

資料 10-8 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

目 次

	頁
1. 概要	03-添10-8-1
2. 基本方針	03-添10-8-1
3. 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価に用いる地震動	03-添10-8-1
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	03-添10-8-1

1. 概要

本資料は、資料10-1「耐震設計の基本方針」のうち、「4.1 地震力の算定法 (2)動的地震力」に基づき、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価の方針について説明するものである。

2. 基本方針

平成29年8月25日付け原規規発第1708254号にて認可された工事計画の添付資料13-8「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」のうち、「2. 基本方針」によるものとする。

3. 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価に用いる地震動

平成29年8月25日付け原規規発第1708254号にて認可された工事計画の添付資料13-8「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」のうち、「3. 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価に用いる地震動」によるものとする。

4. 各施設における水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する影響評価方針

平成29年8月25日付け原規規発第1708254号にて認可された工事計画の添付資料13-8「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」のうち、「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」によるものとする。

資料 10-9 機能維持の基本方針

目 次

	頁
1. 概要	03-添10-9-1
2. 機能維持の確認に用いる設計用地震力	03-添10-9-2
3. 構造強度	03-添10-9-3
3.1 構造強度上の制限	03-添10-9-3
4. 機能維持	03-添10-9-8
4.1 動的機能維持	03-添10-9-8
4.2 電氣的機能維持	03-添10-9-8
4.3 気密性の維持	03-添10-9-8
4.4 遮蔽性の維持	03-添10-9-9
4.5 支持機能の維持	03-添10-9-9

1. 概要

本資料は、資料10-1「耐震設計の基本方針」のうち「4. 設計用地震力」に示す設計用地震力の算定方法及び「5. 機能維持の基本方針」に示す機能維持の考え方に基づき、設計基準対象施設及び重大事故等対処施設の機能維持に関する基本的な考え方を説明するものである。

2. 機能維持の確認に用いる設計用地震力

機能維持の確認に用いる設計用地震力については、資料10-1「耐震設計の基本方針」の「4. 設計用地震力」に示す設計用地震力の算定法に基づくこととし、具体的には平成29年8月25日付け原規規発第1708254号にて認可された工事計画の添付資料13-9「機能維持の基本方針」の第2-1表に従い算定する。

3. 構造強度

3.1 構造強度上の制限

発電用原子炉施設の耐震設計については、資料10-1「耐震設計の基本方針」のうち「5.1 構造強度」に示す考え方に基づき、設計基準対象施設における各耐震重要度及び重大事故等対処施設の施設区分に応じた設計用地震力が加わった場合、これらに生じる応力とその他の荷重によって生じる応力の合計値等を許容限界以下とする設計とする。

許容限界は、施設の種類及び用途を考慮し、安全機能が維持できるように十分に余裕を見込んだ値とする。

地震力による応力とその他の荷重による応力の組合せに対する許容値は、平成29年8月25日付け原規規発第1708254号にて認可された工事計画の添付資料13-9「機能維持の基本方針」の第3-1表に示すとおりとする。また、建物・建築物の保有水平耐力は、必要保有水平耐力に対して、妥当な安全余裕を有する設計とする。支持性能が必要となる施設の基礎地盤については、接地圧が安全上適切と認められる規格及び基準等による地盤の支持力度を下回る設計とし、設計基準対象施設における耐震重要度及び重大事故等対処施設の施設区分に応じた許容限界を設定する。

耐震設計においては、地震力に加えて、自然条件として積雪荷重及び風荷重を組み合わせる。積雪荷重及び風荷重の設定フローを第3-1図に示す。積雪荷重については、屋外に設置されている施設のうち、積雪による受圧面積が小さい施設、又は埋設構造物等常時の荷重に対して積雪荷重の割合が無視できる施設を除き、地震力と組み合わせる。また、風荷重については、屋外に設置されている施設のうち、コンクリート構造物等の自重が大きい施設を除いて、風荷重の影響が地震力と比べて相対的に無視できないような構造、形状及び仕様の施設においては、地震力と組み合わせる。第3-1表に施設の区分ごとの、積雪荷重及び風荷重の組合せを示す。

通常運転時の状態、運転時の異常な過渡変化時の状態及び事故時の状態については、次のように定義される運転状態Ⅰ、運転状態Ⅱ、運転状態Ⅲ、運転状態Ⅳ及び運転状態Ⅴのそれぞれの状態として考慮する。

- (1) 「運転状態Ⅰ」とは、発電用原子炉施設の通常運転時の状態をいう。ここで通常運転とは、運転計画等で定める起動、停止、出力運転、高温待機、燃料取替等の発電用原子炉施設の運転をいう。
- (2) 「運転状態Ⅱ」とは、運転状態Ⅰから逸脱した運転状態であって、運転状態Ⅲ、運転状態Ⅳ、運転状態Ⅴ及び試験状態以外の状態をいう。「試験状態」とは、耐圧試験により原子炉施設に最高使用圧力を超える圧力が加えられている状態をいう。
- (3) 「運転状態Ⅲ」とは、発電用原子炉施設の故障、異常な作動等により原子炉の運転の停止が緊急に必要とされる運転状態をいう。

- (4) 「運転状態Ⅳ」とは、発電用原子炉施設の安全性を評価する観点から異常な状態を想定した運転状態をいう。
- (5) 「運転状態Ⅴ」とは、発電用原子炉施設が重大事故に至るおそれがある事故、又は重大事故の状態、重大事故等対処施設の機能が必要とされる運転状態をいう。

第3-1表 地震力と積雪荷重及び風荷重の組合せ

(1) 考慮する荷重の組合せ

(○：考慮する荷重を示す。)

	施設の配置	荷重	
		風荷重 (P_k)	積雪荷重 (P_s)
建築・構築物	屋外	○ (注1)	○ (注2)
機器・配管系	屋内	—	—
	屋外	○ (注1)	○ (注2)
津波監視設備	屋外	○ (注1)	○ (注2)

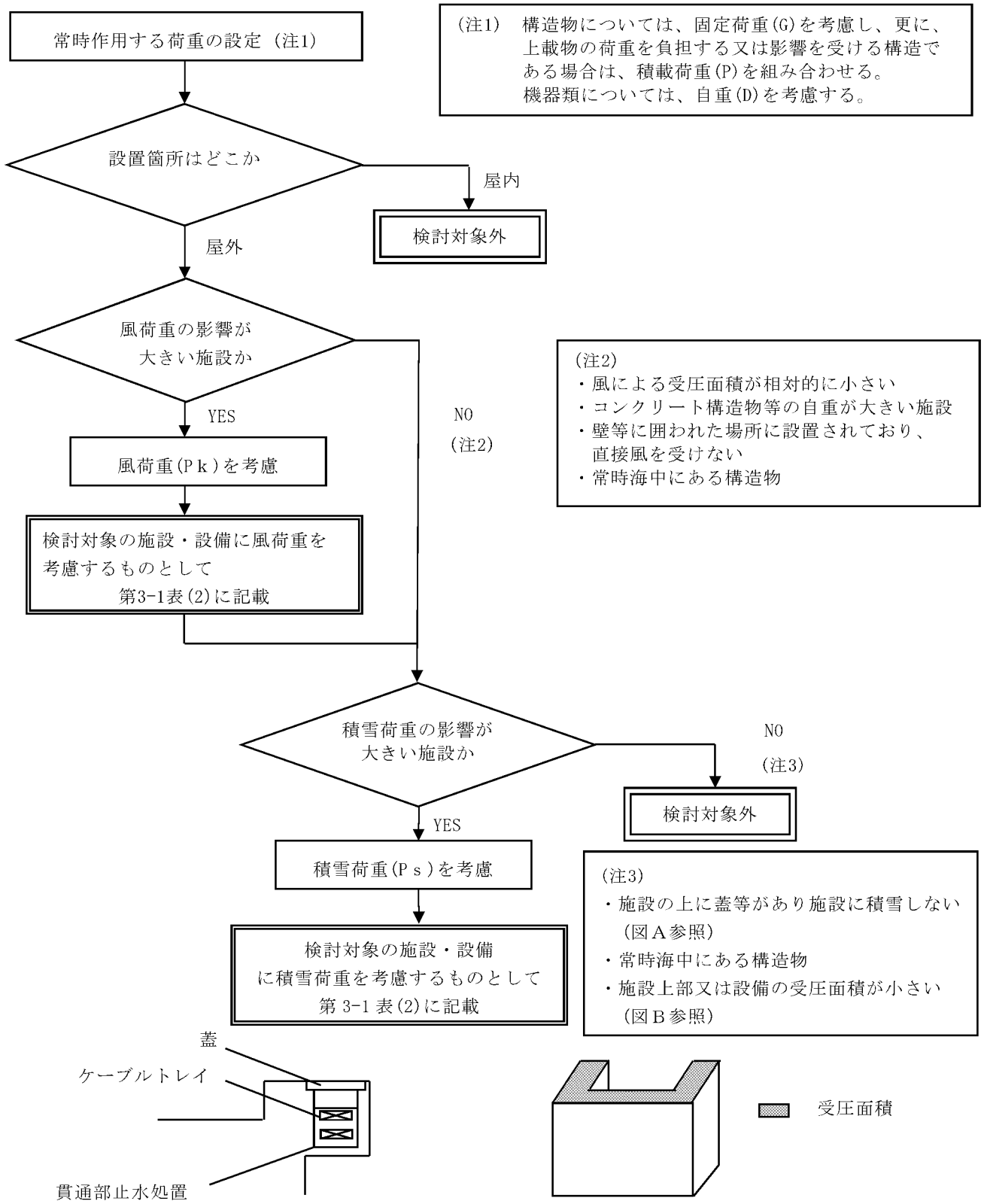
(注1) 屋外に設置されている施設のうち、コンクリート構造物等の自重が大きい施設を除く

(注2) 積雪による受圧面積が小さい施設、又は埋設構造物等常時の荷重に対して積雪荷重の割合が無視できる施設を除く

(2) 検討対象の施設・設備

	施設・設備	
	風荷重 ^(注)	積雪荷重 ^(注)
建物・構築物	なし	・緊急時対策所建屋
機器・配管系	・緊急時対策所統合原子力防災ネットワーク用衛星アンテナ ・緊急時対策所SPDS用衛星アンテナ	・緊急時対策所統合原子力防災ネットワーク用衛星アンテナ ・緊急時対策所SPDS用衛星アンテナ
津波監視設備	・津波監視カメラ	・津波監視カメラ

(注) 風荷重及び積雪荷重については「建築基準法施行令第86条」及び「福井県建築基準法施行細則第23条2項」に基づくこととし、資料2「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」のうち資料2-1-1「耐震設計上重要な設備を設置する施設に対する自然現象等への配慮に関する基本方針」の「4. 組合せ」のとおり、風荷重については32m/s、積雪荷重については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、適切に算出する。



図A：蓋等により積雪しない場合の例

図B：上部の受圧面積が小さい場合の例

第3-1図 耐震計算における積雪荷重及び風荷重の設定フロー

4. 機能維持

4.1 動的機能維持

動的機能が要求される機器は、資料10-1「耐震設計の基本方針」のうち「5.2 (1) 動的機能維持」の考え方にに基づき、地震時及び地震後において、その機器が要求される安全機能を維持するため、重大事故等対処施設の施設区分に応じた地震動に対して、その機能種別により機能維持を満足する設計とする。

地震時及び地震後に動作機能の維持が要求される機器については、重大事故等対処施設の施設区分に応じた応答加速度が、加振試験等の既往の研究によって機能維持を確認した加速度（以下「動的機能確認済加速度」という。）以下とする設計とするか、もしくは応答加速度による解析等により機能維持を満足する設計とする。標準的な機種 of 動的機能確認済加速度は、平成29年8月25日付け原規規発第1708254号にて認可された工事計画の添付資料13-9「機能維持の基本方針」の第4-1表に示すものとする。

平成29年8月25日付け原規規発第1708254号にて認可された工事計画の添付資料13-9「機能維持の基本方針」の第4-1表の適用形式を外れる場合は、地震時の応答加速度が地震動を模擬した加振試験又は設備が十分に剛であることを踏まえ、地震動による応答を模擬した静的荷重試験によって得られる、機能維持を確認した加速度以下であること、又は実験結果に基づいた解析により機能維持を満足する設計とする。

4.2 電気的機能維持

電気的機能が要求される機器については、資料10-1「耐震設計の基本方針」のうち「5.2 (2) 電気的機能維持」の考え方にに基づき、地震時及び地震後において、その機器に要求される安全機能を維持するため、設計基準対象施設の耐震重要度分類及び重大事故等対処施設の施設区分に応じた地震動による応答加速度が各々の盤、器具等に対する加振試験等により機能維持を確認した加速度（以下「電気的機能確認済加速度」という。）以下であること、あるいは解析による最大発生応力が許容応力以下であることにより、機能維持を満足する設計とする。

上記加振試験では、まず、掃引試験により固有振動数を確認する。その後、加振試験を実施し、当該設備が設置される床における加速度以上で動作確認を実施する。又は、実機を模擬した機器を当該機器が設置される床における模擬地震波により加振して、動作確認を実施する。

4.3 気密性の維持

気密性の維持が要求される施設は、資料10-1「耐震設計の基本方針」のうち「5.2 (3) 気密性の維持」の考え方にに基づき、地震時及び地震後において、放射線業務従事者の放

放射線障害防止、発電所周辺の空間線量率の低減、居住性の確保及び放射線障害から公衆を守るため、事故時に放射性気体の放出、流入を防ぐことを目的として、設計基準対象施設の耐震重要度分類及び重大事故等対処施設の施設区分に応じた地震動に対して、「3.1 構造強度上の制限」等による構造強度を確認すること、及び同じ地震動に対して機能を維持できる設計とする換気設備とあいまって、気密性維持の境界において気圧差を確保することで必要な気密性を維持する設計とする。

気密性の維持が要求される施設のうち、鉄筋コンクリート造の施設は、施設区分に応じた地震動に対して、地震時及び地震後において、耐震壁のせん断ひずみが概ね弾性状態にとどまることを基本とする。その状態にとどまらない場合は、地震応答解析による耐震壁のせん断ひずみから算定した空気漏えい量が、設置する換気設備の性能を下回ることによって必要な気密性を維持する設計とする。

緊急時対策所は、地震時及び地震後においてもその機能を維持できるように、耐震壁については、せん断ひずみが概ね弾性域内にとどまる設計とすることで、スラブについては、地震時に生じる応力に対して弾性域内にとどまる設計とすることで、気密性維持の境界において気圧差を確保し、居住性を維持する設計とする。

4.4 遮蔽性の維持

遮蔽性の維持が要求される施設は、資料10-1「耐震設計の基本方針」のうち「5.2 (4) 遮蔽性の維持」の考え方にに基づき、地震時及び地震後において、放射線業務従事者の放射線障害防止、発電所周辺の空間線量率の低減、居住性の確保及び放射線障害から公衆を守るため、鉄筋コンクリート造として設計することを基本とし、遮蔽性の維持が要求される生体遮蔽装置については、設計基準対象施設の耐震重要度分類及び重大事故等対処施設の施設区分に応じた地震動に対して、「3.1 構造強度上の制限」による構造強度を確保し、遮蔽体の形状及び厚さを確保することで、地震後における残留ひずみを小さくし、ひび割れがほぼ閉鎖し、貫通するひび割れが直線的に残留しないこととすることで、遮蔽性を維持する設計とする。

4.5 支持機能の維持

機器・配管系等の設備を支持する機能の維持が要求される施設は、資料10-1「耐震設計の基本方針」のうち「5.2 (5) 支持機能の維持」の考え方にに基づき、地震時及び地震後において、被支持設備が設計基準対象施設の場合は耐震重要度分類、重大事故等対処施設の場合は施設区分に応じた地震動に対して、支持機能を維持する設計とする。

建物・構築物の支持機能の維持については、地震動に対して、被支持設備の機能を維持できる構造強度を確保する設計とする。

具体的には、Sクラス設備等支持機能の維持が要求される建物・構築物が鉄筋コンクリート造の場合は、基準地震動 S_s に対して、耐震壁の最大せん断ひずみが「3.1 構造強度上の制限」による許容限界を超えない設計とすること、又は基礎等を構成する部材に生じる応力若しくはひずみが「3.1 構造強度上の制限」による許容限界を超えない設計とすることで、Sクラス設備等の支持機能が維持できる設計とする。

耐震壁以外の建物・構築物の部位に関しても、耐震壁がせん断ひずみの許容限界を満足している場合は、耐震壁の変形に追従する建物・構築物の部位の健全性も確保されており、支持機能を確保していると考えられることができる。

資料10-10 ダクティリティに関する設計方針

目 次

	頁
1. 概要	03-添10-10-1
2. 構造計画	03-添10-10-2
2.1 建物・構築物	03-添10-10-2
2.2 機器・配管系	03-添10-10-2
3. 材料の選択	03-添10-10-2
3.1 建物・構築物	03-添10-10-2
3.2 機器・配管系	03-添10-10-3
4. 耐力・強度等に対する制限	03-添10-10-4
4.1 建物・構築物	03-添10-10-4
4.2 機器・配管系	03-添10-10-4
5. 品質管理上の配慮	03-添10-10-5
5.1 建物・構築物	03-添10-10-5
5.2 機器・配管系	03-添10-10-5

1. 概要

発電所の各施設は、安全性及び信頼性を見地から、通常運転時荷重に対してのみならず地震時荷重等の短期間に作用する荷重に対しても耐えられるよう設計する必要がある。

これらの設計荷重は、強度設計の立場から、安全側の値として定められているが、重要施設の構造安全性を一層高めるためには、その構造体のダクティリティ[※]を高めるように設計することが重要である。

本資料は、資料10-1「耐震設計の基本方針」のうち「8. ダクティリティに関する考慮」に基づき、各施設のダクティリティを維持するために必要と考えられる構造計画、材料の選択、耐力・強度等に対する制限及び品質管理上の配慮を各項目別に説明するものである。なお、構造特性等の違いから、施設を建物・構築物と機器・配管系に分けて示す。

※：地震時を含めた荷重に対して、施設に生じる応力値等が、ある値を超えた際に直ちに損傷に至らないこと、又は直ちに損傷に至らない能力・特性。

2. 構造計画

2.1 建物・構築物

建物・構築物に対して十分なダクティリティを持たせるために構造上、次の点に留意する。また、配筋など構造部材については、計算で求められた必要量に対して裕度をもった計画とするなど構造計画上の配慮を行う。

(1) 緊急時対策所建屋

緊急時対策所建屋の構造形式は、地震時において効果的に水平力を分担させるため、計画的に配置した格子上の耐震壁を主要な耐震要素とする鉄筋コンクリート造である。

基礎版は、岩盤及び岩盤上のマンメイドロックに設置し、上部構造物の荷重を支持地盤に伝達させるために十分な剛性を持たせる。

2.2 機器・配管系

機器・配管系に対して十分なダクティリティを持たせるために構造及び配置上、次の点に留意する。

機器・配管系は、構造上、過度な応力集中が生じるような設計を避けるとともに、さらに、製作、施工面から溶接及び加工しやすい構造・配置とし、十分な施工管理を行う。また、熱処理等によりできる限り残留応力を除去する製作法を採用する。

また、疲労累積のレベルをできるだけ低く保つ設計とし、必要な場合には疲労評価を行い、疲労破壊に対して十分な余裕を持つことを確認する。

配管系に関しては、同一経路内で著しく剛性が異なることなく、応力集中が生じないような全体のバランスのとれた配管経路及び支持構造計画を立て、系全体の強度設計の余裕を向上させるものとする。

3. 材料の選択

建物・構築物及び機器・配管系の材料について、ダクティリティを維持するために必要と考えられる方針を示す。

3.1 建物・構築物

建物・構築物に使用される材料は「建築基準法・同施行令」等に準拠し、鉄筋コンクリート材料については「建築工事標準仕様書・同解説JASS 5N原子力発電所施設における鉄筋コンクリート工事（（社）日本建築学会、2013改定）」（以下、「JASS 5N」という。）及び「鉄筋コンクリート構造計算基準・同解説－許容応力度設計法－（（社）日本建築学会、1999改定）」等により選定する。

なお、鉄筋コンクリート材料についての例を以下に示す。

(1) セメント

セメントは「JASS 5N」の規定による。

(2) 骨材

使用する骨材の品質、粒形、大きさ及び粒度等は「JASS 5N」の規定による。

(3) 水

コンクリートの練混ぜに使用する水は「JASS 5N」の規定による。

(4) 混和材料

コンクリートに用いる混和材料としてはコンクリート用フライアッシュ及びコンクリート用化学混和剤等がある。これらの混和材料は「JASS 5N」の規定による。

(5) 鉄筋

鉄筋は「JIS G 3112（鉄筋コンクリート用棒鋼）」に適合するものを使用する。

3.2 機器・配管系

機器・配管系に使用される構造材料は、安全運転の見地から信頼性の高いものが必要である。

従って、「発電用原子力設備規格 設計・建設規格（2005年版（2007年追補版を含む））〈第I編 軽水炉規格〉JSME S NC1-2005/2007」（日本機械学会）（以下「設計・建設規格」という。）等に示されるもの及び化学プラント、火力プラントや国内外の原子力プラントにおいて十分な使用実績があり、かつ、その材料特性が十分把握されているものを使用する。

機器・配管系に使用される材料の鋼種は、原則として基準・規格に示される炭素鋼、低合金鋼（この2つを総称して、「フェライト鋼」という。）、オーステナイト系ステンレス鋼及び非鉄金属を用いる。このうちフェライト鋼については、使用条件に対して脆性破壊防止の観点から延性を確保できるよう必要な確認を行う。

特に考慮すべき事項を以下に示す。

- (1) 均質な組成と機械的性質を持ち、強度上有意な影響を及ぼす可能性のある欠陥がない材料を使用する。
- (2) 使用温度及び供用期間中に対し、著しい材料強度特性、破壊靱性の低下が生じにくい材料を使用する。
- (3) 素材として優れた特性を有するとともに、溶接施工、成形加工においてもその優れた特性を持つ材料を使用する。
- (4) 溶接材料は、溶接継手部が母材と同等の性能が得られるよう選定する。

4. 耐力・強度等に対する制限

建物・構築物及び機器・配管系の強度設計に関しては、通常時の荷重に対してのみならず、地震時荷重等のように短期間に作用する荷重に対して十分な耐力・強度及びダクティリティを有するように考慮する。

以下にその内容を示す。

4.1 建物・構築物

建物・構築物の強度設計に関する基準、規格等としては「建築基準法・同施行令」、「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説—許容応力度設計法—」（（社）日本建築学会、1999改定）、「原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（（社）日本建築学会、2005制定）」等があり、これらの基準・規格を適用するものとする。

4.2 機器・配管系

機器・配管系の構造強度及び設計においては設計・建設規格を適用する。

以下、機器・配管系のダクティリティを維持するために必要な破壊防止の基本的考え方を示す。

- (1) 脆性破壊が生じないように、十分な靱性を有する材料を選定する。また、使用材料が設計・建設規格の破壊靱性試験に対する要求に適合していることを確認する。
- (2) 延性破壊又は疲労破壊が生じないように資料10-9「機能維持の基本方針」に基づき応力制限を行うとともに、必要に応じて疲労評価を行う。
- (3) 座屈現象が生じないように、発生荷重を設計座屈荷重以下に制限する。
- (4) クリープに関しては、使用温度において供用期間中に支障が生じないように材料を選定する。
- (5) 応力腐食割れが生じないように、水質管理、材料選定及び残留応力の低減等の配慮を行う。

5. 品質管理上の配慮

建物・構築物及び機器・配管系のダクティリティを維持するためには前項で示したように構造計画上の配慮、材料の選択及び耐力・強度等に対する制限に留意するとともに、設計及び工事に係る品質管理の方法等に関する説明書に基づき品質管理を十分に行う。

以下に建物・構築物及び機器・配管系について、計画、設計した耐力・強度等が得られるように、品質管理上特に留意すべき事項を示す。

5.1 建物・構築物

建物・構築物に対する品質管理は「JASS 5N」等に準拠するが、ダクティリティを保証する意味で特に留意する項目を次に示す。

(1) 材料管理

セメント、水、骨材、鉄筋、鉄骨等が規定の仕様を満たしていることを確認する。

(2) 配筋管理

配筋が設計図書、仕様書どおりであることを確認する。

(3) 鉄骨等の溶接管理

規定どおり溶接されていることを確認する。

(4) 調合管理

規定どおりに調合されていることを確認する。

(5) 打込み、養生管理

規定、仕様書どおりに打込み、養生が行われていることを確認する。

(6) 強度管理

設計した強度等が得られていることを確認するため、規定等に従って試験し管理する。

5.2 機器・配管系

機器・配管系に対する品質管理は、設計・建設規格等に準拠するが、ダクティリティを保証する意味で特に留意する項目を次に示す。

(1) 材料管理

素材、溶接材料について設計仕様書等に示すものが使用されていることを確認する。

(2) 強度管理

素材、溶接部の試験片による強度、 RT_{NDT} 等の試験、耐圧、漏えい及び振動試験によって確認する。

(3) 製作・据付管理

設計仕様書、設計図書等に示すとおり製作、据付けが行われていることを確認する。

(4) 保守・点検

据付け後も供用期間中検査等必要な管理を行う。

資料 10-11 機器・配管の耐震支持方針

目 次

	頁
1. 概要	03-添10-11-1
2. 電気計測制御装置	03-添10-11-1
2.1 基本原則	03-添10-11-1
2.2 支持構造物の設計	03-添10-11-1
3. 配管の支持構造物	03-添10-11-8
3.1 基本原則	03-添10-11-8
3.2 支持構造物の設計	03-添10-11-8
4. その他特に考慮すべき事項	03-添10-11-24

1. 概要

機器・配管の耐震設計を行う場合、基本設計条件（耐震重要度、設計温度・圧力、動的・静的機器等）、プラントサイト固有の環境条件（地震、風、雪、気温等）、形状、設置場所等を考慮して各々に適した支持条件（拘束方向、支持反力、相対変位等）を決め、支持構造物を選定する必要がある。また、現地施工性や機器等の運転操作・保守点検の際に支障とならないこと等についても配慮し設計する。

本資料は、資料10-1「耐震設計の基本方針」のうち「9. 機器・配管系の支持方針について」に基づき、各々の機器・配管の支持方法及び支持構造物の耐震設計方針を説明するものである。

2. 電気計測制御装置

2.1 基本原則

電気計測制御装置の耐震支持方針は下記によるものとする。

- (1) 電気計測制御装置は取付ボルト等により支持構造物に固定される。支持構造物は、剛な床、壁面等から支持することとする。
- (2) 支持構造物を含め十分剛構造とすることで建屋の共振を防止する。
- (3) 剛性を十分に確保できない場合は、振動特性に応じた地震応答解析により、応力評価に必要な荷重等を算定し、その荷重等に耐える設計とする。
- (4) 地震時に要求される電氣的機能を喪失しない構造とする。

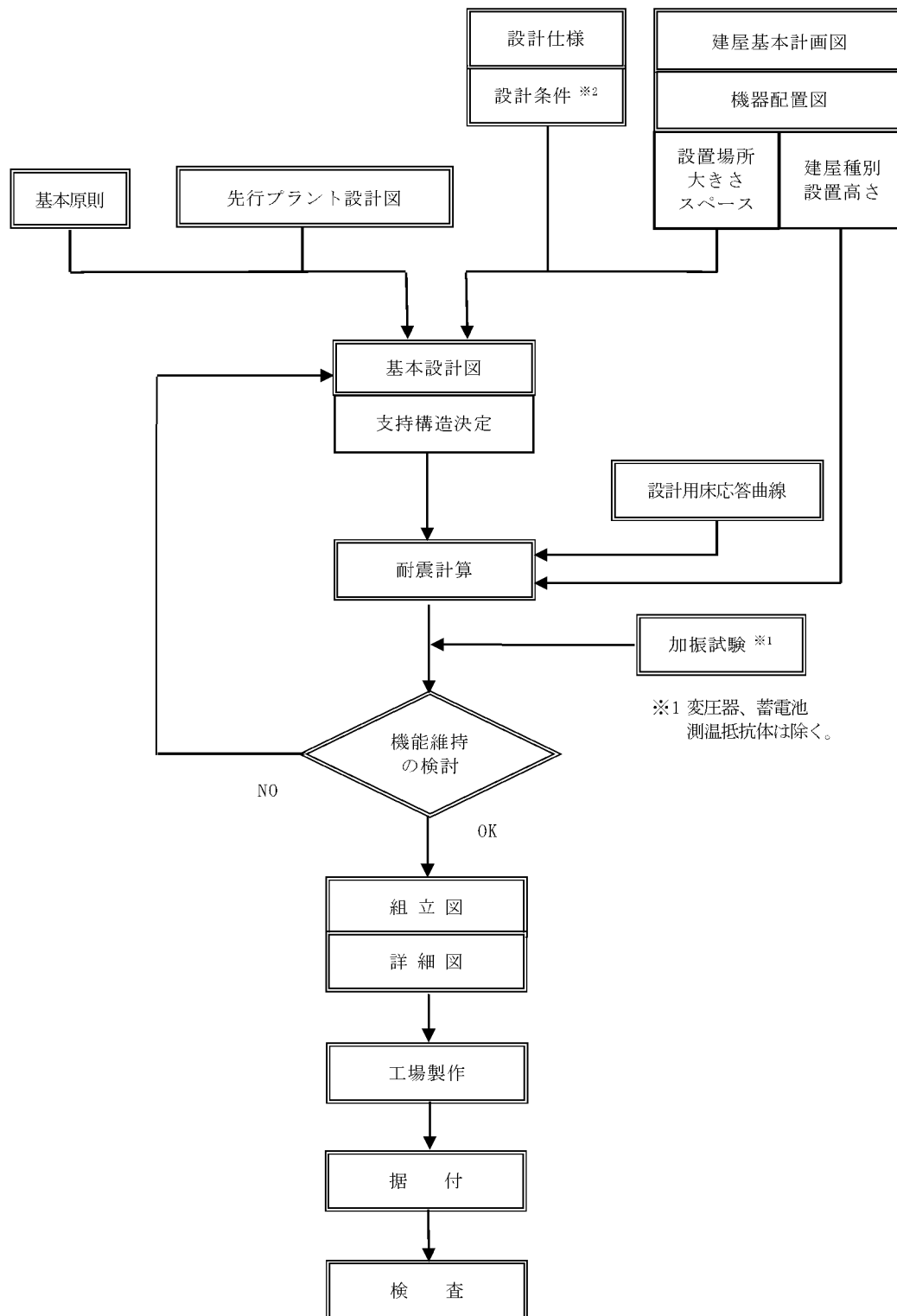
2.2 支持構造物の設計

2.2.1 設計手順

電気計測制御装置の配置、構造計画に際しては、設置場所の環境条件、現地施工性等の関連を十分考慮して総合的な調整を行い、電気計測制御装置類の特性、運転操作及び保守点検の際に支障とならないこと等についての配慮を十分加味した耐震設計を行うよう考慮する。

設計手順を第2-1図に示す。

支持構造物の設計は、建屋基本計画及び電気計測制御装置の基本設計条件等から配置設計を行い、耐震解析、機能維持の検討により強度及び支持機能を確認し、詳細設計を行う。



※1 変圧器、蓄電池
測温抵抗体は除く。

※2 環境条件、現地施工性及び運転操作・保守点検時の配慮含む。

第2-1図 電気計測制御装置の支持構造物設計フロー

2.2.2 支持構造物及び埋込金物の設計

(1) 盤の設計

a. 設計方針

盤に実装される器具は取付ボルトにより盤に固定する。

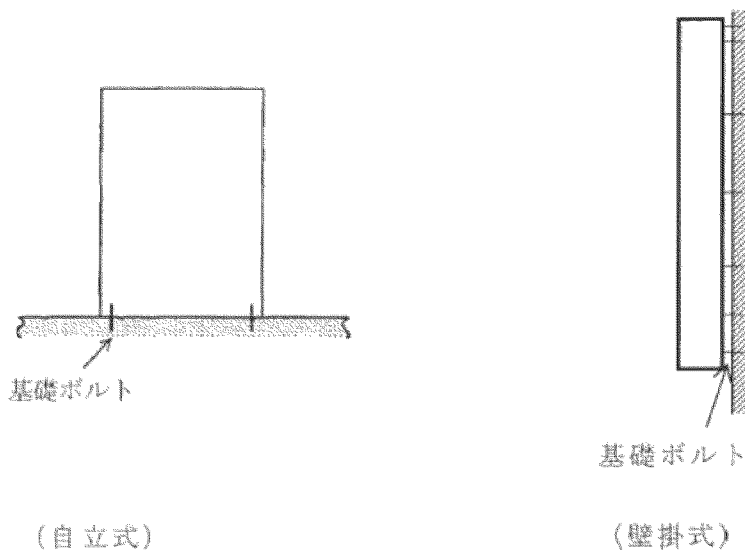
盤には自立型と壁掛型があり、鋼材及び鋼板を組み合わせたフレーム及び筐体で構成される箱型構造とする。

自立型の盤は基礎ボルトにより、あるいは床面に埋め込まれた埋込金物に溶接することにより自重及び地震荷重に対し、有効な支持機能を有するよう設計する。

壁掛型の盤は基礎ボルトにより、あるいは埋込金物に溶接することにより自重及び地震荷重に対し、有効な支持機能を有するよう設計する。

b. 荷重条件

荷重の種類及び組合せについては資料10-9「機能維持の基本方針」に従う。



(2) 架台の設計

a. 設計方針

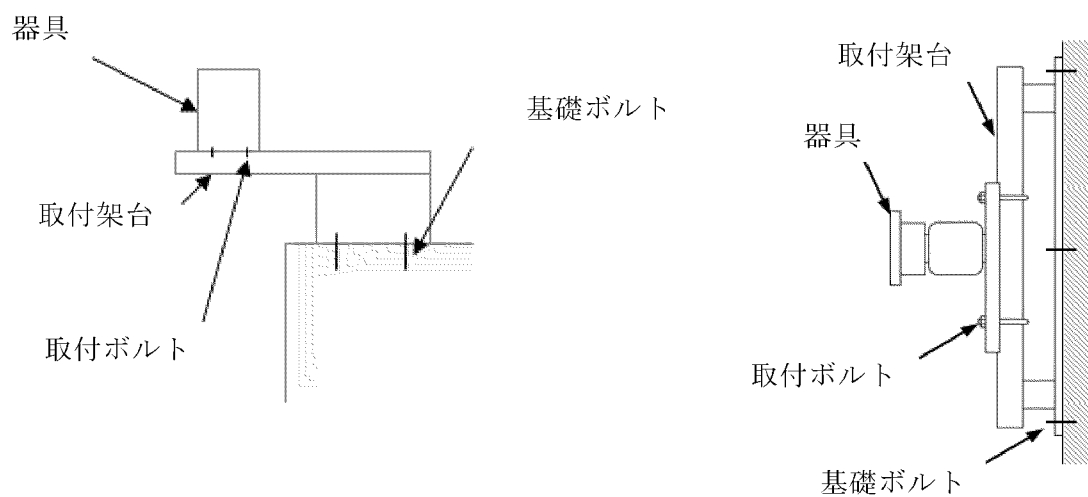
架台に実装される器具は取付ボルトにより架台に固定する。

架台は鋼材を組合せた溶接構造又はボルト締結構造とし、自重及び地震荷重に対し、機能低下を起こすような変形をおこさないよう設計する。

架台は基礎ボルトにより、あるいは埋込金物に溶接することにより自重及び地震荷重に対し、有効な支持機能を有するよう設計する。

b. 荷重条件

荷重の種類及び組合せについては資料10-9「機能維持の基本方針」に従う。



(3) 埋込金物の設計

a. 設計方針

埋込金物は、支持構造物から加わる荷重を基礎に伝え、支持構造物と一体となって支持機能を満たすように設計する。埋込金物の選定は、支持荷重及び配置を考慮して行う。

b. 荷重条件

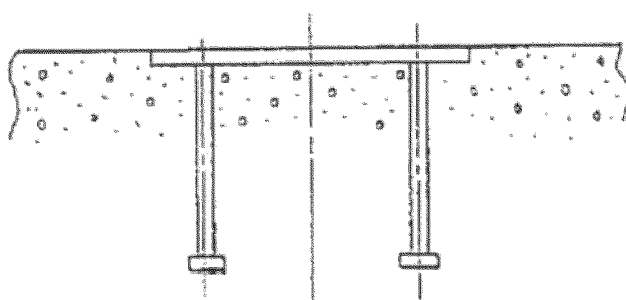
荷重の種類及び組合せについては資料10-9「機能維持の基本方針」に従う。

c. 種類及び選定

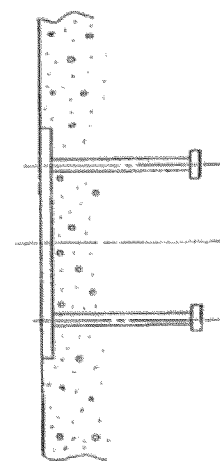
埋込金物には下記の種類があり、それぞれの使用用途にあわせて選定する。

(a) 埋込金物形式

機器の配置計画時に基礎との取合い形状が確定できない場合に使用する。



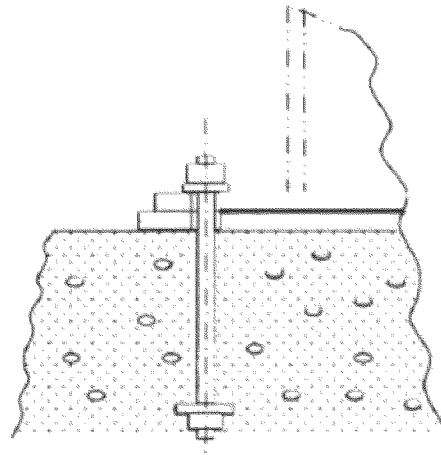
(自立盤)



(壁掛盤)

(b) 基礎ボルト形式

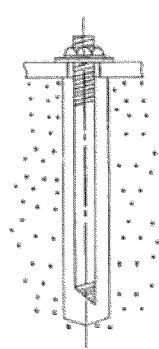
機器の配置計画時に基礎との取合い形状が確定できる場合に使用する。



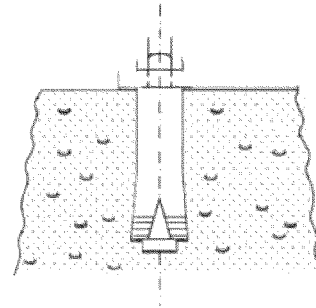
(c) 後打アンカ

打設後のコンクリートに穿孔機で孔あけし設置するもので、ケミカルアンカ又はメカニカルアンカを使用する。ただし、ケミカルアンカは、要求される支持機能が維持できる温度条件で使用する。また、メカニカルアンカは振動が大きい箇所に使用しない。

後打アンカの設計は、「各種合成構造設計指針・同解説」（日本建築学会、2010年改定）に基づき設計する。また、アンカメーカーが定める施工要領に従い設置する。



ケミカルアンカ



メカニカルアンカ

(4) 基礎の設計

a. 設計方針

電気計測制御装置の基礎は、支持構造物から加わる自重、地震荷重に対し、有効な支持機能を有するよう設計する。基礎の選定は、電気計測制御装置の支持方法、支持荷重及び配置を考慮して行う。

b. 荷重条件

基礎の設計は、電気計測制御装置から伝わる荷重に対し、荷重成分の組合せを考慮して行う。荷重の種類及び組合せについては資料10-9「機能維持の基本方針」に従う。

3. 配管の支持構造物

支持装置、支持架構及び埋込金物から構成される支持構造物の基本原則、設計方針及び機能による種別の選定方法を示す。

3.1 基本原則

配管（弁、ケーブルトレイ類含む）の耐震支持方針は下記によるものとする。

また、ケーブルトレイ類については、下記のうち低温の配管に関する支持方針に準じる。

- (1) 支持構造物は、剛な床、壁面等から支持することとする。
- (2) 支持構造物を含め建屋との共振を防止する。
- (3) 架台はり及び内部鉄骨から支持する場合は、支持部剛性と支持構造物の剛性を連成して設計する。
- (4) 支持構造物は、拘束方向の支持点荷重に対して十分な強度があり、かつ剛性を有するものを選定する。
- (5) 機器管台に接続される配管については、機器管台の許容荷重を超えないように支持構造物の設計を行う。
- (6) 高温となる配管については、熱応力計算による熱膨張変位を過度に拘束しない設計とする。
- (7) 熱膨張変位を過度に拘束しないために、配管系の剛性を十分に確保できない場合は、配管系の振動特性に応じた地震応答解析により、応力評価に必要な荷重等を算定し、その荷重等に耐える設計とする。
- (8) 建屋間相対変位を考慮する場所については、その変位に対して十分耐える設計とする。
- (9) 水撃現象が生じる可能性のある場所については、その荷重に十分耐える設計とする。

3.2 支持構造物の設計

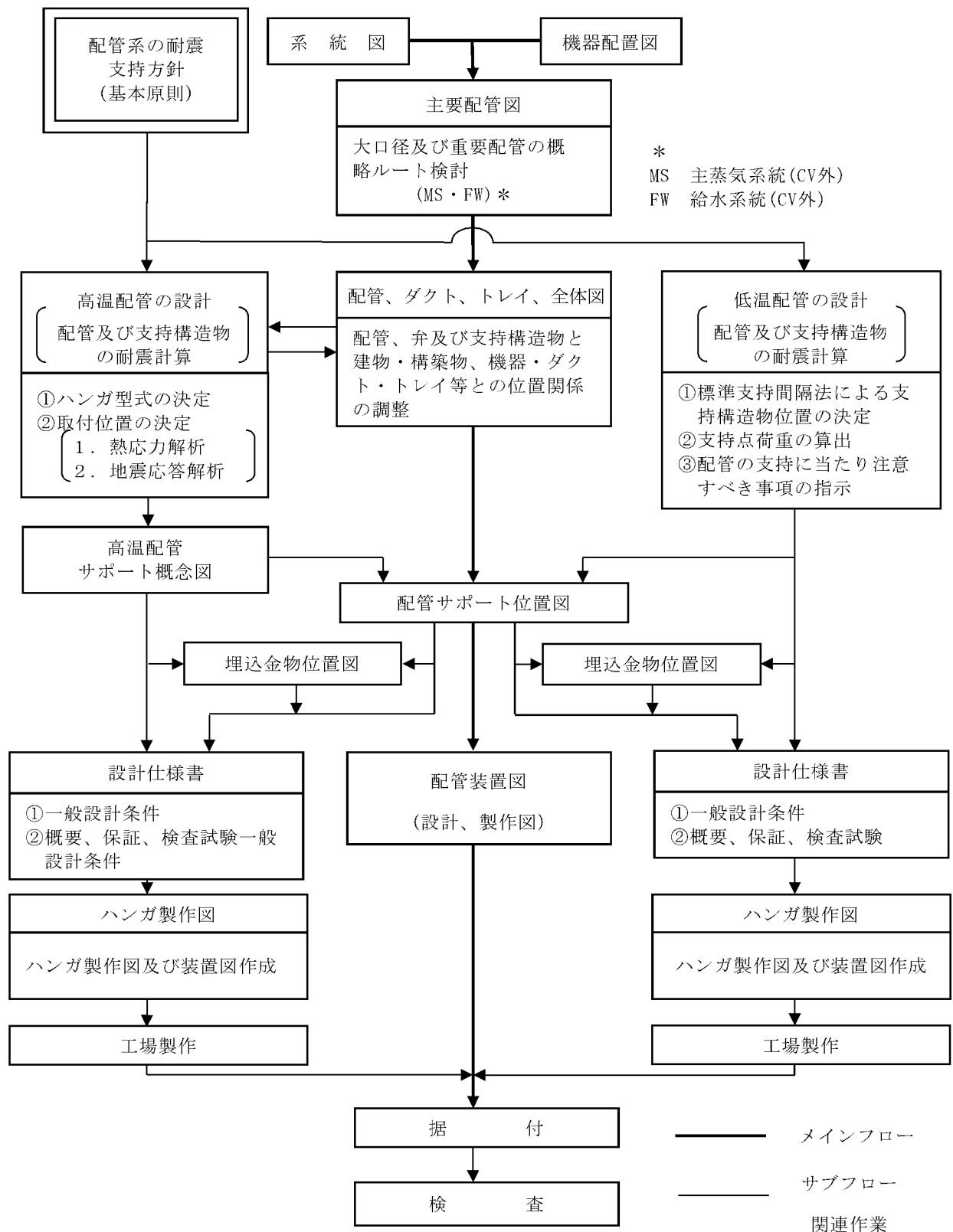
3.2.1 設計手順

配管の配置、構造計画に際しては、建築・構築物、取合い機器類との関連、設置場所の環境条件、現地施工性等の関連を十分考慮して総合的な調整を行い、運転操作及び保守点検の際に支障とならないこと等について配慮を十分加味した耐震設計を行うよう考慮する。

設計手順を第3-1図に示す。

支持構造物の設計は、建屋基本計画及び配管の基本設計条件等から配置設計を行い、熱応力計算（自重、機器的荷重、事故時荷重による強度計算を含む）、耐震解

析、機能維持の検討により強度及び支持機能を確認し、詳細設計を行う。このとき、高温となる配管については、熱応力計算による熱膨張変位を過度に拘束しない設計とするよう配慮する。支持装置は、標準化された製品の中から、配管から受ける荷重に対し十分な強度があるものを選定する。



第3-1図 配管支持構造物設計フロー

3.2.2 支持装置、支持架構及び埋込金物の設計

(1) 支持装置の設計


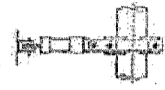
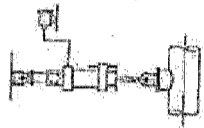
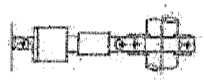
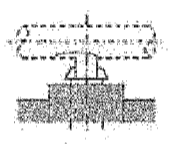

a. 設計方針

支持装置にはスナバ、ロッドレストレイント、スプリングハンガ、ラグ、Uボルト及びUバンドがあり、物量が多いことから標準化が図られている。標準化された製品の中から使用条件に適合するものを選定する。これらの支持装置は、定格荷重又は最大使用荷重に対して十分な強度があり、かつ多くの使用実績を有している。支持装置の機能と用途について、第3-1表「支持装置の機能と用途」に示す。

b. 荷重条件

支持装置の設計は、配管から伝わる荷重に対し、その荷重成分の組合せを考慮して行う。荷重の種類及び組合せについては資料10-9「機能維持の基本方針」に従う。

第3-1表 支持装置の機能と用途

支持装置名称	概念図	機能	用途
スプリングハンガ		<p>配管の熱膨張による鉛直変位がある箇所において、その変位を吸収し、かつ配管の自重を支持する目的で使用する。</p> <p>なお、スプリングハンガは、耐震支持機能を有しない。</p>	<p>運転温度が高い配管で、かつ立上がり部又は近傍で、鉛直方向支持点変位が大きい部位に使用する。</p> <p>また、許容荷重が小さい機器管台部の自重支持を目的として使用する。</p>
ロッド レストレイント (リジットサポート (架構形)、ピン)		<p>ロッドレストレイントは、取付け方向の配管変位を拘束し、同方向の自重、熱膨張、地震荷重又は機械的荷重を支持する目的で使用する。取付け方向以外は変位可能である。ロッドレストレイントの設置が困難な場合は、ピンを選定する。</p> <p>同一機能であるリジットサポート(架構形)は、形鋼を組み合わせて架構として支持する。</p>	<p>ロッドレストレイントは、支持点から床、壁面等までの距離があり、支持架構が大掛かりとなる場合に使用する。</p> <p>床、壁面等に接近している場合はリジットサポート(架構形)を使用する。</p>
オイルスナバ		<p>スナバは熱膨張のような緩やかな動きは拘束せずに地震力又は機械的荷重の急激な変動荷重が加わった時に配管を拘束する。</p>	<p>地震荷重又は機械的荷重による発生応力の低減を目的として使用する。</p>
メカニカルスナバ		<p>スナバにはオイルスナバ及びメカニカルスナバがある。</p>	<p>地震荷重又は機械的荷重による発生応力の低減を目的として使用する。</p> <p>保守頻度を低減することができる。</p>
アンカサポート (ガイドサポート)		<p>アンカサポートは、配管に直接溶接されたラグ又は配管固定用クランプと架構部分から構成され、それを建屋側に剛に取り付けることで配管の軸力及び回転を完全に拘束する。</p> <p>ガイドサポートは、アンカサポートとほぼ同形状であるが、一定の方向に熱膨張変位を許容し、支持架構部分がベースプレート上を滑る構造である。</p>	<p>長い直管部の固定用サポートとして使用される他、配管解析範囲の境界サポートとして使用する。</p>
Uボルト (Uバンド)		<p>Uボルトは、U形状のボルトで配管を固定するもので、配管軸直2方向を拘束するが、配管軸方向の変位及び回転を拘束しない。</p> <p>Uバンドは、Uボルトとほぼ同形状であるが、鋼板で配管を固定するもので、小口径用で、配管軸直2方向及び軸方向を拘束するが、回転を拘束しない。</p>	<p>Uバンドは小口径配管に使用する。</p>

c. 種類及び選定

支持装置の機能別選定要領を、第3-2図「支持装置の機能別選定フロー」に示す。

(a) スプリングハンガ

スプリングハンガは、支持点荷重及び熱膨張変位から、必要なストロークを有し、かつ定格荷重を超えない範囲で支持点荷重に近い定格荷重のスプリングハンガを選定する。

(b) ロッドレストレイント（リジットサポート（架構形））

ロッドレストレイントは、配管軸直方向又は配管にラグを設置して配管軸方向の拘束に使用するもので、支持点荷重に基づき、定格荷重を超えない範囲で支持点荷重に近い定格荷重のロッドレストレイントを選定する。ロッドレストレイントの設置が困難な場合は、ピンを選定する。

なお、リジットサポート（架構形）は、形鋼を組み合わせて架構として床、壁面等の近傍の配管を支持するもので、支持点荷重、配管口径及び配管材質を基に選定する。

(c) スナバ（オイルスナバ及びメカニカルスナバ）

支持点荷重及び熱膨張変位から、必要なストロークを有し、かつ定格荷重を超えない範囲で支持点荷重に近い定格荷重のスナバを選定する。通常はオイルスナバを選定するが、保守の難易度が高い場所に設置する場合は、メカニカルスナバを選定する。

(d) アンカサポート（ガイドサポート）

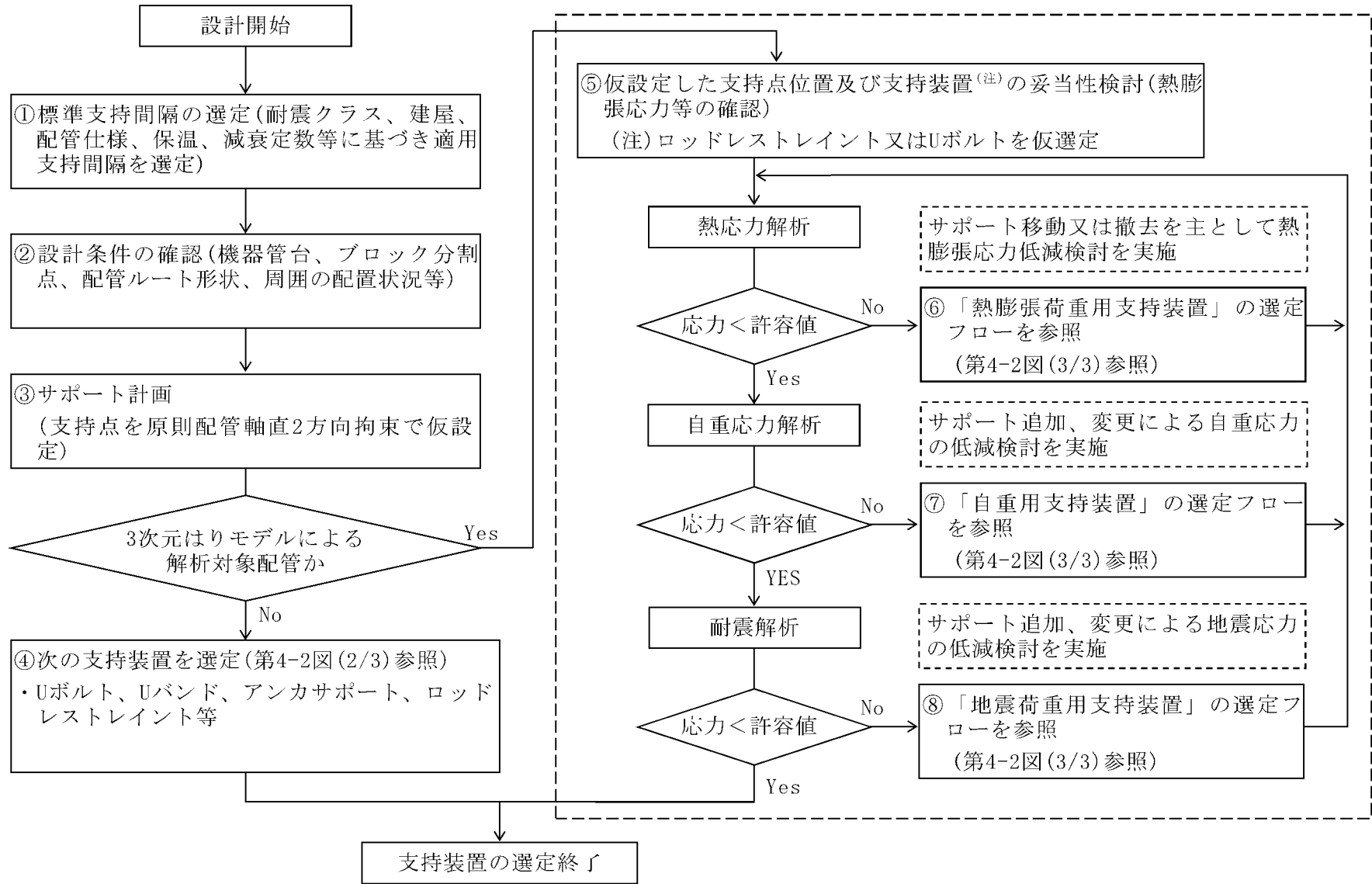
アンカサポートは、配管に直接溶接されるラグ又は配管固定用クランプと架構部分から構成される。支持点荷重、配管口径及び配管材質を基に選定する。

なお、アンカサポートと同様な構造及び機能であるが、一定の方向だけ熱膨張変位を許容する場合はガイドサポートを選定する。

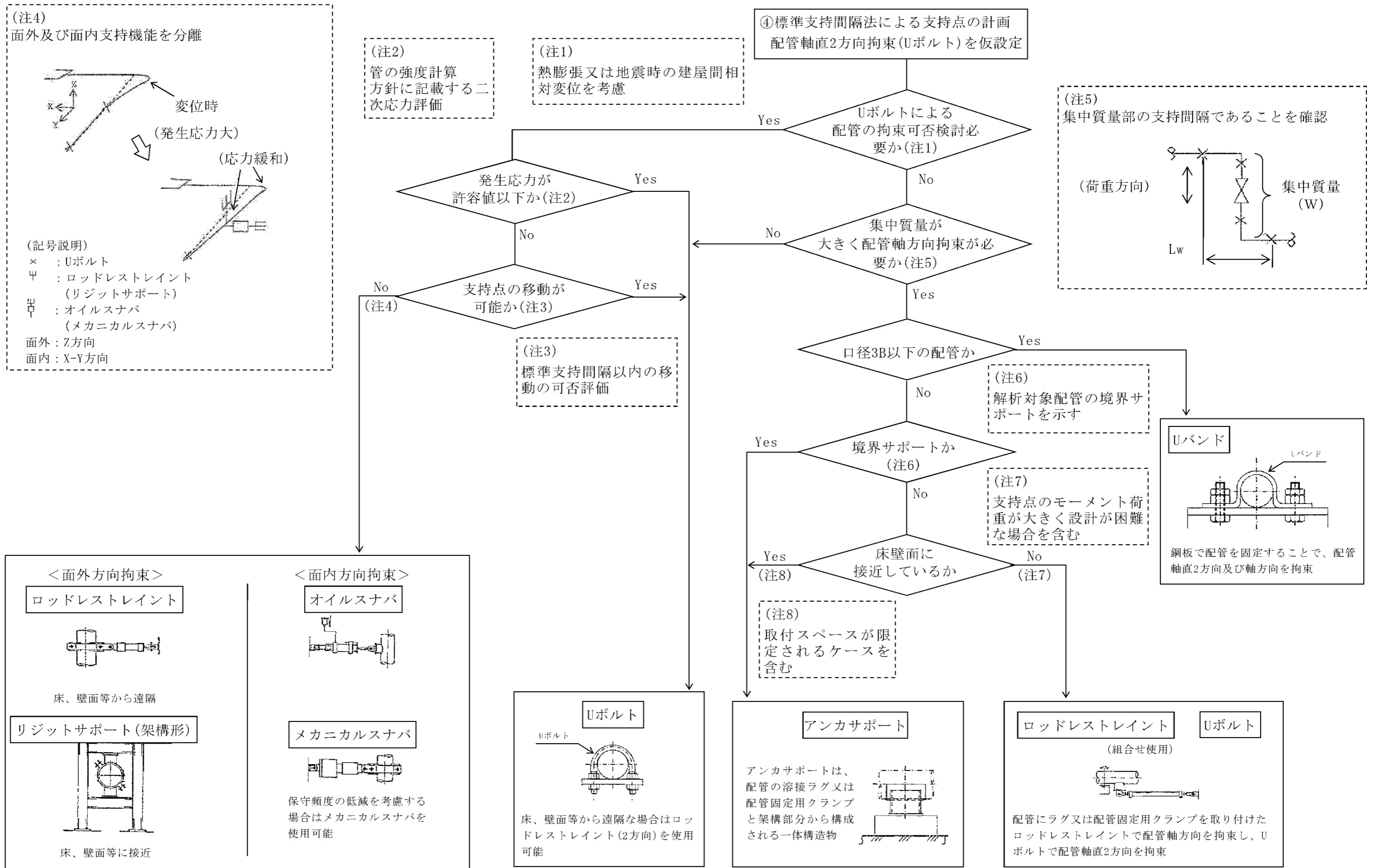
(e) Uボルト（Uバンド）

Uボルトは、配管軸直2方向を拘束する機能を有し、支持点荷重を基にその仕様（材質、形状及び寸法）を配管口径ごとに決めていることから、配管口径に応じたUボルトを選定する。

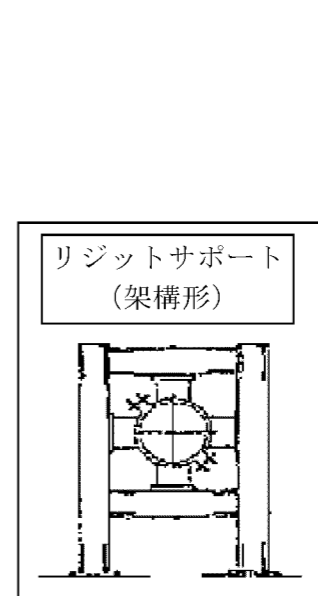
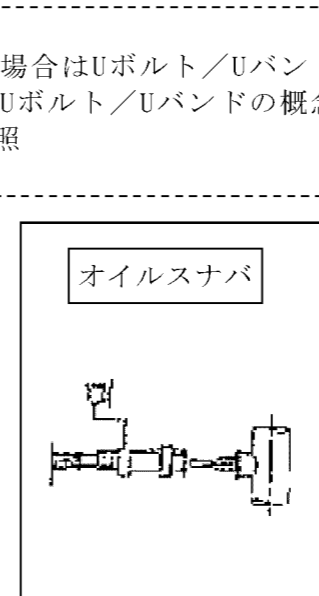
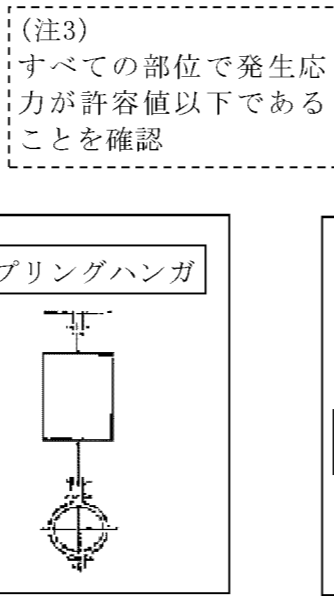
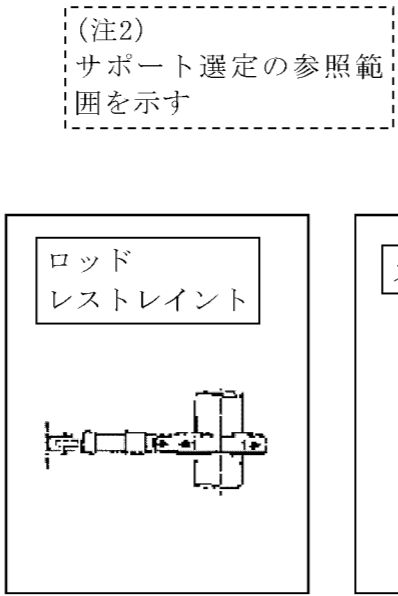
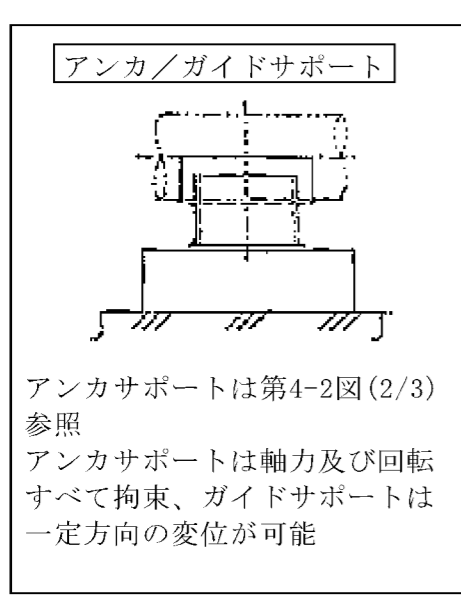
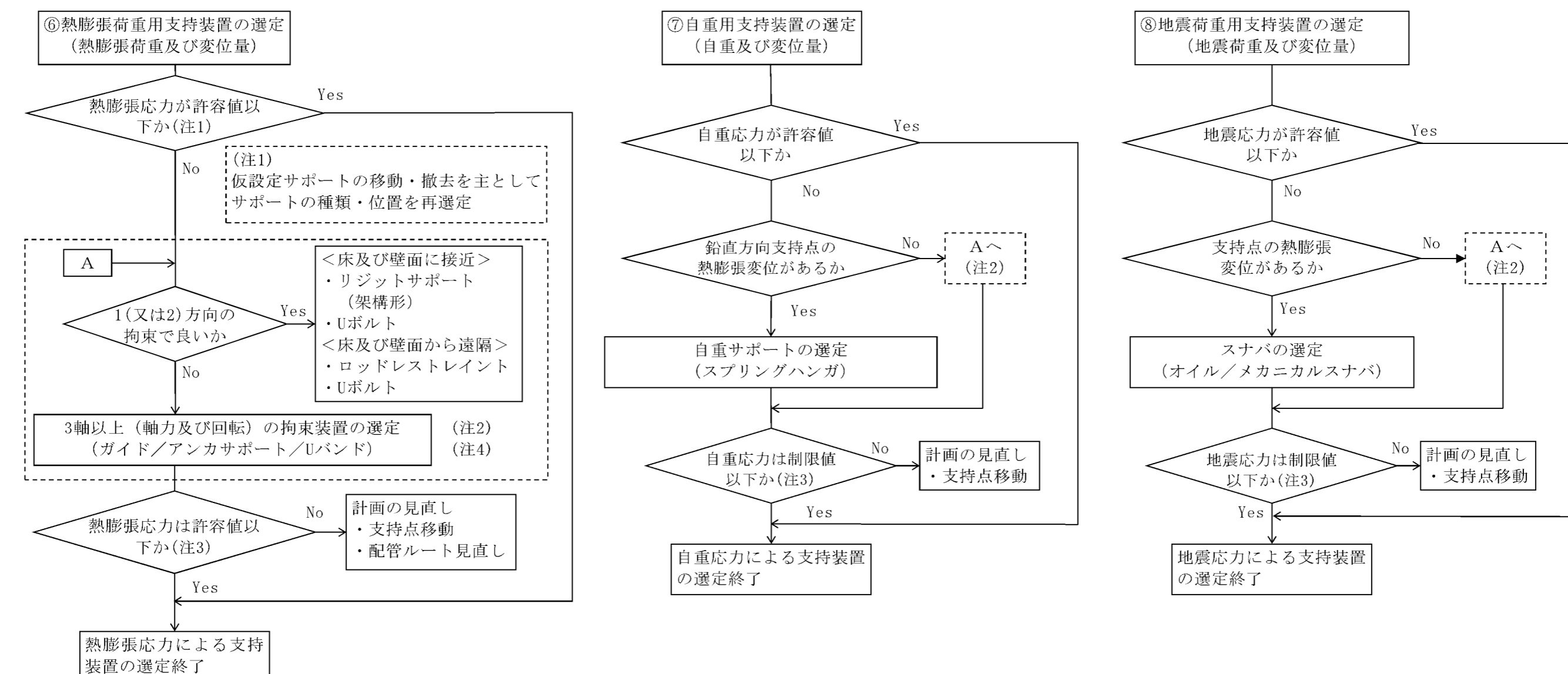
配管軸直2方向に加えて配管軸方向も拘束する場合は、Uボルトと同様な構造を有するUバンドを選定する。



第3-2図 (1/3) 支持装置の機能別選定フロー



第3-2図 (2/3) 支持装置の機能別選定フロー



(注2) サポート選定の参照範囲を示す

(注3) すべての部位で発生応力が許容値以下であることを確認

(注4) 支持点荷重が小さい場合はUボルト/Uバンドを選定する。なお、Uボルト/Uバンドの概念図は第4-2図(2/3)参照

第3-2図(3/3) 支持装置の機能別選定フロー

(2) 支持架構の設計

a. 設計方針

配管及び弁の支持架構は、非常に物量が多いことから、第4-3図「支持架構の基本形状例」に示す基本形状ごとに、以下の要領で鋼材選定の標準化を図って設計に適用する。

- (a) 支持架構には、形鋼を用いるものとし、断面二次モーメント及び断面係数を算出したうえで、個々の条件に適合する形鋼の種類及びサイズを選定する。
- (b) 支持架構の鋼材選定は、支持構造物振動数（振動数で鋼材選定することを、以下「振動数基準」という。）と鋼材応力（応力で鋼材選定することを、以下「応力基準」という。）に基づいて行う。また、「熱間圧延形鋼の形状、寸法、質量及びその許容差」（JIS G 3192-2008）に記載されている形鋼、「一般構造用角形鋼管」（JIS G 3466-1988）に記載されている角形鋼管並びに鋼管を組み合わせて用いるものとする。
- (c) 振動数基準で鋼材選定に用いる荷重は、各支持点の配管の質量とする。

b. 荷重条件

支持架構の設計は、配管から伝わる荷重に対し、その荷重成分の組合せを考慮して行う。荷重の種類及び組合せについては資料10-9「機能維持の基本方針」に従う。

c. 種類及び選定

支持架構の選定要領を、第3-4図「支持架構の設計フロー」に示す。

(a) 支持条件の設定

配管の支持点と床、壁面等からの距離並びに周囲の設備配置状況から、第3-3図「支持架構の基本形状例」に示す支持架構の基本形状の中から適用タイプを選定する。

支持点荷重は、地震時や各運転状態で生ずる荷重又は直管部標準支持間隔における地震時の荷重を用いる。また、支持点荷重を低減する必要がある場合は、実支持間隔による荷重を適用する。

(b) 振動数基準による鋼材選定

支持架構寸法と配管の質量から振動数基準により鋼材を選定する。

(c) 応力基準による鋼材選定

地震時の支持点荷重により鋼材を選定する。

(d) 鋼材比較による使用鋼材の決定

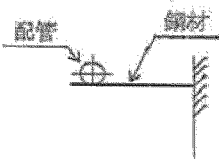
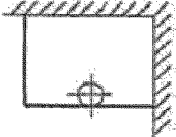
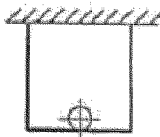
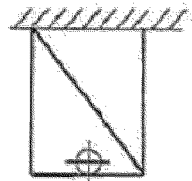
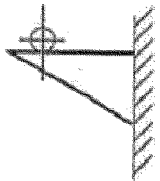

振動数基準により選定した鋼材と応力基準により選定した鋼材とを比較し、より大きな断面係数及び断面二次モーメントを有する鋼材を、当該支持架構

用として決定する。

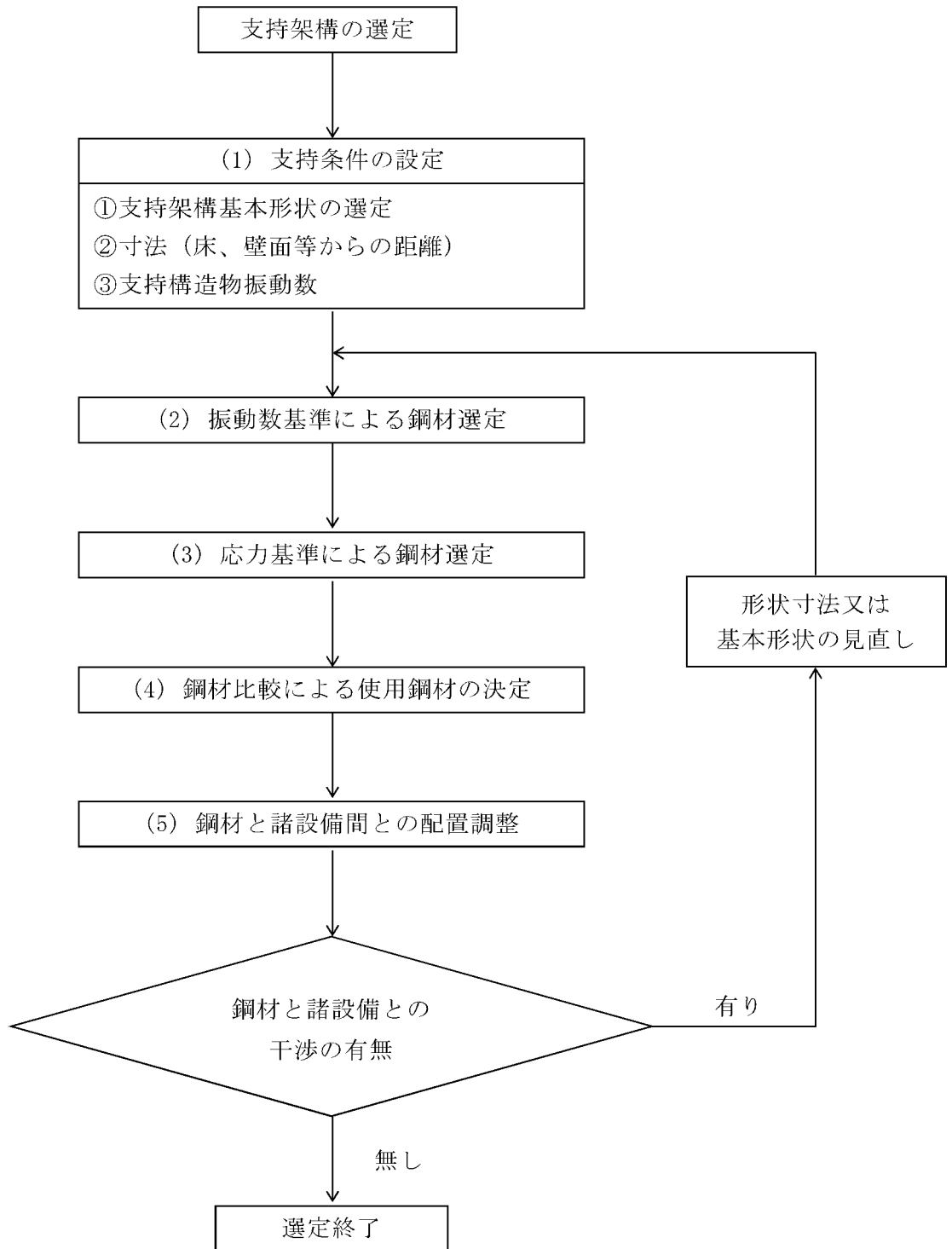
(e) 鋼材と諸設備間との配置調整

決定した鋼材が、他の配管及び周囲の設備との干渉がないか確認する。干渉がある場合は、支持架構の形状寸法又は基本形状の見直しを行って、再度鋼材選定を行う。

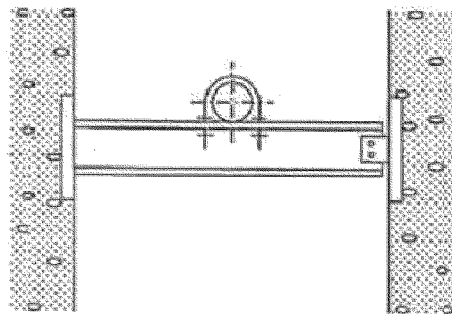
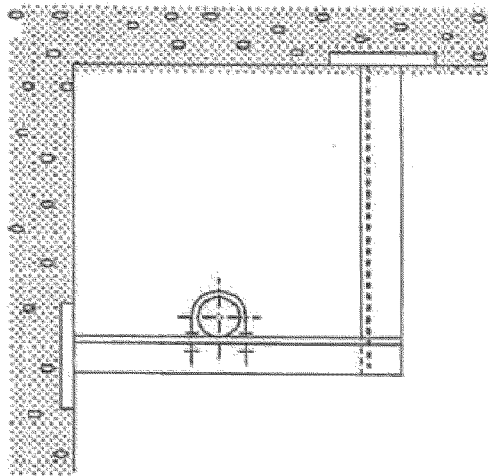
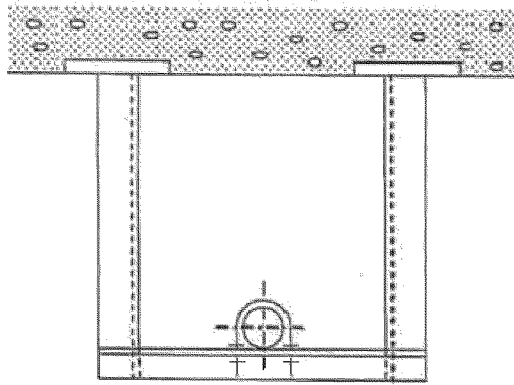
配管の支持架構の例を、第3-5図「支持架構の例」に示す。

タイプ-1	タイプ-2
	
タイプ-3	タイプ-4
	
タイプ-5	タイプ-6
	

第3-3図 支持架構の基本形状例



第3-4図 支持架構の設計フロー



第3-5図 支持架構の例

(3) 埋込金物の設計

a. 設計方針

埋込金物は、支持構造物から加わる荷重を基礎に伝え、支持構造物と一体となって支持機能を満たすように設計する。埋込金物の選定は、支持荷重及び配置を考慮して行う。

b. 荷重条件

埋込金物の設計は、配管から伝わる荷重に対し、その荷重成分の組合せを考慮して行う。荷重の種類及び組合せについては資料10-9「機能維持の基本方針」に従う。

c. 種類及び選定

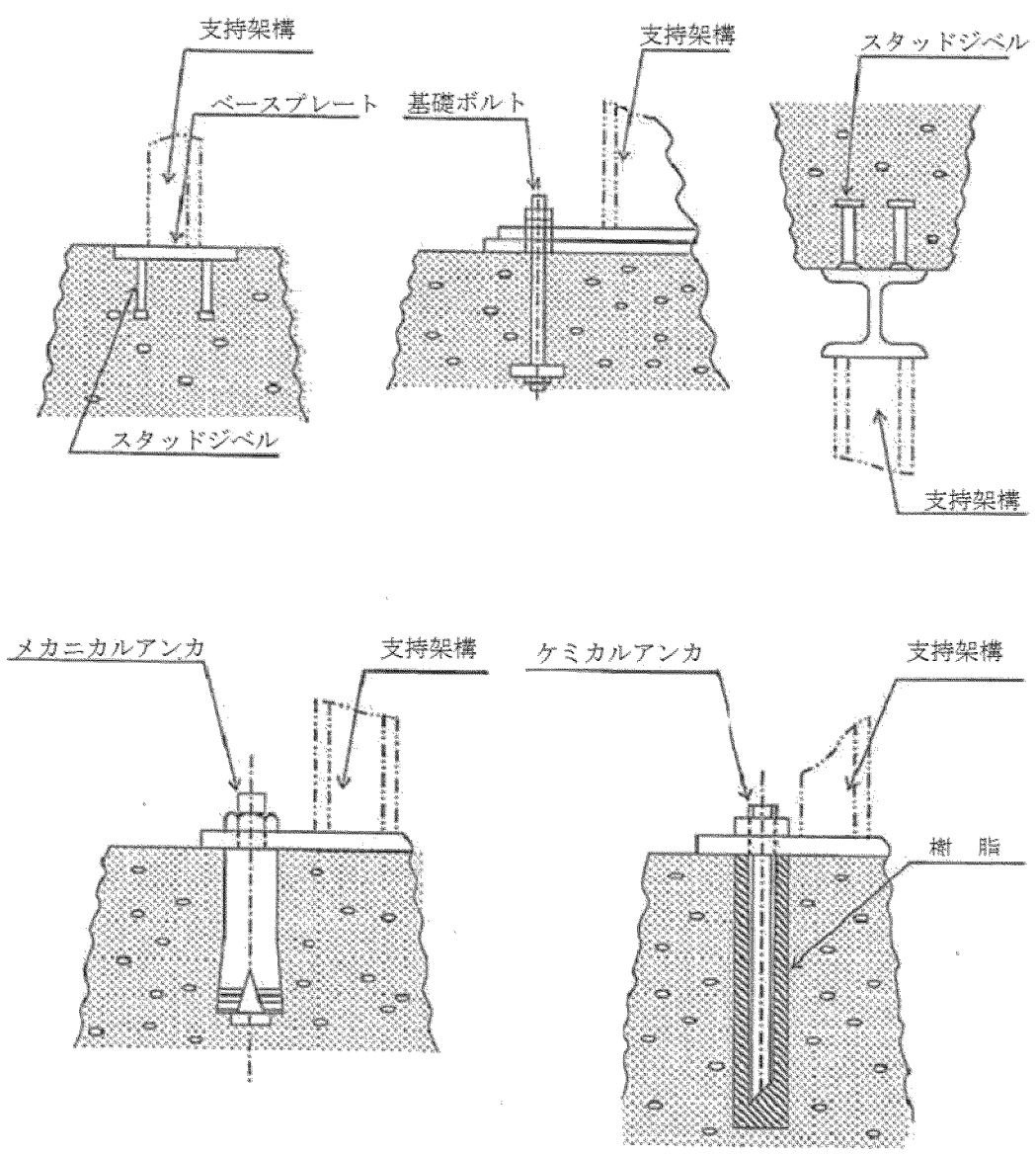
埋込金物は、コンクリート打設前に設置し、そのまま埋め込まれるものと、コンクリート打設後に後打アンカにより取り付けられるものとに分類され、施工時期に応じて適用する。

いずれの場合も支持装置又は支持架構を溶接により剛に建屋側に取り付けることができる。

コンクリート打設前に設置する埋込金物は、鋼板（以下「ベースプレート」という。）にスタッドジベルを溶接した埋込板、基礎ボルト及びH形鋼にスタッドジベルを溶接したもので、用途及び荷重により数種類の型式に分類される。コンクリート打設後に支持装置及び支持架構の取付けが必要な場合は、メカニカルアンカ又はケミカルアンカを使用する。ただし、ケミカルアンカは、要求される支持機能が維持できる温度条件下で使用する。また、メカニカルアンカは振動が大きい箇所には使用しない。後打アンカの設計は、「各種合成構造設計指針・同解説」（日本建築学会、2010年改定）に基づき設計を行い、アンカメーカーが定める施工要領に従い設置する。

埋込金物の形状の代表例を、第3-6図「埋込金物の例」に示す。

各種埋込金物の中から、地震時に生じる設計荷重に対して十分な耐震性を有するものを選定する。



第3-6図 埋込金物の例

(4) 基礎の設計

a. 設計方針

配管の基礎は、支持構造物から加わる自重、地震荷重に対し、有効な支持機能を有するよう設計する。基礎の選定は、配管の支持方法、支持荷重及び配置を考慮して行う。

b. 荷重条件

基礎の設計は、配管から伝わる荷重に対し、荷重成分の組合せを考慮して行う。荷重の種類及び組合せについては資料10-9「機能維持の基本方針」に従う。

4. その他特に考慮すべき事項

平成29年8月25日付け原規規発第1708254号にて認可された工事計画の添付資料13-11「機器・配管の耐震支持方針」のうち、「5. その他特に考慮すべき事項」によるものとする。

資料 10-12 配管及び弁の耐震計算並びに標準支持間隔の耐震計算について

目 次

	頁
1. 概要	03-添10-12-1
2. 基本原則	03-添10-12-2
2.1 解析方法の基本原則	03-添10-12-2
2.2 耐震計算の基本原則	03-添10-12-4
2.3 設計の原則及び手順	03-添10-12-4
3. 標準支持間隔法による配管の耐震計算について	03-添10-12-5
3.1 概要	03-添10-12-5
3.2 直管部の支持間隔	03-添10-12-6
3.3 曲がり部の支持間隔	03-添10-12-9
3.4 集中質量部の支持間隔	03-添10-12-13
3.5 分岐部の支持間隔	03-添10-12-15
3.6 支持点の設定方法	03-添10-12-17
3.7 支持点を設定する上での考慮事項	03-添10-12-23
3.8 設計上の処置方法	03-添10-12-25
3.9 標準支持間隔	03-添10-12-26
4. 支持構造物の耐震計算の方針	03-添10-12-30
4.1 概要	03-添10-12-30
4.2 支持装置及び支持架構の耐震計算方法	03-添10-12-32
4.3 支持装置の選定	03-添10-12-89
4.4 支持架構の選定	03-添10-12-101
4.5 埋込板の耐震計算方法	03-添10-12-103
4.6 埋込板の選定	03-添10-12-114
4.7 支持構造物の耐震性確認	03-添10-12-115

1. 概要

本資料は、資料10-1「耐震設計の基本方針」のうち、「10. 耐震計算の基本方針」に基づき、配管及びこれに接続される弁並びにこれらの支持構造物の耐震性について計算の基本方針を説明するものである。

配管の耐震設計を行う場合には、その配管の種別（耐震重要度、外径、温度、圧力等）、形状、設置場所等を考慮して配管を分類し、資料10-1「耐震設計の基本方針」に基づく設計用地震力に対して、必要な機能が損なわれるおそれがないように耐震性を確保していることを確認する。

配管に接続される弁については、配管より厚肉構造のものを使用するため発生応力が小さくなる。従って、弁の耐震計算は、弁質量を負荷した配管の耐震計算により包絡される。

配管及び弁の支持構造物については、資料10-11「機器・配管の耐震支持方針」に示す支持構造物の機能で分類した種類の中から使用する条件を満足するように選定し、耐震性が確保できることを確認する。

なお、耐震計算に用いる寸法は、公称値とする。

本資料の適用範囲は緊急時対策所建屋における以下の配管、弁及びこれらの支持構造物である。

- ・重大事故等クラス2管（配管として設計するもの）
- ・重大事故等クラス2管（配管として設計するもの）に接続される弁
- ・上記の配管及び弁の支持構造物

2. 基本原則

本章では、配管の分類とそれに応じた解析方法の基本原則を示すとともに、配管、弁及びこれらの支持構造物の耐震計算の原則並びに設計の原則及び手順を示す。

2.1 解析方法の基本原則

配管の耐震設計に関しては、その配管の種別（耐震重要度、外径、設計温度、圧力等）、形状、設置場所等を考慮して配管を分類し、各々に適した解析方法により耐震計算を行う。

設計基準対象施設及び重大事故等対処施設の配管における解析方法の基本原則を第2-1表に示す。

第2-1表 配管の条件と解析方法の基本原則^(注1)

耐震クラス	配管の条件 ^(注2)	3次元はりモデルによる地震応答解析	熱応力解析	簡易モデルによる地震応答解析（標準支持間隔法）
重大事故等クラス2管*	最高使用温度が150℃を超え、かつ口径が4B以上の配管	○	○	—
	上記以外の配管	△	△	○

(注1) ○印：適用する解析方法。

△印：地震又は熱膨脹による変位が大きく標準支持間隔法によることが適切でない場合、解析を行う。

(注2) 配管の条件における対象設備の具体例を第2-2表に示す。

また、応答解析に用いる減衰定数は、資料10-6「地震応答解析の基本方針」に示した値を用いる。

*印：重大事故等対処設備の設備区分を示す。

第2-2表 配管条件における対象設備の例（重大事故等対象設備）

配管の条件	対象設備	対象配管
最高使用温度が150℃を超え、かつ口径が4B以上の配管	—	—
上記以外の配管	・換気設備	・換気設備配管

2.2 耐震計算の基本原則

- (1) 配管及び支持構造物の耐震計算はJEAG4601等に基づき、耐震設計を実施する。
また、「発電用原子力設備に関する構造等の技術基準」（昭和55年通商産業省告示第501号、最終改正平成15年7月29日経済産業省告示第277号）に関する内容については、JSME S NC1-2005/2007に従うものとする。
- (2) JEAG4601に従い、許容応力をJSME S NC1 付録材料図表を用いて計算する際は、配管の最高使用温度に応じた値をとるものとするが、最高使用温度がJSME S NC1 付録材料図表に記載の温度の中間の値の場合は比例法を用いて計算する。なお、地震時の状態と組み合わせる運転状態における使用温度が最高使用温度よりも高い場合は、当該使用温度を用いることとする。

