.00 $\sim$ 8.20	8	1.68	2.27	4.27	0.183	0.549	4.0
$8.20 \sim 2.00$	9	1.77	2.39	5.02	0.192	0.576	4.0
$2.00 \sim -4.00$	10	1.85	2.50	5.84	0.201	0.603	4.0

(a) NS方向

(b) EW方向

EL.	要素	$\tau_1$ N $\swarrow$ mm <sup>2</sup>	$\tau_2$ N $\swarrow$ mm <sup>2</sup>	$\tau_3$ N $\checkmark$ mm <sup>2</sup>	$\gamma_{1}$ × 10 <sup>-3</sup>	$\gamma_2 \times 10^{-3}$	$\gamma_{3} \times 10^{-3}$
$63.65 \sim 57.00$	1	1.60	2.16	4. 54	0.174	0. 522	4.0
57.00 $\sim$ 46.50	2	1.71	2.31	4.63	0.185	0.555	4.0
46.50 $\sim$ 38.80	3	1.60	2.16	4.63	0.173	0.519	4.0
$38.80 \sim 34.70$	4	1.49	2.01	4.40	0.162	0.486	4.0
$34.70 \sim 29.00$	5	1.39	1.88	4.01	0.151	0.453	4.0
29.00 $\sim$ 20.30	6	1.31	1.77	3.72	0.143	0.429	4.0
20.30 $\sim$ 14.00	7	1.59	2.15	4.57	0.172	0.516	4.0
14.00 $\sim$ 8.20	8	1.68	2.27	4.52	0.182	0.546	4.0
$8.20 \sim 2.00$	9	1.77	2.39	5.02	0.192	0.576	4.0
2.00 $\sim$ -4.00	10	1.85	2.50	5.77	0.201	0.603	4.0

第5-13表 曲げスケルトン数値表

EL.	要素	$M_1$	$M_2$	M <sub>3</sub>	$\phi_{1}$	$\phi_2$	ф з
m	番号	$ imes 10^6 { m kN}$ · m	$ imes 10^6 { m kN}{ m \cdot}{ m m}$	$ imes 10^6 { m kN}$ $\cdot$ m	$ imes 10^{-5} 1/m$	$ imes 10^{\text{-5}} 1/\text{m}$	$ imes 10^{-5} 1/{ m m}$
$63.65 \sim 57.00$	1	1.85	3.23	4.18	0.410	4.87	97.4
57.00 $\sim$ 46.50	2	2.06	3.49	4.48	0.457	4.97	99.4
46.50 $\sim$ 38.80	3	5.75	12.6	18.7	0.404	5.28	57.1
$38.80 \sim 34.70$	4	4.87	12.7	16.1	0.490	8.14	102
34.70 $\sim$ 29.00	5	5.12	13.0	16.5	0.510	8.12	102
29.00 $\sim$ 20.30	6	7.47	19.5	22.5	0.436	5.90	33.9
20.30 $\sim$ 14.00	7	10.3	27.0	31.1	0.540	6.02	36.6
14.00 $\sim$ 8.20	8	14.5	42.2	50.3	0.368	4.81	47.5
$8.20 \sim 2.00$	9	21.7	62.6	79.2	0.450	5.46	41.8
$2.00 \sim -4.00$	10	24.7	80.9	101	0.511	6.35	36.9

(a) NS方向

(b) EW方向

EL.	要素	$M_1$	$M_2$	$M_3$	$\phi_{1}$	<b>\$</b> 2	ф з
m	番号	$ imes 10^6 { m kN}$ · m	$ imes 10^6 { m kN}$ · m	$ imes 10^6 { m kN}$ · m	$ imes 10^{-5} 1/m$	$ imes 10^{\text{-5}} 1/\text{m}$	$ imes 10^{-5} 1/m$
63.65 $\sim$ 57.00	1	1.77	3.03	3.86	0.435	5.15	103
57.00 $\sim$ 46.50	2	2.23	3.35	4.19	0.548	5.83	116
46.50 $\sim$ 38.80	3	3.57	6.61	8.98	0.466	8.83	108
$38.80 \sim 34.70$	4	4.87	12.5	16.1	0. 591	9.58	123
34.70 $\sim$ 29.00	5	5.12	12.8	16.6	0. 599	9.28	120
29.00 $\sim$ 20.30	6	6.80	17.6	21.1	0.422	5.67	53.5
20.30 $\sim$ 14.00	7	8.95	22.4	26.0	0.522	5.80	47.3
14.00 $\sim$ 8.20	8	12.7	38.2	46.2	0.390	5.23	53.0
$8.20 \sim 2.00$	9	20.9	61.2	77.3	0.454	5.56	42.0
$2.00 \sim -4.00$	10	23.7	77.8	96.5	0.513	6.48	39.8

5.5 地震応答解析結果

(1) 地震応答解析法

ここで,

地震応答解析は、水平方向については耐震壁の非線形性を考慮した弾塑性 時刻歴応答解析によるものとし、鉛直方向は弾性時刻歴解析によるものとす る。

地震応答解析モデルについて運動方程式は次のとおりである。なお、地盤 ばねを考慮する質点を添字Cで、それ以外の質点を添字Sで表す。

$$\begin{bmatrix} M_{s} & 0\\ 0 & M_{c} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \ddot{u}_{s}\\ \ddot{u}_{c} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} C_{ss} & C_{sc}\\ C_{cs} & C_{cc} + C_{c} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{u}_{s}\\ \dot{u}_{c} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} K_{ss} & K_{sc}\\ K_{cs} & K_{cc} + K_{c} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_{s}\\ u_{c} \end{bmatrix} = -\begin{bmatrix} M_{s} & 0\\ 0 & M_{c} \end{bmatrix} \{\alpha\} \ddot{u}_{0} + \begin{bmatrix} 0\\ f_{c} \end{bmatrix}$$
(5-1)

$$\begin{bmatrix} M_s & 0 \\ 0 & M_c \end{bmatrix} : 質量マトリクス$$

$$\begin{bmatrix} C_{ss} & C_{sc} \\ C_{cs} & C_{cc} + C_c \end{bmatrix} : 減衰マトリクス$$

$$\begin{bmatrix} K_{ss} & K_{sc} \\ K_{cs} & K_{cc} + K_{c} \end{bmatrix} : 剛性マトリクス$$

[K<sub>c</sub>], [C<sub>c</sub>] : 地盤の剛性及び減衰マトリクス

$$\begin{cases} u_s \\ u_c \end{cases}$$
 :変位ベクトル

- *{α}*:入力ベクトル
- *ü*<sub>0</sub> :入力加速度

(基礎版下端位置における自由地盤の応答加速度)

また、地盤からの力 $\{f_c\}$ は下式で表される。なお、鉛直方向では埋込みを 考慮しないので、 $\{f_c\}=0$ である。

$$\{f_c\} = [K_c] \{\tilde{u}_c\} + [C_c] \{\tilde{u}_c\} + \{\tilde{p}_c\}$$
 (5-2)  
ここで、  
 $\{\tilde{u}_c\}, \{\tilde{u}_c\} : -$ 次元波動解析における基礎版下端位置に対する地盤の  
相対変位及び相対速度ベクトル  
 $\tilde{p}_c$  : -次元波動解析における基礎版下端位置におけるせん断力

固有円振動数と固有モードベクトルは、(5-1)式の外力項を0とし、減衰 項を無視すれば、次式より求まる。

$$\begin{pmatrix} \begin{bmatrix} K_{ss} & K_{sc} \\ K_{cs} & K_{cc} + K_c \end{bmatrix} - \omega_i^2 \begin{bmatrix} M_s & 0 \\ 0 & M_c \end{bmatrix} \} \{ \phi_i \} = \{ 0 \}$$
 (5-3)

ここで,

ω:: i 次の固有円振動数

{ø<sub>i</sub>}: i 次の固有モードベクトル

(切り欠き力)

時刻歴解析では、(5-1)式をその各項の積分刻み時間における増分につい ての方程式に変換し、これに対し直接積分法(Newmark-β法)を適用して時刻 歴応答を求める。

このときの減衰マトリクスは以下の方法により求める。

地盤ばねに与える減衰を除いた建屋のモード減衰定数は, i 次振動モード における各部材のひずみエネルギに比例するものとして次式により求める。

$$h_{i} = \frac{\sum_{j} h_{0}^{j} E_{i}^{j}}{\sum_{j} E_{i}^{j}}$$
(5-4)

$$E_i^j = \frac{1}{2} \left\{ \phi_i^j \right\}^T \left[ k^j \right] \left\{ \phi_i^j \right\}$$

ただし,

 $\begin{bmatrix} k^j \end{bmatrix}$ : j 部材の剛性マトリクス

 $\{\phi_i^j\}$ : i 次振動モードにおける j 部材の材端変位ベクトル

したがって、構造物の減衰マトリクスは、(5-4)式による各次モード減衰 定数と固有モードベクトルにより次式で求める。

$$\begin{bmatrix} C_{ss} & C_{sc} \\ C_{cs} & C_{cc} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} M_s & 0 \\ 0 & M_c \end{bmatrix} \left( \sum_i \{\phi_i\} \eta_i \{\phi_i\}^T \right) \begin{bmatrix} M_s & 0 \\ 0 & M_c \end{bmatrix}$$
(5-5)  
$$\Xi \subset \mathfrak{C},$$
$$\eta_i = \frac{2h_i \omega_i}{\{\phi_i\}^T \begin{bmatrix} M_s & 0 \\ 0 & M_c \end{bmatrix} \{\phi_i\}}$$

なお、地盤ばねの減衰は*C*。で表される内部粘性減衰として与えられるので、 建屋-地盤連成モデルの減衰マトリクスは、次式で求められる。

$$\begin{bmatrix} c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_{ss} & C_{sc} \\ C_{cs} & C_{cc} + C_{c} \end{bmatrix}$$
(5-6)

また, 弾塑性解析は, 各部材の復元力特性上の状態を判定しつつ, その状 態での剛性勾配を用いた剛性マトリクスを作成する方法により行う。

(2) 固有值

固有値解析結果として,主要な固有値を第5-14表~第5-21表に,刺激 関数を第5-14図~第5-21図に示す。

なお、刺激係数は、次数ごとに固有ベクトルの最大値を1に規準化して得 られた値としている。

(	(a)	Ν	S方向
	$(\alpha)$	÷ •	~ / / / /

次数	固有周期(s)	振動数(Hz)	刺激係数
1	0.409	2.44	1.916
2	0.202	4.96	-1.154
3	0.104	9.60	0.163
4	0.085	11.77	0.194
5	0.064	15.65	-0.145
6	0.052	19.15	0.016

(b) EW方向

次 数	固有周期(s)	振動数(Hz)	刺激係数
1	0.411	2.43	1.941
2	0.202	4.96	-1.213
3	0.107	9.32	0.216
4	0.086	11.59	0.172
5	0.064	15.53	-0.140
6	0.051	19.76	0.013

(c) UD方向

次数	固有周期(s)	振動数(Hz)	刺激係数
1	0.399	2.50	2.516
2	0.274	3.65	-1.596
3	0.093	10.79	0.129
4	0.060	16.72	-0.251
5	0.057	17.64	0.220
6	0.048	20.70	0.043



第 5−14 図(1/3) 刺激関数(S<sub>s</sub>−D1)



第 5−14 図 (2/3) 刺激関数 (S<sub>s</sub>−D 1)



第 5−14 図 (3/3) 刺激関数 (S<sub>s</sub>−D1)

(a) NS方向

次数	固有周期(s)	振動数(Hz)	刺激係数
1	0.392	2.55	1.938
2	0.193	5.18	-1.213
3	0.103	9.70	0.197
4	0.085	11.81	0.214
5	0.064	15.67	-0.164
6	0.052	19.18	0.018

(b) EW方向

次 数	固有周期(s)	振動数(Hz)	刺激係数
1	0.395	2.53	1.964
2	0.193	5.18	-1.281
3	0.106	9.42	0.261
4	0.086	11.64	0.187
5	0.064	15.55	-0.158
6	0.051	19.79	0.014

(c) UD方向

次数	固有周期(s)	振動数(Hz)	刺激係数
1	0.399	2.51	2.379
2	0.265	3. 78	-1.465
3	0.093	10.79	0.139
4	0.060	16.74	-0.274
5	0.057	17.65	0.241
6	0.048	20.70	0.046



第 5−15 図(1/3) 刺激関数(S<sub>s</sub>−1 1)



第 5−15 図(2/3) 刺激関数(S<sub>s</sub>−1 1)



(c) UD方向

第 5−15 図 (3/3) 刺激関数 (S<sub>s</sub>−1 1)

(a) NS方向

次数	固有周期(s)	振動数(Hz)	刺激係数
1	0.398	2.51	1.931
2	0.196	5.11	-1.194
3	0.104	9.65	0.184
4	0.085	11.80	0.211
5	0.064	15.67	-0.159
6	0.052	19.17	0.018

(b) EW方向

次 数	固有周期(s)	振動数(Hz)	刺激係数
1	0.400	2.50	1.957
2	0.195	5.12	-1.260
3	0.107	9.38	0.245
4	0.086	11.62	0.185
5	0.064	15.54	-0.153
6	0.051	19.77	0.014

(c) UD方向

次 数	固有周期(s)	振動数(Hz)	刺激係数
1	0.399	2.51	2.461
2	0.270	3.70	-1.543
3	0.093	10.79	0.133
4	0.060	16.72	-0.259
5	0.057	17.65	0.228
6	0.048	20.70	0.044



第 5−16 図(1/3) 刺激関数(S<sub>s</sub>−1 2)



第 5−16 図(2/3) 刺激関数(S<sub>s</sub>−1 2)



(c) UD方向

第 5−16 図 (3/3) 刺激関数 (S<sub>s</sub>−1 2)

(a)	Ν	S	方	向
()	- ·	~	/ /	

次数	固有周期(s)	振動数(Hz)	刺激係数
1	0.397	2.52	1.932
2	0.195	5.12	-1.197
3	0.103	9.66	0.186
4	0.085	11.80	0.211
5	0.064	15.67	-0.159
6	0.052	19.17	0.018

(b) EW方向

次数	固有周期(s)	振動数(Hz)	刺激係数
1	0.399	2.51	1.958
2	0.195	5.12	-1.263
3	0.107	9.39	0.248
4	0.086	11.62	0.184
5	0.064	15.54	-0.154
6	0.051	19.78	0.014

(c) UD方向

次数	固有周期(s)	振動数(Hz)	刺激係数
1	0.399	2.51	2.444
2	0.269	3.72	-1.526
3	0.093	10.79	0.134
4	0.060	16.73	-0.262
5	0.057	17.65	0.231
6	0.048	20.70	0.045



第 5−17 図(1/3) 刺激関数(S<sub>s</sub>−1 3)



第 5−17 図(2/3) 刺激関数(S<sub>s</sub>−1 3)



(c) UD方向

第 5−17 図(3/3) 刺激関数(S<sub>s</sub>−1 3)

(a) NS方向

次数	固有周期(s)	振動数(Hz)	刺激係数
1	0.394	2.54	1.936
2	0.194	5.16	-1.207
3	0.103	9.68	0.192
4	0.085	11.80	0.215
5	0.064	15.67	-0.163
6	0.052	19.18	0.018

(b) EW方向

次 数	固有周期(s)	振動数(Hz)	刺激係数
1	0.396	2.53	1.962
2	0.194	5.16	-1.274
3	0.106	9.41	0.255
4	0.086	11.63	0.187
5	0.064	15.55	-0.157
6	0.051	19.78	0.014

(c) UD方向

次 数	固有周期(s)	振動数(Hz)	刺激係数
1	0.399	2.51	2.427
2	0.268	3.73	-1.510
3	0.093	10.79	0.136
4	0.060	16.73	-0.265
5	0.057	17.65	0.233
6	0.048	20.70	0.045



第 5−18 図(1/3) 刺激関数(S<sub>s</sub>−1 4)



第 5−18 図(2/3) 刺激関数(S<sub>s</sub>−1 4)

4条一別紙2-116



(c) UD方向

第 5−18 図(3/3) 刺激関数(S<sub>s</sub>−1 4)

(a)	Ν	S	方	向
(~~)	- ·	~	/ /	

次数	固有周期(s)	振動数(Hz)	刺激係数
1	0.399	2.50	1.929
2	0.196	5.09	-1.188
3	0.104	9.66	0.183
4	0.085	11.79	0.205
5	0.064	15.67	-0.156
6	0.052	19.17	0.017

(b) EW方向

次 数	固有周期(s)	振動数(Hz)	刺激係数
1	0.401	2.49	1.954
2	0.196	5.09	-1.252
3	0.107	9.38	0.243
4	0.086	11.62	0.179
5	0.064	15.54	-0.150
6	0.051	19.78	0.014

(c) UD方向

次数	固有周期(s)	振動数(Hz)	刺激係数
1	0.399	2.51	2.410
2	0.267	3.75	-1.495
3	0.093	10.79	0.137
4	0.060	16.73	-0.268
5	0.057	17.65	0.236
6	0.048	20.70	0.046



第 5−19 図(1/3) 刺激関数(S<sub>s</sub>-21)



第 5−19 図(2/3) 刺激関数(S<sub>s</sub>−2 1)



第 5−19 図(3/3) 刺激関数(S<sub>s</sub>−2 1)

(a)	Ν	S	方	向
(~~)	- ·	~	/ /	

次数	固有周期(s)	振動数(Hz)	刺激係数
1	0.400	2.50	1.928
2	0.197	5.08	-1.185
3	0.103	9.66	0.183
4	0.085	11.79	0.202
5	0.064	15.66	-0.155
6	0.052	19.17	0.017

(b) EW方向

次 数	固有周期(s)	振動数(Hz)	刺激係数
1	0.402	2.49	1.953
2	0.197	5.08	-1.249
3	0.107	9.39	0.243
4	0.086	11.62	0.176
5	0.064	15.54	-0.149
6	0.051	19.78	0.013

(c) UD方向

次 数	固有周期(s)	振動数(Hz)	刺激係数
1	0.399	2.51	2.410
2	0.267	3.75	-1.495
3	0.093	10.79	0.137
4	0.060	16.73	-0.268
5	0.057	17.65	0.236
6	0.048	20.70	0.046



第 5−20 図(1/3) 刺激関数(S<sub>s</sub>-2 2)



第 5−20 図(2/3) 刺激関数(S<sub>s</sub>−2 2)


(c) UD方向

第 5−20 図(3/3) 刺激関数(S<sub>s</sub>−2 2)

(a) NS方向

次数	固有周期(s)	振動数(Hz)	刺激係数
1	0.415	2.41	1.909
2	0.205	4.89	-1.135
3	0.105	9.56	0.154
4	0.085	11.76	0.188
5	0.064	15.65	-0.139
6	0.052	19.13	0.015

(b) EW方向

次 数	固有周期(s)	振動数(Hz)	刺激係数
1	0.417	2.40	1.933
2	0.205	4.89	-1.193
3	0.108	9.29	0.204
4	0.086	11.57	0.167
5	0.064	15.52	-0.134
6	0.051	19.75	0.012

(c) UD方向

次数	固有周期(s)	振動数(Hz)	刺激係数
1	0.399	2.50	2.557
2	0.276	3.62	-1.635
3	0.093	10.79	0.127
4	0.060	16.71	-0.245
5	0.057	17.64	0.215
6	0.048	20.70	0.042



第 5−21 図(1/3) 刺激関数(S<sub>s</sub>−3 1)



(b) EW方向

第 5−21 図(2/3) 刺激関数(S<sub>s</sub>−3 1)



(c) UD方向

第 5−21 図 (3/3) 刺激関数 (S<sub>s</sub>-3 1)

### (3) 最大応答値

地震応答解析結果として,各質点位置の最大応答を第 5-22 図~第 5-29 図に示す。



						(単	位:cm/s²)
Ss-D1	Ss-11	Ss-12	Ss-13	Ss-14	Ss-21	Ss-22	Ss-31
1,033	803	942	920	535	1,303	1, 268	1,129
033	622	740	720	450	1 194	1 001	1 059
933	022	149	129	409	1, 134	1,091	1,059
813	318	382	386	314	872	853	948
715	250	321	321	260	740	714	877
669	220	295	289	241	637	688	877
611	243	274	269	233	572	573	836
508	243	265	294	245	481	477	680
491	965	975	20.4	0.40	477	402	507
401	205	210	304	243	411	403	091
467	275	279	303	242	459	353	550
454	257	278	311	234	423	367	508
441	250	283	313	221	386	362	468
437	257	292	323	217	393	378	429

第5-22 図 最大応

最大応答加速度(NS方向)



