

本資料のうち、枠囲みの内容は商業機密または防護上の機密に属しますので公開できません。

資料3-2

伊方発電所3号炉
設置許可基準規則等への適合性について
(使用済燃料乾式貯蔵施設)
〈補足説明資料〉

令和2年1月
四国電力株式会社

目 次

4条 地震による損傷の防止

今回説明範囲

5条 津波による損傷の防止

6条 外部からの衝撃による損傷の防止

－外部事象

－竜巻

－外部火災

－火山

7条 発電用原子炉施設への人の不法な侵入等の防止

8条 火災による損傷の防止

9条 溢水による損傷の防止

11条 安全避難通路等

12条 安全施設

16条 燃料体の取扱施設及び貯蔵施設

今回説明範囲

29条 工場等周辺における直接ガンマ線等からの防護

30条 放射線からの放射線業務従事者の防護

4 条

地震による損傷の防止

<目 次>

1. 基本方針

1.1 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

1.2 気象等

1.3 設備等

1.4 手順等

2. 地震による損傷の防止

(別添1) 使用済燃料乾式貯蔵施設の耐震設計方針

(別添2) 使用済燃料乾式貯蔵容器及び貯蔵架台の耐震評価について

(別添3) 使用済燃料乾式貯蔵施設に対する波及的影響の検討について

(別添4) 貯蔵建屋の耐震重要度分類の整理について

1. 基本方針

1.1 要求事項に対する適合性

(1) 位置、構造及び設備

(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、設置許可基準規則に適合するように設計する。

(i) 設計基準対象施設の耐震設計

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

a. 耐震重要施設は、基準地震動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クラス及びCクラスに分類し、それぞれに応じた地震力に十分に耐えられるように設計する。

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

Bクラス 安全機能を有する施設のうち、機能喪失した場合の影響がSクラスの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

c. Sクラスの施設 (e.に記載のものを除く。)、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_1 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。

ただし、土木建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・構築物の振動特性及び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.に記載のものを除く。）は、基準地震動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、基準地震動及び弾性設計用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。

基準地震動は、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の応答スペクトルを第1図及び第2図に、時刻歴波形を第3図～第13図に示す。解放基盤表面は、地盤調査の結果から、0.7km/s以上のS波速度（2.6km/s）を持つ堅固な岩盤が十分な広がりを持つことが確認されているため、敷地標高を考慮してEL. +10mとする。

また、弾性設計用地震動は、基準地震動との応答スペクトルの比率が目安として0.5を下回らないような値に余裕を持たせ、「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に係数0.53を乗じて設定する。

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。

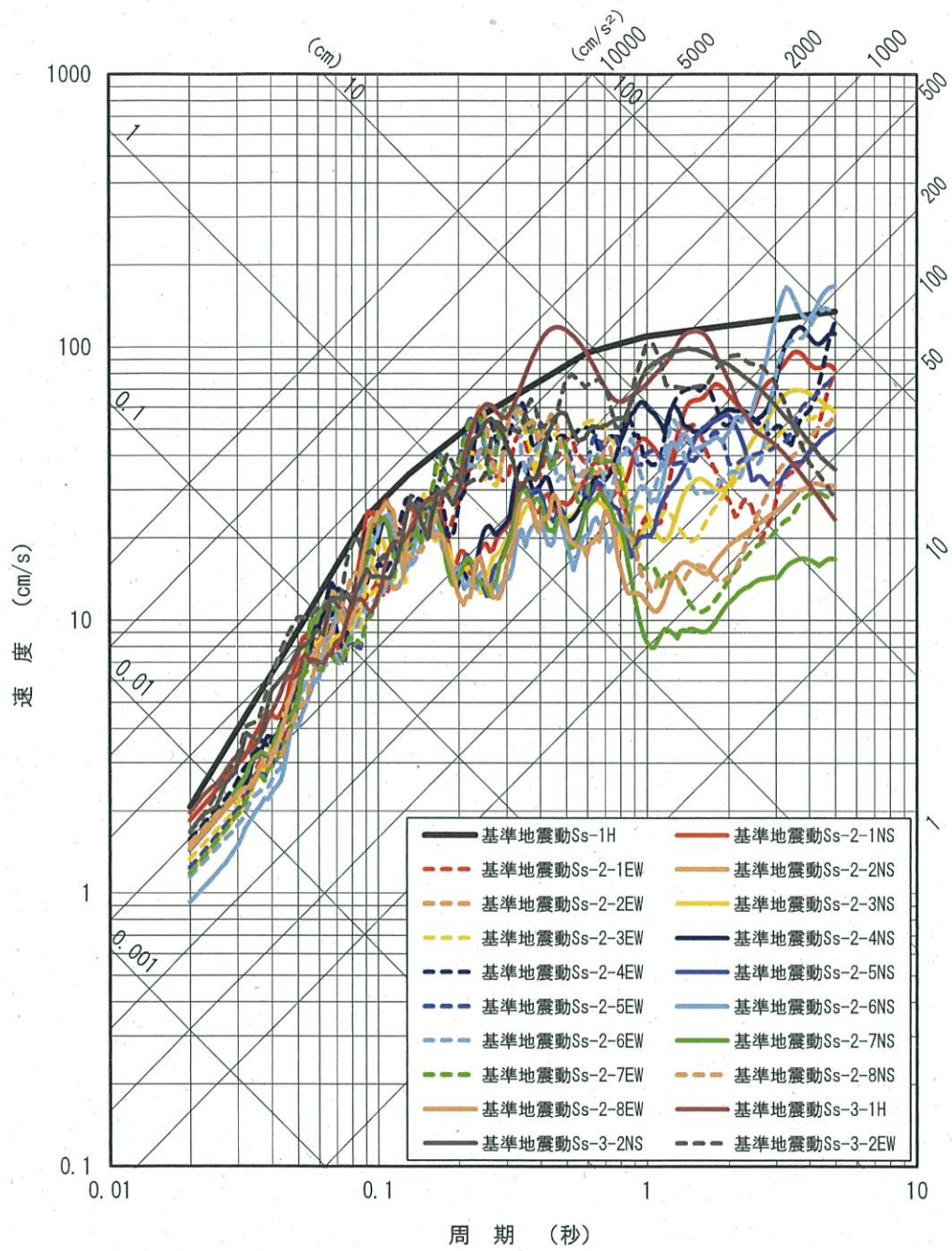
e. 津波防護施設、浸水防止設備、津波監視設備、浸水防止設備が設置された建物・構築物及び**使用済燃料乾式貯蔵容器**は、基準地震動による地震力に対して、それぞれの施設及び設備に要求される機能が保持できるように設計する。

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。また、**使用済燃料乾式貯蔵容器**は、周辺施設等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、耐震重要施設又は**使用済燃料乾式貯蔵容器**の設計に用いる地震動又は地震力を適用する。

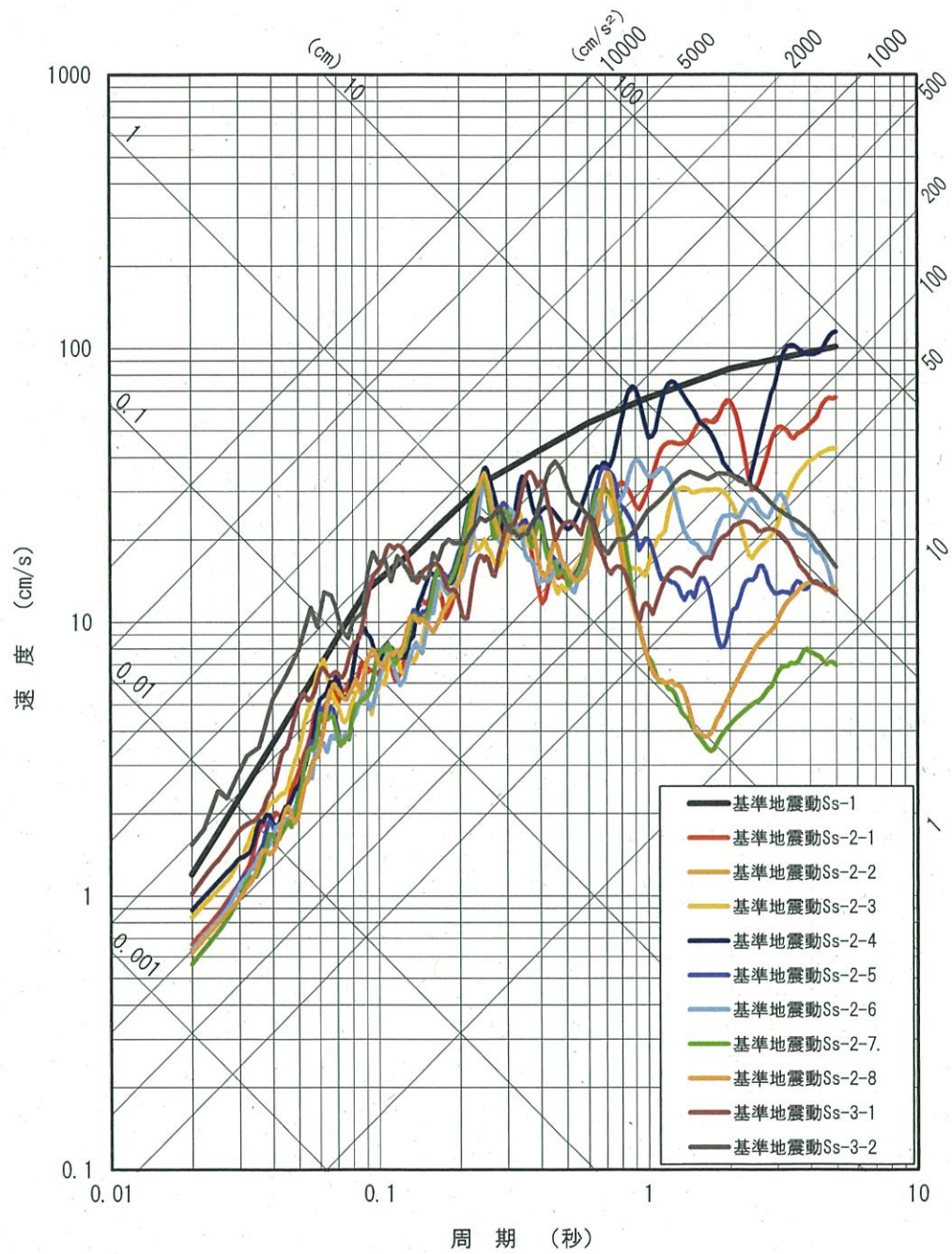
g. 炉心内の燃料被覆材の放射性物質の閉じ込めの機能については、以下のとおり設計する。

弾性設計用地震動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、炉心内の燃料被覆材の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。

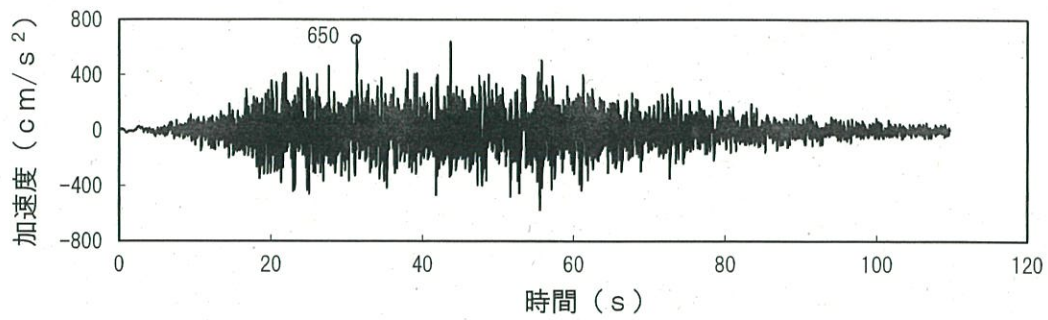
基準地震動による地震力に対して、放射性物質の閉じ込めの機能に影響を及ぼさないように設計する。



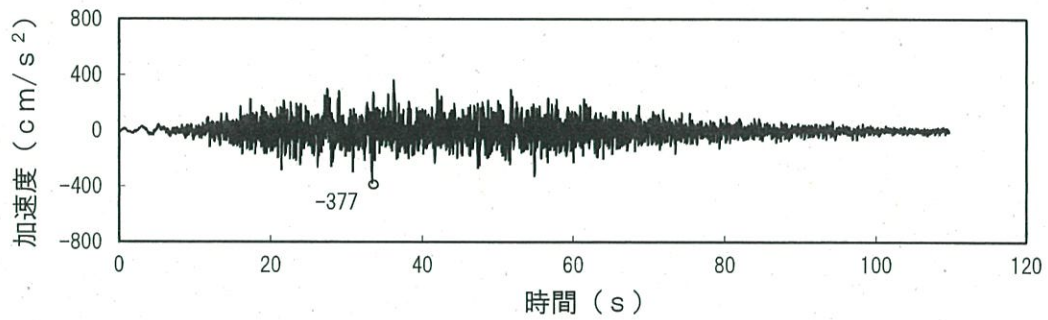
第1図 基準地震動Ssの応答スペクトル (水平方向)



第2図 基準地震動Ssの応答スペクトル (鉛直方向)

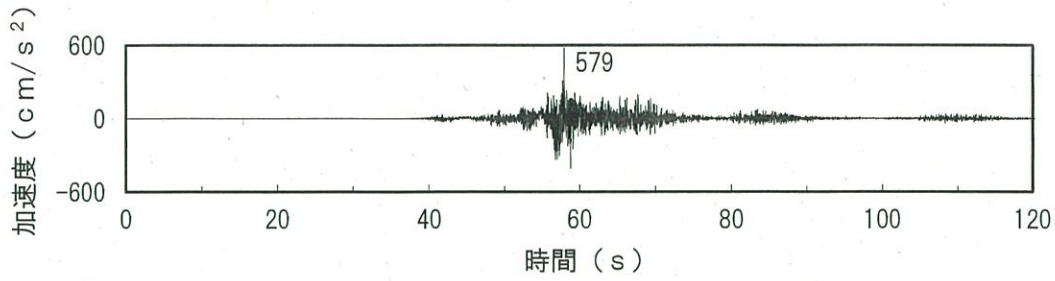


加速度（水平方向：Ss-1H）

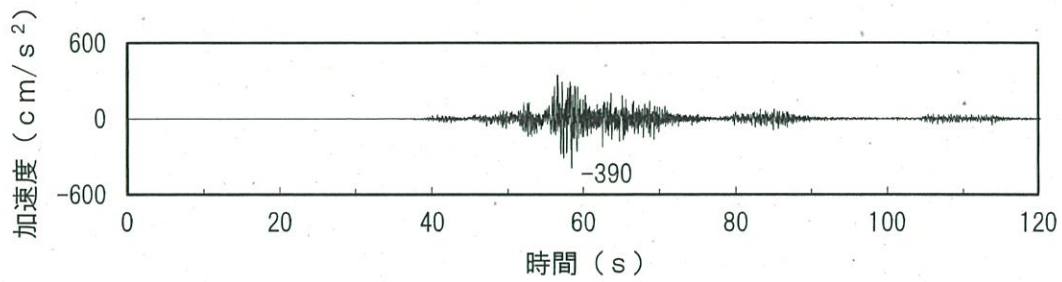


加速度（鉛直方向：Ss-1V）

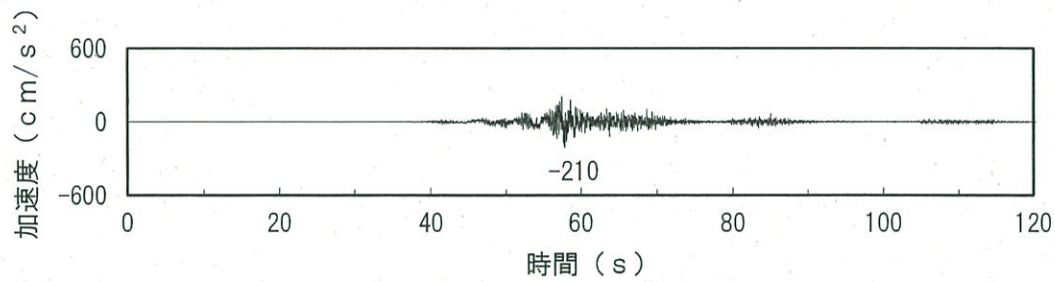
第3図 基準地震動Ss-1の設計用模擬地震波の時刻歴波形



加速度 (水平方向 : Ss-2-1(NS))

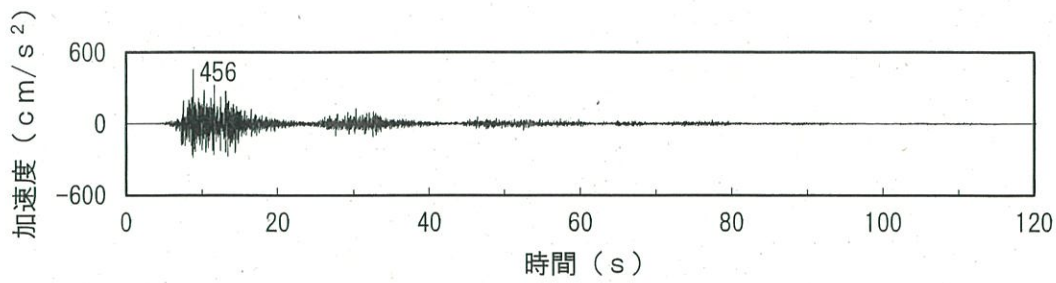


加速度 (水平方向 : Ss-2-1(EW))

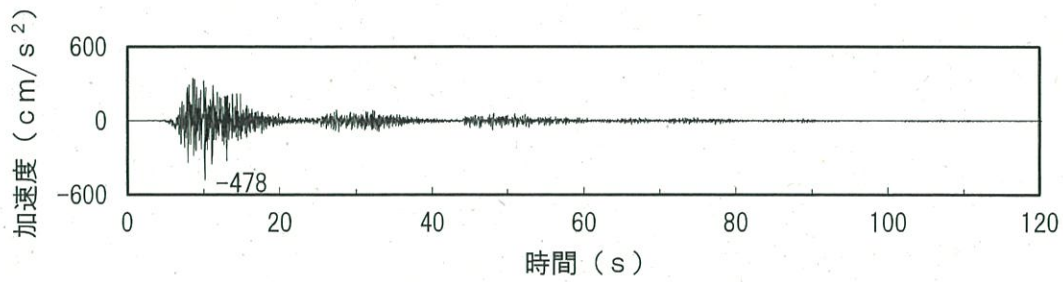


加速度 (鉛直方向 : Ss-2-1(UD))

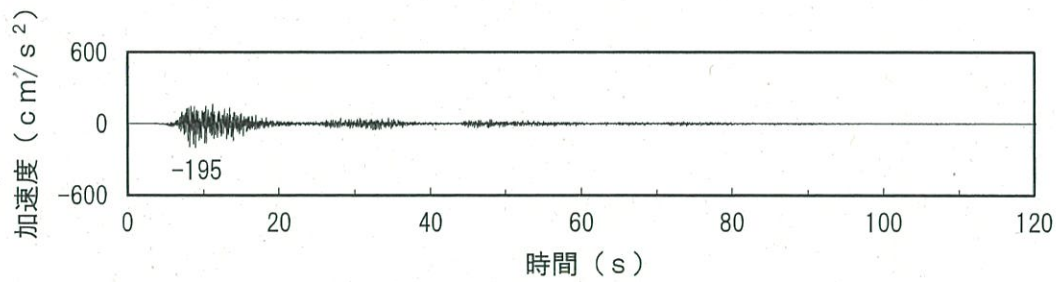
第4図 基準地震動Ss-2-1の時刻歴波形



加速度 (水平方向 : Ss-2-2(NS))

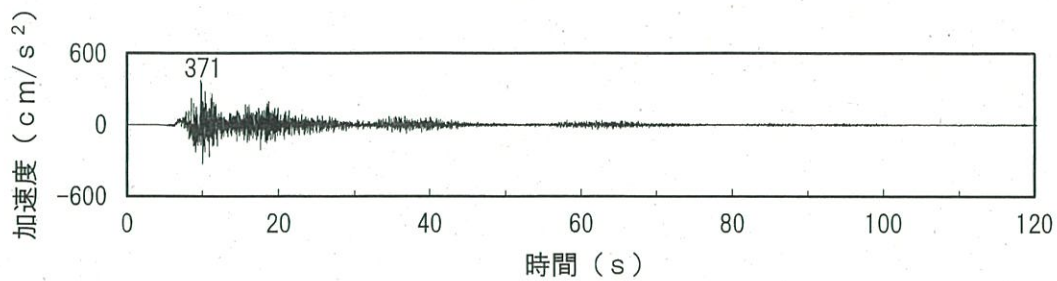


加速度 (水平方向 : Ss-2-2(EW))

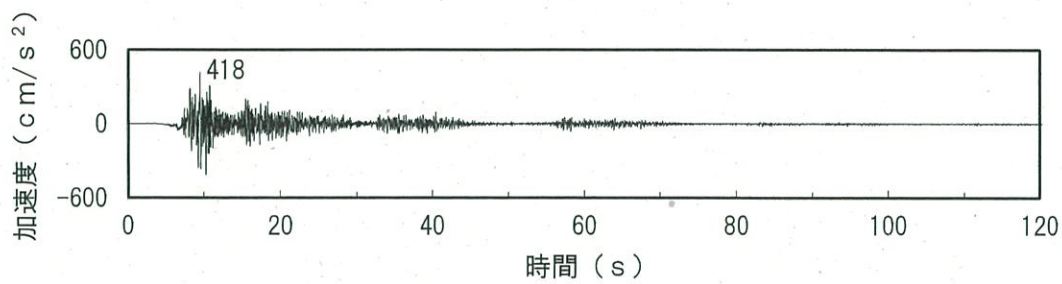


加速度 (鉛直方向 : Ss-2-2(UD))

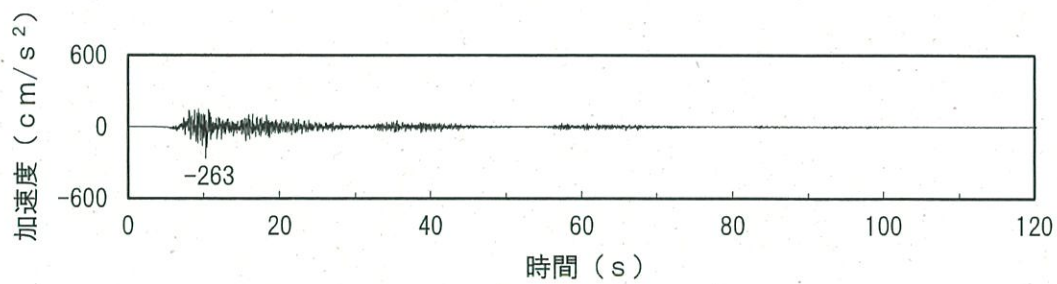
第5図 基準地震動Ss-2-2の時刻歴波形



加速度 (水平方向 : Ss-2-3(NS))

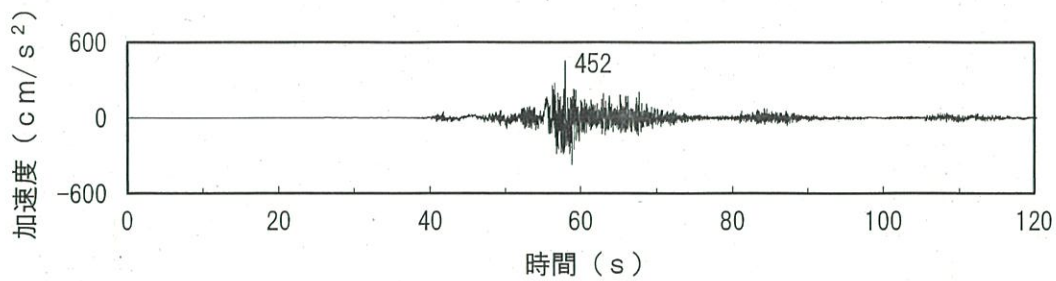


加速度 (水平方向 : Ss-2-3(EW))

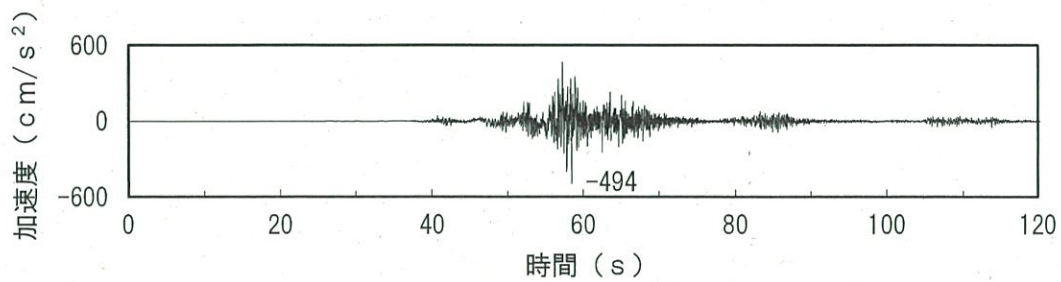


加速度 (鉛直方向 : Ss-2-3(UD))

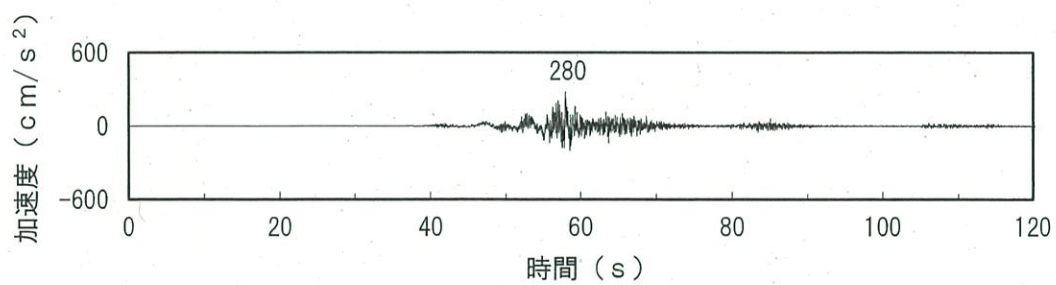
第6図 基準地震動Ss-2-3の時刻歴波形



加速度 (水平方向 : Ss-2-4(NS))

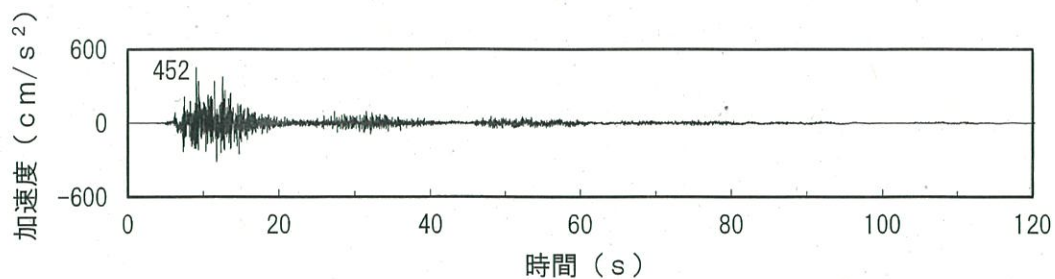


加速度 (水平方向 : Ss-2-4(EW))

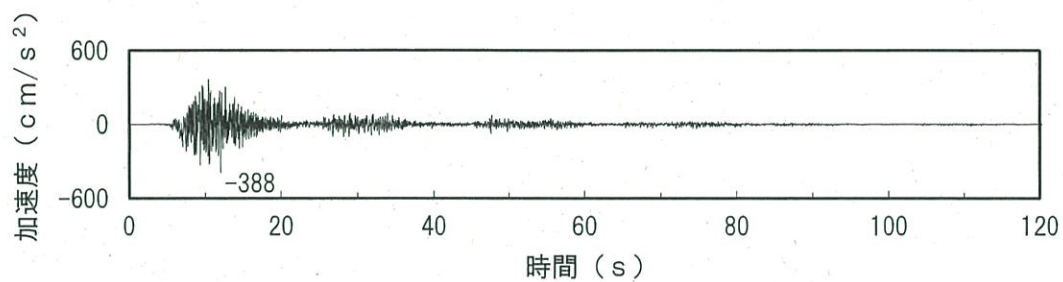


加速度 (鉛直方向 : Ss-2-4(UD))