2.3 設計の原則及び手順

- (1) 配管、弁及びこれらの支持構造物は、耐震クラスに応じた地震力に耐え、かつ同時に配管の熱膨脹による応力が過大とならないように応力低減を図るものとする。
- (2) 配管、弁及びこれらの支持構造物は、剛に設計することとし、地震荷重、自重、配管の熱膨脹荷重及び機械的荷重に対して十分な強度を有するものとする。

3. 標準支持間隔法による配管の耐震計算について

3.1 概要

標準支持間隔法による配管の耐震計算は、配管を直管部、曲がり部、集中質量部及び分岐部の各要素に分類し、要素ごとに許容値を満足する最大の支持間隔を算出する。標準支持間隔法の適用範囲は第2-1表に基づくこととし、重大事故等クラス2管の条件で算定を行う。

直管部については、各建屋における地震時の応答解析結果に基づき、配管に生ずる応力が許容応力以下となるように最大の支持間隔を求め、これを直管部に対する標準支持間隔とする。配管の直管部は、この標準支持間隔以内で支持することにより耐震性が確保できる。

なお、直管部の標準支持間隔算出に当たっては、配管仕様、建屋、床区分及び減衰定数ごとに、解析条件を満足する支持間隔をそれぞれ計算し求める。

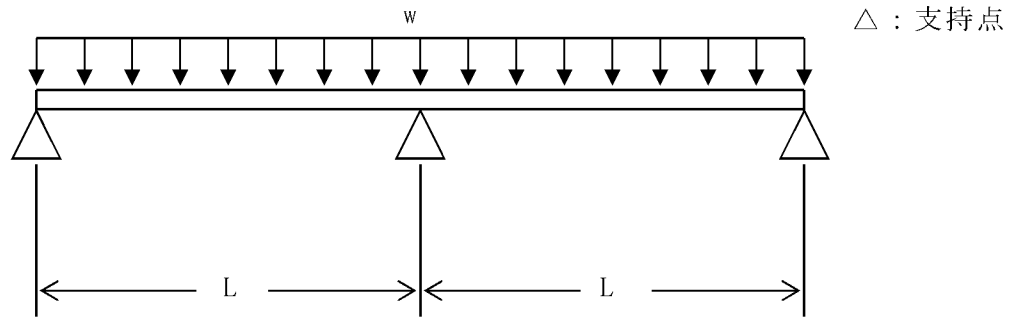
配管の曲がり部、集中質量部及び分岐部については、直管部と同等以上の耐震性を有するように、それぞれ直管部の標準支持間隔に対する支持間隔比を求め、各要素の支持間隔を算出する。配管の曲がり部、集中質量部及び分岐部については、各要素の支持間隔以内で支持することにより耐震性が確保できる。なお、3次元はりモデル解析では、これらの部位に対しては応力係数を考慮しているが、標準支持間隔法では支持間隔比を考慮することにより、3次元はりモデルより保守的な評価となるようにする。また、複数階層を跨る配管を評価する場合は、配管が跨る上層階と下層階の境界となるサポートまでを考慮し、その境界となるサポートで挟まれた範囲の支持間隔をすべて抽出した上で、最も短いものを適用して評価を行う。

本章では、上記により求めた直管部標準支持間隔、曲がり部、集中質量部及び分岐部の支持間隔を基に配管に支持点を設定する場合の例を示す。その他、標準支持間隔法により配管を設計する場合の考慮事項及び標準支持間隔法で設計することが困難な場合の処置方法についても示す。

3.2 直管部の支持間隔

3.2.1 解析モデル

配管を下図のように支持間隔 L で3点支持した等分布質量連続はりモデル化する。支持点の拘束方向は軸直角方向のみとし、軸方向及び回転に対しては自由とする。



L : 直管部標準支持間隔

w : 単位長さ当たりの質量

3.2.2 解析方法

配管について、設計用地震力による応力を算定するとともに、内圧及び自重の影響を考慮して、解析コード「SPAN2000 」を用いて直管部の標準支持間隔を求める。

3.2.3 解析条件

(1) 設計用地震力

設計基準対象施設及び重大事故等対処施設の配管については資料10-1「耐震設計の基本方針」に示している設計用地震力を用いて評価を行う。設計用床応答曲線は資料10-7「設計用床応答曲線の作成方針」に示す設計用床応答曲線を用いる。使用する基準地震動 S_s の設計用床応答曲線は、原則として安全側に谷埋め及びピーク保持を行うこととし、水平方向については S_s-1 から S_s-19 のX方向及びY方向の適用床面の包絡曲線を用い、鉛直方向については S_s-1 から S_s-19 の適用床面の包絡曲線を用いる。

(2) 設計用減衰定数

地震応答解析に用いる設計用減衰定数は、資料10-6「地震応答解析の基本方針」に示している設計用減衰定数のうち、下表に示す設計用減衰定数を適用する。

なお、適用に当たり配管系の支持点間の間隔は以下の条件を満たすこととする。



配管区分		減衰定数 ^(注1,2) (%)	
		保温材無	保温材有
Ⅲ	Uボルトを有する配管系で、Uボルト（水平配管の自重を架構で受けるもの）の数が4個以上 ^(注3) のもの	2.0	3.0
Ⅳ	配管区分Ⅲに属さないもの	0.5	1.5

(注1) 水平方向及び鉛直方向の設計用減衰定数は同じ値を使用

(注2) 既往の研究等において試験及び解析等により妥当性が確認されている値。また、金属保温材による付加減衰定数は、配管全長に対する金属保温材使用割合が40%以下の場合1.0%を適用するが、金属保温材使用割合が40%を超える場合は0.5%とする。

(注3) 解析ブロック端から解析ブロック端までの間に、水平配管の自重を架構で受けるUボルト支持具の数（解析ブロック端は3次元はりモデルと同様に6軸拘束のアンカ若しくは、x, y, zの各方向をそれぞれ2回ずつ拘束するサポート群）

(3) 床区分

解析に当たっては、配管が設置される建物・構築物の床面毎の設計用床応答曲線を使用して各床面の直管部標準支持間隔を求めるものとする。床区分を、第3-1表「設計用床応答曲線区分」に示す。

(4) 配管質量

配管の質量は、配管自体の質量と内部流体の質量を合計した値とする。なお、内部流体については、自重が重くなるように実際の内部流体に係わらず液体にしている。さらに、保温材を施工する配管の質量は保温材の質量も加えた値とする。

(5) 配管応力

配管に生ずる応力は、JEAG4601-1987の計算式に基づき地震による応力の他に内圧及び自重による応力を求め、資料10-1「耐震設計の基本方針」に基づき応力評価を行うものとする。

許容応力については、資料10-9「機能維持の基本方針」に基づき算定する。

(6) 配管系の振動数

支持構造物を含めた配管系の固有振動数は、建屋床応答スペクトルのピーク振動数領域を短周期側に避けることを原則とする。

具体的には、建物・構築物毎に、配管が設置される全階層の水平方向及び鉛直方向の設計用床応答曲線のうち最も大きなピークの振動数領域を避けるように制限振動数を設定し、配管系の固有振動数が制限振動数以上となるように設計する。また、配管系の固有振動数は、支持構造物を含めて固有振動数を算出する。

配管系の制限振動数を第3-1表「設計用床応答曲線区分」に示す。また、支持構造物の固有振動数は、同表に示す「支持構造物の固有振動数」以上となるように設計する。

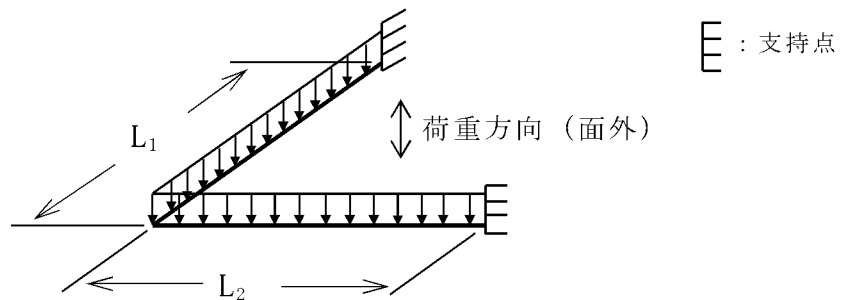
第 3-1 表 設計用床応答曲線区分

建 屋	床応答曲線高さ E.L. (m)	制限振動数 (Hz)	支持構造物の 固有振動数 (Hz)
緊急時対策所建屋			

3.3 曲がり部の支持間隔

3.3.1 解析モデル

配管の曲がり部は、次に示すようにピン結合両端固定の等分布質量の連続はりにモデル化する。



L_1 、 L_2 : 曲がり部から支持点までの長さ

L_E : 曲がり部支持間隔 ($L_E = L_1 + L_2$)

w : 単位長さ当たりの質量

荷重方向 : 耐震性の評価方向

面外 : 配管で構成される面に対して直角方向

3.3.2 解析条件及び解析方法

- ① 固有振動数が直管部の標準支持間隔の固有振動数以上であること。
- ② 水平地震力が加わった場合の曲げモーメントが、直管部の標準支持間隔の水平地震力による曲げモーメントよりも小さいこと。
- ③ 自重及び鉛直地震力による合計曲げモーメントが、直管部の標準支持間隔の自重及び鉛直地震力による合計曲げモーメントより小さいこと。

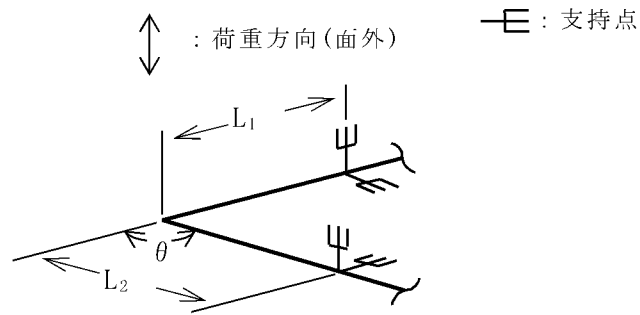
- ④ ①、②、③項の各条件を満足する理論解を $\left(\frac{L_1}{L_E}\right)$ の関数として $\left(\frac{L_E}{L_0}\right)$ の最大値 $\left(\frac{L_E'}{L_0}\right)$ を求める。

ただし、 L_0 は直管部標準支持間隔を表す。 L_1 、 L_E は「3.3.1 解析モデル」、 L_E' は「3.3.3 解析結果及び支持方針」参照。

- ⑤ 支持点間の標準支持間隔比により求めた等価直管長さを実配管長さの比が応力係数を上回るように設計上の配慮を行う。

3.3.3 解析結果及び支持方針

解析結果を第3-1図「曲がり部支持間隔グラフ」に示す。本グラフは、曲がり部をはさむ支持構造物間距離を直管部標準支持間隔に対する比として示すものであり、次に示すとおり、第3-1図の許容領域内に配管を支持するものとする。



$$L_1 + L_2 \leq L_{E'}$$

$L_{E'}$ は、 L_0 （直管部標準支持間隔）に、第3-1図「曲がり部支持間隔グラフ」より求まる $\left(\frac{L_E}{L_0}\right)$ の最大値 $\left(\frac{L_{E'}}{L_0}\right)$ を乗じた長さ。

また、配管系及び支持構造物の設計上、 L_1 又は L_2 あるいはその両方を長くする必要がある場合は、面外振動を拘束する支持構造物を設け、次式を同時に満足すること。

荷重方向①（面外）に対して

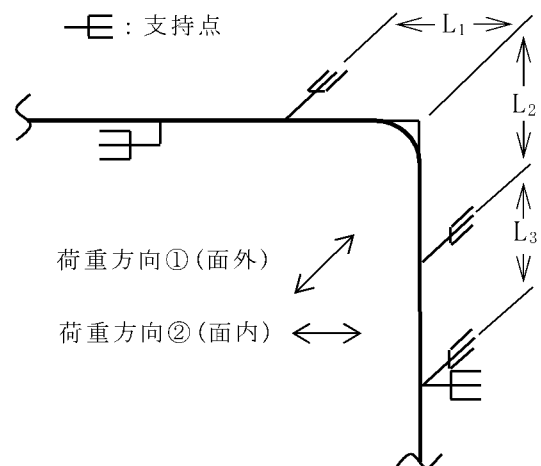
$$L_1 + L_2 \leq L_{E'}$$

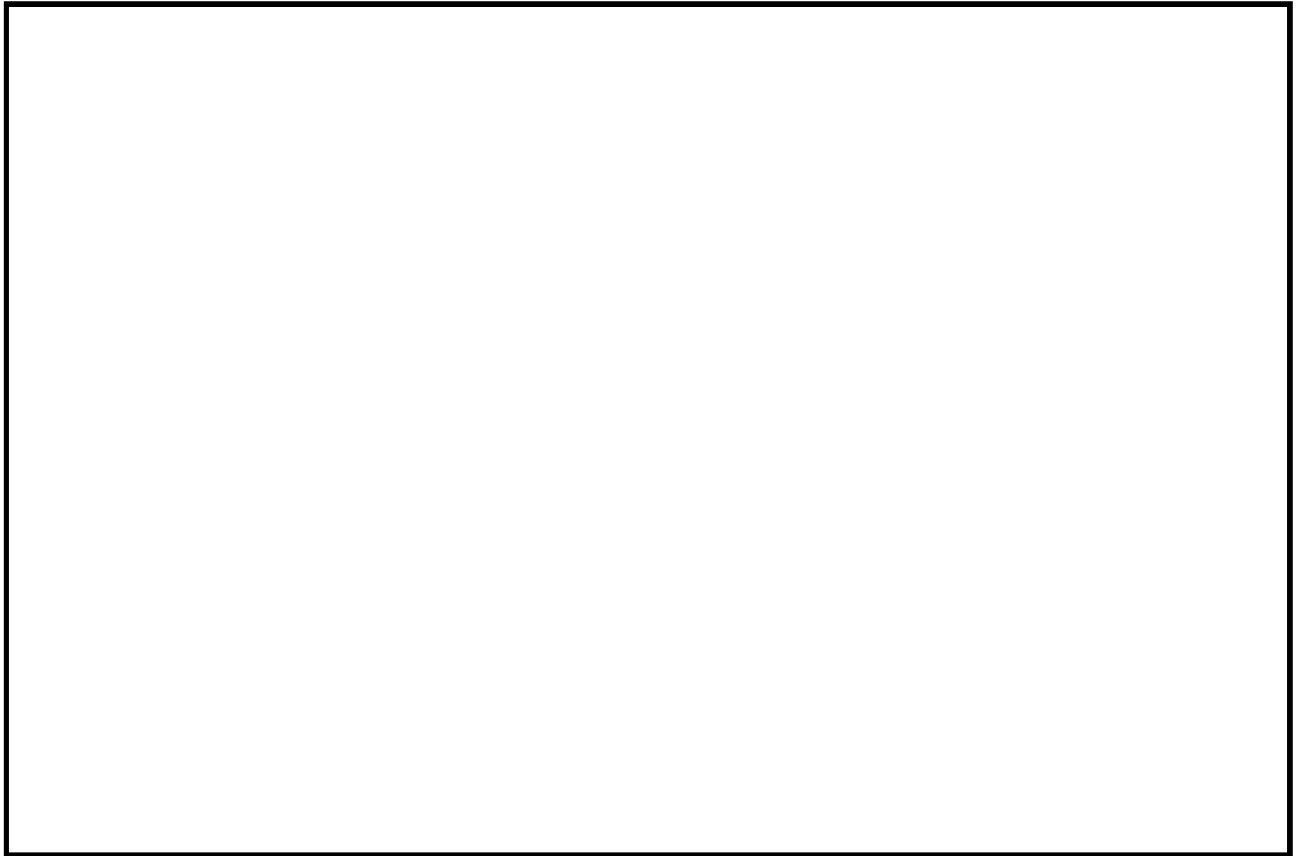
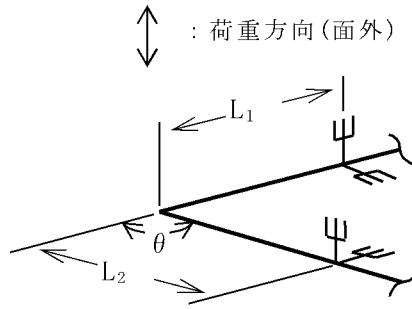
荷重方向②（面内）に対して

$$L_2 + L_3 \leq L_0$$

面内：配管で構成される面

に対して平行な方向



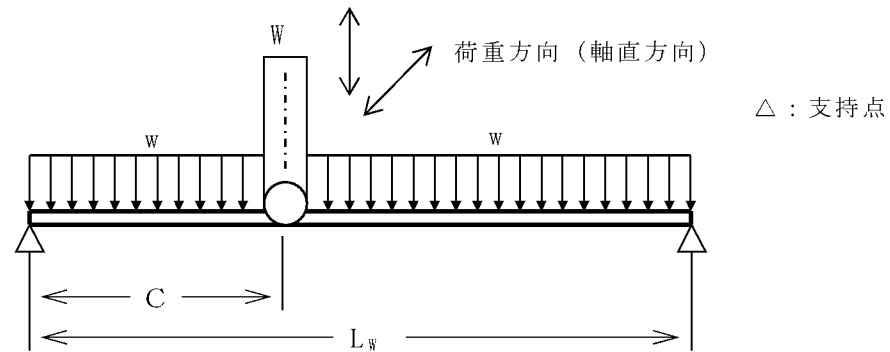


第3-1図 曲がり部支持間隔グラフ

3.4 集中質量部の支持間隔

3.4.1 解析モデル

配管に弁等の重量物が設置される集中質量部は、次のように任意の位置に集中質量を有する両端支持の連続はりにモデル化する。



- L_w : 集中質量部支持間隔
- C : 支持端から集中質量点までの長さ
- w : 単位長さ当たりの質量
- W : 集中質量
- 荷重方向 : 耐震性の評価方向

3.4.2 解析条件及び解析方法

- ① 固有振動数が直管部の標準支持間隔の固有振動数以上であること。
- ② 水平地震力が加わった場合の集中荷重及び等分布荷重の合計曲げモーメントが、直管部の標準支持間隔の水平地震力による曲げモーメントよりも小さいこと。
- ③ 自重及び鉛直地震力による集中荷重及び等分布荷重の合計曲げモーメントが、直管部の標準支持間隔の自重及び鉛直地震力による合計曲げモーメントよりも小さいこと。
- ④ ①、②、③項の各条件を満足する理論解を各々 $\left(\frac{C}{L_w}\right)$ をパラメータとし、

$\left(\frac{W}{w \cdot L_0}\right)$ の関数として $\left(\frac{L_w}{L_0}\right)$ の最大値を求める。

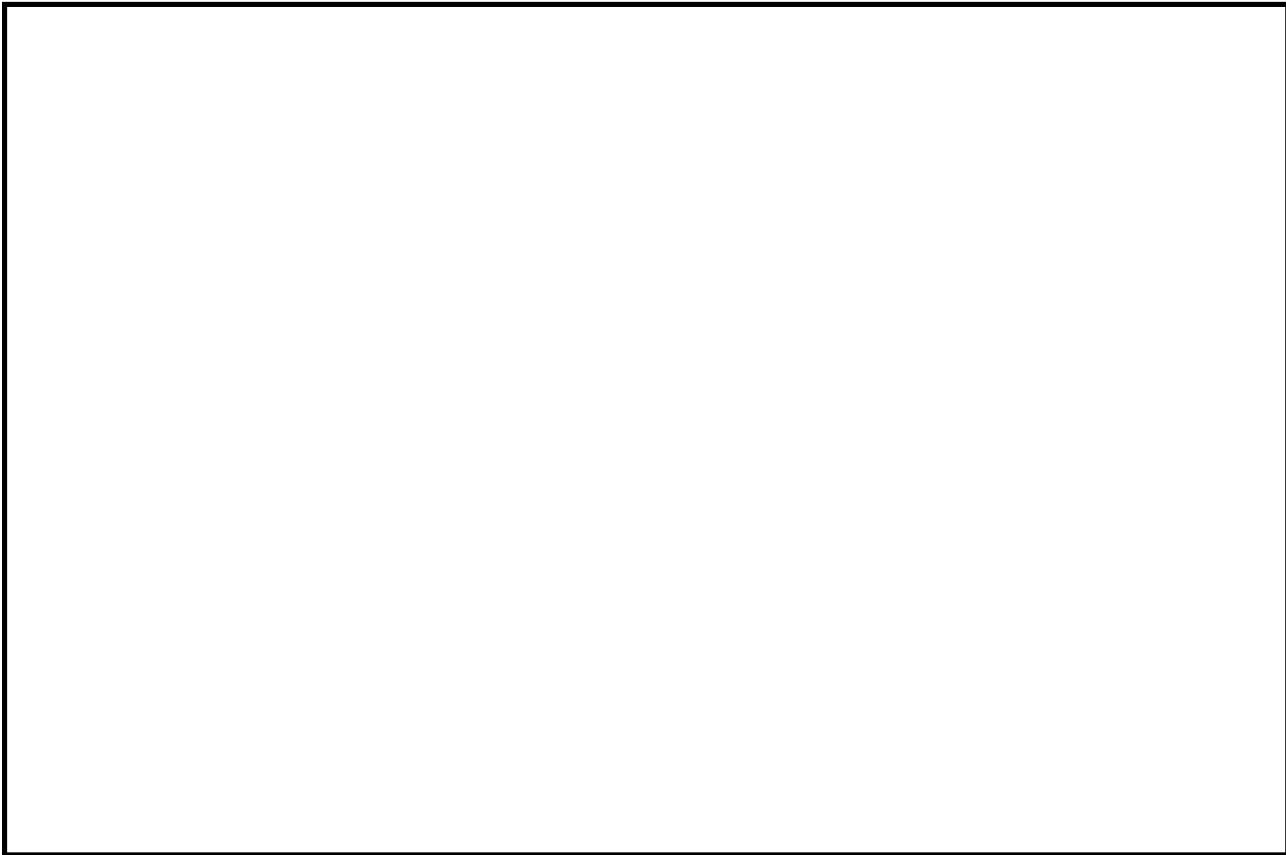
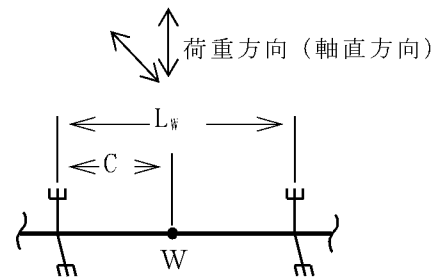
ただし、L₀は直管部標準支持間隔を表す。L_w、C、w、Wは「3.4.1 解析モデル」参照。

- ⑤ 支持点間の標準支持間隔比により求めた等価直管長さと実配管長さの比が応力係数を上回るように設計上の配慮を行う。

3.4.3 解析結果及び支持方針

解析結果を第3-2図「集中質量部支持間隔グラフ」に示す。第3-2図は、弁等の重量物が設置された場合の許容支持間隔を直管部の標準支持間隔に対する比として示したものであり、許容領域内に配管を支持するものとする。

なお、低温配管中の電動弁、空気作動弁については、配管系及び弁自体の剛性を適切に評価し、弁駆動部の偏心荷重によって過大な荷重が配管に生じないように配管並びに必要な応じ、弁上部を支持する。

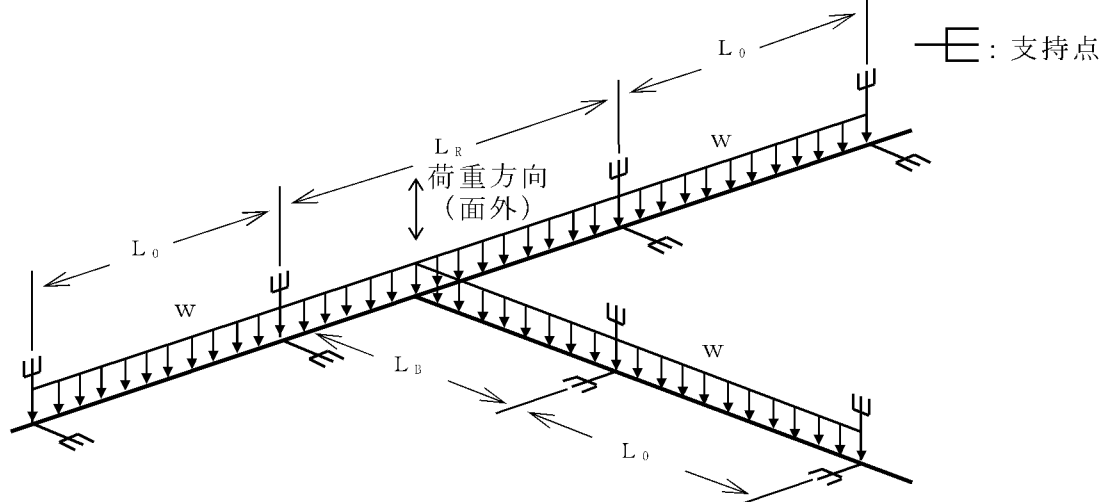


第3-2図 集中質量部支持間隔グラフ

3.5 分岐部の支持間隔

3.5.1 解析モデル

配管の分岐部は、次に示すように分岐部の支持端を単純支持はりとする等分布質量の連続はりにモデル化する。分岐管はピン結合とする。



L_R : 分岐部母管長さ

L_B : 枝管長さ

L_0 : 直管部標準支持間隔

w : 単位長さ当たりの質量

荷重方向 : 耐震性の評価方向

面外 : 配管で構成される面に対して直角方向

3.5.2 解析条件及び解析方法

- ① 固有振動数が直管部の標準支持間隔の固有振動数以上であること。
- ② 水平地震力が加わった場合の曲げモーメントが、直管部の標準支持間隔の水平地震力による曲げモーメントより小さいこと。
- ③ 自重及び鉛直地震力による合計曲げモーメントが、直管部の標準支持間隔の自重及び鉛直地震力による合計曲げモーメントより小さいこと。

- ④ ①、②、③項の各条件を満足する分岐部支持間隔比 $\left(\frac{L_R}{L_0}\right)$ の最大値を、 $\left(\frac{L_B}{L_0}\right)$ の関数として求める。

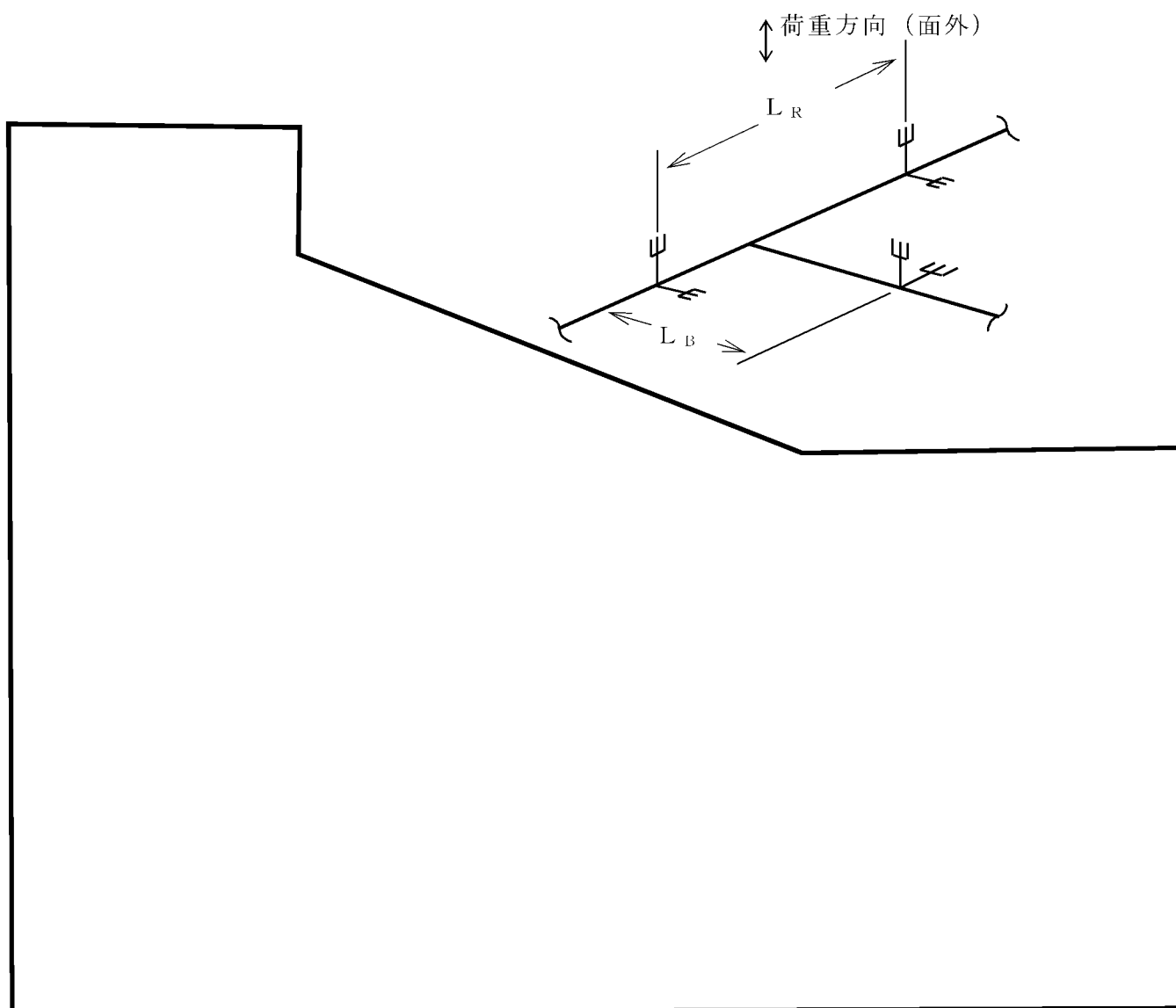
ただし、 L_0 は直管部標準支持間隔を表す。 L_R 、 C 、 L_B は「3.5.1 解析モデル」参照。

- ⑤ 支持点間の標準支持間隔比より求めた等価直管長さと実配管長さの比が応力係数を上回るように設計上の配慮を行う。

3.5.3 解析結果及び支持方針

解析結果を第3-3図「分岐部支持間隔グラフ」に示す。第3-3図は、分岐部の許容支持間隔を直管部の標準支持間隔に対する比として示したものであり、許容領域内に配管を支持するものとする。

なお、異径分岐の場合は、各口径に対応する標準支持間隔のうち最短のものを選定して分岐部支持間隔を求める。



第3-3図 分岐部支持間隔グラフ

3.6 支持点の設定方法

標準支持間隔法を適用して配管に支持点を設ける場合の手順は、対象とする配管仕様、建屋、床区分及び減衰定数に基づき、直管部標準支持間隔を選定し、この直管部標準支持間隔をもとに各要素（直管部、曲がり部、集中質量部及び分岐部）の支持間隔を定めるとともに、各要素の評価方向が拘束されるように支持点の設定を行う。

3.6.1 直管部標準支持間隔の選定と各要素の支持間隔

直管部標準支持間隔は、配管仕様（材質、口径、板厚、保温材の有無、内部流体、単位長さ当たりの質量）、建屋、床区分及び減衰定数別に算出していることから、設計する配管仕様、建屋、床区分及び減衰定数に応じて選定する。直管部については、この直管部標準支持間隔以内で支持し、また、曲がり部、集中質量部及び分岐部については、各々の支持間隔比に直管部標準支持間隔を乗じた支持間隔以内で支持する。

3.6.2 各要素の評価方向

配管の各要素（直管部、曲がり部、集中質量部及び分岐部）は、これらの形状が持つ特性から、同程度の荷重が負荷されても方向により各要素の応力又は固有振動数への影響が異なるため、最も影響が大きい方向を評価（荷重）方向と特定して、支持間隔を定めている。支持点の設定に当たっては、次に示す各要素の評価方向が拘束されるようにする。

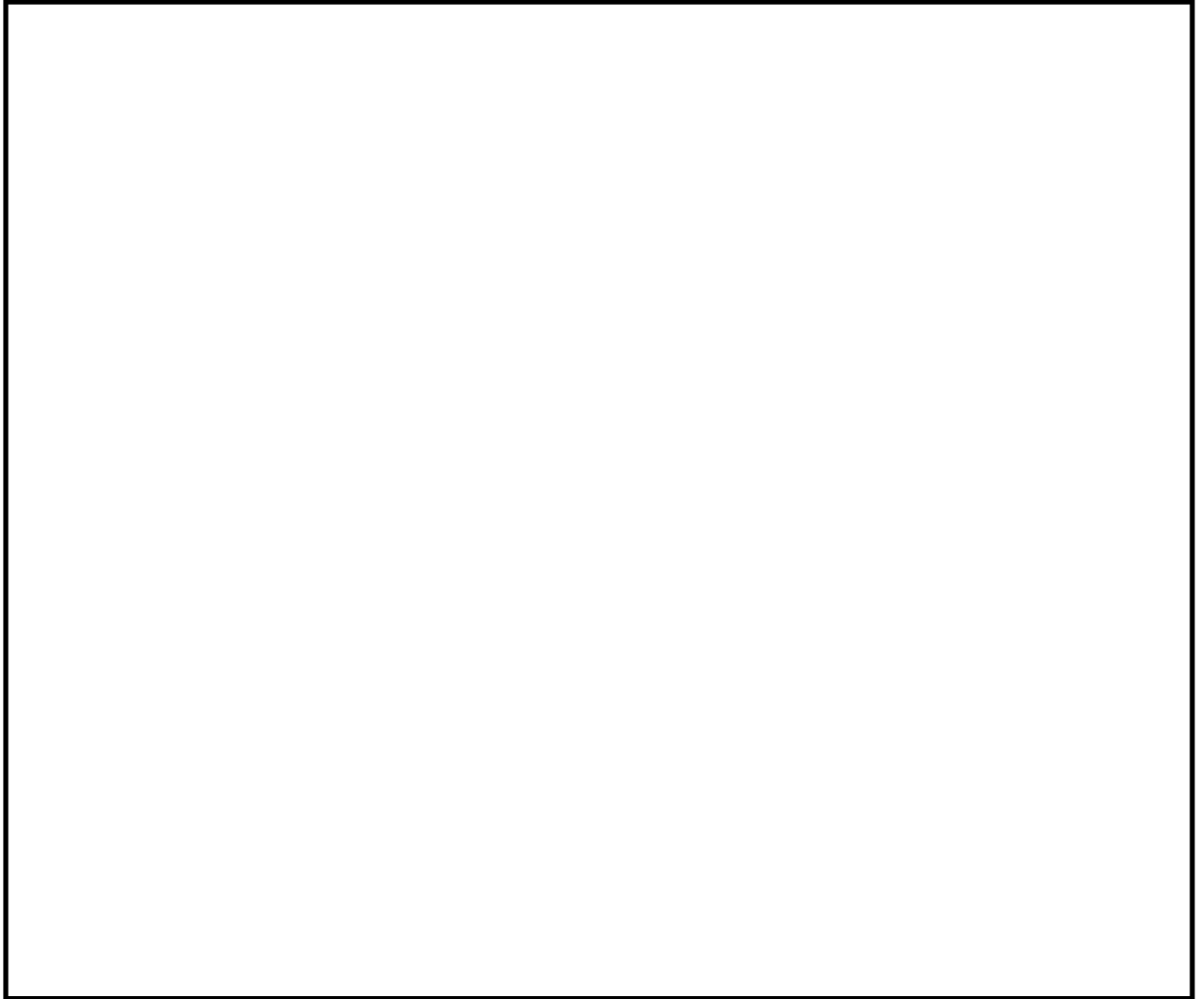
- (1) 直管部及び集中質量部の支持間隔は、配管軸直 2 方向
- (2) 曲がり部の支持間隔は、曲がり部をはさむ両辺で作る面の面外方向
- (3) 分岐部の支持間隔は、母管と分岐管が作る面の面外方向

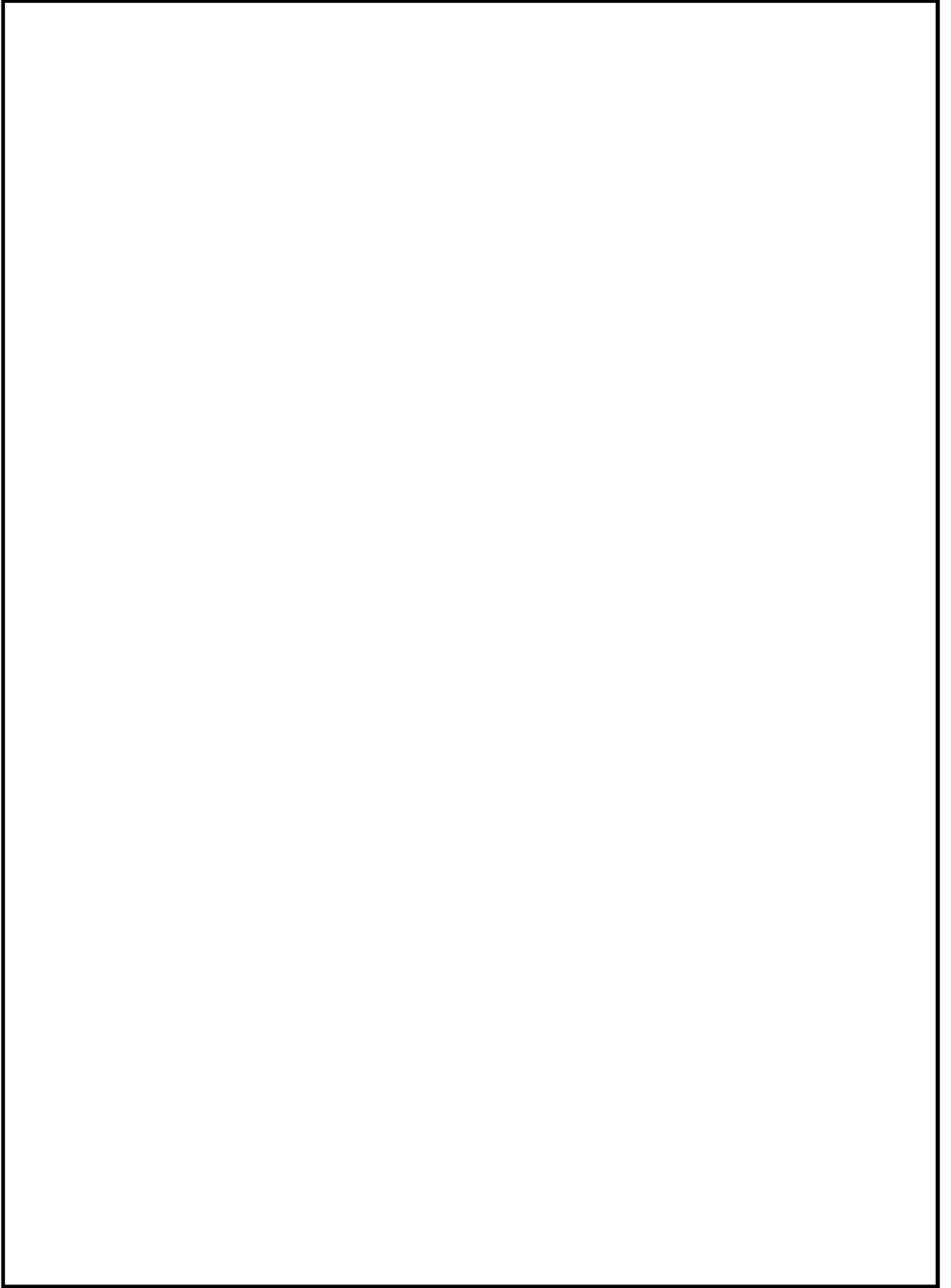
なお、配管軸方向の評価は、配管軸方向の配管質量を集中質量とみなし、それに直交する配管上の支持点で評価することとして、集中質量部の支持間隔を用いる。

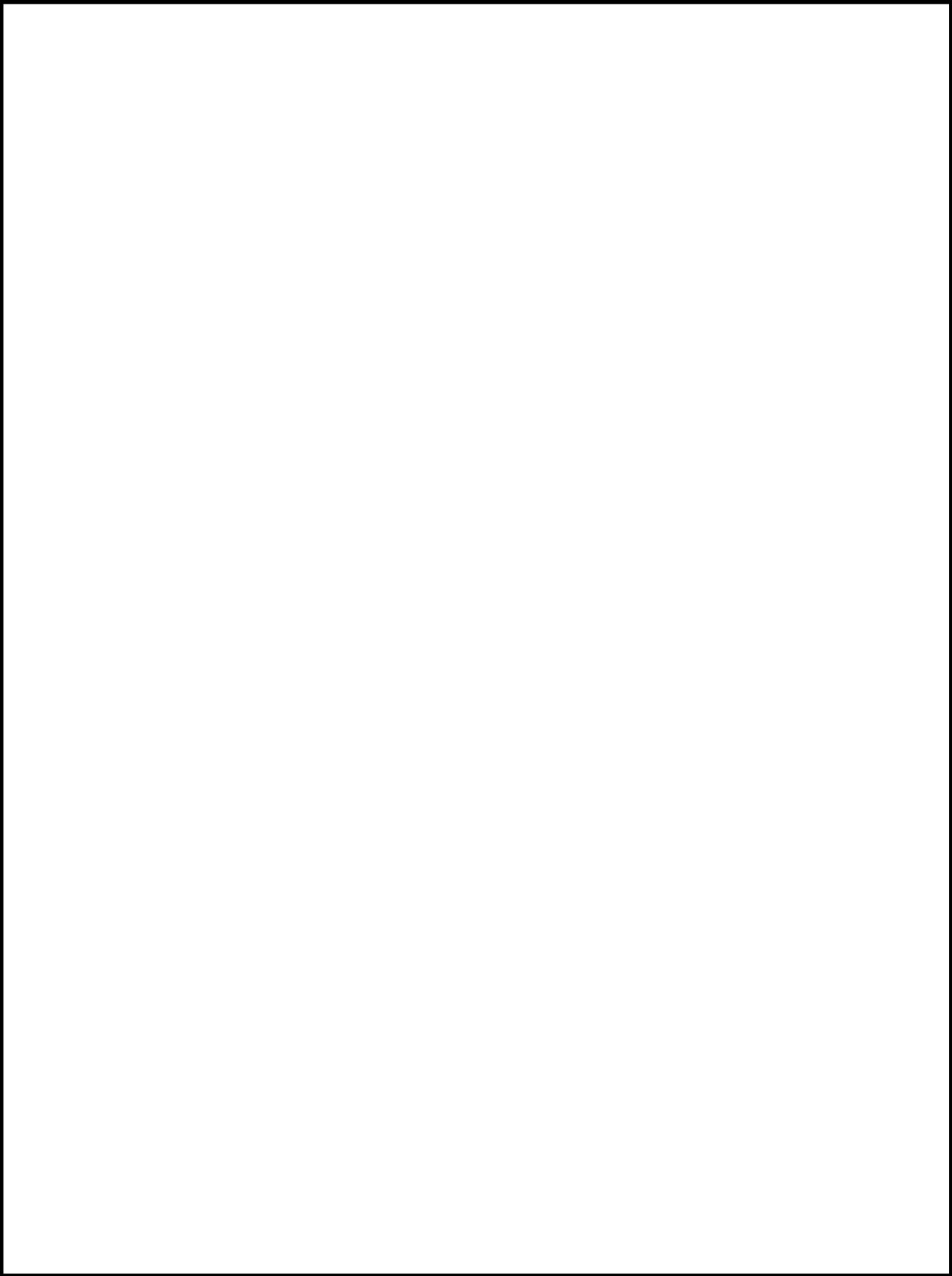
以上を考慮するとともに、各要素の方向（配管軸直と軸方向の3方向）ごとに拘束されていない方向がないようにする。

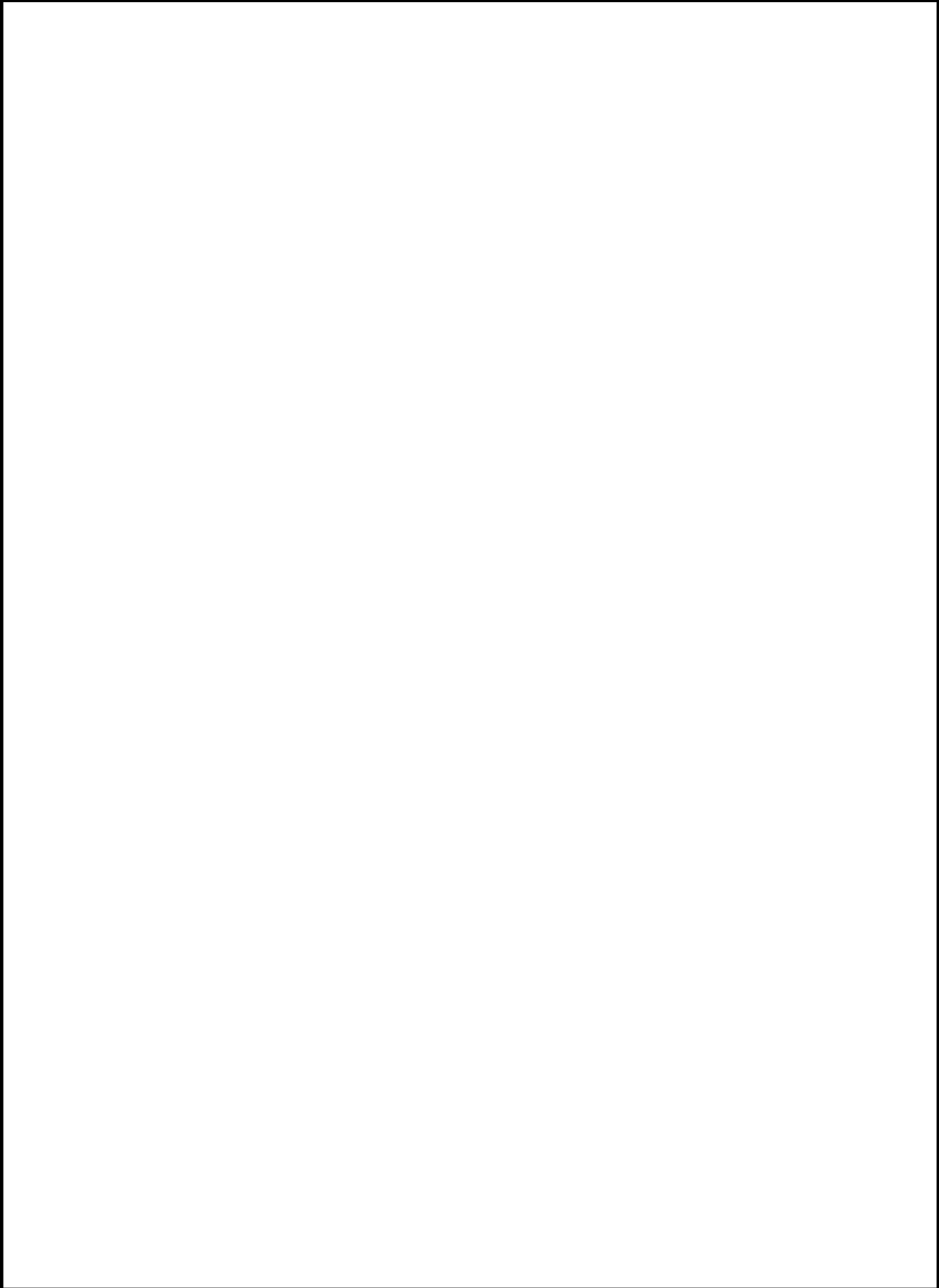
3.6.3 支持点の設定方法及び手順

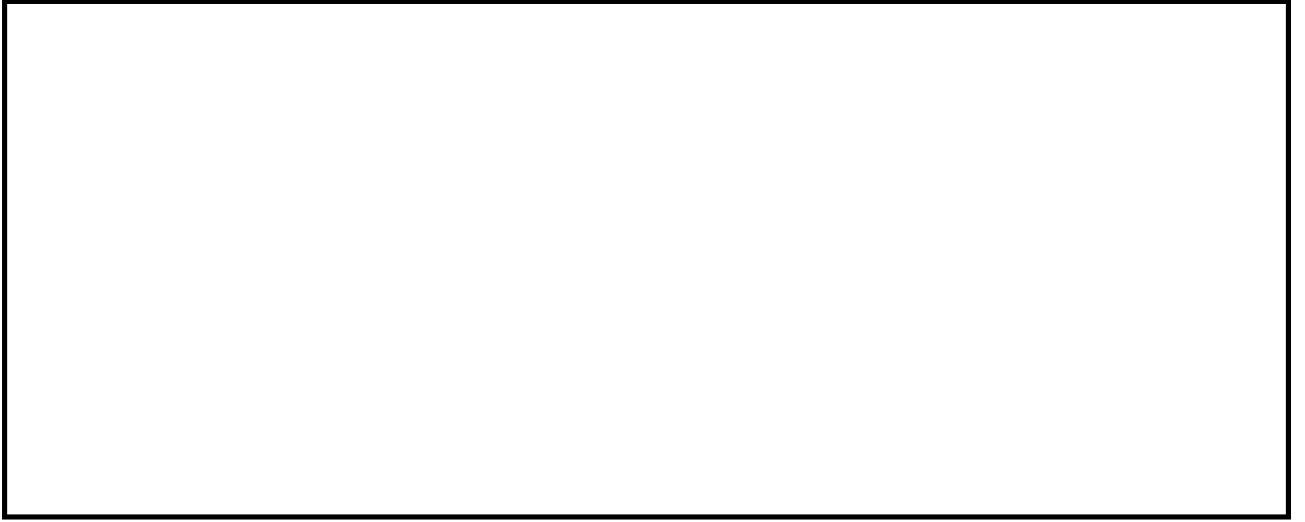
下記の配管を例に、具体的な支持点の設定方法及び手順を(1)～(9)項に示す。











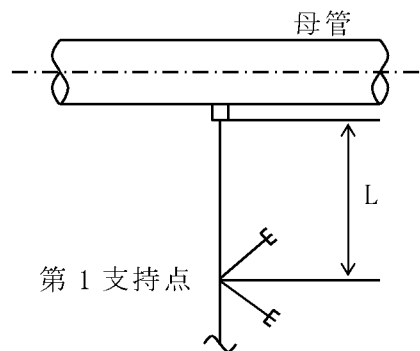
3.7 支持点を設定する上での考慮事項

配管の各要素に対応した支持間隔を満足するとともに、次の事項も考慮して設計する。

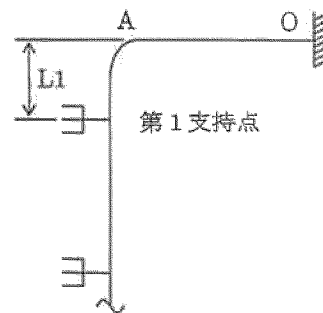
なお、以下に示す「3.7.1 分岐部」及び「3.7.2 機器との接続部」については昭和62年09月30日付け62資庁第6793号にて認可された工事計画の添付資料14-5「配管の耐震支持方針」の記載と同様の考慮を行う。

3.7.1 分岐部

配管の分岐部で母管に熱膨張又は地震による変位がある場合は、分岐部から第1支持点までの長さ L を、これらの変位により発生する応力が、許容応力以下となるように定める。



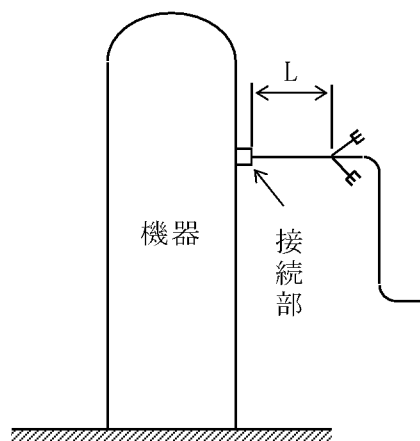
また右図のような曲げ部でA O間の熱膨張変位がある場合は、曲げ部から第1支持点までの長さ L_1 を、これらの変位により発生する応力が許容応力以下となるように定める。



3.7.2 機器との接続部

機器との接続部の熱膨張又は地震時の変位による発生応力が大きい場合は、接続部（固定点）近傍で支持することができない場合がある。

この場合のLは、「3.7.1 分岐部」と同様に機器との接続部の熱膨張又は地震時の変位により発生する応力が、許容応力以下となるように定める。



3.7.3 弁

配管に弁が設置される場合は、第3-2図「集中質量部支持間隔グラフ」に基づき前後の支持点が決める。

弁は、配管より厚肉構造であり、発生応力は配管より小さくなる。一方、集中質量部の支持間隔を求める際には、弁も配管と同一仕様としたうえで、弁質量を負荷することで安全側の評価を行っている。このため、弁の評価は配管の評価で包絡される。

なお、地震時に動的機能維持が要求される弁に対しては、必要に応じて3次元はりモデルを用いた評価を行い、「弁駆動部の機能維持確認済加速度」を超える場合は、駆動部を支持する。

3.7.4 建屋階層

支持間隔は床区分ごとに設定されているため、当該配管を敷設する床区分に応じて、上下階層の支持間隔を比較し、短い方の支持間隔を運用して評価を行う。なお、複数階層を跨る配管を評価する場合は、配管が跨る上層階と下層階の境界となるサポートまでを考慮し、その境界となるサポートで挟まれた範囲の支持間隔をすべて抽出した上で最も短いものを適用して評価を行う。

3.8 設計上の処置方法

標準支持間隔法による配管の耐震設計においては、各要素の支持間隔又は各要素の支持間隔を組み合わせた支持間隔を用いる。標準支持間隔法によることが困難な場合は、次のいずれかの方法で対処する。

- (1) 配管系を3次元はりモデルとして解析を行い、配管の設計及び支持方法を定める。実際の配管条件に基づいた直管部標準支持間隔法を算出し、配管間隔を設定する。
- (2) 当該配管が150℃以下又は口径4B未満であることを確認した上で、直管部標準支持間隔を算出する解析モデルを、当該配管固有の設計条件（制限振動数、適用床区分、適用減衰定数、解析ブロック範囲、配管系内最小必要支持点数、圧力、温度、支持構造物の固有振動数、設計用床応答曲線、材質、口径、板厚、保温材の有無、内部流体及び単位長さ当たりの質量）に応じて設定する。

3.9 標準支持間隔

重大事故等クラス2管（以下「SA配管」という。）の評価にはS_s地震動を用いることから、SA配管の支持間隔はS_s地震動の標準支持間隔を適用する。

SA配管の配管仕様を第3-2表「SA配管の配管仕様」に、SA配管に適用する支持間隔を第3-3表「SA配管の支持間隔」に示す。

第3-2表 SA配管の配管仕様

配管仕様

機器名	材 料	解析条件		外径 (mm)	厚さ (mm)	単位長さ 当たりの質量 (kg/m)	番号 (注)	
		圧力 (MPa)	温度 (°C)					
放射線管理施設	緊急時対策所空気浄化装置接続口～緊急時対策所内 (3・4号機共用)	SUS304TP			406.4	12.7		1
	緊急時対策所空気供給装置接続口～流量調整ユニット接続口 (3・4号機共用)				SUS304TP	60.5		3.5

(注) 表記番号は、第3-3表「SA配管の支持間隔」の番号と対応する。

第3-3表 SA配管の支持間隔 (1/2)

支持間隔 (減衰定数 0.5%)

建屋	E. L. (m)	材 料	外径 (mm)	単位長さ 当たりの 質量 (kg/m)	解析結果				番号
					支 持 間 隔 (m)	固 有 振 動 数 (Hz)	一 次 応 力 (MPa)	許 容 応 力 (MPa)	
緊急時 対策所	8.55 ~ 14.40	SUS304TP	406.4		6.0	25.2	31	363	1
		SUS304TP	60.5		2.3	25.2	37	468	2
	14.40 ~ 18.95	SUS304TP	406.4		6.0	25.2	48	363	1
		SUS304TP	60.5		2.3	25.2	54	468	2

(注) 表記番号は、第3-2表「SA配管の配管仕様」の番号と対応する。

第3-3表 SA配管の支持間隔 (2/2)

支持間隔 (減衰定数 2.0%)

建屋	E. L. (m)	材 料	外径 (mm)	単位長さ 当たりの 質量 (kg/m)	解析結果				番号
					支 持 間 隔 (m)	固 有 振 動 数 (Hz)	一 次 応 力 (MPa)	許 容 応 力 (MPa)	
緊急時 対策所	8.55 ~ 14.40	SUS304TP	406.4		6.0	25.2	18	363	1
		SUS304TP	60.5		2.3	25.2	23	468	2
	14.40 ~ 18.95	SUS304TP	406.4		6.0	25.2	25	363	1
		SUS304TP	60.5		2.3	25.2	30	468	2

(注) 表記番号は、第3-2表「SA配管の配管仕様」の番号と対応する。

4. 支持構造物の耐震計算の方針

4.1 概要

配管及び弁の支持構造物は、地震時に配管及び弁に発生する荷重を支持する必要がある。支持構造物の設計に当たっては、支持構造物に作用する設計用荷重が、支持構造物の型式ごとに設定されている定格荷重又は最大使用荷重以下となるように支持構造物を選定する。従って、定格荷重又は最大使用荷重に対する支持構造物の健全性を確認することにより、支持構造物の耐震性を確認することができる。

本章では、支持装置、支持架構及び埋込金物から構成される支持構造物の設計原則を示すとともに、支持構造物の型式ごとの定格荷重又は最大使用荷重に対する耐震計算の方針を示す。

なお、支持構造物は、評価の基本式は同一であり、かつ地震荷重が支配的であることから、強度計算を含めた耐震計算の方針を示す。

4.1.1 設計原則

(1) 支持構造物の設計要領

- a. 地震荷重、自重、配管の熱膨張荷重及び機械的荷重によって、支持構造物に生ずる応力が許容応力以下となるように設計する。
- b. 3次元はりモデルにより解析を行う配管の支持構造物は、地震時や各運転状態で生ずる荷重を算出し、その中で評価上最も厳しい条件で設計を実施する。
- c. 標準支持間隔法による配管の支持構造物は、直管部標準支持間隔における地震時の支持点荷重を用いて設計を実施する。なお、支持点荷重を低減する必要がある場合は、実支持間隔による荷重を適用する。

(2) 支持構造物の設計に用いる荷重

- a. 運転温度が高く、許容応力状態Ⅰ_A及びⅡ_A（供用状態A及びB）において発生する荷重が大きい配管の支持構造物の場合は、許容応力状態Ⅰ_A及びⅡ_A（供用状態A及びB）において発生する荷重と地震時荷重を許容応力状態Ⅰ_A及びⅡ_A（供用状態A及びB）基準に換算した荷重の包絡値である設計用荷重を最大発生荷重と定義し、最大発生荷重が許容応力状態Ⅰ_A及びⅡ_Aを基準として設定された定格荷重又は最大使用荷重以下となるように選定する。

地震荷重が支配的となる運転温度の低い配管の支持構造物の場合は、弾性設計用地震動S_d作用時の荷重と基準地震動S_sによる地震力を1.2で除した地震力（S_d相当）作用時の荷重を包絡した設計用荷重を標準支持間隔荷重と定義し、標準支持間隔荷重が許容応力状態Ⅲ_ASを基準として設定された定格荷重又は最大使用荷

重以下となるように選定する。

- b. 支持構造物の型式ごとに許容し得る荷重として設定されている荷重のことを支持構造物の定格荷重又は最大使用荷重と言う。定格荷重は、1方向（取付け方向）のみ拘束機能を有する支持装置に対して、最大使用荷重は、2方向以上の拘束機能を有する支持構造物に対して用いる。
- c. 最大発生荷重は、3次元はりモデルの解析結果による支持点荷重より算出する。標準支持間隔荷重は、直管部標準支持間隔における3.9項に示す配管の発生応力（ σ_{total} ）から地震及び自重による応力を求めることで、次の計算式により算出する。なお、水平方向地震力は、動的地震力と静的地震力とで比較を行って大きい方を用いる。

（動的地震力が支配的な場合）

$$R_{水平} = \boxed{} \quad (\text{注})$$

（静的地震力が支配的な場合）

$$R_{水平} = \boxed{}$$

$$R_{鉛直} = \boxed{}$$

L_0 : 直管部標準支持間隔 (mm)

Z : 断面係数 (mm^3)

λ : 振動数係数

$R_{水平}$: 水平方向の支持荷重 (N) 標準支持間隔荷重 (N)

$R_{鉛直}$: 鉛直方向の支持荷重 (N) 標準支持間隔荷重 (N)

σ_{total} : 配管に生ずる応力の合計値 (N/mm^2)

$$(\sigma_{total} = \sigma_H + \sigma_V + \sigma_d + \sigma_p)$$

σ_H : 水平方向地震力により配管に生ずる応力 (N/mm^2)

σ_V : 鉛直方向地震力により配管に生ずる応力 (N/mm^2)

σ_d : 自重により配管に生ずる応力 (N/mm^2)

σ_p : 内圧により配管に生ずる応力 (N/mm^2)

（注）近似式であるが、 λ を1次モードの振動数係数 $\lambda = \boxed{}$ とすること

で、動的地震力により配管に生ずる応力と支持点荷重の関係を求めることができる。

4.2 支持装置及び支持架構の耐震計算方法

4.2.1 概要

支持装置及び支持架構について、十分な耐震性を有する事を確認するための方法を次に示す。

4.2.2 適用基準

資料10-1「耐震設計の基本方針」による。

4.2.3 応力評価の方針

(1) 応力評価

支持装置又は支持架構に、定格荷重又は最大使用荷重が作用した際の発生応力が許容応力以下であることを応力評価により確認する。

(2) 3次元はりモデルにより解析を行う配管の支持装置及び支持架構

定格荷重又は最大使用荷重が作用した場合の発生応力が、許容応力状態Ⅰ_A及びⅡ_A（供用状態A及びB）の許容応力以下であることを確認する。

(3) 標準支持間隔を適用する配管の支持装置及び支持架構

定格荷重又は最大使用荷重が作用した場合の発生応力が、許容応力状態Ⅲ_ASの許容応力以下であることを確認する。

(4) 許容応力

支持装置及び支持架構に適用する許容応力状態を、第4-1表「支持装置及び支持架構に適用する許容応力状態」、各許容応力状態に対する許容応力を、第4-2表「各許容応力状態に対する許容応力」、代表的な建屋における支持架構の設計条件及び許容応力を第4-3表「支持架構の設計条件及び許容応力」に示す。

第4-1表 支持装置及び支持架構に適用する許容応力状態

		許容応力状態	
		3次元はりモデル	標準支持間隔
支持 装置	ロッドレストレイント	I_A 、 II_A	$(I_A$ 、 $II_A)$ (注)
	アンカサポート(ラグ)	I_A 、 II_A	III_{AS}
	Uボルト	I_A 、 II_A	III_{AS}
	Uバンド	I_A 、 II_A	III_{AS}
支持架構		I_A 、 II_A	III_{AS}

(注) 標準支持間隔を適用する配管の支持構造物に、当該支持装置を使用する場合は許容応力状態 I_A 及び II_A (供用状態A及びB) の許容応力を使用する。

第4-2表 各許容応力状態に対する許容応力

許容応力 状 態	許容応力				
	引 張	せん断	圧 縮	曲 げ	支 圧
I_A 、 II_A	f_t	f_s	f_c	f_b	f_p
III_A	$1.5f_t$	$1.5f_s$	$1.5f_c$	$1.5f_b$	$1.5f_p$
III_{AS}					
IV_A	$1.5f_t^*$	$1.5f_s^*$	$1.5f_c^*$	$1.5f_b^*$	$1.5f_p^*$
IV_{AS}					

(注) $1.5f_t^*$ 、 $1.5f_s^*$ 、 $1.5f_c^*$ 、 $1.5f_b^*$ 及び $1.5f_p^*$ はJSME S NC1 SSB-3121.3による。

第4-3表 支持架構の設計条件及び許容応力

建 屋	材 料 ^(注1)	設計温度 (°C)	許容応力 F ^(注2) (MPa)	支持構造物 振動数の 制限値 (Hz)
緊急時対策所建屋				

(注1) 同等以上の強度をもつ他の鋼材も使用可能とする。

(注2) 許容応力 F は、JSME S NC1 SSB-3110に定める値を用いる。

4.2.4 支持装置及び支持架構の耐震計算式

(1) 記号の定義

支持装置及び支持架構の耐震計算に使用する記号は、次のとおりとする。

	記号	単位	定義
ロ ツ ド レ ス ト レ イ ン ト の 耐 震 計 算 に 使 用 す る も の	A_c	mm^2	圧縮応力計算に用いる断面積
	A_p	mm^2	支圧応力計算に用いる断面積
	A_s	mm^2	せん断応力計算に用いる断面積
	A_t	mm^2	引張応力計算に用いる断面積
	B	mm	ブラケットせん断寸法
			クランプせん断寸法
			スヘリカルアイボルト穴部せん断寸法
			コネクティングイーヤ穴部せん断寸法
	C	mm	ブラケット引張断面寸法
			クランプ引張断面寸法
			スヘリカルアイボルト溶接部せん断寸法
			イーヤせん断寸法
	D	mm	ブラケット穴径
			クランプ穴径
			スヘリカルアイボルトの穴部の径
			コネクティングイーヤの穴部の径
コネクティングパイプ外径			
ターンバックル外径			
パイプ外径			
D_1	mm	ターンバックル外径	
D_2	mm	ターンバックル内径	
d	mm	ピン外径	
E	MPa	縦弾性係数	

	記号	単位	定義
ロ ツ ド レ ス ト レ イ ン ト の 耐 震 計 算 に 使 用 す る も の	e	mm	スヘリカルアイボルト溶接部のど厚
			コネクティングパイプ溶接部のど厚
	F	MPa	支持構造物の許容応力を決定するための基準値
	F _c	MPa	圧縮応力
	F _p	MPa	支圧応力
	F _s	MPa	せん断応力
	F _t	MPa	引張応力
	f _c	MPa	許容圧縮応力
	h	mm	コネクティングパイプすみ肉溶接部脚長
			イーヤすみ肉溶接部脚長
			アジャストナットすみ肉溶接部脚長
	I	mm ⁴	断面二次モーメント
	i	mm	断面二次半径
	L	mm	ピン間距離
	ℓ _k	mm	座屈長さ
	M	mm	スヘリカルアイボルトボルト部外径
P	kN、N	定格荷重	
R	mm	スヘリカルアイボルトのイーヤ半径	
		コネクティングイーヤ半径	
T	mm	ブラケット板厚	
		クランプ板厚	
		イーヤ板厚	
t	mm	パイプ板厚	
		スヘリカルアイボルト穴部板厚	
		コネクティングイーヤ穴部板厚	
Λ	—	限界細長比	
λ	—	細長比	

	記号	単位	定義
ラ グ の 耐 震 計 算 に 使 用 す る も の	A_L	mm^2	角形鋼管の断面積
	A_p	mm^2	パッドと配管の溶接部の断面積
			パッドと角形鋼管の溶接部の断面積
			角形鋼管と底板の溶接部の断面積
	a	mm	角形鋼管の幅
	a_1	mm	強度評価有効長(配管軸方向長さ)内のり寸法
	a_2	mm	強度評価有効長(配管軸方向長さ)外のり寸法
	b_1	mm	パッド幅(配管周方向長さ：配管外径)
	b_2	mm	$b_1 + \sqrt{2} t_{wp}$
	D_1	mm	強度評価有効長(配管軸直方向長さ)内のり寸法
	D_2	mm	強度評価有効長(配管軸直方向長さ)外のり寸法
	F_x	N	配管軸方向荷重
	F_y	N	配管軸直方向荷重
	F_z	N	配管軸直方向荷重
	f_t	MPa	許容引張応力
	f_s	MPa	許容せん断応力
	h_1	mm	パッド長さ(配管軸方向長さ)
	h_2	mm	$h_1 + \sqrt{2} t_{wp}$
	I_x	mm^4	配管軸方向の断面二次モーメント
	I_y	mm^4	配管軸直方向の断面二次モーメント
ℓ	mm	配管中心から評価部位までの距離	
M_x	$\text{N}\cdot\text{mm}$	配管軸方向に生ずるモーメント	
M_y	$\text{N}\cdot\text{mm}$	配管軸直方向に生ずるモーメント	
M_z	$\text{N}\cdot\text{mm}$	配管軸直方向に生ずるモーメント	
t	mm	角形鋼管の厚さ	

	記号	単位	定義
ラ グ の 耐 震 計 算 に 使 用 す る も の	t_{wp}	mm	パッドと配管のすみ肉溶接脚長
			パッドと角形鋼管のすみ肉溶接脚長
			角形鋼管と底板のすみ肉溶接脚長
	Z_x	mm^3	配管軸方向の断面係数
	Z_y	mm^3	配管軸直方向の断面係数
	σ_L	MPa	角形鋼管の曲げ応力
	σ_{LB}	MPa	角形鋼管と底板の溶接部の曲げ応力
	σ_P	MPa	パッドと配管の溶接部の曲げ応力
	σ_{PL}	MPa	パッドと角形鋼管の溶接部の曲げ応力
	τ_L	MPa	角形鋼管のせん断応力
	τ_{LB}	MPa	角形鋼管と底板の溶接部のせん断応力
	τ_P	MPa	パッドと配管の溶接部のせん断応力
τ_{PL}	MPa	パッドと角形鋼管の溶接部のせん断応力	

	記号	単位	定義
U ボ ル ト 及 び U バ ン ド の 耐 震 計 算 に 使 用 す る も の	A	mm	Uバンドのボルト穴間の距離
	A_0	mm^2	Uボルトの断面積
	B	mm	Uボルトの曲げ半径
	D	mm	配管の外径
	d_0	mm	Uボルトの呼び径
			Uバンドのボルト呼び径
	F	N	軸方向荷重
	F_b	MPa	曲げ応力
	F_s	MPa	せん断応力
	F_0	MPa	Uバンドの軸方向の許容荷重
	F_t	MPa	引張応力
	f_b	MPa	許容曲げ応力
	f_s	MPa	許容せん断応力
	f_t	MPa	許容引張応力
	l	mm	配管中心から鋼材上面までの距離
	l_1	mm	配管中心からボルト穴までの距離
	l_2	mm	ナット2面幅の半分
	M_0	$\text{N}\cdot\text{mm}$	ボルトの締付けトルク
	n	本	ボルトの本数
	P	N	引張方向荷重
P'	N	引張方向荷重	
Q	N	せん断方向荷重	
R	mm	Uバンドの曲げ半径	
T	N	ボルトの締付け力	
t	mm	Uバンドの厚さ	
w	mm	Uバンドの幅	
μ	—	摩擦係数 <input type="text"/>	

	記号	単位	定義
支持架構の耐震計算に使用するもの	A_s	mm^2	せん断応力計算に用いる断面積
	A_t	mm^2	引張応力計算に用いる断面積
	F_b	MPa	曲げ応力
	F_s	MPa	せん断応力
	F_t	MPa	引張応力
	f_t	MPa	許容引張応力
	M_0	$\text{N}\cdot\text{mm}$	モーメント
	Z	mm^3	断面係数
	P_1	N	せん断方向荷重
	P_2	N	引張方向荷重

(2) 耐震計算式

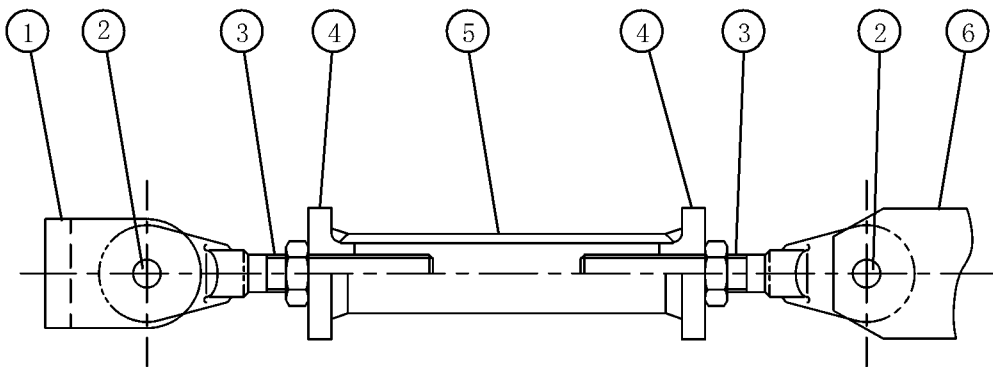
a. ロッドレストレイント

応力評価は、次の強度部材の最弱部に発生するせん断応力、引張応力（又は圧縮応力）及び支圧応力を次の計算式により算出し、許容応力以下であることを確認する。

(a) RSAタイプ

イ. 強度部材

- ①ブラケット、②ピン、③スヘリカルアイボルト、
- ④アジャストナット溶接部、⑤パイプ及び⑥クランプ



ロ. 各部材の計算式

(イ) ブラケット (①) 及びクランプ (⑥)

i. 引張応力評価

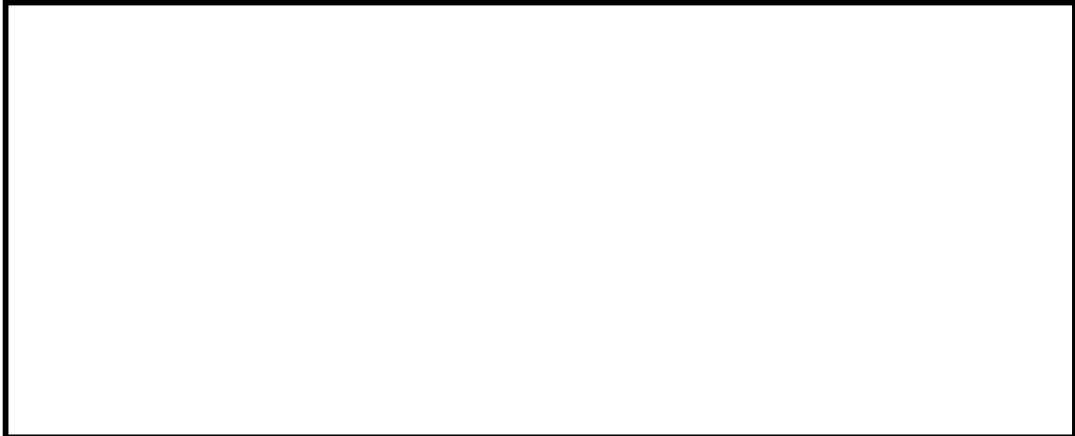
引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。

ii. せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。

iii. 支圧応力評価

支圧応力が、許容支圧応力以下であることを確認する。



(ロ) ピン (②)

i. せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。



(ハ) スペリカルアイボルト (③)

i. 穴部

(i) 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。



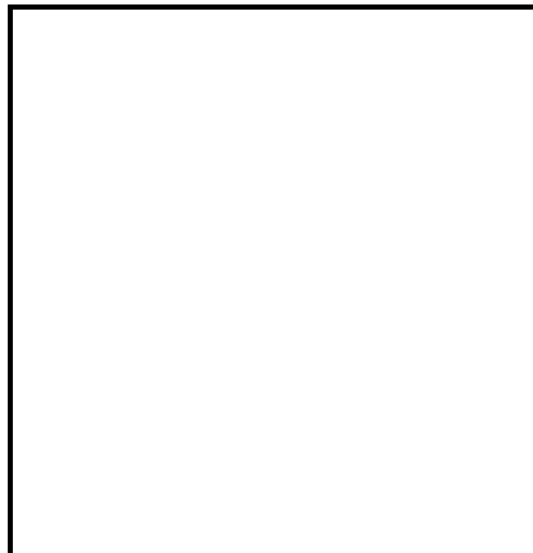
(ii) せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。



(iii) 支圧応力評価

支圧応力が、許容支圧応力以下であることを確認する。



(ニ) アジャストナット溶接部 (④)

i. 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。



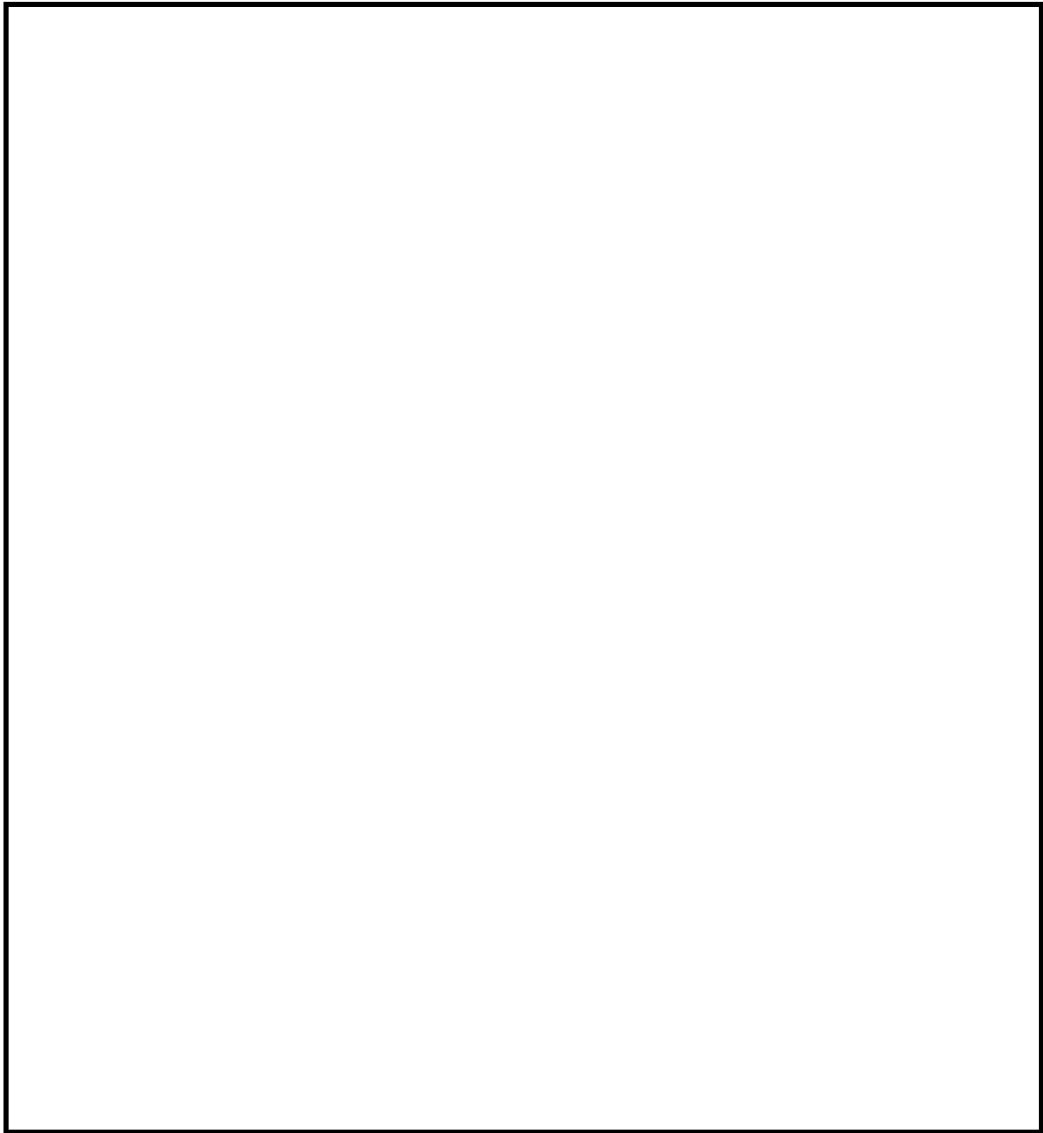
(ホ) パイプ (⑤)

i. 圧縮応力評価

圧縮応力が、許容圧縮応力以下であることを確認する。



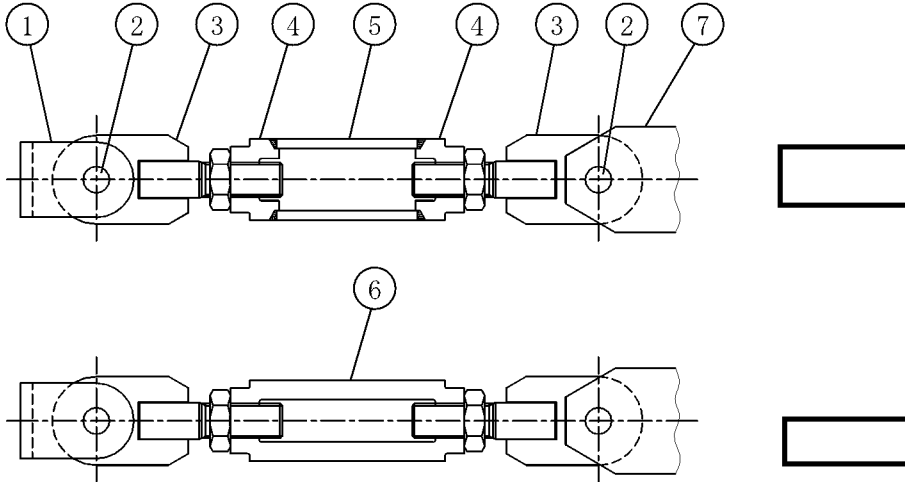
許容圧縮応力



(b) RSAタイプ

イ. 強度部材

- ①ブラケット、②ピン、③スヘリカルアイボルト、
- ④アジャストナット溶接部⑤パイプ、
- ⑥ターンバックル及び⑦クランプ



ロ. 各部材の計算式

(イ) ブラケット (①) 及びクランプ (⑦)

i. 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。

ii. せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。

iii. 支圧応力評価

支圧応力が、許容支圧応力以下であることを確認する。



(ロ) ピン (②)

i. せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。



(ハ) スペリカルアイボルト (③)

i. 穴部

(i) 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。



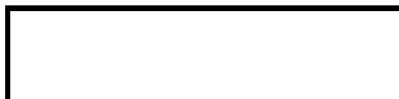
(ii) せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。



(iii) 支圧応力評価

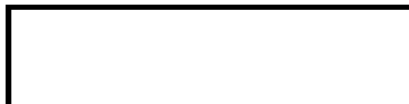
支圧応力が、許容支圧応力以下であることを確認する。



ii. ボルト溶接部

(i) せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。



iii. ボルト部

(i) 引張応力評価

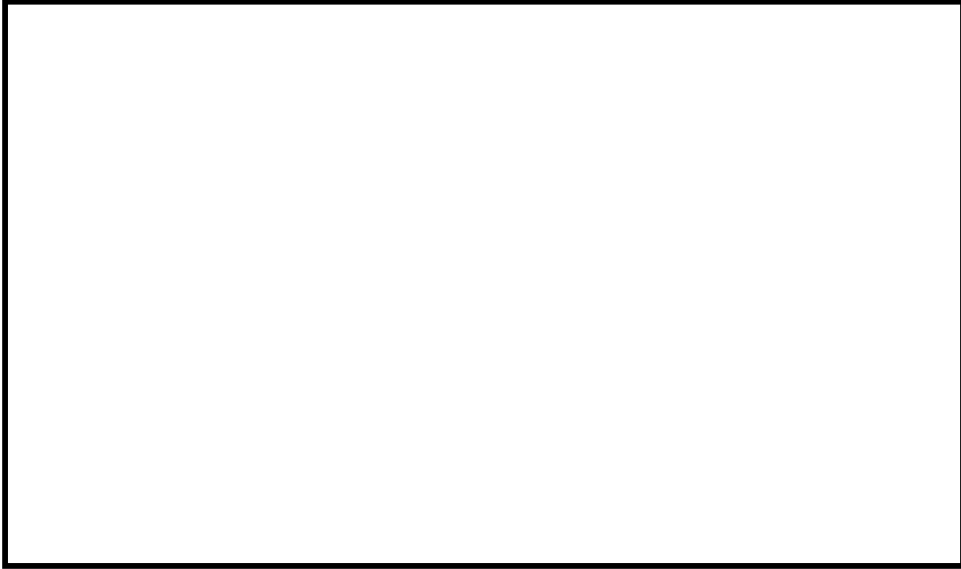
引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。



