

VI-2-別添 3 可搬型重大事故等対処設備の耐震性に関する説明書

VI-2-別添 3-1 可搬型重大事故等対処設備の耐震計算の方針

目次

1. 概要	1
2. 耐震評価の基本方針	1
2.1 評価対象設備	1
2.2 評価方針	2
3. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界	33
3.1 荷重及び荷重の組合せ	33
3.2 許容限界	33
4. 耐震評価方法	42
4.1 車両型設備	42
4.2 ポンベ設備	66
4.3 可搬型空気浄化設備	78
4.4 その他設備	89
4.5 水平2方向及び鉛直方向地震力の考慮	92
5. 適用規格・基準等	92

1. 概要

本資料は、「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(以下「技術基準規則」という。)」第54条及び第76条並びにそれらの「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の解釈」に適合する設計とするため、VI-1-1-7「安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」(以下「VI-1-1-7」という。)の別添2「可搬型重大事故等対処設備の設計方針」(以下「VI-1-1-7-別添2」という。)にて設定する耐震重要度分類及び重大事故等対処施設の設備の分類に該当しない設備である可搬型重大事故等対処設備が、基準地震動 S_s による地震力に対して耐震性を有することを確認するための耐震計算方針について説明するものである。

なお、可搬型重大事故等対処設備への基準地震動 S_s による地震力に対する耐震性の要求は、技術基準規則の第5条及び第50条の対象ではない。

可搬型重大事故等対処設備の加振試験等に使用する保管場所の入力地震動は、VI-2-別添 3-2「可搬型重大事故等対処設備の保管エリア等における入力地震動」に、車両型設備の具体的な計算の方法及び結果は、VI-2-別添 3-3「可搬型重大事故等対処設備のうち車両型設備の耐震性についての計算書」に、ポンベ設備の具体的な計算の方法及び結果は、VI-2-別添 3-4「可搬型重大事故等対処設備のうちポンベ設備の耐震性についての計算書」に、可搬型空気浄化設備の具体的な計算の方法及び結果は、VI-2-別添 3-5「可搬型重大事故等対処設備のうち可搬型空気浄化設備の耐震性についての計算書」に、その他設備の具体的な計算の方法及び結果は、VI-2-別添 3-6「可搬型重大事故等対処設備のうちその他設備の耐震性についての計算書」に示すとともに、動的地震力の水平2方向及び鉛直方向の組合せに対する各設備の影響評価結果については、VI-2-別添 3-7「可搬型重大事故等対処設備の水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果」に示す。

2. 耐震評価の基本方針

可搬型重大事故等対処設備の耐震評価は、「2.1 評価対象設備」に示す評価対象設備を対象として、構造強度評価、転倒評価及び機能維持評価を実施して、地震後において重大事故等に対処するための機能を損なわないこと、及び車両型設備の支持機能及び移動機能が損なわれないことを確認する。

また、波及的影響評価を実施し、当該設備がすべり及び傾くことによる波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないことを確認する。

可搬型重大事故等対処設備は、基準地震動 S_s による地震力に対してその機能を維持できる設計とすることを踏まえ、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が必要な設備は、水平2方向及び鉛直方向地震力を適切に組み合わせて評価を実施する。影響評価方法は「4.5 水平2方向及び鉛直方向地震力の考慮」に示す。

2.1 評価対象設備

評価対象設備は、VI-1-1-7-別添2の「3. 設備分類」に設定している車両型設備、ポンベ設備、可搬型空気浄化設備及びその他設備を対象とし、表2-1に示す。また、評価を要しない可

搬型重大事故等対処設備についても併せて示す。

VI-1-1-7-別添2にて設定している対象設備の構造計画を表2-2に示す。

2.2 評価方針

可搬型重大事故等対処設備の耐震評価は、VI-1-1-7-別添2の「3. 設備分類」に設定している車両型設備、ポンベ設備、可搬型空気浄化設備及びその他設備の分類ごとに定める構造強度評価、転倒評価、機能維持評価及び波及的影響評価並びに水平2方向及び鉛直方向地震力の考慮に従って実施する。

可搬型重大事故等対処設備の耐震評価の評価部位は、VI-1-1-7-別添2の「4.2 性能目標」で設定している設備ごとの構造強度上の性能目標を踏まえて、表2-3に示すとおり設定する。

(1) 車両型設備

a. 構造強度評価

車両型設備の構造強度評価については、VI-1-1-7-別添2の「6.3(1)b.(a) 構造強度」にて設定している評価方針に基づき、基準地震動 S_s による地震力に対し、車両に積載しているポンプ、発電機、内燃機関等の支持部の取付ボルト及びコンテナ取付ボルトが、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とどまって破断延性限界に十分な余裕を有することを、計算により確認する。ここで、車両型設備に求められる主たる機能を担うポンプ、発電機、内燃機関等の支持部の取付ボルトを直接支持構造物、この直接支持構造物を支持するコンテナの取付ボルトを間接支持構造物とする。

その評価方法は、「4.1(2) 構造強度評価」に示すとおり、加振試験にて得られる応答加速度を用いて、車両に積載しているポンプ、発電機、内燃機関等の支持部の取付ボルト及びコンテナ取付ボルトの評価を行う。評価に当たっては、実機における車両型設備の応答の不確実さを考慮し、加振試験で測定された評価部位頂部の応答加速度を用いる。

b. 転倒評価

車両型設備の転倒評価については、VI-1-1-7-別添2の「6.3(1)b.(b) 転倒」にて設定している評価方針に基づき、ポンプ、発電機、内燃機関等の機器を積載している車両型設備全体は、基準地震動 S_s による地震力に対し、保管場所の地表面の最大応答加速度が、加振試験により転倒しないことを確認した加振台の最大加速度以下であることにより確認する。

その評価方法は「4.1(3) 転倒評価」に示すとおり加振試験により転倒しないことを確認する。

c. 機能維持評価

車両型設備の支持機能、移動機能、動的及び電氣的機能維持評価については、VI-1-1-7-別添2の「6.3(1)b.(c) 機能維持」にて設定している評価方針に基づき、車両部は、基準地震動 S_s による地震力に対し、保管場所の地表面の最大応答加速度が、加振試験により

積載物の支持機能及び車両型設備としての自走、牽引等による移動機能を維持できることを確認した加振台の最大加速度以下であることにより確認する。

また、車両に積載しているポンプ、発電機、内燃機関等は、基準地震動 S_s による地震力に対し、保管場所の地表面の最大応答加速度が、加振試験により、ポンプの送水機能、発電機の発電機能、内燃機関の駆動機能等の動的及び電氣的機能を維持できることを確認した加振台の最大加速度以下であることにより確認する。

それらの評価方法は「4.1(4) 機能維持評価」に示すとおり、加振試験により機能が維持できることを確認する。

d. 波及的影響評価

車両型設備の波及的影響評価については、VI-1-1-7-別添 2 の「6.3(1)b. (d) 波及的影響」にて設定している評価方針に基づき、車両型設備はサスペンションのようなばね構造を有するため設備に生じる地震荷重により傾きが生じること、またタイヤが固定されていないためすべりを生じることから、基準地震動 S_s による地震力に対し、当該設備による波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないことを確認する。具体的には、各設備のすべり及び傾きによる設備頂部の変位量が、VI-2-別添 3-3「可搬型重大事故等対処設備のうち車両型設備の耐震性についての計算書」にて設定する離隔距離未満であることにより確認する。

その評価方法は、「4.1(5) 波及的影響評価」に示すとおり、加振試験により確認した車両型設備頂部の変位量を基に評価を行う。

(2) ボンベ設備

a. 構造強度評価

ボンベ設備の構造強度評価については、VI-1-1-7-別添 2 の「6.3(2)b. (a) 構造強度」にて設定している評価方針に基づき、基準地震動 S_s による地震力に対し、ボンベを収納するボンベラック及びこれを床又は壁に固定する溶接部が、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とどまって破断延性限界に十分な余裕を有することを、計算により確認する。また、これを満足することで、転倒しないことを確認する。

その評価方法は、「4.2(2) 構造強度評価」に示すとおり、固有値解析により算出する固有周期及び地震による荷重を用いて、ボンベラック及びこれを床又は壁に固定する溶接部の評価を行う。

b. 波及的影響評価

ボンベ設備の波及的影響評価については、VI-1-1-7-別添 2 の「6.3(2)b. (c) 波及的影響」にて設定している評価方針に基づき実施する。基準地震動 S_s による地震力に対し、ボンベを収納するボンベラック、これを床又は壁に固定する溶接部が、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とどまって破断延性限界に十分な余裕を有することを、計算により確認することで、波及的影響を及ぼさないことを確認する。

(3) 可搬型空気浄化設備

a. 構造強度評価

可搬型空気浄化設備の構造強度評価については、VI-1-1-7-別添2の「6.3.(3)b.(a) 構造強度」にて設定している評価方針に基づき、基準地震動 S_s による地震力及び風荷重に対し、固縛装置、送風機及び原動機の取付ボルトが、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とどまって破断延性限界に十分な余裕を有することを、計算により確認する。また、これを満足することで、転倒しないことを確認する。

その評価方法は、「4.3(2) 構造強度評価」に示すとおり、固有値解析により算出する固有周期及び地震による荷重を用いて固縛装置等の評価を行う。

b. 機能維持評価

可搬型空気浄化設備の機能維持評価については、VI-1-1-7-別添2の「6.3.(3)b.(c) 機能維持」にて設定している評価方針に基づき、送風機及び原動機は、基準地震動 S_s による地震力に対し、緊急時対策所を換気する送風機の送風機能及び原動機の駆動機能の動的及び電氣的機能を保持できることを、保管場所の地表面の最大加速度が、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」の表4-1に記載の機能確認済加速度以下であることにより確認する。

その評価方法は、「4.3(3) 機能維持評価」に示すとおり、固有値解析により算出した固有周期及び、保管場所の地表面の最大応答加速度を用いて評価を行う。

c. 波及的影響評価

可搬型空気浄化設備の波及的影響評価については、VI-1-1-7-別添2の「6.3.(3)b.(d) 波及的影響」にて設定している評価方針に基づき、基準地震動 S_s による地震力及び風荷重に対し、可搬型空気浄化フィルタユニット及び可搬型空気浄化送風機を地面に固縛する固縛装置が、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とどまって破断延性限界に十分な余裕を有することを、計算により確認することで、波及的影響を及ぼさないことを確認する。

(4) その他設備

その他設備のうち筐体内に保管する設備（プラントパラメータ監視装置、酸素濃度計、二酸化炭素濃度計、有線式通信設備）及び筐体を筐体保管設備と定義し、それ以外の設備及び設備を保管するラック等を筐体保管設備以外と定義する。

筐体保管設備については、筐体が壁付の盤と同等の構造であるため、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき、筐体取付ボルト及び基礎ボルトの健全性を確認するとともに、筐体内に保管する設備は加振試験により健全性を確認する。一方で、筐体保管設備以外については、構造が複雑であり、重心位置の設定や理論式による計算が困難であるため、保管状態を模擬した加振試験により健全性を確認する。

a. 構造強度評価

その他設備のうち筐体保管設備以外の構造強度評価については、VI-1-1-7-別添 2 の「6.3(4)b.(a) 構造強度」にて設定している評価方針に基づき、基準地震動 S_s による地震力に対し、スリング等が支持機能を喪失しないことを、「b. 転倒評価」、「c. 機能維持評価」及び「d. 波及的影響評価」により確認する。

また、その他設備のうち筐体保管設備の構造強度評価については、VI-1-1-7-別添 2 の「6.3(4)b.(a) 構造強度」にて設定している評価方針に基づき、基準地震動 S_s による地震力に対し、設備を収納する筐体を壁に固定する基礎ボルト及び筐体取付ボルトが、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とどまって破断延性限界に十分な余裕を有することを、計算により確認する。

b. 転倒評価

その他設備のうち筐体保管設備以外の転倒評価については、VI-1-1-7-別添 2 の「6.3(4)b.(b) 転倒」にて設定している評価方針に基づき、基準地震動 S_s による地震力に対し、保管場所における設置床又は地表面の最大応答加速度が、加振試験により転倒を防止するためのスリング等の健全性を確認した加振台の最大加速度以下であることを確認する。

その評価方法は、「4.4(3) 転倒評価」に示すとおり、加振試験によりスリング等が健全であることを確認する。

また、その他設備のうち筐体保管設備については、構造強度評価により筐体が転倒しないことを確認する。

c. 機能維持評価

その他設備の機能維持評価については、VI-1-1-7-別添 2 の「6.3(4)b.(c) 機能維持」にて設定している評価方針に基づき、基準地震動 S_s による地震力に対し、保管場所における設置床又は地表面の最大応答加速度が、加振試験により計測機能、給電機能等の動的及び電氣的機能並びにスリング等の支持機能を維持できることを確認した加振台の最大加速度以下であることを確認する。

その評価方法は、「4.4(4) 機能維持評価」に示すとおり、加振試験により機能が維持できることを確認する。

d. 波及的影響評価

その他設備のうち筐体保管設備以外の波及的影響評価については、VI-1-1-7-別添 2 の「6.3(4)b.(d) 波及的影響」にて設定している評価方針に基づき、基準地震動 S_s による地震力に対し、床、壁、架台等に固定するスリング等が健全であることを加振試験により確認することで、波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないことを確認する。

その他設備に使用しているスリング等は、基準地震動 S_s による地震力に対し、対象設

備の重心高さを考慮してスリング等の設置位置を設定するとともに、保管場所における設置床又は地表面の最大応答加速度によりスリング等が受ける荷重に対して十分な裕度を持たせて選定を行う。スリング等の支持機能については、保管状態を模擬した加振試験により確認する。

また、その他設備のうち筐体保管設備については、構造強度評価により筐体が波及的影響を及ぼさないことを確認する。

以上を踏まえ、以降では、可搬型重大事故等対処設備の耐震計算に用いる荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界について、「3. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界」に示し、車両型設備、ポンベ設備、可搬型空気浄化設備及びその他設備の分類ごとの耐震評価方法を評価項目ごとに「4. 耐震評価方法」に示す。

表 2-1 可搬型重大事故等対処設備 (1/4)

VI-1-1-7-別添 2 の分類	設備名称	VI-2-別添 3 での記載箇所 又は評価を要しない理由
車両型設備	ホイールローダ	重心が低く、地震により転倒せず、機能喪失しない。
	大量送水車	別添 3-3
	移動式代替熱交換設備	別添 3-3
	可搬式窒素供給装置	別添 3-3
	大型送水ポンプ車 (原子炉補機冷却系用)	別添 3-3
	大型送水ポンプ車 (原子炉建物放水設備用)	別添 3-3
	高圧発電機車 (タイプ I)	別添 3-3
	高圧発電機車 (タイプ II)	別添 3-3
	タンクローリ (タイプ I)	別添 3-3
	タンクローリ (タイプ II)	別添 3-3
	緊急時対策所用発電機	別添 3-3
第 1 ベントフィルタ出口水素濃度	別添 3-3	
ポンベ設備	逃がし安全弁用窒素ガスポンベ	別添 3-4
	中央制御室待避室正圧化装置 (空気ポンベ)	別添 3-4
	空気ポンベ加圧設備 (空気ポンベ)	別添 3-4
可搬型空気浄化設備	緊急時対策所空気浄化フィルタユニット	別添 3-5

表 2-1 可搬型重大事故等対処設備 (2/4)

VI-1-1-7-別添 2 の分類	設備名称	VI-2-別添 3 での記載箇所 又は評価を要しない理由
可搬型空気浄化設備	緊急時対策所空気浄化送風機	別添 3-5
その他設備	主蒸気逃がし安全弁用蓄電池	別添 3-6
	大量送水車入口ライン取水用 10m ホース	地震による転倒に対し、機能喪失しない。
	大量送水車入口ライン取水用 10m 吸水管	地震による転倒に対し、機能喪失しない。
	大量送水車入口ライン取水用 10m ホース	地震による転倒に対し、機能喪失しない。
	大量送水車出口ライン送水用 50m, 10m, 5m, 1m ホース	地震による転倒に対し、機能喪失しない。
	大量送水車出口ライン送水用 20m, 5m, 2m, 1m ホース	地震による転倒に対し、機能喪失しない。
	大量送水車出口ライン送水用 20m ホース	地震による転倒に対し、機能喪失しない。
	大量送水車出口ライン送水用 10m ホース	地震による転倒に対し、機能喪失しない。
	可搬型ストレナ	地震による転倒に対し、機能喪失しない。
	可搬型スプレイノズル	地震による転倒に対し、機能喪失しない。
	大型送水ポンプ車入口ライン取 水用 20m, 5m, 1m ホース	地震による転倒に対し、機能喪失しない。
	大型送水ポンプ車出口ライン送 水用 50m, 5m, 2m ホース	地震による転倒に対し、機能喪失しない。
	大型送水ポンプ車出口ライン送 水用 15m ホース	地震による転倒に対し、機能喪失しない。
	大型送水ポンプ車出口ライン送 水用 10m, 5m ホース	地震による転倒に対し、機能喪失しない。
	大型送水ポンプ車出口ライン送 水用 1m ホース	地震による転倒に対し、機能喪失しない。
	移動式代替熱交換設備入口ライ ン戻り用 5m ホース	地震による転倒に対し、機能喪失しない。

表 2-1 可搬型重大事故等対処設備 (3/4)

VI-1-1-7-別添 2 の分類	設備名称	VI-2-別添 3 での記載箇所 又は評価を要しない理由
その他設備	移動式代替熱交換設備出口ライン供給用 5m ホース	地震による転倒に対し、機能喪失しない。
	可搬式窒素供給装置用 10m ホース	地震による転倒に対し、機能喪失しない。
	可搬式窒素供給装置用 20m ホース	地震による転倒に対し、機能喪失しない。
	可搬式窒素供給装置用 2m ホース	地震による転倒に対し、機能喪失しない。
	放水砲	重心が低く、地震により転倒せず、機能喪失しない。
	放射性物質吸着材	地震による転倒に対し、機能喪失しない。
	シルトフェンス	地震による転倒に対し、機能喪失しない。
	小型船舶	別添 3-6
	泡消火薬剤容器	航空機燃料火災時に使用するものであり、耐震性は要求されない。
	タンクローリ給油用 20m, 7m ホース	地震による転倒に対し、機能喪失しない。
	タンクローリ送油用 20m ホース	地震による転倒に対し、機能喪失しない。
	タンクローリ給油用 7m ホース	地震による転倒に対し、機能喪失しない。
	可搬型計測器	別添 3-6
	プラントパラメータ監視装置 (中央制御室待避室)	別添 3-6
	酸素濃度計	別添 3-6
	二酸化炭素濃度計	別添 3-6
	LEDライト (三脚タイプ)	別添 3-6
	可搬式モニタリングポスト	別添 3-6
データ表示装置 (可搬式モニタリングポスト用)	別添 3-6	
可搬式ダスト・よう素サンプラ	別添 3-6	

表 2-1 可搬型重大事故等対処設備 (4/4)

VI-1-1-7-別添 2 の分類	設備名称	VI-2-別添 3 での記載箇所 又は評価を要しない理由
その他設備	NaI シンチレーションサーベイメータ	別添 3-6
	GM汚染サーベイメータ	別添 3-6
	可搬式気象観測装置	別添 3-6
	データ表示装置 (可搬式気象観測装置用)	別添 3-6
	電離箱サーベイメータ	別添 3-6
	α・β線サーベイメータ	別添 3-6
	窒素ガスボンベ連結管～窒素ガスボンベ連結管接続口	地震による転倒に対し、機能喪失しない。
	空気供給装置連結管	地震による転倒に対し、機能喪失しない。
	空気ボンベ加圧設備空気ボンベ連結管～空気ボンベ加圧設備空気ボンベ連結管接続口	地震による転倒に対し、機能喪失しない。
	空気ボンベ加圧設備空気ボンベ連結管接続口～フレキシブルチューブ接続口 (上流側)	地震による転倒に対し、機能喪失しない。
	空気ボンベ加圧設備用 1.5m フレキシブルチューブ	地震による転倒に対し、機能喪失しない。
	フレキシブルチューブ接続口 (下流側)～建物加圧空気配管接続口 (上流側)	地震による転倒に対し、機能喪失しない。
	空気ボンベ加圧設備用 2.3m フレキシブルホース	地震による転倒に対し、機能喪失しない。
	緊急時対策所空気浄化装置用 2.5m, 1.5m 可搬型ダクト	地震による転倒に対し、機能喪失しない。
	可搬式エリア放射線モニタ	別添 3-6
	可搬ケーブル	地震による転倒に対し、機能喪失しない。
	有線式通信設備	別添 3-6
	無線通信設備 (携帯型)	別添 3-6
	衛星電話設備 (携帯型)	別添 3-6

表 2-2 可搬型重大事故等対処設備の構造計画 (1/4)

設備分類	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
<p>【位置】</p> <p>屋内の可搬型重大事故等対処設備は、VI-1-1-7 の要求を満たす耐震性を有する保管場所として、原子炉建物、廃棄物処理建物、制御室建物、緊急時対策所に保管する設計とする。</p> <p>屋外の可搬型重大事故等対処設備は、VI-1-1-7 の要求を満たす地盤安定性を有する保管場所として、第1保管エリア、第2保管エリア、第3保管エリア及び第4保管エリアに保管する設計とする。</p>			
車両型設備	サスペンションを有し、地震に対する影響を軽減できる構造であるとともに、早期の重大事故等への対処を考慮し、自走、牽引等にて移動できる構造とし、車両、ポンプ、発電機、内燃機関等により構成する。	ポンプ、発電機、内燃機関等は、コンテナに直接支持構造物である取付ボルトにて固定する。ポンプ、発電機、内燃機関等を収納したコンテナは、間接支持構造物であるトラック又はトラクタ・トレーラに積載し取付ボルトにより固定し、保管場所に固定せずに保管する。	図 2-1
ポンベ設備	(ボンベラック)		図 2-2 図 2-3
	ボンベラックは、溶接にて組み立てたフレームにポンベを固定板及びポンベ押さえボルトによって固定する構造である。	ボンベラックは、壁又は床面に基礎ボルトにて設定したアンカプレートに溶接にて固定する。	
	(ボンベカードル)		図 2-4
	ボンベカードルは、溶接及びボルトにて組み立てたフレームにポンベ (30 本) を固定する構造である。	ボンベカードルのフレームは、取付ボルトにて取付架台に設置する。取付架台は、溶接にて埋込金物に固定する。	

表 2-2 可搬型重大事故等対処設備の構造計画 (2/4)

設備分類	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
可搬型空気浄化設備	(緊急時対策所空気浄化フィルタユニット)		図 2-5
	緊急時対策所空気浄化フィルタユニット及びこれを支持する固縛装置 (機器固縛金具, アイプレート及びシャックル) により構成する。	緊急時対策所空気浄化フィルタユニットは機器本体と設置用フレームの間を固縛装置 (機器固縛金具, アイプレート及びシャックル) にて固縛する。	
	(緊急時対策所空気浄化送風機)		図 2-6
	緊急時対策所空気浄化送風機 (原動機及び送風機) 及びこれを支持する固縛装置 (機器固縛金具, アイプレート及びシャックル) により構成する。	緊急時対策所空気浄化送風機は機器本体と設置用フレームの間を固縛装置 (機器固縛金具, アイプレート及びシャックル) にて固縛する。 原動機は送風機に原動機取付ボルトで固定し, 送風機は送風機取付ボルトで緊急時対策所空気浄化送風機に固定する。	

表 2-2 可搬型重大事故等対処設備の構造計画 (3/4)

設備分類	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	支持構造
その他設備	(収納箱拘束保管：GM汚染サーベイメータの例)		図 2-7
	GM汚染サーベイメータ及びこれを収納する収納箱で構成する。	緩衝材を内装した収納箱にGM汚染サーベイメータを収納し、スリングを用いて固縛する。スリングは床にボルトで固定する。	
	(コンテナ内拘束保管：可搬式モニタリングポストの例)		図 2-8
	可搬式モニタリングポスト及びこれを収納するコンテナで構成する。	可搬式モニタリングポストは、コンテナ内にその保管箱をスリングで固縛する。スリングは、コンテナにボルトで固定する。コンテナは、地表面にボルトで固定して保管する。	
	(架台拘束保管：小型船舶の例)		図 2-9
	小型船舶及び専用架台で構成する。	小型船舶はスリングで専用架台に固縛し、スリングは地表面にボルトで固定する。専用架台は地表面にボルトで固定する。	
	(本体拘束保管：主蒸気逃がし安全弁用蓄電池の例)		図 2-10
	主蒸気逃がし安全弁用蓄電池で構成する。	主蒸気逃がし安全弁用蓄電池は、固定金具に取付ボルトで固定し、固定金具は床に基礎ボルトで固定する。	

表 2-2 可搬型重大事故等対処設備の構造計画 (4/4)

設備分類	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	支持構造
その他設備	(ラック固縛保管：有線式通信設備の例)		図 2-11
	有線式通信設備及びそれを収納するラックで構成する。	有線式通信設備は、ラックにラッシングベルトで固縛し、ラックはチャンネルベースにラック取付ボルトで固定する。チャンネルベースは、床に基礎ボルトで固定する。	
	(筐体固縛保管：プラントパラメータ監視装置の例)		図 2-12
	プラントパラメータ監視装置及びそれを収納する筐体で構成する。	プラントパラメータ監視装置は、筐体にラッシングベルトで固縛し、筐体はチャンネルベースに筐体取付ボルトで固定する。チャンネルベースは、壁面に基礎ボルトで固定する。	

表 2-3 可搬型重大事故等対処設備 構造強度評価部位 (1/12)

設備名称	設備分類	評価部位		選定理由
		直接支持構造物	間接支持構造物	
タンクローリ (タイプⅠ)	車両型 設備	タンク取付ボルト ポンプ取付ボルト	—	タンクローリは、燃料を内包し輸送できる圧力容器であり、十分な強度を有した設計である。保管状態は、タンクが空の状態であり、地震時に考慮すべき荷重は、タンクの転倒モーメントであり、当該モーメントはタンク取付ボルトに掛かることからタンク取付ボルトを評価対象とする。また、J E A G 4 6 0 1-1991 において剛構造のポンプは、構造強度評価対象が取付ボルト、基礎ボルトが評価対象となる旨が規定されている。ポンプは、内圧に耐える肉厚構造の設計となっていることから、当該設備は J E A G 4 6 0 1-1991 に記載されているポンプと同等の構造とみなすことができるため、評価対象はポンプの取付ボルトとする。
タンクローリ (タイプⅡ)	車両型 設備	タンク取付ボルト ポンプ取付ボルト	—	タンクローリは、燃料を内包し輸送できる圧力容器であり、十分な強度を有した設計である。保管状態は、タンクが空の状態であり、地震時に考慮すべき荷重は、タンクの転倒モーメントであり、当該モーメントはタンク取付ボルトに掛かることからタンク取付ボルトを評価対象とする。また、J E A G 4 6 0 1-1991 において剛構造のポンプは、構造強度評価対象が取付ボルト、基礎ボルトが評価対象となる旨が規定されている。ポンプは、内圧に耐える肉厚構造の設計となっていることから、当該設備は J E A G 4 6 0 1-1991 に記載されているポンプと同等の構造とみなすことができるため、評価対象はポンプの取付ボルトとする。

表 2-3 可搬型重大事故等対処設備 構造強度評価部位 (2/12)

設備名称	設備 分類	評価部位		選定理由
		直接支持構造物	間接支持構造物	
大量送水車	車両型 設備	ポンプ取付ボルト 発電機取付ボルト	コンテナ取付ボルト	<p>ポンプ及び発電機は、J E A G 4 6 0 1-1991 において構造強度評価対象が取付ボルト及び基礎ボルトが評価対象となる旨が規定されている。ポンプは、内圧に耐える肉厚構造の設計となっており、剛構造であり、発電機は、重量の大きな固定子、回転子を支持するケーシングからなる剛構造であることから当該設備は J E A G 4 6 0 1-1991 に記載されているポンプ及び発電機と同等の構造とみなすことができるため評価対象は、ポンプ及び発電機取付ボルトとする。</p> <p>車両部については、間接支持構造物の主たる支持構造物であり、支持機能が失われた場合に影響が大きい部位である車両フレーム、コンテナ台板及びコンテナ取付ボルトのうち断面積の小さなコンテナ取付ボルトを評価対象とする。</p>

表 2-3 可搬型重大事故等対処設備 構造強度評価部位 (3/12)

設備名称	設備分類	評価部位		選定理由
		直接支持構造物	間接支持構造物	
高圧発電機車 (タイプ I)	車両型 設備	発電機取付ボルト 内燃機関取付ボルト	コンテナ取付ボルト	<p>発電機及び内燃機関については、非常用電源設備として J E A G 4 6 0 1-1991において発電機等は剛構造であり構造強度評価対象は基礎ボルトが評価対象となる旨が規定されている。発電機は、重量の大きな固定子、回転子を支持するケーシングからなる剛構造であり、内燃機関は、シリンダブロックが内圧に耐える肉厚構造の設計であり剛構造であることから当該設備は J E A G 4 6 0 1-1991に記載されている発電機や内燃機関と同等の構造とみなすことができるため、評価対象は発電機、内燃機関取付ボルトを対象とする。</p> <p>車両部については、間接支持構造物の主たる支持構造物であり、支持機能が失われた場合に影響が大きい部位である車両フレーム、コンテナ台板、コンテナ取付ボルトのうち断面積の小さなコンテナ取付ボルトを評価対象とする。</p>

表 2-3 可搬型重大事故等対処設備 構造強度評価部位 (4/12)

設備名称	設備分類	評価部位		選定理由
		直接支持構造物	間接支持構造物	
高圧発電機車 (タイプⅡ)	車両型 設備	発電機取付ボルト 内燃機関取付ボルト	コンテナ取付ボルト	<p>発電機及び内燃機関については、非常用電源設備として J E A G 4 6 0 1-1991において発電機等は剛構造であり構造強度評価対象は基礎ボルトが評価対象となる旨が規定されている。発電機は、重量の大きな固定子、回転子を支持するケーシングからなる剛構造であり、内燃機関は、シリンダブロックが内圧に耐える肉厚構造の設計であり剛構造であることから当該設備は J E A G 4 6 0 1-1991に記載されている発電機や内燃機関と同等の構造とみなすことができるため、評価対象は発電機、内燃機関取付ボルトを対象とする。</p> <p>車両部については、間接支持構造物の主たる支持構造物であり、支持機能が失われた場合に影響が大きい部位である車両フレーム、コンテナ台板、コンテナ取付ボルトのうち断面積の小さなコンテナ取付ボルトを評価対象とする。</p>

表 2-3 可搬型重大事故等対処設備 構造強度評価部位 (5/12)

設備名称	設備分類	評価部位		選定理由
		直接支持構造物	間接支持構造物	
移動式代替熱交換設備	車両型設備	熱交換器取付ボルト ポンプ取付ボルト	コンテナ取付ボルト	<p>熱交換器は十分な強度を有して設計しているため、地震時に考慮すべき荷重は、熱交換器の転倒モーメントであり、当該モーメントは熱交換器取付ボルトに掛かることから熱交換器取付ボルトを評価対象とする。</p> <p>ポンプは、J E A G 4 6 0 1-1991 において剛構造のポンプは、構造強度評価対象が取付ボルト、基礎ボルトが評価対象となる旨が規定されている。ポンプは、内圧に耐える肉厚構造の設計となっており、剛構造であることから、当該設備は J E A G 4 6 0 1-1991 に記載されているポンプと同等の構造とみなすことができるため評価対象は、ポンプ取付ボルトとする。</p> <p>車両部については、間接支持構造物の主たる支持構造物であり、支持機能が失われた場合に影響が大きい部位である車両フレーム、コンテナ台板及びコンテナ取付ボルトのうち断面積の小さなコンテナ取付ボルトを評価対象とする。</p>

表 2-3 可搬型重大事故等対処設備 構造強度評価部位 (6/12)

設備名称	設備分類	評価部位		選定理由
		直接支持構造物	間接支持構造物	
大型送水ポンプ車 (原子炉補機冷却系用)	車両型設備	ポンプ取付ボルト 内燃機関取付ボルト	コンテナ取付ボルト	<p>ポンプ及び内燃機関は, J E A G 4 6 0 1-1991 において剛構造のポンプ及び内燃機関は, 構造強度評価対象が取付ボルト, 基礎ボルトが評価対象となる旨が規定されている。ポンプ及び内燃機関は, 内圧に耐える肉厚構造の設計となっており, 剛構造であることから, 当該設備は J E A G 4 6 0 1-1991 に記載されているポンプ及び内燃機関と同等の構造とみなすことができるため, 評価対象はポンプ及び内燃機関取付ボルトとする。</p> <p>車両部については, 間接支持構造物の主たる支持構造物であり, 支持機能が失われた場合に影響が大きい部位である車両フレーム, コンテナ台板及びコンテナ取付ボルトのうち断面積の小さなコンテナ取付ボルトを評価対象とする。</p>

表 2-3 可搬型重大事故等対処設備 構造強度評価部位 (7/12)

設備名称	設備分類	評価部位		選定理由
		直接支持構造物	間接支持構造物	
大型送水ポンプ車 (原子炉建物放水設備用)	車両型設備	ポンプ取付ボルト 内燃機関取付ボルト	コンテナ取付ボルト	<p>ポンプ及び内燃機関は, J E A G 4 6 0 1-1991 において剛構造のポンプ及び内燃機関は, 構造強度評価対象が取付ボルト, 基礎ボルトが評価対象となる旨が規定されている。ポンプ及び内燃機関は, 内圧に耐える肉厚構造の設計となっており, 剛構造であることから, 当該設備は J E A G 4 6 0 1-1991 に記載されているポンプ及び内燃機関と同等の構造とみなすことができるため, 評価対象はポンプ及び内燃機関取付ボルトとする。</p> <p>車両部については, 間接支持構造物の主たる支持構造物であり, 支持機能が失われた場合に影響が大きい部位である車両フレーム, コンテナ台板及びコンテナ取付ボルトのうち断面積の小さなコンテナ取付ボルトを評価対象とする。</p>

表 2-3 可搬型重大事故等対処設備 構造強度評価部位 (8/12)

設備名称	設備 分類	評価部位		選定理由
		直接支持構造物	間接支持構造物	
可搬式窒素供給 装置	車両型 設備	窒素ガス発生装置取付 ボルト 空気圧縮機取付ボルト 昇圧機取付ボルト 発電機取付ボルト	コンテナ取付ボルト	<p>窒素ガス発生装置，空気圧縮機及び昇圧機は十分な強度を有して設計しているため，地震時に考慮すべき荷重は，窒素ガス発生装置，空気圧縮機及び昇圧機の転倒モーメントであり，当該モーメントは窒素ガス発生装置，空気圧縮機及び昇圧機取付ボルトに掛かることから窒素ガス発生装置，空気圧縮機及び昇圧機取付ボルトを評価対象とする。</p> <p>発電機は，J E A G 4 6 0 1-1991 において剛構造の発電機は，構造強度評価対象が取付ボルト及び基礎ボルトが評価対象となる旨が規定されている。剛構造であり，発電機は，重量の大きな固定子，回転子を支持するケーシングからなる剛構造であることから当該設備は J E A G 4 6 0 1-1991 に記載されている発電機と同等の構造とみなすことができるため評価対象は，発電機取付ボルトとする。</p> <p>車両部については，間接支持構造物の主たる支持構造物であり，支持機能が失われた場合に影響が大きい部位である車両フレーム，コンテナ台板及びコンテナ取付ボルトのうち断面積の小さなコンテナ取付ボルトを評価対象とする。</p>

表 2-3 可搬型重大事故等対処設備 構造強度評価部位 (9/12)

設備名称	設備 分類	評価部位		選定理由
		直接支持構造物	間接支持構造物	
緊急時対策所用 発電機	車両型 設備	発電機／内燃機関取付 ボルト	コンテナ取付ボルト	<p>発電機及び内燃機関は、J E A G 4 6 0 1-1991 において剛構造の発電機及び内燃機関は、構造強度評価対象が取付ボルト及び基礎ボルトが評価対象となる旨が規定されている。発電機は、重量の大きな固定子、回転子を支持するケーシングからなる剛構造であり、内燃機関は、シリンダブロックが内圧に耐える肉厚構造の設計であり剛構造であることから、当該設備は J E A G 4 6 0 1-1991 に記載されている発電機及び内燃機関と同等の構造とみなすことができるため、評価対象は発電機及び内燃機関取付ボルトとする。</p> <p>車両部については、間接支持構造物の主たる支持構造物であり、支持機能が失われた場合に影響が大きい部位である車両フレーム、コンテナ台板及びコンテナ取付ボルトのうち断面積の小さなコンテナ取付ボルトを評価対象とする。</p>

表 2-3 可搬型重大事故等対処設備 構造強度評価部位 (10/12)

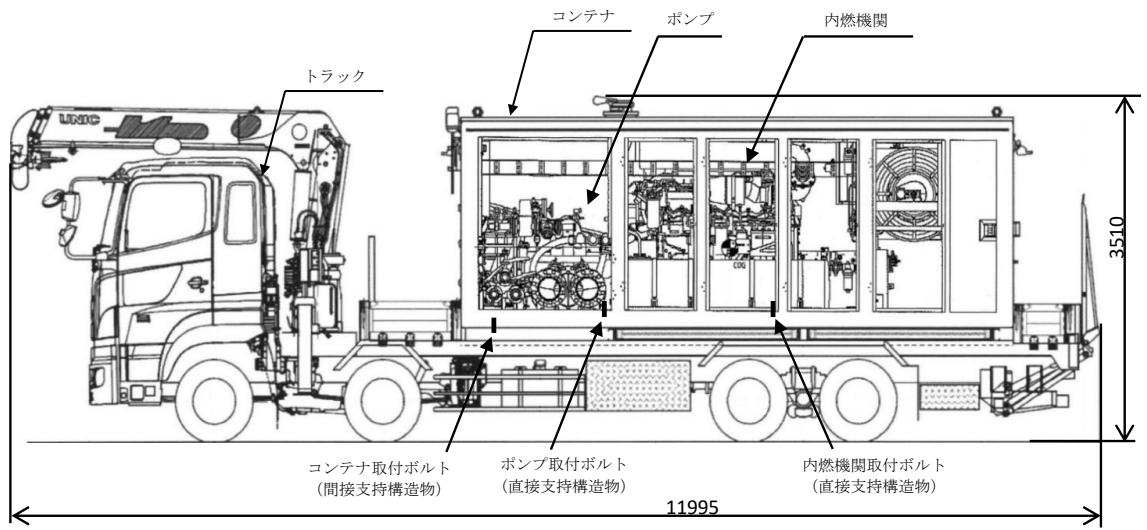
設備名称	設備分類	評価部位		選定理由
		直接支持構造物	間接支持構造物	
第1 ベントフィルタ出口水素濃度	車両型設備	分析計ラック取付ボルト サンプルポンプラック取付ボルト チラーユニット取付ボルト 制御盤取付ボルト	コンテナ取付ボルト	<p>分析計ラック, サンプルポンプラック, チラーユニット及び制御盤は十分な強度を有して設計しているため, 地震時に考慮すべき荷重は, 各分析計ラック, サンプルポンプラック, チラーユニット及び制御盤の転倒モーメントであり, 当該モーメントは分析計ラック, サンプルポンプラック, チラーユニット及び制御盤取付ボルトに掛かることから分析計ラック, サンプルポンプラック, チラーユニット及び制御盤取付ボルトを評価対象とする。</p> <p>車両部については, 間接支持構造物の主たる支持構造物であり, 支持機能が失われた場合に影響が大きい部位である車両フレーム, コンテナ台板及びコンテナ取付ボルトのうち断面積の小さなコンテナ取付ボルトを評価対象とする。</p>

表 2-3 可搬型重大事故等対処設備 構造強度評価部位 (11/12)

設備名称	設備分類	評価部位	選定理由
逃がし安全弁用窒素ガスボンベ	ボンベ設備	ボンベラック 溶接部	ボンベについては、高圧ガス保安法の規格に基づいた設計がなされており、VI-3-1-6「重大事故等クラス3機器の強度計算の基本方針」に基づき、重大事故等クラス3機器として強度評価を実施しており、十分な強度を有していることから、ボンベを壁に固定している支持構造物であるボンベラック及びボンベラックを据え付けるアンカープレートの溶接部を評価対象とする。
中央制御室待避室 正圧化装置（空気ボンベ）	ボンベ設備	ボンベラック 溶接部	ボンベについては、高圧ガス保安法の規格に基づいた設計がなされており、VI-3-1-6「重大事故等クラス3機器の強度計算の基本方針」に基づき、重大事故等クラス3機器として強度評価を実施しており、十分な強度を有していることから、ボンベを床又は壁に固定している支持構造物であるボンベラック及びボンベラックを据え付けるアンカープレートの溶接部を評価対象とする。
空気ボンベ加圧設備（空気ボンベ）	ボンベ設備 （ボンベカードル）	フレーム 取付架台 取付ボルト	ボンベについては、高圧ガス保安法の規格に基づいた設計がなされており、VI-3-1-6「重大事故等クラス3機器の強度計算の基本方針」に基づき、重大事故等クラス3機器として強度評価を実施しており、十分な強度を有していることから、ボンベを床に固定している支持構造物であるボンベカードル及びボンベカードルを据え付ける取付架台及び取付ボルトを評価対象とする。

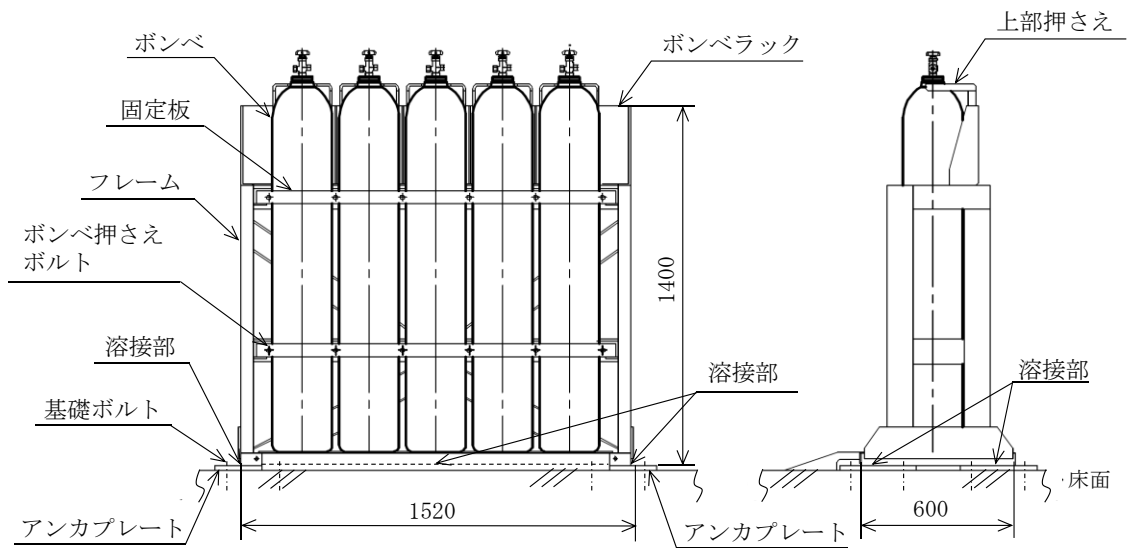
表 2-3 可搬型重大事故等対処設備 構造強度評価部位 (12/12)

設備名称	設備分類	評価部位	選定理由
緊急時対策所空気 浄化フィルタユニ ット	可搬型空気浄化設備	固縛装置	緊急時対策所空気浄化フィルタユニットは、固有値解析により、剛構造であること及び十分な強度を有することを確認した上で、支持構造物である固縛装置を評価対象とする。
緊急時対策所空気 浄化送風機	可搬型空気浄化設備	固縛装置 送風機取付ボルト 原動機取付ボルト	緊急時対策所空気浄化送風機は、固有値解析により、剛構造であること及び十分な強度を有することを確認した上で、支持構造物である固縛装置、送風機取付ボルト及び原動機取付ボルトを評価対象とする。
筐体保管設備 (プラントパラメ ータ監視装置、酸素 濃度計、二酸化炭素 濃度計、有線式通信 設備)	その他設備	基礎ボルト 筐体取付ボルト	筐体保管設備は、構造が同等な盤の振動試験により、剛構造であることを確認した上で、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき、筐体を壁に固定している支持構造物である基礎ボルト及び筐体取付ボルトを評価対象とする。



(単位：mm)

図 2-1 車両型設備



(単位：mm)

図 2-2 ポンペ設備 (床固定型)

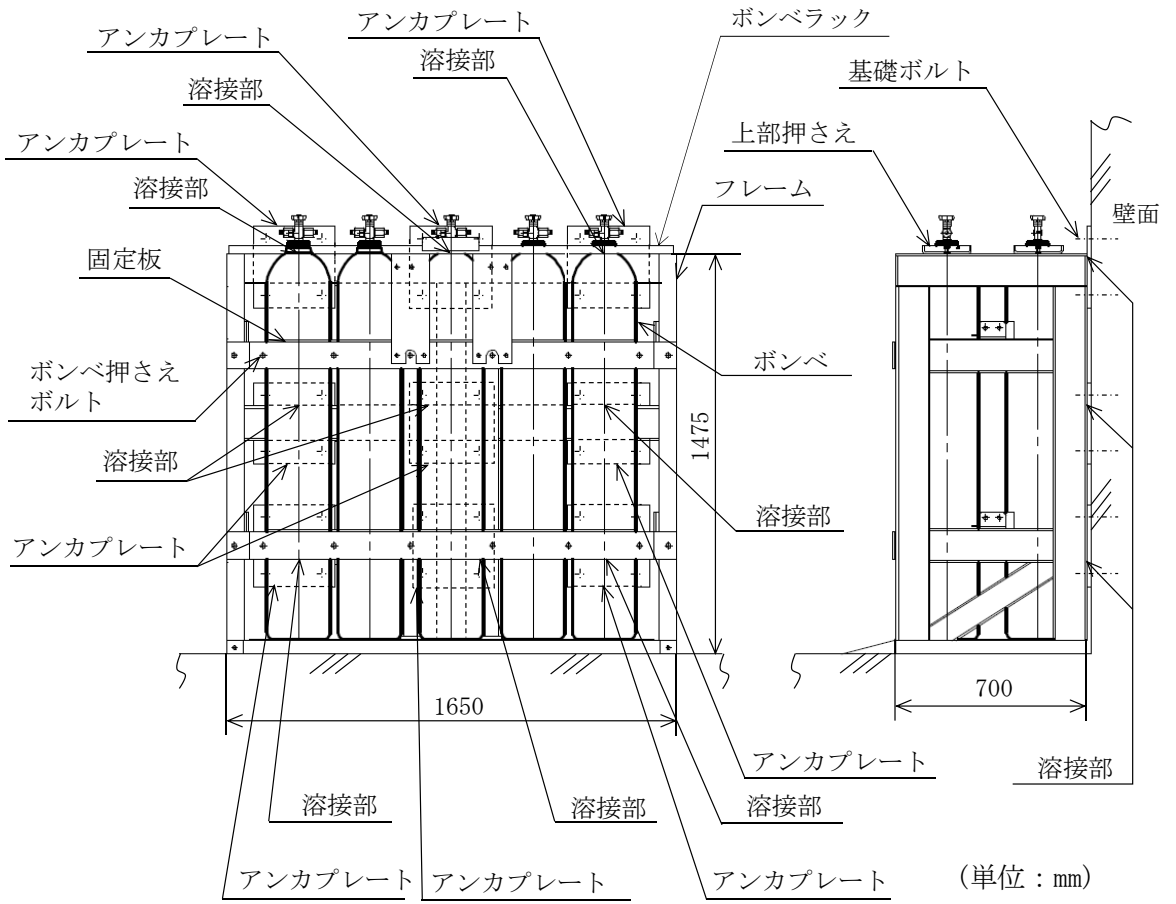


図 2-3 ボンベ設備 (壁固定型)

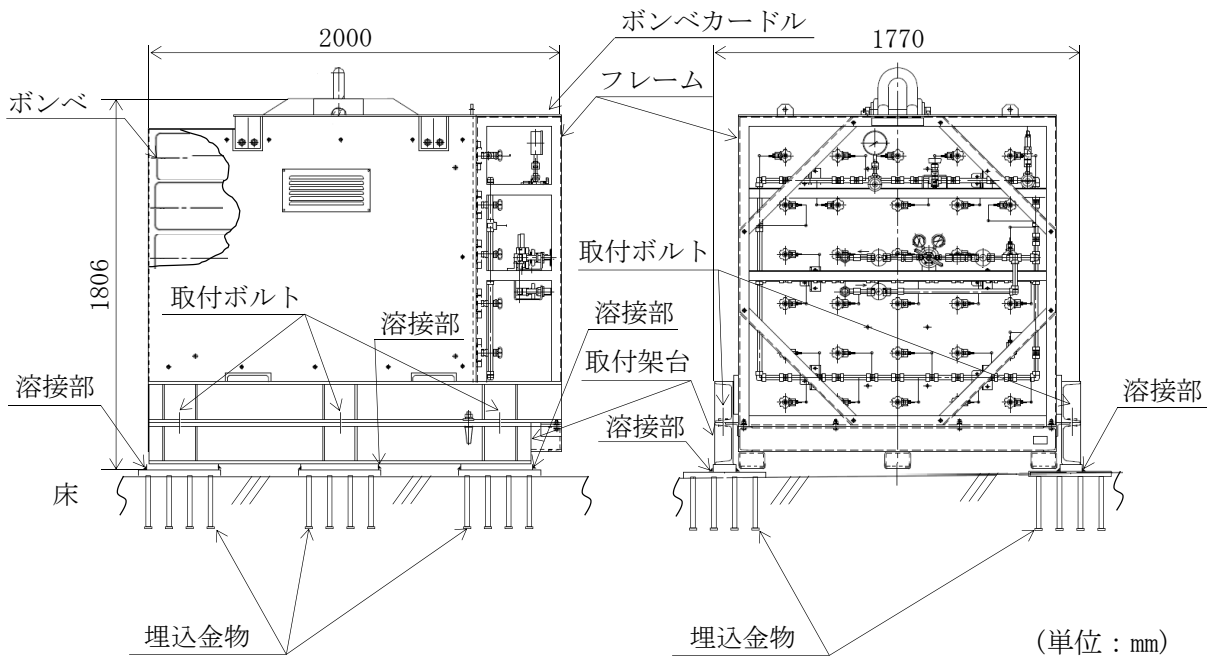


図 2-4 ボンベ設備 (ポンベカードル)

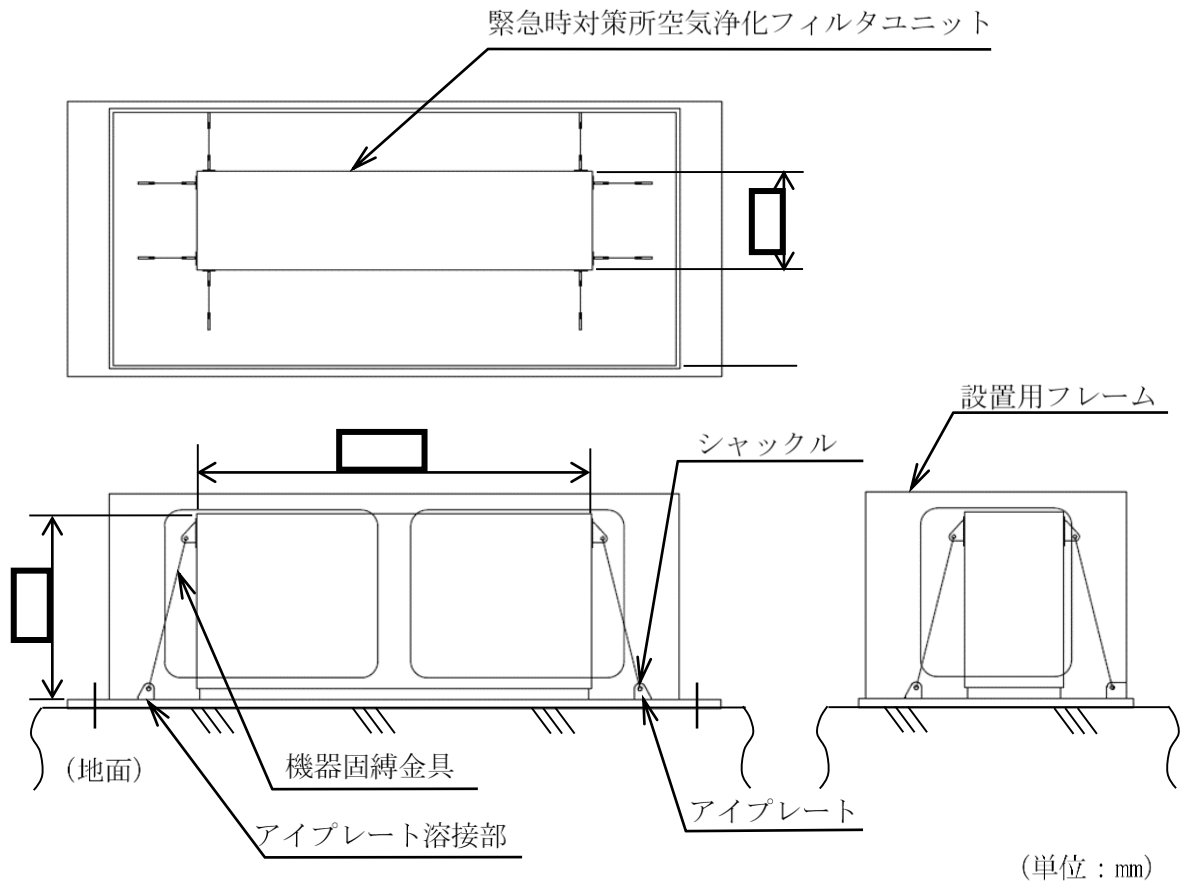


図 2-5 緊急時対策所空気浄化フィルタユニット

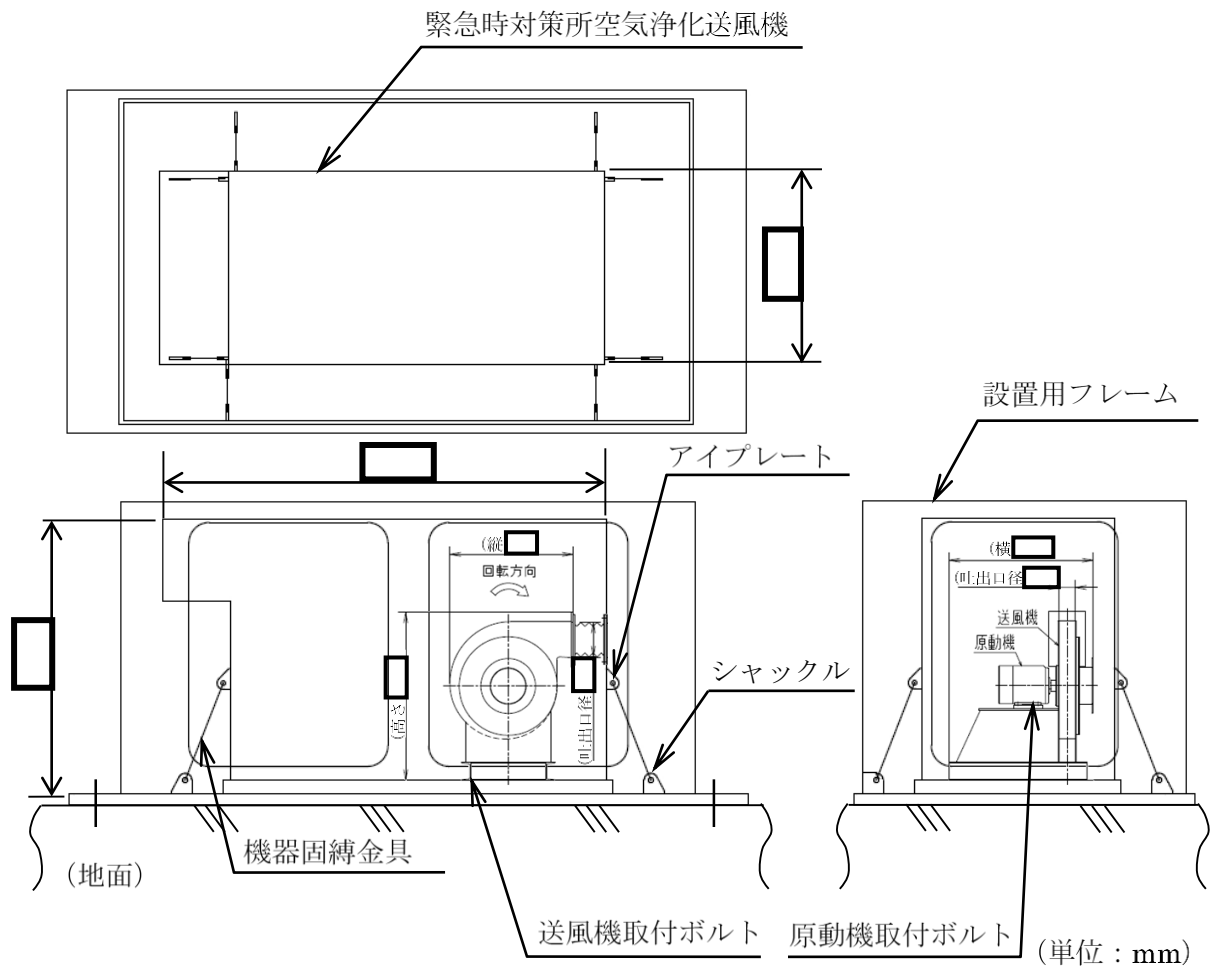


図 2-6 緊急時対策所空気浄化送風機

上段：電離箱サーベイメータ
 α・β線サーベイメータ
 下段：NaIシンチレーション
 サーベイメータ
 GM汚染サーベイメータ

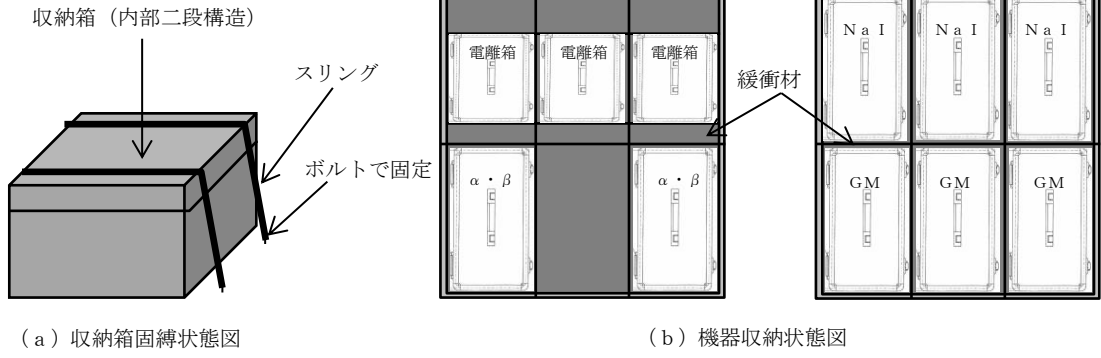


図2-7 その他設備（収納箱拘束保管）

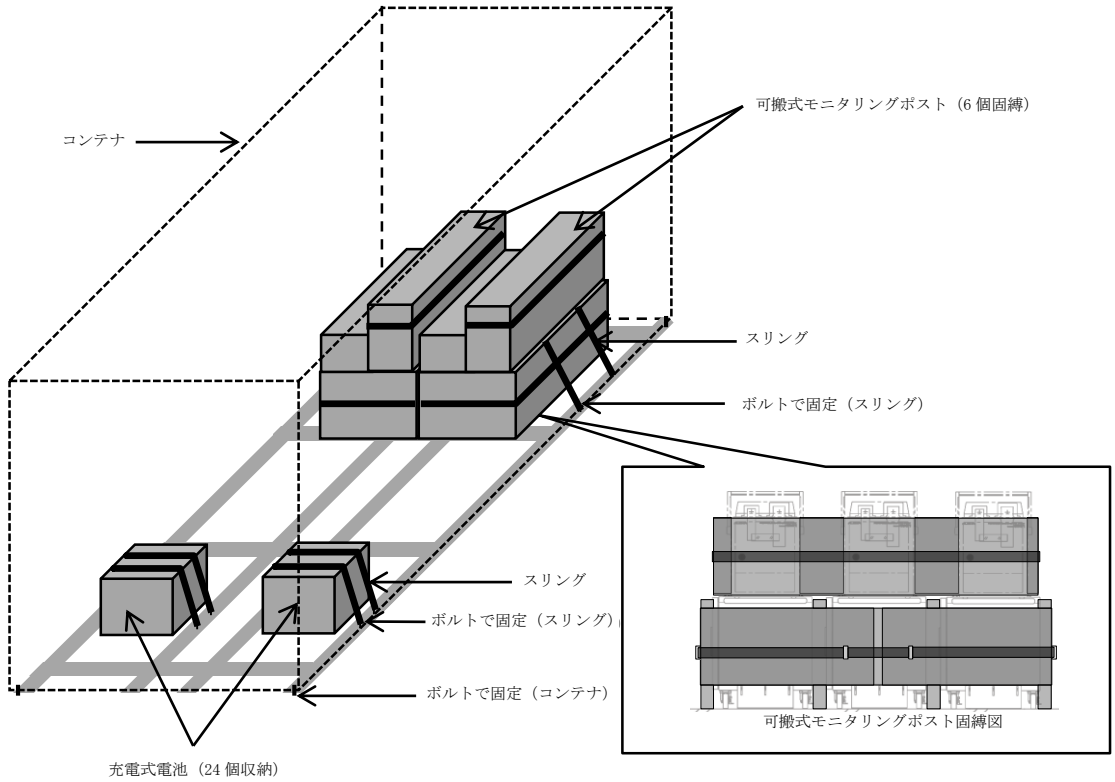


図2-8 その他設備（コンテナ内拘束保管）

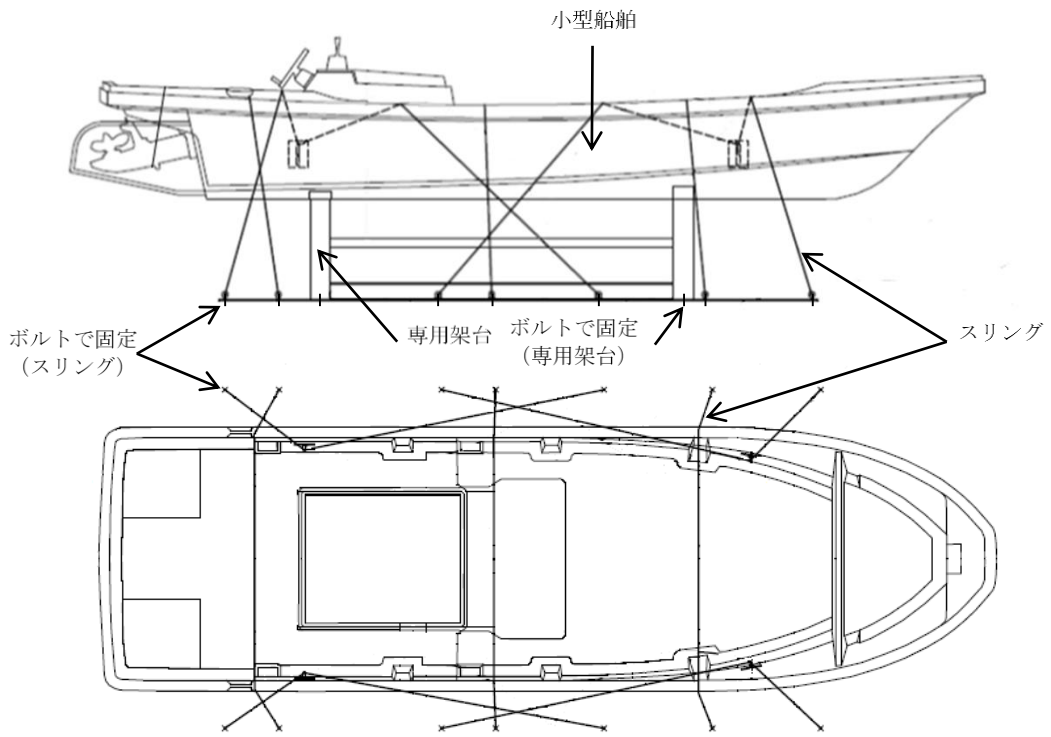


図 2-9 その他設備 (架台拘束保管)

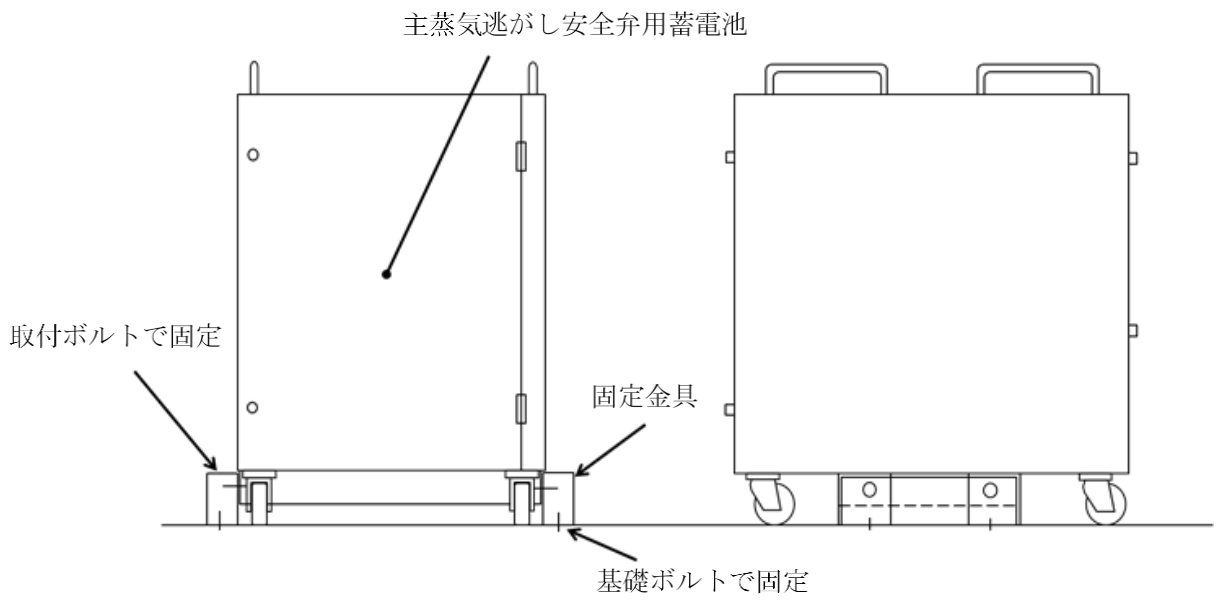


図 2-10 その他設備 (本体拘束保管)

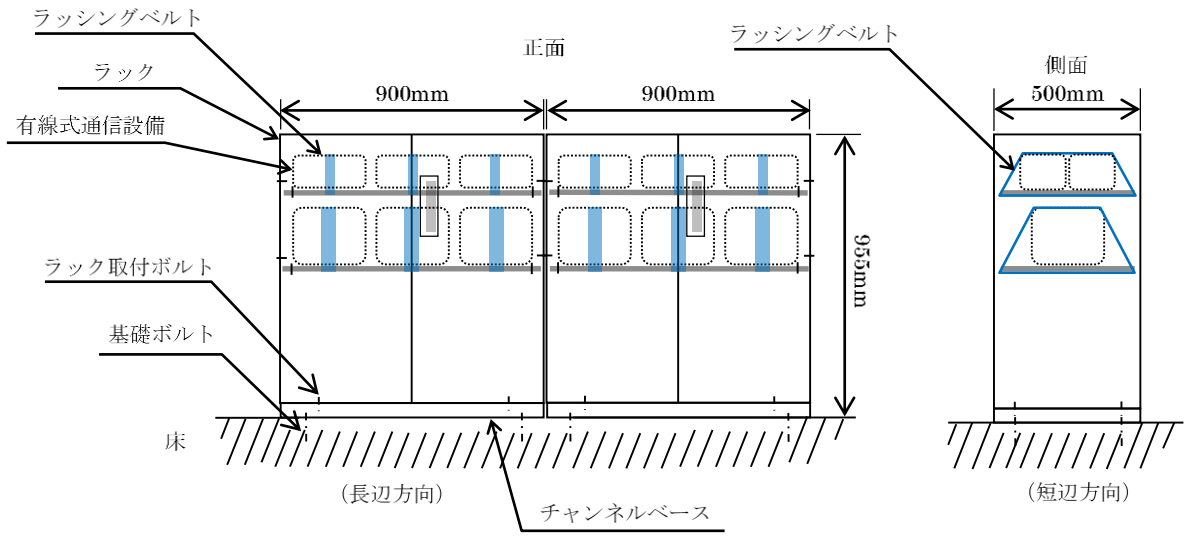


図 2-11 その他設備 (ラック固縛保管)

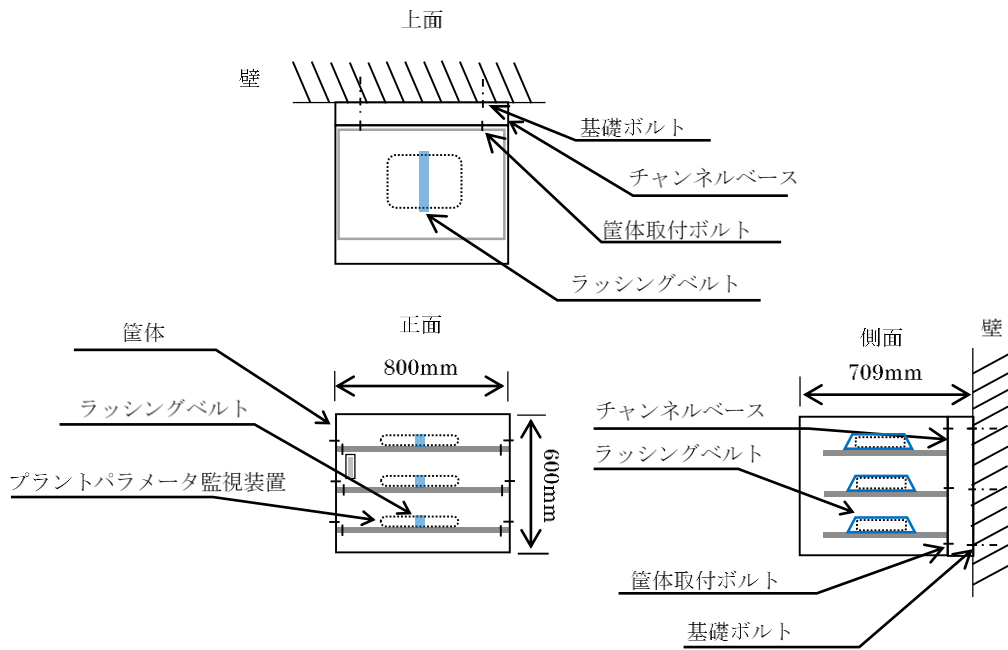


図 2-12 その他設備 (筐体固縛保管)

3. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界

可搬型重大事故等対処設備の耐震計算に用いる荷重及び荷重の組合せを、以下の「3.1 荷重及び荷重の組合せ」に、許容限界を「3.2 許容限界」に示す。

3.1 荷重及び荷重の組合せ

可搬型重大事故等対処設備のうち、屋外に保管している設備の自然現象の考慮については、VI-1-1-3「発電用原子炉施設の自然現象等による損傷の防止に関する説明書」に設定する荷重及び荷重の組合せを用いる。

荷重及び荷重の組合せは、重大事故等起因の荷重は発生しないため、VI-1-1-7-別添2の「6.2 荷重及び荷重の組合せ」に従い、保管状態における荷重を考慮し設定する。

地震と組み合わせるべき荷重としては、積雪荷重及び風荷重が挙げられる。地震と組み合わせる荷重の設定に当たっては、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」の図3-1耐震計算における風荷重及び積雪荷重の設定フローに基づき設定する。

積雪については、除雪にて対応することで無視できる。

風荷重について、車両型設備は、風を一面に受ける構造と違い、風は隙間を吹き抜けやすい構造となっており、また、車両型設備には内燃機関や発電機等の重量物が積載され重量が大きいことから、風荷重については無視できる。車両型設備以外の可搬型重大事故等対処設備について、建物、構築物及び屋外設置の機器に比べ、風による受圧面積が相対的に小さいものについては、風荷重を無視するが、無視できないものについては、風荷重を考慮する。

3.2 許容限界

許容限界は、VI-1-1-7-別添2の「4.2 性能目標」で設定している設備ごとの構造強度上の性能目標のとおり、評価部位ごとに設定する。

「3.1 荷重及び荷重の組合せ」で設定している荷重及び荷重の組合せを含めた、設備ごとの許容限界は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表3-1～表3-5のとおりとする。

各設備の許容限界の詳細は、各計算書にて評価部位の損傷モードを考慮し、評価項目を選定し、評価項目ごとに定める。

直接支持構造物の評価については、J E A G 4 6 0 1・補-1984に規定されているその他の支持構造物の評価に従った評価を実施する。また、車両型設備の間接支持構造物としてのボルトの評価については、直接支持構造物の評価に準じた評価を行う。

(1) 車両型設備

a. 構造強度評価

車両型設備は、重大事故等起因の荷重は発生しないため、地震後において、基準地震動 S_s による地震力に対し、地盤安定性を有する屋外の保管場所に保管し、炉心等へ冷却水を送水する機能を有するポンプ、必要な負荷へ給電するために発電する機能を有する発電機、これらの駆動源となる内燃機関等の機器を車両に取付ボルトで固定し、主要な構造部材が送水機能、発電機能、駆動機能等を維持可能な構造強度を有する設計とする。

そのため、車両型設備は、「2.2(1)a. 構造強度評価」に設定している評価方針を踏まえ、J E A G 4 6 0 1・補-1984 を適用し、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に設定している許容応力状態IV_ASの許容応力以下とすることを許容限界として設定する。

b. 転倒評価

車両型設備は、重大事故等起因の荷重は発生しないため、地震時において、基準地震動S_sによる地震力に対し、地盤安定性を有する屋外の保管場所に保管し、炉心等へ冷却水を送水する機能を有するポンプ、必要な負荷へ給電するために発電する機能を有する発電機、これらの駆動源となる内燃機関等を車両に取付ボルトで固定し、車両型設備全体が安定性を有し、転倒しない設計とする。

そのため、車両型設備は、「2.2(1)b. 転倒評価」に設定している評価方針を踏まえ、加振試験にて転倒しないことを許容限界として設定する。

c. 機能維持評価

車両型設備は、重大事故等起因の荷重は発生しないため、地震後において、基準地震動S_sによる地震力に対し、地盤安定性を有する屋外の保管場所に保管し、車両に積載しているポンプ等の炉心等へ冷却水を送水する機能、必要な負荷へ給電するために発電する機能、これらの駆動源となる内燃機関等の動的及び電氣的機能を維持できる設計とする。

また、車両型設備は、地震後において、基準地震動S_sによる地震力に対し、車両積載物から受ける荷重を支持する機能及び車両型設備としての自走、牽引等による移動機能を維持できる設計とする。

そのため、車両型設備は、「2.2(1)c. 機能維持評価」に設定している評価方針を踏まえ、加振試験により支持機能、移動機能、動的及び電氣的機能が維持できることを許容限界として設定する。

d. 波及的影響評価

車両型設備は、重大事故等起因の荷重は発生しないため、基準地震動S_sによる地震力に対し、地盤安定性を有する屋外の保管場所の地面に固定せずに保管し、車両型設備全体が安定性を有し、主要な構造部材が送水機能、発電機能、支持機能等を維持可能な構造強度を有し、当該設備のすべり及び傾きにより、当該設備による波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないよう離隔距離を確保し、保管する設計とする。

そのため、車両型設備は、「2.2(1)d. 波及的影響評価」に設定している評価方針を踏まえ、他の設備との接触、衝突等の相互干渉による破損等を引き起こし、機能喪失する等の波及的影響を及ぼさないよう、車両型設備の加振試験にて確認した車両型設備の最大変位量を基に設定した離隔距離を、許容限界として設定する。

また、離隔距離に関しては、実際の設備配置の運用上の管理値として必要であるため、保安規定に離隔距離を基に必要な設備間隔を定め、管理を行う。

(2) ポンベ設備

a. 構造強度評価

ポンベ設備は、重大事故等起因の荷重は発生しないため、地震後において、基準地震動 S_s による地震力に対し、ボンベラックに収納し、ボンベラックを耐震性を有する建物内又は地盤安定性を有する屋外の保管場所の壁又は床に溶接で固定して保管する。

主要な構造部材は、窒素又は空気供給機能を維持可能かつ転倒しないよう、構造強度を有する設計とする。

そのため、ポンベ設備は、「2.2(2)a. 構造強度評価」に設定している評価方針を踏まえ、J E A G 4 6 0 1・補-1984 を適用し、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に設定している許容応力状態 $IV_A S$ の許容応力以下とすることを許容限界として設定する。

b. 波及的影響評価

ポンベ設備は、重大事故等起因の荷重は発生しないため、地震時において、基準地震動 S_s による地震力に対し、ボンベラックに収納し、ボンベラックを耐震性を有する建物内又は地盤安定性を有する屋外の保管場所の壁又は床に溶接で固定することで、当該設備による波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないよう、構造強度を有する設計とする。

そのため、ポンベ設備は、「2.2(2)b. 波及的影響評価」に設定している評価方針を踏まえ、J E A G 4 6 0 1・補-1984 を適用し、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に設定している許容応力状態 $IV_A S$ の許容応力以下とすることを許容限界として設定する。

(3) 可搬型空気浄化設備

a. 構造強度評価

可搬型空気浄化設備は、重大事故等起因の荷重は発生しないため、地震後において、基準地震動 S_s による地震力に対し、地盤安定性を有する屋外の保管場所に保管し、緊急時対策所空気浄化フィルタユニット及び緊急時対策所空気浄化送風機を固縛装置にて固縛し、主要な構造部材が換気機能を保持可能かつ転倒しないよう、構造強度を有する設計とする。

そのため、可搬型空気浄化設備は、「2.2(3)a. 構造強度評価」に設定している評価方針としていることを踏まえ、以下の許容限界を設定する。

(a) VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に設定している、J E A G 4 6 0 1・補-1984 を適用し、許容応力状態 $IV_A S$ の許容応力以下とすること。

(b) 計算により算出する荷重が荷重試験で確認した許容荷重以下とすること。

b. 機能維持評価

可搬型空気浄化設備は、重大事故等起因の荷重は発生しないため、地震後において、基準地震動 S_s による地震力に対し、地盤安定性を有する屋外の保管場所に保管し、緊急時対策所を換気する送風機及びその駆動源となる原動機の動的及び電氣的機能を維持できる設計とする。

そのため、可搬型空気浄化設備は、「2.2(3)b. 機能維持評価」に設定している評価方針としていることを踏まえ、保管場所の地表面の最大応答加速度がVI-2-1-9「機能維持の基本方針」の表4-1に記載の機能確認済加速度以下とすることを許容限界として設定する。

c. 波及的影響評価

可搬型空気浄化設備は、重大事故等起因の荷重は発生しないため、地震時において、基準地震動 S_s による地震力に対し、地盤安定性を有する屋外の保管場所の地面に保管し、緊急時対策所空気浄化フィルタユニット及び緊急時対策所空気浄化送風機を固縛装置にて固縛して設置することで、当該設備による波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないよう、構造強度を有する設計とする。

そのため、可搬型空気浄化設備は、「2.2(3)c. 波及的影響評価」に設定している評価方針としていることを踏まえ、以下の許容限界を設定する。

- (a) VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に設定している、J E A G 4 6 0 1・補-1984を適用し、許容応力状態IV_ASの許容応力以下とすること。
- (b) 計算により算出する荷重が荷重試験で確認した許容荷重以下とすること。

(4) その他設備

a. 構造強度評価

その他設備は、重大事故等起因の荷重は発生しないため、地震時において、基準地震動 S_s による地震力に対し、耐震性を有する建物内又は地盤安定性を有する屋外の保管場所に保管し、設備を固縛するスリング等が支持機能を喪失しない設計とする。

そのため、その他設備は、「2.2(4)a. 構造強度評価」に設定している評価方針を踏まえ、以下の許容限界を設定する。

- (a) 筐体保管設備以外
 - 「b. 転倒評価」、 「c. 機能維持評価」及び「d. 波及的影響評価」に示す許容限界以下とすること。
- (b) 筐体保管設備
 - VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に設定している、J E A G 4 6 0 1・補-1984を適用し、許容応力状態IV_ASの許容応力以下とすること。

b. 転倒評価

その他設備は、重大事故等起因の荷重は発生しないため、地震時において、基準地震動 S_s による地震力に対し、耐震性を有する建物内又は地盤安定性を有する屋外の保管場所に保管し、スリング等で固縛することで、機器本体が安定性を有し、転倒しない設計とする。

そのため、その他設備は、「2.2(4)b. 転倒評価」に設定している評価方針を踏まえ、以下の許容限界を設定する。

(a) 筐体保管設備以外

保管場所における設置床又は地表面の最大応答加速度が、加振試験により転倒を防止するためのスリング等の健全性を確認した加振台の最大加速度以下であること。

(b) 筐体保管設備

VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に設定している、J E A G 4 6 0 1・補-1984を適用し、許容応力状態IV_ASの許容応力以下とすること。

c. 機能維持評価

その他設備は、重大事故等起因の荷重は発生しないため、地震後において、基準地震動S_sによる地震力に対し、耐震性を有する建物内又は地盤安定性を有する屋外の保管場所に保管し、スリング等で固縛することで、主要な構造部材が水位、圧力等を計測する機能、必要な負荷へ給電するための給電機能等の支持機能、動的及び電氣的機能を維持できる設計とする。

そのため、その他設備は、「2.2(4)c. 機能維持評価」に設定している評価方針を踏まえ、加振試験により支持機能、動的及び電氣的機能が維持できることを許容限界として設定する。

d. 波及的影響評価

その他設備は、重大事故等起因の荷重は発生しないため、地震時において、基準地震動S_sによる地震力に対し、耐震性を有する建物内又は地盤安定性を有する屋外の保管場所に保管し、スリング等で固縛することで、機器本体が安定性を有し、当該設備による波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさない設計とする。

そのため、その他設備は、「2.2(4)d. 波及的影響評価」に設定している評価方針を踏まえ、以下の許容限界を設定する。

(a) 筐体保管設備以外

保管場所における設置床又は地表面の最大応答加速度が、加振試験によりスリング等の支持機能が維持できることを確認した加振台の最大加速度以下であること。

(b) 筐体保管設備

VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に設定している、J E A G 4 6 0 1・補-1984を適用し、許容応力状態IV_ASの許容応力以下とすること。

表 3-1 設備ごとの荷重の組合せ及び許容限界 (1/2)

設備分類	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
車両設備	D + S s	支持部の取付ボルト (表 3-2)	引張, せん断, 組合せ	部材の降伏	J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984 を適用し, 許容応力状態IV _A S の許容応力以下とする。
ボンベ設備	D + S s	ボンベラック (表 3-3)	組合せ	部材の降伏	J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984 を適用し, 許容応力状態IV _A S の許容応力以下とする。
		フレーム (表 3-3)	組合せ	部材の降伏	
		取付架台 (表 3-3)	組合せ	部材の降伏	
		溶接部 (表 3-4)	せん断	部材の降伏	
		取付ボルト (表 3-2)	引張, せん断, 組合せ	部材の降伏	

表 3-1 設備ごとの荷重の組合せ及び許容限界 (2/2)

設備分類	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
可搬型空気 浄化設備	D + S _s + W _w	固縛装置 (表 3-5)	引張, せん断, 組合せ	部材の降伏	J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984 を適用し, 許容応力状態IV _A Sの許容応力以下とする。
	D + S _s	送風機及び原動機の取付ボルト (表 3-2)	引張, せん断, 組合せ	部材の降伏	
	D + S _s + W _w	シャックル	引張荷重	部材の降伏	J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984 に準じて, 許容応力状態IV _A Sに応じた許容応力と等価な荷重とする。
その他設備	D + S _s	基礎ボルト (表 3-2)	引張, せん断, 組合せ	部材の降伏	J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984 を適用し, 許容応力状態IV _A Sの許容応力以下とする。
		筐体取付ボルト (表 3-2)	引張, せん断, 組合せ	部材の降伏	

表 3-2 取付ボルト及び基礎ボルトの許容限界

評価部位	荷重の組合せ	許容応力状態	許容限界*1, *2, *4	
			一次応力	
			引張*3	せん断*3
取付ボルト	D + S _s	IVAS	1.5・f _t *	1.5・f _s *
基礎ボルト				

注記*1：f_t*, f_s*は、J S M E S N C 1-2005/2007 SSB-3121.1(1)a.本文中S_yを1.2・S_yと読み替えて算出した値（J S M E S N C 1-2005/2007 SSB-3133）。ただし、S_y及び0.7・S_uのいずれか小さい方の値とする。

*2：J E A G 4 6 0 1・補-1984の「その他の支持構造物の許容応力」に準じて設定する。

*3：ボルトにせん断力が作用する場合、組合せ評価を実施する。その際の許容引張応力f_{ts}は、J S M E S N C 1-2005/2007 SSB-3133に基づき、f_{ts}=Min[1.4・f_{to}-1.6・τ_b, f_{to}]とする。ここで、f_{to}は1.5・f_t*とする。

なお、f_{ts}は引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力をいい、f_{to}は引張力のみを受けるボルトの許容引張応力をいう。

*4：当該応力が生じない場合、規格基準で省略可能とされている場合又は他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 3-3 ボンベラック、フレーム及び取付架台の許容限界

評価部位	荷重の組合せ	許容応力状態	許容限界*1, *2
			一次応力
			組合せ
ボンベラック	D + S _s	IVAS	1.5・f _t *
フレーム			
取付架台			

注記*1：f_t*は、J S M E S N C 1-2005/2007 SSB-3121.1(1)a.本文中S_yを1.2・S_yと読み替えて算出した値（J S M E S N C 1-2005/2007 SSB-3121.3）。ただし、S_y及び0.7・S_uのいずれか小さい方の値とする。

*2：J E A G 4 6 0 1・補-1984の「その他の支持構造物の許容応力」に準じて設定する。

表 3-4 溶接部の許容限界

評価部位	荷重の組合せ	許容応力状態	許容限界*1, *2
			一次応力
			せん断
溶接部	D + S _s	IVAS	1.5・f _s *

注記*1：f_s*は、J S M E S N C 1-2005/2007 SSB-3121.1(1)a.本文中S_yを1.2・S_yと読み替えて算出した値（J S M E S N C 1-2005/2007 SSB-3121.3）。ただし、S_y及び0.7・S_uのいずれか小さい方の値とする。

*2：J E A G 4 6 0 1・補-1984の「その他の支持構造物の許容応力」に準じて設定する。

表 3-5 固縛装置の許容限界

評価部位	荷重の組合せ	許容応力状態	許容限界*1, *2	
			一次応力	
			引張*3	せん断*3
固縛装置	D + S _s + W _w	IVAS	1.5・f _t *	1.5・f _s *

注記*1: f_t*, f_s*は, JSME S NC 1-2005/2007 SSB-3121.1(1)a.本文中S_yを1.2・S_yと読み替えて算出した値(JSME S NC 1-2005/2007 SSB-3133)。ただし, S_y及び0.7・S_uのいずれか小さい方の値とする。

*2: JEAG 4601・補-1984の「その他の支持構造物の許容応力」に準じて設定する。

*3: ボルトにせん断力が作用する場合, 組合せ評価を実施する。その際の許容引張応力 f_{ts}は, JSME S NC 1-2005/2007 SSB-3133に基づき, $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$ とする。ここで, f_{to}は1.5・f_t*とする。

なお, f_{ts}は引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力をいい, f_{to}は引張力のみを受けるボルトの許容引張応力をいう。

4. 耐震評価方法

可搬型重大事故等対処設備の耐震評価は、車両型設備、ポンベ設備、可搬型空気浄化設備及びその他設備の分類ごとに評価方法が異なることから、以下の「4.1 車両型設備」、「4.2 ポンベ設備」、「4.3 可搬型空気浄化設備」及び「4.4 その他設備」のそれぞれに示す「固有値解析」、「加振試験」、「構造強度評価」、「転倒評価」、「機能維持評価」及び「波及的影響評価」に従って実施する。

4.1 車両型設備

車両型設備においては、重大事故等に対処するための機能を維持するために、構造強度評価、転倒評価、機能維持評価及び波及的影響評価を実施する。

車両型設備の耐震評価フローを図4-1に示す。また、各車両型設備の保管場所を表4-1に示す。

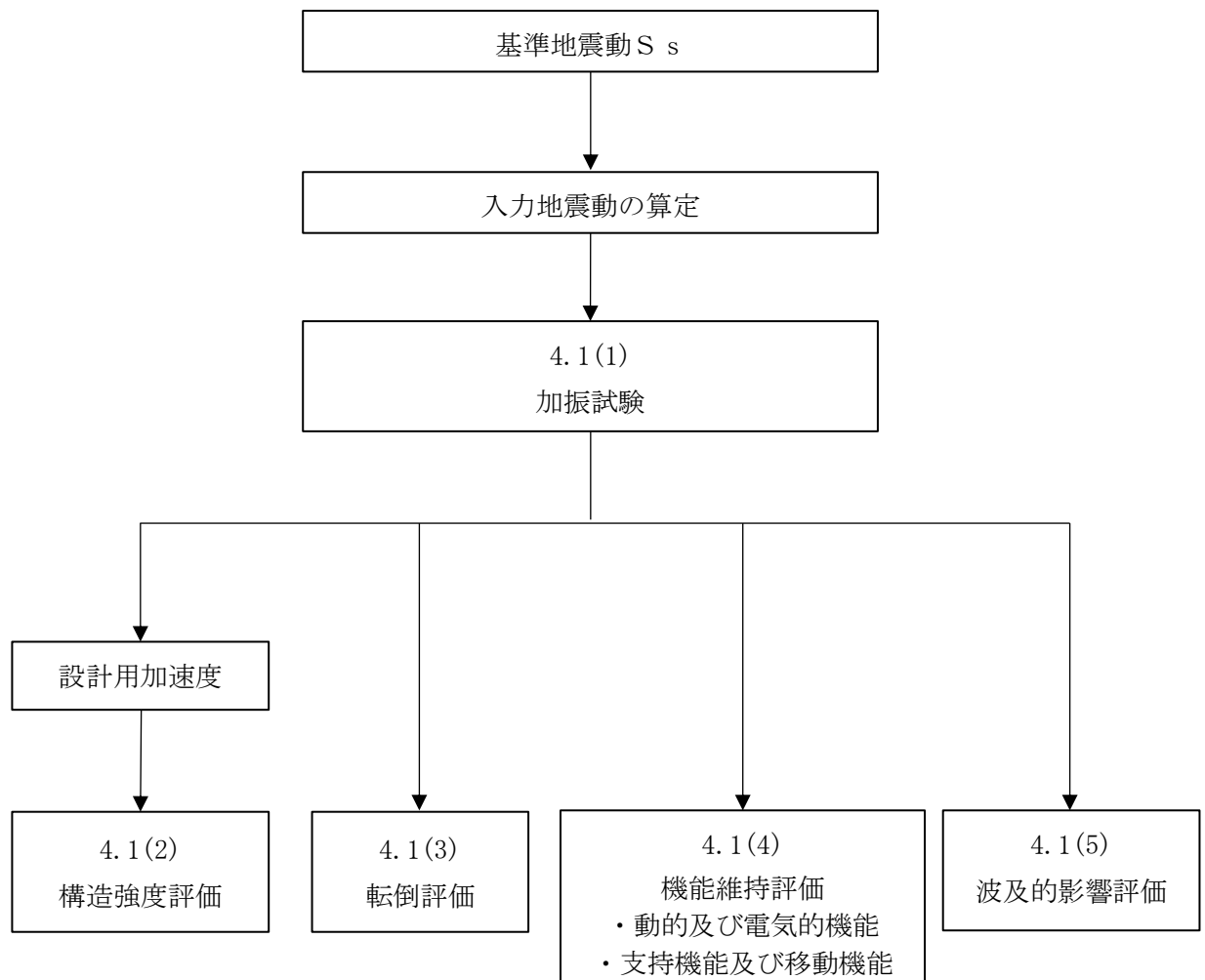


図4-1 車両型設備の耐震評価フロー

表 4-1 各車両型設備の保管場所

設備名称	保管場所
タンクローリ (タイプ I)	第 1 保管エリア
タンクローリ (タイプ II)	第 1 保管エリア 第 3 保管エリア 第 4 保管エリア
大量送水車	第 1 保管エリア 第 2 保管エリア 第 3 保管エリア 第 4 保管エリア
高圧発電機車 (タイプ I)	第 1 保管エリア 第 3 保管エリア 第 4 保管エリア
高圧発電機車 (タイプ II)	第 1 保管エリア 第 3 保管エリア 第 4 保管エリア
移動式代替熱交換設備	第 1 保管エリア 第 3 保管エリア 第 4 保管エリア
大型送水ポンプ車 (原子炉補機代替冷却系用)	第 1 保管エリア 第 3 保管エリア 第 4 保管エリア
大型送水ポンプ車 (原子炉建物放水設備用)	第 4 保管エリア
可搬式窒素供給装置	第 1 保管エリア 第 4 保管エリア
緊急時対策所用発電機	第 1 保管エリア 第 4 保管エリア
第 1 ベントフィルタ出口水素濃度	第 1 保管エリア 第 4 保管エリア

(1) 加振試験

a. 基本方針

車両型設備においては、重大事故等に対処するための機能を維持するために、車両全体として安定性を有し、転倒しないこと、主要な構造部材が必要な構造強度を有すること及び支持機能、移動機能、動的及び電氣的機能が維持できること並びに当該設備による波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないことを加振試験の結果を踏まえて評価することから、以下の「b. 入力地震動」に示す入力地震動を用いて、「(3) 転倒評価」、「(4) 機能維持評価」及び「(5) 波及的影響評価」に示す方法により加振試験を行う。

b. 入力地震動

入力地震動は、VI-2-別添 3-2「可搬型重大事故等対処設備の保管エリア等における入力地震動」に示す、各保管場所の保管エリアごとに算定した入力地震動を用いる。

(2) 構造強度評価

a. 直接支持構造物

車両型設備の直接支持構造物の構造強度評価は、以下に示す「(a) 直接支持構造物の計算式」に従って、評価部位について、J E A G 4 6 0 1-1987 に規定されているポンプ等の取付ボルトの評価方法を用いて発生応力を算出し、許容応力以下であることを確認する。

評価については、実機における車両型設備の応答の不確実さを考慮し、加速度が大きくなる加振試験で測定された評価部位頂部の加速度を設計用水平加速度及び設計用鉛直加速度として設定し、構造強度評価を行う。

構造強度評価に使用する記号を表 4-2 に、計算モデル例を図 4-2～図 4-10 に示す。

また、各設備の評価部位と計算モデル例との関係を表 4-3 に示す。

転倒方向は、図 4-2～図 4-10 における軸直角方向及び軸方向について検討し、計算書には計算結果の厳しい方（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。

なお、式 4.9～式 4.12 及び式 4.14～式 4.22 については、垂直ボルトの発生応力を計算する際には、斜めボルトも垂直ボルトとして扱い、斜めボルトの発生応力を計算する際には、垂直ボルトも斜めボルトとして扱うとともに、取付角度は全てのボルトで同様であるものとして計算する。

表 4-2 構造強度評価に使用する記号

記号	記号の説明	単位
A_b	取付ボルトの軸断面積	mm^2
a_H	設計用水平加速度	m/s^2
a_P	回転体振動による加速度	m/s^2
a_V	設計用鉛直加速度	m/s^2
g	重力加速度	m/s^2
h	据付面から重心位置までの高さ	mm
L	重心位置と取付ボルト間の水平方向距離	mm
ℓ_i	支点としている取付ボルトより評価に用いる取付ボルトまでの距離（ i は転倒支点から距離の長い順に番号取りをする。）	mm
m	機器の保管時質量	kg
M_P	回転体回転により働くモーメント	$\text{N}\cdot\text{mm}$
N_i	引張力又はせん断力の作用する取付ボルトの本数	—
n	取付ボルトの総本数	—
θ_i	設備に対する取付ボルトの角度	$^\circ$
σ_b	取付ボルトの最大引張応力	MPa
σ_1	タンクローリの垂直ボルトに働く引張応力	MPa
σ_2	タンクローリの斜めボルトに働く引張応力	MPa
σ_3	タンクローリの斜めボルトに働く引張応力	MPa
τ_b	取付ボルトの最大せん断応力	MPa
τ_1	タンクローリの垂直ボルトに働くせん断応力	MPa
τ_2	タンクローリの斜めボルトに働くせん断応力	MPa
τ_3	タンクローリの斜めボルトに働くせん断応力	MPa

表 4-3 各設備の評価部位と計算モデル例

設備名称	評価部位	図
タンクローリ (タイプⅠ)	タンク取付ボルト	図 4-8～図 4-10
	ポンプ取付ボルト	図 4-4, 図 4-5
タンクローリ (タイプⅡ)	タンク取付ボルト	図 4-8～図 4-10
	ポンプ取付ボルト	図 4-4, 図 4-5
大量送水車	ポンプ取付ボルト	図 4-6, 図 4-7
	発電機取付ボルト	図 4-2, 図 4-3
高圧発電機車 (タイプⅠ)	発電機/内燃機関取付ボルト	図 4-2, 図 4-3
高圧発電機車 (タイプⅡ)	発電機/内燃機関取付ボルト	図 4-2, 図 4-3
移動式代替熱交換設備	熱交換器取付ボルト	図 4-2, 図 4-3
	ポンプ取付ボルト	
大型送水ポンプ車 (原子炉補機代替冷却系用)	ポンプ取付ボルト	図 4-2, 図 4-3
	内燃機関取付ボルト	
大型送水ポンプ車 (原子炉建物放水設備用)	ポンプ取付ボルト	図 4-2, 図 4-3
	内燃機関取付ボルト	
可搬式窒素供給装置	窒素ガス発生装置取付ボルト	図 4-2, 図 4-3
	空気圧縮機取付ボルト	
	昇圧機取付ボルト	
	発電機取付ボルト	
緊急時対策所用発電機	発電機/内燃機関取付ボルト	図 4-2, 図 4-3
第 1 ベントフィルタ出口水素濃度	分析計ラック取付ボルト	図 4-2, 図 4-3
	サンプルポンプラック取付ボルト	
	チラーユニット取付ボルト	
	制御盤取付ボルト	

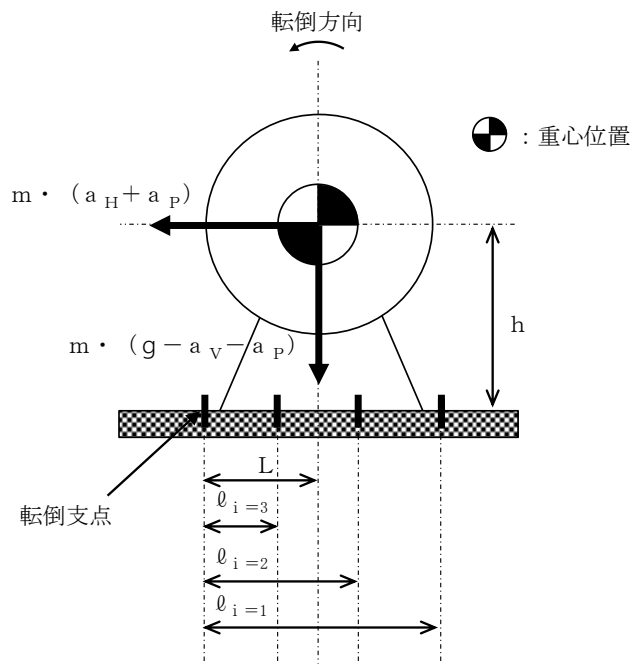


図 4-2 直接支持構造物の計算モデル例 (1/2)
 (取付ボルト 軸直角方向転倒-1 ($g - a_V - a_P \geq 0$ の場合))

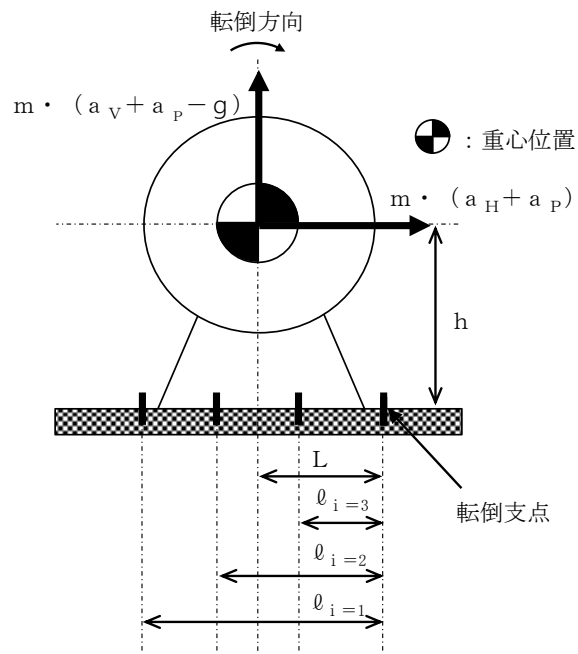


図 4-2 直接支持構造物の計算モデル例 (2/2)
 (取付ボルト 軸直角方向転倒-2 ($g - a_V - a_P < 0$ の場合))

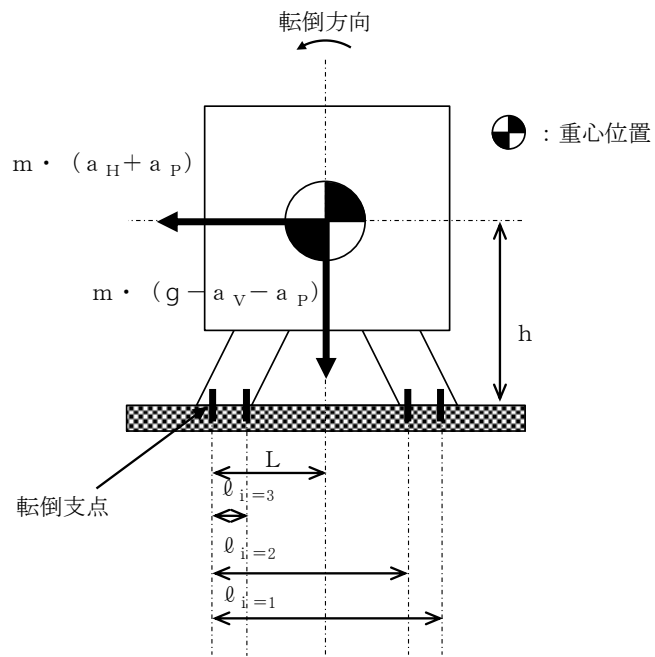


図 4-3 直接支持構造物の計算モデル例 (1/2)
 (取付ボルト 軸方向転倒-1 ($g - a_v - a_p$) ≥ 0 の場合)

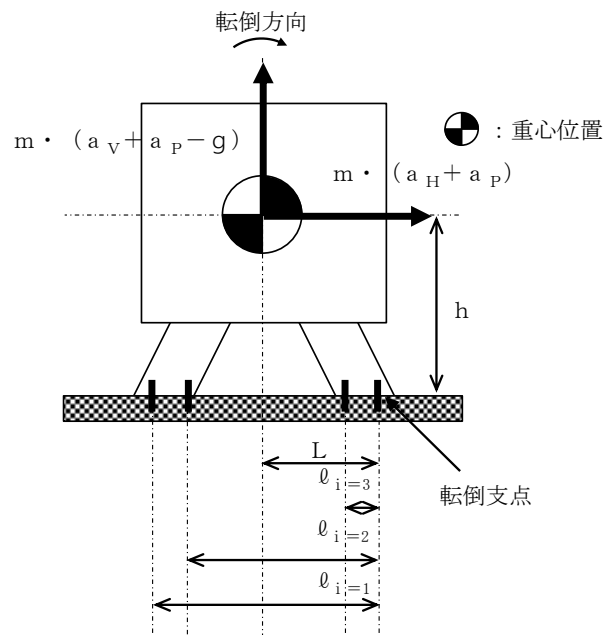


図 4-3 直接支持構造物の計算モデル例 (2/2)
 (取付ボルト 軸方向転倒-2 ($g - a_v - a_p$) < 0 の場合)

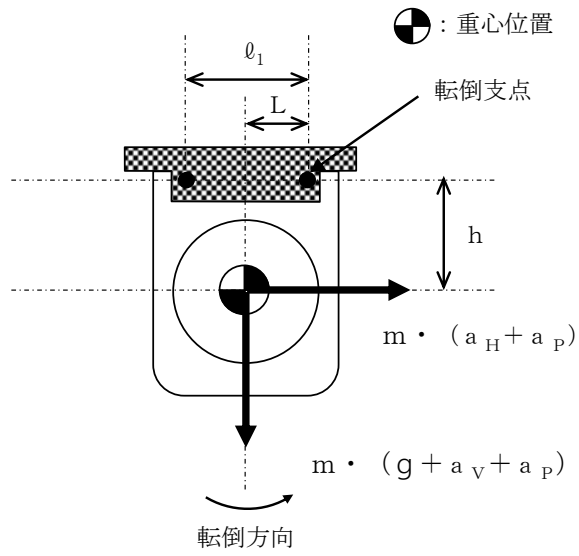


図 4-4 直接支持構造物の計算モデル例
(取付ボルト 軸直角方向転倒)

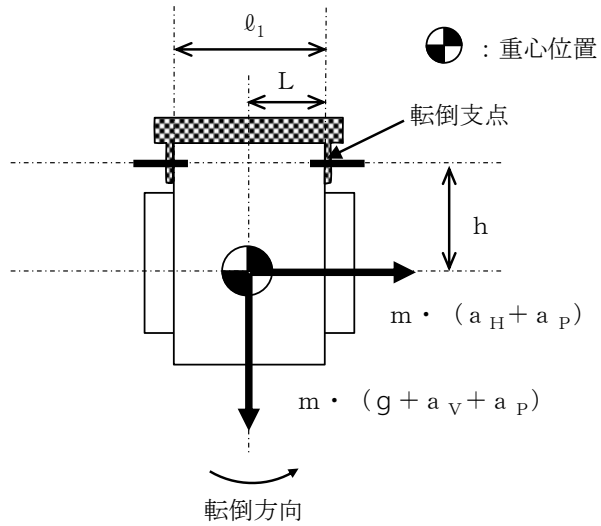


図 4-5 直接支持構造物の計算モデル例
(取付ボルト 軸方向転倒)

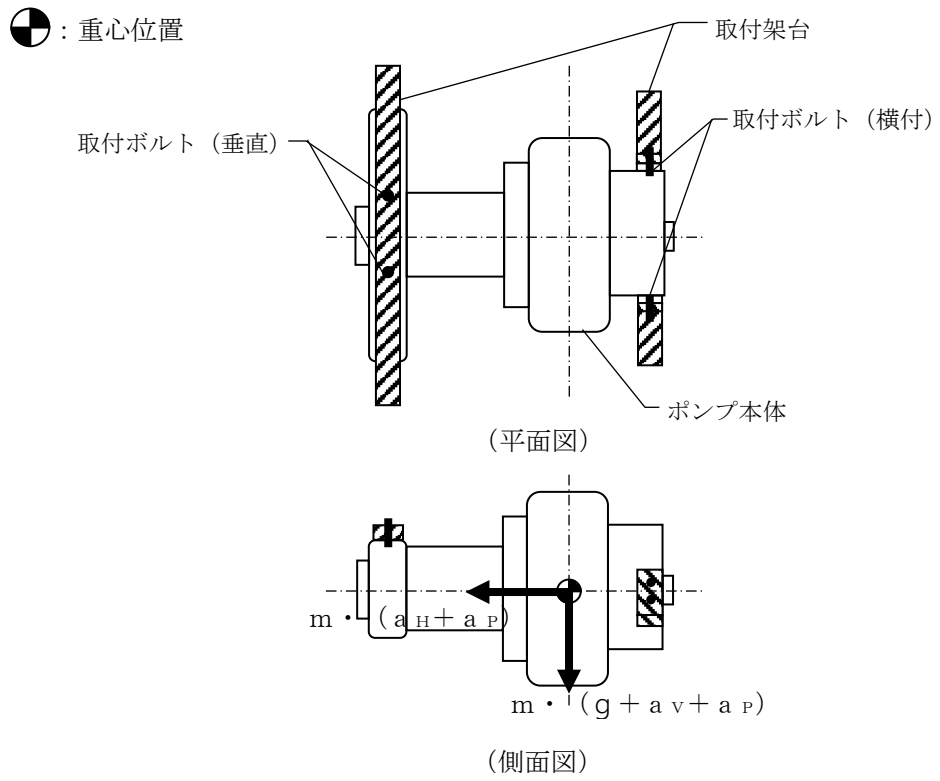


図 4-6 直接支持構造物の計算モデル例
(取付ボルト 大量送水車ポンプ取付ボルト (横付))

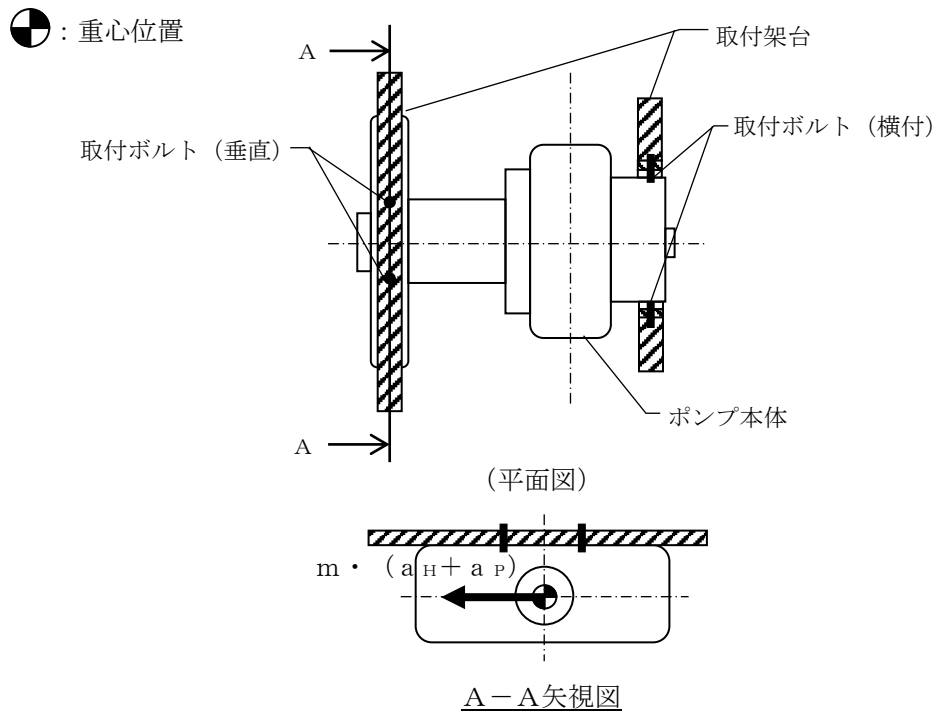


図 4-7 直接支持構造物の計算モデル例
(取付ボルト 大量送水車ポンプ取付ボルト (垂直))

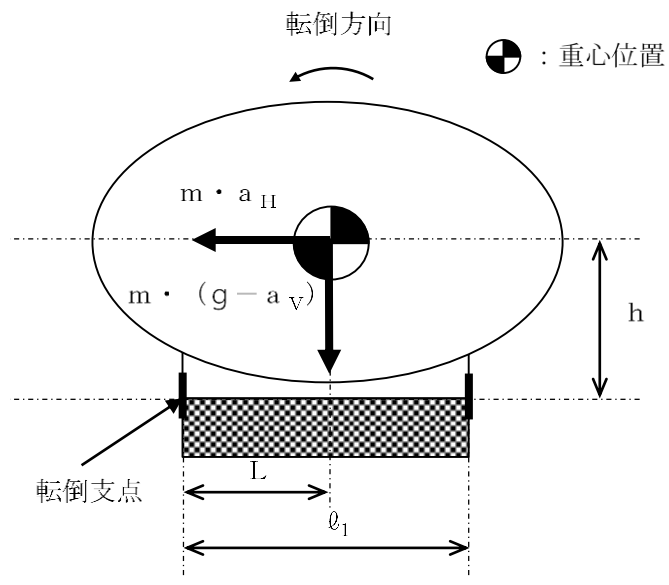


図 4-8 直接支持構造物の計算モデル例(1/2)
 (取付ボルト 軸直角方向転倒-1 ($g - a_v \geq 0$ の場合))

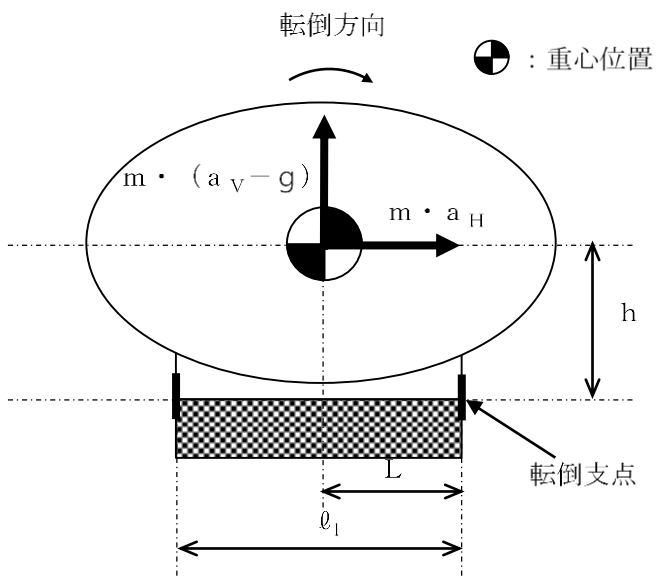


図 4-8 直接支持構造物の計算モデル例(2/2)
 (取付ボルト 軸直角方向転倒-2 ($g - a_v < 0$ の場合))

S2 補 VI-2-別添 3-1 R1

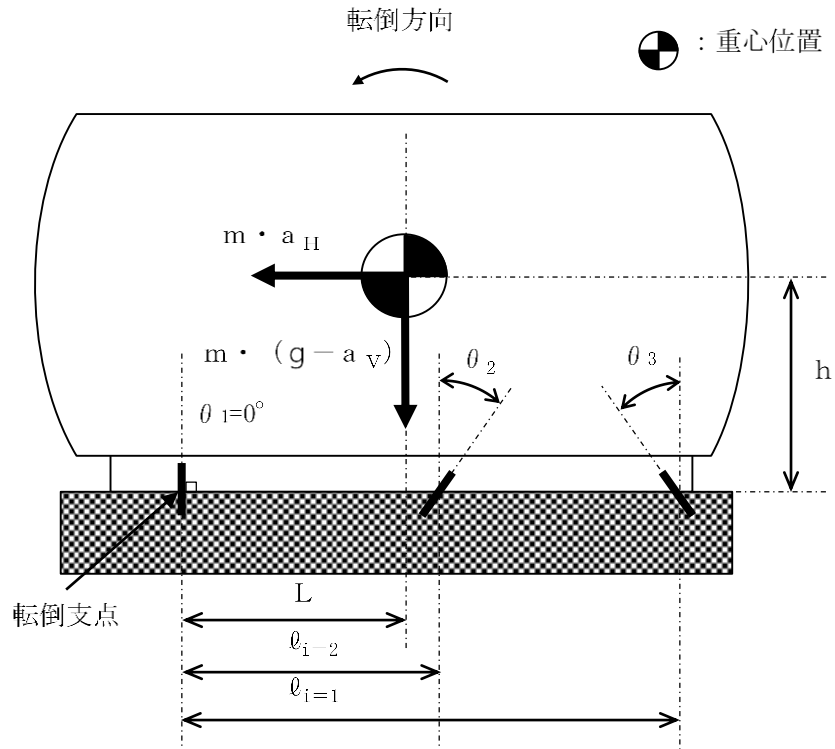


図 4-9 直接支持構造物の計算モデル例(1/2)

(取付ボルト 軸方向転倒 (垂直ボルト転倒支点) -1 ($g - a_v \geq 0$ の場合))

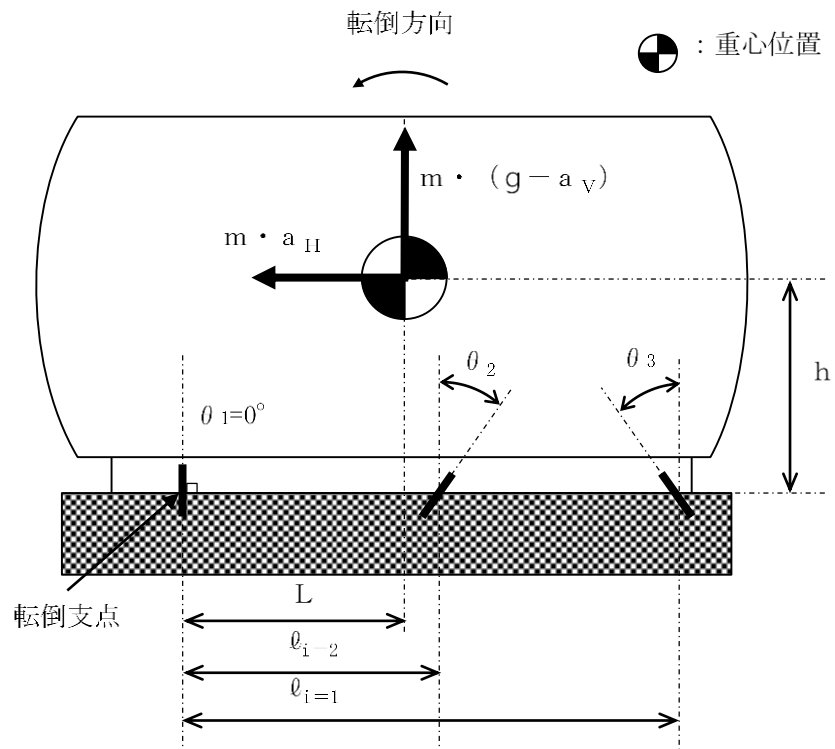


図 4-9 直接支持構造物の計算モデル例(2/2)

(取付ボルト 軸方向転倒 (垂直ボルト転倒支点) -2 ($g - a_v < 0$ の場合))

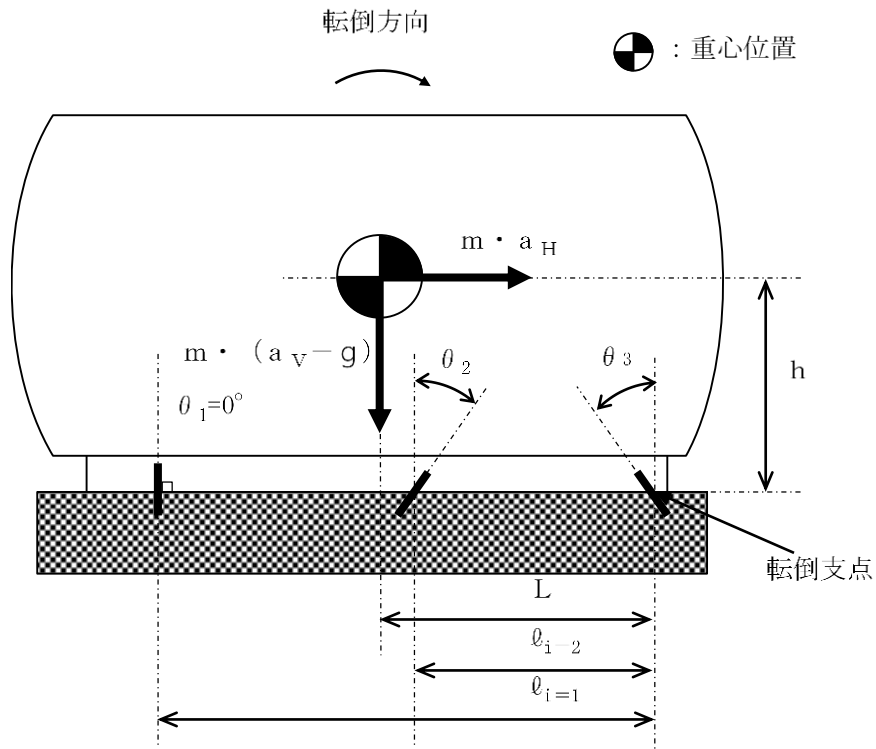


図 4-10 直接支持構造物の計算モデル例 (1/2)

(取付ボルト 軸方向転倒 (斜めボルト転倒支点) -1 ($g - a_v \geq 0$) の場合)

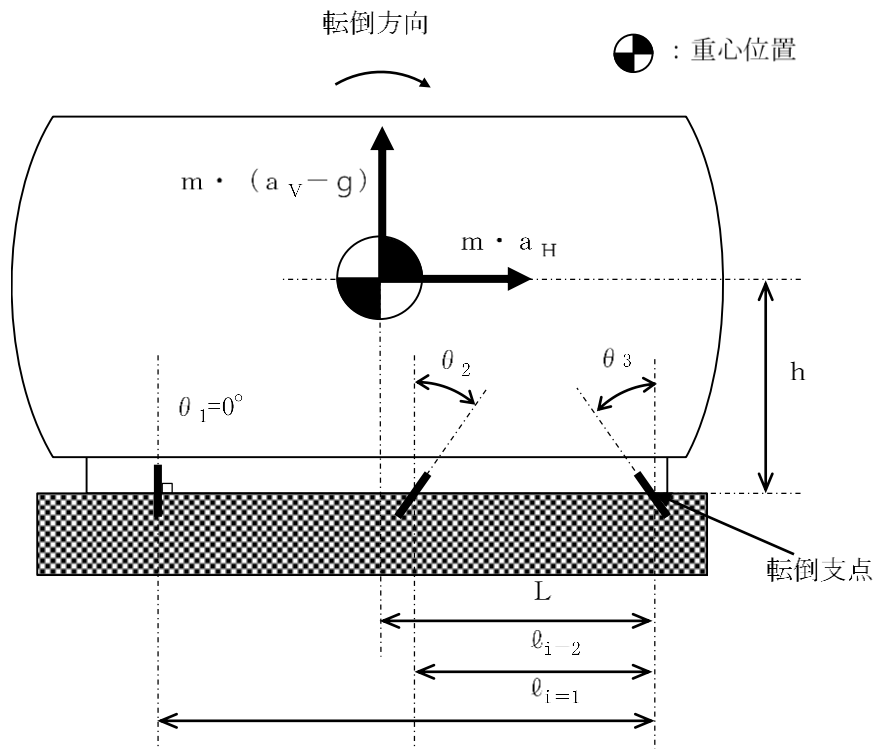


図 4-10 直接支持構造物の計算モデル例 (2/2)

(取付ボルト 軸方向転倒 (斜めボルト転倒支点) -2 ($g - a_v < 0$) の場合)

(a) 直接支持構造物の計算式

イ. 図 4-2 及び図 4-3 の場合の引張応力

なお, 図 4-3 の場合のボルトについては, 回転体回転により働くモーメントは作用しない。

$$\sigma_b = \frac{m \cdot (a_H + a_P) \cdot h + M_P - m \cdot (g - a_V - a_P) \cdot L}{A_b} \cdot \frac{\ell_1}{\sum_{i=1} N_i \cdot \ell_i^2} \dots (4.1)$$

ロ. 図 4-2 及び図 4-3 の場合のせん断応力

$$\tau_b = \frac{m \cdot (a_H + a_P)}{n \cdot A_b} \dots (4.2)$$

ハ. 図 4-4 の場合のせん断応力

(イ) 荷重によるせん断応力

$$\tau_b = \frac{m \cdot \sqrt{(a_H + a_P)^2 + (g + a_V + a_P)^2}}{n \cdot A_b} \dots (4.3)$$

(ロ) モーメントによるせん断応力

$$\tau_b = \frac{m \cdot (a_H + a_P) \cdot h + M_P + m \cdot (g + a_V + a_P) \cdot L}{A_b} \cdot \frac{\ell_1}{\sum_{i=1} N_i \cdot \ell_i^2} \dots (4.4)$$

ニ. 図 4-5 の場合の引張応力

$$\sigma_b = \frac{m \cdot (a_H + a_P)}{\sum_{i=1} N_i \cdot A_b} \dots (4.5)$$

ホ. 図 4-5 の場合のせん断応力

$$\tau_b = \frac{m \cdot (a_H + a_P) \cdot h + m \cdot (g + a_V + a_P) \cdot L}{A_b} \cdot \frac{\ell_1}{\sum_{i=1} N_i \cdot \ell_i^2} \dots (4.6)$$

へ. 図 4-6 の場合のせん断応力

取付ボルト（垂直）は考慮しないものとし，水平方向及び鉛直方向の荷重により取付ボルト（横付）に生じるせん断応力を算出する。

$$\tau_b = \frac{m \cdot \sqrt{(a_H + a_P)^2 + (g + a_V + a_P)^2}}{n \cdot A_b} \dots\dots\dots (4.7)$$

ト. 図 4-7 の場合のせん断応力

取付ボルト（横付）は考慮しないものとし，水平方向の荷重により取付ボルト（垂直）に生じるせん断応力を算出する。

$$\tau_b = \frac{m \cdot (a_H + a_P)}{n \cdot A_b} \dots\dots\dots (4.8)$$

チ. 図 4-8 の場合の引張応力

(イ) 垂直ボルトの引張応力

$$\sigma_1 = \frac{m \cdot a_H \cdot h - m \cdot (g - a_V) \cdot L}{N_i \cdot A_b \cdot \ell_i} \dots\dots\dots (4.9)$$

(ロ) 斜めボルトの引張応力

$$\sigma_2 = \sigma_3 = \frac{m \cdot a_H \cdot h - m \cdot (g - a_V) \cdot L}{N_i \cdot A_b \cdot \ell_i} \cdot \cos \theta_i \dots\dots\dots (4.10)$$

リ. 図 4-8 の場合のせん断応力

(イ) 垂直ボルトのせん断応力

$$\tau_1 = \frac{m \cdot a_H}{n \cdot A_b} \dots\dots\dots (4.11)$$

(ロ) 斜めボルトのせん断応力

$$\tau_2 = \tau_3 = \frac{m \cdot a_H \cdot h - m \cdot (g - a_V) \cdot L}{N_i \cdot A_b \cdot \ell_i} \cdot \sin \theta_i + \frac{m \cdot a_H}{n \cdot A_b} \dots\dots\dots (4.12)$$

ヌ. 図 4-9 の場合の引張応力

(イ) 垂直ボルトの引張応力

$$\sigma_1 = 0 \text{ (転倒支点のため, 引張応力は発生しない)} \dots\dots\dots (4.13)$$

(ロ) 斜めボルトの引張応力

$$\sigma_2 = \sigma_3 = \frac{m \cdot a_H \cdot h - m \cdot (g - a_V) \cdot L}{A_b} \cdot \frac{\ell_1}{\sum_{i=1} N_i \cdot \ell_i^2} \cdot \cos \theta_i + \frac{m \cdot a_H}{n \cdot A_b} \cdot \sin \theta_i \dots (4.14)$$

ル. 図 4-9 の場合のせん断応力

(イ) 垂直ボルトのせん断応力

$$\tau_1 = \frac{m \cdot a_H}{n \cdot A_b} \dots (4.15)$$

(ロ) 斜めボルトのせん断応力

$$\tau_2 = \tau_3 = \frac{m \cdot a_H \cdot h - m \cdot (g - a_V) \cdot L}{A_b} \cdot \frac{\ell_1}{\sum_{i=1} N_i \cdot \ell_i^2} \cdot \sin \theta_i + \frac{m \cdot a_H}{n \cdot A_b} \cdot \cos \theta_i \dots (4.16)$$

ヲ. 図 4-10 の場合の引張応力

(イ) 垂直ボルトの引張応力

$$\sigma_1 = \frac{m \cdot a_H \cdot h - m \cdot (g - a_V) \cdot L}{A_b} \cdot \frac{\ell_1}{\sum_{i=1} N_i \cdot \ell_i^2} \dots (4.17)$$

(ロ) 斜めボルトの引張応力

$$\sigma_2 = \frac{m \cdot a_H \cdot h - m \cdot (g - a_V) \cdot L}{A_b} \cdot \frac{\ell_1}{\sum_{i=1} N_i \cdot \ell_i^2} \cdot \cos \theta_2 + \frac{m \cdot a_H}{n \cdot A_b} \cdot \sin \theta_2 \dots (4.18)$$

(ハ) 斜めボルト (転倒支点) の引張応力

$$\sigma_3 = \frac{m \cdot a_H}{n \cdot A_b} \cdot \sin \theta_3 \dots (4.19)$$

ワ. 図 4-10 の場合のせん断応力

(イ) 垂直ボルトのせん断応力

$$\tau_1 = \frac{m \cdot a_H}{n \cdot A_b} \dots\dots\dots (4.20)$$

(ロ) 斜めボルトのせん断応力

$$\tau_2 = \frac{m \cdot a_H \cdot h - m \cdot (g - a_v) \cdot L}{A_b} \cdot \frac{\ell_1}{\sum_{i=1} N_i \cdot \ell_i^2} \cdot \sin \theta_2 + \frac{m \cdot a_H}{n \cdot A_b} \cdot \cos \theta_2 \dots\dots (4.21)$$

(ハ) 斜めボルト（転倒支点）のせん断応力

$$\tau_3 = \frac{m \cdot a_H}{n \cdot A_b} \cdot \cos \theta_3 \dots\dots\dots (4.22)$$

b. 間接支持構造物

車両型設備の間接支持構造物の構造強度評価は、「(a) 間接支持構造物の計算式」に従って、評価部位について、J E A G 4 6 0 1-1987 に規定されているポンプ等の取付ボルトの評価方法を用いて発生応力を算出し、許容応力以下であることを確認する。

評価については、実機における車両型設備の応答の不確かさを考慮し、加速度が大きくなる加振試験で測定された評価部位頂部の加速度を設計用水平加速度及び設計用鉛直加速度として設定し、構造強度評価を行う。

構造強度評価に使用する記号を表 4-4 に、計算モデル例を図 4-11～図 4-14 に示す。

また、各設備の評価部位と計算モデル例との関係を表 4-5 に示す。

転倒方向は、図 4-11～図 4-14 における軸直角方向及び軸方向について検討し、計算書には計算結果の厳しい方（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。

表 4-4 構造強度評価に使用する記号

記号	記号の説明	単位
A_b	取付ボルトの軸断面積	mm^2
a_H	設計用水平加速度	m/s^2
a_V	設計用鉛直加速度	m/s^2
g	重力加速度	m/s^2
h	据付面から重心位置までの高さ	mm
L	重心位置と取付ボルト間の水平方向距離	mm
l_i	支点としている取付ボルトより評価に用いる取付ボルトまでの距離（ i は転倒支点から距離の長い順に番号取りをする。）	mm
m	機器の保管時質量	kg
M_P	回転体回転により働くモーメント	$\text{N}\cdot\text{mm}$
N_i	引張力又はせん断力の作用する取付ボルトの本数	—
n	取付ボルトの総本数	—
σ_b	取付ボルトの最大引張応力	MPa
τ_b	取付ボルトの最大せん断応力	MPa

表 4-5 各設備の評価部位と計算モデル例

設備名称	評価部位	図
大量送水車	コンテナ取付ボルト	図 4-13, 図 4-14
高圧発電機車（タイプ I）	コンテナ取付ボルト	図 4-11, 図 4-12
高圧発電機車（タイプ II）	コンテナ取付ボルト	図 4-11, 図 4-12
移動式代替熱交換設備	コンテナ取付ボルト	図 4-11, 図 4-12
大型送水ポンプ車（原子炉補機代替冷却系用）	コンテナ取付ボルト	図 4-11, 図 4-12
大型送水ポンプ車（原子炉建物放水設備用）	コンテナ取付ボルト	図 4-11, 図 4-12
可搬式窒素供給装置	コンテナ取付ボルト	図 4-13, 図 4-14
緊急時対策所用発電機	コンテナ取付ボルト	図 4-11, 図 4-12
第 1 ベントフィルタ出口水素濃度	コンテナ取付ボルト	図 4-11～図 4-14

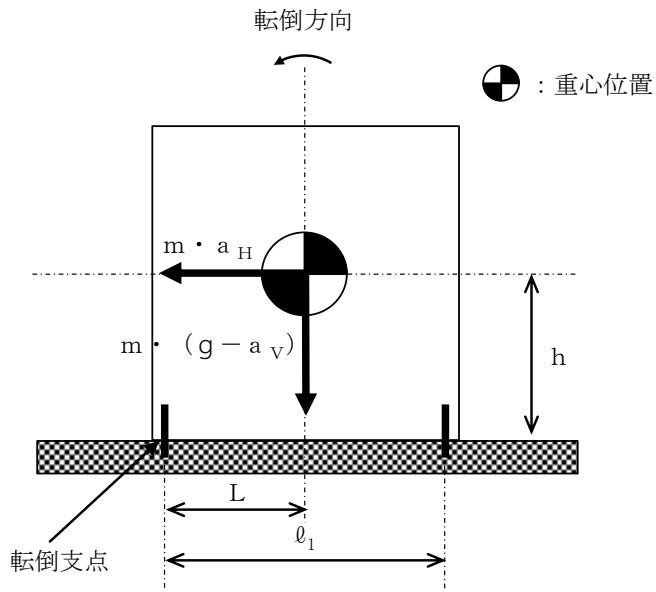


図 4-11 間接支持構造物の計算モデル例 (1/2)
 (取付ボルト 軸直角方向転倒-1 ($g - a_v \geq 0$) の場合)

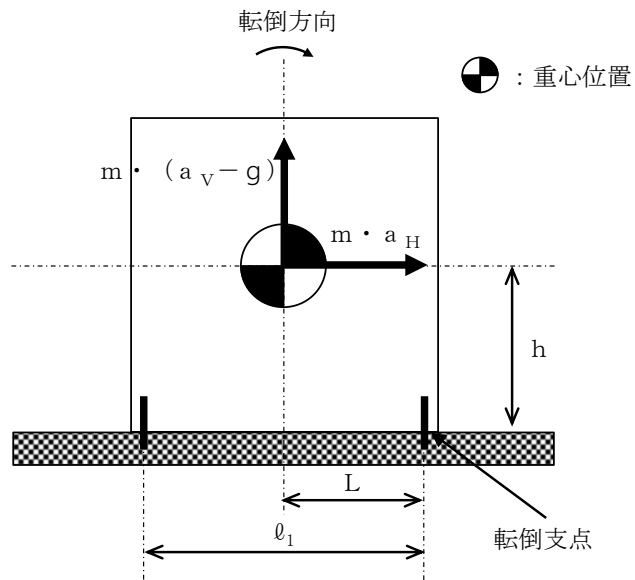


図 4-11 間接支持構造物の計算モデル例 (2/2)
 (取付ボルト 軸直角方向転倒-2 ($g - a_v < 0$) の場合)

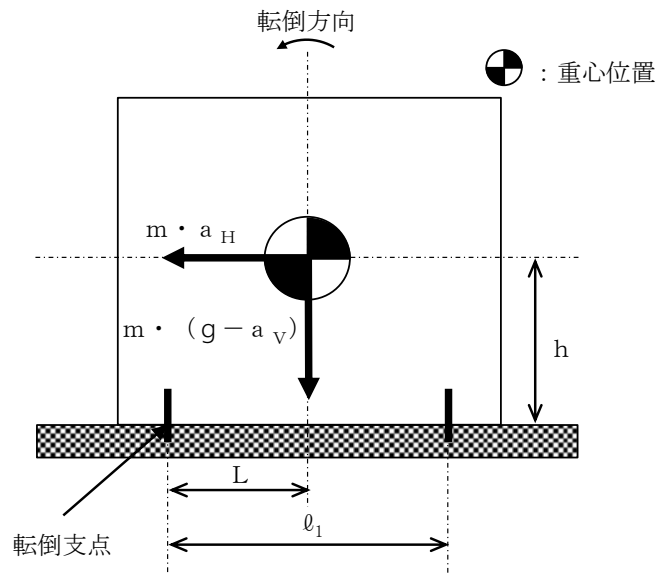


図 4-12 間接支持構造物の計算モデル例 (1/2)
 (取付ボルト 軸方向転倒-1 ($g - a_v \geq 0$) の場合)

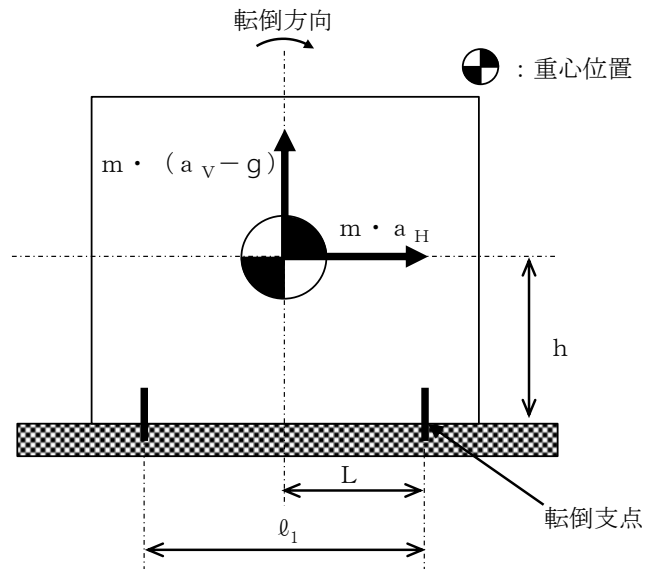


図 4-12 間接支持構造物の計算モデル例 (2/2)
 (取付ボルト 軸方向転倒-2 ($g - a_v < 0$) の場合)

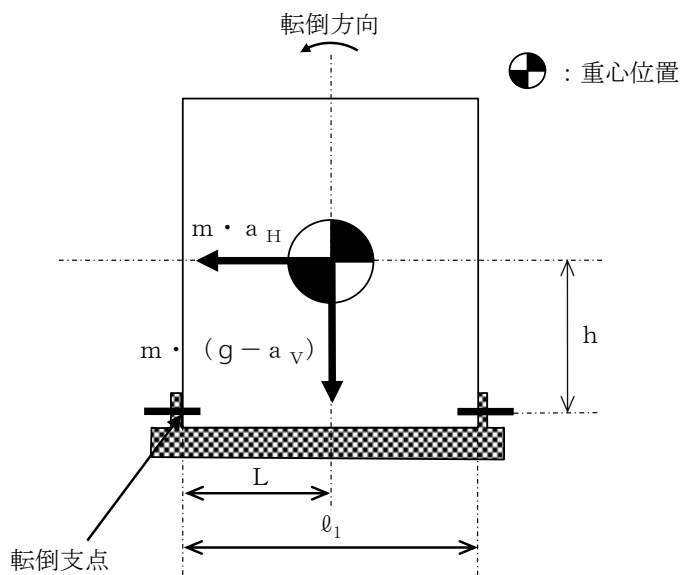


図 4-13 間接支持構造物の計算モデル例 (1/2)
 (取付ボルト 軸直角方向転倒-1 ($g - a_v \geq 0$ の場合))

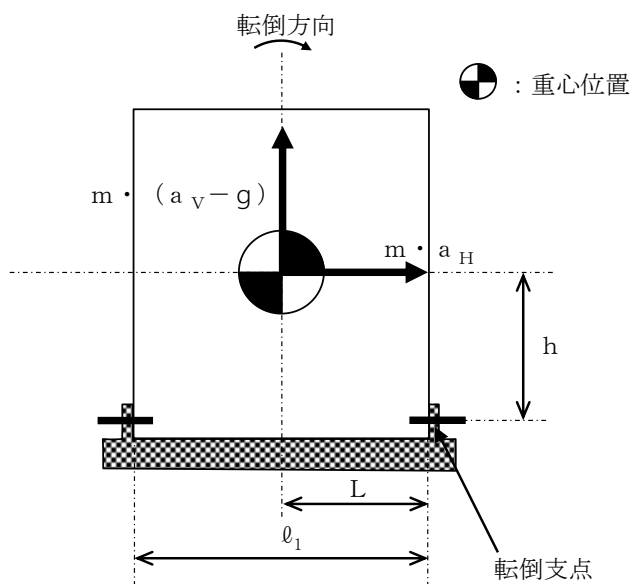


図 4-13 間接支持構造物の計算モデル例 (2/2)
 (取付ボルト 軸直角方向転倒-2 ($g - a_v < 0$ の場合))

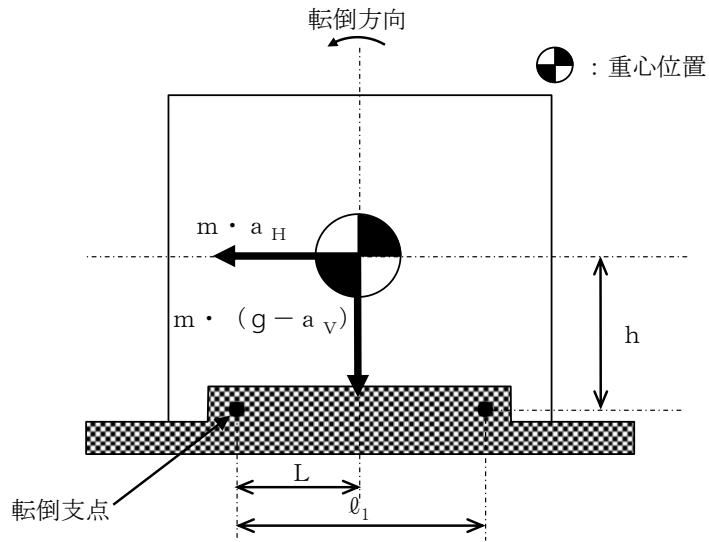


図 4-14 間接支持構造物の計算モデル例 (1/2)
 (取付ボルト 軸方向転倒-1 ($g - a_v \geq 0$ の場合))

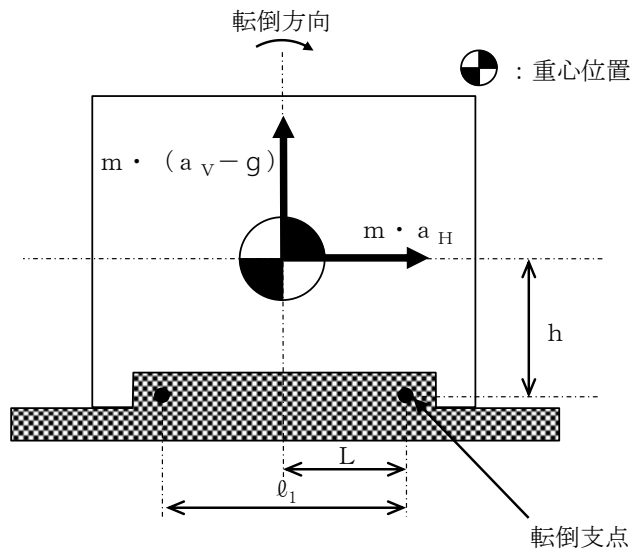


図 4-14 間接支持構造物の計算モデル例 (2/2)
 (取付ボルト 軸方向転倒-2 ($g - a_v < 0$ の場合))

(a) 間接支持構造物の計算式

イ. 図 4-11 及び図 4-12 の場合の引張応力

$$\sigma_b = \frac{m \cdot a_H \cdot h - m \cdot (g - a_V) \cdot L}{A_b} \cdot \frac{\ell_1}{\sum_{i=1} N_i \cdot \ell_i^2} \dots\dots\dots (4.23)$$

ロ. 図 4-11 及び図 4-12 の場合のせん断応力

$$\tau_b = \frac{m \cdot a_H}{n \cdot A_b} \dots\dots\dots (4.24)$$

ハ. 図 4-13 の場合の引張応力

$$\sigma_b = \frac{m \cdot a_H}{\sum_{i=1} N_i \cdot A_b} \dots\dots\dots (4.25)$$

ニ. 図 4-13 の場合のせん断応力

$$\tau_b = \frac{m \cdot a_H \cdot h - m \cdot (g - a_V) \cdot L}{A_b} \cdot \frac{\ell_1}{\sum_{i=1} N_i \cdot \ell_i^2} \dots\dots\dots (4.26)$$

ホ. 図 4-14 の場合のせん断応力

(イ) 荷重によるせん断応力

$$\tau_b = \frac{m \cdot \sqrt{a_H^2 + (g - a_V)^2}}{n \cdot A_b} \dots\dots\dots (4.27)$$

(ロ) モーメントによるせん断応力

$$\tau_b = \frac{m \cdot a_H \cdot h - m \cdot (g - a_V) \cdot L}{A_b} \cdot \frac{\ell_1}{\sum_{i=1} N_i \cdot \ell_i^2} \dots\dots\dots (4.28)$$

(3) 転倒評価

車両型設備は、実際の保管状態を模擬した状態で加振台に設置し、「4.1(1)b. 入力地震動」を基に作成した入力地震動によるランダム波加振試験を行い、試験後に転倒していないことを確認する。

転倒評価は、当該設備設置地表面での最大応答加速度が、加振試験により転倒しないことを確認した加振台の最大加速度以下であることにより確認する。

(4) 機能維持評価

車両型設備は、実際の保管状態を模擬した状態で加振台に設置し、「4.1(1)b. 入力地震動」を基に作成した入力地震動によるランダム波加振試験を行い、試験後に支持機能、移動機能、動的及び電氣的機能が維持されていることを確認する。加振試験については、J E A G 4 6 0 1-1991に基づき実施する。

基準地震動 S_s による地震力に対し、当該設備設置地表面での最大応答加速度が、地震力に伴う浮上りを考慮しても、加振試験により車両部の支持機能及び車両型設備としての自走、牽引等による移動機能を維持できることを確認した加振台の最大加速度以下であることにより確認する。

また、基準地震動 S_s による地震力に対し、当該設備設置地表面での最大応答加速度が、地震力による浮上りを考慮しても、加振試験により、ポンプの送水機能、発電機の発電機能、内燃機関の駆動機能等の動的及び電氣的機能を維持できることを確認した加振台の最大加速度以下であることにより確認する。

(5) 波及的影響評価

車両型設備は、実際の保管状態を模擬した状態で加振台に設置し、「4.1(1)b. 入力地震動」を基に作成した入力地震動によるランダム波加振試験を行い、加振試験にて確認した車両型設備の最大変位量が、当該設備による波及的影響を防止する必要がある他の設備との離隔距離未満であることにより確認する。

地震時における各設備のすべり量の算出については「a. すべり量」に、地震時における各設備の傾きによる変位量の算出については「b. 傾きによる変位量」に、最大変位量の算出については「c. 最大変位量」に示す。

a. すべり量

すべり量については、加振試験の結果を基に設定する。

加振試験によるすべり量については、各設備の加振試験により確認したすべり量を使用する。

b. 傾きによる変位量

傾きによる変位量については、各設備の加振試験により確認した傾き角を用いて算出する。

また、波及的影響として評価すべき傾きによる変位量を表した図を図 4-15 に示し、使用する記号を表 4-6 に示す。

傾きによる変位量については、以下の関係式により示される。

$$X = h \cdot \sin \theta \quad \dots\dots\dots (4.29)$$

表 4-6 波及的影響評価に使用する記号

記号	単位	記号の説明
h	mm	設備高さ
X	mm	傾きによる変位量
θ	°	傾き角

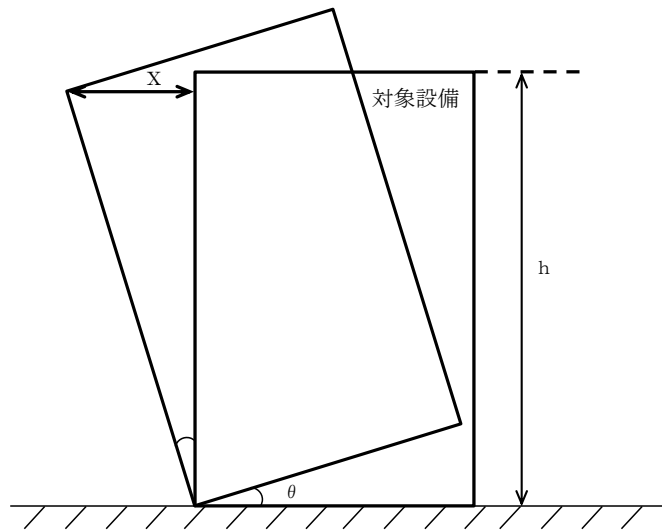


図 4-15 傾きによる変位量の算出図

c. 最大変位量

「a. すべり量」にて設定したすべり量と、「b. 傾きによる変位量」により算出される傾きによる変位量を加算した値を最大変位量と定義し、最大変位量が「3.2 許容限界」にて設定した離隔距離未満であることを波及的影響評価として確認する。

なお、第3保管エリアの車両は個別の台座の上に駐車されており、台座からの転落を考慮する必要がある。一方で、隣接する設備は無いため、走行軸直角方向の傾きによる変位量は考慮しないこととし、すべり量を最大変位量、車両側面から台座端部までの距離を許容限界として設定する。

4.2 ボンベ設備

ボンベ設備においては、重大事故等に対処するための機能を維持するために、構造強度評価及び波及的影響評価を実施する。

ボンベ設備の耐震評価フローを図 4-16 に示す。

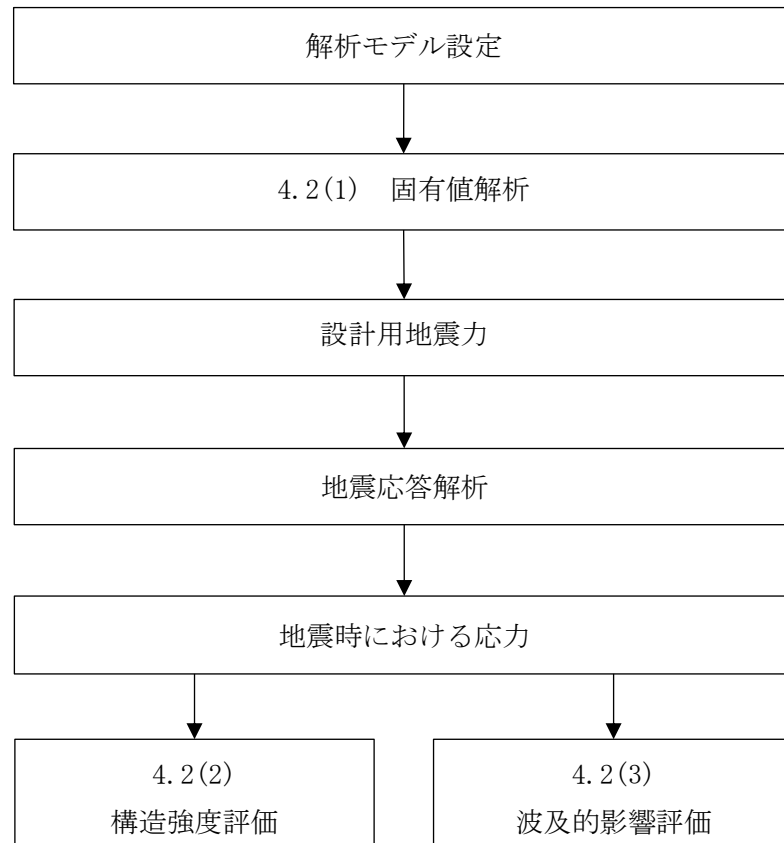


図 4-16 ボンベ設備の耐震評価フロー

(1) 固有値解析

a. 基本方針

ボンベ設備においては、重大事故等に対処するための機能を維持するために、主要な構造部材が必要な構造強度を有すること及び当該設備による波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないことを、固有値解析の結果を踏まえて評価することから、以下の「b. 解析方法及び解析モデル」に示す解析方法及び解析モデルを用いて、固有値解析を行う。

b. 解析方法及び解析モデル

- (a) ボンベラック及びボンベカードルを構成する鋼材をシェル要素及びはり要素としてモデル化した 3 次元 FEM モデルによる固有値解析を実施する。
- (b) ボンベラックは溶接により壁面又は床面に固定していることから、拘束条件は溶接部を完全拘束とする。また、ボンベカードルの取付架台は溶接により床面に設定した埋込

金物に固定していることから、溶接部を完全拘束とする。

- (c) ボンベカードルに収納、固定される配管、弁類及び遮光パネルの質量は、各々組込む位置に相当する各接点に付加する。
- (d) ボンベカードルのフレームは、床に設置した取付架台に取付ボルトにて固定されるため、フレームと取付架台は取付ボルト位置で固定条件を設定する。
- (e) ボンベ本体は、基準地震動 S_s による地震力に対して転倒しないことを目的としたボンベラック又はボンベカードルに、ボルト等にて固定され収納されている。ここで、ボンベ本体は高圧ガス適用品であり、一般的な圧力容器に比べ、高い耐圧強度を有することから、はるかに剛性が高いものであるが、解析上、断面性状を考慮したはり要素としてモデル化する。
- (f) 各ボンベからヘッダー又は配管への接続管は、接続を容易にするため可とう性を持つ形状としていること、地震時にはボンベとヘッダー又は配管の相対変位は微小であることから、地震時の変位を十分吸収できるものである。
- (g) 解析コードは、「ABAQUS」を使用する。
なお、解析コードの検証、妥当性確認等の概要については、VI-5-16「計算機プログラム（解析コード）の概要・ABAQUS」に示す。
- (h) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

(2) 構造強度評価

ボンベ設備は、「2.2 評価方針」で設定した評価部位について、評価部位に作用する応力が許容限界を満足することを確認する。

a. 設計用地震力

基準地震動 S_s による地震力は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」及びVI-2-別添 3-2「可搬型重大事故等対処設備の保管エリア等における入力地震動」に基づき設定する。

b. ボンベ設備の計算式

(a) ボンベラック（壁固定型）

構造強度評価に使用する記号を表 4-7 に、計算モデル例を図 4-17 及び図 4-18 に示す。

また、転倒方向は、図 4-17 及び図 4-18 における左右方向及び前後方向について検討し、計算書には計算結果の厳しい方（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。

表 4-7 構造強度評価に使用する記号

記号	記号の説明	単位
A_w	溶接部の有効断面積 (1箇所当たり)	mm^2
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
F_w	取付面に対し前後方向に作用する最大せん断力	N
F_{w1}	取付面に対し平行方向に作用するせん断力	N
F_{w2}	取付面に対し前後方向に作用するせん断力 (左右方向転倒)	N
F_{w3}	取付面に対し前後方向に作用するせん断力 (前後方向転倒)	N
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s^2
h	取付面から重心までの距離	mm
L_{w1}	溶接長 (1箇所当たり)	mm
l_1	重心と下側溶接部間の距離	mm
l_2	上側溶接部と下側溶接部中心間の距離	mm
l_3	左側溶接部と右側溶接部中心間の距離	mm
m	ポンベ設備の質量	kg
n	溶接箇所数	—
n_{HW1}	水平方向地震により取付面に対し前後方向のせん断力を受けるとして期待する溶接箇所数	—
n_{VW1}	鉛直方向地震により取付面に対し前後方向のせん断力を受けるとして期待する溶接箇所数	—
S	溶接部の脚長	mm
σ	はり要素の組合せ応力	MPa
σ_a	はり要素の軸応力	MPa
σ_b	はり要素の曲げ応力	MPa
σ_s	シェル要素の組合せ応力	MPa
σ_x	シェル要素の X 方向応力	MPa
σ_y	シェル要素の Y 方向応力	MPa
τ	はり要素のせん断応力	MPa
τ_w	溶接部に生じる最大せん断応力	MPa
τ_{w3}	取付面に対し平行方向に作用するせん断応力	MPa
τ_{w4}	取付面に対し前後方向に作用するせん断応力	MPa
τ_{xy}	シェル要素のせん断応力	MPa

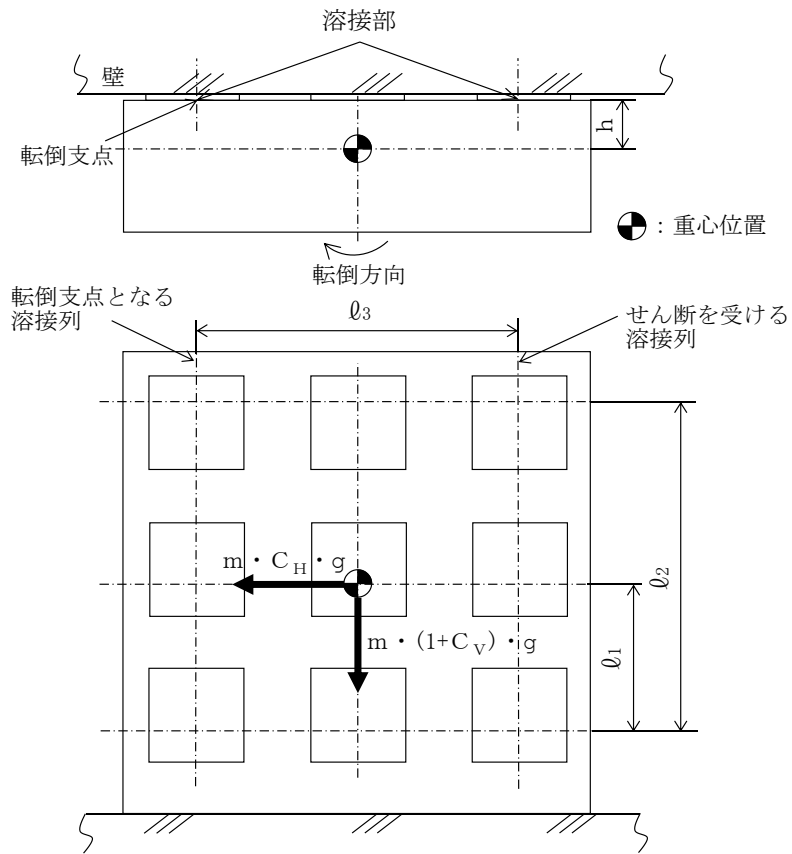


図 4-17 計算モデル例 (左右方向転倒)

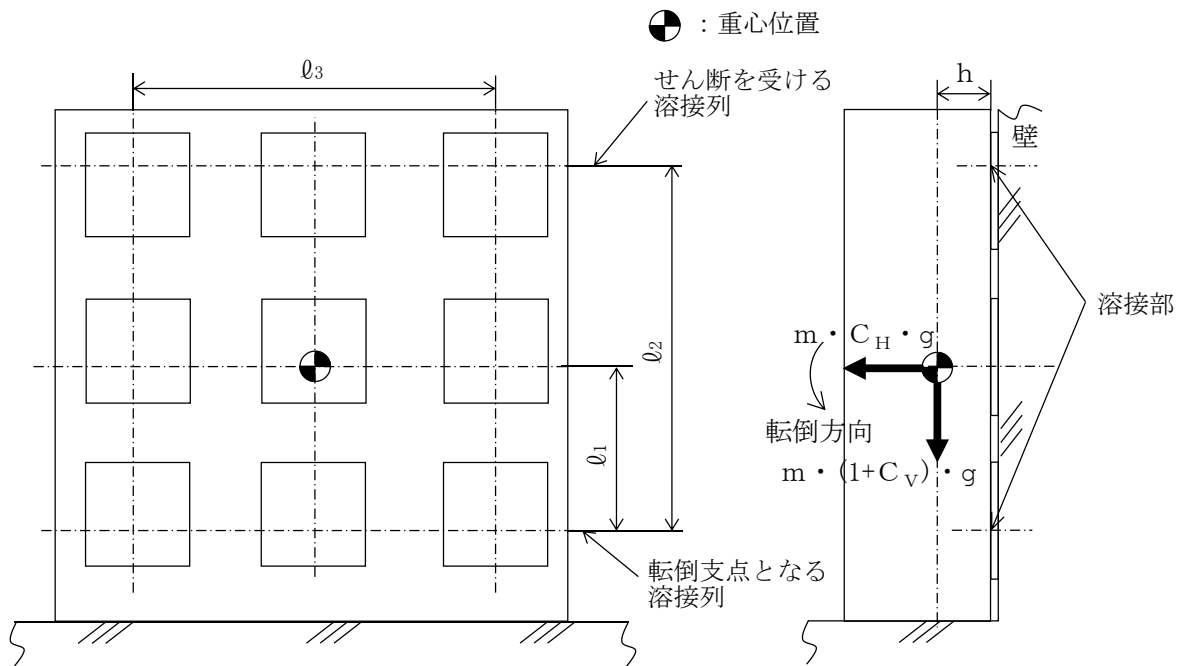


図 4-18 計算モデル例 (前後方向転倒)

イ. ボンベラック (はり要素)

ボンベラックのうち, はり要素の組合せ応力を以下のとおり計算する。

$$\sigma = \sqrt{(\sigma_a + \sigma_b)^2 + 3 \cdot \tau^2} \dots\dots\dots (4.30)$$

ロ. ボンベラック (シェル要素)

ボンベラックのうち, シェル要素の組合せ応力を以下のとおり計算する。

$$\sigma_s = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \cdot \sigma_y + 3 \cdot \tau_{xy}^2} \dots\dots\dots (4.31)$$

ハ. 溶接部

溶接部の応力を以下のとおり計算する。

- ・ ボンベラック取付面に対し平行方向に作用するせん断応力

ボンベラック取付面に対し平行方向に作用するせん断力は全溶接部で受けるものとして計算する。

ボンベラック取付面に対し平行方向に作用するせん断力 (F_{w1})

$$F_{w1} = \sqrt{(m \cdot C_H \cdot g)^2 + (m \cdot (1 + C_v) \cdot g)^2} \dots\dots\dots (4.32)$$

ボンベラック取付面に対し平行方向に作用するせん断応力 (τ_{w1})

$$\tau_{w1} = \frac{F_{w1}}{n \cdot A_w} \dots\dots\dots (4.33)$$

- ・ ボンベラック取付面に対し前後方向に作用するせん断応力

溶接部に対する力は最も厳しい条件として, 図 4-17 及び図 4-18 で最外列の溶接部を支点とする転倒を考え, これを片側の最外列の溶接部で受けるものとして計算する。

計算モデル図 4-17 に示す左右方向転倒の場合のせん断力 (F_{w2})

$$F_{w2} = \frac{m \cdot (1 + C_v) \cdot h \cdot g}{n_{vw1} \cdot \ell_2} + \frac{m \cdot C_H \cdot h \cdot g}{n_{hw1} \cdot \ell_3} \dots\dots\dots (4.34)$$

計算モデル図 4-18 に示す前後方向転倒の場合のせん断力 (F_{w3})

$$F_{w3} = \frac{m \cdot (1 + C_v) \cdot h \cdot g + m \cdot C_H \cdot \ell_1 \cdot g}{n_{vw1} \cdot \ell_2} \dots\dots\dots (4.35)$$

ボンベラック取付面に対し前後方向に作用するせん断力

$$F_w = \text{Max}(F_{w2}, F_{w3}) \quad \dots\dots\dots (4.36)$$

ボンベラック取付面に対し前後方向に作用するせん断応力 (τ_{w2})

$$\tau_{w4} = \frac{F_w}{A_w} \quad \dots\dots\dots (4.37)$$

ここで、せん断を受ける溶接部の有効断面積 A_w は、

$$A_w = (S/\sqrt{2}) \times L_w \quad \dots\dots\dots (4.38)$$

・溶接部の応力

$$\tau_w = \text{Max}(\tau_{w3}, \tau_{w4}) \quad \dots\dots\dots (4.39)$$

(b) ボンベラック (床固定型)

構造強度評価に使用する記号を表 4-8 に、計算モデル例を図 4-19～図 4-22 に示す。

また、転倒方向は、図 4-19～図 4-22 における短辺方向及び長辺方向について検討し、計算書には計算結果の厳しい方 (許容値/発生値の小さい方をいう。) を記載する。

表 4-8 構造強度評価に使用する記号

記号	記号の説明	単位
A_{HW}	水平方向せん断力を受ける溶接部の有効断面積（全箇所当たり）	mm^2
A_{VW}	鉛直方向せん断力を受ける溶接部の有効断面積（1箇所当たり）	mm^2
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
F_{HW}	溶接部に作用する水平方向せん断力	N
F_{VW}	溶接部に作用する鉛直方向せん断力	N
g	重力加速度（=9.80665）	m/s^2
h	取付面から重心までの距離	mm
L_W	溶接長（1箇所当たり）	mm
ϱ_1	重心と溶接部間の水平方向距離*	mm
ϱ_2	重心と溶接部間の水平方向距離*	mm
m	ボンベ設備の質量	kg
n	溶接箇所数	—
n_{VW}	評価上鉛直方向せん断力を受けるとして期待する溶接箇所数	—
S	溶接部の脚長	mm
σ	はり要素の組合せ応力	MPa
σ_a	はり要素の軸応力	MPa
σ_b	はり要素の曲げ応力	MPa
τ	はり要素のせん断応力	MPa
τ_W	溶接部に生じる最大せん断応力	MPa
τ_{W1}	溶接部に生じる水平方向せん断応力	MPa
τ_{W2}	溶接部に生じる鉛直方向せん断応力	MPa

注記*： $\varrho_1 \leq \varrho_2$

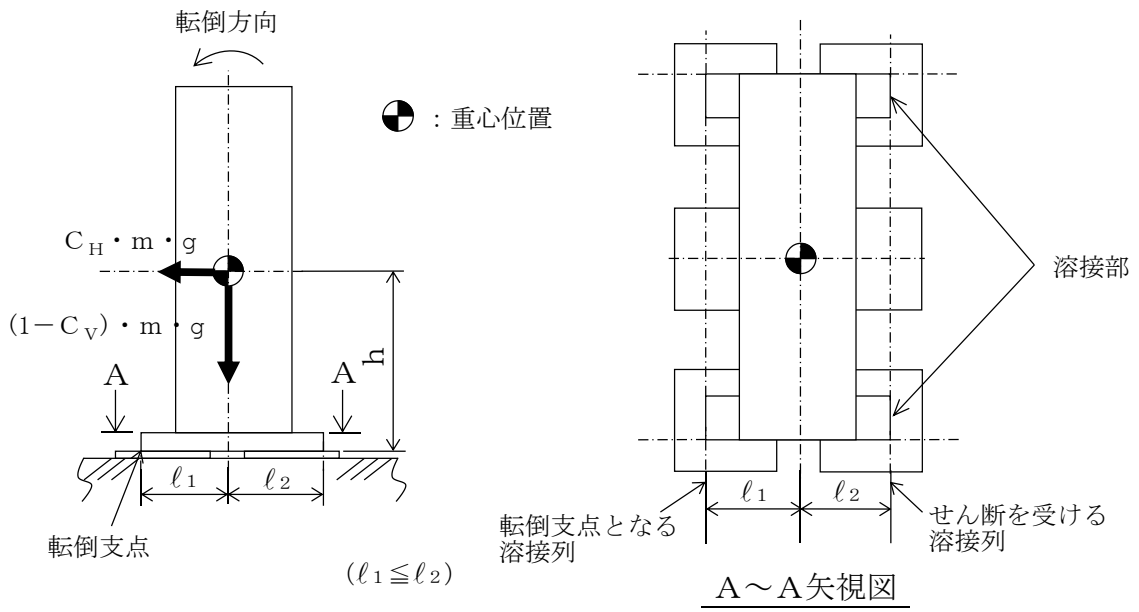


図 4-19 計算モデル例
(短辺方向転倒-1 $(1 - C_V) \geq 0$ の場合)

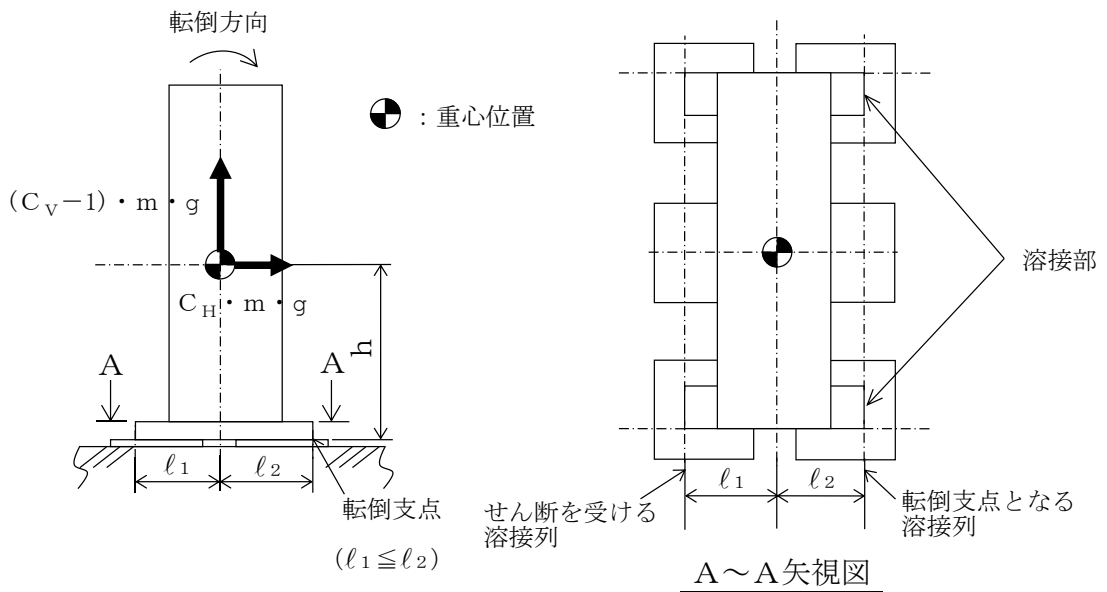
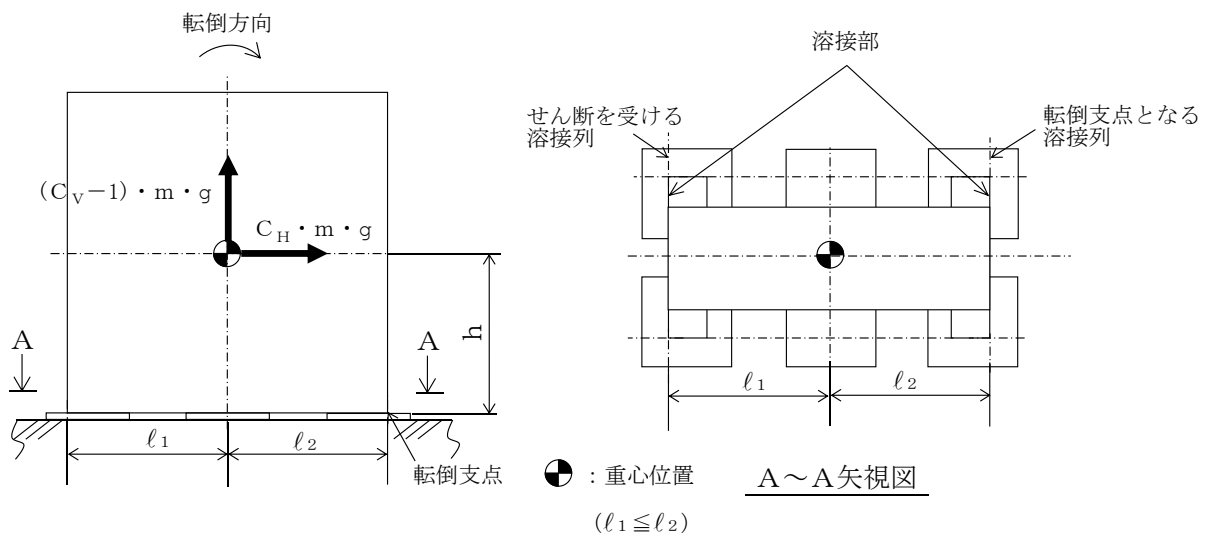
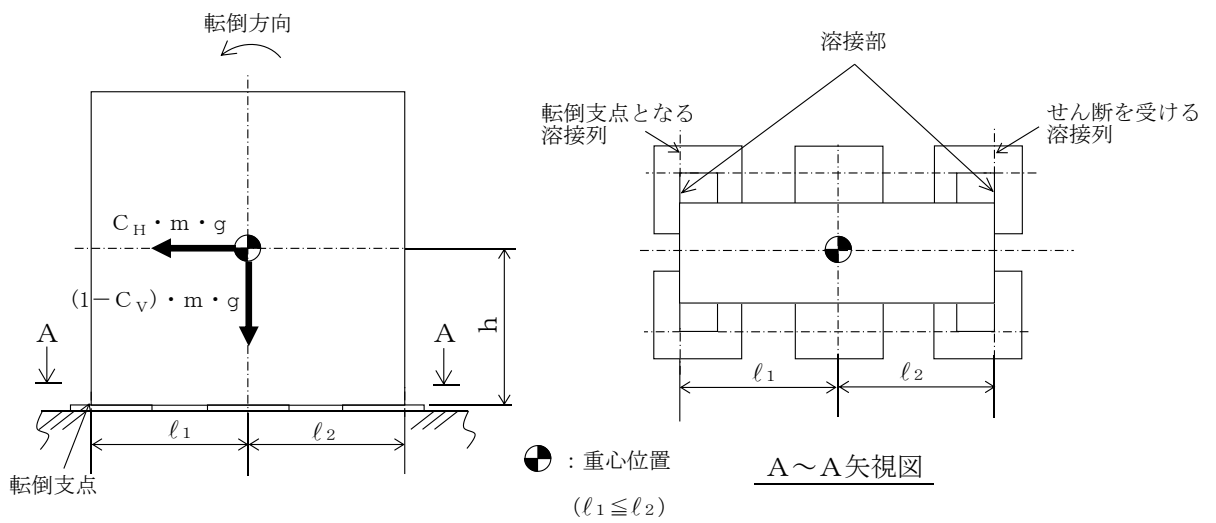


図 4-20 計算モデル例
(短辺方向転倒-2 $(1 - C_V) < 0$ の場合)



イ. ボンベラック (はり要素)

ボンベラックのうち, はり要素の組合せ応力を以下のとおり計算する。

$$\sigma = \sqrt{(\sigma_a + \sigma_b)^2 + 3 \cdot \tau^2} \dots\dots\dots (4.40)$$

ロ. ボンベラック (シエル要素)

ボンベラックのうち, シエル要素の組合せ応力を以下のとおり計算する。

$$\sigma_s = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \cdot \sigma_y + 3 \cdot \tau_{xy}^2} \dots\dots\dots (4.41)$$

ハ. 溶接部

溶接部の応力を以下のとおり計算する。

・水平方向せん断応力

溶接部に対する水平方向せん断力は全溶接部で受けるものとして計算する。

水平方向せん断力 (F_{HW})

$$F_{HW} = C_H \cdot m \cdot g \dots\dots\dots (4.42)$$

水平方向せん断応力 (τ_{w1})

$$\tau_{w1} = \frac{F_{HW}}{n \cdot A_{HW}} \dots\dots\dots (4.43)$$

・鉛直方向せん断応力

溶接部に対する力は最も厳しい条件として, 図 4-19~図 4-22 で最外列の溶接部を支点とする転倒を考え, これを片側の最外列の溶接部で受けるものとして計算する。

図 4-19 及び図 4-21 の場合のせん断力

$$F_{vw} = \frac{m \cdot C_H \cdot g \cdot h - m \cdot (1 - C_v) \cdot g \cdot \ell_1}{n_{vw} \cdot (\ell_1 + \ell_2)} \dots\dots\dots (4.44)$$

図 4-20 及び図 4-22 の場合のせん断力

$$F_{vw} = \frac{m \cdot C_H \cdot g \cdot h - m \cdot (1 - C_v) \cdot g \cdot \ell_2}{n_{vw} \cdot (\ell_1 + \ell_2)} \dots\dots\dots (4.45)$$

鉛直方向せん断応力 (τ_{w2})

$$\tau_{w2} = \frac{F_w}{A_{vw}} \quad \dots\dots\dots (4.46)$$

ここで、せん断を受ける溶接部の有効断面積 A_{HW} 、 A_{vw} は、

$$A_{HW} = (S/\sqrt{2}) \times L_w \quad \dots\dots\dots (4.47)$$

$$A_{vw} = (S/\sqrt{2}) \times L_w \quad \dots\dots\dots (4.48)$$

・溶接部の応力

$$\tau_w = \text{Max}(\tau_{w1}, \tau_{w2}) \quad \dots\dots\dots (4.49)$$

(c) ボンベカードル

構造強度評価に使用する記号を表 4-9 に示す。取付ボルトの応力は、解析結果で得られた反力から理論式により引張応力及びせん断応力を計算する。

表 4-9 構造強度評価に使用する記号

記号	記号の説明	単位
A_b	取付ボルトの軸断面積	mm ²
d	取付ボルトの呼び径	mm
F_{bp}	取付ボルトに作用する引張力	N
Q_{bp}	取付ボルトに作用するせん断力	MPa
σ	はり要素の組合せ応力	MPa
σ_a	はり要素の軸応力	MPa
σ_b	はり要素の曲げ応力	MPa
σ_{bp}	取付ボルトに作用する引張応力	MPa
σ_s	シェル要素の組合せ応力	MPa
σ_x	シェル要素の X 方向応力	MPa
σ_y	シェル要素の Y 方向応力	MPa
τ	はり要素のせん断応力	MPa
τ_{bp}	取付ボルトに作用するせん断応力	MPa
τ_{xy}	シェル要素のせん断応力	MPa

イ. フレーム (はり要素)

フレームのうち, はり要素の組合せ応力を以下のとおり計算する。

$$\sigma = \sqrt{(\sigma_a + \sigma_b)^2 + 3 \cdot \tau^2} \dots\dots\dots (4.50)$$

ロ. フレーム (シェル要素) 及び取付架台の応力

フレーム及び取付架台のシェル要素の組合せ応力を以下のとおり計算する。

$$\sigma_s = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \cdot \sigma_y + 3 \cdot \tau_{xy}^2} \dots\dots\dots (4.51)$$

ハ. 取付ボルトの応力

取付ボルトの応力を以下のとおり計算する。

引張応力

$$\sigma_{bp} = \frac{F_{bp}}{A_b} \dots\dots\dots (4.52)$$

ここで, 取付ボルトの軸断面積 A_b は,

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \dots\dots\dots (4.53)$$

せん断応力

$$\tau_{bp} = \frac{Q_{bp}}{A_b} \dots\dots\dots (4.54)$$

(3) 波及的影響評価

ポンベ設備は, 「2.2 評価方針」で設定した評価部位について, 評価部位に作用する応力等が許容限界を満足することを確認することで, 当該設備による波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないことを確認する。

4.3 可搬型空気浄化設備

可搬型空気浄化設備においては、重大事故等に対処するための機能を維持するために、構造強度評価、機能維持評価及び波及的影響評価を実施する。

可搬型空気浄化設備の評価フローを図4-23に示す。

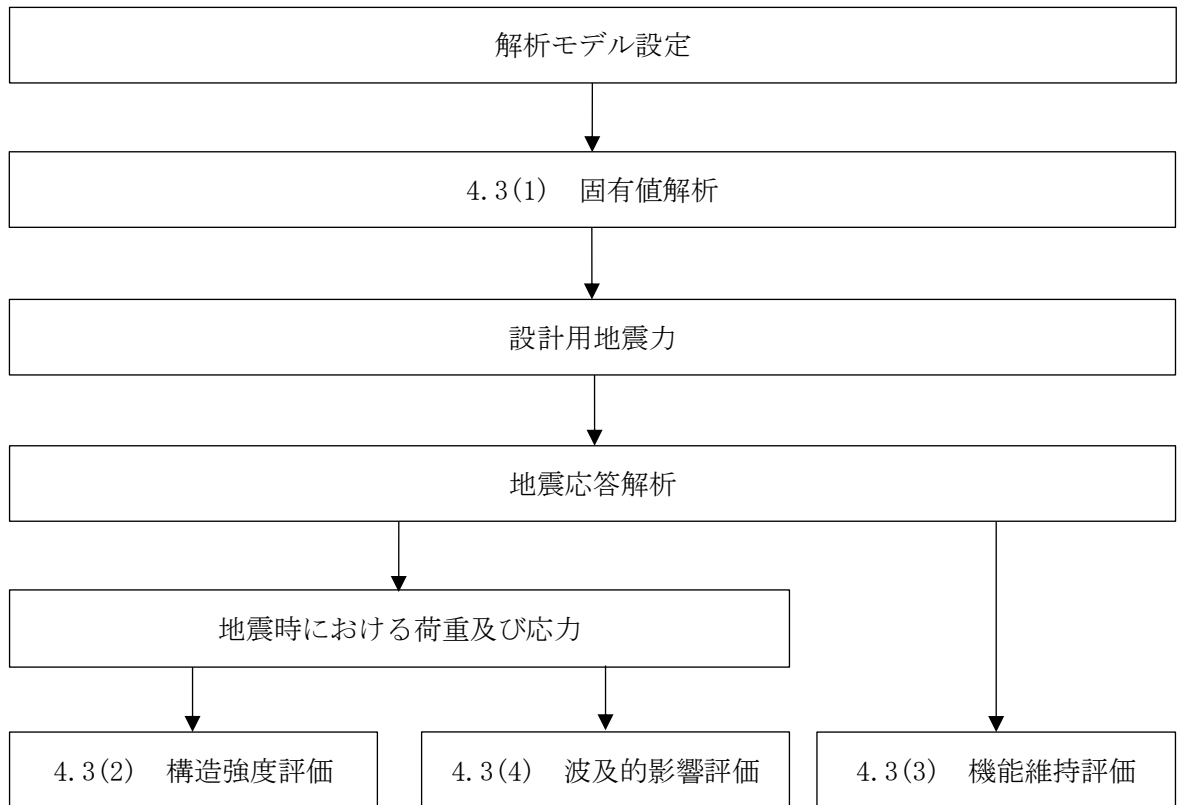


図4-23 可搬型空気浄化設備の評価フロー

(1) 固有値解析

可搬型空気浄化設備は、複雑な形状であることを踏まえ、代表的な振動モードを適切に表現できるようモデル化し、固有振動数を算出する。

- (a) 固有振動数及び荷重を求めるため、緊急時対策所空気浄化フィルタユニット及び緊急時対策所空気浄化送風機をはり要素及びシェル要素によりモデル化し、3次元FEM解析を行う。
- (b) 解析コードは、「MSC NASTRAN」を使用し、固有値及び荷重を求める。なお、評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、VI-5-26「計算機プログラム（解析コード）の概要・MSC NASTRAN」に示す。
- (c) 拘束条件として、緊急時対策所空気浄化フィルタユニット及び緊急時対策所空気浄化送風機は設置用フレームと機器固縛金具を介して、アイプレートで固定することにより、アイプレート部を3方向（X，Y，Z）固定として設定する。
- (d) 緊急時対策所空気浄化フィルタユニット及び緊急時対策所空気浄化送風機の転倒方向は、図4-24及び図4-25における長辺方向及び短辺方向について検討し、計算書には計算結果の厳しい方（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。
- (e) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。
- (f) 解析モデルの固有値解析により、固有振動数を計算する。

(2) 構造強度評価

可搬型空気浄化設備は、「2.2 評価方針」で設定した評価部位について、評価部位に作用する応力等が許容限界を満足することを確認する。

a. 設計用地震力

基準地震動 S_s による地震力は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」又はVI-2-別添 3-2「可搬型重大事故等対処設備の保管エリア等における入力地震動」に基づき設定する。

b. 可搬型空気浄化設備の計算式

構造強度評価に使用する記号を表4-10に、計算モデル例を図4-24～図4-27に示す。

表 4-10 構造強度評価に使用する記号 (1/2)

記号	記号の説明	単位
A_b	機器固縛金具ボルト部の断面積	mm^2
A_{b1}	送風機取付ボルト断面積	mm^2
A_{b2}	原動機取付ボルト断面積	mm^2
A_L	シャックルの許容荷重	N
A_s	機器固縛金具及びアイプレートの最小断面積	mm^2
a_p	回転体振動による加速度	m/s^2
B_s	アイプレート溶接部断面積	mm^2
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
d	機器固縛金具ボルトの呼び径	mm
d_1	送風機取付ボルトの呼び径	mm
d_2	原動機取付ボルトの呼び径	mm
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s^2
h	機器固縛金具取付高さ	mm
H	機器の重心高さ	mm
H_1	送風機の重心高さ	mm
H_2	原動機の重心高さ	mm
ℓ_1	送風機のボルト間距離	mm
ℓ_2	送風機の転倒支点から重心までの距離	mm
ℓ_3	原動機のボルト間距離	mm
ℓ_4	原動機の転倒支点から重心までの距離	mm
L_w	荷重点からアイプレート固定部までの距離	mm
L_1	転倒支点から重心までの距離 (短辺方向転倒)	mm
L_2	転倒支点から固縛位置までの距離 (短辺方向転倒)	mm
L_3	転倒支点から重心までの距離 (長辺方向転倒)	mm
L_4	転倒支点から固縛位置までの距離 (長辺方向転倒)	mm
m	機器の質量	kg
m_1	送風機の質量	kg
m_2	原動機の質量	kg
n_1	送風機取付ボルト評価部位本数	—
n_2	原動機取付ボルト評価部位本数	—

表 4-10 構造強度評価に使用する記号 (2/2)

記号	記号の説明	単位
N_1	送風機取付ボルト評価部位総本数	—
N_2	原動機取付ボルト評価部位総本数	—
$S_{y d}$	最高使用温度における設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値	MPa
$S_{y t}$	試験温度における設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値	MPa
T_L	設計・建設規格 SSB-3210に定める荷重試験により支持構造物が破損するおそれのある荷重	N
T_s	固縛材に発生する張力	N
T_{s1}	固縛材に発生する張力 (短辺方向転倒)	N
T_{s2}	固縛材に発生する張力 (長辺方向転倒)	N
W_w	風による水平荷重	N
z_H	荷重の作用する固縛材の数	—
Z	アイプレート溶接部の断面係数	mm^3
σ_b	機器固縛金具ボルト部に生じる引張応力	MPa
σ_{b1}	送風機取付ボルト部に生じる引張応力	MPa
σ_{b2}	原動機取付ボルト部に生じる引張応力	MPa
σ_{bt}	機器固縛金具及びアイプレートに生じる引張応力	MPa
σ_1	溶接部に生じる引張力により発生するせん断応力	MPa
σ_2	溶接部に生じる曲げモーメントにより発生するせん断応力	MPa
τ_{b1}	送風機取付ボルト部に生じるせん断応力	MPa
τ_{b2}	原動機取付ボルト部に生じるせん断応力	MPa
τ_{bt}	機器固縛金具及びアイプレートに生じるせん断応力	MPa
τ_1	溶接部に生じるせん断力により発生するせん断応力	MPa
τ_w	アイプレート溶接部に生じる組合せ応力	MPa
θ	水平方向の機器固縛金具張角	°

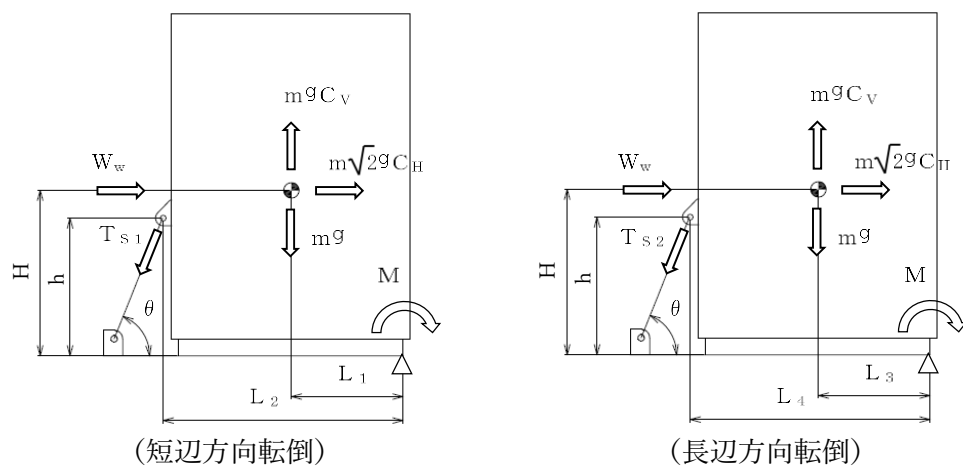


図 4-24 計算モデル（緊急時対策所空気浄化フィルタユニットの機器固縛金具）

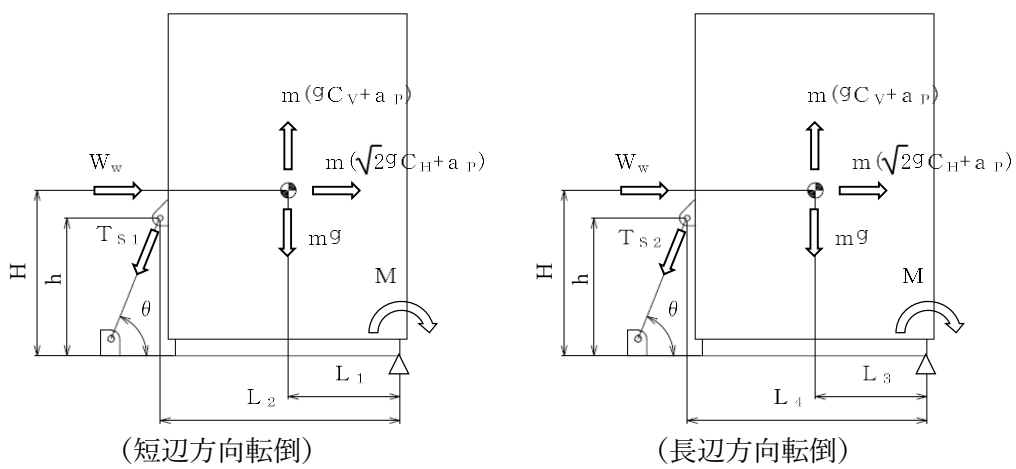


図 4-25 計算モデル（緊急時対策所空気浄化送風機の機器固縛金具）

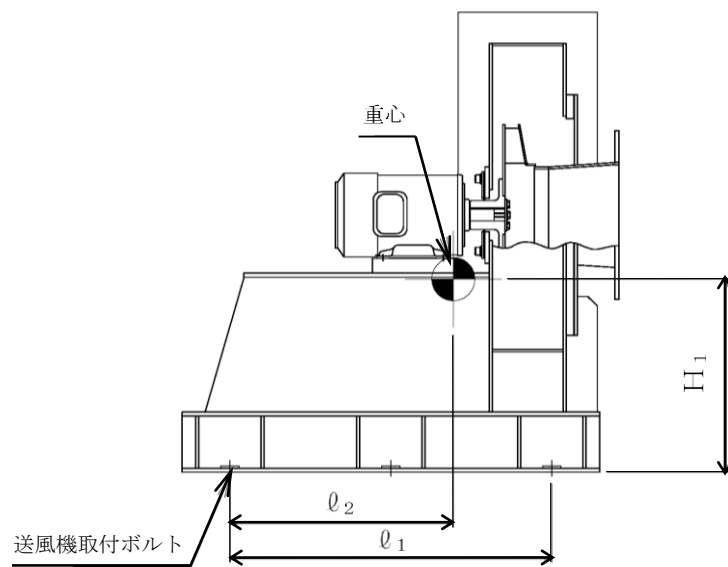


図 4-26 計算モデル(送風機取付ボルト)

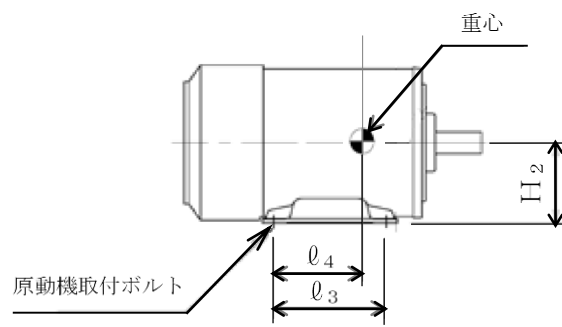


図 4-27 計算モデル(原動機取付ボルト)

(a) 機器固縛金具

イ. 緊急時対策所空気浄化フィルタユニット

地震及び風荷重 W_w を受けた際に生じる機器の転倒モーメントによって生じる張力 T_{s1} 及び T_{s2} を以下のとおり計算する。なお、水平2方向の震度を考慮するため、水平方向設計震度を $\sqrt{2}$ 倍する。

$$T_{s1} = \frac{m \cdot \sqrt{2} \cdot g \cdot C_H \cdot H + W_w \cdot H - m \cdot L_1 \cdot g \cdot (1 - C_V)}{z_H (h \cdot \cos \theta + L_2 \cdot \sin \theta)} \quad \dots (4.55)$$

$$T_{s2} = \frac{m \cdot \sqrt{2} \cdot g \cdot C_H \cdot H + W_w \cdot H - m \cdot L_3 \cdot g \cdot (1 - C_V)}{z_H (h \cdot \cos \theta + L_4 \cdot \sin \theta)} \quad \dots (4.56)$$

評価には T_{s1} と T_{s2} を比較し数値が大きいものを T_s として使用する。

機器固縛金具のボルト部に対する引張応力 σ_b を以下のとおり計算する。

$$\sigma_b = \frac{T_s}{A_b} \quad \dots (4.57)$$

ここで、機器固縛金具のボルト部の断面積 A_b は次式により求める。

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \quad \dots (4.58)$$

また、機器固縛金具部の最小断面積 A_s より、引張応力 σ_{bt} 及びせん断応力 τ_{bt} を以下のとおり計算する。

引張応力

$$\sigma_{bt} = \frac{T_s}{A_s} \quad \dots (4.59)$$

せん断応力

$$\tau_{bt} = \frac{T_s}{A_s} \quad \dots (4.60)$$

ロ. 緊急時対策所空気浄化送風機

地震及び風荷重 W_w を受けた際に生じる機器の転倒モーメントによって生じる張力 T_{s1} 及び T_{s2} を以下のとおり計算する。なお、水平2方向の震度を考慮するため、水平方向設計震度を $\sqrt{2}$ 倍する。

$$T_{s1} = \frac{m \cdot (\sqrt{2} \cdot g \cdot C_{H+aP}) \cdot H + W_w \cdot H - m \cdot L_1 \cdot (g \cdot (1 - C_V) - a_P)}{z_H(h \cdot \cos \theta + L_2 \cdot \sin \theta)} \quad \dots (4.61)$$

$$T_{s2} = \frac{m \cdot (\sqrt{2} \cdot g \cdot C_{H+aP}) \cdot H + W_w \cdot H - m \cdot L_3 \cdot (g \cdot (1 - C_V) - a_P)}{z_H(h \cdot \cos \theta + L_4 \cdot \sin \theta)} \quad \dots (4.62)$$

評価には T_{s1} と T_{s2} を比較し数値が大きいものを T_s として使用する。

機器固縛金具のボルト部に対する引張応力 σ_b を以下のとおり計算する。

$$\sigma_b = \frac{T_s}{A_b} \quad \dots (4.63)$$

ここで、機器固縛金具のボルト部の断面積 A_b は次式により求める。

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \quad \dots (4.64)$$

また、機器固縛金具部の最小断面積 A_s より、引張応力 σ_{bt} 及びせん断応力 τ_{bt} を以下のとおり計算する。

引張応力

$$\sigma_{bt} = \frac{T_s}{A_s} \quad \dots (4.65)$$

せん断応力

$$\tau_{bt} = \frac{T_s}{A_s} \quad \dots (4.66)$$

(b) アイプレート及びアイプレート溶接部

イ. アイプレート

アイプレートの最小断面積 A_s より、引張応力 σ_{bt} 及びせん断応力 τ_{bt} を以下のとおり計算する。

引張応力

$$\sigma_{bt} = \frac{T_s}{A_s} \dots\dots\dots (4.67)$$

せん断応力

$$\tau_{bt} = \frac{T_s}{A_s} \dots\dots\dots (4.68)$$

ロ. アイプレート溶接部

アイプレート（溶接部）のせん断面積 B_s より、溶接部に生じる引張力により発生するせん断応力 σ_1 及び溶接部に生じるせん断力により発生するせん断応力 τ_1 を以下のとおり計算する。なお、張力 T_s について、溶接部に生じる引張力は $T_s \cdot \cos \theta$ 、溶接部に生じるせん断力は $T_s \cdot \sin \theta$ とすることができるが、保守的に T_s とする。

溶接部に生じる引張力により発生するせん断応力

$$\sigma_1 = \frac{T_s}{B_s} \dots\dots\dots (4.69)$$

溶接部に生じるせん断力により発生するせん断応力

$$\tau_1 = \frac{T_s}{B_s} \dots\dots\dots (4.70)$$

アイプレート（溶接部）の荷重点からアイプレート固定部までの距離 L_w 及びアイプレート（溶接部）の断面係数 Z より、溶接部に生じる曲げモーメントにより発生するせん断応力 σ_2 を以下のとおり計算する。なお、張力 T_s について、 $T_s \cdot \sin \theta$ とすることができるが、保守的に T_s とする。

溶接部に生じる曲げモーメントにより発生するせん断応力

$$\sigma_2 = \frac{T_s \cdot L_w}{Z} \dots\dots\dots (4.71)$$

アイプレート（溶接部）に生じる組合せ応力 τ_w を以下のとおり計算する。

$$\tau_w = \sqrt{(\sigma_1 + \sigma_2)^2 + \tau_1^2} \dots\dots\dots (4.72)$$

(c) 送風機取付ボルトの計算方法

地震を受けた際に機器に生じる転倒モーメントによって、送風機取付ボルト（1本当たり）に生じる引張応力 σ_{b1} 及びせん断応力 τ_{b1} を以下のとおり計算する。なお、水平2方向の震度を考慮するため、水平方向設計震度を $\sqrt{2}$ 倍する。

引張応力

$$\sigma_{b1} = \frac{m_1 \cdot (\sqrt{2} \cdot g \cdot C_H + a_P) \cdot H_1 - m_1 \cdot (g \cdot (1 - C_V) - a_P) \cdot \ell_2}{n_1 \cdot A_{b1} \cdot \ell_1} \dots\dots (4.73)$$

ここで、送風機取付ボルトの軸断面積 A_{b1} は次式により求める。

$$A_{b1} = \frac{\pi}{4} \cdot d_1^2 \dots\dots\dots (4.74)$$

せん断応力

$$\tau_{b1} = \frac{m_1 \cdot (\sqrt{2} \cdot g \cdot C_H + a_P)}{N_1 \cdot A_{b1}} \dots\dots\dots (4.75)$$

(d) 原動機取付ボルトの計算方法

地震を受けた際に機器に生じる転倒モーメントによって、原動機取付ボルト（1本当たり）に生じる引張応力 σ_{b2} 及びせん断応力 τ_{b2} を以下のとおり計算する。なお、水平2方向の震度を考慮するため、水平方向設計震度を $\sqrt{2}$ 倍する。

引張応力

$$\sigma_{b2} = \frac{m_2 \cdot (\sqrt{2} \cdot g \cdot C_H + a_P) \cdot H_2 - m_2 \cdot (g \cdot (1 - C_V) - a_P) \cdot \ell_4}{n_2 \cdot A_{b2} \cdot \ell_3} \dots\dots (4.76)$$

ここで、原動機取付ボルトの軸断面積 A_{b2} は次式により求める。

$$A_{b2} = \frac{\pi}{4} \cdot d_2^2 \dots\dots\dots (4.77)$$

せん断応力

$$\tau_{b2} = \frac{m_2 \cdot (\sqrt{2} \cdot g \cdot C_H + a_P)}{N_2 \cdot A_{b2}} \dots\dots\dots (4.78)$$

(e) シャックルの計算方法

シャックルの許容荷重 A_L は以下のとおり算出され、シャックルに掛かる荷重より許容荷重 A_L が大きいことを確認する。

許容荷重

$$A_L = \frac{0.6 \cdot T_L \cdot 0.9 \cdot S_{y d}}{S_{y t}} \dots\dots\dots (4.79)$$

(3) 機能維持評価

可搬型空気浄化設備は、基準地震動 S_s による地震力に対し、緊急時対策所を換気する送風機の送風機能及び原動機の駆動機能の動的及び電氣的機能を保持できることを、可搬型空気浄化設備の固有振動数から応答加速度を求め、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」の表4-1に記載の機能確認済加速度以下であることにより確認する。

(4) 波及的影響評価

可搬型空気浄化設備は、「2.2 評価方針」で設定した評価部位について、評価部位に作用する応力等が許容限界を満足することを確認することで、当該設備による波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないことを確認する。

4.4 その他設備

その他設備においては、重大事故等に対処するための機能を維持するために、構造強度評価、転倒評価、機能維持評価及び波及的影響評価を実施する。

その他設備の耐震評価フローを図 4-28 及び図 4-29 に示す。

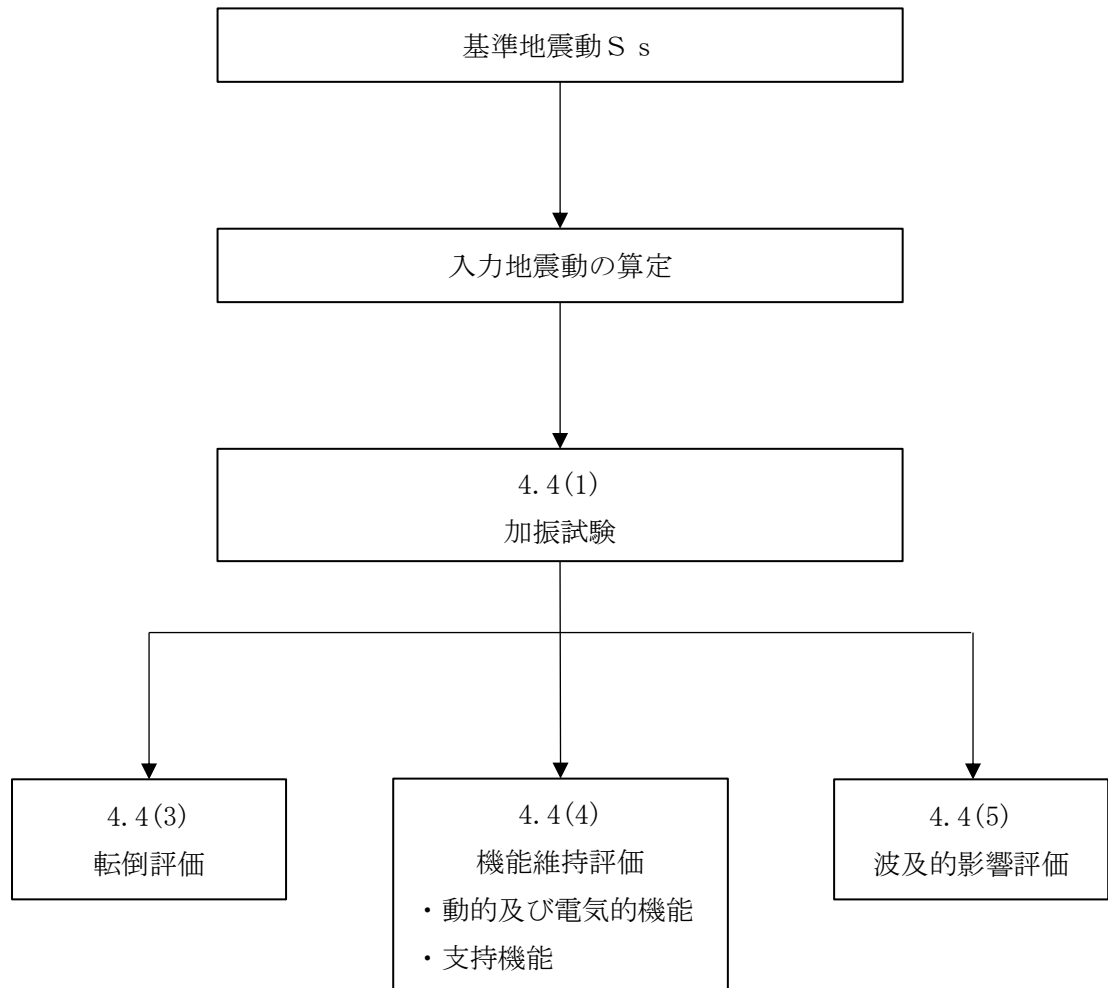


図 4-28 その他設備（筐体保管設備以外）の耐震評価フロー

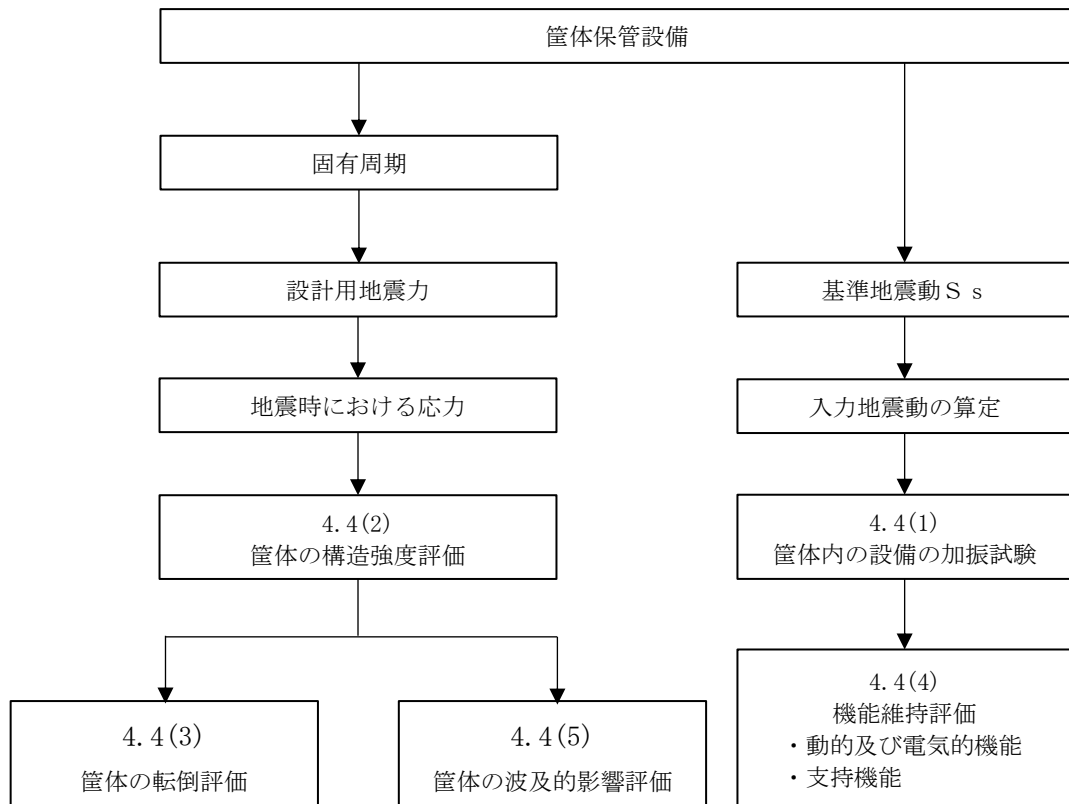


図 4-29 その他設備（筐体保管設備）の耐震評価フロー

(1) 加振試験

a. 基本方針

その他設備においては、重大事故等に対処するための機能を維持するために、機器全体として安定性を有し、転倒しないこと、支持機能、動的及び電気的機能が維持できると及び当該設備による波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないことを加振試験の結果を踏まえて評価することから、以下の「b. 入力地震動」に示す入力地震動を用いて、「(2) 構造強度評価」、「(3) 転倒評価」、「(4) 機能維持評価」及び「(5) 波及的影響評価」に示す方法により加振試験を行う。

b. 入力地震動

入力地震動は、VI-2-1-7「設計用スペクトルの作成方針」及びVI-2-別添 3-2「可搬型重大事故等対処設備の保管エリア等における入力地震動」に示す、各保管場所の保管エリアごとに算定した入力地震動を用いる。

(2) 構造強度評価

その他設備のうち筐体保管設備以外については、実際の保管状態を模擬した状態で加振台に設置し、「4.4(1)b. 入力地震動」を基に作成した入力地震動によるランダム波又は正弦波加振試験を行い、「(3) 転倒評価」、「(4) 機能維持評価」及び「(5) 波及的影響評価」を満足することを確認することで、スリング等が支持機能を喪失しないことを確認する。

また、その他設備のうち筐体保管設備については、「2.2 評価方針」で設定した評価部位について、評価部位に作用する応力が許容限界を満足することを確認する。

a. 設計用地震力

基準地震動 S_s による地震力は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」及び VI-2-別添 3-2「可搬型重大事故等対処設備の保管エリア等における入力地震動」に基づき設定する。

b. 筐体の計算式

筐体の構造強度評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

(3) 転倒評価

その他設備のうち筐体保管設備以外については、実際の保管状態を模擬した状態で加振台に設置し、「4.4(1)b. 入力地震動」を基に作成した入力地震動によるランダム波又は正弦波加振試験を行い、試験後に転倒していないことを確認する。

転倒評価は、当該設備保管場所の設置床又は地表面での最大応答加速度が、加振試験により転倒しないことを確認した加振台の最大加速度以下であることにより確認する。

また、その他設備のうち筐体保管設備については、「2.2 評価方針」で設定した評価部位について、評価部位に作用する応力等が許容限界を満足することを確認することで、筐体が転倒しないことを確認する。

(4) 機能維持評価

その他設備は、実際の保管状態を模擬した状態で加振台に設置し、「4.4(1)b. 入力地震動」を基に作成した入力地震動によるランダム波又は正弦波加振試験を行い、試験後に支持機能、動的及び電氣的機能が維持されることを確認する。加振試験については、J E A G 4 6 0 1 -1991 に基づき実施する。

機能維持評価は、当該設備保管場所の設置床又は地表面での最大応答加速度が、加振試験により計測、給電等の機能を維持できることを確認した加振台の最大加速度以下であることにより確認する。

(5) 波及的影響評価

その他設備のうち筐体保管設備以外については、実際の保管状態を模擬した状態で加振台に設置し、「4.4(1)b. 入力地震動」を基に作成した入力地震動によるランダム波又は正弦波加振試験を行い、波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないことを確認する。

波及的影響評価は、当該設備保管場所の設置床又は地表面の最大応答加速度が、加振試験により転倒を防止するためのスリング等の健全性を確認した加振台の最大加速度以下であることにより確認する。

また、その他設備のうち筐体保管設備については、「2.2 評価方針」で設定した評価部位について、評価部位に作用する応力等が許容限界を満足することを確認することで、当該設備による波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないことを確認する。

4.5 水平2方向及び鉛直方向地震力の考慮

動的地震力の水平2方向及び鉛直方向の組合せが可搬型重大事故等対処設備の有する耐震性に及ぼす影響については、VI-2-1-8「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」の「4.2 機器・配管系」の評価方針に基づき評価を行う。

評価内容及び評価結果は、VI-2-別添 3-7「可搬型重大事故等対処設備の水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果」に示す。

5. 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1・補-1984((社) 日本電気協会)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1-1987 ((社) 日本電気協会)
- (3) 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1-1991 追補版 ((社) 日本電気協会)
- (4) 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 ((社) 日本機械学会, 2005/2007)

VI-2-別添 3-2 可搬型重大事故等対処設備の保管エリア等における入力
地震動

目 次

1. 概要	1
2. 可搬型重大事故等対処設備の保管場所	1
3. 保管場所における入力地震動の算定	3
3.1 保管場所における入力地震動の算定方針	3
3.2 解析条件の設定	4
3.2.1 解析用物性値	4
3.2.2 地下水位	5
3.2.3 使用材料及び材料の物性値	5
3.2.4 基準地震動 S_s	6
3.3 地震応答解析モデルの作成	7
3.4 地震応答解析に用いる地震動	13
3.5 地震応答解析における解析ケース	14
4. 加速度応答スペクトルの算定	15
4.1 保管場所の最大応答加速度	15
4.2 可搬型重大事故等対処設備の保管場所（第1保管エリア）	17
4.3 可搬型重大事故等対処設備の保管場所（第2保管エリア）	44
4.3.1 短辺方向断面	44
4.3.2 長辺方向断面	81
4.4 可搬型重大事故等対処設備の保管場所（第3保管エリア）	178
4.5 可搬型重大事故等対処設備の保管場所（第4保管エリア）	205

1. 概要

本資料は、VI-2-別添 3-1「可搬型重大事故等対処設備の耐震計算の方針」に示すとおり、可搬型重大事故等対処設備の保管場所に保管する可搬型重大事故等対処設備について、その加振応答解析等に際して必要となる入力地震動を求めるために行う、基準地震動 S_s を基にした各保管場所の地盤の地震応答解析について説明するものである。

なお、原子炉建物、制御室建物、廃棄物処理建物及び緊急時対策所については、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に示す。

本資料には可搬型重大事故等対処設備保管場所の地表面における加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルを示す。

2. 可搬型重大事故等対処設備の保管場所

可搬型重大事故等対処設備の保管場所は、位置的分散を考慮し、以下に示す4地点とする。可搬型重大事故等対処設備の保管場所の位置図を図2-1に示す。

- ・第1保管エリア
- ・第2保管エリア
- ・第3保管エリア
- ・第4保管エリア

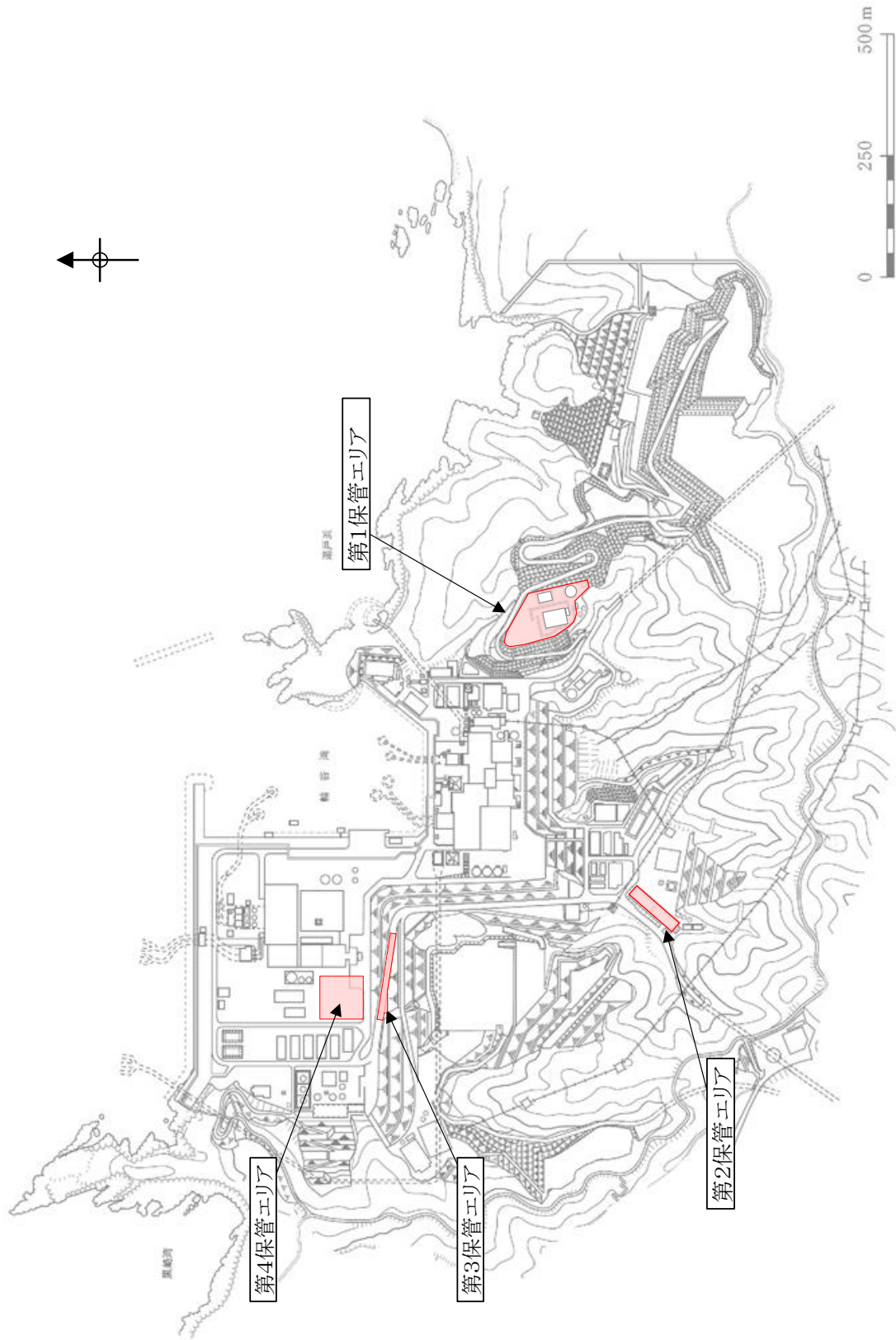


図 2-1 可搬型重大事故等対処設備保管場所 位置図

3. 保管場所における入力地震動の算定

3.1 保管場所における入力地震動の算定方針

保管場所における入力地震動は、水平方向及び鉛直方向に対して、解放基盤表面で定義される基準地震動 S_s を基に、各保管場所での地盤条件を考慮し、地盤の地震応答解析により評価する。基準地震動 S_s はVI-2-1-2「基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d の策定概要」による。

第1、第3及び第4保管エリアにおける地盤の地震応答解析は、一次元波動論により行う。解析コードは「SHAKE」及び「microSHAKE/3D」を使用する。

第2保管エリアにおける地盤及び構造物の地震応答解析は2次元FEM解析により行う。なお、解放基盤表面から地震応答解析モデル入力位置（EL -215m）までの引戻しは、一次元波動論により行う。解析コードは「SHAKE」及び「TDAPⅢ」を使用する。

なお、解析コードの検証、妥当性確認等の概要については、VI-5-4「計算機プログラム（解析コード）の概要・SHAKE」、VI-5-30「計算機プログラム（解析コード）の概要・microSHAKE/3D」及びVI-5-5「計算機プログラム（解析コード）の概要・TDAPⅢ」に示す。

保管場所における入力地震動の算定フローを図3-1に示す。

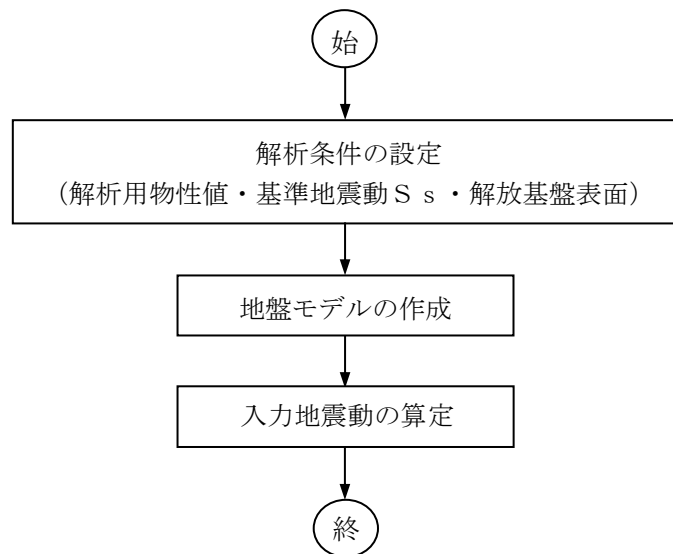


図3-1 入力地震動の算定フロー

3.2 解析条件の設定

3.2.1 解析用物性値

保管場所における地震応答解析に用いる地盤の解析用物性値は、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき設定する。

地震応答解析に用いる地盤の解析用物性値を表3-1及び表3-2に示す。

表3-1 地震応答解析に用いる地盤の解析用物性値（第1、第2及び第3保管エリア）

速度層	P波速度 (km/s)	S波速度 (km/s)	単位体積重量 (kN/m ³)	ポアソン比
1層	0.80	0.25	20.6	0.446
2層	2.10	0.90	23.0	0.388
3層	3.60	1.60	24.5	0.377
4層	4.00	1.95	24.5	0.344
5層	4.05	2.00	26.0	0.339
6層	4.95	2.35	27.9	0.355

表3-2 地震応答解析に用いる地盤の解析用物性値（第4保管エリア）

速度層	P波速度 (km/s)	S波速度 (km/s)	単位体積重量 (kN/m ³)	ポアソン比
①層	0.52	0.27	22.4	0.45
②層	1.71	0.62	23.3	0.42
③層	2.27	0.96	23.4	0.39
④層	3.24	1.52	24.5	0.36
⑤層	3.86	1.90	25.2	0.34
⑥層	4.15	2.10	24.4	0.33
⑦層	3.80	1.77	25.1	0.36

3.2.2 地下水位

第1保管エリア、第3保管エリア及び第4保管エリアにおける地震応答解析に用いる地下水位は、可搬型重大事故等対処設備の保管場所及びアクセスルート周辺斜面の評価と同様に地表面に設定する。

第2保管エリアにおける地震応答解析に用いる地下水位は、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」における3次元浸透流解析の結果を用いて、地下水位を設定する。

各保管場所における地下水位の設定を表3-3に示す。

表3-3 各保管場所における地下水位の設定

対象		地下水位 (EL m)
第1保管エリア	北側	50
	南側	50
第2保管エリア	短辺方向断面	25.2
	長辺方向断面	25.2
第3保管エリア	西側	25
	東側	33
第4保管エリア	北側	8.5
	南側	8.5

3.2.3 使用材料及び材料の物性値

第2保管エリアである輪谷貯水槽（西側）の使用材料を表3-4に、材料の物性値を表3-5に示す。

表3-4 使用材料

材料		仕様
輪谷貯水槽（西側）	コンクリート	設計基準強度 24.0N/mm ²
	鉄筋	SD345

表3-5 材料の物性値

材料	ヤング係数 (N/mm ²)	単位体積重量 (kN/m ³)	ポアソン比
輪谷貯水槽（西側）	2.50×10 ⁴	24.0*	0.2

注記*：鉄筋コンクリートの単位体積重量を示す。

3.2.4 基準地震動 S_s

保管場所における地震応答解析に用いる基準地震動 S_s は、VI-2-1-2「基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d の策定概要」に基づき、水平方向及び鉛直方向に対して、解放基盤表面で定義される基準地震動 S_s を用いる。

3.3 地震応答解析モデルの作成

地震応答解析モデルは、各保管場所において周辺の地質構造を考慮し作成する。第2保管エリアは輪谷貯水槽（西1/西2）上に設定されており、地盤及び構造物をモデル化する。なお、貯水槽の内部貯留水は、固定水としてモデル化する。地震応答解析モデルの作成位置を図3-2に、地震応答解析モデルを図3-3～図3-10に示す。

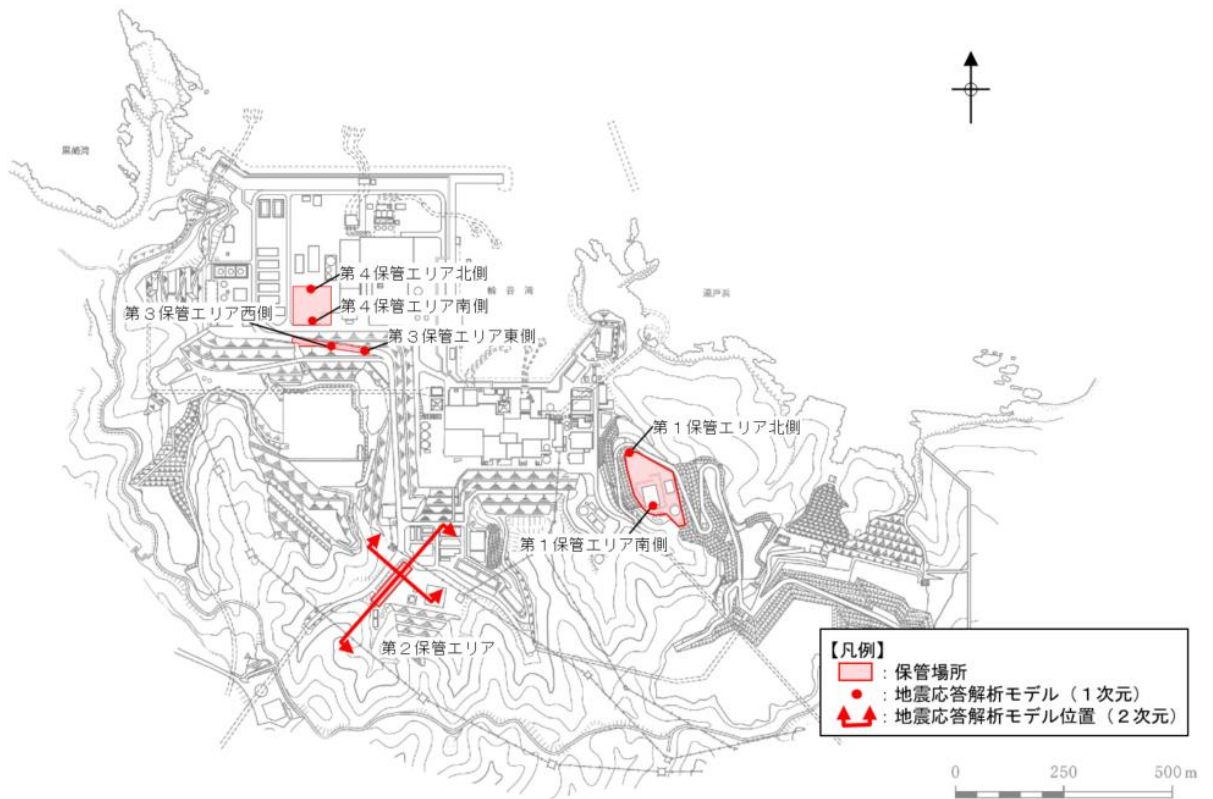


図3-2 地震応答解析モデル作成位置

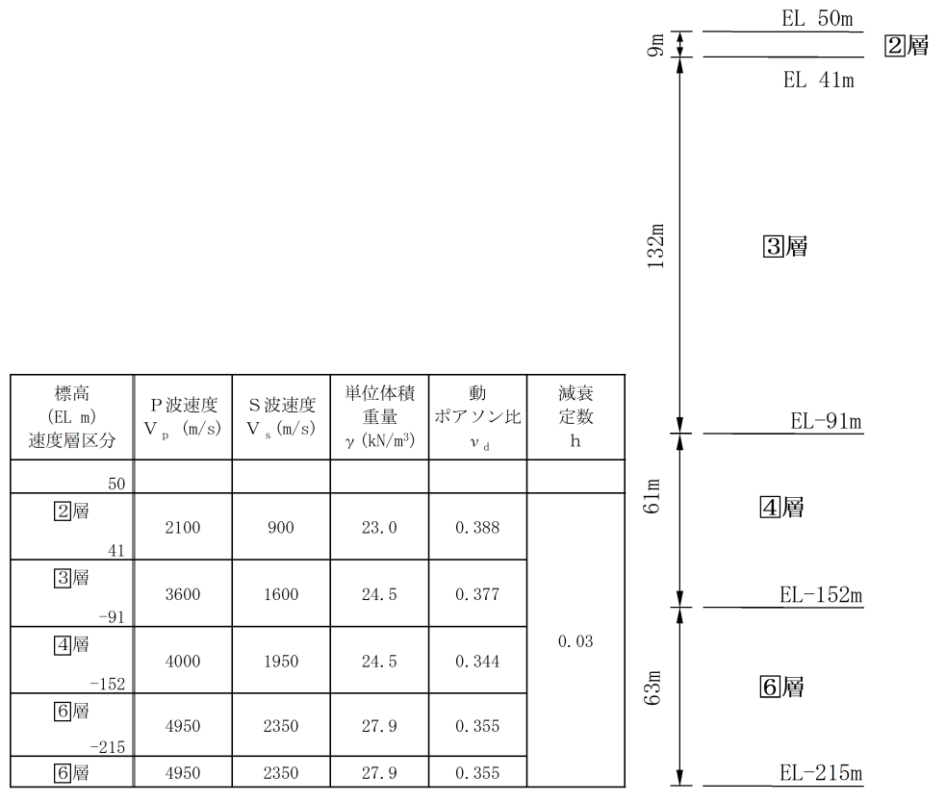


図 3-3 1次元地震応答解析モデル

(可搬型重大事故等対処設備保管場所 (第1保管エリア北側))

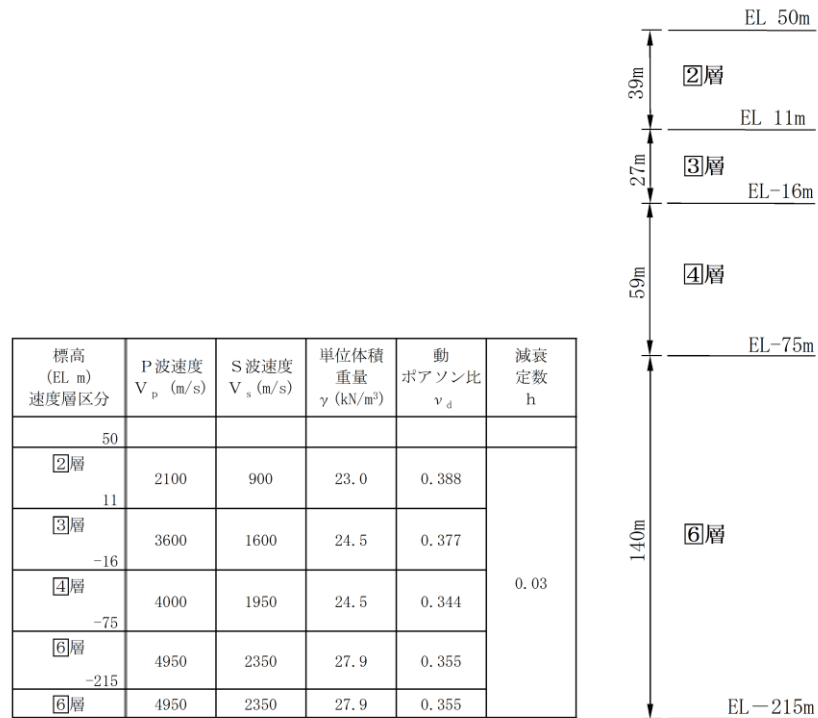
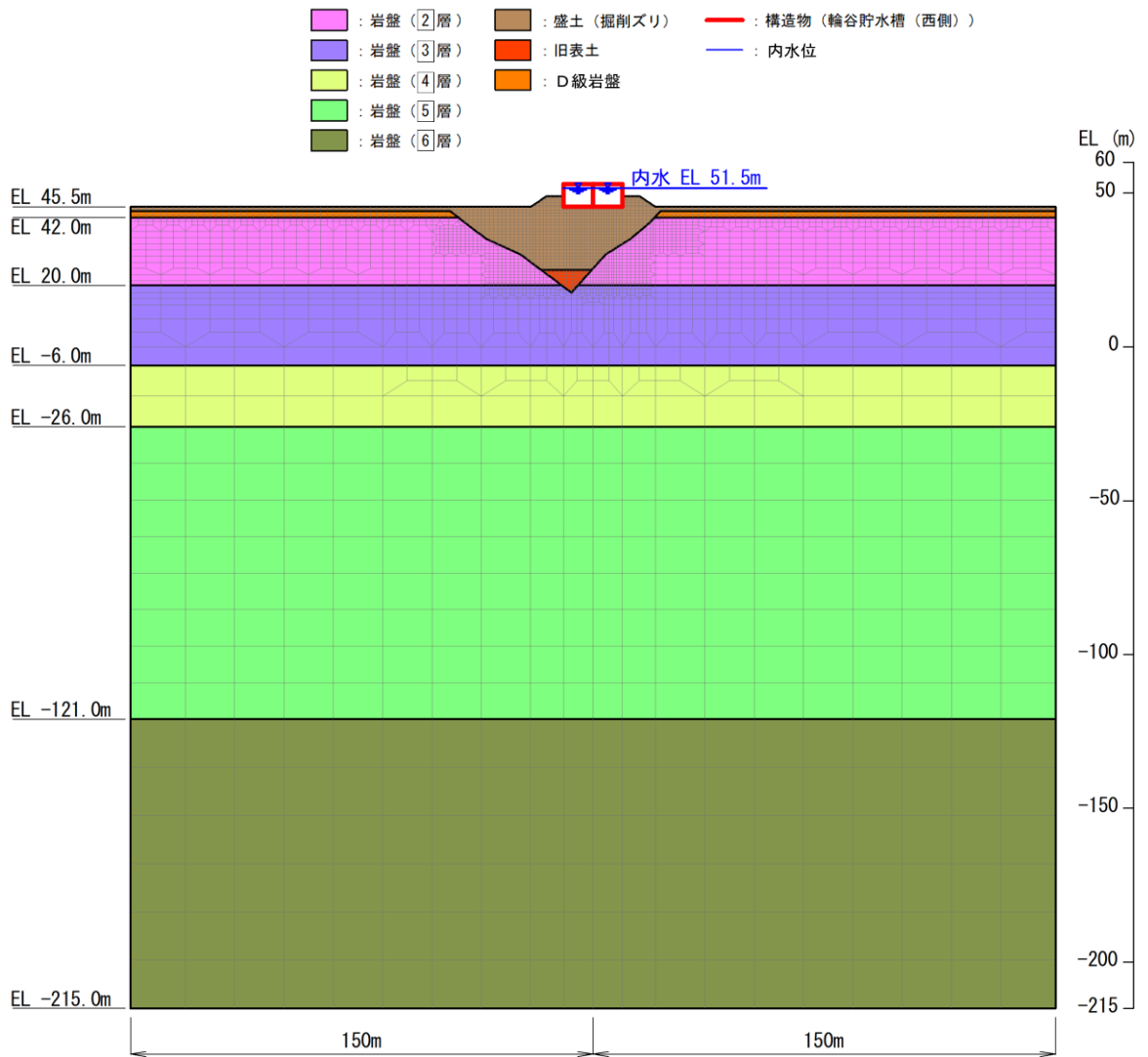
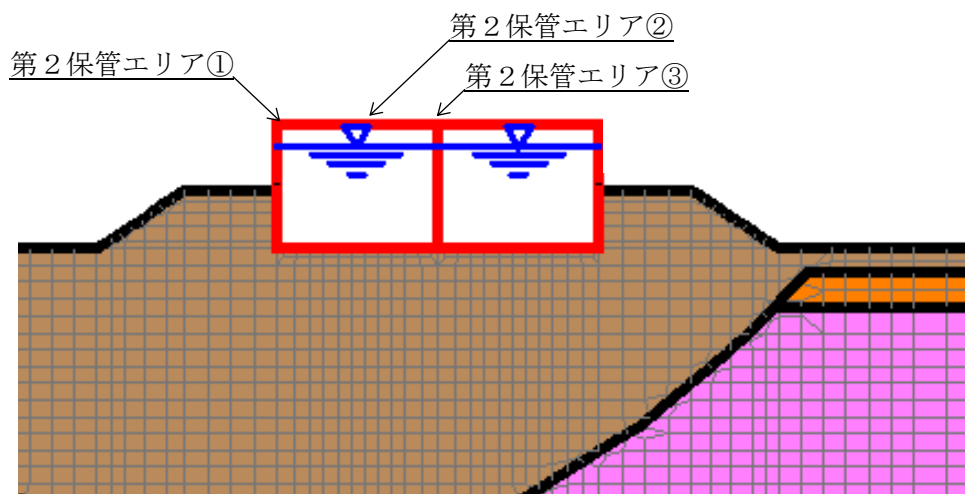


図 3-4 1次元地震応答解析モデル

(可搬型重大事故等対処設備保管場所 (第1保管エリア南側))

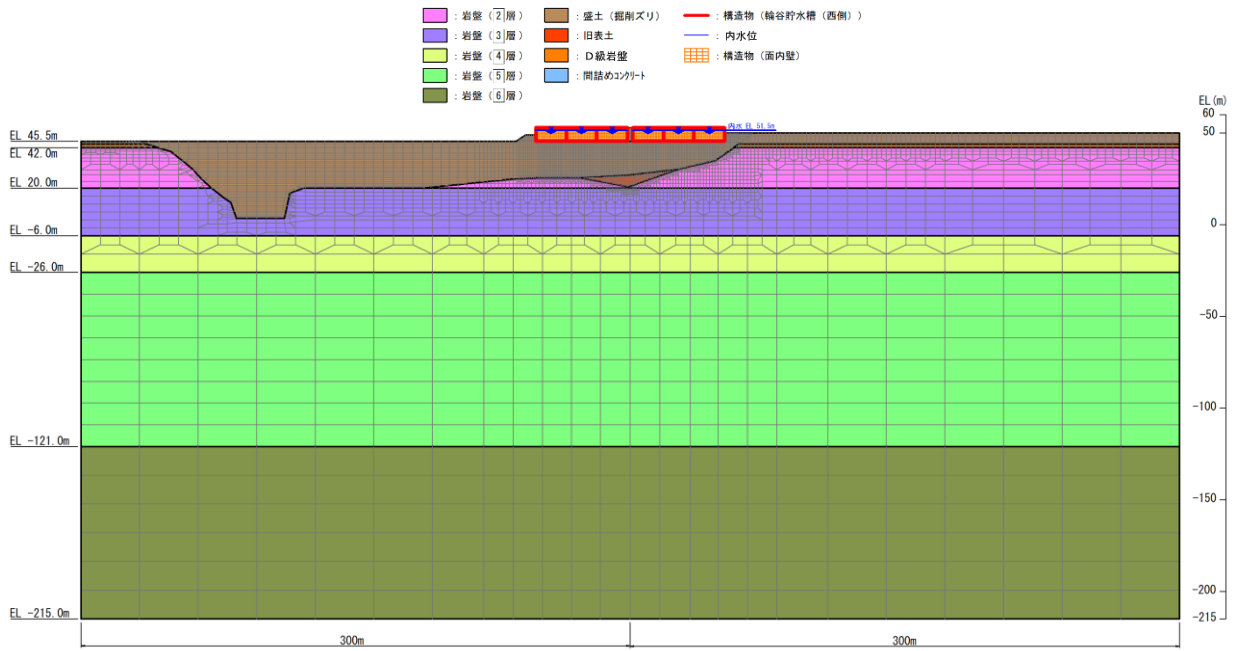


(全体図)

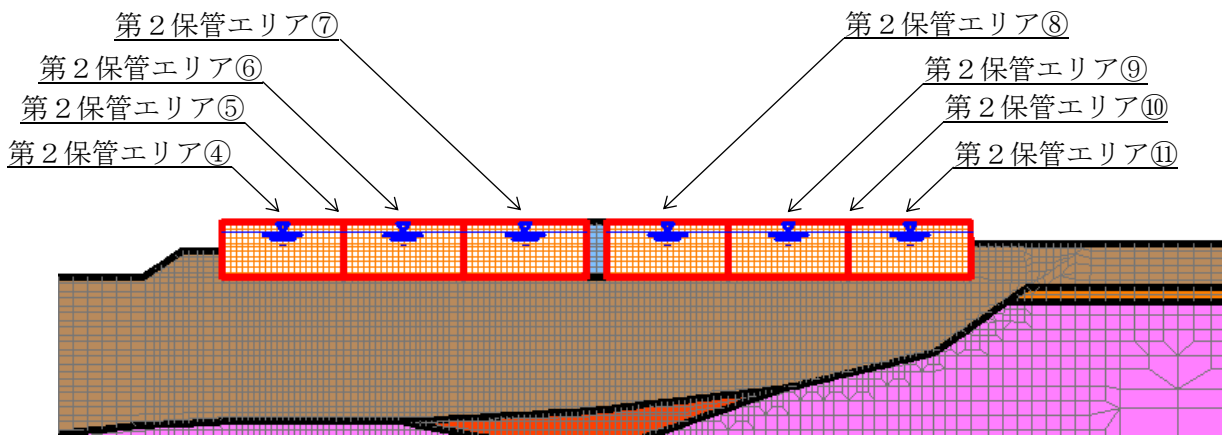


(拡大図)

図 3-5 2次元地震応答解析モデル (短辺方向断面)
(可搬型重大事故等対処設備保管場所 (第2保管エリア))



(全体図)



(拡大図)

図3-6 2次元地震応答解析モデル(長辺方向断面)
(可搬型重大事故等対処設備保管場所(第2保管エリア))

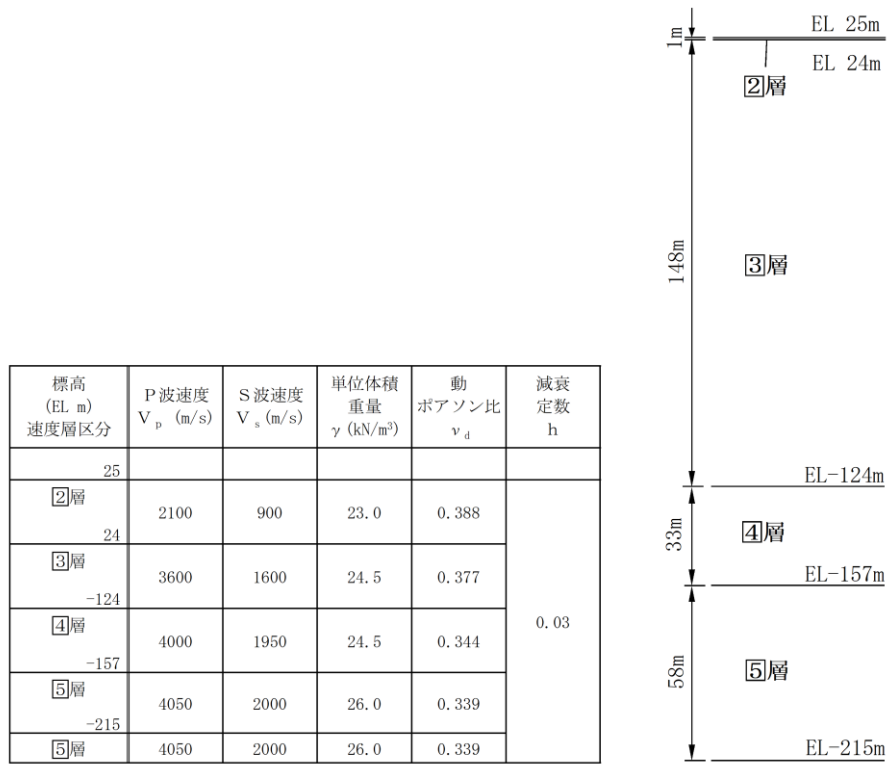


図3-7 1次元地震応答解析モデル

(可搬型重大事故等対処設備保管場所 (第3保管エリア西側))

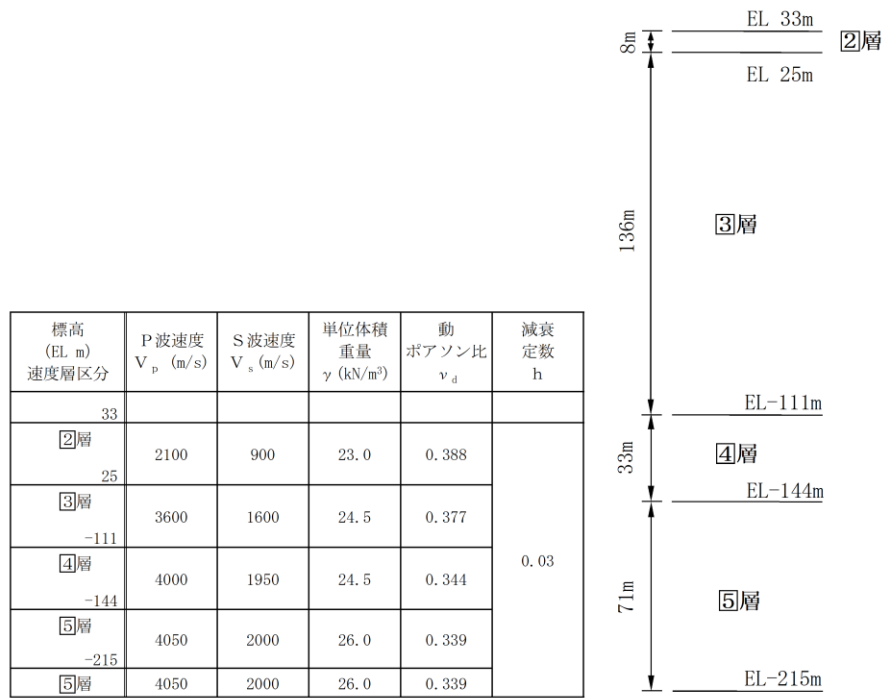


図3-8 1次元地震応答解析モデル

(可搬型重大事故等対処設備保管場所 (第3保管エリア東側))

標高 (EL m) 速度層区分	P波速度 V_p (m/s)	S波速度 V_s (m/s)	単位体積 重量 γ (kN/m ³)	動 ポアソン比 ν_d	減衰 定数 h
8.5					
②層 2	1710	620	23.3	0.42	0.03
④層 -24	3240	1520	24.5	0.36	
⑤層 -142	3860	1900	25.2	0.34	
⑥層 -177	4150	2100	24.4	0.33	
⑦層 -215	3800	1770	25.1	0.36	
⑦層	3800	1770	25.1	0.36	

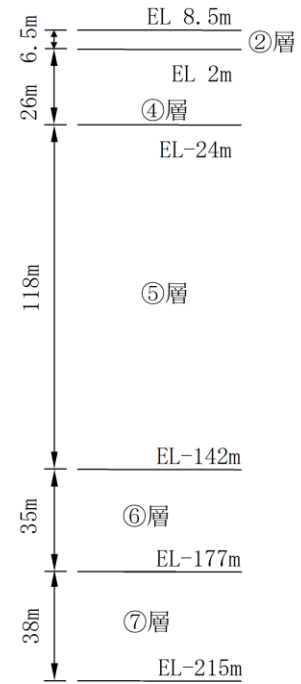


図3-9 1次元地震応答解析モデル

(可搬型重大事故等対処設備保管場所 (第4保管エリア北側))

標高 (EL m) 速度層区分	P波速度 V_p (m/s)	S波速度 V_s (m/s)	単位体積 重量 γ (kN/m ³)	動 ポアソン比 ν_d	減衰 定数 h
8.5					
③層 1	2270	960	23.4	0.39	0.03
④層 -11	3240	1520	24.5	0.36	
⑤層 -133	3860	1900	25.2	0.34	
⑥層 -168	4150	2100	24.4	0.33	
⑦層 -215	3800	1770	25.1	0.36	
⑦層	3800	1770	25.1	0.36	

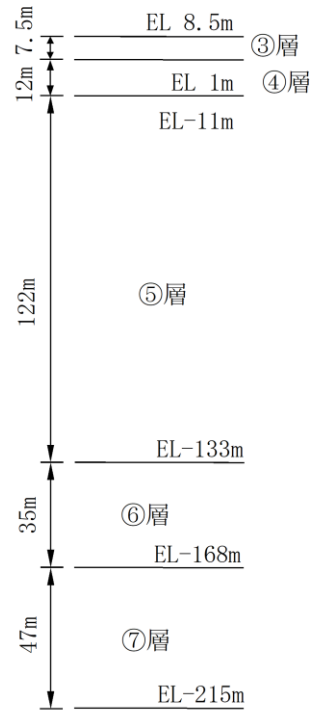


図3-10 1次元地震応答解析モデル

(可搬型重大事故等対処設備保管場所 (第4保管エリア南側))

3.4 地震応答解析に用いる地震動

地震応答解析に用いる入力地震動は、解放基盤表面で定義される基準地震動 S_s を一次元波動論により地震応答解析モデルの底面位置で評価したものをを用いる。

入力地震動算定の概念図を図 3-11 に示す。入力地震動の算定には、解析コード「SHAKE E」, 「microSHAKE/3D」及び「TDAP III」を使用する。

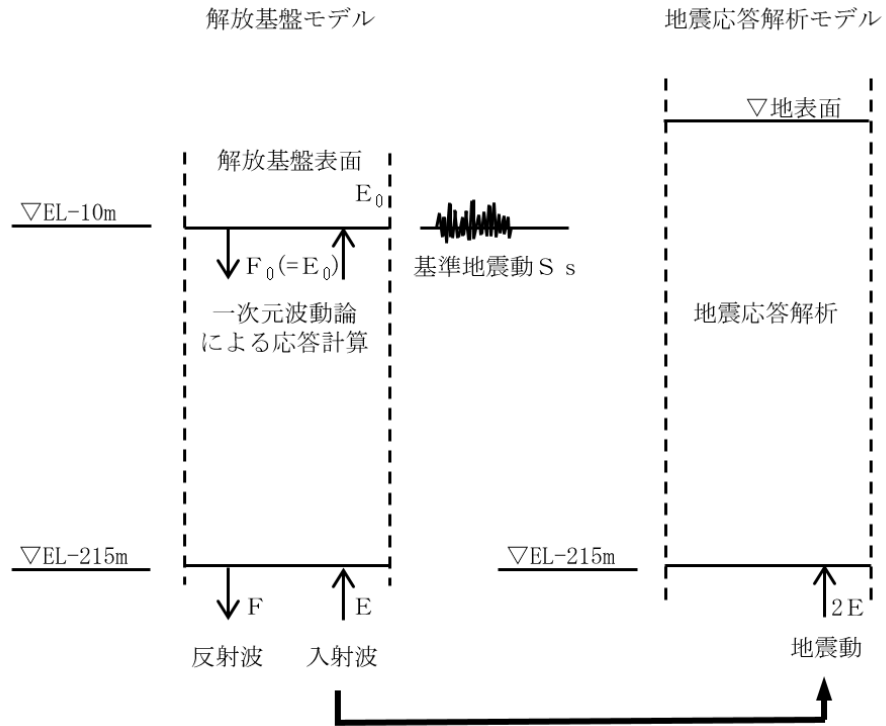


図 3-11 地震応答解析に用いる地震動算定の概念図

3.5 地震応答解析における解析ケース

保管場所における入力地震動の算定においては、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき、地盤物性のばらつきの影響を考慮するため、表3-6に示す解析ケースを設定する。

第1保管エリア、第3保管エリア及び第4保管エリアには主として岩盤が、第2保管エリアには主として埋戻土が分布し、これらの地盤が地震時に保管場所における入力地震動に影響を与えると判断されることから、これらの物性のばらつきについて影響を確認する。

表3-6 解析ケース

解析ケース	第1保管エリア, 第3保管エリア及び 第4保管エリア	第2保管エリア
	地盤物性 (岩盤) (G_d : 動せん断弾性係数)	地盤物性 (埋戻土) (G_o : 初期せん断弾性係数)
ケース① (基本ケース)	平均値	平均値
ケース②	平均値+ 1σ	平均値+ 1σ
ケース③	平均値- 1σ	平均値- 1σ

4. 加速度応答スペクトルの算定

保管場所における入力地震動の解析ケースより、最大応答加速度と加速度応答スペクトルを整理する。

なお、本資料では、表3-7に示す解析ケースのうち基本ケースの算定結果を示す。

4.1 保管場所の最大応答加速度

第1保管エリアの最大応答加速度（基本ケース）を表4-1及び表4-2に、第2保管エリアの最大応答加速度（基本ケース）を表4-3及び表4-4に、第3保管エリアの最大応答加速度（基本ケース）を表4-5及び表4-6に、第4保管エリアの最大応答加速度（基本ケース）を表4-7及び表4-8に示す。

表 4-1 最大応答加速度（絶対値，第1保管エリア北側）

検討用 地震動	S _s -D (820Gal)	S _s -F 1		S _s -F 2		S _s -N 1	S _s -N 2	
		EW	NS	EW	NS		EW	NS
水平方向 (cm/s ²)	847	668	609	805	612	701	613	533
鉛直方向 (cm/s ²)	516	327		424		279	458	

表 4-2 最大応答加速度（絶対値，第1保管エリア南側）

検討用 地震動	S _s -D (820Gal)	S _s -F 1		S _s -F 2		S _s -N 1	S _s -N 2	
		EW	NS	EW	NS		EW	NS
水平方向 (cm/s ²)	1020	788	616	931	744	804	723	707
鉛直方向 (cm/s ²)	707	407		522		447	646	

表 4-3 最大応答加速度（絶対値，第2保管エリア短辺方向断面）

検討用 地震動	S _s -D (820Gal)	S _s -F 1 *	S _s -F 2 *	S _s -N 1	S _s -N 2	
					EW	NS
水平方向 (cm/s ²)	557	625	732	805	714	499
鉛直方向 (cm/s ²)	880	559	555	572	699	646

注記*：解析モデルの断面方向に合わせて、入力地震動の角度補正を実施

表 4-4 最大応答加速度（絶対値，第 2 保管エリア長辺方向断面）

検討用 地震動	S _s -D (820Gal)	S _s -F 1 *	S _s -F 2 *	S _s -N 1	S _s -N 2	
					EW	NS
水平方向 (cm/s ²)	471	462	356	467	396	327
鉛直方向 (cm/s ²)	897	726	701	582	809	740

注記*：解析モデルの断面方向に合わせて，入力地震動の角度補正を実施

表 4-5 最大応答加速度（絶対値，第 3 保管エリア西側）

検討用 地震動	S _s -D (820Gal)	S _s -F 1		S _s -F 2		S _s -N 1	S _s -N 2	
		EW	NS	EW	NS		EW	NS
水平方向 (cm/s ²)	713	484	475	645	467	579	464	464
鉛直方向 (cm/s ²)	452	268		349		262	399	

表 4-6 最大応答加速度（絶対値，第 3 保管エリア東側）

検討用 地震動	S _s -D (820Gal)	S _s -F 1		S _s -F 2		S _s -N 1	S _s -N 2	
		EW	NS	EW	NS		EW	NS
水平方向 (cm/s ²)	743	528	546	737	512	618	561	515
鉛直方向 (cm/s ²)	440	283		345		259	393	

表 4-7 最大応答加速度（絶対値，第 4 保管エリア北側）

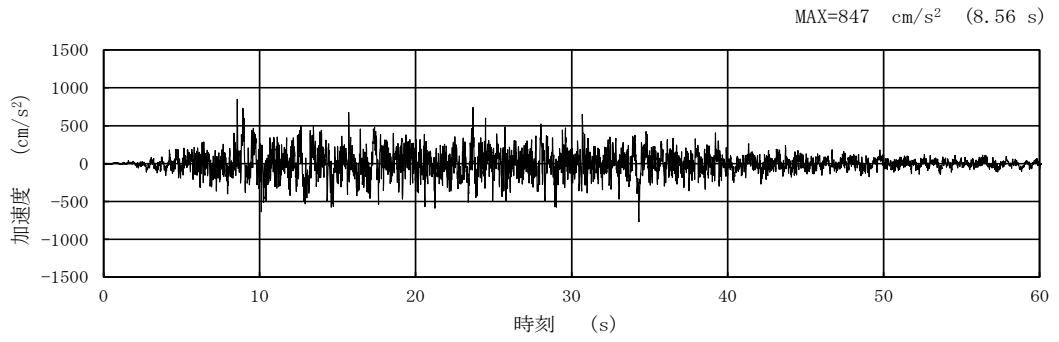
検討用 地震動	S _s -D (820Gal)	S _s -F 1		S _s -F 2		S _s -N 1	S _s -N 2	
		EW	NS	EW	NS		EW	NS
水平方向 (cm/s ²)	818	541	604	676	558	509	577	509
鉛直方向 (cm/s ²)	485	262		361		265	394	

表 4-8 最大応答加速度（絶対値，第 4 保管エリア南側）

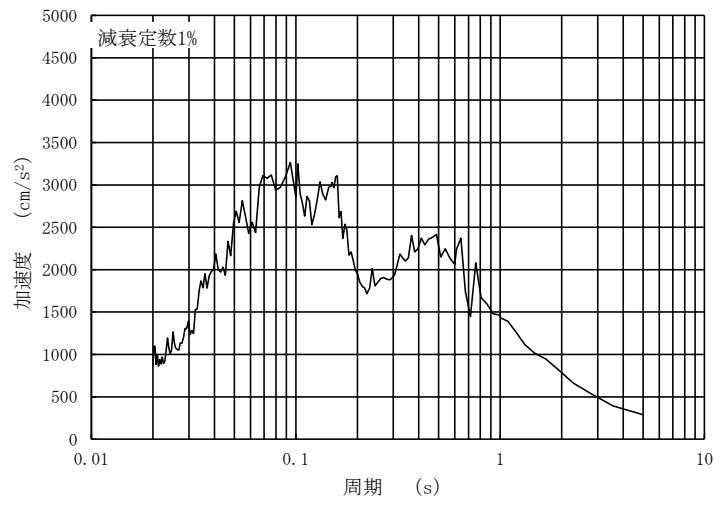
検討用 地震動	S _s -D (820Gal)	S _s -F 1		S _s -F 2		S _s -N 1	S _s -N 2	
		EW	NS	EW	NS		EW	NS
水平方向 (cm/s ²)	677	465	442	554	485	480	527	464
鉛直方向 (cm/s ²)	466	247		334		252	365	

4.2 可搬型重大事故等対処設備の保管場所（第 1 保管エリア）

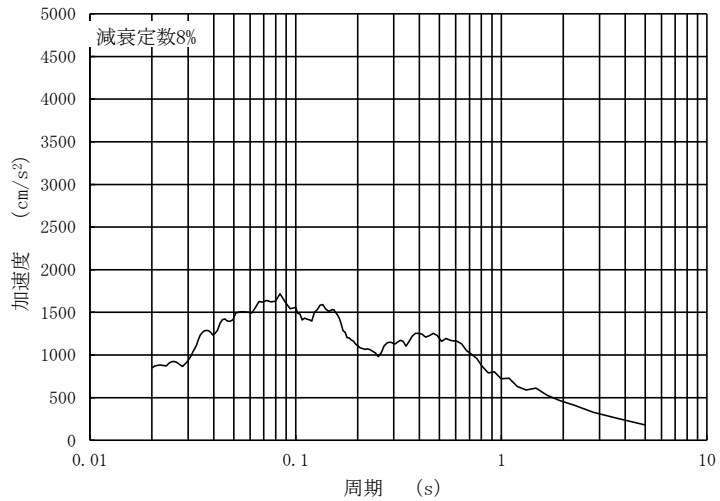
1次元地震応答解析により算定した可搬型重大事故等対処設備の保管場所(第 1 保管エリア)の地表面における入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトルを図 4-1~図 4-26 に示す。なお，加速度応答スペクトルに用いる減衰定数は，その他設備の減衰定数（1%）及び車両型設備の減衰定数（8%）を考慮し設定する。



(a) 加速度時刻歴波形

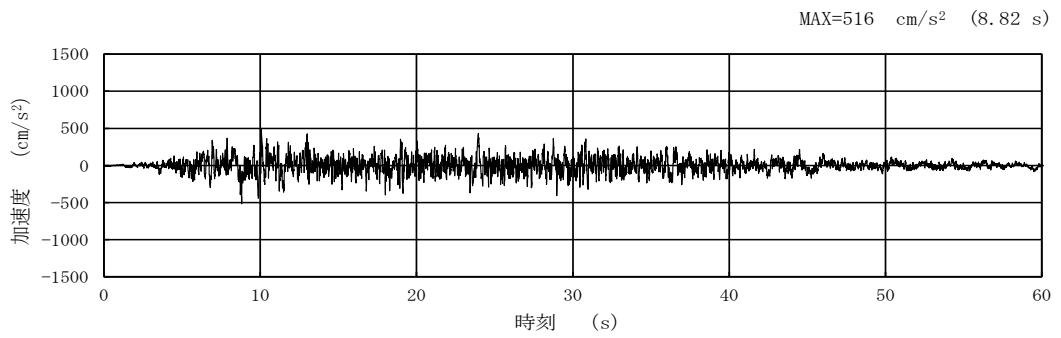


(b) 加速度応答スペクトル (減衰定数 1%)

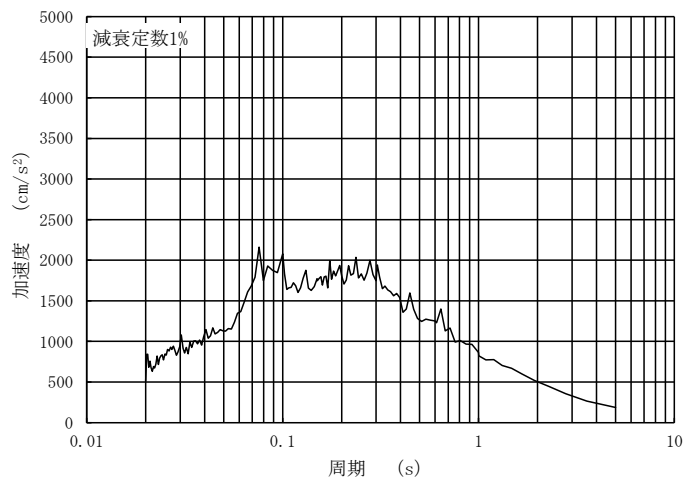


(c) 加速度応答スペクトル (減衰定数 8%)

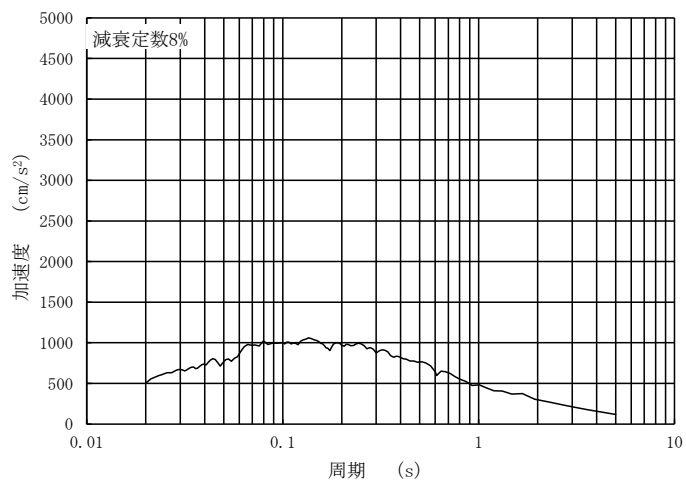
図 4-1 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平方向：S s-D, 第1保管エリア北側)



(a) 加速度時刻歴波形

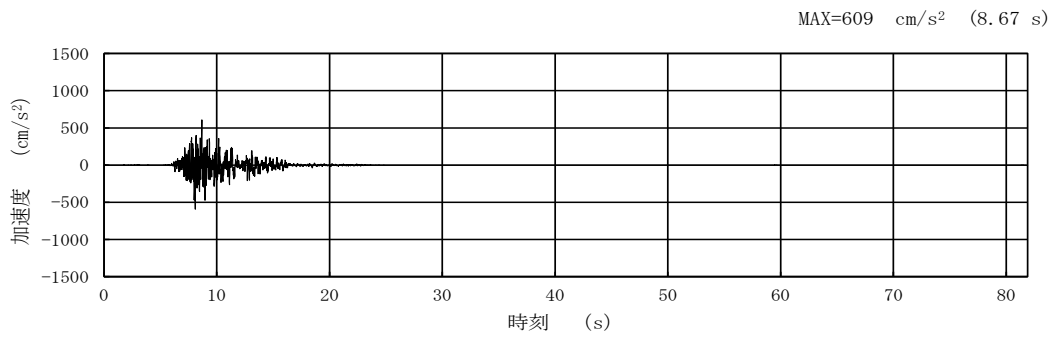


(b) 加速度応答スペクトル (減衰定数 1%)

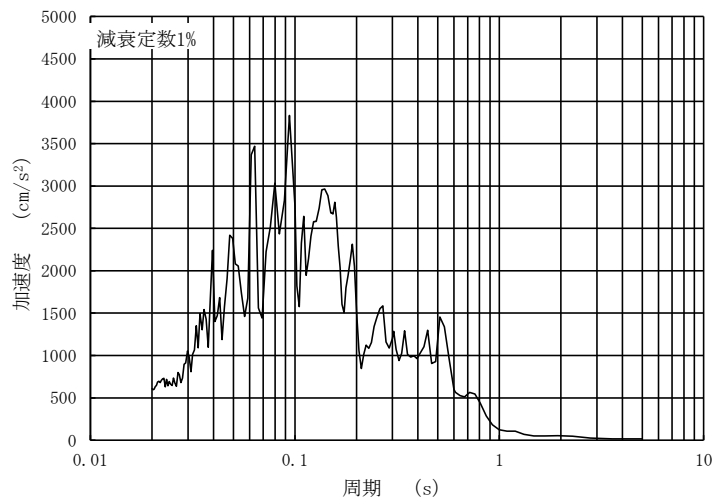


(c) 加速度応答スペクトル (減衰定数 8%)

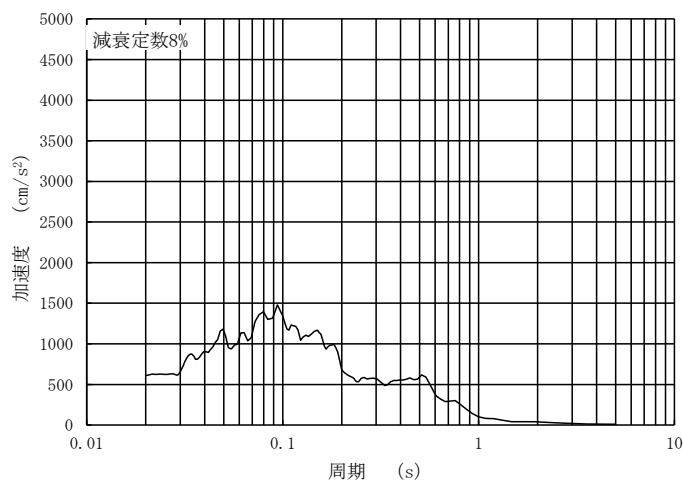
図 4-2 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向：S s-D, 第1保管エリア北側)



(a) 加速度時刻歴波形

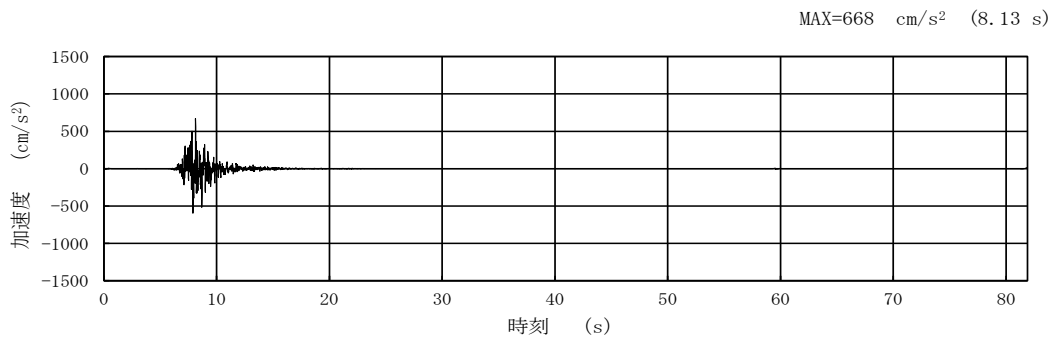


(b) 加速度応答スペクトル (減衰定数 1%)

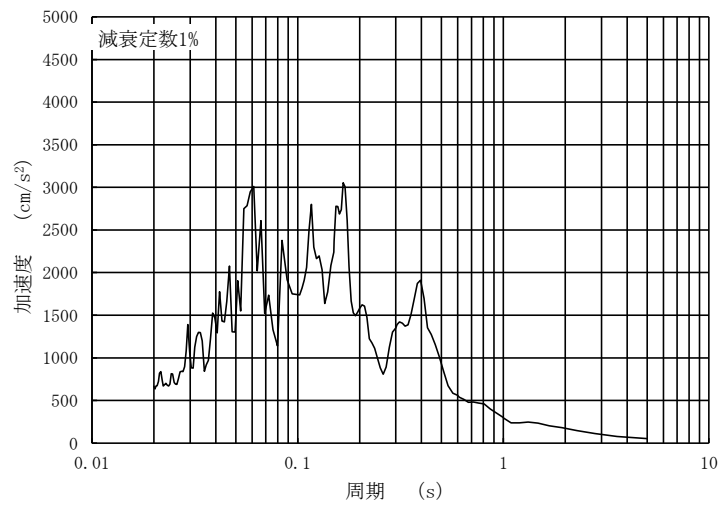


(c) 加速度応答スペクトル (減衰定数 8%)

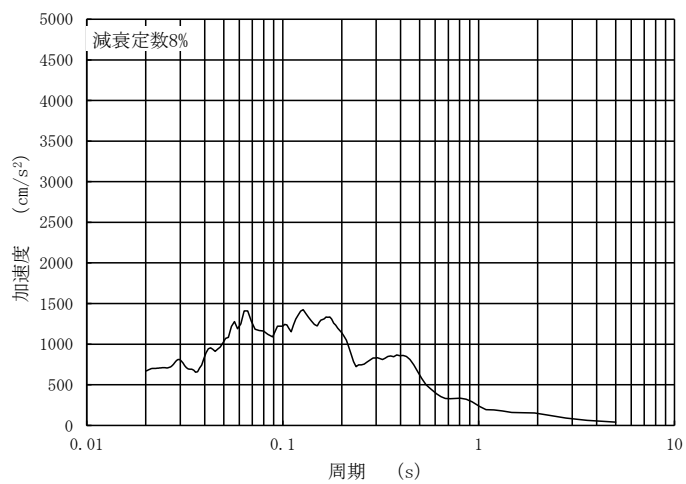
図 4-3 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平 (NS) 方向 : S s - F 1, 第 1 保管エリア北側)



(a) 加速度時刻歴波形

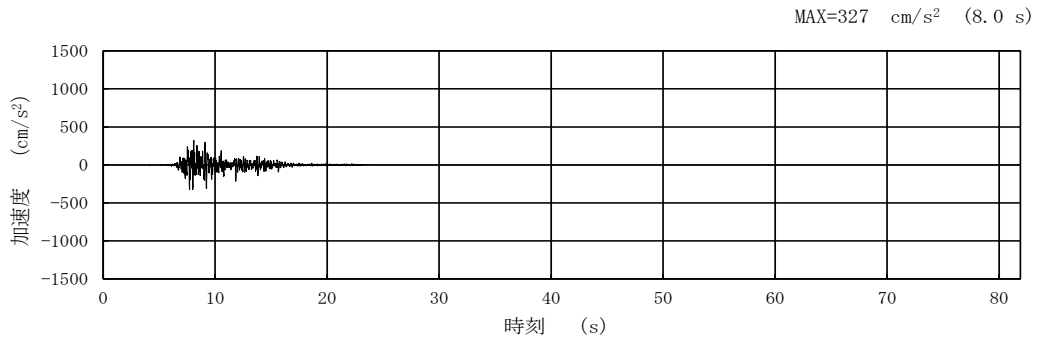


(b) 加速度応答スペクトル (減衰定数 1%)

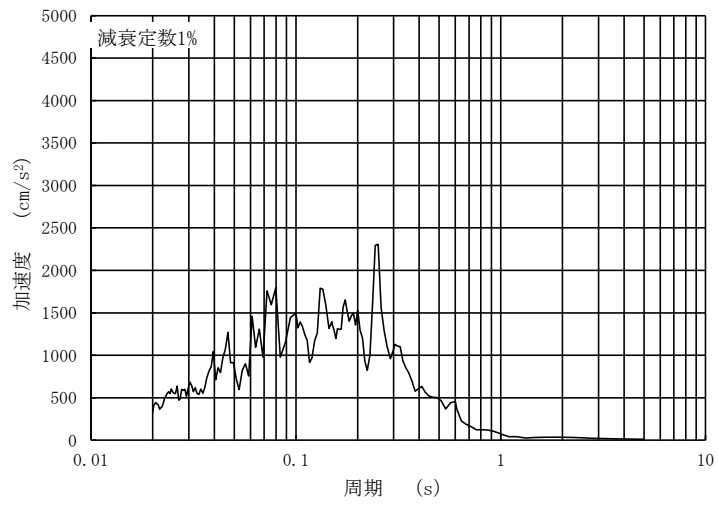


(c) 加速度応答スペクトル (減衰定数 8%)

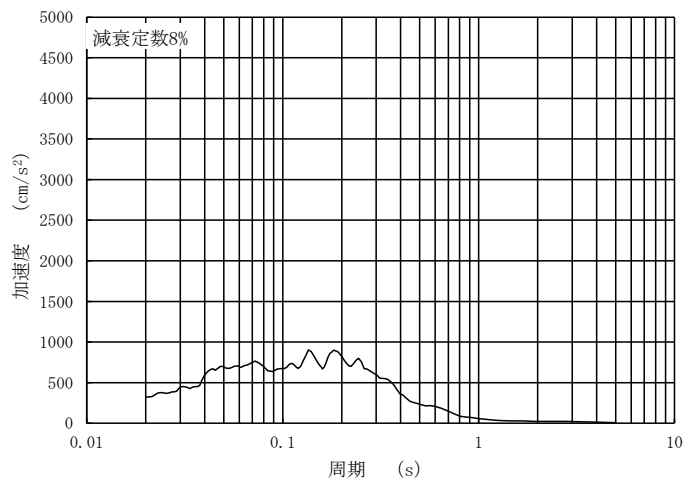
図 4-4 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平 (EW) 方向 : S s - F 1, 第 1 保管エリア北側)



(a) 加速度時刻歴波形

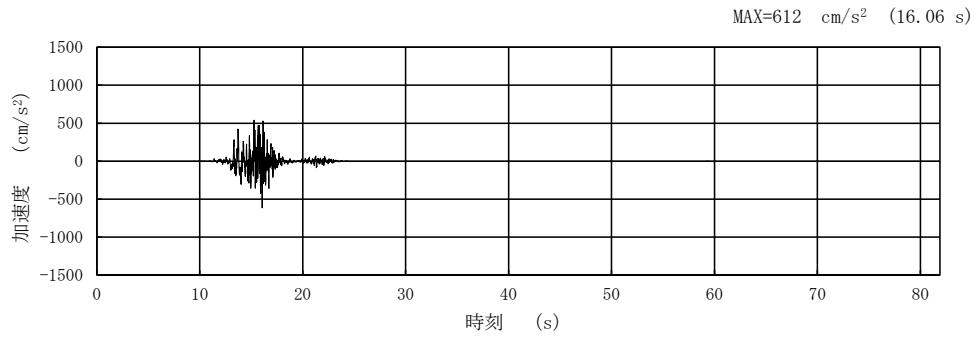


(b) 加速度応答スペクトル (減衰定数 1%)

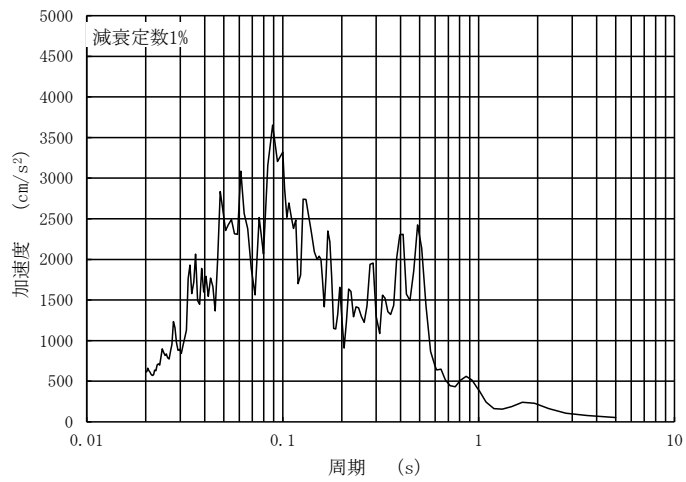


(c) 加速度応答スペクトル (減衰定数 8%)

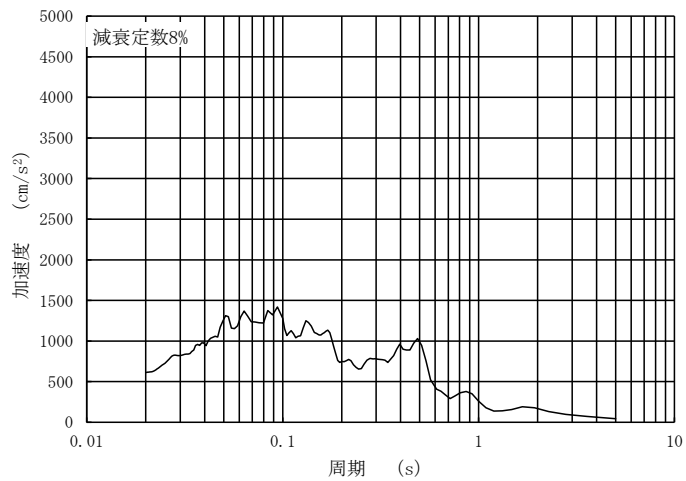
図 4-5 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向：S s - F 1, 第 1 保管エリア北側)



(a) 加速度時刻歴波形

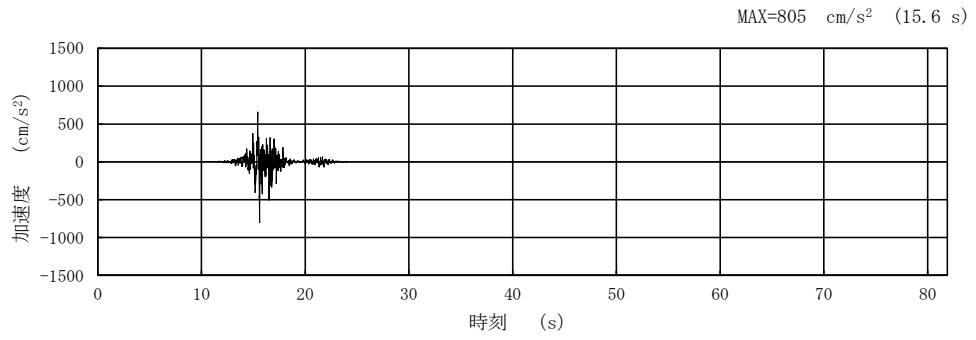


(b) 加速度応答スペクトル (減衰定数 1%)

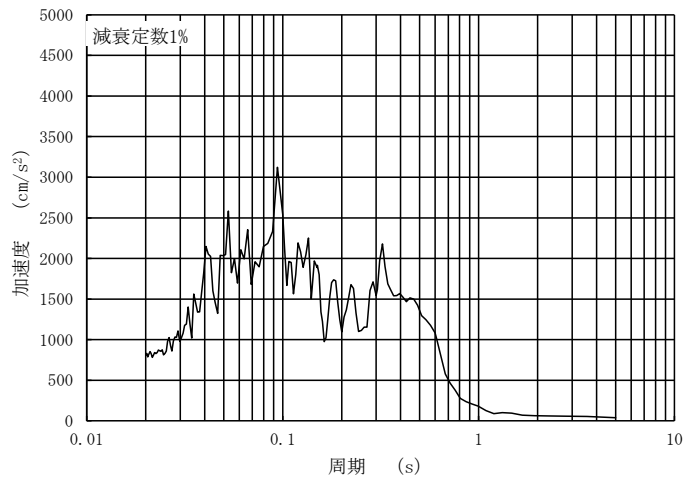


(c) 加速度応答スペクトル (減衰定数 8%)

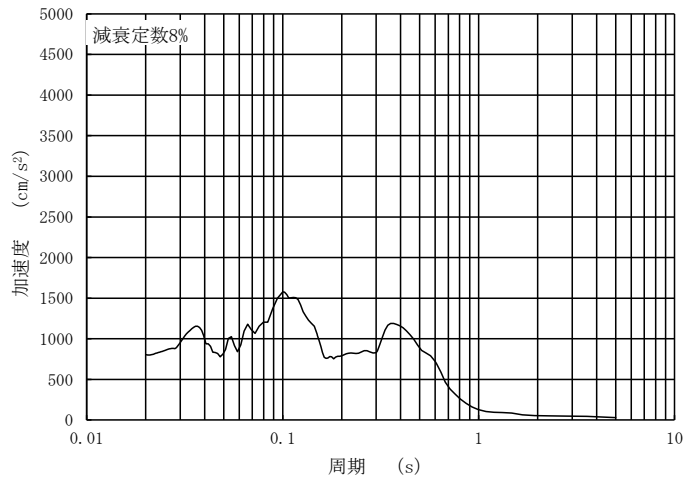
図 4-6 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平 (NS) 方向 : S s - F 2, 第 1 保管エリア北側)



(a) 加速度時刻歴波形

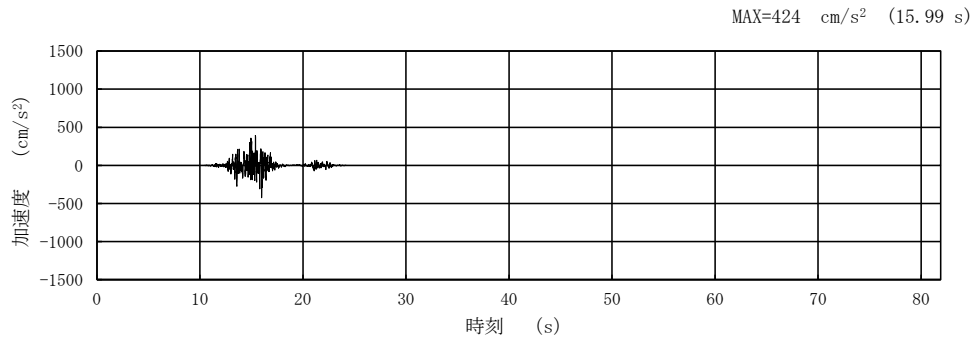


(b) 加速度応答スペクトル (減衰定数 1%)

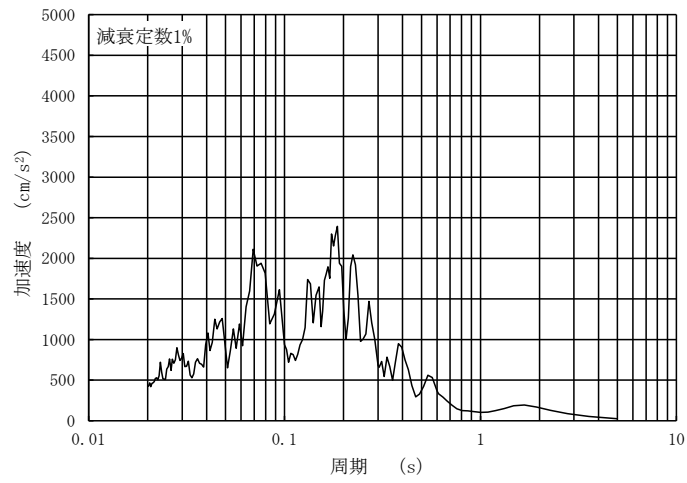


(c) 加速度応答スペクトル (減衰定数 8%)

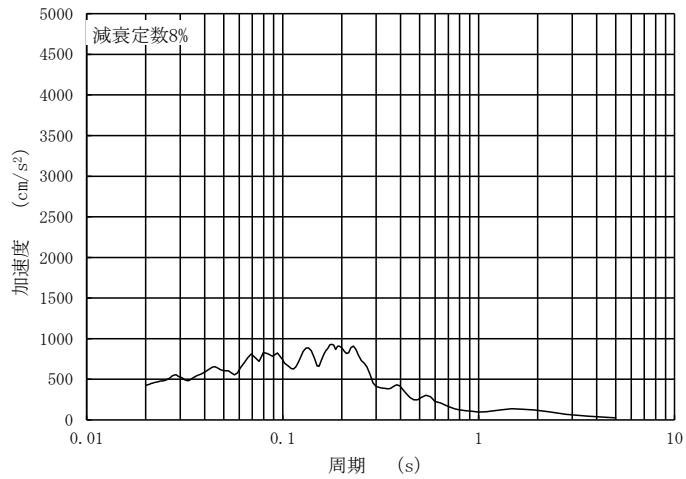
図 4-7 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平 (EW) 方向 : S s - F 2, 第 1 保管エリア北側)