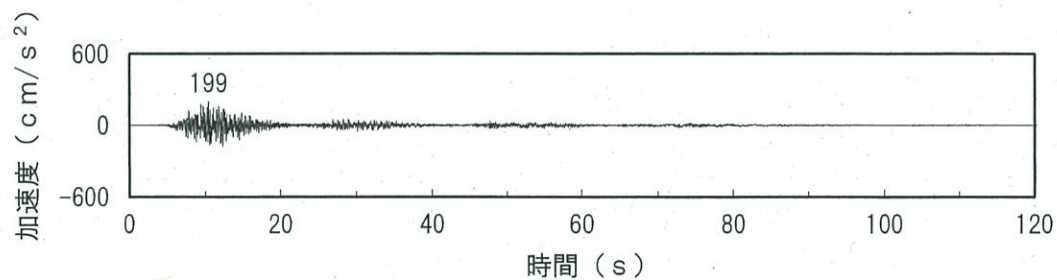
第7図 基準地震動Ss-2-4の時刻歴波形



加速度 (水平方向 : Ss-2-5(NS))

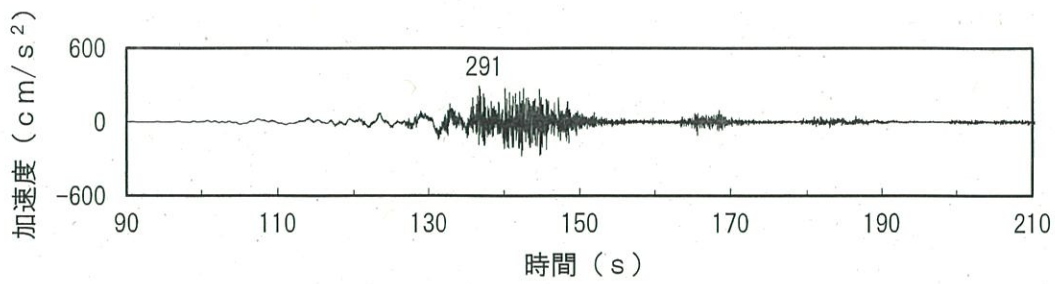


加速度 (水平方向 : Ss-2-5(EW))

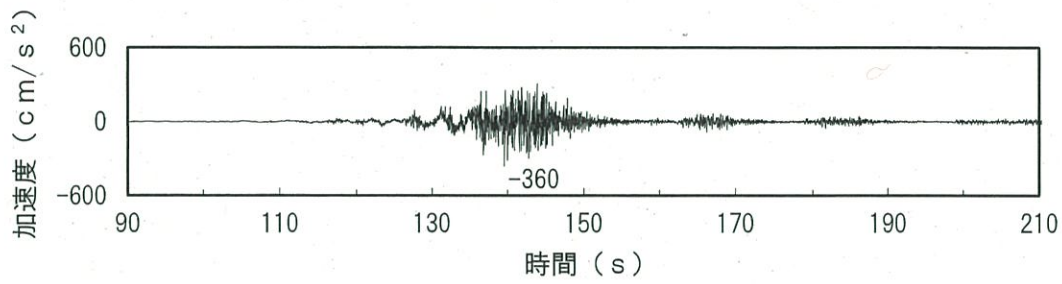


加速度 (鉛直方向 : Ss-2-5(UD))

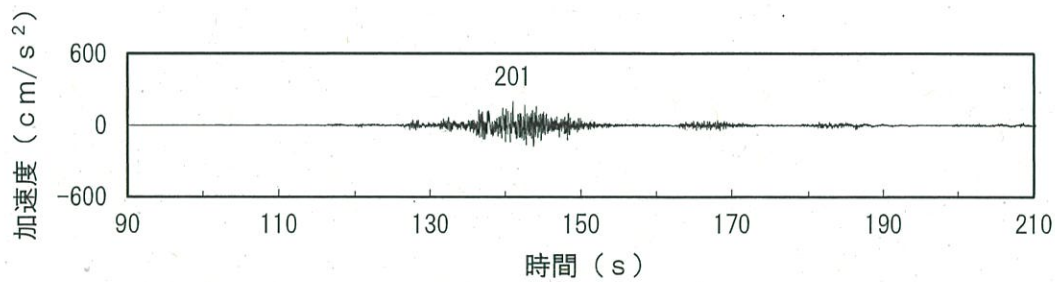
第 8 図 基準地震動Ss-2-5の時刻歴波形



加速度 (水平方向 : Ss-2-6 (NS))

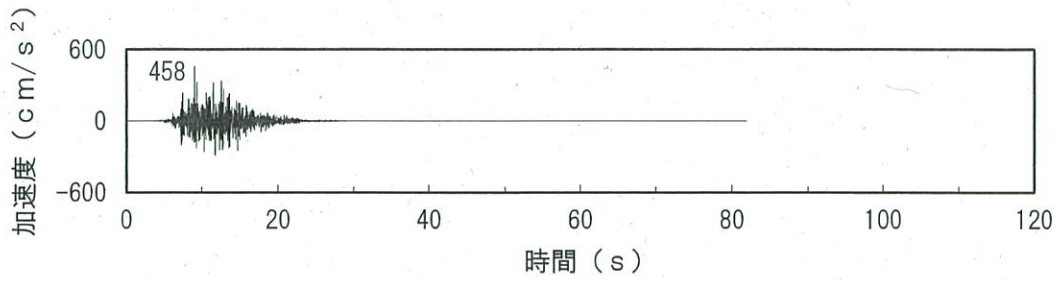


加速度 (水平方向 : Ss-2-6 (EW))

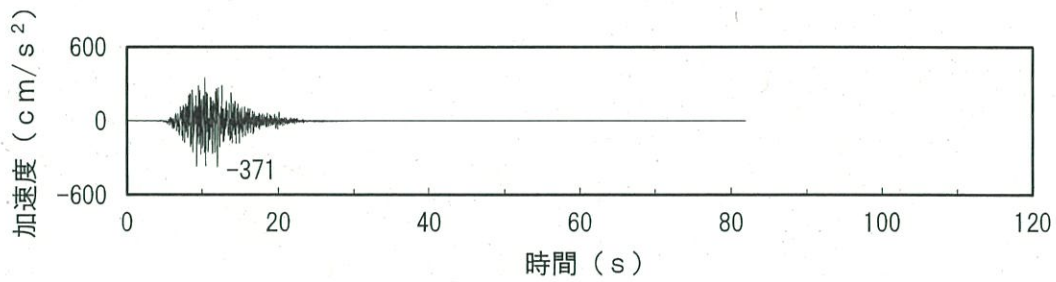


加速度 (鉛直方向 : Ss-2-6 (UD))

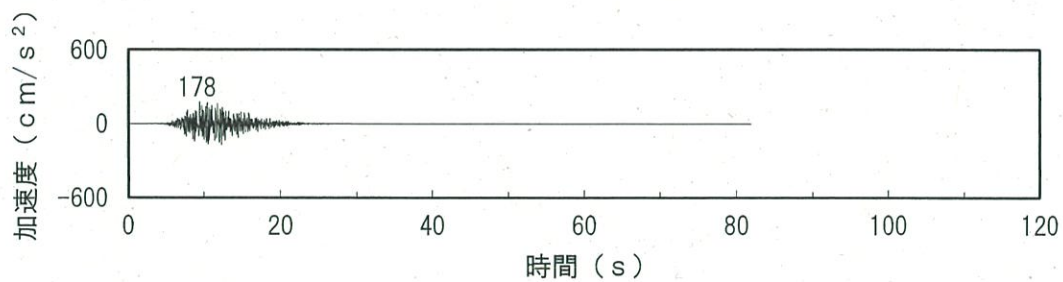
第9図 基準地震動Ss-2-6の時刻歴波形



加速度 (水平方向 : Ss-2-7(NS))

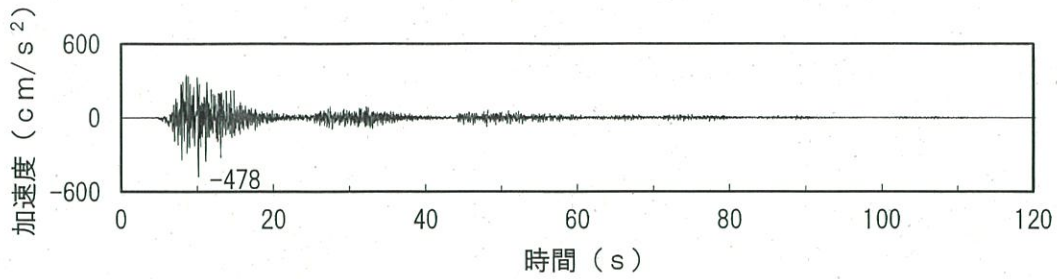


加速度 (水平方向 : Ss-2-7(EW))

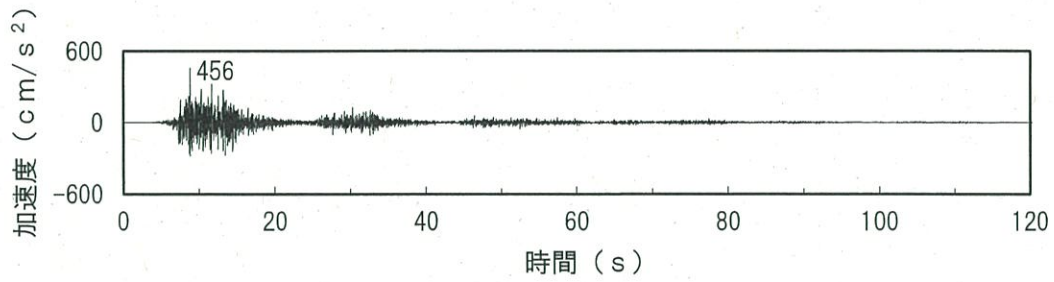


加速度 (鉛直方向 : Ss-2-7(UD))

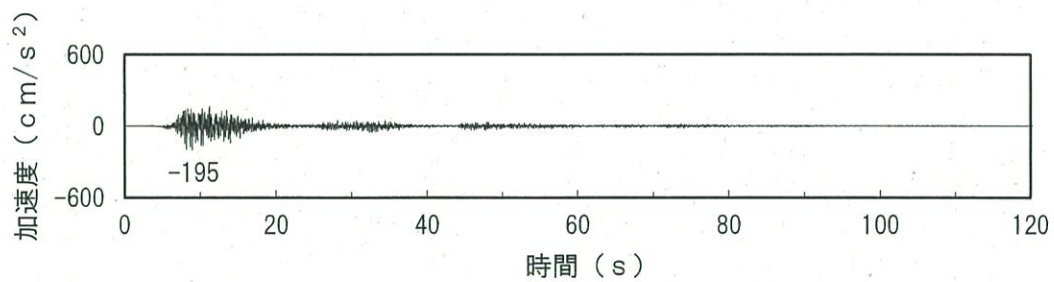
第10図 基準地震動Ss-2-7の時刻歴波形



加速度 (水平方向 : Ss-2-8(NS))

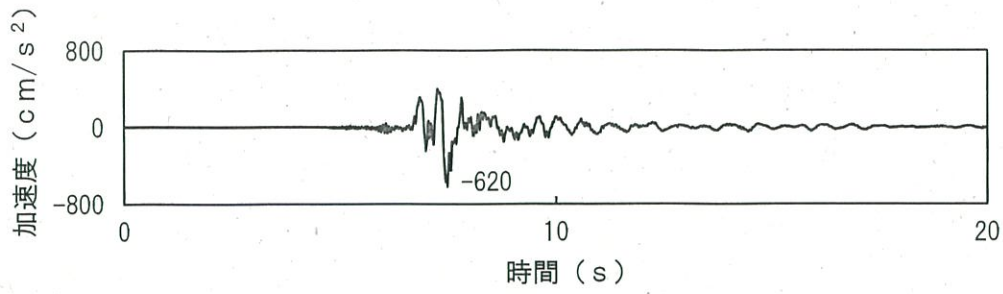


加速度 (水平方向 : Ss-2-8(EW))

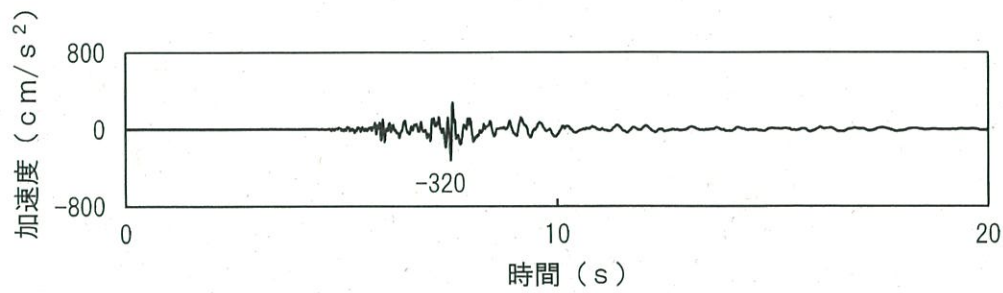


加速度 (鉛直方向 : Ss-2-8(UD))

第 1 1 図 基準地震動Ss-2-8の時刻歴波形

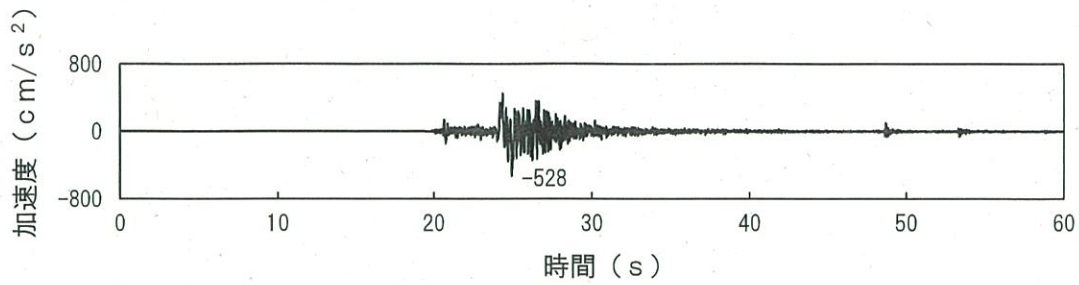


加速度 (水平方向 : Ss-3-1)

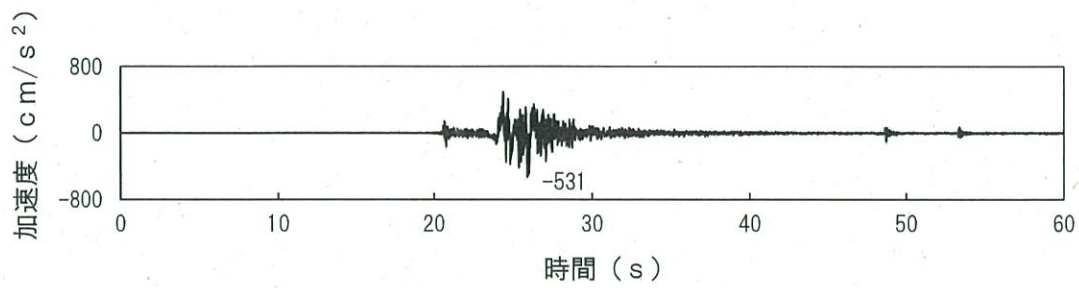


加速度 (鉛直方向 : Ss-3-1)

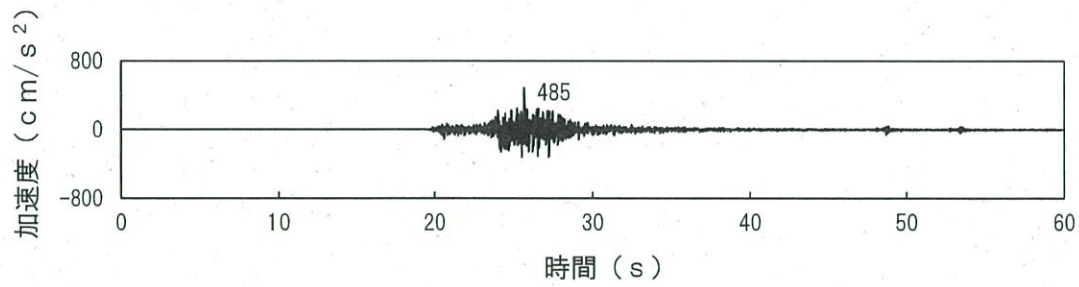
第 1 2 図 基準地震動Ss-3-1の時刻歴波形



加速度 (水平方向 : Ss-3-2(NS))



加速度 (水平方向 : Ss-3-2(EW))



加速度 (鉛直方向 : Ss-3-2(UD))

第 1 3 図 基準地震動Ss-3-2の時刻歴波形

(2) 安全設計方針

1.4 耐震設計

1.4.1 設計基準対象施設の耐震設計

1.4.1.1 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) 地震により生じ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。)及び使用済燃料乾式貯蔵容器は、基準地震動による地震力に対して、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クラス及び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)に記載のものを除く。)は、基準地震動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。

また、弾性設計用地震動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、基準地震動及び弾性設計用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。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。)、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。)、浸水防止設備が設置された建物・構築物及び使用済燃料乾式貯蔵容器は、基準地震動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。なお、基準地震動の水平2方向及び鉛直方向の地震力の組合せについては、Sクラス施設

と同様とする。

また、重大事故等対処施設（特定重大事故等対処施設を含む。）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。また、使用済燃料乾式貯蔵容器は、周辺施設等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。

- (11) 炉心内の燃料被覆材の放射性物質の閉じ込めの機能については、以下のとおり設計する。

弾性設計用地震動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、炉心内の燃料被覆材の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。

基準地震動による地震力に対して、放射性物質の閉じ込めの機能に影響を及ぼさないように設計する。

1.4.1.2 耐震重要度分類

設計基準対象施設の耐震重要度を、次のように分類する。

- (1) Sクラスの施設

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

- ・原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する機器・配管系

- ・**使用済燃料を貯蔵するための施設**

- ・原子炉の緊急停止のために急激に負の反応度を付加するための施設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

(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、内蔵量が少ないか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

(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。

上記に基づくクラス別施設を第1.4.1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。

1.4.1.3 地震力の算定方法

設計基準対象施設の耐震設計に用いる地震力の算定は以下の方法による。

(1) 静的地震力

静的地震力は、Sクラスの施設（津波防護施設、浸水防止設備、津波監視設備、浸水防止設備が設置された建物・構築物及び使用済燃料乾式貯蔵容器を除く。）、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た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・構築物の振動特性及び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、一般産業施設及び公共施設等の耐震基準との関係を考慮して設定する。

(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こととし、基準地震動及び弾性設計用地震動から定める入力地震動を入力として、動的解析により水平2方向及び鉛直方向について適切に組み合わせて算定する。なお、地震力の組合せについては水平2方向及び

鉛直方向の地震力が同時に作用するものとし、影響が考えられる施設、設備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、津波監視設備、浸水防止設備が設置された建物・構築物及び使用済燃料乾式貯蔵容器については、基準地震動による地震力を適用する。

「添付書類六 5. 地震」に示す基準地震動は、「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} ～ 10^{-6} 程度である。

また、弾性設計用地震動は、基準地震動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に係数0.53を乗じて設定する。ここで、係数0.53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⁽¹⁰⁾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0.53を採用することで、弾性設計用地震動に対する設計に一貫性をとる。なお、弾性設計用地震動の年超過確率は、 10^{-3} ～ 10^{-5} 程度である。弾性設計用地震動の応答スペクトルを第1.4.1図及び第1.4.2図に、弾性設計用地震動の時刻歴波形を第1.4.3図～第1.4.13図に、弾性設計用地震動と基準地震動 S_1 の応答スペクトルの比較を第1.4.14図に、弾性設計用地震動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1.4.15図及び第1.4.16図に示す。

a. 入力地震動

解放基盤表面は、地盤調査の結果から、0.7km/s以上のS波速度(2.6km/s)を持つ堅固な岩盤が十分な広がりを持つていることが確認されているため、敷地標高を考慮してEL.+10mとしている。

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

b. 地震応答解析

(a) 動的解析法

i. 建物・構築物

動的解析による地震力の算定に当たっては、地震応答解析手法の適用性、適用限界等を考慮のうえ、適切な解析法を選定するとともに、建物・構築物に応じた適切な解析条件を設定する。建物・構築物の地震応答解析及び床応答曲線の策定に用いる動的解析は、原則として、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。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歪みレベルを考慮して定める。

基準地震動及び弾性設計用地震動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不確かさ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。

原子炉建屋及び原子炉補助建屋については、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て行う。

なお、地震力については、水平2方向及び鉛直方向について適切に組み合わせる。

ii. 機器・配管系

動的解析による地震力の算定に当たっては、地震応答解析手法の適用性、適用

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

機器の解析に当たっては、形状、構造特性等を考慮して、代表的な振動モードを適切に表現できるよう1質点系、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、熱的条件及び口径から高温配管又は低温配管に分類し、その仕様に応じて適切なモデルに置換し、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。スペクトルモーダル解析法又は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等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、設備の3次元的な広がりをつまみ、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。

(3) 設計用減衰定数

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

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

また、屋外重要土木構造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については、地盤と構造物の連成系解析モデルにおける工学的な判断を踏まえて妥当性を検討する。

1.4.1.4 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

発電用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) 設計基準事故時の状態

発電用原子炉施設が設計基準事故時にある状態

(c) 設計用自然条件

設計上基本的に考慮しなければならない自然条件（積雪、風等）

b. 機器・配管系

(a) 通常運転時の状態

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

(b) 運転時の異常な過渡変化時の状態

通常運転時に予想される機器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（積雪、風等）

(2) 荷重の種類

a. 建物・構築物

(a) 発電用原子炉のおかれている状態にかかわらず常時作用している荷重、すなわち固定荷重、積載荷重、土圧、水圧及び通常の気象条件による荷重

(b) 運転時の状態で施設に作用する荷重

(c) 設計基準事故時の状態で施設に作用する荷重

(d) 地震力、風荷重、積雪荷重等

ただし、運転時及び設計基準事故時の荷重には、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作用する荷重

(b) 運転時の異常な過渡変化時の状態で作用する荷重

(c) 設計基準事故時の状態で作用する荷重

(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の状態で施設に作用する荷重と地震力とを組み合わせる。
- (b) Sクラスの建物・構築物については、常時作用している荷重及び設計基準事故時の状態で施設に作用する荷重のうち長時間その作用が続く荷重と弾性設計用地震動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で作用する荷重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作用する荷重と基準地震動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作用する荷重等と基準地震動による地震力とを組み合わせる。
なお、上記 (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) 上位の耐震クラスの施設を支持する建物・構築物の当該部分の支持機能を確認する場合においては、支持される施設の耐震クラス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1.4.1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。

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

(4) 許容限界

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

a. 建物・構築物 (c. に記載のものを除く。)

(a) Sクラスの建物・構築物

i. 弾性設計用地震動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
建築基準法など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。

ii. 基準地震動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て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、その変形又は歪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), (f) に記載のものを除く。)
上記 (a) i. による許容応力度を許容限界とする。

(c) 耐震クラスの異なる施設を支持する建物・構築物 ((e), (f) に記載のものを除く。)

上記 (a) ii. 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、その支持機能を損なわないものとする。

なお、当該施設を支持する建物・構築物の支持機能が維持されることを確認する際の地震動は、支持される施設に適用される地震動とする。

(d) 建物・構築物の保有水平耐力（(e)、(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に応じた安全余裕を有していることを確認する。

(e) 屋外重要土木構造物

i. 静的地震力との組合せに対する許容限界

安全上適切と認められる規格及び基準による許容応力度を許容限界とする。

ii. 基準地震動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、限界層間変形角又は圧縮縁コンクリート限界ひずみ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、せん断耐力に対して妥当な安全余裕を持たせることとする。ただし、構造部材の曲げ、せん断に対して、許容応力度を適用することで、安全余裕を持たせることもある。

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（(c)、(d)、(e)に記載のものを除く。）

i. 弾性設計用地震動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、1次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 ii. に示す許容限界を適用する。

ii. 基準地震動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すことがないように応力、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) 燃料集合体

地震時に作用する荷重に対して、燃料集合体の1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じることにより制御棒の挿入が阻害されないことを確認する。

(d) 燃料被覆材

炉心内の燃料被覆材の放射性物質の閉じ込めの機能については、以下のとおり確認する。

通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時に生じるそれぞれの荷重と、弾性設計用地震動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組み合わせた荷重条件に対して、炉心内の燃料被覆材の応答が全体的におおむね弾性状態に留まることを確認する。

通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時に生じるそれぞれの荷重と基準地震動による地震力を組み合わせた荷重条件により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、放射性物質の閉じ込めの機能に影響を及ぼさないことを確認する。

(e) 使用済燃料乾式貯蔵容器

自重その他の貯蔵時に想定される荷重と、基準地震動による地震力を組み合わせた荷重条件に対して、当該使用済燃料乾式貯蔵容器に要求される機能を保持することを以下のとおり確認する。

密封境界部については、おおむね弾性状態に留まることを確認する。

使用済燃料乾式貯蔵容器の臨界防止機能を担保しているバスケットについては、臨界防止上有意な変形を起こさないことを確認する。

密封境界部以外の部位については、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することを確認する。

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、Sクラスの機器・配管系、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

i. 基準地震動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。

ii. 弾性設計用地震動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（屋外重要土木構造物，津波防護施設，浸水防止設備，津波監視設備，浸水防止設備が設置された建物・構築物及び使用済燃料乾式貯蔵容器の基礎地盤を除く。）

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。

(b) B, Cクラスの建物・構築物，機器・配管系及びその他の土木構造物の基礎地盤

上記 (a) ii. による許容支持力度を許容限界とする。

1.4.1.5 設計における留意事項

(1) 耐震重要施設

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。

波及的影響の評価に当たっては，以下の4つの観点をもとに，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を損なわ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，4つの観点以外に検討すべき事項がないか確認し，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。

影響評価には，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こととし，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，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の影響も考慮して評価する。

a. 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

耐震重要施設は，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の設置地盤の不等沈下により，その安全機能を損なわないように設計する。

(b) 相対変位

耐震重要施設は，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の相対変位により，その安全機能を損なわないように設計する。

b. 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

耐震重要施設は、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、接続する下位クラス施設が損傷することにより、その安全機能を損なわないように設計する。

c. 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

耐震重要施設は、耐震重要施設の設計に用いる地震動又は地震力による建屋内の下位クラス施設の損傷、転倒及び落下等により、その安全機能を損なわないように設計する。

d. 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) 施設の損傷、転倒及び落下等

耐震重要施設は、耐震重要施設の設計に用いる地震動又は地震力による建屋外の下位クラス施設の損傷、転倒及び落下等により、その安全機能を損なわないように設計する。

(b) 周辺斜面の崩壊

耐震重要施設は、耐震重要施設の設計に用いる地震動又は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。

(2) 使用済燃料乾式貯蔵容器

使用済燃料乾式貯蔵容器は、周辺施設等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、以下の3つの観点をもとに、敷地全体を俯瞰した調査・検討を行い、使用済燃料乾式貯蔵容器の安全機能を損なわ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、3つの観点以外に検討すべき事項がないか確認し、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。