(二) アジャストナット溶接部 (④)

i. 引張応力評価

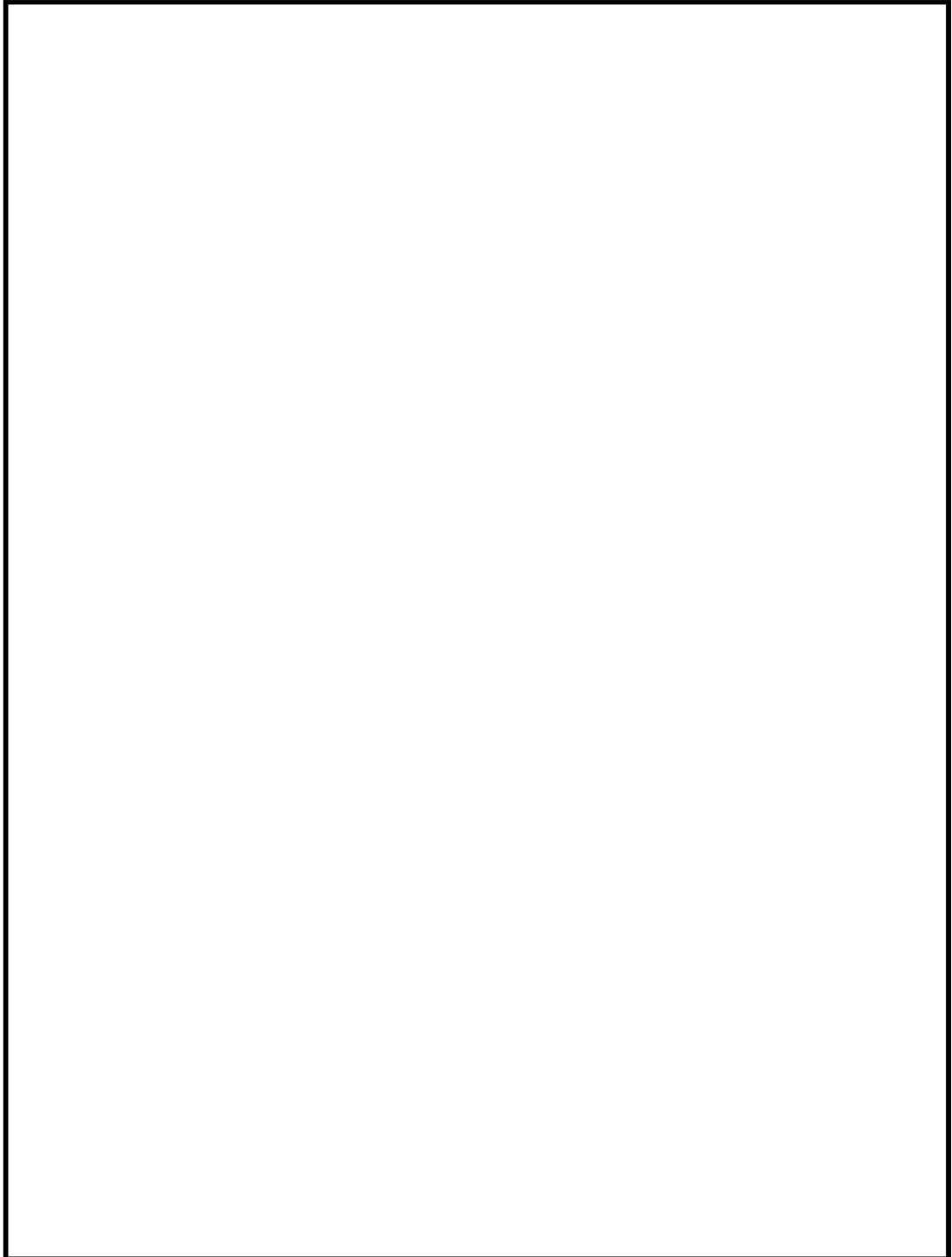
引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。



(ホ) パイプ (⑤) 及びターンバックル (⑥)

i. 圧縮応力評価

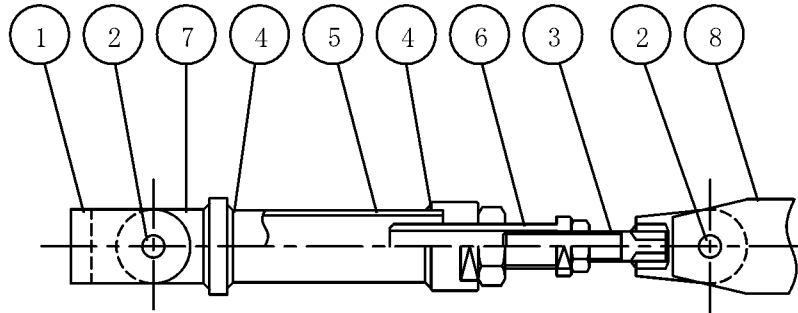
圧縮応力が、許容圧縮応力以下であることを確認する。



(c) RSAMタイプ

イ. 強度部材

- ①ブラケット、②ピン、③スヘリカルアイボルト、
- ④コネクティングパイプ溶接部、⑤パイプ、⑥ターンバックル、
- ⑦イーヤ及び⑧クランプ



ロ. 各部材の計算式

(イ) ブラケット (①) 及びクランプ (⑧)

i. 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。

ii. せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。

iii. 支圧応力評価

支圧応力が、許容支圧応力以下であることを確認する。

(ロ) ピン (②)

i. せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。



(ハ) スペリカルアイボルト (③)

i. 穴部

(i) 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。

(ii) せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。

(iii) 支圧応力評価

支圧応力が、許容支圧応力以下であることを確認する。

ii. ボルト溶接部

(i) せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。

iii. ボルト部

(i) 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。

(二) コネクティングパイプ溶接部 (④)

i. せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。



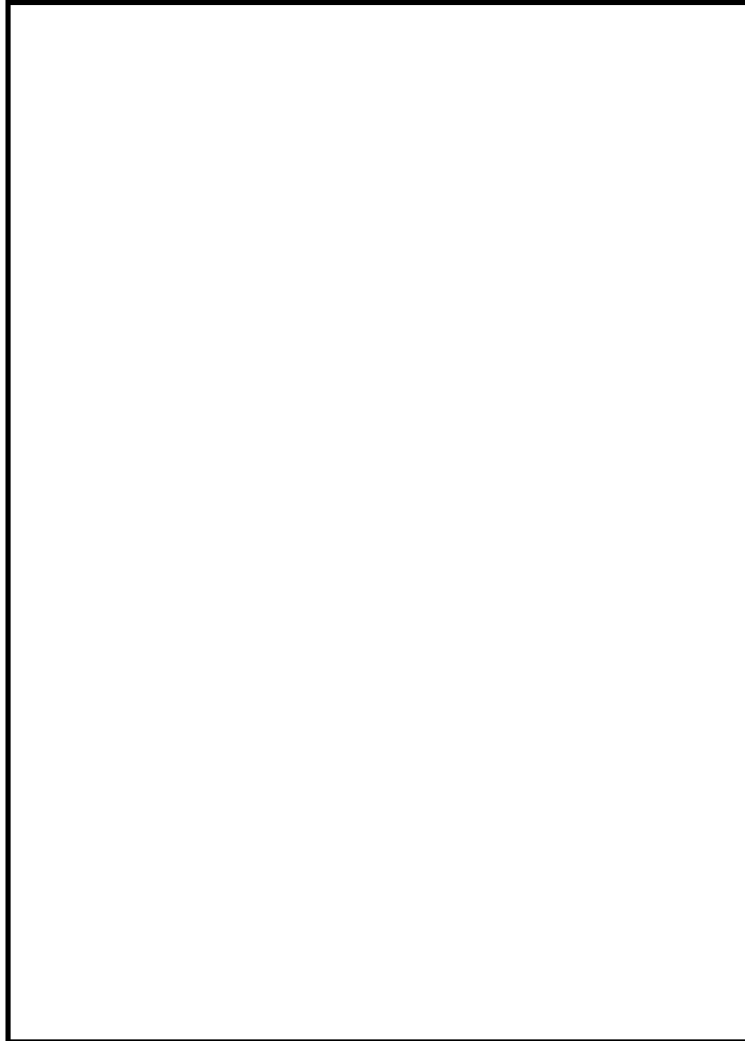
(ホ) パイプ (⑤)

i. 圧縮応力評価

圧縮応力が、許容圧縮応力以下であることを確認する。



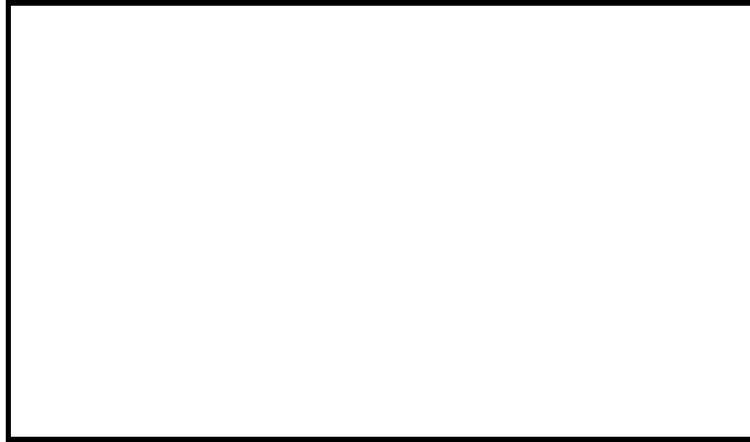
許容圧縮応力



(へ) ターンバックル (⑥)

i. 引張応力評価

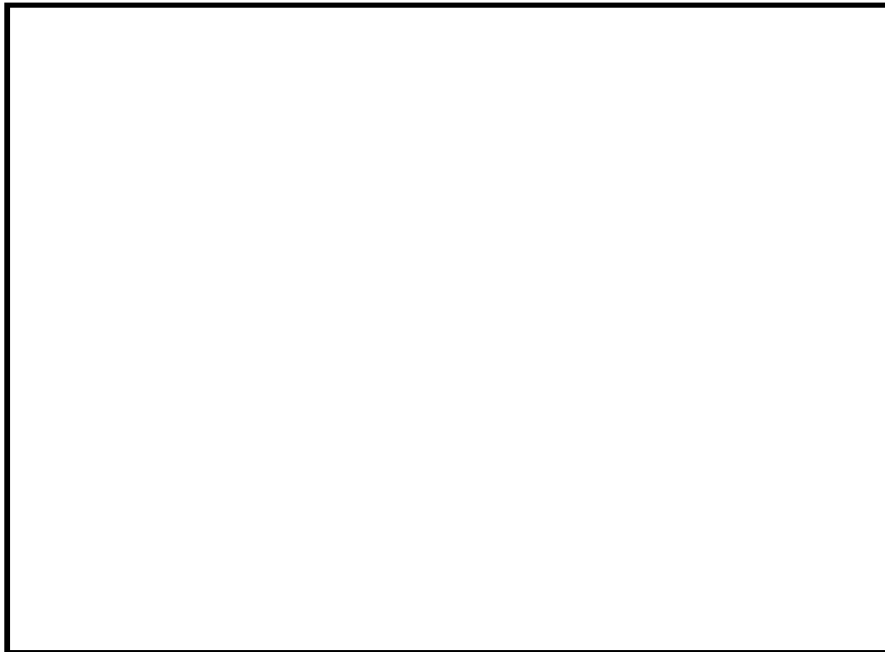
引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。



(ト) イーヤ (⑦)

i. せん断応力評価

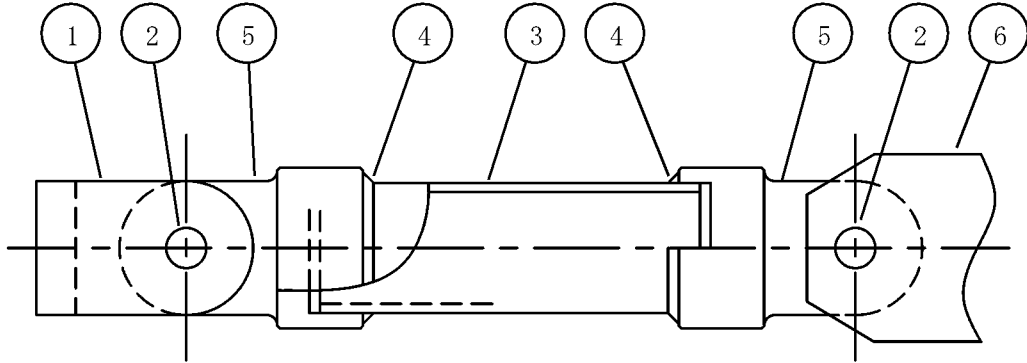
せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。



(d) RTSタイプ

イ. 強度部材

- ①ブラケット、②ピン、③パイプ、④コネクティングパイプ溶接部、
⑤コネクティングイーヤ及び⑥クランプ



ロ. 各部材の計算式

(イ) ブラケット (①) 及びクランプ (⑥)

i. 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。

ii. せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。

iii. 支圧応力評価

支圧応力が、許容支圧応力以下であることを確認する。

(ロ) ピン (②)

i. せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。



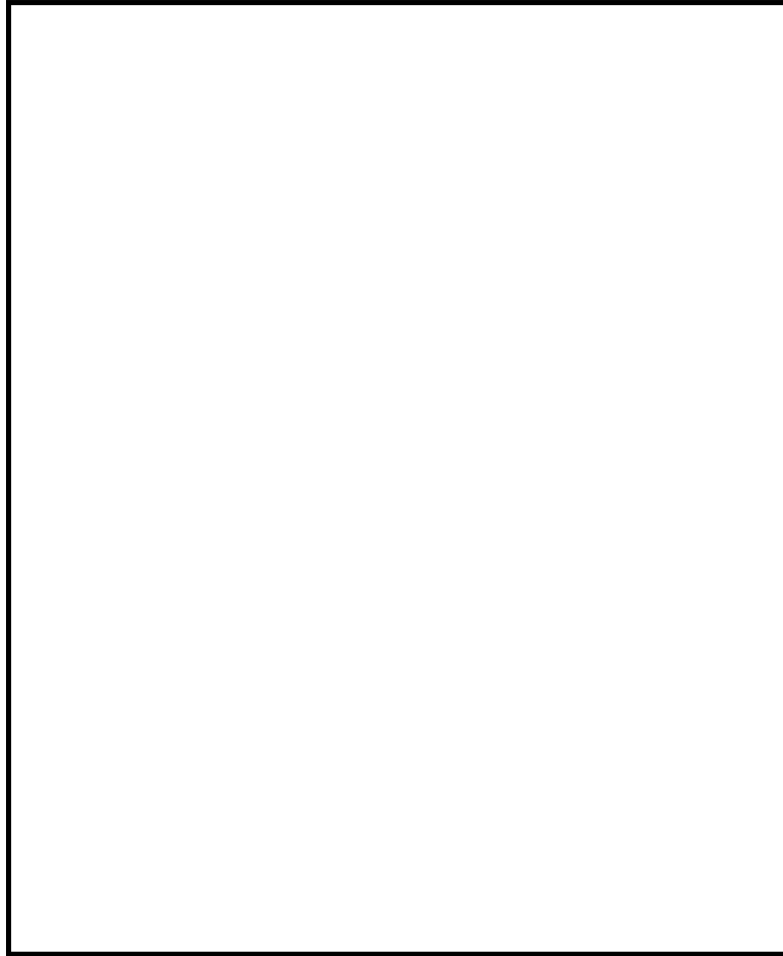
(ハ) パイプ (③)

i. 圧縮応力評価

圧縮応力が、許容圧縮応力以下であることを確認する。



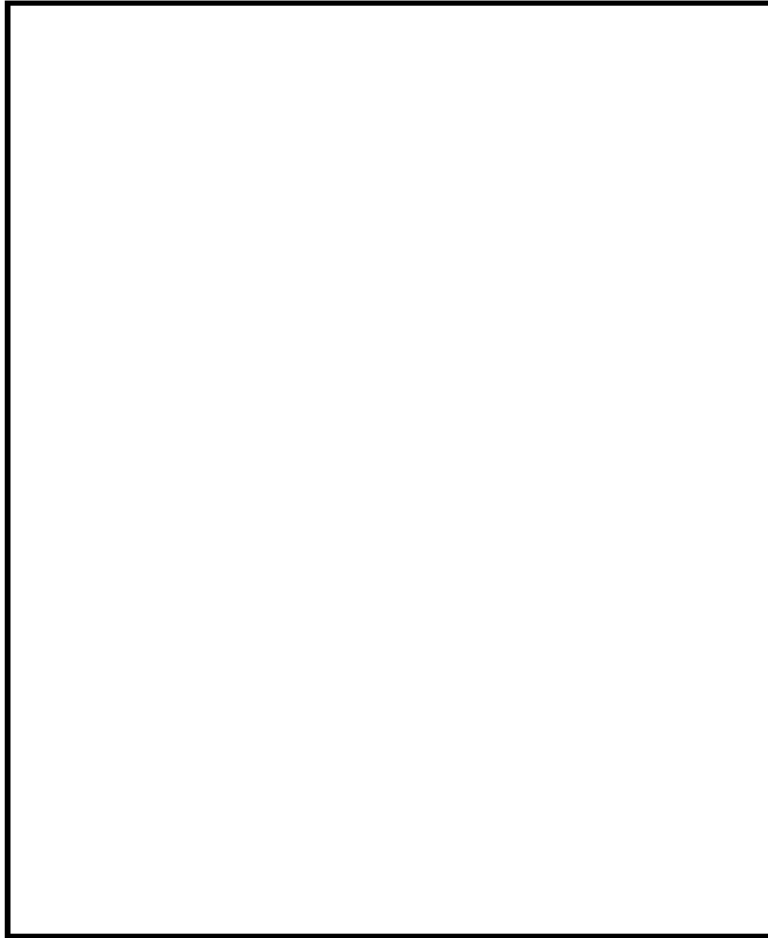
許容圧縮応力



(二) コネクティングパイプ溶接部 (④)

i. せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。



(ホ) コネクティングイヤー (⑤)

i. 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。

ii. せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。

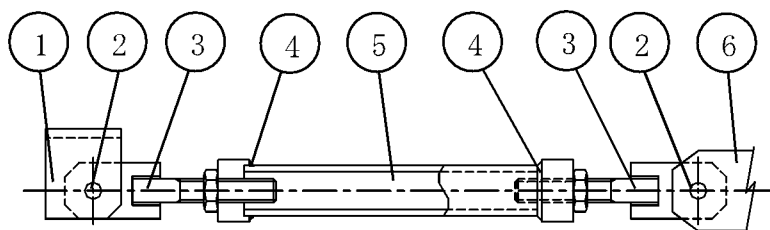
iii. 支圧応力評価

支圧応力が、許容支圧応力以下であることを確認する。

(e) RSAZタイプ

イ. 強度部材

- ①ブラケット、②ピン、③アイボルト、④アジャストナット溶接部、
⑤パイプ、⑥クランプ



ロ. 各部材の計算式

(イ) ブラケット(①) 及びクランプ(⑥)

i. 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。

ii. せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。

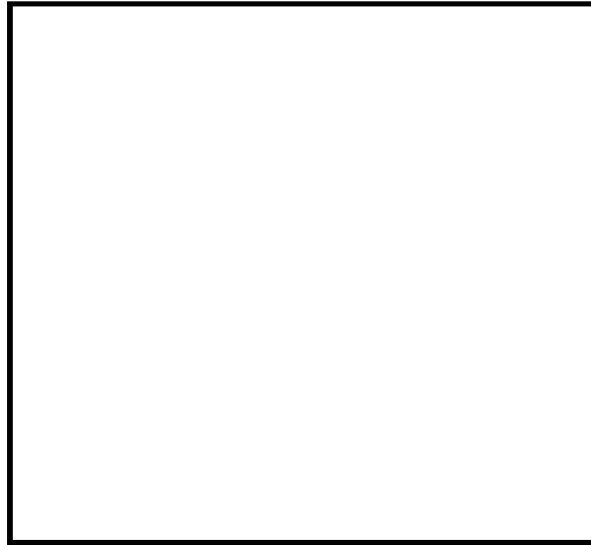
iii. 支圧応力評価

支圧応力が、許容支圧応力以下であることを確認する。

(ロ) ピン (②)

i. せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。



(ハ) アイボルト (③)

i. 穴部

(i) 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。

(ii) せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。

(iii) 支圧応力評価

支圧応力が、許容支圧応力以下であることを確認する。

ii. ボルト溶接部

(i) せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。

iii. ボルト部

(i) 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。

(二) アジャストナット溶接部 (④)

i. パイプ部

(i) せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。



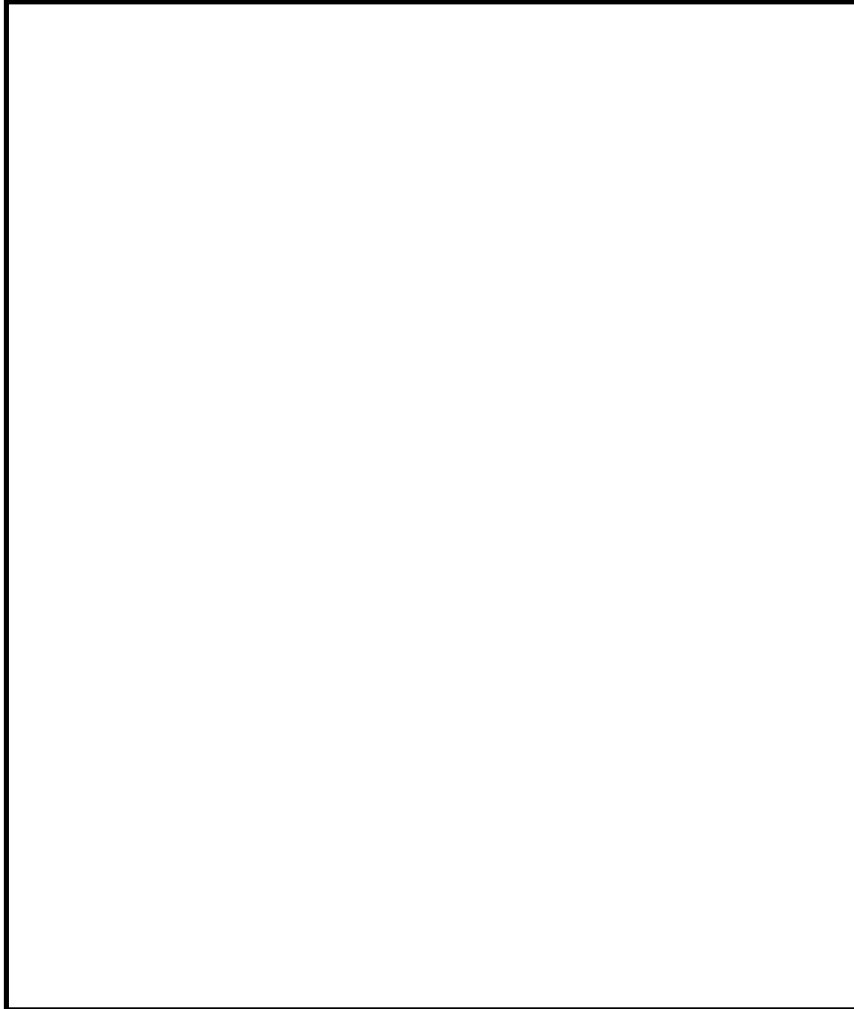
(ホ) パイプ (⑤)

i. 圧縮応力評価

圧縮応力が、許容圧縮応力以下であることを確認する。



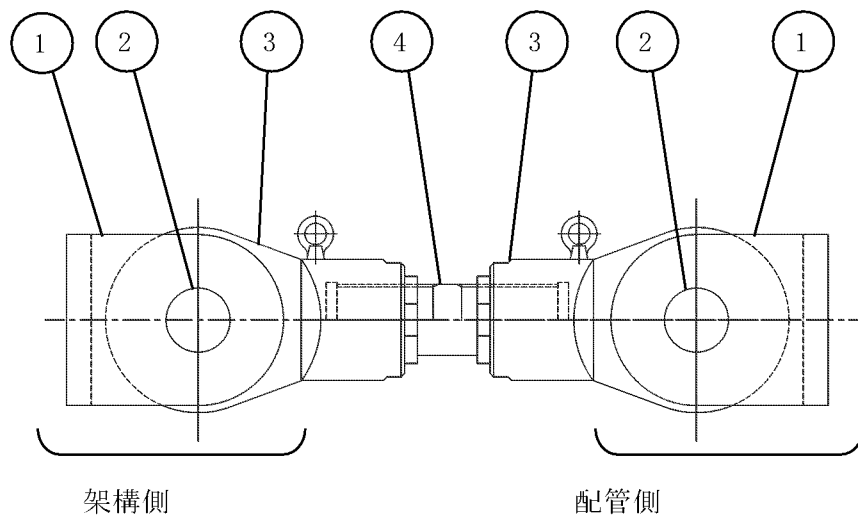
許容圧縮応力



(f) RSAZ-120タイプ

イ. 強度部材

①ブラケット、②ピン、③イーヤ、④ボルト



型式 RSAZ-120

ロ. 各部材の計算式

(イ) ブラケット (①)

i. 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。



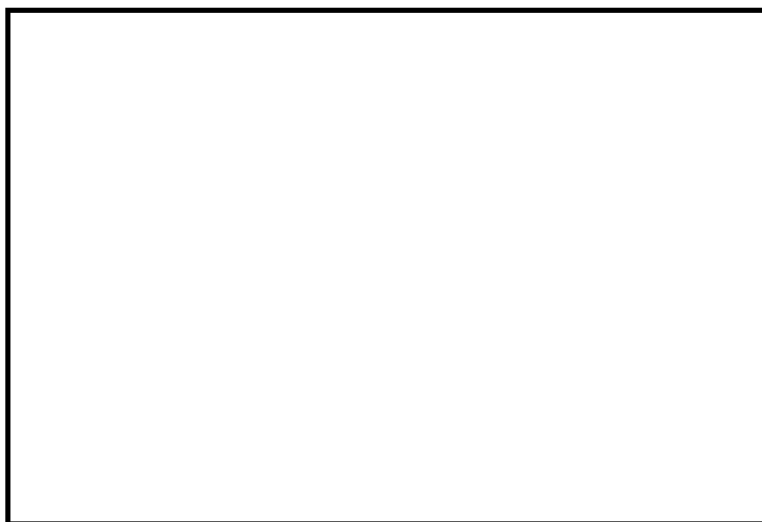
ii. せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。



iii. 支圧応力評価

支圧応力が、許容支圧応力以下であることを確認する。



(ロ) ピン (②)

i. せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。



(ハ) イーヤ (③)

i. 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。

ii. せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。

iii. 支圧応力評価

支圧応力が、許容支圧応力以下であることを確認する。

(二) ボルト (④)

i. ネジ部

(i) 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。



ii. 丸棒部

(i) 圧力応力評価

圧縮応力が、許容圧縮応力以下であることを確認する。

--

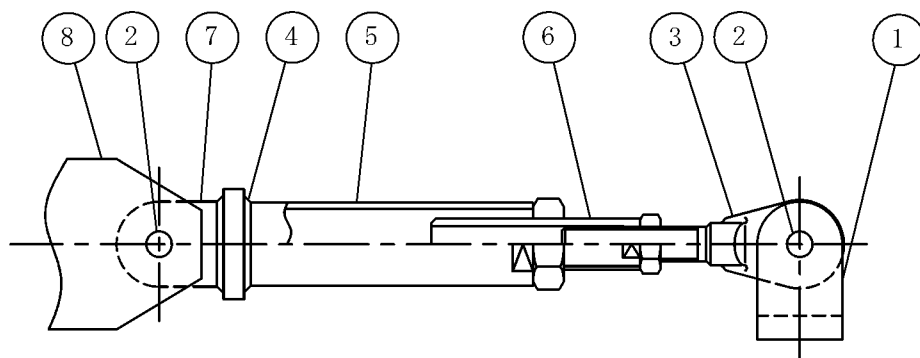
許容圧縮応力

--

(g) RSAM-Aタイプ

イ. 強度部材

- ①ブラケット、②ピン、③スヘリカルアイボルト、
- ④コンロッド溶接部、⑤コンロッド、⑥ターンバックル、⑦イーヤ、
- ⑧クランプ



ロ. 各部材の計算式

(イ) ブラケット (①) 及びクランプ (⑧)

i. 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。



ii. せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。



iii. 支圧応力評価

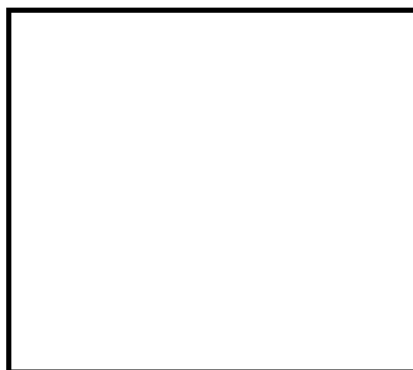
支圧応力が、許容支圧応力以下であることを確認する。



(ロ) ピン (②)

i. せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。



(ハ) スヘリカルアイボルト (③)

i. 穴部

(i) 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。



(ii) せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。



(iii) 支圧応力評価

支圧応力が、許容支圧応力以下であることを確認する。



ii. ボルト部

(i) 引張応力評価

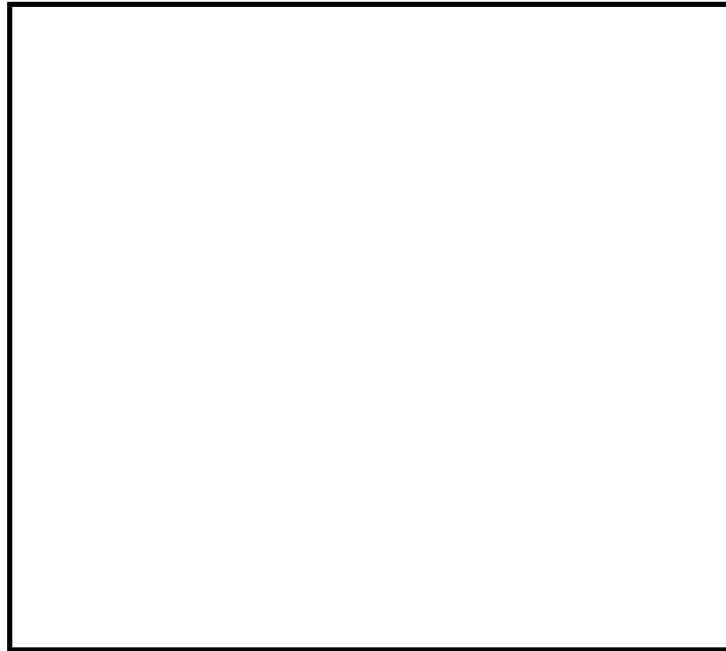
引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。



(二) コンロッド溶接部 (④)

i. せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。



(ホ) コンロッド (⑤)

i. 圧縮応力評価

圧縮応力が、許容圧縮応力以下であることを確認する。

--

許容圧縮応力

--

(へ) ターンバックル (⑥)

i. 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。



(ト) イーヤ (⑦)

i. 穴部

(i) 引張応力評価

引張応力が、許容引張応力以下であることを確認する。



(ii) せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。



(iii) 支圧応力評価

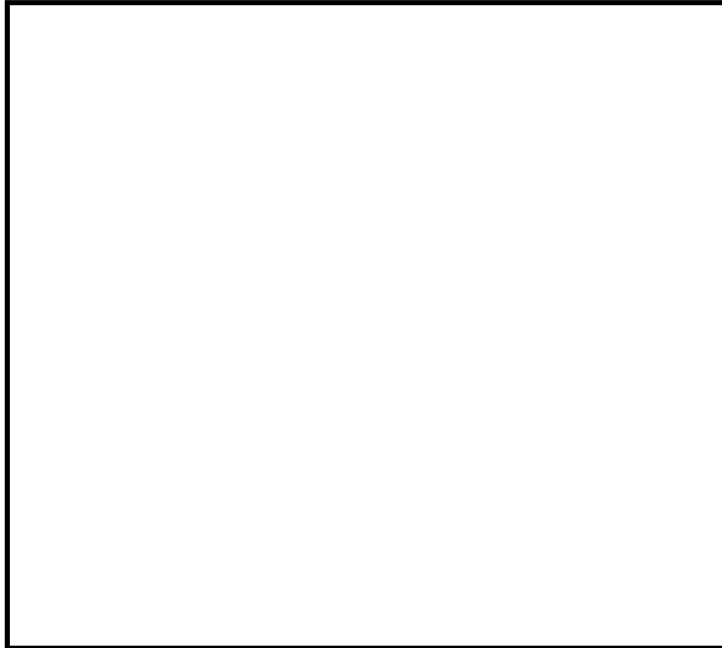
支圧応力が、許容支圧応力以下であることを確認する。



ii. 溶接部

(i) せん断応力評価

せん断応力が、許容せん断応力以下であることを確認する。



b. ラグ

(a) 評価部位

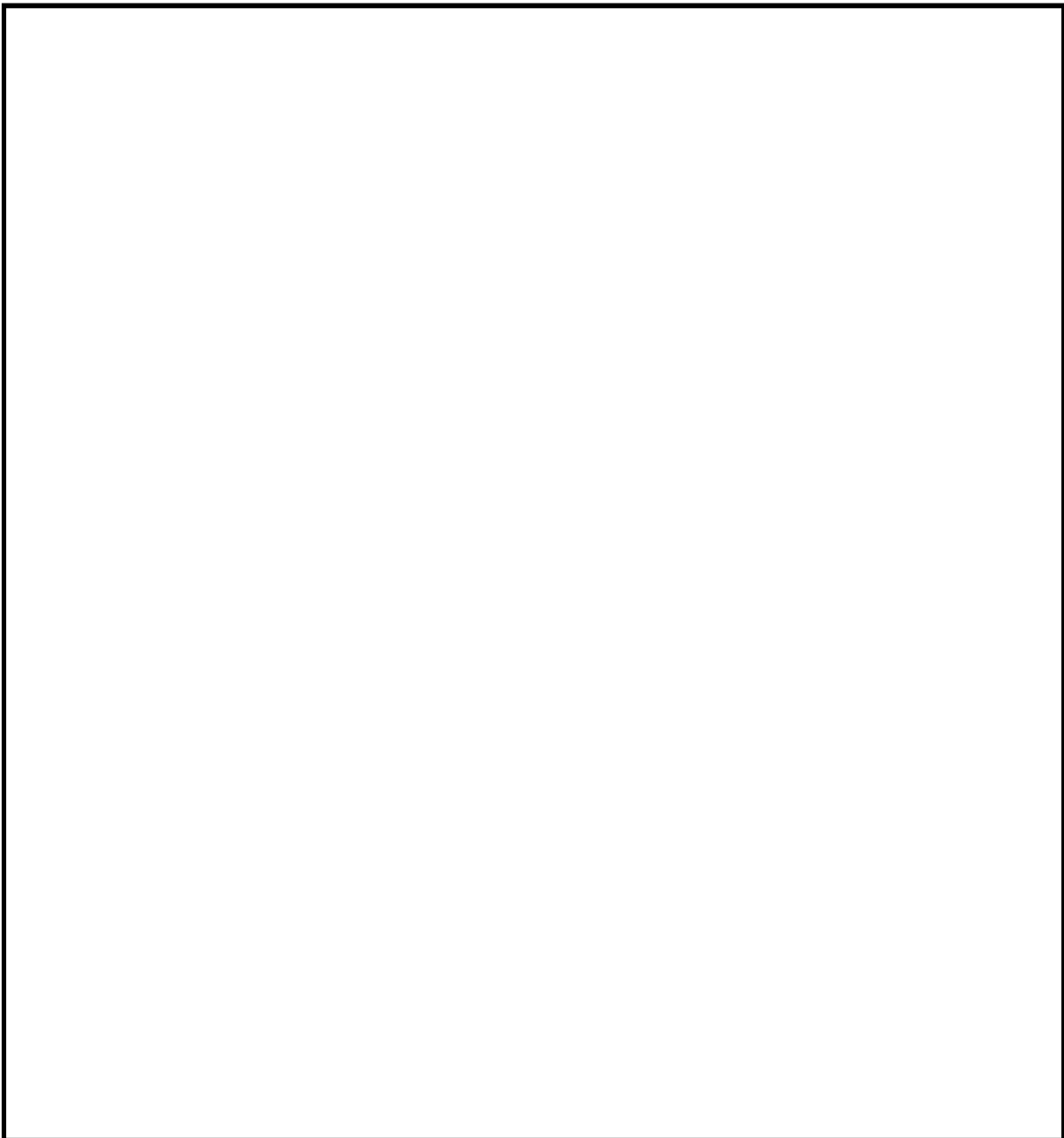
- イ. パッドと配管の溶接部
- ロ. パッドと角形鋼管の溶接部
- ハ. 角形鋼管
- ニ. 角形鋼管と底板の溶接部

(b) 各評価部位の計算式

- イ. パッドと配管の溶接部

発生応力は、次の計算式により求める。

円周部の長さについては、安全側に管の直径とする。

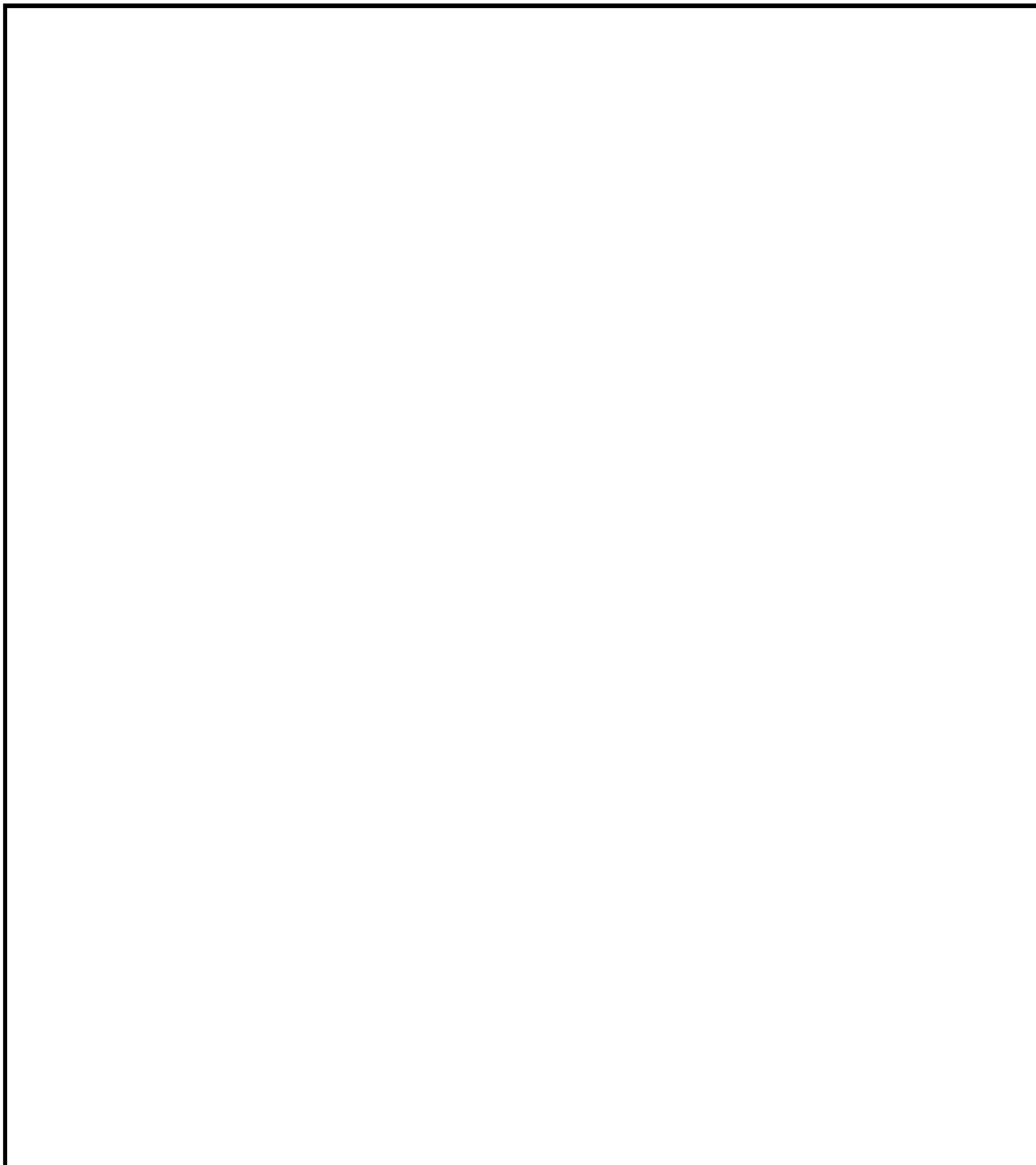


ロ. パッドと角形鋼管の溶接部

発生応力は、次の計算式により求める。

(イ) すみ肉溶接

パッド溶接部の応力は、溶接のど厚にて評価する。

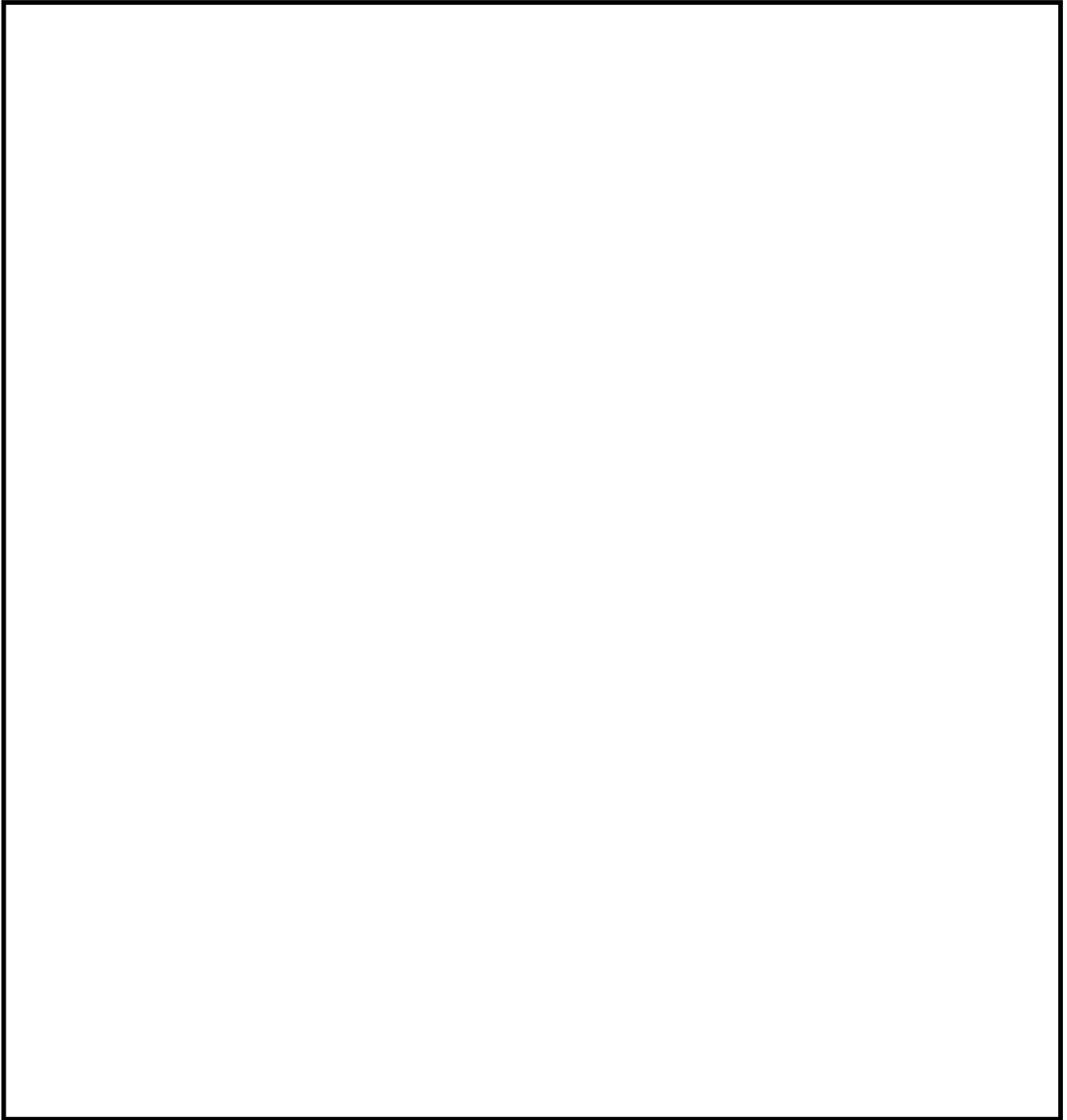


評価は、次が成立することを確認する。



(ロ) 突合せ溶接

角形鋼管の断面積及び断面係数を算出して評価を行う。



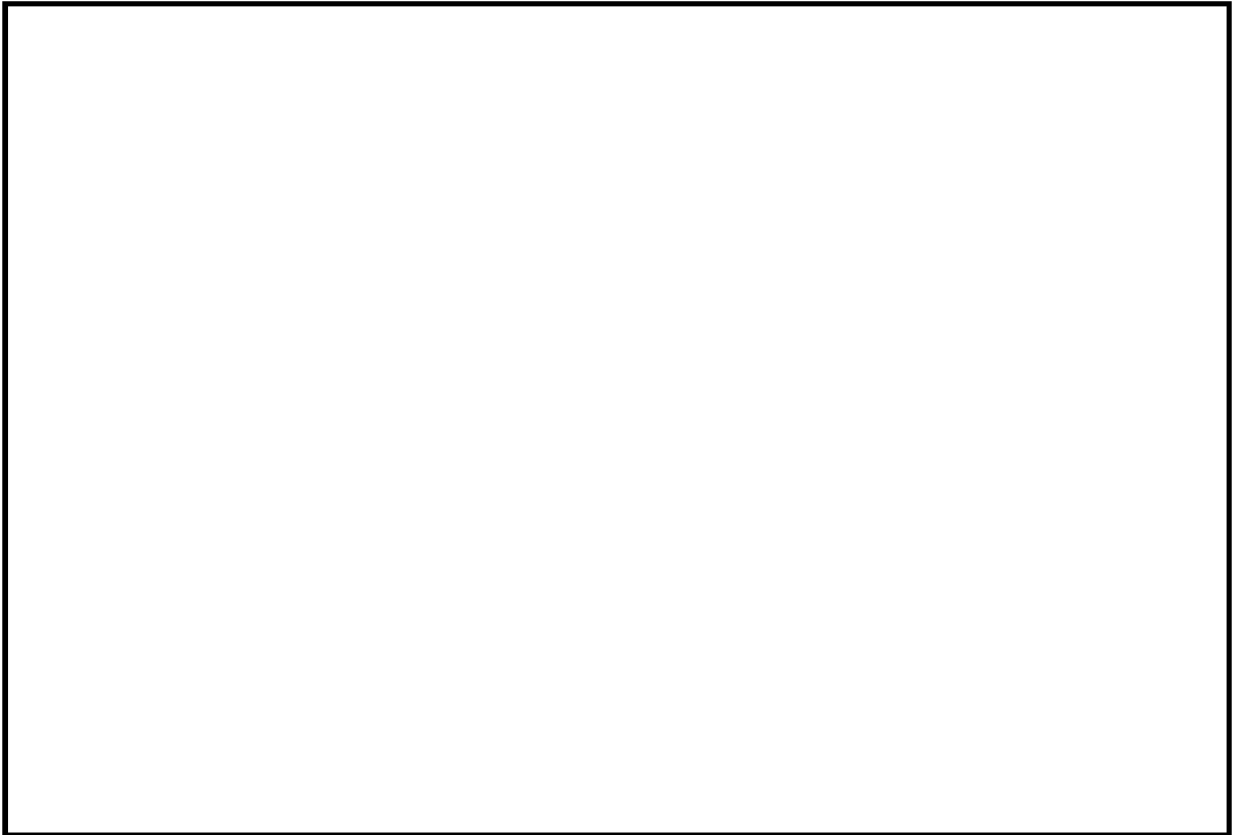
評価は、次が成立することを確認する。



ハ. 角形鋼管

発生応力は、次の計算式により求める。

角形鋼管の断面積及び断面係数を算出して評価を行う。



評価は、次が成立することを確認する。

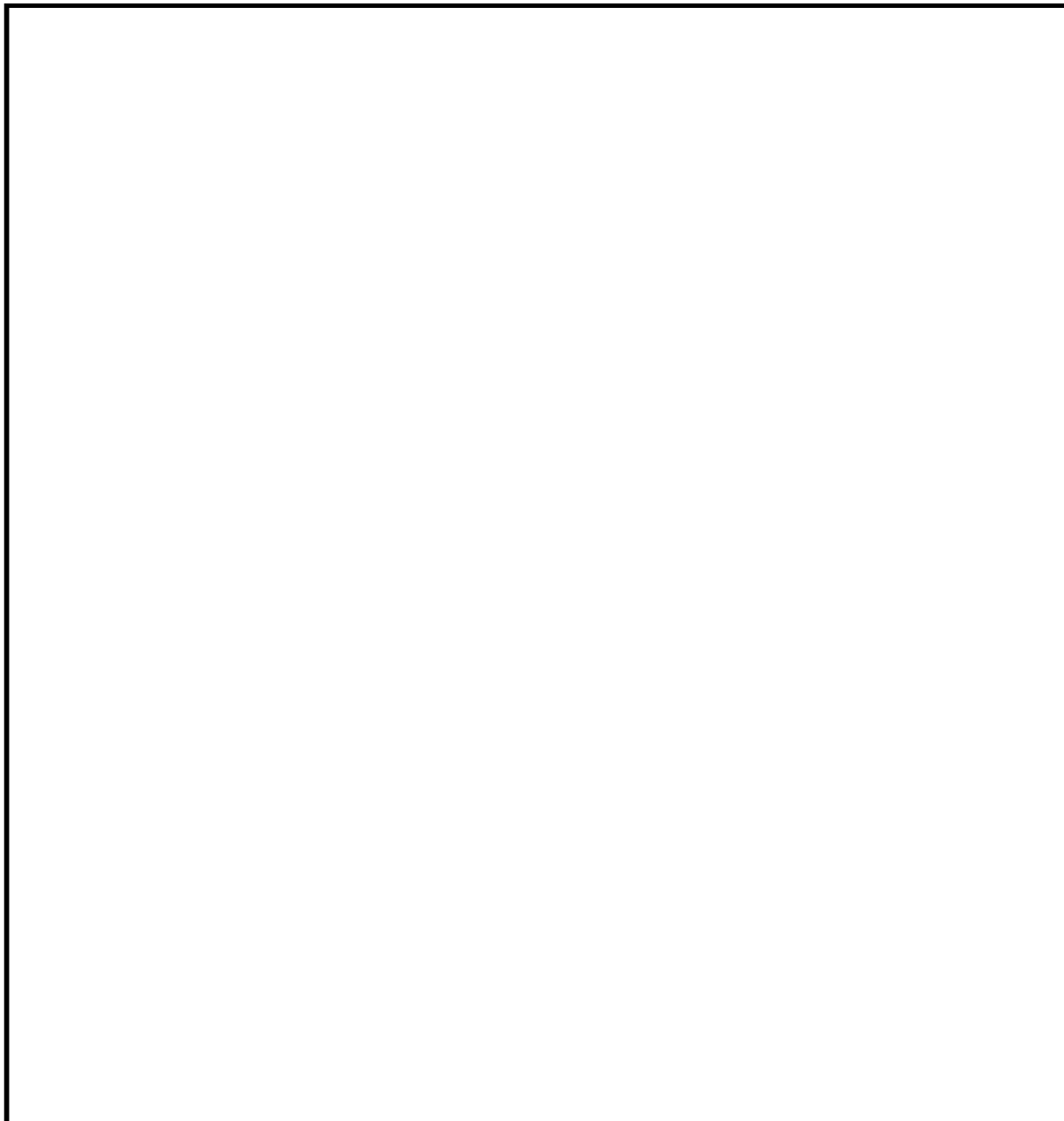


二. 角形鋼管と底板の溶接部

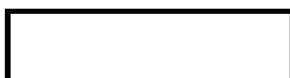
(イ) すみ肉溶接

発生応力は、次の計算式により求める。

角形鋼管と底板の溶接部の応力は、溶接のど厚にて評価する。

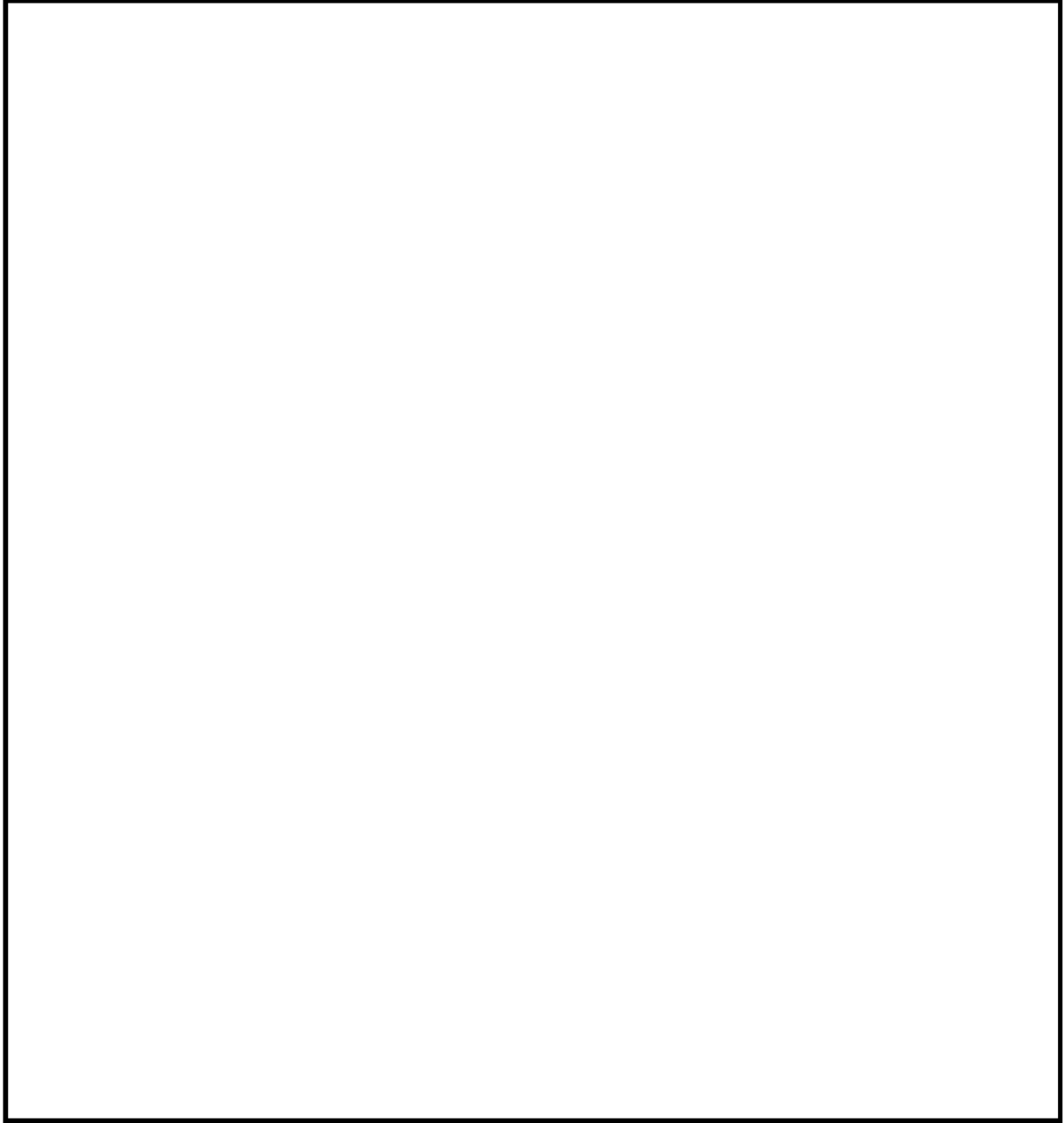


評価は、次が成立することを確認する。



(ロ) 突合せ溶接

角形鋼管の断面積及び断面係数を算出して評価を行う。



評価は、次が成立することを確認する。



c. Uボルト

(a) 小口径配管用Uボルト

小口径配管用Uボルトには、せん断方向荷重及び引張方向荷重による引張応力が発生する。また、安全側にせん断方向荷重によるせん断応力が同時に発生するとして評価を行う。発生応力は、次の計算式により求める。



評価は、次に示すとおり引張及びせん断応力が許容応力以下であることを確認する。



(b) 中口径配管用Uボルト

中口径配管用Uボルトには、座金又はストッパーを設けて支持する。Uボルトには引張方向荷重による引張応力及びせん断方向荷重によるせん断応力が発生するとして評価を行う。発生応力は、次の計算式により求める。

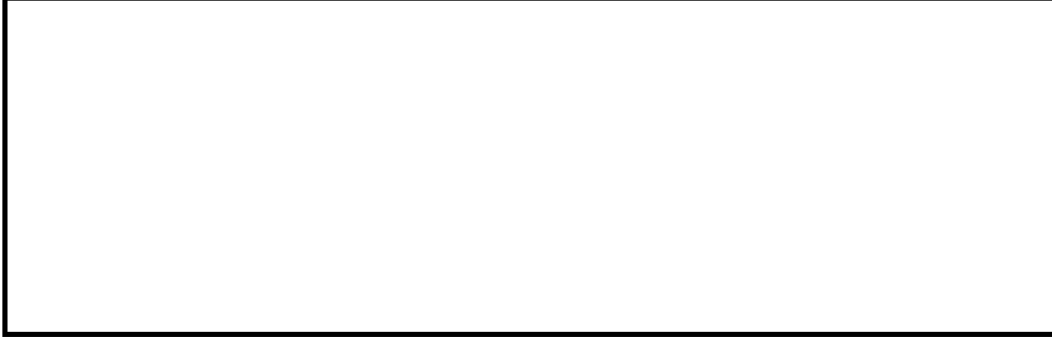


評価は、次に示すとおり引張及びせん断応力が許容応力以下であることを確認する。



d. Uバンド

Uバンドのボルトには、せん断方向荷重及び軸方向荷重によるせん断応力並びに引張方向荷重により引張応力が発生する。Uバンドのパイプバンドには、引張方向荷重により曲げ応力が発生する。発生応力は、次の計算式により求める。



評価は、次に示す引張、せん断及び曲げ応力が許容応力以下であることを確認する。

(a) ボルトの評価



(b) パイプバンドの評価



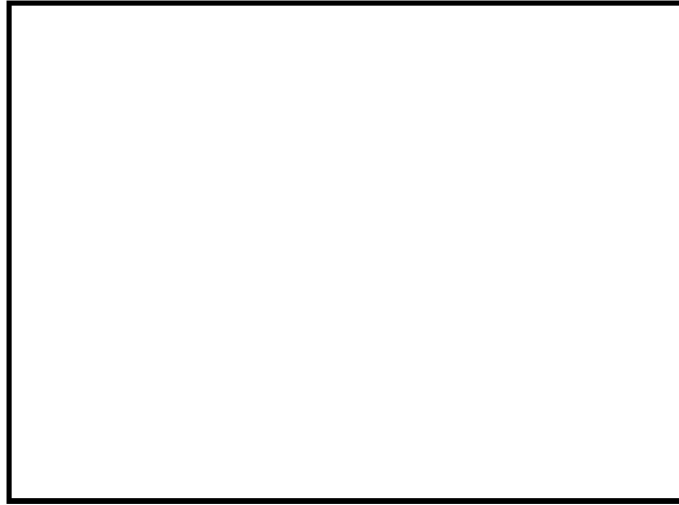
なお、Uバンドの軸方向荷重に対する許容荷重は、ボルトの締付けトルクから決まる摩擦力に等しい。従って、Uバンドの軸方向の許容荷重は、次の計算式で表され、軸方向荷重が軸方向の許容荷重以下であることを確認する。



e. 支持架構

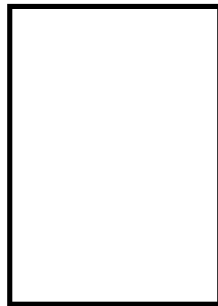
(a) 構造の代表例

支持架構の代表例として門型形状の支持架構について応力の計算式を示す。



(b) 各鋼材の計算式

支持架構の耐震評価は、配管から受ける設計荷重を用いて構造計算により最大発生応力を算出する。発生応力は、次の計算式により求める。



評価は、次に示す組合せ応力が許容応力以下であることを確認する。



4.3 支持装置の選定

4.3.1 選定方法

(1) ロッドレストレイント

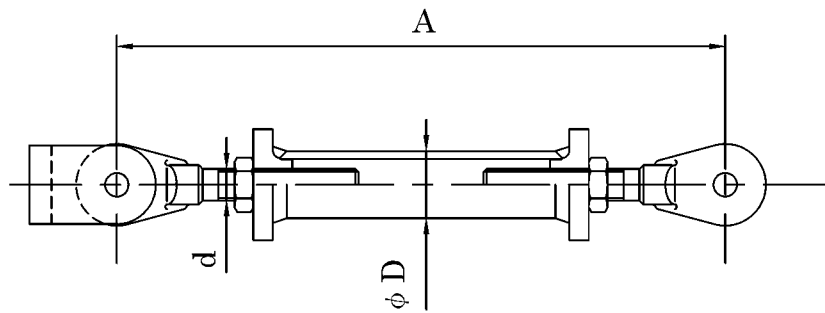
ロッドレストレイントは、地震荷重、自重、熱膨張荷重及び機械的荷重を拘束することを目的として、支持点に発生する設計荷重に基づき、第4-4表「ロッドレストレイントの選定表（定格荷重）」の定格荷重を超えない範囲で近いものを選定する。なお、型式及び定格荷重は代表的なものであり、記載のない型式であっても、同様に設計されている定格荷重により選定を行うものとする。主要寸法を、第4-5表「ロッドレストレイント主要寸法表」に示す。

第4-4表 ロッドレストレイントの選定表（定格荷重）

型 式	定格荷重 (kN)
06	6
1	10
3	30
6	60
10	100
16	160
25	250
40	400
60	600

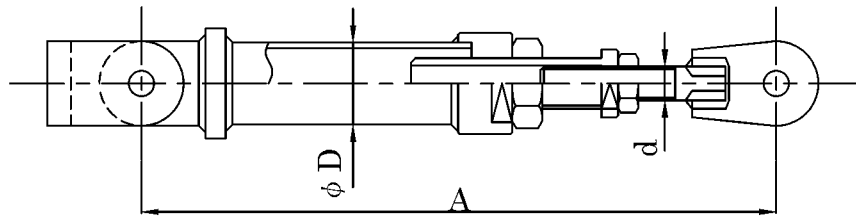
第4-5表 (1/5) ロッドレストレイント主要寸法表 (RSA)

型 式	定格 荷重 (kN)	主要寸法 (mm)			
		A		D	d
		最 小	最 大		
06	6	450	1,750	34.0	20
1	10	450	2,000	42.7	20
3	30	520	2,400	60.5	30
6	60	550	2,700	76.3	36
10	100	650	2,950	89.1	42
16	160	720	3,400	114.3	56
25	250	770	3,800	139.8	64
40	400	1,050	2,000	165.2	72
60	600	1,050	1,500	210.0	90



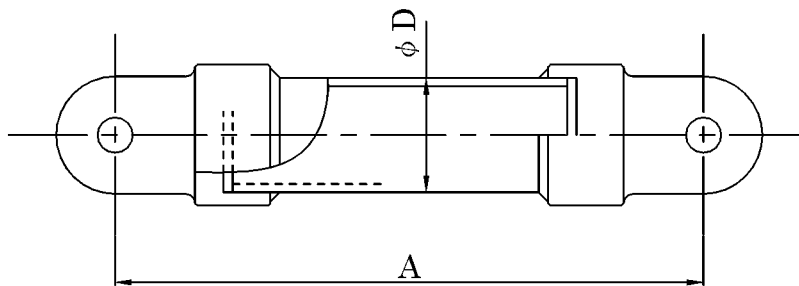
第4-5表(2/5) ロッドレストレイント主要寸法表(RSAM)

型 式	定格 荷重 (kN)	主要寸法 (mm)			
		A		D	d
		最 小	最 大		
06	6	240	445	34.0	12
1	10	300	445	48.6	20
3	30	365	515	60.5	30
6	60	400	545	76.3	36



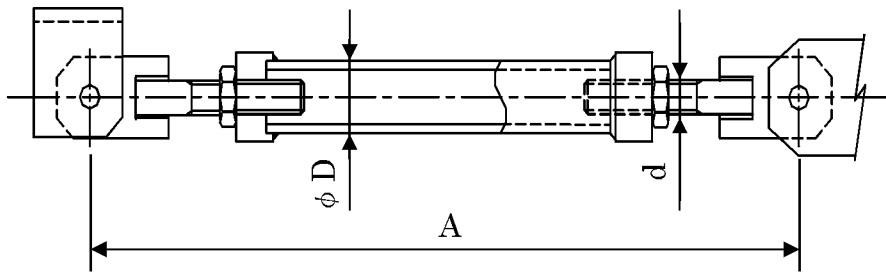
第4-5表 (3/5) ロッドレストレイント主要寸法表 (RTS)

型 式	定格 荷重 (kN)	主要寸法 (mm)		
		A		D
		最 小	最 大	
06	6	275	1,750	34.0
1	10	275	2,000	42.7
3	30	325	2,400	60.5
6	60	340	2,700	76.3
10	100	390	2,950	89.1
16	160	420	3,400	114.3
25	250	460	3,800	139.8



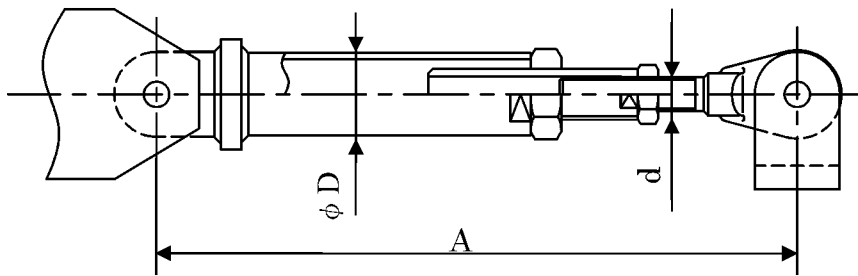
第4-5表(4/5) ロッドレストレイント主要寸法表(RSAZ)

型 式	定格 荷重 (kN)	主要寸法 (mm)			
		A		D	d
		最 小	最 大		
06	6	—	1,750	34	20
1	10	450	2,000	42.7	20
3	30	520	2,400	60.5	30
6	60	550	2,700	76.3	36
10	100	650	2,950	89.1	42
25	250	—	3,800	139.8	64



第4-5表(5/5) ロッドレストレイント主要寸法表(RSAM-A)

型 式	定格 荷重 (kN)	主要寸法 (mm)			
		A		D	d
		最 小	最 大		
6	60	340	405	75	36



(2) ラグ

ラグは、支持点に発生する設計荷重に基づき、第4-6表「標準ラグ（角型）の選定表」の最大使用荷重を超えない範囲で近いものを選定する。

最大使用荷重を超える場合でも個別の耐震評価により、適用性の確認を行うことが可能である。さらに、個別評価でも厳しいケースでは構造の見直しを行う。なお、型式及び最大使用荷重は代表的なものであり、記載のない型式であっても、同様に設計されている最大使用荷重により選定を行うものとする。

主要寸法を、第4-7表「標準ラグ（角型）主要寸法表」に示す。

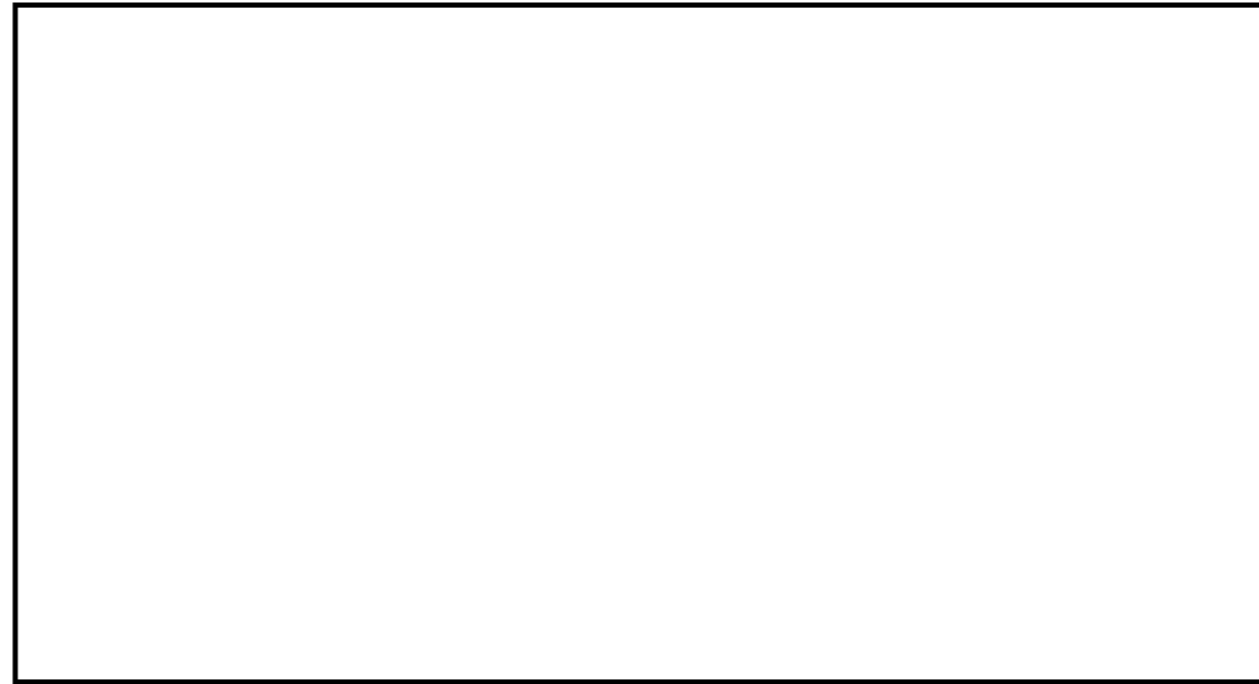
第4-6表 標準ラグ（角型）の選定表

型番	最大使用荷重 ^(注)	
	Fx、Fy、Fz (N)	Mx、My、Mz (N・m)
S-3		
S-4		
S-6		
S-8		
S-10		
S-12		
S-14		
S-16		
S-18		
S-20		
S-22		
S-24		
S-26		
S-28		

(注) 最大使用荷重は、Fx、Fy及びFzは同一の値とする。

また、Mx、My及びMzについても同一の値とする。

第4-7表 標準ラグ（角型）主要寸法表



(単位：mm)

型番	母管外径	パッド寸法		パッド厚さ	ラ グ			底 板			距 離	溶接脚長			
	D	\varnothing_1	\varnothing_2	t_1	\varnothing_3	\varnothing_4	t_2	\varnothing_5	\varnothing_6	t_3	H	h_1	h_2	h_3	h_4
S-3															
S-4															
S-6															
S-8															
S-10															
S-12															
S-14															
S-16															
S-18															
S-20															
S-22															
S-24															
S-26															
S-28															

(3) Uボルト

Uボルトは、標準支持間隔における地震時の最大設計荷重に基づき構造を決めている。従って、配管口径に合わせて、第4-8表「標準Uボルトの選定表」の中から選定することで適用可能である。最大使用荷重は、参考値であり、超えた場合でも耐震評価を実施して適用性の確認を行うことが可能である。型式及び最大使用荷重は代表的なものであり、記載のない型式であっても、同様に設計されている最大使用荷重により選定を行うものとする。主要寸法を、第4-9表「標準Uボルト主要寸法表」に示す。

第4-8表 標準Uボルトの選定表

(単位：kN)

型 式	呼び径 (B)	Uボルト サイズ	ストッパー の有無	最大使用荷重	
				P ^(注1)	Q ^(注1)
1	1/2				
	3/4				
	1				
2	1-1/4				
	1-1/2				
	2				
	2-1/2				
	3				
3	4				
	5				
	6				
	8				
4	10				
	12				
	14				
	16				
	18				
	20				
	22				
	24				
	28				
	28				
30					
36					

(注1) P：引張方向荷重

Q：せん断方向荷重

(注2) WはUボルト2個使用を示す。

第4-9表 標準Uボルト主要寸法表



(単位：mm)

型 式	呼び径 (B)	管外径 D	Uボルト寸法 A
1	1/2		
	3/4		
	1		
2	1-1/4		
	1-1/2		
	2		
	2-1/2		
	3		
3	4		
	5		
	6		
	8		
4	10		
	12		
	14		
	16		
	18		
	20		
	22		
	24		
	28		
30			
	36		

(4) Uバンド

Uバンドは、標準支持間隔における地震時の最大設計荷重に基づき構造を決めている。従って、配管口径に合わせて、第4-10表「標準Uバンドの選定表」の中から選定することで適用可能である。最大使用荷重は、参考値であり、超えた場合でも耐震評価を実施して適用性の確認を行うことが可能である。型式及び最大使用荷重は代表的なものであり、記載のない型式であっても、同様に設計されている最大使用荷重により選定を行うものとする。主要寸法を、第4-11表「標準Uバンド主要寸法表」に示す。

第4-10表 標準Uバンドの選定表

(単位：kN)

呼び径 (B)	パイプバンド厚さ (mm)	ボルト サイズ	最大使用荷重		
			P ^(注)	Q ^(注)	F ^(注)
1/2					
3/4					
1					
1-1/2					
2					
2-1/2					
3					

(注) P：引張方向荷重

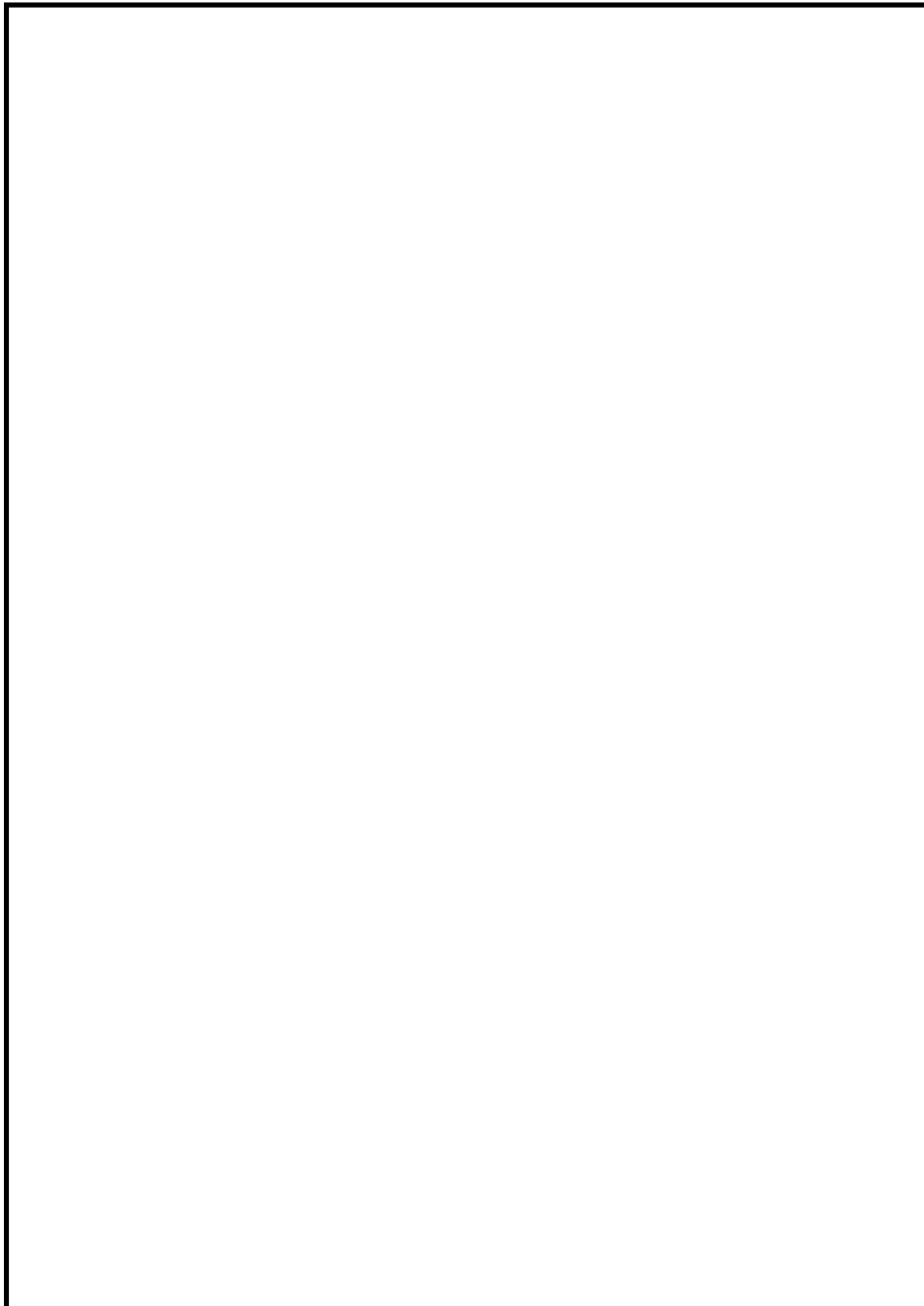
Q：せん断方向荷重

F：配管軸方向荷重

第4-11表 標準Uバンド主要寸法表

(単位：mm)

呼び径 (B)	管外径 D	パイプバンド			ボルト サイズ	締付トルク (N・m)
		R	A	t		
1/2	21.7					
3/4	27.2					
1	34.0					
1-1/2	48.6					
2	60.5					
2-1/2	76.3					
3	89.1					



4.4 支持架構の選定

支持架構に用いる標準的な鋼材表を、第4-12表「鋼材表」に示す。また、基本構造を、第4-13表「基本構造一覧表」に示す。本表に記載する鋼材の中から個々の条件に応じて単独又は組合せで使用するが、同等以上の強度を持つ他の鋼材も使用可能とする。

第4-12表 鋼材表

順位	形状	断面二次モーメント (cm ⁴)		単位質量 (kg/m)
		I _x	I _y	
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				

(注) 表中の方向は、I_x：強軸、I_y：弱軸方向を示す。

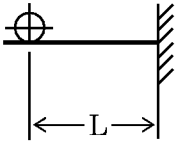
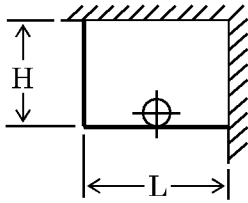
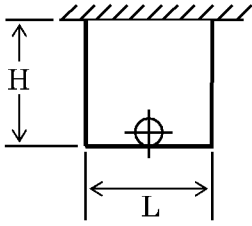
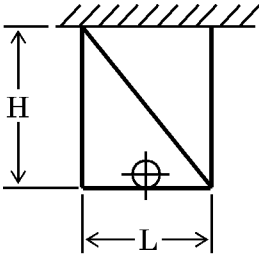
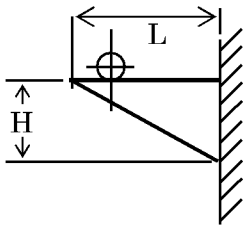
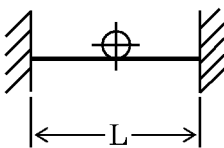
L：山形鋼

C：溝形鋼

□：角形鋼

H：H形鋼

第4-13表 基本構造一覽表

タイプ-1	タイプ2
	
タイプ3	タイプ4
	
タイプ-5	タイプ-6
	

4.5 埋込板の耐震計算方法

4.5.1 概要

支持装置及び支持架構用の埋込板について、十分な耐震性を有することを確認するための方法を示す。

4.5.2 適用基準

耐震計算は、JEAG 4601に基づき実施する。

4.5.3 応力評価の方針

(1) 基本事項

応力評価は、支持架構にあわせて許容応力状態Ⅲ_AS及びⅣ_ASにおける発生荷重を許容応力Ⅲ_AS相当に換算した設計荷重を用いて、許容応力以下であることを確認する。なお許容応力は、許容応力状態Ⅲ_ASのものを用いて実施する。

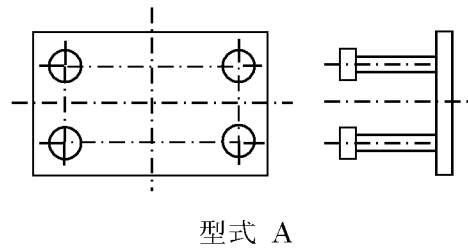
評価は、埋込板の強度部材である次の部位について実施する。

- a. ベースプレート
- b. スタッドジベル
- c. コンクリート

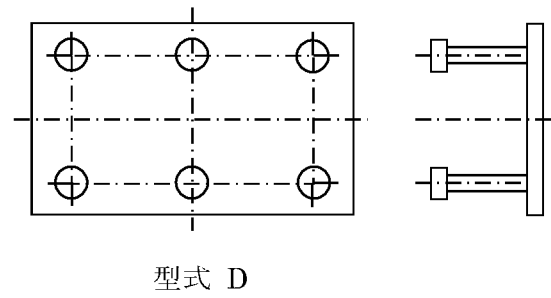
配管及び弁の支持装置及び支持架構用の埋込板には、ベースプレートの寸法及びスタッドジベルの寸法の違いにより複数種類存在するが、第4-1図「標準埋込金物の例」に示す標準的な型式A、D、E、特型の4種類に対する耐震評価を実施する。

コンクリートの評価は、JEAG 4601の「機器・配管系のアンカー部評価法」に基づき耐震計算を実施することとし、ベースプレート及びスタッドジベルの評価は、設計荷重を負荷した場合のこれらの力の釣合いから耐震計算を実施する。

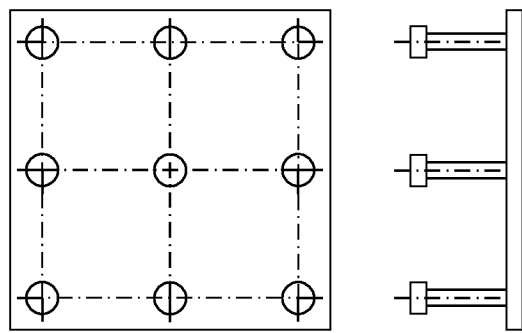
なお、埋込板の最大使用荷重は、ベースプレート、スタッドジベル及びコンクリートのうち評価上最も厳しい部位で決める。



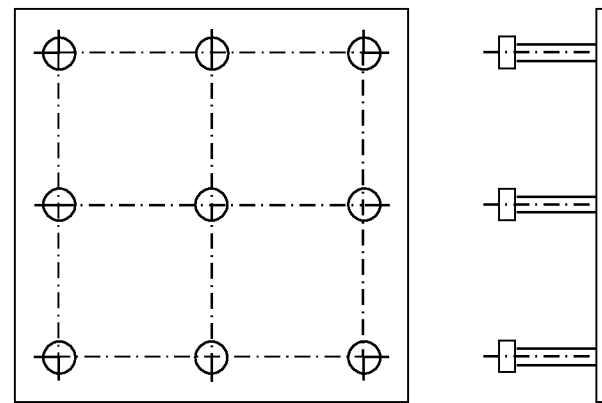
型式 A



型式 D



型式 E



型式 特型

第4-1図 標準埋込金物の例

(2) 許容応力と許容荷重

埋込板に適用する各許容応力状態に対する許容応力及び許容荷重を、第4-14表「許容応力と許容荷重」に示す。

第4-14表(1/2) 許容応力と許容荷重

許容応力 状態	ベース プレート	スタッドジベル		コンクリート		
	曲げ応力 (MPa)	引張応力 ^(注2) (MPa)	せん断応力 (MPa)	引張荷重 ^(注2) (N)	せん断荷重 (N)	圧縮応力 (MPa)
I _A 、II _A	f_b	F_t	F_s	$0.3 \times 0.31 \times A_c \sqrt{F_c}$	$0.4 \times 0.5_{sc} A \sqrt{E_c \cdot F_c}$	$\frac{F_c}{3}$
III _A III _{AS}	$1.5f_b$	$1.5f_t$	$1.5f_s$	$0.45 \times 0.31 \times A_c \sqrt{F_c}$	$0.6 \times 0.5_{sc} A \sqrt{E_c \cdot F_c}$	$2 \times \frac{F_c}{3}$
IV _A IV _{AS}	$1.5f_b^*$	$1.5f_t^*$	$1.5f_s^*$	$0.6 \times 0.31 \times A_c \sqrt{F_c}$	$0.8 \times 0.5_{sc} A \sqrt{E_c \cdot F_c}$	$0.75 \times F_c$

(注1) $1.5f_b^*$ 、 $1.5f_t^*$ 及び $1.5f_s^*$ はJSME S NC1, SSB-3121.3による。

(注2) 埋込板の評価では、コンクリート支圧による許容荷重が引張荷重による許容荷重より大きいことから、引張荷重を許容荷重として設定する。

(注3) 許容値は、常温における物性値を用いて算出する。

第4-14表(2/2) 許容応力と許容荷重 (基準強度)

材 質	F (MPa)	F _c (MPa)
SS400 シリコンキルド鋼または アルミキルド鋼 ^(注)		
コンクリート		

(注) スタッドジベルの材質は、シリコンキルド鋼またはアルミキルド鋼を用い、許容応力は「頭付きスタッド」(JIS B 1198-1995)に記載の値を使用する。

4.5.4 埋込板の耐震計算式

(1) 記号の定義

埋込板の耐震計算で使用する記号を次に示す。

	記号	単位	定義
埋込板の耐震計算に使用するもの	A_c	mm^2	コンクリートのコーン状破壊面の有効投影面積
	a_t	mm^2	片側スタッドジベルの断面積
	B	mm	ベースプレートの矩形短辺側の長さ
	D	mm	ベースプレートの矩形長辺側の長さ
	d_t	mm	スタッドジベルからベースプレート端までの距離
	E_c	MPa	コンクリートの縦弾性係数
	e	mm	偏心距離
	F	MPa	ベースプレート及びスタッドジベルの基準許容応力
	F_A	N	軸方向荷重
	F_c	MPa (kgf/cm^2)	コンクリートの設計基準強度
	F_x	N	X軸方向の荷重
	F_y	N	Y軸方向の荷重
	F_z	N	Z軸方向の荷重
	f_b	MPa	ベースプレートの許容曲げ応力
	f_s	MPa	スタッドジベルの許容せん断応力
	f_t	MPa	スタッドジベルの許容引張応力
	H	mm	支持架構の幅
	L	mm	スタッドジベル間最大距離
	M	$\text{N}\cdot\text{mm}$	曲げモーメント
	M_x	$\text{N}\cdot\text{mm}$	X軸回りのモーメント
M_y	$\text{N}\cdot\text{mm}$	Y軸回りのモーメント	
M_z	$\text{N}\cdot\text{mm}$	Z軸回りのモーメント	
N	本	スタッドジベルの全本数	

