

大飯 3 号炉及び 4 号炉  
耐震設計の基本方針

平成 25 年 12 月

関西電力株式会社

## 目 次

I . 申請設備に係る耐震設計の基本方針 .....	1
1. 耐震設計の基本方針 .....	1
2. 耐震重要度分類 .....	2
2.1 耐震重要度分類の基本方針 .....	2
2.2 申請設備の耐震重要度分類 .....	5
3. 設計用地震力 .....	18
3.1 地震力算定の基本方針 .....	18
4. 荷重の組合せと許容限界 .....	20
4.1 基本方針 .....	20
5. 地震応答解析の方針 .....	25
II . 既設設備の耐震設計方針 .....	26
1. 建物・構築物 .....	26
1.1 耐震設計上の重要度分類 .....	26
1.2 構造計画 .....	27
1.3 設計用地震力 .....	28
1.4 荷重の組み合わせと許容限界 .....	30
1.5 評価方法 .....	32
2. 機器・配管系 .....	61
2.1 耐震設計上の重要度分類 .....	61
2.2 設計用地震力 .....	66
2.3 荷重の組み合わせと許容限界 .....	69
2.4. 評価方法 .....	97
3. 土木構造物 .....	113
3.1 耐震設計上の重要度分類 .....	113
3.2 設計用地震力 .....	114
3.3 荷重の組み合わせと許容限界 .....	116
3.4 評価方法 .....	117
4. S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 ....	124
5. 熊川断層と F0-A～F0-B 断層の連動を考慮した評価 .....	125

- 参考資料 1 既設の施設に対する耐震性評価の網羅性、代表性について
- 参考資料 2 3次元応答性状の影響および水平2方向の地震力による影響に関する検討方針
- 参考資料 3 S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

## I. 申請設備に係る耐震設計の基本方針

本章は、平成25年7月8日および8月5日に申請した大飯発電所3・4号機の工事計画認可の耐震設計の方針について説明したものである。

### 1. 耐震設計の基本方針

原子炉施設は、「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五号）」に適合するように、以下の要求を満たすものとする。

- (1) 原子炉施設は、地震力（設計基準対象施設については重要度に応じて定めるもの、重大事故等対処施設についてはその施設の区分に応じて定めるもの）が作用した場合においても、当該原子炉施設を十分に支持することができる地盤に設置する。
- (2) 設計基準対象施設は、地震によって生ずるおそれがある安全機能の喪失及びそれに起因する放射線による公衆への影響の程度に応じ、耐震設計上の重要度を、Sクラス、Bクラス、Cクラスに分類し、その重要度に応じた耐震性を有する構造とする。
- (3) 設計基準対象施設（津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備を除く）のうち、Sクラスに分類される施設は、基準地震動 $S_s$ による動的地震力に対して安全機能が保持できるようにするとともに、弾性設計用地震動 $S_d$ による動的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も耐えるようにする。

またSクラス施設は、下位クラスの波及的影響により、安全機能を損なうことのないようにする。

さらにSクラス施設は、熊川断層とF0-A～F0-B断層の連動を考慮した地震動についても評価を行う。

- (4) 設計基準対象施設は、その重要度に応じた地震層せん断力係数 $C_i$ に基づいた水平地震力に対して耐えるようにする。

また、Bクラスの機器・配管系のうち、共振するおそれのあるものについては影響を検討する。

- (5) 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 $S_s$ 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（津波防護機能、浸水防止機能及び津波監視機能をいう。）が保持できるようにする。
- (6) 重大事故等対処設備については、以下のとおり施設の区分に応じた耐震設計を行う。

常設耐震重要重大事故防止設備が設置される重大事故等対処施設については、基準地震動 $S_s$ による地震力に対して、重大事故に至るおそれがある事故に対処するために必要な機能が損なわれないようにする。

常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備が設置される重大事故等対処施設については、代替する機能を持つ設計基準事故対処設備に適用される地震力に十分耐えるようにする。

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については、基準地震動 $S_s$ による地震力に対して重大事故等に対処するために必要な機能が損なわれないようにする。

- (7) 原子炉施設に対し、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 $S_s$ 及び弾性設計用地震動 $S_d$ による動的地震力は、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が作用するものとする。
- (8) 原子炉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。

具体的には、「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の解釈」（平成25年6月28日原子力規制委員会）及び「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601・補-1984、JEAG4601-1987、JEAG4601-1991追補版」（日本電気協会）（以下、「JEAG4601」という）等に基づき、耐震設計を実施する。

なお、JEAG4601に記載されているAsクラスを含むAクラスの施設をSクラスの施設と、基準地震動 $S_2$ 、 $S_1$ をそれぞれ基準地震動 $S_s$ 、弾性設計用地震動 $S_d$ と読み替える。

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）（以下「設計・建設規格」という）に従うものとする。

## 2. 耐震重要度分類

### 2.1 耐震重要度分類の基本方針

#### (1) 設計基準対象施設の耐震重要度

設計基準対象施設の耐震重要度を次のように分類する。

##### a. 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。

- (a) 原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する機器・配管系
- (b) 使用済燃料を貯蔵するための施設
- (c) 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、及び原子炉の停止状態を維持するための施設
- (d) 原子炉停止後、炉心から崩壊熱を除去するための施設
- (e) 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
- (f) 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
- (g) 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、前項以外の施設
- (h) 津波防護機能を有する施設及び浸水防止機能を有する設備
- (i) 敷地における津波監視機能を有する施設

b. 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であり、次の施設を含む。

- (a) 原子炉冷却材圧力バウンダリに直接接続されていて、一次冷却材を内蔵しているか又は内蔵し得る施設
- (b) 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に小さいものは除く。)
- (c) 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
- (d) 使用済燃料を冷却するための施設
- (e) 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

c. 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) 重大事故等対処施設

重大事故等対処施設を以下のとおり分類する。

a. 常設重大事故防止設備

重大事故対処設備のうち、重大事故に至るおそれがある事故が発生した場合であって、設計基準事故対処設備の安全機能又は、使用済燃料ピットの冷却機能若しくは注水機能が喪失した場合において、その喪失した機能（重大事故に至るおそれがある事故に対処するために必要な機能に限る）を代替することにより重大事故の発生を防止する機能を有する設備であって常設のもの

b. 常設重大事故緩和設備

重大事故等対処設備のうち、重大事故が発生した場合において、当該重大事故の拡大を防止し、又はその影響を緩和するための機能を有する設備であって常設のもの

c. 可搬型重大事故等対処設備

重大事故等対処設備であって可搬型のもの

2.2 申請設備の耐震重要度分類

設備名称	区分	耐震重要度分類 又は 設備分類	備考
<p>1. 核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・使用済燃料ピット温度計</li> <li>・使用済燃料ピット水位計</li> <li>・消防ポンプ</li> <li>・可搬式代替低圧注水ポンプ</li> <li>・仮設組立式水槽</li> <li>・消防ポンプ用主配管（ホース）</li> <li>・可搬式代替低圧注水ポンプ用主配管</li> <li>・スプレイヘッド（SFPスプレイ用）用主配管</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>設計基準対象施設</li> <li>重大事故等対処施設</li> <li>設計基準対象施設</li> <li>重大事故等対処施設</li> <li>重大事故等対処施設</li> <li>重大事故等対処施設</li> <li>重大事故等対処施設</li> <li>重大事故等対処施設</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・Cクラス</li> <li>・常設重大事故防止設備</li> <li>・Cクラス</li> <li>・常設重大事故防止設備</li> <li>・可搬型重大事故等対処設備</li> <li>・可搬型重大事故等対処設備</li> <li>・可搬型重大事故等対処設備</li> <li>・可搬型重大事故等対処設備</li> <li>・可搬型重大事故等対処設備</li> <li>・常設重大事故防止設備 ・常設重大事故緩和設備 ・可搬型重大事故等対処設備</li> <li>・可搬型重大事故等対処設備</li> </ul>	



設備名称	区分	耐震重要度分類 又は 設備分類	備考
1. 核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設 ・燃料取替チャンネル  ・使用済燃料ピット  ・燃料取替用水ポンプ  ・燃料取替用水ピットから燃料取替チャンネル及び使用済燃料ピットへの補給用主配管	設計基準対象施設  重大事故等対処施設  設計基準対象施設  重大事故等対処施設  設計基準対象施設  重大事故等対処施設  設計基準対象施設  重大事故等対処施設	・Bクラス  ・常設重大事故防止設備 ・常設重大事故緩和設備 ・Sクラス  ・常設重大事故防止設備 ・常設重大事故緩和設備 ・Sクラス  ・常設重大事故防止設備 ・常設重大事故緩和設備 ・S、Bクラス  ・常設重大事故防止設備 ・常設重大事故緩和設備	

設備名称	区分	耐震重要度分類 又は 設備分類	備考
2. 原子炉冷却系統施設  ・恒設代替低圧注水ポンプ  ・恒設代替低圧注水ポンプ用主配管  ・大容量ポンプ  ・窒素ポンベ（原子炉補機冷却水サージタンク加圧用）  ・大容量ポンプ用配管（ホース）  ・原子炉補機冷却水サージタンク用主配管のうち、窒素ポンベ～既設配管	重大事故等 対処施設  重大事故等 対処施設  重大事故等 対処施設  重大事故等 対処施設  重大事故等 対処施設	・常設重大事故防止設備 ・常設重大事故緩和設備  ・常設重大事故防止設備 ・常設重大事故緩和設備 ・可搬型重大事故等 対処設備 ・可搬型重大事故等 対処設備  ・可搬型重大事故等 対処設備  ・可搬型重大事故等 対処設備	

設備名称	区分	耐震重要度分類 又は 設備分類	備 考
2. 原子炉冷却系統施設  ・主蒸気逃がし弁  ・主蒸気逃がし用主配管  ・余熱除去ポンプ入口 隔離弁  ・余熱除去ポンプ入口 用主配管  ・代替再循環用主配管  ・原子炉補機冷却水冷却器  ・原子炉補機冷却水ポンプ	設計基準 対象施設  重大事故等 対処施設  設計基準 対象施設  重大事故等 対処施設  設計基準 対象施設  設計基準 対象施設  設計基準 対象施設  重大事故等 対処施設  設計基準 対象施設  重大事故等 対処施設	・Sクラス  ・常設重大事故防止設備  ・Sクラス  ・常設重大事故防止設備  ・Sクラス  ・Sクラス  ・Sクラス  ・常設重大事故防止設備 ・常設重大事故緩和設備 ・Sクラス  ・常設重大事故防止設備  ・Sクラス  ・常設重大事故防止設備	

設備名称	区分	耐震重要度分類 又は 設備分類	備 考
2. 原子炉冷却系統施設  ・海水ポンプ  ・原子炉補機冷却水サージタンク  ・海水ストレーナ  ・海水用主配管  ・格納容器再循環ユニット用主配管  ・原子炉補機冷却水サージタンク加圧用主配管	設計基準対象施設  重大事故等対処施設  設計基準対象施設  重大事故等対処施設  設計基準対象施設  重大事故等対処施設  設計基準対象施設  重大事故等対処施設  設計基準対象施設  重大事故等対処施設	・Sクラス  ・常設重大事故防止設備  ・Sクラス  ・常設重大事故防止設備  ・Sクラス  ・常設重大事故防止設備 ・常設重大事故緩和設備 ・Sクラス  ・常設重大事故防止設備 ・常設重大事故緩和設備 ・Cクラス  ・常設重大事故防止設備 ・常設重大事故緩和設備  ・Cクラス  ・常設重大事故防止設備	

設備名称	区分	耐震重要度分類 又は 設備分類	備 考
2. 原子炉冷却系統施設  ・タービン動補助給水ポンプ  ・電動補助給水ポンプ  ・復水ピット  ・補助給水用主配管  ・駆動蒸気用主配管	設計基準 対象施設  重大事故等 対処施設  設計基準 対象施設  重大事故等 対処施設  設計基準 対象施設  重大事故等 対処施設  設計基準 対象施設  重大事故等 対処施設  設計基準 対象施設  重大事故等 対処施設	・Sクラス  ・常設重大事故防止設 備  ・Sクラス  ・常設重大事故防止設 備  ・Sクラス  ・常設重大事故防止設 備  ・Sクラス  ・常設重大事故防止設 備  ・Sクラス  ・常設重大事故防止設 備	

設備名称	区分	耐震重要度分類 又は 設備分類	備 考
3. 計測制御系統施設  ・ A T W S 設備  ・ アニュラス内水素濃度計測装置  ・ 可搬式空気圧縮機（加圧器逃がし弁作動用）  ・ 窒素ポンベ（加圧器逃がし弁作動用）  ・ 代替制御用空気供給設備のうち、圧縮機・ポンベ～既設配管	重大事故等 対処施設  重大事故等 対処施設  重大事故等 対処施設  重大事故等 対処施設  重大事故等 対処施設	・常設重大事故防止設備  ・常設重大事故緩和設備  ・可搬型重大事故等 対処設備  ・可搬型重大事故等 対処設備  ・常設重大事故緩和設備	

設備名称	区分	耐震重要度分類 又は 設備分類	備 考
3. 計測制御系統施設 ・ 炉心出口温度計  ・ 原子炉格納容器内温度計  ・ ガス分析計  ・ 蒸気発生器水位計 (広域)  ・ 格納容器スプレイ積算流量計  ・ 格納容器再循環サンプル水位計 (広域)  ・ 代替制御用空気供給用主配管	設計基準対象施設  重大事故等対処施設  設計基準対象施設  重大事故等対処施設  設計基準対象施設  重大事故等対処施設  設計基準対象施設  重大事故等対処施設  設計基準対象施設  重大事故等対処施設  設計基準対象施設  重大事故等対処施設	・ Cクラス  ・ 常設重大事故防止設備 ・ 常設重大事故緩和設備 ・ Cクラス  ・ 常設重大事故緩和設備  ・ Cクラス  ・ 常設重大事故緩和設備  ・ Sクラス  ・ 常設重大事故防止設備  ・ Cクラス  ・ 常設重大事故防止設備 ・ 常設重大事故緩和設備 ・ Sクラス  ・ 常設重大事故防止設備 ・ 常設重大事故緩和設備 ・ Cクラス  ・ 常設重大事故緩和設備	

設備名称	区分	耐震重要度分類 又は 設備分類	備考
<p>4. 放射線管理施設</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・可搬型空間線量率測定器（エリアモニタ）</li> <li>・格納容器内高レンジエリアモニタ（高レンジ）</li> <li>・遮蔽壁</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>重大事故等対処施設</li> <li>設計基準対象施設</li> <li>重大事故等対処施設</li> <li>設計基準対象施設</li> <li>重大事故等対処施設</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・可搬型重大事故等対処設備</li> <li>・Sクラス</li> <li>・常設重大事故防止設備</li> <li>・常設重大事故緩和設備</li> <li>・Sクラス</li> <li>・常設重大事故緩和設備</li> </ul>	
<p>5. 原子炉格納施設</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・格納容器再循環ユニット用主配管（再循環ユニットへ海水を注入するライン）</li> <li>・静的触媒式水素再結合装置</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>重大事故等対処施設</li> <li>重大事故等対処施設</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・常設重大事故防止設備</li> <li>・常設重大事故緩和設備</li> <li>・常設重大事故緩和設備</li> </ul>	



設備名称	区分	耐震重要度分類 又は 設備分類	備 考
5. 原子炉格納施設			
・格納容器貫通部	設計基準 対象施設	・Sクラス	
	重大事故等 対処施設	・常設重大事故防止設 備 ・常設重大事故緩和設 備	
・格納容器スプレイ冷 却器	設計基準 対象施設	・Sクラス	
	重大事故等 対処施設	・常設重大事故防止設 備	
・格納容器スプレイボ ンプ	設計基準 対象施設	・Sクラス	
	重大事故等 対処施設	・常設重大事故防止設 備	
・代替再循環用主配管	設計基準 対象施設	・Sクラス	
	重大事故等 対処施設	・常設重大事故防止設 備 ・常設重大事故緩和設 備	
・代替低圧注水用主配 管	重大事故等 対処施設	・常設重大事故防止設 備 ・常設重大事故緩和設 備	
・格納容器再循環ユニ ット	設計基準 対象施設	・Cクラス	
	重大事故等 対処施設	・常設重大事故防止設 備 ・常設重大事故緩和設 備	

設備名称	区分	耐震重要度分類 又は 設備分類	備考
5. 原子炉格納施設  ・アニュラス空気浄化系ダクト  ・格納容器再循環ユニットダクト	設計基準対象施設  重大事故等対処施設 設計基準対象施設  重大事故等対処施設	・Sクラス  ・常設重大事故緩和設備 ・Cクラス  ・常設重大事故防止設備 ・常設重大事故緩和設備	

設備名称	区分	耐震重要度分類 又は 設備分類	備考
<p>6. その他発電用原子炉の附属施設</p> <p>(1) 非常用電源設備</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・空冷式非常用発電装置</li> <li>・電源車</li> <li>・電源車（代替指揮所用）</li> <li>・電源車（可搬式代替低圧注水ポンプ電源用）</li> <li>・電源車（恒設代替低圧注水ポンプ電源用）</li> <li>・可搬式ガス分析計用小型発電機</li> <li>・可搬型バッテリー（加圧器逃がし弁用）</li> <li>・可搬型バッテリー（タービン動補助給水ポンプ用）</li> <li>・燃料油貯蔵タンク</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>重大事故等対処施設</li> <li>重大事故等対処施設</li> <li>重大事故等対処施設</li> <li>重大事故等対処施設</li> <li>重大事故等対処施設</li> <li>重大事故等対処施設</li> <li>重大事故等対処施設</li> <li>設計基準対象施設</li> <li>重大事故等対処施設</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・常設重大事故防止設備</li> <li>・常設重大事故緩和設備</li> <li>・可搬型重大事故等対処設備</li> <li>・可搬型重大事故等対処設備</li> <li>・可搬型重大事故等対処設備</li> <li>・可搬型重大事故等対処設備</li> <li>・可搬型重大事故等対処設備</li> <li>・可搬型重大事故等対処設備</li> <li>・可搬型重大事故等対処設備</li> <li>・Sクラス</li> <li>・常設重大事故防止設備</li> <li>・常設重大事故緩和設備</li> </ul>	

設備名称	区分	耐震重要度分類 又は 設備分類	備 考
<p>6. その他発電用原子炉の付属施設</p> <p>(2) 補機駆動用燃料設備</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ガソリン用ドラム缶</li> </ul> <p>(3) 火災防護設備</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・外壁（火災区域構造物）</li> <li>・内壁（火災区画構造物）</li> <li>・電動消火ポンプ</li> <li>・ディーゼル消火ポンプ</li> <li>・消火設備主配管</li> </ul> <p>(4) 緊急時対策所</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・緊急時対策所</li> </ul>	<p>重大事故等 対処施設</p> <p>設計基準 対象施設</p> <p>設計基準 対象施設</p> <p>設計基準 対象施設</p> <p>設計基準 対象施設</p> <p>設計基準 対象施設</p> <p>設計基準 対象施設</p> <p>設計基準 対象施設</p> <p>重大事故等 対処施設</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・可搬型重大事故等 対処設備</li> <li>・Cクラス</li> <li>・Cクラス</li> <li>・Cクラス</li> <li>・Cクラス</li> <li>・Cクラス</li> <li>・Cクラス</li> <li>・常設重大事故緩和設 備</li> </ul>	

### 3. 設計用地震力

#### 3.1 地震力算定の基本方針

地震力の算定は以下の方針に基づくものとする。

##### 3.1.1 設計基準対象施設

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、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 $C_i$ 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 $C_i$ 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 $C_i$ は、標準せん断力係数 $C_0$ を0.2以上とし、建物・構築物の振動特性及び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 $C_i$ に乘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、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 $C_0$ 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・構築物の振動特性及び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

各耐震クラスの地震力は、上記a.に示す地震層せん断力係数 $C_i$ 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。

上記a.及びb.の標準せん断力係数 $C_0$ 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。

###### c. 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。

## (2) 動的地震力

基準地震動 $S_s$ 及び弾性設計用地震動 $S_d$ による地震力は、基準地震動 $S_s$ 及び弾性設計用地震動 $S_d$ から定める入力地震動を入力として、地盤物性・建屋剛性等の不確かさ等に配慮し、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、建物・構築物と地盤との相互作用、埋め込み効果及び周辺地盤との非線形性について、必要に応じ考慮する。

なお、Bクラス施設のうち共振のおそれのあるものについては、上記Sクラスの施設に適用する弾性設計用地震動 $S_d$ から定める入力地震動の振幅を1/2にしたものを入力として、影響を検討する。

屋外重要土木構造物については、基準地震動 $S_s$ による地震力に対する安全機能の保持を確認する。

### 3.1.2 重大事故等対処施設

重大事故等対処施設に適用する地震力は3.1.1に定める地震力を準用し、その分類に応じて、以下の方法により適切に定めるものとする。

#### (1) 常設重大事故防止設備

常設重大事故防止設備は、代替する設備がSクラスの場合は基準地震動 $S_s$ による地震力、代替する設備がB、Cクラスの場合は、各クラスに適用される地震力を適用する。

#### (2) 常設重大事故緩和設備

常設重大事故緩和設備は、基準地震動 $S_s$ による地震力を適用する。

#### 4. 荷重の組合せと許容限界

##### 4.1 基本方針

###### (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

###### (a) 運転時の状態

原子炉施設が運転状態にあり、通常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) 事故時の状態

原子炉施設が事故時にある状態

###### (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

###### b. 機器・配管系

###### (a) 通常運転時の状態

原子力発電所の起動、停止、出力運転、高温待機及び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

原子炉の運転状態において、原子炉施設の寿命期間中に予想される機器の単一故障若しくは誤動作又は運転員の単一誤操作によって外乱が加えられた状態及びこれらと類似の頻度で発生し、原子炉施設の運転状態が計画されていない状態

###### (c) 事故時の状態

運転時の異常な過渡変化時の状態を超える異常な状態であって、発生する頻度はまれであるが、原子炉施設の安全性を評価する観点から想定される事故事象が発生した状態

###### c. 土木構造物

###### (a) 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

###### (2) 荷重の種類

###### a. 建物・構築物

(a) 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) 事故時の状態で施設に作用する荷重

(d) 地震力、風荷重

ただし、運転時及び事故時の荷重には、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

(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) 事故時の状態で施設に作用する荷重

(d) 地震力

c. 土木構造物

(a) 固定荷重、積載荷重、地下水圧、内水圧、土圧

(b) 地震力

(3) 荷重の組合せ

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

(a) Sクラスの建物・構築物

イ. 地震力と常時作用している荷重及び運転時（通常運転時、運転時の異常な過渡変化時）に施設に作用する荷重とを組み合わせる。

ロ. 常時作用している荷重及び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 $S_d$ による地震力又は静的地震力を組み合わせる。

(b) B、Cクラスの建物・構築物

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静的地震力又は弾性設計用地震動 $S_d$ に2分の1を乗じたもの(Bクラスの共振影響検討に係るもの)を組み合わせる。

b. 機器・配管系

(a) Sクラスの機器・配管系

イ. 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。

ロ. 運転時の異常な過渡変化時の状態及び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。

ハ. 運転時の異常な過渡変化時の状態及び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によって作用する荷重で、その作用が長時間続く一次



冷却材喪失事故時の荷重がある場合には、その荷重と弾性設計用地震動Sdによる地震力又は静的地震力とを組み合わせる。

なお、地震によって引き起こされるおそれがなく、かつ、その事象によって作用する荷重が短時間で終結する場合には地震力とは組み合わせない。

(b) B、Cクラスの機器・配管系

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静的地震力又は弾性設計用地震動Sdに2分の1を乗じたもの(Bクラスの共振影響検討に係るもの)を組み合わせる。

c. 土木構造物

(a) 地震力と常時作用している荷重とを組み合わせる。

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は、水平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) 上位の耐震クラスの施設を支持する建物・構築物及び屋外重要土木構造物の当該部分の支持機能を確認する場合には、支持される施設の耐震クラスに応じた地震力と、常時作用している荷重、運転時に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。

(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、及び設計・建設規格などの規格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. 設計基準対象施設（建物・構築物。但しd.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Sd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。

ロ. 基準地震動 $S_s$ 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十分変形能力（終局耐力時の変形）の余裕を有し、終局耐力に対して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、その変形又は歪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、模型実験結果等に加え、必要に応じ当該部分の構造特性を考慮した模型による実験を実施し、その結果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) 耐震クラス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、耐震クラスの異なる施設がそれを支持する建物・構築物の変形等に対して、その機能が損なわれないものとする。

(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重要度に応じた適切な安全余裕を有していることを確認する。

b. 設計基準対象施設（機器・配管系。但し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 $S_d$ 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

発生する応力に対して、応答が全体的におおむね弾性状態に留まるものとする。

ただし、一次冷却材喪失事故時の長時間作用する荷重との組み合わせに対しては、下記(a)ロ.に示す許容限界を適用する。

ロ. 基準地震動 $S_s$ 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、その量が微少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ものとする。

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 $S_s$ 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。

(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ように、降伏応力又はこれと同等の安全性を有する応力を許容限界とする。