(a) 加速度時刻歴波形

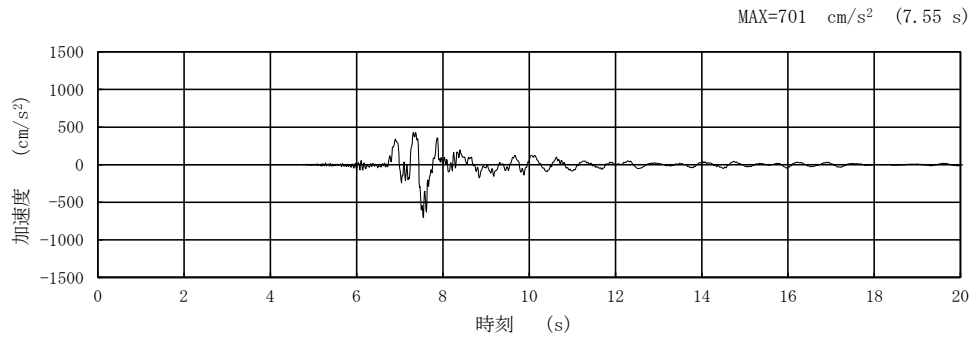


(b) 加速度応答スペクトル (減衰定数 1%)

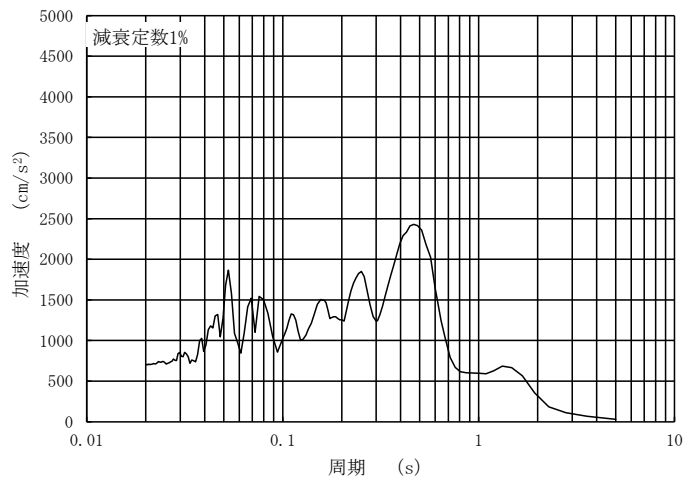


(c) 加速度応答スペクトル (減衰定数 8%)

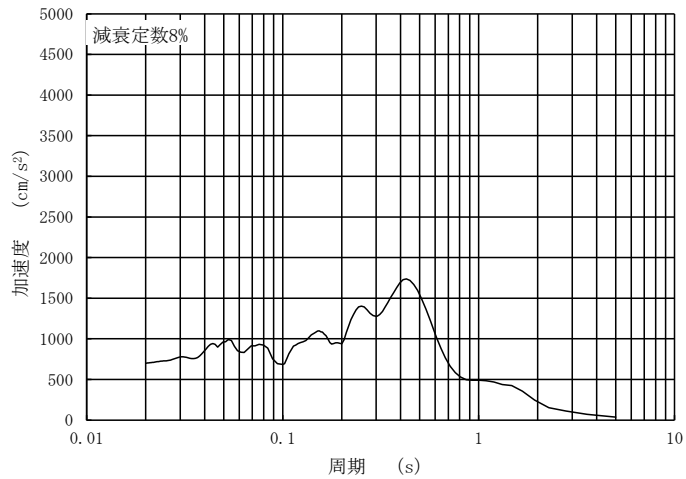
図 4-8 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向：S s - F 2, 第 1 保管エリア北側)



(a) 加速度時刻歴波形

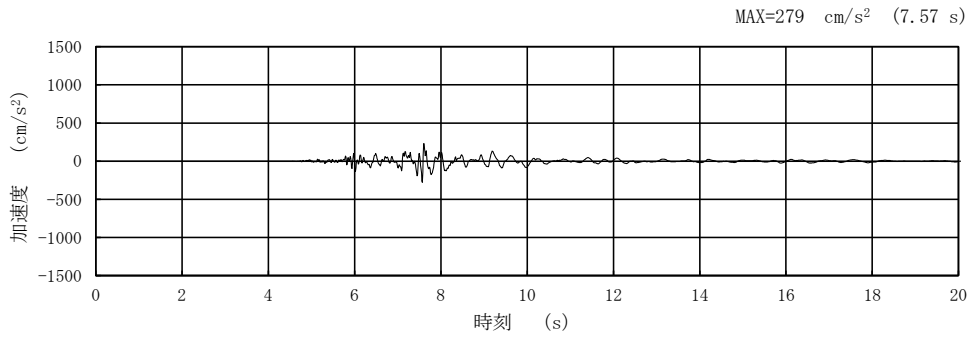


(b) 加速度応答スペクトル (減衰定数 1%)

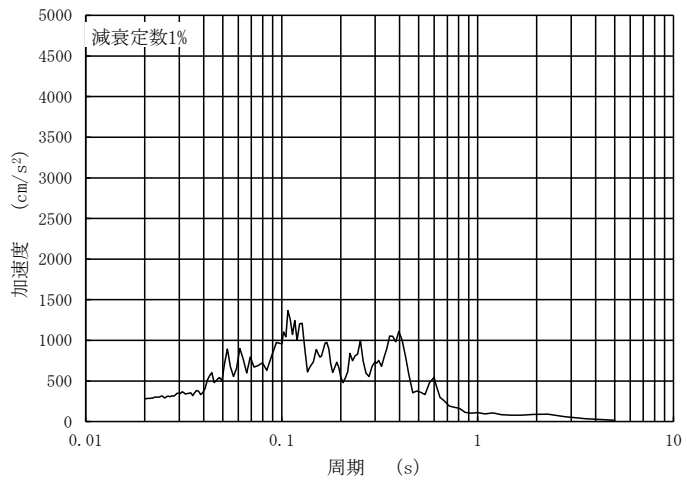


(c) 加速度応答スペクトル (減衰定数 8%)

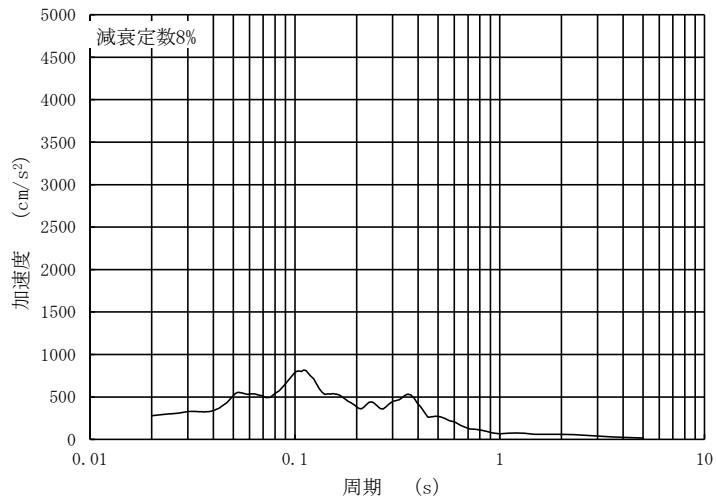
図 4-9 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平方向：S s - N 1，第 1 保管エリア北側)



(a) 加速度時刻歴波形

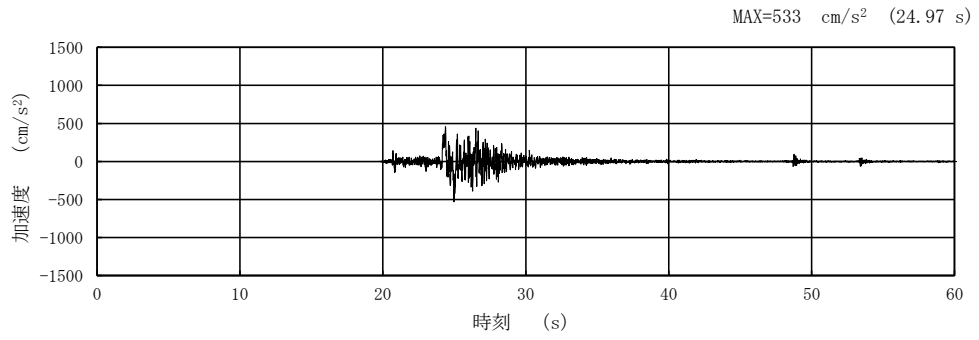


(b) 加速度応答スペクトル (減衰定数 1%)

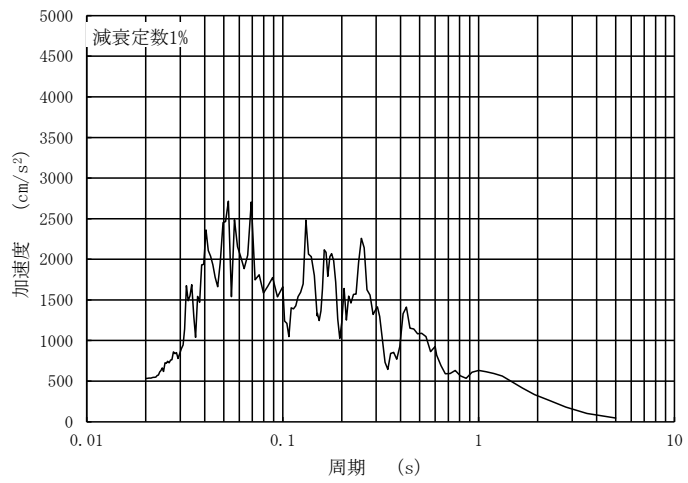


(c) 加速度応答スペクトル (減衰定数 8%)

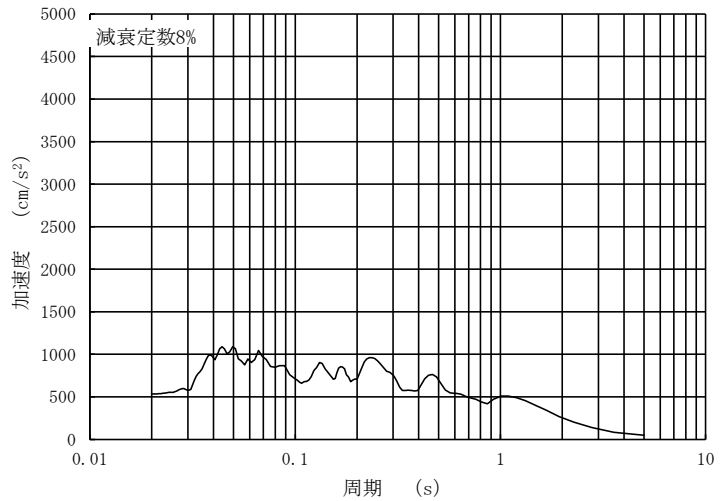
図 4-10 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向：S s - N 1，第 1 保管エリア北側)



(a) 加速度時刻歴波形

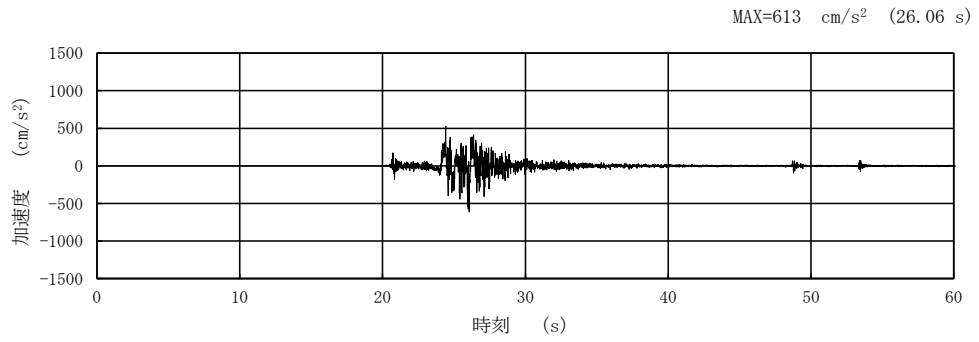


(b) 加速度応答スペクトル (減衰定数 1%)

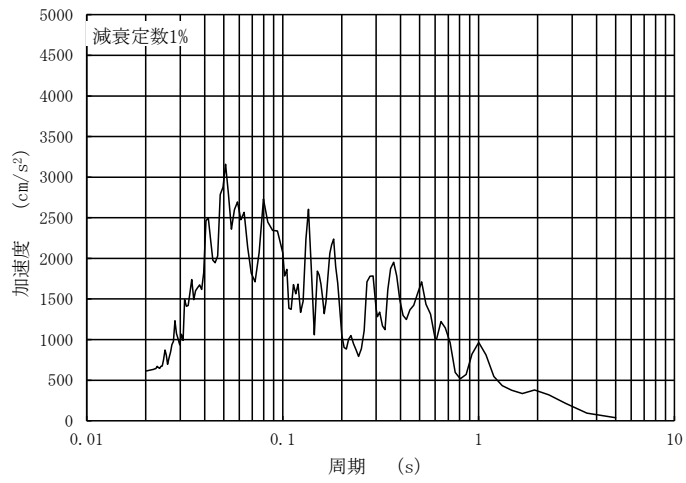


(c) 加速度応答スペクトル (減衰定数 8%)

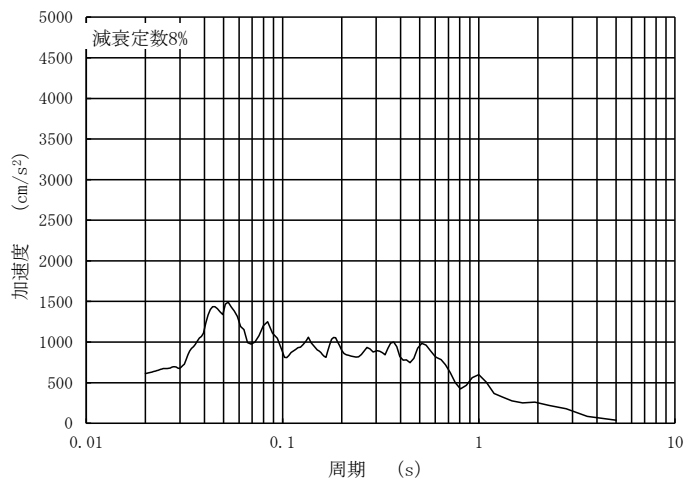
図 4-11 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平 (NS) 方向 : S s - N 2, 第 1 保管エリア北側)



(a) 加速度時刻歴波形

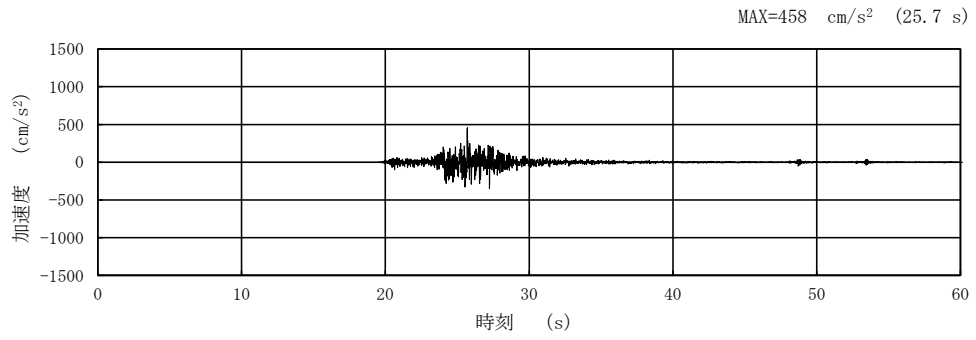


(b) 加速度応答スペクトル (減衰定数 1%)

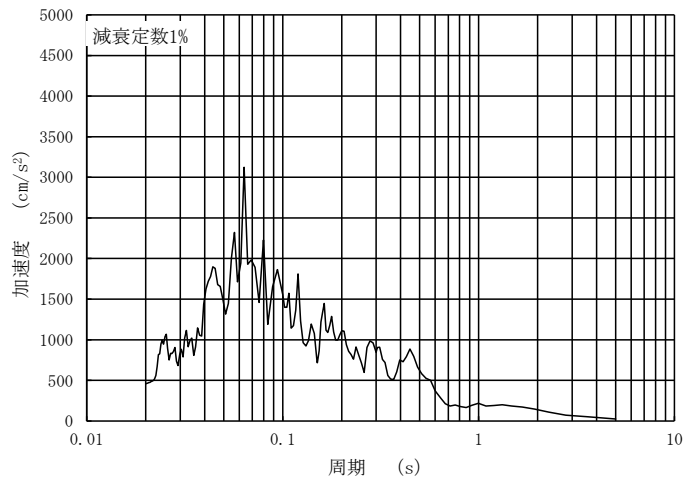


(c) 加速度応答スペクトル (減衰定数 8%)

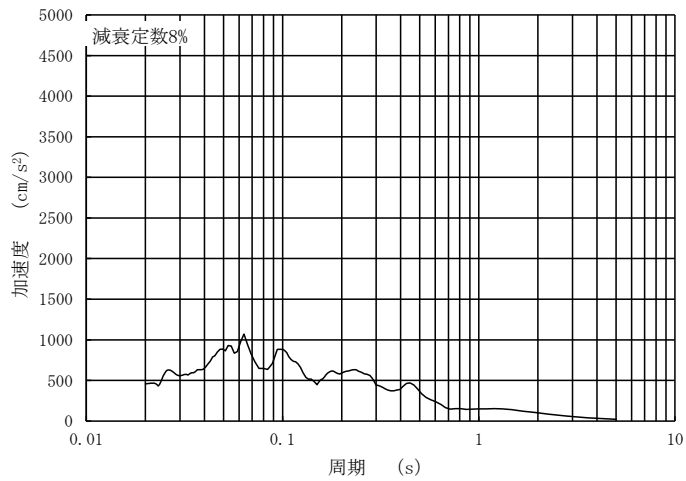
図 4-12 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平 (EW) 方向 : S s - N 2, 第 1 保管エリア北側)



(a) 加速度時刻歴波形

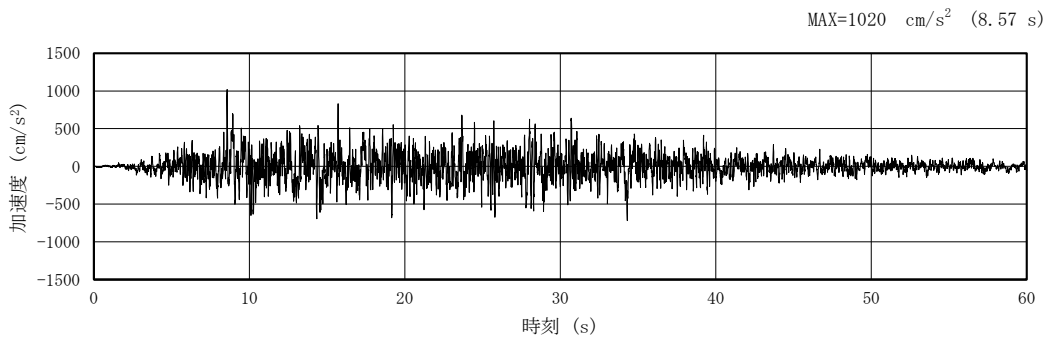


(b) 加速度応答スペクトル (減衰定数 1%)

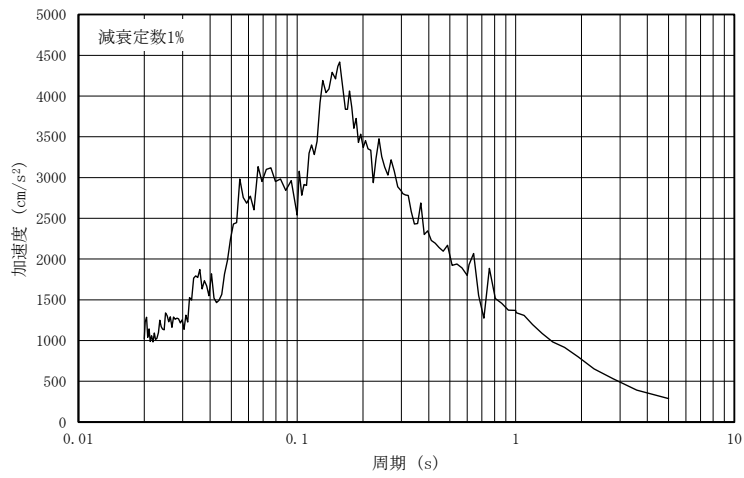


(c) 加速度応答スペクトル (減衰定数 8%)

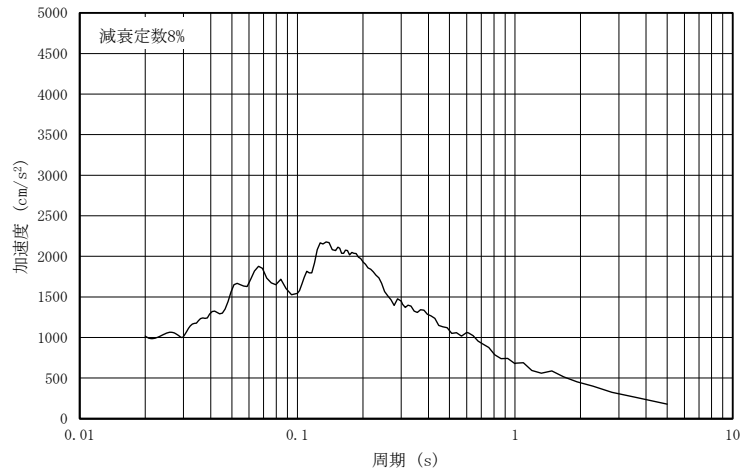
図 4-13 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向：S s - N 2，第 1 保管エリア北側)



(a) 加速度時刻歴波形

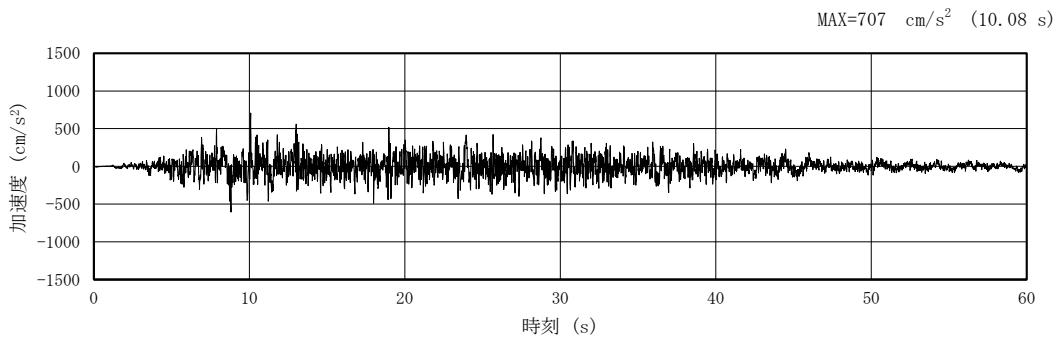


(b) 加速度応答スペクトル (減衰定数 1%)

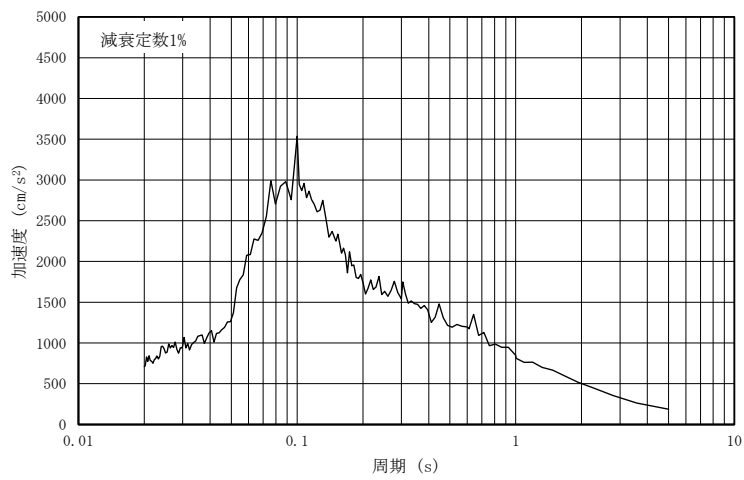


(c) 加速度応答スペクトル (減衰定数 8%)

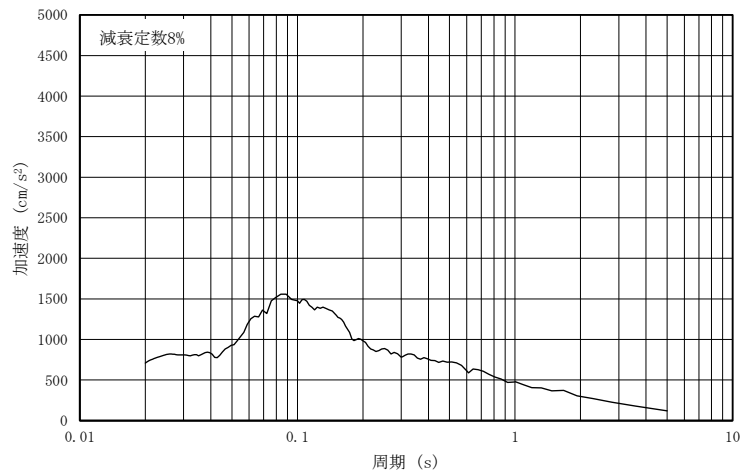
図 4-14 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平方向：S s -D, 第1保管エリア南側)



(a) 加速度時刻歴波形

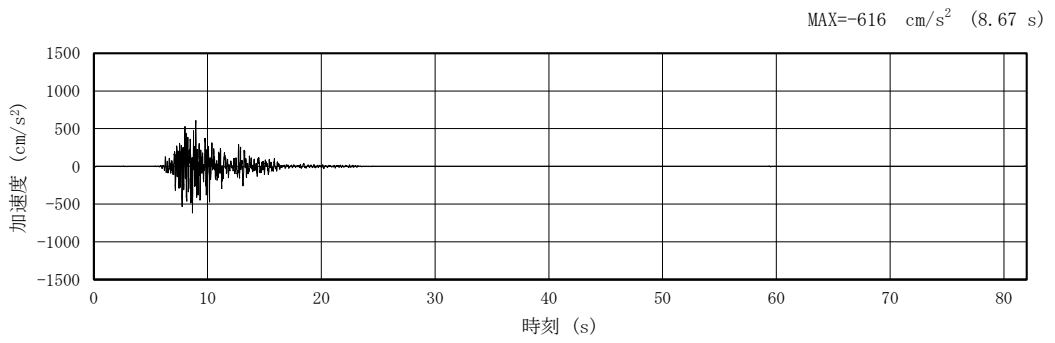


(b) 加速度応答スペクトル (減衰定数 1%)

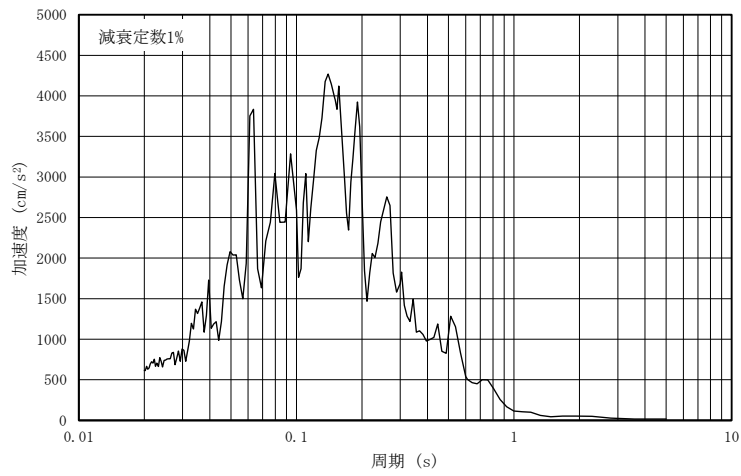


(c) 加速度応答スペクトル (減衰定数 8%)

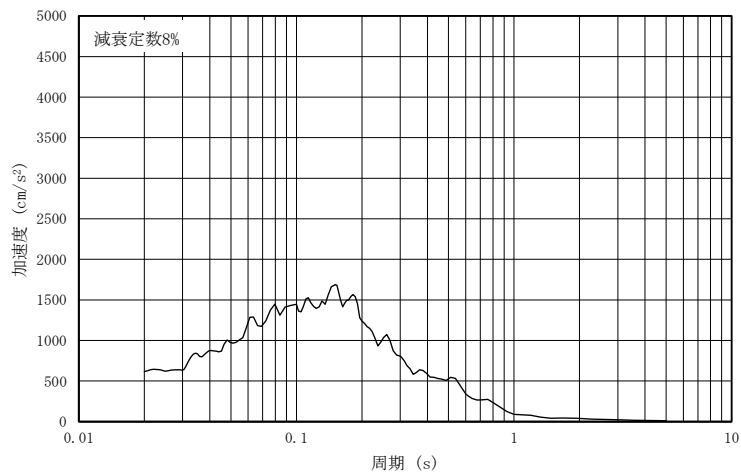
図 4-15 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向：S s -D, 第1保管エリア南側)



(a) 加速度時刻歴波形

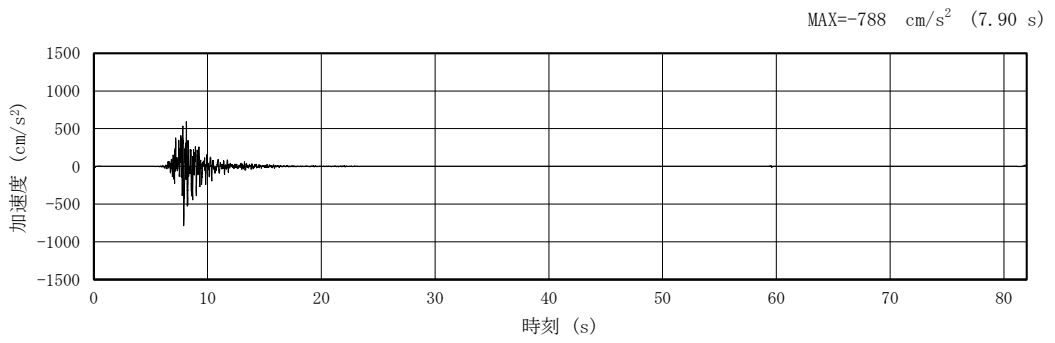


(b) 加速度応答スペクトル (減衰定数 1%)

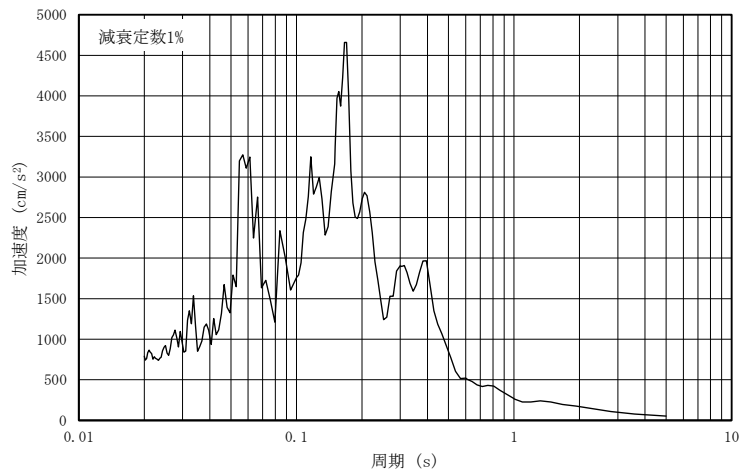


(c) 加速度応答スペクトル (減衰定数 8%)

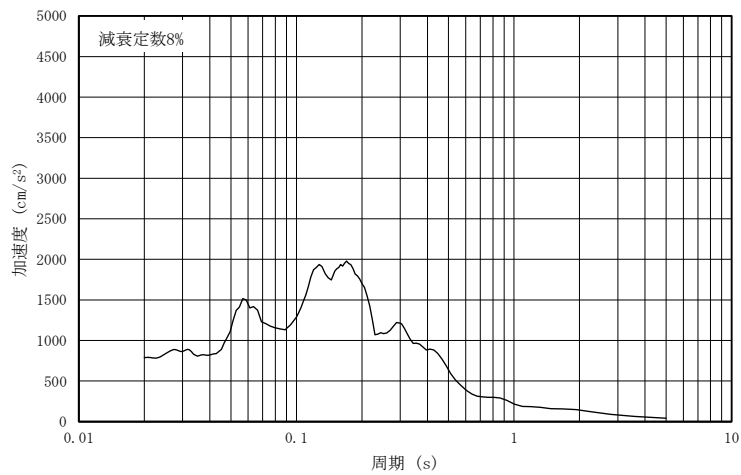
図 4-16 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平 (NS) 方向 : S s - F 1, 第 1 保管エリア南側)



(a) 加速度時刻歴波形

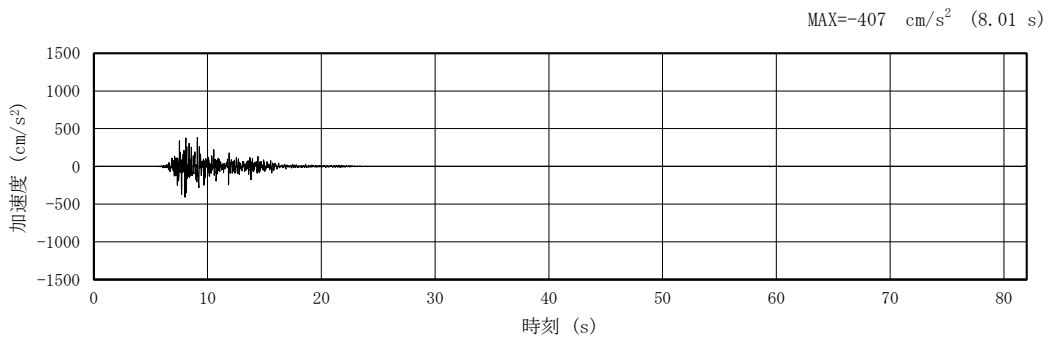


(b) 加速度応答スペクトル (減衰定数 1%)

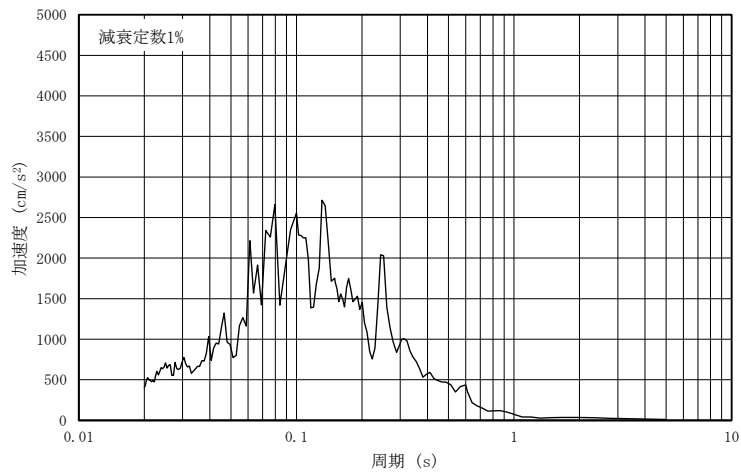


(c) 加速度応答スペクトル (減衰定数 8%)

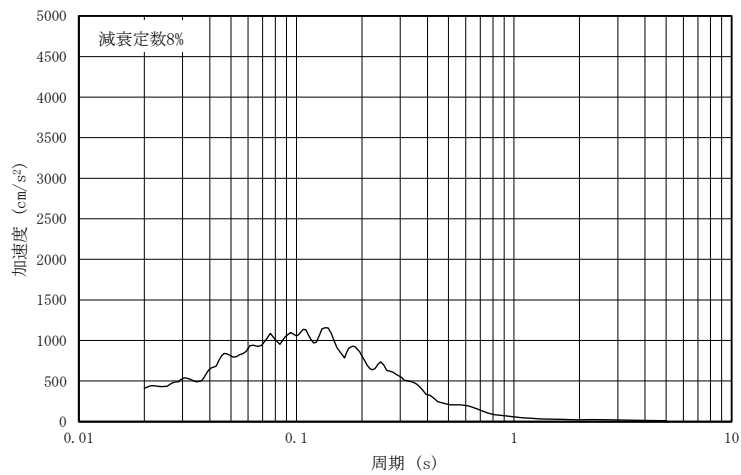
図 4-17 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平 (EW) 方向 : S s - F 1, 第 1 保管エリア南側)



(a) 加速度時刻歴波形

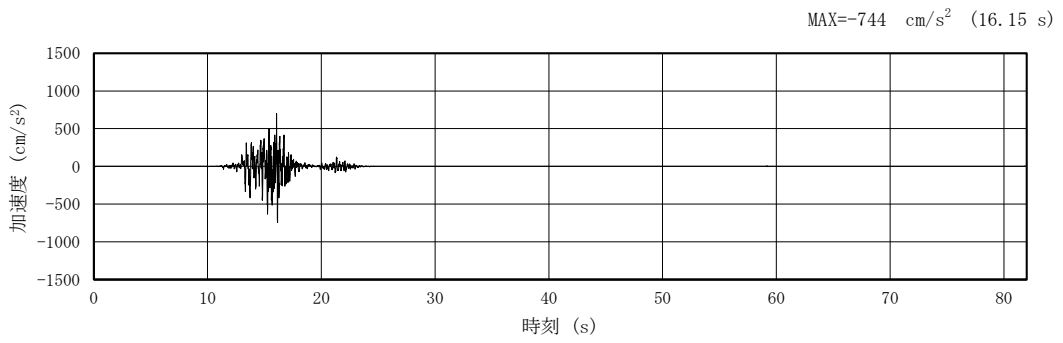


(b) 加速度応答スペクトル (減衰定数 1%)

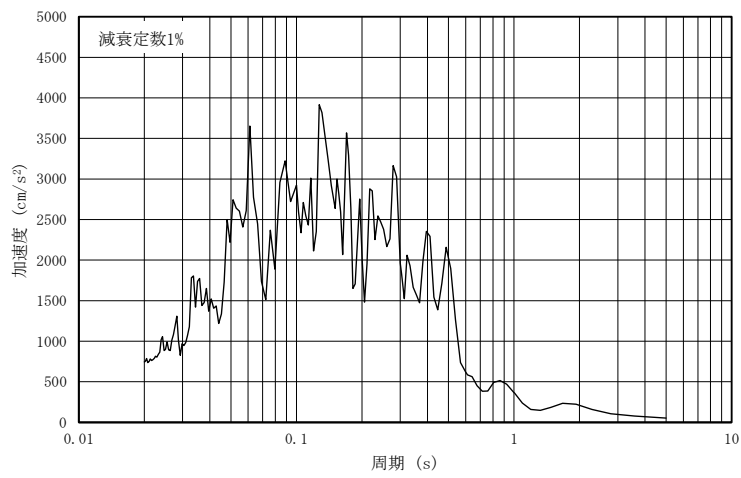


(c) 加速度応答スペクトル (減衰定数 8%)

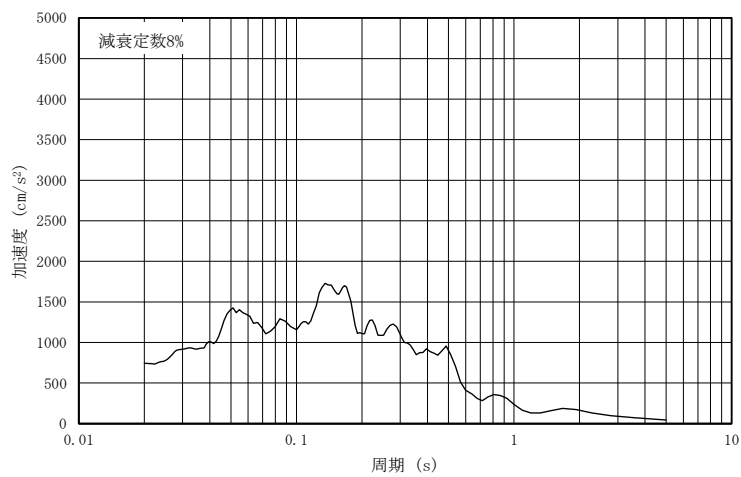
図 4-18 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向：S s - F 1, 第 1 保管エリア南側)



(a) 加速度時刻歴波形

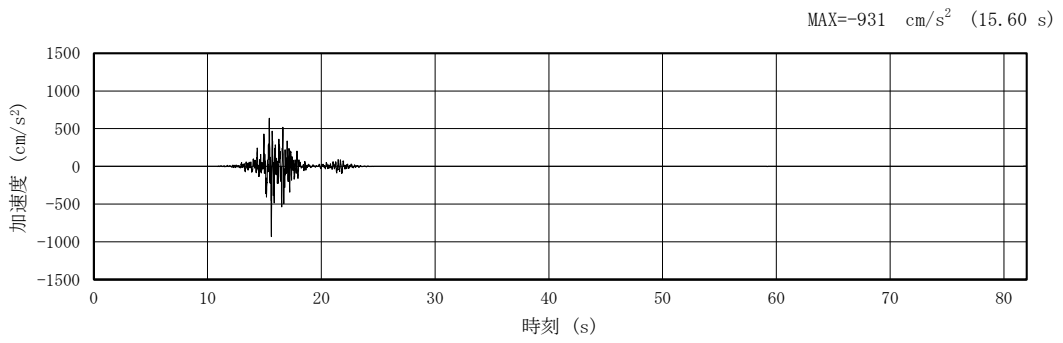


(b) 加速度応答スペクトル (減衰定数 1%)

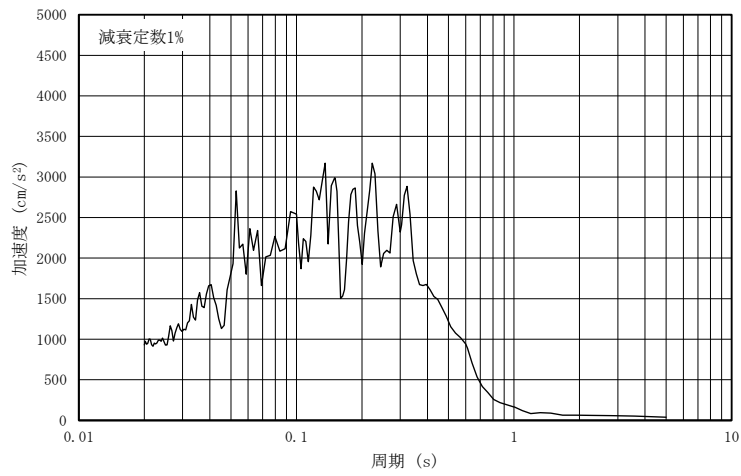


(c) 加速度応答スペクトル (減衰定数 8%)

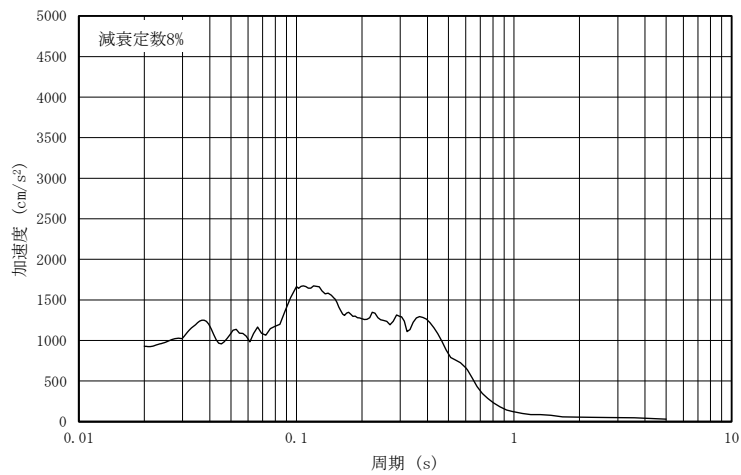
図 4-19 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平 (NS) 方向 : S s - F 2, 第 1 保管エリア南側)



(a) 加速度時刻歴波形

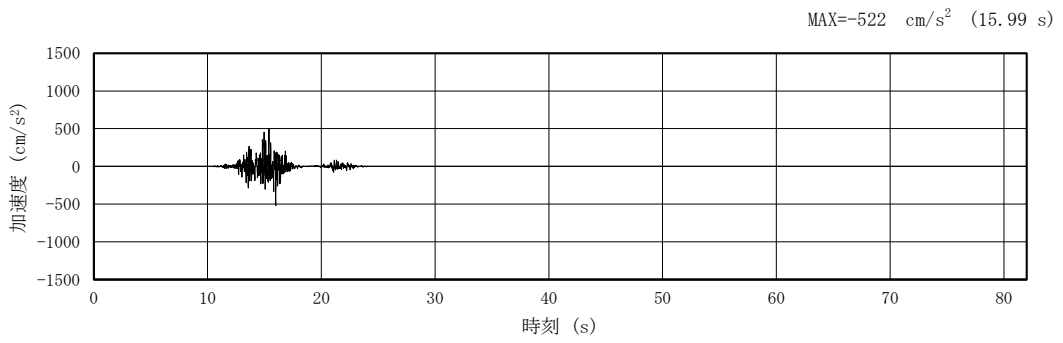


(b) 加速度応答スペクトル (減衰定数 1%)

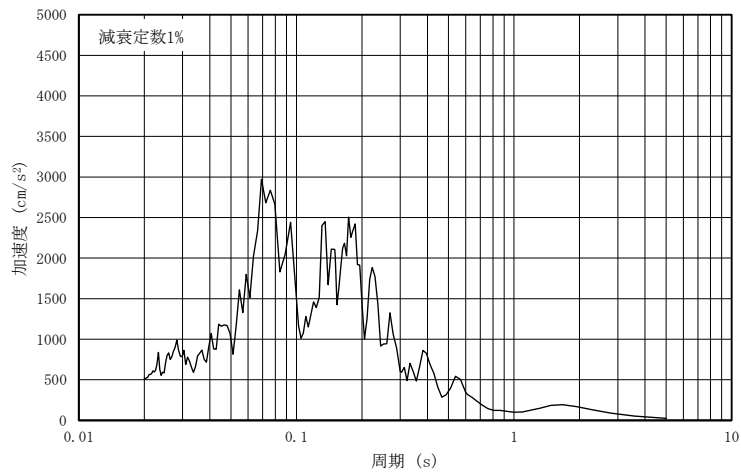


(c) 加速度応答スペクトル (減衰定数 8%)

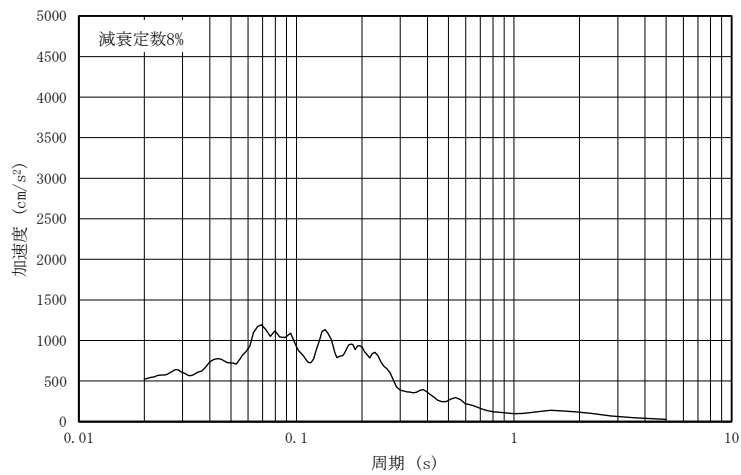
図 4-20 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平 (EW) 方向 : S s - F 2, 第 1 保管エリア南側)



(a) 加速度時刻歴波形

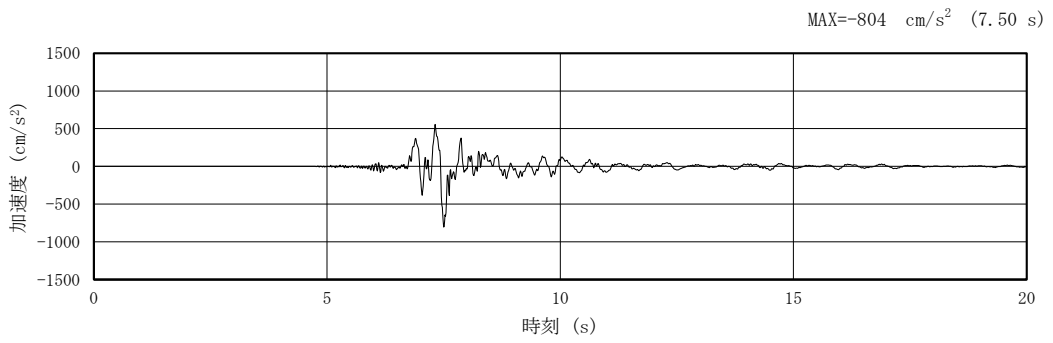


(b) 加速度応答スペクトル (減衰定数 1%)

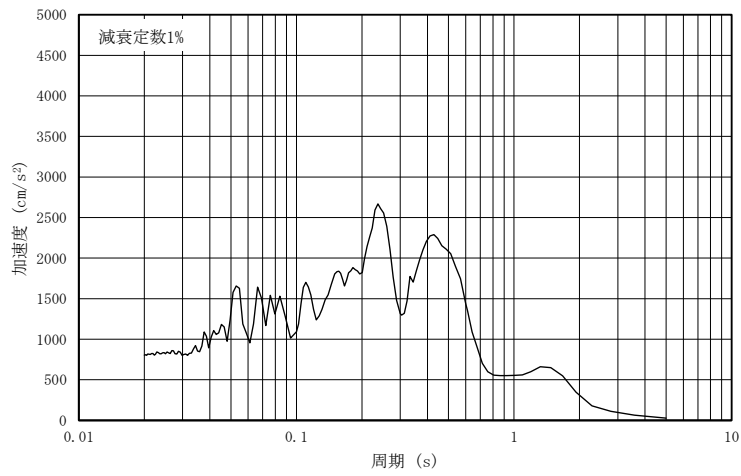


(c) 加速度応答スペクトル (減衰定数 8%)

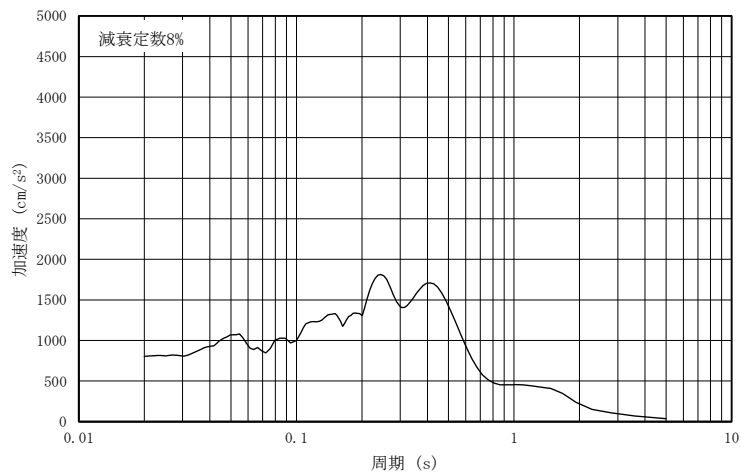
図 4-21 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向：S s - F 2, 第 1 保管エリア南側)



(a) 加速度時刻歴波形

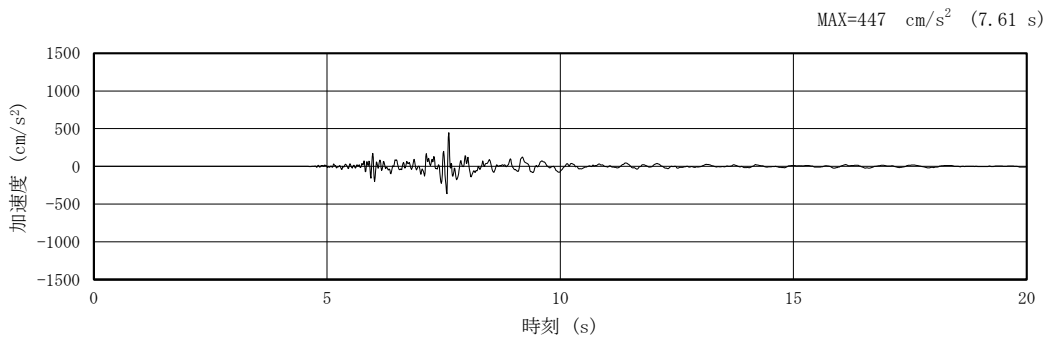


(b) 加速度応答スペクトル (減衰定数 1%)

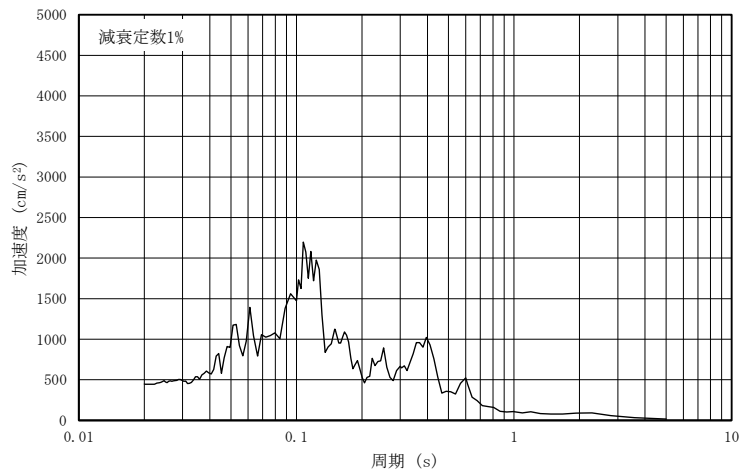


(c) 加速度応答スペクトル (減衰定数 8%)

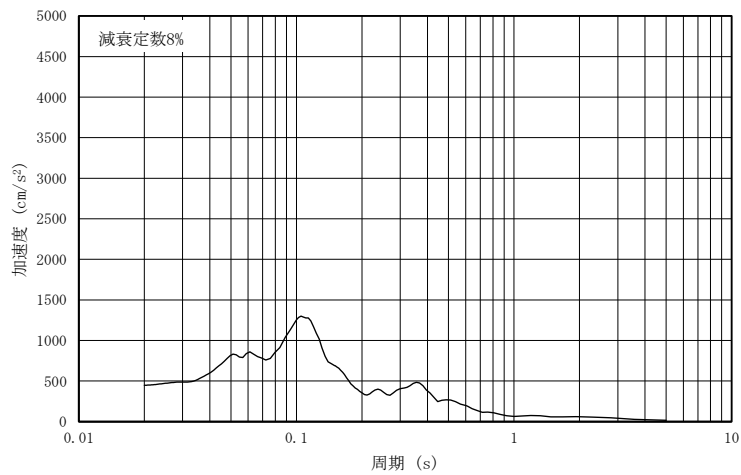
図 4-22 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平方向 : S s - N 1, 第 1 保管エリア南側)



(a) 加速度時刻歴波形

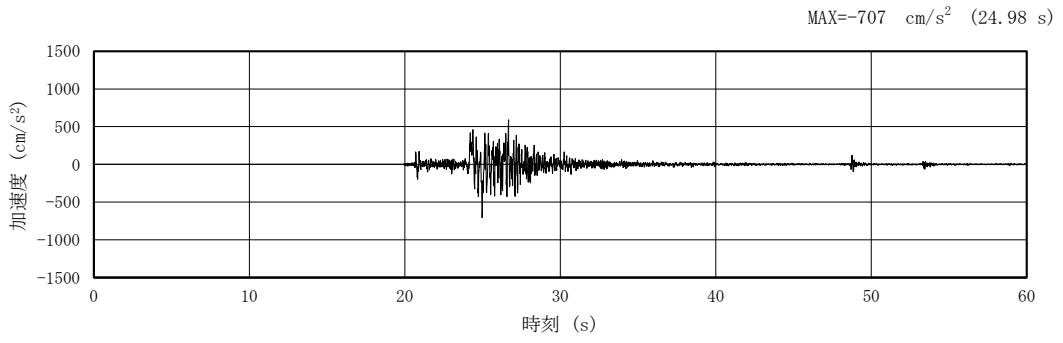


(b) 加速度応答スペクトル (減衰定数 1%)

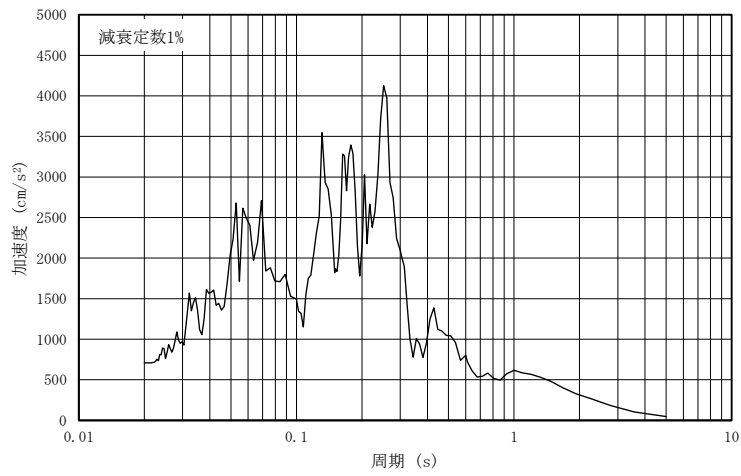


(c) 加速度応答スペクトル (減衰定数 8%)

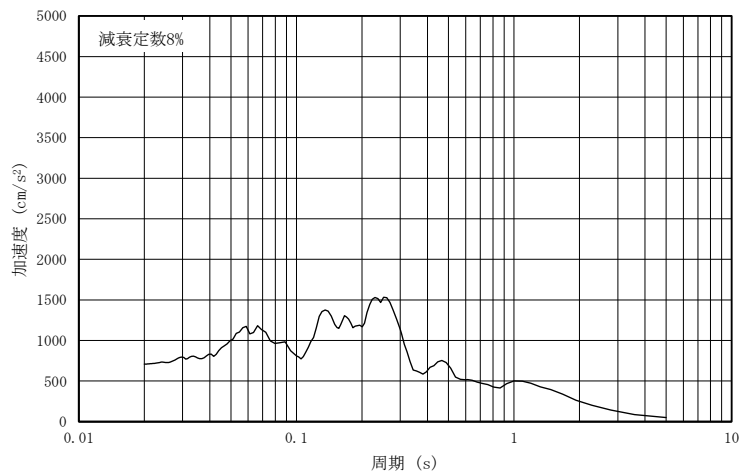
図 4-23 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向：S s - N 1，第 1 保管エリア南側)



(a) 加速度時刻歴波形

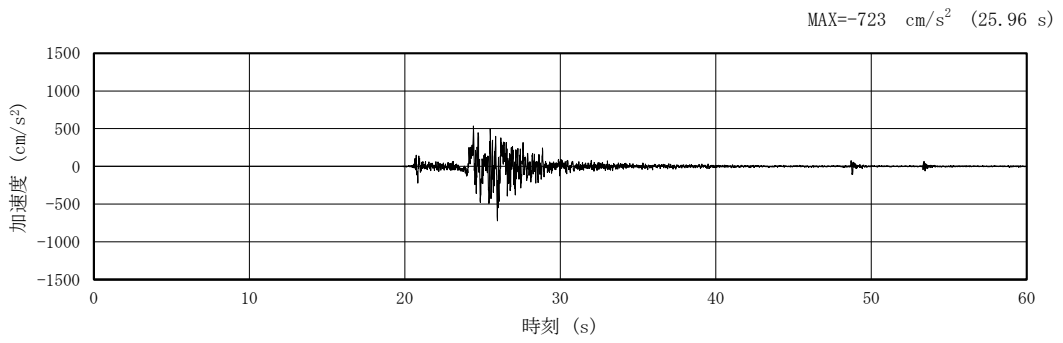


(b) 加速度応答スペクトル (減衰定数 1%)

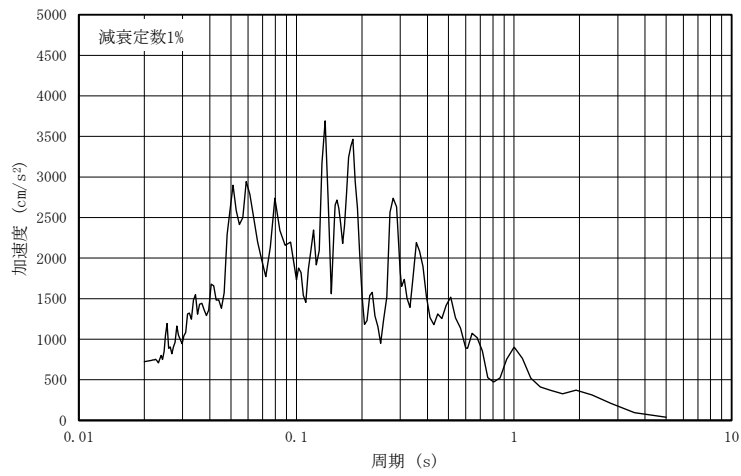


(c) 加速度応答スペクトル (減衰定数 8%)

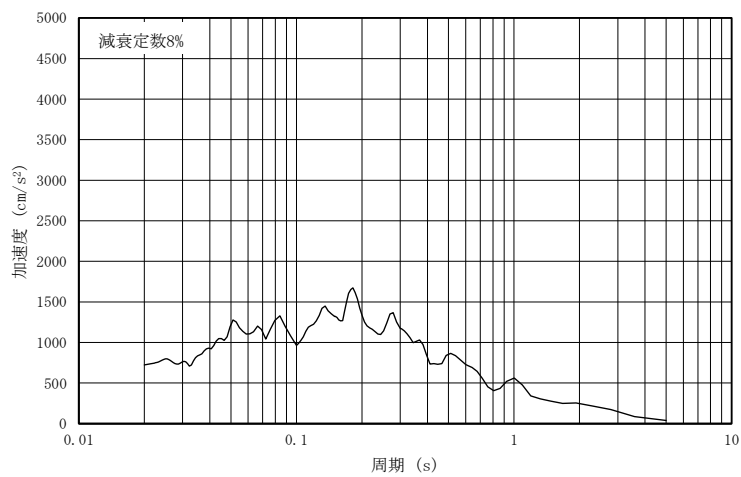
図 4-24 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平 (NS) 方向 : S s - N 2, 第 1 保管エリア南側)



(a) 加速度時刻歴波形

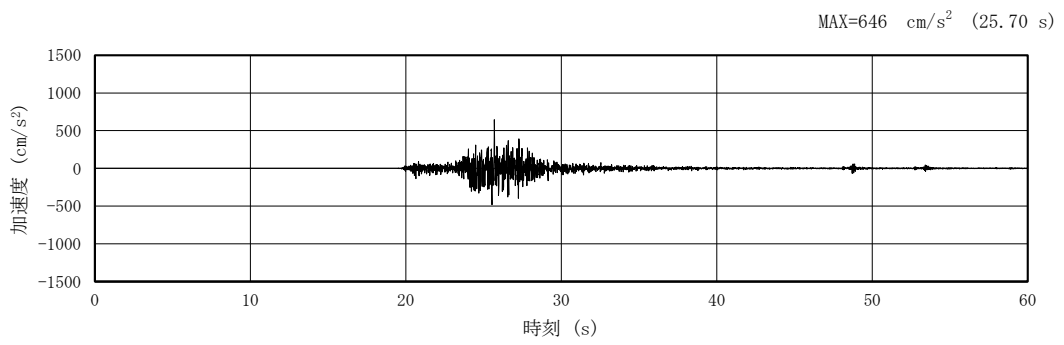


(b) 加速度応答スペクトル (減衰定数 1%)

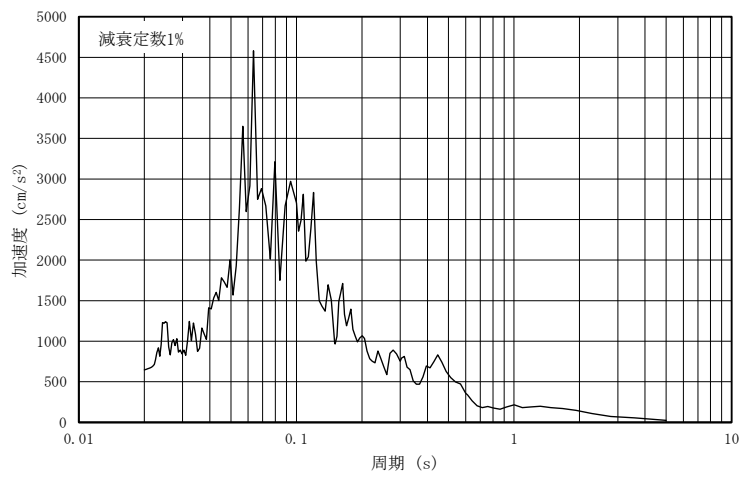


(c) 加速度応答スペクトル (減衰定数 8%)

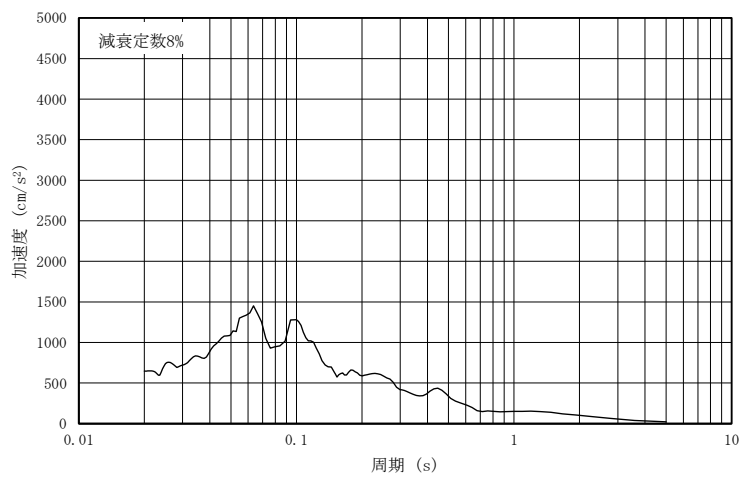
図 4-25 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平 (EW) 方向 : S s - N 2 , 第 1 保管エリア南側)



(a) 加速度時刻歴波形



(b) 加速度応答スペクトル (減衰定数 1%)



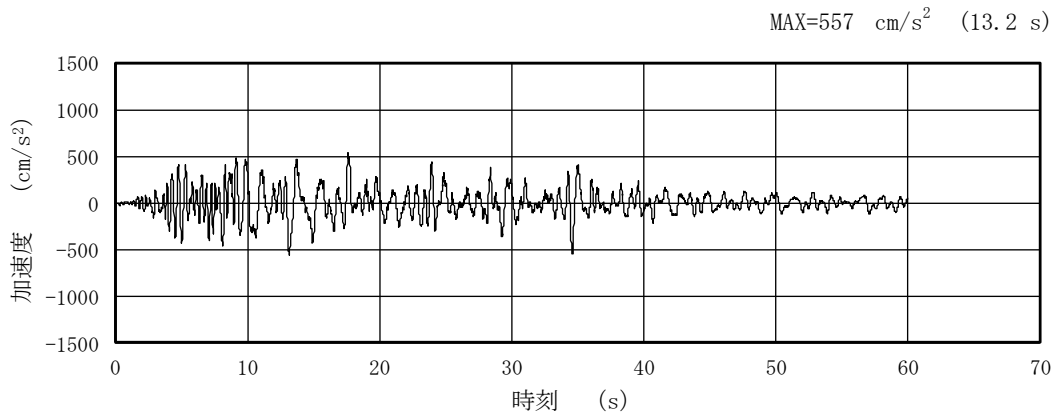
(c) 加速度応答スペクトル (減衰定数 8%)

図 4-26 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向：S s - N 2，第 1 保管エリア南側)

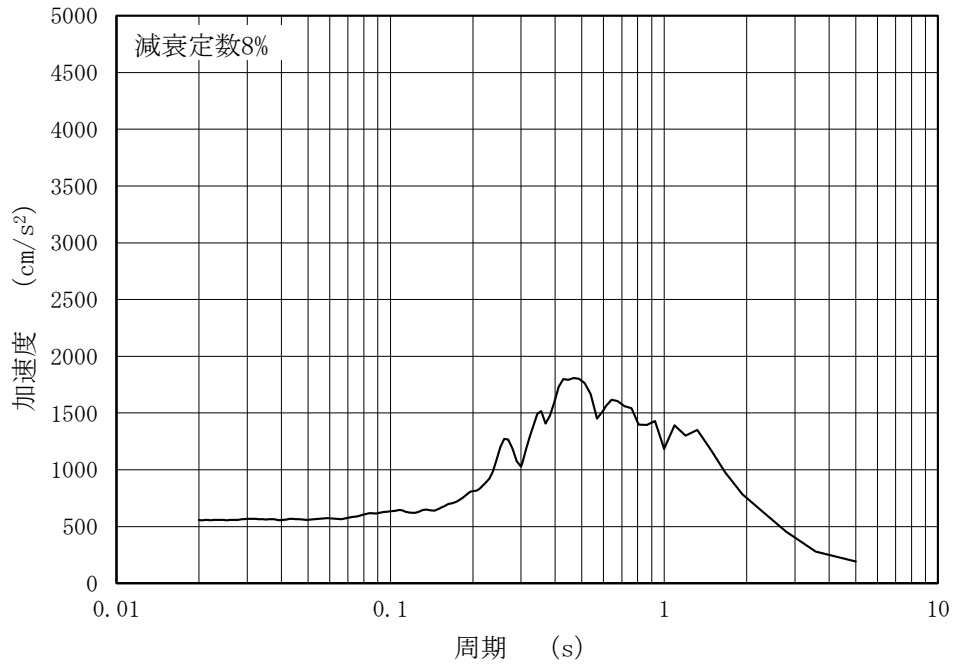
4.3 可搬型重大事故等対処設備の保管場所（第2保管エリア）

4.3.1 短辺方向断面

可搬型重大事故等対処設備の保管場所（第2保管エリア）のうち，短辺方向断面の2次元有限要素法解析により算定した地表面における入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトルを図4-27～図4-62に示す。なお，加速度応答スペクトルに用いる減衰定数は，車両型設備の減衰定数（8%）を考慮し設定する。

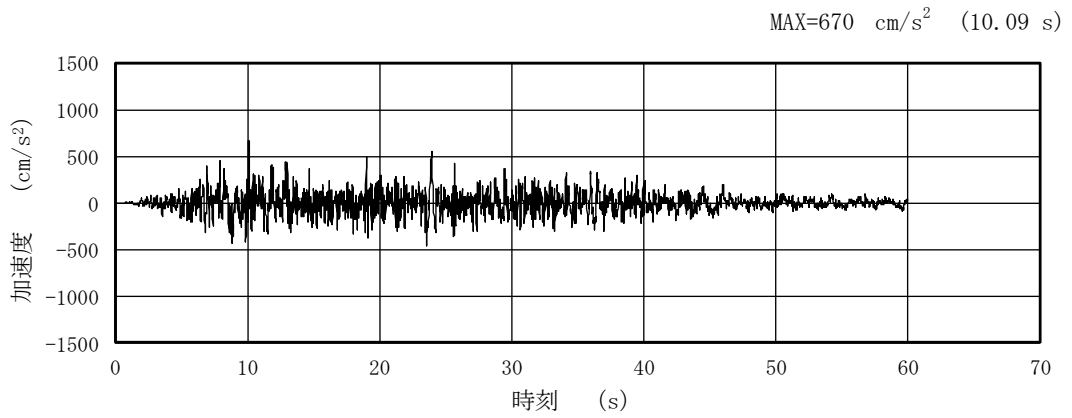


(a) 加速度時刻歴波形

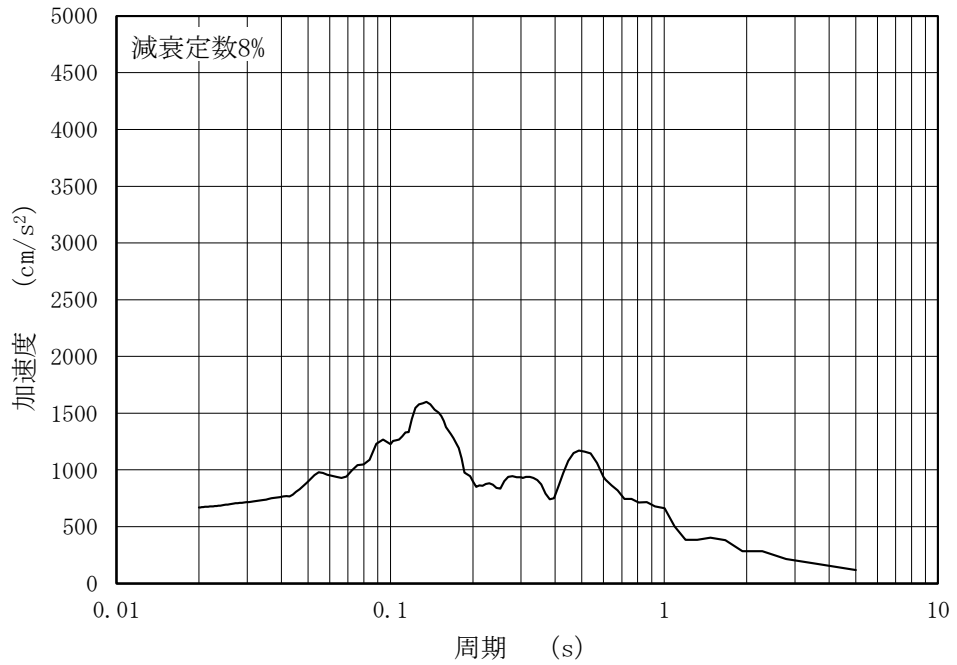


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-27 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平成分：S s -D，第 2 保管エリア①，短辺方向断面)

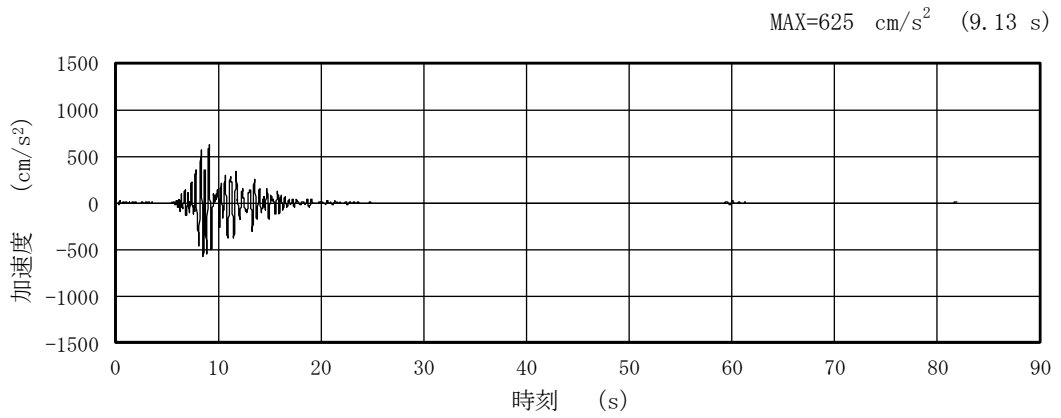


(a) 加速度時刻歴波形

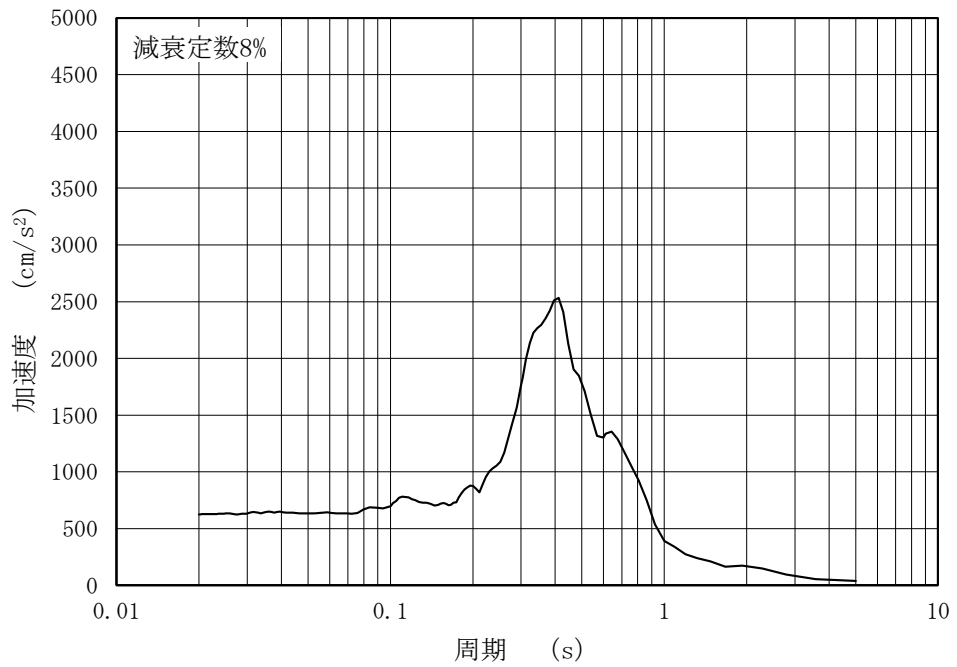


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-28 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直成分：S s-D，第2保管エリア①，短辺方向断面)

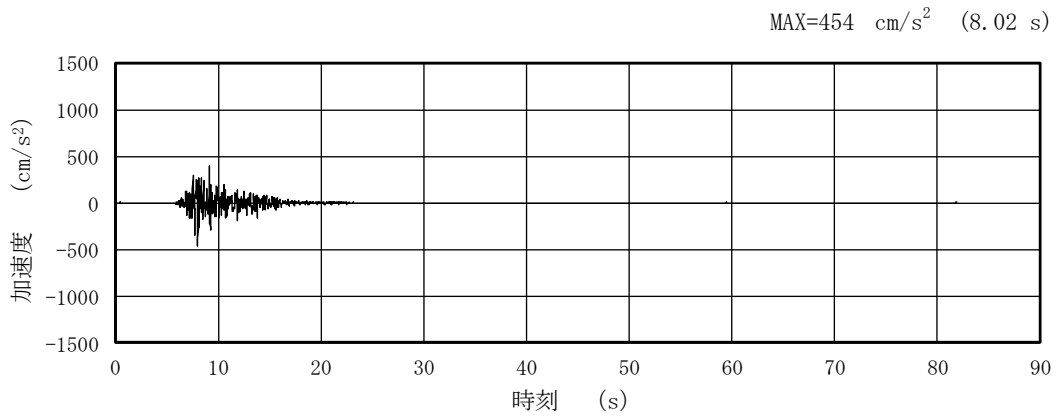


(a) 加速度時刻歴波形

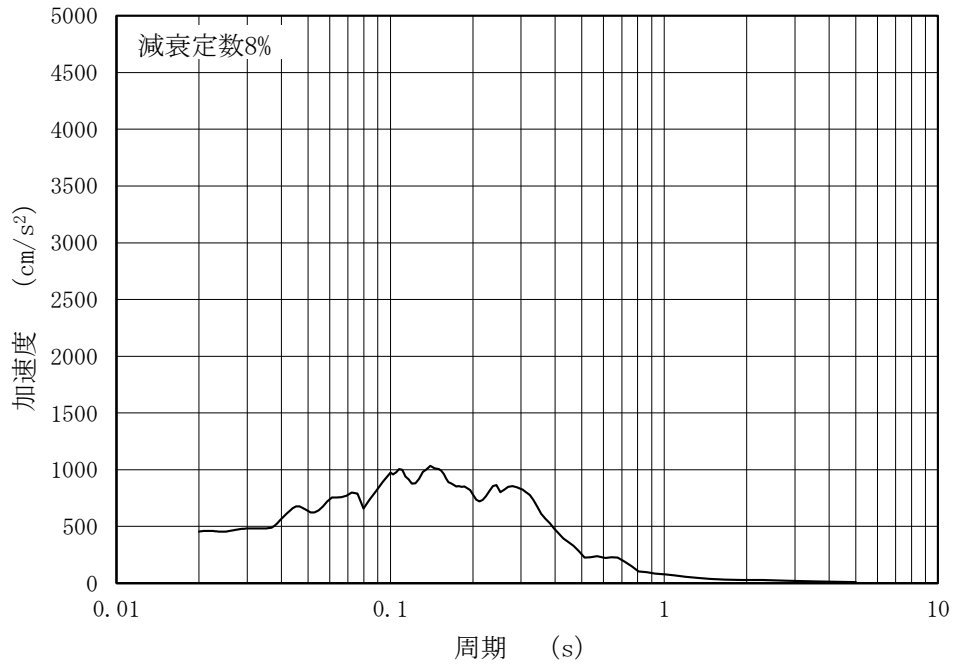


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-29 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (水平成分：S s - F 1，第 2 保管エリア①，短辺方向断面)

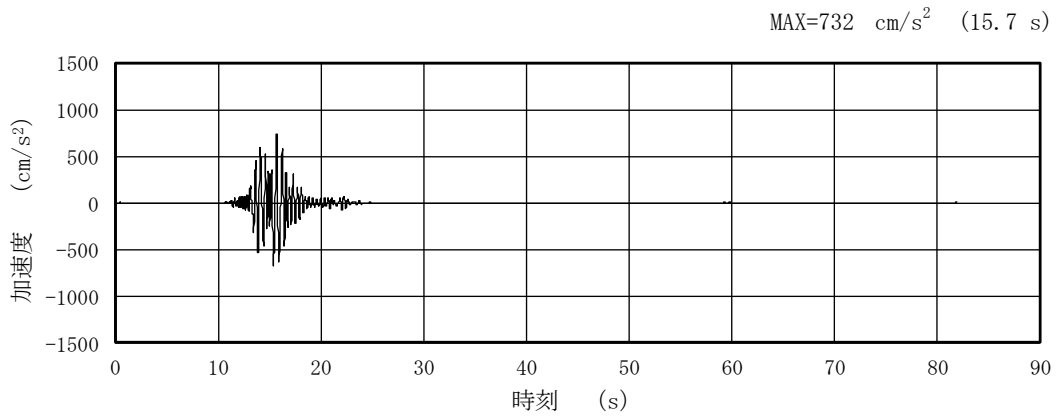


(a) 加速度時刻歴波形

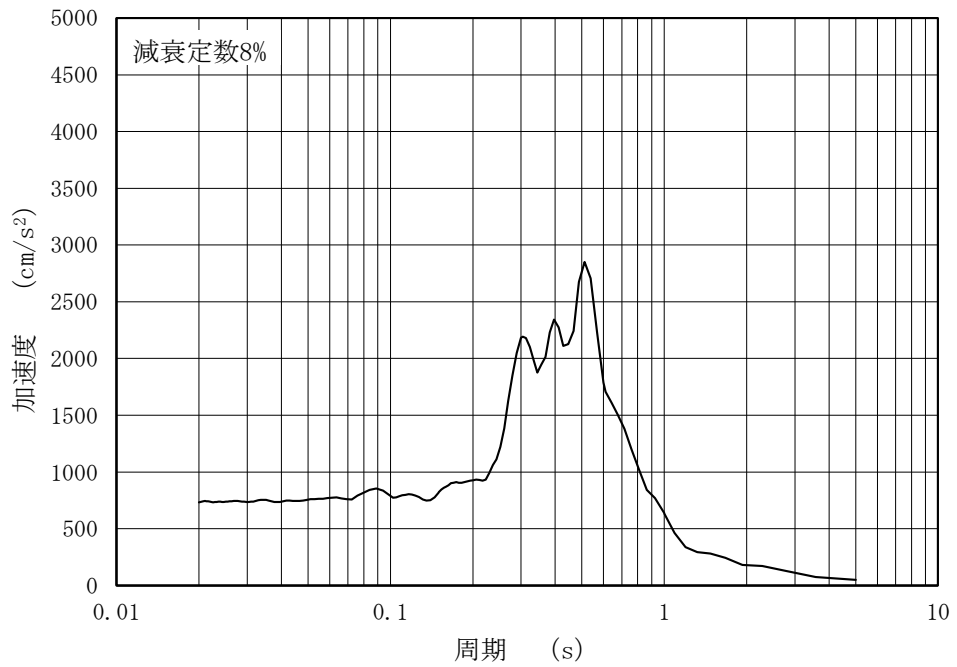


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-30 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (鉛直成分：S s - F 1，第 2 保管エリア①，短辺方向断面)

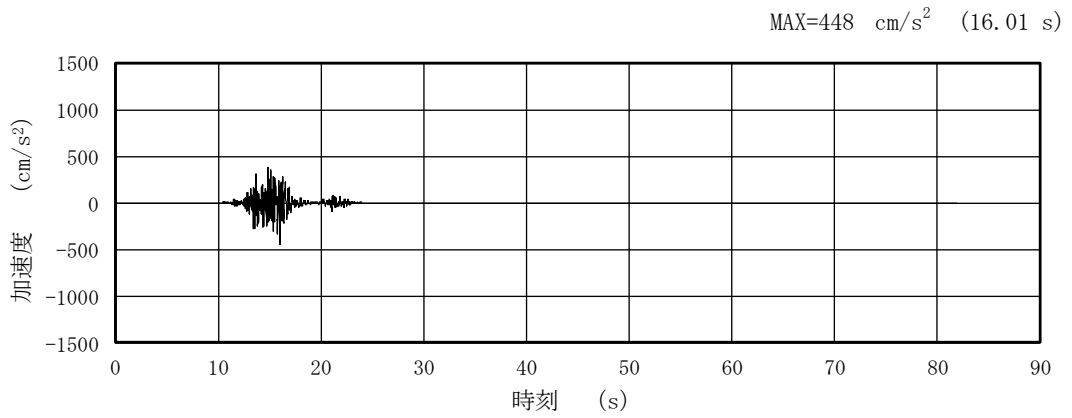


(a) 加速度時刻歴波形

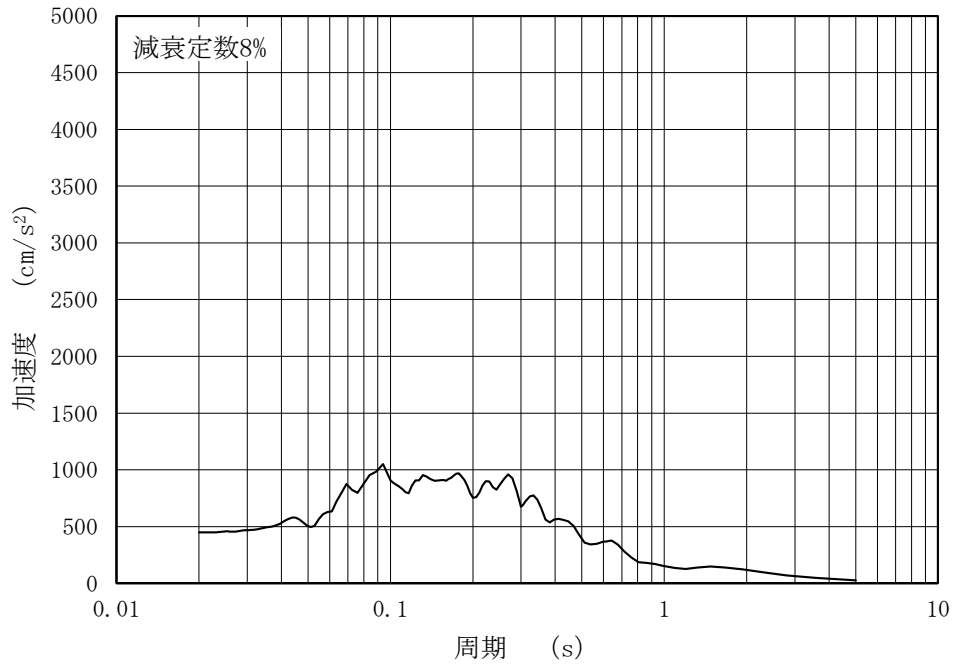


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-31 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (水平成分：S s - F 2, 第 2 保管エリア①, 短辺方向断面)

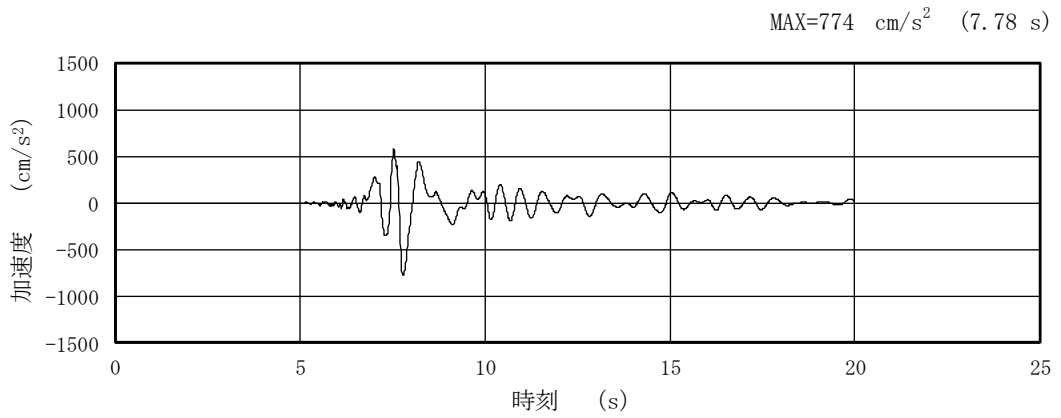


(a) 加速度時刻歴波形

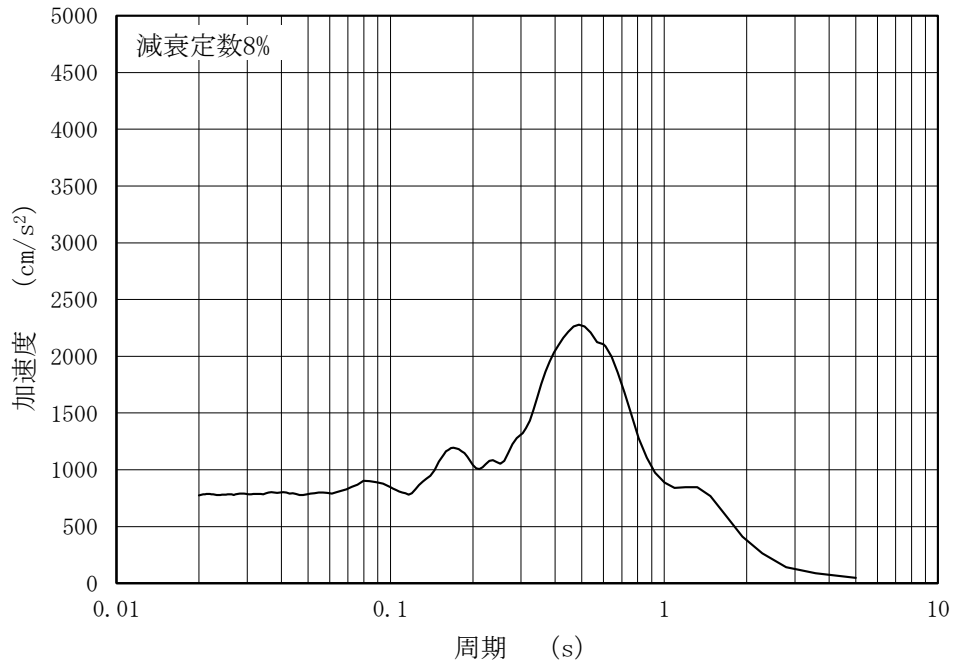


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-32 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (鉛直成分：S s - F 2, 第 2 保管エリア①, 短辺方向断面)

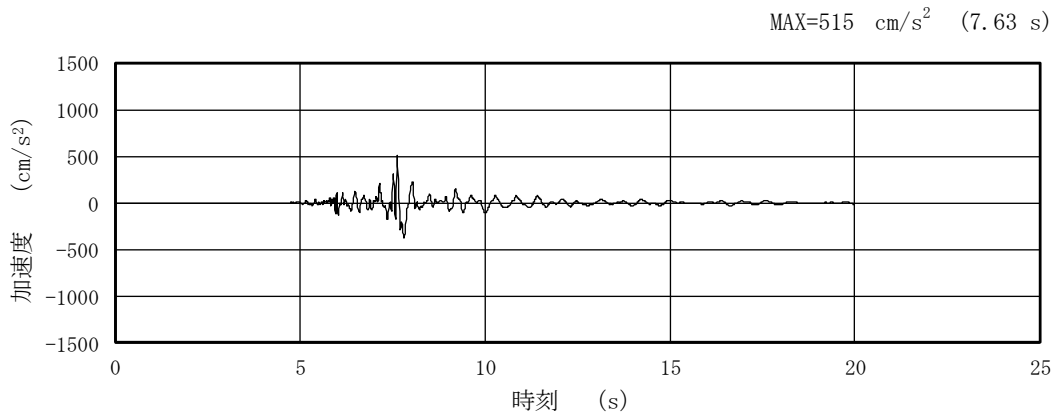


(a) 加速度時刻歴波形

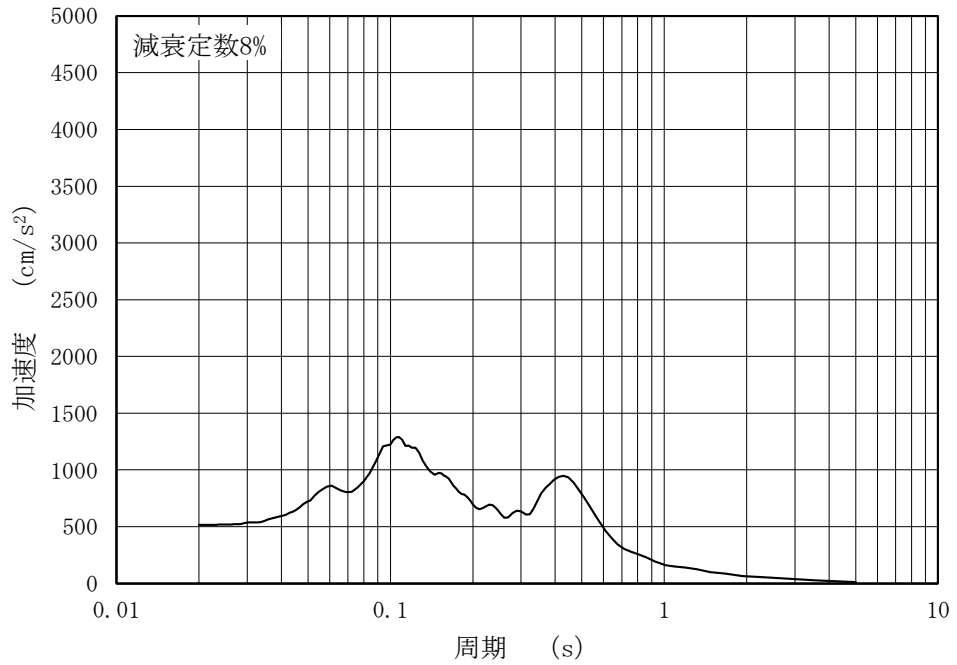


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-33 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (水平成分：S s - N 1，第 2 保管エリア①，短辺方向断面)

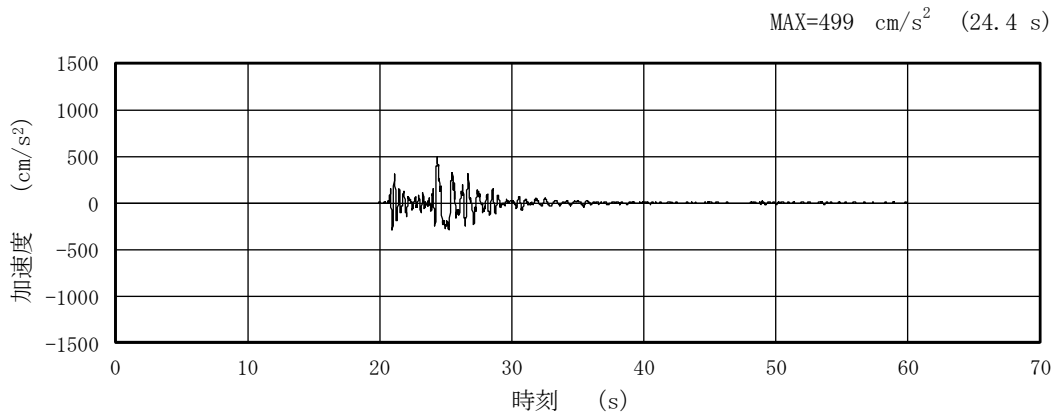


(a) 加速度時刻歴波形

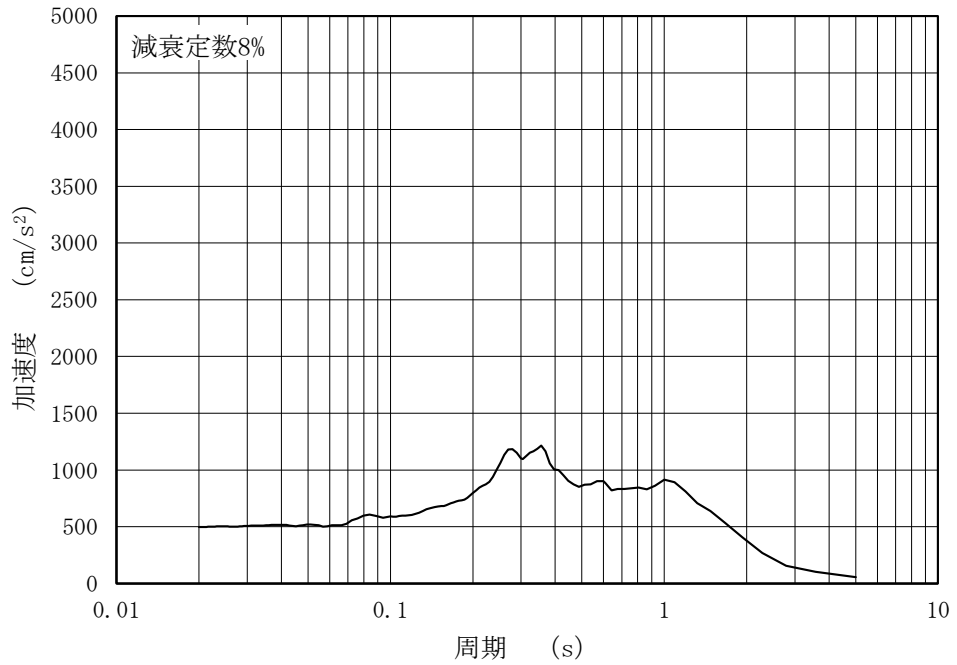


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-34 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直成分：S s - N 1，第 2 保管エリア①，短辺方向断面)

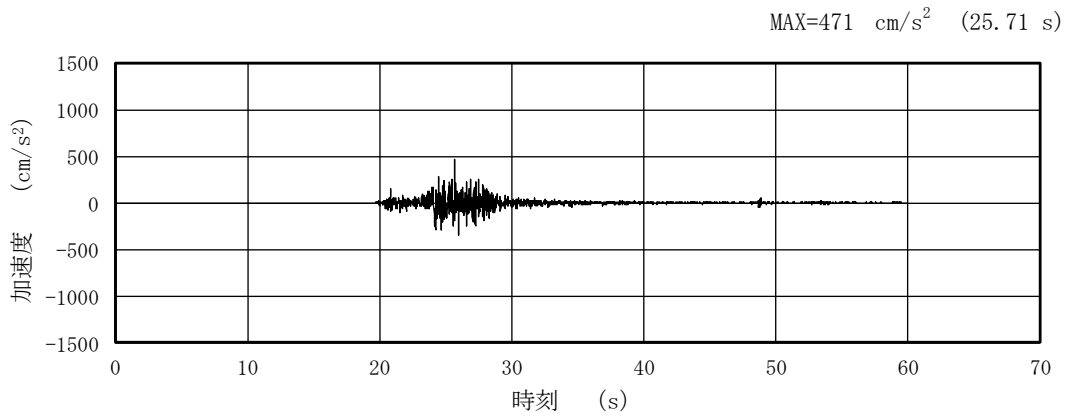


(a) 加速度時刻歴波形

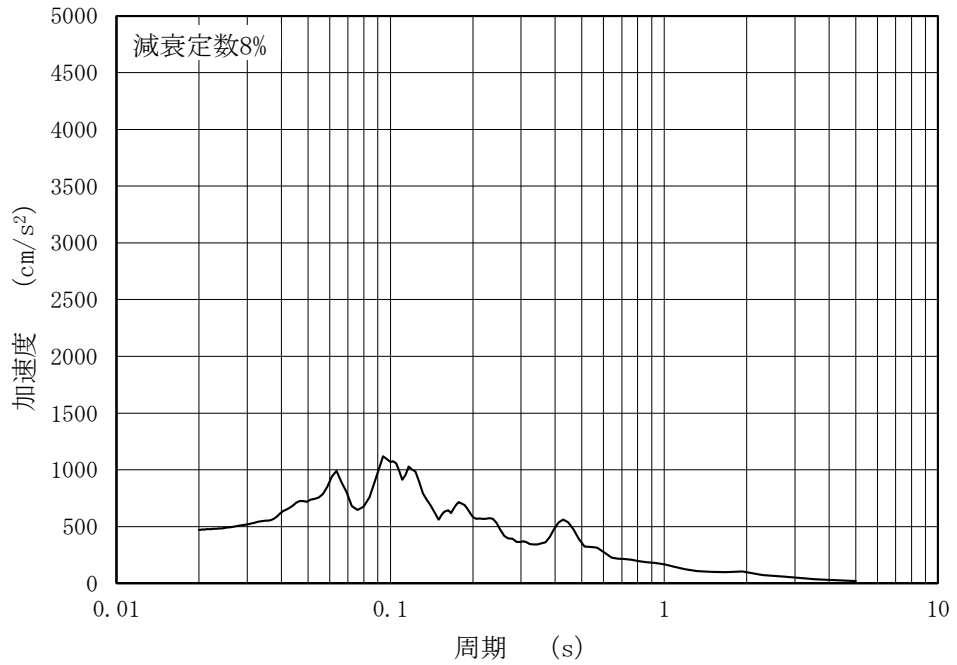


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-35 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (水平成分: S s - N 2 (N S), 第 2 保管エリア①, 短辺方向断面)

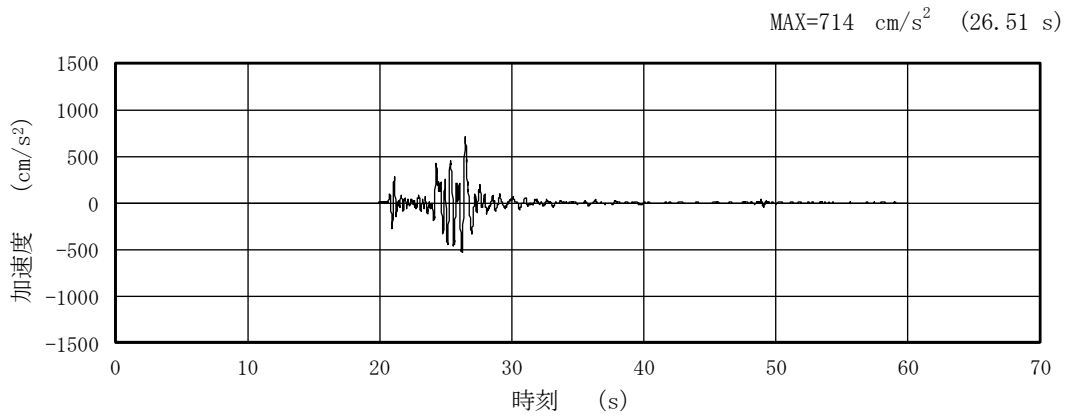


(a) 加速度時刻歴波形

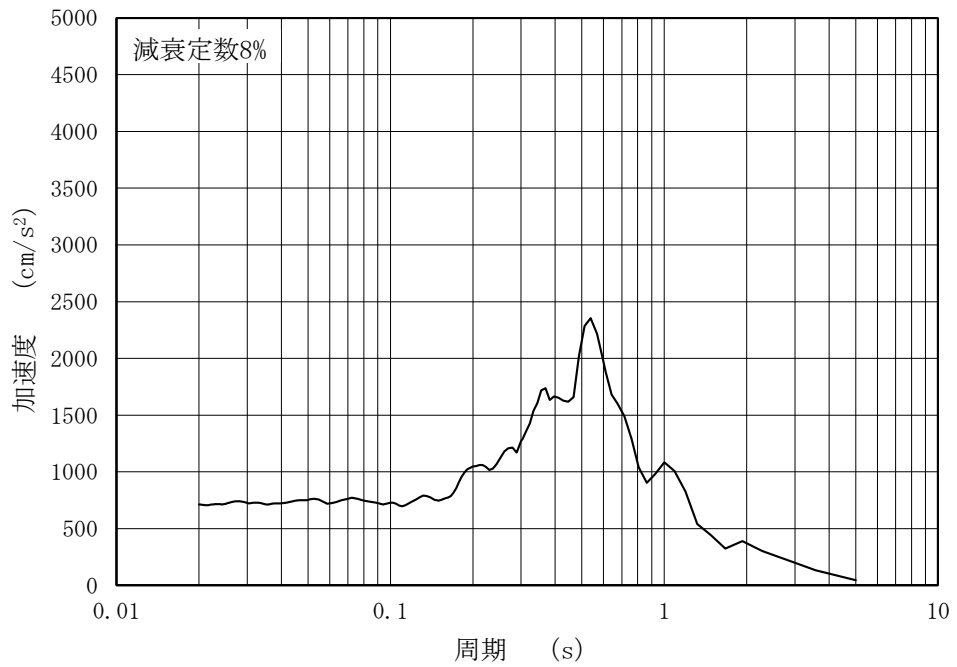


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-36 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (鉛直成分：S s - N 2 (N S)，第 2 保管エリア①，短辺方向断面)

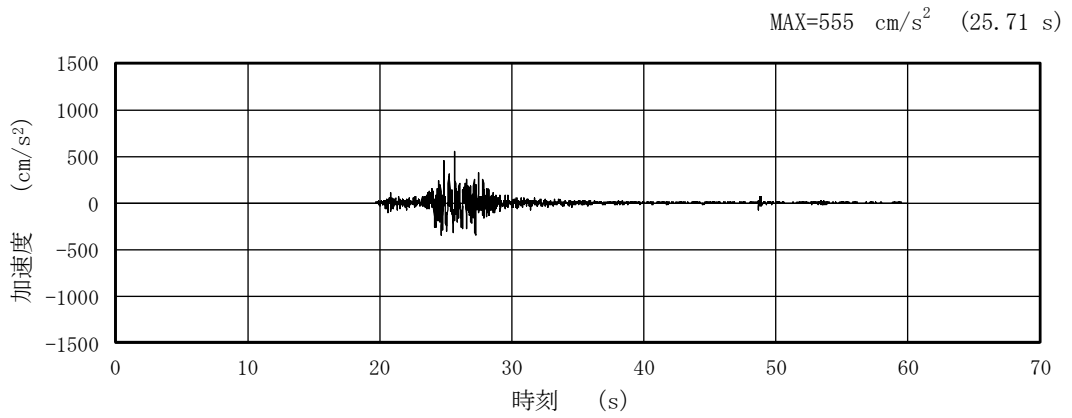


(a) 加速度時刻歴波形

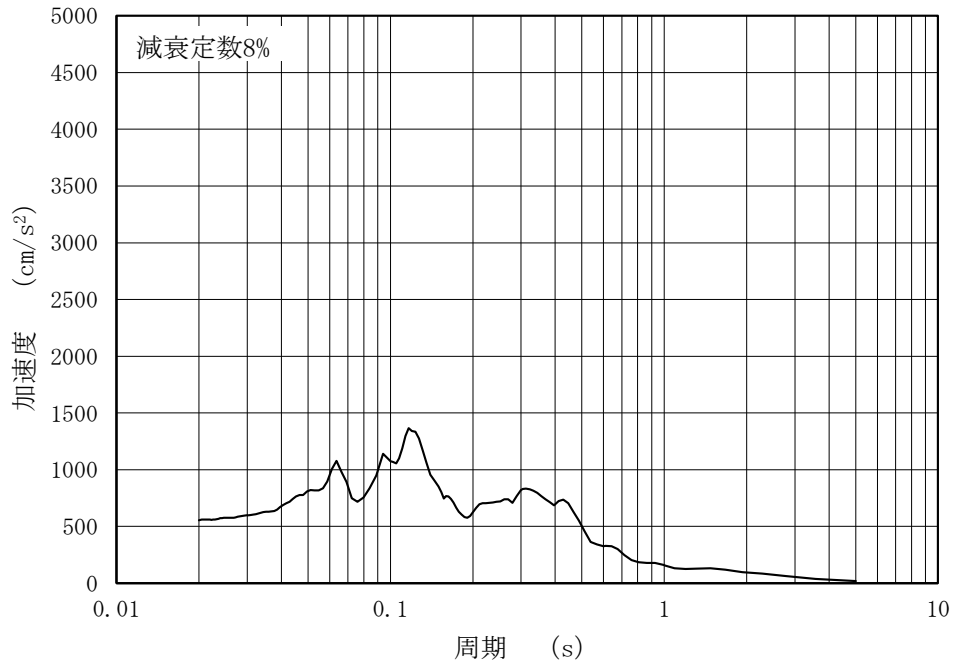


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-37 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (水平成分: S s - N 2 (EW), 第 2 保管エリア①, 短辺方向断面)

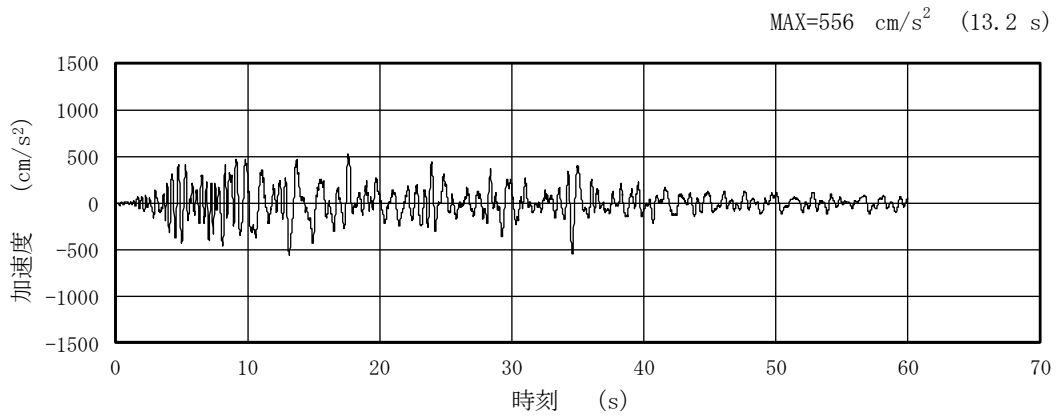


(a) 加速度時刻歴波形

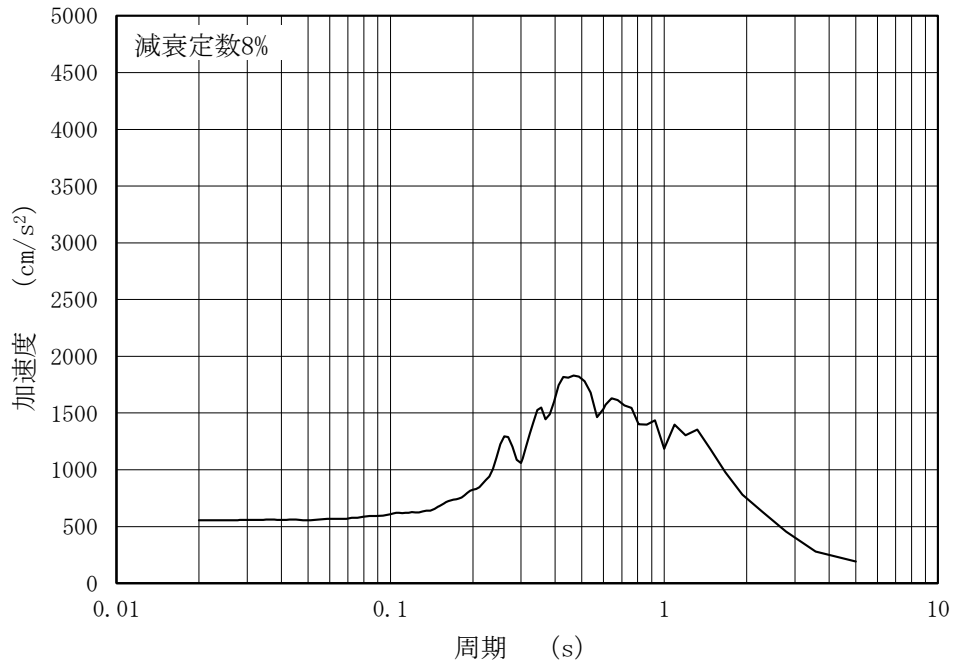


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-38 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (鉛直成分：S s - N 2 (EW)，第 2 保管エリア①，短辺方向断面)

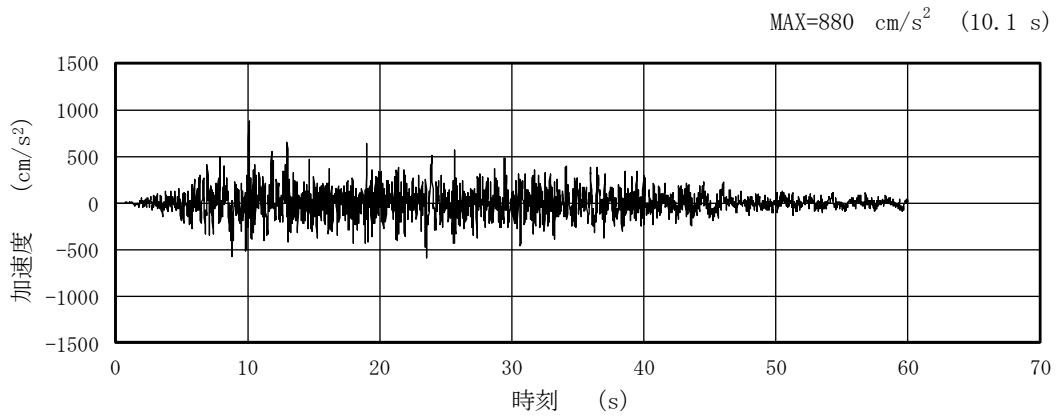


(a) 加速度時刻歴波形

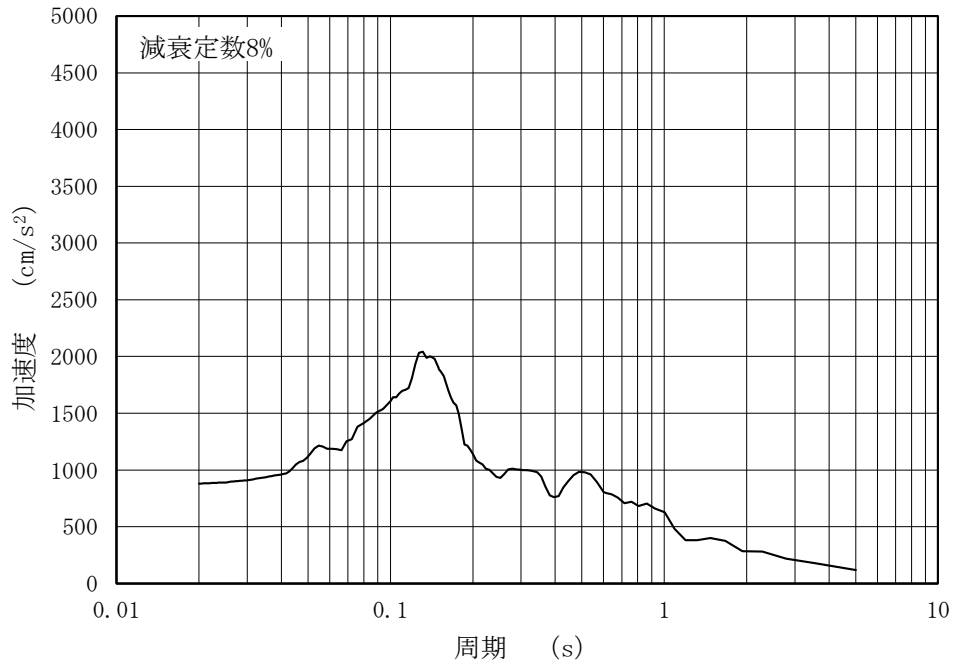


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-39 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平成分：S s - D，第 2 保管エリア②，短辺方向断面)

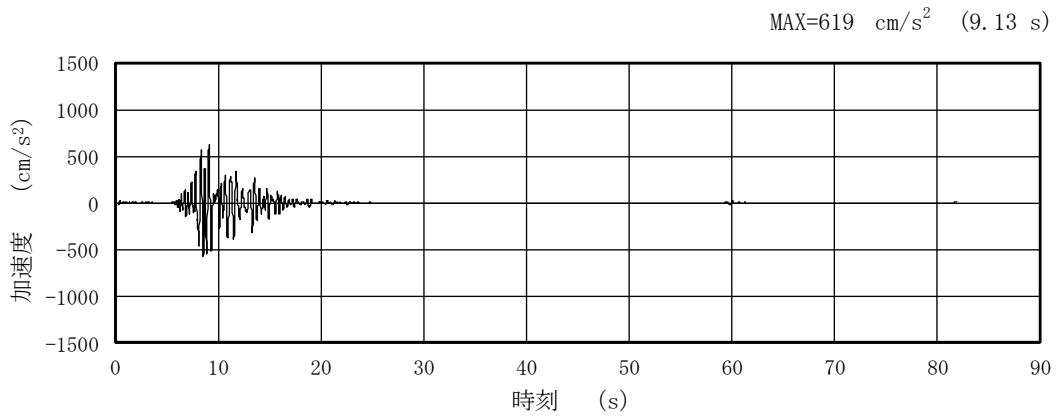


(a) 加速度時刻歴波形

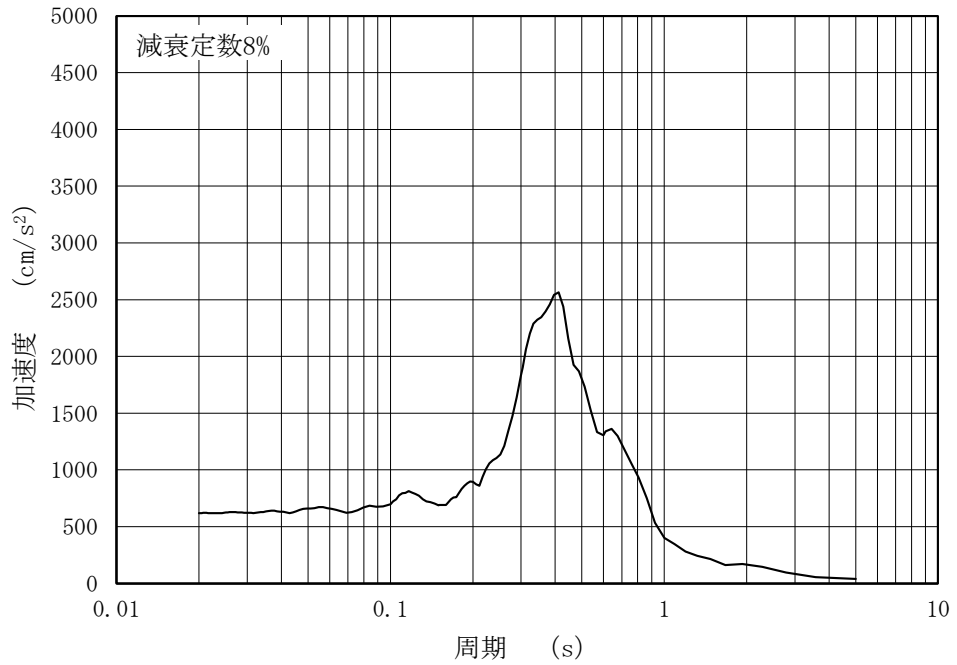


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-40 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直成分：S s - D，第 2 保管エリア②，短辺方向断面)

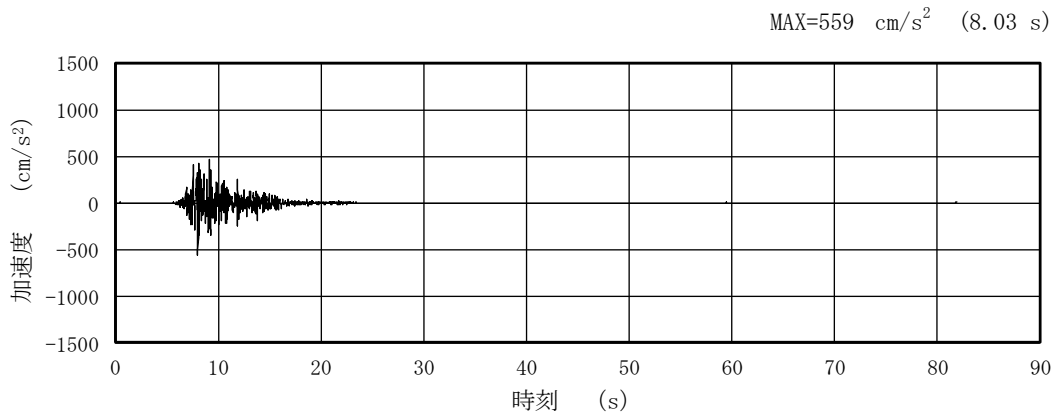


(a) 加速度時刻歴波形

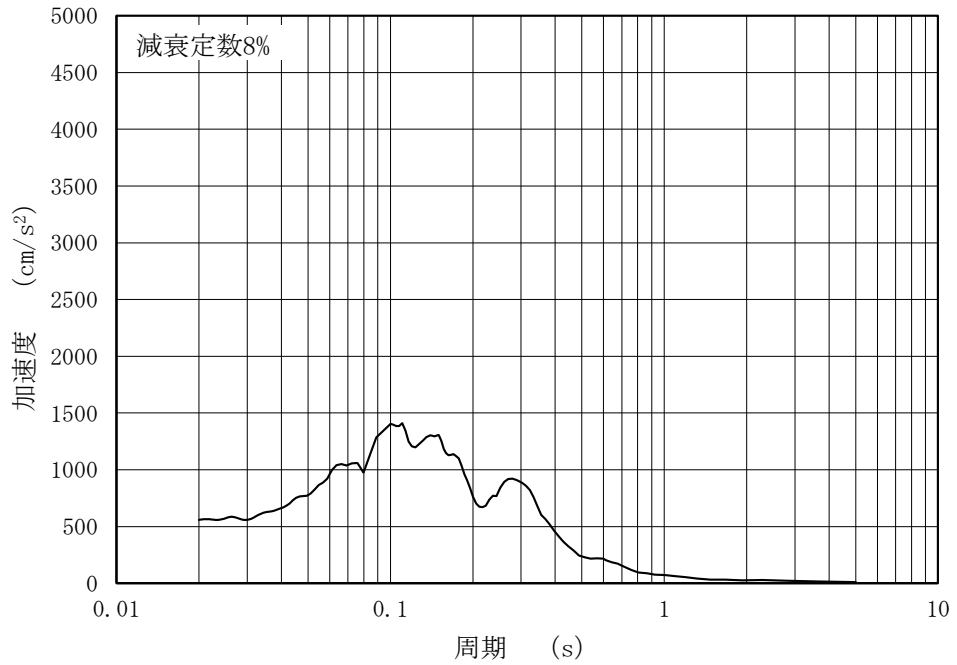


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-41 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (水平成分：S s - F 1, 第 2 保管エリア②, 短辺方向断面)

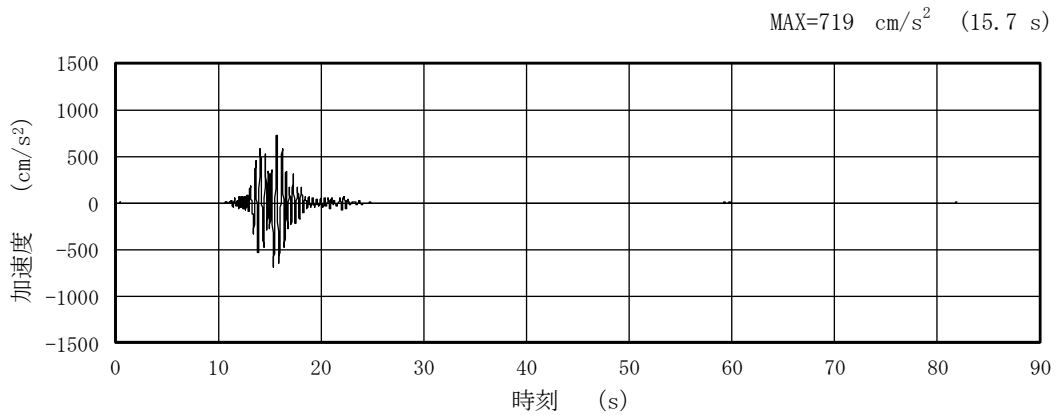


(a) 加速度時刻歴波形

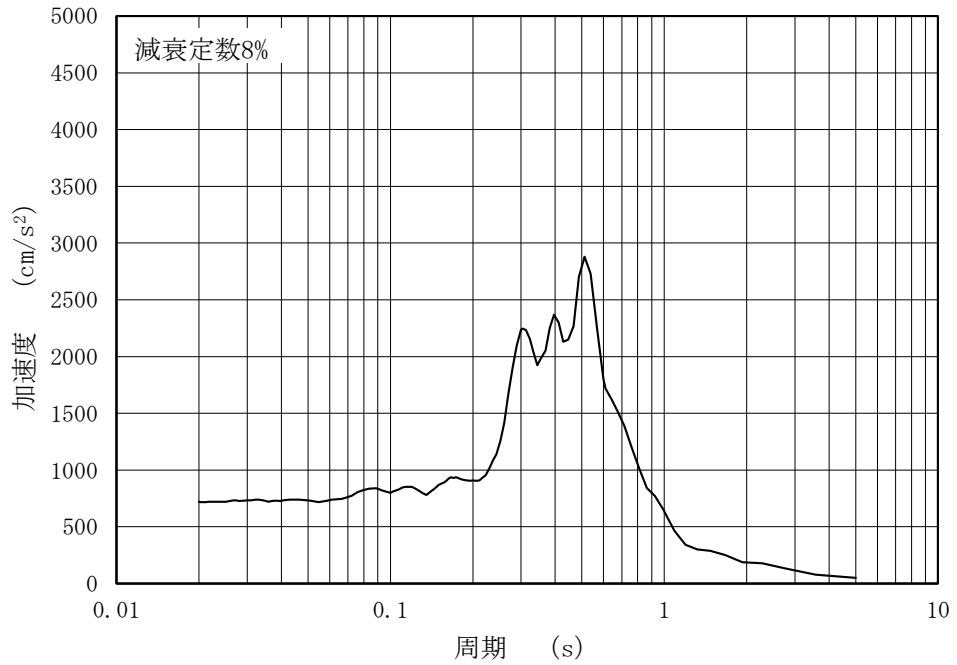


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-42 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (鉛直成分：S s - F 1，第 2 保管エリア②，短辺方向断面)

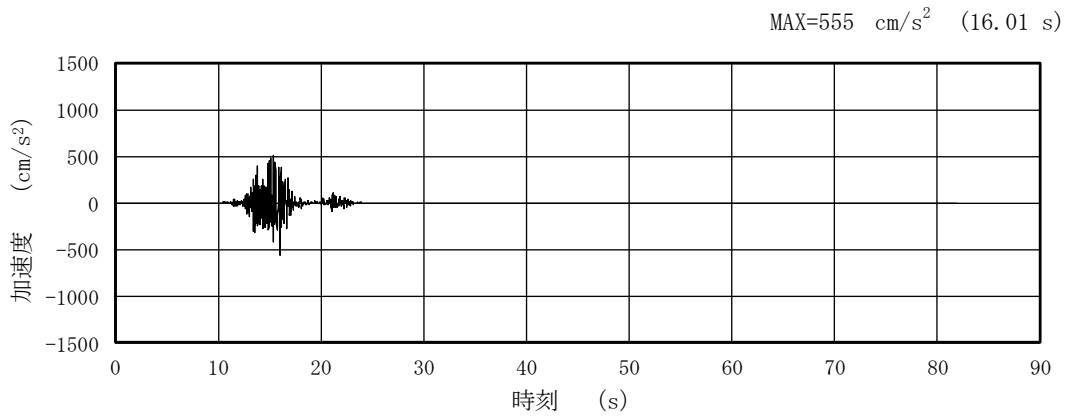


(a) 加速度時刻歴波形

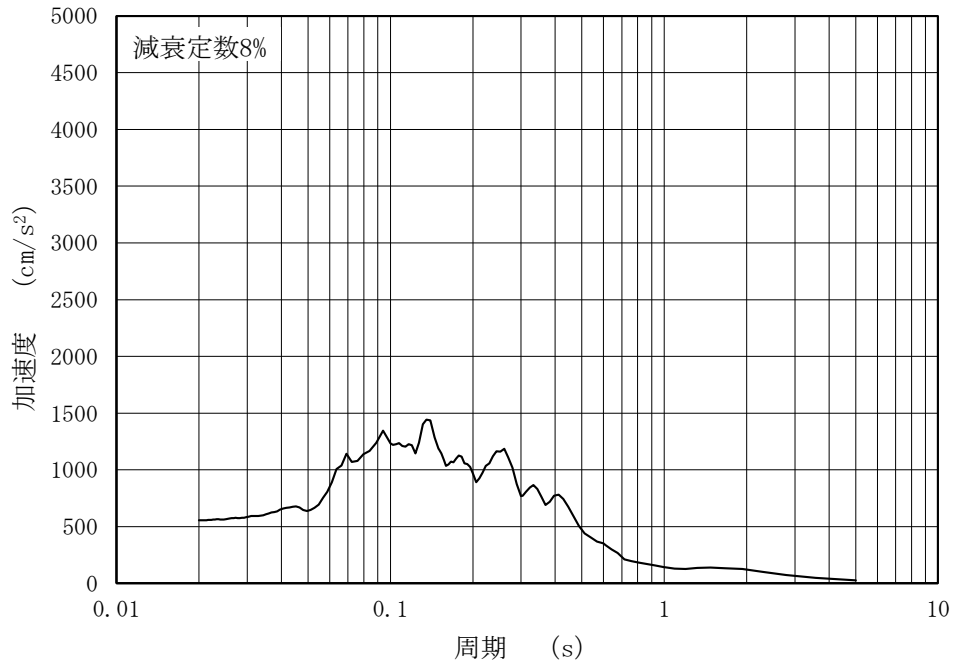


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-43 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (水平成分：S s - F 2，第 2 保管エリア②，短辺方向断面)

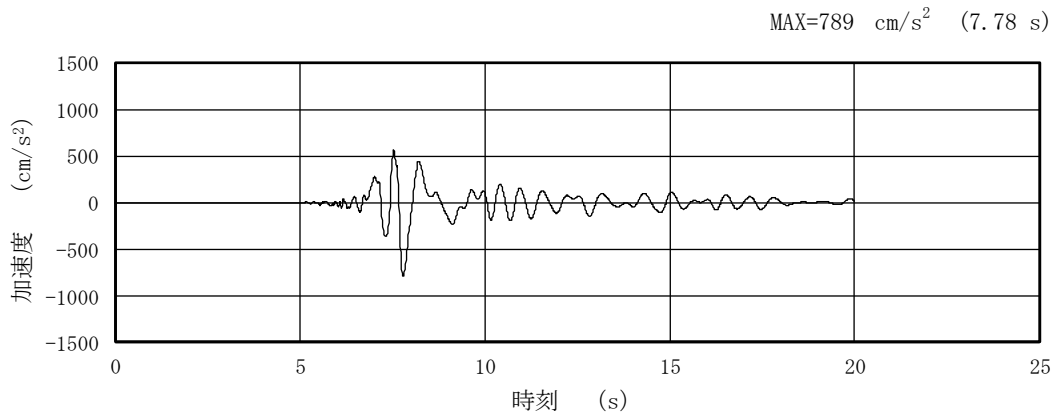


(a) 加速度時刻歴波形

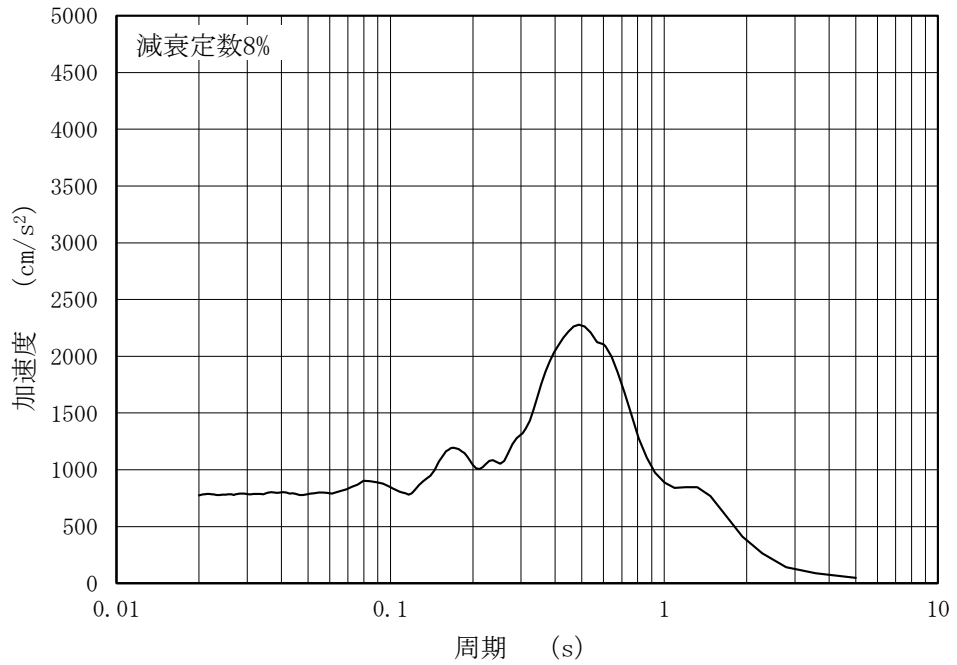


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-44 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (鉛直成分：S s - F 2，第 2 保管エリア②，短辺方向断面)

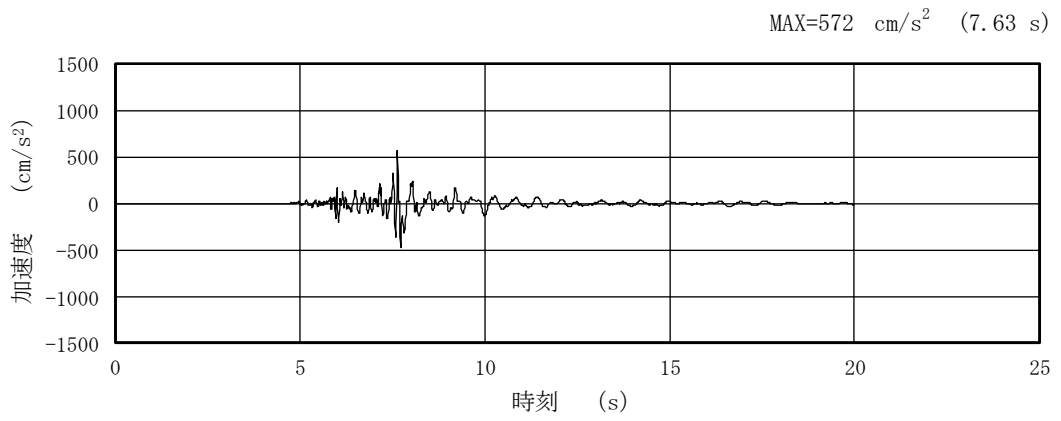


(a) 加速度時刻歴波形

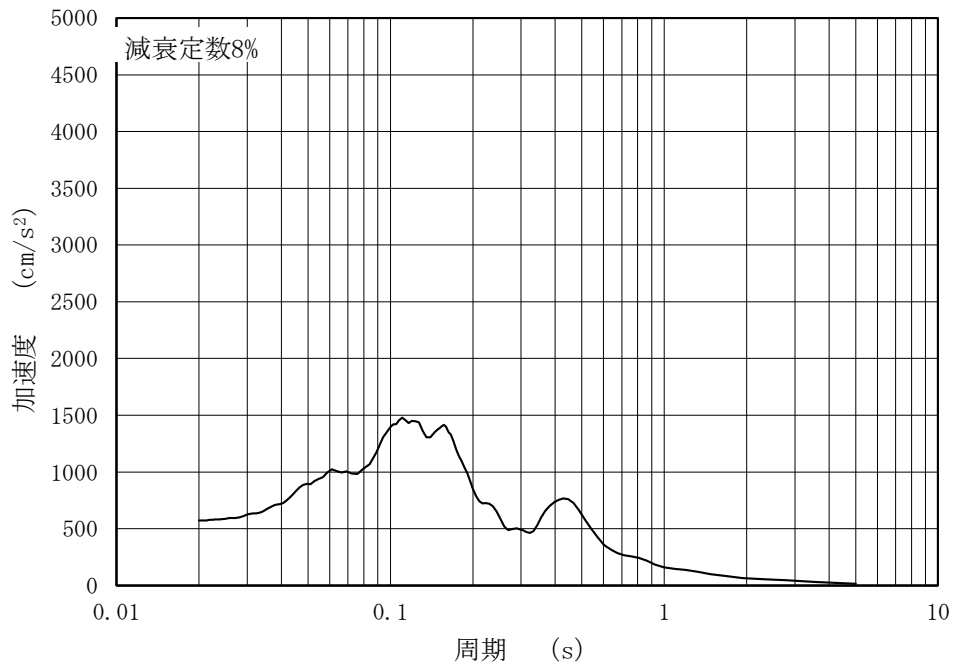


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-45 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (水平成分：S s - N 1，第 2 保管エリア②，短辺方向断面)

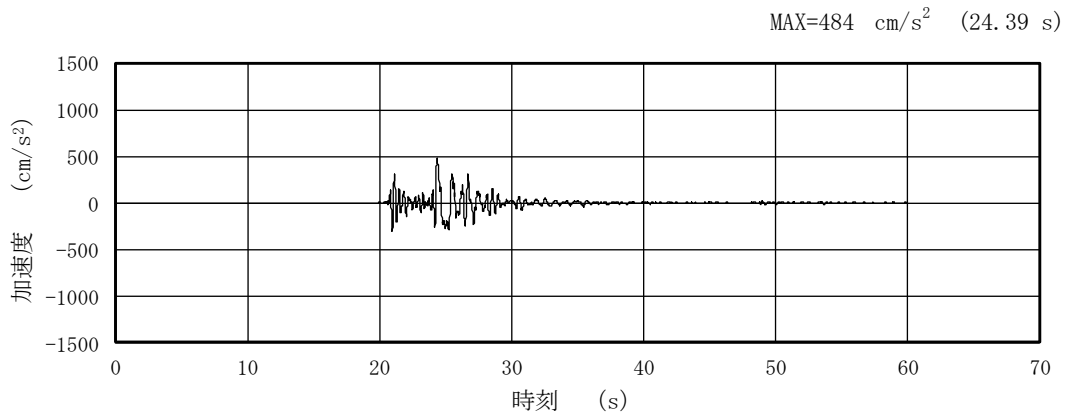


(a) 加速度時刻歴波形

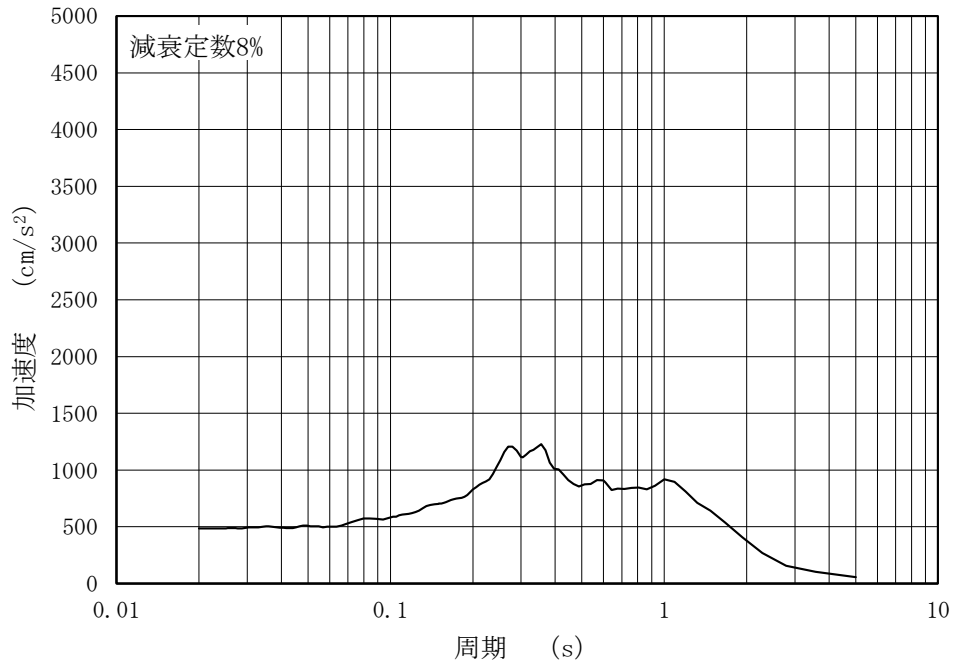


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-46 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (鉛直成分：S s - N 1，第 2 保管エリア②，短辺方向断面)

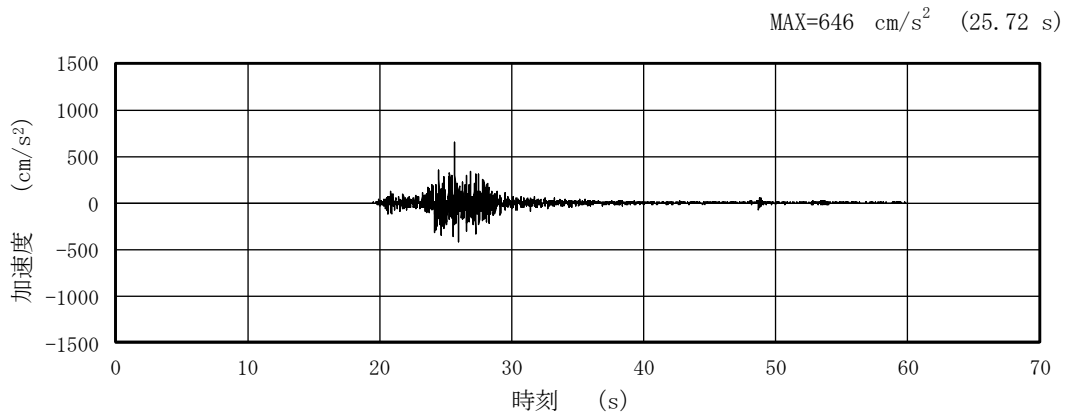


(a) 加速度時刻歴波形

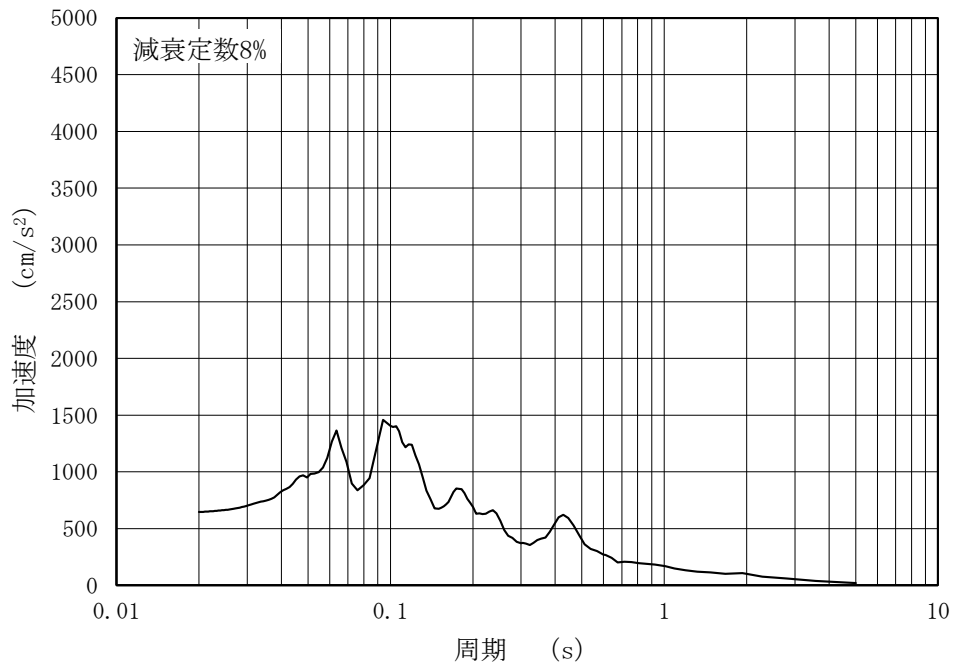


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-47 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (水平成分：S s - N 2 (N S)，第 2 保管エリア②，短辺方向断面)

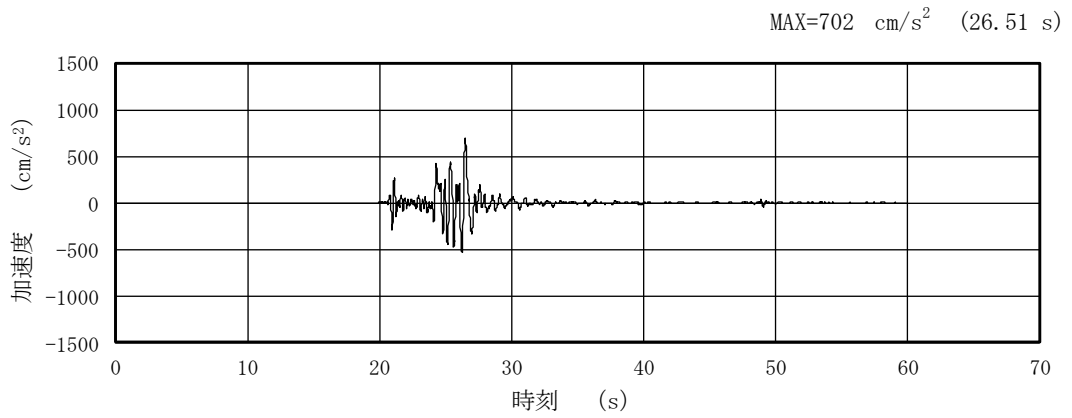


(a) 加速度時刻歴波形

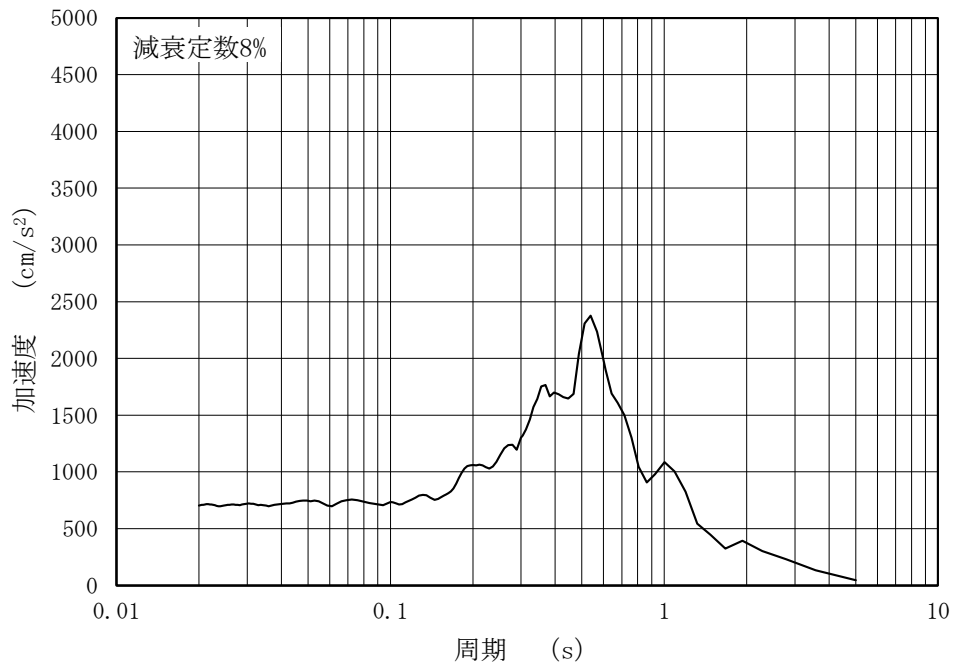


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-48 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (鉛直成分：S s - N 2 (NS)，第 2 保管エリア②，短辺方向断面)

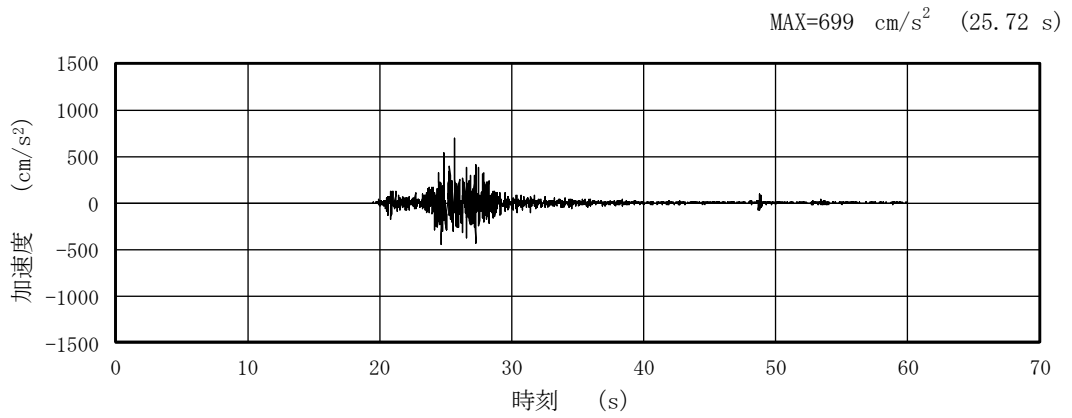


(a) 加速度時刻歴波形

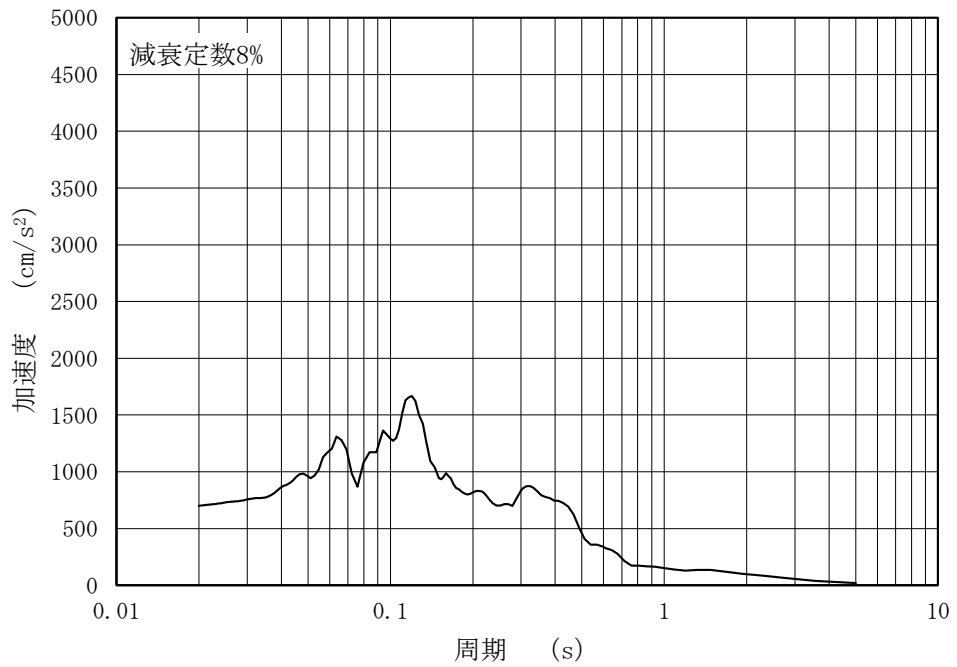


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-49 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (水平成分: S s - N 2 (EW), 第 2 保管エリア②, 短辺方向断面)

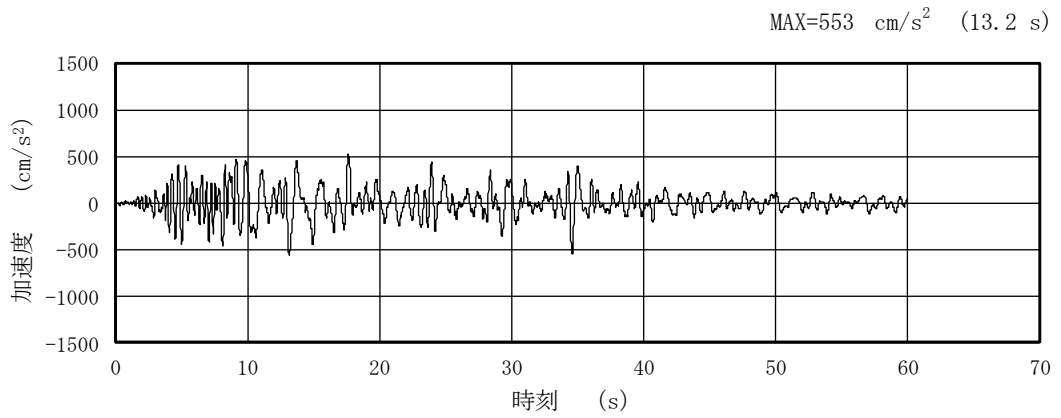


(a) 加速度時刻歴波形

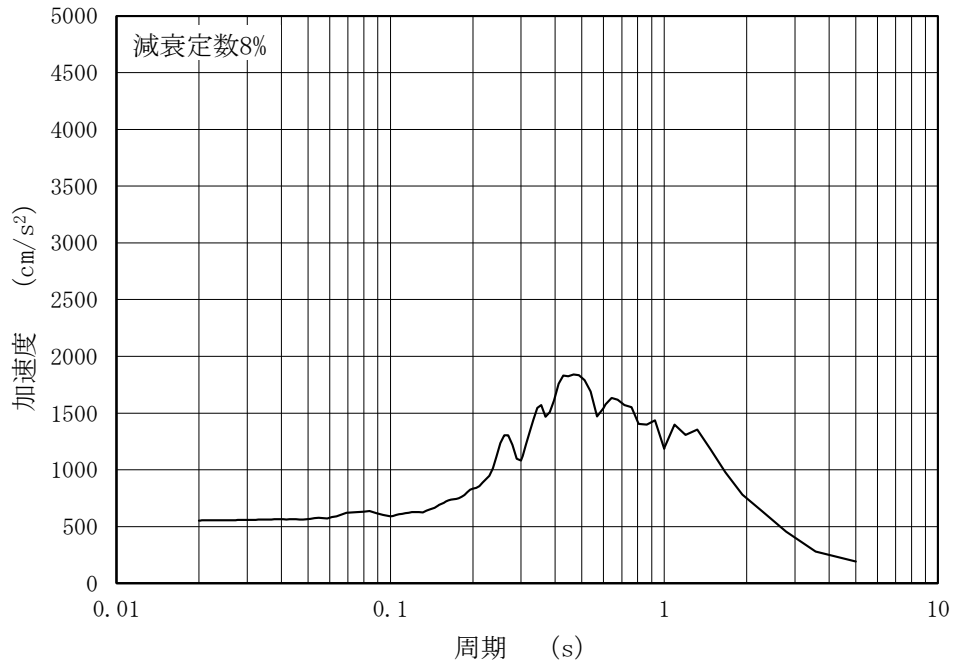


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-50 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (鉛直成分：S s - N 2 (EW)，第 2 保管エリア②，短辺方向断面)

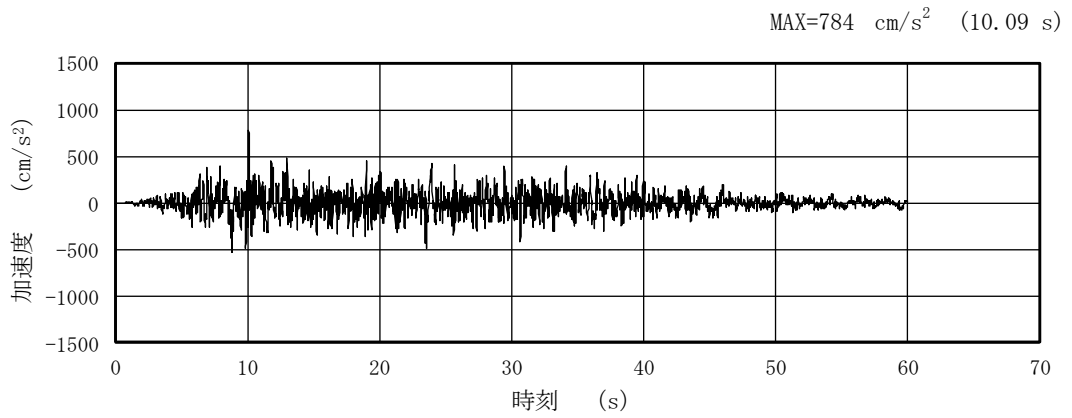


(a) 加速度時刻歴波形

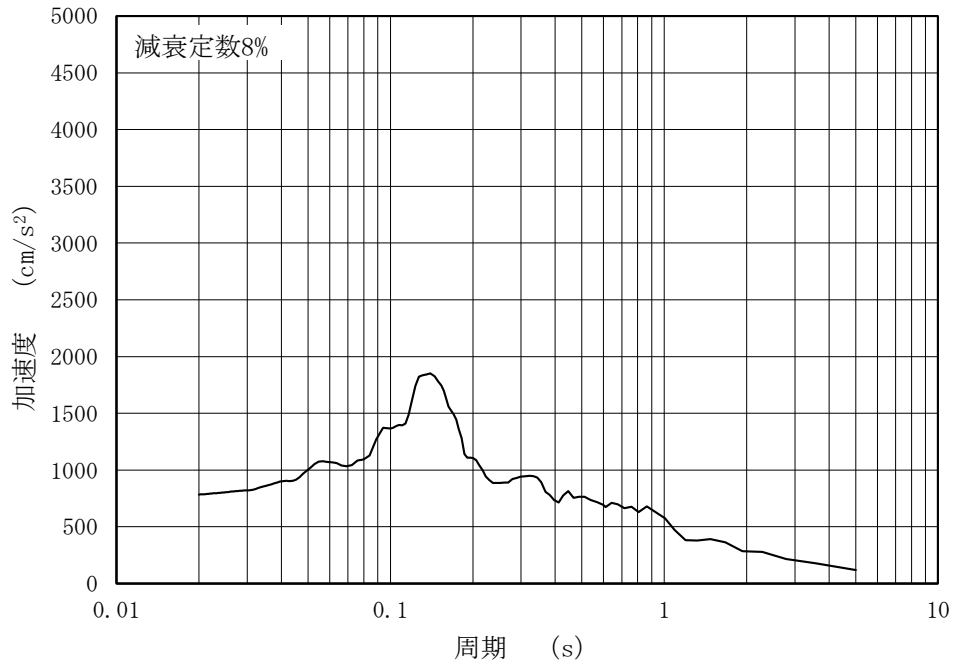


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-51 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (水平成分：S s-D, 第2保管エリア③, 短辺方向断面)

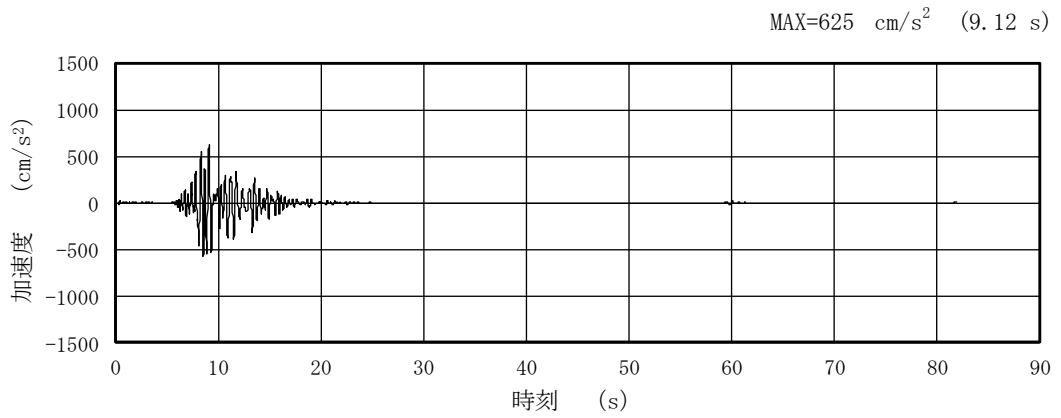


(a) 加速度時刻歴波形

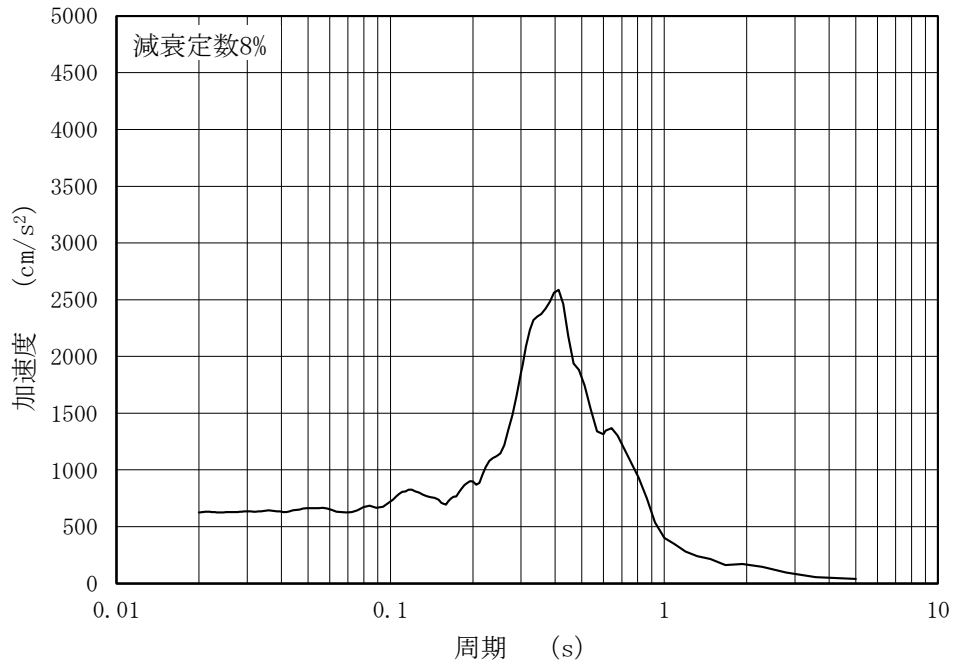


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-52 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直成分：S s-D，第2保管エリア③，短辺方向断面)

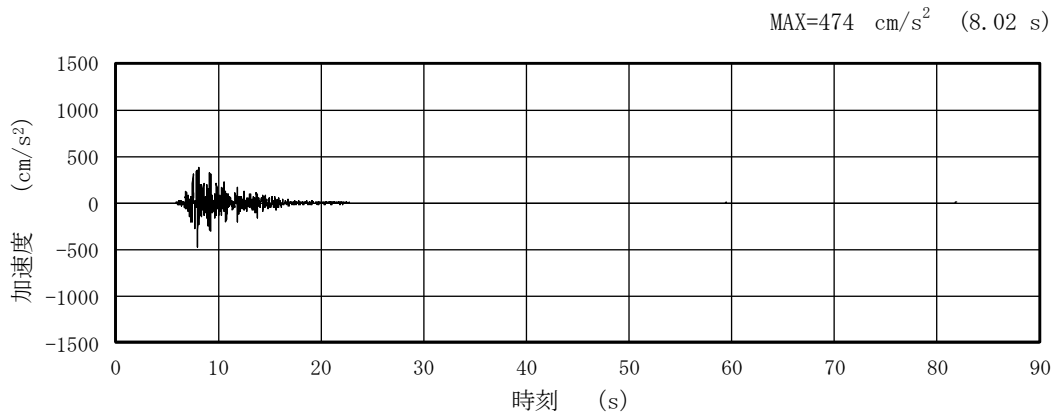


(a) 加速度時刻歴波形

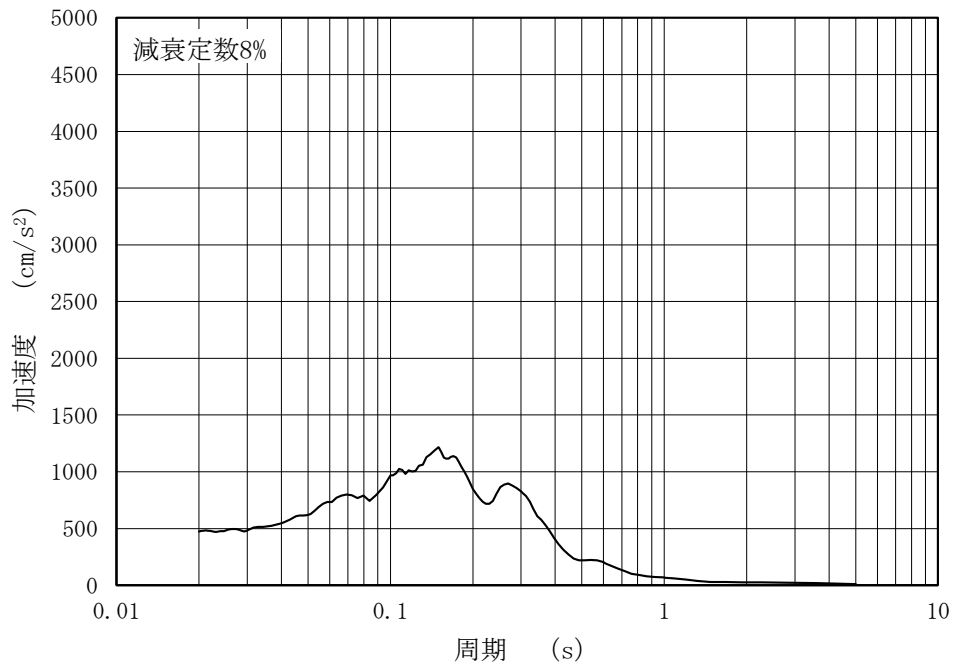


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-53 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (水平成分：S s - F 1，第 2 保管エリア③，短辺方向断面)

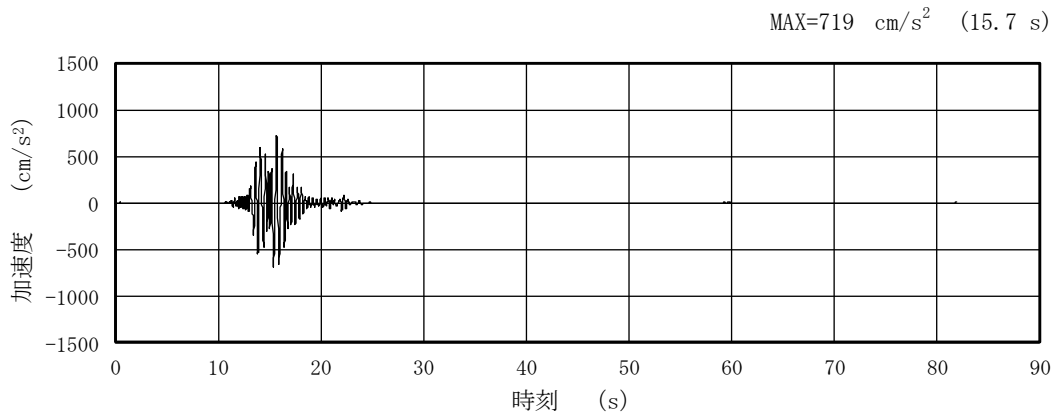


(a) 加速度時刻歴波形

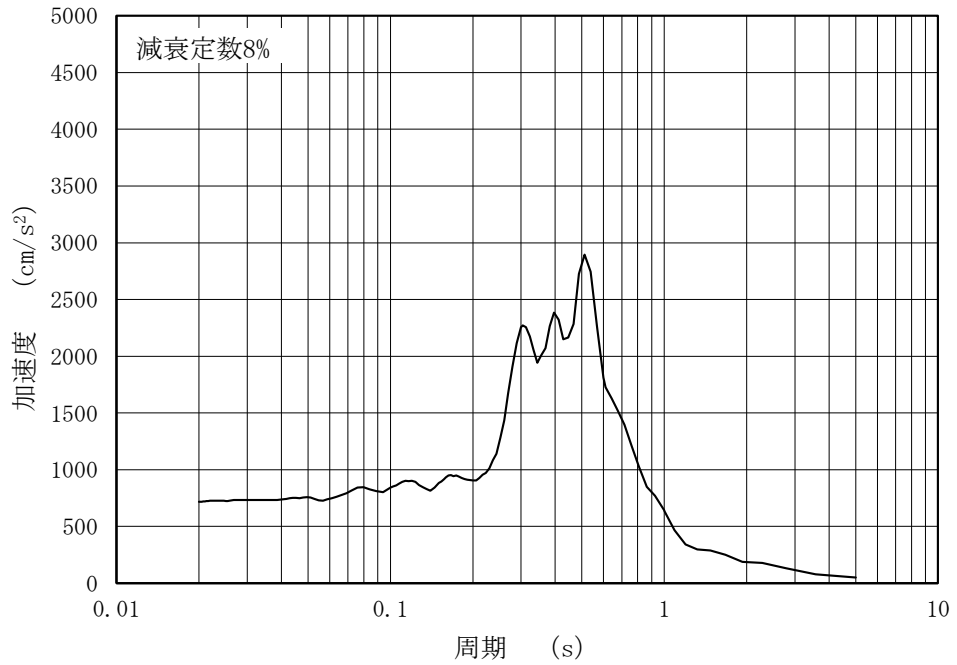


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-54 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (鉛直成分：S s - F 1，第 2 保管エリア③，短辺方向断面)

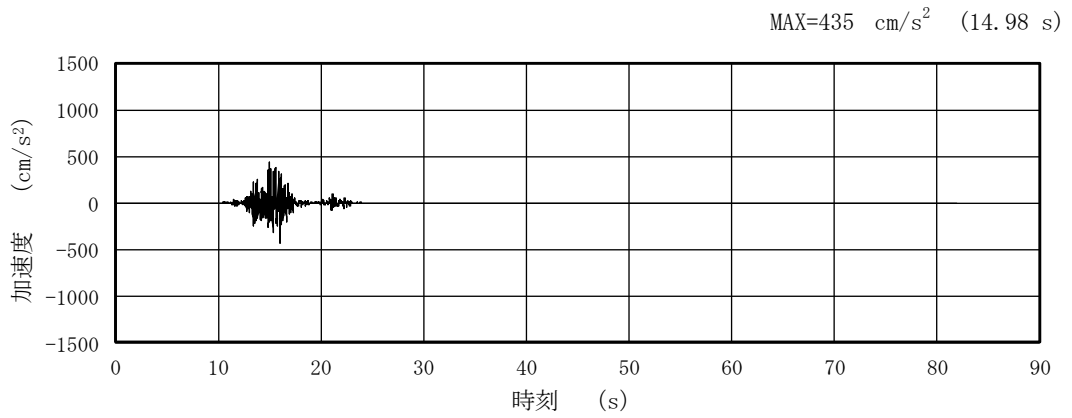


(a) 加速度時刻歴波形

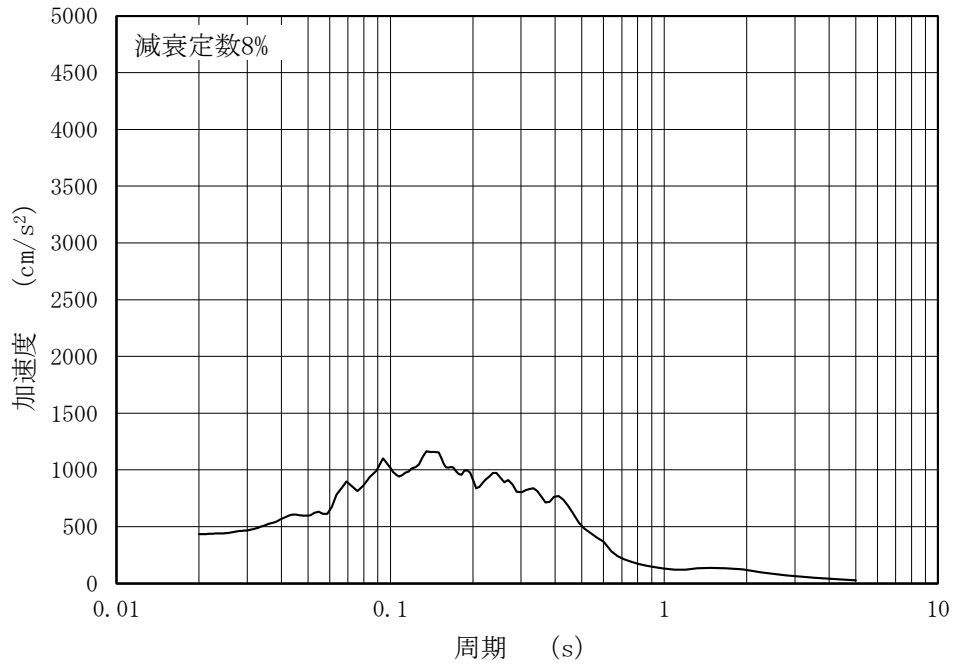


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-55 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (水平成分：S s - F 2, 第 2 保管エリア③, 短辺方向断面)

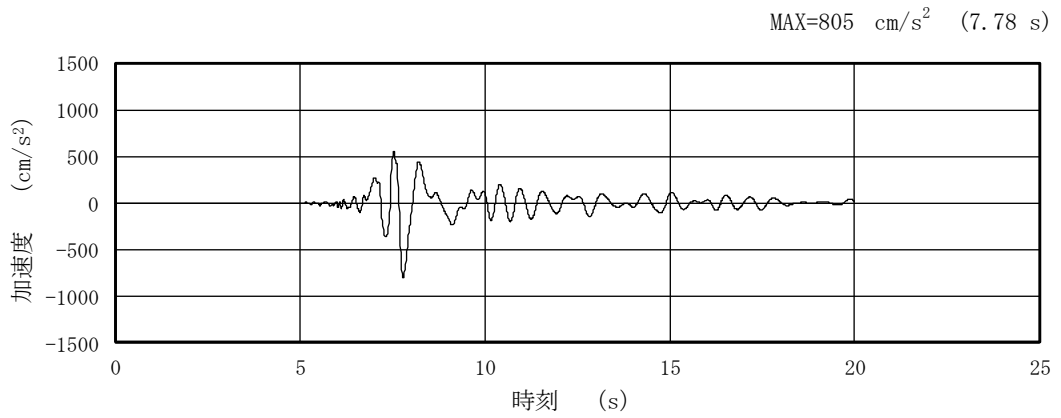


(a) 加速度時刻歴波形

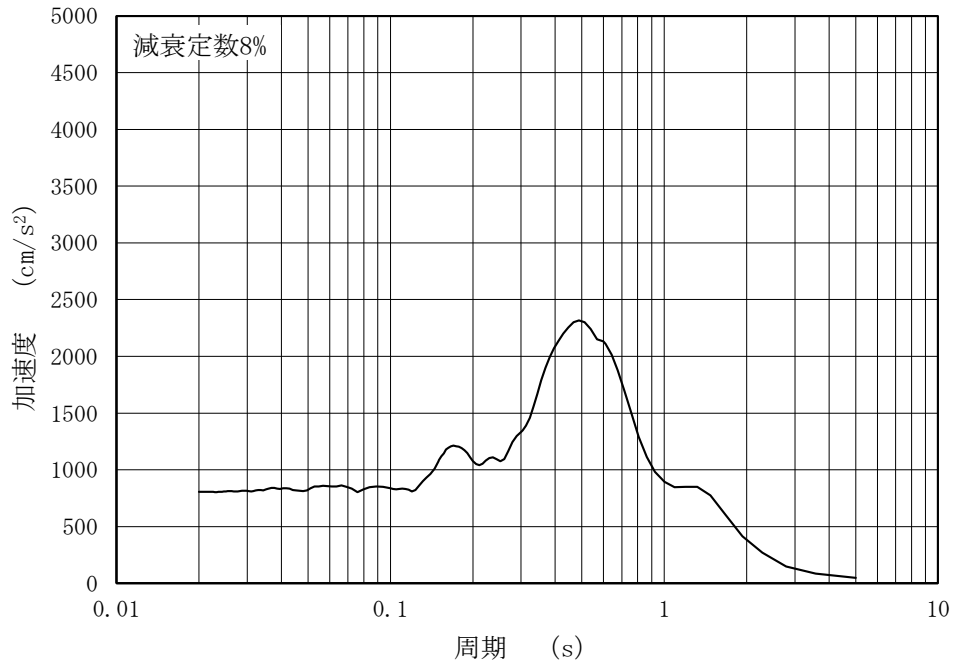


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-56 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (鉛直成分：S s - F 2, 第 2 保管エリア③, 短辺方向断面)

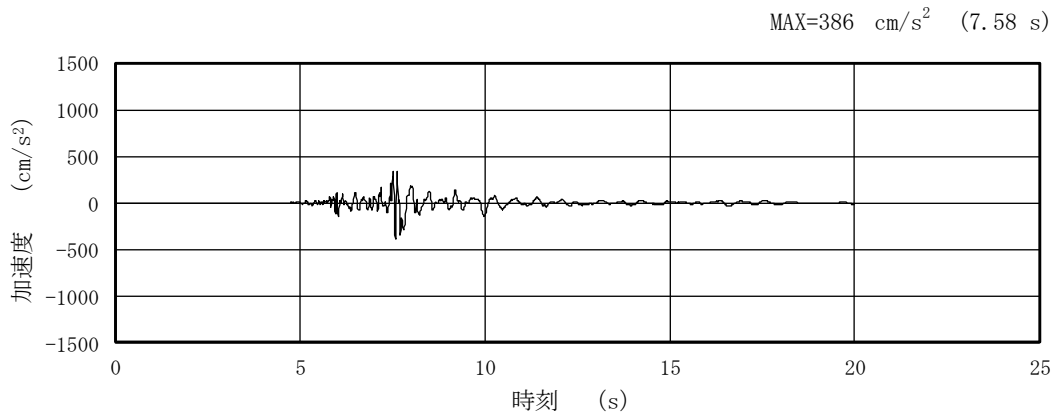


(a) 加速度時刻歴波形

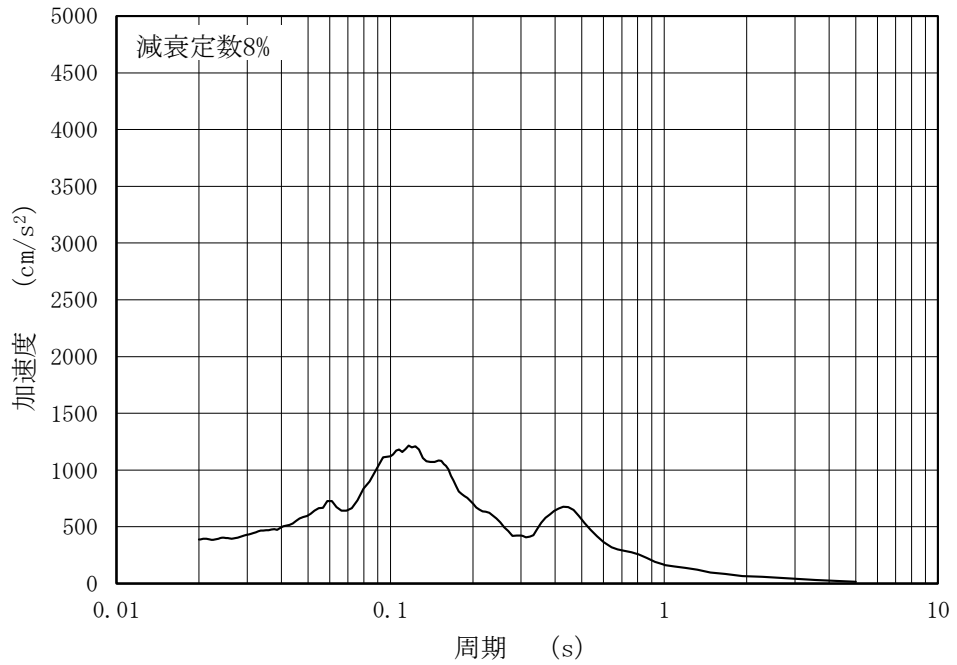


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-57 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (水平成分：S s - N 1，第 2 保管エリア③，短辺方向断面)

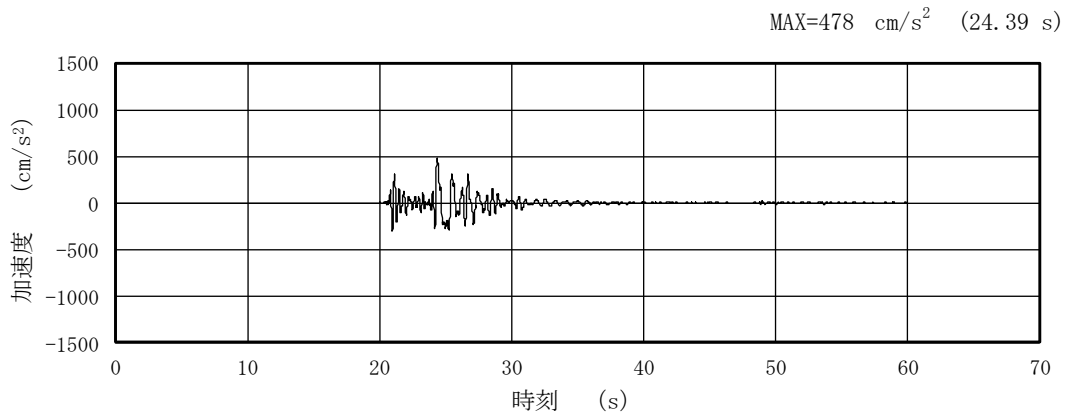


(a) 加速度時刻歴波形

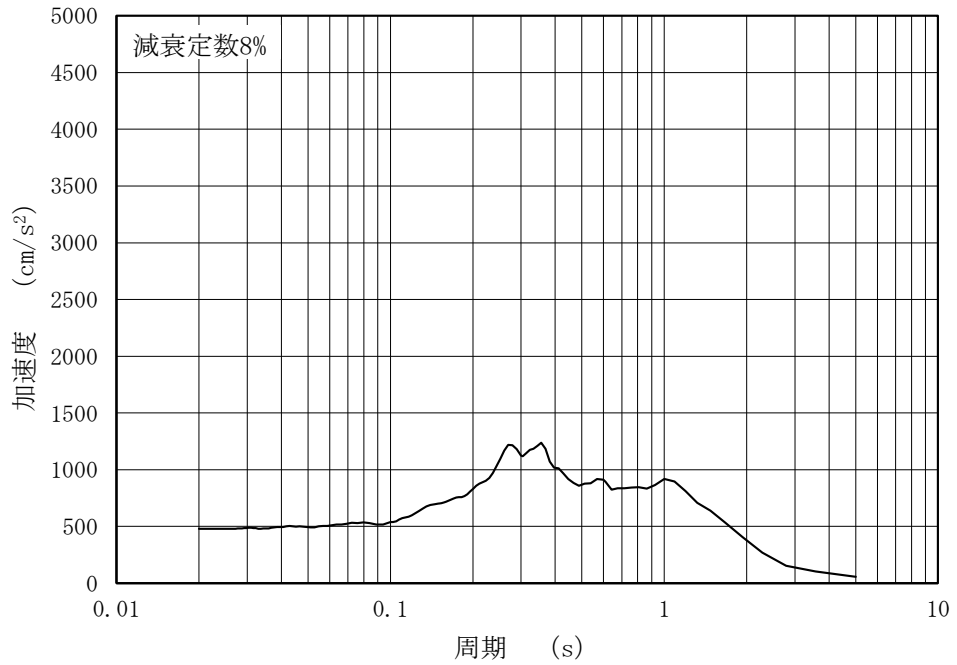


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-58 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (鉛直成分：S s - N 1，第 2 保管エリア③，短辺方向断面)

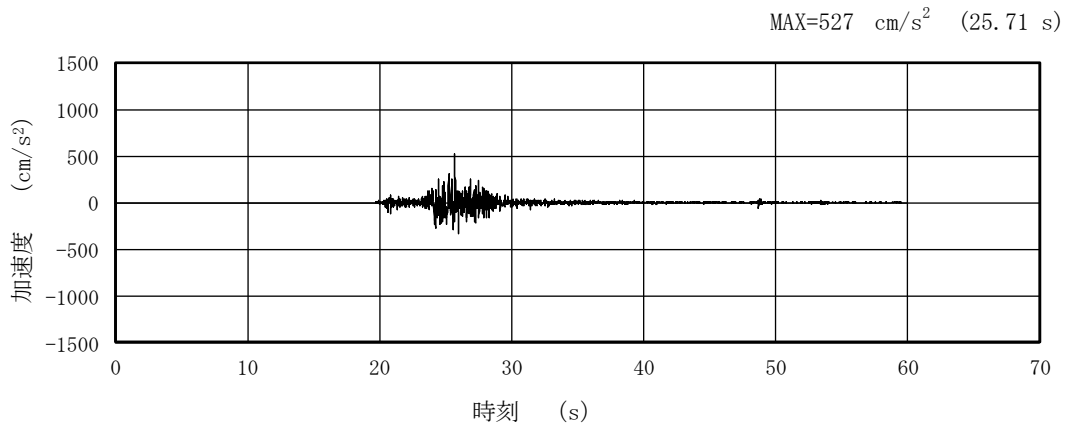


(a) 加速度時刻歴波形

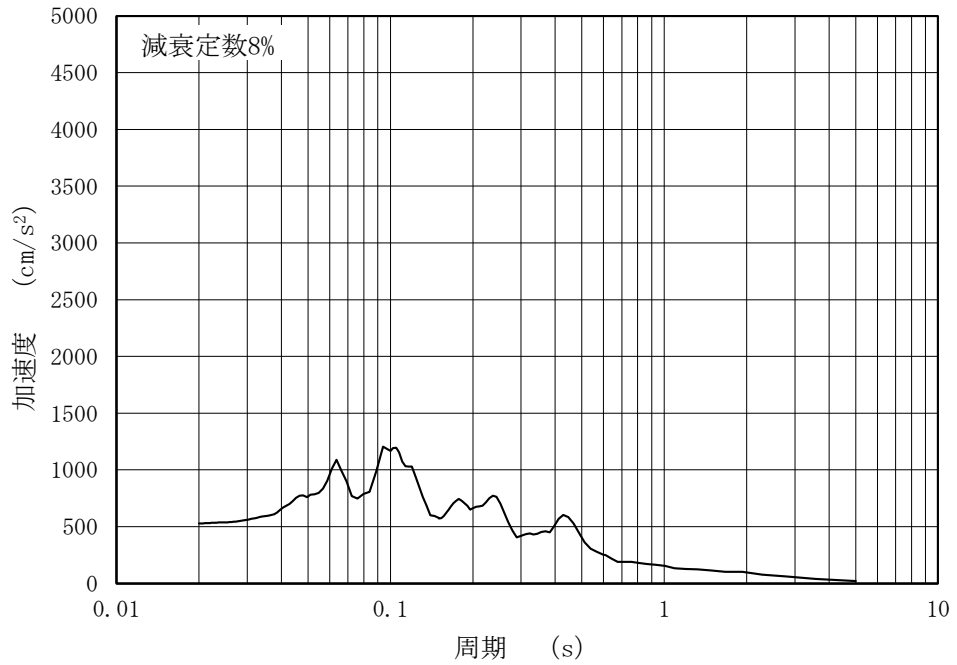


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-59 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (水平成分: S s - N 2 (NS), 第 2 保管エリア③, 短辺方向断面)

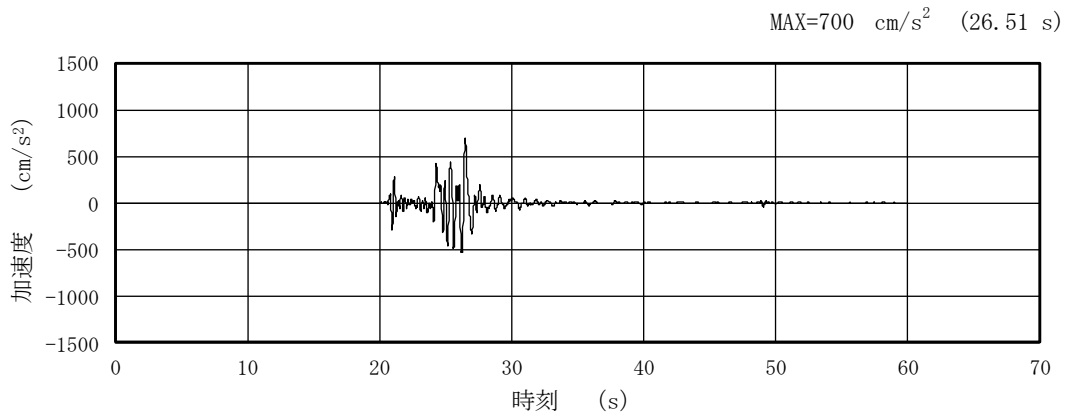


(a) 加速度時刻歴波形

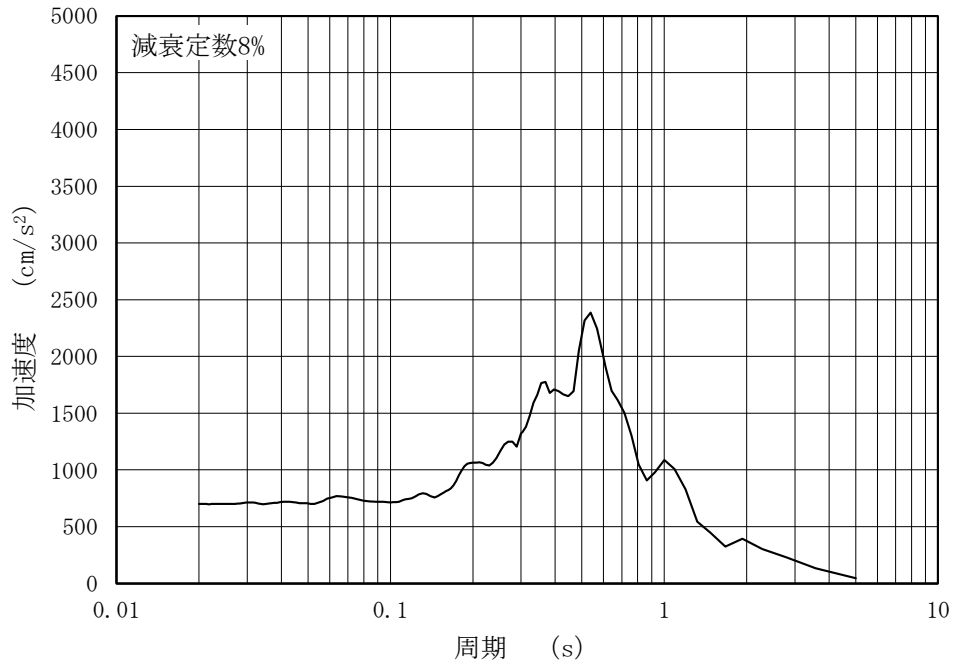


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-60 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (鉛直成分：S s - N 2 (N S)，第 2 保管エリア③，短辺方向断面)

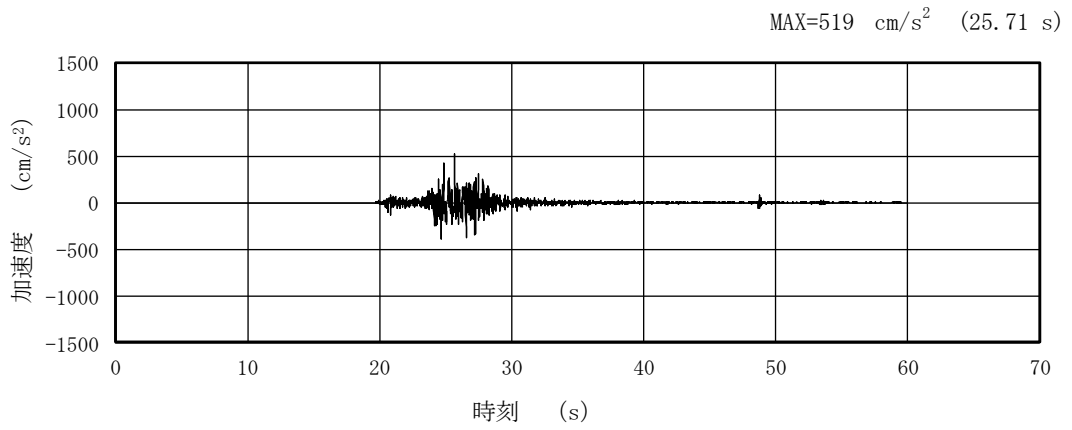


(a) 加速度時刻歴波形

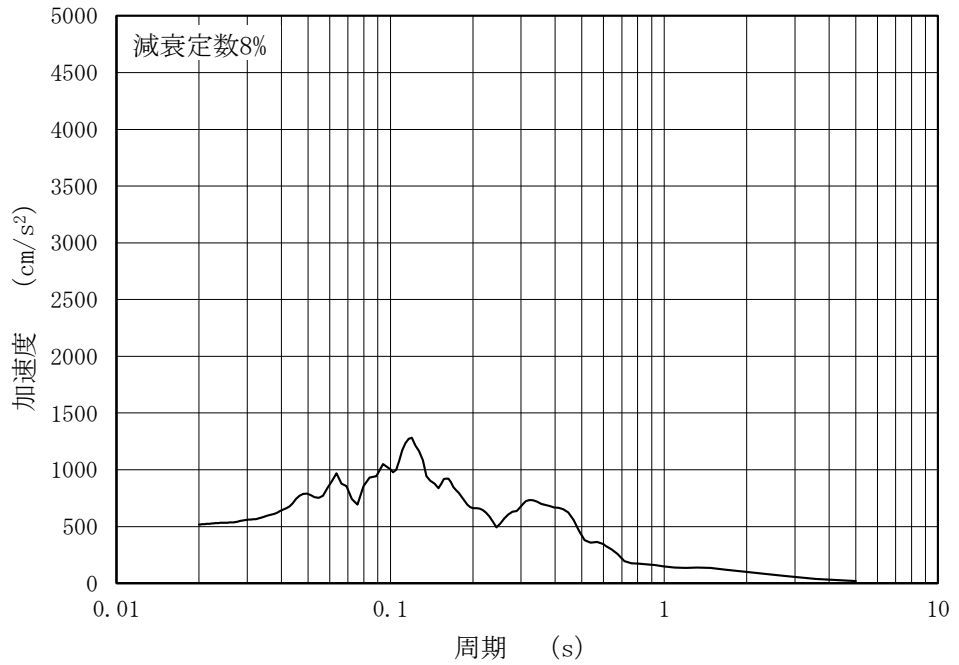


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-61 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (水平成分：S s - N 2 (EW)，第 2 保管エリア③，短辺方向断面)



(a) 加速度時刻歴波形

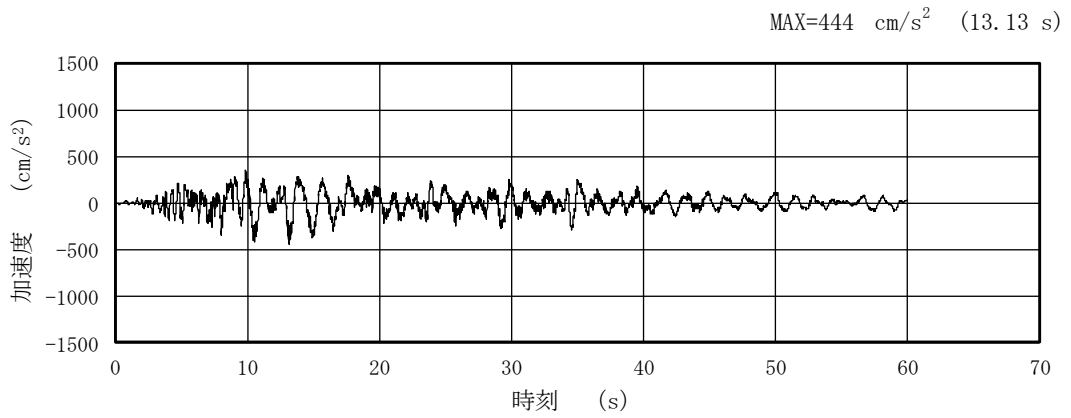


(b) 加速度応答スペクトル

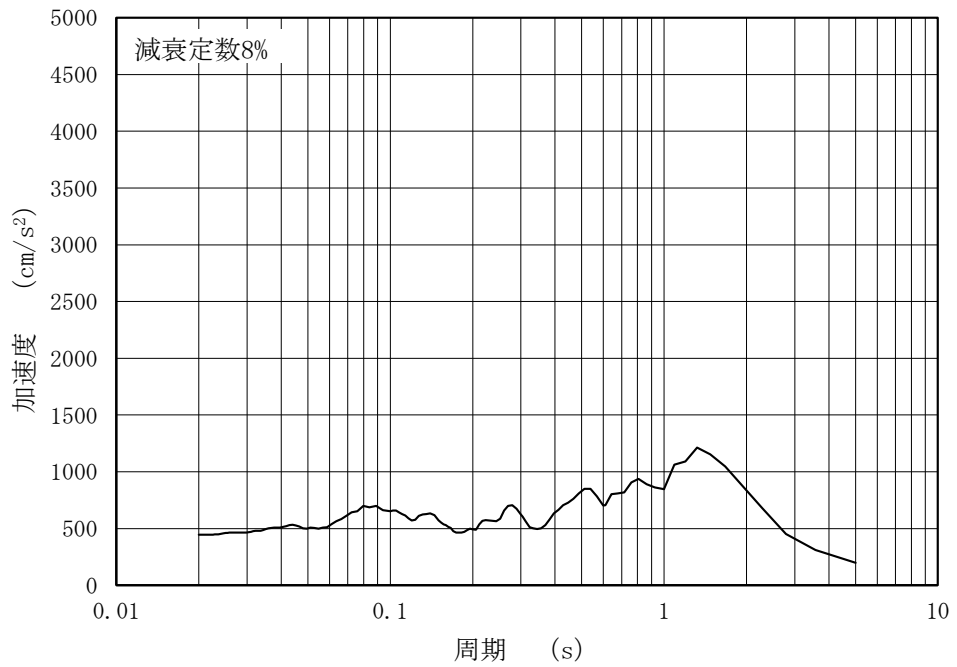
図 4-62 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (鉛直成分：S s - N 2 (EW)，第 2 保管エリア③，短辺方向断面)

4.3.2 長辺方向断面

可搬型重大事故等対処設備の保管場所（第2保管エリア）のうち，長辺方向断面の2次元有限要素法解析により算定した地表面における加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトルを図4-63～図4-158に示す。なお，加速度応答スペクトルに用いる減衰定数は，車両型設備の減衰定数（8%）を考慮し設定する。

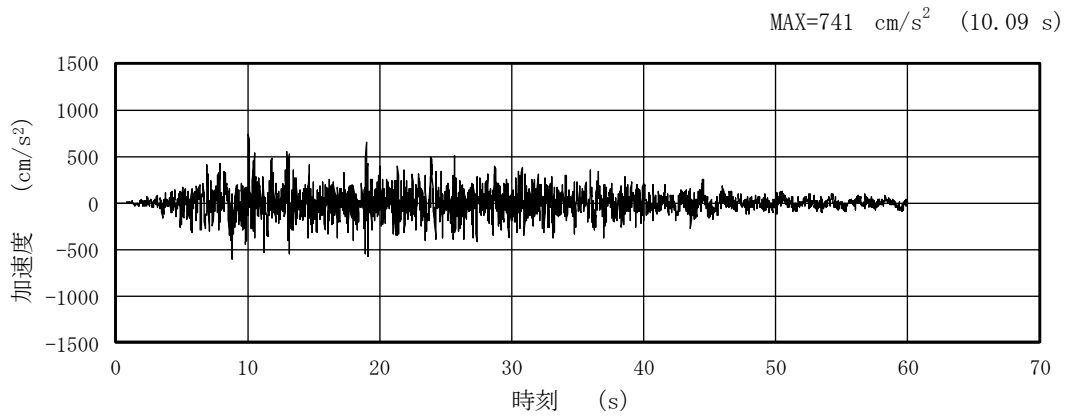


(a) 加速度時刻歴波形

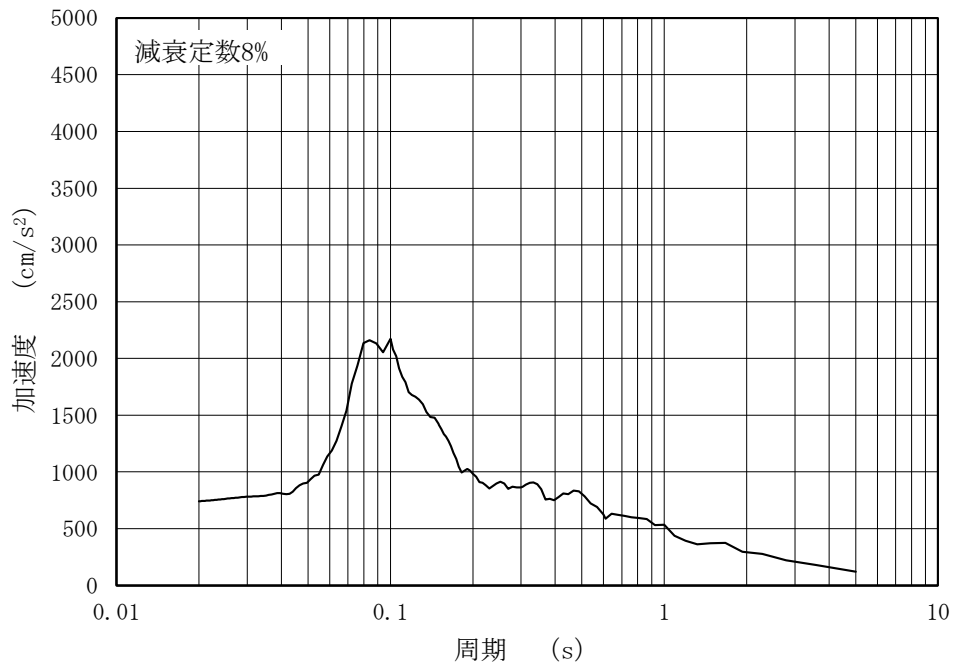


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-63 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平成分：S s - D，第 2 保管エリア④，長辺方向断面)

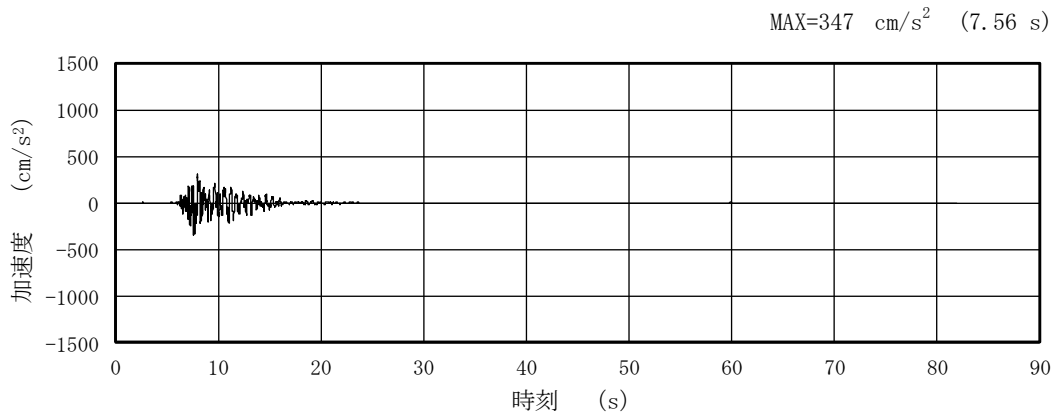


(a) 加速度時刻歴波形

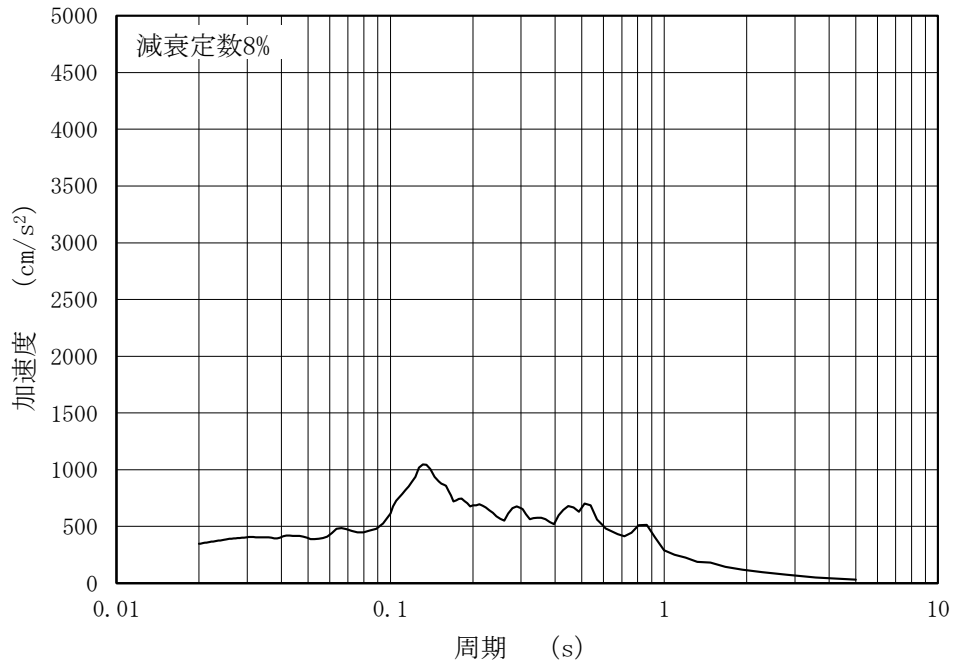


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-64 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直成分：S s - D，第 2 保管エリア④，長辺方向断面)

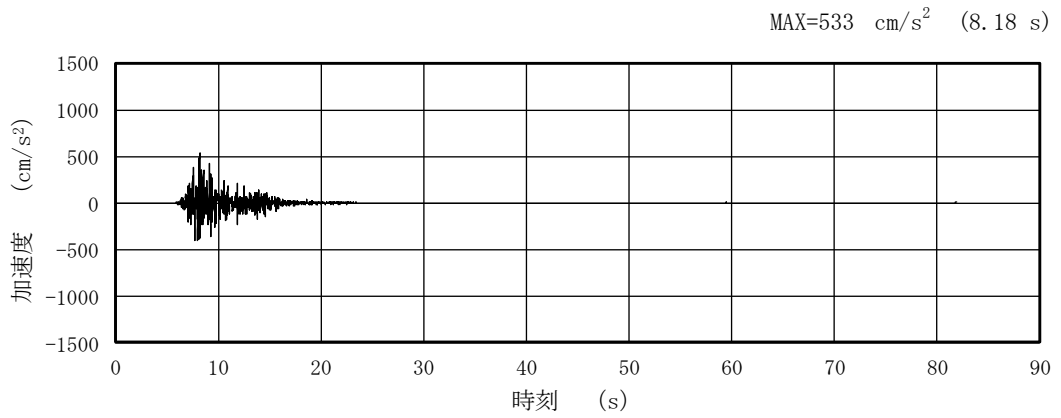


(a) 加速度時刻歴波形

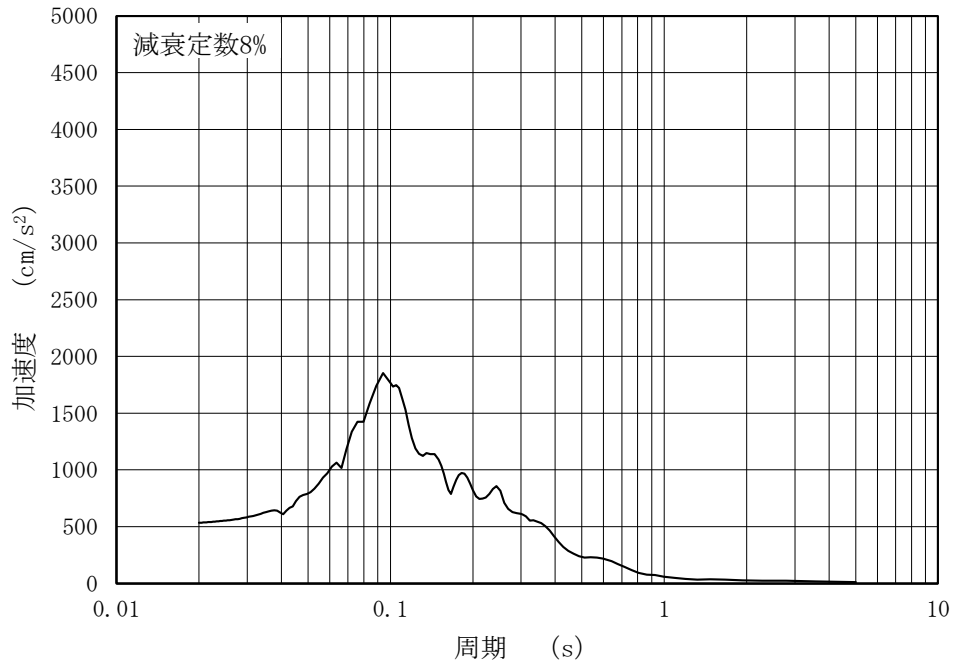


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-65 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (水平成分 : S s - F 1, 第 2 保管エリア④, 長辺方向断面)

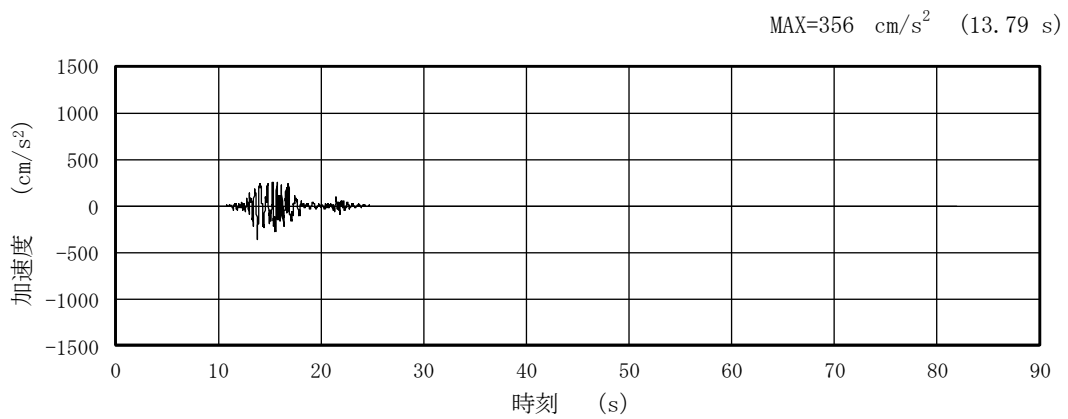


(a) 加速度時刻歴波形

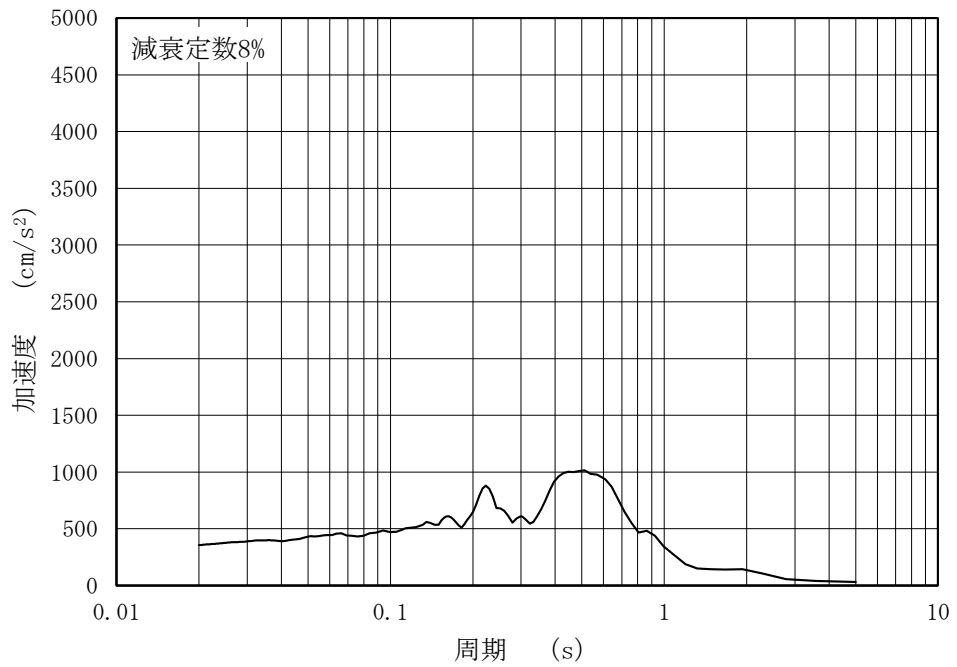


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-66 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (鉛直成分：S s - F 1，第 2 保管エリア④，長辺方向断面)

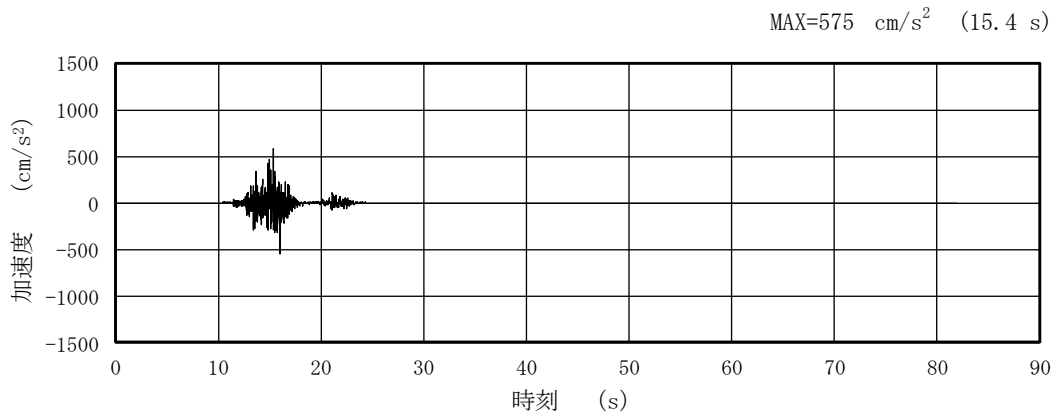


(a) 加速度時刻歴波形

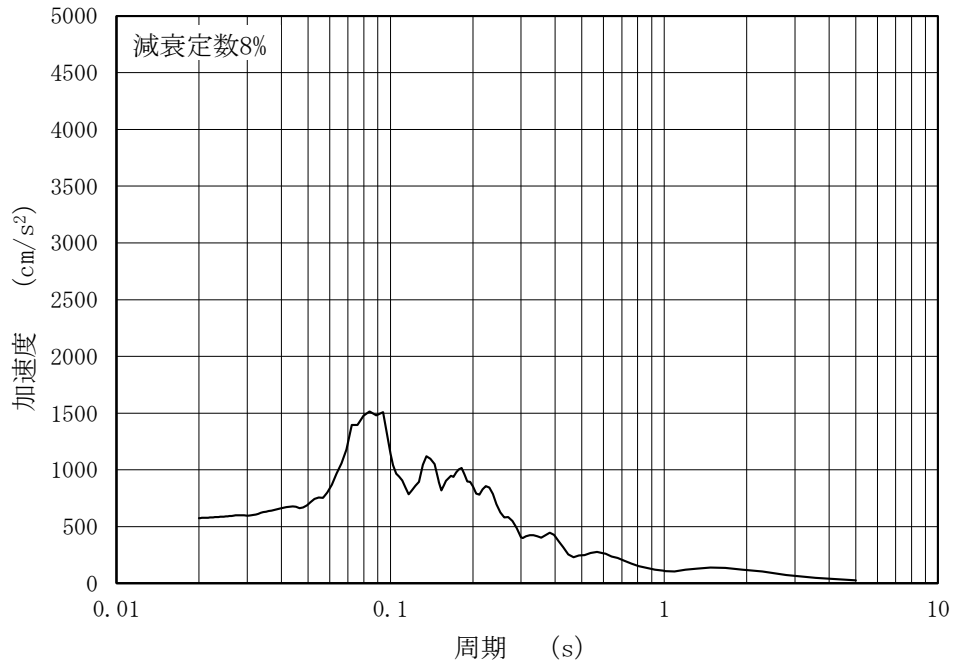


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-67 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (水平成分：S s - F 2，第 2 保管エリア④，長辺方向断面)

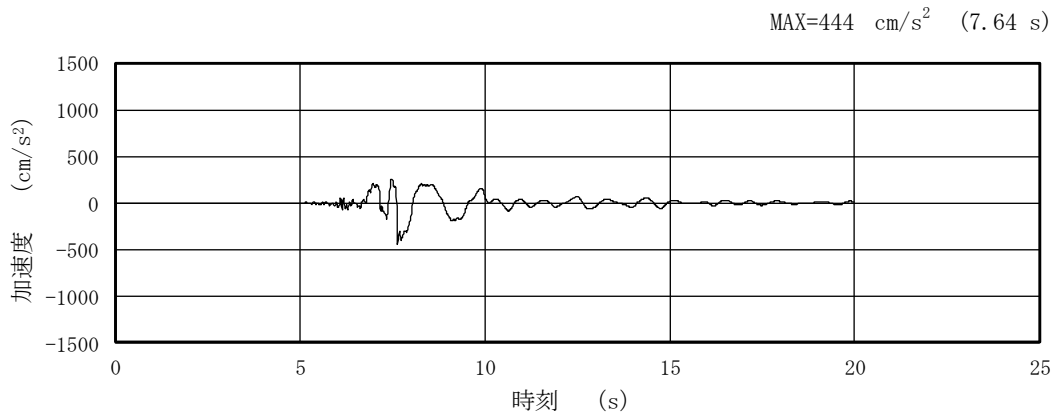


(a) 加速度時刻歴波形

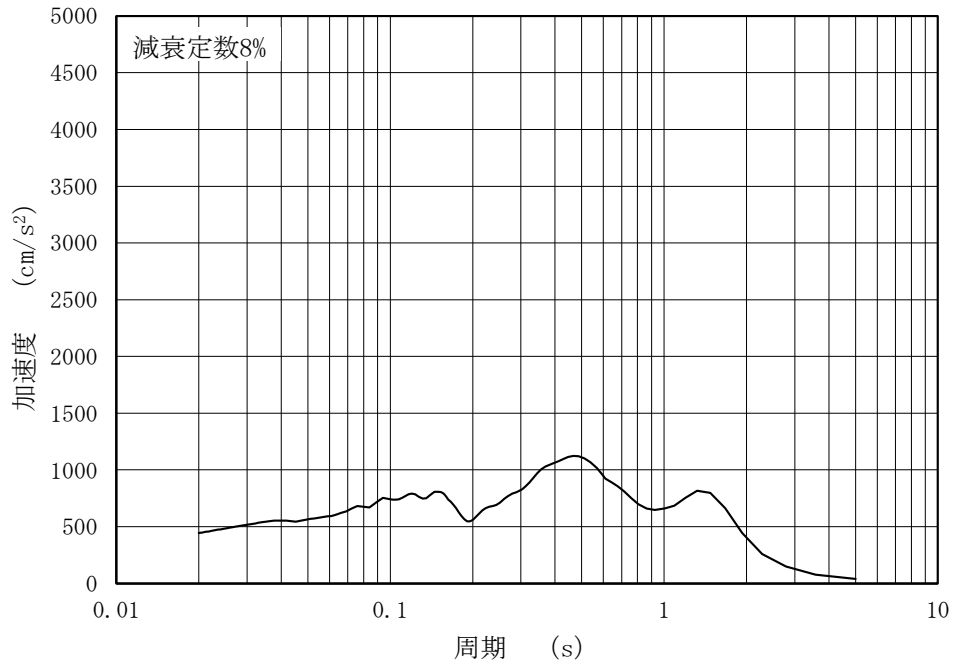


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-68 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (鉛直成分：S s - F 2，第 2 保管エリア④，長辺方向断面)

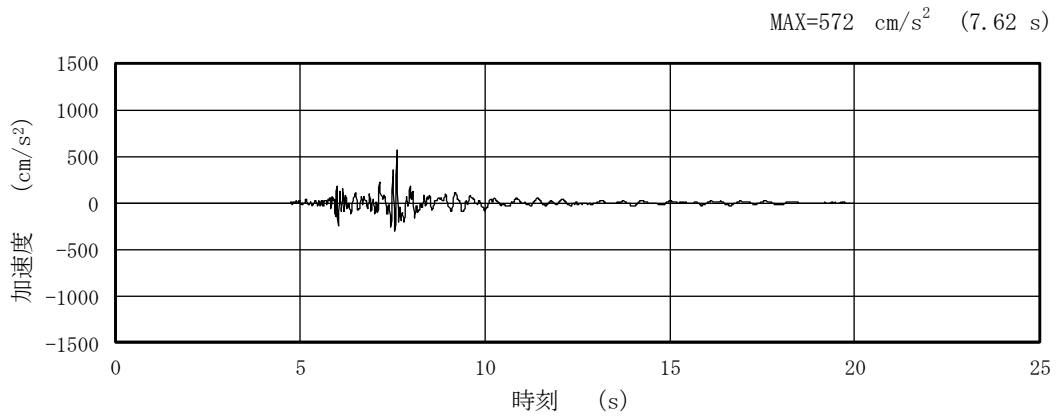


(a) 加速度時刻歴波形

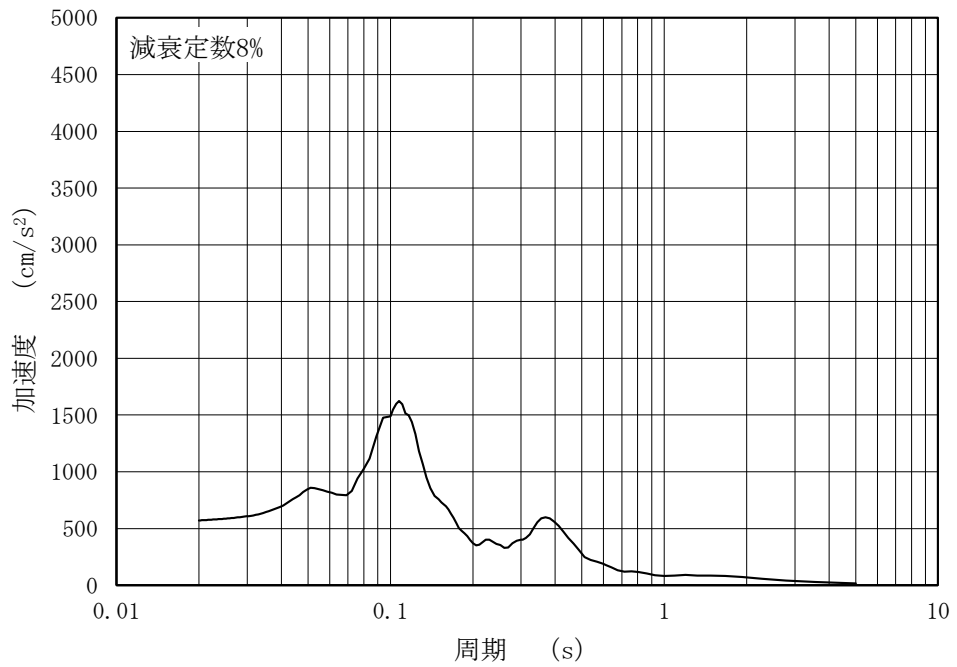


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-69 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (水平成分：S s - N 1，第 2 保管エリア④，長辺方向断面)

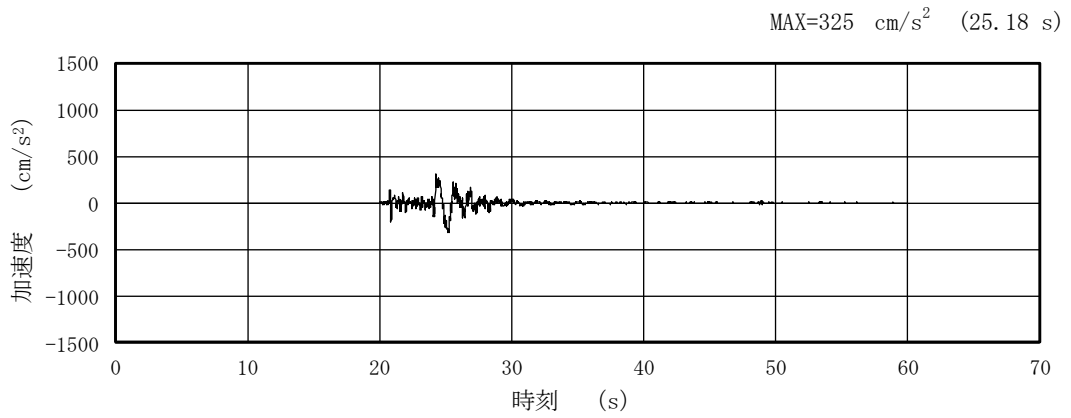


(a) 加速度時刻歴波形

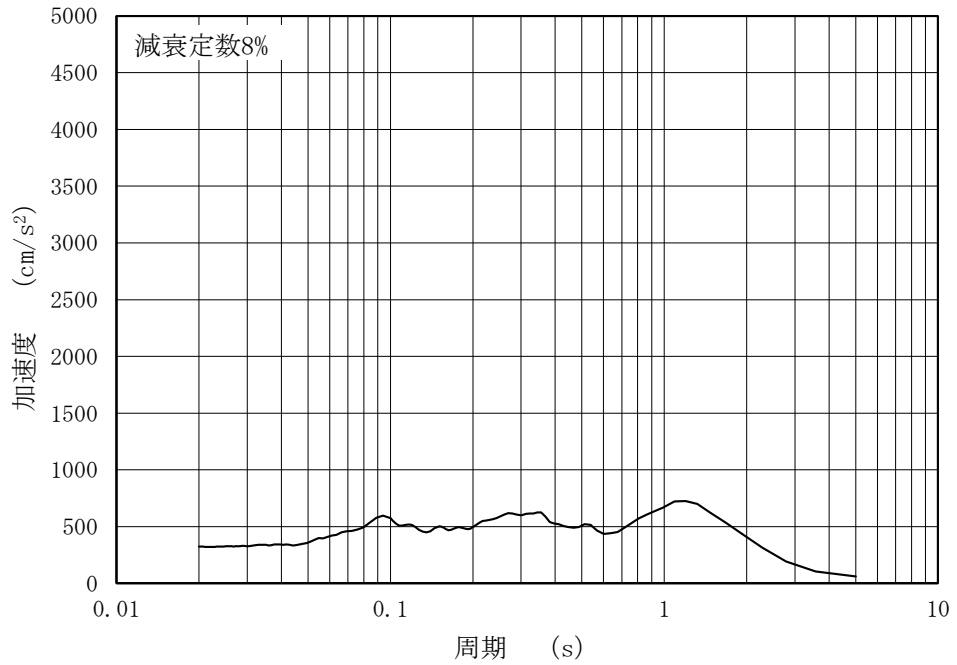


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-70 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (鉛直成分：S s - N 1，第 2 保管エリア④，長辺方向断面)

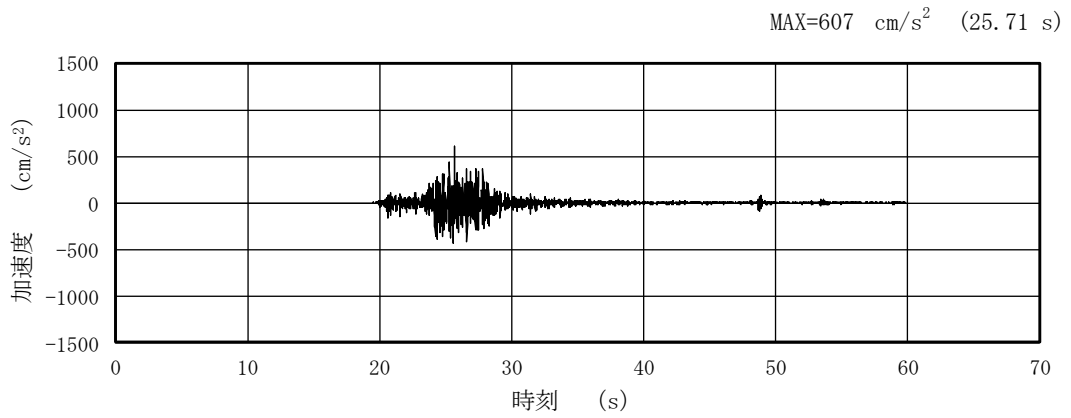


(a) 加速度時刻歴波形

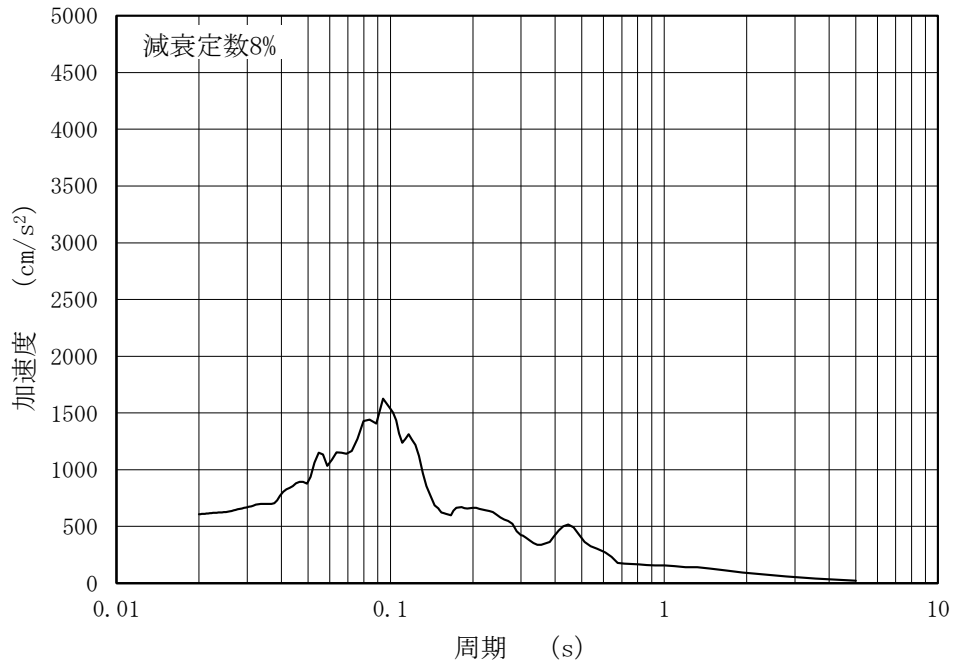


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-71 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (水平成分: S s - N 2 (N S), 第 2 保管エリア④, 長辺方向断面)

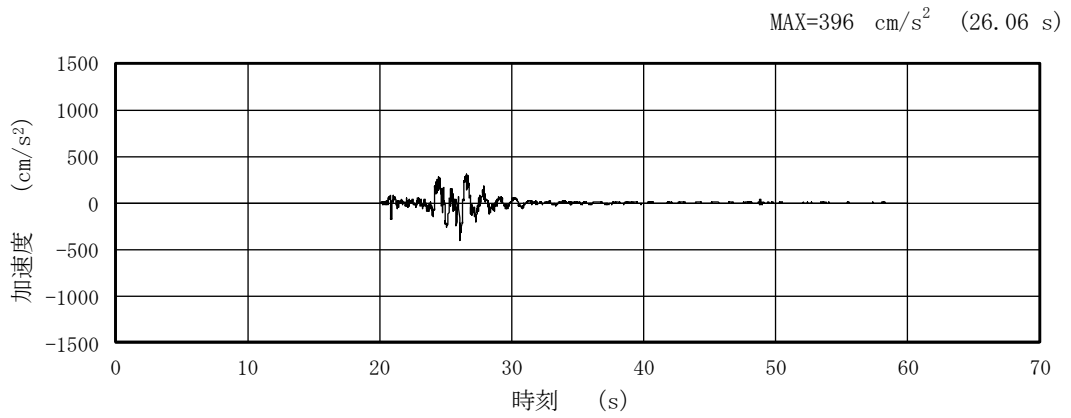


(a) 加速度時刻歴波形

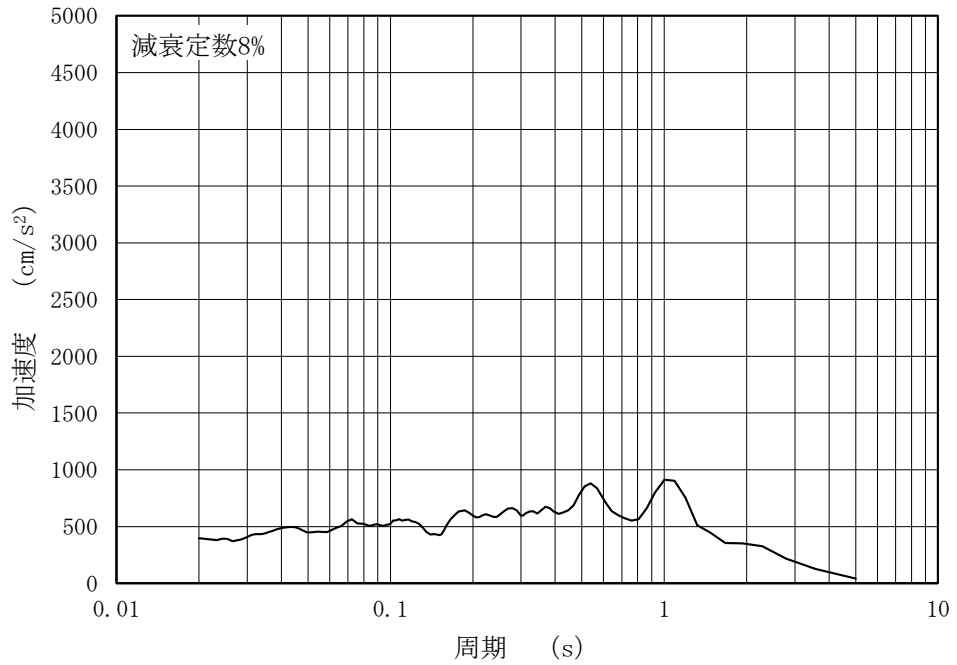


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-72 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (鉛直成分：S s - N 2 (N S)，第 2 保管エリア④，長辺方向断面)

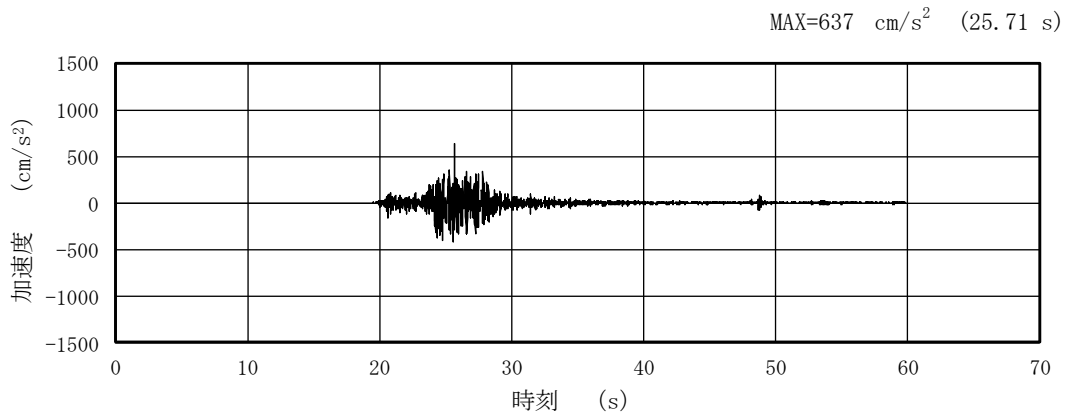


(a) 加速度時刻歴波形

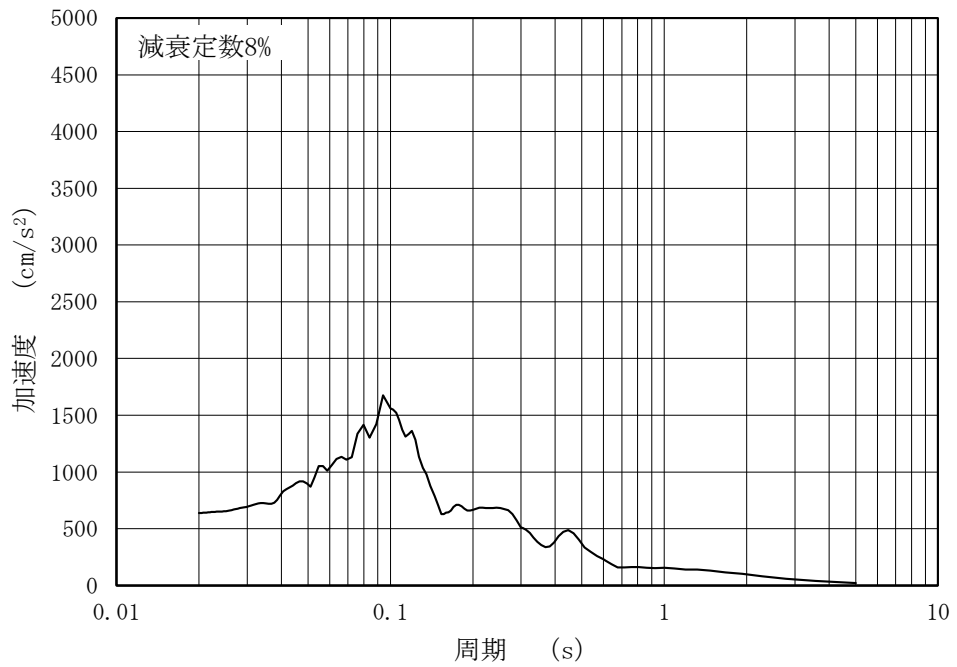


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-73 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平成分：S s - N 2 (E W)，第 2 保管エリア④，長辺方向断面)

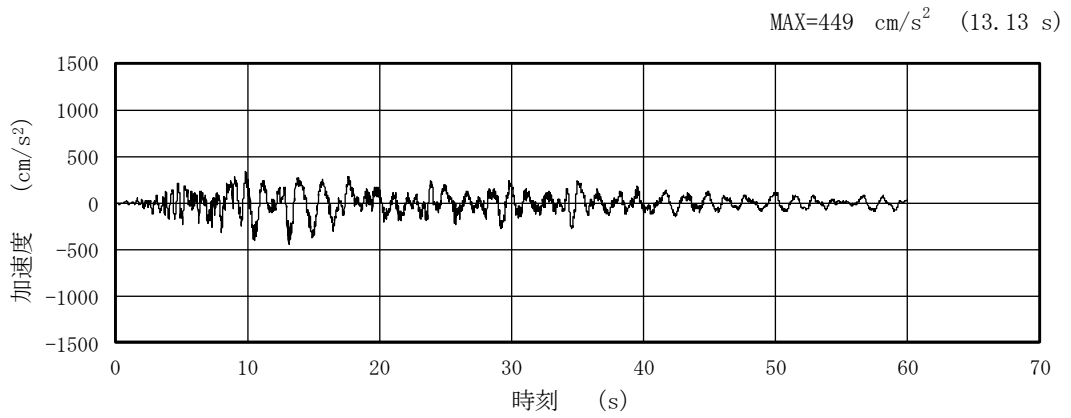


(a) 加速度時刻歴波形

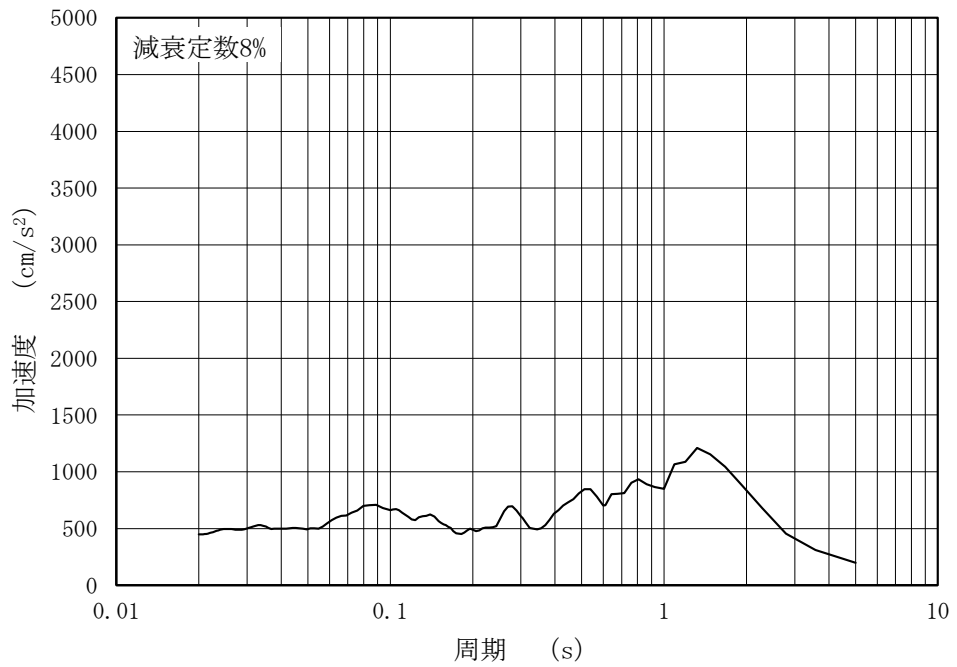


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-74 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (鉛直成分：S s - N 2 (EW)，第 2 保管エリア④，長辺方向断面)

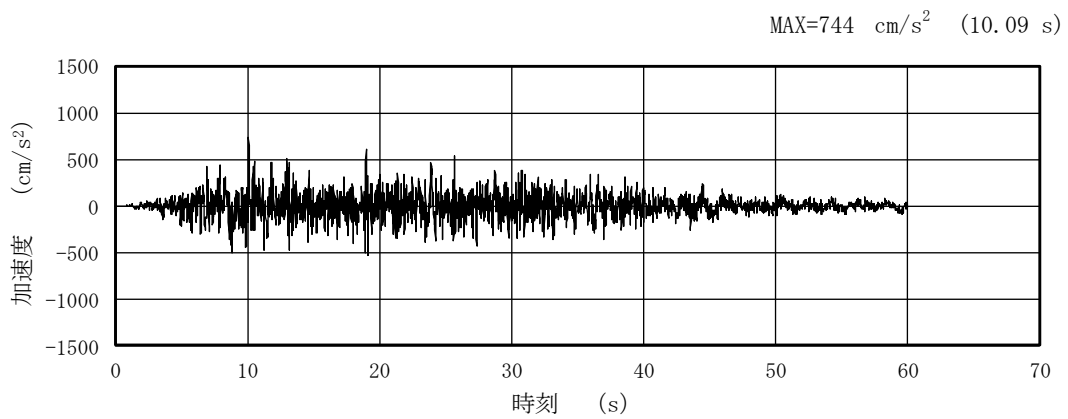


(a) 加速度時刻歴波形

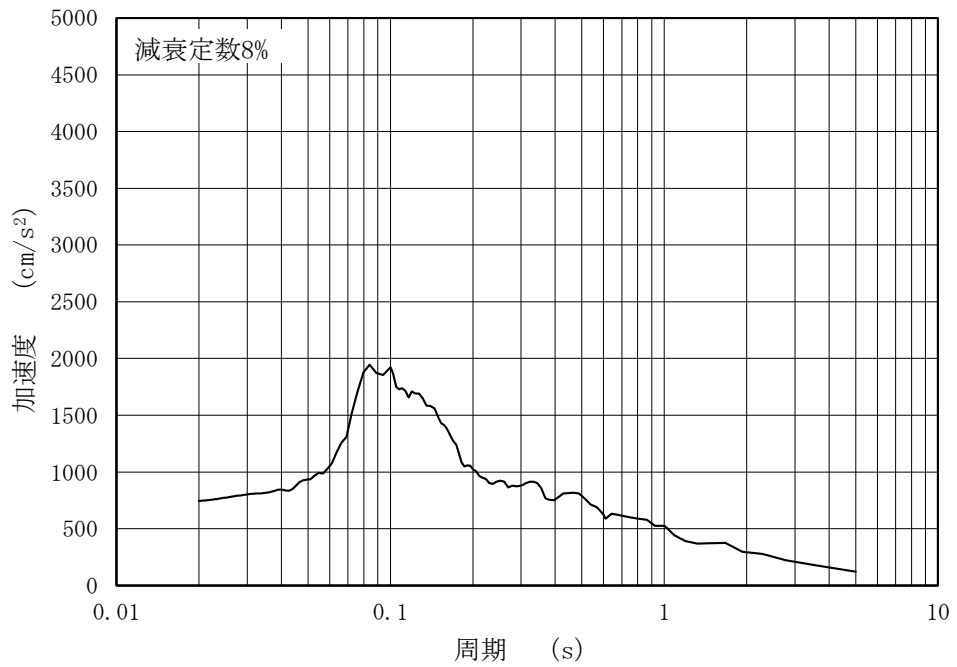


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-75 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (水平成分：S s - D, 第 2 保管エリア⑤, 長辺方向断面)

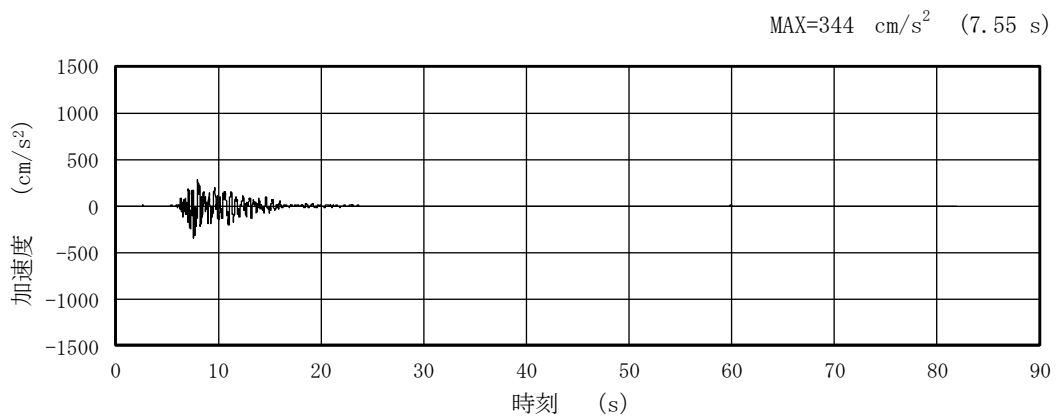


(a) 加速度時刻歴波形

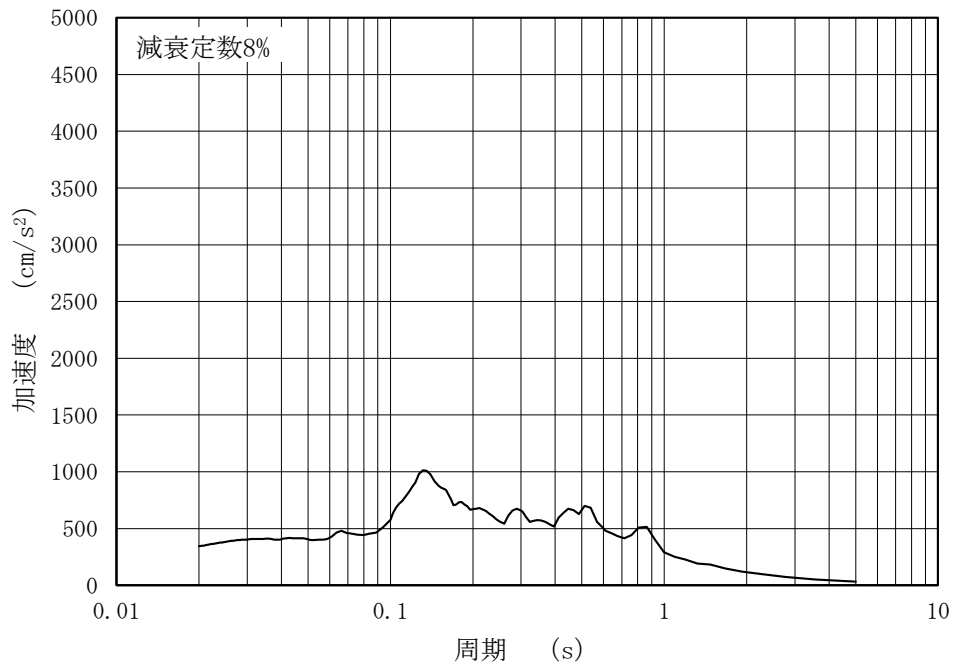


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-76 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直成分：S s - D，第 2 保管エリア⑤，長辺方向断面)

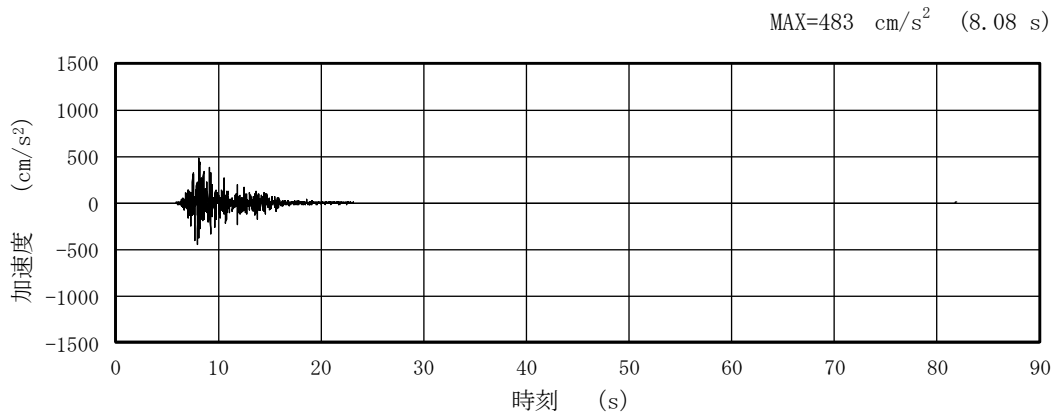


(a) 加速度時刻歴波形

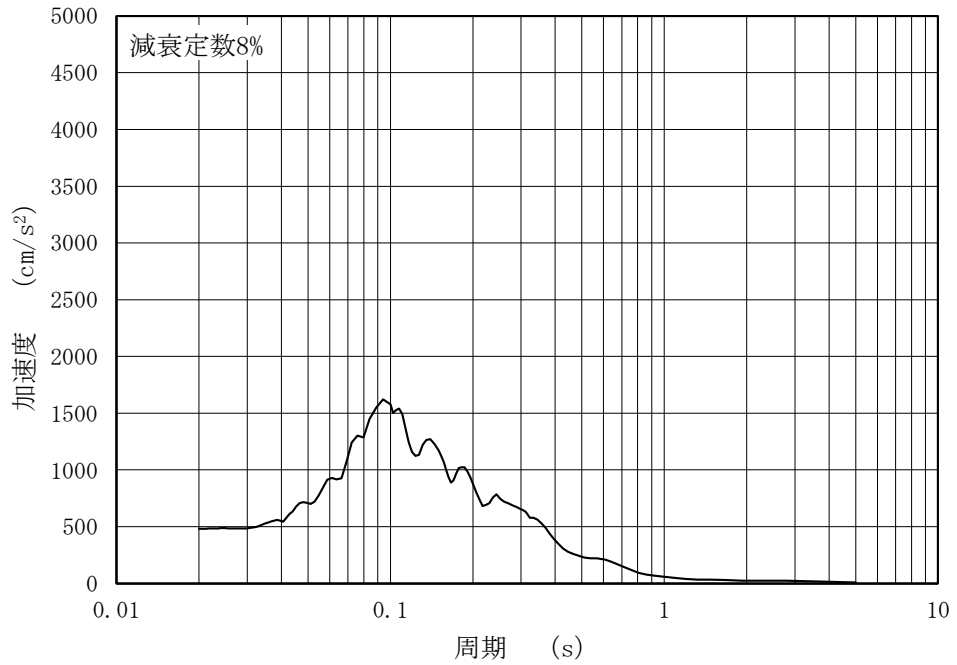


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-77 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (水平成分 : S s - F 1, 第 2 保管エリア⑤, 長辺方向断面)

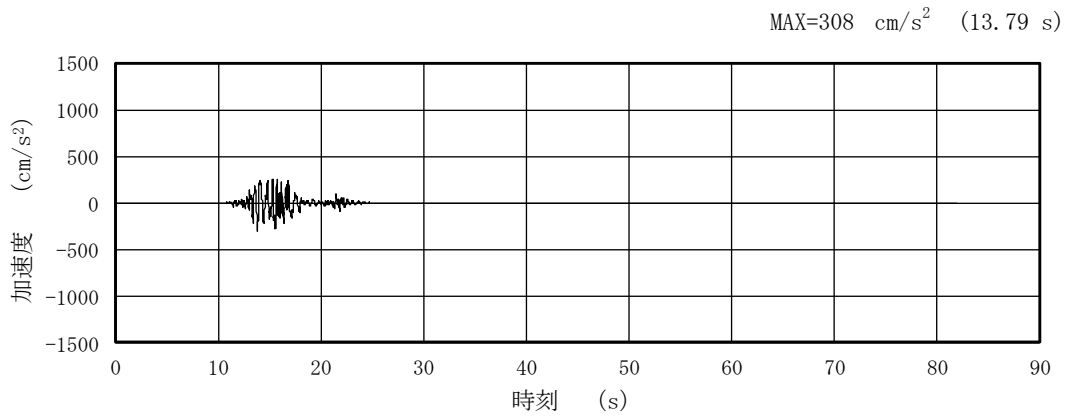


(a) 加速度時刻歴波形

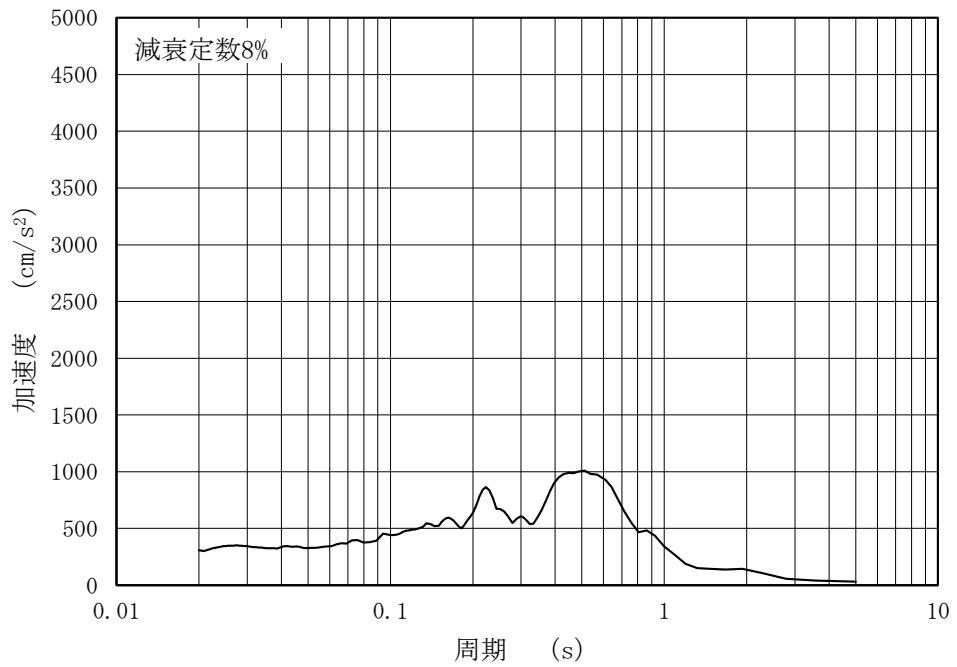


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-78 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (鉛直成分：S s - F 1，第 2 保管エリア⑤，長辺方向断面)

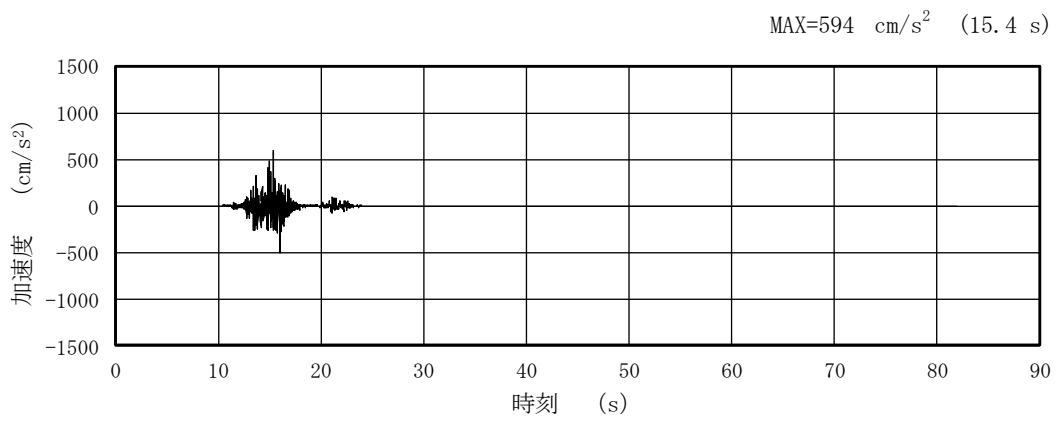


(a) 加速度時刻歴波形

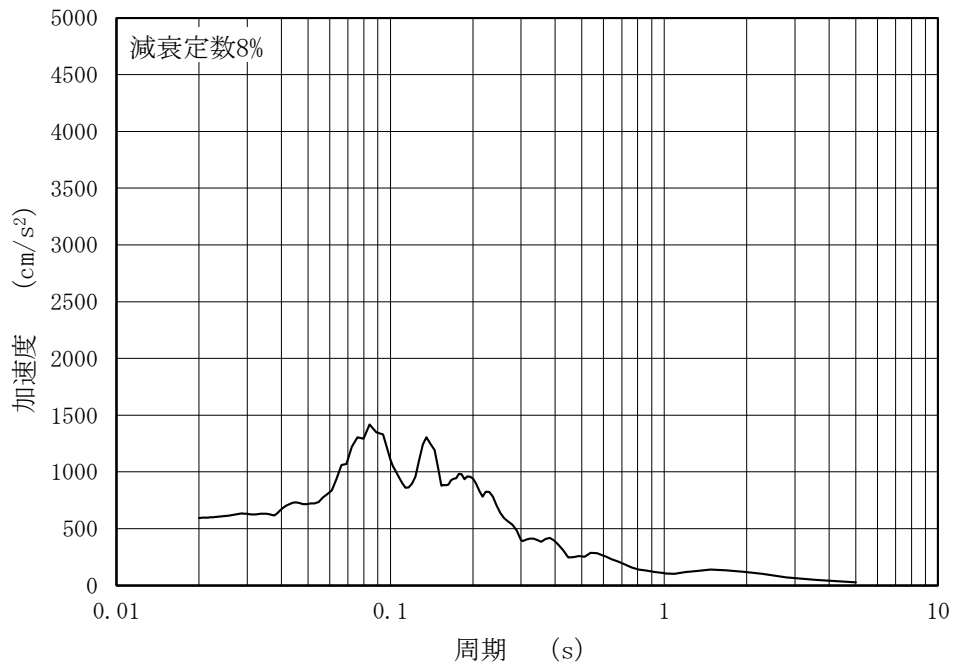


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-79 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (水平成分：S s - F 2, 第 2 保管エリア⑤, 長辺方向断面)

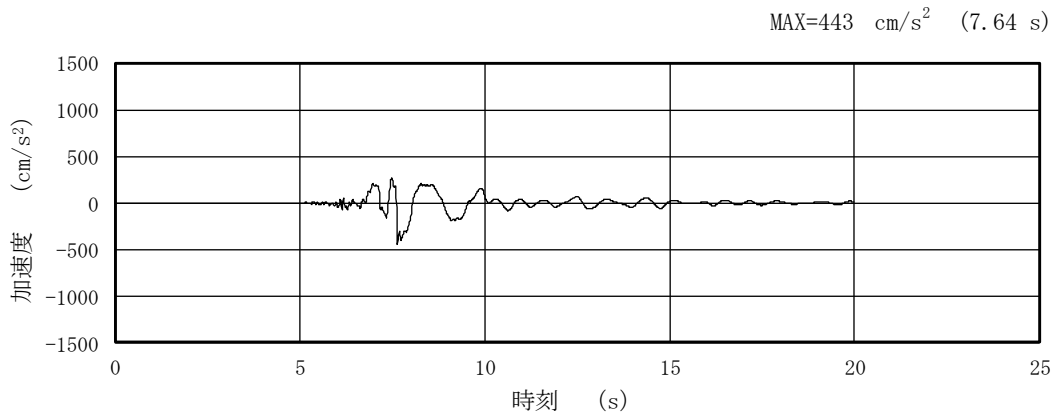


(a) 加速度時刻歴波形

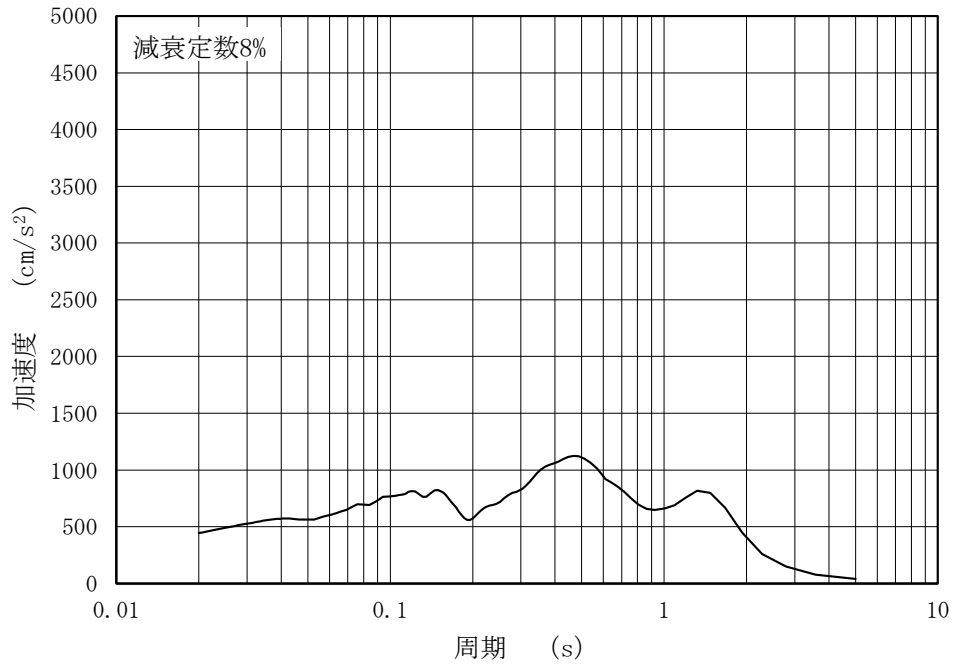


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-80 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (鉛直成分：S s - F 2，第 2 保管エリア⑤，長辺方向断面)

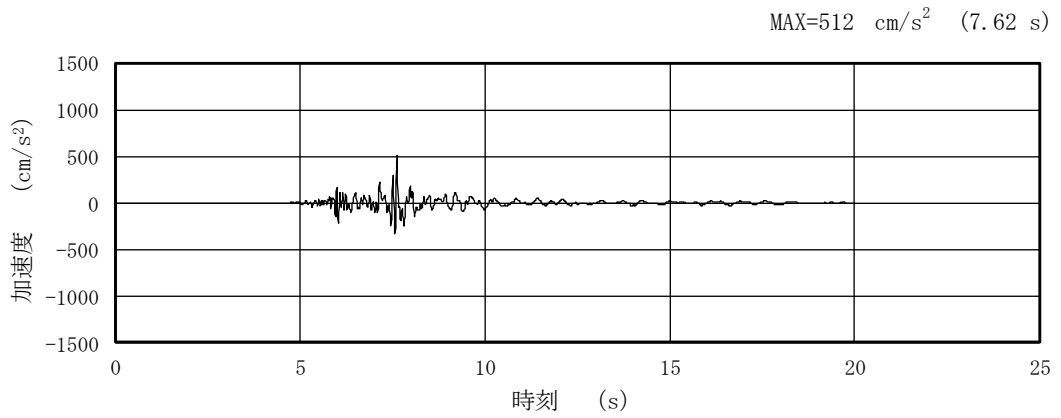


(a) 加速度時刻歴波形

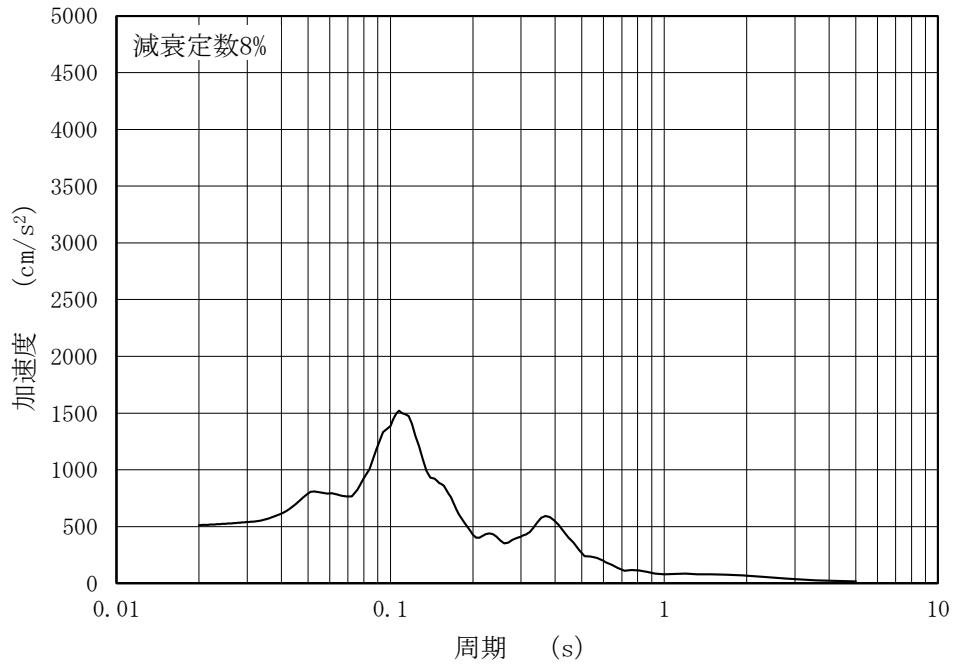


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-81 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (水平成分：S s - N 1，第 2 保管エリア⑤，長辺方向断面)

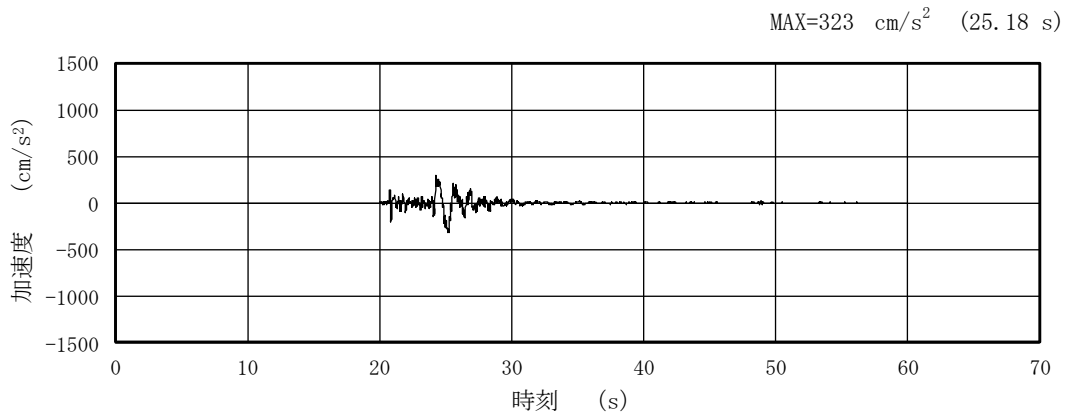


(a) 加速度時刻歴波形

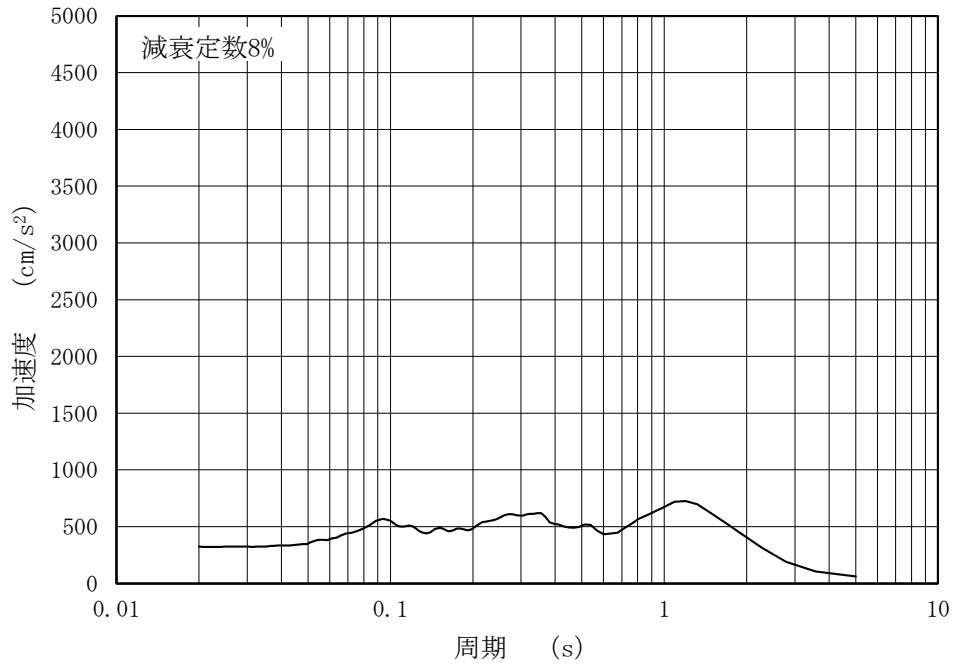


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-82 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直成分：S s - N 1，第 2 保管エリア⑤，長辺方向断面)

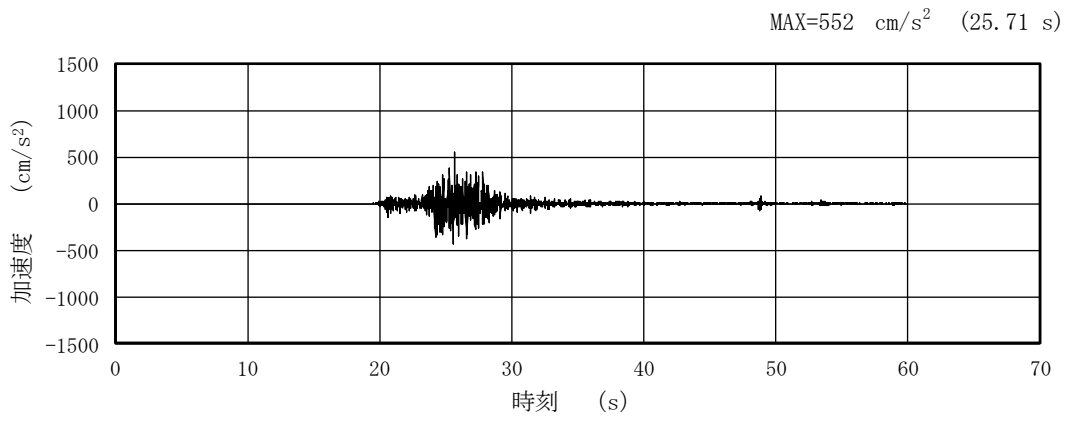


(a) 加速度時刻歴波形

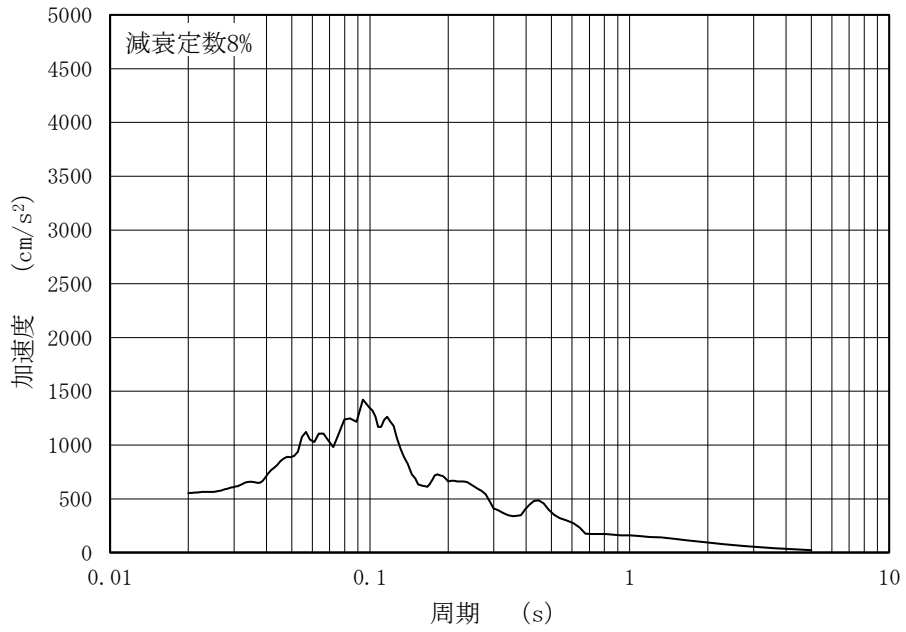


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-83 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (水平成分: S s - N 2 (N S), 第 2 保管エリア⑤, 長辺方向断面)

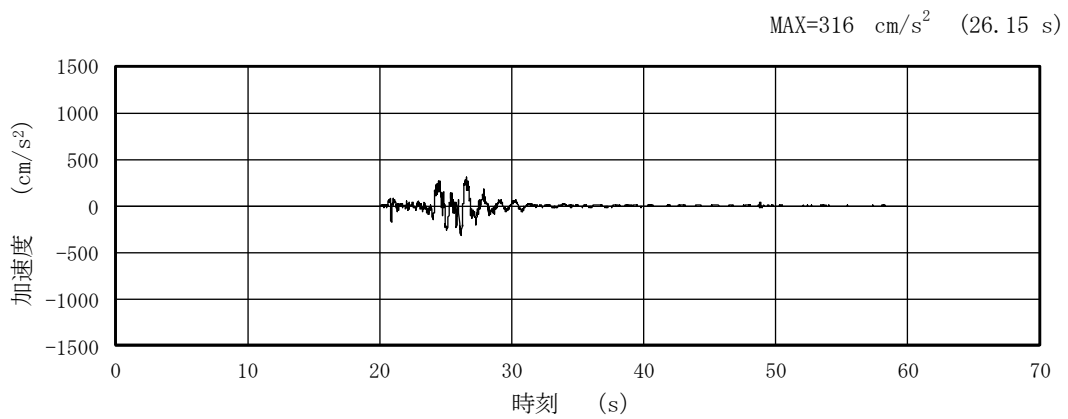


(a) 加速度時刻歴波形

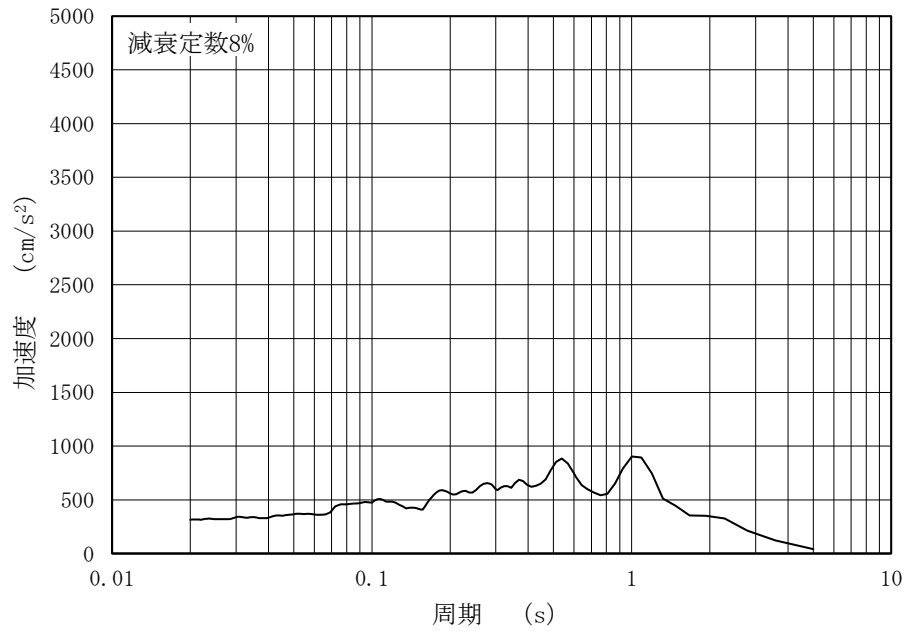


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-84 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (鉛直成分: S s - N 2 (N S), 第 2 保管エリア⑤, 長辺方向断面)

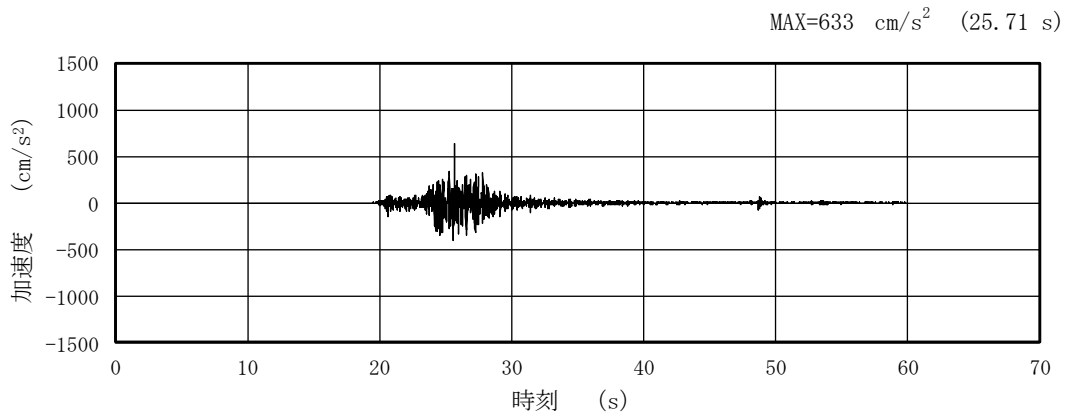


(a) 加速度時刻歴波形

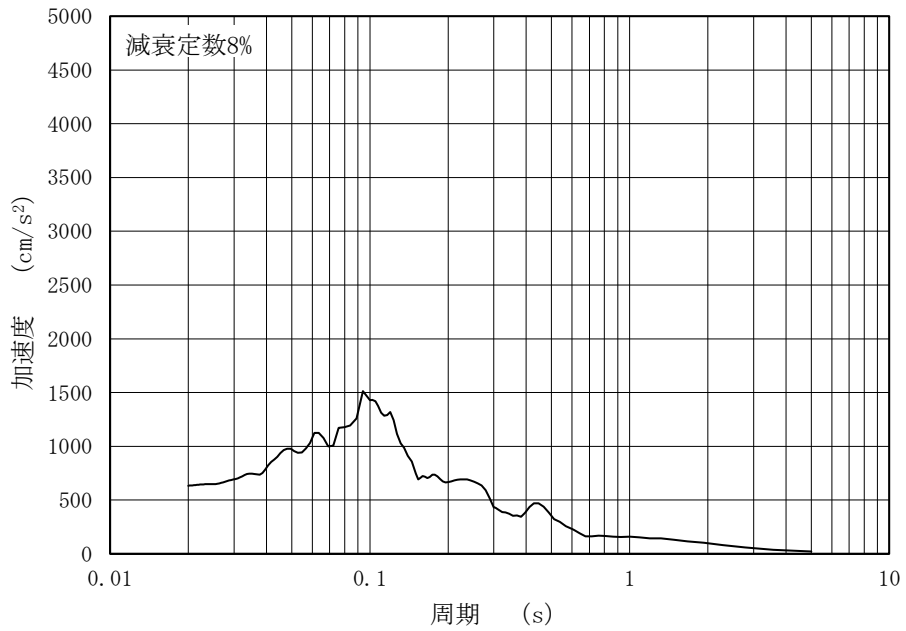


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-85 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平成分：S s - N 2 (EW)，第 2 保管エリア⑤，長辺方向断面)

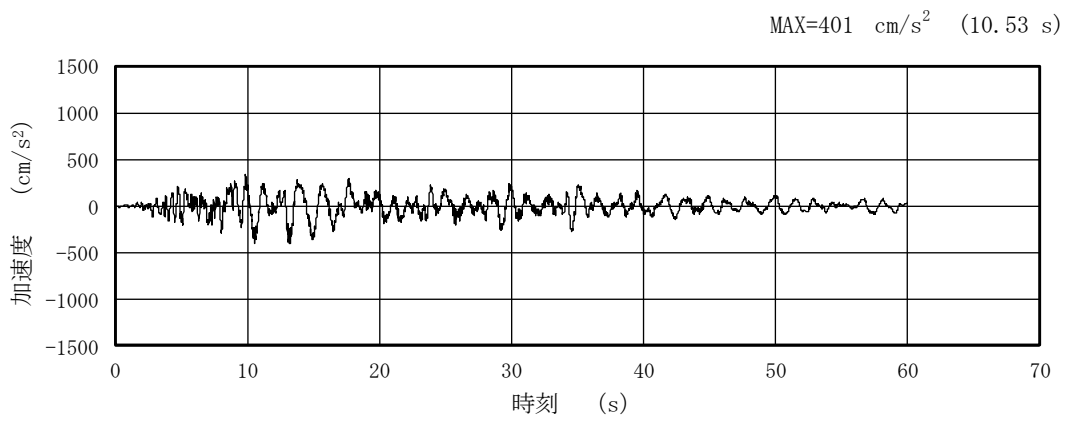


(a) 加速度時刻歴波形

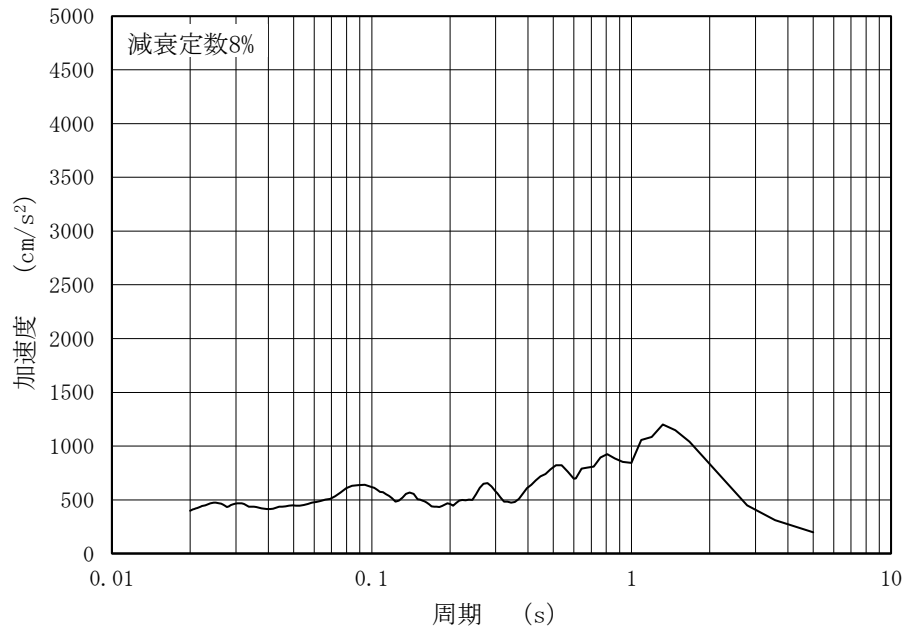


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-86 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直成分：S s - N 2 (EW)，第 2 保管エリア⑤，長辺方向断面)