	記号	単位	定義
埋込板の耐震計算に使用するもの	N'	本	スタッドジベルの片側本数
	n	—	ボルトの縦弾性係数とコンクリートの縦弾性係数との比
	P	N	コンクリートのコーン状破壊における引張荷重
	$P_{c a}$	N	コンクリートのコーン状破壊における許容引張荷重
	Q	N	スタッドジベルのせん断荷重
	$s_c A$	mm ²	スタッドジベル1本当たりの断面積
	t	mm	ベースプレートの板厚
	U	mm	支持金物の圧縮側柱面からベースプレート端までの距離
	X_n	mm	圧縮側最外端部から中立軸までの距離
	Z_t	N	スタッドジベルの引張力
	η	mm ²	ベースプレートの曲げ応力評価式に用いる係数 ($a_t \cdot n$)
	σ_b	MPa	スタッドジベルの引張応力
	σ_c	MPa	コンクリートの圧縮応力
	$\sigma_{p c}$	MPa	ベースプレートの圧縮側の曲げ応力
	$\sigma_{p t}$	MPa	ベースプレートの引張側の曲げ応力
τ_b	MPa	スタッドジベルのせん断応力	

(2) 耐震計算

埋込板には、支持架構より次の荷重が作用する。

- a. 軸方向荷重
- b. 曲げモーメント
- c. せん断荷重
- d. 回転モーメント

以上の荷重により、

- (a) ベースプレートには、a項とb項の荷重の組合せにより、曲げ応力が発生する。
- (b) スタッドジベルには、a項とb項の荷重の組合せにより、引張応力が発生する。
また、c項とd項の荷重の組合せにより、せん断応力が発生する。
- (c) コンクリートには、a項とb項の荷重の組合せにより、引張応力が発生する。

発生応力及び発生荷重は、「鉄骨柱脚部の力学性状に関する実験的研究（軸圧縮力と曲げモーメントを受ける場合）」（日本建築学会（1982年））に基づき、次の計算式により求める。

イ. ベースプレートの計算式

(イ) ベースプレートの圧縮側の曲げ応力

ここで

(ロ) ベースプレートの引張側の曲げ応力

ロ. スタッドジベルの計算式

(イ) スタッドジベルの引張応力

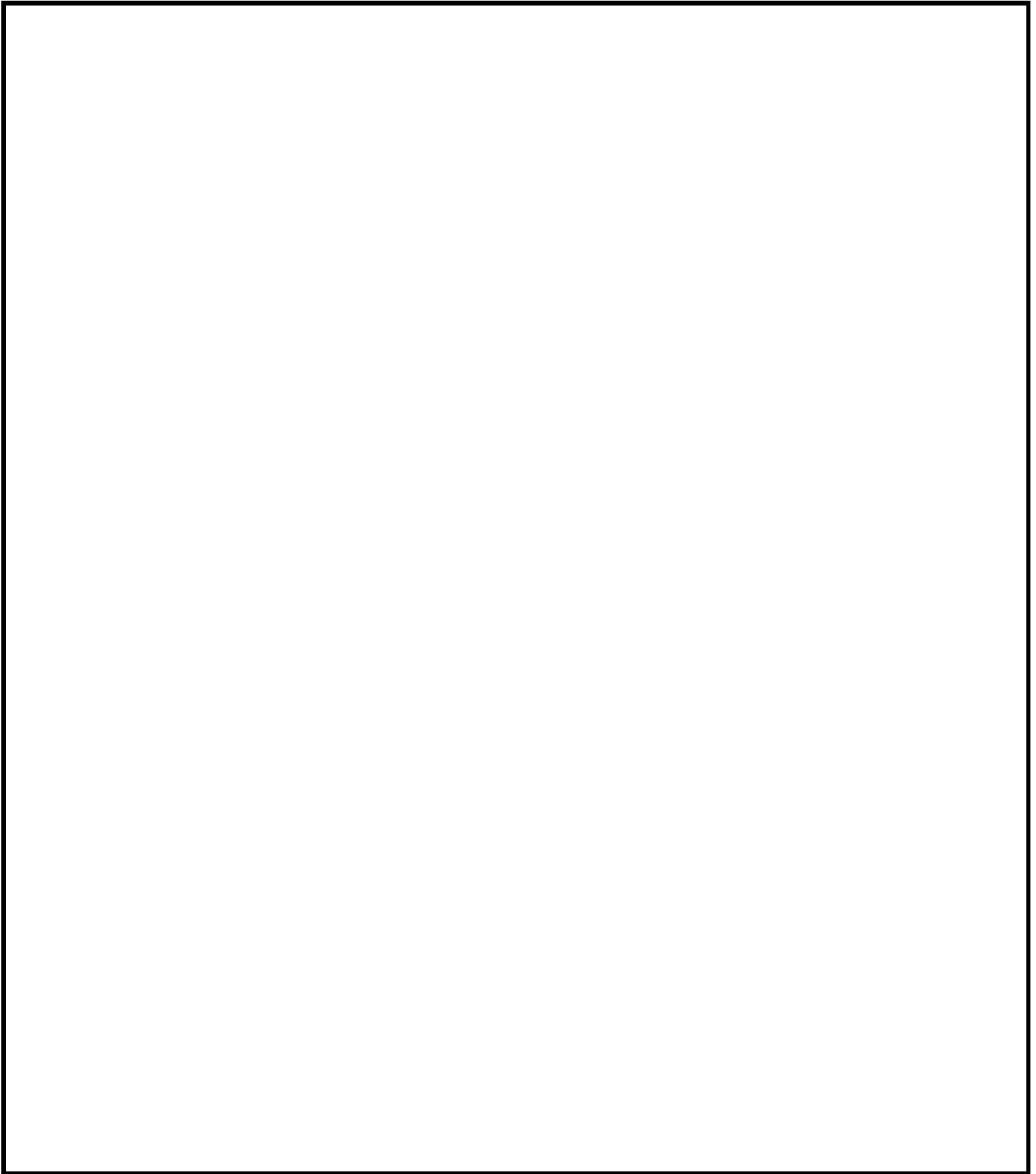


(ロ) スタッドジベルのせん断応力



ハ. コンクリートの計算式

(イ) コンクリートのコーン状破壊における引張荷重



(3) 応力評価

評価は、(2)項で求めた発生応力及び発生荷重が許容値以下であることを確認する。

a. ベースプレートの評価

b. スタッドジベルの評価

c. コンクリートの評価

4.6 埋込板の選定

埋込板は、作用する設計荷重に基づき、第4-15表「標準埋込板の選定」の最大使用荷重の中から最大使用荷重を超えない範囲で近いものを選定する。

なお、最大使用荷重は、埋込板への荷重の作用状態（荷重（軸方向、せん断）及びモーメント（曲げ、回転）の作用比率）に応じて設定できるが、第4-15表「標準埋込板の選定」は、代表的な作用状態について示しており、最大使用荷重を超えた場合でも個別の耐震評価を実施して適用性の確認を行うことが可能である。主要寸法を、第4-16表「標準埋込板の寸法」に示す。

第4-15表 標準埋込板の選定

型式	最大使用荷重			
	軸方向荷重 (kN)	曲げモーメント (kN・m)	せん断方向荷重 (kN)	回転モーメント (kN・m)
A				
D				
E				
特型				

(注)

--

第4-16表 標準埋込板の寸法

型式	ベースプレート			スタッドジベル				
	矩形 長辺側の 長さ D (mm)	矩形 短辺側の 長さ B (mm)	板厚 t (mm)	外径		長さ \varnothing (mm)	本数 N	スタッドピッチ 矩形長辺方向 (mm) × 矩形短辺方向 (mm)
				d (mm)	d' (mm)			
A								
D								
E								
特型								

4.7 支持構造物の耐震性確認

4.7.1 概要

各支持構造物について、定められた定格荷重又は最大使用荷重に対して十分な耐震性を有することを確認する。

4.7.2 支持構造物の耐震性確認

耐震性を有することの確認は、次の支持構造物に関して実施する。なお、最大使用荷重を用いて評価を行うものについては、支持構造物の形状が多岐にわたるため、ここでは代表例に対する耐震性の確認を示す。

番号	支持構造物	評価する荷重	適用する許容応力状態	設計温度	表番
①	ロッドレストレイント	定格荷重	I _A 、II _A		第4-17表(1/28～28/28)
②	ラ グ	最大使用荷重	III _A S		第4-18表
③	Uボルト	最大使用荷重	III _A S		第4-19表
④	Uバンド	最大使用荷重	III _A S		第4-20表
⑤	支持架構	最大使用荷重	III _A S		第4-21表(1/18～18/18) 第4-22表(1/18～18/18)
⑥	埋込板	最大使用荷重	III _A S		第4-23表(1/3～3/3)

(注1) 本温度は、支持装置の標準設計温度である。ただし、評価上厳しくなる場合は当該支持装置が設置される条件の温度を適用する。

(注2) 本温度は、3次元はりモデルにより解析を行う配管条件で最も多く用いられている温度である。ただし、評価上厳しくなる場合は、当該配管固有の温度を適用する。

(注3) 本温度は、標準支持間隔を適用する配管条件で最も多く用いられる温度である。ただし、3次元はりモデルにより解析を行う配管に使用する場合は、当該配管固有の温度を適用する。

第4-17表(1/28) ロッドレストレイント<RSAタイプ>

強度部材：①ブラケット

型 式	定格荷重	強度部材仕様					引張応力		せん断応力		支圧応力		評 価
							発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	
	P (kN)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	T (mm)	d (mm)	F_t (MPa)	f_t (MPa)	F_s (MPa)	f_s (MPa)	F_p (MPa)	f_p (MPa)	
06	6						18	149	14	86	36	203	○
1	10						12	149	10	86	28	203	○
3	30						25	149	20	86	64	203	○
6	60						30	149	22	86	60	203	○
10	100						33	149	24	86	66	203	○
16	160						37	149	26	86	65	203	○
25	250						35	149	25	86	66	203	○

強度部材：②ピン

型 式	定格荷重	強度部 材仕様	せん断応力		評 価
			発生 応力	許容 応力	
	P (kN)	d (mm)	F_s (MPa)	f_s (MPa)	
06	6		27	160	○
1	10		29	160	○
3	30		67	160	○
6	60		62	160	○
10	100		71	160	○
16	160		64	112	○
25	250		64	112	○

第4-17表(2/28) ロッドレストレイント<RSAタイプ>

強度部材：③スヘリカルアイボルト

穴 部

型 式	定格荷重 P (kN)	強度部材仕様 B (mm) D (mm) t (mm) R (mm)				引張応力		せん断応力		支圧応力		評 価
						発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	
						F_t (MPa)	f_t (MPa)	F_s (MPa)	f_s (MPa)	F_p (MPa)	f_p (MPa)	
06	6					49	149	23	86	27	203	○
1	10					49	149	23	86	25	203	○
3	30					70	149	38	86	57	203	○
6	60					118	149	57	86	70	203	○
10	100					110	149	61	86	90	203	○
16	160					110	149	61	86	92	203	○
25	250					115	149	58	86	77	203	○

強度部材：④アジャストナット溶接部

型 式	定格荷重 P (kN)	強度部材仕様 D (mm) t (mm)		引張応力		評 価
				発生 応力	許容 応力	
				F_t (MPa)	f_t (MPa)	
06	6			15	46 ^(注)	○
1	10			18	46 ^(注)	○
3	30			32	46 ^(注)	○
6	60			40	46 ^(注)	○
10	100			37	54 ^(注)	○
16	160			38	54 ^(注)	○
25	250			41	54 ^(注)	○

(注) クラス1支持構造物への適用を考慮した許容応力。非破壊検査を実施していないため、JSME S NC1 SSB-3121.1(1)bを適用する。

第4-17表(3/28) ロッドレストレイント<RSAタイプ>

強度部材：⑤パイプ

型 式	定格荷重	強度部材仕様					圧縮応力		評 価
							発生応力	許容応力	
	P (kN)	D (mm)	t (mm)	L (mm)	E (MPa)	F (MPa)	F _c (MPa)	f _c (MPa)	
06	6						15	29	○
1	10						18	37	○
3	30						32	52	○
6	60						40	60	○
10	100						37	67	○
16	160						38	76	○
25	250						41	83	○

強度部材：⑥クランプ

型 式	定格荷重	強度部材仕様					引張応力		せん断応力		支圧応力		評 価
							発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	
	P (kN)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	T (mm)	d (mm)	F _t (MPa)	f _t (MPa)	F _s (MPa)	f _s (MPa)	F _p (MPa)	f _p (MPa)	
06	6						14	134	13	77	42	182	○
1	10						12	134	12	77	38	182	○
3	30						17	134	18	77	74	182	○
6	60						24	134	24	77	75	182	○
10	100						27	128	27	73	88	174	○
16	160						19	128	21	73	63	174	○
25	250						19	128	21	73	63	174	○

第4-17表(4/28) ロッドレストレイント<RSAタイプ, >

強度部材：①ブラケット

型 式	定格荷重	強度部材仕様					引張応力		せん断応力		支圧応力		評 価
							発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	
	P (kN)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	T (mm)	d (mm)	F_t (MPa)	f_t (MPa)	F_s (MPa)	f_s (MPa)	F_p (MPa)	f_p (MPa)	
40	400						29	117	21	67	56	160	○
60	600						33	117	24	67	66	160	○

強度部材：②ピン

型 式	定格荷重	強度部 材仕様	せん断応力		評 価
			発生 応力	許容 応力	
	P (kN)	d (mm)	F_s (MPa)	f_s (MPa)	
40	400		71	112	○
60	600		78	112	○

第4-17表(5/28) ロッドレストレイント<RSAタイプ, >

強度部材：③スヘリカルアイボルト

穴 部

型 式	定格荷重 P (kN)	強度部材仕様				引張応力		せん断応力		支圧応力		評 価
						発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	
		B (mm)	D (mm)	t (mm)	R (mm)	F_t (MPa)	f_t (MPa)	F_s (MPa)	f_s (MPa)	F_p (MPa)	f_p (MPa)	
40	400					95	117	55	67	95	160	○
60	600					115	117	66	67	110	160	○

ボルト溶接部

型 式	定格荷重 P (kN)	強度部材仕様		せん断応力		評 価
				発生 応力	許容 応力	
		C (mm)	e (mm)	F_s (MPa)	f_s (MPa)	
40	400			65	67	○
60	600			55	67	○

ボルト部

型 式	定格荷重 P (kN)	強度部 材仕様 M (mm)	引張応力		評 価
			発生 応力	許容 応力	
			F_t (MPa)	f_t (MPa)	
40	400		99	112	○
60	600		95	112	○

第4-17表(6/28) ロッドレストレイント<RSAタイプ, 型式40及び60>

強度部材：④アジャストナット溶接部

型 式	定格荷重 P (kN)	強度部材仕様		引張応力		評 価
		D (mm)	t (mm)	発生応力 F _t (MPa)	許容応力 f _t (MPa)	
40	400			57	103	○

強度部材：⑤パイプ

型 式	定格荷重 P (kN)	強度部材仕様					圧縮応力		評 価
		D (mm)	t (mm)	L (mm)	E (MPa)	F (MPa)	発生応力 F _c (MPa)	許容応力 f _c (MPa)	
40	400						57	97	○

強度部材：⑥ターンバックル

型 式	定格荷重 P (kN)	強度部材仕様					圧縮応力		評 価
		D (mm)	t (mm)	L (mm)	E (MPa)	F (MPa)	発生応力 F _c (MPa)	許容応力 f _c (MPa)	
60	600						24	143	○

強度部材：⑦クランプ

型 式	定格荷重 P (kN)	強度部材仕様					引張応力		せん断応力		支圧応力		評 価
		B (mm)	C (mm)	D (mm)	T (mm)	d (mm)	発生 応力 F _t (MPa)	許容 応力 f _t (MPa)	発生 応力 F _s (MPa)	許容 応力 f _s (MPa)	発生 応力 F _p (MPa)	許容 応力 f _p (MPa)	
40	400						18	128	28	73	84	174	○
60	600						27	128	36	73	108	174	○

第4-17表(7/28) ロッドレストレイント<RSAMタイプ>

強度部材：①ブラケット

型 式	定格荷重	強度部材仕様					引張応力		せん断応力		支圧応力		評 価
							発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	
	P (kN)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	T (mm)	d (mm)	F _t (MPa)	f _t (MPa)	F _s (MPa)	f _s (MPa)	F _p (MPa)	f _p (MPa)	
06	6						18	149	14	86	36	203	○
1	10						12	149	10	86	28	203	○
3	30						25	149	20	86	64	203	○
6	60						30	149	22	86	60	203	○

強度部材：②ピン

型 式	定格荷重	強度部 材仕様	せん断応力		評 価
			発生 応力	許容 応力	
	P (kN)	d (mm)	F _s (MPa)	f _s (MPa)	
06	6		27	160	○
1	10		29	160	○
3	30		67	160	○
6	60		62	160	○

第4-17表(8/28) ロッドレストレイント<RSAMタイプ>

強度部材：③スヘリカルアイボルト (1/2)

穴 部

型 式	定格荷重 P (kN)	強度部材仕様 B (mm) D (mm) t (mm) R (mm)				引張応力		せん断応力		支圧応力		評 価
						発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	
						F_t (MPa)	f_t (MPa)	F_s (MPa)	f_s (MPa)	F_p (MPa)	f_p (MPa)	
06	6					49	134	23	77	27	182	○
1	10					49	134	23	77	25	182	○
3	30					70	134	38	77	57	182	○
6	60					118	128	57	73	70	174	○

ボルト溶接部

型 式	定格荷重 P (kN)	強度部材仕様 C (mm) e (mm)		せん断応力		評 価
				発生 応力	許容 応力	
				F_s (MPa)	f_s (MPa)	
06	6			50	77	○
1	10			32	33 ^(注)	○
3	30			63	73	○
6	60			62	73	○

(注) クラス1支持構造物への適用を考慮した許容応力。非破壊検査を実施していないため、JSME S NC1 SSB-3121.1(1)bを適用する。

第4-17表(9/28) ロッドレストレイント<RSAMタイプ>

強度部材：③スヘリカルアイボルト (2/2)

ボルト部

型 式	定格荷重 P (kN)	強度部材仕様 M (mm)	引張応力		評 価
			発生 応力 F _t (MPa)	許容 応力 f _t (MPa)	
	06	6		54	
1	10		32	96	○
3	30		43	96	○
6	60		59	96	○

第4-17表(10/28) ロッドレストレイント<RSAMタイプ>

強度部材：④コネクティングパイプ溶接部

型 式	定格荷重	強度部材仕様		せん断応力		評 価
				発生応力	許容応力	
	P (kN)	h (mm)	D (mm)	F _s (MPa)	f _s (MPa)	
06	6			20	22 (注)	○
1	10			24	49	○
3	30			38	59	○
6	60			45	59	○

(注) クラス1支持構造物への適用を考慮した許容応力。非破壊検査を実施していないため、JSME S NC1 SSB-3121.1(1)bを適用する。

強度部材：⑤パイプ

型 式	定格荷重	強度部材仕様					圧縮応力		評 価
							発生応力	許容応力	
	P (kN)	D (mm)	t (mm)	L (mm)	E (MPa)	F (MPa)	F _c (MPa)	f _c (MPa)	
06	6						20	79	○
1	10						21	82	○
3	30						36	99	○
6	60						46	100	○

第4-17表(11/28) ロッドレストレイント<RSAMタイプ>

強度部材：⑥ターンバックル

型 式	定格荷重	強度部材仕様		引張応力		評 価
				発生応力	許容応力	
	P (kN)	D ₁ (mm)	D ₂ (mm)	F _t (MPa)	f _t (MPa)	
06	6			59	128	○
1	10			52	128	○
3	30			45	117	○
6	60			68	117	○

強度部材：⑦イーヤ溶接部

型 式	定格荷重	強度部材仕様			せん断応力		評 価
					発生応力	許容応力	
	P (kN)	C (mm)	T (mm)	h (mm)	F _s (MPa)	f _s (MPa)	
06	6				21	34 ^(注)	○
1	10				27	34 ^(注)	○
3	30				44	77	○
6	60				49	73	○

(注) クラス1支持構造物への適用を考慮した許容応力。非破壊検査を実施していないため、JSME S NC1 SSB-3121.1(1)bを適用する。

第4-17表(12/28) ロッドレストレイント<RSAMタイプ>

強度部材：⑧クランプ部

型 式	定格荷重	強度部材仕様					引張応力		せん断応力		支圧応力		評 価
							発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	
	P (kN)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	T (mm)	d (mm)	F_t (MPa)	f_t (MPa)	F_s (MPa)	f_s (MPa)	F_p (MPa)	f_p (MPa)	
06	6						14	134	13	77	42	182	○
1	10						12	134	12	77	38	182	○
3	30						17	134	18	77	74	182	○
6	60						24	134	24	77	75	182	○

第4-17表(13/28) ロッドレストレイント<RTSタイプ>

強度部材：①ブラケット

型 式	定格荷重	強度部材仕様					引張応力		せん断応力		支圧応力		評 価
							発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	
	P (kN)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	T (mm)	d (mm)	F_t (MPa)	f_t (MPa)	F_s (MPa)	f_s (MPa)	F_p (MPa)	f_p (MPa)	
06	6						18	149	14	86	36	203	○
1	10						12	149	10	86	28	203	○
3	30						25	149	20	86	64	203	○
6	60						30	149	22	86	60	203	○
10	100						33	149	24	86	66	203	○
16	160						37	149	26	86	65	203	○
25	250						35	149	25	86	66	203	○

強度部材：②ピン

型 式	定格荷重	強度部材仕様	せん断応力		評 価
			発生 応力	許容 応力	
	P (kN)	d (mm)	F_s (MPa)	f_s (MPa)	
06	6		27	160	○
1	10		29	160	○
3	30		67	160	○
6	60		62	160	○
10	100		71	160	○
16	160		64	112	○
25	250		64	112	○

第4-17表(14/28) ロッドレストレイント<RTSタイプ>

強度部材：③パイプ

型 式	定格荷重	強度部材仕様					圧縮応力		評 価
							発生応力	許容応力	
	P (kN)	D (mm)	t (mm)	L (mm)	E (MPa)	F (MPa)	F _c (MPa)	f _c (MPa)	
06	6						15	32	○
1	10						18	39	○
3	30						32	54	○
6	60						40	62	○
10	100						37	69	○
16	160						38	78	○
25	250						41	84	○

強度部材：④コネクティングパイプ溶接部

型 式	定格荷重	強度部材仕様			せん断応力		評 価
					発生応力	許容応力	
	P (kN)	D (mm)	h (mm)	e (mm)	F _s (MPa)	f _s (MPa)	
06	6				20	26 ^(注)	○
1	10				27	59	○
3	30				25	26 ^(注)	○
6	60				24	26 ^(注)	○
10	100				25	31 ^(注)	○
16	160				26	31 ^(注)	○
25	250				27	31 ^(注)	○

(注) クラス1支持構造物への適用を考慮した許容応力。非破壊検査を実施していないため、JSME S NC1 SSB-3121.1(1)bを適用する。

第4-17表(15/28) ロッドレストレイント<RTSタイプ>

強度部材：⑤コネクティングイーヤ

型 式	定格荷重	強度部材仕様				引張応力		せん断応力		支圧応力		評 価
						発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	
	P (kN)	B (mm)	D (mm)	t (mm)	R (mm)	F _t (MPa)	f _t (MPa)	F _s (MPa)	f _s (MPa)	F _p (MPa)	f _p (MPa)	
06	6					49	149	23	86	27	203	○
1	10					49	149	23	86	25	203	○
3	30					70	149	38	86	57	203	○
6	60					118	149	57	86	70	203	○
10	100					110	149	61	86	90	203	○
16	160					110	149	61	86	92	203	○
25	250					115	149	58	86	77	203	○

強度部材：⑥クランプ

型 式	定格荷重	強度部材仕様					引張応力		せん断応力		支圧応力		評 価
							発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	
	P (kN)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	T (mm)	d (mm)	F _t (MPa)	f _t (MPa)	F _s (MPa)	f _s (MPa)	F _p (MPa)	f _p (MPa)	
06	6						14	134	13	77	42	182	○
1	10						12	134	12	77	38	182	○
3	30						17	134	18	77	74	182	○
6	60						24	134	24	77	75	182	○
10	100						27	128	27	73	88	174	○
16	160						19	128	21	73	63	174	○
25	250						19	128	21	73	63	174	○

第4-17表(16/28) ロッドレストレイント<RSAZタイプ>

強度部材：①ブラケット

型 式	定格荷重 P (kN)	強度部材仕様 B (mm) C (mm) D (mm) T (mm) d (mm)					引張応力		せん断応力		支圧応力		評 価
							発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	
							F_t (MPa)	f_t (MPa)	F_s (MPa)	f_s (MPa)	F_p (MPa)	f_p (MPa)	
06	6						18	134	14	77	36	182	○
1	10						12	134	10	77	28	182	○
3	30						22	134	26	77	99	182	○
6	60						50	134	34	77	100	182	○
10	100						45	134	32	77	105	182	○
25	250						66	128	44	73	132	174	○

強度部材：②ピン

型 式	定格荷重 P (kN)	強度部 材仕様 d (mm)	せん断応力		評 価
			発生 応力 F_s (MPa)	許容 応力 f_s (MPa)	
06	6		27	160	○
1	10		29	160	○
3	30		67	160	○
6	60		62	160	○
10	100		71	160	○
25	250		64	112	○

第4-17表(17/28) ロッドレストレイント<RSAZタイプ>

強度部材：③アイボルト (1/2)

穴 部

型 式	定格荷重 P (kN)	強度部材仕様				引張応力		せん断応力		支圧応力		評 価
						発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	
		B (mm)	D (mm)	t (mm)	H (mm)	F_t (MPa)	f_t (MPa)	F_s (MPa)	f_s (MPa)	F_p (MPa)	f_p (MPa)	
06	6					58	134	22	77	27	182	○
1	10					49	134	19	77	25	182	○
3	30					70	134	33	77	57	182	○
6	60					118	128	49	73	70	174	○
10	100					110	128	52	73	90	174	○
25	250					115	128	51	73	77	174	○

ボルト溶接部

型 式	定格荷重 P (kN)	強度部材仕様		せん断応力		評 価
				発生応力	許容応力	
		C (mm)	e (mm)	F_s (MPa)	f_s (MPa)	
06	6			34	77	○
1	10			32	33 (注)	○
3	30			31	33 (注)	○
6	60			63	73	○
10	100			63	73	○
25	250			41	73	○

(注) クラス1支持構造物への適用を考慮した許容応力。非破壊検査を実施していないため、JSME S NC1 SSB-3121.1(1)bを適用する。

第4-17表(18/28) ロッドレストレイント<RSAZタイプ>

強度部材：③アイボルト (2/2)

ボルト部

型 式	定格荷重 P (kN)	強度部材仕様 M (mm)	引張応力		評 価
			発生応力 F_t (MPa)	許容応力 f_t (MPa)	
06	6		20	112	○
1	10		32	112	○
3	30		43	112	○
6	60		59	112	○
10	100		73	112	○
25	250		78	112	○

第4-17表(19/28) ロッドレストレイント<RSAZタイプ>

強度部材：④アジャストナット溶接部

パイプ部

型 式	定格荷重 P (kN)	強度部材仕様		せん断応力		評 価
		D (mm)	h (mm)	発生 応力 F _s (MPa)	許容 応力 f _s (MPa)	
06	6			20	26 ^(注)	○
1	10			27	59	○
3	30			56	69	○
6	60			59	69	○
10	100			64	69	○
25	250			54	69	○

(注) クラス1支持構造物への適用を考慮した許容応力。非破壊検査を実施していないため、JSME S NC1 SSB-3121.1(1)bを適用する。

第4-17表(20/28) ロッドレストレイント<RSAZタイプ>

強度部材：⑤パイプ

パイプ部

型 式	定格荷重 P (kN)	強度部材仕様					圧縮応力		評 価
		D (mm)	L (mm)	t (mm)	E (MPa)	F (MPa)	発生 応力 F _c (MPa)	許容 応力 f _c (MPa)	
06	6						15	29	○
1	10						18	37	○
3	30						32	54	○
6	60						40	64	○
10	100						37	67	○
25	250						41	83	○

第4-17表(21/28) ロッドレストレイント<RSAZタイプ>

強度部材：⑥クランプ

型 式	定格荷重	強度部材仕様					引張応力		せん断応力		支圧応力		評 価
							発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	
		P (kN)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	T (mm)	d (mm)	F_t (MPa)	f_t (MPa)	F_s (MPa)	f_s (MPa)	F_p (MPa)	
06	6						9	134	9	77	28	182	○
1	10						12	134	12	77	38	182	○
3	30						13	134	14	77	56	182	○
6	60						31	134	32	77	157	182	○
10	100						43	134	42	77	131	182	○
25	250						23	128	27	73	79	174	○

第4-17表(22/28) ロッドレストレイント<RSAZ-120タイプ>

強度部材：①ブラケット

型 式	定格荷重	強度部材仕様					引張応力		せん断応力		支圧応力		評 価
							発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	
		P (kN)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	T (mm)	d (mm)	F_t (MPa)	f_t (MPa)	F_s (MPa)	f_s (MPa)	F_p (MPa)	
120	1,200						104	117	58	67	127	160	○

強度部材：②ピン

型 式	定格荷重	強度部材仕様	せん断応力		評 価
			発生 応力	許容 応力	
		P (kN)	d (mm)	F_s (MPa)	
120	1,200		95	258	○

強度部材：③イーヤ

型 式	定格荷重	強度部材仕様					引張応力		せん断応力		支圧応力		評 価
							発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	
		P (kN)	B (mm)	D (mm)	R (mm)	t (mm)	d (mm)	F_t (MPa)	f_t (MPa)	F_s (MPa)	f_s (MPa)	F_p (MPa)	
120	1,200						146	194	76	112	107	264	○

第4-17表(23/28) ロッドレストレイント<RSAZ-120タイプ>

強度部材：④ボルト

ネジ部

型 式	定格荷重 P (kN)	強度部材仕様 M (mm)	引張応力		評 価
			発生 応力 F_t (MPa)	許容 応力 f_t (MPa)	
120	1,200	<input type="text"/>	153	336	○

丸棒部

型 式	定格荷重 P (kN)	強度部材仕様				圧縮応力		評 価
		D (mm)	L (mm)	E (MPa)	F (MPa)	発生 応力 F_c (MPa)	許容 応力 F_c (MPa)	
120	1,200	<input type="text"/>				153	350	○

第4-17表(24/28) ロッドレストレイント<RSAM-Aタイプ>

強度部材：①ブラケット

型 式	定格荷重	強度部材仕様					引張応力		せん断応力		支圧応力		評 価
							発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	
		P (kN)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	T (mm)	d (mm)	F_t (MPa)	f_t (MPa)	F_s (MPa)	f_s (MPa)	F_p (MPa)	
6	60						30	149	22	86	60	203	○

強度部材：②ピン

型 式	定格荷重	強度部 材仕様	せん断応力		評 価
			発生 応力	許容 応力	
	P (kN)	d (mm)	F_s (MPa)	f_s (MPa)	
6	60		62	160	○

第4-17表(25/28) ロッドレストレイント<RSAM-Aタイプ>

強度部材：③スヘリカルアイボルト

穴 部

型 式	定格荷重 P (kN)	強度部材仕様				引張応力		せん断応力		支圧応力		評 価
		B (mm)	D (mm)	t (mm)	R (mm)	発生 応力 F _l (MPa)	許容 応力 f _l (MPa)	発生 応力 F _s (MPa)	許容 応力 f _s (MPa)	発生 応力 F _p (MPa)	許容 応力 f _p (MPa)	
6	60					118	149	57	86	70	203	○

ボルト部

型 式	定格荷重 P (kN)	強度部 材仕様 M (mm)	引張応力		評 価
			発生 応力 F _t (MPa)	許容 応力 f _t (MPa)	
6	60		59	112	○

第4-17表(26/28) ロッドレストレイント<RSAM-Aタイプ>

強度部材：④コンロッド溶接部

型 式	定格荷重	強度部材仕様		せん断応力		評 価
				発生 応力	許容 応力	
	P (kN)	h (mm)	D (mm)	F _s (MPa)	f _s (MPa)	
6	60			31	67	○

強度部材：⑤コンロッド

型 式	定格荷重	強度部材仕様					圧縮応力		評 価
							発生 応力	許容 応力	
	P (kN)	D (mm)	t (mm)	L (mm)	E (MPa)	F (MPa)	F _c (MPa)	f _c (MPa)	
6	60						34	115	○

第4-17表(27/28) ロッドレストレイント<RSAM-Aタイプ>

強度部材：⑥ターンバックル

型 式	定格荷重 P (kN)	強度部材仕様		引張応力		評 価
		D ₁ (mm)	D ₂ (mm)	発生 応力 F _t (MPa)	許容 応力 f _t (MPa)	
6	60			68	117	○

強度部材：⑦イーヤ穴部

型 式	定格荷重 P (kN)	強度部材仕様					引張応力		せん断応力		支圧応力		評 価
		B (mm)	C (mm)	D (mm)	T (mm)	d (mm)	発生 応力 F _t (MPa)	許容 応力 f _t (MPa)	発生 応力 F _s (MPa)	許容 応力 f _s (MPa)	発生 応力 F _p (MPa)	許容 応力 f _p (MPa)	
6	60						118	128	57	73	70	174	○

強度部材：⑧イーヤ溶接部

型 式	定格荷重 P (kN)	強度部材仕様			せん断応力		評 価
		C (mm)	T (mm)	h (mm)	発生 応力 F _s (MPa)	許容 応力 f _s (MPa)	
6	60				32	33 ^(注)	○

(注) クラス1支持構造物への適用を考慮した許容応力。非破壊検査を実施していないため、JSME S NC1 SSB-3121.1(1)bを適用する。

第4-17表(28/28) ロッドレストレイント<RSAM-Aタイプ>

強度部材：⑨クランプ部

型 式	定格荷重	強度部材仕様					引張応力		せん断応力		支圧応力		評 価
							発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	発生 応力	許容 応力	
		P (kN)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	T (mm)	d (mm)	F_t (MPa)	f_t (MPa)	F_s (MPa)	f_s (MPa)	F_p (MPa)	
6	60						47	134	24	77	75	182	○

第4-18表 標準ラグ

(単位：MPa)

型式番号	角形鋼管		配管-パッド (注)		パッド-角形鋼管 (注)		角形鋼管-底板 (注)	
	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力
S-3	59	135	24	86	66	77	59	77
S-4	60	135	24	86	70	77	64	77
S-6	63	135	39	86	70	77	62	77
S-8	61	135	32	86	70	77	64	77
S-10	62	135	35	86	71	77	64	77
S-12	61	135	28	86	71	77	65	77
S-14	63	135	33	86	71	77	64	77
S-16	62	135	49	86	71	77	65	77
S-18	49	135	77	86	58	77	55	77
S-20	50	135	78	86	60	77	57	77
S-22	58	135	81	86	70	77	66	77
S-24	61	135	83	86	73	77	69	77
S-26	62	135	85	86	75	77	71	77
S-28	63	135	29	86	76	77	72	77

(注) 各々の材料の許容応力の小さい方の値を使用する。

第4-19表 Uボルト

(単位：MPa)

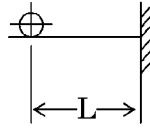
型 式	口 径 (B)	鉛直荷重 (P) (kN)	水平荷重 (Q) (kN)	引張応力		せん断応力		組合せ応力		評 価
				F_t	$1.5f_t$	F_s	$1.5f_s$	$F_t + 1.6F_s$	$1.4 \times 1.5f_t$	
タイプ-1	1/2			25	153	25	118	65	215	○
	3/4			25	153	25	118	65	215	○
	1			25	153	25	118	65	215	○
タイプ-2	1-1/4			27	153	29	118	74	215	○
	1-1/2			27	153	29	118	74	215	○
	2			27	153	29	118	74	215	○
	2-1/2			27	153	29	118	74	215	○
	3			28	153	30	118	76	215	○
タイプ-3	4			48	153	95	118	200	215	○
	5			48	153	95	118	200	215	○
	6			47	148	93	114	196	207	○
	8			47	148	93	114	196	207	○
タイプ-4	10			47	148	94	114	198	207	○
	12			47	148	94	114	198	207	○
	14			47	148	94	114	198	207	○
	16			49	148	98	114	206	207	○
	18	49	148	98	114	206	207	○		
	20	49	148	98	114	206	207	○		
	22	49	148	98	114	206	207	○		
	24	49	148	98	114	206	207	○		
	28	49	148	98	114	206	207	○		
	30	49	148	98	114	206	207	○		
36	49	148	98	114	206	207	○			

第4-20表 Uバンド

(単位：MPa)

口 径 (B)	鉛直荷重 P (kN)	水平荷重 Q (kN)	軸荷重 F (kN)	引張応力		せん断応力		組合せ応力		曲げ応力		許容荷重 F _a (kN)	評 価
				F _t	1.5f _t	F _s	1.5f _s	F _t + 1.6 F _s	1.4× 1.5f _t	F _b	1.5f _b		
1/2				40	153	107	118	212	215	175	236	3.1	○
3/4				40	153	107	118	212	215	164	236	3.1	○
1				40	153	107	118	212	215	188	236	3.1	○
1-1/2				30	153	90	118	174	215	214	236	6.0	○
2				39	148	102	114	203	207	192	236	9.5	○
2-1/2				39	148	102	114	203	207	229	236	9.5	○
3				39	148	102	114	203	207	204	236	9.5	○

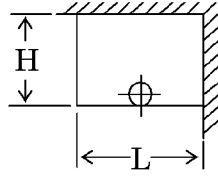
第4-21表(1/18) 支持構造物鋼材選定表
(応力基準による選定表)



基本形状：タイプ1
許容値：235MPa

支持架構寸法		荷 重(kN)		鋼材サイズ	発生応力 (MPa)
H(mm)	L(mm)	水 平	鉛 直		
					87
					174
					45
					90
					154
					92
					154
					135
					116
					132
					59
					116
					120
					116
					105
					152
					145
					164
					72
					143
					146
					139
					125
					184
					116
					170
					99
					111
					94
					101
					154
					151
					166
					57
					139
					155
					130
					139
					129
					135

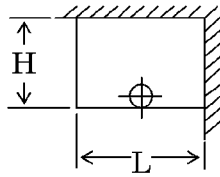
第4-21表(2/18) 支持構造物鋼材選定表
(応力基準による選定表)



基本形状：タイプ-2
許容値：235MPa

支持架構寸法		荷 重(kN)		鋼材サイズ	発生応力 (MPa)
H(mm)	L(mm)	水 平	鉛 直		
					16
					32
					80
					158
					78
					156
					167
					144
					24
					48
					118
					140
					98
					120
					131
					114
					45
					87
					125
					52
					154
					113
					95
					153
					65
					126
					180
					71
					122
					150
					122
					107
					87
					166
					177
					90
					154
					90
					149
					130

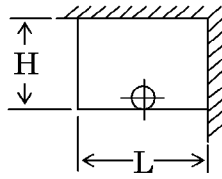
第4-21表(3/18) 支持構造物鋼材選定表
(応力基準による選定表)



基本形状：タイプ2
許容値：235MPa

支持架構寸法		荷重(kN)		鋼材サイズ	発生応力(MPa)
H(mm)	L(mm)	水平	鉛直		
					17
					34
					83
					165
					81
					162
					174
					151
					25
					50
					123
					144
					100
					123
					135
					120
					46
					89
					128
					52
					154
					115
					99
					159
					67
					129
					183
					71
					123
					152
					127
					112
					88
					169
					178
					90
					154
					94
					156
					137

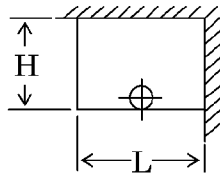
第4-21表(4/18) 支持構造物鋼材選定表
(応力基準による選定表)



基本形状：タイプ-2
許容値：235MPa

支持架構寸法		荷 重(kN)		鋼材サイズ	発生応力 (MPa)
H(mm)	L(mm)	水 平	鉛 直		
					18
					36
					88
					175
					88
					114
					151
					120
					27
					53
					130
					152
					104
					129
					142
					127
					49
					95
					135
					53
					158
					117
					101
					163
					70
					136
					143
					72
					124
					153
					128
					114
					92
					177
					47
					91
					155
					94
					156
					138

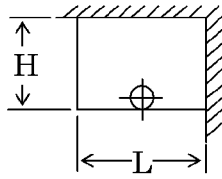
第4-21表(5/18) 支持構造物鋼材選定表
(応力基準による選定表)



基本形状：タイプ-2
許容値：235MPa

支持架構寸法		荷 重(kN)		鋼材サイズ	発生応力 (MPa)
H(mm)	L(mm)	水 平	鉛 直		
					19
					37
					91
					182
					92
					120
					136
					126
					28
					54
					134
					158
					108
					135
					148
					133
					50
					98
					140
					55
					163
					120
					104
					166
					73
					141
					149
					74
					127
					157
					130
					116
					96
					183
					48
					93
					159
					95
					158
					139

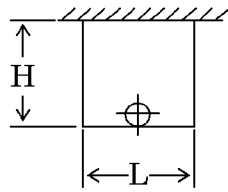
第4-21表(6/18) 支持構造物鋼材選定表
(応力基準による選定表)



基本形状：タイプ-2
許容値：235MPa

支持架構寸法		荷 重(kN)		鋼材サイズ	発生応力 (MPa)
H(mm)	L(mm)	水 平	鉛 直		
					19
					38
					94
					186
					97
					125
					142
					130
					28
					55
					137
					161
					112
					139
					154
					139
					52
					101
					143
					56
					98
					123
					106
					174
					75
					145
					153
					76
					130
					159
					133
					117
					98
					188
					49
					95
					162
					97
					161
					141

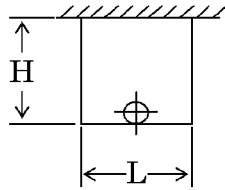
第4-21表(7/18) 支持構造物鋼材選定表
(応力基準による選定表)



基本形状：タイプ-3
許容値：235MPa

支持架構寸法		荷 重(kN)		鋼材サイズ	発生応力 (MPa)
H(mm)	L(mm)	水 平	鉛 直		
					30
					60
					148
					171
					107
					128
					135
					113
					34
					68
					170
					145
					114
					132
					137
					111
					48
					94
					133
					51
					150
					106
					147
					141
					65
					127
					179
					68
					117
					143
					118
					104
					86
					164
					174
					88
					149
					89
					147
					129

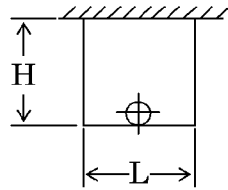
第4-21表(8/18) 支持構造物鋼材選定表
(応力基準による選定表)



基本形状：タイプ-3
許容値：235MPa

支持架構寸法		荷 重(kN)		鋼材サイズ	発生応力 (MPa)
H(mm)	L(mm)	水 平	鉛 直		
					44
					88
					127
					52
					155
					116
					100
					161
					49
					96
					138
					53
					158
					114
					96
					154
					60
					120
					170
					62
					105
					127
					103
					165
					74
					144
					152
					74
					126
					152
					123
					107
					92
					177
					46
					90
					152
					88
					146
					128

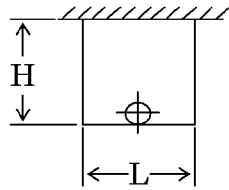
第4-21表(9/18) 支持構造物鋼材選定表
(応力基準による選定表)



基本形状：タイプ-3
許容値：235MPa

支持架構寸法		荷 重(kN)		鋼材サイズ	発生応力 (MPa)
H(mm)	L(mm)	水 平	鉛 直		
					81
					161
					174
					93
					164
					106
					182
					137
					84
					167
					178
					90
					156
					96
					160
					141
					95
					189
					48
					96
					163
					96
					160
					139
					108
					122
					54
					106
					108
					103
					194
					149
					121
					136
					59
					117
					118
					112
					100
					147

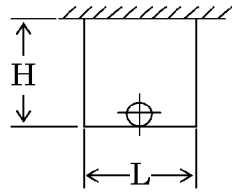
第4-21表(10/18) 支持構造物鋼材選定表
(応力基準による選定表)



基本形状：タイプ-3
許容値：235MPa

支持架構寸法		荷 重(kN)		鋼材サイズ	発生応力 (MPa)
H(mm)	L(mm)	水 平	鉛 直		
					117
					136
					68
					135
					149
					152
					140
					134
					119
					137
					64
					127
					136
					135
					123
					176
					130
					148
					66
					131
					134
					129
					117
					170
					142
					161
					70
					140
					142
					135
					121
					178
					155
					175
					76
					150
					151
					143
					128
					190

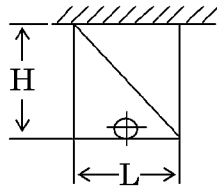
第4-21表(11/18) 支持構造物鋼材選定表
(応力基準による選定表)



基本形状：タイプ-3
許容値：235MPa

支持架構寸法		荷 重(kN)		鋼材サイズ	発生応力 (MPa)
H(mm)	L(mm)	水 平	鉛 直		
					154
					178
					88
					104
					100
					110
					160
					171
					155
					178
					83
					95
					146
					188
					142
					151
					164
					139
					83
					94
					142
					183
					147
					135
					176
					148
					87
					98
					147
					190
					149
					136
					189
					159
					92
					103
					88
					200
					144
					140

第4-21表(12/18) 支持構造物鋼材選定表
(応力基準による選定表)

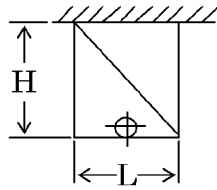


基本形状：タイプ-4
許容値：235MPa

支持架構寸法		荷 重(kN)		鋼材サイズ	発生応力 (MPa)
H(mm)	L(mm)	水 平	鉛 直		
					16
					32
					78
					155
					81
					161
					172
					147
					24
					48
					118
					137
					93
					115
					125
					107
					45
					87
					124
					50
					147
					148
					147
					141
					65
					126
					179
					69
					117
					143
					116
					102
					87
					166
					175
					88
					149
					87
					145
					126

第4-21表(13/18) 支持構造物鋼材選定表

(応力基準による選定表)

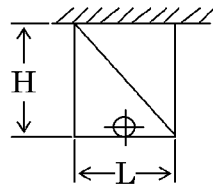


基本形状：タイプ4

許容値：235MPa

支持架構寸法		荷 重(kN)		鋼材サイズ	発生応力 (MPa)
H(mm)	L(mm)	水 平	鉛 直		
					17
					33
					83
					164
					96
					127
					142
					125
					26
					50
					123
					143
					96
					124
					138
					123
					46
					90
					128
					51
					151
					109
					150
					150
					67
					129
					183
					70
					120
					146
					119
					105
					88
					169
					178
					89
					151
					89
					148
					130

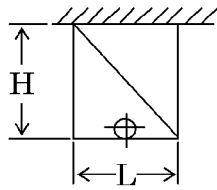
第4-21表(14/18) 支持構造物鋼材選定表
(応力基準による選定表)



基本形状：タイプ-4
許容値：235MPa

支持架構寸法		荷 重(kN)		鋼材サイズ	発生応力 (MPa)
H(mm)	L(mm)	水 平	鉛 直		
					20
					38
					95
					189
					158
					143
					130
					118
					28
					55
					135
					157
					109
					153
					138
					147
					50
					97
					137
					53
					157
					113
					98
					157
					71
					137
					145
					72
					124
					151
					124
					109
					93
					178
					47
					91
					155
					92
					153
					134

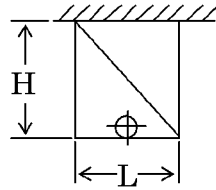
第4-21表(15/18) 支持構造物鋼材選定表
(応力基準による選定表)



基本形状：タイプ-4
許容値：235MPa

支持架構寸法		荷 重(kN)		鋼材サイズ	発生応力 (MPa)
H(mm)	L(mm)	水 平	鉛 直		
					22
					42
					105
					159
					150
					111
					104
					142
					30
					59
					145
					169
					146
					146
					143
					132
					53
					102
					144
					55
					163
					116
					104
					166
					75
					144
					152
					75
					127
					155
					127
					112
					97
					186
					48
					94
					159
					94
					156
					137

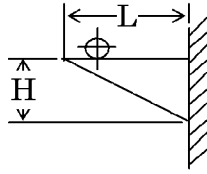
第4-21表(16/18) 支持構造物鋼材選定表
(応力基準による選定表)



基本形状：タイプ-4
許容値：235MPa

支持架構寸法		荷 重(kN)		鋼材サイズ	発生応力 (MPa)
H(mm)	L(mm)	水 平	鉛 直		
					26
					51
					127
					97
					132
					145
					135
					131
					32
					62
					153
					180
					183
					142
					156
					137
					55
					107
					151
					57
					98
					120
					112
					172
					78
					150
					157
					77
					131
					159
					129
					114
					101
					193
					50
					97
					163
					96
					159
					139

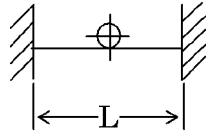
第4-21表(17/18) 支持構造物鋼材選定表
(応力基準による選定表)



基本形状：タイプ5
許容値：235MPa

支持架構寸法		荷 重(kN)		鋼材サイズ	発生応力 (MPa)
H(mm)	L(mm)	水 平	鉛 直		
					17
					33
					81
					161
					107
					138
					152
					131
					18
					36
					88
					176
					120
					162
					146
					155
					21
					40
					98
					118
					115
					160
					147
					156
					22
					42
					101
					122
					110
					152
					139
					147
					24
					44
					103
					124
					110
					146
					134
					140

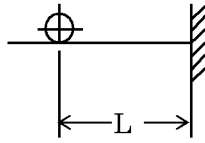
第4-21表(18/18) 支持構造物鋼材選定表
(応力基準による選定表)



基本形状：タイプ-6
許容値：235MPa

支持架構寸法		荷 重(kN)		鋼材サイズ	発生応力 (MPa)
H(mm)	L(mm)	水 平	鉛 直		
					12
					24
					58
					116
					154
					96
					160
					159
					19
					38
					94
					187
					67
					133
					132
					135
					38
					74
					183
					155
					115
					132
					136
					108
					58
					111
					156
					56
					94
					114
					92
					147
					78
					149
					155
					73
					122
					146
					117
					101

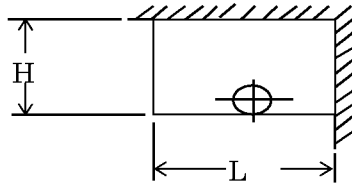
第4-22表(1/18) 支持構造物鋼材選定表
 (振動数基準による選定表)



基本形状：タイプ-1
最小支持構造物振動数 <input type="text"/> Hz

支持架構寸法		荷 重 (N)	鋼材サイズ	支持構造物 振動数 (Hz)
H (mm)	L (mm)			

第4-22表(2/18) 支持構造物鋼材選定表
 (振動数基準による選定表)

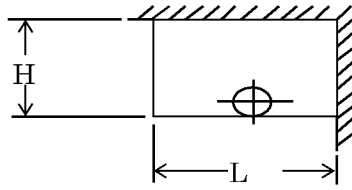


基本形状：タイプ-2
最小支持構造物振動数： <input type="text"/> Hz

支持架構寸法		荷 重 (N)	鋼材サイズ	支持構造物 振動数 (Hz)
H (mm)	L (mm)			

第4-22表(3/18) 支持構造物鋼材選定表

(振動数基準による選定表)

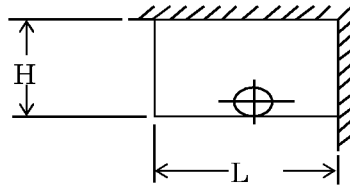


基本形状：タイプ-2
最小支持構造物振動数： <input type="text"/> Hz

支持架構寸法		荷 重 (N)	鋼材サイズ	支持構造物 振動数 (Hz)
H (mm)	L (mm)			

第4-22表(4/18) 支持構造物鋼材選定表

(振動数基準による選定表)

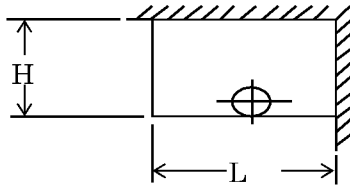


基本形状：タイプ-2
最小支持構造物振動数 <input type="text"/> Hz

支持架構寸法		荷 重 (N)	鋼材サイズ	支持構造物 振動数 (Hz)
H (mm)	L (mm)			

第4-22表(5/18) 支持構造物鋼材選定表

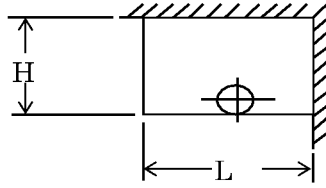
(振動数基準による選定表)



基本形状：タイプ-2
最小支持構造物振動数： <input type="text"/> Hz

支持架構寸法		荷 重 (N)	鋼材サイズ	支持構造物 振動数 (Hz)
H (mm)	L (mm)			

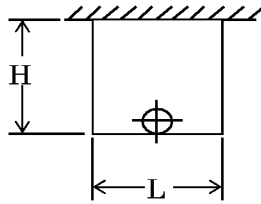
第4-22表(6/18) 支持構造物鋼材選定表
 (振動数基準による選定表)



基本形状：タイプ-2
最小支持構造物振動数 <input type="text"/> Hz

支持架構寸法		荷 重 (N)	鋼材サイズ	支持構造物 振動数 (Hz)
H (mm)	L (mm)			

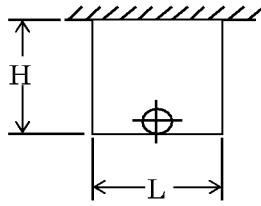
第4-22表(7/18) 支持構造物鋼材選定表
 (振動数基準による選定表)



基本形状：タイプ-3
最小支持構造物振動数： <input type="text"/> Hz

支持架構寸法		荷 重 (N)	鋼材サイズ	支持構造物 振動数 (Hz)
H (mm)	L (mm)			

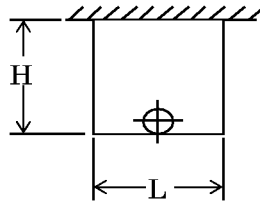
第4-22表(8/18) 支持構造物鋼材選定表
(振動数基準による選定表)



基本形状：タイプ-3
最小支持構造物振動数 <input type="text"/> Hz

支持架構寸法		荷 重 (N)	鋼材サイズ	支持構造物 振動数 (Hz)
H (mm)	L (mm)			

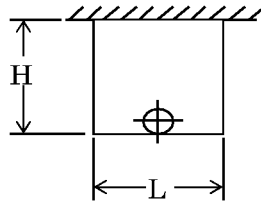
第4-22表(9/18) 支持構造物鋼材選定表
 (振動数基準による選定表)



基本形状：タイプ-3
最小支持構造物振動数 <input type="text"/> Hz

支持架構寸法		荷 重 (N)	鋼材サイズ	支持構造物 振動数 (Hz)
H (mm)	L (mm)			

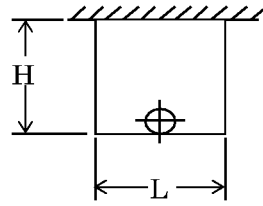
第4-22表(10/18) 支持構造物鋼材選定表
 (振動数基準による選定表)



基本形状：タイプ-3
最小支持構造物振動数 <input type="text"/> Hz

支持架構寸法		荷 重 (N)	鋼材サイズ	支持構造物 振動数 (Hz)
H (mm)	L (mm)			

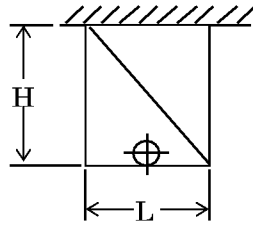
第4-22表(11/18) 支持構造物鋼材選定表
(振動数基準による選定表)



基本形状：タイプ-3
最小支持構造物振動数 <input type="text"/> Hz

支持架構寸法		荷 重 (N)	鋼材サイズ	支持構造物 振動数 (Hz)
H (mm)	L (mm)			

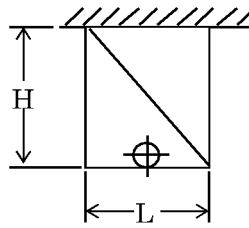
第4-22表(12/18) 支持構造物鋼材選定表
 (振動数基準による選定表)



基本形状：タイプ4
 最小支持構造物振動数： Hz

支持架構寸法		荷 重 (N)	鋼材サイズ	支持構造物 振動数 (Hz)
H (mm)	L (mm)			

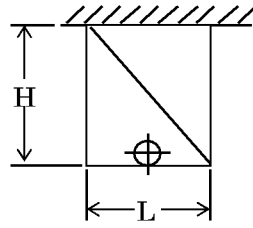
第4-22表(13/18) 支持構造物鋼材選定表
 (振動数基準による選定表)



基本形状：タイプ4
最小支持構造物振動数： <input type="text"/> Hz

支持架構寸法		荷 重 (N)	鋼材サイズ	支持構造物 振動数 (Hz)
H (mm)	L (mm)			

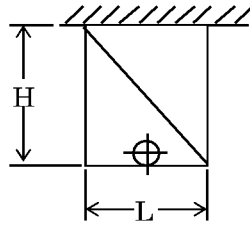
第4-22表(14/18) 支持構造物鋼材選定表
 (振動数基準による選定表)



基本形状：タイプ4
最小支持構造物振動数 <input type="text"/> Hz

支持架構寸法		荷 重 (N)	鋼材サイズ	支持構造物 振動数 (Hz)
H (mm)	L (mm)			

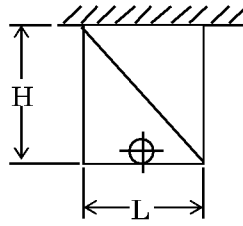
第4-22表(15/18) 支持構造物鋼材選定表
 (振動数基準による選定表)



基本形状：タイプ-4
 最小支持構造物振動数 Hz

支持架構寸法		荷 重 (N)	鋼材サイズ	支持構造物 振動数 (Hz)
H (mm)	L (mm)			

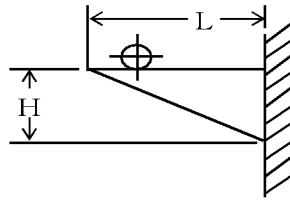
第4-22表(16/18) 支持構造物鋼材選定表
 (振動数基準による選定表)



基本形状：タイプ-4
最小支持構造物振動数： <input type="text"/> Hz

支持架構寸法		荷 重 (N)	鋼材サイズ	支持構造物 振動数 (Hz)
H (mm)	L (mm)			

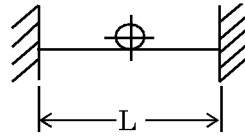
第4-22表(17/18) 支持構造物鋼材選定表
 (振動数基準による選定表)



基本形状：タイプ-5
最小支持構造物振動数： <input type="text"/> Hz

支持架構寸法		荷 重 (N)	鋼材サイズ	支持構造物 振動数 (Hz)
H (mm)	L (mm)			

第4-22表(18/18) 支持構造物鋼材選定表
 (振動数基準による選定表)



基本形状：タイプ-6
最小支持構造物振動数： <input type="text"/> Hz

支持架構寸法		荷 重 (N)	鋼材サイズ	支持構造物 振動数 (Hz)
H (mm)	L (mm)			

第4-23表(1/3) 埋込板の耐震計算結果 (ベースプレート, 材料:)

(単位: MPa)

埋込板 型式	ベースプレートの 圧縮側の曲げ応力	ベースプレートの 引張側の曲げ応力	許容応力	評 価
A	47	271	271	○
D	26	270	271	○
E	15	120	271	○
特型	12	217	271	○

第4-23表(2/3) 埋込板の耐震計算結果

(スタッドジベル, 材料:)

(単位: MPa)

埋込板 型式	引張応力		せん断応力		組合せ応力		評 価
	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	発生応力	許容応力	
A	65	235	126	135	266	329	○
D	69	235	80	135	197	329	○
E	109	235	116	135	295	329	○
特型	191	235	86	135	329	329	○

第4-23表(3/3) 埋込板の耐震計算結果 (コンクリート)

(単位: N)

埋込板 型式	コンクリート コーン状破壊における引張荷重		評 価
	発生荷重	許容荷重	
A	13,002	32,100	○
D	13,776	39,100	○
E	41,399	52,300	○
特型	93,709	117,400	○

資料 10 - 13 耐震設計上重要な設備を設置する施設の耐震計算書

耐震設計上重要な設備を設置する施設の耐震計算書は、以下の資料より構成されている。

資料 10-13-1 緊急時対策所建屋の地震応答解析

資料 10-13-2 緊急時対策所建屋の耐震計算書

資料 10-13-1 緊急時対策所建屋の地震応答解析

目 次

	頁
1. 概要	03-添10-13-1-1
2. 基本方針	03-添10-13-1-1
2.1 位置	03-添10-13-1-1
2.2 構造概要	03-添10-13-1-2
2.3 解析方針	03-添10-13-1-5
2.4 適用規格・基準等	03-添10-13-1-7
3. 解析方法	03-添10-13-1-8
3.1 地震応答解析モデル	03-添10-13-1-8
3.2 入力地震動	03-添10-13-1-13
3.3 解析方法	03-添10-13-1-34
3.4 解析条件	03-添10-13-1-36
4. 解析結果	03-添10-13-1-43
4.1 動的解析	03-添10-13-1-43
4.2 必要保有水平耐力	03-添10-13-1-85

1. 概要

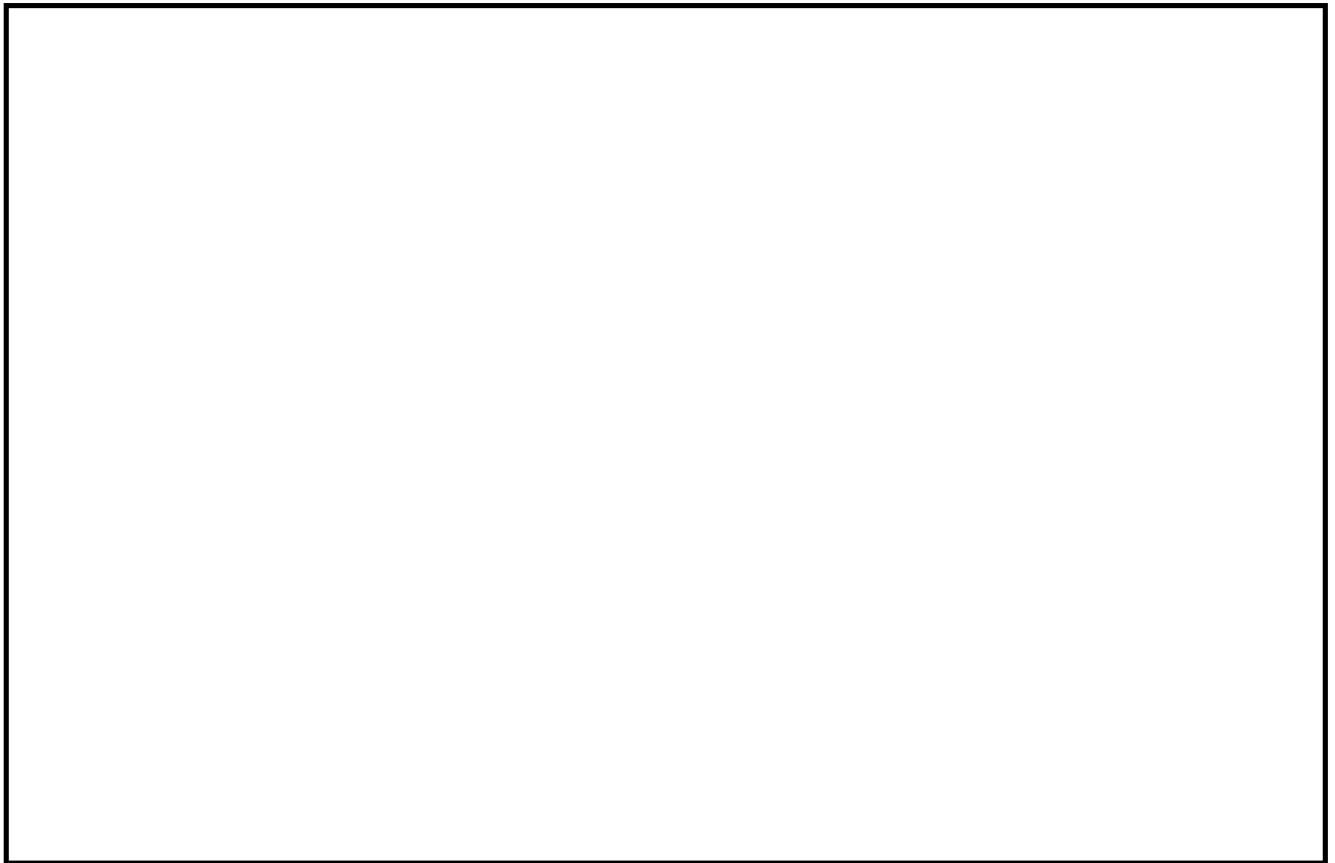
本資料は、資料 10-6「地震応答解析の基本方針」に基づく緊急時対策所建屋の地震応答解析について説明するものである。

地震応答解析により算出した各種応答値は、資料 10-9「機能維持の基本方針」に示す建物・構築物及び機器・配管系の設計用地震力として用いる。また、必要保有水平耐力については建物・構築物の構造強度の確認に用いる。

2. 基本方針

2.1 位置

緊急時対策所建屋の設置位置を第 2-1 図に示す。



第 2-1 図 緊急時対策所建屋の設置位置

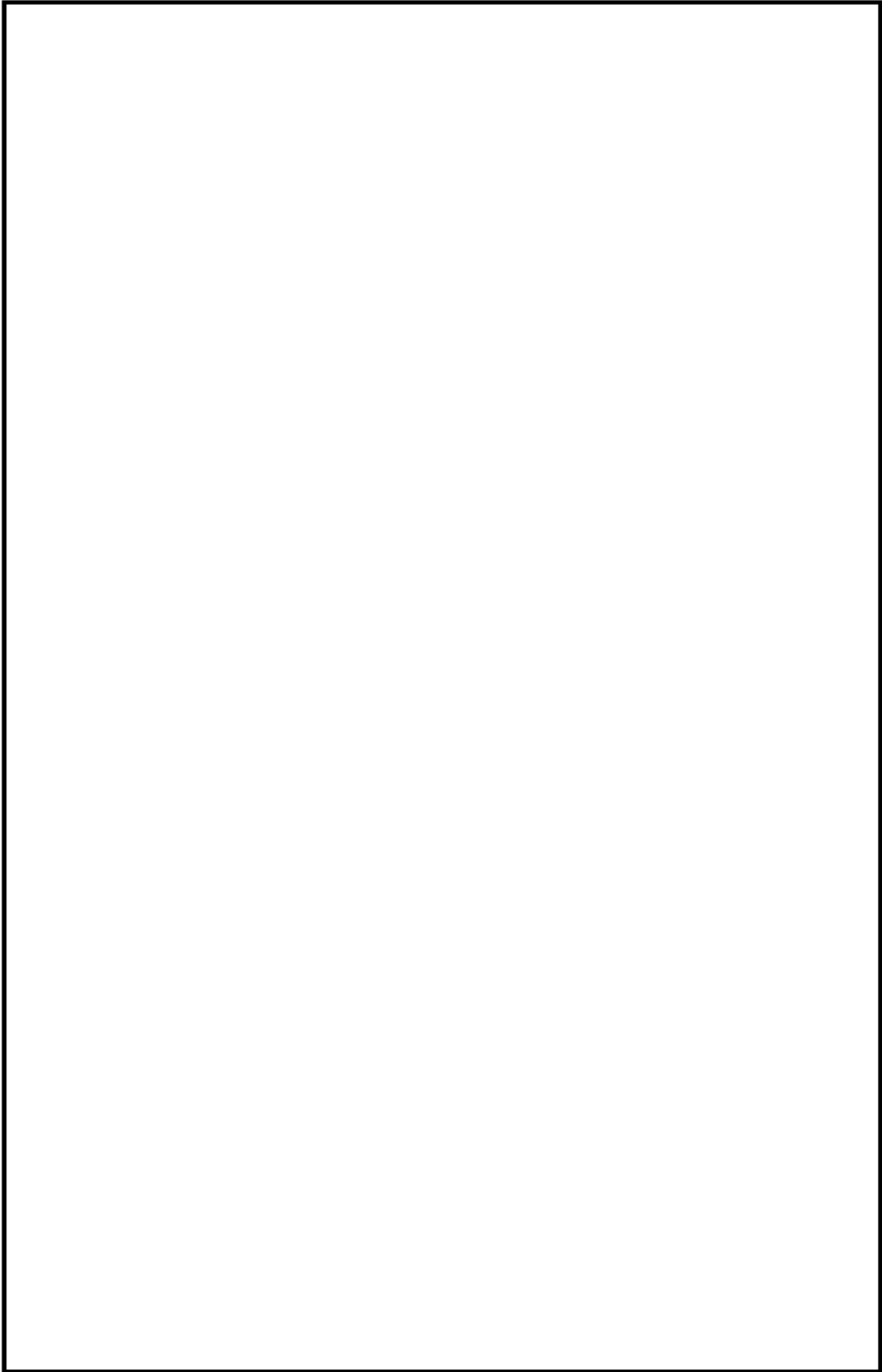
2.2 構造概要

緊急時対策所建屋の平面規模は、EW方向で約□m、NS方向で約□mであり、屋根面（E.L.□
□m）の基礎底面（E.L.□m）からの高さは約□m、地盤面（E.L.□m）からの高
さは約□mである。

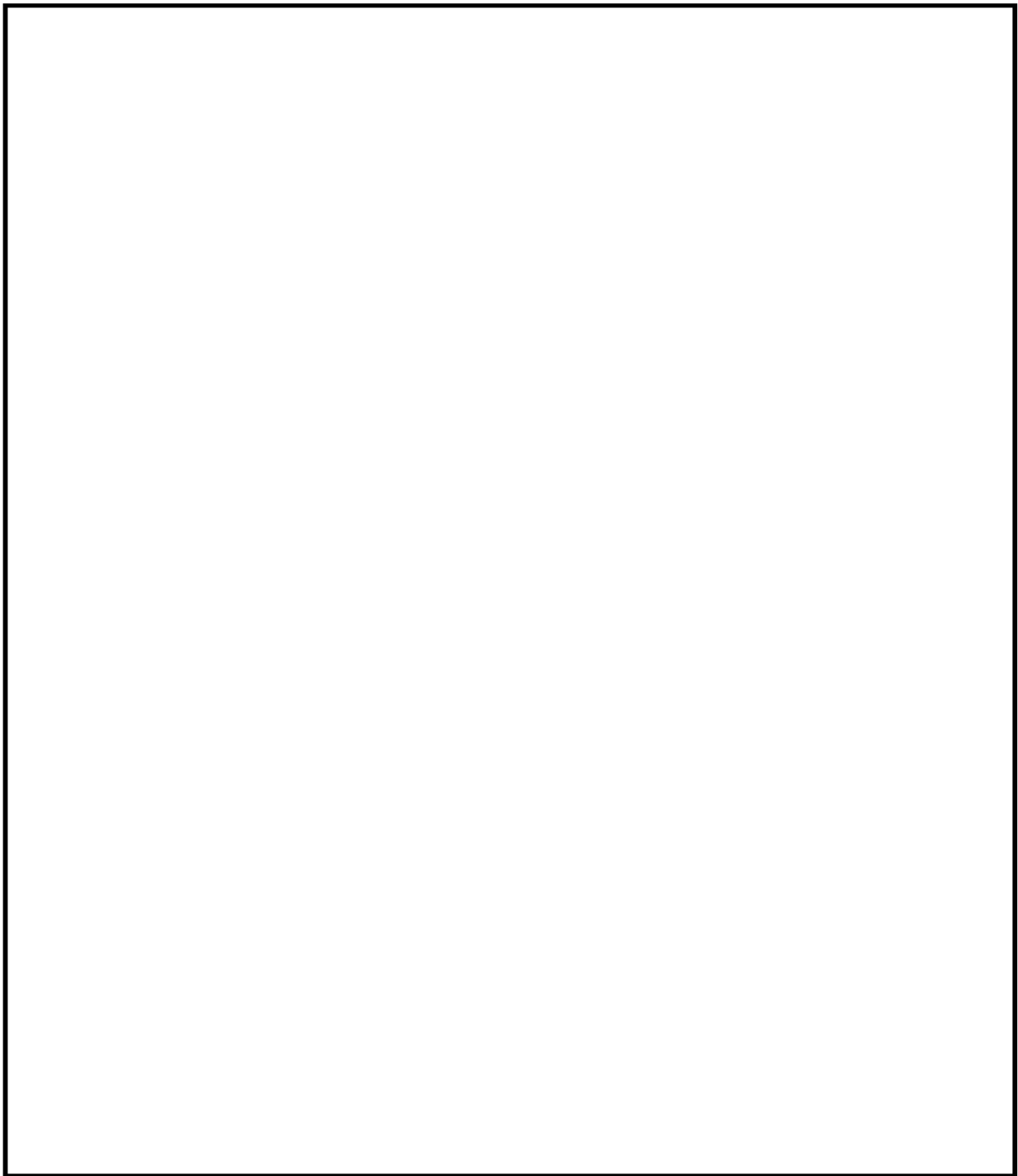
本建物は2層の主要床面を有する鉄筋コンクリート造壁式構造物であり、主として長期荷重を支持する目的から、一部、鉄筋コンクリート造の柱を配置している。

なお、本建物の基礎は厚さ□mのベタ基礎であり、十分な支持性能を有する地盤に直接設置される。

緊急時対策所建屋の概略平面図を第2-2図に、概略断面図を第2-3図に示す。



第 2-2 図 緊急時対策所建屋の概略平面図



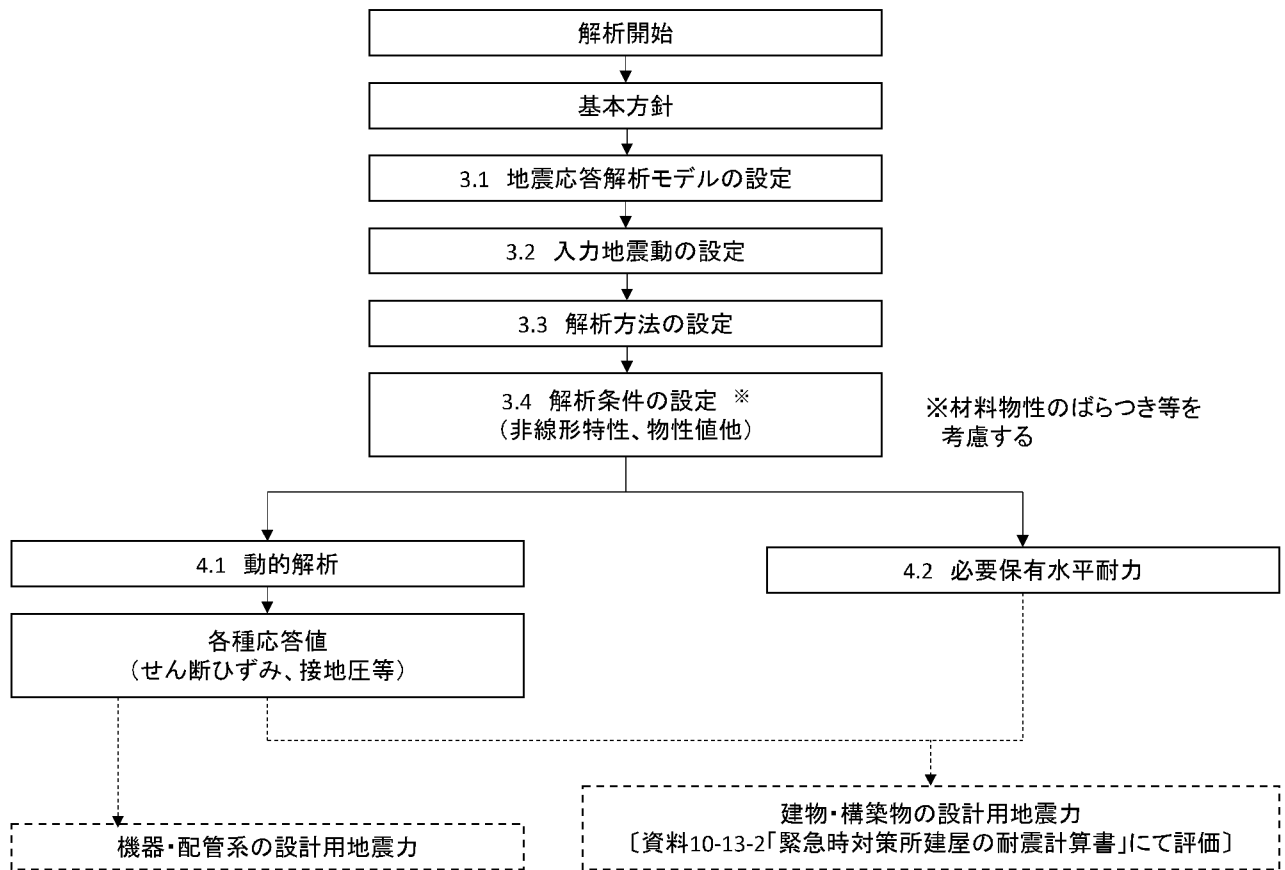
第 2-3 図 緊急時対策所建屋の概略断面図

2.3 解析方針

緊急時対策所建屋の地震応答解析は、資料 10-6「地震応答解析の基本方針」に基づいて行う。

第 2-4 図に緊急時対策所建屋の地震応答解析フローを示す。

地震応答解析は、「3.1 地震応答解析モデル」において設定した地震応答解析モデル及び「3.2 入力地震動」において設定した入力地震動を用いて「3.3 解析方法」及び「3.4 解析条件」に基づき、材料物性のばらつき及び鉄筋コンクリート造部の減衰定数の設定に起因するばらつき（以下「材料物性のばらつき等」という）を考慮して実施することとし、「4.1 動的解析」において、せん断ひずみ、接地圧等を含む各種応答値を、「4.2 必要保有水平耐力」において必要保有水平耐力を算出する。



第 2-4 図 緊急時対策所建屋の地震応答解析フロー

2.4 適用規格・基準等

地震応答解析において適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・ 建築基準法・同施行令
- ・ 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 ー許容応力度設計法ー((社)日本建築学会、1999)
- ・ 原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説((社)日本建築学会、2005)
(以下「RC-N 規準」という)
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力度編 JEAG4601・補-1984((社)日本電気協会)
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987((社)日本電気協会)
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991 追補版((社)日本電気協会)
(以下「JEAG4601-1991 追補版」という)
- ・ 原子力発電所の地震を起因とした確率論的リスク評価に関する実施基準：
2015((社)日本原子力学会) (以下「地震 PRA 実施基準」という)

3. 解析方法

3.1 地震応答解析モデル

地震応答解析モデルは、資料 10-6「地震応答解析の基本方針」に記載の解析モデルの設定方針に基づき、水平方向及び鉛直方向それぞれについて設定する。地震応答解析モデルの設定に用いた建物・構築物の物性値を第 3-1 表に示す。

第 3-1 表 建物・構築物の物性値

建物・構築物	使用材料	ヤング係数 E (N/mm ²)	せん断 弾性係数 G (N/mm ²)	減衰 定数 h (%)
緊急時対策所建屋	コンクリート： F _c = 30.0 (N/mm ²)	24.4 × 10 ³	10.2 × 10 ³	5

3.1.1 水平方向モデル

水平方向の地震応答解析モデルは、地盤との相互作用を考慮した、剛基礎を有する多質点系の1軸棒モデルとする。地震応答解析モデルを第3-1図、解析モデルの諸元を第3-2表に示す。

各部材の剛性については、曲げせん断型剛性とし、せん断剛性として地震方向耐震壁のウェブ部分のせん断剛性を考慮し、曲げ剛性として地震方向耐震壁のウェブ部分に加えて、フランジ部分の曲げ剛性を考慮する。

地盤は、地盤調査に基づき設定し、基礎底面地盤ばねについては、「JGAG4601-1991 追補版」により、成層補正を行ったのち、振動アドミタンス理論に基づいて、スウェイ及びロッキングばね定数を近似法により評価する。基礎底面地盤ばねの評価には、解析コード「VA 2001/11 版」を用いる。また、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。地盤定数を第3-3表、地震応答解析に用いる基礎地盤のばね定数と減衰係数を第3-4表に示す。

基礎底面地盤ばねには、基礎浮上りによる幾何学的非線形性を考慮する。

復元力特性は、耐震壁のせん断剛性及び曲げ剛性を建屋の方向別に層を単位として、「JGAG4601-1991 追補版」に基づいて設定する。

地震応答解析は上記復元力特性を用いた弾塑性時刻歴応答解析とし、入力地震動は基礎底面レベルに入力する。

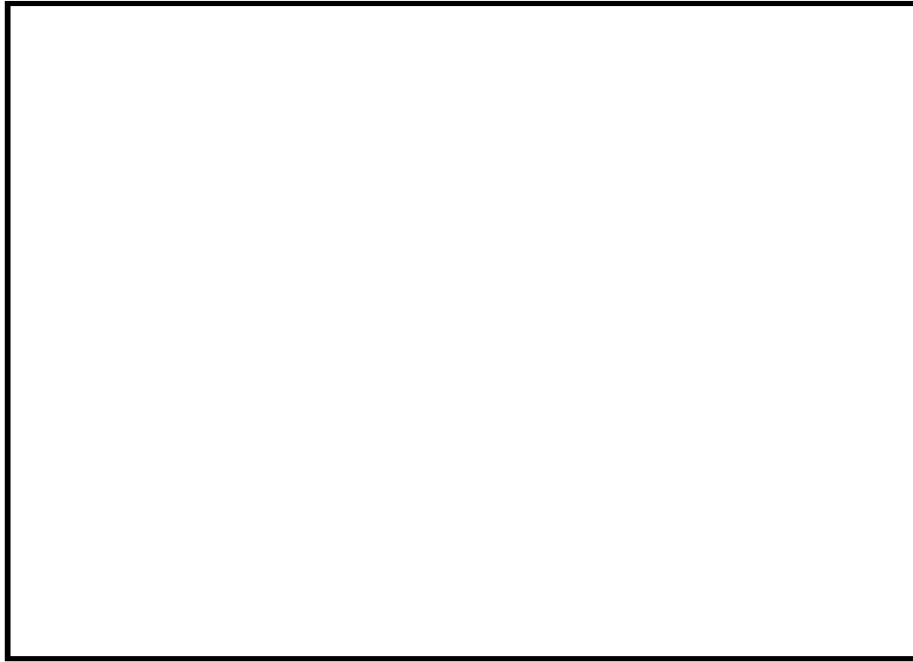
3.1.2 鉛直方向モデル

鉛直方向の地震応答解析モデルは、耐震壁等の軸剛性を評価した軸ばねにより各質点を連結した多質点系の1軸棒モデルとする。鉛直方向の地震応答解析モデルを第3-2図、解析モデルの諸元を第3-5表に示す。

各部材の剛性については、耐震壁の軸断面積に基づいて評価する。

地盤は、地盤調査に基づき設定し、基礎底面地盤ばねについては、成層補正を行ったのち、振動アドミタンス理論に基づいて、鉛直ばね定数を近似的に評価する。基礎底面地盤ばねの評価には、解析コード「VA 2001/11 版」を用いる。また、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。地震応答解析に用いる基礎地盤のばね定数と減衰係数を第3-6表に示す。

地震応答解析は弾性時刻歴応答解析とし、入力地震動は基礎底面レベルに入力する。



第 3-1 図 地震応答解析モデル(水平方向)

第 3-2 表 地震応答解析モデル諸元 (水平方向)

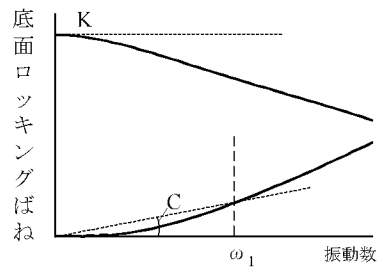
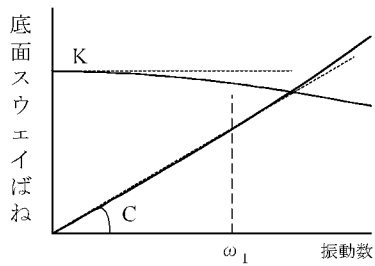
建物・構築物	質点番号 () 節点	高さ E. L. (m)	質量 (kN)	回転慣性 質量×10 ³ (kN・m ²)		部 材 番 号	せん断断面積 (m ²)		断面 2 次モーメント (m ⁴)		
				NS	EW		NS	EW	NS	EW	
				緊急時 対策所 建屋	1			19,700	803	800	1
	2	21,100	861	857	2	76.8		66.5	5,270	4,520	
基礎	(3)		—	—	—	—	剛				
	4		53,200	3,280	3,280	—					
	(5)		—	—	—	—					

第 3-3 表 地盤定数

地層 E. L. (m)	地盤せん断波速度 V_s (m/s)	単位体積重量 ρ (tf/m ³)	ポアソン比 ν
	2,080	2.67	0.34
	2,180	2.72	0.34
	2,380	2.88	0.34

