

東海第二発電所 審査資料	
資料番号	PD-1-14 改3
提出年月日	平成29年6月13日

東海第二発電所

地震による損傷の防止

平成29年6月

日本原子力発電株式会社

本資料のうち、は商業機密又は核物質防護上の観点から公開できません。

第4条：地震による損傷の防止

目 次

第1部

1. 基本方針

1.1 要求事項の整理

下線部：今回提出範囲

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_d ・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及び解析モデルについて

(別 紙)

別紙 - 1 耐震評価に適用する手法について

別紙 - 2 使用済燃料乾式貯蔵建屋の杭の健全性について

< 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	備考
<p>第 4 条（地震による損傷の防止）</p> <p>設計基準対象施設は、地震力に十分に耐えることができなければならない。</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p>	<p>第 5 条（地震による損傷の防止）</p> <p>設計基準対象施設は、これに作用する地震力（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に放射線障害を及ぼさないように施設しなければならない。</p> <p>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。）は、基準地震動による地震力（設置許可基準規則第四条第三項に規定する基準地震動による地震力をいう。以下同じ。）に対してその安全性が損なわれるおそれがないように施設しなければならない。</p> <p>3 耐震重要施設が設置許可基準規則第四条第三項の地震により生ずる斜面の崩壊によりその安全性が損なわれるおそれがないよう、防護措置その他の適切な措置を講じなければならない。</p>	<p>追加要求事項</p>

1.2 追加要求事項に対する適合性

(1) 位置，構造及び設備

□ 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」に適合する構造とする。

() 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 S_s 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，発電用原子炉（以下「原子炉」という。）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-70)(2.1:P4条-74)】

- c. Sクラス(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_i 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_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，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 S_s 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 S_s 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_d による地震力又は静的地震力のいずれか大きい方の地震力に対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_s 及び弾性設計用地震動 S_d 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_s 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_s の設計用応答スペクトルを第 1 図及び第 2 図に、基準地震動 S_s の時刻歴波形を第 3 図から第 10 図に示す。

原子炉建屋設置位置付近は、地盤調査の結果、新第三紀の砂質泥岩からなる久米層が分布し、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。

また、弾性設計用地震動 S_d は、基準地震動 S_s 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、「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）」における基準地震動 S_1 を踏まえ、工学的判断から基準地震動 S_s に係数 0.5 を乗じて設定する。

【説明資料（3.1(2)：P4 条 - 77）】

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_d 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 - 77）】

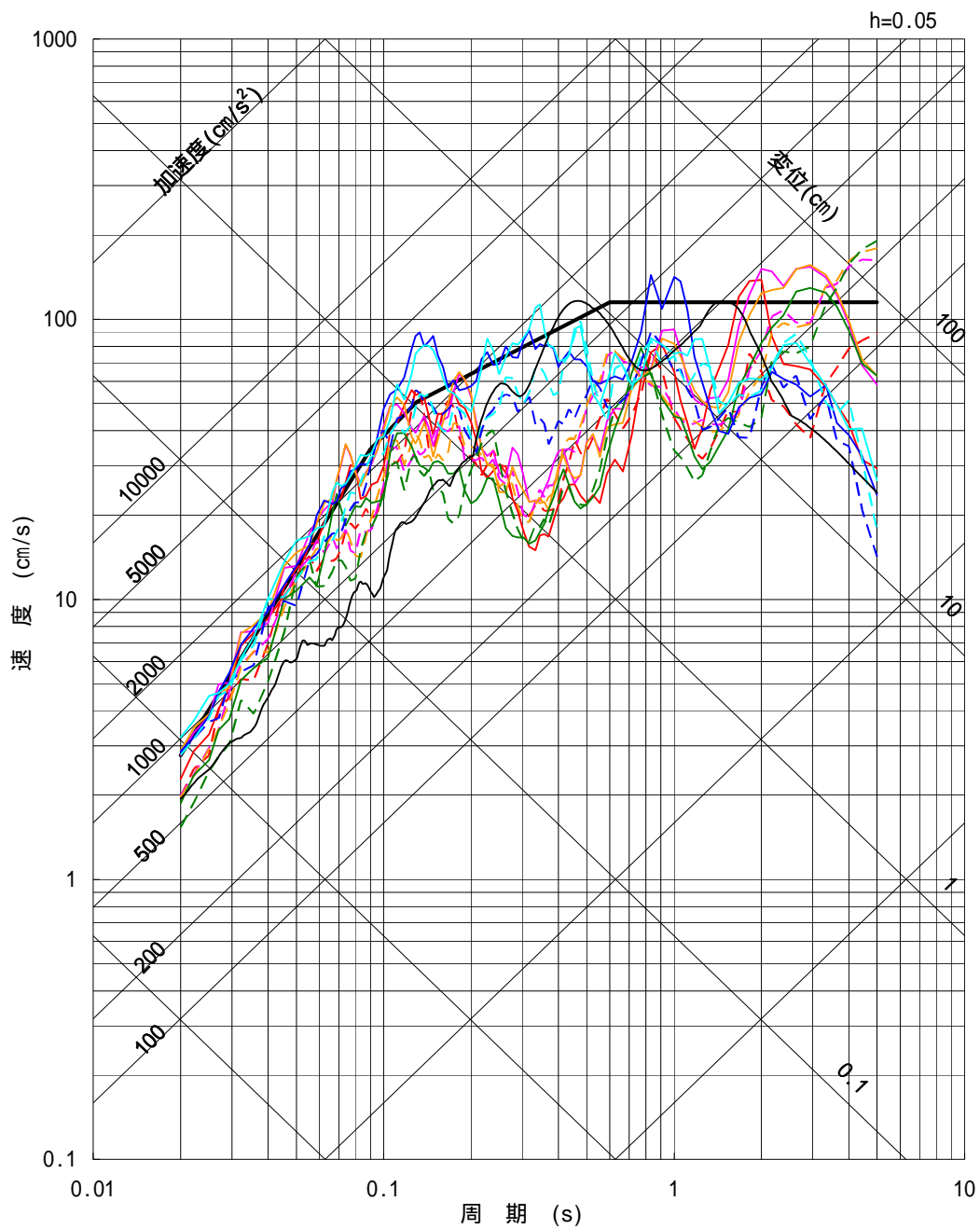
- e. 津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備並びに浸水防止設備が設置された建物・構築物は，基準地震動 S_s による地震力に対して，それぞれの施設及び設備に要求される機能が保持できるように設計する。

【説明資料(1.1(6)：P4条-71)(4.1(3)：P4条-81)

(4.1(4)：P4条-84)】

- 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。

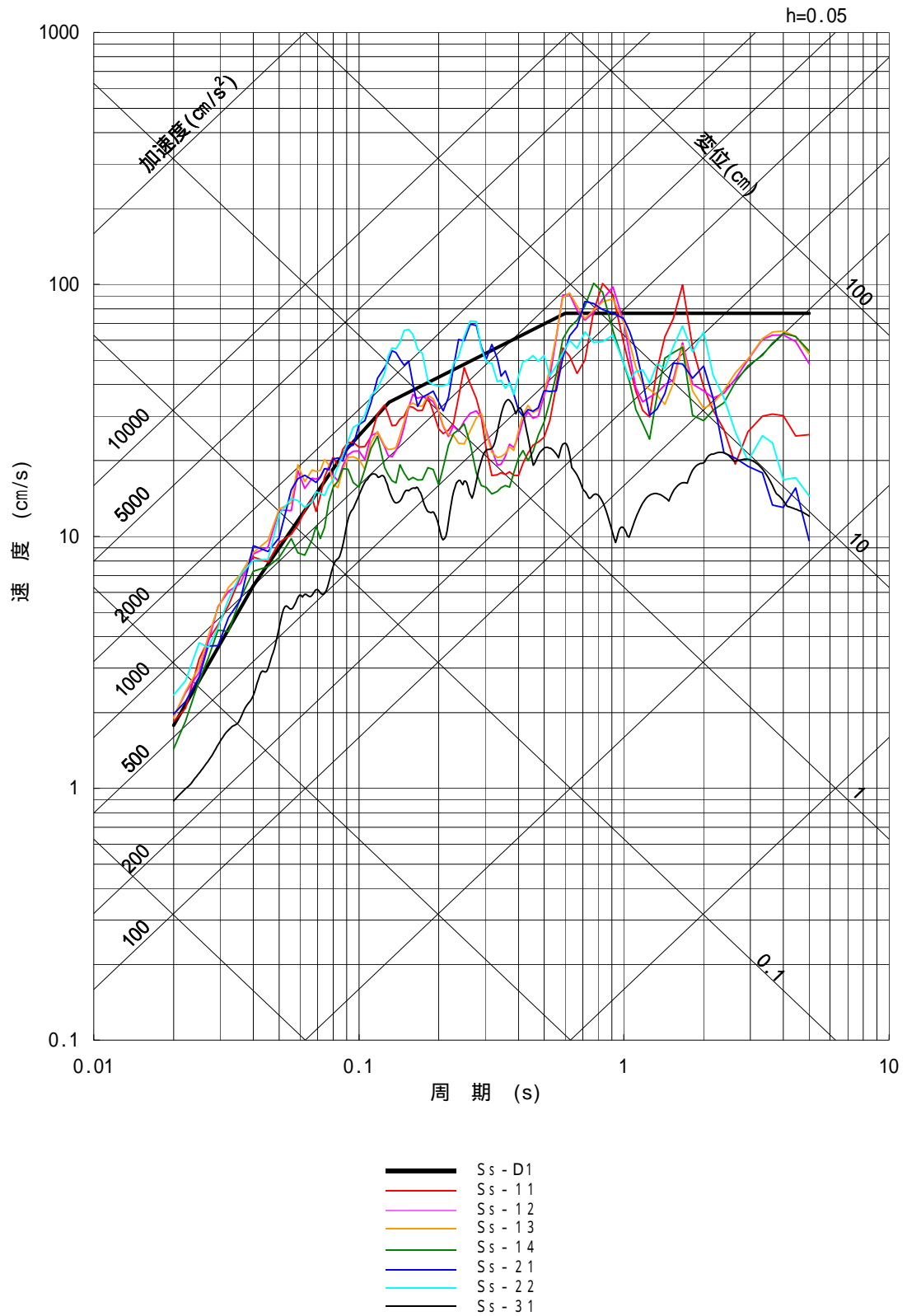
【説明資料(1.1(9)：P4条-72)(7：P4条-93)】



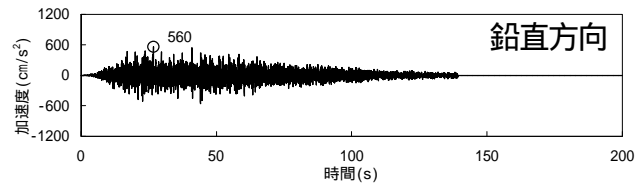
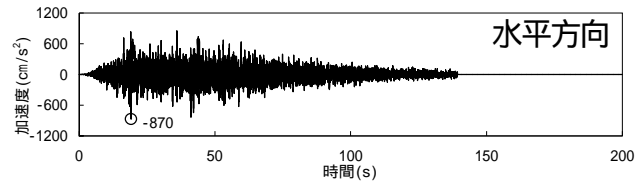
実線は NS 成分，破線は EW 成分を示す。

- Ss - D1
- Ss - 11
- Ss - 12
- Ss - 13
- Ss - 14
- Ss - 21
- Ss - 22
- Ss - 31

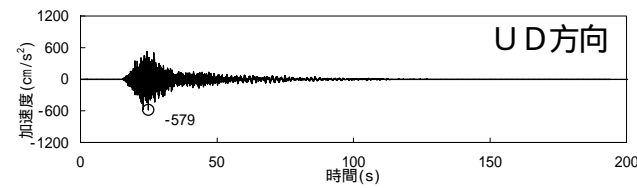
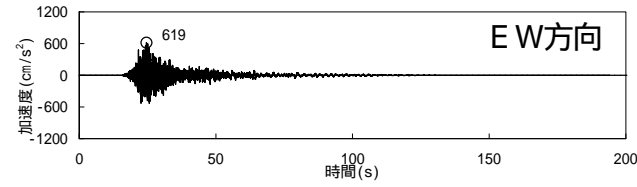
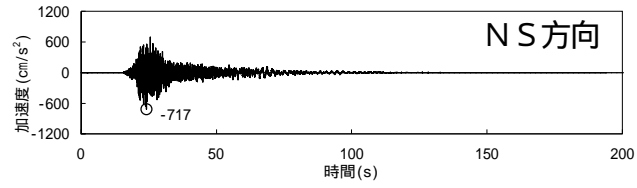
第 1 図 基準地震動 S_s の応答スペクトル (水平方向)



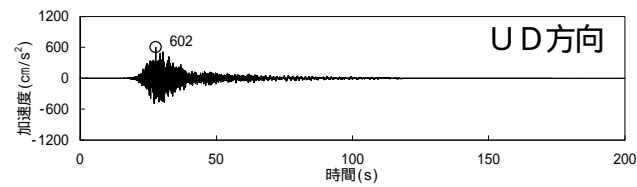
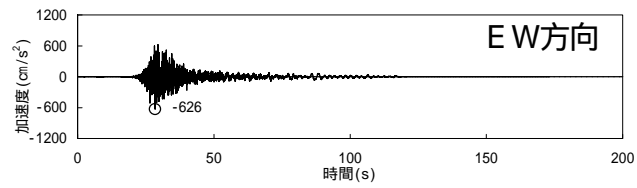
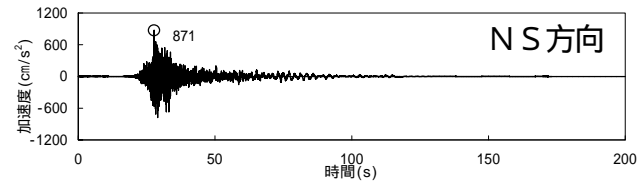
第2図 基準地震動 S_s の応答スペクトル (鉛直方向)



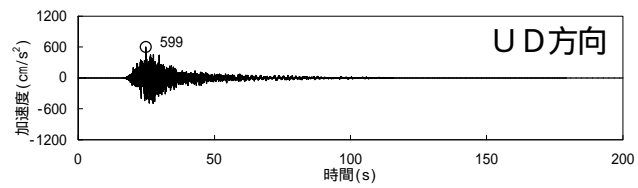
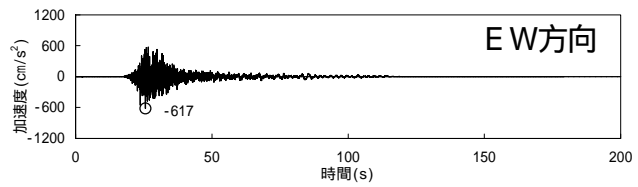
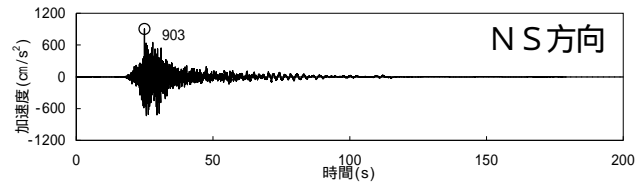
第3図 基準地震動 S_5 の時刻歴波形 ($S_5 - D1$)



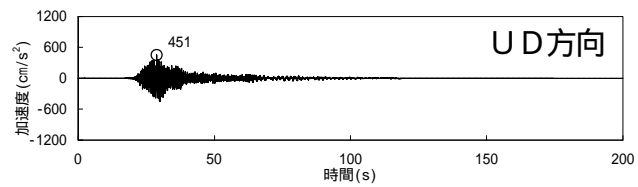
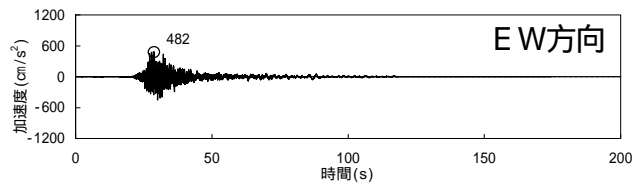
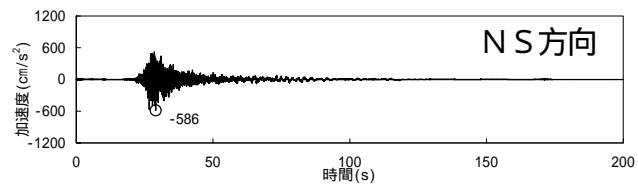
第4図 基準地震動 S_s の時刻歴波形 ($S_s - 11$)



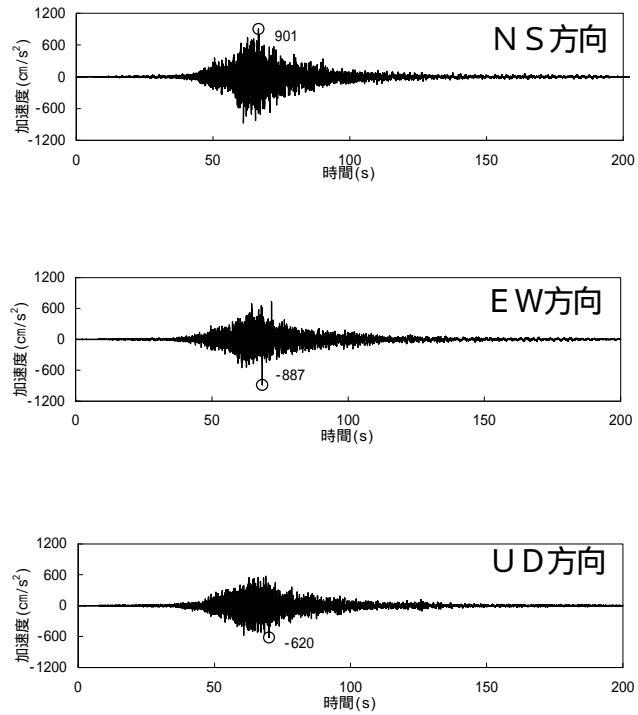
第5図 基準地震動 S_s の時刻歴波形 ($S_s - 12$)