(c) 燃料集合体

地震時に作用する荷重に対して、燃料体の一次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. 設計基準対象施設（土木構造物。但しd.に記載のものを除く）

(a) 屋外重要土木構造物

屋外重要土木構造物の限界変形や部材断面の破壊に対して、安全余裕をもたせることとする。

(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等が設置された建物・構築物

(a) 津波防護施設及び浸水防止設備等が設定された建物・構築物

当該施設及び建物・構築物が構造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）を保持することとする。

(b) 浸水防止設備及び津波監視設備

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）を保持することとする。

e. 重大事故等対処施設

(a) 常設重大事故防止設備

3.1.2(1)に定める地震力に対して、必要な機能が喪失しないことを確認する。

(b) 常設重大事故緩和設備

3.1.2(2)に定める地震力に対して、必要な機能が喪失しないことを確認する。

(c) 可搬型重大事故等対処設備

適切な保管がなされていることを確認する。

## 5. 地震応答解析の方針

地震応答解析は、設計用床応答曲線を用いるスペクトル・モーダル解析法若しくは時刻歴応答解析法による。設備の解析には、その構造・形状、振動特性及び支持方法に応じて、適切なモデルを用いる。応答解析に用いる減衰定数は下表のとおりとする。

対象設備	減衰定数(%)	
	水平方向	鉛直方向
溶接構造物	1.0	1.0
ボルト及びリベット構造物	2.0	2.0
ポンプ・ファン等の機械装置	1.0	1.0
電気盤	4.0 (自立閉鎖形電気盤以外 は1.0%)	1.0
燃料集合体	※1	1.0
制御棒駆動装置	5.0	1.0
空調用ダクト	2.5	2.5
クレーン	2.0	2.0
1次冷却設備	3.0	1.0
炉内計装引出管	2.5	2.5
蒸気発生器伝熱管	8.0(面外) 15.0(面内)	1.0
使用済燃料ラック	1.0	1.0
配管系	0.5～3.0	0.5～3.0
ケーブルトレイ	5.0	5.0

(本表に記載のない設備については、既往検討等に基づく適切な値を用いる。)

※1 振動試験結果に基づいて、設計用減衰定数は振幅依存性を持たせている。

## II. 既設設備の耐震設計方針

本章は、平成25年8月5日に申請した大飯発電所3・4号機の工事計画認可のうち、既に設置された発電用原子炉施設施設についての耐震設計方針を示したものである。

### 1. 建物・構築物

#### 1.1 耐震設計上の重要度分類

重要度分類 設備名称	S	B	C	摘要
1. 核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設 (1) 使用済燃料貯蔵設備  2. 原子炉冷却系統施設 (1) 燃料取替用水設備 (2) 蒸気タービンの附属設備  3. 放射線管理施設 (1) 生体遮蔽装置   4. 原子炉格納施設 (1) 原子炉格納容器  (2) アニュラス区画構造物 (3) 原子炉格納施設の基礎	<ul style="list-style-type: none"> <li>・使用済燃料ピット</li> <li>・燃料取替用水ピット</li> <li>・復水ピット</li> <li style="text-align: right;">(注1)</li> <li>・外部遮蔽</li> <li style="text-align: right;">(注2)</li> <li>・中央制御室遮蔽</li> <li style="text-align: right;">(注5)</li> <li>・原子炉格納容器本体(機器搬入口、エアロック含む)</li> <li style="text-align: right;">(注6)</li> <li>・アニュラス区画構造物</li> <li>・原子炉格納容器本体(底部)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li style="text-align: right;">(注3)</li> <li>・補助遮蔽</li> <li style="text-align: right;">(注4)</li> <li>・1次遮蔽</li> <li style="text-align: right;">(注4)</li> <li>・2次遮蔽</li> <li style="text-align: right;">(注4)</li> <li>・補助遮蔽(原子炉格納容器内)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・原子炉格納施設の基礎</li> </ul>	
(注1) 原子炉格納容器本体に含まれる (注2) 制御建屋の一部 (注3) 原子炉周辺建屋の一部、制御建屋の一部及び廃棄物処理建屋の一部 (注4) 内部コンクリートの一部 (注5) 底部は原子炉格納施設の基礎に含まれる (注6) 原子炉周辺建屋の一部				

## 1.2 構造計画

### 1.2.1 原則

- (1) 建物・構築物は原則として剛構造とする。
- (2) 原子炉格納施設等の重要な構築物の基礎は岩盤に支持させる。

### 1.2.2 構造概要

			構造概要
建物・構築物	原子炉格納施設	原子炉格納容器	原子炉格納容器は底部とプレストレストコンクリート造の円筒部及び半球ドーム部からなり、外部遮蔽としての機能も有している
		原子炉周辺建屋	原子炉周辺建屋は、使用済燃料ピット、燃料取替用水ピット、復水ピット、アニュラス区画構造物及び補助遮蔽等を有する
		内部コンクリート	内部コンクリートは1次遮蔽、2次遮蔽及び補助遮蔽等を有する
	制御建屋		制御建屋は、中央制御室遮蔽及び補助遮蔽等を有する
	廃棄物処理建屋		廃棄物処理建屋は、補助遮蔽等を有する

### 1.3 設計用地震力

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、次の震度に基づき算定する。

種別	重要度分類	水平	鉛直
建物・ 構築物	S	$3.0C_i$ <small>(注)</small>	0.240
	B	$1.5C_i$ <small>(注)</small>	—
	C	$1.0C_i$ <small>(注)</small>	—

(注)  $C_i$  : 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。

$$C_i = R_t A_i C_o$$

$R_t$  : 振動特性係数

$A_i$  :  $C_i$  の分布係数

$C_o$  : 標準せん断力係数 0.2

#### (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。

種別	重要度分類	入力地震動	
		水平地震動	鉛直地震動
建物・ 構築物	S	弾性設計用地震動 $S_d$	弾性設計用地震動 $S_d$
		基準地震動 $S_s$	基準地震動 $S_s$
	B	<small>(注)</small> 弾性設計用地震動 $S_d$ に 2分の1を乗じたもの $S_d/2$	<small>(注)</small> 弾性設計用地震動 $S_d$ に 2分の1を乗じたもの $S_d/2$

(注) 地震動に対して共振のおそれのある施設について適用する。

(3) 設計用地震力

種別	耐震クラス	設備	入力地震動等		設計用地震力	摘要
			水平	鉛直		
建物・構築物	S	原子炉格納容器 使用済燃料ピット 燃料取替用水ピット 復水ピット アニュラス区画構造物 中央制御室遮蔽	層せん断力係数 3.0 $C_i$	震度 0.24	設計用地震力は静的地震力と動的地震力のいずれか大きい方の値とする 鉛直地震力は、水平地震力と同時に不利な方向に作用するものとする	
			弾性設計用 地震動 $S_d$	弾性設計用 地震動 $S_d$		
			基準地震動 $S_s$	基準地震動 $S_s$		
	B	補助遮蔽 (原子炉周辺建屋の一部、制御建屋の一部) 1次遮蔽(内部コンクリートの一部) 2次遮蔽(内部コンクリートの一部) 補助遮蔽(原子炉格納容器内)(内部コンクリートの一部)	層せん断力係数 1.5 $C_i$	—	静的地震力とする	支持機能を確認する地震力
			基準地震動 $S_s$	基準地震動 $S_s$	設計用地震力は動的地震力とする。 鉛直地震力は、水平地震力と同時に不利な方向に作用するものとする	
			層せん断力係数 1.5 $C_i$	—	静的地震力とする	



## 1.4 荷重の組み合わせと許容限界

### (1) 地盤

	荷重の組合せ	許容支持力度 (t/m <sup>2</sup> )
原子炉格納容器、原子炉周辺建屋 及び内部コンクリート 制御建屋	G+P+K <sub>Sd</sub>	930
	G+P+K <sub>Ss</sub>	1400
廃棄物処理建屋	G+P+K <sub>B</sub>	930

G : 固定荷重

P : 積載荷重

K<sub>Sd</sub> : 弾性設計用地震動 Sd による地震力又は静的地震力

K<sub>Ss</sub> : 基準地震動 Ss による地震力

K<sub>B</sub> : 耐震 B クラスの設備に適用される静的地震力

### (2) 建物・構築物

#### a. 建物・構築物 (原子炉格納容器、使用済燃料ピット、燃料取替用水ピット、復水ピットを除く)

	荷重の 組合せ	許容限界
原子炉周辺建屋 制御建屋	G+P+K <sub>Sd</sub>	建築基準法に定める「短期許容応力度」とする
	G+P+K <sub>Ss</sub>	終局耐力に対して適切な安全余裕を持たせる
内部コンクリート	G+P+K <sub>B</sub>	建築基準法に定める「短期許容応力度」とする
	G+P+K <sub>Ss</sub>	終局耐力に対して適切な安全余裕を持たせる
廃棄物処理建屋	G+P+K <sub>B</sub>	建築基準法に定める「短期許容応力度」とする

G : 固定荷重

P : 積載荷重

K<sub>Sd</sub> : 弾性設計用地震動 Sd による地震力又は静的地震力

K<sub>Ss</sub> : 基準地震動 Ss による地震力

K<sub>B</sub> : 耐震 B クラスの設備に適用される静的地震力

b. 原子炉格納容器

		荷重状態	荷重の組合せ	許容限界
原子炉格納容器	コンクリート部	III	<sup>(注1)</sup> $D+L+F+K_{Sd}$	発電用原子炉設備規格コンクリート製格納容器規格に基づく許容限界
			<sup>(注1) (注2)</sup> $D+L+F+L_o+K_{Sd}$	
		IV	$D+L+F+K_{Ss}$	
			$D+L+F+L_o+K_{Sd}$	

D : 死荷重

L : 活荷重

F : プレストレス荷重

$L_o$  : 冷却材喪失事故時の荷重

$K_{Sd}$  : 弾性設計用地震動  $S_d$  による地震力又は静的地震力

$K_{Ss}$  : 基準地震動  $S_s$  による地震力

(注1) 温度以外の荷重による応力状態と温度を含む全荷重による応力状態を考慮する。

(注2) 冷却材喪失事故時の荷重として圧力の最大値は考慮しない。

c. 使用済燃料ピット、燃料取替用水ピット、復水ピット

		荷重の組合せ	許容限界
使用済燃料ピット	燃料取替用水ピット	<sup>(注1)</sup> $G+IIs+Rs+K_{Sd}$	発電用原子炉設備規格コンクリート製格納容器規格に基づく許容限界
復水ピット		$G+IIs+Rs +K_{Ss}$	

G : 固定荷重 (上部構造の荷重含む)

IIs : 水圧荷重

Rs : ラック荷重 <sup>(注2)</sup>

$K_{Sd}$  : 弾性設計用地震動  $S_d$  による地震力又は静的地震力

$K_{Ss}$  : 基準地震動  $S_s$  による地震力

(注1) 使用済燃料ピット躯体については温度以外の荷重による応力状態と温度を含む全荷重による応力状態を考慮する。

(注2) 使用済燃料ピット躯体のみ

## 1.5 評価方法

建物・構築物のうち、Sクラスの申請対象設備及びその間接支持構造物である原子炉格納施設、制御建屋についての評価は以下の方針に基づき評価する。

- ・建物・構築物は、原則として、構造物全体として変形能力を有しているとの観点から主たる耐震要素である耐震壁の最大応答せん断ひずみが許容限界を超えないことを確認する。評価は、各建屋の構造的な特徴を踏まえ、振動性状を適切に考慮した質点系モデルによる地震応答解析を基本とする。
- ・構造物全体の挙動に加え、局部の応力評価が必要な部位については、有限要素解析により発生応力を算定し、許容限界との比較を行う。局部の応力評価が必要な部位は、地震力と地震力以外の荷重を組み合わせる必要がある使用済燃料ピット、燃料取替用水ピット、復水ピット及び原子炉格納容器、ならびに、鉛直方向の地震力の影響を強く受けるおそれのある燃料取扱建屋の大スパン屋根とする。また、3次元応答性状の影響、水平2方向入力の影響を踏まえ、必要に応じて他の部位についても実施する。
- ・質点系モデルによる評価、動的地震力（建物・構築物および機器・配管系）の設定においては、建屋及び地盤の物性の変動幅（不確かさ）による影響、3次元応答性状の影響、水平2方向入力の影響を考慮して適切に設定する。

### 1.5.1 地震応答解析

#### 1.5.1.1 原子炉格納施設

##### (1) 原子炉格納施設の概要

原子炉格納施設は、平面形状約■■■×約■■■、基礎底面から最高部までの高さ約■■■mの鉄筋コンクリート造（一部プレストレストコンクリート造及び鉄骨造）の構築物であり、矩形基礎上に原子炉格納容器（PCCV）、内部コンクリート（I/C）、原子炉周辺建屋（E/B）を有する。原子炉格納施設の概略平面図及び概略断面図を第1.5.1.1-1図～第1.5.1.1-3図に示す。

##### (2) 地震応答解析

###### a. 水平方向の地震応答解析

水平方向の地震応答解析モデルは、地盤との相互作用を考慮した、基礎を共有する原子炉格納施設に加え、蒸気発生器（S/G）を考慮して並列多質点系に置換した曲げせん断棒モデル（鉄骨造部は等価せん断棒モデル）とする。地震応答解析モデルを第1.5.1.1-4図、第1.5.1.1-5図に示す。

地盤は、地盤調査に基づき2層地盤とし、基礎底面地盤ばねについては、JEAG4601により、成層補正を行ったのち、振動アドミタンス理論に基づいて、スウェイ及びロッキングばね定数を近似法により評価する。基礎底面地盤ばねには、基礎浮き上がりによる幾何学的非線形性を考慮する。

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

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

地震応答解析は、上記復元力特性を用いた弾塑性時刻歴応答解析とする。なお、蒸気発生器については弾性時刻歴応答解析とする。

入力地震動は、建屋基礎底面レベルに想定する基準地震動  $S_s$  を用いることとし、基礎底面レベルに直接入力する。

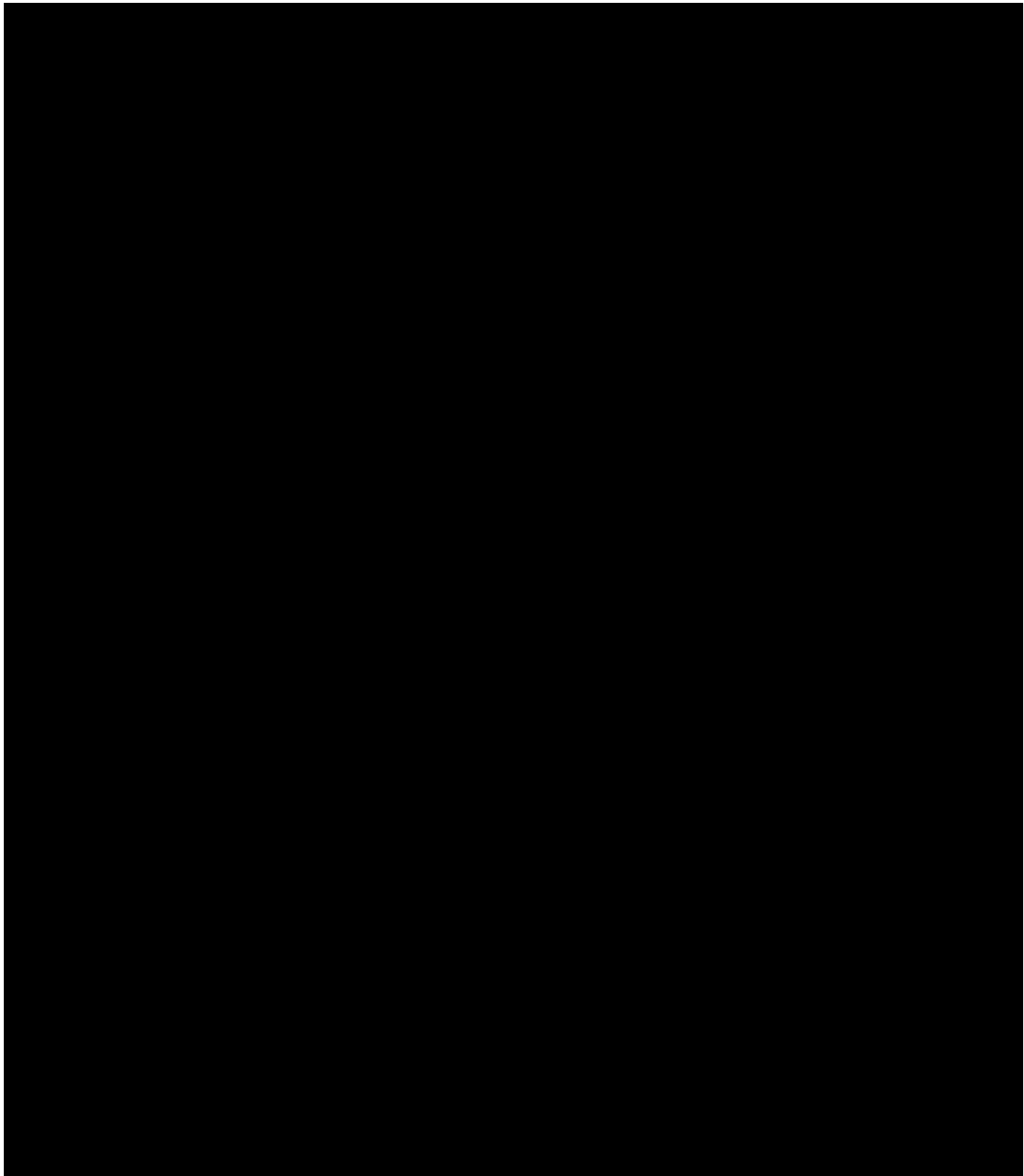
b. 鉛直方向の地震応答解析

鉛直方向の地震応答解析モデルは、耐震壁等の軸剛性を評価した軸ばねにより各質点を連結した並列多質点系軸棒モデルとする。鉛直方向の地震応答解析モデルを第 1.5.1.1-6 図に示す。

地盤は、地盤調査に基づき 2 層地盤とし、基礎底面地盤ばねについては、成層補正を行ったのち、振動アドミタンス理論に基づいて、鉛直ばね定数を近似法により評価する。

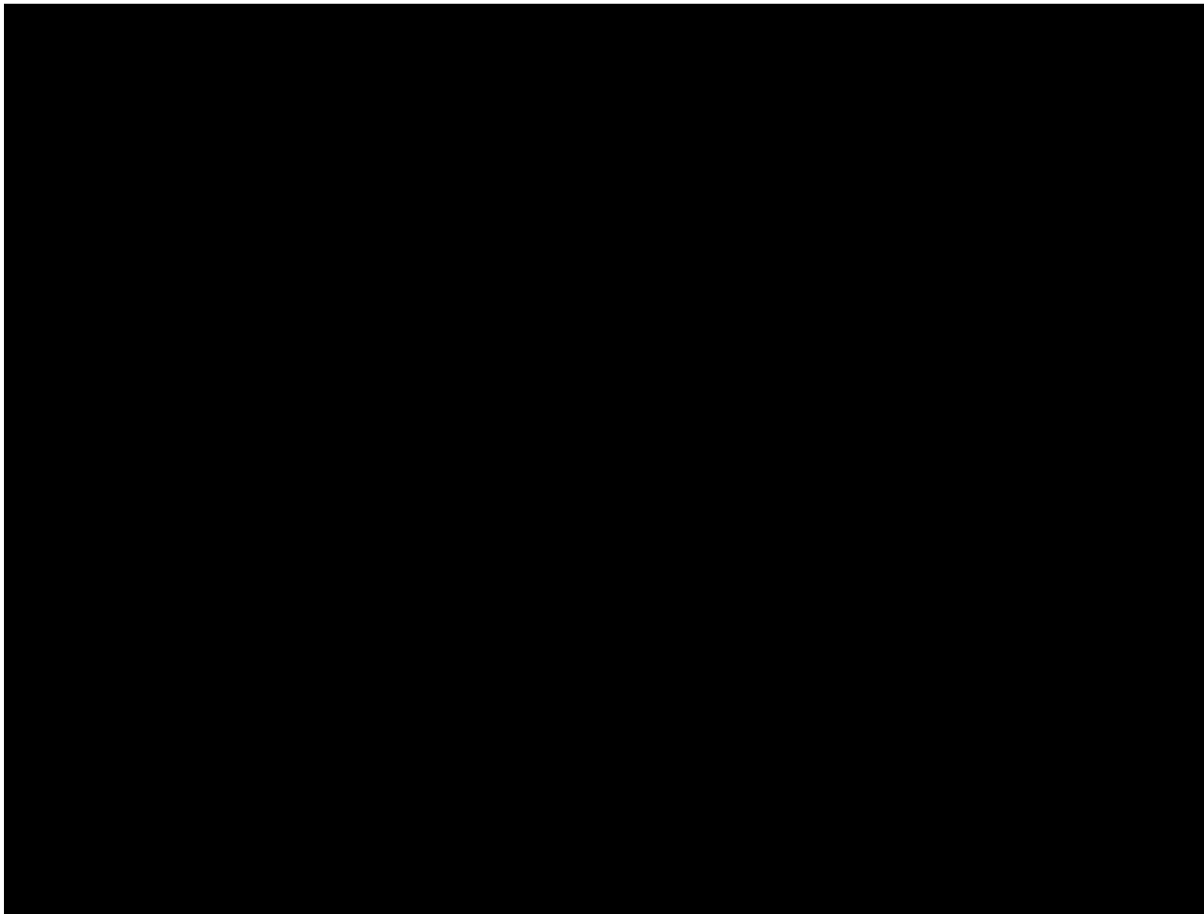
地震応答解析は、弾性時刻歴応答解析とする。

入力地震動は、建屋基礎底面レベルに想定する基準地震動  $S_s$  を用いることとし、基礎底面レベルに直接入力する。



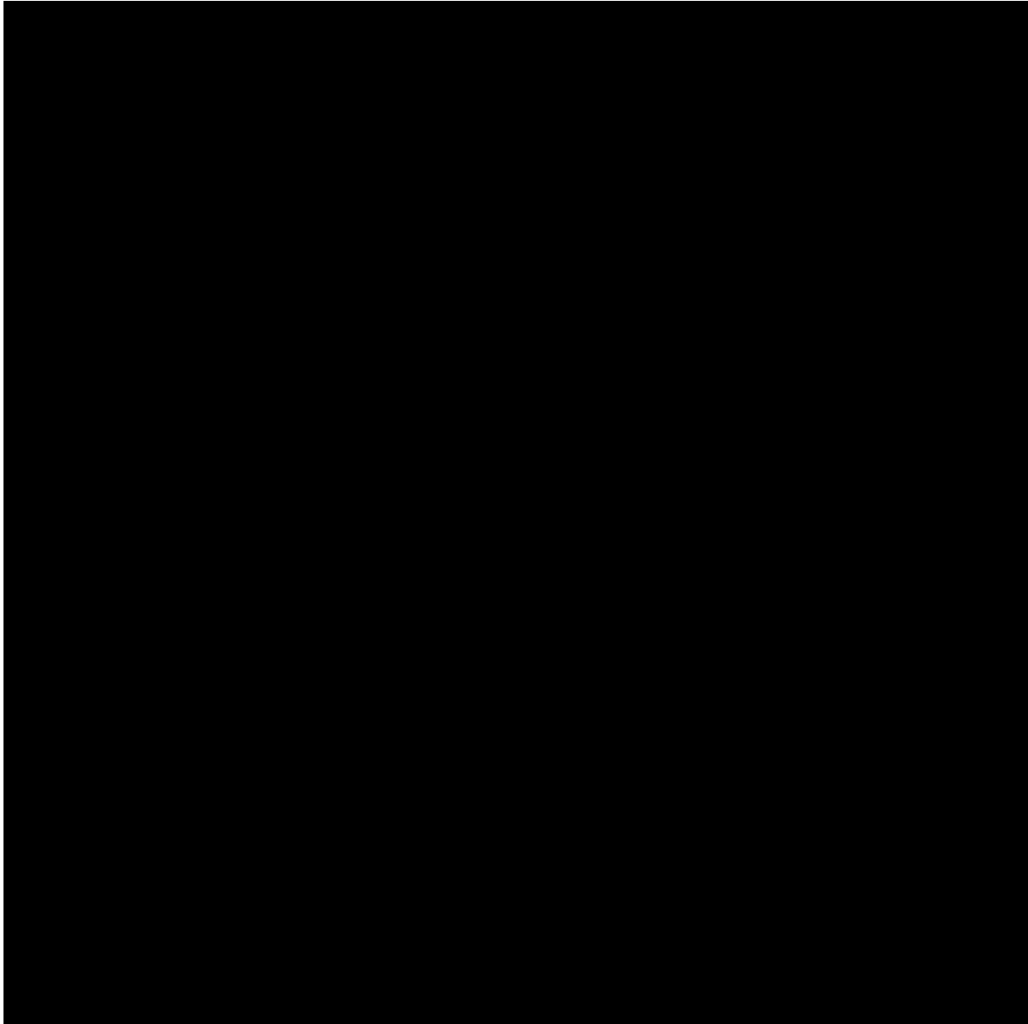
第 1.5.1.1-1 図 原子炉格納施設の概略平面図(EL. +17.1m)