							(単位 : cm)
Ss-D1	Ss-11	Ss-12	Ss-13	Ss-14	Ss-21	Ss-22	Ss-31
3.36	1.07	1.41	1.46	1.22	3.23	3.15	4.59
3.06	0.97	1.29	1.31	1, 11	2.92	2.86	4.22
2.55	0.80	1.07	1.05	0.91	2.35	2.35	3.58
2.23	0.70	0.94	0.90	0.80	2.02	2.04	3.18
2.03	0.63	0.85	0.80	0.73	1.82	1.85	2.92
1.73	0.54	0.74	0.72	0.62	1.49	1.51	2.41
1 99	0.42	0.57	0.50	0.48	1 00	1 19	1 01
1. 33	0.42	0. 57	0. 59	0.48	1.09	1.12	1. 01
1.04	0.34	0.45	0.48	0.39	0.82	0.84	1.32
0.80	0.27	0.38	0.40	0.31	0.60	0.61	1.02
0.55	0.22	0.30	0.30	0.22	0.42	0.39	0.73
0. 33	0.15	0.21	0.22	0.14	0.31	0.28	0.48
0.26	0.14	0.19	0.19	0.10	0.30	0.27	0.36

第5-23図 最大応答水平変位(NS方向)



						(単位	$: \times 10^4  \text{kN}$
Ss-D1	Ss-11	Ss-12	Ss-13	Ss-14	Ss-21	Ss-22	Ss-31
1.66	1.31	1.54	1.51	0.871	2.12	2.05	1.84
3. 13	2.31	2.78	2. 72	1.63	3.96	3.85	3. 52
8.21	4.05	5.11	4. 92	3.75	9.54	9.36	9.89
15.2	6.16	7.69	7.81	6.17	16.7	16.3	18.3
20.9	7.89	10.0	10.2	7.90	22.0	21.4	25.0
27.5	9.58	13.0	13. 1	10.3	26.8	27.5	35.4
35.3	11.6	16.3	16.0	13.4	33.4	34.6	46.3
45.4	16.2	21.0	20.4	17.7	40.6	44.1	59.6
54.2	19.5	25.4	27.7	22.6	47.7	49.3	67.7
65.3	27.5	32.0	34.7	28.5	57.1	54.2	75.7
82.7	35.7	40.8	44.5	36.6	70.3	62.7	92.3

第5-24図 最大応答せん断力(NS方向)



第5-25図 最大応答曲げモーメント(NS方向)



						(単	位:cm/s²)
Ss-D1	Ss-11	Ss-12	Ss-13	Ss-14	Ss-21	Ss-22	Ss-31
1,054	770	604	614	592	1,089	1, 328	1,264
931	619	491	499	486	858	1,119	1, 112
818	336	347	347	272	410	699	932
744	309	322	323	250	340	564	904
685	289	311	323	243	315	511	889
015	0.55	014	00.4	0.15	0.01	107	
615	257	314	324	245	281	437	833
535	285	306	314	230	301	407	726
400	005	000	200	010	007	055	610
482	295	282	290	218	297	355	610
466	290	256	264	209	293	331	596
455	275	227	234	192	280	320	516
442	256	207	223	188	272	302	450
400	050	010	000	100	070	000	405
438	258	210	228	196	278	308	425

第5-26図 量

最大応答加速度(EW方向)



							(単位:cm)
Ss-D1	Ss-11	Ss-12	Ss-13	Ss-14	Ss-21	Ss-22	Ss-31
3.47	1.42	1.54	1.59	1.18	1.69	2.66	4.66
3.16	1.30	1.40	1.45	1.07	1.52	2.38	4.28
2.61	1.08	1.18	1.21	0.88	1.20	1.85	3.65
2.27	0.94	1.03	1.06	0.77	1.02	1.57	3.23
2.07	0.85	0.94	0.97	0.70	0.92	1.40	2.98
1. 78	0.73	0.81	0.83	0.60	0.77	1.16	2.54
1.37	0.56	0.63	0.64	0.46	0.58	0.86	1.94
1.06	0, 45	0, 48	0.50	0, 36	0, 45	0, 65	1.38
0.81	0.36	0.36	0.37	0.27	0.33	0.49	1 03
0.01	0.50	0.00	0.51	0.21	0.00	0.45	1.05
0.56	0.27	0.25	0.26	0.19	0.24	0.34	0.74
0.34	0.17	0.16	0.16	0.12	0.19	0.25	0.49
0.27	0.13	0.14	0.13	0.10	0.17	0.21	0.37

第5-27図 最大応答水平変位(EW方向)



						(単位	: ×10 <sup>4</sup> kN)
Ss-D1	Ss-11	Ss-12	Ss-13	Ss-14	Ss-21	Ss-22	Ss-31
1.72	1.26	0.969	0. 987	0.966	1.76	2.14	2.05
3.26	2. 28	1.77	1.80	1.77	3.17	3.98	3. 88
8.30	4.33	3.70	3.80	3.52	5.81	8.74	9.89
15.6	6.69	6.72	6.68	5.41	8.47	14.0	17.9
21.5	8.85	9.29	9.17	7.03	10.8	17.9	25.3
28.7	12. 1	12.7	13.0	9.69	13.9	22.6	35.6
36.6	15.7	17.5	18.2	13.3	17.3	27.2	46.3
46.1	20.5	24.3	25.1	18.3	21.8	32.5	60.7
54.4	26.8	28.9	29.8	21.2	26.8	36.9	68.3
65.4	34.7	32.0	32.9	23.7	32.2	43.9	77.1
82.6	44.6	38.4	39.4	28.7	41.3	54.5	93.0

第5-28図 最大応答せん断力(EW方向)



第5-29図 最大応答曲げモーメント(EW方向)

(4) 接地率

建物の接地率を地震応答解析結果から得られた底面地盤回転ばねの回転角 最大時の転倒モーメントより算出し,第5-22表に示す。

接地率は,基礎浮き上がりを線形とした地震応答解析結果を用いることが できる 75%以上である。

		NS方向	EW方向		
総重 W(k	量 N)	1, 932, 940			
基礎 L(n	幅 ì)	68.50	68.25		
浮き上がり限り M <sub>o</sub> (×10	界転倒モーメント <sup>6</sup> kN・m)	22.0	21.9		
	$S_s - D_1$	23.5	23.7		
	$S_{s} - 1 1$	7.27	9.88		
	$S_{s} - 1 2$	10.0	10.9		
最大転倒モーメント	S <sub>s</sub> -13	10.1	11.3		
$(\times 10^6 \text{ kN} \cdot \text{m})$	$S_{s} - 1 4$	8.41	8.30		
	$S_s - 2_1$	22.4	11.2		
	$S_{s} - 22$	22.3	17.7		
	S <sub>s</sub> -31	29.6	29.7		
	$S_s - D_1$	96.8	96.1		
	S <sub>s</sub> -11	100. 0	100. 0		
	$S_{s} - 1 2$	100. 0	100. 0		
接地率	S <sub>s</sub> -13	100. 0	100. 0		
η (%)	$S_{s} - 1 4$	100. 0	100. 0		
	$S_{s} - 21$	99. 2	100. 0		
	S <sub>s</sub> -22	99. 5	100. 0		
	S <sub>s</sub> -31	82.9	82.5		

第5-22表 接地率(原子炉建屋,基準地震動Ss)

5.6 評価結果

基準地震動Ssによる耐震壁の最大応答せん断ひずみを評価基準値と比較 して第5-23表に,最大応答値をせん断スケルトン曲線上にプロットして第 5-30図~第5-37図に示す。

耐震壁のせん断ひずみは最大で  $0.47 \times 10^{-3}$  ( $S_s - 31$ , EW方向, 2 階) であり、評価基準値 ( $2.0 \times 10^{-3}$ ) に対して十分な余裕がある。

基準地震動 S <sub>s</sub>	方向	発生部位	発生値	評価基準値
S <sub>s</sub> -D1	N S	4 階 要素番号(5)	$0.25 \times 10^{-3}$	
S <sub>s</sub> -11	ΕW	6 階 要素番号(2)	0. $10 \times 10^{-3}$	
S <sub>s</sub> -12	N S	6 階 要素番号(2)	0. $11 \times 10^{-3}$	
S <sub>s</sub> -13	N S	6 階 要素番号(2)	0. $11 \times 10^{-3}$	$2.0 \times 10^{-3}$
S <sub>s</sub> -14	EW	6 階 要素番号(2)	$0.08 \times 10^{-3}$	2. 0 × 10
S <sub>s</sub> -21	N S	4 階 要素番号(5)	0. $30 \times 10^{-3}$	
S <sub>s</sub> -22	N S	4 階 要素番号(5)	0. $27 \times 10^{-3}$	
S <sub>s</sub> -31	EW	2 階 要素番号(7)	0. $47 \times 10^{-3}$	

第5-23表 基準地震動Ssによる耐震壁の最大応答せん断ひずみ



(b) EW方向

第5-30図 せん断スケルトン曲線上の最大応答値(S<sub>s</sub>-D1)



(b) EW方向

第5-31図 せん断スケルトン曲線上の最大応答値(S<sub>s</sub>-11)



(b) EW方向

第5-32図 せん断スケルトン曲線上の最大応答値(S<sub>s</sub>-12)



(b) EW方向

第5-33図 せん断スケルトン曲線上の最大応答値(S<sub>s</sub>-13)



(b) EW方向

第5-34図 せん断スケルトン曲線上の最大応答値(S<sub>s</sub>-14)



(b) EW方向

第5-35図 せん断スケルトン曲線上の最大応答値(S<sub>s</sub>-21)



(b) EW方向

第5-36図 せん断スケルトン曲線上の最大応答値(S<sub>s</sub>-22)



(b) EW方向

第5-37図 せん断スケルトン曲線上の最大応答値(S<sub>s</sub>-31)

6. まとめ

原子炉建屋耐震壁のせん断ひずみは最大で 0.47×10<sup>-3</sup>であり,評価基準値で ある 2.0×10<sup>-3</sup>に対して十分な余裕がある。

今後,地盤等のばらつきを考慮した地震応答解析を実施する予定である。本 検討結果からばらつきを考慮した場合においても評価基準値を超える可能性は 小さいと考察される。

別紙-3

## 東海第二発電所

# 原子炉建屋屋根トラス評価モデルへの 弾塑性解析適用について

#### 1. はじめに

本資料は、東海第二発電所の建物・構築物のうち、鉄骨構造部の詳細評価モ デルを構築して評価を実施する原子炉建屋屋根トラスの地震応答解析モデルに 弾塑性解析を適用する目的とその適用性について説明するものである。 2. 原子炉建屋屋根トラスについて

#### 2.1 原子炉建屋屋根トラスの概要

二次格納施設である原子炉棟の屋根は,鉄筋コンクリート造の屋根スラブ と屋根トラスで構成されている。屋根トラスの平面は,45.5 m (南北) ×42.5 m (東西)のほぼ正方形をなしており,燃料取替床レベル (EL.46.5 m)から の高さは約17.0 m である。屋根トラスの概要を第3-2-1 図に示す。

屋根トラスは,屋根面に作用する鉛直荷重を上弦面つなぎ梁,母屋及び主 トラスで負担し,水平荷重については上弦面水平ブレースで両側の耐震壁に 伝達する。



#### 第3-2-1図(1/3) 原子炉建屋屋根トラスの概要

第3-2-1図(2/3) 原子炉建屋屋根トラスの概要

第3-2-1図(3/3) 原子炉建屋屋根トラスの概要

2.2 原子炉建屋屋根トラスの地震応答解析モデル

原子炉建屋屋根トラスは,鉛直方向の地震動の影響を受けやすいと考えら れるため,水平2方向及び鉛直方向地震動の同時入力による評価を行うこと ができる3次元モデルによる地震応答解析を採用する。

地震応答解析モデルは、燃料取替床レベル(EL.46.5 m)より上部の鉄筋コ ンクリート造の柱、梁、壁及び鉄骨造の屋根トラスを線材、面材により立体 的にモデル化した3次元フレームモデルとし、部材に発生する応力を地震応 答解析によって直接評価できるモデルとする。解析評価モデルの概要を第3 -2-2図に示す。

屋根トラス部は,主トラス,上下弦面つなぎ梁,上下弦面水平ブレース, 鉛直ブレース及び母屋をモデル化する。各鉄骨部材は軸,曲げ変形を考慮し た梁要素(主トラスの上下弦材,上下弦面つなぎ梁及び母屋)と軸変形のみ を考慮したトラス要素(上下弦面水平ブレース,主トラスの斜材及び束材, 鉛直ブレース)としてモデル化する。また,耐震壁及び外周梁は,各々シェ ル要素及び軸,曲げ変形を考慮した梁要素としてモデル化する。なお,柱脚 の条件は固定とする。

基準地震動S<sub>s</sub>に対する評価を実施する際,トラス要素としてモデル化し た引張材の一部については,圧縮側で弾性範囲を超えることが考えられるた め,部材座屈後の挙動を模擬できる手法(修正若林モデル)に基づく弾塑性 特性を考慮する。考慮した弾塑性特性の詳細については,「2.3 弾塑性解析 の採用について」で示すこととする。

解析モデルへの入力地震動は,原子炉建屋の質点系モデルによる地震応答 解析結果から得られる燃料取替床レベル(EL.46.5m)の応答結果(水平,鉛 直及び回転成分)を用いることとし,燃料取替床位置を固定として,水平 2 方向及び鉛直方向地震動の同時入力による地震応答解析を実施する。

4条-別紙3-7



第3-2-2図 屋根トラスの解析評価モデルの概要

#### 4条一別紙3-8

2.3 弾塑性解析の採用について

2.3.1 弾塑性解析を採用することの目的

原子炉建屋屋根トラスについては,基準地震動S<sub>s</sub>による地震動の増大に 伴い,トラスを構成する引張材の一部が圧縮側で塑性領域に入ると考えられ るが,弾性解析では,当該部材の塑性化による影響を考慮できないため,解 析と実現象に乖離が生じることになる。そこで今回工認では,原子炉建屋屋 根トラスの弾塑性挙動を適切に評価することを目的として,部材の弾塑性特 性を考慮した地震応答解析を採用する予定としている。

原子炉建屋屋根トラスの応力解析に弾塑性解析を取り入れることにより, 部材の塑性化に伴う応力分布の変化を考慮することができるため,大入力時 の挙動を精緻に評価することができる。

原子炉建屋の弾塑性挙動を適切に評価するにあたっては,部材の弾塑性特 性を適切に設定し解析を実施する必要がある。

今回工認では,原子炉建屋屋根トラス部材の弾塑性特性として,修正若林 モデルを採用する予定である。

以下では,修正若林モデルの概要を確認した上で,原子炉建屋屋根トラス 部材への適用性を検討する。また,修正若林モデルを用いた弾塑性解析を実 施することにより,一部引張材の座屈を考慮することとなるため,当該部材 の繰り返し座屈による影響がないことについても検討する。 2.3.2 弾塑性特性の設定の妥当性・適用性について

(1) 今回工認で採用予定の弾塑性特性(修正若林モデル)の概要

原子炉建屋屋根トラスを構成する部材に,弾塑性特性として修正若林モ デルを使用する。

修正若林モデルは,原子力発電所建屋(実機)を対象として実施された 谷口らの研究<sup>[1]</sup>に示される部材レベルの弾塑性特性である。修正若林モ デルは,若林モデル<sup>[2]</sup>を基本としているが,谷口らの研究<sup>[1]</sup>で実施され た実験のシミュレーション解析を踏まえて,繰り返し載荷による初期座屈 以降の耐力低下を累積塑性歪の関数で表現し,実験との対応度を向上させ た手法であり,式(3-2-1)により評価される。

$$n/n_0 = 1/(\overline{\zeta} - Pn)^{1/6} \leq 1$$
 (3-2-1)  
 $n = N/Ny$  N:軸力 Ny:降伏軸力  
 $n_0: 無次元化初期座屈耐力$   
 $\overline{\zeta}: 無次元化圧縮側累積塑性歪$   
 $Pn = (n_E^2/4) - 5$   $n_E = \pi^2 E/(\lambda e^2 \sigma y)$   $\lambda e: 有効細長比$ 

修正若林モデルの弾塑性特性を第3-2-3図に示す。

谷口らの研究<sup>[1]</sup>においては、実機の特徴を反映したX型ブレース架構 の静的繰り返し実験を実施している。また、修正若林モデルの妥当性を確 認するにあたって、ブレース部材の弾塑性特性として修正モデルを適用し た解析モデルによる実験のシミュレーション解析を実施しており、解析結 果は実験結果をおおむねよく捉えているとしている。試験体の概要を第3 -2-4 図、解析モデルを第3-2-5 図、解析結果と実験結果の比較を第3 -2-6 図に示す。

4条一別紙 3-10



第3-2-3図 修正若林モデルの弾塑性特性([1]より引用)



第3-2-6図 解析結果と実験結果の比較([1]より引用)

4条一別紙 3-11

(2) 原子炉建屋屋根トラスに対する検証例

谷口らの研究<sup>[1]</sup>は、X型ブレース架構を対象としたものであった。原 子炉建屋屋根トラスに対して本弾塑性特性を適用した検討例としては、鈴 木らの研究<sup>[3]</sup>がある。

この研究は,原子炉建屋屋根トラスの終局耐力について検討したもので あるが,実験結果を高精度にシミュレーションするために構築したモデル の中で本弾塑性特性が適用されている。

鈴木らの研究<sup>[3]</sup>では,終局耐力を検討するにあたり原子炉建屋屋根ト ラスを模擬した縮小試験体を製作し,トラスの崩壊挙動に与える影響が大 きい鉛直動的荷重を模擬した静的載荷試験により,その弾塑性挙動を確認 している。なお,試験にあたっては,原子力発電所鉄骨屋根トラスがプラ ット形とワーレン形の2種類に分類されることを踏まえ,この2種類のト ラス形式についての試験体を製作している。東海第二発電所原子炉建屋屋 根トラスは,このうちプラット形に該当する。試験体の概要を第 3-2-7 図に示す。

実験のシミュレーション解析においては、トラス要素としてモデル化した部材の弾塑性特性として修正若林モデルが適用されており、実験結果とシミュレーション解析を比較し、精度良く実験結果を追跡できているとしている。結果の比較を第3-2-8図に示す。

以上のように修正若林モデルは,提案当初のX型ブレース材に加えて, ワーレン形,プラット形の鉄骨トラスでも実験結果を精度良く追跡できて おり,幅広い鉄骨架構形式において,軸力のみを負担する部材の弾塑性特 性として適用可能であると考えられる。



第3-2-7図 試験体の概要([3]より引用)


第3-2-8図 実験のシミュレーション解析結果([3]より引用)

(3) 原子炉建屋屋根トラスへの適用性

今回弾塑性解析モデルとして採用を予定している修正若林モデルは,提 案当初より,原子力発電所建屋(実機)を対象として実施された実験によ り妥当性が検証されており,また,原子炉建屋屋根トラスを模擬した加力 実験のシミュレーション解析においてもその適用性・妥当性が検証されて いる。これより,原子炉建屋屋根トラスの鉄骨部材のうち,トラス要素と してモデル化した部材の弾塑性特性として,修正若林モデルを採用するこ とは妥当であると考えられる。 2.3.3 各部材のクライテリアについて

入力地震動の増大に伴い鉄骨部材の一部が塑性領域に入ると考えられるこ とから、今回工認の原子炉建屋屋根トラスの地震応答解析モデルについて は、弾塑性解析による評価を実施することとし、気密バウンダリである屋根 スラブに過大な変形を生じさせないよう余裕を持たせた設計とする。鉛直荷 重を負担する主トラス(上下弦材,斜材及び束材),母屋並びに上弦面つな ぎ梁については、地震後にも長期荷重を負担する必要があるため弾性範囲に 留める設計とする。ここで弾性範囲とは、弾塑性解析において鋼材の材料強 度(短期許容応力度の1.1倍の値とする)に基づき設定した弾性限の折れ点 までの範囲を指す。

さらに、主トラスの横座屈を防止する下弦面つなぎ梁についても弾性範囲 に留める設計とする。水平荷重を負担する上弦面水平ブレース並びに下弦面 の振れ止めとなる下弦面水平ブレース及び鉛直ブレースの斜材は、引張材と して地震時に荷重を負担するが、地震時の過大な変形を抑制するために引張 側を弾性範囲に留めることとし、圧縮側の繰返し座屈により累積した塑性ひ ずみが引張材としての機能に影響を及ぼさないことを確認する。なお、鉛直 ブレースの鉛直材については弾性範囲に留めることとする。第3-2-1表に 各部材のクライテリアを示す。また、屋根スラブについてはその要求機能が 担保されていることを確認するものとする。

評価部位		評価方法	
主トラス	上弦材		
	下弦材		
	斜材		
	束 材		
つなぎ梁	上弦面	一般性変田内でなることで変刻	
	下弦面		
水亚ブレーフ	上弦面	弾性範囲内であることを確認(引張側)	
	下弦面	弾性範囲内であることを確認(引張側)	
鉛直ブレース	斜材	弾性範囲内であることを確認(引張側)	
	鉛直材	弾性範囲内であることを確認	

第3-2-1表 原子炉建屋屋根トラス各部材のクライテリア

2.4 原子炉建屋屋根トラス評価の弾塑性解析採用についてのまとめ

原子炉建屋屋根トラスは,鉛直方向の地震動の影響を受けやすいと考えら れるため,水平2方向及び鉛直方向地震動の同時入力による評価を行うこと ができる3次元モデルによる地震応答解析を採用する。