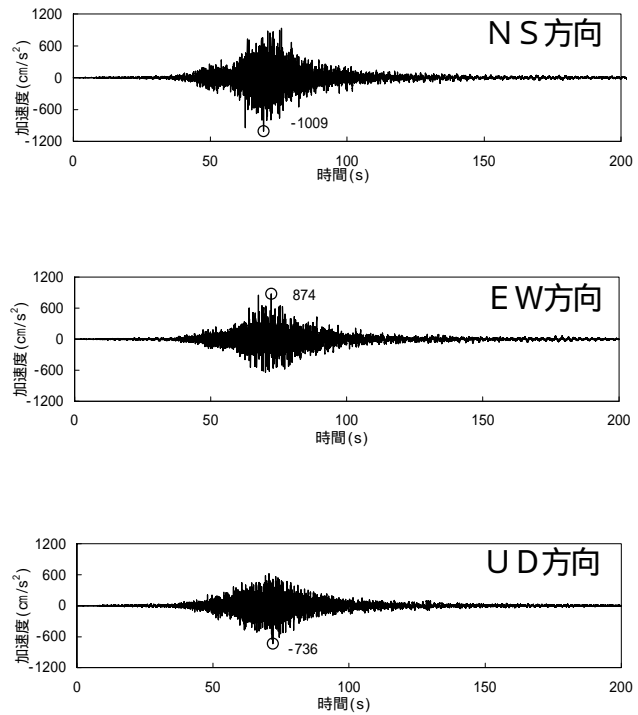
第6図 基準地震動 S_s の時刻歴波形 ($S_s - 13$)



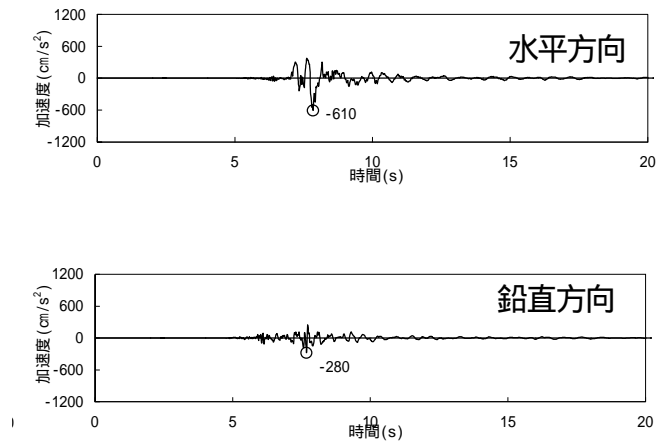
第7図 基準地震動 S_s の時刻歴波形 ($S_s - 14$)



第8図 基準地震動 S_s の時刻歴波形 ($S_s - 21$)



第9図 基準地震動 S_s の時刻歴波形 ($S_s - 22$)



第 10 図 基準地震動 S_S の時刻歴波形 ($S_S - 31$)

(2) 安全設計方針

1.10.4 耐震設計

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」に適合するように、「1.10.4.1 設計基準対象施設の耐震設計」、「1.10.4.2 重大事故等対処施設の耐震設計」、「1.10.4.3 主要施設の耐震構造」及び「1.10.4.4 地震検知による耐震安全性の確保」に従って行う。

1.10.4.1 設計基準対象施設の耐震設計

1.10.4.1.1 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 S_s 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_d による地震力又は静的地震力のいずれか大きい方の地震力に対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_s 及び弾性設計用地震動 S_d 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で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_s

による地震力に対して、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_d 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で算定するものとし、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。

1.10.4.1.2 耐震設計上の重要度分類

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、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-75)】

(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-75)】

(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-75)】

上記に基づくクラス別施設を第1.10.4.1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設備に適用する地震

動についても併記する。

1.10.4.1.3 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（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に応じて次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，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 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、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_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。

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_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、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-76)】

(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_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、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させて算定する。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_d 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が設置された建物・構築物については、基準地震動 S_s による地震力を適用する。

添付書類六「6.4 地震」に示す基準地震動 S_s 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^{-4} から 10^{-6} 程度である。

また、弾性設計用地震動 S_d は、基準地震動 S_s 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_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「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)」における基準地震動 S_1 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 S_d に対する設計に一貫性をとる。なお、弾性設計用地震動 S_d の年超過確率は、 10^{-3} から 10^{-5} 程度である。弾性設計用地震動 S_d の応答スペクトルを第1.10.4.1図及び第1.10.4.2図に、弾性設計用地震動 S_d の時刻歴波形を第1.10.4.3図から第1.10.4.10図に、弾性設計用地震動 S_d と基準地震動 S_1 の比較を第1.10.4.11図に、弾性設計用

地震動 S_d と解放基盤表面における地震動の一樣ハザードスペクトルの比較を第 1.10.4.12 図から第 1.10.4.15 図に示す。

【説明資料 (3.1(2) : P 4 条 - 77)】

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、新第三紀の砂質泥岩からなる久米層が分布し、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_s 及び弾性設計用地震動 S_d 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 F E M 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

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、振動エネルギー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_s 及び弾性設計用地震動 S_d 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。

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行う。液状化の可能性を検討する場合には、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、代表性及び網羅性を踏まえた保守性を考慮して設定する。

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-88)(5.3:P4条-91)】

機器・配管系

動的解析による地震力の算定にあたっては、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。

機器の解析にあたっては、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、適切なモデルを作成し、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あたっては、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等の不確かさ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-90)】

(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、必要に応じて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。

【説明資料(6:P4条-93)】

1.10.4.1.4 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

原子炉施設が運転状態にあり、通常 of 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

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（積雪，風等）。

b . 機器・配管系

(a) 通常運転時の状態

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（積雪，風等）

(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

(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。)

- (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の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 S_s 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 S_s 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_s 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 1.10.4.1 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。

【説明資料（4.1(3)：P4条 - 81）】

(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。）

(a) Sクラスの建物・構築物

) 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

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) に示す許容限界を適用する。

) 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

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。

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))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))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

-) 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。

-) 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

構造部材の曲げについては、曲げ耐力、限界層間変形角、圧縮縁コンクリート限界ひずみ又は終局曲率に対して妥当な安全余裕を持たせることとし、構造部材のせん断についてはせん断耐力又は終局せん断強度に対して妥当な安全余裕をもたせることを基本とする。ただし、構造部材の曲げ、せん断に対する上記の許容限界に代わり、許容応力度を適用することで、安全余裕を考慮する場合もある。

なお、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。

(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

) 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

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、冷却材喪失時の作用する荷重との組合せ（格納容器、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)) に示す許容限界を適用する。

) 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_s 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。

(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。

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（(b)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。）の基礎地盤

) 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。

-) 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

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，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・構築物の基礎地盤

-) 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

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))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-84)】

1.10.4.1.5 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)から(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)から(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耐震重要施設に対して，波及的影響を考慮する施設を，第1.10.4.1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-93)】

1.10.4.1.6 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_s 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 - 97）】

1.10.4.3 主要施設の耐震構造

1.10.4.3.1 原子炉建屋

原子炉建屋は，地上 6 階，地下 2 階建てで，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。

建物中央部には原子炉圧力容器および原子炉格納容器を囲むコンクリート生体遮蔽壁があり，その外側に外壁である原子炉建屋側壁がある。

これらは，原子炉建屋の主要な耐震壁を構成している。

これらの生体遮蔽壁と外壁の間を地下2階から地上6階までの床が一体に連絡し、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。

1.10.4.3.2 タービン建屋

タービン建屋は、地上2階、地下1階建てで平面が約105m（南北方向）×約70m（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105m（南北方向）×約70m（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。

1.10.4.3.3 廃棄物処理建屋

廃棄物処理建屋は、地上4階、地下3階建てで平面は、約41m（東西方向）×約69m（南北方向）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。

1.10.4.3.4 使用済燃料乾式貯蔵建屋

使用済燃料乾式建屋は、地上1階建てで平面が約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。

1.10.4.3.5 格納容器

格納容器は、内径約 26m、高さ約 16m、厚さ約 3.2cm 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 2.8～約 3.8cm の鋼製円錐殻、底部内径約 12m、頂部内径約 9.7m、高さ約 2m の鋼製円錐殻、その上に載る格納容器ヘッドおよ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の接続にはアンカーボルトを用いる。

円筒殻と円錐殻の接続部の高さに、格納容器を上下に分けるダイヤフラムがあり、下部はサブプレッションプールになっている。

円錐殻頂部附近にはラジアルキーがあり、原子炉圧力容器より格納容器に伝えられる水平力および格納容器にかかる水平力の一部を周囲の生体遮蔽壁に伝える構造となっている。

1.10.4.3.6 原子炉圧力容器

原子炉圧力容器は内径約 6.4m、高さ約 23m、重量は炉心水を含めて約 1,600 トンである。

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部に固定されたベヤリングプレートにボルトで止められている。

原子炉圧力容器は、さらにその外周の円筒壁頂部でスタビライザによって水平方向に支持されて、円筒壁の頂部は鋼製フレームによって格納容器シェルに結合されている。スタビライザはブリテンションによって原子炉圧力容器を締めつけており、原子炉圧力容器の熱膨脹によってこのブリテンションが弛緩して締めつけ力がゼロにならないようにしてある。

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、

スタビライザで上部ピン支持となっているので、きわめて剛な構造である。

1.10.4.3.7 圧力容器内構造物

炉心に作用する水平力はステンレス鋼のシュラウドによって支持されている。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炉心板および炉心支持板を通してシュラウドに伝えられ、燃料棒はジルカロイ製の細長い箱形チャンネル・ボックスに納められている。燃料棒はチャンネル・ボックス頂部と底部の燃料支持金具で止められ、中間もスペーサによっておさえられている。

このため、燃料棒は過度の変形を生ずることはない。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。乾燥器は原子炉圧力容器につけたリング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。ライザは圧力容器を貫通して立上り、上部において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・ポンプの下部はバッフル・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。制御棒駆動機構シムブルは、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もつように設計されている。

1.10.4.3.8 再循環系

再循環回路は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のびその最下部に再循環ポンプを持ち再び立ち

上がって、管寄せに入りそこから 5 本の外径約 320mm のステンレス鋼管に別れ、原子炉圧力容器に接続される。この系の支持方法は、熱膨張による動きを拘束せず、できる限り剛な系になるように、適当なスプリングアンカあるいはダンパを採用する。再循環ポンプはケーシングに取り付けられたコンスタント・ハンガによって支持される。

1.10.4.3.9 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パ、リジットハンガ、その他の支持装置を使用して耐震的にも熱的にも安全な設計とする。

1.10.4.4 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_d 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に配慮する。

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

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。

第 1.10.4.1 表 耐震重要度分類表

耐震重要度分類	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)	
	適用範囲	耐震クラス	適用範囲	耐震クラス	適用範囲	耐震クラス	適用範囲	検討用地震動(注6)
Sクラス	() 原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する機器・配管系	S	・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	S	・隔離弁を閉とするために必要な電気計装設備	・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	S	S _s S _s
	() 使用済燃料を貯蔵するための施設	S	・使用済燃料プール ・使用済燃料貯蔵ラック ・使用済燃料乾式貯蔵容器	S	・使用済燃料プール水補給設備(残留熱除去系) ・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)	・機器・配管、電気計装設備等の支持構造物	S	S _s S _s S _s
	() 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(注6)	S	・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)	S	・炉心支持構造物 ・電気計装設備 ・チャンネル・ボックス	・機器・配管、電気計装設備等の支持構造物	S	S _s
	() 原子炉停止後、炉心から崩壊熱を除去するための施設	S	・原子炉隔離時冷却系 ・高圧炉心スプレイス ・残留熱除去系(原子炉停止時冷却モード運転に必要な設備) ・冷却水源としてのサブレーション・プール	S	・残留熱除去系海水系 ・炉心支持構造物 ・高圧炉心スプレイスディーゼル発電機及びその冷却系・補助施設 ・非常用電源及び計装設備(非常用ディーゼル発電機及びその冷却系・補助施設を含む)	・機器・配管、電気計装設備等の支持構造物	S	S _s S _s S _s
() 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	S	・非常用炉心冷却系 1) 高圧炉心スプレイス 2) 低圧炉心スプレイス 3) 残留熱除去系(低圧注入モード運転に必要な設備) 4) 自動減圧系 ・冷却水源としてのサブレーション・プール	S	・残留熱除去系海水系 ・高圧炉心スプレイス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)	・機器・配管、電気計装設備等の支持構造物	S	S _s S _s S _s	

(つづき)

耐震重要度 分類	クラス別施設	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)	
		適用範囲	耐震クラス	適用範囲	耐震クラス	適用範囲	耐震クラス	適用範囲	検討用 地震動 (注6)
Sクラス	() 原子炉冷却材圧力バウンダリ破壊事故の際に、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	原子炉格納容器	S	-	-	機器・配管等の支持構造物	S	原子炉建屋	S _s
		原子炉格納容器バウンダリに属する配管・弁	S						
		原子炉格納容器	S						
Sクラス	() 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設備であり、()以外の施設	残留熱除去系(格納容器スプレイ冷却モード運転に必要な設備)	S	残留熱除去系海水系 ・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)	S S	機器・配管、電気計装設備等の支持構造物	S	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 ・排気筒 ・軽油貯蔵タンクの基礎	S _s S _s S _s S _s
		可燃性ガス濃度制御系	S						
		原子炉建屋	S						
		非常用ガス処理系	S						
		非常用ガス再循環系	S						
		原子炉格納容器圧力低減装置(ダイヤフラムフロア、ベント管)	S						
		冷却水源としてのサブレシジョン・プール	S						
		防潮堤	S						
		防潮庫	S						
		放水路ゲート	S						
() 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	構内排水逆流防止設備	S	-	-	-	機器等の支持構造物	S	原子炉建屋 ・当該の屋外設備を支持する構造物	S _s S _s
	貯留堰	S							
	浸水防止蓋	S							
() 敷地における津波監視機能を有する施設	貫通部止水処置	S	-	-	-	機器等の支持構造物	S	原子炉建屋 ・当該の屋外設備を支持する構造物	S _s S _s
	取水ビット水位計	S							
	潮位計	S							
() 津波監視カメラ	津波監視カメラ	S	-	-	-	機器・配管、電気計装設備等の支持構造物	S	原子炉建屋 ・当該の屋外設備を支持する構造物	S _s S _s
	取水ビット水位計	S							
	潮位計	S							

炉内構造物は、炉内にあることの重要性からSクラスに準ずる。

(つづき)

耐震重要度 分類	クラス別施設	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)	
		適用範囲	耐震クラス	適用範囲	耐震クラス	適用範囲	耐震クラス	適用範囲	検討用 地震動 (注5)
Bクラス	() 原子炉冷却材圧力 ハウンドリに直接接 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	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 原子炉冷却材浄化系	B (注7) B (注8) B B	-	-	機器・配管等の支持構造 物	B	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 タービン建屋	S _d S _d
		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。)	B	-	機器・配管等の支持構造 物	B	原子炉建屋 廃棄物処理建屋	S _B S _B	
Bクラス	() 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	タービン、復水器、給 水加熱器及びその主要 配管 復水脱塩装置 復水貯蔵タンク 燃料プール冷却浄化系 放射線低減効果の大 い遮蔽 制御棒駆動水圧系(放 射性流体を内蔵する部 分) 原子炉建屋クレーン 燃料取替機 使用済燃料乾式貯蔵建 屋天井クレーン 制御棒貯蔵ラック	B B B B B B B B B B	-	-	機器・配管等の支持構造 物	B	原子炉建屋 タービン建屋 廃棄物処理建屋	S _B S _B S _B
		燃料プール冷却浄化系	B	原子炉補機冷却系 補機冷却海水系 電気計装設備	B B B	機器・配管、電気計装設 備等の支持構造物	B	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	S _B S _B

(つづき)

耐震重要度 分類	クラス別施設	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)	
		適用範囲	耐震クラス	適用範囲	耐震クラス	適用範囲	耐震クラス	適用範囲	検討用 地震動 (注5)
Bクラス	() 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クラス	() 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 () 放射線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	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) 試料採取系 洗濯廃液処理系 固化装置より下流の固体廃棄物処理系(貯蔵庫を含む) 雑固体減溶処理設備 放射性廃棄物処理施設のうち濃縮装置の凝縮水側 新燃料貯蔵庫 その他	C C	-	-	機器・配管、電気計装設備等の支持構造物	C	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 給水加熱器保管庫 固体廃棄物作業建屋	S _c S _c S _c S _c S _c S _c

(つづき)

耐震重要度 分類	クラス別施設	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)	
		適用範囲	耐震クラス	適用範囲	耐震クラス	適用範囲	耐震クラス	適用範囲	検討用 地震動 (注5)
Cクラス	() 原子炉施設ではあるが、放射線安全に関係しない施設	<ul style="list-style-type: none"> 循環水系 タービン補機冷却系 所内ボイラ及び所内蒸気系 消火系 主発電機・変圧器 空調設備 タービン建屋クレーン 所内用空気系及び計器 その他 	C C C C C C C C			<ul style="list-style-type: none"> 機器・配管、電気計装設備等の支持構造物 	C	<ul style="list-style-type: none"> 原子炉建屋 タービン建屋 廃棄物処理建屋 	S _C S _C S _C