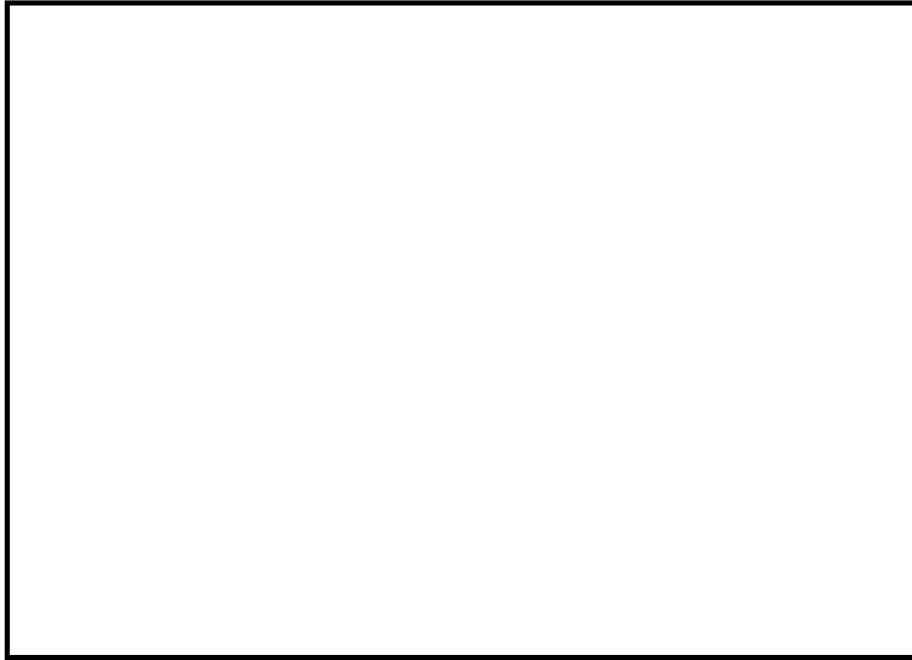
第 3-4 表 地盤ばね定数と減衰係数（水平方向）

	方向	ばね定数	減衰係数
底面 スウェイばね K_S	NS	0.821×10^9 (kN/m)	3.29×10^6 (kN·s/m)
	EW	0.821×10^9 (kN/m)	3.28×10^6 (kN·s/m)
底面 ロッキングばね K_R	NS	0.157×10^{12} (kN·m/rad)	0.151×10^9 (kN·m·s/rad)
	EW	0.157×10^{12} (kN·m/rad)	0.141×10^9 (kN·m·s/rad)



ばね定数：0Hz のばね定数 K で定式化

減衰係数：振動系全体のうち地盤の影響が卓越する最初の固有振動数 ω_1 に対応する虚部の値と原点とを結ぶ直線の傾き C で定式化



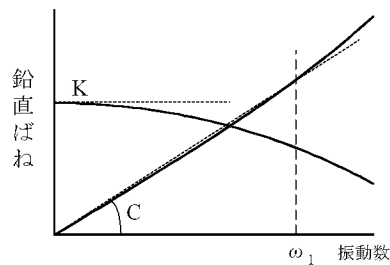
第 3-2 図 地震応答解析モデル（鉛直方向）

第 3-5 表 地震応答解析モデル諸元（鉛直方向）

建物・構築物	質点番号 () 節点	高さ E. L. (m)	質量 (kN)	部材 番号	軸断面積 (m ²)
緊急時 対策所 建屋	1		19,700	1	96.2
	2		21,100	2	131
基礎	(3)		—	—	剛
	4		53,200	—	
	(5)		—	—	

第 3-6 表 地盤ばね定数と減衰係数（鉛直方向）

方 向	ばね定数	減衰係数
鉛直ばね K _v	1.06 × 10 ⁹ (kN/m)	6.23 × 10 ⁶ (kN・s/m)



ばね定数：0Hz のばね定数 K で定式化

減衰係数：振動系全体のうち地盤の影響が卓越する最初の固有振動数 ω_1 に対応する虚部の値と原点とを結ぶ直線の傾き C で定式化

3.2 入力地震動

3.2.1 入力地震動の算定方法

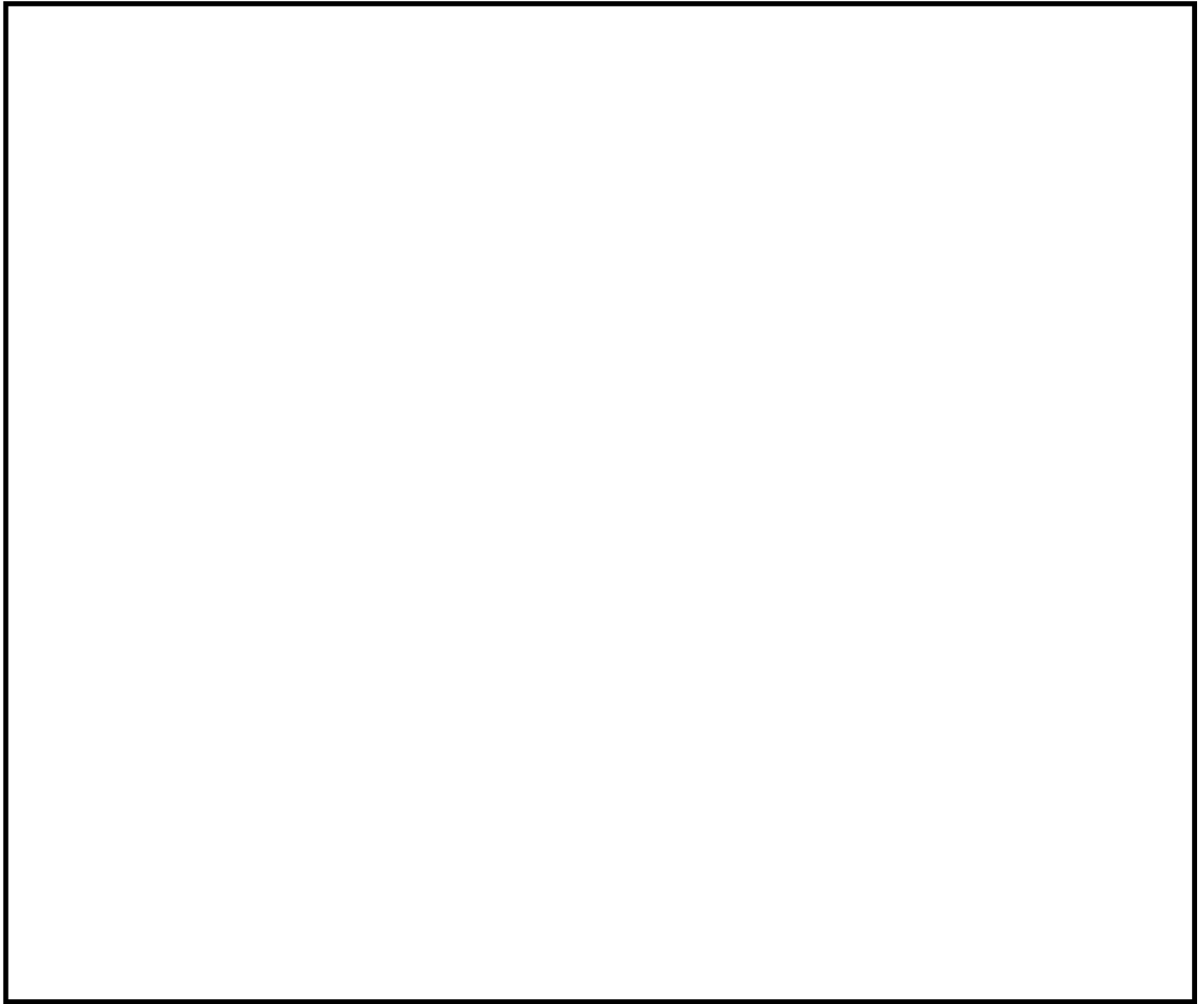
緊急時対策所建屋の地震応答解析に用いる入力地震動は、資料 10-6「地震応答解析の基本方針」に記載の入力地震動の設定方針に基づき設定する。

入力地震動算定の概念図を第 3-3 図に示す。入力地震動は、水平方向及び鉛直方向に対して、資料 10-2「基準地震動 S_s の概要」に示す基準地震動 S_s を基に、緊急時対策所建屋周辺の地盤条件を考慮した地盤の地震応答解析により基礎底面位置で算定する。具体的には、解放基盤表面で定義される基準地震動 S_s を、1次元波動論を用いた地盤モデル A によって E.L. m まで引戻し、引戻した波を地盤モデル B の底面に入力することで建屋への入力地震動を算定する。地盤モデル A 及び地盤モデル B ともに、E.L. m 以深を半無限地盤とする。地盤モデル A の地盤物性値は、資料 10-2「基準地震動 S_s の概要」に基づき設定し、地盤モデル B の地盤物性値は、資料 10-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき第 3-7 表のとおり設定する。

入力地震動の算定には、解析コード「SHAKESI (Ver. 01. 02)」を用いる。解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

第 3-7 表 地盤の物性値

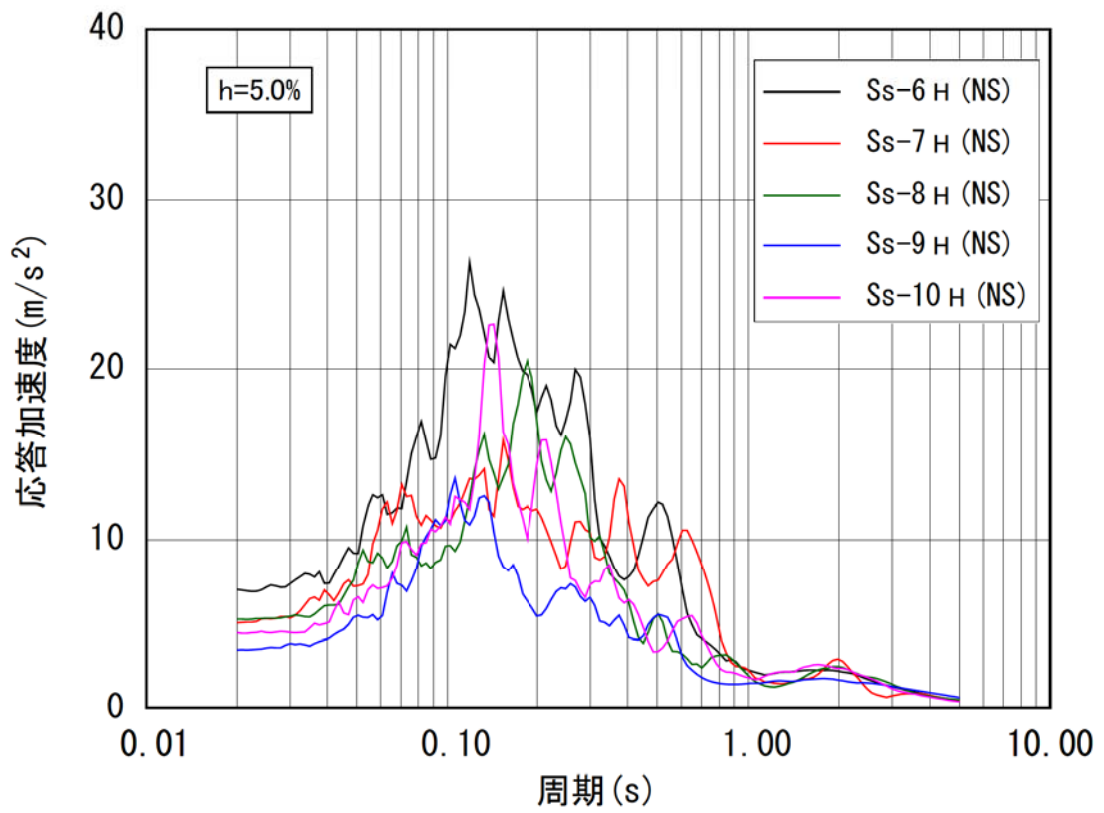
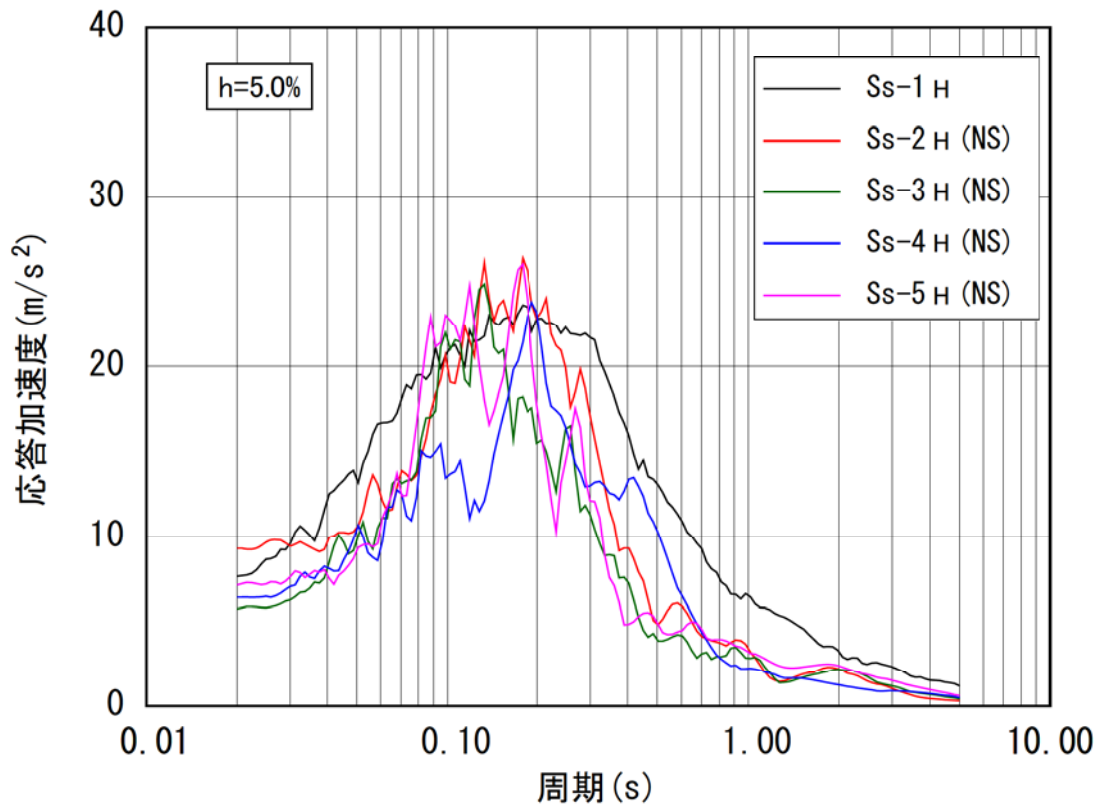
E. L. (m)	岩種	岩級区分	地盤せん断波速度 V_s (m/s)	単位体積重量 (tf/m^3)	減衰定数
<input type="text"/>	閃緑岩	CM 級	2, 080	2. 67	0. 03
		CH 級	2, 180	2. 72	0. 03
	輝緑岩	CH 級	2, 380	2. 88	0. 03



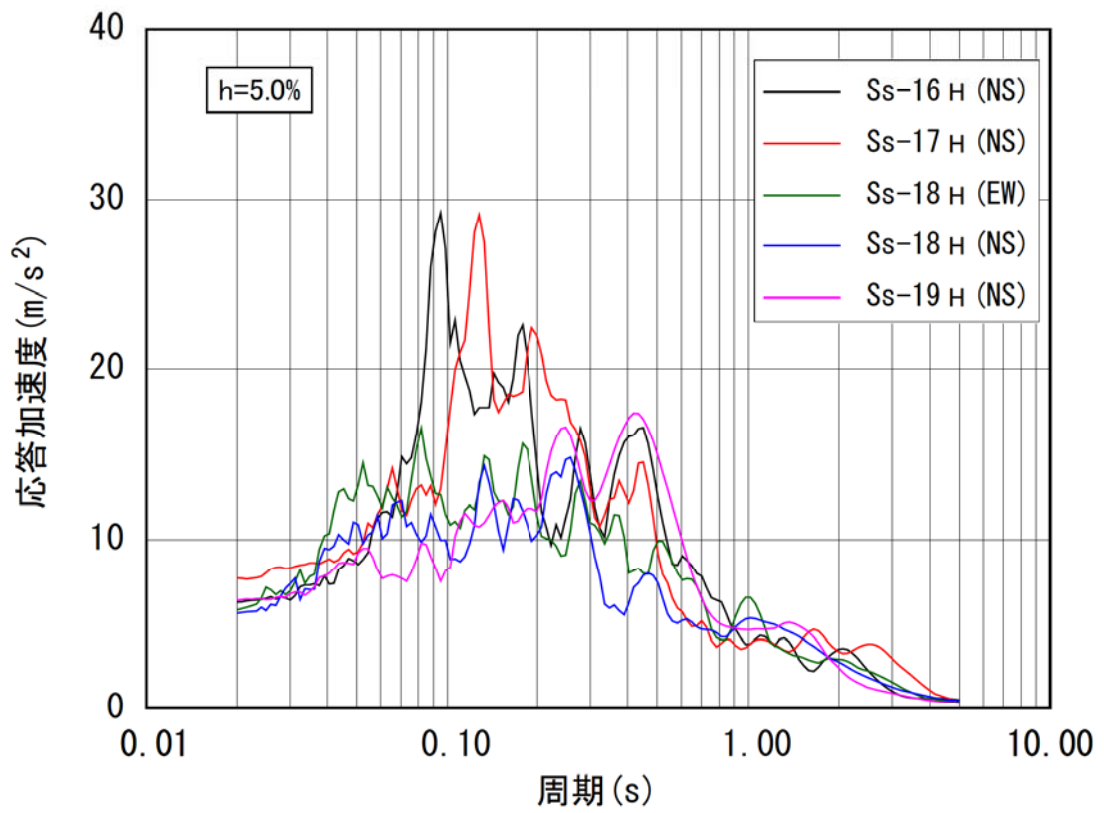
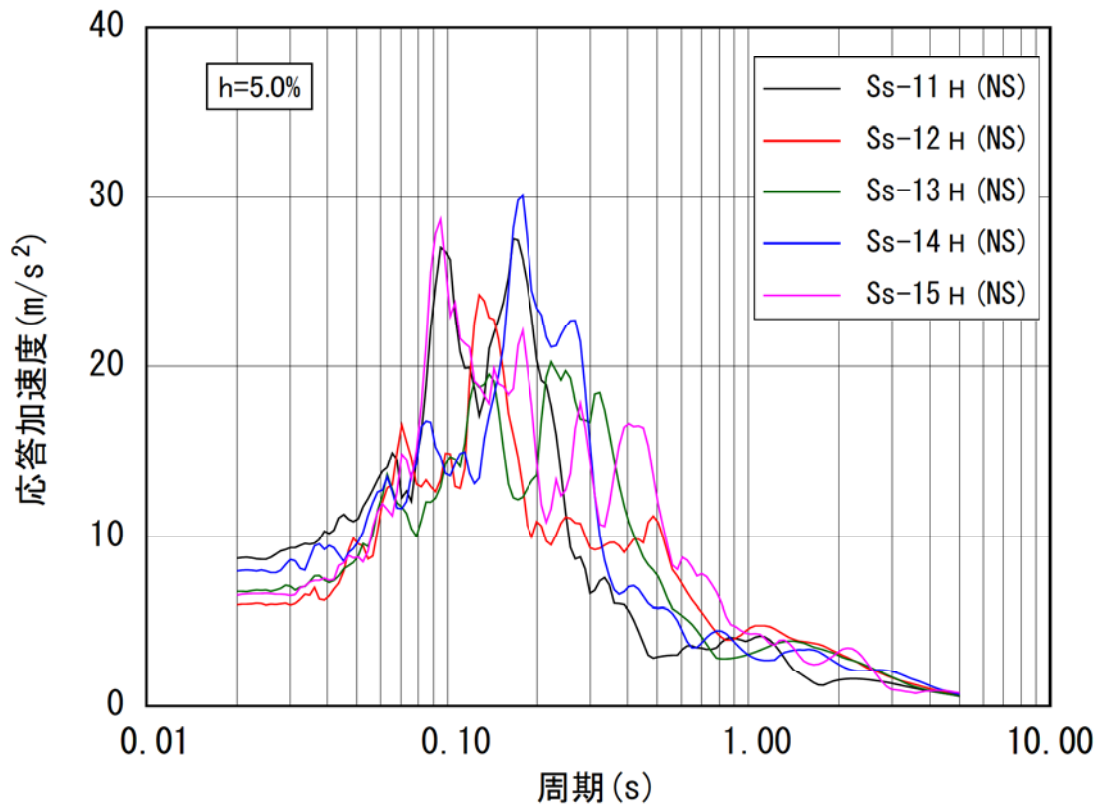
第 3-3 図 入力地震動算定の概念図

3.2.2 入力地震動の算定結果

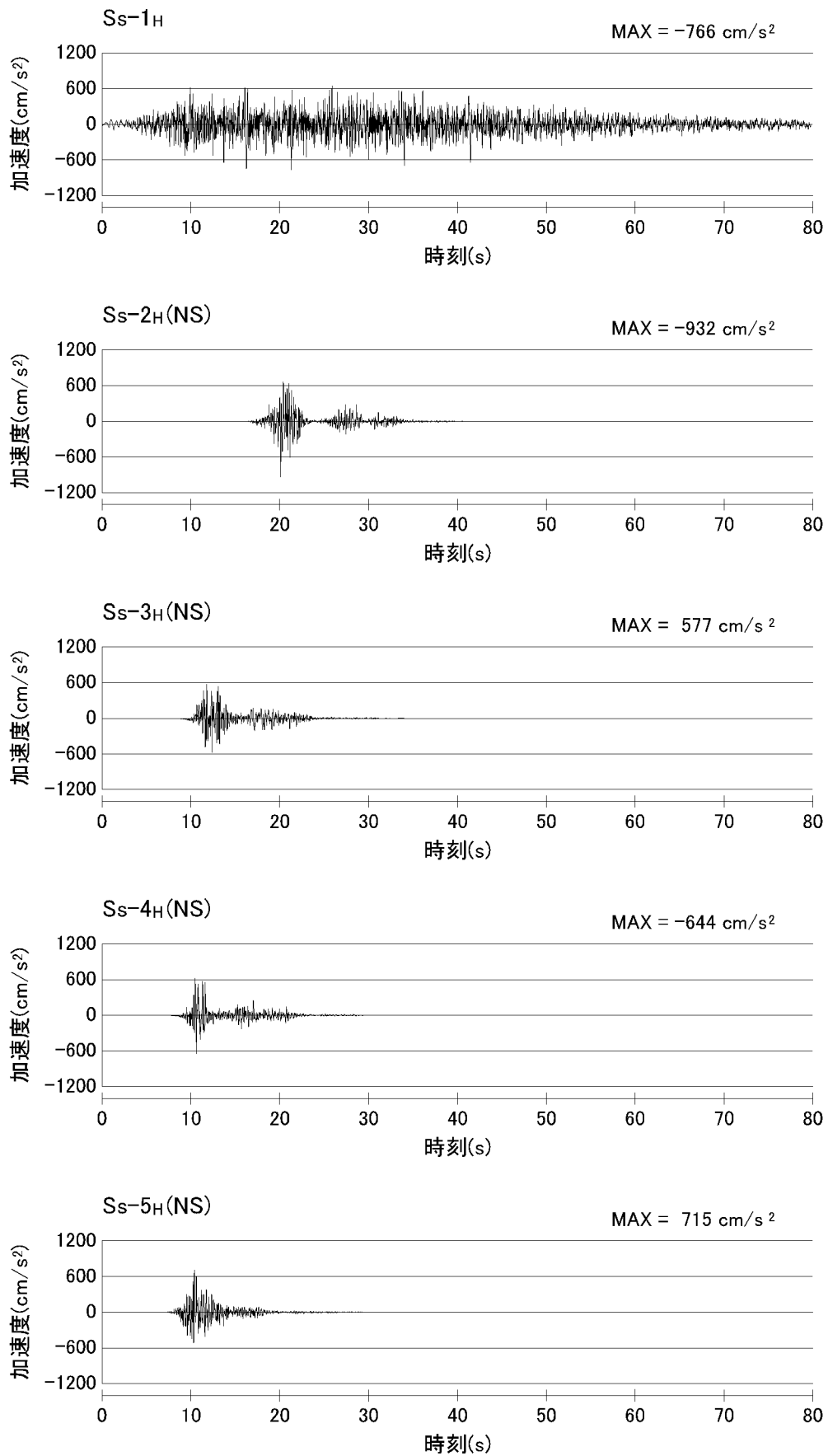
1次元波動論により算定した建屋基礎底面位置（E. L. m）における入力地震動の加速度応答スペクトル及び加速度時刻歴波形を第 3-4 図～第 3-9 図に示す。



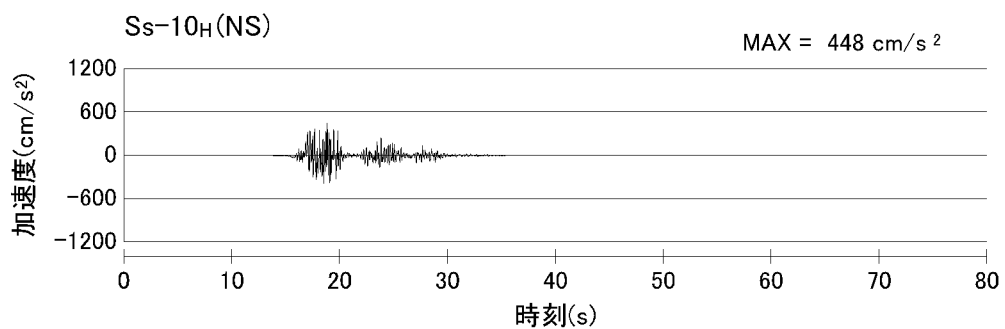
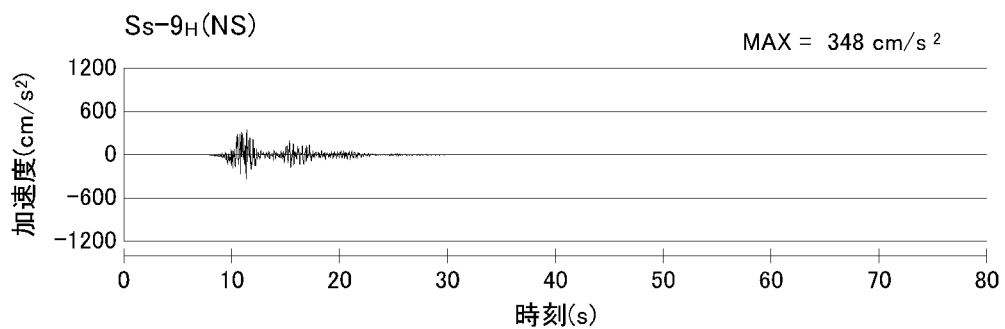
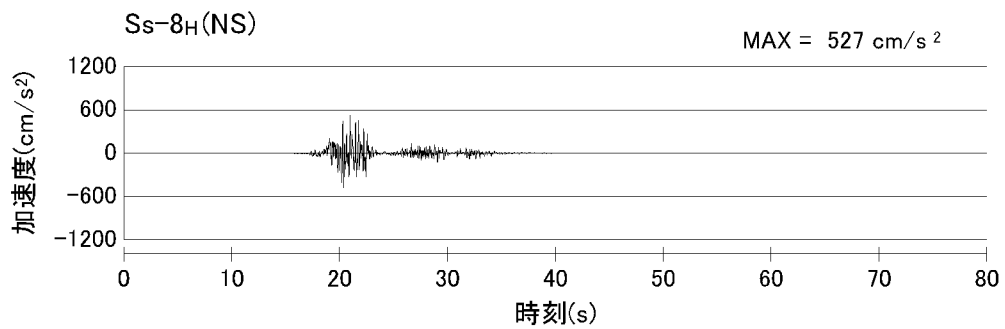
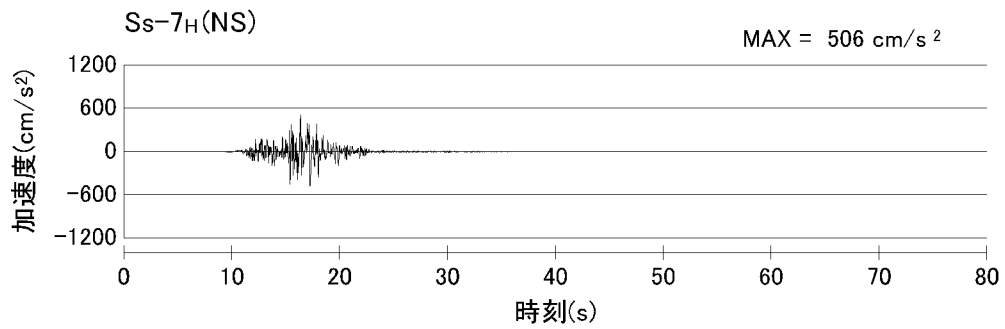
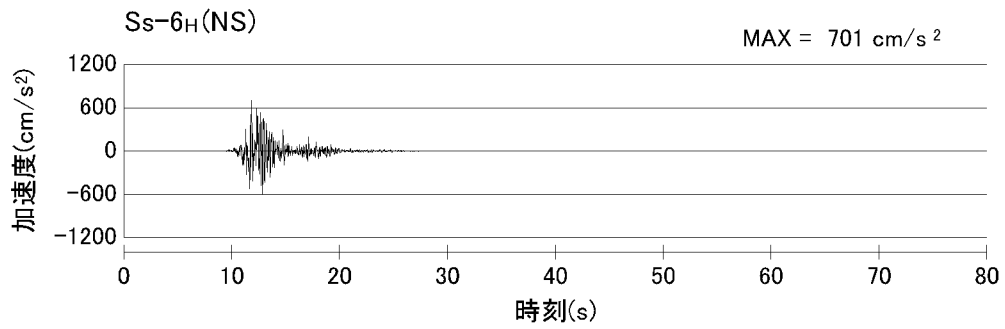
第 3-4 図 入力地震動の加速度応答スペクトル (Ss, NS 方向) (1/2)



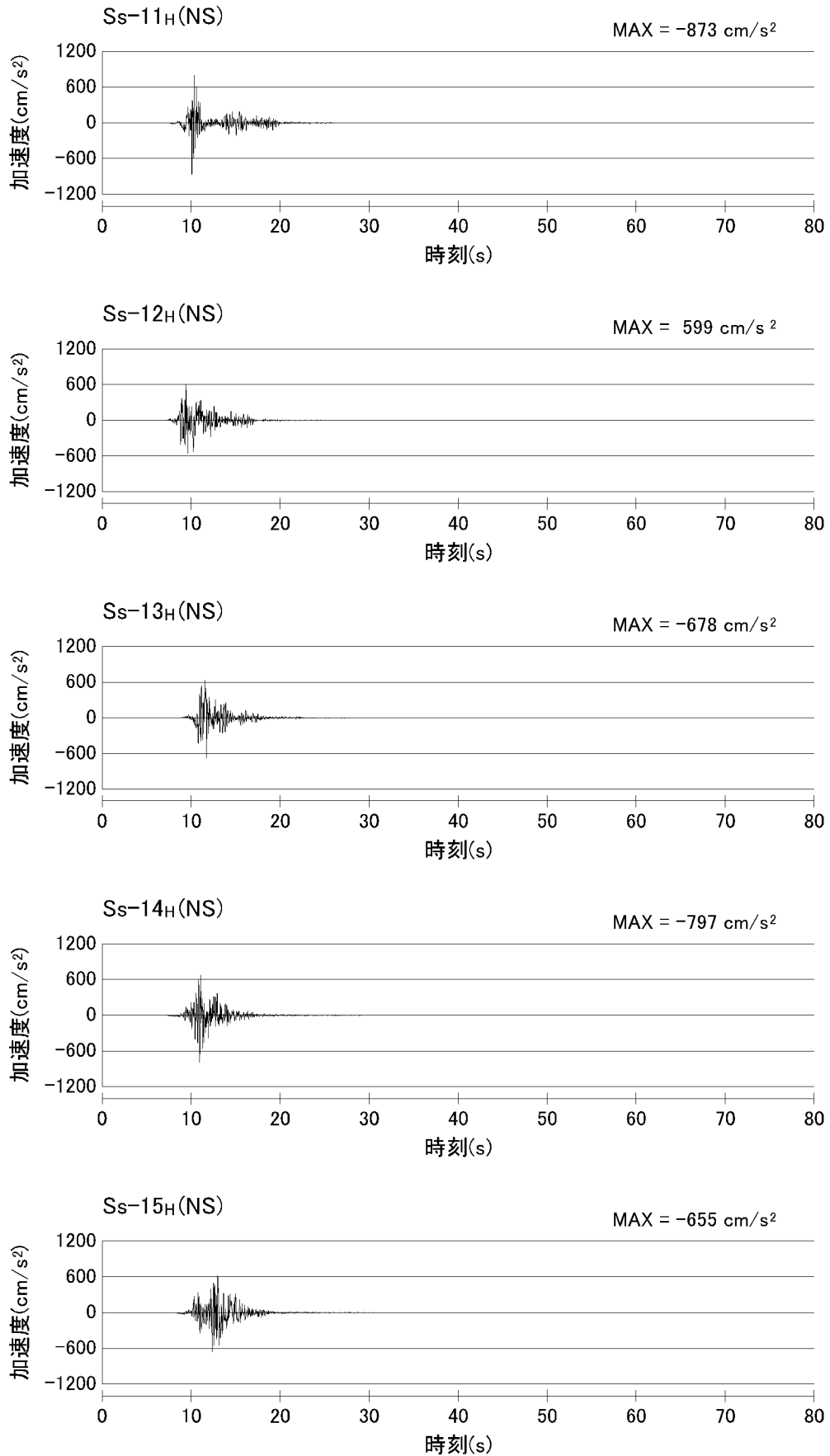
第 3-4 図 入力地震動の加速度応答スペクトル (Ss, NS 方向) (2/2)



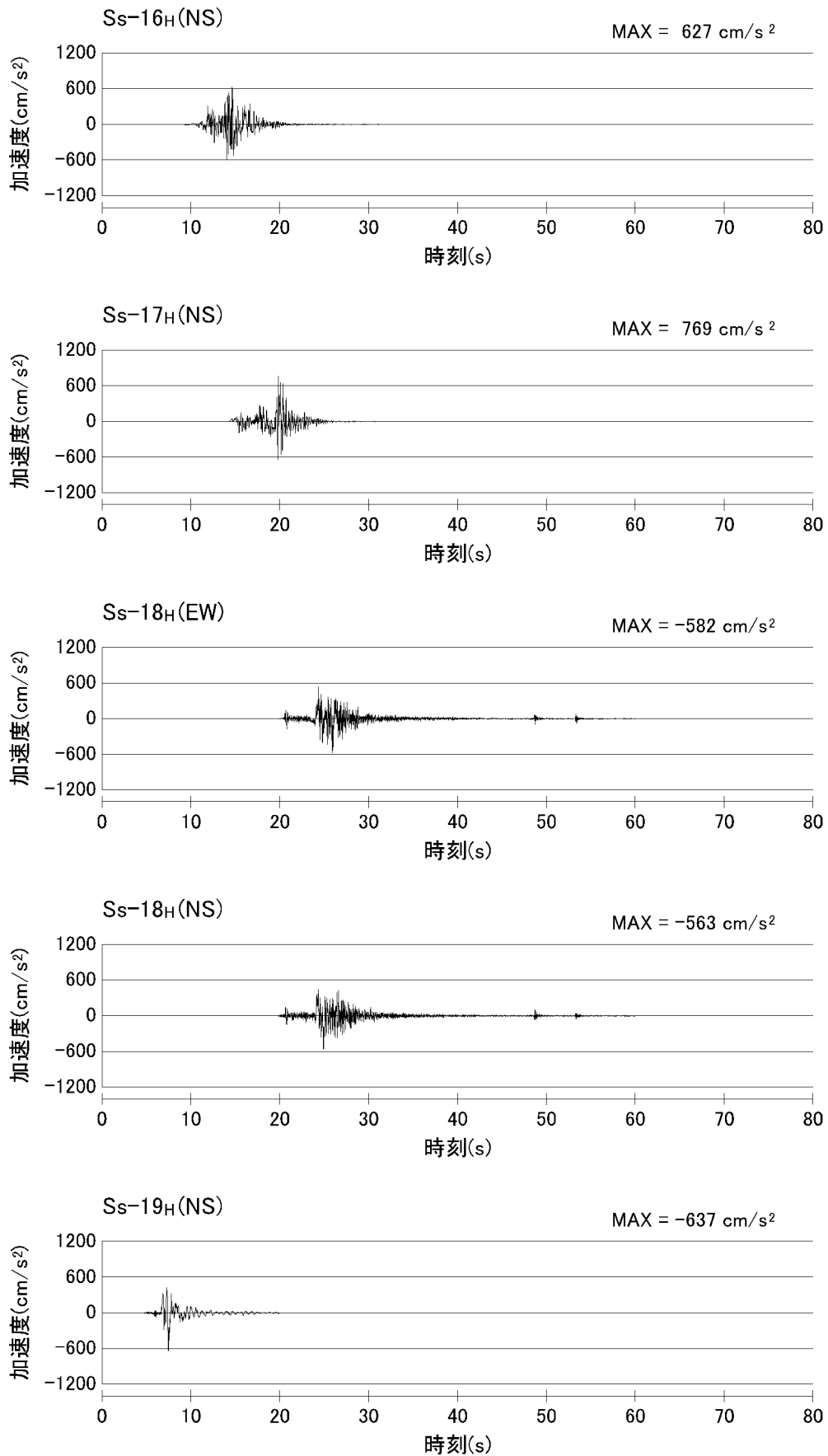
第 3-5 図 入力地震動の加速度時刻歴波形 (Ss, NS 方向) (1/4)



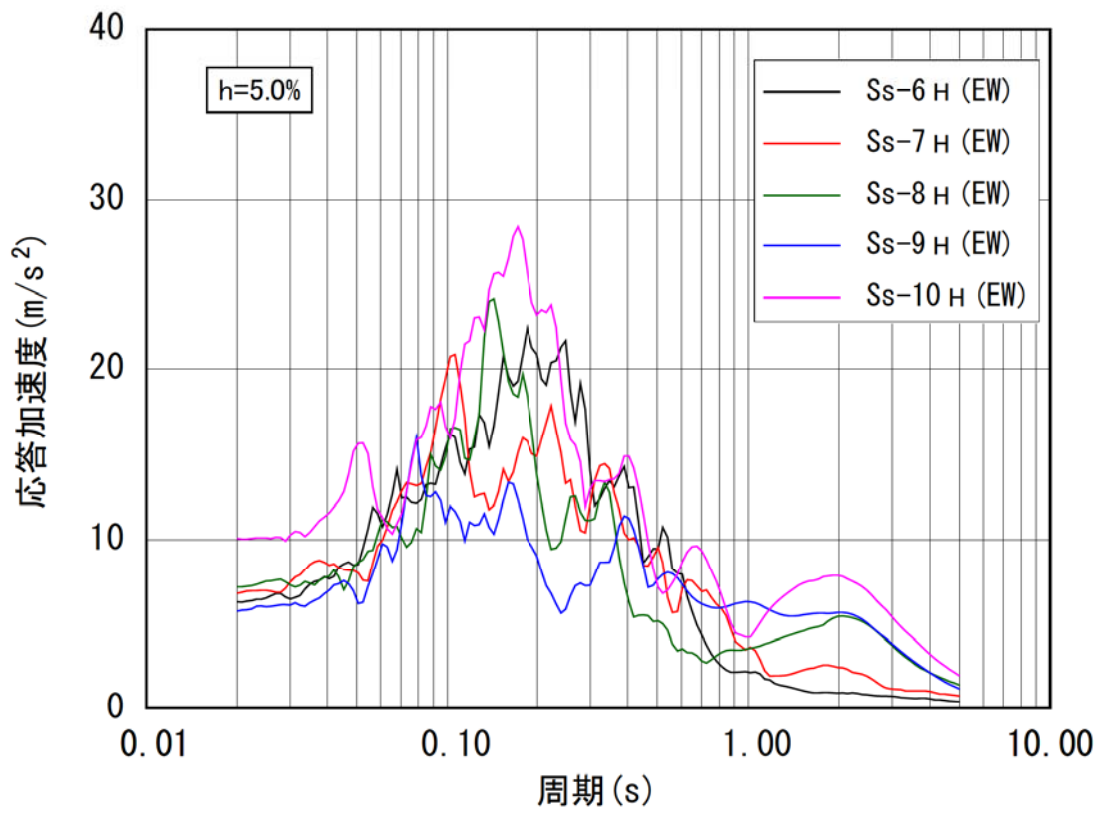
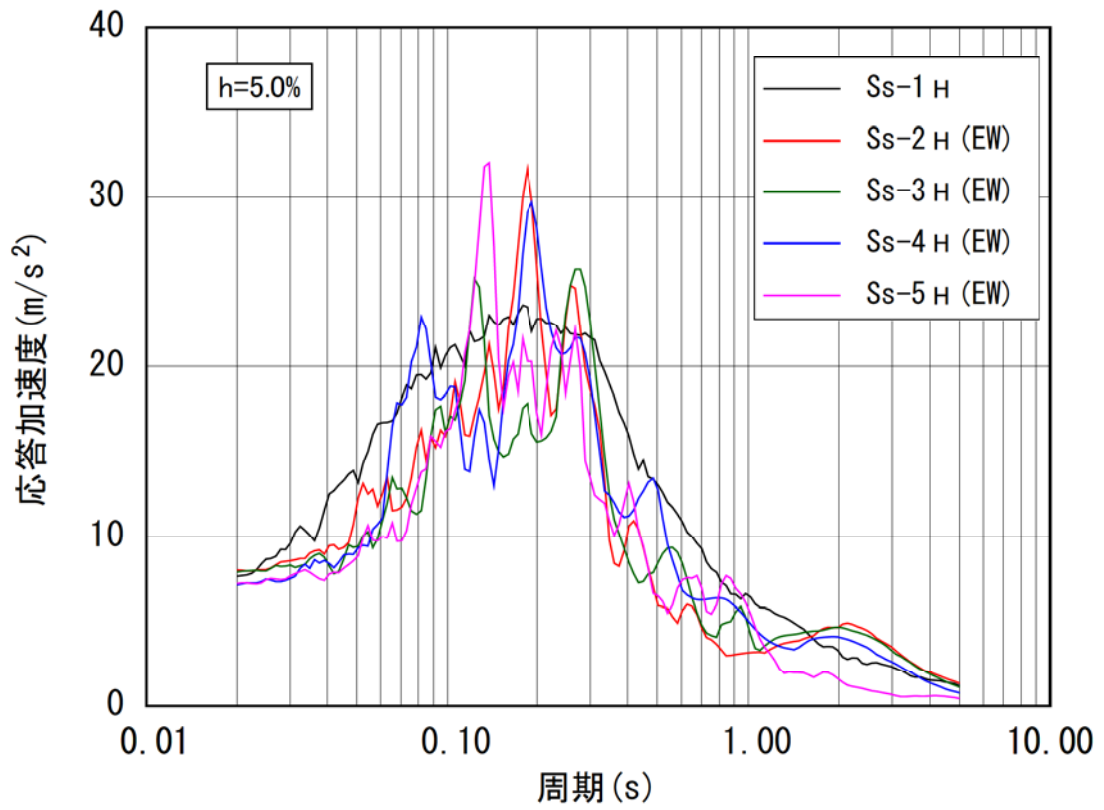
第 3-5 図 入力地震動の加速度時刻歴波形 (Ss, NS 方向) (2/4)



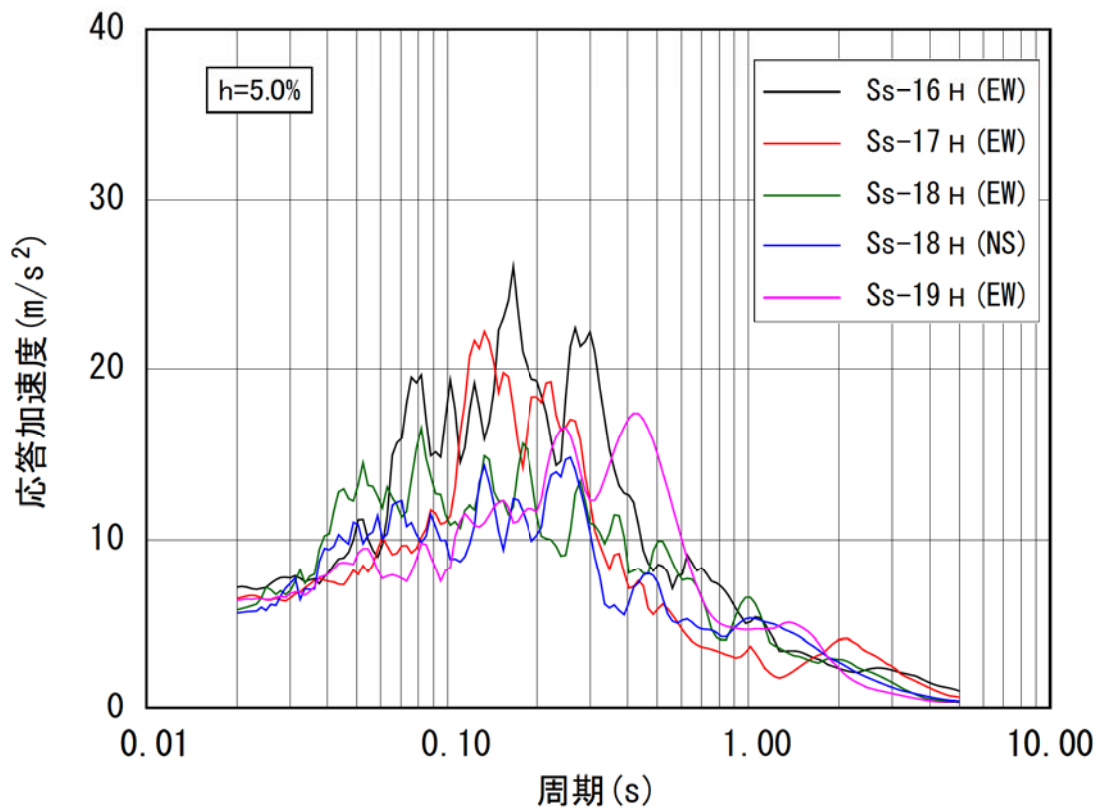
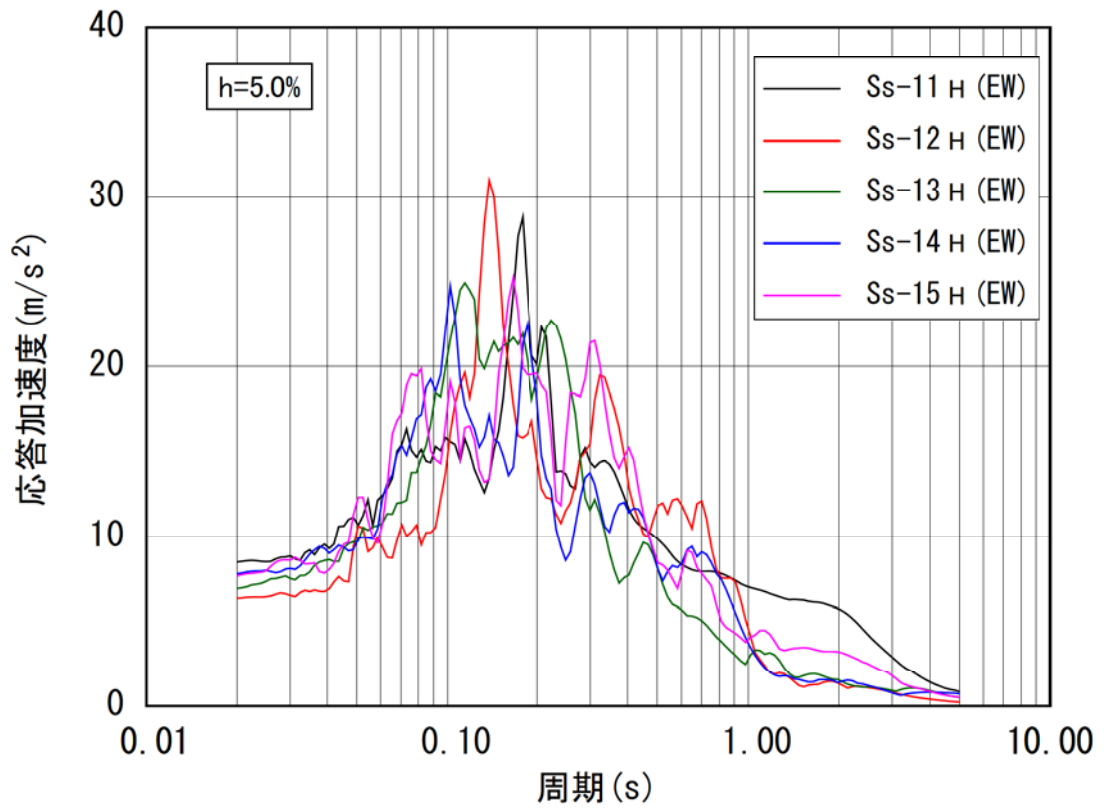
第 3-5 図 入力地震動の加速度時刻歴波形 (Ss, NS 方向) (3/4)



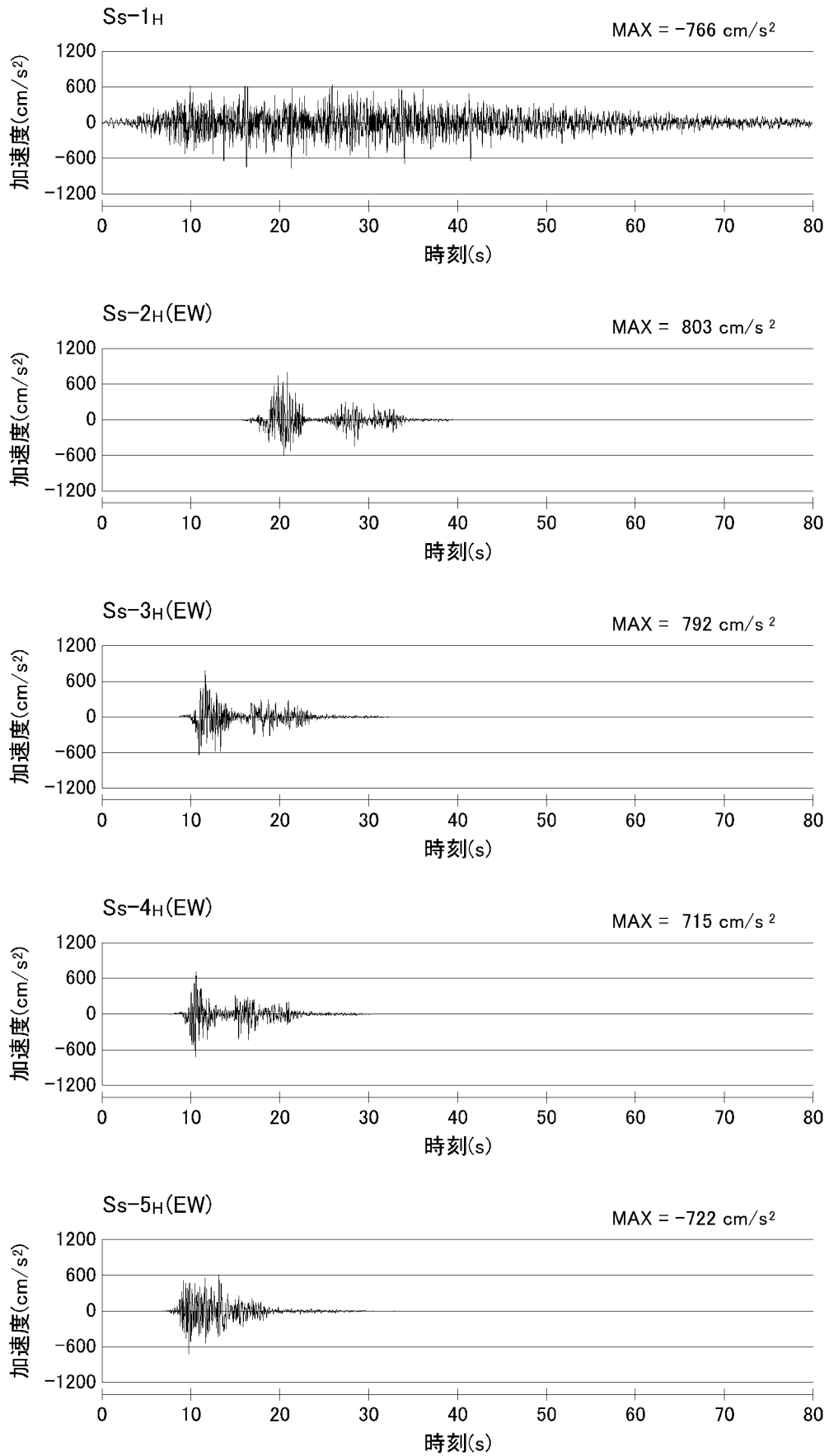
第 3-5 図 入力地震動の加速度時刻歴波形 (Ss, NS 方向) (4/4)



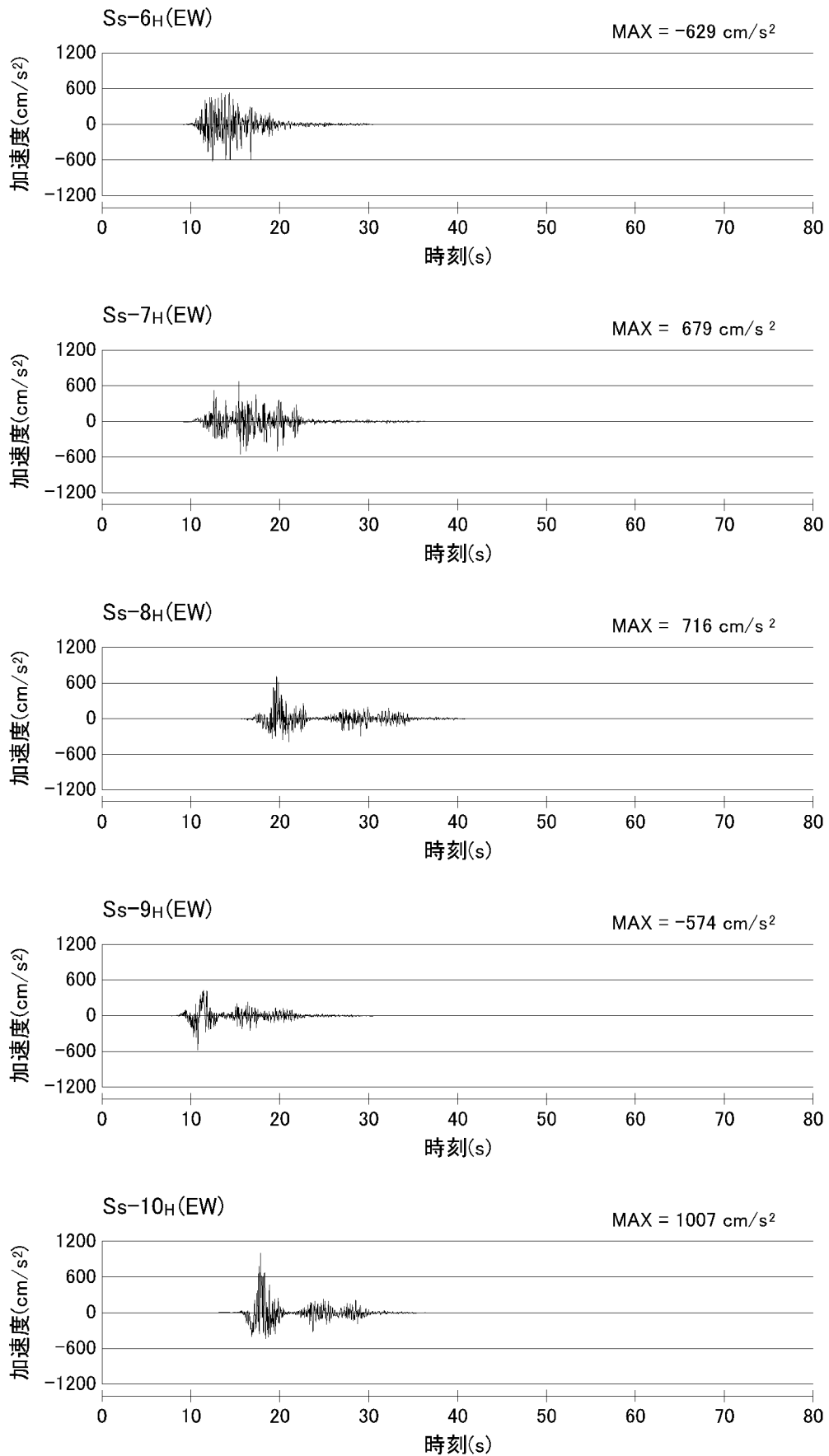
第 3-6 図 入力地震動の加速度応答スペクトル (Ss, EW 方向) (1/2)



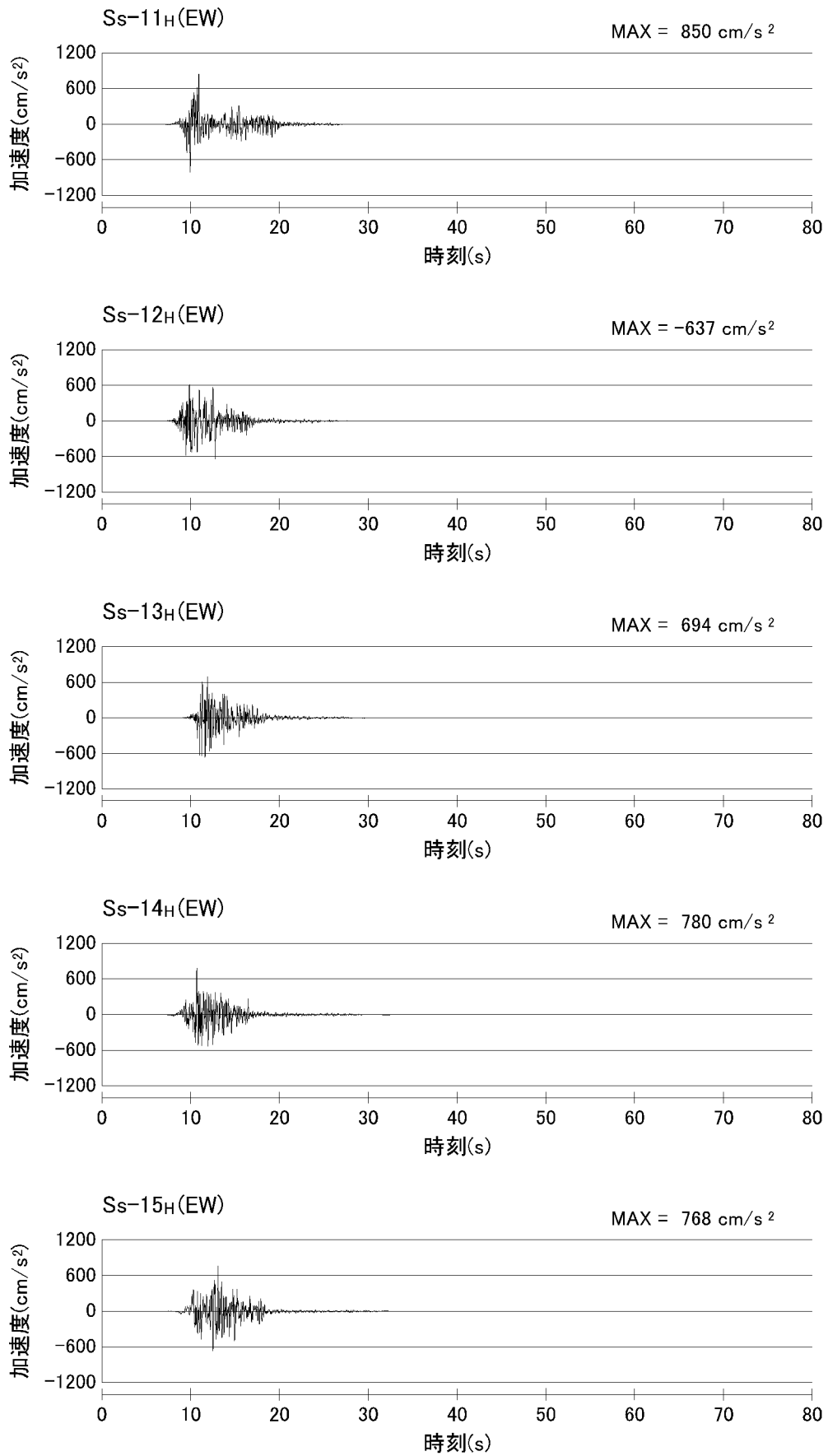
第 3-6 図 入力地震動の加速度応答スペクトル (Ss, EW 方向) (2/2)



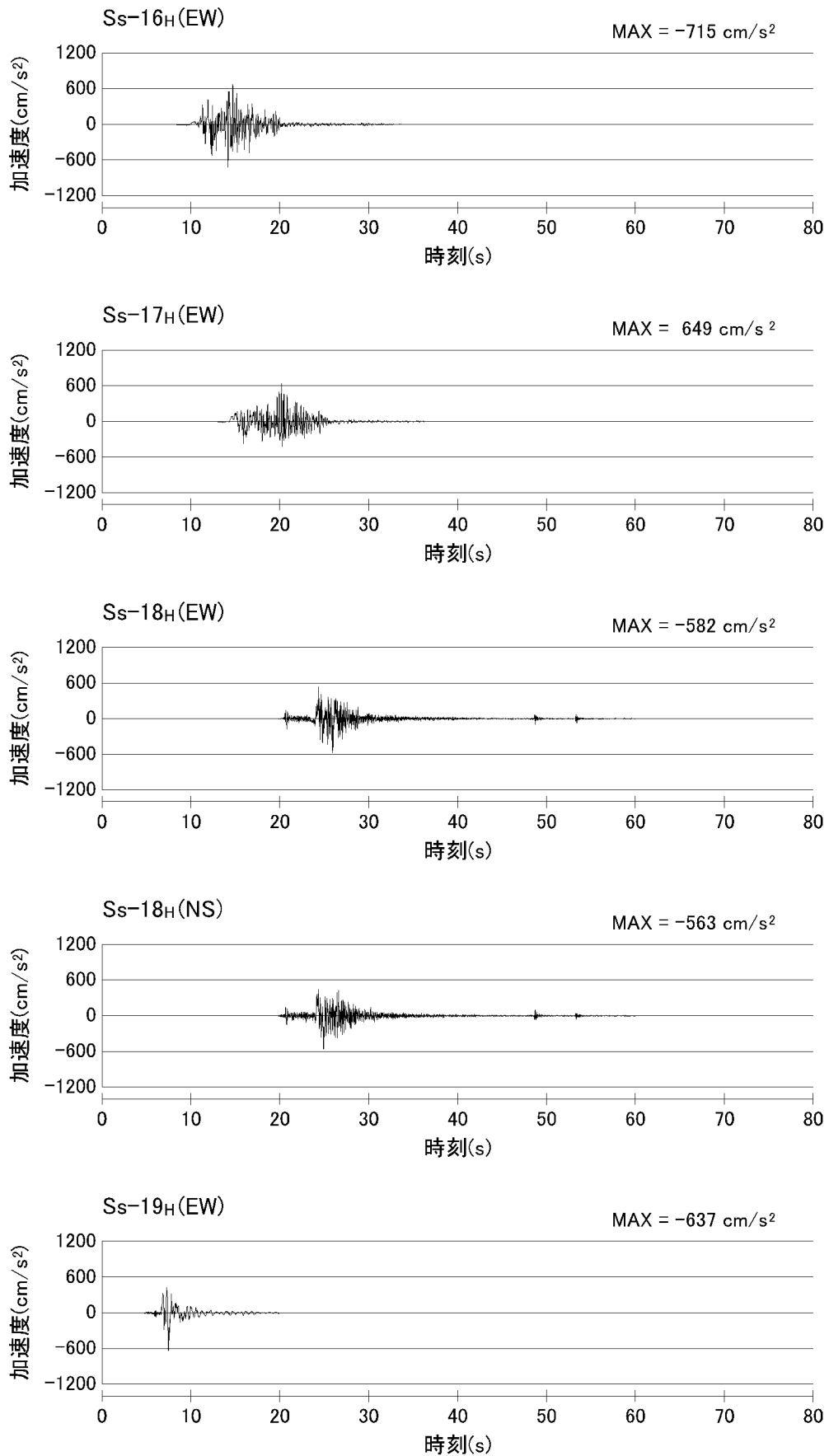
第 3-7 図 入力地震動の加速度時刻歴波形 (Ss, EW 方向) (1/4)



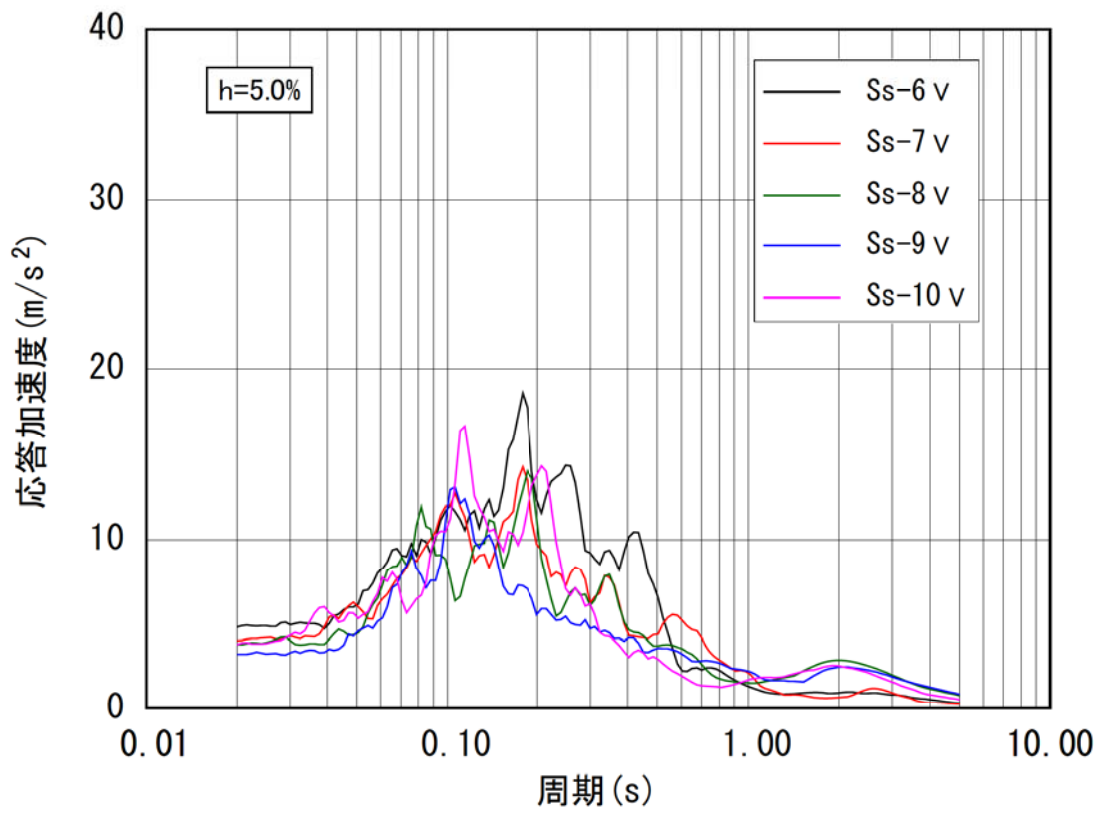
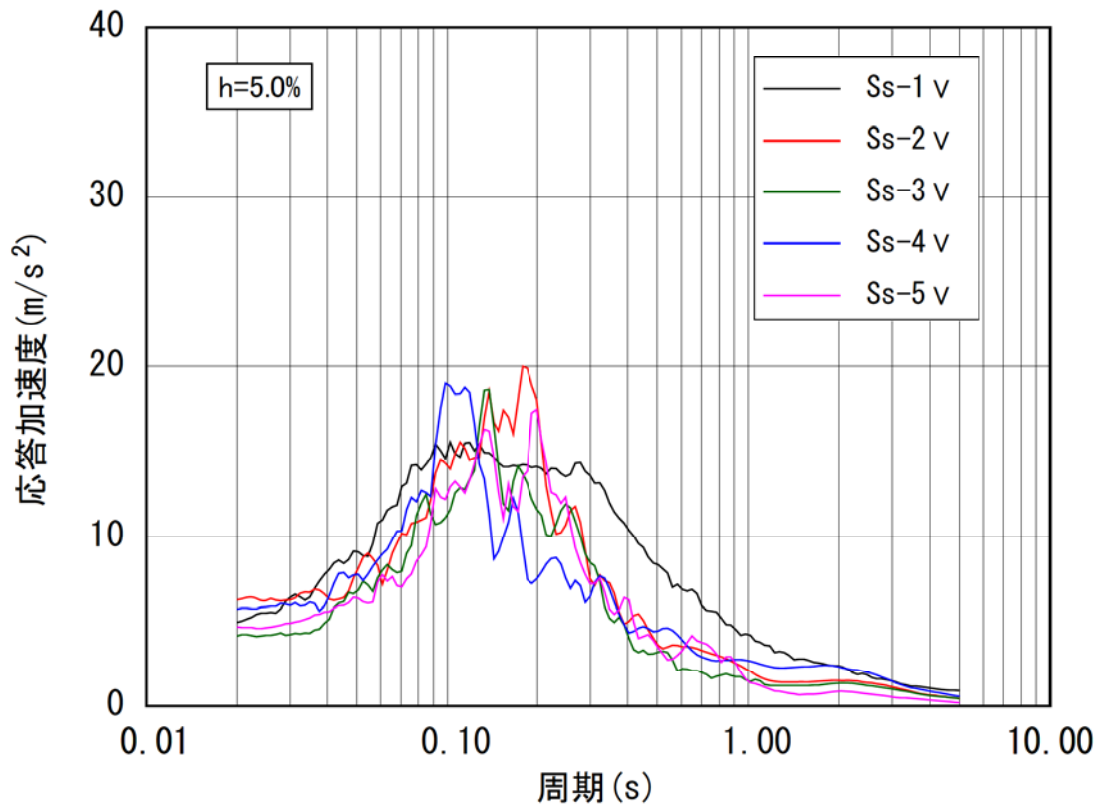
第 3-7 図 入力地震動の加速度時刻歴波形 (Ss, EW 方向) (2/4)



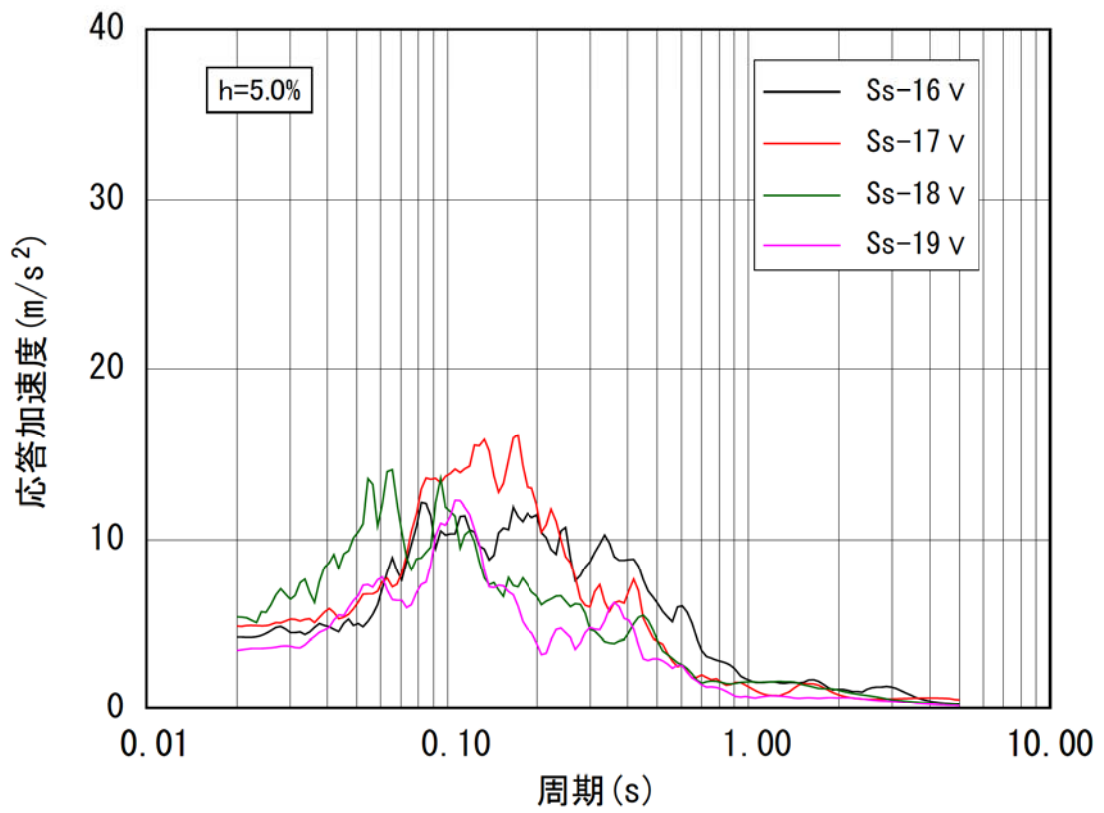
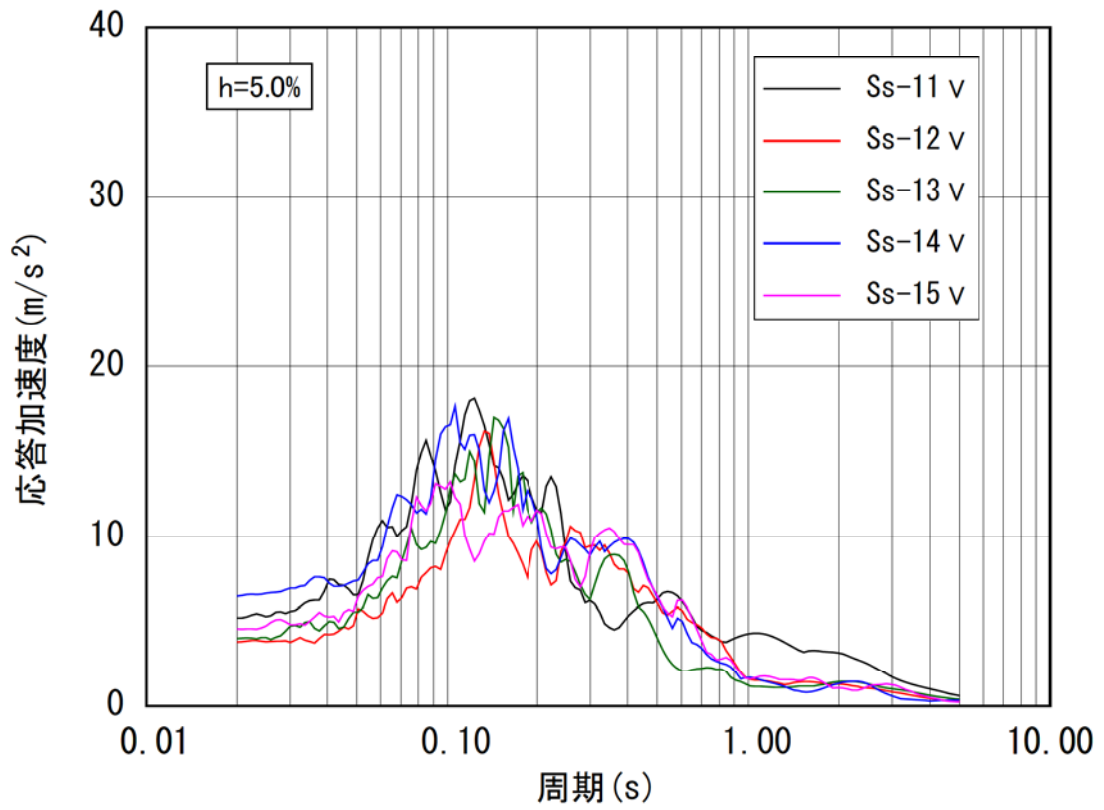
第 3-7 図 入力地震動の加速度時刻歴波形 (Ss, EW 方向) (3/4)



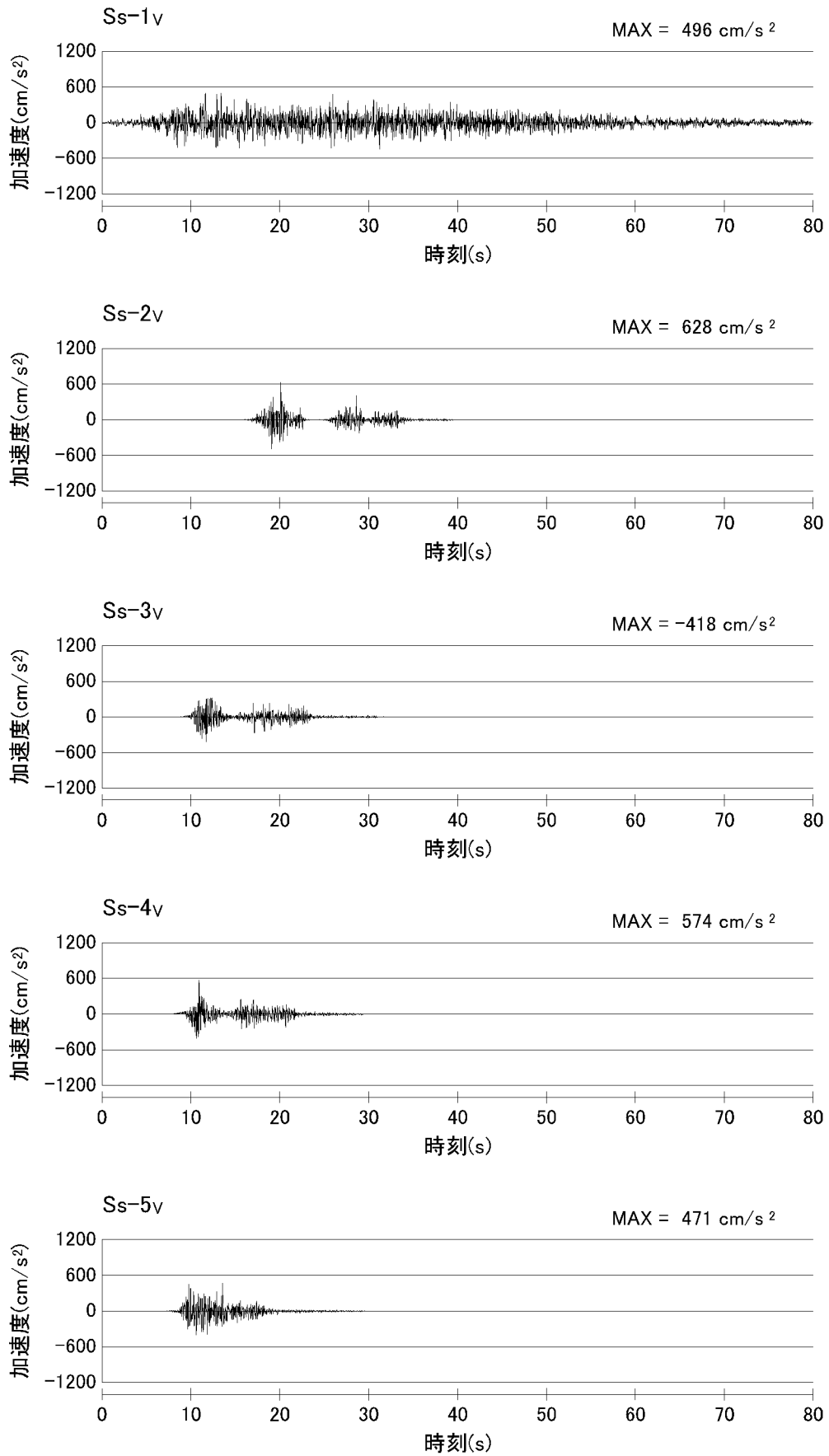
第 3-7 図 入力地震動の加速度時刻歴波形 (Ss, EW 方向) (4/4)



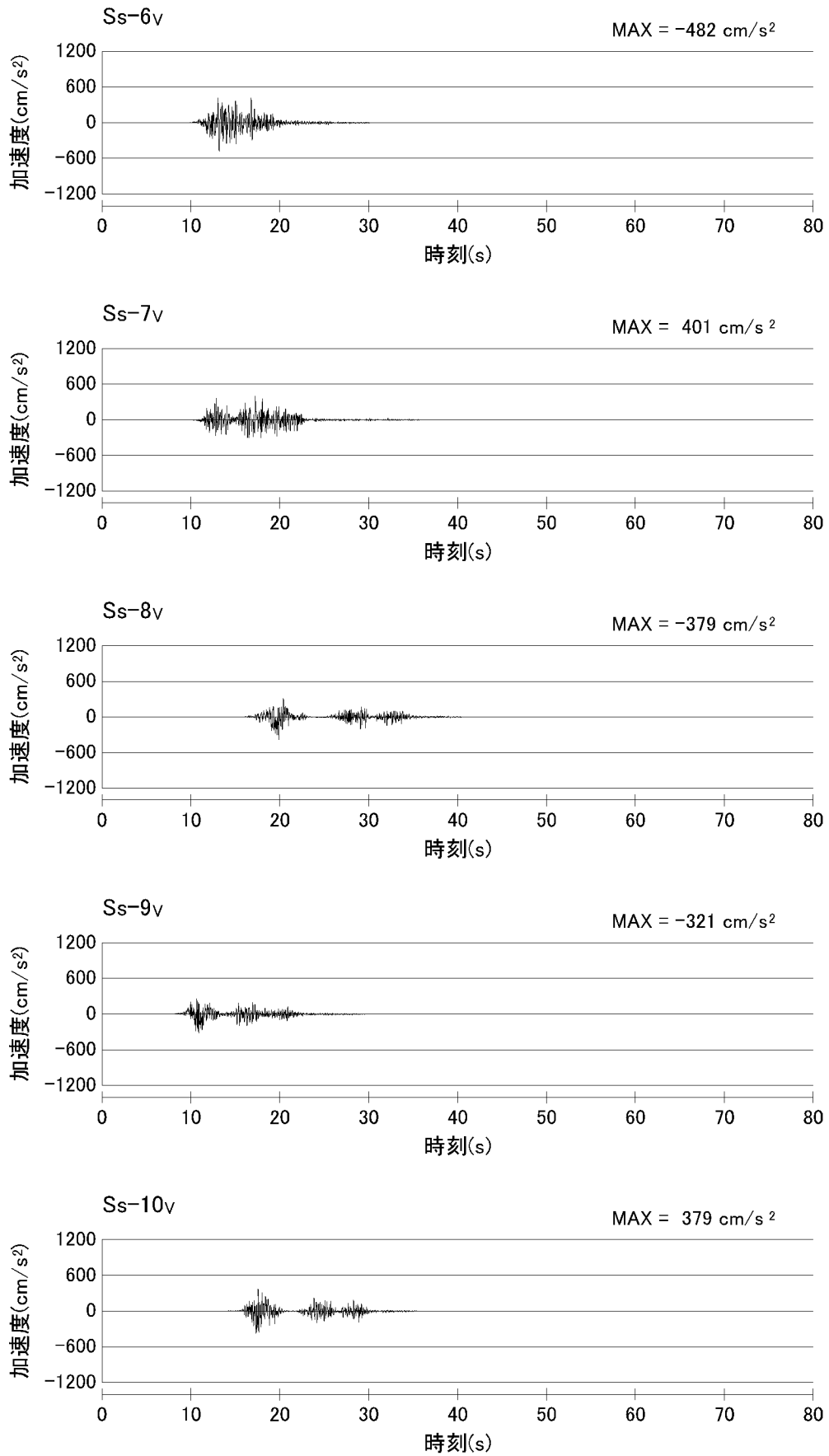
第 3-8 図 入力地震動の加速度応答スペクトル (Ss, 鉛直方向) (1/2)



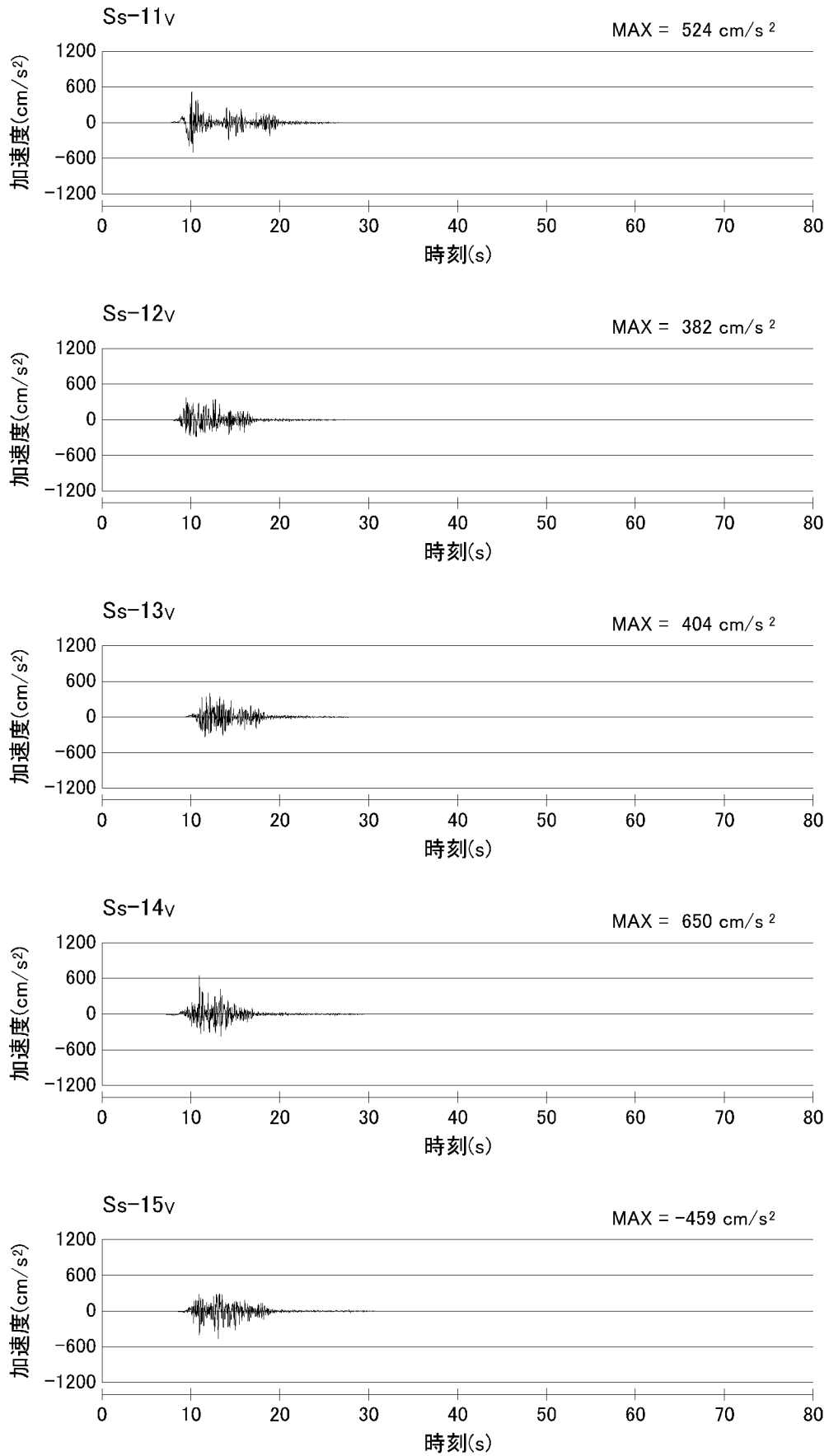
第 3-8 図 入力地震動の加速度応答スペクトル (Ss, 鉛直方向) (2/2)