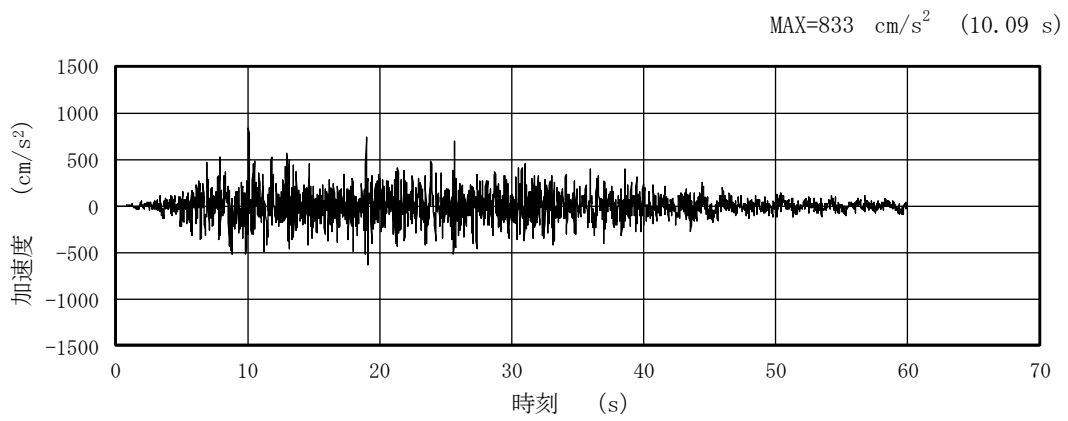


(a) 加速度時刻歴波形

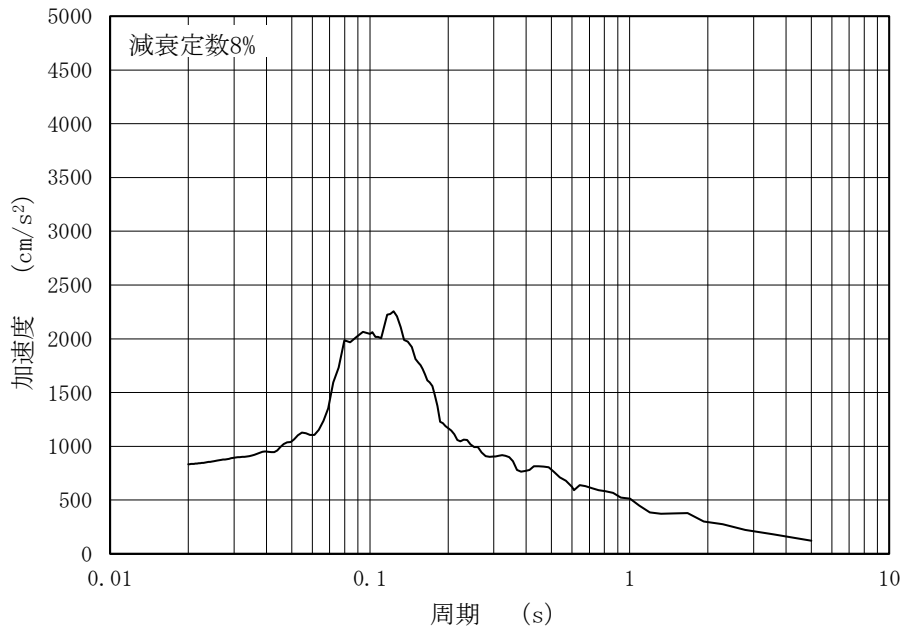


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-87 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (水平成分：S s-D, 第2保管エリア⑥, 長辺方向断面)

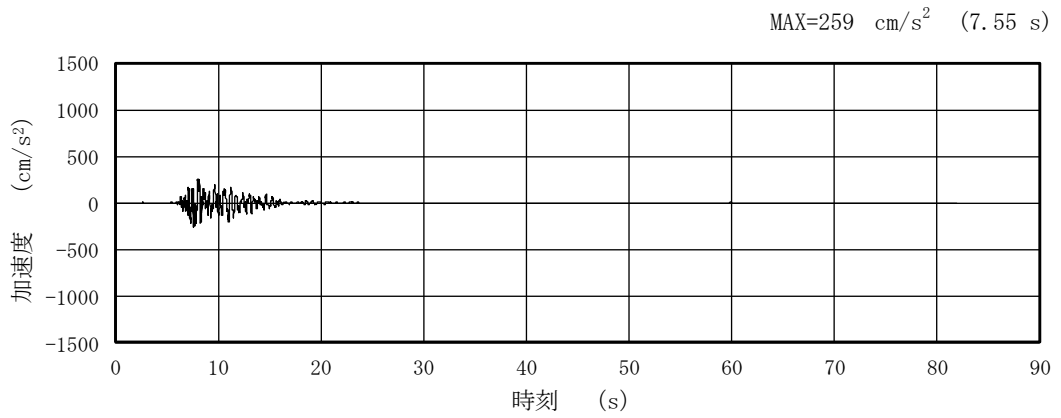


(a) 加速度時刻歴波形

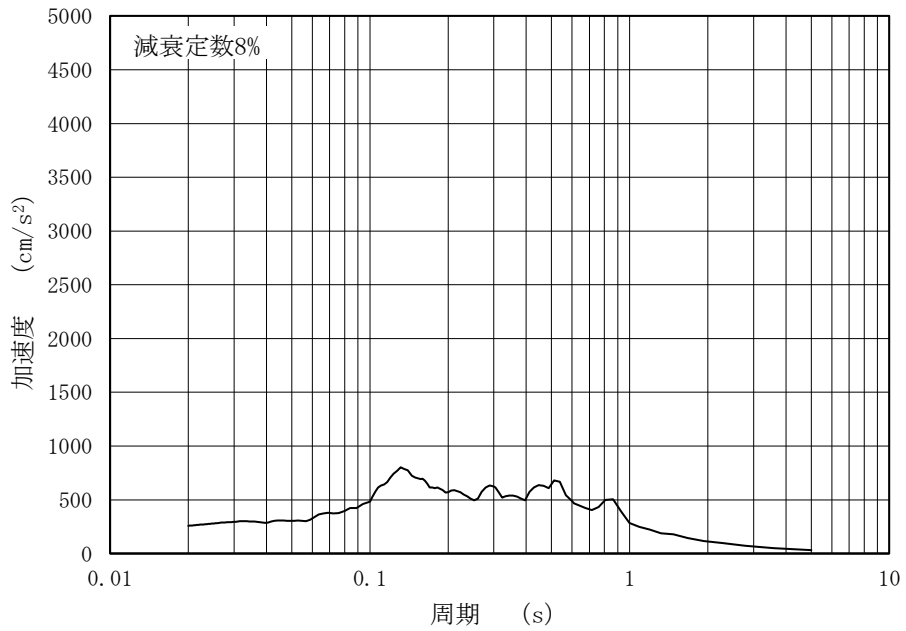


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-88 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直成分：S s-D，第2保管エリア⑥，長辺方向断面)

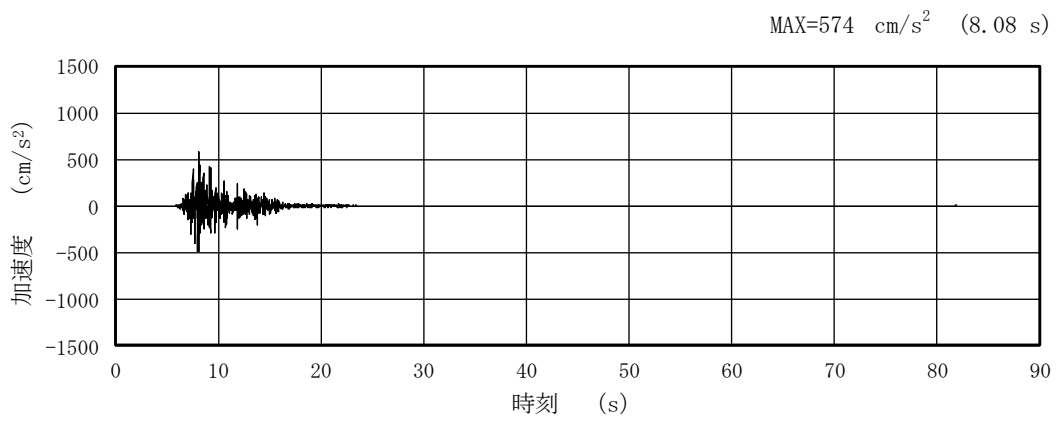


(a) 加速度時刻歴波形

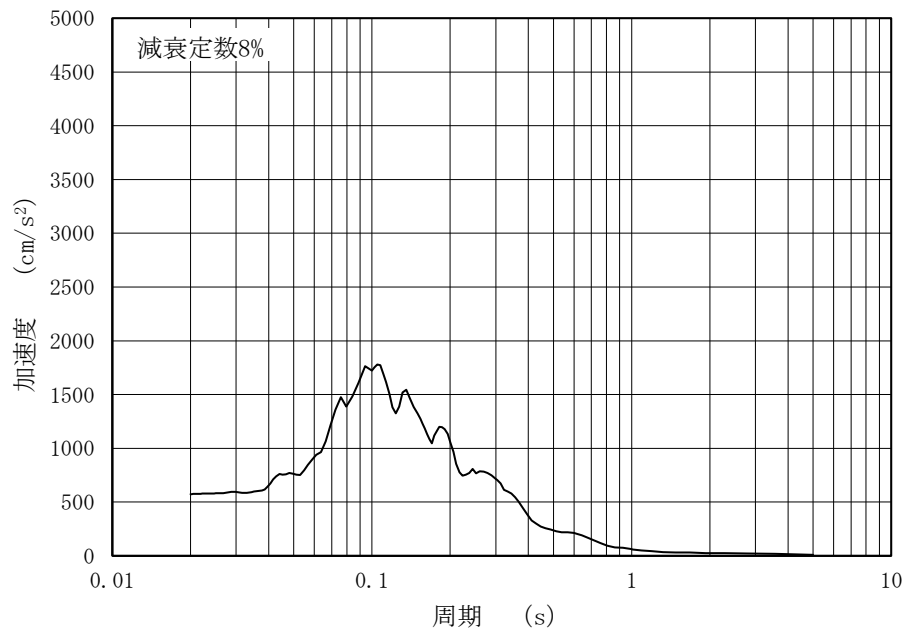


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-89 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (水平成分：S s - F 1, 第 2 保管エリア⑥, 長辺方向断面)

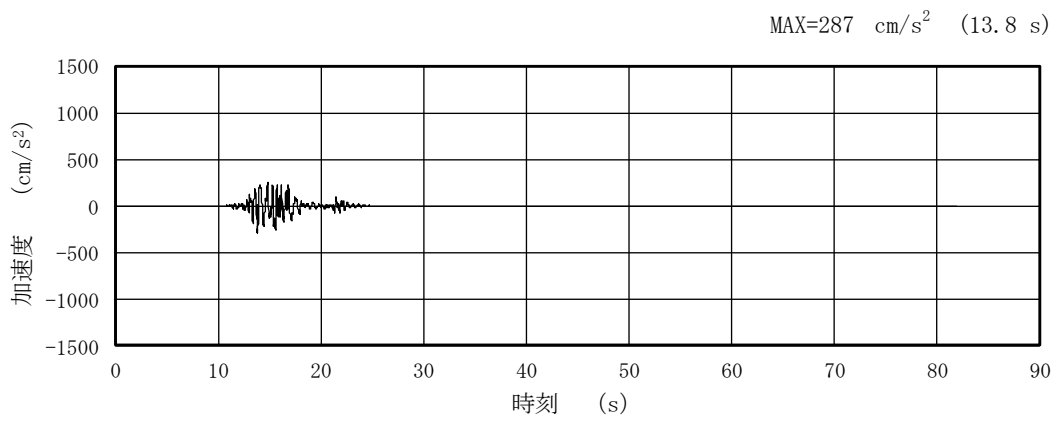


(a) 加速度時刻歴波形

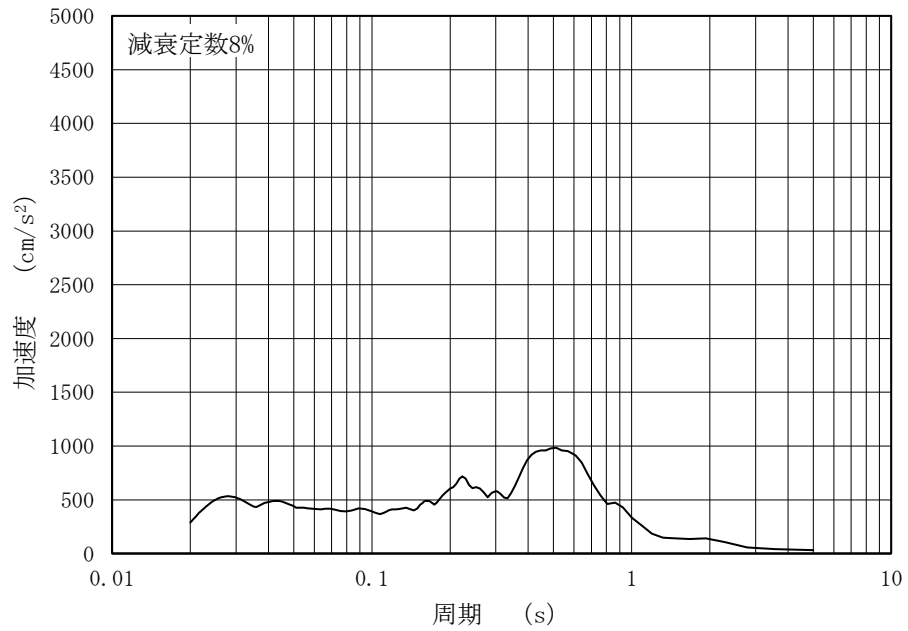


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-90 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (鉛直成分：S s - F 1, 第 2 保管エリア⑥, 長辺方向断面)

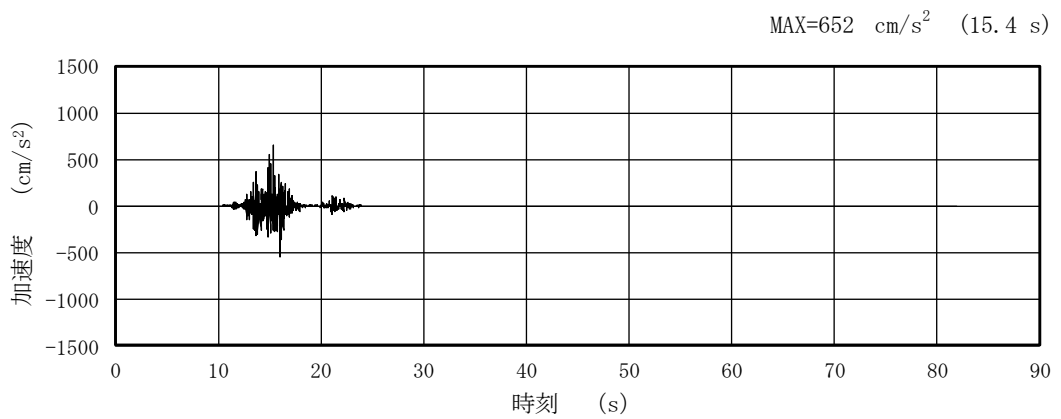


(a) 加速度時刻歴波形

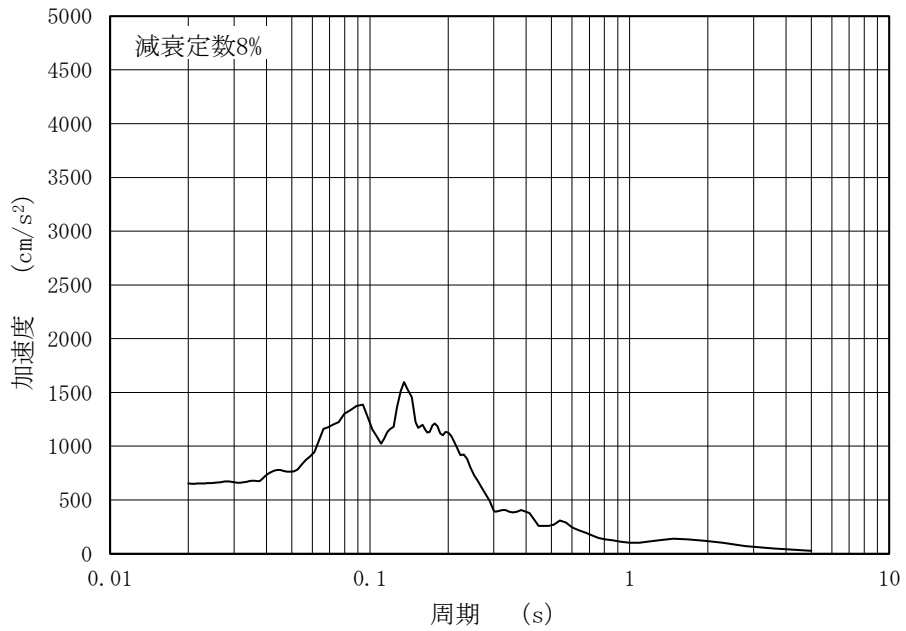


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-91 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (水平成分 : S s - F 2, 第 2 保管エリア⑥, 長辺方向断面)

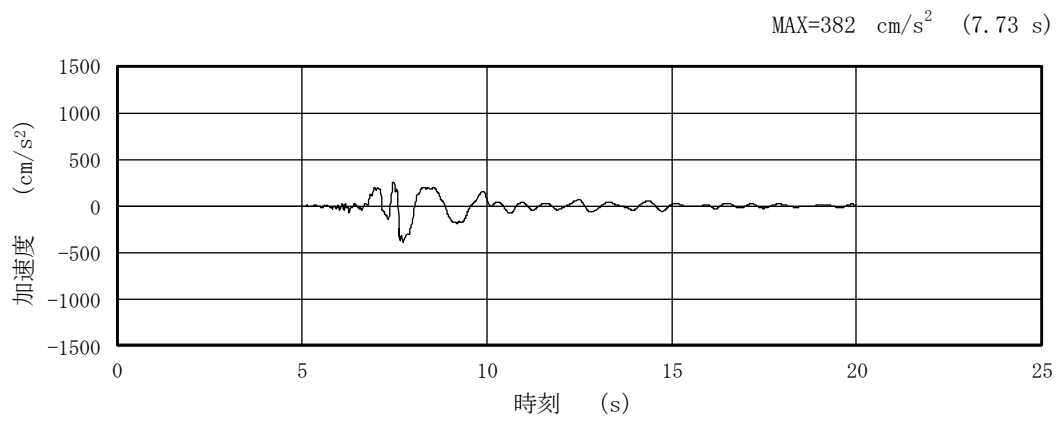


(a) 加速度時刻歴波形

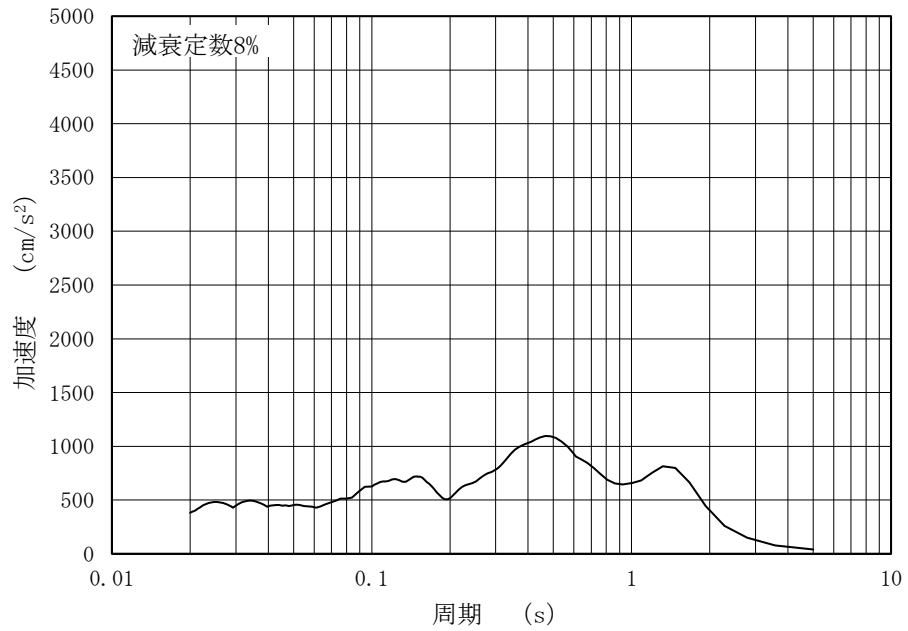


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-92 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (鉛直成分：S s - F 2，第 2 保管エリア⑥，長辺方向断面)

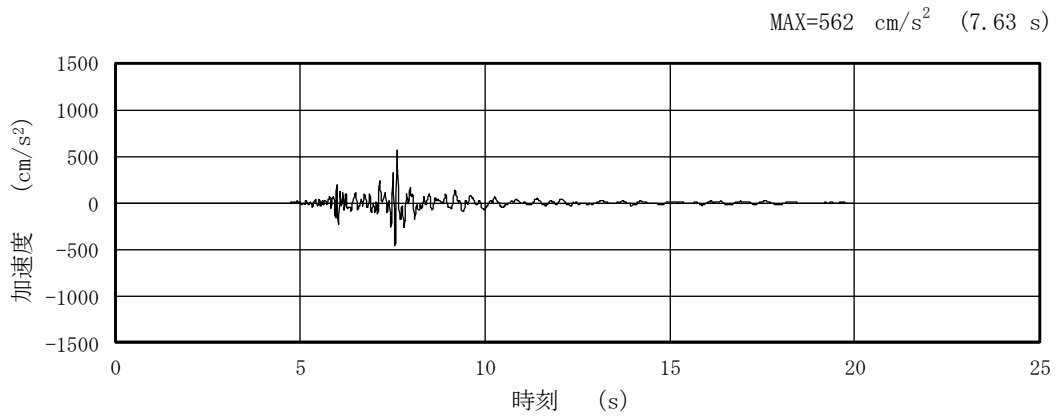


(a) 加速度時刻歴波形

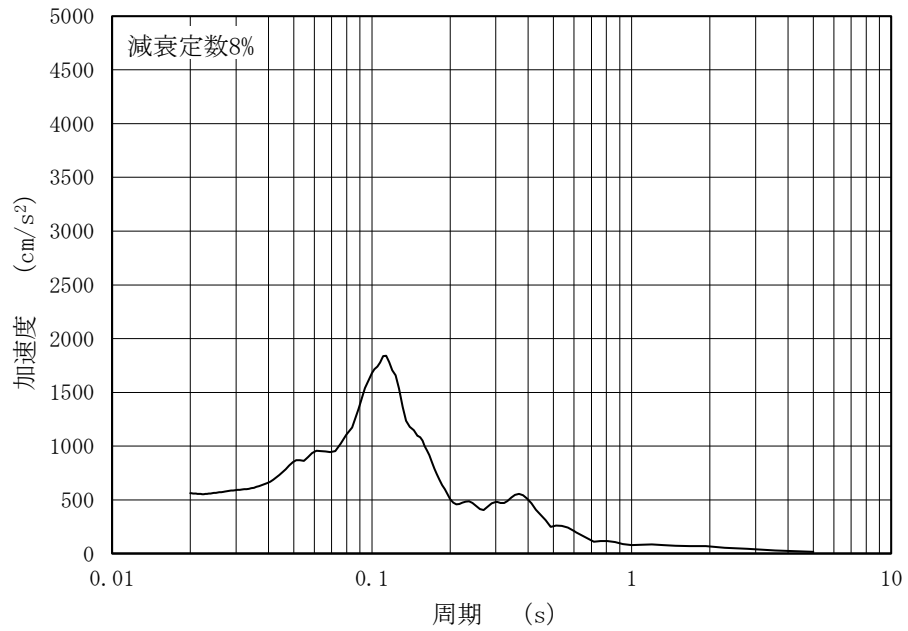


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-93 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (水平成分：S s - N 1，第 2 保管エリア⑥，長辺方向断面)

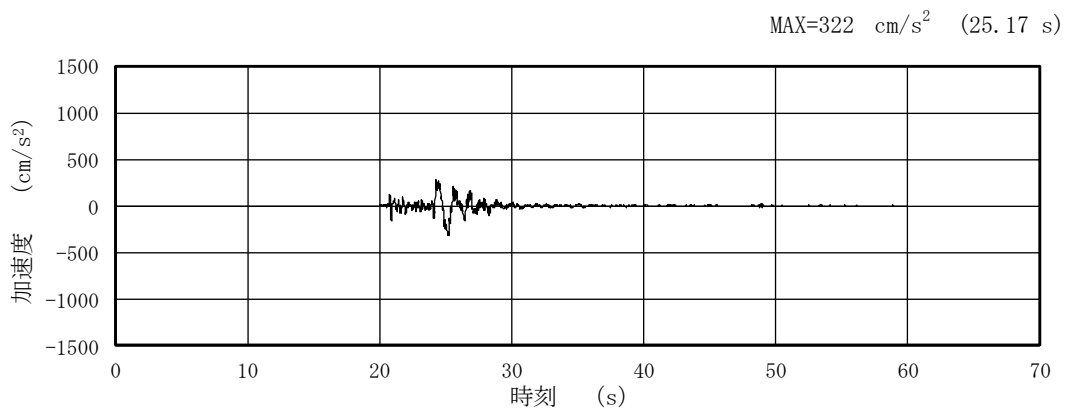


(a) 加速度時刻歴波形

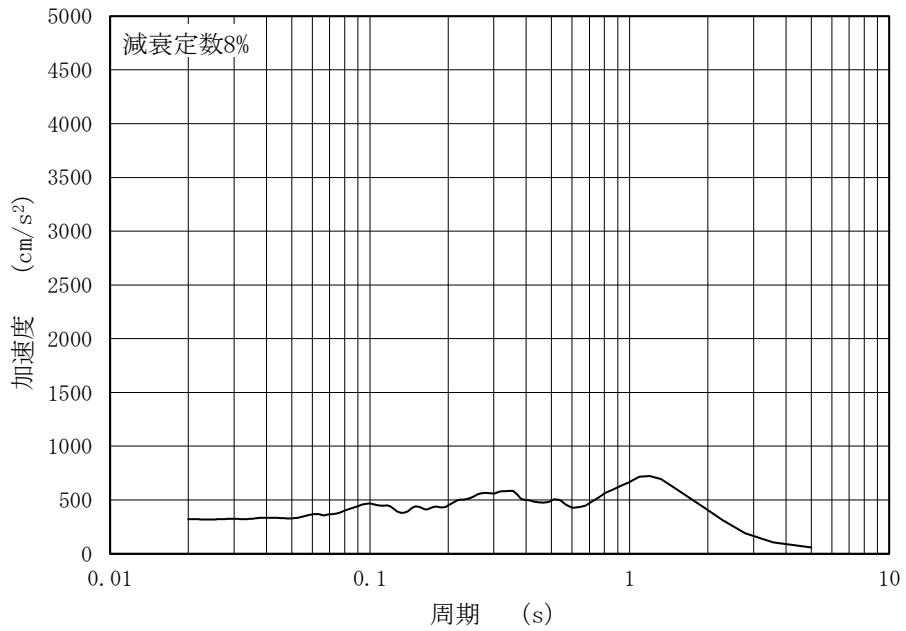


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-94 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (鉛直成分：S s - N 1，第 2 保管エリア⑥，長辺方向断面)

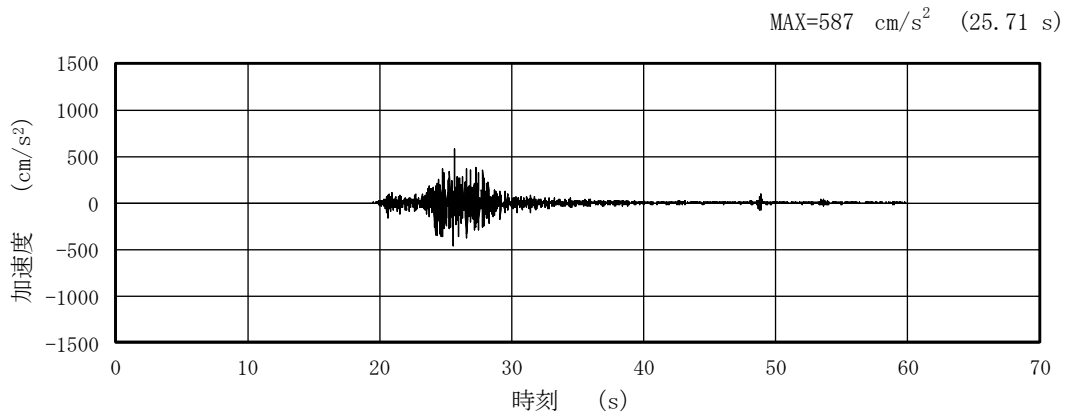


(a) 加速度時刻歴波形

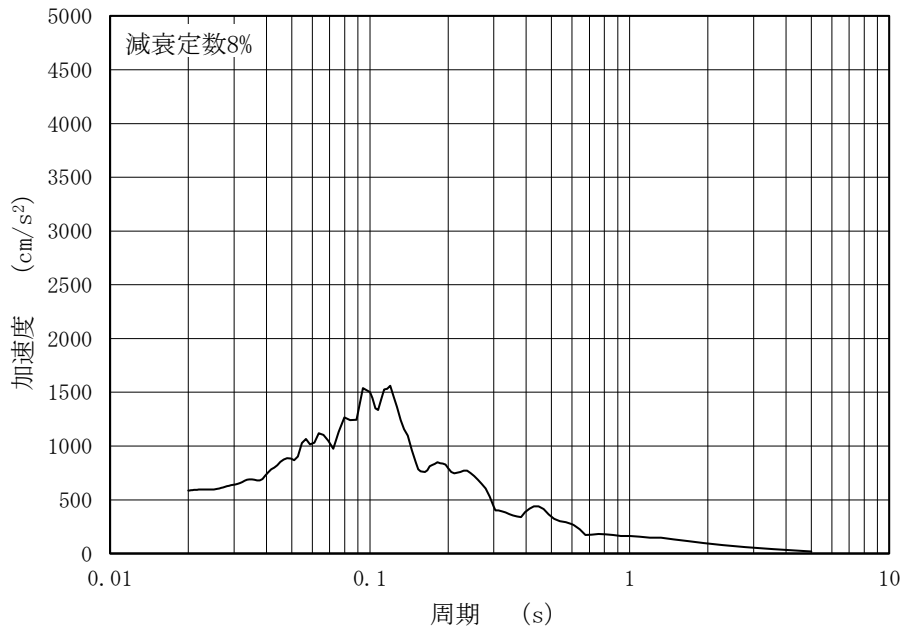


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-95 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (水平成分：S s - N 2 (N S)，第 2 保管エリア⑥，長辺方向断面)

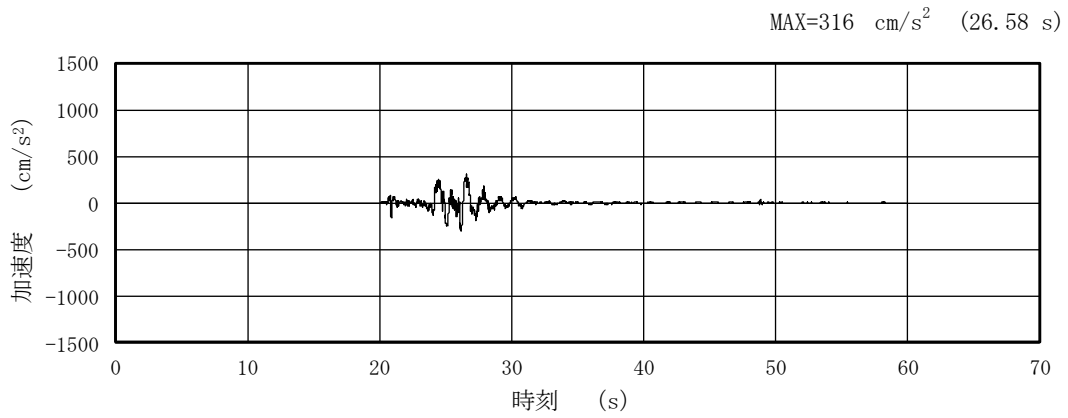


(a) 加速度時刻歴波形

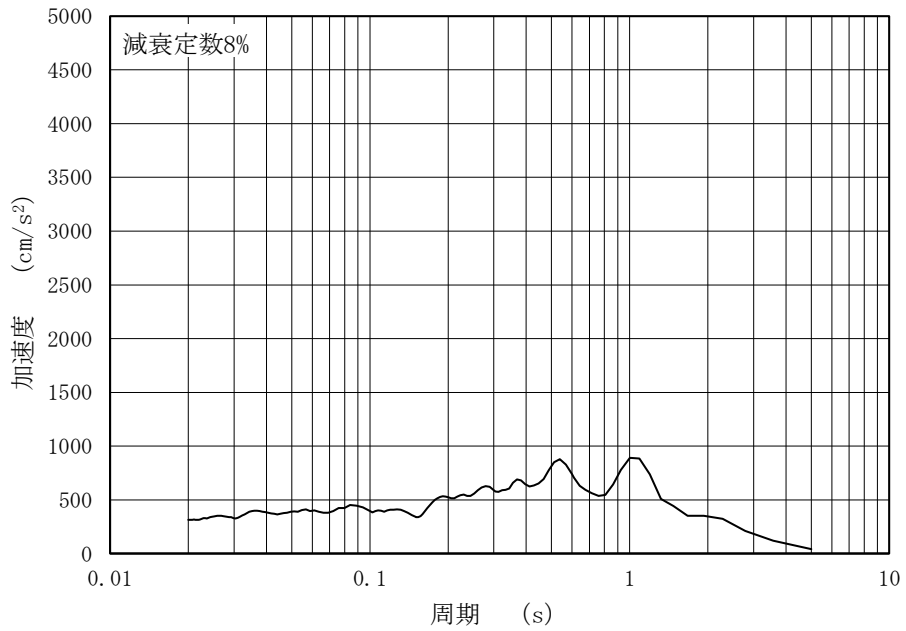


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-96 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (鉛直成分：S s - N 2 (N S)，第 2 保管エリア⑥，長辺方向断面)

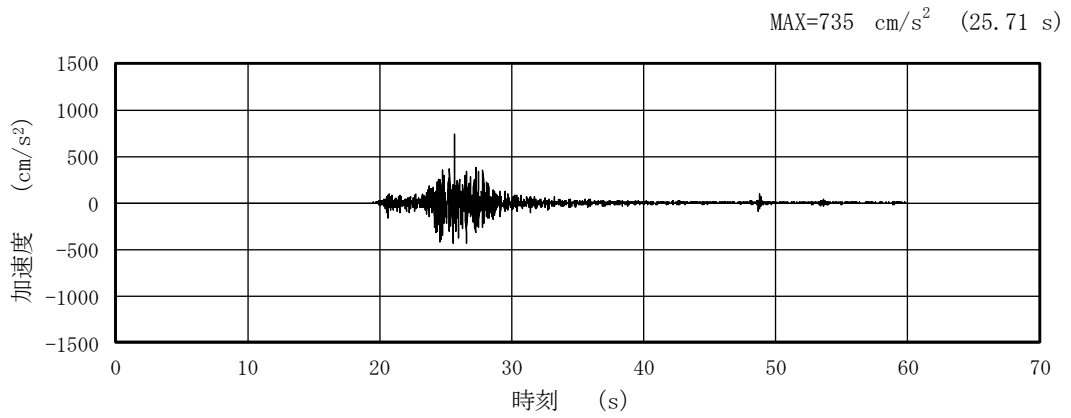


(a) 加速度時刻歴波形

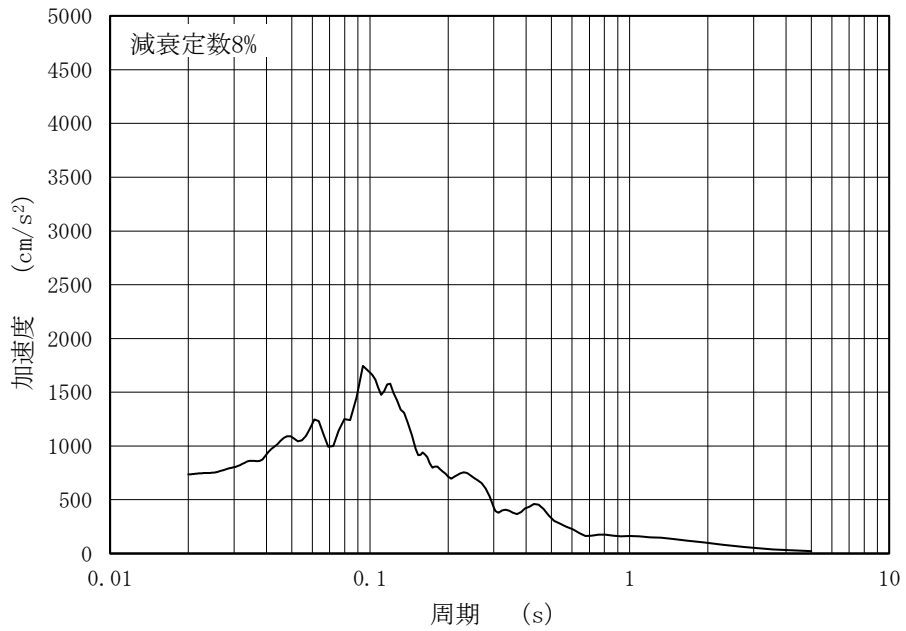


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-97 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平成分：S s - N 2 (EW)，第 2 保管エリア⑥，長辺方向断面)

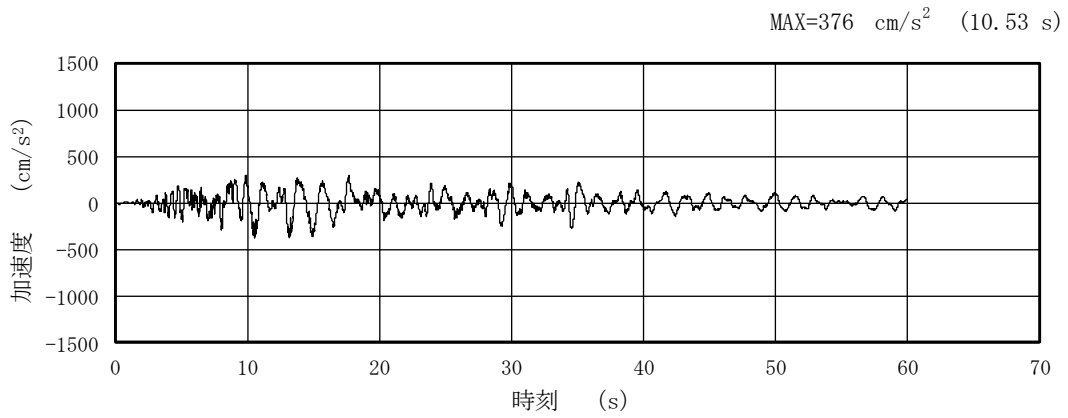


(a) 加速度時刻歴波形

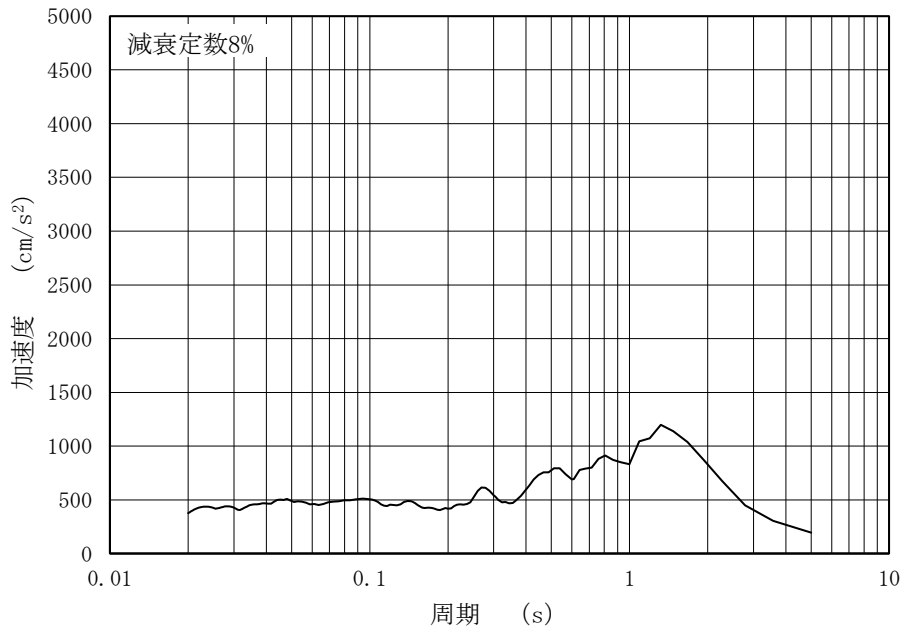


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-98 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直成分：S s - N 2 (EW)，第 2 保管エリア⑥，長辺方向断面)

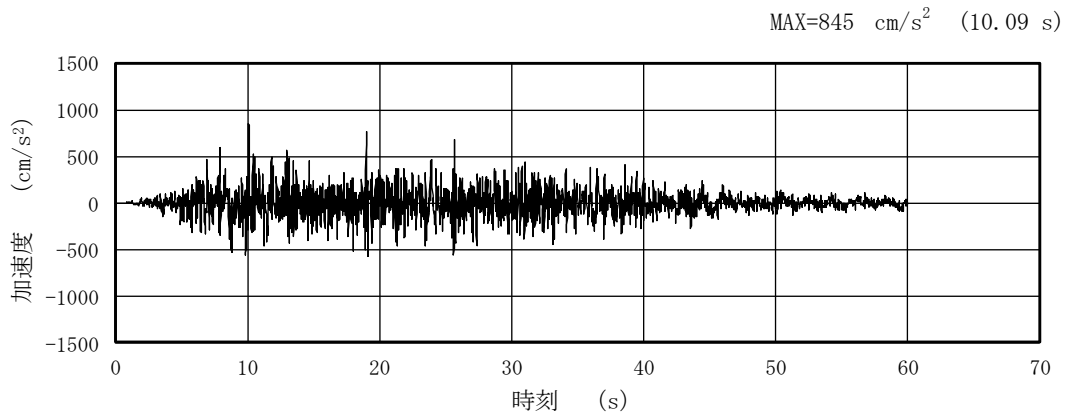


(a) 加速度時刻歴波形

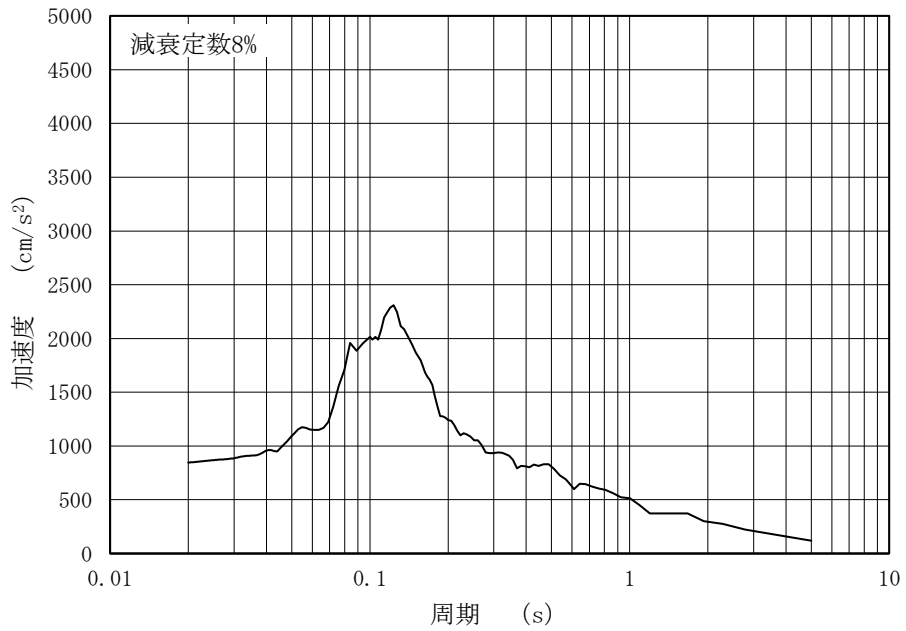


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-99 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平成分：S s -D，第 2 保管エリア⑦，長辺方向断面)

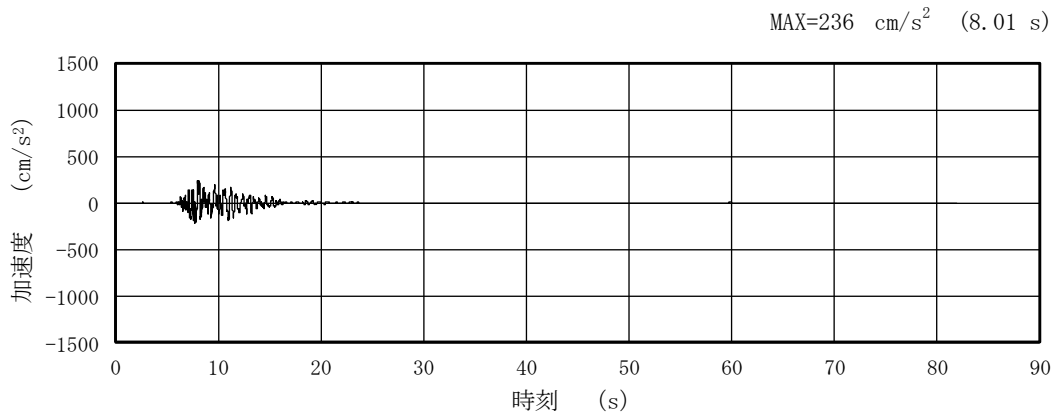


(a) 加速度時刻歴波形

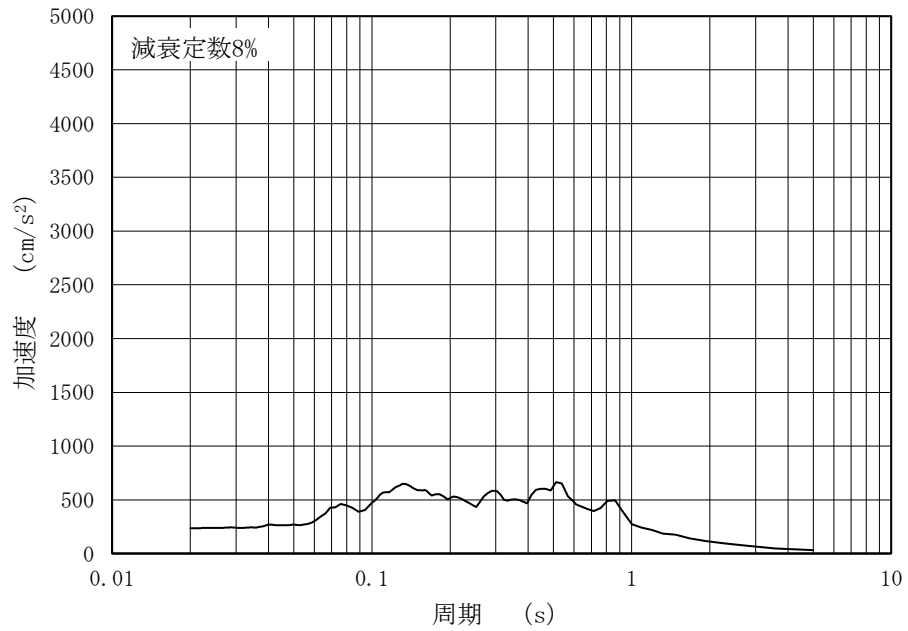


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-100 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直成分：S s-D，第2保管エリア⑦，長辺方向断面)

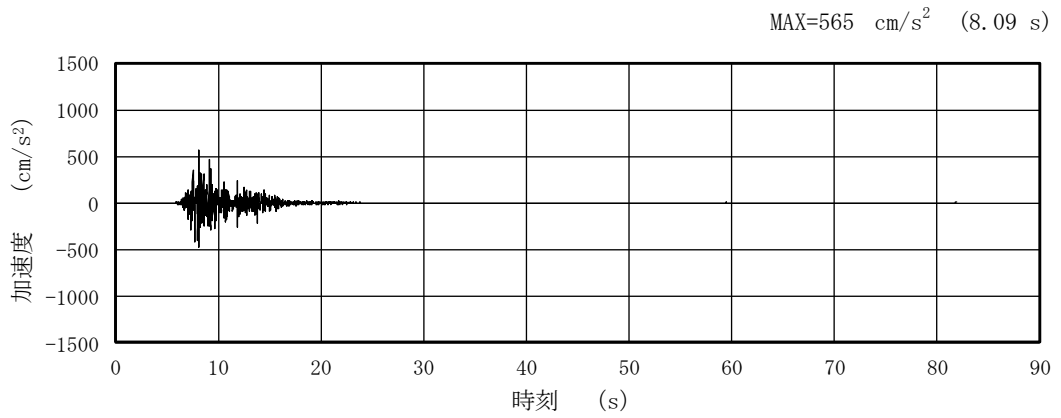


(a) 加速度時刻歴波形

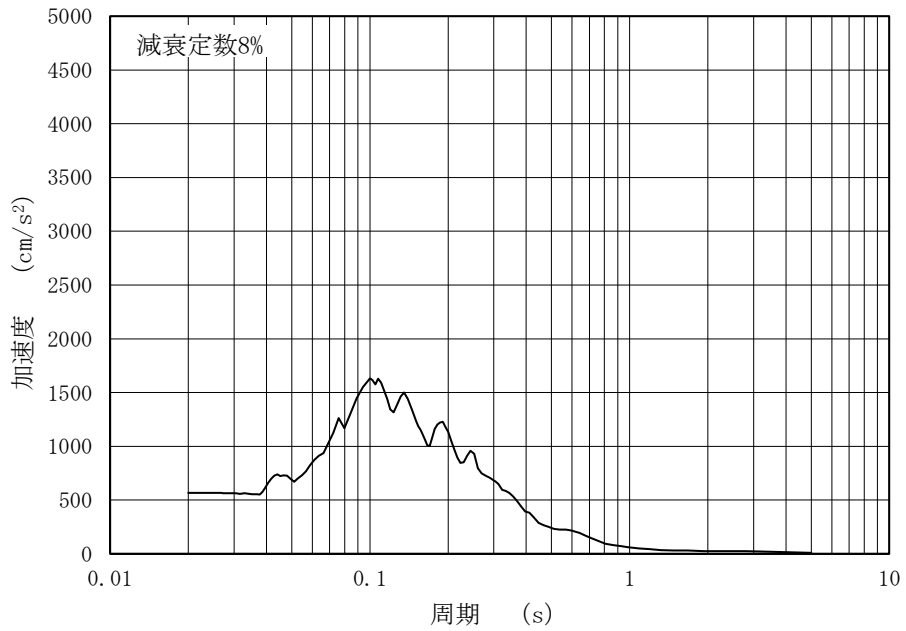


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-101 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (水平成分 : S s - F 1, 第 2 保管エリア⑦, 長辺方向断面)

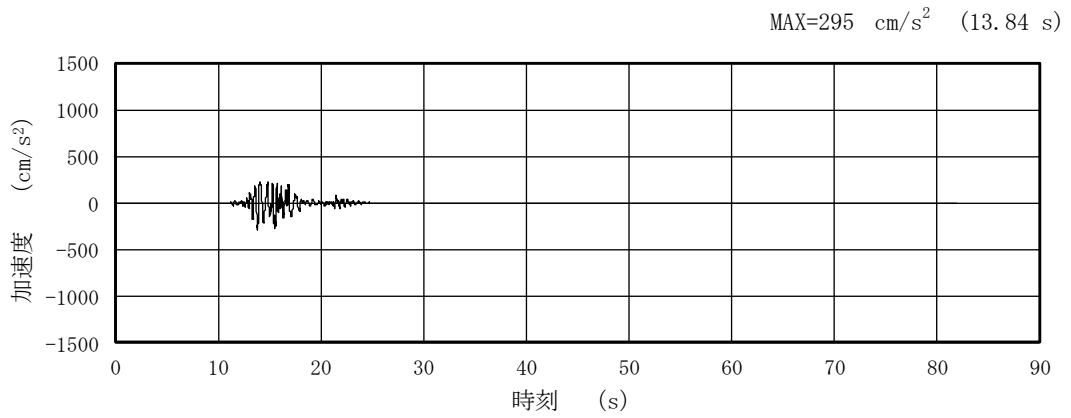


(a) 加速度時刻歴波形

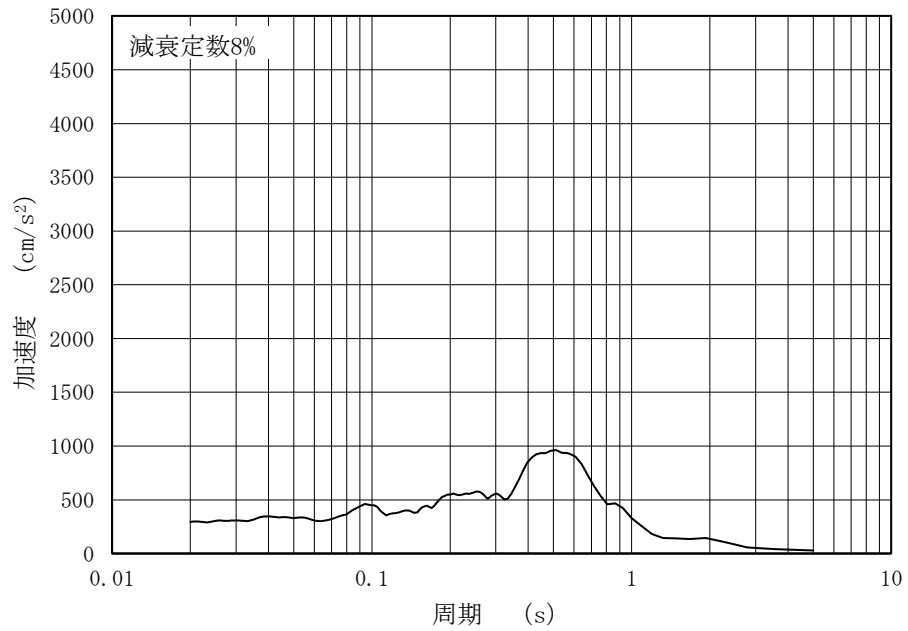


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-102 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (鉛直成分：S s - F 1，第2保管エリア⑦，長辺方向断面)

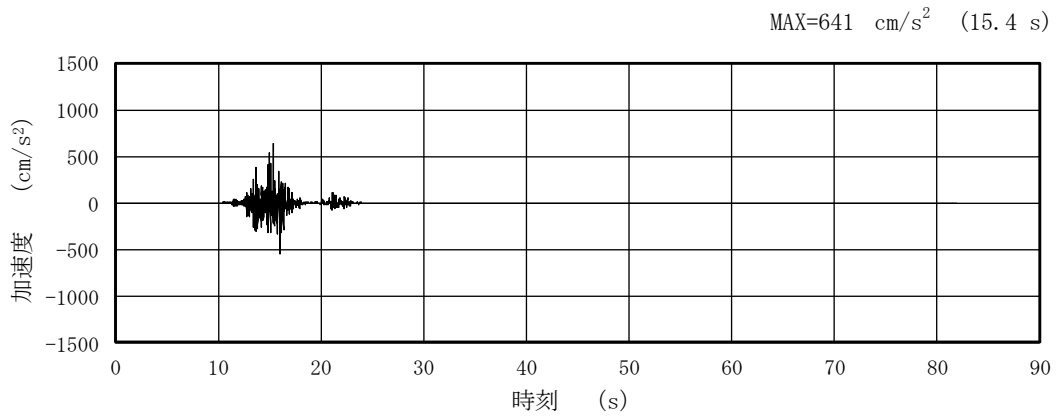


(a) 加速度時刻歴波形

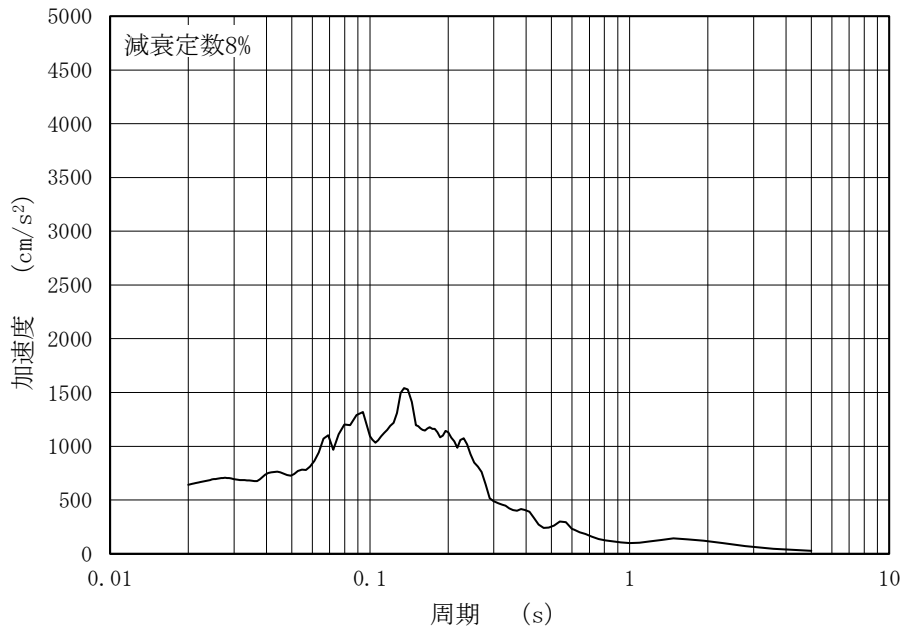


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-103 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (水平成分 : S s - F 2, 第 2 保管エリア⑦, 長辺方向断面)

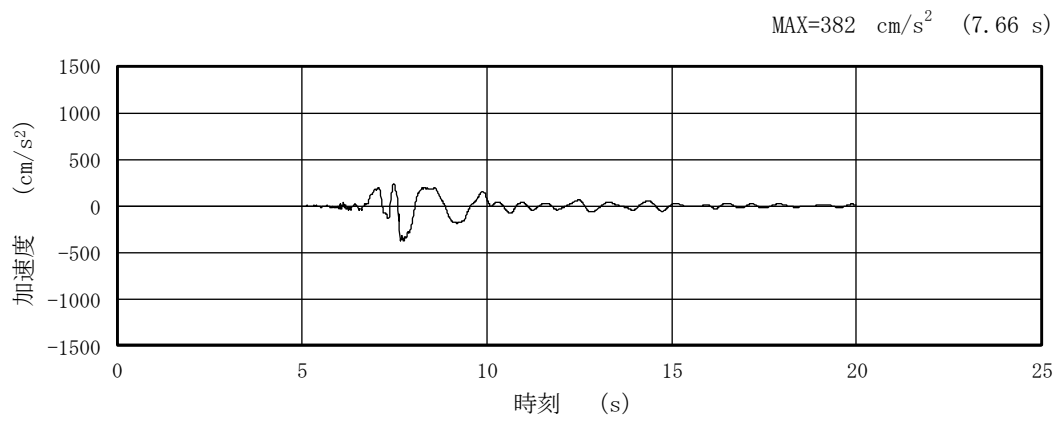


(a) 加速度時刻歴波形

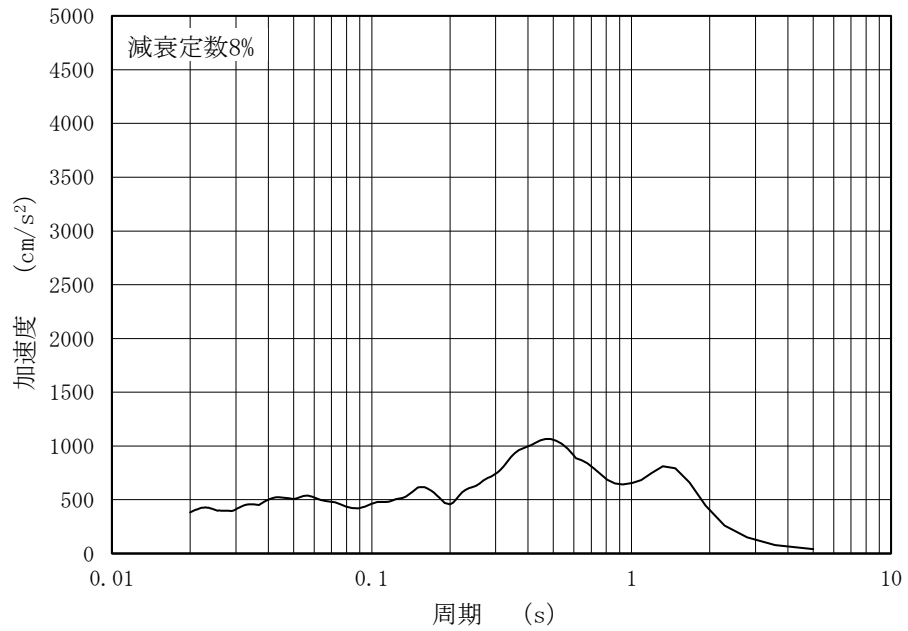


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-104 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (鉛直成分：S s - F 2，第 2 保管エリア⑦，長辺方向断面)

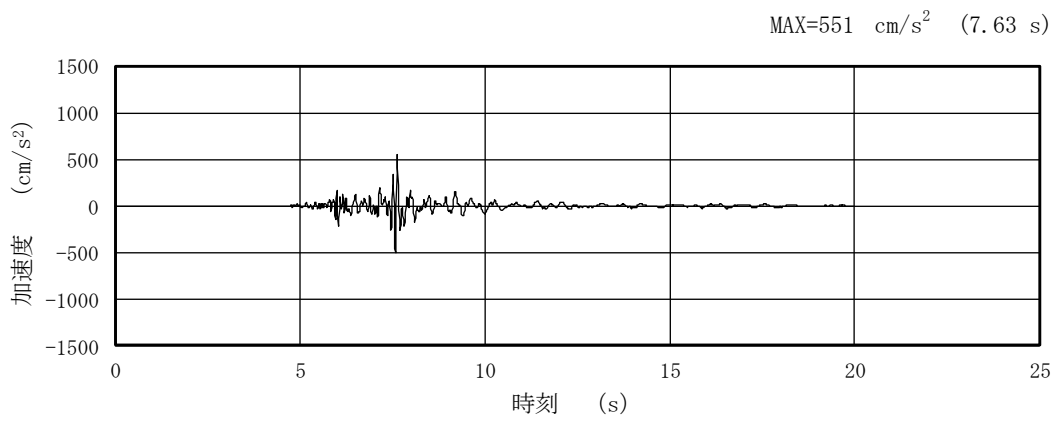


(a) 加速度時刻歴波形

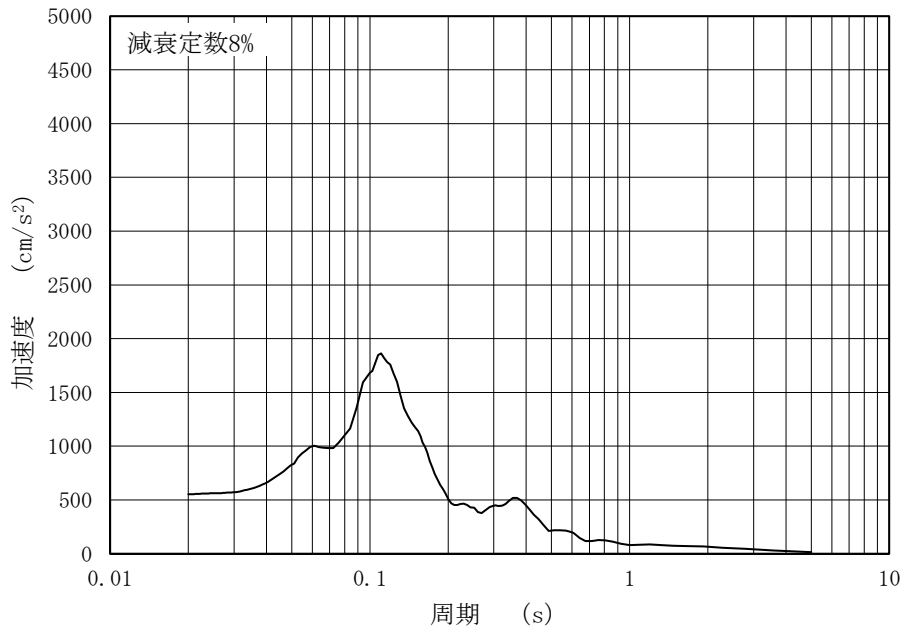


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-105 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (水平成分：S s - N 1，第 2 保管エリア⑦，長辺方向断面)

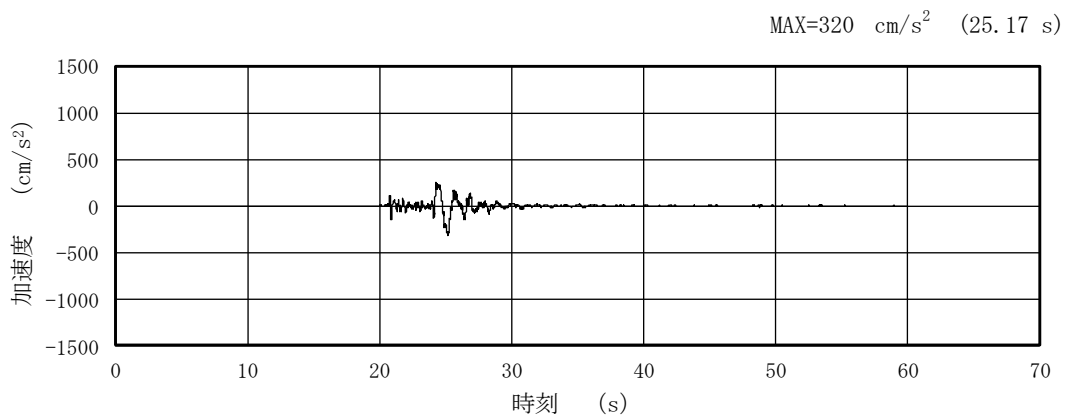


(a) 加速度時刻歴波形

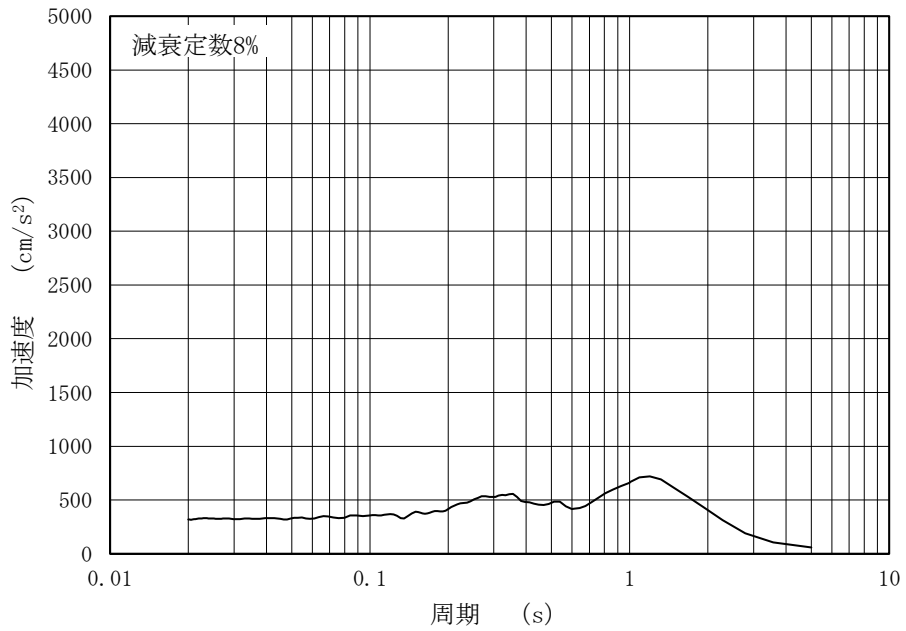


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-106 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (鉛直成分：S s - N 1，第 2 保管エリア⑦，長辺方向断面)

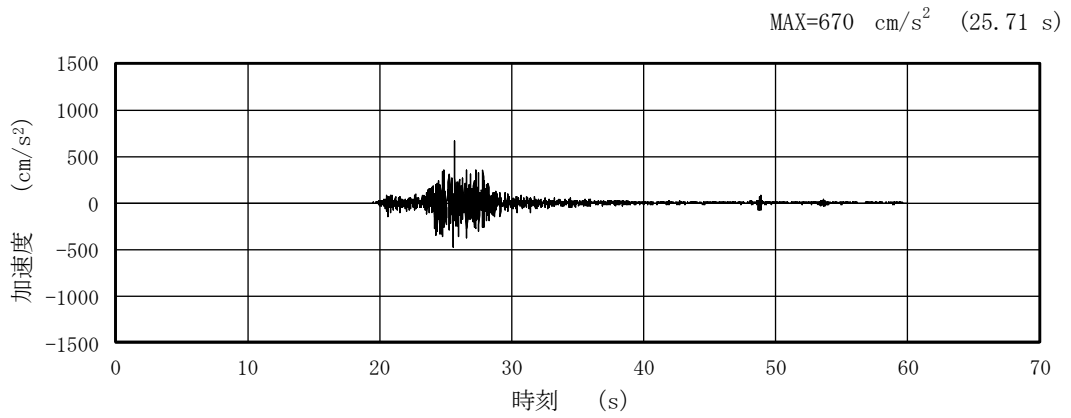


(a) 加速度時刻歴波形

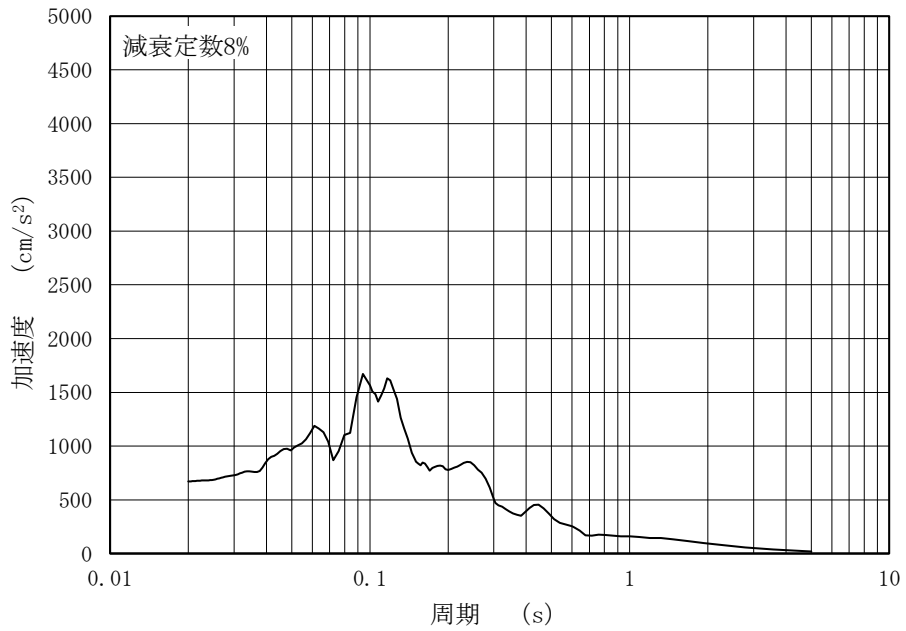


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-107 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (水平成分 : S s - N 2 (N S), 第 2 保管エリア⑦, 長辺方向断面)

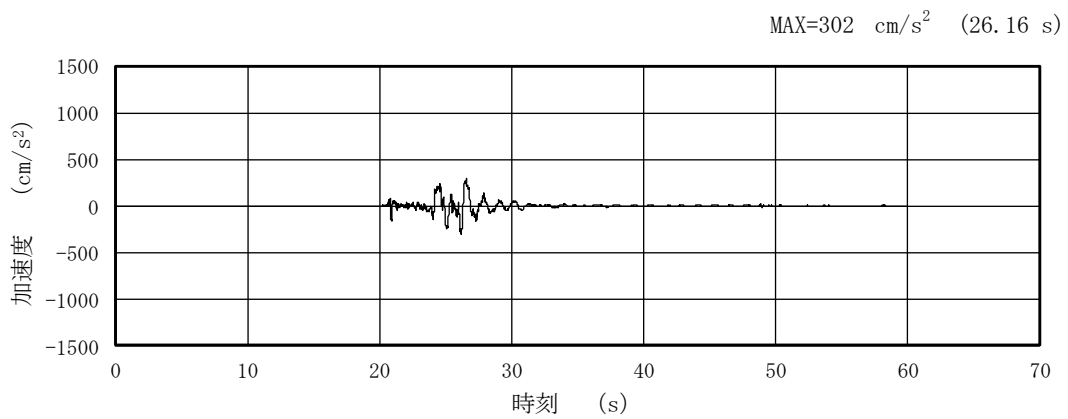


(a) 加速度時刻歴波形

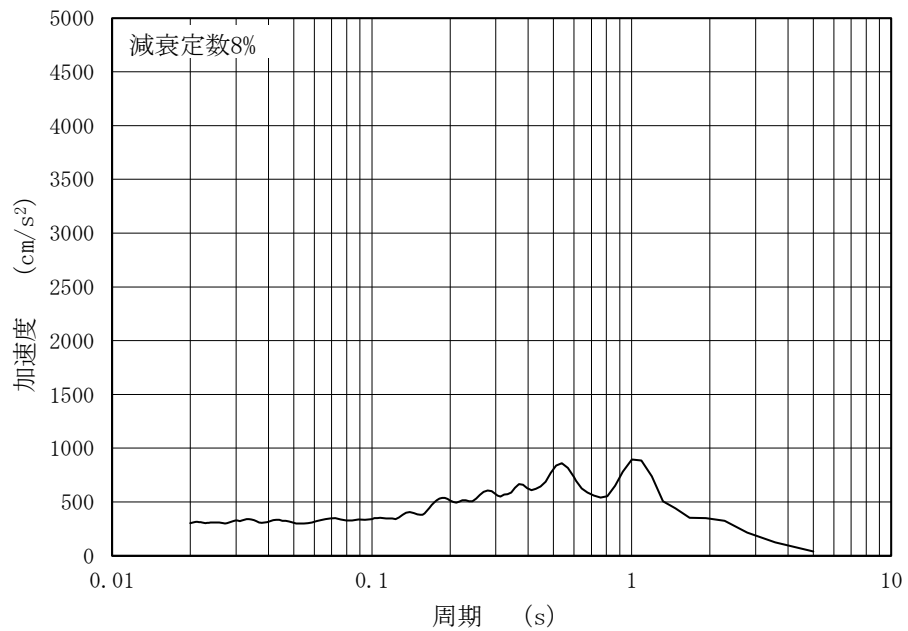


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-108 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (鉛直成分：S s - N 2 (N S)，第 2 保管エリア⑦，長辺方向断面)

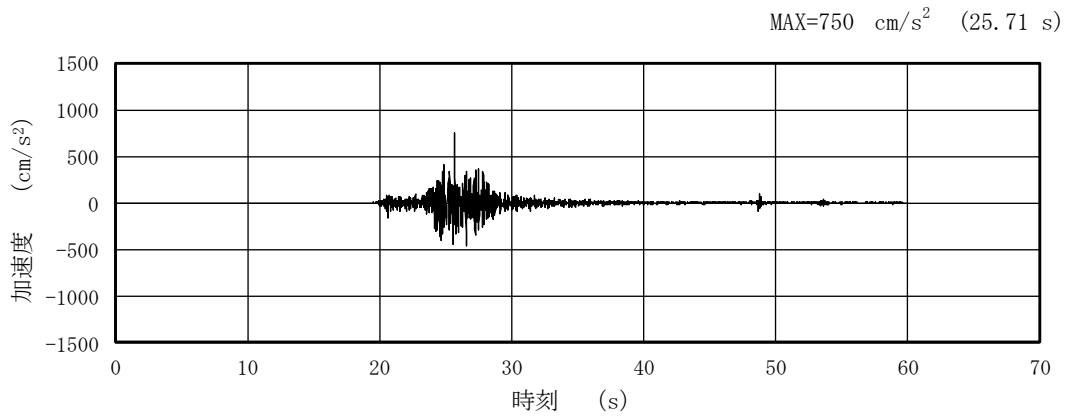


(a) 加速度時刻歴波形

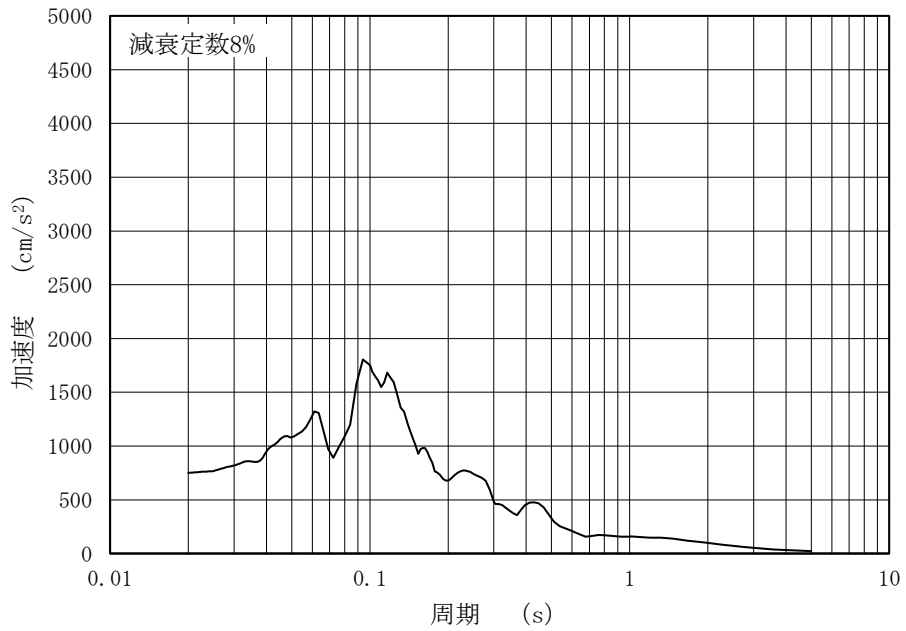


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-109 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (水平成分：S s - N 2 (EW)，第 2 保管エリア⑦，長辺方向断面)

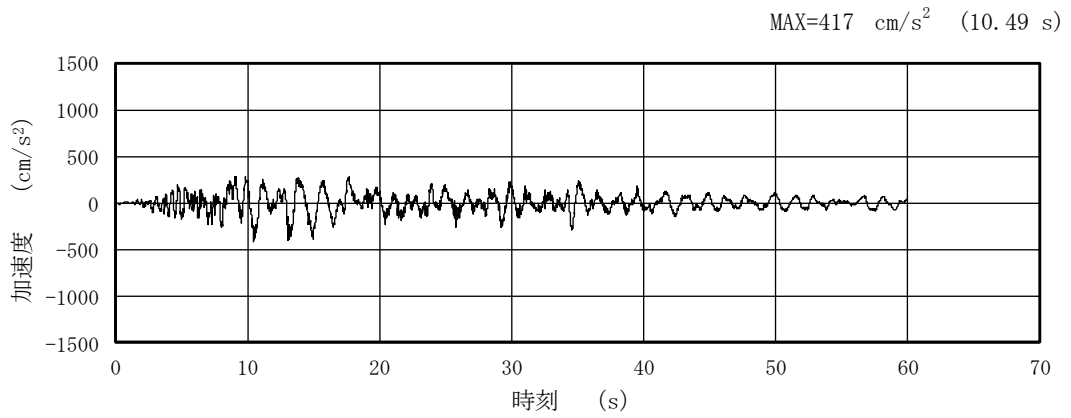


(a) 加速度時刻歴波形

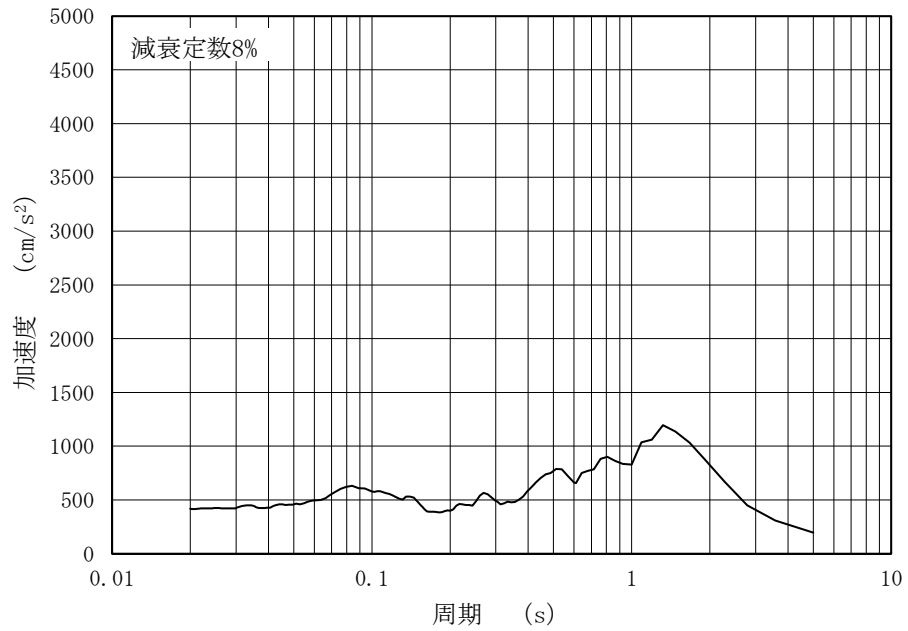


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-110 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (鉛直成分：S s - N 2 (EW)，第 2 保管エリア⑦，長辺方向断面)

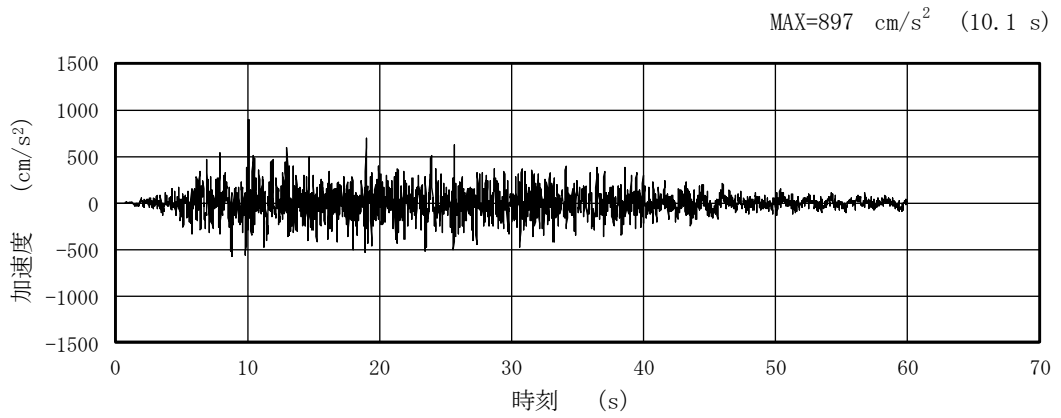


(a) 加速度時刻歴波形

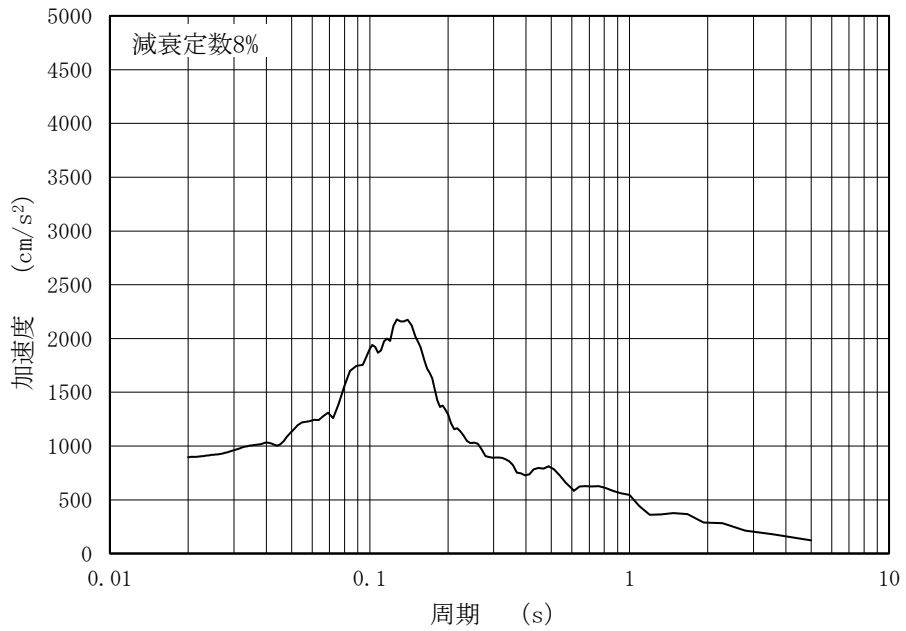


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-111 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平成分：S s - D，第 2 保管エリア⑧，長辺方向断面)

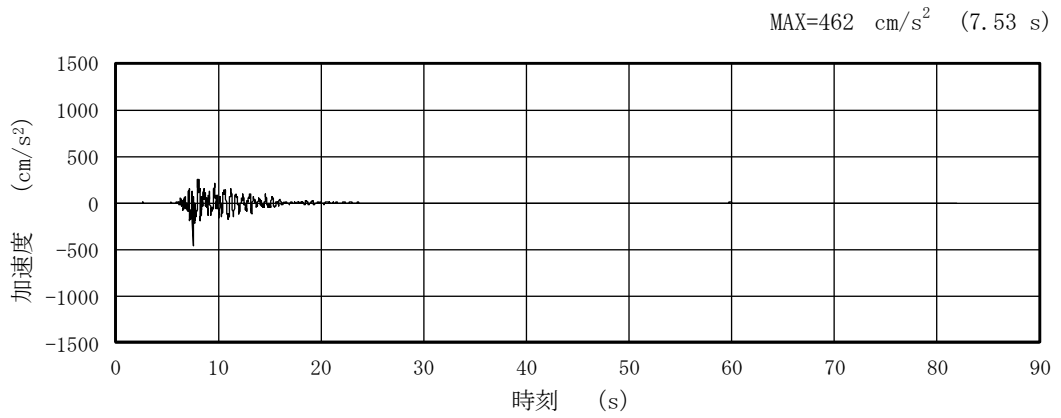


(a) 加速度時刻歴波形

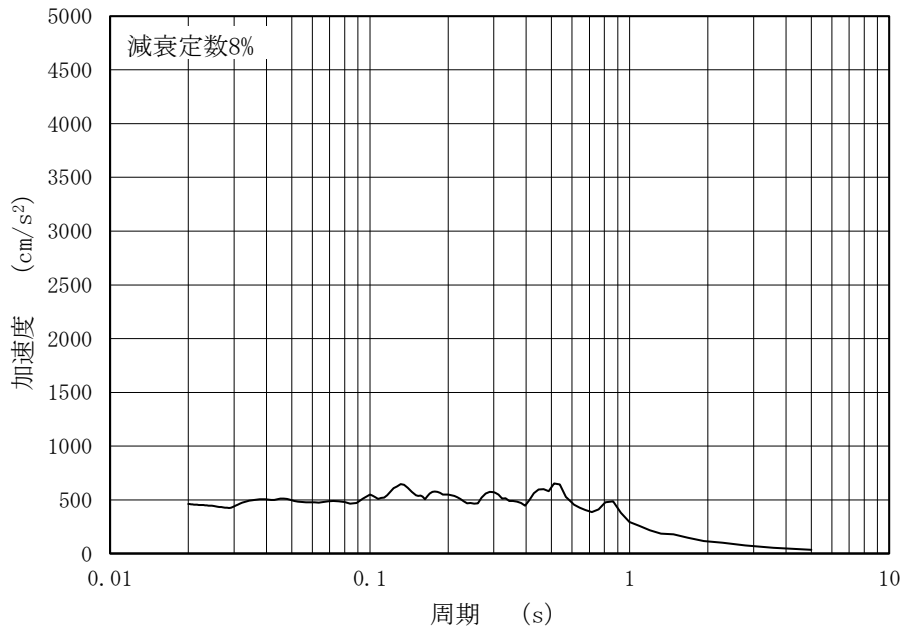


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-112 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直成分：S s-D，第 2 保管エリア⑧，長辺方向断面)

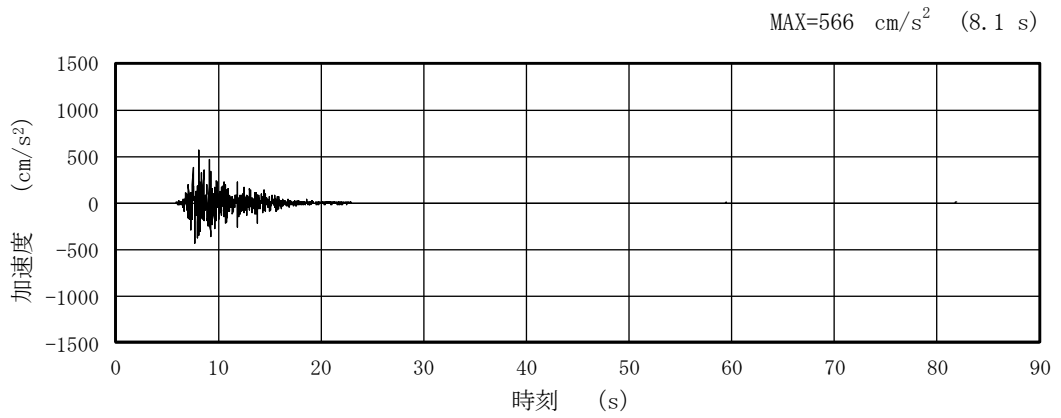


(a) 加速度時刻歴波形

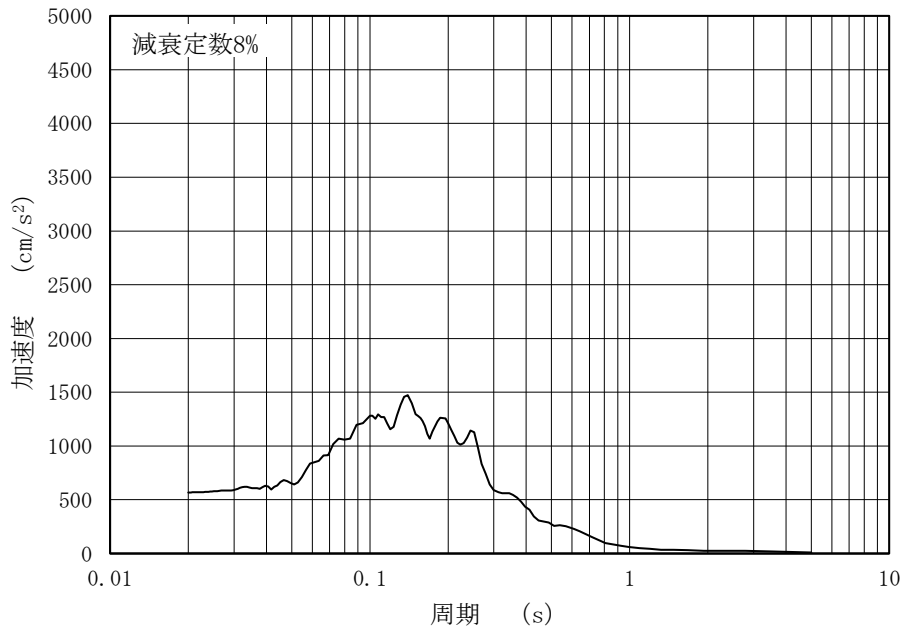


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-113 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (水平成分 : S s - F 1, 第 2 保管エリア⑧, 長辺方向断面)

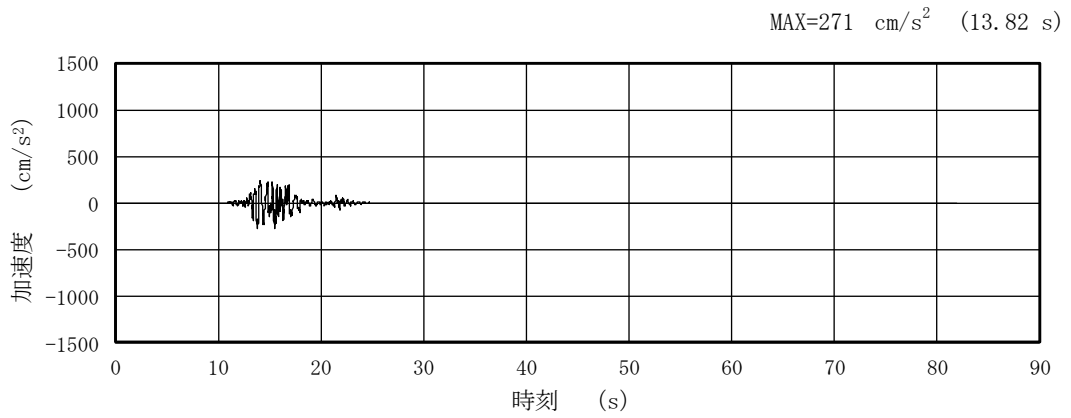


(a) 加速度時刻歴波形

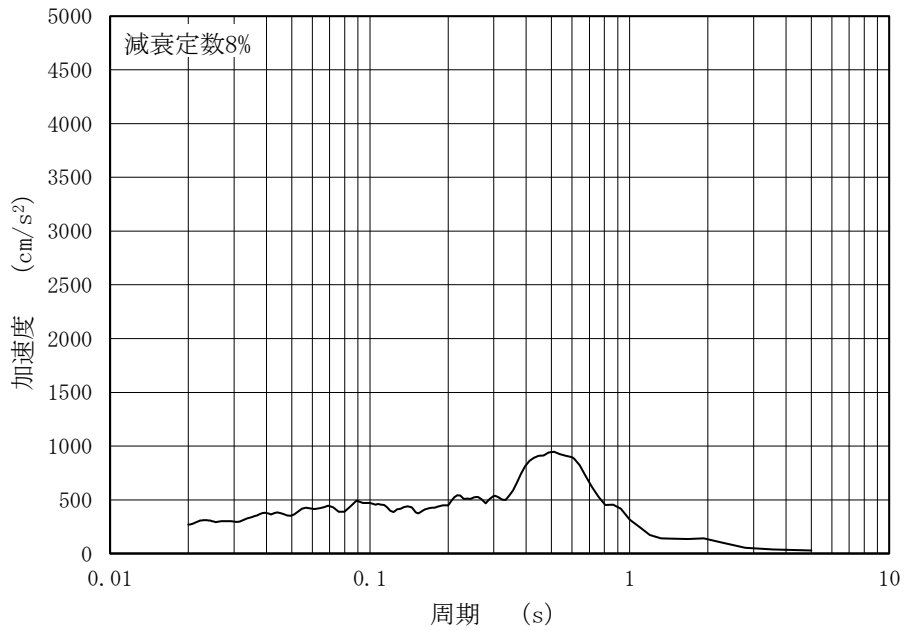


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-114 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (鉛直成分：S s - F 1，第 2 保管エリア⑧，長辺方向断面)

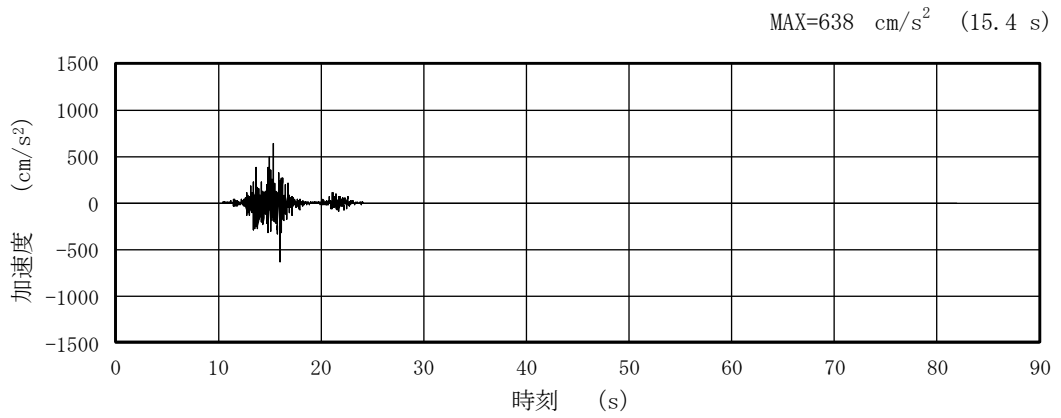


(a) 加速度時刻歴波形

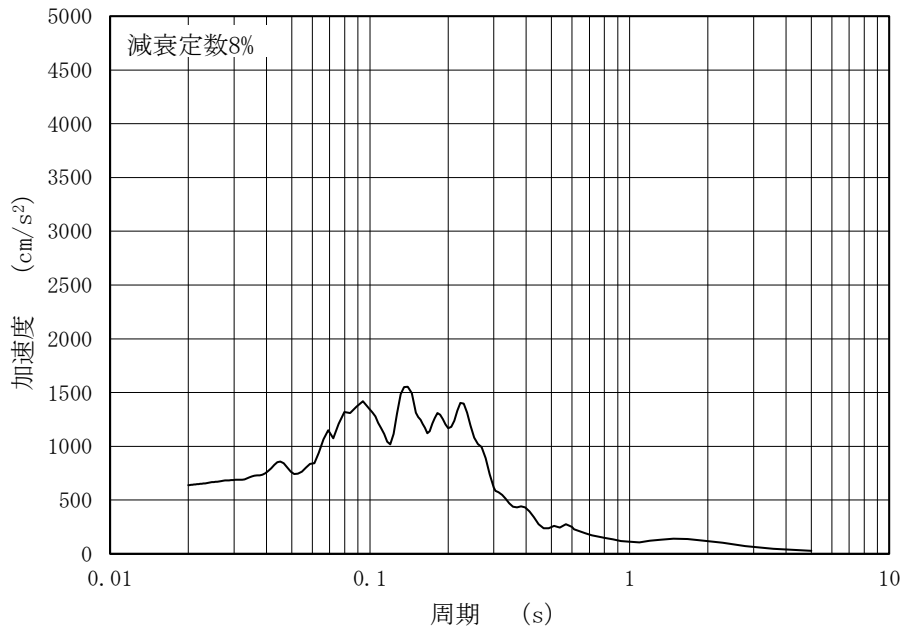


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-115 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (水平成分：S s - F 2, 第 2 保管エリア⑧, 長辺方向断面)

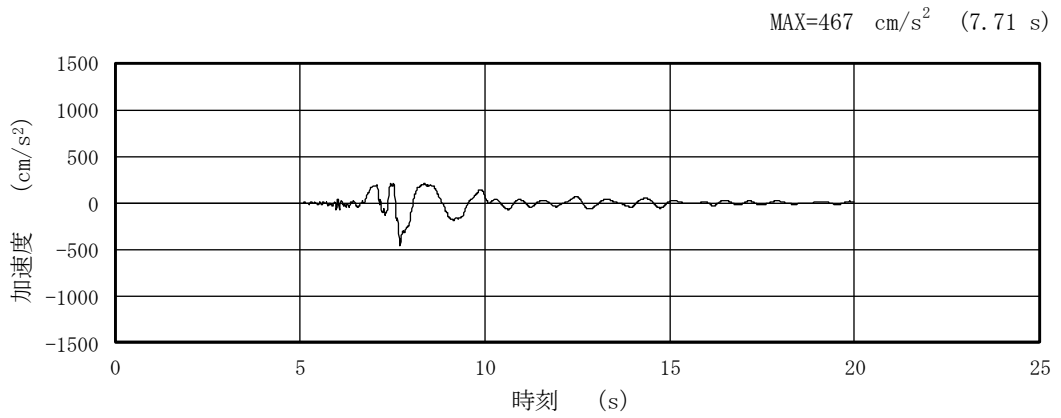


(a) 加速度時刻歴波形

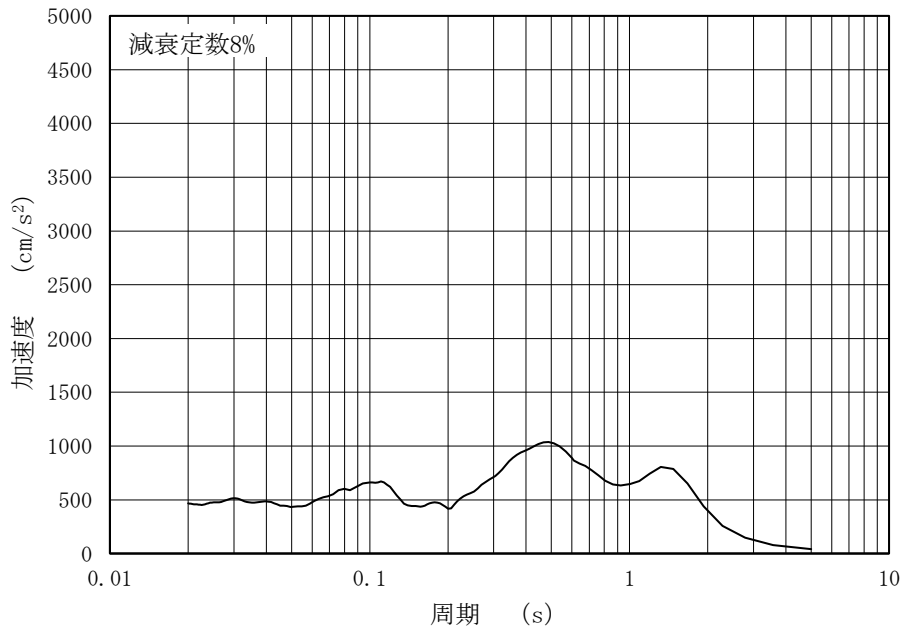


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-116 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (鉛直成分：S s - F 2，第2保管エリア⑧，長辺方向断面)

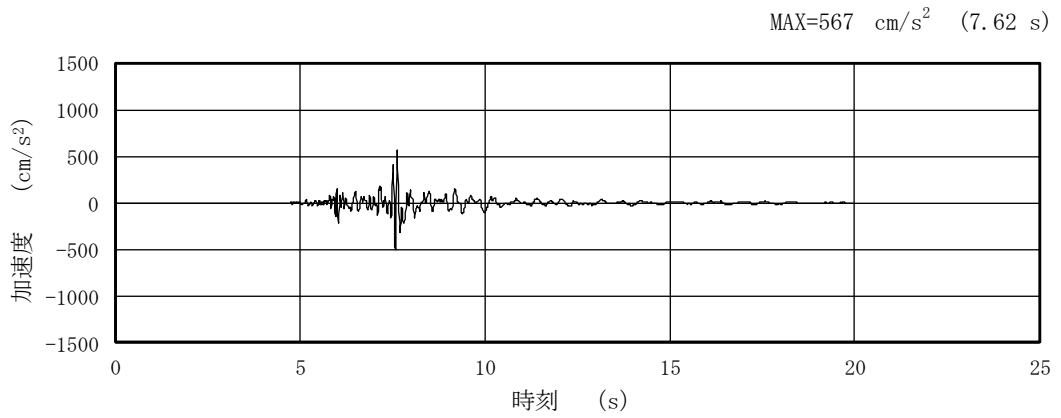


(a) 加速度時刻歴波形

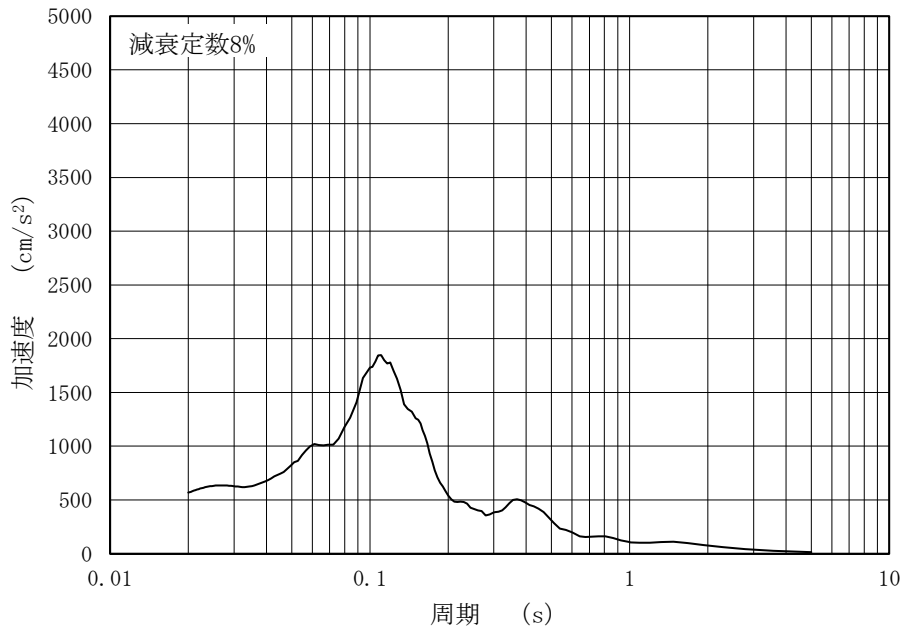


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-117 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (水平成分：S s - N 1，第 2 保管エリア⑧，長辺方向断面)

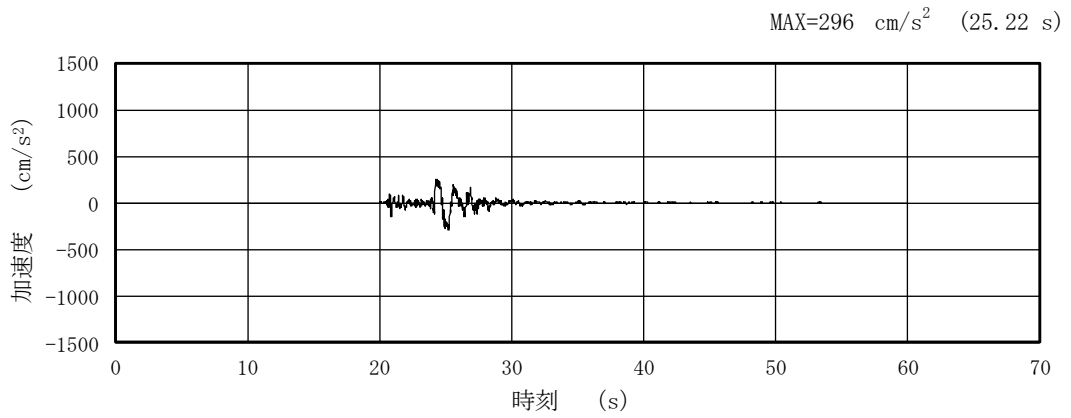


(a) 加速度時刻歴波形

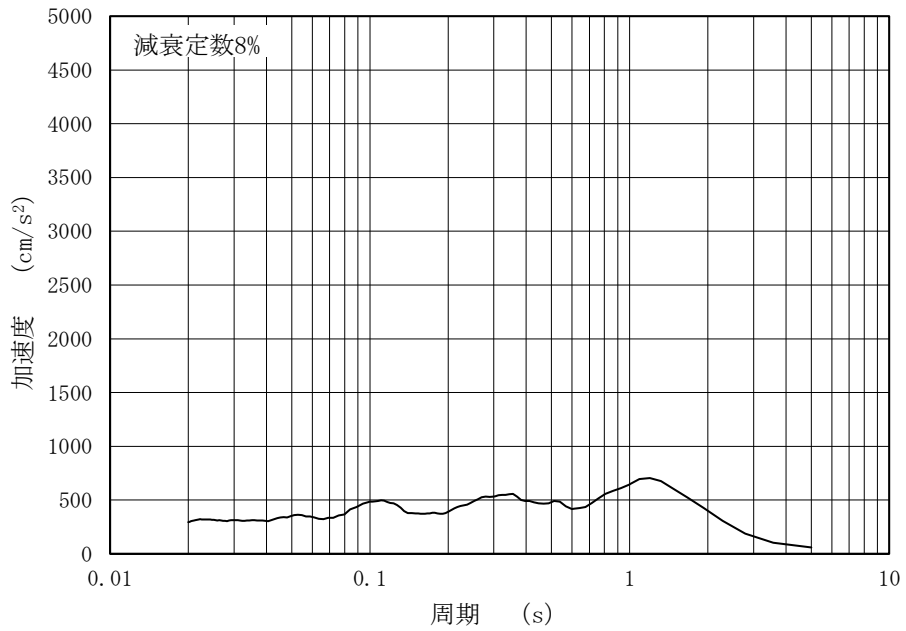


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-118 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (鉛直成分：S s - N 1，第 2 保管エリア⑧，長辺方向断面)

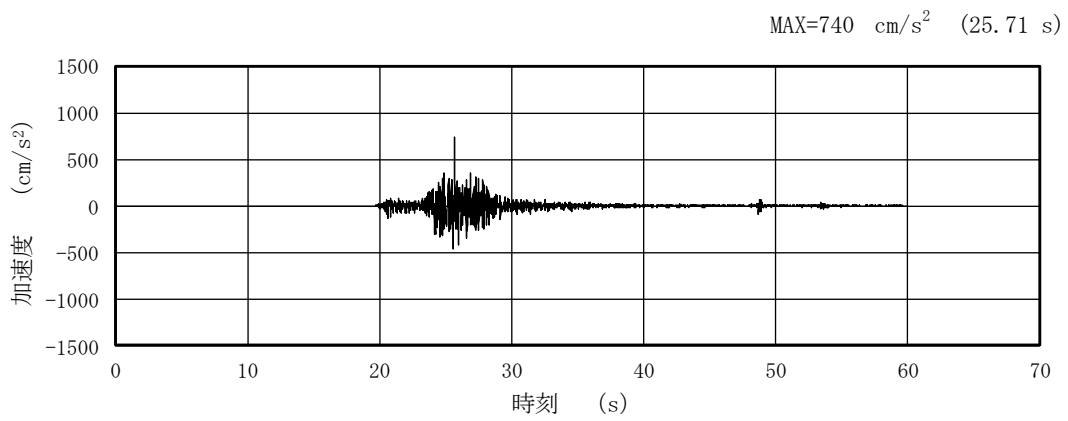


(a) 加速度時刻歴波形

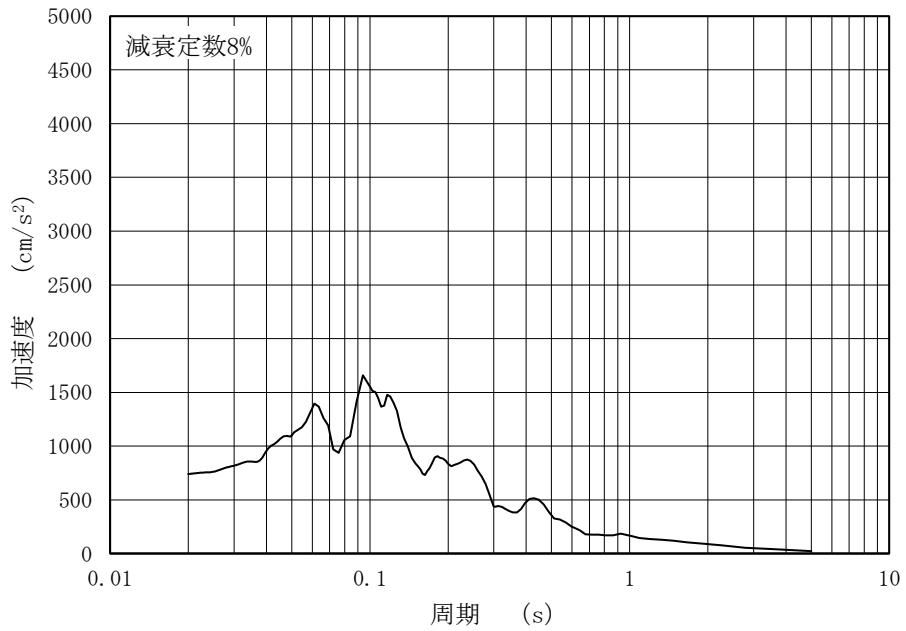


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-119 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (水平成分 : S s - N 2 (N S), 第 2 保管エリア⑧, 長辺方向断面)

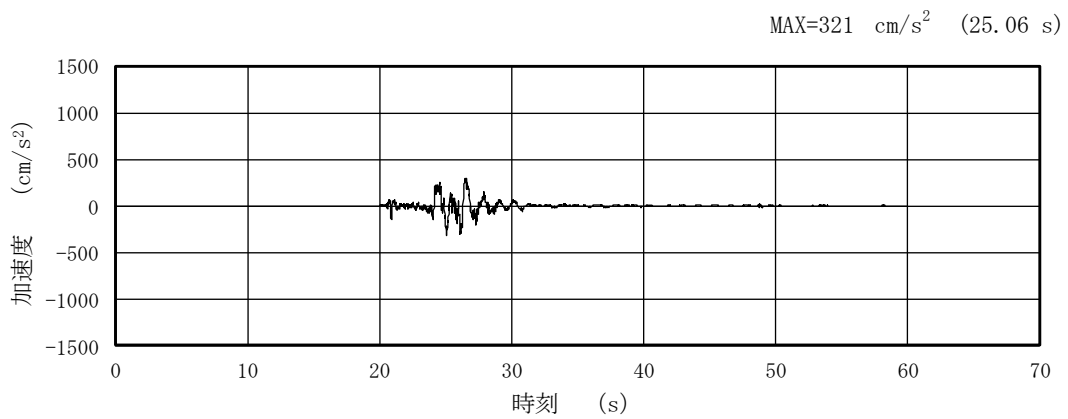


(a) 加速度時刻歴波形

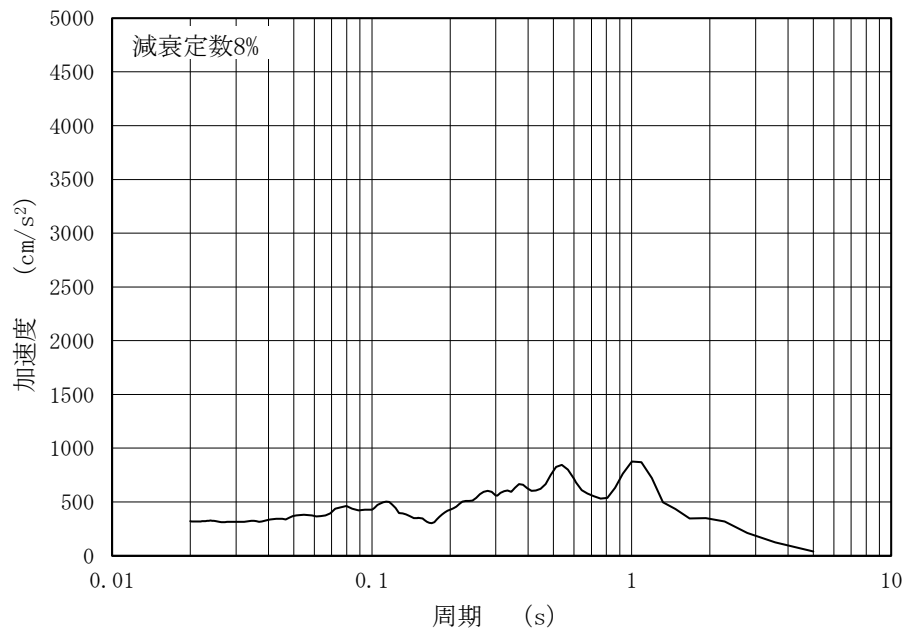


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-120 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (鉛直成分：S s - N 2 (N S)，第 2 保管エリア⑧，長辺方向断面)

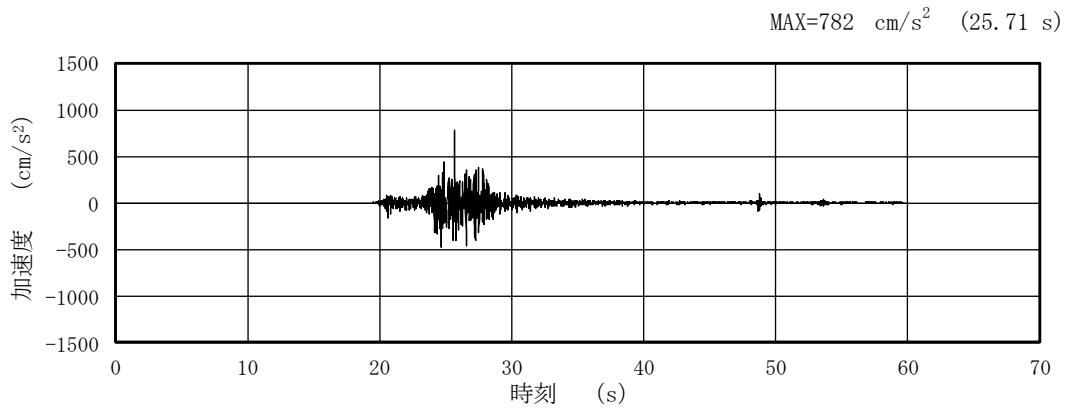


(a) 加速度時刻歴波形

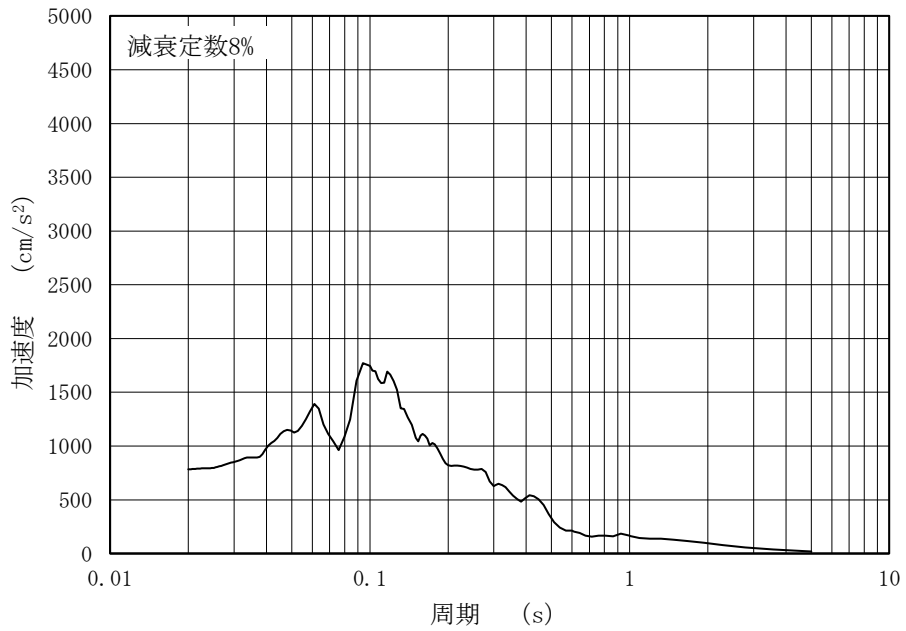


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-121 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (水平成分: S s - N 2 (EW), 第 2 保管エリア⑧, 長辺方向断面)

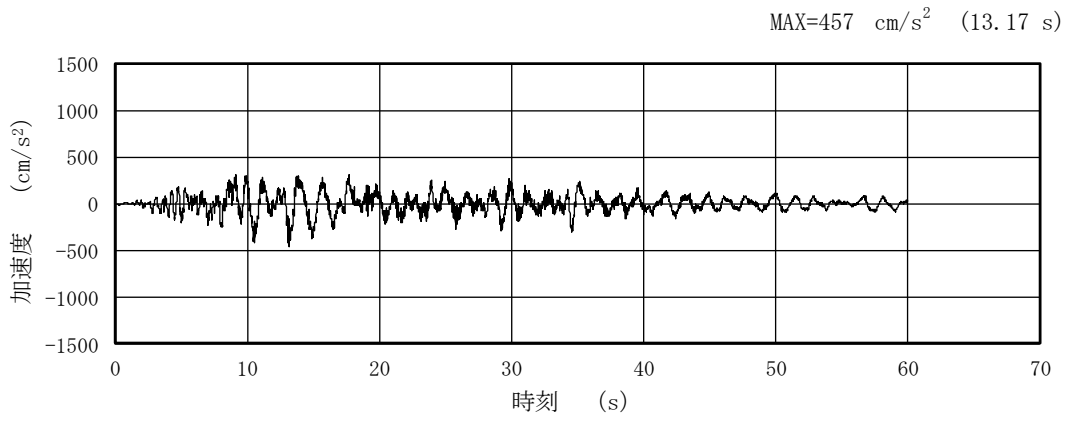


(a) 加速度時刻歴波形

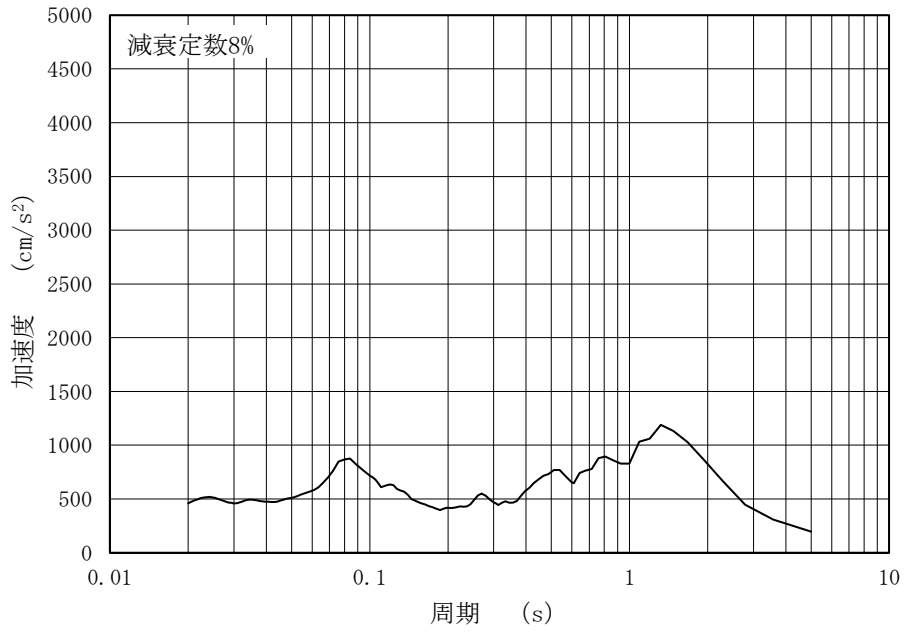


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-122 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (鉛直成分：S s - N 2 (EW)，第 2 保管エリア⑧，長辺方向断面)

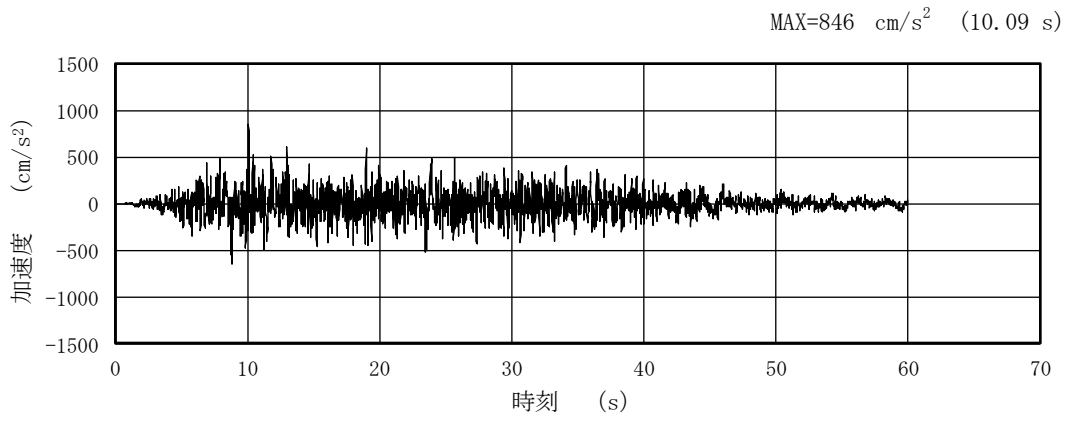


(a) 加速度時刻歴波形

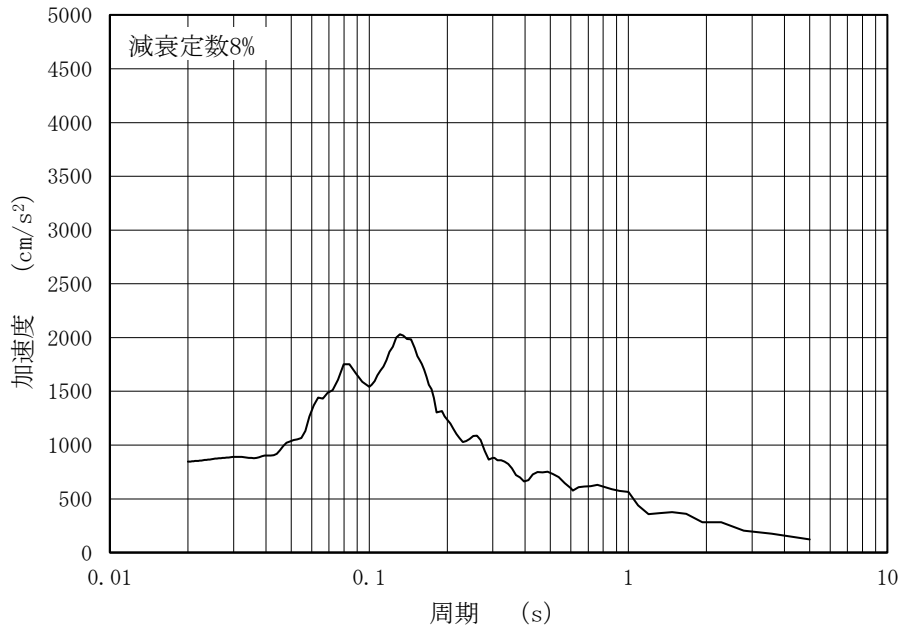


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-123 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (水平成分：S s -D, 第2保管エリア⑨, 長辺方向断面)

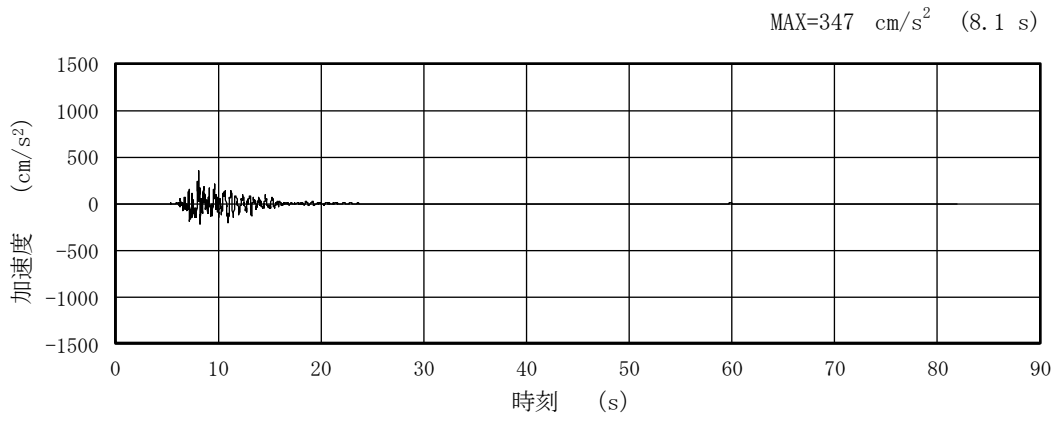


(a) 加速度時刻歴波形

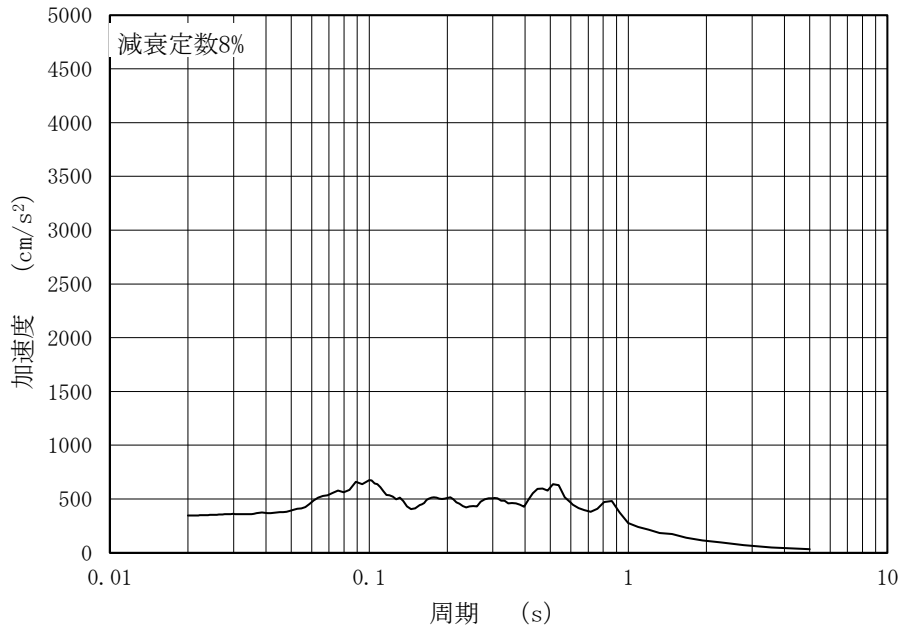


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-124 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (鉛直成分：S s-D, 第2保管エリア⑨, 長辺方向断面)

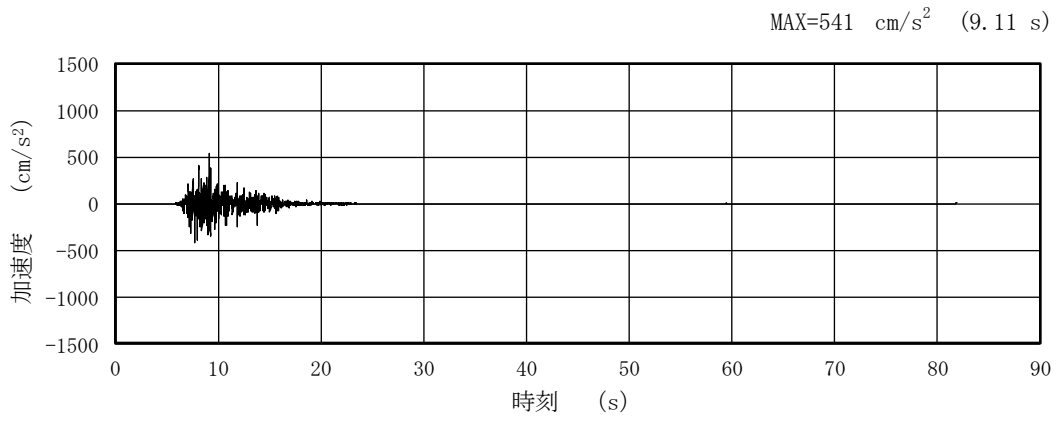


(a) 加速度時刻歴波形

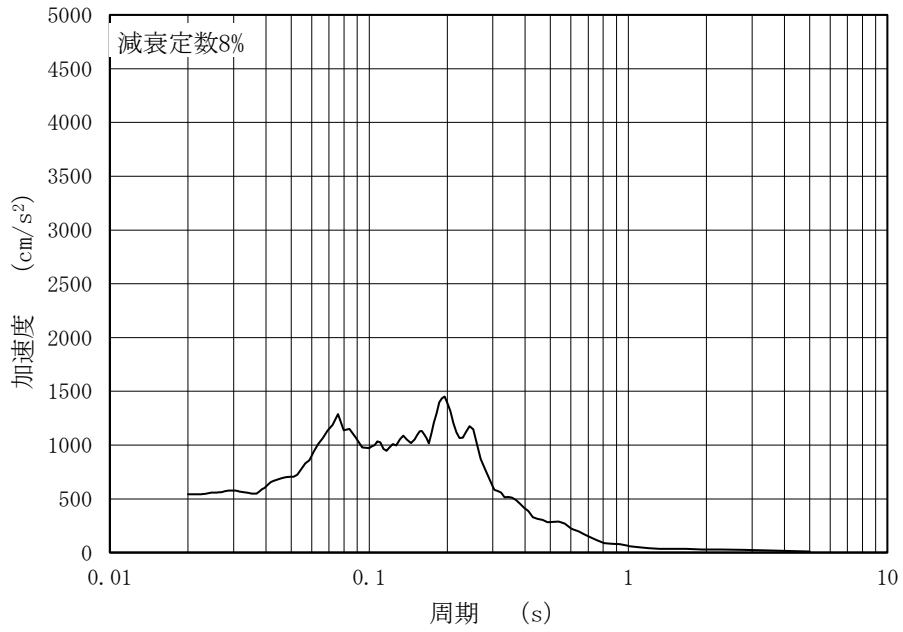


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-125 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (水平成分：S s - F 1，第 2 保管エリア⑨，長辺方向断面)

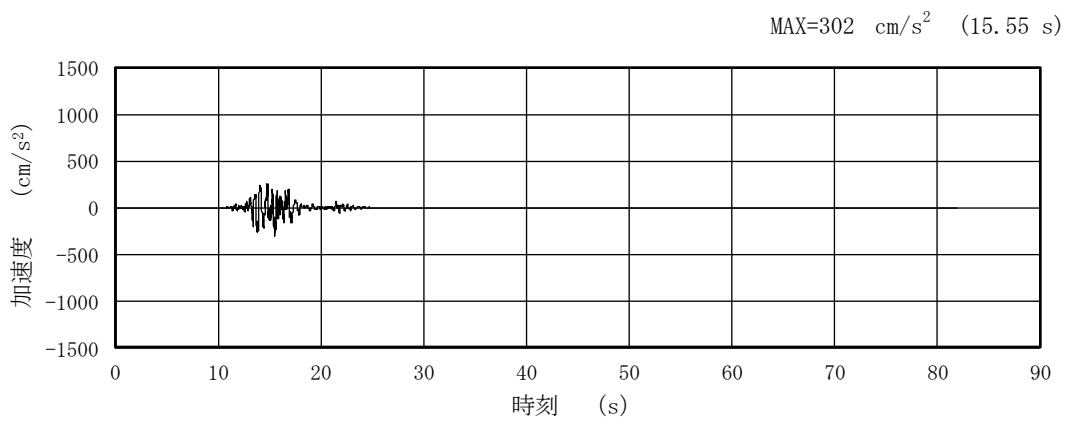


(a) 加速度時刻歴波形

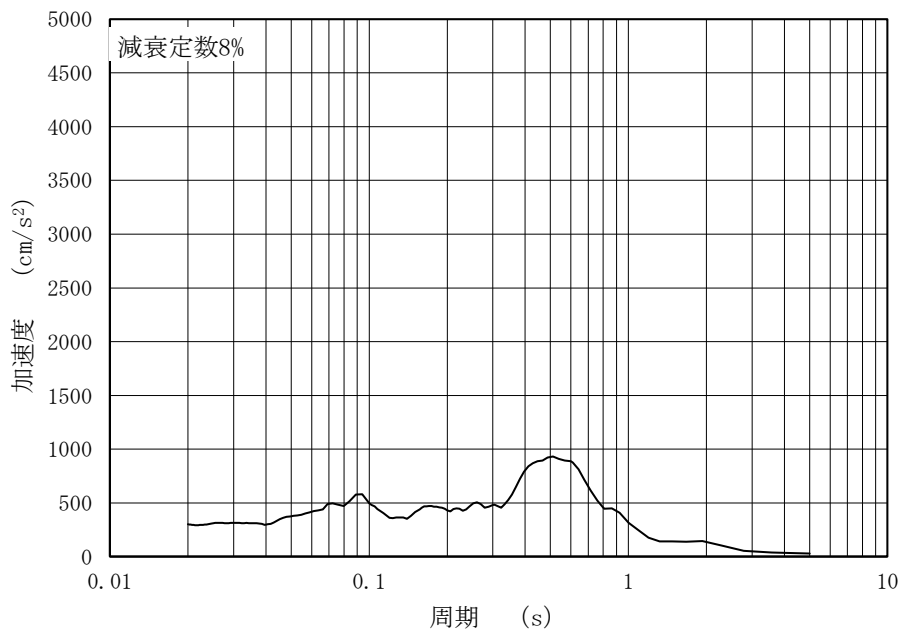


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-126 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直成分：S s - F 1，第 2 保管エリア⑨，長辺方向断面)

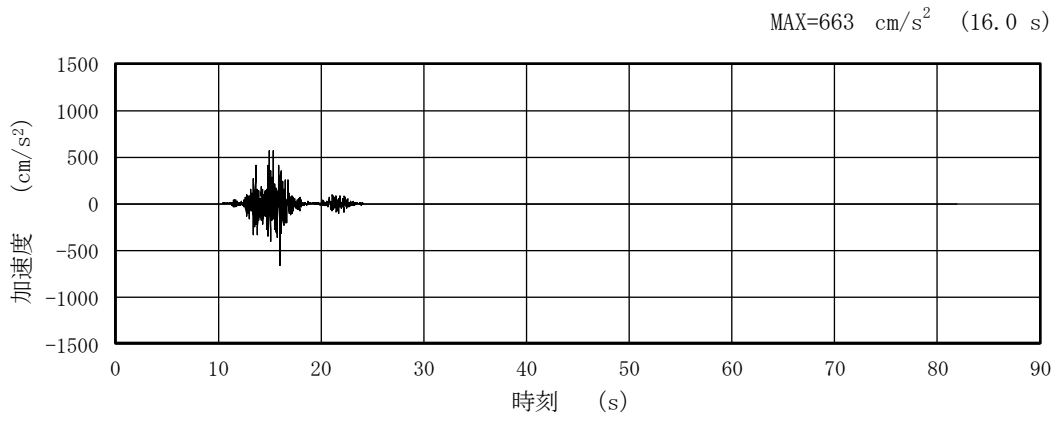


(a) 加速度時刻歴波形

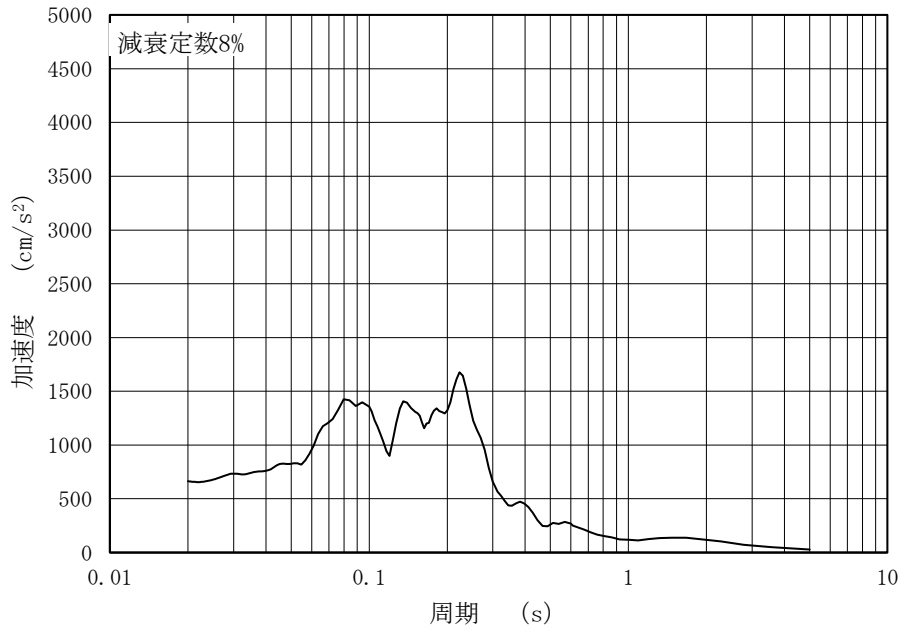


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-127 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (水平成分 : S s - F 2 , 第 2 保管エリア⑨, 長辺方向断面)

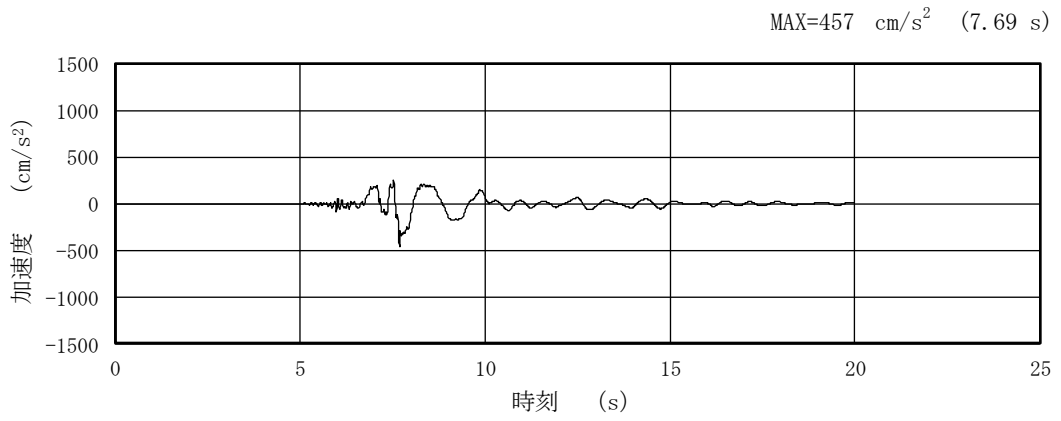


(a) 加速度時刻歴波形

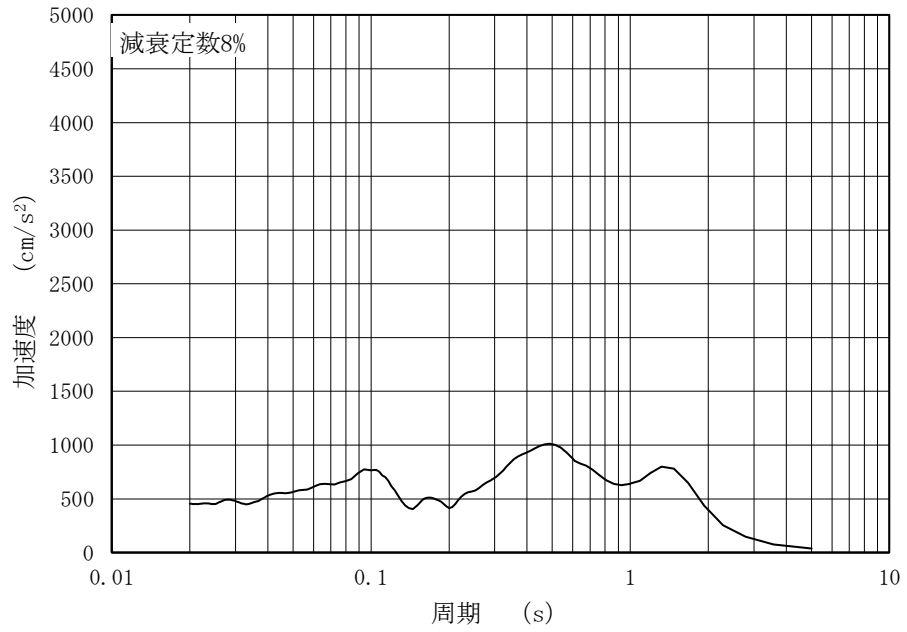


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-128 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (鉛直成分：S s - F 2, 第 2 保管エリア⑨, 長辺方向断面)

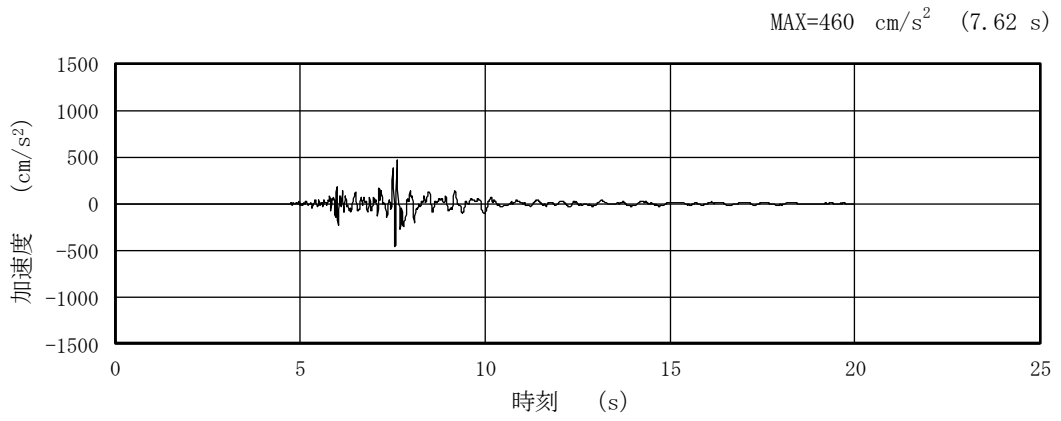


(a) 加速度時刻歴波形

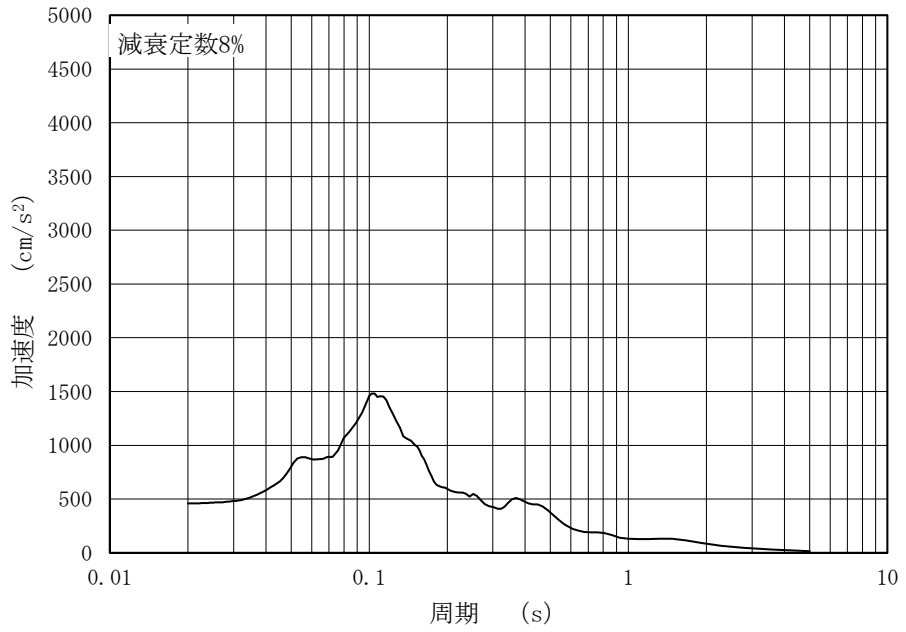


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-129 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (水平成分：S s - N 1，第 2 保管エリア⑨，長辺方向断面)

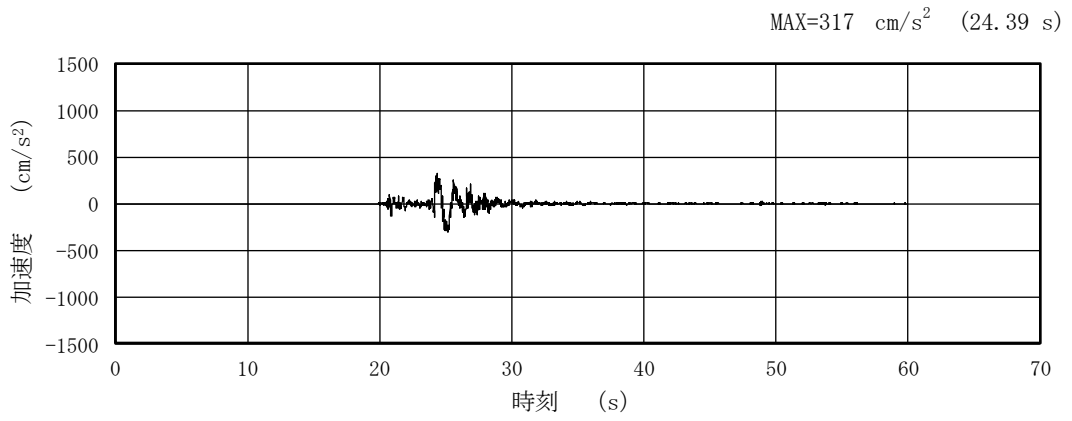


(a) 加速度時刻歴波形

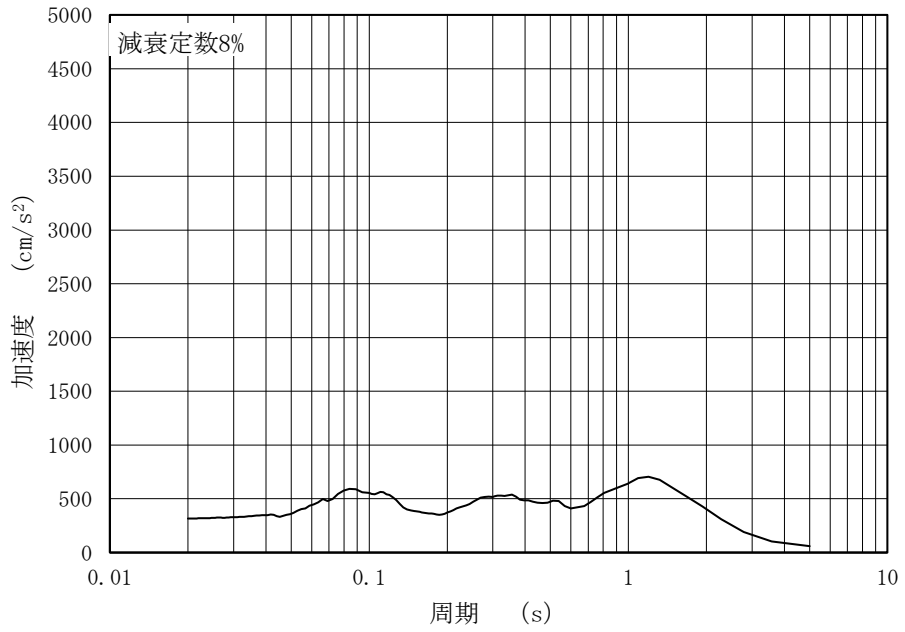


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-130 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (鉛直成分：S s - N 1，第 2 保管エリア⑨，長辺方向断面)

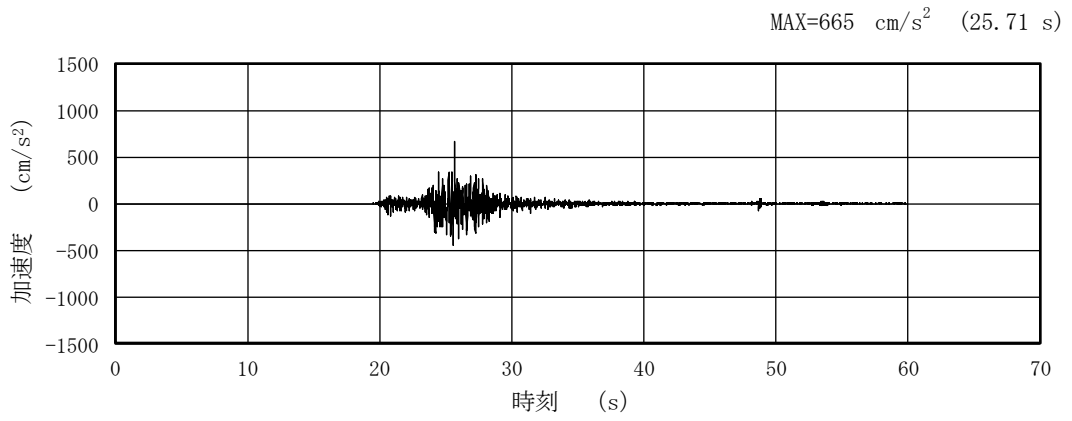


(a) 加速度時刻歴波形

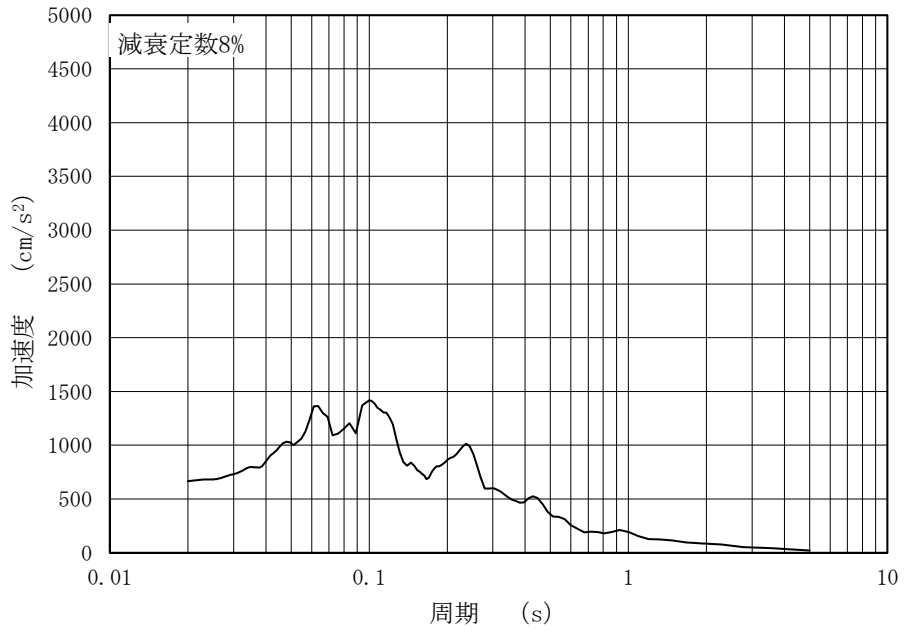


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-131 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (水平成分: S s - N 2 (N S), 第 2 保管エリア⑨, 長辺方向断面)

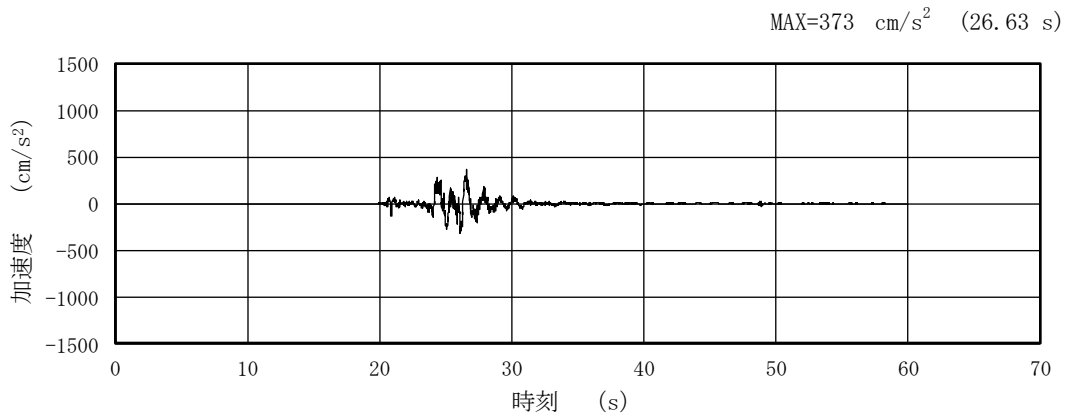


(a) 加速度時刻歴波形

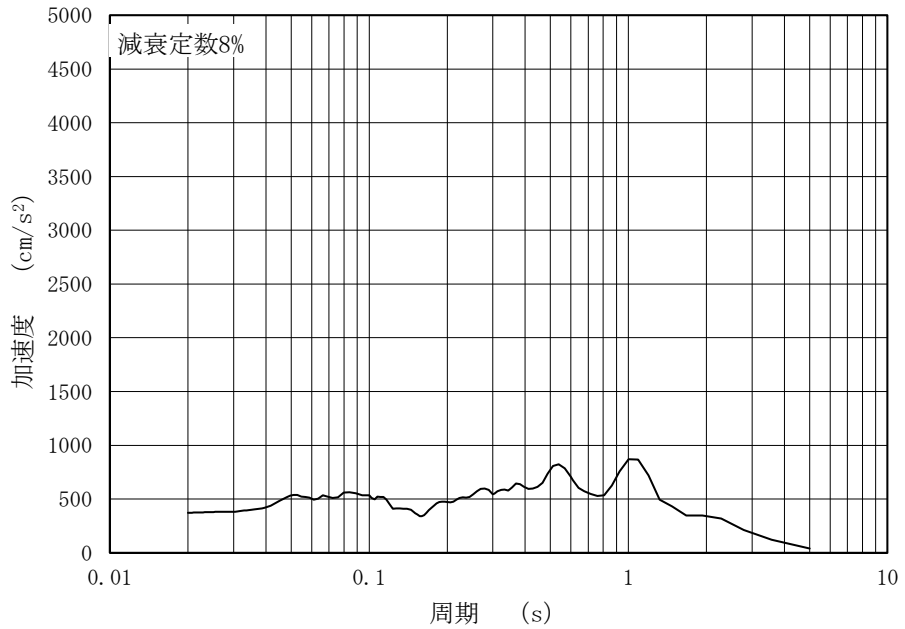


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-132 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (鉛直成分：S s - N 2 (N S)，第 2 保管エリア⑨，長辺方向断面)

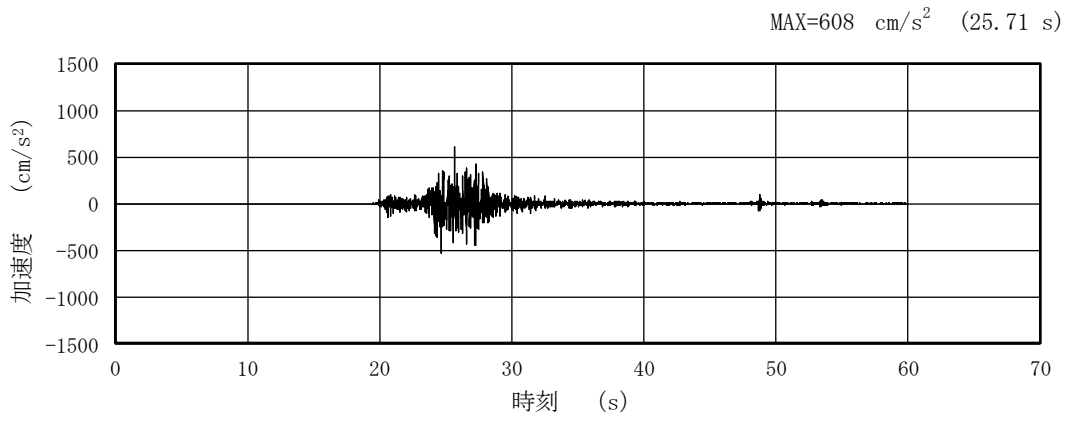


(a) 加速度時刻歴波形

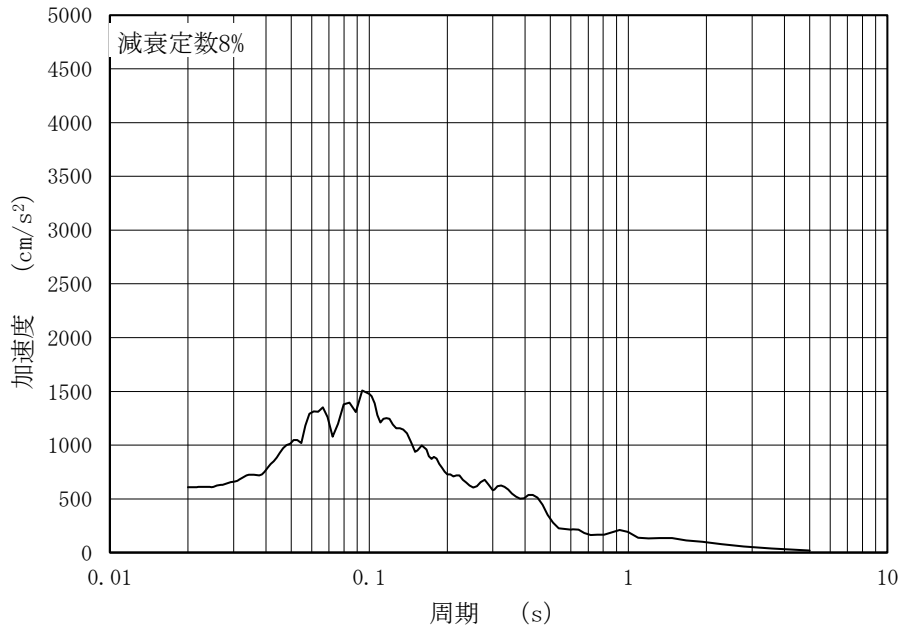


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-133 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平成分：S s - N 2 (E W)，第 2 保管エリア⑨，長辺方向断面)

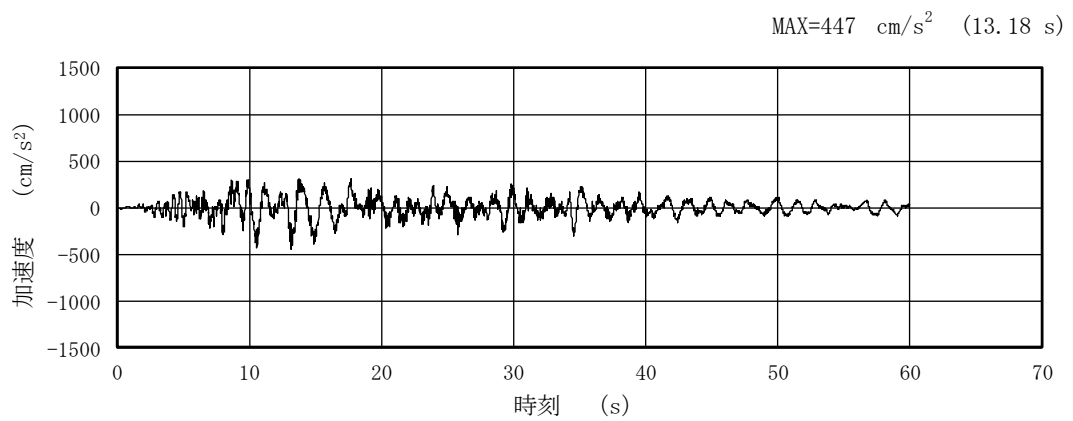


(a) 加速度時刻歴波形

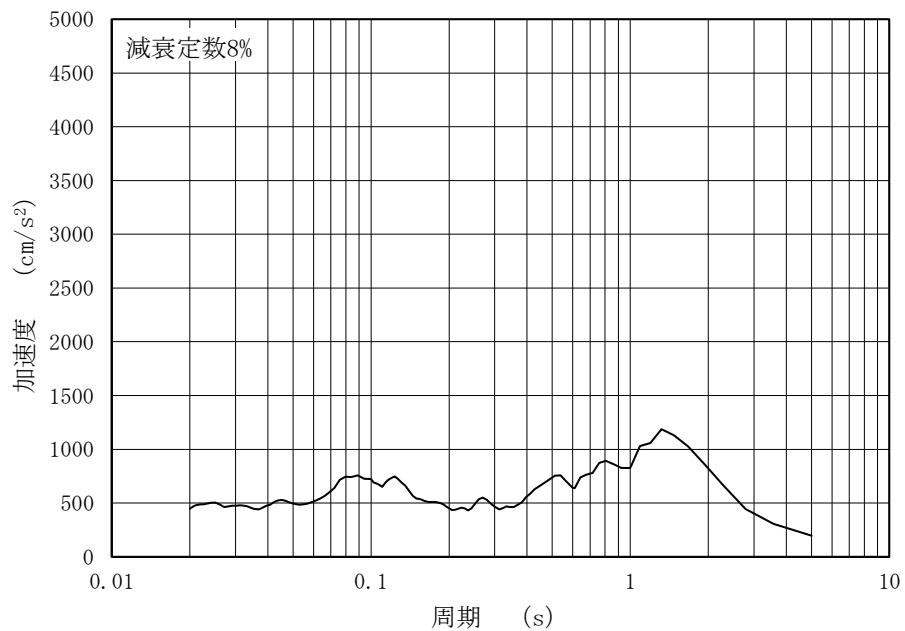


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-134 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (鉛直成分：S s - N 2 (E W)，第 2 保管エリア⑨，長辺方向断面)

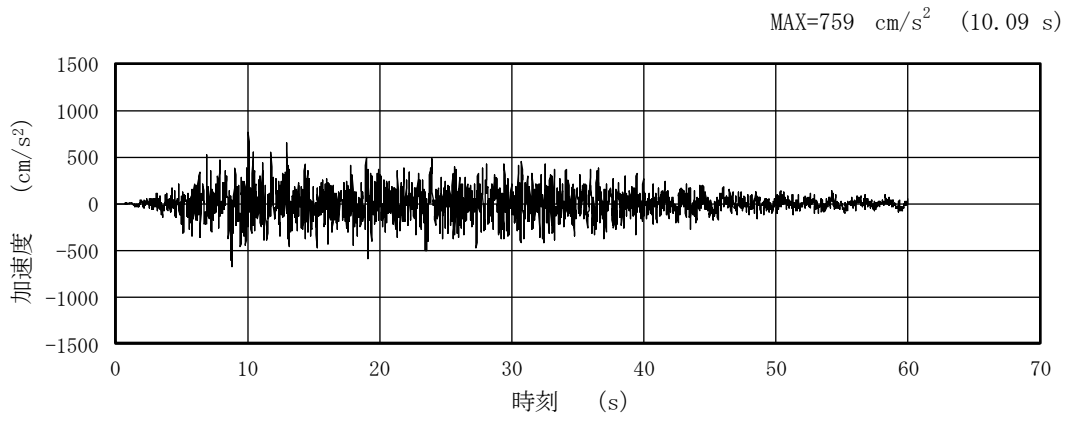


(a) 加速度時刻歴波形

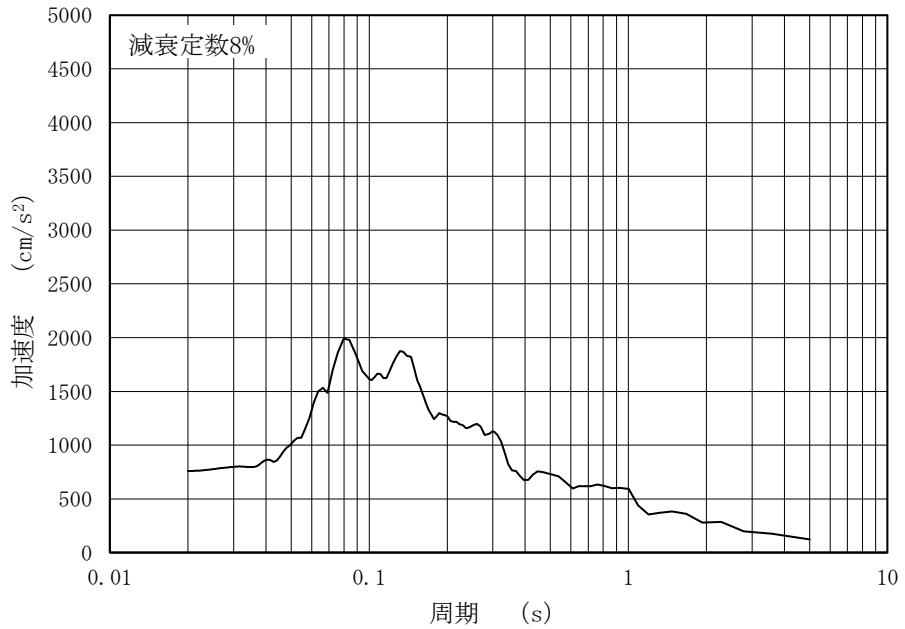


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-135 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平成分：S s -D, 第2保管エリア⑩, 長辺方向断面)

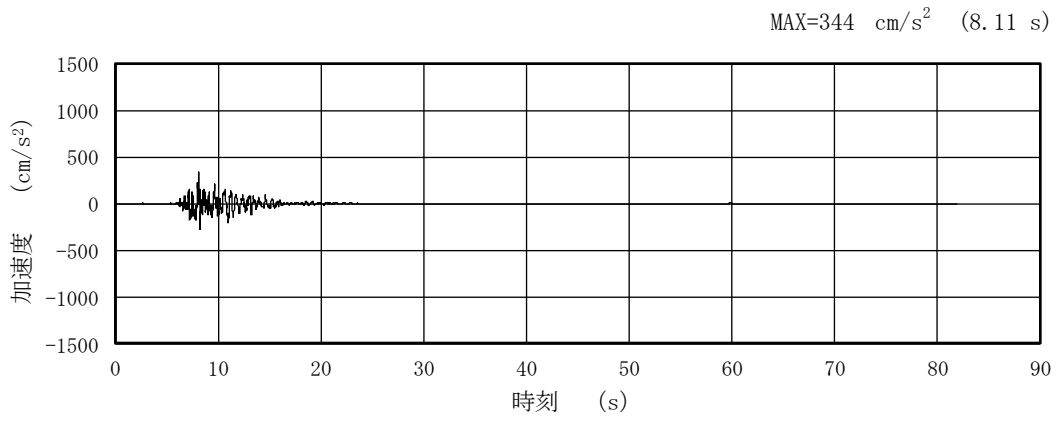


(a) 加速度時刻歴波形

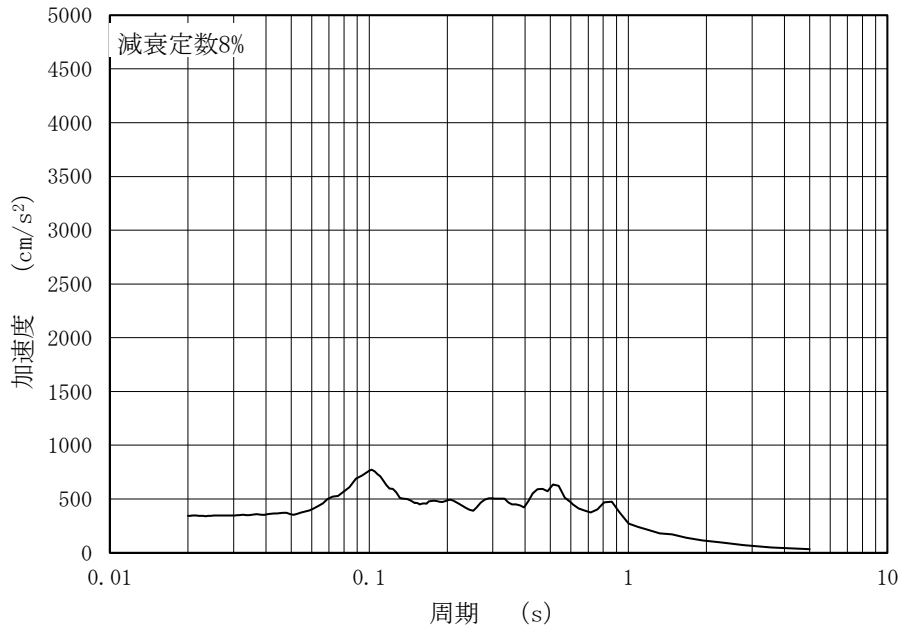


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-136 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直成分：S s-D, 第2保管エリア⑩, 長辺方向断面)

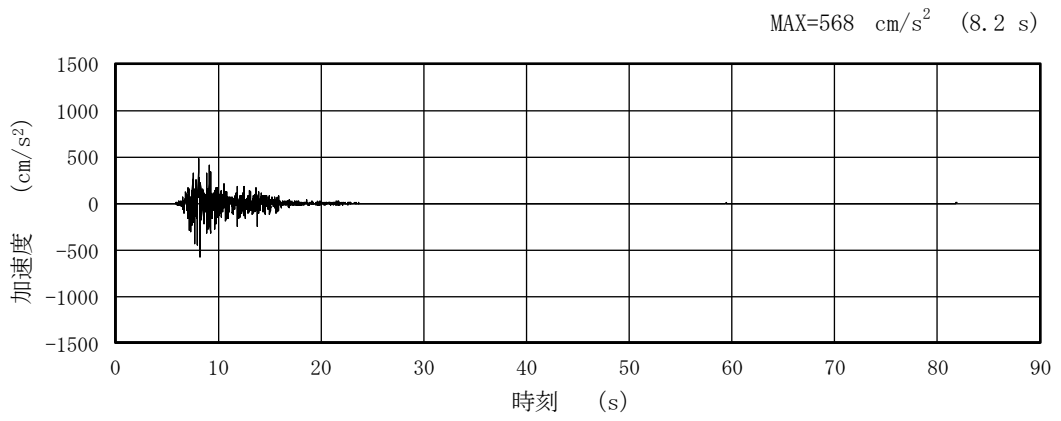


(a) 加速度時刻歴波形

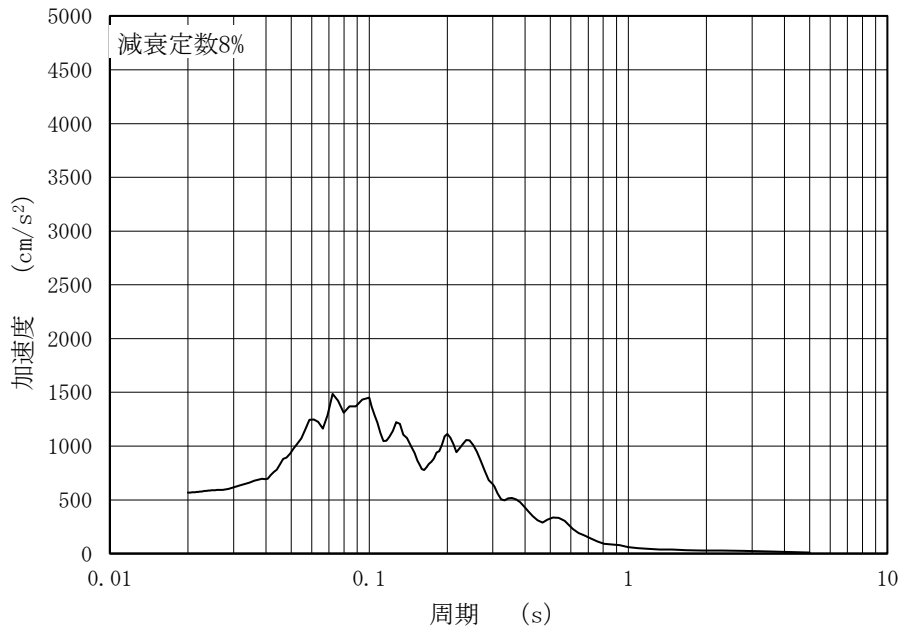


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-137 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (水平成分 : S s - F 1 , 第 2 保管エリア⑩, 長辺方向断面)

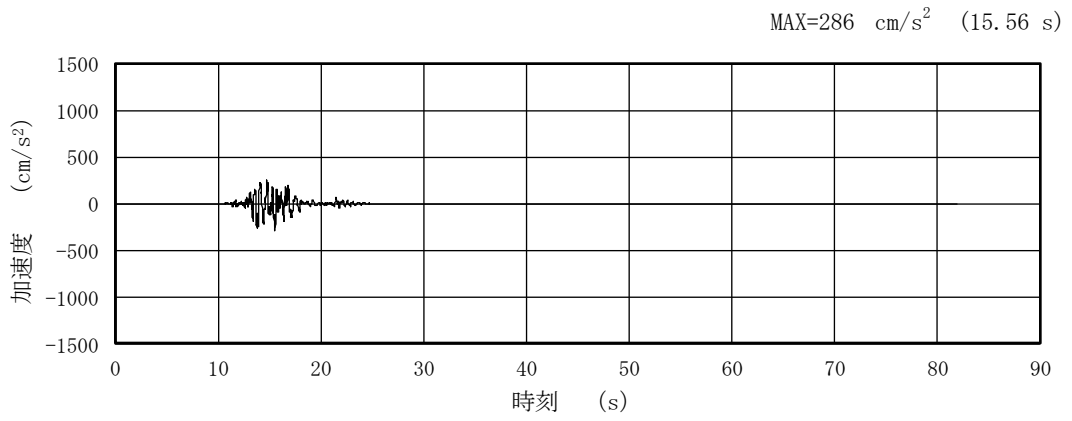


(a) 加速度時刻歴波形

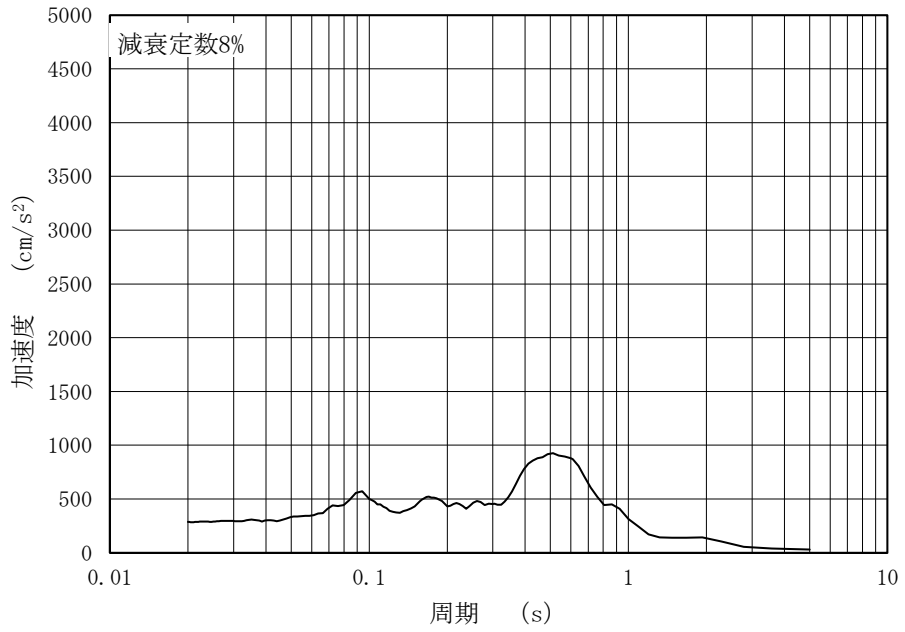


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-138 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (鉛直成分：S s - F 1，第 2 保管エリア⑩，長辺方向断面)

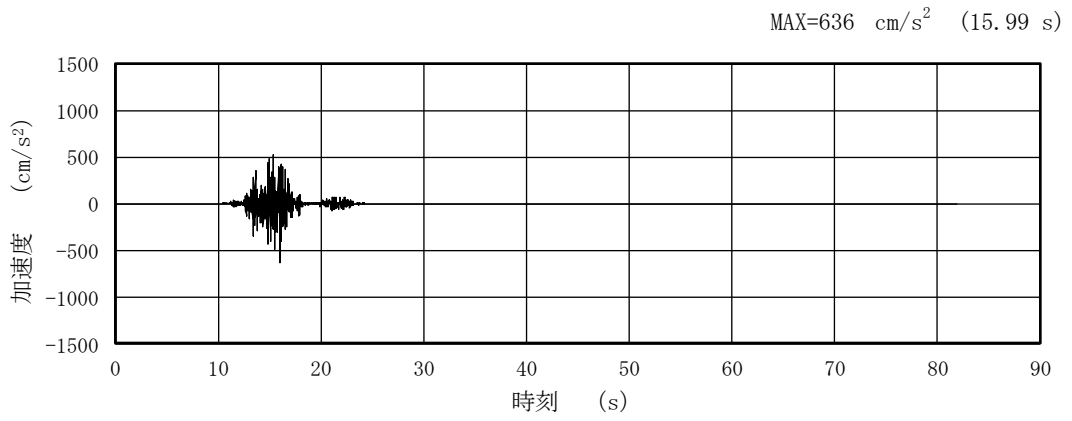


(a) 加速度時刻歴波形

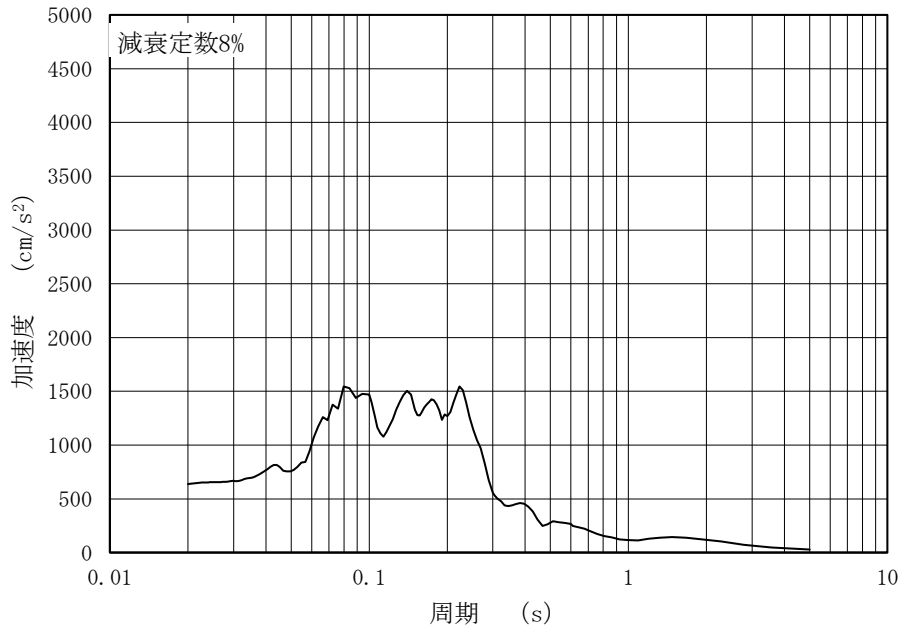


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-139 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (水平成分：S s - F 2, 第 2 保管エリア⑩, 長辺方向断面)

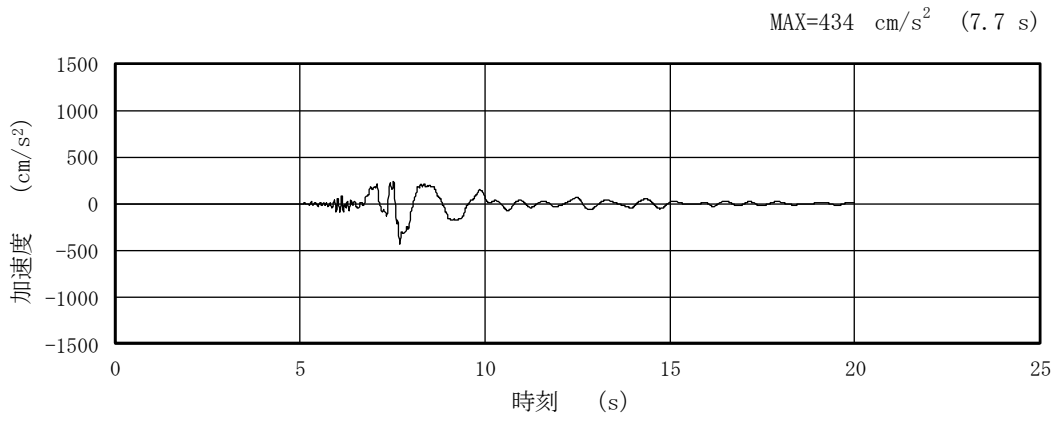


(a) 加速度時刻歴波形

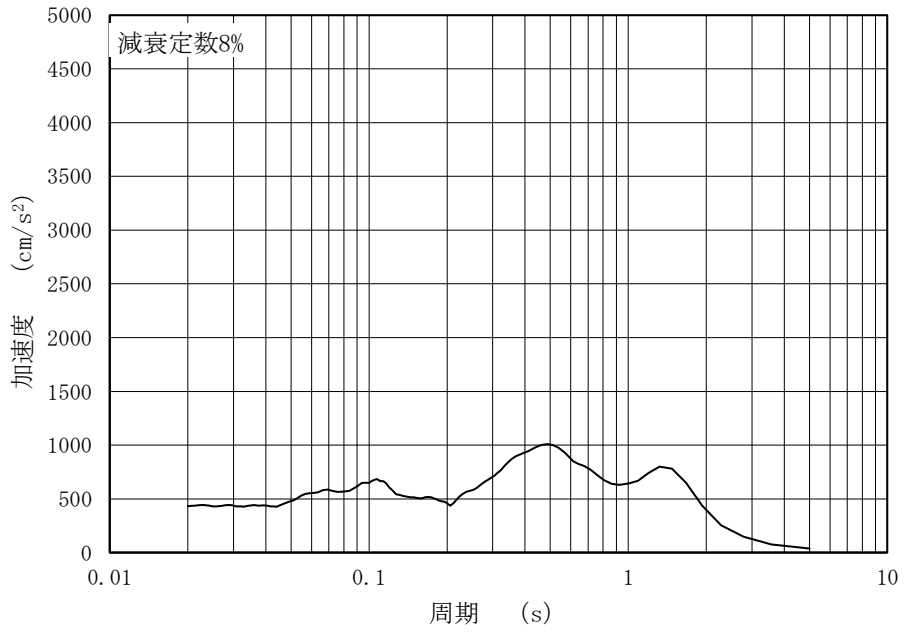


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-140 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (鉛直成分：S s - F 2, 第 2 保管エリア⑩, 長辺方向断面)

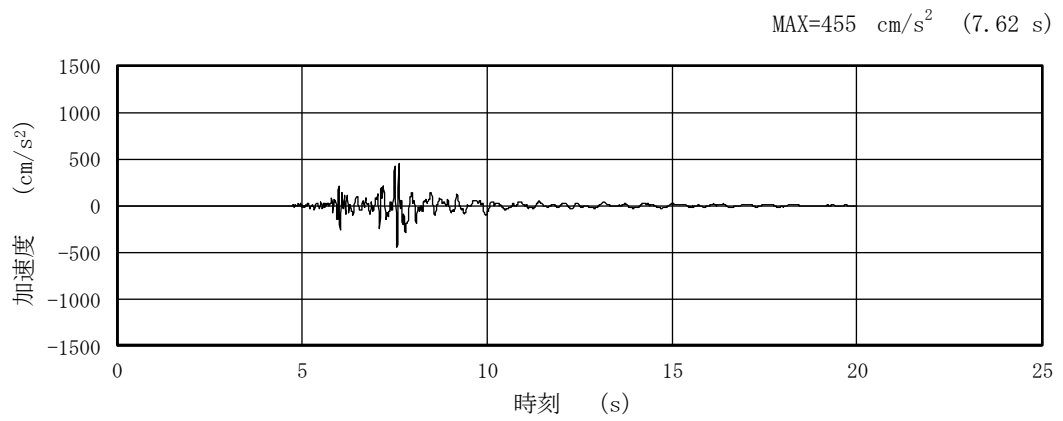


(a) 加速度時刻歴波形

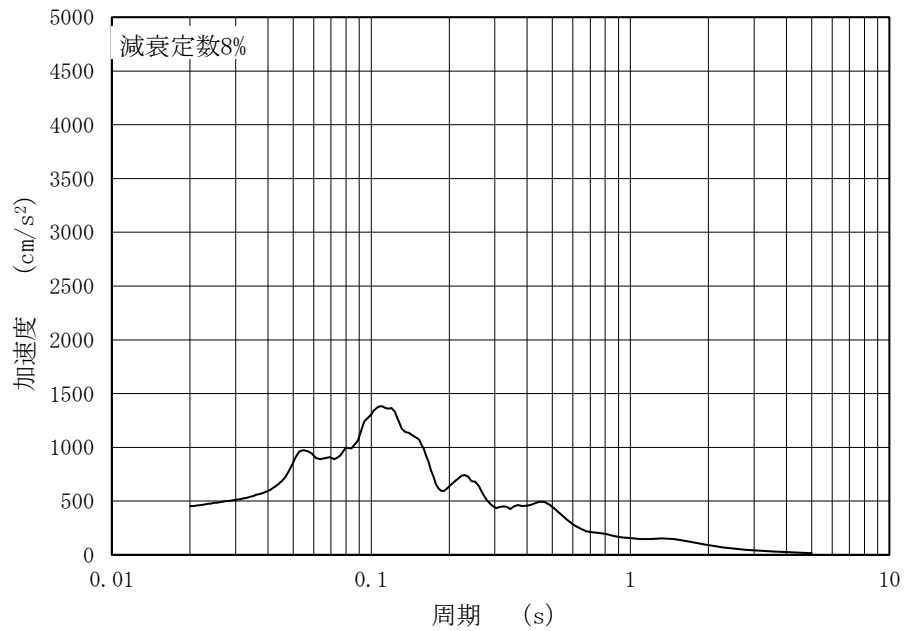


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-141 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (水平成分：S s - N 1，第 2 保管エリア⑩，長辺方向断面)

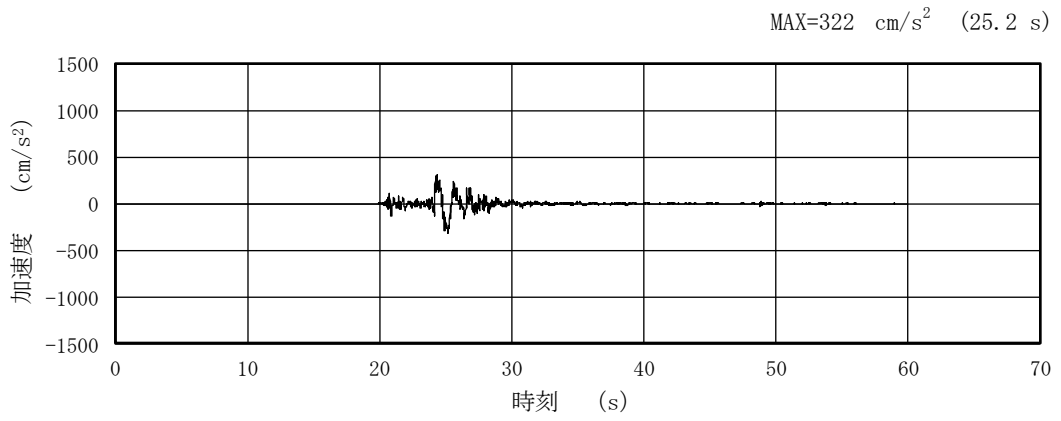


(a) 加速度時刻歴波形

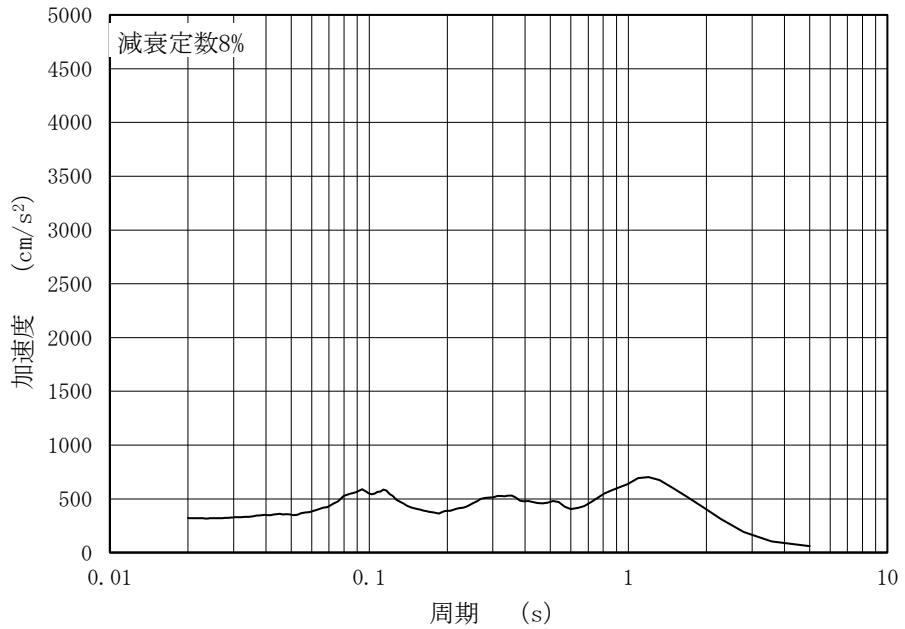


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-142 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直成分：S s - N 1，第 2 保管エリア⑩，長辺方向断面)

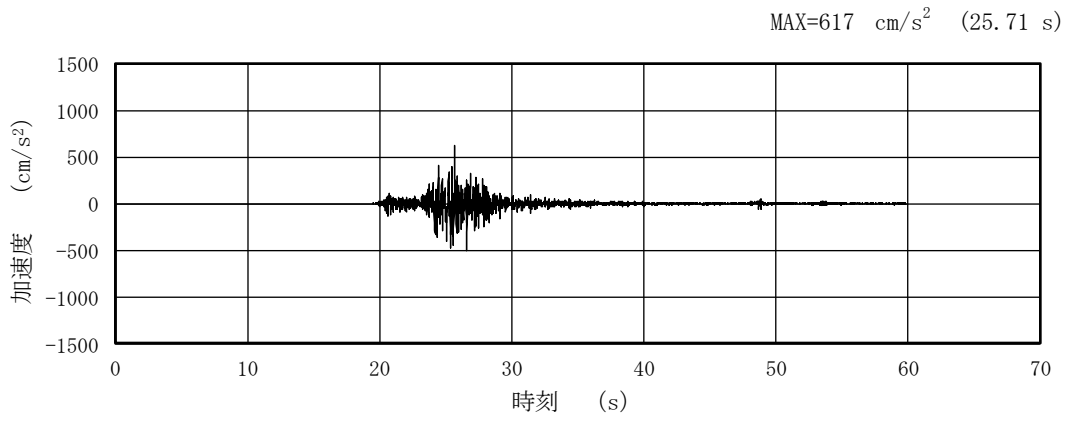


(a) 加速度時刻歴波形

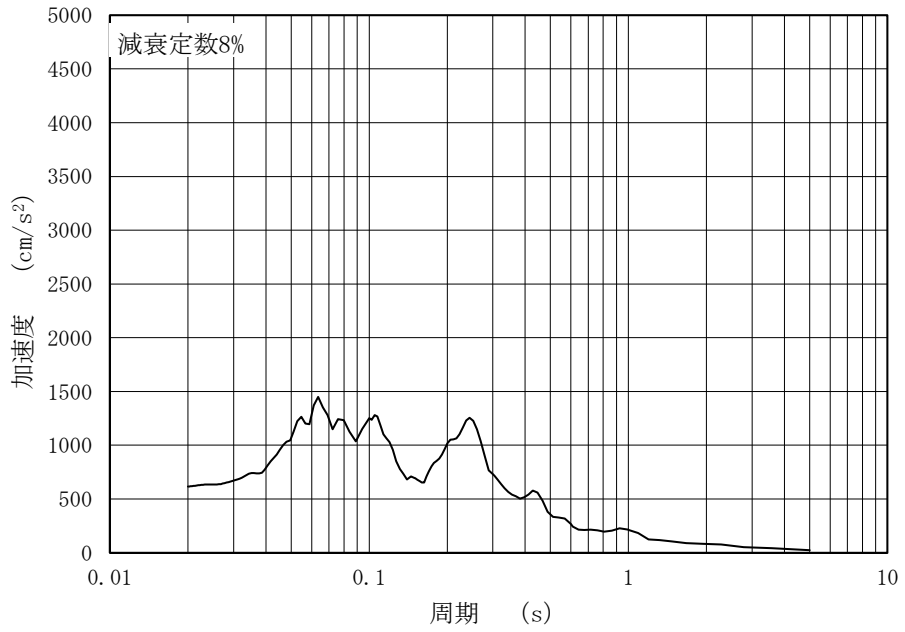


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-143 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平成分：S s - N 2 (N S)，第 2 保管エリア⑩，長辺方向断面)

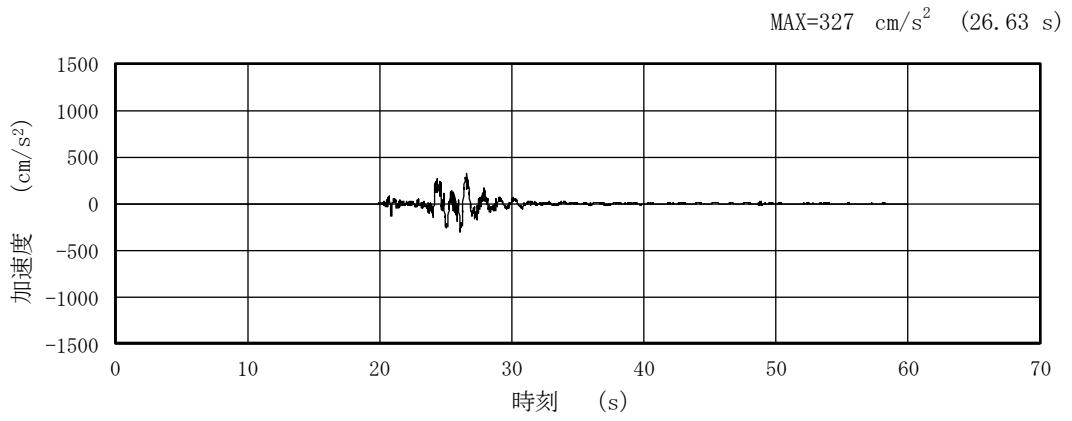


(a) 加速度時刻歴波形

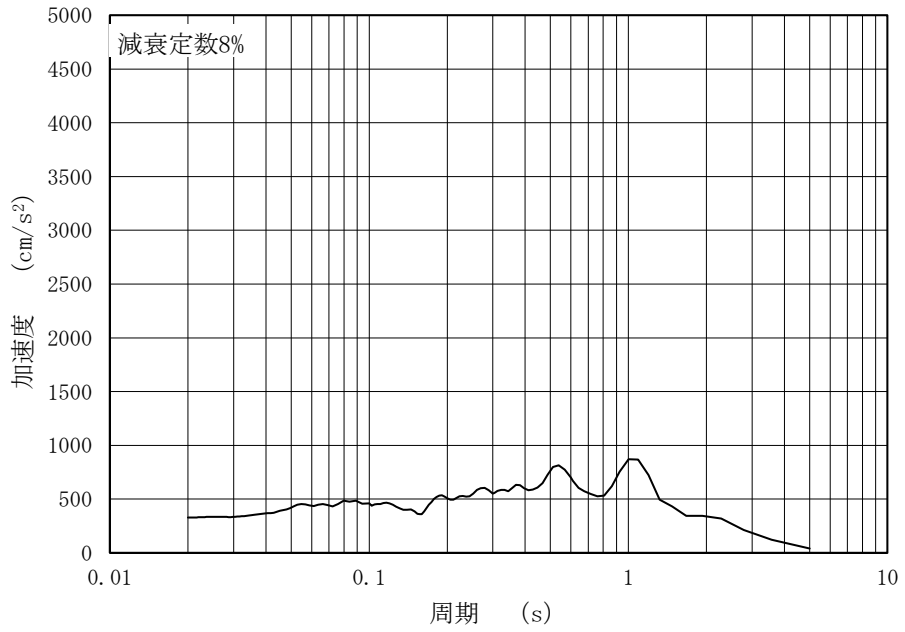


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-144 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (鉛直成分：S s - N 2 (N S)，第 2 保管エリア⑩，長辺方向断面)

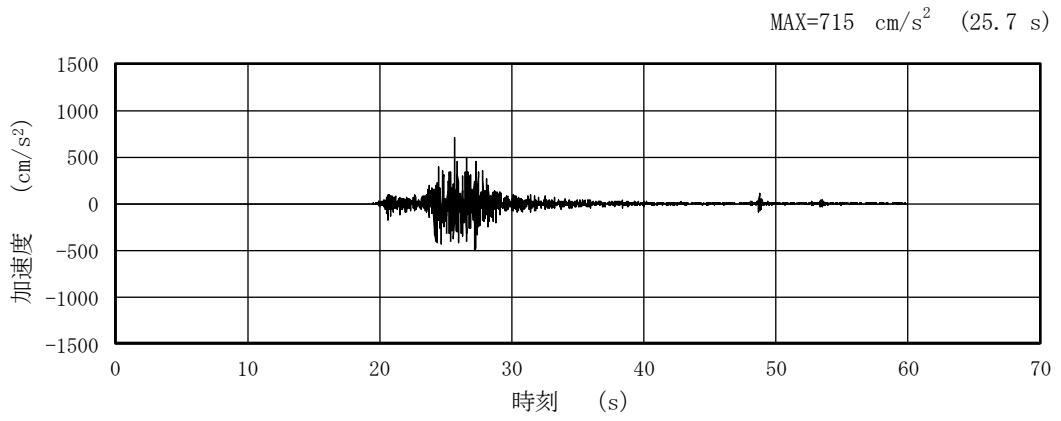


(a) 加速度時刻歴波形

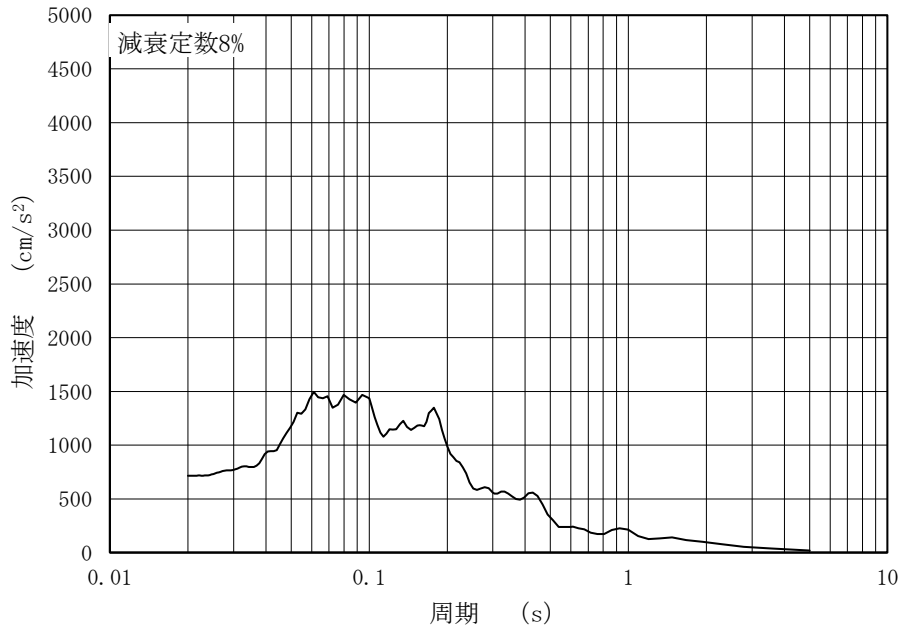


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-145 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平成分：S s - N 2 (E W)，第 2 保管エリア⑩，長辺方向断面)

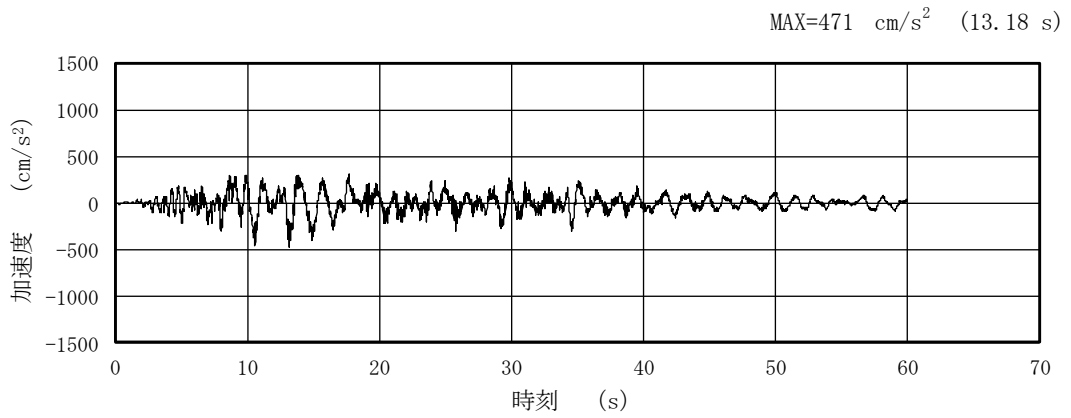


(a) 加速度時刻歴波形

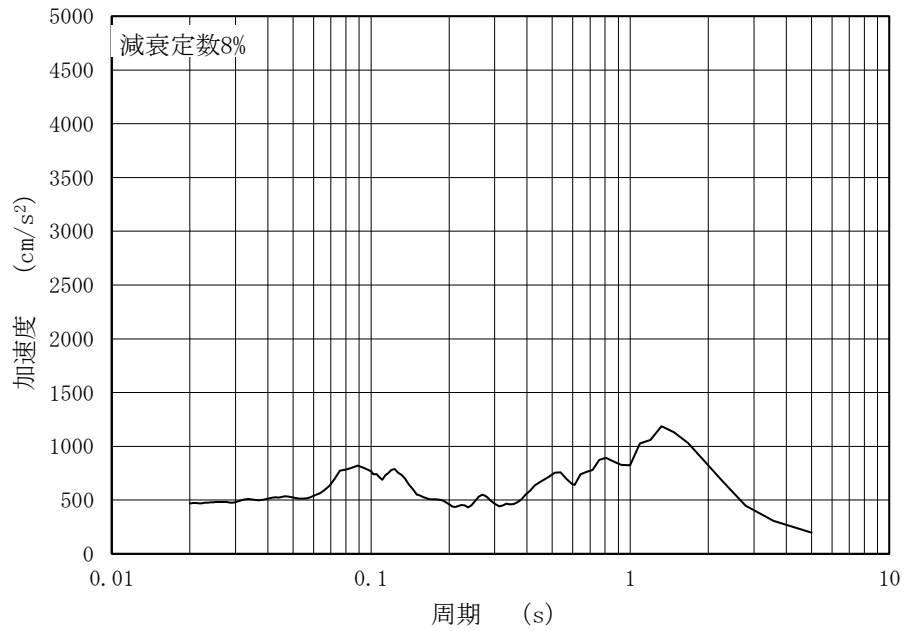


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-146 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (鉛直成分：S s - N 2 (E W)，第 2 保管エリア⑩，長辺方向断面)

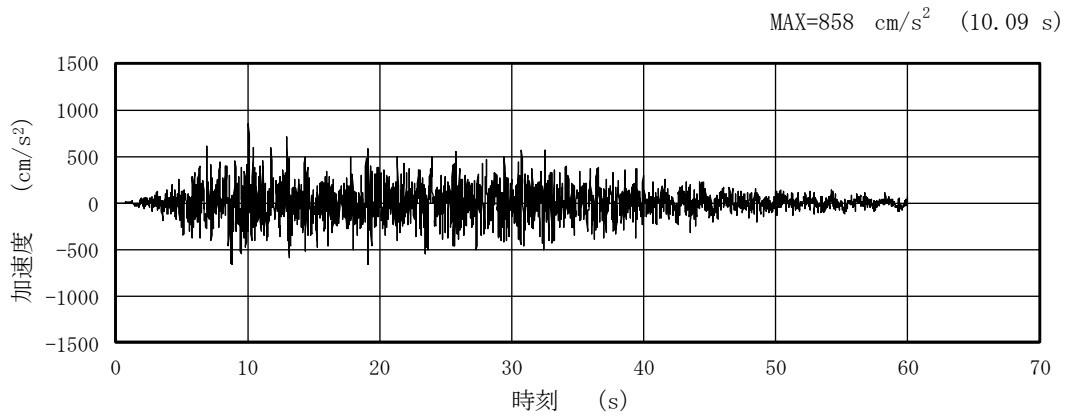


(a) 加速度時刻歴波形

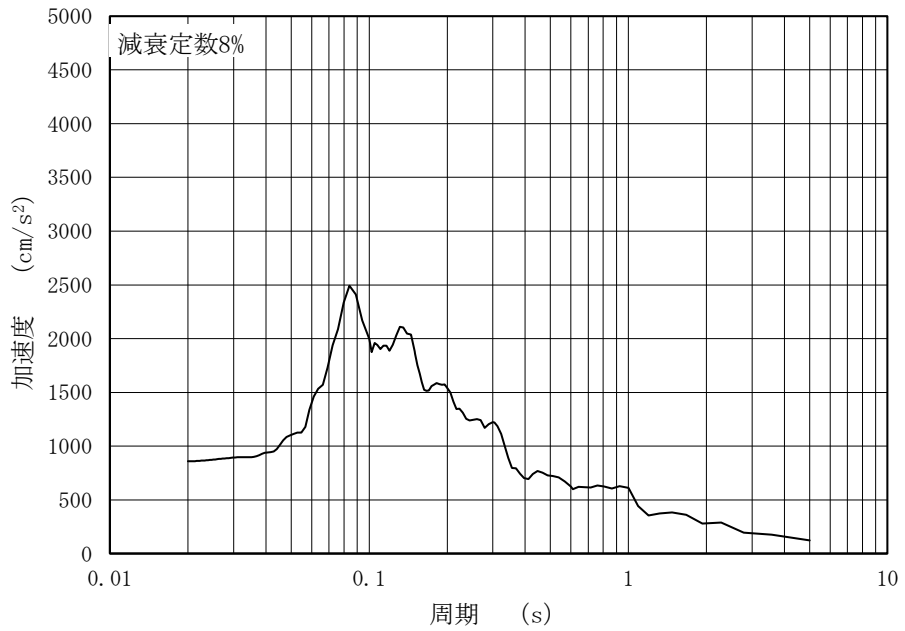


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-147 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (水平成分：S s -D, 第2保管エリア⑩, 長辺方向断面)

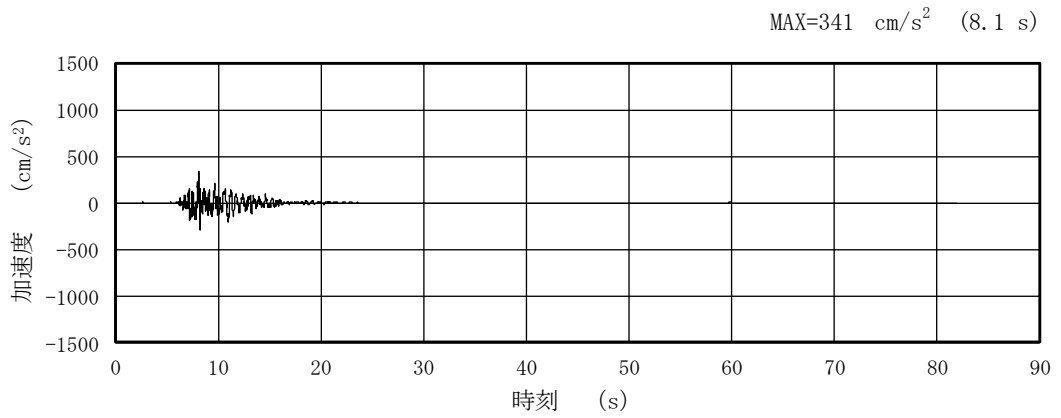


(a) 加速度時刻歴波形

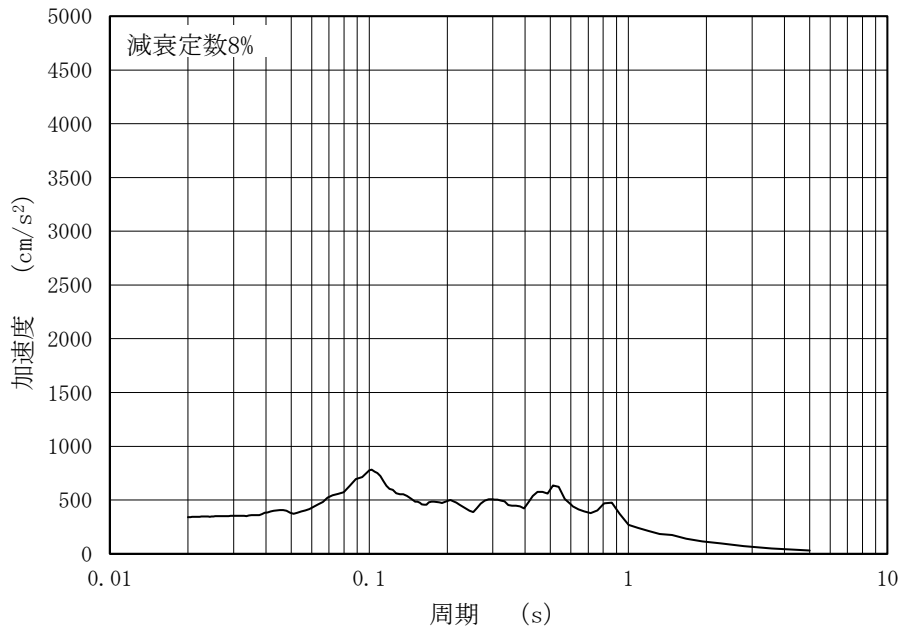


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-148 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直成分：S s-D，第2保管エリア⑩，長辺方向断面)

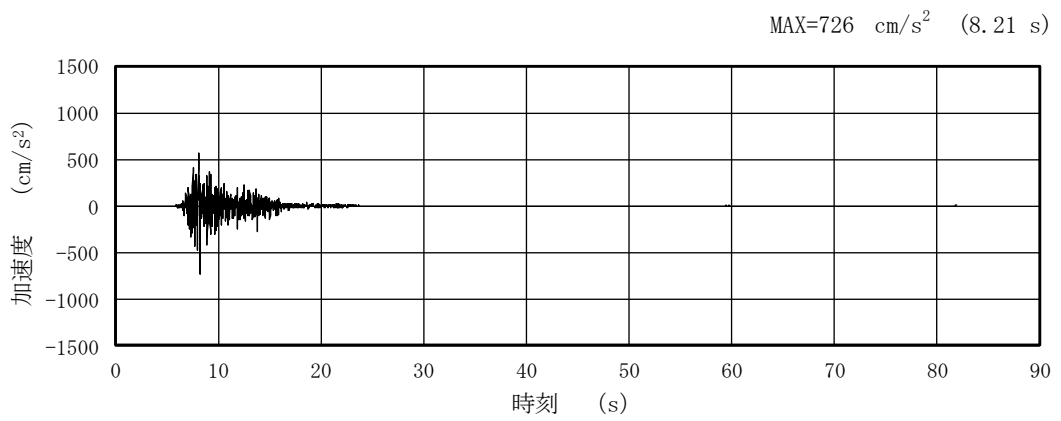


(a) 加速度時刻歴波形

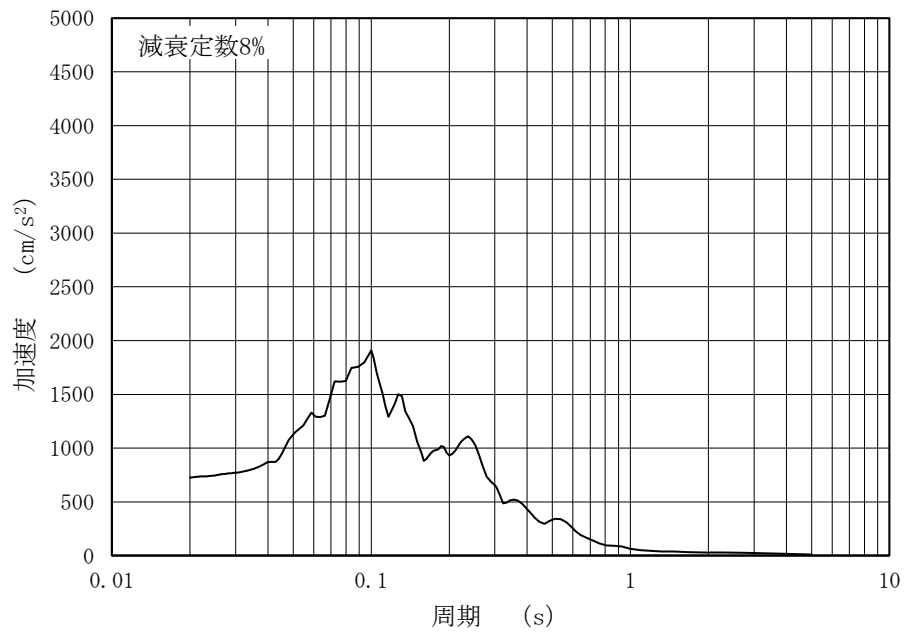


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-149 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (水平成分：S s - F 1，第 2 保管エリア⑩，長辺方向断面)

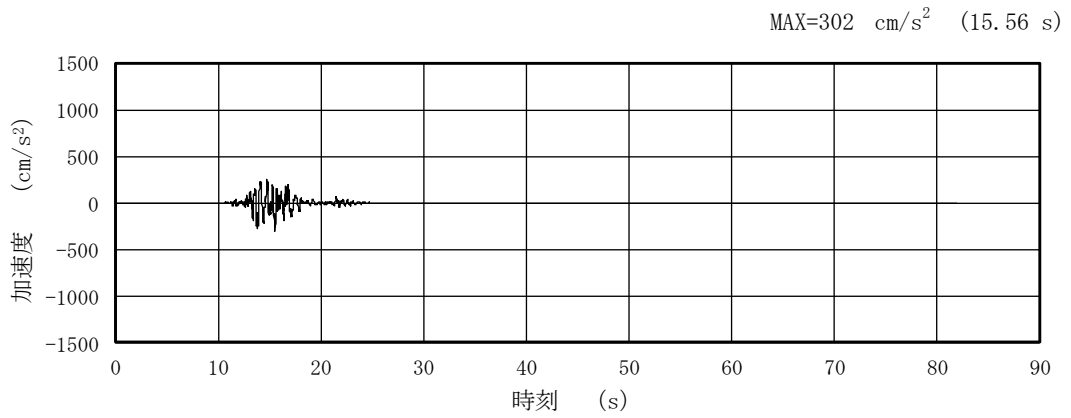


(a) 加速度時刻歴波形

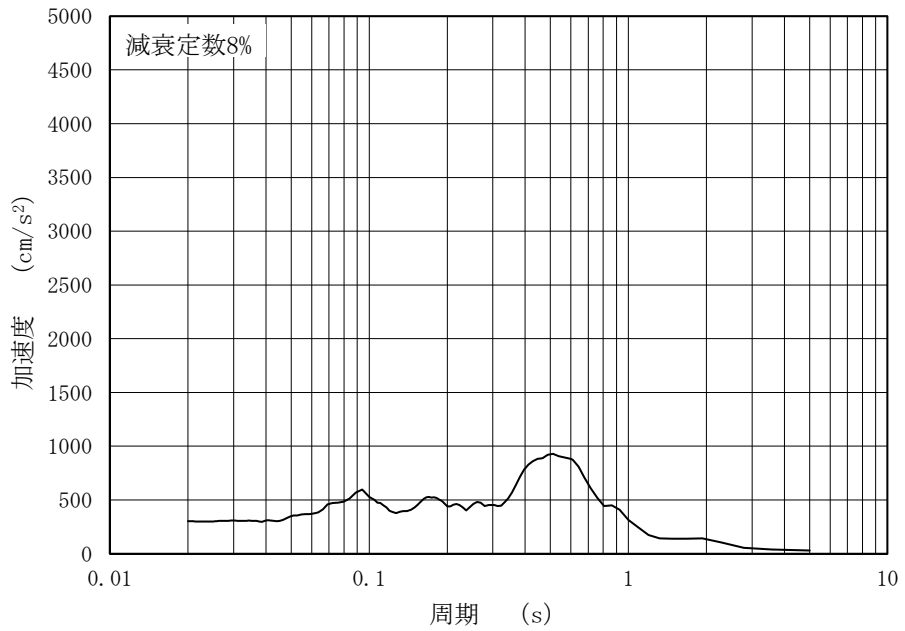


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-150 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (鉛直成分：S s - F 1, 第2保管エリア⑪, 長辺方向断面)

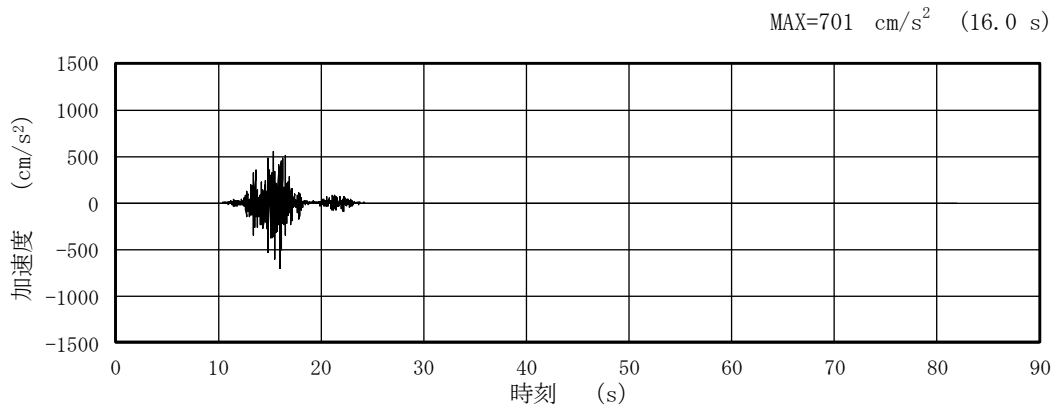


(a) 加速度時刻歴波形

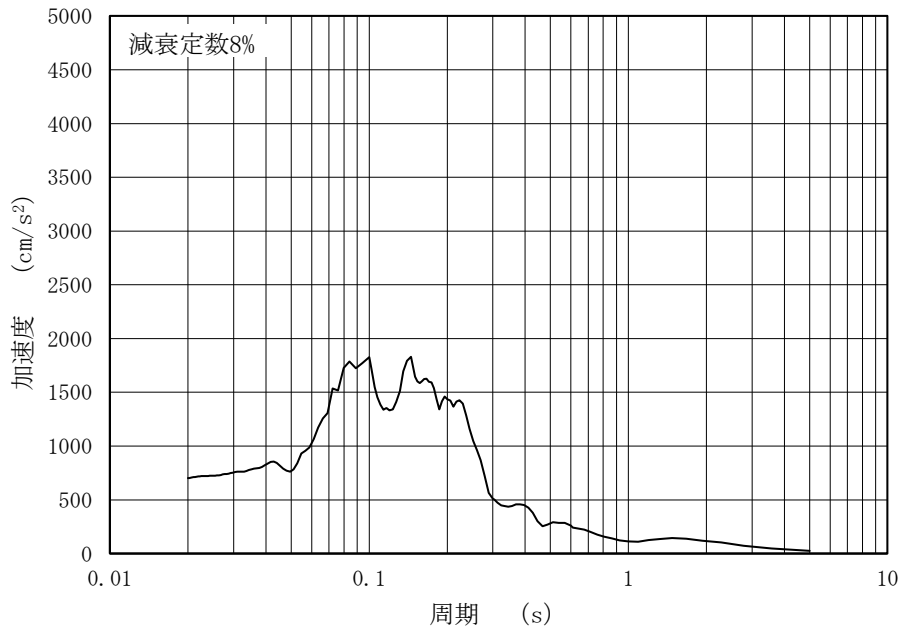


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-151 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (水平成分：S s - F 2，第2保管エリア⑩，長辺方向断面)

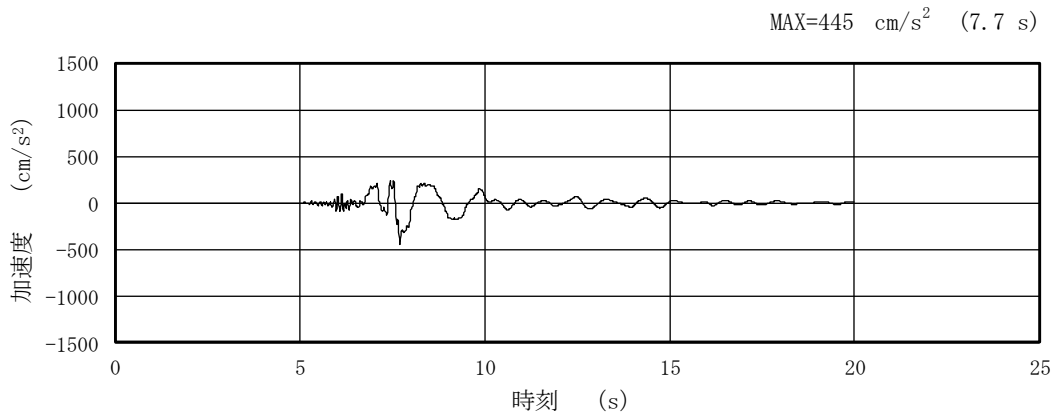


(a) 加速度時刻歴波形

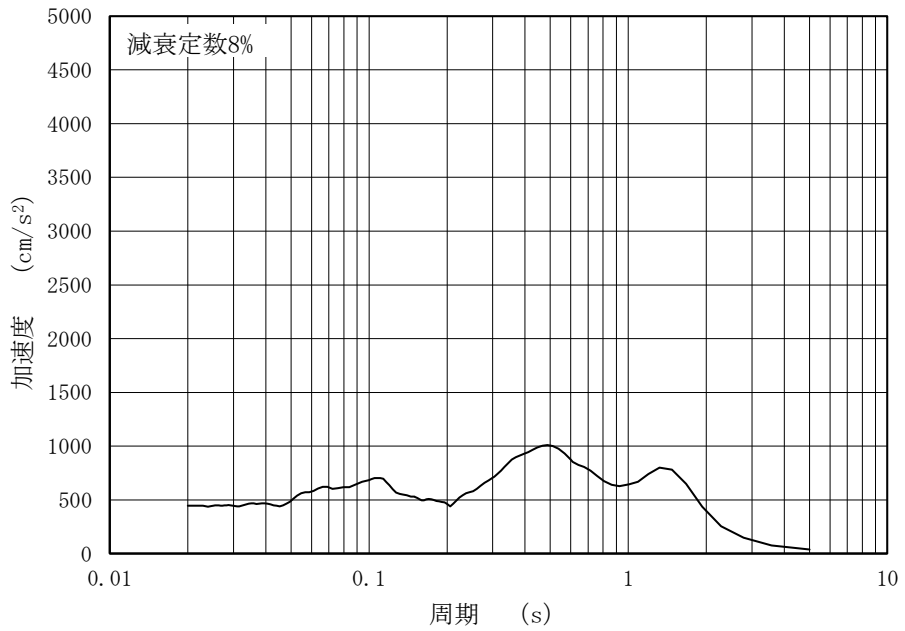


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-152 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (鉛直成分：S s - F 2, 第 2 保管エリア①, 長辺方向断面)

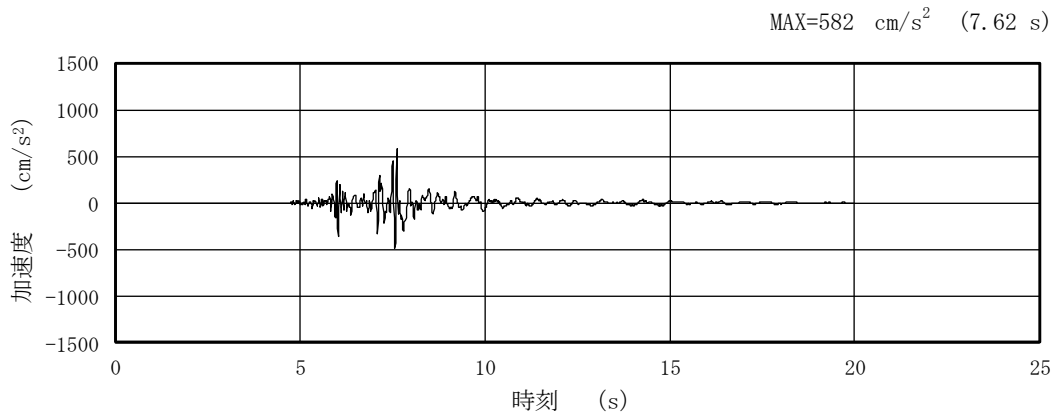


(a) 加速度時刻歴波形

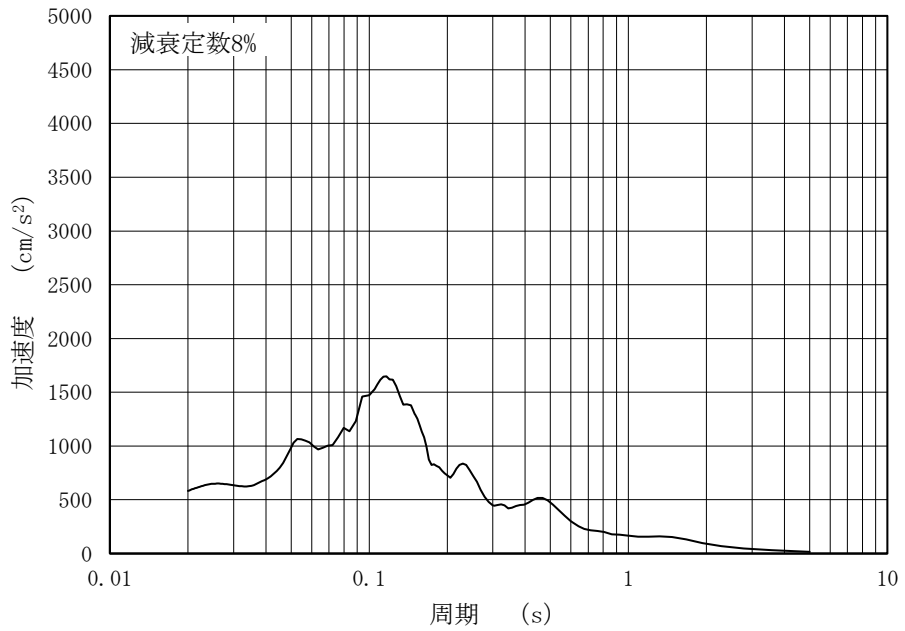


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-153 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (水平成分：S s - N 1，第 2 保管エリア⑩，長辺方向断面)

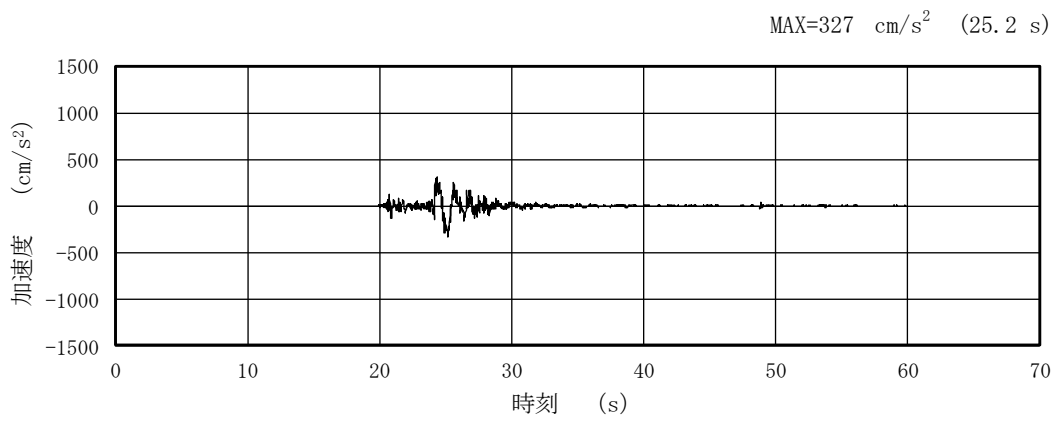


(a) 加速度時刻歴波形

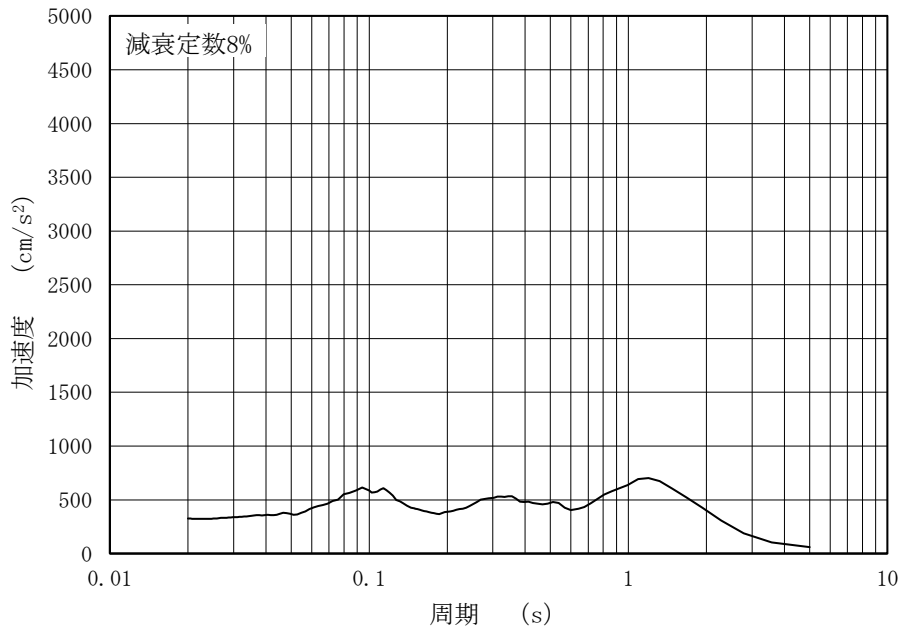


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-154 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (鉛直成分：S s - N 1，第 2 保管エリア⑩，長辺方向断面)

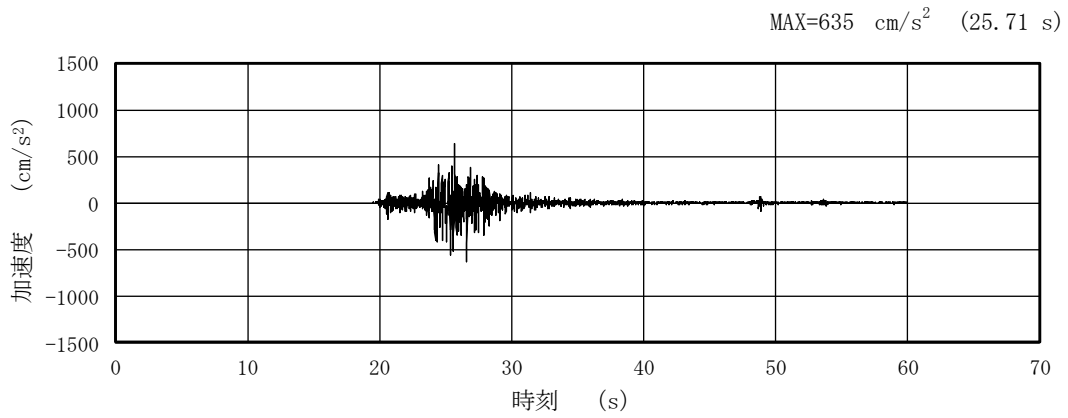


(a) 加速度時刻歴波形

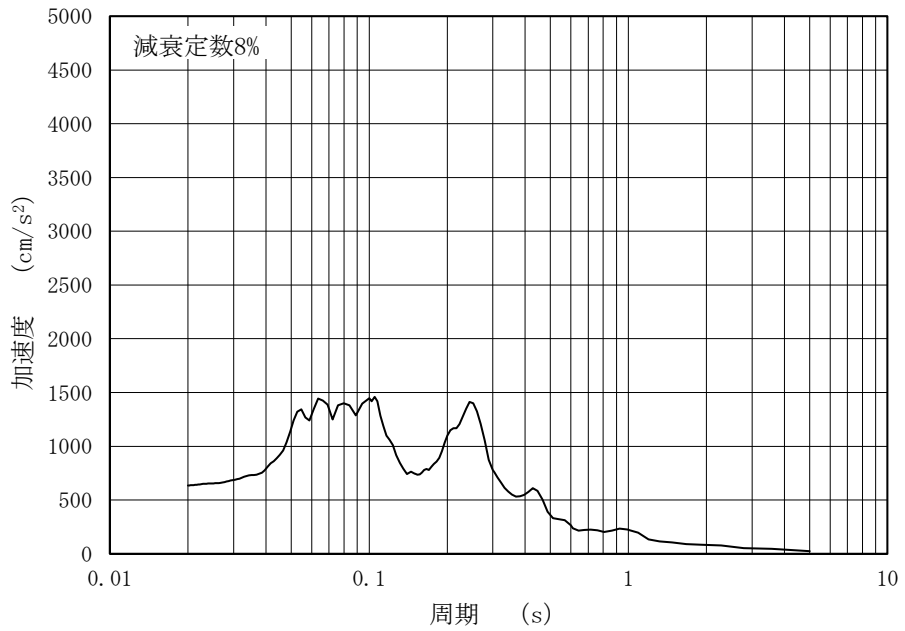


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-155 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (水平成分: S s - N 2 (N S), 第 2 保管エリア⑩, 長辺方向断面)

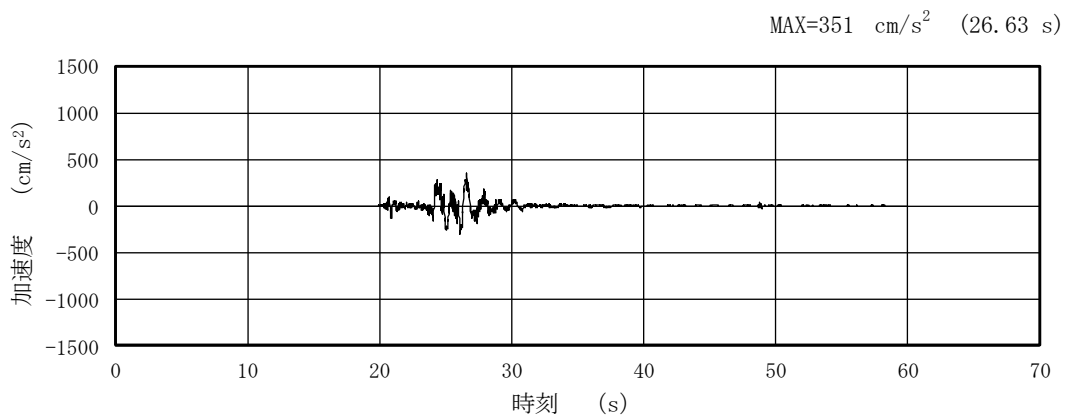


(a) 加速度時刻歴波形

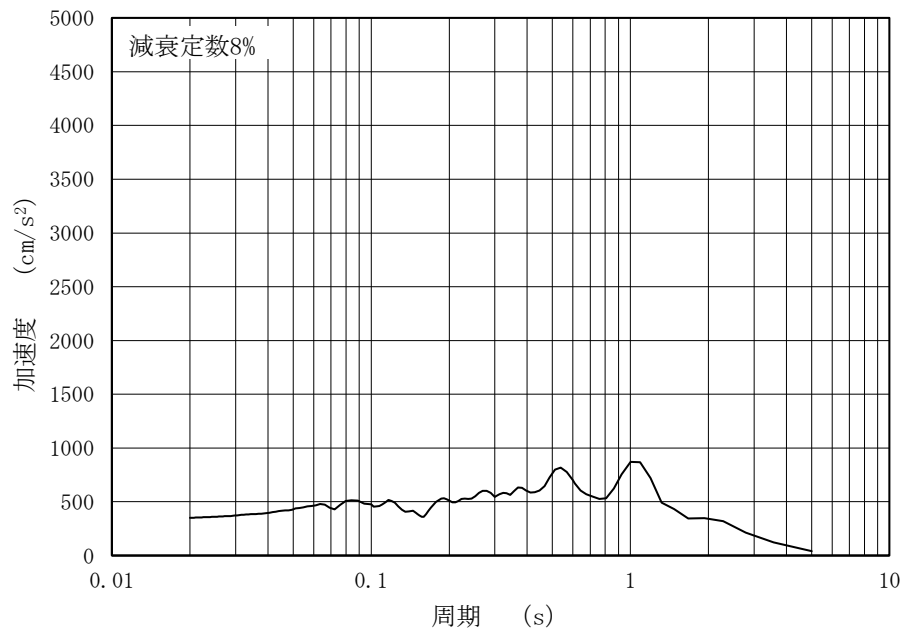


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-156 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (鉛直成分：S s - N 2 (N S)，第 2 保管エリア⑩，長辺方向断面)

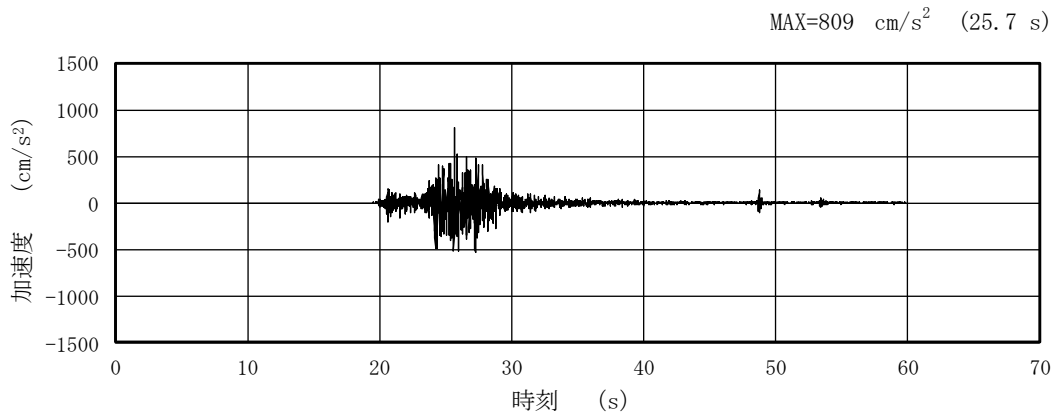


(a) 加速度時刻歴波形

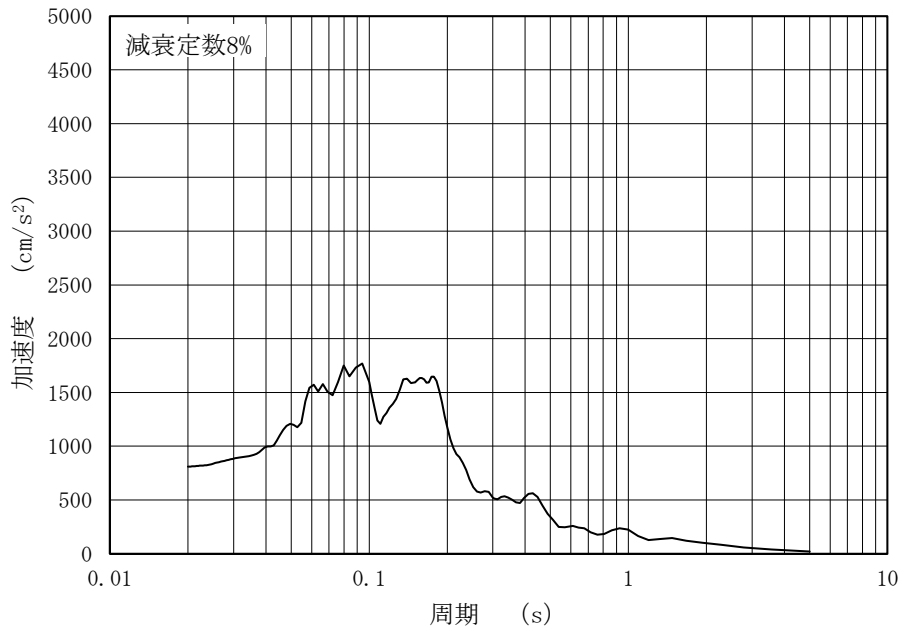


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-157 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (水平成分：S s - N 2 (EW)，第 2 保管エリア⑩，長辺方向断面)



(a) 加速度時刻歴波形

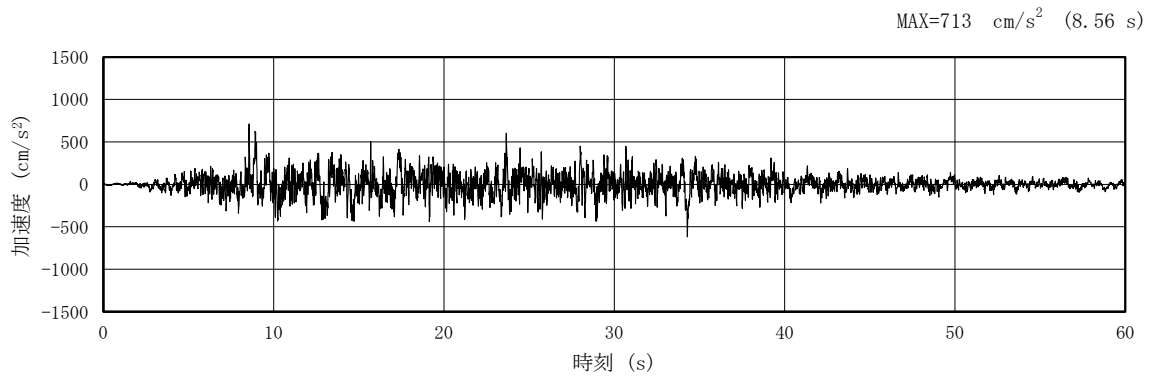


(b) 加速度応答スペクトル

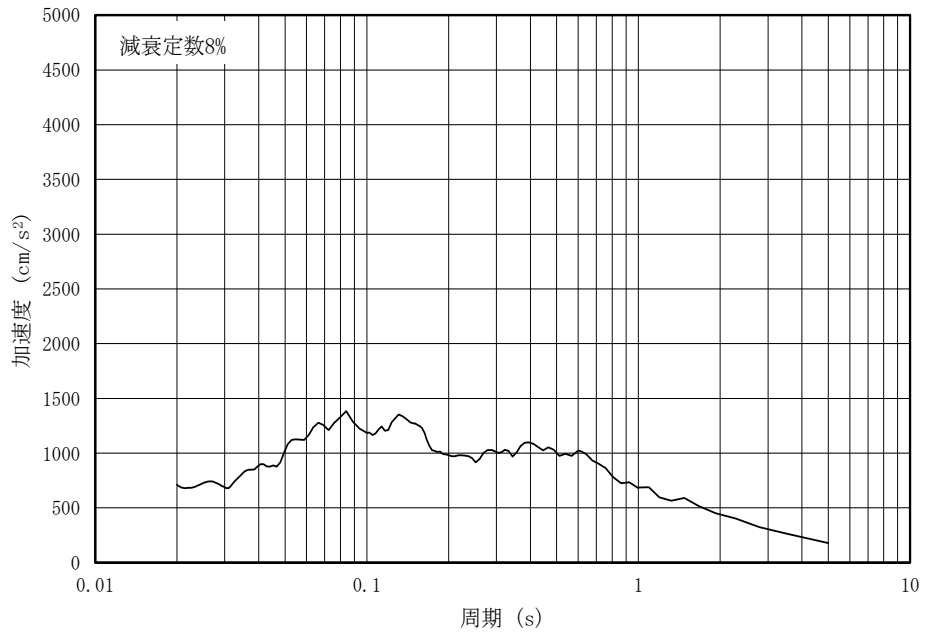
図 4-158 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (鉛直成分：S s - N 2 (EW)，第 2 保管エリア⑩，長辺方向断面)

4.4 可搬型重大事故等対処設備の保管場所（第3保管エリア）

1次元地震応答解析により算定した可搬型重大事故等対処設備の保管場所(第3保管エリア)の地表面における入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトルを図4-159～図4-184に示す。なお、加速度応答スペクトルに用いる減衰定数は、その他設備の減衰定数(1%)及び車両型設備の減衰定数(8%)を考慮し設定する。

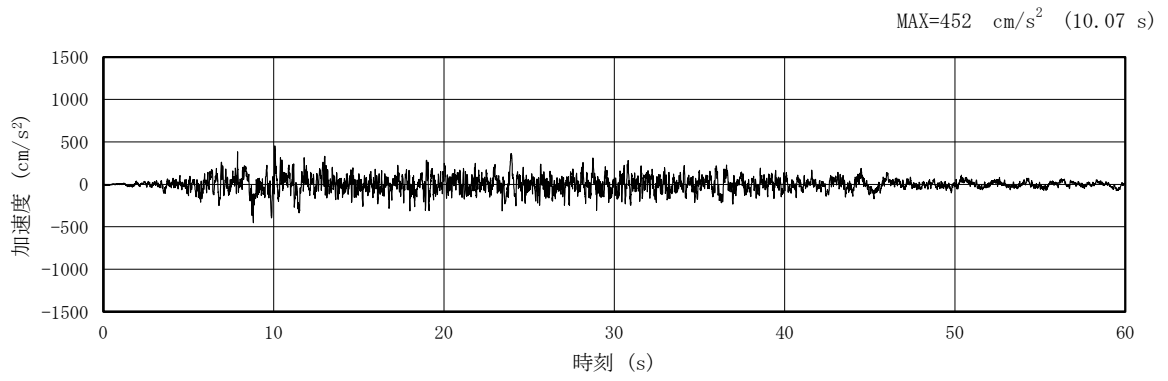


(a) 加速度時刻歴波形

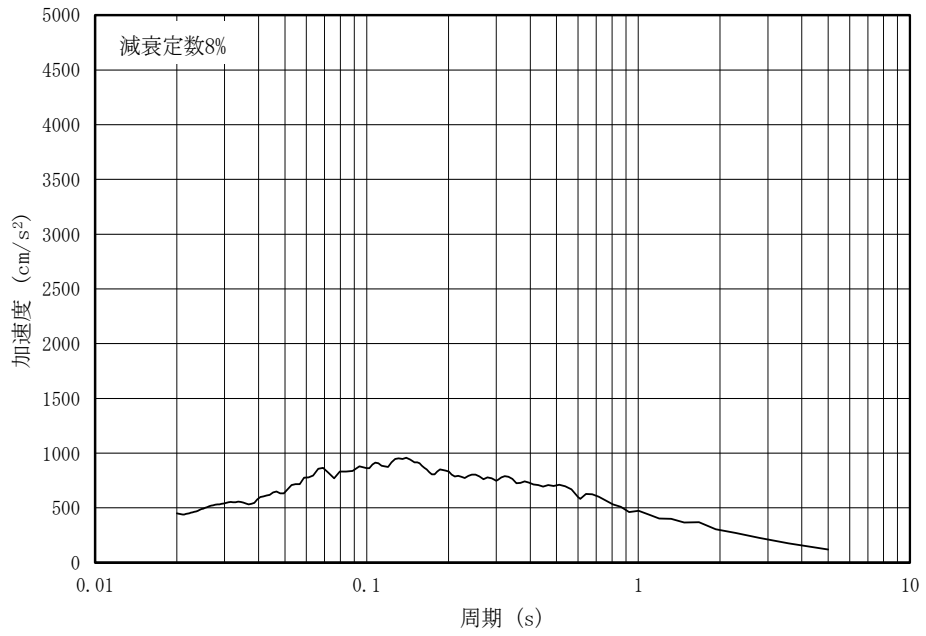


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-159 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平方向：S s - D, 第 3 保管エリア西側)

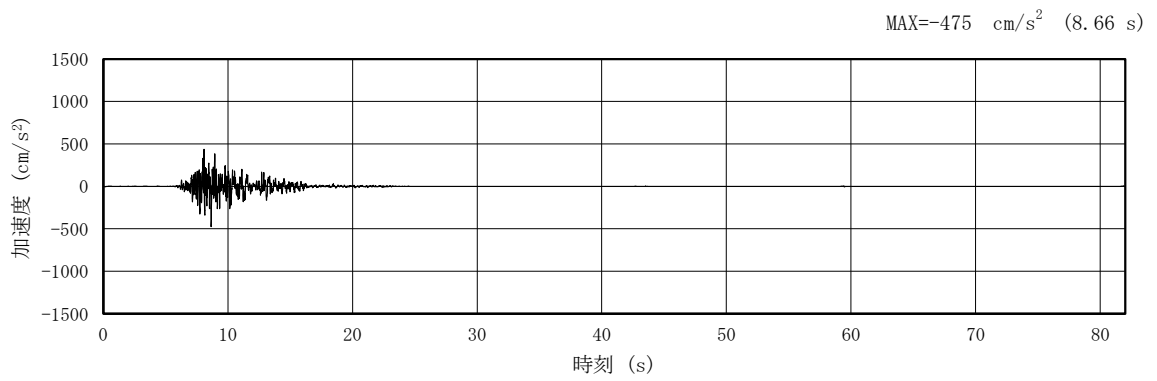


(a) 加速度時刻歴波形

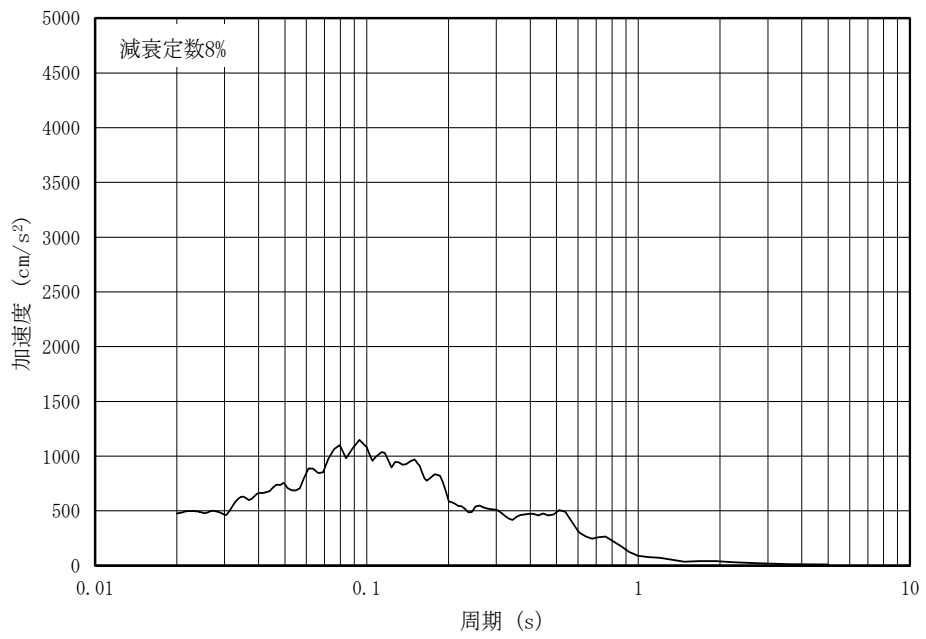


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-160 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向：S s - D，第 3 保管エリア西側)

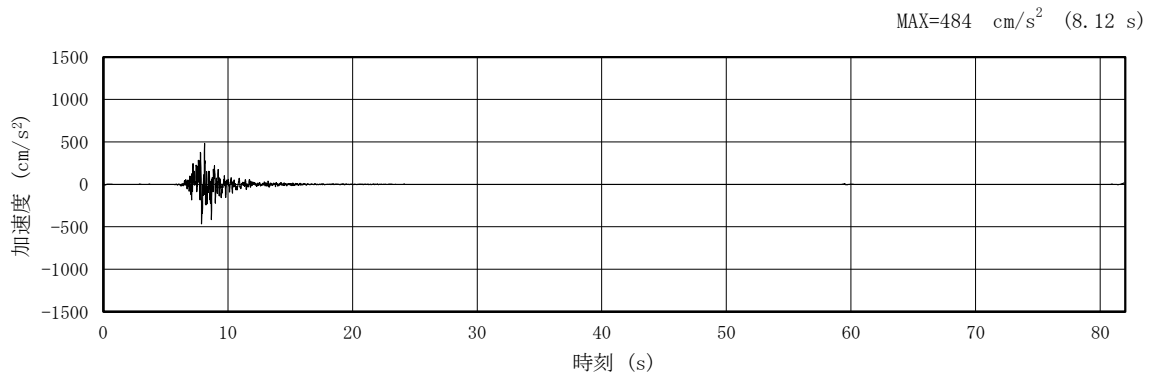


(a) 加速度時刻歴波形

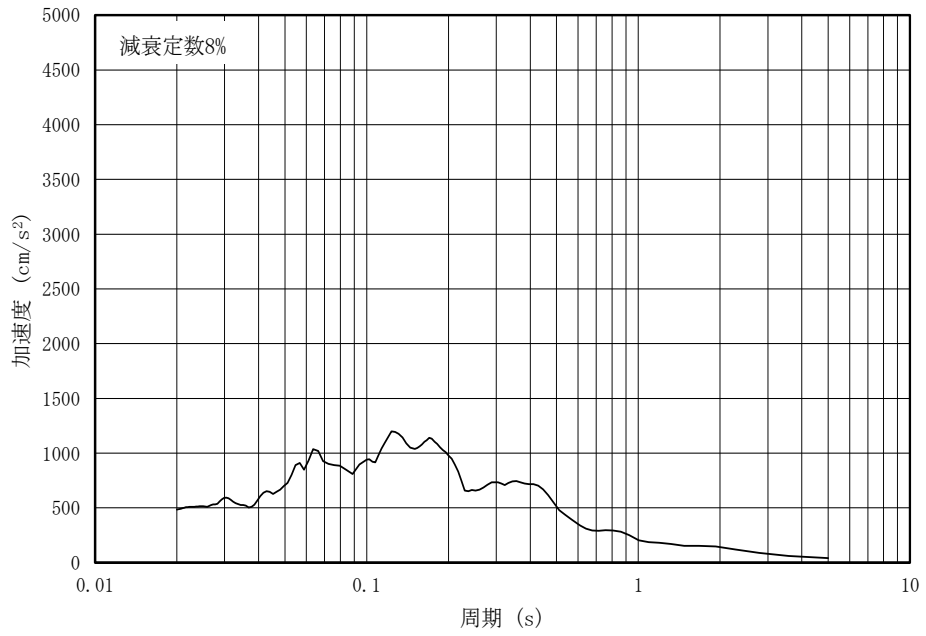


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-161 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平 (NS) 方向 : S s - F 1, 第 3 保管エリア西側)

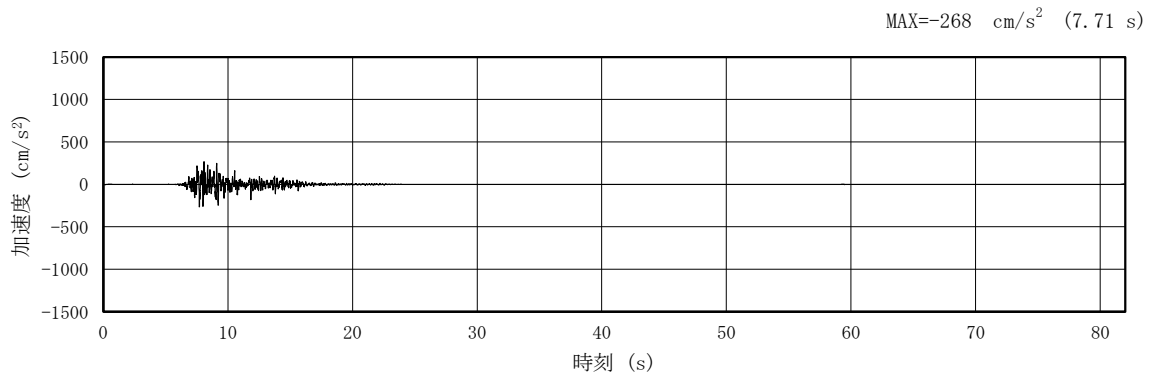


(a) 加速度時刻歴波形

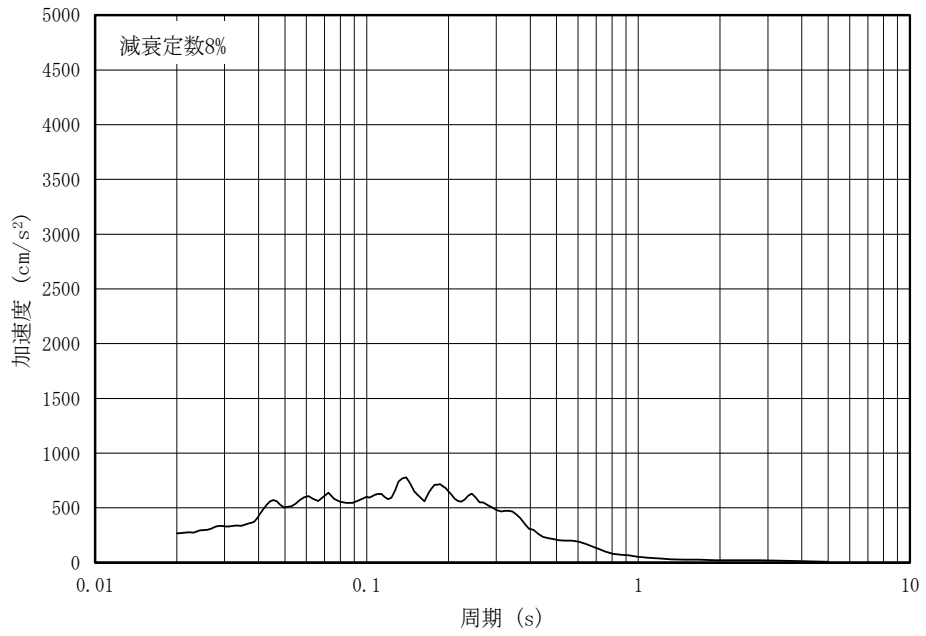


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-162 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平 (EW) 方向 : S s - F 1, 第 3 保管エリア西側)

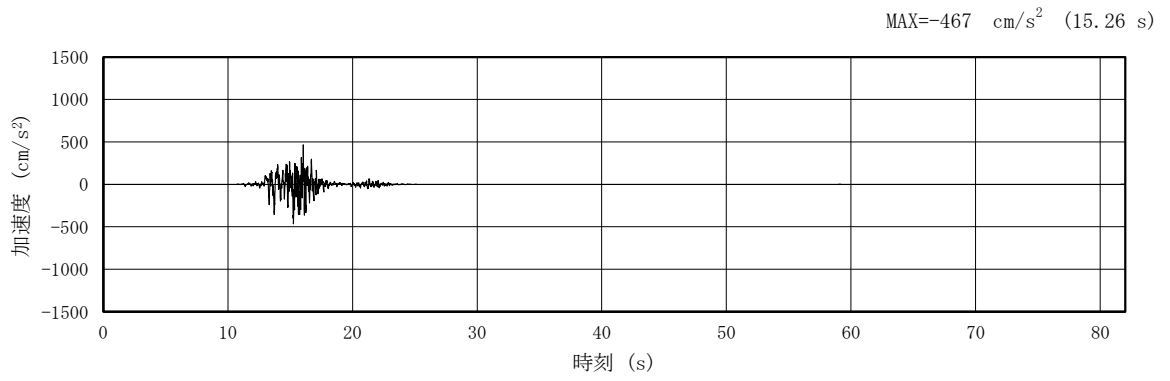


(a) 加速度時刻歴波形

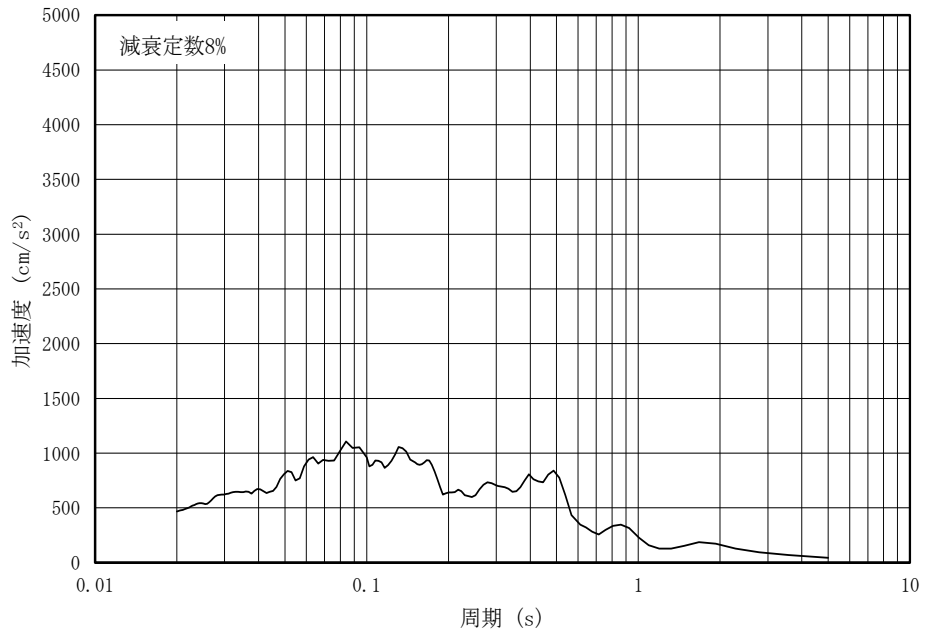


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-163 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向：S s - F 1, 第 3 保管エリア西側)

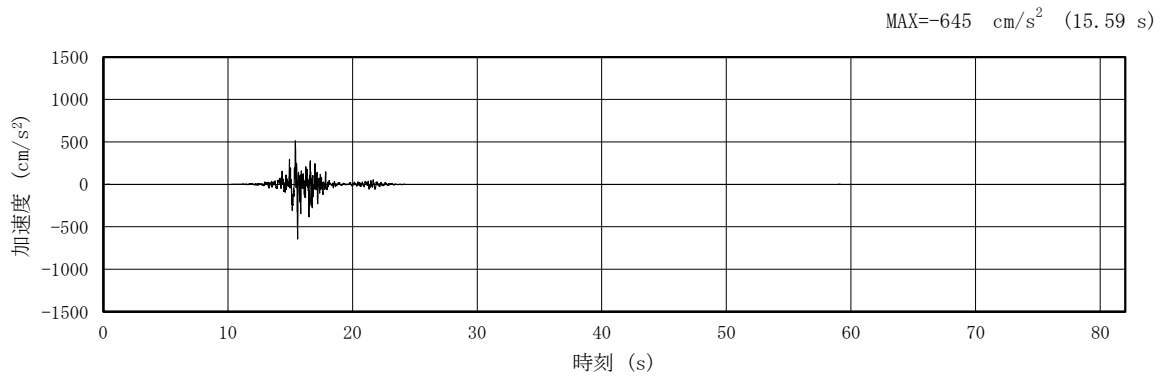


(a) 加速度時刻歴波形

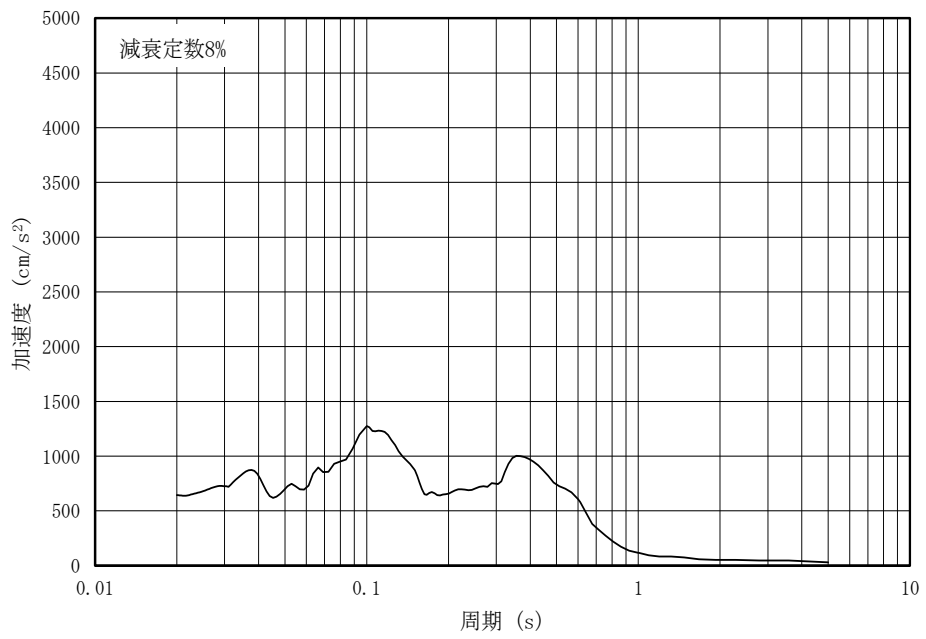


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-164 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平 (NS) 方向 : S s - F 2, 第 3 保管エリア西側)

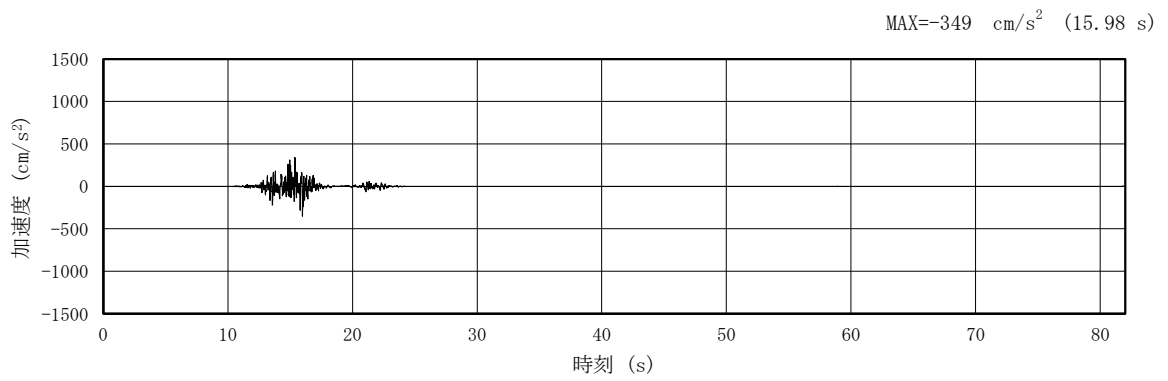


(a) 加速度時刻歴波形

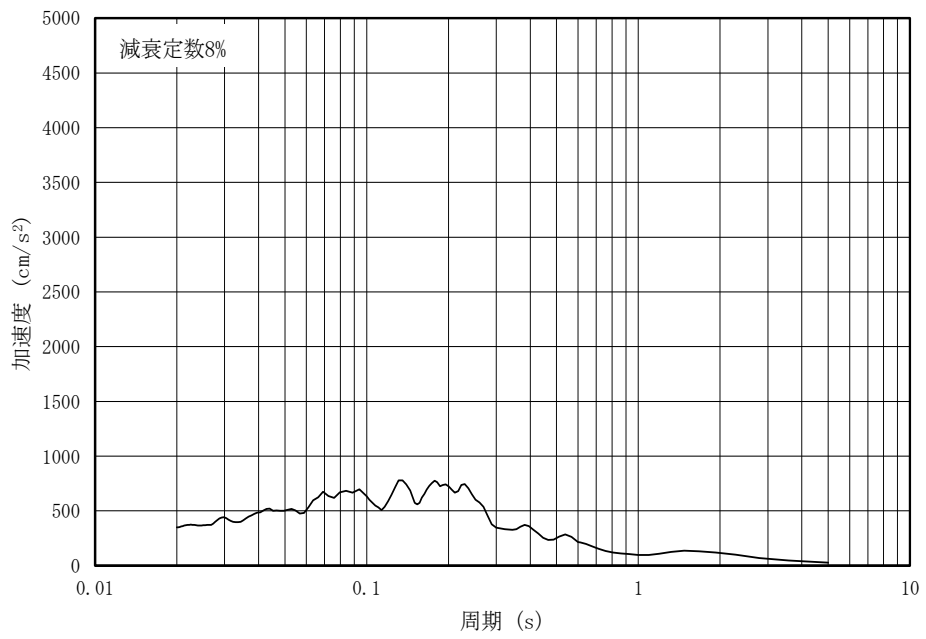


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-165 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平 (EW) 方向 : S s - F 2, 第 3 保管エリア西側)

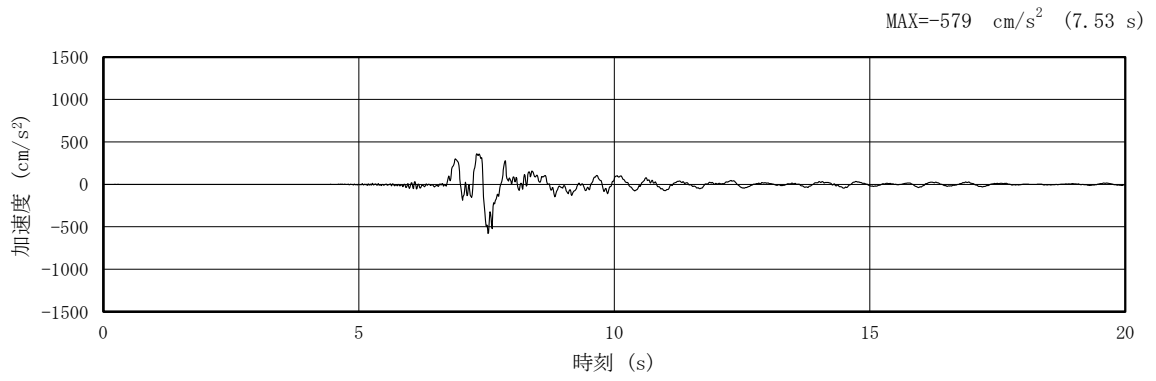


(a) 加速度時刻歴波形

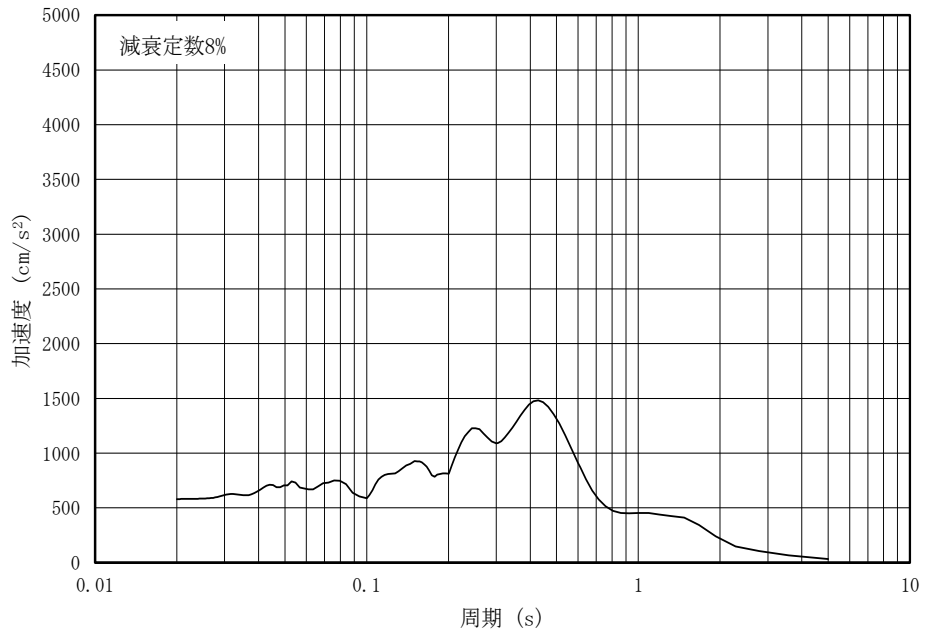


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-166 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向：S s - F 2, 第 3 保管エリア西側)

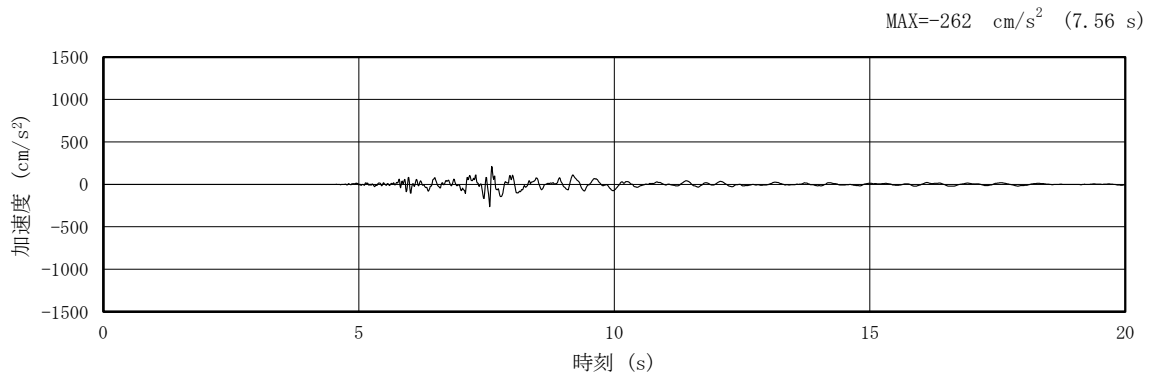


(a) 加速度時刻歴波形

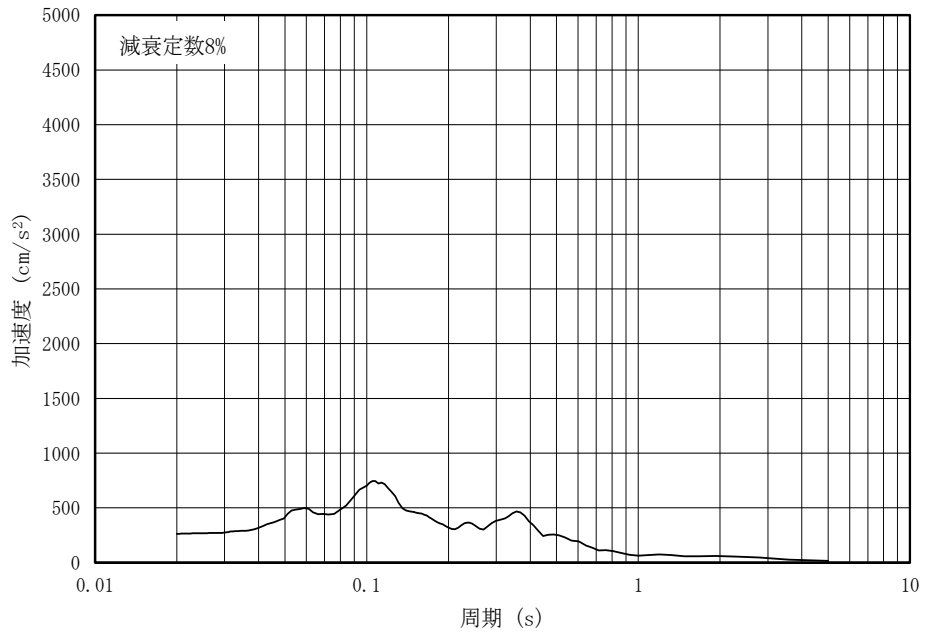


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-167 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平方向：S s - N 1，第 3 保管エリア西側)

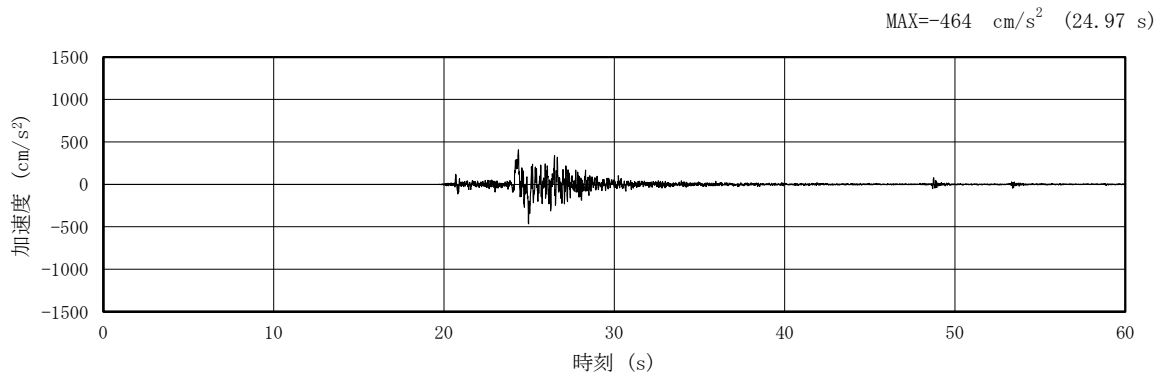


(a) 加速度時刻歴波形

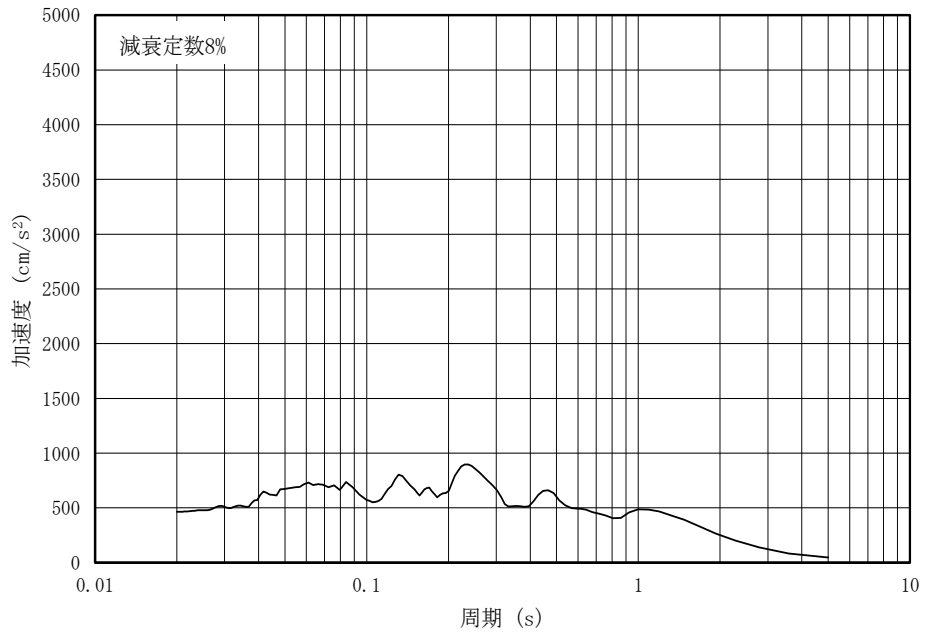


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-168 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向：S s - N 1，第 3 保管エリア西側)

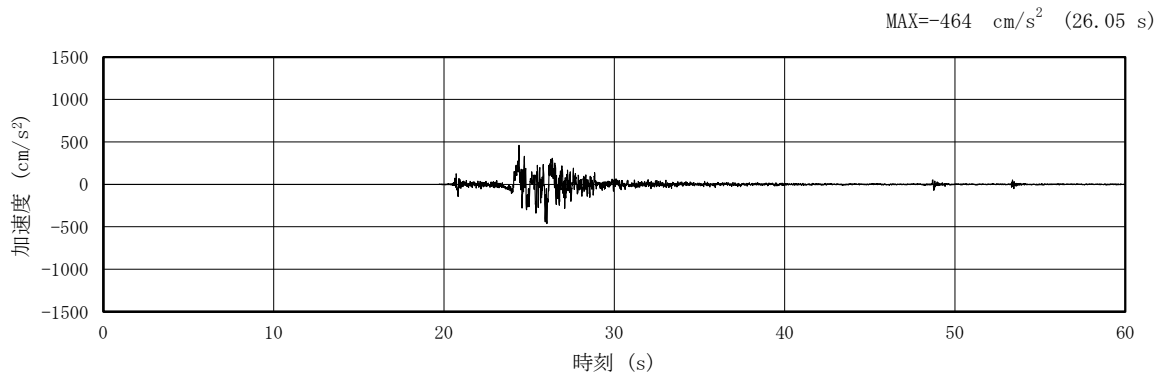


(a) 加速度時刻歴波形

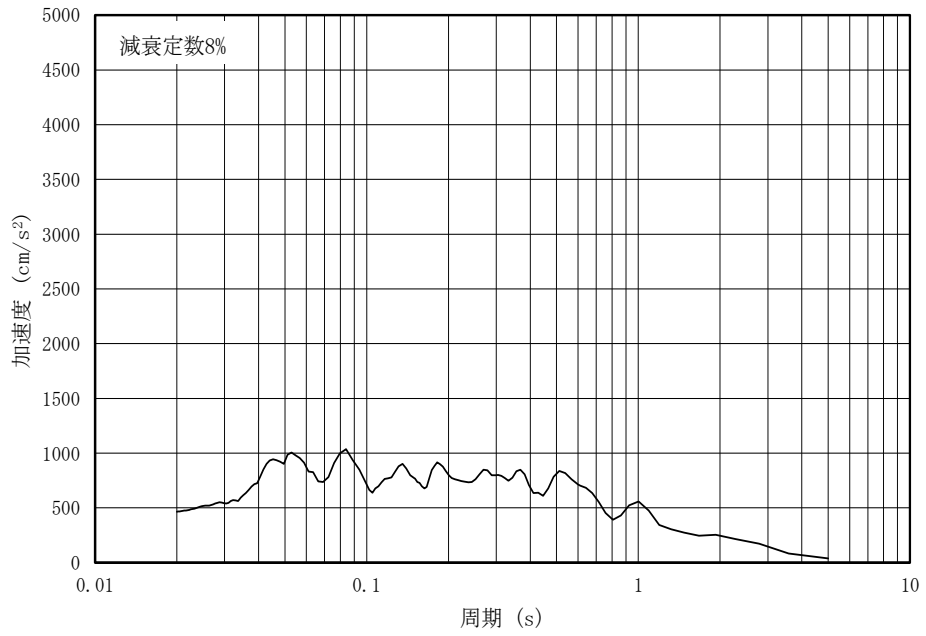


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-169 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平 (NS) 方向 : S s - N 2 , 第 3 保管エリア西側)