(注1) 主要設備とは、当該機能に直接的に関連する設備をいう。

(注2) 補助設備とは、当該機能に間接的に関連し、主要設備の補助的役割を持つ設備をいう。

(注3) 直接支持構造物とは、主要設備、補助設備に直接取り付けられる支持構造物、若しくはこれらの設備の荷重を直接的に受ける支持構造物をいう。

(注4) 間接支持構造物とは、直接支持構造物から伝達される荷重を受ける構造物(建物・構築物)をいう。

(注5) S_S : 基準地震動S_Sにより定まる地震力

S_d : 弾性設計用地震動S_dにより定まる地震力

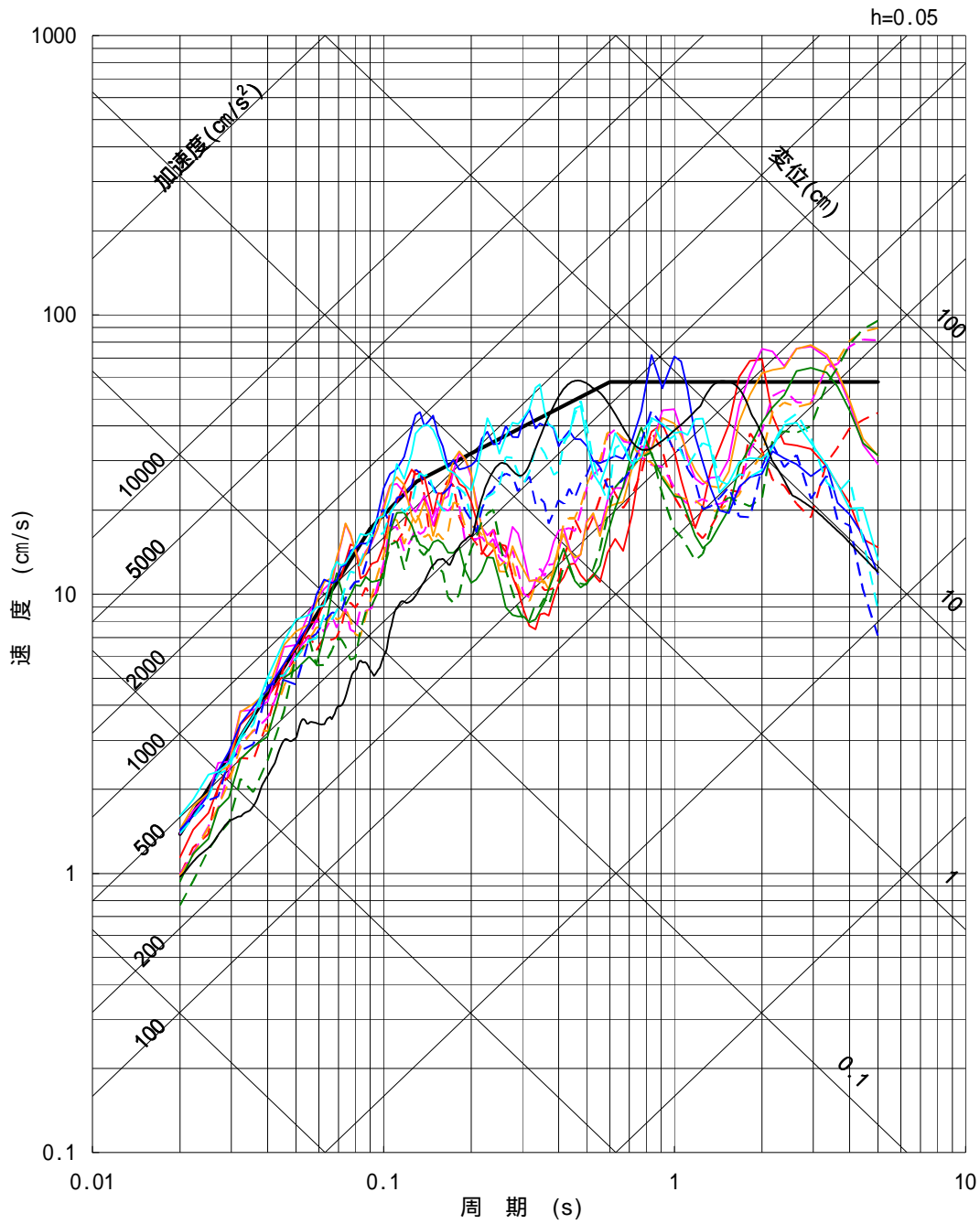
S_B : 耐震Bクラス施設に適用される地震力

S_C : 耐震Cクラス施設に適用される静的地震力

(注6) ほう酸水注入系は、安全機能の重要度を考慮して、構造強度についてはSクラスに準じて取り扱う。

(注7) Bクラスではあるが、弾性設計用地震動S_dに対して破損しないことの検討を行うものとする。

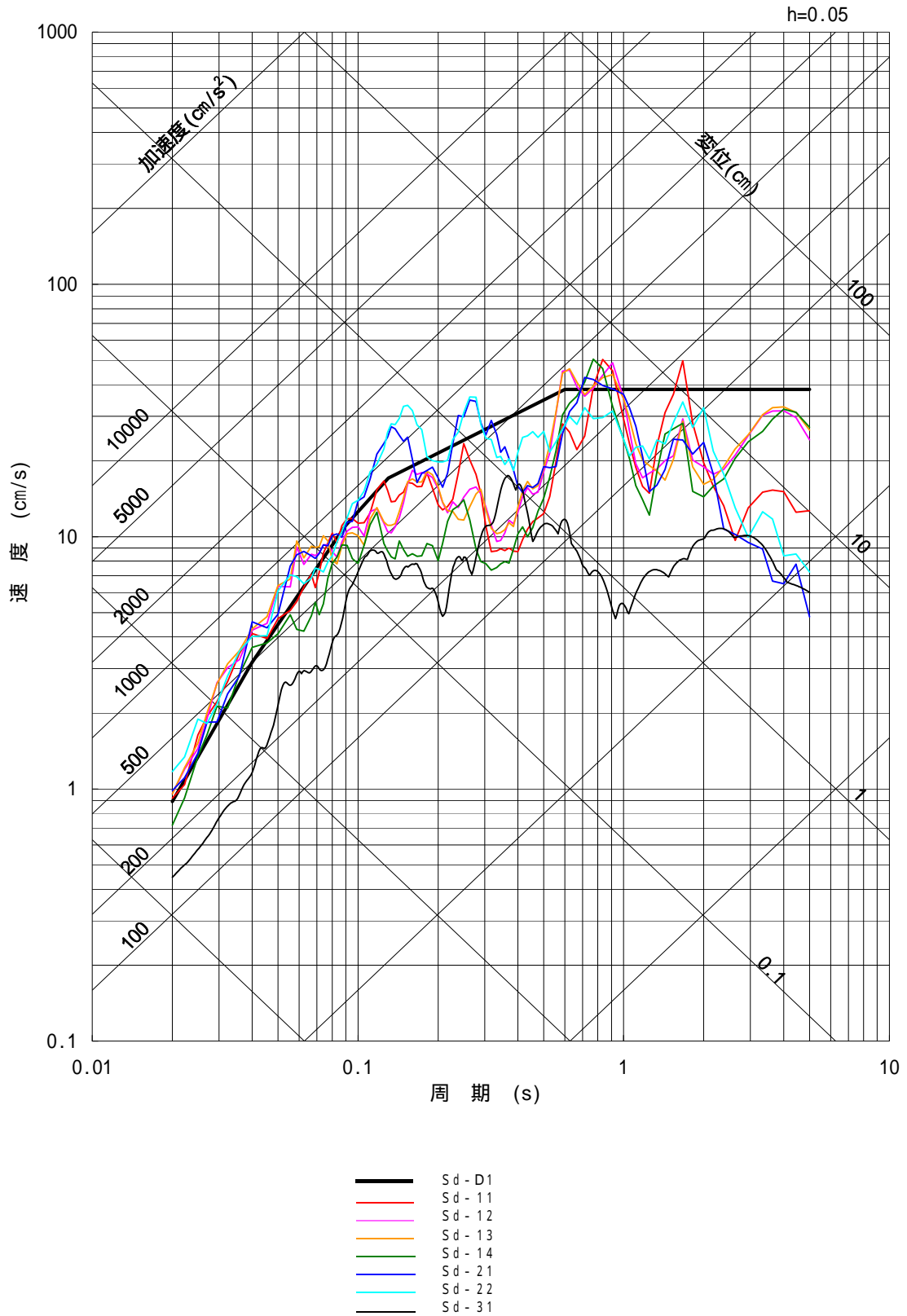
(注8) 地震により主蒸気逃がし安全弁排気管が破損したとしても、ドライウエル内に放出された蒸気はベント管を通してサブレッション・チェンバのプール水中に導かれて凝縮するため、格納容器の内圧が有意に上昇することはないと考えられるが、基準地震動S_Sに対し破損しないことを確認する。



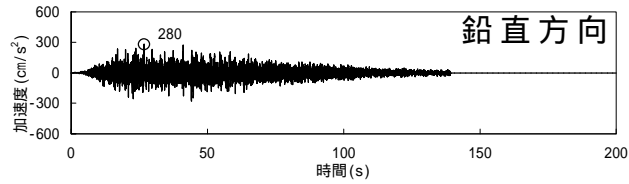
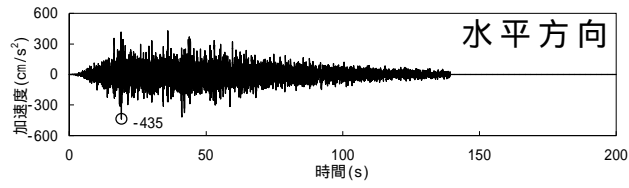
実線は NS 成分，破線は EW 成分を示す。

- Sd - D1
- Sd - 11
- Sd - 12
- Sd - 13
- Sd - 14
- Sd - 21
- Sd - 22
- Sd - 31

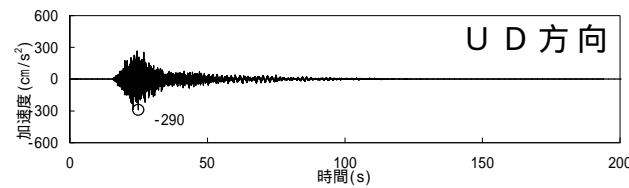
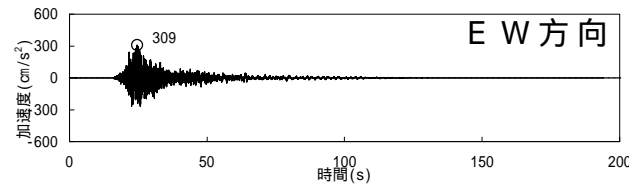
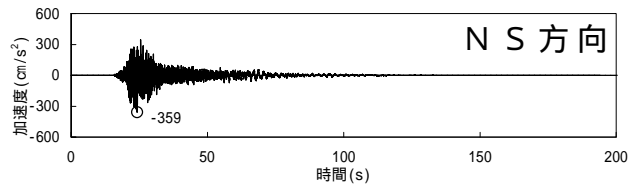
第 1.10.4.1 図 弾性設計用地震動 S_d の応答スペクトル (水平方向)



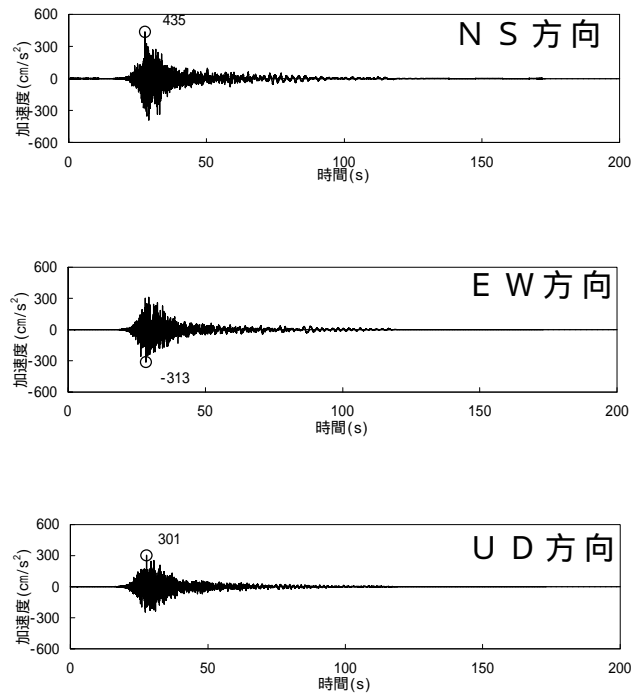
第 1.10.4.2 図 弾性設計用地震動 S_d の応答スペクトル (鉛直方向)



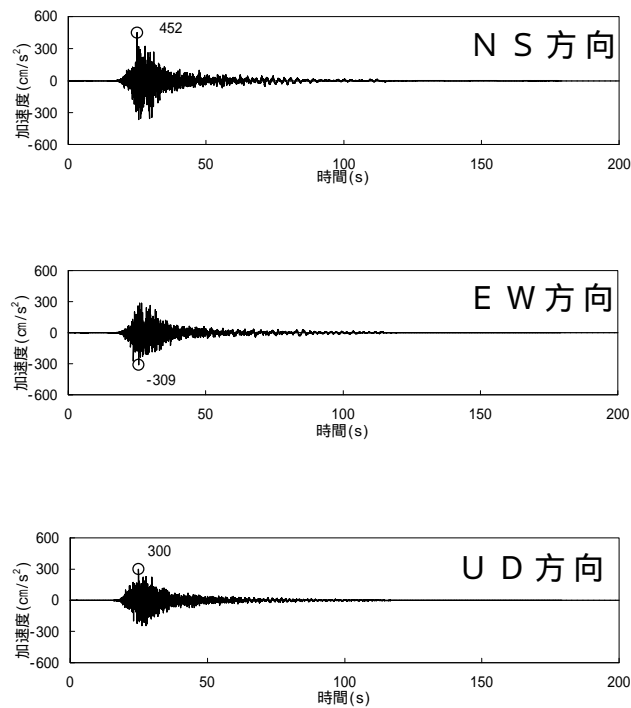
第 1.10.4.3 図 弾性設計用地震動 S_d の時刻歴波形 ($S_d - D 1$)



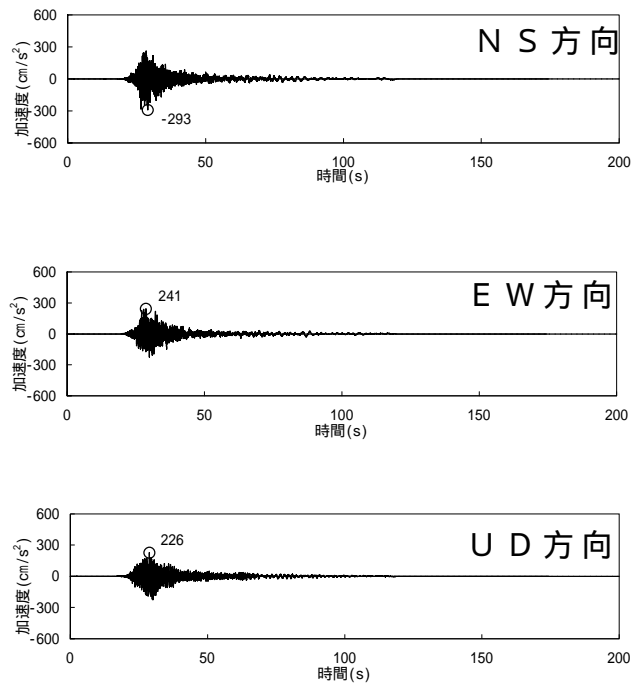
第 1.10.4.4 図 弾性設計用地震動 S_d の時刻歴波形 ($S_d - 1 1$)



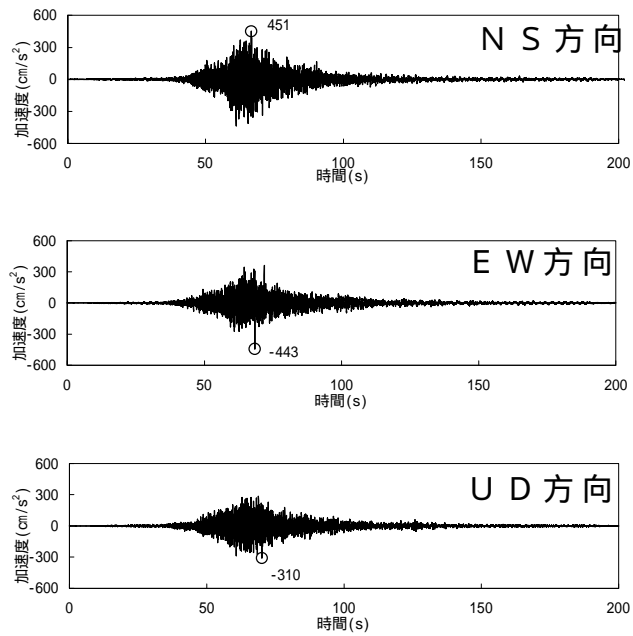
第 1.10.4.5 図 弾性設計用地震動 S_d の時刻歴波形 ($S_d - 12$)



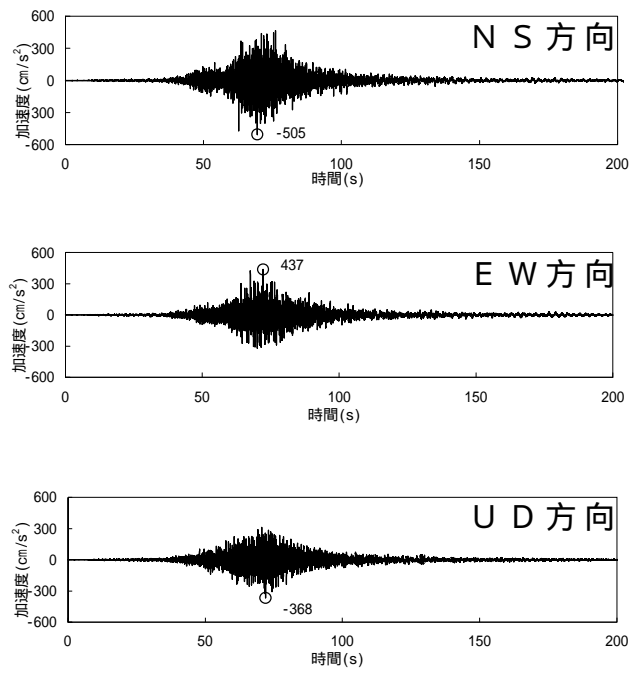
第 1.10.4.6 図 弾性設計用地震動 S_d の時刻歴波形 ($S_d - 13$)