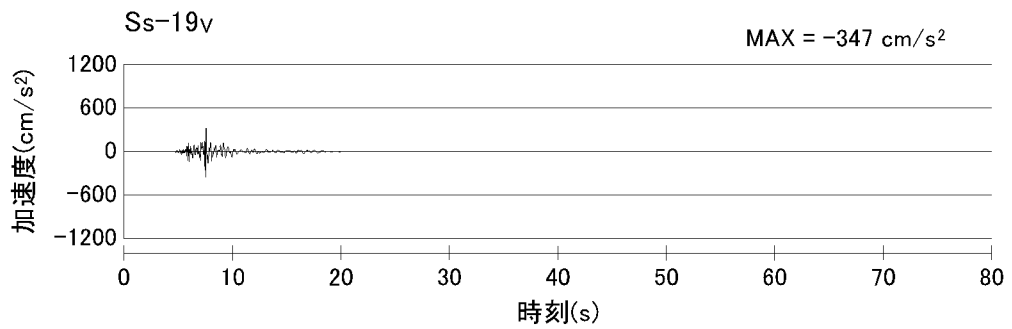
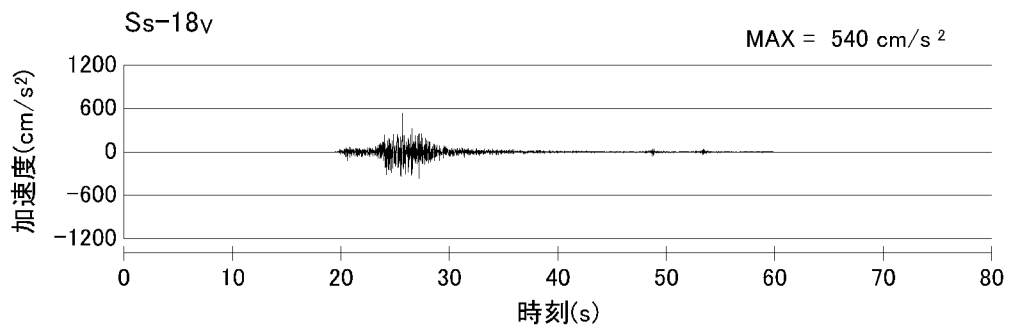
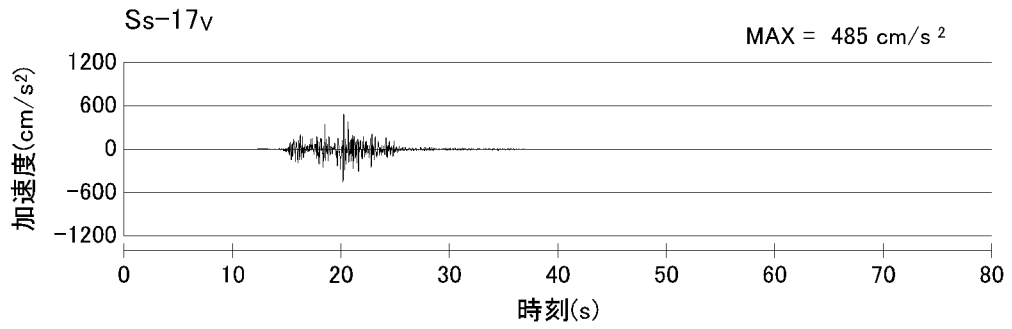
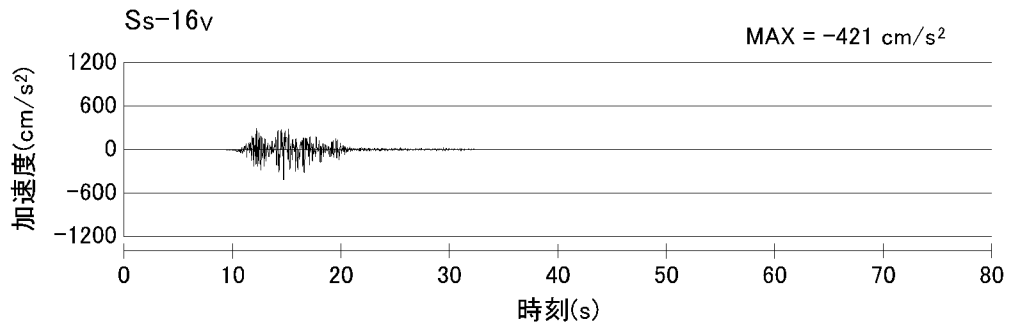
第 3-9 図 入力地震動の加速度時刻歴波形 (Ss, 鉛直方向) (1/4)



第 3-9 図 入力地震動の加速度時刻歴波形 (Ss, 鉛直方向) (2/4)



第 3-9 図 入力地震動の加速度時刻歴波形 (Ss, 鉛直方向) (3/4)



第 3-9 図 入力地震動の加速度時刻歴波形 (Ss, 鉛直方向) (4/4)

3.3 解析方法

緊急時対策所建屋の地震応答解析には、解析コード「TDAPⅢVer. 3.05」を用いる。また、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

3.3.1 動的解析

建物・構築物の動的解析は、資料 10-6「地震応答解析の基本方針」に記載の解析方法に基づき、時刻歴応答解析により実施する。

なお、最大接地圧は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008（（社）日本電気協会、2008年）」を参考に、水平応答と鉛直応答から組合せ係数法（組合せ係数は 1.0 と 0.4）を用いて算出する。

3.3.2 必要保有水平耐力

各層の必要保有水平耐力 Q_{un} は、次式により算定する。

$$Q_{un} = D_s \cdot F_{es} \cdot Q_{ud}$$

ここで、

D_s : 各層の構造特性係数

F_{es} : 各層の形状特性係数

地震力によって各層に生じる水平力 Q_{ud} は、次式により算定する。

$$Q_{ud} = n \cdot C_i \cdot W_i$$

ここで、

n : 重要度分類に応じた係数(1.0)

C_i : 第 i 層の地震層せん断力係数

W_i : 第 i 層が支える重量

地震層せん断力係数 C_i は、基礎上端の E. L. m を基準面として次式により算定する。

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

ここで、

Z : 地震地域係数(1.0)

R_t : 振動特性係数(0.8)

A_i : 第 i 層の地震層せん断力係数の高さ方向の分布係数

C_0 : 標準せん断力係数(1.0)

また、 A_i は水平方向の地震応答解析モデルを用いたモーダルアナリシスにより算出する。

$$A_i = q_i/q_B$$

ここで、

$$q_i = \sqrt{\sum_{j=1}^k \left(\sum_{m=i}^n w_m \cdot \beta_j \cdot U_{mj} \cdot R_{tj} \right)^2} / \sum_{m=i}^n w_m$$

n : 建築物の層数

w_m : 第 m 層の重量

$\beta_j \cdot U_{mj}$: 第 m 層の j 次刺激関数

R_{tj} : 振動特性係数 R_t の j 次固有周期 T_j に対する値

k : 考慮すべき最高次数で通常 3 以上とする

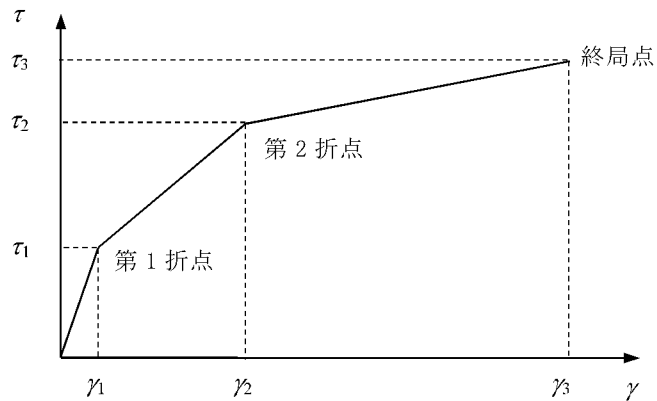
q_B : A_i 算定時の基準面直上層の q_i

3.4 解析条件

3.4.1 建物・構築物の復元力特性

(1) 耐震壁のせん断応力度－せん断ひずみ関係（ $\tau - \gamma$ 関係）

耐震壁のせん断応力度－せん断ひずみ関係（ $\tau - \gamma$ 関係）は、「JEAG4601-1991 追補版」に基づき、トリリニア型スケルトン曲線とする。耐震壁のせん断応力度－せん断ひずみ関係を第 3-10 図に示す。



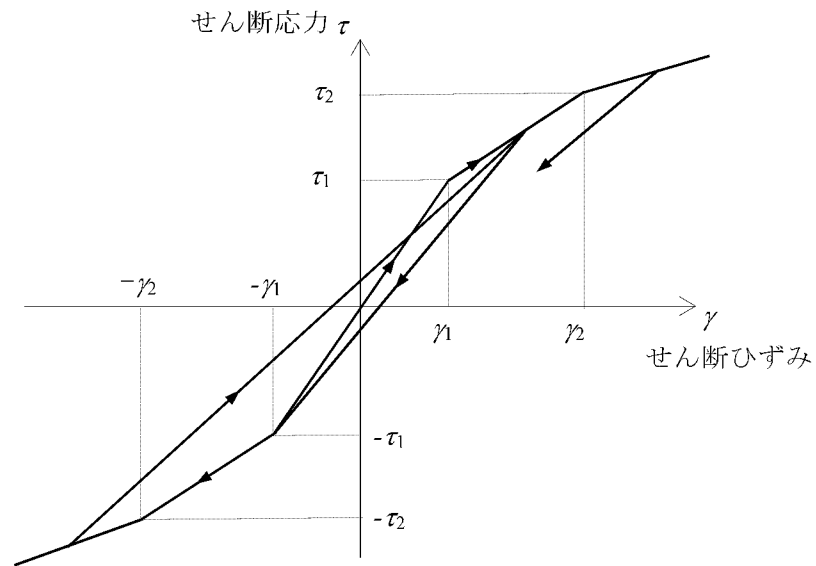
- τ_1 : 第 1 折点のせん断応力度
- τ_2 : 第 2 折点のせん断応力度
- τ_3 : 終局点のせん断応力度
- γ_1 : 第 1 折点のせん断ひずみ
- γ_2 : 第 2 折点のせん断ひずみ
- γ_3 : 終局点のせん断ひずみ (4.0×10^{-3})

第 3-10 図 耐震壁のせん断応力度－せん断ひずみ関係

(2) 耐震壁のせん断応力度－せん断ひずみ関係の履歴特性

耐震壁のせん断応力度－せん断ひずみ関係の履歴特性は、「JEAG4601-1991 追補版」に基づき、最大点指向型モデルとする。耐震壁のせん断応力度－せん断ひずみ関係の履歴特性を第 3-11 図に示す。

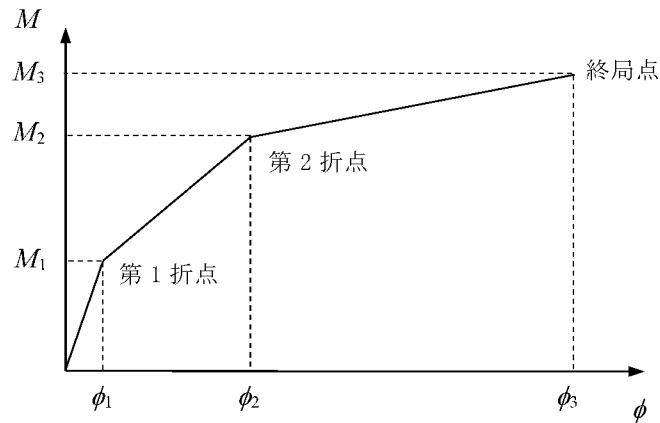
- ①最大値（または、最小値）が第 1 折点を越えた後の戻りは、反対側が第 1 折点を越えていなければ、反対側の第 1 折点と最大値（または、最小値）を結ぶ直線上を移動する。
- ②最大値（または、最小値）は、スケルトン上を移動することにより更新される。
- ③安定ループは、面積を持たない。



第 3-11 図 耐震壁のせん断応力度－せん断ひずみ関係の履歴特性

(3) 耐震壁の曲げモーメントー曲率関係 (M- ϕ 関係)

耐震壁の曲げモーメントー曲率関係 (M- ϕ 関係) は、「JEAG4601-1991 追補版」に基づき、トリリニア型スケルトン曲線とする。耐震壁の曲げモーメントー曲率関係を第 3-12 図に示す。



M_1 : 第 1 折点の曲げモーメント

M_2 : 第 2 折点の曲げモーメント

M_3 : 終局点の曲げモーメント

ϕ_1 : 第 1 折点の曲率

ϕ_2 : 第 2 折点の曲率

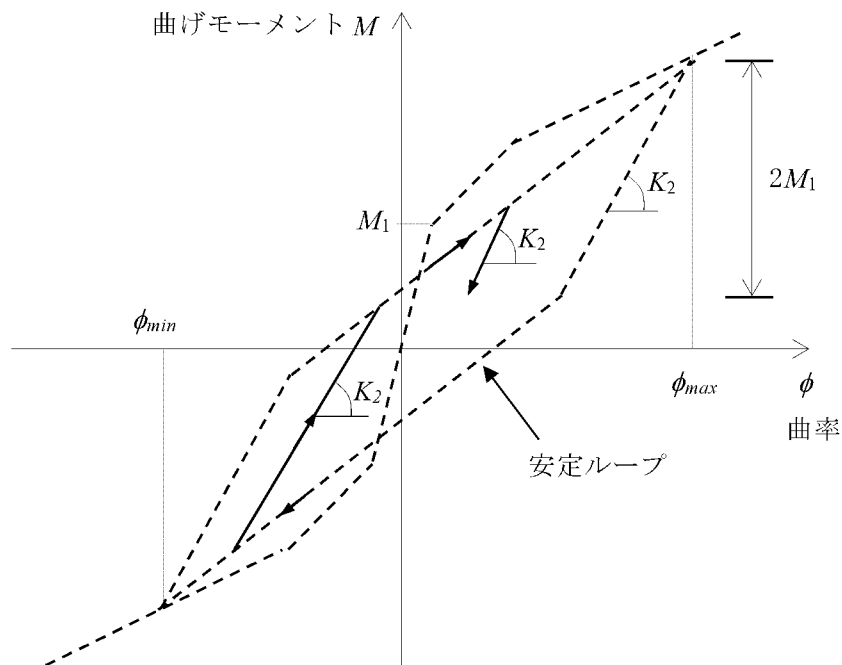
ϕ_3 : 終局点の曲率

第 3-12 図 耐震壁の曲げモーメントー曲率関係

(4) 耐震壁の曲げモーメントー曲率関係の履歴特性

耐震壁の曲げモーメントー曲率関係の履歴特性は、「JEAG4601-1991 追補版」に基づき、ディグレイディングトリリニア型モデルとする。耐震壁の曲げモーメントー曲率関係の履歴特性を第 3-13 図に示す。

- ① 第 2 剛性域内では最大点指向型とし、最大値（または、最小値）が第 1 折点を越えた後の戻りは、反対側が第 1 折点を越えていなければ、反対側の第 1 折点と最大値（または、最小値）を結ぶ直線上を移動する。
- ② 第 3 剛性域内では最大点指向型で、安定ループは最大曲率に応じた等価粘性減衰を与える平行四辺形をしたディグレイディングトリリニア型とする。平行四辺形の折点は最大点から $2M$ を減じた点とする。
- ③ 最大値（または、最小値）が第 2 折点を越えた後の戻りは、反対側の変位が第 2 折点を越えていなければ、反対側の第 2 折点を最小値（または、最大値）とする安定ループを形成する。
- ④ 安定ループ内部での繰り返しに用いる剛性は、安定ループの戻り剛性に同じとする。
- ⑤ 最大値（または、最小値）は、スケルトン上を移動することにより更新される。



第 3-13 図 曲げモーメントー曲率関係の履歴特性

(5) スケルトン曲線の諸数値

緊急時対策所建屋の各耐震壁について算定したせん断力及び曲げモーメントのスケルトン曲線の諸数値を第3-8表～第3-11表に示す。

なお、耐震壁のせん断力 Q は、耐震壁のせん断応力度 τ に耐震壁のせん断断面積を乗じて算出する。

第3-8表 せん断力のスケルトン曲線 ($Q-\gamma$ 関係) (NS 方向)

建物・構築物	部材番号	第1折点		第2折点		終局点	
		Q_1 (MN)	γ_1 ($\times 10^{-3}$)	Q_2 (MN)	γ_2 ($\times 10^{-3}$)	Q_3 (MN)	γ_3 ($\times 10^{-3}$)
緊急時 対策所建屋	1	99.9	0.176	135	0.529	325	4.00
	2	142	0.181	192	0.543	441	4.00

第3-9表 せん断力のスケルトン曲線 ($Q-\gamma$ 関係) (EW 方向)

建物・構築物	部材番号	第1折点		第2折点		終局点	
		Q_1 (MN)	γ_1 ($\times 10^{-3}$)	Q_2 (MN)	γ_2 ($\times 10^{-3}$)	Q_3 (MN)	γ_3 ($\times 10^{-3}$)
緊急時 対策所建屋	1	86.1	0.176	116	0.529	273	4.00
	2	123	0.181	166	0.543	370	4.00

第3-10表 曲げモーメントのスケルトン曲線 ($M-\phi$ 関係) (NS 方向)

建物・構築物	部材番号	第1折点		第2折点		終局点	
		M_1 (MN \cdot m)	ϕ_1 ($\times 10^{-6}$ /m)	M_2 (MN \cdot m)	ϕ_2 ($\times 10^{-6}$ /m)	M_3 (MN \cdot m)	ϕ_3 ($\times 10^{-6}$ /m)
緊急時 対策所建屋	1	841	8.09	1,810	96.5	3,090	1,680
	2	1,060	8.21	2,370	97.7	3,930	1,730

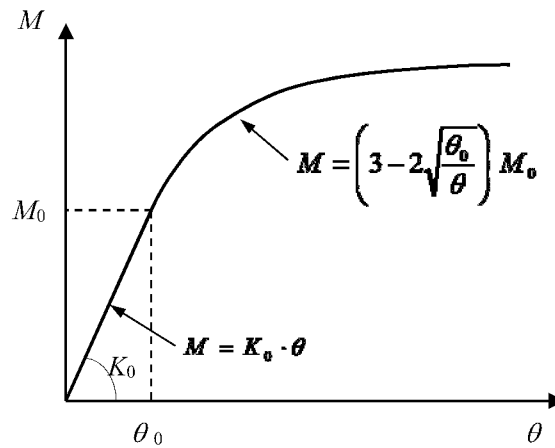
第3-11表 曲げモーメントのスケルトン曲線 ($M-\phi$ 関係) (EW 方向)

建物・構築物	部材番号	第1折点		第2折点		終局点	
		M_1 (MN \cdot m)	ϕ_1 ($\times 10^{-6}$ /m)	M_2 (MN \cdot m)	ϕ_2 ($\times 10^{-6}$ /m)	M_3 (MN \cdot m)	ϕ_3 ($\times 10^{-6}$ /m)
緊急時 対策所建屋	1	784	9.00	1,600	104	2,550	2,070
	2	934	8.47	2,040	102	3,410	2,040

3.4.2 地盤のロックンバねの復元力特性

地盤のロックンバねに関する曲げモーメントー回転角の関係は、「JEAG4601-1991 追補版」に基づき、浮上りによる幾何学的非線形性を考慮する。ロックンバねの曲げモーメントー回転角の関係を第 3-14 図に示す。

浮上り時の地盤のロックンバねの剛性は、第 3-14 図の曲線で表され、減衰係数は、ロックンバねの接線剛性に比例するものとして考慮する。



M : 転倒モーメント

M_0 : 浮上り限界転倒モーメント

θ : 回転角

θ_0 : 浮上り限界回転角

K_0 : 底面ロックンバねのばね定数 (浮上り前)

K : 底面ロックンバねのばね定数 (浮上り後)

第 3-14 図 ロックンバねの曲げモーメントと回転角の関係

3.4.3 材料物性のばらつき等

解析においては、「3.1 地震応答解析モデル」に示す物性値及び定数を基本ケースとし、材料物性のばらつき等を考慮する。

材料物性のばらつき等を考慮した地震応答解析は、Ss-1～Ss-19 に対して実施する。

材料物性のばらつきのうち、地盤剛性のばらつきについては、資料 10-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に基づく地盤のせん断波速度を基本とし、「地震 PRA 実施基準」に準拠して地盤のせん断波速度の変動係数を 0.1 とし、標準偏差 1σ の変動幅を考慮する。なお、建屋剛性のばらつきについては、コンクリート強度の実強度は設計基準強度よりも大きくなることから、保守的に考慮しない。

鉄筋コンクリート造部の減衰定数は、5%を基本とするが、耐震性向上の観点から、減衰定数を 3%とした場合についても考慮する。

材料物性のばらつき等を考慮する解析ケースを第 3-12 表に示す。

第 3-12 表 材料物性のばらつき等を考慮する解析ケース

No.	地盤のせん断波速度	RC 造部の減衰定数 h (%)	備考
1	設計値	5	基本ケース
2	設計値×1.1	5	地盤剛性のばらつきを考慮(+1 σ)
3	設計値×0.9	5	地盤剛性のばらつきを考慮(-1 σ)
4	設計値	3	RC 造部の減衰定数 3%を考慮

4. 解析結果

4.1 動的解析

本資料においては、代表として基本ケースの地震応答解析結果を示す。

4.1.1 固有値解析結果

基本ケースの地震応答解析モデルの固有値解析結果（固有周期及び固有振動数）を第 4-1 表に、刺激関数図を第 4-1 図～第 4-3 図に示す。

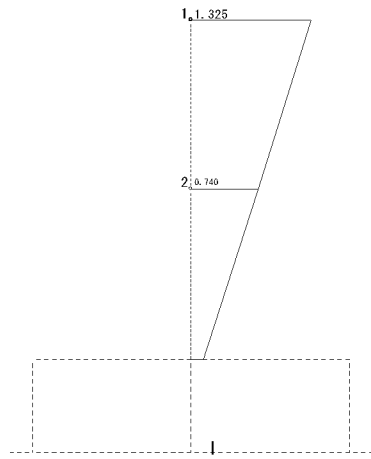
4.1.2 応答解析結果

Ss-1～Ss-19 による基本ケースの解析結果を第 4-4 図～第 4-16 図及び第 4-2 表～第 4-13 表に示す。なお、第 4-13 表には、基本ケースの最大転倒モーメントに基づく最小接地率についても参考に示す。

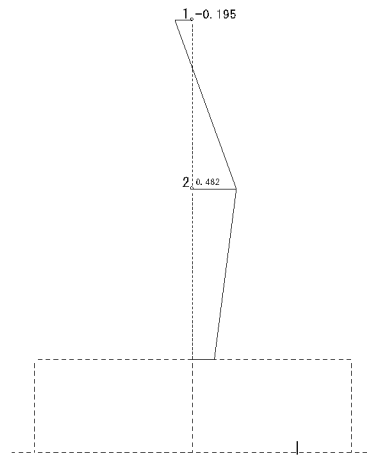
第 4-1 表 固有値解析結果

NS 方向				
次数	周期 T (s)	振動数 F (Hz)	刺激係数 β	卓越モード
1	0.0437	22.9	70.6	地盤連成
2	0.0195	51.4	43.9	
3	0.0160	62.5	34.0	
4	0.0134	74.7	38.9	
EW 方向				
次数	周期 T (s)	振動数 F (Hz)	刺激係数 β	卓越モード
1	0.0465	21.5	69.3	地盤連成
2	0.0206	48.5	39.8	
3	0.0169	59.1	32.8	
4	0.0139	71.8	46.0	
鉛直方向				
次数	周期 T (s)	振動数 F (Hz)	刺激係数 β	卓越モード
1	0.0238	42.1	89.4	地盤連成
2	0.0115	87.1	39.3	
3	0.00714	140	7.02	

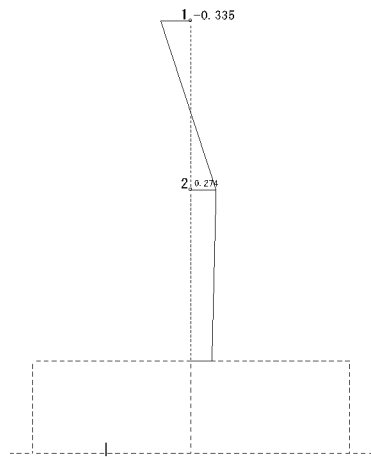
(※) 刺激係数は、各次の固有ベクトル $\{u_s\}$ を、 $\{u_s\}^T [M] \{u_s\} = 1$ となるように規準化した値である。ただし、 $[M]$ は質量マトリックスである。



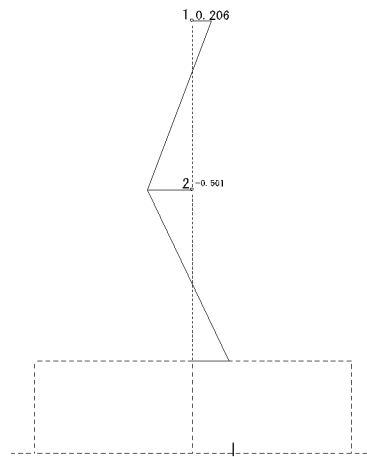
1 次刺激振動形 $T = 0.0437$ (s)
 $F = 22.9$ (Hz)
 $\beta = 70.6$



2 次刺激振動形 $T = 0.0195$ (s)
 $F = 51.4$ (Hz)
 $\beta = 43.9$

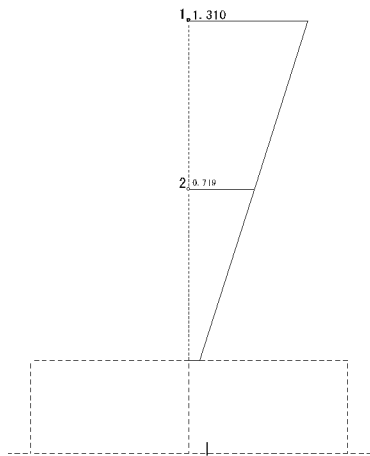


3 次刺激振動形 $T = 0.0160$ (s)
 $F = 62.5$ (Hz)
 $\beta = 34.0$

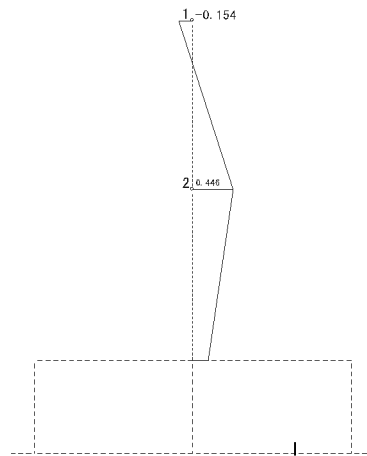


4 次刺激振動形 $T = 0.0134$ (s)
 $F = 74.7$ (Hz)
 $\beta = 38.9$

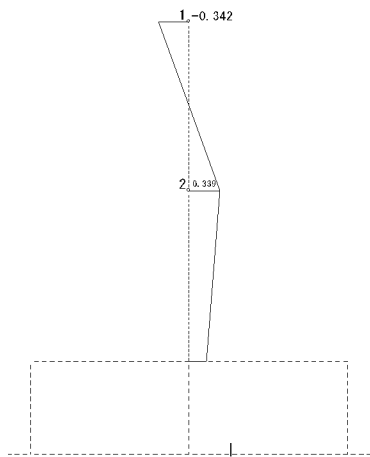
第 4-1 図 刺激関数図(NS 方向)



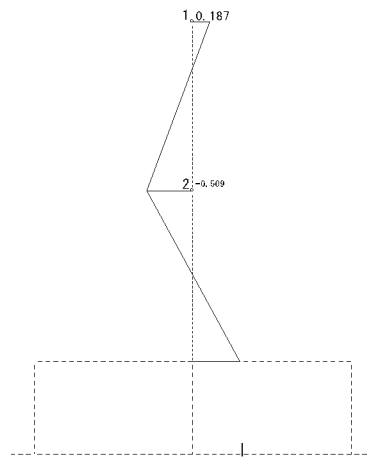
1 次刺激振動形 $T = 0.0465$ (s)
 $F = 21.5$ (Hz)
 $\beta = 69.3$



2 次刺激振動形 $T = 0.0206$ (s)
 $F = 48.5$ (Hz)
 $\beta = 39.8$

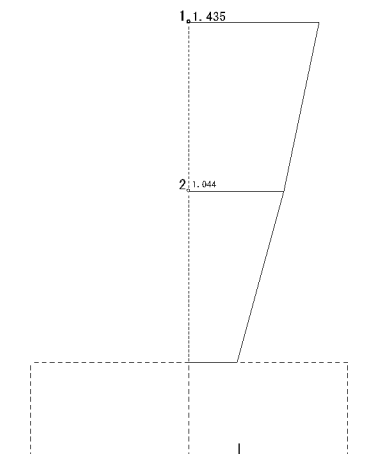


3 次刺激振動形 $T = 0.0169$ (s)
 $F = 59.1$ (Hz)
 $\beta = 32.8$

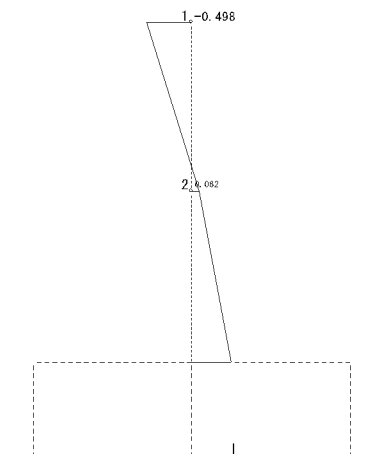


4 次刺激振動形 $T = 0.0139$ (s)
 $F = 71.8$ (Hz)
 $\beta = 46.0$

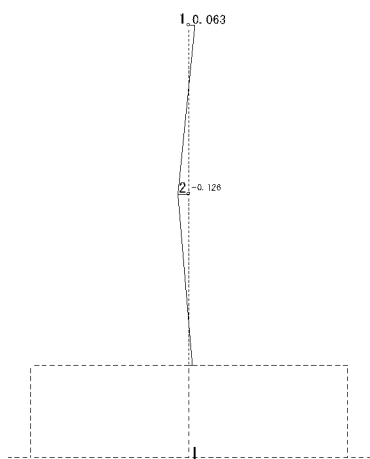
第 4-2 図 刺激関数図(EW 方向)



1 次刺激振動形 $T = 0.0238$ (s)
 $F = 42.1$ (Hz)
 $\beta = 89.4$

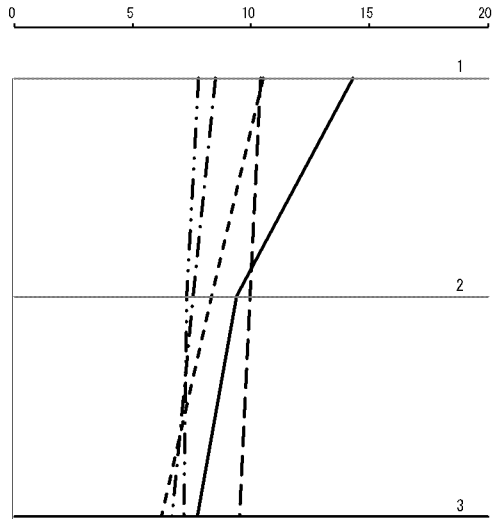


2 次刺激振動形 $T = 0.0115$ (s)
 $F = 87.1$ (Hz)
 $\beta = 39.3$

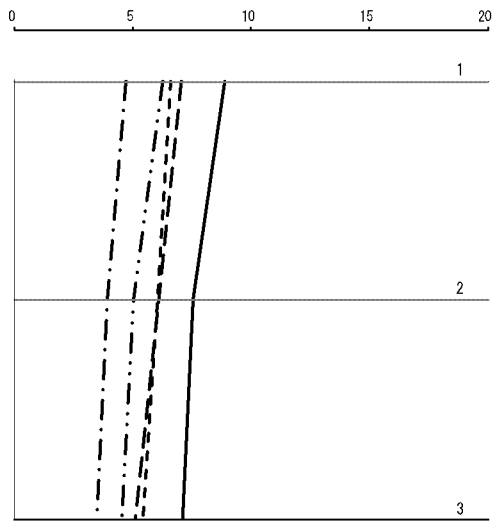


3 次刺激振動形 $T = 0.00714$ (s)
 $F = 140$ (Hz)
 $\beta = 7.02$

第 4-3 図 刺激関数図(鉛直方向)

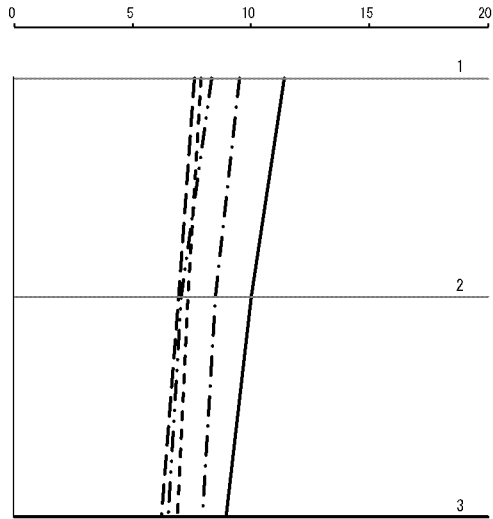


CASE	Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5
凡例	————	-----	- - - - -	- · - · -	- · · - -

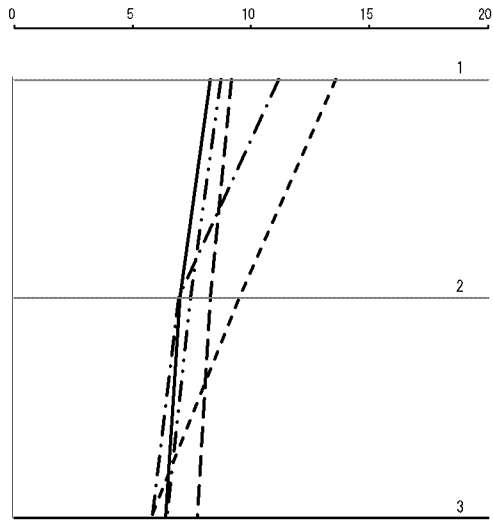


CASE	Ss-6	Ss-7	Ss-8	Ss-9	Ss-10
凡例	————	-----	- - - - -	- · - · -	- · · - -

第 4-4 图 最大応答加速度[m/s²] (Ss, NS 方向) (1/2)



CASE	Ss-11	Ss-12	Ss-13	Ss-14	Ss-15
凡例	————	-----	- - - -	- · - ·	· · · ·



CASE	Ss-16	Ss-17	Ss-18EW	Ss-18NS	Ss-19
凡例	————	-----	- - - -	- · - ·	· · · ·

第 4-4 图 最大応答加速度 [m/s²] (Ss, NS 方向) (2/2)

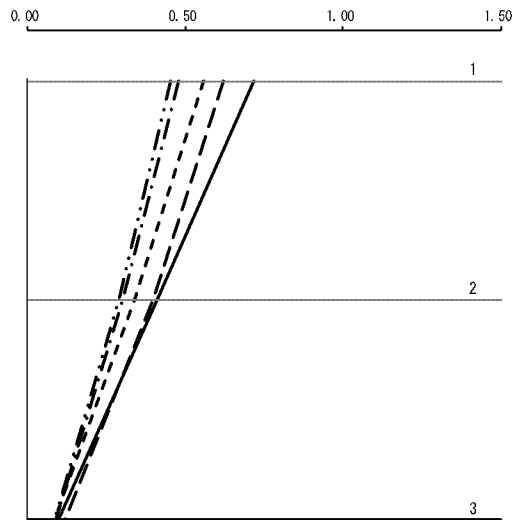
第 4-2 表 最大応答加速度一覧表 (Ss, NS 方向)

建物・構築物	質点番号	最大応答加速度 (m/s ²)								
		Ss-1 _H	Ss-2 _H	Ss-3 _H	Ss-4 _H	Ss-5 _H	Ss-6 _H	Ss-7 _H	Ss-8 _H	Ss-9 _H
緊急時 対策所 建屋	1	14.3	10.4	10.5	8.48	7.76	8.89	7.04	6.59	4.69
	2	9.38	9.93	8.35	7.55	7.24	7.55	6.09	6.04	3.94
基礎 上端	3	7.71	9.48	6.19	6.64	7.16	7.10	5.08	5.44	3.47

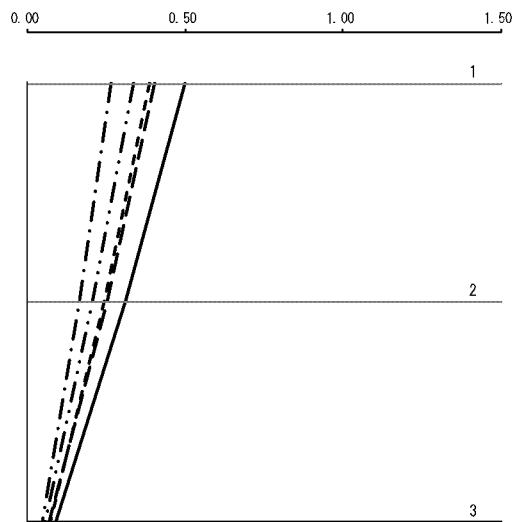
建物・構築物	質点番号	最大応答加速度 (m/s ²)								
		Ss-10 _H	Ss-11 _H	Ss-12 _H	Ss-13 _H	Ss-14 _H	Ss-15 _H	Ss-16 _H	Ss-17 _H	Ss-18 _H (EW)
緊急時 対策所 建屋	1	6.27	11.4	7.59	7.87	9.49	8.31	8.25	9.18	13.6
	2	5.02	9.98	6.93	7.34	8.49	7.02	6.98	8.27	9.52
基礎 上端	3	4.51	8.93	6.22	6.87	7.96	6.49	6.39	7.74	5.75

建物・構築物	質点番号	最大応答加速度 (m/s ²)		
		Ss-18 _{II} (NS)	Ss-19 _{II}	最大値 [※]
緊急時 対策所 建屋	1	11.2	8.72	14.3
	2	6.95	7.42	9.98
基礎 上端	3	5.81	6.42	9.48

※Ss-1_{II}～Ss-19_{II}の最大応答値のうち最も大きい値を記載。

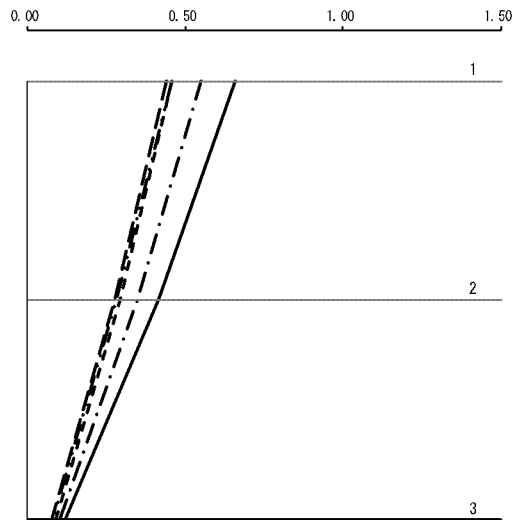


CASE	Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5
凡例	————	-----	- - - - -	- · - · -	- · · - -

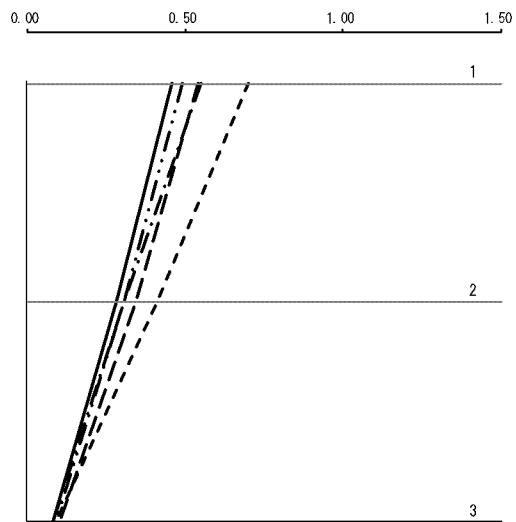


CASE	Ss-6	Ss-7	Ss-8	Ss-9	Ss-10
凡例	————	-----	- - - - -	- · - · -	- · · - -

第 4-5 図 最大応答変位 [mm] (Ss, NS 方向) (1/2)



CASE	Ss-11	Ss-12	Ss-13	Ss-14	Ss-15
凡例	————	-----	- - - - -	- · - · -	- · · - -



CASE	Ss-16	Ss-17	Ss-18EW	Ss-18NS	Ss-19
凡例	————	-----	- - - - -	- · - · -	- · · - -

第 4-5 図 最大応答変位 [mm] (Ss, NS 方向) (2/2)

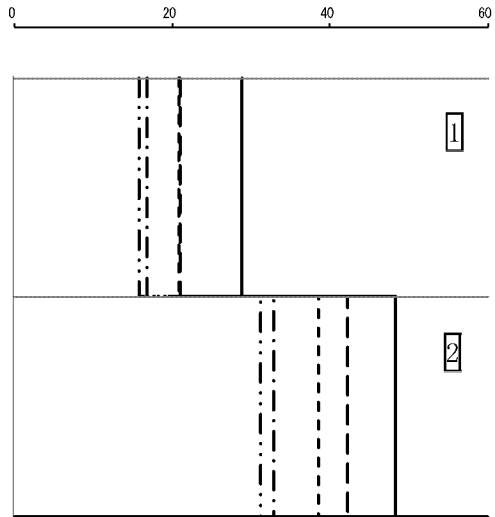
第 4-3 表 最大応答変位一覧表 (Ss, NS 方向)

建物・構築物	質点番号	最大応答変位 (mm)								
		Ss-1 _H	Ss-2 _H	Ss-3 _H	Ss-4 _H	Ss-5 _H	Ss-6 _H	Ss-7 _H	Ss-8 _H	Ss-9 _H
緊急時 対策所 建屋	1	0.715	0.620	0.559	0.477	0.453	0.498	0.402	0.385	0.263
	2	0.411	0.400	0.340	0.302	0.289	0.310	0.252	0.245	0.165
基礎 上端	3	0.0961	0.119	0.0846	0.0894	0.0859	0.0886	0.0693	0.0697	0.0457

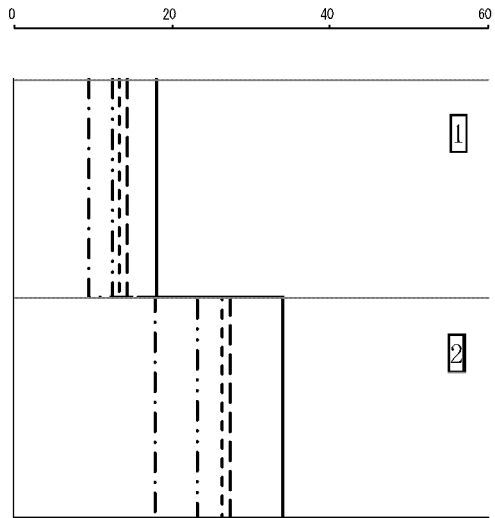
建物・構築物	質点番号	最大応答変位 (mm)								
		Ss-10 _{II}	Ss-11 _{II}	Ss-12 _{II}	Ss-13 _{II}	Ss-14 _{II}	Ss-15 _{II}	Ss-16 _{II}	Ss-17 _{II}	Ss-18 _H (EW)
緊急時 対策所 建屋	1	0.337	0.659	0.440	0.458	0.551	0.458	0.455	0.540	0.700
	2	0.206	0.415	0.279	0.293	0.350	0.283	0.281	0.344	0.411
基礎 上端	3	0.0546	0.116	0.0774	0.0880	0.101	0.0800	0.0798	0.100	0.0898

建物・構築物	質点番号	最大応答変位 (mm)		
		Ss-18 _{II} (NS)	Ss-19 _H	最大値※
緊急時 対策所 建屋	1	0.549	0.490	0.715
	2	0.307	0.307	0.415
基礎 上端	3	0.0787	0.0878	0.119

※Ss-1_H～Ss-19_Hの最大応答値のうち最も大きい値を記載。

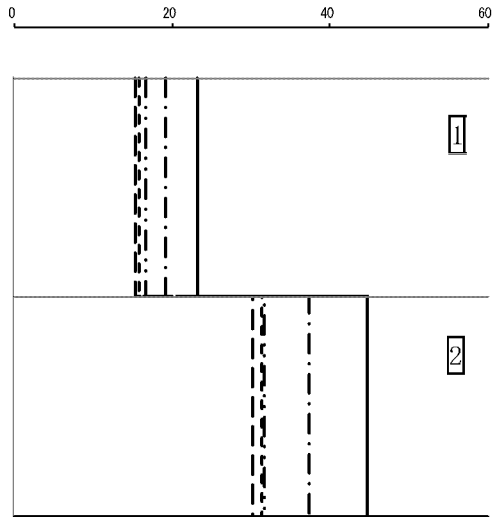


CASE	Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5
凡例	————	-----	- - - - -	- · - · -	- · · - -

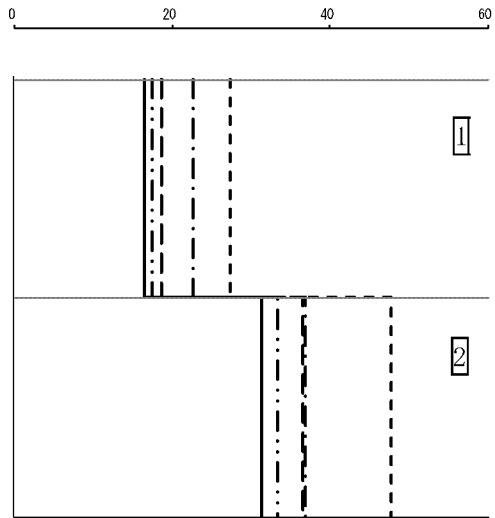


CASE	Ss-6	Ss-7	Ss-8	Ss-9	Ss-10
凡例	————	-----	- - - - -	- · - · -	- · · - -

第 4-6 図 最大応答せん断力 [MN] (Ss, NS 方向) (1/2)



CASE	Ss-11	Ss-12	Ss-13	Ss-14	Ss-15
凡例	————	-----	- . - . -



CASE	Ss-16	Ss-17	Ss-18EW	Ss-18NS	Ss-19
凡例	————	-----	- . - . -

第 4-6 図 最大応答せん断力 [MN] (Ss, NS 方向) (2/2)

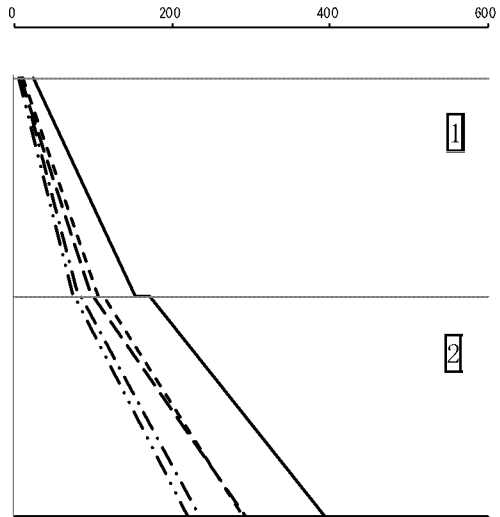
第 4-4 表 最大応答せん断力一覧表 (Ss, NS 方向)

建物・構築物	部材番号	最大応答せん断力 (MN)								
		Ss-1 _H	Ss-2 _H	Ss-3 _H	Ss-4 _H	Ss-5 _H	Ss-6 _H	Ss-7 _H	Ss-8 _H	Ss-9 _H
緊急時 対策所 建屋	1	28.8	20.9	20.8	16.8	15.7	17.9	14.2	13.3	9.35
	2	48.3	42.3	38.6	32.9	31.2	34.1	27.4	26.3	17.8

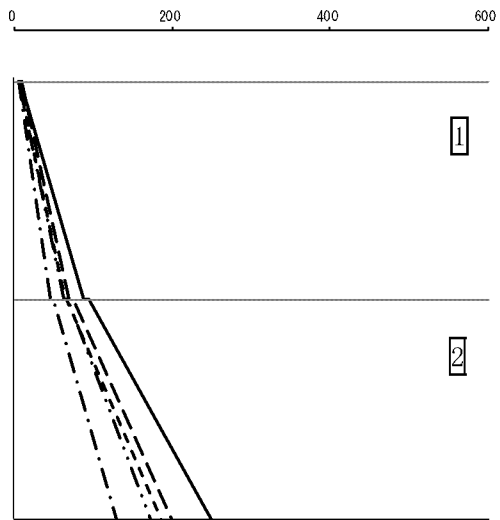
建物・構築物	部材番号	最大応答せん断力 (MN)								
		Ss-10 _{II}	Ss-11 _{II}	Ss-12 _{II}	Ss-13 _{II}	Ss-14 _{II}	Ss-15 _{II}	Ss-16 _{II}	Ss-17 _{II}	Ss-18 _{II} (EW)
緊急時 対策所 建屋	1	12.4	23.1	15.3	15.7	19.1	16.6	16.5	18.6	27.3
	2	23.1	44.7	30.2	31.4	37.4	31.6	31.4	36.5	47.7

建物・構築物	部材番号	最大応答せん断力 (MN)		
		Ss-18 _{II} (NS)	Ss-19 _{II}	最大値※
緊急時 対策所 建屋	1	22.7	17.4	28.8
	2	36.9	33.4	48.3

※Ss-1_{II}～Ss-19_{II}の最大応答値のうち最も大きい値を記載。

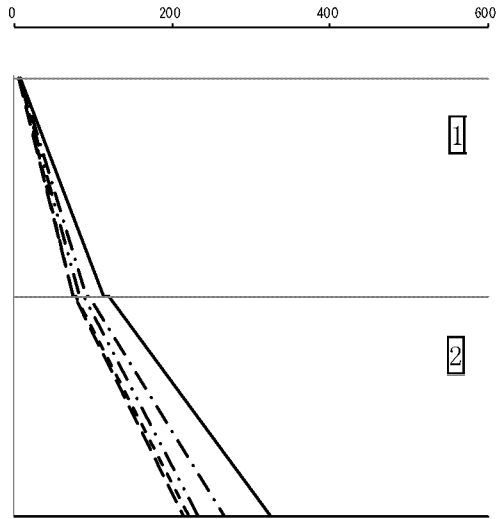


CASE	Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5
凡例	————	-----	- - - - -	- · - · -	- · · - -

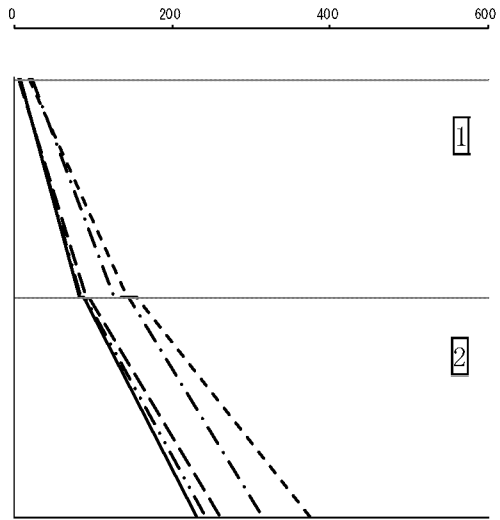


CASE	Ss-6	Ss-7	Ss-8	Ss-9	Ss-10
凡例	————	-----	- - - - -	- · - · -	- · · - -

第 4-7 図 最大応答曲げモーメント [MN・m] (Ss, NS 方向) (1/2)



CASE	Ss-11	Ss-12	Ss-13	Ss-14	Ss-15
凡例	————	-----	- · - · -	·····	-----



CASE	Ss-16	Ss-17	Ss-18EW	Ss-18NS	Ss-19
凡例	————	-----	- · - · -	·····	-----

第 4-7 図 最大応答曲げモーメント [MN・m] (Ss, NS 方向) (2/2)

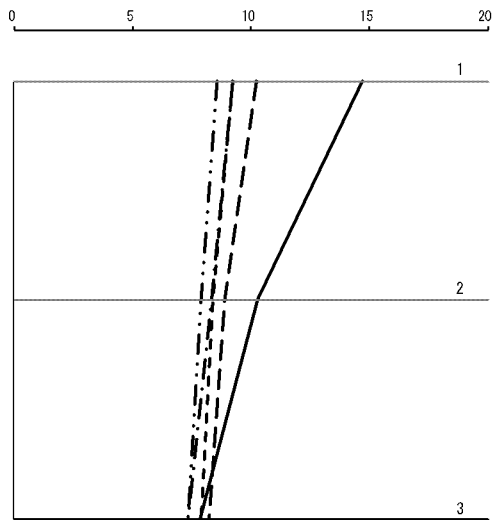
第 4-5 表 最大応答曲げモーメント一覧表(Ss, NS 方向)

建物・構築物	部材番号	最大応答曲げモーメント (MN・m)								
		Ss-1 _H	Ss-2 _H	Ss-3 _H	Ss-4 _H	Ss-5 _H	Ss-6 _H	Ss-7 _H	Ss-8 _H	Ss-9 _H
緊急時 対策所 建屋	①	153	97.0	105	80.6	73.5	87.9	69.4	63.2	45.8
	②	394	293	290	235	219	250	199	186	130

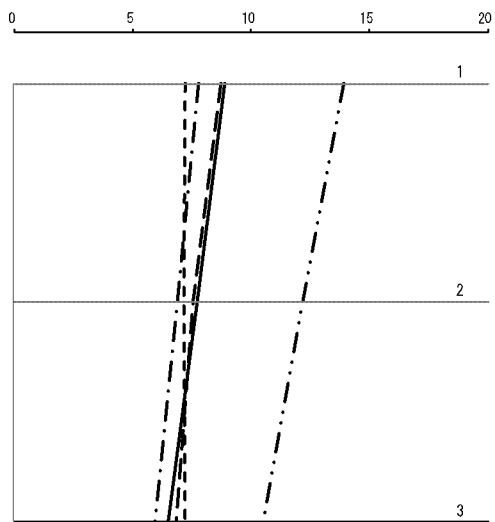
建物・構築物	部材番号	最大応答曲げモーメント (MN・m)								
		Ss-10 _{II}	Ss-11 _{II}	Ss-12 _{II}	Ss-13 _{II}	Ss-14 _{II}	Ss-15 _{II}	Ss-16 _{II}	Ss-17 _{II}	Ss-18 _{II} (EW)
緊急時 対策所 建屋	①	62.2	113	73.3	74.3	91.2	82.2	81.7	89.9	142
	②	173	325	215	221	267	233	232	262	375

建物・構築物	部材番号	最大応答曲げモーメント (MN・m)		
		Ss-18 _H (NS)	Ss-19 _{II}	最大値 [※]
緊急時 対策所 建屋	①	126	84.7	153
	②	315	243	394

※Ss-1_H～Ss-19_Hの最大応答値のうち最も大きい値を記載。

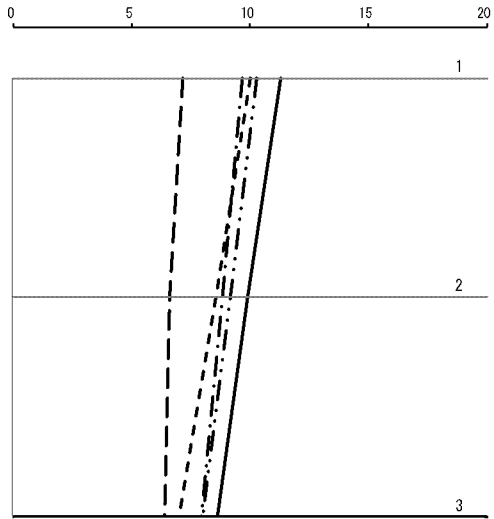


CASE	Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5
凡例	————	-----	-----

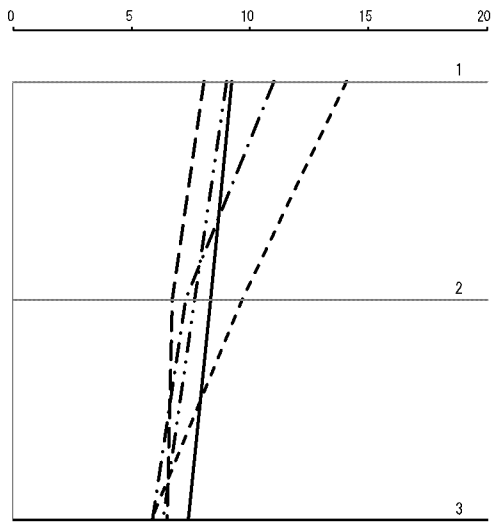


CASE	Ss-6	Ss-7	Ss-8	Ss-9	Ss-10
凡例	————	-----	-----

第 4-8 图 最大応答加速度 [m/s²] (Ss, EW 方向) (1/2)



CASE	Ss-11	Ss-12	Ss-13	Ss-14	Ss-15
凡例	————	-----	-----



CASE	Ss-16	Ss-17	Ss-18EW	Ss-18NS	Ss-19
凡例	————	-----	-----

第 4-8 图 最大応答加速度[m/s²] (Ss, EW 方向) (2/2)

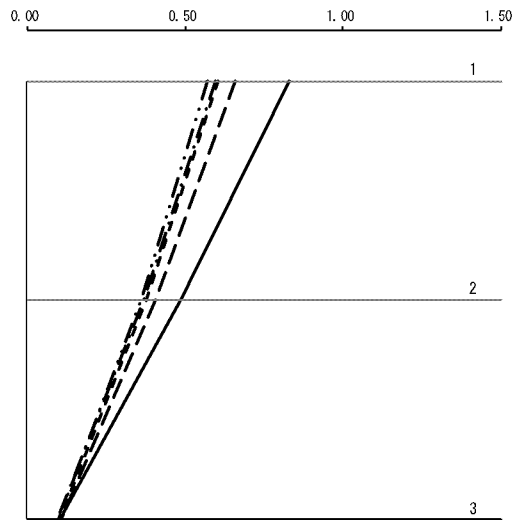
第 4-6 表 最大応答加速度一覧表 (Ss, EW 方向)

建物・構築物	質点番号	最大応答加速度 (m/s ²)								
		Ss-1 _H	Ss-2 _H	Ss-3 _H	Ss-4 _H	Ss-5 _H	Ss-6 _H	Ss-7 _H	Ss-8 _H	Ss-9 _H
緊急時 対策所 建屋	1	14.7	10.2	9.24	9.21	8.57	8.90	8.74	7.19	7.79
	2	10.3	8.91	8.36	8.30	7.89	7.70	7.54	7.16	6.85
基礎 上端	3	7.82	8.23	7.87	7.33	7.33	6.49	6.83	7.20	5.91

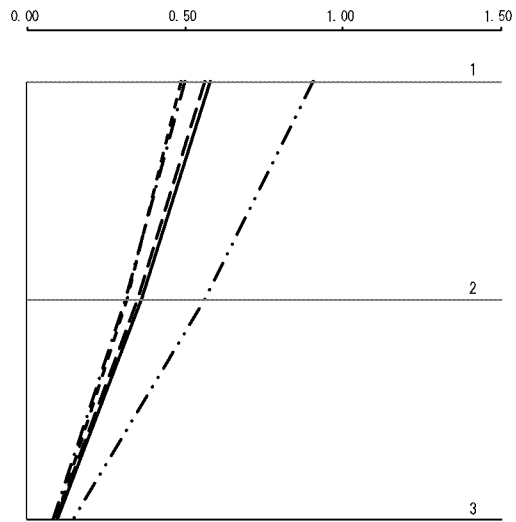
建物・構築物	質点番号	最大応答加速度 (m/s ²)								
		Ss-10 _{II}	Ss-11 _{II}	Ss-12 _{II}	Ss-13 _{II}	Ss-14 _{II}	Ss-15 _{II}	Ss-16 _{II}	Ss-17 _{II}	Ss-18 _H (EW)
緊急時 対策所 建屋	1	13.9	11.3	7.18	10.0	9.65	10.3	9.24	8.02	14.1
	2	12.2	9.91	6.57	8.55	8.82	9.16	8.34	6.72	9.67
基礎 上端	3	10.5	8.60	6.39	7.01	7.94	7.99	7.38	6.47	5.80

建物・構築物	質点番号	最大応答加速度 (m/s ²)		
		Ss-18 _{II} (NS)	Ss-19 _H	最大値 [※]
緊急時 対策所 建屋	1	11.0	9.01	14.7
	2	7.26	7.66	12.2
基礎 上端	3	5.88	6.32	10.5

※Ss-1_{II}～Ss-19_{II}の最大応答値のうち最も大きい値を記載。

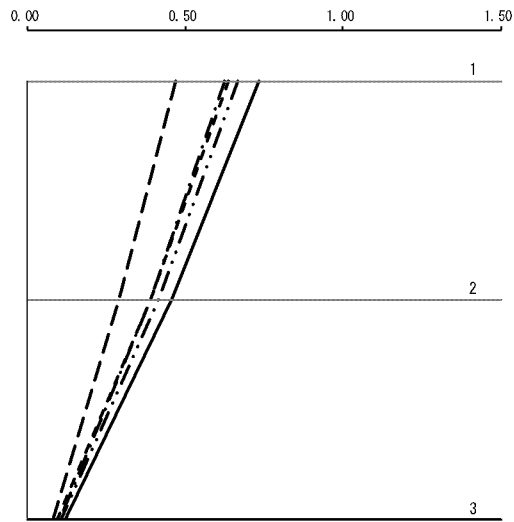


CASE	Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5
凡例	————	-----	- - - - -	- · - · -	- · · - -

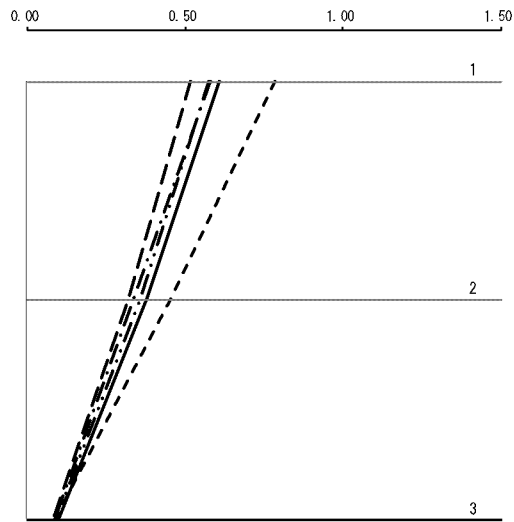


CASE	Ss-6	Ss-7	Ss-8	Ss-9	Ss-10
凡例	————	-----	- - - - -	- · - · -	- · · - -

第 4-9 図 最大応答変位 [mm] (Ss, EW 方向) (1/2)



CASE	Ss-11	Ss-12	Ss-13	Ss-14	Ss-15
凡例	————	-----	-----	-----	-----



CASE	Ss-16	Ss-17	Ss-18EW	Ss-18NS	Ss-19
凡例	————	-----	-----	-----	-----

第 4-9 図 最大応答変位 [mm] (Ss, EW 方向) (2/2)

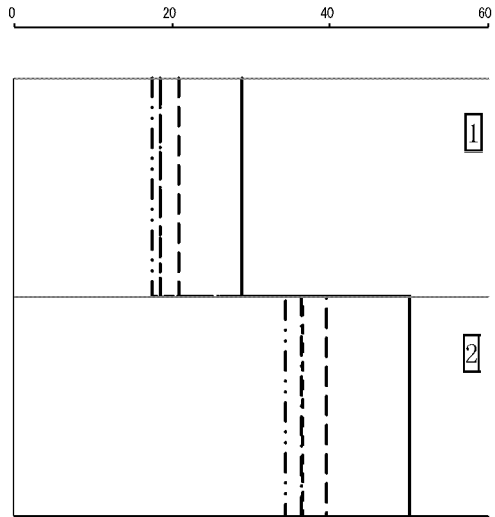
第 4-7 表 最大応答変位一覧表 (Ss, EW 方向)

建物・構築物	質点番号	最大応答変位 (mm)								
		Ss-1 _H	Ss-2 _H	Ss-3 _H	Ss-4 _H	Ss-5 _H	Ss-6 _H	Ss-7 _H	Ss-8 _H	Ss-9 _H
緊急時 対策所 建屋	1	0.829	0.660	0.603	0.594	0.569	0.579	0.563	0.488	0.498
	2	0.485	0.407	0.378	0.370	0.359	0.359	0.349	0.314	0.310
基礎 上端	3	0.0992	0.105	0.0994	0.0935	0.0958	0.0917	0.0889	0.0869	0.0782

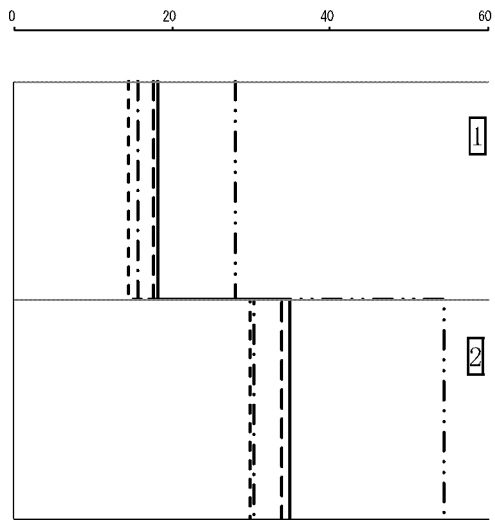
建物・構築物	質点番号	最大応答変位 (mm)								
		Ss-10 _H	Ss-11 _H	Ss-12 _H	Ss-13 _H	Ss-14 _H	Ss-15 _H	Ss-16 _H	Ss-17 _H	Ss-18 _H (EW)
緊急時 対策所 建屋	1	0.904	0.735	0.468	0.635	0.623	0.667	0.607	0.514	0.784
	2	0.561	0.457	0.291	0.390	0.390	0.415	0.379	0.317	0.451
基礎 上端	3	0.142	0.118	0.0792	0.0944	0.100	0.105	0.0981	0.0810	0.0859

建物・構築物	質点番号	最大応答変位 (mm)		
		Ss-18 _{II} (NS)	Ss-19 _{II}	最大値※
緊急時 対策所 建屋	1	0.578	0.576	0.904
	2	0.335	0.355	0.561
基礎 上端	3	0.0826	0.0887	0.142

※Ss-1_{II}～Ss-19_{II}の最大応答値のうち最も大きい値を記載。

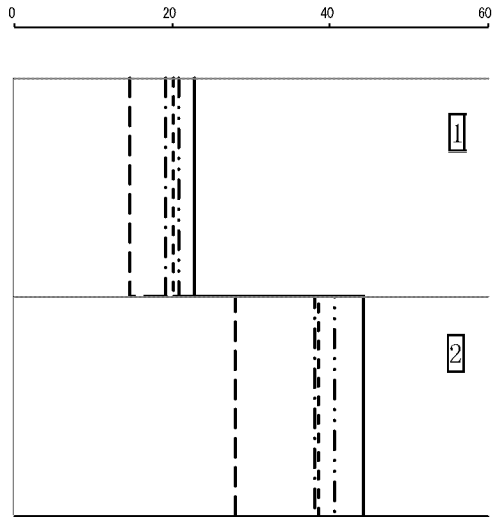


CASE	Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5
凡例	—————	- - - - -	- · - · -	- · - · -	- · - · -

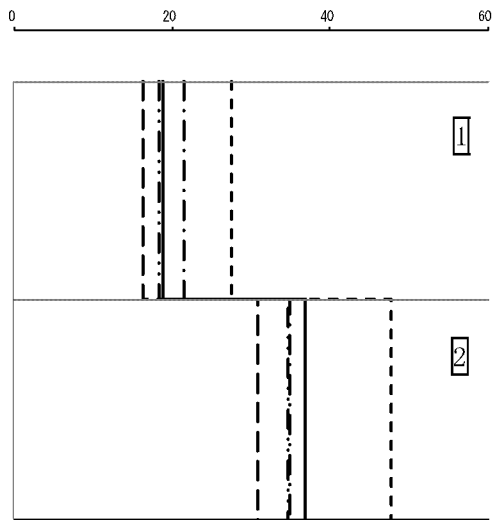


CASE	Ss-6	Ss-7	Ss-8	Ss-9	Ss-10
凡例	—————	- - - - -	- · - · -	- · - · -	- · - · -

第 4-10 図 最大応答せん断力[MN] (Ss, EW 方向) (1/2)



CASE	Ss-11	Ss-12	Ss-13	Ss-14	Ss-15
凡例	————	-----	- · - · -	· · · · ·	· · · · ·



CASE	Ss-16	Ss-17	Ss-18EW	Ss-18NS	Ss-19
凡例	————	-----	- · - · -	· · · · ·	· · · · ·

第 4-10 図 最大応答せん断力[MN] (Ss, EW 方向) (2/2)

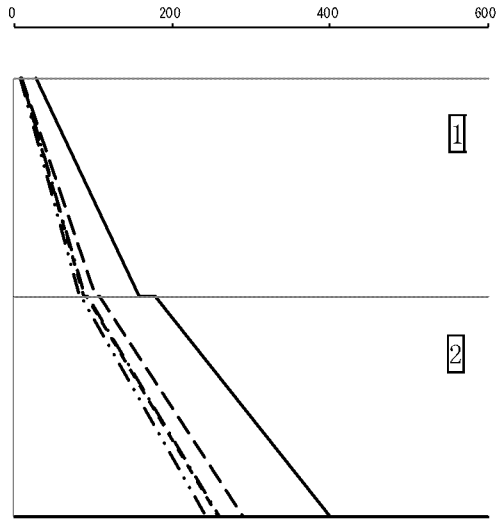
第 4-8 表 最大応答せん断力一覧表 (Ss, EW 方向)

建物・構築物	部材番号	最大応答せん断力 (MN)								
		Ss-1 _H	Ss-2 _H	Ss-3 _H	Ss-4 _H	Ss-5 _H	Ss-6 _H	Ss-7 _H	Ss-8 _H	Ss-9 _H
緊急時 対策所 建屋	1	28.8	20.8	18.5	18.5	17.4	18.1	17.6	14.4	15.6
	2	50.1	39.6	36.5	36.3	34.4	34.9	33.9	29.8	30.3

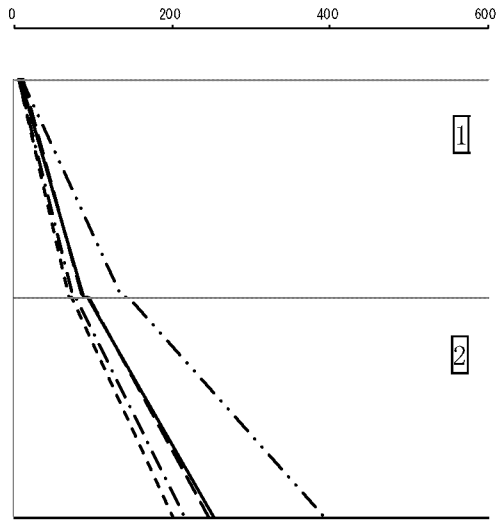
建物・構築物	部材番号	最大応答せん断力 (MN)								
		Ss-10 _{II}	Ss-11 _{II}	Ss-12 _{II}	Ss-13 _{II}	Ss-14 _{II}	Ss-15 _{II}	Ss-16 _{II}	Ss-17 _{II}	Ss-18 _{II} (EW)
緊急時 対策所 建屋	1	28.0	22.8	14.6	20.2	19.2	20.8	18.8	16.2	27.5
	2	54.4	44.3	28.0	38.6	38.1	40.5	36.8	30.8	47.8

建物・構築物	部材番号	最大応答せん断力 (MN)		
		Ss-18 _{II} (NS)	Ss-19 _{II}	最大値※
緊急時 対策所 建屋	1	21.5	18.2	28.8
	2	34.8	34.7	54.4

※Ss-1_{II}～Ss-19_{II}の最大応答値のうち最も大きい値を記載。

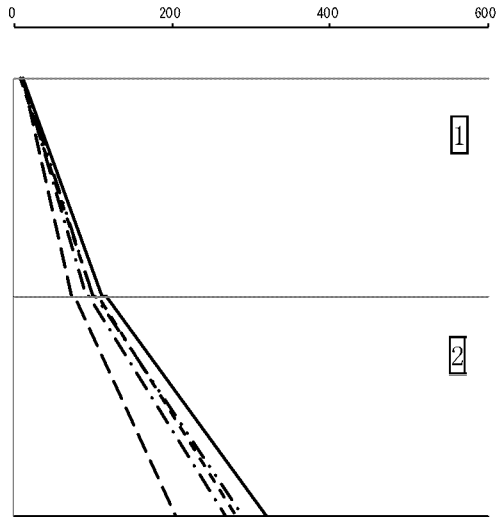


CASE	Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5
凡例	————	-----	- - - - -	- · - · -	- · · - -

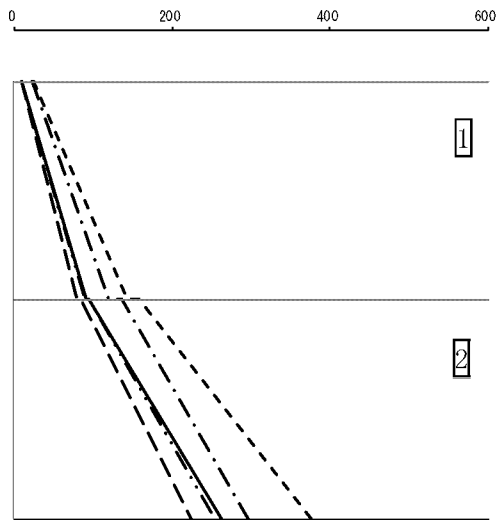


CASE	Ss-6	Ss-7	Ss-8	Ss-9	Ss-10
凡例	————	-----	- - - - -	- · - · -	- · · - -

第 4-11 図 最大応答曲げモーメント [MN・m] (Ss, EW 方向) (1/2)



CASE	Ss-11	Ss-12	Ss-13	Ss-14	Ss-15
凡例	————	-----	-----	-	-



CASE	Ss-16	Ss-17	Ss-18EW	Ss-18NS	Ss-19
凡例	————	-----	-----	-	-

第 4-11 図 最大応答曲げモーメント [MN・m] (Ss, EW 方向) (2/2)

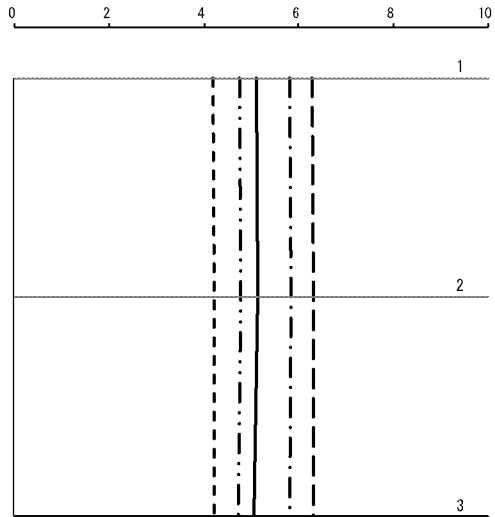
第 4-9 表 最大応答曲げモーメント一覧表(Ss, EW 方向)

建物・構築物	部材番号	最大応答曲げモーメント (MN・m)								
		Ss-1 _H	Ss-2 _H	Ss-3 _H	Ss-4 _H	Ss-5 _H	Ss-6 _H	Ss-7 _H	Ss-8 _H	Ss-9 _H
緊急時 対策所 建屋	①	158	102	88.0	89.0	82.1	88.0	86.1	68.4	74.7
	②	400	290	259	260	243	253	246	202	217

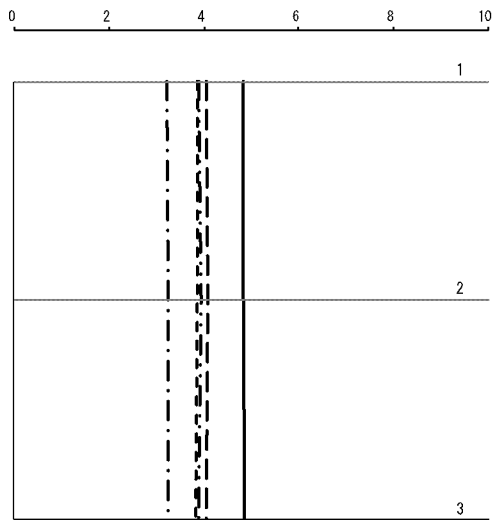
建物・構築物	部材番号	最大応答曲げモーメント (MN・m)								
		Ss-10 _{II}	Ss-11 _{II}	Ss-12 _{II}	Ss-13 _{II}	Ss-14 _{II}	Ss-15 _{II}	Ss-16 _{II}	Ss-17 _{II}	Ss-18 _{II} (EW)
緊急時 対策所 建屋	①	136	111	71.7	99.0	90.7	99.3	90.2	79.2	143
	②	394	320	204	282	268	290	263	225	377

建物・構築物	部材番号	最大応答曲げモーメント (MN・m)		
		Ss-18 _H (NS)	Ss-19 _{II}	最大値 [※]
緊急時 対策所 建屋	①	119	89.4	158
	②	296	254	400

※Ss-1_H～Ss-19_Hの最大応答値のうち最も大きい値を記載。

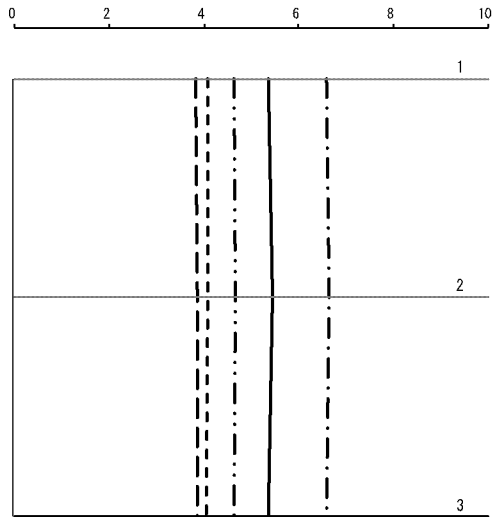


CASE	Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5
凡例	————	-----	- · - · -	·····	- - - - -

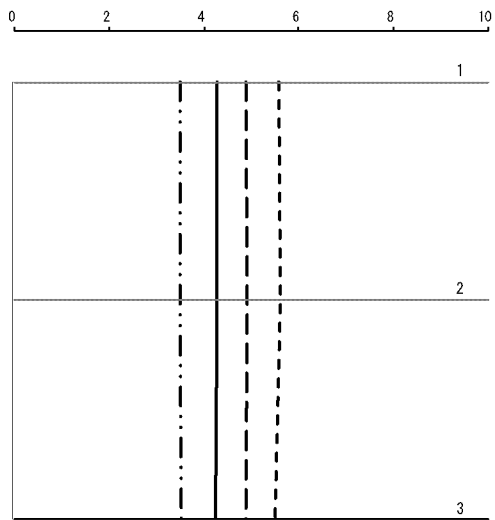


CASE	Ss-6	Ss-7	Ss-8	Ss-9	Ss-10
凡例	————	-----	- · - · -	·····	- - - - -

第 4-12 図 最大応答加速度 $[m/s^2]$ (Ss, 鉛直方向) (1/2)



CASE	Ss-11	Ss-12	Ss-13	Ss-14	Ss-15
凡例	————	-----	- · - · -	·····	- - - - -



CASE	Ss-16	Ss-17	Ss-18	0	Ss-19
凡例	————	-----	- · - · -	·····	- - - - -

第 4-12 図 最大応答加速度 [m/s²] (Ss, 鉛直方向) (2/2)

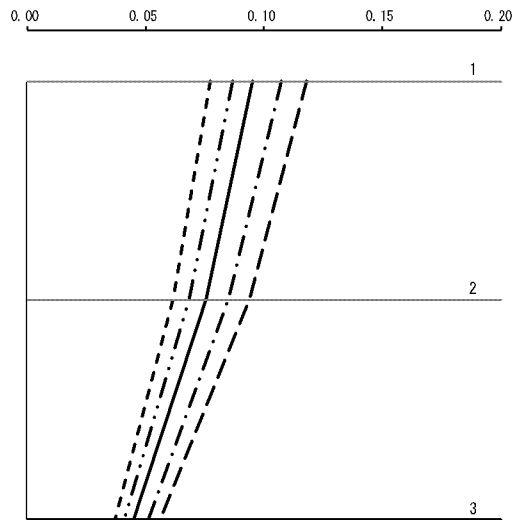
第 4-10 表 最大応答加速度一覧表 (Ss, 鉛直方向)

建物・構築物	質点番号	最大応答加速度 (m/s ²)							
		Ss-1 _v	Ss-2 _v	Ss-3 _v	Ss-4 _v	Ss-5 _v	Ss-6 _v	Ss-7 _v	Ss-8 _v
緊急時 対策所 建屋	1	5.10	6.28	4.18	5.80	4.74	4.82	4.04	3.83
	2	5.15	6.31	4.19	5.84	4.77	4.82	4.06	3.83
基礎 上端	3	5.06	6.30	4.19	5.80	4.73	4.84	4.05	3.82

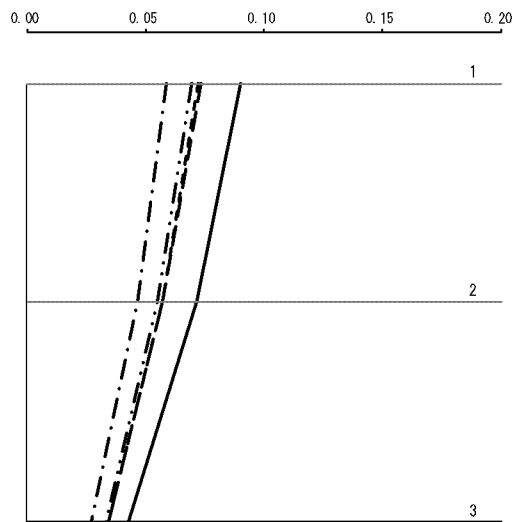
建物・構築物	質点番号	最大応答加速度 (m/s ²)							
		Ss-9 _v	Ss-10 _v	Ss-11 _v	Ss-12 _v	Ss-13 _v	Ss-14 _v	Ss-15 _v	Ss-16 _v
緊急時 対策所 建屋	1	3.22	3.89	5.37	3.83	4.06	6.59	4.65	4.27
	2	3.23	3.94	5.46	3.84	4.06	6.65	4.66	4.27
基礎 上端	3	3.23	3.88	5.37	3.84	4.05	6.58	4.64	4.26

建物・構築物	質点番号	最大応答加速度 (m/s ²)			
		Ss-17 _v	Ss-18 _v	Ss-19 _v	最大値※
緊急時 対策所 建屋	1	4.90	5.58	3.49	6.59
	2	4.91	5.62	3.49	6.65
基礎 上端	3	4.90	5.50	3.50	6.58

※Ss-1_v～Ss-19_vの最大応答値のうち最も大きい値を記載。

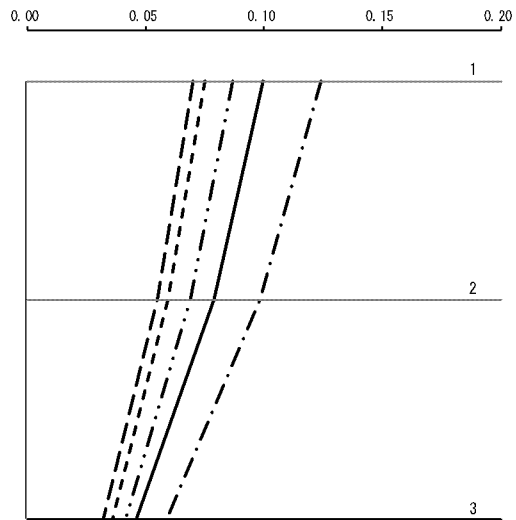


CASE	Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5
凡例	————	- - - -	- · - ·	- · · -	- · · -