影響評価には、使用済燃料乾式貯蔵容器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こととし、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、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の影響も考慮して評価する。

a. 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

使用済燃料乾式貯蔵容器は、使用済燃料乾式貯蔵容器の設計に用いる地震動又は地震力による周辺施設等の設置地盤の不等沈下により、その安全機能を損なわないように設計する。

(b) 相対変位

使用済燃料乾式貯蔵容器は、使用済燃料乾式貯蔵容器の設計に用いる地震動又は地震力による周辺施設等との相対変位により、その安全機能を損なわないように設計する。

b. 使用済燃料乾式貯蔵容器間の相互影響

使用済燃料乾式貯蔵容器は、使用済燃料乾式貯蔵容器の設計に用いる地震動又は地震力による隣接する使用済燃料乾式貯蔵容器との相互影響により、その安全機能を損なわないように設計する。

c. 使用済燃料乾式貯蔵容器と周辺施設等との相互影響

(a) 周辺施設等の損傷、転倒及び落下等による使用済燃料乾式貯蔵容器への影響

使用済燃料乾式貯蔵容器は、使用済燃料乾式貯蔵容器の設計に用いる地震動又は地震力による周辺施設等の損傷、転倒及び落下等により、その安全機能を損なわないように設計する。

(b) 周辺斜面の崩壊

使用済燃料乾式貯蔵容器は、使用済燃料乾式貯蔵容器の設計に用いる地震動又は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。

なお、上記(1)及び(2)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。

上記の観点で検討した波及的影響を考慮する施設を、第1.4.1表中に「波及的影響を考慮すべき施設」として記載する。

1.4.1.6 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。

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。

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、若しくは基準地震動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。

1.4.4 主要施設の耐震構造

1.4.4.1 原子炉建屋

原子炉建屋は、原子炉格納施設、原子炉周辺補機棟及び燃料取扱棟からなり、各棟は岩盤上に設置される鉄筋コンクリート造の基礎版（約62m×約80m）上に設けられる。原子炉建屋の主体構造は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）である。

原子炉格納施設は原子炉格納容器、外周コンクリート壁、内部コンクリート等で構成される。

原子炉格納容器は内径約40m、全高約77mで、上部に半球ドーム、下部にさら形鏡を持つ円筒形の鋼板シェル構造である。

外周コンクリート壁は外径約47m、全高約83mで、上部に半球ドームを持つ円筒形の鉄筋コンクリート造シェル構造である。

また、内部コンクリートは原子炉格納容器内部に設け、その主要構造は剛な壁式鉄筋コンクリート造である。

1.4.4.2 原子炉補助建屋

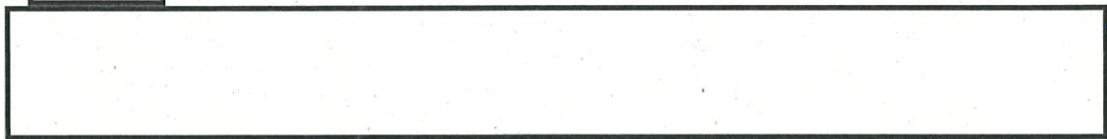
原子炉補助建屋は、地上3階、地下2階であり、平面が約72m×約79mの鉄筋コンクリート造（一部鉄骨鉄筋コンクリート造）の建物で、基礎は岩盤上に設置される。

原子炉建屋と原子炉補助建屋との間は、適切な間げきを設け建物相互の干渉を防ぐようにする。

1.4.4.3 タービン建屋

タービン建屋は、地上2階、地下1階であり、平面が約95m×約46mの鉄骨造（一部鉄骨鉄筋コンクリート造）である。

1.4.4.4



1.4.4.5 使用済燃料乾式貯蔵建屋

使用済燃料乾式貯蔵建屋は、地上4階であり、平面が約59m×約42mの鉄筋コンクリート造（一部鉄骨鉄筋コンクリート造）の建物で、基礎は岩盤上に設置される。

1.4.4.6 原子炉容器

原子炉容器は、上部及び底部が半球状のたて置円筒形で、原子炉容器ふたはフランジで容器胴にボルト締めされており、それ自体肉厚の剛な構造である。

原子炉容器は、原子炉容器入口及び出口ノズルに溶接した鋼製のパッドを介して、内部コンクリートに固定する鋼製構造物に支持させる。なお、容器の熱膨張を拘束しないよう半径方向はフリーとし、下方及び周方向を拘束する構造にして地震力に対しても支持する。

1.4.4.7 制御棒クラスタ駆動装置

制御棒クラスタ駆動装置は、原子炉容器ふたに取付けられた磁気ジャック式駆

動装置である。

制御棒クラスタ駆動装置は、上部端を耐震サポートにより内部コンクリートに支持し、下部を原子炉容器ふたに固定し、それ自体も剛性を持つので、地震力に対しても必要な強度を有する。

1.4.4.8 燃料集合体及び炉内構造物

燃料集合体は、燃料棒、制御棒案内シムル、支持格子、上部ノズル、下部ノズル等により構成される。燃料集合体は制御棒案内シムルとそれに接合した支持格子とによって骨格を形成し、燃料棒を正方格子状の配列で支持格子のばねに支持させるため燃料棒の熱膨張を拘束しない構造となっている。また、燃料集合体に作用する地震力は、上部ノズル及び下部ノズルを介して炉内構造物の上部炉心板及び下部炉心板に伝達される。

炉内構造物は、上部炉心構造物及び下部炉心構造物から構成される。

上部炉心構造物は、上部炉心支持板、上部炉心支持柱、上部炉心板、制御棒クラスタ案内管等から構成され、下部炉心構造物は、炉心槽、下部炉心支持柱、下部炉心支持板、下部炉心板、炉心バッフル等から構成されている。燃料集合体及び炉内構造物に作用する水平地震力は、炉心槽上部フランジ部を介して原子炉容器フランジ部に、また炉心槽下端を介して原子炉容器胴内壁に取り付けた炉心支持金物にそれぞれ伝達される。さらに、炉内構造物に作用する鉛直地震力は、上部炉心支持板及び炉心槽上部フランジを介して原子炉容器フランジ部に伝達される。

1.4.4.9 1次冷却設備

1次冷却設備は、1次冷却材管、蒸気発生器、1次冷却材ポンプ、加圧器等で構成される。

1次冷却材管は、配管口径及び肉厚が大きく剛性が高いので熱膨張に対する考慮から配管の途中には支持構造物を設けない構造としている。

蒸気発生器は、水平方向を上部胴支持構造物、中間胴支持構造物及び下部支持構造物により、また、鉛直方向を支持脚により支持する。支持構造物は、1次冷却系の熱膨張を拘束しない構造となっており、水平地震力及び鉛直地震力は、各方向の支持構造物を介して内部コンクリートに伝達される。

1次冷却材ポンプは、水平方向を上部支持構造物及び下部支持構造物により、また、鉛直方向を支持脚により支持する。支持構造物は、1次冷却系の熱膨張を拘束しない構造となっており、水平地震力及び鉛直地震力は、各方向の支持構造物を介して内部コンクリートに伝達される。

加圧器は、支持スカート及び上部支持構造物により支持されており、地震力はこれらの支持構造物により内部コンクリートに伝達される。また、上部支持構造物は、加圧器の熱膨張を拘束しない構造となっている。

1.4.4.10 その他

その他の機器・配管については、運転荷重、地震荷重、熱膨脹による荷重のもとで不都合な応力が生じないように、必要に応じてスナバ、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。

第1.4.1表 クラス別施設 (1/6)

耐震重要度 分類	機能別分類	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)		波及的影響を 考慮すべき施設 (注5)	
		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	耐震クラス	適用範囲	耐震クラス
S	a. 原子炉冷却材圧力パワ ンダリを構成する機 器・配管系	①原子炉容器 ②原子炉冷却材圧カバ ウンダリに属する容 器・配管・ポンプ・ 弁	S S	①隔離弁を閉とするに 必要な電気及び計装 設備	S	①原子炉容器・蒸気発生 器・1次冷却材ポン プ・加圧器の支持構造 物 ②機器・配管、電気計装 設備等の支持構造物	S	①内部コンクリート ②原子炉建屋 ③原子炉補助建屋	S s S s S s	①格納容器ポララク レーン ②タービン建屋 ③その他	S s S s S s
	b. 使用済燃料を貯蔵する ための施設	①使用済燃料ピット ②使用済燃料ラック ③使用済燃料乾式貯蔵 容器 (注7)	S S S	-	-	①機器等の支持構造物 ②使用済燃料乾式貯蔵 施設のうち貯蔵架台 (注7)	S S	①原子炉建屋 ②使用済燃料乾式貯 蔵建屋	S s S s	①使用済燃料ピット クレーン ②燃料取扱棟 ③使用済燃料乾式貯 蔵建屋 ④その他	S s S s S s S s
	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	①制御棒クラススタ及び 制御棒クラススタ駆動 装置 (原子炉トリッ プ機能に関する部 分) ②化学体積制御設備の うちほう酸注入系	S S	①炉心支持構造物及び 制御棒クラススタ案内 管 ②非常用電源 (燃料油 系含む) 及び計装設 備	S S	①機器・配管、電気計装 設備等の支持構造物	S	①内部コンクリート ②原子炉建屋 ③原子炉補助建屋 ④非常用電源の燃料 油系を支持する構 造物	S s S s S s S s	①格納容器ポララク レーン ②タービン建屋 ③その他	S s S s S s
	d. 原子炉停止後、炉心から 崩壊熱を除去するため の施設	①主蒸気・主給水系 (主 給水逆止弁より蒸気 発生器2次側を凝 で、主蒸気隔離弁ま で) ②補助給水系 ③補助給水タンク ④余熱除去設備	S S S S	①原子炉補機冷却水設 備 (当該主要設備に 係るもの) ②原子炉補機冷却水 設備 ③燃料取替用水タンク ④炉心支持構造物 (炉 心冷却に直接影響す るもの) ⑤非常用電源 (燃料油 系含む) 及び計装設 備	S S S S	①機器・配管、電気計装 設備等の支持構造物	S	①内部コンクリート ②原子炉建屋 ③原子炉補助建屋 ④海水ポンプ基礎等 の海水系を支持す る構造物 ⑤非常用電源の燃料 油系を支持する構 造物	S s S s S s S s	①格納容器ポララク レーン ②海水ピットクレ ーン ③タービン建屋 ④その他	S s S s S s S s

第1.4.1表 クラス別施設 (2/6)

耐震重要度 分類	機能別分類	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)		波及的影響を 考慮すべき施設 ^(注5)	
		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	耐震クラス	適用範囲	耐震クラス
S	e. 原子炉冷却材圧力バウ ンダリ破壊事故後、炉心 から崩壊熱を除去する ための施設	①安全注入設備 ②余熱除去設備(再循 環用) ③燃料取替用水タンク	S S S	①原子炉補機冷却水設 備(当該主要設備に 係るもの) ②原子炉補機冷却海水 設備 ③中央制御室の遮蔽と 空調設備 ④非常用電源(燃料油 系含む)及び計装設 備	S S S S S	①機器・配管、電気計 装設備等の支持構造 物	S	①内部コンクリート ②原子炉建屋 ③原子炉補助建屋 ④海水ポンプ基礎等 の海水系を支持す る構造物 ⑤非常用電源の燃料 油系を支持する構 造物	S S S S S S S S	①格納容器ポーク レーン ②海水ピットクレ ーン ③タービン建屋 ④その他	S S S S S S S S
	f. 原子炉冷却材圧力バウ ンダリ破壊事故の際に、 圧力降下となり放射性 物質の放散を直接防ぐ ための施設	①原子炉格納容器 ②原子炉格納容器バウ ンダリに属する配 管・弁	S S	①隔離弁を閉とするに 必要な電気及び計装 設備	S	①機器・配管、電気計 装設備等の支持構造 物	S	①原子炉建屋 ②原子炉補助建屋	S S S S	①タービン建屋 ②その他	S S S S
	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、f.以 外の施設	①格納容器スプレイ設 備 ②燃料取替用水タンク ③アニュラスシール ④アニュラス空気再循 環設備 ⑤格納容器排気筒 ⑥安全補機室空気浄化 設備	S S S S S S	①原子炉補機冷却水設 備 ②原子炉補機冷却海水 設備 ③非常用電源(燃料油 系含む)及び計装設 備	S S S S	①機器・配管、電気計 装設備等の支持構造 物	S	①原子炉建屋 ②原子炉補助建屋 ③原子炉格納容器 ④外周コンクリート 壁 ⑤海水ポンプ基礎等 の海水系を支持す る構造物 ⑥非常用電源の燃料 油系を支持する構 造物	S S S S S S S S S S	①海水ピットクレ ーン ②タービン建屋 ③その他	S S S S S S
	h. 津波防護機能を有する 施設及び浸水防止機能 を有する施設(注7)	①海水ピット堰 ②水密ハッチ ③水密扉 ④床ドレンライン逆止 弁 ⑤貫通部止水処置	S S S S S	-	-	S	①機器等の支持構造物	①原子炉建屋 ②原子炉補助建屋 ③海水ポンプ基礎等 の海水系を支持す る構造物	S S S S S S	①海水ピットクレ ーン ②タービン建屋 ③その他	S S S S S S

第1.4.1表 クラス別施設 (3/6)

耐震重要度 分類	機能別分類	主要設備 (E1)		補助設備 (E2)		直接支持構造物 (E3)		間接支持構造物 (E4)		波及的影響を 考慮すべき施設 (E5)	
		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	耐震 クラス	適用範囲	耐震 クラス
S	i. 敷地における津波監視 機能を有する施設 (E7)	①海面監視カメラ ②耐震型海水ピット水 位計	S S	①非常用電源 (燃料油 系含む) 及び計装設 備	S	①電気計装設備等の支 持構造物	S	①原子炉建屋 ②原子炉補助建屋 ③海水ポンプ基礎等 の海水系を支持す る構造物 ④非常用電源の燃料 油系を支持する構 造物	S s S s S s S s	①海水ピットクレー ン ②タービン建屋 ③その他	S s S s S s
	j. その他	①使用済燃料ピット水 補給設備 (非常用) ②炉内構造物	S	①非常用電源 (燃料油 系含む) 及び計装設 備	S	①機器・配管、電気計 装設備等の支持構造 物	S	①原子炉建屋 ②原子炉補助建屋 ③非常用電源の燃料 油系を支持する構 造物	S s S s S s	①タービン建屋 ②その他	S s S s
			S	-	-	-	-	-	-	-	-

第 1.4.1 表 クラス別施設 (4 / 6)

耐震重要度 分類	機能別分類	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)		波及的影響を 考慮すべき施設 (注5)	
		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	耐震 クラス	適用範囲	耐震 クラス
B	k. 原子炉冷却材圧力ババ 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	①化学体積制御系のう ち抽出系と余剰抽出 系	B	-	-	①機器・配管等の支持 構造物	B	①内部コングリート ②原子炉建屋 ③原子炉補助建屋	S _B S _B S _B	-	-
	l. 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 線の影響が周辺監視区 域外における年間線 量限度に比べ十分小さ いものは除く)	①放射性廃棄物処理設 備、ただし、Cクラ スに属するものは除 く	B	-	-	①機器・配管等の支持 構造物	B	①原子炉建屋 ②原子炉補助建屋	S _B S _B	-	-
	m. 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	①使用済燃料ピット水 浄化系 ②化学体積制御設備の うちSクラス及びC クラスに属する以外 のもの ③放射線低減効果の大 さい遮蔽 ④燃料取扱棟クレーン ⑤使用済燃料ピットク レーン ⑥燃料取替クレーン ⑦燃料移装装置	B B B B B B	-	-	①機器・配管等の支持 構造物	B	①内部コングリート ②原子炉建屋 ③原子炉補助建屋	S _B S _B S _B	-	-
	n. 使用済燃料を冷却する ための施設	①使用済燃料ピット水 冷却系	B	①原子炉補機冷却水設 備 (当該主要設備に 係るもの) ②原子炉補機冷却海水 設備 ③電気計装設備	B B B	①機器・配管、電気計 装設備等の支持構造 物	B	①原子炉建屋 ②原子炉補助建屋 ③海水ポンプ基礎等 の海水系を支持す る構造物	S _B S _B S _B	-	-

第1.4.1表 クラス別施設 (5/6)

耐震重要度 分類	機能別分類	主要設備 ^(E1)		補助設備 ^(E2)		直接支持構造物 ^(E3)		間接支持構造物 ^(E4)		波及的影響を 考慮すべき施設 ^(E5)	
		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	適用範囲	適用範囲	(注6) 検討用 地震動
B	o. 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	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		p. 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	C	-	-	-	C	-	①制御棒クラススタ駆動装置（原子炉トリップ機能に関する部分を除く）	①内部コンクリート ②原子炉建屋 ③原子炉補助建屋	-
C	q. 放射性物質を内蔵しているか、又はこれに関連した施設でSクラス及びBクラスに属さない施設	①試料採取設備	C	-	-	①電気計装設備の支持構造物	C	①内部コンクリート ②原子炉建屋 ③原子炉補助建屋 ④固体廃棄物貯蔵庫 ⑤使用済燃料乾式貯蔵建屋	S _c S _c S _c S _c S _c	-	-
		②床ドレン設備 ③洗浄排水処理設備 ④ドラム詰装置より下流の固体廃棄物処理設備（固体廃棄物貯蔵庫を含む） ⑤ベイヤ ⑥化学体積制御系のうちほう酸回収装置、留水側及びほう酸補給タンク回り ⑦液体廃棄物処理設備のうち、廃液蒸発装置、留水側 ⑧原子炉補給水設備 ⑨前燃料貯蔵庫 ⑩使用済燃料乾式貯蔵建屋 ^(E5) ⑪その他	C C C C C C C C C C C C	-	-	①機器・配管、電気計装設備等の支持構造物	C	①内部コンクリート ②原子炉建屋 ③原子炉補助建屋 ④固体廃棄物貯蔵庫 ⑤使用済燃料乾式貯蔵建屋	S _c S _c S _c S _c S _c	-	-

第1.4.1表 クラス別施設 (6/6)

耐震重要度 分類	機能別分類	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)		波及的影響を 考慮すべき施設 ^(注5)	
		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	耐震 クラス	適用範囲	適用範囲
C	1. 原子炉施設ではあるが、放射線安全に関係しない施設	①タービン設備	C	①緊急時対策用計装設備・通信連絡設備	C	①機器・配管、電気計装設備等の支持構造物	C	①タービン建屋	Sc Sc Sc Sc Sc Sc	-	(注6) 検討用 地震動
		②原子炉補機冷却水設備 ③補助ボイラ及び補助蒸気設備 ^(注8) ④消火設備 ^(注9) ⑤主蒸電機・変圧器 ⑥換気空調設備 ⑦蒸気発生器プロセッサン設備 ⑧炉内用空気圧縮設備 ⑨格納容器ボラークレーン ⑩緊急時対策所 ⑪その他	C C C C C C C C C C C C	②緊急時対策用計装設備・通信連絡設備	C	②内部コンクリート ③原子炉建屋 ④原子炉補助建屋 ⑤補助ボイラ建屋 ⑥緊急時対策所	適用範囲	適用範囲			

(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) 波及的影響を考慮すべき施設とは、下位クラスに属する施設の破損等によって上位クラスに属する施設に波及的影響を及ぼすおそれのある施設をいう。

(注6) Ss : 基準地震動Ssにより定まる地震力

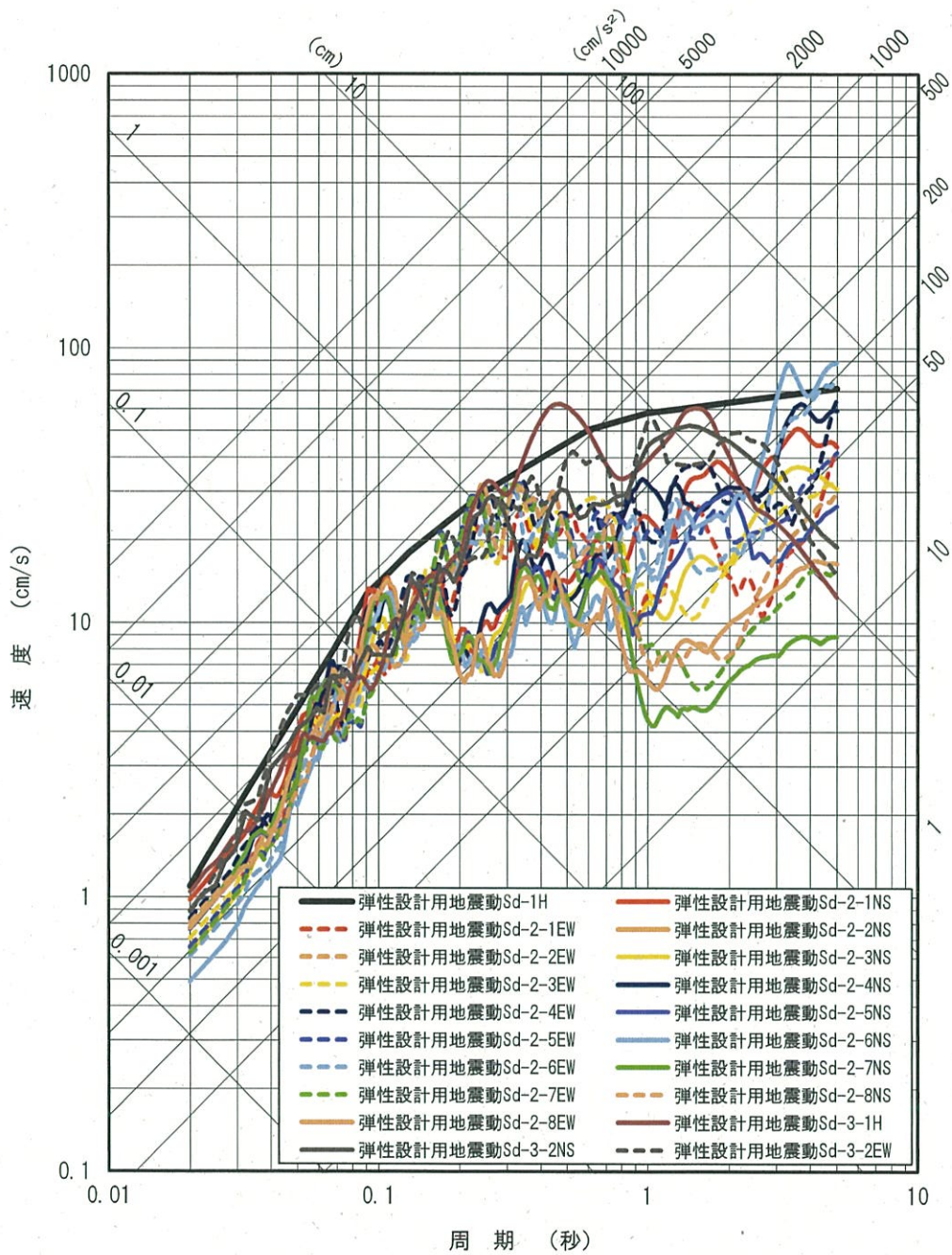
S_B : 耐震Bクラス施設に適用される地震力

S_C : 耐震Cクラス施設に適用される静的地震力

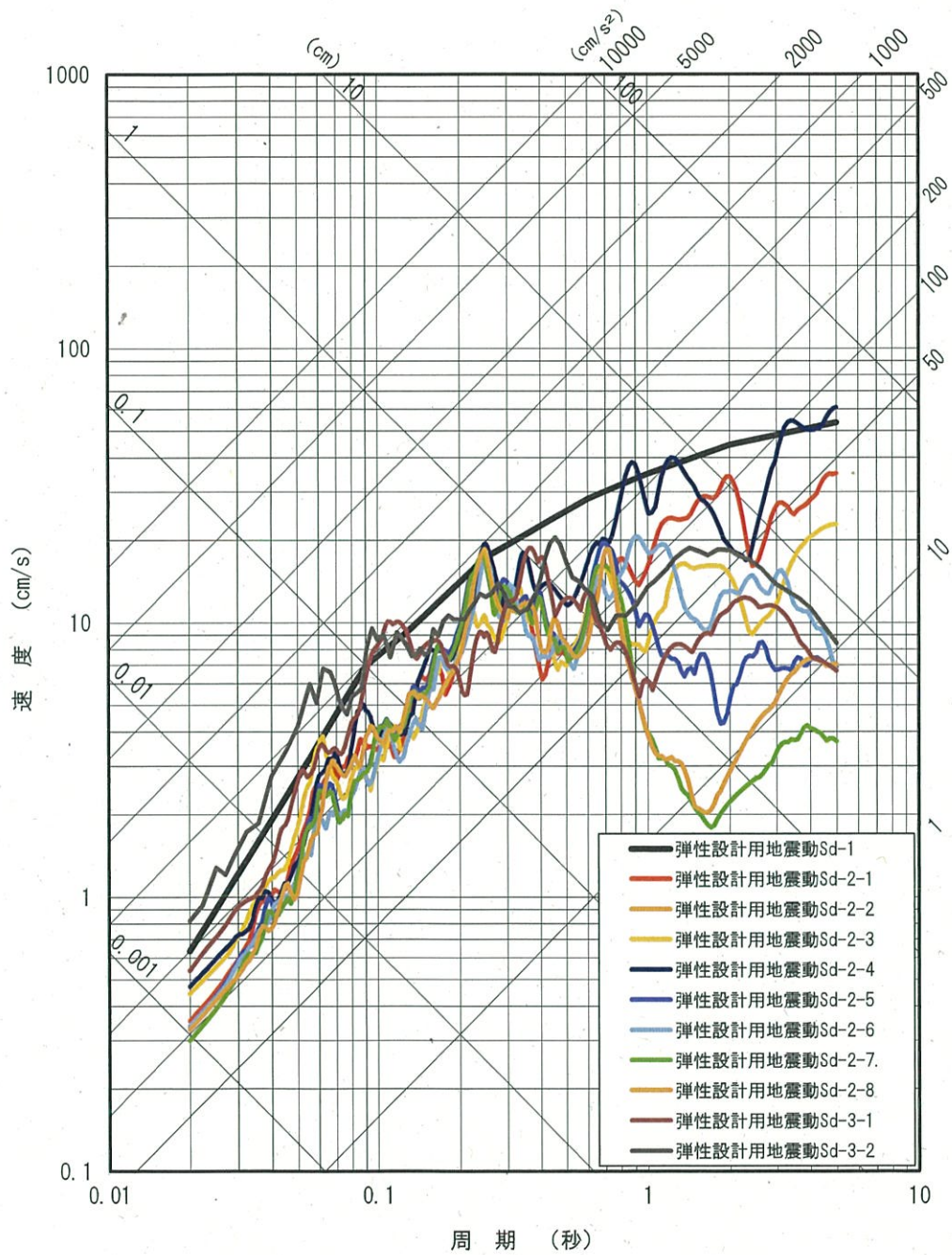
(注7) 基準地震動Ssによる地震力に対して、機能を保持できるものとする。

(注8) 使用済燃料乾式貯蔵施設の周辺施設（使用済燃料乾式貯蔵容器支持部、基礎を除く。）のうち使用済燃料乾式貯蔵建屋以外については、耐震重要度Cクラスに準じた設計とする。

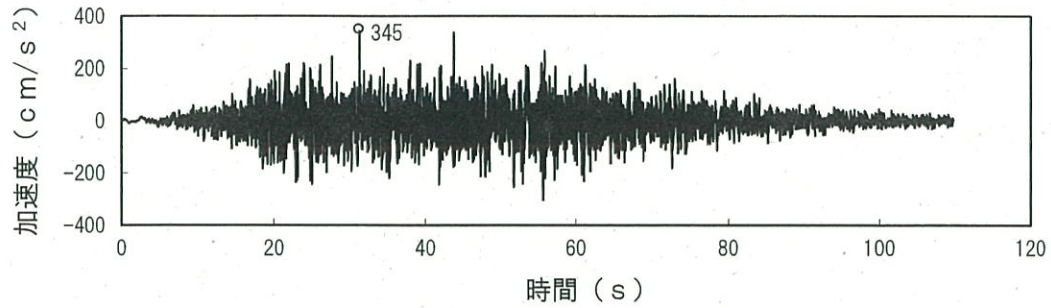
(注9) 耐震Sクラス施設、Bクラス施設を防護対象とする消火設備（火災感知設備を含む。）については、それぞれS_S、S_Bに対して機能が維持されることを確認する。