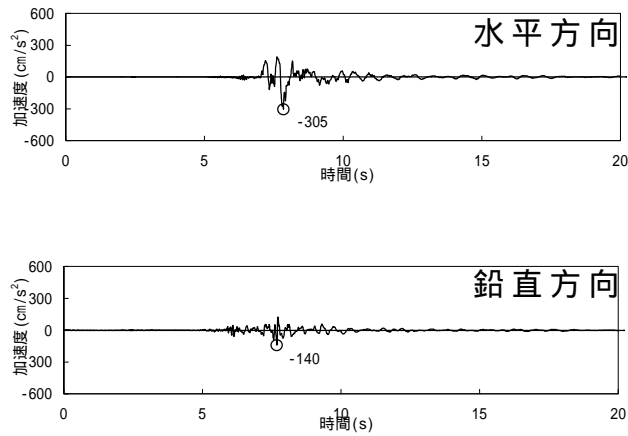
第 1.10.4.7 図 弾性設計用地震動 S_d の時刻歴波形 ($S_d - 14$)



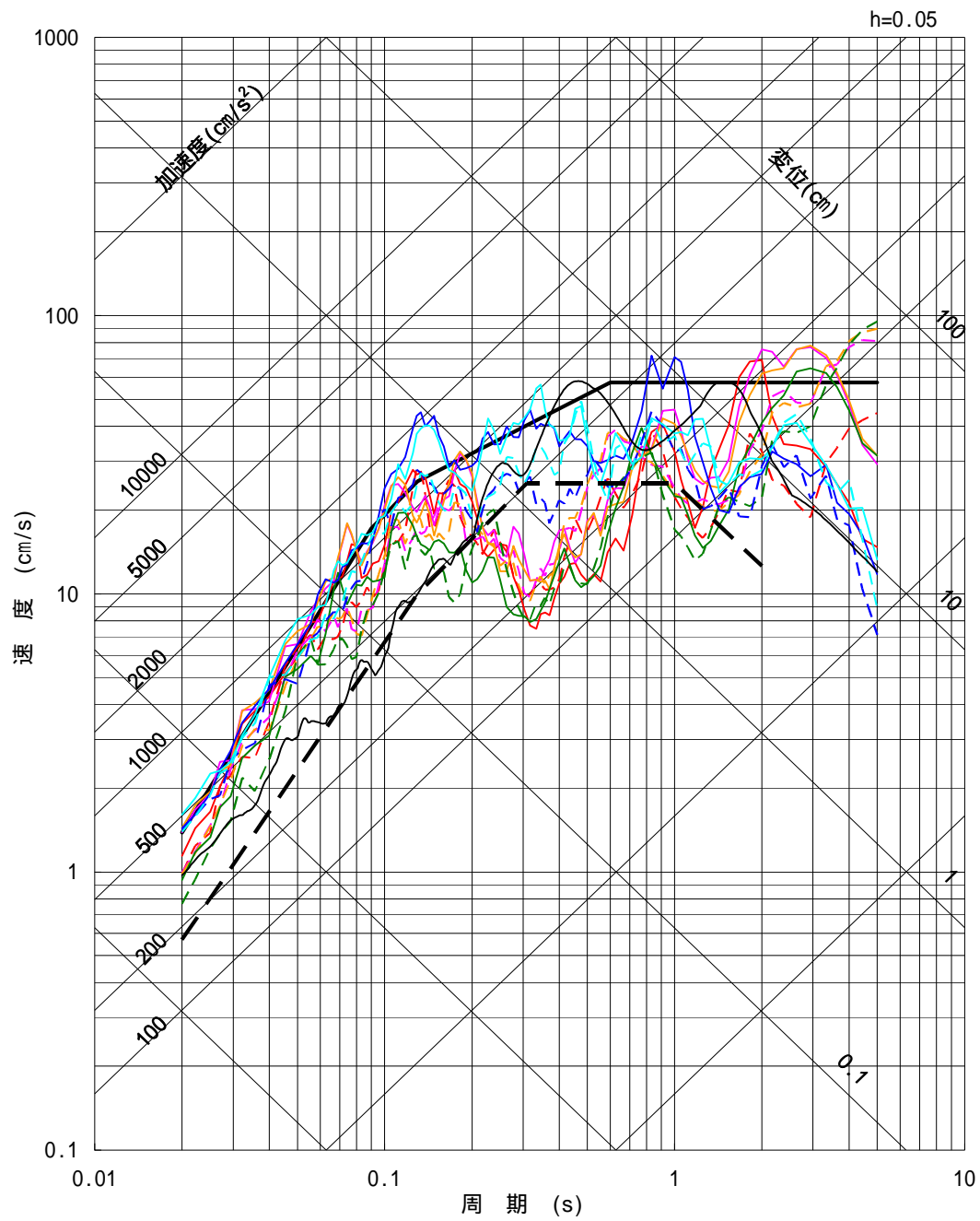
第 1.10.4.8 図 弾性設計用地震動 S_d の時刻歴波形 ($S_d - 21$)



第 1.10.4.9 図 弾性設計用地震動 S_d の時刻歴波形 ($S_d - 22$)



第 1.10.4.10 図 弾性設計用地震動 S_d の時刻歴波形 ($S_d - 31$)

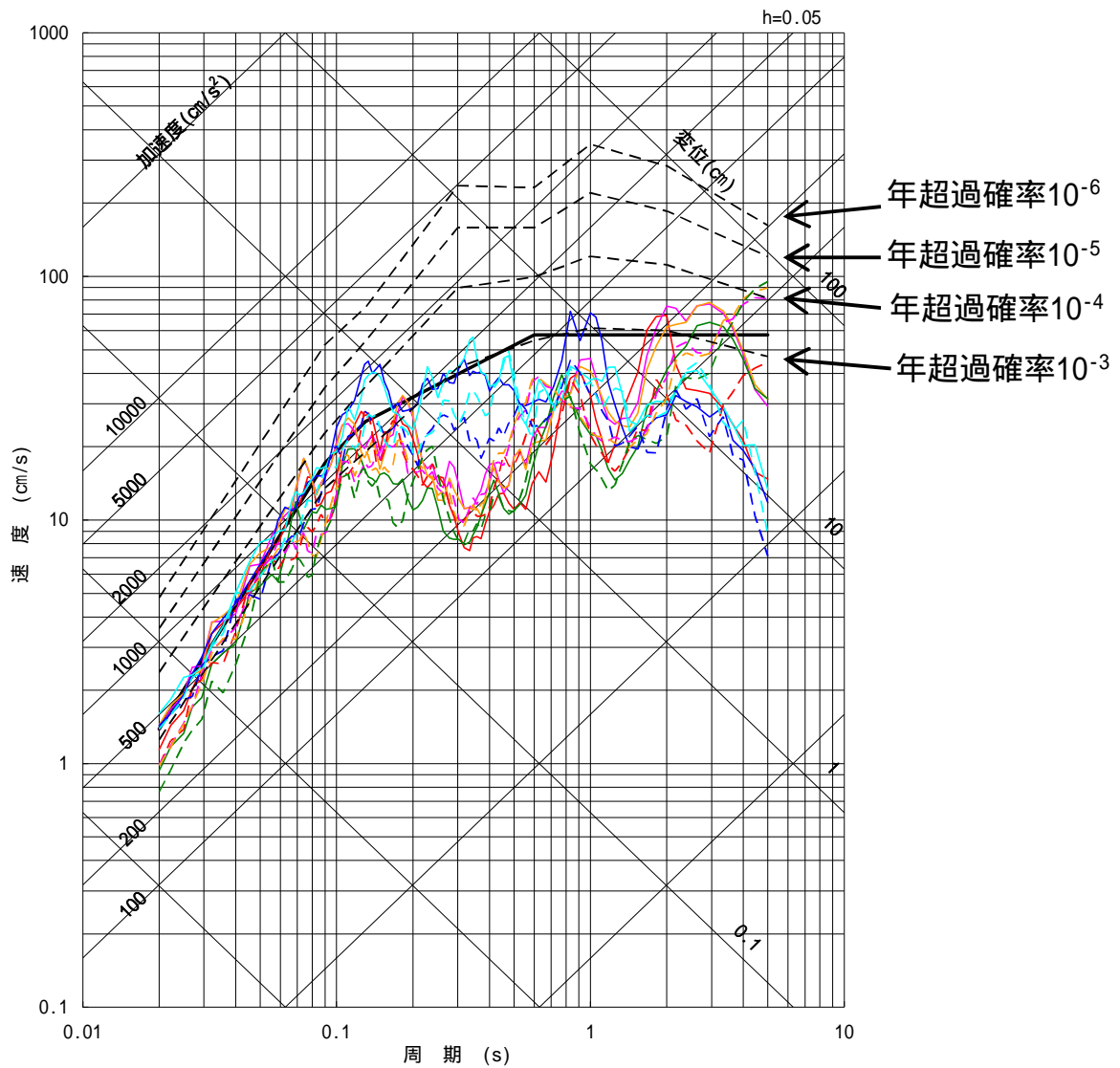


実線は NS 成分，破線は EW 成分を示す。

- S1
- Sd-D1
- Sd-11
- Sd-12
- Sd-13
- Sd-14
- Sd-21
- Sd-22
- Sd-31

「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)」における基準地震動 S₁

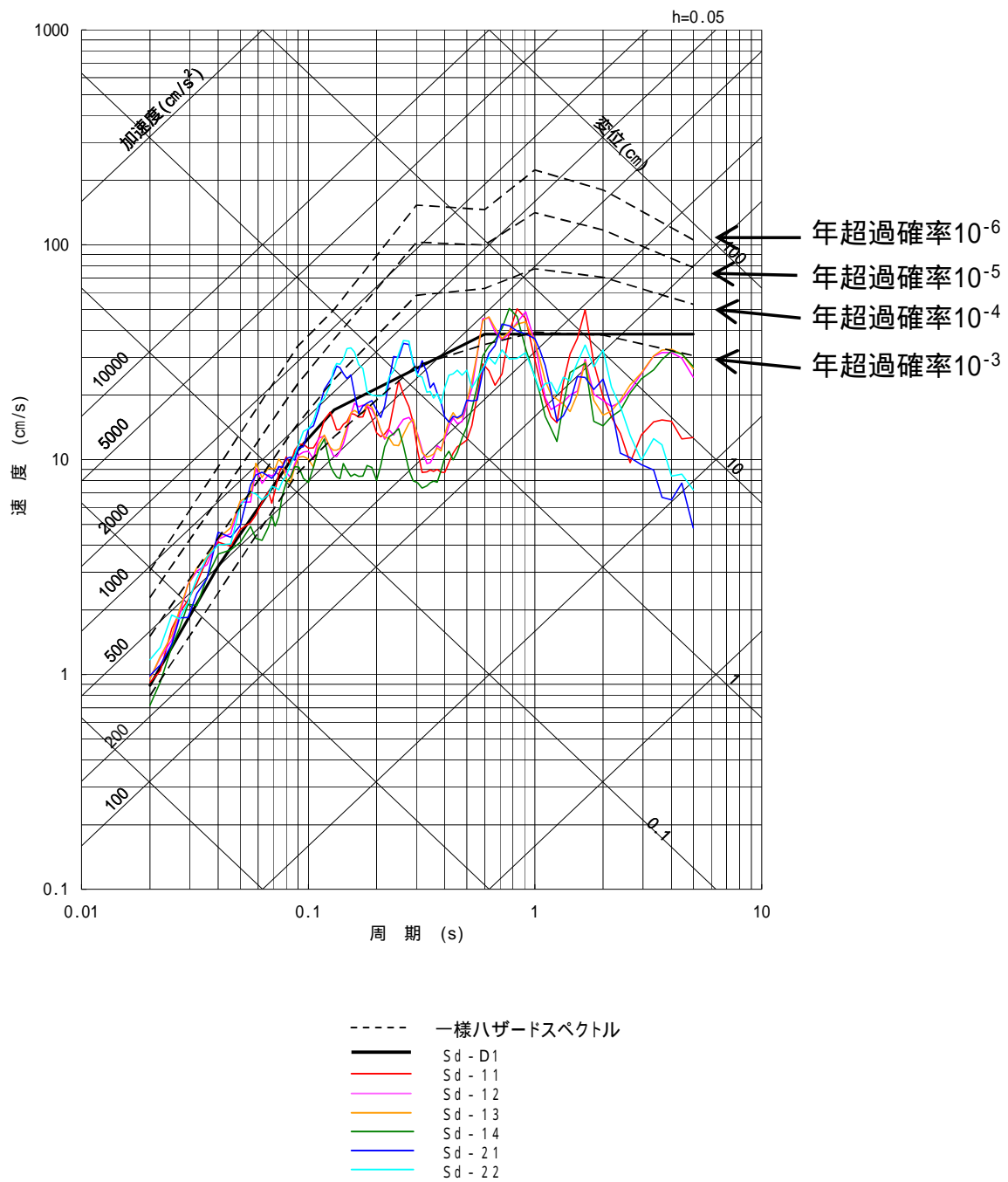
第 1.10.4.11 図 弾性設計用地震動 S_d と基準地震動 S₁ の
 応答スペクトル (水平方向)



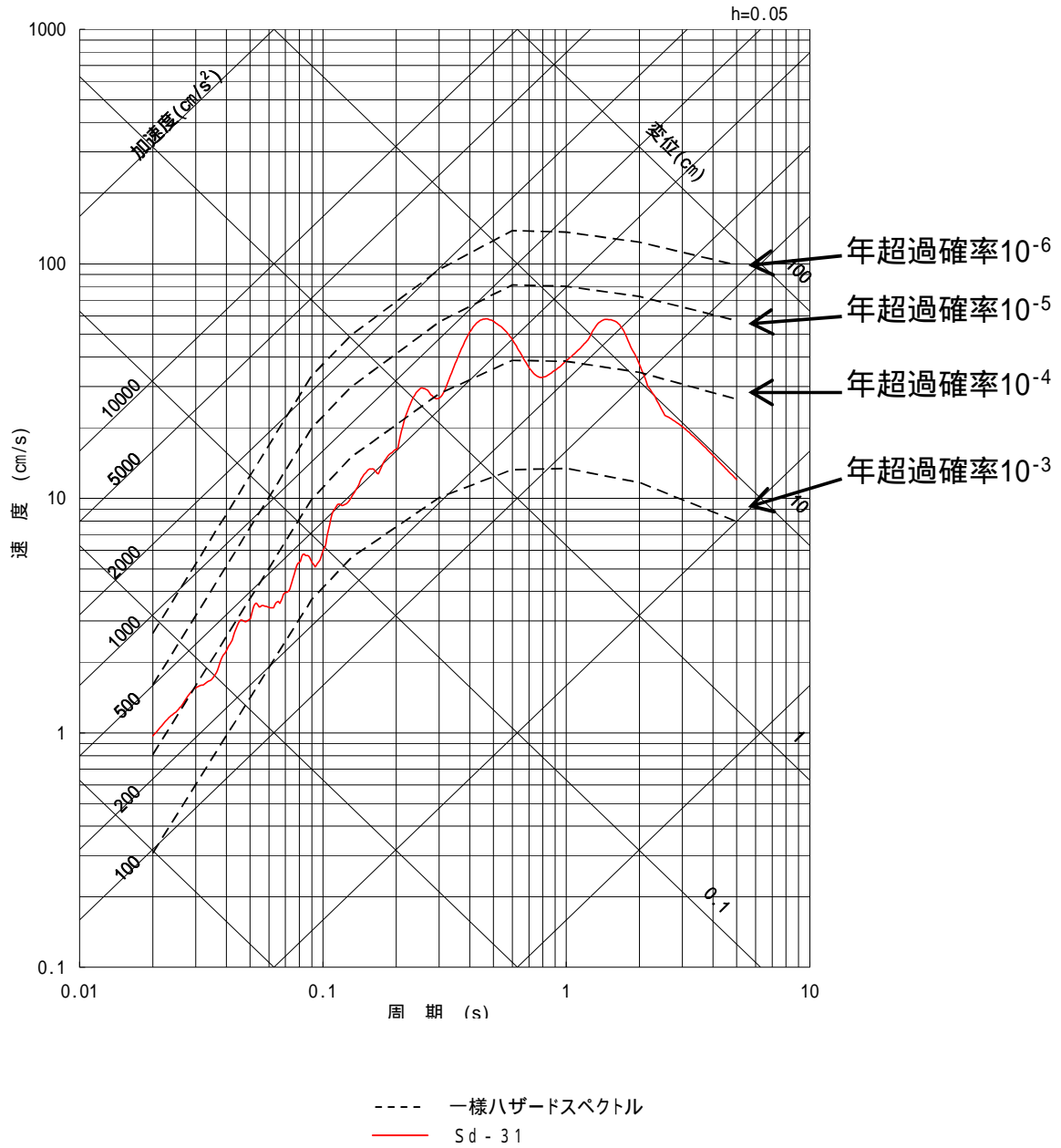
実線は NS 成分，破線は EW 成分を示す。

- 一様ハザードスペクトル
- S_d - D1
- S_d - 11
- S_d - 12
- S_d - 13
- S_d - 14
- S_d - 21
- S_d - 22