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。



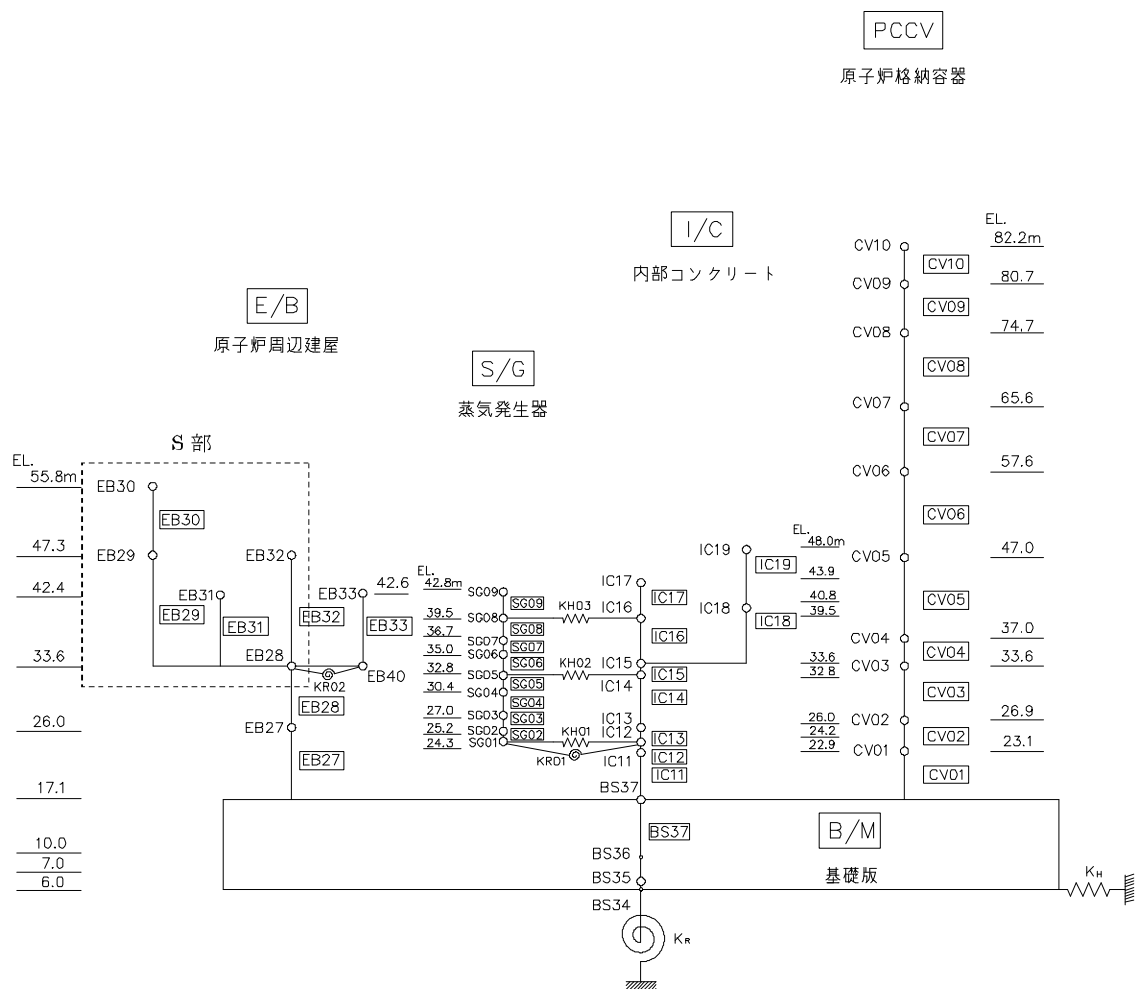
第 1.5.1.1-2 図 原子炉格納施設の概略断面図(A-A 断面)

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。



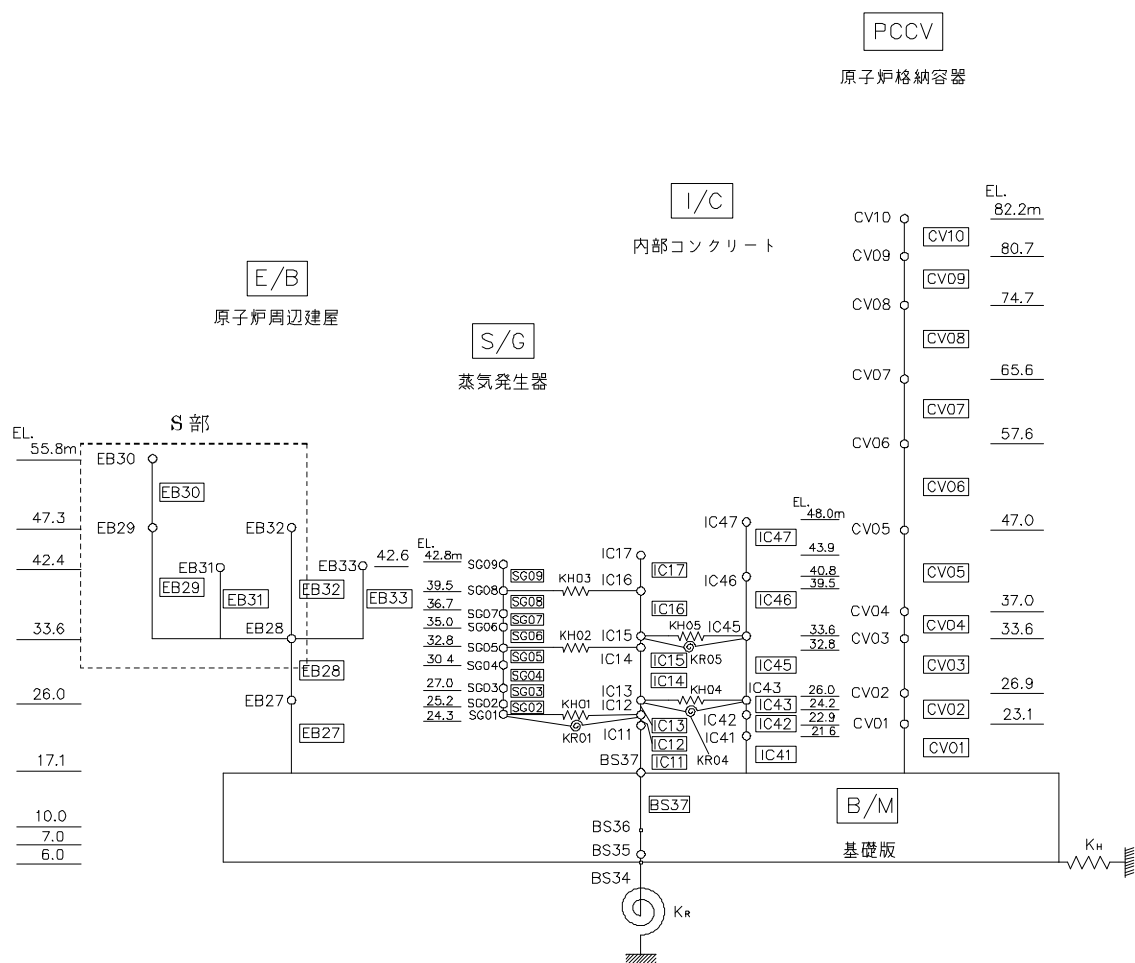
第 1.5.1.1-3 図 原子炉格納施設の概略断面図(B-B断面)

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

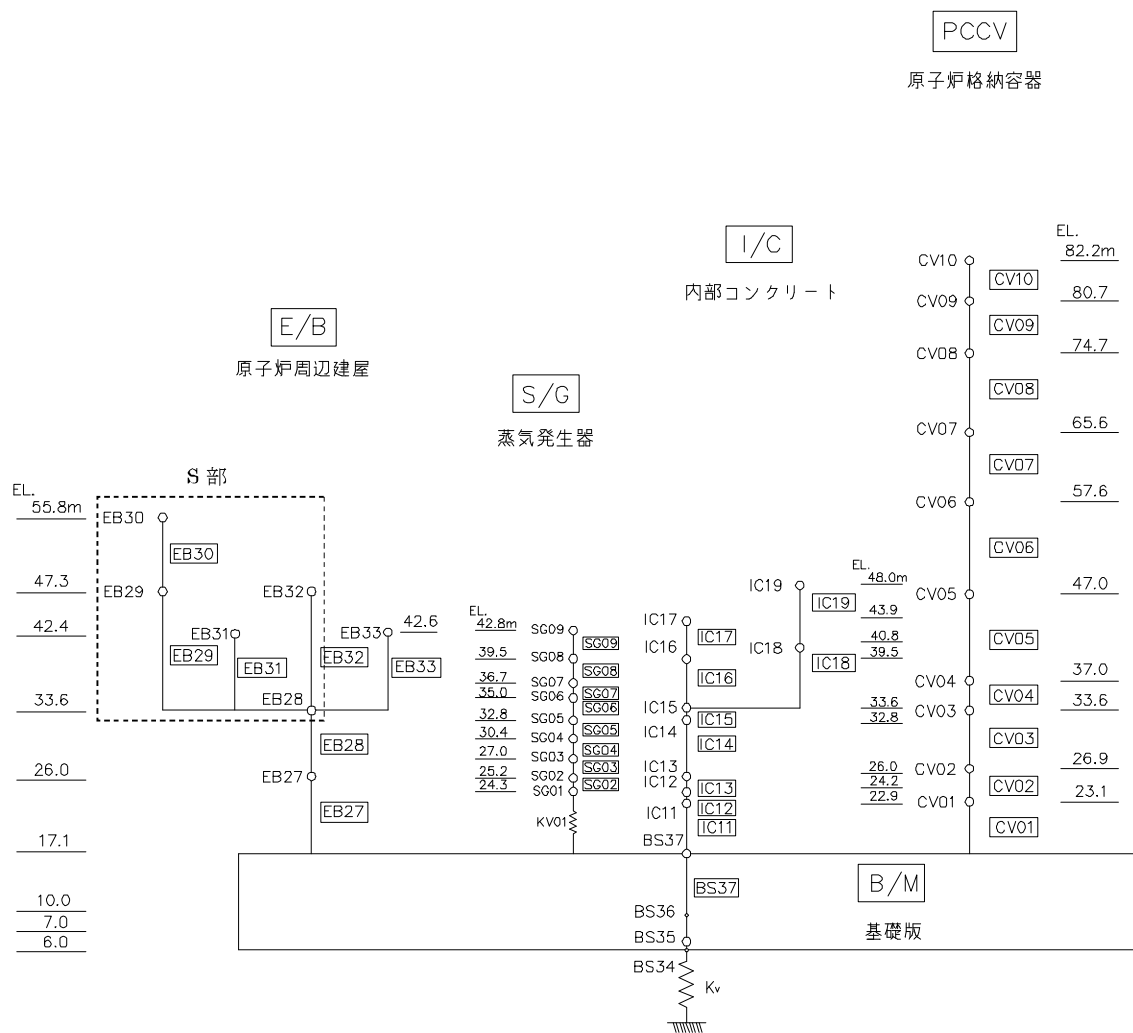


第 1. 5. 1. 1-4 図 原子炉格納施設の解析モデル(EW 方向)





第 1.5.1.1-5 図 原子炉格納施設の解析モデル(NS 方向)



第 1.5.1.1-6 原子炉格納施設の解析モデル(鉛直方向)

### 1.5.1.2 制御建屋

#### (1) 制御建屋の概要

制御建屋は、3、4号機原子炉建屋に隣接して設けられた鉄筋コンクリート造の建物である。制御建屋の概略平面図及び概略断面図をそれぞれ第1.5.1.2-1図～第1.5.1.2-3図に示す。

#### (2) 地震応答解析

##### a. 水平方向の地震応答解析

水平方向の地震応答解析モデルは、剛基礎を有する多質点系の曲げせん断棒モデルとし、地盤は3次元FEMモデルとする。なお、対称性を考慮し、解析モデルは加振方向に1/2のモデルを用いる。地震応答解析モデルを第1.5.1.2-4図、第1.5.1.2-5図に示す。

地盤は、地盤調査により設定された2層地盤に対し、JEAG4601により、成層補正を実施して得られた物性に基つき等価な一様地盤としての物性値を定める。

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

地震応答解析は、上記復元力特性を用いた弾塑性時刻歴応答解析とし、地盤は弾性時刻歴応答解析とする。

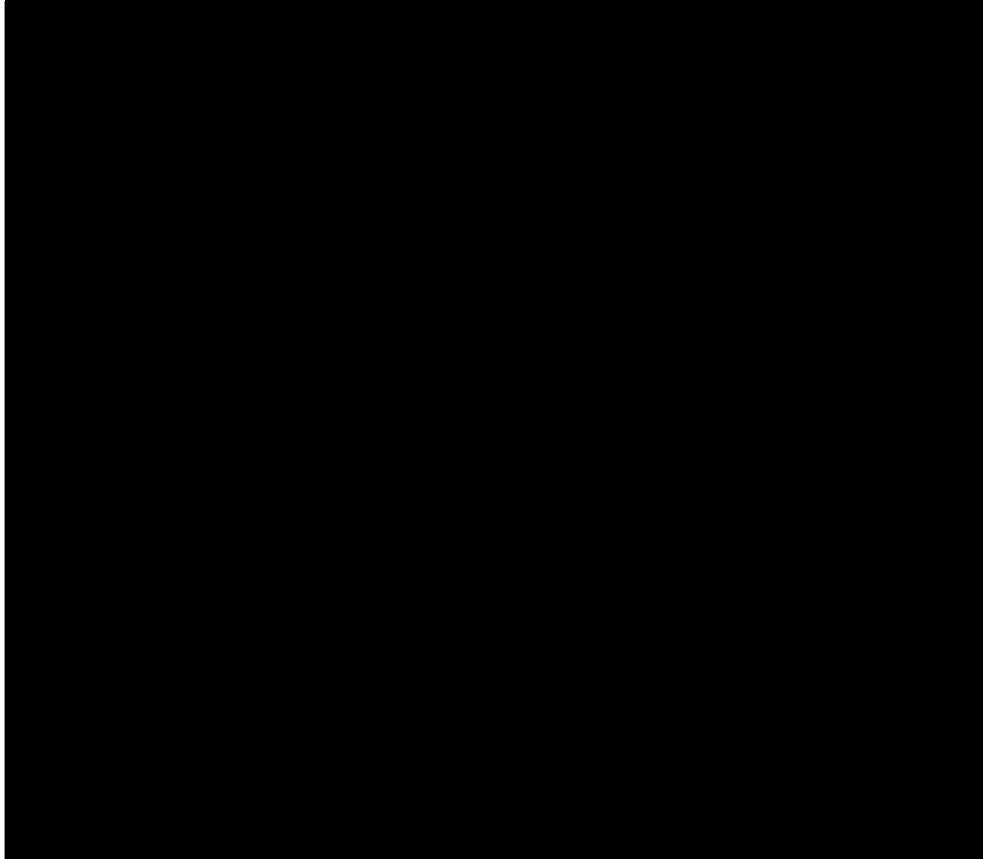
地震動の入力位置は地盤モデル底面とし、建屋基礎レベルに想定する地盤の応答が入力地震動 $S_s$ と一致するように入力する。

##### b. 鉛直方向の地震応答解析

鉛直方向の地震応答解析モデルは、耐震壁等の軸剛性を評価した多質点系軸一本棒モデルとし、地盤は3次元FEMモデルとする。なお、対称性を考慮し、解析モデルはEW方向に1/2のモデルを用いる。地震応答解析モデルを第1.5.1.2-6図に示す。

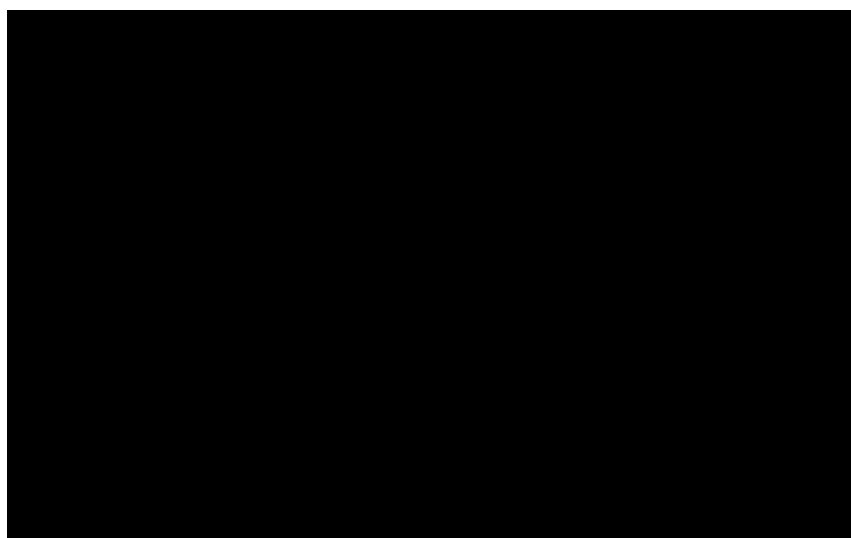
地震応答解析は、建屋及び地盤とも弾性時刻歴応答解析とする。

地震動の入力位置は地盤モデル底面とし、建屋基礎レベルに想定する地盤の応答が入力地震動 $S_s$ と一致するように入力する。



第 1.5.1.2-1 図 制御建屋の概略平面図(21.3m)

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。



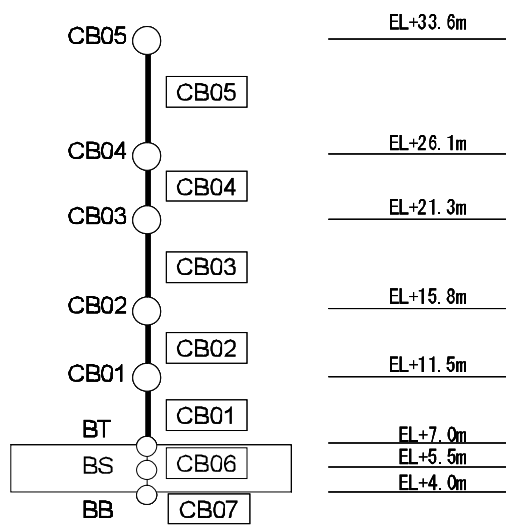
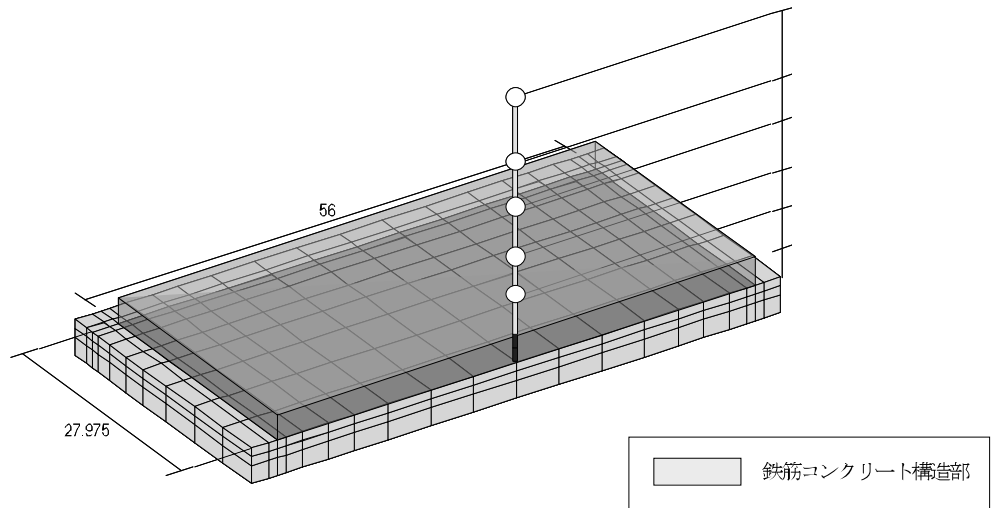
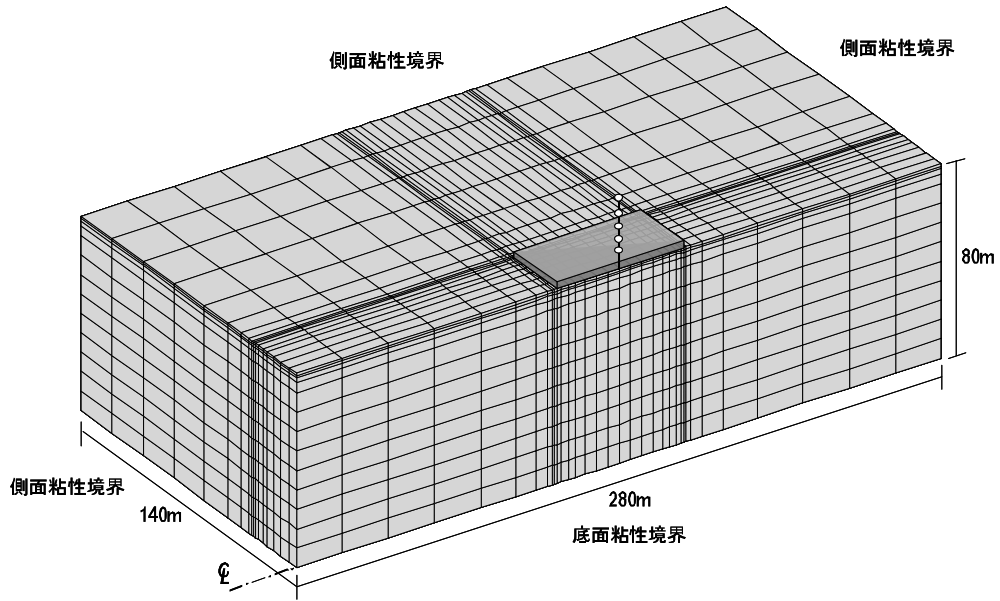
第 1. 5. 1. 2-2 図 制御建屋の概略断面図(A-A 断面)

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

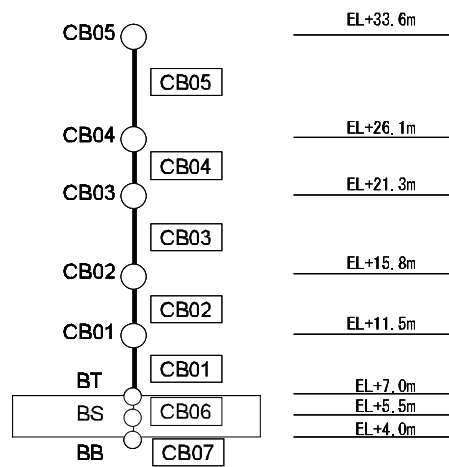
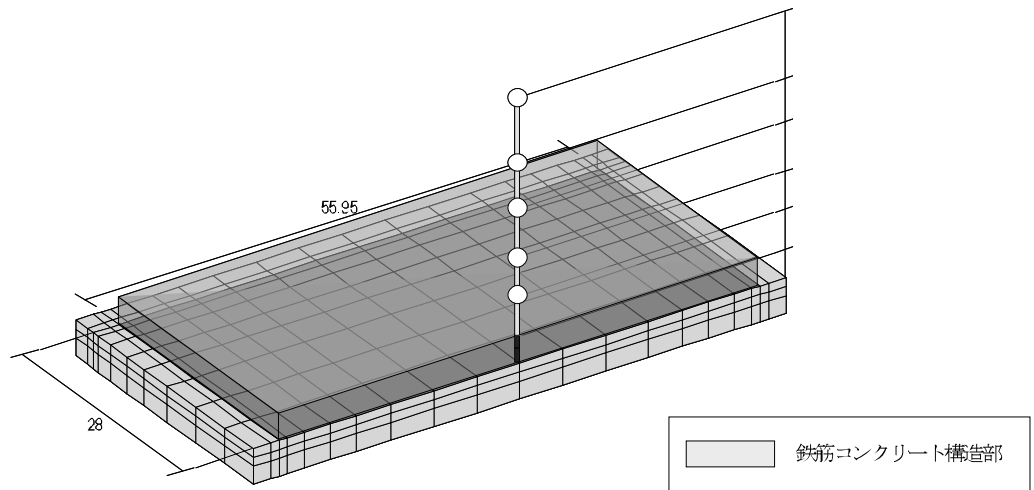
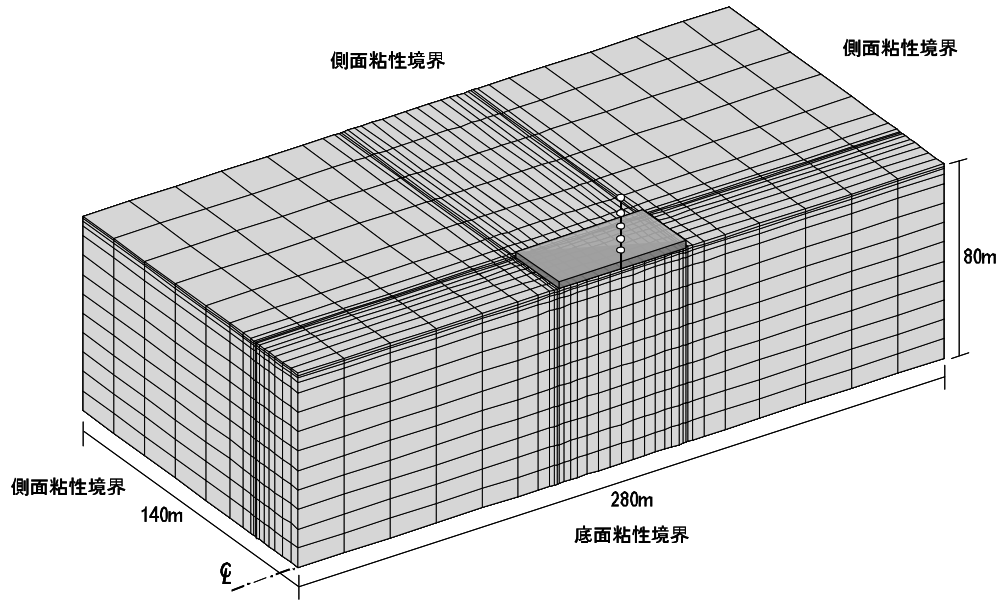