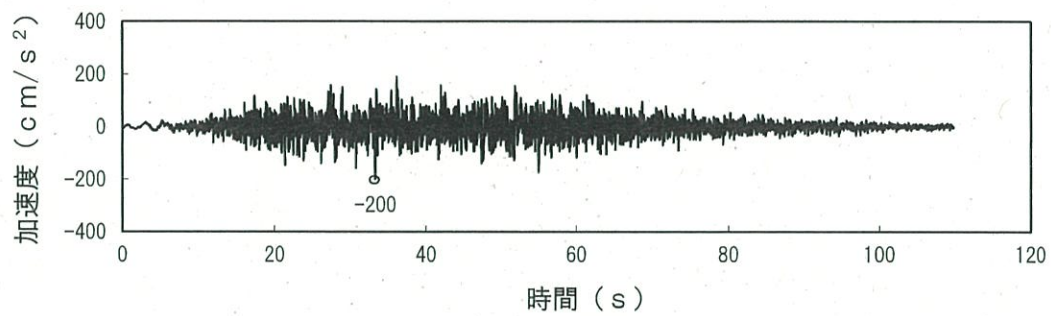
第1.4.1図 弾性設計用地震動の応答スペクトル (水平方向)



第1.4.2図 弾性設計用地震動の応答スペクトル (鉛直方向)

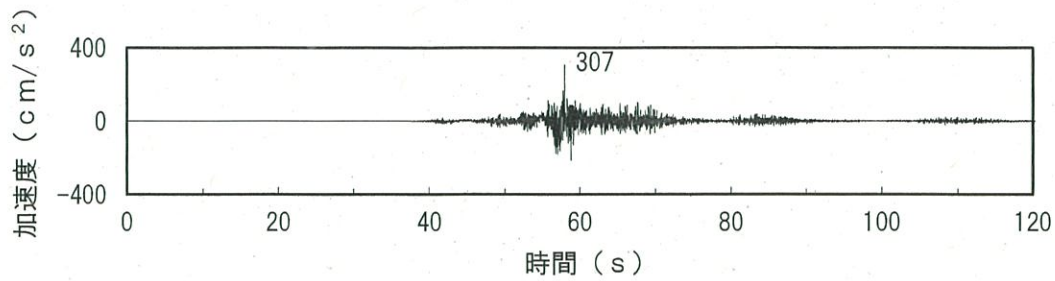


加速度（水平方向：Sd-1H）

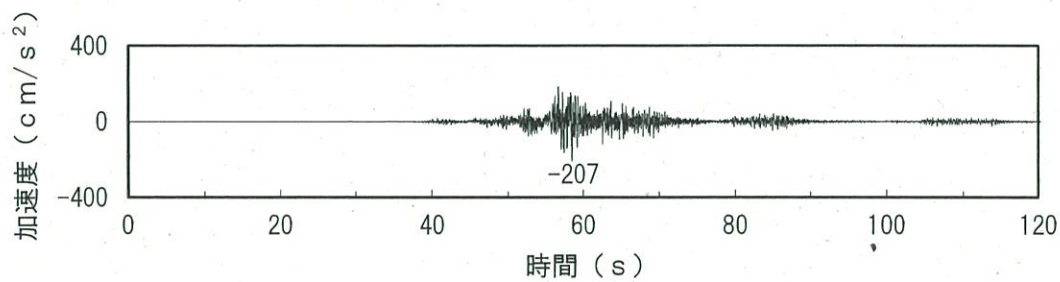


加速度（鉛直方向：Sd-1V）

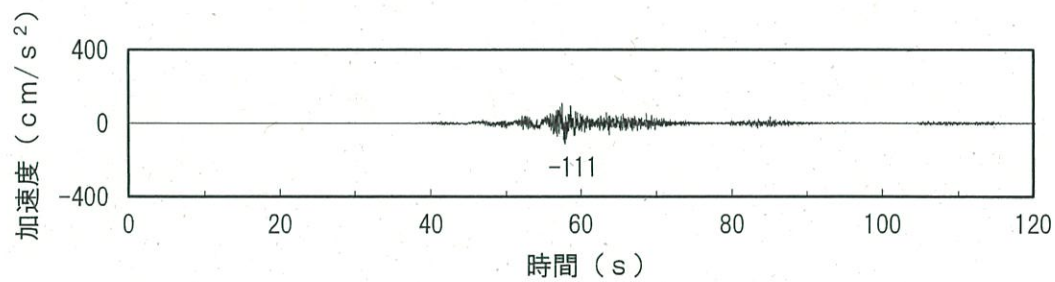
第1.4.3図 弾性設計用地震動Sd-1の設計用模擬地震波の時刻歴波形



加速度 (水平方向 : Sd-2-1(NS))

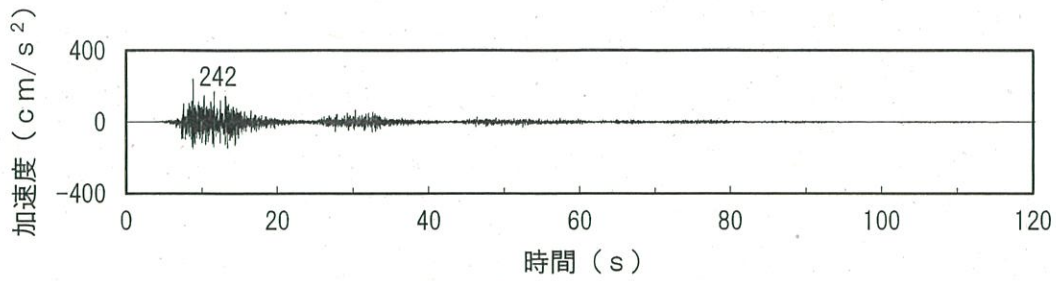


加速度 (水平方向 : Sd-2-1(EW))

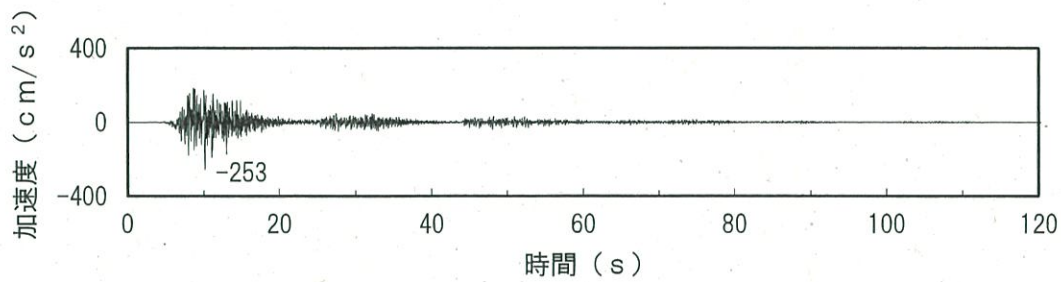


加速度 (鉛直方向 : Sd-2-1(UD))

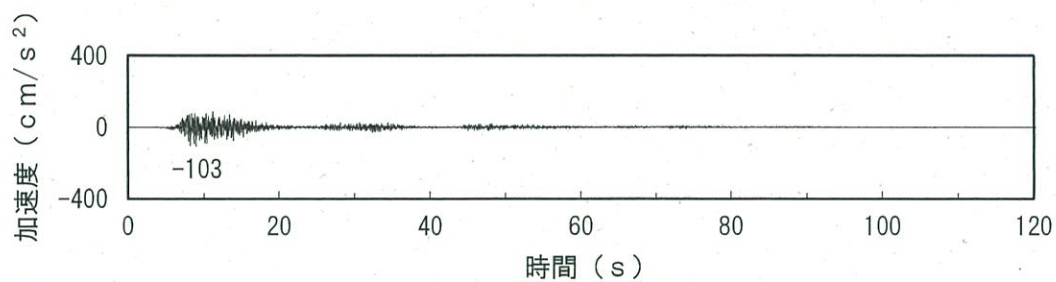
第1.4.4図 弾性設計用地震動Sd-2-1の時刻歴波形



加速度 (水平方向 : Sd-2-2(NS))

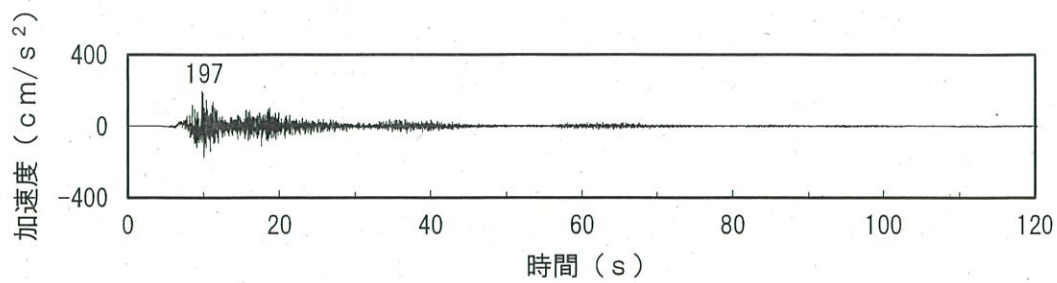


加速度 (水平方向 : Sd-2-2(EW))

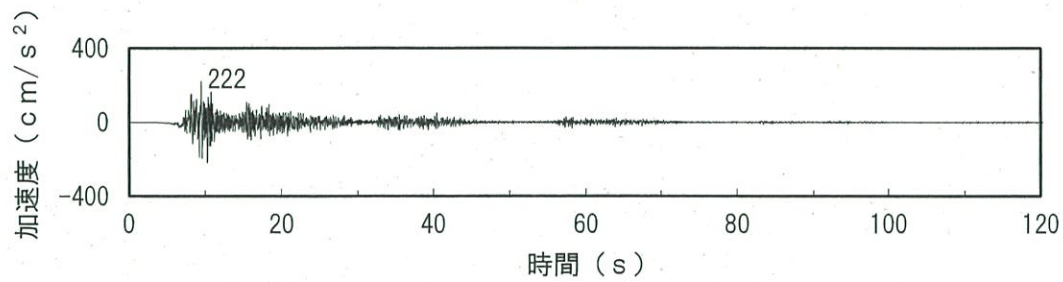


加速度 (鉛直方向 : Sd-2-2(UD))

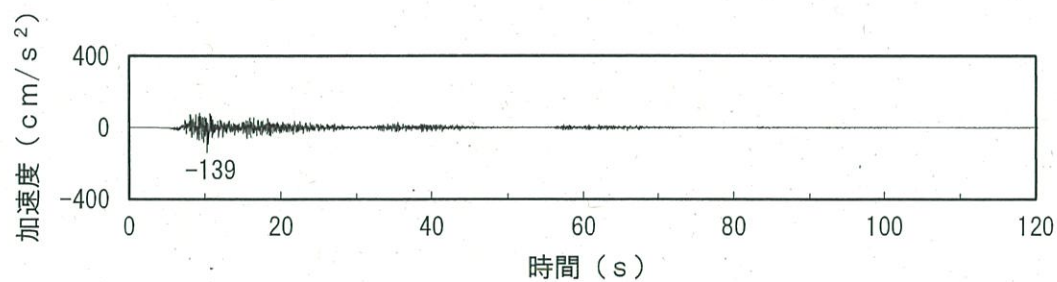
第1.4.5図 弾性設計用地震動Sd-2-2の時刻歴波形



加速度 (水平方向 : Sd-2-3(NS))

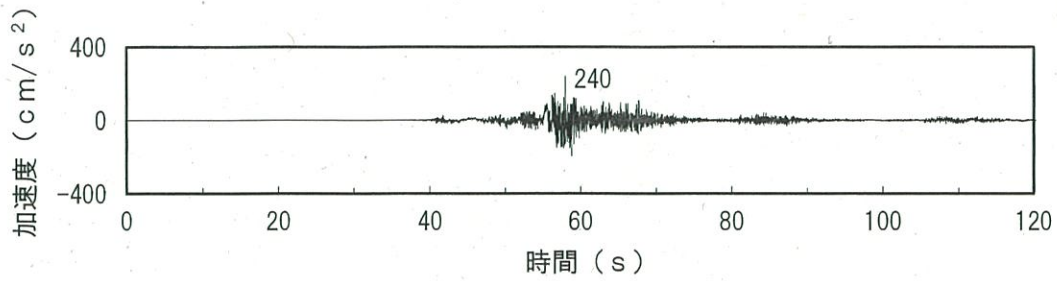


加速度 (水平方向 : Sd-2-3(EW))

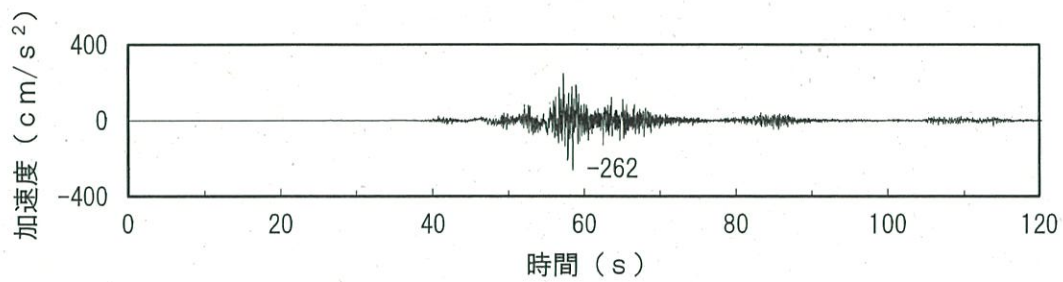


加速度 (鉛直方向 : Sd-2-3(UD))

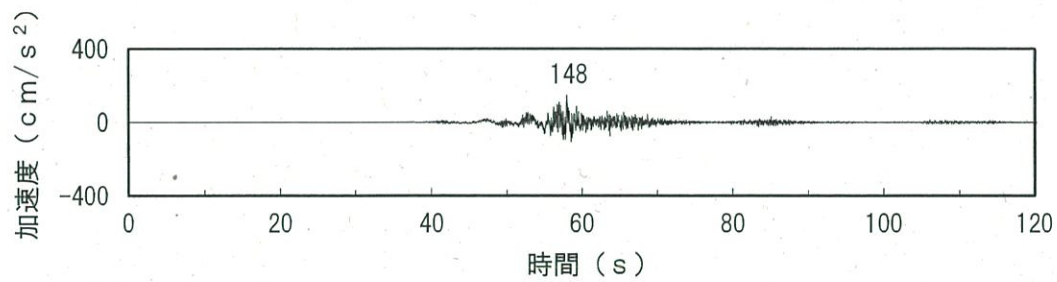
第1.4.6図 弾性設計用地震動Sd-2-3の時刻歴波形



加速度 (水平方向 : Sd-2-4(NS))

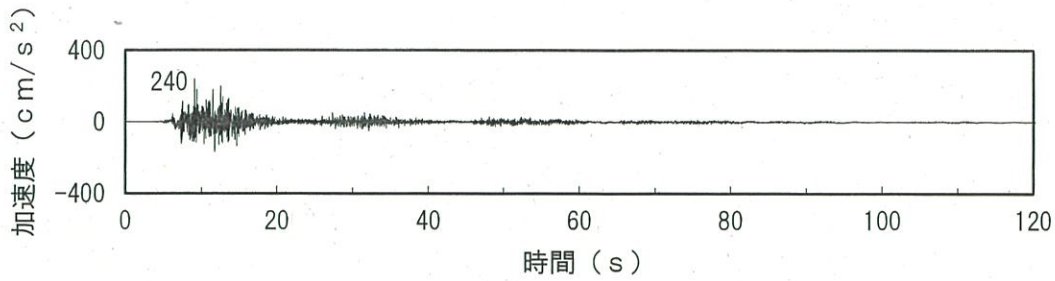


加速度 (水平方向 : Sd-2-4(EW))

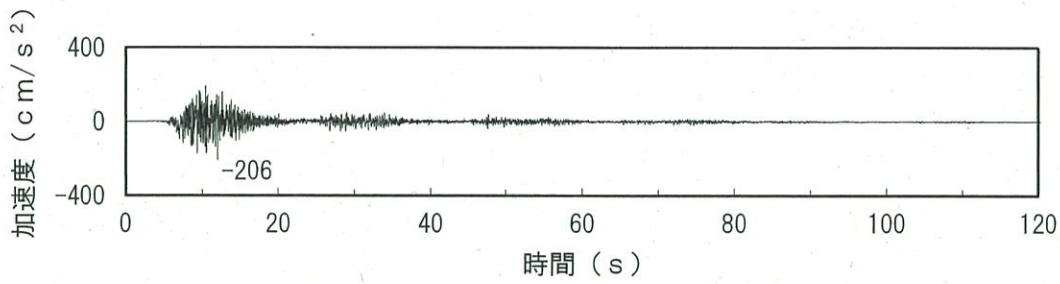


加速度 (鉛直方向 : Sd-2-4(UD))

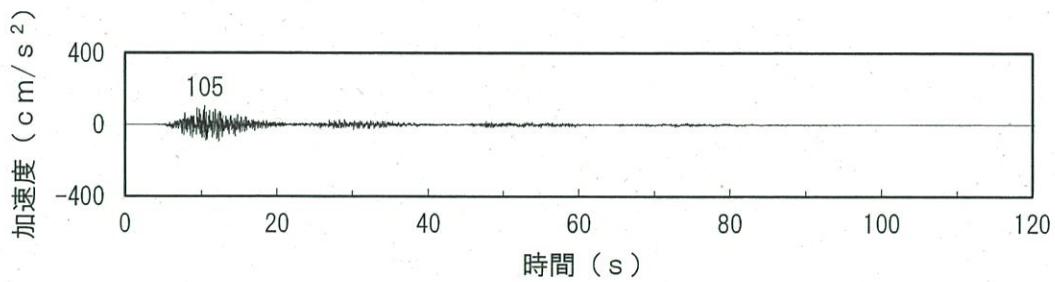
第1.4.7図 弾性設計用地震動Sd-2-4の時刻歴波形



加速度 (水平方向 : Sd-2-5 (NS))

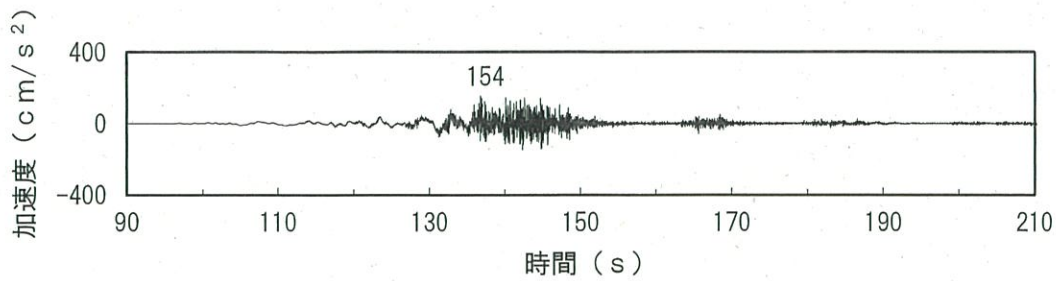


加速度 (水平方向 : Sd-2-5 (EW))

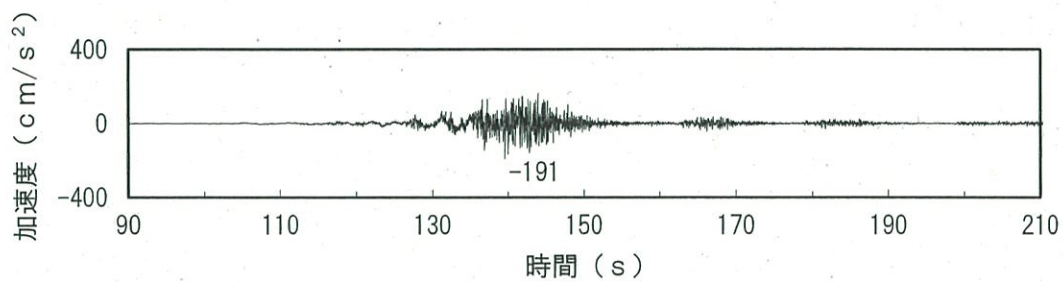


加速度 (鉛直方向 : Sd-2-5 (UD))

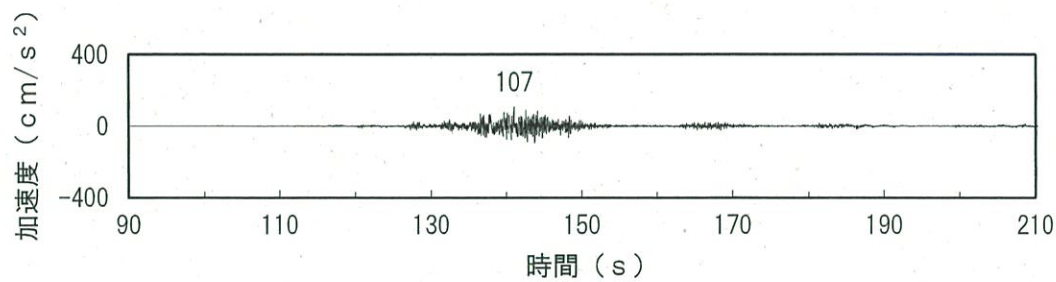
第1.4.8図 弾性設計用地震動Sd-2-5の時刻歴波形



加速度 (水平方向 : Sd-2-6(NS))

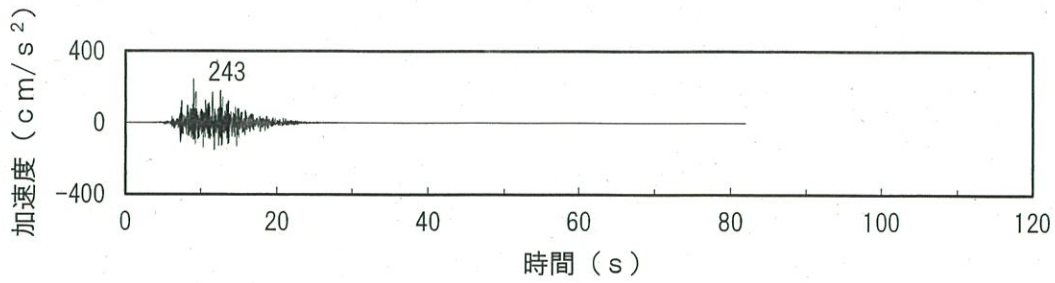


加速度 (水平方向 : Sd-2-6(EW))

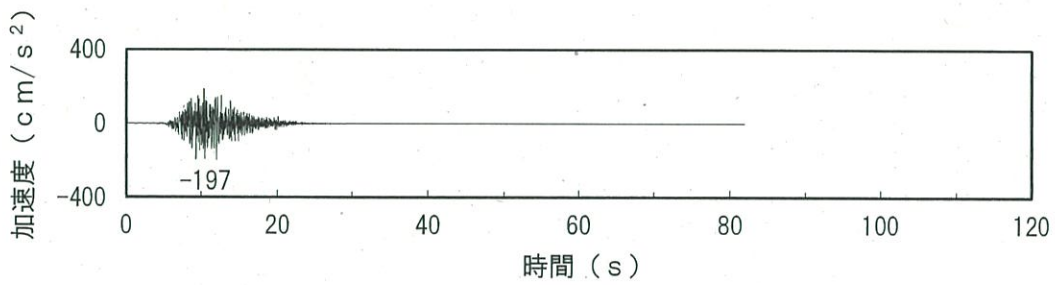


加速度 (鉛直方向 : Sd-2-6(UD))

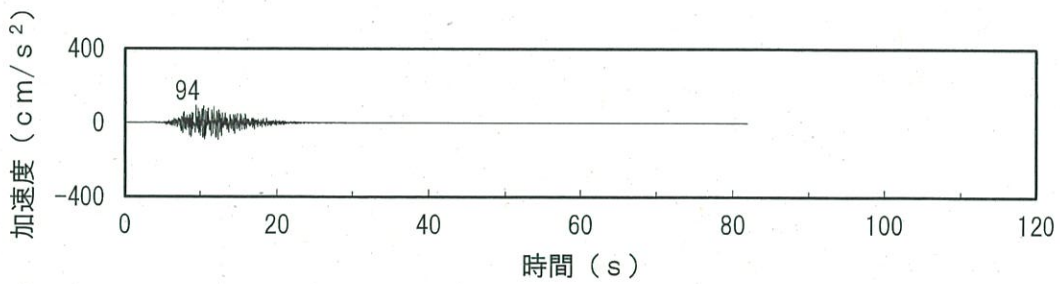
第1.4.9図 弾性設計用地震動Sd-2-6の時刻歴波形



加速度 (水平方向 : Sd-2-7(NS))

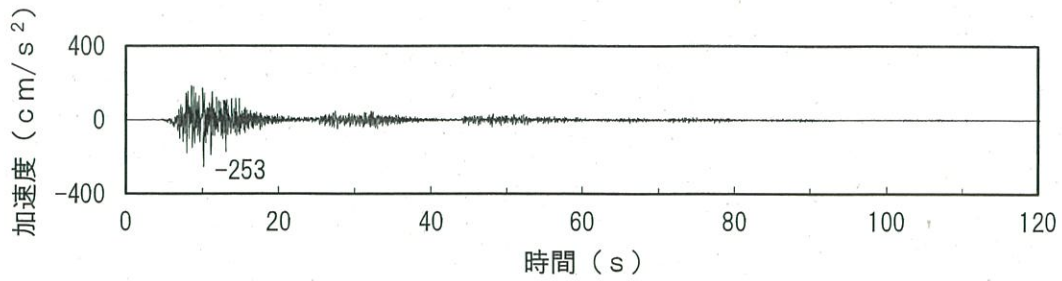


加速度 (水平方向 : Sd-2-7(EW))

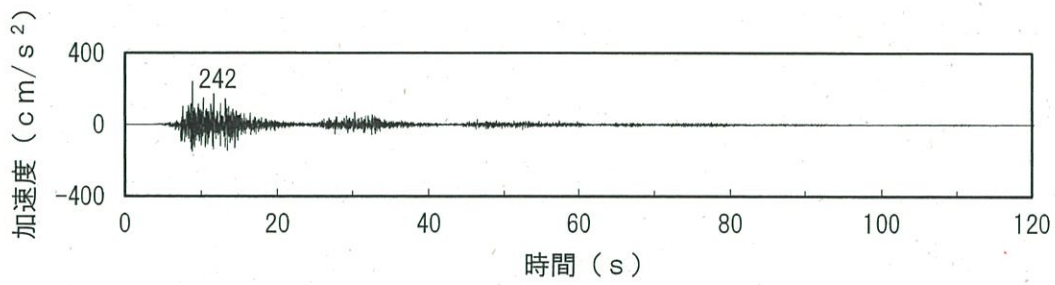


加速度 (鉛直方向 : Sd-2-7(UD))