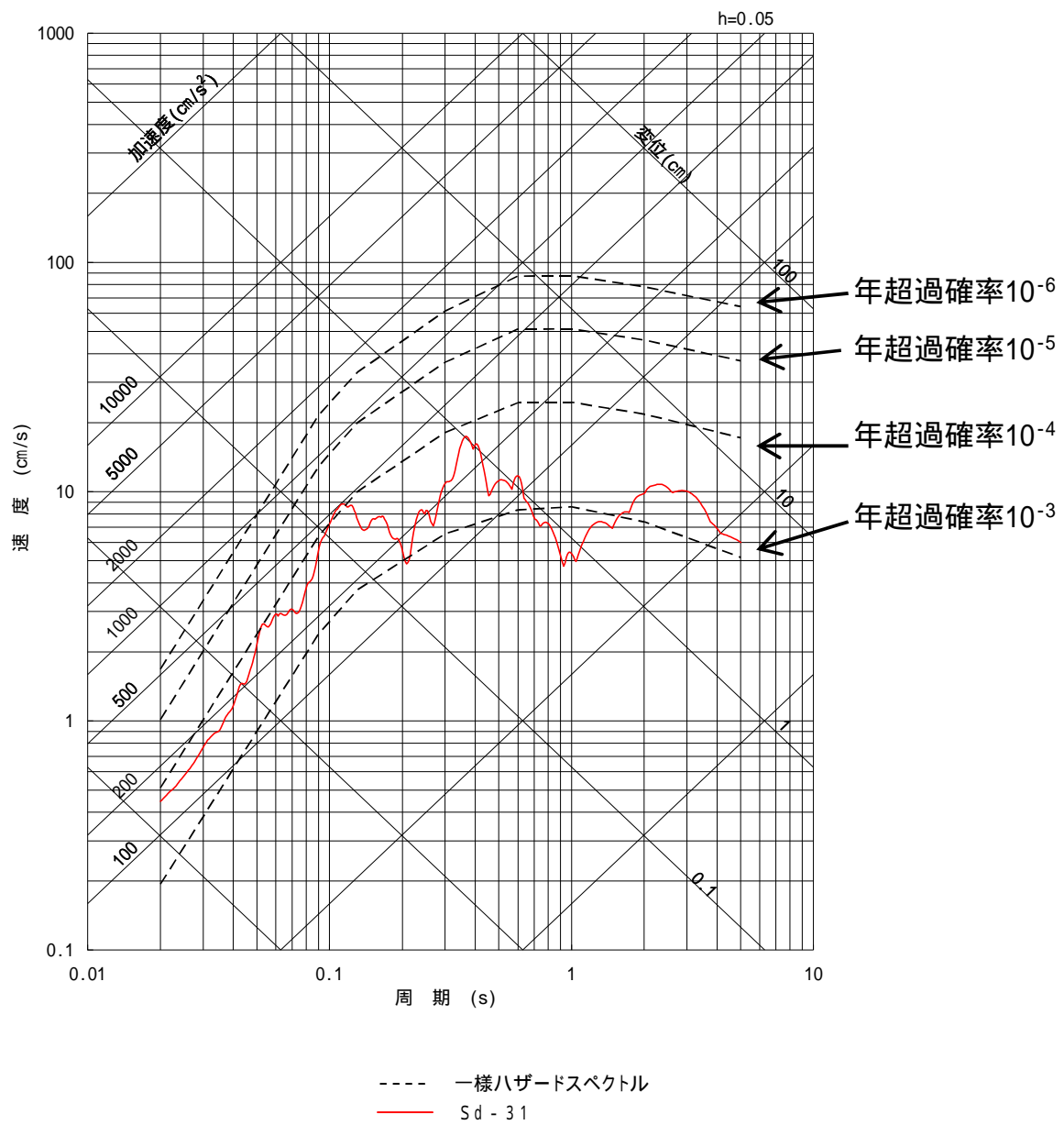
第 1.10.4.12 図 弾性設計用地震動 S_d の応答スペクトルと一様ハザードスペクトル (水平方向)



第 1.10.4.13 図 弾性設計用地震動 S_d の応答スペクトルと一様ハザードスペクトル (鉛直方向)



第 1.10.4.14 図 弾性設計用地震動 S_d の応答スペクトルと一様ハザードスペクトル (水平方向)



第 1.10.4.15 図 弾性設計用地震動 S_d の応答スペクトルと一様ハザードスペクトル (鉛直方向)

1.10.4.5 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）

(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-70)】

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-70）（1.1(2)：P4条-70）】

(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の

【説明資料（2.1(1)：P4条-75）】

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-75）】

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-75)】

(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_d による地震力又は静的地震力のいずれか大きい方の地震力を適用する。

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_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, 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_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，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-76)】

b. 弾性設計用地震動 S_d による地震力

弾性設計用地震動 S_d 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_d は，「添付書類六 6.4 地震」に示す基準地震動 S_s 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_d 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_d 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-77)】

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 6.4 地震」に示す基準地震動 S_s 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-71)】

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 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が保持できるように設計する。

【説明資料(1.1(6):P4条-71)】

基準地震動 S_s による地震力は、基準地震動 S_s 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-71)(1.1(6):P4条-71)】

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-72)】

第4項について

耐震重要施設については、基準地震動 S_s 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-94)】

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 - 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_d ・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及び解析モデルについて

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（以下「原子炉施設」という。）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（(6)に記載のものうち、津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備を除く。）の施設は、基準地震動 S_s 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 S_s による地震力に対して、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_d による地震力又は静的地震力のいずれか大きい方の地震力に対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 S_s による地震力に対して、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。

屋外重要土木構造物は、構造部材の曲げについては、曲げ耐力、限界層間変形角、圧縮縁コンクリート限界ひずみ又は終局曲率に対して妥当な安全裕度を持たせることとし、構造部材のせん断に

については、せん断耐力又は終局せん断強度に対して妥当な安全余裕を持たせることを基本とする。ただし、構造部材の曲げ、せん断に対する上記の許容限界に変わり、許容応力度を適用することで、安全余裕を考慮する場合もある。

なお、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、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、(5)に示す基準地震動 S_s に対する設計方針を適用する。基準地震動 S_s 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で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又は津波監視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_d 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で算定するものとし、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。

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 JEAG4601・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（ 共通編・ 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（ 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_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 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

(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1.10.4.1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_i 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_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，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_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，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_1 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_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。

(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 S_5 及び弾性設計用地震動 S_d から定める入力地震動を適用する。

基準地震動 S_5 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_d は、基準地震動 S_5 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、「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）」

における基準地震動 S_1 を踏まえ，工学的判断から基準地震動 S_5 に係数 0.5 を乗じて設定する。基準地震動 S_5 及び弾性設計用地震動 S_d の最大加速度等を第 1 表に示すとともに，基準地震動 S_5 の設計用応答スペクトルを第 1 図から第 3 図に，弾性設計用地震動 S_d の設計用応答スペクトルを第 4 図から第 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_d 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_5 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)から(c)の状態を考慮する。

(a) 運転時の状態

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

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)から(c)の状態を考慮する。

(a) 通常運転時の状態

原子炉の起動，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

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)から(c)の状態を考慮する。

(a) 運転時の状態

原子炉施設が運転状態にあり，通常 of 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

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)から(d)の荷重とする。

(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)から(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)から(d)の荷重と考慮する。

- (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。）

(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_d 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）の状態では，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，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又は津波監視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又は津波監視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 S_s 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_s 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 S_s 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1.10.4.1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。

(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。）

(a) Sクラスの建物・構築物

- 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

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（格納容器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_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_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

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（格納容器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。

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 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。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 S_s による地震力との組合せに対する許容限界

構造部材の曲げについては，曲げ耐力，限界層間変形角，圧縮縁コンクリート限界ひずみ又は終局曲率に対して妥当な安全裕度を持たせることとし，構造部材のせん断については，せん断耐力及び終局せん断強度に対して妥当な安全余裕を持たせることを基本とする。ただし，構造部材の曲げ，せん断に対する上記の許容限界に代わり，許容応力度を適用することで，安全余裕を考慮する場合もある。なお，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

津波防護施設及び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，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）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（(b)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。）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 S_s 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，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・構築物の基礎地盤

イ．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

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P S 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 $0.38\text{km/s} \sim 0.79\text{km/s}$ 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。

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_s 及び弾性設計用地震動 S_d 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。弾性設計用地震動 S_d 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_d を $1/2$ 倍したものをを用いる。

(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。設計用地盤定数は，原則として，弾性波試験によるものをを用いる。

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のうち建物・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_g 及び弾性設計用地震動 S_d 、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_d 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_d 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、評価にあたっては建物・構築物の剛性及び地盤物性等の不確かさを適切に考慮する。

機器の解析にあたっては、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、適切なモデルを作成し、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場合には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 S_s 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行う。液状化の可能性を検討する場合には、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、代表性及び網羅性を踏まえた保守性を考慮して設定する。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 S_g 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。

(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)から(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)から(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。

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

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 F E M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 F E M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 S_s 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の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。

- ・影響検討にあたっては、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。

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。

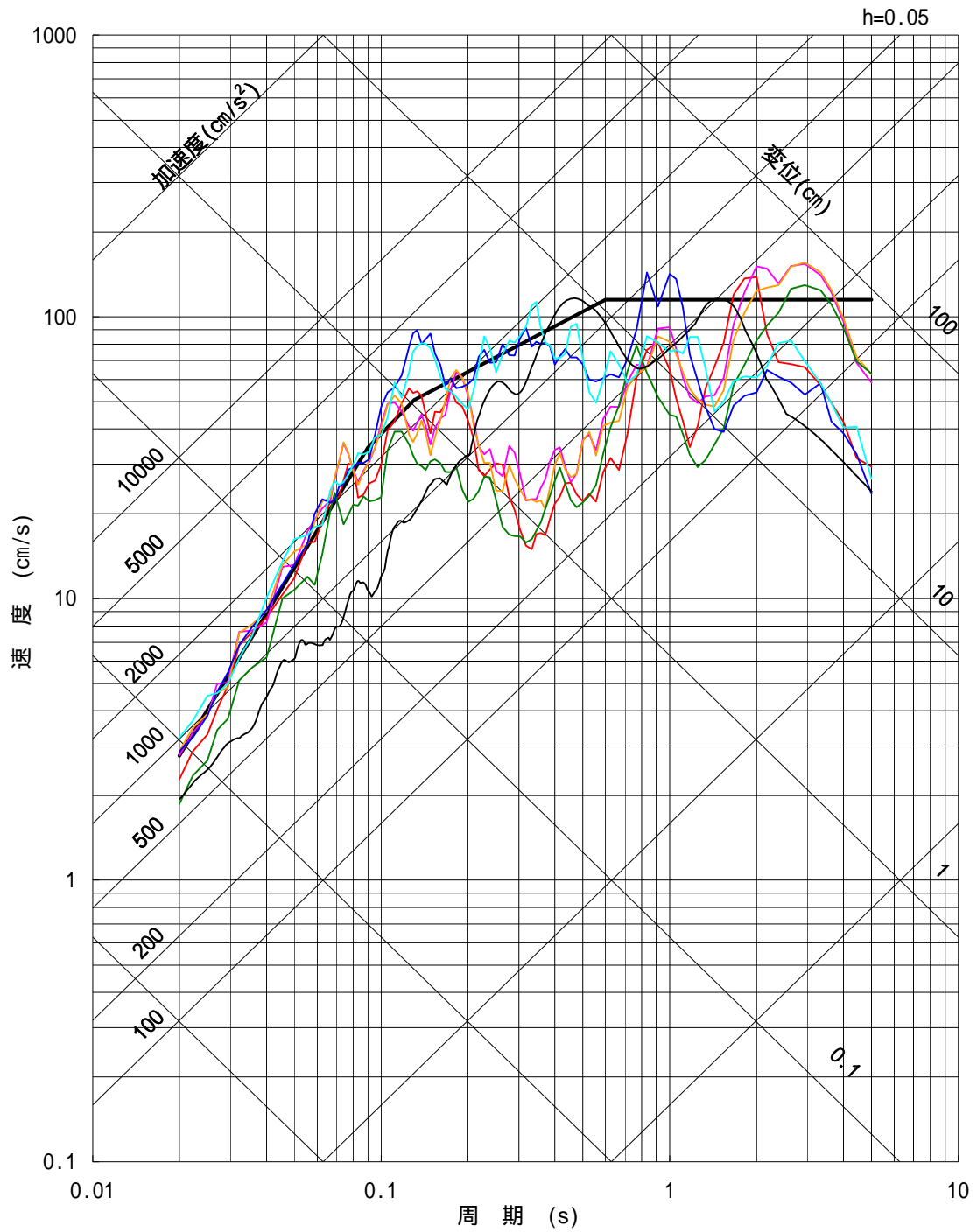
機器・配管系は、応答性状を適切に評価し、適用する地震力に対して構造強度を有する設計とする。配置に自由度のあるものは、耐震上の観点から出来る限り重心位置を低くし、かつ、安定性のよい据え付け状態になるよう配置する。

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。

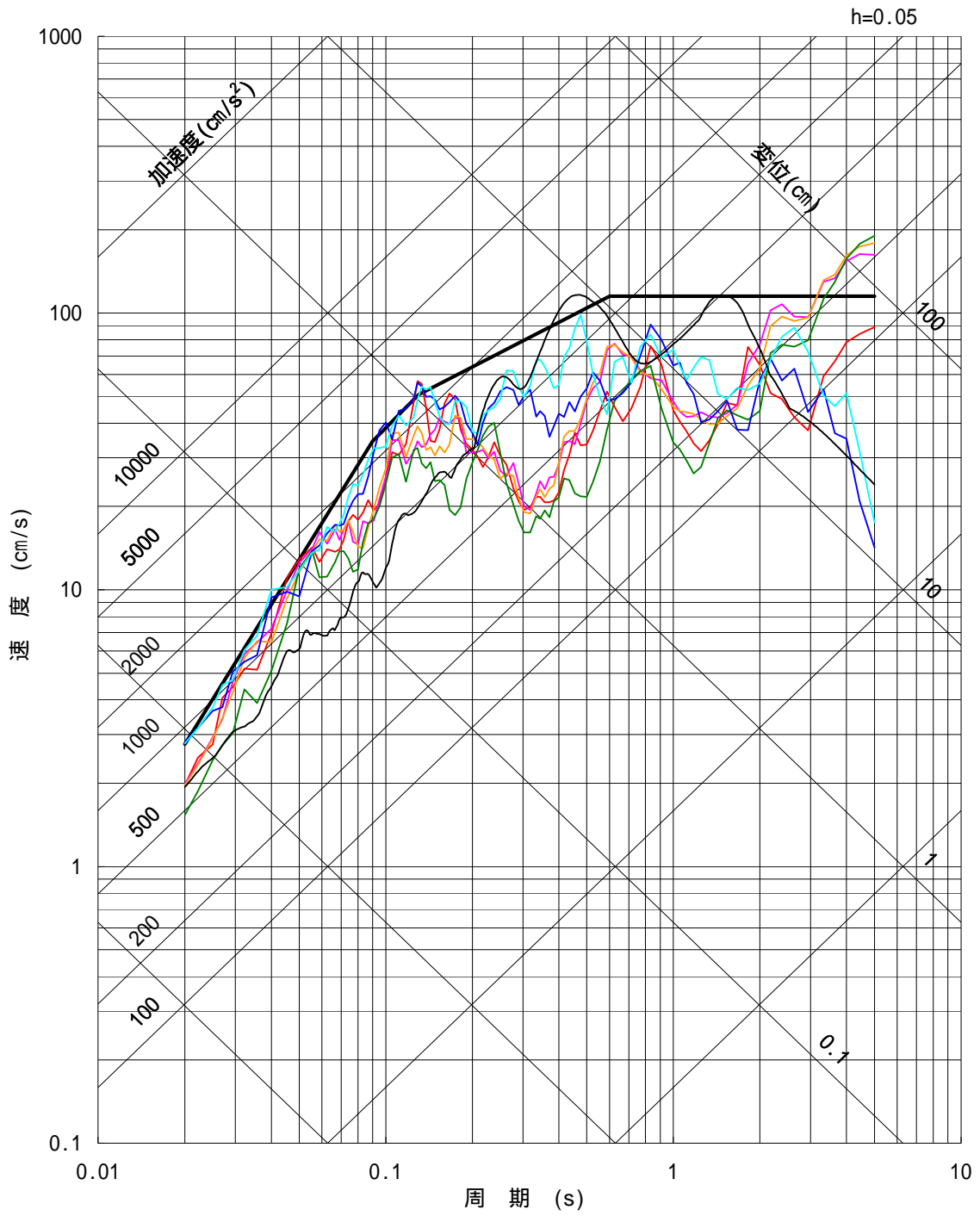
下位クラス施設は原則、耐震重要施設に対して離隔をとり配置するか、耐震重要施設の設計に用いる地震動又は地震力に対して耐震性を保持するか若しくは、下位クラス施設の波及的影響を想定しても耐震重要施設の有する機能を保持する設計とする。