第 1. 5. 1. 2-3 図 制御建屋の概略断面図 (B-B 断面)

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

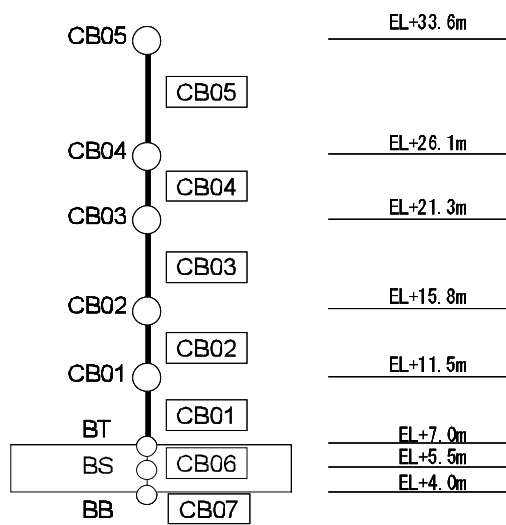
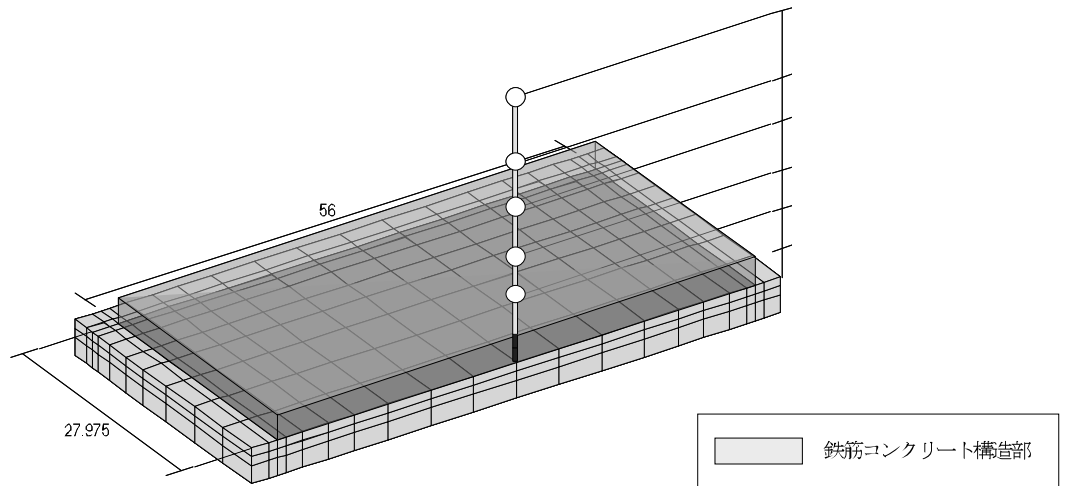
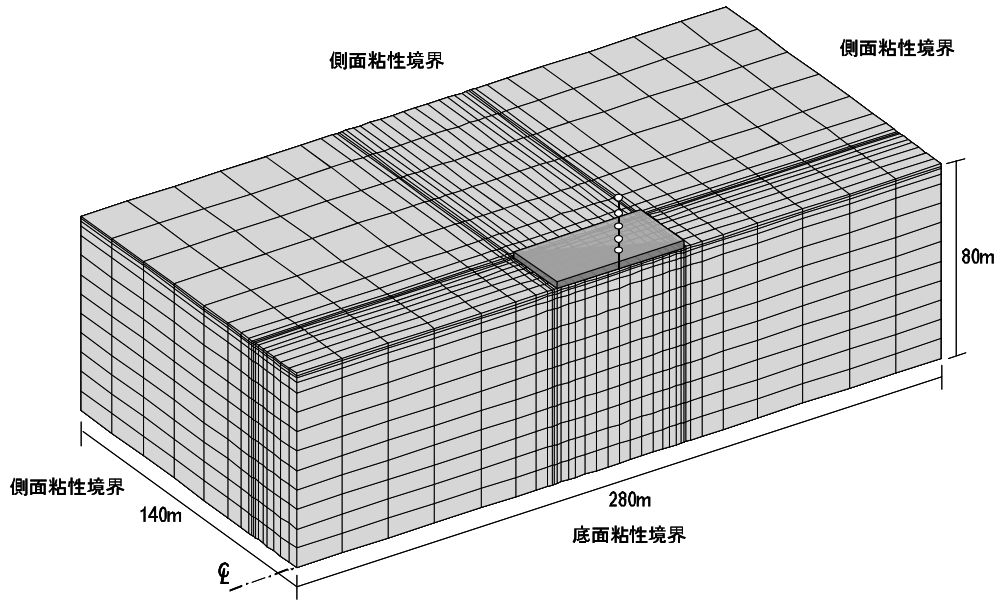


第 1.5.1.2-4 図 制御建屋の解析モデル(EW 方向)



第 1.5.1.2-5 図 制御建屋の解析モデル(NS 方向)





第 1.5.1.2-6 図 制御建屋の解析モデル(鉛直方向)

## 1.5.2 応力解析

### 1.5.2.1 原子炉格納容器

#### (1) 原子炉格納容器及の概要

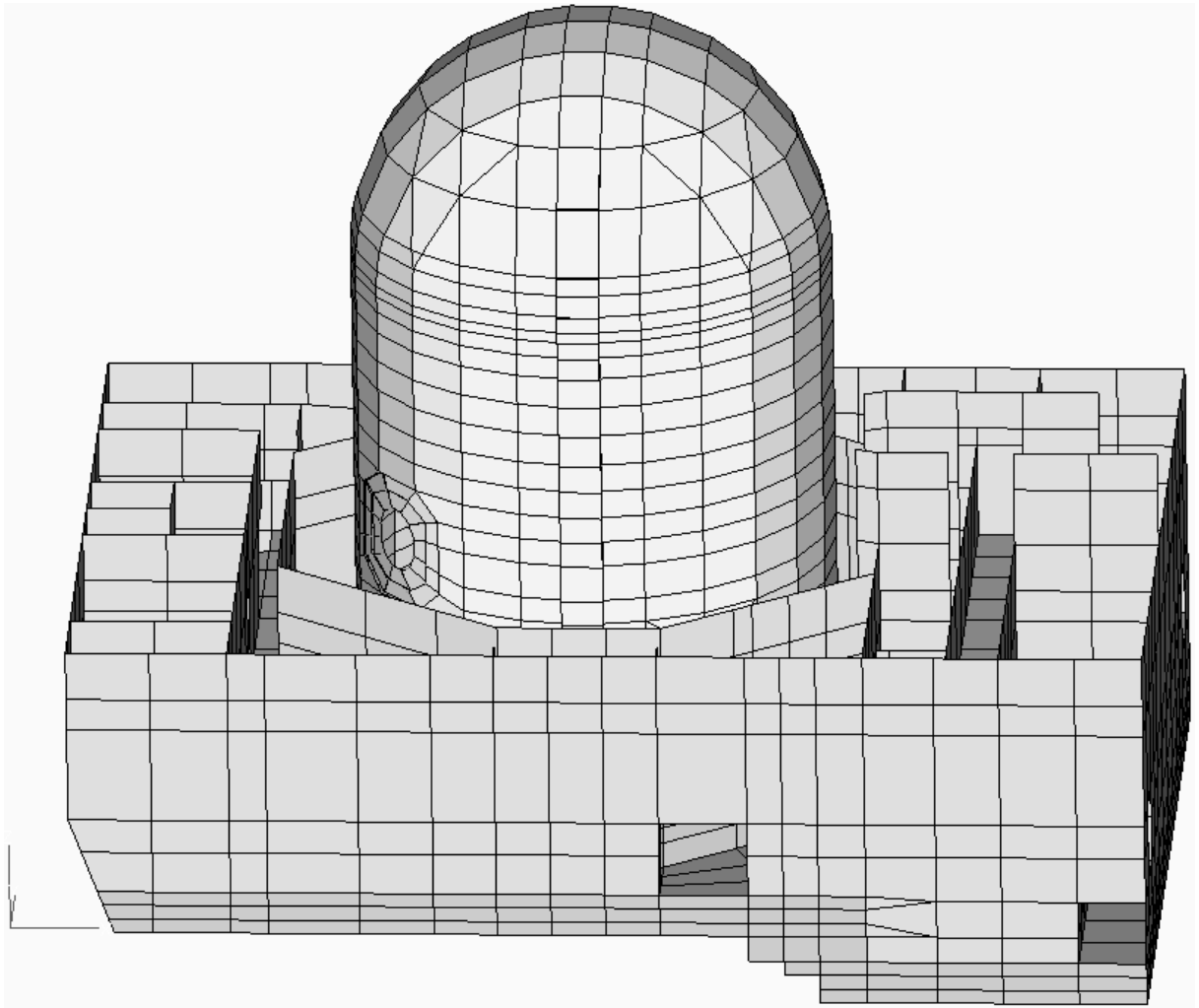
プレストレストコンクリート部（以下「シェル部」という。）は、内径■■■m、厚さ■■■mのドーム部並びに底部とドーム部との間の内径■■■m、厚さ■■■mの円筒部で形成され、コンクリート部分の膜引張応力を低減する目的でプレストレスを与えたプレストレストコンクリート構造物である。

原子炉格納施設の基礎（以下「基礎」という。）はその上部構造であるシェル部、内部コンクリート及び原子炉周辺建屋を支持するとともに原子炉格納容器の底部を構成している。

#### (2) 応力解析

評価に際しては、シェル部及び基礎を線形 3 次元 FEM でモデル化し、原子炉格納施設の地震応答解析から算出される地震力及び地震力以外の荷重をそれぞれ静的に加力し、断面力を算定する。応力解析モデルを第 1.5.2.1-1 図に示す。

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。



第 1.5.2.1-1 図 原子炉格納容器の解析モデル

### 1.5.2.2 使用済燃料ピット

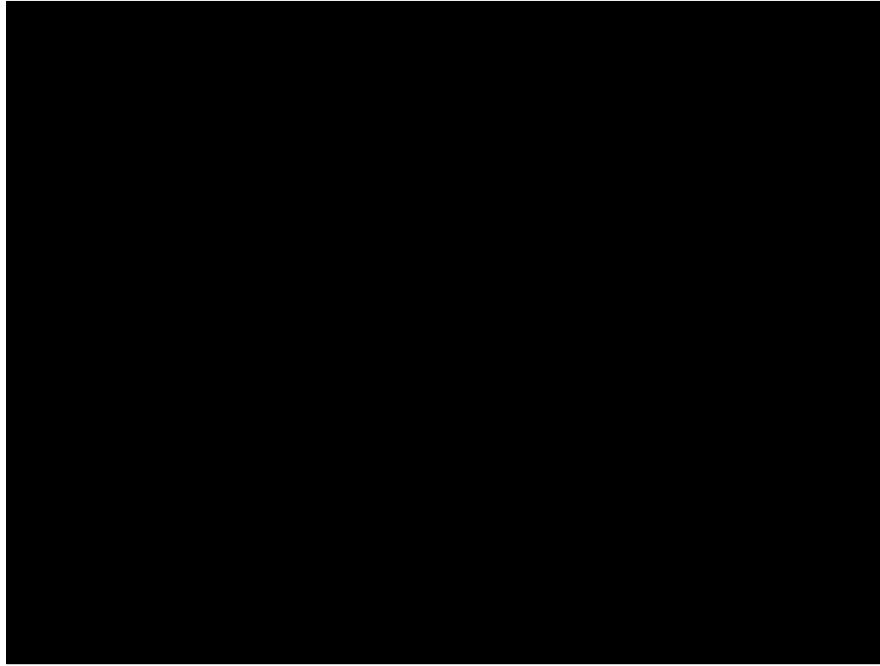
#### (1) 使用済燃料ピットの概要

使用済燃料ピットは、原子炉周辺建屋の北側に位置し、その主要構造躯体を鉄筋コンクリート造の壁と床とで構成するピット施設である。

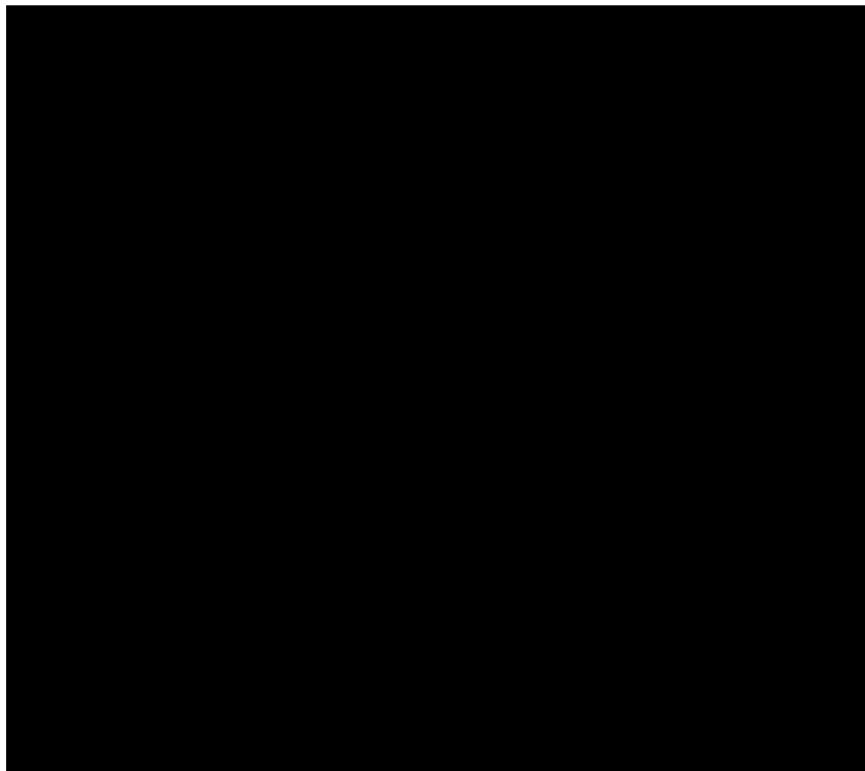
立面上はEL17.55mよりEL33.6mの床面までで、原子炉周辺建屋他部と床及び壁を介して接続する構造体を形成している。使用済み燃料ピットの概略平面図及び概略断面図をそれぞれ第1.5.2.2-1図、第1.5.2.2-2図に示す。

#### (2) 応力解析

評価に際しては、ピット躯体部分を3次元FEMでモデル化し、原子炉格納施設の地震応答解析から算出される地震力及び地震力以外の荷重をそれぞれ静的に加力し、断面力を算定する。応力解析モデルを第1.5.2.2-3図に示す。

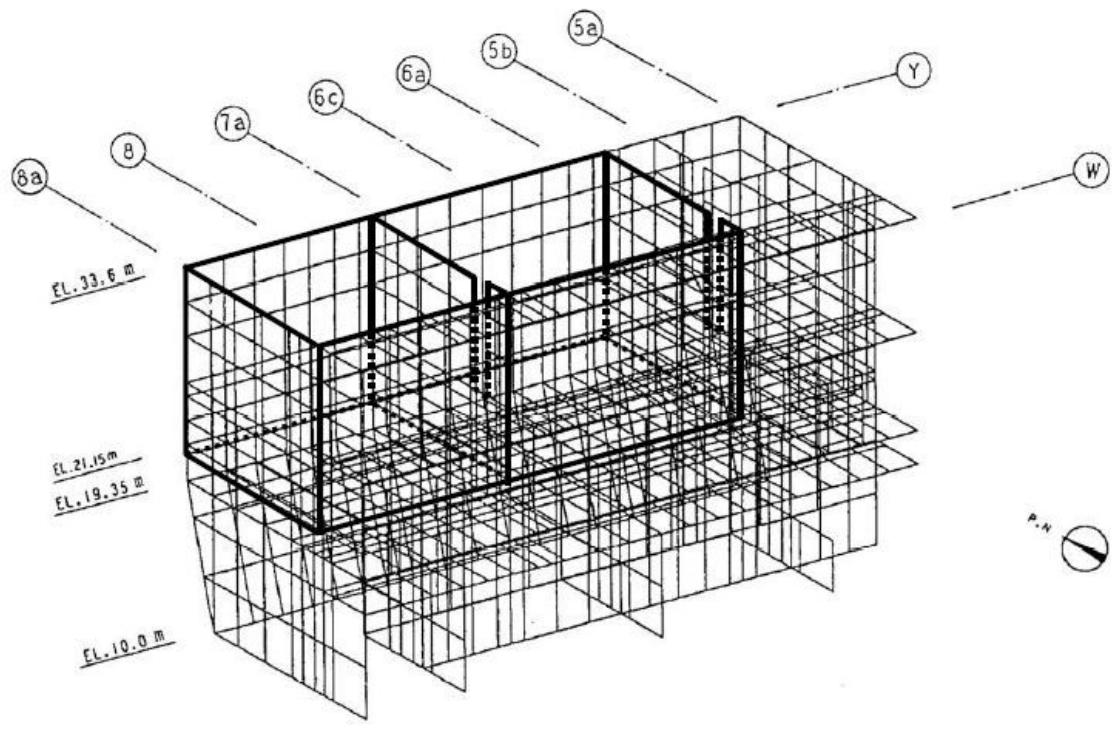


第1.5.2.2-1図 使用済燃料ピット概略平面図



第1.5.2.2-2図 使用済燃料ピット概略断面図

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。



第 1.5.2.2-3 図 使用済燃料ピット解析モデル

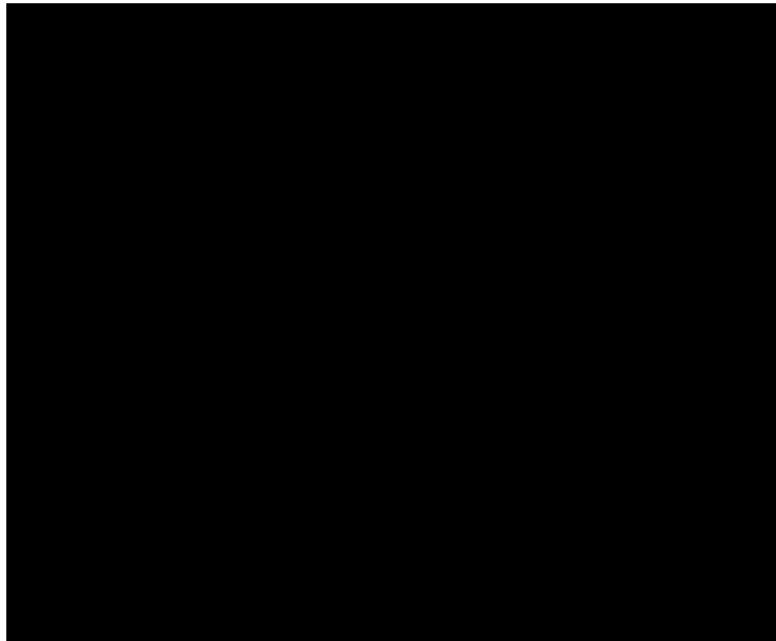
### 1.5.2.3 燃料取替用水ピット

#### (1) 燃料取替用水ピットの概要

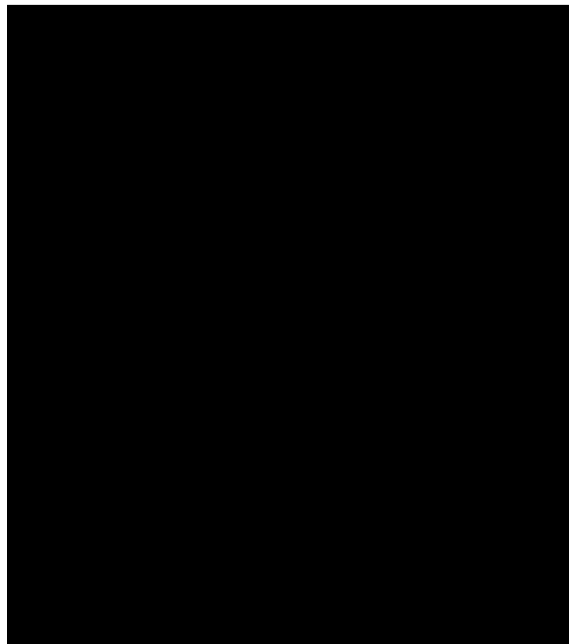
燃料取替用水ピットは、平面上では原子炉周辺建屋の南東端部、立面上ではEL17.0m～EL33.6mに位置し、その主要構造体を鉄筋コンクリート造の壁と床とで構成するピット施設であり、原子炉周辺建屋他部とは床及び壁を介して接続している。燃料取替用水ピットの概略平面図及び概略断面図をそれぞれ第1.5.2.3-1図、第1.5.2.3-2図に示す。

#### (2) 応力解析

評価に際しては、ピット躯体部分を3次元FEMでモデル化し、原子炉格納施設の地震応答解析から算出される地震力及び地震力以外の荷重をそれぞれ静的に加力し、断面力を算定する。応力解析モデルを第1.5.2.3-3図に示す。



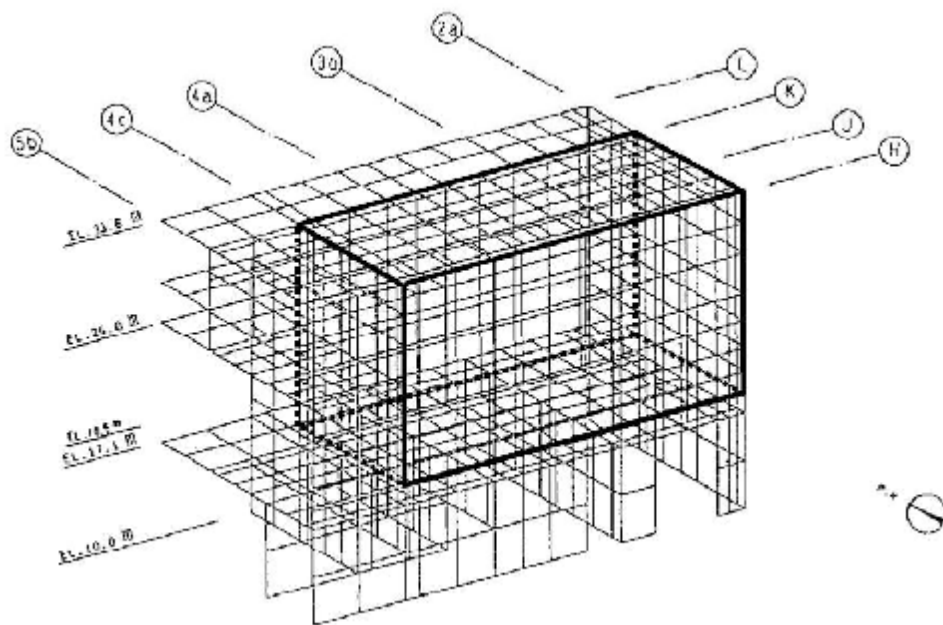
第 1.5.2.3-1 図 燃料取替用水ピット概略平面図



第 1.5.2.3-2 図 燃料取替用水ピット概略断面図

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。





第 1.5.2.3-3 図 燃料取替用水ピット解析モデル

#### 1.5.2.4 復水ピット

##### (1) 復水ピットの概要

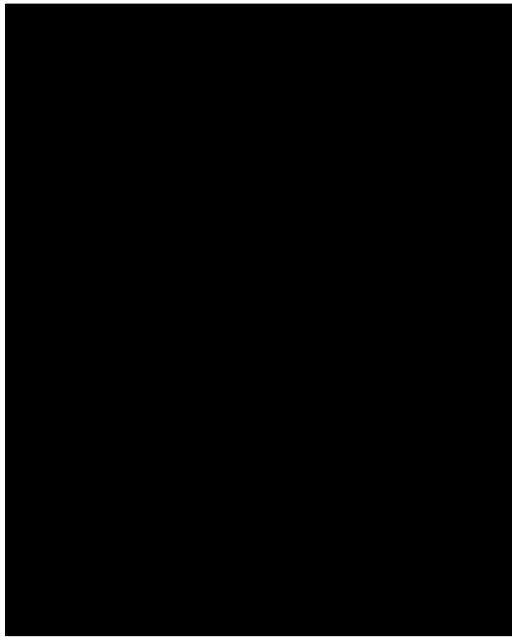
復水ピットは、平面上では原子炉周辺建屋の南西端部、立面上ではEL25.0m～EL33.6mに位置し、その主要構造体を鉄筋コンクリート造の壁と床とで構成するピット施設であり、原子炉周辺建屋他部とは床及び壁を介して接続している。復水ピットの概略平面図及び概略断面図をそれぞれ第1.5.2.4-1図、第1.5.2.4-2図に示す。