今回工認では,原子炉建屋屋根トラスの評価にあたって,3次元フレーム モデルによる弾塑性解析(弾塑性特性としては修正若林モデルを考慮)を採 用する予定である。修正若林モデルは,先行審査で採用実績のある弾塑性特 性であるが,X型ブレースを対象として検討されたものであったため,本検 討においては,修正若林モデルの原子炉建屋屋根トラスへの適用性を検討す る必要があると判断した。既往文献(原子炉建屋鉄骨屋根トラスを模擬した 加力実験のシミュレーション解析)を参照し,その適用性・妥当性が検証さ れていることを確認した。

以上より,今回工認において東海第二発電所原子炉建屋屋根トラスの評価 に弾塑性解析を採用することは妥当であると考える。 【参考文献】

- [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] 柴田ほか:鉄骨筋違の履歴特性の定式化,日本建築学会論文報告集第 316
  号,昭和 57 年 6 月, pp. 18-24
- [3] 鈴木ほか:原子力発電所鉄骨屋根トラスの終局限界に関する研究,日本建築学会構造系論文集 Vol.76 No.661,2011年3月,pp.571-580

別紙-4

### 東海第二発電所

# 土木構造物の解析手法及び解析モデルの 精緻化について (耐震)

1. 屋外重要土木構造物の評価手法の概要

屋外重要土木構造物の耐震評価について、今回申請では、屋外重要土木 構造物の変位や変形をより実状に近い応答に適正化することを目的に、評 価手法の高度化として、解析手法と減衰定数の変更を予定している。ここ で、既工認は、東海第二発電所の工事計画認可(昭和 49 年 7 月 22 日及び 昭和 49 年 10 月 30 日)をいう。既工認と今回工認との手法の比較を第 4-1 表に示す。

既工認との相違点のうち,解析手法として適用している「時刻歴応答解 析,限界状態設計法」は,新規制基準対応工認にて適用例がある手法であ る。

なお、土木構造物の地震時の挙動は、地盤の影響を受けることを踏まえ ると、地盤特性を適切にモデル化することにより、実応答に近い形で評価 できるものと考えられる。このため、コンクリート強度は、既工認と同じ く設計基準強度を採用する方針とする。

	解析手法	解析モデル	減衰定数	コンクリート強度
既工認	時刻歴モーダル解析 許容応力度法	質点系モデル	コンクリート:5%	設計基準強度
今回工認	時刻歷応答解析 限界状態設計法	地質データに基づく FEMモデル	コンクリート:5% あるいは 1%+履歴減 衰	設計基準強度
比較結果	●異なる	●異なる	●異なる	〇同じ
適用例	○あり	○あり	○あり	○あり

第4-1(1)表 既工認と今回工認の手法との比較(取水構造物)

	解析手法	解析モデル	減衰定数	鋼管の許容限界	
既工認	波動論	地質データに基づく			
	許容応力度法	地盤モデル	—	計谷応刀度	
今回工認	時刻歴応答解析	地質データに基づく	鋼材:3%	許容応力度	
	許容応力度法	FEMモデル	あるいは1%+履歴減衰		
比較結果	●異なる	●異なる	●異なる	〇同じ	
適用例	○あり	○あり	○あり	○あり	

第4-1(2)表 既工認と今回工認との手法の比較(屋外二重管)

2. 解析手法

取水構造物の耐震安全性評価については,既工認では,地震応答解析手 法として時刻歴モーダル解析を採用し,許容応力度法による設計として, 壁のせん断については許容応力度,杭については設計水平力に対して妥当 な安全余裕を持つことを確認することを基本としていた。また,屋外二重 管の耐震安全性評価については,既工認では,地震応答解析手法として波 動論を採用し,許容応力度法による設計として,管の円周方向応力及び軸 方向応力について許容応力度に対して妥当な安全余裕を持つことを確認し ていた。

今回工認では,屋外重要土木構造物の地震応答解析手法に時刻歴応答解 析を適用した,限界状態設計法による設計を採用する。減衰定数は,構造 物を線形で扱う場合は,コンクリートは5%,鋼材は3%,履歴モデルによ り構造物の履歴減衰を用いる場合は1%とする。コンクリートの構造部材 の曲げについては限界層間変形角又は終局曲率,せん断についてはせん断 耐力,鋼管杭の曲げについては終局曲率,せん断についてはせん断耐力を 許容限界とし,妥当な安全余裕を持たせることとする。また,各設備の要 求性能(支持性能,通水性能,貯水性能)及び構造物が間接支持する機 器・配管の機能維持のための与条件(変位や傾斜等)を踏まえて照査項 目・内容を追加する。

屋外二重管の今回工認での耐震評価は,地震応答解析モデルに当該鋼管 をモデル化し,地震応答解析結果から得られた地震力を用いた許容応力度 法による設計として,管の円周方向応力及び軸方向応力について許容応力 度を許容限界とする。

以下では、今回工認で採用する限界状態設計法のうち、コンクリートの 構造部材の曲げ照査に係る土木学会マニュアルの適用性及びせん断照査に

4条-別紙4-4

係る土木学会マニュアルの適用性について検討を行う。

2.1 曲げ照査に係る土木学会マニュアルの適用性について

今回工認申請における曲げに対する照査は、「原子力発電所屋外重要土 木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル(土木学会、2005)」(以下、

「土木学会マニュアル」という。)に基づき,照査用層間変形角が限界層 間変形角を超えないことを確認する。

コンクリート標準示方書では、構造部材の終局変位は、部材の荷重-変位関係の骨格曲線において、荷重が降伏荷重を下回らない最大の変位 として求めてよいとしている。コンクリート標準示方書による構造部材 の終局変位の考え方を第4-2-1図に示す。

一方、土木学会マニュアルでは、以下の考え方に基づいている。

屋外重要土木構造物を模したラーメン構造の破壊実験の結果より,か ぶりコンクリートが剥落すると荷重が低下し始める。層間変形角 1/100 に至る状態は,かぶりコンクリートの剥落が発生する前の状態であるこ とを確認しており<sup>(1),(2)</sup>,荷重が低下しない範囲にある。当該限界値を 限界状態とすることで,構造全体としての安定性が確保できるものとし て設定されたものである。ラーメン構造の破壊実験の例を第 4-2-2 図 に示す。

従って,土木学会マニュアルによる曲げ照査手法は,コンクリート標 準示方書による照査よりも安全側の評価を与えるため,適用性を有して いる。

更に, 土木学会マニュアルでは, 日本建築学会「鉄筋コンクリート造 建物の靭性保証型耐震設計指針(案)・同解説(1997)」にて記載されて いる設計限界変形 1/100, 終局限界変形 1/80 等を基準値として参照し ている。

対象は同じラーメン構造であり、軸力比(軸応力度/コンクリート圧

#### 4条-別紙4-6

縮強度比)は建築物よりも屋外重要土木構造物の方が小さいと考えられ ることから,変形性能がより大きくなる傾向にあり,層間変形角 1/100 は安全側であると考える。機能維持確保の観点からも耐荷性能が確保さ れることが担保できるため限界値として適切である。

参考に,建築学会における曲げ降伏先行型の部材について,復元力特 性と限界状態(損傷度)の関係の概念図を第4-2-3 図に,土木学会マ ニュアルにおける鉄筋コンクリートはり部材の荷重変位関係と損傷状態 に対する概念図を第4-2-4 図に示す。建築学会と土木学会マニュアル において概ね対応が取れており,土木学会マニュアルの各損傷状態の設 定は妥当であると考えられる。第4-2-4 図において層間変形角1/100 は第4折れ点よりも手前にあり,屋外重要土木構造物の限界状態に至っ ていないと考えられる。また,第3折れ点は層間変形角1/100よりもさ らに手前にある。

耐震安全性評価では、当該許容限界値に対して、妥当な安全裕度を確 保するため、構造部材の照査の過程において複数の安全係数を考慮する。 安全係数は、材料係数、部材係数、荷重係数、構造解析係数及び構造物 係数の5種に分けられる。それぞれの安全係数の考え方を第4-2-5図 に示す。

曲げに対する照査において考慮している安全係数は第4-2-1表に示 すとおり,材料係数,部材係数,荷重係数,構造解析係数,構造物係数 がある。これらの安全係数は土木学会マニュアルにおいて以下の考えに より定められている。 (1) 材料係数

コンクリート強度の特性値は,製造において,その値を下回る強度が 発現する確率が5%以内となるように設定する。また,鉄筋の機械的性質 の特性値に関しても,日本工業規格(JIS)の規格範囲の下限値を設定し てよいとしている。このように,双方とも特性値の段階で実強度に対し て小さい値を設定しており,応答値・限界値ともに安全側の照査がなさ れているため,材料係数は1.0としている。

(2) 部材係数

安全側に配慮した設定を行っていることから,部材係数は 1.0 としてい。

(3) 荷重係数

地震の影響以外の荷重の評価精度は、かなり高いものと考えられ、地 震の影響については入力地震動そのものが最近の研究成果に基づいて設 定されるため、荷重係数は1.0としている。

(4) 構造解析係数

限られた条件での実験であること、地盤パラメータの設定が応答解析 結果に及ぼす影響などを考え併せて、構造解析係数は 1.2 以上を標準と している。

(5) 構造物係数

屋外重要土木構造物は重要度ごとに適切な地震動が設定される。従っ て、構造物係数によりさらに構造物の重要性を考慮する必要はなく、耐 震性能照査における構造係数は1.0としている。

以上のことから,土木学会マニュアルによる曲げ照査手法は,コンク リート標準示方書による照査よりも安全側の評価を与えるため,技術的

#### 4条-別紙4-8

妥当性及び適用性を有するとともに適切な余裕が確保されていると判断 できる。

安全係数		曲げ照査	
		応答値算定	限界値算定
材料係数	コンクリート	1.0	1.0
	鉄筋	1.0	1.0
	地盤	1.0	_
部材係数		_	1.0
荷重係数		1.0	_
構造解析係数		1.2	_
構造物係数		1.0	

第4-2-1表 曲げ評価において考慮している安全係数



第4-2-1図 コンクリート標準示方書による構造部材の終局変位の考え方



第4-2-2図 鉄筋コンクリート製ラーメン構造の破壊実験<sup>(1),(2)</sup>



第4-2-3図 曲げ降伏先行型の部材の復元力特性と限界状態(損傷度)の 関係の概念図(建築学会)



第4-2-4図 鉄筋コンクリートはり部材の荷重変位関係と損傷状態に 対する概念図(土木学会マニュアル)



第4-2-5図 安全係数の考え方

2.2 せん断照査に係る土木学会マニュアルの適用性について

今回工認申請におけるせん断に対する照査は、土木学会マニュアルに 基づき、照査用せん断力が、せん断耐力を下回ることを確認する。

コンクリート標準示方書では、棒部材及びディープビームについて第4 -2-2 表に示すとおりのせん断耐力式を定義している。このうち、ディ ープビームについては、コンクリート標準示方書及び土木学会マニュア ルにおいて同様の評価式となっている。

土木学会マニュアルでは、コンクリート標準示方書におけるせん断耐 力式のうち棒部材式において、等価せん断スパンにより設定可能な係数 βaを考慮している。これは屋外重要土木構造物が地中に埋設されたラー メン構造で、土圧、水圧、地震時慣性力等の多数の分布荷重が作用して いることによる分布荷重が卓越し、スパン内に反曲点が存在する等の載 荷形態にある条件下では、せん断耐力が増大するという実験的知見を踏 まえ、より合理的なせん断耐力を与えるよう、コンクリート標準示方書 のせん断耐力式を精緻化したものである。当該せん断耐力式は、第4-2 -6図に示すとおり、屋外重要土木構造物を模した破壊試験より得られる せん断耐力と整合的であり、合理的な評価が可能であることを確認され ている<sup>(3), (4)</sup>。

また,これら多数の荷重の複合作用を個々に分解することは困難であ ることから,せん断耐力の算定時に個々の荷重作用を区分せず最終的な 設計用断面力分布を用いて合理的なせん断耐力を算定することとしてい る<sup>(3)</sup>。

せん断に対する照査において考慮している安全係数は第 4-2-3 表に 示すとおり,材料係数,部材係数,荷重係数,構造解析係数,構造物係 数がある。これらの安全係数は土木学会マニュアルにおいて以下の考え

4条-別紙4-12

により定められている。

(1) 材料係数

限界値算定時に適用する材料係数はコンクリート標準示方書に準拠し て、コンクリートに対して1.3、鉄筋に対して1.0としている。応答値算 定時に適用する材料係数は、コンクリートと鉄筋の物性値が、特性値の 段階で実強度に対して小さい値を設定していることから安全側の照査が なされているため、材料係数は1.0としている。

(2) 部材係数

コンクリート標準示方書に準拠して、コンクリート寄与分に対して1.3, 鉄筋寄与分に対して1.1としている。

(3) 荷重係数

地震の影響以外の荷重の評価精度は、かなり高いものと考えられ、地 震の影響については入力地震動そのものが最近の研究成果に基づいて設 定されるため、荷重係数は1.0としている。

(4) 構造解析係数

変形に関する応答値の評価精度に比較して、断面力に関する応答値の 評価精度は高いと考えられることから、変形照査の場合より低減させて 1.05 としている。

(5) 構造物係数

基準地震動は地点ごとにサイト特性を考慮して設定され,重要度分類 に対応して入力地震動が選定される。従って,構造物係数よりさらに構 造物の重要性を考慮する必要はなく,耐震性能照査における構造係数は 1.0としている。

以上のことから,土木学会マニュアルによるせん断照査手法は,屋外 重要土木構造物の構造的特徴を踏まえ設定された手法であるため,技術

4条-別紙4-14

	コンクリート標準示方書	土木学会マニュアル	
	$V_{yd} = V_{cd} + V_{sd}$	$V_{yd} = V_{cd} + V_{sd}$	
	V <sub>yd</sub> : せん断耐力	V <sub>yd</sub> : せん断耐力	
	<i>V<sub>cd</sub></i> : コンクリート負担	V <sub>cd</sub> :コンクリート負担	
	V <sub>sd</sub> : せん断補強筋負担	<i>V<sub>sd</sub></i> : せん断補強筋負担	
	$V_{cd} = \beta_d \cdot \beta_p \cdot \beta_n \cdot f_{vcd} \cdot b_w \cdot d \neq \gamma_b$	$V_{cd} = \beta_d \cdot \beta_p \cdot \beta_n \cdot \beta_a \cdot f_{vcd} \cdot b_w \cdot d \swarrow \gamma_b$	
	$eta_d$ , $eta_p$ :構造寸法や鉄筋量で決まる係数	$eta_d$ , $eta_p$ :構造寸法や鉄筋量で決まる係数	
	$eta_n$ :発生曲げモーメントで決まる係数	$eta_n$ :発生曲げモーメントで決まる係数	
	f <sub>vcd</sub> :設計基準強度,安全係数等で決ま	$\beta_a = 0.75 + \frac{1.4}{6}$	
棒	3	a∕d	
部材	b <sub>w</sub> :腹部の幅	a : せん断スパン長	
ι γγ	<i>d</i> : 有効高さ	f <sub>vcd</sub> :設計基準強度,安全係数等で決ま	
	γ <sub>b</sub> : 安全係数	3	
		b <sub>w</sub> :腹部の幅	
		d : 有効高さ	
		γ <sub>b</sub> : 安全係数	
	せん断スパンより設定され	る係数を考慮し,	
	コンクリート標準示方書の	せん断耐力式を精緻化	
	$V_{ydd} = V_{cdd} + V_{sdd}$	$V_{ydd} = V_{cdd} + V_{sdd}$	
	V <sub>ydd</sub> : せん断耐力	V <sub>ydd</sub> : せん断耐力	
	<i>V<sub>cdd</sub></i> : コンクリート負担	<i>V<sub>cdd</sub></i> : コンクリート負担	
	V <sub>sdd</sub> : せん断補強筋負担	V <sub>sdd</sub> : せん断補強筋負担	
デ	$V_{cdd} = \beta_d \cdot \beta_p \cdot \beta_n \cdot \beta_a \cdot f_{dd} \cdot b_w \cdot d \neq \gamma_b$	$V_{cdd} = \beta_d \cdot \beta_p \cdot \beta_n \cdot \beta_a \cdot f_{dd} \cdot b_w \cdot d \swarrow \gamma_b$	
イ	$\beta_a = \frac{5}{1 + (a_w \swarrow d)^2}$	$\beta_a = \frac{5}{1 + (a_n \swarrow d)^2}$	
プ	世代の一	本手作田上へと古み並ぶさるの町	
ビー	a <sub>v</sub> :      何里作用品から文承則面よぐの距        部	$a_v$ :何里作用点から文承則面までの距	
Д			
	J <sub>dd</sub> : 設計基準强度, 女生係数等で伏ま	Jad : 設訂基準强度, 女生徐毅寺で伏ま	
	ି <u>କ</u>	<i>∿</i>	
	コンクリート標準示方書と土木学会マニコ	- アルにおいて同一の評価式となっている	
l	1		

第4-2-2表 せん断耐力式の比較表

安全係数		せん断照査	
		応答値算定	限界値算定
材料係数	コンクリート	1.0	1.3
	鉄筋	1.0	1.0
	地盤	1.0	_
部材係数	コンクリート	—	1.3
	鉄筋	_	1.1
荷重係数		1.0	_
構造解析係数		1.05	_
構造物係数		1.0	

第4-2-3表 せん断耐力評価において考慮している安全係数



第4-2-6図 せん断耐力算定法の妥当性の検証

- 3. 屋外重要土木構造物の減衰定数
- 3.1 減衰定数の設定について

今回工認で採用している時刻歴応答解析において,地盤及び構造物の 減衰定数は,粘性減衰と履歴減衰とで考慮している。

粘性減衰は、固有値解析にて求められる固有周期及び減衰比に基づき、質量マトリックス及び剛性マトリックスの線形結合で表される以下のRayleigh減衰にて与える。

 $[C] = \alpha [M] + \beta [K]$ 

- [C]: 減衰係数マトリックス, [M]: 質量マトリックス,
- $[K]: 剛性マトリックス, \alpha, \beta: 係数$

係数α, βは以下のように求めている。

構造体を線形要素でモデル化する場合は,固有値解析により求められ た一次固有振動数,二次固有振動数の2点で Rayleigh 減衰がコンクリー ト部材については5%に,鋼構造部材については3%に一致するα,βを 設定する。履歴モデルにより構造物の履歴減衰を用いる場合は,固有値 解析により求められた一次固有振動数,二次固有振動数の2点で Rayleigh 減衰が1%に一致するα,βを設定する。 3.2 既工認と今回工認の相違について

今回の工認における構造物の粘性減衰は,履歴モデルにより構造物の 履歴減衰を用いる場合は,履歴減衰が生じない状態等における解析上の 安定のためになるべく小さい値として一次固有振動数及び二次固有振動 数に対して1%となる Rayleigh 減衰を採用している。

既工認では、時刻歴モーダル解析におけるコンクリート構造物の減衰 定数として 5%を採用した。

時刻歴非線形解析における粘性減衰の値は,道路橋示方書・同解説 V耐震設計編(平成14年)<sup>(5)</sup>において,構造部材の非線形性として履歴 モデルを用いる場合には,この部材の履歴減衰は履歴モデルによって自 動的に解析に取り入れられるため,履歴モデルにより構造物の履歴減衰 を用いる場合には,コンクリート部材は2%(0.02)程度,鋼構造部材 は1%(0.01)程度とするのがよいとされている。

最新の道路橋示方書・同解説(平成24年)<sup>(6)</sup>においても,履歴モデ ルにより構造物の履歴減衰を用いる場合の粘性減衰について,鉄筋コン クリート橋脚は2%(0.02)とされている。

以上のように、粘性減衰は、履歴減衰が生じない状態等における解析 上の安定のために設定される値であるため、履歴減衰を用いる場合にお いては、なるべく小さい値として1%を採用している。 4. 参考文献

- (1) 松尾ら:コンクリート製地中構造物の合理的な耐震性能評価指標に関 する検討,土木学会地震工学論文集,2003
- (2) 石川ら:鉄筋コンクリート製地中構造物の変形性状と損傷状態に関わる実験的考察,第26回地震工学研究発表会講演論文集,pp885-888
- (3) 原子力土木委員会・限界状態設計部会:原子力発電所・鉄筋コンクリート製屋外重要土木構造物への限界状態設計法の適用・安全性照査マニュアルの提案,土木学会論文集 No.442/V-16
- (4) 遠藤ら:鉄筋コンクリート製地中構造物の限界状態に用いるせん断耐
  力評価法,電力中央研究所報告
- (5) 日本道路協会:道路橋示方書·同解説 V耐震設計編 平成14年3月
- (6) 日本道路協会:道路橋示方書·同解説 V耐震設計編 平成24年3月

別紙-5

## 東海第二発電所

## 機器・配管系における手法の変更点について (耐震)

1. はじめに

今回工認における機器・配管系の耐震評価において,既工認から評価手法 を変更するものについて,「別紙1 既工認との手法の相違点の整理につい て(設置変更許可申請段階での整理)」の整理結果を踏まえ,以下に結果を 示すものである。