第 1 表 基準地震動 S_s の最大加速度等一覧

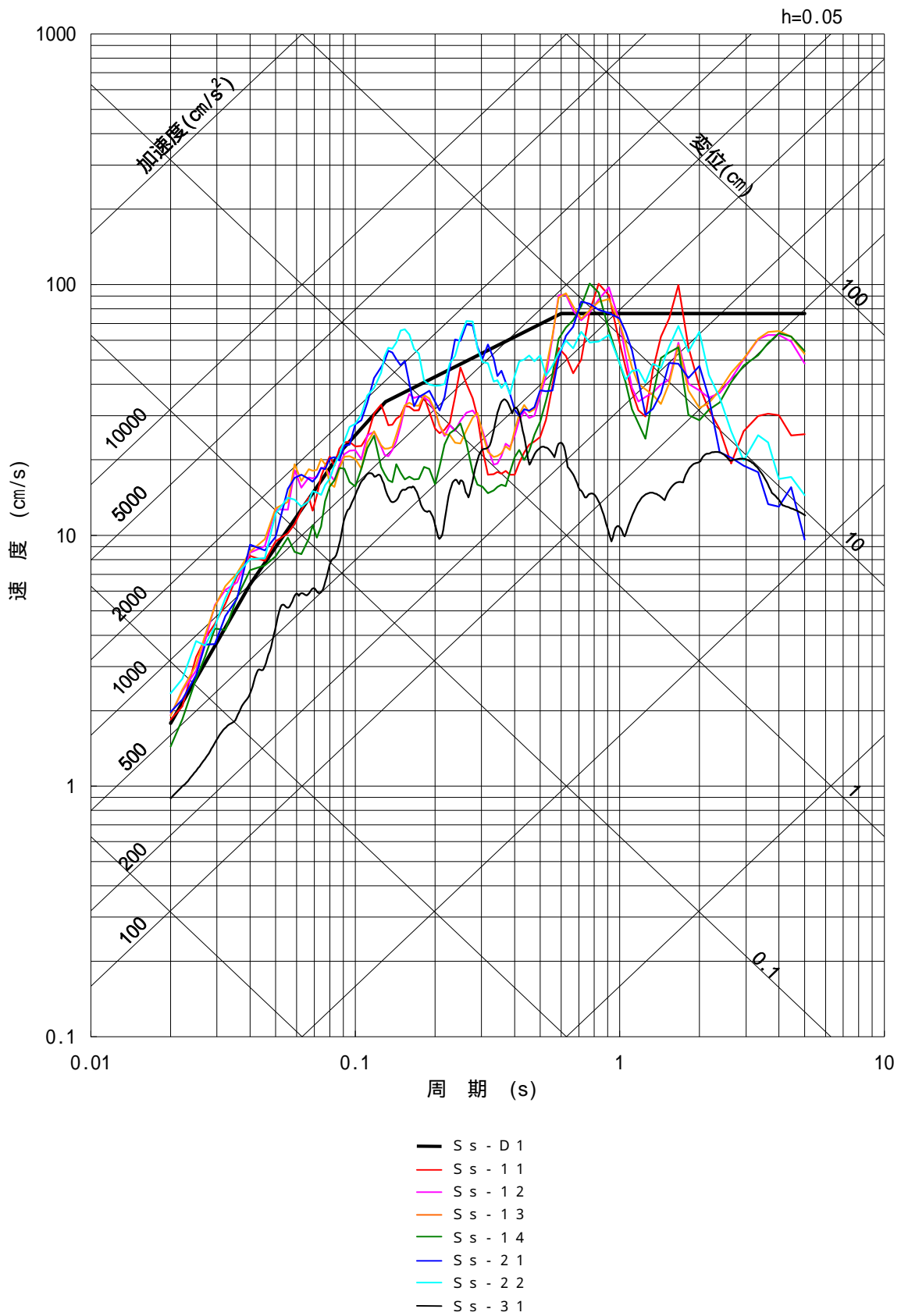
基準地震動 S_s		最大加速度 (cm / s^2)		
		N S 成分	E W 成分	U D 成分
$S_s - D 1$	応答スペクトル手法による基準地震動	870		560
$S_s - 1 1$	F 1 断層，北方陸域の断層，塩ノ平地震断層の連動による地震 (短周期レベルの不確かさ，破壊開始点 1)	717	619	579
$S_s - 1 2$	F 1 断層，北方陸域の断層，塩ノ平地震断層の連動による地震 (短周期レベルの不確かさ，破壊開始点 2)	871	626	602
$S_s - 1 3$	F 1 断層，北方陸域の断層，塩ノ平地震断層の連動による地震 (短周期レベルの不確かさ，破壊開始点 3)	903	617	599
$S_s - 1 4$	F 1 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	887	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
$S_s - 3 1$	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	610		280



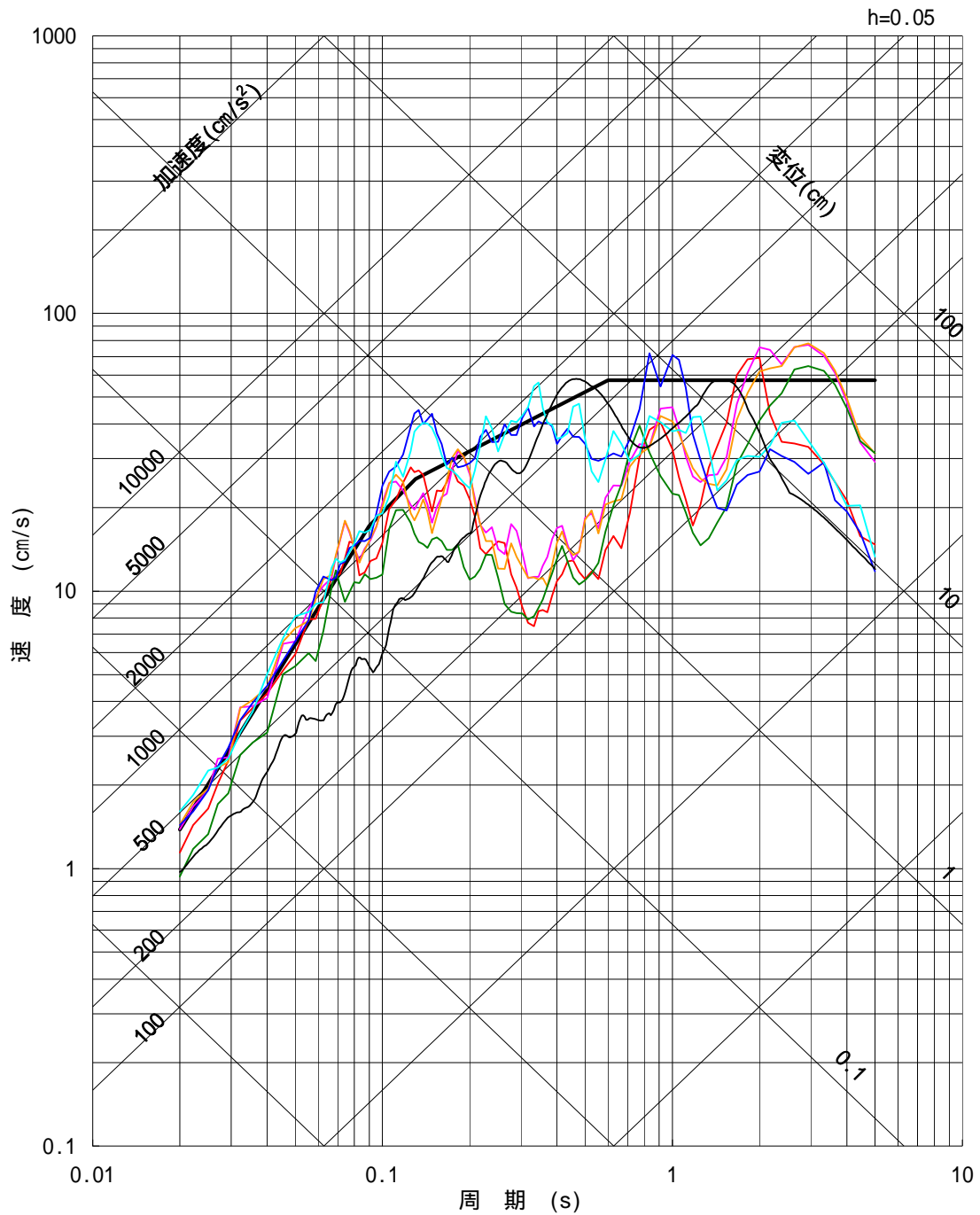
第 1 図 基準地震動 S_s の応答スペクトル (NS 方向)



第 2 図 基準地震動 S_s の応答スペクトル (EW 方向)

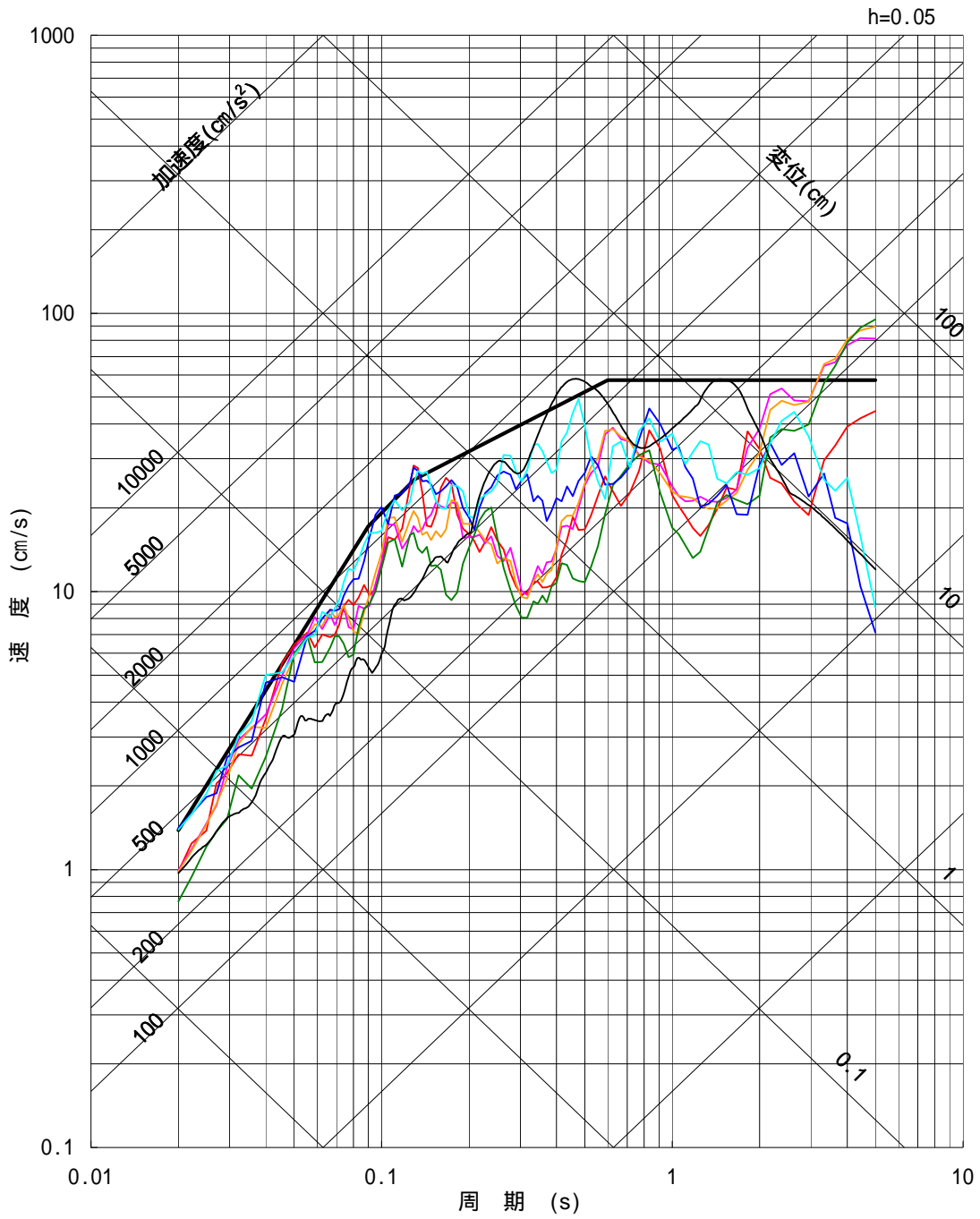


第3図 基準地震動 S_s の応答スペクトル(UD方向)



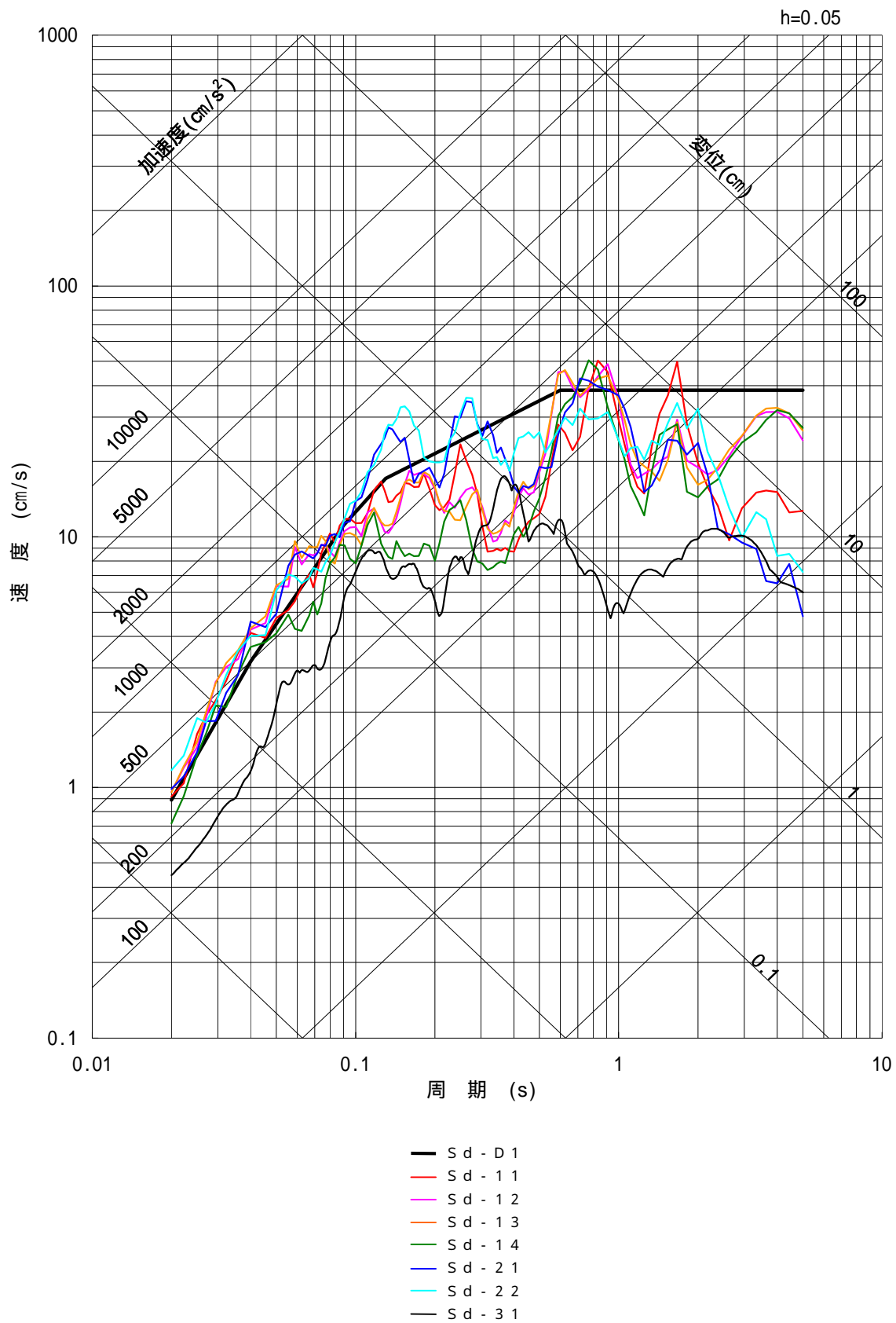
- S d - D 1
- S d - 1 1
- S d - 1 2
- S d - 1 3
- S d - 1 4
- S d - 2 1
- S d - 2 2
- S d - 3 1

第 4 図 弾性設計用地震動 S_d の応答スペクトル (NS 方向)



- S d - D 1
- S d - 1 1
- S d - 1 2
- S d - 1 3
- S d - 1 4
- S d - 2 1
- S d - 2 2
- S d - 3 1

第 5 図 弾性設計用地震動 S_d の応答スペクトル (EW 方向)



第 6 図 弾性設計用地震動 S_d の応答スペクトル (UD 方向)

東海第二発電所

設計用地震力 (耐震)

設計用地震力

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 及び水平震度（注1）	鉛直震度（注2）
建物・構築物	S	$3.0 C_i$	$1.0 C_v$
	B	$1.5 C_i$	-
	C	$1.0 C_i$	-
機器・配管系	S	$3.6 C_i$	$1.2 C_v$
	B	$1.8 C_i$	-
	C	$1.2 C_i$	-
土木構造物	C	$1.0 C_i$	-

（注1） 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。

$$C_i = R_t \cdot A_i \cdot C_0$$

R_t : 振動特性係数 0.8

A_i : C_i の分布係数

C_0 : 標準せん断力係数 0.2

（注2） C_v ：震度 0.3 を基準とし、建物・構築物の振動特性、地震の種類等を考慮し、高さ方向に一定として求める。

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	入力地震動 ^(注1)		
		水 平	鉛 直	
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	弾性設計用地震動 $S_d^{(注2)}$ $\times 1/2$	弾性設計用地震動 $S_d^{(注2)}$ $\times 1/2$	
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_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	
機器・配管系	S	設計用床応答曲線 S_d 又は 弾性設計用地震動 S_d	設計用床応答曲線 S_d 又は 弾性設計用地震動 S_d	
		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	
	B	設計用床応答曲線 ^(注2) $S_d \times 1/2$	設計用床応答曲線 ^(注2) $S_d \times 1/2$	
土木 構築物	屋外重要 土木 構築物	C	基準地震動 S_s	基準地震動 S_s

(注1) 設計用床応答曲線は、弾性設計用地震動 S_d 及び基準地震動 S_s 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・ 構築物	S	地震層 せん断力係数 $3.0C_i$	静的震度 $1.0C_v$	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、組合せ係数法による。
		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	地震層 せん断力係数 $1.5C_i$	-	静的地震力とする。
		弾性設計用 地震動 $S_d \times 1/2$	弾性設計用 地震動 $S_d \times 1/2$	(注1) 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。
	C	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	基準地震動 S_s	基準地震動 S_s	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 別		耐震 クラス	水 平	鉛 直	摘 要
機器・ 配管系		S	静的震度 $3.6C_i$	静的震度 $1.2C_v$	(注2)(注3) 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な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_d 又は 弾性設計用 地震動 S_d	設計用床応答 曲線 S_d 又は 弾性設計用 地震動 S_d	
			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	(注3) 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3)(注4) 水平方向及び鉛直方向が動的な地震力の場合は、二乗和平方根 (SRSS) 法による。
			弾性設計用 地震動 $S_d \times 1/2$	弾性設計用 地震動 $S_d \times 1/2$	
		C	静的震度 $1.2C_i$	-	静的地震力とする。
土木 構造物	屋外 重要土木 構造物	C	静的震度 $1.0C_i$	-	静的地震力とする。
			基準地震動 S_s	基準地震動 S_s	動的な地震力とする。
	その他の 土木 構造物	C	静的震度 $1.0C_i$	-	静的地震力とする。

- (注1) 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2) 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3) 絶対値和法で組み合わせてもよいものとする。
- (注4) 水平における動的と静的の大きい方の地震力と、鉛直における動的な地震力とを、絶対値和法で組み合わせてもよいものとする。