##### (2) 応力解析

評価に際しては、ピット躯体部分を3次元FEMでモデル化し、原子炉格納施設の地震応答解析から算出される地震力及び地震力以外の荷重をそれぞれ静的に加力し、断面力を算定する。応力解析モデルを第1.5.2.4-3図に示す。

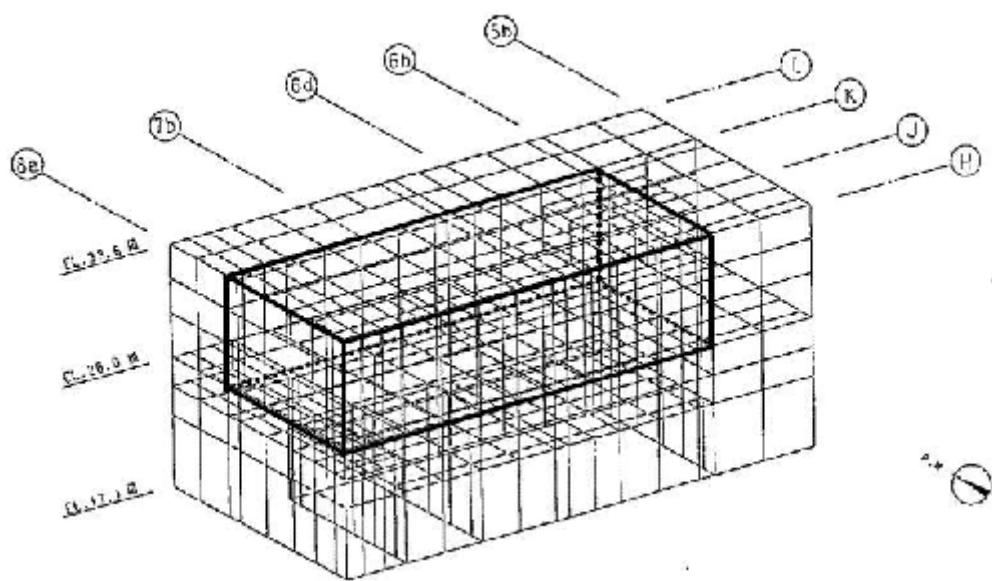


第1.5.2.4-1図 復水ピット概略断面図



第1.5.2.4-2図 復水ピット概略平面図

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。



第 1.5.2.4-3 図 復水ピット解析モデル

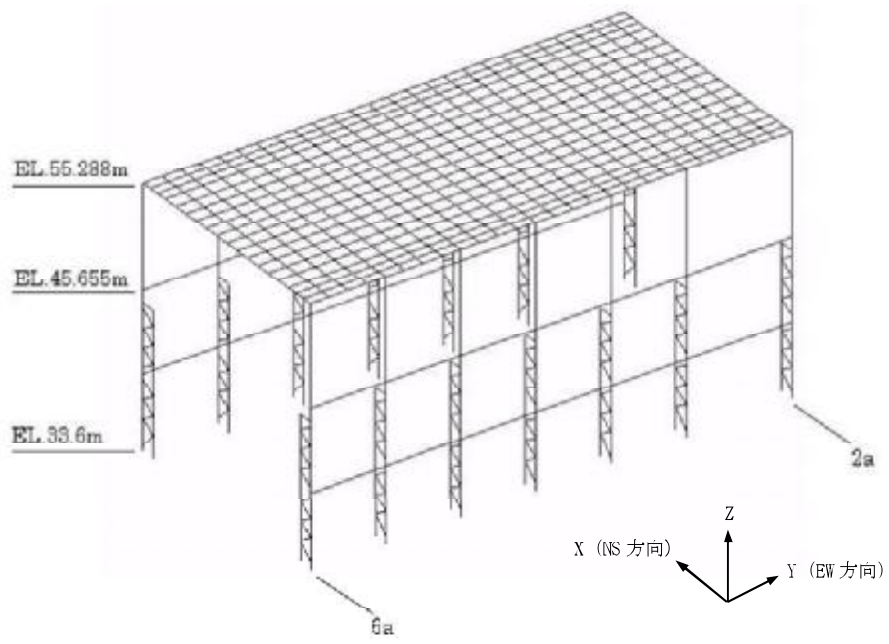
#### 1.5.2.5 燃料取扱建屋の屋根

##### (1) 燃料取扱建屋の概要

大スパンの屋根を有する燃料取扱建屋は、原子炉周辺建屋の北端部に位置する。燃料取扱建屋の上部は鉄骨造である。

##### (2) 応力解析

評価に際しては、燃料取扱建屋を 3 次元 FEM でモデル化し、原子炉格納施設の地震応答解析から算出される鉄骨脚部位置での応答を動的にを入力し、屋根部の断面力を算定する。応力解析モデルを第 1.5.2.5-1 図に示す。



第 1.5.2.5-1 図 燃料取扱建屋の屋根部解析モデル

### 1.5.3 減衰定数

地震応答解析に用いる減衰定数は下表のとおりとする。

対象設備		減衰定数(%)	
		水平方向	鉛直方向
鉄筋コンクリート構造物		5	5
プレストレストコンクリート構造物		3	3
ボルト及びリベット接合鋼構造物		2	2
蒸気発生器		3	1
地盤	原子炉格納施設	振動系全体のうち地盤の影響が卓越する最初の固有振動数に対応する虚部の値と原点とを結ぶ直線の傾きで定式化	
	制御建屋	地盤モデルの側面及び底面に粘性境界を設定することで地下逸散減衰を考慮	

2. 機器・配管系

2.1 耐震設計上の重要度分類

設備名称	耐震クラス			摘要
	S	B	C	
1. 原子炉本体 (1) 原子炉容器及び炉心 (2) 压力容器支持構造物	<input type="checkbox"/> 原子炉容器 <input type="checkbox"/> 炉内構造物 <input type="checkbox"/> 制御棒クラスタ案内管 <input type="checkbox"/> 炉心支持構造物 <input type="checkbox"/> 燃料集合体  <input type="checkbox"/> 原子炉容器支持構造物 <input type="checkbox"/> 原子炉容器支持構造物埋込金物			
2. 核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設 (1) 燃料取扱設備 (2) 使用済燃料貯蔵設備 (3) 燃料取替用水設備	<input type="checkbox"/> 使用済燃料ラック  <input type="checkbox"/> 燃料取替用水ポンプ <input type="checkbox"/> 関連配管・弁	<input type="checkbox"/> 使用済燃料ピットクレーン		
3. 原子炉冷却系統施設 (1) 一次冷却設備	<input type="checkbox"/> 蒸気発生器 <input type="checkbox"/> 蒸気発生器支持構造物 <input type="checkbox"/> 蒸気発生器支持構造物埋込金物 <input type="checkbox"/> 蒸気発生器内部構造物 <input type="checkbox"/> 1次冷却材ポンプ <input type="checkbox"/> 1次冷却材ポンプ支持構造物			



3. 原子炉冷却系統施設				
(1) 一次冷却設備 (続き)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○1次冷却材ポンプ支持構造物埋込金物</li> <li>○加圧器</li> <li>○加圧器支持構造物</li> <li>○加圧器支持構造物埋込金物</li> <li>○加圧器ヒータ</li> <li>○1次冷却材管</li> </ul>			
(2) 余熱除去設備	<ul style="list-style-type: none"> <li>○余熱除去冷却器</li> <li>○余熱除去ポンプ</li> </ul>			
(3) 非常用炉心冷却設備	<ul style="list-style-type: none"> <li>○蓄圧タンク</li> <li>○高圧注入ポンプ</li> <li>○格納容器再循環サンプスクリーン</li> </ul>			
(4) 化学体積制御設備	<ul style="list-style-type: none"> <li>○再生熱交換器</li> <li>○充てんポンプ</li> <li>○封水注入フィルタ</li> </ul>			
(5) 原子炉補機冷却水設備	<ul style="list-style-type: none"> <li>○原子炉補機冷却水ポンプ</li> <li>○原子炉補機冷却水サータンク</li> <li>○原子炉補機冷却水冷却器</li> <li>○海水ポンプ</li> <li>○海水ストレーナ</li> </ul>			
(6) 蒸気タービンの附属設備	<ul style="list-style-type: none"> <li>○タービン動補助給水ポンプ</li> <li>○電動補助給水ポンプ</li> <li>○関連配管・弁</li> </ul>			

4. 計測制御系統施設 (1) 制御材	○制御棒クラスタ			
(2) 制御棒駆動装置	○制御棒駆動装置			
(3) ほう酸注入機能を有する設備	○ほう酸ポンプ ○ほう酸タンク ○ほう酸フィルタ			
(4) 計測装置	○炉内計装引出管 ○主盤			
(5) 制御用空気設備	○制御用空気圧縮機 ○制御用空気だめ ○制御用空気乾燥器吸着塔  ○関連配管・弁			
5. 放射性廃棄物の廃棄施設				
(1) 気体、液体又は固体廃棄物処理設備	○格納容器排気筒			

<p>6. 放射線管理施設</p> <p>(1) 放射線管理用計測装置</p> <p>(2) 換気設備</p>	<p>○格納容器内高レンジエリアモニタ</p> <p>○アニュラス空気浄化フィルタユニット</p> <p>○アニュラス空気浄化ファン</p> <p>○中央制御室空調ファン</p> <p>○中央制御室循環ファン</p> <p>○中央制御室非常用循環フィルタユニット</p> <p>○中央制御室非常用循環ファン</p> <p>○中央制御室空調ユニット</p> <p>○格納容器水素パージ排気フィルタユニット</p> <p>○関連配管・弁</p>			
<p>7. 原子炉格納施設</p> <p>(1) 原子炉格納容器</p> <p>(2) 圧力低減設備</p>	<p>○原子炉格納容器貫通部</p> <p>○格納容器スプレイ冷却器</p> <p>○格納容器スプレイポンプ</p> <p>○よう素除去薬品タンク</p> <p>○pH調整剤タンク</p> <p>○関連配管・弁</p>			

8. その他発電用原子炉の附属施設 (1)非常用電源設備 a. 非常用発電装置       b. その他の電源装置	<input type="checkbox"/> 内燃機関 <input type="checkbox"/> 起動空気だめ <input type="checkbox"/> 燃料油サービスタンク <input type="checkbox"/> 燃料油貯蔵タンク <input type="checkbox"/> 発電機  <input type="checkbox"/> 蓄電池  <input type="checkbox"/> 関連配管・弁			
9. その他			<input type="checkbox"/> 格納容器ポ ーラクレ ン	

## 2.2 設計用地震力

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、次の震度に基づき算定する。

種別	耐震 クラス	水平震度	鉛直震度
機器・ 配管系	S	3.6C <sub>i</sub> (注)	0.288
	B	1.8C <sub>i</sub> (注)	—
	C	1.2C <sub>i</sub> (注)	—

(注) 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。

$$C_i = R_t A_i C_o$$

R<sub>t</sub> : 振動特性係数

A<sub>i</sub> : C<sub>i</sub> の分布係数

C<sub>o</sub> : 標準せん断力係数 0.2

(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。

種別	耐震 クラス	<sup>(注1)</sup> 入力地震動	
		水平地震動	鉛直地震動
機器・ 配管系	S	Sd	Sd
		Ss	Ss
	B	Sd×1/2 <sup>(注2)</sup>	Sd×1/2 <sup>(注2)</sup>

(注1) 機器・配管系が設置された床の床応答を入力とする。

(注2) 共振のおそれのある施設について適用する。

(3) 設計用地震力

種別	耐震クラス	(注1) 入力地震動		摘要
		水平	鉛直	
(注2) (注3) 機器・配管系	S	静的震度 $3.6C_i$	静的震度 (0.288)	(注4) (注5) 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。
		Sd	Sd	
		Ss	Ss	(注5) 荷重の組合せは、二乗和平方根(SRSS)法による。
	B	静的震度 $1.8C_i$	—	(注5) (注6) 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。
		(注7) Sd×1/2	(注7) Sd×1/2	
	C	静的震度 $1.2C_i$	—	静的地震力とする。

(注1) 機器・配管系が設置された床の床応答を入力とする。

(注2) 重大事故防止設備は、代替する設備がSクラスの場合はSs地震に対して、代替する設備がB、Cクラスの場合は、各クラスに適用される地震力に対して必要な機能を喪失しないことを確認する。

(注3) 重大事故緩和設備は、Ss地震に対して必要な機能を喪失しないことを確認する。

(注4) 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5) 絶対値和法で組み合わせてもよいものとする。

(注6) 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よいものとする。

(注7) 共振のおそれのある施設について適用する。

## 2.3 荷重の組み合わせと許容限界

### 2.3.1 記号の説明

- D : 死荷重
- P : 地震と組み合わせべきプラントの運転状態（冷却材喪失事故後の状態は除く）における圧力荷重
- M : 地震及び死荷重以外で地震と組み合わせべきプラントの運転状態（冷却材喪失事故後の状態は除く）で設備に作用している機械的荷重
- $P_L$  : 冷却材喪失事故直後を除き、その後に生じる圧力荷重
- $M_L$  : 冷却材喪失事故直後を除き、その後に生じる死荷重、地震荷重以外の機械的荷重
- $P_D$  : 地震と組み合わせべきプラントの運転状態Ⅰ及びⅡ（運転状態Ⅲがある場合にはこれを含む）、又は当該設備に設計上定められた最高使用圧力による荷重
- $M_D$  : 地震と組み合わせべきプラントの運転状態Ⅰ及びⅡ（運転状態Ⅲがある場合にはこれを含む）、又は当該設備に設計上定められた機械的荷重
- $P_d$  : 当該設備に設計上定められた最高使用圧力による荷重
- $M_d$  : 当該設備に設計上定められた機械的荷重
- $S_d$  : 弾性設計用地震動 $S_d$ により定まる地震力又はSクラス設備に適用される静的地震力
- $S_s$  : 基準地震動 $S_s$ により定まる地震力
- $S_B$  : 耐震Bクラスの設備に適用される地震動より求まる地震力又は静的地震力
- $S_C$  : 耐震Cクラスの設備に適用される静的地震力
- $III_A S$  : JSME S NC1の供用状態C相当の許容応力を基準として、それに地震により生じる応力に対する特別な応力の制限を加えた許容応力状態
- $IV_A S$  : JSME S NC1の供用状態D相当の許容応力を基準として、それに地震により生じる応力に対する特別な応力の制限を加えた許容応力状態
- $B_A S$  : 耐震Bクラス設備の地震時の許容応力状態
- $C_A S$  : 耐震Cクラス設備の地震時の許容応力状態
- $S_y$  : 設計降伏点 JSME S NC1 付録材料図表Part5表8に規定される値



- $S_u$  : 設計引張強さ JSME S NC1 付録材料図表Part5表9に規定される値  
 $S_m$  : 設計応力強さ JSME S NC1 付録材料図表Part5表1に規定される値  
 $S$  : 許容引張応力 JSME S NC1 付録材料図表Part5表5又は表6に規定される値。ボルト等に対しては、JSME S NC1 付録材料図表Part5表7に規定される値  
 $F$  : JSME S NC1 SSB-3121.1(1)により規定される値  
 $f_t$  : 許容引張応力 支持構造物（ボルト等を除く）に対しては、JSME S NC1 SSB-3121.1(1)により規定される値。ボルト等に対しては、JSME S NC1 SSB-3131(1)により規定される値  
 $f_s$  : 許容せん断応力 支持構造物（ボルト等を除く）に対しては、JSME S NC1 SSB-3121.1(2)により規定される値。ボルト等に対しては、JSME S NC1 SSB-3131(2)により規定される値  
 $f_c$  : 許容圧縮応力 支持構造物（ボルト等を除く）に対しては、JSME S NC1 SSB-3121.1(3)により規定される値  
 $f_b$  : 許容曲げ応力 支持構造物（ボルト等を除く）に対しては、JSME S NC1 SSB-3121.1(4)により規定される値  
 $f_p$  : 許容支圧応力 支持構造物（ボルト等を除く）に対しては、JSME S NC1 SSB-3121.1(5)により規定される値  
 $f_t^*, f_s^*, f_c^*, f_b^*, f_p^*$  : 上記の $f_t, f_s, f_c, f_b, f_p$ の値を算出する際にJSME S NC1 SSB-3121.1(1)a本文中 $S_y$ 及び $S_y(RT)$ を $1.2S_y$ 及び $1.2S_y(RT)$ と読み替えて算出した値（JSME S NC1 SSB-3121.3及び3133）  
 ただし、その他の支持構造物の上記 $f_t \sim f_p^*$ においては、JSME S NC1 SSB-3121.1(1)aの $F$ 値は、次に定める値とする。  
 $S_y$ 及び $0.7S_u$ のいずれか小さい方の値。ただし、使用温度が $40^\circ\text{C}$ を超えるオーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金にあつては、 $1.35S_y, 0.7S_u$ 又は $S_y(RT)$ のいずれか小さい方の値  
 なお、 $S_y(RT)$ は $40^\circ\text{C}$ における設計降伏点の値

2.3.2 Sクラスの機器・配管系

表 2.3.2-1 クラス1 容器

耐震 クラス	荷重の組合せ	許容 応力 状態	許 容 限 界					
			一次一般膜応力	一次膜応力＋ 一次曲げ応力	一次＋二次応力	一次＋二次＋ ピーク応力	特別な応力限界	
							純せん断 応力	支圧応力
S	D+P+M+Sd	Ⅲ <sub>A</sub> S	Sy と 2/3Su の小さい方。 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 1.2Sm とする。	左欄の 1.5 倍の値	$3S_m^{(注1)}$ Sd 又は Ss 地震動のみによる 応力振幅について 評価する。	$S_d$ 又は $S_s$ 地震動 のみによる疲労 解析を行い、運転 状態Ⅰ、Ⅱにおけ る疲労累積係数 との和を 1.0 以 下とする。	0.6Sm	Sy (1.5Sy) <sup>(注4)</sup>
	D+P <sub>L</sub> +M <sub>L</sub> +Sd	Ⅳ <sub>A</sub> S	2/3Su 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 2/3Su と 2.4Sm の小さい方。	左欄の 1.5 倍の値			0.4Su	Su (1.5Su) <sup>(注4)</sup>
	D+P+M+Ss							

(注1) 3Sm を超えるときは弾塑性解析を行うこと。この場合、JSME S NCI PVB-3300 (同 PVB-3313 を除く) の簡易弾塑性解析を用いる。

(注2) JSME S NCI PVB-3140(6)を満たすときは、疲労解析を行うことを要しない。ただし、「応力の全振幅」は「Sd 又は Ss 地震動による応力の全振幅」と読み替える。

(注3) 運転状態Ⅰ、Ⅱにおいて疲労解析を要しない場合は、地震動のみによる疲労累積係数が 1.0 以下とする。

(注4) ( ) 内は、支圧荷重の作用端から自由端までの距離が支圧荷重の作用幅より大きい場合の値。

表 2.3.2-2 クラス MC 容器

耐震 クラス	荷重の組合せ	許容 応力 状態	許 容 限 界						
			一次一般膜応力	一次膜応力＋ 一次曲げ応力	一次＋二次応力	一次＋二次＋ ピーク応力	特別な応力限界		
							純せん断 応力	支圧応力	
S	D+P+M+Sd	Ⅲ <sub>A</sub> S	Sy と 0.6 Su の小さい方。 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 1.2S とする。	左欄の 1.5 倍の値	3S (注2)	Sd 又は Ss 地震動のみによる 応力振幅について 評価する。	(注3) (注4) Sd 又は Ss 地震動 のみによる疲労 解析を行い、運転 状態Ⅰ、Ⅱにおけ る疲労累積係数 との和を 1.0 以 下とする。	0.6S	Sy (1.5Sy) (注5)
	(注1) D+P <sub>L</sub> +M <sub>L</sub> +Sd								
	D+P+M+Ss	Ⅳ <sub>A</sub> S	構造上の連続な部分は 0.6Su、不連続な部分は Sy と 0.6Su の小さい方。 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、構造上の連続な部分は 2S と 0.6Su の小さい方、不連続な部分は 1.2S とする。	左欄の 1.5 倍の値				0.4Su	Su (1.5Su) (注5)

(注1) 原子炉格納容器は原子炉冷却材喪失時の最終障壁となることから、構造体全体としての安全裕度を確認する意味で、原子炉冷却材喪失後の最大内圧と Sd 地震動（又は静的地震力）との組合せを考慮するものとし、内圧は安全側に原子炉格納容器の最高使用圧力に置き換えるものとする。

この場合の評価は、許容応力状態Ⅳ<sub>A</sub>S の許容限界を用いて行う。

(注2) 3S を超えるときは弾塑性解析を行うこと。この場合、JSME S NC1 PVB-3300（同 PVB-3313 を除く。また、Sm は S に読み替える。）の簡易弾塑性解析を用いることができる。

(注3) JSME S NC1 PVB-3140(6)を満たすときは、疲労解析を行うことを要しない。ただし、「応力の全振幅」は「Sd 又は Ss 地震動による応力の全振幅」と読み替える。

(注4) 運転状態Ⅰ、Ⅱにおいて疲労解析を行わない場合は、地震動のみによる疲労累積係数を 1.0 以下とする。

(注5) ( ) 内は、支圧荷重の作用端から自由端までの距離が支圧荷重の作用幅より大きい場合の値。

表 2.3.2-3 クラス 2、3 容器

耐震 クラス	荷重の組合せ	許容応力 状 態	許 容 限 界 <sup>(注1)</sup>			
			一次一般膜応力	一次膜応力＋ 一次曲げ応力	一次＋二次応力	一次＋二次＋ ピーク応力
S	$D + P_b + M_b + S_d$	$III_A S$	Sy と 0.6 Su の小さい方。 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 いては上記値と 1.2S との大きい 方。	左欄の 1.5 倍の値	<sup>(注2)</sup> Sd 又は Ss 地震動のみによる疲労解析を行い、疲労 累積係数が 1.0 以下であること。 ただし、地震動のみによる一次＋二次応力の変動値 が 2Sy 以下であれば、疲労解析は行わない。	
	$D + P_b + M_b + S_s$	$IV_A S$	0.6Su	左欄の 1.5 倍の値		

(注 1) 座屈に対する評価が必要な場合には、クラス MC 容器の座屈に対する評価式による。

(注 2) 2Sy を超えるときは弾塑性解析を行うこと。この場合、JSME S NC1 PVB-3300 (同 PVB-3313 を除く。また、Sm は 2/3Sy に読み替える。) の簡易弾塑性解析を用いる。

表 2.3.2-4 クラス 1 配管

耐震 クラス	荷重の組合せ	許容応力 状 態	許 容 限 界			
			一次一般膜応力	一次応力 (曲げ応力を含む)	一次+二次応力	一次+二次+ ピーク応力
S	D+P+M+Sd	Ⅲ <sub>A</sub> S	1.5Sm <sup>(注1)</sup>	2.25Sm <sup>(注2)</sup> ただし、ねじりによる応力が 0.55Sm を超える場合は、曲げとね じりによる応力について 1.8Sm と する。	$3Sm$ <sup>(注2)(注3)</sup> Sd 又は Ss 地震動のみに による応力振幅について評 価する。	<sup>(注2)</sup> Sd 又は Ss 地震動のみに による疲労解析を行い、運 転状態 I、II における疲 労累積係数との和を 1.0 以下とする。
	D+P <sub>L</sub> +M <sub>L</sub> +Sd	Ⅳ <sub>A</sub> S	2Sm <sup>(注1)</sup>	3Sm <sup>(注2)</sup> ただし、ねじりによる応力が 0.73Sm を超える場合は、曲げとね じりによる応力について 2.4Sm と する。		
	D+P+M+Ss					

(注1) 軸力による全断面平均応力については、許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>S の一次一般膜応力の許容値の 0.8 倍の値とする。

(注2) サポート用ラグ等が配管に直接溶接されている場合、配管に発生する局部的応力についても応力評価を行う。

(注3) 3Sm を超えるときは弾塑性解析を行う。この場合、JSME S NCI PPB-3536 (同(3)、(6)及び(7)を除く。)を用いる。

表 2.3.2-5 クラス 2、3 配管

耐震 クラス	荷重の組合せ	許容応力 状 態	許 容 限 界			
			一次一般膜応力	一次応力 (曲げ応力を含む)	一次+二次応力	一次+二次+ ピーク応力
S	$D + P_D + M_D + S_d$	$III_A S$	<sup>(注1)</sup> $S_y$ と $0.6S_u$ の小さい方。 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上記値と $1.2S$ との大きい方。	$S_y$ 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上記値と $1.2S$ との大きい方。	<sup>(注2)</sup> $S_d$ 又は $S_s$ 地震動のみによる疲労解析を行い、疲労累積係数が $1.0$ 以下であること。 ただし、地震動のみによる一次+二次応力の変動値が $2S_y$ 以下であれば、疲労解析は行わない。	
	$D + P_D + M_D + S_s$	$IV_A S$	$0.6S_u$ <sup>(注1)</sup>	左欄の $1.5$ 倍の値		