- 手法の相違点
  - (1) 原子炉建屋クレーンへの非線形時刻歴応答解析の適用

原子炉建屋クレーンの解析では、より詳細な手法を用いる観点から、すべ り及び浮き上がりの条件を考慮した非線形時刻歴応答解析にて評価を実施 する。原子炉建屋クレーンの非線形時刻歴応答解析の適用については、他プ ラントを含む既工認において適用実績がある手法である(詳細は添付資料1 参照)。

(2) ポンプ等の解析モデルの精緻化

最新の工認実績等を踏まえ、ポンプ等の一部設備に対して解析モデルの質 点数の変更、設備の支持構造に沿った解析モデルの精緻化を行う。多質点モ デルによる地震応答解析モデルの適用は、他プラントを含む既工認において 適用実績がある手法である(詳細は添付資料2参照)。

(3) 容器等の応力解析へのFEMモデルの適用

既工認において,公式等による評価にて耐震計算を実施していた設備について,3次元FEMモデル,多質点モデルを適用した耐震評価を実施する。 FEMモデルを用いて応力解析を行う手法は,他プラントを含む既工認において適用実績がある手法である(詳細は添付資料3参照)。

(4) 解析コードの変更

今回工認における<mark>原子炉</mark>格納容器,原子炉圧力容器等の主要設備の耐震評 4条-別紙5-2 価に適用する解析コードについては,建設時に適用した解析コードから他プ ラントを含む既工認において適用実績がある解析コードに変更する(詳細は 添付資料4参照)。

(5) 最新知見として得られた減衰定数の採用

最新知見として得られた減衰定数を採用する設備は以下のとおりであり, その値は,振動試験結果等を踏まえ,設計評価用として安全側に設定した減 衰定数を採用したものである。

また,鉛直方向の動的地震力を適用することに伴い,鉛直方向の設計用減 衰定数についても新たに設定している。

天井クレーン,燃料取替機及び配管系の減衰定数並びに鉛直方向の設計用 減衰定数は他プラントを含む既工認において適用実績がある(詳細は添付資 料5参照)。

① 天井クレーンの減衰定数

2 燃料取替機の減衰定数

③ 配管系の減衰定数

(6) 水平方向と鉛直方向の動的地震力の二乗和平方根法による組合せ

今回工認の評価では、鉛直方向の動的地震力が導入されたことから、水平 方向と鉛直方向の地震力の組み合わせとして、既往の研究等に基づき二乗和 平方根(以下「SRSS」という。)法を用いる。SRSS法による荷重の 組み合わせは、他プラントを含む既工認において適用実績がある手法である (詳細は添付資料6参照)。

(7) 鉛直方向応答解析モデルの追加

今回工認では,鉛直方向に動的地震動が導入されたことから,原子炉本体 及び炉内構造物について,鉛直方向の応答を適切に評価する観点で,水平方 向応答解析モデルとは別に鉛直方向応答解析モデルを新たに採用し鉛直地 4条-別紙5-3 震動に対する評価を実施する。鉛直方向応答解析モデルは他プラントを含む 既工認にて適用実績があるモデルである。(詳細は添付資料7参照)。

(8) 炉内構造物への極限解析による評価の適用

既工認において,公式等による評価にて耐震計算を実施していた炉内構造 物について,3次元FEMモデルを適用した極限解析による評価を実施する。 極限解析による評価は,規格基準に基づく手法であり,他プラントでの既工 認において適用実績がある手法である(詳細は添付資料8参照)。

3. 手法の変更項目に対する東海第二発電所への適用性

手法の変更点について,以下に示す3項目に分別した上で,東海第二発電 所としての適用性を示す。

(1) 先行プラントの知見反映を基本として変更する手法

先行プラントで適用されている知見を反映する目的の変更項目について は、従来からの耐震設計手法に基づき、評価対象施設を質点系モデル、有限 要素法モデルに置換し、地震応答解析を実施することにより評価は可能であ るため、東海第二発電所への適用に際して問題となることはない。

- ・クレーンの時刻歴応答解析の適用
- ・ポンプ等の応答解析モデルの精緻化
- ・容器等の応力解析へのFEMモデルの適用
- ・解析コードの変更
- (2) 鉛直方向地震の動的な取扱いを踏まえて適用する手法

平成18年9月の耐震設計審査指針改訂から鉛直方向地震力に対する動的 に取扱いがされており、大間1号炉及び新規制基準での工認においてPWR プラントで適用実績があり、東海第二発電所への適用に際して問題となるこ とはない。

- 水平方向と鉛直方向の動的地震力の二乗和平方根による組合せ
- ・鉛直方向応答解析モデルの追加
- (3) より現実的な応答を模擬する観点から採用する手法
- a. 最新知見として得られた減衰定数の採用

今回工認においては,配管系,天井クレーン及び燃料取替機の減衰定数 は,振動試験結果等を踏まえて設定した減衰定数を採用する。

配管系においては,新規制基準でのPWRプラントでの適用実績があり, また炉型,プラントごとによる設計方針について大きな差はない。また, 最新知見として採用する減衰定数の設定の検討に際して,BWRプラント の配管系を踏まえた検討も実施しており,適用に際して問題となることは ない。

天井クレーン及び燃料取替機の減衰定数の設定に際しては,振動試験を 用いた検討を実施している。振動試験の試験体は,実機と同等の振動特性 である試験体を用いることにより,減衰定数のデータを採取している。東 海第二発電所として適用する天井クレーン及び燃料取替機について,振動 試験に用いた試験体と同等の構造仕様であることを確認しており,最新知 見として得られた減衰定数の適用に際して問題となることはない(試験等 の詳細は,添付資料5に記載)。なお,本減衰定数の適用は,大間1号炉 及び天井クレーンに対しては新規制基準での工認においてPWRプラン トで適用実績がある。

b. 極限解析による評価の適用

極限解析による評価については,JEAG4601及びJSME設計・建 設規格で規定されており適用に際して問題となることはない。ただし,他 の手法に比べて適用実績及び審査実績が少ないことを踏まえて,極限解析 による評価の妥当性の確認を行う。

4条-別紙5-5

- 4. 添付資料
  - (1) 原子炉建屋クレーンへの非線形時刻歴応答解析の適用について
  - (2) ポンプ等の解析モデルの精緻化について
  - (3) 容器等の応力解析へのFEMモデルの適用について
  - (4) 解析コードの変更について
  - (5) 最新知見として得られた減衰定数の採用について
  - (6) 水平方向と鉛直方向の動的地震力の二乗和平方根法による組合せについ て
  - (7) 鉛直方向応答解析モデルの追加について
  - (8) 炉内構造物への極限解析による評価の適用について

原子炉建屋クレーンへの非線形時刻歴応答解析の適用について

1. 概要

原子炉建屋クレーン(第1-1図)の耐震評価は,既工認では鉛直方向は静 的地震力のみであったことから簡便に手計算により実施していた。

今回工認では,鉛直方向の動的地震力を考慮する必要があること及びクレ ーンの車輪部がレール上に固定されていないという構造上の特徴を踏まえ, 鉛直方向の地震力に対する車輪部の浮き上がり挙動を考慮した解析モデル

(第1-2図)を用いた非線形時刻歴応答解析により評価を実施する。

なお、本モデル及び評価手法は大間1号炉の既工認にて適用例があり、大間1号炉と東海第二発電所の原子炉建屋クレーンは類似構造であることから、 東海第二発電所の原子炉建屋クレーンにも適用可能である。



第1-1図 原子炉建屋クレーン構造概要図



4条-別紙5-7

2. 原子炉建屋クレーンの構造

大間1号炉と東海第二発電所の原子炉建屋クレーンは,第1-3図に示すと おり原子炉建屋に設置された走行レール上をガーダ及びサドルが走行し,ガ ーダ上に設置された横行レールをトロリが横行する構造であり,いずれも同 様の構造(別紙1参照)となっており,地震力に対し以下の挙動を示す。

- (1) 走行方向の水平力
  - a. クレーンは走行レール上に乗っているだけで固定されていないため、走 行方向の水平力がクレーンに加わっても、クレーンはレール上をすべる だけで、クレーン自身にはレールと走行車輪間の最大静止摩擦力以上の 水平力は加わらない。
  - b. クレーンの走行車輪は、駆動輪又は従動輪である。
  - c. 駆動輪は,電動機及び減速機等の回転部分と連結されているため,地震 の加速度が車輪部に加わると回転部分が追随できず,最大静止摩擦力以 上の力が加わればレール上をすべる。
- (2) 横行方向の水平力
- a. ガーダ関係
  - (a) 横行方向は,走行レールに対して直角方向であるため,ガーダは建 屋と固定されているものとし,水平力がそのままガーダに作用する。
- b. トロリ関係
  - (a) トロリはガーダの上に乗っているだけでガーダとは固定されていないため、水平力がトロリに加わっても、トロリはレール上をすべるだけで、トロリ自身にはレールと横行車輪間の最大静止摩擦力以上の水平力は加わらない。
  - (b) トロリの横行車輪は,駆動輪又は従動輪である。

#### 4条-別紙5-8

- (c) トロリの駆動輪は、電動機及び減速機等の回転部分と連結されているため、地震の加速度が車輪部に加わると回転部分が追随できず、最大静止摩擦力以上の力が加わればレール上をすべる。
- (3) 鉛直力

ガーダ及びトロリは、レールと固定されていないことから、鉛直方向の 地震力によってレールから浮き上がる可能性がある。

また、東海第二発電所の原子炉建屋クレーンは、今後実施する耐震補強工 事により、大間1号炉のトロリストッパ及び脱線防止ラグと同様な構造変更 を行うことにより、車輪まわりのトロリストッパ及び落下防止金具とレール の間の取り合い構造は、認可実績のある大間1号炉の原子炉建屋クレーンと 同様の構造となることから、車輪まわりを含めた地震応答解析モデルは大間 1号炉と同様にモデル化することができる(構造変更の概要は別紙2参照)。





第1-3図 車輪まわりの構造比較

- 3. 解析評価方針
  - (1) 評価方法

既工認と今回工認の評価方法を第 1-1 表に示す。今回工認では,鉛直方向 の動的地震力を考慮する必要があること及びクレーンの車輪部の構造を変更 しておりレール上に固定されていないという構造上の特徴を踏まえ,鉛直方 向の地震力に対する車輪部の浮き上がり,衝突の挙動を考慮した 3 次元FE M解析モデルを用いた非線形時刻歴応答解析により評価を実施する。

項目		東海第二発電所		
		既工認	今回工認	大前 1 亏炉
解析手法		公式等による	非線形時刻歴	
		評価	応答解析	问左
解析モデル			3 次元 F E M	同七
		—	解析モデル	问左
車輪-レール間の境		すべり考慮	すべり,浮き上が	
界条件			り、衝突考慮	问上
地震力	水平	動的地震力	動的地震力	同左
	鉛直	静的地震力		同左
減衰	水平	<u> </u>	2.0 %*2	同左
定数	鉛直	_		同左
解析プログラム		_	Abaqus	同左
			(Ver. 6. 5-4)	

第1-1表 既工認と今回工認の評価方法の比較

※1:既工認では剛として耐震評価を実施しているため減衰定数は使用していない。

※2:添付資料5にて適用性を説明。
(2) 地震応答解析モデル

クレーンを構成する主要部材をビーム要素でモデル化し、車輪部はレー ル上に乗っており固定されておらず、すべり、浮き上がり及び衝突の挙動を 示す構造であることから、ギャップ要素、ばね要素及び減衰要素でモデル化 する。クレーンの解析モデルを第1-4 図に示す。

なお、今回工認の原子炉建屋クレーンのモデル化は、大間1号炉と同一 の設定方法とする(車輪部の非線形要素については別紙3参照)。



第1-4図 原子炉建屋クレーン地震応答解析モデル

4条一別紙5-12

(3) 地盤物性等の不確かさに対する検討方針

スペクトルモーダル解析等では,床応答加速度は地盤物性等の不確かさに よる固有周期のシフトを考慮して周期方向に±10%拡幅したものを用いて いる。

本評価では設計用床応答スペクトルを用いない時刻歴応答解析を採用す ることから,地盤物性等の不確かさに対する考慮を適切に考慮した上で,評 価を行う。

なお、今回工認では地盤物性等の不確かさによる建屋固有周期のシフトの 影響も考慮し、機器評価への影響が大きい地震動に対しASME Boiler Pressure Vessel Code SECTION III, DIVISION1-NONMANDATORY APPENDIX N-1222.3 Time History Broadening に規定された設計用床応答スペクトルで 考慮されている拡幅±10 %に相当するゆらぎを仮定する手法による検討を 行う予定である。また、ゆらぎを考慮した設計用床応答スペクトルの谷間に クレーンの固有周期が存在する場合は、ASMEの規程に基づきピーク位置 が固有周期にあたるようにゆらぎを考慮した評価も行う。本検討方針に対す る東海第二発電所の原子炉建屋クレーンへの適用性については詳細設計段 階で説明する。

### 4. 別紙

- (1) 原子炉建屋クレーンの主要諸元
- (2) 原子炉建屋クレーンの耐震補強工事による構造変更
- (3) クレーン車輪部の非線形要素(摩擦・接触・減衰)
- (4) 原子炉建屋クレーンの地震時挙動に関する補足説明

- 5. 参考文献
  - (1) 平成 19 年度 原子力施設等の耐震性評価技術に関する試験及び調査
     動的上下動耐震試験(クレーン類)に関わる報告書(08 耐部報-0021,(独)
     原子力安全基盤機構)
  - (2) 平成 20 年度 原子力施設等の耐震性評価技術に関する試験及び調査
     動的上下動耐震試験(クレーン類)に関わる報告書(08 耐部報-0021,(独)
     原子力安全基盤機構)

別紙1 原子炉建屋クレーンの主要諸元

H H		W t h II I H II H III H II H III H II H II H II H II H II H II H II H II H I	g - J
仕	様	大間1号炉	東海第二発電所
トロリ	質量 W t (ton)	80.0	48.0
	高さ h (m)	2.815	2.280
	スパン l 1 (m)	7.7	5.6
	スパン 1 2 (m)	4.6	4.1
ガーダ	質量 Wg(ton)	190	118.0
	高さ H(m)	2.5	1.915
	スパン L 1 (m)	34.9	39.5
	スパン L 2 (m)	9. 38	6.2
総質量	W(ton)	270.0	166.0



別紙3 クレーン車輪部の非線形要素(摩擦・接触・減衰)

クレーン車輪部のモデル化では、すべり、浮き上がり及び衝突の挙動を模擬 するためギャップ要素を用いる。また、接触部位の局所変形による接触剛性を バネ要素で、衝突による減衰効果を減衰要素で模擬し、別図 1-1 に示すように、 ギャップ要素と直列に配置する。



別図 1-1 車輪部の非線形要素

1. 車輪とレール間の摩擦特性

クレーンの車輪には電動機,減速機等の回転部分と連結された駆動輪と, 回転部分と連結されている従動輪の2種類がある(別図1-2参照)。このう ち駆動輪は回転が拘束されているため,地震の加速度が車輪部に入力される と回転部分が追随できず,最大静止摩擦力以上の力が加わればレール上をす べる。ここで,摩擦係数は既工認と同様の0.3を用いる。天井クレーンの車 輪とレール間の摩擦係数0.3を適用し設計震度として算定することについて は、クレーン耐震設計指針(日本クレーン協会規格JCAS1101-2008)に定め られている。また「天井クレーンのすべりを伴う地震時挙動試験(火力原子 力発電 Vol.40 NO.6 1989)」にて,地震波による加振試験において,摩擦係 数の平均値として0.14の結果が得られている。



別図 1-2 概要図

2. 車輪とレールの接触剛性

接触剛性は,「平成 20 年度 原子力施設等の耐震性評価技術に関する 試験及び調査 動的上下動耐震試験(クレーン試験)に関わる報告書(09 耐部報-0008,(独)原子力安全基盤機構)」<sup>(参2)</sup>を参照し,車輪とレール の衝突時の剛性を模擬するものとして接触剛性を考慮したばね要素とク レーン質量で構成される1自由度系の固有振動数が 20 Hz 相当になるよ う設定する。

3. 車輪とレールの衝突による減衰

衝突による減衰は、「平成 19 年度 原子力施設等の耐震性評価技術に 関する試験及び調査 動的上下動耐震試験(クレーン類)に関わる報告 書(08 耐部報-0021、(独)原子力安全基盤機構)」<sup>(参1)</sup>にて実施した要素 試験のうちの車輪反発係数試験結果から評価した反発係数から換算する。 なお、減衰比と反発係数の関係式には次式を用いる。

$$e = exp\left(-\frac{h\pi}{\sqrt{1-h^2}}\right)$$

ここで, e は反発係数, h は減衰比である。別図 1-3 に, 上記の式で表 される反発係数と減衰比の関係を示す。



別図 1-3 反発係数と減衰比の関係

別紙4 原子炉建屋クレーンの地震時挙動に関する補足説明

 車輪とレールとの摩擦力及び落下防止部材との接触による摩擦力の考慮に ついて

クレーンは、レール上を車輪で移動する構造であるため、建屋に固定され ておらず、地震時にはレールに沿う方向にはすべりが発生し、摩擦力以上の 荷重を受けない構造である。

クレーン本体とランウエイガーダ間の取り合い部を例とすると、すべりを 想定する面としては、鉛直方向(車輪からレール間)と水平方向(落下防止 金具からランウエイガーダ間)が挙げられる(別図 1-4 参照)。

鉛直方向には,自重が常時下向きに加わっており,地震による鉛直方向加速度が1Gを上回りクレーン本体が浮き上がりの挙動を示すごく僅かな時間帯を除き,常に車輪はレール上面に接触し垂直抗力Nが発生する状態であることから,摩擦係数 $\mu$  (=0.30)一定の条件の下,垂直抗力Nを時々刻々変化させた摩擦力f (= $\mu$ N)を考慮している。

これに対して,水平方向には常時作用する荷重が無く,水平方向(横行方 向)の地震力が作用し落下防止金具がランウエイガーダ側面に接触する際に のみ水平抗力Rが発生する。しかしながら,地震力は交番荷重であること及 び接触後も部材間の跳ね返りが発生することから,側面の接触時間はごく僅 かな時間となる。また,大きな摩擦力が発生するためには,横行方向の地震 力により瞬間的に水平抗力Rが発生する間に,走行方向の大きな地震力が同 時に作用することが必要であることから,各方向地震動の非同時性を考慮し, 側面の接触による摩擦力は考慮していない。

なお、基準地震動S<sub>s</sub>による地震力に対して、駆動輪に接続される電動機 及び減速機等の回転部分が破損し駆動輪が自由に回転する可能性も考えられ

るが,その場合は駆動輪が回転することにより摩擦力は低減することから, 上記のように摩擦力を考慮した評価を行うことで保守的な評価となると言え る。



別図 1-4 鉛直方向と水平方向との接触面

2. レール等の破損による解析条件への影響について

クレーンのモデル化にあたっては、車輪がレール上にあり、レール直角方 向に対しては落下防止金具又はトロリストッパが接触して機能することを前 提としている。

ここでは、地震応答解析モデルの前提としている「レール上に車輪が乗っ ていること」が落下防止金具又はトロリストッパの健全性を確認することで 満足されることを、クレーン本体とランウエイガーダ間の取り合い部を例と して示す。

クレーン横行方向に地震力が作用する際は,車輪がレール上に乗り上がる 挙動が想定されるが,落下防止金具がランウエイガーダに接触することで, 横行方向の移動量は制限される。落下防止金具は構造強度部材として基準地 震動 S<sub>s</sub>によって生じる地震力に対して,許容応力を満足する設計としてお り,地震で破損することは無いため,落下防止金具とランウエイガーダ間の

ギャップ量に相当する移動量となった場合であっても、構造上車輪はレール 上から落ちることは無い(別図 1-5 参照)。

本体ガーダとトロリストッパの寸法も同様の関係となっている。

また,落下防止金具とランウエイガーダが接触するより前に,車輪からレ ールに荷重が伝わることとなるが,車輪のつばとレールが接触(移動量12.5 mm)してから落下防止金具とランウエイガーダが接触(移動量35 mm)し移 動が制限されるまでの移動量は22.5 mm (=35 mm-12.5 mm)程度であるこ とから,落下防止金具が接触して機能する前に鋼製部材であるレールが大き く破損することは無いと考えられる。このように,車輪のつばの有無によら ず構造強度部材である落下防止金具が機能することで車輪がレール上にとど まる設計であることから,車輪のつばは地震応答解析の前提条件に影響する ものでは無い。

以上より,地震時に落下防止金具がランウエイガーダに接触して機能する 前に,車輪がすべり面であるレールから落下することや,レールが大きく破 損することが無いことから,落下防止金具が機能する前に地震応答解析モデ ルの前提を満足しなくなるおそれは無いと言える。



(c) 水平方向地震力により落下防止金具とランウエイガーダが接触 (水平移動量 35 mm)

(本図は車輪がレールから外されないことを示すための概念図であり,構造物の 大きさや間隙については実物とは異なる。)