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。

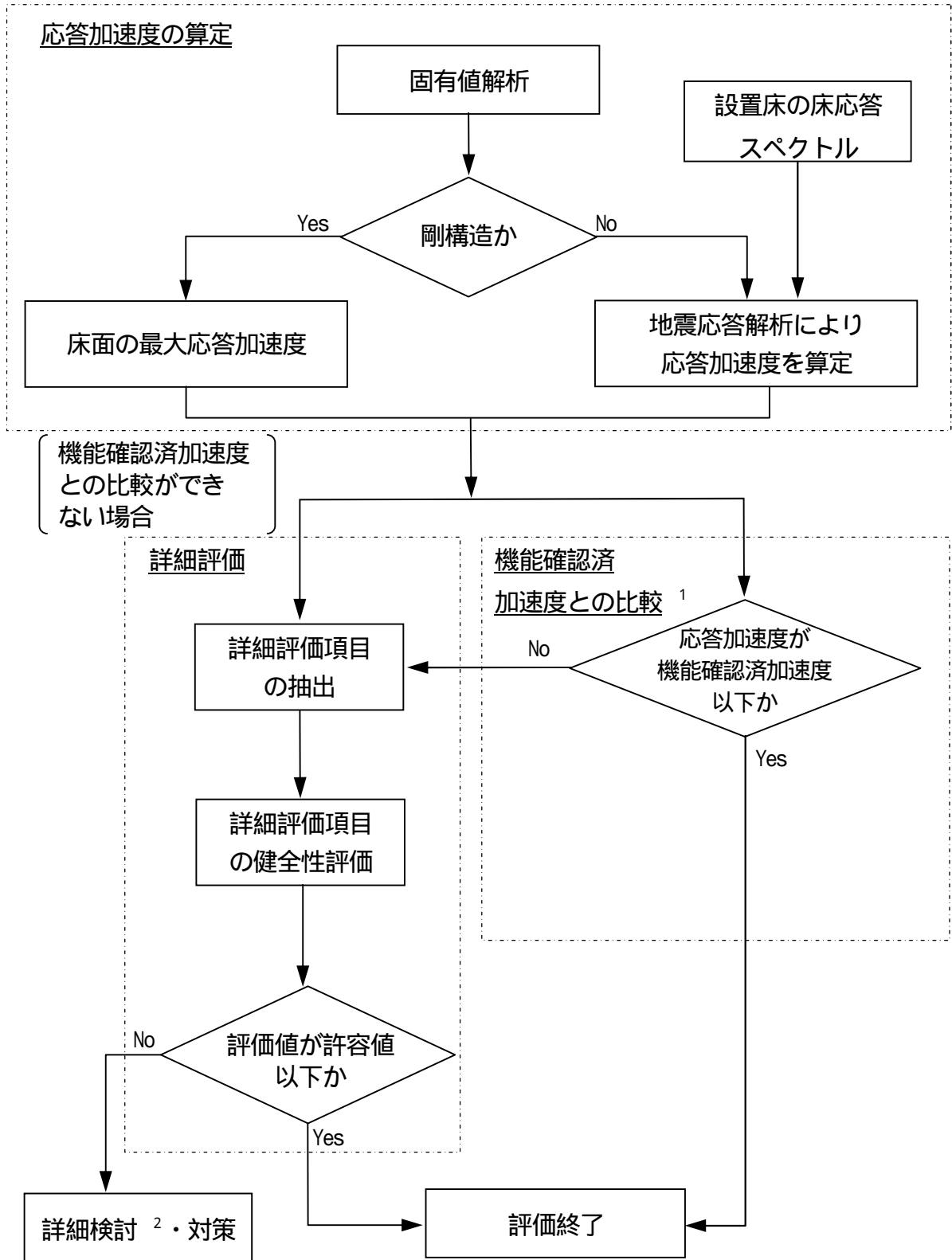
1. 機能確認済加速度との比較

基準地震動 S_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_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 J E A G 4601 - 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

東海第二発電所

弾性設計用地震動 S_d ・ 静的地震力
による評価
(耐震)

弾性設計用地震動 S_d ・静的地震力による評価

1. 建物・構築物

弾性設計用地震動 S_d ・静的地震力による評価は、建物・構築物が、弾性設計用地震動 S_d による地震力又は静的地震力のいずれか大きい方の地震力に対して評価結果が、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_d 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。

基準地震動 S_s による発生値と許容限界 (A_s) の比較

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

弾性設計用地震動 S_d は基準地震動 S_s 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_s による発生値が、許容限界 (許容応力状態 A_s) 以下であれば、弾性設計用地震動 S_d による発生値についても、許容限界 (許容応力状態 A_s) 以下となる。

ただし、基準地震動 S_s 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_d と組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。

弾性設計用地震動 S_d による発生値と許容限界 (A_S) の比較

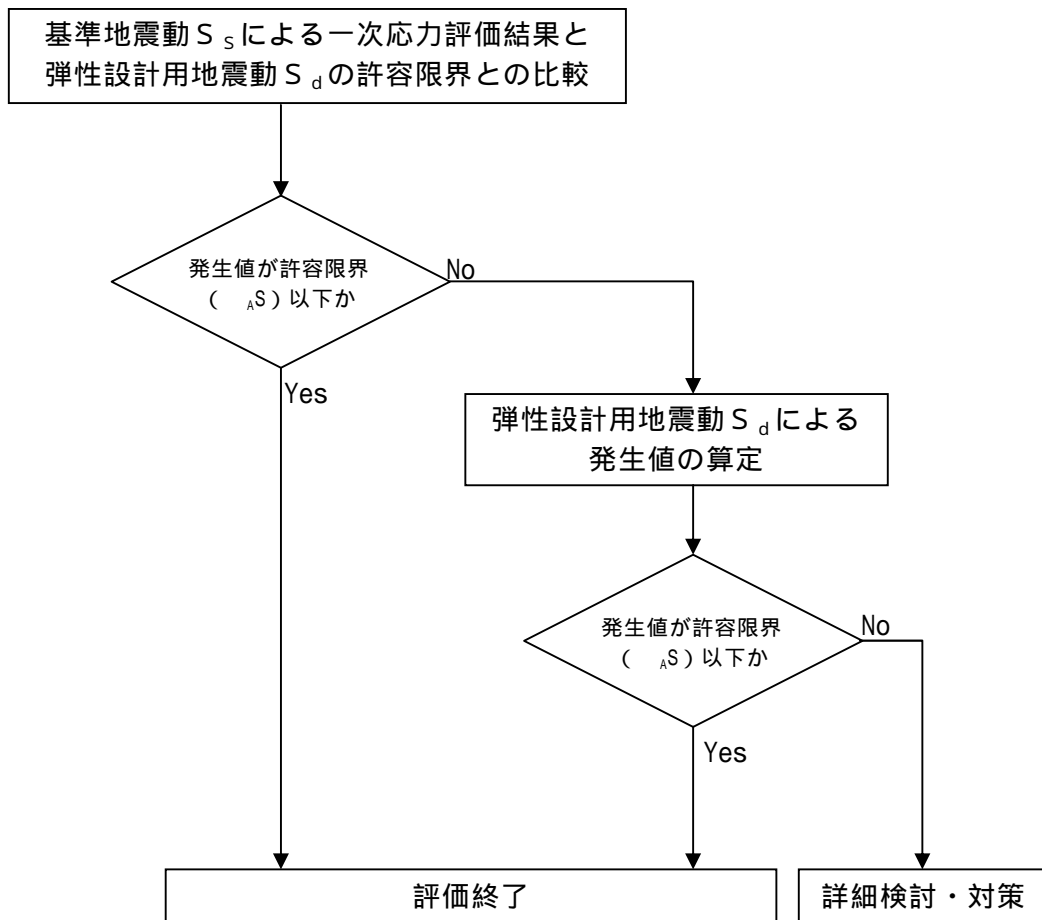
項にて、評価対象設備の基準地震動 S_s による発生値が、許容限界 (許容応力状態 A_S) を上回った設備については、弾性設計用地震動 S_d による発生値を詳細評価により算定し、その算定した発生値が許容限界 (許容応力状態 A_S) 以下であることを確認する。

a. 弾性設計用地震動 S_d 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_d 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 に規定されている許容応力状態 A_S と 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_d より大きな地震動である基準地震動 S_s 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_s の評価を実施することで、弾性設計用地震動 S_d 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 A_S と A_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_d 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、旧建築基準法に基づく静的震度 (C_0) 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_i) においても影響のないことを確認する。

静的震度 (C_i) 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 ~ 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、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

- ・ $3.6C_i$, $3.6C_0$ に対する許容限界 = 設計用地震 , S_d に対する許容限界
- ・ 建設時の $3.6C_H$ による発生値 許容限界を確認済み
- ・ 今回工認での S_d による発生値 許容限界を確認済み

評価手順

建設工認時の静的震度 C_0 と静的震度 C_i を比較し、 $C_0 < C_i$ となる設備は除外。

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* , $S_s < 3.6C_i$ 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。

弾性設計用地震動 S_d 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* , $S_d < 3.6C_i$ となる設備を除外

弾性設計用地震動 S_d に対する評価結果に基づく耐震裕度 (S_d 許容限界値 / 発生値) (以下「 S_d 裕度」という。) と必要裕度 ($3.6C_i / S_d$ 比) を比較し、 S_d 裕度 < 必要となる設備は除外

既工認における $3.6C_0$ 及び設計用地震に対する評価結果に基づく耐震裕

度 (S_A 許容限界値 / 発生値) (以下「既工認における裕度」という。) と C_i / C_H 比を比較し、既工認における裕度 C_i / C_H 比となる設備は除外

3.6 C_i に対する詳細検討を実施

- * 水平と鉛直方向の組合せについては、 S_s, S_d は S R S S 法による組み合わせ、水平方向静的震度 $3.6 C_i$ 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。

【 の補足】

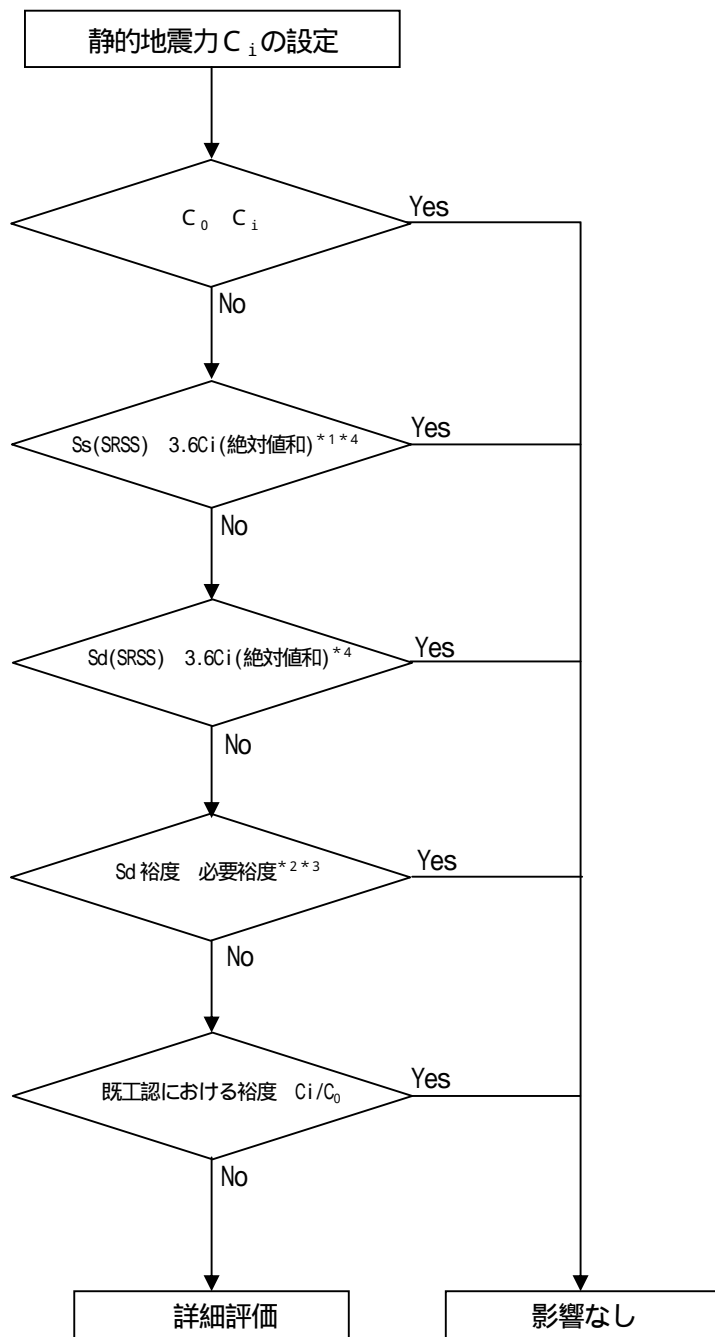
$3.6 C_i (3.6 C_0)$ に対する裕度 = S_A 許容限界値 / $3.6 C_i (3.6 C_0)$ による発生値であり、発生値は静的震度に比例することから、次式のような関係となる。

$$3.6 C_i \text{ に対する裕度} = 3.6 C_0 \text{ に対する裕度} \div (C_i / C_0)$$

また、既工認における裕度は、 $3.6 C_H$ 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_i / C_0 で除したものは、次式のような関係となる。

$$3.6 C_i \text{ に対する裕度} = \text{既工認における裕度} \div (C_i / C_0)$$

よって、既工認における裕度 C_i / C_0 であれば、 $3.6 C_i$ に対する裕度は 1 以上となる。



- * 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 $3.6 C_i$ (絶対和) / S_d (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_s 、 S_d はSRSS法による組合せ、水平方向静的震度 $3.6C_i$ 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

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S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。

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。

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」に読み替えて適用する。

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

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

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

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（NUCIA）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23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 S_s 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 S_s 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 ~ 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2「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。

(1) 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

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，以下の通り設計する。

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2「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。

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、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2「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。

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2「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 . 連絡通路

下位クラス施設である連絡通路は，上位クラス施設である原子炉建屋に隣接しており，埋戻し土により支持されていることから，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。

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）

波及的影響を受けるおそれのある上位クラス施設	波及的影響の設計対象とする下位クラス施設
原子炉建屋	連絡通路

（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，ベアラ建屋，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，ベアラ建屋，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。

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）

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

（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）

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。

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）

波及的影響を受けるおそれのある上位クラス施設	波及的影響の設計対象とする下位クラス施設
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

（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ッ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、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、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上位クラス施設	波及的影響の設計対象とする下位クラス施設
原子炉圧力容器	原子炉遮蔽壁
使用済燃料プール 使用済燃料ラック 原子炉建屋換気系放射線モニタ	原子炉建屋クレーン
使用済燃料プール 使用済燃料ラック 原子炉建屋換気系放射線モニタ	燃料取替機
使用済燃料プール 使用済燃料ラック	制御棒貯蔵ラック 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ン
格納容器	原子炉ウエル遮蔽ブロック
緊急時炉心冷却系操作盤 原子炉補機操作盤 原子炉制御操作盤 所内電源操作盤	中央制御室用天井照明

（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ポンプ，残留熱除去系海水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，残留熱除去系海水ポンプ，残留熱除去系海水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，ベアラ建屋，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，ベアラ建屋，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上位クラス施設	波及的影響の設計対象とする下位クラス施設
海水ポンプ室防護壁	残留熱除去系海水ポンプ 残留熱除去系海水ストレーナ 残留熱除去系海水配管 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
固定バースクリーン 回転レイキ付バースクリーン トラベリングスクリーン	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 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプ
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	原子炉建屋 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。

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。

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わけて示す。

5.5.1 建物・構築物

建物・構築物について，下位クラス施設の上位クラス施設に対する衝突を防止する場合の許容限界は，下位クラス施設と上位クラス施設との離隔距離を確保することを基本とする。

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。

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、及びの観点、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。

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のあるものを抽出し、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。

3. 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 S_s 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_s は、複数の基準地震動 S_s 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

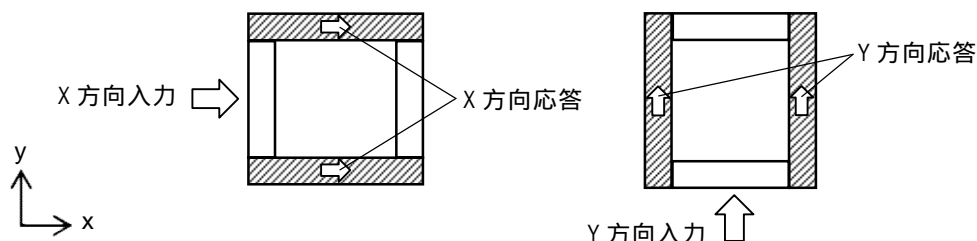
従来の設計手法では、建物・構築物の地震応答解析において、水平方向及び鉛直方向の地震動を質点系モデルにそれぞれ方向ごとに入力し、解析を行っている。また、原子炉施設における建物・構築物は、全体形状及び平面レイアウトから、地震力を主に耐震壁で負担する構造であり、剛性の高い設計としている。

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。

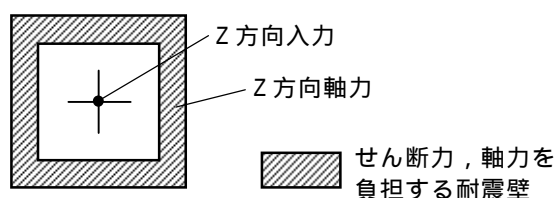
鉛直方向の地震力に対しては、軸力について評価することを基本としている。建物・構築物に生じる軸力は、鉄筋コンクリート造耐震壁を主な耐震要

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

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の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。