(注1) 軸力による全断面平均応力については、許容応力状態 $III_A S$ の一次一般膜応力の許容値の $0.8$ 倍の値とする。

(注2)  $2S_y$  を超えるときは弾塑性解析を行うこと。この場合、JSME S NC1 PPB-3536 (同(3)、(6)及び(7)を除く。また、 $S_m$  は  $2/3S_y$  に読み替える。) の簡易弾塑性解析を用いる。

表 2.3.2-6 クラス4 配管

耐震 クラス	荷重の組合せ	許容応力状態	許容限界
			一次一般膜応力
S	$D+P_D+M_D+Sd$	$III_A S$	地震時の加速度及び相対変位に対し機能が保たれるようサポートのスパン長を最大許容ピッチ以下に確保すること。
	$D+P_D+M_D+Ss$	$IV_A S$	同 上

表 2.3.2-7 クラス 1 ポンプ (耐圧機能維持の評価)

耐震 クラス	荷重の組合せ	許容応力 状 態	許 容 限 界			
			一次一般膜応力	一次応力 (曲げ応力を含む)	一次+二次応力	一次+二次+ ピーク応力
S	$D + P_D + M_D + S_d$	$III_A S$	$S_y$ と $2/3S_u$ の小さい方。 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 $1.2S_m$ とする。	左欄の 1.5 倍の値	(注) $3S_m$ $S_d$ 又は $S_s$ 地震動のみに よる応力振幅について 評価する。	$S_d$ 又は $S_s$ 地震動のみに よる疲労解析を行い、疲 労累積係数が 1.0 以下 であること。
	$D + P_D + M_D + S_s$	$IV_A S$	$2/3S_u$ 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 $2/3S_u$ と $2.4S_m$ の小さい 方。	左欄の 1.5 倍の値		

(注)  $3S_m$  を超えるときは弾塑性解析を行う。この場合、JSME S NC1 PVB-3300 (同 PVB-3313 を除く。) 又は JSME S NC1 PPB-3536 (同(3)、(6)及び(7)を除く。) を用いる。



表 2.3.2-8 クラス 2 ポンプ (耐圧機能維持の評価)

耐震 クラス	荷重の組合せ	許容応力 状 態	許 容 限 界			
			一次一般膜応力	一次応力 (曲げ応力を含む)	一次+二次応力	一次+二次+ ピーク応力
S	$D+P_D+M_D+S_d$	$III_A S$	Sy と 0.6 Su の小さい方。 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 いては上記値と 1.2S との大きい 方。	左欄の 1.5 倍の値	<small>(注)</small> $S_d$ 又は $S_s$ 地震動のみによる疲労解析を行い、疲労 累積係数が 1.0 以下であること。 ただし、地震動のみによる一次+二次応力の変動値 が $2S_y$ 以下であれば、疲労解析は行わない。	
	$D+P_D+M_D+S_s$	$IV_A S$	0.6Su	左欄の 1.5 倍の値		

(注)  $2S_y$  を超えるときは弾塑性解析を行うこと。この場合、JSME S NC1 PVB-3300 (同 PVB-3313 を除く。また、 $S_m$  は  $2/3S_y$  に読み替える。) の簡易弾塑性解析を用いる。

表 2.3.2-9 クラス 3 ポンプ、その他のポンプ（耐圧機能維持の評価）

耐震 クラス	荷重の組合せ	許容応力 状 態	許 容 限 界			
			一次一般膜応力	一次応力 (曲げ応力を含む)	一次+二次応力	一次+二次+ ピーク応力
S	$D + P_D + M_D + S_d$	$III_A S$	Sy と 0.6Su の小さい方。 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 いては上記値と 1.2S との大きい 方。	左欄の 1.5 倍の値	(注) $S_d$ 又は $S_s$ 地震動のみによる疲労解析を行い、疲労 累積係数が 1.0 以下であること。ただし、地震動の みによる一次+二次応力の変動値が $2S_y$ 以下であら ば、疲労解析は行わない。	
	$D + P_D + M_D + S_s$	$IV_A S$	0.6Su	左欄の 1.5 倍の値		

(注)  $2S_y$  を超えるときは、簡易弾塑性解析を行うこととする。この場合、JSME S NC1 PVB-3300 (同 PVB-3313 を除く。また、 $S_m$  は  $2/3S_y$  に読み替える。) の簡易弾塑性解析を用いることができる。

表 2.3.2-10 クラス 1 弁 (耐圧機能維持の評価 (弁箱))

耐震 クラス	荷重の組合せ	許容応力 状 態	許 容 限 界			
			一次一般膜応力	一次応力	一次+二次応力	一次+二次+ ピーク応力
S	$D + P_d + M_d + S_d$	$III_A S$	(注)			
	$D + P_d + M_d + S_s$	$IV_A S$				

(注) 外径が 115mm 以下の管に接続される弁のうち、特に大きな駆動部を有する電動弁、空気作動弁については、JSME S NC1 VVB-3330 の評価を行うこと。  
ただし、地震時に過大な応力の発生を防ぐ処置が講じられているものは、この限りではない。

表 2.3.2-11 クラス 2 弁 (耐圧機能維持の評価 (弁箱))

耐震 クラス	荷重の組合せ	許容応力 状 態	許 容 限 界			
			一次一般膜応力	一次応力	一次+二次応力	一次+二次+ ピーク応力
S	$D + P_d + M_d + S_d$	III <sub>A</sub> S	(注)			
	$D + P_d + M_d + S_s$	IV <sub>A</sub> S				

(注) バルブの肉厚が接続配管と同等の場合で、特に大きな駆動部を有する電動弁、空気作動弁については、JSME S NC1 VVB-3330 の評価を行うこと。  
ただし、地震時に過大な応力の発生を防ぐ処置が講じられているものは、この限りではない。

表 2.3.2-12 炉心支持構造物

耐震 クラス	荷重の組合せ	許容 応力 状態	許容限界 (ボルト等以外)					許容限界 (ボルト等)		
			一次一般膜応力	一次膜応力+ 一次曲げ応力	特別な応力限界			一次一般膜応力	一次膜応力+ 一次曲げ応力	一次+ 二次応力
					純せん 断応力	支圧 応力	ねじり 応力			
S	D+P+M+Sd	Ⅲ <sub>A</sub> S	1.5Sm <sup>(注1)</sup>	左欄の1.5倍の 値 <sup>(注1)</sup>	0.9Sm	1.5Sy <sup>(注2)</sup> (2.25Sy)	1.2Sm	1.5Sm <sup>(注1)</sup>	左欄の1.5倍の 値 <sup>(注1)</sup>	—
	D+P <sub>L</sub> +M <sub>L</sub> +Sd	Ⅳ <sub>A</sub> S	2/3Su <sup>(注1)</sup> 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 2/3Su と 2.4Sm の小 さい方。	左欄の1.5倍の 値 <sup>(注1)</sup>	1.2Sm	2Sy <sup>(注2)</sup> (3Sy)	1.6Sm	2/3Su <sup>(注1)</sup> 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 2/3Su と 2.4Sm の小 さい方。	左欄の1.5倍の 値 <sup>(注1)</sup>	—
	D+P+M+Ss									

(注1) JSME S NCI CSS-3160 の崩壊荷重の下限に基づく評価 (ただし、Ⅲ<sub>A</sub>S については同(2)、Ⅳ<sub>A</sub>S については同(3)の評価) を満足する場合は、本規定によらない。

(注2) ( ) 内は、支圧荷重の作用端から自由端までの距離が支圧荷重の作用幅より大きい場合の値。

表 2.3.2-13 炉内構造物

耐震 クラス	荷重の組合せ	許容 応力 状態	許容限界 (ボルト等以外)					許容限界 (ボルト等)		
			一次一般膜応力	一次膜応力+ 一次曲げ応力	特別な応力限界			一次一般膜応力	一次膜応力+ 一次曲げ応力	一次+ 二次応力
					純せん 断応力	支圧 応力	ねじり 応力			
S	D+P+M+Sd	Ⅲ <sub>A</sub> S	1.5Sm <sup>(注1)</sup>	左欄の 1.5 倍の 値 <sup>(注1)</sup>	0.9Sm	支圧 応力 <sup>(注2)</sup> 1.5Sy (2.25Sy)	1.2Sm	1.5Sm <sup>(注1)</sup>	左欄の 1.5 倍の 値 <sup>(注1)</sup>	—
	D+P <sub>L</sub> +M <sub>L</sub> +Sd	Ⅳ <sub>A</sub> S	2/3Su <sup>(注1)</sup> 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 2/3Su と 2.4Sm の小 さい方。	左欄の 1.5 倍の 値 <sup>(注1)</sup>	1.2Sm	支圧 応力 <sup>(注2)</sup> 2Sy (3Sy)	1.6Sm	2/3Su <sup>(注1)</sup> 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 2/3Su と 2.4Sm の小 さい方。	左欄の 1.5 倍の 値 <sup>(注1)</sup>	—
	D+P+M+Ss									

(注1) JSME S NCI CSS-3160 の崩壊荷重の下限に基づく評価 (ただし、Ⅲ<sub>A</sub>S については同(2)、Ⅳ<sub>A</sub>S については同(3)の評価) を満足する場合は、本規定によらない。

(注2) ( ) 内は、支圧荷重の作用端から自由端までの距離が支圧荷重の作用幅より大きい場合の値。

表 2.3.2-14 クラス 1 支持構造物

耐震 クラス	荷重の組合せ	許容 応力 状態	許 容 限 界 (注1) (注2) (注3) (ボルト以外)										許容限界 (ボルト等)		形状試験に よる場合
			一 次 応 力					一次+二次応力					一次応力		許容荷重
			引張	せん断	圧縮	曲げ	支圧	引張 圧縮	せん断	曲げ	支圧	座屈	引張	せん断	
S	D+P+M+Sd	Ⅲ <sub>A</sub> S	1.5f <sub>t</sub>	1.5f <sub>s</sub>	1.5f <sub>c</sub>	1.5f <sub>b</sub>	1.5f <sub>p</sub>	3f <sub>t</sub>	(注4) 3f <sub>s</sub>	(注5) 3f <sub>b</sub>	(注6) 1.5f <sub>p</sub>	(注5) (注6) 1.5f <sub>b</sub> 、 1.5f <sub>s</sub> 又は 1.5f <sub>c</sub>	1.5f <sub>t</sub>	1.5f <sub>s</sub>	$T_L \times \frac{1}{2} \times \frac{Syd}{Syt}$
	D+P <sub>L</sub> +M <sub>L</sub> +Sd	Ⅳ <sub>A</sub> S	1.5f <sub>t</sub> *	1.5f <sub>s</sub> *	1.5f <sub>c</sub> *	1.5f <sub>b</sub> *	1.5f <sub>p</sub> *	〔 Sd 又は Ss 地震動のみ による応力振幅につ いて評価する。 〕			(注6) 1.5f <sub>p</sub> *	1.5f <sub>t</sub> *	1.5f <sub>s</sub> *	$T_L \times 0.6 \times \frac{Syd}{Syt}$	
	D+P+M+Ss														

(注1) 「鋼構造設計規準 SI 単位版」(2002年日本建築学会)等の幅厚比の制限を満足させる。

(注2) 応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。

(注3) 耐圧部に溶接等により直接取り付けられる支持構造物であって耐圧部と一体の応力解析を行うものについては、耐圧部と同じ許容応力とする。

(注4) すみ肉溶接部にあつては最大応力に対して1.5f<sub>s</sub>とする。

(注5) JSME S NCI SSB-3121.1(4)により求めたf<sub>b</sub>とする。

(注6) 自重、熱膨張等により常時作用する荷重に、地震動による荷重を重ね合わせて得られる応力の圧縮最大値について評価する。

表 2.3.2-15 クラス 2、3 支持構造物

耐震 クラス	荷重の組合せ	許容 応力 状態	許 容 限 界 (注1) (注2) (注3) (ボルト以外)										許容限界 (ボルト等)		形状試験に よる場合
			一 次 応 力					一次+二次応力					一次応力		許容荷重
			引張	せん断	圧縮	曲げ	支圧	引張 圧縮	せん断	曲げ	支圧	座屈	引張	せん断	
S	D+P <sub>D</sub> +M <sub>D</sub> +S <sub>D</sub>	Ⅲ <sub>A</sub> S	1.5f <sub>t</sub>	1.5f <sub>s</sub>	1.5f <sub>c</sub>	1.5f <sub>b</sub>	1.5f <sub>p</sub>	3f <sub>t</sub>	(注4) 3f <sub>s</sub>	(注5) 3f <sub>b</sub>	(注6) 1.5f <sub>p</sub>	(注5) (注6) 1.5f <sub>b</sub> 、 1.5f <sub>s</sub> 又は 1.5f <sub>c</sub>	1.5f <sub>t</sub>	1.5f <sub>s</sub>	$T_L \times \frac{1}{2} \times \frac{Sy_d}{Syt}$
	D+P <sub>D</sub> +M <sub>D</sub> +S <sub>S</sub>	Ⅳ <sub>A</sub> S	1.5f <sub>t</sub> *	1.5f <sub>s</sub> *	1.5f <sub>c</sub> *	1.5f <sub>b</sub> *	1.5f <sub>p</sub> *	〔 S <sub>d</sub> 又は S <sub>s</sub> 地震動のみ による応力振幅につ いて評価する。 〕			(注6) 1.5f <sub>p</sub> *	1.5f <sub>c</sub>	1.5f <sub>t</sub> *	1.5f <sub>s</sub> *	$T_L \times 0.6 \times \frac{Sy_d}{Syt}$

(注1) 「鋼構造設計規準 SI 単位版」(2002年日本建築学会)等の幅厚比の制限を満足させる。

(注2) 応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。

(注3) 耐圧部に溶接等により直接取り付けられる支持構造物であって耐圧部と一体の応力解析を行うものについては、耐圧部と同じ許容応力とする。

(注4) すみ肉溶接部にあつては最大応力に対して1.5f<sub>s</sub>とする。

(注5) JSME S NCI SSB-3121.1(4)により求めたf<sub>b</sub>とする。

(注6) 自重、熱膨張等により常時作用する荷重に、地震動による荷重を重ね合わせて得られる応力の圧縮最大値について評価する。



表 2.3.2-16 その他の支持構造物

耐震クラス	荷重の組合せ	許容 応力 状態	許 容 限 界 (注1) (注2) (注3) (ボルト以外)										許容限界 (ボルト等)		形状試験に よる場合
			一 次 応 力					一次+二次応力					一次応力		許容荷重
			引張	せん断	圧縮	曲げ	支圧	引張 圧縮	せん断	曲げ	支圧	座屈	引張	せん断	
S	D+P <sub>D</sub> +M <sub>D</sub> +S <sub>D</sub>	Ⅲ <sub>A</sub> S	1.5f <sub>t</sub>	1.5f <sub>s</sub>	1.5f <sub>c</sub>	1.5f <sub>b</sub>	1.5f <sub>p</sub>	3f <sub>t</sub>	(注4) 3f <sub>s</sub>	(注5) 3f <sub>b</sub>	(注6) 1.5f <sub>p</sub>	(注5) (注6) 1.5f <sub>b</sub> 、 1.5f <sub>s</sub> 又は 1.5f <sub>c</sub>	1.5f <sub>t</sub>	1.5f <sub>s</sub>	$T_L \times \frac{1}{2} \times \frac{Sy_d}{Syt}$
	D+P <sub>D</sub> +M <sub>D</sub> +S <sub>S</sub>	Ⅳ <sub>A</sub> S	1.5f <sub>t</sub> *	1.5f <sub>s</sub> *	1.5f <sub>c</sub> *	1.5f <sub>b</sub> *	1.5f <sub>p</sub> *	S <sub>D</sub> 又はS <sub>S</sub> 地震動のみ による応力振幅につ いて評価する。			(注6) 1.5f <sub>p</sub> *	1.5f <sub>t</sub> *	1.5f <sub>s</sub> *	$T_L \times 0.6 \times \frac{Sy_d}{Syt}$	

(注1) 「鋼構造設計規準 SI 単位版」(2002年日本建築学会)等の幅厚比の制限を満足させる。

(注2) 応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。

(注3) 耐圧部に溶接等により直接取り付けられる支持構造物であって耐圧部と一体の応力解析を行うものについては、耐圧部と同じ許容応力とする。

(注4) すみ肉溶接部にあつては最大応力に対して1.5f<sub>s</sub>とする。

(注5) JSME S NCI SSB-3121.1(4)により求めたf<sub>b</sub>とする。

(注6) 自重、熱膨張等により常時作用する荷重に、地震動による荷重を重ね合わせて得られる応力の圧縮最大値について評価する。

表 2.3.2-17 クラス 1 耐圧部テンションボルト (容器以外)

耐震 クラス	荷重の組合せ	許容応力 状 態	容 器
			許 容 限 界
			平均引張応力
S	$D+P_D+M_D+Sd$	$III_A S$	(注1) (注2) (注3) $1.5S_m$
	$D+P_D+M_D+Ss$	$IV_A S$	(注1) (注2) (注3) $2S_m$

(注1) 使用圧力及び外荷重を考慮する。

(注2) クラス 1 容器耐圧部テンションボルトと同等の詳細解析を行う場合、クラス 1 容器耐圧部テンションボルトの許容応力を用いることができる。

(注3) クラス 1 ポンプの耐圧部テンションボルトにあたっては、 $S_m$ をSと読み替える。

表 2.3.2-18 クラス 2, 3 耐圧部テンションボルト

耐震 クラス	荷重の組合せ	許容応力 状 態	容 器
			許 容 限 界
			平均引張応力
S	$D+P_D+M_D+Sd$	$III_A S$	(注1) (注2) $1.5S$
	$D+P_D+M_D+Ss$	$IV_A S$	(注1) (注2) $2S$

(注1) 使用圧力及び外荷重を考慮する。

(注2) 継手接続部(配管等)の許容応力から定まる荷重が作用するものと仮定した場合において、耐圧部テンションボルトの応力が上記の許容応力を満たすことを確認するときは、発生応力に対する評価を行うことを要しない。

評価方法としては、「配管の応力解析を用いる方法」等がある。

表 2.3.2-19 制御棒

耐震 クラス	荷重の組合せ	許容 応力 状態	制御棒案内シンプル		支持格子
			許容限界		許容限界
			一次一般 膜 応 力	一次膜応力＋ 一次曲げ応力	—
S	D+P+M+Sd	Ⅲ <sub>A</sub> S	1.5Sm	左欄の 1.5 倍の値	(注2) 発生する衝撃 力を限界変形 荷重以下とす る。
	D+P <sub>L</sub> +M <sub>L</sub> +Sd	Ⅳ <sub>A</sub> S	2/3Su と 2.4Sm の小 さい方。	(注1) 左欄の 1.5 倍の値	
	D+P+M+Ss				

(注1) 燃料集合体曲がりによる制御棒案内シンプル断面形状の変化が制御棒そう入に支障の無い範囲であることを確認する。

(注2) 支持格子と剛体等とを衝突させ、支持格子の塑性変形により制御棒案内シンプル断面が変形しはじめる時、発生する荷重を限界変形荷重とする。

表 2.3.2-20 燃料被覆管

耐震 クラス	荷重の組合せ	許容応力 状 態	許 容 限 界
			一 次 応 力
S	D+P+M+Sd	Ⅲ <sub>A</sub> S	S <sub>y</sub> (注1) (注2)
	D+P+M+Ss	Ⅳ <sub>A</sub> S	

(注1) せん断ひずみエネルギー説に基づく相当応力に対して評価する。

(注2) 使用温度及び放射線照射の効果を考慮して許容値を設定する。

2.3.3 B、Cクラスの機器・配管系

表 2.3.3-1 クラス 2、3 容器

耐震 クラス	荷重の組合せ	許容 応力 状態	許 容 限 界	
			一次一般 膜 応 力	一次応力
B	D+P+M+S <sub>B</sub>	B <sub>A</sub> S	Sy と 0.6Su の小さい方。 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上 記値と 1.2S との大きい 方。	Sy 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 ては上記値と 1.2S との 大きい方。
C	D+P+M+S <sub>C</sub>	C <sub>A</sub> S		

表 2.3.3-2 クラス 2 配管

耐震 クラス	荷重の組合せ	許容応力 状 態	許 容 限 界		
			一次一般膜応力	一次応力 (曲げ応力を含む)	一次+二次応力
B	D+P+M+S <sub>B</sub>	B <sub>A</sub> S	<sup>(注1)</sup> Sy と 0.6Su の小さい方。 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 上記値と 1.2S との大きい方。	Sy 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 上記値と 1.2S との大きい方。	— <sup>(注2)</sup>
C	D+P+M+S <sub>C</sub>	C <sub>A</sub> S			

(注 1) 軸力による全断面平均応力については、許容応力状態ⅢAS の一次一般膜応力の許容値の 0.8 倍の値とする。

(注 2) 異なる建屋間に設置される等、地震時相対変位を考慮する場合は、地震のみによる一次+二次応力の振幅に対して 2Sy とする。

表 2.3.3-3 クラス 3 配管

耐震 クラス	荷重の組合せ	許容応力 状 態	許 容 限 界	
			一次一般 膜 応 力	一次応力
B	D+P+M+S <sub>B</sub>	B <sub>A</sub> S	<sup>(注1)</sup> Sy と 0.6Su の小さい方。 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上 記値と 1.2S との大きい 方。	Sy 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 ては上記値と 1.2S との 大きい方。
C	D+P+M+S <sub>C</sub>	C <sub>A</sub> S		

(注) 軸力による全断面平均応力については本欄の 0.8 倍の値とする。

表 2.3.3-4 クラス 2、3 ポンプ、その他のポンプ

耐震 クラス	荷重の組合せ	許容応力 状 態	許 容 限 界	
			一次一般 膜 応 力	一次応力
B	D+P+M+S <sub>B</sub>	B <sub>A</sub> S	Sy と 0.6Su の小さい方。 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上 記値と 1.2S との大きい 方。	Sy 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 ては上記値と 1.2S との 大きい方。
C	D+P+M+S <sub>C</sub>	C <sub>A</sub> S		

表 2.3.3-5 クラス 2、3 支持構造物

耐震 クラス	荷重の組合せ	許容 応力 状態	許 容 限 界 <sup>(注1)(注2)</sup> ( ボ ル ト 以 外 )										許容限界 <sup>(注6)</sup> (ボルト等)	形状試験に よる場合	
			一 次 応 力					一次+二次応力					一次応力		許容荷重
			引張	せん断	圧縮	曲げ	支圧	引張 圧縮	せん断	曲げ	支圧	座屈	引張	せん断	
B	D+P <sub>b</sub> +M <sub>b</sub> +S <sub>B</sub>	B <sub>3</sub> S	1.5f <sub>t</sub>	1.5f <sub>s</sub>	1.5f <sub>c</sub>	1.5f <sub>b</sub>	1.5f <sub>p</sub>	3f <sub>t</sub>	3f <sub>s</sub> <sup>(注3)</sup>	3f <sub>b</sub> <sup>(注4)</sup>	1.5f <sub>p</sub> <sup>(注5)</sup>	1.5f <sub>b</sub> 、 1.5f <sub>s</sub> 又は 1.5f <sub>c</sub> <sup>(注4)</sup> <sup>(注5)</sup>	1.5f <sub>t</sub>	1.5f <sub>s</sub>	$T_L \times \frac{1}{2} \times \frac{Syd}{Syt}$
C	D+P <sub>b</sub> +M <sub>b</sub> +S <sub>B</sub>	C <sub>3</sub> S													

(注1) 「鋼構造設計規準 SI 単位版」(2002年日本建築学会)等の幅厚比の制限を満足させる。

(注2) 応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。

(注3) すみ肉溶接部にあつては最大応力に対して1.5f<sub>s</sub>とする。

(注4) JSME S NCI SSB-3121.1(4)により求めたf<sub>b</sub>とする。

(注5) 自重、熱膨張等により常時作用する荷重に、地震動による荷重を重ね合わせて得られる応力の圧縮最大値について評価する。

(注6) コンクリートに埋込まれるアンカボルトで地震応力の占める割合が支配的なものであって、トルク管理、材料の照合等を行わないものについては、材料の品質、据付状態等のゆらぎ等を考慮して、許容応力を一次引張応力に対してはf<sub>t</sub>、一次せん断応力に対してはf<sub>s</sub>として応力評価を行う。