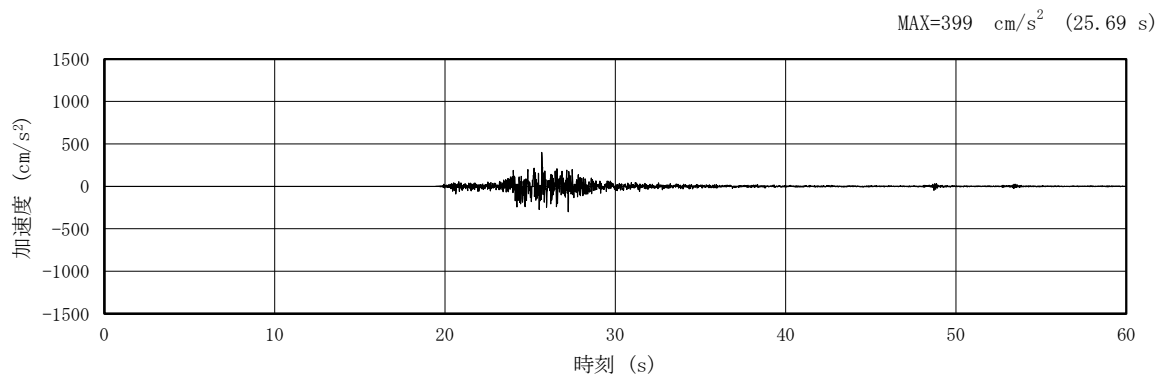


(a) 加速度時刻歴波形

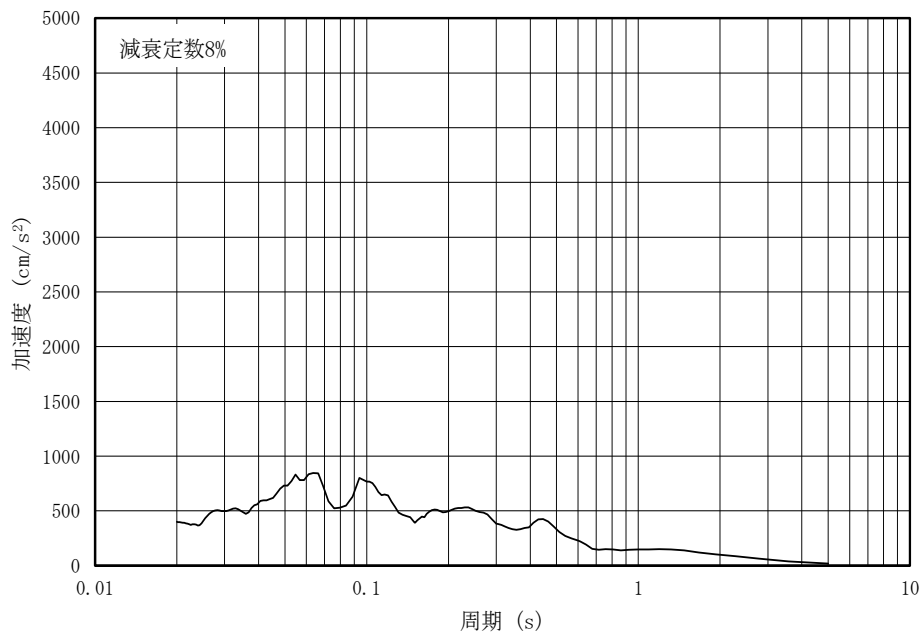


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-170 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平 (EW) 方向 : S s - N 2, 第 3 保管エリア西側)

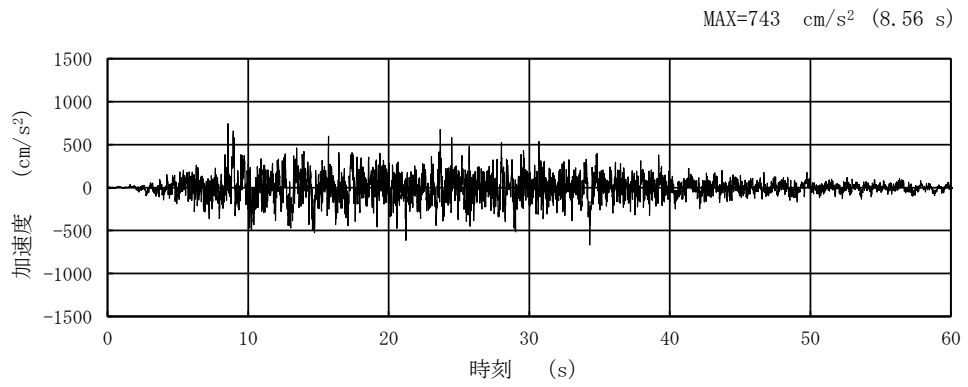


(a) 加速度時刻歴波形

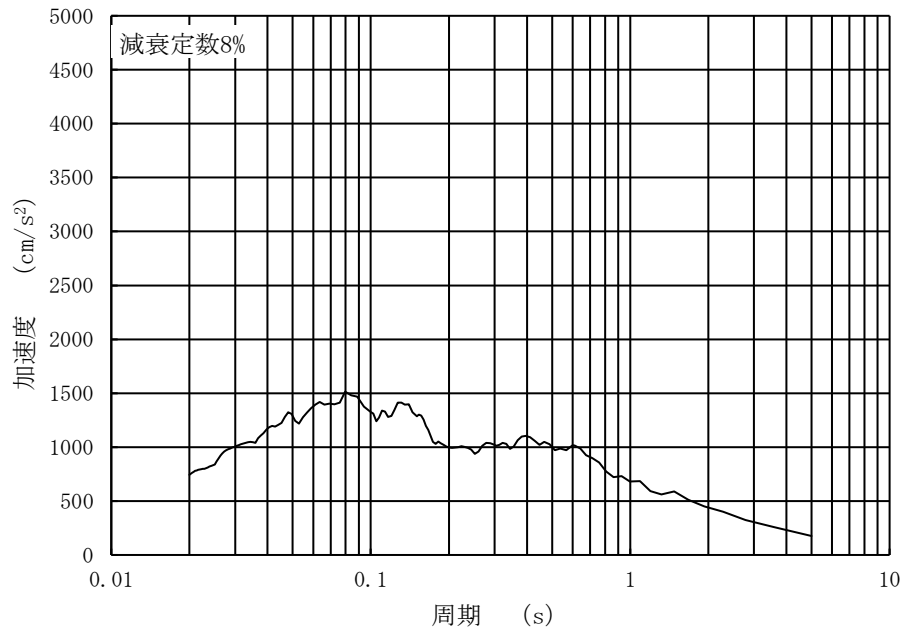


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-171 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向：S s - N 2，第 3 保管エリア西側)

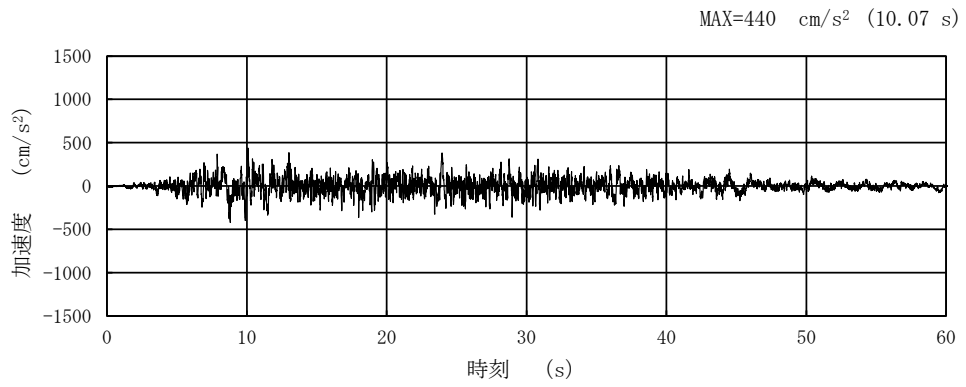


(a) 加速度時刻歴波形

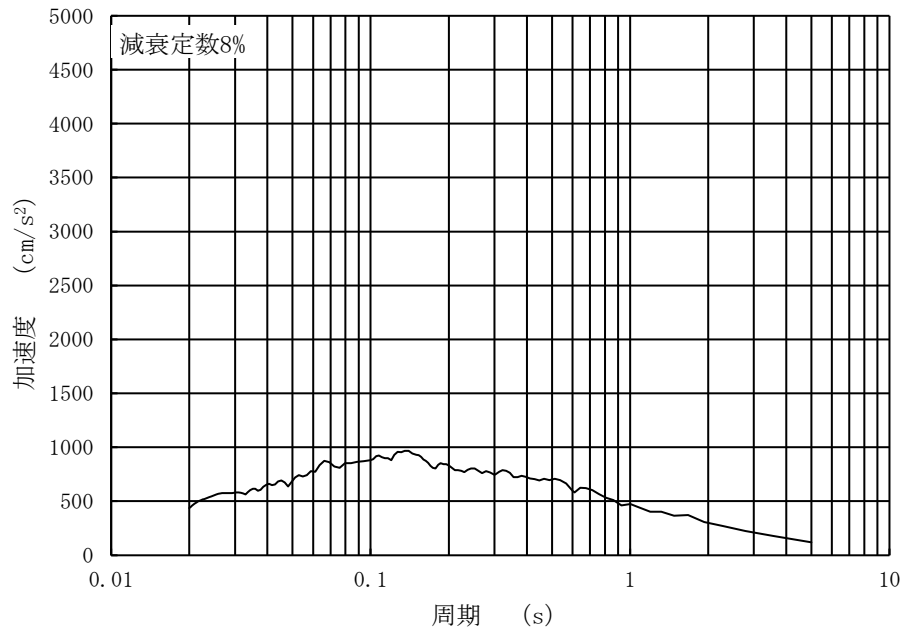


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-172 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平方向：S s-D, 第3保管エリア東側)

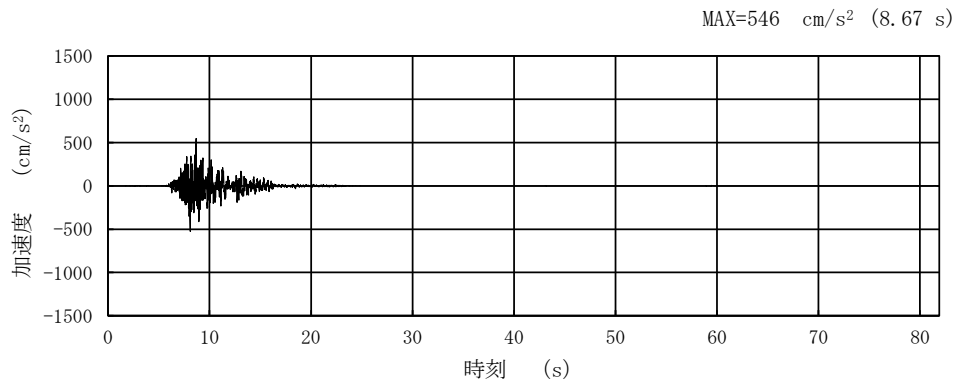


(a) 加速度時刻歴波形

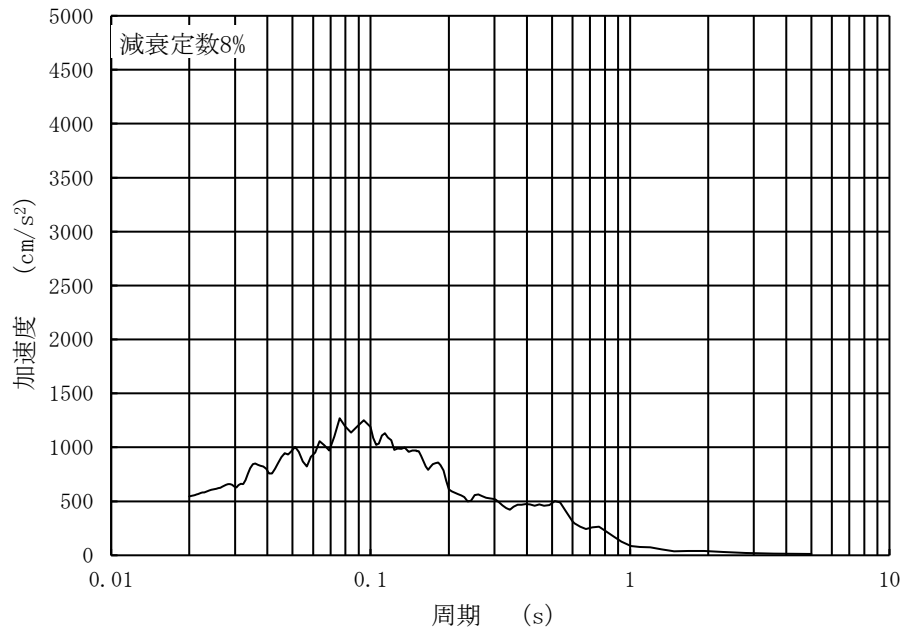


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-173 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向：S s-D，第3保管エリア東側)

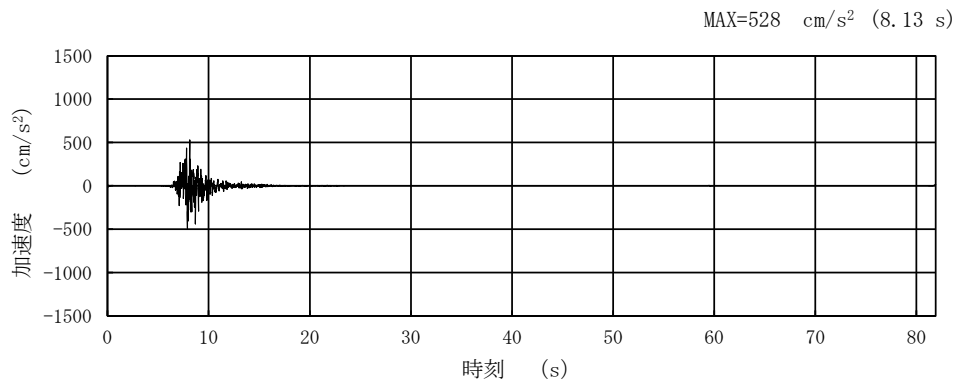


(a) 加速度時刻歴波形

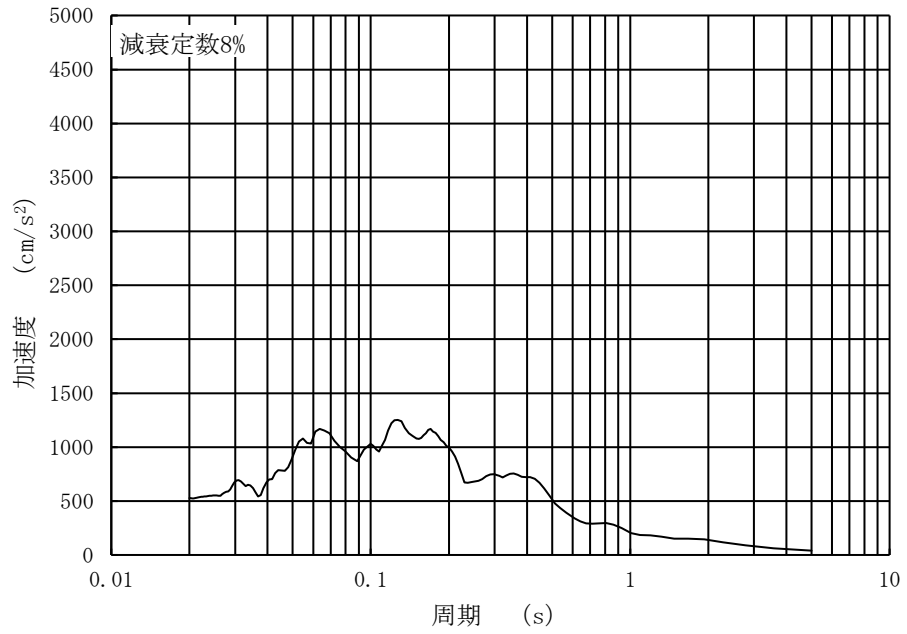


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-174 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平 (NS) 方向 : S s - F 1, 第 3 保管エリア東側)

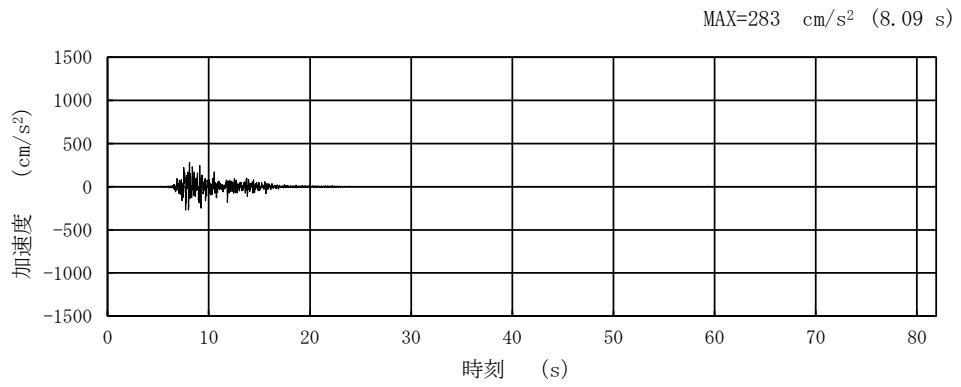


(a) 加速度時刻歴波形

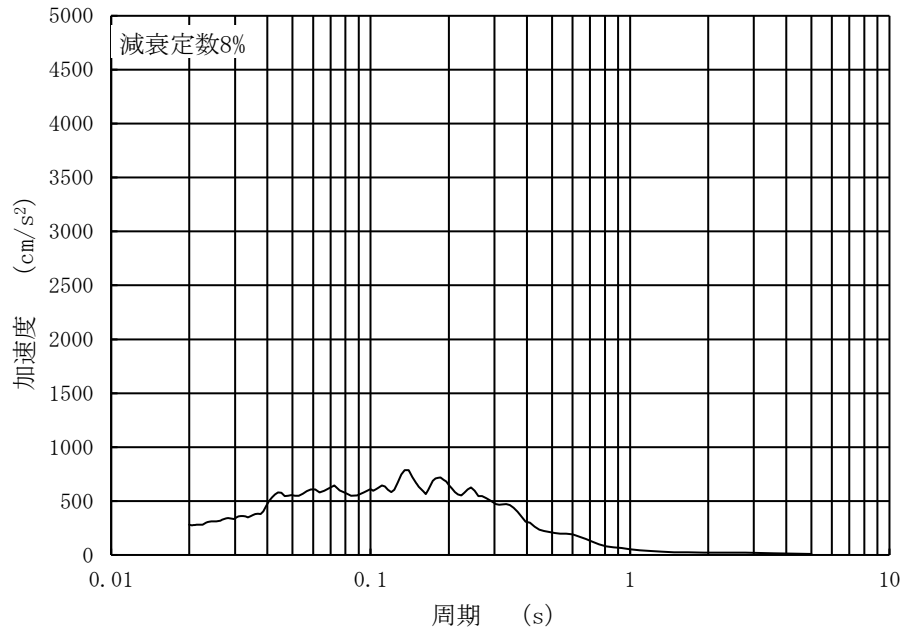


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-175 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 水平 (EW) 方向 : S s - F 1, 第 3 保管エリア東側

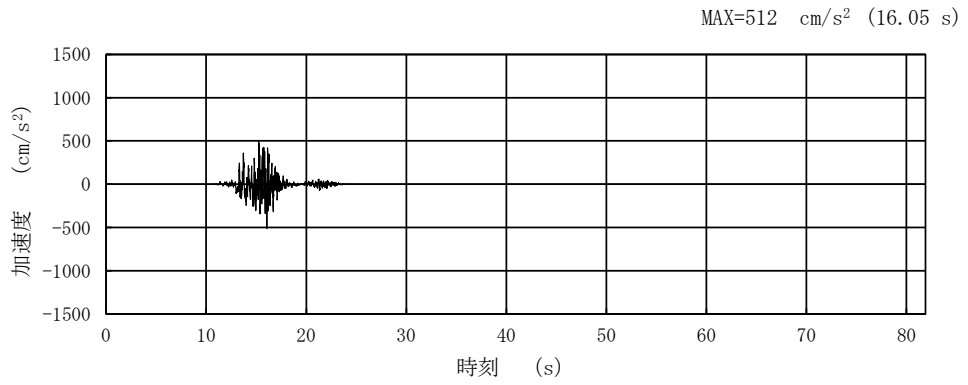


(a) 加速度時刻歴波形

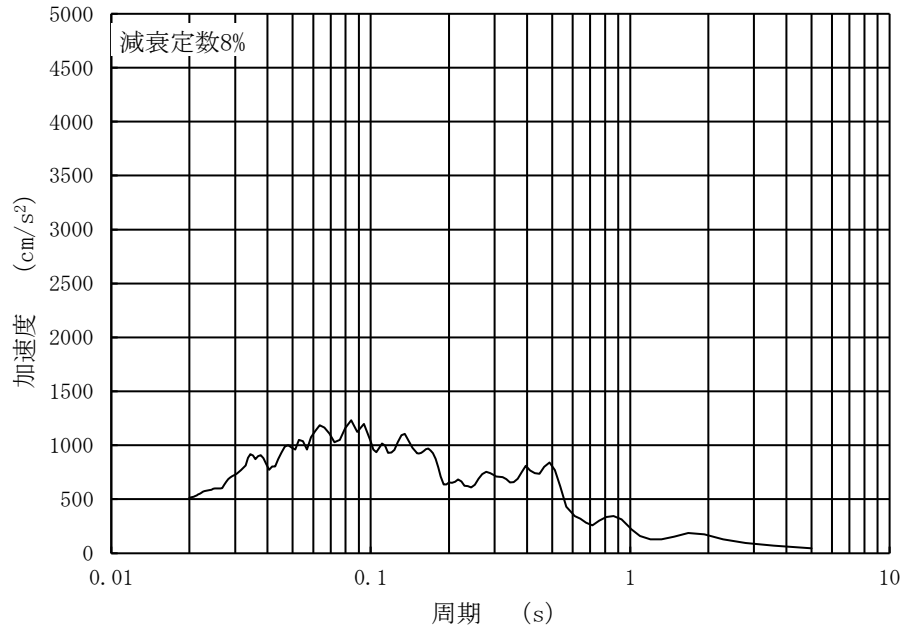


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-176 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向：S s - F 1, 第 3 保管エリア東側)

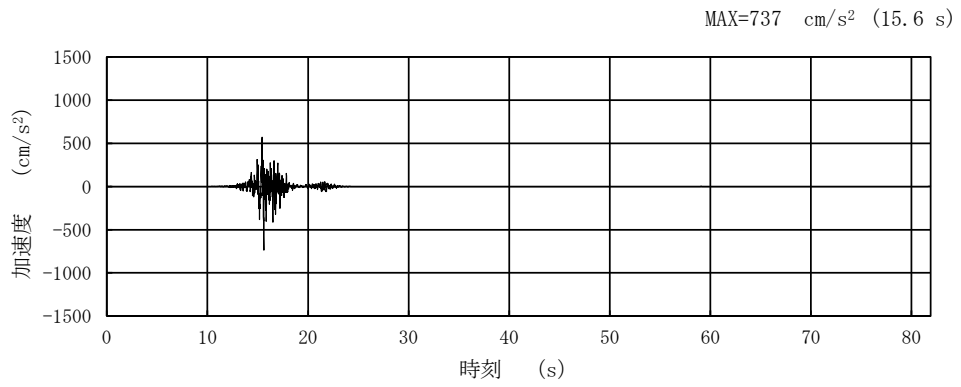


(a) 加速度時刻歴波形

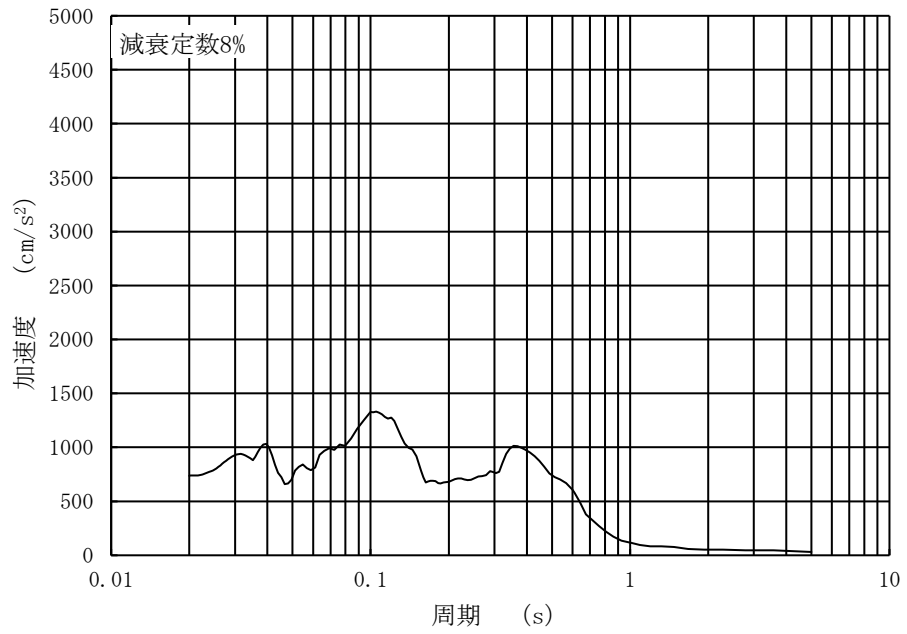


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-177 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平 (NS) 方向 : S s - F 2 , 第 3 保管エリア東側)

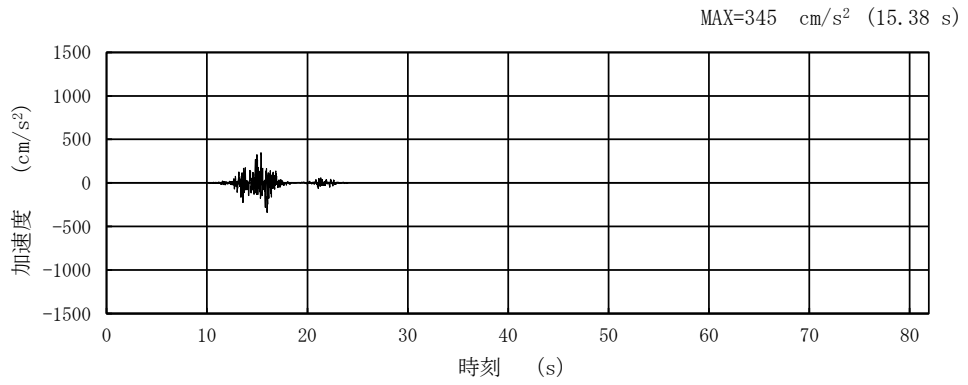


(a) 加速度時刻歴波形

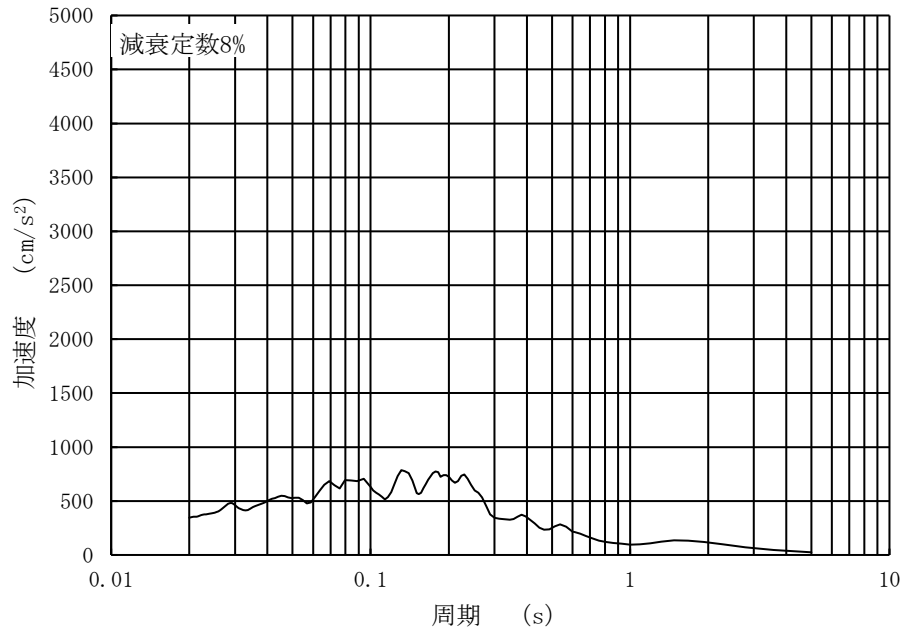


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-178 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平 (EW) 方向 : S s - F 2 , 第 3 保管エリア東側)

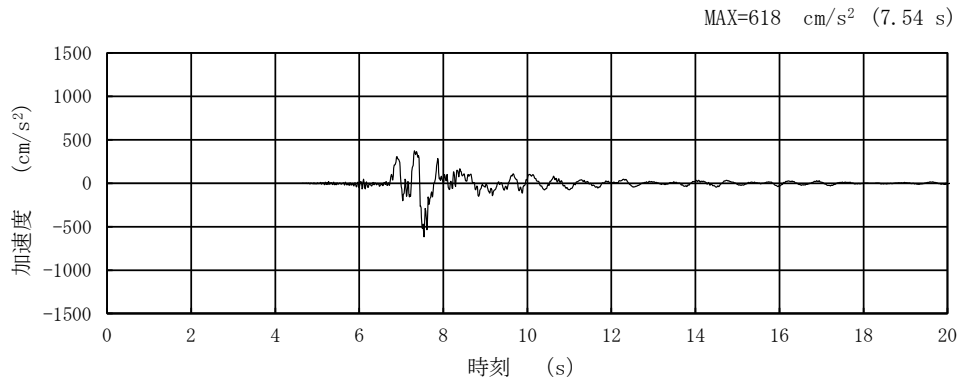


(a) 加速度時刻歴波形

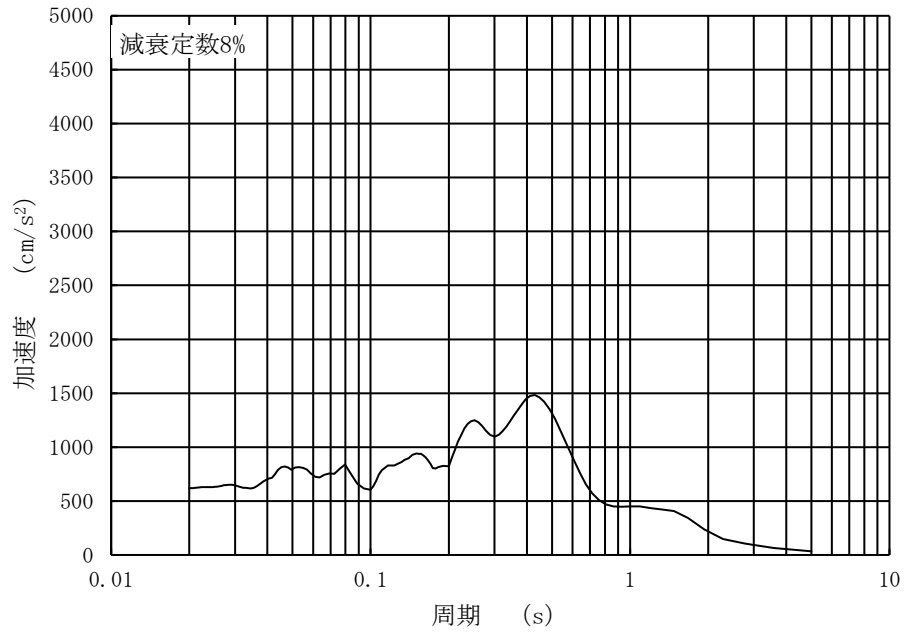


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-179 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向：S s - F 2, 第 3 保管エリア東側)

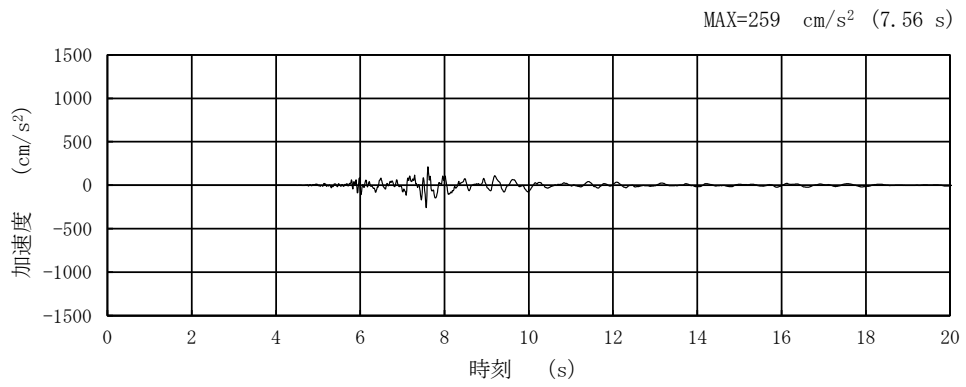


(a) 加速度時刻歴波形

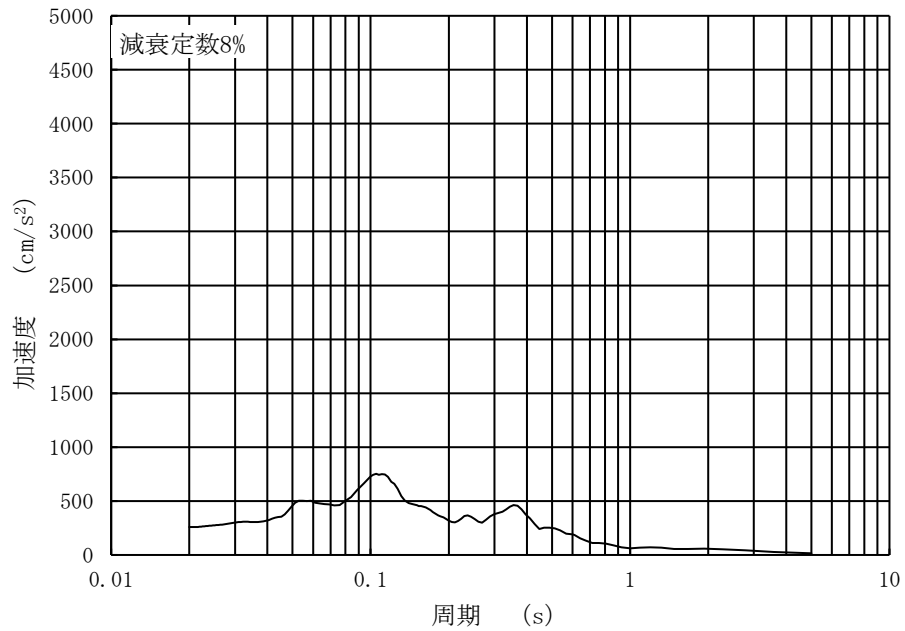


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-180 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平方向：S s - N 1，第 3 保管エリア東側)

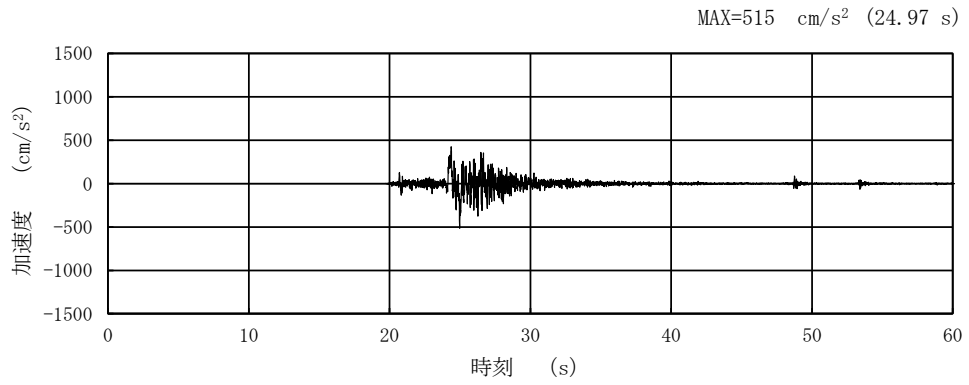


(a) 加速度時刻歴波形

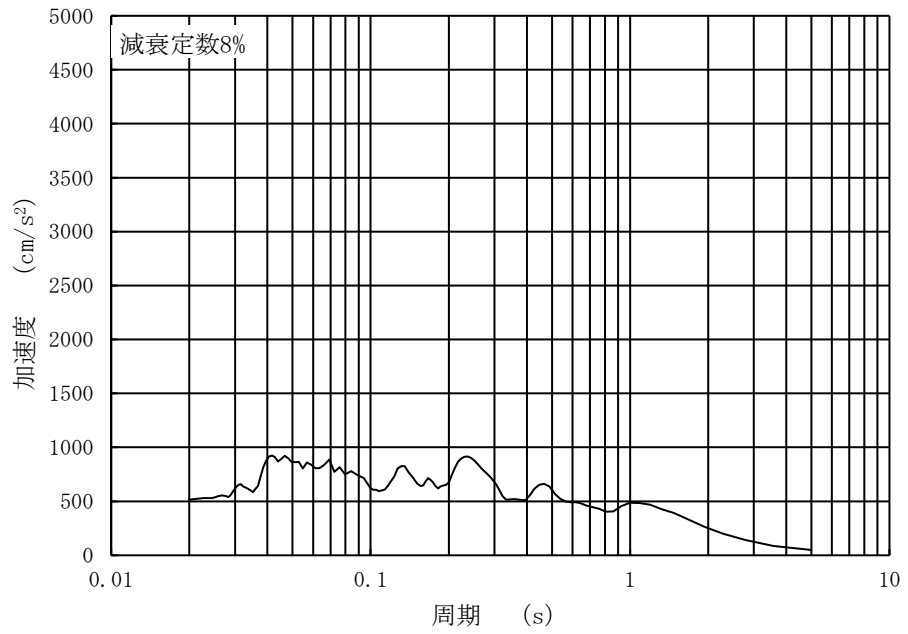


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-181 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向：S s - N 1，第 3 保管エリア東側)

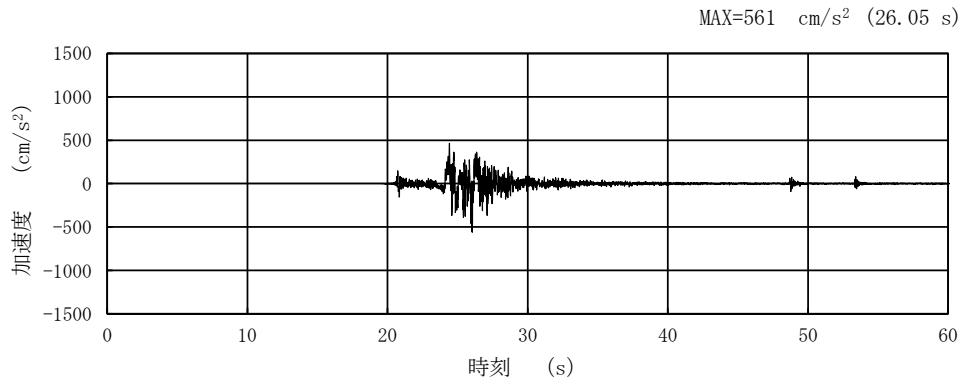


(a) 加速度時刻歴波形

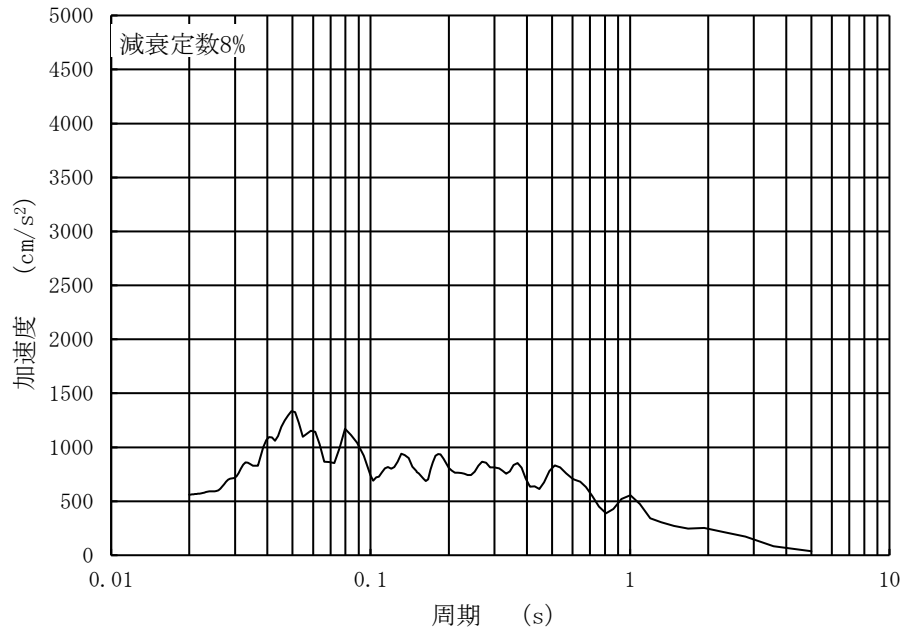


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-182 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平 (NS) 方向 : S s - N 2 , 第 3 保管エリア東側)

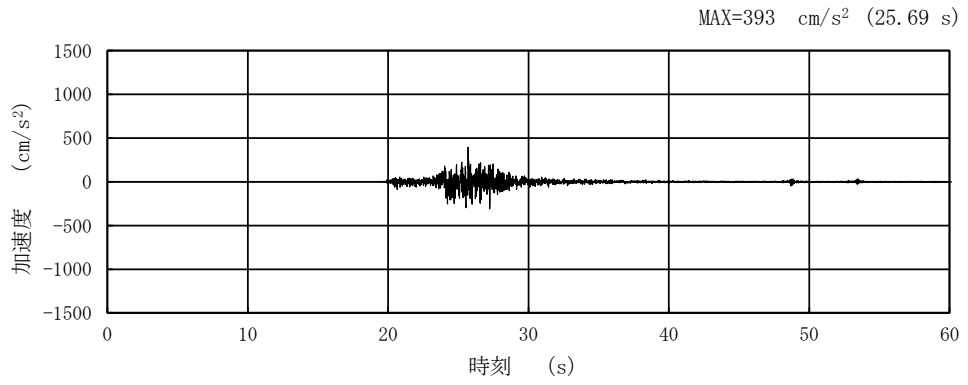


(a) 加速度時刻歴波形

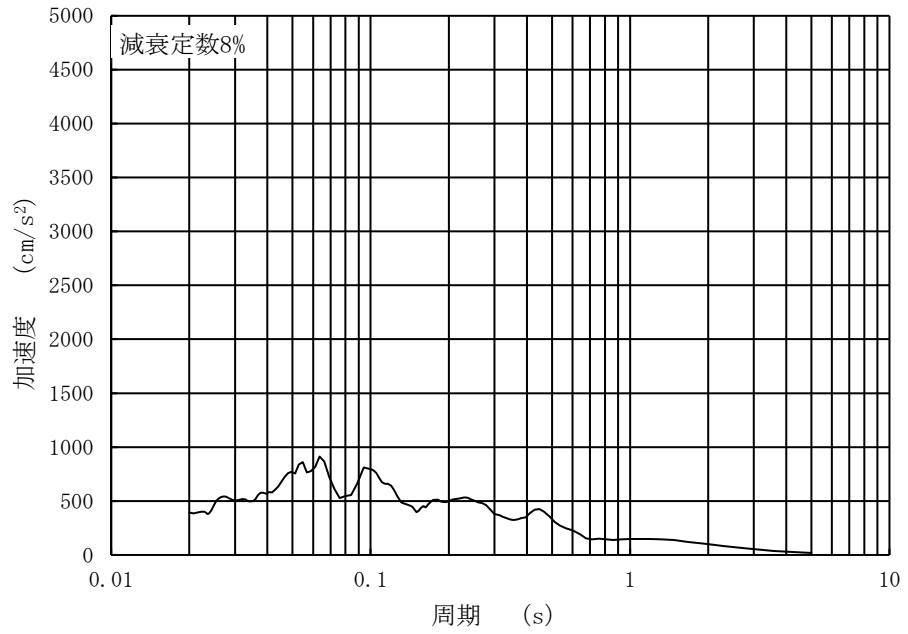


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-183 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平 (EW) 方向 : S s - N 2 , 第 3 保管エリア東側)



(a) 加速度時刻歴波形

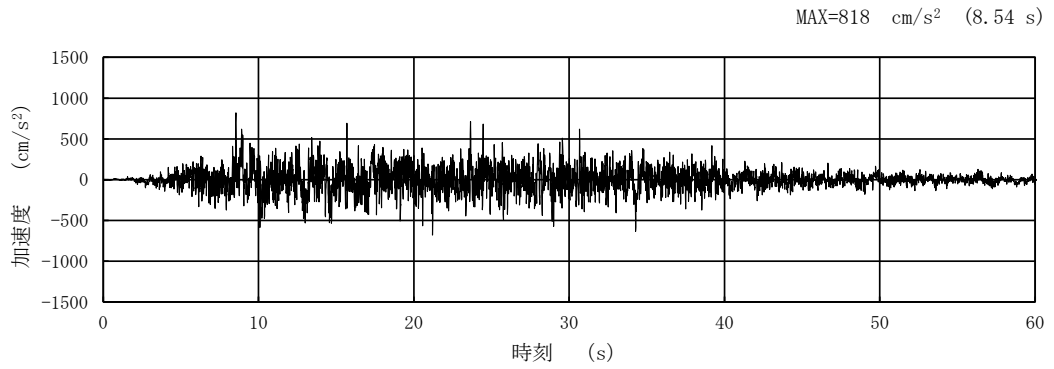


(b) 加速度応答スペクトル

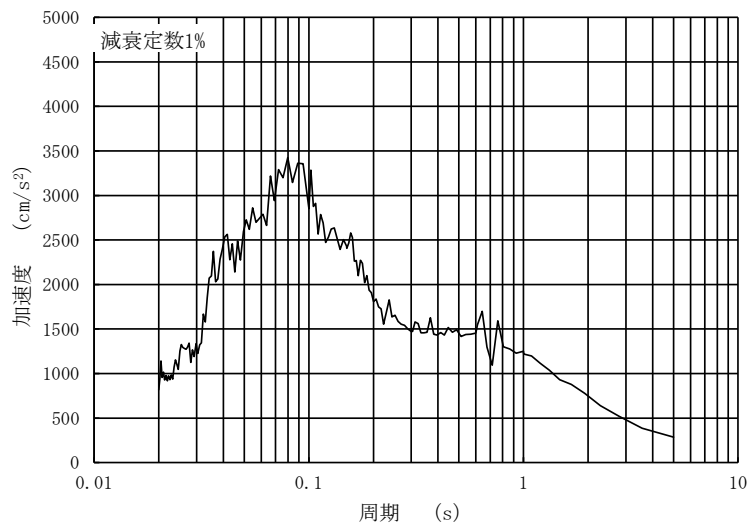
図 4-184 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向：S s - N 2, 第 3 保管エリア東側)

4.5 可搬型重大事故等対処設備の保管場所（第4保管エリア）

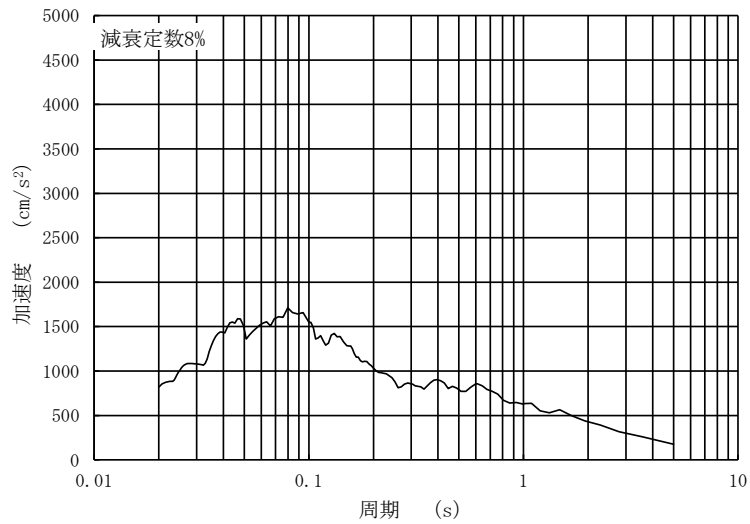
1次元地震応答解析により算定した可搬型重大事故等対処設備の保管場所(第4保管エリア)の地表面における入力地震動の加速度時刻歴波形と加速度応答スペクトルを図4-185～図4-210に示す。なお、加速度応答スペクトルに用いる減衰定数は、その他設備の減衰定数(1%)及び車両型設備の減衰定数(8%)を考慮し設定する。



(a) 加速度時刻歴波形

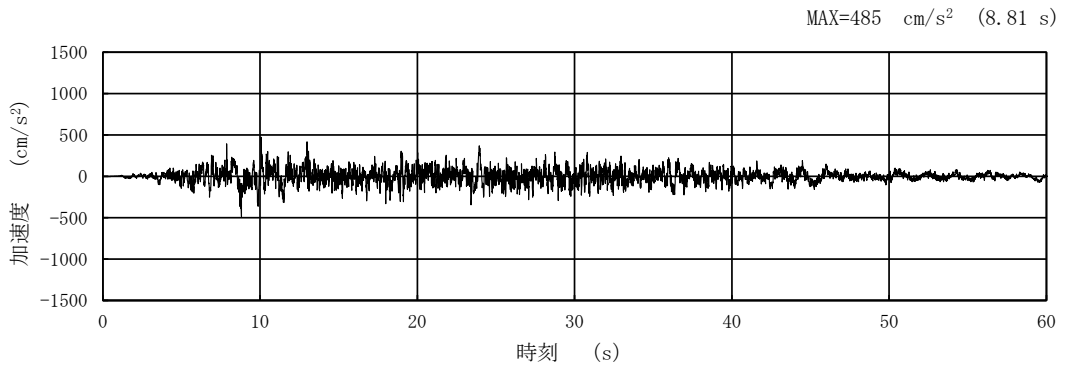


(b) 加速度応答スペクトル (減衰定数 1%)

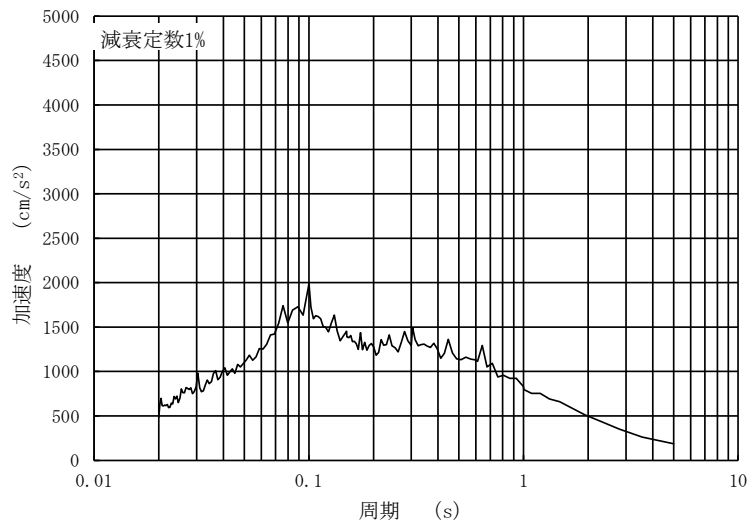


(c) 加速度応答スペクトル (減衰定数 8%)

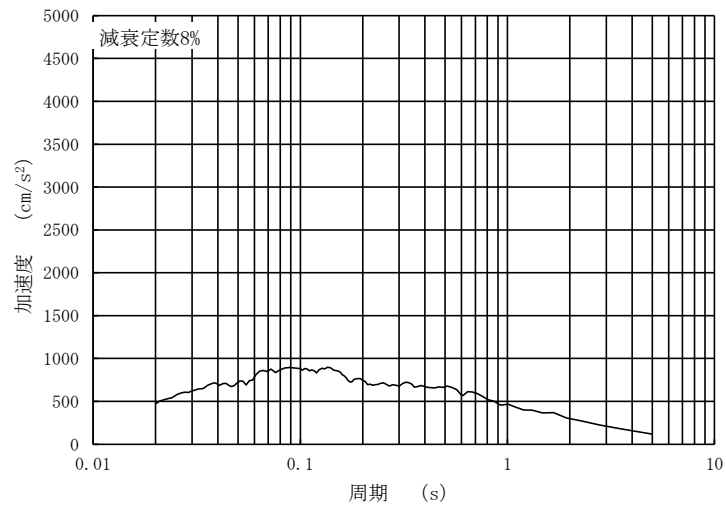
図 4-185 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平方向：S s-D, 第4保管エリア北側)



(a) 加速度時刻歴波形

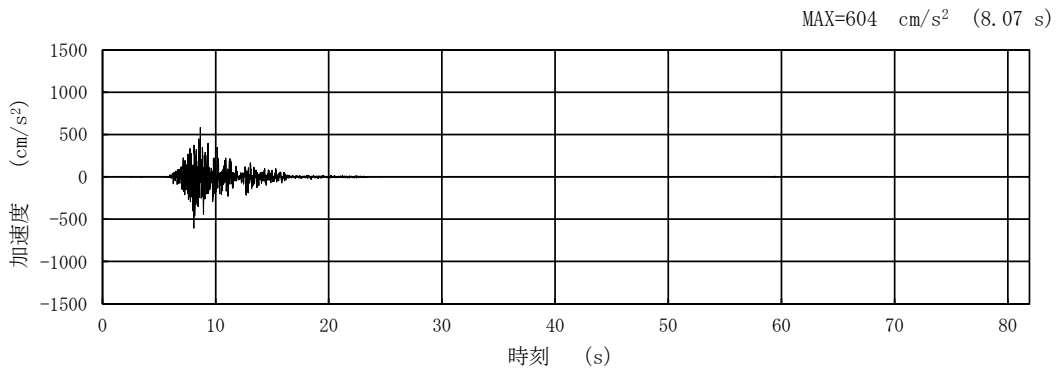


(b) 加速度応答スペクトル (減衰定数 1%)

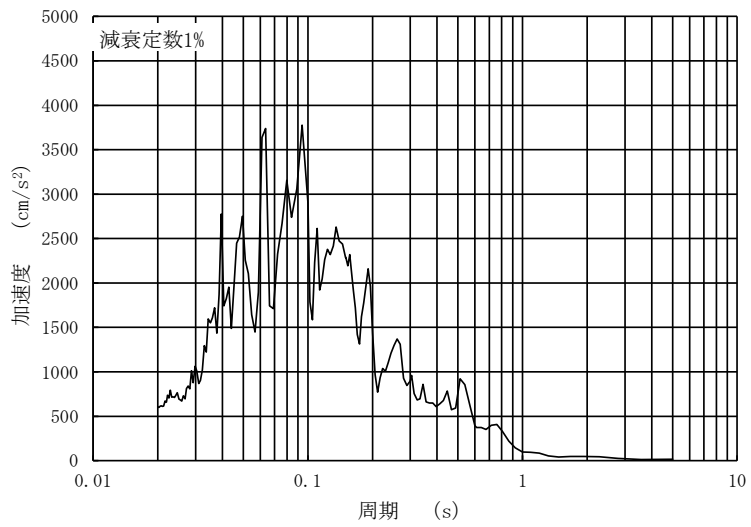


(c) 加速度応答スペクトル (減衰定数 8%)

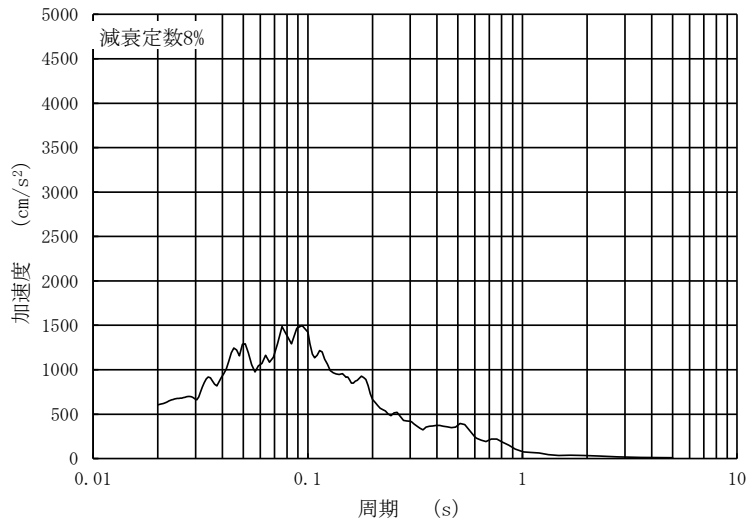
図 4-186 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向：S s-D, 第4保管エリア北側)



(a) 加速度時刻歴波形

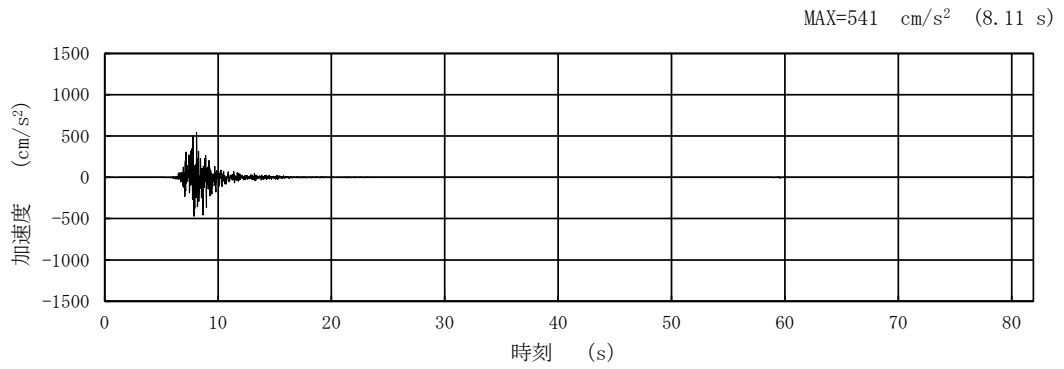


(b) 加速度応答スペクトル (減衰定数 1%)

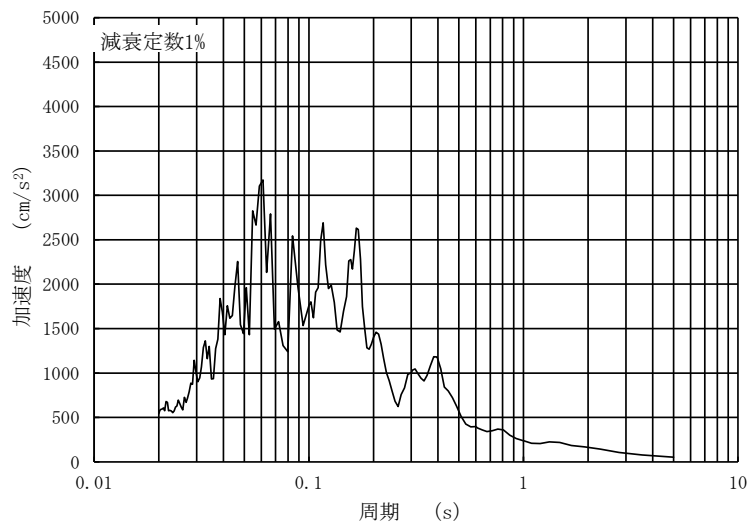


(c) 加速度応答スペクトル (減衰定数 8%)

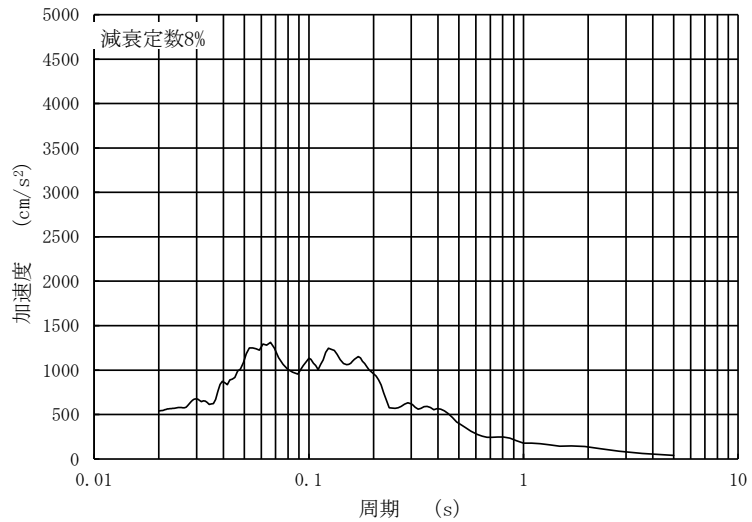
図 4-187 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平 (NS) 方向 : S s - F 1, 第 4 保管エリア北側)



(a) 加速度時刻歴波形

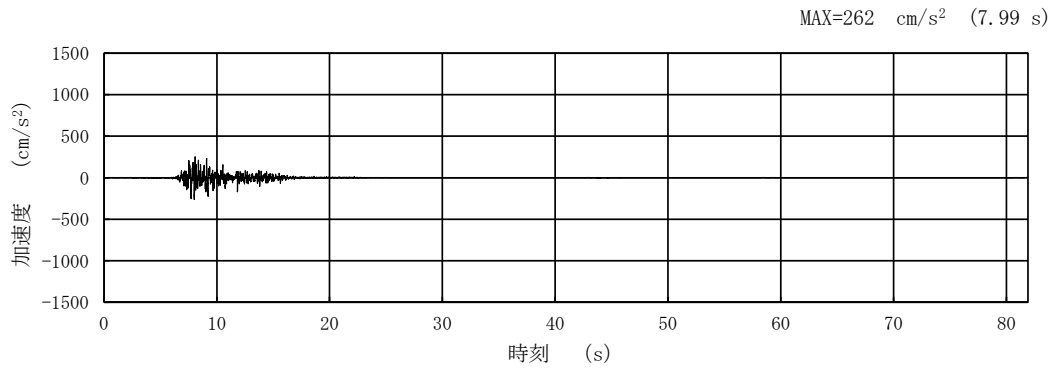


(b) 加速度応答スペクトル (減衰定数 1%)

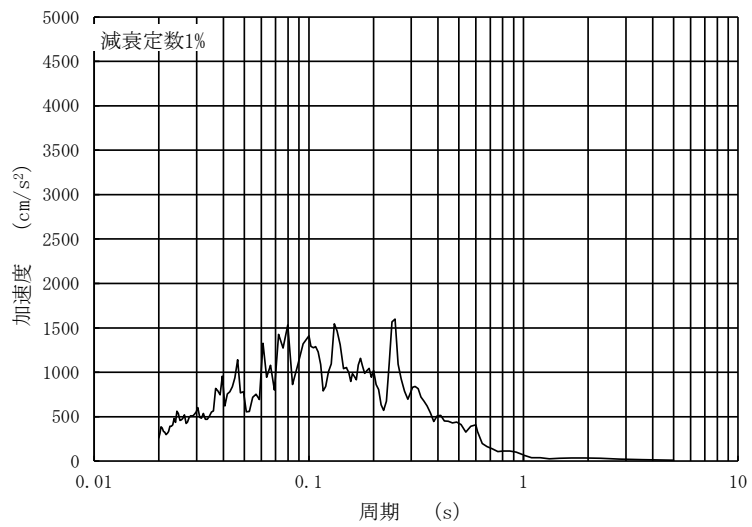


(c) 加速度応答スペクトル (減衰定数 8%)

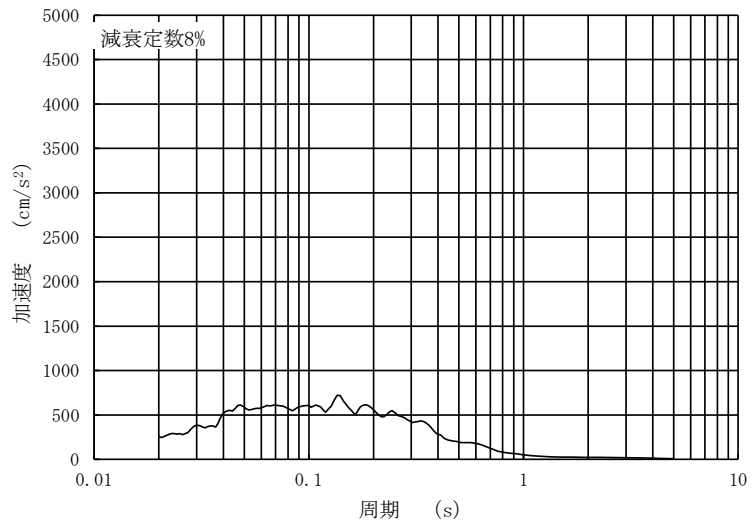
図 4-188 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平 (EW) 方向: S s - F 1, 第 4 保管エリア北側)



(a) 加速度時刻歴波形

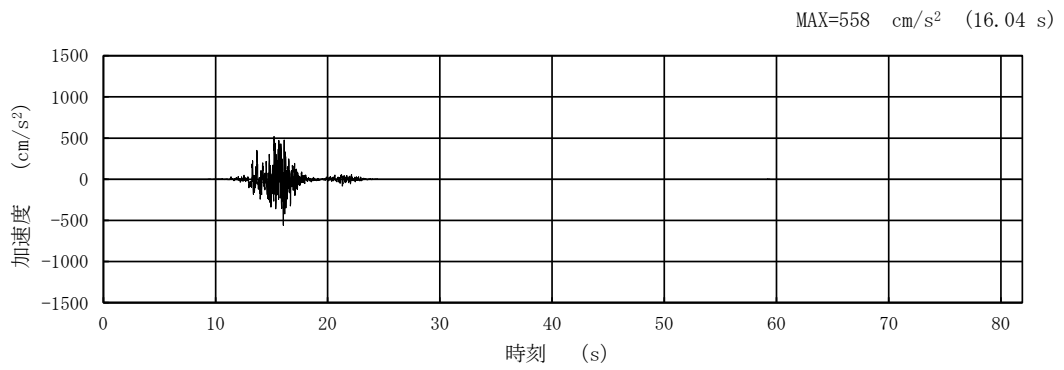


(b) 加速度応答スペクトル (減衰定数 1%)

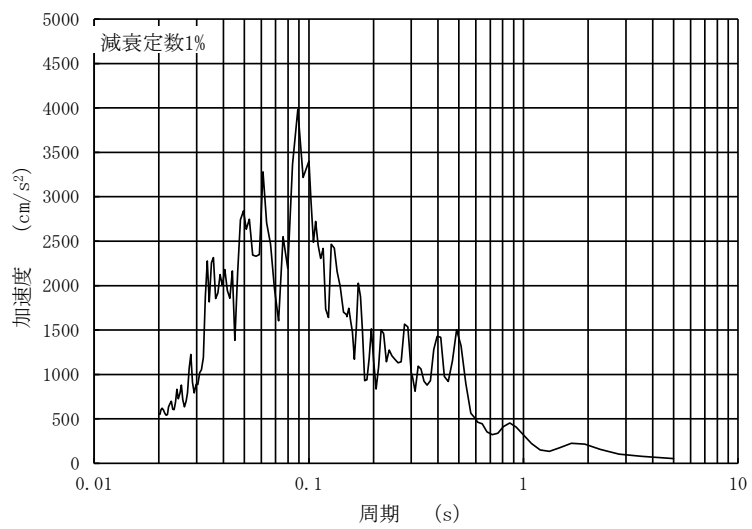


(c) 加速度応答スペクトル (減衰定数 8%)

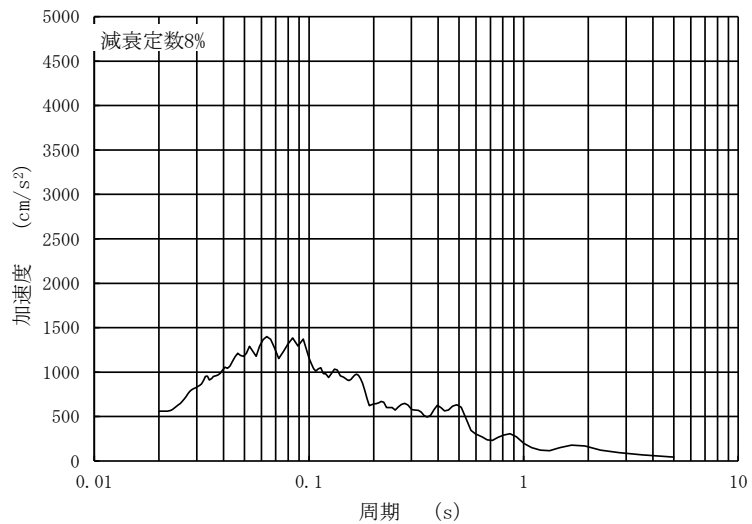
図 4-189 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向：S s - F 1, 第 4 保管エリア北側)



(a) 加速度時刻歴波形

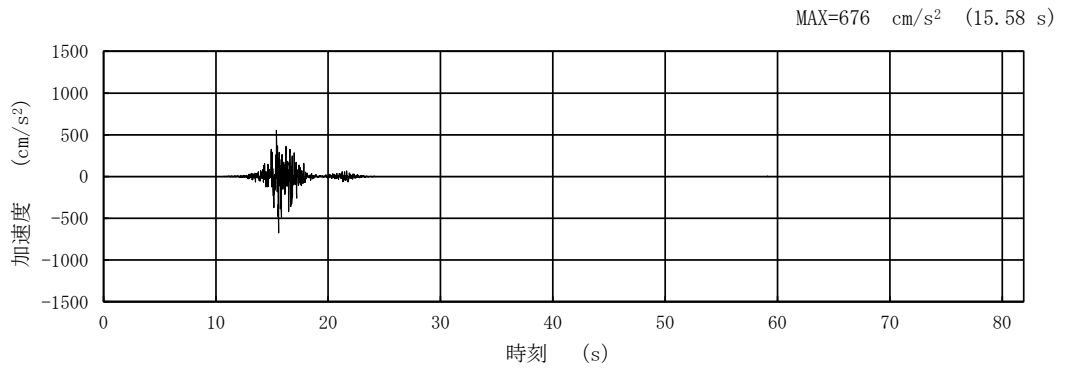


(b) 加速度応答スペクトル (減衰定数 1%)

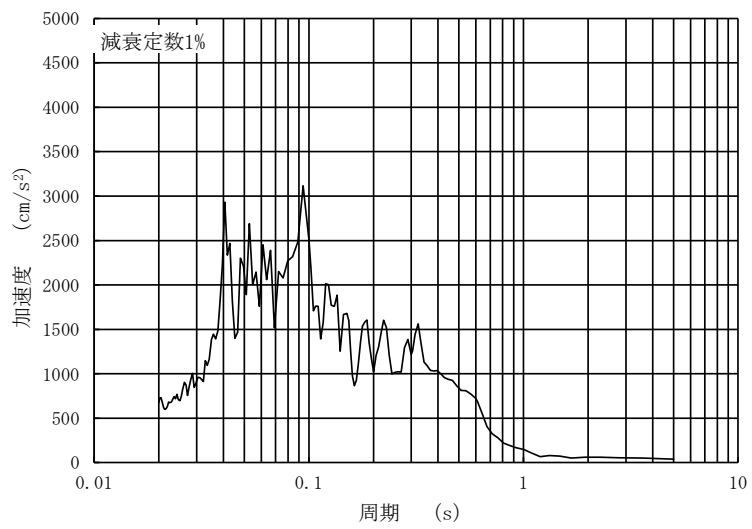


(c) 加速度応答スペクトル (減衰定数 8%)

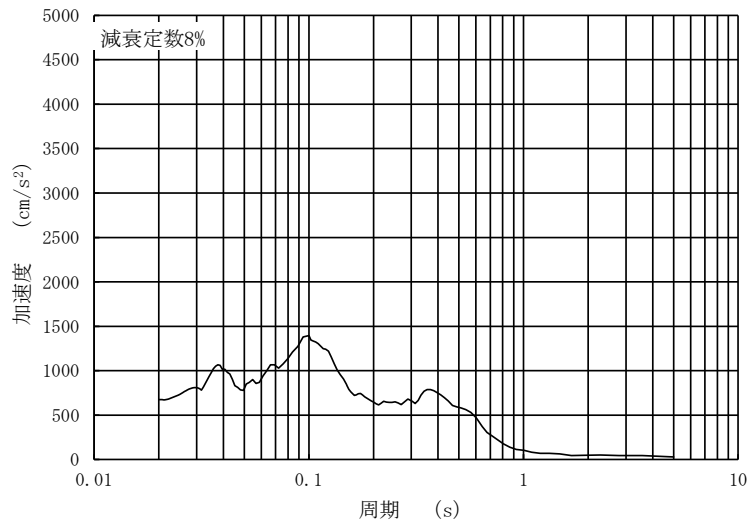
図 4-190 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平 (NS) 方向 : S s - F 2, 第 4 保管エリア北側)



(a) 加速度時刻歴波形

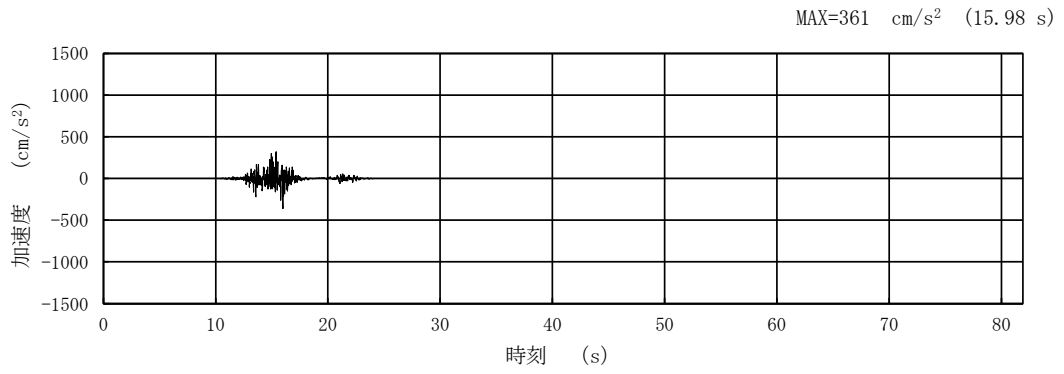


(b) 加速度応答スペクトル (減衰定数 1%)

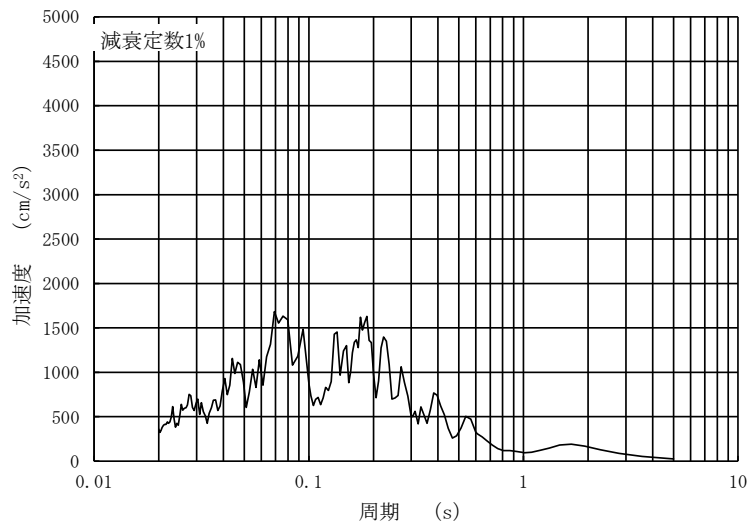


(c) 加速度応答スペクトル (減衰定数 8%)

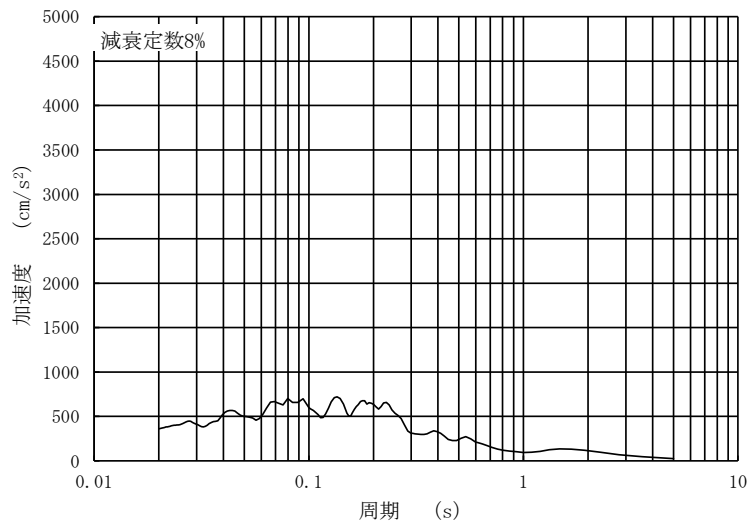
図 4-191 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平 (EW) 方向 : S s - F 2, 第 4 保管エリア北側)



(a) 加速度時刻歴波形

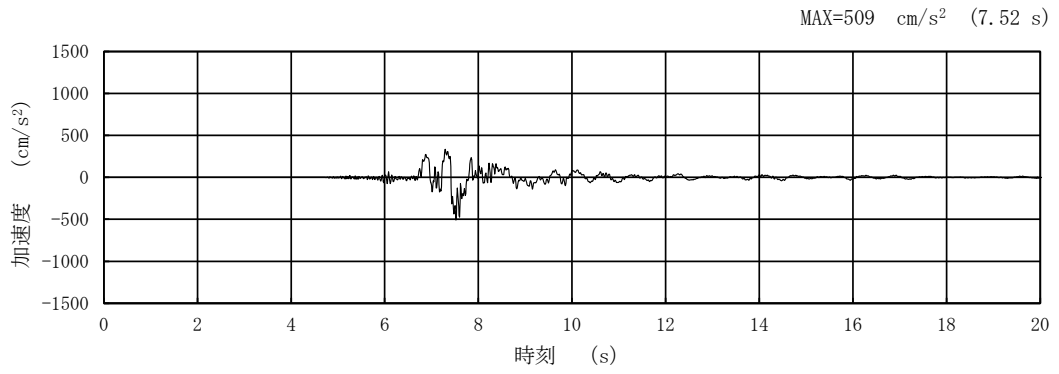


(b) 加速度応答スペクトル (減衰定数 1%)

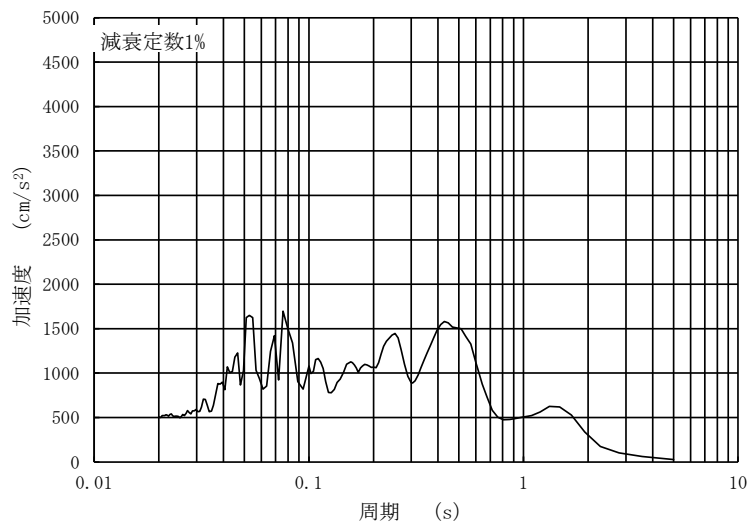


(c) 加速度応答スペクトル (減衰定数 8%)

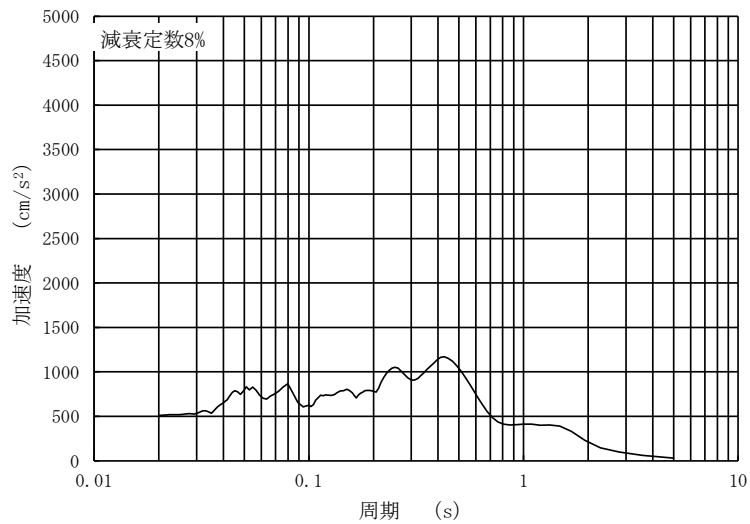
図 4-192 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向：S s - F 2, 第 4 保管エリア北側)



(a) 加速度時刻歴波形

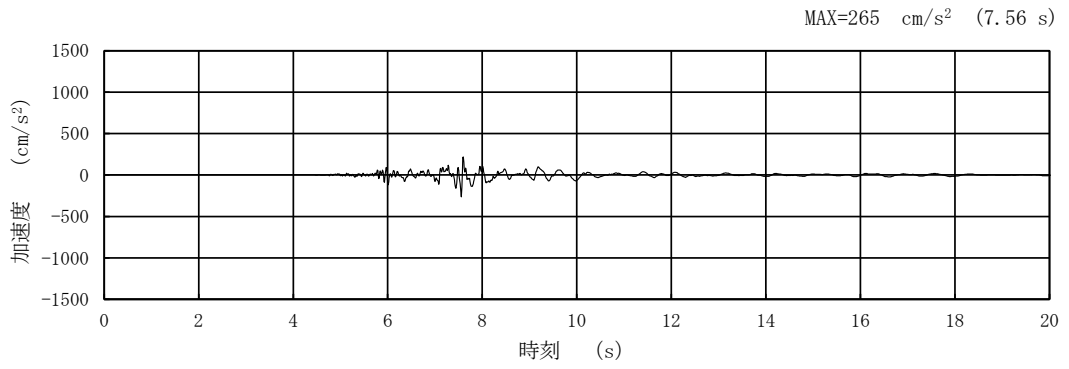


(b) 加速度応答スペクトル (減衰定数 1%)

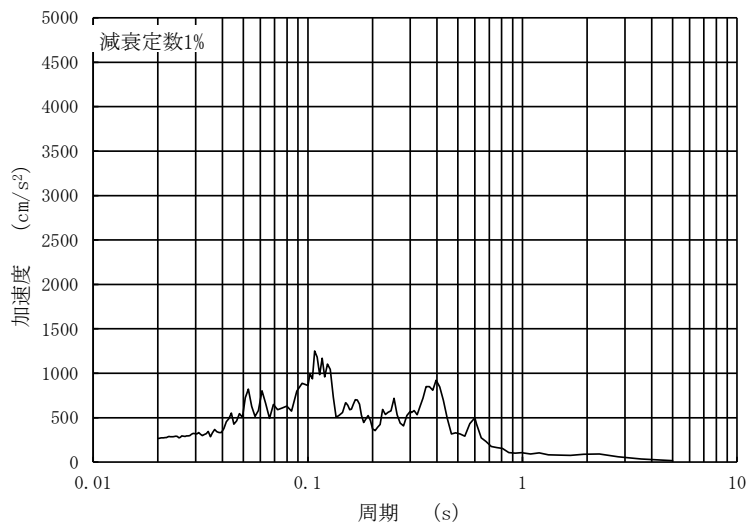


(c) 加速度応答スペクトル (減衰定数 8%)

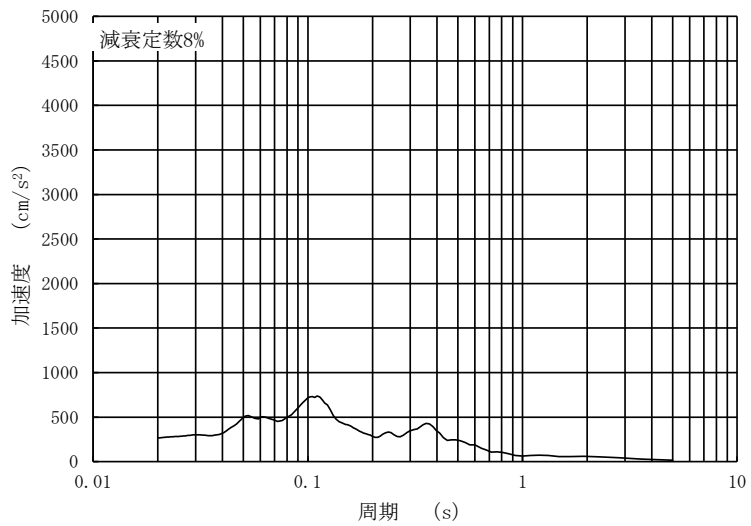
図 4-193 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平方向：S s - N 1, 第 4 保管エリア北側)



(a) 加速度時刻歴波形

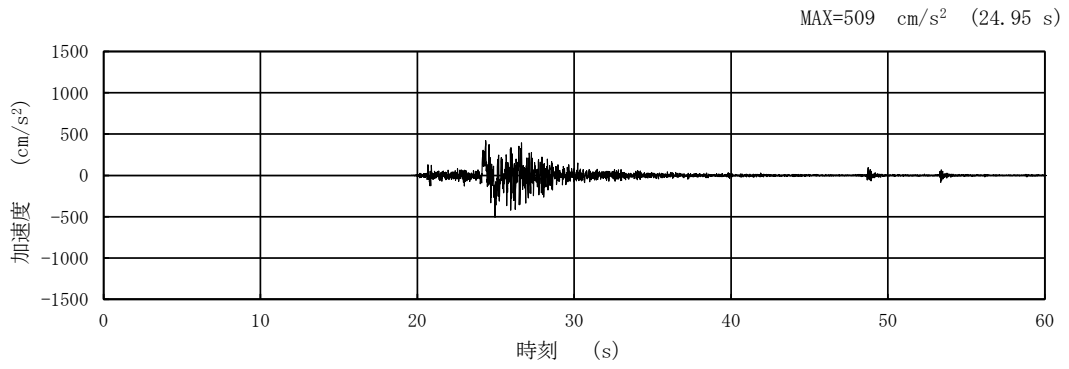


(b) 加速度応答スペクトル (減衰定数 1%)

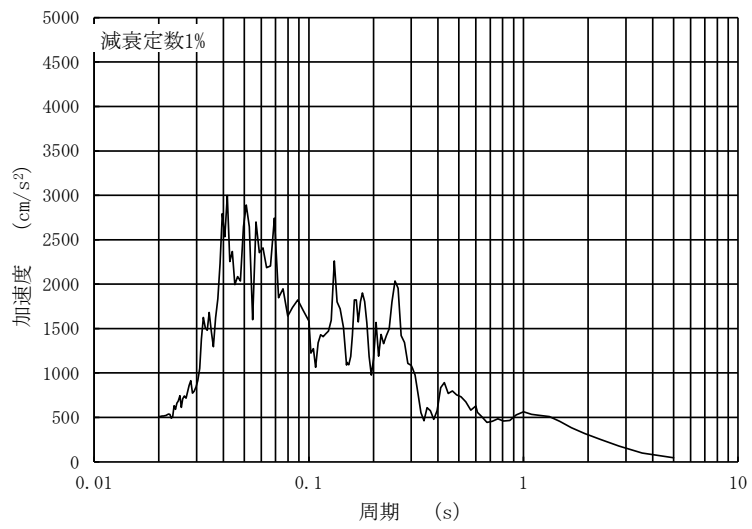


(c) 加速度応答スペクトル (減衰定数 8%)

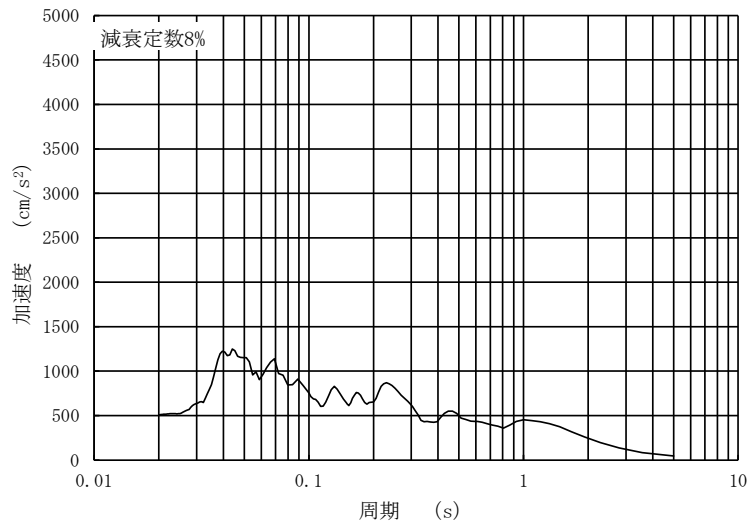
図 4-194 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向：S s - N 1，第 4 保管エリア北側)



(a) 加速度時刻歴波形

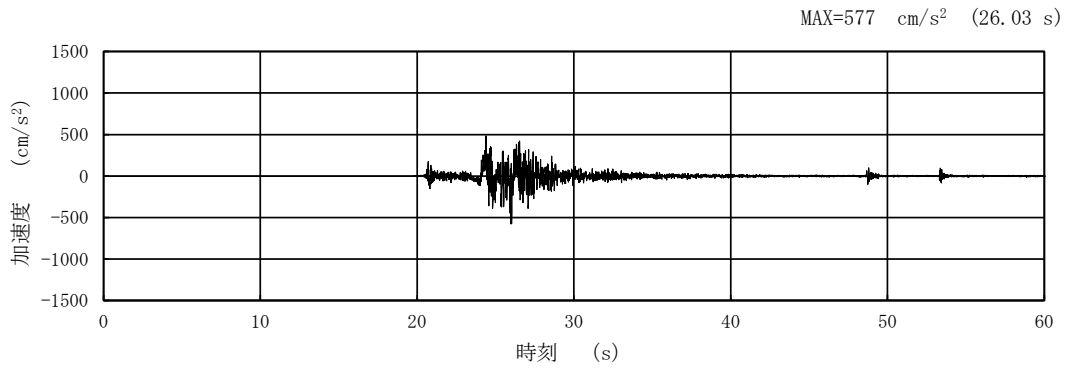


(b) 加速度応答スペクトル (減衰定数 1%)

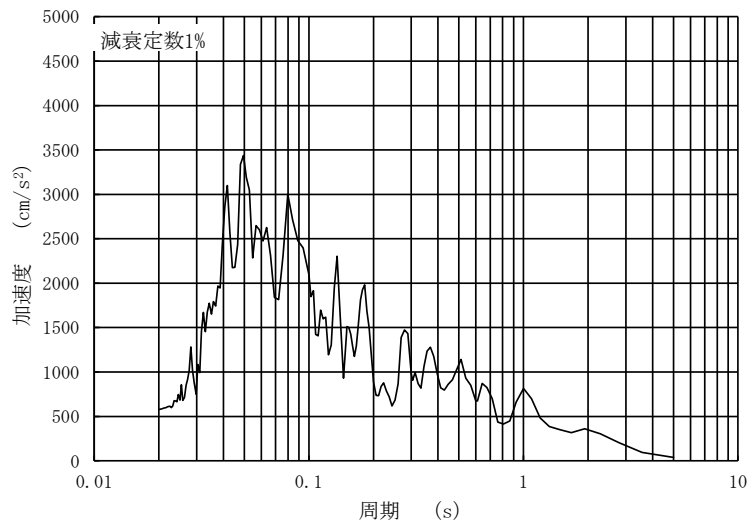


(c) 加速度応答スペクトル (減衰定数 8%)

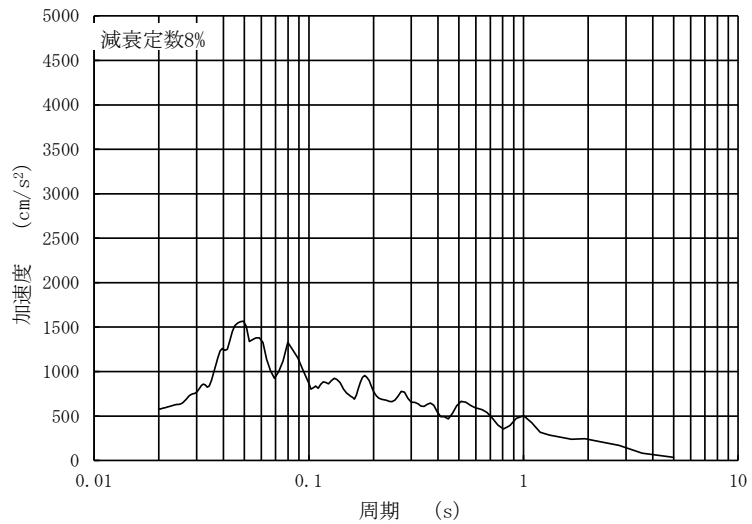
図 4-195 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平 (NS) 方向 : S s - N 2 , 第 4 保管エリア北側)



(a) 加速度時刻歴波形

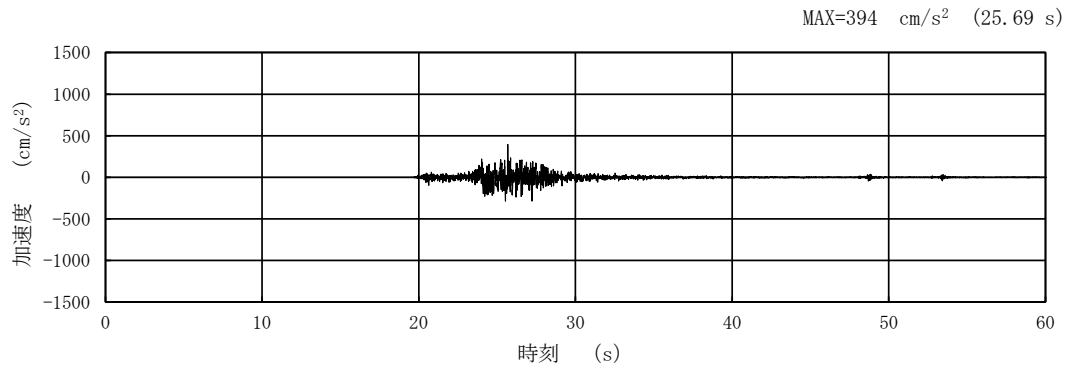


(b) 加速度応答スペクトル (減衰定数 1%)

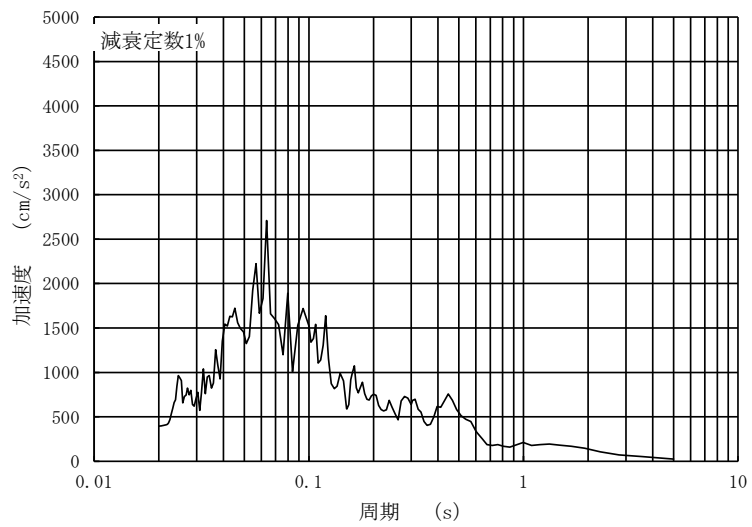


(c) 加速度応答スペクトル (減衰定数 8%)

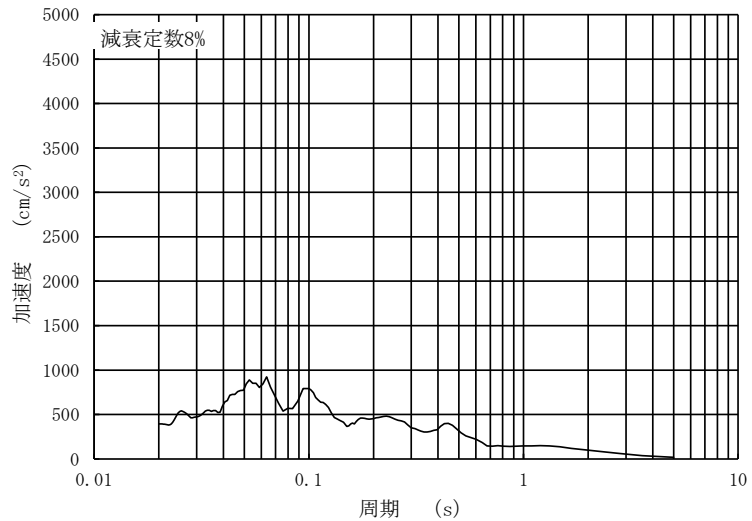
図 4-196 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平 (EW) 方向 : S s - N 2 , 第 4 保管エリア北側)



(a) 加速度時刻歴波形

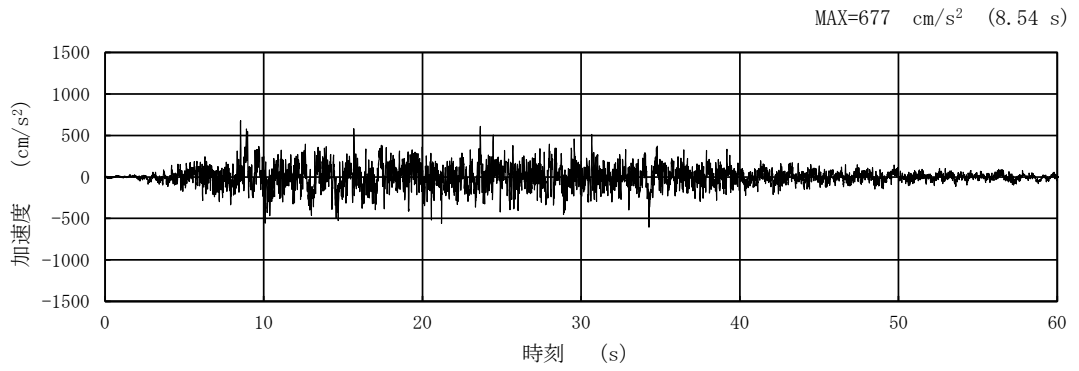


(b) 加速度応答スペクトル (減衰定数 1%)

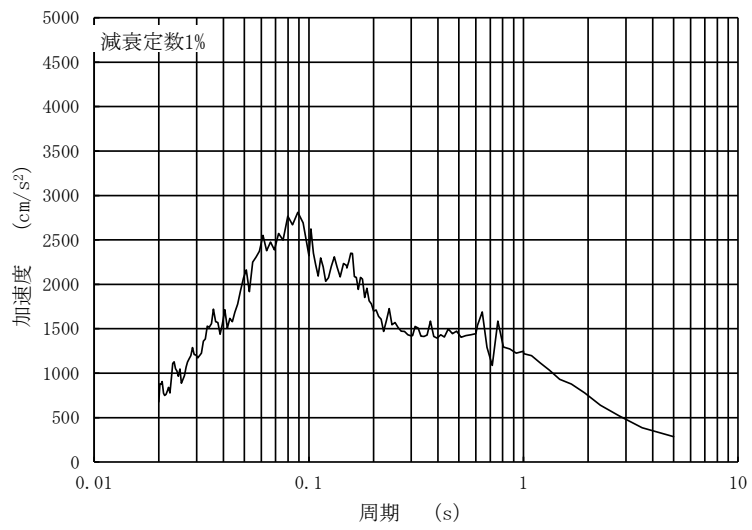


(c) 加速度応答スペクトル (減衰定数 8%)

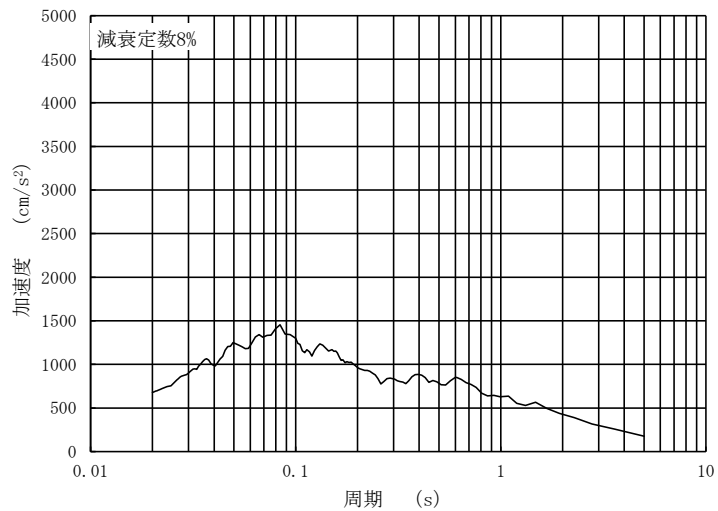
図 4-197 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向：S s - N 2，第 4 保管エリア北側)



(a) 加速度時刻歴波形

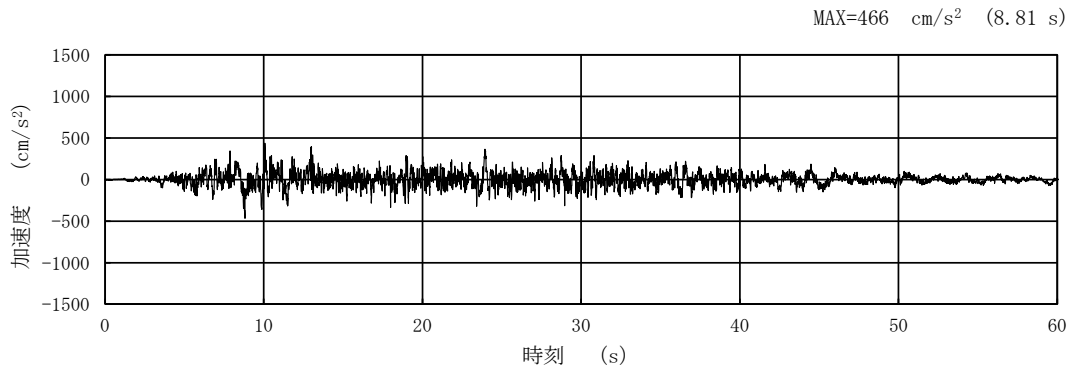


(b) 加速度応答スペクトル (減衰定数 1%)

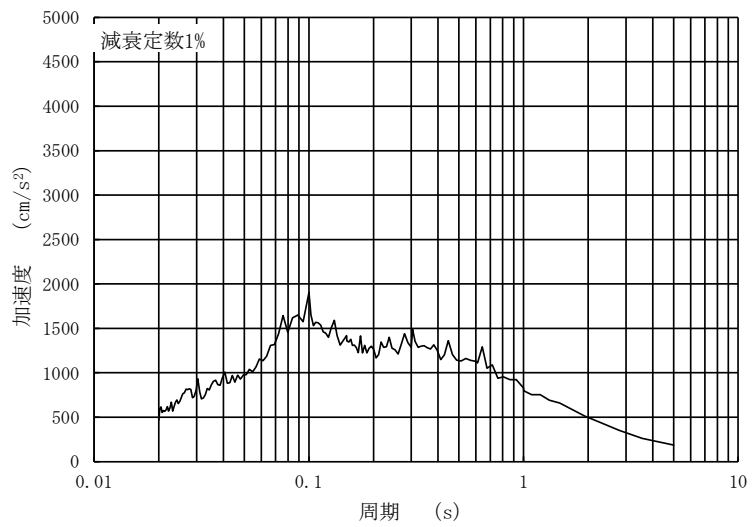


(c) 加速度応答スペクトル (減衰定数 8%)

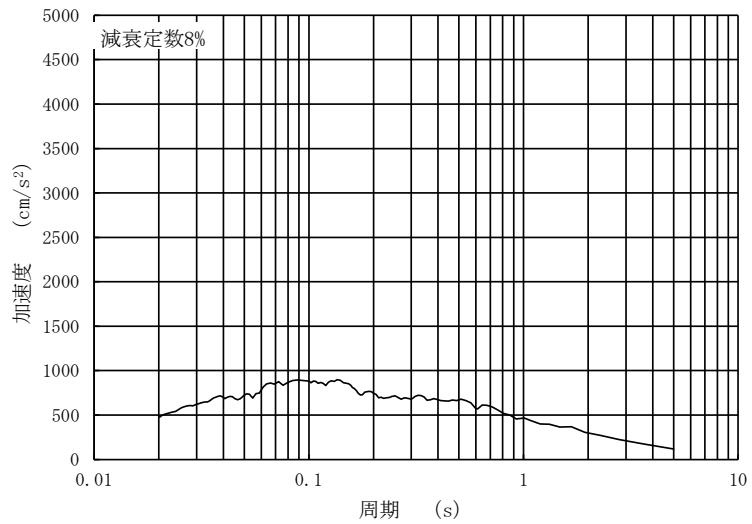
図 4-198 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平方向：S s-D, 第4保管エリア南側)



(a) 加速度時刻歴波形

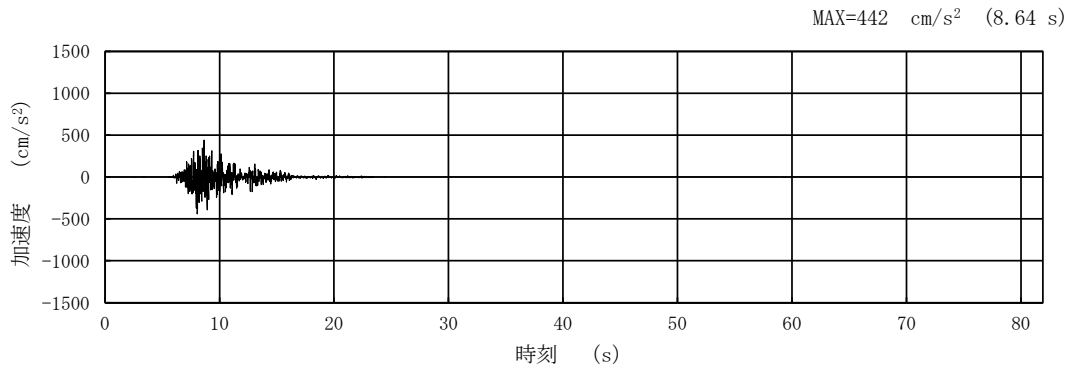


(b) 加速度応答スペクトル (減衰定数 1%)

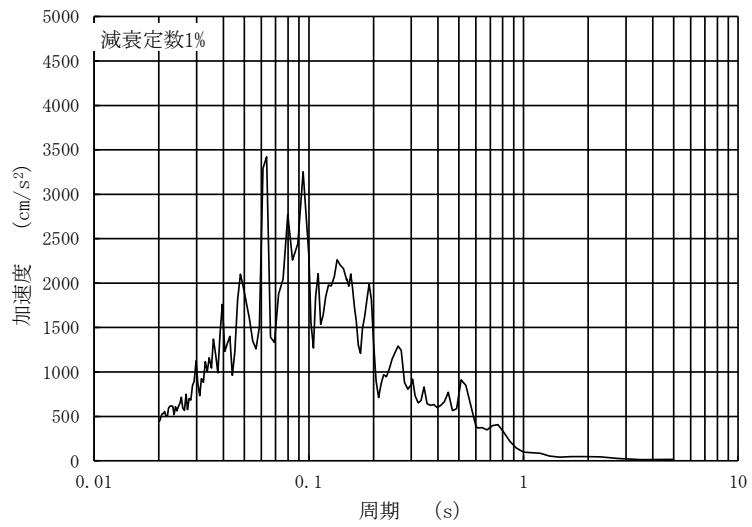


(c) 加速度応答スペクトル (減衰定数 8%)

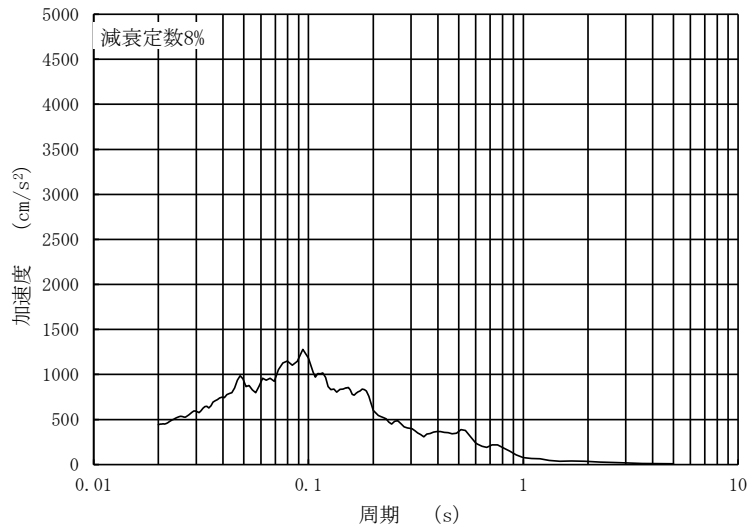
図 4-199 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向：S s-D, 第4保管エリア南側)



(a) 加速度時刻歴波形

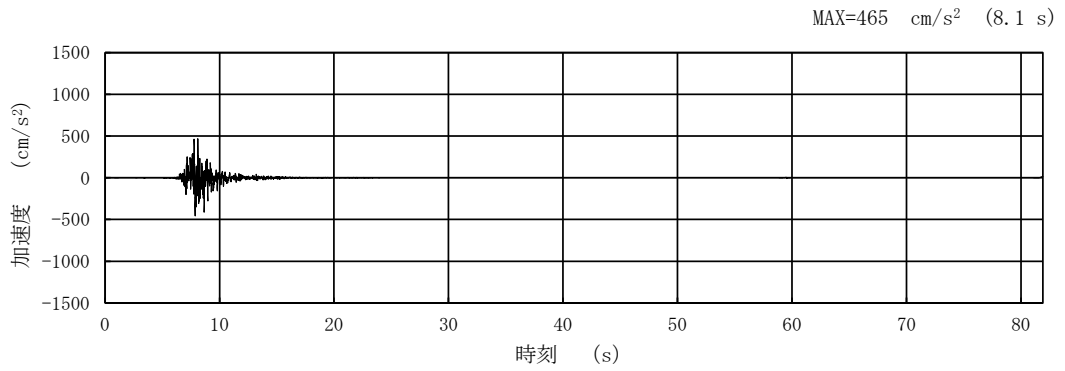


(b) 加速度応答スペクトル (減衰定数 1%)

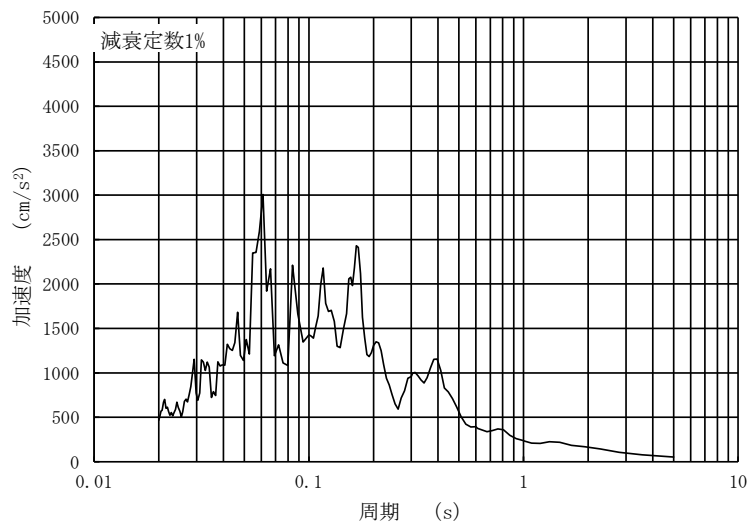


(c) 加速度応答スペクトル (減衰定数 8%)

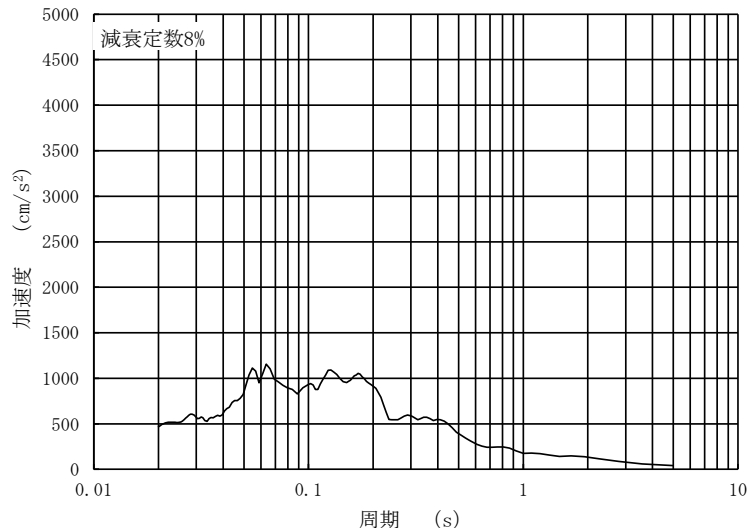
図 4-200 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平 (NS) 方向 : S s - F 1 , 第 4 保管エリア南側)



(a) 加速度時刻歴波形



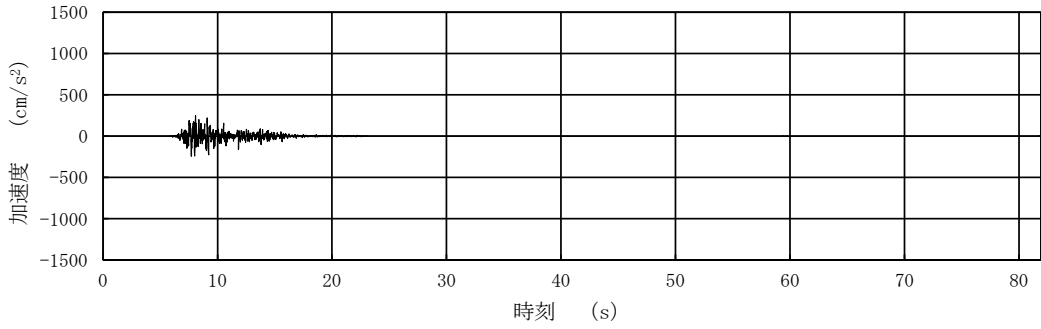
(b) 加速度応答スペクトル (減衰定数 1%)



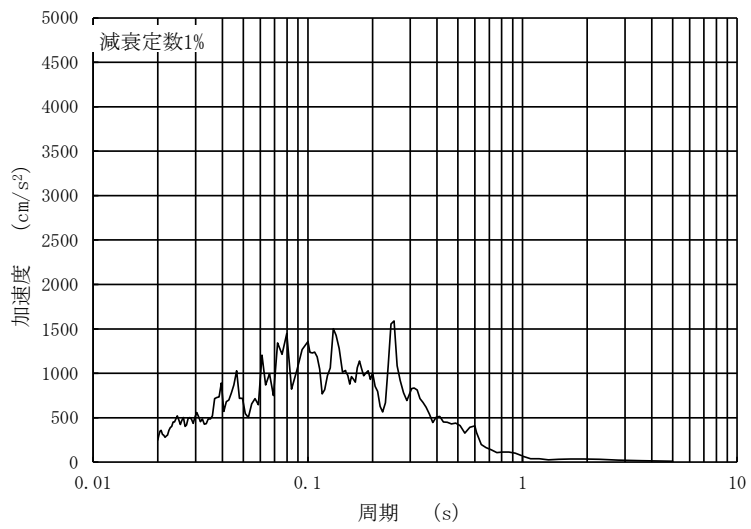
(c) 加速度応答スペクトル (減衰定数 8%)

図 4-201 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平 (EW) 方向 : S s - F 1, 第 4 保管エリア南側)

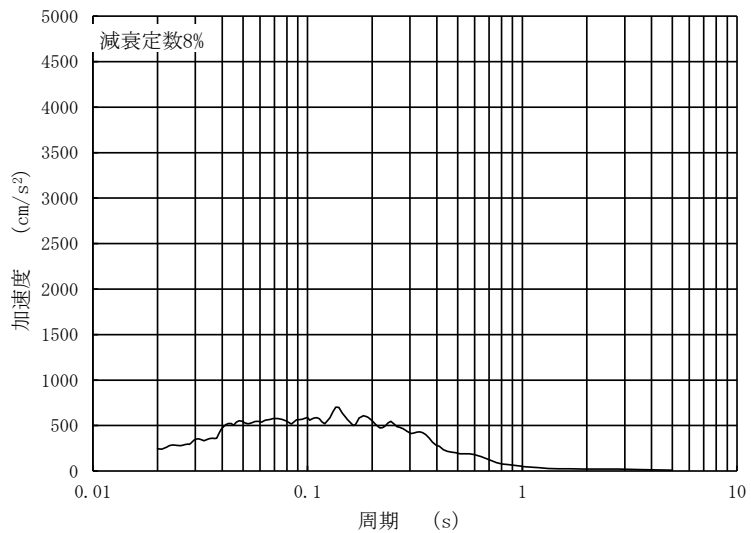
MAX=247 cm/s² (8.08 s)



(a) 加速度時刻歴波形

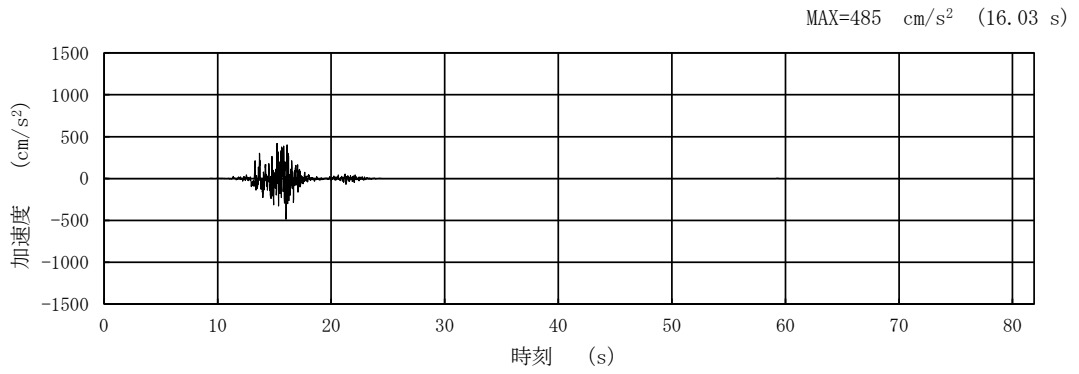


(b) 加速度応答スペクトル (減衰定数 1%)

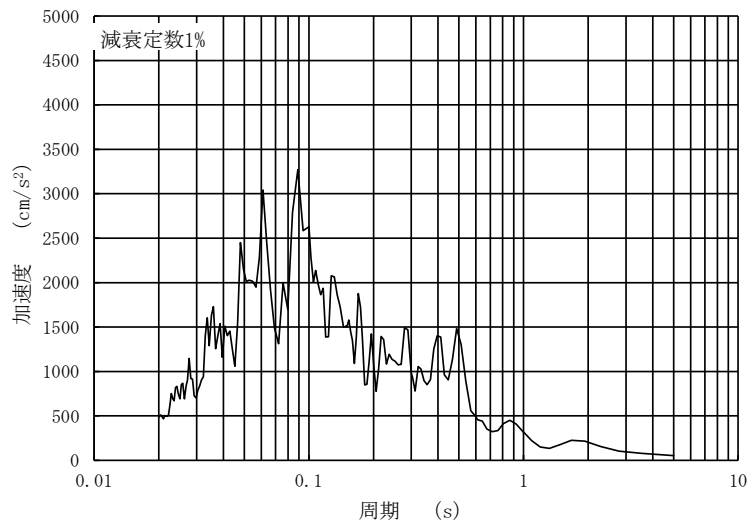


(c) 加速度応答スペクトル (減衰定数 8%)

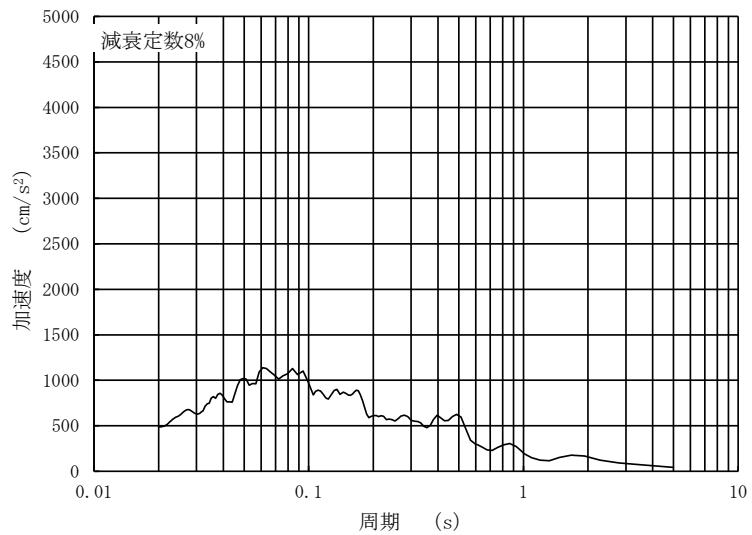
図 4-202 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向：S s - F 1, 第 4 保管エリア南側)



(a) 加速度時刻歴波形

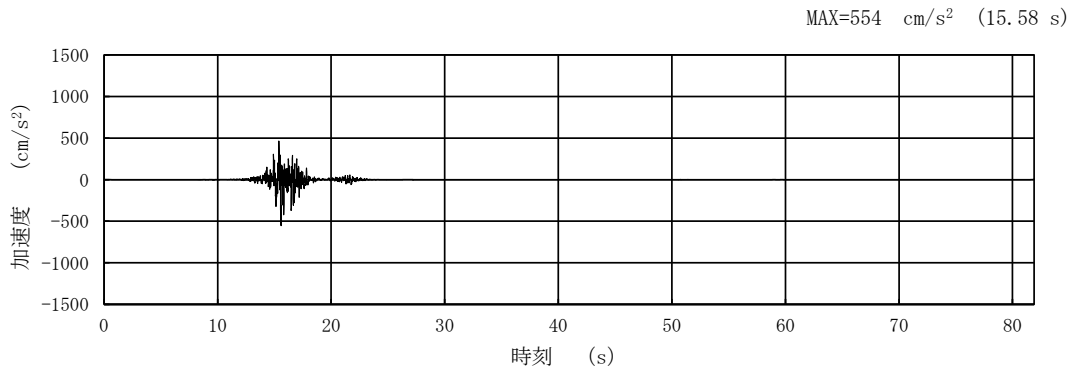


(b) 加速度応答スペクトル (減衰定数 1%)

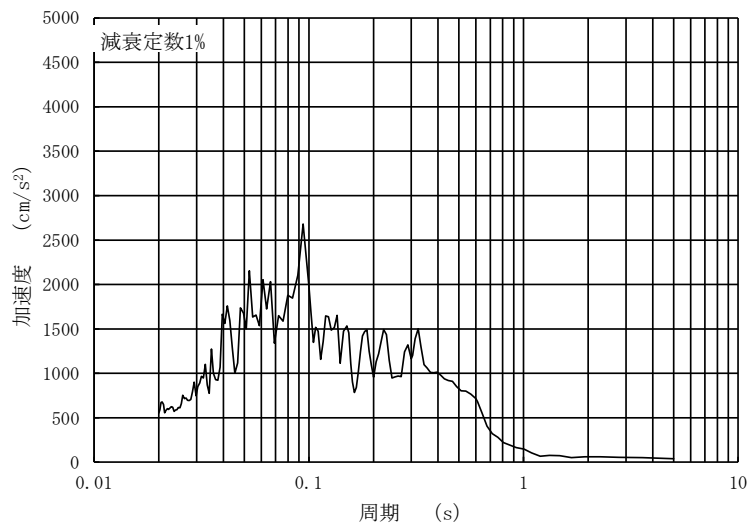


(c) 加速度応答スペクトル (減衰定数 8%)

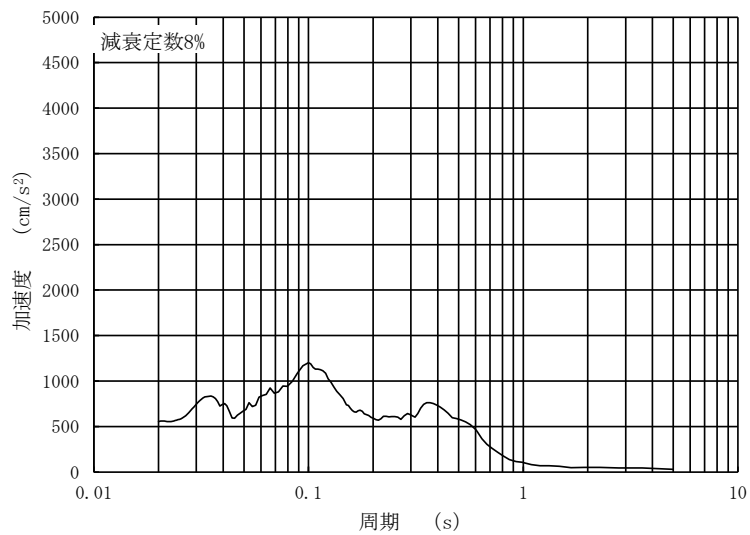
図 4-203 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平 (NS) 方向 : S s - F 2, 第 4 保管エリア南側)



(a) 加速度時刻歴波形

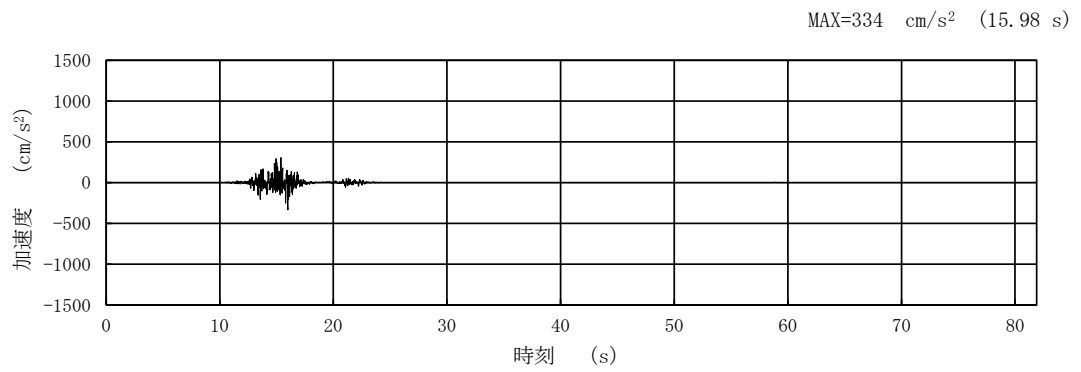


(b) 加速度応答スペクトル (減衰定数 1%)

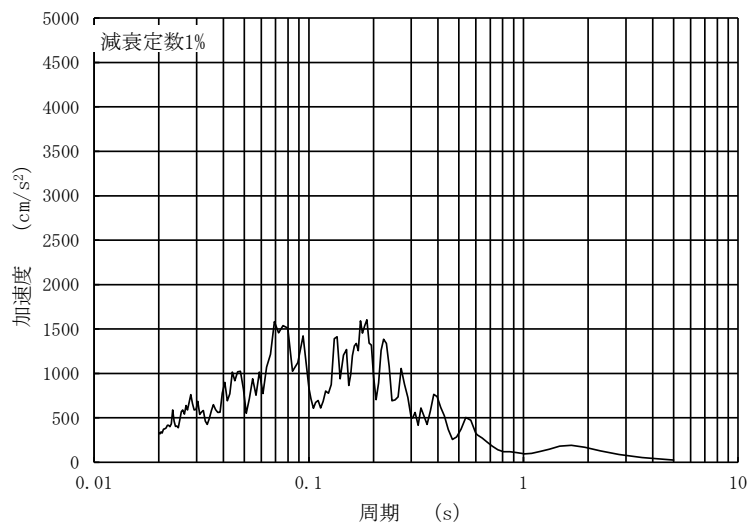


(c) 加速度応答スペクトル (減衰定数 8%)

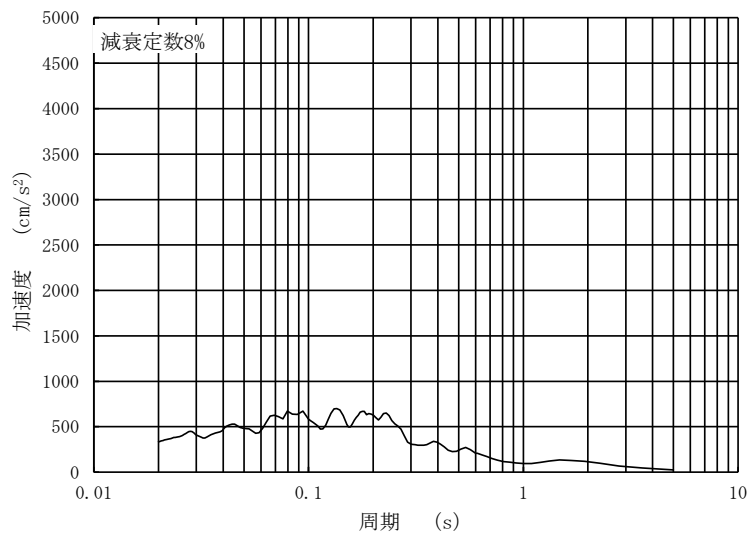
図 4-204 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平 (EW) 方向 : S s - F 2, 第 4 保管エリア南側)



(a) 加速度時刻歴波形

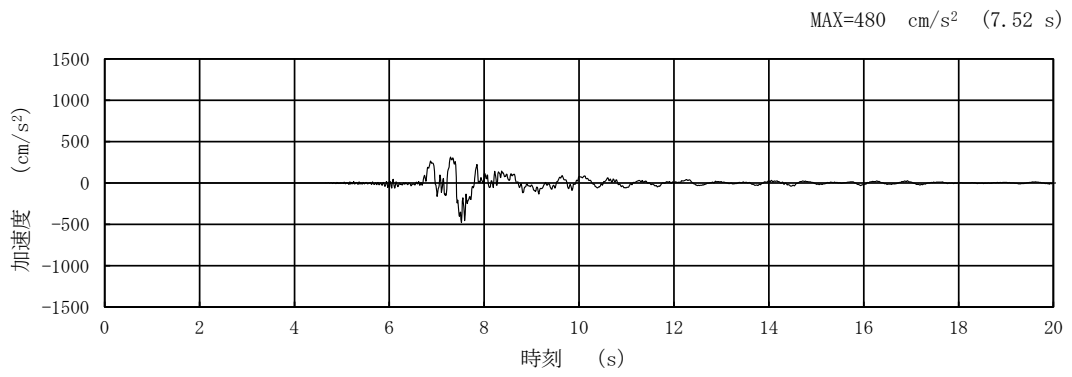


(b) 加速度応答スペクトル (減衰定数 1%)

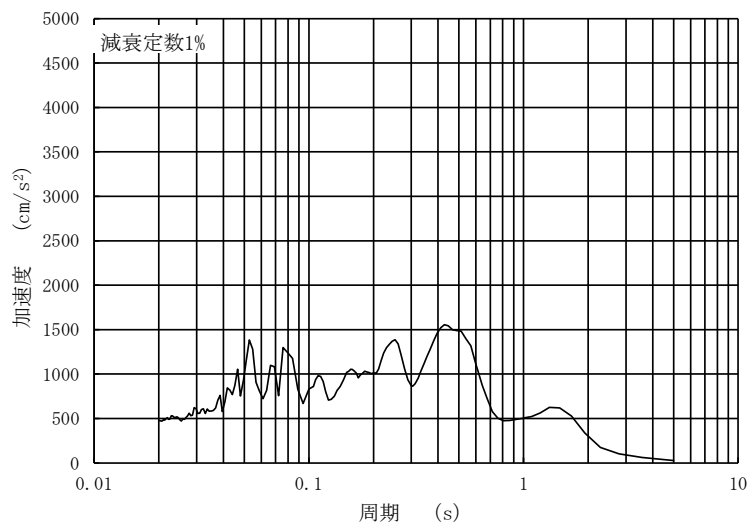


(c) 加速度応答スペクトル (減衰定数 8%)

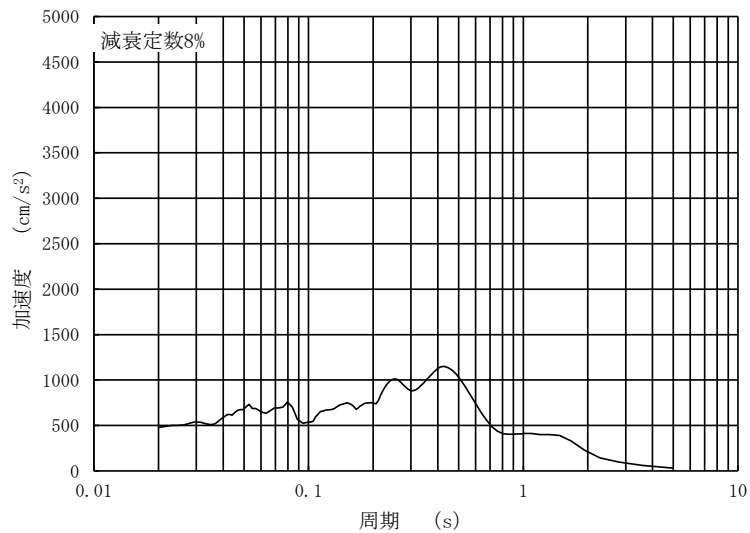
図 4-205 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向：S s - F 2, 第 4 保管エリア南側)



(a) 加速度時刻歴波形

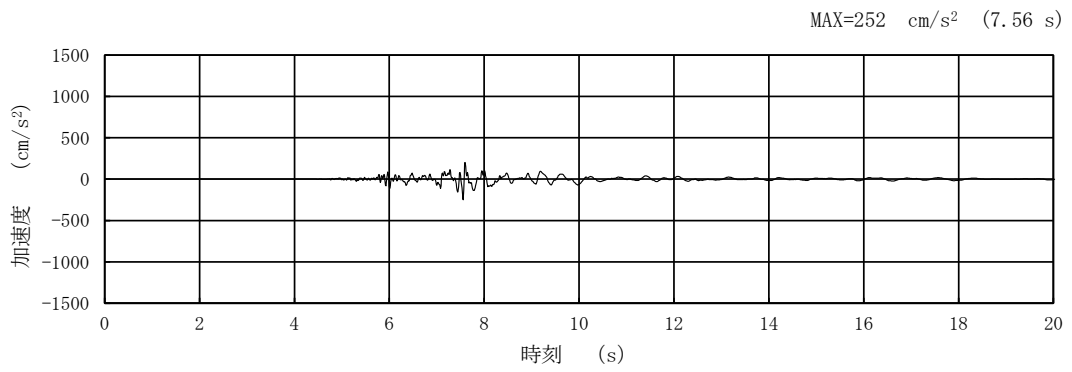


(b) 加速度応答スペクトル (減衰定数 1%)

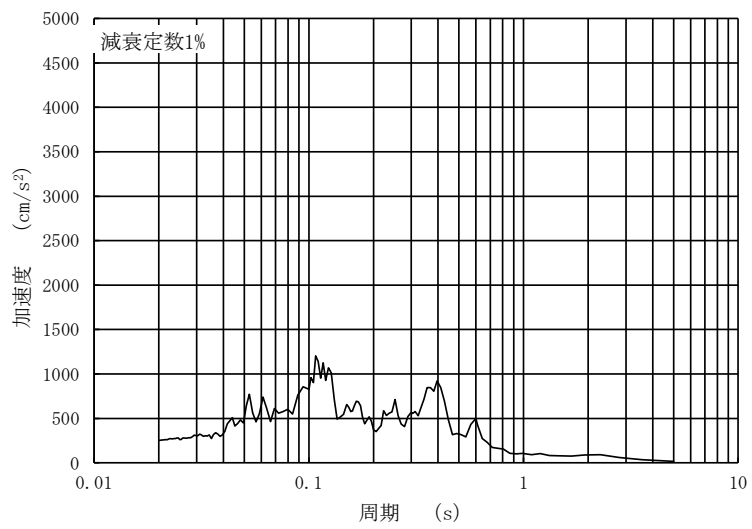


(c) 加速度応答スペクトル (減衰定数 8%)

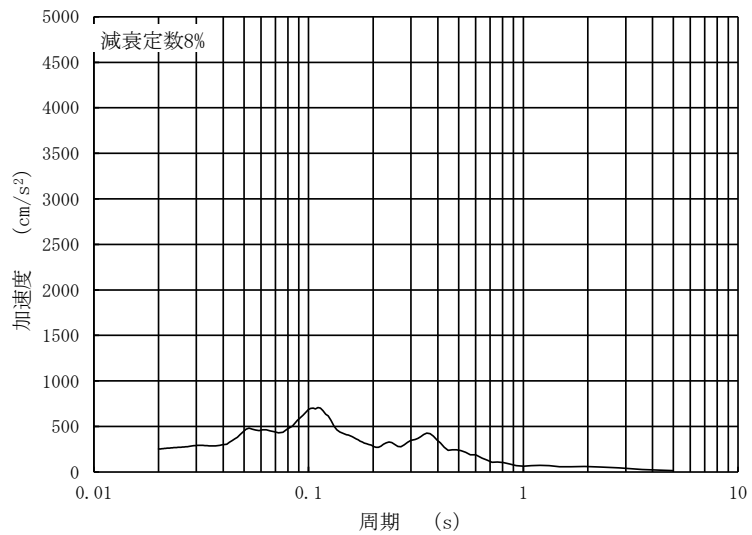
図 4-206 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平方向：S s - N 1, 第 4 保管エリア南側)



(a) 加速度時刻歴波形

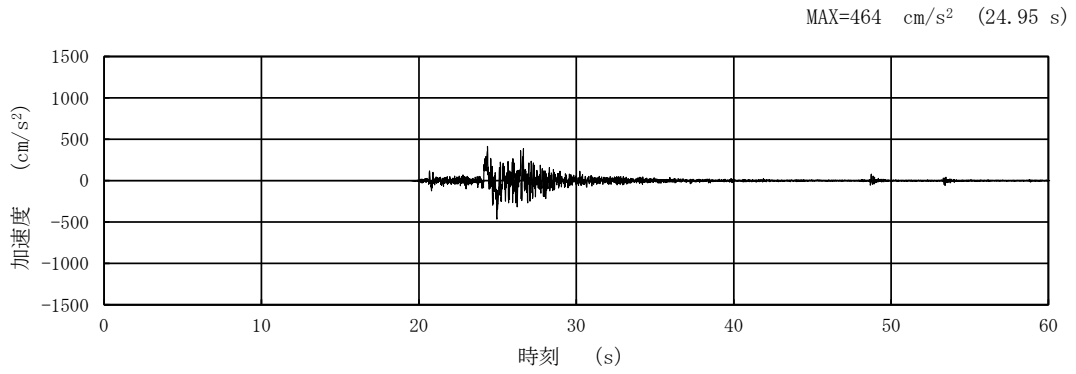


(b) 加速度応答スペクトル (減衰定数 1%)

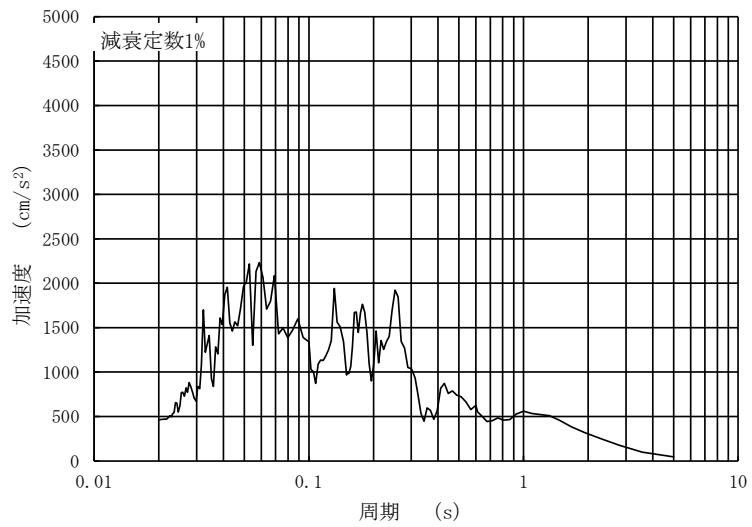


(c) 加速度応答スペクトル (減衰定数 8%)

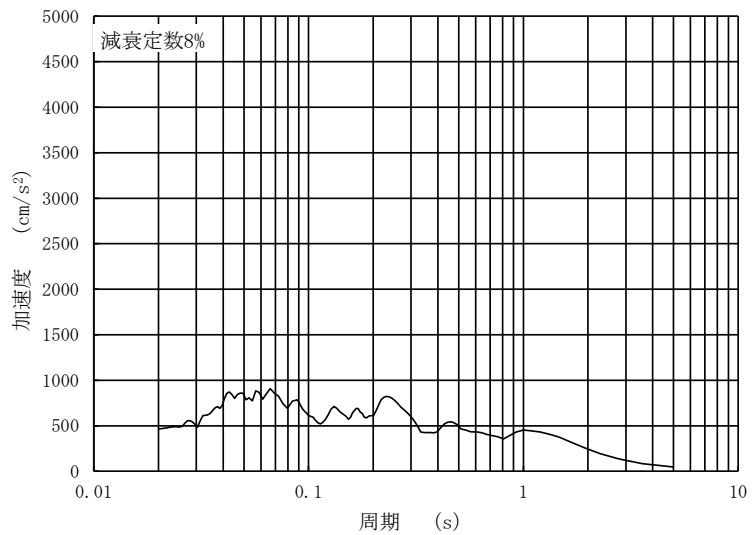
図 4-207 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向：S s - N 1, 第 4 保管エリア南側)



(a) 加速度時刻歴波形

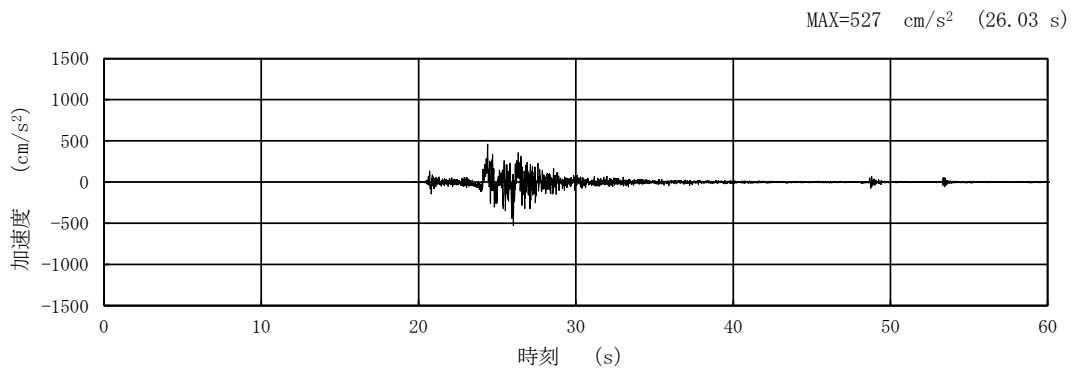


(b) 加速度応答スペクトル (減衰定数 1%)

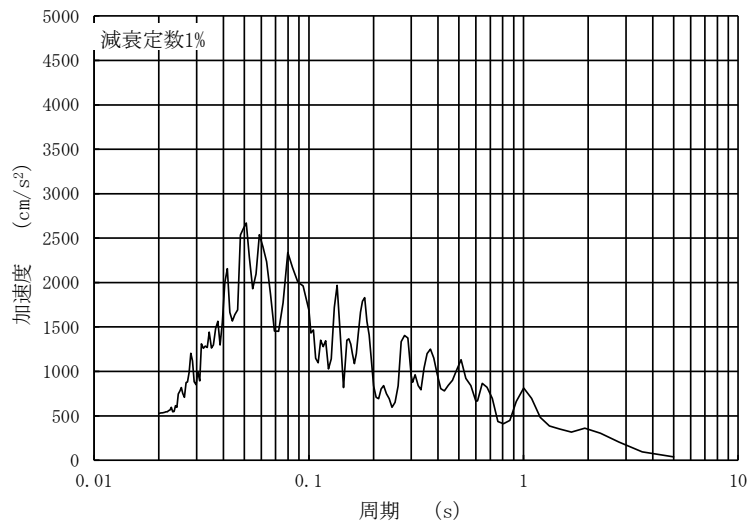


(c) 加速度応答スペクトル (減衰定数 8%)

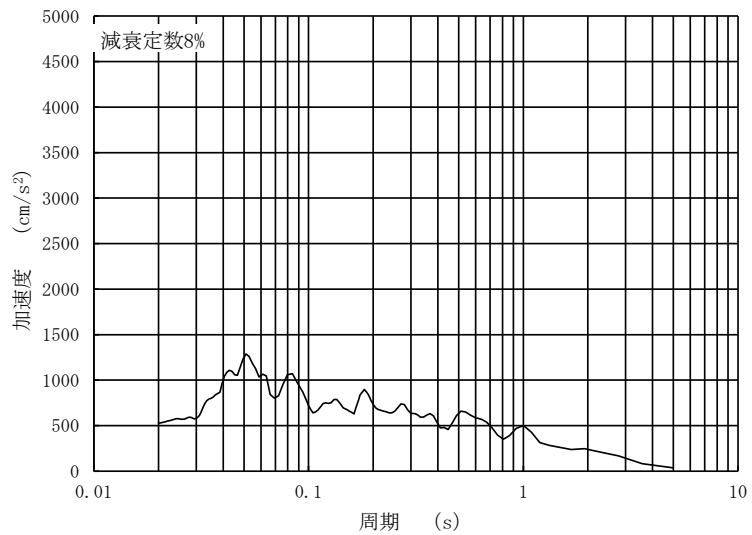
図 4-208 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平 (NS) 方向 : S s - N 2, 第 4 保管エリア南側)



(a) 加速度時刻歴波形

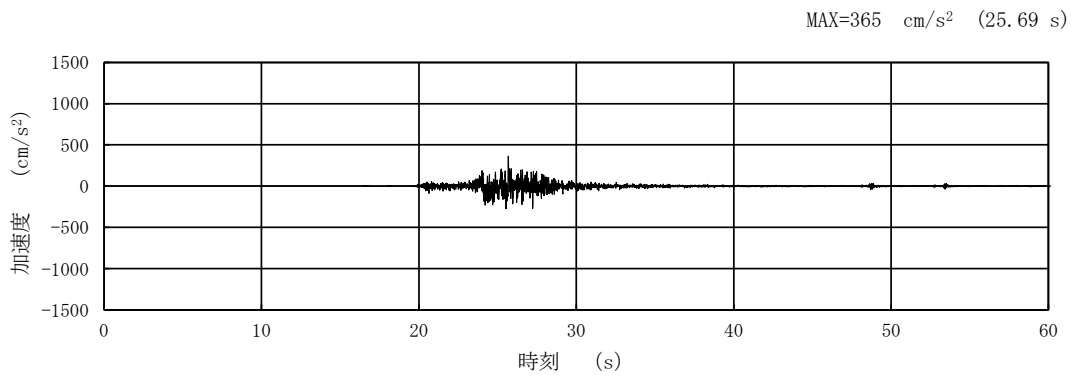


(b) 加速度応答スペクトル (減衰定数 1%)

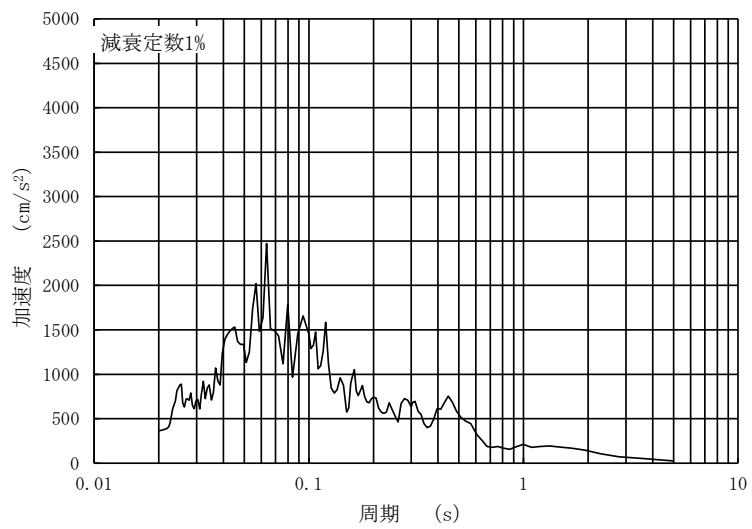


(c) 加速度応答スペクトル (減衰定数 8%)

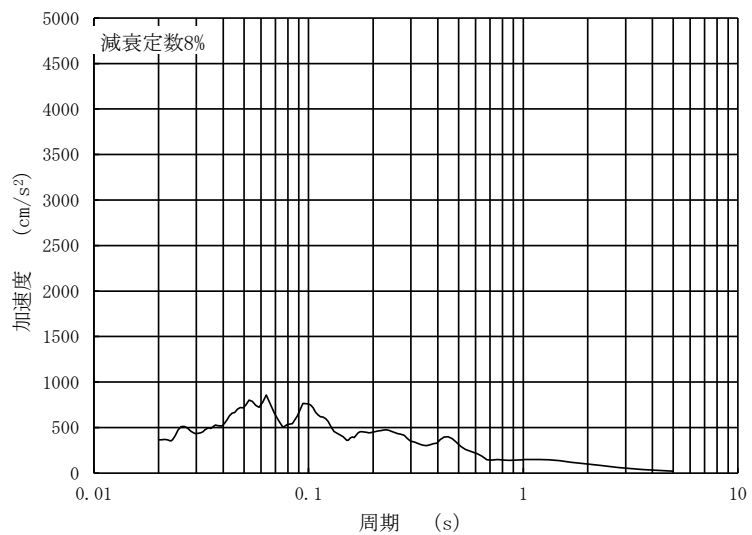
図 4-209 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平 (EW) 方向 : S s - N 2 , 第 4 保管エリア南側)



(a) 加速度時刻歴波形



(b) 加速度応答スペクトル (減衰定数 1%)



(c) 加速度応答スペクトル (減衰定数 8%)

図 4-210 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直方向：S s - N 2，第 4 保管エリア南側)

VI-2-別添 3-3 可搬型重大事故等対処設備のうち車両型設備の耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 基本方針	1
2.1 配置	1
2.2 構造概要	3
2.3 固縛装置（固定材）	12
2.4 評価方針	13
2.5 適用規格・基準等	17
3. 加振試験	18
3.1 基本方針	18
3.2 入力地震動	18
3.3 試験方法	18
3.4 試験結果	18
4. 構造強度評価	22
4.1 基本方針	22
4.2 評価部位	22
4.3 荷重及び荷重の組合せ	24
4.4 許容限界	24
4.5 評価方法	25
5. 転倒評価	44
5.1 基本方針	44
5.2 評価部位	44
5.3 許容限界	44
5.4 評価方法	44
6. 機能維持評価	45
6.1 基本方針	45
6.2 評価部位	45
6.3 許容限界	45
6.4 評価方法	45
7. 波及的影響評価	48
7.1 基本方針	48
7.2 評価部位	48
7.3 許容限界	48
7.4 評価方法	50
8. 評価条件	52
8.1 構造強度評価	52
8.2 転倒評価	52
8.3 機能維持評価	52

8.4 波及的影響評估	52
9. 評估結果	80
9.1 構造強度評估結果	80
9.2 転倒評估結果	80
9.3 機能維持評估結果	80
9.4 波及的影響評估結果	80

1. 概要

本資料は、VI-2-別添 3-1「可搬型重大事故等対処設備の耐震計算の方針」(以下「別添 3-1」という。)に従って、可搬型重大事故等対処設備のうち車両型設備が地震後において、基準地震動 S_s による地震力に対し、十分な構造強度及び機能維持を有するとともに、当該設備による波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないことを説明するものである。その耐震評価は、加振試験、構造強度評価、転倒評価、機能維持評価及び波及的影響評価により行う。

2. 基本方針

別添 3-1 の「2. 耐震評価の基本方針」に示す構造計画のとおり、車両型設備の「2.1 配置」及び「2.2 構造概要」を示す。

2.1 配置

車両型設備は、別添 3-1 の「2.1 評価対象設備」のうち構造計画及び「4.1 車両型設備」の表 4-1 に示すとおり、第 1 保管エリア、第 2 保管エリア、第 3 保管エリア及び第 4 保管エリアに分散して保管する。これらの保管場所を図 2-1 に示す。

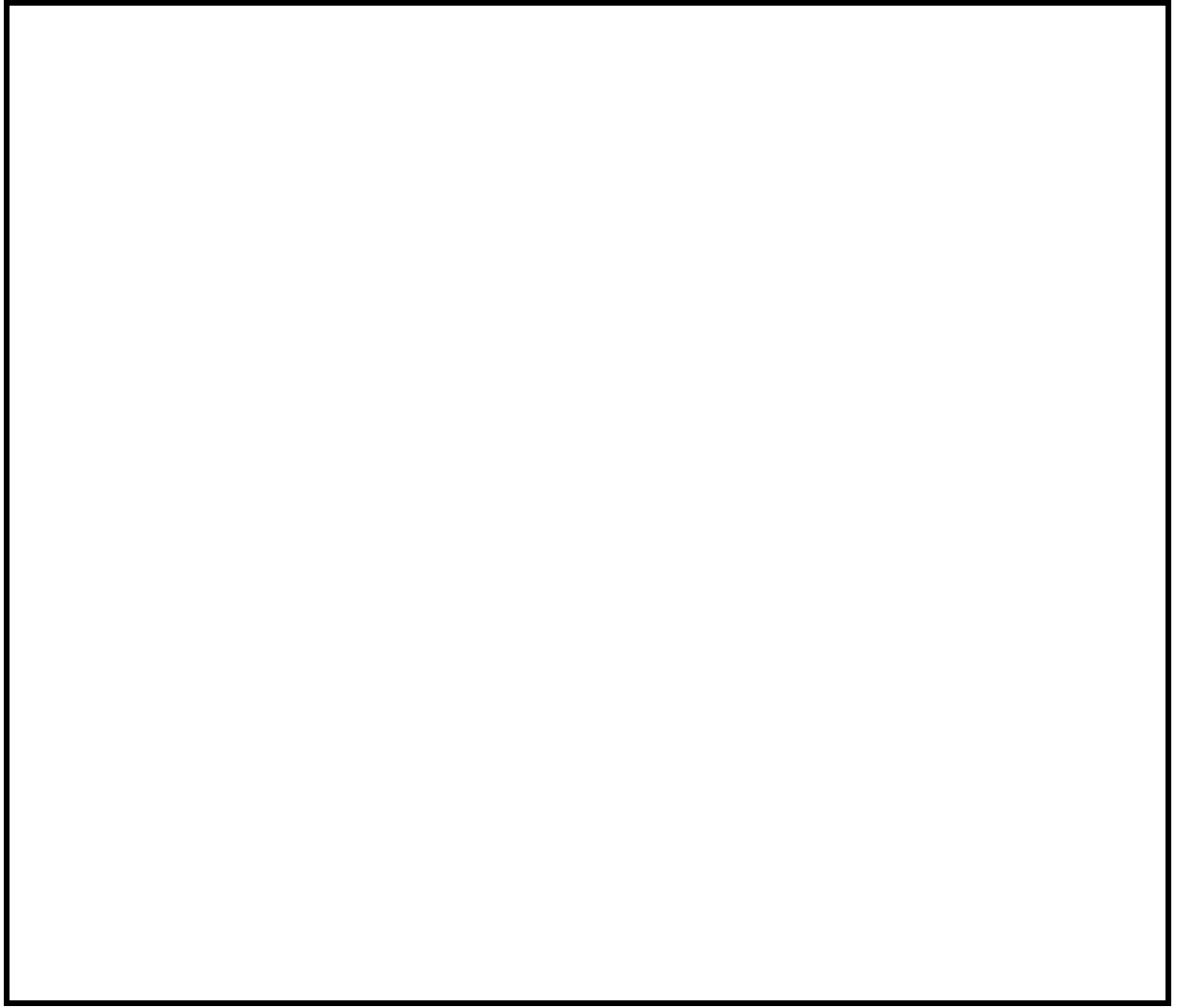


図 2-1 車両型設備の保管場所位置図

2.2 構造概要

車両型設備の構造は、別添 3-1 の「2.1 評価対象設備」に示す構造計画としており、車両型設備の構造計画を表 2-1 に、車両型設備の構造図を図 2-2～図 2-12 に示す。

表 2-1 車両型設備の構造計画(1/3)

設備名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
タンクローリ (タイプ I)	サスペンションを有し、自走にて移動できる構造*とし、車両、タンク及びポンプにより構成する。	タンク及びポンプは、トラックの荷台に直接支持構造物である取付ボルトにて固定し、保管場所に固定せずに保管する。	図 2-2
タンクローリ (タイプ II)	サスペンションを有し、自走にて移動できる構造*とし、車両、タンク及びポンプにより構成する。	タンク及びポンプは、トラックの荷台に直接支持構造物である取付ボルトにて固定し、保管場所に固定せずに保管する。	図 2-3
大量送水車	サスペンションを有し、自走にて移動できる構造*とし、車両、ポンプ及び発電機により構成する。	ポンプ及び発電機は、コンテナに直接支持構造物である取付ボルトにて固定する。ポンプ及び発電機を収納したコンテナは、間接支持構造物であるトラックに積載し取付ボルトにより固定し、保管場所に固定せずに保管する。	図 2-4
高圧発電機車 (タイプ I)	サスペンションを有し、自走にて移動できる構造*とし、車両、発電機及び内燃機関により構成する。	発電機及び内燃機関は、コンテナに直接支持構造物である取付ボルトにて固定する。発電機及び内燃機関を収納したコンテナは、間接支持構造物であるトラックに積載し取付ボルトにより固定し、保管場所に固定せずに保管する。	図 2-5
高圧発電機車 (タイプ II)	サスペンションを有し、自走にて移動できる構造*とし、車両、発電機及び内燃機関により構成する。	発電機及び内燃機関は、コンテナに直接支持構造物である取付ボルトにて固定する。発電機及び内燃機関を収納したコンテナは、間接支持構造物であるトラックに積載し取付ボルトにより固定し、保管場所に固定せずに保管する。	図 2-6

注記*：早期の重大事故等への対処を考慮し移動機能を有するとともに、地震に対する影響を軽減できる構造として、サスペンションを有している。

表 2-1 車両型設備の構造計画(2/3)

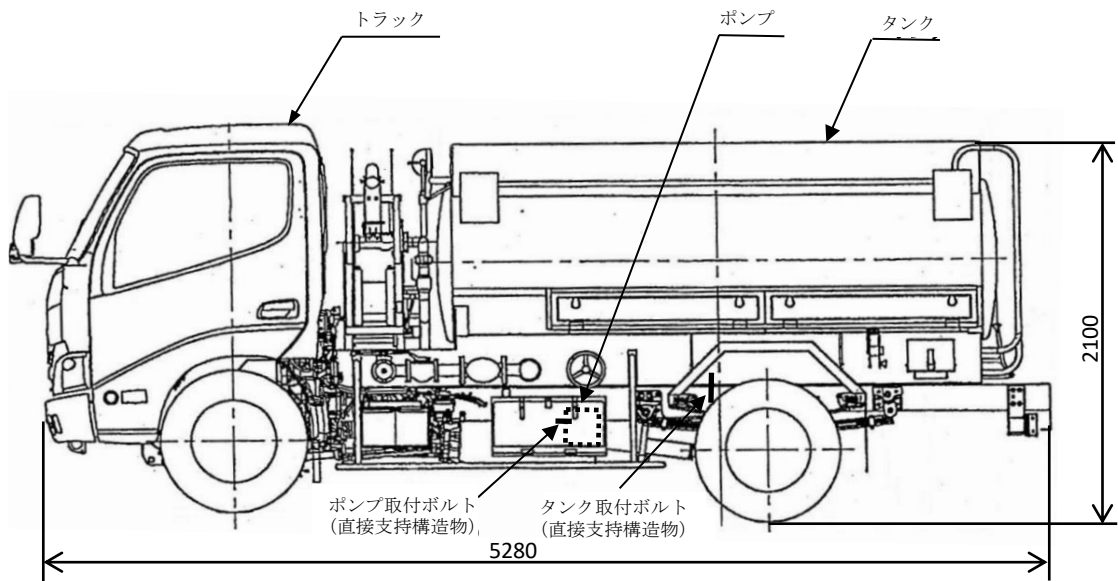
設備名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
移動式代替熱交換設備	サスペンションを有し、トラクタにて連結したトレーラを牽引して移動できる構造*とし、車両、熱交換器及びポンプにより構成する。	熱交換器及びポンプは、コンテナに直接支持構造物である取付ボルトにて固定する。熱交換器及びポンプを収納したコンテナは、間接支持構造物であるトラクタ・トレーラに積載し、取付ボルトにより固定し、保管場所に固定せずに保管する。	図 2-7
大型送水ポンプ車(原子炉補機代替冷却系用)	サスペンションを有し、自走にて移動できる構造*とし、車両、ポンプ及び内燃機関により構成する。	ポンプ及び内燃機関はコンテナに直接支持構造物である取付ボルトにて固定する。ポンプ及び内燃機関を収納したコンテナは、間接支持構造物であるトラックに積載し取付ボルトにより固定し、保管場所に固定せずに保管する。	図 2-8
大型送水ポンプ車(原子炉建物放水設備用)	サスペンションを有し、自走にて移動できる構造*とし、車両、ポンプ及び内燃機関により構成する。	ポンプ及び内燃機関はコンテナに直接支持構造物である取付ボルトにて固定する。ポンプ及び内燃機関を収納したコンテナは、間接支持構造物であるトラックに積載し取付ボルトにより固定し、保管場所に固定せずに保管する。	図 2-9
可搬式窒素供給装置	サスペンションを有し、自走にて移動できる構造*とし、車両、窒素ガス発生装置、空気圧縮機、昇圧機及び発電機により構成する。	窒素ガス発生装置、空気圧縮機、昇圧機及び発電機は、コンテナに直接支持構造物である取付ボルトにて固定する。窒素ガス発生装置、空気圧縮機、昇圧機及び発電機を収納したコンテナは、間接支持構造物であるトラックに積載し取付ボルトにより固定し、保管場所に固定せず保管する。	図 2-10

注記*：早期の重大事故等への対処を考慮し移動機能を有するとともに、地震に対する影響を軽減できる構造として、サスペンションを有している。

表 2-1 車両型設備の構造計画(3/3)

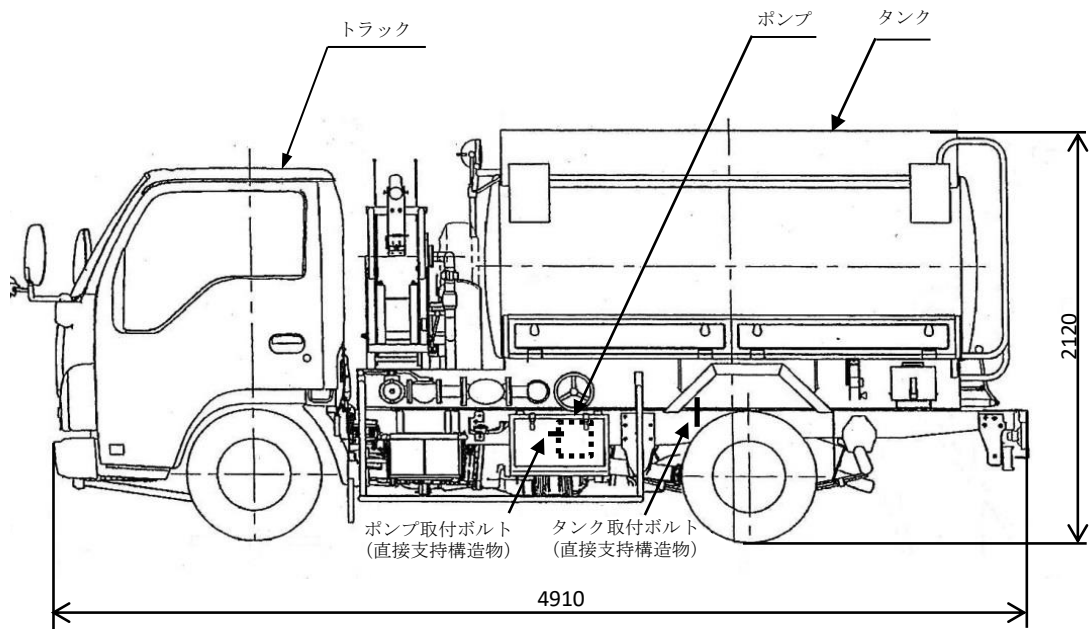
設備名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
緊急時対策所用 発電機	サスペンションを有し、自走にて移動できる構造*とし、車両、発電機及び内燃機関により構成する。	発電機及び内燃機関は、コンテナに直接支持構造物である取付ボルトにて固定する。発電機及び内燃機関を収納したコンテナは、間接支持構造物であるトラックに積載し取付ボルトにより固定し、保管場所に固定せずに保管する。	図 2-11
第 1 ベントフィルタ出口水素濃度	サスペンションを有し、自走にて移動できる構造*とし、車両、分析計ラック、サンプルポンプラック、チラーユニット及び制御盤により構成する。	分析計ラック、サンプルポンプラック、チラーユニット及び制御盤は、コンテナに直接支持構造物である取付ボルトにて固定する。分析計ラック、サンプルポンプラック、チラーユニット及び制御盤を収納したコンテナは間接支持構造物であるトラックに搭載し取付ボルトにより固定し、保管場所に固定せずに保管する。	図 2-12

注記*：早期の重大事故等への対処を考慮し移動機能を有するとともに、地震に対する影響を軽減できる構造として、サスペンションを有している。



(単位：mm)

図 2-2 タンクローリ (タイプ I) の構造図



(単位：mm)

図 2-3 タンクローリ (タイプ II) の構造図

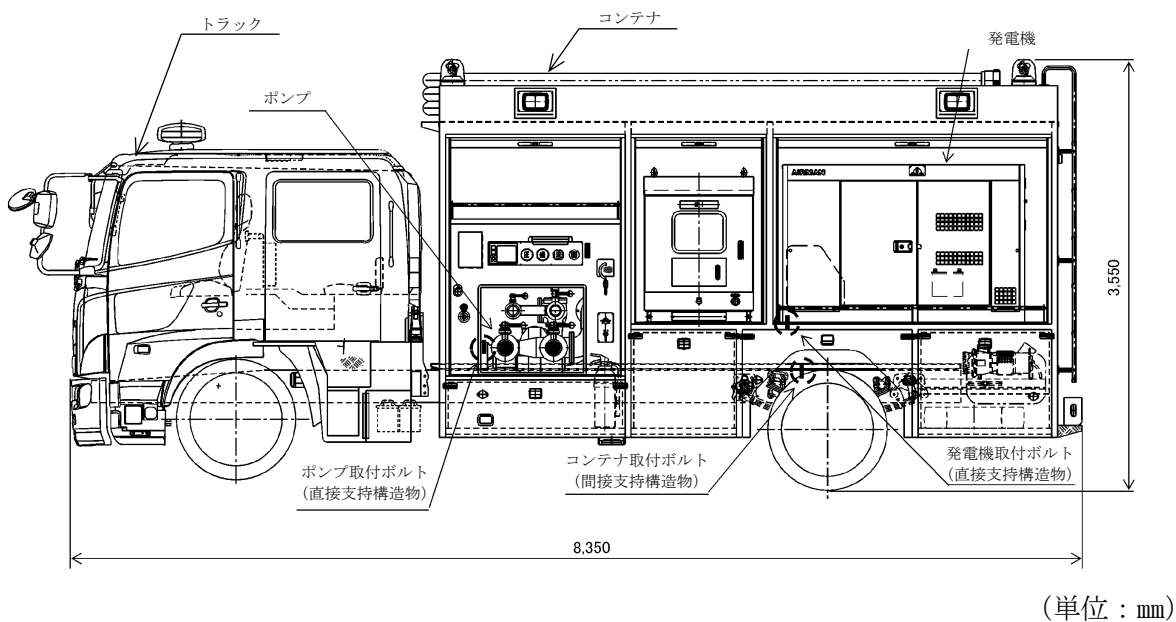


図 2-4 大量送水車の構造図

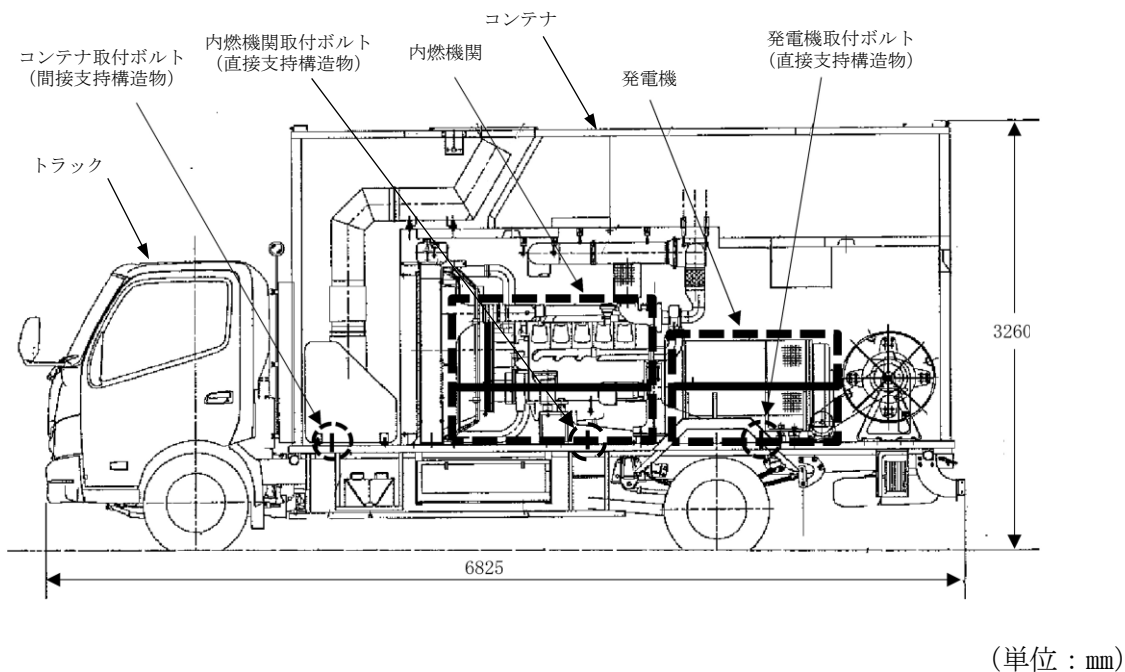
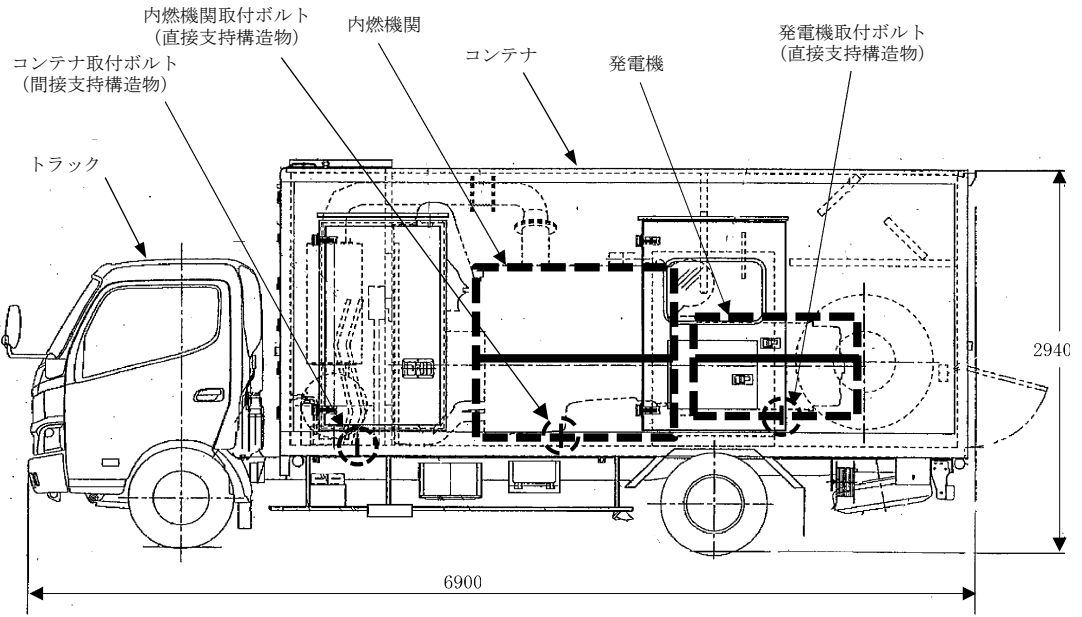
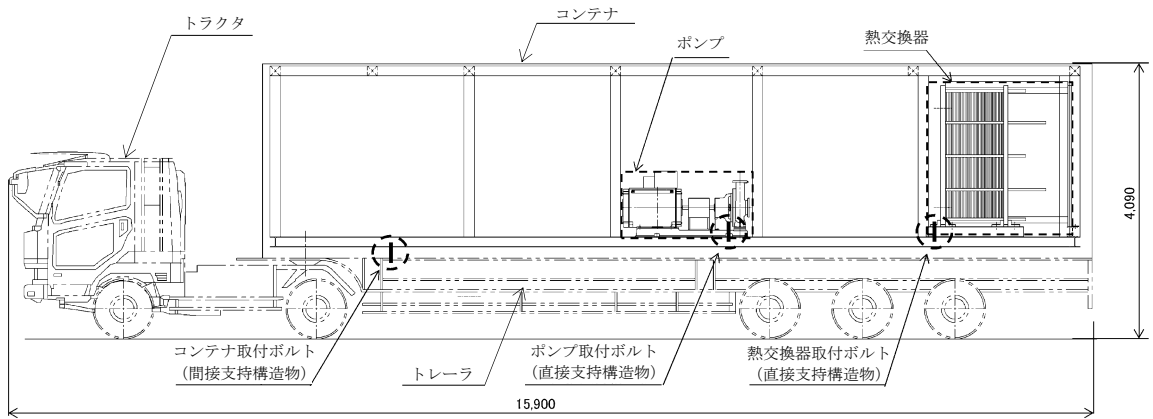


図 2-5 高圧発電機車 (タイプ I) の構造図



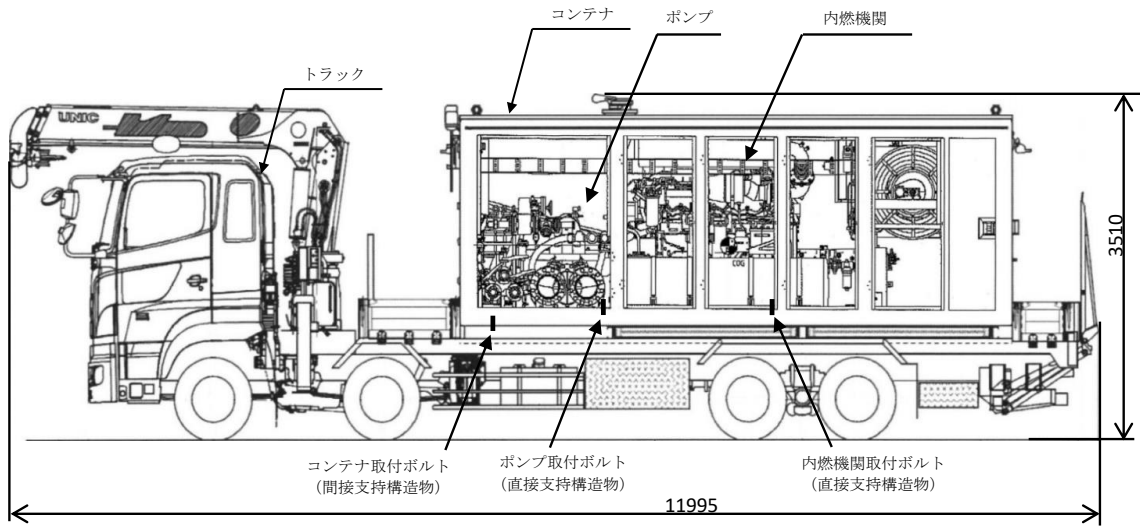
(単位：mm)

図 2-6 高圧発電機車 (タイプ II) の構造図



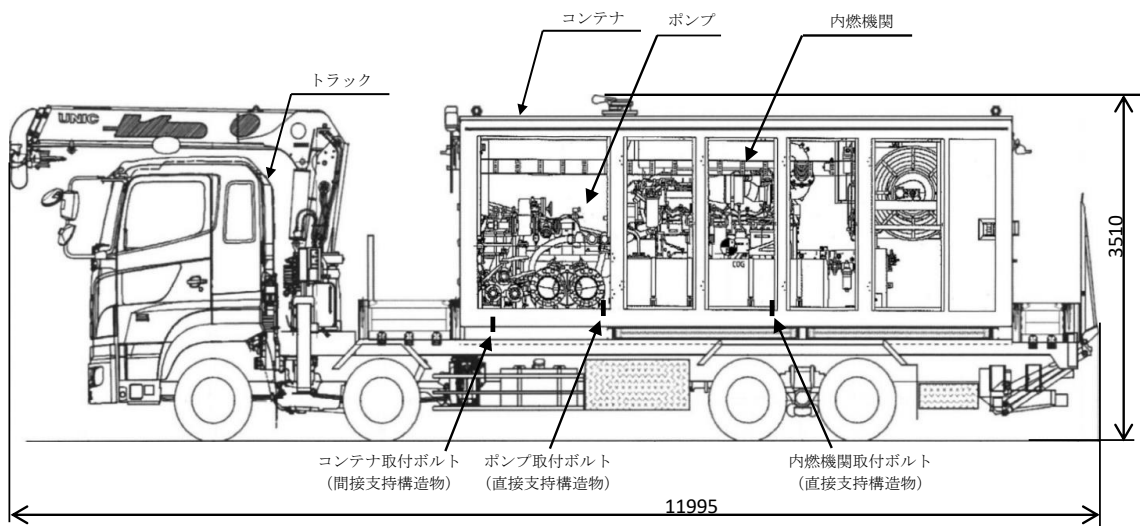
(単位：mm)

図 2-7 移動式代替熱交換設備の構造図



(単位：mm)

図 2-8 大型送水ポンプ車（原子炉補機代替冷却系用）の構造図



(単位：mm)

図 2-9 大型送水ポンプ車（原子炉建物放水設備用）の構造図

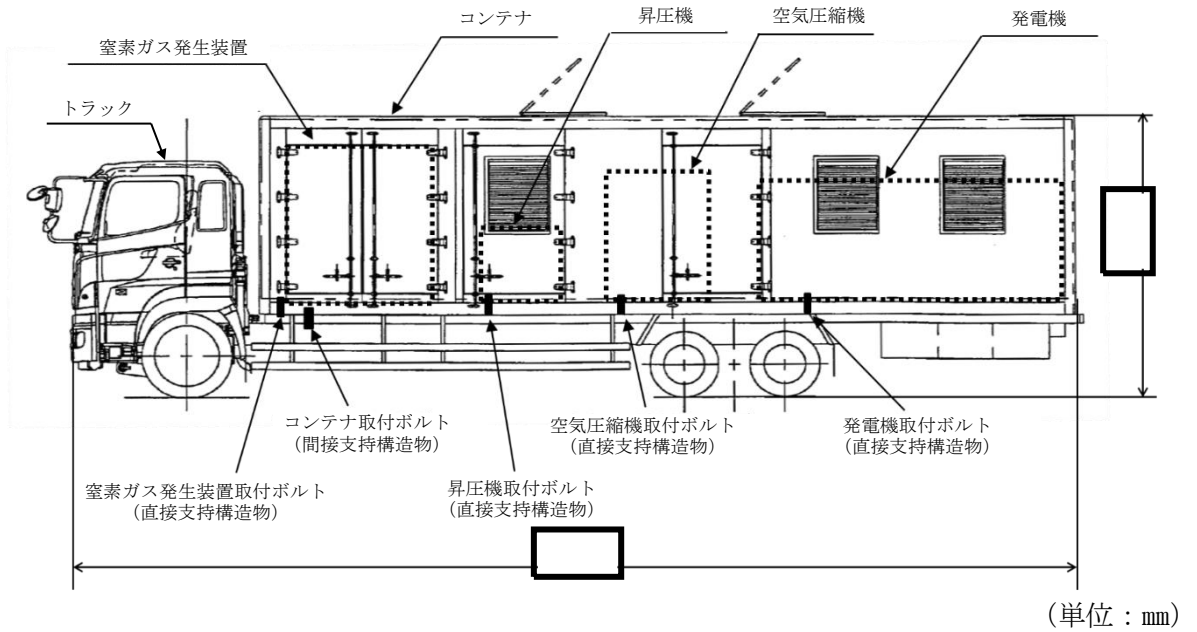


図 2-10 可搬式窒素供給装置の構造図

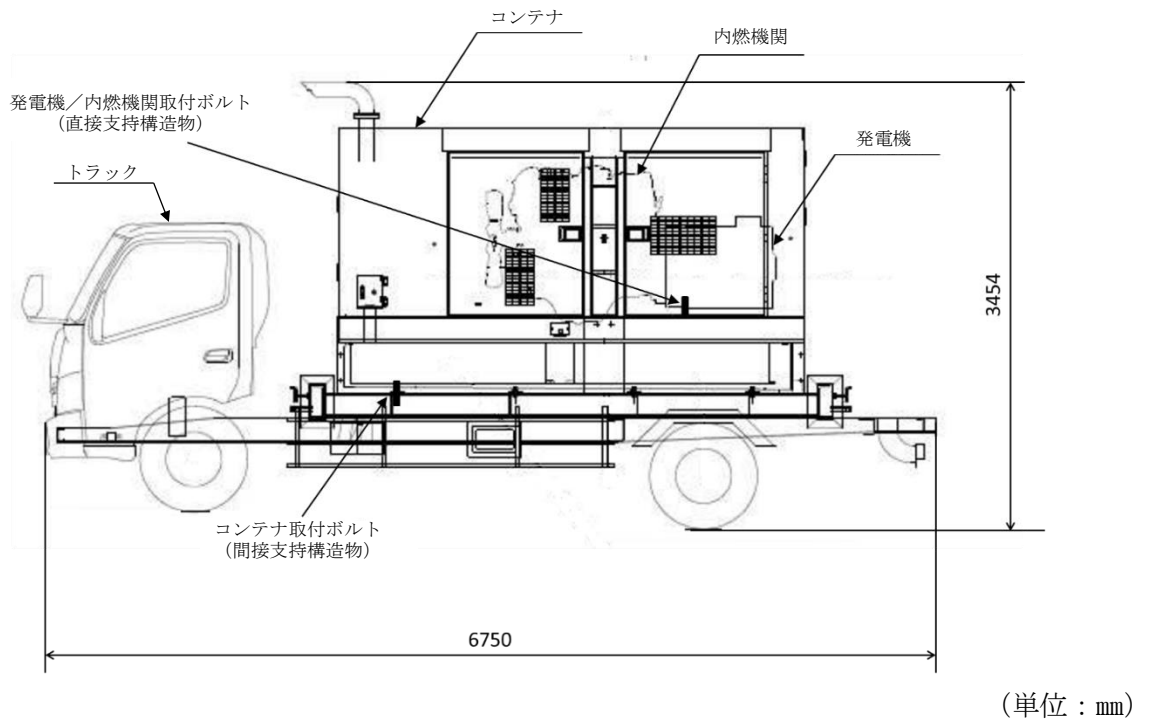
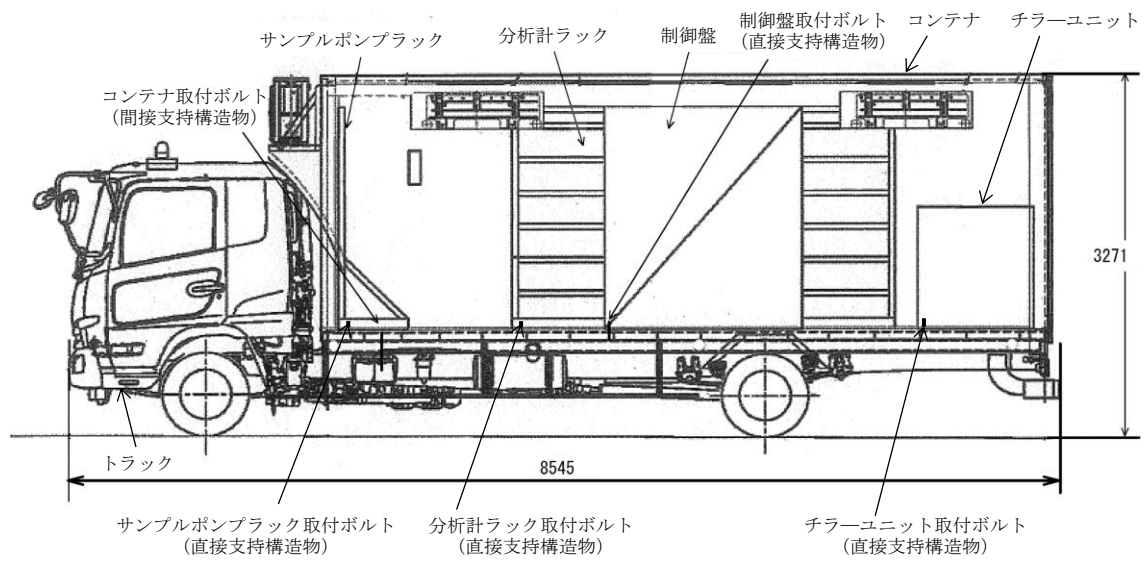


図 2-11 緊急時対策所用発電機の構造図



(単位：mm)

図 2-12 第 1 ベントフィルタ出口水素濃度の構造図

2.3 固縛装置（固定材）

島根2号機の屋外の重大事故等対象設備に、竜巻により飛散して外部事象防護対象施設や同じ機能を有する他の重大事故等対処設備に影響を与えるものはないことから、島根2号機の外部事象防護対象施設や同じ機能を有する他の重大事故等対処設備を防護するための車両型設備への固縛は不要である。

一方、保管場所のうち第3保管エリア及び第4保管エリアは島根3号機から近い位置にあることから、同エリアに保管する車両型設備については、島根3号機の外部事象防護対象施設や同じ機能を有する他の重大事故等対処設備を防護するための固縛等を実施する計画である。よって、同エリアの基礎には、固縛装置（連結材）の取付けができる固定材（基礎部含む）を設置する。固定材は、図2-13に示すとおり、ベースプレートとロータリーアイボルトで構成され、基礎部は固定材と基礎を定着する接着系アンカーボルト及び基礎で構成されている。固定材は、地震に伴う車両型設備のすべり及び傾きによる変位が生じた場合でも、固定材にタイヤが干渉しないようタイヤ設置位置より低く設置し、鋼製蓋を設置する。

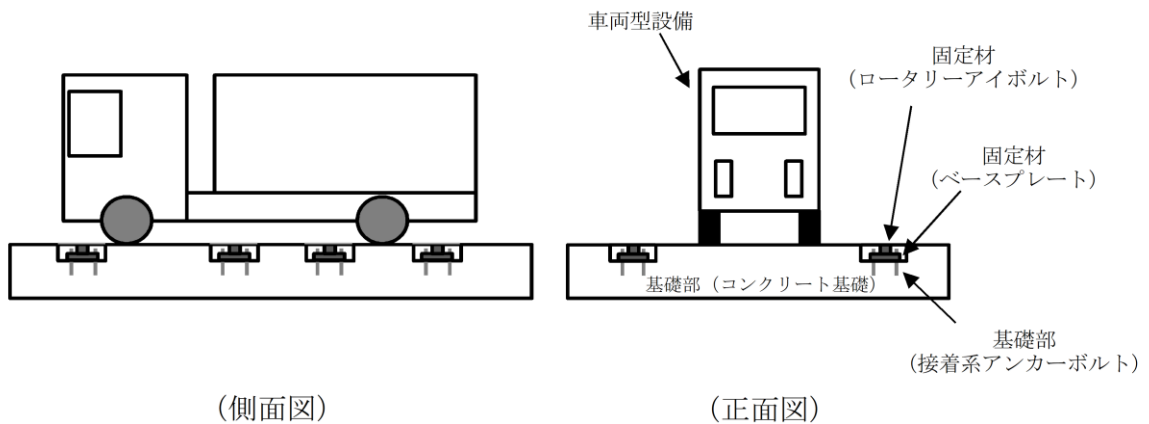


図2-13 固定材の構造概要

2.4 評価方針

車両型設備の評価方針を以下に示し、評価方法の一覧を表 2-2 に、耐震評価フローを図 2-14 に示す。

(1) 構造強度評価

車両型設備は、別添 3-1 の「2.2(1) 車両型設備」にて設定した構造強度評価の方針に従い、直接支持構造物及び間接支持構造物に対する構造強度評価を実施する。

車両型設備の構造強度評価は、「3. 加振試験」にて得られた評価部位頂部の加速度を用い、「4. 構造強度評価」に示す方法により、車両型設備の評価部位に作用する応力が許容限界を満足することを確認する。確認結果を「9. 評価結果」に示す。

別添 3-1 の「2.2 評価方針」に示す評価部位のうち直接支持構造物としての取付ボルトの構造強度評価については、J E A G 4 6 0 1・補-1984 に規定されているその他の支持構造物の評価に従い実施する。間接支持構造物としての取付ボルトについては、直接支持構造物の構造強度評価に準じて実施する。

(2) 転倒評価

車両型設備は、別添 3-1 の「2.2(1) 車両型設備」にて設定した転倒評価の方針に従い、転倒評価を実施する。

車両型設備の転倒評価は、「5. 転倒評価」に示す方法により、「3. 加振試験」における加振試験を行い、車両型設備が転倒していないことを確認し、保管場所の地表面の最大応答加速度と、加振試験により転倒しないことを確認した加振台の最大加速度との比較を行い、許容限界を満足することを確認する。確認結果を「9. 評価結果」に示す。

(3) 機能維持評価

車両型設備は、別添 3-1 の「2.2(1) 車両型設備」にて設定した機能維持評価の方針に従い、支持機能、移動機能、動的及び電氣的機能維持評価を実施する。

車両型設備の機能維持評価は、「6. 機能維持評価」に示す方法により、「3. 加振試験」における加振試験にて、加振試験後に支持機能及び移動機能、並びにポンプの送水機能、発電機の発電機能、内燃機関の駆動機能等の動的及び電氣的機能を維持できることを確認し、保管場所の地表面の最大応答加速度と、加振試験により支持機能、移動機能、動的及び電氣的機能を維持できることを確認した加振台の最大加速度との比較を行い、許容限界を満足することを確認する。確認結果を「9. 評価結果」に示す。

(4) 波及的影響評価

車両型設備は、別添 3-1 の「2.2(1) 車両型設備」にて設定した波及的影響評価の方針に従い、波及的影響評価を実施する。

車両型設備の波及的影響評価は、「7. 波及的影響評価」に示す方法により、「3. 加振試験」における加振試験にて確認した車両型設備のすべり及び傾きによる最大変位量が、許容限界を

満足することを確認する。確認結果を「9. 評価結果」に示す。

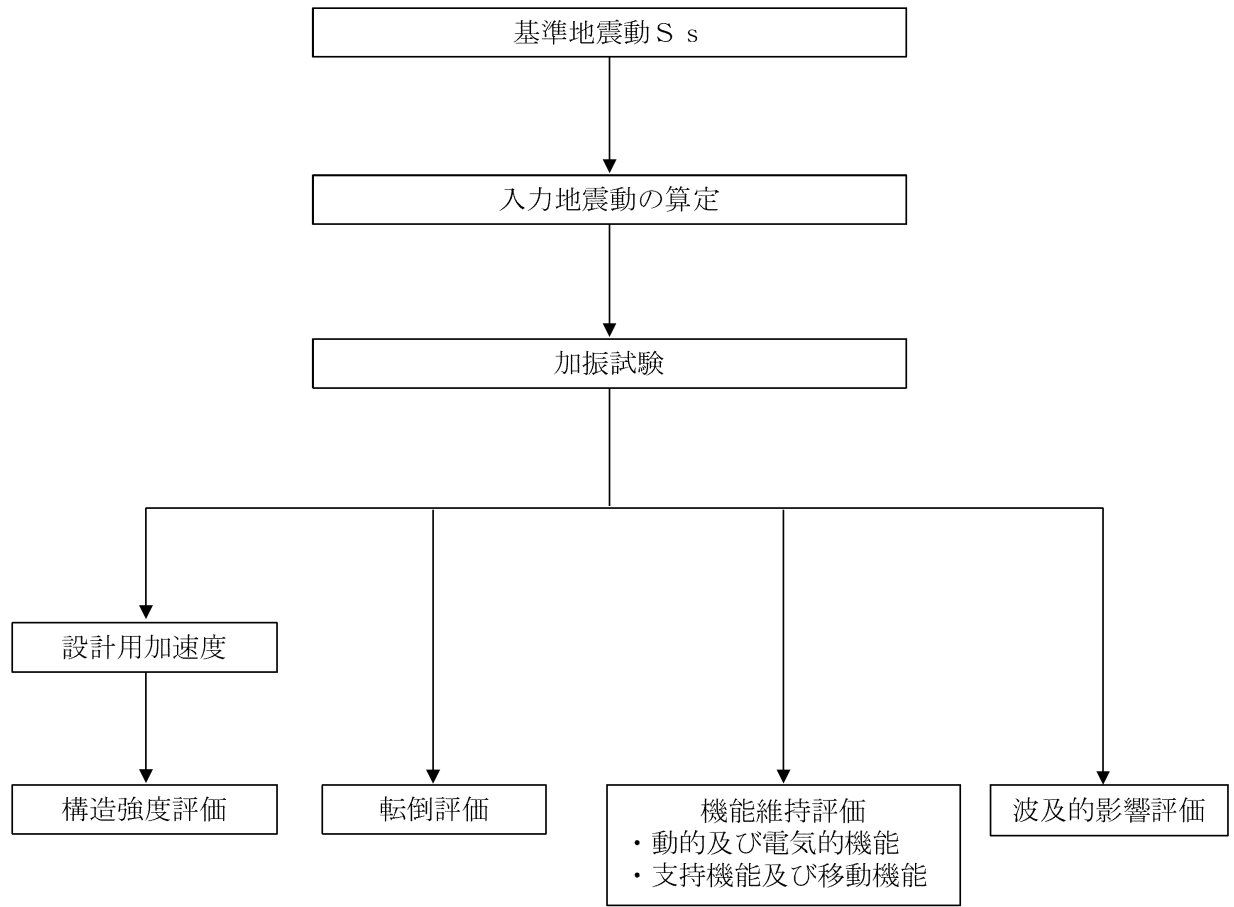


図 2-14 車両型設備の耐震評価フロー

表 2-2 車両型設備の評価方法

設備名称	車両種別	設備種別	構造強度評価		転倒評価	機能維持 評価	波及的影響 評価
			直接支持構造物	間接支持構造物			
タンクローリ (タイプⅠ)	トラック	タンクローリ	加振試験+応力計算	—	加振試験	加振試験	加振試験
タンクローリ (タイプⅡ)	トラック	タンクローリ	加振試験+応力計算	—	加振試験	加振試験	加振試験
大量送水車	トラック	ポンプ車	加振試験+応力計算	加振試験+応力計算	加振試験	加振試験	加振試験
高圧発電機車 (タイプⅠ)	トラック	発電機車	加振試験+応力計算	加振試験+応力計算	加振試験	加振試験	加振試験
高圧発電機車 (タイプⅡ)	トラック	発電機車	加振試験+応力計算	加振試験+応力計算	加振試験	加振試験	加振試験
移動式代替熱交換設備	トラクタ・ トレーラ	熱交換器車	加振試験+応力計算	加振試験+応力計算	加振試験	加振試験	加振試験
大型送水ポンプ車(原子 炉補機代替冷却系用)	トラック	ポンプ車	加振試験+応力計算	加振試験+応力計算	加振試験	加振試験	加振試験
大型送水ポンプ車(原子 炉建物放水設備用)	トラック	ポンプ車	加振試験+応力計算	加振試験+応力計算	加振試験	加振試験	加振試験
可搬式窒素供給装置	トラック	窒素供給 装置車	加振試験+応力計算	加振試験+応力計算	加振試験	加振試験	加振試験
緊急時対策所用発電機	トラック	発電機車	加振試験+応力計算	加振試験+応力計算	加振試験	加振試験	加振試験
第1 ベントフィルタ出口 水素濃度	トラック	水素分析車	加振試験+応力計算	加振試験+応力計算	加振試験	加振試験	加振試験

2.5 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984((社)日本電気協会)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987((社)日本電気協会)
- (3) 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版((社)日本電気協会)
- (4) 発電用原子力設備規格 設計・建設規格((社)日本機械学会, 2005/2007) (以下「設計・建設規格」という。)

3. 加振試験

3.1 基本方針

別添 3-1 の「4.1(1) 加振試験」にて設定した基本方針に従い、加振試験を実施する。

加振試験は、以下の「3.2 入力地震動」に示す入力地震動を用いて、「3.3 試験方法」に示す方法により、「4. 構造強度評価」に用いる評価部位頂部の最大応答加速度、「5. 転倒評価」に用いる転倒の有無、「6. 機能維持評価」に用いる加振台の最大加速度及び「7. 波及的影響評価」に用いる車両型設備の最大変位量を求める。

3.2 入力地震動

入力地震動は、VI-2-別添 3-2「可搬型重大事故等対処設備の保管エリア等における入力地震動」に示す、第1保管エリア、第2保管エリア、第3保管エリア及び第4保管エリアの基準地震動 S_s (D, F1, F2, N1, N2) に基づき作成する設計用床応答スペクトルをおおむね上回るよう作成したランダム波とする。

加振試験の入力地震動は、保管場所における入力地震動を各対象設備の固有周期帯において上回り、かつ周期全体としておおむね上回るように設定する。

3.3 試験方法

車両型設備を実際の保管状態を模擬した状態で加振台に設置し、「3.2 入力地震動」に示すランダム波を入力地震動として加振試験を行い、評価部位頂部の最大応答加速度、加振試験後に転倒していないこと、加振台の最大加速度及び車両型設備の最大変位量を確認する。

また、加振試験は水平方向と鉛直方向の同時入力で行う。

- ・加振波 : 「3.2 入力地震動」にて設定したランダム波
- ・加振方向 : 「水平（走行軸方向）＋鉛直」及び「水平（走行軸直角方向）＋鉛直」（2軸加振）又は「水平（走行軸方向）＋水平（走行軸直角方向）＋鉛直」（3軸加振）

加振波の最大加速度と振動台の制限加速度の関係上、2軸加振及び3軸加振の使い分けを行うこととし、タンクローリ（タイプⅠ）、タンクローリ（タイプⅡ）、移動式代替熱交換設備及び緊急時対策所発電機については2軸加振を実施し、その他の車両型設備については、3軸加振を実施する。

3.4 試験結果

加振試験により得られた結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 加振試験結果(1/3)

設備名称	評価部位	評価部位頂部の最大応答加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)		転倒の 有無	加振台の最大 加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)		車両型設備の最大変位量 (mm)	
		水平 (走行軸方向/ 走行軸直角方向)	鉛直		水平	鉛直	走行軸 方向	走行軸直角 方向
タンクローリ (タイプ I)	タンク取付ボルト	2.32/5.00	4.00	無	1.14	1.34	2580	1224
	ポンプ取付ボルト	1.48/3.28	4.87					
タンクローリ (タイプ II)	タンク取付ボルト	1.41/2.53	1.59	無	1.51	1.02	2390	1469
	ポンプ取付ボルト	0.95/1.65	1.55					
大量送水車 (第 1, 第 3 及び第 4 保管エリア)	ポンプ取付ボルト	1.06/0.89	1.36	無	1.40	0.93	410	965
	発電機取付ボルト	1.18/1.85	1.30					
	コンテナ取付ボルト	1.08/2.09	2.73					
大量送水車 (第 2 保管エリア)	ポンプ取付ボルト	1.05/1.29	1.96	無	1.38	1.12	410	1205
	発電機取付ボルト	1.53/1.69	2.31					
	コンテナ取付ボルト	1.26/2.43	3.51					
高圧発電機車 (タイプ I)	発電機/内燃機関取付ボルト	0.92/3.08	1.0	無	1.41	1.08	230	738
	コンテナ取付ボルト	0.92/3.08	1.0					
高圧発電機車 (タイプ II)	発電機/内燃機関取付ボルト	0.53/1.49	1.10	無	1.41	1.08	60	892
	コンテナ取付ボルト	2.46/2.89	3.22					

表 3-1 加振試験結果(2/3)

設備名称	評価部位	評価部位頂部の最大応答加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)		転倒の 有無	加振台の最大 加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)		車両型設備の最大変位量 (mm)	
		水平(走行軸方向/ 走行軸直角方向)	鉛直		水平	鉛直	走行軸 方向	走行軸直角 方向
移動式代替熱交換設備	熱交換器取付ボルト	0.97/1.03	1.64	無	1.38	0.94	510	1921
	ポンプ取付ボルト	2.26/3.78	1.55					
	コンテナ取付ボルト	0.77/1.52	1.10					
大型送水ポンプ車 (原子炉補機代替冷却系用)	ポンプ取付ボルト	0.76/0.85	1.14	無	1.44	1.05	190	730
	内燃機関取付ボルト	1.22/2.17	1.29					
	コンテナ取付ボルト	0.54/2.17	1.29					
大型送水ポンプ車 (原子炉建物放水設備用)	ポンプ取付ボルト	0.76/0.85	1.14	無	1.44	1.05	190	730
	内燃機関取付ボルト	1.22/2.17	1.29					
	コンテナ取付ボルト	0.54/2.17	1.29					
可搬式窒素供給装置	窒素ガス発生装置取付ボルト	1.03/1.71	0.99	無	1.43	1.05	0	857
	空気圧縮機取付ボルト	1.06/1.20	1.22					
	昇圧機取付ボルト	1.40/1.59	1.22					
	発電機取付ボルト	0.96/1.77	1.49					
	コンテナ取付ボルト	1.05/2.38	1.91					

表 3-1 加振試験結果(3/3)

設備名称	評価部位	評価部位頂部の最大応答加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)		転倒の 有無	加振台の最大 加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)		車両型設備の最大変位量 (mm)	
		水平 (走行軸方向/走 行軸直角方向)	鉛直		水平	鉛直	走行軸 方向	走行軸直角 方向
緊急時対策所用発電機	発電機/内燃機関取付ボルト	0.96/1.72	1.18	無	1.47	1.01	1570	2015
	コンテナ取付ボルト	1.36/1.84	1.60					
第1 ベントフィルタ 出口水素濃度	分析計ラック取付ボルト	0.77/1.21	2.58	無	1.43	1.05	270	951
	サンプルポンプラック取付 ボルト	0.85/1.49	1.27					
	チラーユニット取付ボルト	1.30/1.59	1.88					
	制御盤取付ボルト	0.78/1.43	2.21					
	コンテナ取付ボルト	0.77/1.21	2.58					

4. 構造強度評価

4.1 基本方針

車両型設備の構造強度評価は、別添 3-1 の「2.2 評価方針」で設定した評価方針に従って、構造強度評価を実施する。

車両型設備の構造強度評価は、「4.2 評価部位」に示す評価部位が、「4.3 荷重及び荷重の組合せ」に示す荷重及び荷重の組合せに対し、「4.4 許容限界」に示す許容応力を満足することを、「4.5 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

4.2 評価部位

車両型設備の評価部位は、別添 3-1 の「2.2 評価方針」で設定した評価部位に従って設定する。評価部位を表 4-1 に示す。

表 4-1 車両型設備の直接支持構造物及び間接支持構造物評価部位

設備名称	評価部位		図
	直接支持構造物	間接支持構造物	
タンクローリ (タイプⅠ)	タンク取付ボルト ポンプ取付ボルト	—	図 2-2
タンクローリ (タイプⅡ)	タンク取付ボルト ポンプ取付ボルト	—	図 2-3
大量送水車	ポンプ取付ボルト 発電機取付ボルト	コンテナ取付 ボルト	図 2-4
高圧発電機車 (タイプⅠ)	発電機／内燃機関 取付ボルト	コンテナ取付 ボルト	図 2-5
高圧発電機車 (タイプⅡ)	発電機／内燃機関取付ボルト	コンテナ取付 ボルト	図 2-6
移動式代替熱交換設備	熱交換器取付ボルト ポンプ取付ボルト	コンテナ取付 ボルト	図 2-7
大型送水ポンプ車（原 子炉補機代替冷却系 用）	ポンプ取付ボルト 内燃機関取付ボルト	コンテナ取付 ボルト	図 2-8
大型送水ポンプ車（原 子炉建物放水設備用）	ポンプ取付ボルト 内燃機関取付ボルト	コンテナ取付 ボルト	図 2-9
可搬式窒素供給装置	窒素ガス発生装置取付ボルト 空気圧縮機取付ボルト 昇圧機取付ボルト 発電機取付ボルト	コンテナ取付 ボルト	図 2-10
緊急時対策所用発電機	発電機／内燃機関取付ボルト	コンテナ取付 ボルト	図 2-11
第 1 ベントフィルタ出 口水素濃度	分析計ラック取付ボルト サンプルポンプラック取付ボルト チラーユニット取付ボルト 制御盤取付ボルト	コンテナ取付 ボルト	図 2-12

4.3 荷重及び荷重の組合せ

車両型設備の構造強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、別添 3-1 の「3.1 荷重及び荷重の組合せ」で設定した荷重及び荷重の組合せを用いる。

車両型設備の構造強度評価に用いる荷重の組合せを表 4-2 に示す。

表 4-2 荷重の組合せ

設備名称	評価部位	荷重の組合せ
車両型設備	取付ボルト	D + S s

4.4 許容限界

車両型設備の直接支持構造物及び間接支持構造物の許容限界は、「4.2 評価部位」にて設定した評価部位の破断延性限界を考慮し、別添 3-1 の「3.2 許容限界」で設定した許容限界に従い、許容応力状態 IV_AS の許容応力とする。

評価部位の許容限界を表 4-3 に示す。

表 4-3 取付ボルトの許容限界

評価部位	荷重の組合せ	許容応力状態	許容限界 ^{*1, *2}	
			一次応力	
			引張 ^{*3}	せん断 ^{*3}
取付ボルト	D + S s	IV _A S	$1.5 \cdot f_{t*}$	$1.5 \cdot f_{s*}$

注記*1: f_{t*} , f_{s*} は、設計・建設規格 SSB-3121.1(1)a.本文中 S_y を $1.2 \cdot S_y$ と読み替えて算出した値（設計・建設規格 SSB-3133）。ただし、 S_y 及び $0.7 \cdot S_u$ のいずれか小さい方の値とする。

*2: J E A G 4 6 0 1・補-1984の「その他の支持構造物の許容応力」に準じて設定する。

*3: ボルトにせん断力が作用する場合、組合せ評価を実施する。その際の許容引張応力 f_{ts} は、設計・建設規格 SSB-3133に基づき、
 $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$ とする。ここで、 f_{to} は $1.5 \cdot f_{t*}$ とする。

なお、 f_{ts} は引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力をいい、 f_{to} は引張力のみを受けるボルトの許容引張応力をいう。

4.5 評価方法

車両型設備の直接支持構造物及び間接支持構造物の構造強度評価は、別添 3-1 の「4.1(2) 構造強度評価」で設定した計算式に従って、評価部位について、J E A G 4 6 0 1-1987 に規定されているポンプ等の取付ボルトの評価方法を用いて発生応力を算出し、許容応力以下であることを確認する。

評価については、表 3-1 に示す加振試験で測定された評価部位頂部の加速度を設計用加速度とし、発生応力を算出し、構造強度評価を行う。

(1) 評価に使用する記号及び計算モデルの説明

構造強度評価に使用する記号を表 4-5 に、計算モデル例を図 4-1～図 4-13 に示す。

また、各設備の評価部位と計算モデル例との関係を表 4-4 に示す。

なお、式 4.15～式 4.18 及び式 4.20～式 4.28 について、垂直ボルトの発生応力を計算する際には、斜めボルトも垂直ボルトとして扱い、斜めボルトの発生応力を計算する際には、垂直ボルトも斜めボルトとして扱うとともに、取付角度は全てのボルトで同様であるものとして計算する。

表 4-4 各設備の評価部位と計算モデル例

設備名称	評価部位	図
タンクローリ (タイプ I)	タンク取付ボルト	図 4-11～図 4-13
	ポンプ取付ボルト	図 4-3, 図 4-4
タンクローリ (タイプ II)	タンク取付ボルト	図 4-11～図 4-13
	ポンプ取付ボルト	図 4-3, 図 4-4
大量送水車	ポンプ取付ボルト	図 4-5, 図 4-6
	発電機取付ボルト	図 4-1, 図 4-2
	コンテナ取付ボルト	図 4-9, 図 4-10
高圧発電機車 (タイプ I)	発電機/内燃機関取付ボルト	図 4-1, 図 4-2
	コンテナ取付ボルト	図 4-7, 図 4-8
高圧発電機車 (タイプ II)	発電機/内燃機関取付ボルト	図 4-1, 図 4-2
	コンテナ取付ボルト	図 4-7, 図 4-8
移動式代替熱交換設備	熱交換器取付ボルト	図 4-1, 図 4-2
	ポンプ取付ボルト	
	コンテナ取付ボルト	図 4-7, 図 4-8
大型送水ポンプ車(原子炉補機代替冷却系用)	ポンプ取付ボルト	図 4-1, 図 4-2
	内燃機関取付ボルト	
	コンテナ取付ボルト	図 4-7, 図 4-8
大型送水ポンプ車(原子炉建物放水設備用)	ポンプ取付ボルト	図 4-1, 図 4-2
	内燃機関取付ボルト	
	コンテナ取付ボルト	図 4-7, 図 4-8
可搬式窒素供給装置	窒素ガス発生装置取付ボルト	図 4-1, 図 4-2
	空気圧縮機取付ボルト	
	昇圧機取付ボルト	
	発電機取付ボルト	
	コンテナ取付ボルト	図 4-9, 図 4-10
緊急時対策所用発電機	発電機/内燃機関取付ボルト	図 4-1, 図 4-2
	コンテナ取付ボルト	図 4-7, 図 4-8
第 1 ベントフィルタ出口水素濃度	分析計ラック取付ボルト	図 4-1, 図 4-2
	サンプルポンプラック取付ボルト	
	チラーユニット取付ボルト	
	制御盤取付ボルト	
	コンテナ取付ボルト	図 4-7～図 4-10

表 4-5 構造強度評価に使用する記号

記号	単位	記号の説明
A_b	mm^2	取付ボルトの軸断面積
a_H	m/s^2	設計用水平加速度
a_P	m/s^2	回転体振動による加速度
a_V	m/s^2	設計用鉛直加速度
g	m/s^2	重力加速度
h	mm	据付面から重心位置までの高さ
L	mm	重心位置と取付ボルト間の水平方向距離
ℓ_i	mm	支点としている取付ボルトより評価に用いる取付ボルトまでの距離（ i は転倒支点から距離の長い順に番号取りをする。）
m	kg	機器の保管時質量
M_P	$\text{N}\cdot\text{mm}$	回転体回転により働くモーメント
N_i	—	引張力又はせん断力の作用する取付ボルトの本数
n	—	取付ボルトの総本数
θ	$^\circ$	設備に対する取付ボルトの角度
σ_b	MPa	取付ボルトの最大引張応力
σ_1	MPa	タンクローリの垂直ボルトに働く引張応力
σ_2	MPa	タンクローリの斜めボルトに働く引張応力
σ_3	MPa	タンクローリの斜めボルトに働く引張応力
τ_b	MPa	取付ボルトの最大せん断応力
τ_1	MPa	タンクローリの垂直ボルトに働くせん断応力
τ_2	MPa	タンクローリの斜めボルトに働くせん断応力
τ_3	MPa	タンクローリの斜めボルトに働くせん断応力

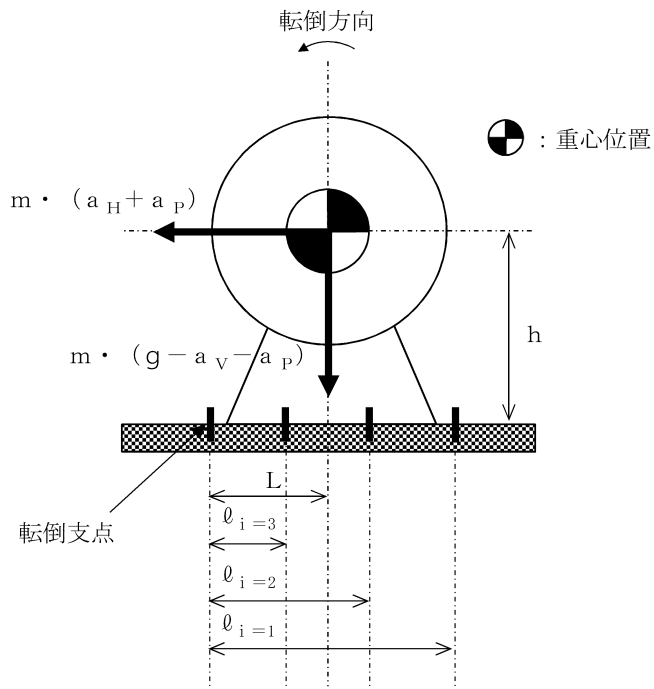


図 4-1 直接支持構造物の計算モデル例(1/2)
 (取付ボルト軸直角方向転倒-1 ($g - a_V - a_P \geq 0$ の場合))

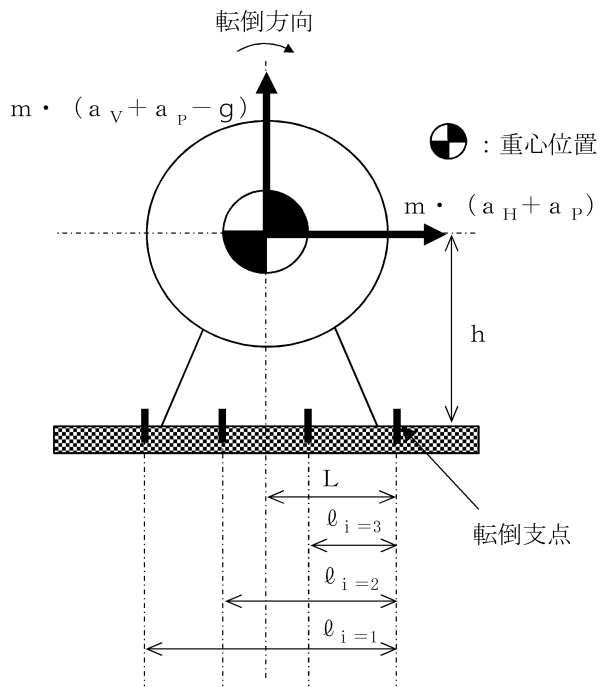


図 4-1 直接支持構造物の計算モデル例(2/2)
 (取付ボルト軸直角方向転倒-2 ($g - a_V - a_P < 0$ の場合))

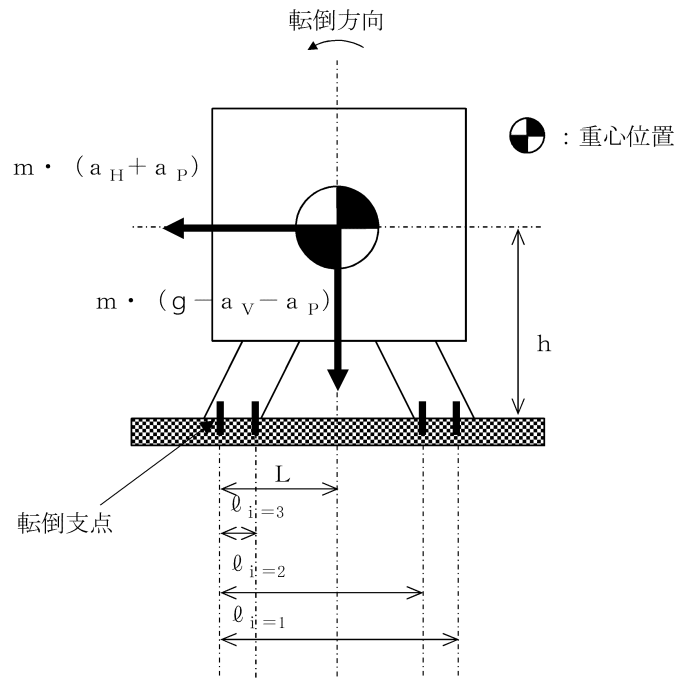


図 4-2 直接支持構造物の計算モデル例(1/2)
 (取付ボルト軸方向転倒-1 ($g - a_V - a_P \geq 0$ の場合))

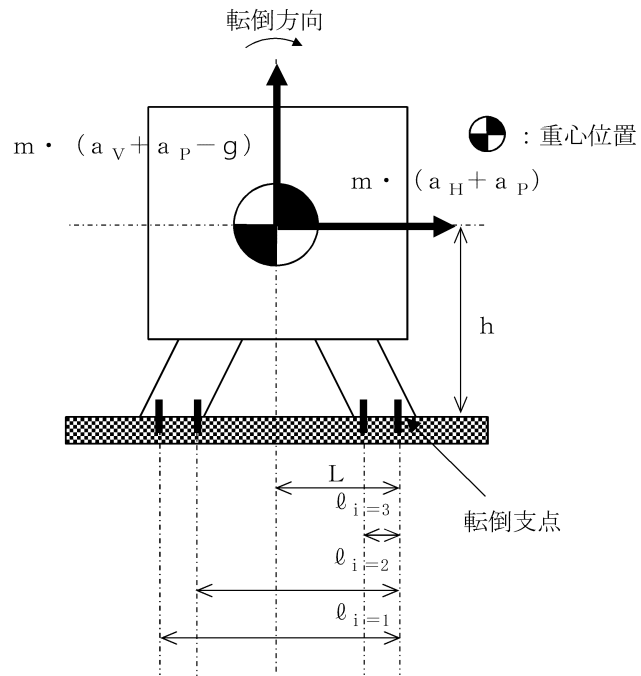


図 4-2 直接支持構造物の計算モデル例(2/2)
 (取付ボルト軸方向転倒-2 ($g - a_V - a_P < 0$ の場合))

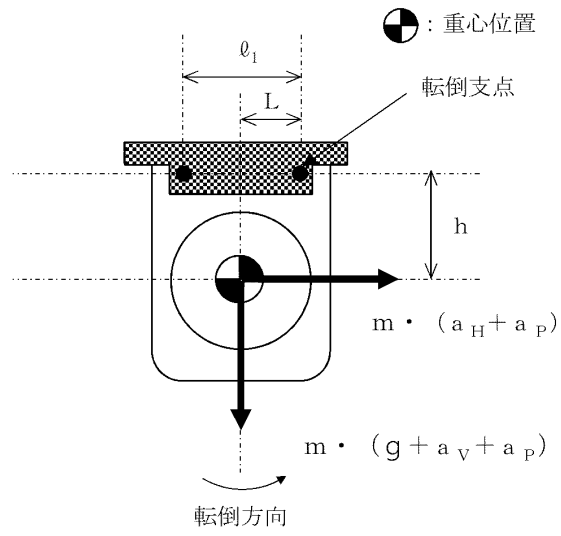


図 4-3 直接支持構造物の計算モデル例
(取付ボルト軸直角方向転倒)

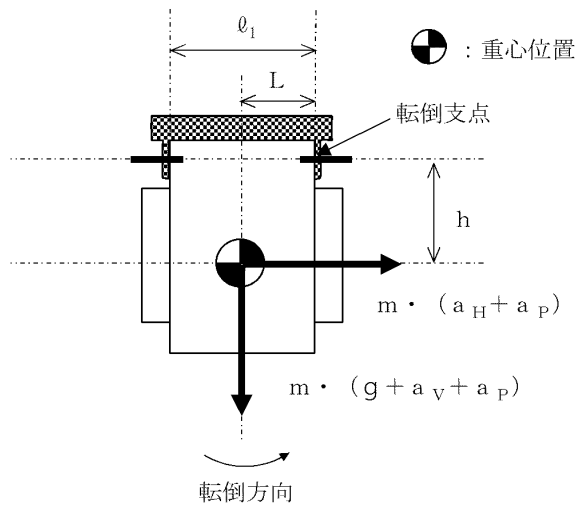


図 4-4 直接支持構造物の計算モデル例
(取付ボルト軸方向転倒)

● : 重心位置

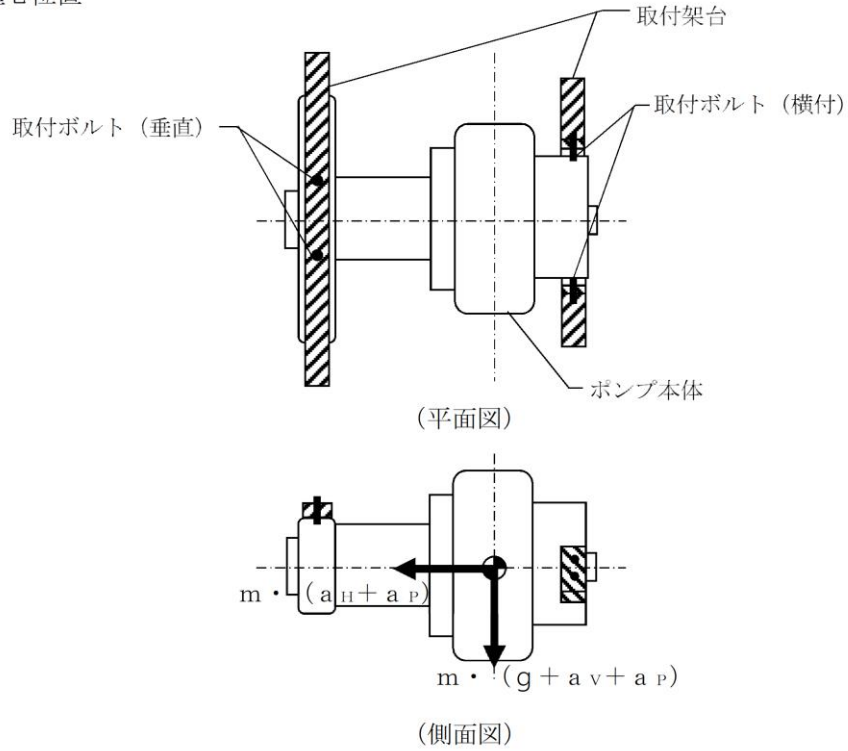


図 4-5 直接支持構造物の計算モデル例
(大量送水車ポンプ取付ボルト (横付))

● : 重心位置

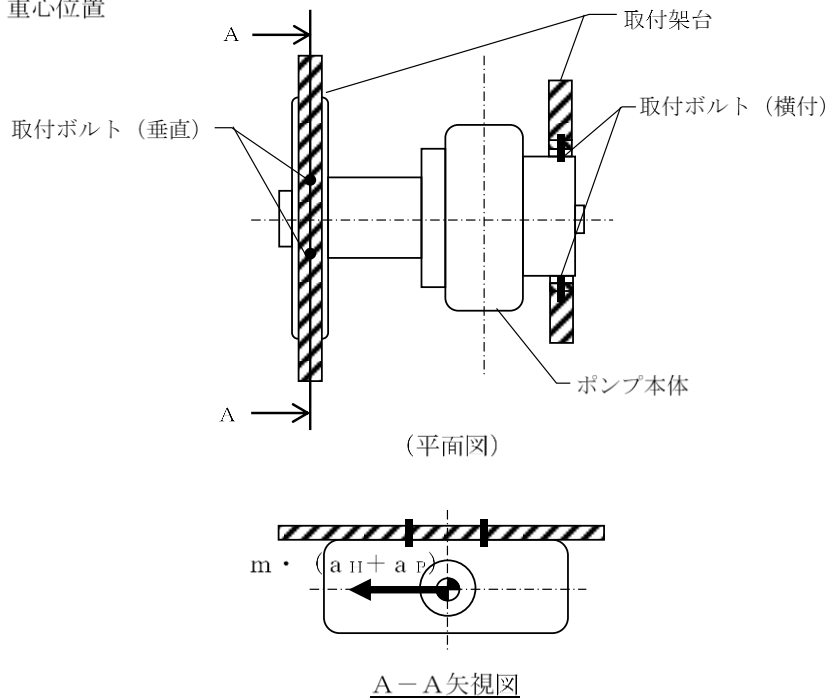


図 4-6 直接支持構造物の計算モデル例
(大量送水車ポンプ取付ボルト (垂直))

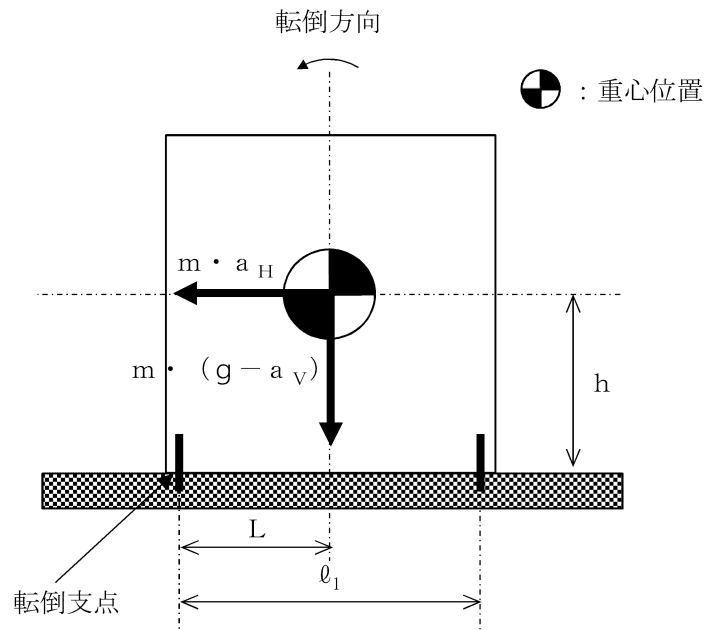


図 4-7 間接支持構造物の計算モデル例(1/2)
 (取付ボルト軸直角方向転倒-1 ($g - a_v \geq 0$) の場合)

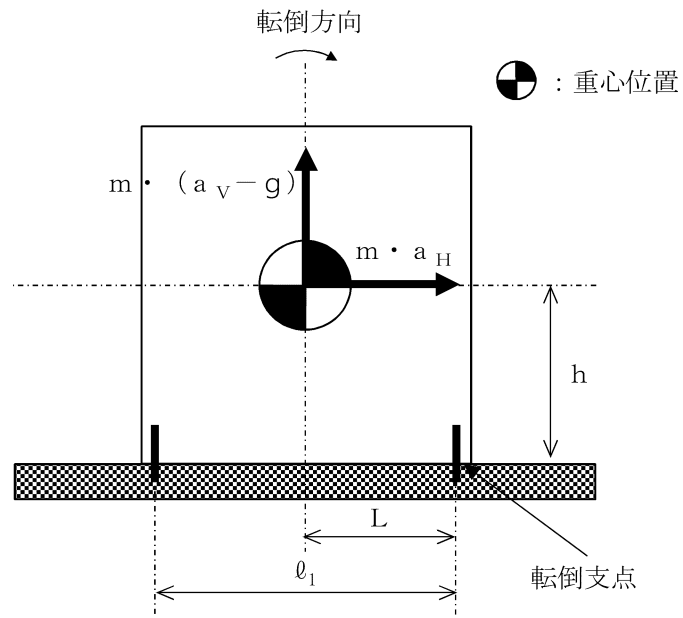


図 4-7 間接支持構造物の計算モデル例(2/2)
 (取付ボルト軸直角方向転倒-2 ($g - a_v < 0$) の場合)

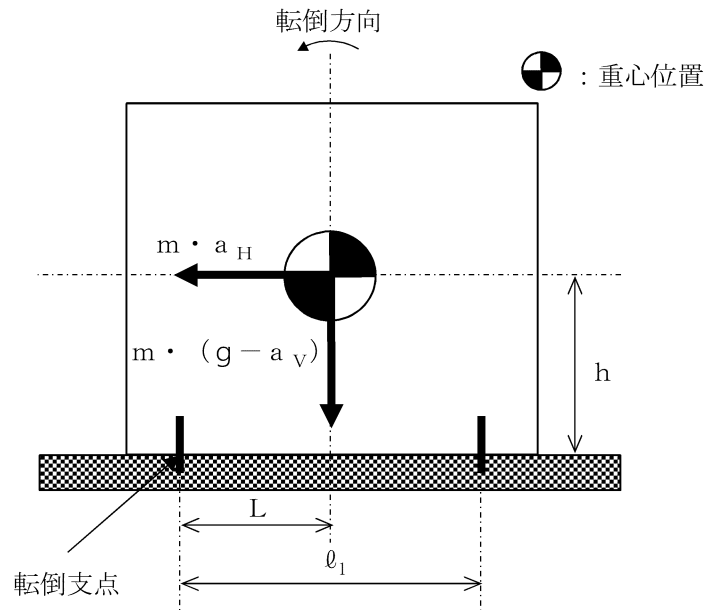


図 4-8 間接支持構造物の計算モデル例(1/2)
 (取付ボルト軸方向転倒-1 ($g - a_v$) ≥ 0 の場合)

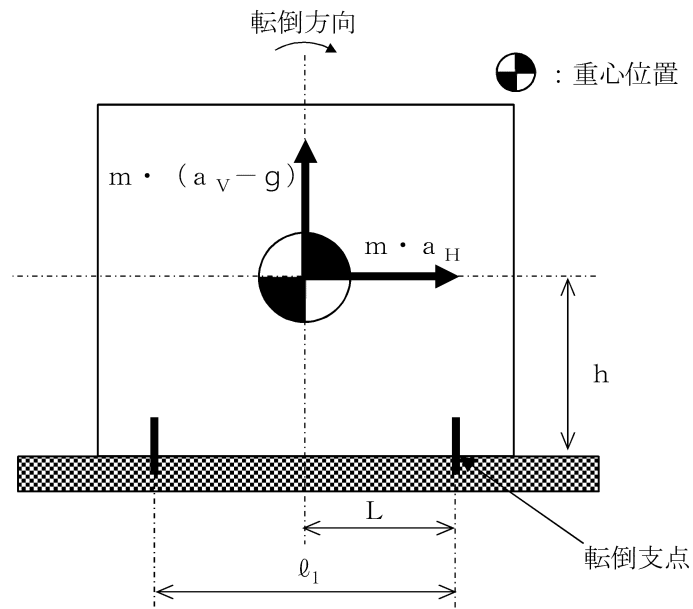


図 4-8 間接支持構造物の計算モデル例(2/2)
 (取付ボルト軸方向転倒-2 ($g - a_v$) < 0 の場合)

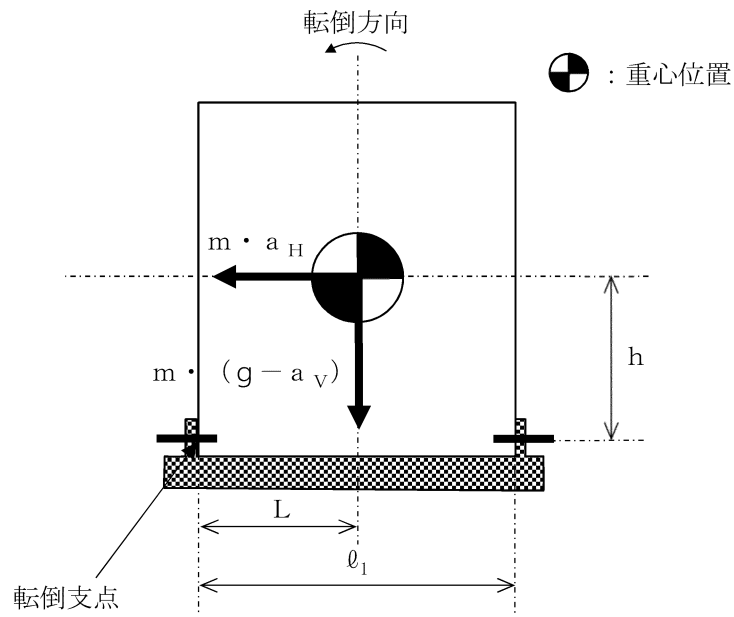


図 4-9 間接支持構造物の計算モデル例(1/2)
 (取付ボルト軸直角方向転倒-1 ($g - a_v$) ≥ 0 の場合)

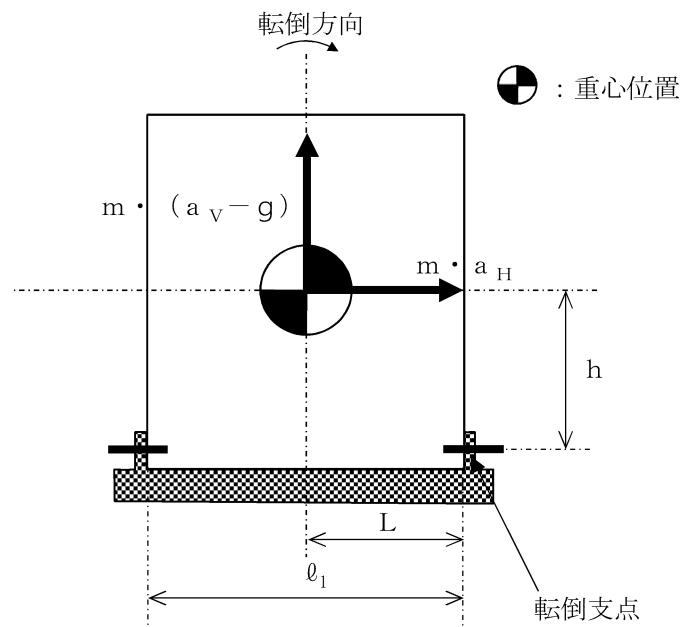
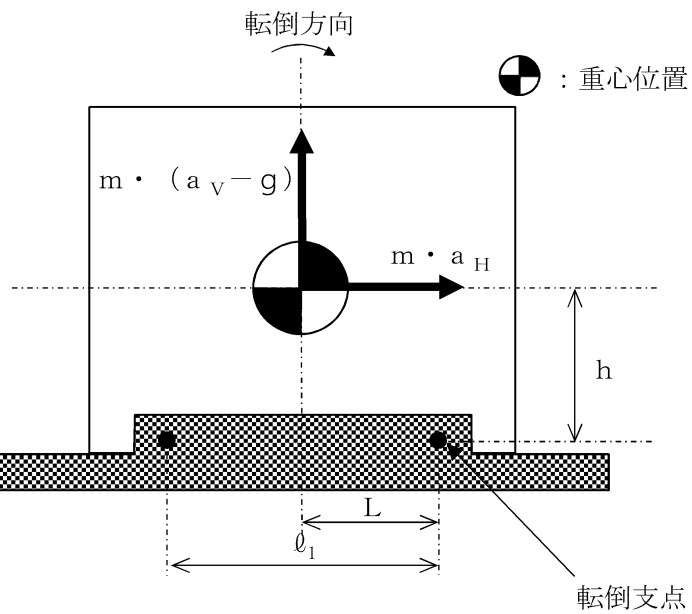
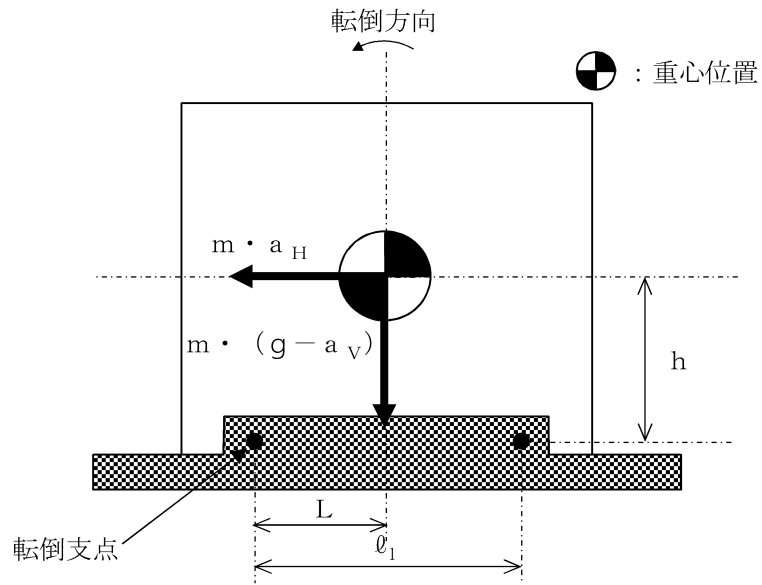


図 4-9 間接支持構造物の計算モデル例(2/2)
 (取付ボルト軸直角方向転倒-2 ($g - a_v$) < 0 の場合)



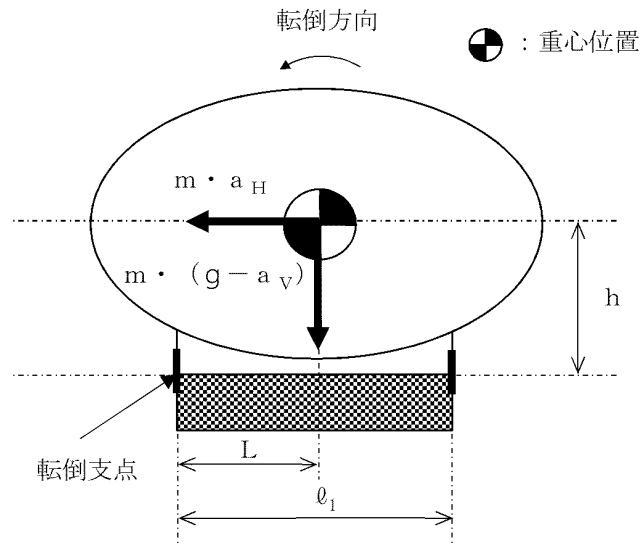


図 4-11 直接支持構造物の計算モデル例(1/2)
 (取付ボルト軸直角方向転倒-1 ($g - a_v \geq 0$ の場合))

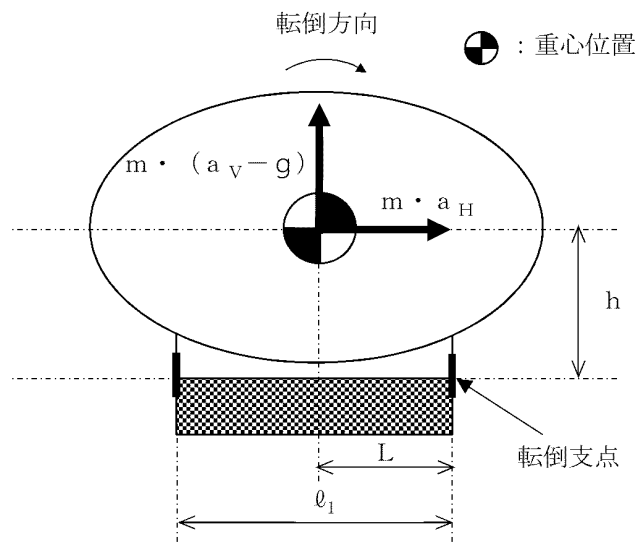


図 4-11 直接支持構造物の計算モデル例(2/2)
 (取付ボルト軸直角方向転倒-2 ($g - a_v < 0$ の場合))

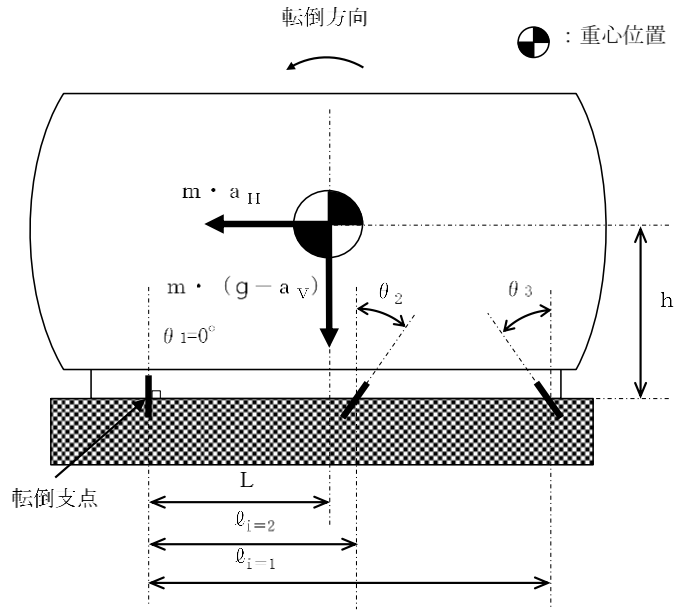


図 4-12 直接支持構造物の計算モデル例 (1/2)

(取付ボルト軸方向転倒 (垂直ボルト転倒支点) -1 $(g - a_v) \geq 0$ の場合)

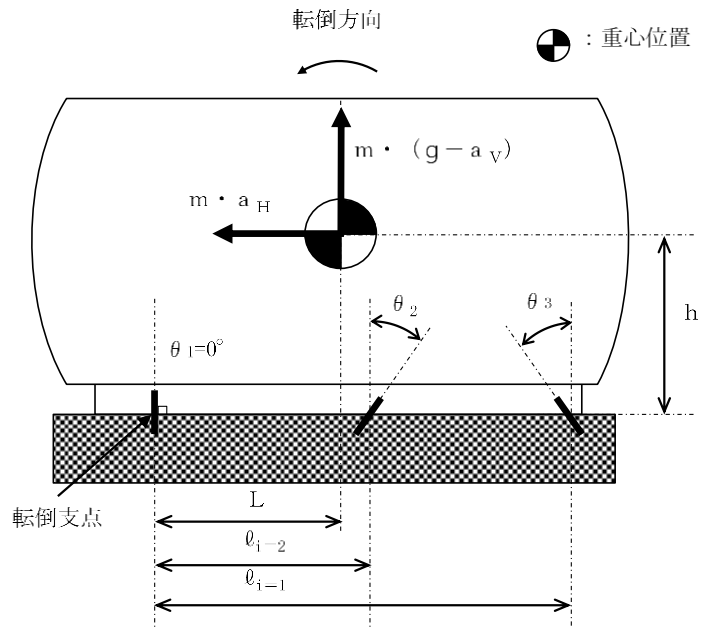


図 4-12 直接支持構造物の計算モデル例 (2/2)

(取付ボルト軸方向転倒 (垂直ボルト転倒支点) -2 $(g - a_v) < 0$ の場合)

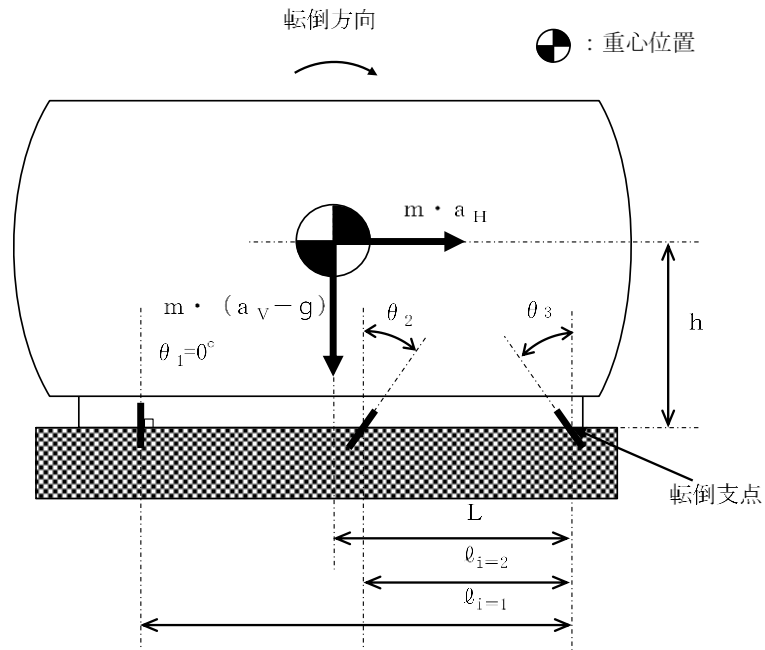


図 4-13 直接支持構造物の計算モデル例 (1/2)
 (取付ボルト軸方向転倒 (斜めボルト転倒支点) $-1 (g - a_v) \geq 0$ の場合)

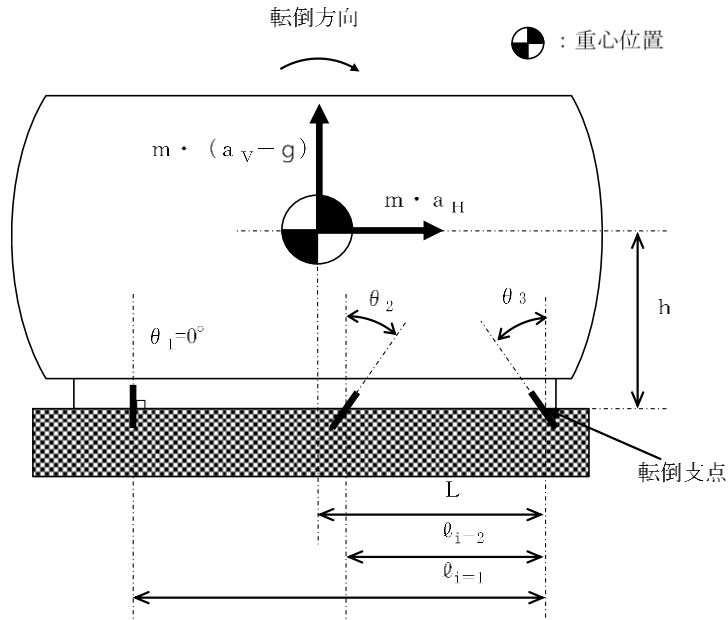


図 4-13 直接支持構造物の計算モデル例 (2/2)
 (取付ボルト軸方向転倒 (斜めボルト転倒支点) $-2 (g - a_v) < 0$ の場合)

(2) 各計算モデルの計算式

a. 図 4-1 及び図 4-2 の場合の引張応力

なお、図 4-2 の場合のボルトについては、回転体回転により働くモーメントは作用しない。

$$\sigma_b = \frac{m \cdot (a_H + a_P) \cdot h + M_P - m \cdot (g - a_V - a_P) \cdot L}{A_b} \cdot \frac{\ell_1}{\sum_{i=1} N_i \cdot \ell_i^2} \dots (4.1)$$

b. 図 4-1 及び図 4-2 の場合のせん断応力

$$\tau_b = \frac{m \cdot (a_H + a_P)}{n \cdot A_b} \dots (4.2)$$

c. 図 4-3 の場合のせん断応力

(a) 荷重によるせん断応力

$$\tau_b = \frac{m \cdot \sqrt{(a_H + a_P)^2 + (g + a_V + a_P)^2}}{n \cdot A_b} \dots (4.3)$$

(b) モーメントによるせん断応力

$$\tau_b = \frac{m \cdot (a_H + a_P) \cdot h + M_P + m \cdot (g + a_V + a_P) \cdot L}{A_b} \cdot \frac{\ell_1}{\sum_{i=1} N_i \cdot \ell_i^2} \dots (4.4)$$

d. 図 4-4 の場合の引張応力

$$\sigma_b = \frac{m \cdot (a_H + a_P)}{\sum_{i=1} N_i \cdot A_b} \dots (4.5)$$

e. 図 4-4 の場合のせん断応力

$$\tau_b = \frac{m \cdot (a_H + a_P) \cdot h + m \cdot (g + a_V + a_P) \cdot L}{A_b} \cdot \frac{\ell_1}{\sum_{i=1} N_i \cdot \ell_i^2} \dots (4.6)$$

f. 図 4-5 の場合のせん断応力

取付ボルト（垂直）は考慮しないものとし，水平方向及び鉛直方向の荷重により取付ボルト（横付）に生じるせん断応力を算出する。

$$\tau_b = \frac{m \cdot \sqrt{(a_H + a_P)^2 + (g + a_V + a_P)^2}}{n \cdot A_b} \dots\dots\dots (4.7)$$

g. 図 4-6 の場合のせん断応力

取付ボルト（横付）は考慮しないものとし，水平方向の荷重により取付ボルト（垂直）に生じるせん断応力を算出する。

$$\tau_b = \frac{m \cdot (a_H + a_P)}{n \cdot A_b} \dots\dots\dots (4.8)$$

h. 図 4-7 及び図 4-8 の場合の引張応力

$$\sigma_b = \frac{m \cdot a_H \cdot h - m \cdot (g - a_V) \cdot L}{A_b} \cdot \frac{\ell_1}{\sum_{i=1} N_i \cdot \ell_i^2} \dots\dots\dots (4.9)$$

i. 図 4-7 及び図 4-8 の場合のせん断応力

$$\tau_b = \frac{m \cdot a_H}{n \cdot A_b} \dots\dots\dots (4.10)$$

j. 図 4-9 の場合の引張応力

$$\sigma_b = \frac{m \cdot a_H}{\sum_{i=1} N_i \cdot A_b} \dots\dots\dots (4.11)$$

k. 図 4-9 の場合のせん断応力

$$\tau_b = \frac{m \cdot a_H \cdot h - m \cdot (g - a_V) \cdot L}{A_b} \cdot \frac{\ell_1}{\sum_{i=1} N_i \cdot \ell_i^2} \dots\dots\dots (4.12)$$

l. 図 4-10 の場合のせん断応力

(a) 荷重によるせん断応力

$$\tau_b = \frac{m \cdot \sqrt{a_H^2 + (g - a_V)^2}}{n \cdot A_b} \dots\dots\dots (4.13)$$

(b) モーメントによるせん断応力

$$\tau_b = \frac{m \cdot a_H \cdot h - m \cdot (g - a_V) \cdot L}{A_b} \cdot \frac{\ell_1}{\sum_{i=1} N_i \cdot \ell_i^2} \dots\dots\dots (4.14)$$

m. 図 4-11 の場合の引張応力

(a) 垂直ボルトの引張応力

$$\sigma_1 = \frac{m \cdot a_H \cdot h - m \cdot (g - a_V) \cdot L}{N_i \cdot A_b \cdot \ell_i} \dots\dots\dots (4.15)$$

(b) 斜めボルトの引張応力

$$\sigma_2 = \sigma_3 = \frac{m \cdot a_H \cdot h - m \cdot (g - a_V) \cdot L}{N_i \cdot A_b \cdot \ell_i} \cdot \cos \theta_i \dots\dots\dots (4.16)$$

n. 図 4-11 の場合のせん断応力

(a) 垂直ボルトのせん断応力

$$\tau_1 = \frac{m \cdot a_H}{n \cdot A_b} \dots\dots\dots (4.17)$$

(b) 斜めボルトのせん断応力

$$\tau_2 = \tau_3 = \frac{m \cdot a_H \cdot h - m \cdot (g - a_V) \cdot L}{N_i \cdot A_b \cdot \ell_i} \cdot \sin \theta_i + \frac{m \cdot a_H}{n \cdot A_b} \dots\dots\dots (4.18)$$

o. 図 4-12 の場合の引張応力

(a) 垂直ボルトの引張応力

$$\sigma_1 = 0 \text{ (転倒支点のため, 引張応力は発生しない)} \dots\dots\dots (4.19)$$

(b) 斜めボルトの引張応力

$$\begin{aligned} \sigma_2 = \sigma_3 = & \frac{m \cdot a_H \cdot h - m \cdot (g - a_V) \cdot L}{A_b} \cdot \frac{\ell_1}{\sum_{i=1} N_i \cdot \ell_i^2} \cdot \cos \theta_i \\ & + \frac{m \cdot a_H}{n \cdot A_b} \cdot \sin \theta_i \\ & \dots\dots (4.20) \end{aligned}$$

p. 図 4-12 の場合のせん断応力

(a) 垂直ボルトのせん断応力

$$\tau_1 = \frac{m \cdot a_H}{n \cdot A_b} \dots\dots\dots (4.21)$$

(b) 斜めボルトのせん断応力

$$\begin{aligned} \tau_2 = \tau_3 = & \frac{m \cdot a_H \cdot h - m \cdot (g - a_v) \cdot L}{A_b} \cdot \frac{\ell_1}{\sum_{i=1} N_i \cdot \ell_i^2} \cdot \sin \theta_i \\ & + \frac{m \cdot a_H}{n \cdot A_b} \cdot \cos \theta_i \\ & \dots\dots (4.22) \end{aligned}$$

q. 図 4-13 の場合の引張応力

(a) 垂直ボルトの引張応力

$$\sigma_1 = \frac{m \cdot a_H \cdot h - m \cdot (g - a_v) \cdot L}{A_b} \cdot \frac{\ell_1}{\sum_{i=1} N_i \cdot \ell_i^2} \dots\dots\dots (4.23)$$

(b) 斜めボルトの引張応力

$$\begin{aligned} \sigma_2 = & \frac{m \cdot a_H \cdot h - m \cdot (g - a_v) \cdot L}{A_b} \cdot \frac{\ell_1}{\sum_{i=1} N_i \cdot \ell_i^2} \cdot \cos \theta_2 \\ & + \frac{m \cdot a_H}{n \cdot A_b} \cdot \sin \theta_2 \\ & \dots\dots (4.24) \end{aligned}$$

(c) 斜めボルト（転倒支点）の引張応力

$$\sigma_3 = \frac{m \cdot a_H}{n \cdot A_b} \cdot \sin \theta_3 \dots\dots\dots (4.25)$$

r. 図 4-13 の場合のせん断応力

(a) 垂直ボルトのせん断応力

$$\tau_1 = \frac{m \cdot a_H}{n \cdot A_b} \dots\dots\dots (4.26)$$

(b) 斜めボルトのせん断応力

$$\tau_2 = \frac{m \cdot a_H \cdot h - m \cdot (g - a_V) \cdot L}{A_b} \cdot \frac{\ell_1}{\sum_{i=1} N_i \cdot \ell_i^2} \cdot \sin \theta_2 + \frac{m \cdot a_H}{n \cdot A_b} \cdot \cos \theta_2 \quad \dots (4.27)$$

(c) 斜めボルト（転倒支点）のせん断応力

$$\tau_3 = \frac{m \cdot a_H}{n \cdot A_b} \cdot \cos \theta_3 \quad \dots (4.28)$$

5. 転倒評価

5.1 基本方針

車両型設備は、別添 3-1 の「2.2 評価方針」にて設定した評価方針に従い、転倒評価を実施する。

車両型設備の転倒評価は、「5.2 評価部位」に示す評価部位が、「5.3 許容限界」に示す許容限界を満足することを、「5.4 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

5.2 評価部位

転倒評価の評価部位は、別添 3-1 の「3.2 許容限界」にて設定したとおり、地震後に転倒していないことが要求される車両型設備全体とする。

5.3 許容限界

許容限界は、「5.2 評価部位」にて設定した評価部位の保管場所の地表面の最大応答加速度が、加振試験により転倒しないことを確認した加振台の最大加速度以下であることとする。

5.4 評価方法

車両型設備の転倒評価は、別添 3-1 の「4.1(3) 転倒評価」にて設定した評価方法に従い、保管場所の地表面の最大応答加速度と、「3. 加振試験」における加振試験にて転倒しないことを確認した加振台の最大加速度との比較を行い、水平方向と鉛直方向の比較結果がそれぞれ許容限界以下であることを確認する。

6. 機能維持評価

6.1 基本方針

車両型設備は、別添 3-1 の「2.2 評価方針」にて設定した評価方針に従い、機能維持評価を実施する。

車両型設備の機能維持評価は、「6.2 評価部位」に示す評価部位が、「6.3 許容限界」に示す許容限界を満足することを、「6.4 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

6.2 評価部位

機能維持評価の評価部位は、別添 3-1 の「2.2 評価方針」に示す確認方法を踏まえて、地震後に支持機能及び移動機能の維持が必要な車両部並びに動的及び電氣的機能の維持が必要な車両に積載しているポンプ、発電機及び内燃機関等とする。

6.3 許容限界

許容限界は、「6.2 評価部位」にて設定した評価部位の保管場所の地表面の最大応答加速度が、加振試験により支持機能、移動機能、動的及び電氣的機能が維持されることを確認した加振台の最大加速度以下であることとする。

6.4 評価方法

車両型設備の機能維持評価は、別添 3-1 の「4.1(4) 機能維持評価」にて設定した評価方法に従い、保管場所の地表面の最大応答加速度と、「3. 加振試験」における加振試験にて得られた、表 6-1 に示す機能維持確認項目を確認した加振台の最大加速度との比較を行い、水平方向と鉛直方向の比較結果がそれぞれ許容限界以下であることを確認する。

表 6-1 車両型設備の機能維持確認項目(1/2)

設備名称	機能維持確認項目
タンクローリ (タイプ I)	重大事故等時に軽油タンクから対象設備 (緊急時対策所用発電機) へ必要となる容量の燃料油を輸送できること。また, 保管場所から設置場所までの自走機能を有すること。
タンクローリ (タイプ II)	重大事故等時に軽油タンクから対象設備 (高圧発電機車, 大型送水ポンプ車, 大量送水車及び可搬式窒素供給装置) へ必要となる容量の燃料油を輸送できること。また, 保管場所から設置場所までの自走機能を有すること。
大量送水車	重大事故等時に屋外から原子炉格納容器及び原子炉建物へ注水できる容量及び揚程を有すること。また, 保管場所から設置場所までの自走機能を有すること。
高圧発電機車 (タイプ I)	重大事故等時の全交流動力電源喪失時に所要の負荷に給電するための容量を有すること。また, 保管場所から設置場所までの自走機能を有すること。
高圧発電機車 (タイプ II)	重大事故等時の全交流動力電源喪失時に所要の負荷に給電するための容量を有すること。また, 保管場所から設置場所までの自走機能を有すること。
移動式代替熱交換設備	重大事故等時に原子炉補機冷却系統から残留熱除去系統へ冷却に必要な容量・揚程の冷却水供給の確保及び熱交換ができること。また, 保管場所から設置場所までの自走機能を有すること。

表 6-1 車両型設備の機能維持確認項目 (2/2)

設備名称	機能維持確認項目
大型送水ポンプ車（原子炉補機代替冷却系用）	重大事故等時に原子炉格納容器の減圧及び除熱並びに使用済燃料プールの除熱を行うために必要な容量及び揚程を有すること。また、保管場所から設置場所までの自走機能を有すること。
大型送水ポンプ車（原子炉建物放水設備用）	重大事故等時に大気への放射性物質の拡散抑制及び航空機燃料火災への泡消火を行うために必要な容量及び揚程を有すること。また、保管場所から設置場所までの自走機能を有すること。
可搬式窒素供給装置	重大事故等時に屋外から原子炉格納容器及び格納容器フィルタベント系に窒素を供給するための容量を有すること。また、保管場所から設置場所までの自走機能を有すること。
緊急時対策所用発電機	重大事故等時の全交流動力電源喪失時に緊急時対策所に給電するための容量を有すること。また、保管場所から設置場所までの自走機能を有すること。
第1ベントフィルタ出口水素濃度	重大事故等時に第1ベントフィルタ装置の出口水素濃度を計測できること。また、保管場所から設置場所までの自走機能を有すること。

7. 波及的影響評価

7.1 基本方針

車両型設備は、別添 3-1 の「2.2 評価方針」にて設定した評価方針に従い、当該設備による波及的影響を防止する必要がある他の設備への波及的影響評価を実施する。

車両型設備の波及的影響評価は、「7.2 評価部位」に示す評価部位が、「7.3 許容限界」に示す許容限界を満足することを、「7.4 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

7.2 評価部位

波及的影響評価の評価部位は、別添 3-1 の「3.2 許容限界」にて設定したとおり、車両型設備全体とする。

7.3 許容限界

車両型設備は、「7.2 評価部位」にて設定した評価部位と他の設備との離隔距離について、車両型設備の加振試験にて確認した最大変位量を基に、1 台当たりについて表 7-1 の値を許容限界とする。

なお、実際の車両型設備の配置に必要となる間隔については、隣り合う設備の離隔距離の合算値以上とする。

表 7-1 加振試験にて確認した最大変位量を基に定めた 1 台当たりの離隔距離

(単位：mm)

設備名称	保管場所	離隔距離	
		走行軸方向	走行軸直角方向
タンクローリ (タイプ I)	第 1 保管エリア	2900	1500
タンクローリ (タイプ II)	第 1 保管エリア 第 4 保管エリア	2700	1800
	第 3 保管エリア	2600	2300
大量送水車	第 1 保管エリア 第 4 保管エリア	700	1300
	第 3 保管エリア	500	1200
	第 2 保管エリア	700	1500
高圧発電機車 (タイプ I)	第 1 保管エリア 第 4 保管エリア	500	1000
	第 3 保管エリア	500	1200
高圧発電機車 (タイプ II)	第 1 保管エリア 第 4 保管エリア	400	1200
	第 3 保管エリア	500	1200
移動式代替熱交換設備	第 1 保管エリア 第 4 保管エリア	800	2200
	第 3 保管エリア	800	1100
大型送水ポンプ車 (原子炉 補機代替冷却系用)	第 1 保管エリア 第 4 保管エリア	500	1000
	第 3 保管エリア	500	1200
大型送水ポンプ車 (原子炉 建物放水設備用)	第 4 保管エリア	500	1000
可搬式窒素供給装置	第 1 保管エリア 第 4 保管エリア	300	1200
緊急時対策所用発電機	第 1 保管エリア 第 4 保管エリア	1900	2300
第 1 ベントフィルタ出口水 素濃度	第 1 保管エリア 第 4 保管エリア	600	1300

7.4 評価方法

車両型設備の波及的影響評価は、別添 3-1 の「4.1(5) 波及的影響評価」にて設定した評価方法に従い、「3. 加振試験」における加振試験にて得られた、車両型設備のすべり及び傾きによる変位量の合算値から求めた車両型設備の最大変位量が、許容限界以下であることを確認する。

地震時における各設備のすべり量の算出については「(1) すべり量」に、地震時における各設備の傾きによる変位量の算出については「(2) 傾きによる変位量」に、最大変位量の算出については「(3) 最大変位量」に示す。

(1) すべり量

すべり量については、各設備の加振試験により確認したすべり量を使用する。

(2) 傾きによる変位量

傾きによる変位量については、各設備の加振試験で得られた傾き角を用いて算出する。

また、波及的影響として評価すべき傾きによる変位量を表した図を図 7-1 に示し、使用する記号を表 7-2 に示す。

なお、地震による走行軸方向への傾きは極めて小さいため、走行軸方向への傾きによる変位量は評価しない。

傾きによる変位量については、以下の関係式により示される。

$$X = h \cdot \sin \theta \quad \dots\dots\dots (7.1)$$

表 7-2 波及的影響評価に使用する記号

記号	単位	記号の説明
h	mm	設備高さ
X	mm	傾きによる変位量
θ	°	傾き角

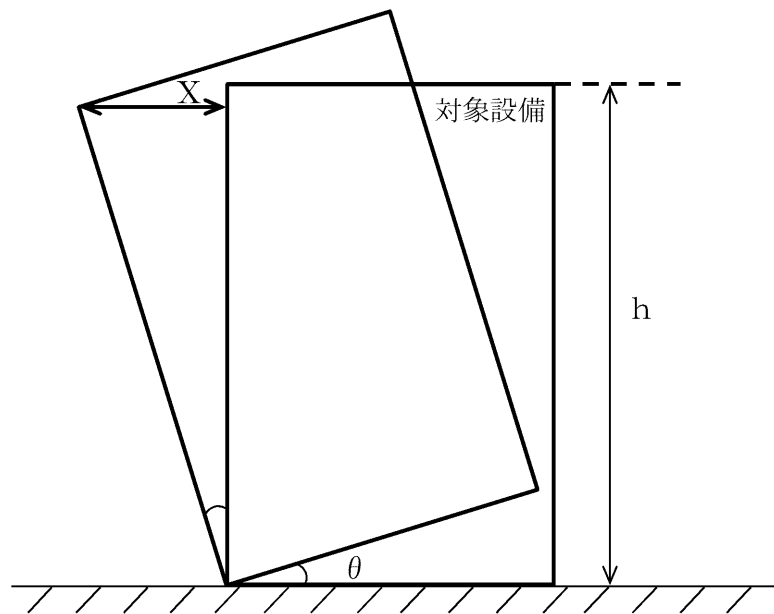


図 7-1 傾きによる変位量の算出図

(3) 最大変位量

「(1) すべり量」にて設定したすべり量に、「(2) 傾きによる変位量」により算出される傾きによる変位量を加算した値を最大変位量と定義し、最大変位量が「7.3 許容限界」にて設定した離隔距離未満であることを波及的影響評価として確認する。

各設備の最大変位量を表 8-26 及び表 8-27 に示す。

なお、第 3 保管エリアの車両は個別の台座の上に駐車されており、台座からの転落を考慮する必要がある。一方で、隣接する設備は無いため、走行軸直角方向の傾きによる変位量は考慮しないこととし、すべり量を最大変位量、車両側面から台座端部までの距離を許容限界として設定する。

8. 評価条件

8.1 構造強度評価

「4. 構造強度評価」に用いる評価条件を表 8-1～表 8-24 に示す。

8.2 転倒評価

車両型設備の転倒評価は、「5. 転倒評価」に示す評価方法に従い、保管場所における地表面の最大応答加速度が、加振試験により転倒しないことを確認した加振台の最大加速度以下であることにより確認するものであり、転倒しないことを確認するために個別に設定する評価条件はない。

比較対象となる保管場所の地表面の最大応答加速度は、評価結果と併せて表 9-3 に示す。

8.3 機能維持評価

車両型設備の機能維持評価は、「6. 機能維持評価」に示す評価方法に従い、保管場所の地表面の最大応答加速度が、加振試験により積載物から受ける荷重を支持する支持機能及び車両としての自走、牽引等による移動機能並びにポンプの送水機能、発電機の発電機能、内燃機関の駆動機能等の動的及び電氣的機能を維持できることを確認した加振台の最大加速度以下であることにより確認するものであり、機能維持を確認するために個別に設定する評価条件はない。

比較対象となる保管場所の地表面の最大応答加速度は、評価結果と併せて表 9-3 に示す。

8.4 波及的影響評価

「7. 波及的影響評価」に用いる評価条件を表 8-25 に示す。

表 8-1 タンクローリ(タイプ I)の評価条件(走行軸方向)

記号	単位	評価部位	
		タンク取付ボルト	ポンプ取付ボルト
m	kg	1250	25
h	mm	375	95
A _b	mm ²	201.1	113.1
n	—	6	4
N ₁	—	2	2
N ₂	—	2	—
N ₃	—	1	—
L	mm	1320	53
ℓ ₁	mm	2470	106
ℓ ₂	mm	1415	—
ℓ ₃	mm	480	—
θ ₁	°	0	—
θ ₂	°	60	—
θ ₃	°	60	—

表 8-2 タンクローリ(タイプ I)の評価条件(走行軸直角方向)

記号	単位	評価部位	
		タンク取付ボルト	ポンプ取付ボルト
m	kg	1250	25
h	mm	375	95
A _b	mm ²	201.1	113.1
n	—	6	4
N ₁	—	3	2
L	mm	375	72.5
ℓ ₁	mm	750	145
θ ₁	°	0	—
θ ₂	°	60	—
θ ₃	°	60	—

表 8-3 タンクローリ (タイプⅡ) の評価条件(走行軸方向)

記号	単位	評価部位	
		タンク取付ボルト	ポンプ取付ボルト
m	kg	1250	25
h	mm	365	95
A _b	mm ²	201.1	113.1
n	—	6	4
N ₁	—	2	2
N ₂	—	2	—
L	mm	1090	53
ℓ ₁	mm	1950	106
ℓ ₂	mm	970	—
θ ₁	°	0	—
θ ₂	°	60	—
θ ₃	°	60	—

表 8-4 タンクローリ (タイプⅡ) の評価条件(走行軸直角方向)

記号	単位	評価部位	
		タンク取付ボルト	ポンプ取付ボルト
m	kg	1250	25
h	mm	365	95
A _b	mm ²	201.1	113.1
n	—	6	4
N ₁	—	3	2
L	mm	375	72.5
ℓ ₁	mm	750	145
θ ₁	°	0	—
θ ₂	°	60	—
θ ₃	°	60	—

表 8-5 大量送水車の評価条件(走行軸方向) (1/2)

記号	単位	評価部位		
		ポンプ取付ボルト	発電機取付ボルト	コンテナ取付ボルト
m	kg	270	1215	6065
h	mm	26	545	768
A _b	mm ²	201.1	153.9	78.54
n	—	4	4	9
N ₁	—	2	2	1
N ₂	—	—	—	2
N ₃	—	—	—	1
N ₄	—	—	—	2
N ₅	—	—	—	2
N ₆	—	—	—	1
N ₇	—	—	—	1
N ₈	—	—	—	1
N ₉	—	—	—	2
N ₁₀	—	—	—	1
N ₁₁	—	—	—	1
N ₁₂	—	—	—	1
N ₁₃	—	—	—	1
N ₁₄	—	—	—	2
N ₁₅	—	—	—	2
N ₁₆	—	—	—	2
N ₁₇	—	—	—	2
N ₁₈	—	—	—	2
N ₁₉	—	—	—	2
N ₂₀	—	—	—	2
N ₂₁	—	—	—	2
N ₂₂	—	—	—	2
N ₂₃	—	—	—	2

表 8-5 大量送水車の評価条件(走行軸方向) (2/2)

記号	単位	評価部位		
		ポンプ取付ボルト	発電機取付ボルト	コンテナ取付ボルト
L	mm	200	1090	2545
ℓ ₁	mm	45	1965	4085
ℓ ₂	mm	—	—	4055
ℓ ₃	mm	—	—	4025
ℓ ₄	mm	—	—	3355
ℓ ₅	mm	—	—	3330
ℓ ₆	mm	—	—	2925
ℓ ₇	mm	—	—	2892.5
ℓ ₈	mm	—	—	2862.5
ℓ ₉	mm	—	—	2845
ℓ ₁₀	mm	—	—	2807.5
ℓ ₁₁	mm	—	—	2785
ℓ ₁₂	mm	—	—	2235
ℓ ₁₃	mm	—	—	2175
ℓ ₁₄	mm	—	—	2155
ℓ ₁₅	mm	—	—	1925
ℓ ₁₆	mm	—	—	1755
ℓ ₁₇	mm	—	—	1555
ℓ ₁₈	mm	—	—	1375
ℓ ₁₉	mm	—	—	1325
ℓ ₂₀	mm	—	—	1165
ℓ ₂₁	mm	—	—	905
ℓ ₂₂	mm	—	—	510
ℓ ₂₃	mm	—	—	245

表 8-6 大量送水車の評価条件(走行軸直角方向)

記号	単位	評価部位		
		ポンプ取付ボルト	発電機取付ボルト	コンテナ取付ボルト
m	kg	270	1215	6065
h	mm	120	545	768
A _b	mm ²	78.54	153.9	78.54
n	—	2	4	39
N ₁	—	1	2	19
L	mm	70	430	431
ℓ ₁	mm	140	850	862

表 8-7 高圧発電機車(タイプ I) の評価条件(走行軸方向)

記号	単位	評価部位	
		発電機/内燃機関取付ボルト	コンテナ取付ボルト
m	kg	2710	4280
h	mm	1376	1376
A _b	mm ²	113.1	201.1
n	—	20	20
N ₁	—	4	4
N ₂	—	4	4
N ₃	—	2	4
N ₄	—	2	4
N ₅	—	2	—
N ₆	—	2	—
L	mm	1998	2782
ℓ ₁	mm	1840.5	4265
ℓ ₂	mm	1730.5	3315
ℓ ₃	mm	1194	2270
ℓ ₄	mm	1086	610
ℓ ₅	mm	774	—
ℓ ₆	mm	666	—

表 8-8 高圧発電機車（タイプ I）の評価条件（走行軸直角方向）

記号	単位	評価部位	
		発電機／内燃機関取付ボルト	コンテナ取付ボルト
m	kg	2710	4280
h	mm	1376	1376
A _b	mm ²	113.1	201.1
n	—	20	20
N ₁	—	2	5
N ₂	—	1	5
N ₃	—	4	5
N ₄	—	2	—
N ₅	—	1	—
N ₆	—	1	—
N ₇	—	2	—
N ₈	—	4	—
N ₉	—	1	—
L	mm	418	388
ℓ ₁	mm	810	750
ℓ ₂	mm	777.5	680
ℓ ₃	mm	730	70
ℓ ₄	mm	715	—
ℓ ₅	mm	682.5	—
ℓ ₆	mm	127.5	—
ℓ ₇	mm	95	—
ℓ ₈	mm	80	—
ℓ ₉	mm	32.5	—

表 8-9 高圧発電機車（タイプⅡ）の評価条件（走行軸方向）（1/2）

記号	単位	評価部位	
		発電機／内燃機関取付ボルト	コンテナ取付ボルト
m	kg	2725	5250
h	mm	1342	1342
A _b	mm ²	113.1	113.1
n	—	16	28
N ₁	—	4	1
N ₂	—	4	1
N ₃	—	4	2
N ₄	—	—	2
N ₅	—	—	2
N ₆	—	—	2
N ₇	—	—	2
N ₈	—	—	2
N ₉	—	—	2
N ₁₀	—	—	2
N ₁₁	—	—	2
N ₁₂	—	—	2
N ₁₃	—	—	2
N ₁₄	—	—	2
L	mm	1547	2801.5
ℓ ₁	mm	2069.5	4520
ℓ ₂	mm	1989.5	4370
ℓ ₃	mm	160	4040
ℓ ₄	mm	—	3865
ℓ ₅	mm	—	3655
ℓ ₆	mm	—	3345
ℓ ₇	mm	—	3265
ℓ ₈	mm	—	3185
ℓ ₉	mm	—	2910
ℓ ₁₀	mm	—	2445

表 8-9 高圧発電機車（タイプⅡ）の評価条件(走行軸方向) (2/2)

記号	単位	評価部位	
		発電機／内燃機関取付ボルト	コンテナ取付ボルト
ℓ_{11}	mm	—	1415
ℓ_{12}	mm	—	1335
ℓ_{13}	mm	—	1255
ℓ_{14}	mm	—	790

表 8-10 高圧発電機車（タイプⅡ）の評価条件(走行軸直角方向)

記号	単位	評価部位	
		発電機／内燃機関取付ボルト	コンテナ取付ボルト
m	kg	2725	5250
h	mm	1342	1342
A_b	mm ²	113.1	113.1
n	—	16	28
N_1	—	2	14
N_2	—	2	—
N_3	—	2	—
N_4	—	2	—
N_5	—	2	—
N_6	—	2	—
N_7	—	2	—
L	mm	395.5	388
ℓ_1	mm	765	750
ℓ_2	mm	747.5	—
ℓ_3	mm	685	—
ℓ_4	mm	667.5	—
ℓ_5	mm	97.5	—
ℓ_6	mm	80	—
ℓ_7	mm	17.5	—

表 8-11 移動式代替熱交換設備の評価条件(走行軸方向)

記号	単位	評価部位		
		熱交換器取付ボルト	ポンプ取付ボルト	コンテナ取付ボルト
m	kg	2430	1260	30431
h	mm	1035	430	1208
A _b	mm ²	1018	201.1	314.2
n	—	9	4	18
N ₁	—	1	2	2
N ₂	—	2	—	2
N ₃	—	2	—	2
N ₄	—	2	—	2
N ₅	—	—	—	2
N ₆	—	—	—	2
N ₇	—	—	—	2
N ₈	—	—	—	2
L	mm	596.5	765	5810
ℓ ₁	mm	2077	1060	7505
ℓ ₂	mm	1193	—	6590
ℓ ₃	mm	923	—	5400
ℓ ₄	mm	270	—	4500
ℓ ₅	mm	—	—	3900
ℓ ₆	mm	—	—	3300
ℓ ₇	mm	—	—	2390
ℓ ₈	mm	—	—	900

表 8-12 移動式代替熱交換設備の評価条件(走行軸直角方向)

記号	単位	評価部位		
		熱交換器取付ボルト	ポンプ取付ボルト	コンテナ取付ボルト
m	kg	2430	1260	30431
h	mm	1035	430	1208
A _b	mm ²	1018	201.1	314.2
n	—	9	4	18
N ₁	—	4	2	8
N ₂	—	1	—	1
N ₃	—	—	—	1
L	mm	310	335	726
ℓ ₁	mm	620	670	1146
ℓ ₂	mm	310	—	1116
ℓ ₃	mm	—	—	30

表 8-13 大型送水ポンプ車（原子炉補機代替冷却系用）の評価条件（走行軸方向）

記号	単位	評価部位		
		ポンプ取付ボルト	内燃機関取付ボルト	コンテナ取付ボルト
m	kg	900	2600	14000
h	mm	940	703	940
A _b	mm ²	572.6	452.4	314.2
n	—	4	10	20
N ₁	—	2	2	2
N ₂	—	—	4	2
N ₃	—	—	—	2
N ₄	—	—	—	2
N ₅	—	—	—	2
N ₆	—	—	—	2
N ₇	—	—	—	2
N ₈	—	—	—	2
N ₉	—	—	—	2
L	mm	290	744	2875
φ ₁	mm	580	1514	5680
φ ₂	mm	—	152	5125
φ ₃	mm	—	—	4570
φ ₄	mm	—	—	3660
φ ₅	mm	—	—	3130
φ ₆	mm	—	—	2590
φ ₇	mm	—	—	2020
φ ₈	mm	—	—	965
φ ₉	mm	—	—	445

表 8-14 大型送水ポンプ車（原子炉補機代替冷却系用）の評価条件（走行軸直角方向）

記号	単位	評価部位		
		ポンプ取付ボルト	内燃機関取付ボルト	コンテナ取付ボルト
m	kg	900	2600	14000
h	mm	940	703	940
A _b	mm ²	572.6	452.4	314.2
n	—	4	10	20
N ₁	—	2	2	10
N ₂	—	—	1	—
N ₃	—	—	2	—
N ₄	—	—	2	—
N ₅	—	—	1	—
L	mm	290	418	567
ℓ ₁	mm	580	836	1134
ℓ ₂	mm	—	798	—
ℓ ₃	mm	—	776	—
ℓ ₄	mm	—	60	—
ℓ ₅	mm	—	38	—

表 8-15 大型送水ポンプ車（原子炉建物放水設備用）の評価条件（走行軸方向）

記号	単位	評価部位		
		ポンプ取付ボルト	内燃機関取付ボルト	コンテナ取付ボルト
m	kg	900	2600	14000
h	mm	940	703	940
A _b	mm ²	572.6	452.4	314.2
n	—	4	10	20
N ₁	—	2	2	2
N ₂	—	—	4	2
N ₃	—	—	—	2
N ₄	—	—	—	2
N ₅	—	—	—	2
N ₆	—	—	—	2
N ₇	—	—	—	2
N ₈	—	—	—	2
N ₉	—	—	—	2
L	mm	290	744	2875
φ ₁	mm	580	1514	5680
φ ₂	mm	—	152	5125
φ ₃	mm	—	—	4570
φ ₄	mm	—	—	3660
φ ₅	mm	—	—	3130
φ ₆	mm	—	—	2590
φ ₇	mm	—	—	2020
φ ₈	mm	—	—	965
φ ₉	mm	—	—	445

表 8-16 大型送水ポンプ車（原子炉建物放水設備用）の評価条件（走行軸直角方向）

記号	単位	評価部位		
		ポンプ取付ボルト	内燃機関取付ボルト	コンテナ取付ボルト
m	kg	900	2600	14000
h	mm	940	703	940
A _b	mm ²	572.6	452.4	314.2
n	—	4	10	20
N ₁	—	2	2	10
N ₂	—	—	1	—
N ₃	—	—	2	—
N ₄	—	—	2	—
N ₅	—	—	1	—
L	mm	290	418	567
ℓ ₁	mm	580	836	1134
ℓ ₂	mm	—	798	—
ℓ ₃	mm	—	776	—
ℓ ₄	mm	—	60	—
ℓ ₅	mm	—	38	—

表 8-17 可搬式窒素供給装置の評価条件(走行軸方向)

記号	単位	評価部位				
		窒素ガス発生装置 取付ボルト	空気圧縮機 取付ボルト	昇圧機 取付ボルト	発電機 取付ボルト	コンテナ 取付ボルト
m	kg	2630	1510	650	3850	13972
h	mm	972	560	406	690	806
A _b	mm ²	113.1	314.2	113.1	380.1	153.9
n	—	4	4	4	8	24
N ₁	—	2	2	2	2	4
N ₂	—	—	—	—	2	4
N ₃	—	—	—	—	2	4
N ₄	—	—	—	—	—	4
N ₅	—	—	—	—	—	4
L	mm	855	485	595	1625	4410
ℓ ₁	mm	1710	900	1165	2850	8390
ℓ ₂	mm	—	—	—	1900	7940
ℓ ₃	mm	—	—	—	950	7070
ℓ ₄	mm	—	—	—	—	2740
ℓ ₅	mm	—	—	—	—	1620

表 8-18 可搬式窒素供給装置の評価条件(走行軸直角方向)

記号	単位	評価部位				
		窒素ガス発生装置 取付ボルト	空気圧縮機 取付ボルト	昇圧機 取付ボルト	発電機 取付ボルト	コンテナ 取付ボルト
m	kg	2630	1510	650	3850	13972
h	mm	972	560	406	690	806
A _b	mm ²	113.1	314.2	113.1	380.1	153.9
n	—	4	4	4	8	24
N ₁	—	2	2	2	4	6
N ₂	—	—	—	—	—	6
N ₃	—	—	—	—	—	6
L	mm	780	1055	831	635	435
φ ₁	mm	1445	2140	1510	1270	870
φ ₂	mm	—	—	—	—	756
φ ₃	mm	—	—	—	—	114

表 8-19 緊急時対策所用発電機の評価条件(走行軸方向)

記号	単位	評価部位	
		発電機/内燃機関取付ボルト	コンテナ取付ボルト
m	kg	1685	4790
h	mm	324.8	920
A _b	mm ²	201.1	314.2
n	—	4	8
N ₁	—	2	2
N ₂	—	—	2
N ₃	—	—	2
L	mm	782.8	1575
φ ₁	mm	1106.5	2700
φ ₂	mm	—	1800
φ ₃	mm	—	900

表 8-20 緊急時対策所用発電機の評価条件(走行軸直角方向)

記号	単位	評価部位	
		発電機/内燃機関取付ボルト	コンテナ取付ボルト
m	kg	1685	4790
h	mm	324.8	920
A _b	mm ²	201.1	314.2
n	—	4	8
N ₁	—	1	4
N ₂	—	1	—
N ₃	—	1	—
L	mm	306.7	670
φ ₁	mm	600	1340
φ ₂	mm	541	—
φ ₃	mm	59	—

表 8-21 第 1 ベントフィルタ出口水素濃度の評価条件(走行軸方向)

記号	単位	評価部位					
		分析計ラック取付ボルト	サンプルポンプラック取付ボルト	チラーユニット取付ボルト	制御盤取付ボルト	コンテナ取付ボルト(垂直)	コンテナ取付ボルト(横付)
m	kg	850	330	135	1000	4795	4795
h	mm	650	700	401	850	703	—
A _b	mm ²	113.1	113.1	78.54	113.1	201.1	78.54
n	—	10	6	4	6	16	16
N ₁	—	2	3	2	2	4	—
N ₂	—	2	—	—	2	4	—
N ₃	—	2	—	—	—	4	—
N ₄	—	2	—	—	—	—	—
L	mm	1750	700	461	840	2644	—
ℓ ₁	mm	3000	540	861	1500	5170	—
ℓ ₂	mm	2250	—	—	750	4130	—
ℓ ₃	mm	1500	—	—	—	2260	—
ℓ ₄	mm	750	—	—	—	—	—