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。

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

位を抽出する。

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。

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

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。

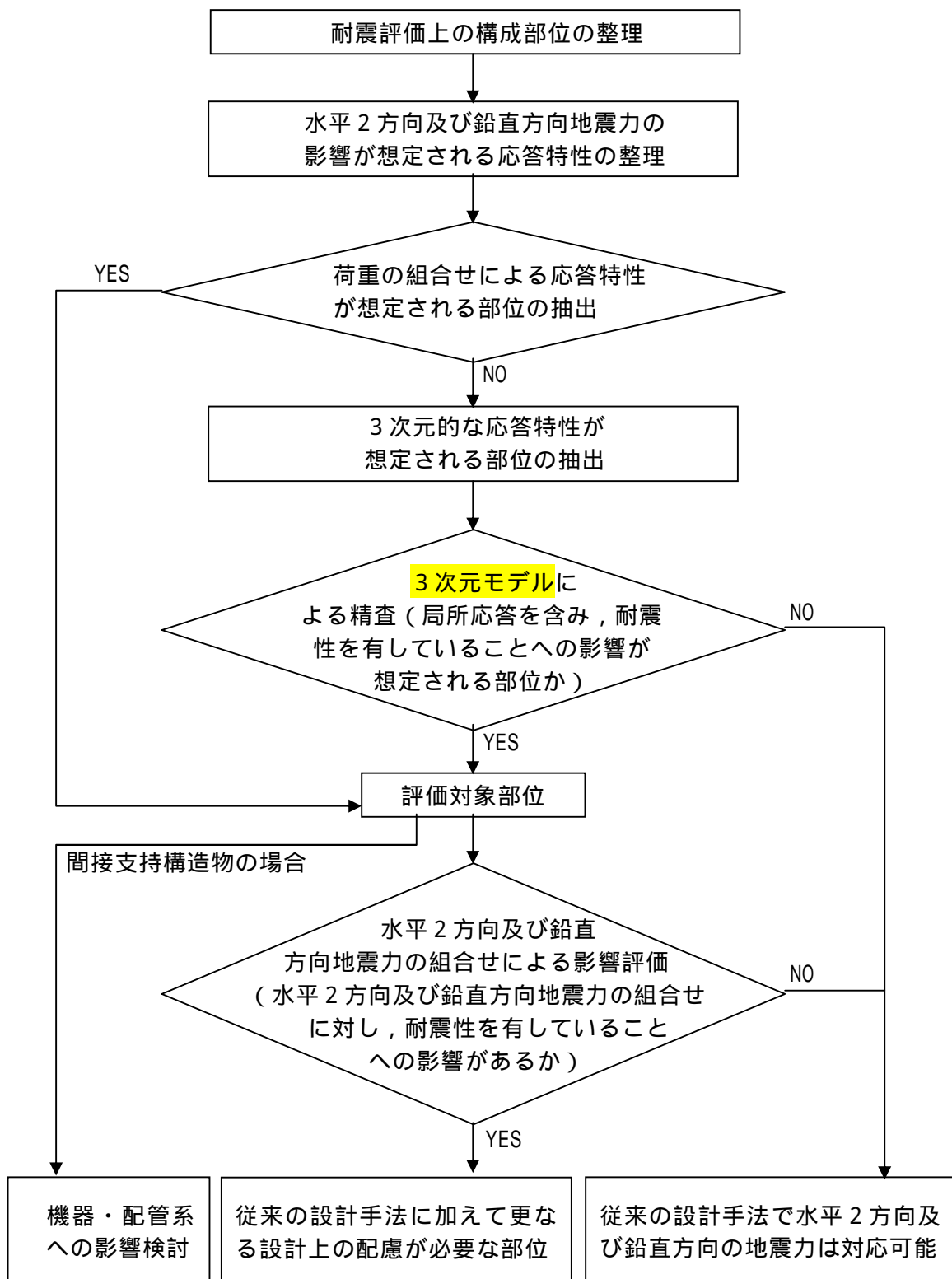
評価対象として抽出した耐震評価上の構成部位について、構造部材の発生応力等を適切に組み合わせることで、各部位の設計上の許容値に対する評価を実施し、各部位が有する耐震性への影響を評価する。

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。

(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_s 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

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 Guide1.92の「2. Combining Effects Caused 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）

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のある設備を抽出する。（第4-2-1図）

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のある設備に対して、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。

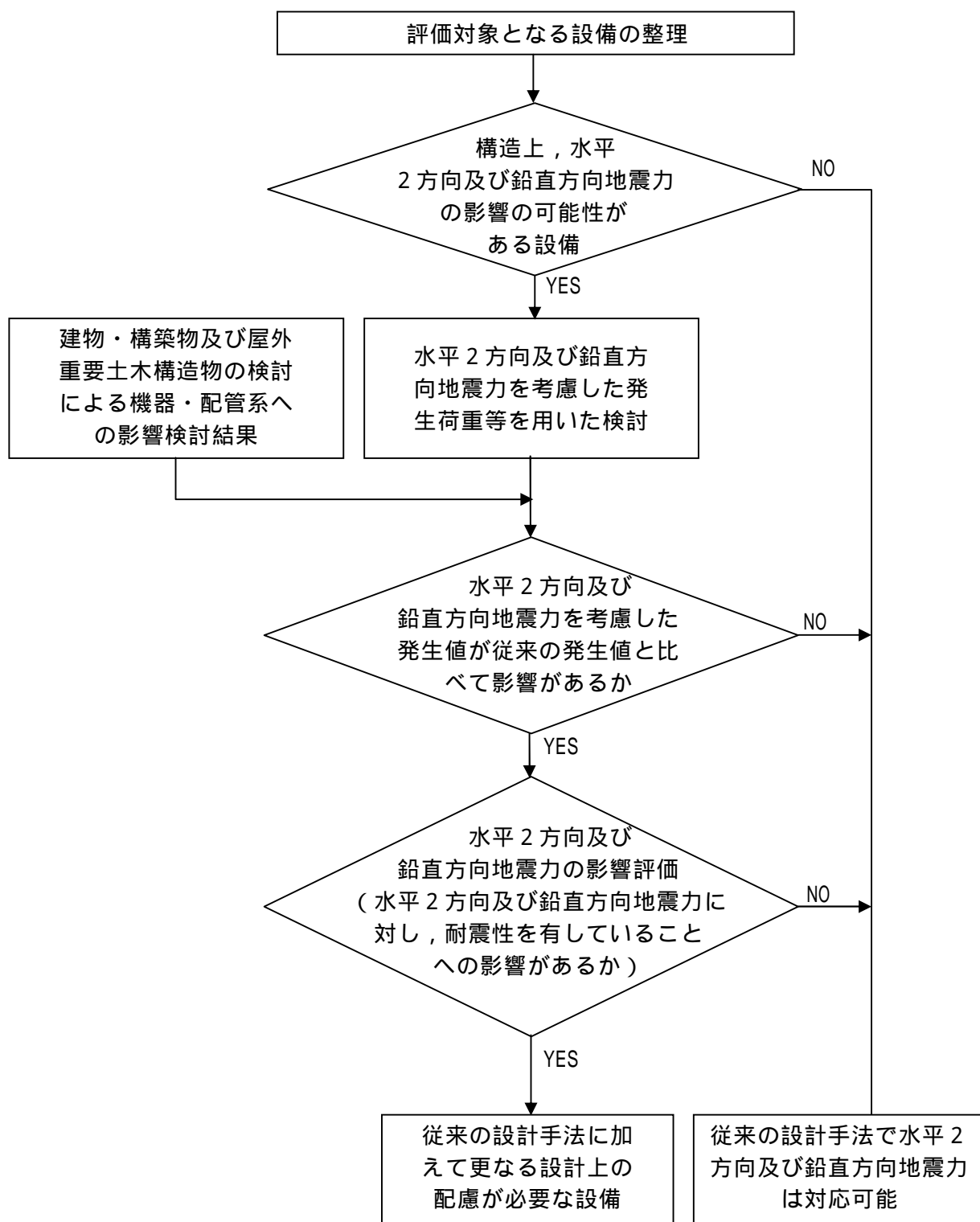
また、建物・構築物及び屋外重要土木建造物の検討により、機器・配

管系への影響の可能性の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）

水平2方向及び鉛直方向地震力の影響評価

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）



第4-2-1図 水平2方向及び鉛直方向地震力を考慮した影響評価フロー

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，屋外重要土木構築物は，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，屋外重要土木構築物は，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。

屋外重要土木構築物は，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，屋外重要土木構築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。

ただし，代替淡水貯槽，S A用海水ピット取水塔及びS A用海水ピットについては，構造上明確な弱軸を有さないことから，直交する2方向に対して，それぞれ，水平1方向及び鉛直方向の地震力による断面力を求め，それらを組み合わせた設計としている。

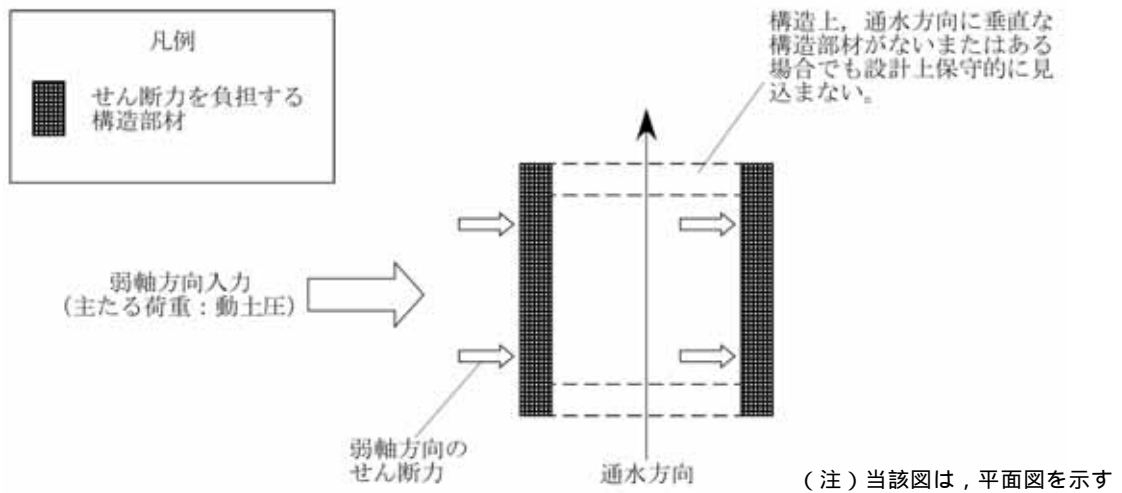
また，鋼管構造物である屋外二重管，海水引込み管及び緊急用海水取水管については，管周方向の発生応力に対し管軸方向の発生応力の影響が無視で

きないことから、管周方向の発生応力に加え、管軸方向の発生応力も同時に受け持つよう設計している。

屋外重要土木構造物の耐震評価では、代替淡水貯槽、S A用海水ピット取水塔、S A用海水ピット、屋外二重管、海水引込み管及び緊急用海水取水管を除いては弱軸方向を評価対象断面とし、水平1方向及び鉛直方向の地震力を同時に作用させて評価を行っている。

表 5 - 4 - 1 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）

	横断方向の加振	縦断方向の加振
従来設計 の評価対 象断面の 考え方	<p>加振方向に平行な壁部材が少ない</p> <p>A-A 断面</p> <p>B-B 断面</p>	<p>加振方向に平行な側壁及び隔壁を耐震設計上見込むことができる</p> <p>A-A 断面</p> <p>B-B 断面</p>



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S A用海水ピット取水塔、海水引込み管、S A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。

4.3.3 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。

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。

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

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。

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

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。

従来設計手法の妥当性の確認

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

水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響評価

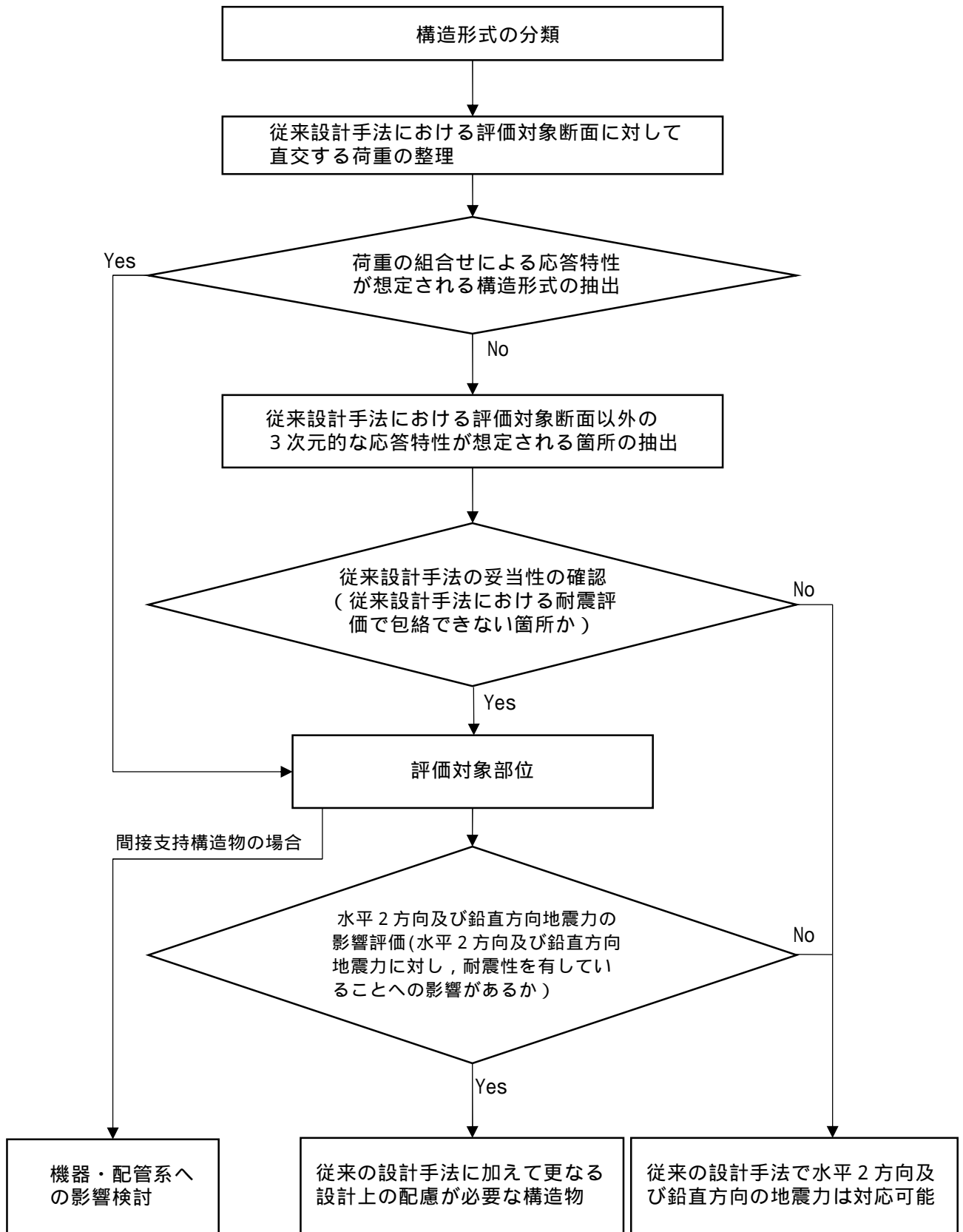
評価対象として抽出された構造物について、従来設計手法での評価対象断面（弱軸方向）の地震応答解析に基づく構造部材の照査において、評価対象断面（弱軸方向）に直交する断面（強軸方向）の地震応答解析に基づく構造部材の発生応力等を適切に組合せることで、水平 2 方向及び鉛直方向地震力による構造部材の発生応力を算出し、構造物が有する耐震性への影響を確認する。

評価対象部位については、屋外重要土木構築物が明確な弱軸・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。



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

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。

東海第二発電所

耐震評価に適用する手法について (耐震)

1. はじめに

耐震評価に適用する手法について、東海第二発電所の設備及び施設における耐震設計の特徴として示す事項を以下に示す

2. 建物・構築物

今回工認において、原子炉建屋の地震応答解析に適用する解析モデルは、実績の有する規格基準を踏まえて既工認から変更を行う（第1表）。

また、耐震Sクラス設備の間接支持構造物として杭基礎構造である使用済燃料乾式貯蔵建屋について、新規制基準に基づき策定した基準地震動 S_s に対する構造成立性を見通しを得ている。

第1表 原子炉建屋地震応答解析の主要な変更点

項目	既工認	今回工認
相互作用	S Rモデル	埋め込みS Rモデル
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_s を一次元波動論により算定

3. 機器・配管系

東海第二発電所の機器・配管系に適用する耐震評価手法は、先行プラントにて実績のある解析モデルの適用及び解析コードに変更する。また、既工認にて独自の規格計算式を適用していた設備については、適用実績のある規格基準による規格計算式を適用した耐震評価を行う。

(1) 適用実績のある解析モデルの適用及び解析コードの変更

既工認において公式等による評価を実施していた設備に対して、先行プ

ラントの実績を踏まえて 3 次元 F E M モデル，多質点系モデルを用いた評価を行う。また，耐震評価に用いる解析コードについても先行プラントの実績を踏まえて既工認から変更する（第 2 表）。

第 2 表 解析モデルの適用及び解析コード変更の適用設備

項 目	適用設備
3 次元 F E M モデル適用	格納容器（パーソナルエアロック等の格納容器本体に取付構造物） D G 用補機類容器
多質点モデルの適用	原子炉圧力容器内構造物
解析コードの変更	格納容器（ドライウェル等） 原子炉圧力容器 炉心支持構造物 等

(2) 適用実績のある規格基準による評価

東海第二発電所は，原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4601 - 1987 等（以下「J E A G 4601 等」という。）の規格基準制定前に建設されたプラントであり，耐震設計において独自の規格計算式により評価を実施していたが，今回工認においては先行プラントにおいて適用実績のある J E A G 4601 等の規格基準に基づく評価法にて耐震計算を行う。

4. 土木構造物

耐震 S クラスの間接支持構造物として埋設する鋼管構造（「屋外二重管」と呼称）を採用している。今回工認の屋外二重管の応答算出については，一般的な土木構造物と同様に屋外二重管を模擬した F E M モデルを用いた地震応答解析により行う（第 3 表）。

第3表 屋外二重管地震応答解析の主要な変更点

項目	既工認	今回工認
解析手法	波動論	時刻歴応答解析
解析モデル	地質データに基づく地盤モデル	地質データに基づくFEMモデル(屋外二重管模擬)