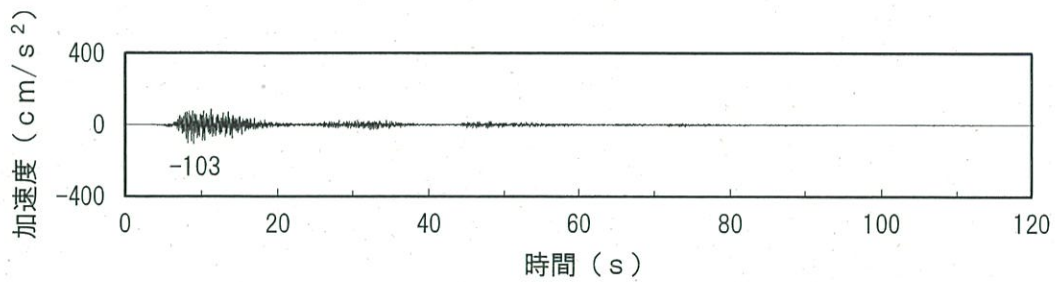
第1.4.10図 弾性設計用地震動Sd-2-7の時刻歴波形



加速度（水平方向：Sd-2-8(NS)）

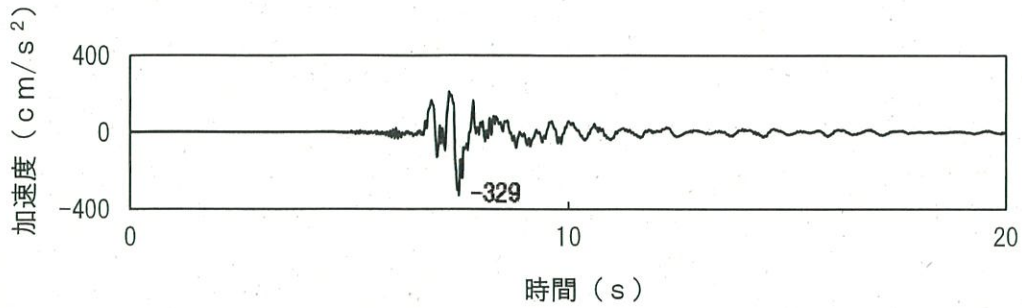


加速度（水平方向：Sd-2-8(EW)）

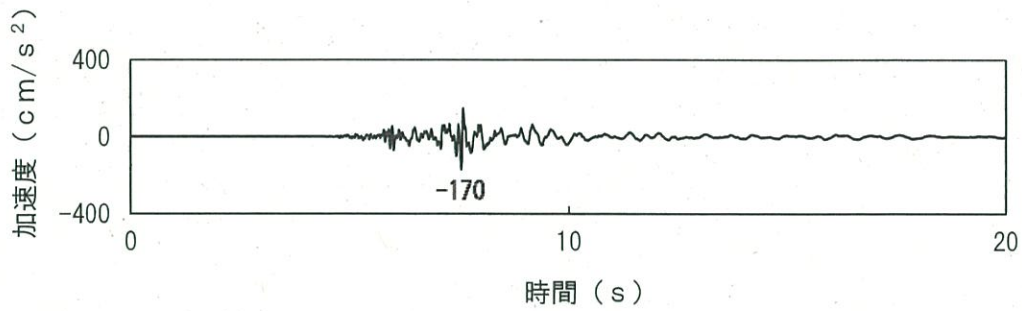


加速度（鉛直方向：Sd-2-8(UD)）

第1.4.11図 弾性設計用地震動Sd-2-8の時刻歴波形

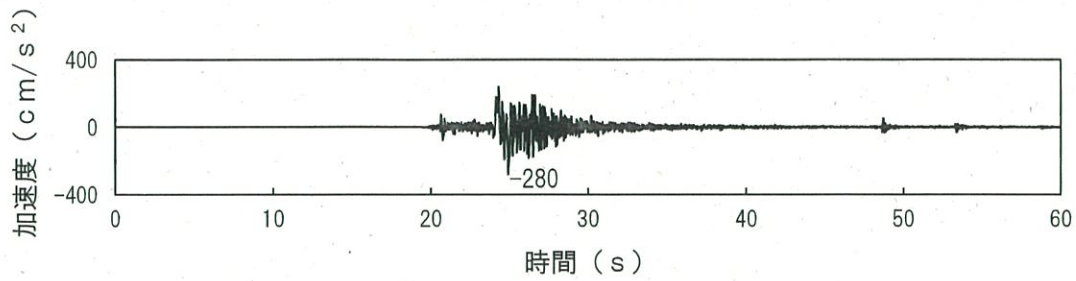


加速度（水平方向：Sd-3-1H）

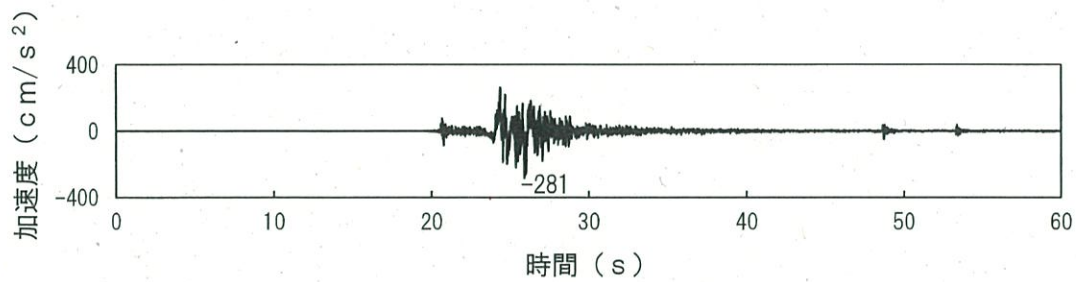


加速度（鉛直方向：Sd-3-1V）

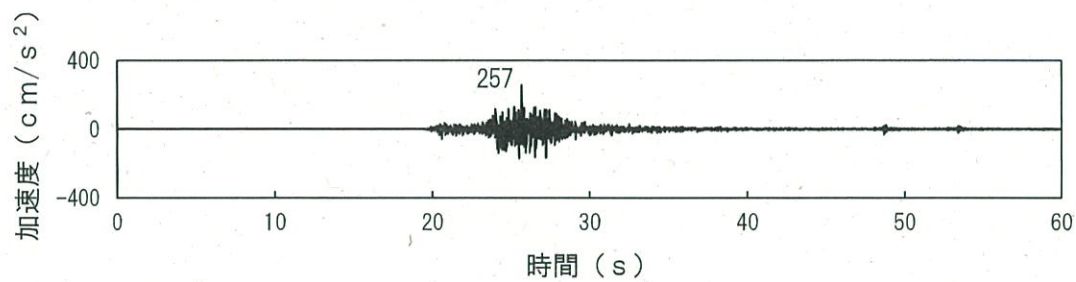
第1. 4. 12図 弾性設計用地震動Sd-3-1の時刻歴波形



加速度 (水平方向 : Sd-3-2(NS))

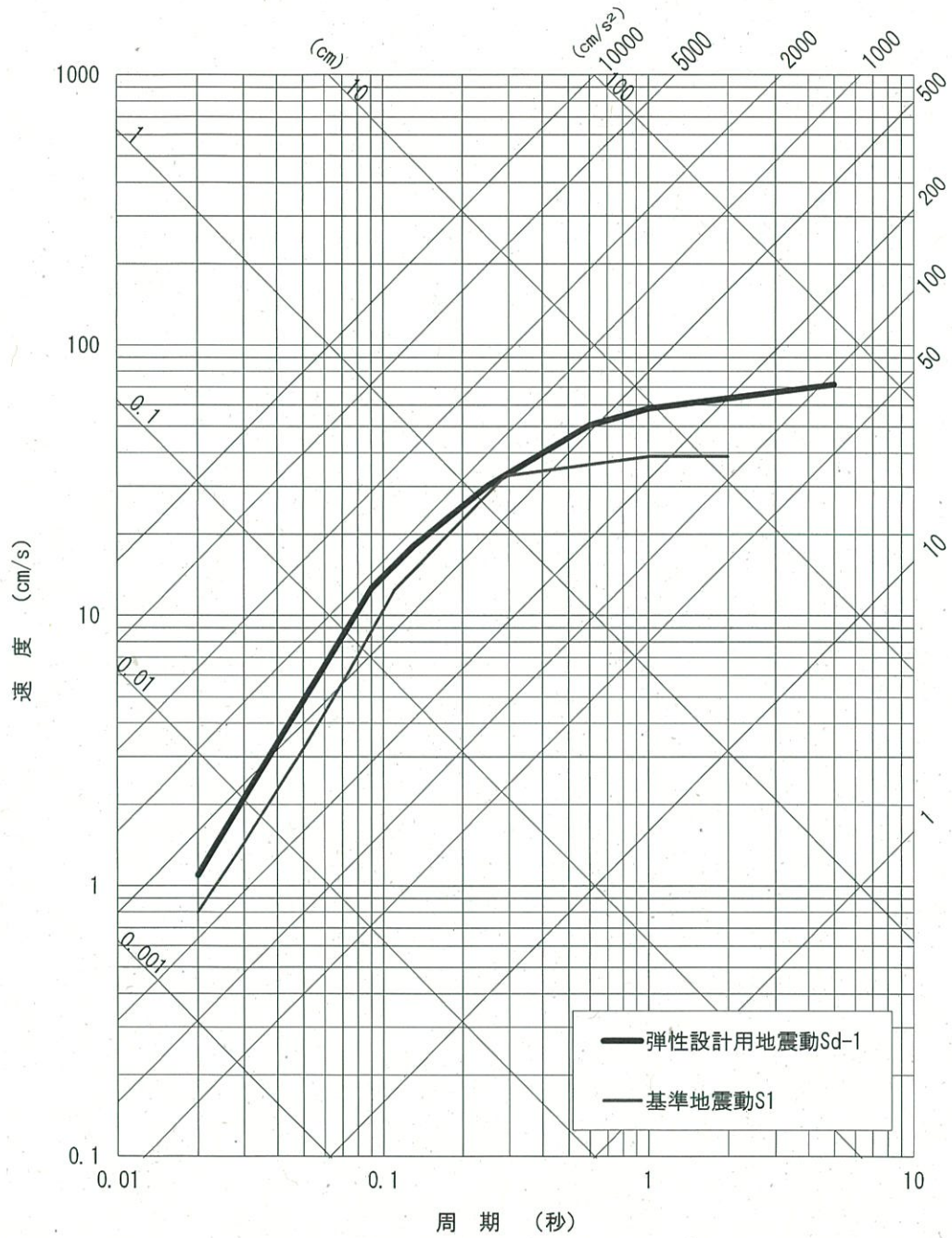


加速度 (水平方向 : Sd-3-2(EW))

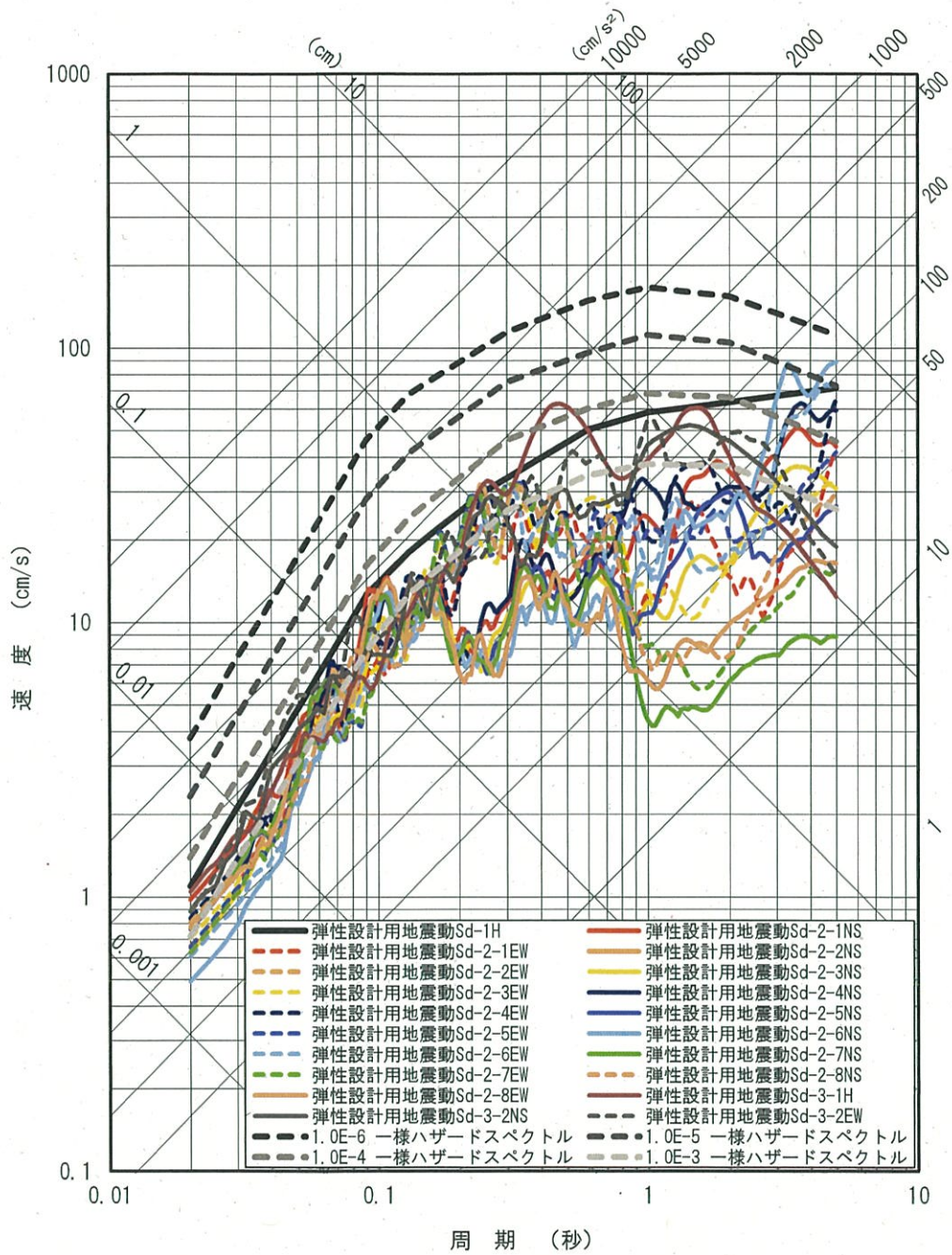


加速度 (鉛直方向 : Sd-3-2(UD))

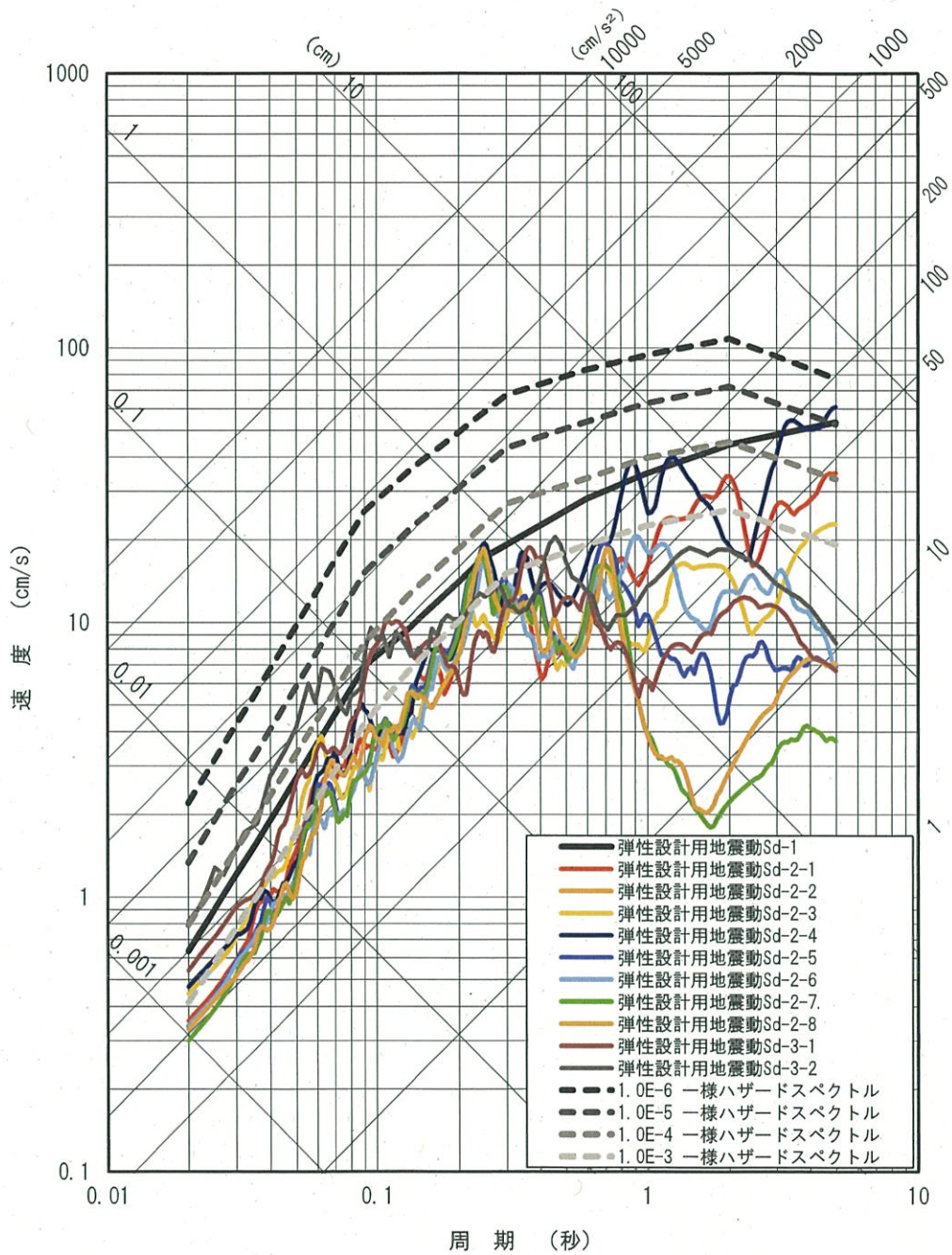
第1.4.13図 弾性設計用地震動Sd-3-2の時刻歴波形



第1.4.14図 弾性設計用地震動Sd-1と基準地震動S₁の応答スペクトルの比較
(水平方向)



第1.4.15図 弾性設計用地震動の応答スペクトル及び解放基盤表面における地震動の一様ハザードスペクトル (水平方向)



第1.4.16図 弾性設計用地震動の応答スペクトル及び解放基盤表面における地震動の一様ハザードスペクトル（鉛直方向）

1.13 参考文献

(10) 「静的地震力の見直し（建築編）に関する調査報告書（概要）」

（社）日本電気協会 電気技術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

(地震による損傷の防止)

第四条 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。

6 兼用キャスクは、次のいずれかの地震力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。

一 兼用キャスクが地震力により安全機能を損なうかどうかをその設置される位置のいかにかわらず判断するために用いる合理的な地震力として原子力規制委員会が別に定めるもの

二 基準地震動による地震力

7 兼用キャスクは、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

1 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クラス及びCクラスに分類し、それぞれに応じ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、「2 について」に示すとおりである。

2 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クラス及びCクラスに分類し、それぞれに応じた地震力を算定する。

(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

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

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

(2) 地震力

上記(1)のSクラスの施設（屋外重要土木構造物，津波防護施設，浸水防止設備，津波監視設備，浸水防止設備が設置された建物・構築物及び使用済燃料乾式貯蔵容器を除く。），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・構築物の振動特性及び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

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。

b. 弾性設計用地震動による地震力

弾性設計用地震動による地震力は、Sクラスの施設に適用する。

弾性設計用地震動は、「添付書類六 5. 地震」に示す基準地震動に工学的判断から求められる係数 0.53 を乗じて設定する。また、弾性設計用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。

6 について

使用済燃料乾式貯蔵容器は、基準地震動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。

基準地震動による地震力は、基準地震動を用いて、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。

なお、使用済燃料乾式貯蔵容器については、周辺施設等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。

7 について

使用済燃料乾式貯蔵容器については、基準地震動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。

1.2 気象等

該当なし

1.3 設備等

該当なし

1.4 手順等

該当なし

2. 地震による損傷の防止

(別添1) 使用済燃料乾式貯蔵施設の耐震設計方針

(別添2) 使用済燃料乾式貯蔵容器及び貯蔵架台の耐震評価について

(別添3) 使用済燃料乾式貯蔵施設に対する波及的影響の検討について

(別添4) 貯蔵建屋の耐震重要度分類の整理について

別添 1

使用済燃料乾式貯蔵施設の
耐震設計方針

1. 耐震設計の基本方針

設計基準対象施設である使用済燃料乾式貯蔵施設の耐震設計は、以下の項目に従って行う。

(1) 使用済燃料乾式貯蔵施設の耐震設計

使用済燃料乾式貯蔵施設については、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. 使用済燃料乾式貯蔵施設のうち、使用済燃料乾式貯蔵容器（支持部含む。）は、Sクラスの施設に分類し、基準地震震動による地震力に対して、設備に要求される機能が保持できるように設計する。
- b. 使用済燃料乾式貯蔵施設のうち、特段の機能を要求する周辺施設は、設備に要求される機能が保持できるように設計する。
- c. 使用済燃料乾式貯蔵施設のうち、特段の機能を要求しない周辺施設は、Cクラスの施設に準拠し、建物・構築物については、地震層せん断力係数 C_i に、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、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・構築物の振動特性及び地盤の種類等を考慮して求められる値とする。
- d. 使用済燃料乾式貯蔵施設のうち 使用済燃料乾式貯蔵容器は、周辺施設等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使用済燃料乾式貯蔵容器の設計に用いる地震動又は地震力を適用する。

(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上で適用可能とする。

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
 - ・発電用原子力設備規格 設計・建設規格 ((一社)日本機械学会, 2012年版)
 - ・発電用原子力設備規格 材料規格 ((一社)日本機械学会, 2012年版)
 - ・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)
 - ・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)

2. 耐震重要度分類

使用済燃料乾式貯蔵施設の耐震重要度分類について、第1表に示す。

3. 地震力の算定方法

使用済燃料乾式貯蔵施設の耐震設計に用いる地震力の算定方法は、以下のとおりとする。

(1) 静的地震力

静的地震力は、耐震重要度分類に応じて、施設に適用する静的地震力を適用する。なお、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。

(2) 動的地震力

動的地震力は、基準地震動から定める入力地震動を入力として、動的解析により水平2方向及び鉛直方向について適切に組み合わせて算定す

る。なお、地震力の組合せについては水平2方向及び鉛直方向の地震力が同時に作用するものとし、影響が考えられる場合には許容限界の範囲内に留まることを確認する。

また、使用済燃料乾式貯蔵施設について、適用する地震力に対して、要求される機能及び構造健全性が維持されることを確認するため、当該施設の構造を適切にモデル化した上での地震応答解析若しくは加振試験、又はその両方を実施する。

(3) 設計用減衰定数

使用済燃料乾式貯蔵施設の応答解析に用いる設計用減衰定数は、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。

4. 荷重の組合せと許容限界

使用済燃料乾式貯蔵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. 使用済燃料乾式貯蔵建屋

- ・使用済燃料乾式貯蔵容器が貯蔵されている状態

使用済燃料乾式貯蔵容器が貯蔵状態にあり、通常 of 自然条件下におかれている状態

ただし、使用済燃料乾式貯蔵容器貯蔵時には、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。

- ・設計基準事故時の状態

発電用原子炉施設が設計基準事故時にある状態

- ・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. 使用済燃料乾式貯蔵容器

- ・使用済燃料乾式貯蔵容器が貯蔵されている状態

- ・使用済燃料乾式貯蔵容器貯蔵時の異常な過渡変化時の状態

使用済燃料乾式貯蔵容器貯蔵時に予想される機器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

- ・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

- ・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. 使用済燃料乾式貯蔵建屋

- ・使用済燃料乾式貯蔵容器が貯蔵されている状態で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
- ・設計基準事故時の状態で施設に作用する荷重
- ・地震力，風荷重，積雪荷重等

ただし，使用済燃料乾式貯蔵容器貯蔵時には，通常運転時，運転時の荷重には，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. 使用済燃料乾式貯蔵容器

- ・使用済燃料乾式貯蔵容器が貯蔵されている状態で作用する荷重
- ・使用済燃料乾式貯蔵容器貯蔵時の異常な変化時の状態で作用する荷重
- ・設計基準事故時の状態で作用する荷重
- ・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. 使用済燃料乾式貯蔵建屋

使用済燃料乾式貯蔵容器の貯蔵時に常時作用している荷重及び，使用済燃料乾式貯蔵容器の貯蔵時の状態で作用する荷重と静的地震力とを組み合わせる。

b. 使用済燃料乾式貯蔵容器

使用済燃料乾式貯蔵容器の貯蔵時の状態で作用する荷重と地震力とを組み合わせる。

c. Cクラスの機器・配管系

使用済燃料乾式貯蔵容器の貯蔵時の状態で作用する荷重と、静的地震力とを組み合わせる。

d. 荷重の組合せ上の留意事項

- (a) 使用済燃料乾式貯蔵容器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になぜ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) 使用済燃料乾式貯蔵容器を支持する使用済燃料乾式貯蔵建屋の当該部分の支持機能を確認する場合には、基準地震動と常時作用している荷重及びその他必要な荷重とを組み合わせる。
- (e) 地震と組み合わせる自然現象として、風及び積雪を考慮し、風荷重及び積雪荷重については、施設の設置場所、構造等を考慮して、地震荷重と組み合わせる。

(4) 許容限界

使用済燃料乾式貯蔵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. 使用済燃料乾式貯蔵建屋

(a) Cクラス施設としての許容限界

建築基準法など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。

(b) 使用済燃料乾式貯蔵容器を支持する施設としての許容限界

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、使用済燃料乾式貯蔵建屋の終局耐力に対して妥当な安全余裕を持たせることとする。なお、終局耐力は、使用済燃

料乾式貯蔵建屋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。また、使用済燃料乾式貯蔵容器がそれを支持する使用済燃料乾式貯蔵建屋の変形等に対して、その支持機能を損なわないものとする。

(c) 使用済燃料乾式貯蔵建屋の保有水平耐力

必要保有水平耐力に対して耐震重要度に応じた安全余裕を有していることを確認する。

b. 使用済燃料乾式貯蔵容器

自重その他の貯蔵時に想定される荷重と、基準地震動による地震力を組み合わせた荷重条件に対して、当該使用済燃料乾式貯蔵容器に要求される機能を保持することを以下のとおり確認する。

密封境界部については、おおむね弾性状態に留まることを確認する。

使用済燃料乾式貯蔵容器の臨界防止機能を担保しているバスケットについては、臨界防止上有意な変形を起こさないことを確認する。

密封境界部以外の部位については、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することを確認する。

c. 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。

d. 基礎地盤の支持性能

基準地震動による地震力との組合せに対する許容限界は、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。

静的地震力との組合せに対する許容限界は、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。

5. 設計における留意事項

使用済燃料乾式貯蔵施設のうち、使用済燃料乾式貯蔵容器は周辺施設等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、以下の3つの観点をもとに、敷地全体を俯瞰した調査・検討を行い、使用済燃料乾式貯蔵容器の安全機能を損なわ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、3つの観

点以外に検討すべき事項がないか確認し、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。

影響評価には、使用済燃料乾式貯蔵容器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こととし、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、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の影響も考慮して評価する。

(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

使用済燃料乾式貯蔵容器は、使用済燃料乾式貯蔵容器の設計に用いる地震動又は地震力による周辺施設等の設置地盤の不等沈下により、その安全機能を損なわないように設計する。

b. 相対変位

使用済燃料乾式貯蔵容器は、使用済燃料乾式貯蔵容器の設計に用いる地震動又は地震力による周辺施設等との相対変位により、その安全機能を損なわないように設計する。

(2) 使用済燃料乾式貯蔵容器間の相互影響

使用済燃料乾式貯蔵容器は、使用済燃料乾式貯蔵容器の設計に用いる地震動又は地震力による隣接する使用済燃料乾式貯蔵容器との相互影響により、その安全機能を損なわないように設計する。