別図 1-5 概念図

ポンプ等の解析モデルの精緻化について

1. 立形ポンプの解析モデルの精緻化

既工認における高圧炉心スプレイポンプ,低圧炉心スプレイポンプ及び残 留熱除去系ポンプの解析モデルは,立形ポンプの構造を模擬したバレル部及 びポンプケーシングによる質点系モデルを構築していた。今回工認では,最 新の知見によるモデル化を行う観点から,JEAG4601-1981 追補版に基づ き,モデルの精緻化を行う(第2-1 図参照)。

なお、本解析モデルは大間1号炉の既工認及び東海第二発電所の立形ポン プのうち、非常用ディーゼル発電機海水ポンプ及び残留熱熱除去系海水ポン プの既工認にて適用実績がある(第2-2図参照)。



 構造概要図
 今回工認の解析モデル
 既工認の解析モデル

 第 2-1 図
 立形ポンプの解析モデル図

(高圧炉心スプレイポンプ解析モデルの例)



2. 残留熱除去系熱交換器の解析モデルの精緻化

残留熱除去系熱交換器の支持構造概要図を第2-3 図に示す。残留熱除去系 熱交換器は,原子炉建屋床面に設置された架台を介して支持する構造である。 既工認における応力評価は,架台部の1次固有周期に対して設計用床応答ス ペクトルから算出される加速度を入力として,規格計算式によって熱交換器 本体の評価を実施していた。

今回工認においては、架台及び熱交換器本体との相互影響を精緻に評価す

る観点から,第2-4図に示す多質点系のはりモデルを用いた地震応答解析により評価を行う。

なお,多質点系のはりモデルを用いた地震応答解析については,大間1号 炉においての既工認にて適用実績がある。



第 2-3 図 残留熱除去系熱交換器支持構造概要図



第2-4図 残留熱除去系熱交換器解析モデル図

3. 原子炉格納容器ベント管の解析モデルの精緻化

原子炉格納容器のベント管の支持構造図を第 2-5 図に示す。ベント管はダ イヤフラム・フロアにより支持され、ブレージングにて水平方向を拘束され ている。

第2-6 図にベント管の解析モデル図を示す。今回工認においては、柏崎刈 羽5号の既工認実績を踏まえて、集中質量を用いる質点モデルから等分布質 量としたビーム要素に変更した解析モデルを用いた地震応答解析により評 価を行う。



第 2-5 図 ベント管概要図



第 2-6 図 ベント管解析モデル図

容器等の応力解析へのFEMモデルの適用について

既工認において,公式等による評価にて耐震計算を実施していた設備につい て,至近の既工認の適用実績を踏まえて,3次元FEMモデル,多質点モデル を適用した耐震評価を実施する。FEMモデルを用いる手法等は,大間1号炉 を含めて他BWRでの適用実績がある手法である。

1. 容器へのFEMモデルの適用

パーソナルエアロック,サプレッション・チェンバ,アクセスハッチ等の 原子炉格納容器本体に取付く各構造物並びにディーゼル発電機の付属設備 である始動用空気だめ及び燃料油デイタンクについて,実機の形状をシェル 要素にて模擬し,JSME等に基づく材料諸元を与えてモデル化することに より,応答解析を行う。応答解析に用いる解析モデル図の例を第 3-1 図に示 すとともに第 3-1 表及び第 3-2 表に解析概要を示す。



第 3-1 図 <mark>原子炉</mark>格納容器のFEMモデル図

(パーソナルエアロックのFEMモデルの例)

項目	内容
適用部位	パーソナルエアロック取付部
	サプレッション <mark>・</mark> チェンバアクセスハ
	ッチ取付部
	イクイプメントハッチ取付部
	配管貫通部取付部
	電気配線貫通部取付部
	上部シアラグ取付部
	下部シアラグ取付部
解析コード	NASTRAN
地震条件	別途実施する地震応答解析から得られ
	る地震力(荷重,加速度)を入力とす
	る。

第 3-1 表 <mark>原子炉</mark>格納容器のFEM解析概要

第 3-2 表 DG用補機類容器のFEM解析概要

項目	内容
適用部位	非常用ディーゼル発電機用始動空気だ
	め及び燃料油デイタンク
	高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機
	用始動空気だめ及び燃料油デイタンク
解析コード	Abaqus
地震条件	別途実施する原子炉建屋地震応答解析
	から得られる加速度を入力とする。

2. 原子炉圧力容器内構造物への多質点モデルの適用

原子炉圧力容器内構造物であるジェットポンプ,炉心スプレイスパージャ 及び出力領域計装検出器(LPRM)について,実機形状を質点とはり要素 に置き換えた多質点モデルにて応答解析を行う。応答解析に用いる解析モデ ル図の例を第 3-2 図に示すとともに第 3-3 表に解析概要を示す。



第 3-2 図 原子炉圧力容器内構造物の多質点モデル図

(出力領域計装検出器の多質点モデルの例)

項目	内容
適用部位	ジェットポンプ*1
	高圧炉心スプレイスパージャ*1
	低圧炉心スプレイスパージャ*1
	出力領域計装検出器*2
解析コード	NASTRAN(*1に適用)
	SAP-IV(*2に適用)
地震条件	別途実施する地震応答解析から得られ
	る加速度を入力とする。

第 3-3 表 原子炉圧力容器内構造物解析概要

解析コードの変更について

今回工認における原子炉格納容器,原子炉圧力容器等の主要設備の耐震評価 に適用する解析コードについては,既工認時に適用した解析コードから第4-1 表に示す大間1号炉の既工認において適用実績がある解析コードに変更する。 各評価対象設備の解析モデルの設定の妥当性については,工事計画認可申請の 耐震計算書において説明するものとする。

第4-1表 原子炉格納容器,原子炉圧力容器等の解析コードの変更(1/2)

		解析コード		这四户建
	評価対象設備	既工認	今回工認	適用美績
<mark>原子炉</mark> 格納 容器	・ドライウエル ・サプレッション <mark>・</mark> チェンバ ・ベント管 ・格納容器スプレイヘッダ	ASSAL	NASTRAN	大間1号炉 既工認
原子炉圧力 容器	<ul> <li>・円筒胴</li> <li>・下鏡</li> <li>・制御棒駆動機構ハウジング 貫通部</li> <li>・再循環水出口ノズル</li> <li>・再循環水入口ノズル</li> <li>・蒸気出口ノズル</li> <li>・蒸気出口ノズル</li> <li>・給水ノズル</li> <li>・協圧炉心スプレイノズル</li> <li>・低圧炉心スプレイノズル</li> <li>・低圧注水ノズル</li> <li>・上鏡スプレイノズル</li> <li>・上鏡スプレイノズル</li> <li>・ジェットポンプ計測管貫通 部ノズル</li> <li>・液体ポイズン及び炉心計測 ノズル</li> <li>・ドレンノズル</li> <li>・支持スカート</li> </ul>	ASSAL 及び FEMR	ASHSD2	大間1号炉 既工認
	・差圧検出・ほう酸水注入管	EBASCO 社 構造解析コード	NASTRAN	大間1号炉 既工認

三几 /共 万		解析二	这四户法	
<b></b>	評価対象項日	既工認	今回工認	週用美領
炉心支持構	・シュラウドサポート	ASSAL	ASHSD2	大間1号炉
造物				既工認
(圧力容器	・給水スパージャ	EBASCO 社	NASTRAN	大間1号炉
内構造物を	・炉心スプレイ系配管(原子	構造解析コード		既工認
含む)	炉圧力容器内)			
	・差圧検出・ほう酸水注入管			
	(原子炉圧力容器内)			
	・起動領域計装	HISAC	SAP-IV	大間1号炉
				既工認
その他機器	・水圧制御ユニット	EBASCO 社	SAP-IV	大間1号炉
類		構造解析コード		既工認

第4-1表 原子炉格納容器,原子炉圧力容器等の解析コードの変更(2/2)

最新知見として得られた減衰定数の採用について

### 1. 概要

今回工認では,以下の設備について最新知見として得られた減衰定数を採 用する。これらの変更は,振動試験結果を踏まえ設計評価用として安全側に 設定した減衰定数を最新知見として反映したものであり,大間1号炉の建設 工認並びに配管及び建屋クレーンについては新規制工認におけるPWRプラ ントでの適用実績がある。

- 原子炉建屋クレーン及び使用済燃料乾式貯蔵建屋クレーン(以下「建屋クレーン」という。)の減衰定数<sup>\*1</sup>
- ② 燃料取替機の減衰定数<sup>\*1</sup>
- ③ 配管系の減衰定数<sup>\*1,\*2</sup>
- ※1 電力共通研究「鉛直地震動を受ける設備の耐震評価手法に関する研究(H7 ~H10)」
- ※2 電力共通研究「機器・配管系に対する合理的耐震評価手法に関する研究 (H12~H13)」

なお、本資料に記載する①~③の内容については、「大間原子力発電所1号 機の工事計画認可申請に関わる意見聴取会」において聴取されたものである。

また,鉛直方向の動的地震力を適用することに伴い,鉛直方向の設計用減 衰定数についても大間1号炉と同様に新たに設定している。 2. 今回の評価で用いた設計用減衰定数

最新知見として反映した建屋クレーン,燃料取替機及び配管系の設計用減 衰定数を第5-1表及び第5-2表に示す。

第5-1表 建屋クレーン及び燃料取替機の設計用減衰定数

	設計用減衰定数(%)					
設 備	水平之	方向	鉛直力	デ向		
	J E A G 4601 <sup>* 1</sup>	東海第二*2	J E A G 4601 <sup>* 1</sup>	東海第二*2		
建屋クレーン	1.0	2.0	_	2.0		
燃料取替機	1.0	2.0	_	1.5 (2.0) <sup>*3</sup>		

注記\*1:原子力発電所耐震設計技術指針JEAG4601-1991追補版(社団法人日本電 気協会)に定まる設計用減衰定数

\*2:東海第二発電所にて適用する設計用減衰定数

\*3:()外は、燃料取替機のトロリ位置が端部にある場合

()内は、燃料取替機のトロリ位置が中央部にある場合

\_\_\_\_: 新たに設定したもの

: JEAG4601 から見直したもの

		部	と計用減衰気	宦数*1(%)	
		保温	材無	保温杉	才有 <sup>* 2</sup>
		JEAG	東海	JEAG	東海
		4601 <sup>* 3</sup>	第二*4	4601 <sup>* 3</sup>	第二*4
т	スナッバ及び架構レストレイント支持主体の				
	配管系で,支持具(スナッバ又は架構レストレ	2.0	同左	2.5	3.0
	イント)の数が4個以上のもの				
п	スナッバ,架構レストレイント,ロッドレス				
	トレイント、ハンガ等を有する配管系で、ア	1.0	同左	15	2.0
	ンカ及びUボルトを除いた支持具の数が4個	1.0		1. 0	2.0
	以上であり、配管区分Iに属さないもの				
ш	Uボルトを有する配管系で,架構で水平配管				
	の自重を受けるUボルトの数が4個以上のも	-	2.0	—	3.0
	$\mathcal{O}^{*5}$				
IV	配管区分Ⅰ,Ⅱ及びⅢに属さないもの	0.5	同左	1.0	1.5
L		·		1	

# 第 5-2表 配管系の設計用減衰定数

: 新たに設定したもの

: JEAG4601 から見直したもの

- \*1:水平方向及び鉛直方向の設計用減衰定数は同じ値を使用。
- \*2:保温材による付加減衰定数は、配管全長に対する金属保温材使用割合が40%以下の場合1.0%を適用するが、金属保温材使用割合が40%を超える場合は、0.5%とする。
- \*3:原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991 追補版(社団法人 日本電気 協会)に定まる設計用減衰定数。
- \*4:東海第二発電所にて適用する設計用減衰定数。
- \*5:区分Ⅲ(Uボルトを有する配管系)については,新たに設定したものであり,現 状JEAG4601では区分Ⅳに含まれる。

(適用条件)

- a. 適用対象がアンカからアンカまでの独立した振動系であること。 大口径管から分岐する小口径管は、その口径が大口径管の口径の1/2倍以下であ る場合、その分岐部をアンカ相当とする独立の振動系とみなしてよい。
- b. 配管系全体として,配管系支持具の位置及び方向が局所的に集中していないこと。
- c. 配管系の支持点間の間隔が次の条件を満たすこと。 配管系全長/(配管区分ごとに定められた支持具の支持点数)≦15(m/支持点) ここで、支持点とは、支持具が取付けられている配管節点をいい、複数の支持具 が取付けられている場合も1支持点とする。
- d. 配管と支持構造物の間のガタの状態等が施工管理規程に基づき管理されていること。ここで、施工管理規程とは、支持装置の設計仕様に要求される内容を反映した施工要領等をいう。

- 3. 設計用減衰定数の考え方
  - (1) 建屋クレーン及び燃料取替機の設計用減衰定数
    - a. 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4601-1991 追補版(以下「J E A G 4601」という。) に基づく設計用減衰定数

JEAG4601 において建屋クレーン及び燃料取替機は溶接構造物として分類されているため、設計用減衰定数は1.0%が適用される。

b. 設計用減衰定数の見直し

建屋クレーン及び燃料取替機の減衰定数に寄与する要素には,材料減 衰と部材間に生じる構造減衰に加え,車輪とレール間のガタや摩擦によ る減衰があり,溶接構造物としての 1.0%より大きな減衰定数を有すると 考えられることから,実機を試験体とした振動試験が実施された。

振動試験の結果,建屋クレーンの減衰定数については水平2.0%,鉛直 2.0%が得られた。また,燃料取替機の減衰定数については水平2.0%,鉛 直1.5%(燃料取替機のトロリ位置が端部にある場合),2.0%(燃料取替 機のトロリ位置が中央部にある場合)が得られた。

c. 東海第二発電所への適用性

振動試験の概要並びに振動試験における試験体,東海第二発電所の実 機及び先行認可実績のある大間1号炉の実機との仕様の比較を参考資料 1及び参考資料2に示す。

東海第二発電所における建屋クレーン及び燃料取替機については,試 験結果の適用性が確認されている大間1号炉の原子炉建屋クレーン及び 燃料取替機と同等の基本仕様を有する。従って,今回の評価における建 屋クレーンの減衰定数については水平2.0%,鉛直2.0%を用いる。また, 燃料取替機の減衰定数については水平1.5%(燃料取替機のトロリ位置が 端部にある場合),2.0%(燃料取替機のトロリ位置が中央部にある場合) を用いる。

- (2) 配管系の設計用減衰定数
  - a. JEAG4601 に基づく設計用減衰定数

JEAG4601 における配管系の設計用減衰定数は,配管支持装置の種類や個数によって3区分に分類されており,さらに保温材を設置した場合の設計用減衰定数が規定されている。

b. 今回の評価で用いる設計用減衰定数

以下,(a),(b)に示す項目については,配管系の振動試験の研究成果 に基づき,JEAG4601に規定する値を見直し設定する。

(a) Uボルト支持の配管系

JEAG4601 におけるUボルト支持配管系の設計用減衰定数は, 0.5 %と規定されている。

Uボルト支持の配管系の減衰に寄与する要素には,主に配管支持部に おける摩擦があり,架構レストレイントを支持具とする配管系と同程度 の減衰定数を有すると考えられることから,振動試験等が実施され,減 衰定数2.0%が得られた。

振動試験で用いられたUボルトについては,原子力発電所で採用され ている代表的なものを用いていることから,振動試験等により得られた 減衰定数を適用できると判断し,今回の評価におけるUボルト支持配管 系の設計用減衰定数は,振動試験結果から得られた減衰定数 2.0 %を設 定する。

なお,参考として振動試験結果の概略を参考資料3に示す。

(b) 保温材を設置した配管系

JEAG4601 における保温材を設置した設計用減衰定数は、振動試験の結果に基づき、保温材を設置していない配管系に比べ設計用減衰定

数を 0.5%付加できることが規定されている。

その後,保温材の有無に関する減衰定数の試験データが拡充され,保 温材を設置した場合に付加できる設計用減衰定数を見直すための検討 が行われた。

今回の評価における保温材を設置した場合に付加する設計用付加減 衰定数は、振動試験結果から得られた減衰定数 1.0 %を、保温材無の場 合に比べて付加することとする。

なお,振動試験結果の概略を参考資料4に示す。

c. 東海第二発電所への適用性

減衰定数の検討においては,要素試験結果から減衰定数を算出するた めの評価式を求め,その上で,実機配管系の解析を行い,減衰定数を求 めている。

要素試験においては,原子力発電所で採用されている代表的な4タイ プ(参考資料3補足参照)を選定しており,東海第二発電所においても, この4タイプのUボルトを採用している。また,実機配管系の解析対象 とした28モデルには,BWRプラントの実機配管も含まれており,配 管仕様(口径,肉厚,材質),支持間隔・配管ルートについては,様々 な配管剛性や振動モードに対応した検討を実施している。(参考資料3 参照)

従って,今回検討した設計用減衰定数は東海第二発電所へ適用可能で あり,東海第二発電所における配管の設計用減衰定数として設定する。 4. 鉛直方向の設計用減衰定数について

今回工認では,鉛直方向の動的地震力を適用することに伴い,鉛直方向の 設計用減衰定数を新たに設定している。今回工認で適用する設計用減衰定数 について,JEAG4601に規定されている設計用減衰定数との比較を第5-3 表に示す。

鉛直方向の設計用減衰定数は,基本的に水平方向と同様とするが電気盤や 燃料集合体等の鉛直地震動に対し剛体挙動する設備は 1.0%とする。また, 建屋クレーン,燃料取替機及び配管系については,既往の試験等により確認 されている値を用いる。

なお,これらの設計用減衰定数は,大間1号炉の建設工認にて適用例がある。

		設計用減衰定数(%)				
⇒几	儘	水平	方向	鉛ī	直方向	
页又	17月	JEAG	今回工認	JEAG	今回工認	
		4601		4601		
溶接構造物		1.0	同左	_	1.0	
ボルト及びリベット	、構造物	2.0	同左		2.0	
ポンプ・ファン等の	)機械装置	1.0	同左		1.0	
燃料集合体		7.0	同左		1.0	
制御棒駆動機構		3.5	同左	_	1.0	
電気盤		4.0	同左		1.0	
建屋クレーン		1.0	2.0	_	2.0	
燃料取替機		1.0	2.0		1.5 (2.0) *	
配管系		$0.5 \sim 2.0$	$0.5 \sim 3.0$	_	0.5~3.0	

第 5-3 表 機器・配管系の設計用減衰定数

注記 \*:()外は、燃料取替機のトロリ位置が端部にある場合

()内は、燃料取替機のトロリ位置が中央部にある場合



参考資料-1 (2/2)

○ 建屋クレーンの試験体と実機との仕様比較

建屋クレーンは、ガーダ2本上にトロリが設置されている構造である。表 2-1 に天井クレーン試験体、東海第二発電所及び大間1号炉の建屋クレーンの主要な仕様を示 金子医文子 计支持 日子 ť

ーン仕様の比較	
実機建屋クレ	
天井クレーン試験体、	
表 2-1	

	様 重量嗎 (ton) 高さh (h) スパシ l」 (h)		#クレーン 診験体 No3 No3 71.0 3.0 3.0 3.1 造巻用) 3(主巻用)	東 原子伊建屋 クレーン 48.0 2.280 5.6 4 1	(毎第二) 使用消除料 使用消除料 かレーン 30.0 30.0 4.0	大間1号機 原子炉建屋 クレーン 80.0 2.815 7.7 4.6	a man
	重量帳 (ton) 高さH (m) スパシレL (m) スパシレL (m)	104.5 1.32 33.0 7.06	2.5 (補助)卷用) 191.5 2.3 33.0 8.9	118.0 2.5 39.5 6.2	67.0 4.42 20.4 7.6	190 1. 915 34. 9 9. 38	送行レール
- 14	$W_T$ (ton) $W_t \sim W_T$	148.0 0.294	262.5	166. 0 0. 289	107.0 0.309	270.0 0.298	走行方向

減衰比は、一般的に振動エネルギと消散エネルギの比で表される。消散エネルギはガーダ等の構造部材の材料減衰、 トロリ、ガーダ等のガタや摩擦による構造減衰により発生すると考えら れ、天井クレーン構造の建屋クレーンにおいては、ガーダ、トロリは固定構造ではなく、レールと車輪間にすべりが発生する構造であることから、トロリとガーダとの微小な相対運動による エネルギの消散が減衰特性に最も影響が大きい因子と考えられる。 ここで、トロリの相対運動による消散エネルギはトロリ質量に比例し、振動エネルギはクレーンの振動質量に比例する。建屋クレーンは建屋に対して走行車輪部のみで支持された両端支持 まりの構造をしており、地震時の振動モードは上下・水平方向共にガーダ中央のたわみが最大となる1次モードが支配的となる。そのため、振動質量はクレーンの総質量に比例し、減衰比は トロリ質量とクレーンの総重量の比に影響を受けることになる。

上表のとおり,東海第二発電所の建屋クレーンのトロリ重量と総重量の比は,試験体及び大間1号炉の実機と同程度になることを確認している。

以上から,建屋クレーンの設計用減衰定数として水平 2.0 %,鉛直 2.0 %を適用する。

参考資料-2(1/

(2)



○ 燃料取替機の試験体と実機との仕様比較

燃料取替機は、フレーム構造のブリッジ上にトロリが設置されている構造である。表 3-1 に燃料取替機試験体、東海第二発電所及び大間1号炉の燃料取替機の主要な 仕様を示す。