表 2.3.3-6 その他の支持構造物

耐震 クラス	荷重の組合せ	許容 応力 状態	許 容 限 界 <sup>(注1)</sup> <sup>(注2)</sup> ( ボ ル ト 以 外 )										許容限界 <sup>(注6)</sup> (ボルト等)		形状試験に よる場合
			一 次 応 力					一次+二次応力					一次応力		許容荷重
			引張	せん断	圧縮	曲げ	支圧	引張 圧縮	せん断	曲げ	支圧	座屈	引張	せん断	
B	D+P <sub>D</sub> +M <sub>b</sub> +S <sub>B</sub>	B <sub>A</sub> S	1.5f <sub>t</sub>	1.5f <sub>s</sub>	1.5f <sub>c</sub>	1.5f <sub>b</sub>	1.5f <sub>p</sub>	3f <sub>t</sub>	<sup>(注3)</sup> 3f <sub>s</sub>	<sup>(注4)</sup> 3f <sub>b</sub>	<sup>(注5)</sup> 1.5f <sub>p</sub>	<sup>(注4)</sup> <sup>(注5)</sup> 1.5f <sub>b</sub> 、 1.5f <sub>s</sub> 又は 1.5f <sub>c</sub>	1.5f <sub>t</sub>	1.5f <sub>s</sub>	$T_L \times \frac{1}{2} \times \frac{Syd}{Syt}$
C	D+P <sub>D</sub> +M <sub>b</sub> +S <sub>B</sub>	C <sub>A</sub> S						(地震荷重のみによる 応力振幅について評価 する。)							

(注1) 「鋼構造設計規準 SI 単位版」(2002年日本建築学会)等の幅厚比の制限を満足させる。

(注2) 応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。

(注3) すみ肉溶接部にあつては最大応力に対して1.5f<sub>s</sub>とする。

(注4) JSME S NC1 SSB-3121.1(4)により求めたf<sub>b</sub>とする。

(注5) 自重、熱膨張等により常時作用する荷重に、地震動による荷重を重ね合わせて得られる応力の圧縮最大値について評価する。

(注6) コンクリートに埋込まれるアンカボルトで地震応力の占める割合が支配的なものであつて、トルク管理、材料の照合等を行わないものについては、材料の品質、据付状態等のゆらぎ等を考慮して、許容応力を一次引張応力に対してはf<sub>t</sub>、一次せん断応力に対してはf<sub>s</sub>として応力評価を行う。



#### 2.3.4 動的機能維持の評価基準

機能確認済加速度は、「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991 追補版」に準拠するとともに、試験等で妥当性が確認された値を用いる。

機能確認済加速度を表 2.3.4-1 に示す。

詳細評価における構造強度評価の評価基準値は、「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991 追補版」等による。また、部位毎の動的機能維持の評価基準値は、個別に試験等で妥当性が確認されている値を用いる。

なお、制御棒挿入性の評価においては、安全評価解析条件である制御棒クラスタ落下開始から全ストロークの 85%挿入までの時間に、しゃ断器の電源開放から制御棒クラスタ落下開始までの時間を加えたものを規定時間とし、評価基準値として扱う。

表 2.3.4-1 機能確認済加速度 (1/2)

種別	機種	加速度 確認部位	機能確認済加速度	
			水平方向 (G <sup>※1</sup> )	鉛直方向 (G <sup>※1</sup> )
立形ポンプ	立形斜流ポンプ	コラム 先端部	10.0	1.0
横形ポンプ	横形単段遠心式ポンプ	軸位置	3.2 (軸直角方向)	1.0
	横形多段遠心式ポンプ		1.4 (軸方向)	
ポンプ駆動用 タービン	補助給水ポンプ用 タービン	重心位置	1.0	1.0
電動機	横形ころがり軸受電動機	軸受部	4.7	1.0
	横形すべり軸受電動機		2.6	
	立形ころがり軸受電動機		2.5	
	立形すべり軸受電動機			
ファン	遠心直結型ファン	軸受部及び カニカルールケーシング <sup>※</sup>	2.3	1.0
	遠心直動型ファン	軸受部	2.6	
	軸流式ファン		2.4	

※1 G=9.80665(m/s<sup>2</sup>)

表 2.3.4-1 機能確認済加速度 (2/2)

種別	機種	加速度 確認部位	機能確認済加速度	
			水平方向 (G <sup>※1</sup> )	鉛直方向 (G <sup>※1</sup> )
非常用 ディーゼル 発電機	中速形 ディーゼル機関	機関 重心位置	1.7	1.0
		ガバナ 取付位置	1.8	
制御用 空気圧縮機	V型2気筒圧縮機	シリンダ部	2.2	1.0
弁 (一般弁及び特殊 弁)	一般弁 (グローブ弁、ゲート弁、バ タフライ弁、逆止弁)	駆動部	6.0	6.0
	ゴムダイヤフラム弁		2.7	
	主蒸気隔離弁操作用 電磁弁		6.1 <sup>※2</sup>	3.4 <sup>※2</sup>
	加圧器安全弁		13.0	3.0
	主蒸気安全弁		13.0 10.0 <sup>※3</sup>	3.0

※1 G=9.80665(m/s<sup>2</sup>)

※2 独立行政法人 原子力安全基盤機構

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 機器耐力その4(弁)に係る報告書

※3 固有振動数20Hz未満の安全弁

## 2.4 評価方法

機器・配管系の評価方法は以下のとおりとする。

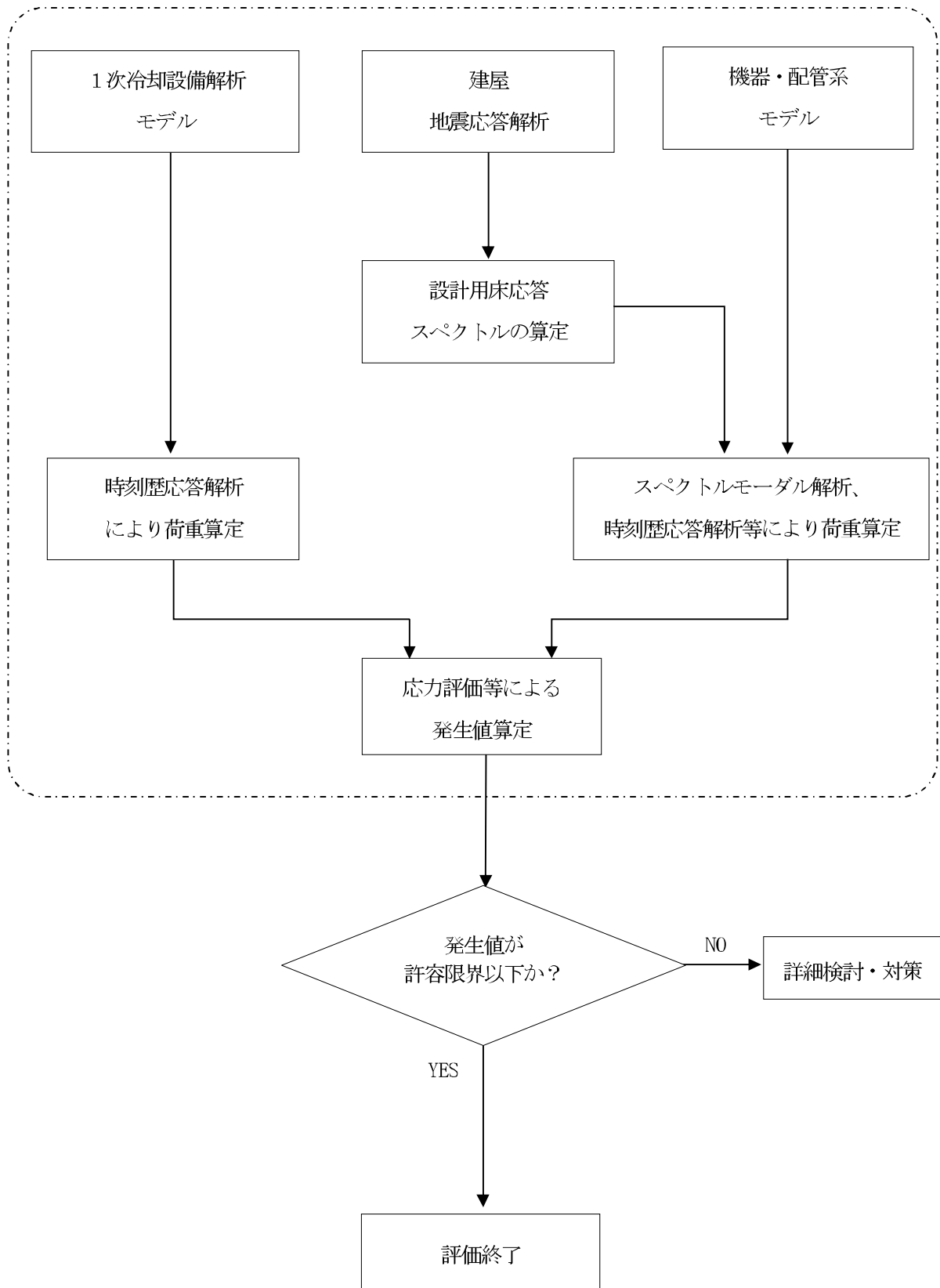
なお、評価にあたっては建屋及び地盤の物性の変動幅（不確かさ）による影響、3次元応答性状の影響、水平2方向入力の影響について適切に配慮する。

### 2.4.1 構造強度の評価方法

構造強度に関する評価は、以下に示す解析法により発生値を算定し、許容限界と比較する。る詳細評価を行い発生値を算定し、評価基準値と比較する。

- (1) スペクトルモーダル解析法
- (2) 時刻歴応答解析法
- (3) 定式化された評価式を用いた解析法（床置き機器等）

構造強度の評価手順を第2.4.1-1図に示す。



第 2.4.1-1 図 構造強度の評価手順

## 2.4.2 動的機能維持の評価方法

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との比較により実施する。

動的機能維持の評価手順を第 2.4.2-1 図に示す。

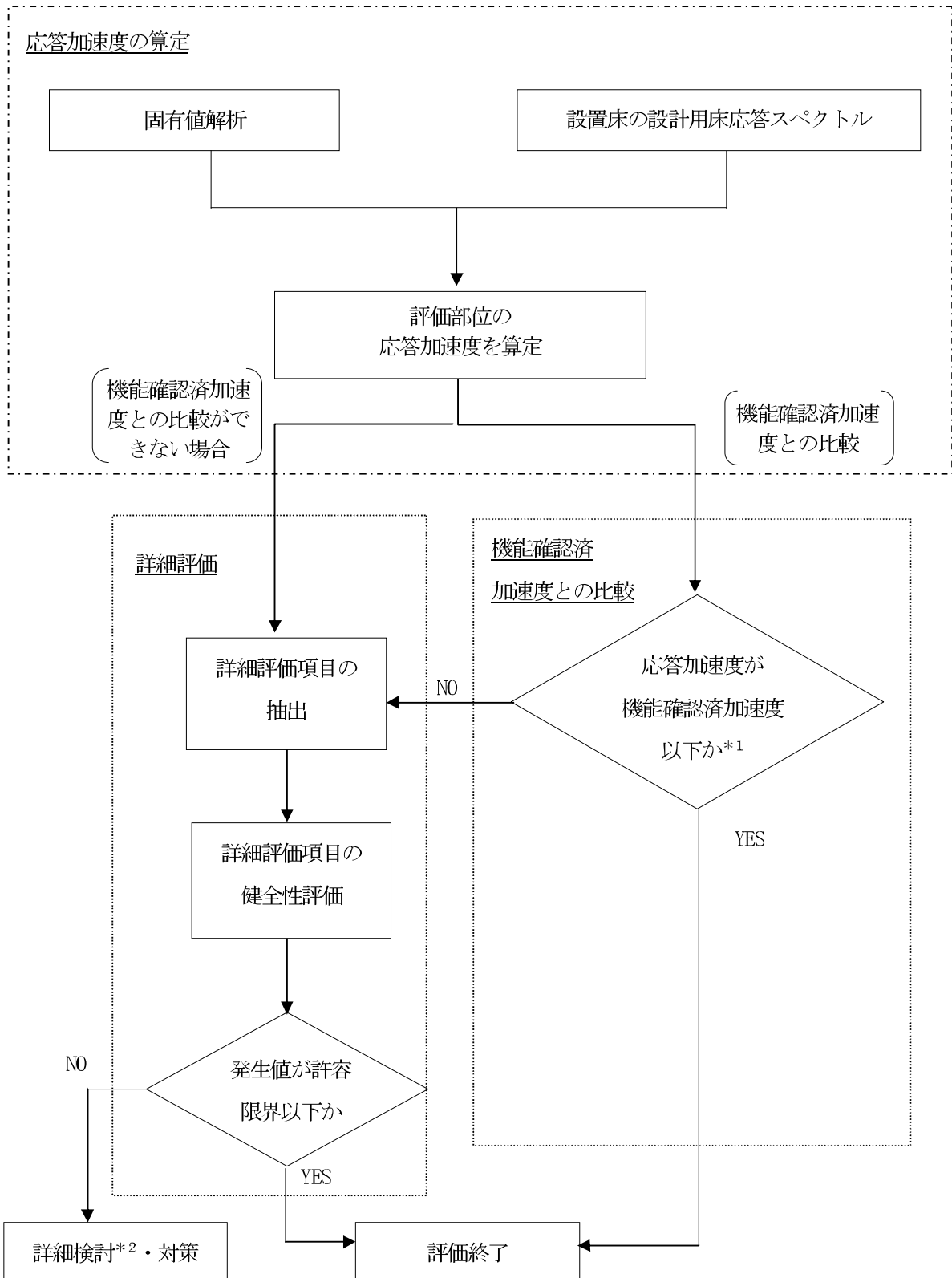
### (1) 機能確認済加速度との比較

基準地震動  $S_s$  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、横形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については、基準地震動  $S_s$  による地震外力を考慮した挿入時間が規定時間以内であることを確認する。

### (2) 詳細評価

機能確認済加速度の設定されていない機器、基準地震動  $S_s$  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、対象部位毎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については、基準地震動  $S_s$  による地震外力を考慮した挿入時間により評価する。

\*2 解析、試験等による検討。

第 2.4.2-1 図 動的機能維持の評価手順

### 2.4.3 地震応答解析

#### (1) 地震応答解析モデル

機器・配管系の地震応答解析モデルは、その振動特性に応じて、代表的な振動モードが表現でき、応力評価等に用いる地震荷重等を算定できるものを使用する。また、解析モデルは既往評価で用いられたもののほか、有限要素法など実績がある手法によるモデルを使用する。モデル化にあたって使用する物性値等については、既往評価で用いられたもののほか、施設運用上の管理値や実測値等を考慮して設定する。

#### (2) 1次冷却設備の地震応答解析

1次冷却設備は、原子炉容器を中心として蒸気発生器・1次冷却材ポンプ・1次冷却材管からなる複数の1次冷却ループから構成されており、また蒸気発生器には主蒸気管・主給水管が接続されている。さらに、これらの機器・配管は耐震性を考慮して内部コンクリートに設置された各支持構造物により支持されている。

したがって、1次冷却設備の地震応答解析では、上記の各設備を3次元はり質点系にモデル化し、建屋モデルと連成した解析モデルにより基準地震動 $S_s$ による時刻歴応答解析を実施する。

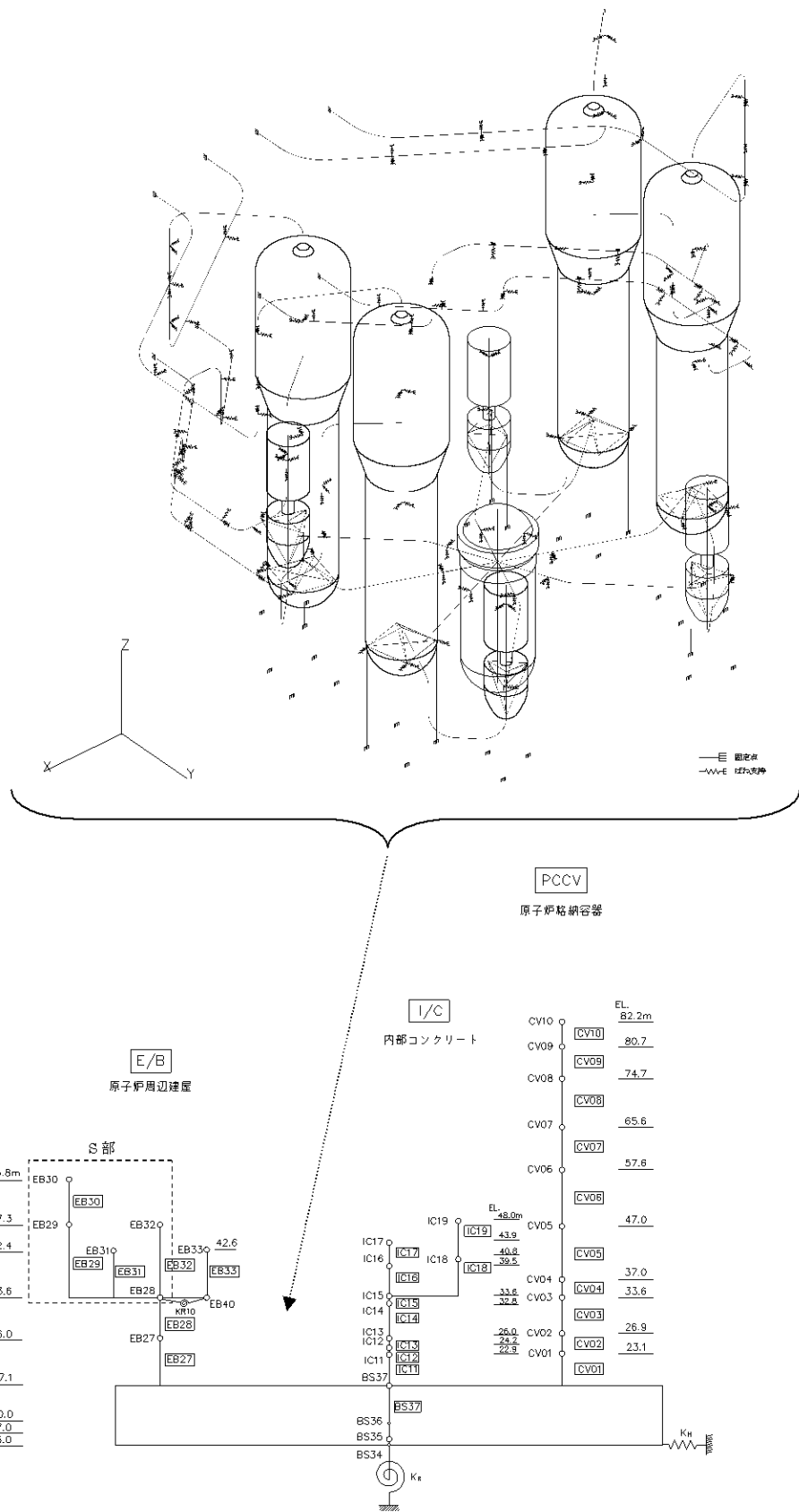
解析は水平方向（NS 及びEW の両方向）及び鉛直方向について実施する。

##### a. 1次冷却設備解析モデル

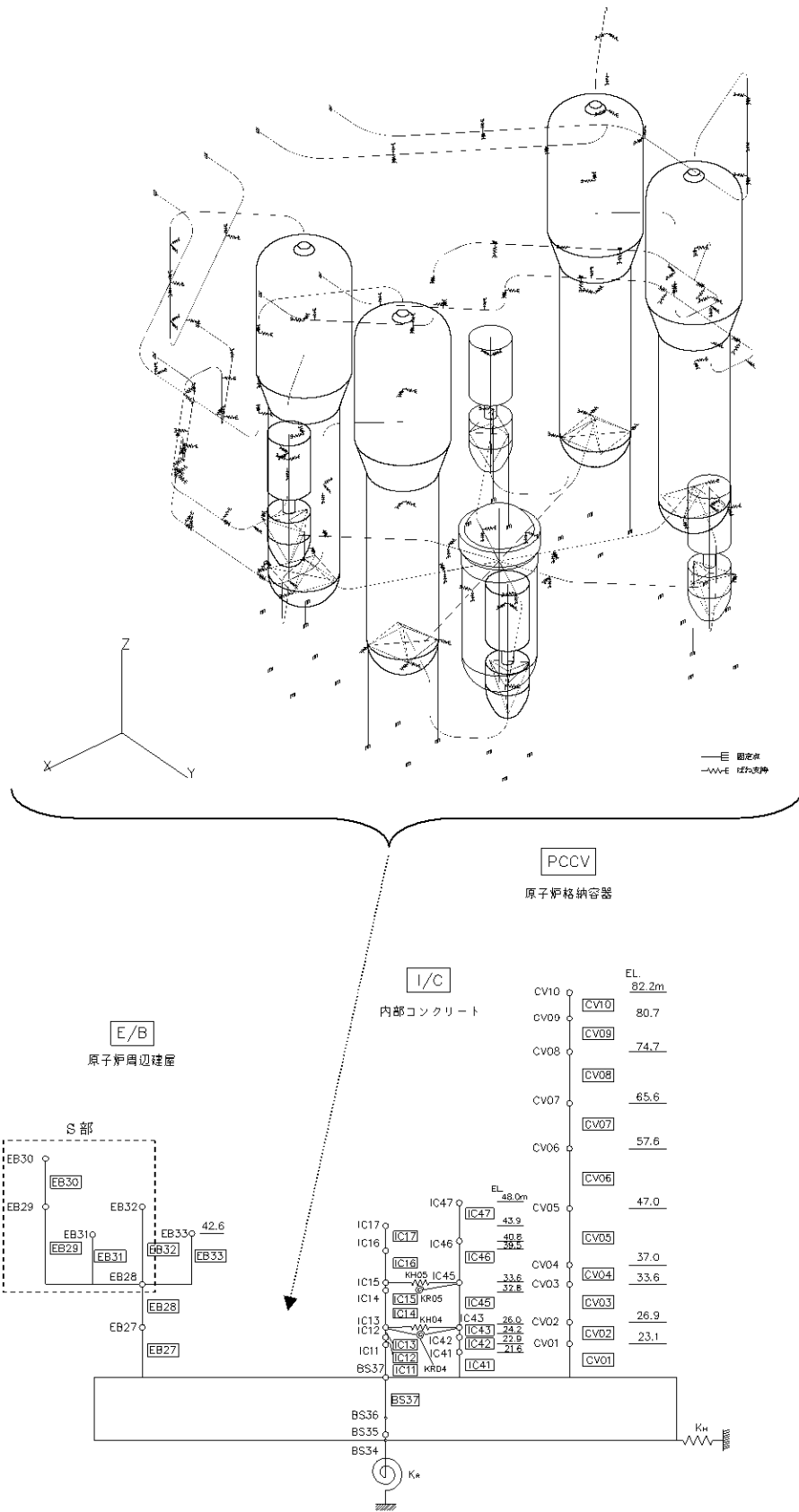
原子炉本体（原子炉容器）及び1次冷却設備（蒸気発生器・1次冷却材ポンプ・1次冷却材管）に作用する地震荷重を算定するための解析モデルを第2.4.3-1～3図に示す。

1次冷却設備や主蒸気管・主給水管については、配管要素及びはり要素により3次元はり質点系にモデル化し、支持構造物をモデル化した等価ばね等により建屋モデルとの連成を行う。