(3) 使用済燃料乾式貯蔵容器と周辺施設等との相互影響

a. 周辺施設等の損傷、転倒及び落下等による衝突

影響使用済燃料乾式貯蔵容器は、使用済燃料乾式貯蔵容器の設計に用いる地震動又は地震力による周辺施設等の損傷、転倒及び落下等により、その安全機能を損なわないように設計する。

b. 周辺斜面の崩壊

使用済燃料乾式貯蔵容器は、使用済燃料乾式貯蔵容器の設計に用いる地震動又は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。

なお、上記検討に当たっては、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。

6. 構造計画と配置計画

使用済燃料乾式貯蔵施設の構造計画に際しては、地震の影響が低減されるように考慮する。

使用済燃料乾式貯蔵建屋は、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。

使用済燃料乾式貯蔵容器は、貯蔵時の応答性状を適切に評価し、適用する地震力に対して転倒しない設計とする。

周辺施設等は、原則、使用済燃料乾式貯蔵容器に対して離隔をとり配置するか、若しくは基準地震動に対し構造強度を確保することにより、使用済燃料乾式貯蔵容器の安全機能を損なわない設計とする。

第1表 耐震重要度分類

【 】内は、検討用地震動を示す。

耐震クラス 設備名称	S	C	間接支持構造物
核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設 3 使用済燃料貯蔵設備	使用済燃料乾式貯蔵容器 ^(注1)		使用済燃料乾式貯蔵建屋【Ss】
放射線管理施設 3 生体遮蔽装置		補助遮へい（使用済燃料乾式貯蔵建屋）	使用済燃料乾式貯蔵建屋【Sc】
その他発電用原子炉の附属施設 4 火災防護設備 1 火災区域構造物及び火災区画構造物 2 消火設備		使用済燃料乾式貯蔵建屋 消火設備配管	使用済燃料乾式貯蔵建屋【Sc】 使用済燃料乾式貯蔵建屋【Sc】

(注1) 基準地震動Ssによる地震力に対して、機能を保持できるものとする。

使用済燃料乾式貯蔵容器及び貯蔵架台の
耐震評価について

目次

1. 概要	4 条-別添 2-1
2. 基本方針	4 条-別添 2-2
2.1 構造の説明	4 条-別添 2-2
2.2 評価方針	4 条-別添 2-4
3. 耐震評価箇所	4 条-別添 2-5
3.1 乾式キャスクの耐震評価箇所	4 条-別添 2-5
3.2 貯蔵架台の耐震評価箇所	4 条-別添 2-6
4. 地震応答解析	4 条-別添 2-7
5. 乾式キャスクの応力評価方法	4 条-別添 2-8
5.1 基本方針	4 条-別添 2-8
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	4 条-別添 2-8
5.3 評価方法	4 条-別添 2-9
6. 貯蔵架台の応力評価方法	4 条-別添 2-13
6.1 基本方針	4 条-別添 2-13
6.2 荷重の組合せ及び許容応	4 条-別添 2-13
6.3 評価方法	4 条-別添 2-14

1. 概要

使用済燃料乾式貯蔵容器（以下「乾式キャスク」という。）及び貯蔵架台の耐震評価は、以下に示す規格及びガイドに従い乾式キャスク及び貯蔵架台の地震応答解析及び応力評価を行い、乾式キャスク及び貯蔵架台に発生する応力が許容値以下となることを確認する。

本資料では乾式キャスクの耐震評価方針及び耐震評価方法を示し、耐震評価結果は工事計画にて示す。

- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針(JEAG 4601-1987) (日本電気協会 1987年8月)
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針(JEAG 4601-1991 追補版) (日本電気協会 1991年12月)
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針重要度分類・許容応力編(JEAG 4601・補-1984) (日本電気協会 1984年9月)
- ・ 発電用原子力設備規格 設計・建設規格(2012年版) (JSME S NC1-2012) (日本機械学会 2012年12月)
- ・ 発電用原子力設備規格 材料規格(2012年版) (JSME S NJ1-2012) (日本機械学会 2012年12月)
- ・ 原子力発電所敷地内での輸送・貯蔵兼用乾式キャスクによる使用済燃料の貯蔵に関する審査ガイド (原子力規制委員会 2019年3月)

2. 基本方針

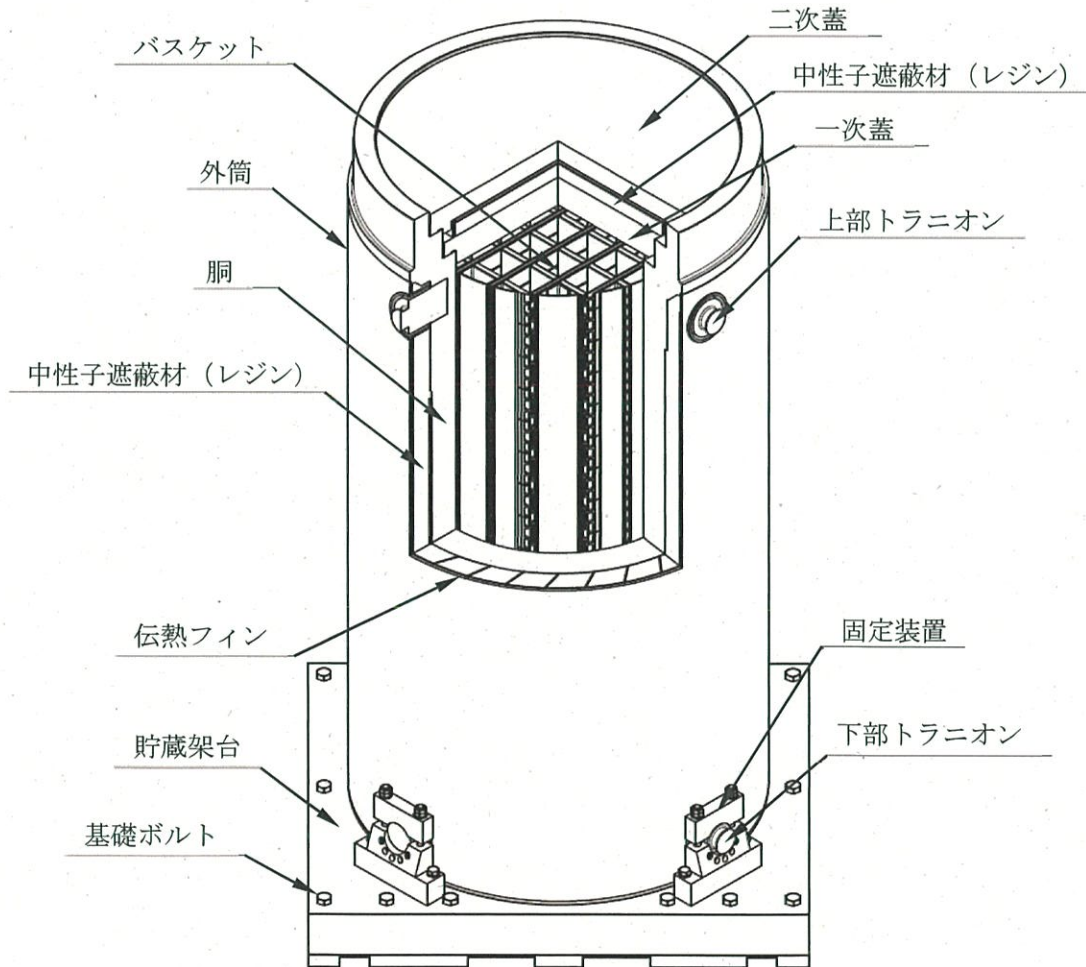
2.1 構造の説明

伊方発電所の乾式キャスクは、基礎に固定した貯蔵架台に設置し、4つの下部トラニオンを固定する方式としている。

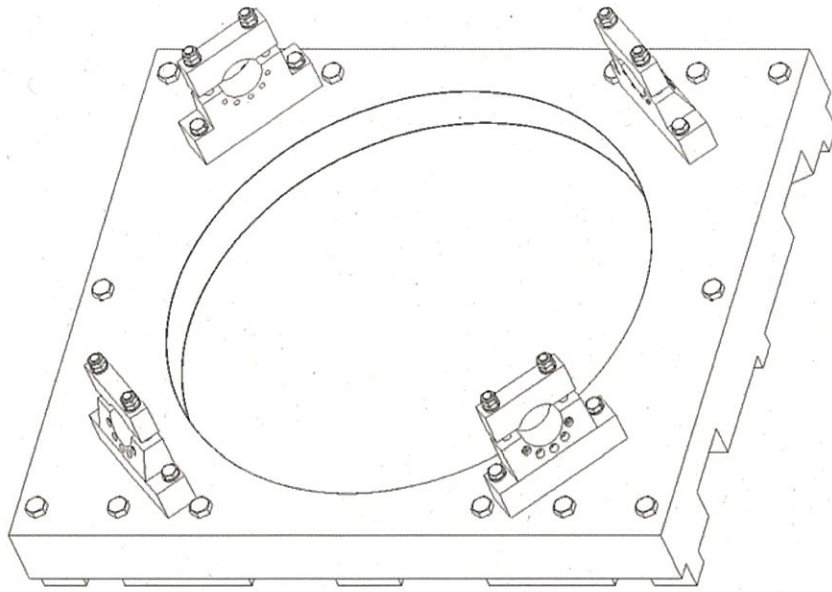
伊方発電所に設置する乾式キャスクの構造を第2-1図に、今回の貯蔵方式における貯蔵架台の構造を第2-2図に示す。

乾式キャスク及び貯蔵架台は、基準地震動 S_s による地震力に対してその安全機能が損なわれるおそれがないように、以下の構造としている。

- ・乾式キャスクは、4つの下部トラニオンを固定する構造とする。
- ・貯蔵架台は、使用済燃料乾式貯蔵建屋（以下「貯蔵建屋」という。）床面に埋め込まれた支持金物に対して、基礎ボルトで固定される構造とする。



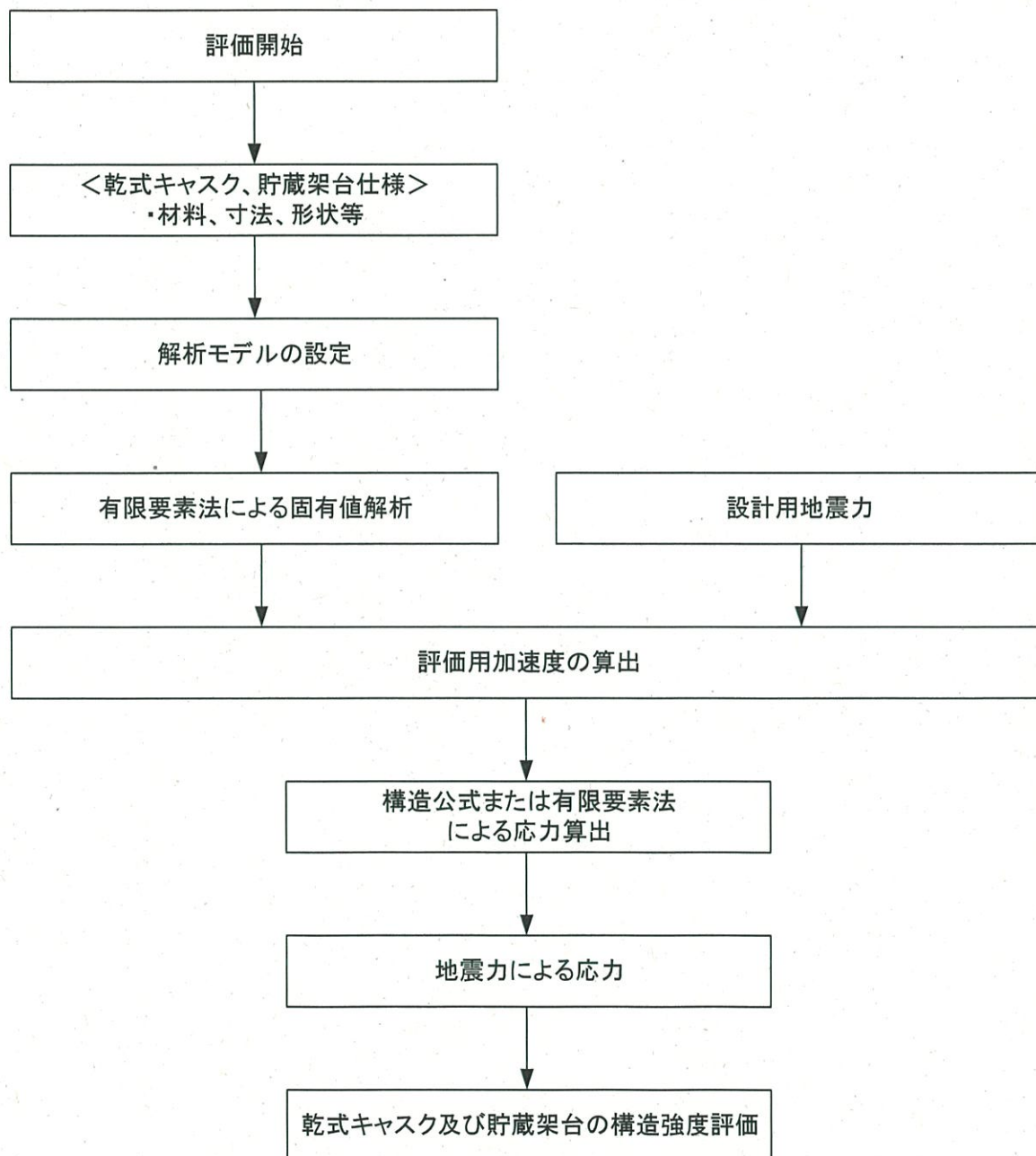
第2-1図 乾式キャスクの構造



第2-2図 貯蔵架台の構造

2.2 評価方針

乾式キャスク及び貯蔵架台の応力評価は、「2.1 構造の説明」にて示す乾式キャスク及び貯蔵架台の構造を踏まえ「3. 耐震評価箇所」にて設定する箇所において、「4. 地震応答解析」で算定した荷重による応力等が許容限界内に収まることを、「5. 乾式キャスクの応力評価方法」及び「6. 貯蔵架台の応力評価方法」にて示す方法にて確認することで実施する。乾式キャスク及び貯蔵架台の耐震評価フローを第2-3図に示す。



第2-3図 乾式キャスク及び貯蔵架台の耐震評価フロー

3. 耐震評価箇所

本資料で提示する耐震評価箇所については工事計画で評価する部位のうち、代表的な部位を示しており、工事計画の段階では、網羅的に耐震評価を実施する。

なお、その他の部位についても、許認可実績がある構造公式又は有限要素法を用いる方法で評価可能である。

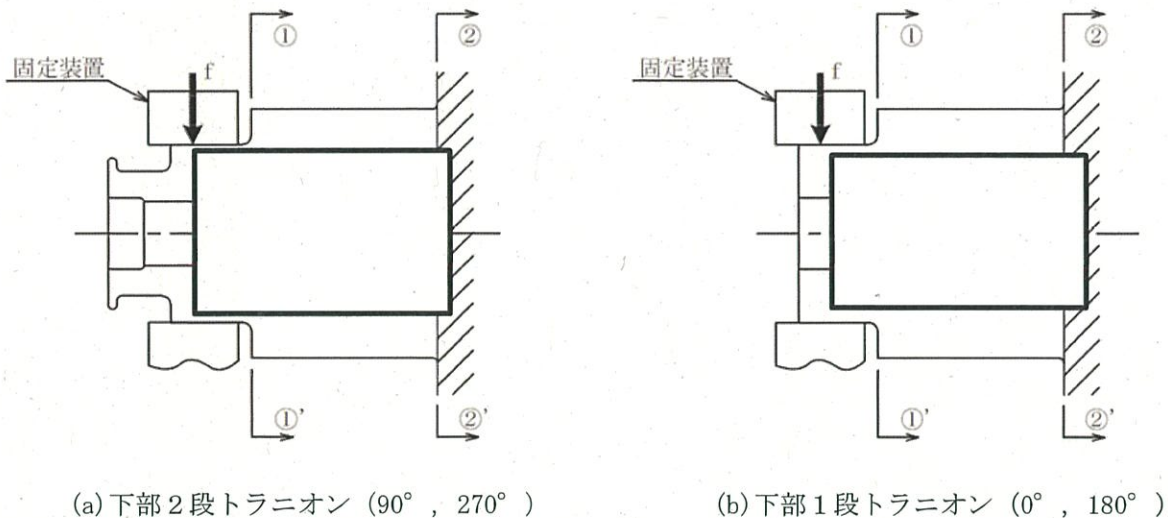
3.1 乾式キャスクの耐震評価箇所

乾式キャスクの耐震評価箇所を第3-1図に示す。

下部トラニオンには、2段トラニオンと、1段トラニオンがあるが、第3-1図に示すとおり、貯蔵架台の固定装置により固定される位置及び胴との接続部から固定位置までの形状は、2段トラニオンと1段トラニオンで同じであるため、解析モデルは共通である。

評価箇所については、貯蔵時の乾式キャスクの安全機能を維持する観点で、固定部であるトラニオンを対象として応力発生箇所を考慮して選定する。

(第3-1表参照)



第3-1図 トラニオンの耐震評価箇所

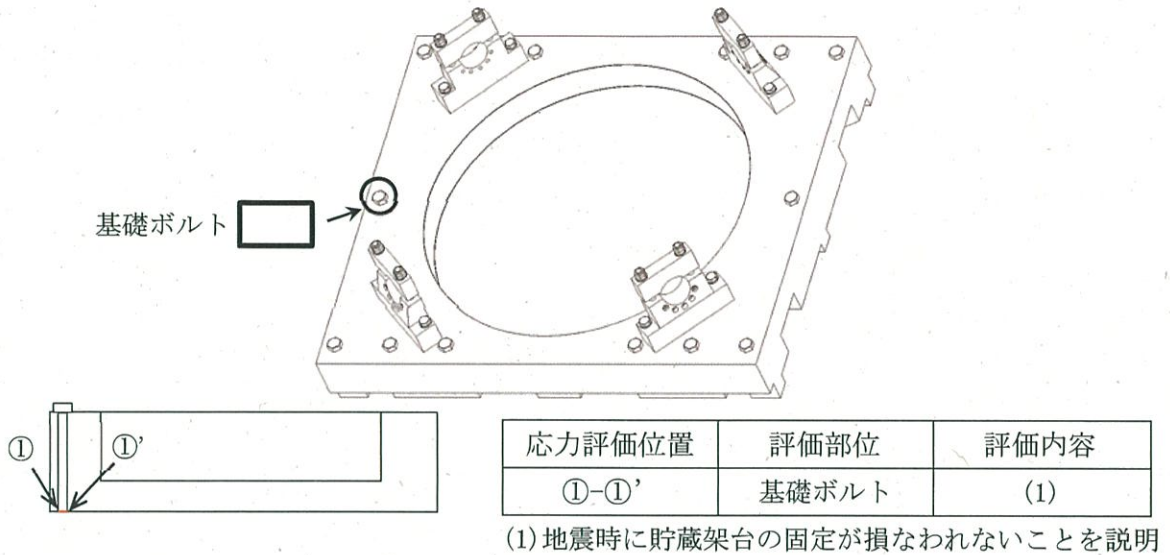
第3-1表 乾式キャスクの耐震評価箇所及び評価内容

耐震評価箇所		評価内容
①-①'	トラニオン	地震時に構造健全性を維持できることを評価
②-②'		

3.2 貯蔵架台の耐震評価箇所

貯蔵架台の耐震評価箇所を第3-2図に示す。

貯蔵架台は、地震時に貯蔵架台の固定が損なわれないように基礎ボルトを評価断面として選定する。



第 3-2 図 貯蔵架台の耐震評価箇所

4. 地震応答解析

乾式キャスク及び貯蔵架台の応力解析に用いる評価用加速度を算定するため、固有値解析を実施する。乾式キャスクは、下部トラニオンを介して貯蔵架台に固定され、貯蔵架台は基礎ボルトを介して床面に固定される。固有振動数を計算するに当たり、乾式キャスクと貯蔵架台を組み合わせた連成モデルで固有振動数を評価する。

解析コードは有限要素法に基づく汎用コードである ABAQUS を使用する。また、耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

ここで、固有振動数が 30Hz 以上である場合は最大床加速度の 1.2 倍を、30Hz 未満である場合は設計用床応答曲線からの読み値と最大床加速度の 1.2 倍を比較し、大きい方の値を用いて評価を行う。

5. 乾式キャスクの応力評価方法

5.1 基本方針

乾式キャスクは、「3. 耐震評価箇所」に示す安全機能を維持するための部位について、構造公式より応力評価を行う。

5.2 荷重の組合せ及び許容応力

乾式キャスクはトラニオンで固定されており、剛結合されているため、「4. 地震応答解析」で算出した荷重を与えて評価を行う。乾式キャスクのトラニオンの許容応力は、許容応力状態 IV_{AS} の許容限界（「原子力発電所耐震設計技術指針」，「発電用原子力設備規格設計・建設規格(2012年版)」及び「発電用原子力設備規格材料規格(2012年版)」を基に設定）を適用する。

乾式キャスクのトラニオンの荷重の組合せ及び許容応力状態を第5-1表に、許容応力を第5-2表に示す。

なお、乾式キャスクのトラニオン以外の部位の許容応力についても、「原子力発電所耐震設計技術指針」，「発電用原子力設備規格設計・建設規格(2012年版)」及び「発電用原子力設備規格材料規格(2012年版)」を基に設定する。

第5-1表 乾式キャスクの荷重の組合せ及び許容応力状態

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設	使用済燃料貯蔵設備	乾式キャスク	S	クラス3容器 ^(注)	D+P+M+Ss	IV_{AS}

(注) 耐震評価箇所であるトラニオンは、支持構造物であるため、その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

第5-2表 許容応力

許容応力状態	許容限界 ^(注)			
	一次応力		一次+二次応力	
	せん断	曲げ	せん断	曲げ
IV_{AS}	$1.5f_s^*$	$1.5f_b^*$	$3f_s$	$3f_b$
			$\left[\begin{array}{l} \text{Ss地震動のみによる} \\ \text{応力振幅について評価する。} \end{array} \right]$	

(注) 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。

5.3 評価方法

(1) 一次応力

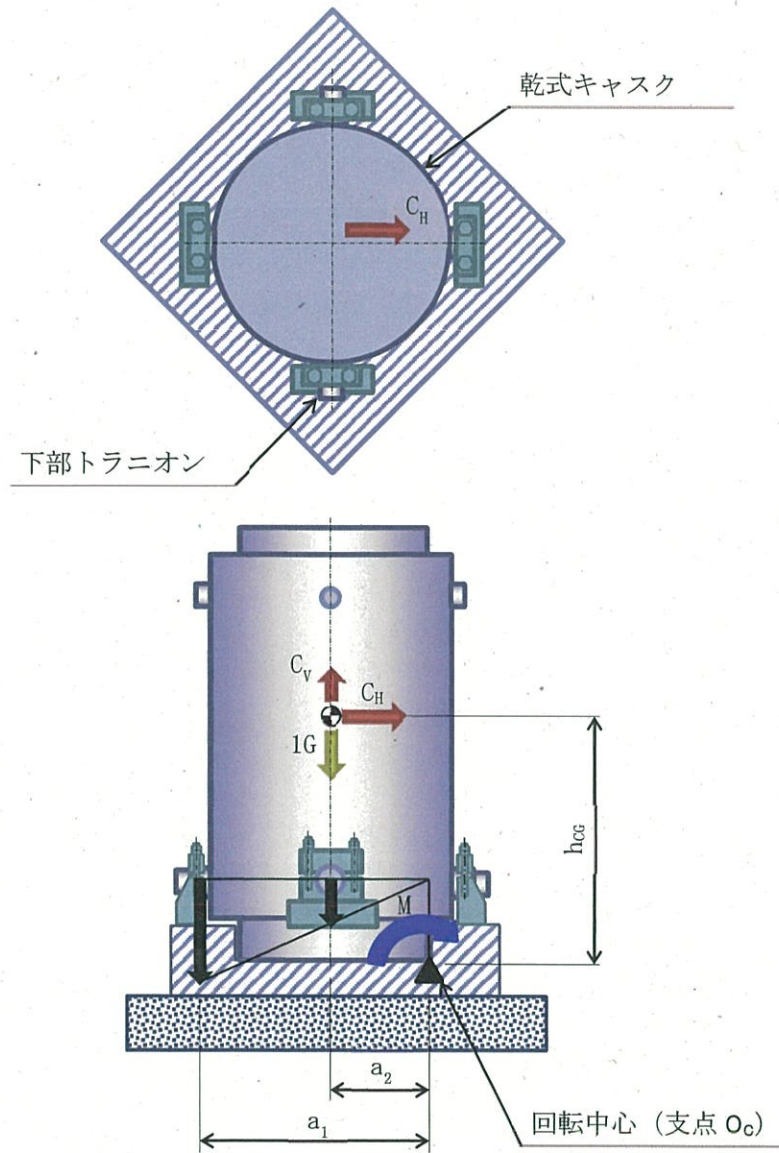
(a) せん断応力

最大応力が発生する箇所は第 3-1 図に示す下部トラニオンの評価位置①-①' 又は②-②' である。水平方向加速度及び鉛直方向加速度により発生するせん断応力 ($\tau_{①, ②}$) は、次式で計算される。また、地震力により下部トラニオンに作用する荷重 (F_m) は、地震時に乾式キャスクに作用する回転モーメントのつり合いより、次式のとおり計算される。(第 5-1 図参照)

$$\left. \begin{aligned} \tau_{①, ②} &= \frac{F_m}{A_{①, ②}} \\ F_m &= \frac{m \cdot (G_1 \cdot h_{CG} - G_2 \cdot a_2)}{(a_1 + 2 \cdot \frac{a_2^2}{a_1})} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (5.1)$$

ここで、計算式中の記号は以下のとおりである。

- G_1 : 水平方向加速度 (m/s^2)
 $G_1 = C_H \cdot g$
- G_2 : 鉛直方向加速度 (m/s^2)
 $G_2 = (1 - C_V) \cdot g$
- C_H : 水平震度
- C_V : 鉛直震度
- h_{CG} : 乾式キャスクの底面から重心までの高さ (mm)
- a_1 : 回転支点 O_C から下部トラニオン固定装置の中心までの距離 (mm)
- a_2 : 回転支点 O_C から乾式キャスクの中心までの距離 (mm)
- F_m : 地震力により下部トラニオンに作用する荷重 (N)
- m : 貯蔵時における乾式キャスクの質量 (kg)
- $A_{①}$: 評価位置①-①' の断面積 (mm^2)
- $A_{②}$: 評価位置②-②' の断面積 (mm^2)
- g : 重力加速度 ($9.80665 m/s^2$)



第5-1図 地震時に作用する荷重の解析モデル (注)

(注) 貯蔵架台とトラニオンの方位は、地震力により下部トラニオンに作用する荷重 F_m が最大となる関係としている。

(b) 曲げ応力

最大応力が発生する箇所は第 3-1 図に示す下部トラニオンの評価位置①-①' 又は②-②' である。水平方向加速度及び鉛直方向加速度により発生する曲げ応力 ($\sigma_{b①, ②}$) は、トラニオンを片持ち梁としてモデル化し、次式で計算される。また、地震力により下部トラニオンに作用する荷重 (F_m) は、地震時に乾式キャスクに作用する回転モーメントのつり合いより、次式のとおり計算される (第 5-1 図参照)。

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{b①, ②} &= \frac{M_{①, ②}}{Z_{①, ②}} \\ M_{①, ②} &= F_m \cdot L_{①, ②} \\ F_m &= \frac{m \cdot (G_1 \cdot h_{CG} - G_2 \cdot a_2)}{\left(a_1 + 2 \cdot \frac{a_2^2}{a_1}\right)} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (5.2)$$