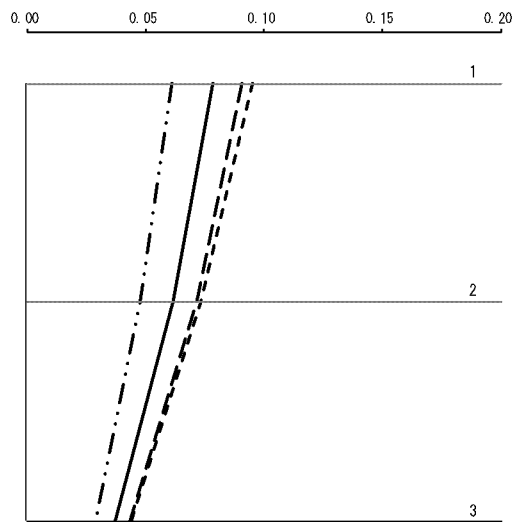


CASE	Ss-6	Ss-7	Ss-8	Ss-9	Ss-10
凡例	————	- - - -	- · - ·	- · · -	- · · -

第 4-13 図 最大応答変位 [mm] (Ss, 鉛直方向) (1/2)



CASE	Ss-11	Ss-12	Ss-13	Ss-14	Ss-15
凡例	————	-----	- - - - -	- · - · -	- · · - -



CASE	Ss-16	Ss-17	Ss-18	0	Ss-19
凡例	————	-----	- - - - -	- · - · -	- · · - -

第 4-13 図 最大応答変位 [mm] (Ss, 鉛直方向) (2/2)

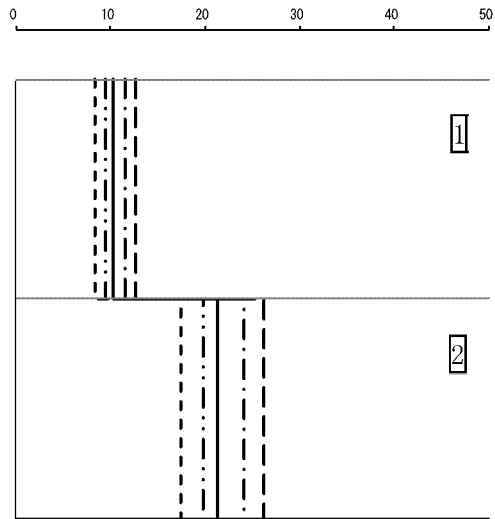
第 4-11 表 最大応答変位一覧表 (Ss, 鉛直方向)

建物・構築物	質点番号	最大応答変位 (mm)							
		Ss-1 _v	Ss-2 _v	Ss-3 _v	Ss-4 _v	Ss-5 _v	Ss-6 _v	Ss-7 _v	Ss-8 _v
緊急時 対策所 建屋	1	0.0951	0.118	0.0773	0.107	0.0868	0.0902	0.0731	0.0720
	2	0.0752	0.0937	0.0615	0.0850	0.0684	0.0714	0.0573	0.0570
基礎 上端	3	0.0445	0.0560	0.0371	0.0509	0.0410	0.0425	0.0339	0.0341

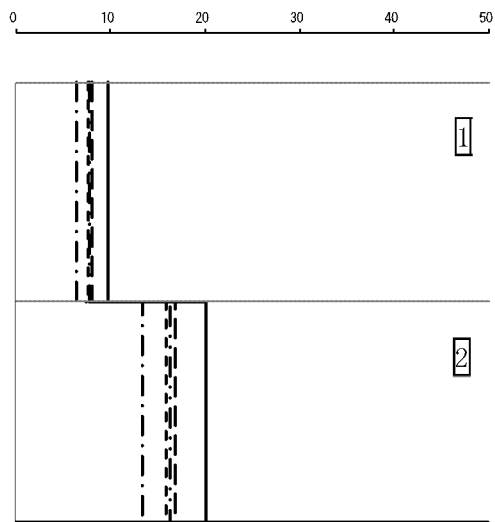
建物・構築物	質点番号	最大応答変位 (mm)							
		Ss-9 _v	Ss-10 _v	Ss-11 _v	Ss-12 _v	Ss-13 _v	Ss-14 _v	Ss-15 _v	Ss-16 _v
緊急時 対策所 建屋	1	0.0589	0.0695	0.0995	0.0699	0.0747	0.124	0.0865	0.0780
	2	0.0464	0.0547	0.0786	0.0550	0.0594	0.0982	0.0687	0.0616
基礎 上端	3	0.0271	0.0330	0.0461	0.0321	0.0358	0.0585	0.0412	0.0372

建物・構築物	質点番号	最大応答変位 (mm)			
		Ss-17 _v	Ss-18 _v	Ss-19 _v	最大値※
緊急時 対策所 建屋	1	0.0904	0.0949	0.0612	0.124
	2	0.0714	0.0733	0.0477	0.0982
基礎 上端	3	0.0431	0.0436	0.0288	0.0585

※Ss-1_v～Ss-19_vの最大応答値のうち最も大きい値を記載。

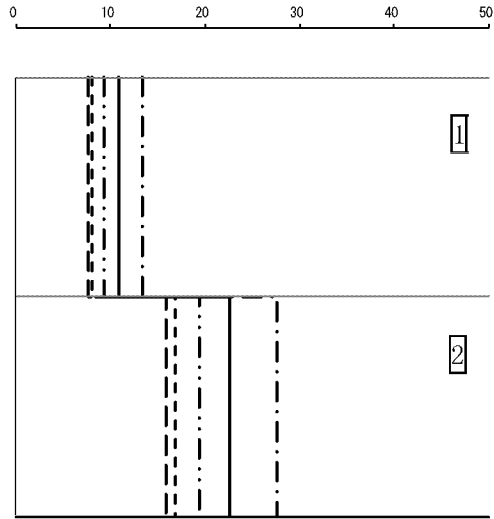


CASE	Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5
凡例	————	-----	- - - - -	- · - · -	- · · - -

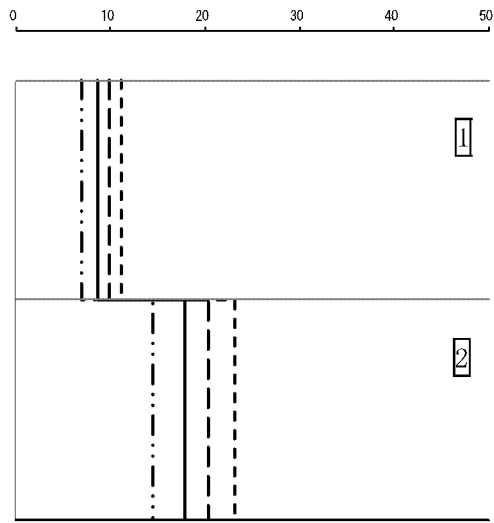


CASE	Ss-6	Ss-7	Ss-8	Ss-9	Ss-10
凡例	————	-----	- - - - -	- · - · -	- · · - -

第 4-14 図 最大応答軸力 [MN] (Ss, 鉛直方向) (1/2)



CASE	Ss-11	Ss-12	Ss-13	Ss-14	Ss-15
凡例	————	-----	-----



CASE	Ss-16	Ss-17	Ss-18	0	Ss-19
凡例	————	-----	-----

第 4-14 図 最大応答軸力 [MN] (Ss, 鉛直方向) (2/2)

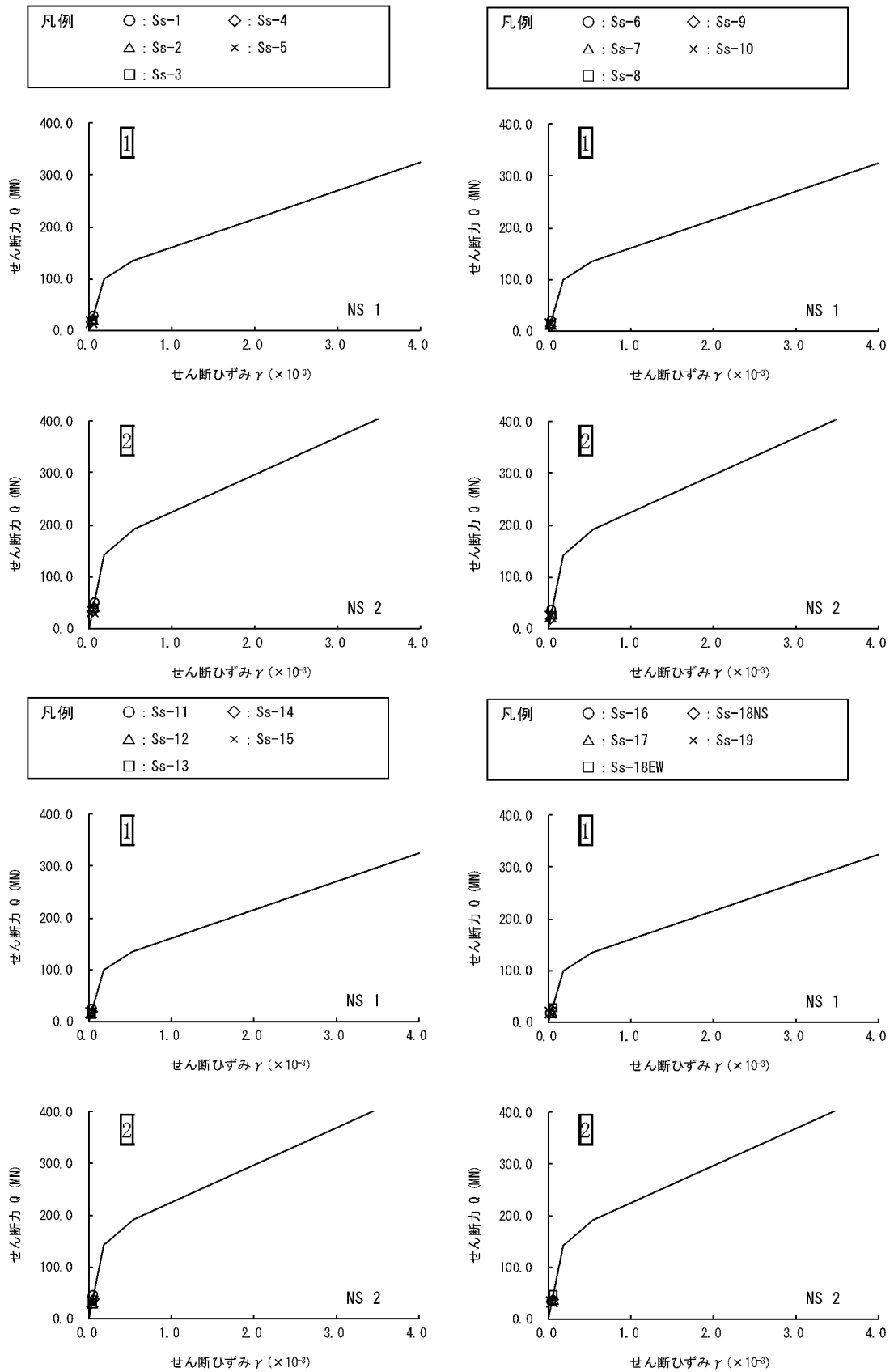
第 4-12 表 最大応答軸力一覧表 (Ss, 鉛直方向)

建物・構築物	部材番号	最大応答軸力 (MN)							
		Ss-1 _v	Ss-2 _v	Ss-3 _v	Ss-4 _v	Ss-5 _v	Ss-6 _v	Ss-7 _v	Ss-8 _v
緊急時 対策所 建屋	①	10.3	12.6	8.37	11.6	9.52	9.68	8.11	7.71
	②	21.3	26.2	17.4	24.1	19.8	20.1	16.8	15.9

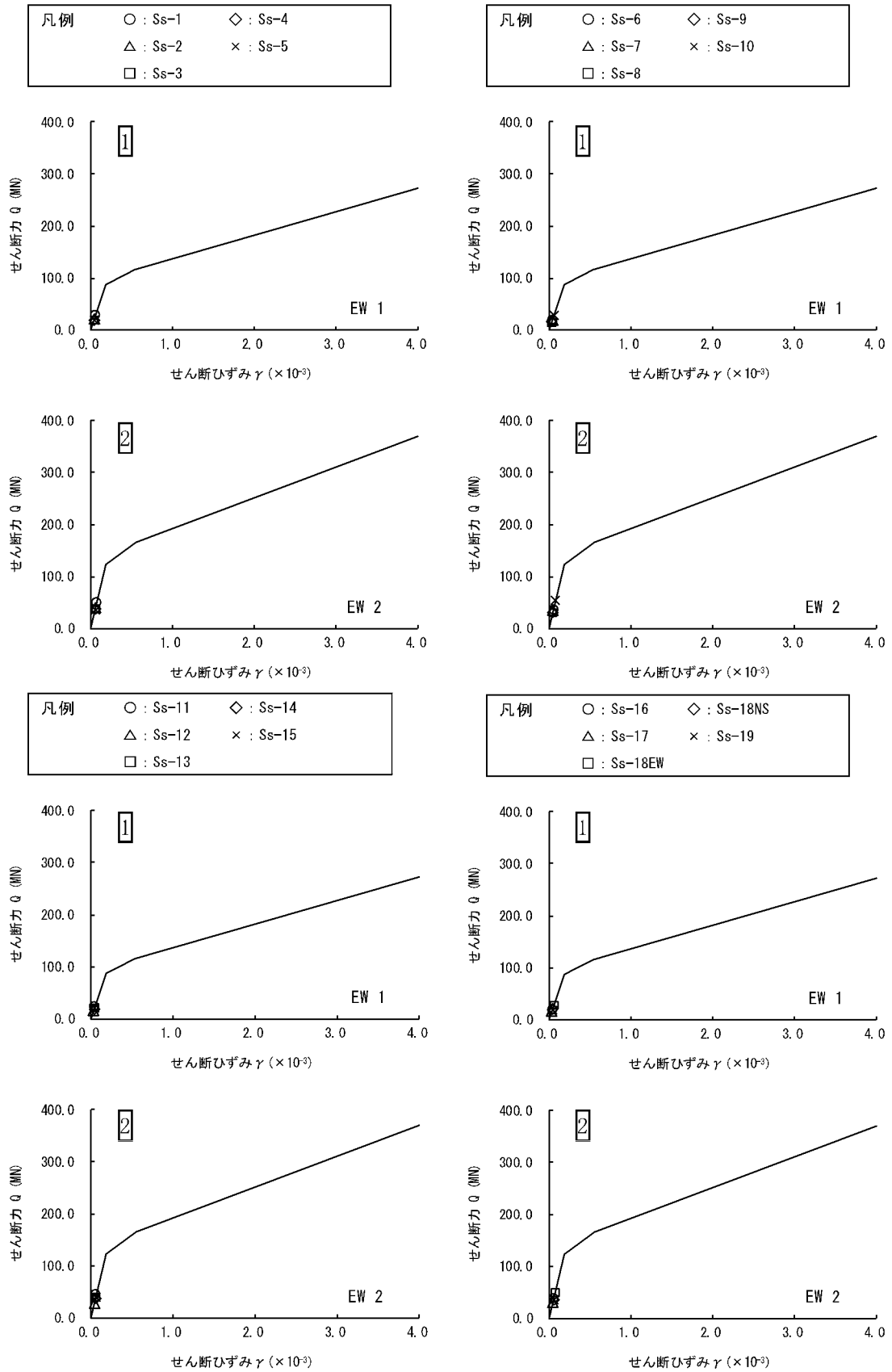
建物・構築物	部材番号	最大応答軸力 (MN)							
		Ss-9 _v	Ss-10 _v	Ss-11 _v	Ss-12 _v	Ss-13 _v	Ss-14 _v	Ss-15 _v	Ss-16 _v
緊急時 対策所 建屋	①	6.45	7.81	10.8	7.68	8.13	13.3	9.34	8.58
	②	13.4	16.3	22.6	15.9	16.8	27.6	19.3	17.8

建物・構築物	部材番号	最大応答軸力 (MN)			
		Ss-17 _v	Ss-18 _v	Ss-19 _v	最大値※
緊急時 対策所 建屋	①	9.84	11.2	6.98	13.3
	②	20.4	23.2	14.5	27.6

※Ss-1_v～Ss-19_vの最大応答値のうち最も大きい値を記載。



第 4-15 図 $Q-\gamma$ 関係と最大応答値 (Ss, NS 方向)



第 4-16 図 Q- γ 関係と最大応答値 (Ss, EW 方向)

第 4-13 表 最大接地圧 (Ss-1~Ss-19, NS 方向) (1/2)

	NS 方向							
	Ss-1 _{II}	Ss-2 _{II}	Ss-3 _{II}	Ss-4 _{II}	Ss-5 _{II}	Ss-6 _{II}	Ss-7 _{II}	Ss-8 _{II}
最大接地圧* (kN/m ²)	328	305	284	271	260	271	244	239
最大転倒 モーメント (×10 ⁶ kN・m)	0.561	0.467	0.435	0.365	0.346	0.382	0.307	0.292
最小接地率 (%)	83.7	94.8	98.6	100	100	100	100	100
	NS 方向							
	Ss-9 _{II}	Ss-10 _{II}	Ss-11 _{II}	Ss-12 _{II}	Ss-13 _{II}	Ss-14 _{II}	Ss-15 _{II}	Ss-16 _{II}
最大接地圧* (kN/m ²)	207	229	312	252	256	290	262	259
最大転倒 モーメント (×10 ⁶ kN・m)	0.199	0.260	0.506	0.337	0.347	0.414	0.355	0.353
最小接地率 (%)	100	100	90.2	100	100	100	100	100
	NS 方向							
	Ss-17 _{II}	Ss-18 _H (EW)	Ss-18 _H (NS)	Ss-19 _{II}				
最大接地圧* (kN/m ²)	280	325	292	261				
最大転倒 モーメント (×10 ⁶ kN・m)	0.411	0.545	0.437	0.372				
最小接地率 (%)	100	85.6	98.3	100				

※最大接地圧は、4 桁目を切り上げ。

第 4-13 表 最大接地圧 (Ss-1~Ss-19, EW 方向) (2/2)

	EW 方向							
	Ss-1 _{II}	Ss-2 _{II}	Ss-3 _{II}	Ss-4 _{II}	Ss-5 _{II}	Ss-6 _{II}	Ss-7 _{II}	Ss-8 _{II}
最大接地圧* (kN/m ²)	329	299	274	283	271	275	266	249
最大転倒 モーメント (×10 ⁶ kN・m)	0.564	0.448	0.403	0.403	0.383	0.394	0.378	0.325
最小接地率 (%)	83.3	97.0	100	100	100	100	100	100
	EW 方向							
	Ss-9 _{II}	Ss-10 _{II}	Ss-11 _{II}	Ss-12 _{II}	Ss-13 _{II}	Ss-14 _{II}	Ss-15 _{II}	Ss-16 _{II}
最大接地圧* (kN/m ²)	249	342	310	246	282	292	291	278
最大転倒 モーメント (×10 ⁶ kN・m)	0.335	0.613	0.499	0.317	0.430	0.419	0.451	0.413
最小接地率 (%)	100	77.5	91.0	100	99.2	100	96.7	100
	EW 方向							
	Ss-17 _{II}	Ss-18 _H (EW)	Ss-18 _H (NS)	Ss-19 _{II}				
最大接地圧* (kN/m ²)	260	321	292	261				
最大転倒 モーメント (×10 ⁶ kN・m)	0.344	0.534	0.406	0.390				
最小接地率 (%)	100	86.9	100	100				

※最大接地圧は、4桁目を切り上げ。

4.2 必要保有水平耐力

「3.3 解析方法」による解析方法で算出した必要保有水平耐力 Q_{un} を第 4-14 表に示す。

第 4-14 表 必要保有水平耐力 Q_{un}

建物・構築物	部材番号	NS 方向	EW 方向
		Q_{un}^* ($\times 10^3$ kN)	Q_{un}^* ($\times 10^3$ kN)
緊急時 対策所 建屋	1	11.5	11.5
	2	18.0	18.0

※必要保有水平耐力 Q_{un} は、4桁目を切り上げ。

資料 10-13-2 緊急時対策所建屋の耐震計算書

目 次

	頁
1. 概要	03-添10-13-2-1
2. 基本方針	03-添10-13-2-1
2.1 位置	03-添10-13-2-1
2.2 構造概要	03-添10-13-2-2
2.3 評価方針	03-添10-13-2-7
2.4 準拠規格・基準等	03-添10-13-2-9
3. 地震応答解析による評価方法	03-添10-13-2-10
4. 応力解析による評価方法	03-添10-13-2-12
4.1 評価対象部位及び評価方針	03-添10-13-2-12
4.2 荷重及び荷重の組合せ	03-添10-13-2-14
4.3 許容限界	03-添10-13-2-39
4.4 解析モデル及び諸元	03-添10-13-2-42
4.5 評価方法	03-添10-13-2-45
5. 評価結果	03-添10-13-2-50
5.1 地震応答解析による評価結果	03-添10-13-2-50
5.2 応力解析による評価結果	03-添10-13-2-61

1. 概要

本資料は、資料 10-9「機能維持の基本方針」に基づき、緊急時対策所建屋の地震時の構造強度及び機能維持の確認について説明するものであり、その評価は、地震応答解析による評価及び応力解析による評価により行う。

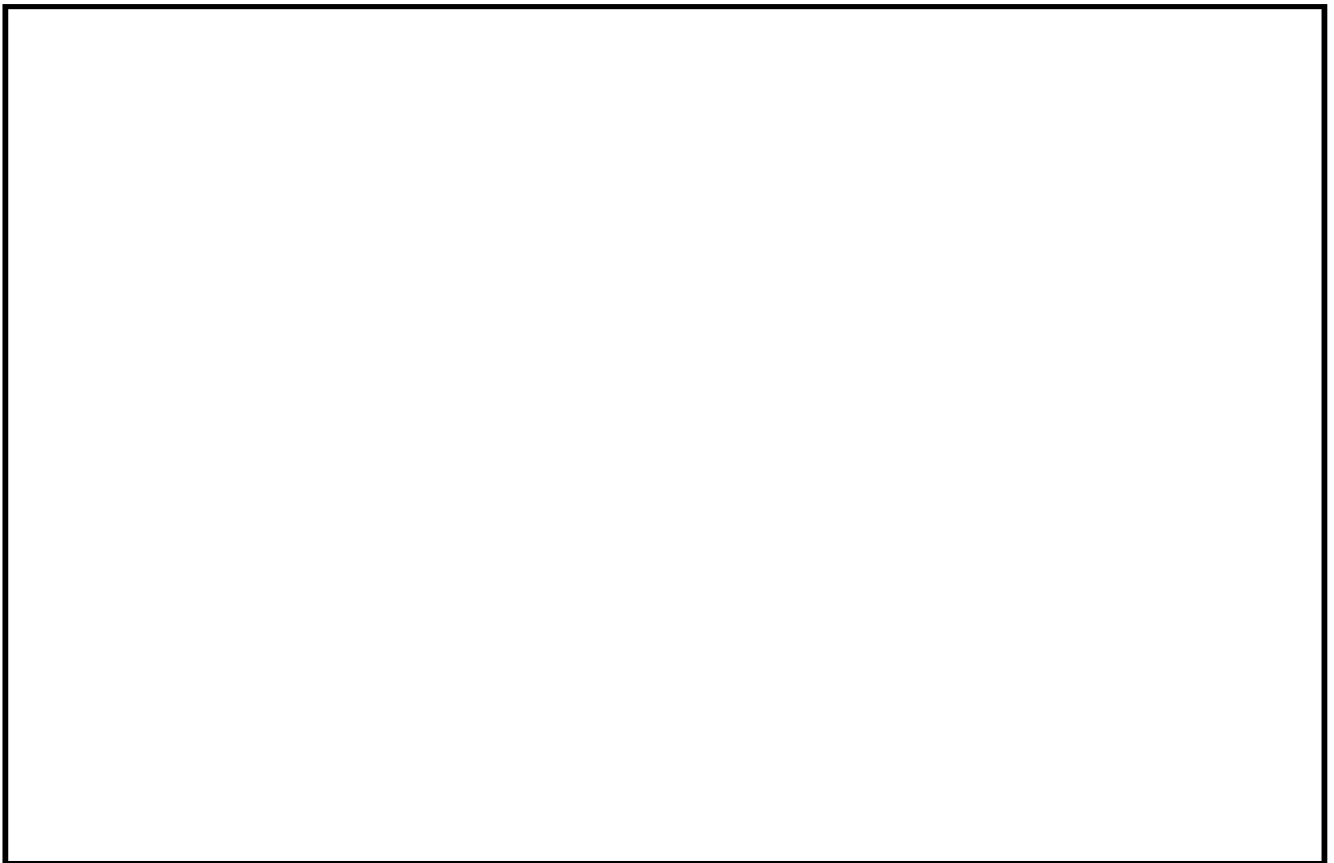
緊急時対策所建屋は、設計基準対象施設においては「Cクラスの施設の間接支持構造物」に、重大事故等対処施設においては「常設重大事故緩和設備の間接支持構造物」に分類される。また、重大事故等対処施設において、緊急時対策所建屋を構成する壁及びスラブの一部は緊急時対策所遮蔽に該当し、「常設重大事故緩和設備」に分類される。

以下、それぞれの分類に応じた耐震評価を示す。

2. 基本方針

2.1 位置

緊急時対策所建屋の設置位置を第 2-1 図に示す。



第 2-1 図 緊急時対策所建屋の設置位置

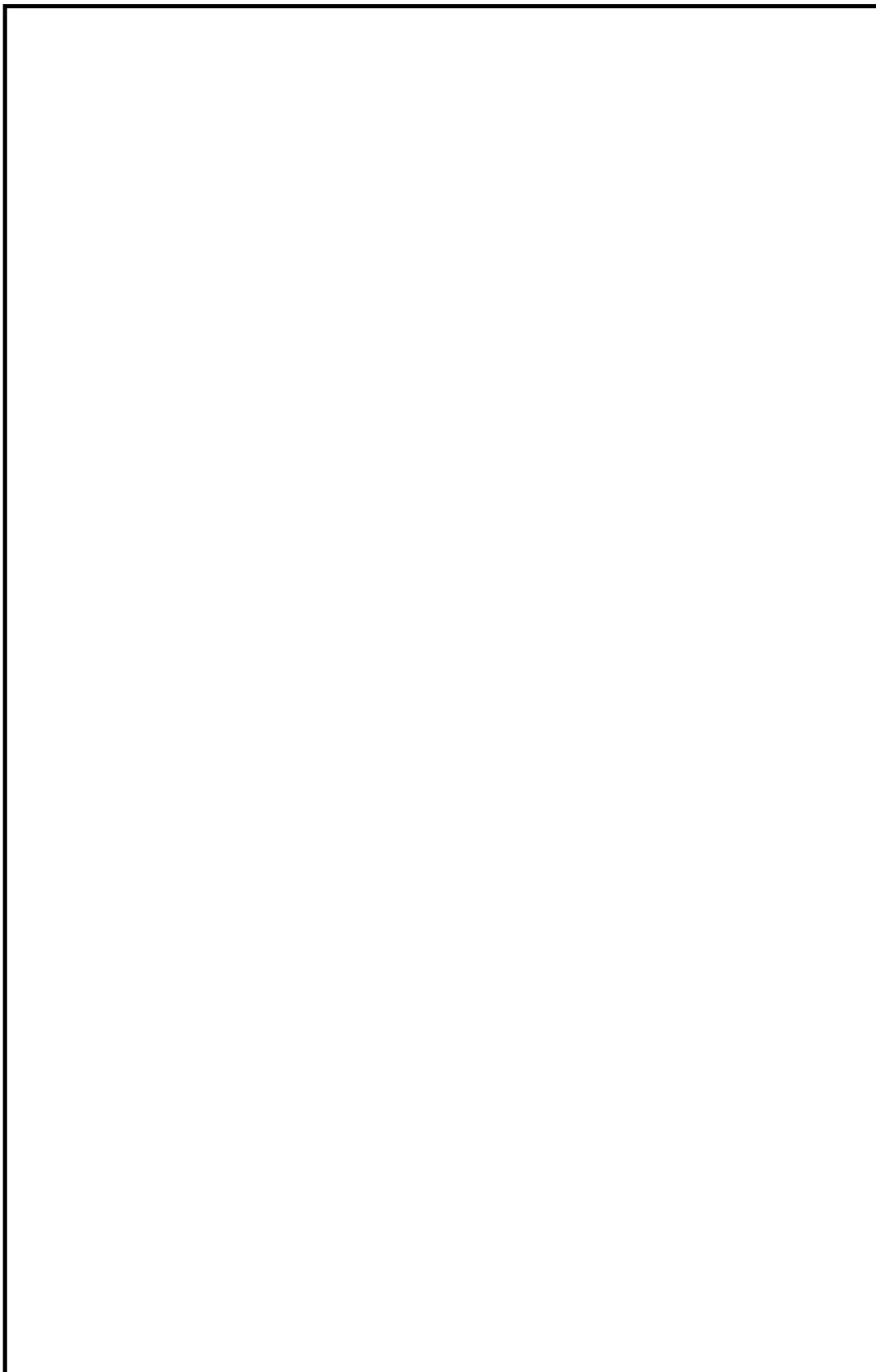
2.2 構造概要

緊急時対策所建屋の平面規模は、EW方向で約□m、NS方向で約□mであり、屋根面（E.L.□
□m）の基礎底面（E.L.□m）からの高さは約□m、地盤面（E.L.□m）からの高
さは約□mである。

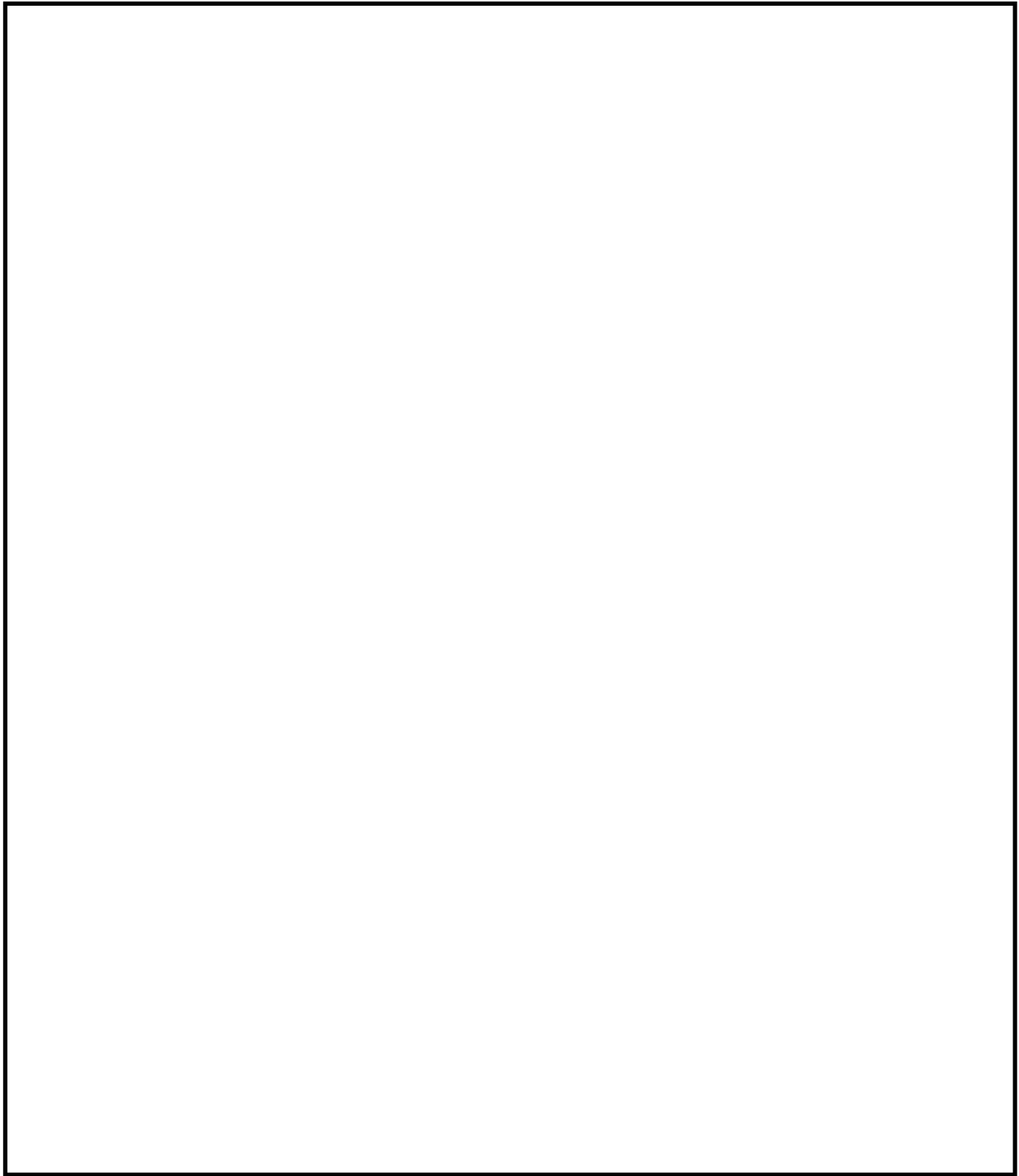
本建物は2層の主要床面を有する鉄筋コンクリート造壁式構造物であり、主として長期荷重を支持する目的から、一部、鉄筋コンクリート造の柱を配置している。

なお、本建物の基礎は厚さ□mのベタ基礎であり、十分な支持性能を有する地盤に直接設置される。

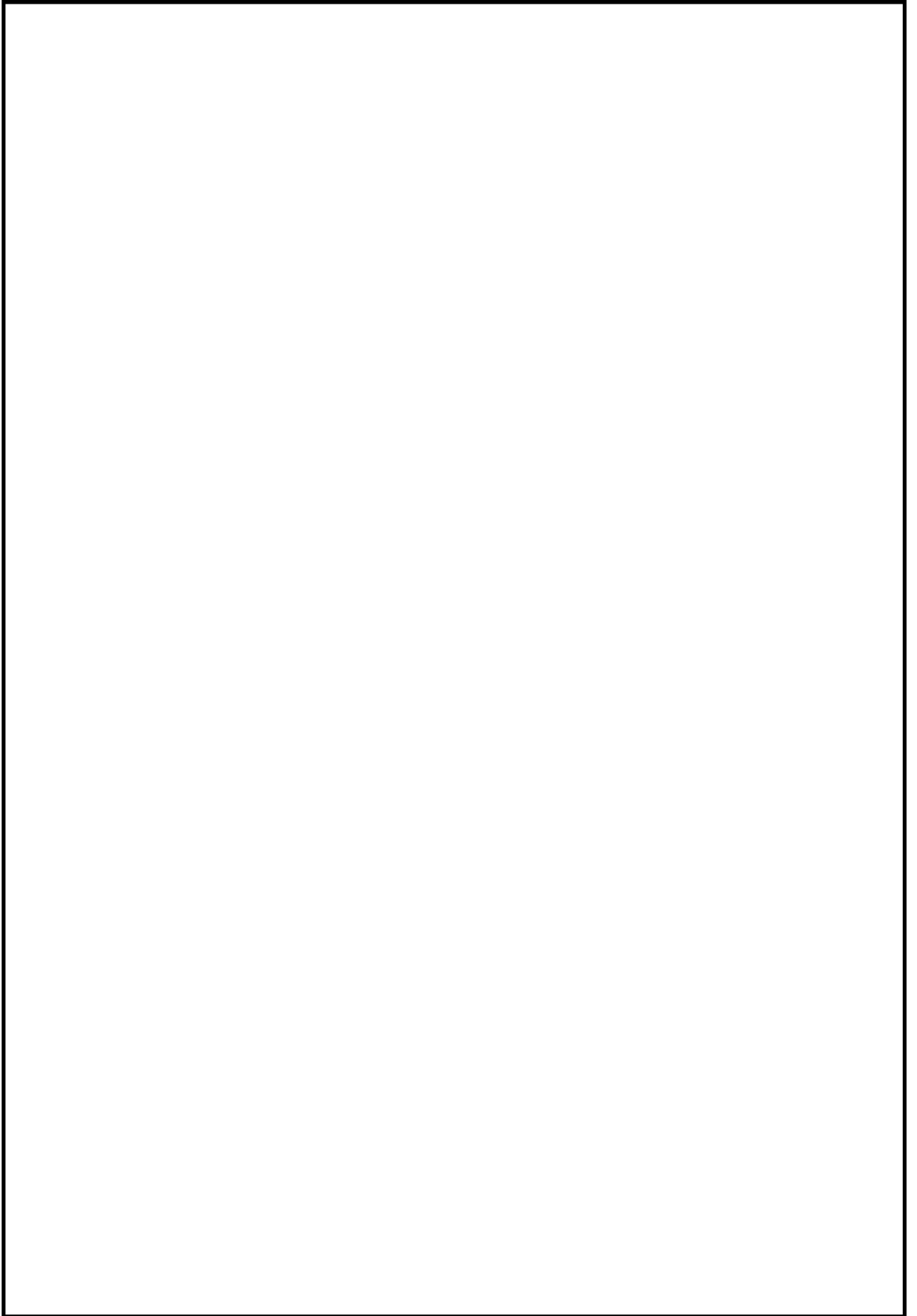
緊急時対策所建屋の概略平面図を第2-2図に、概略断面図を第2-3図に、緊急時対策所遮蔽の範囲を第2-4図に示す。なお、第2-4図には、気密性を確保する範囲をあわせて示す。



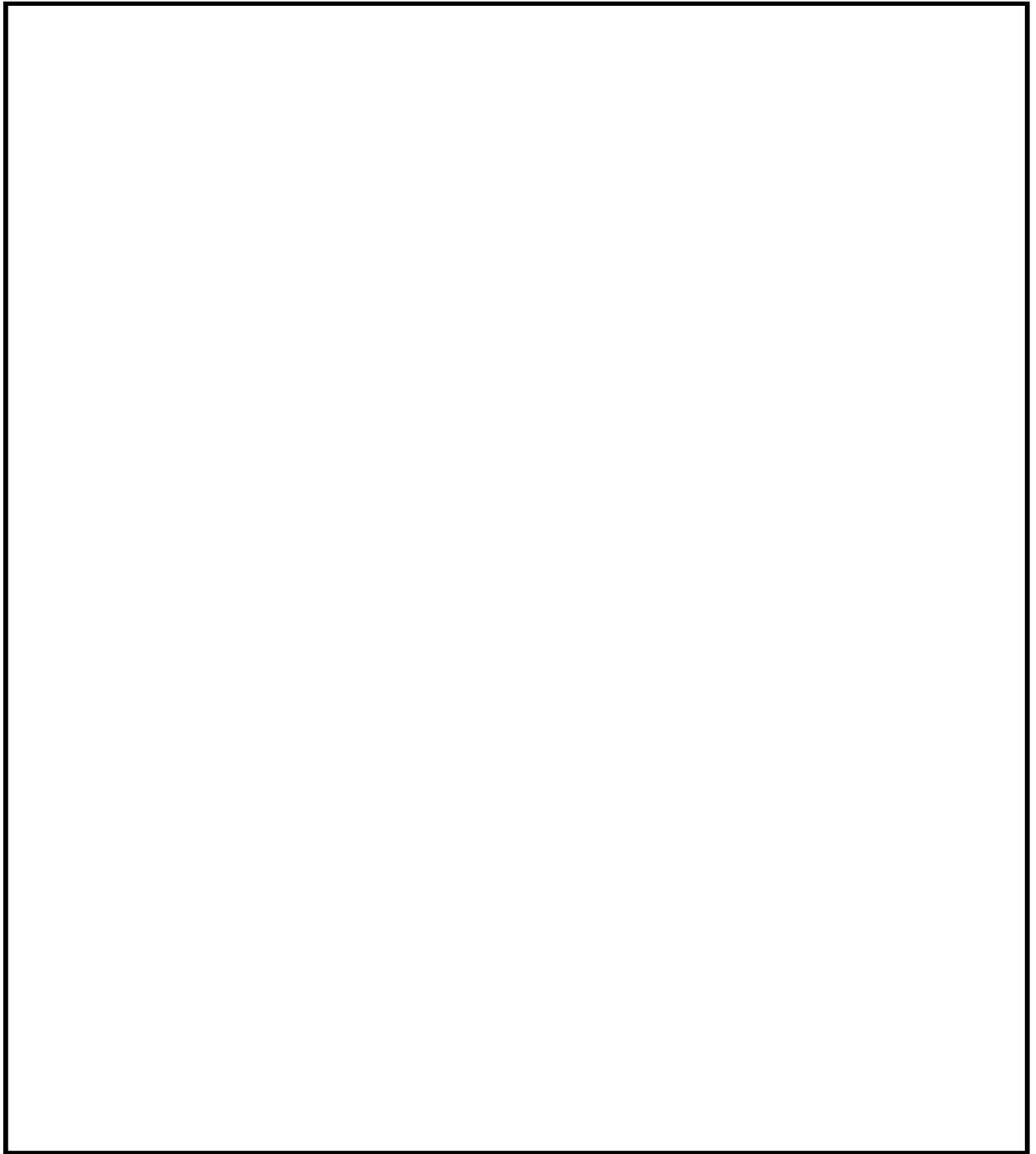
第 2-2 図 緊急時対策所建屋の概略平面図



第 2-3 図 緊急時対策所建屋の概略断面図



第 2-4 図 緊急時対策所遮蔽の範囲 (1/2)



第 2-4 図 緊急時対策所遮蔽の範囲 (2/2)

2.3 評価方針

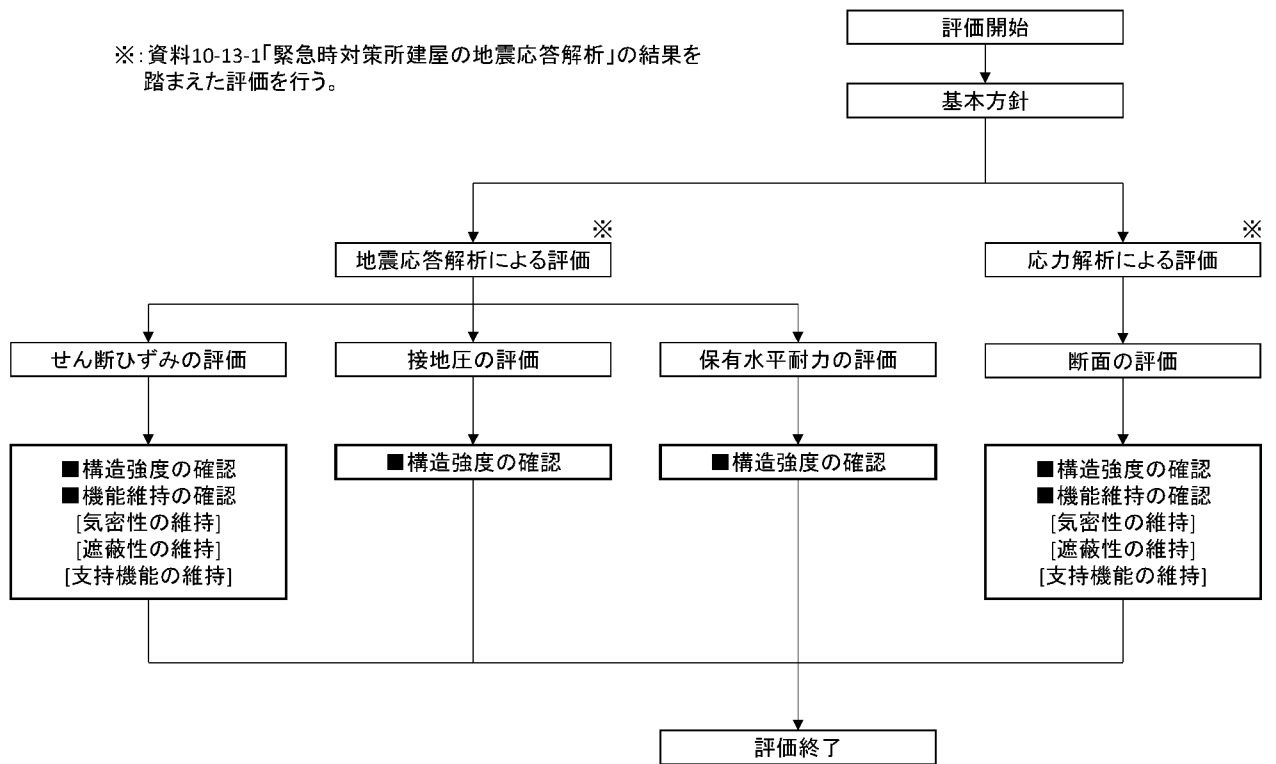
緊急時対策所建屋は、設計基準対象施設においては「Cクラスの施設の間接支持構造物」に、重大事故等対処施設においては「常設重大事故緩和設備の間接支持構造物」に分類される。また、緊急時対策所建屋を構成する壁及びスラブの一部は緊急時対策所遮蔽に該当し、その緊急時対策所遮蔽は、重大事故等対処施設において「常設重大事故緩和設備」に分類される。

緊急時対策所建屋の評価においては、基準地震動 S_s による地震力に対する評価（以下「 S_s 地震時に対する評価」という）及び保有水平耐力の評価を行うこととし、それぞれの評価は資料 10-13-1「緊急時対策所建屋の地震応答解析」の結果を踏まえたものとする。

なお、緊急時対策所建屋は新設であることから、常時に対する評価についてもあわせて示す。

緊急時対策所建屋の評価は、資料 10-9「機能維持の基本方針」に基づき、地震応答解析による評価においてはせん断ひずみ、接地圧及び保有水平耐力の評価を、応力解析による評価においては断面の評価を行うことで、緊急時対策所建屋の地震時の構造強度及び機能維持の確認を行う。評価に当たっては、材料物性のばらつき及び鉄筋コンクリート造部の減衰定数の設定に起因するばらつき（以下「材料物性のばらつき等」という）を考慮する。

第 2-5 図に緊急時対策所建屋の評価フローを示す。



第 2-5 図 緊急時対策所建屋の評価フロー

2.4 準拠規格・基準等

緊急時対策所建屋の評価において、準拠する規格・基準等を以下に示す。

- ・ 建築基準法・同施行令
- ・ 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 ー許容応力度設計法ー((社)日本建築学会、1999)
- ・ 原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説((社)日本建築学会、2005)
(以下「RC-N 規準」という)
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力度編 JEAG4601・補-1984((社)日本電気協会)
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987((社)日本電気協会)
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991 追補版((社)日本電気協会)
- ・ 2015年版 建築物の構造関係技術基準解説書(国土交通省国土技術政策総合研究所・国立研究開発法人建築研究所)(以下「技術基準解説書」という)

3. 地震応答解析による評価方法

地震応答解析による評価において、緊急時対策所建屋の構造強度については、資料 10-13-1 「緊急時対策所建屋の地震応答解析」に基づき、材料物性のばらつき等を考慮した最大せん断ひずみ、最大接地圧が許容限界を超えないこと及び保有水平耐力が必要保有水平耐力に対して妥当な安全余裕を有することを確認する。

また、気密性、遮蔽性及び支持機能の維持については、資料 10-13-1 「緊急時対策所建屋の地震応答解析」に基づき、材料物性のばらつき等を考慮した最大せん断ひずみが許容限界を超えないことを確認する。

地震応答解析による評価における緊急時対策所建屋の許容限界は、資料 10-9 「機能維持の基本方針」に記載の構造強度上の制限及び機能維持の方針に基づき、第 3-1 表のとおり設定する。

第 3-1 表 地震応答解析による評価における許容限界

要求機能	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 (評価基準値)
—	構造強度を有すること	基準地震動 Ss	耐震壁	最大せん断ひずみが構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	最大せん断ひずみ 2.0×10^{-3}
		基準地震動 Ss	基礎地盤	最大接地圧が地盤の支持力度を超えないことを確認	極限支持力度 13,700 kN/m ²
		(常時荷重に対する検討)			長期許容支持力度 4,500 kN/m ²
		保有水平耐力	構造物全体	保有水平耐力が必要保有水平耐力に対して妥当な安全余裕を有することを確認	必要保有水平耐力
気密性	換気機能とあいまって気密機能を維持すること	基準地震動 Ss	耐震壁 ^(注2)	最大せん断ひずみが気密性を維持するための許容限界を超えないことを確認	概ね弾性
遮蔽性	遮蔽体の損傷により遮蔽性を損なわないこと	基準地震動 Ss	耐震壁 ^(注2)	最大せん断ひずみが遮蔽性を維持するための許容限界を超えないことを確認	最大せん断ひずみ 2.0×10^{-3}
支持機能 (注1)	機器・配管系等の設備を支持する機能を損なわないこと	基準地震動 Ss	耐震壁 ^(注2)	最大せん断ひずみが支持機能を維持するための許容限界を超えないことを確認	最大せん断ひずみ 2.0×10^{-3}

(注1) 「支持機能」の確認には、「内包する設備に対する波及的影響」の確認が含まれる。

(注2) 建屋全体としては、地震力を主に耐震壁で負担する構造となっており、柱、梁等が耐震壁の変形に追従することと、全体に剛性の高い構造となっており複数の耐震壁間の相対変形が小さく床スラブの変形が抑えられるため、各層の耐震壁が最大せん断ひずみの許容限界を満足していれば、建物・構築物に要求される機能は維持される。

4. 応力解析による評価方法

4.1 評価対象部位及び評価方針

緊急時対策所建屋の応力解析による評価対象部位は、基礎及びスラブとし、3次元 FEM モデルを用いた弾性応力解析により評価を行う。

3次元 FEM モデルを用いた弾性応力解析に当たっては、資料 10-13-1「緊急時対策所建屋の地震応答解析」より得られた結果を用いて、荷重の組合せを行う。

以下の(1)～(2)の方針に基づき断面の評価を行う。また、応力解析による評価フローを第 4-1 図に示す。

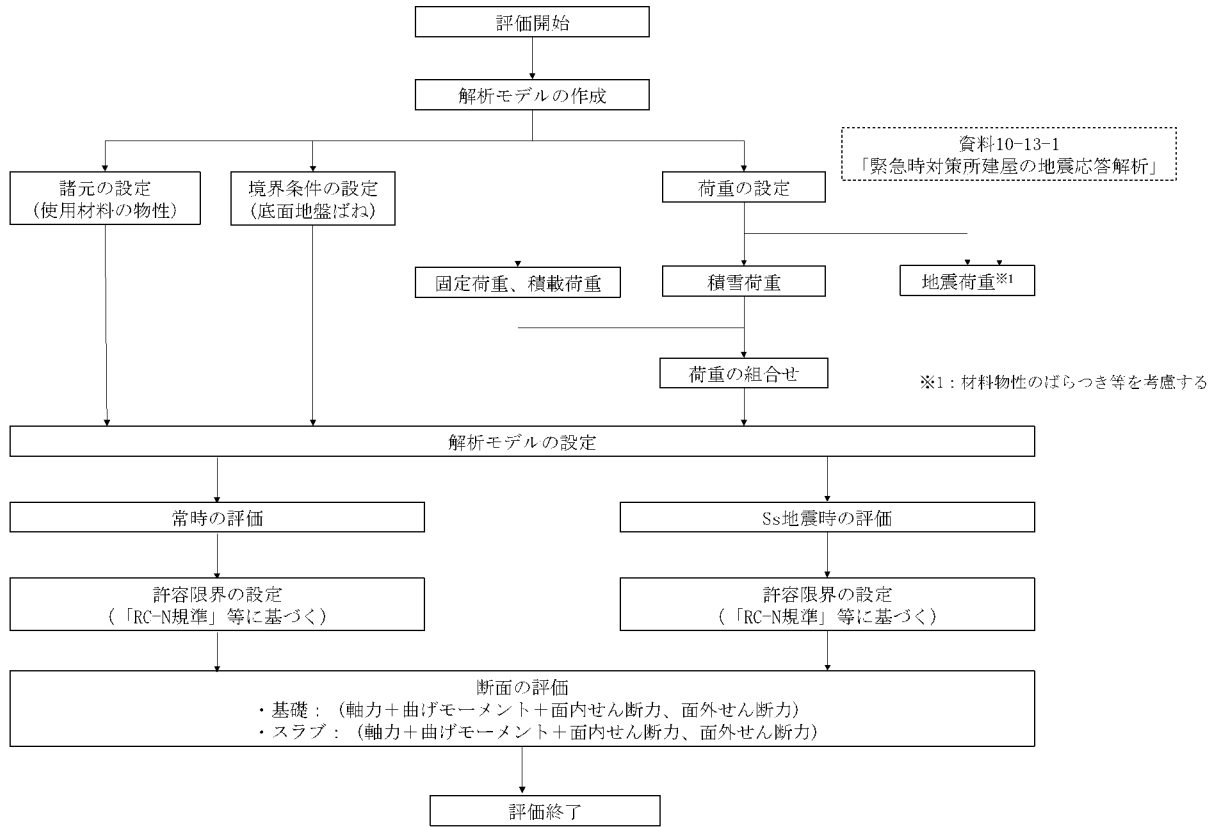
(1) Ss 地震時に対する評価

Ss 地震時に対する評価は、地震力と地震力以外の荷重の組合せの結果、発生する応力が、「RC-N 規準」及び「技術基準解説書」を参考に設定した許容限界を超えないことを確認する。

また、断面の評価については、材料物性のばらつき等を考慮した断面力に対して行うこととする。

(2) 常時に対する評価

常時荷重に対する評価は、地震力以外の常時作用する荷重の組合せの結果、発生する応力が、「RC-N 規準」を参考に設定した許容限界を超えないことを確認する。



第 4-1 図 応力解析による評価フロー

4.2 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは、資料 10-9「機能維持の基本方針」にて設定している荷重及び荷重の組合せを用いる。

4.2.1 荷重

(1) 固定荷重(G)及び積載荷重(P)

緊急時対策所建屋に作用する固定荷重及び積載荷重は、資料 10-13-1「緊急時対策所建屋の地震応答解析」に示す地震応答解析モデルの質量を考慮して第 4-1 表のとおり設定する。

第 4-1 表 固定荷重(G)及び積載荷重(P)

	固定荷重 (kN/m ²)	積載荷重 (kN/m ²)	備考
壁	24.0×t	—	t：部材厚さ(m)
屋根スラブ	24.0×t	0.600	t：部材厚さ(m)
2階スラブ	24.0×t	1.10	t：部材厚さ(m)
基礎	24.0×t	1.10 及び 3.00	t：部材厚さ(m)

(2) 積雪荷重(S)

積雪荷重は、資料 10-9「機能維持の基本方針」に記載の地震力と積雪荷重の組合せに基づき、第 4-2 表のとおり設定する。

第 4-2 表 積雪荷重(S)

荷重及び外力について想定する状態	積雪荷重(N/m ²)
地震時積雪荷重(S _{地震時})	1050
常時積雪荷重(S _{常時})	3000

(3) 地震荷重 (K_s)

水平地震力及び鉛直地震力は、基準地震動 S_s に対する地震応答解析より算定される動的地震力より設定する。

このとき、基準地震動 S_s に対する地震応答解析より算定される動的地震力は、基本ケース、材料物性のばらつき等を考慮したケースの応答値の最大値より算定する。

S_s 地震荷重を第 4-3 表～第 4-17 表に示す。

第 4-3 表 Ss 地震荷重（基本ケース） 最大応答せん断力(1/2)

(a) NS 方向

建物・構築物	部材番号	最大応答せん断力 (MN)								
		Ss-1 _H	Ss-2 _H	Ss-3 _H	Ss-4 _H	Ss-5 _H	Ss-6 _H	Ss-7 _H	Ss-8 _H	Ss-9 _H
緊急時対策所建屋	①	28.8	20.9	20.8	16.8	15.7	17.9	14.2	13.3	9.35
	②	48.3	42.3	38.6	32.9	31.2	34.1	27.4	26.3	17.8
	基礎下端	78.5	93.6	71.7	68.7	67.3	68.5	54.7	55.6	35.5

建物・構築物	部材番号	最大応答せん断力 (MN)								
		Ss-10 _{II}	Ss-11 _{II}	Ss-12 _{II}	Ss-13 _{II}	Ss-14 _{II}	Ss-15 _{II}	Ss-16 _{II}	Ss-17 _{II}	Ss-18 _{II} (EW)
緊急時対策所建屋	①	12.4	23.1	15.3	15.7	19.1	16.6	16.5	18.6	27.3
	②	23.1	44.7	30.2	31.4	37.4	31.6	31.4	36.5	47.7
	基礎下端	43.4	90.0	63.7	67.9	77.8	62.5	61.6	76.9	77.2

建物・構築物	部材番号	最大応答せん断力 (MN)		
		Ss-18 _{II} (NS)	Ss-19 _{II}	最大値 [※]
緊急時対策所建屋	①	22.7	17.4	28.8
	②	36.9	33.4	48.3
	基礎下端	60.5	67.3	93.6

※Ss-1_{II}～Ss-19_{II}の最大応答値のうち最も大きい値を記載。

注) 網掛け：最大値

第 4-3 表 Ss 地震荷重（基本ケース） 最大応答せん断力(2/2)

(b) EW 方向

建物・構築物	部材番号	最大応答せん断力 (MN)								
		Ss-1 _H	Ss-2 _H	Ss-3 _H	Ss-4 _H	Ss-5 _H	Ss-6 _H	Ss-7 _H	Ss-8 _H	Ss-9 _H
緊急時対策所建屋	①	28.8	20.8	18.5	18.5	17.4	18.1	17.6	14.4	15.6
	②	50.1	39.6	36.5	36.3	34.4	34.9	33.9	29.8	30.3
	基礎下端	82.9	82.9	76.7	75.8	73.6	70.1	68.1	68.8	62.2

建物・構築物	部材番号	最大応答せん断力 (MN)								
		Ss-10 _{II}	Ss-11 _{II}	Ss-12 _{II}	Ss-13 _{II}	Ss-14 _{II}	Ss-15 _{II}	Ss-16 _{II}	Ss-17 _{II}	Ss-18 _{II} (EW)
緊急時対策所建屋	①	28.0	22.8	14.6	20.2	19.2	20.8	18.8	16.2	27.5
	②	54.4	44.3	28.0	38.6	38.1	40.5	36.8	30.8	47.8
	基礎下端	111	90.1	61.2	76.3	80.9	83.7	76.7	62.6	76.2

建物・構築物	部材番号	最大応答せん断力 (MN)		
		Ss-18 _{II} (NS)	Ss-19 _{II}	最大値 [※]
緊急時対策所建屋	①	21.5	18.2	28.8
	②	34.8	34.7	54.4
	基礎下端	64.7	68.8	111

※Ss-1_{II}～Ss-19_{II}の最大応答値のうち最も大きい値を記載。

注) 網掛け：最大値

第 4-4 表 Ss 地震荷重（基本ケース） 最大応答曲げモーメント (1/2)

(a) NS 方向

建物・構築物	部材番号	最大応答曲げモーメント (MN・m)								
		Ss-1 _H	Ss-2 _H	Ss-3 _H	Ss-4 _H	Ss-5 _H	Ss-6 _H	Ss-7 _H	Ss-8 _H	Ss-9 _H
緊急時対策所建屋	①	153	97.0	105	80.6	73.5	87.9	69.4	63.2	45.8
	②	394	293	290	235	219	250	199	186	130
	基礎下端	561	467	435	365	346	382	307	292	199

建物・構築物	部材番号	最大応答曲げモーメント (MN・m)								
		Ss-10 _{II}	Ss-11 _{II}	Ss-12 _{II}	Ss-13 _{II}	Ss-14 _{II}	Ss-15 _{II}	Ss-16 _{II}	Ss-17 _{II}	Ss-18 _{II} (EW)
緊急時対策所建屋	①	62.2	113	73.3	74.3	91.2	82.2	81.7	89.9	142
	②	173	325	215	221	267	233	232	262	375
	基礎下端	260	506	337	347	414	355	353	411	545

建物・構築物	部材番号	最大応答曲げモーメント (MN・m)		
		Ss-18 _H (NS)	Ss-19 _{II}	最大値 [※]
緊急時対策所建屋	①	126	84.7	153
	②	315	243	394
	基礎下端	437	372	561

※Ss-1_H～Ss-19_Hの最大応答値のうち最も大きい値を記載。

注) 網掛け：最大値

第 4-4 表 Ss 地震荷重（基本ケース） 最大応答曲げモーメント (2/2)

(b) EW 方向

建物・構築物	部材番号	最大応答曲げモーメント (MN・m)								
		Ss-1 _H	Ss-2 _H	Ss-3 _H	Ss-4 _H	Ss-5 _H	Ss-6 _H	Ss-7 _H	Ss-8 _H	Ss-9 _H
緊急時対策所建屋	①	158	102	88.0	89.0	82.1	88.0	86.1	68.4	74.7
	②	400	290	259	260	243	253	246	202	217
	基礎下端	564	448	403	403	383	394	378	325	335

建物・構築物	部材番号	最大応答曲げモーメント (MN・m)								
		Ss-10 _{II}	Ss-11 _{II}	Ss-12 _{II}	Ss-13 _{II}	Ss-14 _{II}	Ss-15 _{II}	Ss-16 _{II}	Ss-17 _{II}	Ss-18 _{II} (EW)
緊急時対策所建屋	①	136	111	71.7	99.0	90.7	99.3	90.2	79.2	143
	②	394	320	204	282	268	290	263	225	377
	基礎下端	613	499	317	430	419	451	413	344	534

建物・構築物	部材番号	最大応答曲げモーメント (MN・m)		
		Ss-18 _H (NS)	Ss-19 _{II}	最大値※
緊急時対策所建屋	①	119	89.4	158
	②	296	254	400
	基礎下端	406	390	613

※Ss-1_H～Ss-19_Hの最大応答値のうち最も大きい値を記載。

注) 網掛け：最大値

第 4-5 表 Ss 地震荷重（基本ケース） 最大応答軸力（鉛直方向）

建物・構築物	部材番号	最大応答軸力 (MN)								
		Ss-1 _v	Ss-2 _v	Ss-3 _v	Ss-4 _v	Ss-5 _v	Ss-6 _v	Ss-7 _v	Ss-8 _v	Ss-9 _v
緊急時対策所建屋	①	10.3	12.6	8.37	11.6	9.52	9.68	8.11	7.71	6.45
	②	21.3	26.2	17.4	24.1	19.8	20.1	16.8	15.9	13.4
	基礎下端	48.7	60.4	40.1	55.4	45.4	46.3	38.7	36.6	30.9

建物・構築物	部材番号	最大応答軸力 (MN)								
		Ss-10 _v	Ss-11 _v	Ss-12 _v	Ss-13 _v	Ss-14 _v	Ss-15 _v	Ss-16 _v	Ss-17 _v	Ss-18 _v
緊急時対策所建屋	①	7.81	10.8	7.68	8.13	13.3	9.34	8.58	9.84	11.2
	②	16.3	22.6	15.9	16.8	27.6	19.3	17.8	20.4	23.2
	基礎下端	37.2	51.6	36.7	38.7	63.2	44.4	40.8	46.9	52.9

建物・構築物	部材番号	最大応答軸力 (MN)	
		Ss-19 _v	最大値※
緊急時対策所建屋	①	6.98	13.3
	②	14.5	27.6
	基礎下端	33.4	63.2

※Ss-1_v～Ss-19_vの最大応答値のうち最も大きい値を記載。

注) 網掛け：最大値

第 4-6 表 Ss 地震荷重 (地盤剛性(+1σ)考慮) 最大応答せん断力(1/2)

(a) NS 方向

建物・構築物	部材番号	最大応答せん断力 (MN)								
		Ss-1 _H	Ss-2 _H	Ss-3 _H	Ss-4 _H	Ss-5 _H	Ss-6 _H	Ss-7 _H	Ss-8 _H	Ss-9 _H
緊急時対策所建屋	①	28.5	20.8	20.8	16.7	15.3	17.6	14.0	13.1	9.41
	②	47.6	42.1	38.5	32.6	30.6	33.5	26.9	25.9	17.7
	基礎下端	77.3	93.2	71.4	68.3	66.5	68.0	54.1	55.0	35.3

建物・構築物	部材番号	最大応答せん断力 (MN)								
		Ss-10 _{II}	Ss-11 _{II}	Ss-12 _{II}	Ss-13 _{II}	Ss-14 _{II}	Ss-15 _{II}	Ss-16 _{II}	Ss-17 _{II}	Ss-18 _{II} (EW)
緊急時対策所建屋	①	12.6	22.8	14.9	15.5	19.3	16.4	16.3	18.5	27.2
	②	23.3	44.1	29.5	31.1	37.8	31.3	31.0	36.2	47.3
	基礎下端	43.5	89.2	62.8	67.5	78.1	61.7	60.8	76.9	76.5

建物・構築物	部材番号	最大応答せん断力 (MN)		
		Ss-18 _{II} (NS)	Ss-19 _{II}	最大値 [※]
緊急時対策所建屋	①	22.7	17.4	28.5
	②	36.7	33.3	47.6
	基礎下端	60.0	67.1	93.2

※Ss-1_{II}~Ss-19_{II}の最大応答値のうち最も大きい値を記載。

注) 網掛け: 最大値

第 4-6 表 Ss 地震荷重 (地盤剛性(+1σ)考慮) 最大応答せん断力(2/2)

(b) EW 方向

建物・構築物	部材番号	最大応答せん断力 (MN)								
		Ss-1 _H	Ss-2 _H	Ss-3 _H	Ss-4 _H	Ss-5 _H	Ss-6 _H	Ss-7 _H	Ss-8 _H	Ss-9 _H
緊急時対策所建屋	①	29.6	20.6	18.2	18.6	17.1	17.8	17.6	14.3	15.7
	②	49.5	39.2	36.0	36.4	34.0	34.3	33.9	29.3	30.5
	基礎下端	81.9	81.4	76.5	75.8	73.2	70.0	68.1	67.8	62.3

建物・構築物	部材番号	最大応答せん断力 (MN)								
		Ss-10 _{II}	Ss-11 _{II}	Ss-12 _{II}	Ss-13 _{II}	Ss-14 _{II}	Ss-15 _{II}	Ss-16 _{II}	Ss-17 _{II}	Ss-18 _{II} (EW)
緊急時対策所建屋	①	27.5	22.6	14.7	20.0	19.3	20.5	18.5	16.0	28.1
	②	53.6	43.8	28.7	38.2	38.1	40.0	36.3	30.5	48.7
	基礎下端	110	90.2	62.1	75.8	81.0	82.8	76.0	62.8	77.0

建物・構築物	部材番号	最大応答せん断力 (MN)		
		Ss-18 _{II} (NS)	Ss-19 _{II}	最大値 [※]
緊急時対策所建屋	①	22.5	18.2	29.6
	②	36.1	34.7	53.6
	基礎下端	64.6	68.6	110

※Ss-1_{II}~Ss-19_{II}の最大応答値のうち最も大きい値を記載。

注) 網掛け: 最大値

第 4-7 表 Ss 地震荷重 (地盤剛性(+1 σ)考慮) 最大応答曲げモーメント(1/2)

(a) NS 方向

建物・構築物	部材番号	最大応答曲げモーメント (MN・m)								
		Ss-1 _H	Ss-2 _H	Ss-3 _H	Ss-4 _H	Ss-5 _H	Ss-6 _H	Ss-7 _H	Ss-8 _H	Ss-9 _H
緊急時対策所建屋	①	151	96.4	105	79.9	73.3	86.2	67.9	61.9	46.2
	②	388	291	289	233	214	246	195	183	130
	基礎下端	554	464	433	362	340	375	302	287	198

建物・構築物	部材番号	最大応答曲げモーメント (MN・m)								
		Ss-10 _{II}	Ss-11 _{II}	Ss-12 _{II}	Ss-13 _{II}	Ss-14 _{II}	Ss-15 _{II}	Ss-16 _{II}	Ss-17 _{II}	Ss-18 _{II} (EW)
緊急時対策所建屋	①	62.8	111	71.1	73.3	92.8	81.2	80.5	89.1	141
	②	174	320	210	218	270	230	228	260	372
	基礎下端	262	499	329	343	418	350	347	407	542

建物・構築物	部材番号	最大応答曲げモーメント (MN・m)		
		Ss-18 _H (NS)	Ss-19 _{II}	最大値 [※]
緊急時対策所建屋	①	126	84.6	151
	②	313	242	388
	基礎下端	438	371	554

※Ss-1_H～Ss-19_Hの最大応答値のうち最も大きい値を記載。

注) 網掛け: 最大値

第 4-7 表 Ss 地震荷重（地盤剛性(+1σ)考慮) 最大応答曲げモーメント(2/2)

(b) EW 方向

建物・構築物	部材番号	最大応答曲げモーメント (MN・m)								
		Ss-1 _H	Ss-2 _H	Ss-3 _H	Ss-4 _H	Ss-5 _H	Ss-6 _H	Ss-7 _H	Ss-8 _H	Ss-9 _H
緊急時対策所建屋	①	162	101	86.5	89.5	80.7	86.2	86.0	69.8	75.5
	②	409	287	255	261	239	248	246	202	219
	基礎下端	562	443	397	404	377	386	377	321	337

建物・構築物	部材番号	最大応答曲げモーメント (MN・m)								
		Ss-10 _{II}	Ss-11 _{II}	Ss-12 _{II}	Ss-13 _{II}	Ss-14 _{II}	Ss-15 _{II}	Ss-16 _{II}	Ss-17 _{II}	Ss-18 _{II} (EW)
緊急時対策所建屋	①	134	109	72.1	98.0	91.2	97.7	88.5	78.2	146
	②	387	316	205	279	269	285	259	223	384
	基礎下端	603	493	318	427	420	444	407	340	544

建物・構築物	部材番号	最大応答曲げモーメント (MN・m)		
		Ss-18 _H (NS)	Ss-19 _{II}	最大値 [※]
緊急時対策所建屋	①	125	89.1	162
	②	308	254	409
	基礎下端	420	389	603

※Ss-1_H～Ss-19_Hの最大応答値のうち最も大きい値を記載。

注) 網掛け：最大値

第 4-8 表 Ss 地震荷重 (地盤剛性(+1σ)考慮) 最大応答軸力(鉛直方向)

建物・構築物	部材番号	最大応答軸力 (MN)								
		Ss-1 _v	Ss-2 _v	Ss-3 _v	Ss-4 _v	Ss-5 _v	Ss-6 _v	Ss-7 _v	Ss-8 _v	Ss-9 _v
緊急時対策所建屋	①	10.2	12.6	8.35	11.5	9.50	9.67	8.08	7.69	6.44
	②	21.3	26.2	17.3	24.0	19.7	20.0	16.8	15.9	13.4
	基礎下端	48.5	60.3	40.0	55.3	45.3	46.2	38.7	36.6	30.8

建物・構築物	部材番号	最大応答軸力 (MN)								
		Ss-10 _v	Ss-11 _v	Ss-12 _v	Ss-13 _v	Ss-14 _v	Ss-15 _v	Ss-16 _v	Ss-17 _v	Ss-18 _v
緊急時対策所建屋	①	7.75	10.7	7.66	8.11	13.2	9.32	8.55	9.82	11.1
	②	16.2	22.4	15.9	16.8	27.5	19.3	17.7	20.3	23.1
	基礎下端	37.0	51.4	36.7	38.7	63.0	44.4	40.7	46.8	52.6

建物・構築物	部材番号	最大応答軸力 (MN)	
		Ss-19 _v	最大値※
緊急時対策所建屋	①	6.97	13.2
	②	14.4	27.5
	基礎下端	33.3	63.0

※Ss-1_v～Ss-19_vの最大応答値のうち最も大きい値を記載。

注) 網掛け：最大値

第 4-9 表 Ss 地震荷重 (地盤剛性(-1σ)考慮) 最大応答せん断力(1/2)

(a) NS 方向

建物・構築物	部材番号	最大応答せん断力 (MN)								
		Ss-1 _H	Ss-2 _H	Ss-3 _H	Ss-4 _H	Ss-5 _H	Ss-6 _H	Ss-7 _H	Ss-8 _H	Ss-9 _H
緊急時対策所建屋	①	28.6	21.0	20.5	17.0	16.0	18.2	14.5	13.7	9.24
	②	48.3	42.5	38.2	33.3	31.8	34.7	27.8	27.0	17.8
	基礎下端	79.8	94.0	71.4	69.2	68.1	69.3	55.4	56.6	35.6

建物・構築物	部材番号	最大応答せん断力 (MN)								
		Ss-10 _{II}	Ss-11 _{II}	Ss-12 _{II}	Ss-13 _{II}	Ss-14 _{II}	Ss-15 _{II}	Ss-16 _{II}	Ss-17 _{II}	Ss-18 _{II} (EW)
緊急時対策所建屋	①	12.0	23.2	15.9	15.9	18.8	16.5	16.4	18.8	27.1
	②	22.4	45.0	31.2	31.8	37.0	31.4	31.3	36.9	47.5
	基礎下端	43.4	91.1	65.0	68.4	77.5	63.4	63.3	76.9	77.3

建物・構築物	部材番号	最大応答せん断力 (MN)		
		Ss-18 _{II} (NS)	Ss-19 _{II}	最大値 [※]
緊急時対策所建屋	①	22.2	17.2	28.6
	②	36.3	33.1	48.3
	基礎下端	61.6	67.3	94.0

※Ss-1_{II}~Ss-19_{II}の最大応答値のうち最も大きい値を記載。

注) 網掛け: 最大値

第 4-9 表 Ss 地震荷重 (地盤剛性(-1σ)考慮) 最大応答せん断力(2/2)

(b) EW 方向

建物・構築物	部材番号	最大応答せん断力 (MN)								
		Ss-1 _H	Ss-2 _H	Ss-3 _H	Ss-4 _H	Ss-5 _H	Ss-6 _H	Ss-7 _H	Ss-8 _H	Ss-9 _H
緊急時対策所建屋	①	28.4	21.1	18.6	18.2	17.7	18.4	17.6	15.1	15.3
	②	50.4	40.1	36.6	35.8	35.0	35.4	33.9	30.9	29.9
	基礎下端	83.5	85.0	76.9	75.3	74.0	70.8	68.2	70.0	62.0

建物・構築物	部材番号	最大応答せん断力 (MN)								
		Ss-10 _{II}	Ss-11 _{II}	Ss-12 _{II}	Ss-13 _{II}	Ss-14 _{II}	Ss-15 _{II}	Ss-16 _{II}	Ss-17 _{II}	Ss-18 _{II} (EW)
緊急時対策所建屋	①	28.6	23.0	14.6	20.3	19.2	21.4	19.0	16.4	26.6
	②	55.3	44.6	27.9	38.9	38.0	41.7	37.2	31.1	46.6
	基礎下端	112	90.7	61.5	76.9	81.0	85.3	77.3	62.1	75.0

建物・構築物	部材番号	最大応答せん断力 (MN)		
		Ss-18 _{II} (NS)	Ss-19 _{II}	最大値 [※]
緊急時対策所建屋	①	20.4	18.1	28.6
	②	33.3	34.7	55.3
	基礎下端	64.6	68.9	112

※Ss-1_{II}～Ss-19_{II}の最大応答値のうち最も大きい値を記載。

注) 網掛け: 最大値

第 4-10 表 Ss 地震荷重 (地盤剛性(-1σ)考慮) 最大応答曲げモーメント(1/2)

(a) NS 方向

建物・構築物	部材番号	最大応答曲げモーメント (MN・m)								
		Ss-1 _H	Ss-2 _H	Ss-3 _H	Ss-4 _H	Ss-5 _H	Ss-6 _H	Ss-7 _H	Ss-8 _H	Ss-9 _H
緊急時対策所建屋	①	154	97.5	103	81.8	75.4	89.8	70.8	65.4	45.1
	②	394	295	287	239	224	255	203	192	129
	基礎下端	559	469	433	370	352	390	312	301	199

建物・構築物	部材番号	最大応答曲げモーメント (MN・m)								
		Ss-10 _{II}	Ss-11 _{II}	Ss-12 _{II}	Ss-13 _{II}	Ss-14 _{II}	Ss-15 _{II}	Ss-16 _{II}	Ss-17 _{II}	Ss-18 _{II} (EW)
緊急時対策所建屋	①	59.7	113	76.4	75.5	89.5	81.7	81.4	91.0	141
	②	167	327	223	224	263	232	231	265	373
	基礎下端	253	508	348	352	410	354	353	415	541

建物・構築物	部材番号	最大応答曲げモーメント (MN・m)		
		Ss-18 _H (NS)	Ss-19 _{II}	最大値 [※]
緊急時対策所建屋	①	124	83.6	154
	②	309	240	394
	基礎下端	432	374	559

※Ss-1_H~Ss-19_Hの最大応答値のうち最も大きい値を記載。

注) 網掛け: 最大値

第 4-10 表 Ss 地震荷重 (地盤剛性(-1σ)考慮) 最大応答曲げモーメント(2/2)

(b) EW 方向

建物・構築物	部材番号	最大応答曲げモーメント (MN・m)								
		Ss-1 _H	Ss-2 _H	Ss-3 _H	Ss-4 _H	Ss-5 _H	Ss-6 _H	Ss-7 _H	Ss-8 _H	Ss-9 _H
緊急時対策所建屋	①	151	104	88.6	87.3	83.9	89.5	87.0	68.6	73.2
	②	392	294	260	256	248	257	247	211	214
	基礎下端	566	455	405	398	390	400	379	337	331

建物・構築物	部材番号	最大応答曲げモーメント (MN・m)								
		Ss-10 _{II}	Ss-11 _{II}	Ss-12 _{II}	Ss-13 _{II}	Ss-14 _{II}	Ss-15 _{II}	Ss-16 _{II}	Ss-17 _{II}	Ss-18 _{II} (EW)
緊急時対策所建屋	①	138	111	71.5	99.9	90.4	103	91.4	80.2	138
	②	401	322	204	285	268	299	266	228	366
	基礎下端	625	502	312	435	419	465	417	348	522

建物・構築物	部材番号	最大応答曲げモーメント (MN・m)		
		Ss-18 _H (NS)	Ss-19 _{II}	最大値 [※]
緊急時対策所建屋	①	113	89.1	151
	②	282	254	401
	基礎下端	406	389	625

※Ss-1_H～Ss-19_Hの最大応答値のうち最も大きい値を記載。

注) 網掛け: 最大値

第 4-11 表 Ss 地震荷重 (地盤剛性(-1σ)考慮) 最大応答軸力(鉛直方向)

建物・構築物	部材番号	最大応答軸力 (MN)								
		Ss-1 _v	Ss-2 _v	Ss-3 _v	Ss-4 _v	Ss-5 _v	Ss-6 _v	Ss-7 _v	Ss-8 _v	Ss-9 _v
緊急時対策所建屋	①	10.3	12.6	8.39	11.7	9.54	9.70	8.14	7.72	6.47
	②	21.5	26.2	17.4	24.2	19.8	20.1	16.9	16.0	13.4
	基礎下端	49.0	60.4	40.1	55.6	45.4	46.3	38.8	36.7	30.9

建物・構築物	部材番号	最大応答軸力 (MN)								
		Ss-10 _v	Ss-11 _v	Ss-12 _v	Ss-13 _v	Ss-14 _v	Ss-15 _v	Ss-16 _v	Ss-17 _v	Ss-18 _v
緊急時対策所建屋	①	7.89	10.9	7.70	8.15	13.4	9.37	8.61	9.88	11.3
	②	16.4	22.8	16.0	16.9	27.7	19.4	17.8	20.5	23.4
	基礎下端	37.4	52.0	36.8	38.8	63.5	44.5	40.9	47.0	53.2

建物・構築物	部材番号	最大応答軸力 (MN)	
		Ss-19 _v	最大値※
緊急時対策所建屋	①	7.00	13.4
	②	14.5	27.7
	基礎下端	33.4	63.5

※Ss-1_v～Ss-19_vの最大応答値のうち最も大きい値を記載。

注) 網掛け：最大値

第 4-12 表 Ss 地震荷重（減衰定数 h=3%を考慮） 最大応答せん断力(1/2)

(a) NS 方向

建物・構築物	部材番号	最大応答せん断力 (MN)								
		Ss-1 _H	Ss-2 _H	Ss-3 _H	Ss-4 _H	Ss-5 _H	Ss-6 _H	Ss-7 _H	Ss-8 _H	Ss-9 _H
緊急時対策所建屋	①	31.1	21.2	22.2	16.8	16.2	18.3	14.6	13.1	9.74
	②	51.9	42.8	40.8	33.0	32.0	34.8	27.9	26.0	18.5
	基礎下端	80.4	94.2	74.2	68.6	68.4	69.1	55.5	55.3	36.3

建物・構築物	部材番号	最大応答せん断力 (MN)								
		Ss-10 _{II}	Ss-11 _{II}	Ss-12 _{II}	Ss-13 _{II}	Ss-14 _{II}	Ss-15 _{II}	Ss-16 _{II}	Ss-17 _{II}	Ss-18 _{II} (EW)
緊急時対策所建屋	①	13.7	23.8	15.4	15.8	19.3	17.6	17.5	18.8	29.5
	②	25.1	45.8	30.4	31.6	37.7	33.3	33.0	36.8	51.2
	基礎下端	45.7	91.3	64.0	68.2	78.1	63.7	63.2	77.3	81.4

建物・構築物	部材番号	最大応答せん断力 (MN)		
		Ss-18 _{II} (NS)	Ss-19 _{II}	最大値 [※]
緊急時対策所建屋	①	25.5	18.3	31.1
	②	41.3	34.8	51.9
	基礎下端	63.2	68.4	94.2

※Ss-1_{II}～Ss-19_{II}の最大応答値のうち最も大きい値を記載。

注) 網掛け：最大値

第 4-12 表 Ss 地震荷重（減衰定数 h=3%を考慮） 最大応答せん断力 (2/2)

(b) EW 方向

建物・構築物	部材番号	最大応答せん断力 (MN)								
		Ss-1 _H	Ss-2 _H	Ss-3 _H	Ss-4 _H	Ss-5 _H	Ss-6 _H	Ss-7 _H	Ss-8 _H	Ss-9 _H
緊急時対策所建屋	①	31.2	21.1	19.3	19.4	17.3	18.7	17.8	15.0	16.1
	②	52.9	39.9	37.8	37.8	34.3	35.7	34.1	30.2	31.0
	基礎下端	86.3	82.2	78.1	77.5	73.8	71.4	68.2	68.3	63.1

建物・構築物	部材番号	最大応答せん断力 (MN)								
		Ss-10 _{II}	Ss-11 _{II}	Ss-12 _{II}	Ss-13 _{II}	Ss-14 _{II}	Ss-15 _{II}	Ss-16 _{II}	Ss-17 _{II}	Ss-18 _{II} (EW)
緊急時対策所建屋	①	28.4	23.6	15.7	20.8	19.3	20.4	19.4	16.4	29.5
	②	55.1	45.5	29.6	39.6	38.2	39.9	37.8	31.0	50.9
	基礎下端	112	91.6	61.3	77.5	81.1	83.1	78.0	63.3	79.6

建物・構築物	部材番号	最大応答せん断力 (MN)		
		Ss-18 _{II} (NS)	Ss-19 _{II}	最大値 [※]
緊急時対策所建屋	①	23.3	19.0	31.2
	②	38.6	36.0	55.1
	基礎下端	66.5	70.3	112

※Ss-1_{II}～Ss-19_{II}の最大応答値のうち最も大きい値を記載。

注) 網掛け：最大値

第 4-13 表 Ss 地震荷重 (減衰定数 h=3%を考慮) 最大応答曲げモーメント(1/2)

(a) NS 方向

建物・構築物	部材番号	最大応答曲げモーメント (MN・m)								
		Ss-1 _H	Ss-2 _H	Ss-3 _H	Ss-4 _H	Ss-5 _H	Ss-6 _H	Ss-7 _H	Ss-8 _H	Ss-9 _H
緊急時対策所建屋	①	165	98.6	112	81.0	76.1	90.2	71.4	61.9	47.9
	②	423	297	309	236	226	256	204	183	136
	基礎下端	609	473	461	366	357	390	315	289	207

建物・構築物	部材番号	最大応答曲げモーメント (MN・m)								
		Ss-10 _{II}	Ss-11 _{II}	Ss-12 _{II}	Ss-13 _{II}	Ss-14 _{II}	Ss-15 _{II}	Ss-16 _{II}	Ss-17 _{II}	Ss-18 _{II} (EW)
緊急時対策所建屋	①	69.4	117	73.6	74.9	92.4	88.0	87.4	91.0	153
	②	191	335	216	223	270	247	246	265	403
	基礎下端	284	522	340	350	418	375	372	415	588

建物・構築物	部材番号	最大応答曲げモーメント (MN・m)		
		Ss-18 _H (NS)	Ss-19 _{II}	最大値 [※]
緊急時対策所建屋	①	141	89.7	165
	②	352	255	423
	基礎下端	490	389	609

※Ss-1_H～Ss-19_Hの最大応答値のうち最も大きい値を記載。

注) 網掛け: 最大値

第 4-13 表 Ss 地震荷重 (減衰定数 h=3%を考慮) 最大応答曲げモーメント(2/2)

(b) EW 方向

建物・構築物	部材番号	最大応答曲げモーメント (MN・m)								
		Ss-1 _H	Ss-2 _H	Ss-3 _H	Ss-4 _H	Ss-5 _H	Ss-6 _H	Ss-7 _H	Ss-8 _H	Ss-9 _H
緊急時対策所建屋	①	172	103	92.5	94.3	81.6	91.1	90.2	70.9	77.4
	②	433	293	270	273	242	260	248	212	224
	基礎下端	600	453	418	421	382	405	380	334	344

建物・構築物	部材番号	最大応答曲げモーメント (MN・m)								
		Ss-10 _{II}	Ss-11 _{II}	Ss-12 _{II}	Ss-13 _{II}	Ss-14 _{II}	Ss-15 _{II}	Ss-16 _{II}	Ss-17 _{II}	Ss-18 _{II} (EW)
緊急時対策所建屋	①	139	115	77.8	103	91.1	98.6	93.9	80.1	154
	②	401	331	219	291	269	284	272	227	403
	基礎下端	626	516	336	443	421	445	427	348	567