表 8-22 第 1 ベントフィルタ出口水素濃度の評価条件(走行軸直角方向)

記号	単位	評価部位				
		分析計ラック 取付ボルト	サンプルポン プラック取付 ボルト	チラーユニッ ト取付ボルト	制御盤取付 ボルト	コンテナ取付 ボルト
m	kg	850	330	135	1000	4795
h	mm	650	700	401	850	703
A _b	mm ²	113.1	113.1	78.54	113.1	201.1
n	—	10	6	4	6	16
N ₁	—	5	2	2	2	4
N ₂	—	—	2	—	—	4
N ₃	—	—	—	—	—	4
L	mm	350	800	296	570	1215
ℓ ₁	mm	540	1500	576	940	2410
ℓ ₂	mm	—	750	—	—	2316
ℓ ₃	mm	—	—	—	—	94

表 8-23 使用材料の許容応力評価条件(1/3)

設備名称	評価部位	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)
タンクローリ (タイプ I)	タンク取付ボルト	SCM435	周囲環境温度	40	785	930
	ポンプ取付ボルト	SS400 (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	40	215	400
タンクローリ (タイプ II)	タンク取付ボルト	SS400 (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	40	215	400
	ポンプ取付ボルト	SS400 (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	40	215	400
大量送水車	ポンプ取付ボルト	SS400 (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	40	215	400
	発電機取付ボルト	SUS304	周囲環境温度	40	205	520
	コンテナ取付ボルト	SNB21-1	周囲環境温度	40	1030	1140
高圧発電機車 (タイプ I)	発電機/内燃機関 取付ボルト	SCM435	周囲環境温度	40	785	930
	コンテナ取付ボルト	SS400 (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	40	215	400

表 8-23 使用材料の許容応力評価条件(2/3)

設備名称	評価部位	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)
高圧発電機車 (タイプⅡ)	発電機/内燃機関 取付ボルト	SS400 (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	40	215	400
	コンテナ取付ボルト	S45C (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	40	345	570
移動式代替熱交換設備	熱交換器取付ボルト	SS400 (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	40	215	400
	ポンプ取付ボルト	SS400 (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	40	215	400
	コンテナ取付ボルト	SNB7 (100mm<径≤120mm)	周囲環境温度	40	520	690
大型送水ポンプ車 (原子炉補機 代替冷却系用)	ポンプ取付ボルト	Din931	周囲環境温度	40	660	830
	内燃機関取付ボルト	Din933	周囲環境温度	40	660	830
	コンテナ取付ボルト	SS400 (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	40	215	400
大型送水ポンプ車 (原子炉建物 放水設備用)	ポンプ取付ボルト	Din931	周囲環境温度	40	660	830
	内燃機関取付ボルト	Din933	周囲環境温度	40	660	830
	コンテナ取付ボルト	SS400 (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	40	215	400

表 8-23 使用材料の許容応力評価条件(3/3)

設備名称	評価部位	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)
可搬式窒素供給装置	窒素ガス発生装置 取付ボルト	SCM435	周囲環境温度	40	785	930
	空気圧縮機取付ボルト	SCM435	周囲環境温度	40	785	930
	昇圧機取付ボルト	SCM435	周囲環境温度	40	785	930
	発電機取付ボルト	SCM435	周囲環境温度	40	785	930
	コンテナ取付ボルト	SCM435	周囲環境温度	40	785	930
緊急時対策所用発電機	発電機/内燃機関 取付ボルト	SCM435	周囲環境温度	40	785	930
	コンテナ取付ボルト	SNB7 (100mm<径≤120mm)	周囲環境温度	40	520	690
第1ベントフィルタ出口水素 濃度	分析計ラック取付ボルト	SUS304	周囲環境温度	40	205	520
	サンプルポンプラック取 付ボルト	SUS304	周囲環境温度	40	205	520
	チラーユニット 取付ボルト	SUS304	周囲環境温度	40	205	520
	制御盤取付ボルト	SUS304	周囲環境温度	40	205	520
	コンテナ取付ボルト	SS400 (40mm<径≤100mm)	周囲環境温度	40	215	400

表 8-24 直接支持構造物及び間接支持構造物の設計用加速度(1/2)

(×9.8m/s²)

設備名称	評価部位	設計用加速度	
		水平 (走行軸方向/走行軸直角方向)	鉛直
タンクローリ (タイプ I)	タンク取付ボルト	2.78/6.00	4.80
	ポンプ取付ボルト	1.77/3.93	5.84
タンクローリ (タイプ II)	タンク取付ボルト	1.70/3.04	1.91
	ポンプ取付ボルト	1.13/1.98	1.86
大量送水車 (第 1, 第 3 及び第 4 保管エリア)	ポンプ取付ボルト	1.27/1.07	1.63
	発電機取付ボルト	1.42/2.22	1.56
	コンテナ取付ボルト	1.30/2.51	3.28
大量送水車 (第 2 保管エリア)	ポンプ取付ボルト	1.26/1.54	2.35
	発電機取付ボルト	1.84/2.03	2.77
	コンテナ取付ボルト	1.51/2.91	4.21
高圧発電機車 (タイプ I)	発電機/内燃機関取付ボルト	1.10/3.70	1.20
	コンテナ取付ボルト	1.10/3.70	1.20
高圧発電機車 (タイプ II)	発電機/内燃機関取付ボルト	0.64/1.79	1.32
	コンテナ取付ボルト	2.95/3.47	3.87
移動式代替熱交換設備	熱交換器取付ボルト	1.16/1.24	1.97
	ポンプ取付ボルト	2.71/4.54	1.86
	コンテナ取付ボルト	0.92/1.82	1.32

表 8-24 直接支持構造物及び間接支持構造物の設計用加速度(2/2)

(×9.8m/s²)

設備名称	評価部位	設計用加速度	
		水平 (走行軸方向/走行軸直角方向)	鉛直
大型送水ポンプ車 (原子炉補機代替冷却系用)	ポンプ取付ボルト	0.91/1.02	1.37
	内燃機関取付ボルト	1.47/2.61	1.54
	コンテナ取付ボルト	0.65/2.61	1.54
大型送水ポンプ車 (原子炉建物放水設備用)	ポンプ取付ボルト	0.91/1.02	1.37
	内燃機関取付ボルト	1.47/2.61	1.54
	コンテナ取付ボルト	0.65/2.61	1.54
可搬式窒素供給装置	窒素ガス発生装置取付ボルト	1.24/2.06	1.19
	空気圧縮機取付ボルト	1.27/1.44	1.47
	昇圧機取付ボルト	1.68/1.91	1.47
	発電機取付ボルト	1.15/2.12	1.79
	コンテナ取付ボルト	1.26/2.85	2.29
緊急時対策所用発電機	発電機/内燃機関取付ボルト	1.15/2.06	1.42
	コンテナ取付ボルト	1.64/2.21	1.92
第1 ベントフィルタ出口水素濃度	分析計ラック取付ボルト	0.92/1.46	3.10
	サンプルポンプラック取付ボルト	1.02/1.79	1.52
	チラーユニット取付ボルト	1.56/1.91	2.25
	制御盤取付ボルト	0.93/1.71	2.66
	コンテナ取付ボルト	0.92/1.46	3.10

表 8-25 傾きによる変位量


設備名称	保管場所	h (mm)	θ (°)	X (mm)
タンクローリ (タイプ I)	第 1 保管エリア	2100	15	544
タンクローリ (タイプ II)	第 1 保管エリア 第 3 保管エリア 第 4 保管エリア	2120	10	369
大量送水車	第 1 保管エリア 第 3 保管エリア 第 4 保管エリア	3550	8	495
	第 2 保管エリア	3550	8	495
高圧発電機車 (タイプ I)	第 1 保管エリア 第 3 保管エリア 第 4 保管エリア	3260	12	678
高圧発電機車 (タイプ II)	第 1 保管エリア 第 3 保管エリア 第 4 保管エリア	2940	13	662
移動式代替熱交換設備	第 1 保管エリア 第 3 保管エリア 第 4 保管エリア	4090	13	921
大型送水ポンプ車 (原子炉補機代替冷却系用)	第 1 保管エリア 第 3 保管エリア 第 4 保管エリア	3510	12	730
大型送水ポンプ車 (原子炉建物放水設備用)	第 4 保管エリア	3510	12	730
可搬式窒素供給装置	第 1 保管エリア 第 4 保管エリア		10	657
緊急時対策所用発電機	第 1 保管エリア 第 4 保管エリア	3454	19	1125
第 1 ベントフィルタ出口水素濃度	第 1 保管エリア 第 4 保管エリア	3271	12	681

表 8-26 各設備の最大変位量（走行軸方向）

設備名称	保管場所	すべり量 (mm)	傾きによる 変位量 (X) (mm)	最大変位量 (走行軸方向) (mm)
タンクローリ (タイプ I)	第 1 保管エリア	2580	—*	2580
タンクローリ (タイプ II)	第 1 保管エリア 第 4 保管エリア	2390	—*	2390
	第 3 保管エリア	2390	—*	2390
大量送水車	第 1 保管エリア 第 4 保管エリア	410	—*	410
	第 3 保管エリア	410	—*	410
	第 2 保管エリア	410	—*	410
高圧発電機車 (タイプ I)	第 1 保管エリア 第 4 保管エリア	230	—*	230
	第 3 保管エリア	230	—*	230
	第 1 保管エリア 第 4 保管エリア	60	—*	60
高圧発電機車 (タイプ II)	第 3 保管エリア	60	—*	60
	第 1 保管エリア 第 4 保管エリア	510	—*	510
移動式代替熱交換設備	第 3 保管エリア	510	—*	510
	第 1 保管エリア 第 4 保管エリア	190	—*	190
大型送水ポンプ車 (原子炉 補機代替冷却系用)	第 3 保管エリア	190	—*	190
	大型送水ポンプ車 (原子炉 建物放水設備用)	第 4 保管エリア	190	—*
可搬式窒素供給装置	第 1 保管エリア 第 4 保管エリア	0	—*	0
緊急時対策所用発電機	第 1 保管エリア 第 4 保管エリア	1570	—*	1570
	第 1 ベントフィルタ出口 水素濃度	第 1 保管エリア 第 4 保管エリア	270	—*

注記*：地震による走行軸方向への傾きは極めて小さいため、走行軸方向への傾きによる変位量は評価しない。

表 8-27 各設備の最大変位量（走行軸直角方向）

設備名称	保管場所	すべり量 (mm)	傾きによる 変位量 (X) (mm)	最大変位量 (走行軸直角方向) (mm)
タンクローリ (タイプ I)	第 1 保管エリア	680	544	1224
タンクローリ (タイプ II)	第 1 保管エリア 第 4 保管エリア	1100	369	1469
	第 3 保管エリア	1100	—*	1100
大量送水車	第 1 保管エリア 第 4 保管エリア	470	495	965
	第 3 保管エリア	470	—*	470
	第 2 保管エリア	710	495	1205
高圧発電機車 (タイプ I)	第 1 保管エリア 第 4 保管エリア	60	678	738
	第 3 保管エリア	60	—*	60
	第 1 保管エリア 第 4 保管エリア	230	662	892
高圧発電機車 (タイプ II)	第 3 保管エリア	230	—*	230
	第 1 保管エリア 第 4 保管エリア	1000	921	1921
移動式代替熱交換設備	第 3 保管エリア	1000	—*	1000
	第 1 保管エリア 第 4 保管エリア	0	730	730
大型送水ポンプ車 (原子炉 補機代替冷却系用)	第 3 保管エリア	0	—*	0
	第 4 保管エリア	0	730	730
大型送水ポンプ車 (原子炉 建物放水設備用)	第 4 保管エリア	0	730	730
可搬式窒素供給装置	第 1 保管エリア 第 4 保管エリア	200	657	857
	第 1 保管エリア 第 4 保管エリア	890	1125	2015
第 1 ベントフィルタ出口 水素濃度	第 1 保管エリア 第 4 保管エリア	270	681	951

注記*：第 3 保管エリアの車両は隣接する設備が無い場合、傾きによる変位量は評価しない。

9. 評価結果

車両型設備の基準地震動 S_s による地震力に対する評価結果を以下に示す。

構造強度評価の結果、発生値は許容応力を満足しており、基準地震動 S_s による地震力に対して評価部位の健全性が維持されることを確認した。

転倒評価の結果、保管場所の地表面の最大応答加速度が、加振試験により転倒しないことを確認した加振台の最大加速度以下であり、転倒しないことを確認した。

機能維持評価の結果、保管場所の地表面の最大応答加速度が、加振試験により支持機能、移動機能、動的及び電氣的機能を維持できることを確認した加振台の最大加速度以下であり、基準地震動 S_s による地震力に対し、機能が維持されることを確認した。

波及的影響評価の結果、車両型設備の最大変位量については、設定した許容限界(離隔距離)未満であり、当該設備による波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないことを確認した。

以上より、車両型設備は地震後において、基準地震動 S_s による地震力に対し、重大事故等に対処するために必要な機能を維持するとともに当該設備による波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないことを確認した。

9.1 構造強度評価結果

(1) 直接支持構造物

車両型設備の直接支持構造物の構造強度評価結果を表 9-1 に示す。

(2) 間接支持構造物

車両型設備の間接支持構造物の構造強度評価結果を表 9-2 に示す。

9.2 転倒評価結果

車両型設備の転倒評価結果を表 9-3 に示す。

9.3 機能維持評価結果

車両型設備の機能維持評価結果を表 9-3 に示す。

9.4 波及的影響評価結果

(1) 走行軸方向

車両型設備の波及的影響評価結果(走行軸方向)を表 9-4 に示す。

(2) 走行軸直角方向

車両型設備の波及的影響評価結果(走行軸直角方向)を表 9-5 に示す。

表 9-1 直接支持構造物の構造強度評価結果(1/2)

(単位：MPa)

設備名称	評価部位	応力 分類	発生値	許容応力	評価 結果
タンクローリ (タイプ I)	タンク取付ボルト	引張	100	448* ¹	○
		せん断	148	375	○
	ポンプ取付ボルト	引張	2	193* ¹	○
		せん断	7	148	○
タンクローリ (タイプ II)	タンク取付ボルト	引張	40	167* ¹	○
		せん断	65	148	○
	ポンプ取付ボルト	引張	2	193* ¹	○
		せん断	3	148	○
大量送水車 (第1, 第3及び第4保 管エリア)	ポンプ取付ボルト	引張	—* ²	—* ²	—* ²
		せん断	82	148	○
	発電機取付ボルト	引張	66	146* ¹	○
		せん断	43	118	○
大量送水車 (第2保管エリア)	ポンプ取付ボルト	引張	—* ²	—* ²	—* ²
		せん断	103	148	○
	発電機取付ボルト	引張	85	152* ¹	○
		せん断	40	118	○
高圧発電機車 (タイプ I)	発電機/内燃機関 取付ボルト	引張	176	488* ¹	○
		せん断	44	375	○
高圧発電機車 (タイプ II)	発電機/内燃機関 取付ボルト	引張	110	193* ¹	○
		せん断	27	148	○
移動式代替熱交換設備	熱交換器取付ボルト	引張	15	193* ¹	○
		せん断	4	148	○
	ポンプ取付ボルト	引張	103	159* ¹	○
		せん断	70	148	○
大型送水ポンプ車 (原子 炉補機代替冷却系用)	ポンプ取付ボルト	引張	15	435* ¹	○
		せん断	4	335	○
	内燃機関取付ボルト	引張	30	435* ¹	○
		せん断	15	335	○

注記*1: $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$

*2: 全ての方向の荷重は、ボルトのせん断で受けることとして評価し、引張には期待しない。

表 9-1 直接支持構造物の構造強度評価結果(2/2)

(単位：MPa)

設備名称	評価部位	応力 分類	発生値	許容応力	評価 結果
大型送水ポンプ車（原子 炉建物放水設備用）	ポンプ取付ボルト	引張	15	435*	○
		せん断	4	335	○
	内燃機関取付ボルト	引張	30	435*	○
		せん断	15	335	○
可搬式窒素供給装置	窒素ガス発生装置取 付ボルト	引張	170	488*	○
		せん断	118	375	○
	空気圧縮機取付ボル ト	引張	25	488*	○
		せん断	18	375	○
	昇圧機取付ボルト	引張	24	488*	○
		せん断	27	375	○
	発電機取付ボルト	引張	39	488*	○
		せん断	27	375	○
緊急時対策所用発電機	発電機／内燃機関 取付ボルト	引張	60	488*	○
		せん断	43	375	○
第1ベントフィルタ出 口水素濃度	分析計ラック取付 ボルト	引張	46	184*	○
		せん断	11	142	○
	サンプルポンプラッ ク取付ボルト	引張	19	184*	○
		せん断	9	142	○
	チラーユニット取付 ボルト	引張	17	184*	○
		せん断	9	142	○
	制御盤取付ボルト	引張	111	184*	○
		せん断	25	142	○

注記* : $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$

表 9-2 間接支持構造物の構造強度評価結果

(単位：MPa)

設備名称	評価部位		応力 分類	発生値	許容応力	評価 結果
大量送水車（第1，第3 及び第4保管エリア）	コンテナ取付ボルト		引張	100	598* ¹	○
			せん断	135	460	○
大量送水車（第2保管エ リア）	コンテナ取付ボルト		引張	117	570* ¹	○
			せん断	168	460	○
高圧発電機車（タイプ I）	コンテナ取付ボルト		引張	157	193* ¹	○
			せん断	39	148	○
高圧発電機車（タイプ II）	コンテナ取付ボルト		引張	250	299* ¹	○
			せん断	57	230	○
移動式代替熱交換設備	コンテナ取付ボルト		引張	225	353* ¹	○
			せん断	96	278	○
大型送水ポンプ車（原子 炉補機代替冷却系用）	コンテナ取付ボルト		引張	107	179* ¹	○
			せん断	57	148	○
大型送水ポンプ車（原子 炉建物放水設備用）	コンテナ取付ボルト		引張	107	179* ¹	○
			せん断	57	148	○
可搬式窒素供給装置	コンテナ取付ボルト		引張	276	488* ¹	○
			せん断	106	375	○
緊急時対策所用発電機	コンテナ取付ボルト		引張	74	362* ¹	○
			せん断	42	278	○
第1ベントフィルタ出 口水素濃度	コンテナ 取付ボルト	垂直 ボルト	引張	45	193* ¹	○
			せん断	22	148	○
		横付 ボルト	引張	—* ²	—* ²	—* ²
			せん断	35* ²	148	○

注記*1： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$

*2：走行軸直角方向の荷重は，垂直ボルトのみで評価し，横付ボルトには期待しない。

表 9-3 転倒評価及び機能維持評価結果(1/3)

(×9.8m/s²)

設備名称	保管場所	方向	保管場所の最大 応答加速度*1	加振台の最大 加速度*2	転倒 評価結果	機能維持 評価結果*3
タンクローリ (タイプⅠ)	第1保管エリア	水平	1.04	1.14	○	○
		鉛直	0.77	1.34	○	○
タンクローリ (タイプⅡ)	第1保管エリア	水平	1.04	1.51	○	○
	第3保管エリア 第4保管エリア	鉛直	0.77	1.02	○	○
大量送水車	第1保管エリア	水平	1.04	1.40	○	○
	第3保管エリア 第4保管エリア	鉛直	0.77	0.93	○	○
	第2保管エリア	水平	0.96	1.38	○	○
		鉛直	0.95	1.12	○	○

注記*1：地震応答解析により求めた地表面の最大応答加速度

*2：加振試験により計測された加振台の最大加速度

*3：加振試験後の支持機能，移動機能及び表6-1に示す機能維持確認項目の確認を含む。

表 9-3 転倒評価及び機能維持評価結果(2/3)

(×9.8m/s²)

設備名称	保管場所	方向	保管場所の最大 応答加速度*1	加振台の最大 加速度*2	転倒 評価結果	機能維持 評価結果*3
高圧発電機車 (タイプ I)	第 1 保管エリア	水平	1.04	1.41	○	○
	第 3 保管エリア	鉛直	0.77	1.08	○	○
	第 4 保管エリア					
高圧発電機車 (タイプ II)	第 1 保管エリア	水平	1.04	1.41	○	○
	第 3 保管エリア	鉛直	0.77	1.08	○	○
	第 4 保管エリア					
移動式代替熱交換設備	第 1 保管エリア	水平	1.04	1.38	○	○
	第 3 保管エリア	鉛直	0.77	0.94	○	○
	第 4 保管エリア					
大型送水ポンプ車 (原子炉補機代替 冷却系用)	第 1 保管エリア	水平	1.04	1.44	○	○
	第 3 保管エリア	鉛直	0.77	1.05	○	○
	第 4 保管エリア					
大型送水ポンプ車 (原子炉建物放水 設備用)	第 4 保管エリア	水平	0.90	1.44	○	○
		鉛直	0.50	1.05	○	○

注記*1：地震応答解析により求めた地表面の最大応答加速度

*2：加振試験により計測された加振台の最大加速度

*3：加振試験後の支持機能，移動機能及び表 6-1 に示す機能維持確認項目の確認を含む。

表 9-3 転倒評価及び機能維持評価結果(3/3)

(×9.8m/s²)

設備名称	保管場所	方向	保管場所の最大 応答加速度*1	加振台の最大 加速度*2	転倒 評価結果	機能維持 評価結果*3
可搬式窒素供給装置	第1保管エリア	水平	1.04	1.43	○	○
	第4保管エリア	鉛直	0.77	1.05	○	○
緊急時対策所用発電機	第1保管エリア	水平	1.04	1.47	○	○
	第4保管エリア	鉛直	0.77	1.01	○	○
第1ベントフィルタ出口水素濃度	第1保管エリア	水平	1.04	1.43	○	○
	第4保管エリア	鉛直	0.77	1.05	○	○

- 86 注記*1：地震応答解析により求めた地表面の最大応答加速度
 *2：加振試験により計測された加振台の最大加速度
 *3：加振試験後の支持機能，移動機能及び表 6-1 に示す機能維持確認項目の確認を含む。

表 9-4 波及的影響評価結果(走行軸方向)

(単位: mm)

設備名称	保管場所	車両の最大変位量 (走行軸方向)	許容限界* ¹ (走行軸方向)	評価 結果
タンクローリ (タイプⅠ)	第1保管エリア	2580	2900	○
タンクローリ (タイプⅡ)	第1保管エリア 第4保管エリア	2390	2700	○
	第3保管エリア	2390	2600* ²	○
大量送水車	第1保管エリア 第4保管エリア	410	700	○
	第3保管エリア	410	500* ²	○
	第2保管エリア	410	700	○
高圧発電機車 (タイプⅠ)	第1保管エリア 第4保管エリア	230	500	○
	第3保管エリア	230	500* ²	○
高圧発電機車 (タイプⅡ)	第1保管エリア 第4保管エリア	60	400	○
	第3保管エリア	60	500* ²	○
移動式代替熱交換設備	第1保管エリア 第4保管エリア	510	800	○
	第3保管エリア	510	800* ²	○
大型送水ポンプ車(原 子炉補機代替冷却系 用)	第1保管エリア 第4保管エリア	190	500	○
	第3保管エリア	190	500* ²	○
大型送水ポンプ車(原 子炉建物放水設備用)	第4保管エリア	190	500	○
可搬式窒素供給装置	第1保管エリア 第4保管エリア	0	300	○
緊急時対策所用発電機	第1保管エリア 第4保管エリア	1570	1900	○
第1 ベントフィルタ 出口水素濃度	第1保管エリア 第4保管エリア	270	600	○

注記*1: 加振試験にて確認した最大変位量を基に定めた1台当たりの離隔距離

*2: 車両側面から台座端部までの距離を許容限界とする。

表 9-5 波及的影響評価結果(走行軸直角方向)

(単位：mm)

設備名称	保管場所	車両の最大変位量 (走行軸直角方向)	許容限界*1 (走行軸直角方向)	評価 結果
タンクローリ (タイプⅠ)	第1保管エリア	1224	1500	○
タンクローリ (タイプⅡ)	第1保管エリア 第4保管エリア	1469	1800	○
	第3保管エリア	1100*2	2300*3	○
大量送水車	第1保管エリア 第4保管エリア	965	1300	○
	第3保管エリア	470*2	1200*3	○
	第2保管エリア	1205	1500	○
高圧発電機車 (タイプⅠ)	第1保管エリア 第4保管エリア	738	1000	○
	第3保管エリア	60*2	1200*3	○
高圧発電機車 (タイプⅡ)	第1保管エリア 第4保管エリア	892	1200	○
	第3保管エリア	230*2	1200*3	○
移動式代替熱交換設 備	第1保管エリア 第4保管エリア	1921	2200	○
	第3保管エリア	1000*2	1100*3	○
大型送水ポンプ車(原 子炉補機代替冷却系 用)	第1保管エリア 第4保管エリア	730	1000	○
	第3保管エリア	0*2	1200*3	○
大型送水ポンプ車(原 子炉建物放水設備用)	第4保管エリア	730	1000	○
可搬式窒素供給装置	第1保管エリア 第4保管エリア	857	1200	○
緊急時対策所用発電 機	第1保管エリア 第4保管エリア	2015	2300	○
第1 ベントフィルタ 出口水素濃度	第1保管エリア 第4保管エリア	951	1300	○

注記*1：加振試験にて確認した最大変位量を基に定めた1台当たりの離隔距離

*2：第3保管エリアの車両は隣接する設備が無い場合、傾きによる変位量は考慮しない。

*3：車両側面から台座端部までの距離を許容限界とする。

VI-2-別添 3-4 可搬型重大事故等対処設備のうちポンベ設備の耐震性についての計算書

VI-2-別添3-4-1 逃がし安全弁用窒素ガスボンベラックの耐震性について
の計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	5
2.3 適用規格・基準等	6
2.4 記号の説明	7
2.5 計算精度と数値の丸め方	9
3. 評価部位	10
4. 地震応答解析及び構造強度評価	10
4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法	10
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	11
4.3 解析モデル及び諸元	14
4.4 固有周期	30
4.5 設計用地震力	32
4.6 計算方法	33
4.7 計算条件	36
4.8 応力の評価	36
5. 波及的影響評価	37
5.1 波及的影響評価方法	37
6. 評価結果	37
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	37

1. 概要

本計算書は、VI-2-別添3-1「可搬型重大事故等対処設備の耐震計算の方針」（以下「別添3-1」という。）の「2.2(2) ボンベ設備」にて設定している構造強度評価の方針に基づき、逃がし安全弁用窒素ガスボンベラック（以下「ボンベラック」という。）が設計用地震力に対して十分な構造強度を有するとともに、当該設備による波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないことを説明するものである。

ボンベラックは、重大事故等対処設備においては重大事故防止設備のうち可搬型のものに分類される。以下、可搬型重大事故等対処設備としての構造強度評価及び波及的影響評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

ボンベラックの構造計画を表2-1～表2-3に示す。

表2-1 構造計画

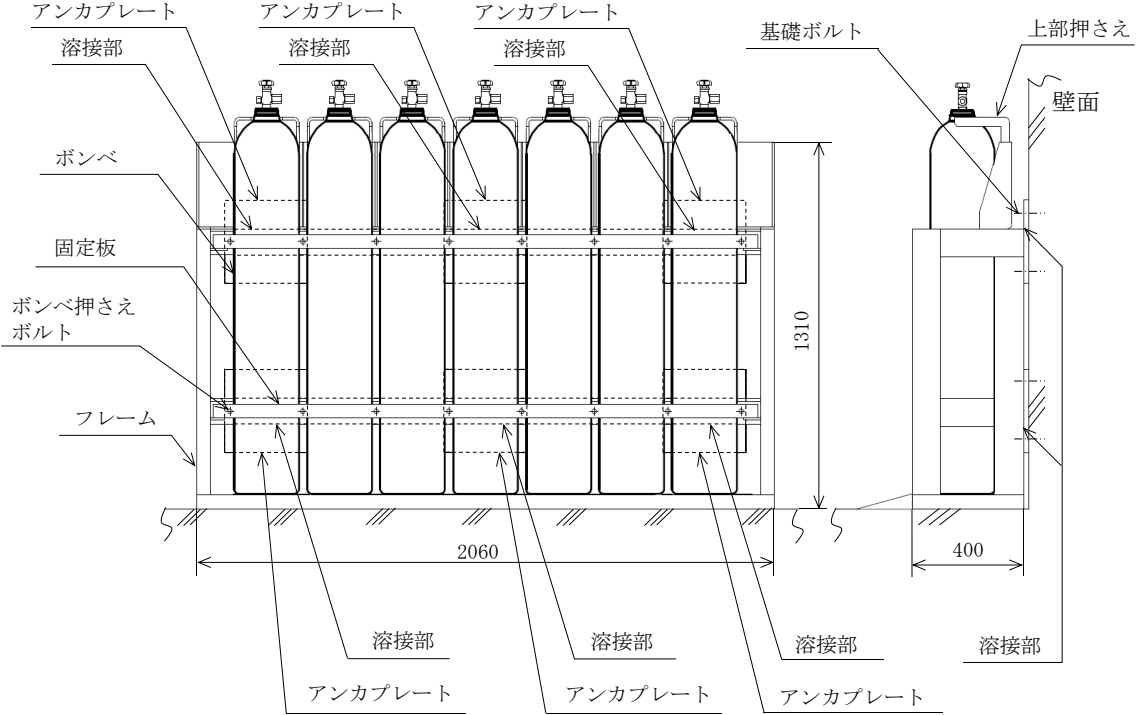
計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>ボンベラックは、壁面に基礎ボルトにて設定したアンカプレートに溶接にて固定する。</p>	<p>ボンベラックは、溶接にて組み立てたフレームにボンベ（7本）を固定板及びボンベ押さえボルトによって固定する構造である。</p>	 <p style="text-align: center;">ボンベラック (その1) (単位: mm)</p>

表2-2 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>ボンベラックは、壁面に基礎ボルトにて設定したアンカプレートに溶接にて固定する。</p>	<p>ボンベラックは、溶接にて組み立てたフレームにボンベ（6本）を固定板及びボンベ押さえボルトによって固定する構造である。</p>	
		<p>ボンベラック (その2) (単位: mm)</p>

表2-3 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>ボンベラックは、壁面に基礎ボルトにて設定したアンカプレートに溶接にて固定する。</p>	<p>ボンベラックは、溶接にて組み立てたフレームにボンベ（2本）を固定板及びボンベ押さえボルトによって固定する構造である。</p>	<p style="text-align: center;">ボンベラック (その3) (単位：mm)</p>

2.2 評価方針

ボンベラックの応力評価は、別添3-1の「2.2 評価方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示すボンベラックの部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4.3 解析モデル及び諸元」及び「4.4 固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「4. 地震応答解析及び構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、ボンベラックの波及的影響評価は、別添3-1の「2.2(2) ボンベ設備」にて設定した波及的影響評価の方針に基づき、基準地震動 S_s による地震力に対し、当該設備による波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないことを、「5. 波及的影響評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「6. 評価結果」に示す。

ボンベラックの耐震評価フローを図2-1に示す。

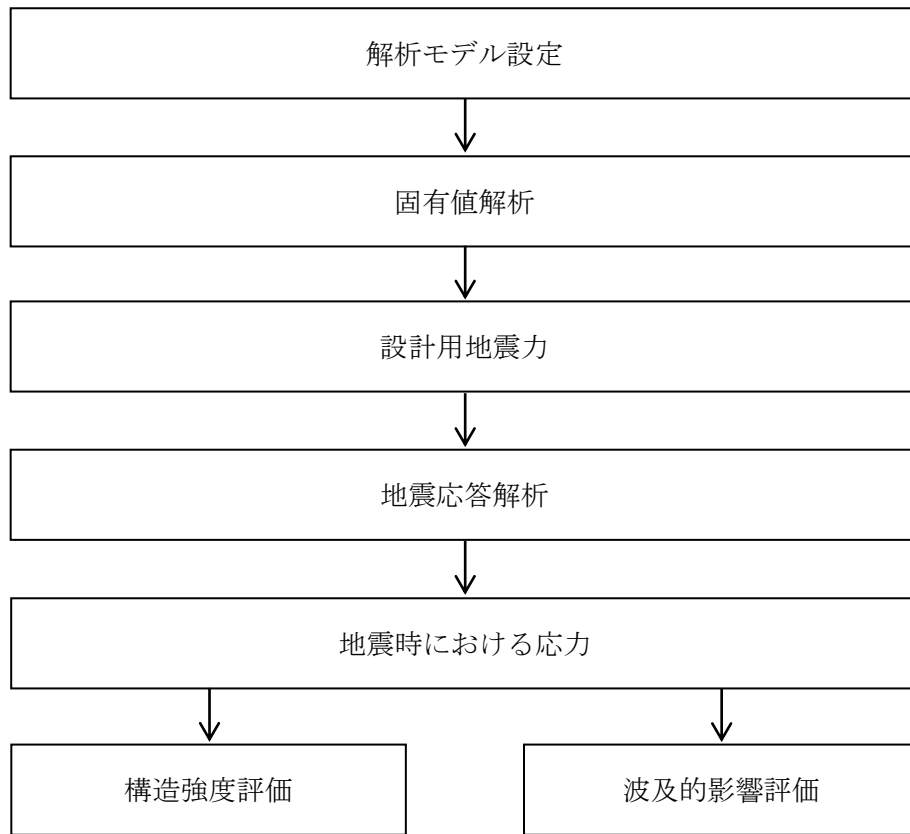


図 2-1 ボンベラックの耐震評価フロー

2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補-1984
（（社）日本電気協会）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 （（社）日本電気協会）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -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（（社）日本機械学会，2005/2007）（以下「設計・建設規格」という。）

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_w	溶接部の有効断面積（1箇所当たり）	mm^2
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
E_1	縦弾性係数（ボンベ）	MPa
E_2	縦弾性係数（フレーム）	MPa
F	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値	MPa
F^*	設計・建設規格 SSB-3121.3又はSSB-3133に定める値	MPa
F_w	取付面に対し前後方向に作用する最大せん断力	N
F_{w1}	取付面に対し平行方向に作用するせん断力	N
F_{w2}	取付面に対し前後方向に作用するせん断力（左右方向転倒）	N
F_{w3}	取付面に対し前後方向に作用するせん断力（前後方向転倒）	N
f_{sm}	溶接部の許容せん断応力	MPa
f_{tm}	ボンベラックの許容引張応力	MPa
g	重力加速度（=9.80665）	m/s^2
h	取付面から重心までの距離	mm
L_w	溶接長（1箇所当たり）	mm
l_1	重心と下側溶接部間の距離	mm
l_2	上側溶接部と下側溶接部中心間の距離	mm
l_3	左側溶接部と右側溶接部中心間の距離	mm
I_y	断面二次モーメント（y軸）	mm^4
I_z	断面二次モーメント（z軸）	mm^4
m	ボンベラックの質量	kg
n	溶接箇所数	—
n_{vw1}	鉛直方向地震により取付面に対し前後方向のせん断力を受けるとして期待する溶接箇所数	—
n_{HW1}	水平方向地震により取付面に対し前後方向のせん断力を受けるとして期待する溶接箇所数	—
S	溶接部の脚長	mm
S	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表5に定める値	MPa
S_u	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値	MPa
S_y	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値	MPa
$S_y(RT)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める材料の40°Cにおける値	MPa
T	温度条件	°C
ν	ポアソン比	—

記号	記号の説明	単位
σ	はり要素の組合せ応力	MPa
σ_a	はり要素の軸応力	MPa
σ_b	はり要素の曲げ応力	MPa
σ_x	シェル要素のX方向応力	MPa
σ_y	シェル要素のY方向応力	MPa
σ_s	シェル要素の組合せ応力	MPa
τ	はり要素のせん断応力	MPa
τ_w	溶接部に生じる最大せん断応力	MPa
τ_{w3}	取付面に対し平行方向に作用するせん断応力	MPa
τ_{w4}	取付面に対し前後方向に作用するせん断応力	MPa
τ_{xy}	シェル要素のせん断応力	MPa

2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は、表2-4に示すとおりである。

表 2-4 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	s	小数点以下第4位	四捨五入	小数点以下第3位
震度	—	小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位
温度	℃	—	—	整数位
質量	kg	—	—	整数位 ^{*1}
長さ	下記以外の長さ	mm	—	整数位 ^{*1}
	部材断面寸法	mm	小数点以下第2位 ^{*2}	四捨五入 小数点以下第1位 ^{*3}
面積	mm ²	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 ^{*4}
モーメント	N・mm	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 ^{*4}
力	N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 ^{*4}
縦弾性係数	MPa	有効数字4桁目	四捨五入	有効数字3桁
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力 ^{*5}	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位

注記*1：設計上定める値が小数点以下第1位の場合は、小数点以下第1位表示とする。

*2：設計上定める値が小数点以下第3位の場合は、小数点以下第3位表示とする。

*3：設計上定める値が小数点以下第2位の場合は、小数点以下第2位表示とする。

*4：絶対値が1000以上のときは、べき数表示とする。

*5：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏点は、比例法により補間した値の小数点以下第1位を切り捨て、整数位までの値とする。

3. 評価部位

ボンベラックの耐震評価は、「4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなるボンベラック最弱部及びアンカプレートへの溶接部について実施する。ボンベラックの耐震評価部位については、表2-1～表2-3の概略構造図に示す。

4. 地震応答解析及び構造強度評価

4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法

- (1) 地震力は、ボンベラックに対して水平方向及び鉛直方向から作用させる。
また、水平方向及び鉛直方向の動的地震力による荷重の組合せには、S R S S法を適用する。
- (2) ボンベラックは溶接により壁面に固定していることから、拘束条件は溶接部を完全拘束とする。
- (3) ボンベ本体は、基準地震動 S_s による地震力に対して転倒しないことを目的としたボンベラックに、上部押さえ、固定板及びボンベ押さえボルトにて固定され収納されている。ここで、ボンベ本体は高圧ガス適用品であり、一般的な圧力容器に比べ、高い耐圧強度を有することから、はるかに剛性が高いものであるが、解析上、断面性状を考慮したはり要素としてモデル化する。
- (4) 各ボンベから配管への接続管は、接続を容易にするため可とう性をもつ形状としていること、地震時にはボンベと配管の相対変位は微小であることから、地震時の変位を十分吸収できるものとする。
- (5) ボンベラックを構成する鋼材をシェル要素及びはり要素としてモデル化した3次元FEMモデルによる固有値解析を実施する。
- (6) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

ボンベラックの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4-1に示す。

4.2.2 許容応力

ボンベラックの許容応力は、別添3-1の「3.2 許容限界」に基づき表4-2に示す。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

ボンベラックの使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4-3に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御 系統施設	制御用 空気設備	逃がし安全弁用 窒素ガス ボンベラック	可搬/防止	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IVAS
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	VAS (VASとして IVASの許容限界 を用いる。)

注記*1：「可搬/防止」は重大事故防止設備のうち可搬型のものを示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

*3：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」の評価に包絡されるため、評価結果の記載を省略する。

表4-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等以外 (ボンベラック))	許容限界*1, *2 (ボルト等以外 (溶接部))
	一次応力	一次応力
	組合せ	せん断
IVAS	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
VAS (VASとしてIVASの許容限界を用いる。)		

注記*1：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。

*2：当該の応力が生じない場合、規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)
ボンベラック	SS400 (厚さ ≤ 16mm)	周囲環境温度	40	—	245	400	—
	STKR400	周囲環境温度	40	—	245	400	—
溶接部	SS400 (厚さ ≤ 16mm)	周囲環境温度	40	—	245	400	—
	SS400 (16mm < 厚さ ≤ 40mm)				235		

4.3 解析モデル及び諸元

ポンベラックの解析モデルを図4-1～図4-3に、解析モデルの概要を以下に示す。また、機器の諸元を表4-4～表4-6及び本計算書の【ポンベラックの耐震性についての計算結果】の機器要目に示す。

- (1) ポンベラックを構成する鋼材をシェル要素及びはり要素でモデル化したFEMモデルを用いる。
- (2) ポンベラックは溶接により壁面に固定していることから、拘束条件は溶接部を完全拘束とする。
- (3) 固定板とポンベはX、Y方向を固定し、上部押さえとポンベはZ方向を固定している。また、ポンベ下面とフレームは固定していない。
- (4) ポンベ、フレーム及び固定板の質量は、各々の質量をモデル体積で除した密度をモデル全体に分布させることにより与えるものとする。
- (5) 解析コードは、「ABAQUS」を使用し、固有値、ポンベラックの応力を求める。なお、評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

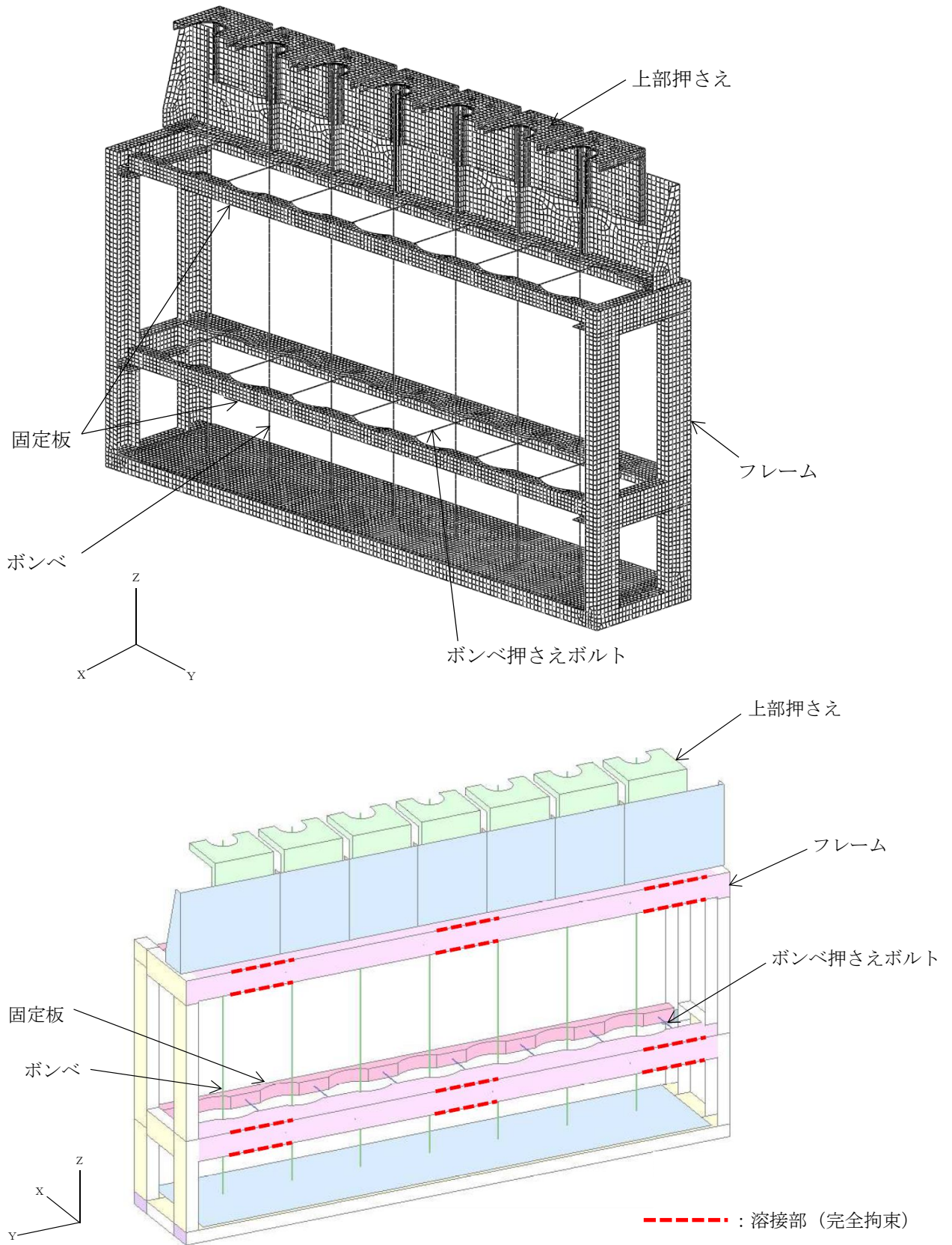


図4-1 解析モデル (ボンベラック (その1))

表4-4 解析モデルの諸元（ボンベラック（その1））（1/5）

項目	記号	単位	入力値
材質（ボンベ）	—	—	マンガン鋼
材質（フレーム）	—	—	SS400
材質（固定板）	—	—	SS400/STKR400
温度条件（周囲環境温度）	T	°C	40
縦弾性係数（ボンベ）	E_1	MPa	2.01×10^5
縦弾性係数（フレーム）	E_2	MPa	2.02×10^5
ポアソン比	ν	—	0.3
ボンベラックの質量	m	kg	892
ボンベ数	—	本	7
寸法	—	—	表2-1
要素数	—	個	28972
節点数	—	個	30437

表4-4 解析モデルの諸元 (ボンベラック (その1)) (2/5)

部材	番号	要素番号	材質	諸元	縦弾性係数 (MPa)	断面積 (mm ²)	断面二次モーメント		密度 (t/mm ³)
							I _z (mm ⁴)	I _y (mm ⁴)	
ボンベ	1	28355~28970	マンガン鋼	ボンベ φ232×5.0	2.01×10 ⁵	3.566×10 ³	2.298×10 ⁷	2.298×10 ⁷	1.429×10 ⁻⁸
フレーム	2	1~582, 601~2679, 2698~4360	SS400	溝形鋼 100×50×5×7.5	2.02×10 ⁵	—	—	—	9.207×10 ⁻⁹
	3	4361~9024	SS400	溝形鋼 100×50×5×7.5	2.02×10 ⁵	—	—	—	9.207×10 ⁻⁹
	4	9025~13420	SS400	溝形鋼 230×30×9	2.02×10 ⁵	—	—	—	9.207×10 ⁻⁹
	5	13421~16294	SS400	山形鋼 310×55×9	2.02×10 ⁵	—	—	—	9.207×10 ⁻⁹
	6	16295~16750	SS400	平鋼 30×6	2.02×10 ⁵	—	—	—	9.207×10 ⁻⁹
	7	16751~20408	SS400	山形鋼 125×90×10	2.02×10 ⁵	—	—	—	9.207×10 ⁻⁹
	8	24517~27792	SS400	板 6t-380×1920	2.02×10 ⁵	—	—	—	9.207×10 ⁻⁹
	9	583~600, 2680~2697, 27793~27874	SS400	板 6t-45×88	2.02×10 ⁵	—	—	—	9.207×10 ⁻⁹

表4-4 解析モデルの諸元 (ボンベラック (その1)) (3/5)

部材	番号	要素番号	材質	諸元	縦弾性係数 (MPa)	断面積 (mm ²)	断面二次モーメント		密度 (t/mm ³)
							I _z (mm ⁴)	I _y (mm ⁴)	
フレーム	10	27939, 27942~27965, 27968~27991, 27994~28017, 28020~28043, 28046~28069, 28072~28095, 28098~28121, 28124~28147, 28150~28173, 28176~28199, 28202~28225, 28228~28251, 28254~28277, 28280~28303, 28306~28329, 28332~28354	SS400	M16	2.02×10^5	2.011×10^2	3.217×10^3	3.217×10^3	9.207×10^{-9}

表4-4 解析モデルの諸元 (ボンベラック (その1)) (4/5)

部材	番号	要素番号	材質	諸元	縦弾性係数 (MPa)	断面積 (mm ²)	断面二次モーメント		密度 (t/mm ³)
							I _z (mm ⁴)	I _y (mm ⁴)	
フレーム	11	27940, 27941, 27966, 27967, 27992, 27993, 28018, 28019, 28044, 28045, 28070, 28071, 28096, 28097, 28122, 28123, 28148, 28149, 28174, 28175, 28200, 28201, 28226, 28227, 28252, 28253, 28278, 28279, 28304, 28305, 28330, 28331	SS400	M16	2.02×10^5	2.011×10^2	3.217×10^3	3.217×10^3	9.207×10^{-9}

表4-4 解析モデルの諸元 (ボンベラック (その1)) (5/5)

部材	番号	要素番号	材質	諸元	縦弾性係数 (MPa)	断面積 (mm ²)	断面二次モーメント		密度 (t/mm ³)
							I _z (mm ⁴)	I _y (mm ⁴)	
固定板	12	20409~20620	SS400	板 6t-100×100	2.02×10^5	—	—	—	9.207×10^{-9}
	13	20621~24516	STKR400	角形鋼管 50×50×3.2	2.02×10^5	—	—	—	9.207×10^{-9}
	14	27875~27938	SS400	板 4.5t-43×43	2.02×10^5	—	—	—	9.207×10^{-9}

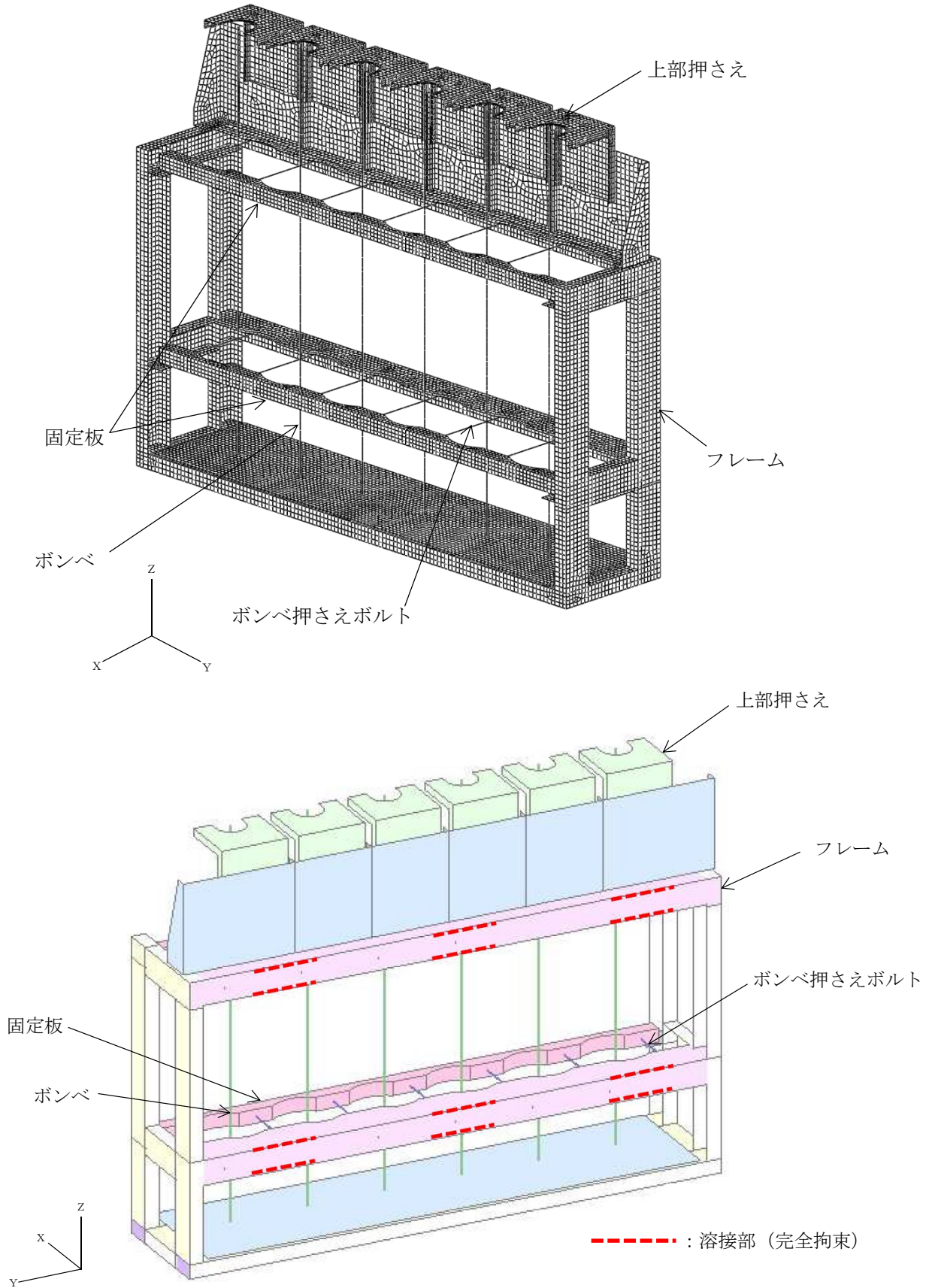


図4-2 解析モデル (ボンベラック (その2))

表4-5 解析モデルの諸元（ボンベラック（その2））（1/4）

項目	記号	単位	入力値
材質（ボンベ）	—	—	マンガン鋼
材質（フレーム）	—	—	SS400
材質（固定板）	—	—	SS400/STKR400
温度条件（周囲環境温度）	T	°C	40
縦弾性係数（ボンベ）	E_1	MPa	2.01×10^5
縦弾性係数（フレーム）	E_2	MPa	2.02×10^5
ポアソン比	ν	—	0.3
ボンベラックの質量	m	kg	779
ボンベ数	—	本	6
寸法	—	—	表2-2
要素数	—	個	25772
節点数	—	個	27080

表4-5 解析モデルの諸元 (ボンベラック (その2)) (2/4)

部材	番号	要素番号	材質	諸元	縦弾性係数 (MPa)	断面積 (mm ²)	断面二次モーメント		密度 (t/mm ³)
							I _z (mm ⁴)	I _y (mm ⁴)	
ボンベ	1	25243~25770	マンガン鋼	ボンベ φ232×5.0	2.01×10 ⁵	3.566×10 ³	2.298×10 ⁷	2.298×10 ⁷	1.429×10 ⁻⁸
フレーム	2	1~582, 601~2617, 2636~4070	SS400	溝形鋼 100×50×5×7.5	2.02×10 ⁵	—	—	—	9.260×10 ⁻⁹
	3	4071~8426	SS400	溝形鋼 100×50×5×7.5	2.02×10 ⁵	—	—	—	9.260×10 ⁻⁹
	4	8427~12194	SS400	溝形鋼 230×30×9	2.02×10 ⁵	—	—	—	9.260×10 ⁻⁹
	5	12195~14710	SS400	山形鋼 310×55×9	2.02×10 ⁵	—	—	—	9.260×10 ⁻⁹
	6	14711~15090	SS400	平鋼 30×6	2.02×10 ⁵	—	—	—	9.260×10 ⁻⁹
	7	15091~18272	SS400	山形鋼 125×90×10	2.02×10 ⁵	—	—	—	9.260×10 ⁻⁹
	8	21861~24720	SS400	板 6t-380×1660	2.02×10 ⁵	—	—	—	9.260×10 ⁻⁹
	9	583~600, 2618~2635, 24721~24814	SS400	板 6t-45×88	2.02×10 ⁵	—	—	—	9.260×10 ⁻⁹

表4-5 解析モデルの諸元 (ボンベラック (その2)) (3/4)

部材	番号	要素番号	材質	諸元	縦弾性係数 (MPa)	断面積 (mm ²)	断面二次モーメント		密度 (t/mm ³)
							I _z (mm ⁴)	I _y (mm ⁴)	
フレーム	10	24881~24904, 24907~24930, 24933~24956, 24959~24982, 24985~25008, 25011~25034, 25037~25060, 25063~25086, 25088~25111, 25114~25137, 25140~25163, 25166~25189, 25192~25215, 25218~25241	SS400	M16	2.02×10^5	2.011×10^2	3.217×10^3	3.217×10^3	9.260×10^{-9}

表4-5 解析モデルの諸元 (ボンベラック (その2)) (4/4)

部材	番号	要素番号	材質	諸元	縦弾性係数 (MPa)	断面積 (mm ²)	断面二次モーメント		密度 (t/mm ³)
							I _z (mm ⁴)	I _y (mm ⁴)	
フレーム	11	24879, 24880, 24905, 24906, 24931, 24932, 24957, 24958, 24983, 24984, 25009, 25010, 25035, 25036, 25061, 25062, 25087, 25112, 25113, 25138, 25139, 25164, 25165, 25190, 25191, 25216, 25217, 25242	SS400	M16	2.02×10^5	2.011×10^2	3.217×10^3	3.217×10^3	9.260×10^{-9}
固定板	12	18273~18484	SS400	板 6t-100×100	2.02×10^5	—	—	—	9.260×10^{-9}
	13	18485~21860	STKR400	角形鋼管 50×50×3.2	2.02×10^5	—	—	—	9.260×10^{-9}
	14	24815~24878	SS400	板 4.5t-43×43	2.02×10^5	—	—	—	9.260×10^{-9}

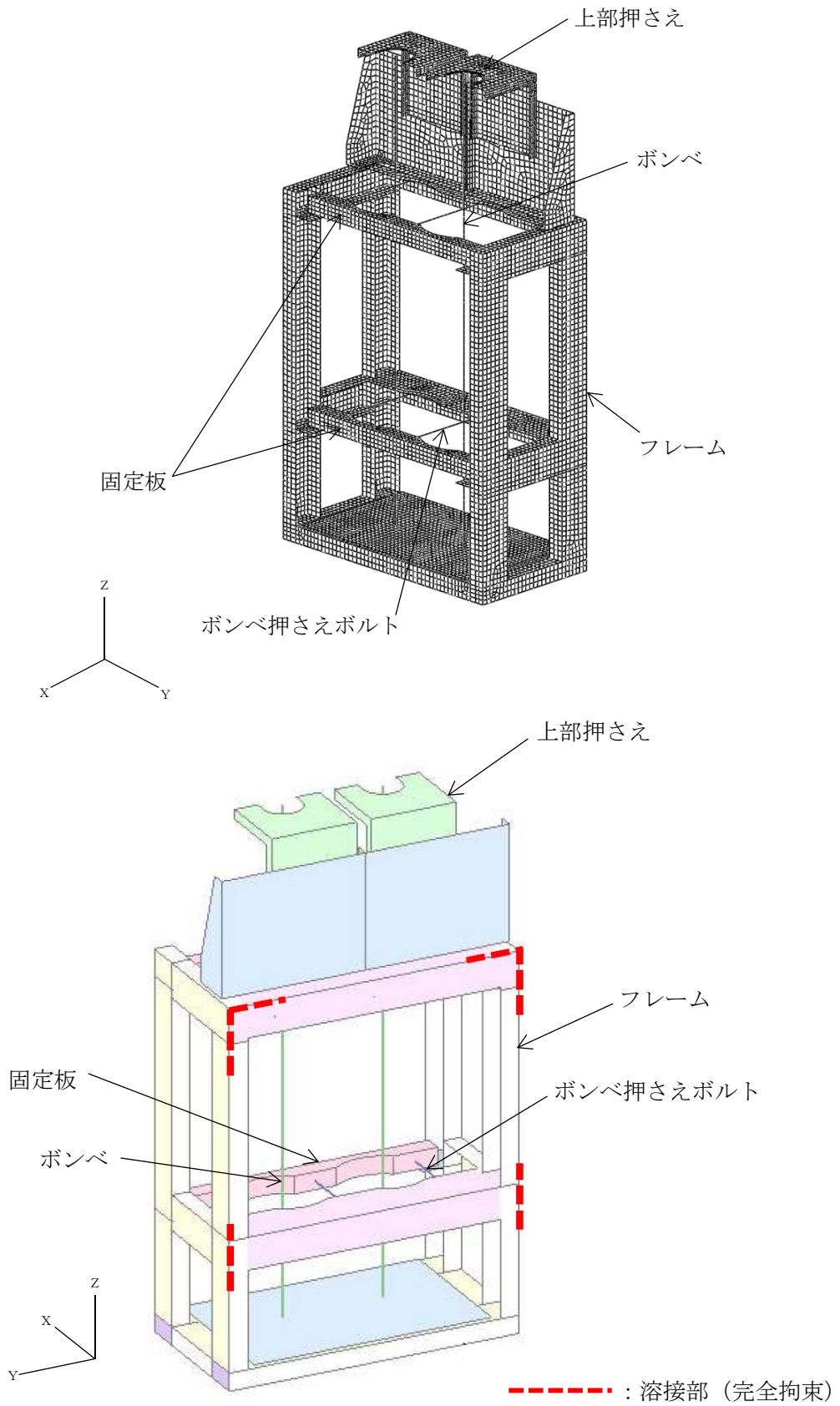


図4-3 解析モデル (ポンベラック (その3))

表4-6 解析モデルの諸元（ボンベラック（その3））（1/3）

項目	記号	単位	入力値
材質（ボンベ）	—	—	マンガン鋼
材質（フレーム）	—	—	SS400
材質（固定板）	—	—	SS400/STKR400
温度条件（周囲環境温度）	T	°C	40
縦弾性係数（ボンベ）	E_1	MPa	2.01×10^5
縦弾性係数（フレーム）	E_2	MPa	2.02×10^5
ポアソン比	ν	—	0.3
ボンベラックの質量	m	kg	328
ボンベ数	—	本	2
寸法	—	—	表2-3
要素数	—	個	13030
節点数	—	個	13716

表4-6 解析モデルの諸元 (ボンベラック (その3)) (2/3)

部材	番号	要素番号	材質	諸元	縦弾性係数 (MPa)	断面積 (mm ²)	断面二次モーメント		密度 (t/mm ³)
							I _z (mm ⁴)	I _y (mm ⁴)	
ボンベ	1	12853~13028	マンガン鋼	ボンベ φ232×5.0	2.01×10 ⁵	3.566×10 ³	2.298×10 ⁷	2.298×10 ⁷	1.429×10 ⁻⁸
フレーム	2	1~483, 502~1954, 1973~2942	SS400	溝形鋼 100×50×5×7.5	2.02×10 ⁵	—	—	—	9.739×10 ⁻⁹
	3	2943~6038	SS400	溝形鋼 100×50×5×7.5	2.02×10 ⁵	—	—	—	9.739×10 ⁻⁹
	4	6039~7294	SS400	溝形鋼 230×30×9	2.02×10 ⁵	—	—	—	9.739×10 ⁻⁹
	5	7295~8510	SS400	山形鋼 310×55×9	2.02×10 ⁵	—	—	—	9.739×10 ⁻⁹
	6	8511~8586	SS400	平鋼 30×6	2.02×10 ⁵	—	—	—	9.739×10 ⁻⁹
	7	8587~9886	SS400	山形鋼 125×90×10	2.02×10 ⁵	—	—	—	9.739×10 ⁻⁹
	8	11395~12538	SS400	板 6t-380×620	2.02×10 ⁵	—	—	—	9.739×10 ⁻⁹
	9	484~501, 1955~1972, 12539~12632	SS400	板 6t-45×88	2.02×10 ⁵	—	—	—	9.739×10 ⁻⁹

表4-6 解析モデルの諸元 (ボンベラック (その3)) (3/3)

部材	番号	要素番号	材質	諸元	縦弾性係数 (MPa)	断面積 (mm ²)	断面二次モーメント		密度 (t/mm ³)
							I _z (mm ⁴)	I _y (mm ⁴)	
フレーム	10	12697~12703, 12706~12729, 12732~12755, 12758~12781, 12784~12800, 12802~12825, 12828~12851	SS400	M16	2.02×10^5	2.011×10^2	3.217×10^3	3.217×10^3	9.739×10^{-9}
	11	12704, 12705, 12730, 12731, 12756, 12757, 12782, 12783, 12801, 12826, 12827, 12852	SS400	M16	2.02×10^5	2.011×10^2	3.217×10^3	3.217×10^3	9.739×10^{-9}
固定板	12	9887~10098	SS400	板 6t-100×100	2.02×10^5	—	—	—	9.739×10^{-9}
	13	10099~11394	STKR400	角形鋼管 50×50×3.2	2.02×10^5	—	—	—	9.739×10^{-9}
	14	12633~12696	SS400	板 4.5t-43×43	2.02×10^5	—	—	—	9.739×10^{-9}

4.4 固有周期

固有値解析の結果を表4-7に示す。固有周期は、0.05秒以下であり、剛構造であることを確認した。また、振動モード図（1次）を図4-4～図4-6に示す。

表 4-7 固有値解析結果

機器名称	モード	卓越方向	固有周期 (s)	水平方向刺激係数		鉛直方向 刺激係数
				X方向	Y方向	
ボンベラック (その1)	1次	鉛直	0.043	—	—	—
ボンベラック (その2)	1次	鉛直	0.042	—	—	—
ボンベラック (その3)	1次	鉛直	0.035	—	—	—

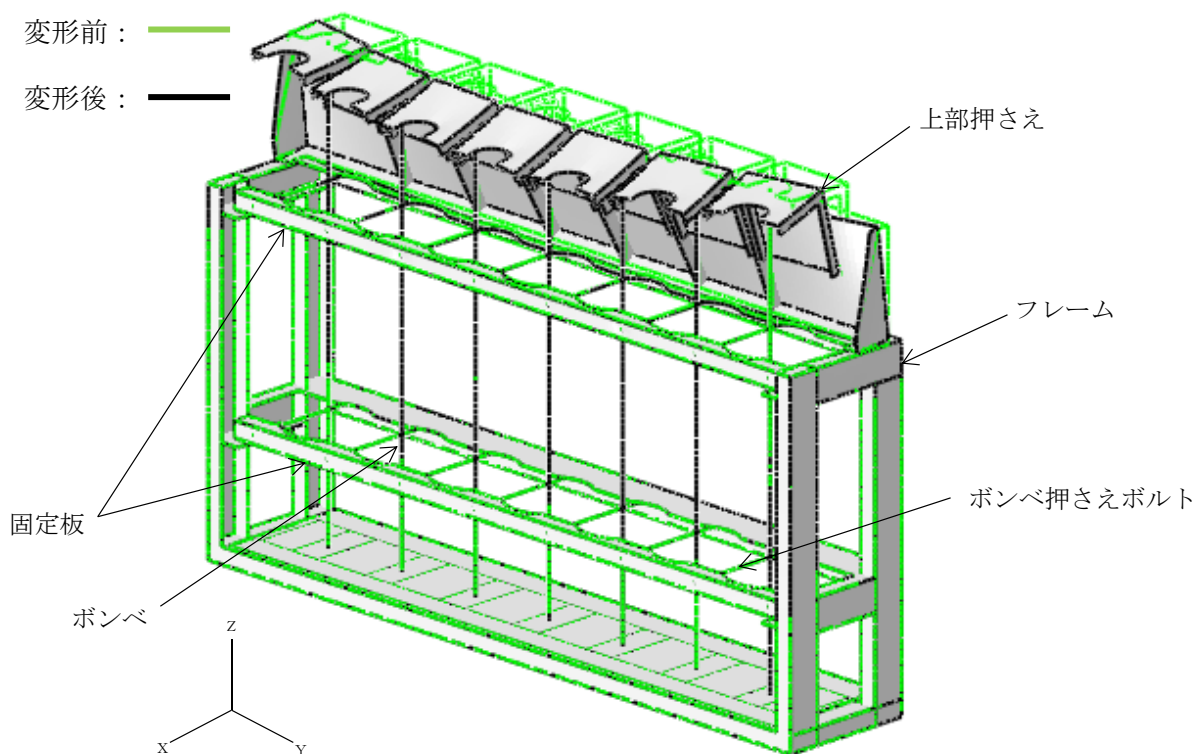


図4-4 振動モード図（1次）（ボンベラック（その1））

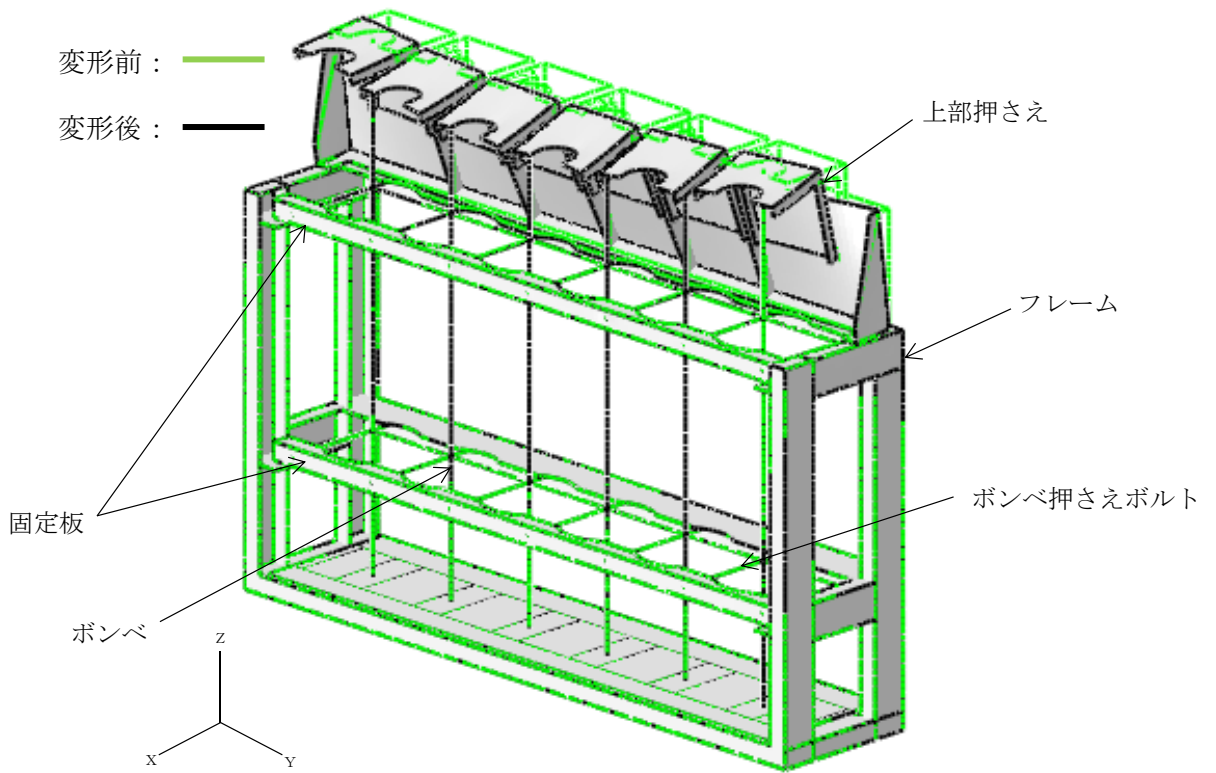


図4-5 振動モード図 (1次) (ボンベラック (その2))

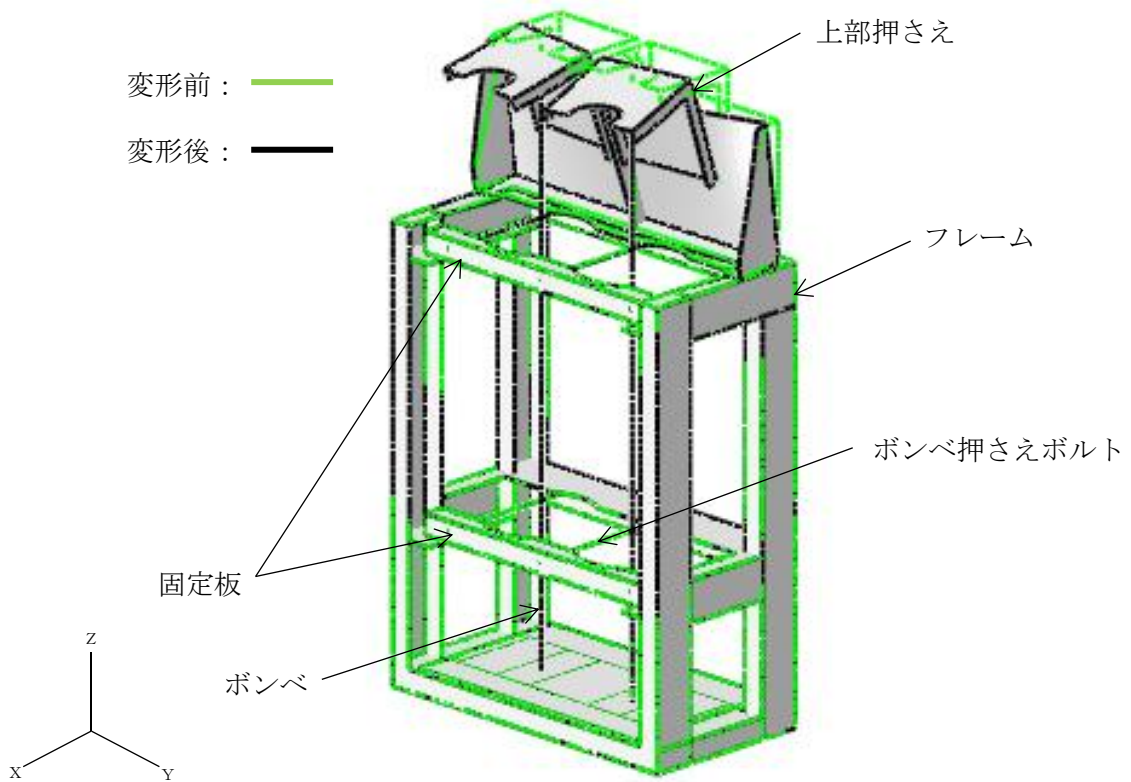


図4-6 振動モード図 (1次) (ボンベラック (その3))

4.5 設計用地震力

ボンベラックの設計用地震力のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4-8に示す。

「基準地震動 S_s 」による地震力は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定する。

表 4-8 設計用地震力（重大事故等対処設備）

機器名称	据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s	
		水平 方向	鉛直 方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
ボンベラック (その1)	原子炉建物 EL 23.8 (EL 30.5*1)	0.05 以下	0.043	—	—	$C_H=3.61^{*2}$	$C_V=2.23^{*2}$
ボンベラック (その2)		0.05 以下	0.042				
ボンベラック (その3)		0.05 以下	0.035				

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度 I（基準地震動 S_s ）を上回る設計震度

4.6 計算方法

4.6.1 応力の計算方法

4.6.1.1 ボンベラック（はり要素）の応力

ボンベラックの応力は、自重、鉛直方向地震及び水平方向地震（X, Y）を考慮し、シェル要素及びはり要素による解析結果を用いる。ここで、はり要素の組合せ応力の算出式は下記による。

応力の種類	単位	応力算出式
組合せ応力	MPa	$\sigma = \sqrt{(\sigma_a + \sigma_b)^2 + 3 \cdot \tau^2}$

4.6.1.2 ボンベラック（シェル要素）の応力

ボンベラックの応力は、自重、鉛直方向地震及び水平方向地震（X, Y）を考慮し、シェル要素及びはり要素による解析結果を用いる。ここで、シェル要素の組合せ応力の算出式は下記による。

応力の種類	単位	応力算出式
組合せ応力	MPa	$\sigma_s = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \cdot \sigma_y + 3 \cdot \tau_{xy}^2}$

4.6.1.3 溶接部の応力

(1) ボンベラック取付面に対し平行方向に作用するせん断応力

ボンベラック取付面に対し平行方向に作用するせん断力は全溶接部で受けるものとして計算する。

$$F_{w1} = \sqrt{(m \cdot C_H \cdot g)^2 + (m \cdot (1 + C_V) \cdot g)^2} \dots\dots\dots (4.6.1.3.1)$$

ボンベラック取付面に対し平行方向に作用するせん断応力（ τ_{w3} ）

$$\tau_{w3} = \frac{F_{w1}}{n \cdot A_w} \dots\dots\dots (4.6.1.3.2)$$

ここで、せん断を受ける溶接部の有効断面積 A_w は、

$$A_w = (S / \sqrt{2}) \times L_w \dots\dots\dots (4.6.1.3.3)$$

(2) ボンベラック取付面に対し前後方向に作用するせん断応力

溶接部に対する力は最も厳しい条件として、図4-7～図4-8で最外列の溶接部を支点とする転倒を考え、これを片側の最外列の溶接部で受けるものとして計算する。

計算モデル図4-7に示す左右方向転倒の場合のせん断力 (F_{w2})

$$F_{w2} = \frac{m \cdot (1 + C_V) \cdot h \cdot g}{n_{vw1} \cdot l_2} + \frac{m \cdot C_H \cdot h \cdot g}{n_{HW1} \cdot l_3} \dots\dots\dots (4.6.1.3.4)$$

計算モデル図4-8に示す前後方向転倒の場合のせん断力 (F_{w3})

$$F_{w3} = \frac{m \cdot (1 + C_V) \cdot h \cdot g + m \cdot C_H \cdot l_1 \cdot g}{n_{vw1} \cdot l_2} \dots\dots\dots (4.6.1.3.5)$$

ボンベラック取付面に対し前後方向に作用するせん断力

$$F_w = \text{M a x} (F_{w2}, F_{w3}) \dots\dots\dots (4.6.1.3.6)$$

ボンベラック取付面に対し前後方向に作用するせん断応力 (τ_{w4})

$$\tau_{w4} = \frac{F_w}{A_w} \dots\dots\dots (4.6.1.3.7)$$

(3) 溶接部の応力

$$\tau_w = \text{M a x} (\tau_{w3}, \tau_{w4}) \dots\dots\dots (4.6.1.3.8)$$

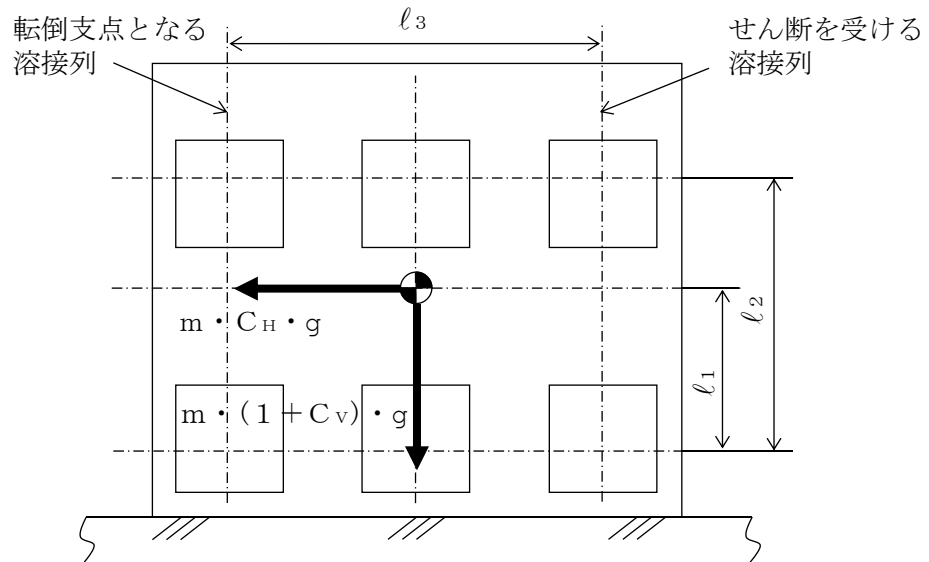
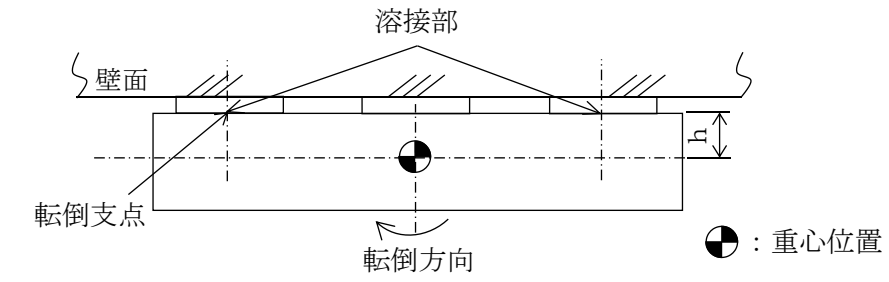


図4-7 計算モデル (左右方向転倒)

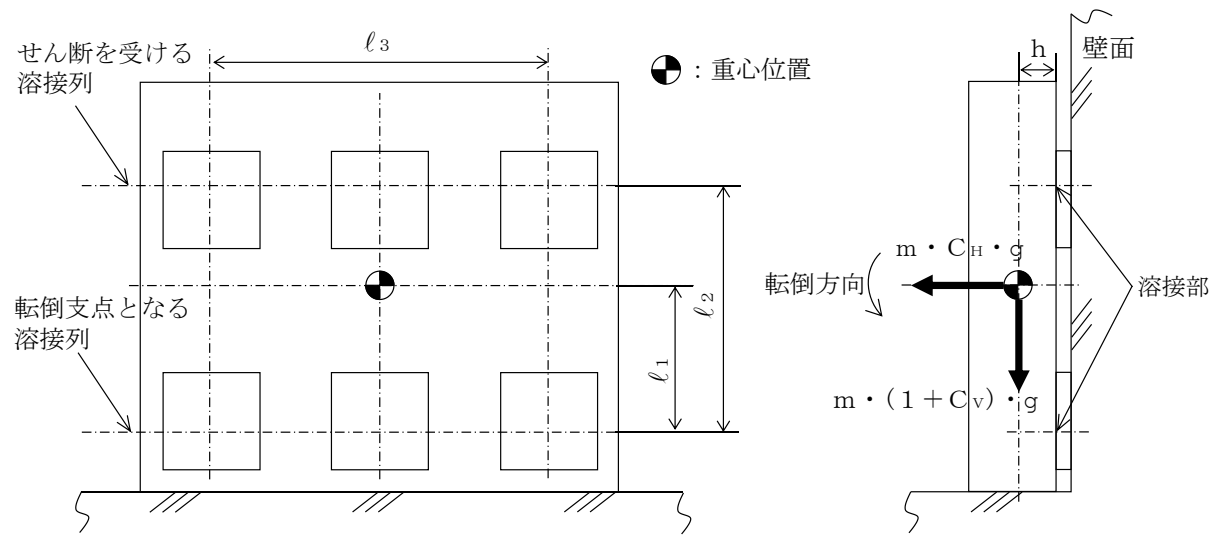


図4-8 計算モデル (前後方向転倒)

4.7 計算条件

応力解析に用いる自重（ボンベラック）及び荷重（地震荷重）は、本計算書の【ボンベラックの耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

4.8 応力の評価

4.8.1 ボンベラックの応力評価

4.6.1.1項及び4.6.1.2項で求めた各応力が許容応力以下であること。ただし、組合せ応力が許容引張応力 f_{tm} 以下であること。

	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度による荷重との組合せの場合	基準地震動 S_s による荷重との組合せの場合
許容引張応力 f_{tm}	$\frac{F}{1.5} \cdot 1.5$	$\frac{F^*}{1.5} \cdot 1.5$

4.8.2 溶接部の応力評価

4.6.1.3項で求めた溶接部のせん断応力が許容応力 f_{sm} 以下であること。ただし、 f_{sm} は下表による。

	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度による荷重との組合せの場合	基準地震動 S_s による荷重との組合せの場合
許容せん断応力 f_{sm}	$\frac{F}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

5. 波及的影響評価

5.1 波及的影響評価方法

ボンベラックは、別添3-1の「2.2 評価方針」にて設定した評価方針に従い、当該設備による波及的影響を防止する必要がある他の設備への波及的影響評価を実施する。

ボンベラックの波及的影響評価は、「3. 評価部位」に示す評価部位が、「4.2 荷重の組合せ及び許容応力」に示す荷重の組合せに対し、許容応力を満足することを、「4.5 設計用地震力」に示す設計用地震力及び「4.6 計算方法」に示す方法を用いて評価を行う。

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

ボンベラックの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないことを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

また、ボンベラックの最大応力発生箇所を図6-1～図6-3に示す。

(2) 波及的影響評価結果

波及的影響評価の結果を次頁以降の表に示す。

【ボンベラック（その1）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び 床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度		
ボンベラック (その1)	可搬/防止	原子炉建物 EL 23.8 (EL 30.5*1)	0.05以下	0.043	—	—	C _H =3.61*2	C _V =2.23*2	—	40

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度 I（基準地震動 S_s）を上回る設計震度

1.2 機器要目

m (kg)	h (mm)	ℓ ₁ (mm)	ℓ ₂ (mm)	ℓ ₃ (mm)	A _w (mm ²)	E ₁ (MPa)	E ₂ (MPa)	ν	n	n _{VW1}	n _{HW1}
892	182	395	695	1560	763.7	2.01× 10 ⁵	2.02× 10 ⁵	0.3	6	3	2

部材	材料	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
ボンベラック	SS400 (厚さ≤16mm)	245	400	—	280
	STKR400	245	400	—	280
溶接部	SS400 (厚さ≤16mm)	245	400	—	280

1.3 計算数値

1.3.1 溶接部に作用する力 (単位：N)

部材	F _{w3}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
溶接部	—	8.449×10 ³

1.4 結論

1.4.1 固有周期 (単位：s)

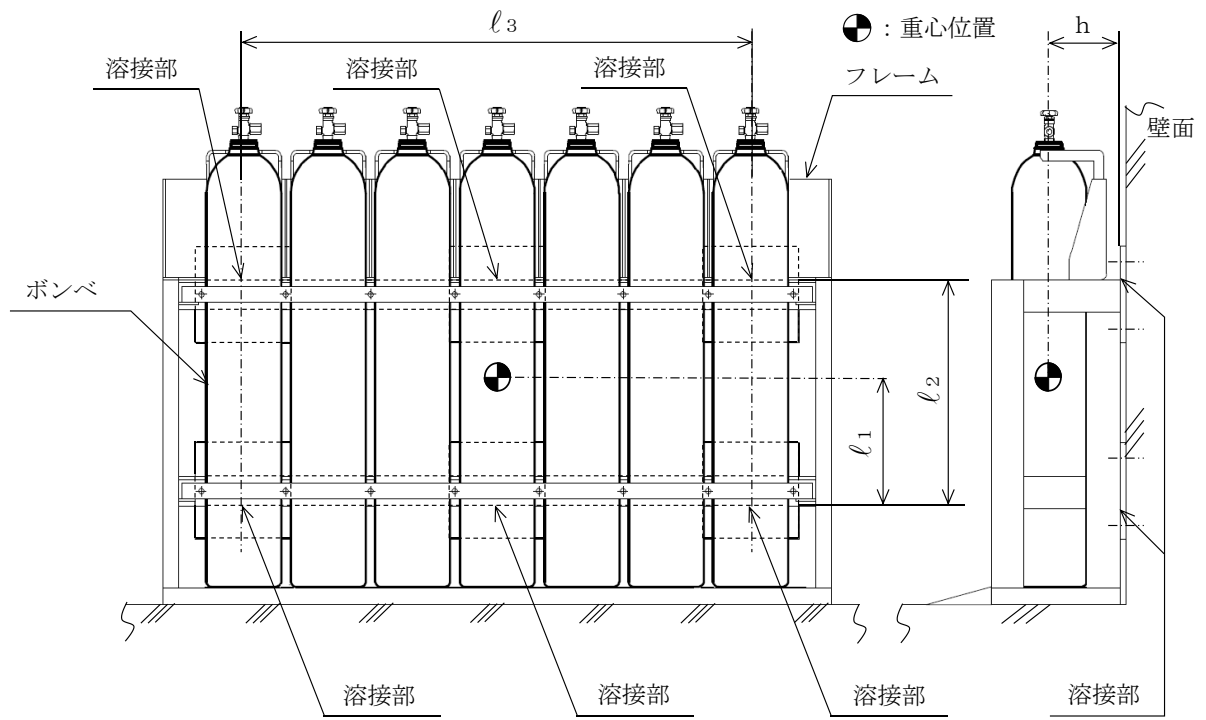
方向	固有周期
水平方向	0.05以下
鉛直方向	0.043

1.4.2 応力及び波及的影響評価

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		評価結果
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力	
ボンベラック	SS400	組合せ	—	—	$\sigma_s = 40$	$f_{tm} = 280$	○
溶接部	SS400	せん断	—	—	$\tau_w = 11$	$f_{sm} = 161$	○

すべて許容応力以下である。



ポンベラック (その1)

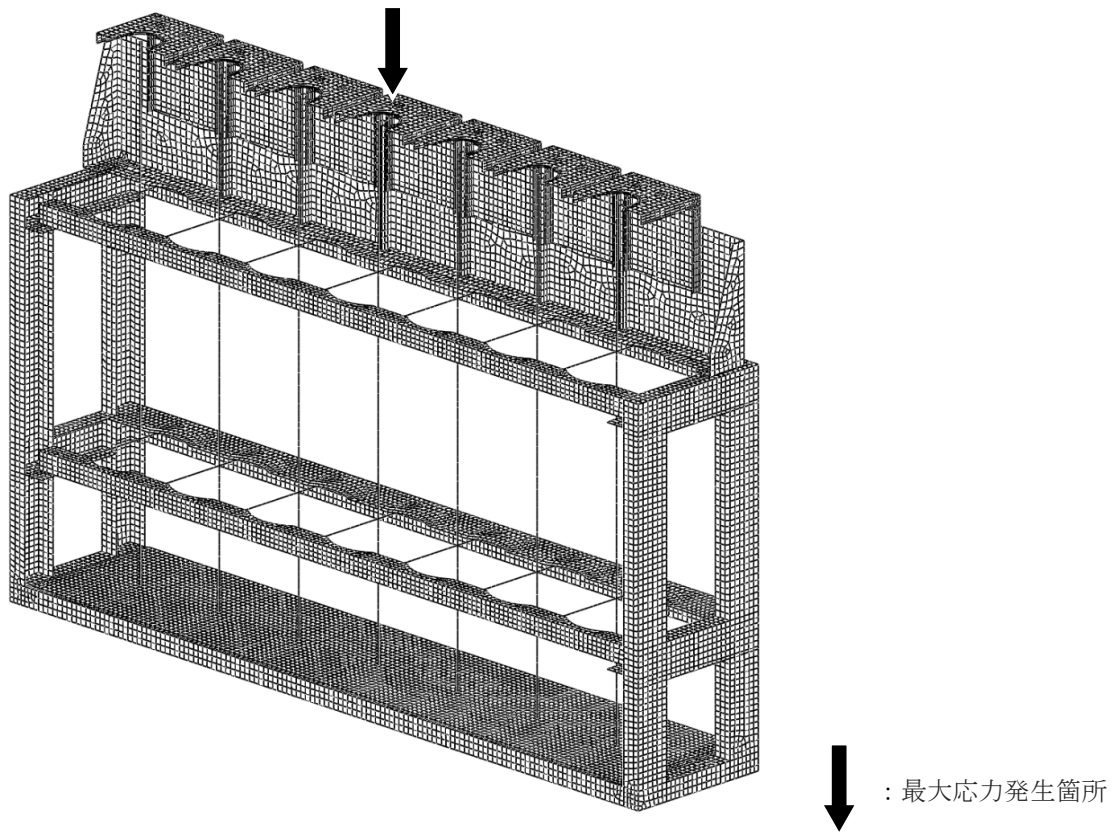


図6-1 ポンベラック (その1) の最大応力発生箇所

【ボンベラック（その2）の耐震性についての計算結果】

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び 床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度		
ボンベラック (その2)	可搬/防止	原子炉建物 EL 23.8 (EL 30.5* ¹)	0.05以下	0.042	—	—	C _H =3.61* ²	C _V =2.23* ²	—	40

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度 I（基準地震動 S_s）を上回る設計震度

2.2 機器要目

m (kg)	h (mm)	ℓ ₁ (mm)	ℓ ₂ (mm)	ℓ ₃ (mm)	A _w (mm ²)	E ₁ (MPa)	E ₂ (MPa)	ν	n	n _{VW1}	n _{HW1}
779	181	391	695	1200	763.7	2.01× 10 ⁵	2.02× 10 ⁵	0.3	6	3	2

部材	材料	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
ボンベラック	SS400 (厚さ≤16mm)	245	400	—	280
	STKR400	245	400	—	280
溶接部	SS400 (厚さ≤16mm)	245	400	—	280

2.3 計算数値

2.3.1 溶接部に作用する力 (単位：N)

部材	F _{w3}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
溶接部	—	7.314×10 ³

2.4 結論

2.4.1 固有周期 (単位：s)

方向	固有周期
水平方向	0.05以下
鉛直方向	0.042

2.4.2 応力及び波及的影響評価

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		評価結果
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力	
ボンベラック	SS400	組合せ	—	—	$\sigma_s = 39$	$f_{tm} = 280$	○
溶接部	SS400	せん断	—	—	$\tau_w = 10$	$f_{sm} = 161$	○

すべて許容応力以下である。

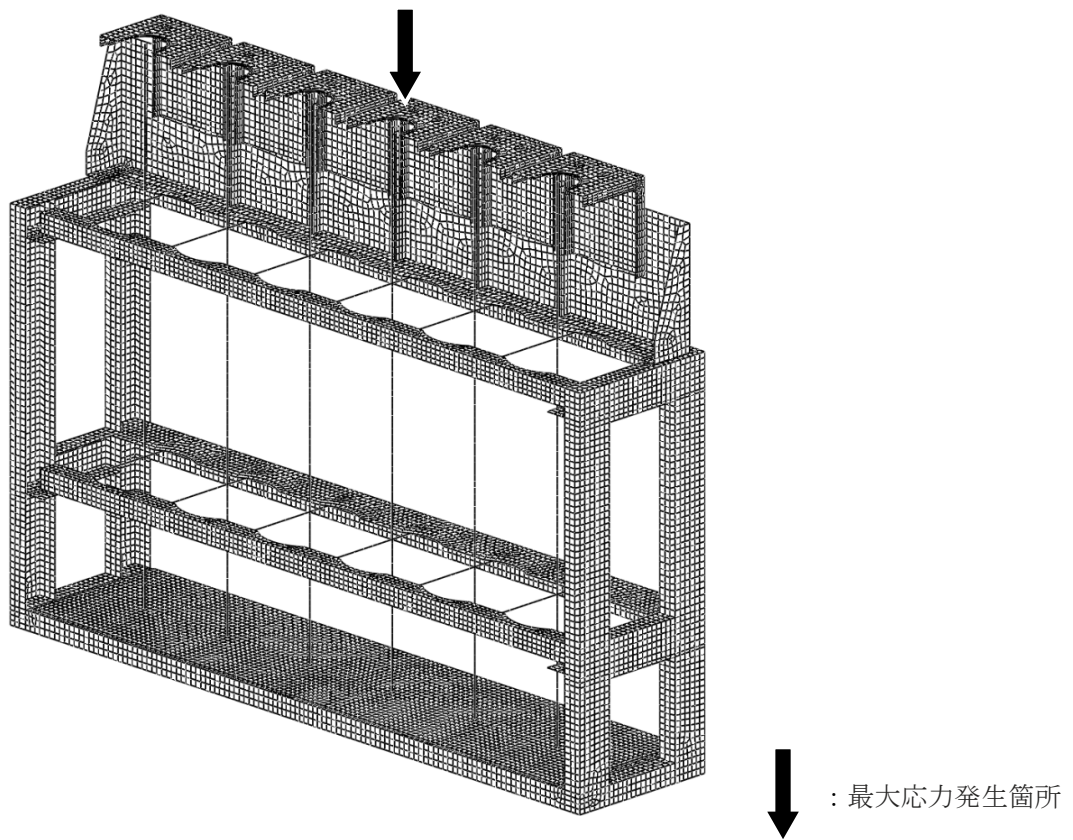
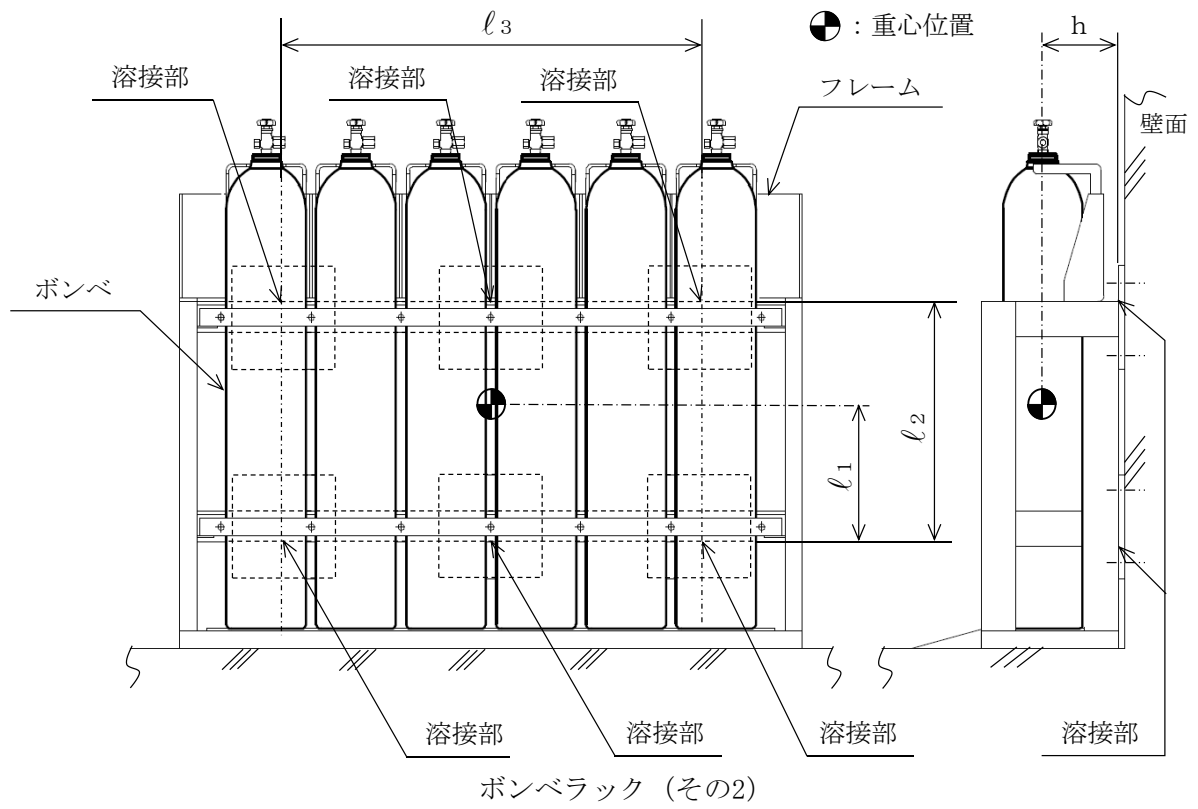


図6-2 ポンベラック (その2) の最大応力発生箇所

【ボンベラック（その3）の耐震性についての計算結果】

3. 重大事故等対処設備

3.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び 床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度		
ボンベラック (その3)	可搬/防止	原子炉建物 EL 23.8 (EL 30.5*1)	0.05以下	0.035	—	—	C _H =3.61*2	C _V =2.23*2	—	40

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度 I（基準地震動 S_s）を上回る設計震度

3.2 機器要目

m (kg)	h (mm)	ℓ ₁ (mm)	ℓ ₂ (mm)	ℓ ₃ (mm)	A _w (mm ²)	E ₁ (MPa)	E ₂ (MPa)	ν	n	n _{VW1}	n _{HW1}
328	178	317	605	760	763.7	2.01× 10 ⁵	2.02× 10 ⁵	0.3	4	2	2

部材	材料	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
ボンベラック	SS400 (厚さ≤16mm)	245	400	—	280
	STKR400	245	400	—	280
溶接部	SS400 (16mm<厚さ≤40mm)	235	400	—	280

3.3 計算数値

3.3.1 溶接部に作用する力 (単位：N)

部材	F _{w3}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
溶接部	—	4.571×10 ³

3.4 結論

3.4.1 固有周期 (単位：s)

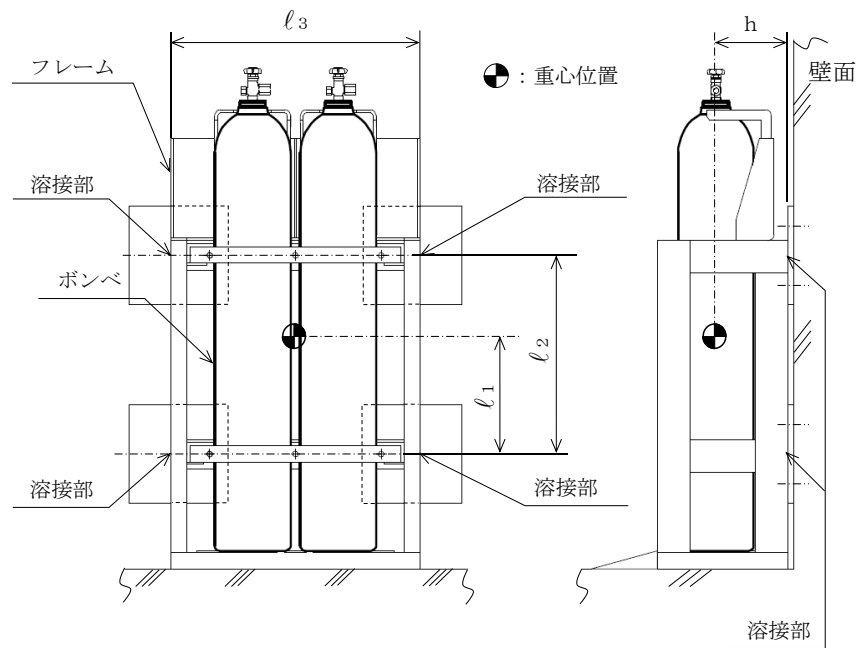
方向	固有周期
水平方向	0.05以下
鉛直方向	0.035

3.4.2 応力及び波及的影響評価

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		評価結果
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力	
ボンベラック	SS400	組合せ	—	—	$\sigma_s = 29$	$f_{tm} = 280$	○
溶接部	SS400	せん断	—	—	$\tau_w = 6$	$f_{sm} = 161$	○

すべて許容応力以下である。



ポンベラック (その3)

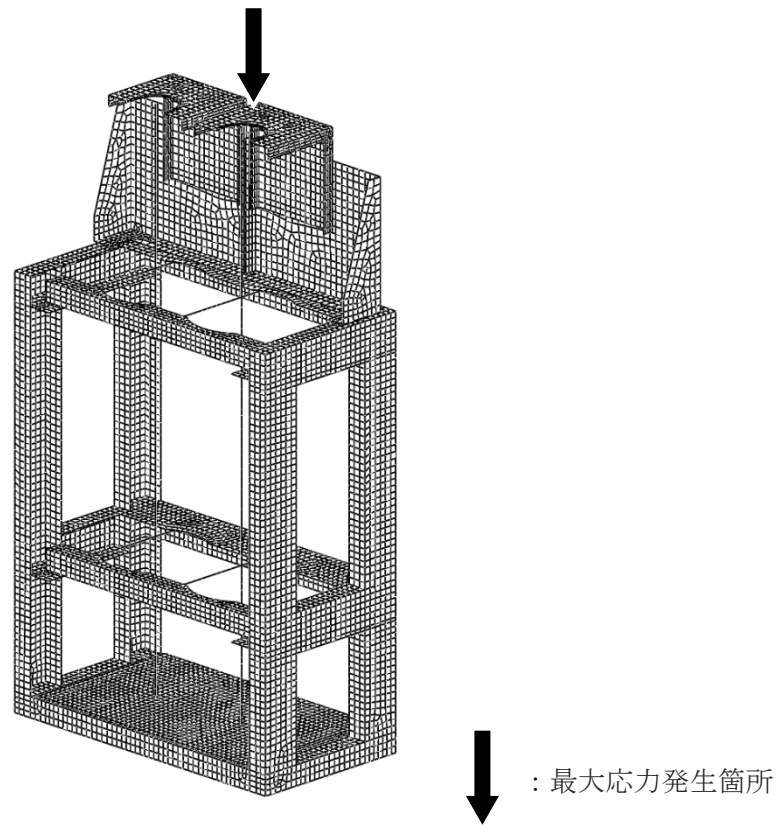


図6-3 ポンベラック (その3) の最大応力発生箇所

VI-2-別添3-4-2 中央制御室待避室正圧化装置 空気ボンベラックの耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	5
2.3 適用規格・基準等	6
2.4 記号の説明	7
2.5 計算精度と数値の丸め方	9
3. 評価部位	10
4. 地震応答解析及び構造強度評価	10
4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法	10
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	11
4.3 解析モデル及び諸元	14
4.4 固有周期	31
4.5 設計用地震力	33
4.6 計算方法	34
4.7 計算条件	42
4.8 応力の評価	42
5. 波及的影響評価	43
5.1 波及的影響評価方法	43
6. 評価結果	43
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	43

1. 概要

本計算書は、VI-2-別添3-1「可搬型重大事故等対処設備の耐震計算の方針」（以下「別添3-1」という。）の「2.2(2) ボンベ設備」にて設定している構造強度評価の方針に基づき、中央制御室待避室正圧化装置 空気ボンベラック（以下「ボンベラック」という。）が設計用地震力に対して十分な構造強度を有するとともに、当該設備による波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないことを説明するものである。

ボンベラックは、重大事故等対処設備においては重大事故緩和設備のうち可搬型のものに分類される。以下、可搬型重大事故等対処設備としての構造強度評価及び波及的影響評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

ボンベラックの構造計画を表2-1～表2-3に示す。

表2-1 構造計画 (その1)

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>ポンベラックは、壁面に基礎ボルトにて設定したアンカプレートに溶接にて固定する。</p>	<p>ポンベラックは、溶接にて組み立てたフレームにポンベ（10本）を固定板及びポンベ押さえボルトによって固定する構造である。</p>	<p style="text-align: center;">(正面図) (平面図)</p> <p style="text-align: center;">ポンベラック (その1) (単位: mm)</p>

表2-3 構造計画 (その3)

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>ボンベラックは、床面に基礎ボルトにて設定したアンカプレートに溶接にて固定する。</p>	<p>ボンベラックは、溶接にて組み立てたフレームにボンベ（5本）を固定板及びボンベ押さえボルトによって固定する構造である。</p>	<p>(正面図) (平面図)</p> <p>ボンベラック (その3, その4) (単位: mm)</p>

2.2 評価方針

ボンベラックの応力評価は、別添3-1の「2.2 評価方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示すボンベラックの部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4.3 解析モデル及び諸元」及び「4.4 固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「4. 地震応答解析及び構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、ボンベラックの波及的影響評価は、別添3-1の「2.2(2) ボンベ設備」にて設定した波及的影響評価の方針に基づき、基準地震動 S_s による地震力に対し、当該設備による波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないことを、「5. 波及的影響評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「6. 評価結果」に示す。

ボンベラックの耐震評価フローを図2-1に示す。

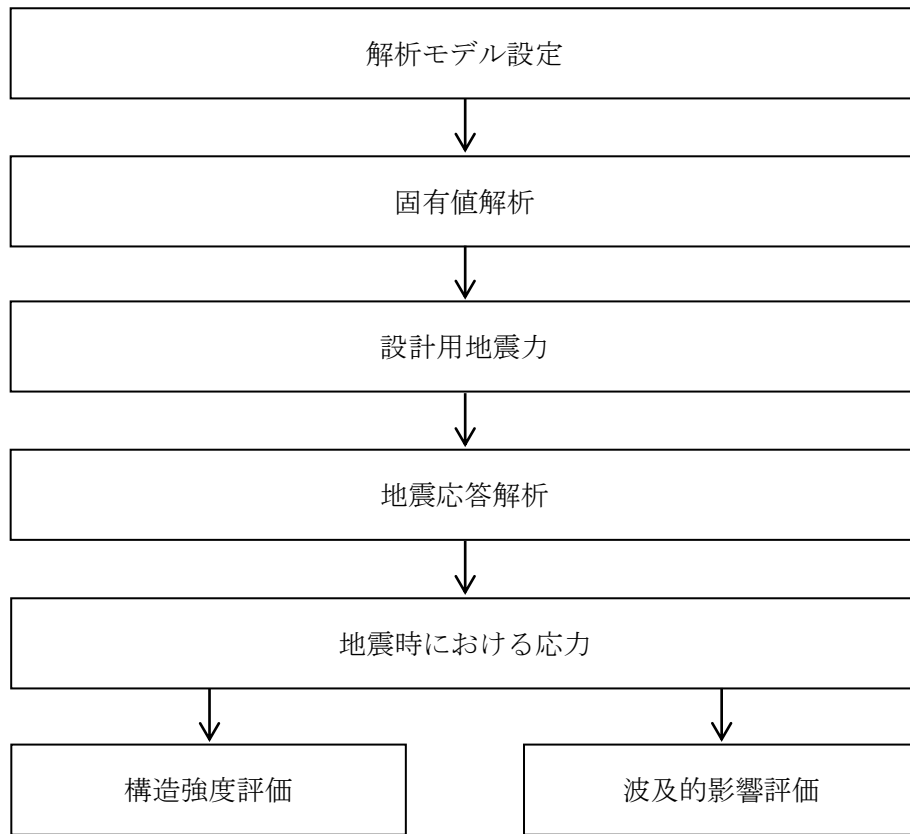


図 2-1 ボンベラックの耐震評価フロー

2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補-1984
（（社）日本電気協会）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 （（社）日本電気協会）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -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（（社）日本機械学会，2005/2007）（以下「設計・建設規格」という。）

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_{HW}	水平方向せん断力を受ける溶接部の有効断面積（全箇所当たり）	mm^2
A_{VW}	鉛直方向せん断力を受ける溶接部の有効断面積（1箇所当たり）	mm^2
A_w	溶接部の有効断面積（1箇所当たり）	mm^2
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
E_1	縦弾性係数（ボンベ）	MPa
E_2	縦弾性係数（フレーム）	MPa
F	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値	MPa
F^*	設計・建設規格 SSB-3121.3又はSSB-3133に定める値	MPa
F_w	取付面に対し前後方向に作用する最大せん断力	N
F_{HW}	溶接部に作用する水平方向せん断力	N
F_{VW}	溶接部に作用する鉛直方向せん断力	N
F_{w1}	取付面に対し平行方向に作用するせん断力	N
F_{w2}	取付面に対し前後方向に作用するせん断力（左右方向転倒）	N
F_{w3}	取付面に対し前後方向に作用するせん断力（前後方向転倒）	N
f_{sm}	溶接部の許容せん断応力	MPa
f_{tm}	ボンベラックの許容引張応力	MPa
g	重力加速度（=9.80665）	m/s^2
h	取付面から重心までの距離	mm
L_w	溶接長（1箇所当たり）	mm
l_1	重心と溶接部間の水平方向距離*	mm
l_2	重心と溶接部間の水平方向距離*	mm
l_3	重心と下側溶接部間の距離	mm
l_4	上側溶接部と下側溶接部中心間の距離	mm
l_5	左側溶接部と右側溶接部中心間の距離	mm
I_y	断面二次モーメント（y軸）	mm^4
I_z	断面二次モーメント（z軸）	mm^4
m	ボンベラックの質量	kg
n	溶接箇所数	—
n_{VW}	評価上鉛直方向せん断力を受けるとして期待する溶接箇所数	—
n_{VW1}	鉛直方向地震により取付面に対し前後方向のせん断力を受けるとして期待する溶接箇所数	—
n_{HW1}	水平方向地震により取付面に対し前後方向のせん断力を受けるとして期待する溶接箇所数	—
S	溶接部の脚長	mm
S	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表5に定める値	MPa

記号	記号の説明	単位
S_u	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値	MPa
S_y	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値	MPa
$S_y(RT)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める材料の 40℃における値	MPa
T	温度条件	℃
ν	ポアソン比	—
σ	はり要素の組合せ応力	MPa
σ_a	はり要素の軸応力	MPa
σ_b	はり要素の曲げ応力	MPa
σ_x	シェル要素のX方向応力	MPa
σ_y	シェル要素のY方向応力	MPa
σ_s	シェル要素の組合せ応力	MPa
τ	はり要素のせん断応力	MPa
τ_w	溶接部に生じる最大せん断応力	MPa
τ_{w1}	溶接部に生じる水平方向せん断応力	MPa
τ_{w2}	溶接部に生じる鉛直方向せん断応力	MPa
τ_{w3}	取付面に対し平行方向に作用するせん断応力	MPa
τ_{w4}	取付面に対し前後方向に作用するせん断応力	MPa
τ_{xy}	シェル要素のせん断応力	MPa

注記* : $l_1 \leq l_2$

2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は、表2-4に示すとおりである。

表 2-4 表示する数値の丸め方

数値の種類		単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期		s	小数点以下第4位	四捨五入	小数点以下第3位
震度		—	小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位
温度		℃	—	—	整数位
質量		kg	—	—	整数位 ^{*1}
長さ	下記以外の長さ	mm	—	—	整数位 ^{*1}
	部材断面寸法	mm	小数点以下第2位 ^{*2}	四捨五入	小数点以下第1位 ^{*3}
面積		mm ²	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 ^{*4}
モーメント		N・mm	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 ^{*4}
力		N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 ^{*4}
縦弾性係数		MPa	有効数字4桁目	四捨五入	有効数字3桁
算出応力		MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力 ^{*5}		MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位

注記*1：設計上定める値が小数点以下第1位の場合は、小数点以下第1位表示とする。

*2：設計上定める値が小数点以下第3位の場合は、小数点以下第3位表示とする。

*3：設計上定める値が小数点以下第2位の場合は、小数点以下第2位表示とする。

*4：絶対値が1000以上のときは、べき数表示とする。

*5：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の間における引張強さ及び降伏点は、比例法により補間した値の小数点以下第1位を切り捨て、整数位までの値とする。

3. 評価部位

ボンベラックの耐震評価は、「4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなるボンベラック最弱部及びアンカプレートへの溶接部について実施する。ボンベラックの耐震評価部位については、表2-1～表2-3の概略構造図に示す。

4. 地震応答解析及び構造強度評価

4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法

- (1) 地震力は、ボンベラックに対して水平方向及び鉛直方向から作用させる。
また、水平方向及び鉛直方向の動的地震力による荷重の組合せには、S R S S法を適用する。
- (2) ボンベラックは溶接により壁面または床面に固定していることから、拘束条件は溶接部を完全拘束とする。
- (3) ボンベ本体は、基準地震動 S_s による地震力に対して転倒しないことを目的としたボンベラックに、上部押さえ、固定板及びボンベ押さえボルトにて固定され収納されている。ここで、ボンベ本体は高圧ガス適用品であり、一般的な圧力容器に比べ、高い耐圧強度を有することから、はるかに剛性が高いものであるが、解析上、断面性状を考慮したはり要素としてモデル化する。
- (4) 各ボンベから配管への接続管は、接続を容易にするため可とう性をもつ形状としていること、地震時にはボンベと配管の相対変位は微小であることから、地震時の変位を十分吸収できるものとする。
- (5) ボンベラックを構成する鋼材をシェル要素及びはり要素としてモデル化した3次元FEMモデルによる固有値解析を実施する。
- (6) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

ボンベラックの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4-1に示す。

4.2.2 許容応力

ボンベラックの許容応力は、別添3-1の「3.2 許容限界」に基づき表4-2に示す。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

ボンベラックの使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4-3に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
放射線管理 施設	換気設備	中央制御室待避室 正圧化装置 空気 ボンベラック	可搬/緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IV_{AS}
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	V_{AS} (V_{AS} として IV_{AS} の許容限界を用いる。)

注記*1：「可搬/緩和」は重大事故緩和設備のうち可搬型のものを示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

*3：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」の評価に包絡されるため、評価結果の記載を省略する。

表4-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等以外 (ボンベラック))	許容限界*1, *2 (ボルト等以外 (溶接部))
	一次応力	一次応力
	組合せ	せん断
IV_{AS}	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
V_{AS} (V_{AS} として IV_{AS} の許容限界を用いる。)		

注記*1：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。

*2：当該の応力が生じない場合、規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)
		周囲環境温度					
ボンベラック	SS400 (厚さ ≤ 16mm)	周囲環境温度	40	—	245	400	—
	STKR400	周囲環境温度	40	—	245	400	—
溶接部	SS400 (厚さ ≤ 16mm)	周囲環境温度	40	—	245	400	—

4.3 解析モデル及び諸元

ボンベラックの解析モデルを図4-1～図4-3に、解析モデルの概要を以下に示す。また、機器の諸元を表4-4～表4-6及び本計算書の【ボンベラックの耐震性についての計算結果】の機器要目に示す。

- (1) ボンベラックを構成する鋼材をシェル要素及びはり要素でモデル化したFEMモデルを用いる。
- (2) ボンベラックは溶接により壁面または床面に固定していることから、拘束条件は溶接部を完全拘束とする。
- (3) 固定板とポンベはX、Y方向を固定し、上部押さえとポンベはZ方向を固定している。また、ポンベ下面とフレームは固定していない。
- (4) ポンベ、フレーム及び固定板の質量は、各々の質量をモデル体積で除した密度をモデル全体に分布させることにより与えるものとする。
- (5) 解析コードは、「ABAQUS」を使用し、固有値、ボンベラックの応力を求める。なお、評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

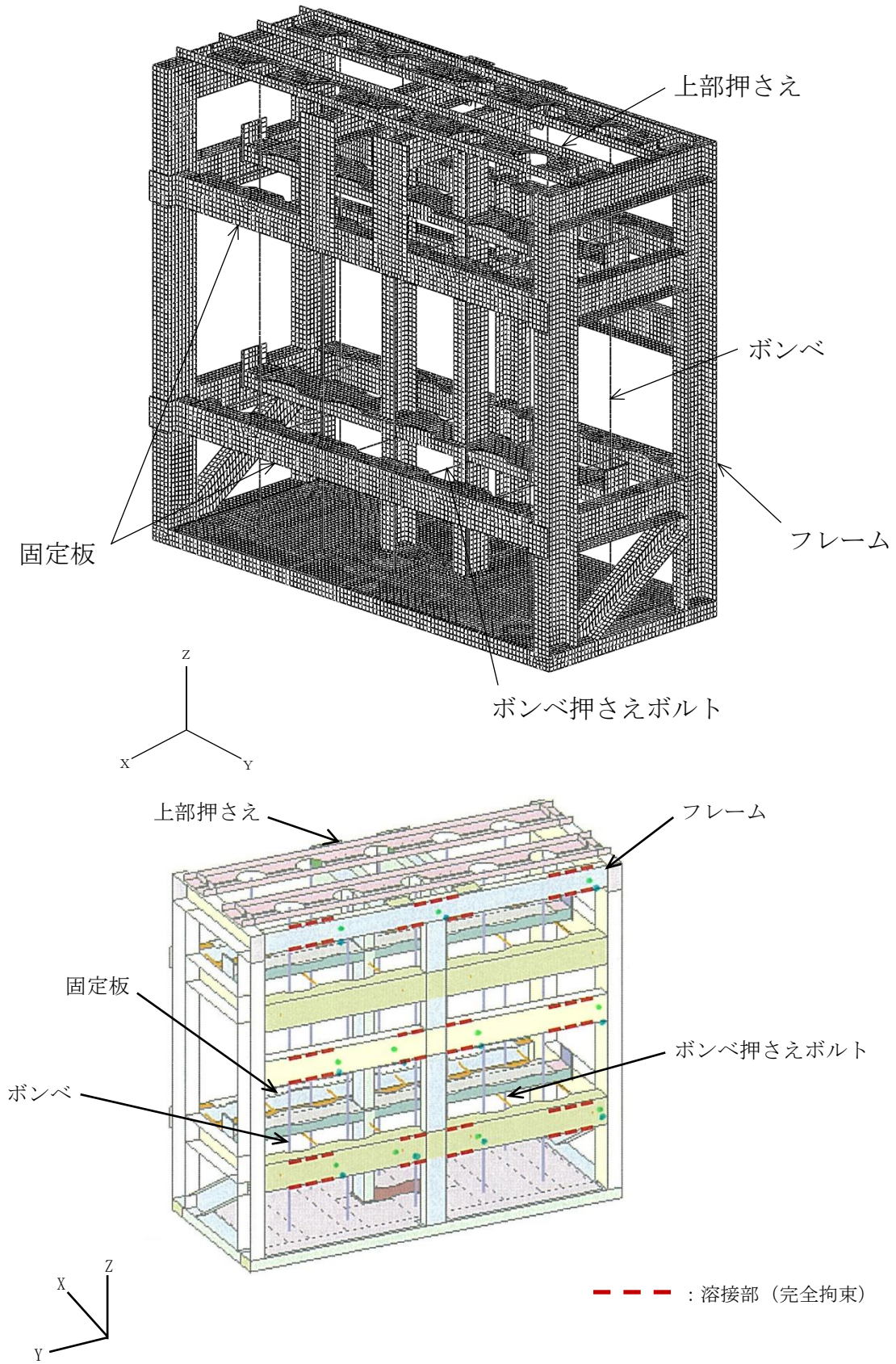


図4-1 解析モデル (ボンベラック (その1))

表 4-4 解析モデルの諸元 (ボンベラック (その 1)) (1/4)

項目	記号	単位	入力値
材質 (ボンベ)	—	—	クロムモリブデン鋼
材質 (フレーム)	—	—	SS400
材質 (固定板)	—	—	SS400
温度条件 (周囲環境温度)	T	°C	40
縦弾性係数 (ボンベ)	E ₁	MPa	2.04×10 ⁵
縦弾性係数 (フレーム)	E ₂	MPa	2.02×10 ⁵
ポアソン比	ν	—	0.3
ボンベラックの質量	m	kg	1388
ボンベ数	—	本	10
寸法	—	—	表 2-1
要素数	—	個	44152
節点数	—	個	47371

表4-4 解析モデルの諸元 (ボンベラック (その1)) (2/4)

部材	番号	要素番号	材質	諸元	縦弾性係数 (MPa)	断面積 (mm ²)	断面二次モーメント		密度 (t/mm ³)
							I _z (mm ⁴)	I _y (mm ⁴)	
ボンベ	1	43211~44150	クロム モリブ デン鋼	ボンベ φ232×5.6	2.04×10 ⁵	3.983×10 ³	2.554×10 ⁷	2.554×10 ⁷	1.360×10 ⁻⁸
フレーム	2	1~10772	SS400	溝形鋼 125×65×6×8	2.02×10 ⁵	—	—	—	9.387×10 ⁻⁹
	3	10773~22710	SS400	溝形鋼 100×50×5×7.5	2.02×10 ⁵	—	—	—	9.387×10 ⁻⁹
	4	22711~25776	SS400	山形鋼 125×90×10	2.02×10 ⁵	—	—	—	9.387×10 ⁻⁹
	5	25777~30280	SS400	板 6t-680×1480	2.02×10 ⁵	—	—	—	9.387×10 ⁻⁹
	6	30281~32656	SS400	溝形鋼 100×50×5×7.5	2.02×10 ⁵	—	—	—	9.387×10 ⁻⁹
	7	32657~34328	SS400	板 4.5t-150×1340	2.02×10 ⁵	—	—	—	9.387×10 ⁻⁹
	8	34329~34496	SS400	板 6t-110×132	2.02×10 ⁵	—	—	—	9.387×10 ⁻⁹
	9	34497~34704	SS400	板 9t-120×370	2.02×10 ⁵	—	—	—	9.387×10 ⁻⁹
	10	34705~34892	SS400	板 100×75	2.02×10 ⁵	—	—	—	9.387×10 ⁻⁹

表4-4 解析モデルの諸元 (ボンベラック (その1)) (3/4)

部材	番号	要素番号	材質	諸元	縦弾性係数 (MPa)	断面積 (mm ²)	断面二次モーメント		密度 (t/mm ³)
							I _z (mm ⁴)	I _y (mm ⁴)	
フレーム	11	34893~34964	SS400	板 9t-95×100	2.02×10 ⁵	—	—	—	9.387×10 ⁻⁹
	12	42147~42370	SS400	板 9t-100×115	2.02×10 ⁵	—	—	—	9.387×10 ⁻⁹
	13	42371~42454	SS400	板 6t-45×88	2.02×10 ⁵	—	—	—	9.387×10 ⁻⁹
	14	42455~42646	SS400	板 6t-59×112	2.02×10 ⁵	—	—	—	9.387×10 ⁻⁹
	15	42647~42660, 42663~42707, 42710~42754, 42757~42801, 42804~42848, 42851~42895, 42898~42928, 42930~42974, 42977~43021, 43024~43068, 43071~43115, 43118~43162, 43165~43209	SS400	M16	2.02×10 ⁵	2.011×10 ²	3.217×10 ³	3.217×10 ³	9.387×10 ⁻⁹

表4-4 解析モデルの諸元 (ボンベラック (その1)) (4/4)

部材	番号	要素番号	材質	諸元	縦弾性係数 (MPa)	断面積 (mm ²)	断面二次モーメント		密度 (t/mm ³)
							I _z (mm ⁴)	I _y (mm ⁴)	
フレーム	16	42661, 42662, 42708, 42709, 42755, 42756, 42802, 42803, 42849, 42850, 42896, 42897, 42929, 42975, 42976, 43022, 43023, 43069, 43070, 43116, 43117, 43163, 43164, 43210	SS400	M16	2.02×10^5	2.011×10^2	3.217×10^3	3.217×10^3	9.387×10^{-9}
固定板	17	34965~37964	SS400	板 6t-86×30	2.02×10^5	—	—	—	9.387×10^{-9}
	18	37965~40620	SS400	溝形鋼 100×50×5×7.5	2.02×10^5	—	—	—	9.387×10^{-9}
	19	40621~41420	SS400	板 4.5t-70×1340	2.02×10^5	—	—	—	9.387×10^{-9}
	20	41421~41660	SS400	板 9t-100×164	2.02×10^5	—	—	—	9.387×10^{-9}
	21	41661~42146	SS400	板 9t-140×405	2.02×10^5	—	—	—	9.387×10^{-9}

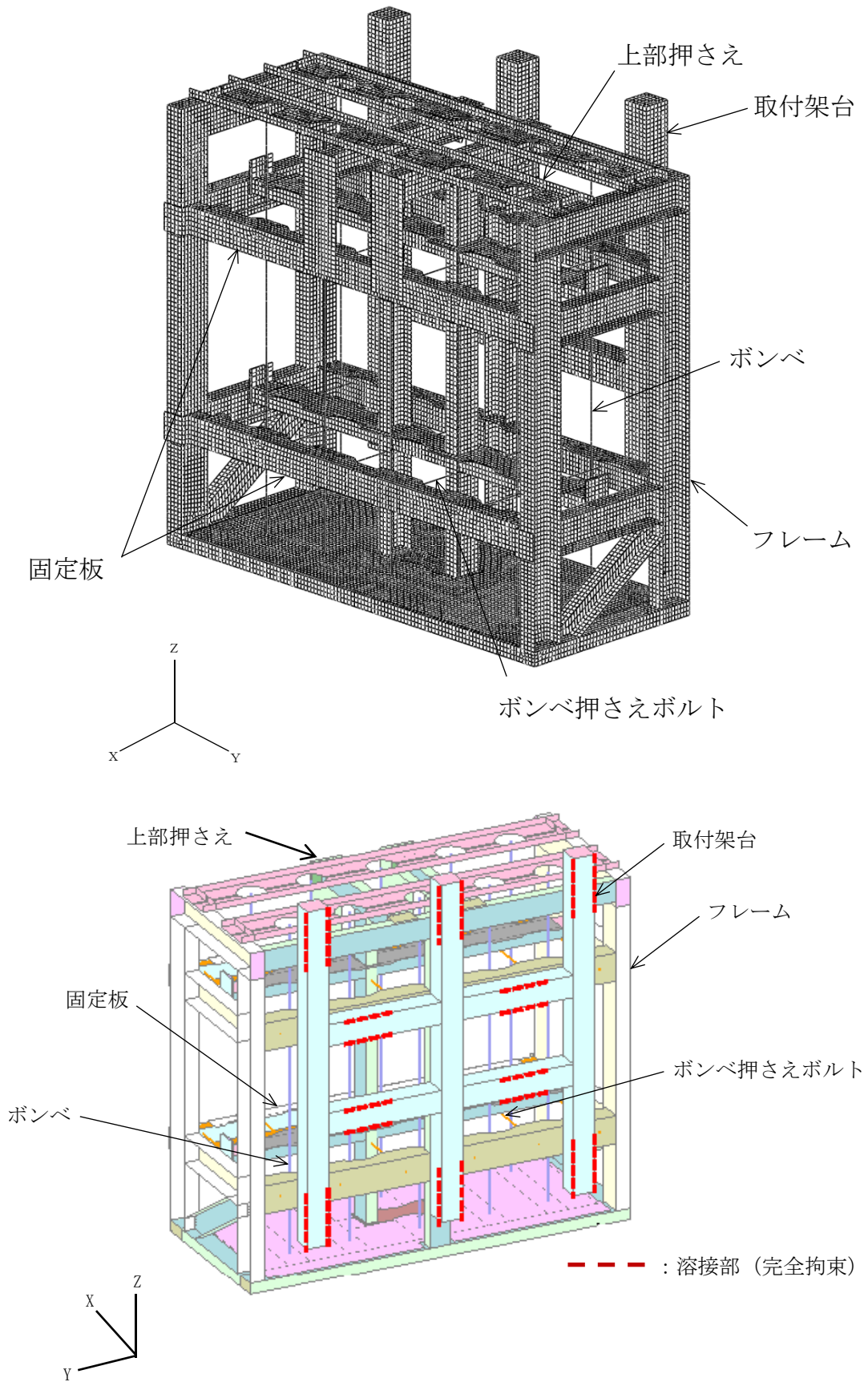


図4-2 解析モデル (ボンベラック (その2))

表 4-5 解析モデルの諸元 (ボンベラック (その 2)) (1/5)

項目	記号	単位	入力値
材質 (ボンベ)	—	—	クロムモリブデン鋼
材質 (フレーム)	—	—	SS400
材質 (取付架台)	—	—	SS400/STKR400
材質 (固定板)	—	—	SS400
温度条件 (周囲環境温度)	T	°C	40
縦弾性係数 (ボンベ)	E_1	MPa	2.04×10^5
縦弾性係数 (フレーム)	E_2	MPa	2.02×10^5
ポアソン比	ν	—	0.3
ボンベラックの質量	m	kg	1500.4
ボンベ数	—	本	10
寸法	—	—	表 2-2
要素数	—	個	52902
節点数	—	個	55980

表4-5 解析モデルの諸元 (ボンベラック (その2)) (2/5)

部材	番号	要素番号	材質	諸元	縦弾性係数 (MPa)	断面積 (mm ²)	断面二次モーメント		密度 (t/mm ³)
							I _z (mm ⁴)	I _y (mm ⁴)	
ボンベ	1	51961~52900	クロム モリブ デン鋼	ボンベ φ232×5.6	2.04×10 ⁵	3.983×10 ³	2.554×10 ⁷	2.554×10 ⁷	1.360×10 ⁻⁸
フレーム	2	1~9172	SS400	溝形鋼 125×65×6×8	2.02×10 ⁵	—	—	—	9.769×10 ⁻⁹
	3	9173~21198	SS400	溝形鋼 100×50×5×7.5	2.02×10 ⁵	—	—	—	9.769×10 ⁻⁹
	4	21199~24366	SS400	山形鋼 125×90×10	2.02×10 ⁵	—	—	—	9.769×10 ⁻⁹
	5	24367~28870	SS400	板 6t-680×1480	2.02×10 ⁵	—	—	—	9.769×10 ⁻⁹
	6	28871~31246	SS400	溝形鋼 100×50×5×7.5	2.02×10 ⁵	—	—	—	9.769×10 ⁻⁹
	7	31247~32918	SS400	板 4.5t-150×1340	2.02×10 ⁵	—	—	—	9.769×10 ⁻⁹
	8	32919~33086	SS400	板 6t-110×132	2.02×10 ⁵	—	—	—	9.769×10 ⁻⁹
	9	33087~33294	SS400	板 9t-120×370	2.02×10 ⁵	—	—	—	9.769×10 ⁻⁹
	10	33295~33482	SS400	板 100×75	2.02×10 ⁵	—	—	—	9.769×10 ⁻⁹

表4-5 解析モデルの諸元 (ボンベラック (その2)) (3/5)

部材	番号	要素番号	材質	諸元	縦弾性係数 (MPa)	断面積 (mm ²)	断面二次モーメント		密度 (t/mm ³)
							I _z (mm ⁴)	I _y (mm ⁴)	
フレーム	11	33483~33554	SS400	板 9t-95×100	2.02×10 ⁵	—	—	—	9.769×10 ⁻⁹
	12	40737~40960	SS400	板 9t-100×115	2.02×10 ⁵	—	—	—	9.769×10 ⁻⁹
	13	40961~41044	SS400	板 6t-45×88	2.02×10 ⁵	—	—	—	9.769×10 ⁻⁹
	14	41045~41172	SS400	板 6t-59×112	2.02×10 ⁵	—	—	—	9.769×10 ⁻⁹
	15	51398~51442, 51445~51489, 51492~51536, 51539~51583, 51586~51630, 51633~51677, 51680~51724, 51727~51771, 51774~51818, 51821~51865, 51868~51912, 51915~51959	SS400	M16	2.02×10 ⁵	2.011×10 ²	3.217×10 ³	3.217×10 ³	9.769×10 ⁻⁹

表4-5 解析モデルの諸元 (ボンベラック (その2)) (4/5)

部材	番号	要素番号	材質	諸元	縦弾性係数 (MPa)	断面積 (mm ²)	断面二次モーメント		密度 (t/mm ³)
							I _z (mm ⁴)	I _y (mm ⁴)	
フレーム	16	51397, 51443, 51444, 51490, 51491, 51537, 51538, 51584, 51585, 51631, 51632, 51678, 51679, 51725, 51726, 51772, 51773, 51819, 51820, 51866, 51867, 51913, 51914, 51960	SS400	M16	2.02×10^5	2.011×10^2	3.217×10^3	3.217×10^3	9.769×10^{-9}
	17	33555~36554	SS400	板 6t-86×30	2.02×10^5	—	—	—	9.769×10^{-9}
	18	40251~40736	SS400	板 9t-140×405	2.02×10^5	—	—	—	9.769×10^{-9}
取付架台	19	41173~51180	STKR400	角型鋼管 100×100×6	2.02×10^5	—	—	—	—
	20	51181~51396	SS400	板 3.2t	2.02×10^5	—	—	—	—

表4-5 解析モデルの諸元 (ボンベラック (その2)) (5/5)

部材	番号	要素番号	材質	諸元	縦弾性係数 (MPa)	断面積 (mm ²)	断面二次モーメント		密度 (t/mm ³)
							I _z (mm ⁴)	I _y (mm ⁴)	
固定板	21	36555~39210	SS400	溝形鋼 100×50×5×7.5	2.02×10^5	—	—	—	9.769×10^{-9}
	22	39211~40010	SS400	板 4.5t-70×1340	2.02×10^5	—	—	—	9.769×10^{-9}
	23	40011~40250	SS400	板 9t-100×164	2.02×10^5	—	—	—	9.769×10^{-9}

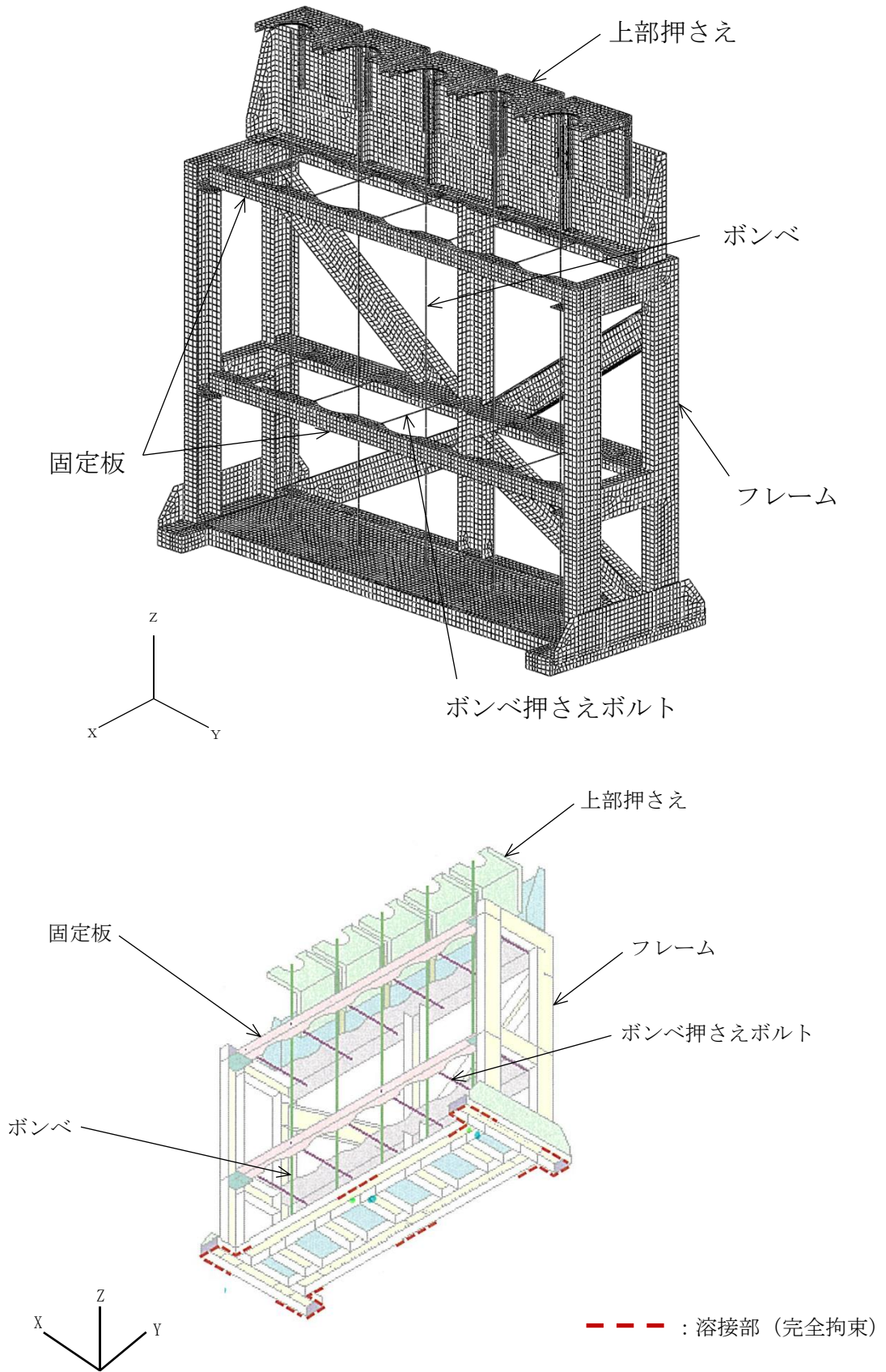


図4-3 解析モデル (ボンベラック (その3, その4))

表 4-6 解析モデルの諸元 (ポンベラック (その 3, その 4)) (1/4)

項目	記号	単位	入力値
材質 (ポンベ)	—	—	クロムモリブデン鋼
材質 (フレーム)	—	—	SS400
材質 (固定板)	—	—	SS400/STKR400
温度条件 (周囲環境温度)	T	℃	40
縦弾性係数 (ポンベ)	E ¹	MPa	2.04×10 ⁵
縦弾性係数 (フレーム)	E ²	MPa	2.02×10 ⁵
ポアソン比	ν	—	0.3
ポンベラックの質量	m	kg	802
ポンベ数	—	本	5
寸法	—	—	表 2-3
要素数	—	個	28559
節点数	—	個	30047

表4-6 解析モデルの諸元 (ボンベラック (その3, その4)) (2/4)

部材	番号	要素番号	材質	諸元	縦弾性係数 (MPa)	断面積 (mm ²)	断面二次モーメント		密度 (t/mm ³)
							I _z (mm ⁴)	I _y (mm ⁴)	
ボンベ	1	28113~28557	クロム モリブ デン鋼	ボンベ φ232×5.6	2.04×10 ⁵	3.983×10 ³	2.554×10 ⁷	2.554×10 ⁷	1.357×10 ⁻⁸
フレーム	2	1~11972	SS400	溝形鋼 100×50×5×7.5	2.02×10 ⁵	—	—	—	9.886×10 ⁻⁹
	3	11973~15362	SS400	板 9t-230×30	2.02×10 ⁵	—	—	—	9.886×10 ⁻⁹
	4	15363~18032	SS400	板 9t-310×55	2.02×10 ⁵	—	—	—	9.886×10 ⁻⁹
	5	18033~18368	SS400	平鋼 30×6	2.02×10 ⁵	—	—	—	9.886×10 ⁻⁹
	6	18369~21236	SS400	山形鋼 125×90×10	2.02×10 ⁵	—	—	—	9.886×10 ⁻⁹
	7	21237~21528	SS400	板 6t-100×100	2.02×10 ⁵	—	—	—	9.886×10 ⁻⁹
	8	24625~26890	SS400	板 6t-380×1380	2.02×10 ⁵	—	—	—	9.886×10 ⁻⁹
	9	26891~26988	SS400	板 6t-45×88	2.02×10 ⁵	—	—	—	9.886×10 ⁻⁹
	10	27053~27108	SS400	板 12t-45×88	2.02×10 ⁵	—	—	—	9.886×10 ⁻⁹

表4-6 解析モデルの諸元 (ボンベラック (その3, その4)) (3/4)

部材	番号	要素番号	材質	諸元	縦弾性係数 (MPa)	断面積 (mm ²)	断面二次モーメント		密度 (t/mm ³)
							I _z (mm ⁴)	I _y (mm ⁴)	
フレーム	11	27109~27800	SS400	板 9t-120×580	2.02×10^5	—	—	—	9.886×10^{-9}
	12	27801~27817, 27820~27843, 27846~27869, 27872~27895, 27898~27912, 27914~27937, 27940~27963, 27966~27989, 27992~28015, 28018~28041, 28044~28067, 28069~28077, 28080~28103, 28106~28112	SS400	M16	2.02×10^5	2.011×10^2	3.217×10^3	3.217×10^3	9.886×10^{-9}

表4-6 解析モデルの諸元 (ボンベラック (その3, その4)) (4/4)

部材	番号	要素番号	材質	諸元	縦弾性係数 (MPa)	断面積 (mm ²)	断面二次モーメント		密度 (t/mm ³)
							I _z (mm ⁴)	I _y (mm ⁴)	
フレーム	13	27818, 27819, 27844, 27845, 27870, 27871, 27896, 27897, 27913, 27938, 27939, 27964, 27965, 27990, 27991, 28016, 28017, 28042, 28043, 28068, 28078, 28079, 28104, 28105	SS400	M16	2.02×10^5	2.011×10^2	3.217×10^3	3.217×10^3	9.886×10^{-9}
固定板	14	21529~24624	STKR400	角形鋼管 50×50×3.2	2.02×10^5	—	—	—	9.886×10^{-9}
	15	26989~27052	SS400	板 4.5t-43×43	2.02×10^5	—	—	—	9.886×10^{-9}

4.4 固有周期

固有値解析の結果を表4-7に示す。固有周期は、0.05秒以下であり、剛構造であることを確認した。また、振動モード図（1次）を図4-4～図4-6に示す。

表 4-7 固有値解析結果

機器名称	モード	卓越方向	固有周期 (s)	水平方向刺激係数		鉛直方向 刺激係数
				X方向	Y方向	
ボンベラック (その1)	1次	鉛直	0.041	—	—	—
ボンベラック (その2)	1次	鉛直	0.043	—	—	—
ボンベラック (その3, その4)	1次	水平	0.046	—	—	—

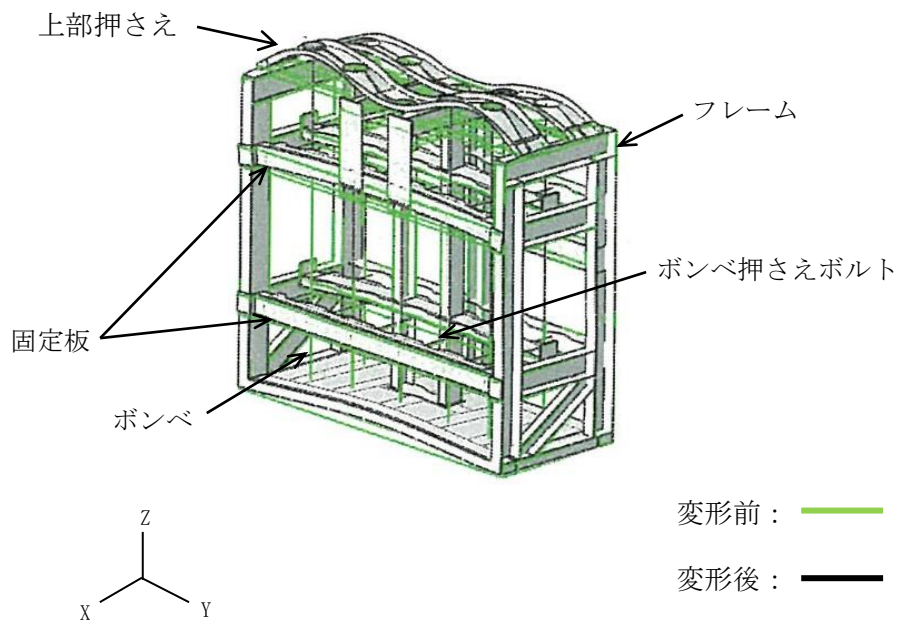


図4-4 振動モード図（1次）（ボンベラック（その1））

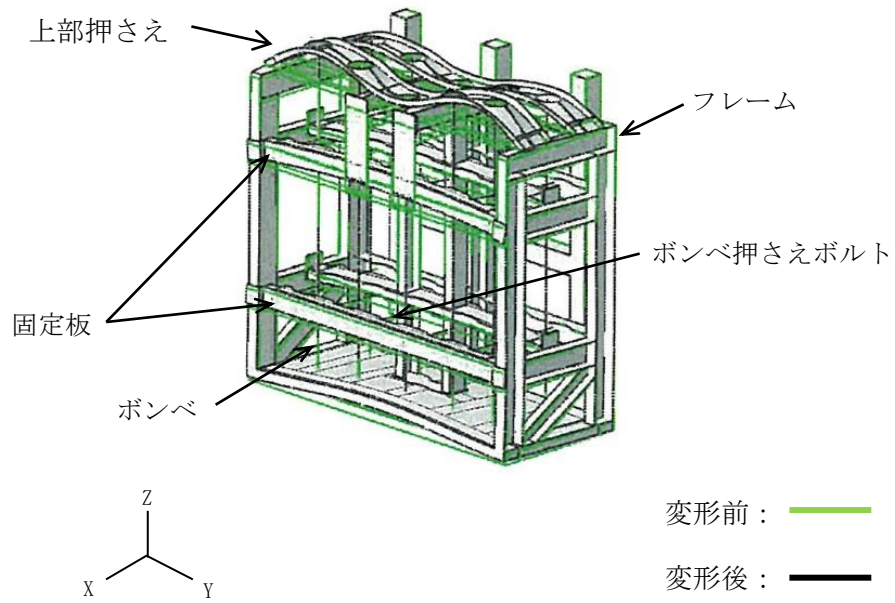


図4-5 振動モード図 (1次) (ポンベラック (その2))

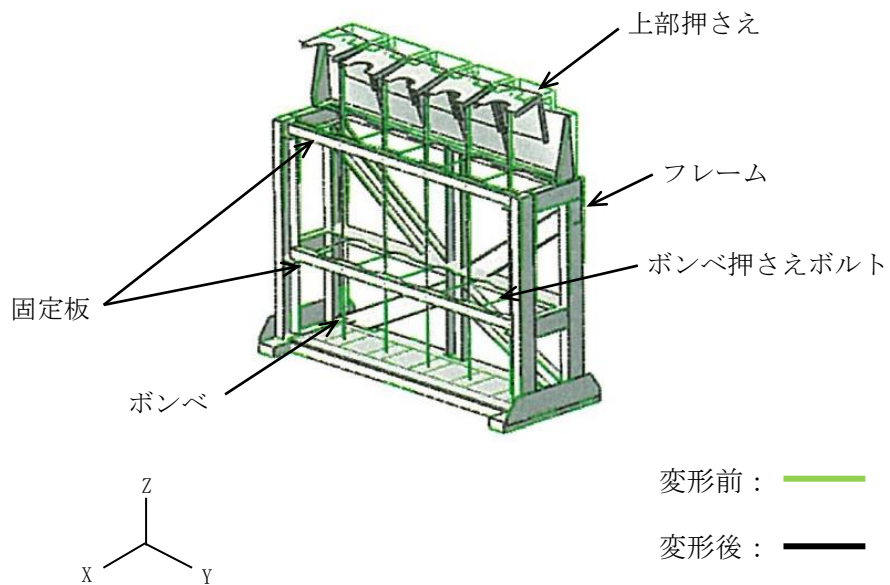


図4-6 振動モード図 (1次) (ポンベラック (その3, その4))

4.5 設計用地震力

ボンベラックの設計用地震力のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4-8に示す。
「基準地震動 S_s 」による地震力は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定する。

表 4-8 設計用地震力（重大事故等対処設備）

機器名称	据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s	
		水平 方向	鉛直 方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
ボンベラック (その1)	廃棄物処理建物 EL 16.9 (EL 22.1 ^{*1})	0.05 以下	0.041	—	—	$C_H=1.58^{*2}$	$C_V=1.34^{*2}$
ボンベラック (その2)	廃棄物処理建物 EL 16.93 (EL 22.1 ^{*1})	0.05 以下	0.043				
ボンベラック (その3)	廃棄物処理建物 EL 16.9 ^{*1}	0.046	0.05 以下			$C_H=1.55^{*2}$	$C_V=1.19^{*2}$
ボンベラック (その4)	廃棄物処理建物 EL 25.3 (EL 26.7 ^{*1})					$C_H=1.76^{*2}$	$C_V=1.40^{*2}$

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度 I（基準地震動 S_s ）を上回る設計震度

4.6 計算方法

4.6.1 応力の計算方法

4.6.1.1 ボンベラック（はり要素）の応力

ボンベラックの応力は、自重、鉛直方向地震及び水平方向地震（X, Y）を考慮し、シェル要素及びはり要素による解析結果を用いる。ここで、はり要素の組合せ応力の算出式は下記による。

応力の種類	単位	応力算出式
組合せ応力	MPa	$\sigma = \sqrt{(\sigma_a + \sigma_b)^2 + 3 \cdot \tau^2}$

4.6.1.2 ボンベラック（シェル要素）の応力

ボンベラックの応力は、自重、鉛直方向地震及び水平方向地震（X, Y）を考慮し、シェル要素及びはり要素による解析結果を用いる。ここで、シェル要素の組合せ応力の算出式は下記による。

応力の種類	単位	応力算出式
組合せ応力	MPa	$\sigma_s = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \cdot \sigma_y + 3 \cdot \tau_{xy}^2}$

4.6.1.3 ボンベラック（床置形） 溶接部の応力

(1) 水平方向せん断応力

溶接部に対する水平方向せん断力は全溶接部で受けるものとして計算する。

水平方向せん断力（F_{HW}）

$$F_{HW} = C_H \cdot m \cdot g \quad \dots \dots \dots (4.6.1.3.1)$$

水平方向せん断応力（τ_{w1}）

$$\tau_{w1} = \frac{F_{HW}}{A_{HW}} \quad \dots \dots \dots (4.6.1.3.2)$$

(2) 鉛直方向せん断応力

溶接部に対する力は最も厳しい条件として、図4-7～図4-10で最外列の溶接部を支点とする転倒を考え、これを片側の最外列の溶接部で受けるものとして計算する。

鉛直方向せん断力 (F_{vw})

計算モデル図4-7及び図4-9の場合のせん断力

$$F_{vw} = \frac{m \cdot g \cdot C_H \cdot h - m \cdot g \cdot (1 - C_V) \cdot l_1}{n_{vw} \cdot (l_1 + l_2)} \dots\dots\dots (4.6.1.3.3)$$

計算モデル図4-8及び図4-10の場合のせん断力

$$F_{vw} = \frac{m \cdot g \cdot C_H \cdot h - m \cdot g \cdot (1 - C_V) \cdot l_2}{n_{vw} \cdot (l_1 + l_2)} \dots\dots\dots (4.6.1.3.4)$$

鉛直方向せん断応力 (τ_{w2})

$$\tau_{w2} = \frac{F_{vw}}{A_{vw}} \dots\dots\dots (4.6.1.3.5)$$

ここで、せん断を受ける溶接部の有効断面積 A_{HW} 、 A_{vw} は、

$$A_{HW} = (S / \sqrt{2}) \times L_w \dots\dots\dots (4.6.1.3.6)$$

$$A_{vw} = (S / \sqrt{2}) \times L_w \dots\dots\dots (4.6.1.3.7)$$

(3) 溶接部の応力

$$\tau_w = \text{Max} (\tau_{w1}, \tau_{w2}) \dots\dots\dots (4.6.1.3.8)$$

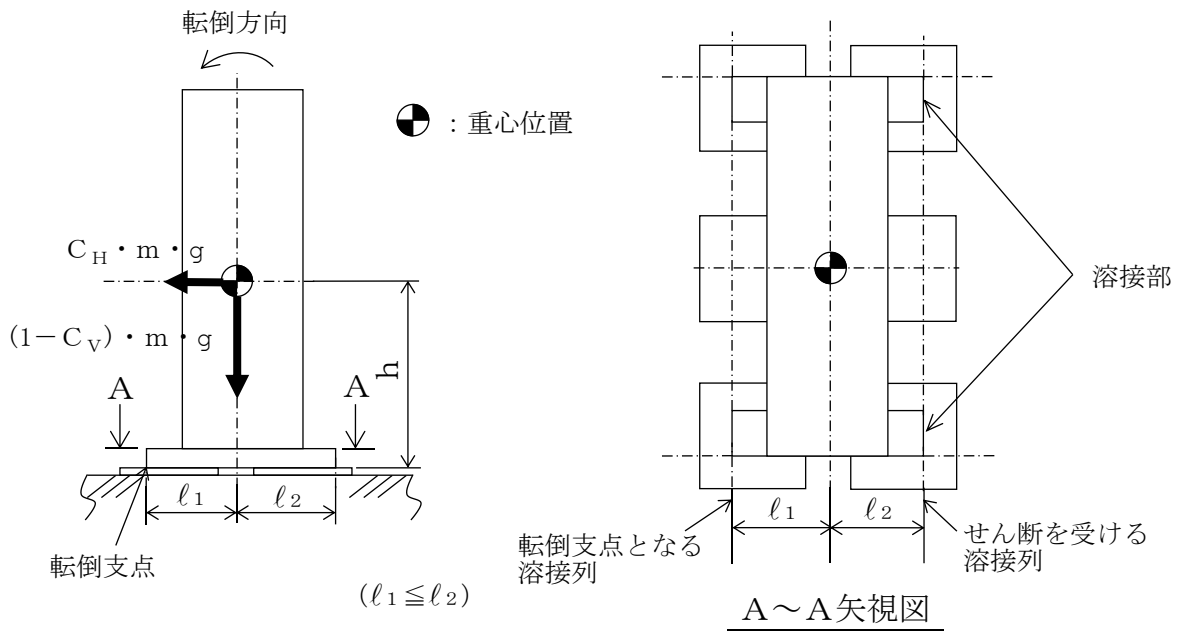


図4-7 計算モデル（短辺方向転倒-1 ($1 - C_V \geq 0$ の場合）

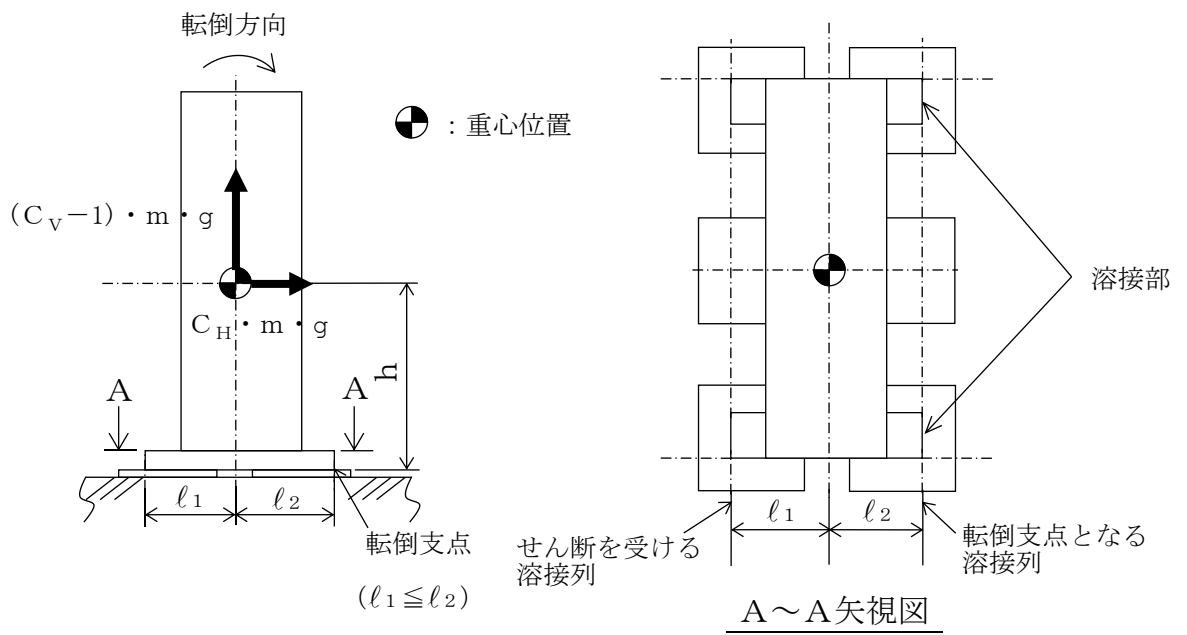
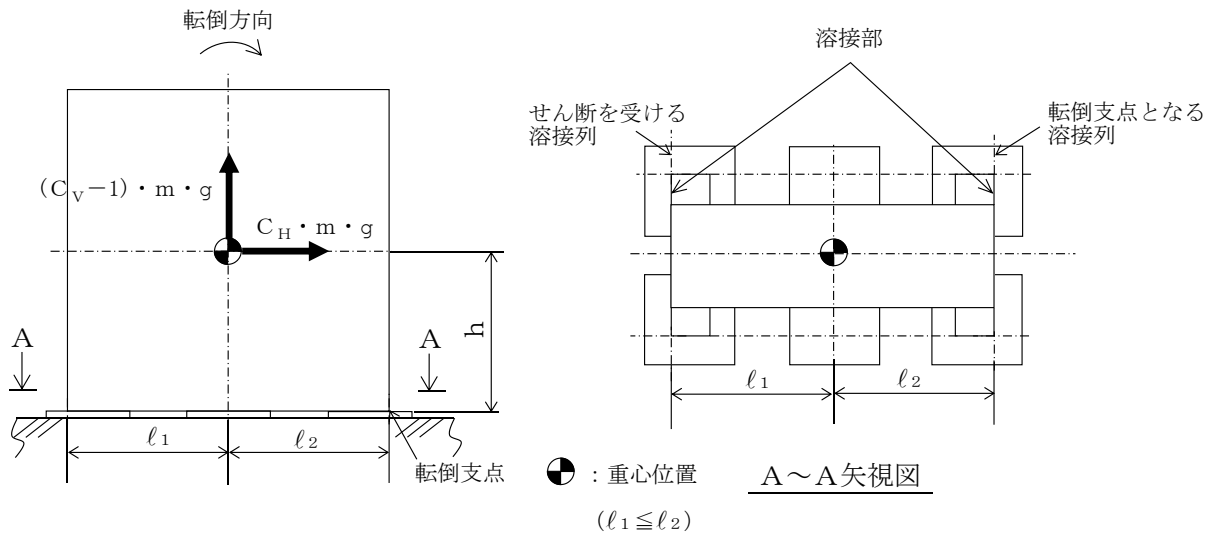
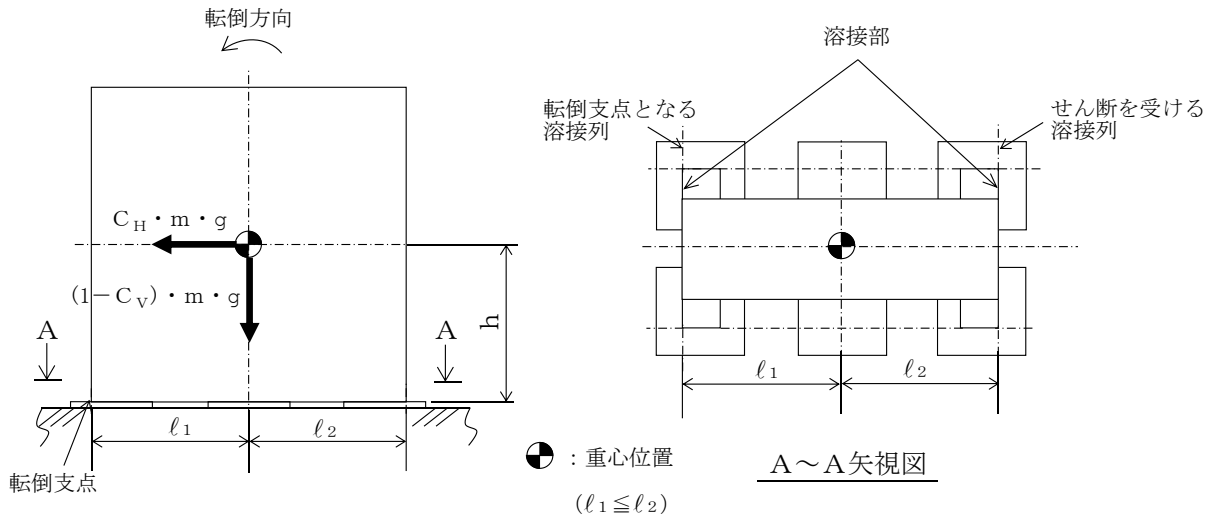


図4-8 計算モデル（短辺方向転倒-2 ($1 - C_V < 0$ の場合）



4.6.1.4 ボンベラック（壁掛床置形） 溶接部の応力

(1) ボンベラック取付面に対し平行方向に作用するせん断応力

ボンベラック取付面に対し平行方向に作用するせん断力は全溶接部で受けるものとして計算する。

$$F_{w1} = \sqrt{(m \cdot C_H \cdot g)^2 + (m \cdot (1 + C_V) \cdot g)^2} \quad \dots\dots\dots (4.6.1.4.1)$$

ボンベラック取付面に対し平行方向に作用するせん断応力（ τ_{w3} ）

$$\tau_{w3} = \frac{F_{w1}}{n \cdot A_w} \quad \dots\dots\dots (4.6.1.4.2)$$

ここで、せん断を受ける溶接部の有効断面積 A_w は、

$$A_w = (S / \sqrt{2}) \times L_w \quad \dots\dots\dots (4.6.1.4.3)$$

(2) ボンベラック取付面に対し前後方向に作用するせん断応力

溶接部に対する力は最も厳しい条件として、図4-11～図4-14で最外列の溶接部を支点とする転倒を考え、これを片側の最外列の溶接部で受けるものとして計算する。

計算モデル図4-11及び図4-13に示す左右方向転倒の場合のせん断力（ F_{w2} ）

$$F_{w2} = \frac{m \cdot (1 + C_V) \cdot h \cdot g}{n_{vw1} \cdot \ell_4} + \frac{m \cdot C_H \cdot h \cdot g}{n_{HW1} \cdot \ell_5} \quad \dots\dots\dots (4.6.1.4.4)$$

計算モデル図4-12及び図4-14に示す前後方向転倒の場合のせん断力（ F_{w3} ）

$$F_{w3} = \frac{m \cdot (1 + C_V) \cdot h \cdot g + m \cdot C_H \cdot \ell_3 \cdot g}{n_{vw1} \cdot \ell_4} \quad \dots\dots\dots (4.6.1.4.5)$$

ボンベラック取付面に対し前後方向に作用するせん断力

$$F_w = \text{Max} (F_{w2}, F_{w3}) \quad \dots\dots\dots (4.6.1.4.6)$$

ボンベラック取付面に対し前後方向に作用するせん断応力（ τ_{w4} ）

$$\tau_{w4} = \frac{F_w}{A_w} \quad \dots\dots\dots (4.6.1.4.7)$$

(3) 溶接部の応力

$$\tau_w = \text{Max} (\tau_{w3}, \tau_{w4}) \dots\dots\dots (4.6.1.4.8)$$

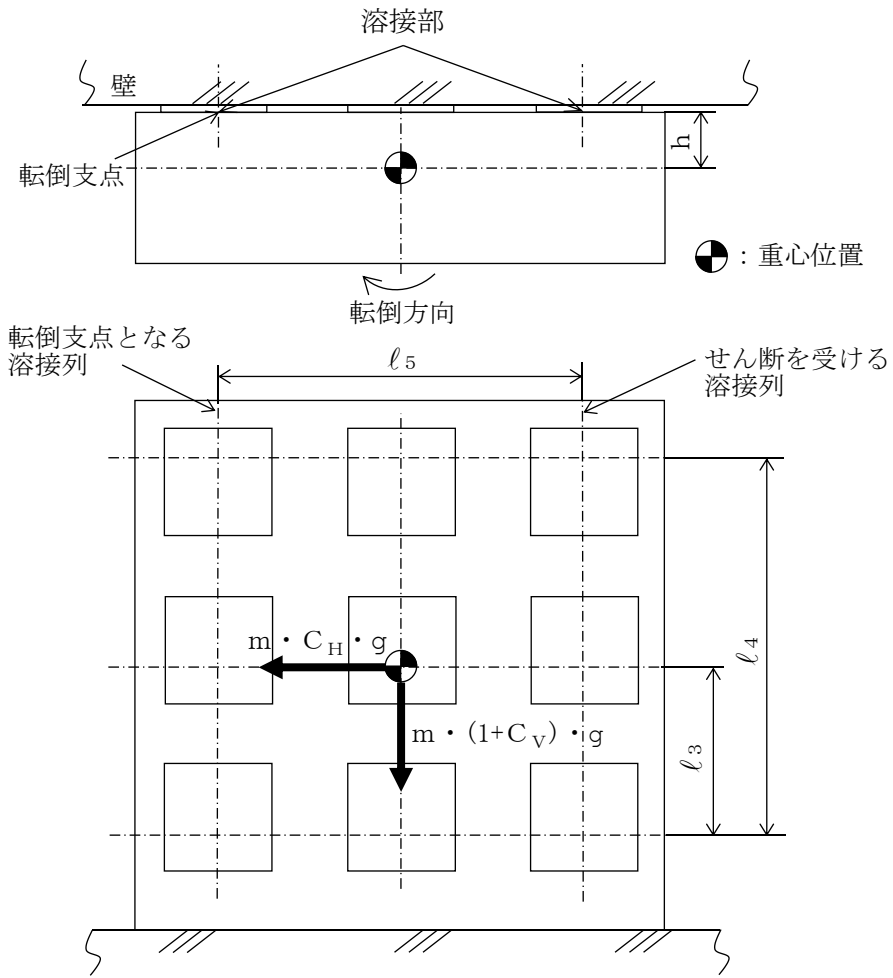


図4-11 計算モデル（左右方向転倒）

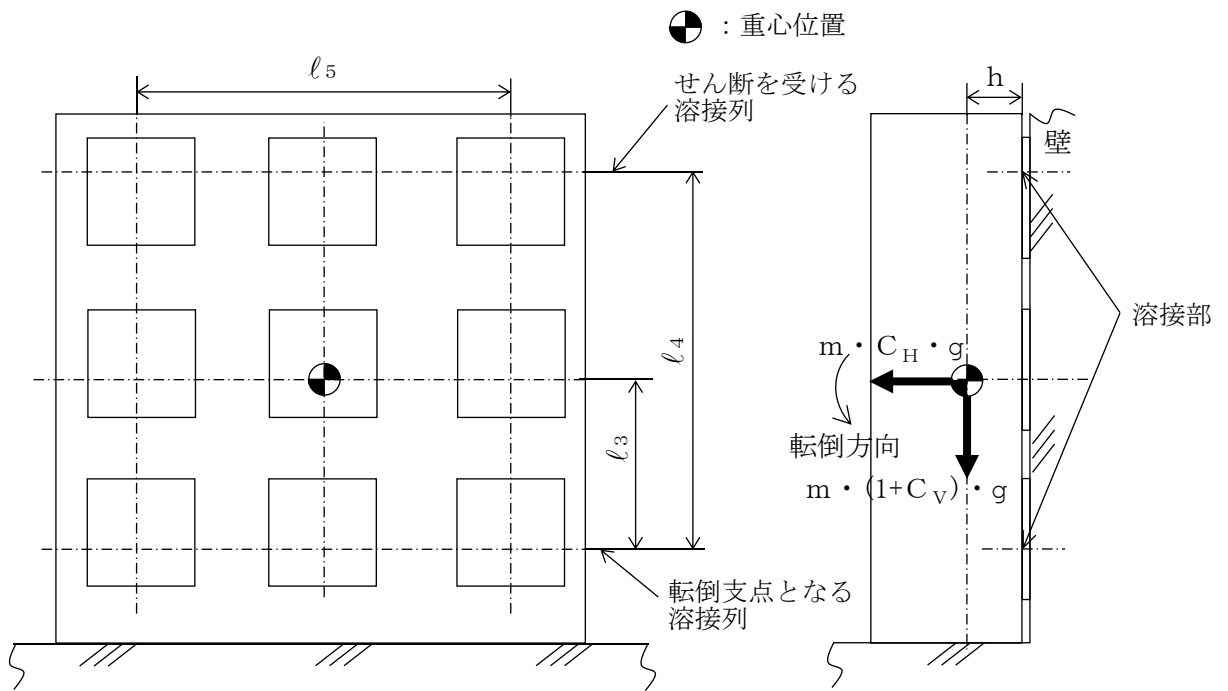
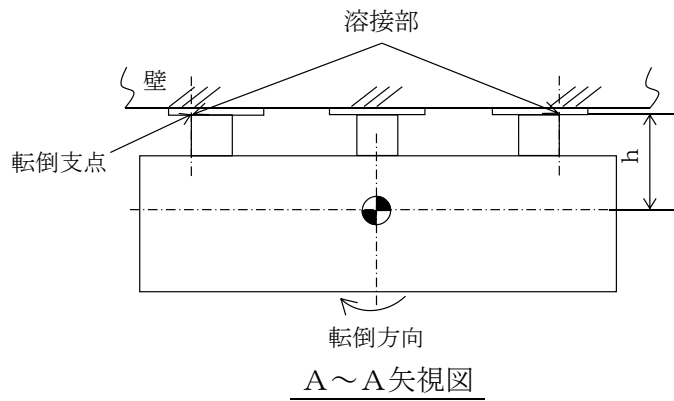


図4-12 計算モデル（前後方向転倒）



● : 重心位置

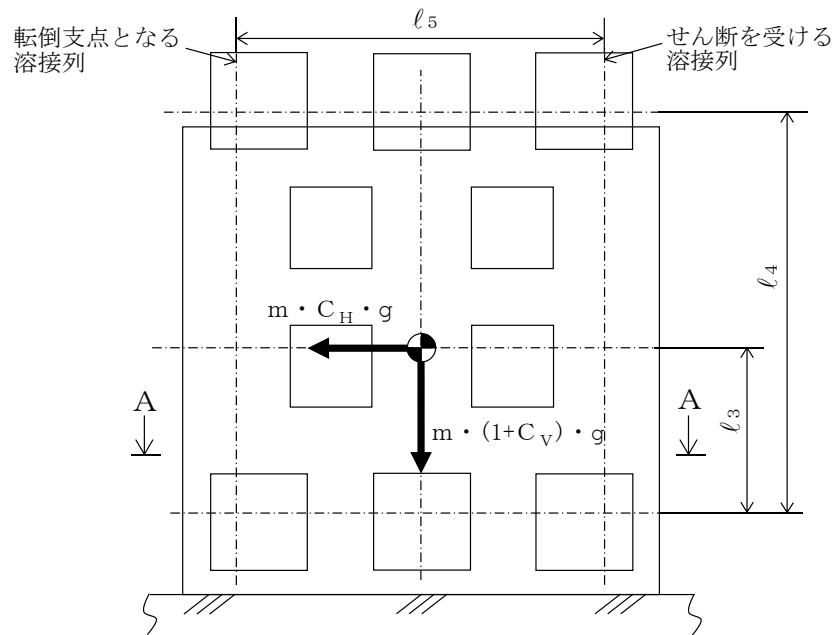


図4-13 計算モデル (左右方向転倒)

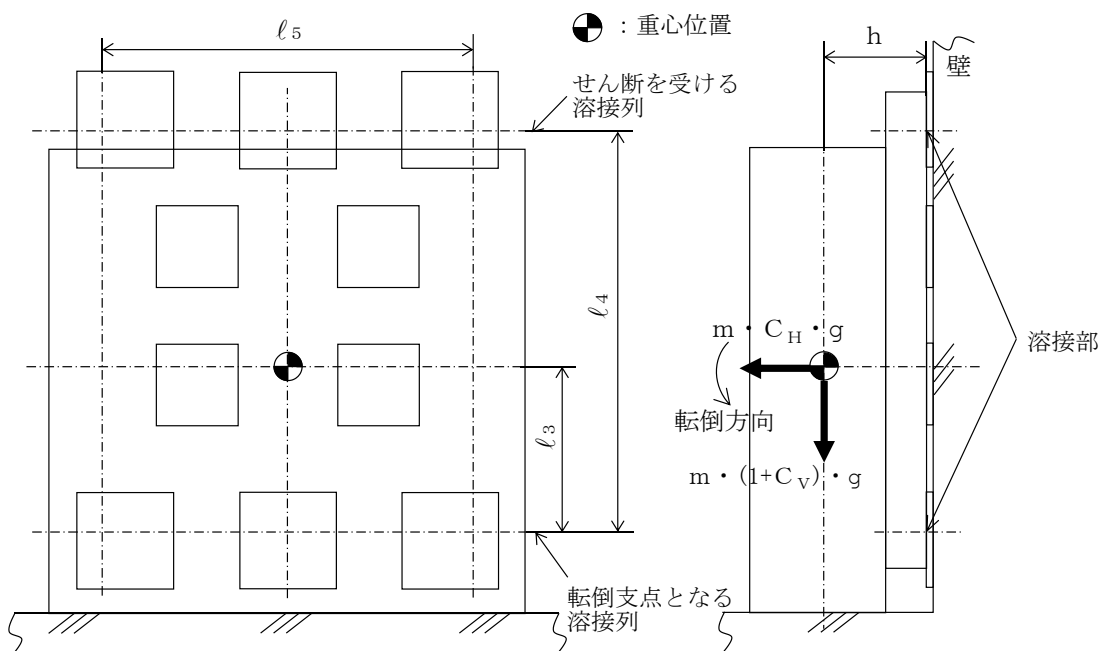


図4-14 計算モデル (前後方向転倒)

4.7 計算条件

応力解析に用いる自重（ボンベラック）及び荷重（地震荷重）は、本計算書の【ボンベラックの耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

4.8 応力の評価

4.8.1 ボンベラックの応力評価

4.6.1.1項及び4.6.1.2項で求めた各応力が許容応力以下であること。ただし、許容組合せ応力は f_{tm} 以下であること。

	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度による荷重との組合せの場合	基準地震動 S_s による荷重との組合せの場合
許容引張応力 f_{tm}	$\frac{F}{1.5} \cdot 1.5$	$\frac{F^*}{1.5} \cdot 1.5$

4.8.2 溶接部の応力評価

4.6.1.3項及び4.6.1.4項で求めた溶接部のせん断応力が許容応力 f_{sm} 以下であること。ただし、 f_{sm} は下表による。

	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度による荷重との組合せの場合	基準地震動 S_s による荷重との組合せの場合
許容せん断応力 f_{sm}	$\frac{F}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

5. 波及的影響評価

5.1 波及的影響評価方法

ボンベラックは、別添3-1の「2.2 評価方針」にて設定した評価方針に従い、当該設備による波及的影響を防止する必要がある他の設備への波及的影響評価を実施する。

ボンベラックの波及的影響評価は、「3. 評価部位」に示す評価部位が、「4.2 荷重の組合せ及び許容応力」に示す荷重の組合せに対し、許容応力を満足することを、「4.5 設計用地震力」に示す設計用地震力及び「4.6 計算方法」に示す方法を用いて評価を行う。

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

ボンベラックの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないことを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

また、ボンベラックの最大応力発生箇所を図6-1～図6-4に示す。

(2) 波及的影響評価結果

波及的影響評価の結果を次頁以降の表に示す。

【ボンベラック（その1）の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び 床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度		
ボンベラック (その1)	可搬/緩和	廃棄物処理建物 EL 16.9 (EL 22.1 ^{*1})	0.05以下	0.041	—	—	C _H =1.58 ^{*2}	C _V =1.34 ^{*2}	—	40

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度 I（基準地震動 S_s）を上回る設計震度

1.2 機器要目

m (kg)	h (mm)	ℓ ₃ (mm)	ℓ ₄ (mm)	ℓ ₅ (mm)	A _w (mm ²)	E ₁ (MPa)	E ₂ (MPa)	ν	n	n _{VW1}	n _{HW1}
1388	335	382	1125	1150	763.7	2.04× 10 ⁵	2.02× 10 ⁵	0.3	14	3	6

部材	材料	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)	F [*] (MPa)
ボンベラック	SS400 (厚さ≤16mm)	245	400	—	280
溶接部	SS400 (厚さ≤16mm)	245	400	—	280

1.3 計算数値

1.3.1 溶接部に作用する力 (単位：N)

部材	F _{w3}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
溶接部	—	5.596×10 ³

1.4 結論

1.4.1 固有周期 (単位：s)

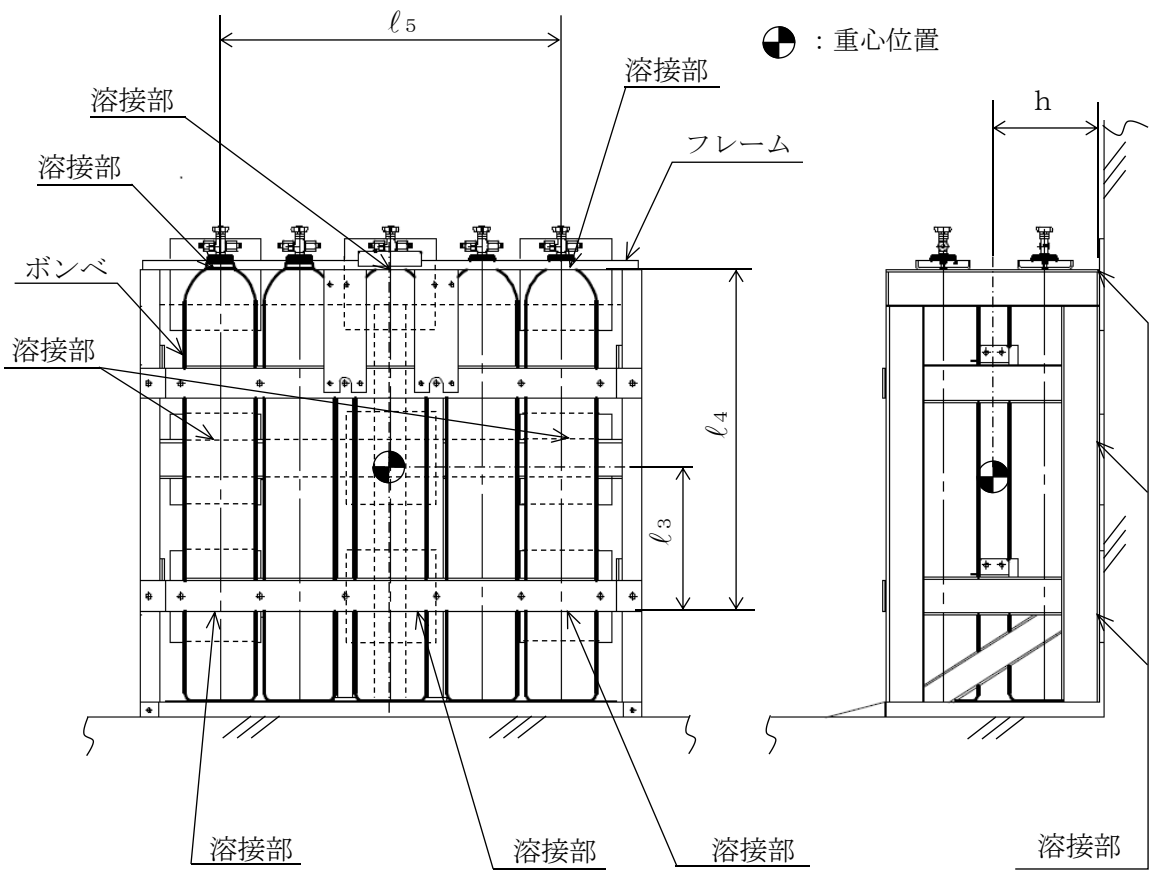
方向	固有周期
水平方向	0.05以下
鉛直方向	0.041

1.4.2 応力及び波及的影響評価

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		評価結果
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力	
ボンベラック	SS400	組合せ	—	—	$\sigma_s = 41$	$f_{tm} = 280$	○
溶接部	SS400	せん断	—	—	$\tau_w = 8$	$f_{sm} = 161$	○

すべて許容応力以下である。



ポンベラック (その1)

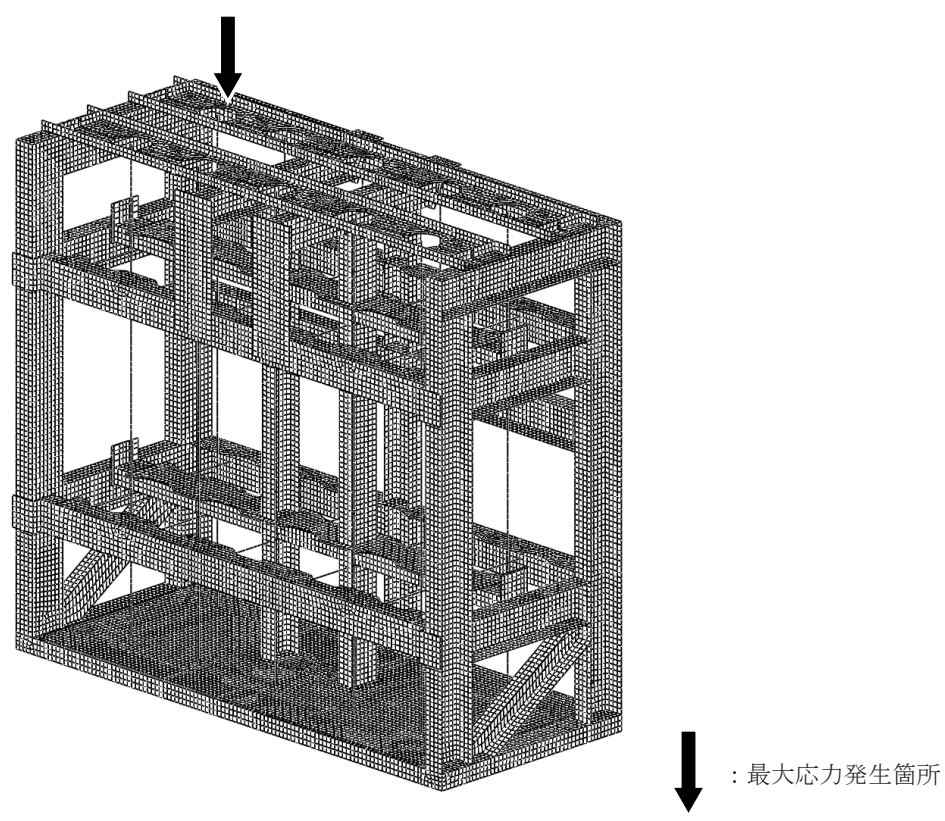


図6-1 ポンベラック (その1) の最大応力発生箇所

【ボンベラック（その2）の耐震性についての計算結果】

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び 床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度		
ボンベラック (その2)	可搬/緩和	廃棄物処理建物 EL 16.93 (EL 22.1 ^{*1})	0.05以下	0.043	—	—	C _H =1.58 ^{*2}	C _V =1.34 ^{*2}	—	40

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度 I（基準地震動 S_s）を上回る設計震度

2.2 機器要目

m (kg)	h (mm)	ℓ ₃ (mm)	ℓ ₄ (mm)	ℓ ₅ (mm)	A _w (mm ²)	E ₁ (MPa)	E ₂ (MPa)	ν	n	n _{VW1}	n _{HW1}
1501	409	423	1200	1250	1.061× 10 ³	2.04× 10 ⁵	2.02× 10 ⁵	0.3	12	6	2

部材	材料	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)	F [*] (MPa)
ボンベラック	SS400 (厚さ ≤ 16mm)	245	400	—	280
	STKR400	245	400	—	280
溶接部	SS400 (厚さ ≤ 16mm)	245	400	—	280

2.3 計算数値

2.3.1 溶接部に作用する力 (単位：N)

部材	F _{w2}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
溶接部	—	5.762×10 ³

2.4 結論

2.4.1 固有周期 (単位：s)

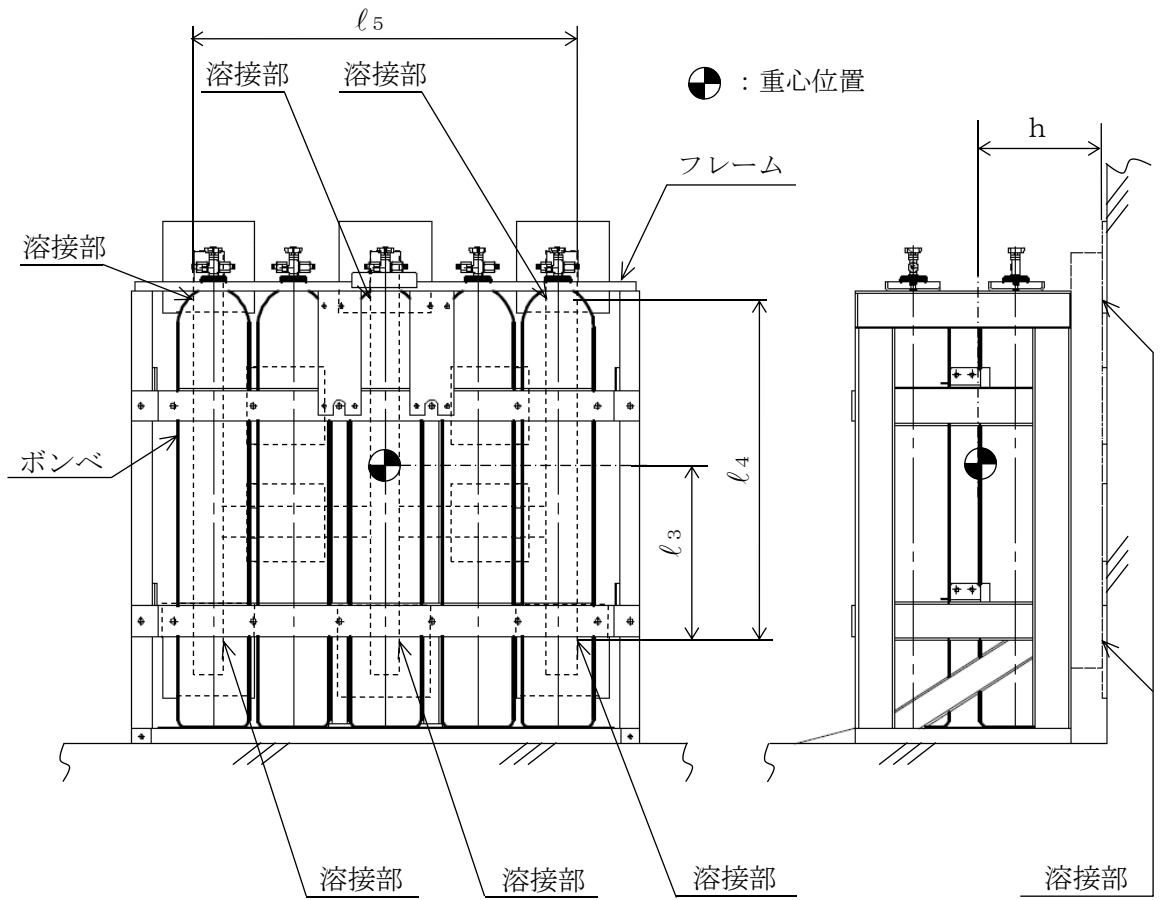
方向	固有周期
水平方向	0.05以下
鉛直方向	0.043

2.4.2 応力及び波及的影響評価

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		評価 結果
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力	
ボンベラック	SS400	組合せ	—	—	$\sigma_s = 41$	$f_{tm} = 280$	○
溶接部	SS400	せん断	—	—	$\tau_w = 6$	$f_{sm} = 161$	○

すべて許容応力以下である。



ポンベラック (その2)

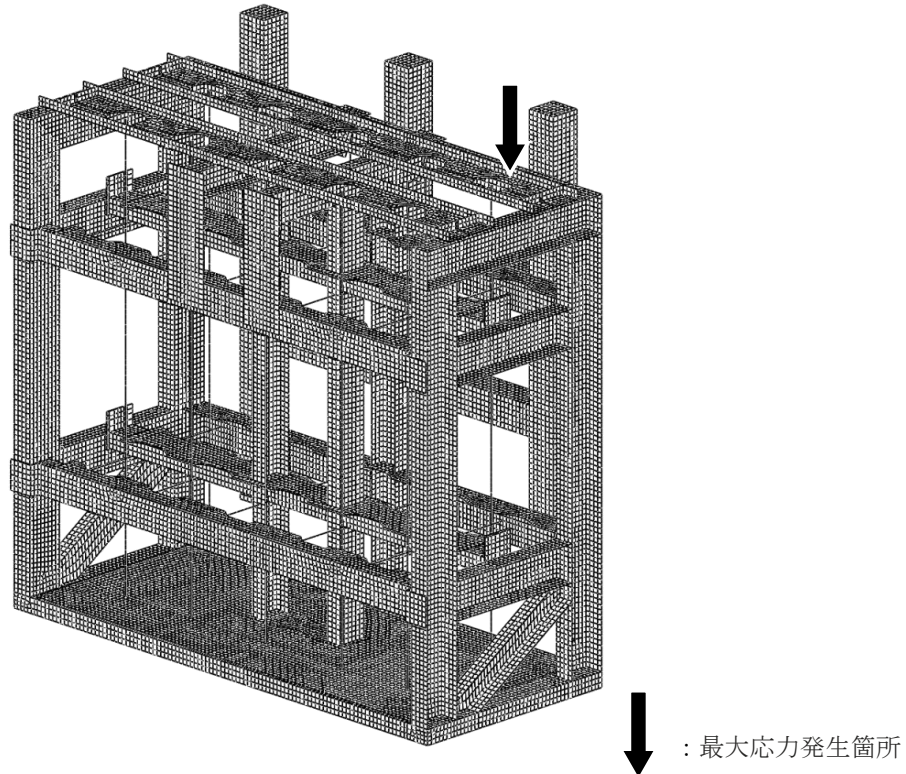


図6-2 ポンベラック (その2) の最大応力発生箇所

【ボンベラック（その3）の耐震性についての計算結果】

3. 重大事故等対処設備

3.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び 床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度		
ボンベラック (その3)	可搬/緩和	廃棄物処理建物 EL 16.9* ¹	0.046	0.05以下	—	—	C _H =1.55* ²	C _V =1.19* ²	—	40

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度 I（基準地震動 S_s）を上回る設計震度

3.2 機器要目

m (kg)	h (mm)	ℓ ₁ * (mm)	ℓ ₂ * (mm)	A _{vw} * (mm ²)	E ₁ (MPa)	E ₂ (MPa)	ν	n	n _{vw1} *
802	738	760	760	763.7	2.04× 10 ⁵	2.02× 10 ⁵	0.3	4	2
		275	325	424.3					2

注記*：機器要目における上段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	材料	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
ボンベラック	SS400 (厚さ≤16mm)	245	400	—	280	—	短辺
	STKR400	245	400	—	280	—	短辺
溶接部	SS400 (厚さ≤16mm)	245	400	—	280	—	短辺

3.3 計算数値

3.3.1 溶接部に作用する力 (単位：N)

部材	F _{v w} [短辺方向]	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
溶接部	—	7.902×10 ³

3.4 結論

3.4.1 固有周期 (単位：s)

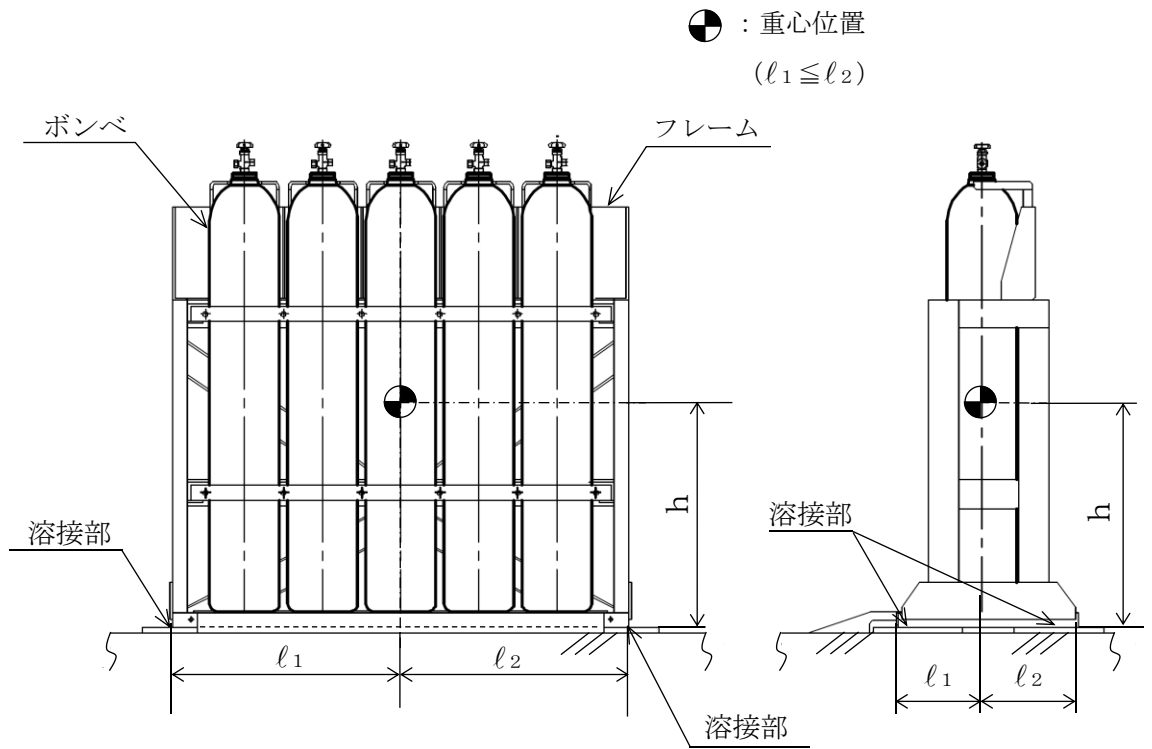
方向	固有周期
水平方向	0.046
鉛直方向	0.05以下

3.4.2 応力及び波及的影響評価

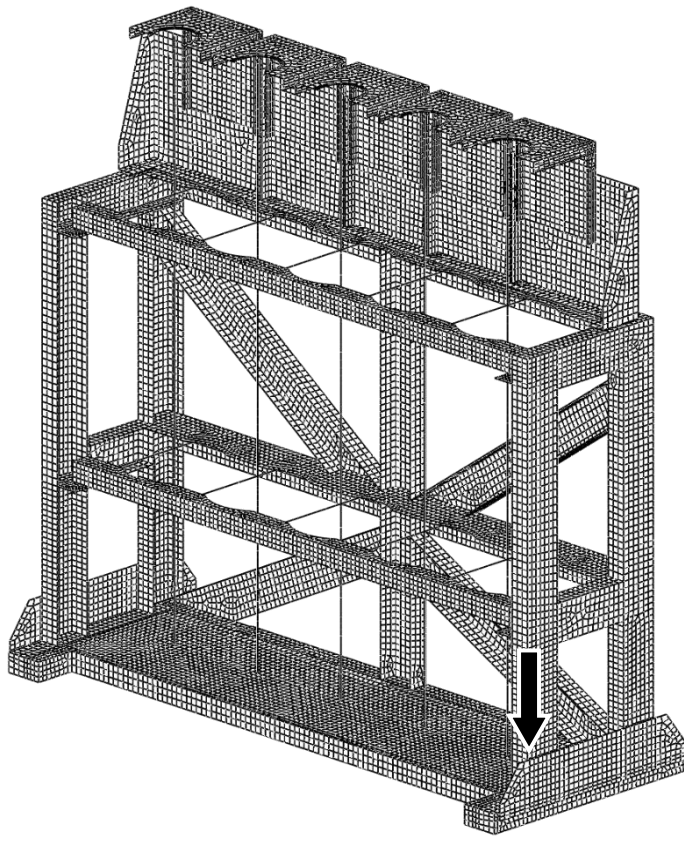
(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		評価 結果
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力	
ボンベラック	SS400	組合せ	—	—	$\sigma_s = 35$	$f_{tm} = 280$	○
溶接部	SS400	せん断	—	—	$\tau_w = 19$	$f_{sm} = 161$	○

すべて許容応力以下である。



ポンベラック (その3)



↓ : 最大応力発生箇所

図6-3 ポンベラック (その3) の最大応力発生箇所

【ボンベラック（その4）の耐震性についての計算結果】

4. 重大事故等対処設備

4.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び 床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度		
ボンベラック (その4)	可搬/緩和	廃棄物処理建物 EL 25.3 (EL 26.7* ¹)	0.046	0.05以下	—	—	C _H =1.76* ²	C _V =1.40* ²	—	40

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度 I（基準地震動 S_s）を上回る設計震度

4.2 機器要目

m (kg)	h (mm)	ℓ ₁ * (mm)	ℓ ₂ * (mm)	A _{vw} * (mm ²)	E ₁ (MPa)	E ₂ (MPa)	ν	n	n _{vw1} *
802	738	760	760	763.7	2.04× 10 ⁵	2.02× 10 ⁵	0.3	4	2
		275	325	424.3					2

注記*：機器要目における上段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

部材	材料	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
ボンベラック	SS400 (厚さ≤16mm)	245	400	—	280	—	短辺
	STKR400	245	400	—	280	—	短辺
溶接部	SS400 (厚さ≤16mm)	245	400	—	280	—	短辺

4.3 計算数値

4.3.1 溶接部に作用する力 (単位：N)

部材	F _{v w} [短辺方向]	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
溶接部	—	9.365×10 ³

4.4 結論

4.4.1 固有周期 (単位：s)

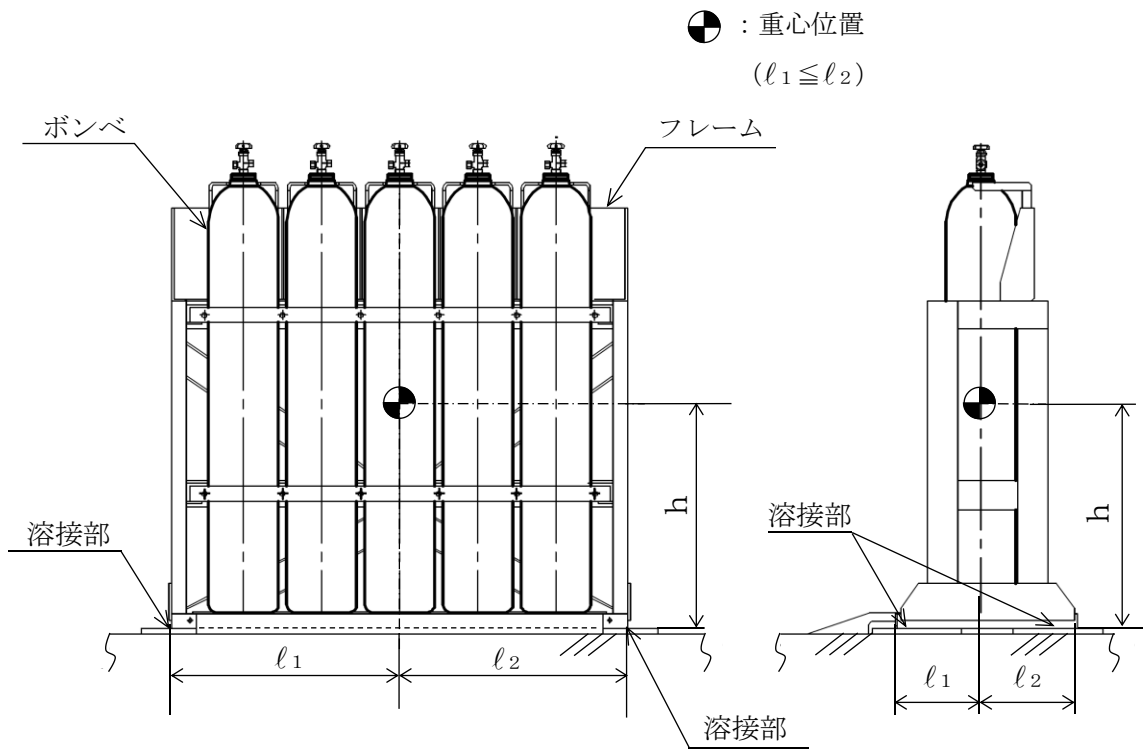
方向	固有周期
水平方向	0.046
鉛直方向	0.05以下

4.4.2 応力及び波及的影響評価

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は 静的震度		基準地震動 S _s		評価 結果
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力	
ボンベラック	SS400	組合せ	—	—	$\sigma_s = 40$	$f_{tm} = 280$	○
溶接部	SS400	せん断	—	—	$\tau_w = 22$	$f_{sm} = 161$	○

すべて許容応力以下である。



ポンベラック (その4)

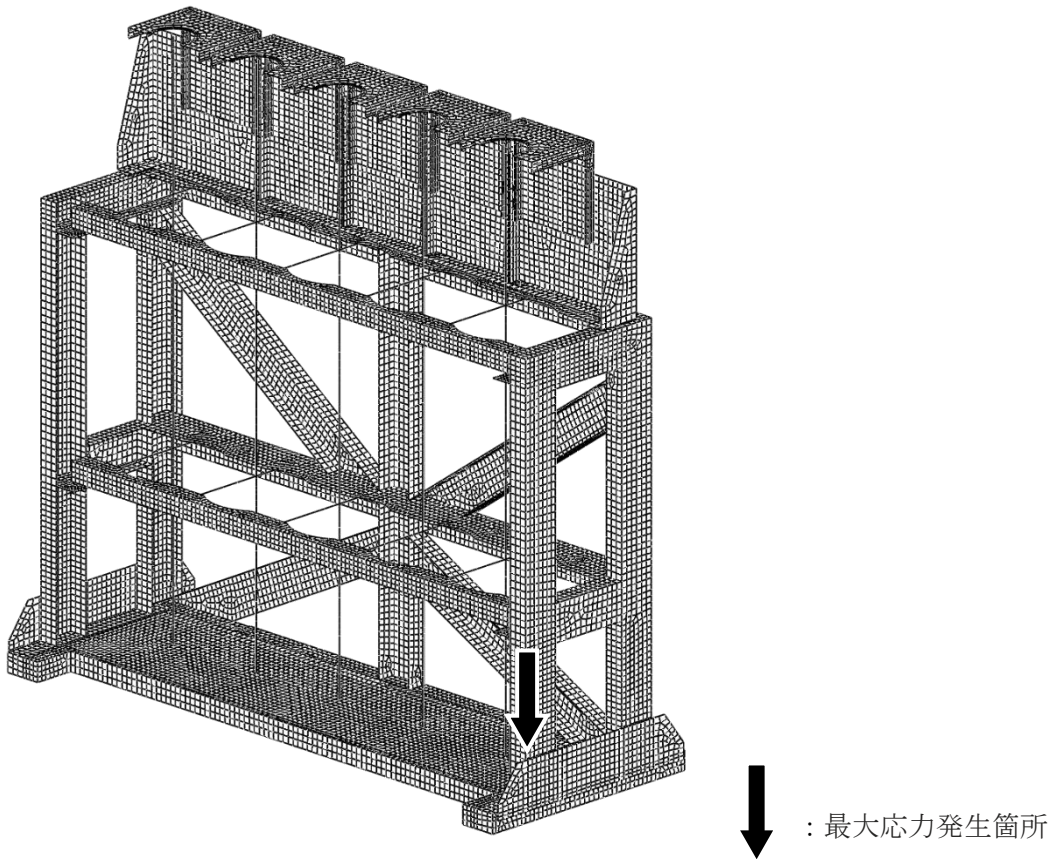


図6-4 ポンベラック (その4) の最大応力発生箇所

VI-2-別添3-4-3 緊急時対策所換気空調系空気ポンベ加圧設備
空気ポンベカードルの耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用規格・基準等	4
2.4 記号の説明	5
2.5 計算精度と数値の丸め方	6
3. 評価部位	7
4. 地震応答解析及び構造強度評価	7
4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法	7
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	8
4.3 解析モデル及び諸元	12
4.4 固有周期	17
4.5 設計用地震力	18
4.6 計算方法	19
4.7 計算条件	21
4.8 応力の評価	21
5. 波及的影響評価	22
5.1 波及的影響評価方法	22
6. 評価結果	22
6.1 重大事故等対処設備としての評価結果	22

1. 概要

本計算書は、VI-2-別添3-1「可搬型重大事故等対処設備の耐震計算の方針」（以下「別添3-1」という。）の「2.2(2) ボンベ設備」にて設定している構造強度評価の方針に基づき、緊急時対策所換気空調系空気ボンベ加圧設備 空気ボンベカードル（以下「ボンベカードル」という。）が設計用地震力に対して十分な構造強度を有するとともに、当該設備による波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないことを説明するものである。

ボンベカードルは、重大事故等対処設備においては重大事故緩和設備のうち可搬型のものに分類される。以下、可搬型重大事故等対処設備としての構造強度評価及び波及的影響評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

ボンベカードルの構造計画を表2-1に示す。

表2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>ポンベカードルのフレームは、取付ボルトにて取付架台に設置する。取付架台は、溶接にて埋込金物に固定する。</p>	<p>ポンベカードルは、溶接及びボルトにて組み立てたフレームにポンベ(30本)を固定する構造である。</p>	<p style="text-align: center;">ポンベカードル (単位：mm)</p>

2.2 評価方針

ボンベカードルの応力評価は、別添3-1の「2.2 評価方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示すボンベカードルの部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4.3 解析モデル及び諸元」及び「4.4 固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「4. 地震応答解析及び構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、ボンベカードルの波及的影響評価は、別添3-1の「2.2(2) ボンベ設備」にて設定した波及的影響評価の方針に基づき、基準地震動 S_s による地震力に対し、当該設備による波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないことを、「5. 波及的影響評価」に示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「6. 評価結果」に示す。

ボンベカードルの耐震評価フローを図2-1に示す。

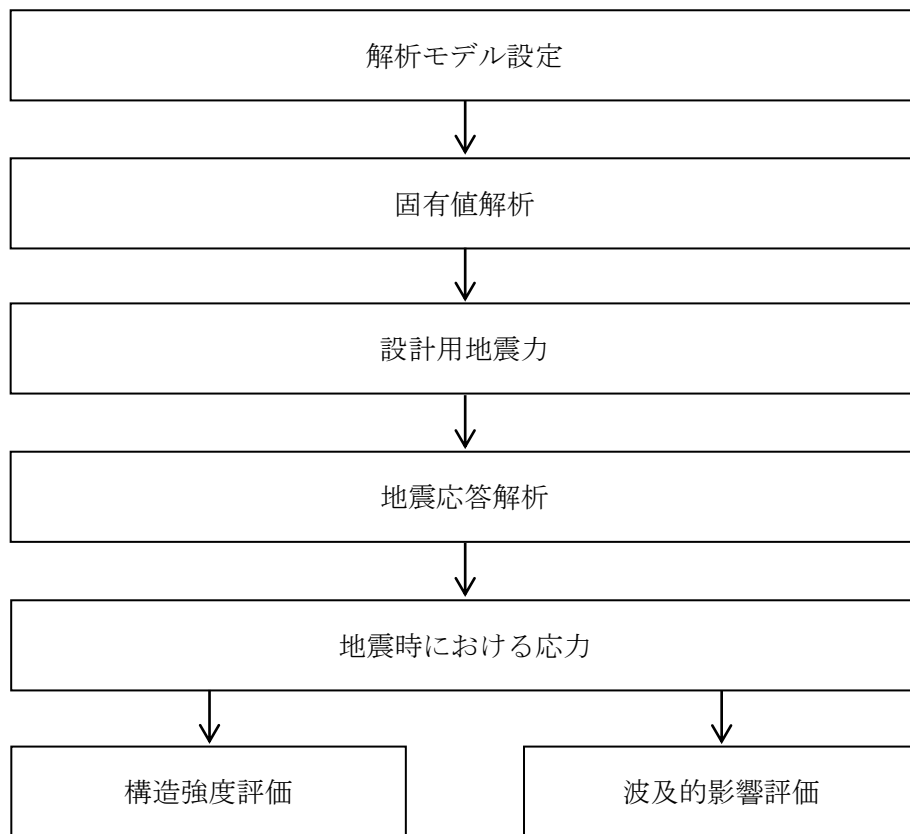


図2-1 ボンベカードルの耐震評価フロー

2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補-1984
（（社）日本電気協会）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 （（社）日本電気協会）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -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（（社）日本機械学会，2005/2007）（以下「設計・建設規格」という。）

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_b	取付ボルトの軸断面積	mm^2
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
d	取付ボルトの呼び径	mm
E_1	縦弾性係数（フレーム，取付架台）	MPa
E_2	縦弾性係数（ボンベ）	MPa
F	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値	MPa
F^*	設計・建設規格 SSB-3121.3又はSSB-3133に定める値	MPa
F_{bp}	取付ボルトに作用する引張力	N
f_{sb}	せん断力のみを受ける取付ボルトの許容せん断応力	MPa
f_{tm}	フレーム及び取付架台の許容引張応力	MPa
f_{to}	引張力のみを受ける取付ボルトの許容引張応力	MPa
f_{ts}	引張力とせん断力を同時に受ける取付ボルトの許容引張応力（許容組合せ応力）	MPa
I_y	断面二次モーメント（y軸）	mm^4
I_z	断面二次モーメント（z軸）	mm^4
m	ボンベカードル全体（フレーム，取付架台，ボンベ含む）の質量	kg
Q_{bp}	取付ボルトに作用するせん断力	MPa
S	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表5に定める値	MPa
S_u	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値	MPa
S_y	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値	MPa
$S_y(RT)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める材料の40℃における値	MPa
T	温度条件	℃
ν	ポアソン比	—
π	円周率	—
σ	はり要素の組合せ応力	MPa
σ_a	はり要素の軸応力	MPa
σ_b	はり要素の曲げ応力	MPa
σ_x	シェル要素のX方向応力	MPa
σ_y	シェル要素のY方向応力	MPa
σ_s	シェル要素の組合せ応力	MPa
τ	はり要素のせん断応力	MPa
τ_{xy}	シェル要素のせん断応力	MPa
σ_{bp}	取付ボルトに作用する引張応力	MPa
τ_{bp}	取付ボルトに作用するせん断応力	MPa

2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は、表2-2に示すとおりである。

表 2-2 表示する数値の丸め方

数値の種類		単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期		s	小数点以下第4位	四捨五入	小数点以下第3位
震度		—	小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位
温度		℃	—	—	整数位
質量		kg	—	—	整数位 ^{*1}
長さ	下記以外の長さ	mm	—	—	整数位 ^{*1}
	部材断面寸法	mm	小数点以下第2位 ^{*2}	四捨五入	小数点以下第1位 ^{*3}
面積		mm ²	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 ^{*4}
モーメント		N・mm	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 ^{*4}
力		N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 ^{*4}
縦弾性係数		MPa	有効数字4桁目	四捨五入	有効数字3桁
算出応力		MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力 ^{*5}		MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位

注記*1：設計上定める値が小数点以下第1位の場合は、小数点以下第1位表示とする。

*2：設計上定める値が小数点以下第3位の場合は、小数点以下第3位表示とする。

*3：設計上定める値が小数点以下第2位の場合は、小数点以下第2位表示とする。

*4：絶対値が1000以上のときは、べき数表示とする。

*5：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の間における引張強さ及び降伏点は、比例法により補間した値の小数点以下第1位を切り捨て、整数位までの値とする。

3. 評価部位

ボンベカードルの耐震評価は、「4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなるボンベカードルを構成するフレーム及び取付架台の最弱部及び取付ボルトについて実施する。

ボンベカードルの耐震評価部位については、表2-1の概略構造図に示す。

4. 地震応答解析及び構造強度評価

4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法

- (1) 地震力は、ボンベカードルに対して水平方向及び鉛直方向から作用させる。
また、水平方向及び鉛直方向の動的地震力による荷重の組合せには、SRSS法を適用する。
- (2) ボンベカードルに収納、固定される配管、弁類及び遮光パネルの質量は、各々組込む位置に相当する各節点に付加する。
- (3) フレームは、床に設置した取付架台に取付ボルトにて固定されるため、フレームと取付架台は取付ボルト位置で固定条件を設定する。
- (4) 取付架台は溶接により床面に設定した埋込金物に固定していることから、拘束条件は溶接部を完全拘束とする。
- (5) ボンベ本体は、基準地震動 S_s による地震力に対して転倒しないことを目的としたボンベカードルに、フレーム及びボルトにて固定され収納されている。ここで、ボンベ本体は高圧ガス適用品であり、一般的な圧力容器に比べ、高い耐圧強度を有することから、はるかに剛性が高いものであるが、解析上、断面性状を考慮したはり要素としてモデル化する。
- (6) 各ボンベから配管への接続管は、接続を容易にするため可とう性をもつ形状としていること、地震時にはボンベと配管の相対変位は微小であることから、地震時の変位を十分吸収できるものとする。
- (7) ボンベカードルを構成する鋼材をシェル要素及びはり要素としてモデル化した3次元FEMモデルによる固有値解析を実施する。
- (8) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

ボンベカードルの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4-1に示す。

4.2.2 許容応力

ボンベカードルの許容応力は、別添3-1の「3.2 許容限界」に基づき表4-2に示す。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

ボンベカードルの使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4-3に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
放射線 管理施設	換気設備	緊急時対策所 換気空調系 空気ポンベ 加圧設備 空気ポンベ カードル	可搬／緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s$ *3	IVAS
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$	VAS (VASとして IVASの許容限界 を用いる。)

注記*1：「可搬／緩和」は重大事故緩和設備のうち可搬型のものを示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

*3：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」の評価に包絡されるため、評価結果の記載を省略する。

表4-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等以外)	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	一次応力	
	組合せ	引張	せん断
IV _A S	1.5・f _t *	1.5・f _t *	1.5・f _s *
V _A S (V _A SとしてIV _A Sの 許容限界を用いる。)			

注記*1：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。

*2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)
フレーム	SS400 (厚さ ≤ 16mm)	周囲環境温度	40	—	245	400	—
	STKR400			—	245	400	—
取付架台	SS400 (厚さ ≤ 16mm)	周囲環境温度	40	—	245	400	—
取付ボルト	SS400 (40mm < 径 ≤ 100mm)	周囲環境温度	40	—	215	400	—

4.3 解析モデル及び諸元

ポンベカードルの解析モデルを図4-1に、解析モデルの概要を以下に示す。また、機器の諸元を表4-4、本計算書の【ポンベカードル(U84-D003-1～17)の耐震性についての計算結果】及び【ポンベカードル(U84-D003-18)の耐震性についての計算結果】の機器要目に示す。

- (1) ポンベカードルを構成する鋼材をシェル要素及びはり要素でモデル化したFEMモデルを用いる。
- (2) ポンベカードルのフレームは取付架台に取付ボルトで固定する。取付架台は溶接により床面に設定した埋込金物に固定していることから、拘束条件は溶接部を完全拘束とする。
- (3) ポンベ、フレーム及び取付架台の質量は、各々の質量をモデル体積で除した密度をモデル全体に分布させることにより与えるものとする。
- (4) 解析コードは、「ABAQUS」を使用し、固有値、ポンベカードル及び取付架台の応力を求める。なお、評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

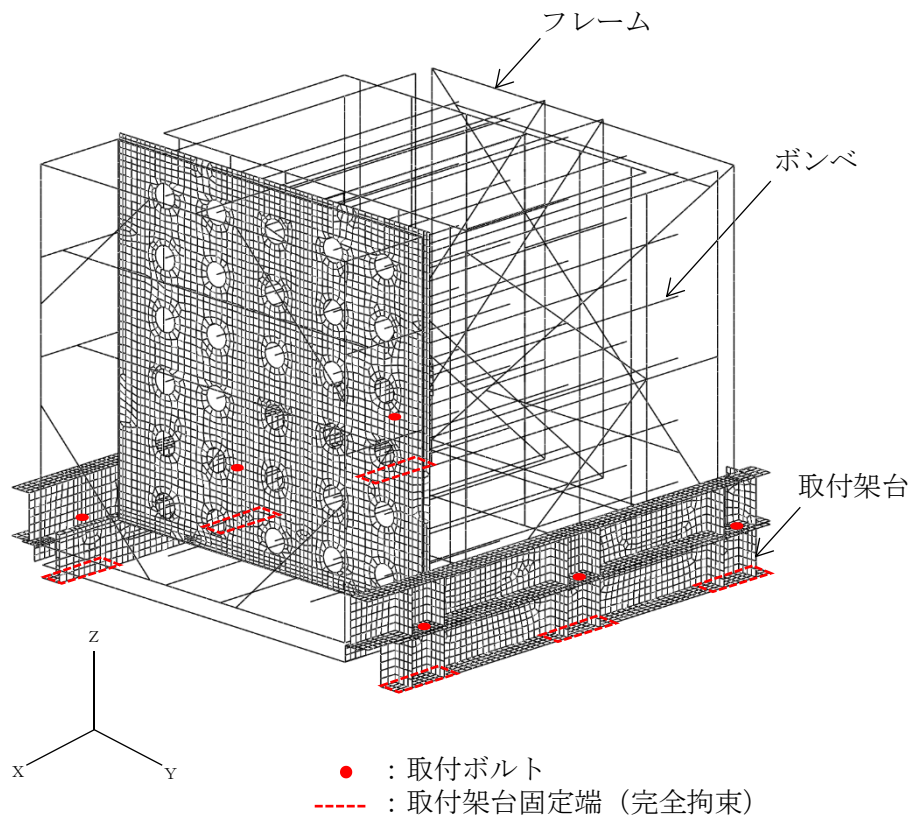


図4-1 解析モデル（ポンベカードル）

表4-4 解析モデルの諸元 (1/4)

項目	記号	単位	入力値
材質 (ポンベ)	—	—	クロムモリブ デン鋼
材質 (フレーム, 取付架台)	—	—	SS400/STKR400
材質 (取付ボルト)	—	—	SS400
温度条件 (周囲環境温度)	T	°C	40
縦弾性係数 (フレーム, 取付架台)	E_1	MPa	2.02×10^5
縦弾性係数 (ポンベ)	E_2	MPa	2.04×10^5
ポアソン比	ν	—	0.3
ポンベカードルの質量	m	kg	4698
ポンベ数	—	本	30
寸法	—	—	表2-1
要素数	—	個	15142
節点数	—	個	15756

表4-4 解析モデルの諸元 (2/4)

部材	番号	要素番号	材質	諸元	縦弾性係数 (MPa)	断面積 (mm ²)	断面二次モーメント		密度 (kg/mm ³)
							I _z (mm ⁴)	I _y (mm ⁴)	
ボンベ	1	13615~15084	クロム モリブ デン鋼	ボンベ φ232×5.7	2.04×10 ⁵	4.052×10 ³	2.596×10 ⁷	2.596×10 ⁷	1.302×10 ⁻¹¹
フレーム	2	1~1138, 1235~1374, 2431~2678	SS400	溝形鋼 125×65×6×8	2.02×10 ⁵	1.711×10 ³	4.240×10 ⁶	6.180×10 ⁵	9.991×10 ⁻¹²
	3	1139~1234	STKR400	角形鋼管 125×75×6	2.02×10 ⁵	2.163×10 ³	4.280×10 ⁶	1.920×10 ⁶	9.991×10 ⁻¹²
	4	1375~1438	SS400	山形鋼 65×65×6	2.02×10 ⁵	7.527×10 ²	2.940×10 ⁵	2.940×10 ⁵	9.991×10 ⁻¹²
	5	1439~1454, 1591~2360, 15085~15111, 2757~2858	SS400	山形鋼 50×50×6	2.02×10 ⁵	5.644×10 ²	1.260×10 ⁵	1.260×10 ⁵	9.991×10 ⁻¹²
	6	1455~1518	SS400	山形鋼 150×65×19	2.02×10 ⁵	3.724×10 ³	9.464×10 ⁵	8.240×10 ⁶	9.991×10 ⁻¹²
	7	1519~1590	SS400	山形鋼 50×50×8	2.02×10 ⁵	7.360×10 ²	1.657×10 ⁵	1.657×10 ⁵	9.991×10 ⁻¹²
	8	2361~2414	SS400	山形鋼 50×30×6	2.02×10 ⁵	4.440×10 ²	2.970×10 ⁴	1.100×10 ⁵	9.991×10 ⁻¹²

表4-4 解析モデルの諸元 (3/4)

部材	番号	要素番号	材質	諸元	縦弾性係数 (MPa)	断面積 (mm ²)	断面二次モーメント		密度 (kg/mm ³)
							I _z (mm ⁴)	I _y (mm ⁴)	
フレーム	9	2415~2430	SS400	板 38×9	2.02×10^5	3.420×10^2	4.115×10^4	2.309×10^3	9.991×10^{-12}
	10	2679~2756	SS400	溝形鋼 100×50×5×7.5	2.02×10^5	1.192×10^3	1.880×10^6	2.600×10^5	9.991×10^{-12}
	11	2859~3946	STKR400	角形鋼管 50×50×3.2	2.02×10^5	5.727×10^2	2.040×10^5	2.040×10^5	9.991×10^{-12}
	12	3947~4018, 4024~4073, 4080~4129, 4131~4419, 4425~4474, 4481~4530, 4532~4578	SS400	M20	2.02×10^5	3.142×10^2	7.854×10^3	7.854×10^3	9.991×10^{-12}
	13	4019~4023, 4074~4079, 4130, 4420~4424, 4475~4480, 4531	SS400	M20	2.02×10^5	3.142×10^2	7.854×10^3	7.854×10^3	9.991×10^{-12}

表4-4 解析モデルの諸元 (4/4)

部材	番号	要素番号	材質	諸元	縦弾性係数 (MPa)	断面積 (mm ²)	断面二次モーメント		密度 (kg/mm ³)
							I _z (mm ⁴)	I _y (mm ⁴)	
取付架台	14	4579~7054, 7455~9542	SS400	溝形鋼 200×90×8× 13.5	2.02×10 ⁵	—	—	—	1.250×10 ⁻⁸
	15	7055~7342, 9543~9830	SS400	板 80×9	2.02×10 ⁵	—	—	—	1.250×10 ⁻⁸
	16	7343~7454	SS400	山形鋼 65×65×6	2.02×10 ⁵	—	—	—	1.250×10 ⁻⁸
	17	9831~13174	SS400	16t	2.02×10 ⁵	—	—	—	1.250×10 ⁻⁸
	18	13175~13614	SS400	32×9	2.02×10 ⁵	—	—	—	1.250×10 ⁻⁸

4.4 固有周期

固有値解析の結果を表4-5に示す。固有周期は、0.05秒以下であり、剛構造であることを確認した。また、振動モード図（1次）を図4-2に示す。

表 4-5 固有値解析結果

機器名称	モード	卓越方向	固有周期 (s)	水平方向刺激係数		鉛直方向刺激係数
				X方向	Y方向	
ポンベ カードル	1次	水平	0.036	—	—	—

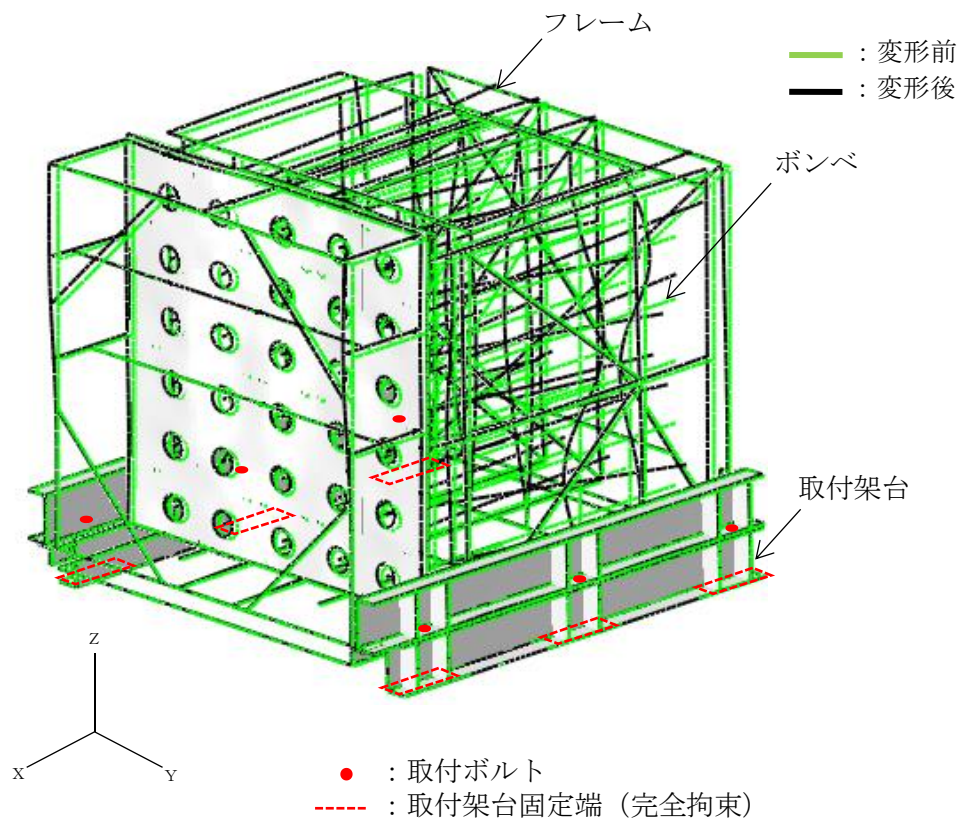


図4-2 振動モード図（1次）（ポンベカードル）

4.5 設計用地震力

ボンベカードルの設計用地震力のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4-6に示す。

「基準地震動 S_s 」による地震力は、VI-2-別添3-2「可搬型重大事故等対処設備の保管エリア等における入力地震動」に基づき設定する。

表 4-6 設計用地震力（重大事故等対処設備）

機器名称	据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s	
		水平 方向	鉛直 方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
ボンベ カードル (U84-D003-1～ 17)	第1保管エリア EL 50.49* ¹	0.036	0.05 以下	—	—	$C_H=1.50^{*2}$	$C_V=1.05^{*2}$
ボンベ カードル (U84-D003-18)	第4保管エリア EL 8.5* ¹	0.036	0.05 以下	—	—	$C_H=1.50^{*2}$	$C_V=1.05^{*2}$

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度 I（基準地震動 S_s ）を上回る設計震度

4.6 計算方法

4.6.1 応力の計算方法

4.6.1.1 フレーム（はり要素）の応力

フレームの応力は，自重，鉛直方向地震及び水平方向地震（X，Y）を考慮し，シェル要素及びはり要素による解析結果を用いる。ここで，はり要素の組合せ応力の算出式は下記による。

応力の種類	単位	応力算出式
組合せ応力	MPa	$\sigma = \sqrt{(\sigma_a + \sigma_b)^2 + 3 \cdot \tau^2}$

4.6.1.2 フレーム（シェル要素）及び取付架台の応力

フレーム及び取付架台の応力は，自重，鉛直方向地震及び水平方向地震（X，Y）を考慮し，シェル要素及びはり要素による解析結果を用いる。ここで，シェル要素の組合せ応力の算出式は下記による。

応力の種類	単位	応力算出式
組合せ応力	MPa	$\sigma_s = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \cdot \sigma_y + 3 \cdot \tau_{xy}^2}$

4.6.1.3 取付ボルトの応力

取付ボルトの応力は，解析結果で得られた反力から理論式により引張応力及びせん断応力を算出する。

解析で得られた取付ボルト部の反力を表4-7に示す。

表4-7 取付ボルト発生反力 (単位：N)

機器名称	反力	
	F _{bp}	Q _{bp}
ボンベカードル	3.166 × 10 ⁴	1.887 × 10 ⁴

(1) 引張応力

取付ボルトの引張応力を以下のとおり計算する。

引張応力

$$\sigma_{b p} = \frac{F_{b p}}{A_b} \dots\dots\dots (4.6.1.3.1)$$

取付ボルトの軸断面積 A_b は、次式により求める。

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \dots\dots\dots (4.6.1.3.2)$$

(2) せん断応力

取付ボルトのせん断応力を以下のとおり計算する。

せん断応力

$$\tau_{b p} = \frac{Q_{b p}}{A_b} \dots\dots\dots (4.6.1.3.3)$$

4.7 計算条件

応力解析に用いる自重（ボンベカードル）及び荷重（地震荷重）は、本計算書の【ボンベカードル(U84-D003-1～17)の耐震性についての計算結果】及び【ボンベカードル(U84-D003-18)の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

4.8 応力の評価

4.8.1 フレーム及び取付架台の応力評価

4.6.1.1項及び4.6.1.2項で求めた各応力が許容応力以下であること。ただし、許容組合せ応力は f_{tm} 以下であること。

	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度による 荷重との組合せの場合	基準地震動 S s による 荷重との組合せの場合
許容引張応力 f_{tm}	$\frac{F}{1.5} \cdot 1.5$	$\frac{F^*}{1.5} \cdot 1.5$

4.8.2 取付ボルトの応力評価

4.6.1.3項で求めた取付ボルトの引張応力 σ_{bp} は、次式より求めた許容引張応力 f_{ts} 以下であること。ただし、 f_{to} は下表による。

$$f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}] \quad \dots\dots\dots (4.8.2.1)$$

せん断応力 τ_{bp} はせん断力のみを受ける取付ボルト及び基礎ボルトの許容せん断応力 f_{sb} 以下であること。ただし、 f_{sb} は下表による。

	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度による 荷重との組合せの場合	基準地震動 S s による 荷重との組合せの場合
許容引張応力 f_{to}	$\frac{F}{2} \cdot 1.5$	$\frac{F^*}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 f_{sb}	$\frac{F}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

5. 波及的影響評価

5.1 波及的影響評価方法

ボンベカードルは、別添3-1の「2.2 評価方針」にて設定した評価方針に従い、当該設備による波及的影響を防止する必要がある他の設備への波及的影響評価を実施する。

ボンベカードルの波及的影響評価は、「3. 評価部位」に示す評価部位が、「4.2 荷重の組合せ及び許容応力」に示す荷重の組合せに対し、許容応力を満足することを、「4.5 設計用地震力」に示す設計用地震力及び「4.6 計算方法」に示す方法を用いて評価を行う。

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処設備としての評価結果

ボンベカードルの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないことを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

また、ボンベカードルの最大応力発生箇所を図6-1及び図6-2に示す。

(2) 波及的影響評価結果

波及的影響評価の結果を次頁以降の表に示す。

【ボンベカードル(U84-D003-1～17)の耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び 床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度		
ボンベカードル	可搬/緩和	第1保管エリア EL 50.49*1	0.036	0.05以下	—	—	C _H =1.50*2	C _V =1.05*2	—	40

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度 I（基準地震動 S_s）を上回る設計震度

1.2 機器要目

m (kg)	E ₁ (MPa)	E ₂ (MPa)	d (mm)	A _b (mm ²)	ν
4698	2.02×10 ⁵	2.04×10 ⁵	24 (M24)	452.4	0.3

部材	材料	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
フレーム	SS400 (厚さ≤16mm)	245	400	—	280
	STKR400	245	400	—	280
取付架台	SS400 (厚さ≤16mm)	245	400	—	280
取付ボルト	SS400 (40mm<径≤100mm)	215	400	—	258

1.3 計算数値

1.3.1 取付ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F_{bp}		Q_{bp}	
	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s
取付ボルト	—	3.166×10^4	—	1.887×10^4

1.4 結論

1.4.1 固有周期

(単位：s)

方向	固有周期
水平方向	0.036
鉛直方向	0.05以下

1.4.2 応力及び波及的影響評価

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s		評価結果
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力	
フレーム	SS400	組合せ	—	—	$\sigma_s = 150$	$f_{tm} = 280$	○
取付架台			—	—	$\sigma_{bp} = 70$	$f_{ts} = 193$	○
取付ボルト	SS400	引張	—	—	$\tau_{bp} = 42$	$f_{sb} = 148$	○
		せん断	—	—			○

すべて許容応力以下である。

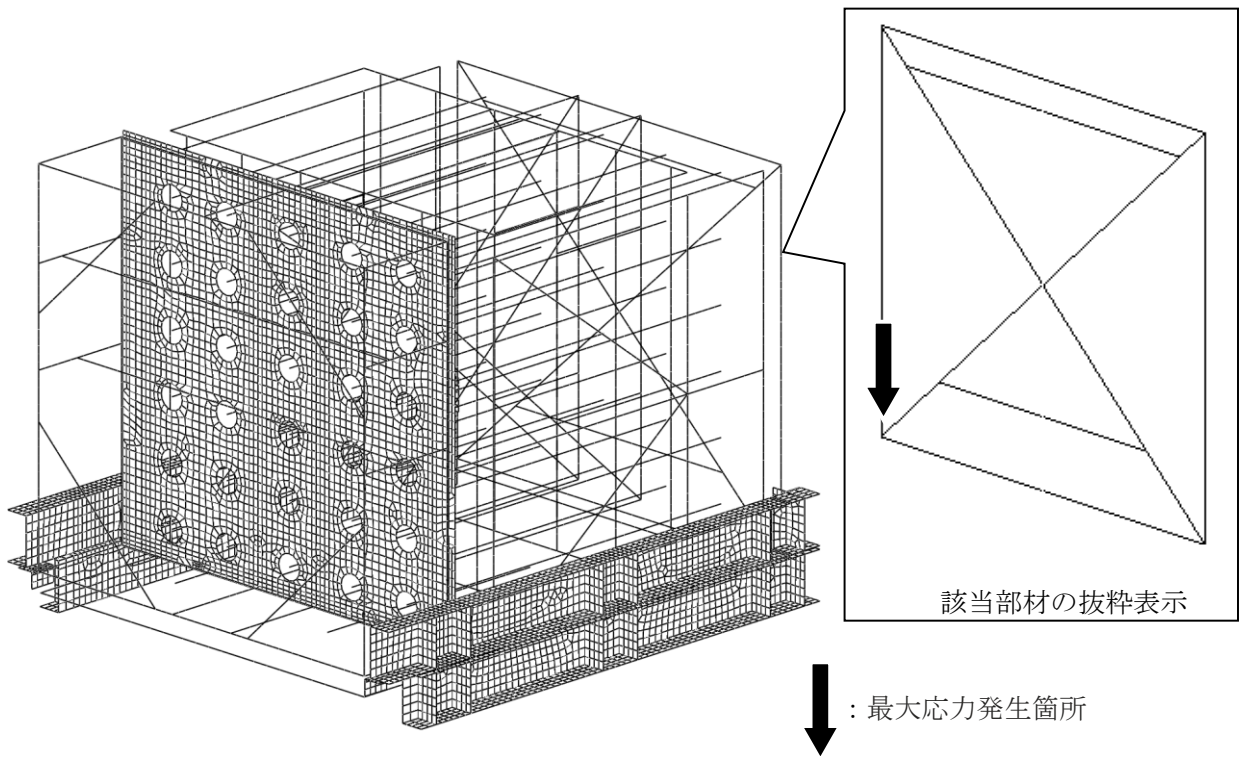
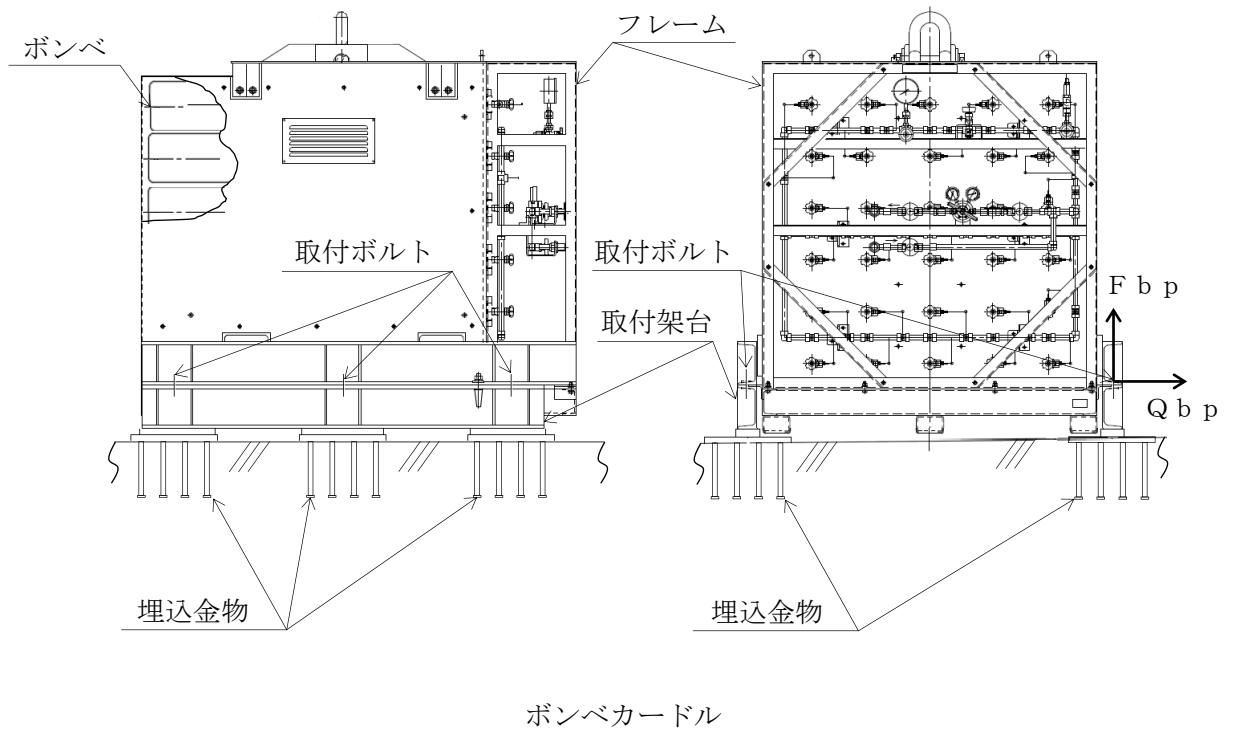


図6-1 ポンベカードルの最大応力発生箇所

【ボンベカードル(U84-D003-18)の耐震性についての計算結果】

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び 床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度		
ボンベカードル	可搬/緩和	第4保管エリア EL 8.5* ¹	0.036	0.05以下	—	—	C _H =1.50* ²	C _V =1.05* ²	—	40

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度 I（基準地震動 S_s）を上回る設計震度

2.2 機器要目

m (kg)	E ₁ (MPa)	E ₂ (MPa)	d (mm)	A _b (mm ²)	ν
4698	2.02×10 ⁵	2.04×10 ⁵	24 (M24)	452.4	0.3

部材	材料	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
フレーム	SS400 (厚さ ≤ 16mm)	245	400	—	280
	STKR400	245	400	—	280
取付架台	SS400 (厚さ ≤ 16mm)	245	400	—	280
取付ボルト	SS400 (40mm < 径 ≤ 100mm)	215	400	—	258

2.3 計算数値

2.3.1 取付ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F_{bp}		Q_{bp}	
	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度	基準地震動 S_s
取付ボルト	—	3.166×10^4	—	1.887×10^4

2.4 結論

2.4.1 固有周期

(単位：s)

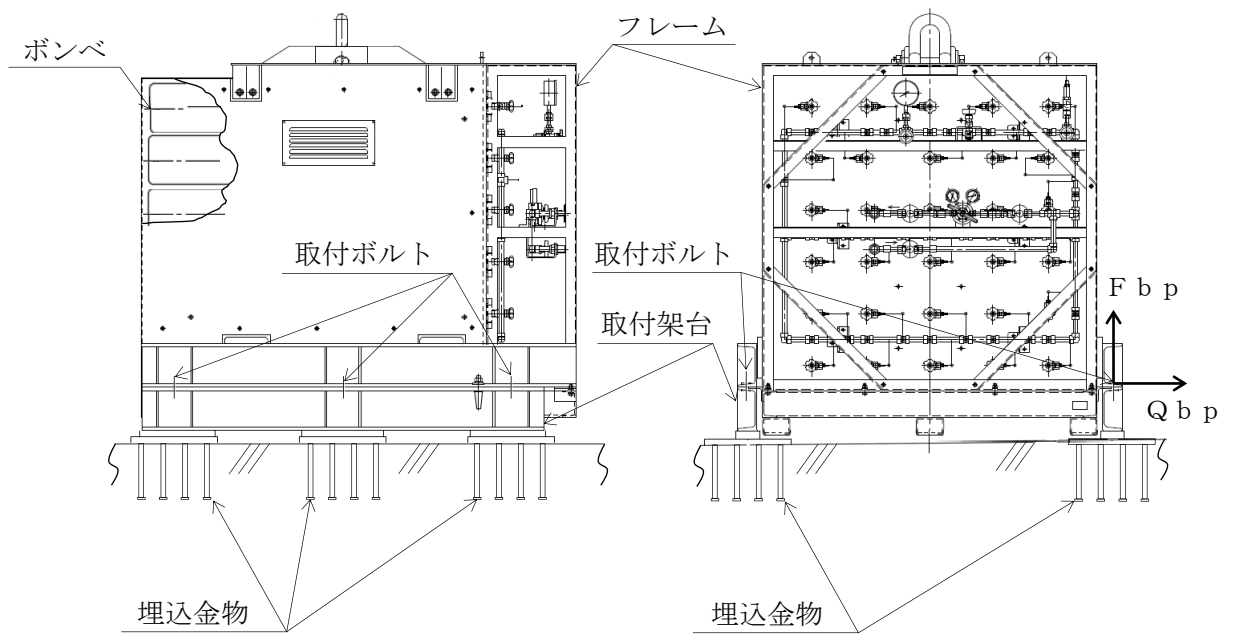
方向	固有周期
水平方向	0.036
鉛直方向	0.05以下

2.4.2 応力及び波及的影響評価

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s		評価結果
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力	
フレーム	SS400	組合せ	—	—	$\sigma_s = 150$	$f_{tm} = 280$	○
取付架台			—	—	$\sigma_{bp} = 70$	$f_{ts} = 193$	○
取付ボルト	SS400	引張	—	—	$\tau_{bp} = 42$	$f_{sb} = 148$	○
		せん断	—	—			○

すべて許容応力以下である。



ポンベカードル

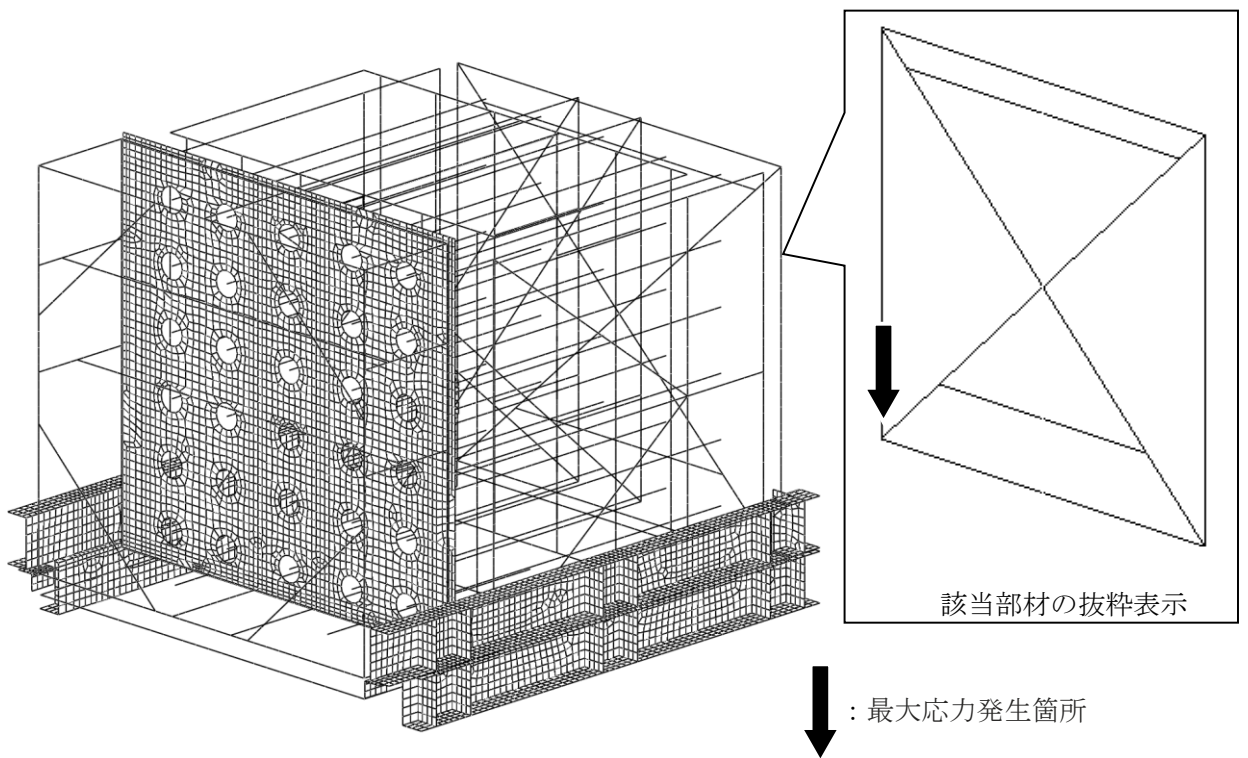


図6-2 ポンベカードルの最大応力発生箇所

VI-2-別添 3-5 可搬型重大事故等対処設備のうち可搬型空気浄化設備の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	4
2.3 適用規格・基準等	5
2.4 記号の説明	6
2.5 計算精度と数値の丸め方	9
3. 評価部位	10
4. 固有周期	11
4.1 固有値解析方法	11
4.2 解析モデル及び諸元	11
4.3 固有値解析結果	13
5. 構造強度評価	15
5.1 構造強度評価方法	15
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	15
5.3 設計用地震力	19
5.4 計算方法	20
5.5 計算条件	26
5.6 応力の評価	26
6. 機能維持評価	28
6.1 動的機能維持評価方法	28
6.2 電氣的機能維持評価方法	28
7. 波及的影響評価	28
7.1 波及的影響評価方法	28
8. 評価結果	29
8.1 重大事故等対処設備としての評価結果	29

1. 概要

本計算書は、VI-2-別添 3-1「可搬型重大事故等対処設備の耐震計算の方針」（以下「別添 3-1」という。）の「2.2(3) 可搬型空気浄化設備」にて設定している構造強度評価及び機能維持評価の方針に基づき、可搬型空気浄化設備が設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、動的機能及び電氣的機能を維持できること、また当該設備による波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないことを説明するものである。

可搬型空気浄化設備は、重大事故等対処設備においては重大事故緩和設備のうち可搬型のものに分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価、動的機能維持評価、電氣的機能維持評価及び波及的影響を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

可搬型空気浄化設備の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画 (1/2)

計画の概要		概略構造図
主体構造	支持構造	
<p>緊急時対策所空気浄化フィルタユニット及びこれを支持する固縛装置（機器固縛金具，アイプレート及びシャックル）により構成する。</p>	<p>緊急時対策所空気浄化フィルタユニットは機器本体と設置用フレームの間を固縛装置（機器固縛金具，アイプレート及びシャックル）にて固縛する。</p>	<p>緊急時対策所空気浄化フィルタユニット</p> <p>設置用フレーム</p> <p>シャックル</p> <p>機器固縛金具</p> <p>アイプレート</p> <p>アイプレート溶接部</p> <p>(地面)</p> <p>(単位：mm)</p>

表 2-1 構造計画 (2/2)

計画の概要		概略構造図
主体構造	支持構造	
<p>緊急時対策所空気浄化送風機（原動機及び送風機）及びこれを支持する固縛装置（機器固縛金具、アイプレート及びシヤックル）により構成する。</p>	<p>緊急時対策所空気浄化送風機は機器本体と設置用フレームの間を固縛装置（機器固縛金具、アイプレート及びシヤックル）にて固縛する。 原動機は送風機に原動機取付ボルトで固定し、送風機は送風機取付ボルトで緊急時対策所空気浄化送風機に固定する。</p>	

2.2 評価方針

可搬型空気浄化設備の応力評価は、別添 3-1 の「2.2 評価方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示す可搬型空気浄化設備の部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4. 固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「5. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、可搬型空気浄化設備の機能維持評価及び波及的影響評価は、別添 3-1 の「2.2(3) 可搬型空気浄化設備」にて設定した動的機能維持評価の方針、電氣的機能維持評価の方針及び波及的影響評価の方針に基づき、機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを、「6. 機能維持評価」にて示す方法にて確認し、波及的影響評価については基準地震動 S_s による地震力に対し、当該設備による波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないことを、「7. 波及的影響評価」に示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「8. 評価結果」に示す。

可搬型空気浄化設備の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

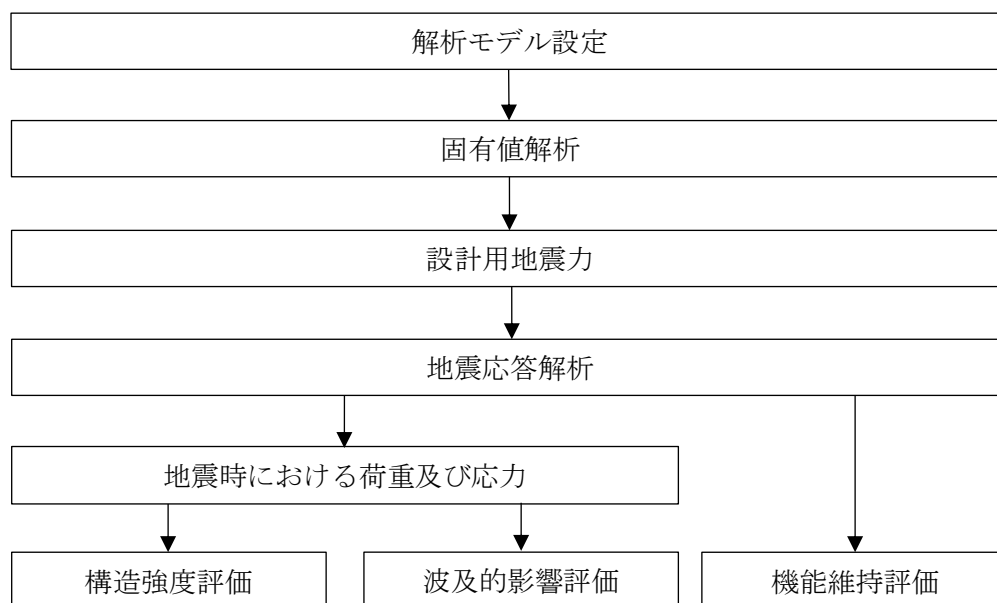


図 2-1 可搬型空気浄化設備の耐震評価フロー

2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補-1984
（（社）日本電気協会）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 （（社）日本電気協会）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -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（（社）日本機械学会，2005/2007）（以下「設計・建設規格」という。）

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_b	機器固縛金具ボルト部の断面積	mm^2
A_{b1}	送風機取付ボルト断面積	mm^2
A_{b2}	原動機取付ボルト断面積	mm^2
A_L	シャックルの許容荷重	N
A_s	機器固縛金具及びアイプレートの最小断面積	mm^2
a_p	回転体振動による加速度	m/s^2
B_s	アイプレート溶接部断面積	mm^2
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
d	機器固縛金具ボルトの呼び径	mm
d_1	送風機取付ボルトの呼び径	mm
d_2	原動機取付ボルトの呼び径	mm
E	縦弾性係数	MPa
F	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値	MPa
F^*	設計・建設規格 SSB-3133に定める値	MPa
f_{sm}	ボルト材以外の許容せん断応力	MPa
f_{sb}	せん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力	MPa
f_{tm}	ボルト材以外の許容引張応力	MPa
f_{to}	引張力のみを受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
f_{ts}	引張力とせん断力を同時に受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s^2
h	機器固縛金具取付高さ	mm
H	機器の重心高さ	mm
H_1	送風機の重心高さ	mm
H_2	原動機の重心高さ	mm
l_1	送風機のボルト間距離	mm
l_2	送風機の転倒支点から重心までの距離	mm
l_3	原動機のボルト間距離	mm
l_4	原動機の転倒支点から重心までの距離	mm
L_w	荷重点からアイプレート固定部までの距離	mm
L_1	転倒支点から重心までの距離 (短辺方向転倒)	mm
L_2	転倒支点から固縛位置までの距離 (短辺方向転倒)	mm
L_3	転倒支点から重心までの距離 (長辺方向転倒)	mm
L_4	転倒支点から固縛位置までの距離 (長辺方向転倒)	mm
M	転倒モーメント	$\text{N}\cdot\text{mm}$
m	機器の質量	kg

記号	記号の説明	単位
m_1	送風機の質量	kg
m_2	原動機の質量	kg
n_1	送風機取付ボルト評価部位本数	—
n_2	原動機取付ボルト評価部位本数	—
N_1	送風器取付ボルト評価部位総本数	—
N_2	原動機取付ボルト評価部位総本数	—
S_u	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値	MPa
S_y	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値	MPa
$S_y(R T)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める材料の 40°Cにおける値	MPa
$S_{y d}$	最高使用温度における設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値	MPa
$S_{y t}$	試験温度における設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に 定める値	MPa
T	温度条件 (雰囲気温度)	°C
T_L	設計・建設規格 SSB-3210に定める荷重試験により支持構造物が 破損するおそれのある荷重	N
T_s	機器固縛金具に発生する張力	N
T_{s1}	機器固縛金具に発生する張力 (短辺方向転倒)	N
T_{s2}	機器固縛金具に発生する張力 (長辺方向転倒)	N
W_w	風による水平荷重	N
z_H	荷重の作用する機器固縛金具の数	本
Z	アイプレート溶接部の断面係数	mm ³
π	円周率	—
σ_b	機器固縛金具ボルト部に生じる引張応力	MPa
σ_{b1}	送風機取付ボルト部に生じる引張応力	MPa
σ_{b2}	原動機取付ボルト部に生じる引張応力	MPa
σ_{bt}	機器固縛金具及びアイプレートに生じる引張応力	MPa
σ_1	溶接部に生じる引張力により発生するせん断応力	MPa
σ_2	溶接部に生じる曲げモーメントにより発生するせん断応力	MPa
τ_b	取付ボルト部に生じるせん断応力	MPa
τ_{bt}	機器固縛金具及びアイプレートに生じるせん断応力	MPa
τ_{b1}	送風機取付ボルト部に生じるせん断応力	MPa
τ_{b2}	原動機取付ボルト部に生じるせん断応力	MPa

記号	記号の説明	単位
τ_1	溶接部に生じるせん断力により発生するせん断応力	MPa
τ_w	アイプレート溶接部に生じる組合せ応力	MPa
ν	ポアソン比	—
θ	水平方向の機器固縛金具張角	°

2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は、表2-2に示すとおりである。

表2-2 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	s	小数点以下第4位	四捨五入	小数点以下第3位
震度	—	小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位
温度	°C	—	—	整数位
質量	kg	—	—	整数位
長さ	mm	—	—	整数位 ^{*1}
面積	mm ²	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 ^{*2}
モーメント	N・mm	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 ^{*2}
力	N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 ^{*2}
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力 ^{*3}	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位

注記*1：設計上定める値が小数点以下第1位の場合は、小数点以下第1位表示とする。

*2：絶対値が1000以上のときは、べき数表示とする。

*3：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の間における引張強さ及び降伏点は比例法により補間した値の小数点以下第1位を切り捨て、整数位までの値とする。

3. 評価部位

可搬型空気浄化設備の耐震評価は、「5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる機器固縛金具、アイプレート、アイプレート溶接部、送風機取付ボルト、原動機取付ボルト及びシャックルについて実施する。可搬型空気浄化設備の耐震評価部位については、表2-1の概略構造図に示す。

4. 固有周期

4.1 固有値解析方法

可搬型空気浄化設備の固有値解析方法を以下に示す。

- (1) 可搬型空気浄化設備は、「4.2 解析モデル及び諸元」に示すはり要素及びシェル要素によりモデル化した3次元FEMモデルとする。

4.2 解析モデル及び諸元

緊急時対策所空気浄化フィルタユニット及び緊急時対策所空気浄化送風機の解析モデルを図4-1及び図4-2に、解析モデルの概要を以下に示す。また、機器の諸元を本計算書の「8.1 重大事故等対処設備としての評価結果」の【緊急時対策所空気浄化フィルタユニットの耐震性についての計算結果】及び【緊急時対策所空気浄化送風機の耐震性についての計算結果】のその他の機器要目に示す。

- (1) 総質量は、緊急時対策所空気浄化フィルタユニットが kg 及び緊急時対策所空気浄化送風機が kg とする。
- (2) 拘束条件は、緊急時対策所空気浄化フィルタユニット及び緊急時対策所空気浄化送風機は設置用フレームと機器固縛金具を介して、アイプレートで固定することにより、アイプレート部を3方向(X, Y, Z)固定とする。
- (3) 緊急時対策所空気浄化フィルタユニット及び緊急時対策所空気浄化送風機の転倒方向は、図5-1及び図5-2における長辺方向及び短辺方向について検討し、計算書には計算結果の厳しい方(許容値/発生値の小さい方をいう。)を記載する。
- (4) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。
- (5) 解析コードは、「MSC NASTRAN」を使用し、固有値及び荷重を求める。なお、評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、VI-5「計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

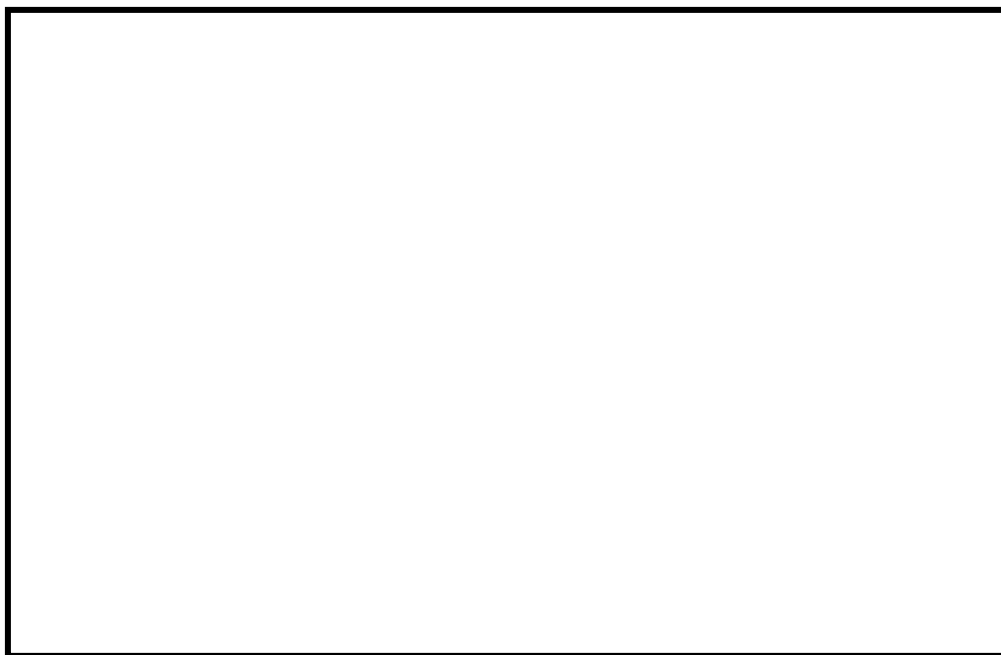


図 4-1 解析モデル(緊急時対策所空気浄化フィルタユニット)



図 4-2 解析モデル(緊急時対策所空気浄化送風機)

4.3 固有値解析結果

(1) 緊急時対策所空気浄化フィルタユニット

固有値解析結果を表 4-1, 振動モード図(1次)を図 4-3 に示す。固有周期は, 0.05 秒以下であり, 剛構造であることを確認した。

表 4-1 固有値解析結果

モード	卓越方向	固有周期(s)	水平方向刺激係数		鉛直方向刺激係数
			X方向	Y方向	
1次	水平	0.016	—	—	—

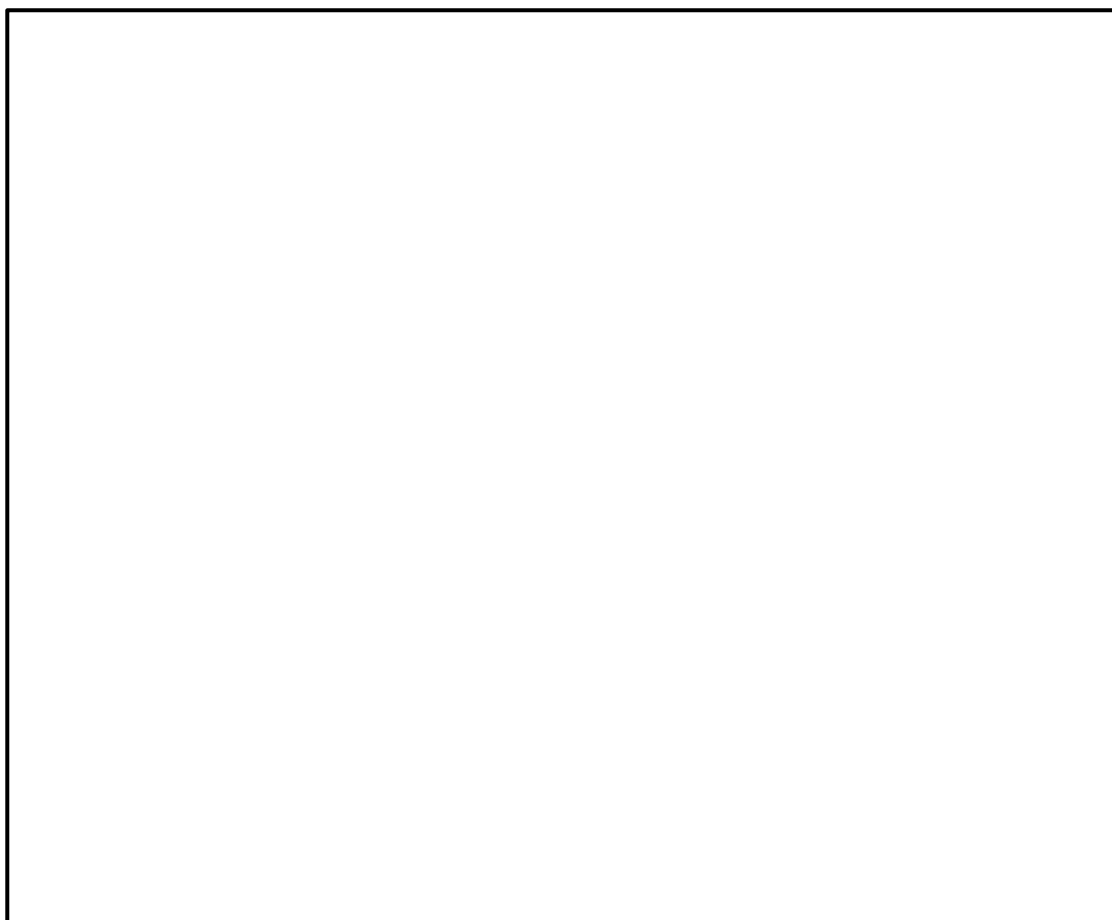


図 4-3 振動モード図 (1次) (緊急時対策所空気浄化フィルタユニット)

(2) 緊急時対策所空気浄化送風機

固有値解析結果を表 4-2, 振動モード図(1次)を図 4-4 に示す。固有周期は, 0.05 秒以下であり, 剛構造であることを確認した。

表 4-2 固有値解析結果

モード	卓越方向	固有周期(s)	水平方向刺激係数		鉛直方向刺激係数
			X方向	Y方向	
1次	水平	0.020	—	—	—



図 4-4 振動モード図 (1次) (緊急時対策所空気浄化送風機)

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

4.2 項(1)～(5)のほか、次の条件で計算する。

- (1) 地震力は、可搬型空気浄化設備に対して、水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。
- (2) 風荷重は、可搬型空気浄化設備に対して、水平方向から作用するものとする。

5.2 荷重の組合せ及び許容応力

5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

可搬型空気浄化設備の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-1 に示す。

5.2.2 許容応力

可搬型空気浄化設備の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 5-2 のとおりとする。

5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

可搬型空気浄化設備の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-3 に示す。

5.2.4 風荷重

風荷重は、風速 30m/s を使用し、可搬型空気浄化設備の形状、風向きを踏まえ、作用する風圧力を算出する。風圧力の算出の基準となる基準速度圧を表 5-4 に示す。

表 5-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
放射線管理施設	換気設備	緊急時対策所 空気浄化送風機	可搬/緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s + W_w$ *3	IVAS
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s + W_w$	VAS (VASとして IVASの許容限 界を用いる)
放射線管理施設	換気設備	緊急時対策所 空気浄化フィルタユニット	可搬/緩和	—*2	$D + P_D + M_D + S_s + W_w$ *3	IVAS
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s + W_w$	VAS (VASとして IVASの許容限 界を用いる)

注記*1：「可搬/緩和」は重大事故緩和設備のうち可搬型のものを示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

*3：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s + W_w$ 」の評価に包絡されるため、評価結果の記載を省略する。

表 5-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等以外)			許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力			一次応力	
	引張	せん断	組合せ	引張	せん断
IVAS	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
VAS (VASとしてIVASの許容限界を用いる)					

注記*1：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。

*2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 5-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
機器固縛金具		周囲環境温度	205	520	205
アイプレート			205	520	205
			235	400	—
アイプレート溶接部			205	520	205
			215	400	—
送風機取付ボルト			245	400	—
原動機取付ボルト			245	400	—

表 5-4 基準速度圧

(単位：N)

使用する部位	基準速度圧
緊急時対策所空気浄化送風機	1.012×10^4
緊急時対策所空気浄化フィルタユニット	1.009×10^4

5.3 設計用地震力

(1) 緊急時対策所空気浄化フィルタユニット

緊急時対策所空気浄化フィルタユニットの設計用地震力のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表5-5に示す。

基準地震動 S_s による地震力は、VI-2-別添3-2「可搬型重大事故対処設備の保管場所における入力地震動」に基づき設定する。

表5-5 設計用地震力（重大事故等対処設備）

据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s	
	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
第1保管エリア EL 50.0* ¹ 第4保管エリア EL 8.5* ¹	0.016	—	—	—	$C_H=1.88^{*2}$	$C_V=1.38^{*2}$

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度I（基準地震動 S_s ）を上回る設計震度

(2) 緊急時対策所空気浄化送風機

緊急時対策所空気浄化送風機の設計用地震力のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表5-6に示す。

基準地震動 S_s による地震力は、VI-2-別添3-2「可搬型重大事故対処設備の保管場所における入力地震動」に基づき設定する。

表5-6 設計用地震力（重大事故等対処設備）

据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s	
	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
第1保管エリア EL 50.0* ¹ 第4保管エリア EL 8.5* ¹	0.020	—	—	—	$C_H=1.88^{*2}$	$C_V=1.38^{*2}$

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度I（基準地震動 S_s ）を上回る設計震度

5.4 計算方法

5.4.1 応力の計算方法

5.4.1.1 機器固縛金具の計算方法

(1) 緊急時対策所空気浄化フィルタユニット

計算モデルを図5-1に示す。地震及び風荷重 W_w を受けた際に生じる機器の転倒モーメントによって生じる張力 T_{S1} 及び T_{S2} は水平2方向を考慮し、下式により計算する。なお、水平2方向の震度を考慮するため、水平方向設計震度を $\sqrt{2}$ 倍する。

$$T_{S1} = \frac{m \cdot \sqrt{2} \cdot g \cdot C_H \cdot H + W_w \cdot H - m \cdot L_1 \cdot g \cdot (1 - C_V)}{z_H \cdot (h \cdot \cos \theta + L_2 \cdot \sin \theta)} \quad \dots \quad (5.4.1.1.1)$$

$$T_{S2} = \frac{m \cdot \sqrt{2} \cdot g \cdot C_H \cdot H + W_w \cdot H - m \cdot L_3 \cdot g \cdot (1 - C_V)}{z_H \cdot (h \cdot \cos \theta + L_4 \cdot \sin \theta)} \quad \dots \quad (5.4.1.1.2)$$

評価には T_{S1} と T_{S2} を比較し数値が大きいものを T_S として使用する。

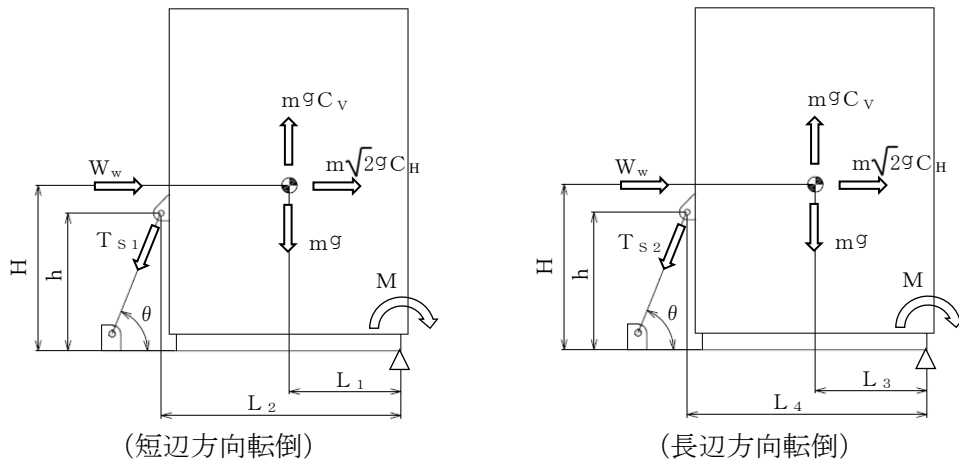


図5-1 計算モデル（緊急時対策所空気浄化フィルタユニットの機器固縛金具）

機器固縛金具のボルト部に対する引張応力 σ_b は、下式により計算する。

$$\sigma_b = \frac{T_S}{A_b} \quad \dots \quad (5.4.1.1.3)$$

ここで、機器固縛金具のボルト部の断面積 A_b は次式により求める。

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \quad \dots \quad (5.4.1.1.4)$$

また，機器固縛金具部の最小断面積 A_s より，引張応力 σ_{bt} 及びせん断応力 τ_{bt} は，下式により計算する。

引張応力

$$\sigma_{bt} = \frac{T_s}{A_s} \dots\dots\dots (5.4.1.1.5)$$

せん断応力

$$\tau_{bt} = \frac{T_s}{A_s} \dots\dots\dots (5.4.1.1.6)$$

(2) 緊急時対策所空気浄化送風機

計算モデルを図5-2に示す。地震及び風荷重 W_w を受けた際に生じる機器の転倒モーメントによって生じる張力 T_{s1} 及び T_{s2} は水平2方向を考慮し，下式により計算する。なお，水平2方向の震度を考慮するため，水平方向設計震度を $\sqrt{2}$ 倍する。

$$T_{s1} = \frac{m \cdot (\sqrt{2} \cdot g \cdot C_{H+a_p}) \cdot H + W_w \cdot H - m \cdot L_1 \cdot (g \cdot (1 - C_V) - a_p)}{z_H \cdot (h \cdot \cos \theta + L_2 \cdot \sin \theta)} \dots\dots (5.4.1.1.7)$$

$$T_{s2} = \frac{m \cdot (\sqrt{2} \cdot g \cdot C_{H+a_p}) \cdot H + W_w \cdot H - m \cdot L_3 \cdot (g \cdot (1 - C_V) - a_p)}{z_H \cdot (h \cdot \cos \theta + L_4 \cdot \sin \theta)} \dots\dots (5.4.1.1.8)$$

評価には T_{s1} と T_{s2} を比較し数値が大きいものを T_s として使用する。

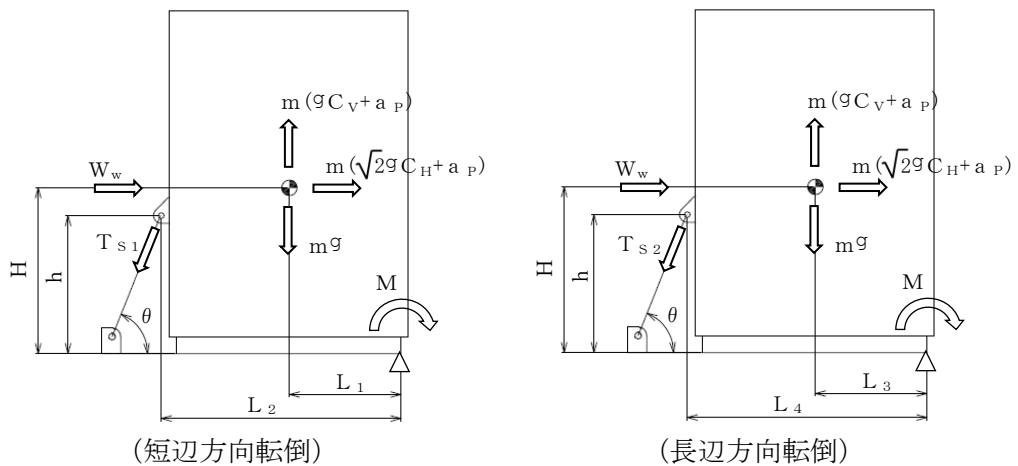


図5-2 計算モデル（緊急時対策所空気浄化送風機の機器固縛金具）

機器固縛金具のボルト部に対する引張応力 σ_b は，下式により計算する。

$$\sigma_b = \frac{T_s}{A_b} \dots\dots\dots (5.4.1.1.9)$$

ここで、機器固縛金具のボルト部の断面積 A_b は次式により求める。

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.10)$$

また、機器固縛金具部の最小断面積 A_s より、引張応力 σ_{bt} 及びせん断応力 τ_{bt} は、下式により計算する。

引張応力

$$\sigma_{bt} = \frac{T_s}{A_s} \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.11)$$

せん断応力

$$\tau_{bt} = \frac{T_s}{A_s} \quad \dots\dots\dots (5.4.1.1.12)$$

5.4.1.2 アイプレート及びアイプレート溶接部の計算方法

(1) アイプレート

地震及び風荷重 W_w を受けた際に生じる機器の転倒モーメントによって、アイプレートに生じる引張応力 σ_{bt} 及びせん断応力 τ_{bt} を以下のとおり計算する。

アイプレートの最小断面積 A_s より、引張応力 σ_{bt} 及びせん断応力 τ_{bt} は、下式により計算する。

引張応力

$$\sigma_{bt} = \frac{T_s}{A_s} \quad \dots\dots\dots (5.4.1.2.1)$$

せん断応力

$$\tau_{bt} = \frac{T_s}{A_s} \quad \dots\dots\dots (5.4.1.2.2)$$

(2) アイプレート溶接部

地震及び風荷重 W_w を受けた際に生じる機器の転倒モーメントによって、アイプレート（溶接部）に生じる組合せ応力 τ_w を以下のとおり計算する。

アイプレート（溶接部）のせん断面積 B_s より、溶接部に生じる引張力により発生するせん断応力 σ_1 及び溶接部に生じるせん断力により発生するせん断応力 τ_1 は、下式により計算する。なお、張力 T_s について、溶接部に生じる引張力は $T_s \cdot \cos \theta$ 、溶接部に生じるせん断力は $T_s \cdot \sin \theta$ とすることができるが、保守的に T_s とする。

溶接部に生じる引張力により発生するせん断応力

$$\sigma_1 = \frac{T_s}{B_s} \dots\dots\dots (5.4.1.2.3)$$

溶接部に生じるせん断力により発生するせん断応力

$$\tau_1 = \frac{T_s}{B_s} \dots\dots\dots (5.4.1.2.4)$$

アイプレート（溶接部）の荷重点からアイプレート固定部までの距離 L_w 及び断面係数 Z より、溶接部に生じる曲げモーメントにより発生するせん断応力 σ_2 は、下式により計算する。なお、張力 T_s について、 $T_s \cdot \sin \theta$ とすることができるが、保守的に T_s とする。

溶接部に生じる曲げモーメントにより発生するせん断応力

$$\sigma_2 = \frac{T_s \cdot L_w}{Z} \dots\dots\dots (5.4.1.2.5)$$

アイプレート（溶接部）に生じる組合せ応力 τ_w は、下式により計算する。

$$\tau_w = \sqrt{(\sigma_1 + \sigma_2)^2 + \tau_1^2} \dots\dots\dots (5.4.1.2.6)$$

5.4.1.3 送風機取付ボルトの計算方法

計算モデルを図5-3に示す。地震を受けた際に機器に生じる転倒モーメントによって、送風機取付ボルト（1本当り）に生じる引張応力 σ_{b1} 及びせん断応力 τ_{b1} は、下式により計算する。なお、水平2方向の震度を考慮するため、水平方向設計震度を $\sqrt{2}$ 倍する。

引張応力

$$\sigma_{b1} = \frac{m_1 \cdot (\sqrt{2} \cdot g \cdot C_{H+a_p}) \cdot H_1 - m_1 \cdot (g \cdot (1 - C_v) - a_p) \cdot \ell_2}{n_1 \cdot A_{b1} \cdot \ell_1} \dots\dots (5.4.1.3.1)$$

ここで、送風機取付ボルトの軸断面積 A_{b1} は次式により求める。

$$A_{b1} = \frac{\pi}{4} \cdot d_1^2 \dots\dots\dots (5.4.1.3.2)$$

せん断応力

$$\tau_{b1} = \frac{m_1 \cdot (\sqrt{2} \cdot g \cdot C_{H+a_p})}{N_1 \cdot A_{b1}} \dots\dots\dots (5.4.1.3.3)$$

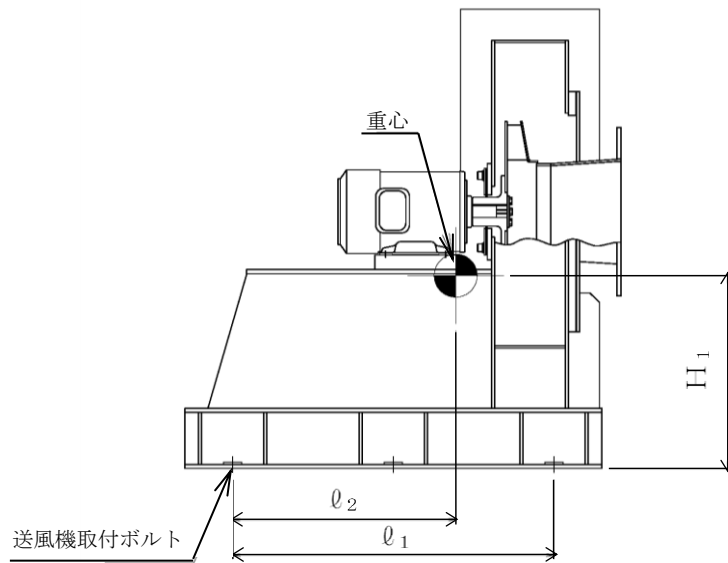


図 5-3 計算モデル(送風機取付ボルト)

5.4.1.4 原動機取付ボルトの計算方法

計算モデルを図 5-4 に示す。地震を受けた際に機器に生じる転倒モーメントによって、原動機取付ボルト（1 本当り）に生じる引張応力 σ_{b2} 及びせん断応力 τ_{b2} は、下式により計算する。なお、水平 2 方向の震度を考慮するため、水平方向設計震度を $\sqrt{2}$ 倍する。

引張応力

$$\sigma_{b2} = \frac{m_2 \cdot (\sqrt{2} \cdot g \cdot C_{H+aP}) \cdot H_2 - m_2 \cdot (g \cdot (1 - C_V) - a_P) \cdot l_4}{n_2 \cdot A_{b2} \cdot l_3} \dots (5.4.1.4.1)$$

ここで、原動機取付ボルトの軸断面積 A_{b2} は次式により求める。

$$A_{b2} = \frac{\pi}{4} \cdot d_2^2 \dots (5.4.1.4.2)$$

せん断応力

$$\tau_{b2} = \frac{m_2 \cdot (\sqrt{2} \cdot g \cdot C_{H+aP})}{N_2 \cdot A_{b2}} \dots (5.4.1.4.3)$$

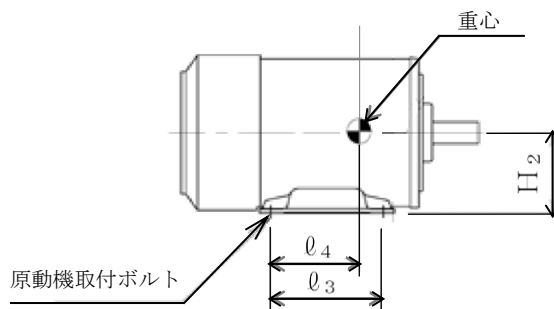


図 5-4 計算モデル(原動機取付ボルト)

5.4.1.5 シャックルの計算方法

シャックル (SP-28) は荷重試験結果から破断荷重は500* [kN] でありシャックル (材質: , 周囲温度: °C) の許容荷重 A_L は以下のとおり算出され, シャックルにかかる荷重より許容荷重 A_L が大きいことを確認する。

許容荷重

$$A_L = \frac{0.6 \cdot T_L \cdot 0.9 \cdot S_{yd}}{S_{yt}} \dots\dots\dots (5.4.1.5.1)$$

注記* : SP-28の荷重試験結果から当荷重試験機の最大可能荷重500 [kN] に達しても破断が生じなかったため, 破断荷重は保守的評価として500 [kN] とする。

5.5 計算条件

5.5.1 応力計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の「8.1 重大事故等対処設備としての評価結果」の【緊急時対策所空気浄化フィルタユニットの耐震性についての計算結果】及び【緊急時対策所空気浄化送風機の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

5.6 応力の評価

5.6.1 機器固縛金具の応力評価

(1) 機器固縛金具ボルト部

5.4.1.1項で求めたボルトの引張応力 σ_b が下表で定めた許容引張応力 f_t 以下であること。

	基準地震動 S_s による荷重との組合せの場合
許容引張応力 f_{ts}	$\frac{F^*}{2} \cdot 1.5$

(2) 機器固縛金具

5.4.1.1項で求めた引張応力 σ_{bt} 及びせん断応力 τ_{bt} が下表で定めた許容引張応力 f_{tm} 及び許容せん断応力 f_{sm} 以下であること。

	基準地震動 S_s による荷重との組合せの場合
許容引張応力 f_{tm}	$\frac{F^*}{1.5} \cdot 1.5$
許容せん断応力 f_{sm}	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

5.6.2 アイプレート及びアイプレート溶接部の応力評価

5.4.1.2項で求めたアイプレートの引張応力 σ_{bt} 、アイプレート溶接部の引張応力 σ_1 、アイプレートのせん断応力 τ_{bt} 及びアイプレート溶接部のせん断応力 τ_1 が下表で定めた許容引張応力 f_{tm} 及び許容せん断応力 f_{sm} 以下であること。ただし、組合せ応力が許容引張応力 f_{tm} 以下であること。

	基準地震動 S_s による荷重との組合せの場合
許容引張応力 f_{tm}	$\frac{F^*}{1.5} \cdot 1.5$
許容せん断応力 f_{sm}	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

5.6.3 送風機取付ボルト及び原動機取付ボルトの応力評価

5.4.1.3項及び5.4.1.4項で求めた送風機取付ボルト及び原動機取付ボルトの引張応力 σ_{b1} 及び σ_{b2} が次式で定めた許容引張応力 f_{ts} 以下であること。ただし、許容引張応力 f_{to} は下表による。

$$f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}] \quad \dots\dots\dots (5.6.3.1)$$

せん断応力 τ_{b1} 及び τ_{b2} は、せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 f_{sb} 以下であること。ただし、許容せん断応力 f_{sb} は下表による。