ここで、計算式中の記号は以下のとおりである。

- $M_{①, ②}$: 曲げモーメント (N・mm)
- F_m : 地震力により下部トラニオンに作用する荷重 (N)
- $Z_{①}$: 評価位置①-①' の断面係数 (mm³)
- $Z_{②}$: 評価位置②-②' の断面係数 (mm³)
- $L_{①}$: 評価位置①-①' と荷重作用位置との距離 (mm)
- $L_{②}$: 評価位置②-②' と荷重作用位置との距離 (mm)
- m : 貯蔵時における乾式キャスクの質量 (kg)
- G_1 : 水平方向加速度 (m/s²)
 $G_1 = C_H \cdot g$
- G_2 : 鉛直方向加速度 (m/s²)
 $G_2 = (1 - C_V) \cdot g$
- C_H : 水平震度
- C_V : 鉛直震度
- h_{CG} : 乾式キャスクの底面から重心までの高さ (mm)
- a_1 : 回転支点 O_c から下部トラニオン固定装置中心までの距離 (mm)
- a_2 : 回転支点 O_c から乾式キャスクの中心までの距離 (mm)
- g : 重力加速度 (9.80665 m/s²)

(c) 組合せ応力（曲げ応力とせん断応力）

最大応力が発生する箇所は第3-1図に示す下部トラニオンの評価位置 ①-①' 又は②-②' である。曲げ応力 ($\sigma_{b①, b②}$) とせん断応力 ($\tau_{①, ②}$) との組合せ応力 ($\sigma_{T①, T②}$) は、次式で計算される。

$$\sigma_{T①, T②} = \sqrt{\sigma_{b①, b②}^2 + 3 \cdot \tau_{①, ②}^2} \dots \dots \dots (5.3)$$

ここで、計算式中の記号は以下のとおりである。

$\sigma_{b①, b②}$: (5.1) 式で計算される値

$\tau_{①, ②}$: (5.2) 式で計算される値

(2) 一次+二次応力

(a) せん断応力

地震力によるせん断応力 ($\tau_{①, ②}$) の全振幅は、(5.1) 式で求めたせん断応力 ($\tau_{①, ②}$) の2倍とする。

(b) 曲げ応力

地震力による曲げ応力 ($\sigma_{b①, b②}$) の全振幅は、(5.2) 式で求めた曲げ応力 ($\sigma_{b①, b②}$) の2倍とする。

6. 貯蔵架台の応力評価方法

6.1 基本方針

貯蔵架台は、「3. 耐震評価箇所」に示す安全機能を維持するための部位について、構造公式より応力評価を行う。

6.2 荷重の組合せ及び許容応力

貯蔵架台は基礎ボルトで固定されており、「4. 地震応答解析」で算出した荷重を与えて評価を行う。

貯蔵架台の評価部位の許容応力は、許容応力状態IV_ASの許容限界（「原子力発電所耐震設計技術指針」、「発電用原子力設備規格設計・建設規格(2012年版)」及び「発電用原子力設備規格材料規格(2012年版)」を基に設定）を適用する。

貯蔵架台の荷重の組合せ及び許容応力状態を第6-1表に、許容応力を第6-2表に示す。

なお、基礎ボルト以外の部位の許容応力についても、「原子力発電所耐震設計技術指針」、「発電用原子力設備規格設計・建設規格(2012年版)」及び「発電用原子力設備規格材料規格(2012年版)」を基に設定する。

第6-1表 貯蔵架台の荷重の組合せ及び許容応力状態

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設	使用済燃料貯蔵設備	貯蔵架台	S	— (注)	D+P+M+Ss	IV _A S

(注) その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

第6-2表 許容応力（その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界 (注) (ボルト等)	
	一次応力	
	引張	せん断
IV _A S	$1.5f_t^*$	$1.5f_s^*$

(注) 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。

6.3 評価方法

貯蔵架台は、一体構造物であり、乾式キャスクのトラニオンを固定している。
また、基礎ボルトで貯蔵建屋床面と固定し、乾式キャスクを設置した貯蔵架台の横ずれを防止している。

以上のことから、「3. 耐震評価箇所」に示す基礎ボルトについて、応力評価を行う。

なお、架台の定着部は、原則としてボルトの限界引き抜き力に対して、コンクリート設計基準強度及びせん断力算定断面積による引き抜き耐力が上回るよう埋込深さを算定することで、基礎ボルトに対して十分な余裕を持つように設計する。

基礎ボルトの発生応力は、第 6-1 図に示すようにモーメントのつり合いより算出した荷重より、構造公式を用いて求める。応力算出式を以下に示す。

$$M = F_H h_{Vg} + (F_V - mg) h_{Hg} \quad (6.1)$$

$$F_T = M \div \left(\frac{I_1^2}{I_0} \times 2 + I_0 \times 6 \right) \quad (6.2)$$

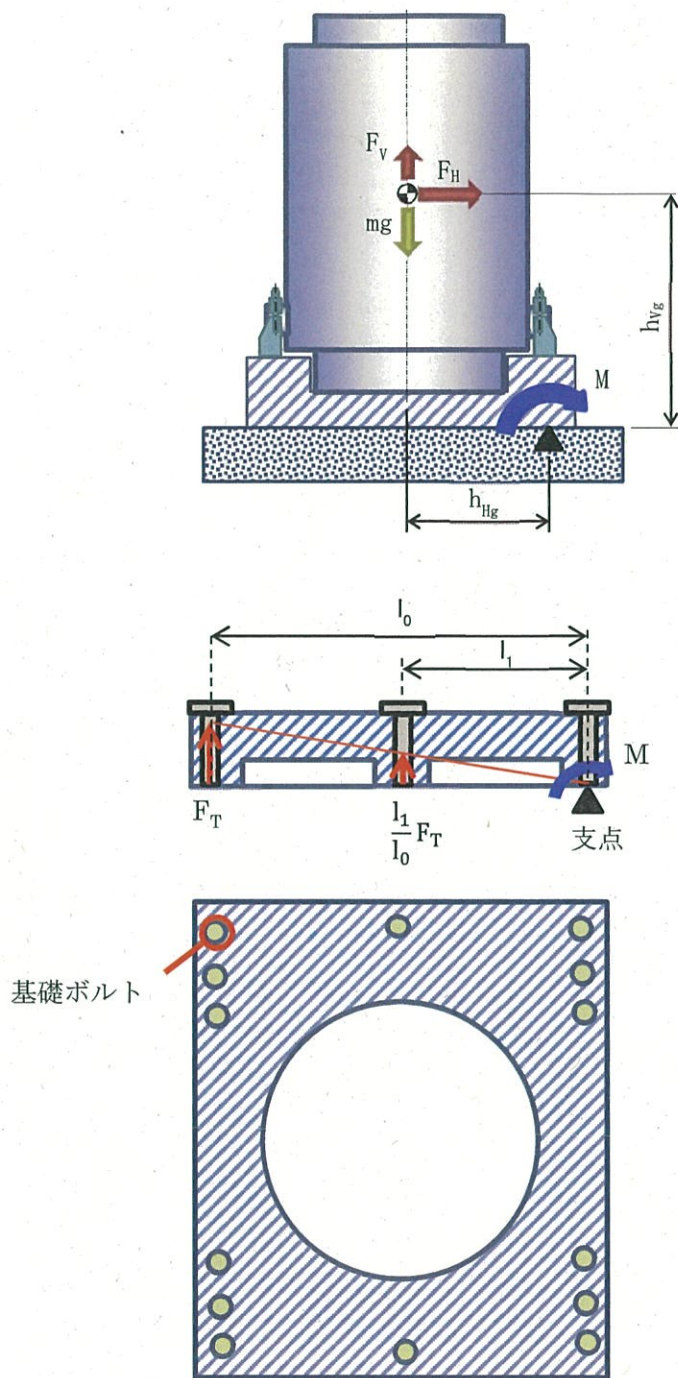
$$\sigma_t = \frac{F_T}{A_b \times 0.75} \quad (6.3)$$

$$F_\tau = \frac{F_H}{N} \quad (6.4)$$

$$\sigma_\tau = \frac{F_\tau}{A_b \times 0.75} \quad (6.5)$$

ここで、

M	: 貯蔵架台に生じる回転モーメント (N・m)
F_H	: 水平方向荷重 (N)
F_V	: 鉛直方向荷重 (N)
m	: 貯蔵時における乾式キャスクの質量 (kg)
g	: 重力加速度 (9.80665 m/s ²)
h_{Vg}, h_{Hg}	: 支点から重心までの水平及び鉛直方向距離 (m)
F_T	: 基礎ボルト 1 本あたりの引張荷重 (N)
σ_t	: 基礎ボルト 1 本あたりの引張応力 (MPa)
I_0, I_1	: 支点から基礎ボルトまでの距離 (m)
A_b	: 基礎ボルトの軸部断面積 (mm ²)
F_τ	: 基礎ボルト 1 本あたりのせん断荷重 (N)
N	: 基礎ボルトの本数 (本)
σ_τ	: 基礎ボルト 1 本あたりのせん断応力 (MPa)



第 6-1 図 基礎ボルトの応力算出に用いる諸元

使用済燃料乾式貯蔵施設に対する
波及的影響の検討について

1. 概要

「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」（以下「設置許可基準規則」という。）の解釈の別記4第4条において、兼用キャスクが、周辺施設から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よう要求されている。

伊方発電所の使用済燃料乾式貯蔵施設（以下「乾式貯蔵施設」という。）において、兼用キャスクである使用済燃料乾式貯蔵容器（以下「乾式キャスク」という。）が、周辺施設等からの波及的影響によって安全機能を損なわないように設計することとし、ここではその設計方針について示す。

2. 波及的影響の検討方針

波及的影響の検討は以下に示す方針に基づき実施する。

(1) 設置許可基準規則の解釈の別記4第4条に記載された3つの事項をもとに、検討すべき事象を整理する。

(2) (1)で整理した検討事象をもとに、乾式キャスクに対して波及的影響を及ぼすおそれのある周辺施設等[※]を抽出する。

※ 使用済燃料乾式貯蔵建屋（以下「貯蔵建屋」という。）内に設置する周辺施設及び乾式キャスクの安全機能を維持するために必要な機能を有していない設備、並びに貯蔵建屋周辺に位置する施設を対象とする。また、乾式キャスク間の相互影響を考慮し、隣接する乾式キャスクも対象とする。

(3) (2)で抽出された周辺施設等について、配置、設計、運用上の観点から乾式キャスクの安全機能への影響評価を実施する。

3. 事象検討

設置許可基準規則の解釈の別記4第4条に記載された3つの事項をもとに、以下に具体的な検討事象を整理する。

- 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
 - (1) 不等沈下に伴う周辺施設等の傾きや倒壊による貯蔵建屋との衝突
 - (2) 地震時の建屋間相対変位による貯蔵建屋との衝突
 - (3) 不等沈下や相対変位による建屋間渡り配管等の損傷
- ② 乾式キャスク間の相互影響
 - (1) 隣接する乾式キャスク同士の衝突
- ③ 乾式キャスクと周辺施設等との相互影響（周辺施設の損傷、転倒、落下等による乾式キャスクへの影響を含む。）
 - (1) 貯蔵建屋外の周辺施設等の損傷、転倒、落下等による貯蔵建屋との衝突
 - (2) 貯蔵建屋内の周辺施設等の損傷、転倒、落下等による乾式キャスクとの衝突
 - (3) 乾式キャスクに接続する周辺施設等の損傷による相互影響
 - (4) 油又は水等を内包する周辺施設等の損傷による火災・溢水

ここで、溢水・火災については、第8条及び第9条への適合性説明資料において乾式キャスクの安全機能に影響がない設計とすることを説明しているため、本資料における以降の検討では対象外とする。

4. 防護対象

貯蔵建屋内の輸送荷姿以外で静置している乾式キャスク（支持部及び基礎を含む。）に対して波及的影響を及ぼすおそれのある周辺施設等を抽出する。

5. 波及的影響を及ぼすおそれのある周辺施設等の抽出方法及び影響評価方法

3項で整理した各検討事象に基づき、波及的影響を及ぼすおそれのある周辺施設等の抽出及び影響評価フローを作成し、当該フローに基づき検討を行う。検討事象とフローの整理を第5-1表に示す。

第5-1表 検討事象とフローの整理

	検討事象	フロー
①不等沈下又は相対変位による影響	(1) 不等沈下による衝突	第5-2表
	(2) 相対変位による衝突	第5-3表
	(3) 渡り配管等の損傷	第5-4表
②乾式キャスク間の相互影響	(1) 乾式キャスク同士の衝突	第5-5表
③乾式キャスクと周辺施設等との相互影響	(1) 損傷, 転倒, 落下等による衝突 (建屋外)	第5-6表
	(2) 損傷, 転倒, 落下等による衝突 (建屋内)	第5-7表
	(3) 接続部の影響	第5-8表

第5-2表 検討フロー (不等沈下による衝突)

フロー	説明
<pre> graph TD Start[評価終了] --> Step1[貯蔵建屋の周辺に位置する施設] Step1 --> D1{不等沈下に伴う当該施設の傾きや倒壊に対して、貯蔵建屋との離隔距離が十分に確保されているか} D1 -- YES --> End[評価終了] D1 -- NO --> D2{当該施設の設置地盤は基準地震動に対して不等沈下が発生するか} D2 -- NO --> End D2 -- YES --> D3{当該施設の構造や重量等から判断し、衝突時に貯蔵建屋の構造強度に影響を及ぼすおそれがあるか※1} D3 -- NO --> End D3 -- YES --> Step2[対策検討・実施] Step2 --> End </pre> <p>..... a</p> <p>..... b</p> <p>..... c</p> <p>..... d</p> <p>..... e</p> <p>※1 防護対象は靴式キャスクであるが、貯蔵建屋が倒壊すれば靴式キャスクに影響を及ぼすことを考慮し、ここでは貯蔵建屋の構造強度への影響を確認する。</p>	<p>a. 貯蔵建屋の周辺に位置する施設を検討対象とする。</p> <p>b. 地盤の不等沈下に伴う当該施設の傾きや倒壊に対して、貯蔵建屋に衝突しない程度に十分な離隔距離をとり配置されているかを確認する。</p> <p>c. 当該施設の設置地盤は、基準地震動に対して十分な支持性能を持つ岩盤であるかを確認する。</p> <p>d. 当該施設の構造や重量等から判断し、傾きや倒壊により貯蔵建屋に衝突した場合に、貯蔵建屋の構造強度に影響を及ぼすおそれがあるかを確認する。</p> <p>e. 貯蔵建屋の構造強度に影響を及ぼすおそれがある施設に対して、十分な離隔距離の確保や基礎地盤の改良工事等を行い、不等沈下による波及的影響を防止する。</p>

第5-3表 検討フロー (相対変位による衝突)

フロー	説明
<pre> graph TD A[貯蔵建屋の周辺に位置する施設 a] --> B{基準地震動による相対変位 に対して、貯蔵建屋との離隔距離が 十分に確保されているか} B -- YES --> C[評価終了] B -- NO --> D{当該施設の構造や重量等から 衝突時に貯蔵建屋の構造強度 に影響を及ぼすおそれがあるか※1} D -- YES --> E[対策検討・実施] D -- NO --> C </pre> <p>..... a</p> <p>..... b</p> <p>..... c</p> <p>..... d</p> <p>※1 防護対象は乾式キャスクであるが、貯蔵建屋が倒壊すれば乾式キャスクに影響を及ぼすことを考慮し、ここでは貯蔵建屋の構造強度への影響を確認する。</p>	<p>a. 貯蔵建屋の周辺に位置する施設を検討対象とする。</p> <p>b. 基準地震動による相対変位量に対して、貯蔵建屋に衝突しない程度に十分な離隔距離をとって配置されているかを確認する。</p> <p>c. 当該施設の構造や重量等から判断し、相対変位により貯蔵建屋に衝突した場合に、貯蔵建屋の構造強度に影響を及ぼすおそれがあるかを確認する。</p> <p>d. 貯蔵建屋の構造強度に影響を及ぼすおそれがある施設に対して、十分な離隔距離の確保等を行い、相対変位による波及的影響を防止する。</p>

第5-4表 検討フロー (渡り配管等の損傷)

フロー	説明
<pre> graph TD Start[貯蔵建屋と他施設間の渡り配管等] --> D1{渡り配管等の損傷により 乾式キヤスクの安全機能※を損なう ことがあるか} D1 -- NO --> End1[評価終了] D1 -- YES --> L1[※1 乾式キヤスクの安全機能 ・臨界防止機能 ・遮蔽機能 ・除熱機能 ・閉じ込め機能] L1 --> D2{基準地震動による不等沈下や 相対変位に対して、渡り配管等の 構造健全性を維持できるか} D2 -- YES --> End1 D2 -- NO --> End2[対策検討・実施] </pre>	<p>a. 貯蔵建屋と他施設間の渡り配管や電路を検討対象とする。</p> <p>b. 不等沈下や相対変位が生じた場合には渡り配管や電路が損傷することが考えられるため、これらが損傷した場合に、乾式キヤスクの安全機能を損なうことがあるかを確認する。</p> <p>c. 基準地震動による不等沈下や相対変位に対して、渡り配管や電路の構造健全性を維持できるかを確認する。</p> <p>d. 乾式キヤスクの安全機能を担保するため必要な渡り配管や電路に対して、不等沈下や相対変位を考慮した設計を行い、波及的影響を防止する。</p>

第5-5表 検討フロー (乾式キヤスク同士の衝突)

フロー	説明
<pre> graph TD A[隣接する乾式キヤスク] --> B{基準地震動による変位※1に対して 乾式キヤスク同士の離隔距離が 十分に確保されているか} B -- YES --> C[評価終了] B -- NO --> D{乾式キヤスク同士の衝突により 乾式キヤスクの安全機能※2が 損なわれるか} D -- YES --> E[対策検討・実施] D -- NO --> C </pre> <p>隣接する乾式キヤスク</p> <p>..... a</p> <p>..... b</p> <p>..... c</p> <p>..... d</p> <p>評価終了</p> <p>対策検討・実施</p> <p>※1 乾式キヤスクは基準地震動に対して転倒しない設計とするため、転倒による衝突は考慮しない</p> <p>※2 乾式キヤスクの安全機能</p> <ul style="list-style-type: none"> ・境界防止機能 ・遮蔽機能 ・係船機能 ・閉じ込め機能 	<p>a. 隣接する乾式キヤスクを検討対象とする。</p> <p>b. 基準地震動による乾式キヤスクの変位量（振れ幅）に対して、乾式キヤスク同士が衝突しない程度に十分な離隔距離をとって配置されているかを確認する。</p> <p>c. 乾式キヤスク同士の衝突により、安全機能を損なうことがあるかを確認する。</p> <p>d. 乾式キヤスク間の離隔距離を十分に確保する等の対策を行い、乾式キヤスク間の相互影響による波及的影響を防止する。</p>

第5-6表 検討フロー（損傷、転倒、落下等による衝突（建屋外））

フロー	説明
<pre> graph TD Start[貯蔵建屋の周辺に位置する施設] --> D1{当該施設の損傷、転倒、落下等 に対して、貯蔵建屋との離隔距離が 十分に確保されているか} D1 -- YES --> End[評価終了] D1 -- NO --> D2{当該施設の構造や重量等から 判断し、衝突時に貯蔵建屋の構造強度 に影響を及ぼすおそれがあるか※1} D2 -- NO --> End D2 -- YES --> D3{当該施設は基準地震動に対して 構造健全性を維持できるか} D3 -- YES --> End D3 -- NO --> Action[対策検討・実施] </pre> <p>..... a</p> <p>..... b</p> <p>..... c</p> <p>..... d</p> <p>..... e</p> <p>※1 防護対象は乾式キヤスクであるが、貯蔵建屋が倒壊すれば乾式キヤスクに影響を及ぼすため、ここでは貯蔵建屋の構造強度への影響を確認する。</p>	<p>a. 貯蔵建屋の周辺に位置する施設を検討対象とする。</p> <p>b. 当該施設の損傷、転倒、落下等に対して、貯蔵建屋に衝突しない程度に十分な離隔距離をとって配置されているかを確認する。</p> <p>c. 当該施設の構造や重量等から判断し、損傷、転倒、落下等により貯蔵建屋に衝突した場合、貯蔵建屋の構造強度に影響を及ぼすおそれがあるかを確認する。</p> <p>d. 当該施設が、地震時に損傷、転倒、落下等が生じないことを確認するため、基準地震動に対して構造健全性を維持できるかを確認する。</p> <p>e. 基準地震動に対して構造健全性を維持できない施設に対して、十分な離隔距離の確保や耐震補強工事等を行い、損傷、転倒、落下等による波及的影響を防止する。</p>

第5-7表 検討フロー（損傷、転倒、落下等による衝突（建屋内））

フロー	説明
<pre> graph TD Start[貯蔵建屋内に設置する周辺施設等] --> D1{当該施設の損傷、転倒、落下等 に対して、乾式キヤスクとの離隔距離が 十分に確保されているか} D1 -- YES --> End1[評価終了] D1 -- NO --> D2{当該施設の構造や重量等から 判断し、衝突時に乾式キヤスクの構造 強度に影響を及ぼすおそれがあるか} D2 -- YES --> D3{当該施設は基準地震動に対して 構造健全性を維持できるか} D2 -- NO --> End1 D3 -- YES --> End1 D3 -- NO --> End2[対策検討・実施] </pre>	<p>..... a</p> <p>a. 貯蔵建屋内に設置する周辺施設及び乾式キヤスクの安全機能を維持するために必要な機能を有していない設備を検討対象とする。</p> <p>..... b</p> <p>b. 当該施設の損傷、転倒、落下等に対して、乾式キヤスクに衝突しない程度に十分な離隔距離をとって配置されているかを確認する。</p> <p>..... c</p> <p>c. 当該施設の構造や重量等から判断し、損傷、転倒、落下等により乾式キヤスクに衝突した場合、乾式キヤスクの構造強度に影響を及ぼすおそれがあるかを確認する。</p> <p>..... d</p> <p>d. 当該施設が、地震時に損傷、転倒、落下等が生じないことを確認するため、基準地震動に対して構造健全性を維持できるかを確認する。</p> <p>..... e</p> <p>e. 基準地震動に対して構造健全性を維持できない施設に対して、十分な離隔距離の確保や耐震補強工事等を行い、損傷、転倒、落下等による波及的影響を防止する。</p>

第5-8表 検討フロー (接続部の影響)

フロー	説明
<pre> graph TD Start[乾式キヤスクに接続される周辺施設] --> D1{当該施設の損傷により、 乾式キヤスクの安全機能※を 損なうおそれがあるか} D1 -- NO --> End1[評価終了] D1 -- YES --> D2{当該施設は基準地震動に対して 構造健全性を維持できるか} D2 -- YES --> End1 D2 -- NO --> End2[対策検討・実施] </pre> <p>..... a</p> <p>..... b</p> <p>..... c</p> <p>..... d</p> <p>※1 乾式キヤスクの安全機能</p> <ul style="list-style-type: none"> ・臨界防止機能 ・遮蔽機能 ・除熱機能 ・閉じ込め機能 	<p>a. 乾式キヤスクに接続される周辺施設を検討対象とする。</p> <p>b. 当該施設の損傷により、乾式キヤスクの安全機能を損なうおそれがあるかを確認する。</p> <p>c. 当該施設が、地震時に損傷しないことを確認するため、基準地震動に対して構造健全性を維持できるかを確認する。</p> <p>d. 基準地震動に対して構造健全性を維持できない施設に対して、耐震補強工事等を行い、損傷による波及的影響を防止する。</p>

6. 周辺施設等の抽出結果

波及的影響を及ぼすおそれのある周辺施設等の抽出は、屋外施設、屋内施設に分けて実施する。

6.1 屋外施設

第6-1図に示す構内配置図より、以下に示す貯蔵建屋の周辺に位置する既設施設を抽出し、5項に示す①及び③の観点の検討フローに基づき、貯蔵建屋及び乾式キヤスクに対して波及的影響を及ぼすことがないことを確認する。

(1) 2-1 固体廃棄物貯蔵庫

2-1 固体廃棄物貯蔵庫は、貯蔵建屋東側 EL. 84m 盤に設置された耐震 C クラスの建物であるが、貯蔵建屋に対して十分な離隔距離を有していることから、①及び③の観点で波及的影響を及ぼすおそれはない。

(2) 送電鉄塔

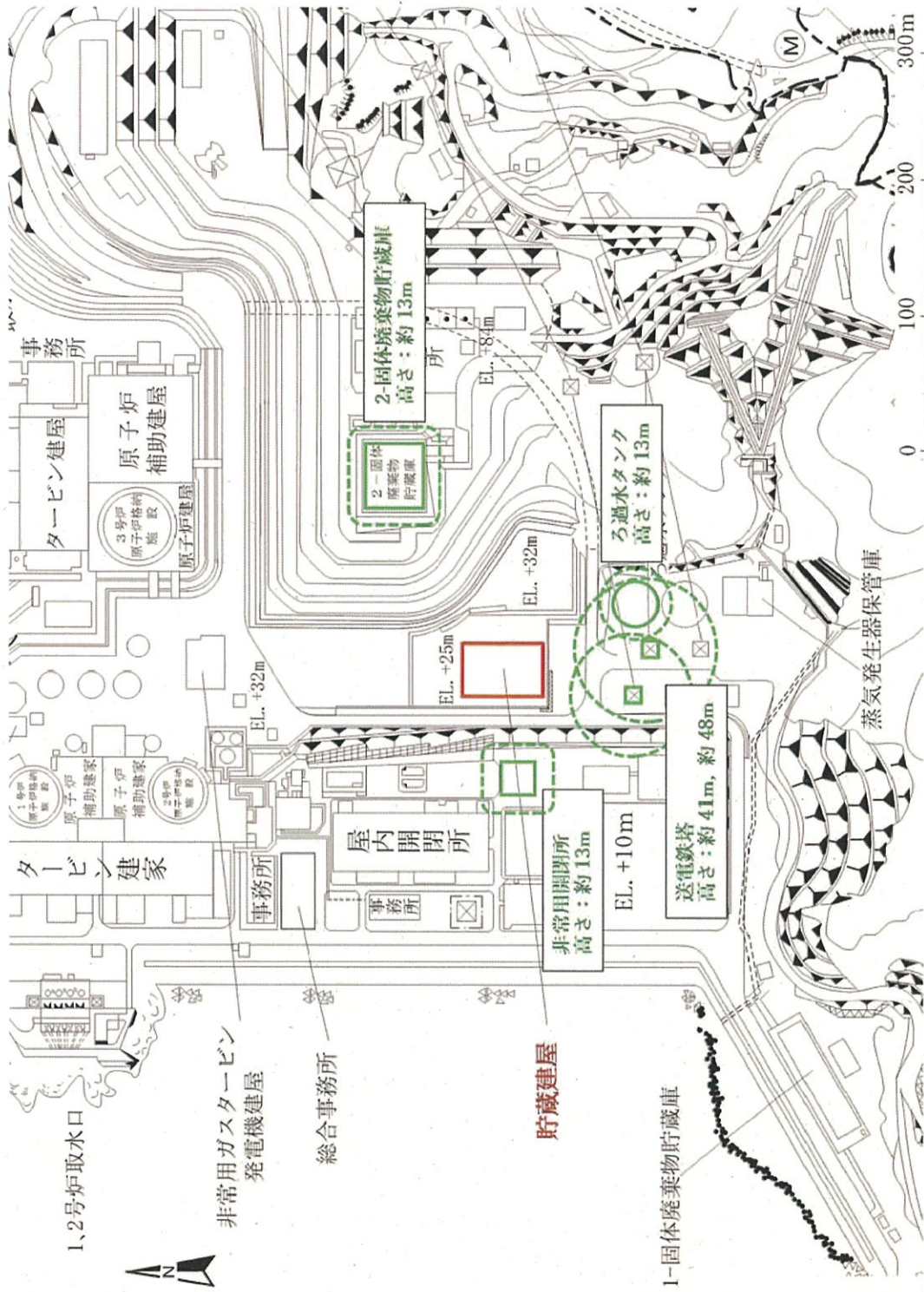
送電鉄塔（伊方北幹線 No. 1 及び伊方南幹線 No. 1）は、貯蔵建屋南側 EL. 20m 盤に設置された構造物であるが、貯蔵建屋に対して十分な離隔距離を有していることから、①及び③の観点で波及的影響を及ぼすおそれはない。