皆機仕様の比較	
実機燃料取替	
燃料取替機試験体,	
表 3-1	

備考		Minit A but We want of the second sec								
谿着	大間	27.0	5. 795	3.0	3.0	40.0	2.075	15.16	4.43	67.0
	<u> 東海第二</u>	15.0	4. 533	2.5	2.6	36.0	2. 415	13. 36	4.6	51.0
試験体		15. 5	4. 795	3.0	2.6	23. 6	2.005	12.46	4.6	39. 1
仕様		質量Wt (ton)	高さh (m)	ズノペン 1」 (m)	スノペン $l_2$ (m)	質量Wg (ton)	高さH (m)	スノペン L1 (m)	スノペン L2 (m)	$W_{T}$ (ton)
		үпу				ブリッジ				総質量

○ 試験体と実機の比較の考え方

トロリの構造 載寂はトロリ位置によって異なる。試験で得られた減衰比データとしては,ブリッジ中央にトロリがある場合,ブリッジの端部にトロリのある場合の 2 種類ある。鉛直 燃料取替機については、ブリッジ等の骨組み構造の材料減衰、トロリ、ブリッジ等のガタや摩擦による構造減衰が減衰比に影響を与えると考えられる。 **5**向に関しては、ブリッジの中央にトロリがある場合の方が、ブリッジの端部にトロリがある場合に比べて、減衰比は高くなっている。

ことから,設計用減衰定数を2.0%とする。水平方向の減衰比は,応答振幅レベル0.07 mm で3.6%の減衰比が得られているが,データ点数が少ないため,鉛直方向と同 ブリッジ中央にトロリがある場合、鉛直方向に関しては、応答振幅の増加に伴い減衰比は増加傾向にあり、応答振幅レベル 0.40 mm で減衰比 2.0 %以上となっている じ2.0%を水平方向の設計用減衰定数とした。

ブリッジ端部にトロリがある場合,鉛直方向に関しては,応答振幅に係らず1.5 %程度の減衰比が得られていることから,設計用減衰定数1.5 %とした。水平方向の減 実機への適用性の観点では,上表の試験体と東海第二発電所における燃料取替機の構造の比較から,ブリッジスパン,質量は同等以上となっており,振動特性として <u> </u>
良比は,応答振幅レベル 0.07 Ⅲ で 3.1 %の減衰比が得られているが,データ点数が少ないため,鉛直方向と同じ 2.0 %を水平方向の設計用減衰定数とした。

芯答は大きくなる傾向にあると考えられる。また,試験では低加速度レベル(水平約 100 Gal,鉛直約 200 Gal)にて実施されているが,実際の基準地震動Ssはそれよ りも大きな加速度レベルとなる。試験結果から,応答の増加に伴い減衰比も増加傾向にあるため,上記の試験結果より得られた減衰比は適用可能と考えられる。

以上から,燃料取替機の設計用減衰定数として水平 2.0 %,鉛直 1.5 %(燃料取替機のトロリ位置が端部にある場合),2.0 %(燃料取替機のトロリ位置が中央部にある 場合)を適用する。






参考資料-3(4/8)

【補足】要素試験に用いたUボルト支持構造物のタイプ

試験に用いたUボルトは,原子力発電所で採用されている代表的な4タイプを選定した。



【解析を行った配管仕様】

・口径:20A~400A

・材質:ステンレス鋼,炭素鋼

上記のうちBWR実機配管

	系統	口径	
b配管	C R D	32A	
e 配管	AC	50A	
o配管	RHR	150A	
p配管	FΡC	40A	
q 配管	MUWC	100A	
r 配管	MUWC	150A, 80A	
s 配管	RCW	200A	
t 配管	RCW	200A, 80A	
u配管	C R D	32A	







参考資料--4



水平方向と鉛直方向の動的地震力の二乗和平方根法による組合せについて

## 1. 概要

今回工認の耐震設計では、これまで静的な取扱いのみであった鉛直方向の 地震力について、動的な地震力を考慮することとなるとともに、水平方向及 び鉛直方向の動的な地震力による荷重を適切に組み合わせることが必要と なる。

従来の水平方向及び鉛直方向の荷重の組合せは,静的な地震力による鉛直 方向の荷重には地震継続時間や最大加速度の生起時刻のような時間の概念 がなかったことから,水平方向及び鉛直方向の地震力による荷重の最大値同 士の絶対値の和としていた(以下「絶対値和法」という。)。

一方,水平方向及び鉛直方向の両者がともに動的な地震力である場合,両 者の最大加速度の生起時刻に差があるという実挙動を踏まえると,従来と同 じように絶対値和法を用いるのではなく,時間的な概念を取り入れた荷重の 組み合わせ法を検討する必要がある。

本資料では、水平方向及び鉛直方向の動的地震力の組合せに関する既往研究<sup>(1)</sup>をもとに、二乗和平方根法(以下「SRSS法(Square Root of the Sum of the Squares)」という。)による組合せ法の妥当性を説明するものである。

なお, SRSS法による組合せは,大間1号炉の既工認において適用実績 のある手法である。

2. 東海第二発電所で用いる荷重の組合せ法

東海第二発電所では,静的な地震力による荷重の組合せについては,従来 どおり絶対値和法を用いて評価を行う。また,動的な地震力による荷重の組

合せについては、既往知見に基づき、SRSS法を用いて評価を行う。

- 水平方向及び鉛直方向の地震力による荷重の組合せ法に関する研究の成果
- 3.1 荷重の組合せ法の概要

絶対値和法とSRS法の概要を以下に示す。

(1) 絶対値和法

本手法は,水平方向及び鉛直方向の地震力による最大荷重(又は応力)\* を絶対値和で組み合わせる方法である。

この方法は,水平方向及び鉛直方向の地震力による最大荷重が同時刻に 同位相で生じることを仮定しており,組合せ法の中で最も大きな荷重を与 える。本手法は,主に地震力について時間の概念がない静的地震力による 荷重の組合せに使用する。

組合せ荷重(又は応力) =  $|M_H| \max + |M_V| \max$ 

M<sub>H</sub>:水平方向地震力による荷重(又は応力) M<sub>v</sub>:鉛直方向地震力による荷重(又は応力)

(2) SRSS法

本手法は,水平方向及び鉛直方向の地震力による最大荷重(又は応力)\* を二乗和平方根で組み合わせる方法である。

この方法は、水平方向及び鉛直方向の地震力による最大荷重の生起時刻 に時間的なずれがあるという実挙動を考慮しており、水平方向及び鉛直方 向地震動の同時入力による時刻歴応答解析との比較において平均的な荷 重を与える。本手法は、動的な地震力による荷重の組合せに使用する。 組合せ荷重(又は応力) =  $\sqrt{(M_H) \max^2 + (M_V) \max^2}$ 

M<sub>H</sub>:水平方向地震力による荷重(又は応力)

M<sub>v</sub>:鉛直方向地震力による荷重(又は応力)

※:荷重の段階で組み合わせる場合と、荷重による発生した応力の段階で組み合わせる場合がある。応力の段階で組み合わせる場合は、その妥当性を確認した上で用いる。

(補足)荷重または応力による組合せについて

水平方向及び鉛直方向の動的地震力をSRSS法で組み合わせる際,評価対 象の機器の形状や部位に応じて荷重の段階で組み合わせる場合と,荷重により 発生した応力の段階で組み合わせる場合がある。ここでは,その使い分けにつ いて具体例を用いて説明する。

A. 荷重の段階で組合せを行う場合

横形ポンプの基礎ボルトの引張応力の評価を例とすると、以下の式で示す ように水平方向地震力と鉛直方向地震力の組合せは、荷重である水平方向地 震力によるモーメント( $m \cdot g \cdot C_H \cdot h$ )と鉛直方向地震力によるモーメント( $m \cdot g \cdot C_V \cdot 1_1$ )を組み合わせる。

本手法については、非同時性を考慮する地震荷重についてのみSRSSしており、実績のある妥当な手法である。

【絶対値和法】

 $Fb = \frac{1}{L} \{ m g (C_{H}h + C_{V}l_{1}) + m g C_{P}(h+l_{2}) + M_{P} - m_{g}l_{1} \}$ 

【SRSS法】

 $Fb = \frac{1}{L} \{ m g \sqrt{(C_H h)^2 + (C_V l_1)^2} + m g Cp (h+l_2) + Mp - mg l_1 \}$ 



B. 応力による組合せを行う場合

横置円筒形容器の脚部の組合せ応力の評価を例とすると、脚部には水平方 向地震力による曲げモーメント M<sub>11</sub>及び鉛直方向荷重 P<sub>1</sub>,鉛直方向地震力に よる鉛直荷重(R<sub>1</sub>+m<sub>a1</sub>g) C<sub>v</sub>が作用する。(図B-1)



水平方向地震力による応力 $\sigma_{s2}$ 及び鉛直方向地震力による応力 $\sigma_{s4}$ は式 B-1及び式B-2で表され、脚部の組合せ応力の評価の際は、これらの応 力をSRSS法により組み合わせて式B-4を用いて評価を行う。

$\sigma_{S2} = \frac{M_{11}}{Z_{Sy}} + \frac{P_1}{A_s} \cdots ( \vec{x} B - 1 )$	<ul> <li>σ<sub>S2</sub>:水平方向地震により脚部に生じる 曲げ及び圧縮応力の和</li> <li>M<sub>11</sub>:水平方向地震力により脚底面に作 用する曲げモーメント</li> <li>P<sub>1</sub>:水平方向地震力により胴の脚付け</li> </ul>
$R_1 + m_{s,1}g$	根部に作用する鉛直方向荷重 Z <sub>sy</sub> :脚部の断面係数 A <sub>s</sub> :脚部の断面積
$\sigma_{S4} = \frac{1}{A_s} C_v \cdots (\Xi B - 2)$	<ul> <li>σ<sub>S4</sub>:鉛直方向地震力により生じる圧縮 応力</li> <li>R<sub>1</sub>:脚部が受ける自重による荷重</li> <li>m<sub>a1</sub>:脚部の質量</li> </ul>

$$\sigma_{s_1} = \sqrt{(\sigma_{s_1} + \sigma_{s_2} + \sigma_{s_4})^2 + 3\tau_{s_2}^2} \cdots (\exists B - 3)$$

【SRSS法】

【絶対値和法】

$$\sigma_{s_1} = \sqrt{(\sigma_{s_1} + \sqrt{(\sigma_{s_2}^2 + \sigma_{s_4}^2)})^2 + (3\tau_{s_2}^2)} \cdots (\exists B - 4)$$

σ <sub>s1</sub> :水平方向地震力及び鉛直方向地震
力が作用した場合の脚部の組合せ
応力
σ <sub>s1</sub> :運転時質量により脚部に生じる圧
縮応力
τ <sub>s2</sub> :水平方向地震力により脚に生じる
せん断応力

ここで、水平方向地震力による応力 $\sigma_{s2}$ 及び鉛直方向地震力による圧縮応 力 $\sigma_{s4}$ は図B-2の示すように、ともに脚部の外表面の応力を表すものであ り、脚部の同一評価点、同一応力成分であることから、これらの組合せをS RSS法により行うことは妥当である。



(ア)曲げによる応力 (イ) 圧縮による応力 (ウ)曲げ+圧縮による応力(a) 水平地震力による応力評価点の応力



(b) 鉛直地震力による応力評価点の応力

図B-2 横置円筒形容器の脚部に作用する地震力による応力概念図

3.2 SRSS法の妥当性

既往研究では、実機配管系に対して、水平及び鉛直地震動による最大荷重 をSRSS法により組み合わせた場合と水平及び鉛直方向地震動の同時入力 による時刻歴応答解析法により組み合わせた場合との比較検討を以下の通り 行っている。

(1) 解析対象配管系モデル

解析対象とした配管は、代表プラントにおける<mark>原子炉</mark>格納容器内の配管 系で給水系(FDW)×2本、残留熱除去系(RHR)及び主蒸気系(M S)の計4本の配管モデルである。当該配管系は、耐震Sクラスに分類さ れるものである。

(2) 入力地震

解析に用いた入力地震動は、地震動の違いによる影響を確認するため、 兵庫県南部地震(松村組観測波)、人工波及びエルセントロ波の3波を用 いた。機器・配管系への入力地震動となる原子炉建屋中間階の応答波の例 を第 6-1 図から第 6-3 図に示す。

(3) 解析結果

解析結果を第6-4 図から第6-7 図に示す。第6-4 図から第6-7 図は,水 平方向及び鉛直方向の応力に対して,同時入力による時刻歴応答解析法及 びSRSS法により組み合わせた結果をまとめたものであり,参考までに 絶対値和法による結果も併記した。

第6-4 図から第6-7 図より,いずれの配管系においても最大応力発生点 においては,時刻歴応答解析法に対してSRSS法の方が約1.1 倍から約 1.4 倍の比率で上回る結果となった。最大応力発生点におけるSRSS法 と同時入力による時刻歴応答解析との評価結果の比較を第6-1表に示す。 また,最大応力発生点の部位を第6-8 図から第6-11 図に示す。

4条一別紙5-60

さらに,配管系全体の傾向を確認するため,配管系の主要な部位におけ る発生応力の比較を第6-12図に示す。第6-12図は,第6-4図から第6-7 図に基づき,各配管モデルの節点の応力値をプロットしたものである。第 6-12図より,SRSS法は発生応力の低い領域では同時入力による時刻歴 応答解析法に対して平均的な結果を与え,発生応力の増加に伴い保守的な 結果を与える傾向にあることが確認できる。







4条-別紙5-64



--- 絶対値和法

→ SRSS法

→ 時刻歴法

エルセントロ波

第6-4図 主要な部位における発生応力(FDW-001 Aプラント)



--- 絶対値和法

→-- SRSS法

—— 時刻歴法

エルセントロ波 第6-5図 主要な部位における発生応力(MS-001 Aプラント) 4条-別紙5-66





第 6-6 図 主要な部位における発生応力(RHR-001 Aプラント) 4 条 - 別紙 5 - 67





第6-7図 主要な部位における発生応力(FDW-001 Bプラント)

解析対象配管	入力地震波	最大応力発生点	SRSS/同時入力	
FDW-001	松村組観測波	分岐部(節点 No26)	1.08	
(Aプラント)	人工波	人工波 分岐部(節点 No26)		
	エルセントロ波	分岐部(節点 No26)	1.08	
MS-001	松村組観測波	分岐部(節点 No10)	1.15	
(Aプラント)	人工波	分岐部(節点 No10)	1.20	
	エルセントロ波	分岐部(節点 No10)	1.18	
RHR-001	松村組観測波	拘束点(節点 No28)	1.15	
(Aプラント)	人工波	拘束点(節点 No28)	1.15	
	エルセントロ波	拘束点(節点 No28)	1.18	
FDW-001	松村組観測波	拘束点(節点 No18)	1.35	
(Bプラント)	人工波	拘束点(節点 No18)	1.37	
	エルセントロ波	拘束点(節点 No18)	1.34	

第6-1表 SRSS法と同時入力による時刻歴応答解析法との比較(最大応力発生点)

FDW:給水系配管

MS:主蒸気系配管

RHR:残留熱除去系配管





4条一別紙5-71







第6-12図 SRSS法による応力と時刻歴応答解析による応力の比較(主要部位)

東海第二発電所における水平方向及び鉛直方向の最大応答値の生起時刻
 の差について

東海第二発電所における水平方向及び鉛直方向の最大応答値の生起時刻 の差について、原子炉建屋を例に、原子炉建屋の施設の耐震性評価において 主要な地震動である基準地震動S<sub>s</sub>-D,S<sub>s</sub>-21及びS<sub>s</sub>-22に対する水平 方向及び鉛直方向の最大応答値の生起時刻の差を確認した。ここで、機器・ 配管系の耐震評価に用いる水平方向の設計用震度は、全ての地震動に対する 南北方向と東西方向の最大応答加速度を包絡した値を用いることを踏まえ、 水平方向の最大応答値の生起時刻については、基準地震動S<sub>s</sub>-D,S<sub>s</sub>-21 及びS<sub>s</sub>-22における南北方向及び東西方向を通じた最大応答加速度の生起 時刻を用いた。なお、基準地震動S<sub>s</sub>-31は、水平方向に卓越する応答を示 すものの、他検討に用いる基準地震動S<sub>s</sub>に比べて地震継続時間が短く、鉛 直方向の最大応答値の生起時刻との差が開く方向になるため、本検討には用

第 6-13 図及び第 6-2 表に示すように,水平方向及び鉛直方向の最大応答値 の生起時刻には約 0.9 秒~約 41 秒の差があり,東海第二発電所においても水 平方向及び鉛直方向の最大応答値の生起時刻には差があることを確認した。





原子炉建屋モデル

(鉛直方向)

第 6-13 図 原子炉建屋の応答値(EL.-4.0 mの例)

位置 (m)	最大応答値の生起時刻(秒)			
	水平方向	鉛直方向	生起時刻の差(秒)	
63.65	73.0	68.6	4.4	
57.00	61.9	68.6	6.7	
46.50	61.9	61.0	0.9	
38.80	19.9	61.0	41.1	
34.70	73.0	61.0	12.0	
29.00	20.0	61.0	41.0	
20.30	63.3	68.7	5.4	
14.00	63.3	68.7	5.4	
8.20	53.8	74.5	20.7	
2.00	53.8	74.5	20.7	
-4.00	53.8	69.4	15.6	
-9.00	53.8	69.4	15.6	

第 6-2 表 最大応答値の生起時刻の差

5. まとめ

以上から,東海第二発電所では,水平方向及び鉛直方向の動的な地震力の 荷重の組合せ法としてSRSS法を用いることとする。

- 6. 参考文献
  - (1) 電力共通研究「鉛直地震動を受ける設備の耐震評価手法に関する研究(ス テップ2)」(平成7年~平成10年)
- 7. 別紙
  - 別紙1 東北地方太平洋沖地震による東海第二発電所の水平方向及び鉛直方 向の最大応答値の生起時刻の差について
  - 別紙2 東海第二発電所における水平方向及び鉛直方向の最大応答値の生起 時刻の差について(補足説明)

東北地方太平洋沖地震による東海第二発電所の水平方向及び鉛直方向の最大応 答値の生起時刻の差について

1. はじめに

東海第二発電所では,平成23年3月11日に東北地方太平洋沖地震による 観測記録が得られている。本資料では,東北地方太平洋沖地震による東海第 二発電所の水平方向及び鉛直方向の最大応答値の生起時刻の差について参 考として確認する。

2. 確認結果

別表 6-1 に示すように,東海第二発電所において観測された実地震につい ても,水平方向及び鉛直方向の最大応答値の生起時刻には 0.6 秒及び 4.2 秒 の差があることが確認された(地震計の設置位置を別図 6-1 に,観測された 加速度時刻歴波形を別図 6-2 に示す。)。また,最大応答値の生起時刻の差が 比較的小さな EW-UD の生起時刻の差 0.6 秒について,別図 6-3 にて水平方向 及び鉛直方向の最大応答値の生起時刻には差があることを確認した。

	最大応答値の生起時刻(秒)		生起時刻の差(秒)		
位置 (m)	南北方向	東西方向	鉛直方向	NC UD	
	(NS)	(EW)	(UD)	N2-0D	Ew-UD
-4.0 (RB01)	87.0	91.8	91.2	4.2	0.6

別表 6-1 東北地方太平沖地震の観測記録における最大応答値の生起時刻の差



別図 6-1 原子炉建屋基礎上(EL.-4.0 m) 地震計設置位置



別図 6-2 原子炉建屋基礎上 (EL. -4.0 m) RB01 の観測記録加速度時刻歴波形







原子炉建屋基礎上(EL. -4.0 m) RB01の観測記録加速度時刻歴波形(91秒から92秒)

別図 6-3 最大応答値(EW-UD)における生起時刻の差

東海第二発電所における水平方向及び鉛直方向の最大応答値の生起時刻の差に ついて(補足説明)

本資料では東海第二発電所における水平方向及び鉛直方向の最大応答値の 生起時刻の差について、4項で選定した基準地震動S<sub>s</sub>-D, S<sub>s</sub>-21及び S<sub>s</sub>-22の3波に加えて、基準地震動S<sub>s</sub>-31も加えた場合の水平方向及び 鉛直方向の生起時刻の差について説明する。

4項で示した同様の手法にて水平方向と鉛直方向の最大応答値の生起時刻 の差を別図 6-4 及び別表 6-2 に示す。別表 6-2 には4項で整理した基準地震 動 S<sub>s</sub> - D, S<sub>s</sub> - 21 及び S<sub>s</sub> - 22 の 3 波で整理した生起時刻の差についても 記載した。

別図 6-4 に示すとおり $S_s$ -31 は、地震継続時間が短く、水平方向の最大 応答値の生起時刻は約 9 秒となり、他 $S_s$ よりも早い時刻で最大応答値の生 起時刻が生じる。また $S_s$ -31 の鉛直方向については、他の $S_s$ の応答加速 度値と比べても小さな傾向を示す。このため $S_s$ -31 の水平方向の最大応答 値の生起時刻 9 秒と他 $S_s$ の鉛直方向の最大応答値の生起時間を用いて評価 すると、生起時刻の差として大きくなる傾向となる。