	基準地震動 S_s による荷重との組合せの場合
許容引張応力 f_{to}	$\frac{F^*}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 f_{sb}	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

5.6.4 シャックルの評価

5.4.1.1項で求めた地震及び風荷重 W_w を受けた際に生じる機器の転倒モーメントによって生じる張力 T_s が5.4.1.5項で求めた許容荷重 A_L 以下であること。

6. 機能維持評価

6.1 動的機能維持評価方法

可搬型空気浄化設備の動的機能維持評価について以下に示す。

なお、機能維持評価用加速度はVI-2-別添 3-2「可搬型重大事故対処設備の保管場所における入力地震動」に基づき、基準地震動 S_s により定まる加速度を設定する。可搬型空気浄化設備の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」の表 4-1 を適用する。機能確認済加速度を表 6-1 に示す。

6.2 電氣的機能維持評価方法

可搬型空気浄化設備の電氣的機能維持評価について以下に示す。

なお、機能維持評価用加速度はVI-2-別添 3-2「可搬型重大事故対処設備の保管場所における入力地震動」に基づき、基準地震動 S_s により定まる加速度を設定する。可搬型空気浄化設備の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」の表 4-1 を適用する。機能確認済加速度を表 6-1 に示す。

表 6-1 機能確認済加速度

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

機器名称	形式	方向	機能確認済加速度
空気浄化送風機	遠心直動型ファン	水平	2.6
		鉛直	1.0
空気浄化送風機原動機	横形ころがり軸受電動機	水平	4.7
		鉛直	1.0

7. 波及的影響評価

7.1 波及的影響評価方法

可搬型空気浄化設備は、別添3-1の「2.2 評価方針」にて設定した評価方針に従い、当該設備による波及的影響を防止する必要がある他の設備への波及的影響評価を実施する。

可搬型空気浄化設備の波及的影響評価は、「3. 評価部位」に示す評価部位が、「5.2 荷重の組合せ及び許容応力」に示す荷重の組合せに対し、許容応力を満足することを、「5.3 設計用地震力」に示す設計用地震力及び「5.4 計算方法」に示す方法を用いて評価を行う。

8. 評価結果

8.1 重大事故等対処設備としての評価結果

可搬型空気浄化設備の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、動的機能及び電氣的機能を維持できること、また、当該設備による波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないことを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 動的機能維持評価結果

動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

(3) 電氣的機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

(4) 波及的影響評価結果

波及的影響評価の結果を次頁以降の表に示す。

【緊急時対策所空気浄化フィルタユニットの耐震性についての計算結果】

1. 重大事故等対処設備

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
緊急時対策所空気浄化 フィルタユニット	可搬/緩和	第1保管エリア EL 50.0 第4保管エリア EL 8.5	0.016	—	—	—	C _H =1.88*	C _V =1.38*	

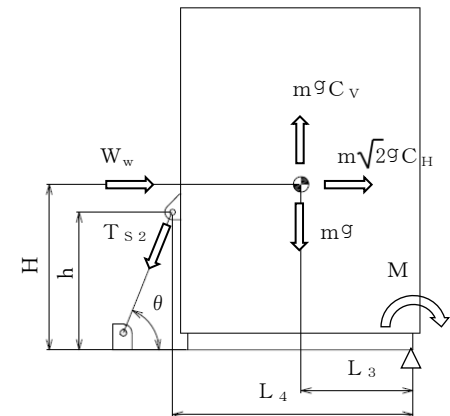
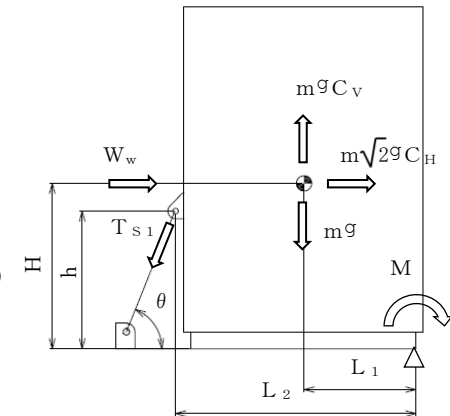
注記*：設計用震度 I（基準地震動 S_s）を上回る設計震度

1.2 機器要目

部材	m (kg)	H (mm)	W _w (N)	L _{w1} * (mm)	L _{w2} * (mm)	L _{w3} * (mm)	L ₁ (mm)	L ₂ (mm)	z _H (-)	h (mm)	θ (°)
機器固縛金具 ボルト部		901	1.009×10 ⁴	91	100	100	426	970		1470	76

注記*：L_{w1}はアイプレート（機器側 溶接部），L_{w2}はアイプレート当板（機器側 溶接部），L_{w3}はアイプレート（設置用フレーム側 溶接部）

部材	T _s (N)	d (mm)	A _b (mm ²)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
機器固縛金具 ボルト部	4.635×10 ⁴			205	520	205	—	205



S2 補 VI-2-別添 3-5 R1

部材	T_s (N)	A_s (mm ²)	B_s (mm ²)	Z (mm ³)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y (RT) (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
機器固縛金具	4.635×10 ⁴	896	—	—	205	520	205	—	205
アイプレート(機器側)		1.012×10 ³	—	—	205	520	205	—	205
アイプレート (機器側 溶接部)		—	2.514×10 ³	8.799×10 ⁴	205	520	205	—	205
アイプレート当板 (機器側 溶接部)		—	4.737×10 ³	3.244×10 ⁵	205	520	205	—	205
アイプレート (設置用フレーム側)		1.364×10 ³	—	—	235 (16mm<厚さ≤40mm)	400 (16mm<厚さ≤40mm)	—	—	280
アイプレート (設置用フレーム側 溶接部)		—	1.926×10 ³	5.848×10 ⁴	215 (40mm<厚さ)	400 (40mm<厚さ)	—	—	258
アイプレート (設置用フレーム側 狭隘部)		1.364×10 ³	—	—	235 (16mm<厚さ≤40mm)	400 (16mm<厚さ≤40mm)	—	—	280
アイプレート (設置用フレーム側 狭隘部 溶接部)		—	1.467×10 ³	—	215 (40mm<厚さ)	400 (40mm<厚さ)	—	—	258
			1.489×10 ³						

31

部材	T_L (kN)	S_{yd} (MPa)	S_{yt} (MPa)
シャックル	500	205	205

1.3 結論

1.3.1 固有周期 (単位: s)

方向	固有周期
水平方向	0.016
鉛直方向	—

1.3.2 応力及び波及的影響評価

(単位: MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
機器固縛金具ボルト部		引張	—	—	$\sigma_b=103$	$f_{t o}=153$
機器固縛金具		引張	—	—	$\sigma_{b t}=52$	$f_{t m}=204$
		せん断	—	—	$\tau_{b t}=52$	$f_{s m}=117$
アイプレート(機器側)		引張	—	—	$\sigma_{b t}=46$	$f_{t m}=204$
		せん断	—	—	$\tau_{b t}=46$	$f_{s m}=117$
アイプレート(機器側 溶接部)		組合せ	—	—	$\tau_w=70$	$f_{s m}=117$
アイプレート当板(機器側 溶接部)		組合せ	—	—	$\tau_w=27$	$f_{s m}=117$
アイプレート(設置用フレーム側)		引張	—	—	$\sigma_{b t}=34$	$f_{t m}=279$
		せん断	—	—	$\tau_{b t}=34$	$f_{s m}=160$
アイプレート(設置用フレーム側 溶接部)		組合せ	—	—	$\tau_w=108$	$f_{s m}=148$
アイプレート(設置用フレーム側 狭隘部)		引張	—	—	$\sigma_{b t}=34$	$f_{t m}=279$
		せん断	—	—	$\tau_{b t}=34$	$f_{s m}=160$
アイプレート(設置用フレーム側 狭隘部 溶接部)		組合せ	—	—	$\tau_w=32$	$f_{s m}=148$
シャックル			耐力荷重	—	—	$T_s=4.635 \times 10^4*$

注記*: 単位(N)

すべて許容応力以下である。

1.4 その他の機器要目

項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	
質量	m	kg	
温度条件 (雰囲気温度)	T	°C	
縦弾性係数	E	MPa	
ポアソン比	ν	—	
要素数	—	個	
節点数	—	個	

【緊急時対策所空気浄化送風機の耐震性についての計算結果】

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
緊急時対策所空気浄化 送風機	可搬/緩和	第1保管エリア EL 50.0 第4保管エリア EL 8.5	0.020	—	—	—	C _H =1.88*	C _V =1.38*	

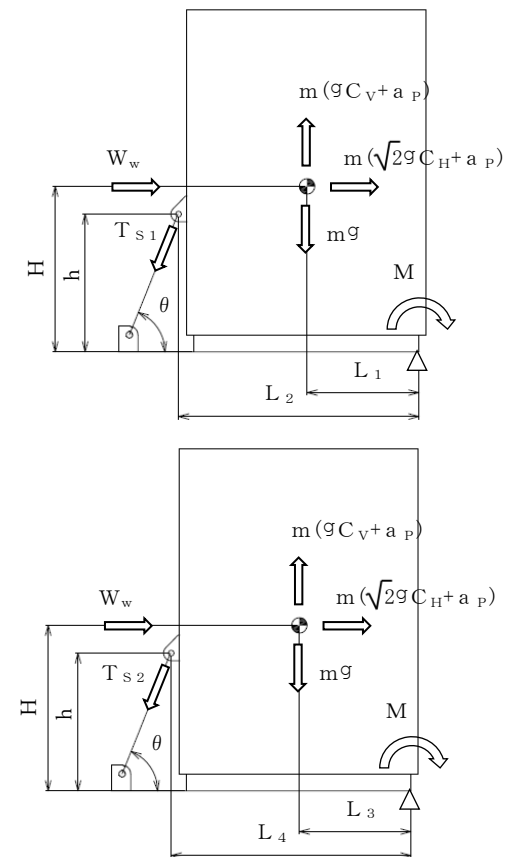
注記* : 設計用震度 I (基準地震動 S_s) を上回る設計震度

2.2 機器要目

部材	m (kg)	a _P (m/s ²)	H (mm)	W _w (N)	L _{w1} * (mm)	L _{w2} * (mm)	L _{w3} * (mm)	L ₁ (mm)	L ₂ (mm)	z _H (-)	h (mm)	θ (°)
機器固縛金具 ボルト部		5.69	1037	1.012×10 ⁴	38	50	100	784	1509		804	68

注記* : L_{w1}はアイプレート (機器側 溶接部), L_{w2}はアイプレート当板 (機器側 溶接部), L_{w3}はアイプレート (設置用フレーム側 溶接部)

部材	T _s (N)	d (mm)	A _b (mm ²)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
機器固縛金具 ボルト部	3.983×10 ⁴			205	520	205	—	205



S2 補 VI-2-別添 3-5 R1

部材	T_s (N)	A_s (mm ²)	B_s (mm ²)	Z (mm ³)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y (RT) (MPa)	F (MPa)	F^* (MPa)
機器固縛金具	3.983×10 ⁴	896	—	—	205	520	205	—	205
アイプレート(機器側)		1.254×10 ³	—	—	205	520	205	—	205
アイプレート (機器側 溶接部)		—	2.408×10 ³	7.257×10 ⁴	205	520	205	—	205
アイプレート当板 (機器側 溶接部)		—	1.932×10 ³	8.134×10 ⁵	205	520	205	—	205
アイプレート (設置用フレーム側)		1.364×10 ³	—	—	235 (16mm<厚さ≤40mm)	400 (16mm<厚さ≤40mm)	—	—	280
アイプレート (設置用フレーム側 溶接部)		—	1.926×10 ³	5.848×10 ⁴	215 (40mm<厚さ)	400 (40mm<厚さ)	—	—	258
アイプレート (設置用フレーム側 狭隘部)		1.364×10 ³	—	—	235 (16mm<厚さ≤40mm)	400 (16mm<厚さ≤40mm)	—	—	280
アイプレート (設置用フレーム側 狭隘部 溶接部)		—	1.097×10 ³	—	215 (40mm<厚さ)	400 (40mm<厚さ)	—	—	258
			1.489×10 ³						

35

部材	T_L (kN)	S_{yd} (MPa)	S_{yt} (MPa)
シャックル	500	205	205

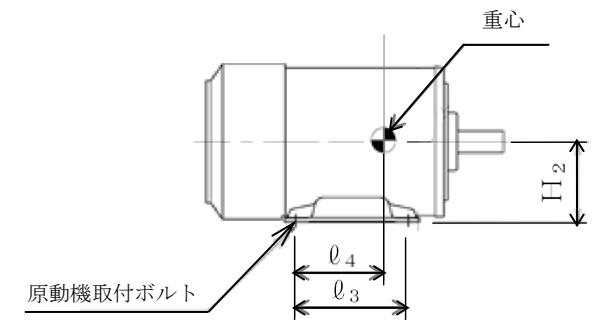
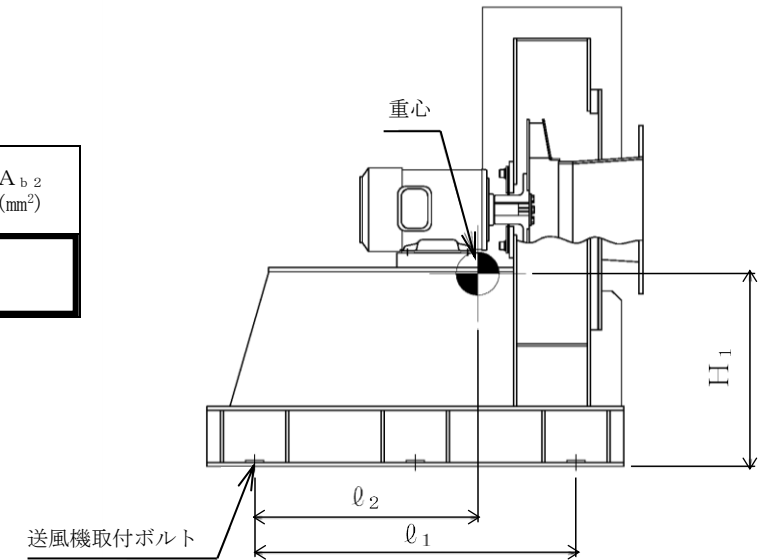
S2 補 VI-2-別添 3-5 R1

部材	m_1 (kg)	a_P (m/s^2)	H_1 (mm)	l_1 (mm)	l_2 (mm)	n_1 (-)	N_1 (-)	d_1 (mm)	A_{b1} (mm^2)
送風機 取付ボルト		5.69	504	760	537				

部材	S_y (MPa)	S_u (MPa)	$S_y(RT)$ (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
送風機 取付ボルト	245 (厚さ $\leq 16mm$)	400 (厚さ $\leq 16mm$)	—	—	280

部材	m_2 (kg)	a_P (m/s^2)	H_2 (mm)	l_3 (mm)	l_4 (mm)	n_2 (-)	N_2 (-)	d_2 (mm)	A_{b2} (mm^2)
原動機 取付ボルト		5.69	132	140	126.2				

部材	S_y (MPa)	S_u (MPa)	$S_y(RT)$ (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)
原動機 取付ボルト	245 (厚さ $\leq 16mm$)	400 (厚さ $\leq 16mm$)	—	—	280



2.3 結論

2.3.1 固有周期 (単位：s)

方向	固有周期
水平方向	0.020
鉛直方向	—

2.3.2 応力及び波及的影響評価

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
機器固縛金具ボルト部	—	引張	—	—	$\sigma_{b_o} = 89$	$f_{t_o} = 153$
機器固縛金具		引張	—	—	$\sigma_{b_t} = 45$	$f_{t_m} = 204$
		せん断	—	—	$\tau_{b_t} = 45$	$f_{s_m} = 117$
アイプレート(機器側)		引張	—	—	$\sigma_{b_t} = 32$	$f_{t_m} = 204$
		せん断	—	—	$\tau_{b_t} = 32$	$f_{s_m} = 117$
アイプレート(機器側 溶接部)		組合せ	—	—	$\tau_w = 42$	$f_{s_m} = 117$
アイプレート当板(機器側 溶接部)		組合せ	—	—	$\tau_w = 51$	$f_{s_m} = 117$
アイプレート(設置用フレーム側)		引張	—	—	$\sigma_{b_t} = 30$	$f_{t_m} = 279$
		せん断	—	—	$\tau_{b_t} = 30$	$f_{s_m} = 160$
アイプレート(設置用フレーム側 溶接部)		組合せ	—	—	$\tau_w = 93$	$f_{s_m} = 148$
アイプレート(設置用フレーム側 狭隘部)		引張	—	—	$\sigma_{b_t} = 30$	$f_{t_m} = 279$
		せん断	—	—	$\tau_{b_t} = 30$	$f_{s_m} = 160$
アイプレート(設置用フレーム側 狭隘部 溶接部)		組合せ	—	—	$\tau_w = 37$	$f_{s_m} = 148$
シャックル			耐力荷重	—	—	$T_s = 3.983 \times 10^4 *1$
送風機取付ボルト	引張	—	—	$\sigma_{b_1} = 36$	$f_{t_s} = 210 *2$	
	せん断	—	—	$\tau_{b_1} = 14$	$f_{s_b} = 160$	
原動機取付ボルト	引張	—	—	$\sigma_{b_2} = 24$	$f_{t_s} = 210 *2$	
	せん断	—	—	$\tau_{b_2} = 10$	$f_{s_b} = 160$	

注記*1：単位(N)

*2： $f_{t_s} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{t_o} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{t_o}]$

すべて許容応力以下である

2.3.3 動的機能維持の評価結果及び電氣的機能維持の評価結果 (×9.8m/s²)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
空気浄化送風機	水平方向	1.04	2.6
	鉛直方向	0.77	1.0
空気浄化送風機原動機	水平方向	1.04	4.7
	鉛直方向	0.77	1.0

注記*：設計用震度 I（基準地震動 S s）により定まる加速度とする。

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。

2.4 その他の機器要目

項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	
質量	m	kg	
温度条件 (雰囲気温度)	T	℃	
縦弾性係数	E	MPa	
ポアソン比	ν	—	
要素数	—	個	
節点数	—	個	

VI-2-別添 3-6 可搬型重大事故等対処設備のうちその他設備の
耐震性についての計算書

目次

1.	概要	1
2.	基本方針	1
2.1	配置	1
2.2	構造概要	4
2.3	評価方針	10
2.4	適用規格・基準等	16
3.	加振試験	16
3.1	基本方針	16
3.2	入力地震動	16
3.3	試験方法	16
3.4	試験結果	16
4.	構造強度評価	21
4.1	基本方針	21
4.2	評価部位	21
4.3	評価方法	21
4.4	荷重の組合せ及び許容応力	21
4.5	固有周期	22
4.6	設計用地震力	23
4.7	計算条件	23
5.	転倒評価	24
5.1	基本方針	24
5.2	評価部位	24
5.3	許容限界	25
5.4	評価方法	25
6.	機能維持評価	25
6.1	基本方針	25
6.2	評価部位	25
6.3	許容限界	25
6.4	評価方法	25
7.	波及的影響評価	27
7.1	基本方針	27
7.2	評価部位	27
7.3	許容限界	27
7.4	評価方法	27
8.	評価結果	27
8.1	構造強度評価	28

8.2	轉倒評估	28
8.3	機能維持評估	28
8.4	波及的影響評估	28

1. 概要

本資料は、VI-2-別添 3-1「可搬型重大事故等対処設備の耐震計算の方針」(以下「別添 3-1」という。)に示すとおり、可搬型重大事故等対処設備のうちその他設備が地震後において、基準地震動 S_s による地震力に対し、十分な構造強度及び機能維持を有するとともに、当該設備による波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないことを説明するものである。その耐震評価は、加振試験、構造強度評価、転倒評価、機能維持評価及び波及的影響評価により行う。なお、加振試験結果に基づき行う転倒評価、機能維持評価及び波及的影響評価により、基準地震動 S_s による地震力に対し、主要な構造部材に該当するスリング等が支持機能を喪失しないことを確認する。

2. 基本方針

別添 3-1 の「2. 耐震評価の基本方針」に示す構造計画のとおり、その他設備の「2.1 配置」及び「2.2 構造概要」を示す。

2.1 配置

その他設備は、別添 3-1 の「2.1 評価対象設備」のうち構造計画に示すとおり、表 2-1 に示す保管場所に保管する。

表 2-1 設備リスト (1/3)

設備名称	保管場所	保管状態
可搬式エリア放射線モニタ	緊急時対策所 EL 50.25m	収納箱拘束保管
可搬式モニタリングポスト	第 1 保管エリア EL 50.0m	コンテナ内拘束保管
	第 4 保管エリア EL 8.5m	
GM汚染サーベイメータ	緊急時対策所 EL 50.25m	収納箱拘束保管
NaIシンチレーションサーベイメータ	緊急時対策所 EL 50.25m	収納箱拘束保管
$\alpha \cdot \beta$ 線サーベイメータ	緊急時対策所 EL 50.25m	収納箱拘束保管
電離箱サーベイメータ	緊急時対策所 EL 50.25m	収納箱拘束保管

表 2-1 設備リスト (2/3)

設備名称	保管場所	保管状態
主蒸気逃がし安全弁用蓄電池	廃棄物処理建物 EL 16.9m	本体拘束保管
有線式通信設備 (廃棄物処理建物)	廃棄物処理建物 EL 16.9m	ラック固縛保管
有線式通信設備 (中央制御室待避室)	制御室建物 EL 16.9m	筐体固縛保管
可搬型計測器	廃棄物処理建物 EL 16.9m	ラック固縛保管
可搬型計測器 (予備)	緊急時対策所 EL 50.25m	ラック固縛保管
LEDライト (三脚タイプ)	制御室建物 EL 16.9m	収納箱拘束保管
酸素濃度計 (中央制御室)	制御室建物 EL 16.9m	ラック固縛保管
酸素濃度計 (中央制御室待避室)	制御室建物 EL 16.9m	筐体固縛保管
酸素濃度計 (緊急時対策所)	緊急時対策所 EL 50.25m	ラック固縛保管
二酸化炭素濃度計 (中央制御室)	制御室建物 EL 16.9m	ラック固縛保管
二酸化炭素濃度計 (中央制御室待避室)	制御室建物 EL 16.9m	筐体固縛保管
二酸化炭素濃度計 (緊急時対策所)	緊急時対策所 EL 50.25m	ラック固縛保管
プラントパラメータ監視装置 (中央制御室待避室)	制御室建物 EL 16.9m	筐体固縛保管
プラントパラメータ監視装置 (予備)	制御室建物 EL 16.9m	ラック固縛保管
無線通信設備 (携帯型)	緊急時対策所 EL 50.25m	ラック固縛保管
衛星電話設備 (携帯型)	緊急時対策所 EL 50.25m	ラック固縛保管
可搬式ダスト・よう素サンプル	緊急時対策所 EL 50.25m	収納箱拘束保管

表2-1 設備リスト (3/3)

設備名称	保管場所	保管状態
可搬式気象観測装置	第1保管エリア EL 50.0m	コンテナ内拘束保管
	第4保管エリア EL 8.5m	
小型船舶	第1保管エリア EL 50.0m	架台拘束保管
	第4保管エリア EL 8.5m	
データ表示装置（可搬式モニタリングポスト用）	緊急時対策所 EL 50.25m	ラック固縛保管
データ表示装置（可搬式気象観測装置用）	緊急時対策所 EL 50.25m	ラック固縛保管

2.2 構造概要

その他設備の構造は、別添 3-1 の「2.1 評価対象設備」に示す収納箱拘束保管，コンテナ内拘束保管，架台拘束保管，本体拘束保管，ラック固縛保管及び筐体固縛保管の構造計画としており，その他設備の代表の構造計画を表 2-2～表 2-7 に，保管状態図を図 2-1～図 2-6 に示す。

表 2-2 その他設備の構造計画（収納箱拘束保管）

設備名称	計画の概要 (GM汚染サーベイメータの例)		説明図
	主体構造	支持構造	
GM汚染サーベイメータ*	GM汚染サーベイメータ及びこれを収納する収納箱で構成する。	緩衝材を内装した収納箱にGM汚染サーベイメータを収納し，スリングを用いて固縛する。スリングは床にボルトで固定する。	図 2-1

注記*：本設備以外の収納箱拘束保管する設備については，表 2-1 参照

上段：電離箱サーベイメータ
α・β線サーベイメータ

下段：NaIシンチレーション
サーベイメータ
GM汚染サーベイメータ

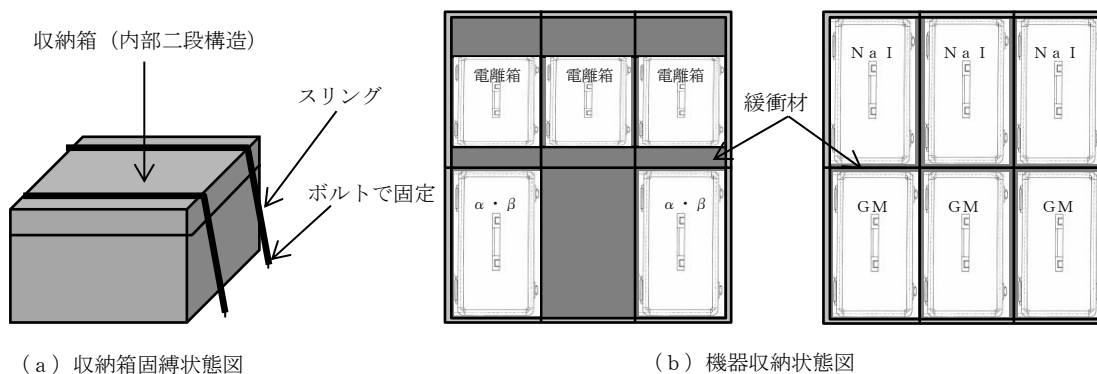


図 2-1 GM汚染サーベイメータの保管状態図

表 2-3 その他設備の構造計画（コンテナ内拘束保管）

設備名称	計画の概要 (可搬式モニタリングポストの例)		説明図
	主体構造	支持構造	
可搬式モニタリングポスト*	可搬式モニタリングポスト及びこれを収納するコンテナで構成する。	可搬式モニタリングポストは、コンテナ内にその保管箱をスリングで固縛する。スリングはコンテナにボルトで固定する。コンテナは、地表面にボルトで固定して保管する。	図 2-2

注記*：本設備以外のコンテナ内拘束保管する設備については、表 2-1 参照

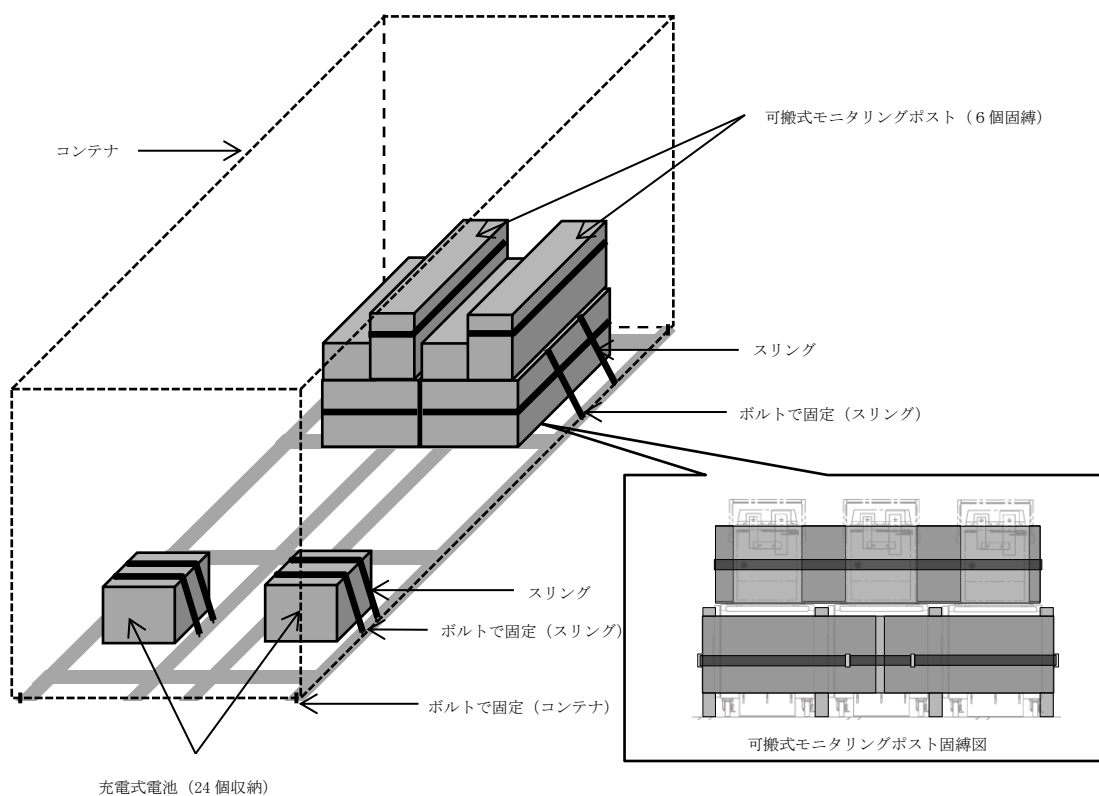


図 2-2 可搬式モニタリングポストの保管状態図

表 2-4 その他設備の構造計画（架台拘束保管）

設備名称	計画の概要 (小型船舶の例)		説明図
	主体構造	支持構造	
小型船舶	小型船舶及び専用架台で構成する。	小型船舶はスリングで専用架台に固縛し、スリングは地表面にボルトで固定する。専用架台は地表面にボルトで固定する。	図 2-3

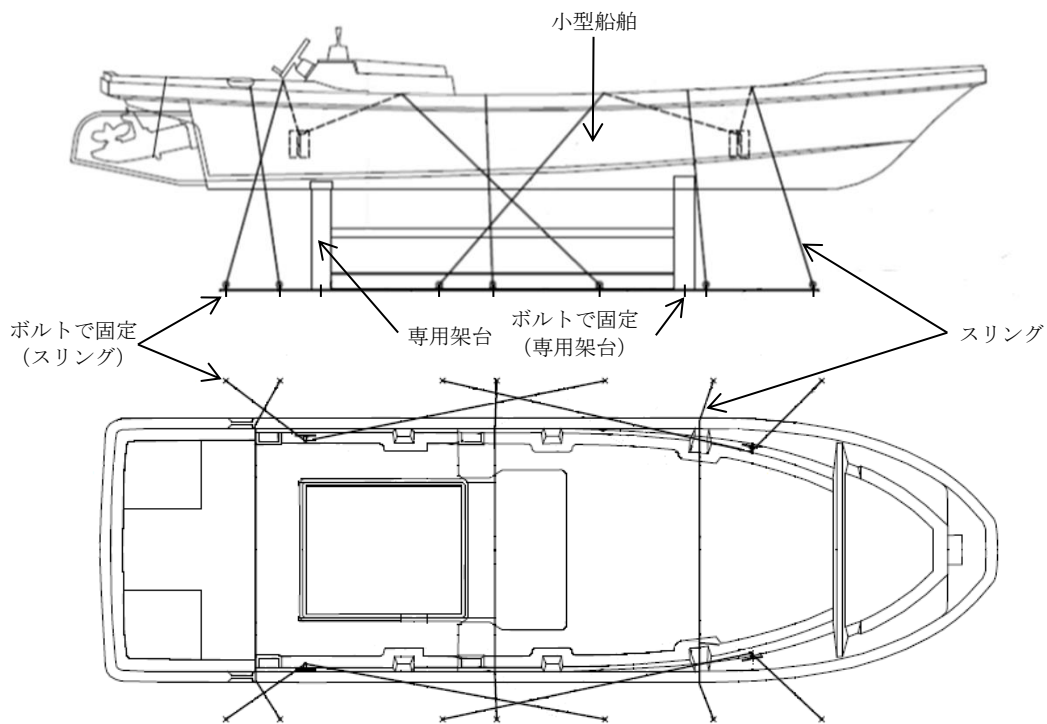


図 2-3 小型船舶の保管状態図

表 2-5 その他設備の構造計画（本体拘束保管）

設備名称	計画の概要 (主蒸気逃がし安全弁用蓄電池の例)		説明図
	主体構造	支持構造	
主蒸気逃がし安全弁用蓄電池	主蒸気逃がし安全弁用蓄電池で構成する。	主蒸気逃がし安全弁用蓄電池は、固定金具に取付ボルトで固定し、固定金具は床に基礎ボルトで固定する。	図 2-4

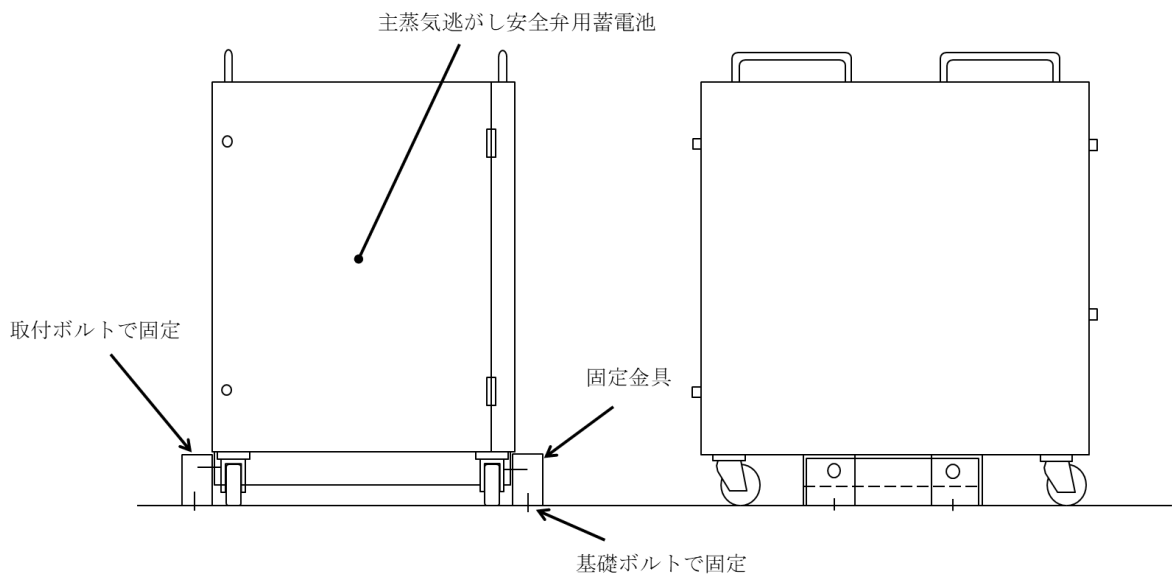


図2-4 主蒸気逃がし安全弁用蓄電池の保管状態図

表 2-6 その他設備の構造計画（ラック固縛保管）

設備名称	計画の概要 (有線式通信設備（廃棄物処理建物）の例)		説明図
	主体構造	支持構造	
有線式通信設備（廃棄物処理建物）*	有線式通信設備及びそれを収納するラックで構成する。	有線式通信設備は、ラックにラッシングベルトで固縛し、ラックはチャンネルベースにラック取付ボルトで固定する。チャンネルベースは、床に基礎ボルトで固定する。	図 2-5

注記*：本設備以外のラック固縛保管する設備については、表 2-1 参照

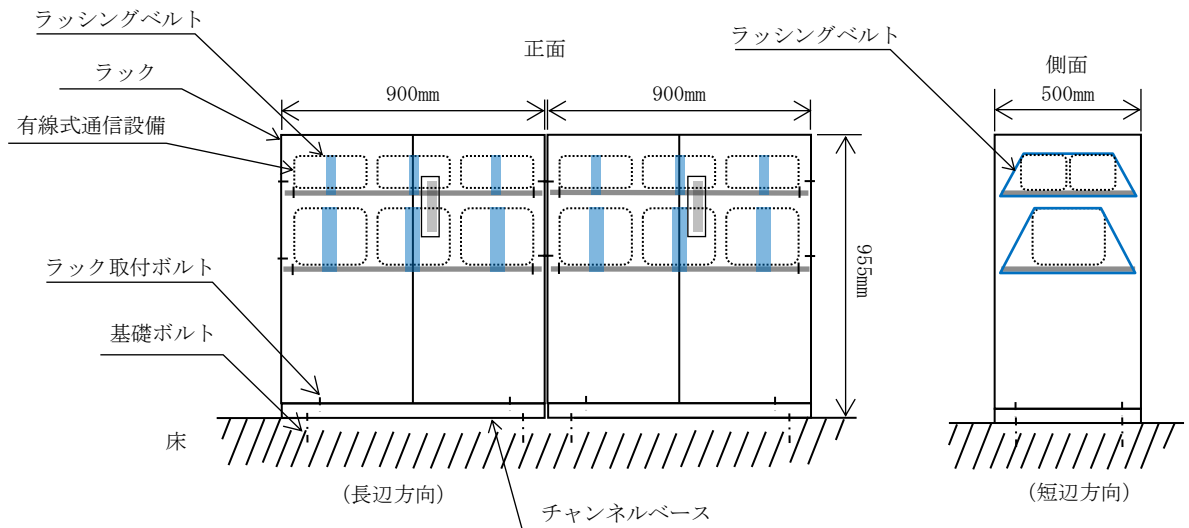


図 2-5 有線式通信設備（廃棄物処理建物）の保管状態図

表 2-7 その他設備の構造計画（筐体固縛保管）

設備名称	計画の概要 (プラントパラメータ監視装置（中央制御室待避室）の例)		説明図
	主体構造	支持構造	
プラントパラメータ監視装置（中央制御室待避室）*	プラントパラメータ監視装置及びそれを収納する筐体で構成する。	プラントパラメータ監視装置は、筐体にラッシングベルトで固縛し、筐体はチャンネルベースに筐体取付ボルトで固定する。チャンネルベースは、壁面に基礎ボルトで固定する。	図 2-6

注記*：本設備以外の筐体固縛保管する設備については、表 2-1 参照

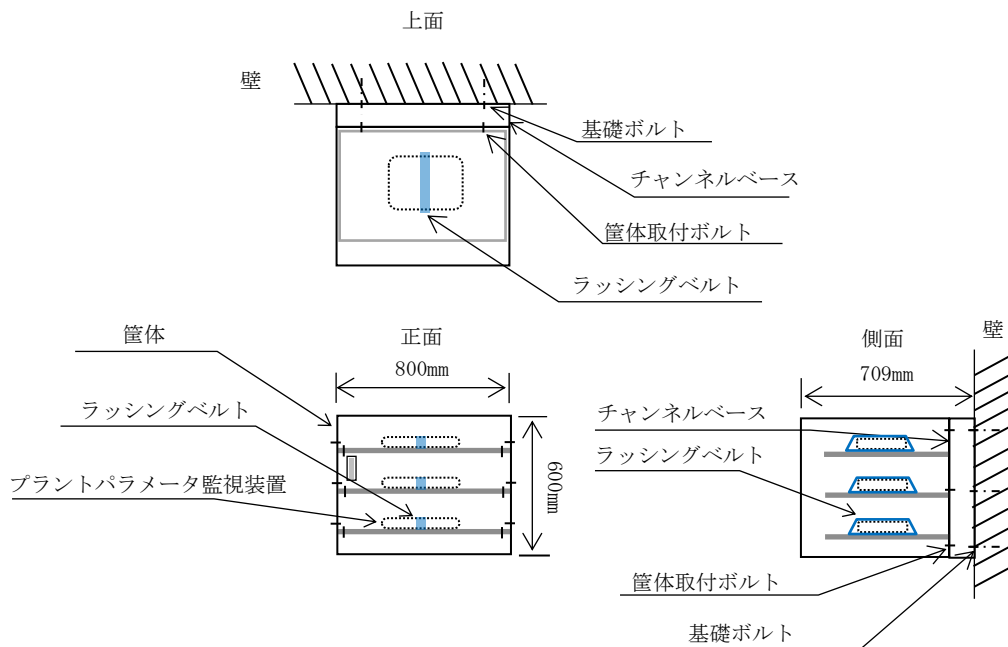


図 2-6 プラントパラメータ監視装置（中央制御室待避室）の保管状態図

2.3 評価方針

その他設備の評価方針を以下に示し、評価方法の一覧を表 2-8 に、耐震評価フローを図 2-7 及び図 2-8 に示す。なお、評価方法として、筐体保管設備*は筐体の応力計算及び加振試験、筐体保管設備以外については加振試験により評価を実施する。

注記*：筐体及び筐体固縛保管する設備全体で筐体保管設備とする。

(1) 構造強度評価

その他設備は、別添 3-1 の「2.2(4) その他設備」にて設定した構造強度評価の方針に従い、構造強度評価を実施する。

その他設備のうち筐体保管設備以外の構造強度評価は、基準地震動 S_s による地震力に対し、スリング等が支持機能を喪失しないことを、「5. 転倒評価」、「6. 機能維持評価」及び「7. 波及的影響評価」に示す方法により確認する。

また、その他設備のうち筐体保管設備については、「2.2 構造概要」のうち表 2-7 及び図 2-6 にて示す筐体の部位を踏まえ「4.2 評価部位」にて設定する箇所作用する応力等が、「4.4 荷重の組合せ及び許容応力」に示す荷重の組合せ及び許容限界を満足することを、「4.3 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。確認結果を「8. 評価結果」に示す。

(2) 転倒評価

その他設備は、別添 3-1 の「2.2(4) その他設備」にて設定した転倒評価の方針に従い、転倒評価を実施する。

その他設備のうち筐体保管設備以外の転倒評価は、「5. 転倒評価」に示す方法により、「3. 加振試験」における加振試験にて、試験後に転倒していないことを確認し、保管場所における設置床又は地表面の最大応答加速度と、加振試験により転倒しないことを確認した加振台の最大加速度との比較を行い、許容限界を満足することを確認する。

また、その他設備のうち筐体保管設備については、「4. 構造強度評価」により筐体が転倒しないことを確認する。確認結果を「8. 評価結果」に示す。

(3) 機能維持評価

その他設備は、別添 3-1 の「2.2(4) その他設備」にて設定した機能維持評価の方針に従い、動的及び電気的機能並びに支持機能維持評価を実施する。

その他設備の機能維持評価は、「6. 機能維持評価」に示す方法により、「3. 加振試験」における加振試験にて、保管場所における設置床又は地表面の最大応答加速度と、試験後に計測機能、給電機能等の動的及び電気的機能並びに支持機能を維持できることを確認した加振台の最大加速度との比較を行い、許容限界を満足することを確認する。確認結果を「8. 評価結果」に示す。

(4) 波及的影響評価

その他設備は、別添 3-1 の「2.2(4) その他設備」にて設定した波及的影響評価の方針に従い、波及的影響評価を実施する。

その他設備のうち筐体保管設備以外の波及的影響評価は、「7. 波及的影響評価」に示す方法により、「3. 加振試験」における加振試験にて、保管場所における設置床又は地表面の最大応答加速度と、スリング等が健全であり転倒しないことを確認した加振台の最大加速度との比較を行い、許容限界を満足することを確認する。

また、その他設備のうち筐体保管設備については、「4. 構造強度評価」により筐体が波及的影響を及ぼさないことを確認する。確認結果を「8. 評価結果」に示す。

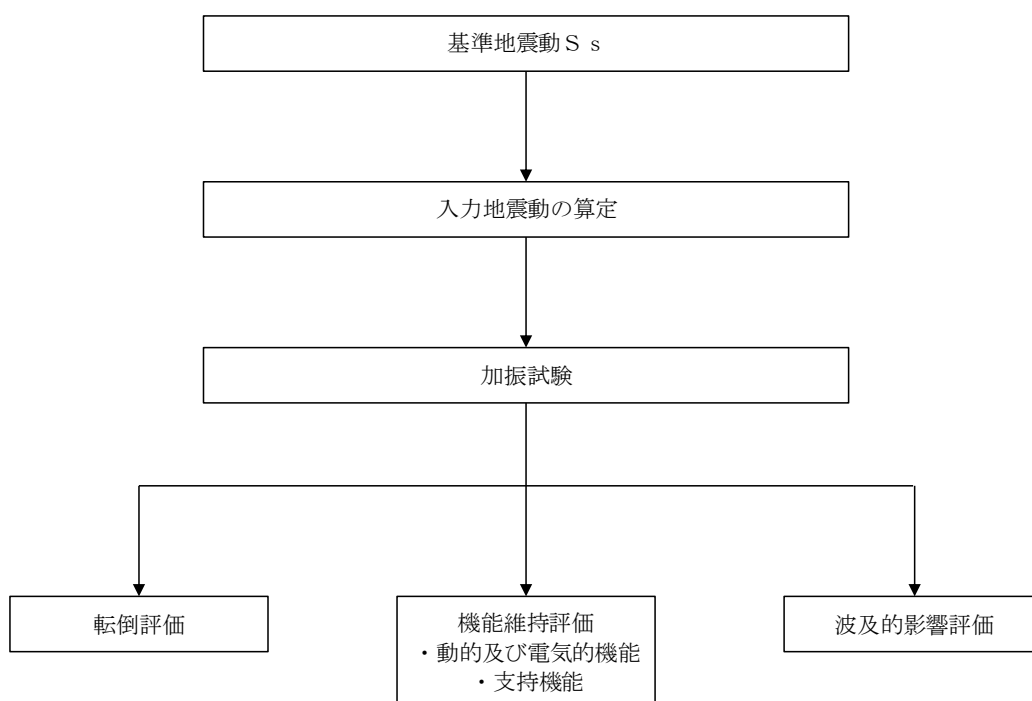


図 2-7 その他設備（筐体保管設備以外）の耐震評価フロー

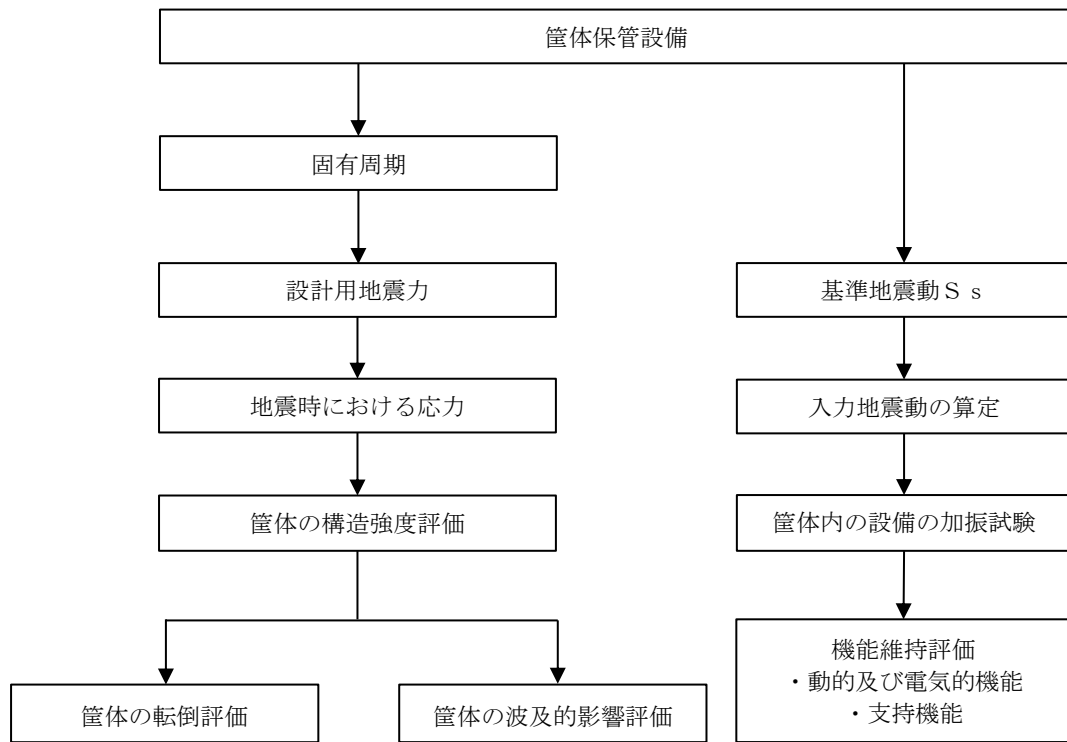


図 2-8 その他設備（筐体保管設備）の耐震評価フロー

表 2-8 その他設備の評価方法 (1/3)

設備名称	保管状態	構造強度 評価	転倒評価	機能維持 評価	波及的影響 評価	加振方向
可搬式エリア放射線モニタ	収納箱拘束保管	—	加振試験	加振試験	加振試験	「水平(前後方向) + 水平(左右方向) + 鉛直」
可搬式モニタリングポスト	コンテナ内拘束 保管	—	加振試験	加振試験	加振試験	「水平(前後方向) + 水平(左右方向) + 鉛直」
GM汚染サーベイメータ	収納箱拘束保管	—	加振試験	加振試験	加振試験	「水平(前後方向) + 水平(左右方向) + 鉛直」
NaIシンチレーションサー ベイメータ	収納箱拘束保管	—	加振試験	加振試験	加振試験	「水平(前後方向) + 水平(左右方向) + 鉛直」
$\alpha \cdot \beta$ 線サーベイメータ	収納箱拘束保管	—	加振試験	加振試験	加振試験	「水平(前後方向) + 水平(左右方向) + 鉛直」
電離箱サーベイメータ	収納箱拘束保管	—	加振試験	加振試験	加振試験	「水平(前後方向) + 水平(左右方向) + 鉛直」
主蒸気逃がし安全弁用蓄電池	本体拘束保管	—	加振試験	加振試験	加振試験	「水平(前後方向) + 水平(左右方向) + 鉛直」
有線式通信設備 (廃棄物処理 建物)	ラック固縛保管	—	加振試験	加振試験	加振試験	「水平(前後方向) + 水平(左右方向) + 鉛直」
有線式通信設備 (中央制御室 待避室)	筐体固縛保管	応力計算	応力計算	加振試験	応力計算	「水平単独 2 方向及び鉛直単独」

表 2-8 その他設備の評価方法 (2/3)

設備名称	保管状態	構造強度 評価	転倒評価	機能維持 評価	波及的影響 評価	加振方向
可搬型計測器	ラック固縛保管	—	加振試験	加振試験	加振試験	「水平単独 2 方向及び鉛直単独」
可搬型計測器 (予備)	ラック固縛保管	—	加振試験	加振試験	加振試験	「水平単独 2 方向及び鉛直単独」
LEDライト (三脚タイプ)	収納箱拘束保管	—	加振試験	加振試験	加振試験	「水平単独 2 方向及び鉛直単独」
酸素濃度計 (中央制御室)	ラック固縛保管	—	加振試験	加振試験	加振試験	「水平単独 2 方向及び鉛直単独」
酸素濃度計 (中央制御室待避室)	筐体固縛保管	応力計算	応力計算	加振試験	応力計算	「水平単独 2 方向及び鉛直単独」
酸素濃度計 (緊急時対策所)	ラック固縛保管	—	加振試験	加振試験	加振試験	「水平(前後方向) + 水平(左右方向) + 鉛直」
二酸化炭素濃度計 (中央制御室)	ラック固縛保管	—	加振試験	加振試験	加振試験	「水平単独 2 方向及び鉛直単独」
二酸化炭素濃度計 (中央制御室待避室)	筐体固縛保管	応力計算	応力計算	加振試験	応力計算	「水平単独 2 方向及び鉛直単独」
二酸化炭素濃度計 (緊急時対策所)	ラック固縛保管	—	加振試験	加振試験	加振試験	「水平(前後方向) + 水平(左右方向) + 鉛直」
プラントパラメータ監視装置 (中央制御室待避室)	筐体固縛保管	応力計算	応力計算	加振試験	応力計算	「水平単独 2 方向及び鉛直単独」
プラントパラメータ監視装置 (予備)	ラック固縛保管	—	加振試験	加振試験	加振試験	「水平単独 2 方向及び鉛直単独」

表 2-8 その他設備の評価方法 (3/3)

設備名称	保管状態	構造強度 評価	転倒評価	機能維持 評価	波及的影響 評価	加振方向
無線通信設備 (携帯型)	ラック固縛保管	—	加振試験	加振試験	加振試験	「水平(前後方向) + 水平(左右方向) + 鉛直」
衛星電話設備 (携帯型)	ラック固縛保管	—	加振試験	加振試験	加振試験	「水平(前後方向) + 水平(左右方向) + 鉛直」
可搬式ダスト・よう素サンプ ラ	収納箱拘束保管	—	加振試験	加振試験	加振試験	「水平(前後方向) + 水平(左右方向) + 鉛直」
可搬式気象観測装置	コンテナ内拘束 保管	—	加振試験	加振試験	加振試験	「水平(前後方向) + 水平(左右方向) + 鉛直」
小型船舶	架台拘束保管	—	加振試験	加振試験	加振試験	「水平(前後方向) + 水平(左右方向) + 鉛直」
データ表示装置 (可搬式モニ タリングポスト用)	ラック固縛保管	—	加振試験	加振試験	加振試験	「水平(前後方向) + 水平(左右方向) + 鉛直」
データ表示装置 (可搬式気象 観測装置用)	ラック固縛保管	—	加振試験	加振試験	加振試験	「水平(前後方向) + 水平(左右方向) + 鉛直」

2.4 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- (1)原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 ((社)日本電気協会)
- (2)原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版((社)日本電気協会)

3. 加振試験

3.1 基本方針

別添 3-1 の「4.4(1) 加振試験」にて設定した基本方針に従い、加振試験を実施する。

加振試験は、以下の「3.2 入力地震動」に示す入力地震動を用いて、「3.3 試験方法」に示す方法により、「5. 転倒評価」、「6. 機能維持評価」及び「7. 波及的影響評価」に用いる加振台の最大加速度を求める。

3.2 入力地震動

入力地震動は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」及びVI-2-別添 3-2「可搬型重大事故等対処設備の保管エリア等における入力地震動」に示す、各保管場所の基準地震動 S_s に基づき作成する設計用床応答スペクトルをおおむね上回るよう作成したランダム波又は各保管場所の最大応答加速度(ZPA)を上回る加速度の正弦波とする。

加振試験の入力地震動のうちランダム波は、保管場所における入力地震動を各対象設備の固有周期帯において上回り、かつ周期全体としておおむね上回るように設定する。

3.3 試験方法

その他設備を実際の保管状態を模擬した状態で加振台に設置し、「3.2 入力地震動」に示すランダム波又は正弦波を入力地震動として加振試験を行い、スリング等が健全であり加振試験後に転倒していないこと、加振台の最大加速度を確認する。

- ・加振波:「3.2 入力地震動」にて設定したランダム波又は正弦波
- ・加振方向:

【ランダム波】

- ・「水平単独2方向及び鉛直単独」
- ・「水平(前後方向) + 水平(左右方向) + 鉛直」

加振波の最大加速度と加振台の制限加速度の関係上、単軸加振及び3軸加振の使い分けを行うこととし、各対象設備の加振方向については、表2-7に示す。

【正弦波】

- ・「水平単独2方向及び鉛直単独」

3.4 試験結果

加振試験により得られた結果を表 3-1 に示す。

表 3-1 加振試験結果 (1/4)

設備名称	保管場所	保管状態	転倒の有無	加振台の最大加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)	
				水平	鉛直
可搬式エリア放射線モニタ	緊急時対策所 EL 50.25m	収納箱拘束保管	無	2.28	2.44
可搬式モニタリングポスト	第1保管エリア EL 50.0m	コンテナ内拘束保管	無	1.96	2.61
	第4保管エリア EL 8.5m				
GM汚染サーベイメータ	緊急時対策所 EL 50.25m	収納箱拘束保管	無	2.33	2.35
NaIシンチレーションサーベイメータ	緊急時対策所 EL 50.25m	収納箱拘束保管	無	2.33	2.35
$\alpha \cdot \beta$ 線サーベイメータ	緊急時対策所 EL 50.25m	収納箱拘束保管	無	2.33	2.35
電離箱サーベイメータ	緊急時対策所 EL 50.25m	収納箱拘束保管	無	2.33	2.35
主蒸気逃がし安全弁用蓄電池	廃棄物処理建物 EL 16.9m	本体拘束保管	無	3.01	1.56
有線式通信設備 (廃棄物処理建物)	廃棄物処理建物 EL 16.9m	ラック固縛保管	無	2.09	2.57

表 3-1 加振試験結果 (2/4)

設備名称	保管場所	保管状態	転倒の有無	加振台の最大加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)	
				水平	鉛直
有線式通信設備 (中央制御室待避室)	制御室建物 EL 16.9m	筐体固縛保管	—*	4.07	2.03
可搬型計測器	廃棄物処理建物 EL 16.9m	ラック固縛保管	無	4.64	2.78
可搬型計測器 (予備)	緊急時対策所 EL 50.25m	ラック固縛保管	無	4.64	2.78
LEDライト (三脚タイプ)	制御室建物 EL 16.9m	収納箱拘束保管	無	3.02	2.02
酸素濃度計 (中央制御室)	制御室建物 EL 16.9m	ラック固縛保管	無	3.63	1.39
酸素濃度計 (中央制御室待避室)	制御室建物 EL 16.9m	筐体固縛保管	—*	4.07	2.03
酸素濃度計 (緊急時対策所)	緊急時対策所 EL 50.25m	ラック固縛保管	無	2.95	3.02
二酸化炭素濃度計 (中央制御室)	制御室建物 EL 16.9m	ラック固縛保管	無	3.63	1.39

注記* : 転倒の有無は構造強度評価で確認する。

表 3-1 加振試験結果 (3/4)

設備名称	保管場所	保管状態	転倒の有無	加振台の最大加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)	
				水平	鉛直
二酸化炭素濃度計 (中央制御室待避室)	制御室建物 EL 16.9m	筐体固縛保管	—*	4.07	2.03
二酸化炭素濃度計 (緊急時対策所)	緊急時対策所 EL 50.25m	ラック固縛保管	無	2.95	3.02
プラントパラメータ監視装置 (中央制御室待避室)	制御室建物 EL 16.9m	筐体固縛保管	—*	4.07	2.03
プラントパラメータ監視装置 (予備)	制御室建物 EL 16.9m	ラック固縛保管	無	3.63	1.39
無線通信設備 (携帯型)	緊急時対策所 EL 50.25m	ラック固縛保管	無	2.66	2.68
衛星電話設備 (携帯型)	緊急時対策所 EL 50.25m	ラック固縛保管	無	2.66	2.68
可搬式ダスト・よう素サンプラ	緊急時対策所 EL 50.25m	収納箱拘束保管	無	2.15	2.24

注記* : 転倒の有無は構造強度評価で確認する。

表 3-1 加振試験結果 (4/4)

設備名称	保管場所	保管状態	転倒の有無	加振台の最大加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)	
				水平	鉛直
小型船舶	第1保管エリア EL 50.0m	架台拘束保管	無	1.83	1.44
	第4保管エリア EL 8.5m				
可搬式気象観測装置	第1保管エリア EL 50.0m	コンテナ内拘束保管	無	1.95	2.49
	第4保管エリア EL 8.5m				
データ表示装置 (可搬式モニタリングポスト用)	緊急時対策所 EL 50.25m	ラック固縛保管	無	2.51	2.35
データ表示装置 (可搬式気象観測装置用)	緊急時対策所 EL 50.25m	ラック固縛保管	無	2.51	2.35

4. 構造強度評価

4.1 基本方針

その他設備は、別添 3-1 の「2.2 評価方針」で設定した評価方針に従って、構造強度評価を実施する。

その他設備のうち筐体保管設備以外の構造強度評価は、基準地震動 S_s による地震力に対し、スリング等が支持機能を喪失しないことを、「5. 転倒評価」、「6. 機能維持評価」及び「7. 波及的影響評価」に示す方法により確認する。

また、その他設備のうち筐体保管設備の構造強度評価は、「2.2 構造概要」のうち表 2-7 及び図 2-6 にて示す筐体の部位を踏まえ「4.2 評価部位」にて設定する箇所に作用する応力等が、「4.4 荷重の組合せ及び許容応力」に示す荷重の組合せ及び許容限界を満足することを、「4.3 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

4.2 評価部位

筐体保管設備の評価部位は、別添 3-1 の「2.2 評価方針」で設定した評価部位に従って基礎ボルト及び筐体取付ボルトとする。

4.3 評価方法

筐体保管設備の構造強度評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.4 荷重の組合せ及び許容応力

筐体保管設備の構造強度評価に用いる荷重の組合せ及び許容応力は、別添 3-1 の「3. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界」で設定した荷重の組合せ及び許容応力状態を用いる。

4.4.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

筐体保管設備の構造強度評価に用いる荷重の組合せ及び許容応力状態を表 4-1 に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

設備名称	設備分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
筐体保管設備	—	—*	$D + S_s$	IV_{AS}

注記*：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

4.4.2 許容応力

筐体保管設備の基礎ボルト及び筐体取付ボルトの許容応力は、別添 3-1 の「2.2 評価方針」にて設定した評価部位の破断延性限界を考慮し、別添 3-1 の「3.2 許容限界」で設定した許容限界に従い、許容応力状態 IV_{AS} の許容応力とする。

各評価部位の許容応力を表 4-2 に示す。

表 4-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

評価部位	許容限界 ^{*1, *2}	
	一次応力	
	引張 ^{*3}	せん断 ^{*3}
基礎ボルト 筐体取付ボルト	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

注記*1: f_t^* , f_s^* は, J S M E S N C 1-2005/2007 SSB-3121.1(1)a.本文中 S_y を $1.2 \cdot S_y$ と読み替えて算出した値 (J S M E S N C 1-2005/2007 SSB-3133)。ただし, S_y 及び $0.7 \cdot S_u$ のいずれか小さい方の値とする。

*2: J E A G 4 6 0 1・補-1984 の「その他の支持構造物の許容応力」に準じて設定する。

3: ボルトにせん断力が作用する場合, 組合せ評価を実施する。その際の許容引張応力 f_{ts} は, J S M E S N C 1-2005/2007 SSB-3133 に基づき, $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{t0} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{t0}]$ とする。ここで, f_{t0} は $1.5 \cdot f_t^$ とする。

なお, f_{ts} は引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力をいい, f_t は引張力のみを受けるボルトの許容引張応力をいう。

4.4.3 使用材料の許容応力評価条件

筐体保管設備の許容応力評価条件を表 4-3 に示す。

表 4-3 その他設備の筐体の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

設備名称	評価部材	ボルト材質	温度条件(°C)		S_y (MPa)	S_u (MPa)
筐体保管設備	基礎ボルト	SS400 (40mm<径≤ 100mm)	周囲環境温度	40	215	400
	筐体取付 ボルト	SS400 (40mm<径≤ 100mm)	周囲環境温度	40	215	400

4.5 固有周期

筐体保管設備の固有周期は, 構造が同等な盤に対する振動試験（打振試験）の結果算定された固有周期を使用する。固有周期の確認結果を表 4-4 に示す。

表 4-4 固有周期 (単位 : s)

筐体保管設備	水平	0.05 以下
	鉛直	0.05 以下

4.6 設計用地震力

構造強度評価にて荷重を算出する際に用いる設計用地震力は、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定する。評価に用いる設計用地震力を表 4-5 に示す。

表 4-5 設計用地震力 (重大事故等対処設備)

据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		基準地震動 S _s	
	水平 方向	鉛直 方向	水平方向 設計震度 *2	鉛直方向 設計震度 *2
制御室建物 EL 16.9 (EL 22.05) *1	0.05 以下	0.05 以下	C _H =3.65	C _V =1.77

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）

4.7 計算条件

構造強度評価に用いる評価条件を表 4-6 に示す。

表 4-6 筐体保管設備の評価条件

部材	m_i (kg)	h_i (mm)	d_i (mm)	A_{bi} (mm ²)	n_i	S_{yi} (MPa)	S_{ui} (MPa)
基礎ボルト ($i=1$)	177	709	16 (M16)	201.1	6	215 (40mm<径≤ 100mm)	400
筐体取付 ボルト ($i=2$)	150	600	16 (M16)	201.1	6	215 (40mm<径≤ 100mm)	400

部材	l_{1i}^{*1} (mm)	l_{2i}^{*1} (mm)	l_{3i}^{*1} (mm)	n_{fvi}^{*1}	n_{fhi}^{*1}	F_i (MPa)	F_i^* (MPa)	転倒方向	
								弾性設計用地 震動 S_d 又は 静的震度	基準地震動 S_s
基礎ボルト ($i=1$)	525 ^{*2}	450	760	2	3	—	280	—	側面方向
	525 ^{*2}	450	760	2	3				
筐体取付 ボルト ($i=2$)	550 ^{*2}	500	760	2	3	—	280	—	側面方向
	550 ^{*2}	500	760	2	3				

注記*1：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

*2：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。

5. 転倒評価

5.1 基本方針

その他設備は、別添 3-1 の「2.2 評価方針」にて設定した評価方針に従い、転倒評価を実施する。

その他設備のうち筐体保管設備以外の転倒評価は、「5.2 評価部位」に示す評価部位が、「5.3 許容限界」に示す許容限界を満足することを、「5.4 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

また、その他設備のうち筐体保管設備については、「4. 構造強度評価」により筐体が転倒しないことを確認する。

5.2 評価部位

筐体保管設備以外の転倒評価の評価部位は、別添 3-1 の「3.2 許容限界」にて設定したとおり、地震後に転倒していないことが要求されるその他設備全体とする。

5.3 許容限界

筐体保管設備以外の許容限界は、「5.2 評価部位」にて設定した評価部位の保管場所における設置床又は地表面の最大応答加速度が、加振試験によりスリング等が健全であり転倒しないことを確認した加振台の最大加速度以下であることとする。

5.4 評価方法

筐体保管設備以外の転倒評価は、別添 3-1 の「4.4(2) 転倒評価」にて設定した評価方法に従い、保管場所における設置床又は地表面の最大応答加速度と、「3. 加振試験」における加振試験にて転倒しないことを確認した加振台の最大加速度との比較を行い、水平方向と鉛直方向の比較結果がそれぞれ許容限界以下であることを確認する。

6. 機能維持評価

6.1 基本方針

その他設備は、別添 3-1 の「2.2 評価方針」にて設定した評価方針に従い、機能維持評価を実施する。

その他設備の機能維持評価は、「6.2 評価部位」に示す評価部位が、「6.3 許容限界」に示す許容限界を満足することを、「6.4 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

6.2 評価部位

機能維持評価の評価部位は、別添 3-1 の「2.2 評価方針」に示す確認方法を踏まえて、地震後に計測機能、給電機能等の動的及び電氣的機能並びにスリング等の支持機能を維持できることが要求される機器全体とする。

6.3 許容限界

許容限界は、「6.2 評価部位」にて設定した評価部位の保管場所における設置床又は地表面の最大応答加速度が、加振試験により動的及び電氣的機能並びに支持機能が維持されることを確認した加振台の最大加速度以下であることとする。

6.4 評価方法

その他設備の機能維持評価は、別添 3-1 の「4.4(3) 機能維持評価」にて設定した評価方法に従い、保管場所における設置床又は地表面の最大応答加速度と、「3. 加振試験」における加振試験にて得られた、表 6-1 に示す機能維持確認項目を確認した加振台の最大加速度との比較を行い、水平方向と鉛直方向の比較結果がそれぞれ許容限界以下であることを確認する。

表 6-1 その他設備の機能維持確認項目

設備名称	機能維持確認項目
可搬式エリア放射線モニタ	放射線量の計測が可能なこと
可搬式モニタリングポスト	放射線量の計測が可能なこと
GM汚染サーベイメータ	放射性物質濃度の計測が可能なこと
NaIシンチレーションサーベイメータ	放射性物質濃度の計測が可能なこと
α ・ β 線サーベイメータ	放射性物質濃度の計測が可能なこと
電離箱サーベイメータ	放射性物質濃度の計測が可能なこと
主蒸気逃がし安全弁用蓄電池	負荷に給電が可能なこと
有線式通信設備（廃棄物処理建物）	発信・着信ができ、通話が可能なこと
有線式通信設備（中央制御室待避室）	発信・着信ができ、通話が可能なこと
可搬型計測器	電力供給ができ、出力を計測できること
可搬型計測器（予備）	電力供給ができ、出力を計測できること
LEDライト（三脚タイプ）	照明が点くこと
酸素濃度計（中央制御室）	酸素濃度の計測が可能なこと
酸素濃度計（中央制御室待避室）	酸素濃度の計測が可能なこと
酸素濃度計（緊急時対策所）	酸素濃度の計測が可能なこと
二酸化炭素濃度計（中央制御室）	二酸化炭素濃度の計測が可能なこと
二酸化炭素濃度計（中央制御室待避室）	二酸化炭素濃度の計測が可能なこと
二酸化炭素濃度計（緊急時対策所）	二酸化炭素濃度の計測が可能なこと
プラントパラメータ監視装置（中央制御室待避室）	起動確認ができ、画面表示が可能なこと
プラントパラメータ監視装置（予備）	起動確認ができ、画面表示が可能なこと
無線通信設備（携帯型）	発信・着信ができ、通話可能なこと
衛星電話設備（携帯型）	発信・着信ができ、通話可能なこと
可搬式ダスト・よう素サンプラ	空気中の放射性物質の採取が可能なこと
可搬式気象観測装置	気象条件の計測が可能なこと
小型船舶	水上での走行が可能なこと
データ表示装置（可搬式モニタリングポスト用）	起動確認ができ、画面表示が可能なこと
データ表示装置（可搬式気象観測装置用）	起動確認ができ、画面表示が可能なこと

7. 波及的影響評価

7.1 基本方針

その他設備は、別添 3-1 の「2.2 評価方針」にて設定した評価方針に従い、当該設備による波及的影響を防止する必要がある他の設備への波及的影響評価を実施する。

その他設備のうち筐体保管設備以外の波及的影響評価は、「7.2 評価部位」に示す評価部位が「7.3 許容限界」に示す許容限界を満足することを、「7.4 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

また、その他設備のうち筐体保管設備については、「4. 構造強度評価」により筐体が波及的影響を及ぼさないことを確認する。

7.2 評価部位

筐体保管設備以外の波及的影響評価の評価部位は、別添 3-1 の「3.2 許容限界」にて設定したとおり、その他設備全体とする。

7.3 許容限界

筐体保管設備以外の許容限界は、「7.2 評価部位」にて設定した評価部位の保管場所における設置床又は地表面の最大応答加速度が、加振試験によりスリング等の支持機能が維持されることを確認した加振台の最大加速度以下であることをとする。

7.4 評価方法

筐体保管設備以外の波及的影響評価は、別添 3-1 の「4.4(4) 波及的影響評価」にて設定した評価方法に従い、保管場所における設置床又は地表面の最大応答加速度と、「3. 加振試験」における加振試験にてスリング等の支持機能が維持されることを確認した加振台の最大加速度との比較を行い、水平方向と鉛直方向の比較結果がそれぞれ許容限界以下であることを確認する。

8. 評価結果

その他設備の基準地震動 S_s による地震力に対する評価結果を以下に示す。

その他設備のうち筐体保管設備以外の構造強度評価結果については、転倒評価結果、機能維持評価結果及び波及的影響評価結果より、構造強度評価を満足することを確認した。

その他設備のうち筐体保管設備の構造強度評価の結果については、基準地震動 S_s による地震力に対し、基礎ボルト及び筐体取付ボルトに作用する応力が許容限界を満足することを確認した。

その他設備のうち筐体保管設備以外の転倒評価の結果、保管場所における設置床又は地表面の最大応答加速度が、加振試験により転倒しないことを確認した加振台の最大加速度以下であり、転倒しないことを確認した。また、加振試験後にスリング等が健全であることを確認した。

その他設備のうち筐体保管設備の転倒評価結果については、構造強度評価結果より、当該設備が転倒しないことを確認した。

機能維持評価の結果、保管場所における設置床又は地表面の最大応答加速度が、加振試験によ

り動的及び電氣的機能並びに支持機能を維持できることを確認した加振台の最大加速度以下であり、基準地震動 S_s による地震力に対し、機能が維持されることを確認した。

その他設備のうち筐体保管設備以外の波及的影響評価の結果、保管場所における設置床又は地表面の最大応答加速度が、加振試験によりスリング等の支持機能を維持できることを確認した加振台の最大加速度以下であり、当該設備による波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないことを確認した。

その他設備のうち筐体保管設備の波及的影響評価結果については、構造強度評価結果より、当該設備による波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないことを確認した。

以上より、その他設備は地震後において、基準地震動 S_s による地震力に対し、重大事故等に対処するために必要な機能を維持するとともに波及的影響を防止する必要がある他の設備に対して波及的影響を及ぼさないことを確認した。

8.1 構造強度評価

その他設備のうち筐体保管設備の構造強度評価結果を表 8-1 に示す。

8.2 転倒評価

その他設備の転倒評価結果を表 8-2 に示す。

8.3 機能維持評価

その他設備の機能維持評価結果を表 8-2 に示す。

8.4 波及的影響評価

その他設備の波及的影響評価結果を表 8-2 に示す。

表 8-1 構造強度評価結果

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SS400	引張	—	—	$\sigma_{b1}=38$	$f_{ts1}=168^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b1}=7$	$f_{sb1}=161$
筐体取付ボルト (i=2)	SS400	引張	—	—	$\sigma_{b2}=27$	$f_{ts2}=210^*$
		せん断	—	—	$\tau_{b2}=6$	$f_{sb2}=161$

注記* : $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

すべて許容応力以下である。

表 8-2 転倒評価, 機能維持評価及び波及的影響評価結果 (1/5)

設備名称	保管場所	方向	保管場所の最大 応答加速度*1	加振台の 最大加速度*2	転倒 評価結果	機能維持 評価結果*3	波及的影響 評価結果
可搬式エリア放射線 モニタ	緊急時対策所 EL 50.25m	水平	1.22	2.28	○	○	○
		鉛直	0.81	2.44	○	○	○
可搬式モニタリング ポスト	第1保管エリア EL 50.0m	水平	1.04	1.96	○	○	○
		鉛直	0.77	2.61	○	○	○
	第4保管エリア EL 8.5m	水平	0.90	1.96	○	○	○
		鉛直	0.50	2.61	○	○	○
GM汚染サーベイメ ータ	緊急時対策所 EL 50.25m	水平	1.22	2.33	○	○	○
		鉛直	0.81	2.35	○	○	○
NaIシンチレーシ ョンサーベイメータ	緊急時対策所 EL 50.25m	水平	1.22	2.33	○	○	○
		鉛直	0.81	2.35	○	○	○
α ・ β 線サーベイメ ータ	緊急時対策所 EL 50.25m	水平	1.22	2.33	○	○	○
		鉛直	0.81	2.35	○	○	○
電離箱サーベイメ ータ	緊急時対策所 EL 50.25m	水平	1.22	2.33	○	○	○
		鉛直	0.81	2.35	○	○	○

注記*1：地震応答解析により求めた設置床又は地表面の最大応答加速度

*2：加振試験により計測された加振台の最大加速度

*3：加振試験後の動的及び電氣的機能維持並びに支持機能の確認を含む。

(凡例) ○：各項目の評価の結果、良であることを確認した。

表 8-2 転倒評価、機能維持評価及び波及的影響評価結果 (2/5)

設備名称	保管場所	方向	保管場所の最大 応答加速度*1	加振台の 最大加速度*2	転倒 評価結果	機能維持 評価結果*3	波及的影響 評価結果
主蒸気逃がし安全弁 用蓄電池	廃棄物処理建物 EL 16.9m	水平	1.07	3.01	○	○	○
		垂直	0.81	1.56	○	○	○
有線式通信設備 (廃棄 物処理建物)	廃棄物処理建物 EL 16.9m	水平	1.07	2.09	○	○	○
		鉛直	0.81	2.57	○	○	○
有線式通信設備 (中 央制御室待避室)	制御室建物 EL 16.9m (EL 22.05m) *4	水平	2.03	4.07	○*5	○	○*5
		鉛直	1.00	2.03	○*5	○	○*5
可搬型計測器	廃棄物処理建物 EL 16.9m	水平	1.07	4.64	○	○	○
		鉛直	0.81	2.78	○	○	○
可搬型計測器 (予備)	緊急時対策所 EL 50.25m	水平	1.22	4.64	○	○	○
		鉛直	0.81	2.78	○	○	○
LEDライト (三脚タ イプ)	制御室建物 EL 16.9m	水平	1.96	3.02	○	○	○
		鉛直	0.88	2.02	○	○	○

注記*1：地震応答解析により求めた設置床又は地表面の最大応答加速度

*2：加振試験により計測された加振台の最大加速度

*3：加振試験後の動的及び電氣的機能維持並びに支持機能の確認を含む。

*4：基準床レベルを示す。

*5：転倒評価及び波及的影響評価は構造強度評価にて確認した。

(凡例) ○：各項目の評価の結果，良であることを確認した。

表 8-2 転倒評価, 機能維持評価及び波及的影響評価結果 (3/5)

設備名称	保管場所	方向	保管場所の最大 応答加速度*1	加振台の 最大加速度*2	転倒 評価結果	機能維持 評価結果*3	波及的影響 評価結果
酸素濃度計 (中央制御室)	制御室建物 EL 16.9m	水平	1.96	3.63	○	○	○
		鉛直	0.88	1.39	○	○	○
酸素濃度計 (中央制御室待避室)	制御室建物 EL 16.9m (EL 22.05m) *4	水平	2.03	4.07	○*5	○	○*5
		鉛直	1.00	2.03	○*5	○	○*5
酸素濃度計 (緊急時対策所)	緊急時対策所 EL 50.25m	水平	1.22	2.95	○	○	○
		鉛直	0.81	3.02	○	○	○
二酸化炭素濃度計 (中央制御室)	制御室建物 EL 16.9m	水平	1.96	3.63	○	○	○
		鉛直	0.88	1.39	○	○	○
二酸化炭素濃度計 (中央制御室待避室)	制御室建物 EL 16.9m (EL 22.05m) *4	水平	2.03	4.07	○*5	○	○*5
		鉛直	1.00	2.03	○*5	○	○*5

注記*1: 地震応答解析により求めた設置床又は地表面の最大応答加速度

*2: 加振試験により計測された加振台の最大加速度

*3: 加振試験後の動的及び電氣的機能維持並びに支持機能の確認を含む。

*4: 基準床レベルを示す。

*5: 転倒評価及び波及的影響評価は構造強度評価にて確認した。

(凡例) ○: 各項目の評価の結果, 良であることを確認した。

表 8-2 転倒評価、機能維持評価及び波及的影響評価結果 (4/5)

設備名称	保管場所	方向	保管場所の最大 応答加速度*1	加振台の 最大加速度*2	転倒 評価結果	機能維持 評価結果*3	波及的影響 評価結果
二酸化炭素濃度計 (緊急時対策所)	緊急時対策所 EL 50.25m	水平	1.22	2.95	○	○	○
		鉛直	0.81	3.02	○	○	○
プラントパラメータ 監視装置 (中央制御 室待避室)	制御室建物 EL 16.9m (EL 22.05m) *4	水平	2.03	4.07	○*5	○	○*5
		鉛直	1.00	2.03	○*5	○	○*5
プラントパラメータ 監視装置 (予備)	制御室建物 EL 16.9m	水平	1.96	3.63	○	○	○
		鉛直	0.88	1.39	○	○	○
無線通信設備 (携帯 型)	緊急時対策所 EL 50.25m	水平	1.22	2.66	○	○	○
		鉛直	0.81	2.68	○	○	○
衛星電話設備 (携帯 型)	緊急時対策所 EL 50.25m	水平	1.22	2.66	○	○	○
		鉛直	0.81	2.68	○	○	○
可搬式ダスト・よう 素サンプラ	緊急時対策所 EL 50.25m	水平	1.22	2.15	○	○	○
		鉛直	0.81	2.24	○	○	○

注記*1：地震応答解析により求めた設置床又は地表面の最大応答加速度

*2：加振試験により計測された加振台の最大加速度

*3：加振試験後の動的及び電氣的機能維持並びに支持機能の確認を含む。

*4：基準床レベルを示す。

*5：転倒評価及び波及的影響評価は構造強度評価にて確認した。

(凡例) ○：各項目の評価の結果、良であることを確認した。

表 8-2 転倒評価, 機能維持評価及び波及的影響評価結果 (5/5)

設備名称	保管場所	方向	保管場所の最大 応答加速度*1	加振台の 最大加速度*2	転倒 評価結果	機能維持 評価結果*3	波及的影響 評価結果
可搬式気象観測装置	第 1 保管エリア EL 50.0m	水平	1.04	1.95	○	○	○
		鉛直	0.77	2.49	○	○	○
	第 4 保管エリア EL 8.5m	水平	0.90	1.95	○	○	○
		鉛直	0.50	2.49	○	○	○
小型船舶	第 1 保管エリア EL 50.0m	水平	1.04	1.83	○	○	○
		鉛直	0.77	1.44	○	○	○
	第 4 保管エリア EL 8.5m	水平	0.90	1.83	○	○	○
		鉛直	0.50	1.44	○	○	○
データ表示装置 (可 搬式モニタリングポ スト用)	緊急時対策所 EL 50.25m	水平	1.22	2.51	○	○	○
		鉛直	0.81	2.35	○	○	○
データ表示装置 (可 搬式気象観測装置 用)	緊急時対策所 EL 50.25m	水平	1.22	2.51	○	○	○
		鉛直	0.81	2.35	○	○	○

注記*1: 地震応答解析により求めた設置床又は地表面の最大応答加速度

*2: 加振試験により計測された加振台の最大加速度

*3: 加振試験後の動的及び電氣的機能維持並びに支持機能の確認を含む。

(凡例) ○: 各項目の評価の結果, 良であることを確認した。

VI-2-別添 3-7 可搬型重大事故等対処設備の水平 2 方向及び鉛直方向
地震力の組合せに関する影響評価結果

目 次

1. 概要	1
2. 基本方針	1
3. 評価方法	1
4. 評価結果	4
4.1 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価設備（部位）の抽出	4
4.2 建物・構築物及び土木構造物の検討による機器・配管系への影響の検討結果	5
4.3 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価	5
4.4 まとめ	6

1. 概要

本資料は、「VI-2-別添 3-1 可搬型重大事故等対処設備の耐震計算の方針」に基づき、基準地震動 S_s による地震力に対する機能を保持できることを確認した可搬型重大事故等対処設備に対し、水平 2 方向及び鉛直方向の組合せによる地震力が与える影響について説明するものである。なお、耐震設計上の重大事故等対処施設の設備の分類に該当しない設備である可搬型重大事故等対処設備は、「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」別記 2 において、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる評価を要求されていないが、確認を行うものである。

2. 基本方針

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ついては、「VI-2-1-8 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」の「4.2 機器・配管系」の評価方針を踏まえて、可搬型重大事故等対処設備としての構造上及び保管方法の特徴を踏まえた抽出を行い、設備が有する耐震性に及ぼす影響を評価する。

3. 評価方法

「VI-2-1-8 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」の「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に関する影響評価方針」を踏まえて、基準地震動 S_s による地震力に対して、耐震評価を実施する設備のうち、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、設備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評価対象設備として抽出し、設備が有する耐震性に及ぼす影響を評価する。

影響評価フローを図 3-1 に示す。

(1) 評価対象となる設備の整理

可搬型重大事故等対処設備のうち、基準地震動 S_s による地震力に対して構造強度又は機能維持を確認する設備を評価対象とする。(図 3-1①)

(2) 構造上及び保管方法の特徴による抽出

可搬型重大事故等対処設備としての構造上及び保管方法の特徴から、水平 2 方向の地震力が重畳す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。なお、ここでの影響が軽微な設備とは、構造上及び保管方法の観点から発生応力への影響に着目し、その増分が 1 割程度以下となる設備を分類しているが、水平 1 方向地震力による裕度（許容応力／発生応力）が 1.1 未満の設備については、個別に検討を行うこととする。

(図 3-1②)

(3) 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。(図 3-1③)

(4) 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響評価

(3)の検討において算出された荷重や応力を用いて、設備が有する耐震性への影響を確認する。(図 3-1④)

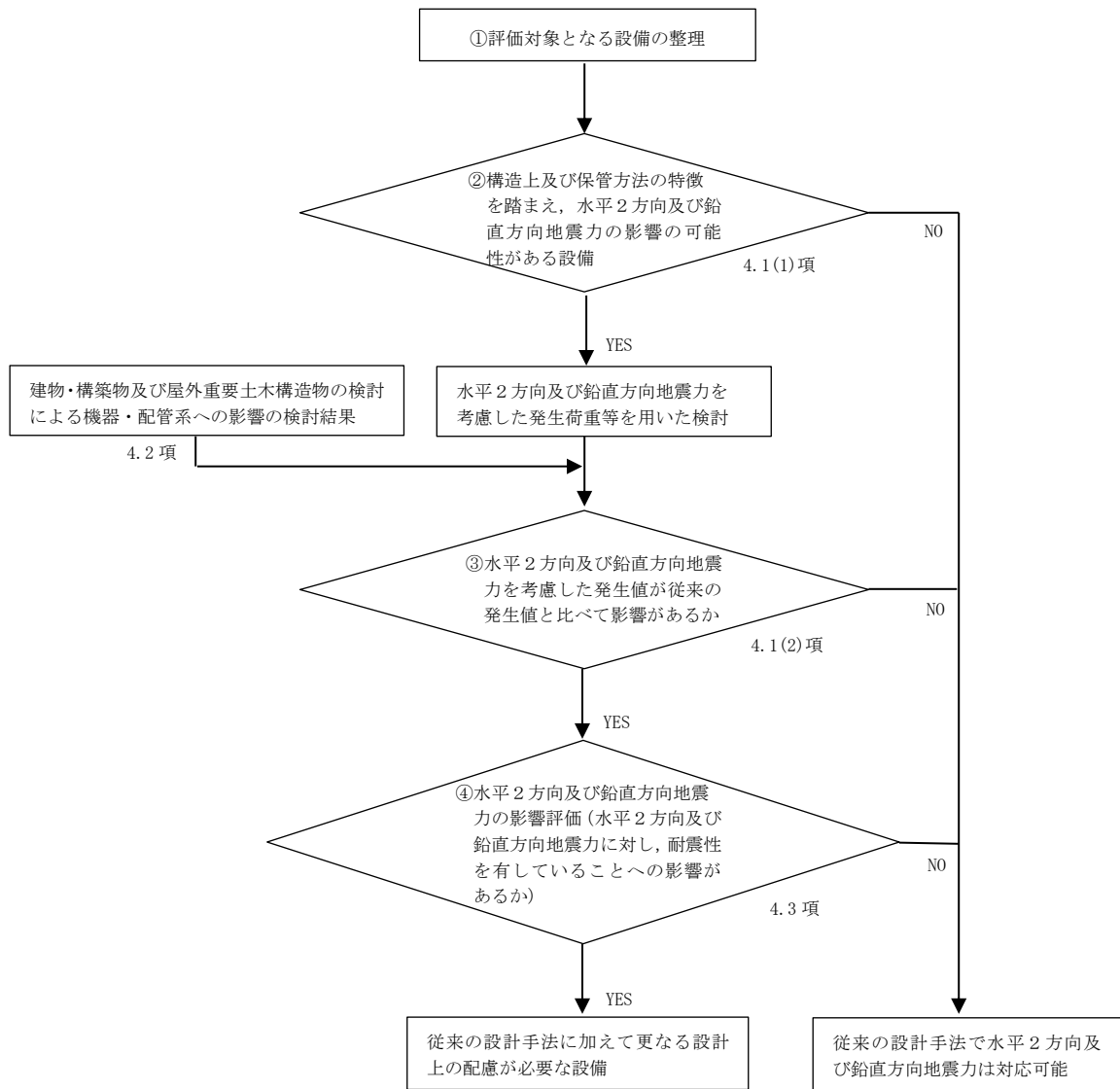


図 3-1 水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮した影響評価フロー

4. 評価結果

4.1 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価設備（部位）の抽出

評価対象設備を表4-1に示す。評価対象設備の各評価部位及び応力分類に対し、構造上及び保管方法の特徴から、水平2方向の地震力による影響を以下の項目により検討し、影響の可能性がある設備を抽出した。

(1) 水平2方向の地震力が重畳する観点

評価対象設備は、水平1方向の地震力に加えて、更に水平直交方向に地震力が重畳した場合、水平2方向の地震力による影響を検討し、影響が軽微な設備以外の影響検討が必要となる可能性があるものを抽出した。抽出結果を表4-2に示す。

なお、評価対象設備の抽出に当たって、耐震性への影響が軽微とした設備の理由を以下に示す。

a. 構造強度評価対象設備

構造強度評価対象設備において、耐震性への影響が軽微と分類した設備はない。

b. 機能維持評価対象設備

(a) 収納箱

収納箱に保管している設備は、収納箱内で緩衝材によって保護されており、X、Yの2方向入力に対して、応答増加は生じないものと考えられることから、水平2方向の入力の影響は軽微である。

(b) その他

水平2方向及び鉛直方向地震力を同時に入力した加振試験結果に基づき機能維持評価を行い、健全性を確認していることから、水平2方向入力の影響は考慮済みである。

(2) 水平1方向及び鉛直方向地震力に対する水平2方向及び鉛直方向地震力の増分の観点

(1)にて影響の可能性がある設備について、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設計手法による発生値と比較し、その増分により影響の程度を確認し、耐震性への影響が懸念される設備を抽出した。抽出結果を表4-2に示す。

なお、評価対象設備の抽出に当たって、耐震性への影響が軽微とした設備の理由を以下に示す。

a. 構造強度評価対象設備

(a) 車両型設備

車両型設備に積載したポンプ、発電機、内燃機関等は、矩形構造の横型回転機器等であり応答軸（強軸・弱軸）が明確である。水平2方向の地震力が発生した場合、その応

答はそれぞれの応答軸方向に分解され、実質的には弱軸方向に1方向入力した応答レベルと同等となることから、耐震性への影響の懸念はないと整理した。

(b) ポンベ設備

ポンベ設備は、矩形構造の架構設備であり、応答軸（強軸・弱軸）が明確である。水平2方向の地震力が発生した場合、その応答はそれぞれの応答軸方向に分解され、実質的には弱軸方向に1方向入力した応答レベルと同等となることから、耐震性への影響の懸念はないと整理した。

(c) 緊急時対策所空気浄化設備

緊急時対策所空気浄化設備は、矩形構造の架構設備であり、応答軸（強軸・弱軸）が明確である。水平2方向の地震力が発生した場合、その応答はそれぞれの応答軸方向に分解され、実質的には弱軸方向に1方向入力した応答レベルと同等となることから、耐震性への影響の懸念はないと整理した。

(d) その他設備（筐体保管設備）

その他設備のうち、筐体保管設備は矩形構造の盤であり、応答軸（強軸・弱軸）が明確である。水平2方向の地震力が発生した場合、その応答はそれぞれの応答軸方向に分解され、実質的には弱軸方向に1方向入力した応答レベルと同等となることから、耐震性への影響の懸念はないと整理した。

b. 機能維持評価対象設備

(a) その他

矩形構造であり、応答軸（強軸・弱軸）が明確である設備は、水平2方向の地震力が発生した場合、その応答はそれぞれの応答軸方向に分解され、実質的には弱軸方向に1方向入力した応答レベルと同等となることから、耐震性への影響の懸念はないと整理した。

4.2 建物・構築物及び土木構造物の検討による機器・配管系への影響の検討結果

建物・構築物及び土木構造物の検討において、可搬型重大事故等対処設備への影響が懸念されるものは抽出されなかった。

4.3 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価

表4-2において、水平2方向の地震力による影響の可能性があると抽出された設備はないため、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価を行う設備はない。

4.4 まとめ

可搬型重大事故等対処設備について、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る設備（部位）について、従来の設計手法における保守性も考慮した上で抽出し、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影響を確認した結果、設備が有する耐震性に影響のないことを確認したため、従来の設計手法に加えて更なる設計上の配慮が必要な設備はない。

表4-1 水平2方向及び鉛直方向地震力の評価対象設備（1/2）

別添番号	設備名称	構造強度 評価	機能維持 評価	部位*
別添 3-3	大量送水車	○	○	各部位
	タンクローリ（タイプⅠ）	○	○	各部位
	タンクローリ（タイプⅡ）	○	○	各部位
	高圧発電機車（タイプⅠ）	○	○	各部位
	高圧発電機車（タイプⅡ）	○	○	各部位
	移動式代替熱交換設備	○	○	各部位
	大型送水ポンプ車（原子炉補機代替冷却系用）	○	○	各部位
	大型送水ポンプ車（原子炉建物放水設備用）	○	○	各部位
	可搬式窒素供給装置	○	○	各部位
	緊急時対策所用発電機	○	○	各部位
	第1ベントフィルタ出口水素濃度	○	○	各部位
別添 3-4-1	逃がし安全弁用窒素ガスポンベ	○	—	各部位
別添 3-4-2	中央制御室待避室正圧化装置（空気ポンベ）	○	—	各部位
別添 3-4-3	空気ポンベ加圧設備（空気ポンベ）	○	○	各部位
別添 3-5	緊急時対策所空気浄化フィルタユニット	○	○	各部位
	緊急時対策所空気浄化送風機	○	○	各部位

注記*：部位については、別添 3-3，別添 3-4-1～3，別添 3-5 及び別添 3-6 に示す耐震評価部位のとおり。

表4-1 水平2方向及び鉛直方向地震力の評価対象設備 (2/2)

別添番号	設備名称	構造強度 評価	機能維持 評価	部位*
別添 3-6	可搬式エリア放射線モニタ	—	○	各部位
	可搬式モニタリングポスト	—	○	各部位
	GM汚染サーベイメータ	—	○	各部位
	Na I シンチレーションサーベイメータ	—	○	各部位
	α・β線サーベイメータ	—	○	各部位
	電離箱サーベイメータ	—	○	各部位
	主蒸気逃がし安全弁用蓄電池	—	○	各部位
	有線式通信設備 (廃棄物処理建物)	—	○	各部位
	有線式通信設備 (中央制御室待避室)	○	○	各部位
	可搬型計測器	—	○	各部位
	可搬型計測器 (予備)	—	○	各部位
	可搬式ダスト・よう素サンプラ	—	○	各部位
	可搬式気象観測装置	—	○	各部位
	小型船舶	—	○	各部位
	酸素濃度計 (緊急時対策所)	—	○	各部位
	酸素濃度計 (中央制御室)	—	○	各部位
	酸素濃度計 (中央制御室待避室)	○	○	各部位
	二酸化炭素濃度計 (緊急時対策所)	—	○	各部位
	二酸化炭素濃度計 (中央制御室)	—	○	各部位
	二酸化炭素濃度計 (中央制御室待避室)	○	○	各部位
	LEDライト (三脚タイプ)	—	○	各部位
	プラントパラメータ監視装置 (予備)	—	○	各部位
	プラントパラメータ監視装置 (中央制御室待避室)	○	○	各部位
	無線通信設備 (携帯型)	—	○	各部位
	衛星電話設備 (携帯型)	—	○	各部位
	データ表示装置 (可搬式モニタリングポスト用)	—	○	各部位
データ表示装置 (可搬式気象観測装置用)	—	○	各部位	

注記* : 部位については、別添 3-3、別添 3-4-1~3、別添 3-5 及び別添 3-6 に示す耐震評価部位のとおり。

表 4-2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の評価設備（部位）の抽出結果（1/12）

（凡例）

（1）構造強度評価（1/4）

○：影響の可能性あり △：影響軽微 ー：該当なし

設備名称	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性		
	4.1 項(1) 水平 2 方向の地震力が 重畳する観点	4.1 項(2) 水平 1 方向及び鉛直方向地震 力に対する水平 2 方向及び鉛 直方向地震力の増分の観点	検討結果 (影響軽微の理由)
大量送水車	○	△	4.1 項(2)a. 「(a) 車両型設備」の理由 (車両型設備に積載したポンプ, 発電機, 内燃機関等は, 矩形構造の横型回転機器等であり応答軸(強軸・弱軸)が明確である。水平 2 方向の地震力が発生した場合, その応答はそれぞれの応答軸方向に分解され, 実質的には弱軸方向に 1 方向入力した応答レベルと同等となることから, 耐震性への影響の懸念はないと整理した。)による。
タンクローリ (タイプ I)	○	△	
タンクローリ (タイプ II)	○	△	
高圧発電機車 (タイプ I)	○	△	
高圧発電機車 (タイプ II)	○	△	
移動式代替熱交換設備	○	△	
大型送水ポンプ車 (原子炉補機代替冷却系用)	○	△	
大型送水ポンプ車 (原子炉建物放水設備用)	○	△	
可搬式窒素供給装置	○	△	
緊急時対策所用発電機	○	△	
第 1 ベントフィルタ出口水素濃度	○	△	

表 4-2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の評価設備（部位）の抽出結果（2/12）

（凡例）

○：影響の可能性あり △：影響軽微 ー：該当なし

(1) 構造強度評価（2/4）

設備名称	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性		
	4.1 項(1) 水平 2 方向の地震力が 重畳する観点	4.1 項(2) 水平 1 方向及び鉛直方向地震 力に対する水平 2 方向及び鉛 直方向地震力の増分の観点	検討結果 (影響軽微の理由)
逃がし安全弁用窒素ガスボンベ	○	△	4.1 項(2)a. 「(b) ボンベ設備」の理由 (ボンベ設備は、矩形構造の架構設備で あり、応答軸（強軸・弱軸）が明確であ る。水平 2 方向の地震力が発生した場 合、その応答はそれぞれの応答軸方向に 分解され、実質的には弱軸方向に 1 方向 入力した応答レベルと同等となること から、耐震性への影響の懸念はないと整 理した。) による。
中央制御室待避室正圧化装置（空気 ボンベ）	○	△	
空気ボンベ加圧設備（空気ボンベ）	○	△	

表 4-2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の評価設備（部位）の抽出結果（3/12）

（凡例）

○：影響の可能性あり △：影響軽微 ー：該当なし

(1) 構造強度評価（3/4）

設備名称	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性		
	4.1 項(1) 水平 2 方向の地震力が 重畳する観点	4.1 項(2) 水平 1 方向及び鉛直方向地震 力に対する水平 2 方向及び鉛 直方向地震力の増分の観点	検討結果 (影響軽微の理由)
緊急時対策所空気浄化フィルタユニット	○	△	4.1 項(2)a. 「(c) 緊急時対策所空気浄化設備」の理由（緊急時対策所空気浄化設備は、矩形構造の架構設備であり、応答軸（強軸・弱軸）が明確である。水平 2 方向の地震力が発生した場合、その応答はそれぞれの応答軸方向に分解され、実質的には弱軸方向に 1 方向入力した応答レベルと同等となることから、耐震性への影響の懸念はないと整理した。）による。
緊急時対策所空気浄化送風機	○	△	

表 4-2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の評価設備（部位）の抽出結果（4/12）

（凡例）

（1）構造強度評価（4/4）

○：影響の可能性あり △：影響軽微 ー：該当なし

設備名称	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性		
	4.1 項(1) 水平 2 方向の地震力が 重畳する観点	4.1 項(2) 水平 1 方向及び鉛直方向地震 力に対する水平 2 方向及び鉛 直方向地震力の増分の観点	検討結果 (影響軽微の理由)
有線式通信設備（中央制御室待避室）	○	△	4.1 項(2)a. 「(d) その他設備（筐体保管設備）」の理由（その他設備のうち、筐体保管設備は矩形構造の盤であり、応答軸（強軸・弱軸）が明確である。水平 2 方向の地震力が発生した場合、その応答はそれぞれの応答軸方向に分解され、実質的には弱軸方向に 1 方向入力した応答レベルと同等となることから、耐震性への影響の懸念はないと整理した。）による。
酸素濃度計（中央制御室待避室）	○	△	
二酸化炭素濃度計（中央制御室待避室）	○	△	
プラントパラメータ監視装置（中央制御室待避室）	○	△	

表 4-2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の評価設備（部位）の抽出結果（5/12）

（凡例）

（2） 機能維持評価（1/8）

○：影響の可能性あり △：影響軽微 —：該当なし

設備名称	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性		
	4.1 項(1) 水平 2 方向の地震力が 重畳する観点	4.1 項(2) 水平 1 方向及び鉛直方向地震 力に対する水平 2 方向及び鉛 直方向地震力の増分の観点	検討結果 (影響軽微の理由)
大量送水車	△	—	4.1 項(1)b. 「(b) その他」の理由（水 平 2 方向及び鉛直方向地震力を同時に 入力した加振試験結果に基づき機能維 持評価を行い、健全性を確認しているこ とから、水平 2 方向入力の影響は考慮済 みである。）による。
高圧発電機車（タイプⅠ）	△	—	
高圧発電機車（タイプⅡ）	△	—	
大型送水ポンプ車（原子炉補機代替 冷却系用）	△	—	
大型送水ポンプ車（原子炉建物放水 設備用）	△	—	
可搬式窒素供給装置	△	—	
第 1 ベントフィルタ出口水素濃度	△	—	

表 4-2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の評価設備（部位）の抽出結果（6/12）

（凡例）

○：影響の可能性あり △：影響軽微 ー：該当なし

(2) 機能維持評価 (2/8)

設備名称	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性		
	4.1 項(1) 水平 2 方向の地震力が 重畳する観点	4.1 項(2) 水平 1 方向及び鉛直方向地震 力に対する水平 2 方向及び鉛 直方向地震力の増分の観点	検討結果 (影響軽微の理由)
タンクローリ (タイプ I)	○	△	4.1 項(2)b. 「(a) その他」の理由 (応答軸 (強軸・弱軸) が明確である設備は、水平 2 方向の地震力が発生した場合、その応答はそれぞれの応答軸方向に分解され、実質的には弱軸方向に 1 方向入力した応答レベルと同等となることから、耐震性への影響の懸念はないと整理した。) による。
タンクローリ (タイプ II)	○	△	
移動式代替熱交換設備	○	△	
緊急時対策所用発電機	○	△	

表 4-2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の評価設備（部位）の抽出結果（7/12）

（凡例）

（2）機能維持評価（3/8）

○：影響の可能性あり △：影響軽微 ー：該当なし

設備名称	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性		
	4.1 項(1) 水平 2 方向の地震力が 重畳する観点	4.1 項(2) 水平 1 方向及び鉛直方向地震 力に対する水平 2 方向及び鉛 直方向地震力の増分の観点	検討結果 (影響軽微の理由)
緊急時対策所空気浄化フィルタユニット	○	△	4.1 項(2)b. 「(a) その他」の理由（応答軸（強軸・弱軸）が明確である設備は、水平 2 方向の地震力が発生した場合、その応答はそれぞれの応答軸方向に分解され、実質的には弱軸方向に 1 方向入力した応答レベルと同等となることから、耐震性への影響の懸念はないと整理した。）による。
緊急時対策所空気浄化送風機	○	△	

表 4-2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の評価設備（部位）の抽出結果（8/12）

（凡例）

○：影響の可能性あり △：影響軽微 ー：該当なし

(2) 機能維持評価 (4/8)

設備名称	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性		
	4.1 項(1) 水平 2 方向の地震力が 重畳する観点	4.1 項(2) 水平 1 方向及び鉛直方向地震 力に対する水平 2 方向及び鉛 直方向地震力の増分の観点	検討結果 (影響軽微の理由)
可搬式エリア放射線モニタ	△	ー	4.1 項(1)b. 「(a) 収納箱」の理由（収納箱に保管している設備は、収納箱内で緩衝材によって保護されており、X, Y の 2 方向入力に対して、応答増加は生じないものと考えられることから、水平 2 方向の入力の影響は軽微である。）による。
GM汚染サーベイメータ	△	ー	
NaIシンチレーションサーベイメータ	△	ー	
α・β線サーベイメータ	△	ー	
電離箱サーベイメータ	△	ー	
可搬式ダスト・よう素サンプラ	△	ー	
LEDライト（三脚タイプ）	△	ー	

表 4-2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の評価設備（部位）の抽出結果（9/12）

（凡例）

○：影響の可能性あり △：影響軽微 —：該当なし

(2) 機能維持評価 (5/8)

設備名称	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性		
	4.1 項(1) 水平 2 方向の地震力が 重畳する観点	4.1 項(2) 水平 1 方向及び鉛直方向地震 力に対する水平 2 方向及び鉛 直方向地震力の増分の観点	検討結果 (影響軽微の理由)
主蒸気逃がし安全弁用蓄電池	△	—	4.1 項(1)b. 「(b) その他」の理由（水平 2 方向及び鉛直方向地震力を同時に 入力した加振試験結果に基づき機能維 持評価を行い、健全性を確認している ことから、水平 2 方向入力の影響は考 慮済みである。）による。

表 4-2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の評価設備（部位）の抽出結果（10/12）

（凡例）

○：影響の可能性あり △：影響軽微 —：該当なし

(2) 機能維持評価 (6/8)

設備名称	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性		
	4.1 項(1) 水平 2 方向の地震力が 重畳する観点	4.1 項(2) 水平 1 方向及び鉛直方向地震 力に対する水平 2 方向及び鉛 直方向地震力の増分の観点	検討結果 (影響軽微の理由)
有線式通信設備（廃棄物処理建物）	△	—	4.1 項(1)b. 「(b) その他」の理由（水平 2 方向及び鉛直方向地震力を同時に 入力した加振試験結果に基づき機能維 持評価を行い、健全性を確認している ことから、水平 2 方向入力の影響は考 慮済みである。）による。

表 4-2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の評価設備（部位）の抽出結果（11/12）

（凡例）

(2) 機能維持評価（7/8）

○：影響の可能性あり △：影響軽微 —：該当なし

設備名称	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性		
	4.1 項(1) 水平 2 方向の地震力が 重畳する観点	4.1 項(2) 水平 1 方向及び鉛直方向地震 力に対する水平 2 方向及び鉛 直方向地震力の増分の観点	検討結果 (影響軽微の理由)
可搬型計測器	○	△	4.1 項(2)b. 「(a) その他」の理由（矩形構造であり、応答軸（強軸・弱軸）が明確である設備は、水平 2 方向の地震力が発生した場合、その応答はそれぞれの応答軸方向に分解され、実質的には弱軸方向に 1 方向入力した応答レベルと同等となることから、耐震性への影響の懸念はないと整理した。）による。
可搬型計測器（予備）	○	△	
有線式通信設備（中央制御室待避室）	○	△	
プラントパラメータ監視装置（予備）	○	△	
プラントパラメータ監視装置（中央制御室待避室）	○	△	
酸素濃度計（中央制御室）	○	△	
酸素濃度計（中央制御室待避室）	○	△	
二酸化炭素濃度計（中央制御室）	○	△	
二酸化炭素濃度計（中央制御室待避室）	○	△	

表 4-2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の評価設備（部位）の抽出結果（12/12）

(凡例)

(2) 機能維持評価 (8/8)

○：影響の可能性あり △：影響軽微 —：該当なし

設備名称	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性		
	4.1 項(1) 水平 2 方向の地震力が 重畳する観点	4.1 項(2) 水平 1 方向及び鉛直方向地震 力に対する水平 2 方向及び鉛 直方向地震力の増分の観点	検討結果 (影響軽微の理由)
可搬式気象観測装置	△	—	4.1 項(1)b. 「(b) その他」の理由（水 平 2 方向及び鉛直方向地震力を同時に 入力した加振試験結果に基づき機能維 持評価を行い、健全性を確認しているこ とから、水平 2 方向入力の影響は考慮済 みである。）による。
可搬式モニタリングポスト	△	—	
小型船舶	△	—	
酸素濃度計（緊急時対策所）	△	—	
二酸化炭素濃度計（緊急時対策所）	△	—	
無線通信設備（携帯型）	△	—	
衛星電話設備（携帯型）	△	—	
データ表示装置（可搬式モニタリン グポスト用）	△	—	
データ表示装置（可搬式気象観測装 置用）	△	—	

VI-2-別添 4 地下水位低下設備の耐震性に関する説明書

VI-2-別添 4-1 地下水位低下設備の耐震計算の方針

目 次

1. 概要	1
2. 耐震評価の基本方針	2
2.1 評価対象施設	2
3. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界	10
3.1 荷重及び荷重の組合せ	10
3.1.1 荷重の種類	10
3.1.2 荷重の組合せ	10
3.2 許容限界	10
4. 耐震評価方法	14
4.1 地震応答解析	14
4.2 耐震評価	15
4.2.1 耐震評価方法	15
4.3 機能維持評価	16
4.3.1 動的機能の維持	16
4.3.2 電氣的機能の維持	16
4.4 水平2方向及び鉛直方向地震力の考慮	16
4.5 波及的影響の考慮	16
5. 適用規格・基準等	17

1. 概要

本資料は、地下水位低下設備が「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」第5条及び12条並びに「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の解釈」に適合する設計とするため、VI-2-1-1-別添1「地下水位低下設備の設計方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、地下水位低下設備が基準地震動 S_s による地震力に対して耐震性を有することを確認するための耐震計算方針について説明するものである。

地下水位低下設備の耐震計算結果は、VI-2-別添 4-2「地下水位低下設備の地震応答計算書」、VI-2-別添 4-3-1「揚水ポンプの耐震性についての計算書」、VI-2-別添 4-3-2「管の耐震性についての計算書（地下水位低下設備）」、VI-2-別添 4-3-3「地下水位低下設備水位計の耐震性についての計算書」、VI-2-別添 4-3-4「地下水位低下設備制御盤の耐震性についての計算書」、VI-2-別添 4-3-5「揚水井戸の耐震性についての計算書」及びVI-2-別添 4-3-6「ドレーンの耐震性についての計算書」に示す。

耐震重要度分類における取扱いは、VI-2-1-4「耐震重要度分類及び重大事故等対処施設の施設区分の基本方針」に示す。

2. 耐震評価の基本方針

耐震評価は、「2.1 評価対象施設」に示す評価対象施設を対象として、「3.1 荷重及び荷重の組合せ」で示す基準地震動 S_s による地震力と組み合わせるべき他の荷重による組合せ荷重により生じる応力又は荷重（以下「応力等」という。）が、「3.2 許容限界」で示す許容限界内にあることを「4. 耐震評価方法」に示す評価方法を使用し、「5. 適用規格・基準等」に示す適用規格・基準等を用いて確認する。

地下水位低下設備は、基準地震動 S_s による地震力に対して、その機能を維持できる設計とすることを踏まえ、水平 2 方向及び鉛直方向地震力を適切に組み合わせることで評価を実施する。影響評価方法は「4.4 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の考慮」に示す。

2.1 評価対象施設

評価対象施設は、地下水位低下設備を構成する揚水ポンプ、配管、水位計、制御盤、揚水井戸及びドレーンを対象とする。地下水位低下設備の構造（配管を除く）を表 2-1～表 2-5 に示す。

表 2-1 構造概要 (揚水ポンプ) (1/3)

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>揚水ポンプはサポートに支持され、サポートはポンプ支持架台に取付ボルトで固定され、ポンプ支持架台は揚水井戸床面の埋込金物に溶接で固定する。</p> <p>サポートは鉛直用サポートと水平用サポートに分類される。</p>	<p>水中ポンプ</p>	<p>(正面図)</p> <p>(平面図)</p> <p>(A-A 矢視図) (単位: mm)</p> <p> : 鉛直用サポート : 水平用サポート </p>

表 2-1 構造概要 (揚水ポンプ) (2/3)

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
鉛直用サポートは、鉛直用サポート取付ボルトによりポンプ支持架台に固定する。	鉛直用サポート	<p>(正面図)</p> <p>ポンプ支持架台</p> <p>鉛直用サポート</p> <p>鉛直用サポート取付ボルト</p> <p>(平面図)</p> <p>鉛直用サポート詳細図</p> <p>(単位: mm)</p>

表 2-1 構造概要 (揚水ポンプ) (3/3)

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>水平用サポートは水平用サポート取付ボルトによりポンプ支持架台に固定する。</p>	<p>水平用サポート</p>	

表 2-2 構造概要 (水位計)

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>水位計は、取付ボルトにて水位計架台に固定する。</p> <p>水位計架台は、壁面の後打金物に溶接にて設置する。</p> <p>後打金物は基礎ボルトにて壁面に固定する。</p>	<p>圧力式水位検出器 (壁に設置された水位計架台に、水位計を取付ボルトにて固定する構造)</p>	<p>(正面図)</p> <p>(側面図)</p> <p>(単位: mm)</p>

表 2-3 構造概要 (制御盤)

計画の概要		概略構造図												
基礎・支持構造	主体構造													
<p>制御盤は、取付ボルトにてチャンネルベースに設置する。</p> <p>チャンネルベースは、溶接にて後打金物に固定する。</p> <p>後打金物は、基礎ボルトにて基礎に設置する。</p>	<p>直立形 (鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤)</p>	<p>(正面図) (側面図)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>機器名称</th> <th>地下水位低下 設備制御盤 A (2-1118)</th> <th>地下水位低下 設備制御盤 B (2-1119)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>たて</td> <td>1000</td> <td>1000</td> </tr> <tr> <td>横</td> <td>1000</td> <td>1000</td> </tr> <tr> <td>高さ</td> <td>2000</td> <td>2000</td> </tr> </tbody> </table> <p>(単位: mm)</p>	機器名称	地下水位低下 設備制御盤 A (2-1118)	地下水位低下 設備制御盤 B (2-1119)	たて	1000	1000	横	1000	1000	高さ	2000	2000
機器名称	地下水位低下 設備制御盤 A (2-1118)	地下水位低下 設備制御盤 B (2-1119)												
たて	1000	1000												
横	1000	1000												
高さ	2000	2000												

表 2-4 構造概要 (揚水井戸)

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
揚水井戸は、岩盤及び置換コンクリート内に設置する。	鉄筋コンクリート造	<p>31900 30200 1700 1000 3500 1000 EL 8.5m ドレーン (管芯) EL-18.7m A-A EL-21.7m EL-23.4m A-A断面 5500 3500 1000 1000 ドレーン (単位: mm)</p>

表 2-5 構造概要 (ドレーン)

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
ドレーンは、揚水井戸を起点として岩盤内に設置する。	ドレーン	<p style="text-align: right;">(単位 : mm)</p>

3. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界

地下水位低下設備の耐震評価に用いる荷重及び荷重の組合せを「3.1 荷重及び荷重の組合せ」に、許容限界を「3.2 許容限界」に示す。

3.1 荷重及び荷重の組合せ

3.1.1 荷重の種類

耐震評価において考慮する荷重は以下のとおり。

(1) 常時作用する荷重 (D)、固定荷重 (G)

常時作用する荷重又は固定荷重は、持続的に生じる荷重であり、当該設備の自重や土圧とする。

(2) 積載荷重 (P)

積載荷重は、対象構造物上部に存在する施設・設備、積雪による荷重とする。

(3) 内圧荷重 (P_D)

内圧荷重は、当該設備に設計上定められた最高使用圧力による荷重とする。

(4) 機械的荷重 (M_D)

機械的荷重は、当該設備に設計上定められた荷重とする。

(5) 地震荷重 (S_s)

地震荷重は、基準地震動 S_s により定まる地震力とする。

3.1.2 荷重の組合せ

荷重の組合せは、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に示す荷重の組合せを踏まえて設定する。

3.2 許容限界

許容限界は、地下水位低下設備を構成する設備ごとに設定する。

地下水位低下設備を構成する機器・配管等の荷重の組合せ及び許容限界を表 3-1 に、揚水井戸及びドレーンの荷重の組合せ及び許容限界を表 3-2 に示す。

機器・配管等の評価対象部位とその許容限界の詳細は各計算書に示す。

評価対象部位の許容限界を表 3-3～表 3-5 に示す。

揚水井戸及びドレーンの評価項目は、各計算書にて評価対象部位の機能維持のための考え方を考慮して選定する。

表 3-1 機器・配管等の荷重の組合せ及び許容限界

施設名称	荷重の組合せ	評価部位	応力等の状態	限界状態	許容限界
揚水ポンプ	$D + P_D + M_D + S_s$	鉛直用 サポート 取付ボルト	引張 せん断 組合せ	部材が弾性域にとどま らず塑性域に入る状態	許容応力状態Ⅳ _A Sの許 容応力以下とする。
		水平用 サポート 取付ボルト			
		溶接部	せん断		
配管	$D + P_D + M_D + S_s$	管	一次応力 一次+二次応力 一次+二次+ピーク応力	部材が弾性域にとどま らず塑性域に入る状態	許容応力状態Ⅳ _A Sの許 容応力以下とする。
		支持構造物	一次応力 一次+二次応力		
水位計	$D + P_D + M_D + S_s$	基礎ボルト	引張 せん断	部材が弾性域にとどま らず塑性域に入る状態	許容応力状態Ⅳ _A Sの許 容応力以下とする。
制御盤	$D + P_D + M_D + S_s$	取付ボルト 基礎ボルト	引張 せん断	部材が弾性域にとどま らず塑性域に入る状態	許容応力状態Ⅳ _A Sの許 容応力以下とする。

表 3-2 揚水井戸及びドレーンの荷重の組合せ及び許容限界

施設名称	荷重の組合せ	評価部位	要求機能	機能維持のための考え方	許容限界
揚水井戸	G + P + S s	躯体	支持・閉塞防止機能	<ul style="list-style-type: none"> 発生する応力（曲げ軸力，せん断力）が許容限界以下であることを確認 地震後においても構造を保持し，内包する揚水ポンプ・配管・水位計を支持する必要があることから，許容限界には短期許容応力度を採用 	短期許容応力度
		基礎地盤		<ul style="list-style-type: none"> 地震時接地圧が許容限界以下であることを確認 	極限支持力度*
ドレーン		ドレーン	集水機能	<ul style="list-style-type: none"> 地震後においても通水断面を維持する必要があることから，許容限界はおおむね弾性状態と判断されるひずみ率を採用 	ひずみ率

注記*： 妥当な安全余裕を考慮する。

表 3-3 ボルトの許容限界

評価対象部位	荷重の組合せ	許容応力 状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
			一次応力	
			引張り	せん断
基礎ボルト	$D + P_D + M_D + S_s$	IVAS	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
取付ボルト	$D + P_D + M_D + S_s$	IVAS	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

注記*1：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。

*2：当該の応力が生じない場合、規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 3-4 管の許容限界

評価対象部位	荷重の組合せ	許容応力 状態	許容限界			
			一次一般 膜応力	一次応力 (曲げ応力 を含む)	一次+二次 応力	一次+二次 +ピーク応力
管	$D + P_D + M_D + S_s$	IVAS	$0.6 \cdot S_u$	$0.9 \cdot S_u$	S _s 地震動のみによる疲労解析*を行い、疲労累積係数が1.0以下であること。ただし、地震動のみによる一次+二次応力の変動値が $2 \cdot S_y$ 以下であれば、疲労解析は不要。	

注記*： $2 \cdot S_y$ を超える場合は弾塑性解析を行う。この場合、設計・建設規格 PPB-3536 (1), (2), (4) 及び(5) (ただし、 S_m は $2/3 \cdot S_y$ と読み替える。) の簡易弾塑性解析を用いる。

表 3-5 溶接部の許容限界

評価対象部位	荷重の組合せ	許容応力 状態	許容限界* (溶接部)
			一次応力
			せん断
溶接部	$D + P_D + M_D + S_s$	IVAS	$1.5 \cdot f_s^*$

注記*：当該の応力が生じない場合、規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

4. 耐震評価方法

地下水位低下設備の耐震評価は、「4.1 地震応答解析」、「4.2 耐震評価」、「4.3 機能維持評価」に従って実施する。

4.1 地震応答解析

地下水位低下設備の耐震評価に用いる地震応答解析フローを図 4-1 に示す。

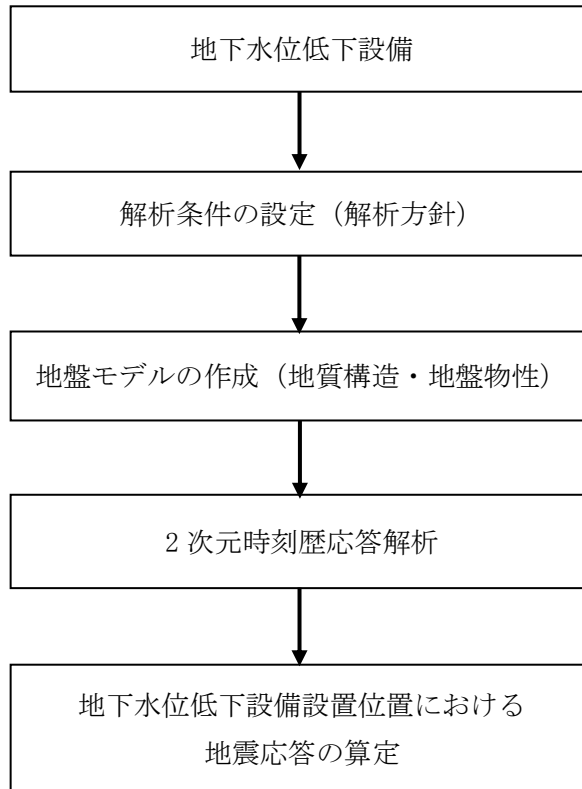


図 4-1 地下水位低下設備の地震応答解析フロー

4.2 耐震評価

地下水位低下設備は、「3.1 荷重及び荷重の組合せ」にて示す荷重の組合せに対して、「4.1 地震応答解析」で示した地震応答解析により応力等を算出し、「3.2 許容限界」にて設定している許容限界内であることを確認する。

4.2.1 耐震評価方法

揚水ポンプ、配管、水位計、制御盤、揚水井戸及びドレーンの評価方法について示す。

(1) 揚水ポンプ

評価対象の揚水ポンプについては、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて示す評価方法及び原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 に準拠した評価方法により評価を行う。

(2) 配管

評価対象の配管については、VI-2-1-12「配管及び支持構造物の耐震計算について」及びVI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」にて示す評価方法に基づき評価を行う。

(3) 水位計

評価対象の水位計については、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて示す評価方法に基づき評価を行う。

(4) 制御盤

評価対象の制御盤については、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」にて示す評価方法に基づき評価を行う。

(5) 揚水井戸

評価対象の揚水井戸については、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて示す評価方法に基づき評価を行う。

(6) ドレーン

評価対象のドレーンについては、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて示す評価方法に基づき評価を行う。

4.3 機能維持評価

地下水位低下設備の構造強度に係る機能維持の方針は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」の「3.1 構造強度上の制限」を準用する。

地下水位低下設備の構造強度に係る機能維持に係る耐震計算の方針は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」の「3.1 構造強度上の制限」及び「4.1 動的機能維持」を準用する。

4.3.1 動的機能の維持

地震時及び地震後に動的機能が要求される機器である地下水位低下設備のうち、揚水ポンプの動的機能評価については、耐震設計上の性能目標を踏まえ、基準地震動 S_s による当該設備設置床の設計用床応答スペクトル若しくは設計用震度から求まる機能維持評価用加速度が、機能確認済加速度以下であることを確認する。

4.3.2 電気的機能の維持

地震時及び地震後に電気的機能が要求される機器である地下水位低下設備のうち、水位計及び制御盤については、耐震設計上の性能目標を踏まえ、基準地震動 S_s による当該設備設置床の設計用床応答スペクトル若しくは設計用震度から求まる機能維持評価用加速度が、機能確認済加速度以下であることを確認する。

4.4 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の考慮

地下水位低下設備に関する水平 2 方向及び鉛直方向地震動の影響評価については、VI-2-1-8「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」の評価方針及び評価方法に基づき行う。

4.5 波及的影響の考慮

VI-2-1-1「耐震設計の基本方針」の「3.3 波及的影響に対する考慮」に基づき、地下水位低下設備の耐震設計を行うに際して、下位クラス施設の波及的影響によって、それぞれの機能が損なわれないよう配慮する。

5. 適用規格・基準等

適用する規格としては、既工事計画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。適用する規格、基準、指針等を以下に示す。

- ・発電用原子力設備規格 設計・建設規格 (JSME S NC1-2005/2007) ((社) 日本機械学会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補-1984 ((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 ((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版 ((社) 日本電気協会)
- ・機械工学便覧 ((社) 日本機械学会)
- ・日本産業規格 (J I S)
- ・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)
- ・コンクリート標準示方書[設計編] ((社) 土木学会, 2017 年制定)
- ・道路橋示方書・同解説 (I 共通編) ((社) 日本道路協会, 平成 24 年 3 月)
- ・道路橋示方書・同解説 (IV 下部構造編) ((社) 日本道路協会, 平成 24 年 3 月)
- ・水道用硬質ポリ塩化ビニル管技術資料 (塩化ビニル・継手協会)
- ・原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル ((社) 土木学会, 2005 年制定)

VI-2-別添 4-2 地下水位低下設備の地震応答計算書

目 次

1. 概要	1
2. 基本方針	2
2.1 位置	2
2.2 構造概要	3
2.3 解析方針	5
2.4 適用規格・基準等	7
3. 解析方法	8
3.1 評価対象断面	8
3.2 解析方法	11
3.2.1 構造部材	11
3.2.2 地盤	12
3.2.3 減衰定数	13
3.2.4 地震応答解析のケースの選定	14
3.3 荷重及び荷重の組合せ	16
3.3.1 耐震評価上考慮する状態	16
3.3.2 荷重	16
3.3.3 荷重の組合せ	17
3.4 入力地震動	18
3.5 解析モデル及び諸元	32
3.5.1 解析モデル	32
3.5.2 使用材料及び材料の物性値	35
3.5.3 地盤の物性値	35
3.5.4 地下水位	36
4. 解析結果	37
4.1 A－A断面（東西方向）の解析結果	37
4.2 B－B断面（南北方向）の解析結果	74

1. 概要

本資料は、VI-2-別添 4-1「地下水位低下設備の耐震計算の方針」に基づき実施する地下水位低下設備のうち揚水井戸の地震応答解析について説明するものである。

本地震応答解析は、地下水位低下設備が耐震性に関する技術基準へ適合することを確認するために用いる応答値を抽出するものである。その際、耐震評価に用いる応答値は、この地震応答解析により構造物に発生する断面力及び基礎地盤に発生する接地圧とする。また、機器・配管系が耐震性に関する技術基準へ適合することを確認するために用いる応答値の抽出を行う。

なお、本資料においては、安全対策工事に伴う掘削後の状態を前提とする。

2. 基本方針

2.1 位置

地下水位低下設備の位置図を図 2-1 に示す。

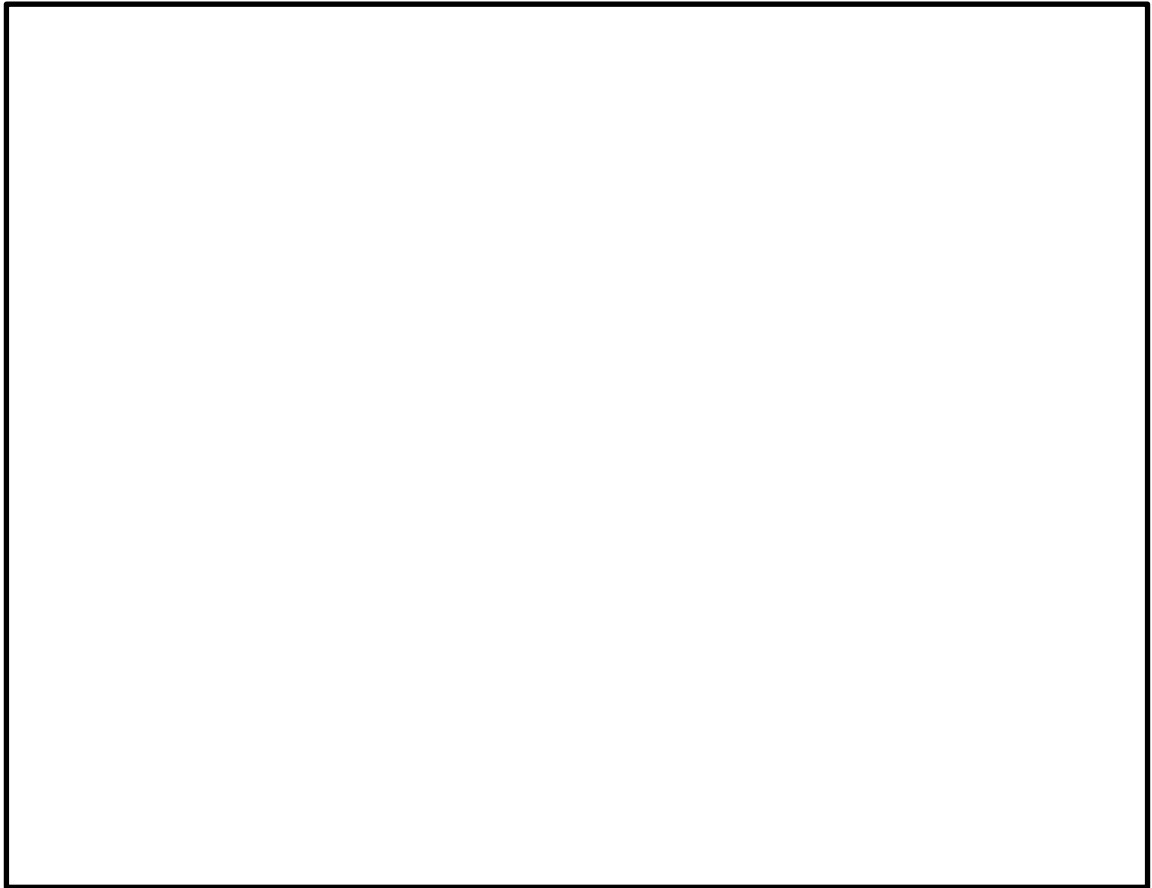


図 2-1 地下水位低下設備の位置図

2.2 構造概要

地下水位低下設備のうち揚水井戸は、揚水ポンプ等を支持する、内径 3.5m、高さ 31.9m の鉄筋コンクリート造の円筒状の地中構造物であり、十分な支持性能を有する C_M級岩盤に支持される。

地下水位低下設備の構成概要を図 2-2 に、揚水井戸の構造図を図 2-3 に示す。

なお、揚水井戸に接続する地下水を集水するためのドレーンの耐震評価については、VI-2-別添 4-3-6「ドレーンの耐震性についての計算書」に示す。

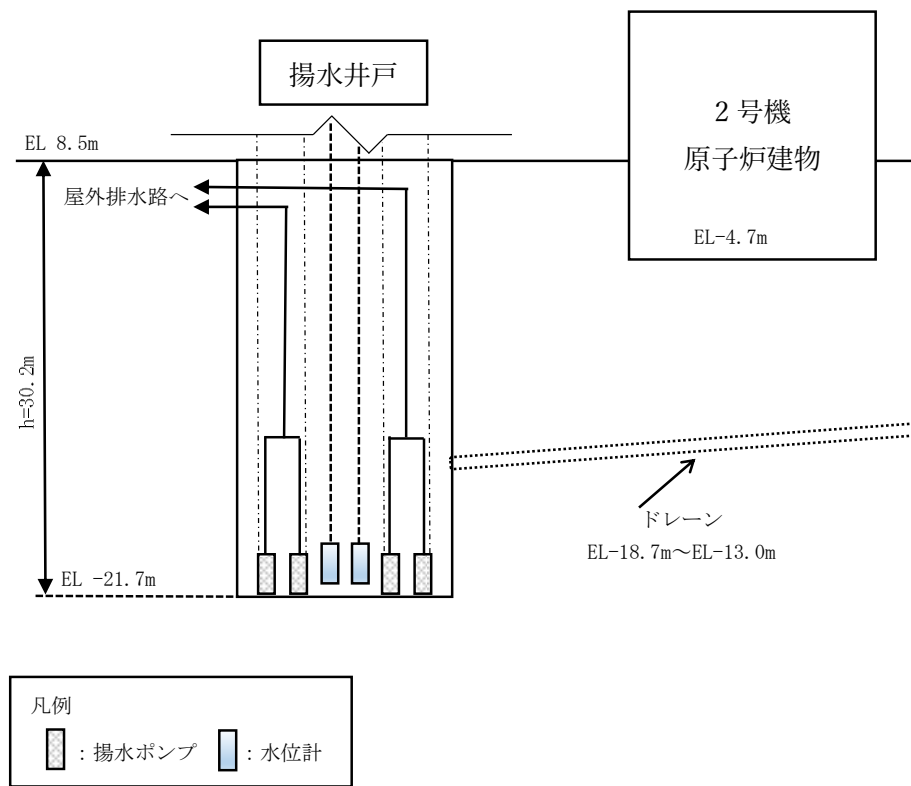


図 2-2 地下水位低下設備の構成概要

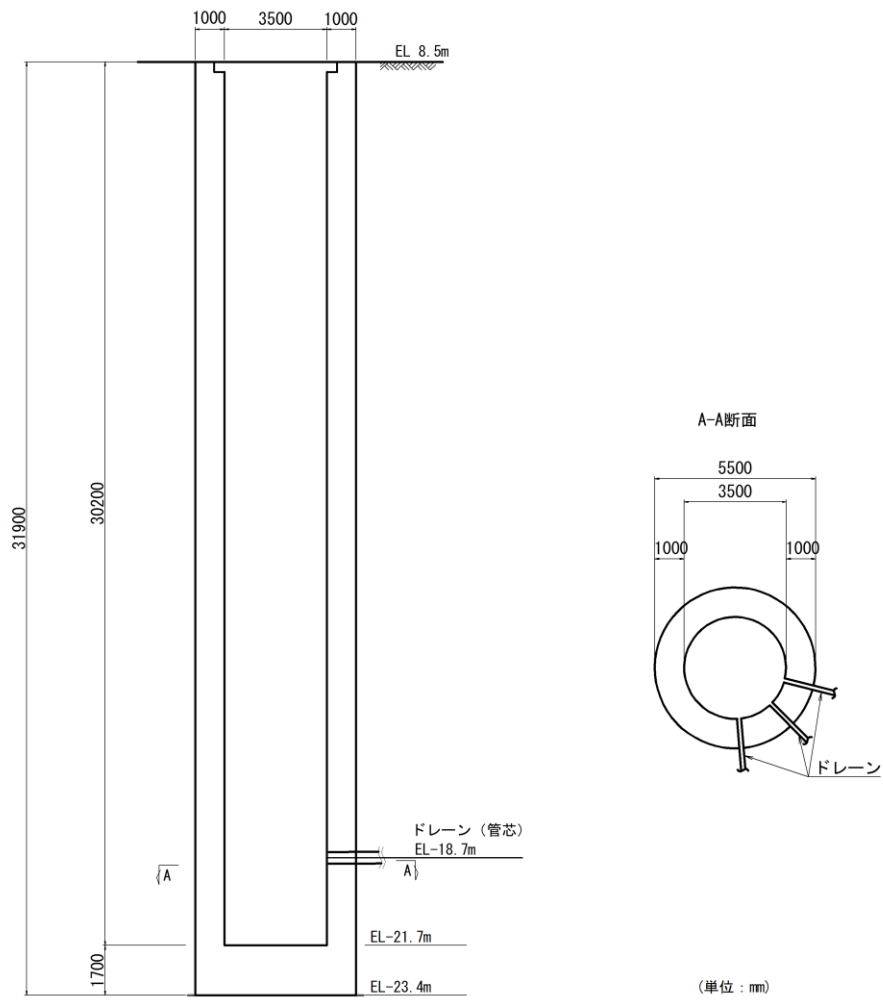


図 2-3 揚水井戸の構造図

2.3 解析方針

揚水井戸は、VI-2-別添 4-1「地下水位低下設備の耐震計算の方針」に基づき、基準地震動 S_s に対して地震応答解析を実施する。

揚水井戸の地震応答解析フローを図 2-4 に示す。

地震応答解析は、「2. 基本方針」に基づき、「3.1 評価対象断面」に示す断面において、「3.2 解析方法」に示す水平地震動と鉛直地震動の同時加振による時刻歴応答解析により行う。

時刻歴応答解析は、「3.3 荷重及び荷重の組合せ」及び「3.5 解析モデル及び諸元」に示す条件を基に、「3.4 入力地震動」により設定する入力地震動を用いて実施する。

地震応答解析による応答加速度は、機器・配管系の設計用床応答スペクトルの作成に用いる。また、断面力及び基礎地盤の接地圧は、揚水井戸の耐震評価に用いる。

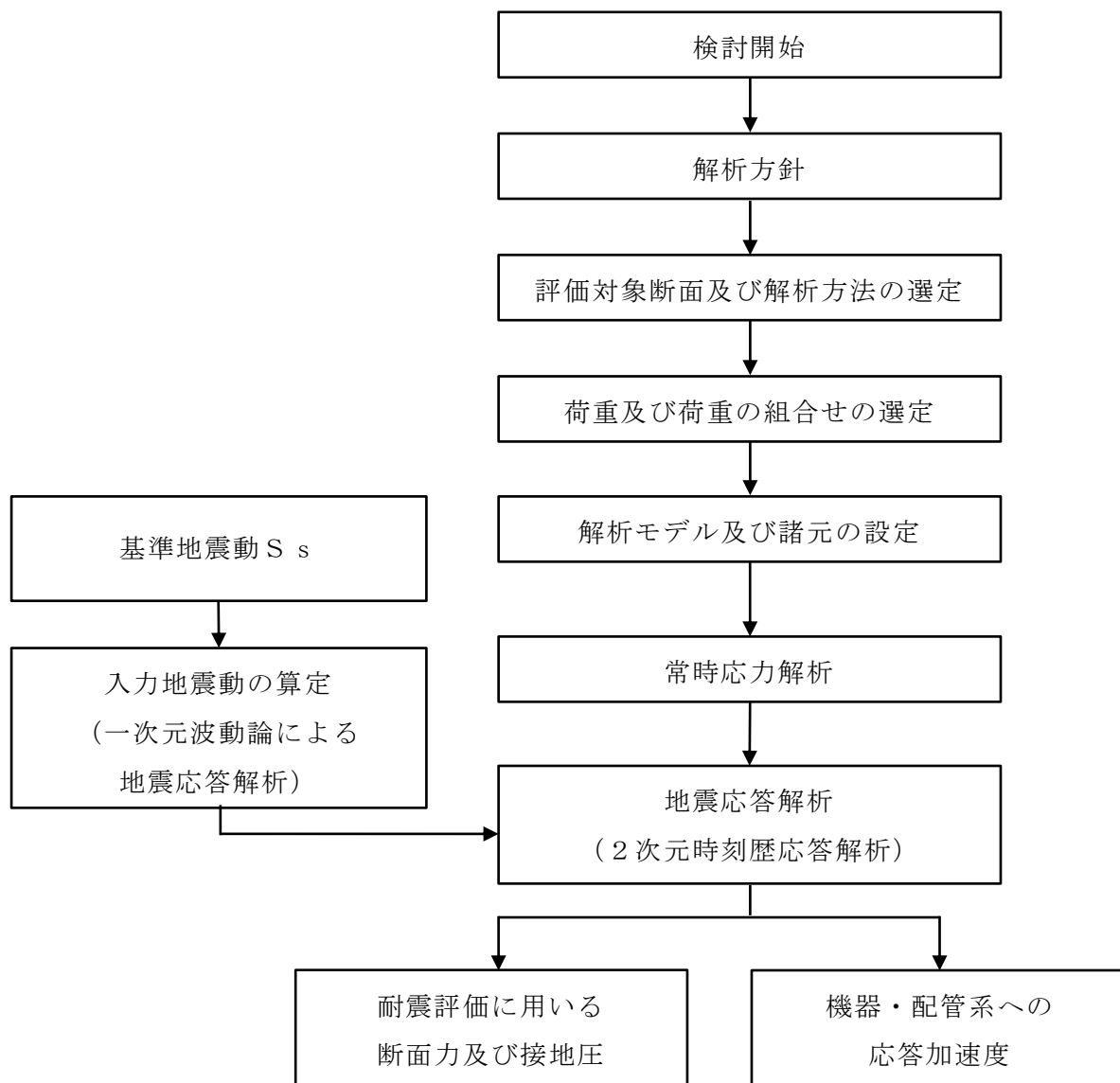


図 2-4 揚水井戸の地震応答解析フロー

2.4 適用規格・基準等

適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・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）
- ・コンクリート標準示方書[設計編]（（社）土木学会，2017年制定）
- ・原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル（（社）土木学会，2005年）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987（（社）日本電気協会）

3. 解析方法

3.1 評価対象断面

揚水井戸の評価対象断面位置図を図 3-1 に示す。構造物の耐震設計における評価対象断面及び機器・配管系に対する応答加速度抽出断面は、東西方向（A-A断面）及び南北方向（B-B断面）の 2 断面とする。

評価対象断面を図 3-2 及び図 3-3 に示す。

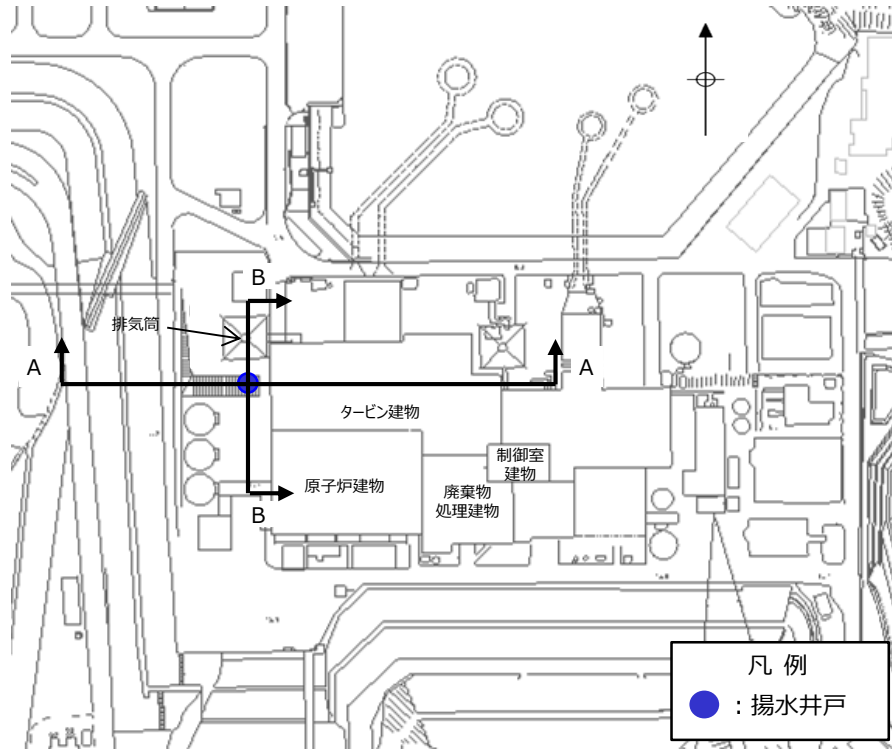


図 3-1 評価対象断面位置図

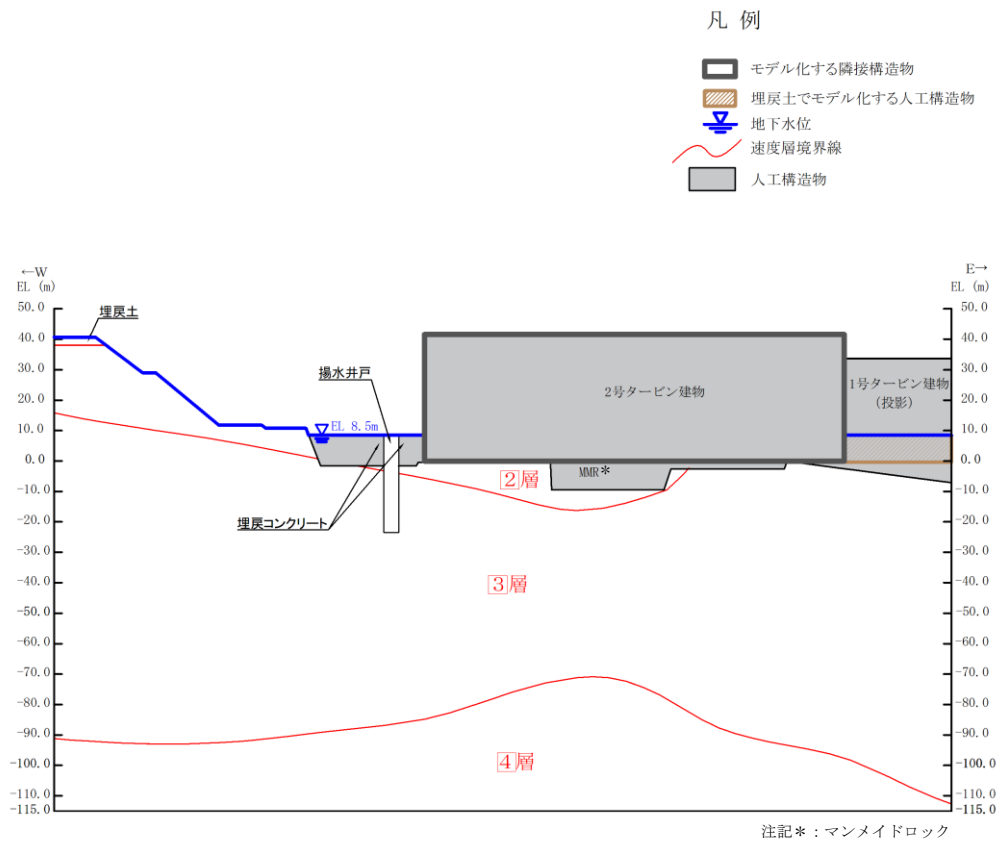


図 3-2 評価対象断面図 (A-A 断面 (東西方向))

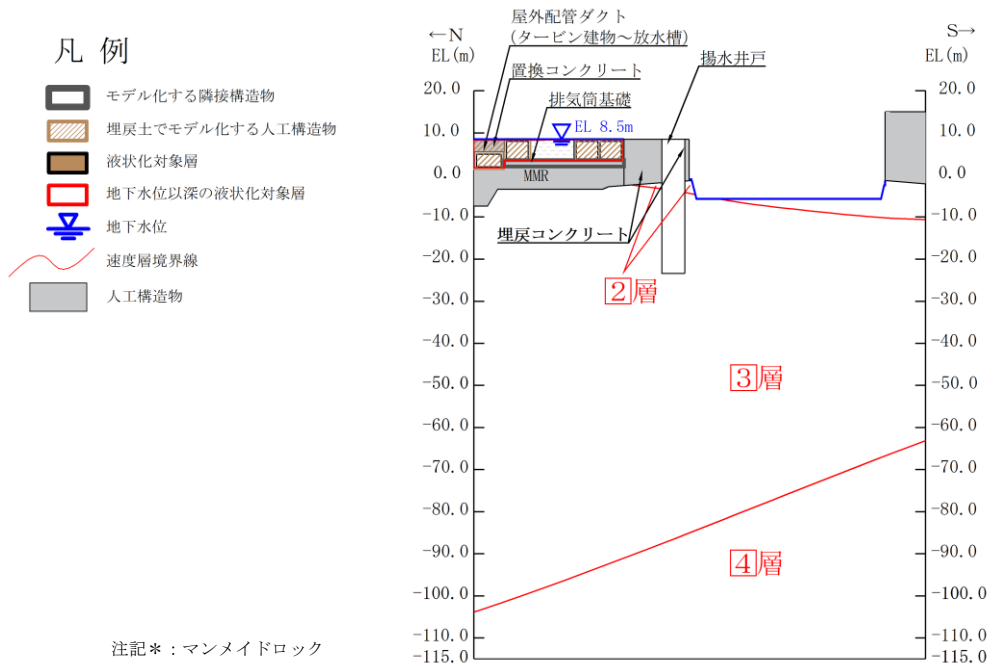


図 3-3 評価対象断面図 (B-B 断面 (南北方向))

3.2 解析方法

地震応答解析は、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」のうち、「2.3 屋外重要土木構造物」に示す解析方法及び解析モデルを踏まえて実施する。

地震応答解析は、構造物と地盤の相互作用を考慮できる2次元有限要素法を用いて、基準地震動 S_s に基づき設定した水平地震動と鉛直地震動の同時加振による逐次時間積分の時刻歴応答解析により行う。

揚水井戸周辺の設計地下水位は底版より高いが揚水井戸周辺に地下水位以深の液状化対象層が存在しないため、全応力解析を選定する。

地震応答解析については、解析コード「T D A P III」を使用する。なお、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

3.2.1 構造部材

構造部材は、線形はり要素にてモデル化し、水平方向には、構造物の幅に応じた仮想剛はりを設置する。

3.2.2 地盤

埋戻土及び岩盤の平均物性を用いて、表 3-1 に示す解析ケースを設定する。

詳細な解析ケースの考え方は、「3.2.4 地震応答解析の解析ケースの選定」に示す。

表 3-1 解析ケース

解析ケース	解析手法	地盤物性	
		埋戻土 (G_0 : 初期せん断弾性係数)	岩盤 (G_d : 動せん断弾性係数)
ケース① (基本ケース)	全応力解析	平均値	平均値
ケース②	全応力解析	平均値	平均値 + 1 σ
ケース③	全応力解析	平均値	平均値 - 1 σ

3.2.3 減衰定数

減衰定数は、粘性減衰及び履歴減衰で考慮する。

全応力解析では、固有値解析にて求められる固有周期と各材料の減衰比に基づき、質量マトリックス及び剛性マトリックスの線形結合で表される以下のRayleigh減衰を解析モデル全体に与える。

設定した α 、 β を表3-2に示す。

$$[C] = \alpha [M] + \beta [K]$$

[C] : 減衰係数マトリックス

[M] : 質量マトリックス

[K] : 剛性マトリックス

α 、 β : 係数

表3-2 Rayleigh減衰における係数 α 、 β の設定結果

評価対象断面	α	β
A-A断面（東西断面）	6.875×10^{-1}	1.249×10^{-3}
B-B断面（南北断面）	8.728×10^{-1}	3.594×10^{-4}

3.2.4 地震応答解析のケースの選定

(1) 耐震評価における解析ケース

耐震評価においては、基準地震動 S_s 全波（6波）及びこれらに位相反転を考慮した地震動（6波）を加えた全12波に対し、基本ケース（ケース①）を実施する。基本ケースにおいて、曲げ・軸力系の破壊、せん断破壊及び地盤の支持力照査の照査項目ごとに照査値が0.5を超える照査項目に対して、最も厳しい地震動を用いて、表3-1に示す解析ケース（ケース②及び③）を実施する。すべての照査項目の照査値がいずれも0.5以下の場合には、照査値が最も厳しくなる地震動を用いて、解析ケース②及び③を実施する。耐震評価における解析ケースを表3-3に示す。

表 3-3 耐震評価における解析ケース

解析ケース			ケース①	ケース②	ケース③
			基本 ケース	地盤物性のばらつき (+1 σ)を考慮し た解析ケース	地盤物性のばらつき (-1 σ)を考慮し た解析ケース
地盤物性			平均値	平均値+1 σ	平均値-1 σ
地震動 (位相)	$S_s - D$	++*	○	基準地震動 S_s （6波）に位相反転を考慮した地震動（6波）を加えた全12波に対し、ケース①（基本ケース）を実施し、曲げ・軸力系の破壊、せん断破壊及び基礎地盤の支持力照査の各照査項目ごとに照査値が0.5を超える照査項目に対して、最も厳しい（許容限界に対する裕度が最も小さい）地震動を用いてケース②及び③を実施する。 すべての照査項目の照査値がいずれも0.5以下の場合には、照査値が最も厳しくなる地震動を用いてケース②及び③を実施する。	
		-+*	○		
		+ - *	○		
		--*	○		
	$S_s - F 1$	++*	○		
	$S_s - F 2$	++*	○		
	$S_s - N 1$	++*	○		
		-+*	○		
	$S_s - N 2$ (NS)	++*	○		
		-+*	○		
$S_s - N 2$ (EW)	++*	○			
	-+*	○			

注記*：地震動の位相について、++の左側は水平動，右側は鉛直動を表し、「-」は位相を反転させたケースを示す。

(2) 機器・配管系に対する応答加速度抽出のための解析ケース

機器・配管系に対する応答加速度抽出においては、床応答への保守的な配慮として表 3-1 に示す解析ケース①に加え、解析ケース②及び③を実施する。機器・配管系の応答加速度抽出のための解析ケースを表 3-4 に示す。

表 3-4 機器・配管系の応答加速度抽出のための解析ケース

解析ケース			ケース①	ケース②	ケース③
			基本 ケース	地盤物性のばらつき (+1 σ)を考慮し た解析ケース	地盤物性のばらつき (-1 σ)を考慮し た解析ケース
地盤物性			平均値	平均値+1 σ	平均値-1 σ
地震動 (位相)	S _s -D	++*	○	○	○
		-+*	○	○	○
		+ - *	○	○	○
		--*	○	○	○
	S _s -F1	++*	○	○	○
	S _s -F2	++*	○	○	○
	S _s -N1	++*	○	○	○
		-+*	○	○	○
	S _s -N2 (NS)	++*	○	○	○
		-+*	○	○	○
	S _s -N2 (EW)	++*	○	○	○
		-+*	○	○	○

注記*：地震動の位相について，++の左側は水平動，右側は鉛直動を表し，「-」は位相を反転させたケースを示す。

3.3 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは、VI-2-別添 4-1「地下水位低下設備の耐震計算の方針」に基づき設定する。

3.3.1 耐震評価上考慮する状態

揚水井戸の地震応答解析において、地震以外に考慮する状態を以下に示す。

(1) 運転時の状態

発電用原子炉施設が運転状態にあり、通常の条件下におかれている状態。ただし、運転時の異常な過渡変化時の影響を受けないことから考慮しない。

(2) 設計基準事故時の状態

設計基準事故時の影響を受けないことから考慮しない。

(3) 設計用自然条件

積雪を考慮する。埋設構造物であるため、風の影響は考慮しない。

(4) 重大事故等時の状態

重大事故等時の影響を受けないことから考慮しない。

3.3.2 荷重

揚水井戸の地震応答解析において、考慮する荷重を以下に示す。

(1) 固定荷重 (G)

固定荷重として、躯体自重、機器・配管荷重及び蓋荷重を考慮する。

(2) 積載荷重 (P)

積載荷重として、水圧及び積雪荷重 P_s を考慮する。

(3) 積雪荷重 (P_s)

積雪荷重として、発電所敷地に最も近い気象官署である松江地方気象台で観測された観測史上1位の月最深積雪 100cm に平均的な積雪荷重を与えるための係数 0.35 を考慮し 35.0 cm とする。積雪荷重については、「松江市建築基準法施行細則」により、積雪量 1 cm ごとに 20N/m^2 の積雪荷重が作用することを考慮し設定する。

(4) 地震荷重 (S_s)

基準地震動 S_s による荷重を考慮する。

3.3.3 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 3-6 に示す。

表 3-6 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
地震時 (S _s)	G + P + S _s

G : 固定荷重

P : 積載荷重

S_s : 地震荷重 (基準地震動 S_s)

3.4 入力地震動

入力地震動は、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」のうち「2.3 屋外重要土木構造物」に示す入力地震動の設定方針を踏まえて設定する。

地震応答解析に用いる入力地震動は、解放基盤表面で定義される基準地震動 S_s を一次元波動論により地震応答解析モデル下端位置で評価したものをを用いる。なお、入力地震動の設定に用いる地下構造モデルは、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」のうち「7.1 入力地震動の設定に用いる地下構造モデル」を用いる。

入力地震動算定の概念図を図3-4に、入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルを図3-5～図3-17に示す。入力地震動の算定には、解析コード「micrOSHAKЕ/3D」を使用する。解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

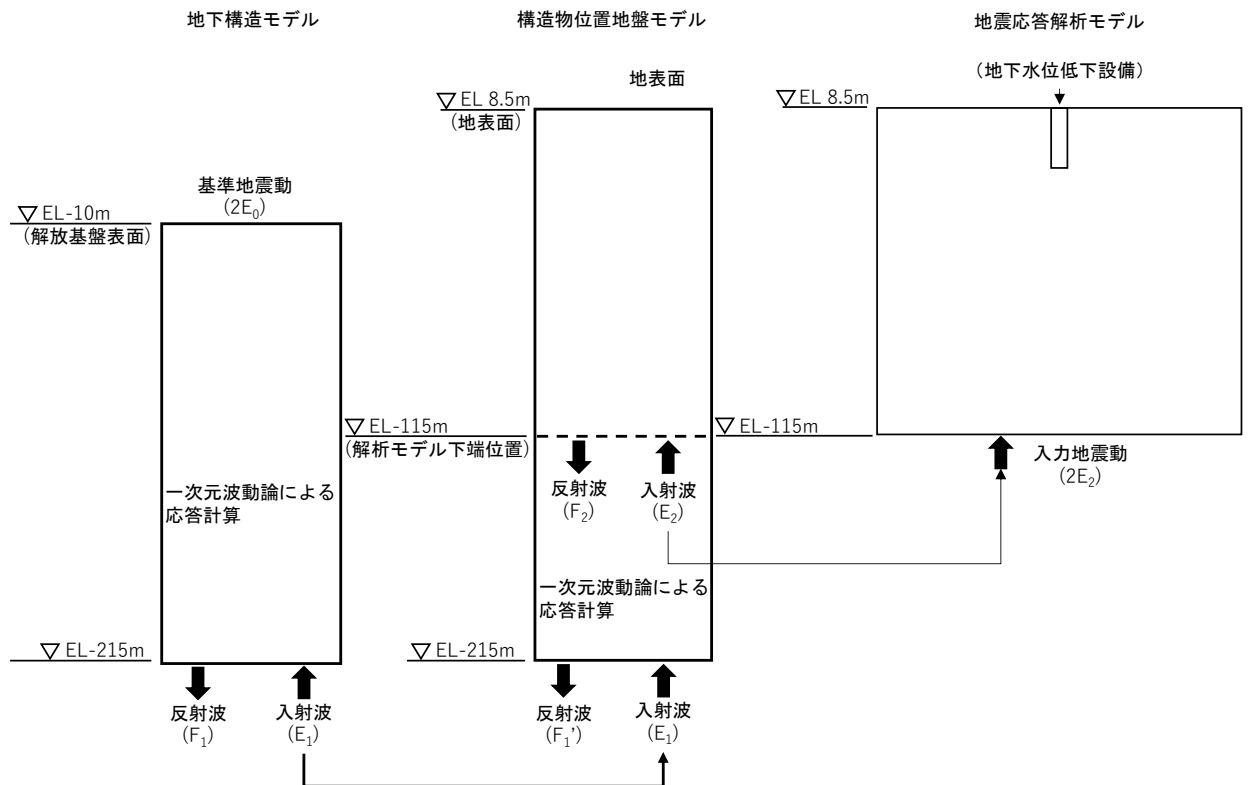
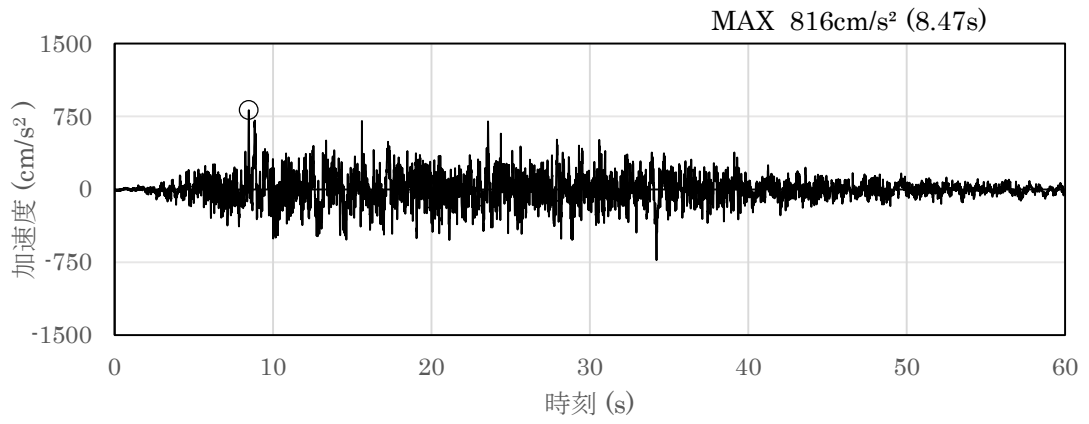
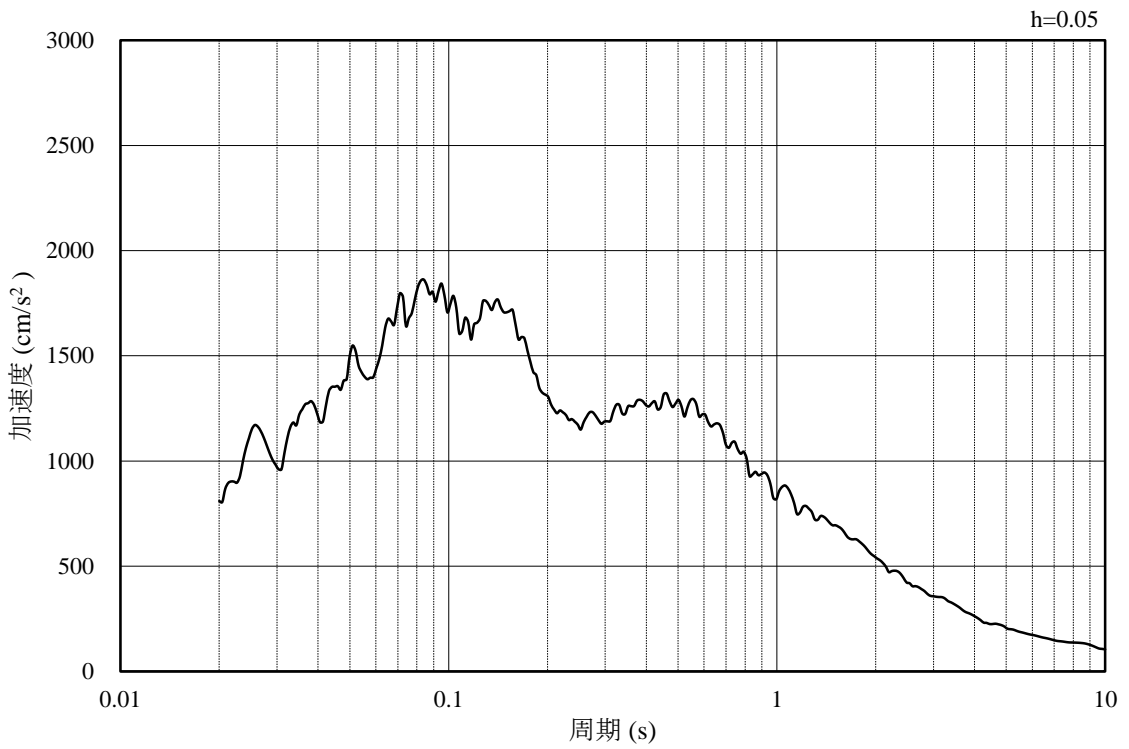


図3-4 入力地震動算定の概念図

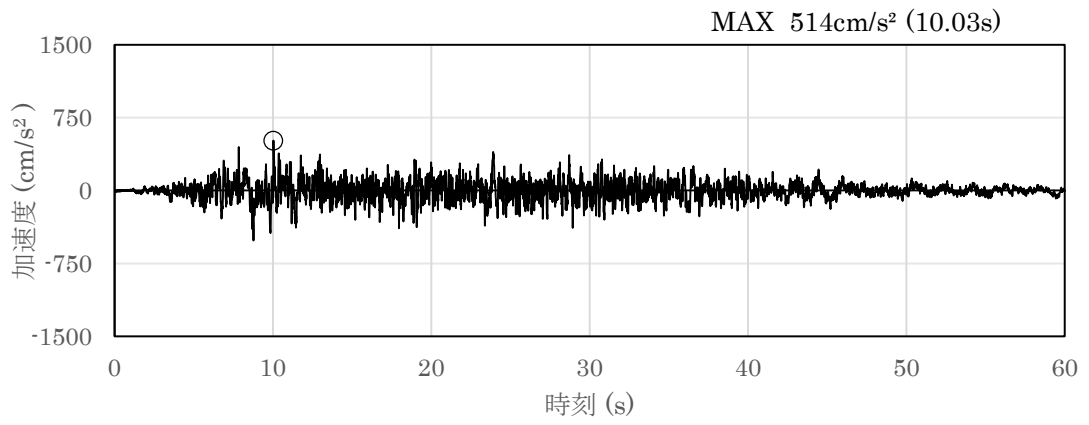


(a) 加速度時刻歴波形

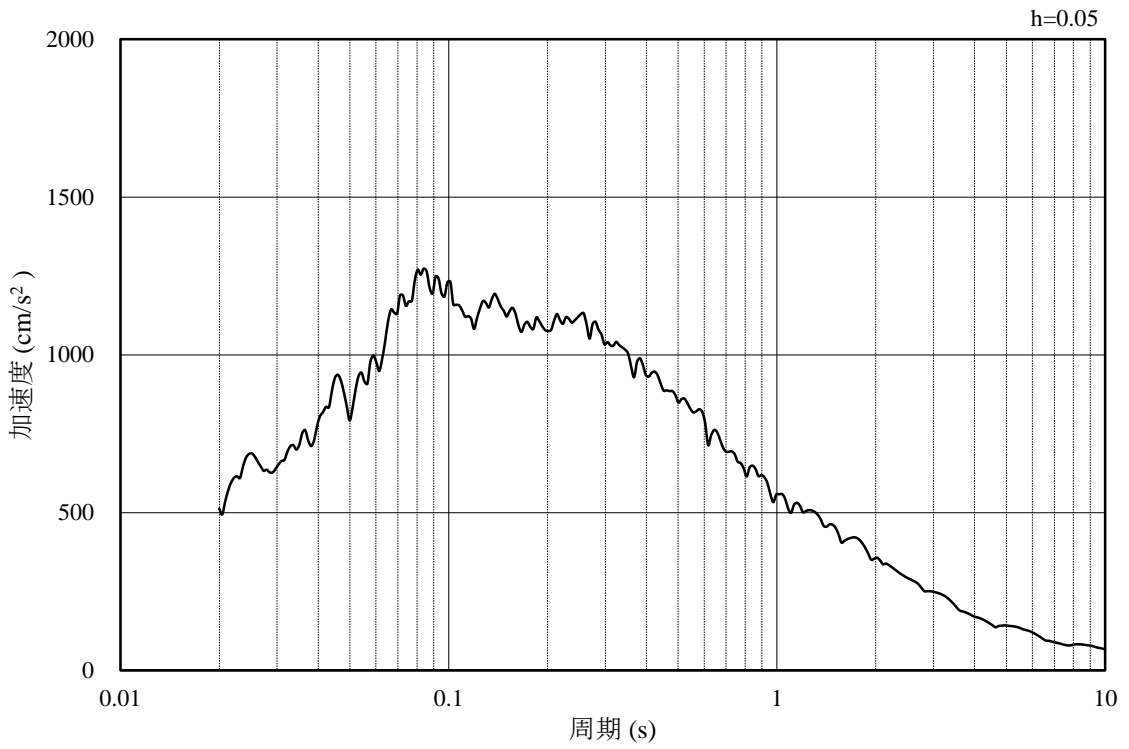


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-5 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平成分：S s - D, EL-115m)

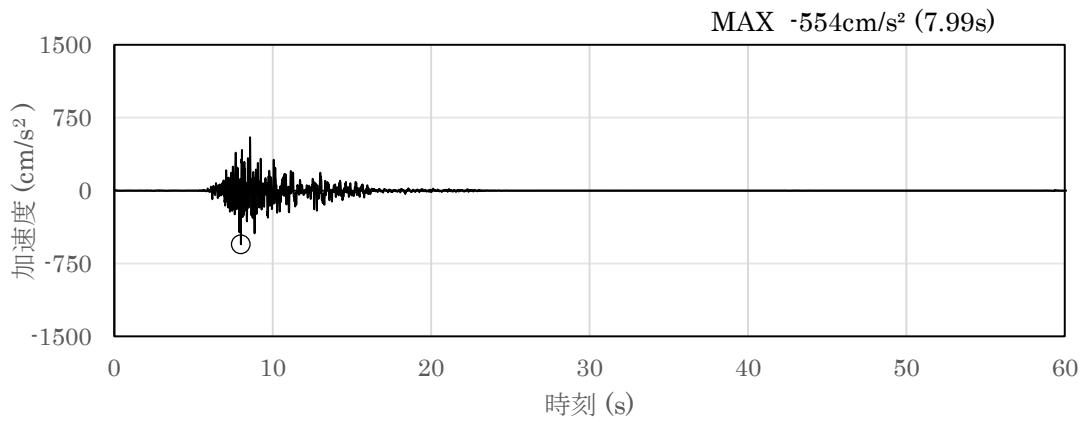


(a) 加速度時刻歴波形

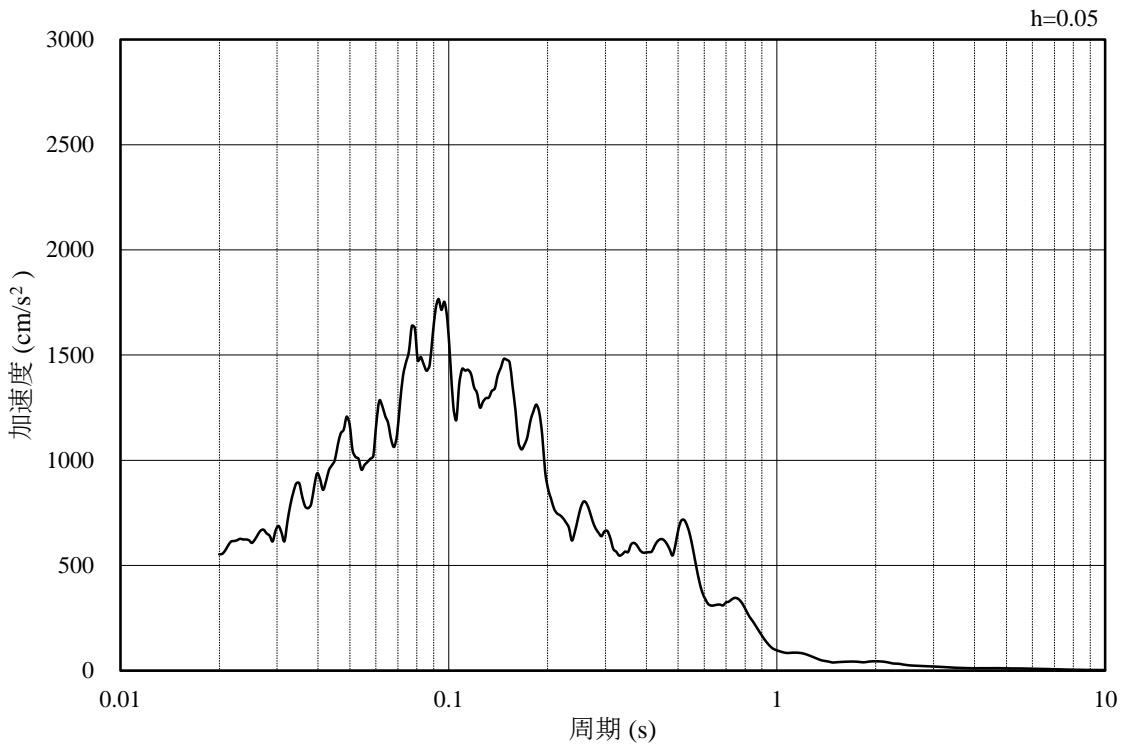


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-6 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直成分：S s - D, EL-115m)

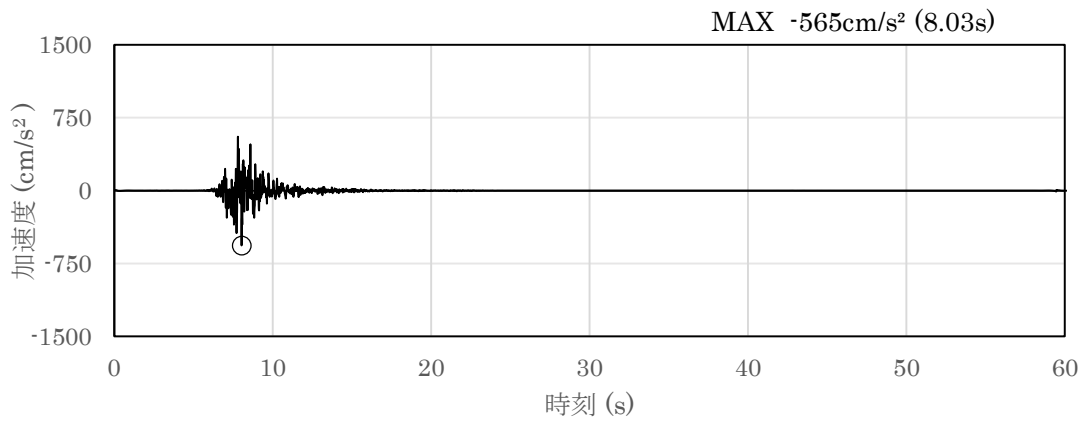


(a) 加速度時刻歴波形

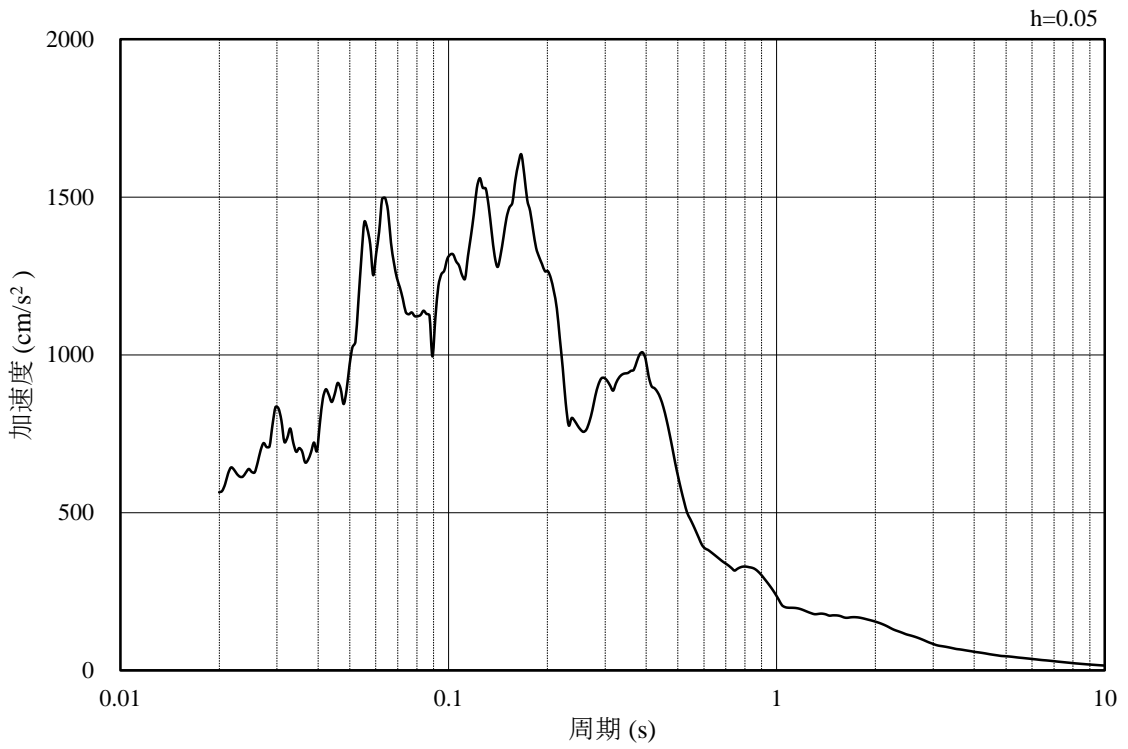


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-7 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(南北方向, 水平成分: S s - F 1, EL-115m)

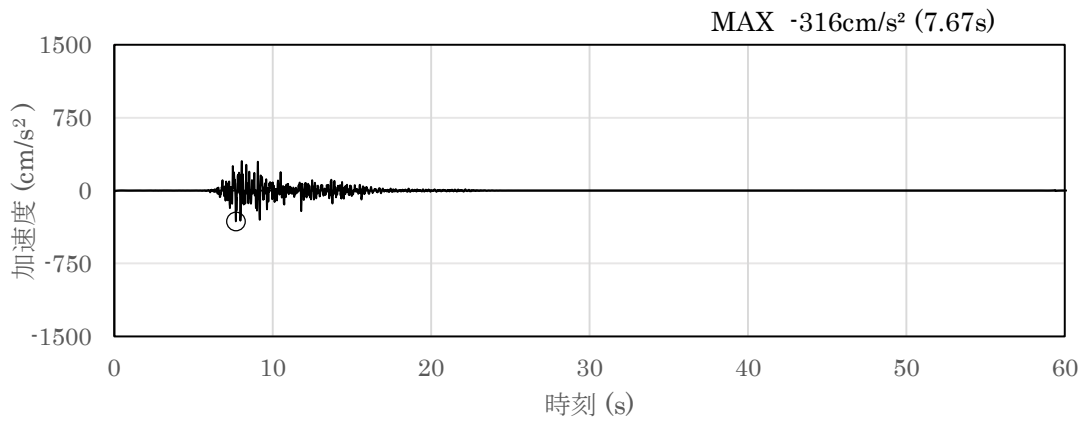


(a) 加速度時刻歴波形

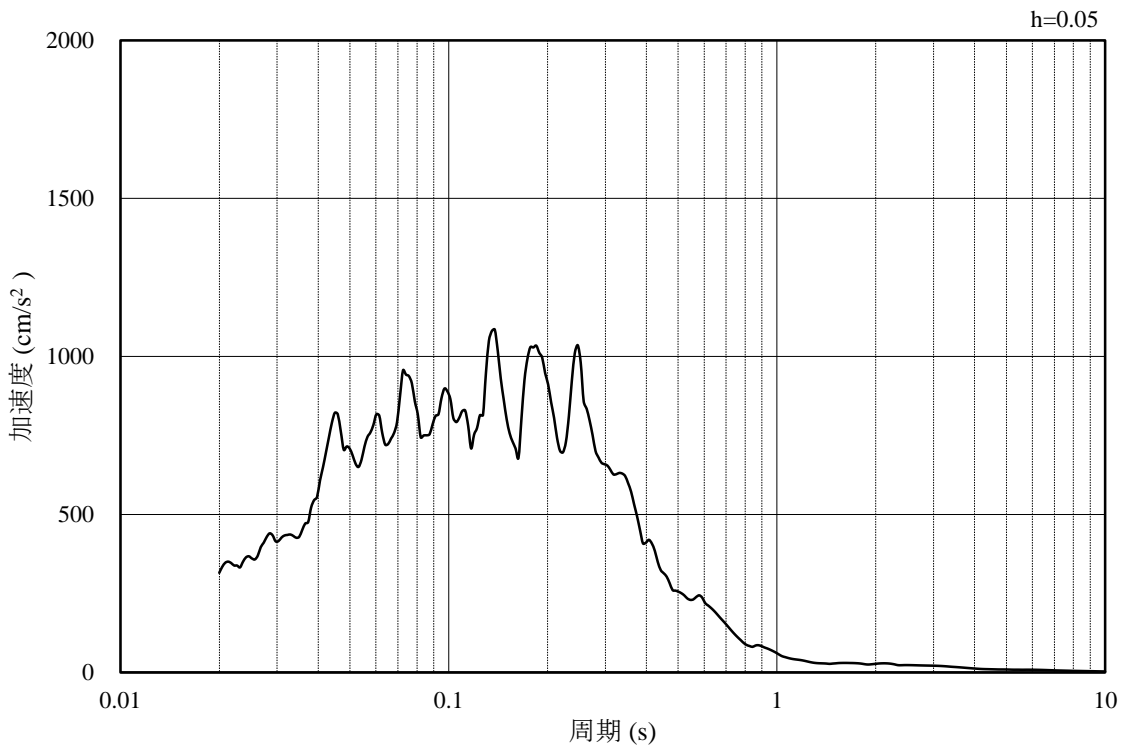


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-8 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(東西方向, 水平成分: S s - F 1, EL-115m)

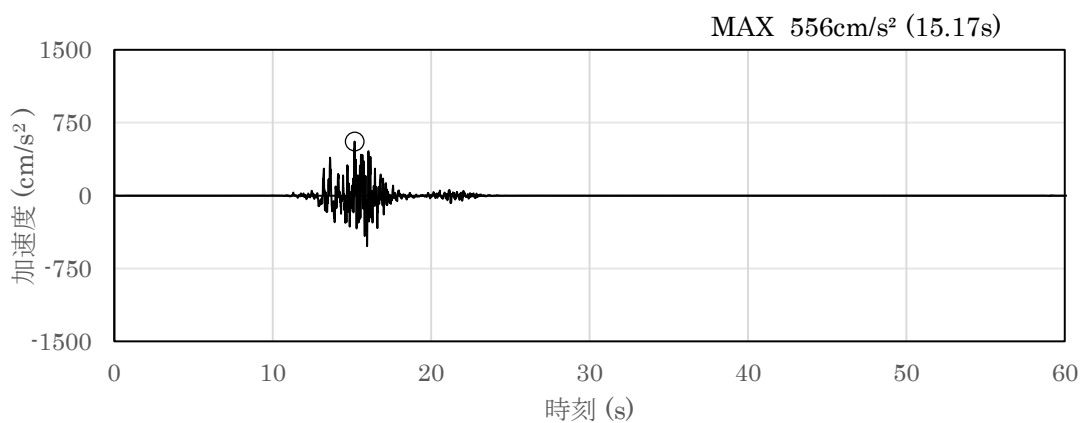


(a) 加速度時刻歴波形

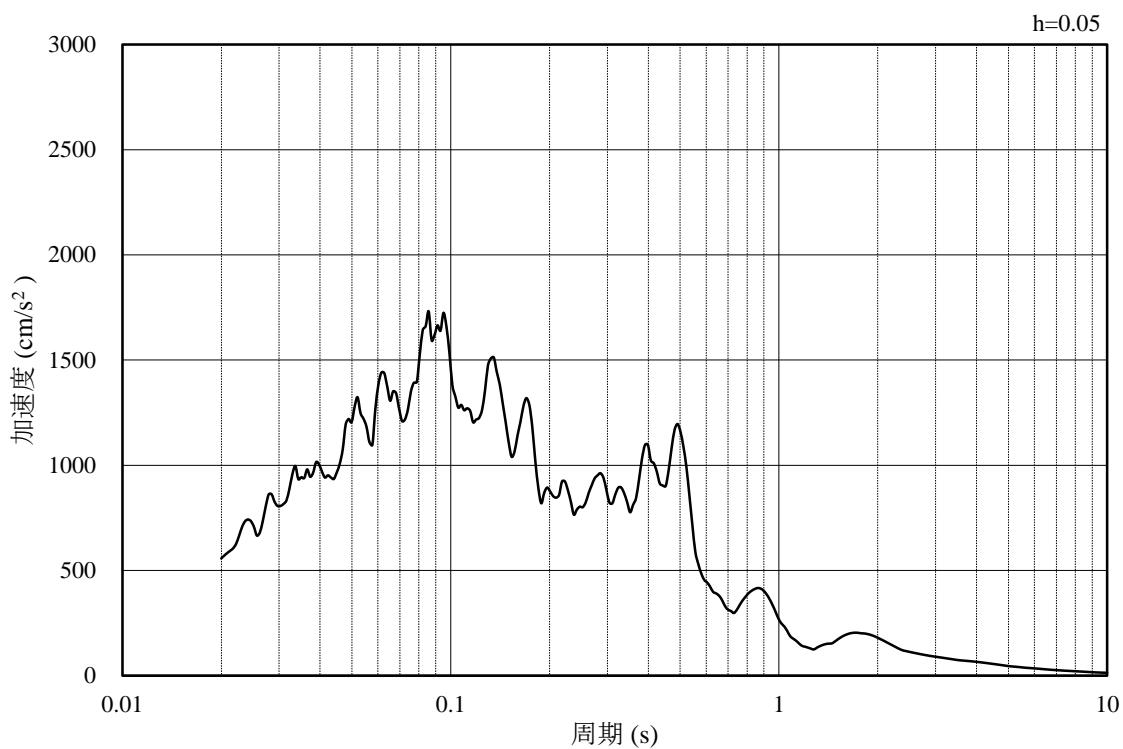


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-9 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直成分 : S s - F 1 , EL-115m)

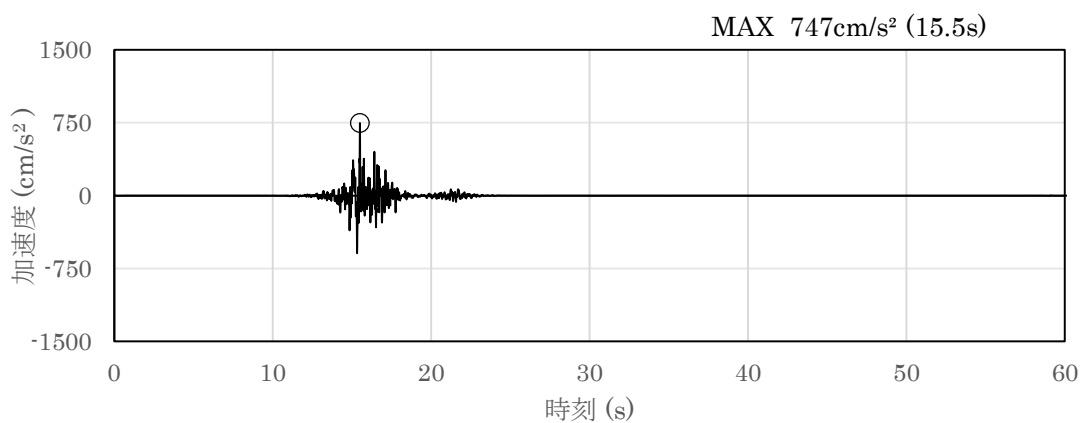


(a) 加速度時刻歴波形

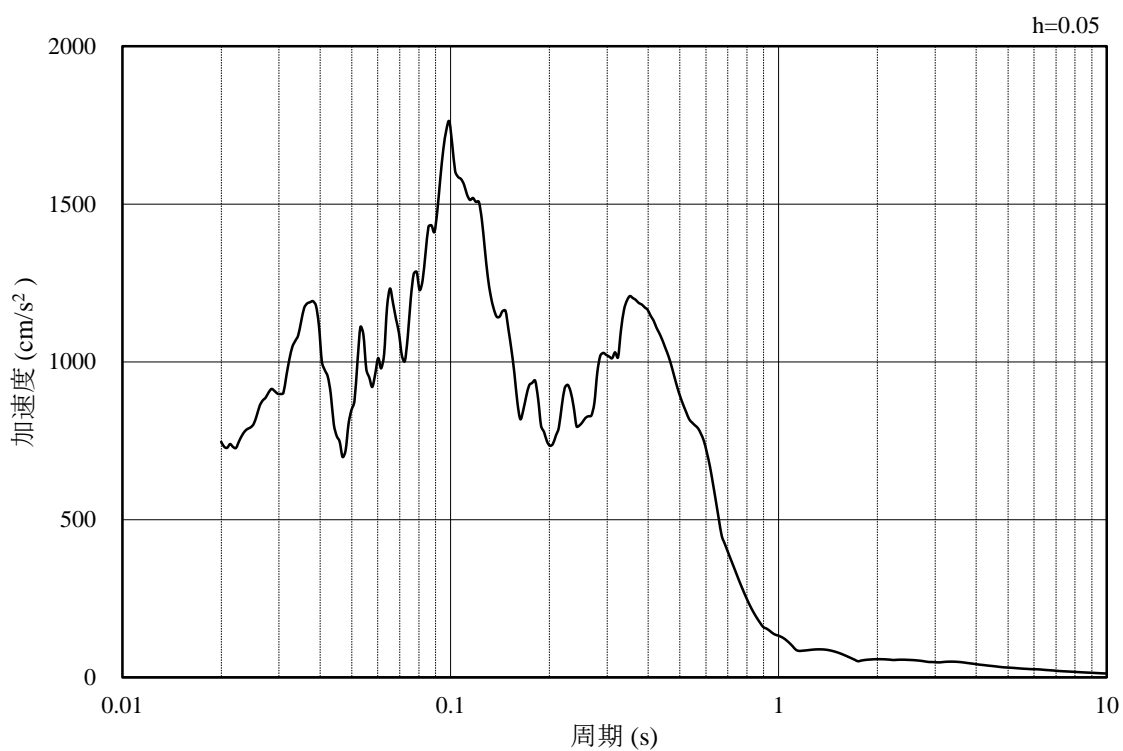


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-10 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(南北方向, 水平成分: S s - F 2, EL-115m)

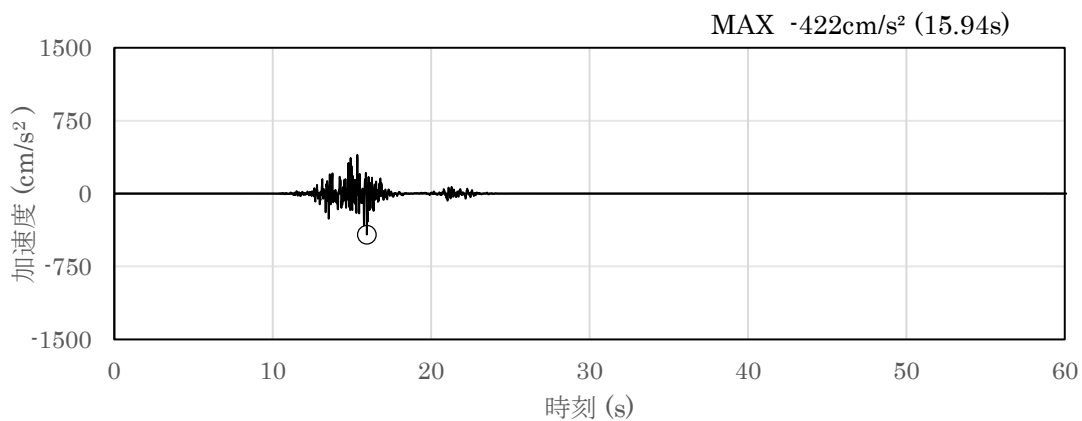


(a) 加速度時刻歴波形

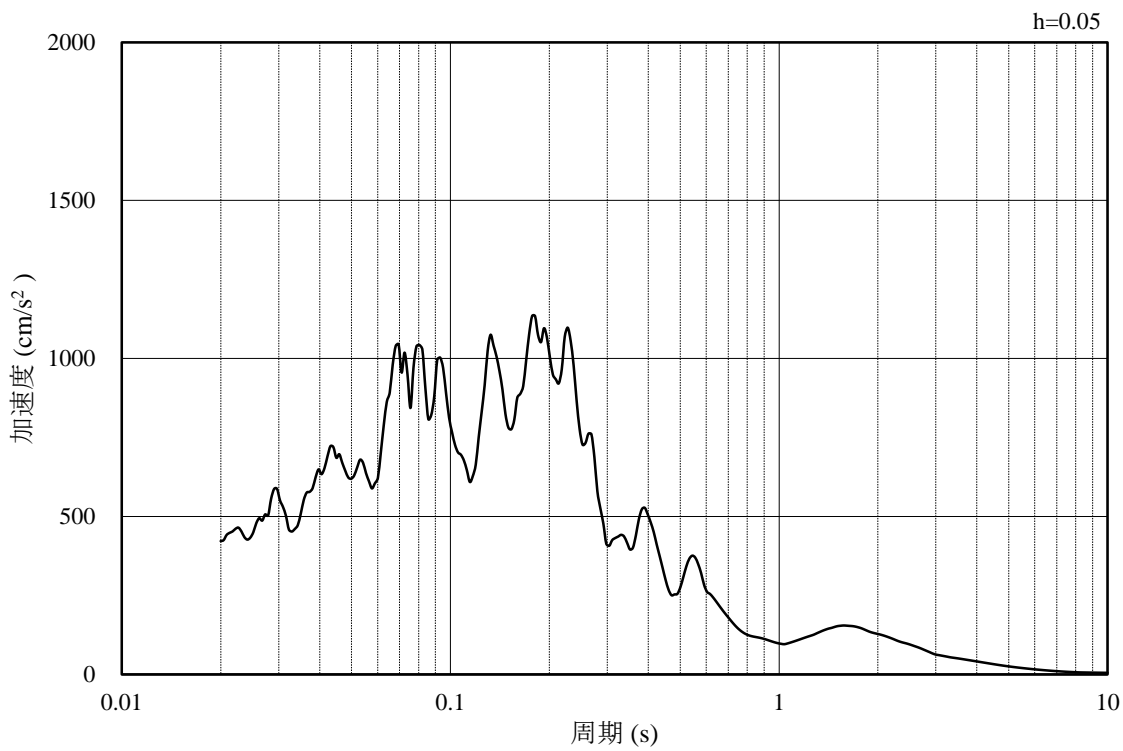


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-11 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(東西方向, 水平成分: S s - F 2, EL-115m)

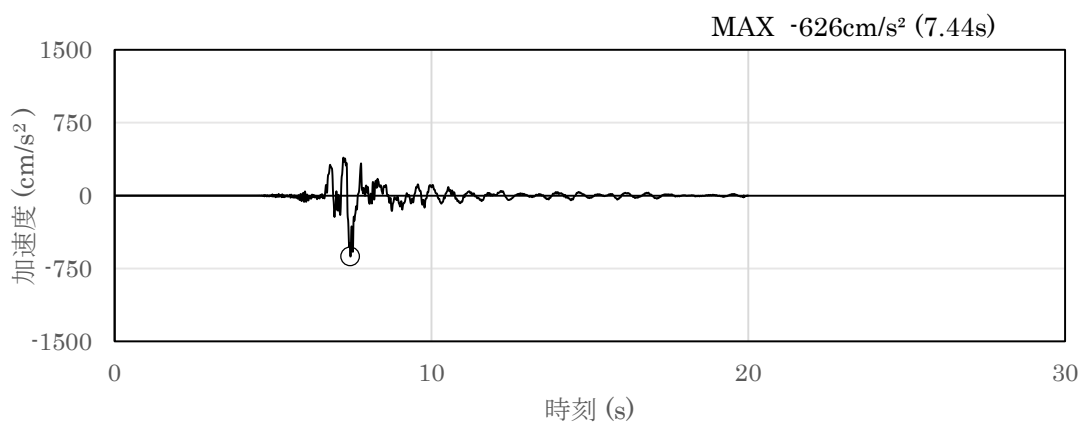


(a) 加速度時刻歴波形

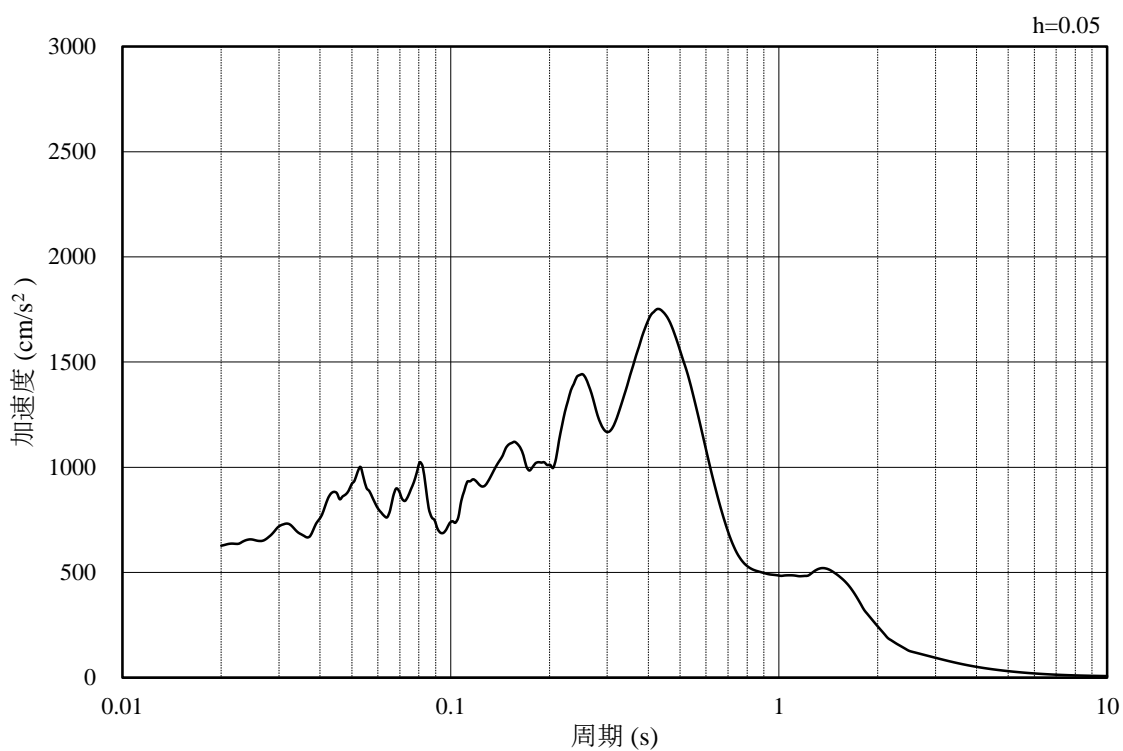


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-12 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直成分：S s - F 2, EL-115m)

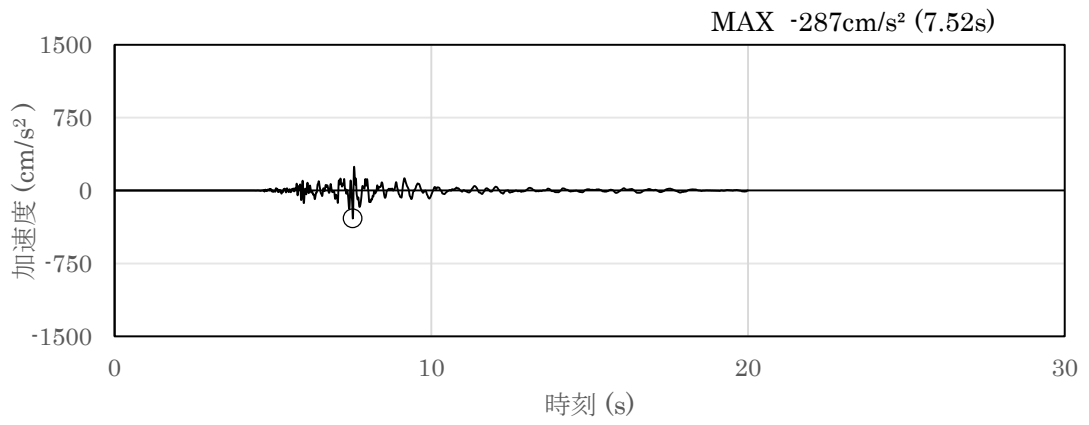


(a) 加速度時刻歴波形

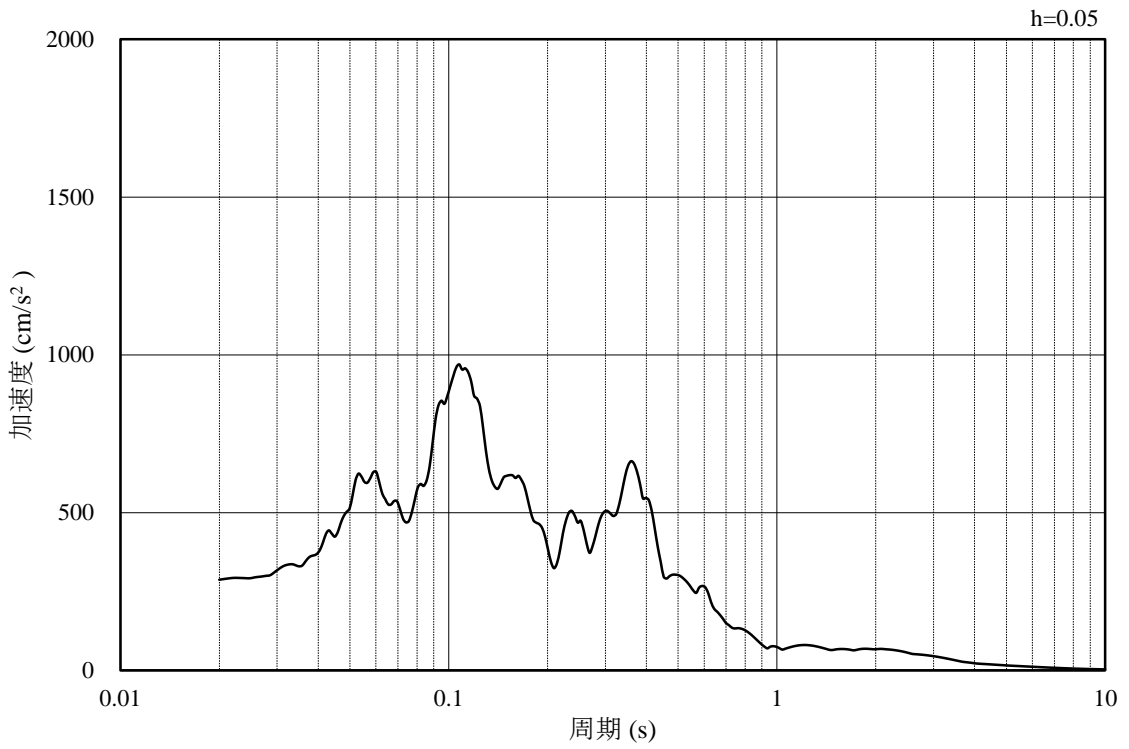


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-13 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平成分：S s - N 1, EL-115m)

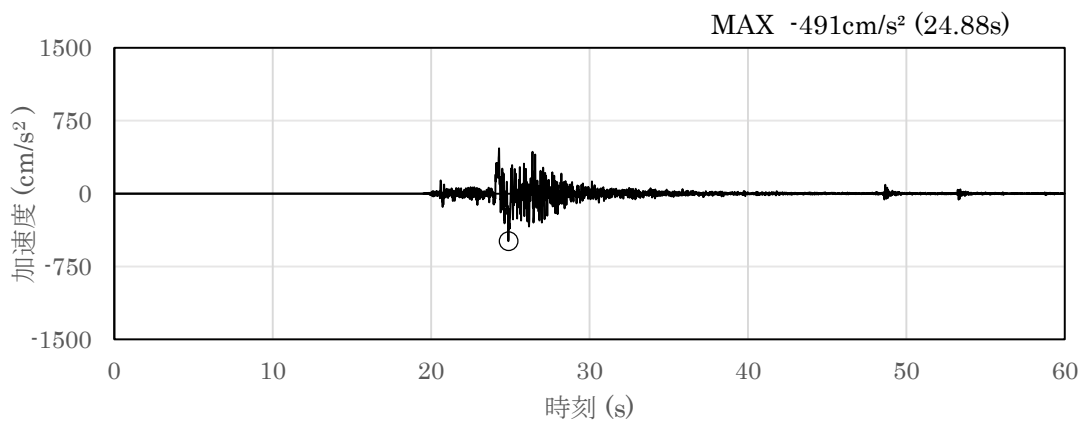


(a) 加速度時刻歴波形

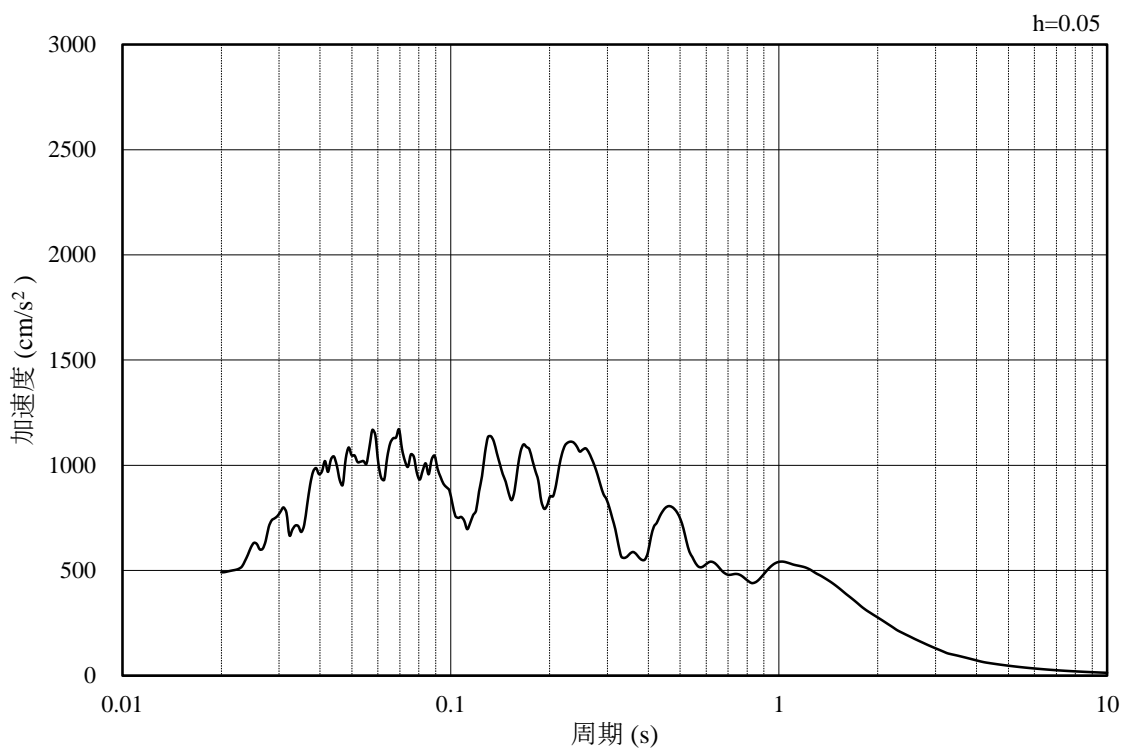


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-14 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直成分：S s - N 1, EL-115m)

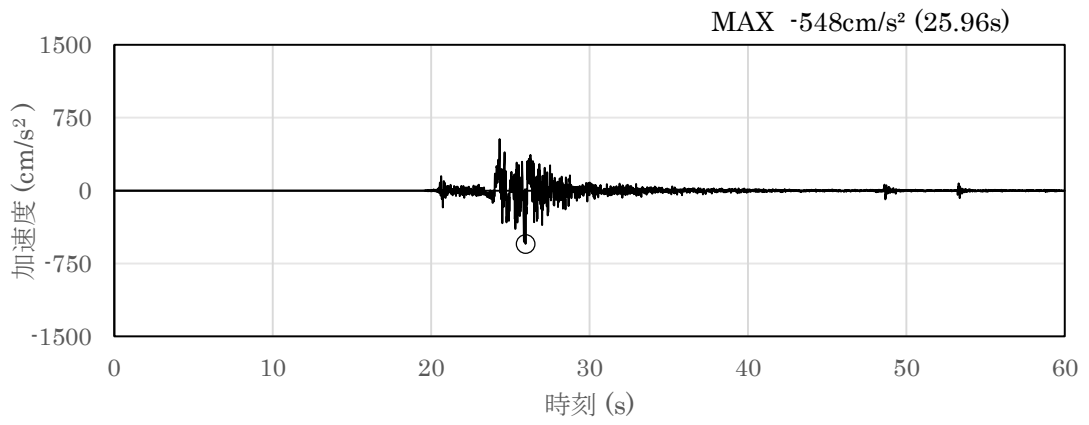


(a) 加速度時刻歴波形

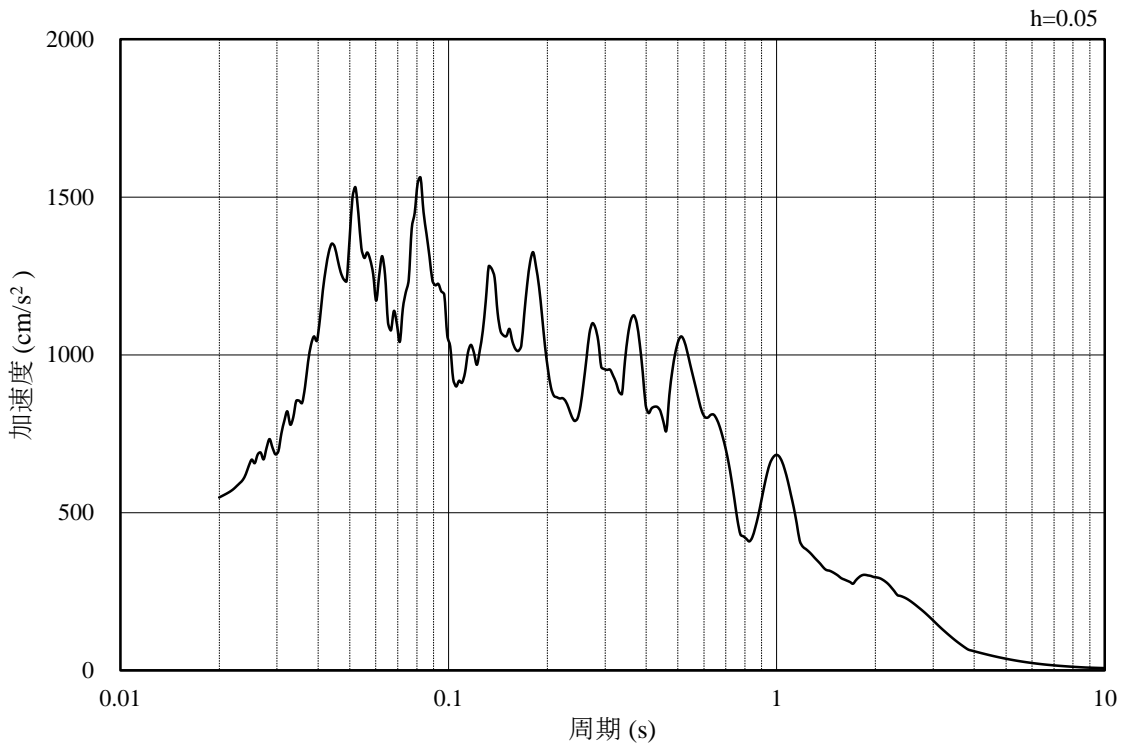


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-15 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
 (水平成分 : S s - N 2 (N S), EL-115m)

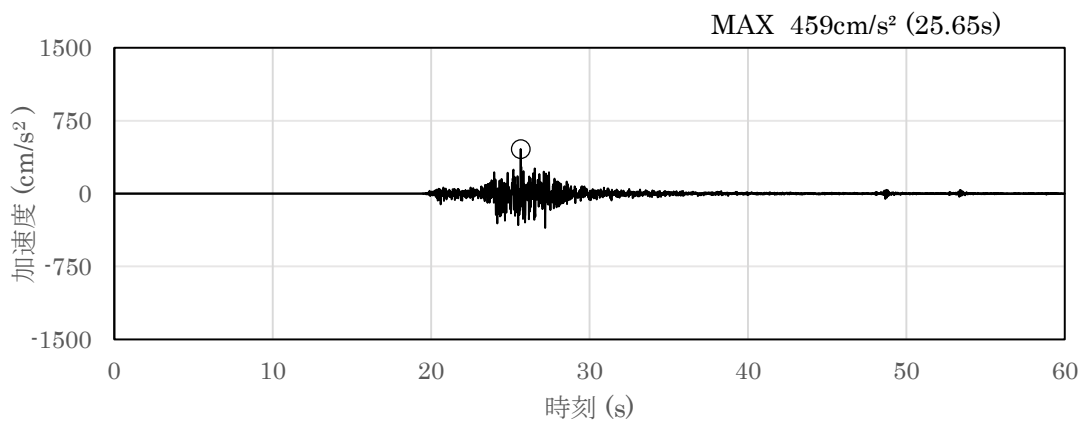


(a) 加速度時刻歴波形

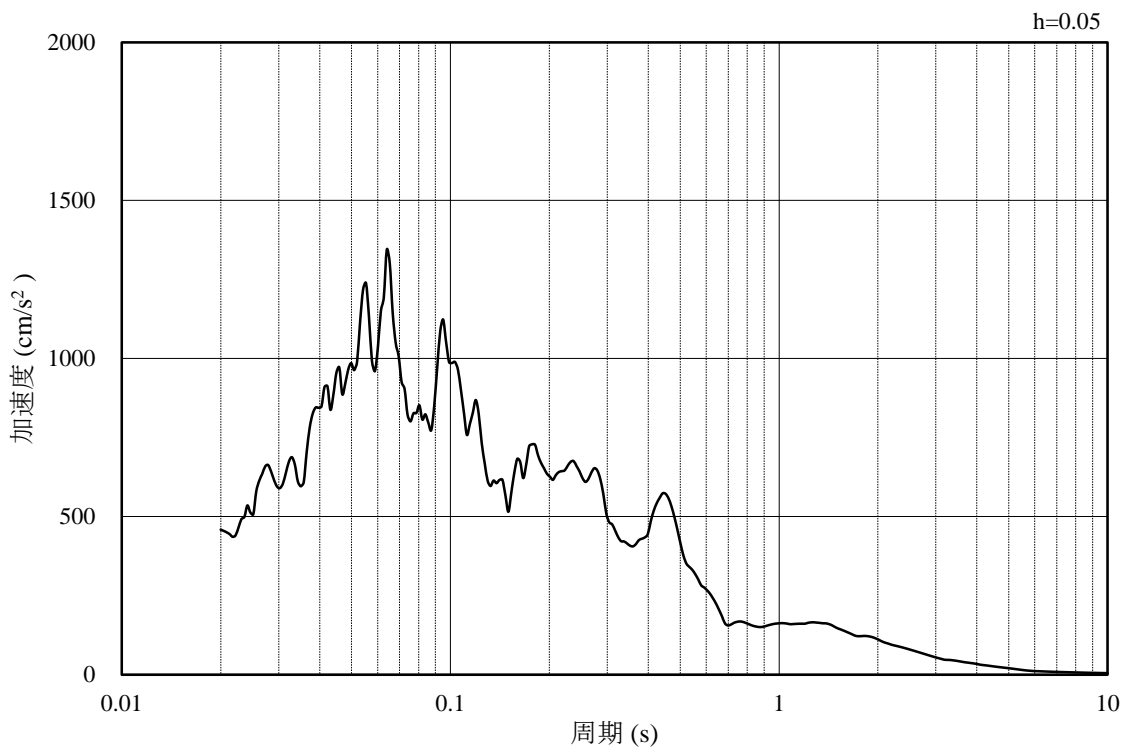


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-16 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平成分：S s - N 2 (E W), EL-115m)



(a) 加速度時刻歴波形



(b) 加速度応答スペクトル

図 3-17 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直成分：S s - N 2, EL-115m)

3.5 解析モデル及び諸元

3.5.1 解析モデル

揚水井戸の地震応答解析モデルを図 3-18 及び図 3-19 に示す。

(1) 解析領域

解析領域は、側方境界及び底面境界が構造物の応答に影響しないよう、構造物と側方境界及び底面境界との距離を十分に大きく設定する。

(2) 境界条件

解析領域の側方及び底面には、エネルギーの逸散効果を考慮するため、粘性境界を設ける。

(3) 構造物のモデル化

等価な剛性を有する 2 次元等価剛性モデルを作成して実施することとし、構造部材については、線形はり要素によりモデル化する。水平方向には構造物の幅に応じた仮想剛はりを設置する。

機器・配管荷重及び蓋荷重は解析モデルに付加重量として与えることで考慮する。

(4) 地盤のモデル化

岩盤は線形の平面ひずみ要素でモデル化する。また、埋戻土は、地盤の非線形性をマルチスプリング要素で考慮した平面ひずみ要素でモデル化する。

(5) 隣接構造物のモデル化

A-A 断面（東西方向）の解析モデル範囲において隣接構造物となるタービン建物は、等価剛性の線形平面ひずみ要素及び剛はり要素でモデル化する。

B-B 断面（南北方向）の解析モデル範囲において隣接構造物となる排気筒基礎は、等価剛性の線形平面ひずみ要素でモデル化する。

(6) MMR 及び埋戻コンクリートのモデル化

MMR 及び埋戻コンクリートは無筋コンクリートとして線形平面ひずみ要素でモデル化する。

(7) ジョイント要素の設定

地震時の「構造物と地盤」及び「構造物と埋戻コンクリート」との接合面における接触、剥離及びすべりを考慮するため、これらの接合面にジョイント要素を設定する。

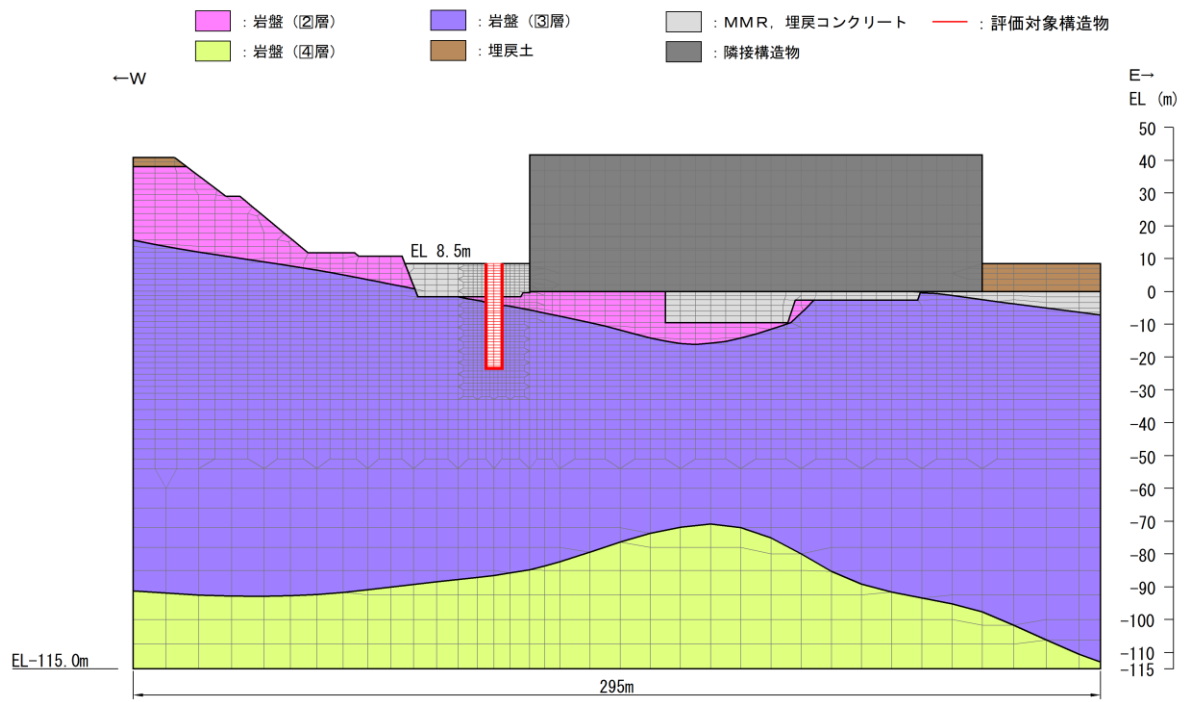


図 3-18 揚水井戸の地震応答解析モデル図 (A-A断面 (東西方向))

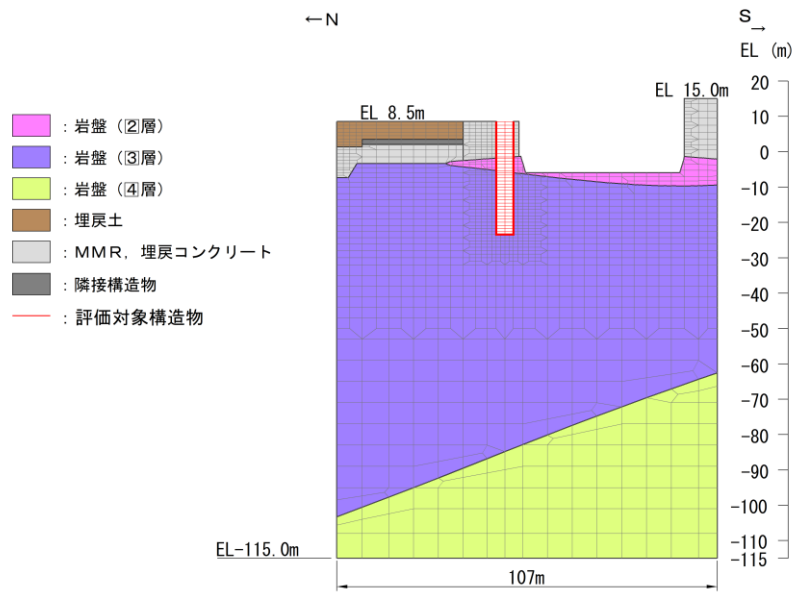


図 3-19 揚水井戸の地震応答解析モデル図 (B-B 断面 (南北方向))

3.5.2 使用材料及び材料の物性値

構造物の使用材料を表 3-7 に、材料の物性値を表 3-8 に示す。

表 3-7 構造物の使用材料

材料		仕様
構造物	コンクリート	設計基準強度 36.0N/mm ²
	鉄筋	SD345, SD490
埋戻コンクリート		設計基準強度 18.0N/mm ²
MMR		設計基準強度 15.6N/mm ²
		設計基準強度 23.5N/mm ²

表 3-8 材料の物性値

材料	ヤング係数 (N/mm ²)	単位体積重量 (kN/m ³)	ポアソン比
構造物	2.98×10 ⁴	24.0* ¹	0.2
埋戻コンクリート (18.0N/mm ²)	2.20×10 ⁴	22.6* ²	
MMR (15.6N/mm ²)	2.08×10 ⁴		
MMR (23.5N/mm ²)	2.48×10 ⁴		

注記*1：鉄筋コンクリートの単位体積重量を示す。

*2：無筋コンクリートの単位体積重量を示す。

3.5.3 地盤の物性値

地盤については、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している物性値を用いる。

3.5.4 地下水位

設計地下水位は，VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき設定する。設計地下水位の一覧を表 3-9 に示す。

表 3-9 設計地下水位の一覧

施設名称	解析断面	設計地下水位 (EL m)
揚水井戸	A-A断面 (東西方向)	8.5
	B-B断面 (南北方向)	8.5

4. 解析結果

4.1 A-A断面（東西方向）の解析結果

耐震評価のために用いる応答加速度として、解析ケース①について、すべての基準地震動 S_s に対する最大応答加速度分布図を図 4-1～図 4-12 に示す。また、解析ケース②及び③について、すべての基準地震動 S_s に対する最大応答加速度分布図を図 4-13～図 4-36 に示す。

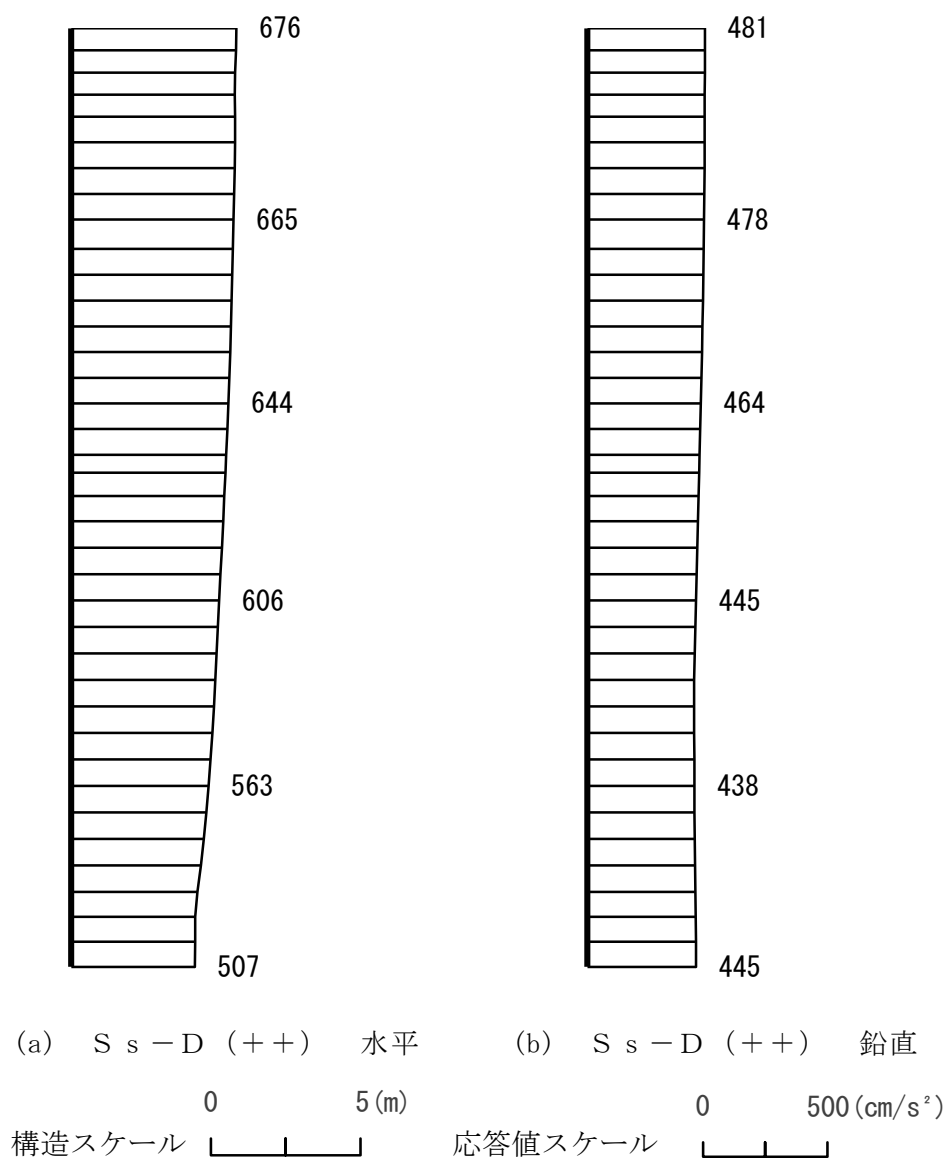


図 4-1 最大応答加速度分布図 (A-A断面) (1/12) (解析ケース①)

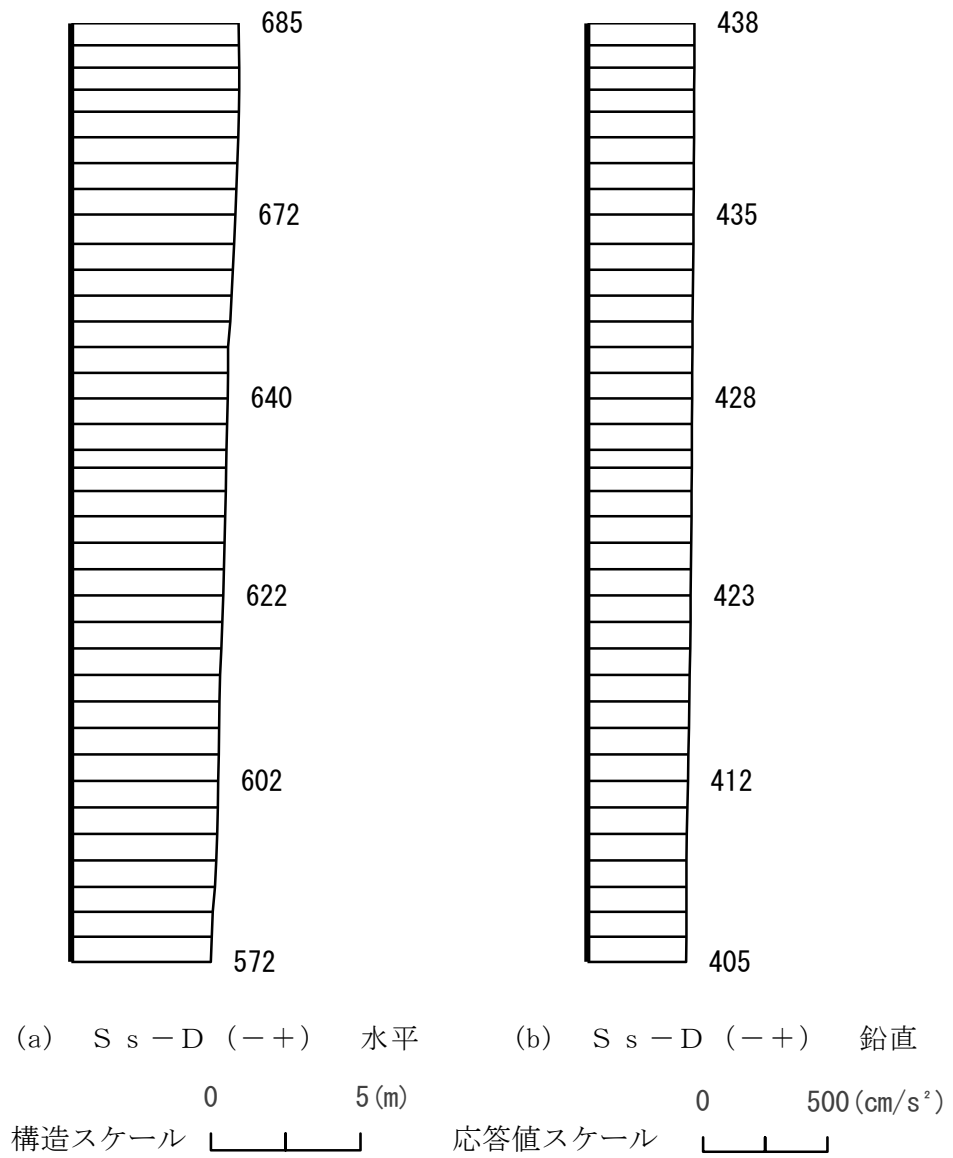


図 4-2 最大応答加速度分布図 (A-A断面) (2/12) (解析ケース①)

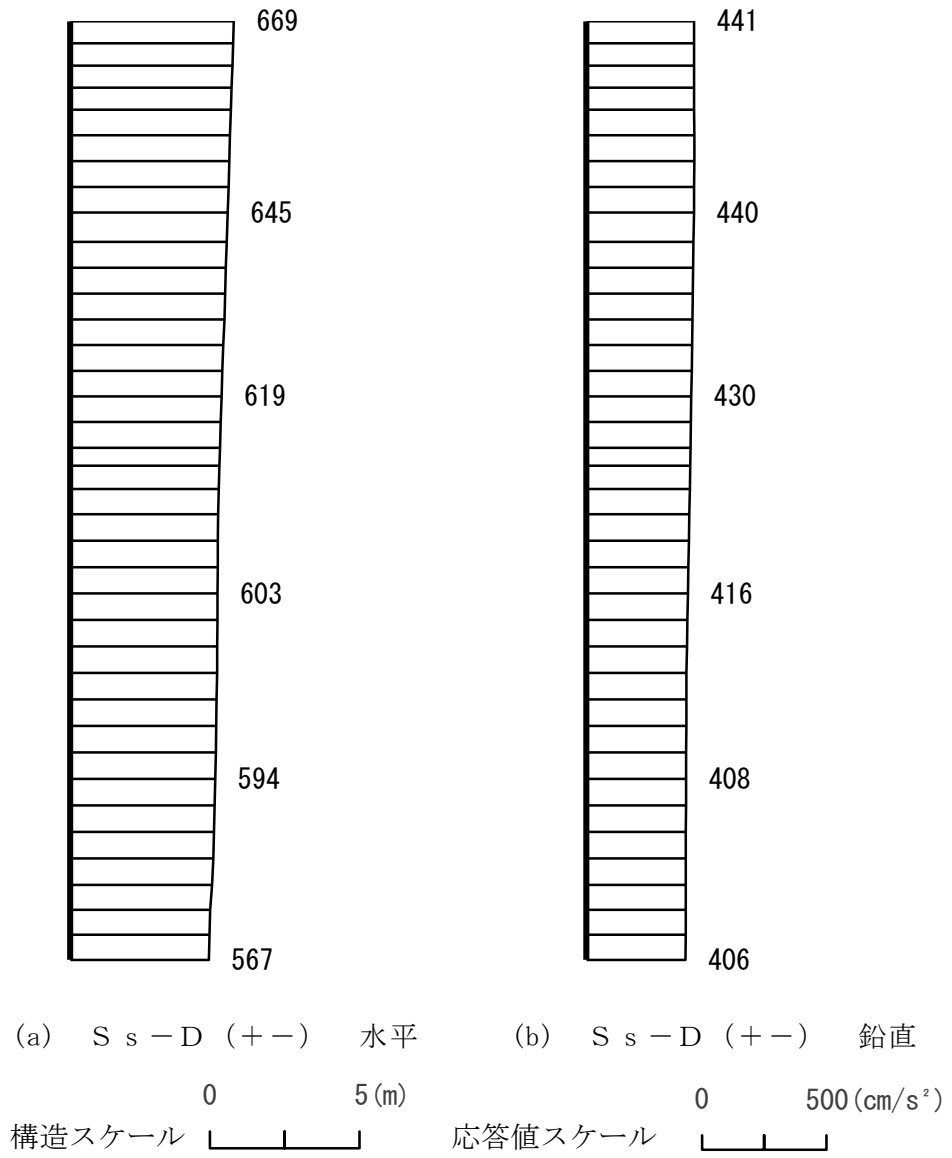


図 4-3 最大応答加速度分布図 (A-A断面) (3/12) (解析ケース①)

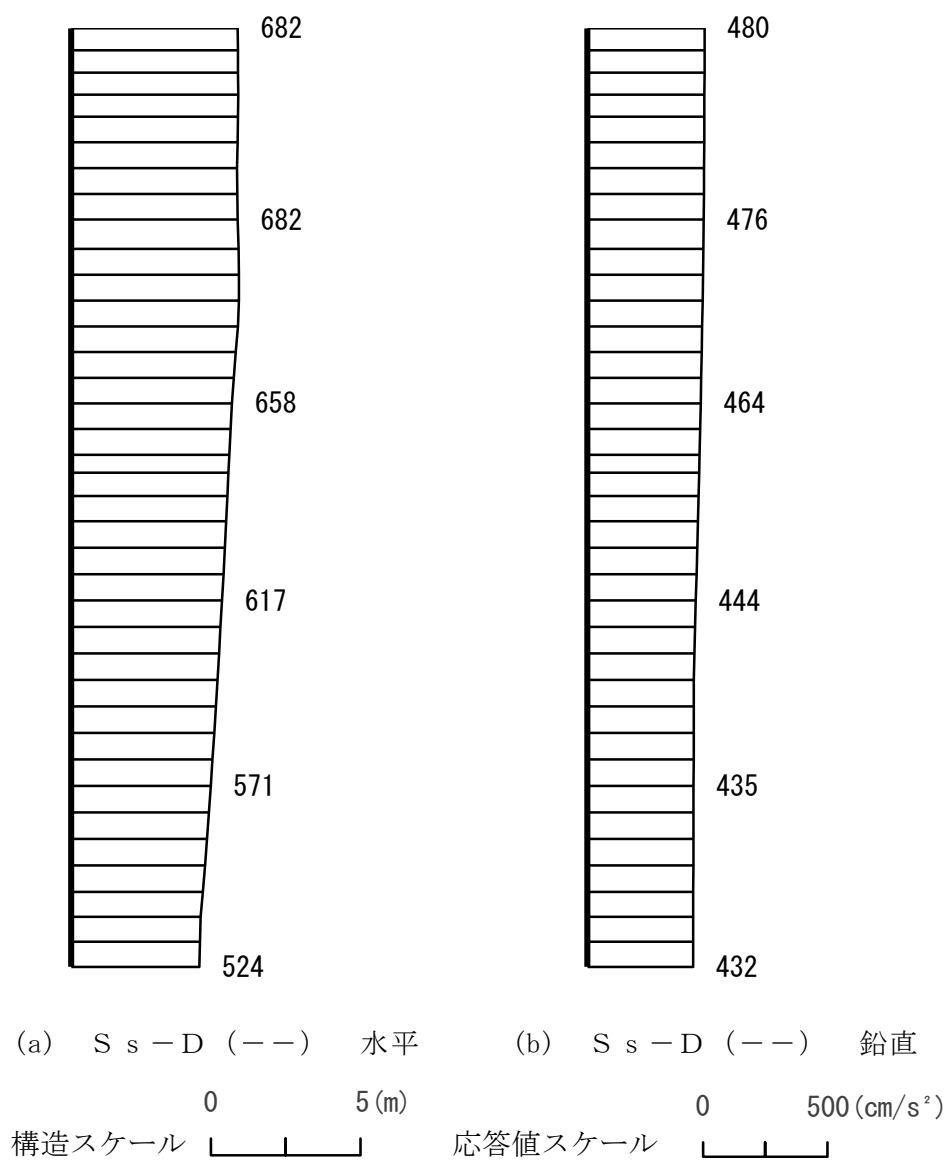


図 4-4 最大応答加速度分布図 (A-A断面) (4/12) (解析ケース①)

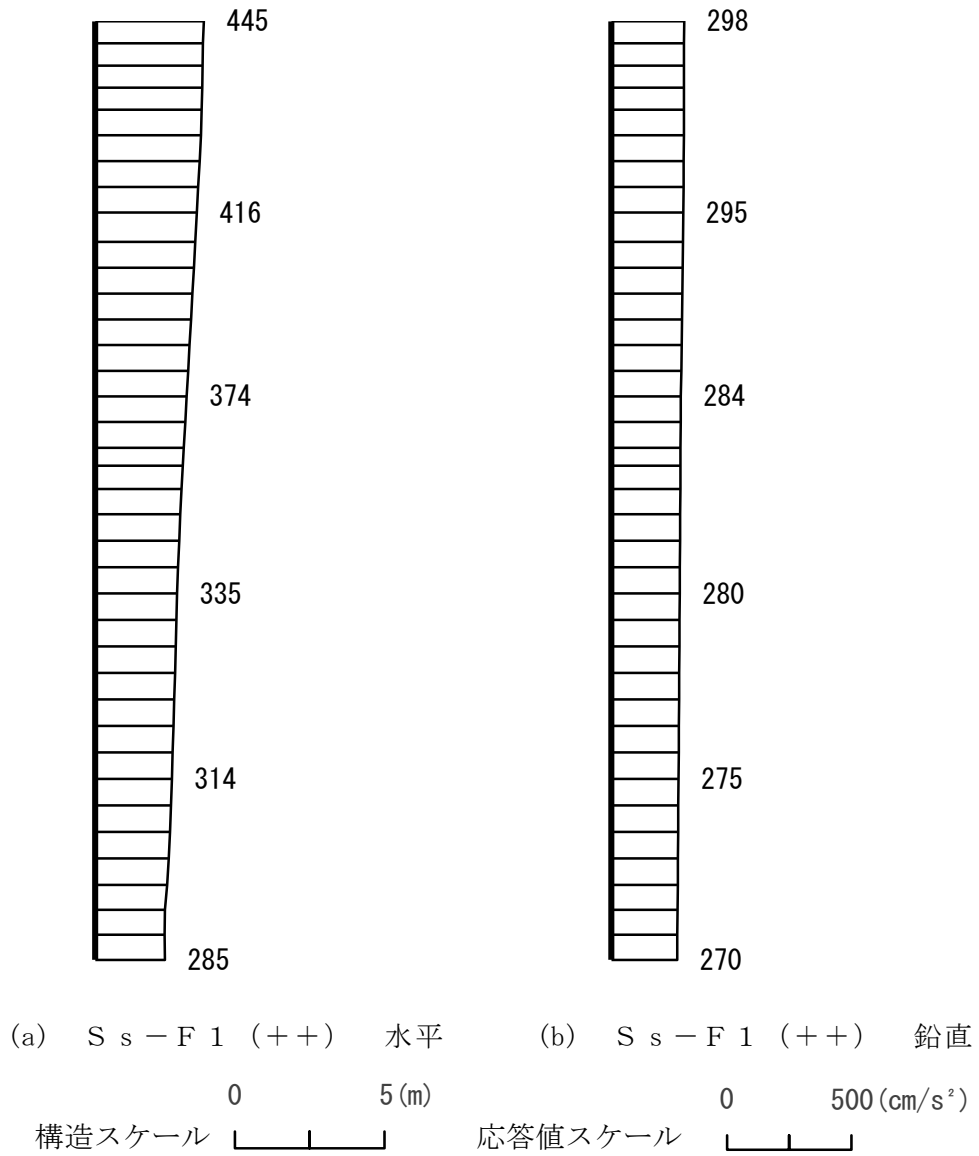


図 4-5 最大応答加速度分布図 (A-A断面) (5/12) (解析ケース①)

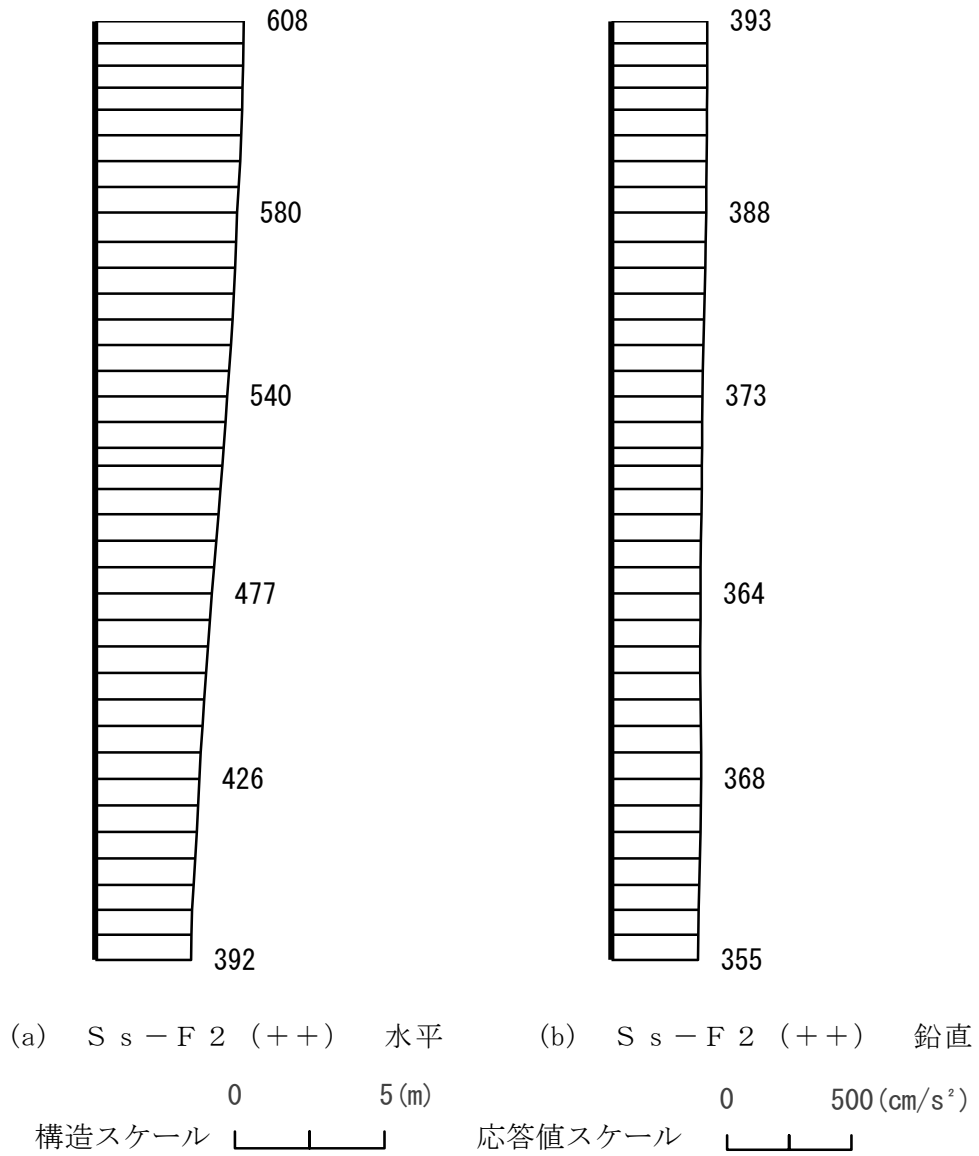


図 4-6 最大応答加速度分布図 (A-A断面) (6/12) (解析ケース①)

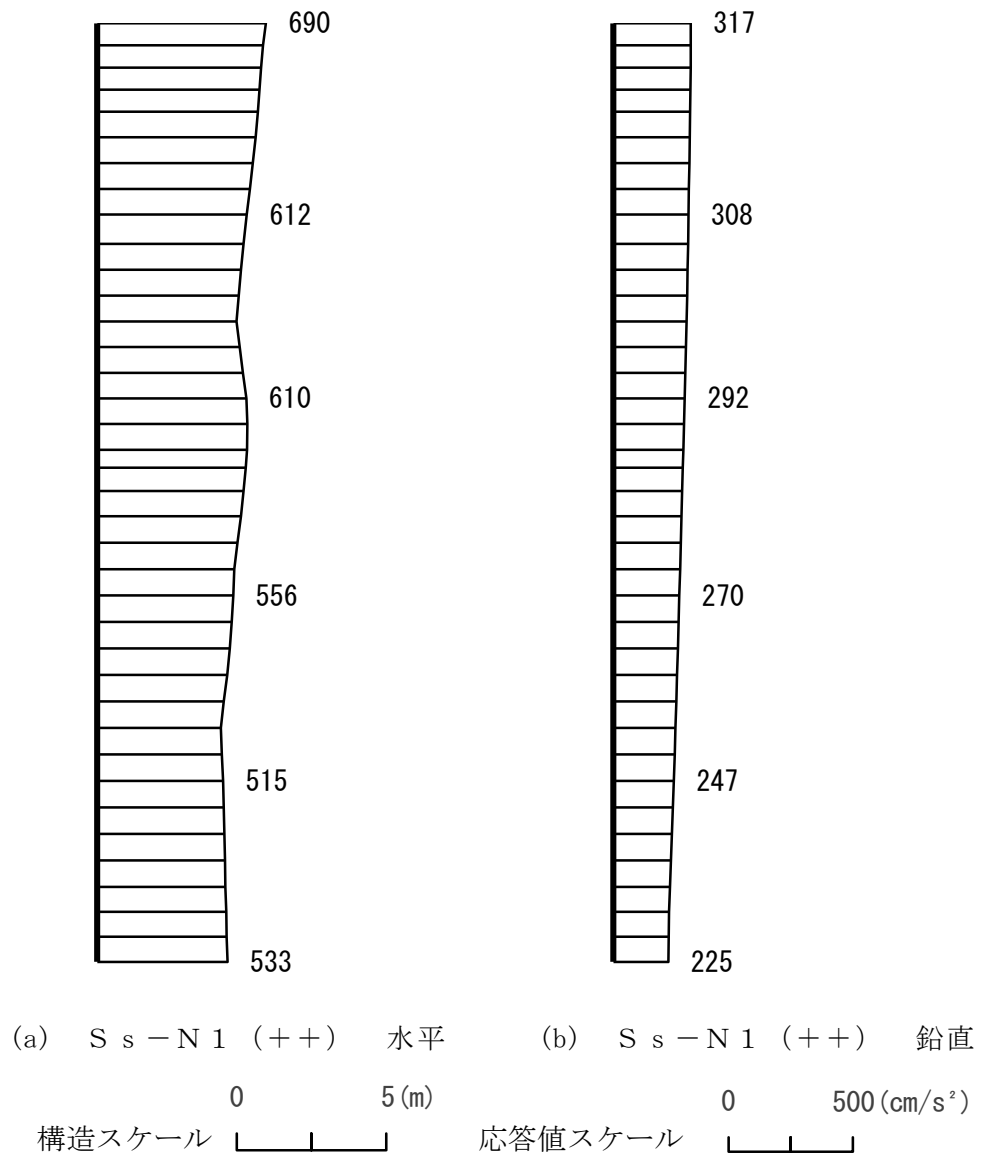


図 4-7 最大応答加速度分布図 (A-A断面) (7/12) (解析ケース①)

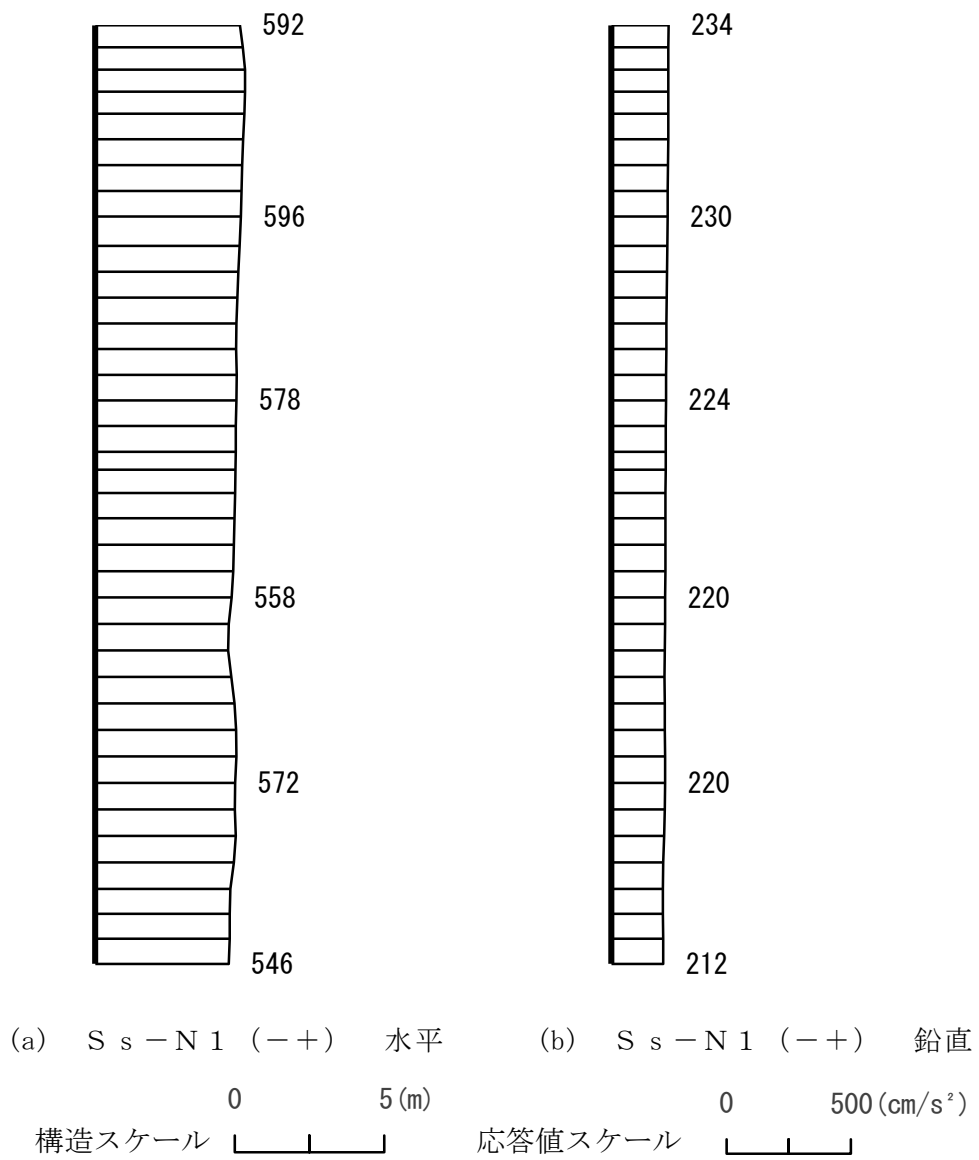
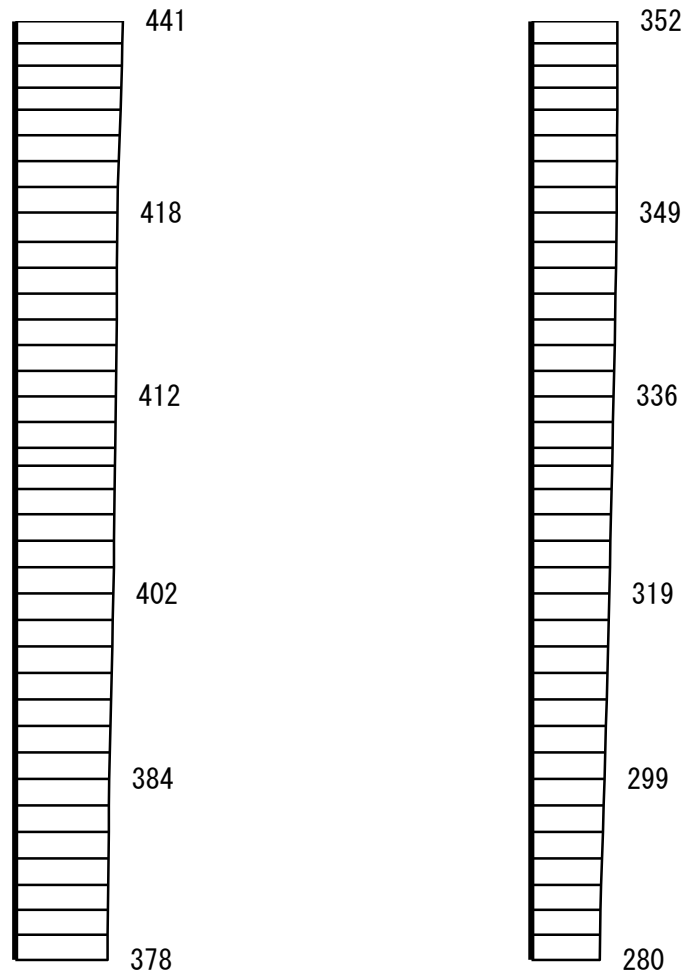
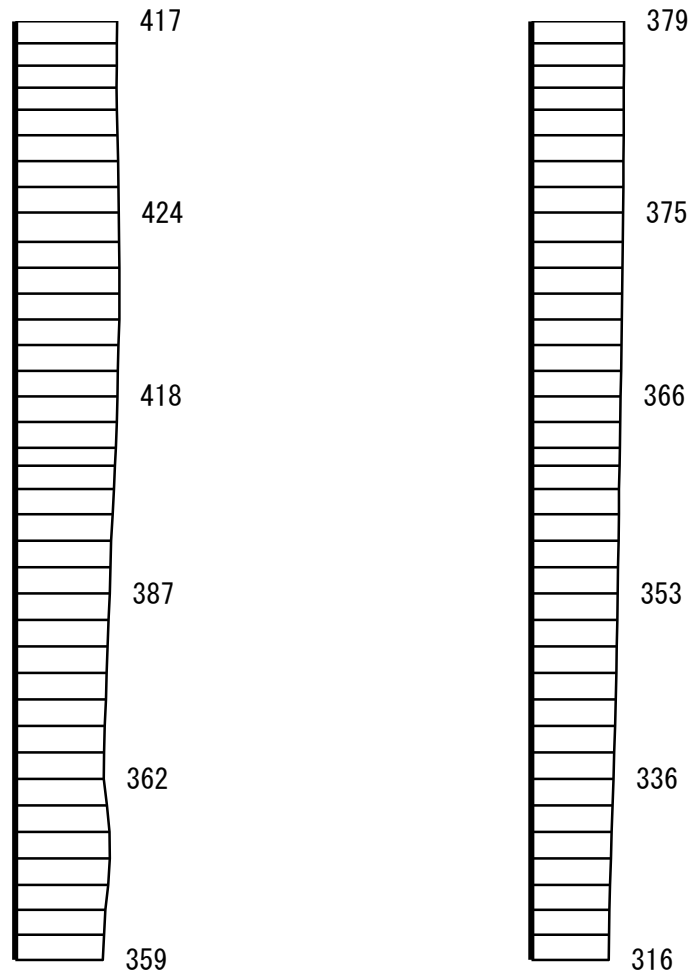


図 4-8 最大応答加速度分布図 (A-A断面) (8/12) (解析ケース①)



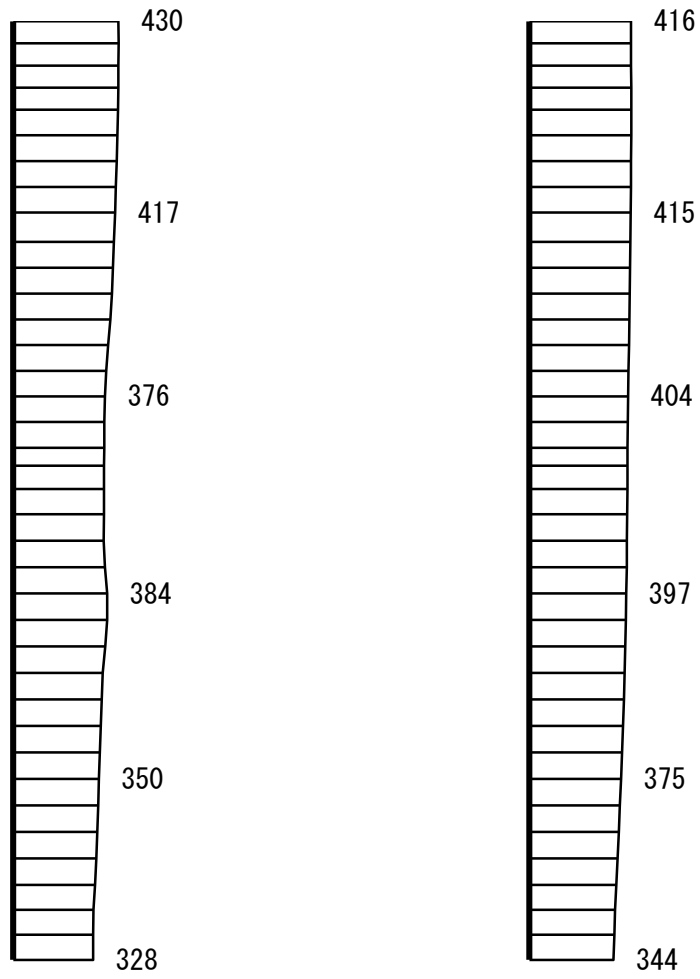
(a) S s - N 2 (N S) (+ +) 水平 (b) S s - N 2 (N S) (+ +) 鉛直
 構造スケール 0 5 (m) 応答値スケール 0 500 (cm/s²)

図 4-9 最大応答加速度分布図 (A-A断面) (9/12) (解析ケース①)



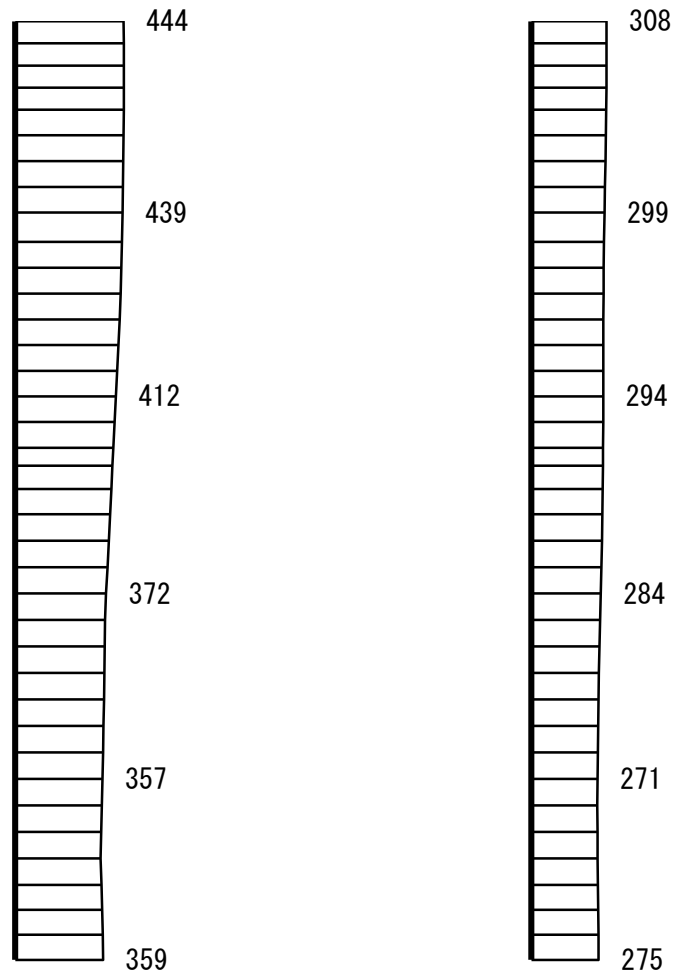
(a) $S_s - N_2 (NS) (-+)$ 水平 (b) $S_s - N_2 (NS) (-+)$ 鉛直
 構造スケール 0 5(m) 応答値スケール 0 500 (cm/s²)

図 4-10 最大応答加速度分布図 (A-A断面) (10/12) (解析ケース①)



(a) $S_s - N_2 (EW) (++)$ 水平 (b) $S_s - N_2 (EW) (++)$ 鉛直
 構造スケール 0 5(m) 応答値スケール 0 500 (cm/s²)

図 4-11 最大応答加速度分布図 (A-A断面) (11/12) (解析ケース①)



(a) S s - N 2 (E W) (- +) 水平 (b) S s - N 2 (E W) (- +) 鉛直
 構造スケール 0 5 (m) 応答値スケール 0 500 (cm/s²)

図 4-12 最大応答加速度分布図 (A-A断面) (12/12) (解析ケース①)

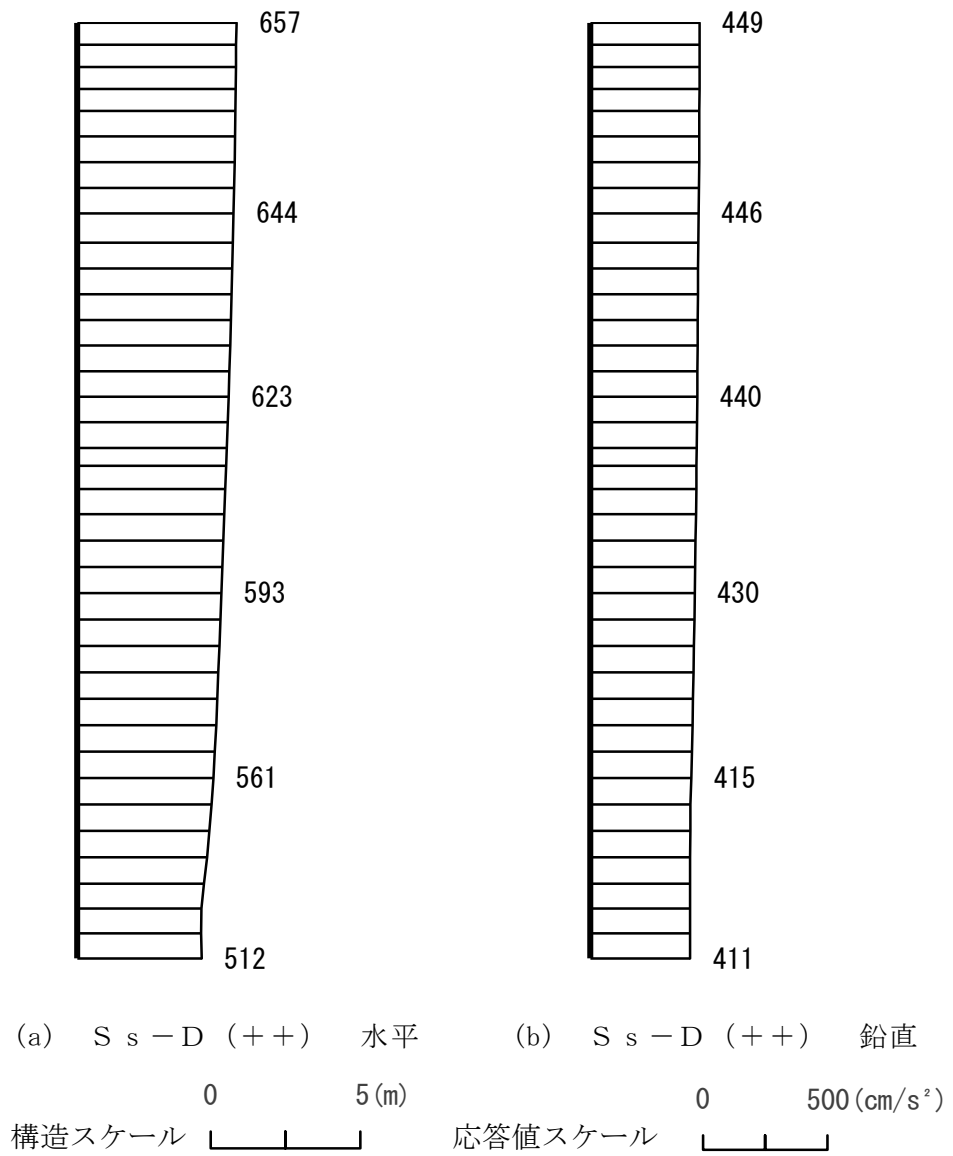


図 4-13 最大応答加速度分布図 (A-A 断面) (1/24) (解析ケース②)

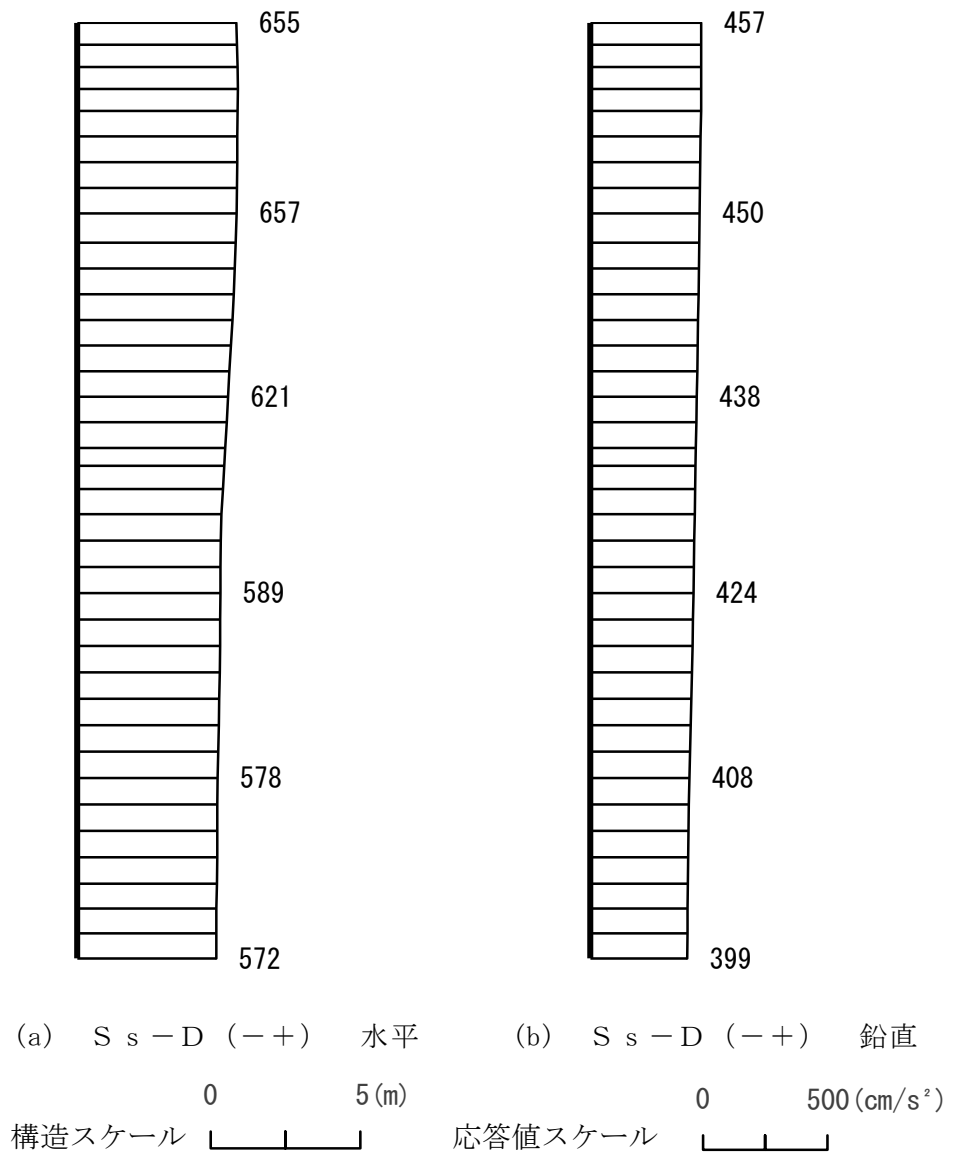


図 4-14 最大応答加速度分布図 (A-A 断面) (2/24) (解析ケース②)

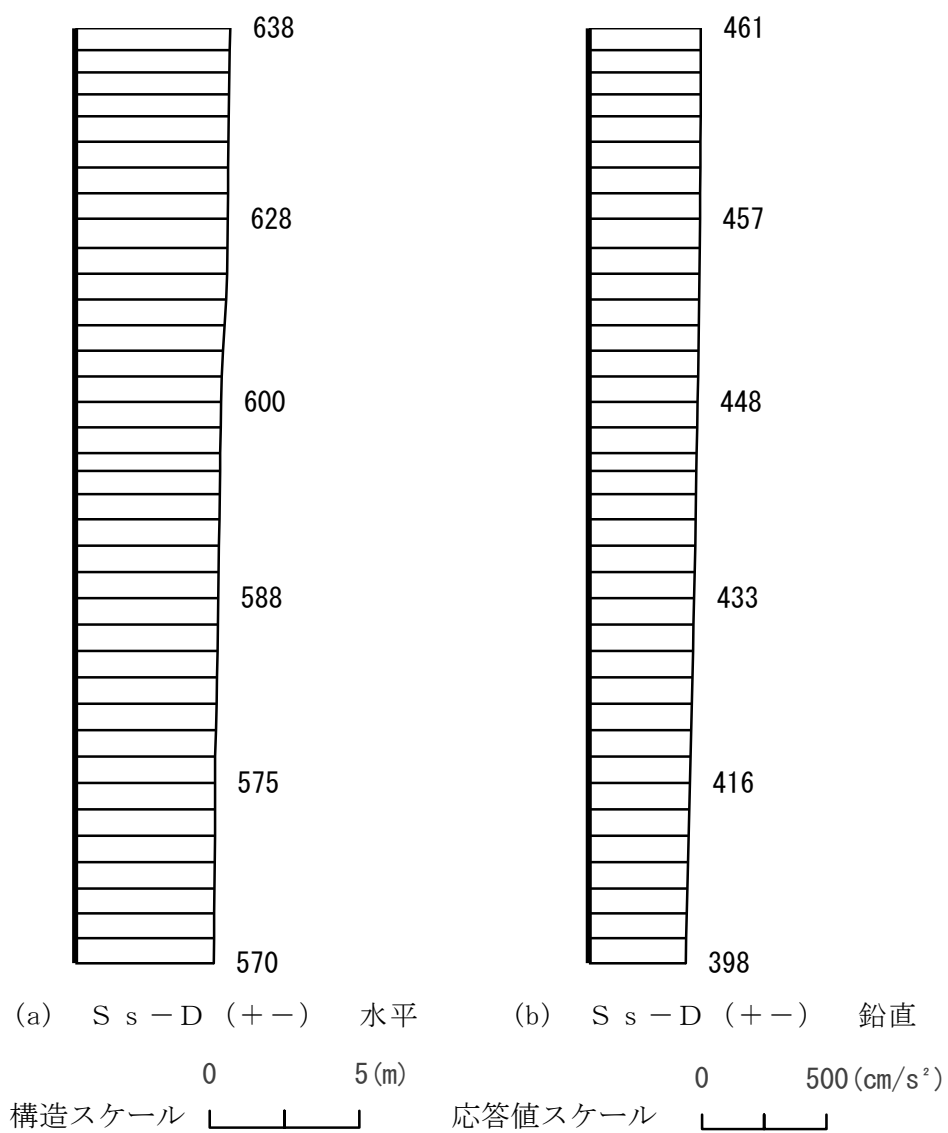


図 4-15 最大応答加速度分布図 (A-A断面) (3/24) (解析ケース②)

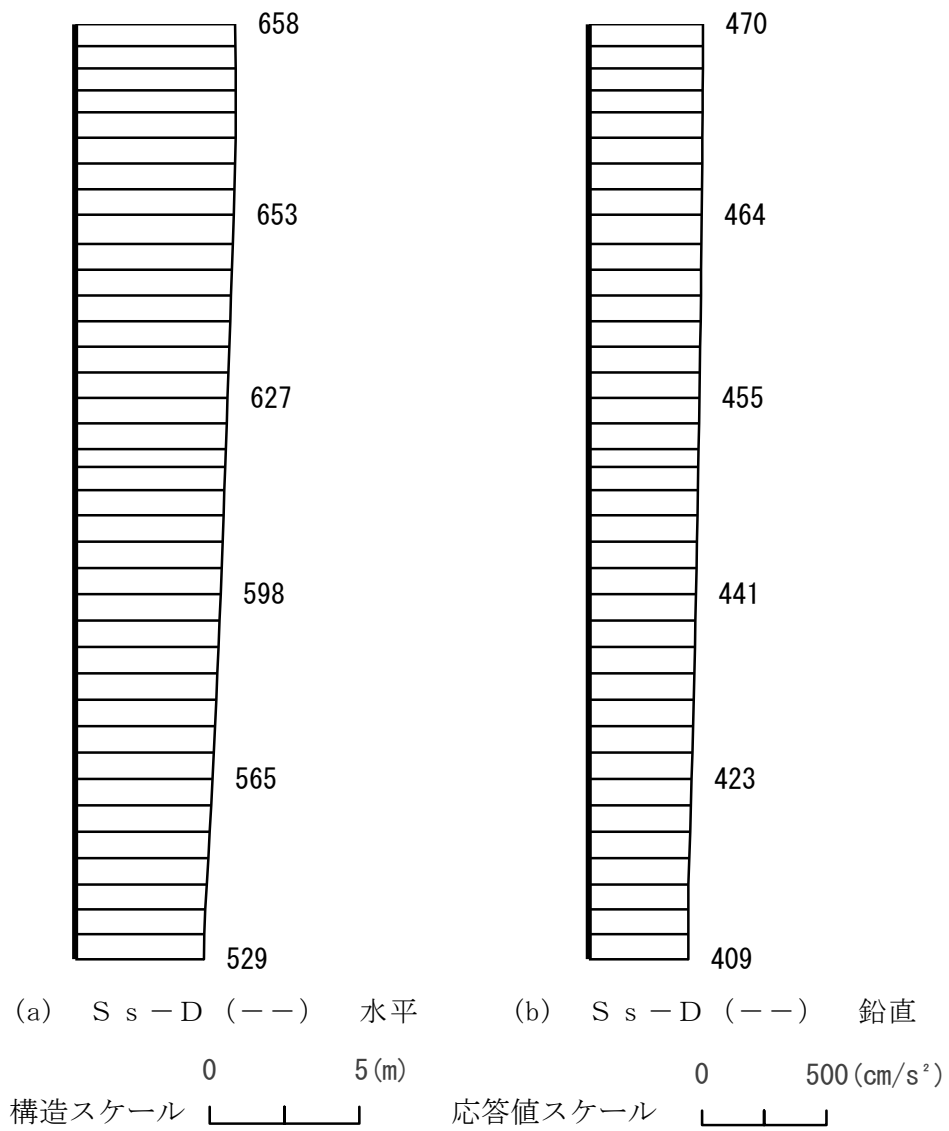


図 4-16 最大応答加速度分布図 (A-A 断面) (4/24) (解析ケース②)

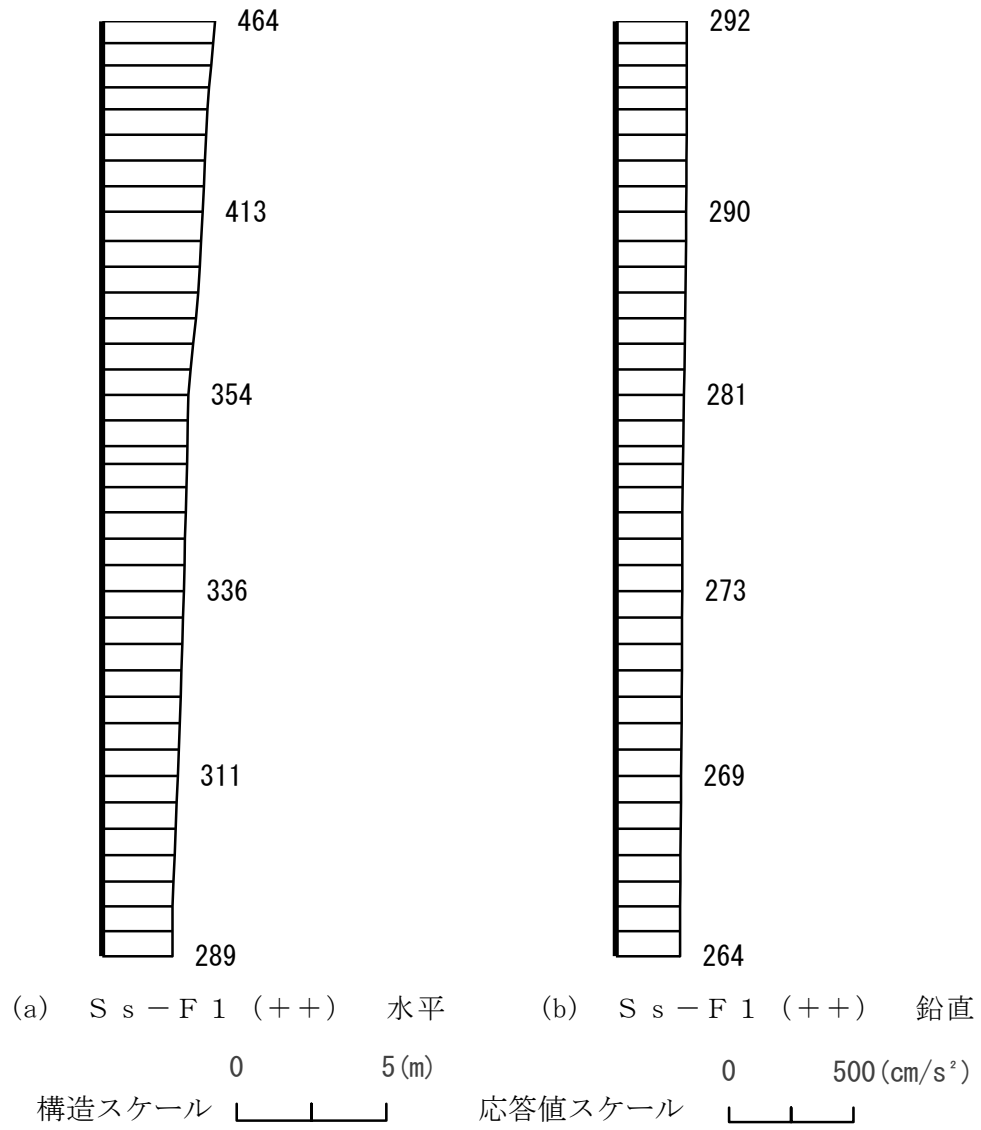


図 4-17 最大応答加速度分布図 (A-A断面) (5/24) (解析ケース②)

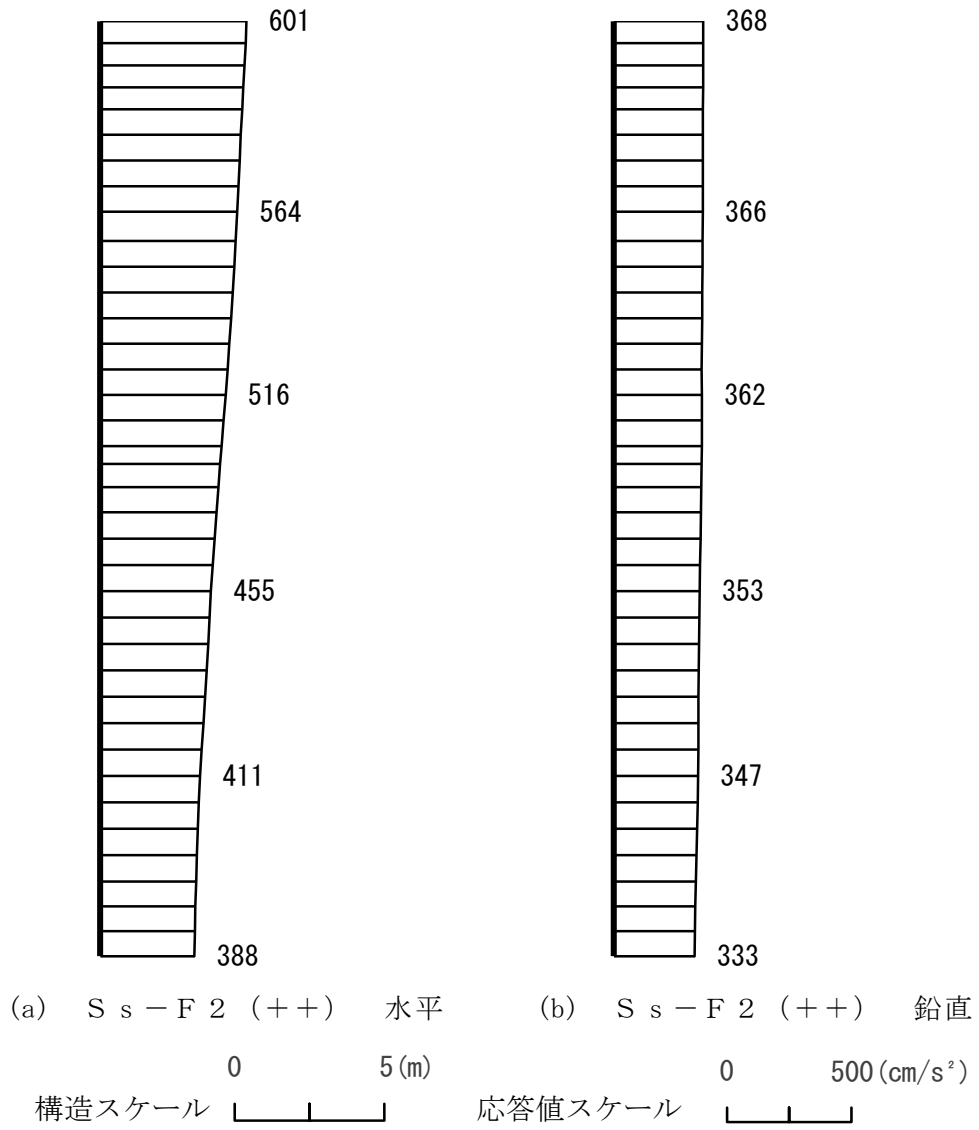


図 4-18 最大応答加速度分布図 (A-A断面) (6/24) (解析ケース②)

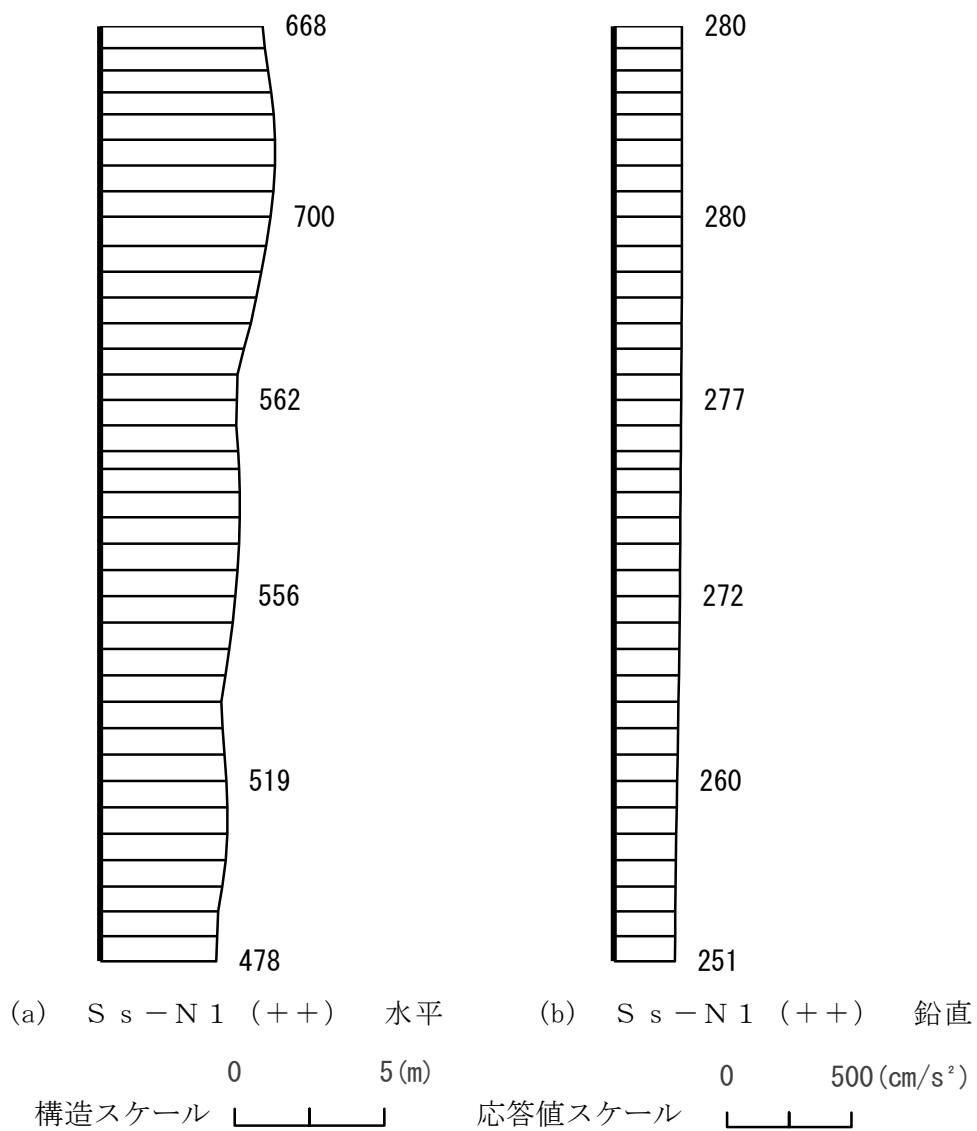


図 4-19 最大応答加速度分布図 (A-A断面) (7/24) (解析ケース②)