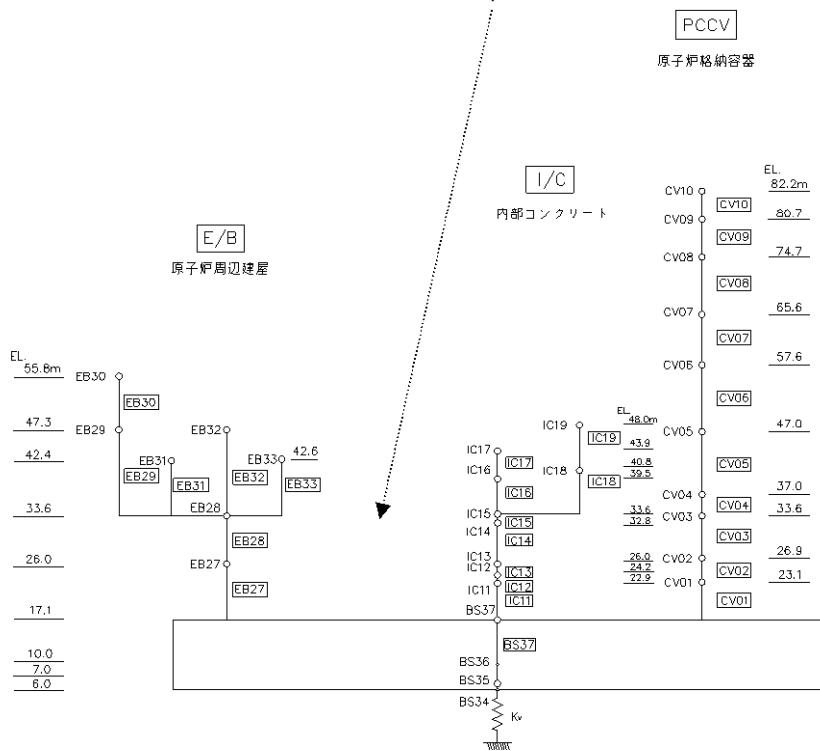
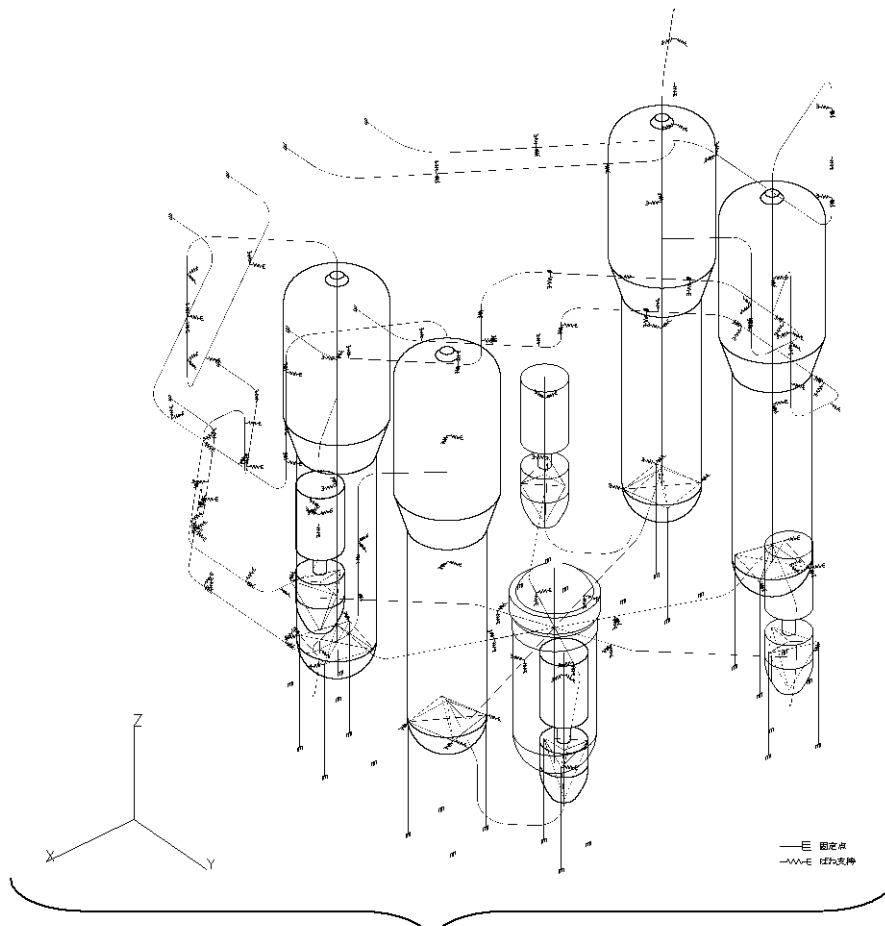




第 2.4.3-1 図 1 次冷却設備の建屋—機器連成解析モデル  
(水平方向 (EW))



第2.4.3-2 図 1次冷却設備の建屋—機器連成解析モデル  
(水平方向 (NS))

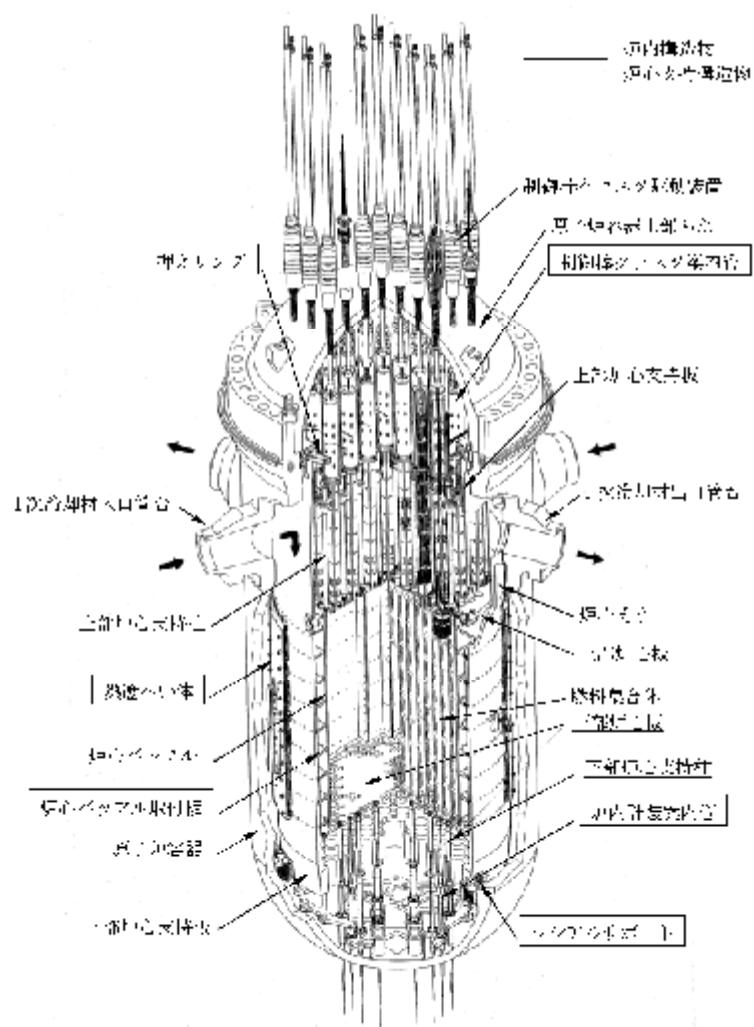


第2.4.3-3図 1次冷却設備の建屋—機器連成解析モデル  
(鉛直方向)

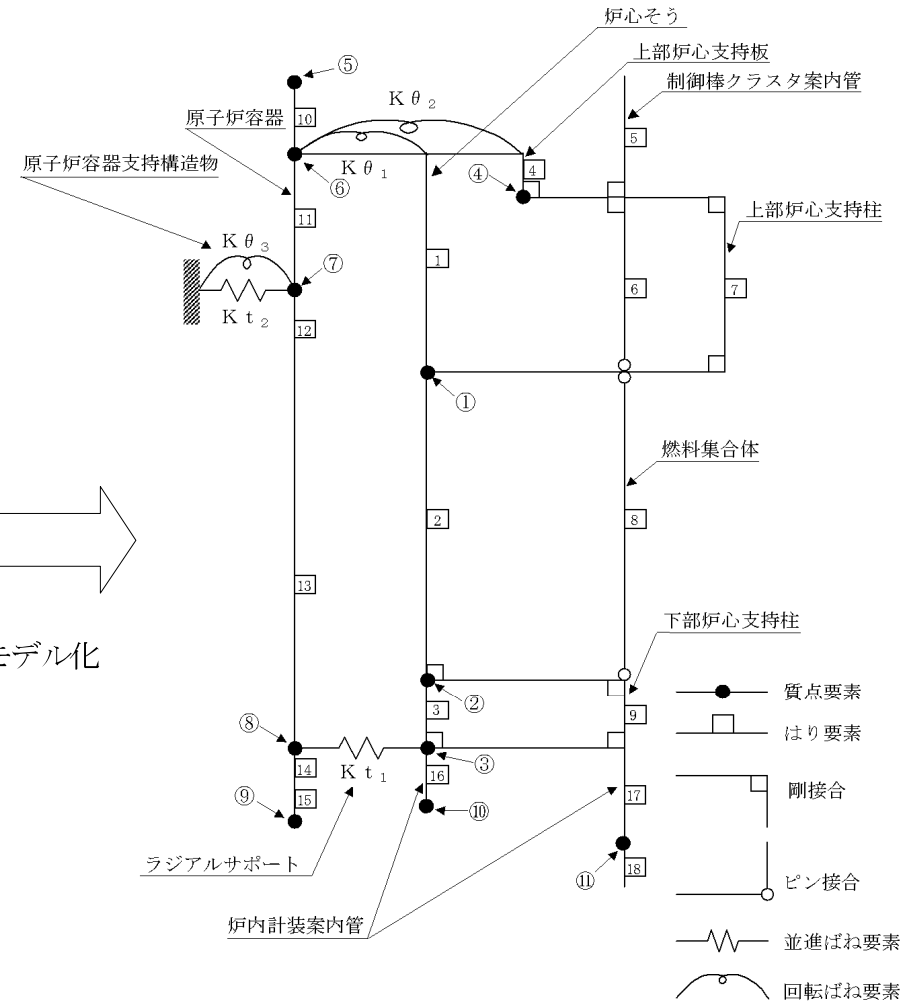
### (3) 機器・配管系の地震応答解析

建屋と連成して地震応答解析を行うものの他、一般的な機器・配管系の地震応答解析では、振動特性等に応じたモデル化を行い、床応答スペクトル等を用いた地震応答解析を行う。

機器・配管系の地震応答解析モデル例を第 2.4.3-4～6 図に示す。

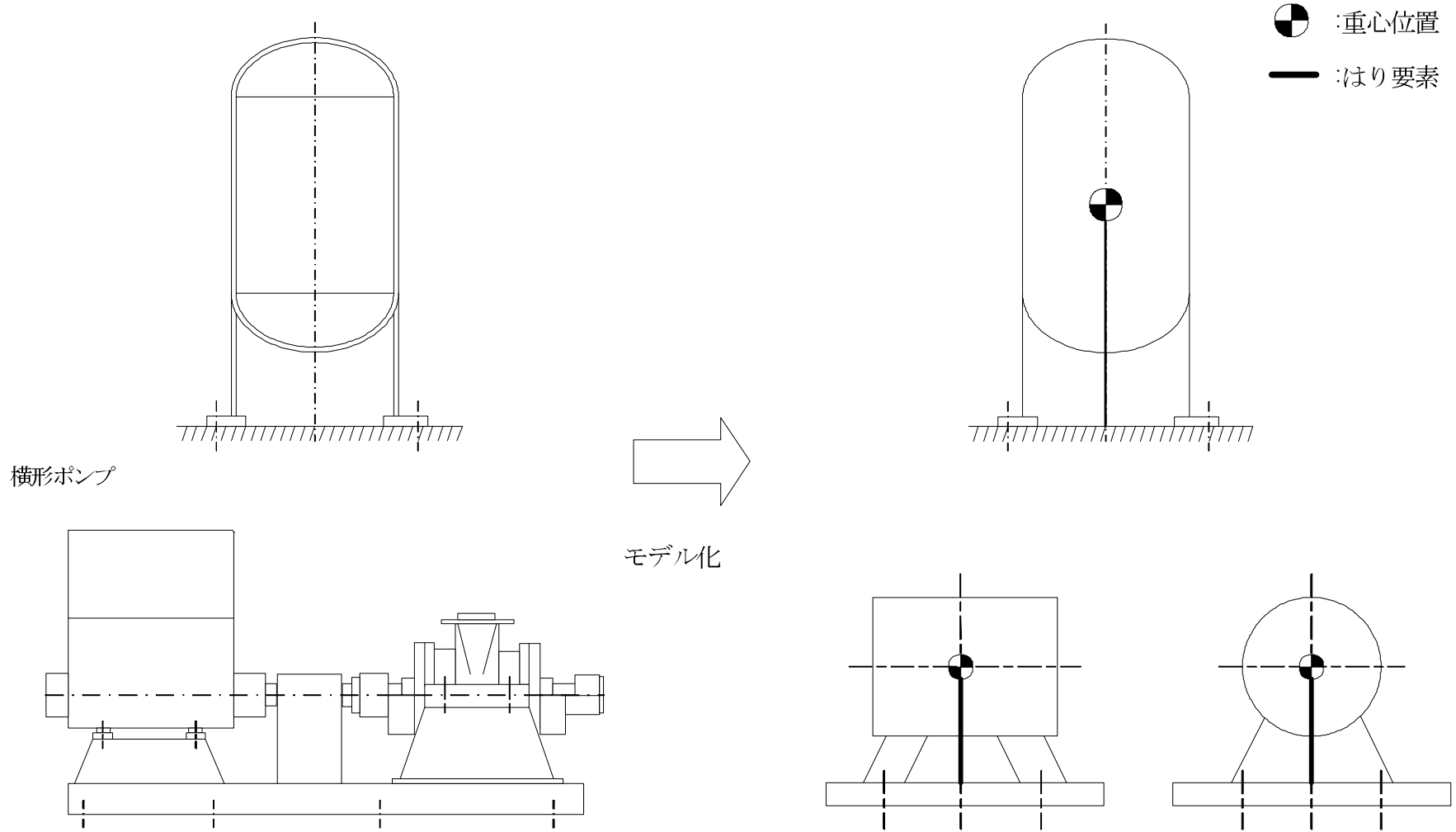


モデル化



第2.4.3-4図 地震応答解析モデル (炉心支持構造物等の例)

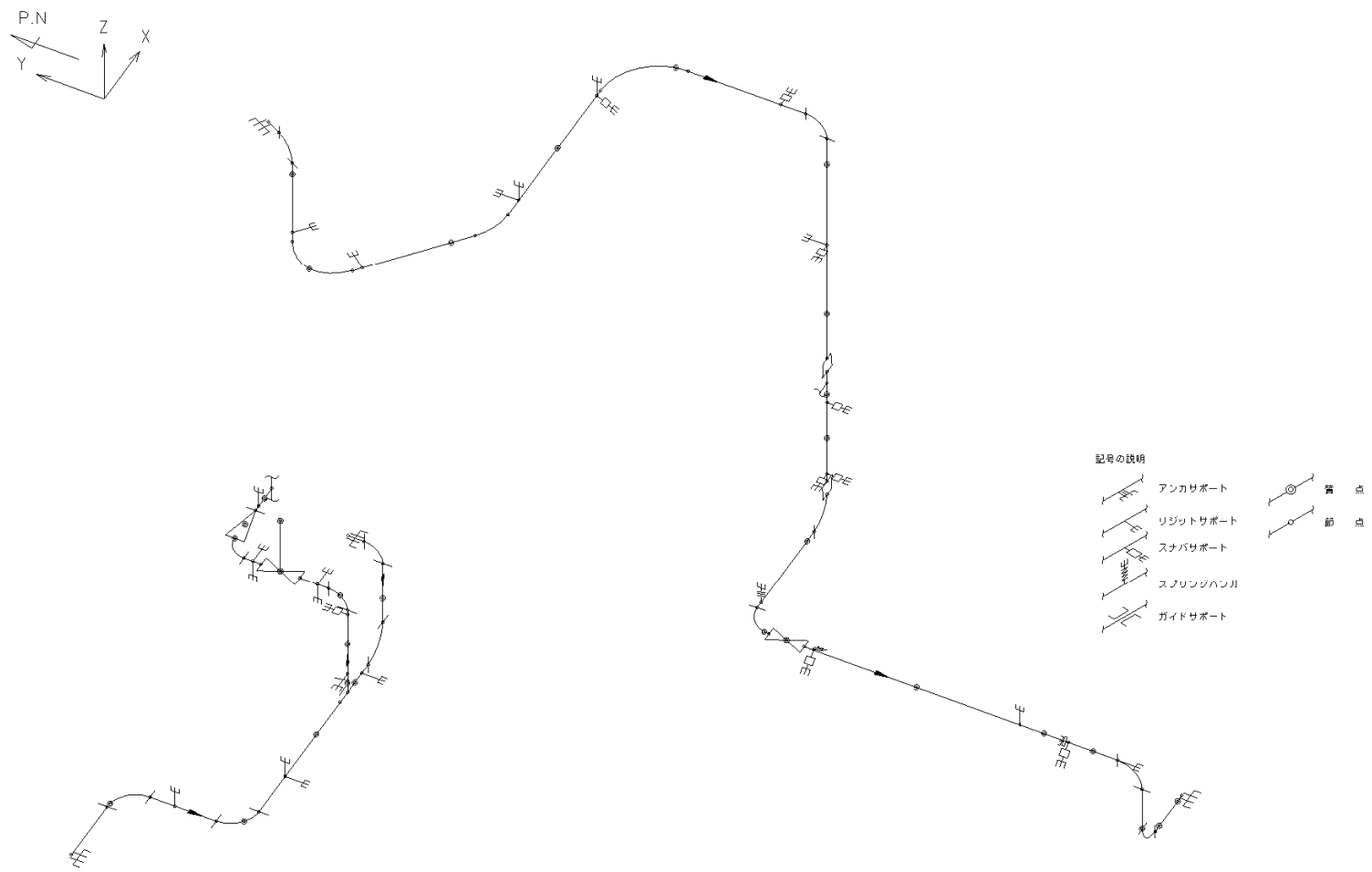
スカート支持たて置円筒形容器



横形ポンプ

モデル化

第 2. 4. 3-5 図 地震応答解析モデル (補機の例)



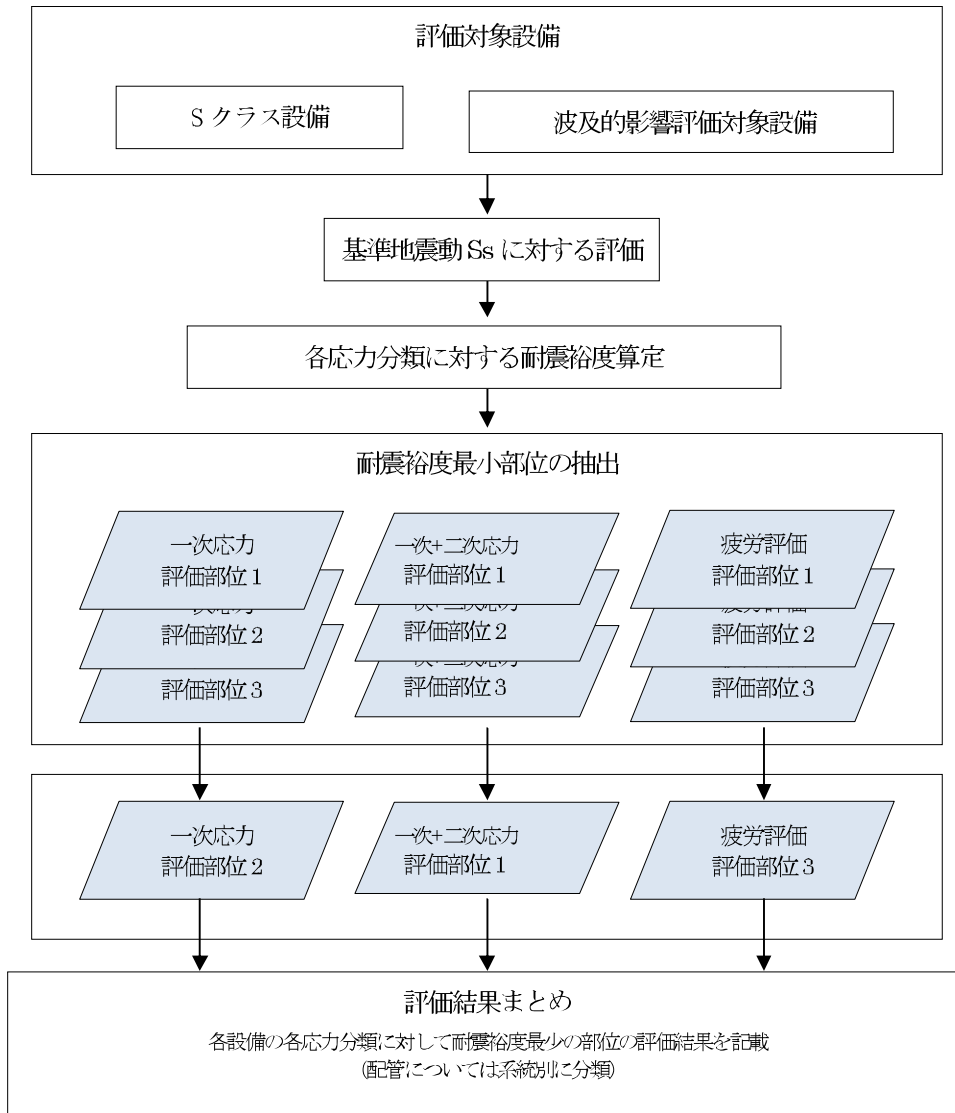
第2.4.3-6 図 地震応答解析モデル (配管系の例)

## 2.4.4 評価結果の記載方法

### (1) 基準地震動 $S_s$ に対する構造強度の評価

構造強度の評価の結果、全てのSクラス設備について、許容限界以下であることを確認した。

機器・配管系の発生値は、評価対象全設備の全応力分類について、いずれも許容限界以下であることを確認しており、評価結果は各設備の各応力分類に対して最も厳しい部位（耐震裕度が最小となる部位）の結果を示している。評価結果の記載方法についてフローを第2.4.4-1図に示す。



第2.4.4-1図 評価結果記載方法



(2) 弾性設計用地震動 Sd に対する評価

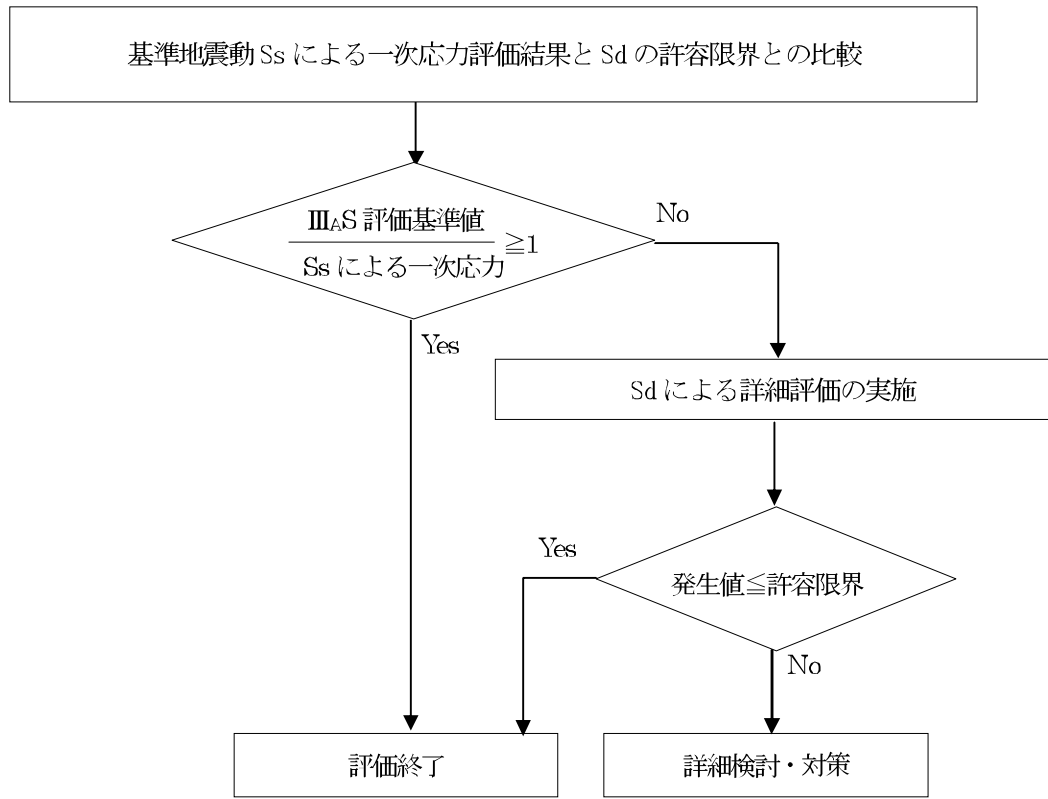
弾性設計用地震動 Sd に対する評価の結果、全ての設備の一次応力について、許容限界以下であることを確認した。

弾性設計用地震動 Sd の評価は以下の理由により、一次応力に対してのみ行っている。

- 一次＋二次応力については、基準地震動 Ss と弾性設計用地震動 Sd の許容限界が同一となることから、基準地震動 Ss の評価で代表できる。
- 一次＋二次応力＋ピーク応力に対しては、評価用等価繰返し回数を用いた疲労評価を行っている。評価用等価繰返し回数は、建屋床の時刻歴応答波から設備毎に個別に算出された値か、若しくは一律で設定した保守的な値を用いている。弾性設計用地震動 Sd は基準地震動 Ss を係数倍することにより策定しており、周期特性、継続時間等同じ特性をもつ波であることから、両者の建屋床での時刻歴応答波を用いて算出した等価繰返し回数は概ね同じ値となる。したがって、弾性設計用地震動 Sd の一次＋二次応力＋ピーク応力については、基準地震動 Ss の評価で代表できる。

評価に当たっては、基準地震動 Ss による発生応力が許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>S の許容限界以下となるかどうかを確認し、Ss による発生応力が許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>S を超えた設備について、弾性設計用地震動 Sd による一次応力の詳細評価を実施した。評価フローを第 2.4.4-2 図に示す。

なお、評価結果は基準地震動 Ss に対する詳細評価での一次応力の耐震裕度最小部位についての評価結果を記載している。



第 2.4.4-2 図 弾性設計用地震動 Sd 評価フロー

(4) 静的地震力に対する評価

建設時の申請において確認済み。静的地震力は建設時工認から変更がないことから、あらためて評価を行うことは不要である。

### 3. 土木構造物

#### 3.1 耐震設計上の重要度分類

<div style="text-align: right;">重要度分類</div> <div style="text-align: left;">設備名称</div>	S	B	C	摘要
原子力設備 1. 原子炉冷却系統施設 (1) 原子炉補機冷却設備  2. その他発電用原子炉の 附属設備 (1) 非常用電源設備  (2) 非常用取水設備			○海水ポンプ室	○海水ポンプ室 ○海水管トレンチ ○配管基礎  ○燃料油貯蔵 タンク基礎