(3) ろ過水タンク

ろ過水タンクは、貯蔵建屋南側 EL. 20m 盤に設置された耐震 C クラスの屋外タンクであるが、貯蔵建屋に対して十分な離隔距離を有していることから、①及び③の観点で波及的影響を及ぼすおそれはない。

(4) 非常用開閉所

非常用開閉所は、貯蔵建屋西側 EL. 10m 盤に設置された建物であるが、貯蔵建屋に対して十分な離隔距離を有していることから、①及び③の観点で波及的影響を及ぼすおそれはない。



第6-1図 構内配置図

4条-別添3-12

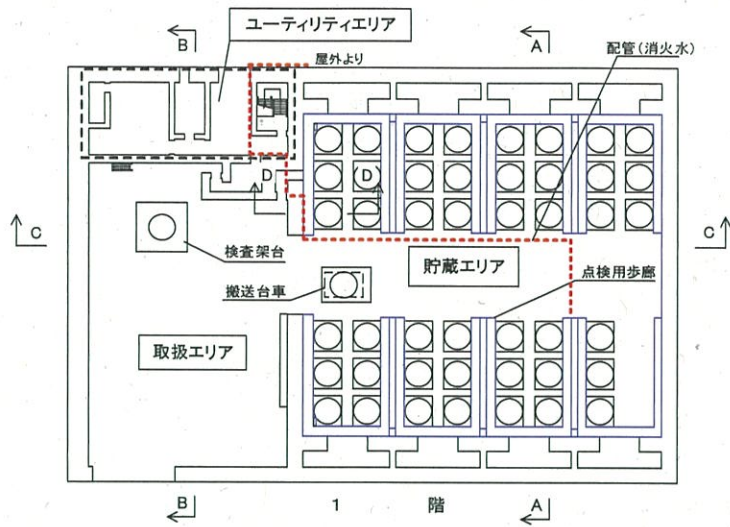
6.2 屋内施設

第 6-2 図及び第 6-3 図に示す貯蔵建屋内配置図より、第 6-1 表に示す貯蔵建屋内に設置する周辺施設等を抽出し、5 項に示す①及び③の観点の検討フローに基づき、乾式キャスクに対して波及的影響を及ぼさない設計とする。

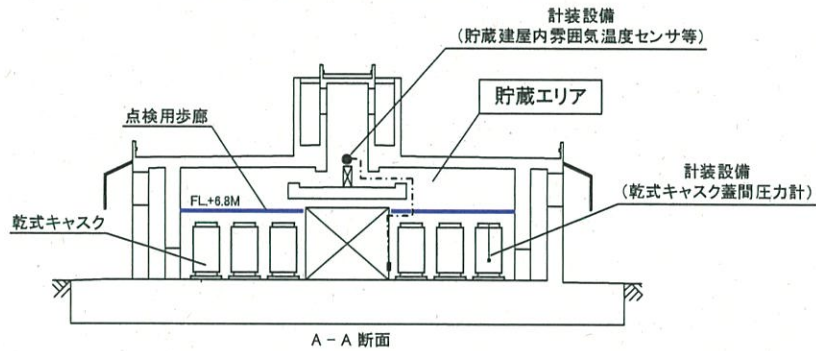
また、隣接する乾式キャスクを対象とし、5 項に示す②の観点の検討フローに基づき、乾式キャスクに対して波及的影響を及ぼさない設計とする。

第 6-1 表 貯蔵建屋内に設置する周辺施設等

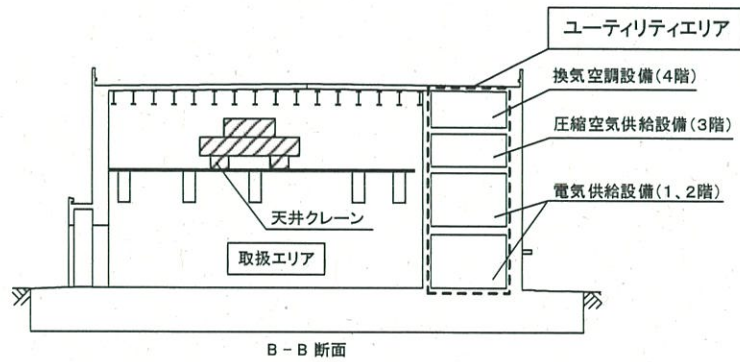
検討対象の設備	配置	対象とする 検討事象
貯蔵建屋	ー (全体)	③(2)
天井クレーン	取扱エリア	③(2)
搬送台車 (エアパレット)	取扱エリア, 貯蔵エ リア	③(2)
検査架台	取扱エリア	③(2)
点検用歩廊	貯蔵エリア	③(2)
計装設備	貯蔵エリア	③(2), ③(3)
周辺施設へのユーティリティ設備 (電気供給, 圧縮空気供給, 換気空調)	ユーティリティエリア	③(2)
渡り配管 (消火水) 及び渡り電路	屋外～取扱エリア	①(3)
配管 (消火水) 及び電路	取扱エリア, 貯蔵エ リア	③(2)
隣接する乾式キャスク	貯蔵エリア	②(1)



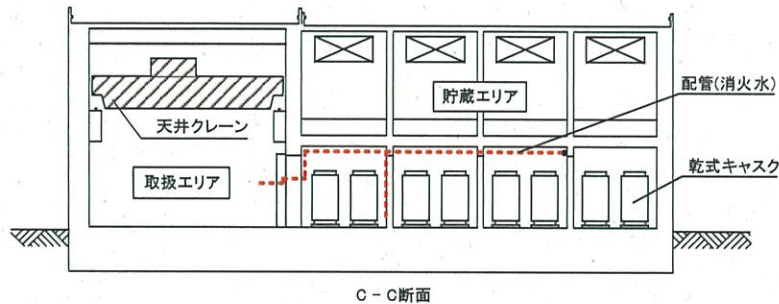
第6-2図 貯蔵建屋 平面図



A-A断面



B-B断面



C-C断面

第6-3図 貯蔵建屋 断面図

抽出した周辺施設等が乾式キャスクに対して波及的影響を及ぼさないように、以下のとおり設計する。

(1) 貯蔵建屋

貯蔵建屋は、離隔距離を確保するなどの配置上の対策は困難であり、地震により損壊した場合に、壁及び天井部が乾式キャスクに衝突することにより、乾式キャスクの安全機能に波及的影響を及ぼすおそれがある。このため、貯蔵建屋は基準地震動 S_s に対して損壊しない設計とする。(第 6-3 図)

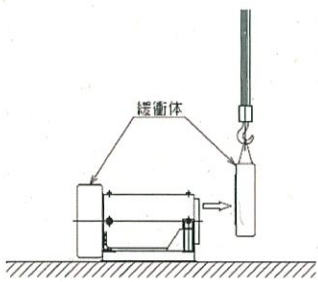
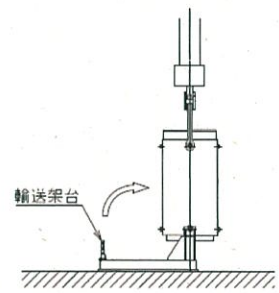
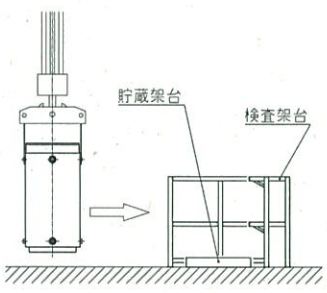
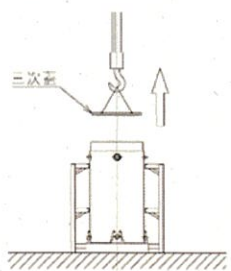
(2) 天井クレーン

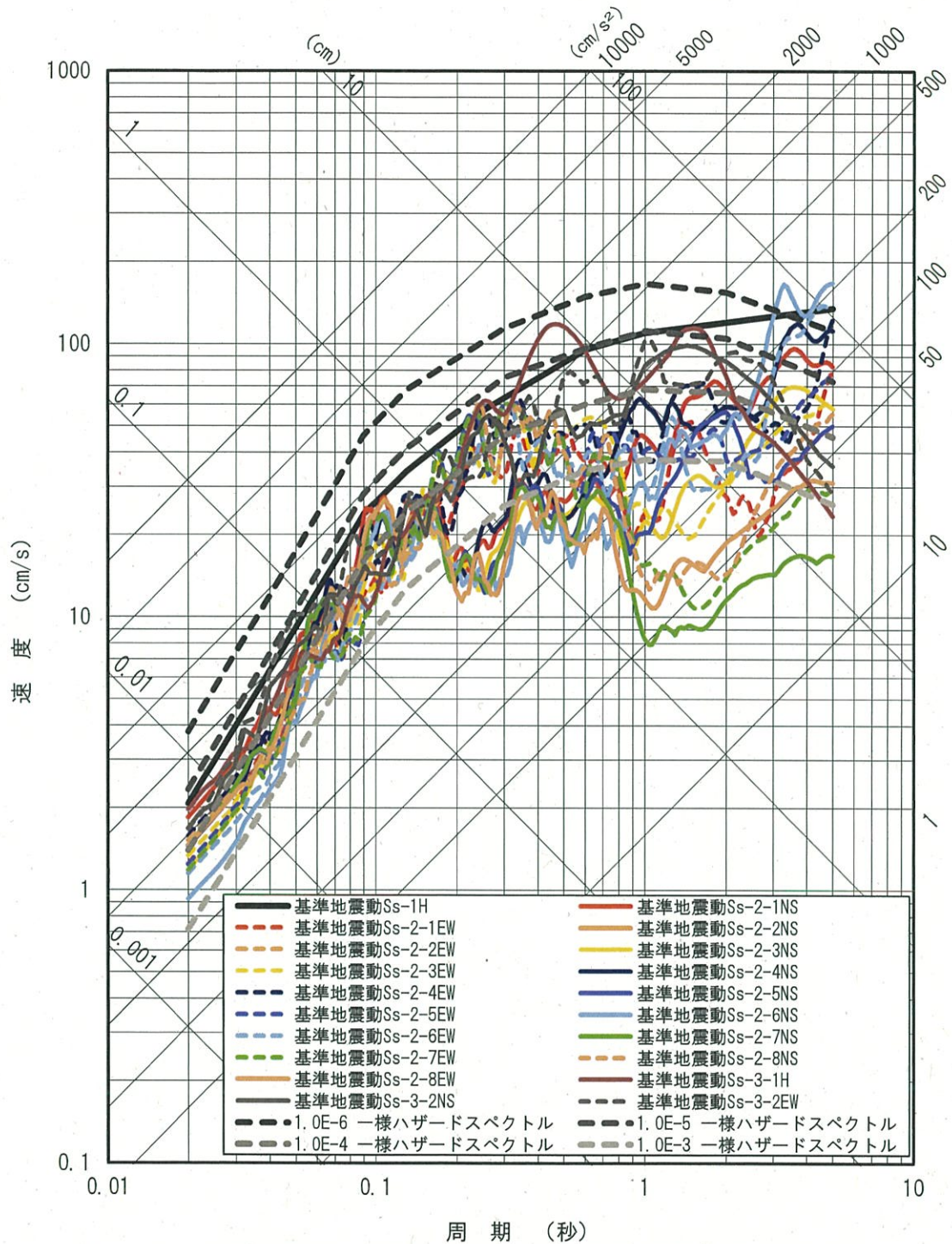
天井クレーンは、取扱エリアにおいて乾式キャスクを取り扱うものであり、乾式キャスクを取り扱うために乾式キャスクの上方に移動するが、天井クレーンが乾式キャスクの上方に位置するのは年間 1.5 時間程度(約 3 基程度)(第 6-2 表参照)と想定される。ここで、基準地震動 S_s の発生確率は、第 6-4 図及び第 6-5 図に示す伊方発電所の地震ハザード解析から得られる超過確率を参照し、JEAG4601・補-1984 で記載されている S_2 の発生確率($5 \times 10^{-4} \sim 10^{-5}$ /サイト・年)を S_s の超過確率に読み替え、最大値である 5×10^{-4} /年を適用する。

以上より、JEAG4601 の地震と組み合わせるべき事象に対する発生頻度及びその状態の継続時間の考え方を準用し、天井クレーンが乾式キャスクの上方に位置する時間及び地震動の超過確率を考慮し、検討した結果、天井クレーンが乾式キャスク上方に位置する時に S_s が発生する確率は 5×10^{-4} /年 \times 1.5 時間 \div (365 日 \times 24 時間) で算出され、 10^{-7} /年を下回ることを確認した。そのため、天井クレーンが乾式キャスクの上方に位置する事象は、基準地震動 S_s と組み合わせるべき事象として選定されない。

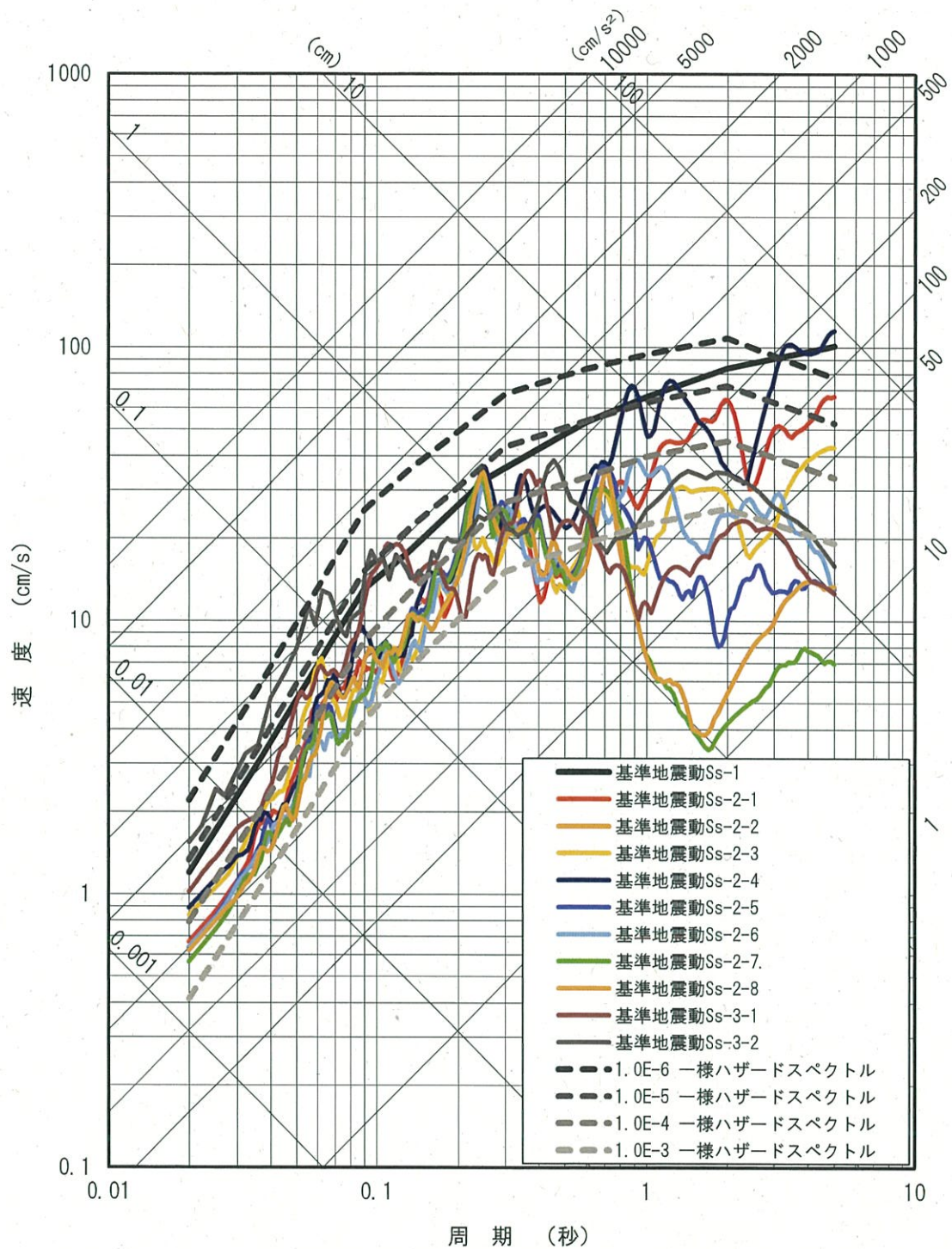
なお、貯蔵時の乾式キャスクに対しては波及的影響を及ぼさないように、貯蔵エリアには走行レールを敷設せず、貯蔵エリア上を走行することができない構造としている。(第 6-3 図 C-C 断面)

第6-2表 天井クレーンによる乾式キャスク1基あたりの取扱時間

取扱様態	クレーン操作	クレーン移動速度	クレーン移動距離	乾式キャスク取扱時間
緩衝体取外し 	クレーン巻き上げ	約 1.8 m/分	約 1m	約 1分
	クレーン横行	約 6 m/分	約 4m	約 1分
	合計			約 2分
乾式キャスク縦起こし 	クレーン巻き上げ	約 0.6 m/分	約 4m	約 7分
	クレーン走行	約 0.9 m/分	約 4m	約 7分
	合計			約 14分
吊り上げ、検査架台への移動 	クレーン巻き上げ 巻き下げ	約 0.6 m/分	約 2m	約 3分
	クレーン走行	約 6 m/分	約 5m	約 1分
	合計			約 4分
3次蓋取り外し 	クレーン巻き上げ	約 4.5 m/分	約 2m	約 1分
	クレーン走行	約 18 m/分	約 2m	約 1分
	合計			約 2分
合計			約 22分	



第6-4図 基準地震動の応答スペクトル及び解放基盤表面における地震動の一様ハザードスペクトル (水平方向)



第6-5図 基準地震動の応答スペクトル及び解放基盤表面における地震動の一様ハザードスペクトル (鉛直方向)

(3) 搬送台車 (エアパレット)

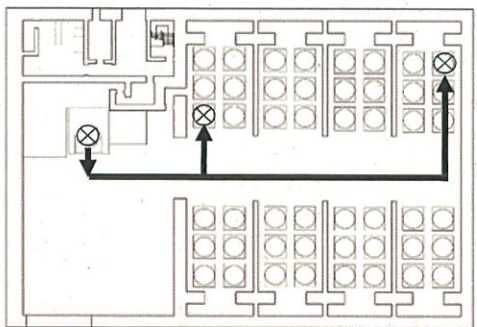
搬送台車は、乾式キャスクを取扱エリアから貯蔵エリアに搬送するものであり、乾式キャスクは貯蔵架台に載せた状態で搬送される。搬送に要する時間は年間 1.5 時間程度 (約 3 基程度) (第 6-3 表参照) と想定される。ここで、基準地震動 S_s の発生確率は、第 6-4 図及び第 6-5 図に示す伊方発電所の地震ハザード解析から得られる超過確率を参照し、JEAG4601・補-1984 で記載されている S_2 の発生確率 ($5 \times 10^{-4} \sim 10^{-5}$ / サイト・年) を S_s の超過確率に読み替え、最大値である 5×10^{-4} / 年を適用する。

以上より、JEAG4601 の地震と組み合わせるべき事象に対する発生頻度及びその状態の継続時間の考え方を準用し、乾式キャスクの搬送に要する時間及び地震動の超過確率を考慮し、検討した結果、乾式キャスクを搬送台車に載せ、搬送している時に S_s が発生する確率は 5×10^{-4} / 年 \times 1.5 時間 \div (365 日 \times 24 時間) で算出され、 10^{-7} / 年を下回ることを確認した。そのため、搬送台車により乾式キャスクを搬送する事象は、基準地震動 S_s と組み合わせるべき事象として選定されない。

また、仮に搬送台車が搬送中に逸走した場合には、貯蔵されている乾式キャスクの貯蔵架台と、搬送台車または搬送中の貯蔵架台が衝突するおそれがあるが、その際に乾式キャスク同士が衝突しないように、衝突時の乾式キャスクの接近量^{*}に対して貯蔵架台端部と乾式キャスク間の水平距離を十分に確保する設計とする。(第 6-2 図)

※：乾式キャスクは貯蔵架台に固定されていることから、衝突時には搬送台車及び乾式キャスク (貯蔵架台含む) が一体で傾く。この場合の貯蔵中の乾式キャスクへの接近量は、直立状態の乾式キャスク端部から、傾いた後の乾式キャスク端部までの水平距離を指す。

第 6-3 表 搬送台車 (エアパレット) による乾式キャスク 1 基あたりの取扱時間

取扱様態	搬送台車 移動速度	搬送台車 移動距離	乾式キャスク 取扱時間
乾式キャスク搬送 	2 m/分	平均約 45 m (約 25 m ~ 約 65 m)	約 22 分

(4) 検査架台

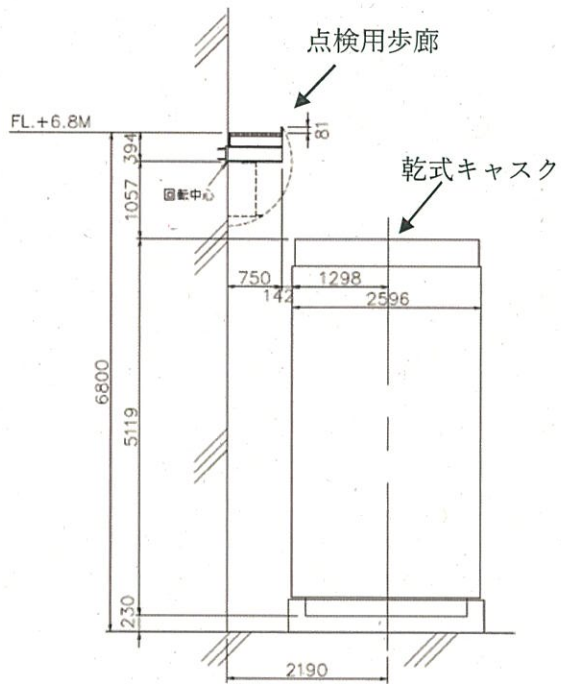
検査架台は、乾式キャスクの検査等のため、乾式キャスクの周囲に配置されるものである。

検査架台については「16 条 燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設」において、乾式キャスクと検査架台の衝突を想定しても、乾式キャスクの安全機能に影響がないことを確認しているため、損傷した場合にも乾式キャスクの安全機能に波及的影響を及ぼすおそれはない。(第 6-2 図)

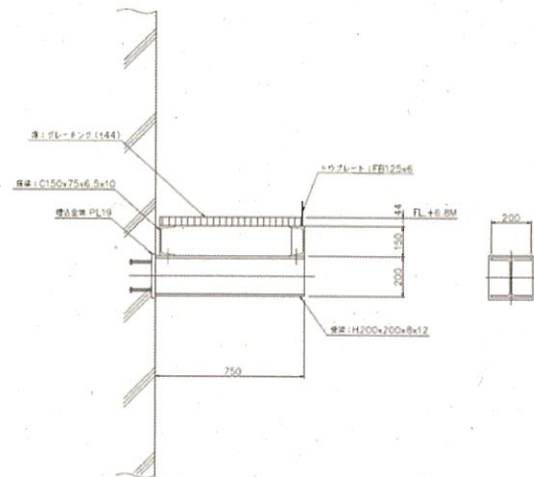
(5) 点検用歩廊

点検用歩廊は、貯蔵状態の乾式キャスクの点検等のため、貯蔵中の乾式キャスクの周囲に設置される。点検用歩廊は、貯蔵中の乾式キャスクへの波及的影響を及ぼさないように、乾式キャスクに衝突しない配置とする。

具体的には、点検用歩廊は、第 6-6 図に示すとおり設置することとしており、構造上最も弱い付け根部が損傷すると、乾式キャスクから遠ざかる方向に破壊が進むよう配置する。(第 6-2 図、第 6-3 図 A-A 断面、第 6-6 図)



カスクと点検用歩廊の位置関係
(第 6-2 図 D-D 断面)



点検用歩廊拡大図

第 6-6 図 点検用歩廊詳細図

(6) 計装設備

a. 乾式キャスク蓋間圧力計

乾式キャスク蓋間圧力計は、貯蔵状態の乾式キャスクの一次蓋と二次蓋間の圧力を監視するため、乾式キャスク蓋部及び胴部に設置される。乾式キャスク蓋間圧力計又はその計装配管が損傷した場合においても、乾式キャスクのバウンダリは維持される設計とする。(第 6-3 図 A-A 断面)

b. 貯蔵建屋内雰囲気温度計

貯蔵建屋内雰囲気温度計を構成する設備は、建屋内の雰囲気温度を監視するため、建屋排気口付近に設置される。温度計を構成する設備は軽量であり、乾式キャスク内部との接続はないため、損傷した場合にも乾式キャスクの安全機能に波及的影響を及ぼすおそれはない。(第 6-3 図 A-A 断面)

(7) 周辺施設へのユーティリティ設備

周辺施設へのユーティリティ設備は、主に天井クレーン、エアパレット等への電気・圧縮空気供給設備、作業用の給排気ファンが該当し、主にユーティリティエリアに設置され、乾式キャスクに衝突しない配置としていることから、ユーティリティ設備の転倒及び落下等を想定しても、乾式キャスクの安全機能に波及的影響を及ぼすおそれはない。(第 6-2 図, 第 6-3 図 B-B 断面)

(8) 渡り配管 (消火水) 及び渡り電路

乾式貯蔵施設への消火水の給水又は給電のため、貯蔵建屋外から貯蔵建屋内へ渡り配管 (消火水) 及び渡り電路を設置する。乾式キャスクは自然循環による空冷式であるため、渡り配管 (消火水) 及び渡り電路が損傷した場合にも乾式キャスクの安全機能に波及的影響を及ぼすおそれはない。

(9) 配管 (消火水) 及び電路

乾式貯蔵施設への消火水の給水又は給電のため、取扱エリア及び貯蔵エリア内に配管 (消火水) 及び電路を設置する。配管 (消火水) 及び電路は乾式キャスクに衝突しない程度に、十分離隔距離を確保する設計方針としていることから、配管、電路の転倒及び落下等を想定しても乾式キャスクの安全機能に波及的影響を及ぼすおそれはない。

配管 (消火水) 及び電路のうち、設計が確定している配管 (消火水) の配置を第 6-2 図, 第 6-3 図に示す。

(第 6-2 図, 第 6-3 図 C-C 断面)

(10) 隣接する乾式キャスク

乾式キャスク貯蔵時に、地震が発生した場合に、隣接する乾式キャスク同士が衝突しないように、衝突時の乾式キャスクの揺れ幅に対して乾式キャスク間の水平距離を十分に確保する設計とする。

(第 6-2 図, 第 6-3 図 A-A 断面, 第 6-3 図 C-C 断面)

7. 検討結果

乾式貯蔵施設の設置にあたって、乾式キャスクが、周辺施設等からの波及的影響によって安全機能を損なわないように設計することとする。

波及的影響として検討すべき事象に基づき、波及的影響を及ぼすおそれのある周辺施設等の抽出した結果、6項に示す施設又は設備が抽出されたため、当該施設又は設備の設計にあたっては必要な設計上の配慮を行うこととする。このうち、貯蔵建屋については、基準地震動 S_s に対して損壊しない設計とすることで、乾式キャスクへの波及的影響を及ぼさない設計とすることから、工事計画認可申請においてその耐震計算書を示す。

以 上