原子炉建屋モデル

(鉛直方向)

別図 6-4 原子炉建屋の応答値 (EL. -4.0mの例)

# 4条一別紙5-84

	S <sub>s</sub>	-31 考慮時の検	討	
位置 (m)	最大応 生起時刻	答値の 削 (秒)	生起時刻	S <sub>s</sub> 3波時の 生起時刻
	水平方向	鉛直方向	の差(秒)	の左(砂)
63.65	73.0	68.6	4.4	4.4
57.00	61.9	68.6	6.7	6.7
46.50	8.6	61.0	52.4	0.9
38.80	8.7	61.0	52.3	41.1
34.70	8.7	61.0	52.3	12.0
29.00	8.7	61.0	52.3	41.0
20.30	8.6	68.7	60.1	5.4
14.00	8.7	68.7	60.0	5.4
8.20	8.6	74.5	65.9	20.7
2.00	8.6	74.5	65.9	20.7
-4.00	8.6	69.4	60.8	15.6
-9.00	8.6	69.4	60.8	15.6

別表 6-2 S<sub>s</sub>-31 考慮時の最大応答値の生起時刻の差

鉛直方向応答解析モデルの追加について

#### 1. 概要

今回工認では,鉛直方向の地震動及び地震力に対して動的な取扱いが必要 となるため,鉛直方向の応答に対して動的な取扱いが必要となる設備につい ては,応答を適切に模擬できる解析モデルを適用したうえで評価を行う。

また,鉛直方向の応答解析モデルの代表例として,原子炉建屋-炉内構造 物系連成の地震応答解析モデルの適用方針を示す。

2. 原子炉建屋-炉内構造物系連成の地震応答解析モデルの適用方針

**原子炉**格納容器内の原子炉圧力容器等の大型機器は,一般機器や配管等に 比べて質量が大きく,原子炉建屋との相互作用を考慮した地震応答の算定が 必要である。そのため,既工認において,原子炉圧力容器(炉心支持構造物 及び炉内構造物含む),原子炉遮蔽壁及び原子炉本体基礎等の大型機器・構 造物の耐震設計では,水平方向の動的地震力については原子炉建屋と大型機 器を連成させた多質点モデルによる時刻歴応答解析を行うことで動的地震 力を算定し,鉛直方向については静的震度による地震荷重を算定していた。

今回工認においては,新たに鉛直方向の動的地震力に対する考慮が必要と なったことから,鉛直方向についても水平方向と同様に動的地震力の算定を 行う。鉛直方向の地震応答解析モデルについては,鉛直方向の各応力評価点 における軸力を算定するため,従来の水平方向モデルをベースに新たに多質 点モデルを作成する。

なお,鉛直方向の地震応答解析モデルは,大間1号炉の建設工認において 適用例がある。 3. 地震応答解析モデルについて

原子炉建屋, 原子炉格納容器の概略断面図を第7-1図, 原子炉圧力容器内 部構造物の構造図を第7-2図に示す。

水平方向の解析モデルにおいては,原子炉圧力容器,原子炉遮蔽壁,原子 炉本体基礎は第7-3 図に示すような多質点モデルにてモデル化する。原子炉 圧力容器は原子炉圧力容器スタビライザと等価なばねで原子遮蔽壁と結ば れ,原子炉本体基礎と剛に結合される。原子炉本体基礎は,その下端におい て原子炉建屋基礎版上端と剛に結合され,さらにダイヤフラム・フロアの剛 性と等価なばねにより原子炉格納容器を介して原子炉建屋に支持される。

鉛直方向の解析モデルにおいても水平方向の解析モデルと同様に第7-4図 に示すような多質点モデルにてモデル化する。原子炉圧力容器は、原子炉本 体基礎と剛に結合される。原子炉本体基礎は、その下端において原子炉建屋 基礎版上端と剛に結合され、原子炉建屋に支持される。



第 7-1 図 原子炉建屋, <mark>原子炉</mark>格納容器 概略断面図



第7-2図 原子炉圧力容器内部構造物 構造図

4条一別紙5-88



第7-3 図 原子炉建屋-炉内構造物系連成 地震応答解析モデル(水平方向)



第7-4図 原子炉建屋-炉内構造物系連成 地震応答解析モデル(鉛直方向)

4条-別紙5-89

炉内構造物への極限解析による評価の適用について

1. 概要

既工認においては,炉内構造物として公式等を用いた評価を行っていたが, 今回工認では,機能限界を踏まえた許容限界をより現実的に示す観点で,J EAG4601,JSME設計・建設規格で定められた極限解析による評価(以 下「極限解析」という。)を採用する。極限解析については,規格基準に基づ く手法であり,また新規制基準での工認における高浜1,2号炉,美浜3号 炉で適用実績のある手法である。

- 2. 炉内構造物への極限解析の適用
  - (1) 規格基準における扱い及び炉内構造物への適用

JEAG4601, JSME設計・建設規格の炉心支持構造物に関する抜粋を 第8-1 図~第8-3 図に示す。極限解析は, JEAG4601, JSME設計・建 設規格において, 炉心支持構造物に適用可能な設計手法として規定されてい る。また, JEAG4601 において, 炉内構造物の許容応力は炉心支持構造物 の許容応力を準用することができることを定めている。整理結果を第8-1 表 に示す。

東海第二発電所の今回工認における炉内構造物の極限解析の適用に際して 炉心支持構造物の規定を準用することになるため、極限解析の具体的な評価 手法が規定されているJSME設計・建設規格の炉心支持構造物の規格に定 められた要求事項を満足することを確認する。

炉心支持構造物の規格要求事項に対して,極限解析を適用するスタンドパ イプの適合性確認に対する要求の整理結果を第 8-2 表に示す。材料及び完了 検査については建設時の記録から要求事項を満足していることを確認した。

4条-別紙5-90

設計に対する要求については、スタンドパイプは炉内にあり、地震時以外で は、圧力・温度差等による応力は有意なものではないため、満足すると考え られる。しかしながら、これを確認するため詳細設計段階にて設計に対する 要求を満足することを確認する。

また,評価範囲であるスタンドパイプとシュラウドヘッドの取付部の溶接 施工管理については炉心支持構造物と同様の施工管理を実施している。

規格基準	適用範囲	備考
J E A G 4601	炉心支持構造物	・炉内構造物は炉心支
	炉内構造物	持構造物を準用
		・具体的な手法として
		JSME設計・建設規格
		を読み込み(JEAG では
		告示 501 号を読み込み)

第8-1表 極限解析の規格基準における扱い

炉心支持構造物の規格に対するスタンドパイプの適合性確認整理結果 設計·建設規格 J SME 第 8-2 表

CSS-1000:一般要求事項

	名称 規格内容(概要) 炉内構造物として 「否」の理由 考慮に対する方針 の考慮の要否 「否」の理由 考慮に対する方針		<ul> <li>適用範囲を炉心支持構造</li> <li>物の材料,設計及び検査</li> <li>物の材料,設計及び検査</li> <li>要</li> <li>としている。</li> <li>確認する。</li> </ul>		清地と炉 境界は炉心支持構造物の う境界 外表面とする。 か表面とする。 アペッドとスタンド パイプであり、共に パイプであり、共に かんずごとろうし、共に たから炉心支持構造 物と炉内構造物の境 物と炉内構造物の境 アペンドとスタンド 「ペッドとスタンド したっドとスタンド 「ペッドとスタンド 「ペッドとスタンド 「ペッドとスタンド 「ペッドとスタンド 「ペッドとスタンド 「ペッドとスタンド 「ペッドとスタンド 「ペッドとスタンド 「ペッドとスタンド 「ペッドとスタンド 「ペッドとスタンド 「ペッドとスタンド 「ペッドとスタンド 「ペッドとスタンド 「ペッドとスタンド 「ペープであり、共に 「ペープであり、共に 「ペープであり、共に 「ペープであり、共に 「ペープであり、共に 「ペープであり、共に 「ペープであり、共に 「ペープであるこ 「ペープであるこ 「ペープであるこ 「ペープであるこ 「パープであるこ 「ペープであるこ 「パープでなる」	をしたした。 をしたる記号の定義を定 要 ー 記号の定義に従う。 めている。	CSS-3000 に規定する設     CSS-3000 に規定する設計       計 応力解析の応力分類     亜
く + +	規格名称 規格內容 ()	適用 – –	適用範囲 適用範囲 としている。	境界	炉心支持構造物と炉 境界は炉心支持 内構造物の境界 外表面とする。	記号の定義         使用する記号の           あている。	CSS-3000 に規定   応力分類 計. 応力解析の
	規格番号	CSS-1100	CSS-1110	CSS-1120	CSS-1121	CSS-1300	CSS-1400

規格番号	規格名称	規格内容(概要)	炉内構造物として の確認の要否	「否」の理由	確認結果
CSS-2100	炉心支持構造物に使 用可能な材料	I			
CSS-2110	炉心支持構造物に使 用可能な材料の規定	付録材料表 Part1 の炉心 支持構造物の規格に適合 する又はこれと同等以上 の化学成分及び機械的強 度を有するものを使用す ることを定めている。	承	I	使用材料は SUS304TP 相当 (ASME SA-312 Gr.TP304)であり、適合 している。
CSS-2120	材料の熱処理に関す る部分の特例規定	CSS-2120 の規定にかかわ らない熱処理に関する特 例規定を設けている。	史	特例規定を適用し ないため。	-
CSS-2130	機械試験に関する要 求事項	CSS-2110 及び CSS-2300 に 規定する試験を行う場合 は PVB-2200 及び 2300 の 規定を準用する。	Κī	本要求はフェライト系材料に対しての要求であり、使用材料である。一般用材料であるオーステナイであるオーステナイト系ステンレス鋼に対する要求はないため。	
CSS-2300	破壞靱性試験要求	—	—		
CSS-2310	破壊靭性不要となる 規定	使用する材料は破壊靱件 試験を行い、適合するに とを定めている。ただ し、形状、材料によって は破壊靭性試験を要しな い。	Κī	使用枯苓はオーメナ ナイト炎ステーメテ 圏であり、CSS-2310 に記載される破壊 を満たしているた め。	

CSS-2000: 炉心支持構造物に使用する材料

規格番号	規格名称	規格内容(概要)	炉内構造物として の確認の要否	甲敮の「彔」	確認結果
CSS-2320	破壊靭性試験におけ る試験片数と組数	破壊靭性試験における試 験片数と組数について定 めている。	Ŕ	CSS-2310を満足して おり、破壊靭性試験 を行わないため。	
CSS-2330	破壊靭性試験の方法 および判定基準	破壊靭性試験の方法及び 判定基準を定めている。	Ŕī	CSS-2310 を満足して おり,破壊靭性試験 を行わないため。	
CSS-2400	非破壞試驗要求		I	I	1
CSS-2410	各材料に適用する非 破壊試験	使用する材料は DNB-2411 に規定する非破壊試験を 実施し, CSS-2430 に合格 することを定めている。	瘷	I	PVB-2411 に規定する斜角法 による超音波探傷試験及び 浸透探傷試験を実施し, CSS-2430 に合格している。
CSS-2420	溶接による補修	CSS-2410 に規定に合格 し ないものに対して溶接に よる補修について定めて いる。	迅	CSS-2410 の試験に合格しており,溶接による補修を実施して よる補修を実施して いないため。	I
CSS-2430	非破壊試験の判定基 準	非破壊試験の判定基準を 定めている。	瘷	I	PVB-2422 に定められる超 音波探傷試験の判定基準 及び PVB-2426 に定められ る浸透探傷試験の判定基 準を満足している。
CSS-2500	溶接材料	—	-	—	
CSS-2510	溶接に用いる材料	溶接に用いる材料は,溶 接規格 N-1040 に適合する ことを定めている。	承	l	溶接に用いる材料は、母材と同等の強度を有する 材と同等の強度を有する ものを使用しており、溶 接規格 N-1040 に適合して いる。

4条-別紙5-94

要求事項に対する 対応方針	考慮すべき荷重をとして、冷却材による差圧,自重,地震荷重を設計に用いる。	(1)減肉は考慮しない (2)原則として公称寸法を 使用する。	-	I	各供用状態における一次 応力強さが規定を満足す ることを詳細設計段階で 確認する。	1
「否」の理由	I	I	Ι	I	I	プロトタイプまたは モデル試験による評価は適用しないた め。
炉内構造物として の確認の要否	承	承	-	I	更	Ŕī
規格內容(概要)	設計に考慮すべき荷重を考 慮することを定めている。	<ul> <li>(1)減肉が考えられる部材 は減肉を考慮すること。</li> <li>(2)応力評価は公称寸法を 使用してもよい。</li> <li>を定めている。</li> </ul>	-	I	設計条件及び各供用状態において生じる応力解析による一次応力評価は(1)~(4)の規定(一次一般膜応力強の規定(一次一般膜応力強さ等に対する制限)を満足すること。	CSS-3111 の応力評価の代わ りにプロトタイプまたはモ デル試験を実施する場合 は、最大荷重Leを求め, 実際の荷重が許容荷重値を 超えないこと。
規格名称	考慮すべき荷重	考慮すべき事項	材料の応力強さの限 界および許容応力	ボルト等締付部材以 外の応力評価	各供用状態における 一次応力評価	プロトタイプまたは モデル試験による評 価
規格番号	CSS-3010	CSS-3020	CSS-3100	CSS-3110	CSS-3111	CSS-3111.1

CSS-3000:炉心支持構造物の設計

要求事項に対する 対応方針	供用状態A, Bにおいて 生じる一次応力と二次応 力の最大値と最小値の荒 が規定を満足することを 詳袖設計段階で確認す る。	CSS-3130 を満足すること を詳細設計段階で確認す る。	<b>純せん断応力を生じる部</b> 分がないことを詳細設計 段階で確認する。	支圧応力を生じる部分が ないことを詳細設計段階 で確認する。		軸圧縮荷重が自重のみであり、軸圧縮応力が小さいことを詳細設計段階で確認する。	軸圧縮荷重が自重のみであり、軸圧縮応力が小さいことを詳細設計段階で確認する。	I	Ι
甲証の「显」	I	I	I	I	-	I	I	中空円断面であり, 中実円断面ではない ため。	ポルト等締結部材 はないため。
炉内構造物として の確認の要否	廒	承	庚	承	Ι	承	瘷	ᆚ	见
規格內容 (概要)	供用状態A及びBにおいて 生じる一次応力と二次応力 の応力強さのサイクルの最 大値と最小値の差は3Sm を超えないこと。	供用状態 A 及び B における 疲労累積係数は 1 を超えな いこと。	維せん断荷重を受ける部分に生じる平均せん断応力は許容値を満足すること。	支圧荷重を受ける部分に生じる平均支圧応力は許容値を満足すること。	_	軸方向に圧縮荷重を受ける 円筒形の胴に生じる圧縮応 力は許容値を満足すること。	軸方向に圧縮荷重を受ける 柱形の胴に生じる圧縮応力 は許容値を満足すること。	ねじり荷重を受ける中実円断面の形状に生じる圧縮応力は許容値を満足すること。	ボルト等の支持構造物につ いての各供用状態における 許容値を満足すること。
規格名称	供用状態A, Bにお ける一次+二次応力 評価	疲労評価(供用状態 A, B)	純せん断応力評価	支圧応力評価	軸圧縮応力の評価	軸方向に圧縮荷重を 受ける円筒形の胴の 圧縮応力の評価	軸方向に圧縮荷重を 受ける柱状の部材の 圧縮応力の評価	ねじりせん断応力の 評価	ポルト等締付部材の 応力評価
規格番号	CSS-3112	CSS-3113	CSS-3114	CSS-3115	CSS-3116	CSS-3116.1	CSS-3116.2	CSS-3117	CSS-3120

要求事項に対する 対応方針	疲労評価不要の各条件を 満足することを詳細設計 段階で確認する。	疲労解析には応力集中係 数を考慮する。	溶接方法の区分に応じた 継手効率を考慮する。	地震時以外は適用しな い。	I		I	Ι
甲証の「显」	I	I	I	I	I	各供用状態におい イ あおらにもらせ	い、191回の圧力とのか が外面の圧力より高 いため。	円筒形であり, 球形 でないため。また, 各供用状態におい て, 内面の圧力の方 が外面の圧力より高 いため。
炉内構造物として の確認の要否	承	承	駇	廒	l		КП	ᆚ
規格內容 (概要)	繰り返し荷重が(1)~(4)に 適合する場合は疲労解析を 行うことを要しない。	疲労解析に使用する疲労強 度低減係数または応力集中 係数について定めている。	溶接部の許容応力等に対し て継手効率を考慮すること を定めている。(CSS- 3111.1,3160,3113,3116.2 除く)	極限解析による評価につい て定めている。これを満足 する場合は CSS-3111 の規 定を満足しなくてよい,	I	外面に圧力を受ける炉心支 持構造物の胴の形状につい て定めている。	円筒形または円すい形の胴において外面に受ける圧力 対する許容値を定めてい る。	球形の胴において外面に受 ける圧力に対する許容値を 定めている。
規格名称	疲労解析不要の条件	疲労強度低減係数ま たは応力集中係数	溶接部継手劾率	極限解析による評価	外面に圧力を受ける 炉心支持構造物の評 価	外面に圧力を受ける 炉心支持構造物の形 状	円筒形または円すい 形の胴における許容 圧力(外圧)	球形の胴における許 容応力
規格番号	CSS-3130	CSS-3140	CSS-3150	CSS-3160	CSS-3200	CSS-3210	CSS-3220	CSS-3230

要求事項に対する 対応方針	I	CSS-3112 を満足すること を確認する。	Ι
甲敮の「彔」	強め輪は設けてい ないため。	I	クラッド構造では ないため。
炉内構造物として の確認の要否	КП	承	Κī
規格内容 (概要)	円筒形において外面に受ける圧力に対する許容値 を定めている。	CSS-3112 で一次+二次応 力強さが 3 S mを超えた 場合の規定を定めてい る。	クラッド構造の炉心支持 構造物の応力解析、疲労 評価への考慮について定 めている。
規格名称	外面に圧力を受ける円筒形の炉心支持構造物に強め離た数の参数	簡易弾塑性解析	クラッド構造の炉 心支持構造物に対 する強度評価上の 敗扱いについての 規定
規格番号	CSS-3240	CSS-3300	CSS-3400

CSS-5000:完了検査

確認結果	完成後,要求事項に従 い,外観検査,寸法検査 を行い,満足している。
「否」の理由	I
炉内構造物として の確認の要否	瘷
規格內容(概要)	設計仕様書に定めれらた 要求事項に従って、完了 検査を満足すること。
規格名称	炉心支持構造物の完 成検査
規格番号	CSS-5010



第8-1図 JEAG4601 炉心支持構造物と炉内構造物の分類に関する抜粋

# 2.5 炉心支持構造物の許容応力

## 2.5.1. 炉心支持構造物(ボルト等を除く)の許容応力

炉心支持構造物(ボルト等を除く)の許容応力を次に示す。

	応力分類		特	別な応力関	<b>艮</b> 界			
	許容 応力状態	1次一般膜応力	+1次曲げ応力	1次+2次応力	+ ピーク応力	純せん 断応力	支 匠 応 力	ねじり 応 力
	設計条件	(1) S m	(1) 左欄の1.5倍の値					
	IA			, 3 S <sup>(2)</sup>	(3) 運転状態 I 及び Ⅱにおける荷重 の組合せについ て疲わ解析を行	(4) 0.6 m	(1.5 S <sub>y</sub> )	(7) 0.8 S <sub>m</sub>
	II A		_	0.0 m	て返れ時初を行 い疲れ累積係数 が 1.0 以下であ ること。	$0.6  {\rm S}_{\rm m}^{(4)}$	$(1.5 S_{y}^{(5)})$	0.8 S <sub>m</sub> <sup>(7)</sup>
	ША	(1) 1.5 S m	<sup>(1)</sup> 左欄の1.5倍の値	$0.9 S_{m}^{(4)}$	(5) 1.5 S y (2.25 Sy)	$1.2  {\rm S}_{\rm m}^{(7)}$		
Image: WA (1)     2/3 S <sub>u</sub> o. ただし     (1)     (2/2 S y)       Image: WA (2/3 S <sub>u</sub> o. ただし     オーステナイト     (1)     (1)       Image: WA (2/3 S <sub>u</sub> o. ただし     左欄の1.5倍の値     -     -       A (2/3 S <sub>u</sub> o. ただし     2/3 S <sub>u</sub> o. ただし     (1)       2/3 S <sub>u</sub> o. ただし     2/3 S <sub>u</sub> o. ただし     (1)       2/3 S <sub>u</sub> o. ただし     (1)     -       2/3 S <sub>u</sub> o. ただし     (1)       2/3 S <sub>u</sub> o. ただし     (3)       3/3 S <sub>u</sub> o. ただし     (3)								(7) 1.6S m
	∎ <sub>A</sub> S	1.5 S m <sup>(1)</sup>	<sup>(1)</sup> 左欄の1.5倍の値			0.9 S <sub>m</sub>	(6) 1.5 S y (2.25 Sy)	1.2 S <sub>m</sub>
	IV <sub>A</sub> S	(1) 2/3 S <sub>u</sub> 。ただし オーステナイト 系ステンレス鋼 及び高ニッケル 合金については 2/3 S <sub>u</sub> と 2.4 S <sub>m</sub> の小さい方。	<sup>(1)</sup> 左欄の1.5倍の値		_	1.2 S m	2 S y (3 S y)	1.6 S m
*   	注:(1)	告示第96条第1 イ,Ⅲ <sub>A</sub> 及びⅢ	項第一号の崩壊石 ASについては同一	苛重の下限に基づ 号ロ,Ⅳ <sub>A</sub> 及びⅣ	く評価(ただし, S については同	設計条件 号ハの評	牛について 価) を適用	 は同号  する場
١.		<u>合は、この限り</u> 35 ち招きて	ではない。	ターニーニー	<b></b>	<b></b>		
	(2)	50m を起える 告示第96条第1	」こさは 日小 第913 項第三号を満たす	*の理空性解析を よときは、疲れ解	用いることかでき 析を行うことを	きる。 要しない。		
	(4)	告示第96条第1	項第一号へによる	<b>5</b> 0		0		
	(5)	告示第96条第1 が支圧 ちまの作	項第一号トによる	る。( )内の値 島への値	は支圧荷重の作用	用端から自	自由端まで	の距離
	(6)	()内の値は	, 支圧荷重の作用	あつの但 月端から自由端ま	での距離が支圧な	<b>奇重の作</b> 用	月幅より大	きい場
		合の値						