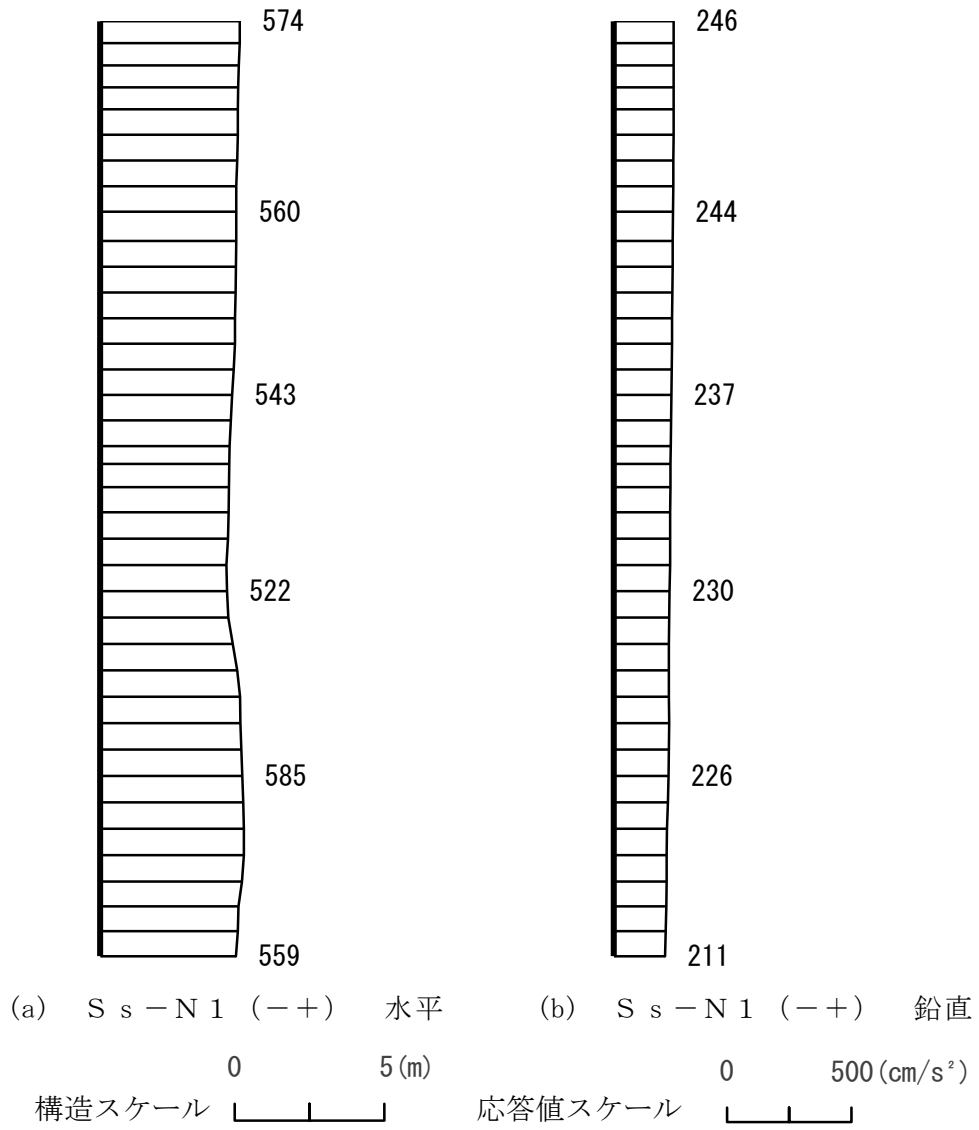


図 4-20 最大応答加速度分布図 (A-A断面) (8/24) (解析ケース②)

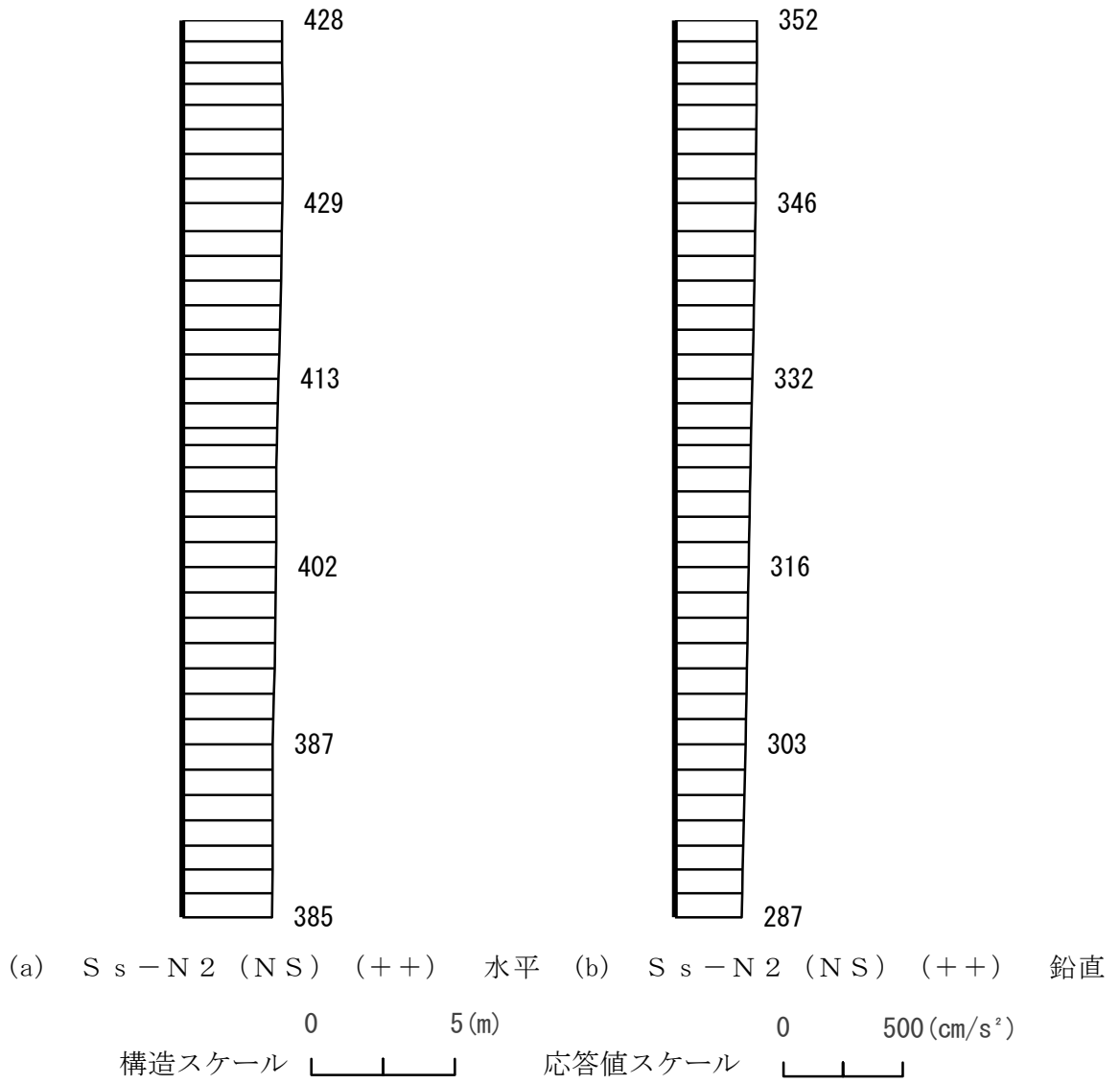


図 4-21 最大応答加速度分布図 (A-A断面) (9/24) (解析ケース②)

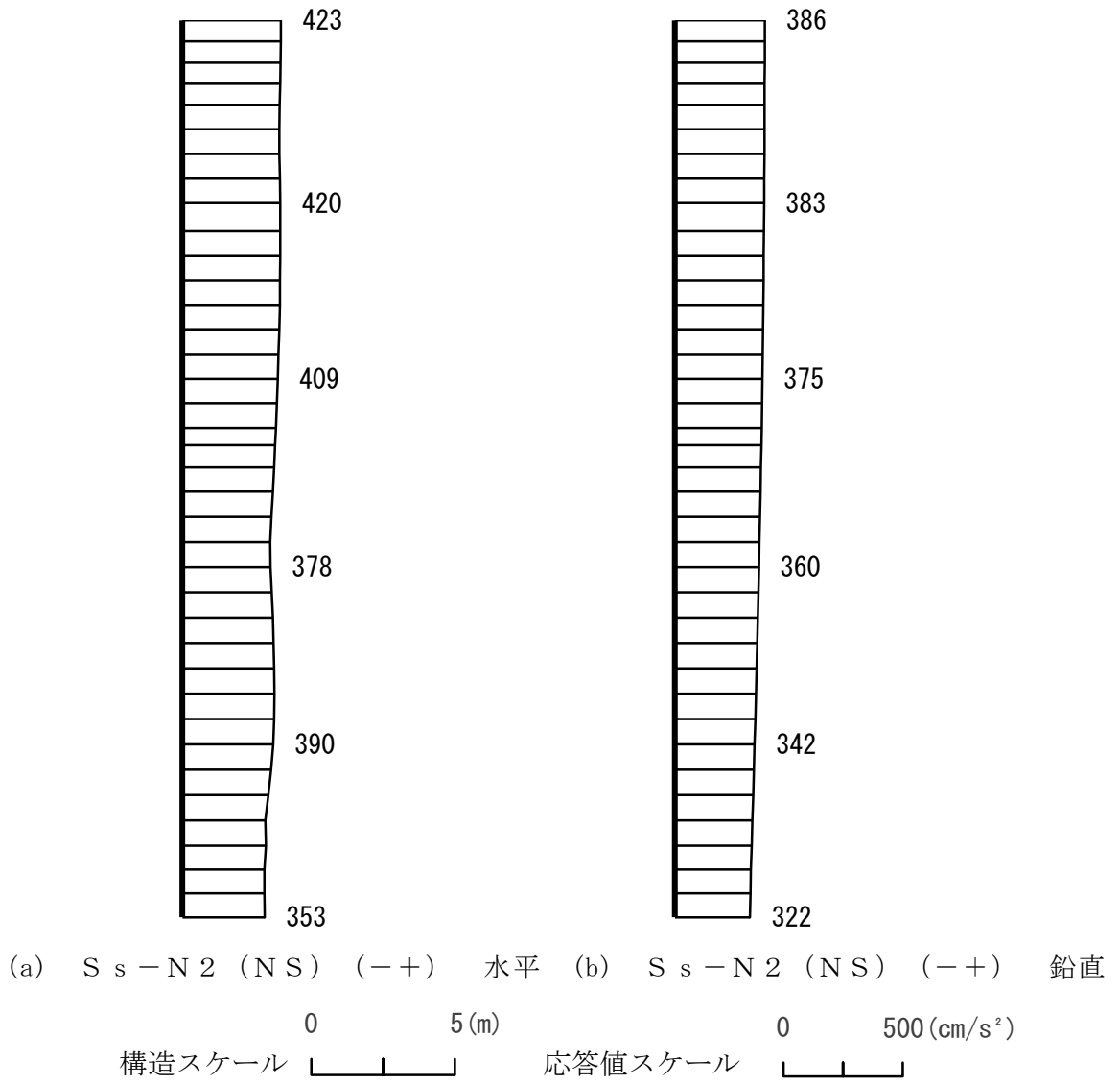


図 4-22 最大応答加速度分布図 (A-A断面) (10/24) (解析ケース②)

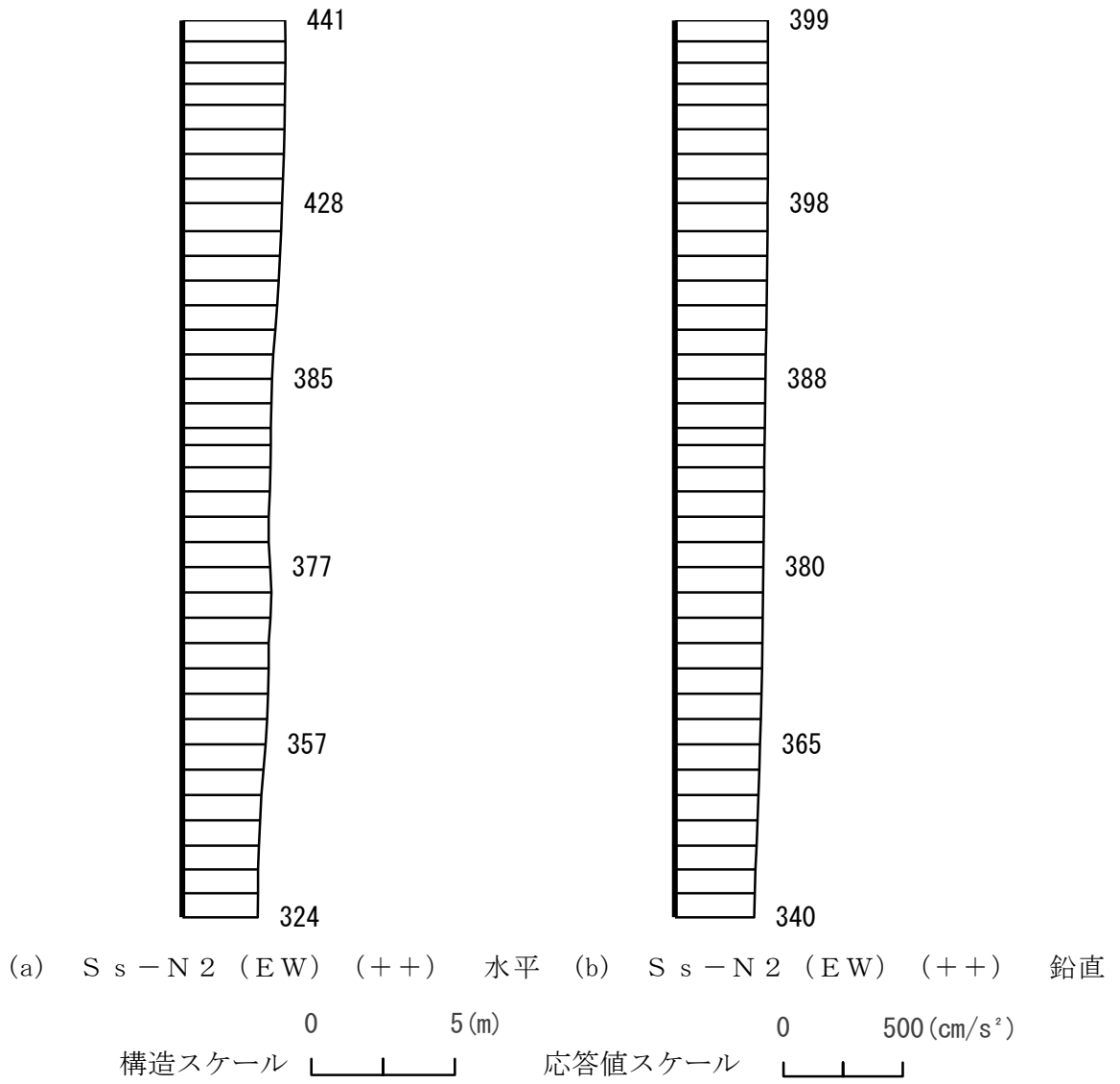


図 4-23 最大応答加速度分布図 (A-A断面) (11/24) (解析ケース②)

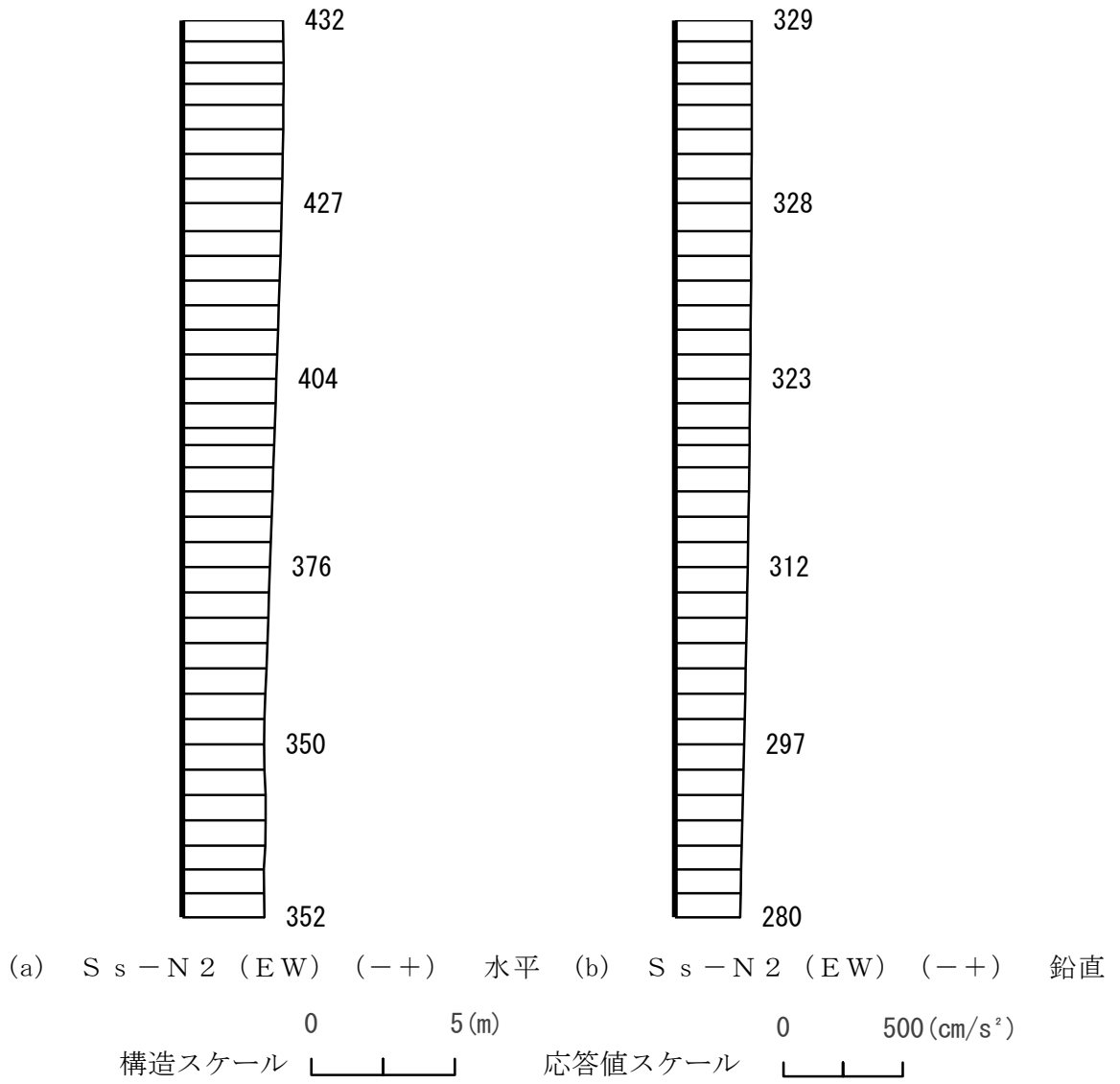


図 4-24 最大応答加速度分布図 (A-A断面) (12/24) (解析ケース②)

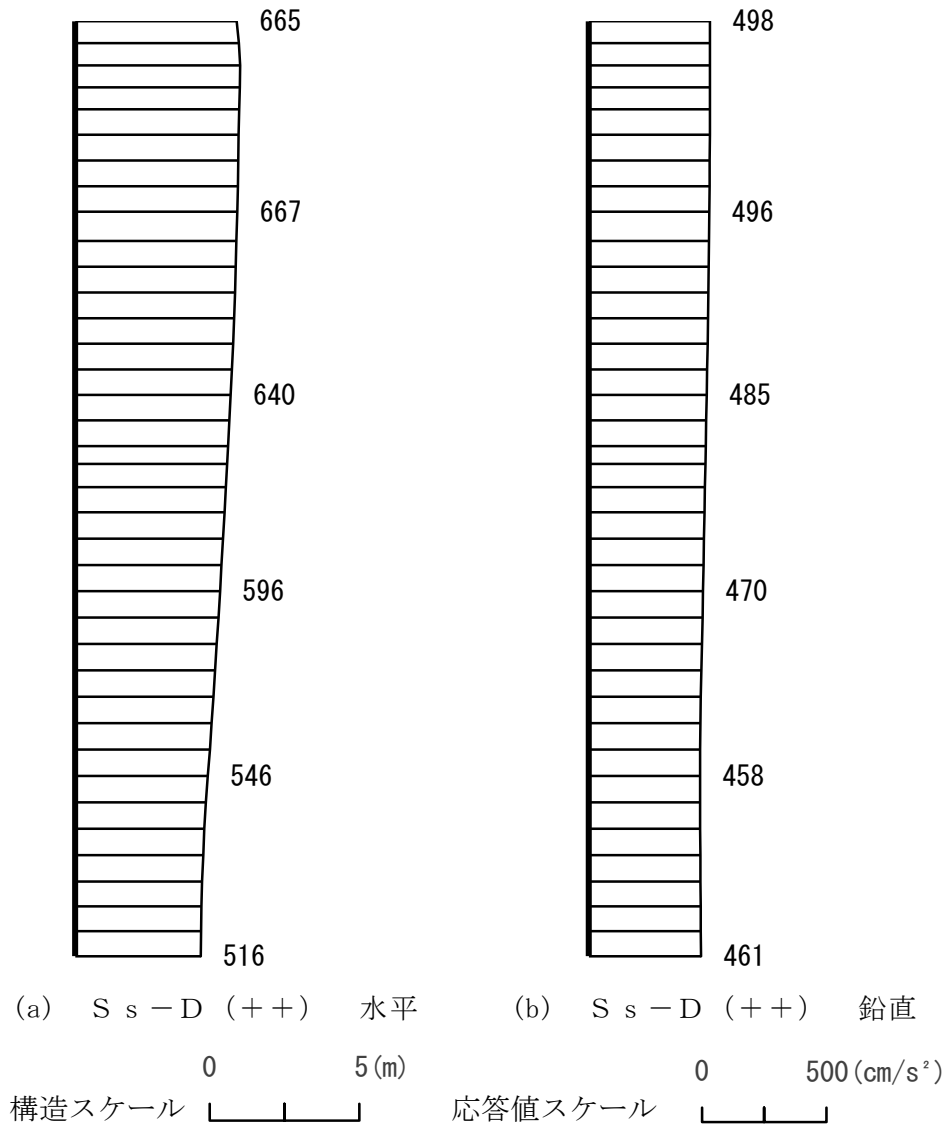


図 4-25 最大応答加速度分布図 (A-A断面) (13/24) (解析ケース③)

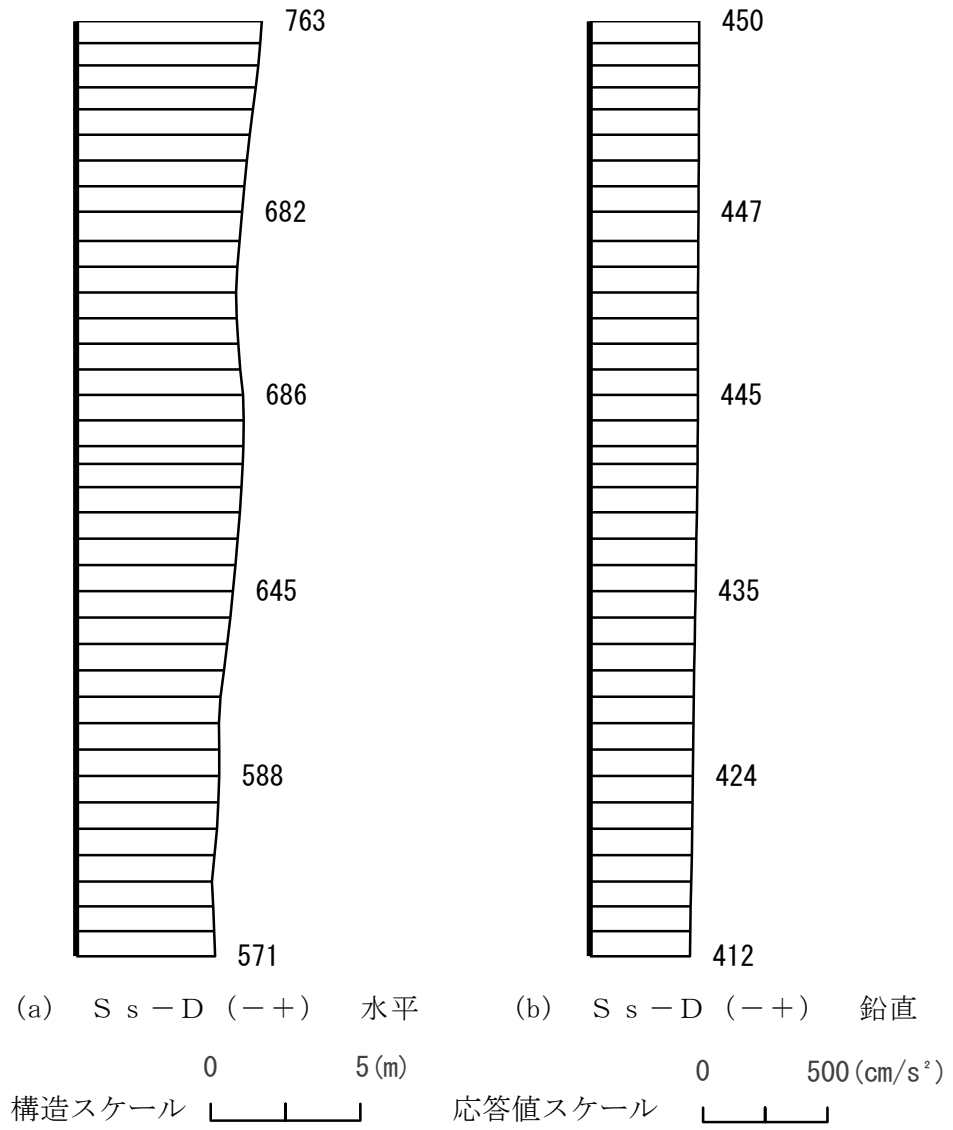


図 4-26 最大応答加速度分布図 (A-A断面) (14/24) (解析ケース③)

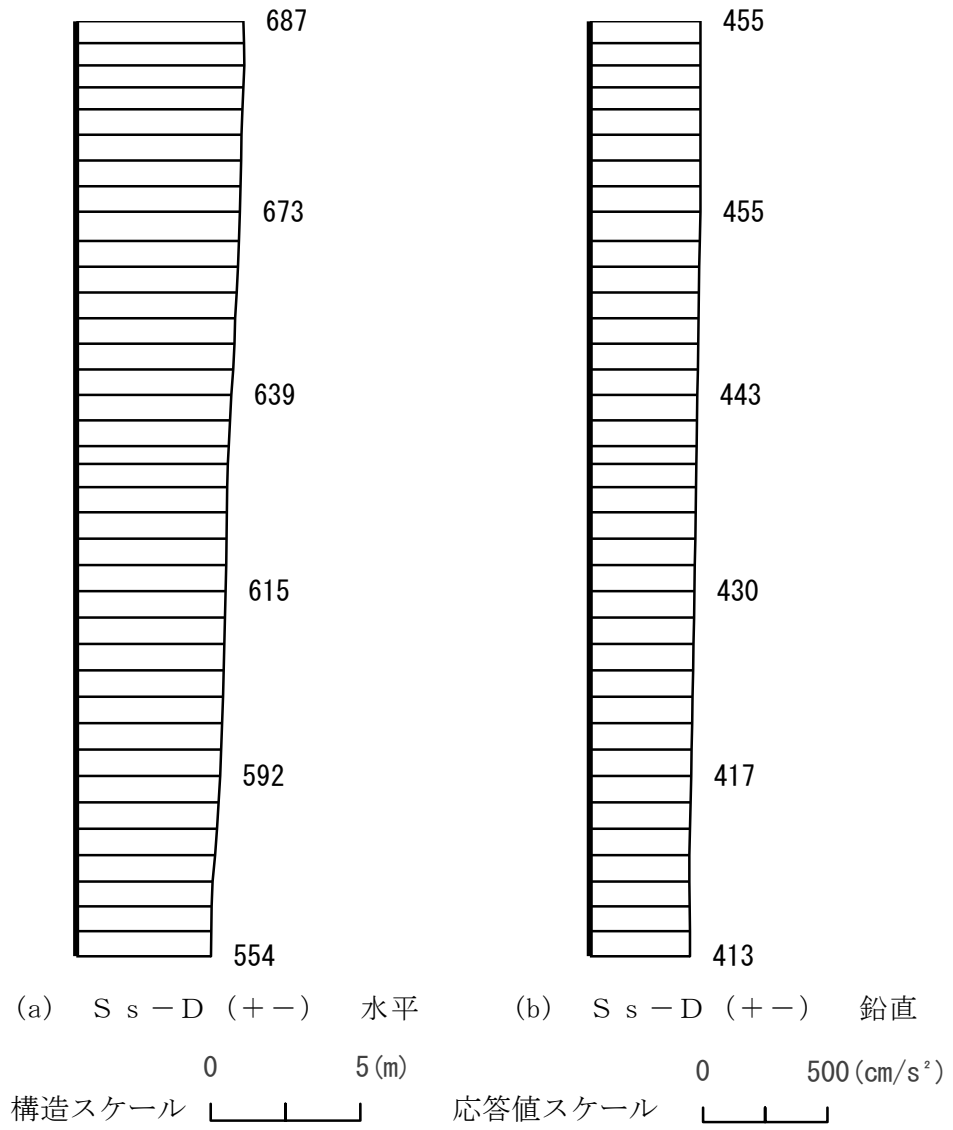


図 4-27 最大応答加速度分布図 (A-A断面) (15/24) (解析ケース③)

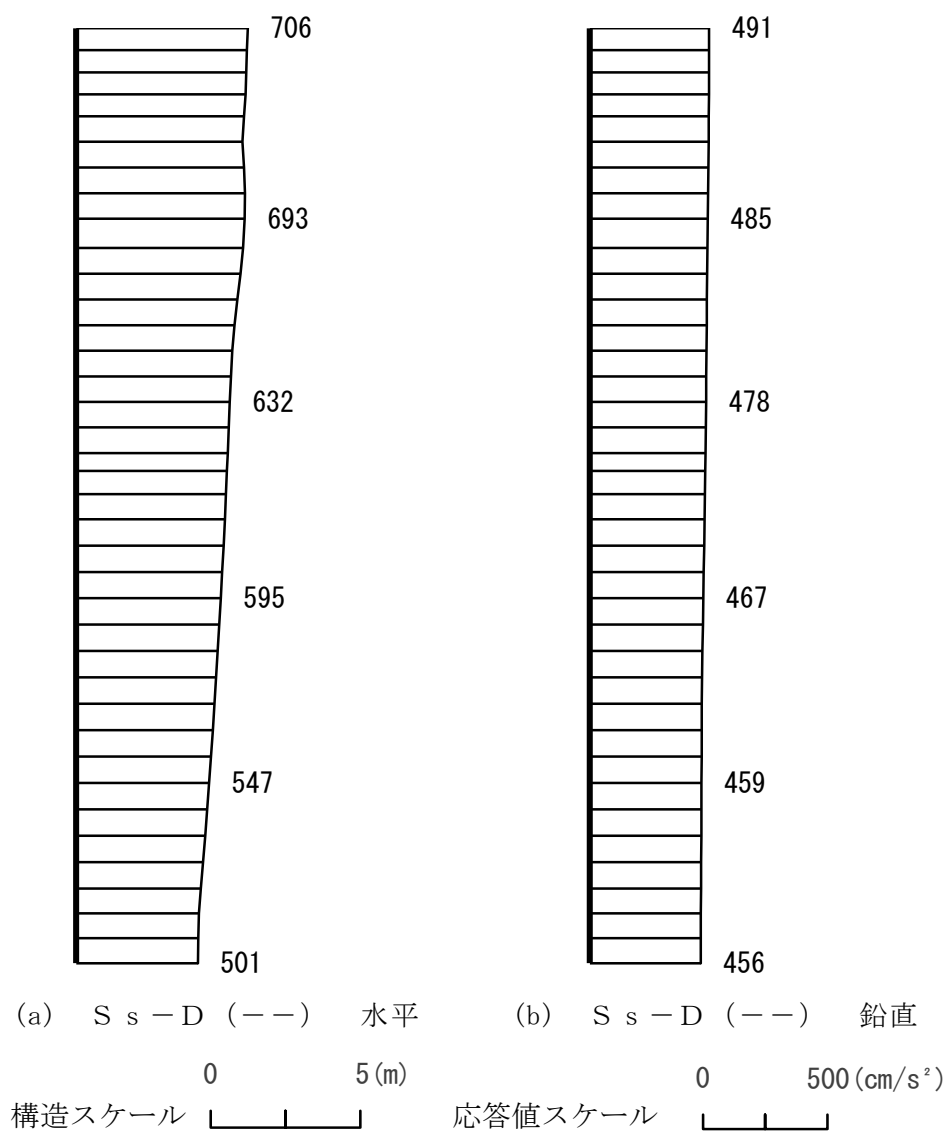


図 4-28 最大応答加速度分布図 (A-A断面) (16/24) (解析ケース③)

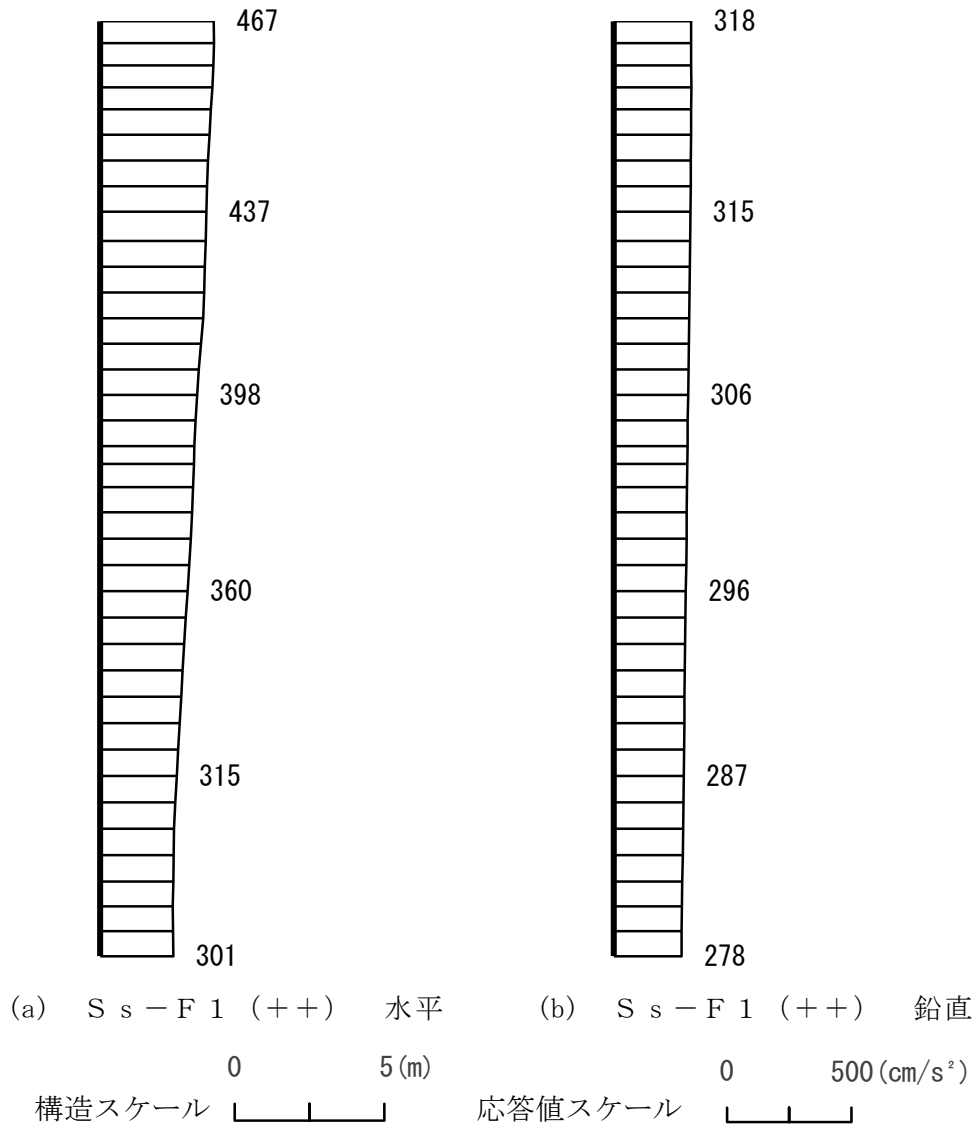


図 4-29 最大応答加速度分布図 (A-A断面) (17/24) (解析ケース③)

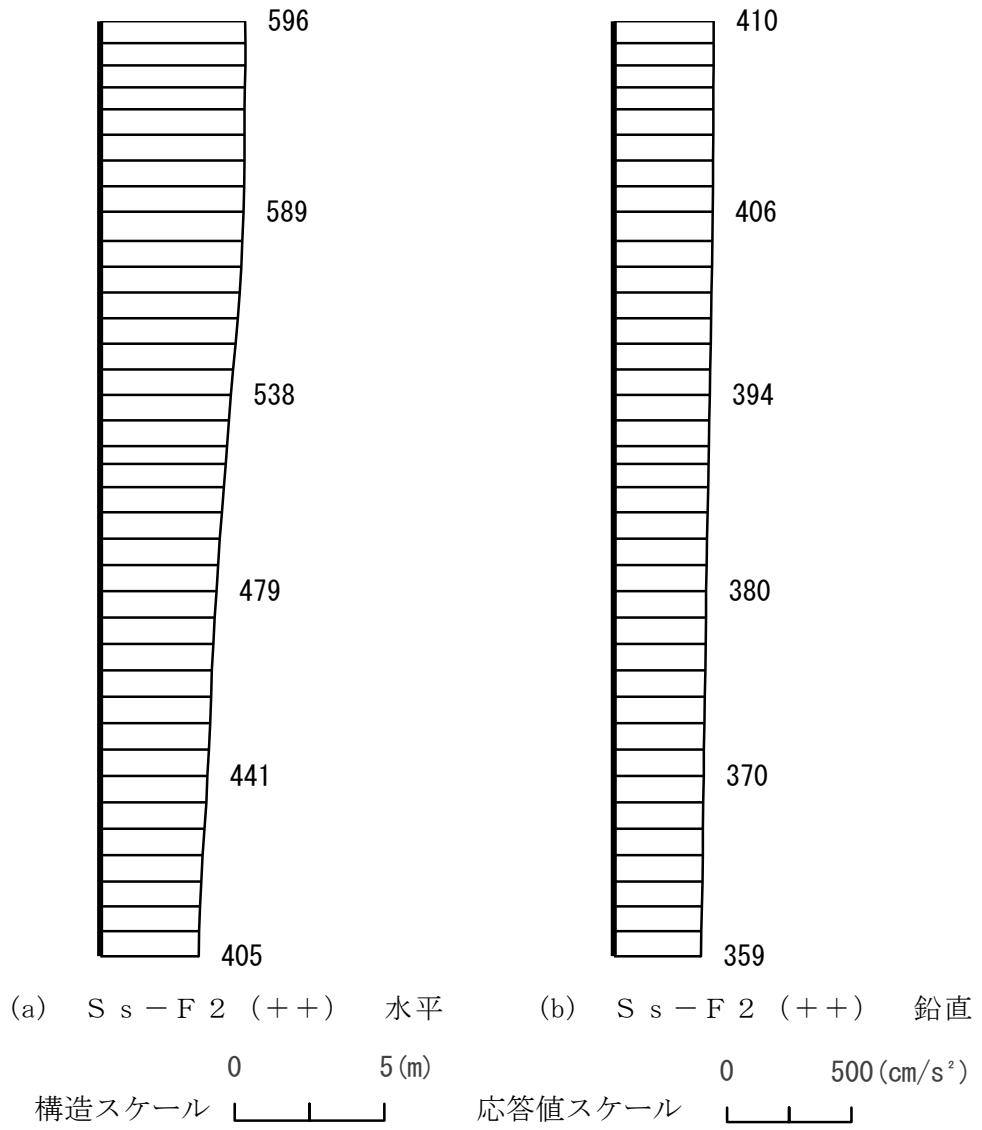


図 4-30 最大応答加速度分布図 (A-A断面) (18/24) (解析ケース③)

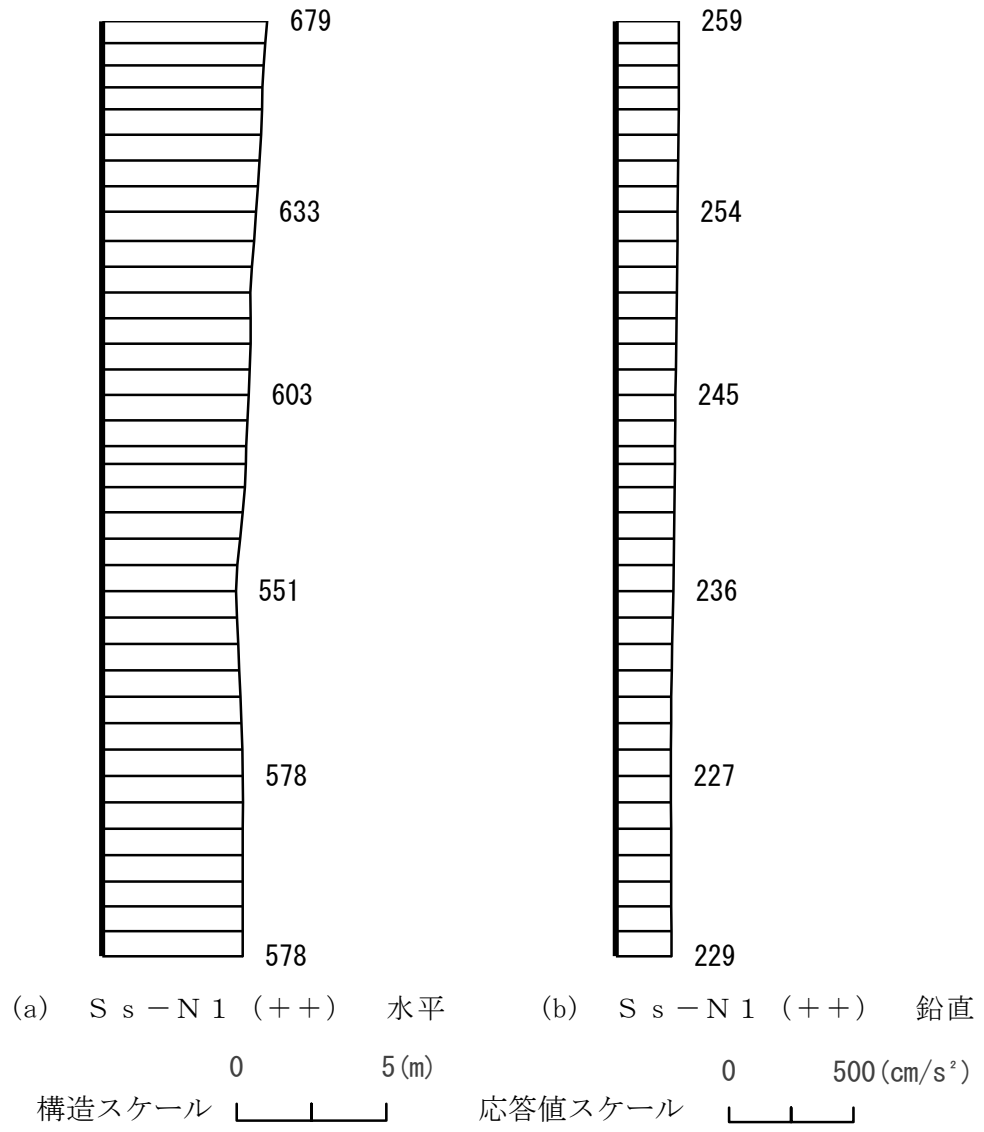


図 4-31 最大応答加速度分布図 (A-A断面) (19/24) (解析ケース③)

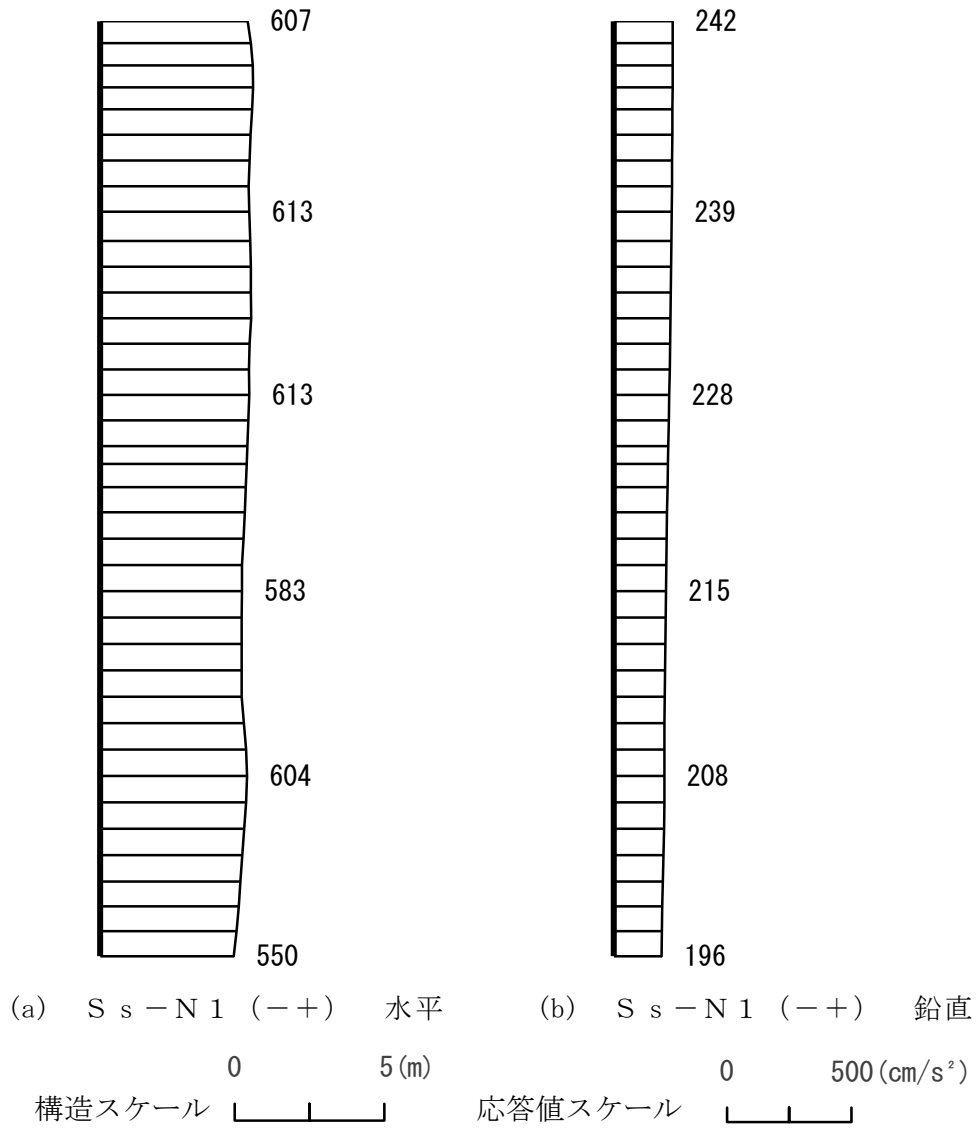


図 4-32 最大応答加速度分布図 (A-A断面) (20/24) (解析ケース③)

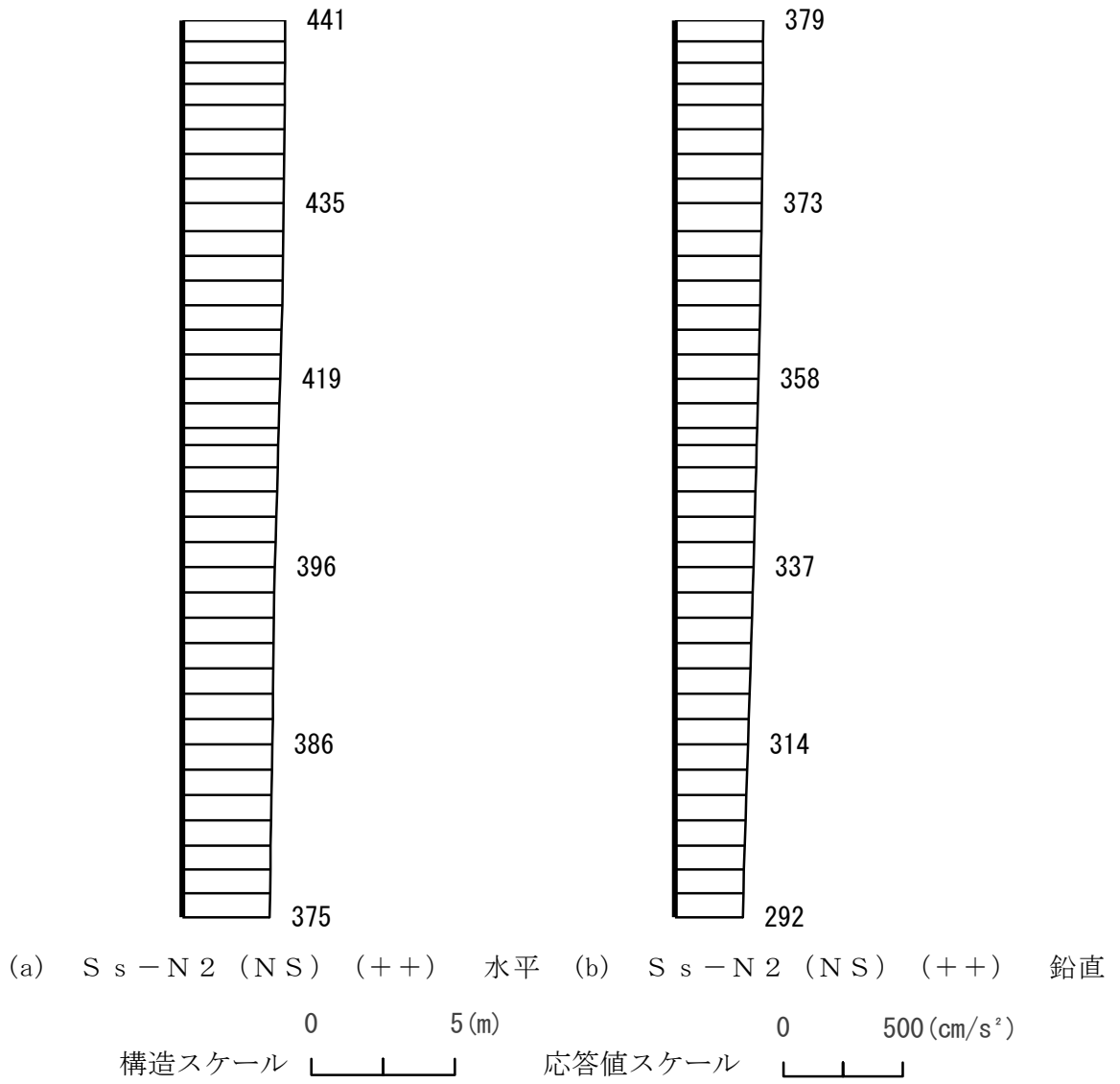


図 4-33 最大応答加速度分布図 (A-A断面) (21/24) (解析ケース③)

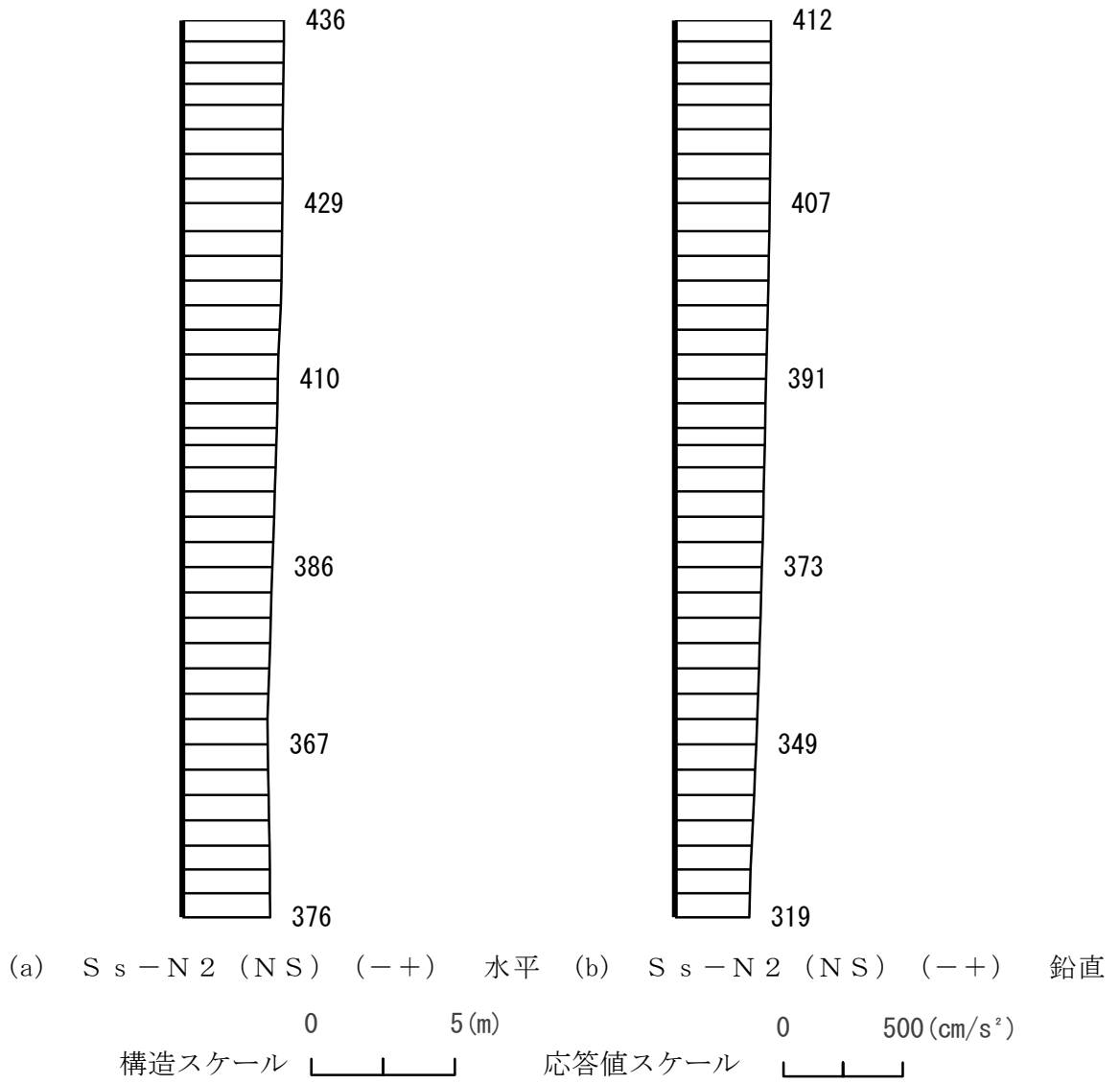


図 4-34 最大応答加速度分布図 (A-A断面) (22/24) (解析ケース③)

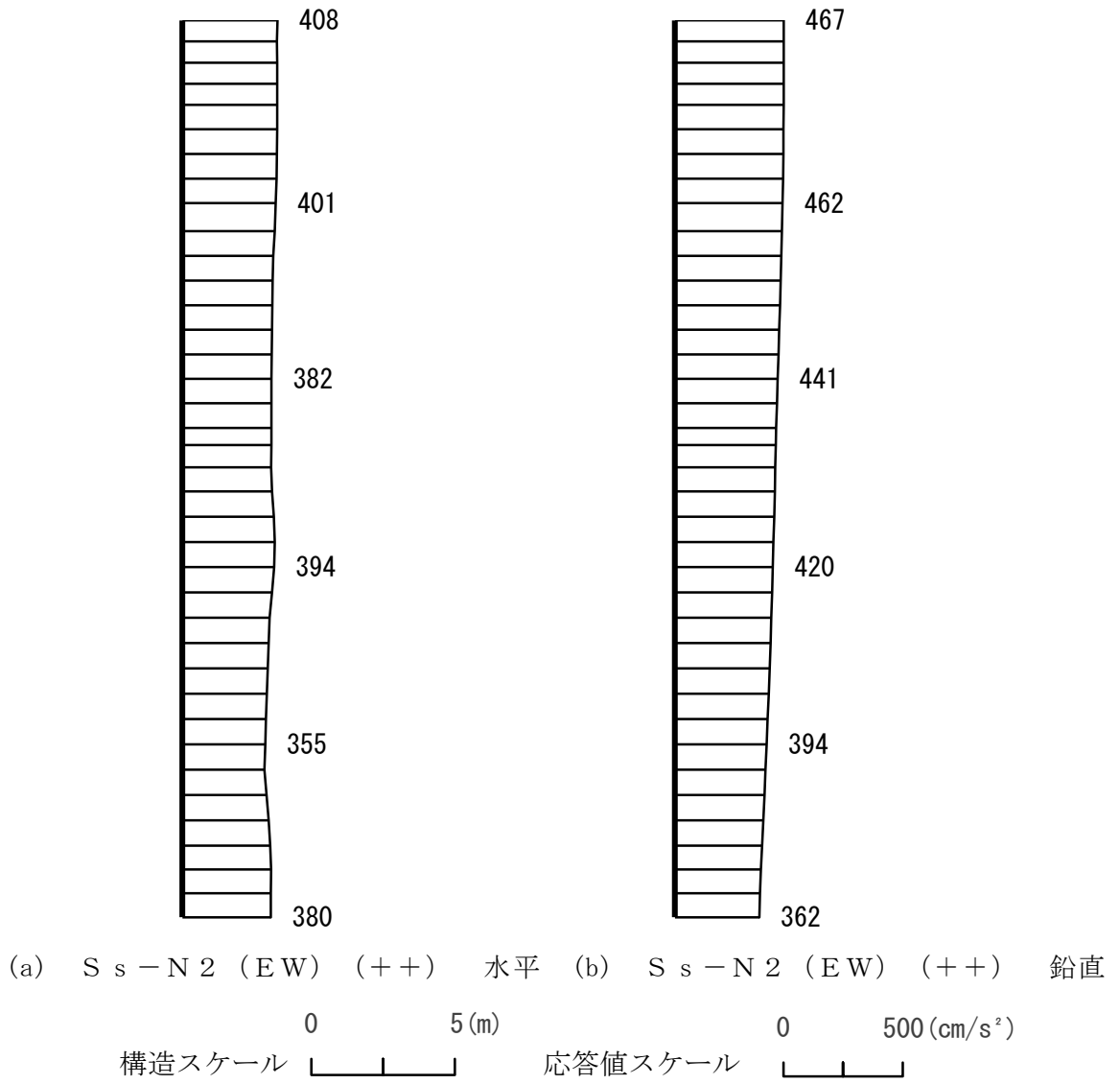


図 4-35 最大応答加速度分布図 (A-A断面) (23/24) (解析ケース③)

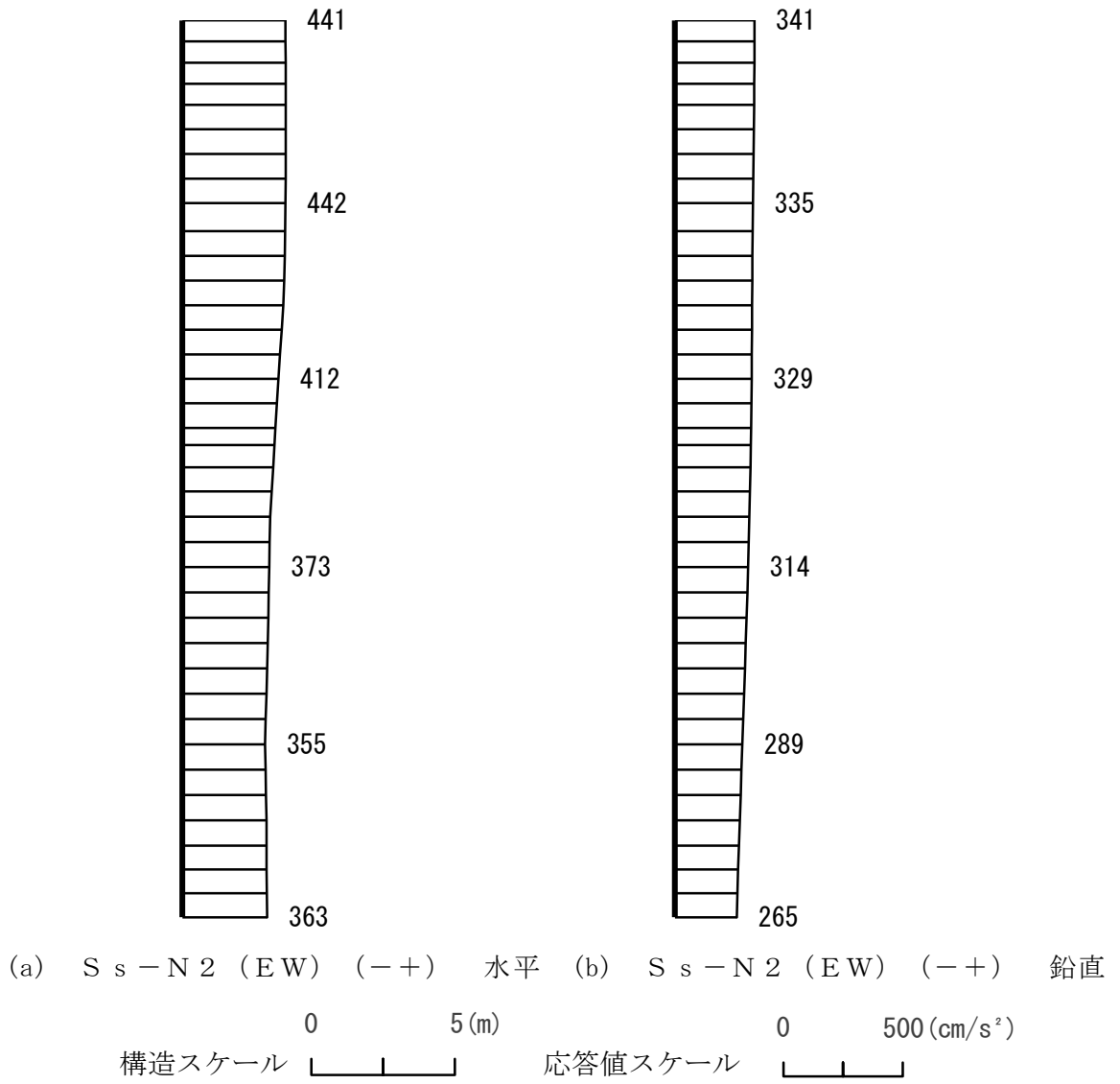


図 4-36 最大応答加速度分布図 (A-A断面) (24/24) (解析ケース③)

4.2 B－B断面（南北方向）の解析結果

耐震評価のために用いる応答加速度として，解析ケース①について，すべての基準地震動 S_s に対する最大応答加速度分布図を図 4-37～図 4-48 に示す。

また，解析ケース②及び③について，すべての基準地震動 S_s に対する最大応答加速度分布図を図 4-49～図 4-72 に示す。

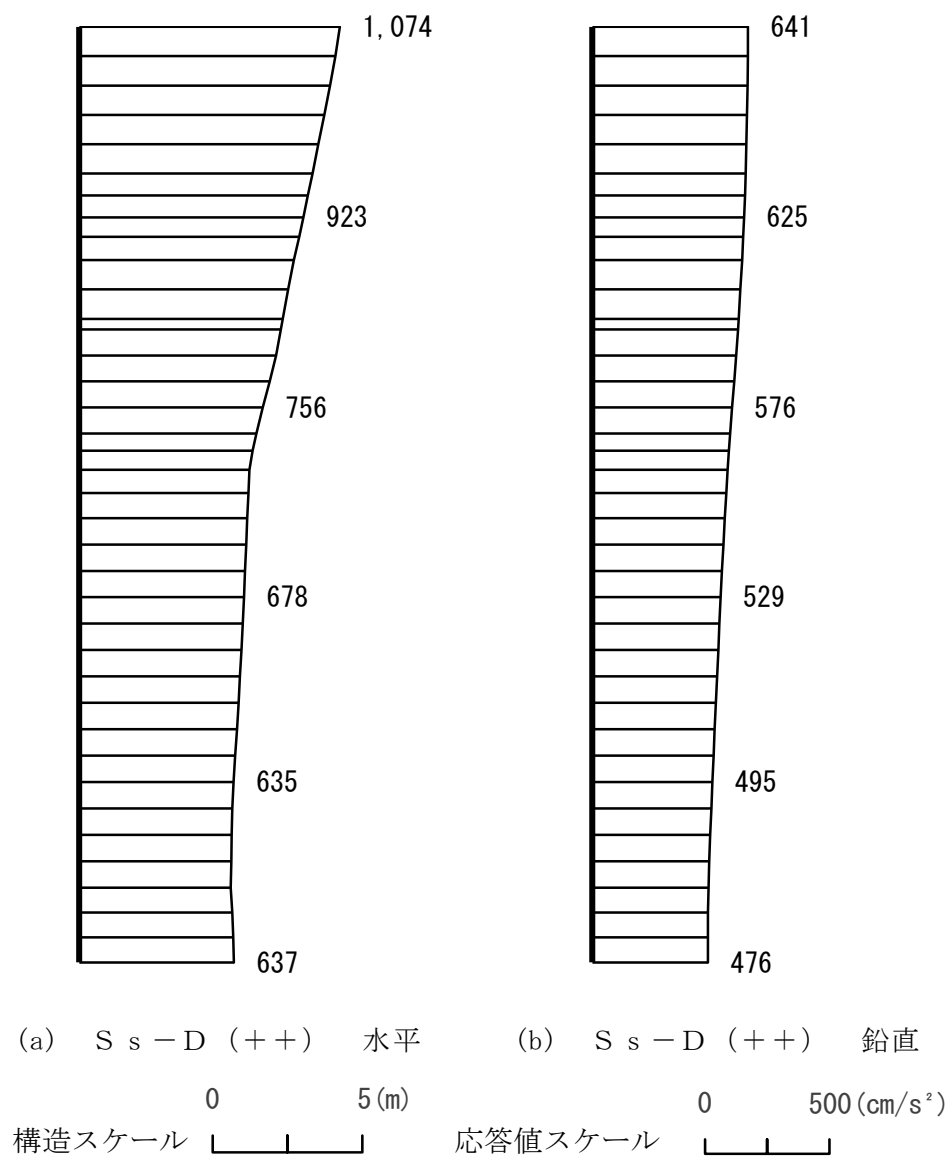


図 4-37 最大応答加速度分布図 (B-B 断面) (1/12) (解析ケース①)

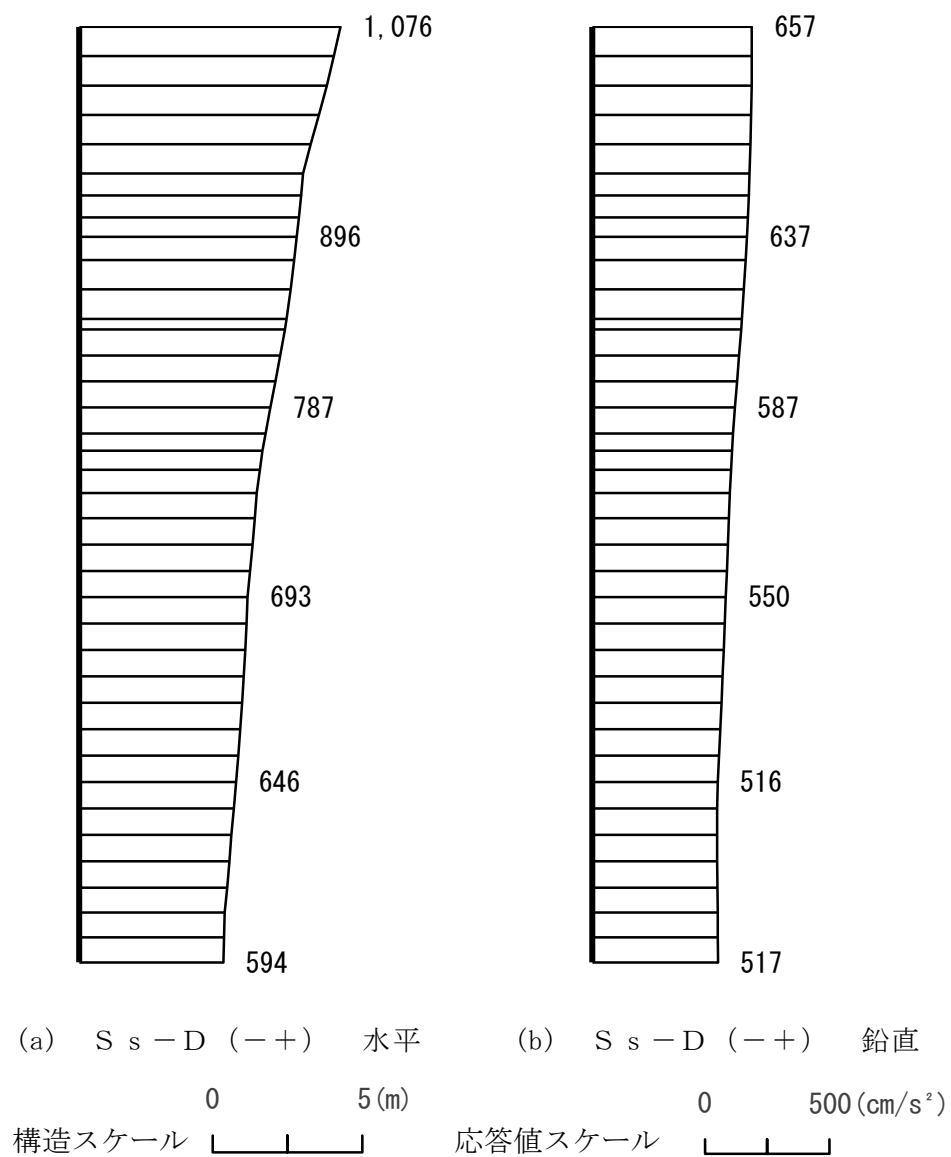


図 4-38 最大応答加速度分布図 (B-B 断面) (2/12) (解析ケース①)

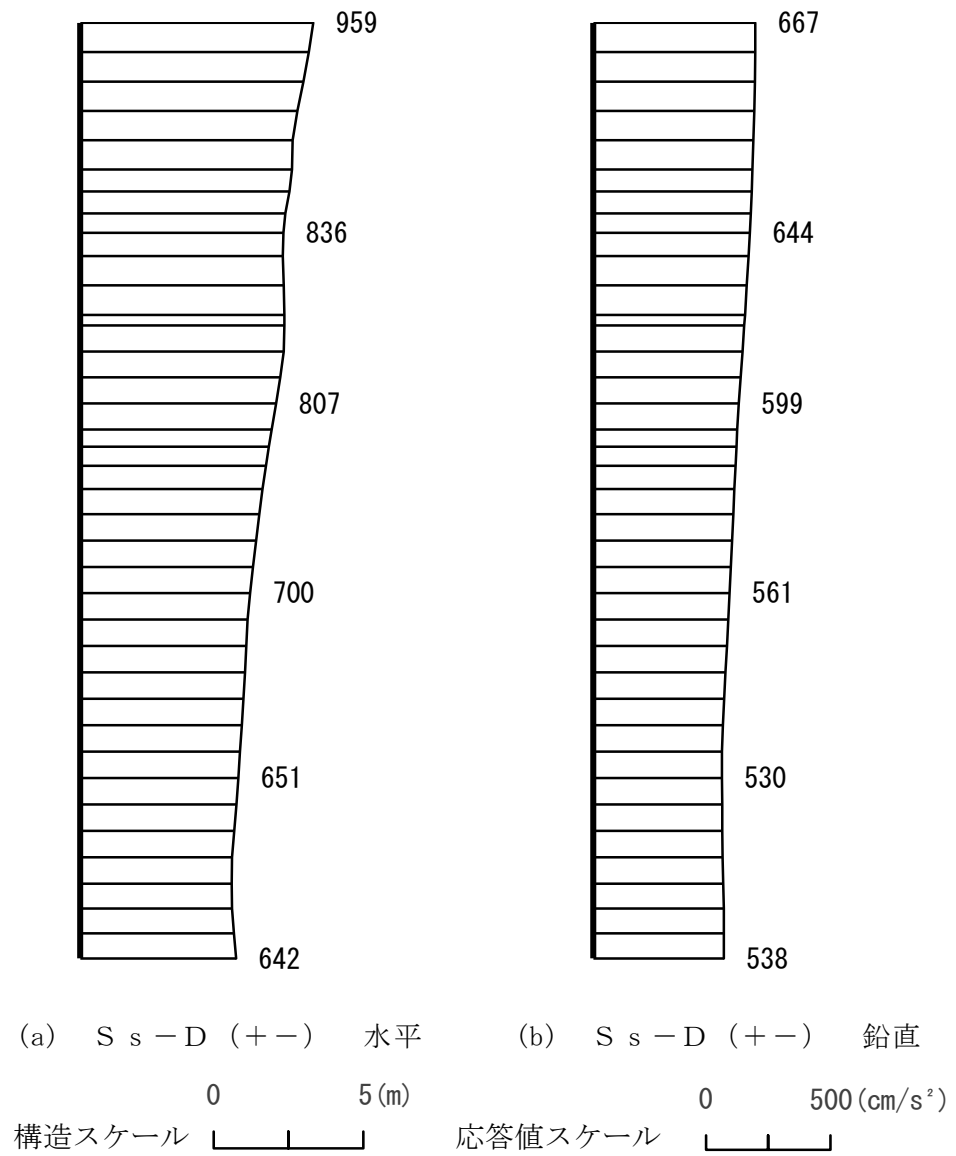


図 4-39 最大応答加速度分布図 (B-B 断面) (3/12) (解析ケース①)

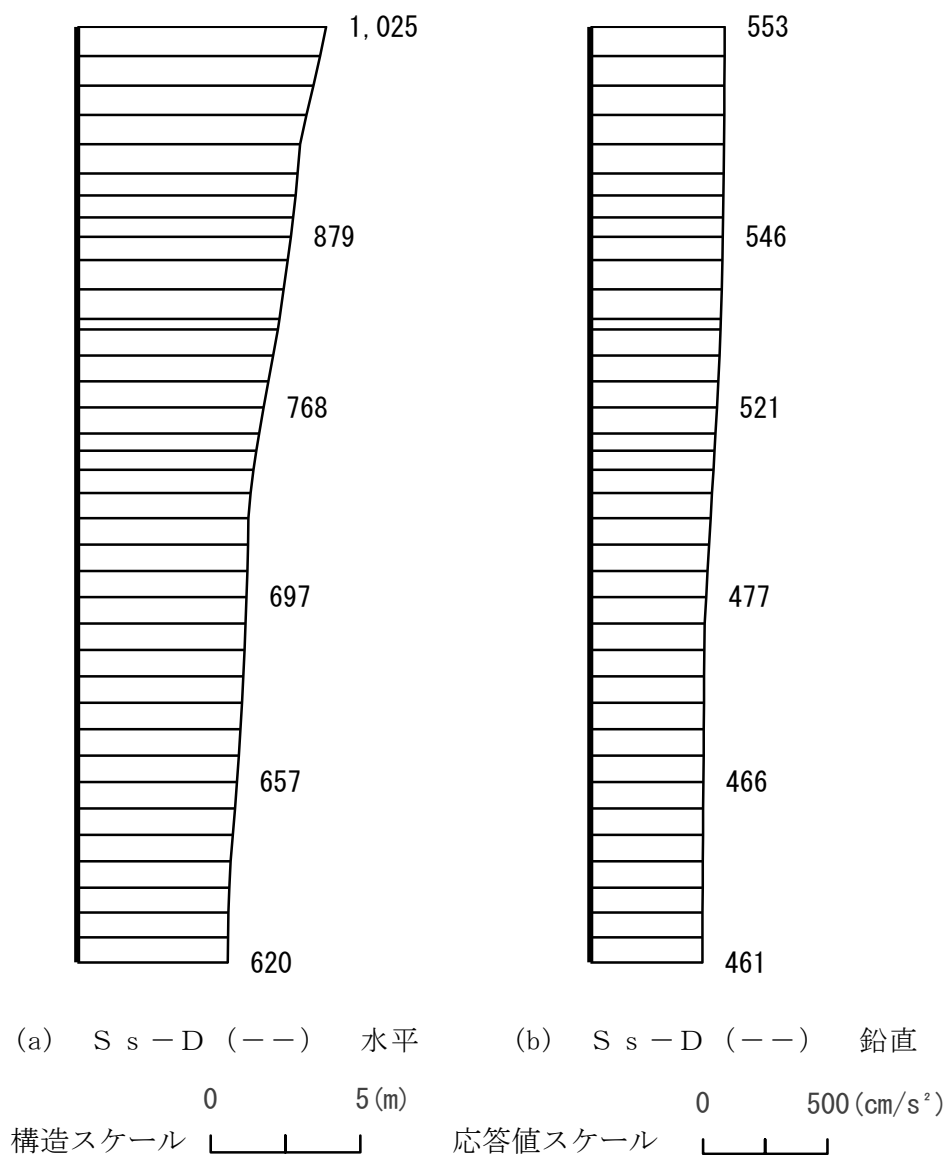


図 4-40 最大応答加速度分布図 (B-B 断面) (4/12) (解析ケース①)

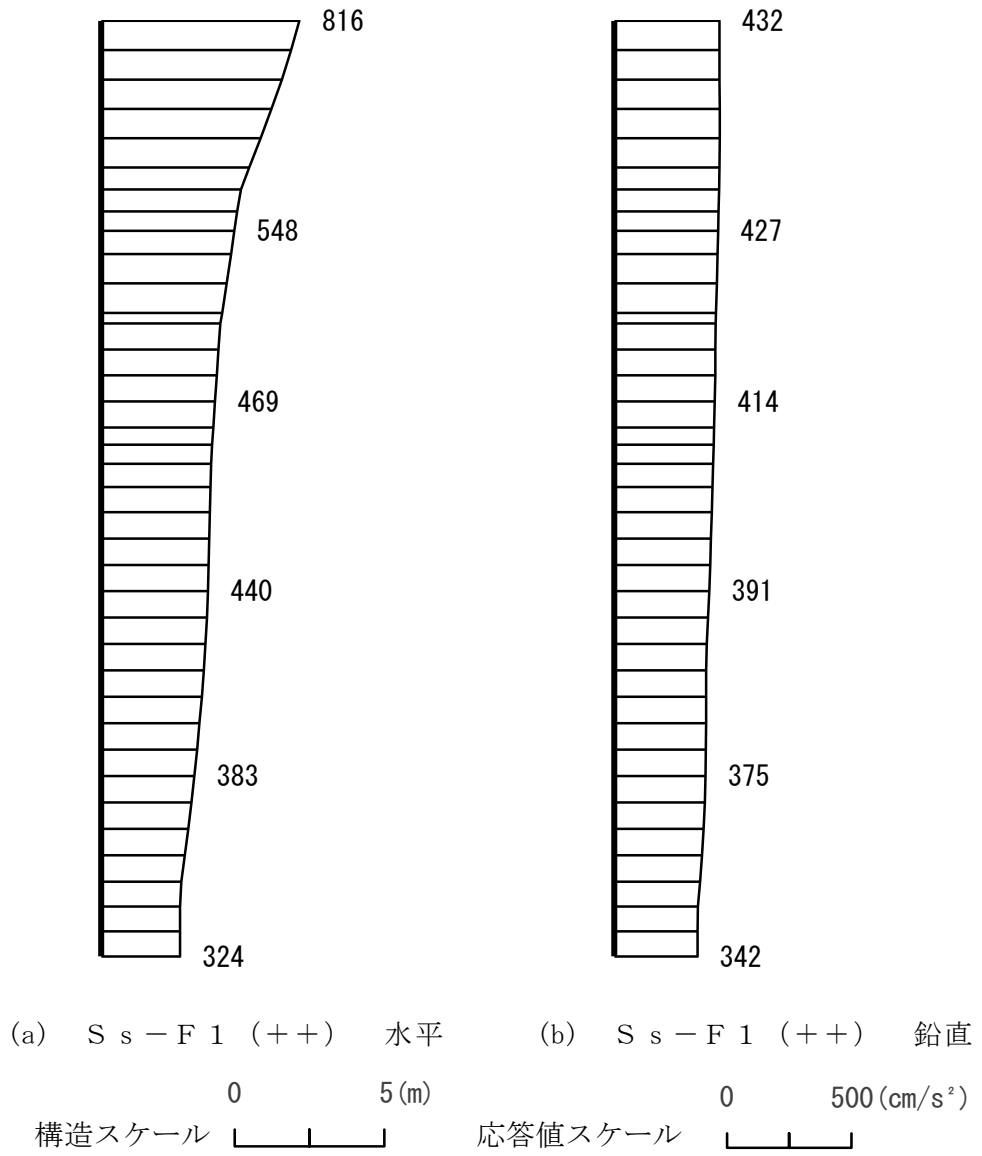


図 4-41 最大応答加速度分布図 (B-B 断面) (5/12) (解析ケース①)

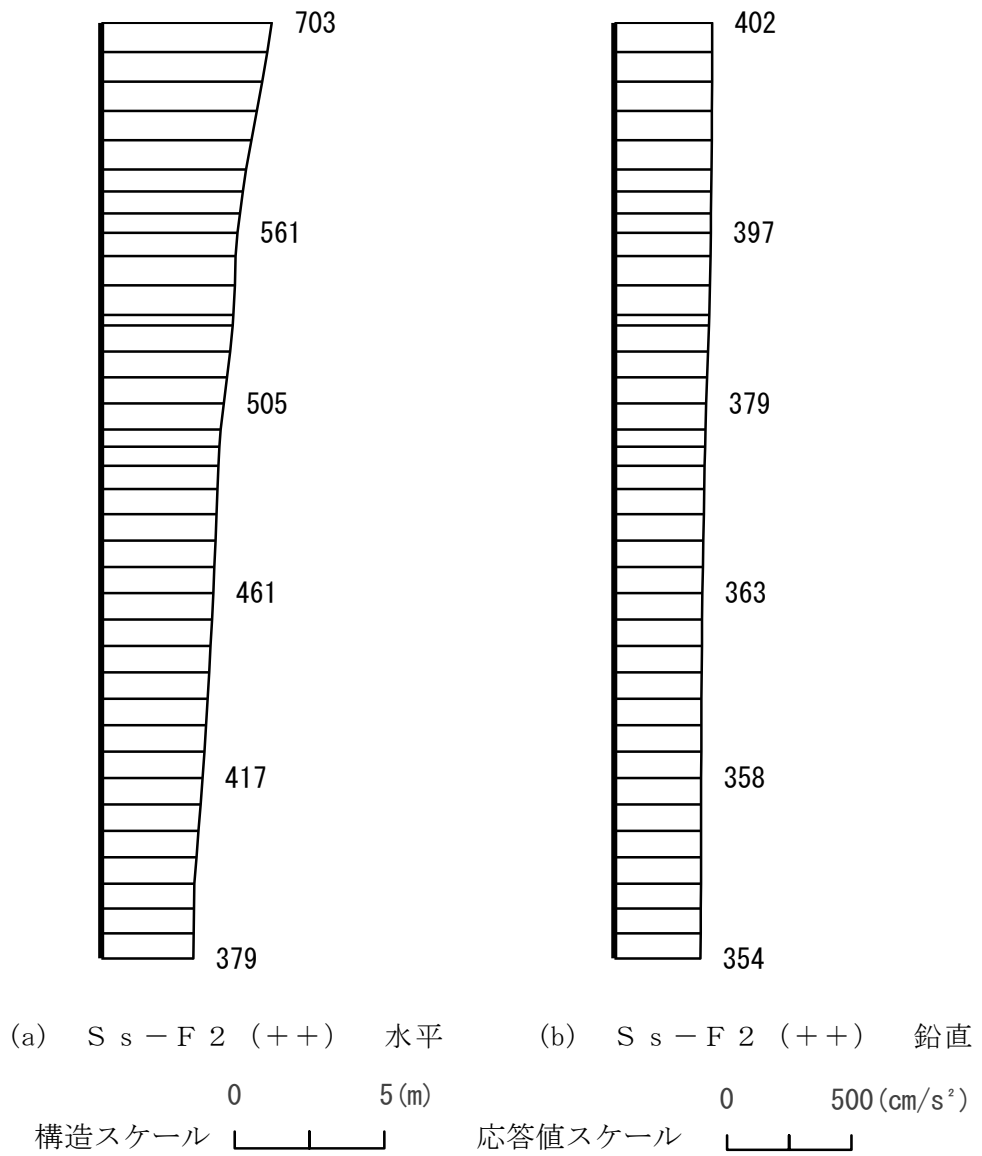


図 4-42 最大応答加速度分布図 (B-B 断面) (6/12) (解析ケース①)

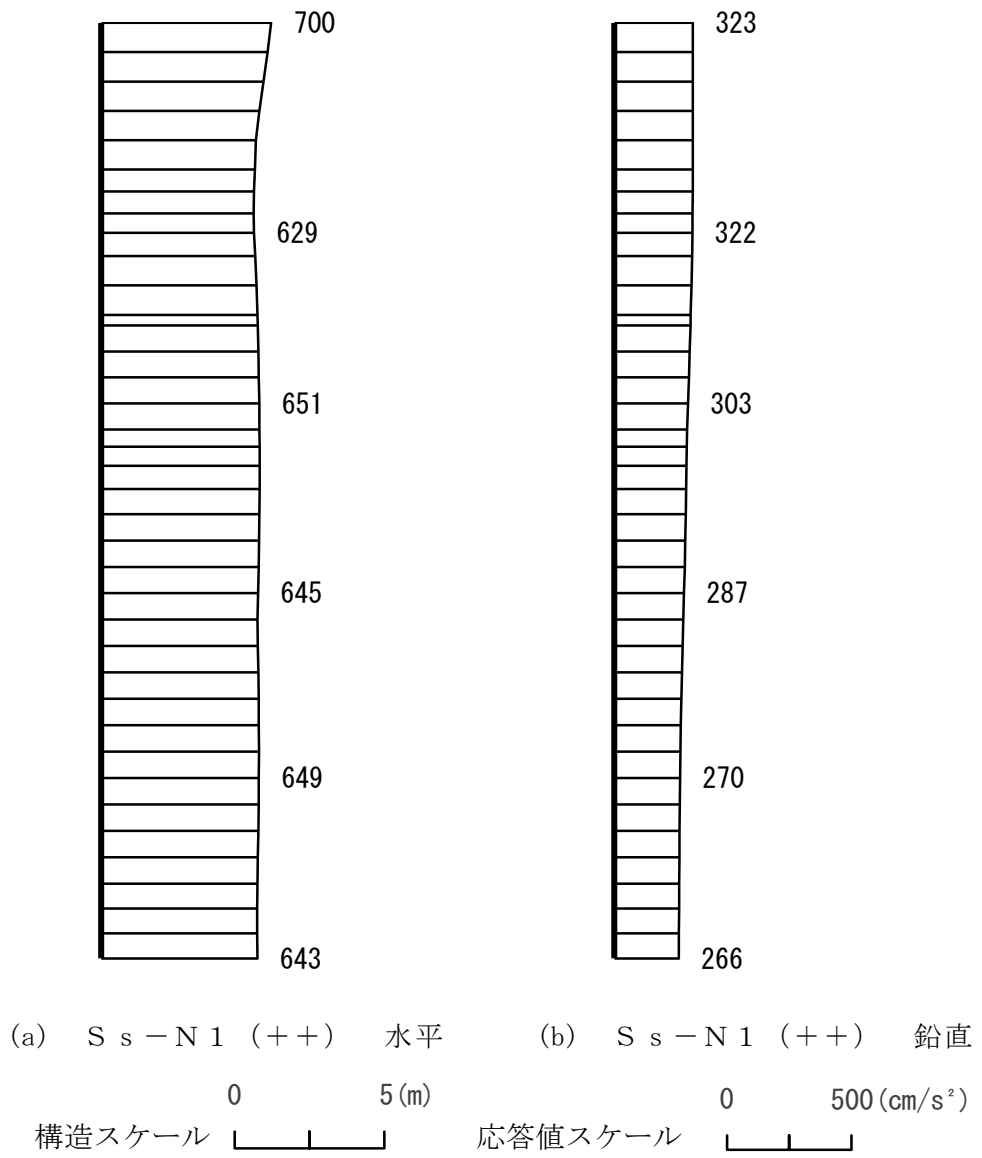


図 4-43 最大応答加速度分布図 (B-B 断面) (7/12) (解析ケース①)

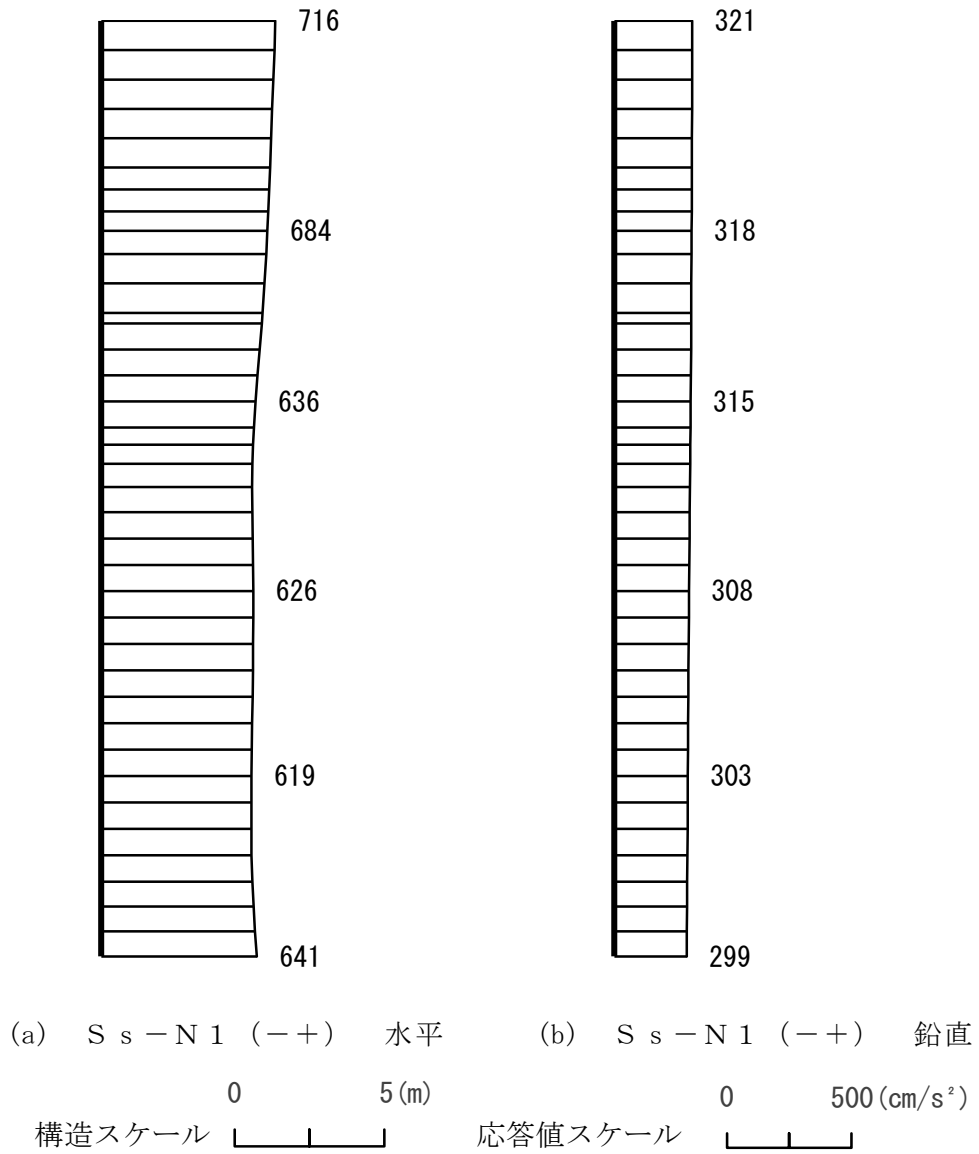
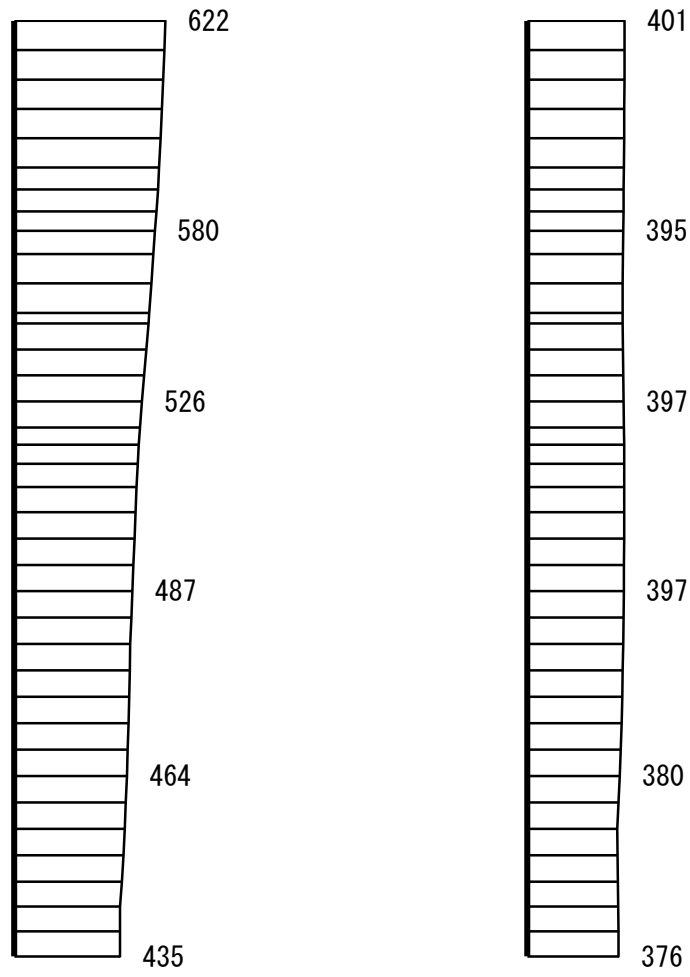
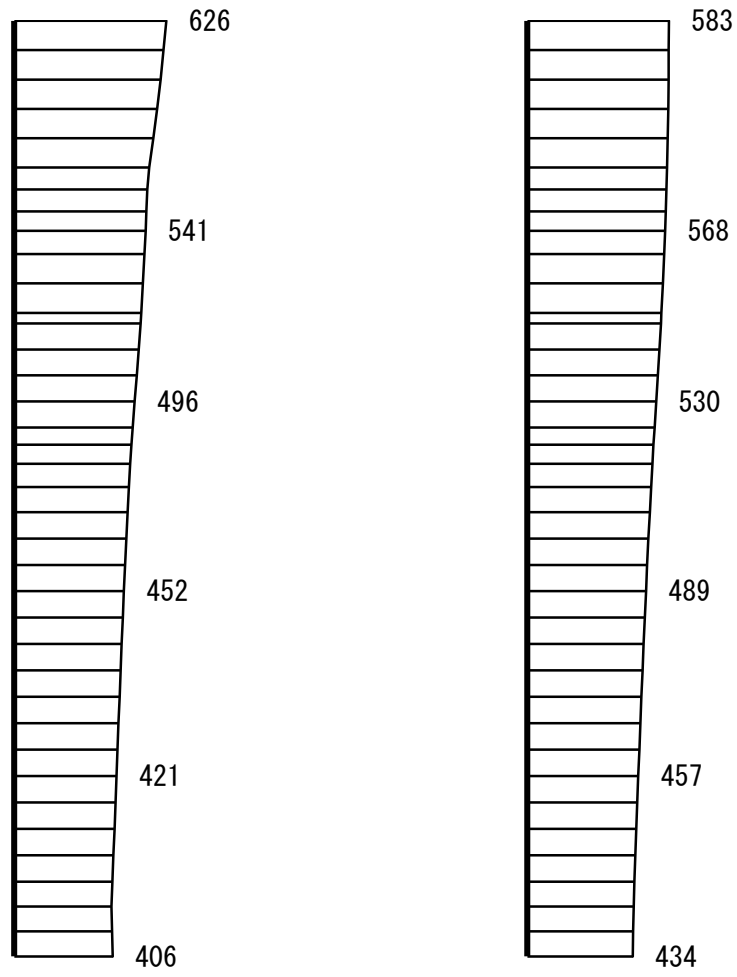


図 4-44 最大応答加速度分布図 (B-B 断面) (8/12) (解析ケース①)



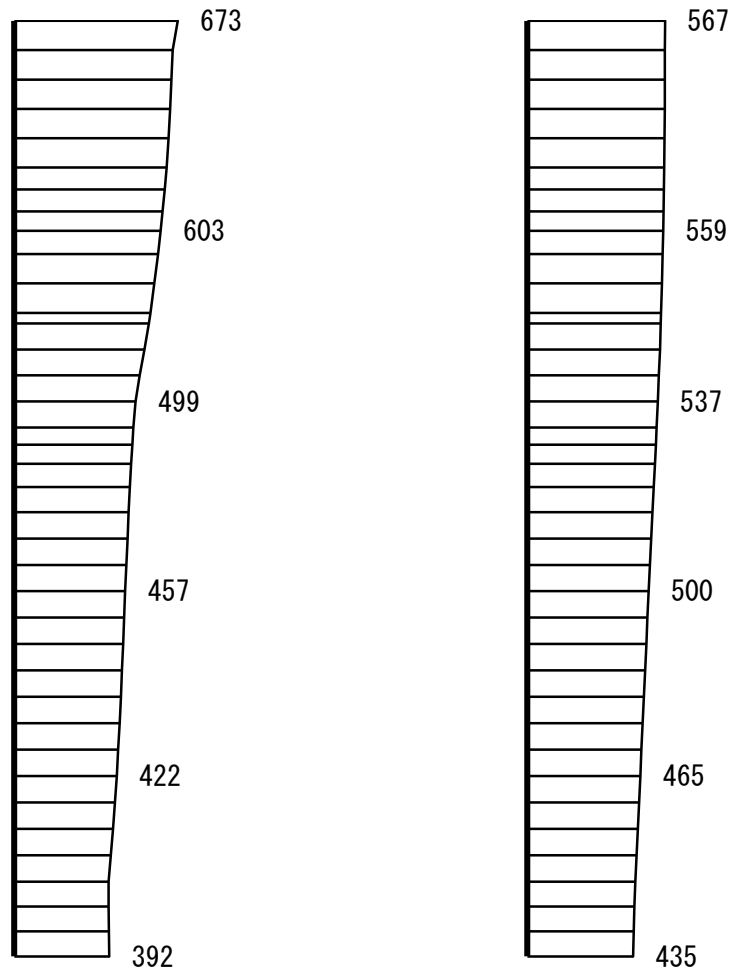
(a) S s - N 2 (N S) (+ +) 水平 (b) S s - N 2 (N S) (+ +) 鉛直
 構造スケール 0 5 (m) 応答値スケール 0 500 (cm/s²)

図 4-45 最大応答加速度分布図 (B - B 断面) (9 / 12) (解析ケース ①)



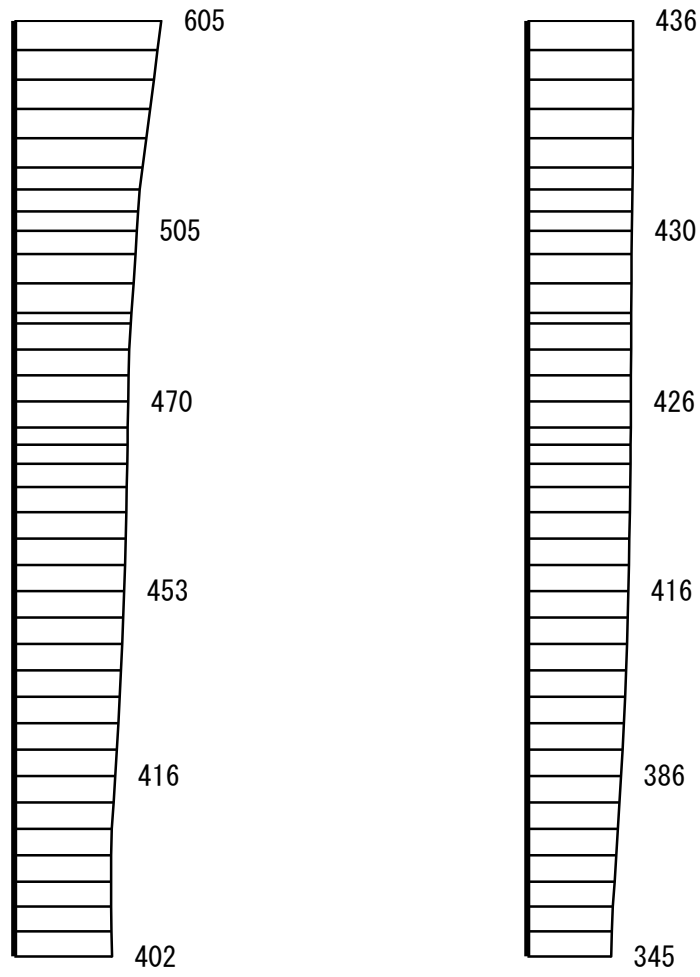
(a) $S_s - N_2 (NS) (-+)$ 水平 (b) $S_s - N_2 (NS) (-+)$ 鉛直
 構造スケール 0 5(m) 応答値スケール 0 500 (cm/s²)

図 4-46 最大応答加速度分布図 (B-B 断面) (10/12) (解析ケース①)



(a) S s - N 2 (E W) (+ +) 水平 (b) S s - N 2 (E W) (+ +) 鉛直
 構造スケール 0 5 (m) 応答値スケール 0 500 (cm/s²)

図 4-47 最大応答加速度分布図 (B - B 断面) (11 / 12) (解析ケース ①)



(a) S s - N 2 (E W) (- +) 水平 (b) S s - N 2 (E W) (- +) 鉛直
 構造スケール 0 5 (m) 応答値スケール 0 500 (cm/s²)

図 4-48 最大応答加速度分布図 (B - B 断面) (12 / 12) (解析ケース ①)

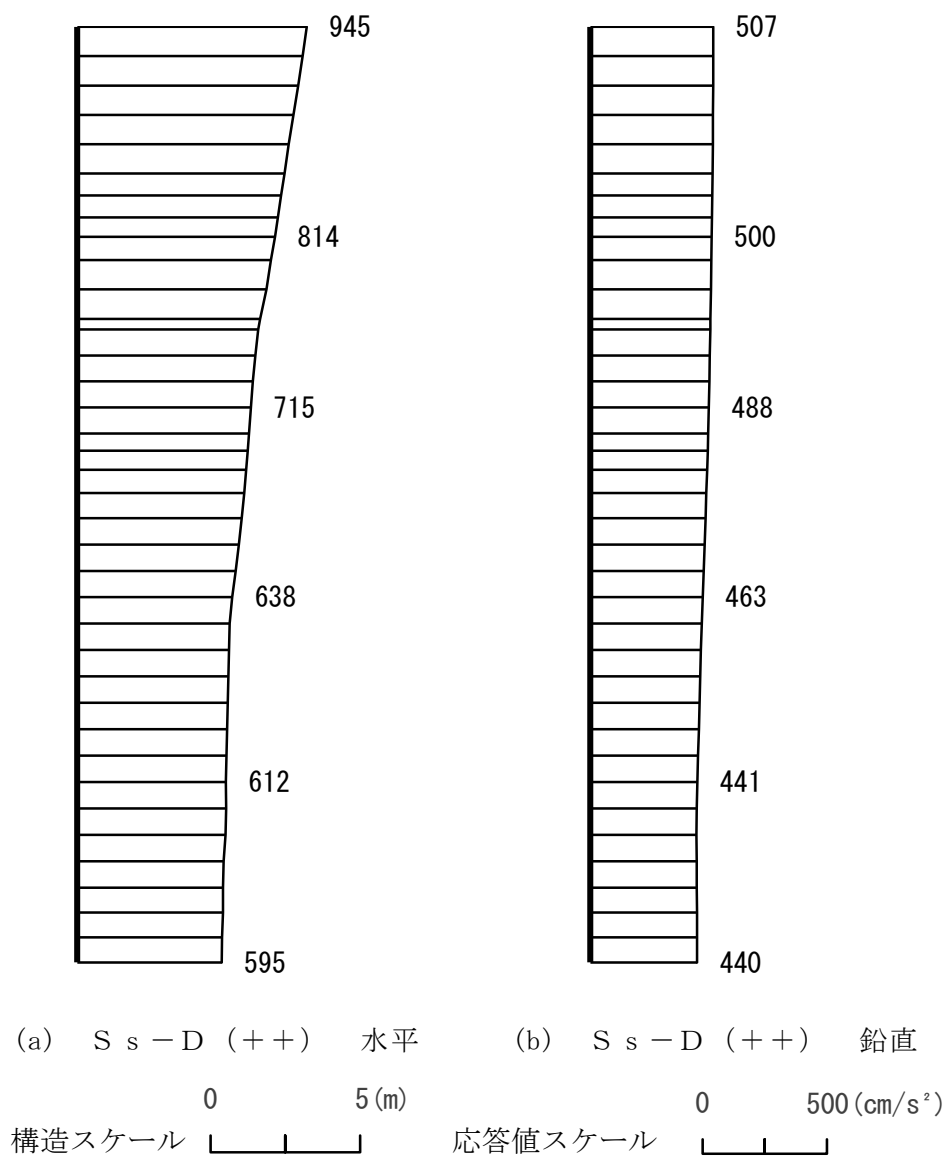


図 4-49 最大応答加速度分布図 (B-B 断面) (1/24) (解析ケース②)

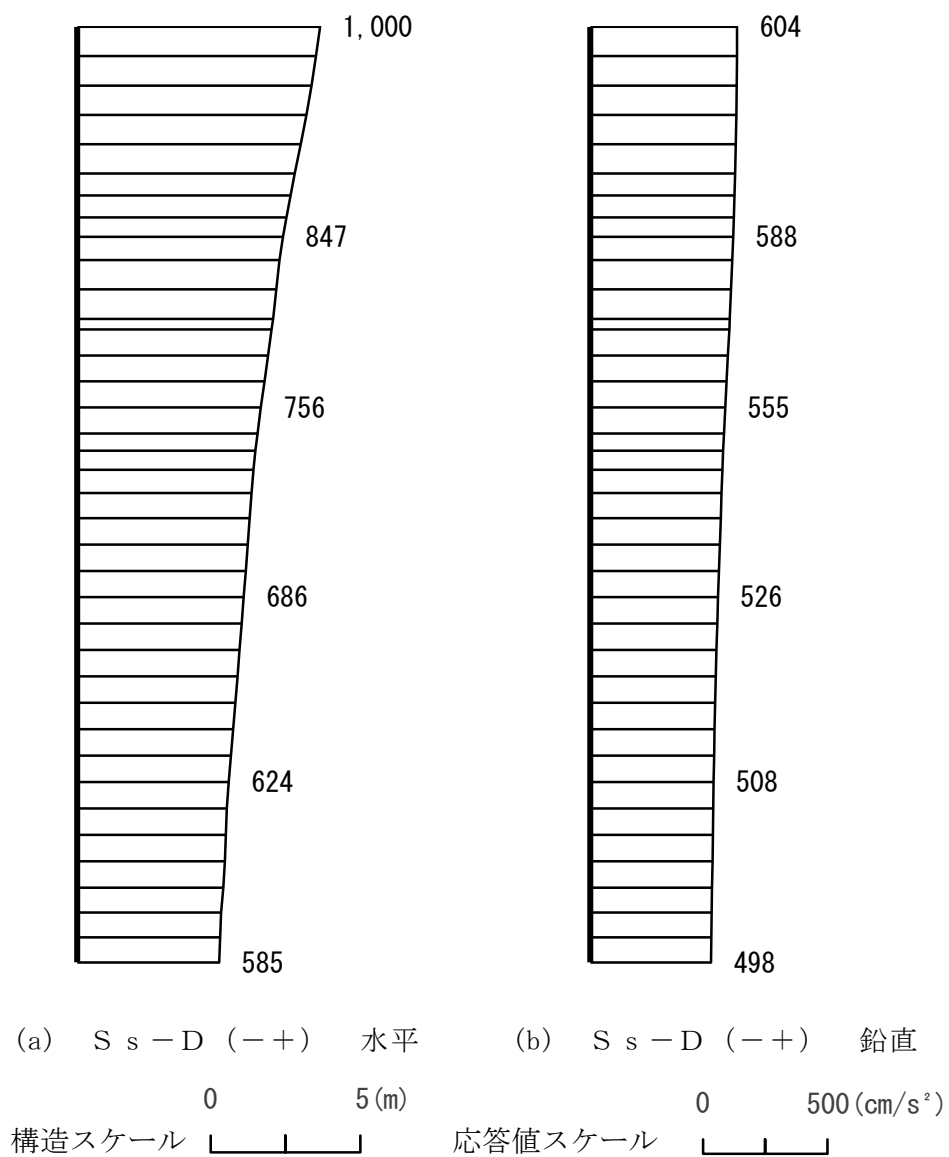


図 4-50 最大応答加速度分布図 (B-B 断面) (2/24) (解析ケース②)

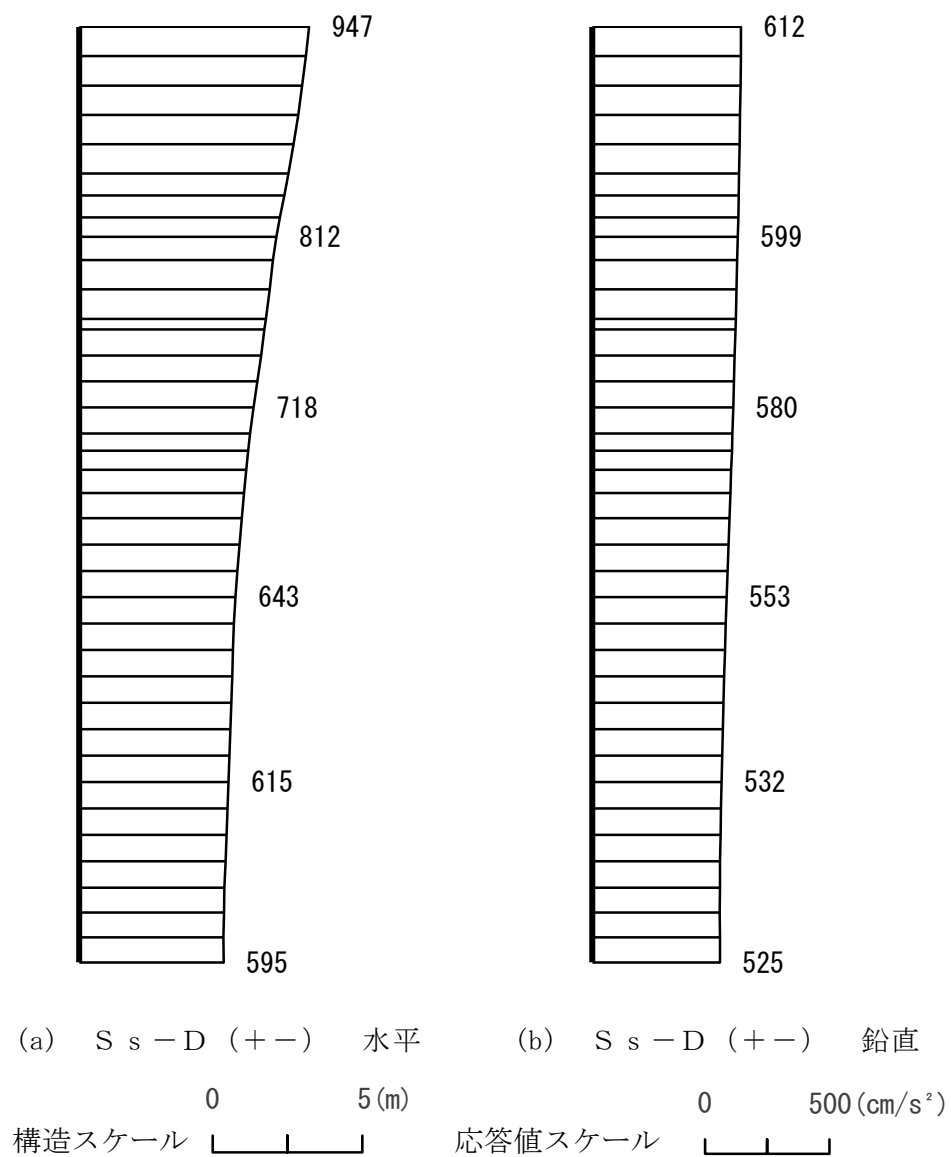


図 4-51 最大応答加速度分布図 (B-B 断面) (3/24) (解析ケース②)

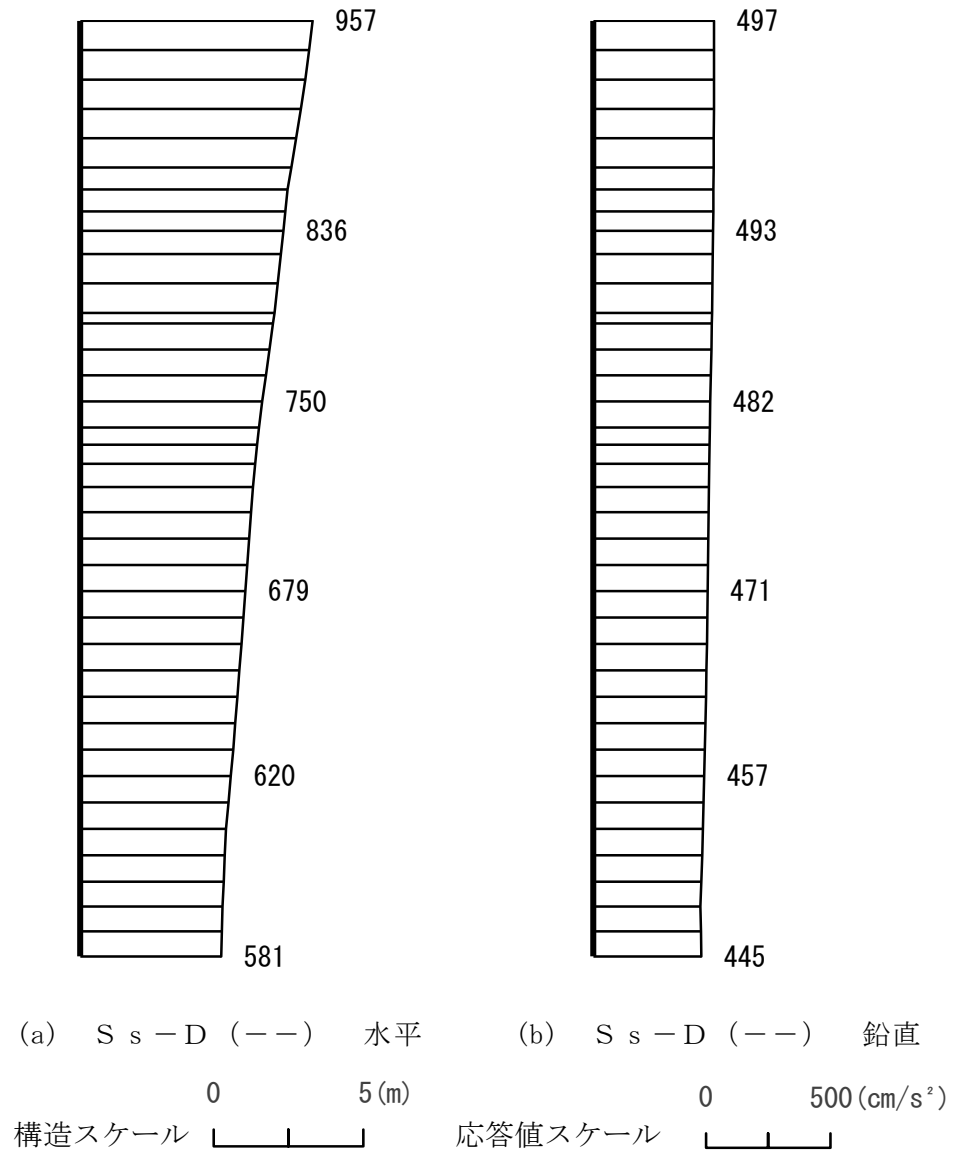


図 4-52 最大応答加速度分布図 (B-B 断面) (4/24) (解析ケース②)

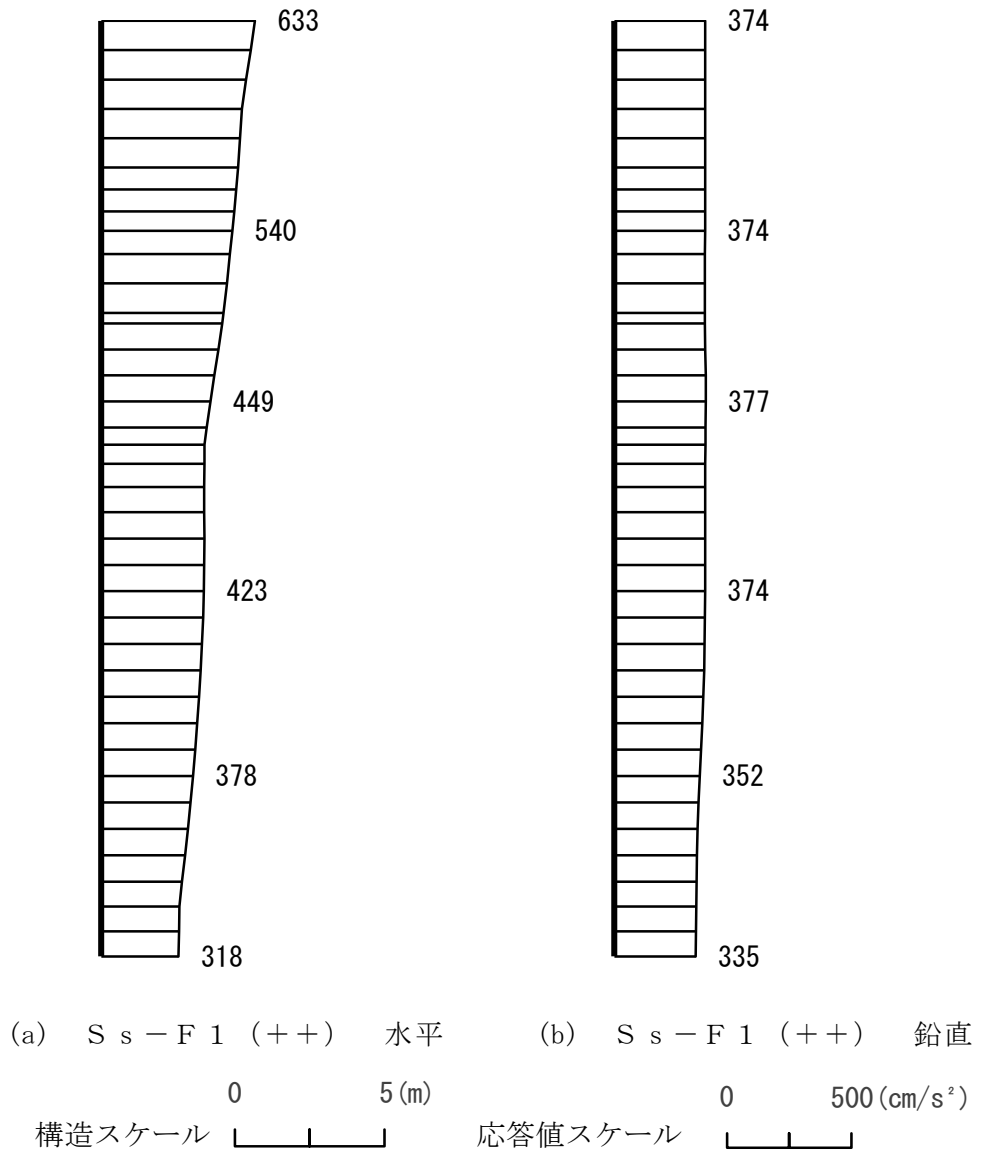


図 4-53 最大応答加速度分布図 (B-B 断面) (5/24) (解析ケース②)

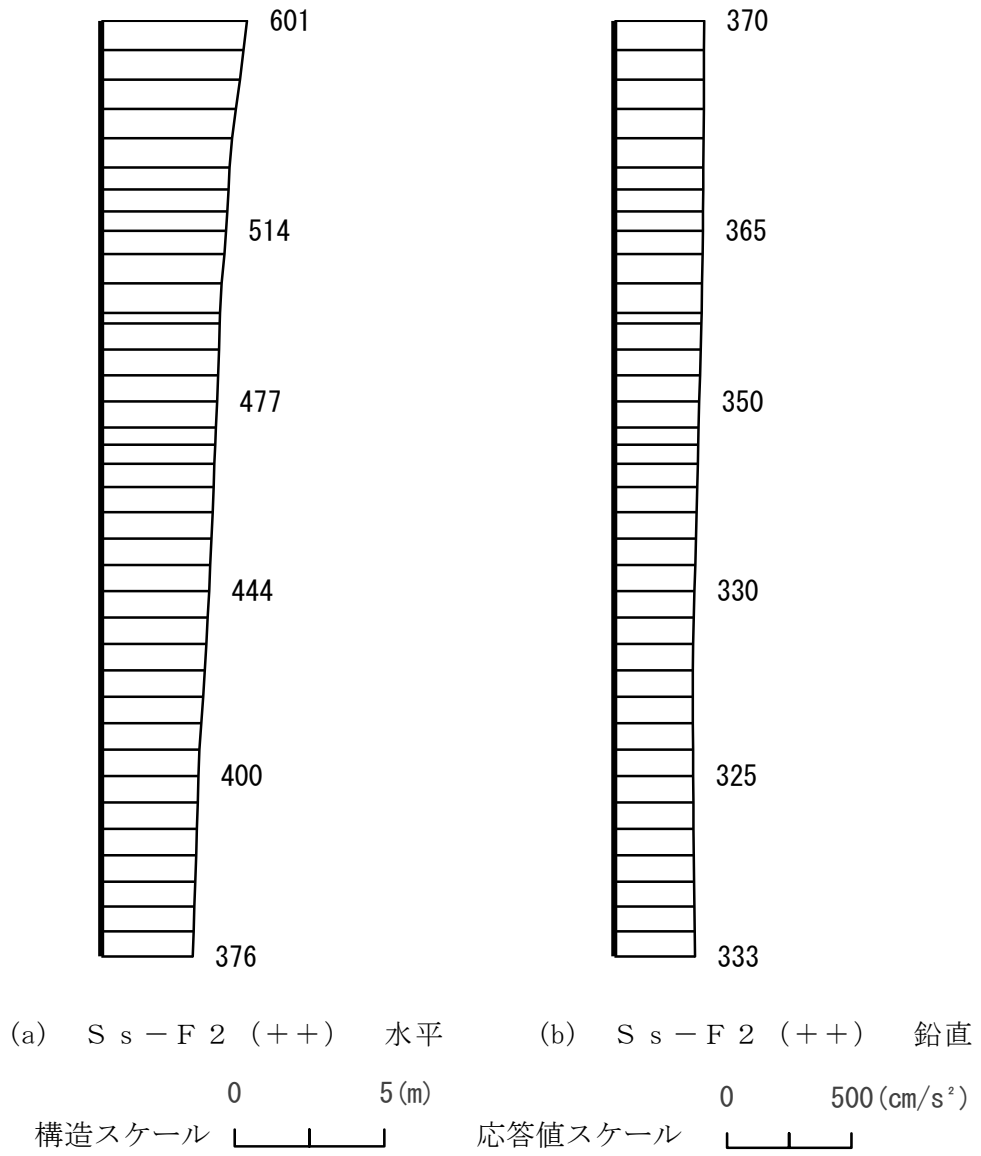


図 4-54 最大応答加速度分布図 (B-B 断面) (6/24) (解析ケース②)

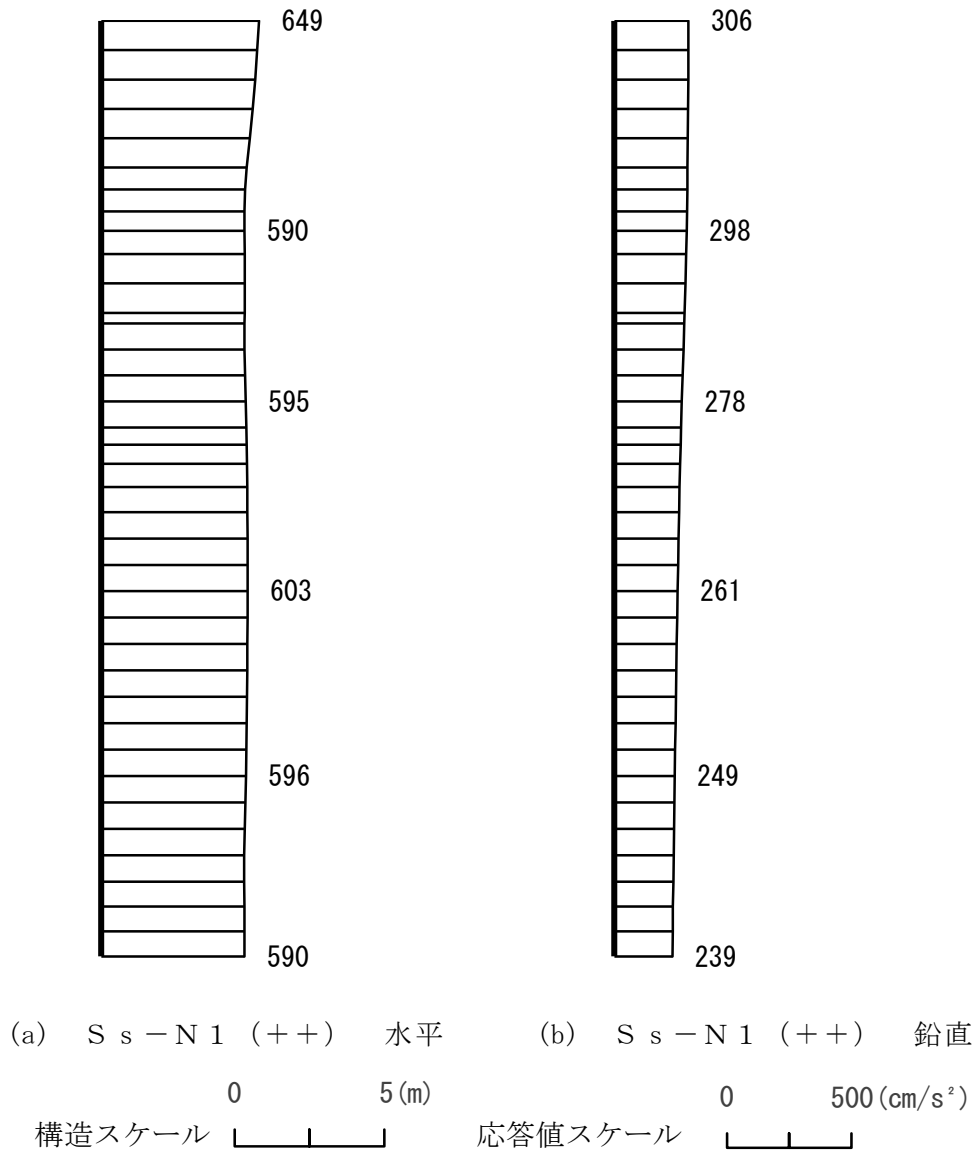


図 4-55 最大応答加速度分布図 (B-B 断面) (7/24) (解析ケース②)

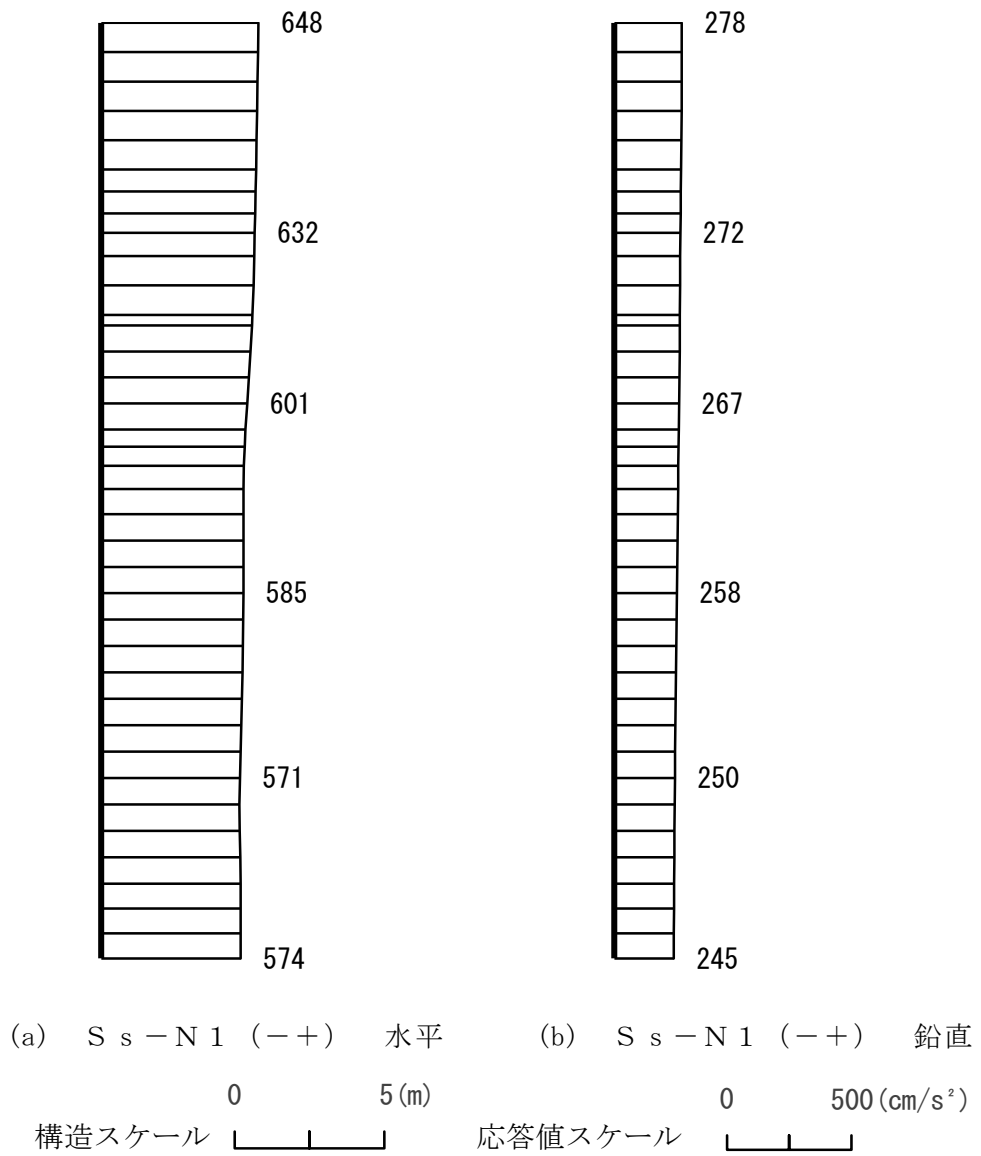
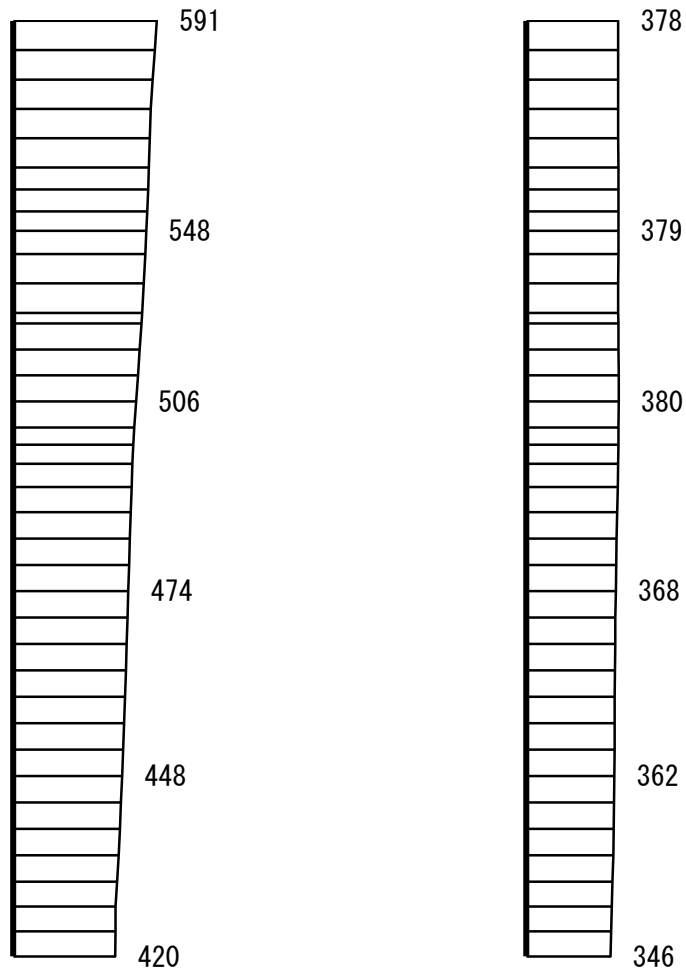
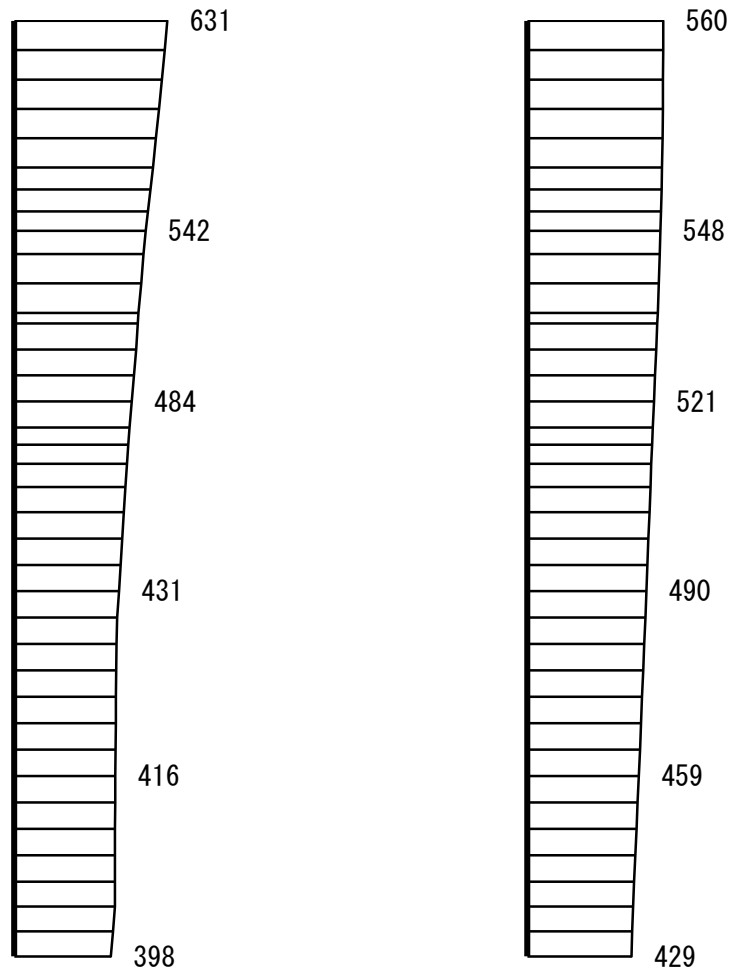


図 4-56 最大応答加速度分布図 (B-B 断面) (8/24) (解析ケース②)



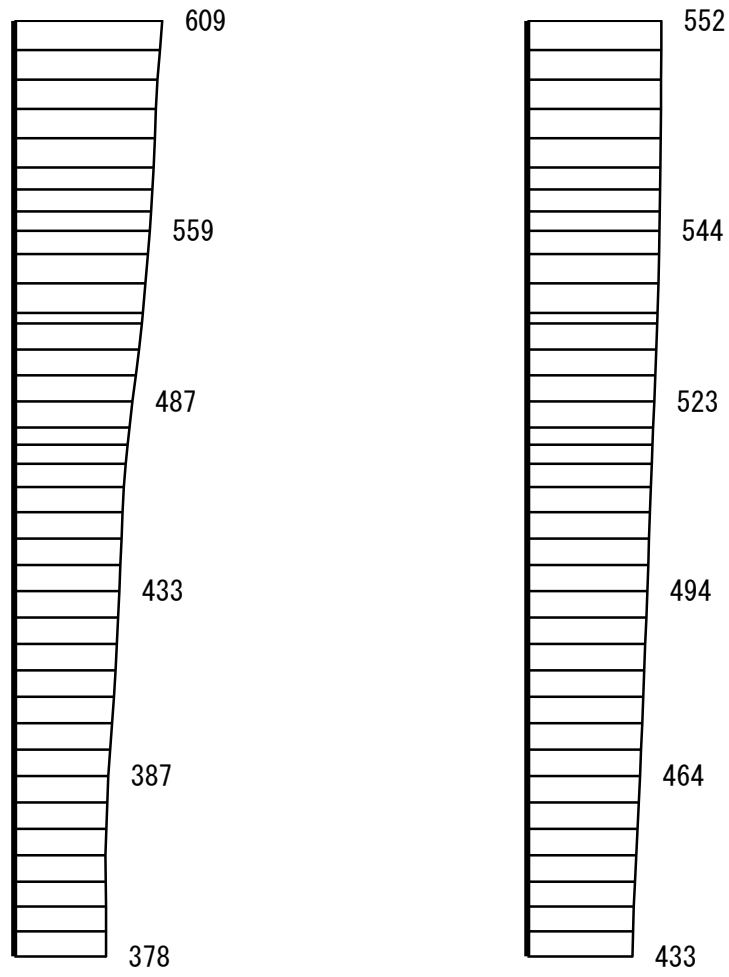
(a) S s - N 2 (N S) (+ +) 水平 (b) S s - N 2 (N S) (+ +) 鉛直
 構造スケール 0 5 (m) 応答値スケール 0 500 (cm/s²)

図 4-57 最大応答加速度分布図 (B - B 断面) (9 / 24) (解析ケース②)



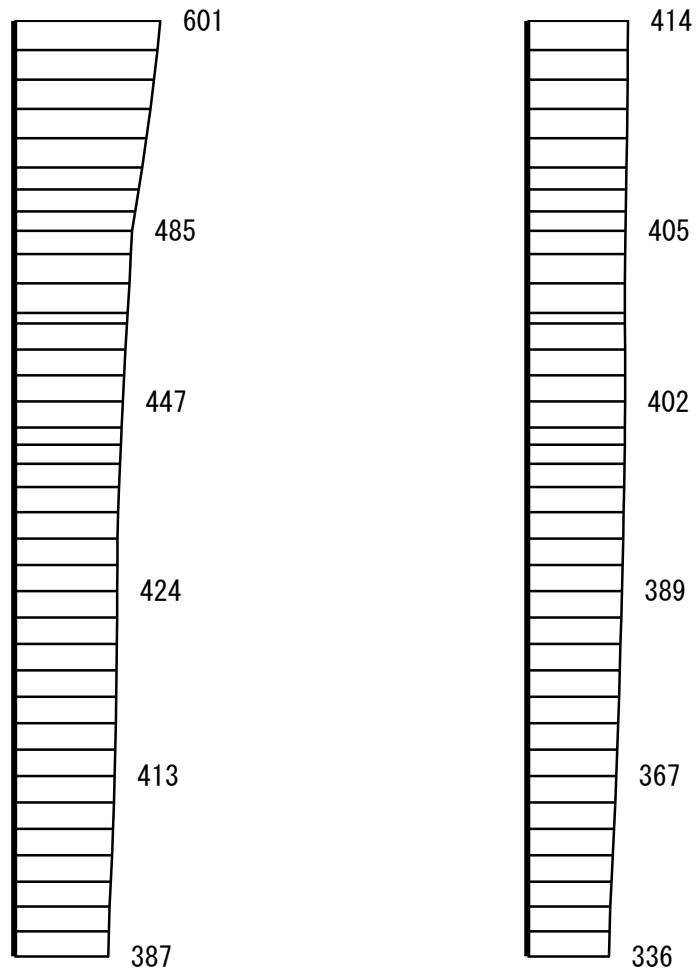
(a) $S_s - N_2 (NS) (-+)$ 水平 (b) $S_s - N_2 (NS) (-+)$ 鉛直
 構造スケール 0 5(m) 応答値スケール 0 500 (cm/s²)

図 4-58 最大応答加速度分布図 (B-B 断面) (10/24) (解析ケース②)



(a) S s - N 2 (E W) (+ +) 水平 (b) S s - N 2 (E W) (+ +) 鉛直
 構造スケール 0 5 (m) 応答値スケール 0 500 (cm/s²)

図 4-59 最大応答加速度分布図 (B - B 断面) (11 / 24) (解析ケース ②)



(a) $S_s - N_2 (EW) (-+)$ 水平 (b) $S_s - N_2 (EW) (-+)$ 鉛直
 構造スケール 0 5(m) 応答値スケール 0 500 (cm/s²)

図 4-60 最大応答加速度分布図 (B-B 断面) (12/24) (解析ケース②)

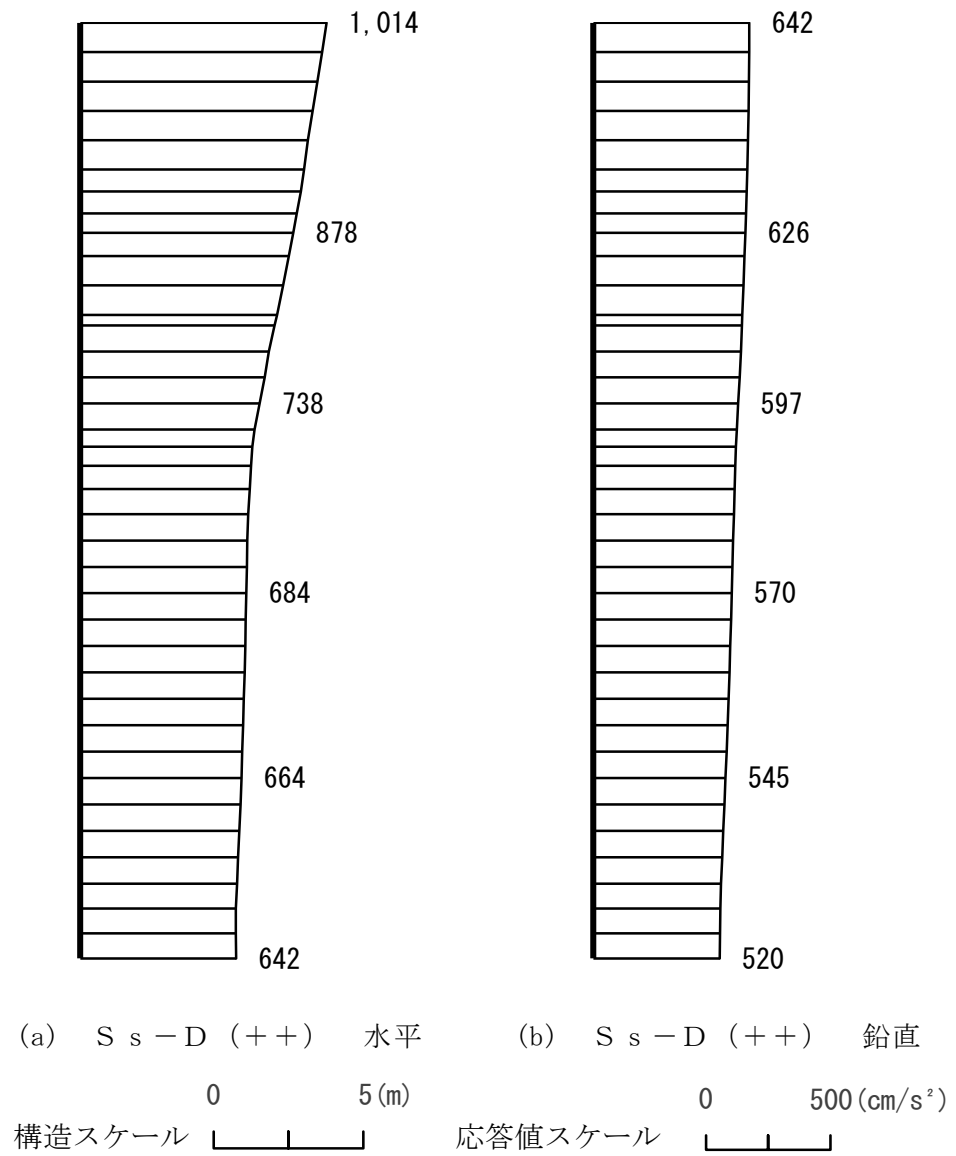


図 4-61 最大応答加速度分布図 (B-B 断面) (13/24) (解析ケース③)

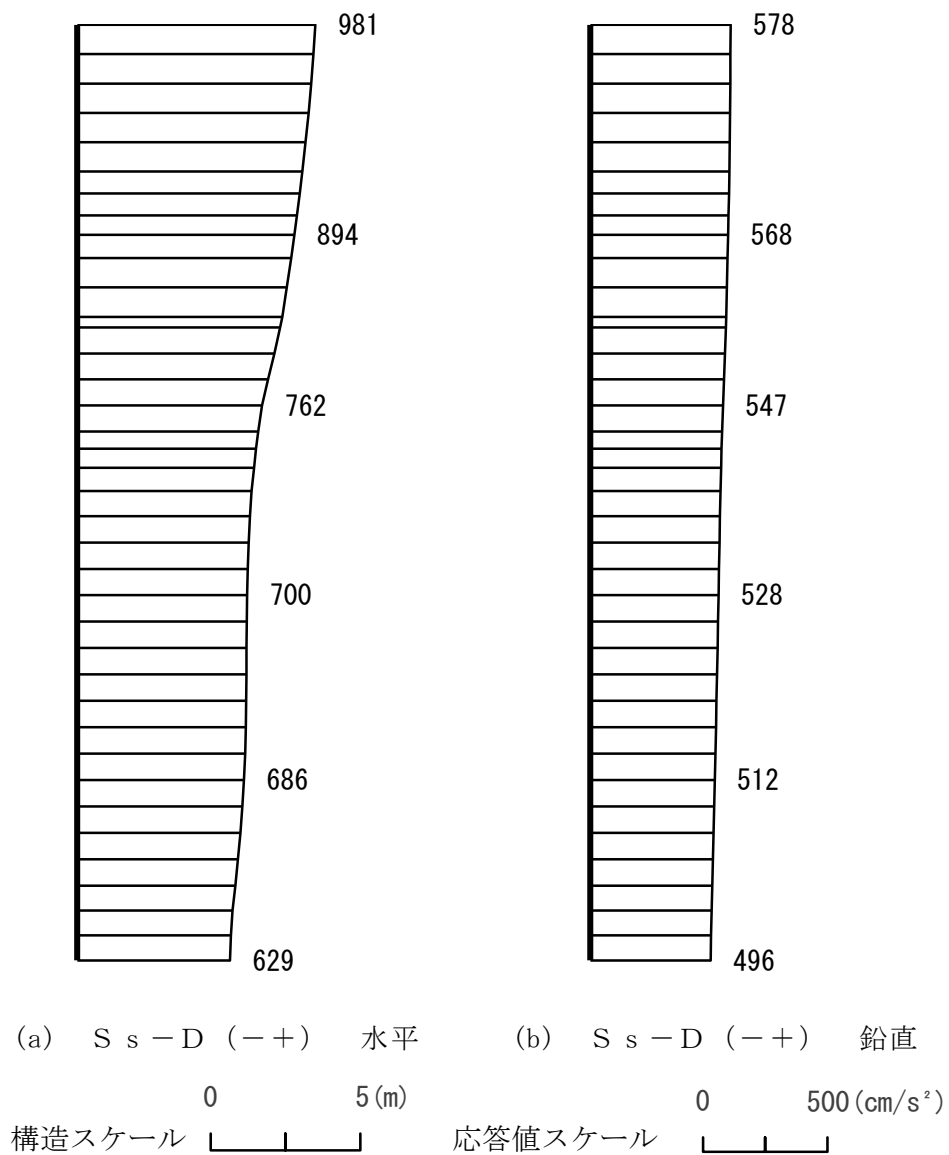


図 4-62 最大応答加速度分布図 (B-B 断面) (14/24) (解析ケース③)

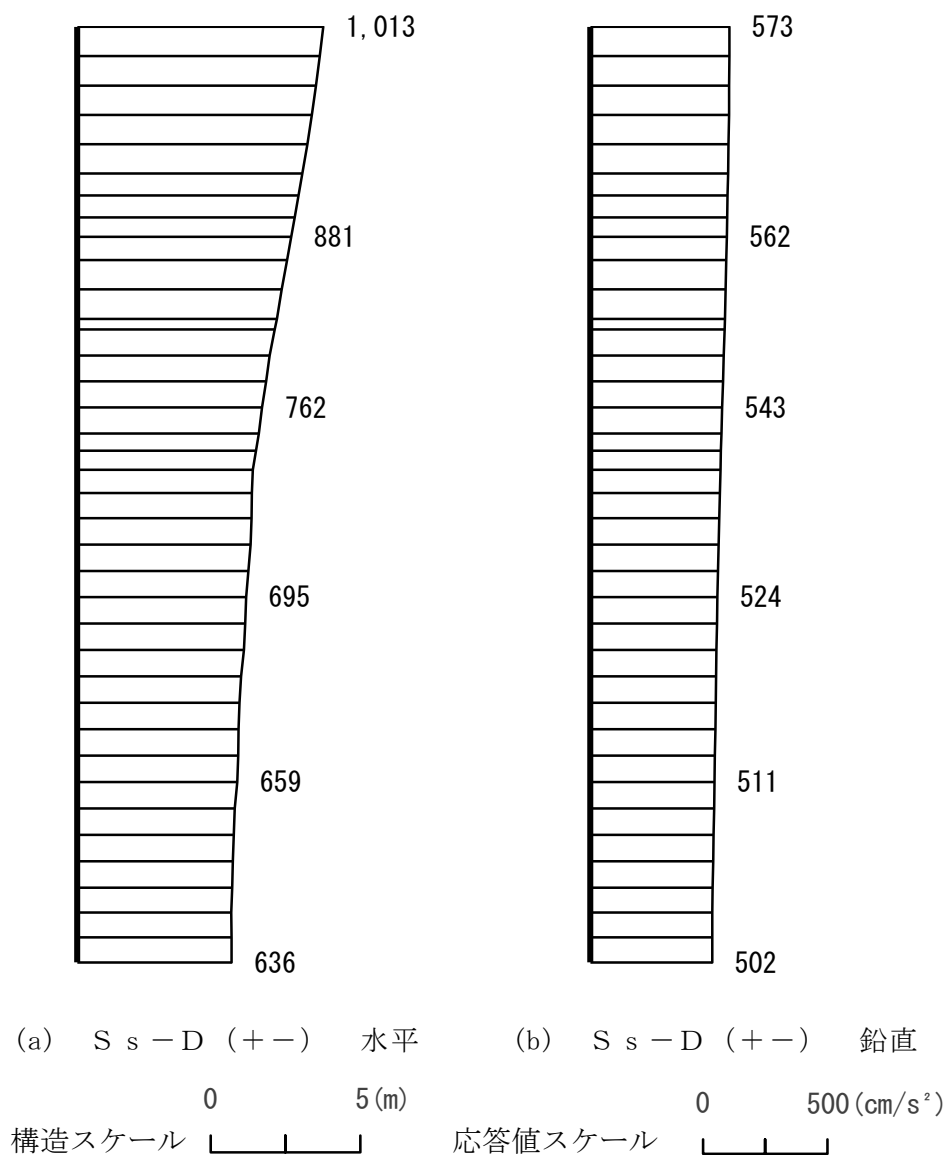


図 4-63 最大応答加速度分布図 (B-B 断面) (15/24) (解析ケース③)

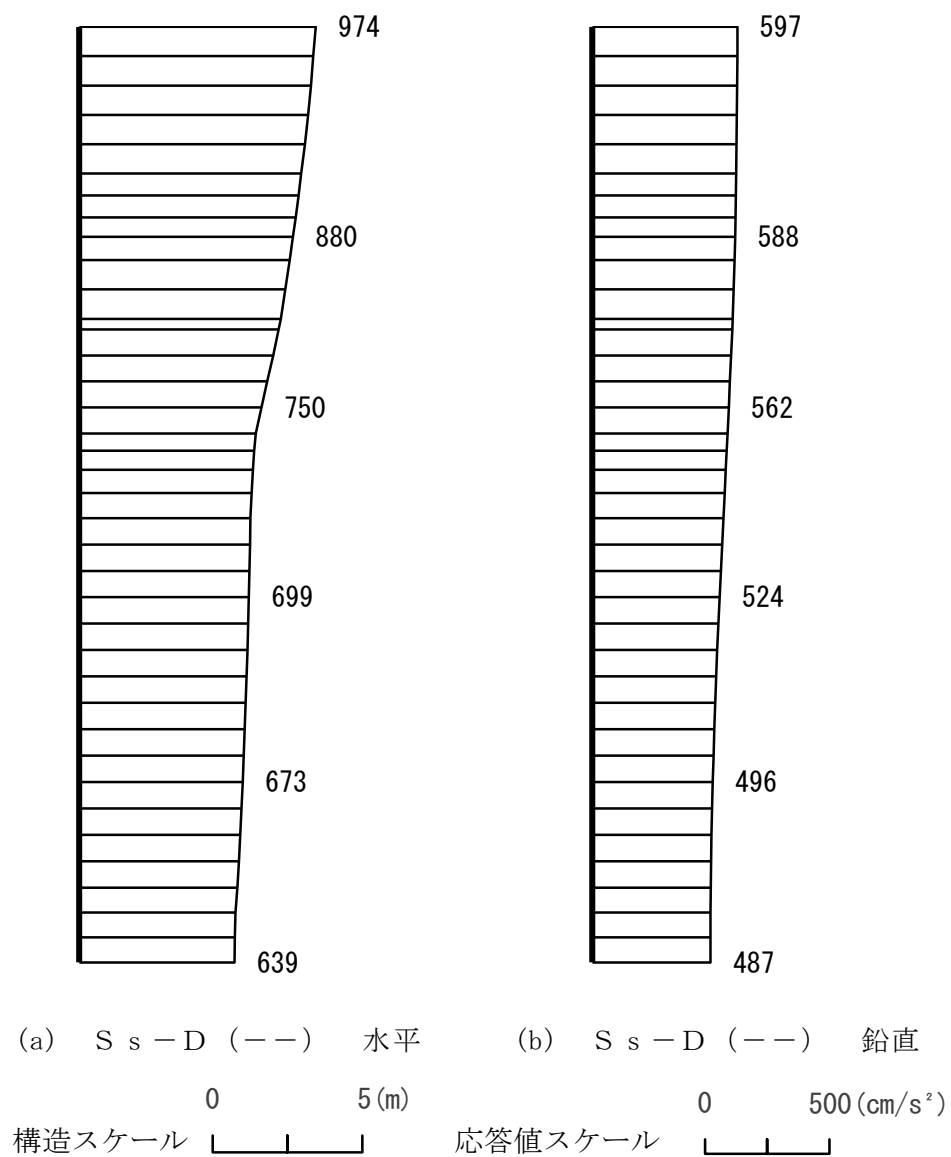


図 4-64 最大応答加速度分布図 (B-B 断面) (16/24) (解析ケース③)

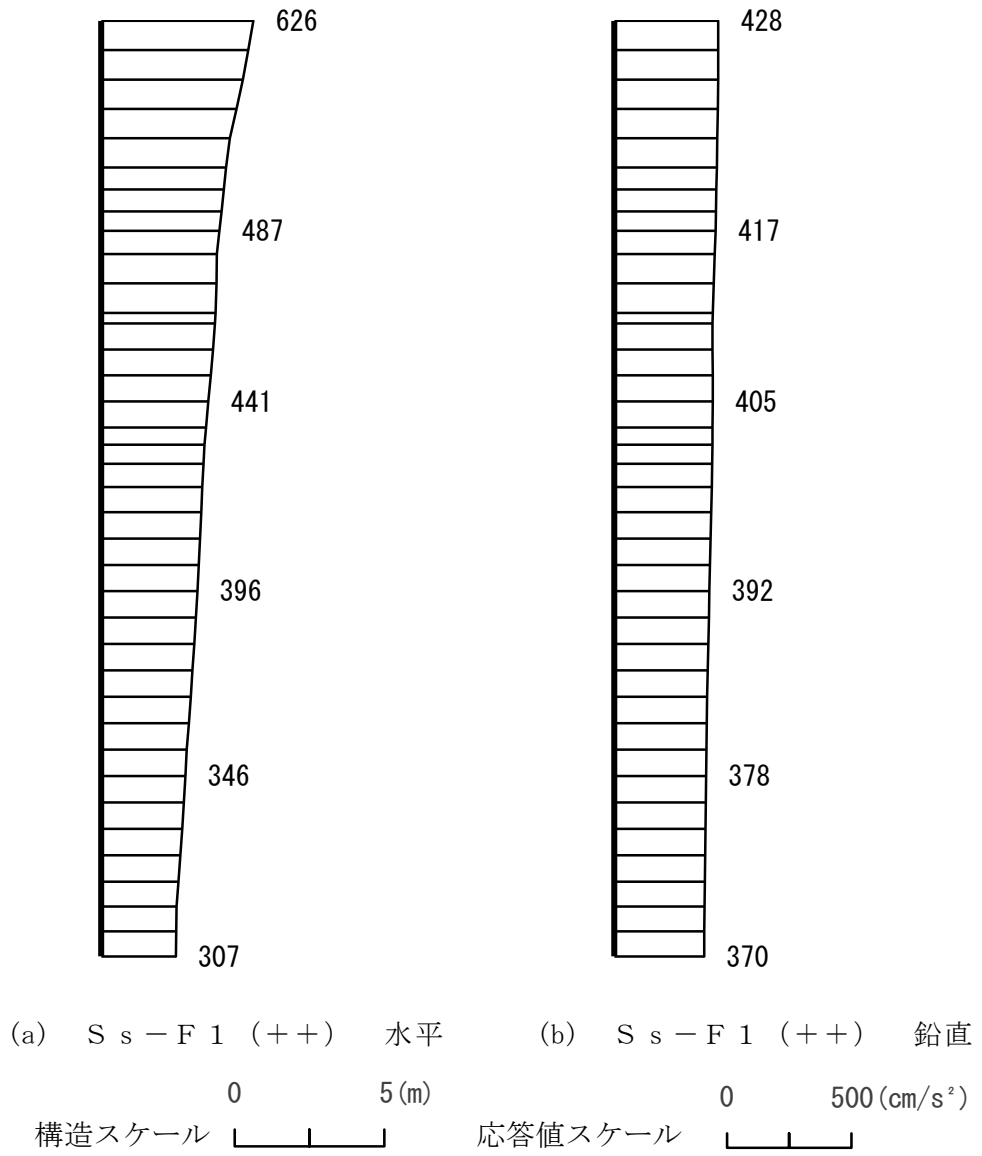


図 4-65 最大応答加速度分布図 (B-B 断面) (17/24) (解析ケース③)

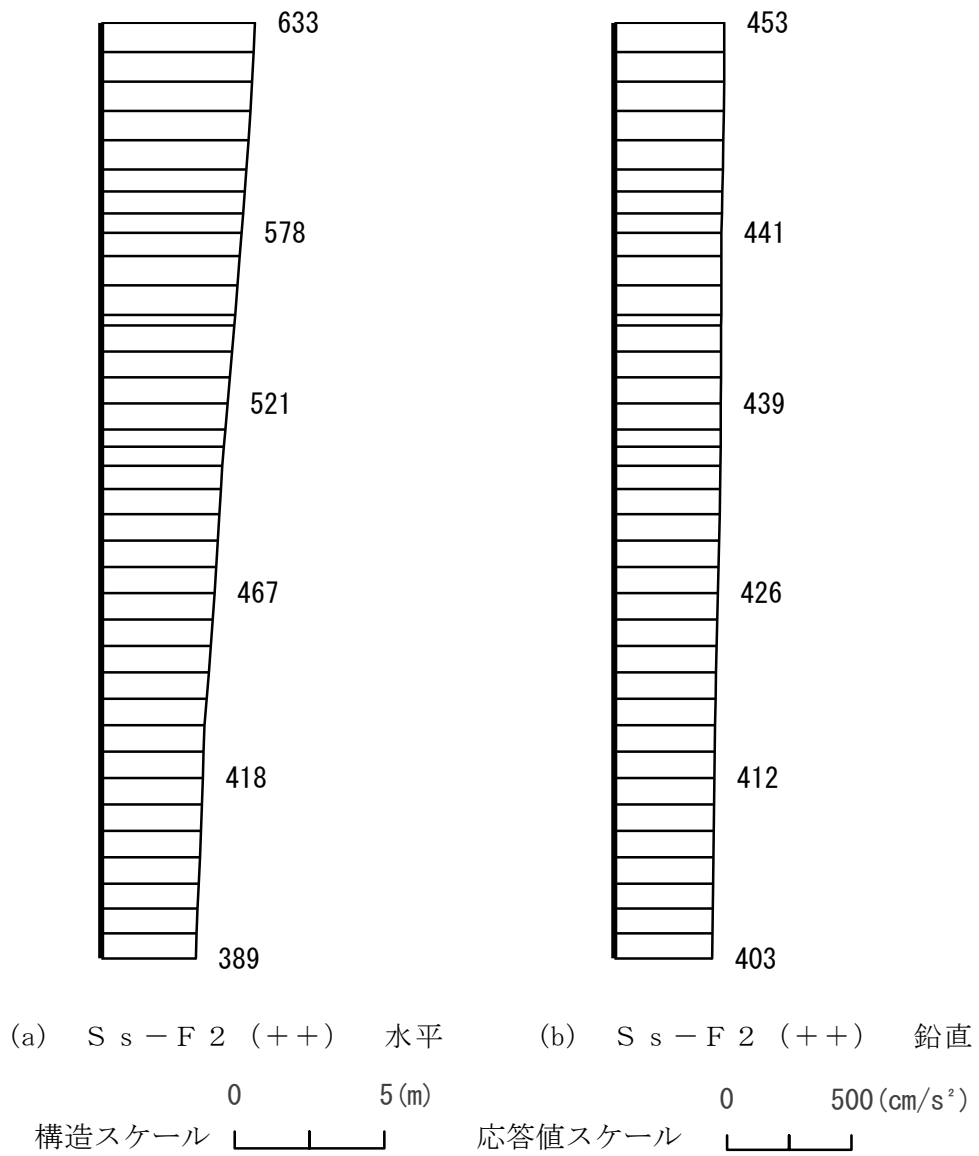


図 4-66 最大応答加速度分布図 (B-B 断面) (18/24) (解析ケース③)

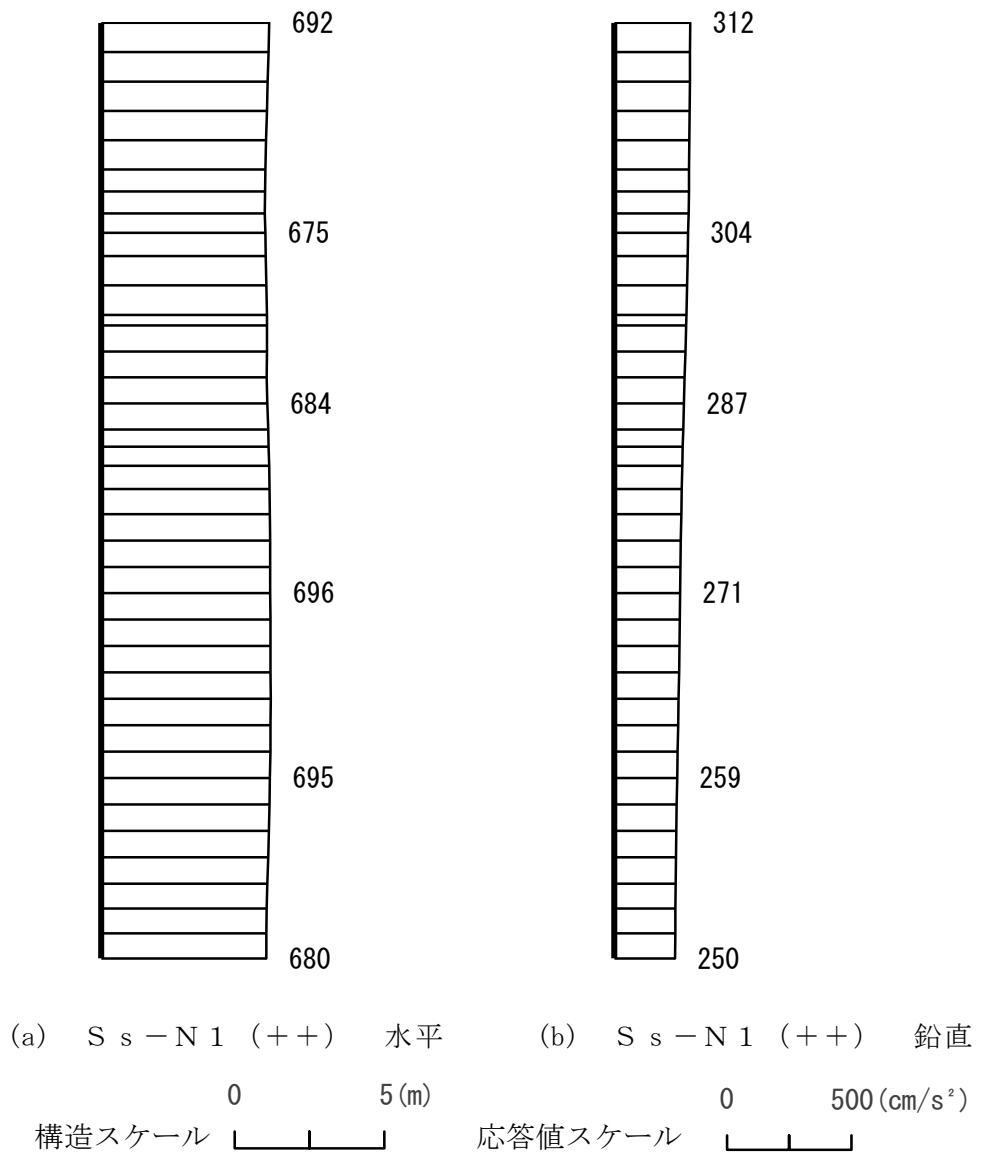


図 4-67 最大応答加速度分布図 (B-B 断面) (19/24) (解析ケース③)

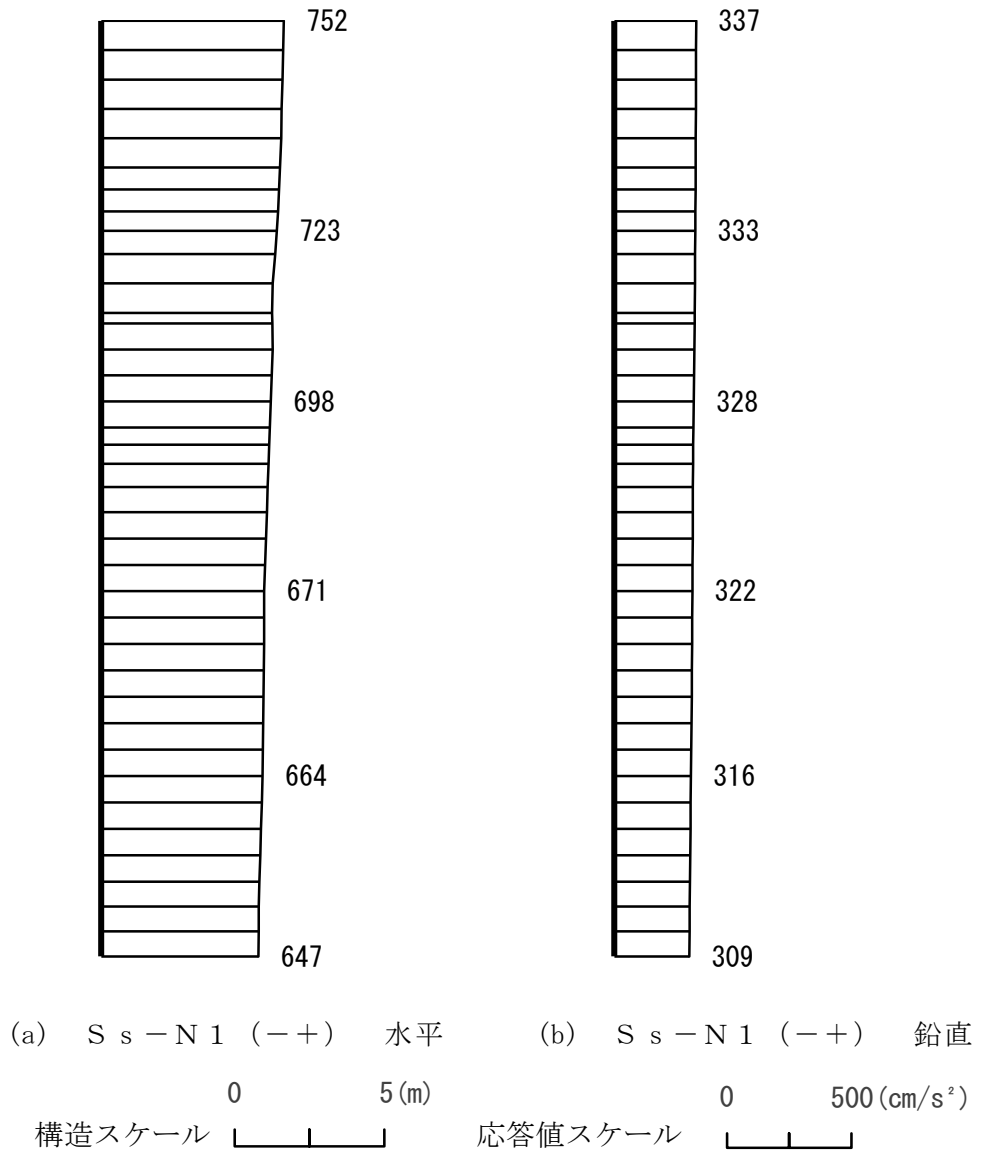
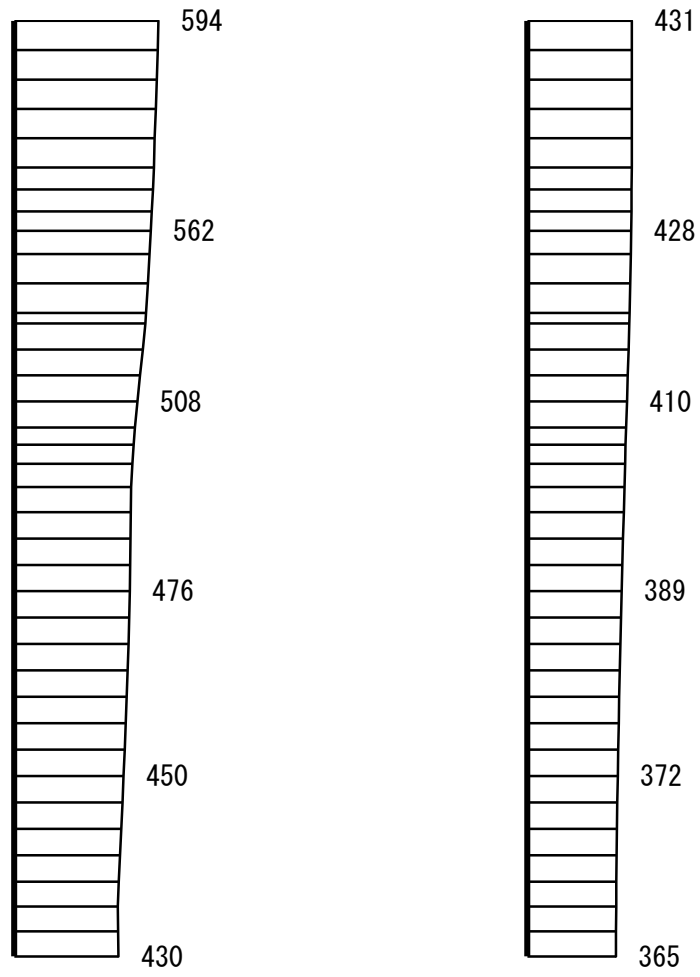
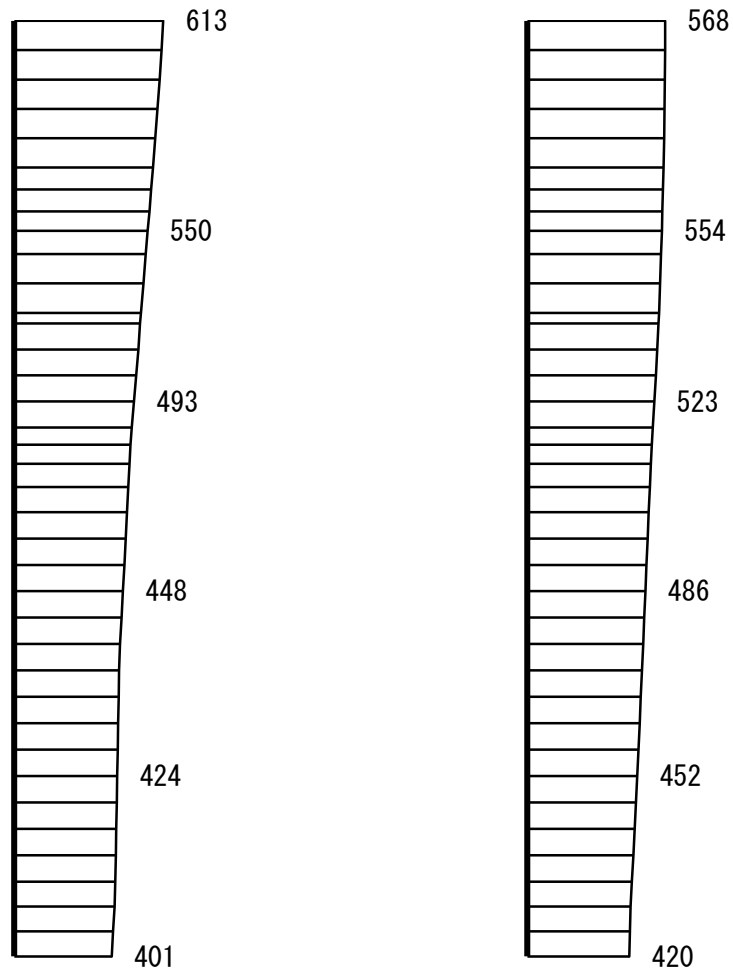


図 4-68 最大応答加速度分布図 (B-B 断面) (20/24) (解析ケース③)



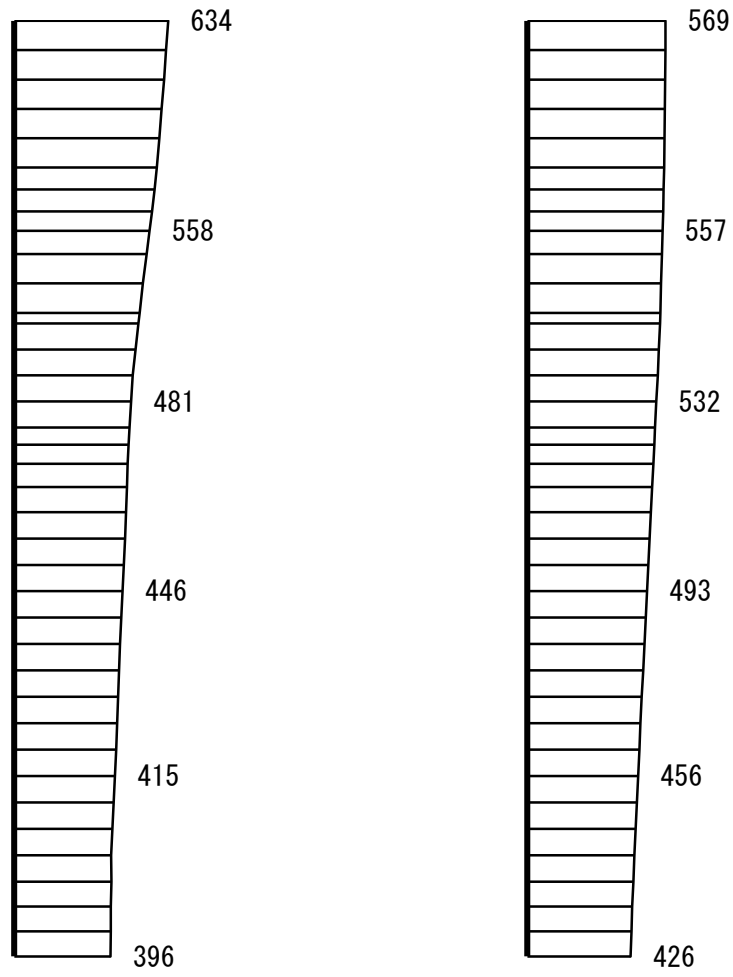
(a) S s - N 2 (N S) (+ +) 水平 (b) S s - N 2 (N S) (+ +) 鉛直
 構造スケール 0 5 (m) 応答値スケール 0 500 (cm/s²)

図 4-69 最大応答加速度分布図 (B - B 断面) (21 / 24) (解析ケース ③)



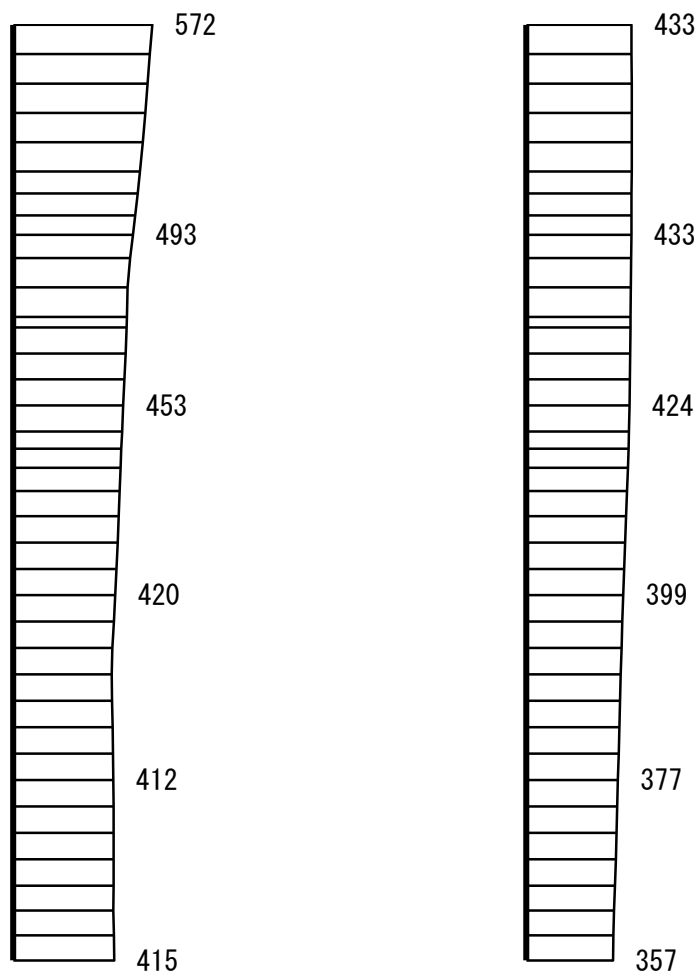
(a) $S_s - N_2 (NS) (-+)$ 水平 (b) $S_s - N_2 (NS) (-+)$ 鉛直
 構造スケール 0 5(m) 応答値スケール 0 500 (cm/s²)

図 4-70 最大応答加速度分布図 (B-B 断面) (22/24) (解析ケース③)



(a) S s - N 2 (E W) (+ +) 水平 (b) S s - N 2 (E W) (+ +) 鉛直
 構造スケール 0 5 (m) 応答値スケール 0 500 (cm/s²)

図 4-71 最大応答加速度分布図 (B - B 断面) (23 / 24) (解析ケース ③)



(a) S s - N 2 (E W) (- +) 水平 (b) S s - N 2 (E W) (- +) 鉛直

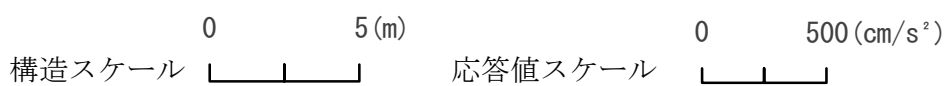


図 4-72 最大応答加速度分布図 (B - B 断面) (24 / 24) (解析ケース ③)

VI-2-別添 4-3 地下水位低下設備の耐震性についての計算書

VI-2-別添 4-3-1 揚水ポンプの耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	5
2.3 適用規格・基準等	6
2.4 記号の説明	7
2.5 計算精度と数値の丸め方	9
3. 評価部位	10
4. 固有周期	10
4.1 基本方針	10
4.2 固有周期の確認方法	10
4.3 固有周期の確認結果（付加質量考慮）	10
5. 構造強度評価	11
5.1 構造強度評価方法	11
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	11
5.3 設計用地震力	15
5.4 計算方法	16
5.5 計算条件	22
5.6 応力の評価	23
6. 機能維持評価	24
6.1 動的機能維持評価方法	24
6.2 動的機能維持評価	24
7. 評価結果	25
7.1 設計基準対象施設としての評価結果	25

1. 概要

本計算書は、VI-2-別添 4-1「地下水位低下設備の耐震計算の方針」にて設定している耐震評価方針に基づき、揚水ポンプ（Cクラス施設）が基準地震動 S_s による地震力に対して十分な構造強度を有し、動的機能を維持できることを説明するものである。

2. 一般事項

2.1 構造計画

揚水ポンプの構造計画を表 2-1～表 2-3 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>揚水ポンプはサポートに支持され、サポートはポンプ支持架台に取付ボルトで固定され、ポンプ支持架台は揚水井戸床面の埋込金物に溶接で固定する。</p> <p>サポートは鉛直用サポートと水平用サポートに分類される。</p>	<p>水中ポンプ</p>	<p>(正面図)</p> <p>鉛直用サポート</p> <p>水平用サポート</p> <p>(平面図)</p> <p>(A-A 矢視図) (単位: mm)</p>

表 2-2 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
鉛直用サポートは、鉛直用サポート取付ボルトによりポンプ支持架台に固定する。	鉛直用サポート	<p>(正面図)</p> <p>(平面図)</p> <p>(鉛直用サポート詳細図)</p> <p>ポンプ支持架台</p> <p>鉛直用サポート</p> <p>鉛直用サポート取付ボルト</p> <p>(単位：mm)</p>

表 2-3 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>水平用サポートは水平用サポート取付ボルトによりポンプ支持架台に固定する。</p>	<p>水平用サポート</p>	<p>水平用サポート取付ボルト</p> <p>(正面図)</p> <p>ポンプ支持架台</p> <p>水平用サポート</p> <p>(B-B矢視図)</p> <p>水平用サポート取付ボルト</p> <p>(平面図)</p> <p>(A-A矢視図)</p>

2.2 評価方針

揚水ポンプの応力評価は、VI-2-別添 4-1「地下水位低下設備の耐震計算の方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示す揚水ポンプの部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4. 固有周期」で測定した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「5. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、揚水ポンプの機能維持評価は、VI-2-別添 4-1「地下水位低下設備の耐震計算の方針」にて設定した動的機能維持の方針に基づき、機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを、「6. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「7. 評価結果」に示す。

揚水ポンプの耐震評価フローを図 2-1 に示す。

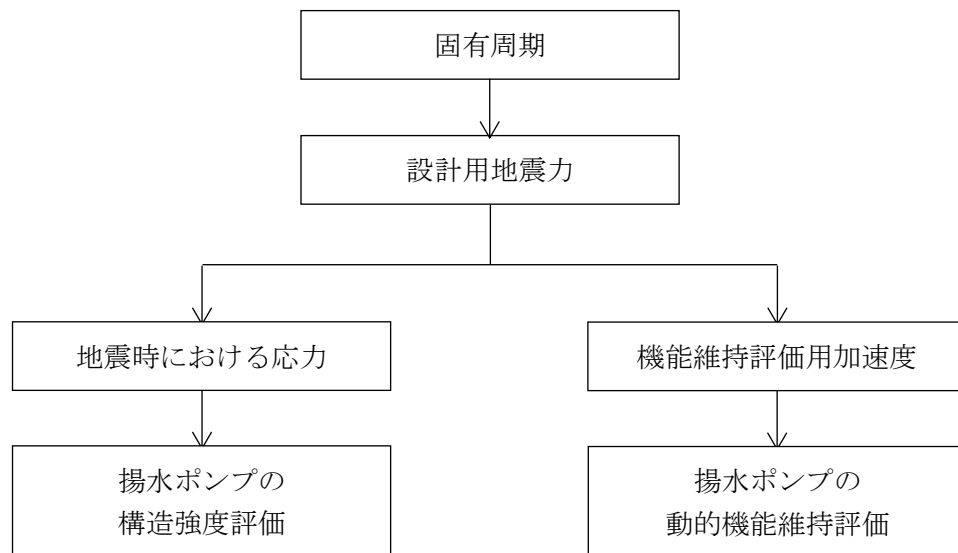


図 2-1 揚水ポンプの耐震評価フロー

2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補-1984
（（社）日本電気協会）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 （（社）日本電気協会）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -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（（社）日本機械学会，2005/2007）（以下「設計・建設規格」という。）
- ・機械工学便覧（（社）日本機械学会）

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_{bi}	取付ボルトの軸断面積* ¹	mm ²
A_w	溶接面積（1箇所あたり）	mm ²
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
d_i	取付ボルトの呼び径* ¹	mm
F_i	設計・建設規格 SSB-3121又は3131に定める値* ¹	MPa
F_i^*	設計・建設規格 SSB-3121又は3133に定める値* ¹	MPa
F_{bi}	取付ボルトに作用する引張力（1本あたり）* ¹	N
f_{sbi}	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力* ¹	MPa
f_{sm}	せん断力のみを受ける溶接部の許容せん断応力	MPa
f_{toi}	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力* ¹	MPa
f_{tsi}	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力* ¹	MPa
g	重力加速度（=9.80665）	m/s ²
h_i	基準面から重心までの距離* ¹	mm
L_i	重心と取付ボルト間の水平方向距離* ¹	mm
l_1	重心と溶接部間の水平方向距離* ²	mm
l_2	重心と溶接部間の水平方向距離* ²	mm
l_{bi}	支点としている取付ボルトより評価に用いる取付ボルトまでの距離* ¹	mm
m	揚水ポンプ質量（1台あたり）（水の付加質量を含む）	kg
M_1	気中における質量（ポンプ支持架台+ポンプ×2）	kg
M_{11}	付加質量（=W+m×2）	kg
m_{si}	サポートの質量（水の付加質量を含む）* ¹	kg
n_b	鉛直用サポート取付ボルトの本数	—
n_{fbi}	評価上期待するサポート取付ボルトの本数* ¹	—
n_{fw}	評価上期待する溶接部の数	—
Q_{bi}	サポート取付ボルトに作用するせん断力* ¹	N
Q_w	溶接部に作用するせん断力	N
R	固有振動数比率	—
S_{ui}	設計・建設規格 付録材料図表Part5 表9に定める値* ¹	MPa
S_{yi}	設計・建設規格 付録材料図表Part5 表8に定める値* ¹	MPa
W	ポンプ支持架台の質量（ m_{s1} 、 m_{s2} 及び水の付加質量を含む）	kg
σ_{bi}	サポート取付ボルトに生じる引張応力* ¹	MPa
π	円周率	—
τ_{bi}	サポート取付ボルトに生じるせん断応力* ¹	MPa
τ_w	溶接部に生じるせん断応力	MPa

注記*1: $A_{bi}, d_i, F_i, F_i^*, F_{bi}, f_{sbi}, f_{toi}, f_{tsi}, h_i, L_i, l_{bi}, m_{si}, n_{fbi}, Q_{bi}, S_{ui}, S_{yi}, \sigma_{bi}$ 及び τ_{bi} の添字*i*の意味は、以下のとおりとする。

$i = 1$: 鉛直用サポート取付ボルト

$i = 2$: 水平用サポート取付ボルト

$i = 3$: 溶接部

*2: $l_1 \leq l_2$

2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字 6 桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は、表 2-4 に示すとおりである。

表 2-4 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	s	小数点以下第 4 位	四捨五入	小数点以下第 3 位
震度	—	小数点以下第 3 位	切上げ	小数点以下第 2 位
温度	℃	—	—	整数位
質量	kg	—	—	整数位
長さ	mm	—	—	整数位* ¹
面積	mm ²	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁* ²
力	N	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁* ²
算出応力	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
許容応力* ³	MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位

注記*1：設計上定める値が小数点以下第 1 位の場合は、小数点以下第 1 位表示とする。

*2：絶対値が 1000 以上のときは、べき数表示とする。

*3：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏点は比例法により補間した値の小数点以下第 1 位を切り捨て、整数位までの値とする。

3. 評価部位

揚水ポンプの耐震評価は、「5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる揚水ポンプ支持架台の溶接部及び取付ボルトについて実施する。

揚水ポンプの耐震評価部位については、表 2-1 の概略構造図に示す。

4. 固有周期

4.1 基本方針

揚水ポンプの固有周期は、振動試験（加振試験）にて求める。

4.2 固有周期の確認方法

振動試験装置により固有周期を確認する。揚水ポンプの外形図を表 2-1 の概略構造図に示す。

4.3 固有周期の確認結果（付加質量考慮）

付加質量を考慮した固有周期は、振動試験のうち、水平 2 方向及び鉛直方向に対して実施した正弦波掃引試験により得られた固有周期を固有振動数比率で除して求める。結果を表 4-1 に示す。

表 4-1 固有周期 (単位：s)

水平			
鉛直			

なお、固有振動数比率は以下により求める。

$$R = \sqrt{\frac{M_1}{M_1 + M_{11}}} \dots\dots\dots (4.3.1)$$

固有振動数比率を求めるにあたり、付加質量は図 4-1 に示すように揚水ポンプ、サポート及び支持架台全体を覆う範囲を対象とする。

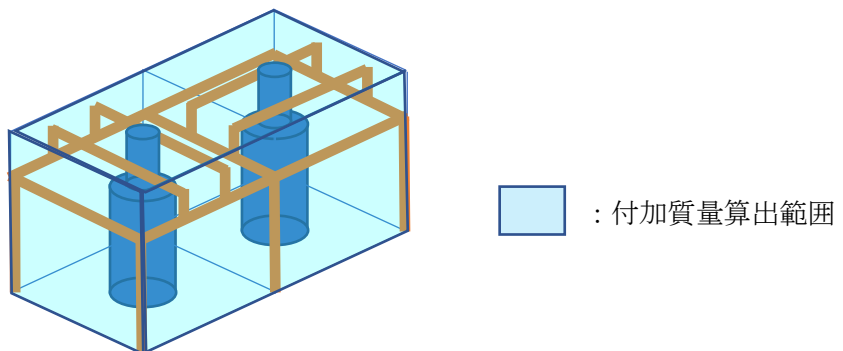


図 4-1 付加質量範囲図

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

- (1) 揚水ポンプの質量は重心に集中させる。
- (2) 転倒方向は、長辺方向及び短辺方向について検討し、荷重の組合せについて絶対値和にて計算を行う。計算書には計算結果の厳しい方を記載する。
- (3) 設計用地震力（基準地震動 S_s ）は、VI-2-別添 4-2「地下水位低下設備の地震応答計算書」に示す地震応答から、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定する。
- (4) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

5.2 荷重の組合せ及び許容応力

5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

揚水ポンプの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 5-1 に示す。

5.2.2 許容応力

揚水ポンプの許容応力は、VI-2-別添 4-1「地下水位低下設備の耐震計算の方針」に基づき表 5-2 のとおりとする。

5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

揚水ポンプの使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 5-3 に示す。

表 5-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

設備名称	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
地下水位低下設備	揚水ポンプ	C	—*	$D + P_D + M_D + S_s$	IV _A S

注記*：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 5-2 許容応力（その他の支持構造物）

許容応力状態	評価部位	許容限界 ^{*1, *2}	
		一次応力	
		引張	せん断
IVAS	鉛直用サポート 取付ボルト	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
	水平用サポート 取付ボルト		
	溶接部	—	$1.5 \cdot f_s^*$

注記*1：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。

*2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 5-3 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)	S _y (R T) (MPa)
鉛直用サポート 取付ボルト	SCM435 (径 ≤ 60mm)	周囲環境温度	40	785	930	—
水平用サポート 取付ボルト						
溶接部	SS400 (板厚 ≤ 16mm)	周囲環境温度	40	245	400	—

5.3 設計用地震力

揚水ポンプの設計用地震力のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 5-4 に示す。

「基準地震動 S_s 」による地震力は、VI-2-別添 4-2「地下水位低下設備の地震応答計算書」に示す地震応答から、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定する。

なお、水平方向及び鉛直方向それぞれ、各揚水井戸における設計震度が大きい方を設定する。

表 5-4 設計用地震力（設計基準対象施設）

据付場所 及び 床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s	
	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
地下水位低下設備 揚水井戸 EL-21.7* ¹			—	—	$C_H=1.37^{*2}$	$C_V=1.11^{*2}$

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s ）を上回る設計震度

5.4 計算方法

5.4.1 応力の計算方法

5.4.1.1 鉛直用サポート取付ボルトの計算方法

鉛直用サポート取付ボルトの応力は，地震による震度により作用するモーメントによって生じる引張応力とせん断応力について計算する。図 5-1 に計算モデルを示す。

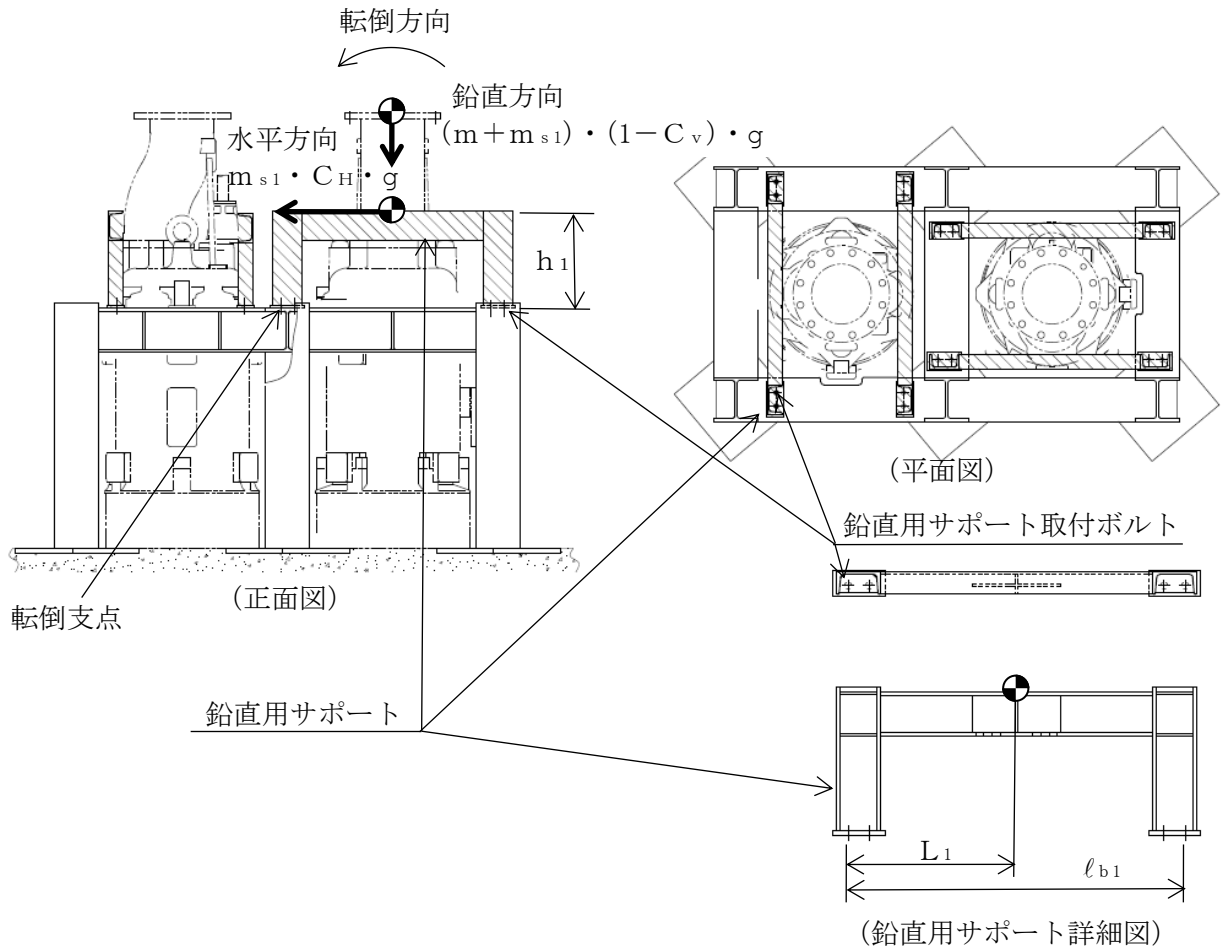


図5-1 計算モデル（長辺方向転倒）

(1) 引張応力

鉛直用サポート取付ボルトに対する引張力は、図5-1の取付ボルトを支点とする転倒を考え、これを最外部の取付ボルトで受けるものとして計算する。なお、鉛直方向荷重にはサポート質量のほか、ポンプ質量を含めて計算する。

引張力

$$F_{b1} = \frac{C_H \cdot m_{s1} \cdot g \cdot h_1 - (1 - C_v) \cdot (m + m_{s1}) \cdot g \cdot L_1}{n_{fb1} \cdot \ell_{b1}} \dots\dots\dots (5.4.1.1.1)$$

引張応力

$$\sigma_{b1} = \frac{F_{b1}}{A_{b1}} \dots\dots\dots (5.4.1.1.2)$$

ここで、取付ボルトの軸断面積 A_{b1} は次式により求める。

$$A_{b1} = \frac{\pi}{4} \cdot d_1^2 \dots\dots\dots (5.4.1.1.3)$$

(2) せん断応力

鉛直用サポート取付ボルトに対するせん断力は、取付ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b1} = m_{s1} \cdot C_H \cdot g \dots\dots\dots (5.4.1.1.4)$$

せん断応力

$$\tau_{b1} = \frac{Q_{b1}}{n_b \cdot A_{b1}} \dots\dots\dots (5.4.1.1.5)$$

5.4.1.2 水平用サポート取付ボルトの計算方法

水平用サポート取付ボルトの応力は、地震による震度により作用するモーメントによって生じる引張応力とせん断応力について計算する。図5-2に計算モデルを示す。図中の①～⑫はサポート箇所を示し、サポートの取付ボルトの本数を表5-5へ示す。

水平用サポートのうち、⑮のサポート取付ボルトが最も厳しい条件となるため、⑮の水平用サポート取付ボルトについて評価する。

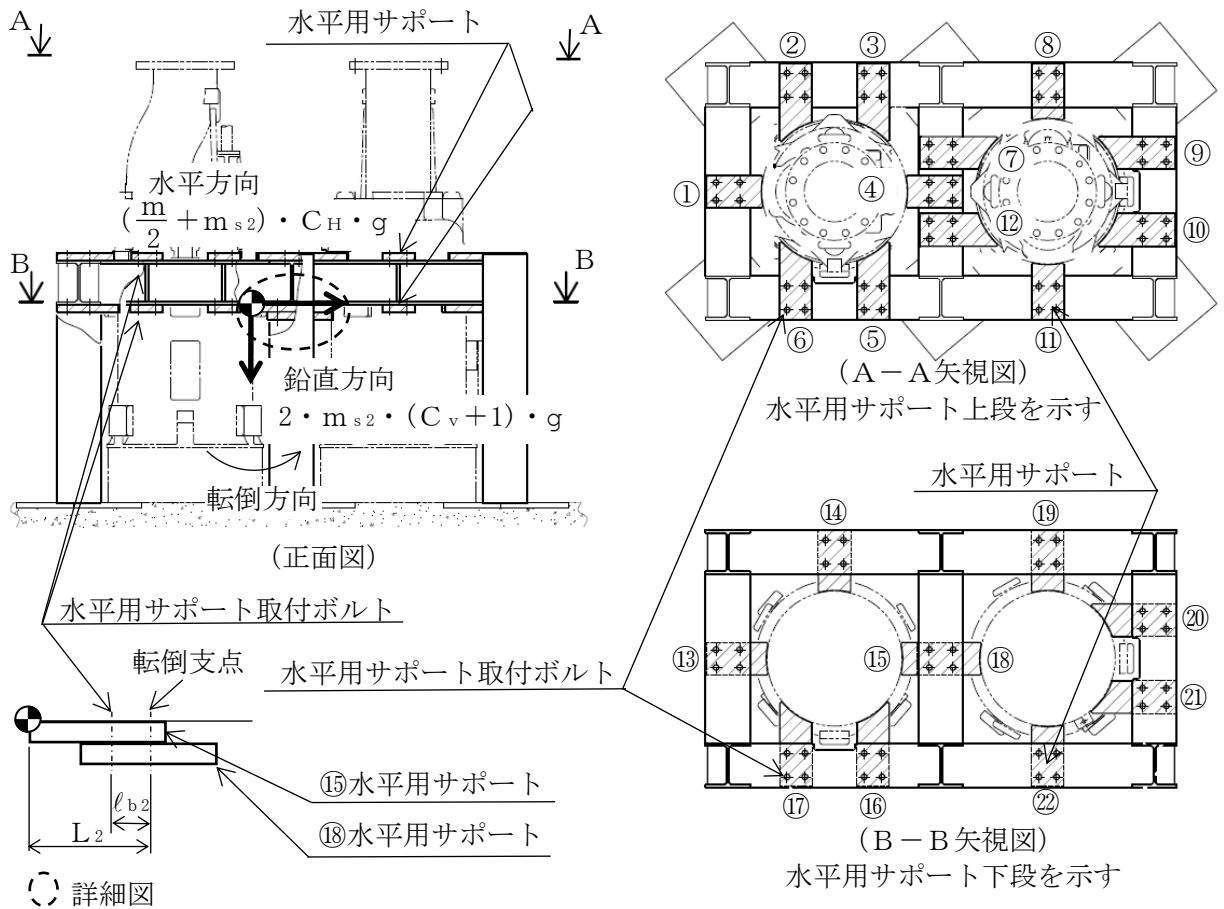


図5-2 計算モデル (長辺方向転倒)

表5-5 サポート箇所の取付ボルト本数(1/2)

サポート箇所	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪
ボルト本数	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

表5-5 サポート箇所の取付ボルト本数(2/2)

サポート箇所	⑫	⑬	⑭	⑮	⑯	⑰	⑱	⑲	⑳	㉑	㉒
ボルト本数	4	4	4	2*	4	4	2*	4	4	4	4

注記* : ⑮及び⑱のサポートの取付ボルト (計4本) は共通のため、評価上期待するボルト本数は2本とする。

(1) 引張応力

水平用サポート取付ボルトに対する引張力は最も厳しい条件として、⑮のサポートの転倒を考え、これを⑮のサポート取付ボルトで受けるものとして計算する。

なお、⑱のサポート取付ボルトを支点として転倒を考え、荷重は、⑱のサポート質量も考慮する。

引張力

$$F_{b2} = \frac{2 \cdot m_{s2} \cdot (C_v + 1) \cdot g \cdot L_2}{n_{fb2} \cdot \ell_{b2}} \dots\dots\dots (5.4.1.2.1)$$

引張応力

$$\sigma_{b2} = \frac{F_{b2}}{A_{b2}} \dots\dots\dots (5.4.1.2.2)$$

ここで、取付ボルトの軸断面積 A_{b2} は次式により求める。

$$A_{b2} = \frac{\pi}{4} \cdot d_2^2 \dots\dots\dots (5.4.1.2.3)$$

(2) せん断応力

水平用サポート取付ボルトに対するせん断力は最も厳しい条件として、⑮のサポート取付ボルトで水平方向地震により発生するポンプ質量及びサポート質量による水平方向荷重を受けるものとして計算する。なお、水平用サポートは上下に取付いており、⑮のサポートに発生するポンプ質量は④のサポートと受けるため、ポンプ質量は半分として計算する。

せん断力

$$Q_{b2} = \left(\frac{m}{2} + m_{s2} \right) \cdot C_H \cdot g \dots\dots\dots (5.4.1.2.4)$$

せん断応力

$$\tau_{b2} = \frac{Q_{b2}}{n_{fb2} \cdot A_{b2}} \dots\dots\dots (5.4.1.2.5)$$

5.4.1.3 溶接部の計算方法

溶接部の応力は、転倒モーメントによる鉛直方向せん断力が最も厳しい条件となるため、地震による震度により作用するモーメントによって生じるせん断応力について計算する。図 5-3 に計算モデルを示す。

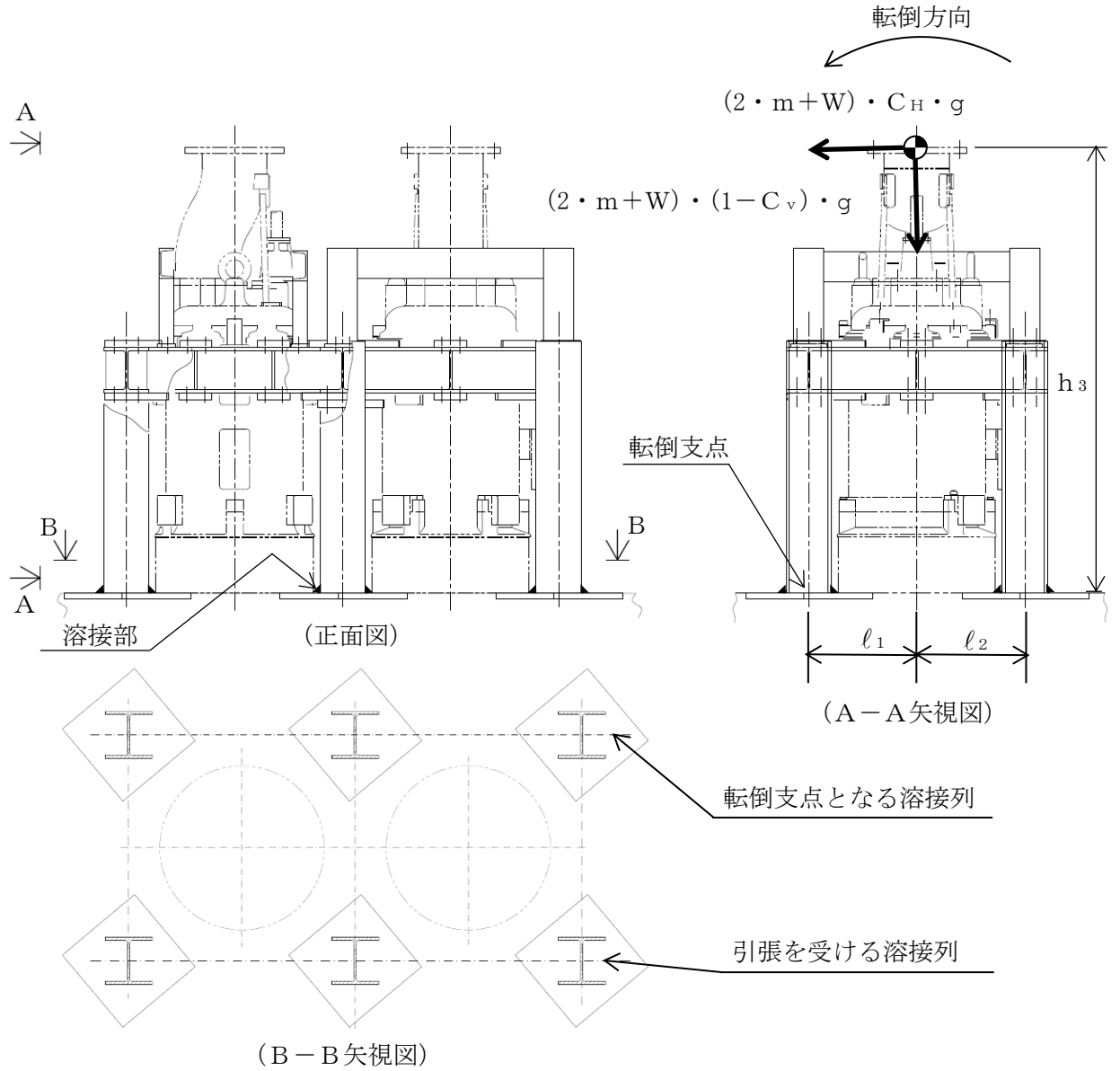


図5-3 計算モデル (短辺方向転倒)

(1) せん断応力

溶接部に対するせん断力は、厳しい条件として、図5-3に示すように溶接列を支点とする転倒を考え、これを片側の溶接部で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_w = \frac{(2 \cdot m + W) \cdot C_H \cdot g \cdot h_3 + (2 \cdot m + W) \cdot (C_v - 1) \cdot g \cdot l_1}{l_1 + l_2} \dots\dots\dots (5.4.1.3.1)$$

溶接部に発生するせん断応力

$$\tau_w = \frac{Q_w}{n_{fw} \cdot A_w} \dots\dots\dots (5.4.1.3.2)$$

5.5 計算条件

5.5.1 取付ボルトの応力計算条件

取付ボルトの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【揚水ポンプの耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

5.5.2 溶接部の応力計算条件

溶接部の応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【揚水ポンプの耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

5.6 応力の評価

5.6.1 取付ボルトの応力評価

5.4.1.1 節で求めた鉛直用サポート取付ボルト及び5.4.1.2 節で求めた水平用サポート取付ボルトの引張応力 σ_{bi} は次式より求めた許容組合せ応力 f_{tsi} 以下であること。ただし、 f_{toi} は下表による。

$$f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}] \quad \dots\dots\dots (5.6.1.1)$$

せん断応力 τ_{bi} は、せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 f_{sbi} 以下であること。ただし、 f_{sbi} は下表による。

	基準地震動 S_s による 荷重との組合せの場合
許容引張応力 f_{toi}	$\frac{F_i^*}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 f_{sbi}	$\frac{F_i^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

5.6.2 溶接部の応力評価

5.4.1.3 節で求めた溶接部の組合せ応力 τ_w は下表より求めた許容せん断応力 f_{sm} 以下であること。

	基準地震動 S_s による 荷重との組合せの場合
許容せん断応力 f_{sm}	$\frac{F_i^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

6. 機能維持評価

6.1 動的機能維持評価方法

揚水ポンプの動的機能維持評価について以下に示す。

なお、機能維持評価用加速度はVI-2-別添 4-2「地下水位低下設備の地震応答計算書」に示す地震応答から、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき、基準地震動 S_s により定まる加速度又はこれを上回る加速度を設定する。

揚水ポンプの機能確認済加速度は、VI-2-別添 4-2「地下水位低下設備の地震応答計算書」に基づき、実機の据付状態を支持構造物を含めて加振台上で模擬した上で、当該機器が設置される床における設計用床応答スペクトルを包絡する模擬地震波による加振試験において、動的機能の健全性を確認した加振台の最大加速度を適用する。

6.2 動的機能維持評価

機能確認済加速度を表 6-1 に示す。

6.1 項にて記載の模擬地震波による加速度を上回っており加振試験後の健全性確認でも揚水ポンプに問題は確認されていないことから動的機能維持には問題はない。

表 6-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

機器名称	方向	機能確認済加速度
揚水ポンプ	水平	
	鉛直	

7. 評価結果

7.1 設計基準対象施設としての評価結果

揚水ポンプの設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度を有し、動的機能を維持できることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【揚水ポンプの耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	設備分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
揚水ポンプ (P282-101A, P282-102A)	—	地下水位低下設備 揚水井戸 EL-21.7*1			—	—	C _H =1.37*2	C _V =1.11*2	40

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）を上回る設計震度

1.2 機器要目

部材	m (kg)	m _{si} (kg)	W (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{bi} (mm ²)	A _w (mm ²)	n _b —	S _{yi} (MPa)	S _{ui} (MPa)
鉛直用サポート 取付ボルト (i=1)	945	212	—	337	12 (M12)	113.1	—	4	785 (径≤60mm)	930 (径≤60mm)
水平用サポート 取付ボルト (i=2)	945	9	—	—	16 (M16)	201.1	—	—	785 (径≤60mm)	930 (径≤60mm)
溶接部 (i=3)	945	—	3743	1488	—	—	1.897×10 ³	—	245 (板厚≤16mm)	400 (板厚≤16mm)

部材	L _i (mm)	ℓ ₁ (mm)	ℓ ₂ (mm)	ℓ _{bi} (mm)	n _{fbi}	F _i (MPa)	n _{fw}	F _i * (MPa)	転倒方向	
									弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
鉛直用サポート 取付ボルト (i=1)	384	—	—	768	1	—	—	651	—	長辺方向
水平用サポート 取付ボルト (i=2)	175.5	—	—	80	2	—	—	651	—	長辺方向
溶接部 (i=3)	—	360	360	—	—	—	3	280	—	短辺方向

部材	M ₁ (kg)	M ₁₁ (kg)	R	振動試験結果による 水平方向固有周期	振動試験結果による 鉛直方向固有周期
全体（ポンプ支持架台及び揚水ポンプポンプ）	1690	4060	0.5421		

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{bi}		Q _{bi}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
鉛直用サポート 取付ボルト (i=1)	—	1.874×10 ³	—	2.848×10 ³
水平用サポート 取付ボルト (i=2)	—	408.5	—	6.469×10 ³

1.3.2 溶接部に作用する力

(単位：N)

部材	Q _w	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
溶接部	—	1.602×10 ⁵

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
鉛直用サポート 取付ボルト	SCM435	引張	—	—	σ _{b1} =17	f _{ts1} =488*
		せん断	—	—	τ _{b1} =7	f _{sb1} =375
水平用サポート 取付ボルト	SCM435	引張	—	—	σ _{b2} =2	f _{ts2} =488*
		せん断	—	—	τ _{b2} =16	f _{sb2} =375

注記* : f_{ts}=Min[1.4・f_{toi}-1.6・τ_{bi}, f_{toi}]

すべて許容応力以下である。

1.4.2 溶接部の応力

(単位：MPa)

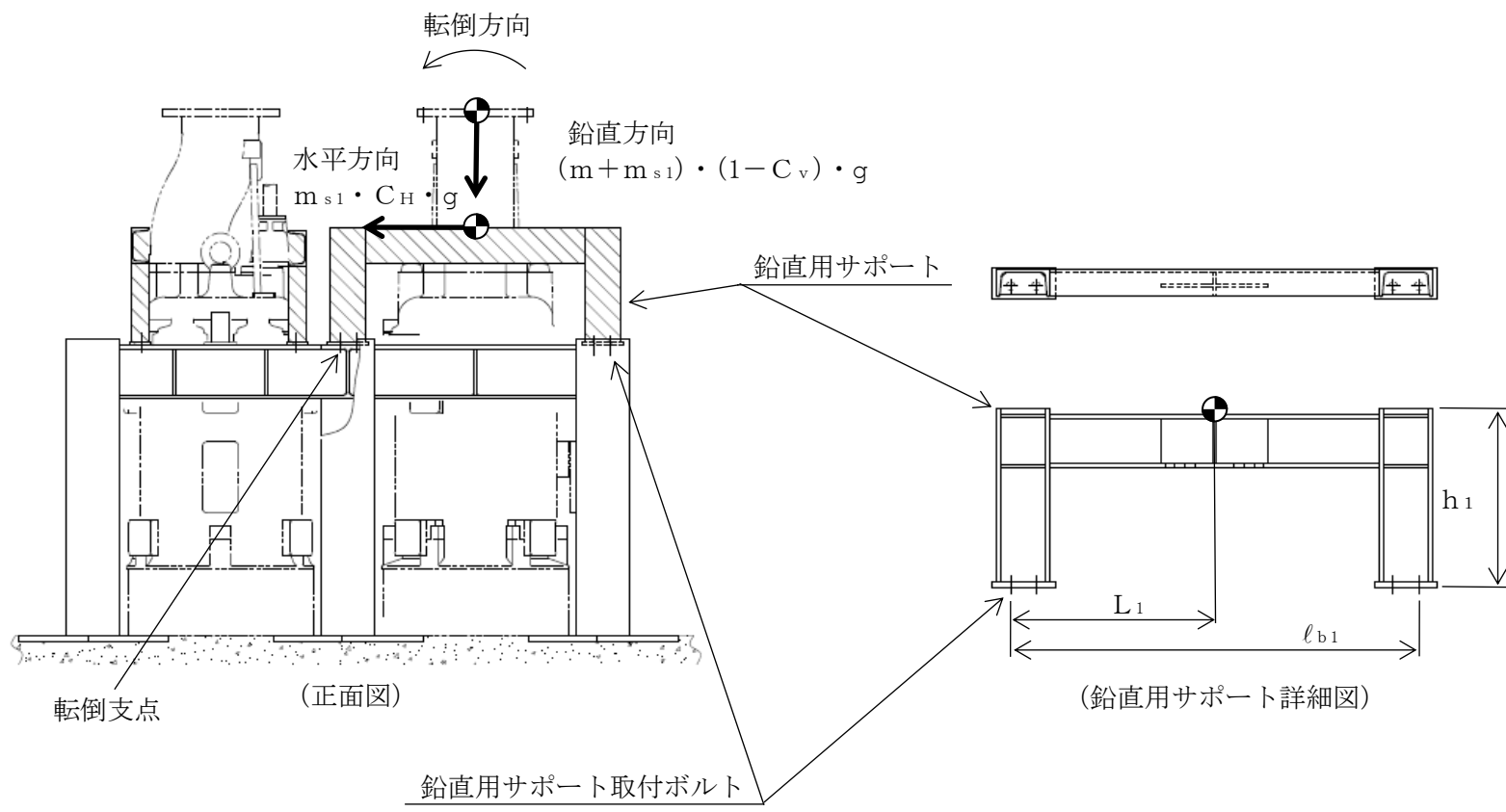
部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
溶接部	SS400	せん断	—	—	$\tau_w = 29$	$f_{sm} = 161$

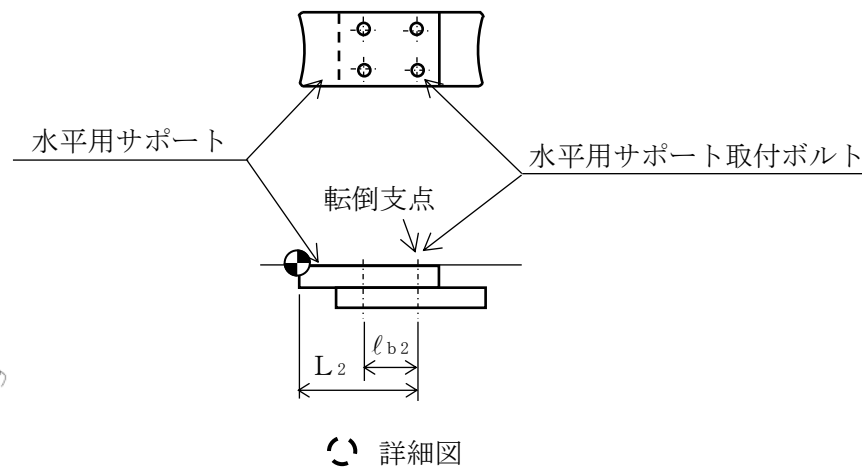
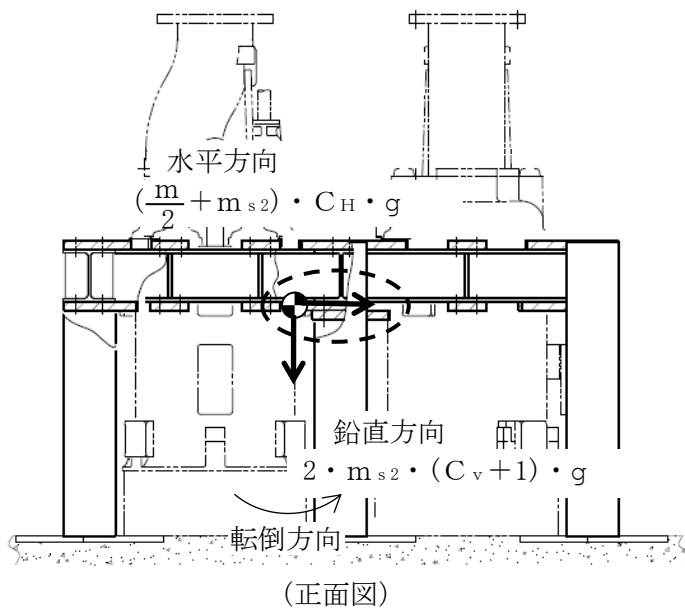
1.4.3 動的機能維持の評価結果

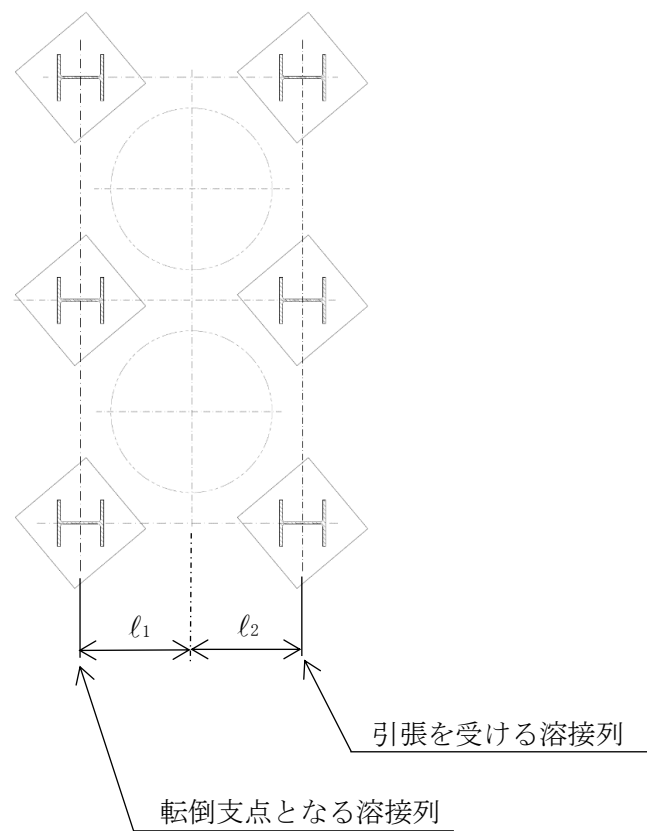
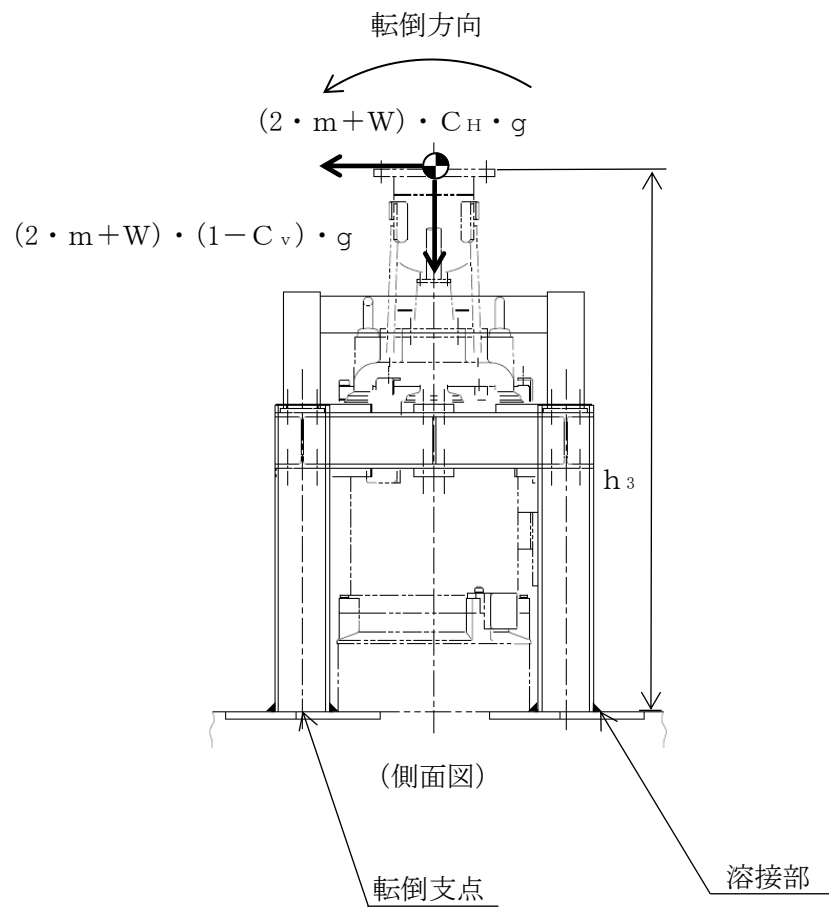
($\times 9.8 \text{ m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
揚水ポンプ	水平方向	1.00	
	鉛直方向	0.73	

注記*：設計用震度 II（基準地震動 S_s）により定まる加速度
機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。







VI-2-別添4-3-2 管の耐震性についての計算書
(地下水位低下設備)

目 次

1. 概要	1
2. 概略系統図及び鳥瞰図	2
2.1 概略系統図	2
2.2 鳥瞰図	4
3. 計算条件	7
3.1 計算方法	7
3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態	8
3.3 設計条件	9
3.4 材料及び許容応力	16
3.5 設計用地震力	17
4. 解析結果及び評価	21
4.1 固有周期及び設計震度	21
4.2 評価結果	27
4.2.1 管の応力評価結果	27
4.2.2 支持構造物評価結果	28
4.2.3 弁の動的機能維持の評価結果	29
4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	30

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」（以下「基本方針」という。）に基づき、地下水位低下設備の管（Cクラス施設）、支持構造物及び弁が基準地震動 S_s による地震力に対して十分な構造強度を有し、動的機能を維持できることを説明するものである。

計算結果の記載方法は、以下に示すとおりである。

(1) 管

地下水位低下設備の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全4モデルのうち、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を4.2.4に記載する。

(2) 支持構造物

地下水位低下設備の支持点のうち、反力が最大となる支持点の評価結果を代表として記載する。






(3) 弁

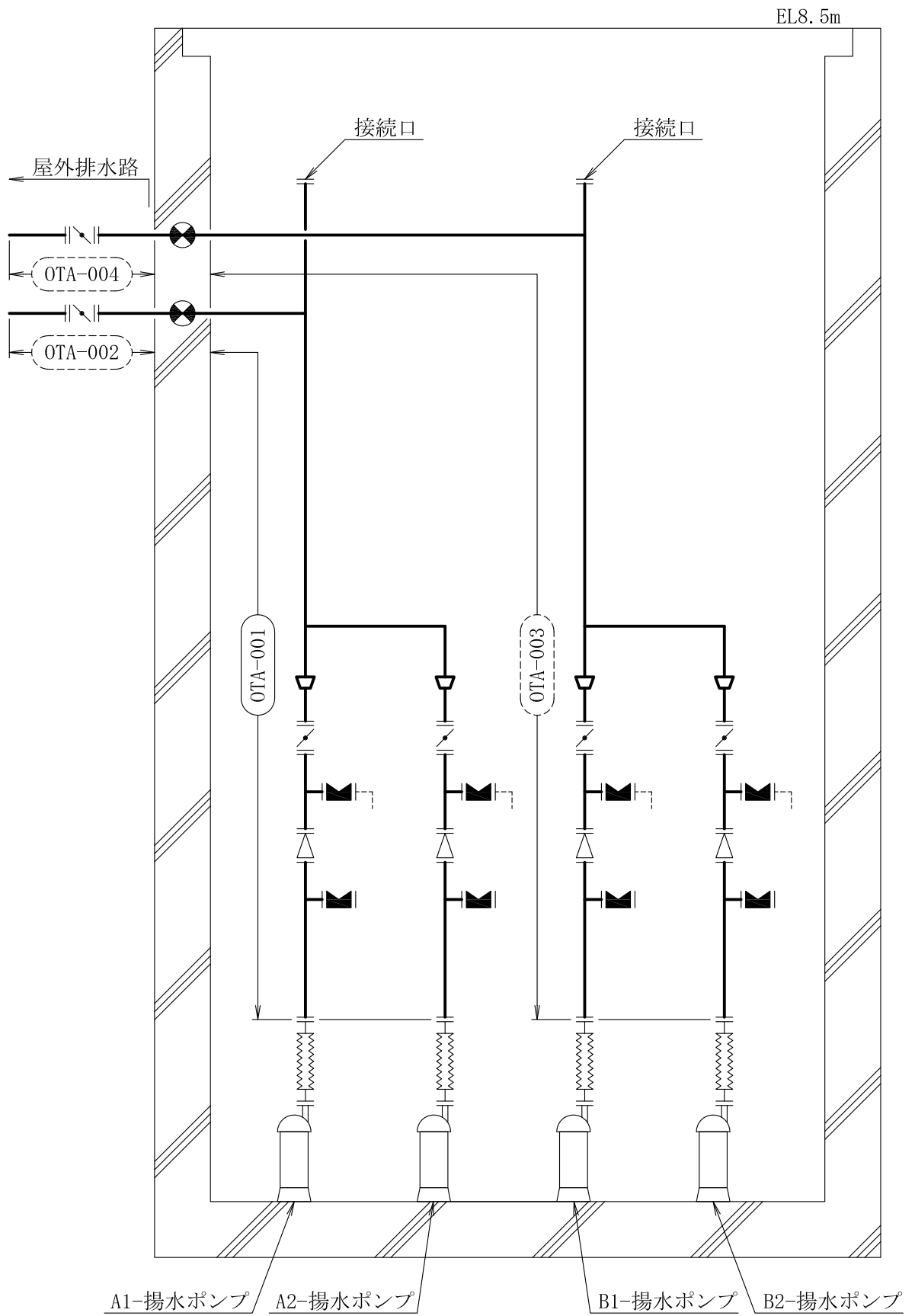
機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として、弁型式別に評価結果を記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例





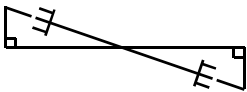
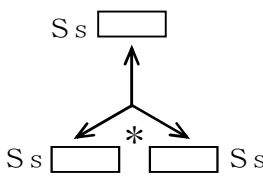
記号	内容
 (太線)	地下水位低下設備の管のうち、本計算書記載範囲の管（設計基準対象施設）
 (破線)	地下水位低下設備の管のうち、本計算書記載範囲外の管、又は地下水位低下設備の管のうち、他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管
	鳥瞰図番号（代表モデル）
	鳥瞰図番号（代表モデル以外）
	アンカ



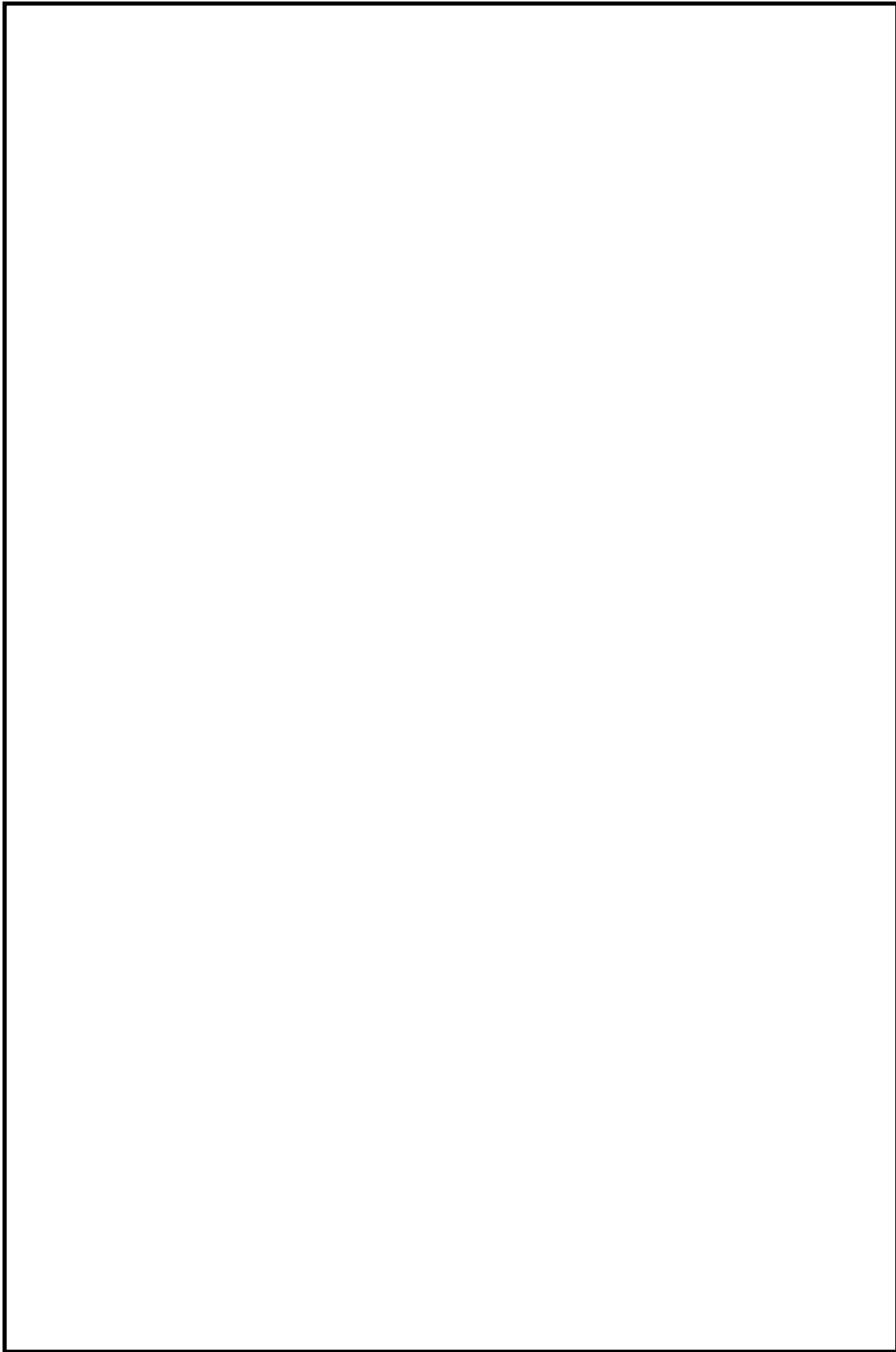
地下水位低下設備概略系統図

2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

記号	内容
 (太線)	地下水位低下設備の管のうち、本計算書記載範囲の管（設計基準対象施設）
 (破線)	地下水位低下設備の管のうち、本計算書記載範囲外の管，又は地下水位低下設備の管のうち、他系統の管であって解析モデルの概略を示すために表記する管
	質点
	アンカ
	レストレイント（斜め拘束の場合）
	拘束点の地震による相対変位量(mm) （*は評価点番号，矢印は拘束方向を示す。また， <input type="text"/> 内に変位量を記載する。なお，S s機能維持の範囲はS s地震動による変位量のみを記載する。） 注：鳥瞰図中の寸法の単位はmmである。





3. 計算条件

3.1 計算方法

管の構造強度評価は、基本方針に記載の評価方法に基づき行う。解析コードは「SOLVER」を使用し、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

本システムは、水位によって配管が一部没水するが、本耐震計算書においては、以下の理由から、配管が全て気中にあると想定した評価を実施する。

- ・本配管（気中）の主たる応答である1～3次モードはY方向である鉛直方向に
応答するモード（「各モードに対応する刺激係数」参照）となり、一次固有
周期（0.08秒）が設計用床応答スペクトルI（鉛直方向）（図3-3参照）の
ピークに位置している。
- ・水の付加質量を考慮した場合は、配管の固有周期は大きくなり、設計用床
応答スペクトルI（鉛直方向）（図3-3参照）のピークから外れ、応答が緩和
されると推測される。

3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

設備名称	系統名称	施設分類 ^{*1}	設備分類	機器等の区分	耐震重要度分類	荷重の組合せ ^{*2}	許容応力状態
地下水位低下設備	—	DB	—	—	C	$D + P_D + M_D + S_s$	IVAS

注記*1：DBは設計基準対象施設，SAは重大事故等対処設備を示す。

*2：許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。

3.3 設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し，管番号と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 OTA-001

管番号	対応する評価点	許容応力状態	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)
1	1~20, 22~25, 27~30 62~80, 82~85, 87~90	Ⅲ _A S	—	—
		Ⅳ _A S	1.00	40
		Ⅴ _A S	—	—
2	30~61, 90~96	Ⅲ _A S	—	—
		Ⅳ _A S	1.00	40
		Ⅴ _A S	—	—
3	19, 97, 79, 106	Ⅲ _A S	—	—
		Ⅳ _A S	1.00	40
		Ⅴ _A S	—	—
4	24, 100, 84, 109	Ⅲ _A S	—	—
		Ⅳ _A S	1.00	40
		Ⅴ _A S	—	—

設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し，管番号と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 OTA-001

管番号	対応する評価点	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度 分類	縦弾性係数 (MPa)
1	1～20, 22～25, 27～30 62～80, 82～85, 87～90	216.3	8.2	STPT370	C	201670
2	30～61, 90～96	318.5	10.3	STPT370	C	201670
3	19, 97, 79, 106	34.0	3.4	STPT370	C	201670
4	24, 100, 84, 109	60.5	3.9	STPT370	C	201670

フランジ部の質量

鳥 瞰 図 OTA-001

質量	対応する評価点
	1, 62
	4, 8, 11, 18, 78, 71, 69, 66
	20, 22, 82, 80
	25, 27, 87, 85
	31, 35, 36, 39, 42, 45, 49, 54, 60, 95, 91
	58
	97, 106
	99, 108, 100, 102, 109, 111

弁部の質量

鳥 瞰 図 OTA-001

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
	21, 81		26, 86
	98, 107		101, 110

弁部の寸法

鳥 瞰 図 OTA-001

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
21				86			
26				81			
98				110			
101				107			

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 OTA-001

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
** 5 **						
5						
** 9 **						
** 12 **						
** 17 **						
** 28 **						
** 43 **						
** 48 **						
** 53 **						

VI-2-別添4-3-2 R1

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 OTA-001

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
** 61 **						
61						
** 61 **						
** 63 **						
** 72 **						
** 77 **						
** 88 **						
** 94 **						
94						

VI-2-別添4-3-2 R1

3.4 材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

材 料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa)			
		S m	S y	S u	S
STPT370	40	—	215	370	—

3.5 設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答スペクトル及び等価繰返し回数を下表に示す。

なお、設計用床応答スペクトルは、図3-1～図3-3を用いる。減衰定数は、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。等価繰返し回数は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき策定したものをを用いる。

鳥瞰図	建物・構築物	標高 (EL (m))	減衰定数 (%)	等価繰返し回数	
				S d	S s
OTA-001	地下水位低下設備				

構造物名：地下水位低下設備

標高：EL8.500m ~ -21.700m

—— 設計用床応答スペクトル I (NS方向)

減衰定数：2.0%

波形名：基準地震動 S s

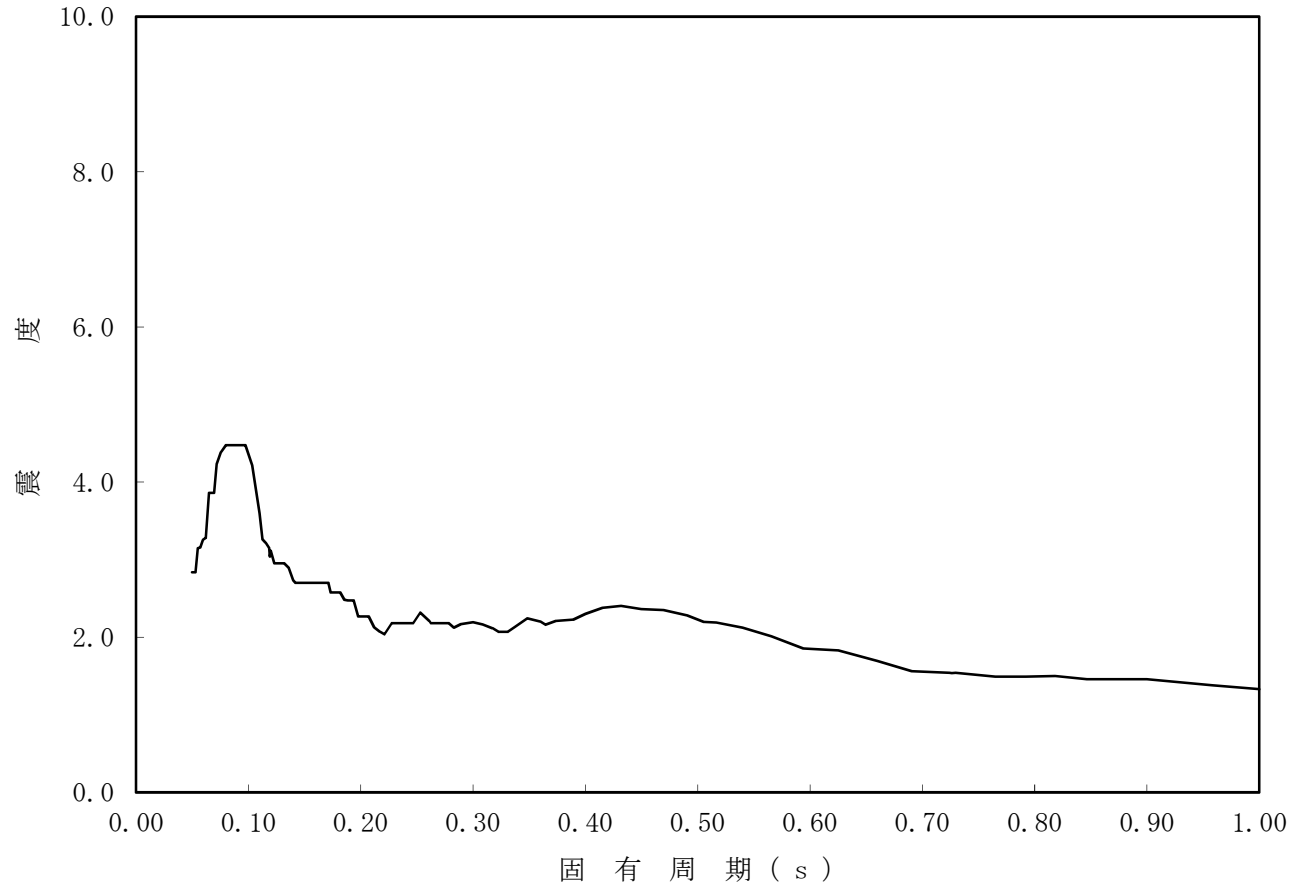


図3-1 設計用床応答スペクトル (NS方向)

構造物名：地下水位低下設備

標高：EL8.500m ~ -21.700m

—— 設計用床応答スペクトル I (EW方向)

減衰定数：2.0%

波形名：基準地震動 S s

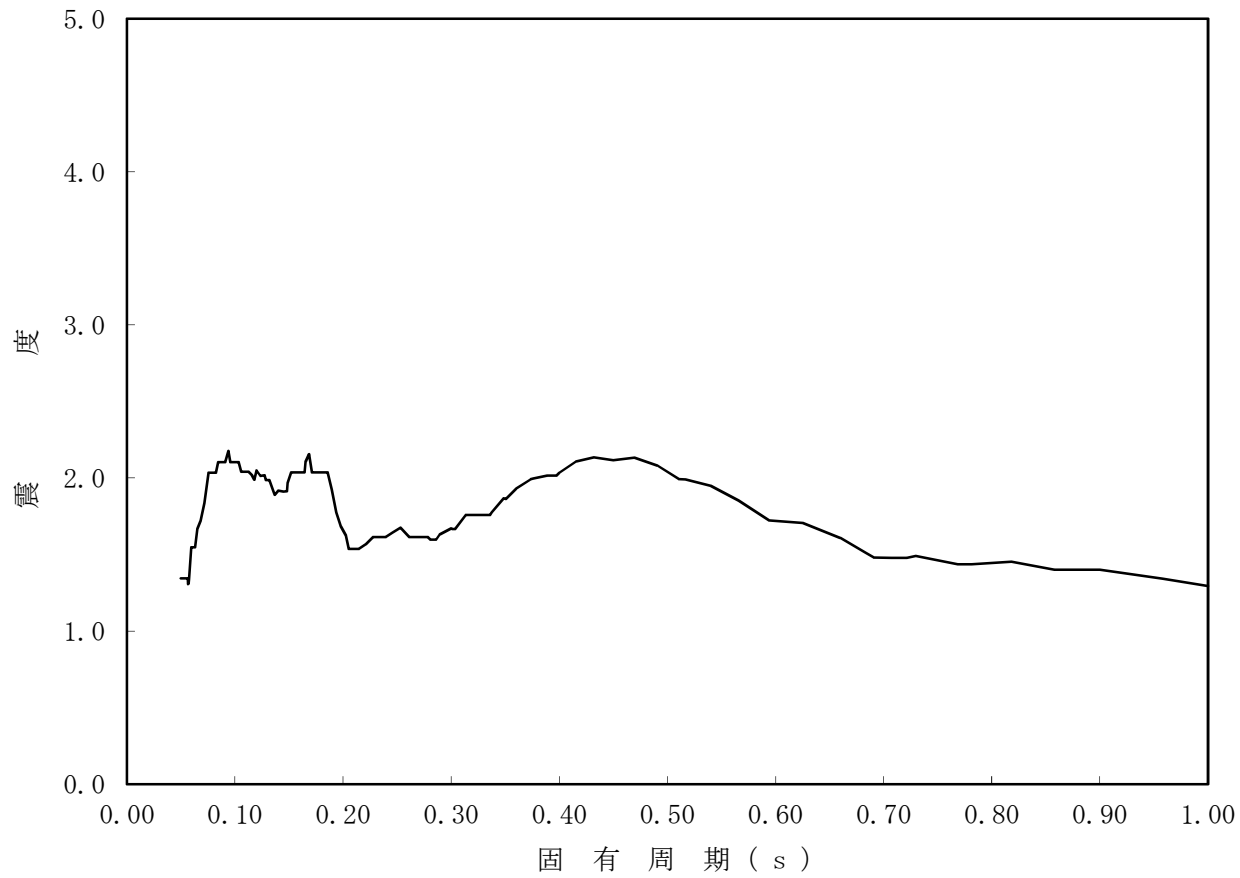


図3-2 設計用床応答スペクトル (EW方向)

構造物名：地下水位低下設備

標高：EL8.500m ~ -21.700m

—— 設計用床応答スペクトル I (鉛直方向)

減衰定数：2.0%

波形名：基準地震動 S s

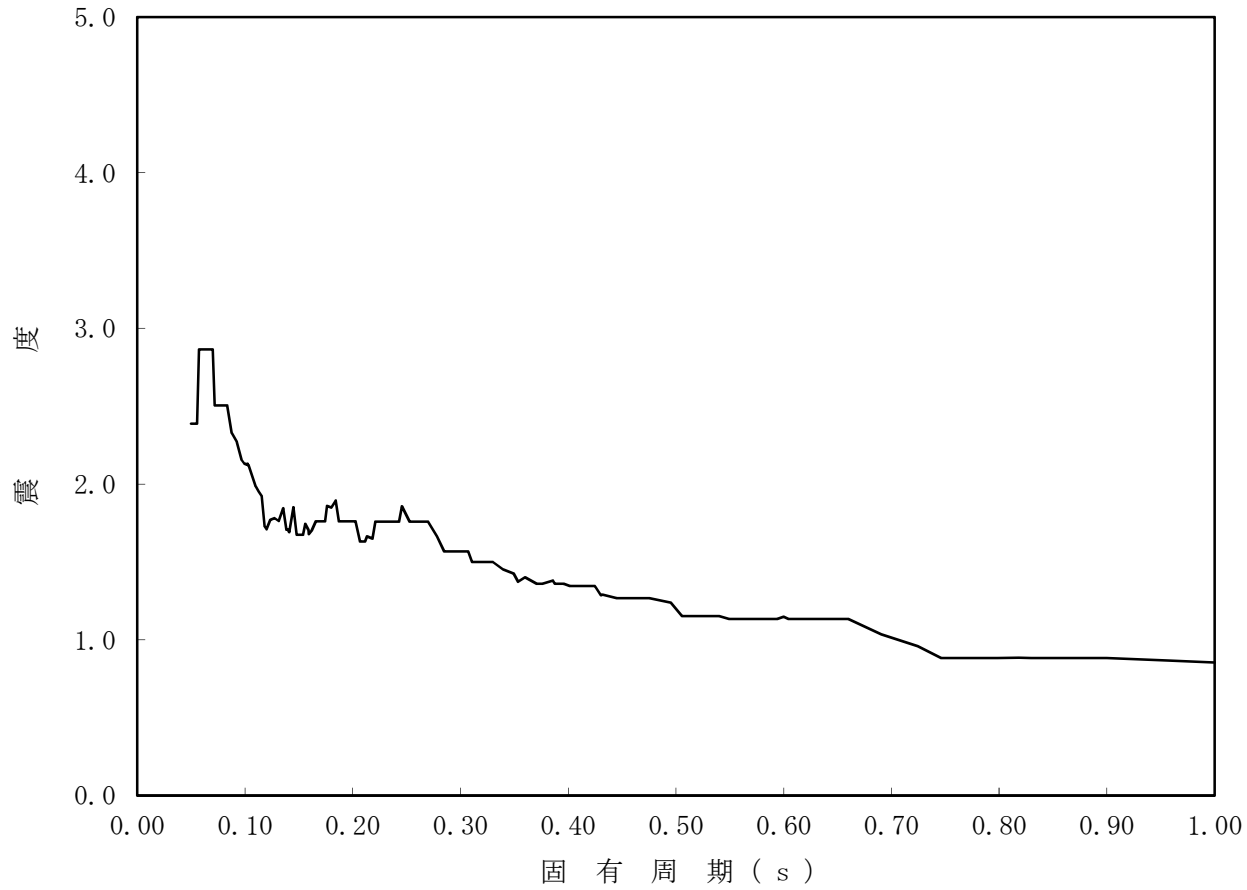


図3-3 設計用床応答スペクトル (鉛直方向)

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 OTA-001

適用する地震動等		基準地震動 S s		
モード*1	固有周期 (s)	応答水平震度*2		応答鉛直震度*2
		X方向	Z方向	Y方向
1次				
2次				
3次				
4次				
5次				
6次				
7次				
8次				
11次				
動的震度*3, 4				

注記*1：固有周期が0.050 s 以上のモードを示す。0.020 s 以上0.050 s 未満のモードに対しては、最大応答加速度又はこれを上回る震度を適用する。なお、1次固有周期が0.050s未満である場合は、1次モードのみを示す。

*2：設計用床応答スペクトル I（基準地震動 S s）を上回る設計用床応答スペクトルにより得られる震度

*3：設計用震度 I（基準地震動 S s）を上回る設計震度

*4：最大応答加速度を1.2倍した震度

各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図 OTA-001

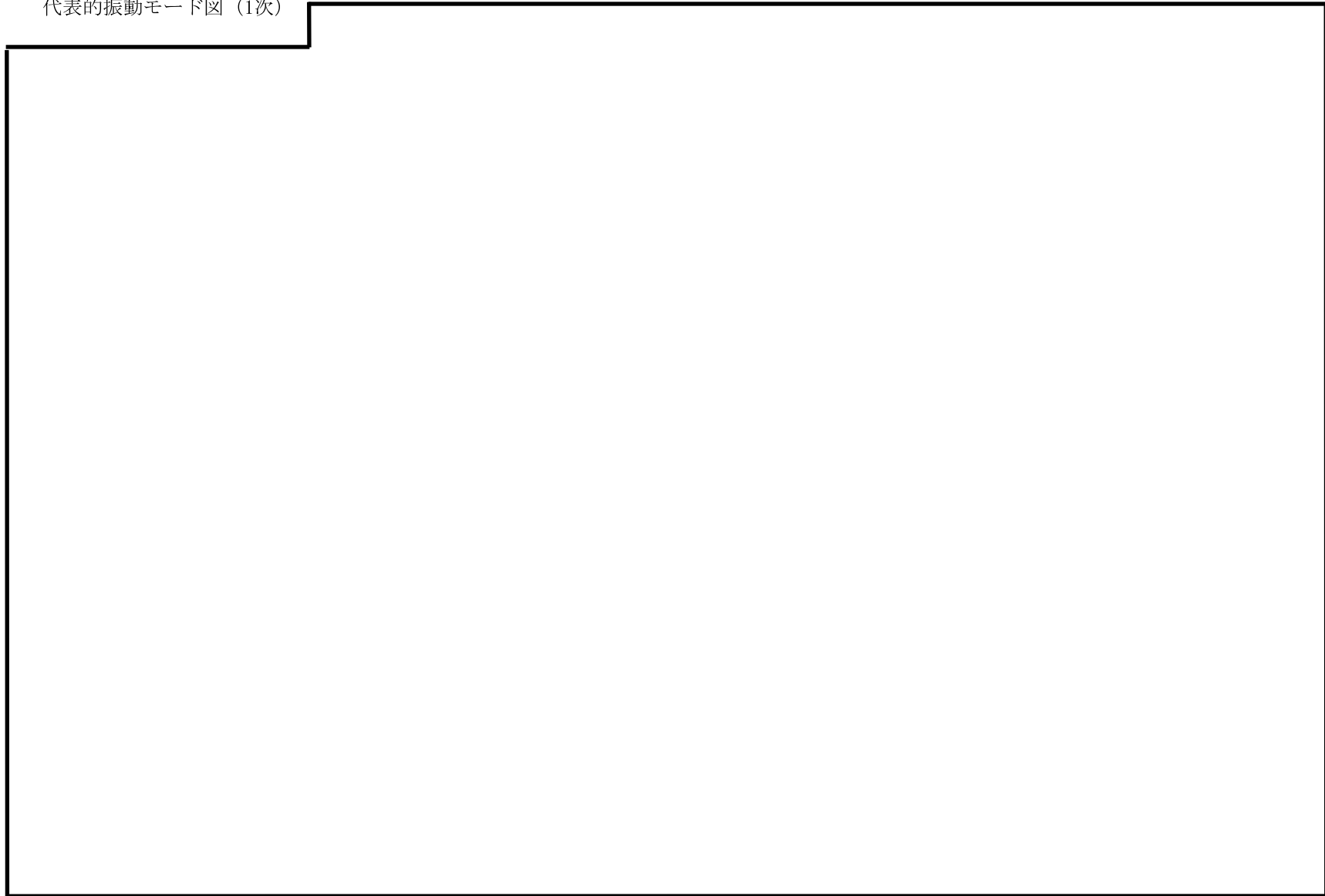
モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X方向	Y方向	Z方向
1次				
2次				
3次				
4次				
5次				
6次				
7次				
8次				
11次				

注記* : モード質量を正規化するモードベクトルを用いる。

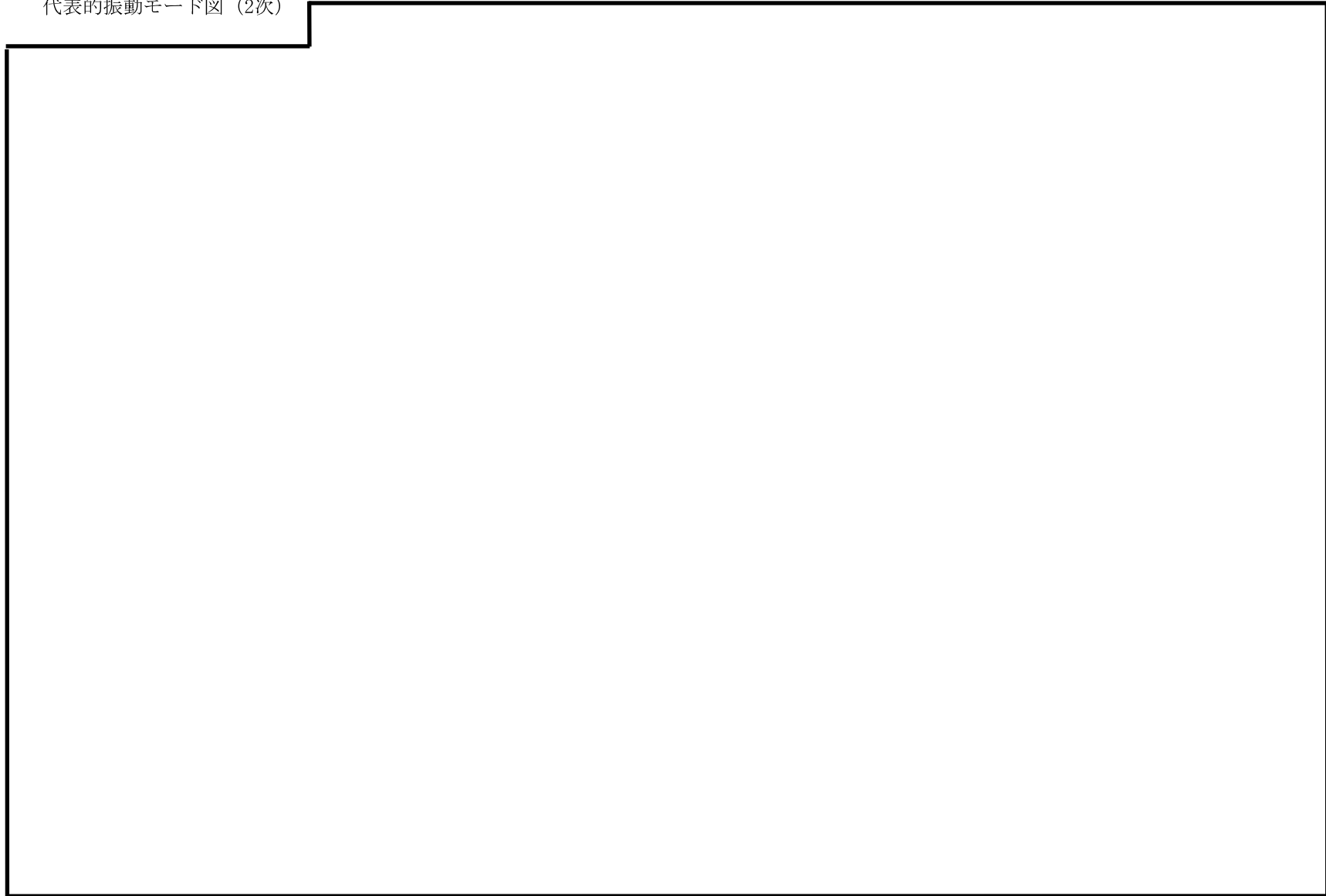
代表的振動モード図

振動モード図は、3次モードまでを代表とし、各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し、次頁以降に示す。

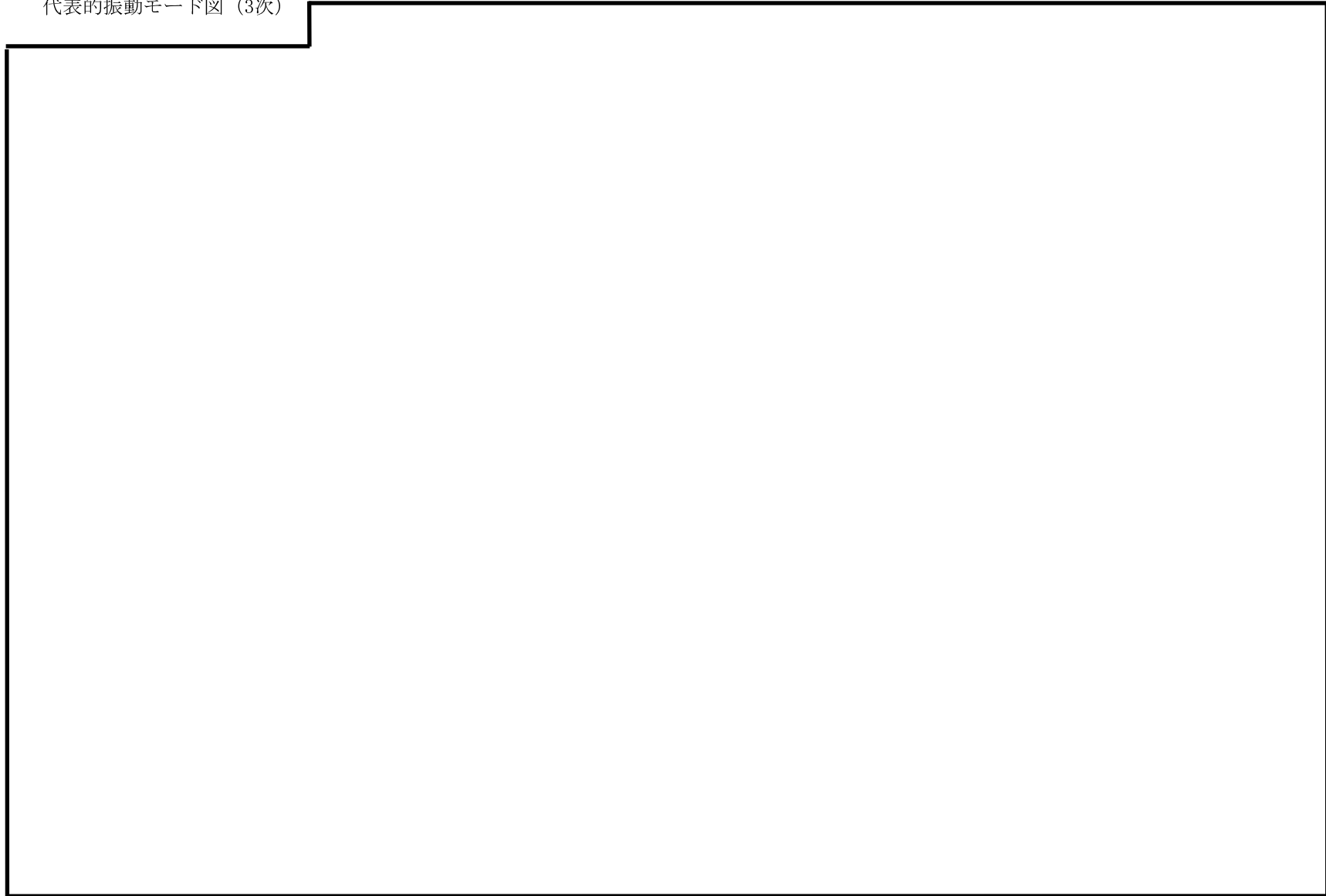
代表的振動モード図 (1次)



代表的振動モード図 (2次)



代表的振動モード図 (3次)



鳥瞰図	OTA-001
-----	---------

4.2 評価結果

4.2.1 管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

クラス2以下の管

許容応力 状態	最大応力区分(許容応力)	鳥瞰図 番号	最大応力 評価点	応力評価		疲労評価
				計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	疲労累積係数 U S s
IV _A S	一次応力 $S_{pr m}(0.9 \cdot S_u)$	OTA-001	45	129	333	—
	一次+二次応力 $S_n(2 \cdot S_y)$	OTA-001	45	237	430	—

4.2.2 支持構造物評価結果

下表に示すとおり計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果（荷重評価）

支持構造物 番号	種類	型式	材質	温度 (°C)	評価結果		
					計算荷重 (kN)	許容荷重 (kN)	
						一次評価*1	二次評価*2
—	メカニカルスナッパ	—	VI-2-1-12「配 管及び支持構造 物の耐震計算に ついて」参照	—	—	—	
—	オイルスナッパ	—		—	—	—	
—	ロッドレストレイント	—		—	—	—	
—	スプリングハンガ	—		—	—	/	
—	コンスタントハンガ	—		—	—	/	
—	リジットハンガ	—		—	—	/	

注記*1：あらかじめ設定した設計上の基準値を許容荷重として実施する評価

*2：計算荷重があらかじめ設定した設計上の基準値を超過した箇所に対して、J E A G 4 6 0 1 に定める許容限界を満足する範囲内で新たに設定した設計上の基準値を許容荷重として実施する評価。なお、一次評価を満足する場合は「—」と記載する。

支持構造物評価結果（応力評価）

支持構造物 番号	種類	型式	材質	温度 (°C)	支持点荷重						評価結果		
					反力 (kN)			モーメント (kN・m)			応力 分類	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)
					F _x	F _y	F _z	M _x	M _y	M _z			
SPA-011	レストレイント	架構	SS400	40	85	—	96	—	—	—	組合せ	163	490
—	アンカ	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

4.2.3 弁の動的機能維持の評価結果

下表に示すとおり水平及び鉛直方向の機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下又は水平及び鉛直方向を合成した機能維持評価用加速度が動作機能確認済加速度以下かつ計算応力が許容応力以下である。

弁番号	形式	要求機能 ^{*1}	機能維持評価用加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)			機能確認済加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)		詳細評価 ^{*2, *3}						
			水平	鉛直	合成 ^{*3, *4}	水平	鉛直	動作機能確認済加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)		構造強度評価結果 (MPa)				
								水平	鉛直	評価部位	応力分類	計算応力	許容応力	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

注記*1：弁に要求される機能に応じて以下を記載する。

α (S s)：基準地震動 S s，弾性設計用地震動 S d 時に動的機能が要求されるもの

β (S s)：基準地震動 S s，弾性設計用地震動 S d 後に動的機能が要求されるもの

*2：水平又は鉛直方向の機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を超過する場合は詳細評価を実施し，水平及び鉛直方向を合成した機能維持評価用加速度が動作機能確認済加速度の最小値以下かつ計算応力が許容応力以下であることを確認する。

*3：詳細評価を実施しない場合は「—」を記載する。

*4：水平及び鉛直方向の機能維持評価用加速度をベクトル和により合成した値であり，詳細評価を実施する場合に使用する。

4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

クラス2以下の管

No	鳥瞰図番号	許容応力状態IV _A S										
		一次応力評価					一次+二次応力評価					
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	疲労累積 係数	代表
1	OTA-001	45	129	333	2.58	○	45	237	430	1.81	—	○
2	OTA-002	1	16	333	20.81	—	1	10	430	43.00	—	—
3	OTA-003	45	129	333	2.58	—	45	237	430	1.81	—	—
4	OTA-004	1	16	333	20.81	—	1	10	430	43.00	—	—

VI-2-別添 4-3-3 地下水位低下設備水位計の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用規格・基準等	4
2.4 記号の説明	5
2.5 計算精度と数値の丸め方	6
3. 評価部位	6
4. 固有周期	7
4.1 固有周期の計算方法	7
4.2 固有周期の計算条件	9
4.3 固有周期の計算結果	9
5. 構造強度評価	10
5.1 構造強度評価方法	10
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	10
5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	10
5.2.2 許容応力	10
5.2.3 使用材料の許容応力評価条件	10
5.3 設計用地震力	13
5.4 計算方法	14
5.4.1 応力の計算方法	14
5.5 計算条件	17
5.5.1 基礎ボルトの応力計算条件	17
5.6 応力の評価	17
5.6.1 基礎ボルトの応力評価	17
6. 機能維持評価	18
6.1 電氣的機能維持評価方法	18
7. 評価結果	19
7.1 設計基準対象施設としての評価結果	19

1. 概要

本計算書は、VI-2-別添 4-1「地下水位低下設備の耐震計算の方針」にて設定している耐震評価方針に基づき、地下水位低下設備水位計（Cクラス施設）が基準地震動 S_s による地震力に対して十分な構造強度を有し、電氣的機能を維持できることを説明するものである。

2. 一般事項

2.1 構造計画

地下水位低下設備水位計の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>水位計は、取付ボルトにて水位計架台に固定する。 水位計架台は、壁面の後打金物に溶接にて設置する。 後打金物は基礎ボルトにて壁面に固定する。</p>	<p>圧力式水位検出器 (壁に設置された水位計架台に、水位計を取付ボルトにて固定する構造)</p>	<p>(正面図) (側面図)</p> <p>(単位: mm)</p>

2.2 評価方針

地下水位低下設備水位計の応力評価は、VI-2-別添 4-1「地下水位低下設備の耐震計算の方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示す地下水位低下設備水位計の部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4. 固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「5. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、地下水位低下設備水位計の機能維持評価は、VI-2-別添 4-1「地下水位低下設備の耐震計算の方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを、「6. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「7. 評価結果」に示す。

地下水位低下設備水位計の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

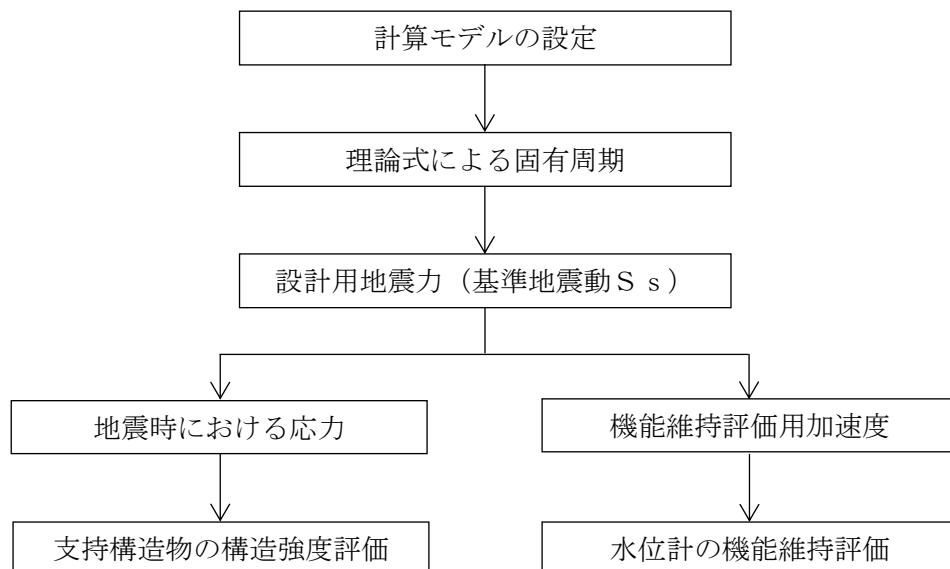


図 2-1 地下水位低下設備水位計の耐震評価フロー

2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 (J E A G 4 6 0 1・補-1984)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針 (J E A G 4 6 0 1-1987)
- (3) 原子力発電所耐震設計技術指針 (J E A G 4 6 0 1-1991 追補版)
- (4) J S M E S N C 1-2005/2007 発電用原子力設備規格 設計・建設規格
(以下「設計・建設規格」という。)

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_b	ボルトの軸断面積	mm ²
A_s	水位計架台の最小有効せん断断面積	mm ²
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
E	縦弾性係数	MPa
d	ボルトの呼び径	mm
F	設計・建設規格 SSB-3121.1(1) に定める値	MPa
F^*	設計・建設規格 SSB-3121.3 に定める値	MPa
G	せん断弾性係数	MPa
F_b	ボルトに作用する引張力（1本当たり）	N
F_{b1}	鉛直方向地震及び壁掛取付面に対し左右方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力（1本当たり）	N
F_{b2}	鉛直方向地震及び壁掛取付面に対し前後方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力（1本当たり）	N
f_{sb}	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力	MPa
f_{to}	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力	MPa
f_{ts}	引張力とせん断力同時に受けるボルトの許容引張応力（許容組合せ応力）	MPa
g	重力加速度（=9.80665）	m/s ²
h	後打金物の取付面から重心までの距離	mm
I_y	水位計架台の水平方向軸（左右方向）に対する断面二次モーメント	mm ⁴
I_z	水位計架台の鉛直方向軸に対する断面二次モーメント	mm ⁴
K_H	水平方向（左右方向）に対する曲げ及びせん断変形によるばね定数	N/m
K_V	鉛直方向に対する曲げ及びせん断変形によるばね定数	N/m
l_a	水位計架台の幅	mm
l_1	重心と下側ボルト間の鉛直方向距離	mm
l_2	上側ボルトと下側ボルト間の鉛直方向距離	mm
l_3	左側ボルトと右側ボルト間の水平方向距離	mm
m	水位計，水位計架台及び後打金物の質量	kg
n	ボルトの本数	—
n_{fV}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数（前後方向）	—
n_{fH}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数（左右方向）	—
Q_b	ボルトに作用するせん断力	N
Q_{b1}	水平方向地震によりボルトに作用するせん断力	N
Q_{b2}	鉛直方向地震によりボルトに作用するせん断力	N
S_u	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9 に定める値	MPa
S_y	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8 に定める値	MPa
$S_y(RT)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8 に定める材料の40℃における値	MPa
T_H	水平方向固有周期	s

記号	記号の説明	単位
T_v	鉛直方向固有周期	s
t	水位計架台の板厚	mm
π	円周率	—
σ_b	ボルトに生じる引張応力	MPa
τ_b	ボルトに生じるせん断応力	MPa

2.5 計算精度と数値の丸め方

計算精度は、有効数字 6 桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表 2-2 に示すとおりである。

表 2-2 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	s	小数点以下第 4 位	四捨五入	小数点以下第 3 位
震度	—	小数点以下第 3 位	切上げ	小数点以下第 2 位
温度	°C	—	—	整数位
質量	kg	—	—	整数位
長さ	mm	—	—	整数位 ^{*1}
面積	mm ²	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*2}
断面二次モーメント	mm ⁴	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*2}
力	N	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*2}
算出応力	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
許容応力	MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位 ^{*3}

注記*1：設計上定める値が小数点以下第 1 位の場合は、小数点以下第 1 位表示とする。

*2：絶対値が 1000 以上のときは、べき数表示とする。

*3：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏点は、比例法により補間した値の小数点以下第 1 位を切り捨て、整数位までの値とする。

3. 評価部位

地下水位低下設備水位計の耐震評価は、「5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる基礎ボルトについて実施する。地下水位低下設備水位計の耐震評価部位については、表 2-1 の構造計画に示す。

4. 固有周期

4.1 固有周期の計算方法

地下水位低下設備水位計が設置される、水位計架台の固有周期の計算方法を以下に示す。

(1) 計算モデル

- a. 水位計架台の質量は、重心に集中するものとする。
- b. 水位計架台は溶接で壁面の後打金物に固定されており、固定端とする。
- c. 水位計架台をはりと考え、変形モードは曲げ及びびせん断変形を考慮する。
- d. 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。
- e. 水位計架台を図4-1に示す壁固定の1質点系振動モデルとし、その断面形状は、水位計架台の質量を負担する前後方向に位置する2枚の板を合わせたものとして考える。
- f. 水の付加質量*を考慮する。

注記*：機器が流体中で加速度を受けた場合に質量が増加したような効果を模擬した質量

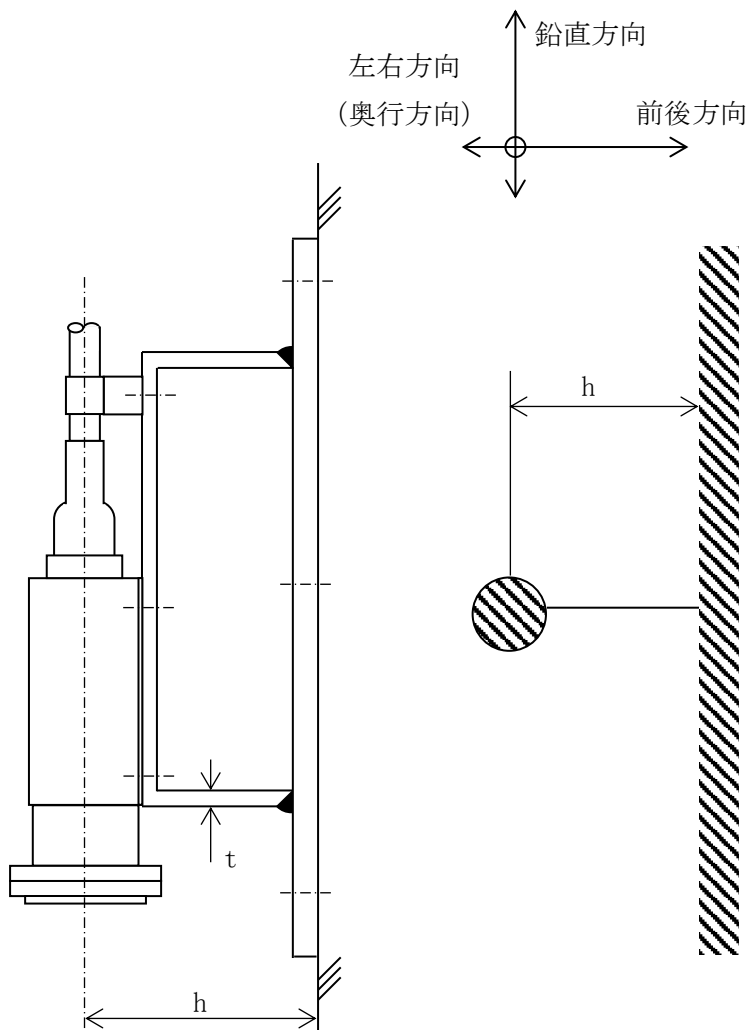


図4-1 固有周期の計算モデル

(2) 水平方向固有周期（前後方向，左右方向）

- a. 前後方向は十分な剛性を有していることから，固有周期の計算を省略する。
- b. 左右方向に対する曲げ及びせん断変形によるばね定数 K_H は次式で求める。

$$K_H = \frac{1000}{\frac{h^3}{3 \cdot E \cdot I_z} + \frac{h}{A_s \cdot G}} \quad \dots (4.1.1)$$

したがって，左右方向に対する固有周期 T_H は次式で求める。

$$T_H = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{K_H}} \quad \dots (4.1.2)$$

(3) 鉛直方向固有周期

鉛直方向に対する曲げ及びせん断変形によるばね定数 K_V は次式で求める。

$$K_V = \frac{1000}{\frac{h^3}{3 \cdot E \cdot I_y} + \frac{h}{A_s \cdot G}} \quad \dots (4.1.3)$$

したがって，鉛直方向に対する固有周期 T_V は次式で求める。

$$T_V = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{K_V}} \quad \dots (4.1.4)$$

4.2 固有周期の計算条件

固有周期の計算に用いる計算条件は、本計算書の【地下水位低下設備水位計の耐震性についての計算結果】の機器要目に示す。

4.3 固有周期の計算結果

固有周期の計算結果を表4-1に示す。計算の結果、固有周期は0.05秒以下であり、剛構造であることを確認した。

表 4-1 固有周期 (単位：s)

水平方向	鉛直方向
<input type="text"/>	<input type="text"/>

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

4.1 項(1)a.～f.のほか、次の条件で計算する。

- (1) 地震力は地下水位低下設備水位計に対して、水平方向及び鉛直方向から個別に作用させる。
また、水平方向及び鉛直方向の動的地震力による荷重の組み合わせには、絶対値和を適用する。
- (2) 設計用地震力（基準地震動 S_s ）は、VI-2-別添 4-2「地下水位低下設備の地震応答計算書」に示す地震応答から、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定する。
- (3) 転倒方向は、正面より見て左右方向及び前後方向について検討し、計算書には計算結果の厳しい方（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。
- (4) 水位計架台の重心位置については、転倒方向を考慮して、計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定して耐震性の計算を行う。

5.2 荷重の組合せ及び許容応力

5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

地下水位低下設備水位計の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち評価に用いるものを表 5-1 に示す。

5.2.2 許容応力

地下水位低下設備水位計の許容応力は、VI-2-別添 4-1「地下水位低下設備の耐震計算の方針」に基づき表 5-2 のとおりとする。

5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

地下水位低下設備水位計の使用材料の許容応力評価条件のうち評価に用いるものを表 5-3 に示す。

表 5-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

設備名称	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
地下水位低下設備	地下水位低下設備水位計	C	—*	$D + P_D + M_D + S_s$	$IV_A S$

注記*：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 5-2 許容応力（その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張	せん断
IV _A S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

注記*1：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。

*2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 5-3 使用材料の許容応力評価条件

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)
		基礎ボルト	SUS304	周囲環境温度	40	205

5.3 設計用地震力

地下水位低下設備水位計の設計用地震力のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 5-4 に示す。

「基準地震動 S_s 」による地震力は、VI-2-別添 4-2「地下水位低下設備の地震応答計算書」に示す地震応答から、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき設定する。

なお、水平方向及び鉛直方向それぞれ、各揚水井戸における設計震度が大きい方を設定する。

表 5-4 設計用地震力（設計基準対象施設）

据付場所 及び 床面高さ(m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度		基準地震動 S_s	
	水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
地下水位低下設備 揚水井戸 EL -21.7* ¹	□	□	-	-	$C_H=2.60^{*2}$	$C_V=1.51^{*2}$