(7) 告示第96条第1項第一号リによる。

## る抜粋

第8-2図 JEAG4601 炉心支持構造物(ボルト等を除く)の許容値に関す

「応力の	一次		二次応力	19 2 24	
分類	一般膜応力	曲げ応力	膜応力と曲げ応力	ヒーク応力	特別な応力限界
状態	P <sub>m</sub>	Pb	Q	F	
設計条件	▶ P <sub>0</sub>	▼ P <sub>a</sub> +P <sub>b</sub> ↓ 1.5 算性 5 解析 または ↓ 2/3 解析 上 5 上 5 一 年 5 一 5 - 5 - 5 - 5 - 5 - - - - - - - - - - - - -	評価不要	評価不要	
供用状態A およびB	<b>↓</b>	L	▶ P <sub>n</sub> +P <sub>b</sub> +Q 3S <sub>n</sub> 弾性 解析 または	P <sub>x</sub> +P <sub>b</sub> +Q+F       Sa 疲労解析       P <sub>u</sub> +P <sub>b</sub> +Q+F       Sa 彈塑性解析	支圧荷重
供用状態C	Pn         確性           1.5         第解析           または         欠           なたは         解析           または         算法           したし         (注 1)           または         (注 1)           または         (注 1)           または         (注 1)	P <sub>n</sub> +P <sub>b</sub> 2.25 弾性 5 解析 または 極限 Pcr 解析 または L <sub>c</sub> (注 5)	評価不要	評価不要	供用状態 A および B の 1.5 倍
供用状態D	P <sub>1</sub> 注 2           2.45m         (注 2)           2/35m         弾性           第析         (注 4)           第たは         獨限            0.9 解析           または         高限            0.9 解析            0.9 解析            0.9 解析            0.1 解析           または         (注 1)           または         し。	Pn+Pb         注 2           3.65n         注 3           Su         弾性           解析         (注 4)           または         9 解析           または         0.9 解析           または         0.8 試験           し。         (注 5)	評価不要	評価不要	供用状態A およびB の 2 倍
·	<ul> <li>) 供用状態 D 以外 ある。供用状態</li> <li>荷重の下限であ</li> <li>荷重のうちのい</li> <li>オーステナイト</li> <li>オーステナイト</li> <li>〕 オースプロトタイ</li> <li>〕 実線は応力に基</li> </ul>	<ul> <li>の Pcr は 1.5 Sm</li> <li>D の Pcr は MIN[2</li> <li>う。</li> <li>ずれか小さい方の</li> <li>系ステンレス鋼ま</li> <li>プまたはモデル語</li> <li>づく評価、破線に</li> </ul>	の値を降伏点とし ?. 3S <sub>m</sub> 0. 7Su]の値 し値をとる。 らよび高ニッケル さよび高ニッケル 試験により評価を は荷重に基づく評	レて計算した崩壊 直を降伏点として 合金に適用する。 合金以外の材料に 行う場合の最大荷 価を示す。	└───── 荷重の下限で 計算した崩壊 ────── 適用する。 運である。

#### 表 CSS-3110-1 応力強さの限界(ボルト等を除く)

第8-3 図 JSME 設計・建設規格 炉心支持構造物(ボルト等を除く)の許

容値に関する抜粋

05

(2) 極限解析による評価

極限解析は、3次元FEMモデルを用いて、弾完全塑性体の物性値を入力 した解析により崩壊荷重の下限を求め、求めた崩壊荷重の下限から許容荷重 設定するものである。極限解析フローを第8-4図に示す。



第8-4図 極限解析フロー

① 解析モデルの作成

気水分離器及びスタンドパイプは,第8-5 図に示すとおり,シュラウド ヘッド穴部に差し込まれ内外面を溶接にて取り付けている。気水分離器に 作用する地震時の荷重は,スタンドパイプを介してシュラウドヘッドへ伝 達される構造となっている。各スタンドパイプは同一断面形状で曲げ剛性 は等しいこと,及び補強板で連結されていることから,各スタンドパイプ の地震時の応答変位は等しくなるため,解析においては,1本のスタンド パイプに着目してソリッド要素にてモデル化することとする。モデル図を 第8-6 図に示す。

また,解析モデルはスタンドパイプがシュラウドヘッドに対して平面に 4条-別紙5-102



取り付く中央位置及び斜めに取り付く最外周位置の2種類のモデルとする。

第8-5図 炉内構造物(気水分離器及びスタンドパイプ)構造概要図(1/2)



D部詳細図

第8-5図 炉内構造物(気水分離器及びスタンドパイプ)構造概要図(2/2)



第8-6図 極限解析に用いる解析モデル概要図(中央位置)

境界条件及び物性値

解析モデルの境界条件を第8-7図に示す。境界条件として、モデル化し たシュラウドヘッドの端部を完全固定としている。



第8-7図 解析モデルの境界条件

解析モデルの物性値は,許容応力状態IV<sub>A</sub>S における許容荷重を求める際 には,JSME設計・建設規格 CSS-3160 に規定されているとおり,2.3Sm と 0.7Su の小さい方を材料の降伏点とした弾完全塑性体を入力する(第 8-8 図 参照)。なお,許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>S における許容荷重を求める際には, 同じく,1.5Sm を材料の降伏点とした弾完全塑性体を入力する。また,シ ュラウドヘッドとスタンドパイプは溶接にて取り付けられており,溶接部 は母材と同等の強度を有しているため,物性値は母材と同じとしている。



第8-8図 弾完全塑性体として応力とひずみの関係

4条-別紙5-106

 ③ 荷重の負荷

第8-9 図に示すように,スタンドパイプ上部端面に荷重を負荷すること により,スタンドパイプの変位(上端部中心位置)を求める。また,地震 と組み合わせる荷重として,自重による荷重及びスタンドパイプ内外の圧 力差による応力を初期荷重として入力している。

スタンドパイプ上部端面に負荷する荷重はS<sub>s</sub>地震動及びS<sub>d</sub>地震動の 地震応答解析にて得られたスタンドパイプ取付部の地震荷重をスタンドパ イプの総本数(225本)で除して,1本当たりに発生する地震荷重(鉛直荷 重,水平荷重,モーメント)を算出し,上部端面に負荷することで取付部 に発生する荷重(モーメント)を除いた荷重を倍率して付与することで, 荷重出力位置での各荷重が地震荷重に同じ倍率付与したものと等しくなる ようにする。

また,地震応答解析にて得られた地震荷重を1本当たりの平均地震荷重 による荷重を負荷しているが,補強板の影響及び各スタンドパイプ長さが 異なることの影響から各スタンドパイプ取付部での最大荷重負荷が平均地 震荷重より大きくなる場合には,それを反映した入力荷重とすることとす る(別紙1)。



入力荷重と出力荷重の関係

入力荷重成分		S s 地震時	
鉛直荷重	$F_{Z(IN)}$	-1819.26[N]	
水平荷重	$F_{\rm Y(IN)}$	10251.9[N]	
モーメント	$M_{X(IN)}$ **	$-1.91312 \times 10^{7} [N \cdot mm]$	

S<sub>s</sub>地震時の1本に対する入力荷重(倍率1.0倍)

※スタンドパイプ取付部に地震荷重(モーメント)M<sub>MX</sub>を発生させるため,水 平荷重F<sub>Y</sub>によってスタンドパイプ取付部に発生するモーメント(F<sub>Y</sub>・L)を 地震荷重から除いた値としている。

入力荷重と出力荷重の関係

 $\mid$  M<sub>X (OUT)</sub>  $\mid$  =  $\mid$  M<sub>X (IN)</sub>  $\mid$  +  $\mid$  F<sub>Y</sub> · L  $\mid$  =  $\mid$  M<sub>MX</sub>  $\mid$ 

M<sub>MX</sub> : 地震応答解析にて得られて1本当たりの地震荷重(モーメント)
 M<sub>X (OUT)</sub> : 出力荷重(モーメント)

F<sub>Y</sub>・L:取付部までの距離(L)により取付部に発生する荷重(モーメント)

S。地展時の1本に対する山刀何重(旧平1.0位		
出力荷重成分		S s 地震時
鉛直荷重	F Z (OUT)	-1819.26[N]
水平荷重	F Y (OUT)	10251.9[N]
モーメント	M <sub>X</sub> (OUT)	$-2.93831 \times 10^{7} [N \cdot mm]$

S<sub>s</sub>地震時の1本に対する出力荷重(倍率1.0倍)

第8-9図 荷重の負荷

4条-別紙5-108

④ 荷重変位曲線の作成

上端部に入力した負荷荷重からFEM解析により最大荷重点(スタンド パイプ付け根部)を求める。その後,負荷荷重の倍率を増加して荷重を負 荷し,その時の最大荷重と変位(上端部中心位置)をプロットし,荷重-変位曲線を作成する(第8-10図参照)。

なお,荷重-変位曲線の荷重は入力したS<sub>s</sub>地震荷重又はS<sub>d</sub>地震荷重で 除した各地震荷重に対する荷重倍率で示す。



第8-10図 荷重変位曲線の作成(S<sub>s</sub>地震時,中心位置の場合)

⑤ 崩壊荷重の下限 (Pcr) の算定

④にて作成した荷重変位曲線を基に崩壊荷重の下限(Pcr)を算定する。
 S<sub>s</sub>地震時及びS<sub>d</sub>地震時の崩壊荷重の下限(Pcr)の算定結果を第 8-11
 図に示す。

ここで、崩壊荷重の下限は、JSME設計・建設規格CSS-3160から「荷 重とそれによる変形量の関係直線に対して、弾性範囲の関係曲線の勾配の 2倍の勾配を有する直線が交わる点に相当する荷重」と定義されている(第 8-12 図参照)。崩壊荷重とは、ひずみ硬化を含まない理想的な弾完全塑性 体の材料からなる構造物が荷重を受けて、全断面降伏又は座屈限界に達し、 これ以上の荷重を加えると構造物が不安定になって変形が際限なく増加す るときの荷重をいう。

今回の極限解析では最大荷重点である付け根部に局所応力の影響を受け ないようシュラウドヘッドからの距離を十分に取る観点から,スタンドパ イプ長さを1000 mmとし,荷重を負荷し,その位置での変位を変位出力位 置としている。スタンドパイプ長さを変化させた場合,最大荷重点である 付け根部に発生する荷重は上端面からの入力荷重にスタンドパイプ長さが 変わることで生じる水平荷重によるモーメントの影響を考慮していること から変化しない。また,スタンドパイプ長さを変化させた場合,上部端面 に入力する荷重(モーメント)は長さが変わることで水平荷重によるモー メントを考慮するため変化するが,変位出力位置が変わらなければ,変位 出力位置での荷重は同じであるため,変位挙動は同じとなる(第8-13 図参 照)。このため,スタンドパイプ長さを変化しても,崩壊荷重の下限(Pcr) は同じとなる。

崩壊荷重の下限(Pcr)での応力・ひずみ分布図を第8-14図に示す。ス タンドパイプとシュラウドヘッドの付根部に最大応力・ひずみが発生し,

4条一別紙5-110

約7%の相当塑性ひずみが断面内の極一部で発生しているが、断面及び平面 全体としては塑性域が広がっておらず、塑性崩壊は起きていない。

また,スタンドパイプの材料であるオーステナイト系ステンレス鋼は延 性材料であり,材料の伸びの規格値は34%である。今回の最大ひずみが生 じている箇所は溶接部であるが,これに比べても十分に小さい。極限解析 は,規格に基づき弾完全塑性体としてモデル化し評価を実施しているため, 本評価体系においても保守性を有している。以上から局所的に生じている 約7%相当のひずみにより崩壊は至らないものと考える。

シュラウドヘッドに差し込まれたスタンドパイプとシュラウドヘッドと の間の変位は微小であり,スタンドパイプとシュラウドヘッドが接触して いないことを確認している。これは,シュラウドヘッドに差し込まれたス タンドパイプは両端を溶接で固定することで,変位が微小になったものと 考える。



注: S s 地震荷重の許容値は 0.9 · Pcr であるため,裕度は 1.53 である。



S d 地震時の荷重-変位曲線(中心位置) 注: S d 地震荷重の許容値は Pcr である ため,裕度は同じである。

第8-11図 Ss地震時及びSd地震時の崩壊荷重の下限の算定結果

4条一別紙5-112



第8-12図 崩壊荷重の下限 (Pcr) の定義



第8-13図 スタンドパイプ長さを変化させた場合の影響(概略図)



# 応力分布図

第8-14図 崩壊荷重の下限 (Pcr) での応力・ひずみ分布図 (1/5)



応力分布図(平面図)最大ひずみ発生位置高さ



応力分布図(平面図)(隅肉溶接上端を含む位置)

第8-14図 崩壊荷重の下限 (Pcr) での応力・ひずみ分布図 (2/5)



180°位置

0°位置

断面図

ひずみ分布図

第8-14図 崩壊荷重の下限 (Pcr) での応力・ひずみ分布図 (3/5)



270°位置

90°位置

第8-14図 崩壊荷重の下限 (Pcr) での応力・ひずみ分布図 (4/5)





ひずみ分布図(平面図)隅肉溶接上端を含む位置

第8-14図 崩壊荷重の下限 (Pcr) での応力・ひずみ分布図 (5/5)

(3) 極限解析に対する試験による確認

スタンドパイプにおける今回工認の申請は,極限解析を用いてスタンドパ イプ部の有する耐力が地震荷重以上であることを確認することで,地震時に おける健全性を評価する。極限解析は,これまでの工認での適用例としてP WRの炉内構造物での適用実績はあるが,第8-3表に示すように,適用範囲 及び解析手法は同じであるものの,適用部位が異なる。なお,先行PWRと 同様に東海第二発電所のスタンドパイプへの極限解析の結果が保守性を有す ることを補足的に確認する観点から,縮尺の試験体を用いた試験を行う。

	先行PWR	東海第二
適用範囲	炉内構造物	同左
適用部位	ラジアルサポート	スタンドパイプ
適用規格	JSME設計・建設規格	同左
	CSS-3160	
解析手法	3 次元FEMによる	同左
	弹塑性解析	

第8-3表 先行実績と東海第二との比較
3. 試験による検証について

(1) 試験目的

試験は、スタンドパイプとシュラウドヘッド部を模擬した縮小試験体に荷 重(モーメント)を作用させる試験を実施し、スケール則を考慮してスタン ドパイプが負担することができる最大の荷重(以下,「限界荷重」という。) を求める。

試験にて得られた限界荷重が極限解析にて得られた崩壊荷重の下限(Pcr) より大きいことを確認することで、極限解析の保守性を確認する。

(2) 試験体

地震による荷重は鉛直荷重,水平荷重及びモーメントが発生するが,モー メントが支配的な荷重であるため,モーメントを負荷できる試験体とする。

試験体は、スタンドパイプの構造を模擬した縮小モデルとし、試験体のサ イズは、試験機が具備する恒温槽の寸法制限を考慮して、外径及びスタンド パイプ板厚で1/3 スケールとする。試験体の材料は実機と同等のものを使 用する。試験体の仕様を第8-4表に示す。また、試験体の概略図を第8-15 図 に、試験装置の概略図を第8-16 図に示す。試験体は、試験装置の荷重負荷を 考慮して、シュラウドヘッドを模擬した鋼板に2本のスタンドパイプを模擬 した管を溶接にて取付け、下側のスタンドパイプを試験機に固定し、上側の スタンドパイプを上方へ引っ張ることにより、スタンドパイプ付根にモーメ ントを作用させる。

なお、シュラウドヘッドは固定しておらず、また、シュラウドヘッドは試 験結果への影響が軽微と考え、厚い平板で模擬している。

(3) 試験方法

試験は,恒温槽を具備した試験機に試験体を取り付け,301℃(運転状態I, IIの最高温度)の高温状態にて,試験体に上方へ荷重を負荷しながら変位を

4条一別紙5-120

計測することにより行う。なお,変位については2本のスタンドパイプの変 位であることから,変位に1/2を乗ずることにより1本のスタンドパイプの 変位とする。

(4) 試験結果の評価

試験により求められた荷重-変位曲線から,スケール則を考慮して実寸法 における荷重-変位曲線を作成し,極限解析結果と比較評価する。スケール 則は荷重(モーメント)に対して塑性断面係数の比を乗じ,変位に対しては 長さ及び断面二次モーメントを考慮して求めた弾性状態での変位比を乗ずる ことにより,実機寸法における曲線を作成する。

本試験は限界荷重が極限解析にて得られた崩壊荷重の下限(Pcr)より大き いことを確認するものであり,試験での崩壊荷重を塑性断面係数の比を乗じ て実機寸法における崩壊荷重(限界荷重)を算出することで,荷重の比較は 可能であると考える。

項目			試験体仕様	実機仕様
スタンドパイプ		プ		
	寸法	外径	56.10 mm	168.3 mm
			(1/3 スケール)	
		板厚	2.37 mm	7.11 mm
			(1/3 スケール)	
	材料		SUS304TP	SUS304TP 相当
				(ASME SA-312 Gr. TP304)
シ <u>ュラウドヘッド</u> 鏡板		ッド鏡板		
	寸法	板厚	32 mm	50.8 mm
	材料		SUS304	SUS304 相当
				(ASME SA-240 TYPE304)
変位測定位置			鏡板表面から148 mm	鏡板表面から1000 mm
				(極限解析の変位出力位
				置)

第8-4表 縮小モデル試験体の仕様

平面図



断面図

第8-15図 試験体の概略図



第8-16図 試験装置の概略図

4条一別紙5-123

スタンドパイプの長さが異なること等の影響について

極限解析での負荷荷重は,225本のスタンドパイプを1本とした建屋機器 連成モデルでの地震応答解析にて得られた地震荷重をスタンドパイプ総本数 (225本)にて除した1本あたりの平均地震荷重を入力しているが,実際の スタンドパイプはシュラウドヘッドに取り付けられており,設置位置により スタンドパイプの長さが異なること及び小補強板並びに大補強板で連結され ることにより各スタンドパイプが受け持つ地震荷重(モーメント)は異なる と考えられる。

また,地震応答解析でスタンドパイプを1本として算出したスタンドパイ プ全体のモーメントと比較して,実際に発生するモーメントは,補強板で連 結されることにより変形挙動が同じになることで軸方向に変位が生じ,これ により発生する軸方向荷重によるモーメント分だけ低下すると考えられる (別図1参照)。

これらを踏まえて、建屋機器連成モデルから得られた荷重に対して、225 本のスタンドパイプをはり要素にモデル化し、解析を行うことで、各スタン ドパイプに発生する地震荷重を算出する。各スタンドパイプの荷重の算出に ついては、補強板等を考慮したスタンドパイプ 225 本とシュラウドヘッドを はり要素及びシェル要素でモデル化し、建屋機器地震応答解析から得られた モーメントとのつり合いを考慮した静的解析を実施することにより、スタン ドパイプに発生する最大荷重を算出する。

また,スタンドパイプが受け持つ許容値(荷重)には1本のスタンドパイ プをソリッド要素にてモデル化したFEMを用いて極限解析を行い,許容荷 重が地震荷重を上回ることを確認することで,スタンドパイプの健全性を確 認する。現状の極限解析ではスタンドパイプ付け根部に平均地震荷重の倍率

4条一別紙5-124

を負荷することで崩壊荷重の下限(Pcr)を求めているが,はり要素にてモ デル化して得られたスタンドパイプに発生する最大荷重が平均地震荷重を上 回る場合には,最大荷重をスタンドパイプ付け根部に負荷し,極限解析を実 施する。



別図1 変位に伴い発生する荷重挙動の概略図