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s ）を上回る設計震度

5.4 計算方法

5.4.1 応力の計算方法

5.4.1.1 基礎ボルトの計算方法

基礎ボルトの応力は、地震による震度により作用するモーメントによって生じる引張力とせん断力について計算する。図5-1に計算モデルを示す。

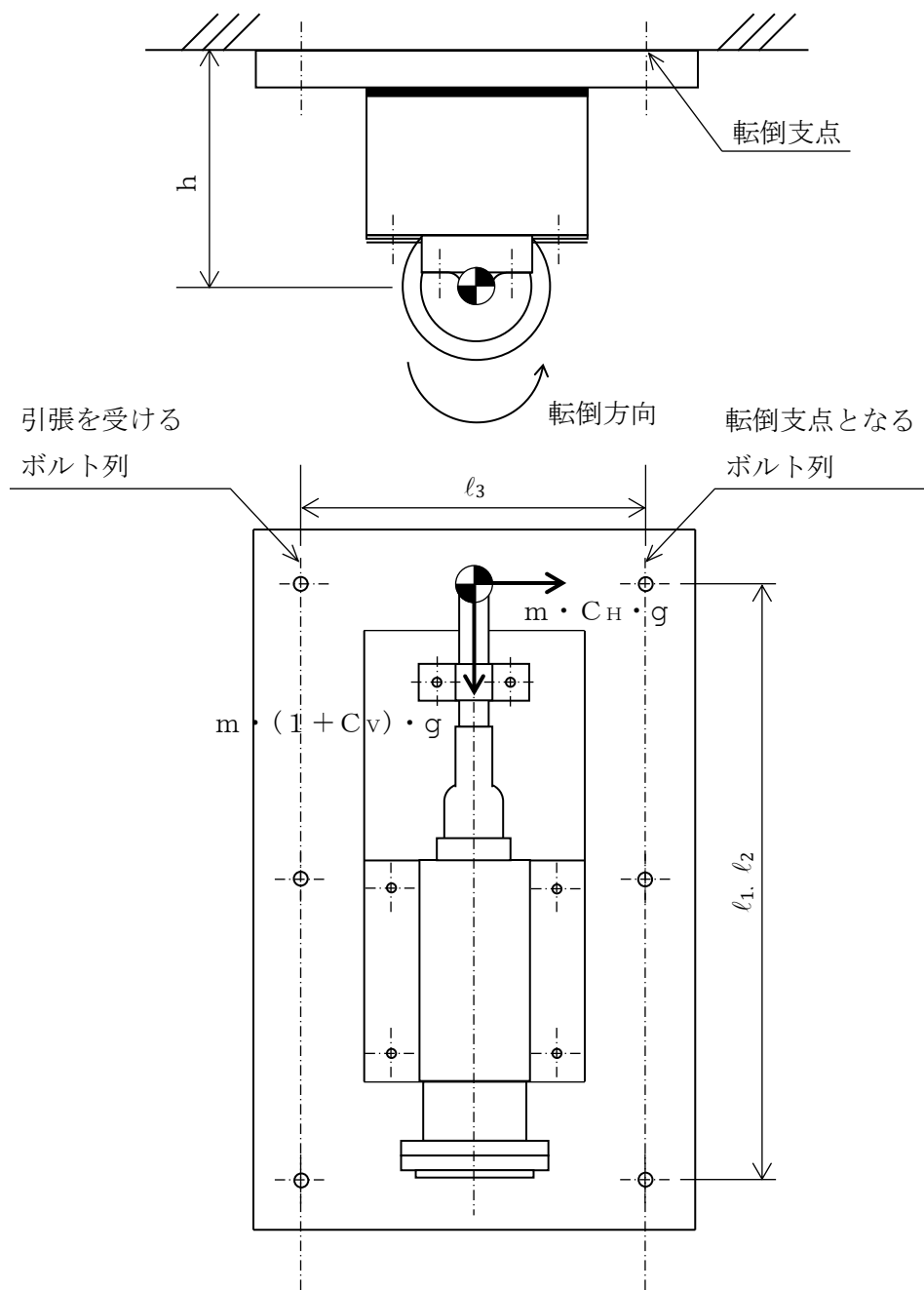


図5-1(1) 計算モデル（左右方向転倒の場合）

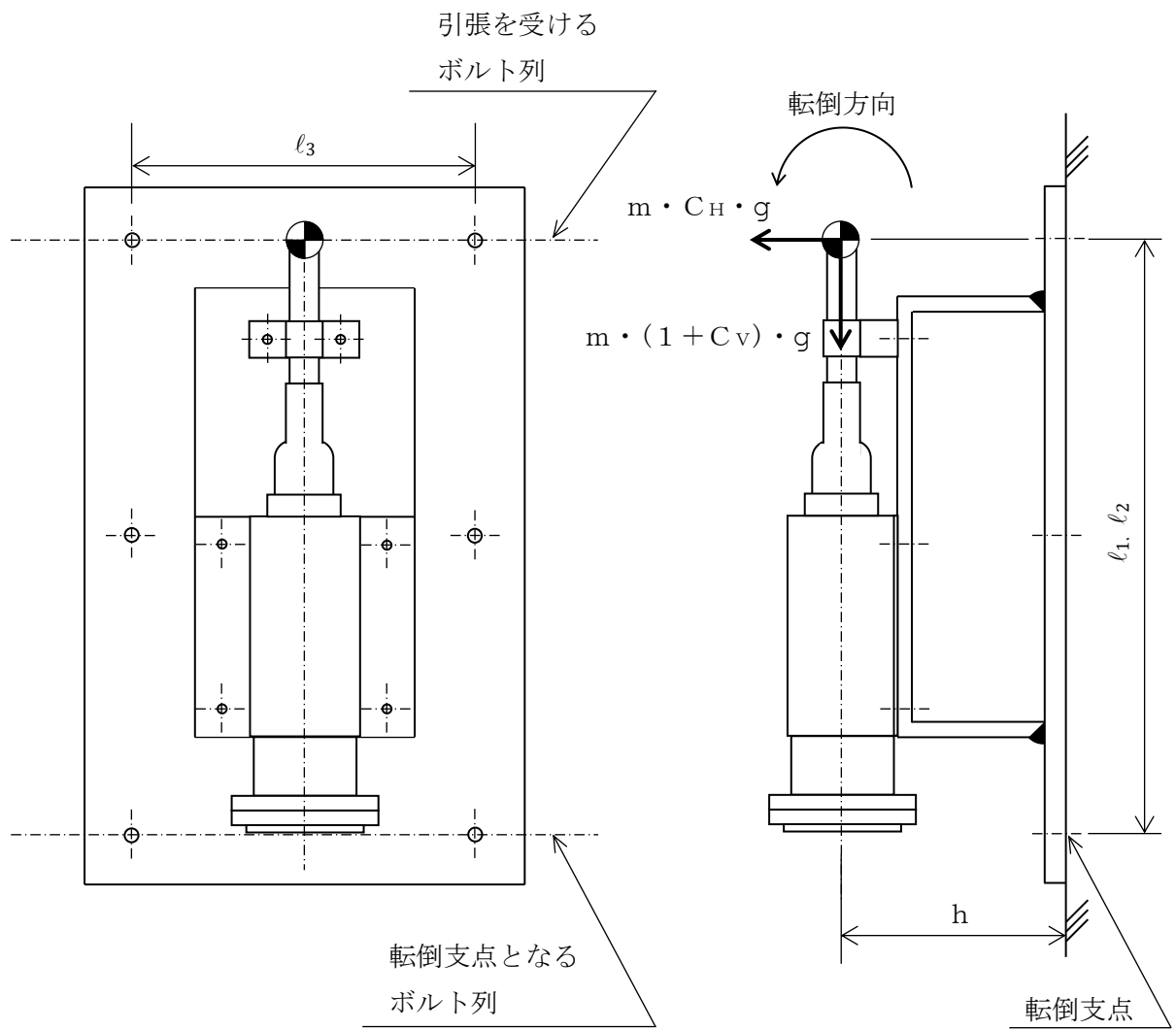


図 5-1(2) 計算モデル (前後方向転倒の場合)

(1) 引張応力

基礎ボルトに対する引張力は、最も厳しい条件として、図 5-1 で最外列のボルトを支点とする転倒を考え、これを片側の最外列のボルトで受けるものとして計算する。

引張力

計算モデル図 5-1(1) の場合の引張力

$$F_{b1} = m \cdot g \cdot \left(\frac{C_H \cdot h}{n_{fH} \cdot l_3} + \frac{(1 + C_V) \cdot h}{n_{fV} \cdot l_2} \right) \dots \dots \dots (5.4.1.1.1)$$

計算モデル図 5-1(2) の場合の引張力

$$F_{b2} = m \cdot g \cdot \left(\frac{C_H \cdot l_1 + (1 + C_V) \cdot h}{n_{fV} \cdot l_2} \right) \dots \dots \dots (5.4.1.1.2)$$

$$F_b = \text{Max}(F_{b1}, F_{b2}) \dots \dots \dots (5.4.1.1.3)$$

引張応力

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b} \dots \dots \dots (5.4.1.1.4)$$

ここで、基礎ボルトの軸断面積 A_b は次式により求める。

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \dots \dots \dots (5.4.1.1.5)$$

ただし、 F_b が負のとき基礎ボルトには引張力が生じないので、引張応力の計算は行わない。

(2) せん断応力

基礎ボルトに対するせん断力は、基礎ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b1} = m \cdot g \cdot C_H \dots \dots \dots (5.4.1.1.6)$$

$$Q_{b2} = m \cdot g \cdot (1 + C_V) \dots \dots \dots (5.4.1.1.7)$$

$$Q_b = \sqrt{(Q_{b1})^2 + (Q_{b2})^2} \dots \dots \dots (5.4.1.1.8)$$

せん断応力

$$\tau_b = \frac{Q_b}{n \cdot A_b} \dots \dots \dots (5.4.1.1.9)$$

5.5 計算条件

5.5.1 基礎ボルトの応力計算条件

基礎ボルトの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【水位計の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

5.6 応力の評価

5.6.1 基礎ボルトの応力評価

5.4 項で求めた基礎ボルトの引張応力 σ_b は次式より求めた許容組合せ応力 f_{ts} 以下であること。ただし、 f_{to} は下表による。

$$f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}] \dots\dots\dots (5.4.1.1.10)$$

せん断応力 τ_b は、せん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力 f_{sb} 以下であること。ただし、 f_{sb} は下表による。

	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度による 荷重との組合せの場合	基準地震動 S s による 荷重との組合せの場合
許容引張応力 f_{to}	$\frac{F}{2} \cdot 1.5$	$\frac{F^*}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 f_{sb}	$\frac{F}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

6. 機能維持評価

6.1 電氣的機能維持評価方法

地下水位低下設備水位計の電氣的機能維持評価について以下に示す。

なお、機能維持評価用加速度は、VI-2-別添 4-2「地下水位低下設備の地震応答計算書」に示す地震応答から、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき、基準地震動 S_s により定まる応答加速度を設定する。

地下水位低下設備水位計の機能確認済加速度は、VI-2-別添 4-1「地下水位低下設備の耐震計算の方針」に基づき、実機の据付け状態を水位計架台を含めて加振台上で模擬したうえで、正弦波による加振試験において電氣的機能の健全性を確認した評価部位の加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 6-1 に示す。

表 6-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

機器名称	方向	機能確認済加速度
地下水位低下設備水位計	水平方向	<input type="text"/>
	鉛直方向	<input type="text"/>

7. 評価結果

7.1 設計基準対象施設としての評価結果

地下水位低下設備水位計の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【地下水位低下設備水位計の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境 温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
地下水位低下設備 水位計 (LX282-101A)	C	地下水位低下設備 揚水井戸 EL -21.7* ¹	<input type="text"/>	<input type="text"/>	—	—	C _H =2.60* ²	C _V =1.51* ²	40

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）を上回る設計震度

1.2 機器要目

部 材	m (kg)	h (mm)	t (mm)	d (mm)	l _a (mm)	l ₁ (mm)	l ₂ (mm)	l ₃ (mm)	n (-)	n _{fH} (-)	n _{fV} (-)	A _b (mm ²)
基礎ボルト	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

部 材	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)	F* (MPa)	転倒方向		ME (N・mm)
					弾性設計用 地震動 S _d 又 は静的震度	基準地震動 S _s	
基礎ボルト	<input type="text"/>	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>	—	前後方向	—

E (MPa)	G (MPa)	I _y (mm ⁴)	I _z (mm ⁴)	A _S (mm ²)
1.937×10 ⁵	7.449×10 ⁴	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F_b		Q_b	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

1.4 結論

1.4.1 固有周期 (単位：s)

方向	固有周期
水平方向	T _H = <input type="text"/>
鉛直方向	T _V = <input type="text"/>

1.4.2 ボルトの応力

(単位：MPa)

部 材	材 料	応 力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	SUS304	引張	—	—	$\sigma_b =$ <input type="text"/>	$f_{ts} =$ <input type="text"/> *
		せん断	—	—	$\tau_b =$ <input type="text"/>	$f_{sb} =$ <input type="text"/>

注記*： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$

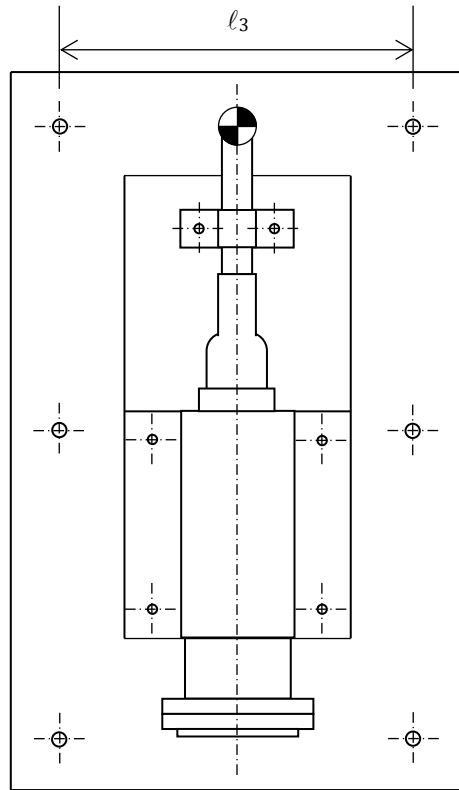
すべて許容応力以下である。

1.3.3 電氣的機能維持の評価結果

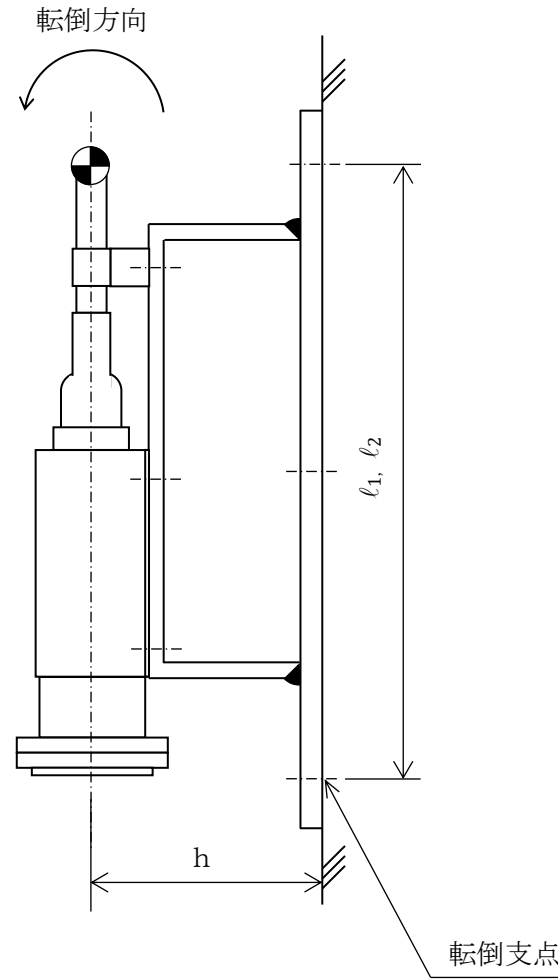
($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
水位計	水平方向	1.00	<input type="text"/>
	鉛直方向	0.73	<input type="text"/>

注記*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）により定まる加速度
機能維持評価用加速度は、すべて機能確認済加速度以下である。



正面
(左右方向)



側面
(前後方向)

VI-2-別添 4-3-4 地下水位低下設備制御盤の耐震性
についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
3. 固有周期	3
3.1 固有周期の算出	3
4. 構造強度評価	4
4.1 構造強度評価方法	4
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	4
4.3 計算条件	4
5. 機能維持評価	8
5.1 電氣的機能維持評価方法	8
6. 評価結果	9
6.1 設計基準対象施設としての評価結果	9

1. 概要

本計算書は、VI-2-別添 4-1「地下水位低下設備の耐震計算の方針」に示すとおり、地下水位低下設備制御盤（Cクラス施設）が基準地震動 S_s による地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

なお、地下水位低下設備制御盤は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の直立形盤であるため、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 構造計画

地下水位低下設備制御盤の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図												
基礎・支持構造	主体構造													
<p>制御盤は，取付ボルトにてチャンネルベースに設置する。 チャンネルベースは，溶接にて後打金物に固定する。 後打金物は，基礎ボルトにて基礎に設置する。</p>	<p>直立形 (鋼材及び鋼板を組み合わせた自立閉鎖型の盤)</p>	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>機器名称</th> <th>地下水位低下 設備制御盤 A (2-1118)</th> <th>地下水位低下 設備制御盤 B (2-1119)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>たて</td> <td>1000</td> <td>1000</td> </tr> <tr> <td>横</td> <td>1000</td> <td>1000</td> </tr> <tr> <td>高さ</td> <td>2000</td> <td>2000</td> </tr> </tbody> </table> <p>(単位：mm)</p>	機器名称	地下水位低下 設備制御盤 A (2-1118)	地下水位低下 設備制御盤 B (2-1119)	たて	1000	1000	横	1000	1000	高さ	2000	2000
機器名称	地下水位低下 設備制御盤 A (2-1118)	地下水位低下 設備制御盤 B (2-1119)												
たて	1000	1000												
横	1000	1000												
高さ	2000	2000												

3. 固有周期

3.1 固有周期の算出

地下水位低下設備制御盤の固有周期は、プラスチックハンマ等により、当該設備に振動を与え自由減衰振動を振動解析装置により記録解析し、確認する。試験の結果、剛構造であることを確認した。固有周期の確認結果を表3-1に示す。

表3-1 固有周期 (単位：s)

地下水位低下設備 制御盤A (2-1118)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>
地下水位低下設備 制御盤B (2-1119)	水平	<input type="text"/>
	鉛直	<input type="text"/>

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

地下水位低下設備制御盤の構造強度評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

地下水位低下設備制御盤の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-1 に示す。

4.2.2 許容応力

地下水位低下設備制御盤の許容応力は、VI-2-別添 4-1「地下水位低下設備の耐震計算の方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

地下水位低下設備制御盤の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-3 に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【地下水位低下設備制御盤 A (2-1118) の耐震性についての計算結果】、【地下水位低下設備制御盤 B (2-1119) の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

設備名称	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
地下水位低下設備	地下水位低下設備制御盤	C	—*	$D + P_D + M_D + S_s$	$IV_A S$

注記*：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 4-2 許容応力（その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張	せん断
IV _A S	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

注記*1：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。

*2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-3 使用材料の許容応力評価条件 (設計基準対象施設)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境温度				
基礎ボルト	SS400 (16mm<径≤40mm)	周囲環境温度	40	235	400	—
取付ボルト	SS400 (16mm<径≤40mm)	周囲環境温度	40	235	400	—

5. 機能維持評価

5.1 電氣的機能維持評価方法

地下水位低下設備制御盤の電氣的機能維持評価は、VI-2-1-14「機器・配管系の計算書作成の方法 添付資料-9 盤の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

地下水位低下設備制御盤に設置される器具の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、同形式の器具単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

機器名称	方向	機能確認済加速度
地下水位低下設備制御盤 A (2-1118)	水平	<input type="checkbox"/>
	鉛直	<input type="checkbox"/>
地下水位低下設備制御盤 B (2-1119)	水平	<input type="checkbox"/>
	鉛直	<input type="checkbox"/>

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

地下水位低下設備制御盤の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有し，電氣的機能を維持できることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【地下水位低下設備制御盤A（2-1118）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
地下水位低下設備制御盤A (2-1118)	C	原子炉建物 EL 2.8 (EL 8.8 *1)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	—	—	C _H =1.56 *2	C _V =1.16 *2	40

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）

1.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
基礎ボルト (i=1)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	235 (16mm<径≤40mm)	400 (16mm<径≤40mm)
取付ボルト (i=2)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	235 (16mm<径≤40mm)	400 (16mm<径≤40mm)

部材	ℓ _{1 i} * (mm)	ℓ _{2 i} * (mm)	n _{f i} *	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	—	280	—	短辺方向
	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>				
取付ボルト (i=2)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	—	280	—	長辺方向
	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>				

注記*：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>
取付ボルト (i=2)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SS400	引張	—	—	$\sigma_{b1} = $ <input type="text"/>	$f_{ts1} = $ <input type="text"/> *
		せん断	—	—	$\tau_{b1} = $ <input type="text"/>	$f_{sb1} = $ <input type="text"/>
取付ボルト (i=2)	SS400	引張	—	—	$\sigma_{b2} = $ <input type="text"/>	$f_{ts2} = $ <input type="text"/> *
		せん断	—	—	$\tau_{b2} = $ <input type="text"/>	$f_{sb2} = $ <input type="text"/>

注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

すべて許容応力以下である。

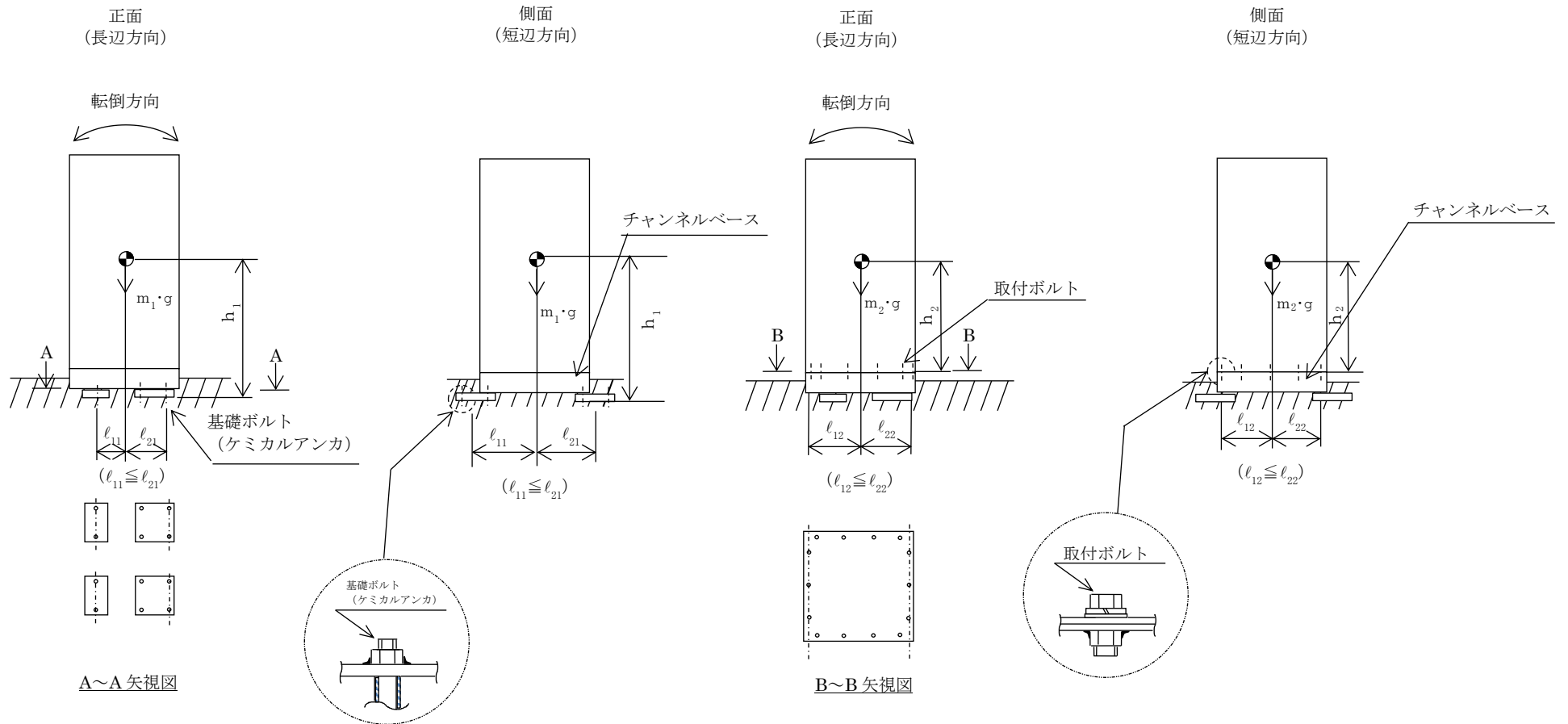
1.4.2 電気的機能維持の評価結果

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
地下水位低下設備制御盤 A (2-1118)	水平方向	1.29	<input type="text"/>
	鉛直方向	0.96	<input type="text"/>

注記*：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



【地下水位低下設備制御盤B（2-1119）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		周囲環境温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
地下水位低下設備制御盤B (2-1119)	C	原子炉建物 EL 2.8 (EL 8.8 *1)			—	—	C _H =1.56 *2	C _V =1.16 *2	40

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：設計用震度Ⅱ（基準地震動 S_s）

1.2 機器要目

部材	m _i (kg)	h _i (mm)	d _i (mm)	A _{b i} (mm ²)	n _i	S _{y i} (MPa)	S _{u i} (MPa)
基礎ボルト (i=1)						235 (16mm<径≤40mm)	400 (16mm<径≤40mm)
取付ボルト (i=2)						235 (16mm<径≤40mm)	400 (16mm<径≤40mm)

部材	ℓ _{1 i} * (mm)	ℓ _{2 i} * (mm)	n _{f i} *	F _i (MPa)	F _i * (MPa)	転倒方向	
						弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)				—	280	—	短辺方向
取付ボルト (i=2)				—	280	—	長辺方向

注記*：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は長辺方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F _{b i}		Q _{b i}	
	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度	基準地震動 S _s
基礎ボルト (i=1)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>
取付ボルト (i=2)	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	SS400	引張	—	—	$\sigma_{b1} = $ <input type="text"/>	$f_{ts1} = $ <input type="text"/> *
		せん断	—	—	$\tau_{b1} = $ <input type="text"/>	$f_{sb1} = $ <input type="text"/>
取付ボルト (i=2)	SS400	引張	—	—	$\sigma_{b2} = $ <input type="text"/>	$f_{ts2} = $ <input type="text"/> *
		せん断	—	—	$\tau_{b2} = $ <input type="text"/>	$f_{sb2} = $ <input type="text"/>

注記* : $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

すべて許容応力以下である。

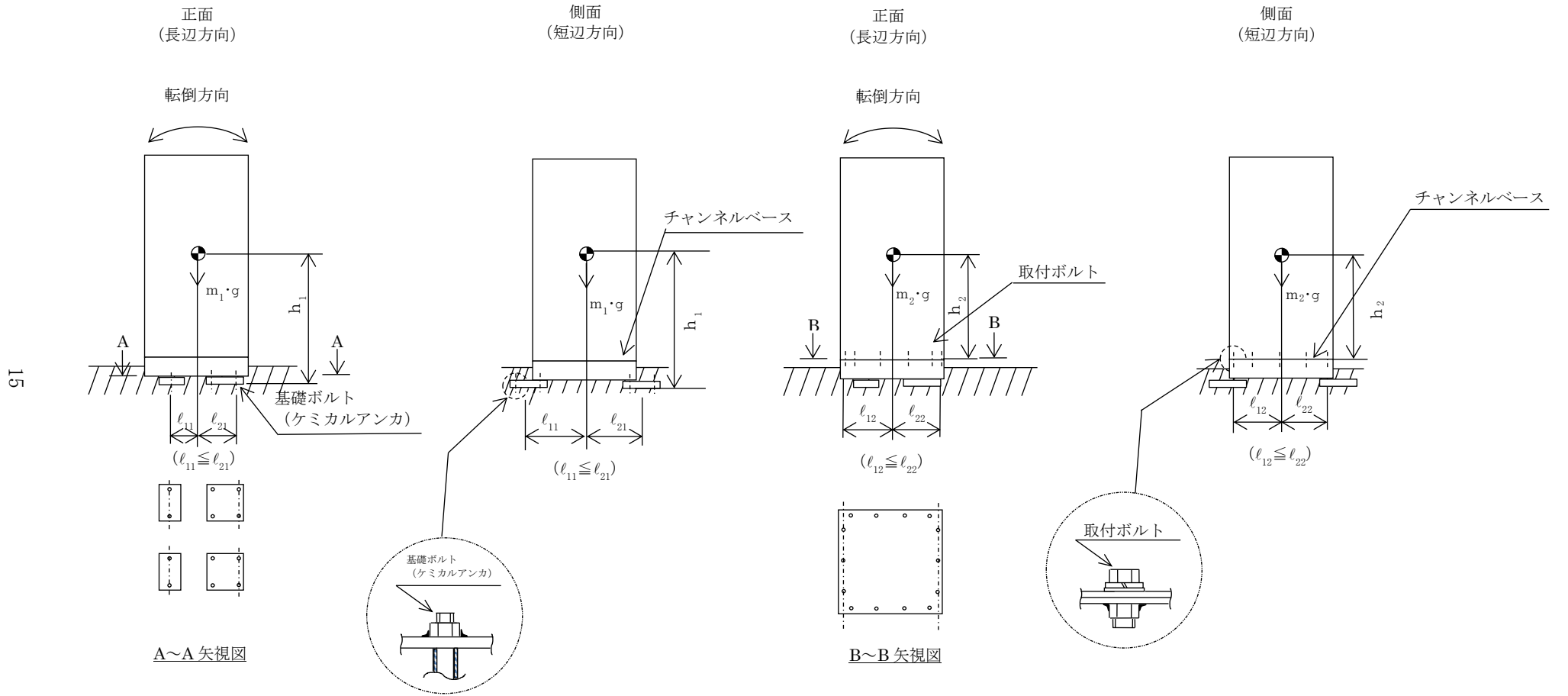
1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

($\times 9.8 \text{m/s}^2$)

		機能維持評価用加速度*	機能確認済加速度
地下水位低下設備制御盤 B (2-1119)	水平方向	1.29	<input type="text"/>
	鉛直方向	0.96	<input type="text"/>

注記* : 設計用震度 II (基準地震動 S_s) により定まる加速度

機能維持評価用加速度はすべて機能確認済加速度以下である。



VI-2-別添 4-3-5 揚水井戸の耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 基本方針	2
2.1 位置	2
2.2 構造概要	3
2.3 評価方針	6
2.3.1 2次元地震応答解析	9
2.3.2 鉛直断面に対する耐震評価	10
2.3.3 水平断面に対する耐震評価	13
2.3.4 底版に対する耐震評価	15
2.4 適用規格・基準等	16
3. 耐震評価	17
3.1 評価対象断面	17
3.2 使用材料及び材料の物性値	20
3.3 許容限界	21
3.3.1 構造部材の健全性に対する許容限界	21
3.3.2 基礎地盤の支持性能に対する許容限界	21
3.4 評価方法	22
3.4.1 構造部材の健全性評価	22
3.4.2 基礎地盤の支持性能評価	29
4. 耐震評価結果	30
4.1 構造部材の健全性に対する評価結果	30
4.1.1 鉛直断面に対する評価結果	30
4.1.2 水平断面に対する耐震評価結果	33
4.1.3 底版に対する耐震評価結果	38
4.2 基礎地盤の支持性能に対する評価結果	40

(別紙1) 敷地側集水桝の耐震性について

(別紙2) 屋外排水路（防波壁横断部）の耐震性について

(別紙3) 出口側集水桝の耐震性について

1. 概要

本資料は、VI-2-1-1-別添 1「地下水位低下設備の設計方針」で設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、地下水位低下設備のうち、揚水井戸が基準地震動 S_s に対して十分な構造強度を有していることを確認するものである。

揚水井戸に要求される機能の維持を確認するにあたっては、地震応答解析に基づく構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価により行う。

なお、本資料においては、安全対策工事に伴う掘削後の状態を前提とする。

2. 基本方針

2.1 位置

地下水位低下設備のうち揚水井戸の設置位置を図 2-1 に示す。

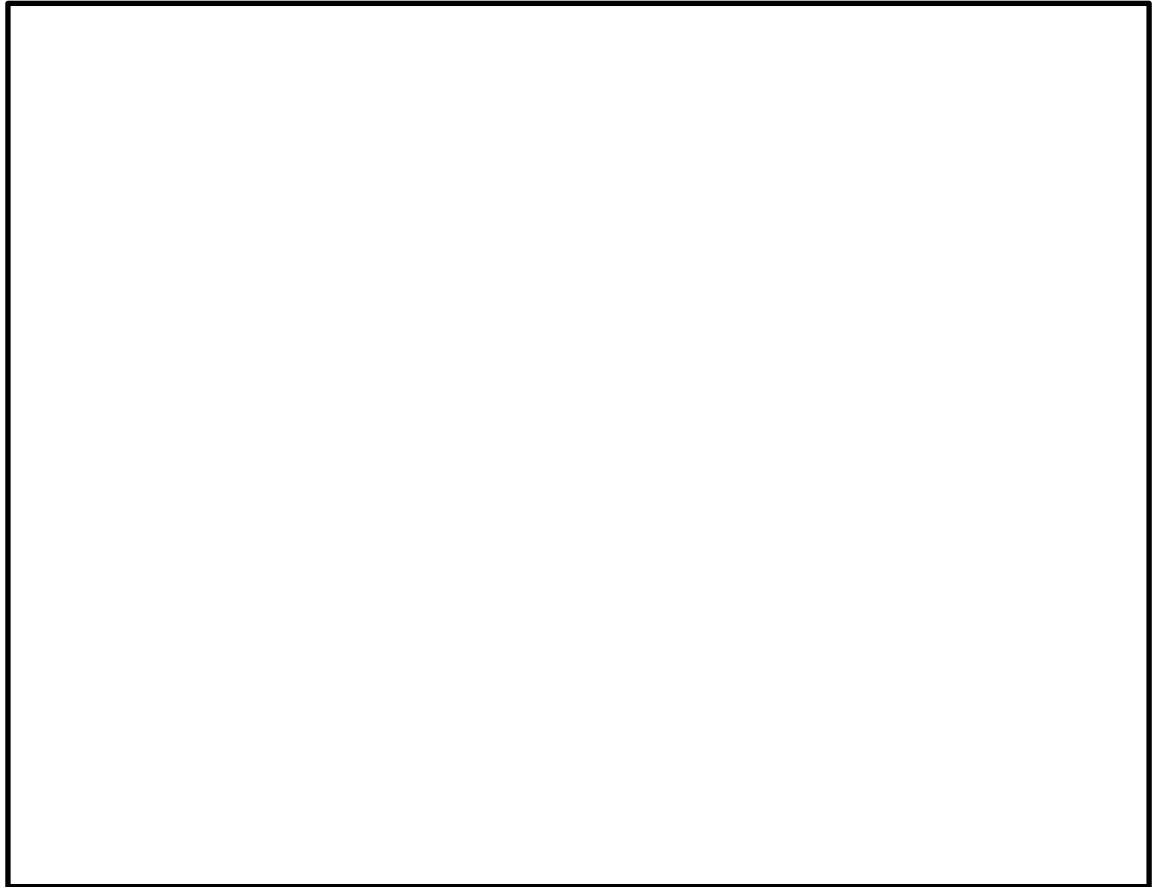


図 2-1 揚水井戸の設置位置

2.2 構造概要

揚水井戸は、揚水ポンプ等を支持する、内径 3.5m、高さ 31.9m の鉄筋コンクリート造の円筒状の地中構造物であり、十分な支持性能を有する C_M級岩盤に支持される。

地下水位低下設備の構成概要を図 2-2 に、揚水井戸の構造概要を図 2-3 に、概略配筋図を図 2-4 に示す。

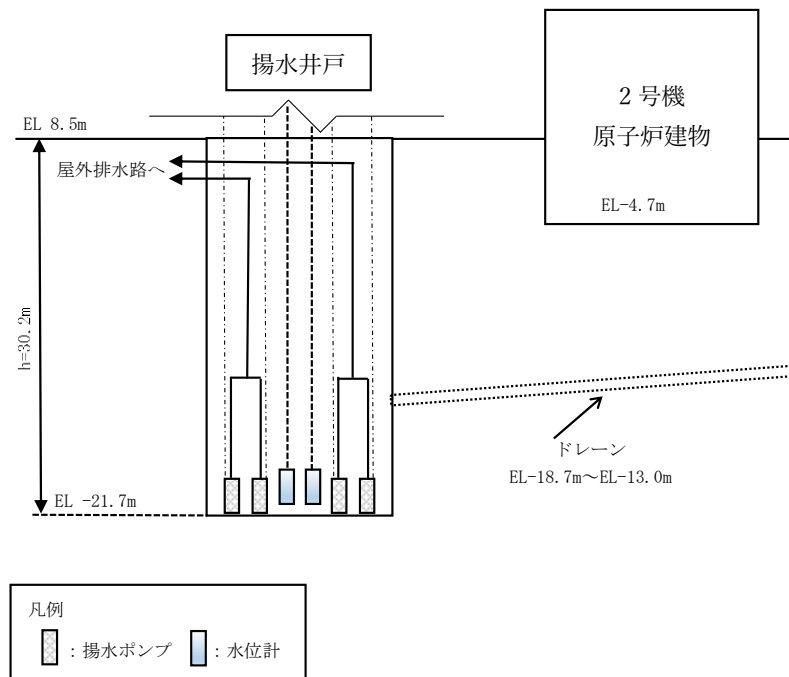


図 2-2 地下水水位低下設備の構成概要

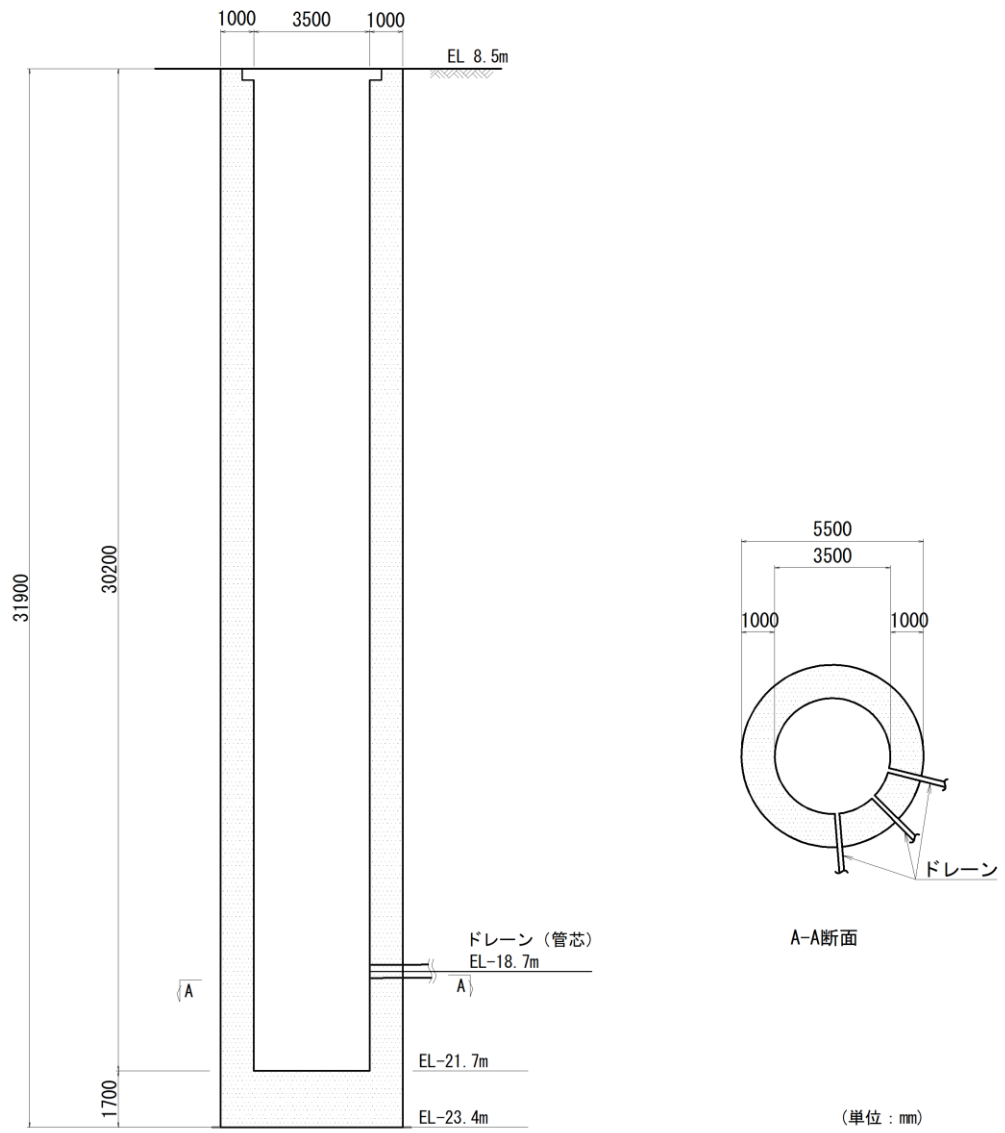


図 2-3 揚水井戸の構造概要

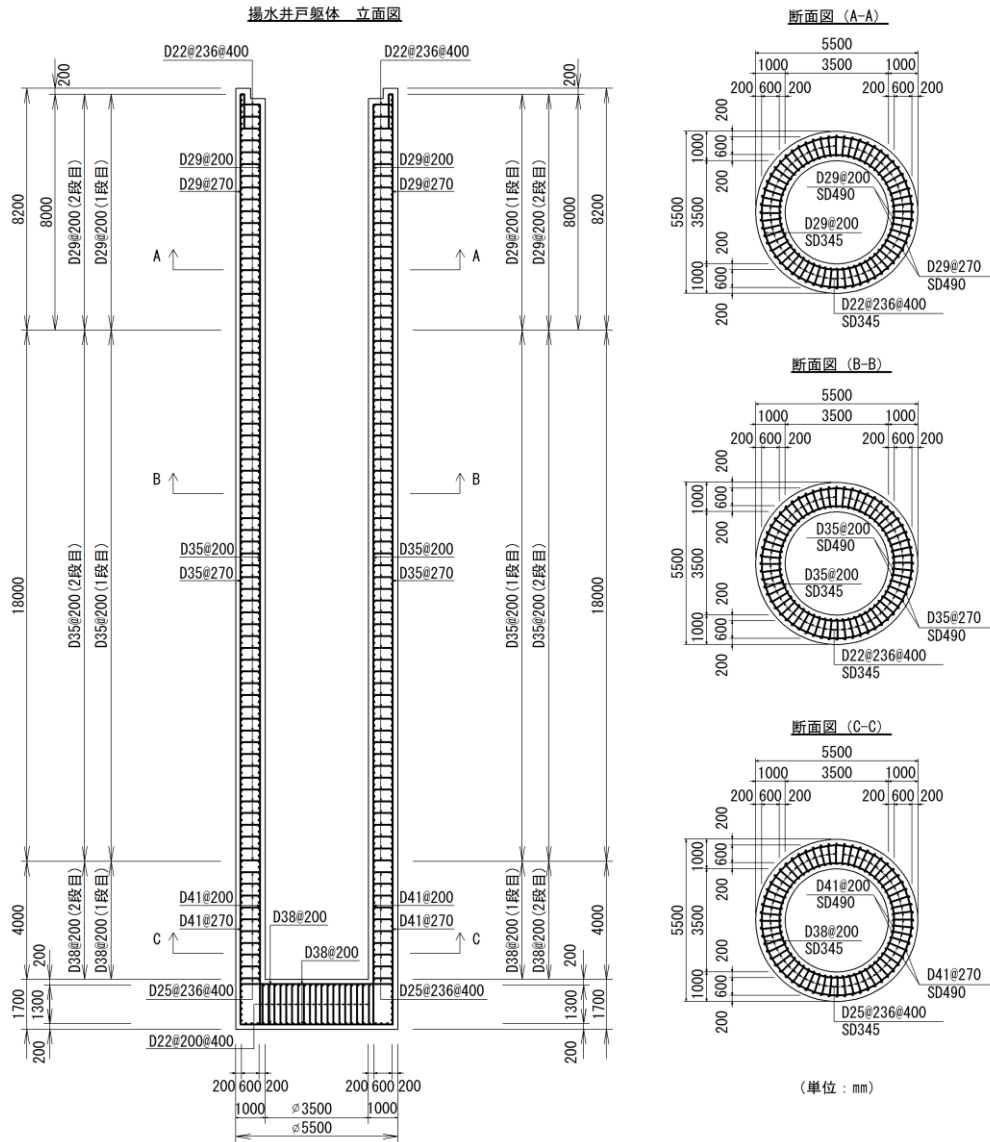


図 2-4 揚水井戸の概略配筋図

2.3 評価方針

地下水位低下設備の要求機能は、原子炉建物等の建物・構築物に作用する揚圧力の低減を目的とし、地下水位を一定の範囲に保持することであり、揚水井戸は支持・閉塞防止機能を維持する必要がある。揚水井戸を含む地下水位低下設備は耐震重要度分類Cクラスに分類されるが、その機能を維持するため、基準地震動 S_s に対して耐震性を確保する設計としている。

揚水井戸の耐震評価については、VI-2-別添 4-2「地下水位低下設備の地震応答計算書」に示す地震応答解析に基づき実施し、表 2-1 に示すとおり、構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を行う。

構造部材の健全性評価については、VI-2-別添 4-1「地下水位低下設備の耐震計算の方針」に基づき、発生する応力が許容限界以下であることを確認する。

基礎地盤の支持性能評価においては、VI-2-別添 4-1「地下水位低下設備の耐震計算の方針」に基づき、発生する接地圧が許容限界以下であることを確認する。

構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を実施することで、構造強度を有することを確認する。

揚水井戸の耐震評価フローを図 2-5 に、構造部材の応答値算定及び健全性評価についての耐震評価詳細フローを図 2-6 に示す。

表 2-1 揚水井戸の評価項目

評価方針	評価項目	部位	評価方法	許容限界
構造強度を有すること	構造部位の健全性	鉄筋コンクリート部材	発生する応力（曲げ軸力，せん断力）が許容限界を下回ることを確認	短期許容応力度
	基礎地盤の支持性能	基礎地盤	発生する接地圧が許容限界を下回ることを確認	極限支持力度*

注記*： 妥当な安全余裕を考慮する。

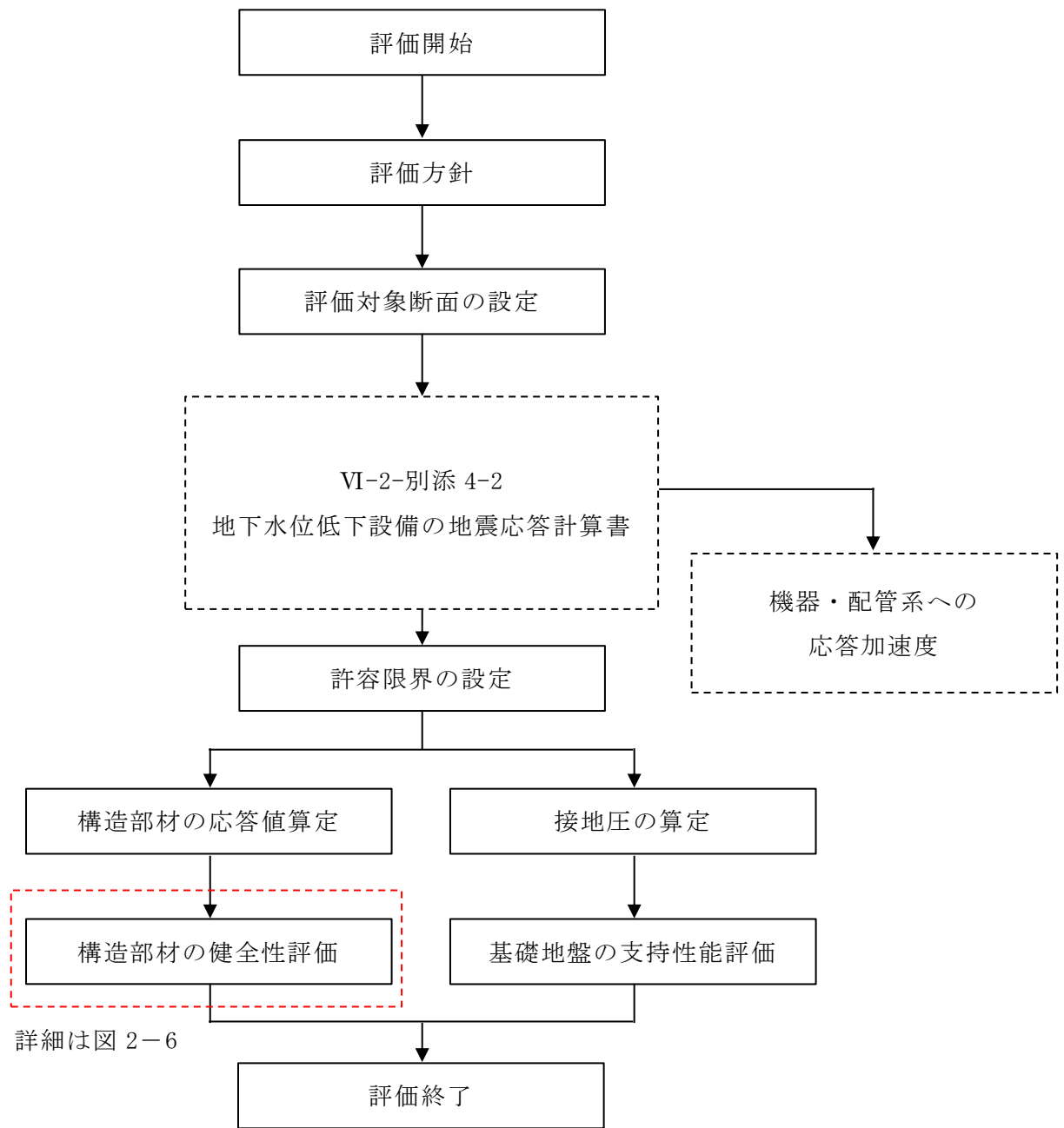


図 2-5 揚水井戸の耐震評価フロー

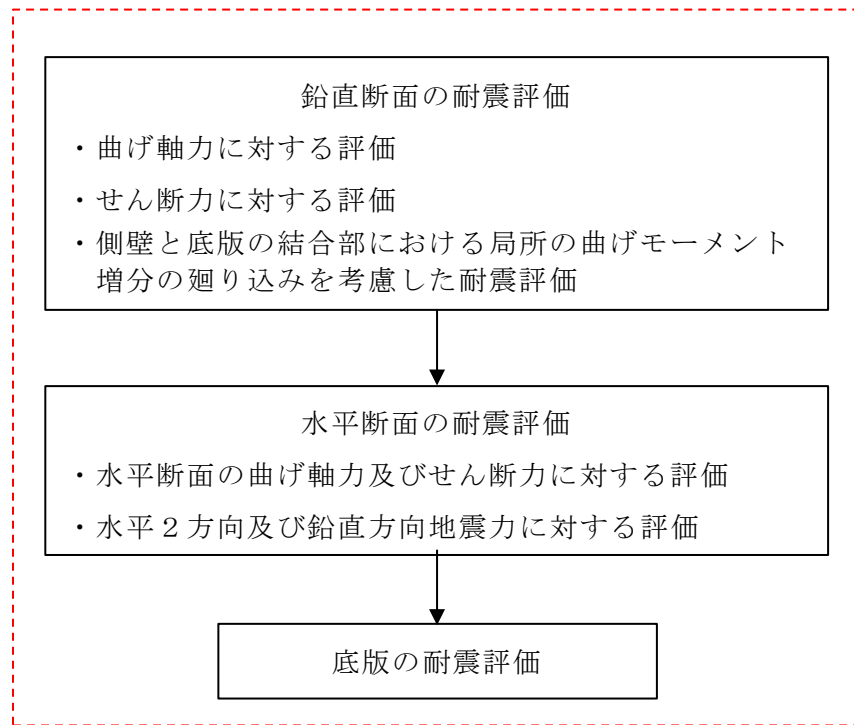


図 2-6 構造部材の応答値算定及び健全性評価についての耐震評価詳細フロー

2.3.1 2次元地震応答解析

揚水井戸の地震応答解析は、地盤と構造物の相互作用を考慮できる2次元有限要素法を用いて、基準地震動 S_s に基づき設定した水平地震動と鉛直地震動の同時加振による逐次時間積分の時刻歴応答解析にて行う。揚水井戸は、中心位置において各構造部材と等価な剛性を有する構造はり(線形はり要素)によりモデル化する。

2次元地震応答解析を実施し、揚水井戸の鉛直鉄筋の健全性評価のために、2次元地震応答解析にて算出される線形はり要素の発生断面力(曲げモーメント、軸力及びせん断力)を抽出する。揚水井戸の水平鉄筋の健全性評価のために、揚水井戸側方の地震時最大地盤反力を抽出する。さらに、底版の健全性評価のために、揚水井戸底面をモデル化した仮想剛はり要素に地盤から作用する鉛直方向の地震時地盤反力の時刻歴最大値を抽出する。

2次元地震応答解析からの応答値の抽出概念図を図2-7に示す。

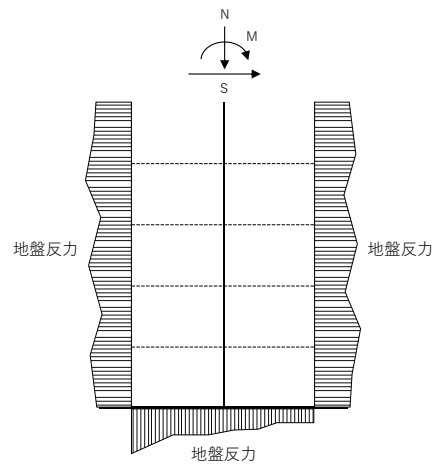


図2-7 2次元地震応答解析からの応答値の抽出概念図

2.3.2 鉛直断面に対する耐震評価

(1) 鉛直断面の曲げ軸力に対する評価

揚水井戸は直交する2断面（東西方向，南北方向）を解析断面として選定し，2次元地震応答解析を実施し部材の設計を行う。揚水井戸の鉛直鉄筋は2次元地震応答解析において算出される線形はり要素の発生断面力（曲げ軸力）を用いて2次元静的フレーム解析を実施し，照査を行う。その際，水平2方向及び鉛直方向地震力に対して円筒状立抗の場合は，地震動の加振方向に対して抵抗する部位が明確でない。そこで，円筒状立抗の曲げ軸力が時刻歴最大となる時刻の曲げモーメントが直交する方向にも同時に作用するものと仮定（曲げモーメントを $\sqrt{2}$ 倍）して，構造部材の曲げ軸力による発生応力が許容限界以下であることを確認する。2次元静的フレーム解析には解析コード「T D A P III」を使用する。なお，解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については，VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

線形はり要素の鉛直断面設計概念図を図2-8に示す。

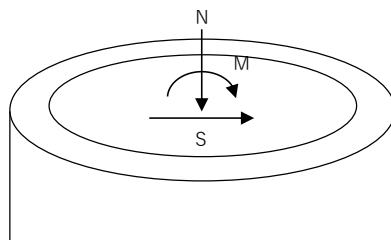


図2-8 線形はり要素の鉛直断面設計概念図

(2) 鉛直断面のせん断力に対する評価

2次元地震応答解析において算出される線形はり要素の発生せん断力（ S ）に対しコンクリートの有効断面積（ A_w ）で抵抗するものとし，せん断力度 $\tau = S / A_w$ が「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）」（以下「コンクリート標準示方書」という。）に示される許容せん断応力度 τ_{a1} を超える場合はせん断補強筋が必要となる。

本評価においては，2次元地震応答解析において算出される線形はり要素の発生せん断力を用いて2次元静的フレーム解析を実施し，照査を行い，構造部材の発生せん断力が鉄筋コンクリートとしての許容限界である短期許容せん断力 V_a 以下であることを確認する。

(3) 側壁と底版の結合部における局所の曲げモーメント増分の廻り込みを考慮した耐震評価

側壁と底版の隅角部には、床版曲げモーメント (M_1) が側壁に廻り込む。また側壁が底版に支持される拘束効果により、地震時荷重を面外方向に受けた場合に曲げモーメント (M_2) が反転する。この現象は2次元地震応答解析において考慮することができないため、側壁と底版の結合部における曲げモーメント増分の廻り込みを考慮した設計を行う。

側壁と底版を結合することにより底版に発生する端部の曲げモーメント (M_1) は、底版両端を固定支持とした理論解により算定する。荷重については、底版の地盤反力の和が最大となる時刻の地盤反力を作用させる。

また、側壁に作用する荷重による、側壁と底版の結合部に発生する曲げモーメント (M_2) は、底版と揚水井戸上端をスパンとした単位幅の1方向を考慮した両端固定はりとしてモデル化し、2次元静的フレーム解析により算定する。荷重については、側壁の地盤反力の和が最大となる時刻の地盤反力を作用させる。

底版の端曲げモーメント (M_1) 及び底版に拘束された側壁に発生する端曲げモーメント (M_2) の和を設計曲げモーメントとする。

上記により得られる設計曲げモーメントから鉛直鉄筋の引張応力度 (σ_{v2}) を算定する。円筒状立抗の曲げ軸力が時刻歴最大となる時刻の曲げモーメントを直交する方向にも同時に作用させるものと仮定(曲げモーメントを $\sqrt{2}$ 倍)して求められた鉛直鉄筋の引張応力度 (σ_{v1}') を加算した鉛直鉄筋の引張応力度 ($\sigma_{v1}' + \sigma_{v2}$) が許容限界以下であることを確認する。

底版から側壁に廻り込む曲げモーメント概念図を図2-9に示す。

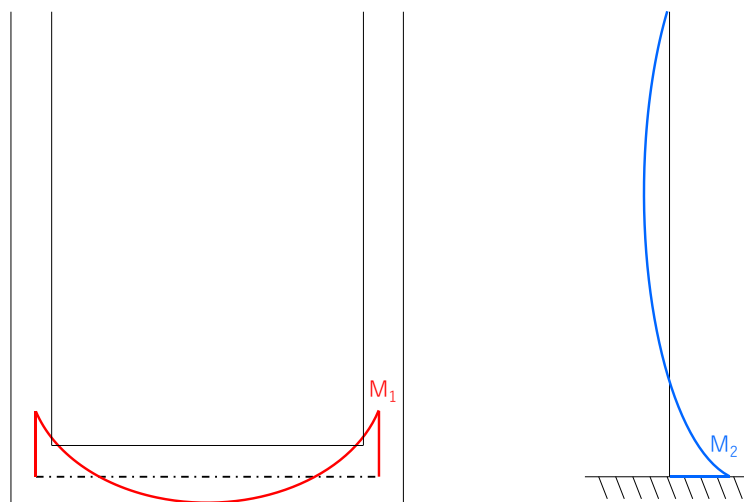


図 2-9 底版から側壁に廻り込む曲げモーメント概念図

2.3.3 水平断面に対する耐震評価

(1) 水平断面の曲げ軸力及びせん断力に対する評価

揚水井戸の水平断面については、側壁を線形はり要素によりモデル化した2次元静的フレーム解析に基づき照査を行う。水平断面の評価概念図を図2-10に示す。

揚水井戸の水平断面の検討では、揚水井戸側方の地震時地盤反力の時刻歴最大時の荷重を作用させる場合（両押し時）と地震時地盤反力の時刻歴最大時の荷重を片側のみ作用させる場合（片押し時）の2つの荷重状態について検討する。

常時荷重については常時土圧及び静水圧を考慮する。地震時地盤反力を考慮する方向と直交する方向の荷重は、地震時地盤反力を打ち消す効果があるため、常時荷重については、設計断面の適用範囲ごとに最浅部（最小）の常時荷重を算定し、図2-10に示すように、水平断面の2次元静的フレーム解析に用いる。

構造部材の発生断面力（曲げモーメント、軸力及びせん断力）が許容限界以下であることを確認する。なお、ここで設計する主鉄筋は、2次元静的フレーム解析モデルの側壁面外方向の地震時最大地盤反力で生じる曲げ応力に対する配筋である。

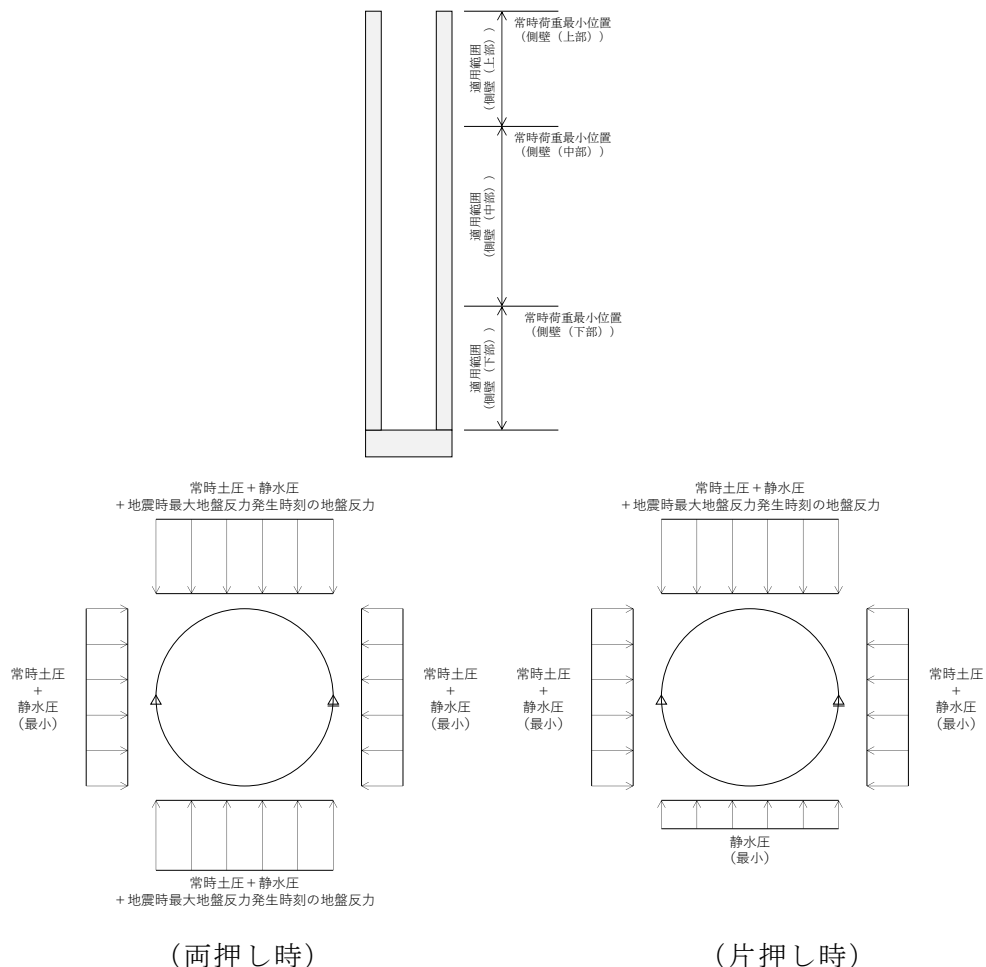


図2-10 水平断面の評価概念図(フレーム解析)

(2) 水平 2 方向及び鉛直方向地震力に対する評価

揚水井戸の設計における水平 2 方向及び鉛直方向地震力に対する耐震安全性は、側壁面内方向の水平鉄筋の配筋量にて確認する。

揚水井戸の側壁における面内方向の水平鉄筋として、2次元地震応答解析(鉛直断面)モデルの側壁面内方向のせん断力に対するせん断補強鉄筋(A_{s1})と、水平断面の2次元静的フレーム解析モデルの側壁面外方向の地震時最大地盤反力で生じる曲げ軸力に対する主鉄筋(A_{s2})は同じ向きの配筋となる。したがって、 A_{s1} の必要鉄筋量と A_{s2} の必要鉄筋量を足し合わせた合計必要鉄筋量以上の実配筋量が側壁の面内方向に配置されていることを確認する。

側壁の水平鉄筋の設計イメージを図 2-11 に示す。

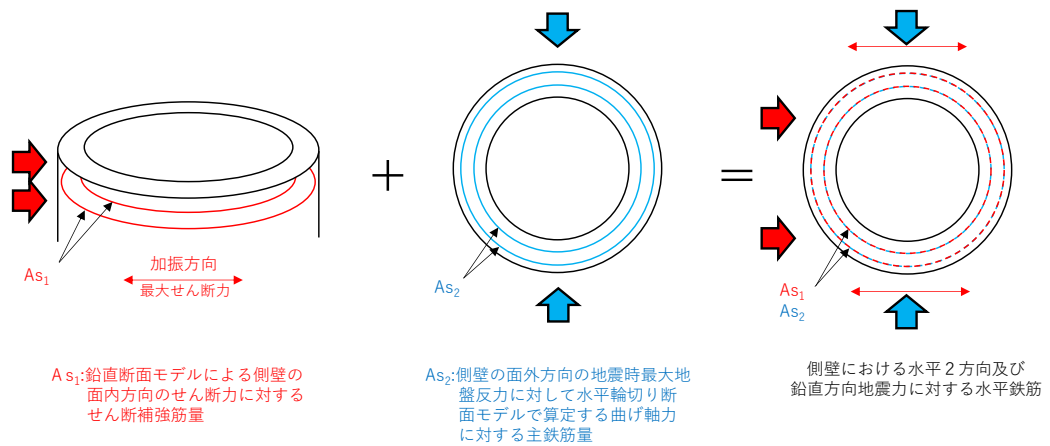


図 2-11 側壁の水平鉄筋の設計イメージ

2.3.4 底版に対する耐震評価

底版は接続する側壁の中心間距離をスパンとした単位幅の1方向を考慮し、両端を単純支持とした理論解により設計断面力を算定する。

設計荷重は2次元地震応答解析において、仮想剛はり要素(底面)下面の地盤要素に発生する地震時地盤反力の和が最大となる時刻を抽出し、その時刻における地盤反力を作用させる。また、静水圧も分布荷重として考慮する。

揚水井戸の底版の構造部材の発生応力が許容限界以下であることを確認する。底版評価の概念図を図2-12に示す。

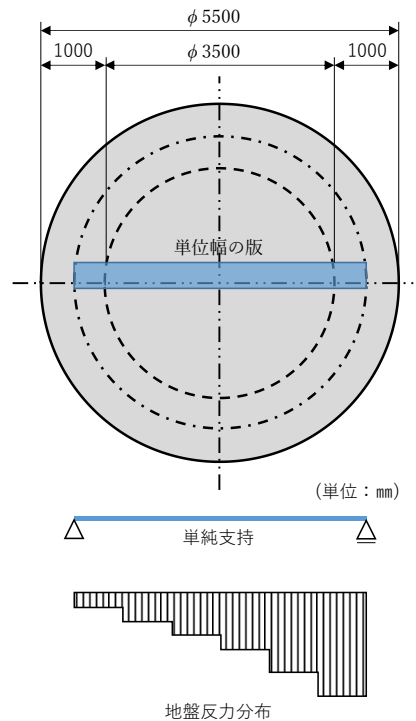


図 2-12 底版評価の概念図

2.4 適用規格・基準等

適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・コンクリート標準示方書[構造性能照査編]（（社）土木学会，2002年制定）
- ・道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成24年3月）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987（（社）日本電気協会）

3. 耐震評価

3.1 評価対象断面

揚水井戸の断面は、東西方向及び南北方向の2断面とする。

評価対象断面の地質断面図位置を図3-1に、評価対象断面の地質断面図を図3-2に示す。

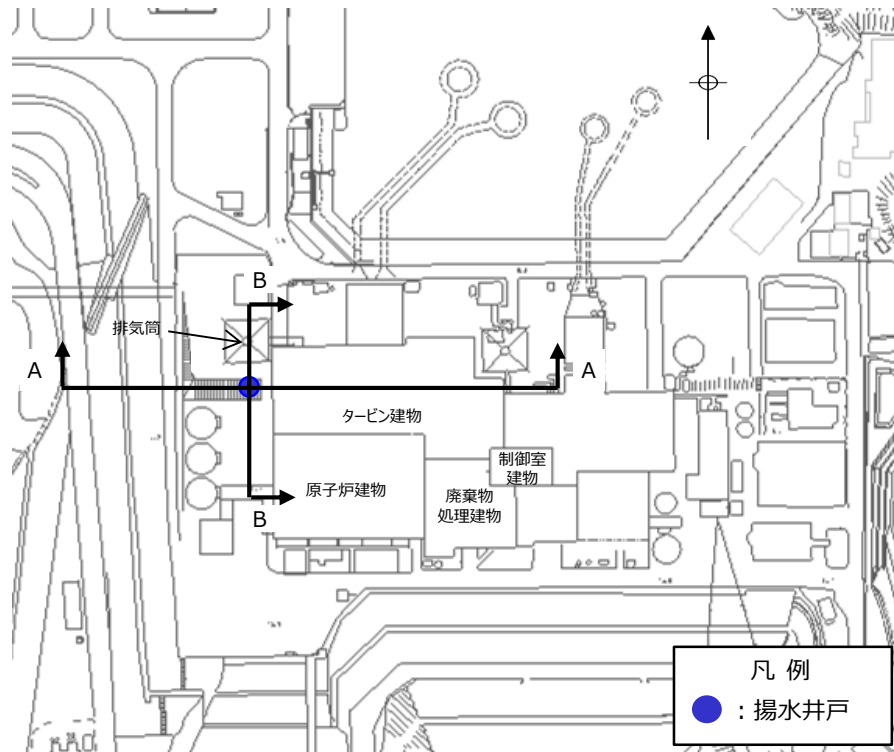


図3-1 評価対象断面の地質断面図位置

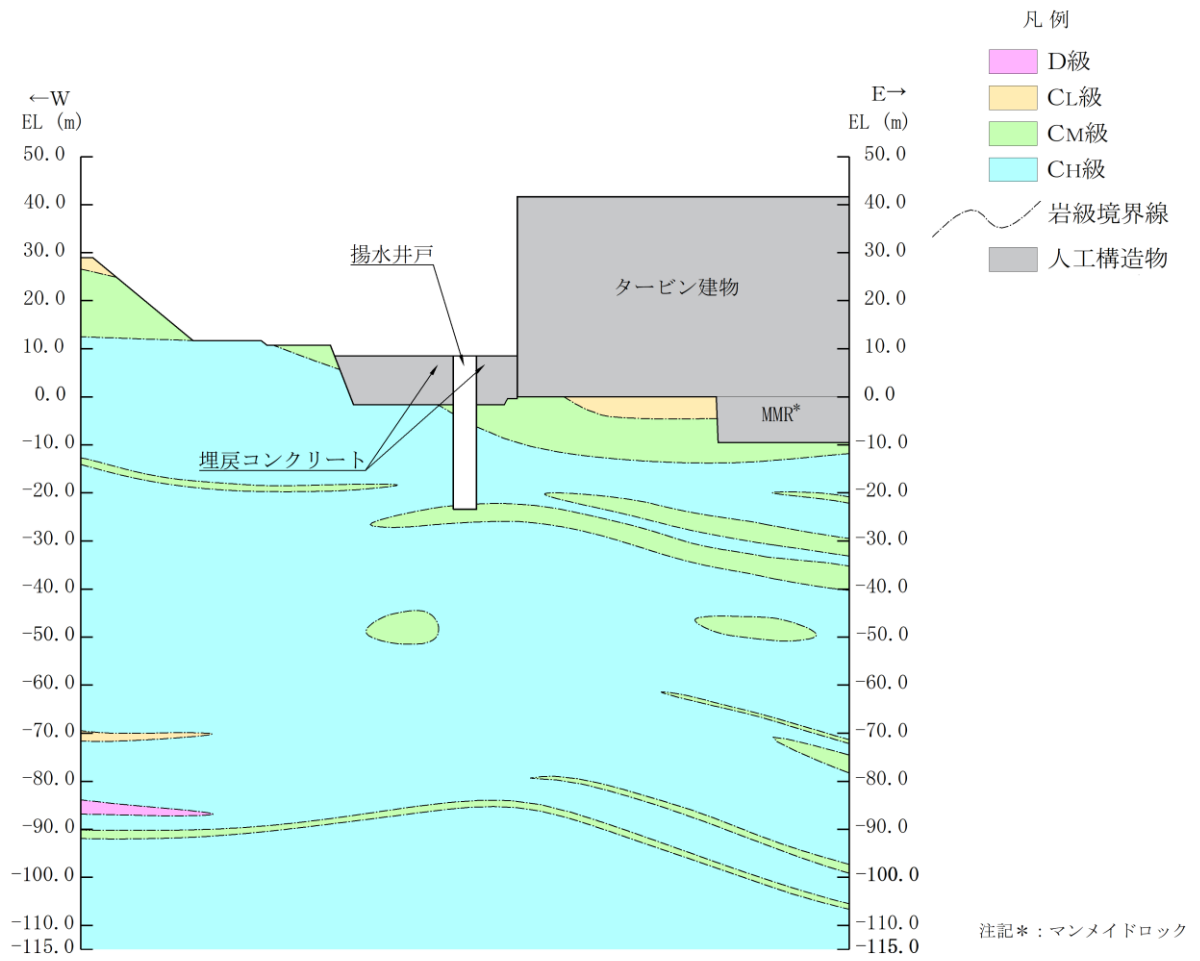


図 3-2(1) 評価対象断面の地質断面図 (A-A断面 (東西方向))

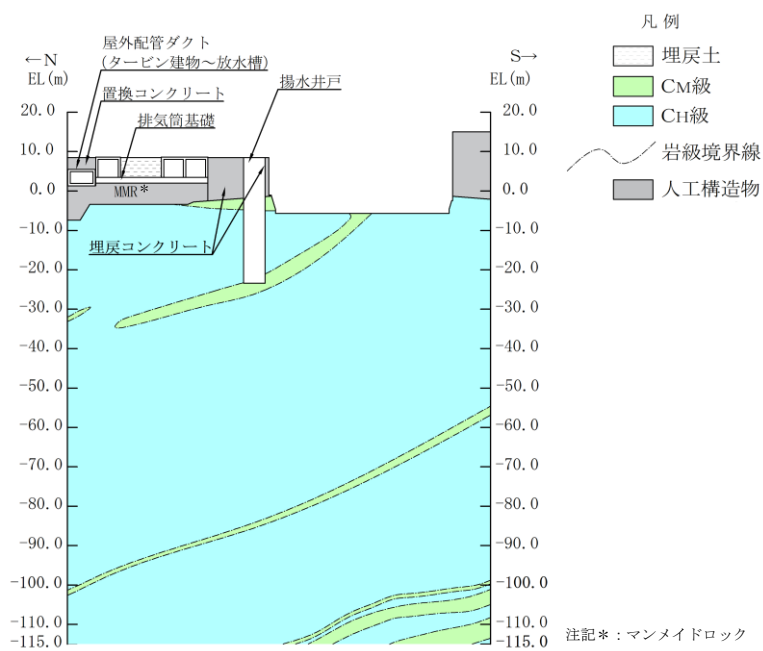


図 3-2(2) 評価対象断面の地質断面図 (B-B断面 (南北方向))

3.2 使用材料及び材料の物性値

構造物の使用材料を表 3-1 に、材料の物性値を表 3-2 に示す。

表 3-1 構造物の使用材料

材料		仕様
構造物	コンクリート	設計基準強度 36.0N/mm ²
	鉄筋	SD345, SD490
埋戻コンクリート		設計基準強度 18.0N/mm ²
MMR		設計基準強度 15.6N/mm ²
		設計基準強度 23.5N/mm ²

表 3-2 材料の物性値

材料	ヤング係数 (N/mm ²)	単位体積重量 (kN/m ³)	ポアソン比
構造物	2.98×10 ⁴	24.0* ¹	0.2
埋戻コンクリート (18.0N/mm ²)	2.20×10 ⁴	22.6* ²	
MMR (15.6N/mm ²)	2.08×10 ⁴		
MMR (23.5N/mm ²)	2.48×10 ⁴		

注記*1：鉄筋コンクリートの単位体積重量を示す。

*2：無筋コンクリートの単位体積重量を示す。

3.3 許容限界

許容限界は、VI-2-別添 4-1「地下水位低下設備の耐震計算の方針」に基づき設定する。

3.3.1 構造部材の健全性に対する許容限界

揚水井戸は、許容応力度法による照査を行う。コンクリート及び鉄筋の健全性に対する許容限界を表 3-3 に示す。

表 3-3 構造部材の健全性に対する許容限界

評価項目		許容限界 (N/mm ²)
コンクリート* ¹ f' _{c k} = 36 (N/mm ²)	短期許容曲げ圧縮応力度 σ_{ca}	19.2
	短期許容せん断応力度 τ_{a1}	0.795
鉄筋	SD490 短期許容引張応力度 σ_{sa} (曲げ軸力) * ²	435
	SD345 短期許容引張応力度 σ_{sa} (曲げ軸力) * ¹	294

注記*1：コンクリート標準示方書

*2：道路橋示方書 (I 共通編・IV 下部構造編)・同解説 ((社) 日本道路協会, 平成 24 年 3 月)

3.3.2 基礎地盤の支持性能に対する許容限界

基礎地盤に発生する接地圧に対する許容限界は、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき、岩盤の極限支持力度とする。

基礎地盤の支持性能に対する許容限界を表 3-4 に示す。

表 3-4 基礎地盤の支持性能に対する許容限界

評価項目		許容限界 (N/mm ²)
極限支持力度	C _M 級岩盤	9.8

3.4 評価方法

揚水井戸の耐震評価は、VI-2-別添 4-2「地下水位低下設備の地震応答計算書」に基づく地震応答解析により算定した照査用応答値が「3.3 許容限界」において設定した許容限界以下であることを確認する。

3.4.1 構造部材の健全性評価

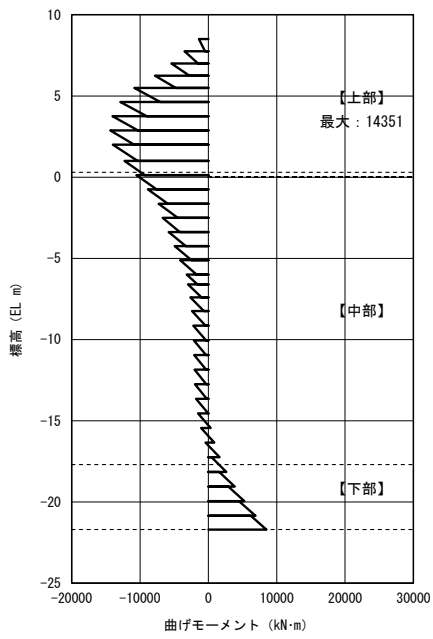
(1) 鉛直断面の構造部材の健全性評価

鉄筋コンクリートの曲げ軸力照査及びせん断力照査に対して、地震応答解析により算定した応力が許容限界以下であることを確認する。

鉛直断面の構造部材の曲げ軸力照査及びせん断力照査に対して、地震応答解析により算定した発生応力が許容限界以下であることを確認する。照査は、配筋の異なる位置ごと（上部、中部及び下部）で実施する。

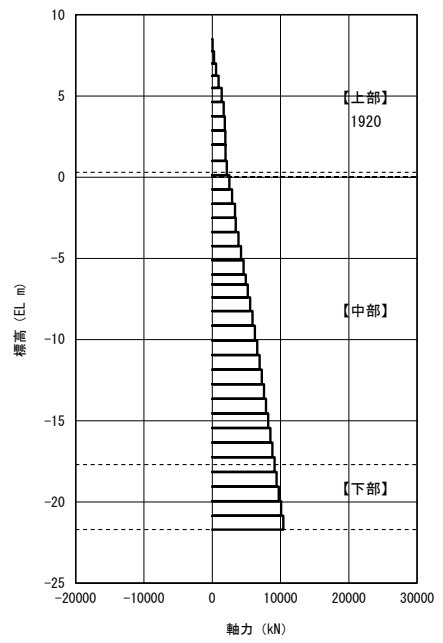
東西断面（以下「A-A断面」という。）の曲げ軸力照査における最大照査値の評価時刻での断面力図を図3-3に、せん断力照査における最大照査値の評価時刻での断面力図を図3-4に示す。

南北断面（以下「B-B断面」という。）の曲げ軸力照査における最大照査値の評価時刻での断面力図を図3-5に、せん断力照査における最大照査値の評価時刻での断面力図を図3-6に示す。



$$+M \left(i \text{ — } j \right) +M$$

曲げモーメント図



$$+N \rightarrow i \text{ — } j \leftarrow +N$$

軸力図

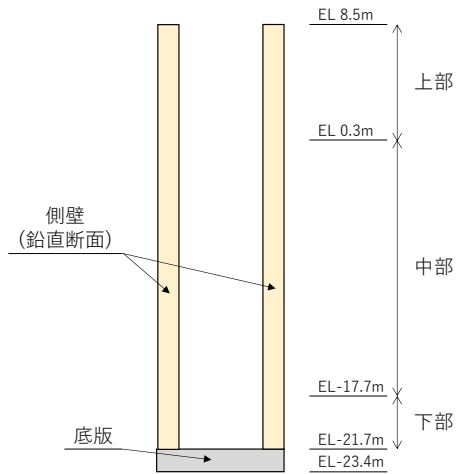
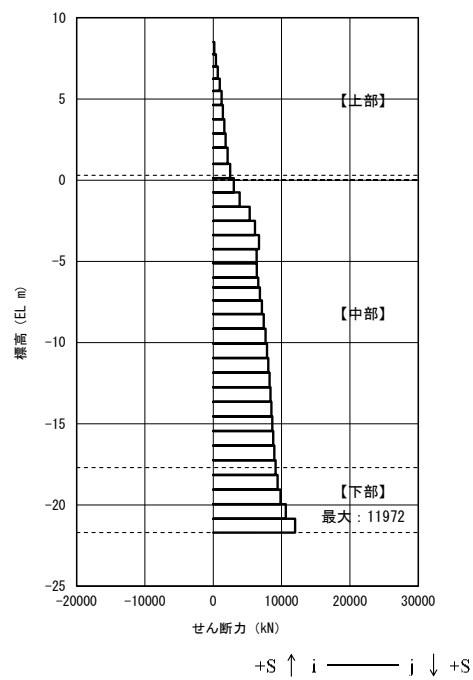


図 3-3 曲げ軸力照査における最大照査値の評価時刻での断面力図
 (A-A断面, S s-D (-+), t=10.27s) (解析ケース③)



せん断力図

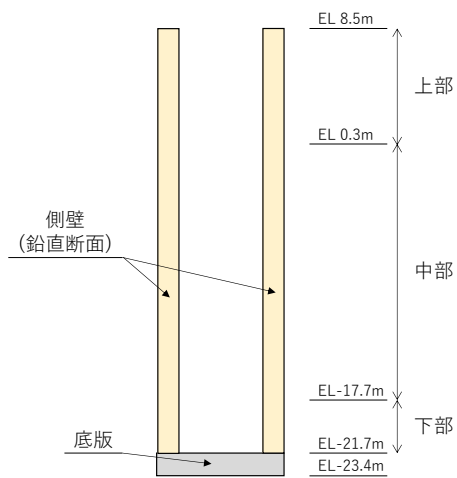


図 3-4 せん断力照査における最大照査値の評価時刻での断面力図
(A-A断面, S_s-D (—), t=8.92s) (解析ケース③)

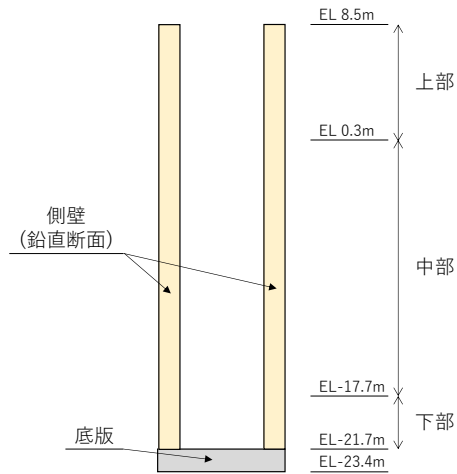
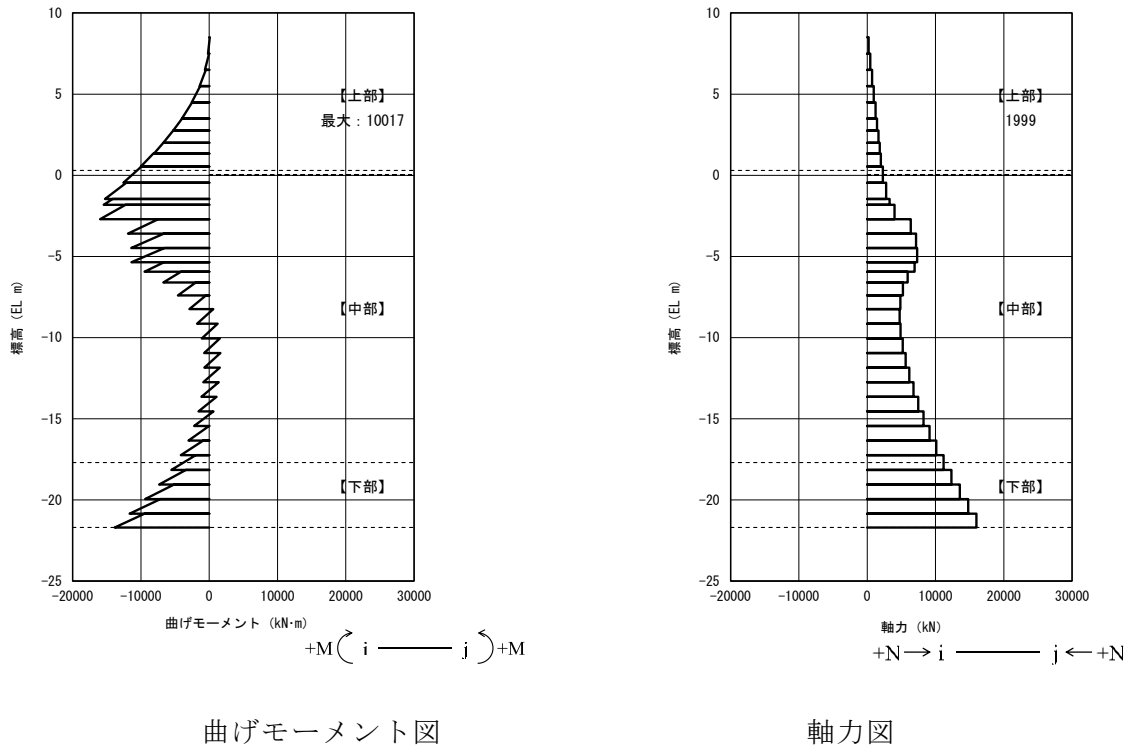
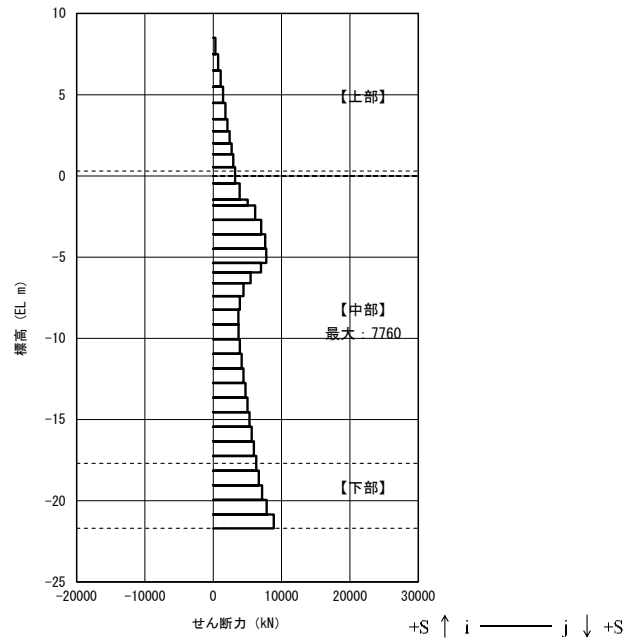


図 3-5 曲げ軸力照査における最大照査値の評価時刻での断面力図
 (B-B断面, S_s-D(-+), t=8.93s) (解析ケース①)



せん断力図

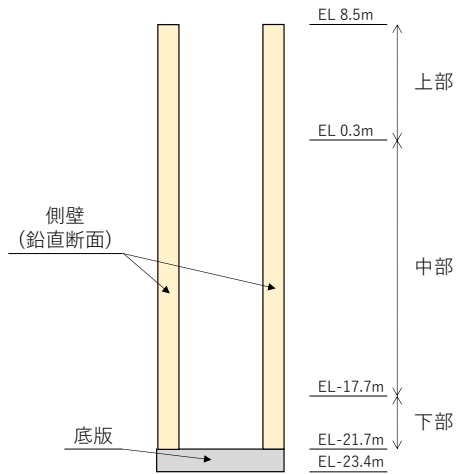
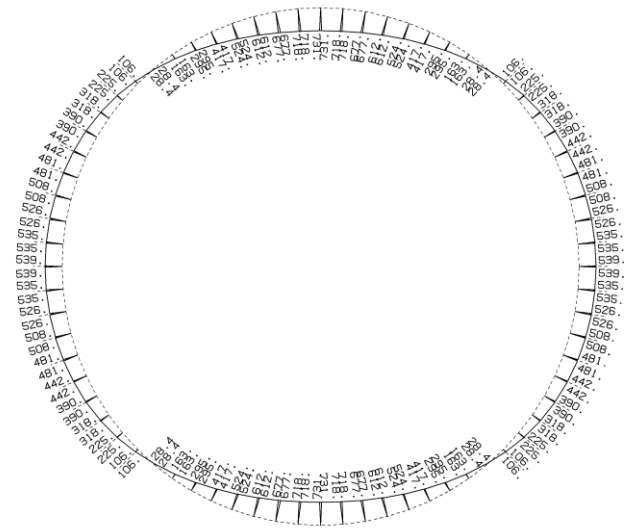


図 3-6 せん断力照査における最大照査値の評価時刻での断面力図
 (B-B 断面, $S_s - D (-+)$, $t=8.55s$) (解析ケース③)

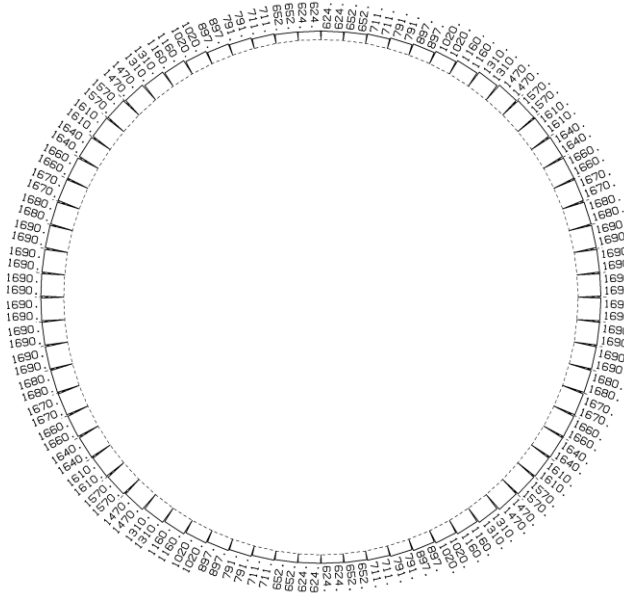
(2) 水平断面の構造部材の健全性評価

水平断面については，地震応答解析結果より，各部材の照査値が最も厳しい荷重条件を抽出して2次元静的フレーム解析を実施し，発生応力が許容限界以下であることを確認する。

水平断面の曲げ軸力照査における最大照査値の評価時刻での断面力図を図3-7に，せん断力照査における最大照査値の評価時刻での断面力図を図3-8に示す。

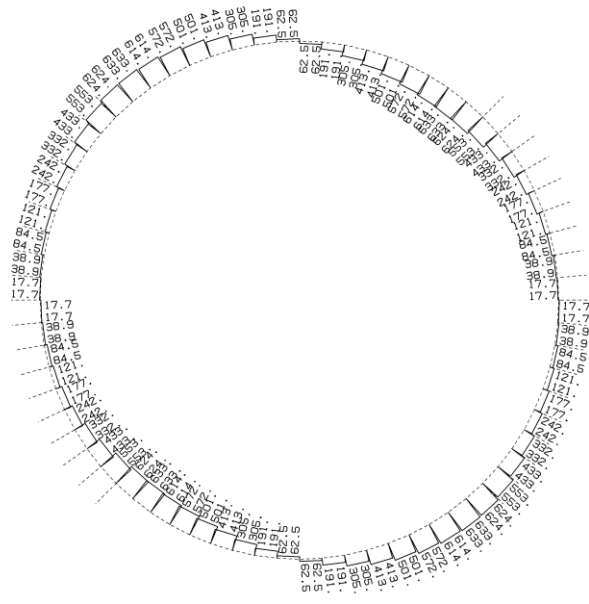


曲げモーメント (kN・m/m)



軸力 (kN/m)

図3-7 水平断面の曲げ軸力照査における最大照査値の評価時刻での断面力図
(A-A断面，中部，S s - N 1 (++)，t=7.60s) (解析ケース③)



せん断力 (kN/m)

図 3-8 水平断面のせん断力照査における最大照査値の評価時刻での断面力図
(B-B断面, 中部, S s - D (-+), t=8.55s) (解析ケース③)

3.4.2 基礎地盤の支持性能評価

基礎地盤の支持性能評価においては、基礎地盤に生じる接地圧が極限支持力度に基づく許容限界以下であることを確認する。

接地圧が許容限界に対して最も厳しくなる解析ケースにおいて、基礎地盤に生じる最大接地圧分布を図 3-9 に示す。

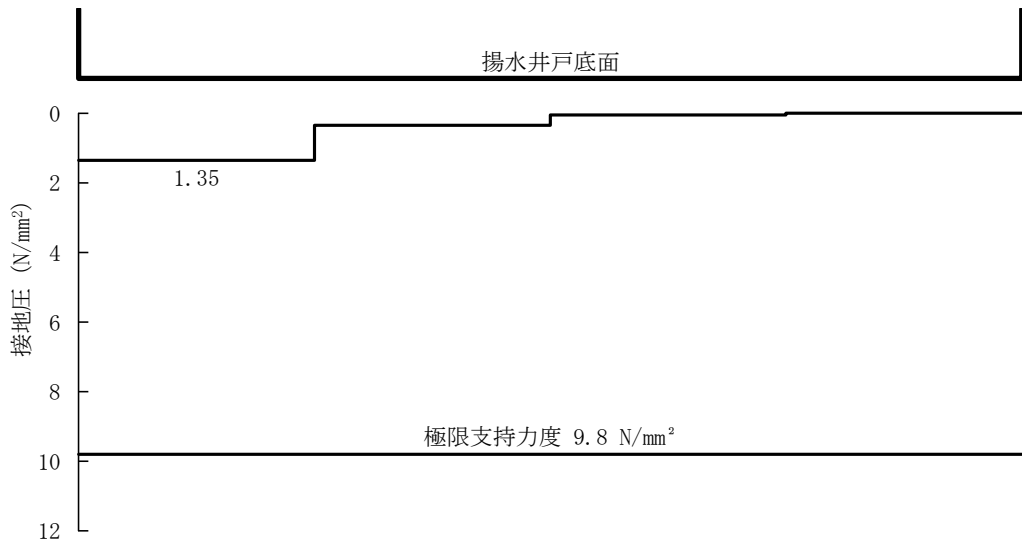


図 3-9 (1) A-A 断面における最大接地圧分布図
(S_s-N1 (-+), t=7.60s) (解析ケース①)

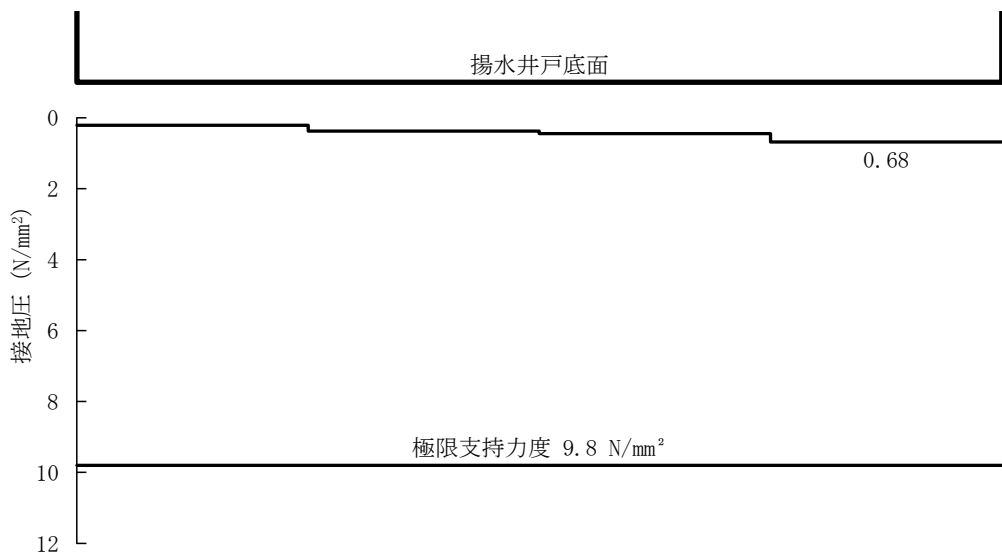


図 3-9 (2) B-B 断面における最大接地圧分布図
(S_s-N1 (++), t=7.59s) (解析ケース①)

4. 耐震評価結果

4.1 構造部材の健全性に対する評価結果

4.1.1 鉛直断面に対する評価結果

(1) 2次元地震応答解析に対する健全性評価

2次元地震応答解析により得られるコンクリートの曲げ軸力に対する評価結果を表4-1に、鉄筋の曲げ軸力に対する評価結果を表4-2に、鉄筋コンクリートのせん断力に対する評価結果を表4-3に示す。なお、発生応力は各地震動、各部材において最大となる値を示している。

以上より、揚水井戸の鉛直断面の構造部材における発生応力が許容限界以下であることを確認した。

表 4-1(1) コンクリートの曲げ軸力に対する評価結果 (A-A断面)

解析 ケース	地震動	評価 位置	断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}
			部材幅 b(mm)	部材高 h(mm)	有効高 d(mm)		曲げ モーメント* (kN・m)	軸力 (kN)			
①	Ss-D (-+)	上部	1772	4874	4463	D29×60本(外側) D29×60本(内側)	21216	3124	3.4	19.2	0.18
③	Ss-D (-+)	中部	1772	4874	4463	D35×60本(外側) D35×60本(内側)	18578	5780	2.3	19.2	0.12
①	Ss-N1 (-+)	下部	1772	4874	4463	D41×60本(外側) D41×60本(内側)	22769	14463	2.4	19.2	0.13

注記*：曲げモーメントは直交する方向にも同時に作用するものと仮定して $\sqrt{2}$ 倍した値を記載

表 4-1(2) コンクリートの曲げ軸力に対する評価結果 (B-B断面)

解析 ケース	地震動	評価 位置	断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}
			部材幅 b(mm)	部材高 h(mm)	有効高 d(mm)		曲げ モーメント* (kN・m)	軸力 (kN)			
①	Ss-D (-+)	上部	1772	4874	4463	D29×60本(外側) D29×60本(内側)	14166	1999	2.3	19.2	0.12
①	Ss-D (-+)	中部	1772	4874	4463	D35×60本(外側) D35×60本(内側)	22814	4609	3.0	19.2	0.16
①	Ss-D (++)	下部	1772	4874	4463	D41×60本(外側) D41×60本(内側)	26758	16989	2.9	19.2	0.16

注記*：曲げモーメントは直交する方向にも同時に作用するものと仮定して $\sqrt{2}$ 倍した値を記載

表 4-2(1) 鉄筋の曲げ軸力に対する評価結果 (A-A断面)

解析 ケース	地震動	評価 位置	断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa}
			部材幅 b(mm)	部材高 h(mm)	有効高 d(mm)		曲げ モーメント* (kN・m)	軸力 (kN)			
③	Ss-D (-+)	上部	1772	4874	4463	D29×60 本(外側) D29×60 本(内側)	20295	1920	145.4	435	0.34
①	Ss-N1 (++)	中部	1772	4874	4463	D35×60 本(外側) D35×60 本(内側)	12519	297	72.8	435	0.17
①	Ss-D (+-)	下部	1772	4874	4463	D41×60 本(外側) D41×60 本(内側)	20273	9091	26.8	435	0.07

注記* : 曲げモーメントは直交する方向にも同時に作用するものと仮定して $\sqrt{2}$ 倍した値を記載

表 4-2(2) 鉄筋の曲げ軸力に対する評価結果 (B-B断面)

解析 ケース	地震動	評価 位置	断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa}
			部材幅 b(mm)	部材高 h(mm)	有効高 d(mm)		曲げ モーメント* (kN・m)	軸力 (kN)			
①	Ss-D (-+)	上部	1772	4874	4463	D29×60 本(外側) D29×60 本(内側)	14166	1999	90.7	435	0.21
①	Ss-D (-+)	中部	1772	4874	4463	D35×60 本(外側) D35×60 本(内側)	22814	4609	88.7	435	0.21
①	Ss-D (+-)	下部	1772	4874	4463	D41×60 本(外側) D41×60 本(内側)	25278	14127	20.2	435	0.05

注記* : 曲げモーメントは直交する方向にも同時に作用するものと仮定して $\sqrt{2}$ 倍した値を記載

表 4-3(1) 鉄筋コンクリートのせん断力に対する評価結果 (A-A断面)

解析 ケース	地震動	評価 位置	断面形状			鉄筋仕様 (せん断補強筋)	発生 せん断力 V(kN)	短期許容 せん断力 V _a (kN)	照査値 V/V _a
			部材幅 b(mm)	部材高 h(mm)	有効高 d(mm)				
①	Ss-D (++)	上部	1772	4874	4463	D29@200	6584	17393	0.38
①	Ss-D (--)	中部	1772	4874	4463	D35@200	9154	24563	0.38
③	Ss-D (--)	下部	1772	4874	4463	D38@200	11972	28748	0.42

表 4-3(2) 鉄筋コンクリートのせん断力に対する評価結果 (B-B断面)

解析 ケース	地震動	評価 位置	断面形状			鉄筋仕様 (せん断補強筋)	発生 せん断力 V(kN)	短期許容 せん断力 V _a (kN)	照査値 V/V _a
			部材幅 b(mm)	部材高 h(mm)	有効高 d(mm)				
②	Ss-D (-+)	上部	1772	4874	4463	D29@200	3984	17393	0.23
③	Ss-D (-+)	中部	1772	4874	4463	D35@200	7760	24563	0.32
③	Ss-D (-+)	下部	1772	4874	4463	D38@200	8877	28748	0.31

(2) 側壁と底版の結合部における局所の曲げモーメント増分の廻り込みを考慮した耐震評価

A-A断面, B-B断面それぞれで最大の照査値を示す評価位置, 解析ケース及び基準地震動での鉛直断面の評価結果を表4-4に示す。

以上より, 揚水井戸の鉛直断面の構造部材における発生応力が許容限界以下であることを確認した。

表4-4(1) 鉛直断面のコンクリートの曲げ軸力に対する評価結果

断面	解析ケース	地震動	評価位置		断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		圧縮 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期 許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}	
					部材 幅 b (mm)	部材 高 h (mm)	有効 高 d (mm)		曲げ モーメント* (kN・m)	軸力 (kN)				
A-A 断面	①	Ss-N1 (+-)	下部	全応力解析	σ_{v1}'	1772	4874	4463	SD490	22769	14463	2.4	19.2	0.13
				拘束効果 による曲げ	σ_{v2}	1000	1000	800		1108	0	9.9	19.2	0.52
				合計	$\sigma_{v1}'+$ σ_{v2}	-	-	-		-	-	12.3	19.2	0.65
B-B 断面	①	Ss-D (++)	下部	全応力解析	σ_{v1}'	1772	4874	4463	SD490	26758	16989	2.9	19.2	0.16
				拘束効果 による曲げ	σ_{v2}	1000	1000	800		690	0	6.2	19.2	0.33
				合計	$\sigma_{v1}'+$ σ_{v2}	-	-	-		-	-	9.1	19.2	0.48

注記* : 全応力解析による曲げモーメントは直交する方向にも同時に作用するものと仮定して $\sqrt{2}$ 倍した値を記載

表4-4(2) 鉛直断面の鉄筋の曲げ軸力に対する評価結果

断面	解析ケース	地震動	評価位置		断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		引張 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期 許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa}	
					部材 幅 b (mm)	部材 高 h (mm)	有効 高 d (mm)		曲げ モーメント* (kN・m)	軸力 (kN)				
A-A 断面	③	Ss-D (+-)	下部	全応力解析	σ_{v1}'	1772	4874	4463	SD490	30076	4554	99.7	435	0.23
				拘束効果 による曲げ	σ_{v2}	1000	1000	800		1015	0	257.8	435	0.60
				合計	$\sigma_{v1}'+$ σ_{v2}	-	-	-		-	-	357.5	435	0.83
B-B 断面	①	Ss-D (+-)	下部	全応力解析	σ_{v1}'	1772	4874	4463	SD490	25278	14127	20.2	435	0.05
				拘束効果 による曲げ	σ_{v2}	1000	1000	800		649	0	164.8	435	0.38
				合計	$\sigma_{v1}'+$ σ_{v2}	-	-	-		-	-	185.0	435	0.43

注記* : 全応力解析による曲げモーメントは直交する方向にも同時に作用するものと仮定して $\sqrt{2}$ 倍した値を記載

4.1.2 水平断面に対する耐震評価結果

(1) 2次元静的フレーム解析に対する健全性評価

コンクリートの曲げ軸力に対する評価結果を表4-5に、鉄筋の曲げ軸力に対する評価結果を表4-6に、鉄筋コンクリートのせん断力に対する評価結果を表4-7に示す。なお、発生応力は各地震動、各部材において最大となる値を示している。

以上より、揚水井戸の水平断面の構造部材の発生応力が許容限界以下であることを確認した。

表4-5(1) 水平断面のコンクリートの曲げ軸力に対する評価結果 (A-A断面)

解析 ケース	地震動	評価 位置	決定ケース		断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}
			荷重 方法	常時 土水圧	部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
③	Ss-N1 (++)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D29@200	531	1043	5.5	19.2	0.29
③	Ss-N1 (++)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D35@200	731	624	7.1	19.2	0.37
③	Ss-N1 (++)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D38@200	477	1027	4.2	19.2	0.22

表4-5(2) 水平断面のコンクリートの曲げ軸力に対する評価結果 (B-B断面)

解析 ケース	地震動	評価 位置	決定ケース		断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}
			荷重 方法	常時 土水圧	部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
①	Ss-D (++)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D29@200	48	127	0.5	19.2	0.03
③	Ss-D (-+)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D35@200	670	598	6.5	19.2	0.34
③	Ss-D (-+)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D38@200	279	697	2.4	19.2	0.13

表4-6(1) 水平断面の鉄筋の曲げ軸力に対する評価結果 (A-A断面)

解析 ケース	地震動	評価 位置	決定ケース		断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa}
			荷重 方法	常時 土水圧	部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
③	Ss-N1 (++)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D29@200	531	1043	76.6	294	0.27
③	Ss-N1 (++)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D35@200	731	624	152.9	294	0.53
③	Ss-N1 (++)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D38@200	477	1027	38.8	294	0.14

表 4-6(2) 水平断面の鉄筋の曲げ軸力に対する評価結果 (B-B断面)

解析 ケース	地震動	評価 位置	決定ケース		断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa}
			荷重 方法	常時 土水圧	部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
①	Ss- N2_NS (++)	上部	片押し	最小	1000	1000	800	D29@200	-29	47	12.7	294	0.05
③	Ss-D (-+)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D35@200	670	598	137.5	294	0.47
③	Ss-D (-+)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D38@200	279	697	16.9	294	0.06

表 4-7(1) 水平断面の鉄筋コンクリートのせん断力に対する評価結果 (A-A断面)

解析 ケース	地震動	評価 位置	決定ケース		断面形状			鉄筋仕様 (せん断補強筋*)	発生 せん断力 V (kN/m)	短期許容 せん断力 V _a (kN/m)	照査値 V/V _a
			荷重 方法	常時 土水圧	部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)				
③	Ss-D (+-)	上部	片押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	565	1116	0.51
③	Ss-D (+-)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	515	1116	0.47
①	Ss-N1 (++)	下部	片押し	最小	1000	1000	800	D25@236@400	463	1375	0.34

注記* : せん断補強筋は、円状に配置する内側の主鉄筋と外側の主鉄筋を繋ぐように配置した鉄筋

表 4-7(2) 水平断面の鉄筋コンクリートのせん断力に対する評価結果 (B-B断面)

解析 ケース	地震動	評価 位置	決定ケース		断面形状			鉄筋仕様 (せん断補強筋*)	発生 せん断力 V (kN/m)	短期許容 せん断力 V _a (kN/m)	照査値 V/V _a
			荷重 方法	常時 土水圧	部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)				
①	Ss-D (++)	上部	片押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	53	1116	0.05
③	Ss-D (-+)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	633	1116	0.57
③	Ss-D (-+)	下部	片押し	最小	1000	1000	800	D25@236@400	288	1375	0.21

注記* : せん断補強筋は、円状に配置する内側の主鉄筋と外側の主鉄筋を繋ぐように配置した鉄筋

(2) 水平 2 方向及び鉛直方向地震力に対する耐震評価結果

揚水井戸の水平鉄筋については、直交する 2 断面の 2 次元地震応答解析による側壁の面内方向のせん断力に対する必要せん断補強筋量 (A_{s1}) と面外方向の地震時最大地盤反力に対する必要鉄筋量 (A_{s2}) をそれぞれ算定し、足し合わせた合計必要鉄筋量以上が実配筋量として配置されていることを確認した。

A-A 断面、B-B 断面それぞれで地震時最大地盤反力が生じる評価位置、解析ケース及び基準地震動での必要鉄筋量を表 4-8 に、必要鉄筋量と実配筋量との比率を表 4-9 に示す。

表 4-8(1) 鉛直断面のせん断力に対する評価結果 (A_{s1})

鉛直断面モデルによる側壁の面内方向のせん断力に対する必要鉄筋量 (A-A 断面)
(側壁の面内方向の鉄筋のうち、 A_{s1} のみを考慮)

解析 ケース	地震動	評価 位置	発生 せん断力 V (kN)	腹部幅 b (mm)	有効高 d (mm)	コンクリート 許容 せん断 応力度 τ_{s1} (N/mm ²)	コンクリート 許容 せん断力 V_{ca} (kN)	せん断 補強筋が 負担する せん断力 V_{sreq} (kN)	必要せん断 補強鉄筋	
									A_{wreq} (mm ² /組)	A_{s1} (mm ² /m)
①	Ss-D (++)	上部	6584	1772	4463	0.795	2734	3850	675	844
③	Ss-D (--)	中部	9130	1772	4463	0.795	2734	6396	1121	1401
③	Ss-D (--)	下部	11972	1772	4463	0.795	2734	9238	1619	2024

表 4-8(2) 鉛直断面のせん断力に対する評価結果 (A_{s1})

鉛直断面モデルによる側壁の面内方向のせん断力に対する必要鉄筋量 (B-B 断面)
(側壁の面内方向の鉄筋のうち、 A_{s1} のみを考慮)

解析 ケース	地震動	評価 位置	発生 せん断力 V (kN)	腹部幅 b (mm)	有効高 d (mm)	コンクリート 許容 せん断 応力度 τ_{s1} (N/mm ²)	コンクリート 許容 せん断力 V_{ca} (kN)	せん断 補強筋が 負担する せん断力 V_{sreq} (kN)	必要せん断 補強鉄筋	
									A_{wreq} (mm ² /組)	A_{s1} (mm ² /m)
②	Ss-D (-+)	上部	3984	1772	4463	0.795	2734	1250	219	274
③	Ss-D (-+)	中部	7760	1772	4463	0.795	2734	5026	881	1101
③	Ss-D (-+)	下部	8877	1772	4463	0.795	2734	6143	1077	1346

表 4-8(3) 水平断面の曲げ軸力に対する評価結果 (A_{s2})

側壁の面外方向の地震時最大地盤反力に対して水平輪切り断面モデルで
算定する曲げ軸力に対する必要鉄筋量 (A-A断面)

(側壁の面内方向の鉄筋のうち, A_{s2} のみを考慮)

解析 ケース	地震動	評価 位置	断面性状			鉄筋 種別	発生断面力		短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	必要 鉄筋量 A_{s2} (mm ² /m)
			部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)		曲げ モーメント (kN・m/m)	軸力 (kN/m)		
①	Ss-D (++)	上部	1000	1000	800	SD345	456	904	294	728
③	Ss-D (--)	中部	1000	1000	800	SD345	559	646	294	2756
③	Ss-D (--)	下部	1000	1000	800	SD345	425	970	294	163

表 4-8(4) 水平断面の曲げ軸力に対する評価結果 (A_{s2})

側壁の面外方向の地震時最大地盤反力に対して水平輪切り断面モデルで
算定する曲げ軸力に対する必要鉄筋量 (B-B断面)

(側壁の面内方向の鉄筋のうち, A_{s2} のみを考慮)

解析 ケース	地震動	評価 位置	断面性状			鉄筋 種別	発生断面力		短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	必要 鉄筋量 A_{s2} (mm ² /m)
			部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)		曲げ モーメント (kN・m/m)	軸力 (kN/m)		
②	Ss-D (-+)	上部	1000	1000	800	SD345	31	99	294	0
③	Ss-D (-+)	中部	1000	1000	800	SD345	581	674	294	2871
③	Ss-D (-+)	下部	1000	1000	800	SD345	263	697	294	0

表 4-9(1) A_{s1} の必要鉄筋量と A_{s2} の必要鉄筋量を足し合わせた
必要合計鉄筋量と実配筋量との比率 (A-A断面)

解析 ケース	地震動	評価位置	鉛直断面の せん断力 に対する 必要鉄筋量 A_{s1} ($\text{mm}^2/\text{m}/\text{段}$)	水平断面の 曲げ軸力 に対する 必要鉄筋量 A_{s2} (mm^2/m)	[1] 合計必要 鉄筋量 $A_{s1}+A_{s2}$ (mm^2/m)	[2] 実配筋量 A_s (mm^2/m)	比率 [1]/[2]
①	SS-D (++)	上部	844	728	1572	3212	0.49
③	SS-D (--)	中部	1401	2756	4157	4783	0.87
③	SS-D (--)	下部	2024	163	2187	5700	0.39

表 4-9(2) A_{s1} の必要鉄筋量と A_{s2} の必要鉄筋量を足し合わせた
必要合計鉄筋量と実配筋量との比率 (B-B断面)

解析 ケース	地震動	評価位置	鉛直断面の せん断力 に対する 必要鉄筋量 A_{s1} ($\text{mm}^2/\text{m}/\text{段}$)	水平断面の 曲げ軸力 に対する 必要鉄筋量 A_{s2} (mm^2/m)	[1] 合計必要 鉄筋量 $A_{s1}+A_{s2}$ (mm^2/m)	[2] 実配筋量 A_s (mm^2/m)	比率 [1]/[2]
②	SS-D (-+)	上部	274	0	274	3212	0.09
③	SS-D (-+)	中部	1101	2871	3972	4783	0.84
③	SS-D (-+)	下部	1346	0	1346	5700	0.24

4.1.3 底版に対する耐震評価結果

コンクリートの曲げ軸力に対する評価結果を表4-10に、鉄筋の曲げ軸力に対する評価結果を表4-11に、鉄筋コンクリートのせん断力に対する評価結果を表4-12に示す。なお、発生応力は各地震動、各部材において最大となる値を示している。

以上より、揚水井戸の底版の構造部材の発生応力が許容限界以下であることを確認した。

表4-10(1) コンクリートの曲げ軸力に対する評価結果(A-A断面)

解析ケース	地震動	評価位置	断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}
			部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
①	Ss-N1 (++)	底版	1000	1700	1500	D38@200	1417	0	4.4	19.2	0.23

表4-10(2) コンクリートの曲げ軸力に対する評価結果(B-B断面)

解析ケース	地震動	評価位置	断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}
			部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
①	Ss-N1 (++)	底版	1000	1700	1500	D38@200	1132	0	3.4	19.2	0.18

表4-11(1) 鉄筋の曲げ軸力に対する評価結果(A-A断面)

解析ケース	地震動	評価位置	断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa}
			部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
①	Ss-N1 (++)	底版	1000	1700	1500	D38@200	1417	0	183.3	435	0.43

表4-11(2) 鉄筋の曲げ軸力に対する評価結果(B-B断面)

解析ケース	地震動	評価位置	断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa}
			部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
①	Ss-N1 (++)	底版	1000	1700	1500	D38@200	1132	0	146.4	435	0.34

表 4-12(1) 鉄筋コンクリートのせん断力に対する評価結果(A-A断面)

解析 ケース	地震 動	評価 位置	断面形状			鉄筋仕様 (せん断補強筋)	発生 せん断力 V(kN/m)	短期許容 せん断力 V _a (kN/m)	照査値 V/V _a
			部材幅 b(mm)	部材高 h(mm)	有効高 d(mm)				
①	Ss-N1 (-+)	底版	1000	1700	1500	D22@200@400	1054	2374	0.45

表 4-12(2) 鉄筋コンクリートのせん断力に対する評価結果(B-B断面)

解析 ケース	地震 動	評価 位置	断面形状			鉄筋仕様 (せん断補強筋)	発生 せん断力 V(kN/m)	短期許容 せん断力 V _a (kN/m)	照査値 V/V _a
			部材幅 b(mm)	部材高 h(mm)	有効高 d(mm)				
①	Ss-N1 (++)	底版	1000	1700	1500	D22@200@400	842	2374	0.36

4.2 基礎地盤の支持性能に対する評価結果

基礎地盤の支持性能に対する評価結果を表 4-13 に示す。

揚水井戸の基礎地盤に生じる最大接地圧が許容限界以下であることを確認した。

表 4-13(1) 基礎地盤の支持性能に対する評価結果(A-A断面)

解析ケース	地震動	最大接地圧 R_d (N/mm ²)	極限支持力度 R_u (N/mm ²)	照査値 R_d/R_u
①	Ss-N1 (-+)	1.35	9.8	0.14

表 4-13(2) 基礎地盤の支持性能に対する評価結果(B-B断面)

解析ケース	地震動	最大接地圧 R_d (N/mm ²)	極限支持力度 R_u (N/mm ²)	照査値 R_d/R_u
①	Ss-N1 (++)	0.68	9.8	0.07

(別紙1) 敷地側集水桝の耐震性について

1. 概要

本資料は、VI-2-1-1-別添1「地下水位低下設備の設計方針」において、地震時に屋外排水路の排水異常により敷地内に地下水が溢れた場合の対応として、敷地側集水桝、屋外排水路（防波壁横断部）及び出口側集水桝の耐震性を確保することで、海までの排水経路を確保する方針としている。このうち、敷地側集水桝について、基準地震動 S_s による地震動に対する耐震評価を実施し、排水可能であることを確認するものである。

2. 基本方針

2.1 位置

敷地側集水桝の設置位置図を図2-1に示す。

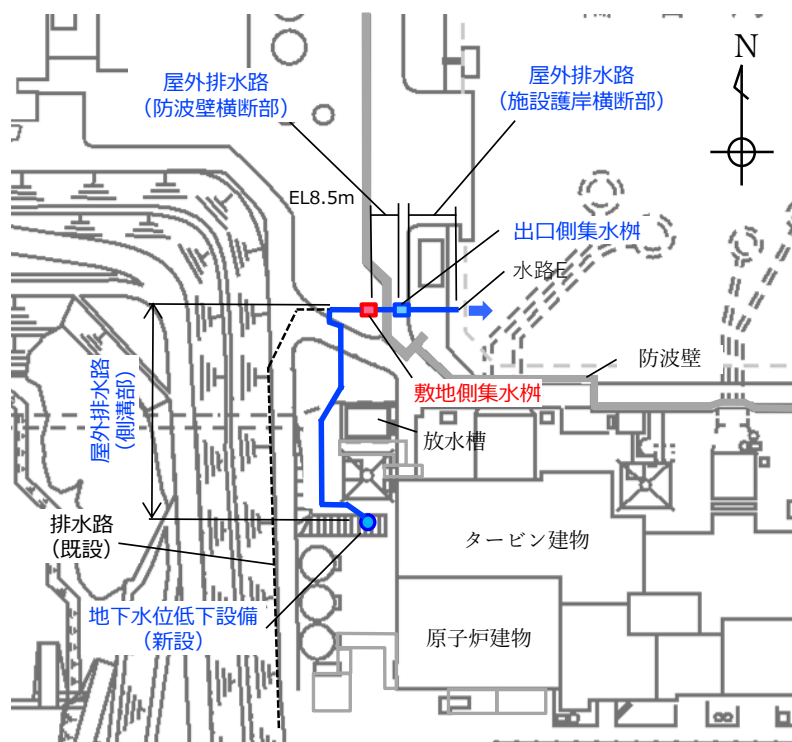


図2-1 敷地側集水桝の設置位置図

2.2 構造概要

敷地側集水桝は、屋外排水路の集水桝であり、内空 1.0m×2.4m、壁厚 0.8m、高さ約 6m の鉄筋コンクリート造の地中構造物であり、マンメイドロック（以下「MMR」という。）及び改良地盤により、周囲を埋め戻し、MMRを介して岩盤に支持されている。また頂部には、屋外排水路（側溝部）が損傷し、地表面に地下水が溢れ出た場合でも、確実に集水することができるよう、グレーチングを設置する。なお、本集水桝の開口部周辺には、「コンクリート標準示方書[設計編]（（社）土木学会，2012年制定）」に基づき、開口により配置できなくなった鉄筋について、必要な鉄筋間隔を確保した上で、鉛直断面及び水平断面において所要鉄筋量を満足するように、開口部の周辺に配置する。

敷地側集水桝の概略平面図を図 2-2 に、概略断面図を図 2-3 に、概略配筋図を図 2-4 に、支持構造を図 2-5 に示す。

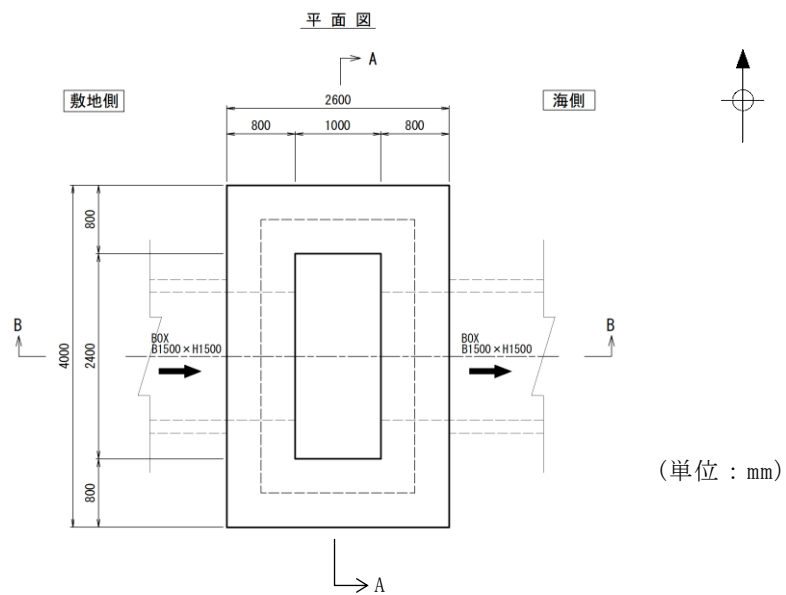
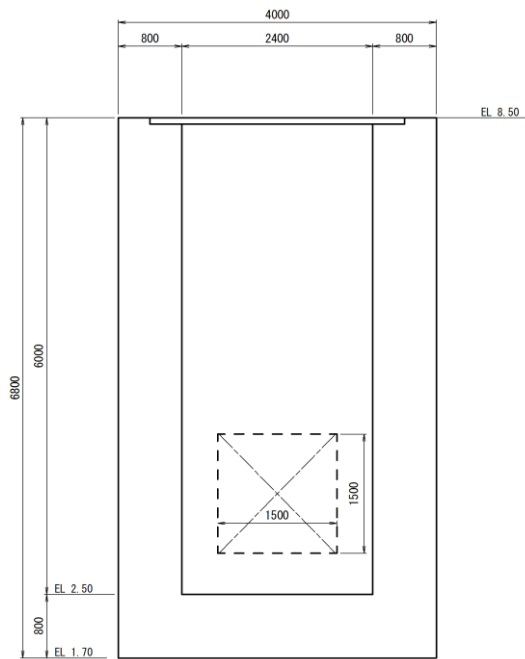
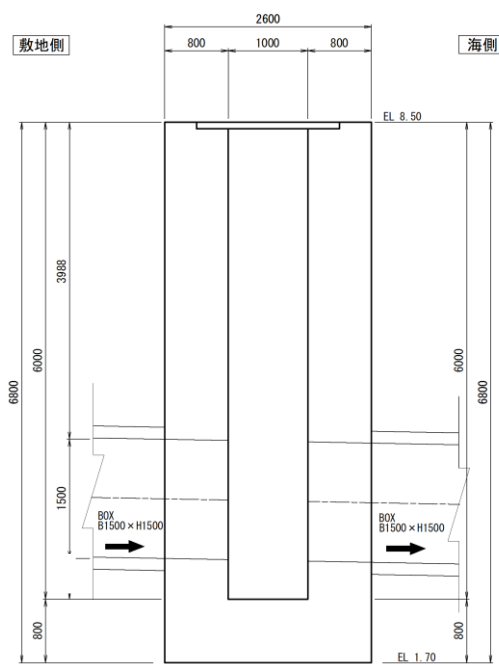


図 2-2 敷地側集水桝の概略平面図



(単位：mm)

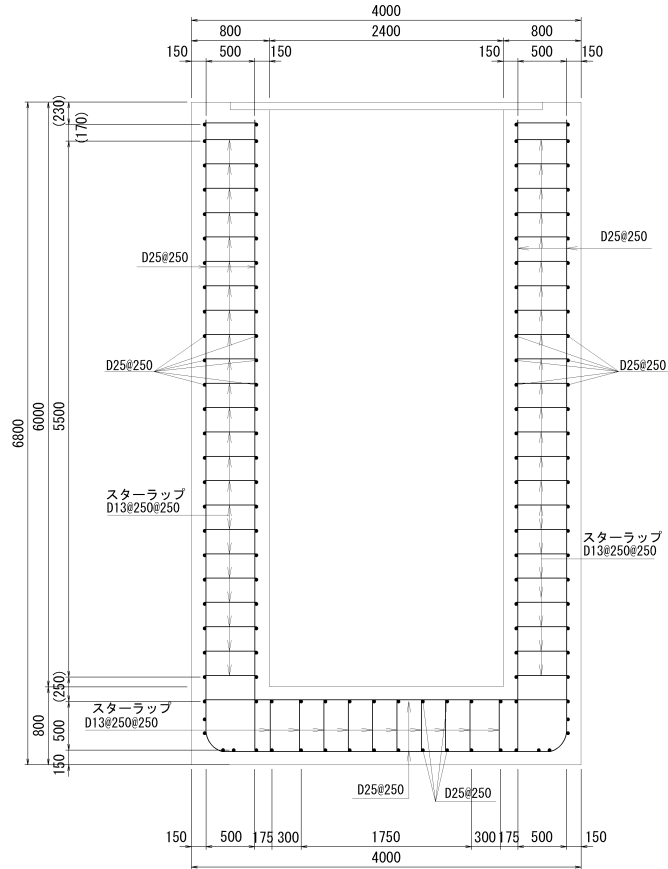
(A-A断面)



(単位：mm)

(B-B断面)

図 2-3 敷地側集水桝の概略断面図



(単位 : mm)

(A-A断面)

図 2-4 敷地側集水桝の概略配筋図

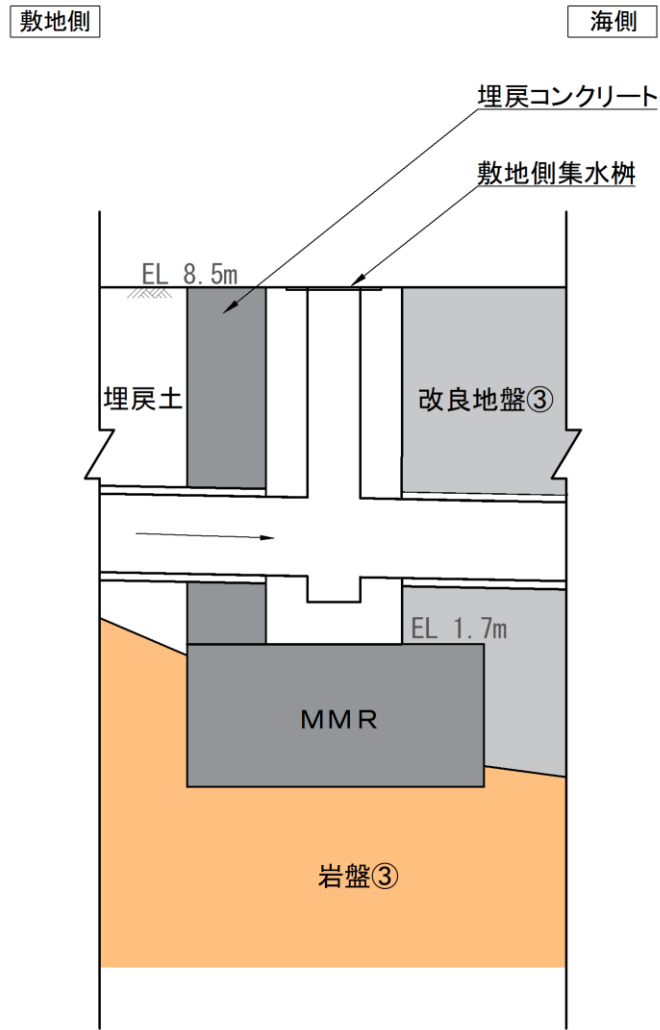


図 2-5 敷地側集水枡の支持構造

2.3 評価方針

敷地側集水桝の耐震評価は、基準地震動 S_s （6波）による1次元地震応答解析により算定した設計用地震力に対して排水断面を確保することを確認するため、曲げ・軸力系及びせん断破壊に対する照査を実施する。また、基礎地盤の支持性能評価を実施する。

基準地震動 S_s を対象とした地震応答解析により敷地側集水桝位置での変位及び加速度を抽出する。また、フレーム解析に用いる地盤ばね設定のため地盤の剛性を設定する。

次に、側壁については、「水道施設設計指針（（社）日本水道協会，2012年）」及び「水道施設耐震工法指針・解説（（社）日本水道協会，2009年）」（以下「水道施設耐震工法指針」という。）に基づき、敷地側集水桝の鉛直断面及び水平断面を対象に線形はり要素でモデル化し、応答変位法によるフレーム解析を実施する。常時及び地震荷重から算定した断面力に基づき発生応力を算出し、許容限界以下であることを確認する。底版については、四辺固定版モデルとして算定した断面力に基づき発生応力を算出し、許容限界以下であることを確認する。

基礎地盤の支持性能評価においては、最大接地圧が許容限界以下であることを確認する。

敷地側集水桝の耐震評価フローを図 2-6 に示す。

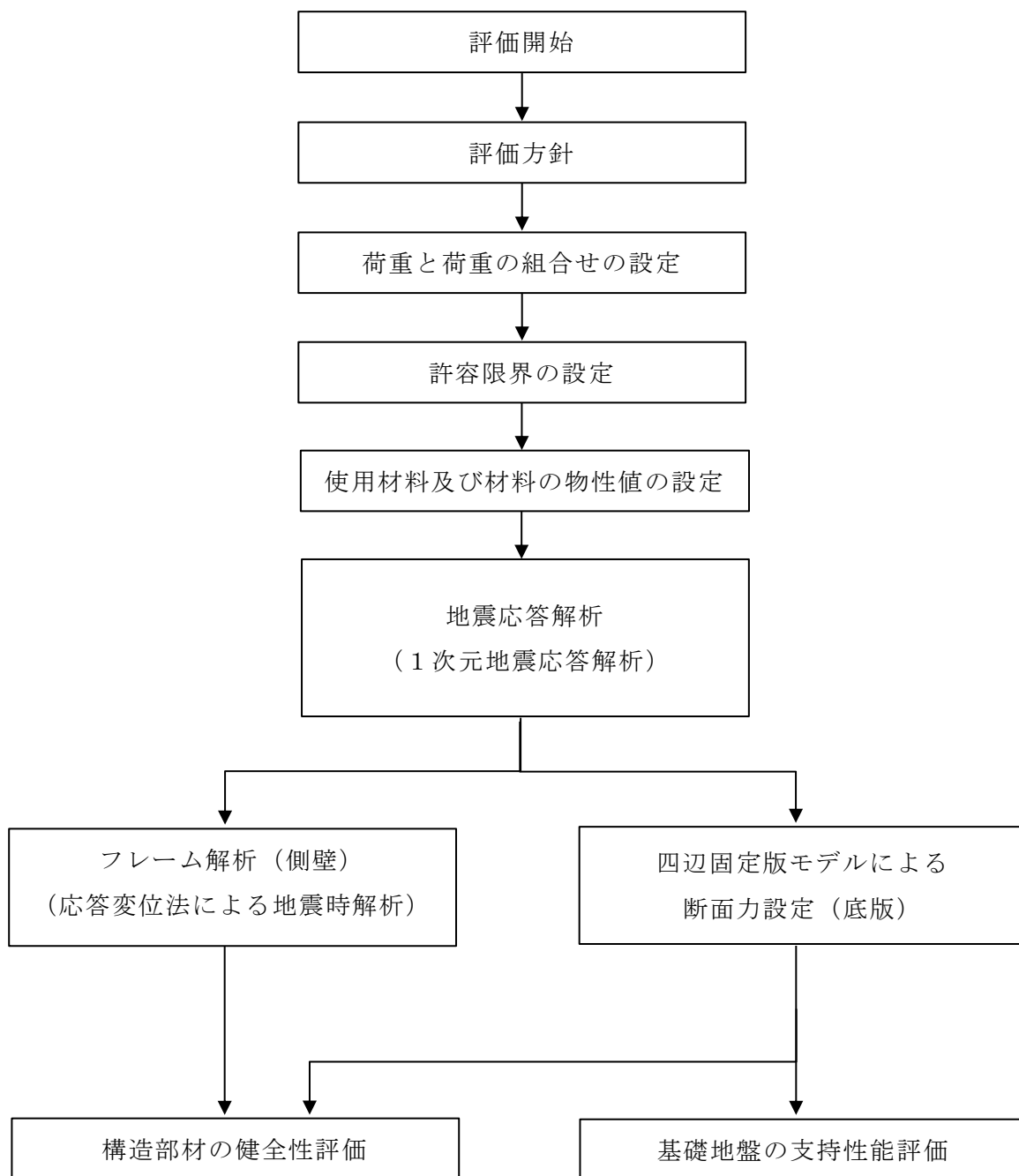


図 2-6 敷地側集水柵の耐震評価フロー

2.4 適用規格・基準等

適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・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）
- ・コンクリート標準示方書[設計編]（（社）土木学会，2012年制定）
- ・道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成14年3月）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987（（社）日本電気協会）
- ・水道施設設計指針（（社）日本水道協会，2012年）
- ・水道施設耐震工法指針・解説（（社）日本水道協会，2009年）

3. 耐震評価

3.1 評価対象断面及び評価対象部位

評価対象断面は、耐震要素として機能する妻壁同士の離隔が大きく弱軸方向となる短辺方向（B-B断面）とする。評価対象部位は、敷地側集水桝を構成する側壁及び底版とする。

3.2 荷重及び荷重の組合せ

荷重は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき設定する。

3.2.1 荷重の設定

敷地側集水桝の耐震評価には、以下の荷重を用いる。

(1) 固定荷重（G）

固定荷重として、躯体自重及び蓋荷重を考慮する。

(2) 積載荷重（P）

積載荷重として、静止土圧、外水圧、内水圧及び積雪荷重を考慮する。

(3) 地震荷重（ S_s ）

地震荷重として、基準地震動 S_s による地震力を考慮する。

3.2.2 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 3-1 に示す。

表 3-1 荷重の組合せ (1/2)

外力の状態	荷重の組合せ
地震時	G + P + S _s

G : 固定荷重

P : 積載荷重

S_s : 地震荷重

表 3-1 荷重の組合せ (2/2)

種別	荷重		モデル		算定方法の概要
			側壁	底版	
永久荷重 (常時荷重)	固定荷重	躯体自重	—*	○	設計図書に基づいて、対象構造物の体積に材料の密度を乗じて設定する。
		蓋荷重	—*	○	蓋の重量に基づいて算定する。
	積載荷重	静止土圧	○	—	地表からの深度に応じて設定する。
		外水圧	○	○	地下水位に応じた静水圧として考慮する。地下水の密度を考慮する。
		内水圧	○	○	敷地側集水桝満水時の水位 (EL 8.5m) の内水圧を考慮する。地下水の密度を考慮する。
		積雪荷重	○	○	地表面に考慮する。
	偶発荷重 (地震荷重)	水平地震動	○	—	基準地震動 S _s による慣性力を考慮する。
鉛直地震動		—	○		
動水圧		○	○	水位条件及び密度は、永久荷重の外水圧及び内水圧と同様とする。	
地震時土圧		○	—	基準地震動 S _s による地震応答解析により設定する。	

注記* : 躯体自重及び蓋荷重を考慮しないこととすると、鉛直方向の軸方向力(圧縮)が発生せず、曲げ耐力が低減することから、曲げ・軸力系の破壊について安全側の評価が可能となる。

3.3 許容限界

敷地側集水桝の耐震評価は許容応力度法による照査を行う。構造部材の曲げ・軸力系の破壊に対する許容限界は、短期許容応力度とする。構造部材のせん断破壊に対する許容限界は、短期許容応力度又は短期許容せん断力とする。また、基礎地盤の支持性能に対する許容限界は、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき、MMRの極限支持力度とする。

コンクリート及び鉄筋の許容限界を表3-2に、基礎地盤の支持性能に対する許容限界を表3-3に示す。

表3-2 コンクリート及び鉄筋の許容限界

評価項目		許容限界 (N/mm ²)
コンクリート* f'c _k =24 (N/mm ²)	短期許容曲げ圧縮応力度 σ_{ca}	13.5
	短期許容せん断応力度 τ_{a1}	0.67
鉄筋* SD345	短期許容引張応力度 σ_{sa} (曲げ軸力) *	294

注記*：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）

表3-3 基礎地盤の支持性能に対する許容限界

評価項目	基礎地盤	許容限界 (N/mm ²)
極限支持力度	MMR	18.0

3.4 使用材料及び材料の物性値

構造物の使用材料を表3-4に、使用材料の物性値を表3-5に示す。

表3-4 構造物の使用材料

材料		仕様
構造物	コンクリート	設計基準強度 24.0N/mm ²
	鉄筋	SD345

表3-5 使用材料の物性値

材料	ヤング係数 (N/mm ²)	単位体積重量 (kN/m ³)	ポアソン比
構造物	2.5×10 ⁴	24.0*	0.2

注記*：鉄筋コンクリートの単位体積重量を示す。

3.5 地震応答解析

地震応答解析に用いる入力地震動は、解放基盤表面で定義される基準地震動 S_s を一次元波動論により評価したものをを用いる。敷地側集水桝は、埋戻コンクリート及び改良地盤に囲まれており、本構造物周辺には、液状化対象層が存在しないため、1次元地震応答解析における応答解析は、全応力解析とする。また、敷地側集水桝の側面4面のうち3面は埋戻コンクリートに、1面は改良地盤③に囲まれていることから、1次元地震応答解析において、敷地側集水桝の下端と上端の相対変位を保守的に評価できるように、敷地側集水桝の側壁4面が改良地盤③に囲まれているものとし、敷地側集水桝周辺の地盤を改良地盤③としてモデル化する。

解析には解析コード「SHAKE」を使用する。解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

1次元地震応答解析の地盤モデルを図3-1に示す。

地盤については、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している物性値を用いる。

[地下構造モデル]

[荷揚護岸南側部位置
の地盤モデル]

[敷地側集水桝位置
の地盤モデル]

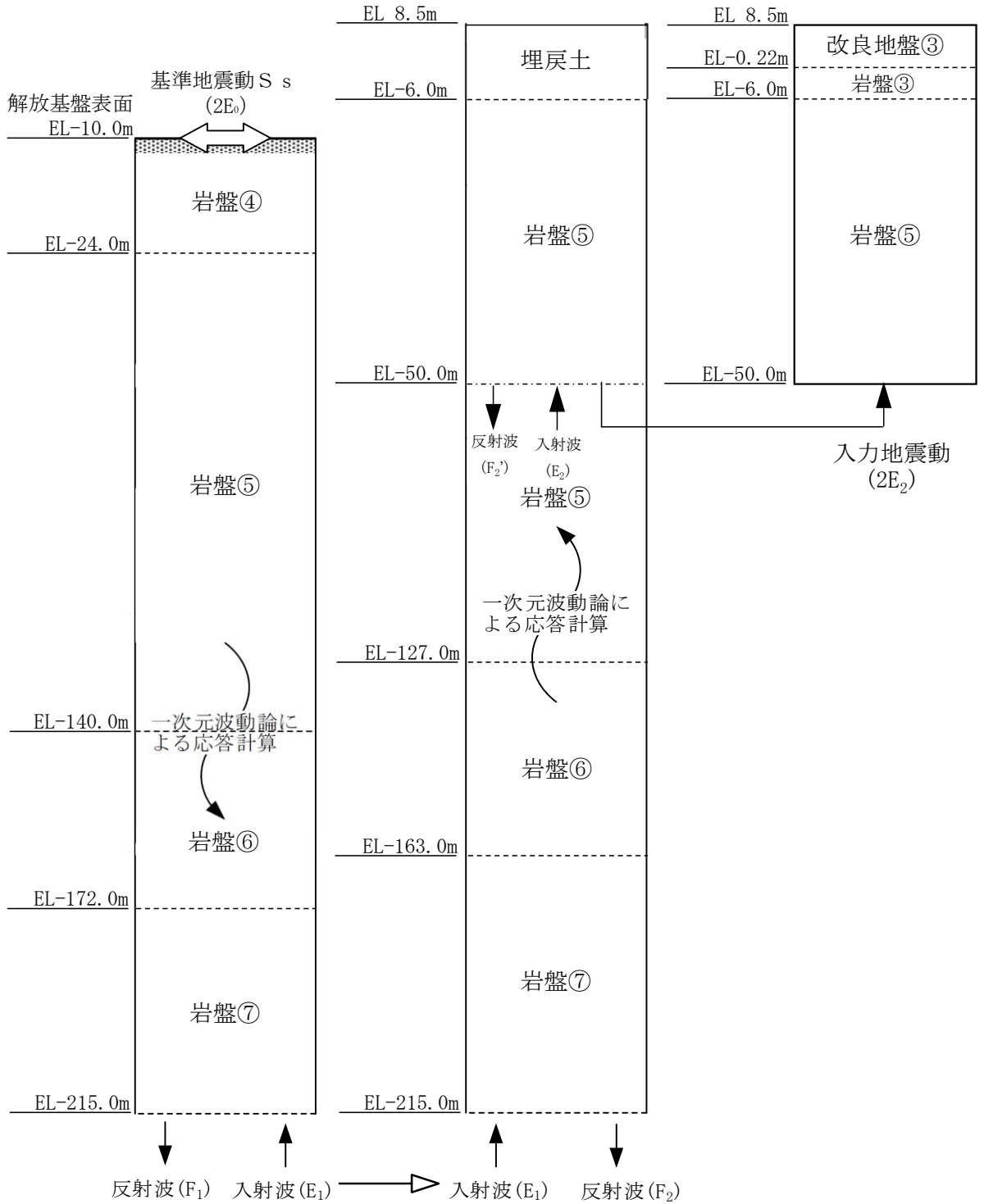


図 3-1 1次元地震応答解析用地盤モデル

3.6 地震応答解析結果

側壁の評価に使用する設計用地震力として、地震応答解析結果より得られた、各ケースにおける最大相対変位分布、最大相対変位発生時刻での水平加速度分布を図 3-2 に示す。相対変位は地震時土圧を、水平加速度は水平地震動（慣性力）を算出するために使用する。相対変位が最大となった基準地震動 S s - D により応答変位法に使用する相対変位を設定する。

また、底版及び基礎地盤の支持性能の評価に使用する設計用地震力は、1次元地震応答解析における集水桝位置の全時刻の最大応答加速度（鉛直）に基づき設定する。最大鉛直加速度分布を図 3-3 に示す。底版及び基礎地盤の支持性能の評価に用いる設計用地震力を表 3-6 に示す。

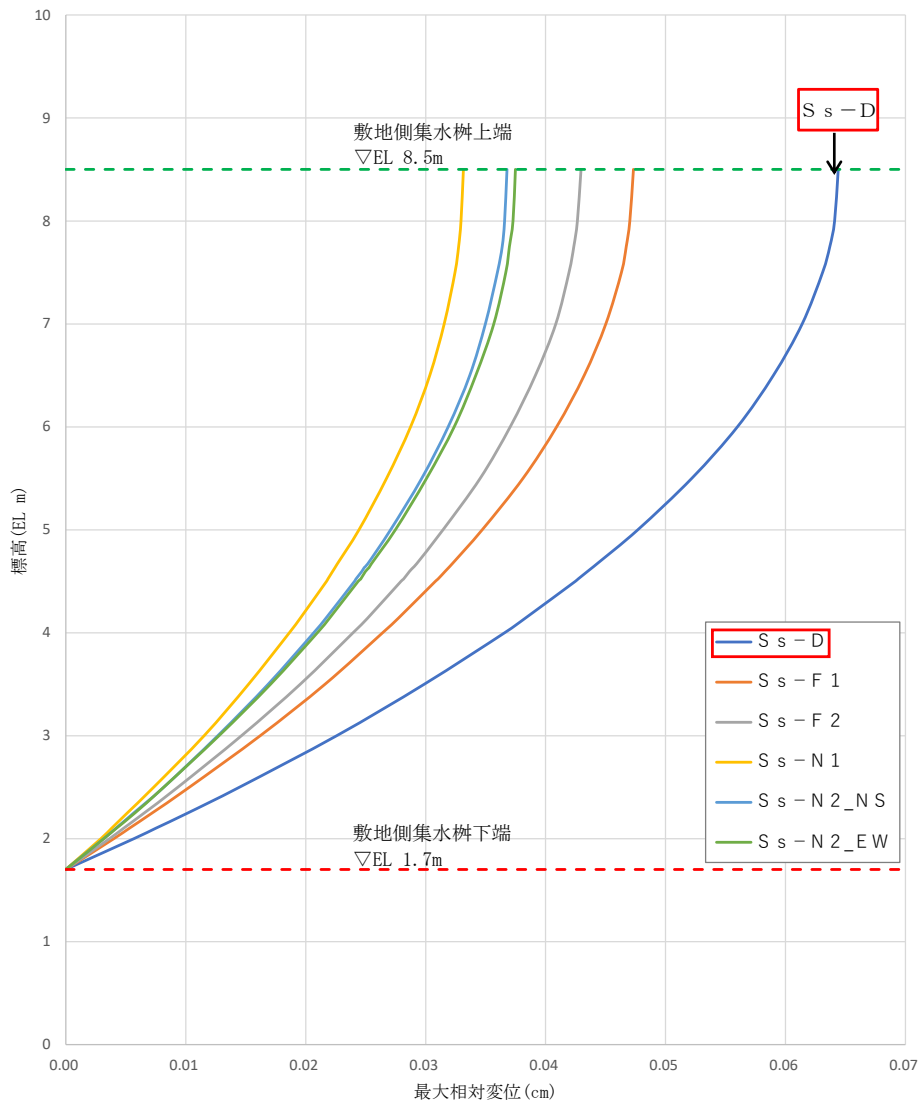


図 3-2(1) 地震応答解析結果（最大相対変位分布）

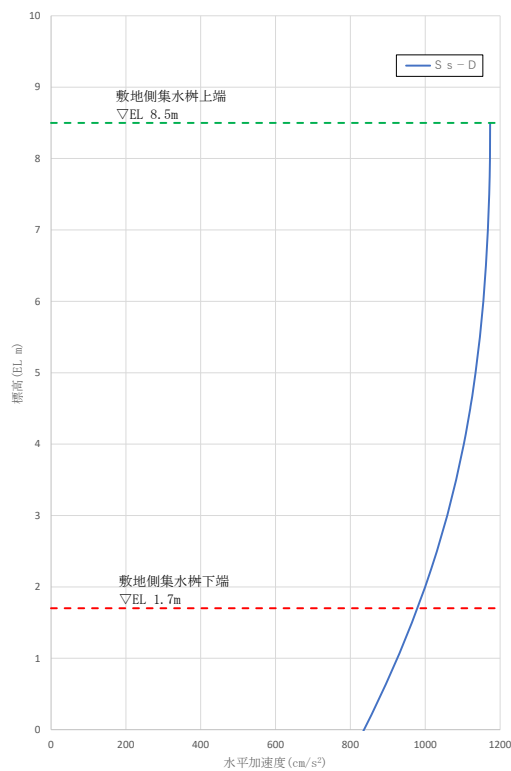


図 3-2(2) 地震応答解析結果（最大相対変位発生時刻での水平加速度分布）

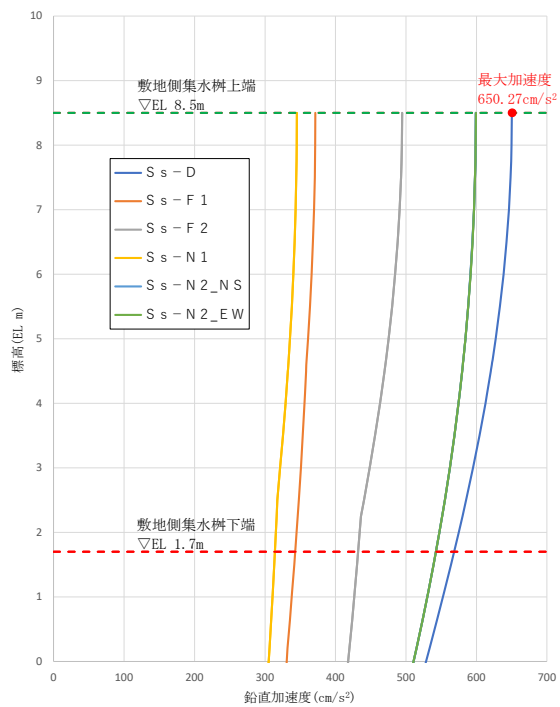


図3-3 地震応答解析結果（最大鉛直加速度分布）

表 3-6 敷地側集水桝の底版及び基礎地盤の評価に用いる設計用地震力

抽出位置	設計用地震力 (鉛直)	備考
敷地側集水桝	0.67	$650.27(\text{cm/s}^2) / 980.665(\text{cm/s}^2) \doteq 0.67$

4. 評価方法

4.1 敷地側集水桝（側壁）

側壁を線形はり要素でモデル化し、1次元地震応答解析を踏まえて設定した荷重を作用させ、フレーム解析を実施する。フレーム解析は、鉛直断面及び水平断面に分けて実施する。水平断面位置は、「水道施設耐震工法指針」に基づき、常時の土圧作用が最大となる集水桝最下部を照査断面位置とする。

鉛直断面のフレーム解析に用いる地盤ばねは、「道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会、平成14年3月）」に示される地盤反力係数を基に設定する。水平断面のフレーム解析において、地盤ばねは設定せず、「水道施設耐震工法指針」に示される支持条件とする。

モデルに作用させる荷重のうち、地震時土圧については、応答変位法により算出する。鉛直断面のフレーム解析に使用した地盤ばね定数を表4-1に、鉛直断面及び水平断面の断面諸元を表4-2に示す。また、鉛直断面のフレーム解析モデル及び支持条件を図4-1に、水平断面のフレーム解析モデル及び支持条件を図4-2に示す。

解析には解析コード「FREMING」及び「EMRGING」を使用する。解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

表 4-1(1) フレーム解析に使用した地盤ばね定数（鉛直断面モデル，モデル前面）
（S s - D）

節点番号	地盤ばね定数 k_x 水平 (kN/m^2)
20	4790590
19	4760016
18	4719887
17	4695046
16	4675937
15	4662561
14	4601412
13	4547908
12	4503957
11	4494403
10	4471472
9	4461918
8	4437076
7	4404591
6	4379750
5	4330067
4	4320512
3	4295671
2	4245988

表 4-1(2) フレーム解析に使用した地盤ばね定数（鉛直断面モデル，モデル底面）
（S s - D）

地盤ばね定数 k_x 水平 (kN/m^2)	地盤ばね定数 k_y 鉛直 (kN/m^2)	地盤ばね定数 k_θ 回転 (kN/m^2)
3893000	12980000	7309000

表 4-2 フレーム解析に使用した断面諸元

断面	ヤング係数 (kN/m^2)	断面積 (m^2)	断面2次モーメント (m^4)
鉛直断面	2.5×10^7	8.0	5.6
水平断面	2.5×10^7	0.8	4.3×10^{-2}

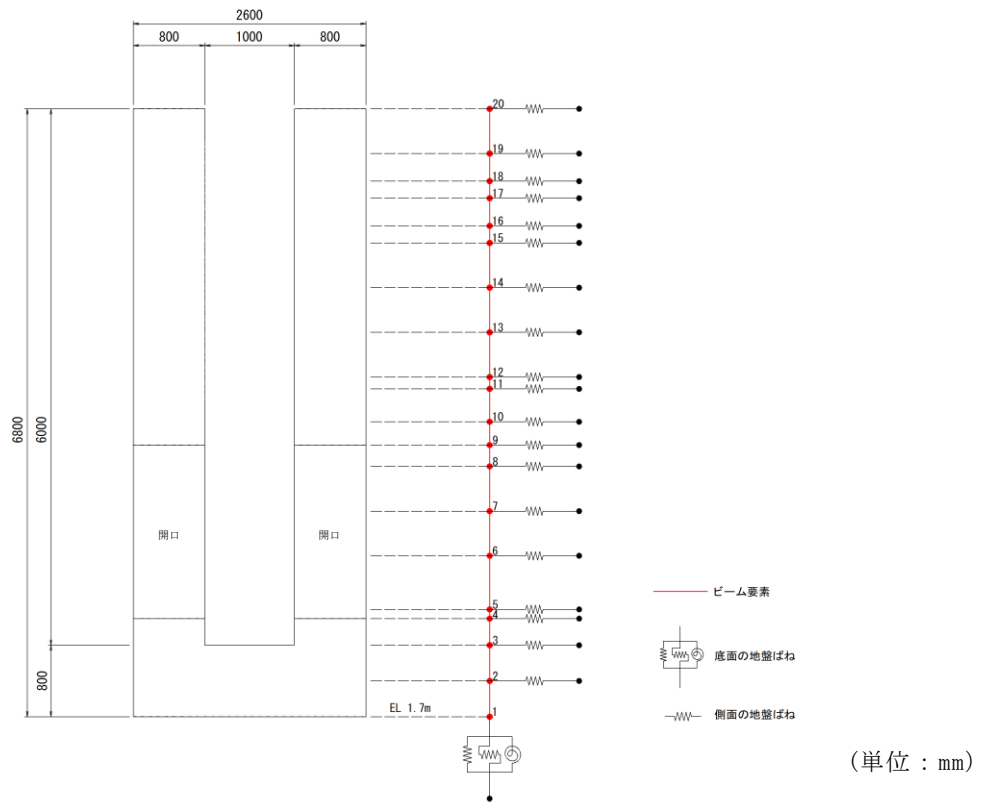


図 4-1 フレーム解析モデル及び支持条件 (鉛直方向)

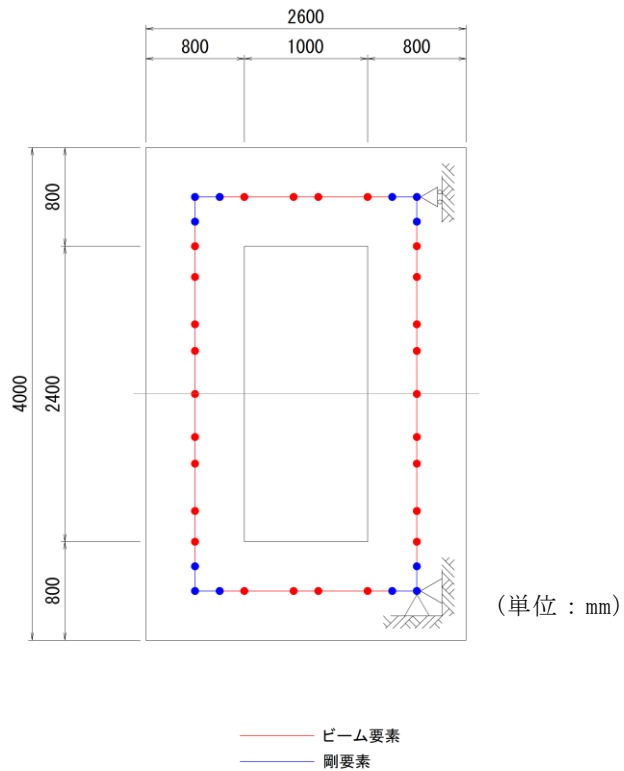


図 4-2 フレーム解析モデル及び支持条件 (水平方向)

4.2 敷地側集水枿（底版）

底版については，法線方向及び法線直交方向の側壁との結合部を固定端とする四辺固定版モデルとして鉄筋コンクリート部材の構造健全性を確認する。「3.2.2 荷重の組合せ」に示すとおり，常時荷重については，集水枿の自重，蓋荷重，外水圧，内水圧及び積雪荷重を，地震荷重については，集水枿の自重による鉛直地震動（慣性力）及び内水の動水圧を考慮して，鉛直方向の合力を算定する。その合力を用いて，底版に生じる曲げモーメント及びせん断力によって応力度を算出し許容限界以下であることを確認する。底版の有効断面積は，図 4-3 に示すとおり側壁下端部を含まないものとする。四辺固定版モデル概要図を図 4-3 に示す。

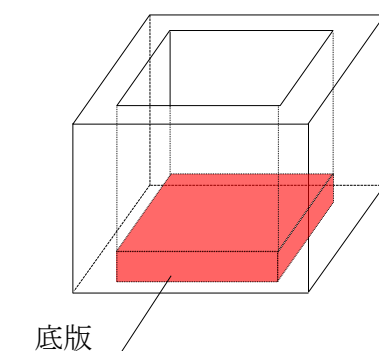


図 4-3 四辺固定版モデル概要図

4.3 基礎地盤の支持性能の評価

基礎地盤の支持性能評価においては，「3.2.2 荷重の組合せ」に示すとおり，常時荷重については，集水枿の自重，蓋荷重，外水圧，内水圧及び積雪荷重を，地震荷重については，集水枿の自重による鉛直地震動（慣性力）及び内水の動水圧を考慮して，鉛直方向の合力を算定する。その合力を底版面積で除すことにより接地圧を算出し，基礎地盤に生じる接地圧が極限支持力度に基づく許容限界以下であることを確認する。

5. 評価結果

5.1 構造部材の健全性に対する評価結果

5.1.1 敷地側集水桝（側壁）の鉛直断面

敷地側集水桝（側壁）の鉛直断面の曲げ軸力に対する評価結果を表 5-1 に、せん断に対する評価結果を表 5-2 に示す。また、最大照査値となる断面力図を図 5-1 に示す。

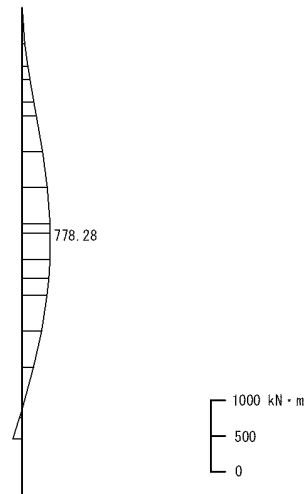
評価対象部材に発生する曲げ圧縮応力、曲げ引張応力及びせん断応力が許容限界以下であることを確認した。

表 5-1 曲げ軸力に対する評価結果（側壁（鉛直断面））

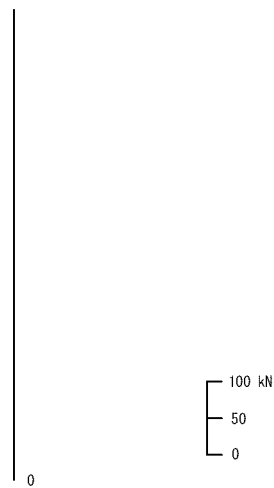
設備名称	解析 ケース	曲げ モーメント (kN・m)	曲げ 圧縮応力 (N/mm ²)	曲げ 引張応力 (N/mm ²)	許容限界 (N/mm ²)		曲げ 圧縮 応力 照査値	曲げ 引張 応力 照査値
					曲げ 圧縮	曲げ 引張		
					敷地側 集水桝	S s - D		

表 5-2 せん断力に対する評価結果（側壁（鉛直断面））

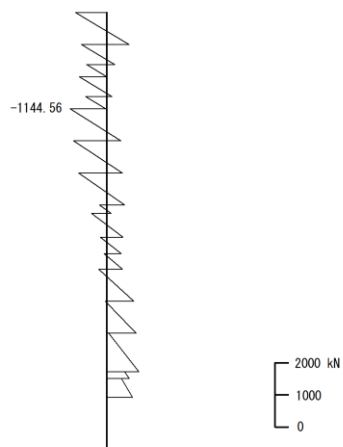
設備名称	設計基準 強度 (N/mm ²)	解析 ケース	発生せん断 応力度 (N/mm ²)	許容限界 (N/mm ²)	照査値
敷地側 集水桝	24	S s - D	0.32	0.67	0.49



(a) 曲げモーメント図



(b) 軸力図



(c) せん断力図

図 5-1 断面力図 (鉛直モデル) (S s - D)

5.1.2 敷地側集水桝（側壁）の水平断面

敷地側集水桝（側壁）の水平断面の曲げ軸力に対する評価結果を表 5-3 に、せん断に対する評価結果を表 5-4 に示す。また、最大照査値となる断面力図を図 5-2 に示す。

評価対象部材に発生する曲げ圧縮応力、曲げ引張応力及びせん断応力が許容限界以下であることを確認した。

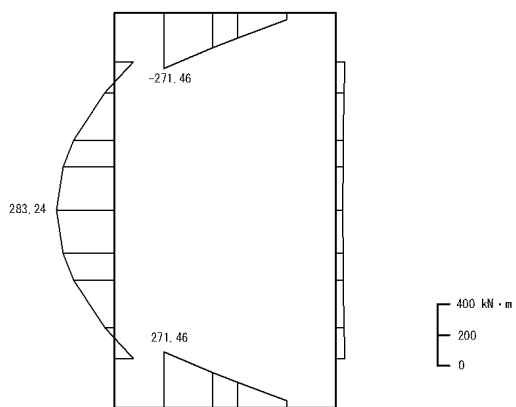
表 5-3 曲げ軸力に対する評価結果（側壁（水平断面））

設備名称	側壁寸法 (mm)	解析 ケース	曲げ モーメント (kN・m)	曲げ 圧縮応力 (N/mm ²)	曲げ 引張応力 (N/mm ²)	許容限界 (N/mm ²)		曲げ 圧縮 応力 照査値	曲げ 引張 応力 照査値
						曲げ 圧縮	曲げ 引張		
敷地側 集水桝	6800 × 4000	S s - D	283.24	5.00	159.47	13.5	294	0.37	0.55

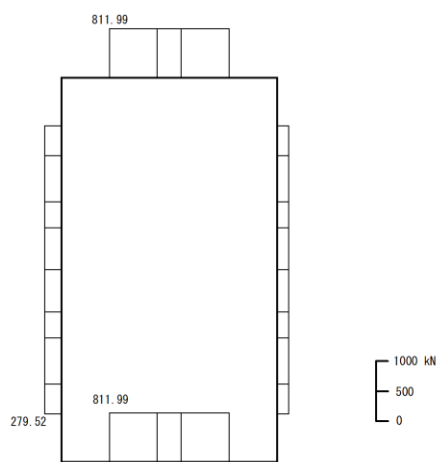
表 5-4 せん断力に対する評価結果（側壁（水平断面））

設備名称	設計基準 強度 (N/mm ²)	解析 ケース	発生せん断力 (kN)	短期許容せん断力* (kN)	照査値
敷地側 集水桝	24	S s - D	495.09	546.45	0.91

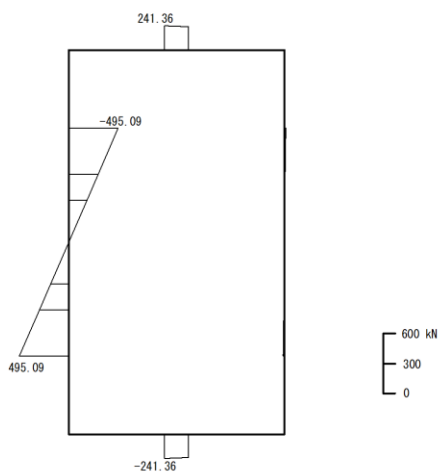
注記*：せん断補強筋を考慮した値



(a) 曲げモーメント図



(b) 軸力図



(c) せん断力図

図 5-2 断面力図 (水平モデル) (S s - D)

5.1.3 敷地側集水桝（底版）

敷地側集水桝（底版）の曲げ軸力に対する評価結果を表 5-5 に、せん断に対する評価結果を表 5-6 に示す。

評価対象部材に発生する曲げ圧縮応力、曲げ引張応力及びせん断応力が許容限界以下であることを確認した。

表 5-5 曲げ軸力に対する評価結果（底版）

設備名称	曲げ モーメント (kN・m)	曲げ 圧縮応力 (N/mm ²)	曲げ 引張応力 (N/mm ²)	許容限界 (N/mm ²)		曲げ 圧縮 応力 照査値	曲げ 引張 応力 照査値
				曲げ 圧縮	曲げ 引張		
				敷地側 集水桝	14.65		

表 5-6 せん断力に対する評価結果（底版）

設備名称	設計基準 強度 (N/mm ²)	発生せん断 応力度 (N/mm ²)	許容限界 (N/mm ²)	照査値
敷地側 集水桝	24	0.14	0.67	0.21

5.2 基礎地盤の支持性能に対する評価結果

基礎地盤の支持性能に対する評価結果を表 5-7 に示す。

基礎地盤に生じる最大接地圧が許容限界以下であることを確認した。

表 5-7 基礎地盤の支持性能に対する評価結果

設備名称	最大接地圧 (N/mm ²)	極限支持力度 (N/mm ²)	照査値
敷地側集水桝	0.2	18.0	0.02

(別紙2) 屋外排水路(防波壁横断部)の耐震性について

1. 概要

本資料は、VI-2-1-1-別添1「地下水位低下設備の設計方針」において、地震時に屋外排水路の排水異常により敷地内に地下水が溢れた場合の対応として、敷地側集水柵、屋外排水路(防波壁横断部)及び出口側集水柵の耐震性を確保することで、排水経路を確保する方針としている。このうち、屋外排水路(防波壁横断部)について、基準地震動 S_s による地震動に対する耐震評価を実施し、排水可能であることを確認するものである。

2. 基本方針

2.1 位置

屋外排水路(防波壁横断部)の設置位置図を図2-1に示す。

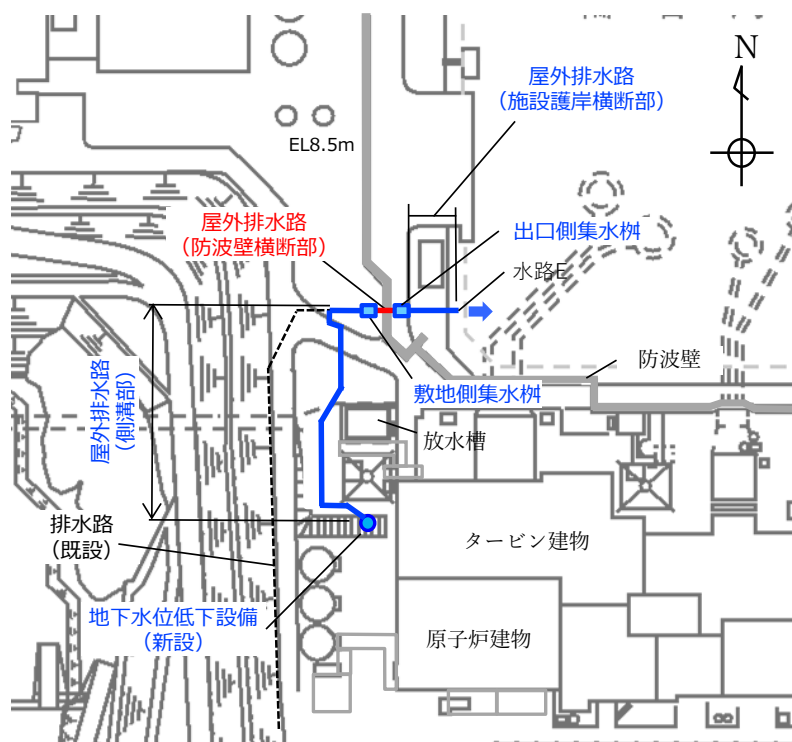


図2-1 屋外排水路(防波壁横断部)の設置位置図

2.2 構造概要

屋外排水路（防波壁横断部）は、高さ 1.5m（水路幅 1.5m×延長約 6.0m）及び高さ 2.0m（水路幅 2.0m×延長約 13.0m）の鉄筋コンクリート造のプレストレストコンクリートボックスカルバートであり、頂版及び底版には横断方向に P C 鋼棒を配置している。また、屋外排水路（防波壁横断部）は、地中構造物であり、改良地盤で支持されている。

屋外排水路（防波壁横断部）の概略平面図を図 2-2 に、概略縦断図を図 2-3 に、概略断面図を図 2-4 に、概略配筋図を図 2-5 に示す。

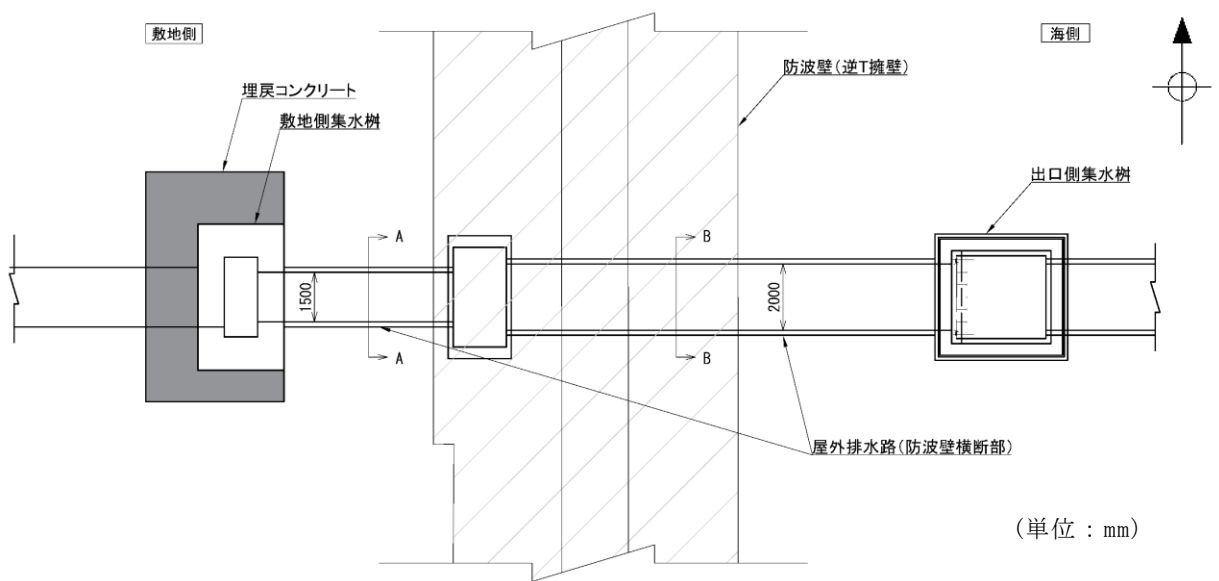


図 2-2 屋外排水路（防波壁横断部）の概略平面図

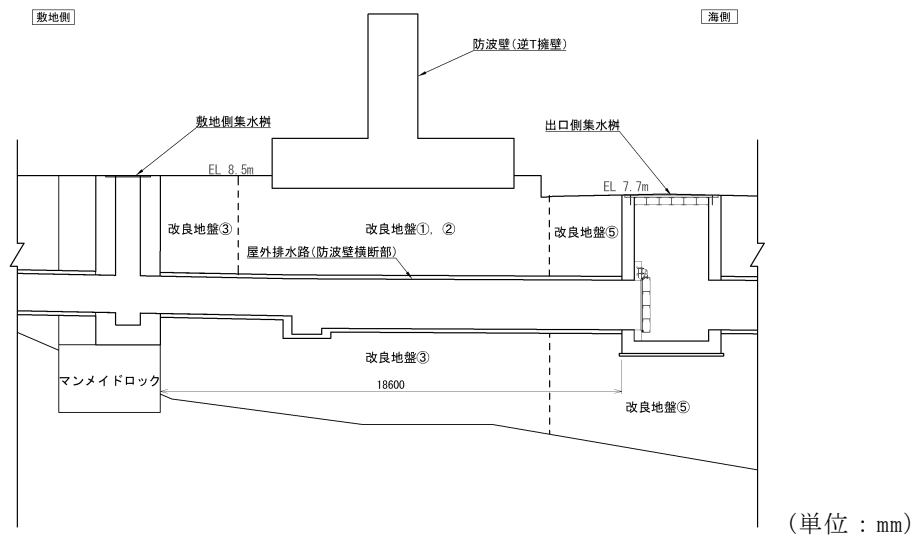
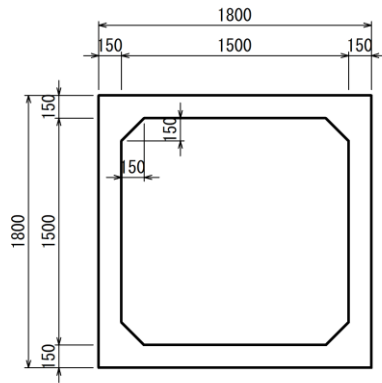
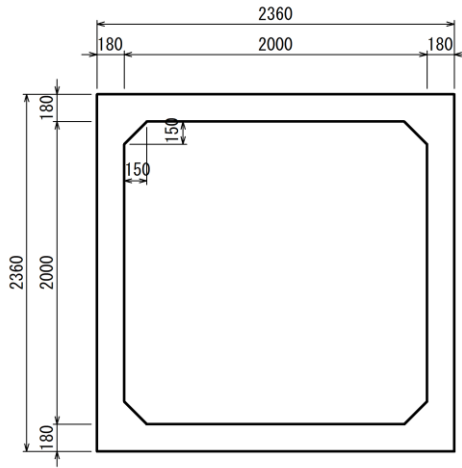


図 2-3 屋外排水路（防波壁横断部）の概略縦断図



(単位 : mm)

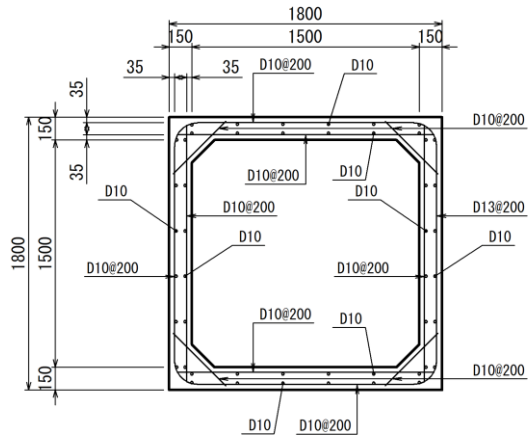
(A - A 断面 : □1500×1500)



(単位 : mm)

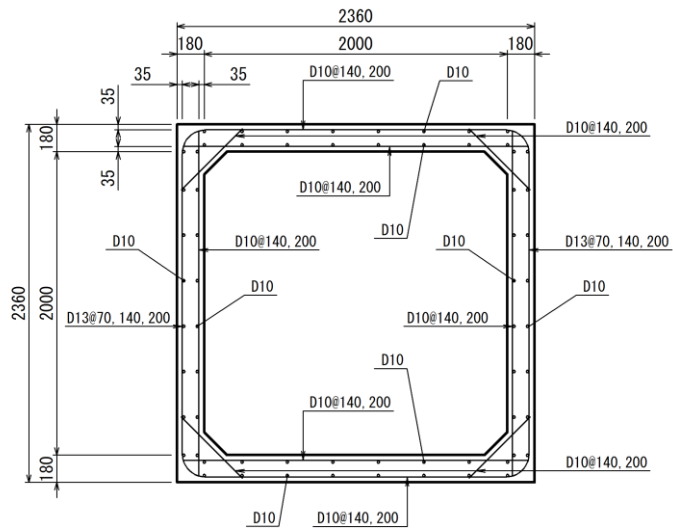
(B - B 断面, □2000×2000)

図 2-4 屋外排水路 (防波壁横断部) の概略断面図



(単位 : mm)

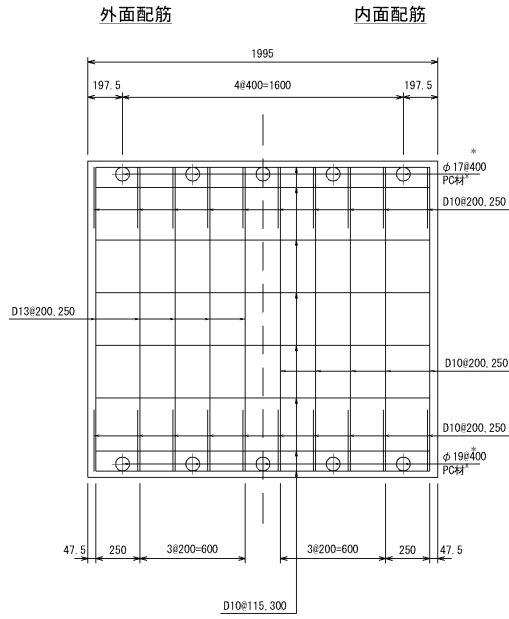
(A-A断面 : □1500×1500)



(単位 : mm)

(B-B断面, □2000×2000)

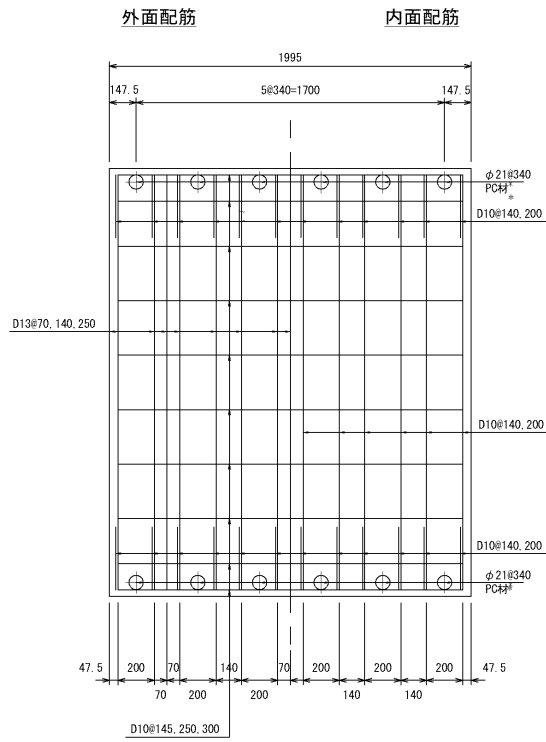
図 2-5(1) 屋外排水路 (防波壁横断部) の概略配筋図



(単位：mm)

注記*：PC材の定着はポストテンション方式とする。

(□1500×1500)

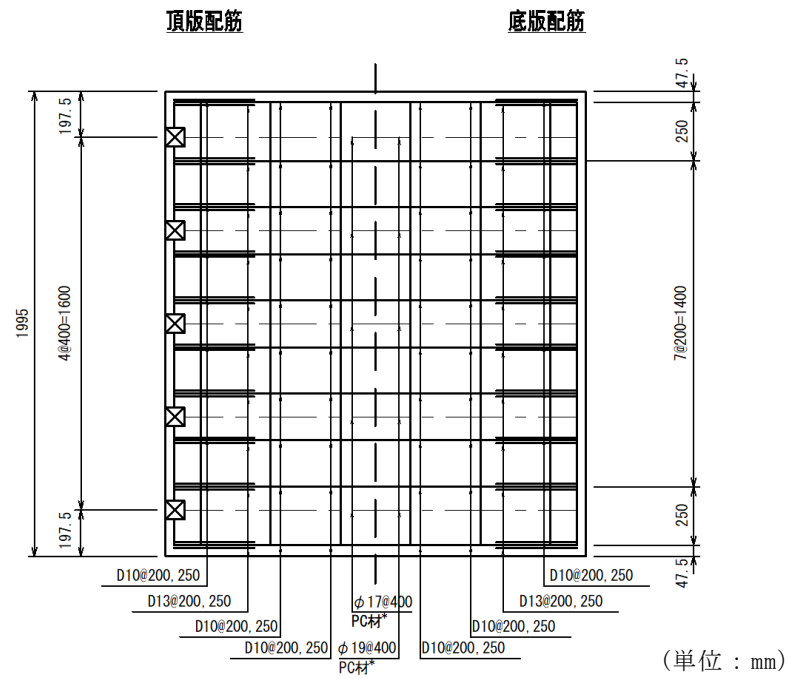


(単位：mm)

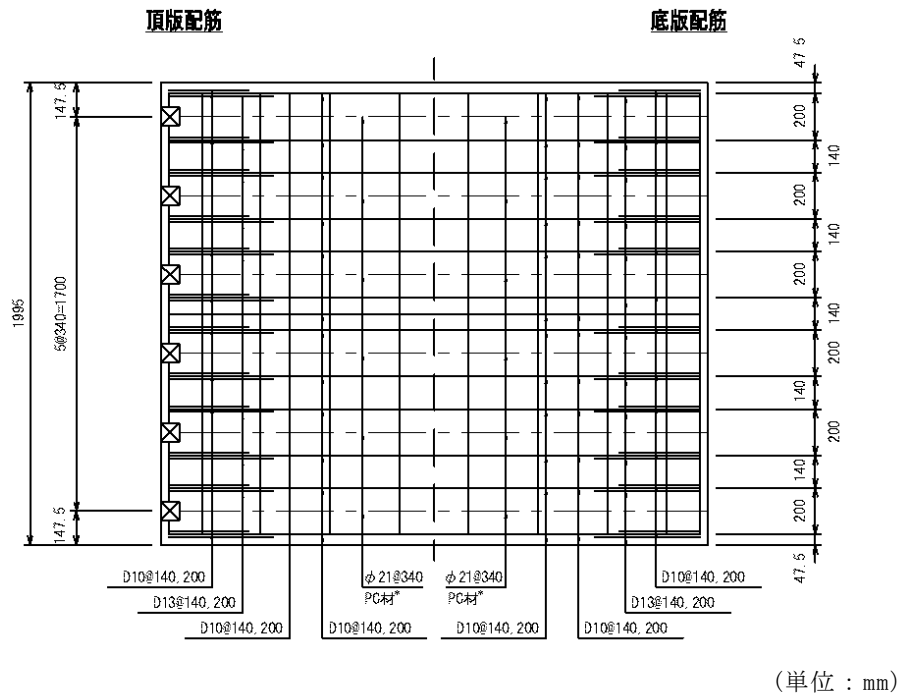
注記*：PC材の定着はポストテンション方式とする。

(□2000×2000)

図 2-5(2) 屋外排水路（防波壁横断部）の概略配筋図（側壁）



注記* : P C 材の定着はポストテンション方式とする。
(□1500×1500)



注記* : P C 材の定着はポストテンション方式とする。
(□2000×2000)

図 2-5(3) 屋外排水路 (防波壁横断面) の概略配筋図 (頂版及び底版)

2.3 評価方針

屋外排水路（防波壁横断部）の耐震評価は、基準地震動 S_s （6波）による1次元地震応答解析により算定した設計用地震力に対して排水断面を確保することを確認するため、曲げ・軸力系及びせん断破壊に対する照査を実施する。また、基礎地盤の支持性能評価を実施する。

基準地震動 S_s を対象とした地震応答解析により屋外排水路（防波壁横断部）位置での変位、加速度及びせん断応力を抽出するとともに、フレーム解析に用いる地盤ばね設定のため収束剛性を算出する。

次に、屋外排水路（防波壁横断部）を線形はり要素にてモデル化し、応答変位法によるフレーム解析を実施する。常時及び地震荷重から算定した断面力に基づき発生応力を算出し、許容限界以下であることを確認する。

基礎地盤の支持性能評価においては、最大接地圧が許容限界以下であることを確認する。

屋外排水路（防波壁横断部）の耐震評価フローを図 2-6 に示す。

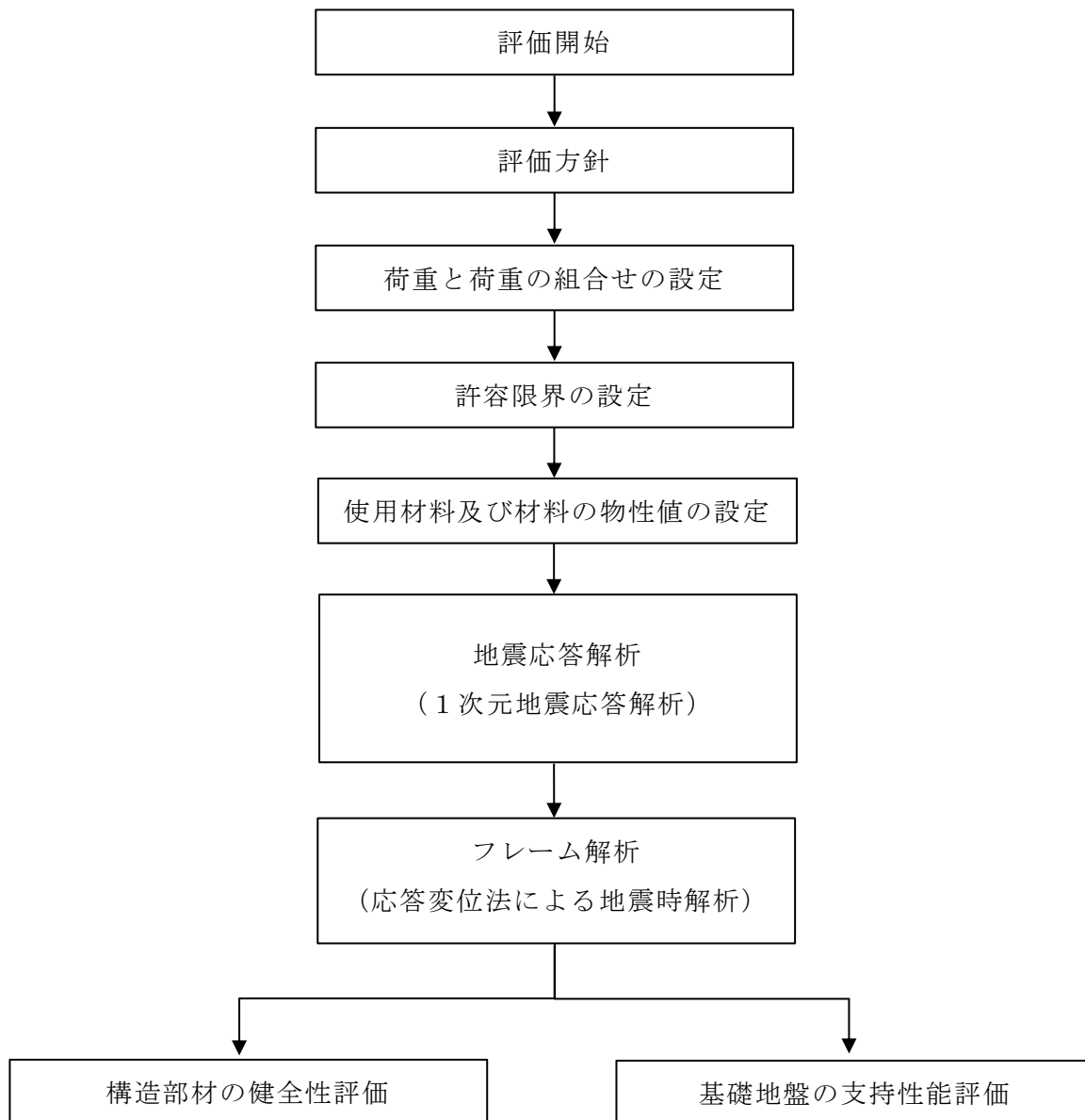


図 2-6 屋外排水路（防波壁横断部）の耐震評価フロー

2.4 適用規格・基準等

適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・コンクリート標準示方書[構造性能照査編]（（社）土木学会，2002年制定）
- ・道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成14年3月）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987（（社）日本電気協会）
- ・水道施設耐震工法指針・解説（（社）日本水道協会，2009年）
- ・水道施設耐震工法指針・解説（（社）日本水道協会，2022年）

3. 耐震評価

3.1 評価対象断面及び評価対象部位

屋外排水路（防波壁横断部）の平面図を図 3-1 に，縦断図を図 3-2 に示す。

屋外排水路（防波壁横断部）の設置状況から，耐震評価上，厳しくなると考えられる④断面（□2000mm）を評価対象断面とする。

評価対象部位については，屋外排水路を構成する側壁，底版及び頂版とする。

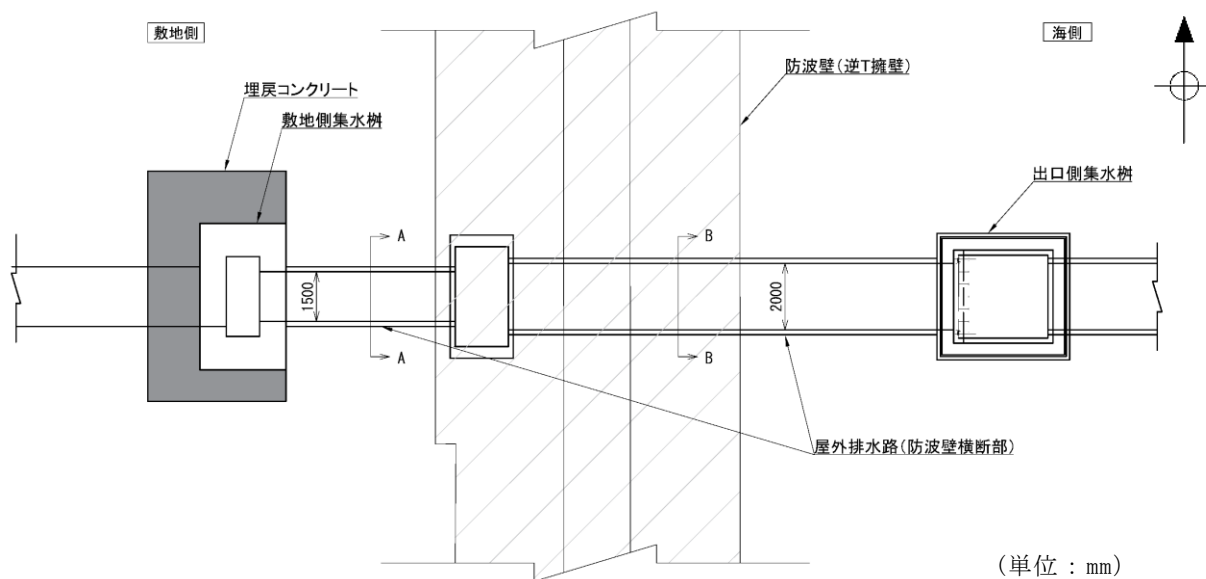


図 3-1 屋外排水路（防波壁横断部）の平面図

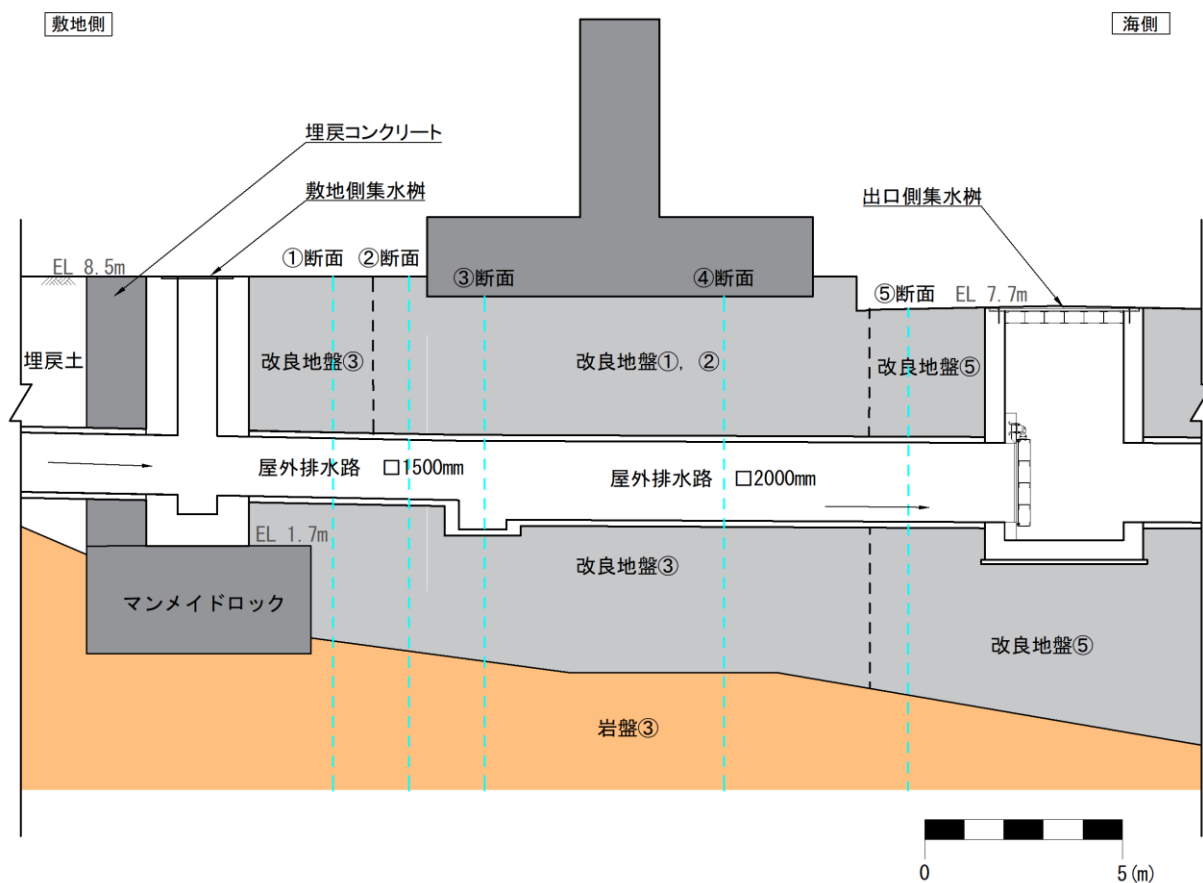


図 3-2 屋外排水路（防波壁横断部）の縦断図

3.2 荷重及び荷重の組合せ

荷重は，VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき設定する。

3.2.1 荷重の設定

屋外排水路（防波壁横断部）の耐震評価には，以下の荷重を用いる。

(1) 固定荷重（G）

固定荷重として，躯体自重を考慮する。

(2) 積載荷重（P）

積載荷重として，静止土圧，外水圧，内水圧，積雪荷重，土被り荷重，永久上載荷重及びプレストレス力を考慮する。

(3) 地震荷重（S_s）

地震荷重として，基準地震動S_sによる地震力を考慮する。

3.2.2 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 3-1 に示す。

表 3-1 荷重の組合せ (1/2)

外力の状態	荷重の組合せ
地震時	G + P + S _s

G : 固定荷重

P : 積雪荷重

S_s : 地震荷重

表 3-1 荷重の組合せ (2/2)

種別	荷重		算定方法
永久荷重 (常時荷重)	固定荷重	躯体自重	○ 設計図書に基づいて、対象構造物の体積に材料の密度を乗じて設定する。
		機器・配管自重	－ 機器・配管自重は考慮しない。
	積載荷重	静止土圧	○ 地表からの深度に応じて設定する。
		外水圧	○ 外水圧を考慮する (EL 3.9m)。
		内水圧	○ 内水圧を考慮する (満水)。
		積雪荷重	○ 積雪荷重 (0.7kN/m ²) を考慮する。
		土被り荷重	○ 土被り荷重を考慮する。
		永久上載荷重	○ 防波壁の荷重を考慮する。
風荷重	－ 風荷重は考慮しない。		
プレストレス力	○ プレストレス力を考慮する。		
偶発荷重 (地震荷重)	水平地震動	○	基準地震動 S _s による水平及び鉛直同時加振を考慮する。
	鉛直地震動	○	
	動水圧	○	水位条件及び密度は、永久荷重の内水圧と同様とする。
	地震時土圧	○	基準地震動 S _s による地震応答解析により設定する。

3.3 許容限界

屋外排水路（防波壁横断部）の耐震評価は、「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）」に基づき，終局曲げモーメント及びせん断耐力を許容限界とする。また，基礎地盤の支持性能に対する許容限界は，VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき，改良地盤③の極限支持力度とする。基礎地盤の支持性能に対する許容限界を表3-2に示す。

表3-2 基礎地盤の支持性能に対する許容限界

評価項目	基礎地盤	許容限界 (N/mm ²)
極限支持力度	改良地盤③	1.4

3.4 使用材料及び材料の物性値

構造物の使用材料を表3-3に，使用材料の物性値を表3-4に示す。

表3-3 構造物の使用材料

材料		仕様
構造物	コンクリート	設計基準強度 40.0N/mm ²
	鉄筋	SD295A
	PC鋼棒	SBPR1080/1230

表3-4 使用材料の物性値

材料	ヤング係数 (N/mm ²)	単位体積重量 (kN/m ³)	ポアソン比
構造物	3.1×10 ⁴	24.5*	0.2

注記*：鉄筋コンクリートの単位体積重量を示す。

3.5 地震応答解析及び設計用地震力

地震応答解析に用いる入力地震動は、解放基盤表面で定義される基準地震動 S_s を一次元波動論により評価したものをを用いる。屋外排水路（防波壁横断部）周辺は、地盤改良されており、液状化対象層が存在しないため、1次元地震応答解析における応答解析は、全応力解析とする。

解析には解析コード「SHAKE」を使用する。解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

1次元地震応答解析の地盤モデルを図3-3に示す。

地盤については、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している物性値を用いる。

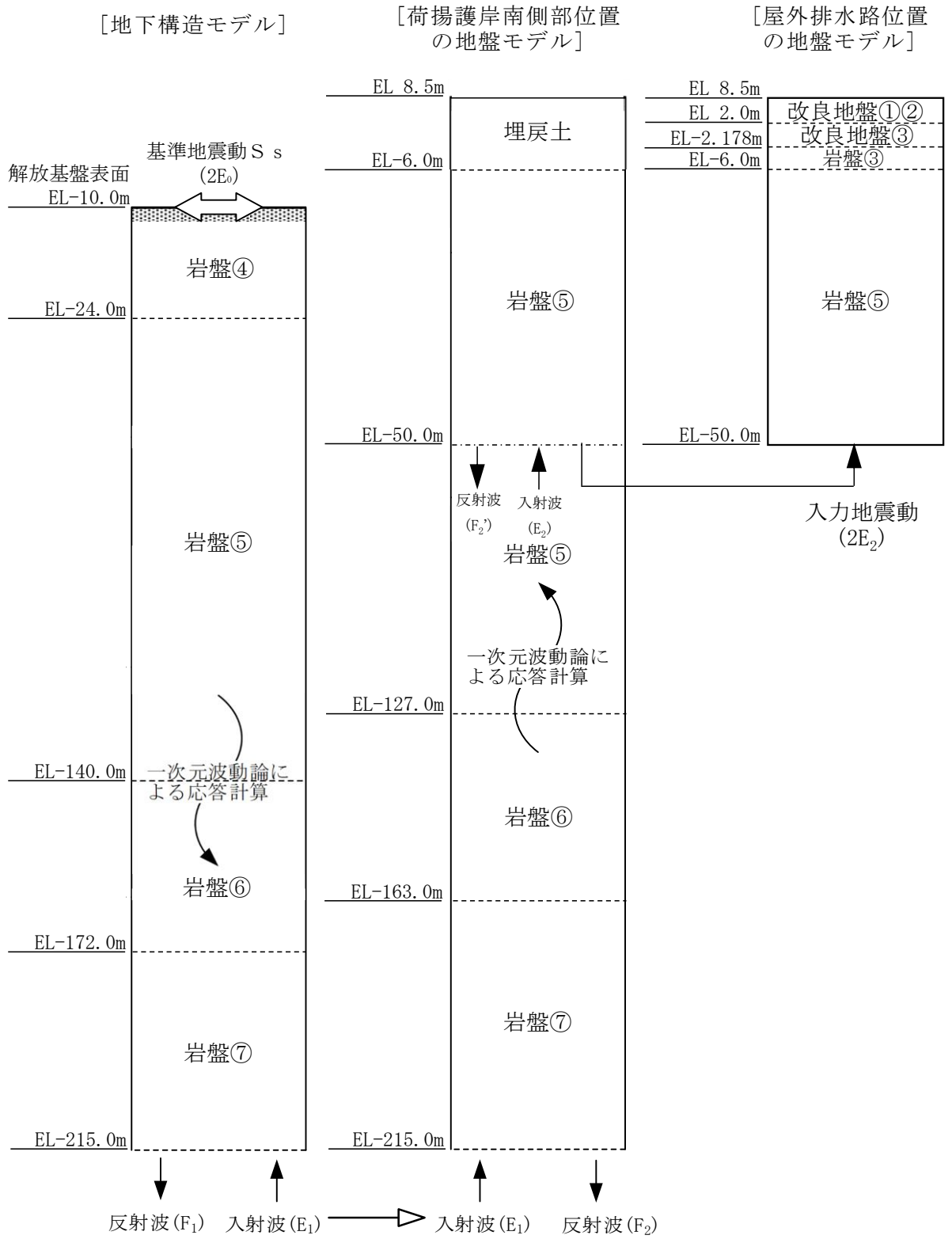


図 3-3 1次元地震応答解析用地盤モデル

3.6 地震応答解析結果

地震応答解析結果より得られた、各ケースにおける最大相対変位分布、最大相対変位発生時刻での加速度分布、最大相対変位発生時刻でのせん断応力分布及び収束剛性を図 3-4 に示す。相対変位は地震力による反力を、加速度は慣性力を、せん断応力は壁面摩擦力を、収束剛性はばね定数を算出するために使用する。

相対変位が最大となった基準地震動 S s - D により応答変位法に使用する相対変位を設定する。

また、底版及び基礎地盤の支持性能の評価に使用する設計用地震力は、1次元地震応答解析における屋外排水路位置の全時刻の最大応答加速度（鉛直）に基づき設定する。最大鉛直加速度分布を図 3-5 に示す。基礎地盤の支持性能の評価に用いる設計用地震力を表 3-5 に示す。

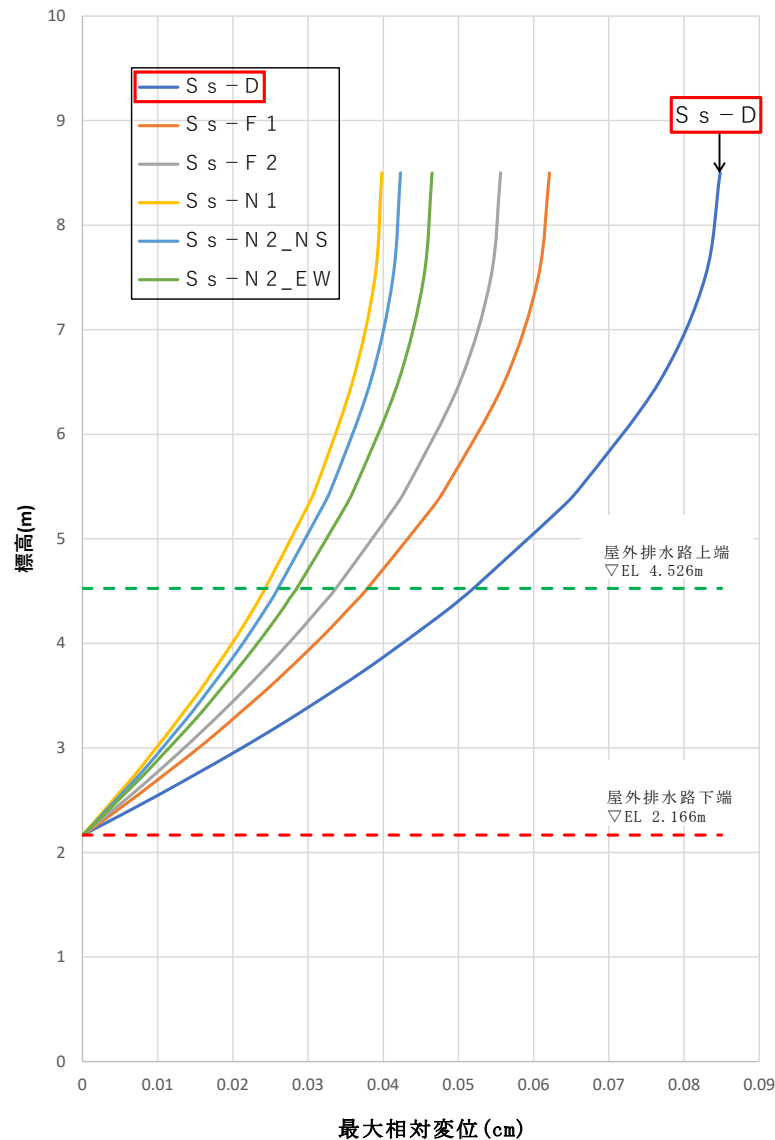


図 3-4(1) 地震応答解析結果（最大相対変位分布）

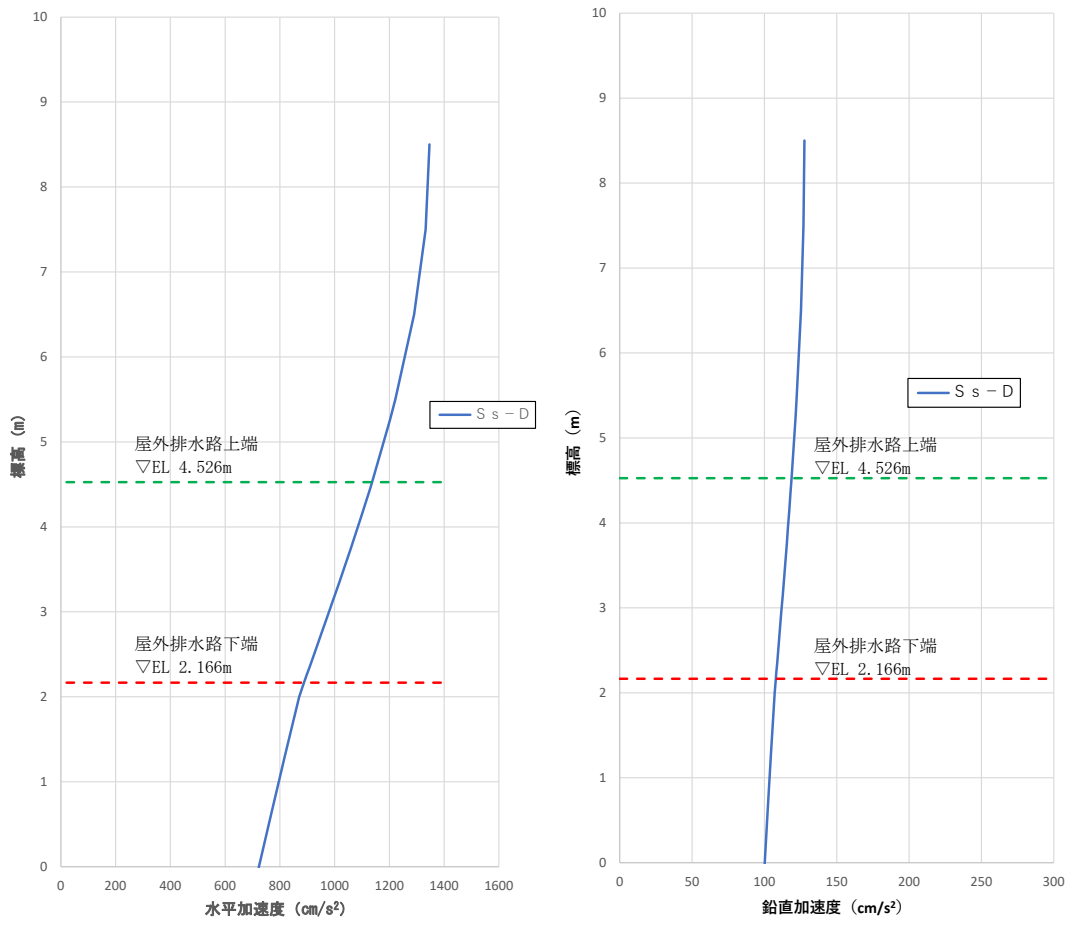


図 3-4(2) 地震応答解析結果 (最大相対変位発生時刻での水平加速度分布)

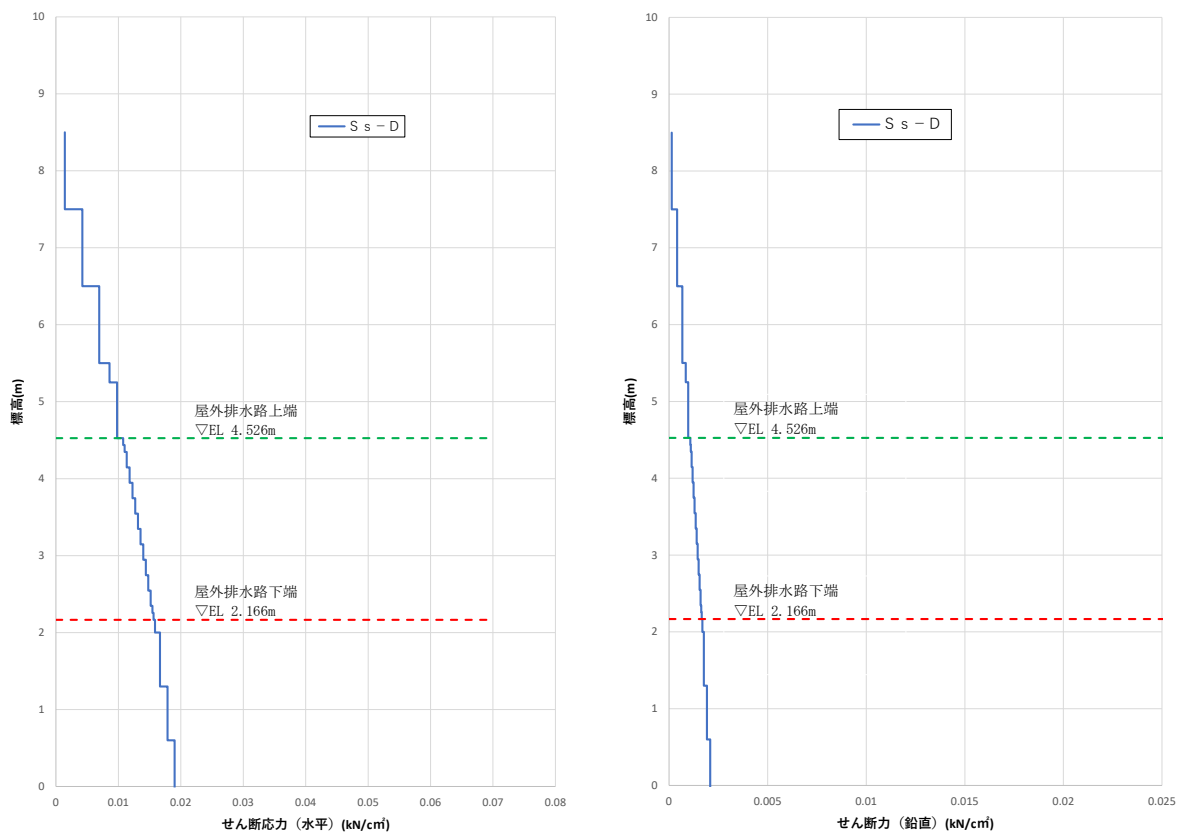


図3-4(3) 地震応答解析結果 (最大相対変位発生時刻でのせん断応力分布)

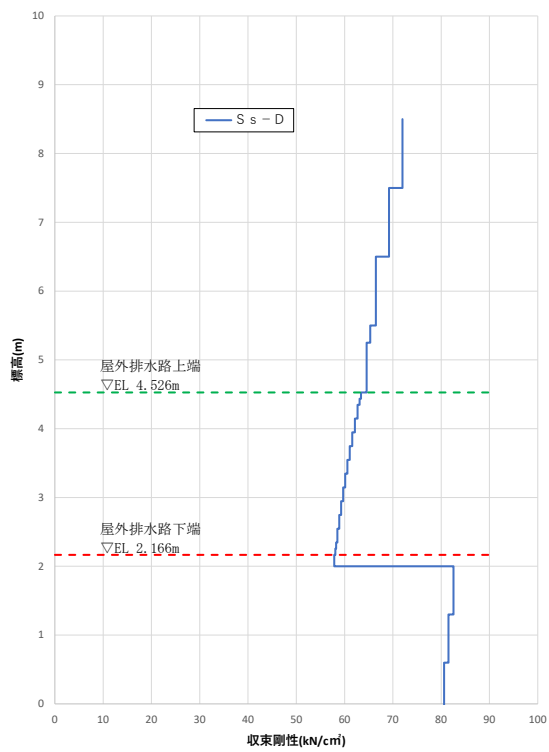


図3-4(4) 地震応答解析結果 (収束剛性)

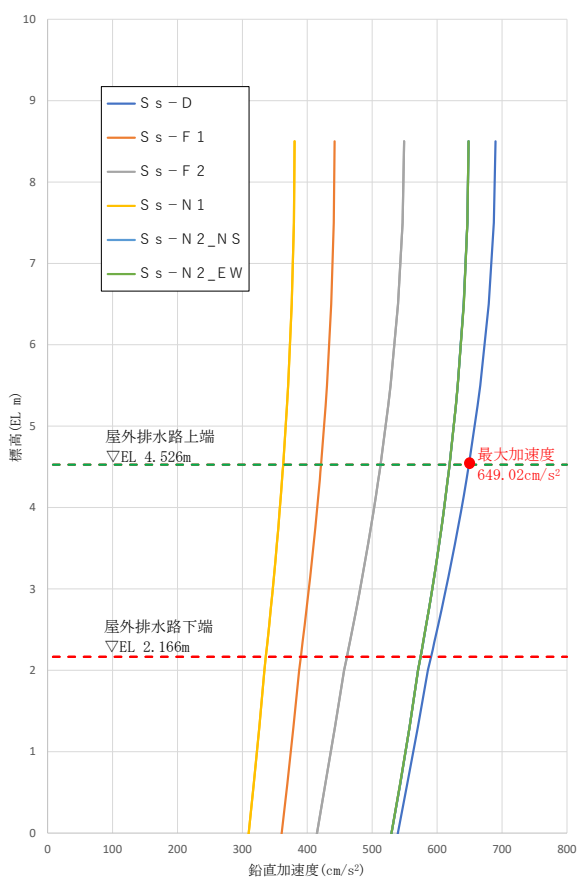


図3-5 地震応答解析結果（最大鉛直加速度）

表 3-5 屋外排水路（防波壁横断部）の評価に用いる設計用地震力

抽出位置	設計用地震力 (鉛直)	備考
屋外排水路 (防波壁横断部)	0.67	$649.02 \text{ (cm/s}^2\text{)} / 980.665 \text{ (cm/s}^2\text{)} \doteq 0.67$

4. 評価方法

4.1 屋外排水路

4.1.1 評価対象部位

屋外排水路（防波壁横断部）は地中に埋設することから、地震時には土圧が主たる荷重として作用すると考えられるため、評価対象部位は、弱軸方向（水路直交方向）の頂版、側壁及び底版とする。

4.1.2 解析方法

頂版、側壁及び底版を線形はり要素でモデル化し、地震応答解析を踏まえて設定した荷重を載荷し、フレーム解析を実施する。フレーム解析に用いる地盤ばねは地震応答解析結果から算出した等価剛性を踏まえて設定し、モデルに作用させる荷重のうち、地震時増分応力については、応答変位法により算出する。

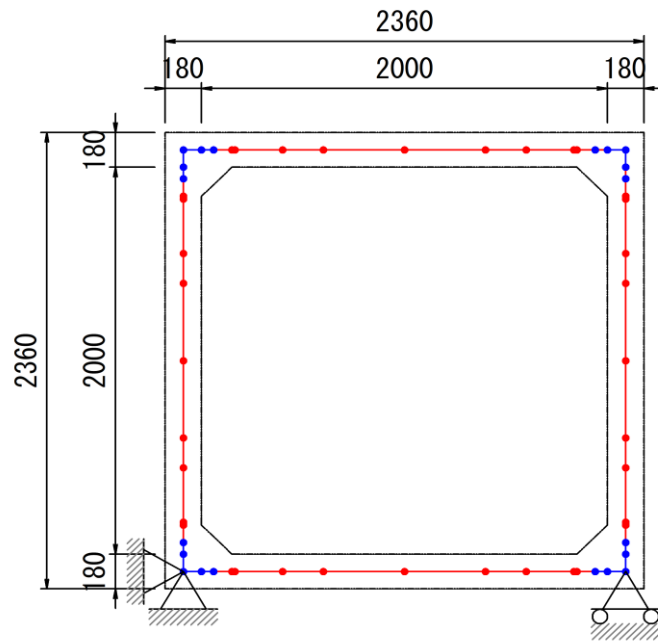
解析には解析コード「F R E M I N G」及び「E M R G I N G」を使用する。解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

4.1.3 解析モデル

解析に用いるフレームモデルは、屋外排水路（防波壁横断部）の頂版、側壁及び底版を線形はり要素にて模擬する。常時のフレーム解析及び地震時のフレーム解析を実施し、それぞれの解析で発生した応力を重ね合わせて部材照査を実施する。

常時のフレーム解析における解析モデル及び支持条件を図 4-1 に示す。

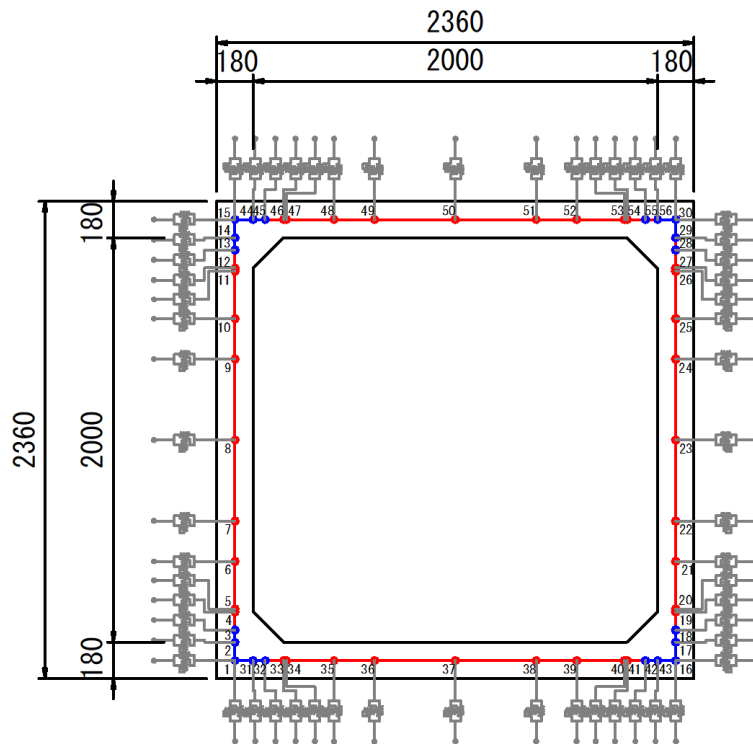
地震時のフレーム解析は、応答変位法により行い、地盤応答解析から算出した収束剛性よりばね定数を設定した地盤ばねを頂部、側部及び底部に配置する。地震時のフレーム解析における解析モデル及び支持条件を図 4-2 に、地震時のフレーム解析に使用した地盤ばね定数を表 4-1 に示す。



— ビーム要素
— 剛要素

(単位：mm)

図 4-1 常時のフレーム解析モデル及び支持条件



— 地盤ばね (水平・鉛直)
— ビーム要素
— 剛要素

(単位：mm)

図 4-2 地震時のフレーム解析モデル及び支持条件

表 4-1 地震時のフレーム解析に使用した地盤ばね定数
 (kx : 地盤ばね定数 (水平) , ky : 地盤ばね定数 (鉛直))

位置	方向	部材番号	kx(kN/m)	ky(kN/m)	
側壁	↑ 上	15	57100	19030	
		14	94550	31520	
		13	94270	31420	
		12	65710	21900	
		11	185100	61710	
		10	268800	89590	
		9	340200	113400	
		8	483700	161200	
		7	330100	110000	
		6	257900	85970	
		5	173900	57980	
		4	61660	20550	
		3	87920	29310	
	↓ 下	2	87800	29270	
		1	52550	17520	
		↑ 上	30	57100	19030
		29	94550	31520	
		28	94270	31420	
	↑ 上	27	65710	21900	
		26	185100	61710	
		25	268800	89590	
		24	340200	113400	
		23	483700	161200	
		22	330100	110000	
21		257900	85970		
20		173900	57980		
19		61660	20550		
18		87920	29310		
↓ 下		17	87800	29270	
		16	52550	17520	

位置	部材番号	kx(kN/m)	ky(kN/m)
底版	1	52550	17520
	31	87580	29190
	32	87580	29190
	33	61300	20430
	34	172800	57610
	35	254000	84660
	36	323500	107800
	37	467100	155700
	38	323500	107800
	39	254000	84660
	40	172800	57610
	41	61300	20430
	42	87580	29190
	43	87580	29190
	16	52550	17520
	頂版	15	57100
44		95170	31720
45		95170	31720
46		66620	22210
47		187800	62600
48		276000	92000
49		351500	117200
50		507600	169200
51		351500	117200
52		276000	92000
53		187800	62600
54		66620	22210
55		95170	31720
56		95170	31720
30	57100	19030	

4.2 基礎地盤の支持性能の評価

基礎地盤の支持性能評価においては、屋外排水路(防波壁横断部)底版に作用する屋外排水路(防波壁横断部)及び内部貯留水の慣性力による鉛直方向の合力を底版面積で除すことにより接地圧を算出し、基礎地盤に生じる接地圧が極限支持力度に基づく許容限界以下であることを確認する。

5. 評価結果

5.1 構造部材の健全性に対する評価結果

鉄筋コンクリートの曲げ・軸力系破壊に対する評価結果を表 5-1 に、せん断破壊に対する評価結果を表 5-2 に示す。また、最大照査値となる断面力図を図 5-1 に示す。

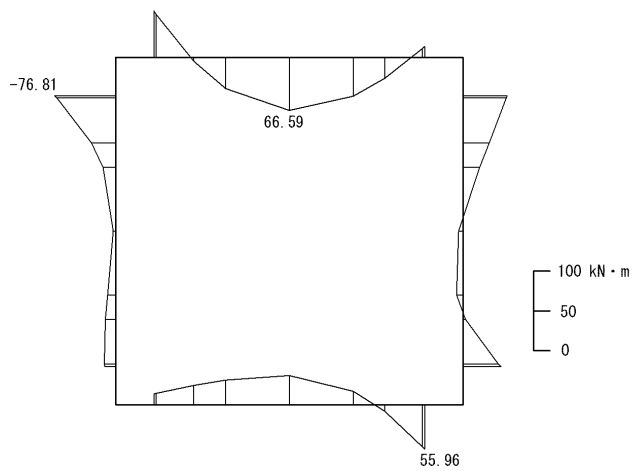
評価対象部位の発生応力度及びせん断力は、許容限界以下であり、屋外排水路（防波壁横断部）が基準地震動 S_s による地震力に対して損壊に至らず、排水断面が確保されていることを確認した。

表 5-1 曲げ・軸力系破壊に対する評価結果

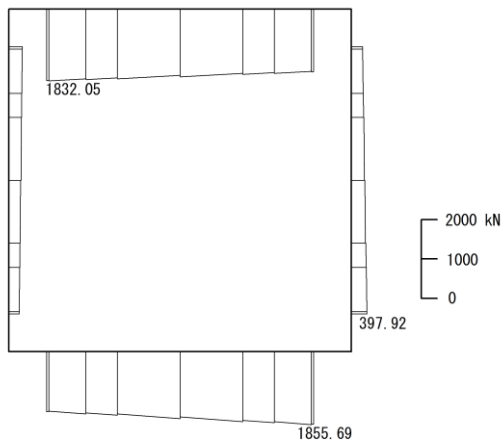
評価対象部位	地震動	設計断面力		終局曲げモーメント M_{ud} (kN・m)	照査値 M_d/M_{ud}
		曲げモーメント M_d (kN・m)	軸力 N'_d (kN)		
頂版	$S_s - D$	66.59	1688.43	145.46	0.46
側壁	$S_s - D$	76.81	342.58	100.77	0.77
底版	$S_s - D$	55.96	1837.34	153.41	0.37

表 5-2 せん断破壊に対する評価結果

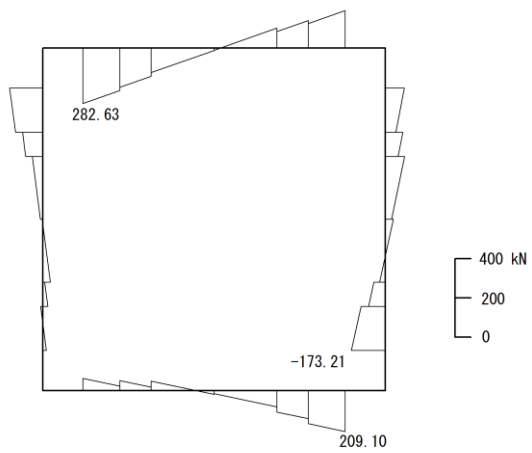
評価対象部位	地震動	設計せん断力 V_d (kN)	せん断耐力 V_{yd} (kN)	照査値 V_d/V_{yd}
頂版	$S_s - D$	282.63	304.27	0.93
側壁	$S_s - D$	173.21	253.14	0.69
底版	$S_s - D$	209.10	304.27	0.69



(a) 曲げモーメント図



(b) 軸力図



(c) せん断力図

図 5-1 断面力図 (南北断面)

5.2 基礎地盤の支持性能に対する評価結果

基礎地盤の支持性能に対する評価結果を表 5-3 に示す。

基礎地盤に生じる最大接地圧が許容限界以下であることを確認した。

表 5-3 基礎地盤の支持性能に対する評価結果

設備名称	解析ケース	最大接地圧 (N/mm ²)	極限支持力度 (N/mm ²)	照査値
屋外排水路 (防波壁横断部)	S s - D	0.1	1.4	0.08

(別紙 3) 出口側集水桝の耐震性について

出口側集水桝は、浸水防止設備である屋外排水路逆止弁⑨の間接支持構造物であり、耐震性については、VI-2-10-2-7 「屋外排水路逆止弁の耐震性についての計算書」に示す。

VI-2-別添 4-3-6 ドレーンの耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 基本方針	2
2.1 位置	2
2.2 構造概要	3
2.3 評価方針	5
2.4 適用規格・基準等	7
3. 耐震評価	8
3.1 評価対象部位	8
3.2 荷重及び荷重の組合せ	8
3.2.1 荷重	8
3.2.2 荷重の組合せ	12
3.2.3 設計用震度の算定	12
3.3 許容限界	15
3.4 評価方法	17
3.4.1 ドレーンの変形量算出方法	17
3.4.2 断面の評価方法	19
4. 評価結果	20
4.1 フレーム解析による評価結果	20

1. 概要

本資料は、VI-2-1-1-別添 1「地下水位低下設備の設計方針」で設定している構造強度の設計方針に基づき、地下水位低下設備のうちドレーンについて、地震時の構造強度を有していることを確認するものである。

ドレーンに要求される地下水の集水機能の維持を確認するにあたっては、地震応答解析に基づく構造部材の健全性評価を行う。

2. 基本方針

原子炉建物等の建物・構築物の耐震評価において、地下水位低下設備の効果을期待した浸透流解析結果から設計地下水位及び設計揚圧力を設定しており、ドレーンについては、耐震性が確保されている前提で、大気圧解放状態として条件設定している。

本資料では、原子炉建物等の直下に設置するドレーンを対象に、地震時における構造強度の確認を行う。

2.1 位置

地下水位低下設備のうちドレーンの設置位置を図 2-1 に示す。

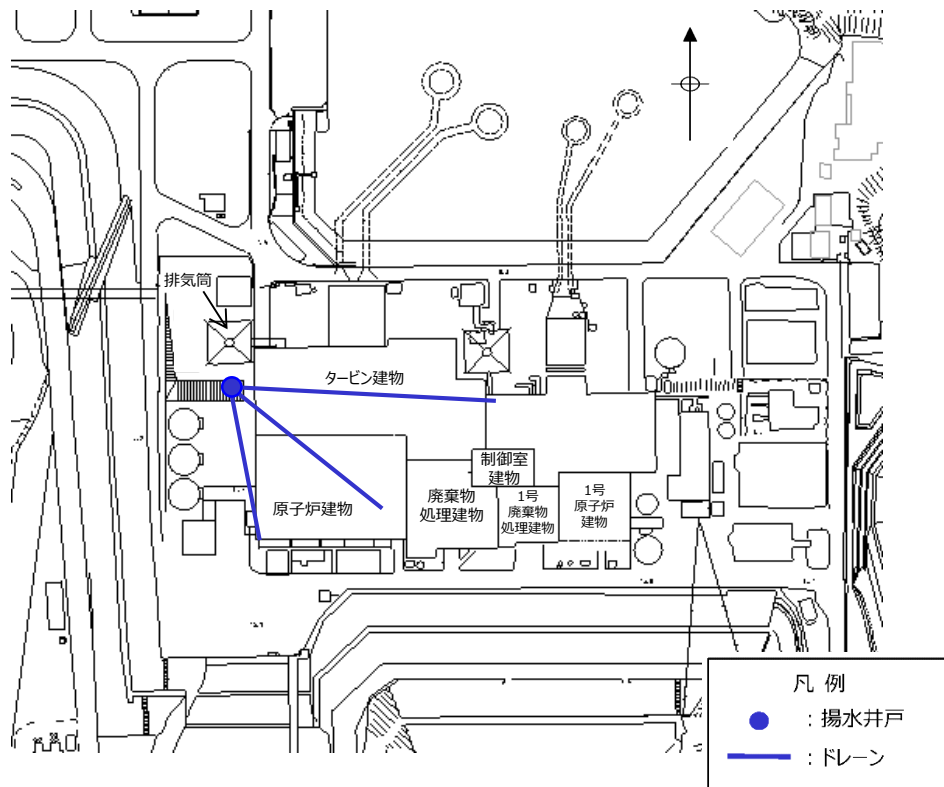


図 2-1 ドレーンの設置位置

2.2 構造概要

地下水位低下設備の構成概要を図 2-2 に，ドレーンの概略平面図及び断面図を図 2-3 に示す。ドレーンは原子炉建物等の下に配置するφ200mmの硬質ポリ塩化ビニル管であり，地下水位低下設備のうち揚水井戸を起点として建物側へ岩盤内に設置している。

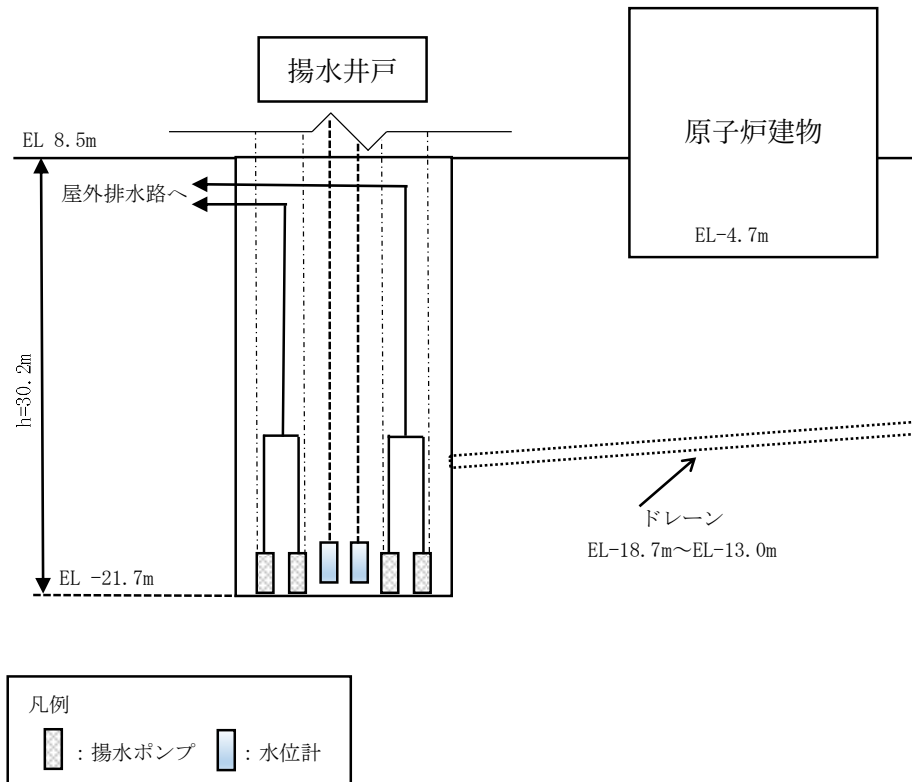
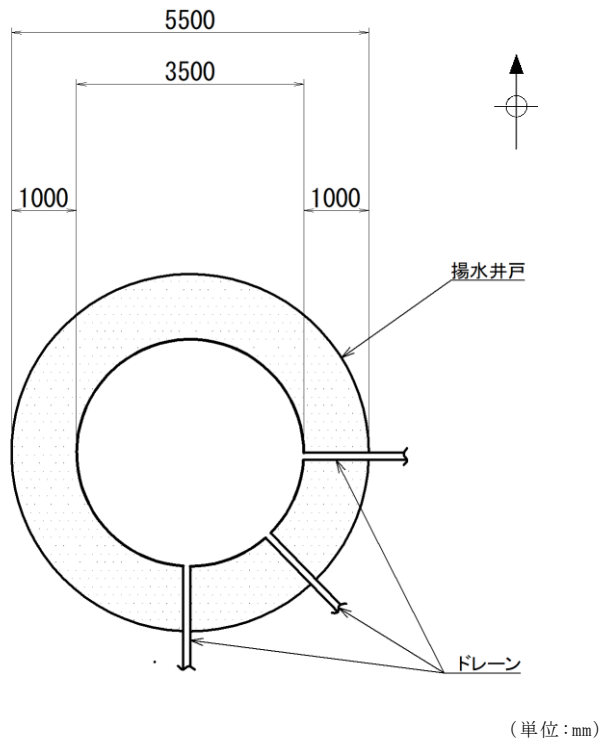
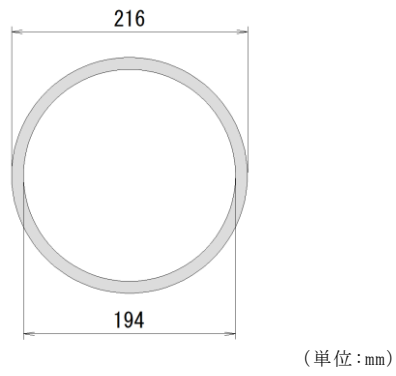


図 2-2 地下水水位低下設備の構成概要



概略平面図 (揚水井戸, ドレーン)



概略断面図 (有孔管 ϕ 200)

図 2-3 ドレーンの概略平面図及び断面図

2.3 評価方針

地下水位低下設備は、建設時から地下水位低下設備を設置していた原子炉建物等の建物・構築物に作用する揚圧力の低減を目的とし、地下水位を一定の範囲に保持するために設置する。また、ドレーンを含む地下水位低下設備の耐震重要度分類はCクラスとして分類し、基準地震動 S_s に対して機能維持する設計としている。

ドレーンは岩盤内に設置されており、地震時は地盤の挙動に追従すると考えられることから、「既発電用原子炉設置変更許可申請 添付書類六（原規規発第 2109152 号 令和 3 年 9 月 15 日許可）」に示す、原子炉建物の基礎地盤安定性評価に用いた 2 次元動的有限要素法の解析モデルより算出する地震力にて耐震評価を行う。

耐震評価は、基準地震動 S_s による地震力に対し、ドレーンに生じる変形量から算出される発生ひずみ率が、強度試験結果に基づき設定した許容限界を超えないことを確認する。

ドレーンの評価フローを図 2-4 に示す。

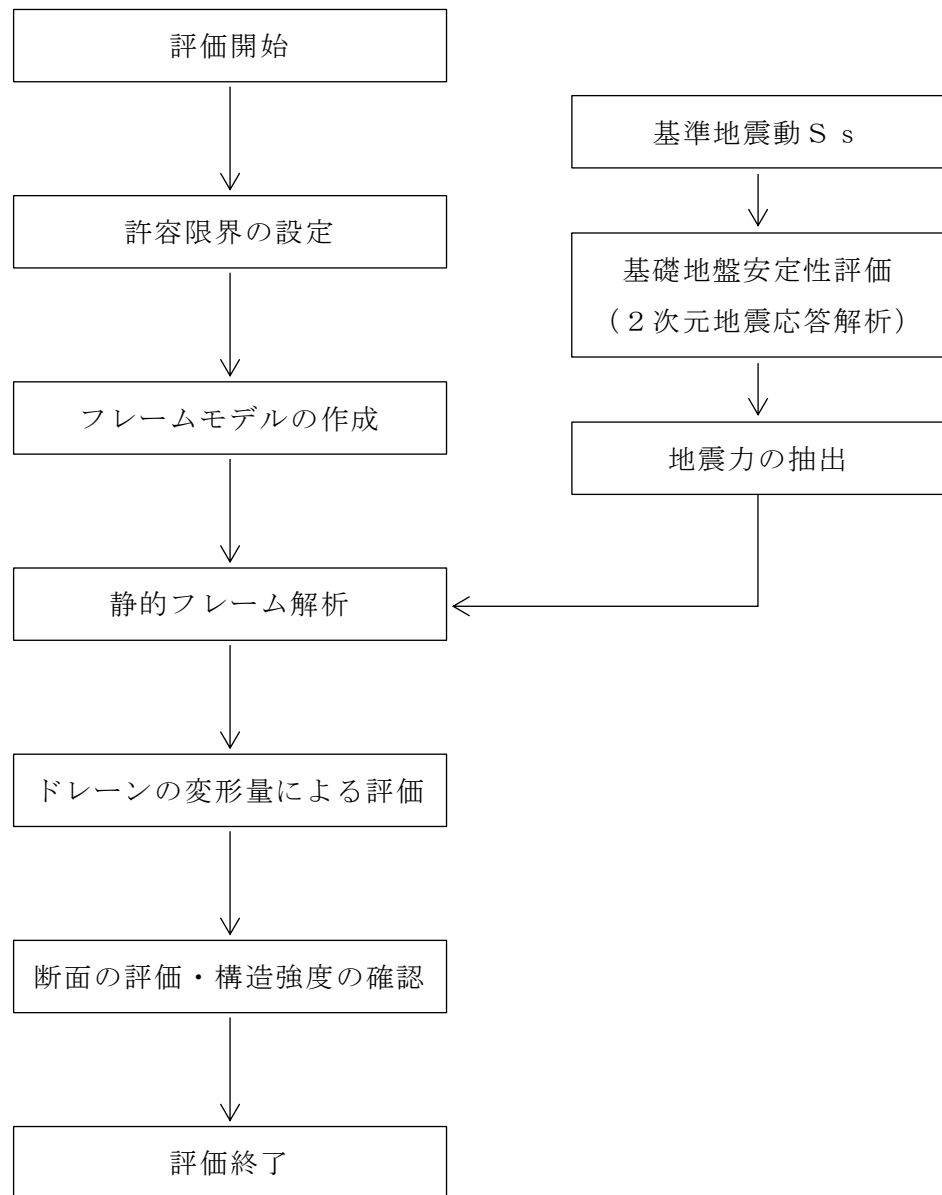


図 2-4 ドレーンの評価フロー

2.4 適用規格・基準等

ドレーンの評価において、適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・水道用硬質ポリ塩化ビニル管技術資料（塩化ビニル管・継手協会）
- ・日本産業規格（J I S）

3. 耐震評価

3.1 評価対象部位

ドレーンは岩盤内に設置され、その一部は原子炉建物等の直下に位置するため、これらの構造物の荷重が岩盤を介して作用するものと考えられる。この時、構造物の重量が大きくなるにつれ、ドレーンに作用する荷重も大きくなるため、ドレーンの設置範囲において重量の大きい原子炉建物の下に設置するドレーンを評価対象とする。

3.2 荷重及び荷重の組合せ

3.2.1 荷重

ドレーンに作用する荷重は、原子炉建物等の基礎底盤以深の岩盤を削孔した空隙内に設置されていることを踏まえ設定する。

VI-2-9-3-4「原子炉建物基礎スラブの耐震性についての計算書」において、原子炉建物の地震時接地圧 2.01N/mm^2 に対し、支持する岩盤の極限支持力度は、 9.8N/mm^2 であり、十分な支持性能を有していることを確認している。したがって、ドレーンを設置する空隙（ドレーン外径 216mm に対し岩盤削孔径 250mm）は、地震時においても形状が保持されと考えられることから、ドレーンには鉛直及び水平の土圧は作用しない。

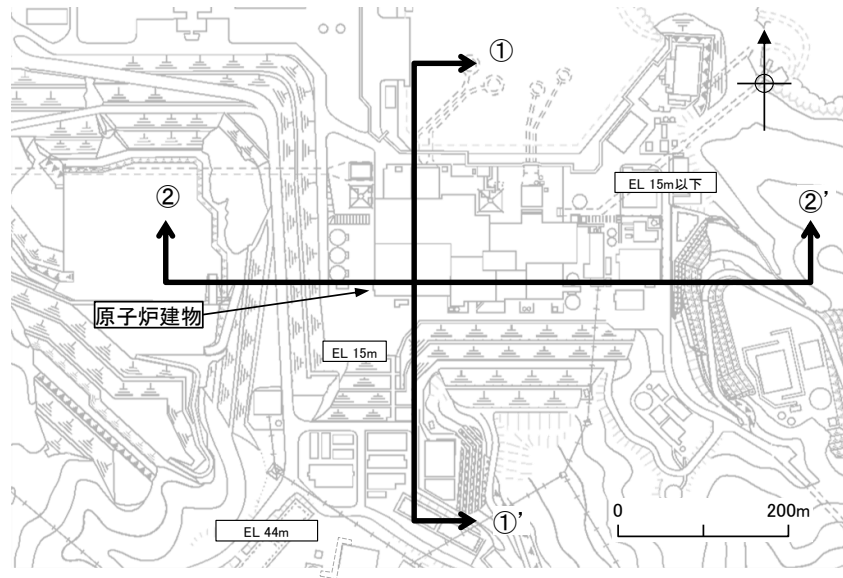
(1) 固定荷重(G)

固定荷重としてドレーン自体の自重、及び保守的に岩盤とドレーンとの間の空隙内（以下「空隙内」という。）に砂があると仮定し、空隙内の砂による上載土荷重を考慮する。空隙内の砂の自重による鉛直荷重は軽微であり、空隙内の拘束力は小さいため、鉛直土圧による水平方向の土圧は見込まないものとする。水平土圧は、上載土荷重を打ち消す効果があるため、水平土圧を見込まない場合のひずみ率は、判定として保守的な値となる。

(2) 地震荷重(S_s)

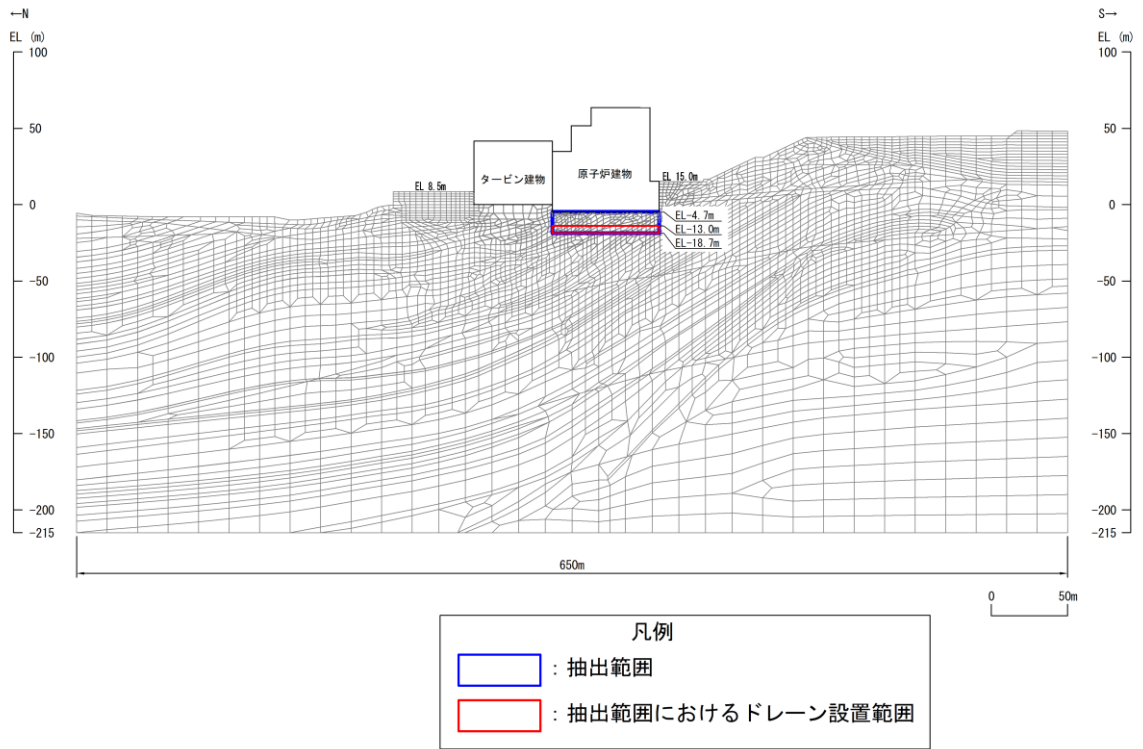
地震荷重は、地震時の原子炉建物及び地盤の応答を評価できる原子炉建物等の基礎地盤安定解析モデル（東西及び南北断面）より抽出する。抽出範囲は、ドレーンの設置範囲（EL-18.7m～EL-13.0m）を包絡するよう、ドレーン設置範囲の下端（EL-18.7m）から上端は保守的に原子炉建物の荷重が直接作用する原子炉建物底面レベル(EL-4.7m)までとする。抽出した最大応答加速度から、ドレーンをモデル化したフレームモデルに静的に作用させる。

最大応答加速度の抽出対象範囲を図 3-1 に示す。

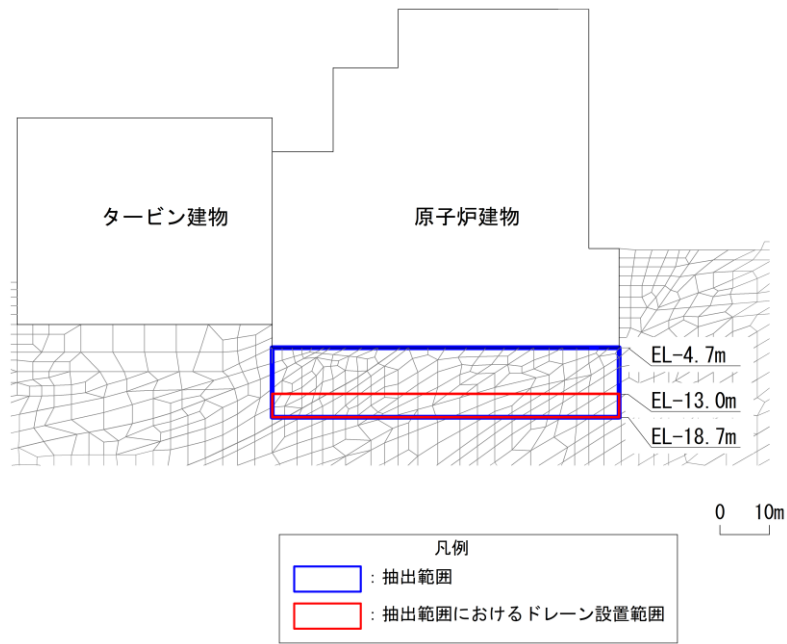


断面位置図

図 3-1 最大応答加速度の抽出範囲 (1/3)

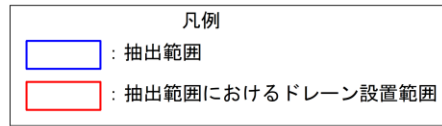
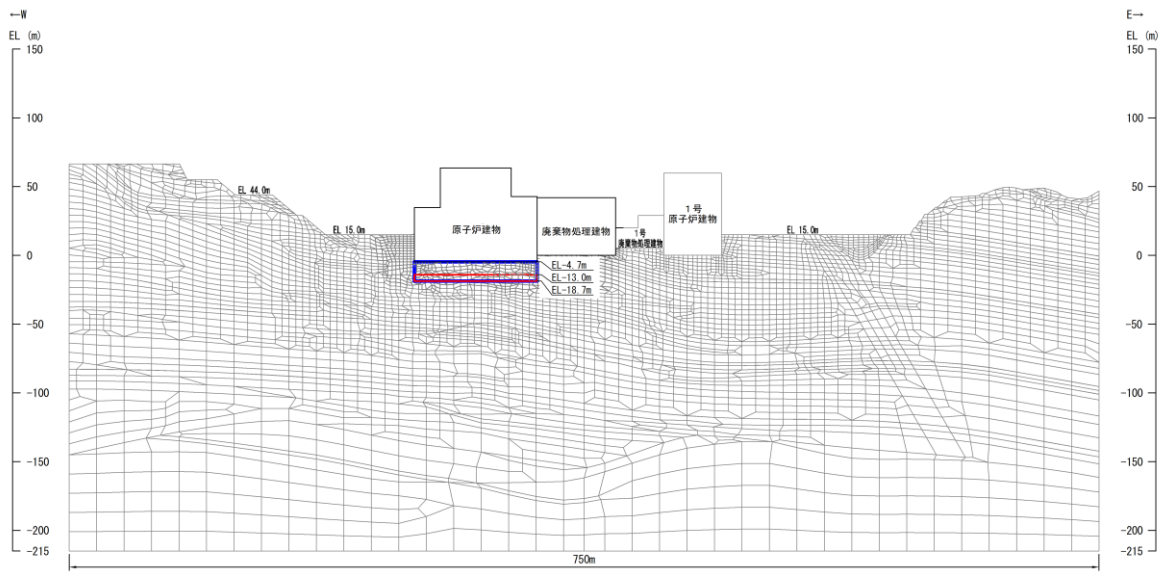


南北断面（①－①'断面）

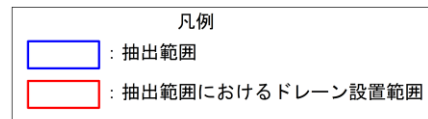
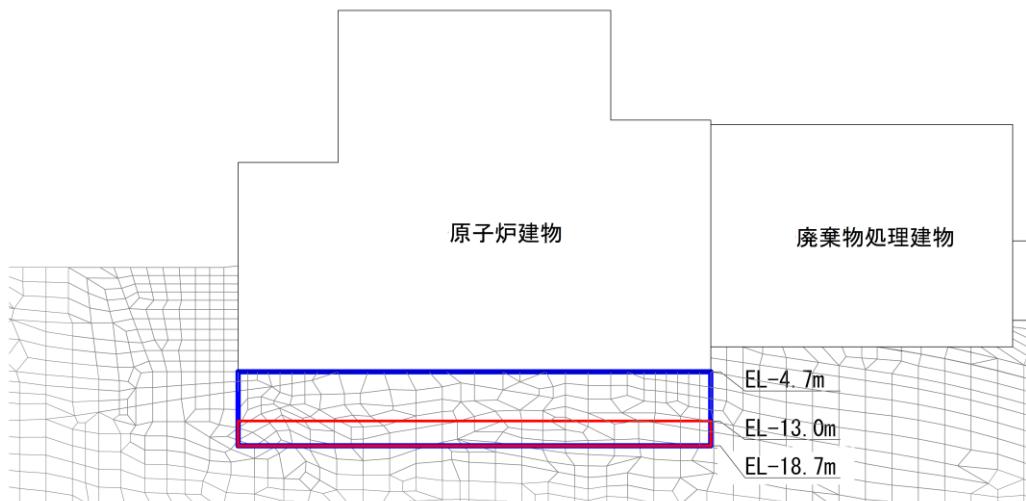


南北断面（拡大図）

図 3-1 最大応答加速度の抽出範囲 (2/3)



東西断面 (②-②'断面)



東西断面 (拡大図)

図 3-1 最大応答加速度の抽出範囲 (3/3)

3.2.2 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 3-1 に示す。

表 3-1 荷重の組合せ

荷重状態	荷重の組合せ
S _s 地震時	G + S _s

G : 固定荷重

S_s : S_s 地震荷重

3.2.3 設計用震度の算定

(1) 地盤物性のばらつき

地盤については、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している物性値を用いる。また、地震応答解析においては、地盤物性のばらつきを考慮する。地盤物性のばらつき考慮ケースを表 3-2 に示す。

表 3-2 解析ケース

解析ケース	地盤物性
	岩盤 (G _d : 動せん断弾性係数)
ケース① (基本ケース)	平均値
ケース②	平均値 + 1 σ
ケース③	平均値 - 1 σ

(2) 地震応答解析の解析ケースの選定

地震応答解析においてはすべての基準地震動 S_s に対し、解析ケース①を実施する。解析ケース①において応答加速度が最も厳しくなる地震動を用いてケース②及びケース③を実施する。

耐震評価における解析ケースを表 3-3 に示す。

表 3-3 耐震評価における解析ケース

解析ケース		ケース①		ケース②		ケース③	
		基本ケース		地盤物性のばらつき (+1 σ) を考慮した解析ケース		地盤物性のばらつき (-1 σ) を考慮した解析ケース	
地盤物性		平均値		平均値 + 1 σ		平均値 - 1 σ	
地震動 (位相)	$S_s - D$	++*	○				
		-+*	○				
		+ -*	○				
		--*	○				
	$S_s - F 1$	++*	○				
	$S_s - F 2$	++*	○				
	$S_s - N 1$	++*	○				
		-+*	○				
	$S_s - N 2$ (NS)	++*	○				
		-+*	○				
	$S_s - N 2$ (EW)	++*	○				
		-+*	○				

基準地震動 S_s (6波) に位相反転を考慮した地震動 (6波) を加えた全 12 波に対し、ケース① (基本ケース) を実施し、応答加速度が最も大きい地震動を用いてケース②及び③を実施する。

注記* : 地震動の位相について、++の左側は水平動、右側は鉛直動を表し、「-」は位相を反転させたケースを示す。

(3) 地震応答解析

地震応答解析に用いる入力地震動は、解放基盤表面で定義される基準地震動 S_s を一次元波動論により地震応答解析モデル下端位置で評価したものをを用いる。設計用震度は、ドレーンの設置範囲を包絡するよう設定した範囲から抽出された最大応答加速度を用いて設定する。図 3-2 に入力地震動算定の概念図を示す。

解析コードは、入力地震動算定に「ADVANF」を使用し、ドレーンをモデル化したフレーム解析については「TDAP III」を使用する。解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

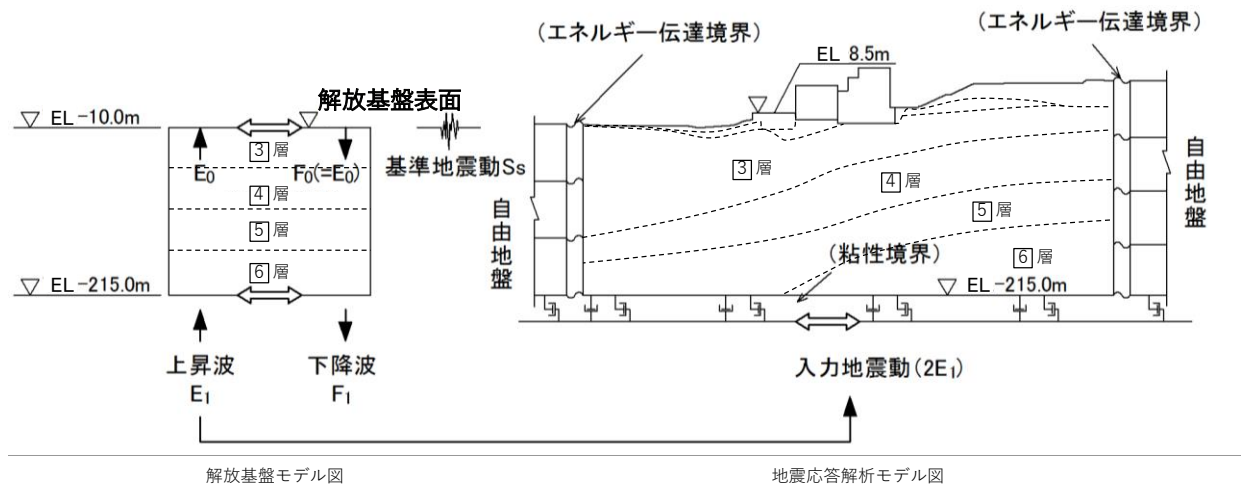


図 3-2 入力地震動算定の概念図

3.3 許容限界

ドレーンの評価における許容限界は、表 3-4 に示す機能維持のための考え方を踏まえ、ドレーンの強度試験結果に基づきひずみ率を設定する。

ドレーンのひずみ率は、「J I S K 6 7 4 1 :2016 硬質ポリ塩化ビニル管 9 試験方法 9.1 性能試験 9.1.4 偏平試験」に基づいたドレーンの偏平試験結果より設定した。硬質ポリ塩化ビニルは粘弾性体であり、材料の性質上、第1折れ点を読み取ることが困難であるため、偏平試験結果より得られた荷重-変位曲線図から明確におおむね弾性として考えられる5%を許容限界とする。

荷重-変位曲線図を図 3-3 に示す。

表 3-4 ドレーンの評価における許容限界

機能設計上の性能目標	地震力	部位	機能維持のための考え方	許容限界
構造強度を有すること	基準地震動 S s	ドレーン	部材に生じる応力が内空断面を確保するための許容限界を超えないことを確認	ひずみ率 5%

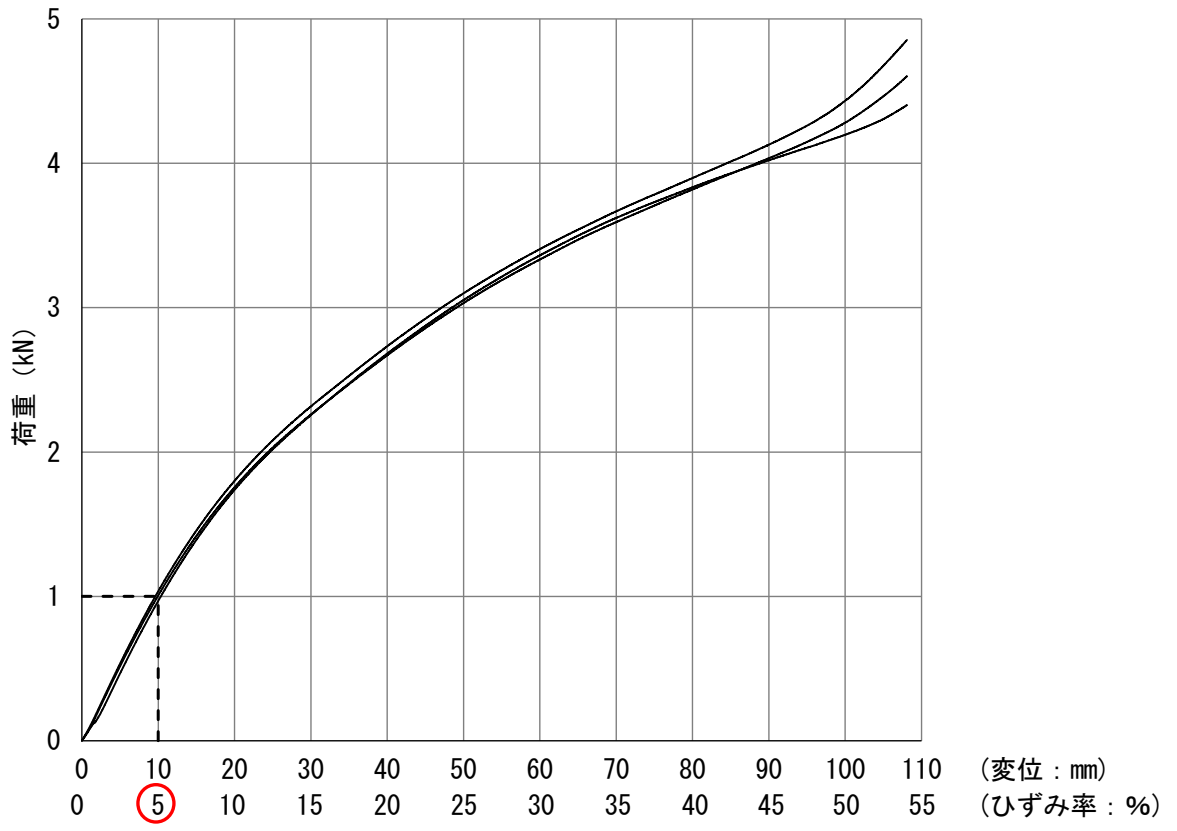


図 3-3 荷重-変位曲線図

3.4 評価方法

3.4.1 ドレーンの変形量算出方法

ドレーンは、横断方向（管軸直交方向）について評価を実施する。

(1) 地震荷重の設定

地震荷重は、ドレーンの設置範囲を包絡するよう設定した範囲から抽出した鉛直方向の最大応答加速度を算出し設定する。

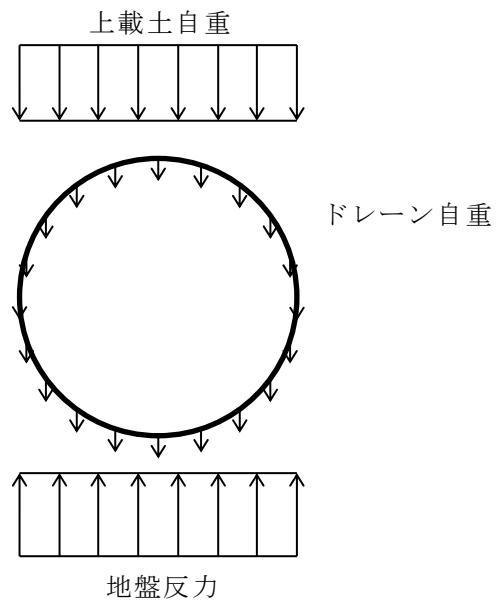
(2) 横断方向断面の検討

ドレーンの横断方向断面の検討は、2次元地震応答解析によって得られた最大応答加速度を震度として設定したフレーム解析とする。

震度は鉛直最大応答加速度に着目し、地震時慣性力を設定する。構造部材は円形状にモデル化した線形はり要素とし、自重と地震時慣性力を足し合わせた荷重を一方向から静的に載荷し、発生ひずみ率を算出する。

横断方向断面の荷重図を図3-4に示す。また、ドレーンの構造諸元と物性値を表3-5、表3-6に示す。

固定荷重 (G)



地震荷重 (Ss)

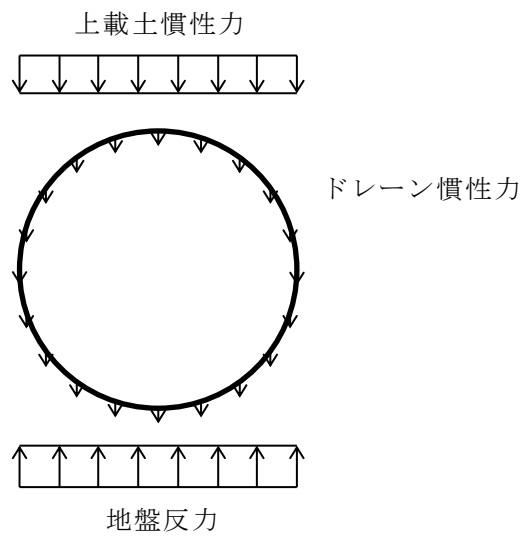


図 3-4 横断方向断面の荷重図

表 3-5 ドレーンの構造諸元

呼び径	外径	内径	厚さ
200mm	216mm	194mm	11mm

表 3-6 ドレーンの物性値

材料	単位体積重量	ヤング係数
硬質ポリ 塩化ビニル	14.0 kN/m ³	3.4×10 ⁶ kN/m ²

3.4.2 断面の評価方法

ドレーンは、地震時に内空断面を確保して地下水を集水するため、横断方向断面の発生ひずみ率が、許容限界を超えないことを確認する。

4. 評価結果

4.1 フレーム解析による評価結果

(1) 地震荷重

ドレーンに作用する地震荷重は、原子炉建物等の基礎地盤安定解析モデル（東西及び南北断面）より、ドレーンの設置範囲を包絡するよう設定した範囲から抽出した最大応答加速度となる基準地震動の地震荷重を用いる。表 4-1 に各地震動の鉛直最大応答加速度の結果を、表 4-2 にドレーンの設計用地震力を示す。

表 4-1 地盤の応答解析より得られた鉛直最大応答加速度

解析ケース	地震動	位相	(南北断面)	(東西断面)
			鉛直最大応答加速度 (m/s^2) *2	鉛直最大応答加速度 (m/s^2)
①	S s - D	++ *1	5.09	4.95
		-+ *1	5.22	4.88
		+ - *1	5.22	4.88
		-- *1	5.09	4.95
	S s - F 1	++ *1	3.73	5.12
	S s - F 2	++ *1	3.81	3.77
	S s - N 1	++ *1	2.99	3.29
		-+ *1	2.50	2.43
	S s - N 2 (NS)	++ *1	3.80	3.91
		-+ *1	3.13	3.94
	S s - N 2 (EW)	++ *1	3.34	3.60
		-+ *1	3.33	3.70
②	S s - D	-+ *1	<u>5.45</u>	—
		+ - *1	<u>5.45</u>	—
③	S s - D	-+ *1	4.73	—
		+ - *1	4.73	—

注記*1：地震動の位相について，++の左側は水平動，右側は鉛直動を表し，
「-」は位相を反転させたケースを示す。

*2：下線は設計で用いる最大応答加速度

表 4-2 ドレーンの設計用地震力

地震動	ケース② (平均値+1 σ) S s - D (-+, +-)
地震力	0.56 (鉛直)

(2) 評価結果

フレーム解析より得られた最大変形量について、ドレーン径の 205mm（管厚の中央部）で除し、発生ひずみ率を算出する。

ドレーンの評価結果を表 4-3 に示す。基準地震動 S_s の地震力において、許容限界を超えないことを確認した。

表 4-3 ドレーンの評価結果

条 件	地震動	ケース②（平均値+1 σ ）
		$S_s - D$ （-+, +-）
最大変形量 発生ひずみ率	最大変形量	0.30mm
	発生ひずみ率(A)	0.15%
許容限界	許容ひずみ率(B)	5.0%
照査値	(A/B)	0.03

VI-2-別添 4-4 地下水位低下設備に係る施設の水平 2 方向及び
鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価

目 次

1. 概要	1
2. 機器・配管系の影響評価	1
2.1 基本方針	1
2.2 評価条件及び評価方法	1
2.3 評価結果	4
2.3.1 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価設備（部位）の抽出	4
2.3.2 土木構造物の検討結果を踏まえた機器・配管系の設備の抽出	4
2.3.3 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価	4
2.3.4 水平2方向及び鉛直方向地震力の影響評価結果	5
2.3.5 まとめ	5
3. 土木構造物の影響評価	12
3.1 基本方針	12
3.2 評価条件及び評価方法	12
3.3 評価結果	12
3.3.1 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価設備（部位）の抽出	12
3.3.2 水平2方向及び鉛直方向地震力の影響評価結果	13
3.3.3 まとめ	13

1. 概要

本資料は、VI-2-別添 4-1「地下水位低下設備の耐震計算の方針」の「4.4 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の考慮」に基づき、地下水位低下設備に係る施設について、基準地震動 S_s による地震力に対して、耐震性を有することを確認しているため、水平 2 方向及び鉛直方向の組合せに関する影響評価について説明するものである。

2. 機器・配管系の影響評価

2.1 基本方針

地下水位低下設備に係る施設に関する、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ついては、VI-2-1-8「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」の「4.2 機器・配管系」の評価方針及び評価方法を踏まえて、設備が有する耐震性への影響を評価する。

2.2 評価条件及び評価方法

VI-2-1-8「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」の「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に対する影響評価方針」を踏まえて、基準地震動 S_s による地震力に対して耐震評価を実施する設備のうち、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（以下「従来の計算」という。）に対して、設備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、設備が有する耐震性に及ぼす影響を評価する。影響評価のフローを図 2-1 に示す。

(1) 評価対象となる設備の整理

地下水位低下設備に係る施設のうち、基準地震動 S_s による地震力に対して構造強度又は機能維持を確認する設備を評価対象とする。（図 2-1①）

(2) 構造上の特徴による抽出

構造上の特徴から水平 2 方向の地震力が重畳する観点、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。（図 2-1②）

(3) 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、土木構造物の検討において、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。（図 2-1③）

(4) 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響評価

「(3) 発生値の増分による抽出」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検討する。（図 2-1④）

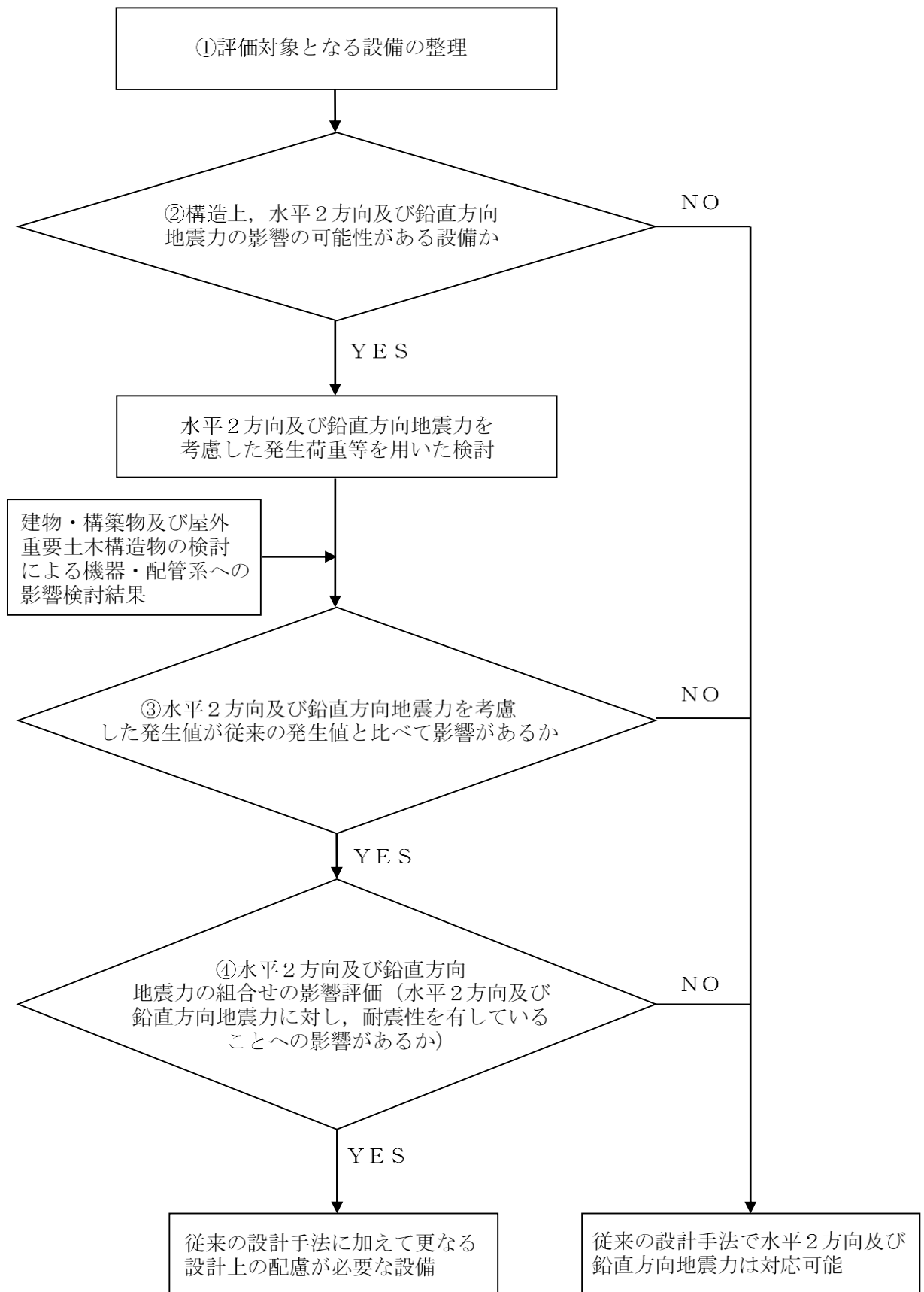


図 2-1 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せを考慮した影響評価フロー

2.3 評価結果

2.3.1 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価設備（部位）の抽出

地下水位低下設備に係る施設の評価対象設備を表2-1に示す。VI-2-1-8「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」の「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に対する影響評価方針」の「4.2 機器・配管系」の評価設備（部位）抽出方法を踏まえ、評価対象設備の各評価部位、応力分類に対し構造上の特徴から、水平2方向の地震力による影響を以下の項目により検討し影響の可能性のある設備を抽出した。抽出結果を表2-2に示す。

(1) 水平2方向の地震力が重畳する観点

評価対象設備は、水平1方向の地震に加えて、更に水平直交方向に地震力が重畳した場合、水平2方向の地震力による影響検討が必要となる可能性があるものとして抽出した。なお、ここでの影響が軽微な設備とは、構造上の観点から発生応力への影響に着目し、その増分が1割程度以下となる設備を分類しているが、水平1方向地震力による裕度（許容応力／発生応力）が1.1未満の設備については、個別に検討を行うこととする。

(2) 水平方向とその直交方向が相関する振動モード（ねじれ振動等）が生じる観点

水平方向とその直交方向が相関する振動モードが生じることで有意な影響が生じる可能性がある設備を抽出した。

(3) 水平1方向及び鉛直方向地震力に対する水平2方向及び鉛直方向地震力の増分の観点

(1)及び(2)にて影響の可能性のある設備について、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、従来の計算による発生値と比較し、その増分により影響の程度を確認し、耐震性への影響が懸念される設備を抽出した。

2.3.2 土木建造物の検討結果を踏まえた機器・配管系の設備の抽出

3.3.2項における土木建造物の影響評価において機器・配管系への影響を検討した結果、耐震性への影響が懸念される設備は抽出されなかった。

また、VI-2-12「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結果」に示す原子炉建物の検討において、地下水位低下設備制御盤への影響を検討した結果、耐震性への影響が懸念されるものは抽出されなかった。

2.3.3 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価

表2-2にて抽出された設備について、水平2方向及び鉛直方向地震力を想定し

た発生値を，VI-2-1-8「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」の「4.2 機器・配管系」の方法にて算出した。

2.3.4 水平2方向及び鉛直方向地震力の影響評価結果

「2.3.3 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価」の影響評価条件にて算出した発生値に対して，設備が有する耐震性への影響を評価した。影響評価結果を表2-3に示す。

2.3.5 まとめ

地下水位低下設備に係る施設について，水平2方向及び鉛直方向地震力を想定した場合でも地下水位低下設備に係る施設が有する耐震性への影響がないことを確認したため，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手法に加えて更なる設計上の配慮が必要な設備はない。

表2-1 水平2方向入力の影響検討対象設備

設備名称	評価対象部位
揚水ポンプ	鉛直用サポート取付ボルト・水平用サポート取付ボルト・溶接部・ポンプ
配管	配管本体・サポート
水位計	基礎ボルト・水位計
制御盤	基礎ボルト・取付ボルト・制御盤

表 2-2(1) 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果

(1) 構造強度評価

設備名称	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性			
	2.3.1(1) 水平 2 方向の地震力が重畳する観点（以下「重畳の観点」という。） ○：影響あり △：影響軽微	2.3.1(2) 水平方向とその直交方向が相関する振動モード（ねじれ振動等）が生じる観点（以下「ねじれ振動等の観点」という。） ×：発生しない ○：発生する	2.3.1(3) 水平 1 方向及び鉛直方向地震力に対する水平 2 方向及び鉛直方向地震力の増分の観点（以下「増分の観点」という。） ○：影響あり －：該当なし	抽出結果
揚水ポンプ	△ (鉛直用サポート 取付ボルト) 一次応力（引張）	×	－	水平 2 方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果、水平 2 方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、水平 2 方向の地震を組み合わせた場合であっても 1 方向の地震による応力と同等といえるため、影響は軽微となる。
	△ (鉛直用サポート 取付ボルト) 一次応力（せん断）	×	－	水平 2 方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平 2 方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、水平 2 方向の地震を組み合わせた場合であっても 1 方向の地震による応力と同等といえるため、影響は軽微となる。

表 2-2(2) 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果

(1) 構造強度評価

設備名称	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性			
	2.3.1(1) 重量の観点 ○：影響あり △：影響軽微	2.3.1(2) ねじれ振動等の観点 ×：発生しない ○：発生する	2.3.1(3) 増分の観点 ○：影響あり －：該当なし	抽出結果
揚水ポンプ	△ (水平用サポート 取付ボルト) 一次応力 (引張)	×	－	水平用サポート取付ボルトは鉛直地震力のみにより引張力が発生するため、水平 2 方向入力の影響はない。
	△ (水平用サポート 取付ボルト) 一次応力 (せん断)	×	－	水平 2 方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果、水平 2 方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、水平 2 方向の地震を組み合わせた場合であっても 1 方向の地震による応力と同等といえるため、影響は軽微となる。
	△ (溶接部) 一次応力 (引張)	×	－	矩形配置の溶接部であるため、ボルトと同様に水平 2 方向入力による対角方向への転倒を想定すると、水平 2 方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより影響は軽微となる。
	△ (溶接部) 一次応力 (せん断)	×	－	ボルトと同様に水平 2 方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより、影響は軽微となる。

表 2-2(3) 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果

(1) 構造強度評価

設備名称	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性			
	2.3.1(1) 重量の観点 ○：影響あり △：影響軽微	2.3.1(2) ねじれ振動等の観点 ×：発生しない ○：発生する	2.3.1(3) 増分の観点 ○：影響あり －：該当なし	抽出結果
配管	△ (配管本体, サポート) 一次応力	○	－	配管系は、水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮済みである。配管系は、3次元モデルを用いた解析により、ねじれモードを考慮した耐震評価を実施しているため、水平方向とその直交方向が相関する振動モードによる影響は考慮済みである。
	△ (配管本体, サポート) 一次+二次応力	○	－	配管系は、水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮済みである。配管系は、3次元モデルを用いた解析により、ねじれモードを考慮した耐震評価を実施しているため、水平方向とその直交方向が相関する振動モードによる影響は考慮済みである。
水位計	○ (基礎ボルト) 一次応力 (引張)	×	○	評価結果は表 2-3 参照
	△ (基礎ボルト) 一次応力 (せん断)	×	－	

表 2-2(4) 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果

(1) 構造強度評価

設備名称	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性			
	2.3.1(1) 重畳の観点 ○：影響あり △：影響軽微	2.3.1(2) ねじれ振動等の観点 ×：発生しない ○：発生する	2.3.1(3) 増分の観点 ○：影響あり －：該当なし	抽出結果
制御盤	△ (基礎ボルト, 取付ボルト) 一次応力 (引張)	×	－	ボルトは矩形配置であり, 水平 2 方向入力による対角方向への転倒を想定し検討した結果, 水平 2 方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより, 水平 2 方向の地震を組み合わせた場合であっても 1 方向の地震による応力と同等といえるため, 影響は軽微となる。
	△ (基礎ボルト, 取付ボルト) 一次応力 (せん断)	×	－	水平 2 方向入力時のボルトに発生するせん断応力を検討した結果, 水平 2 方向地震力の最大応答の非同時性を考慮することにより, 水平 2 方向の地震を組み合わせた場合であっても 1 方向の地震による応力と同等といえるため, 影響は軽微となる。

表 2-2(5) 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の評価部位の抽出結果

(2) 機能維持評価

設備名称	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性			
	2.3.1(1) 重量の観点 ○：影響あり △：影響軽微	2.3.1(2) ねじれ振動等の観点 ×：発生しない ○：発生する	2.3.1(3) 増分の観点 ○：影響あり －：該当なし	抽出結果
揚水ポンプ	○	×	－	評価結果は表 2-3 参照
水位計	△	×	－	各水平方向で共振点はなく出力変動を生じないため、水平 2 方向でも共振することなく出力変動が生じない。
制御盤	△	×	－	制御盤に取付けられているリレー、遮断器等の電気品は、基本的に 1 次元的な接点の ON-OFF に関わる比較的単純な構造をしている。加えて、基本的には全ては、扉等の強度部材に強固に固定されているため、器具の非線形応答はないと考えられる。したがって、電気品は水平 1 方向の地震力のみを負担し、他の水平方向の地震力は負担しないため、水平 2 方向入力の影響は軽微である。

表 2-3(1) 水平 2 方向及び鉛直方向地震力による影響評価結果

(1) 構造強度評価

(単位：MPa)

設備名称	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性					
	評価部位	応力分類	1 方向入力 発生値*1	2 方向想定 発生値*2	許容値	判定
水位計	基礎ボルト	一次応力 (引張)			122	○

注記*1：基準地震動 S_s による地震力において発生する応力値を記載している。

*2：「1 方向入力発生値」に対して、 $\sqrt{2}$ を乗じた値を記載している。

表 2-3(2) 水平 2 方向及び鉛直方向地震力による影響評価結果

(2) 機能維持評価

(単位： $\times 9.8\text{m/s}^2$)

設備名称	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響の可能性			
	1 方向入力 加速度*1	2 方向想定 加速度*2	機能確認済 加速度	判定
揚水ポンプ	1.00	1.42		○

注記*1：基準地震動 S_s による加速度を記載している。

*2：「1 方向入力加速度」に対して、 $\sqrt{2}$ を乗じた値を記載している。

3. 土木構造物の影響評価

3.1 基本方針

地下水位低下設備に係る施設に関する、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ついては、VI-2-1-8「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」の「4.3 屋外重要土木構造物等」の評価方針及び評価方法を踏まえて、設備が有する耐震性への影響を評価する。

3.2 評価条件及び評価方法

基準地震動 S_s による地震力に対して耐震評価を実施する設備のうち、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、設備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、影響を評価する。

3.3 評価結果

3.3.1 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価設備（部位）の抽出

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のある設備を抽出する。抽出した設備を表 3-1 に示す。

表 3-1 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のある設備

設備	水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響	影響評価の必要性
揚水井戸	円筒状の揚水井戸の側壁については、直交する水平 2 方向の地震力により、応力が集中作用するため、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響を受ける。	要
ドレーン	原子炉建物等の基礎底盤以深の岩盤を削孔した空隙内に設置しており、岩盤とドレーン間の空隙内に砂があると仮定し、鉛直方向の土圧を考慮しているが、水平方向の土圧は鉛直方向の土圧を打ち消すため保守的に考慮していない。 したがって、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響を受けない。	不要

3.3.2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響評価結果

揚水井戸の側壁については、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せを考慮した設計を実施しており、具体的な内容については、VI-2-別添 4-3-5「揚水井戸の耐震性についての計算書」に示す。

また、土木構造物の影響評価において、機器・配管系への影響がある部位として揚水井戸が抽出されたが、揚水井戸に支持される設備（揚水ポンプ、配管、水位計）は 2.3 項に示す通り評価結果に十分な裕度を有しており耐震評価に影響がないことを確認した。

3.3.3 まとめ

地下水位低下設備の土木構造物について、水平 2 方向及び鉛直方向の組合せを考慮した評価を行い、揚水井戸の側壁が有する耐震性への影響がないことを確認した。