建物・構築物	部材番号	最大応答曲げモーメント (MN・m)		
		Ss-18 _H (NS)	Ss-19 _{II}	最大値 [※]
緊急時対策所建屋	①	129	94.0	172
	②	320	266	433
	基礎下端	442	406	626

※Ss-1_H～Ss-19_Hの最大応答値のうち最も大きい値を記載。

注) 網掛け: 最大値

第 4-14 表 Ss 地震荷重（減衰定数 h=3%を考慮） 最大応答軸力（鉛直方向）

建物・構築物	部材番号	最大応答軸力 (MN)								
		Ss-1 _v	Ss-2 _v	Ss-3 _v	Ss-4 _v	Ss-5 _v	Ss-6 _v	Ss-7 _v	Ss-8 _v	Ss-9 _v
緊急時対策所建屋	①	10.3	12.6	8.38	11.6	9.52	9.68	8.11	7.71	6.46
	②	21.4	26.2	17.4	24.2	19.8	20.0	16.8	15.9	13.4
	基礎下端	48.8	60.4	40.1	55.5	45.4	46.3	38.8	36.7	30.9

建物・構築物	部材番号	最大応答軸力 (MN)								
		Ss-10 _v	Ss-11 _v	Ss-12 _v	Ss-13 _v	Ss-14 _v	Ss-15 _v	Ss-16 _v	Ss-17 _v	Ss-18 _v
緊急時対策所建屋	①	7.80	10.8	7.69	8.14	13.3	9.36	8.59	9.85	11.2
	②	16.3	22.6	15.9	16.9	27.6	19.4	17.8	20.4	23.3
	基礎下端	37.3	51.7	36.7	38.8	63.2	44.5	40.8	46.9	53.0

建物・構築物	部材番号	最大応答軸力 (MN)	
		Ss-19 _v	最大値※
緊急時対策所建屋	①	6.99	13.3
	②	14.5	27.6
	基礎下端	33.4	63.2

※Ss-1_v～Ss-19_vの最大応答値のうち最も大きい値を記載。

注) 網掛け：最大値

第 4-15 表 Ss 地震荷重（最大値まとめ） 最大応答せん断力

(a) NS 方向

建物・構築物	部材番号	最大応答せん断力 (MN)				
		基本ケース	$V_{s+1\sigma}$	$V_{s-1\sigma}$	h=3%	最大値※
緊急時 対策所 建屋	①	28.8	28.5	28.6	31.1	31.1
	②	48.3	47.6	48.3	51.9	51.9
	基礎 下端	93.6	93.2	94.0	94.2	94.2

(b) EW 方向

建物・構築物	部材番号	最大応答せん断力 (MN)				
		基本ケース	$V_{s+1\sigma}$	$V_{s-1\sigma}$	h=3%	最大値※
緊急時 対策所 建屋	①	28.8	29.6	28.6	31.2	31.2
	②	54.4	53.6	55.3	55.1	55.3
	基礎 下端	111	110	112	112	112

※各ケースの最大応答値のうち最も大きい値を記載。

第 4-16 表 Ss 地震荷重 (最大値まとめ) 最大応答曲げモーメント

(a) NS 方向

建物・構築物	部材番号	最大応答曲げモーメント (MN・m)				
		基本ケース	Vs+1σ	Vs-1σ	h=3%	最大値※
緊急時 対策所 建屋	①	153	151	154	165	165
	②	394	388	394	423	423
	基礎 下端	561	554	559	609	609

(b) EW 方向

建物・構築物	部材番号	最大応答曲げモーメント (MN・m)				
		基本ケース	Vs+1σ	Vs-1σ	h=3%	最大値※
緊急時 対策所 建屋	①	158	162	151	172	172
	②	400	409	401	433	433
	基礎 下端	613	603	625	626	626

第 4-17 表 Ss 地震荷重 (最大値まとめ) 最大応答軸力

建物・構築物	部材番号	最大応答軸力 (MN)				
		基本ケース	Vs+1σ	Vs-1σ	h=3%	最大値※
緊急時 対策所 建屋	①	13.3	13.2	13.4	13.3	13.4
	②	27.6	27.5	27.7	27.6	27.7
	基礎 下端	63.2	63.0	63.5	63.2	63.5

※各ケースの最大応答値のうち最も大きい値を記載。

4.2.2 荷重の組合せ

荷重の組合せを第 4-18 表に示す。

第 4-18 表 荷重の組合せ

外力の状態		荷重の組合せ
終局	Ss 地震時	GP + S _{地震時} + Ks
長期	常時	GP + S _{常時}

GP : 固定荷重+積載荷重

S_{常時} : 常時積雪荷重

S_{地震時} : 地震時積雪荷重

Ks : Ss 地震荷重

4.3 許容限界

応力解析による評価における緊急時対策所建屋の基礎及びスラブの許容限界は、資料10-9「機能維持の基本方針」に記載の構造強度上の制限及び機能維持の方針に基づき、第4-19表のとおり設定する。

また、コンクリート及び鉄筋の許容応力度を第4-20表及び第4-21表に示す。

第 4-19 表 応力解析による評価における許容限界

要求機能	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 (評価基準値)
—	構造強度を有すること	基準地震動 Ss	基礎	部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	終局耐力
		— (常時に対する検討)			長期許容応力度
気密性	換気性能とあいまって気密機能を維持すること	基準地震動 Ss	スラブ	部材に生じる応力が気密性を維持するための許容限界を超えないことを確認	(注1) 短期許容応力度
遮蔽性	遮蔽体の損傷により遮蔽性を損なわないこと	基準地震動 Ss	スラブ	部材に生じる応力が遮蔽性を維持するための許容限界を超えないことを確認	(注2) 短期許容応力度
支持機能 (注3)	機器・配管系等の設備を支持する機能を損なわないこと	基準地震動 Ss	基礎	部材に生じる応力が支持機能を維持するための許容限界を超えないことを確認	終局耐力

(注1) 事故時、換気性能とあいまって居住性を維持できる気密性を有する設計とするが、地震時に生じる応力に対して許容応力度設計とし、地震時及び地震後においても気密性を維持できる設計とする。

(注2) 許容限界は終局耐力に対し妥当な安全余裕を有したものと設定することとし、さらなる安全余裕を考慮して短期許容応力度とする。

(注3) 「支持機能」の確認には、「内包する設備に対する波及的影響」の確認が含まれる。

第 4-20 表 コンクリートの許容応力度

設計基準強度 F_c (N/mm^2)	長期		短期	
	圧縮 (N/mm^2)	せん断 (N/mm^2)	圧縮 (N/mm^2)	せん断 (N/mm^2)
30.0	10.0	0.790	20.0	1.18

第 4-21 表 鉄筋の許容応力度

鉄筋の種類	長期		短期	
	引張及び圧縮 (N/mm^2)	せん断補強 (N/mm^2)	引張及び圧縮 (N/mm^2)	せん断補強 (N/mm^2)
SD390	215 (195) ^(注1)	195	390	390

(注 1) D29 以上の太さの鉄筋に対しては()内の数値とする。

4.4 解析モデル及び諸元

4.4.1 モデル化の基本方針

(1) 基本方針

応力解析は、3次元 FEM モデルを用いた弾性応力解析を実施する。解析には、解析コード「MSC NASTRAN Ver. 2008r1」を用いる。また、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

解析モデルを第 4-2 図に示す。

(2) 使用要素

解析モデルに使用する FEM 要素は、シェル要素及び梁要素とする。解析モデルの節点数は 3198、要素数は 3389 である。

4.4.2 境界条件

(1) Ss 地震時

3次元 FEM モデルの基礎底面に、緊急時対策所建屋の地震応答解析モデルの地盤ばねを離散化して、水平方向及び鉛直方向のばねを設ける。水平方向のばねについては、地震応答解析モデルのスウェイばねを、鉛直方向のばねについては、地震応答解析モデルのロッキングばねをもとに設定を行う。

なお、基礎底面の地盤ばねについては、引張力が発生したときに浮上りを考慮する。

(2) 常時

3次元 FEM モデルの基礎底面に、静的な諸元を用いて振動アドミタンス理論に基づき算出した地盤ばねを離散化して、水平方向及び鉛直方向のばねを設ける。水平方向のばねについては、スウェイばねを、鉛直方向のばねについては、鉛直ばねをもとに設定を行う。地盤ばねの設定に用いた静的な地盤定数を第 4-22 表に示す。

なお、静的な地盤定数については、平成 29 年 8 月 25 日付け原規規発第 1708254 号にて認可された大飯発電所 3 号機工事計画の添付資料 13-3「地盤の支持性能に係る基本方針」で示されている値を用いる。静的な地盤ばね定数を第 4-23 表に示す。

第 4-22 表 静的な地盤定数

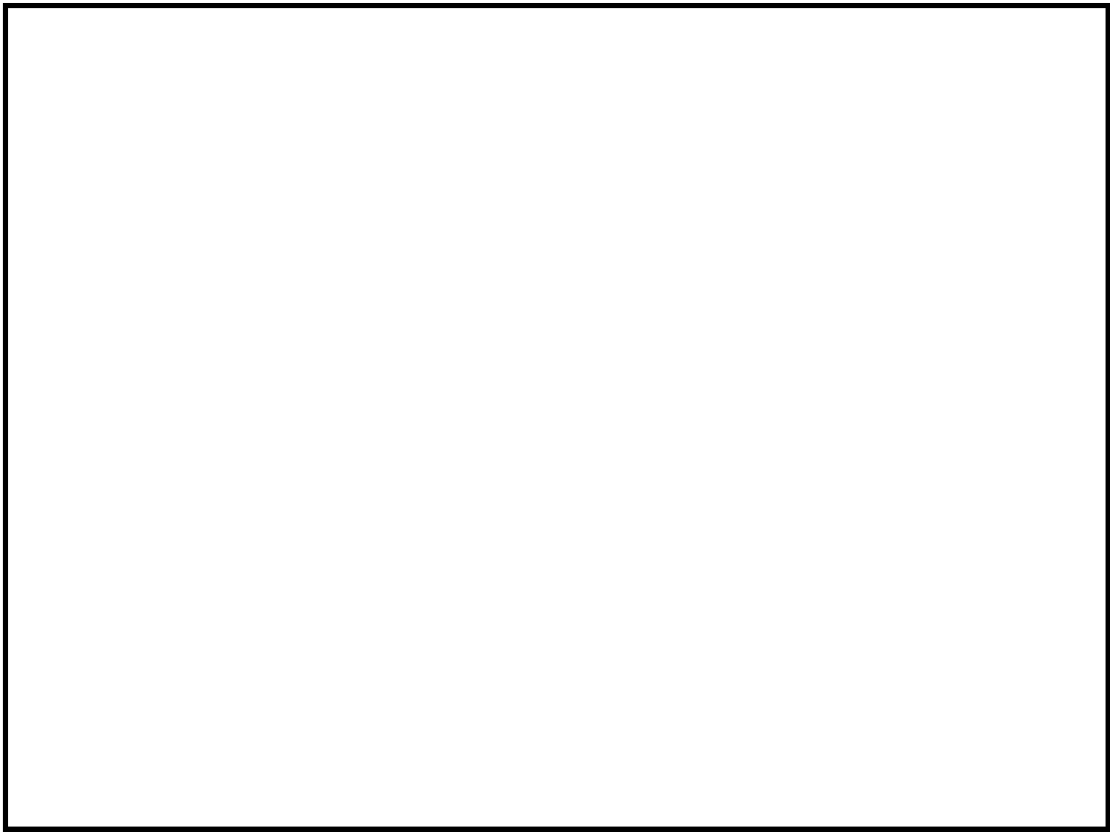
地層 E. L. (m)	単位体積重量 ρ (tf/m ³)	ポアソン比 ν	せん断弾性係数 G (N/mm ²)	ヤング係数 E (N/mm ²)
	2.67	0.23	1,060	2,600
	2.72	0.23	5,730	14,100
	2.88	0.26	1,350	3,400

第 4-23 表 静的な地盤ばね定数

	方向	ばね定数
底面スウェイばね K_s	NS	0.906×10^8 (kN/m)
	EW	0.906×10^8 (kN/m)
底面鉛直ばね K_v	UD	0.142×10^9 (kN・m)

4.4.3 解析諸元

使用材料（コンクリート及び鉄筋）の物性値を第 4-24 表及び第 4-25 表に示す。



第 4-2 図 解析モデル(R 階スラブを非表示)

第 4-24 表 コンクリートの物性値

諸元		物性値
設計基準強度	Fc	30.0 N/mm ²
ヤング係数	Ec	24.4 × 10 ³ N/mm ²
ポアソン比	ν	0.2

第 4-25 表 鉄筋の物性値

諸元	物性値
鋼材種	SD390
ヤング係数(Es)	2.05 × 10 ⁵ N/mm ²

4.5 評価方法

4.5.1 応力解析方法

(1) 荷重

Ss 地震時の応力は次の荷重を組み合わせて求める。

GP	: 固定荷重 + 積載荷重
S	: 積雪荷重
K _{SNS}	: S→N 方向 Ss 地震荷重
K _{SEW}	: W→E 方向 Ss 地震荷重
K _{SUD}	: 鉛直方向 Ss 地震荷重

(2) 荷重の組合せケース

荷重の組合せケースを第 4-26 表に示す。

水平地震力と鉛直地震力による応力の組合せは、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008 ((社)日本電気協会、2008 年)」を参考に、組合せ係数法(組合せ係数は 1.0 と 0.4)を用いるものとする。

第 4-26 表 荷重の組合せケース

	ケース No.	荷重の組合せ
Ss 地震時	1	$GP+S+1.0K_{SNS}+0.4K_{SUD}$
	2	$GP+S+1.0K_{SNS}-0.4K_{SUD}$
	3	$GP+S-1.0K_{SNS}+0.4K_{SUD}$
	4	$GP+S-1.0K_{SNS}-0.4K_{SUD}$
	5	$GP+S+1.0K_{SEW}+0.4K_{SUD}$
	6	$GP+S+1.0K_{SEW}-0.4K_{SUD}$
	7	$GP+S-1.0K_{SEW}+0.4K_{SUD}$
	8	$GP+S-1.0K_{SEW}-0.4K_{SUD}$
	9	$GP+S+0.4K_{SNS}+1.0K_{SUD}$
	10	$GP+S+0.4K_{SNS}-1.0K_{SUD}$
	11	$GP+S-0.4K_{SNS}+1.0K_{SUD}$
	12	$GP+S-0.4K_{SNS}-1.0K_{SUD}$
	13	$GP+S+0.4K_{SEW}+1.0K_{SUD}$
	14	$GP+S+0.4K_{SEW}-1.0K_{SUD}$
	15	$GP+S-0.4K_{SEW}+1.0K_{SUD}$
	16	$GP+S-0.4K_{SEW}-1.0K_{SUD}$
常時	17	GP+S

※ K_{SUD} は、上向きを正とする。

(3) 荷重の入力方法

a. 固定荷重及び積載荷重

基礎、上部構造物の固定荷重は、FEMモデルに鉄筋コンクリートの単位体積重量を与えて入力する。モデル化されない部分は、各要素に荷重として入力する。積載荷重は、FEMモデルのスラブ各要素に荷重として入力する。

b. 積雪荷重

上部構造物に加わる積雪の重量を FEM モデルの屋根スラブ各要素に荷重として入力する。

c. 地震荷重

基準地震動 S_s に対する材料物性のばらつき等を考慮した地震応答解析結果を考慮し、基礎底面に生じる反力及び各層下端に生じる曲げモーメントが、地震応答解析結果と等価になるようにスラブの各要素の質量比に応じて節点荷重として入力する。

4.5.2 断面の評価方法

(1) Ss 地震時

a. 基礎

軸力、曲げモーメント及び面内せん断力については、必要鉄筋量が配筋量を超えないことを確認する。必要鉄筋量(A)は、「RC-N 規準」に基づき、各要素の縦方向と横方向の軸力及び曲げモーメントに対して必要となる片側鉄筋量(A_t)を柱の許容応力度設計式を用いて算定し、これと面内せん断力に対して必要となる全鉄筋量(A_s)（面内せん断力はすべて鉄筋で負担）より、下式によって算定する。なお、軸力及び曲げモーメントに対する必要鉄筋量は、「技術基準解説書」に基づき、鉄筋の引張強度を1.1倍として算定する。

$$A=A_t+A_s/2$$

面外せん断力については、「RC-N 規準」に基づいて求めた短期許容せん断応力度を超えないことを確認する。

なお、断面の評価には、解析コード「SCARC Ver. 2014」を用いる。また、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

b. スラブ

軸力、曲げモーメント及び面内せん断力については、必要鉄筋量が配筋量を超えないことを確認する。必要鉄筋量(A)は、「RC-N 規準」に基づき、各要素の縦方向と横方向の曲げモーメントに対して必要となる片側鉄筋量(A_t)を柱の許容応力度設計式を用いて算定し、これと面内せん断力に対して必要となる全鉄筋量(A_s)（面内せん断力はすべて鉄筋で負担）より、下式によって算定する。

$$A=A_t+A_s/2$$

面外せん断力については、「RC-N 規準」に基づいて求めた短期許容せん断応力度を超えないことを確認する。

なお、断面の評価には、解析コード「SCARC Ver. 2014」を用いる。また、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

(2) 常時

a. 基礎

軸力、曲げモーメント及び面内せん断力については、必要鉄筋量が配筋量を超えないことを確認する。必要鉄筋量(A)は、「RC-N 規準」に基づき、各要素の縦方向と横方向の軸力及び曲げモーメントに対して必要となる片側鉄筋量(A_t)を柱の許容応力度設計式を用いて算定し、これと面内せん断力に対して必要となる全鉄筋量(A_s) (面内せん断力はすべて鉄筋で負担) より、下式によって算定する。

$$A=A_t+A_s/2$$

面外せん断力については、「RC-N 規準」に基づいて求めた長期許容せん断応力度を超えないことを確認する。

なお、断面の評価には、解析コード「SCARC Ver. 2014」を用いる。また、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

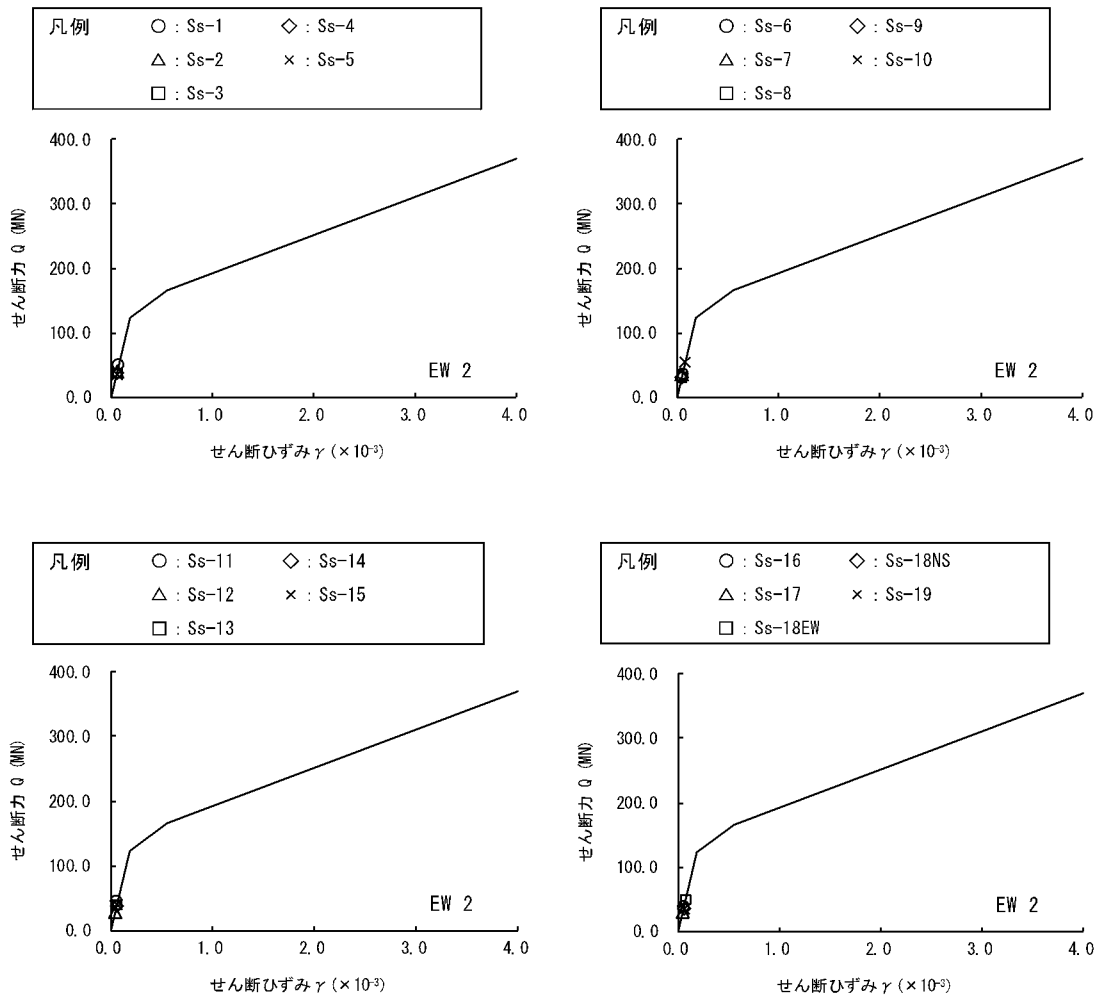
5. 評価結果

5.1 地震応答解析による評価結果

5.1.1 せん断ひずみの評価結果

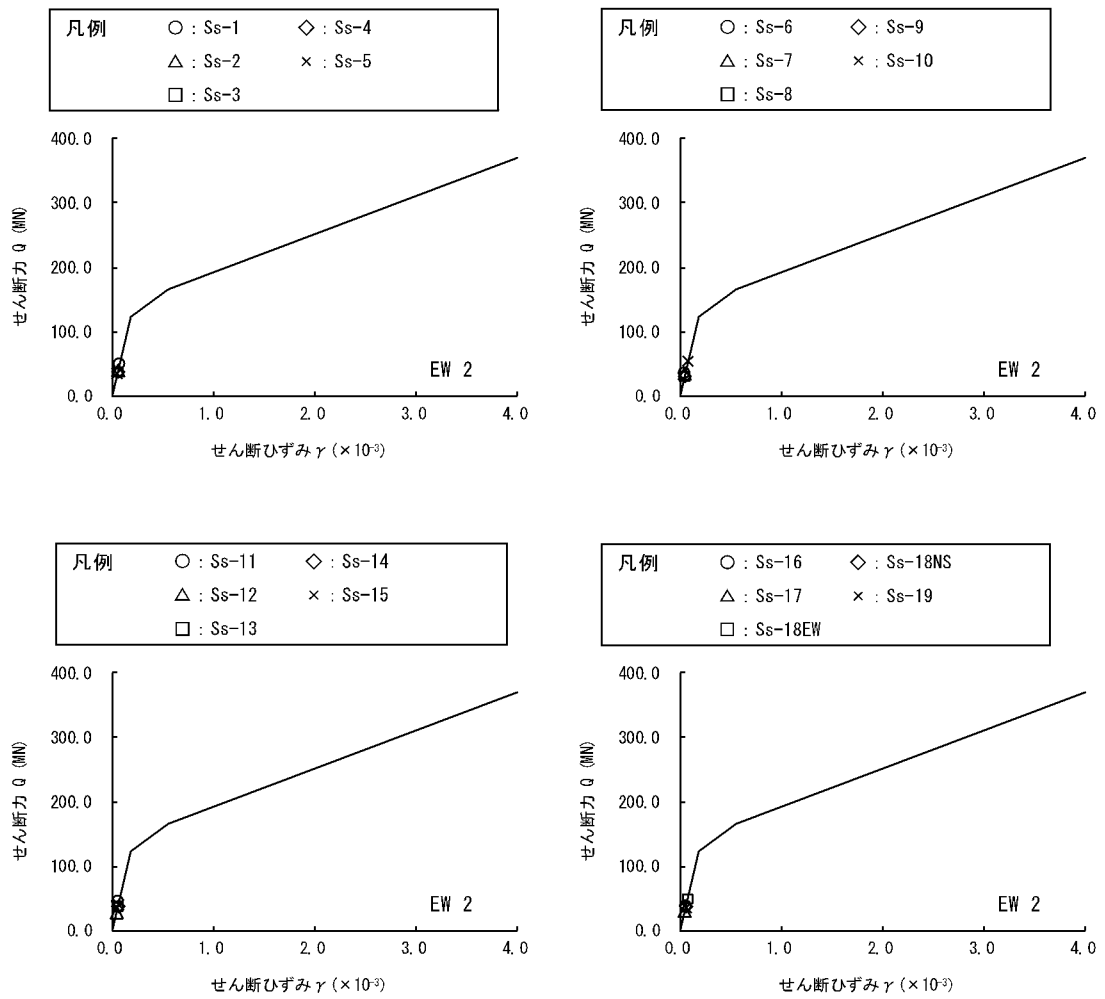
鉄筋コンクリート造耐震壁について、Ss 地震時の各層の最大せん断ひずみが許容限界を超えないことを確認する。

材料物性のばらつき等を考慮した最大せん断ひずみは 0.0816×10^{-3} (部材番号 2、EW 方向、Ss-10_{II}、地盤剛性(-1 σ)考慮) であり、概ね弾性状態にとどまることを確認した。材料物性のばらつき等を考慮した Q- γ 関係と最大応答値を第 5-1 図に示す。



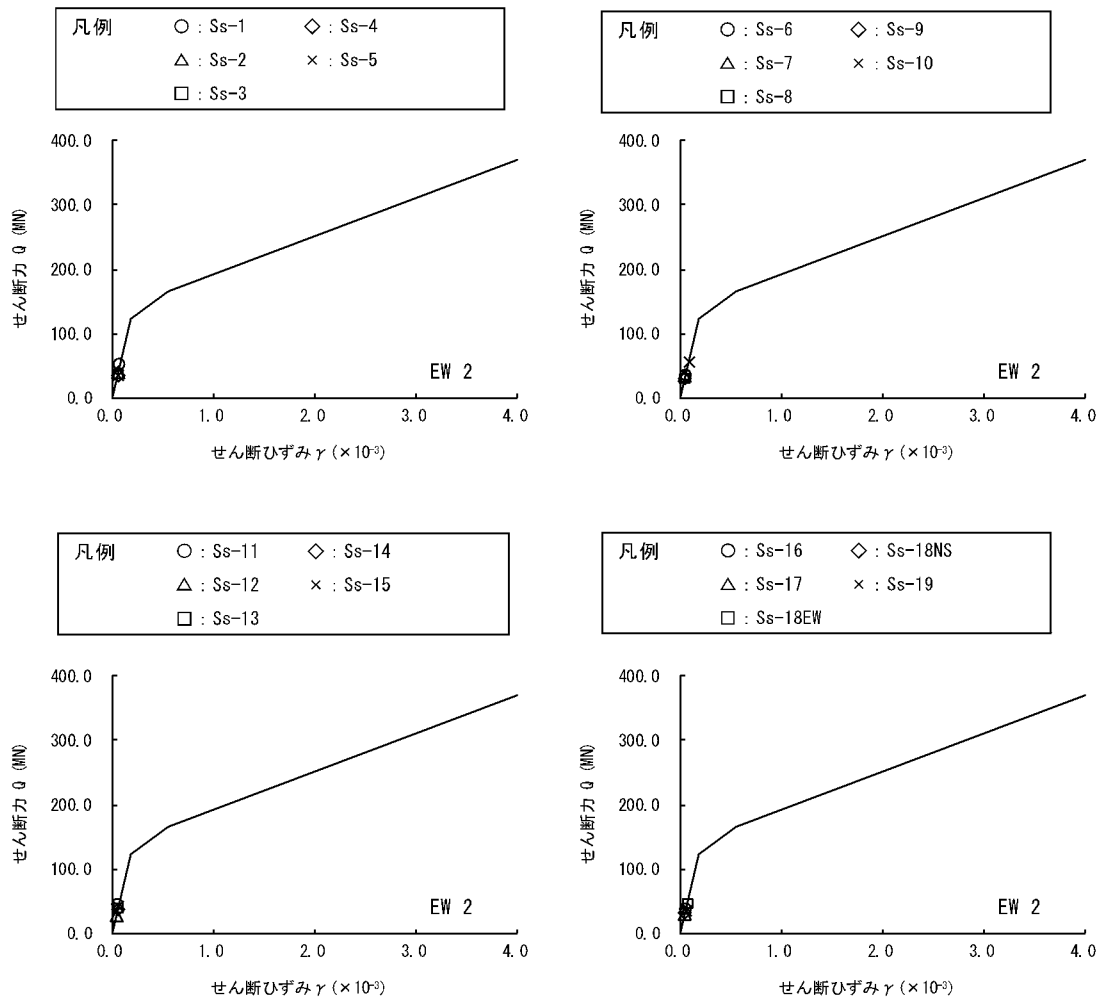
(a) 基本ケース

第 5-1 図 Q- γ 関係と最大応答値 (部材番号 2 EW 方向) (1/4)



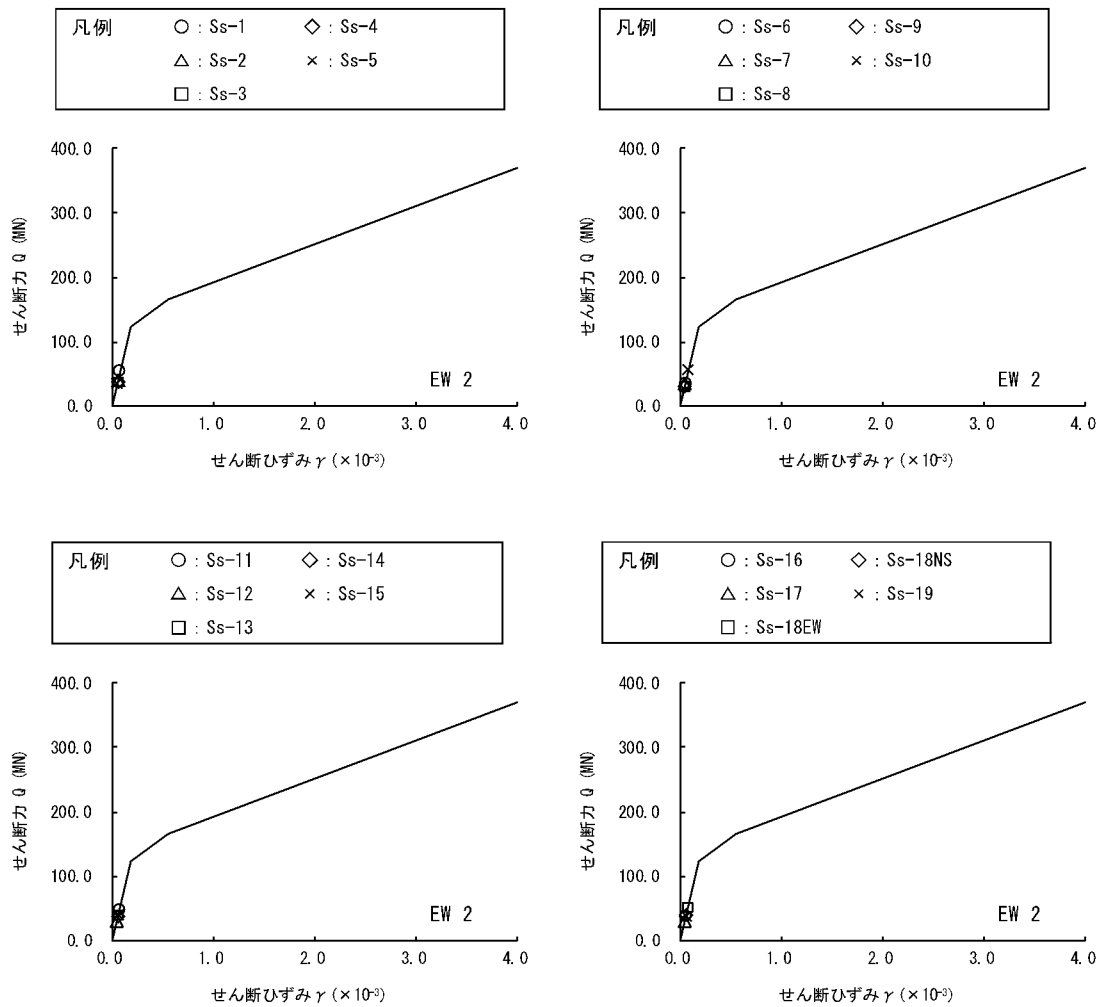
(b) 地盤剛性(+1 σ)考慮

第 5-1 図 $Q-\gamma$ 関係と最大応答値 (部材番号 2 EW 方向) (2/4)



(c) 地盤剛性(-1 σ)考慮

第 5-1 図 Q- γ 関係と最大応答値 (部材番号 2 EW 方向) (3/4)



(d) 減衰定数 $h=3\%$ を考慮

第 5-1 図 $Q-\gamma$ 関係と最大応答値 (部材番号 2 EW 方向) (4/4)

5.1.2 接地圧の評価結果

(1) Ss 地震時の確認結果

Ss 地震時の最大接地圧が、地盤の極限支持力度（13,700kN/m²）を超えないことを確認する。

材料物性のばらつき等を考慮した地震時の最大接地圧が 350kN/m²（減衰定数 3%、Ss-10_H、EW 方向）以下であることから、地盤の極限支持力度を超えないことを確認した。

最大接地圧を第 5-1 表～第 5-4 表に示す。

第 5-1 表 最大接地圧（基本ケース）

方向	最大接地圧 ^{※2} (kN/m ²)								
	Ss-1 _{II}	Ss-2 _H	Ss-3 _H	Ss-4 _H	Ss-5 _H	Ss-6 _H	Ss-7 _H	Ss-8 _{II}	Ss-9 _{II}
NS 方向	328	305	284	271	260	271	244	239	207
EW 方向	329	299	274	283	271	275	266	249	249

方向	最大接地圧 ^{※2} (kN/m ²)								
	Ss-10 _H	Ss-11 _{II}	Ss-12 _{II}	Ss-13 _{II}	Ss-14 _{II}	Ss-15 _{II}	Ss-16 _{II}	Ss-17 _H	Ss-18 _{II} (EW)
NS 方向	229	312	252	256	290	262	259	280	325
EW 方向	342	310	246	282	292	291	278	260	321

方向	最大接地圧 ^{※2} (kN/m ²)		
	Ss-18 _{II} (NS)	Ss-19 _H	最大値 ^{※1}
NS 方向	292	261	328
EW 方向	282	267	342

※1 Ss-1_{II}～Ss-19_{II}の最大接地圧のうち最も大きい値を記載。

※2 最大接地圧は 4 桁目を切り上げ。

注) 網掛け：最大値

第 5-2 表 最大接地圧（地盤剛性(+1σ)考慮)

方向	最大接地圧 ^{※2} (kN/m ²)								
	Ss-1 _H	Ss-2 _I	Ss-3 _I	Ss-4 _I	Ss-5 _I	Ss-6 _I	Ss-7 _I	Ss-8 _H	Ss-9 _H
NS 方向	326	304	283	270	258	269	243	237	207
EW 方向	328	298	272	283	269	272	266	247	249

方向	最大接地圧 ^{※2} (kN/m ²)								
	Ss-10 _H	Ss-11 _I	Ss-12 _I	Ss-13 _I	Ss-14 _I	Ss-15 _I	Ss-16 _I	Ss-17 _H	Ss-18 _I (EW)
NS 方向	230	310	250	255	291	260	258	279	324
EW 方向	338	308	247	281	292	289	276	259	324

方向	最大接地圧 ^{※2} (kN/m ²)		
	Ss-18 _H (NS)	Ss-19 _I	最大値 ^{※1}
NS 方向	292	261	326
EW 方向	286	266	338

※1 Ss-1_H～Ss-19_Hの最大接地圧のうち最も大きい値を記載。

※2 最大接地圧は 4 桁目を切り上げ。

注) 網掛け：最大値

第 5-3 表 最大接地圧（地盤剛性(-1σ)考慮)

方向	最大接地圧 ^{※2} (kN/m ²)								
	Ss-1 _H	Ss-2 _I	Ss-3 _I	Ss-4 _I	Ss-5 _I	Ss-6 _I	Ss-7 _I	Ss-8 _H	Ss-9 _H
NS 方向	327	306	283	273	262	274	246	241	207
EW 方向	330	301	275	281	273	277	266	252	247

方向	最大接地圧 ^{※2} (kN/m ²)								
	Ss-10 _H	Ss-11 _I	Ss-12 _I	Ss-13 _I	Ss-14 _I	Ss-15 _I	Ss-16 _I	Ss-17 _H	Ss-18 _I (EW)
NS 方向	227	313	256	258	289	262	259	282	324
EW 方向	349	311	245	283	292	296	279	261	318

方向	最大接地圧 ^{※2} (kN/m ²)		
	Ss-18 _H (NS)	Ss-19 _I	最大値 ^{※1}
NS 方向	290	262	327
EW 方向	282	266	349

※1 Ss-1_H～Ss-19_Hの最大接地圧のうち最も大きい値を記載。

※2 最大接地圧は 4 桁目を切り上げ。

注) 網掛け：最大値

第 5-4 表 最大接地圧 (減衰定数 h=3%を考慮)

方向	最大接地圧 ^{※2} (kN/m ²)								
	Ss-1 _H	Ss-2 _I	Ss-3 _I	Ss-4 _I	Ss-5 _I	Ss-6 _I	Ss-7 _I	Ss-8 _H	Ss-9 _H
NS 方向	346	307	292	271	263	274	247	238	209
EW 方向	342	301	279	288	271	278	267	251	251

方向	最大接地圧 ^{※2} (kN/m ²)								
	Ss-10 _H	Ss-11 _I	Ss-12 _I	Ss-13 _I	Ss-14 _I	Ss-15 _I	Ss-16 _I	Ss-17 _H	Ss-18 _I (EW)
NS 方向	236	317	253	257	292	268	265	282	339
EW 方向	350	315	252	286	292	290	282	261	332

方向	最大接地圧 ^{※2} (kN/m ²)		
	Ss-18 _H (NS)	Ss-19 _I	最大値 ^{※1}
NS 方向	308	266	346
EW 方向	293	272	350

※1 Ss-1_H～Ss-19_Hの最大接地圧のうち最も大きい値を記載。

※2 最大接地圧は 4 桁目を切り上げ。

注) 網掛け：最大値

(2) 常時の確認結果

常時の接地圧が、地盤の長期許容支持力度（4,500kN/m²）を超えないことを確認する。

常時の接地圧（W/A）は、建屋重量（W）と基礎底版面積（A）より算出し、143kN/m²であることから、地盤の長期許容支持力度を超えないことを確認した。

5.1.3 保有水平耐力の評価結果

各層において、保有水平耐力 Q_u が必要保有水平耐力 Q_{un} に対して妥当な安全余裕を有することを確認する。必要保有水平耐力 Q_{un} と保有水平耐力 Q_u の比較結果を第 5-5 表に示す。

第 5-5 表より、各層において、保有水平耐力 Q_u が必要保有水平耐力 Q_{un} に対して妥当な安全余裕を有することを確認した。

なお、各層の保有水平耐力 Q_u は、資料 10-13-1「緊急時対策所建屋の地震応答解析」に示すせん断力のスケルトン曲線の Q_3 の値に基づき算出する。

第 5-5 表 必要保有水平耐力 Q_{un} と保有水平耐力 Q_u の比較結果

部位	部材 番号	NS 方向		EW 方向	
		Q_{un} ($\times 10^3$ kN)	Q_u ($\times 10^3$ kN)	Q_{un} ($\times 10^3$ kN)	Q_u ($\times 10^3$ kN)
緊急時対策所 建屋	1	11.5	325	11.5	273
	2	18.0	441	18.0	370

5.2 応力解析による評価結果

5.2.1 基礎

「4.5.2 断面の評価方法」に基づいた断面の評価結果を以下に示す。また、緊急時対策所建屋の基礎の配筋一覧を第 5-6 表に示す。

(1) Ss 地震時

断面の評価結果を記載する要素を、以下のとおり選定する。

軸力、曲げモーメント及び面内せん断力に対する評価については、配筋量に対する必要鉄筋量の割合が最大となる要素を選定し、面外せん断力に対する評価については、短期許容せん断応力度に対する面外せん断応力度の割合が最大となる要素をそれぞれ選定する。選定した要素の位置を第 5-2 図に、評価結果を第 5-7 表に示す。

Ss 地震時において、軸力、曲げモーメント及び面内せん断力に対する必要鉄筋量が配筋量を超えないことを確認した。また、面外せん断応力度が短期許容せん断応力度を超えないことを確認した。

(2) 常時

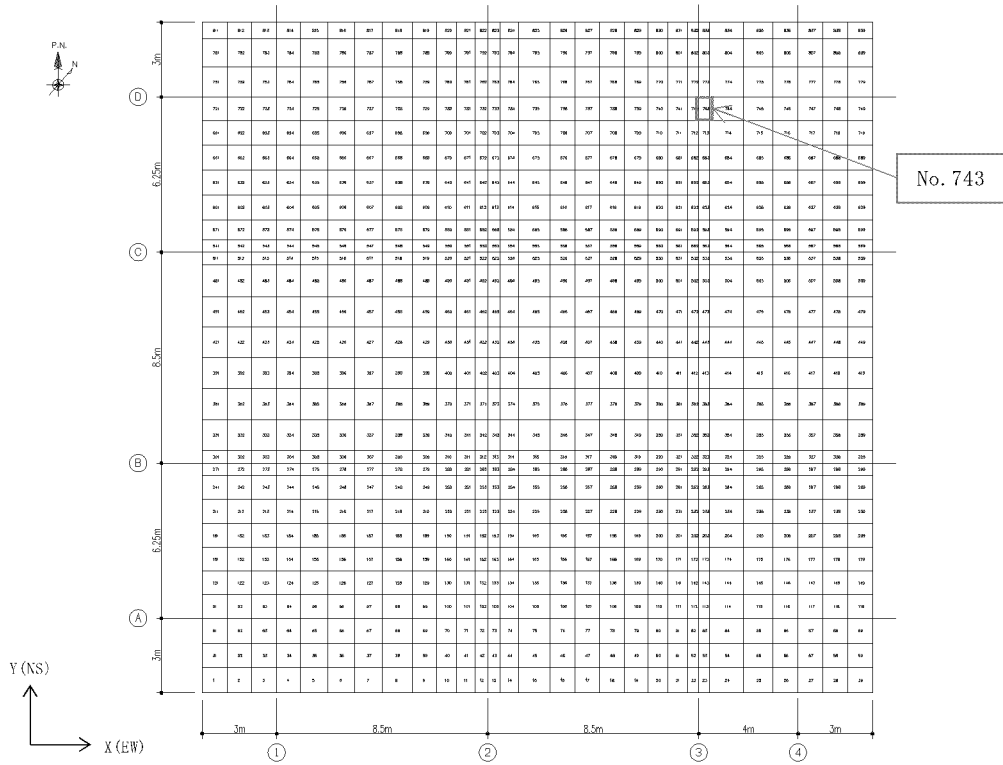
断面の評価結果を記載する要素を、以下のとおり選定する。

軸力、曲げモーメント及び面内せん断力に対する評価については、配筋量に対する必要鉄筋量の割合が最大となる要素を選定し、面外せん断力に対する評価については、長期許容せん断応力度に対する面外せん断応力度の割合が最大となる要素をそれぞれ選定する。選定した要素の位置を第 5-3 図に、評価結果を第 5-8 表に示す。

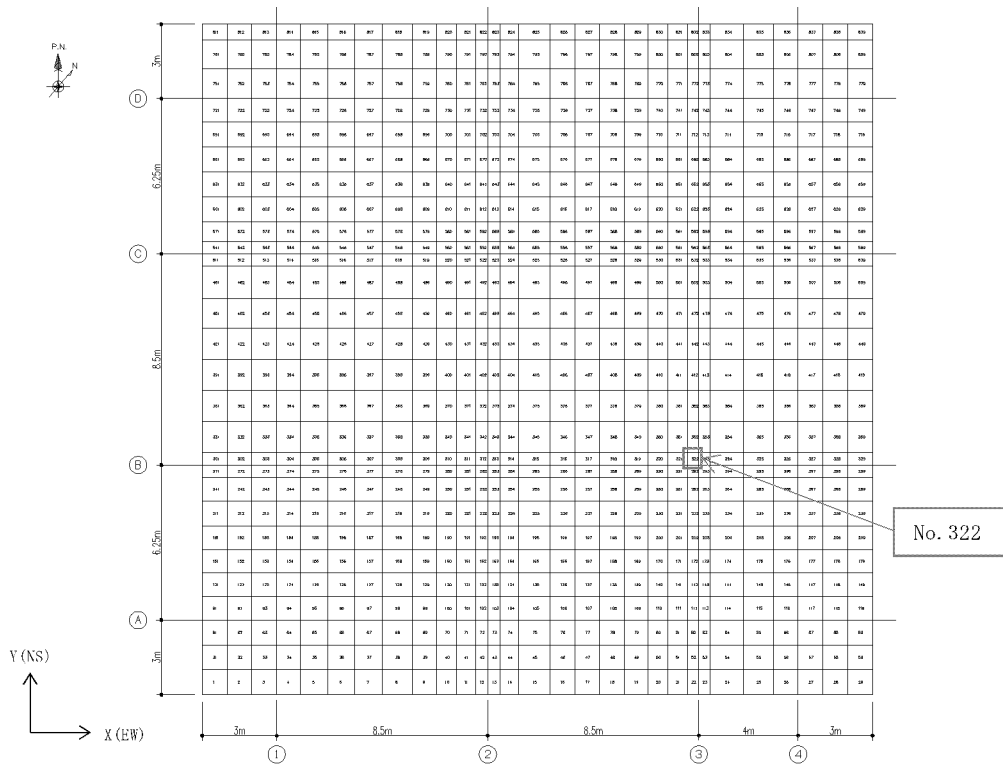
常時において、軸力、曲げモーメント及び面内せん断力に対する必要鉄筋量が配筋量を超えないことを確認した。また、面外せん断応力度が長期許容せん断応力度を超えないことを確認した。

第 5-6 表 基礎の配筋一覧

基礎厚 (mm)	鉄筋位置	NS 方向	EW 方向
	上端筋	D35@200	D35@200
	下端筋	D35@200	D35@200

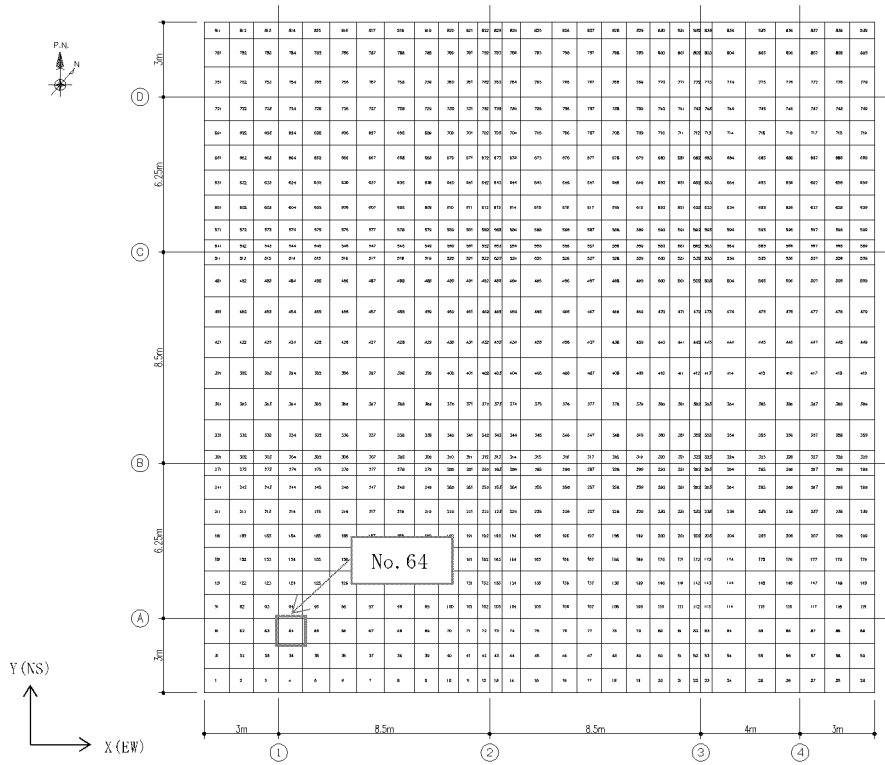


(a) 軸力+曲げモーメント+面内せん断力(NS方向) (No. 743, ケース 5)

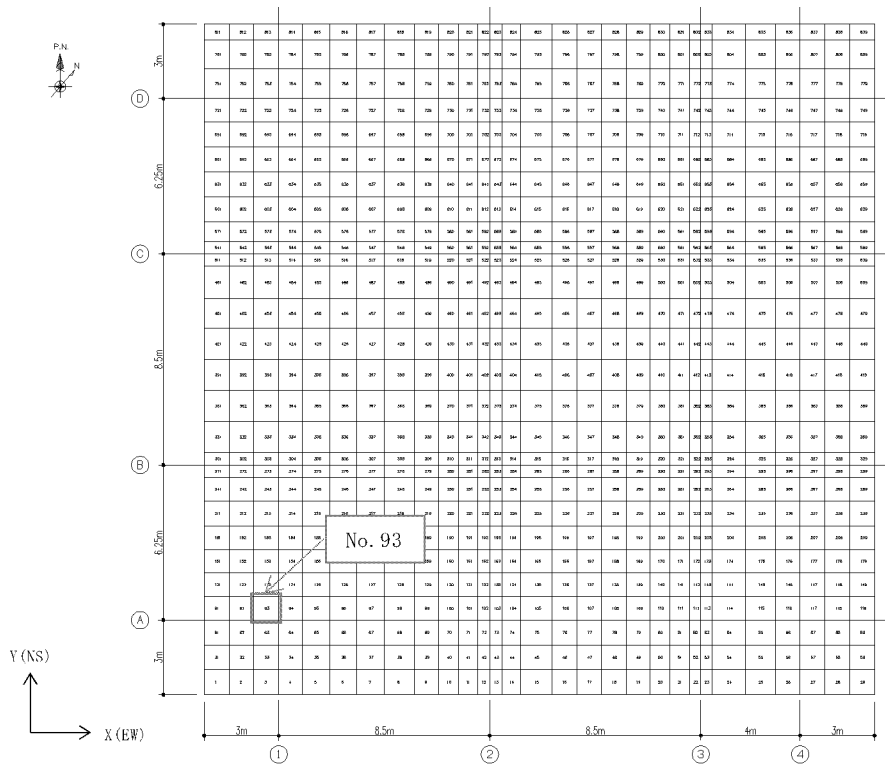


(b) 軸力+曲げモーメント+面内せん断力(EW方向) (No. 322, ケース 3)

第 5-2 図 評価結果を記載する要素の位置(Ss 地震時) (1/2)

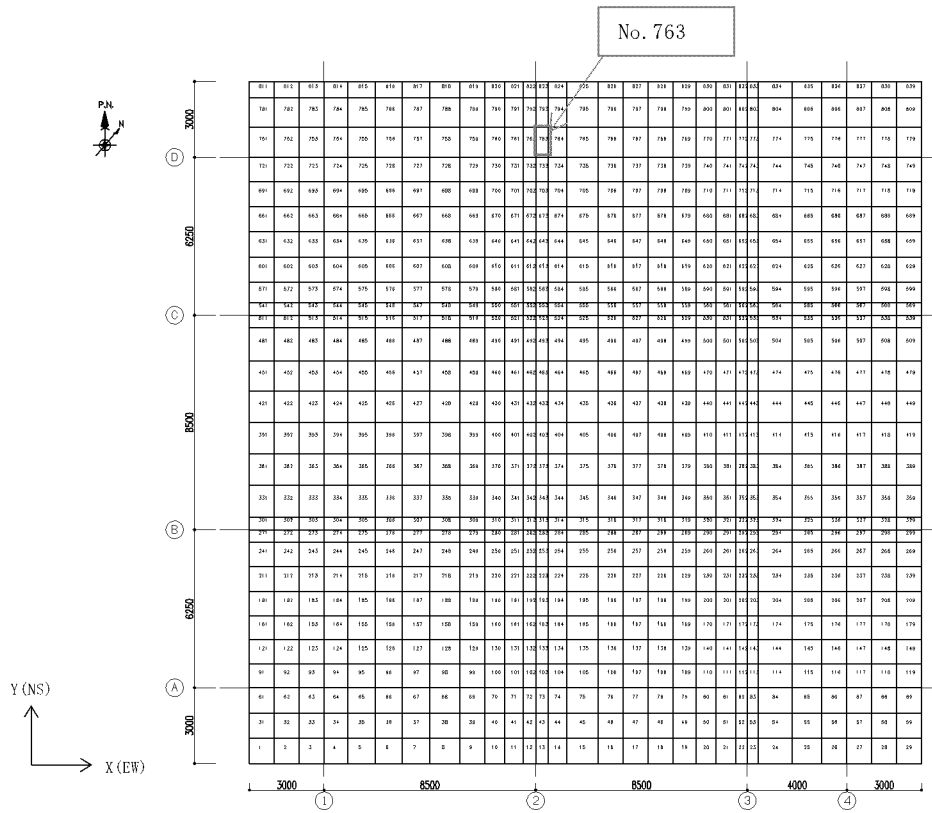


(c) 面外せん断力(NS方向)(No. 64, ケース7)

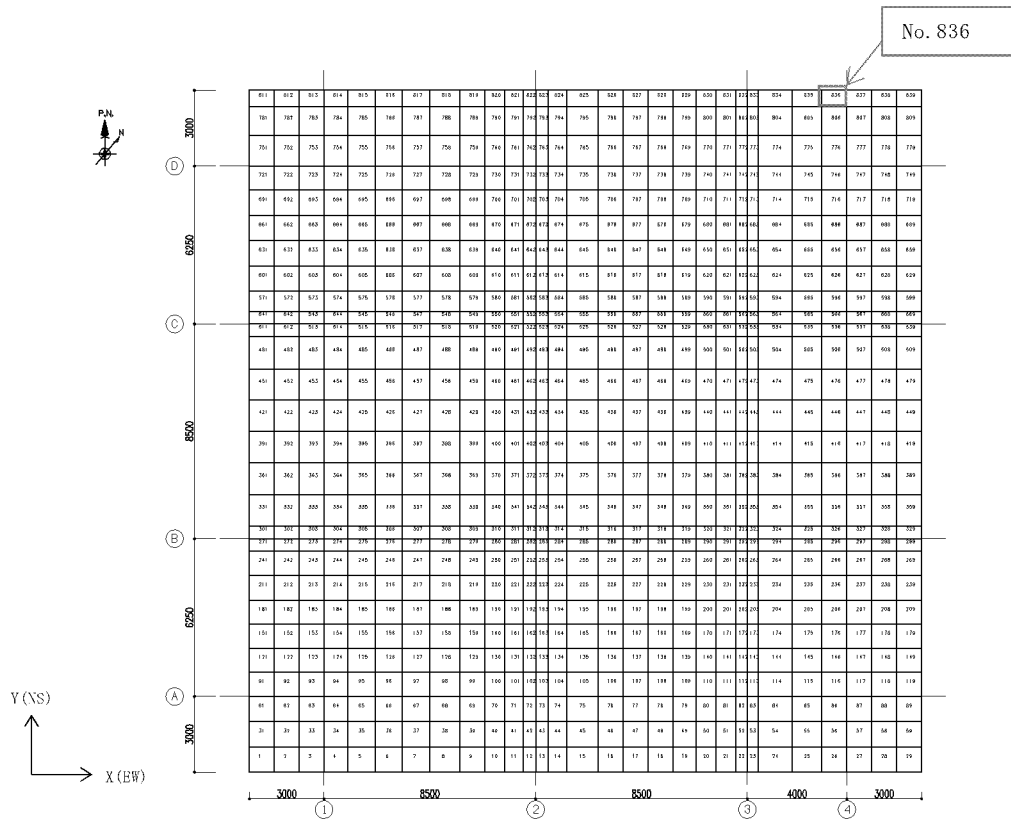


(d) 面外せん断力(EW方向)(No. 93, ケース7)

第5-2図 評価結果を記載する要素の位置(Ss地震時)(2/2)

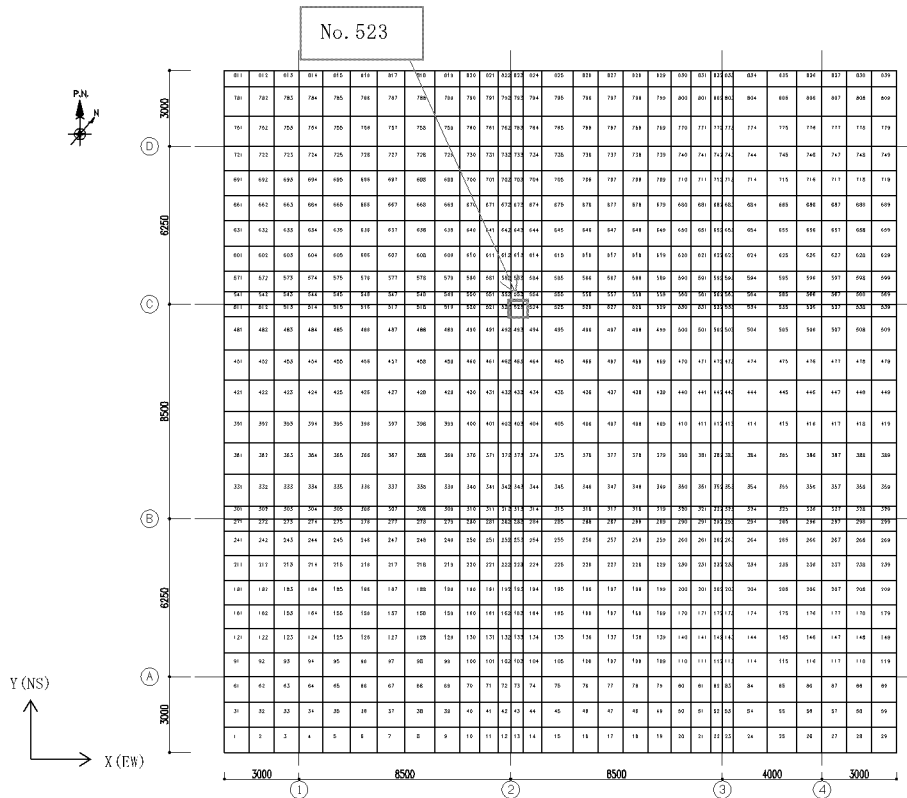


(a) 軸力+曲げモーメント+面内せん断力(NS方向)(No. 763)

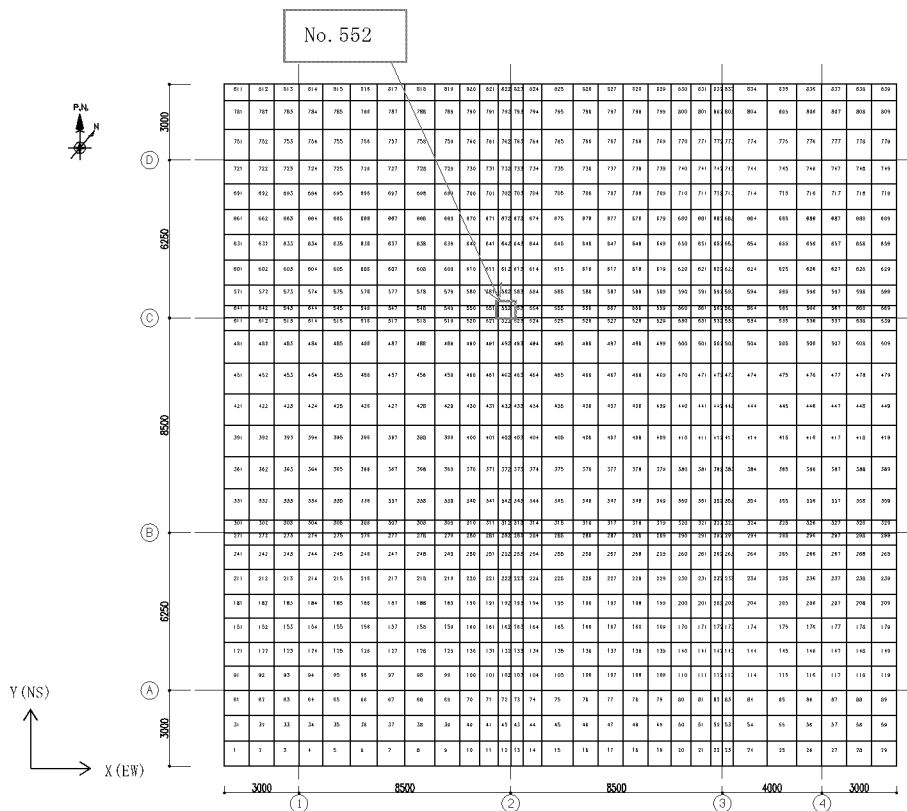


(b) 軸力+曲げモーメント+面内せん断力(EW方向)(No. 836)

第5-3図 評価結果を記載する要素の位置(常時) (1/2)



(c) 面外せん断力(NS方向) (No. 523)



(d) 面外せん断力(EW方向) (No. 552)

第5-3図 評価結果を記載する要素の位置(常時) (2/2)

第 5-7 表 評価結果 (Ss 地震時)

		評価項目	要素 番号	荷重の 組合せ ケース	解析 結果	許容値
軸力 + 曲げ モーメント + 面内 せん断力	NS 方向	必要鉄筋量／配筋量	743	5	0.308	1.00
	EW 方向	必要鉄筋量／配筋量	322	3	0.295	1.00
面外 せん断力	NS 方向	面外せん断応力度 [N/mm ²]	64	7	0.465	2.36
	EW 方向	面外せん断応力度 [N/mm ²]	93	7	0.506	2.36

第 5-8 表 評価結果 (常時)

		評価項目	要素 番号	荷重の 組合せ ケース	解析 結果	許容値
軸力 + 曲げ モーメント + 面内 せん断力	NS 方向	必要鉄筋量／配筋量	763	17	0.194	1.00
	EW 方向	必要鉄筋量／配筋量	836	17	0.193	1.00
面外 せん断力	NS 方向	面外せん断応力度 [N/mm ²]	523	17	0.166	0.79
	EW 方向	面外せん断応力度 [N/mm ²]	552	17	0.243	0.79

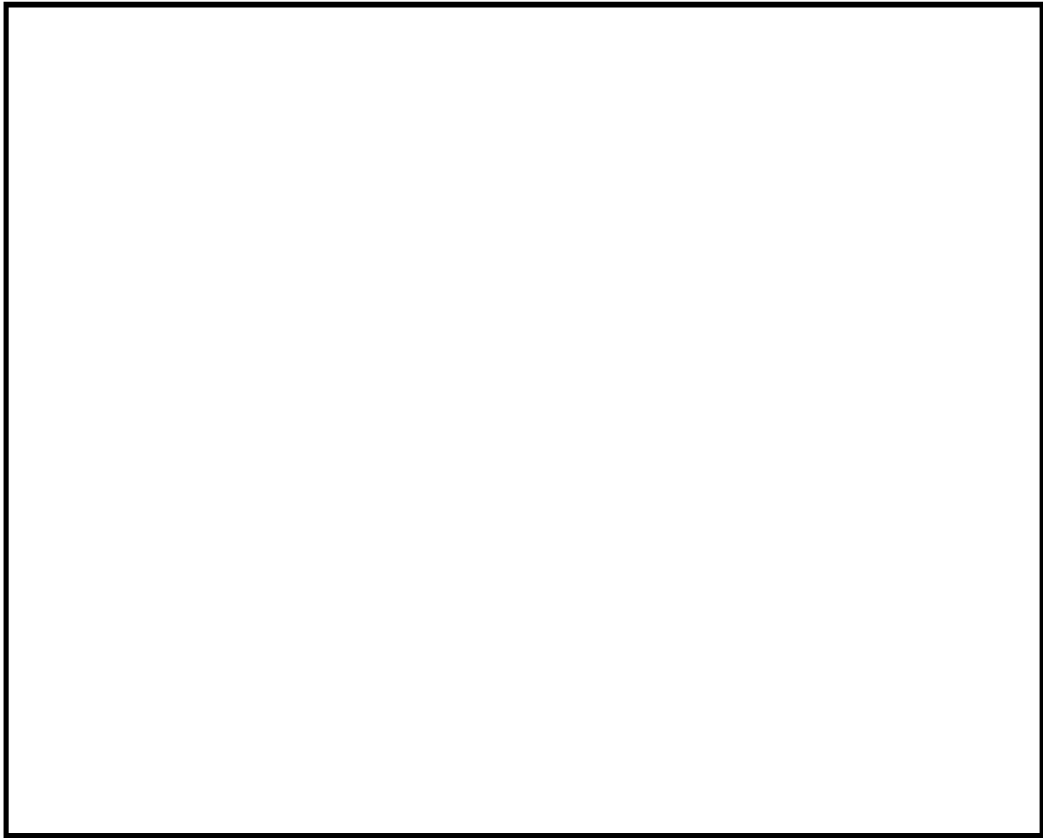
5.2.2 スラブ

「4.5.2 断面の評価方法」に基づいた断面の評価結果を以下に示す。また、緊急時対策所建屋のスラブの配筋分布図を第 5-4 図及び第 5-5 図に、配筋一覧を第 5-9 表及び第 5-10 表に示す。

断面の評価結果を記載する要素を、以下のとおり選定する。

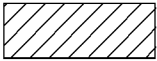
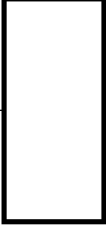

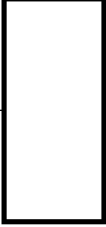
軸力、曲げモーメント及び面内せん断力に対する評価については、配筋量に対する必要鉄筋量の割合が最大となる要素を選定し、面外せん断力に対する評価については、短期許容せん断応力度に対する面外せん断応力度の割合が最大となる要素を選定する。選定した要素の位置を第 5-6 図に、評価結果を第 5-11 表に示す。

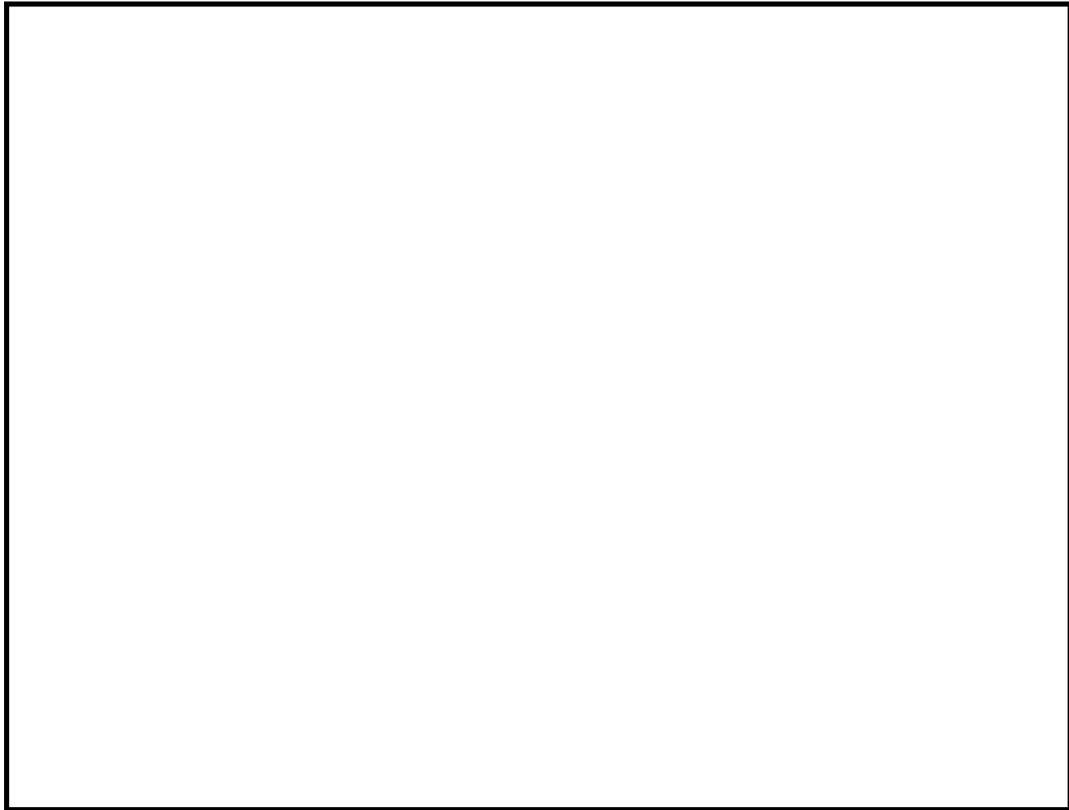
Ss 地震時において、軸力、曲げモーメント及び面内せん断力に対する必要鉄筋量が配筋量を超えないことを確認した。また、面外せん断応力度が短期許容せん断応力度を超えないことを確認した。



第 5-4 図 スラブの配筋分布図 (E. L. m)

第 5-9 表 スラブの配筋一覧 (E. L. m)

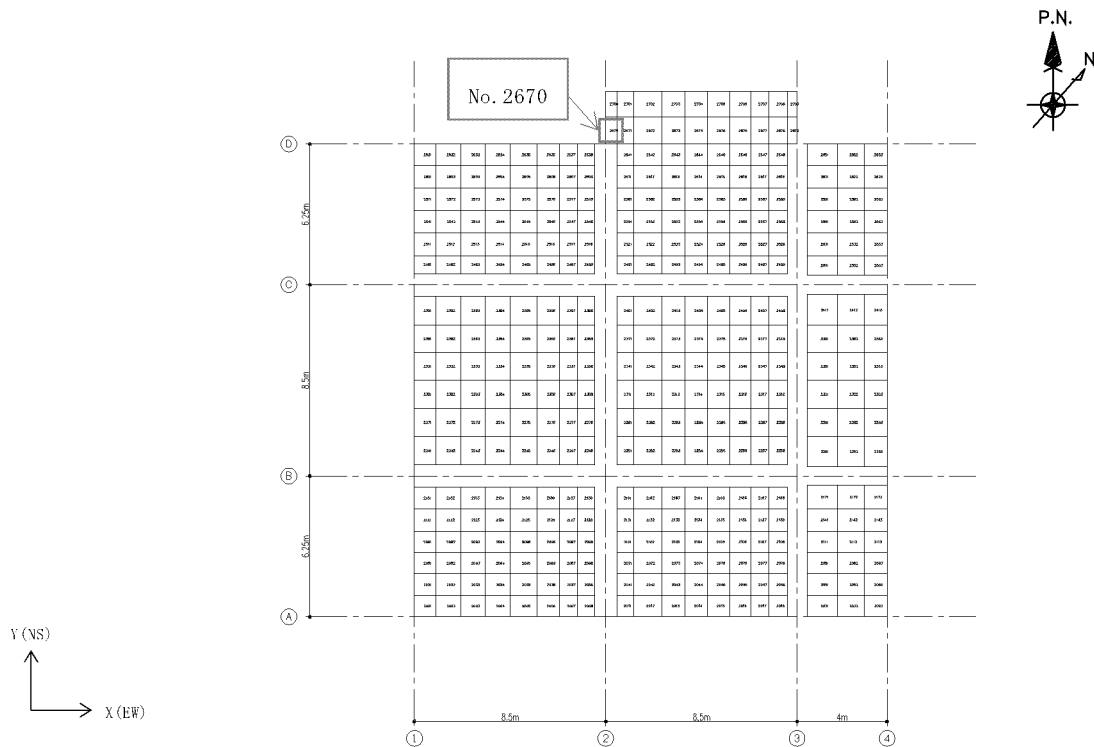
配筋タイプ	スラブ厚 (mm)	鉄筋位置	NS 方向	EW 方向
		上端筋	D29@200	D29@200
		下端筋	D29@200	D29@200
		上端筋	D25@200	D25@200
		下端筋	D25@200	D25@200



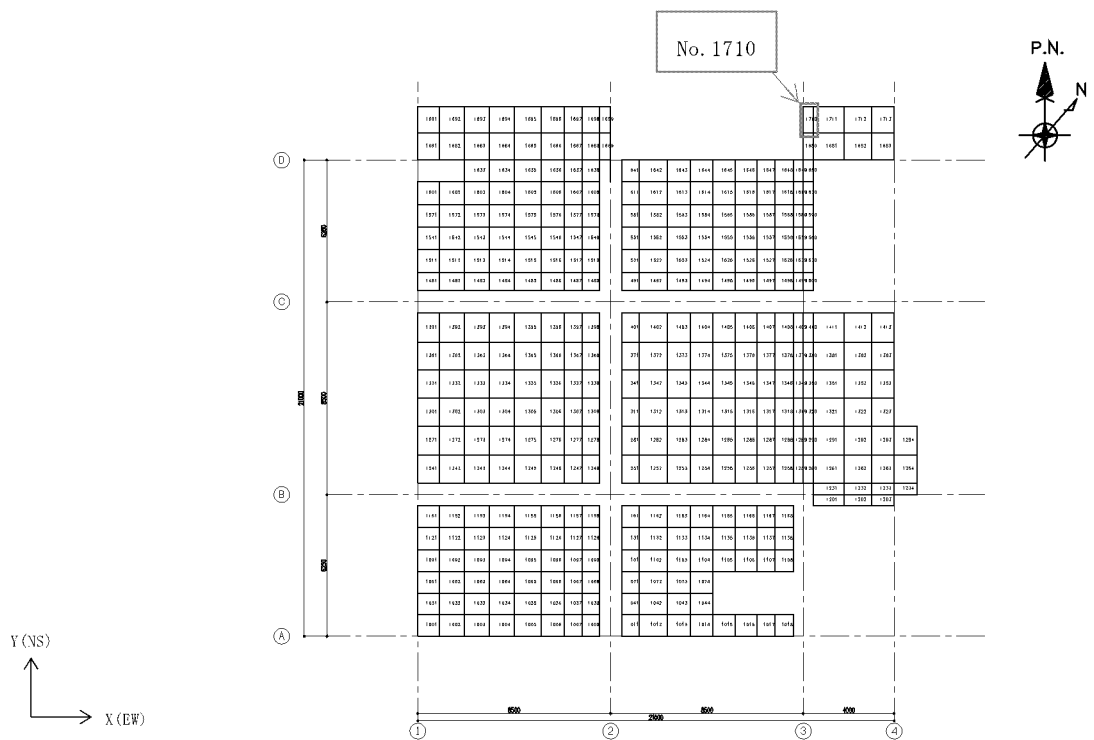
第 5-5 図 スラブの配筋分布図 (E. L. m)

第 5-10 表 スラブの配筋一覧 (E. L. m)

配筋タイプ	スラブ厚 (mm)	鉄筋位置	NS 方向	EW 方向
		上端筋	D29@200	D29@200
		下端筋	D29@200	D29@200

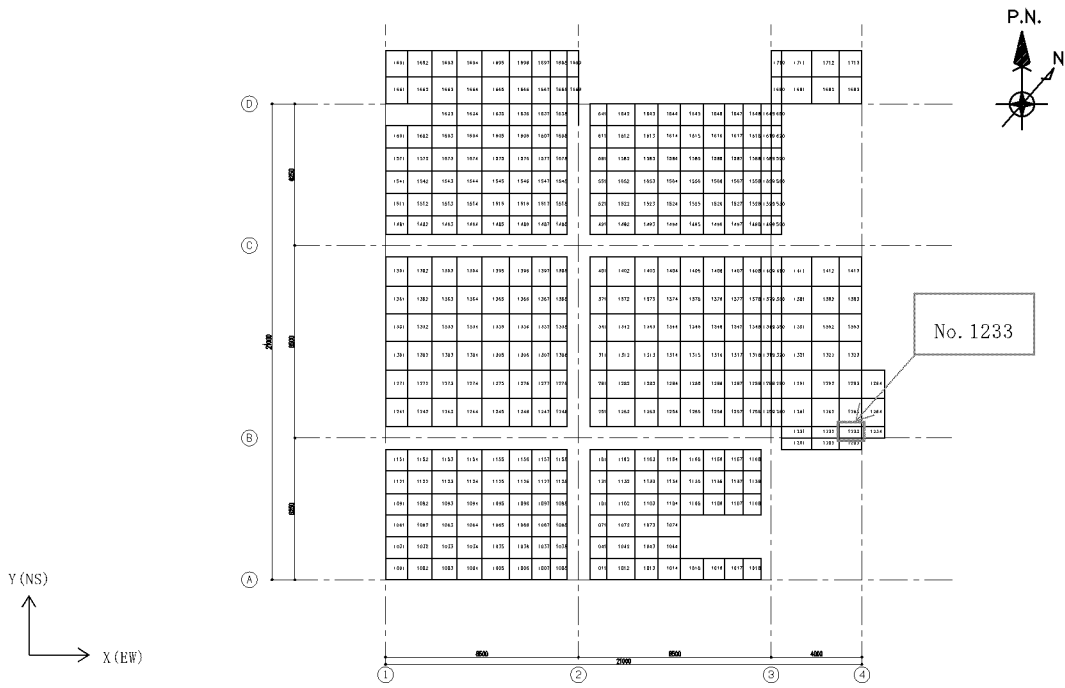


(a) 軸力+曲げモーメント+面内せん断力 (NS 方向) (No. 2670, ケース 2, R 階スラブ)

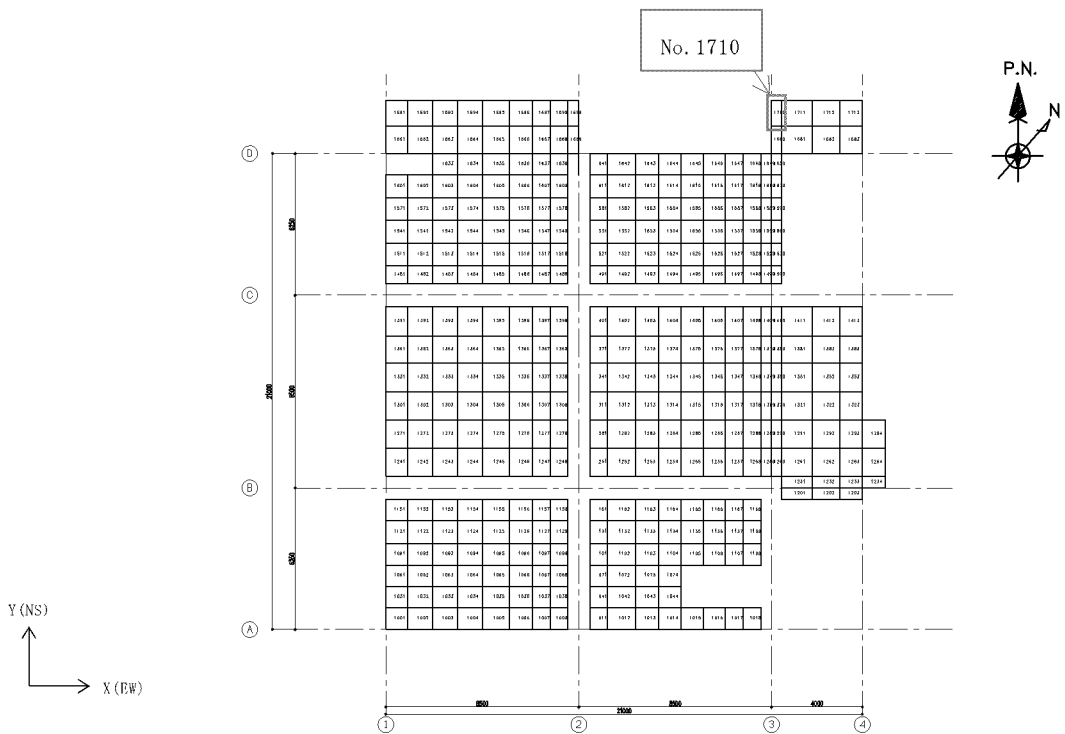


(b) 軸力+曲げモーメント+面内せん断力 (EW 方向) (No. 1710, ケース 8, 2 階スラブ)

第 5-6 図 評価結果を記載する要素の位置 (1/2)



(c) 面外せん断力(NS 方向)(No. 1233, ケース 3, 2 階スラブ)



(d) 面外せん断力(EW 方向)(No. 1710, ケース 5, 2 階スラブ)

第 5-6 図 評価結果を記載する要素の位置(2/2)

第 5-11 表 評価結果

		評価項目	要素 番号	荷重の 組合せ ケース	解析 結果	許容値
軸力 + 曲げ モーメント + 面内 せん断力	NS 方向	必要鉄筋量／配筋量	2670	2	0.448	1.00
	EW 方向	必要鉄筋量／配筋量	1710	8	0.371	1.00
面外 せん断力	NS 方向	面外せん断応力度 [N/mm ²]	1233	3	0.390	2.36
	EW 方向	面外せん断応力度 [N/mm ²]	1710	5	0.431	2.36

資料 10-14 申請設備の耐震計算書

申請設備の耐震計算書は、以下の資料より構成されている。

資料10-14-1 計測制御系統施設の耐震計算書

資料10-14-1-1 計測制御系統施設の耐震計算結果

資料10-14-1-2 衛星電話（固定）の耐震計算書

資料10-14-1-2-1 衛星電話機（緊急時対策所）の耐震計算書

資料10-14-1-2-2 緊急時対策所通信設備収容架2の耐震計算書

資料10-14-1-2-3 衛星電話用アンテナ（緊急時対策所用）の耐震計算書

資料10-14-1-3 緊急時衛星通報システムの耐震計算書

資料10-14-1-3-1 緊急時衛星通報システム端末の耐震計算書

資料10-14-1-3-2 緊急時対策所通信設備収容架2の耐震計算書

資料10-14-1-3-3 緊急時衛星通報システム用アンテナの耐震計算書

資料10-14-1-4 統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備（TV会議システム、IP電話及びIP-FAX）の耐震計算書

資料10-14-1-4-1 ERS S 伝送サーバ用通信機器収納盤の耐震計算書

資料10-14-1-4-2 緊急時対策所通信設備収容架1の耐震計算書

資料10-14-1-4-3 通信端末の耐震計算書

資料10-14-1-4-4 緊急時対策所統合原子力防災ネットワーク用衛星アンテナの耐震計算書

資料10-14-1-5 SPDS表示装置の耐震計算書

資料10-14-1-5-1 SPDS表示端末の耐震計算書

資料10-14-1-5-2 緊急時対策所SPDS通信機器収納盤の耐震計算書

資料10-14-1-5-3 緊急時対策所SPDS用衛星アンテナの耐震計算書

資料10-14-1-5-4 衛星アンテナの耐震計算書

資料10-14-2 放射線管理施設の耐震計算書

資料10-14-2-1 放射線管理施設の耐震計算結果

資料10-14-3 非常用電源設備の耐震計算書

資料10-14-3-1 非常用電源設備の耐震計算結果

資料10-14-3-2 緊急時対策所電源車切替盤の耐震計算書

資料10-14-3-3 緊急時対策所コントロールセンタの耐震計算書

資料10-14-3-4 緊急時対策所100V主分電盤の耐震計算書

資料 10-14-4 浸水防護施設の耐震計算書

資料 10-14-4-1 浸水防護施設の耐震計算結果

資料 10-14-4-2 津波監視カメラの耐震計算書

資料 10-14-1 計測制御系統施設の耐震計算書

計測制御系統施設の耐震計算書は、以下の資料より構成されている。

資料 10-14-1-1 計測制御系統施設の耐震計算結果

資料 10-14-1-2 衛星電話（固定）の耐震計算書

資料 10-14-1-2-1 衛星電話機（緊急時対策所）の耐震計算書

資料 10-14-1-2-2 緊急時対策所通信設備収容架 2 の耐震計算書

資料 10-14-1-2-3 衛星電話用アンテナ（緊急時対策所用）の耐震計算書

資料 10-14-1-3 緊急時衛星通報システムの耐震計算書

資料 10-14-1-3-1 緊急時衛星通報システム端末の耐震計算書

資料 10-14-1-3-2 緊急時対策所通信設備収容架 2 の耐震計算書

資料 10-14-1-3-3 緊急時衛星通報システム用アンテナの耐震計算書

資料 10-14-1-4 統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備（TV会議システム、IP電話及びIP-FAX）の耐震計算書

資料 10-14-1-4-1 ERS S 伝送サーバ用通信機器収納盤の耐震計算書

資料 10-14-1-4-2 緊急時対策所通信設備収容架 1 の耐震計算書

資料 10-14-1-4-3 通信端末の耐震計算書

資料 10-14-1-4-4 緊急時対策所統合原子力防災ネットワーク用衛星アンテナの耐震計算書

資料 10-14-1-5 SPDS 表示装置の耐震計算書

資料 10-14-1-5-1 SPDS 表示端末の耐震計算書

資料 10-14-1-5-2 緊急時対策所 SPDS 通信機器収納盤の耐震計算書

資料 10-14-1-5-3 緊急時対策所 SPDS 用衛星アンテナの耐震計算書

資料 10-14-1-5-4 衛星アンテナの耐震計算書

資料 10-14-1-1 計測制御系統施設の耐震計算結果

目 次

	頁
1. 概要	03-添10-14-1-1-1
2. 耐震評価条件整理	03-添10-14-1-1-1

1. 概要

本資料は、計測制御系統施設の設備の耐震計算について説明するものである。

2. 耐震評価条件整理

計測制御系統施設の設備に対して、重大事故等対処施設の設備分類を整理した。結果を第2-1表に示す。

通信連絡設備については設備が複数の機器により構成されている。資料7「通信連絡設備に関する説明書」に記載の機器構成を第2-1図～第2-4図に示し、その機器構成による設備の内訳を第2-2表に示す。

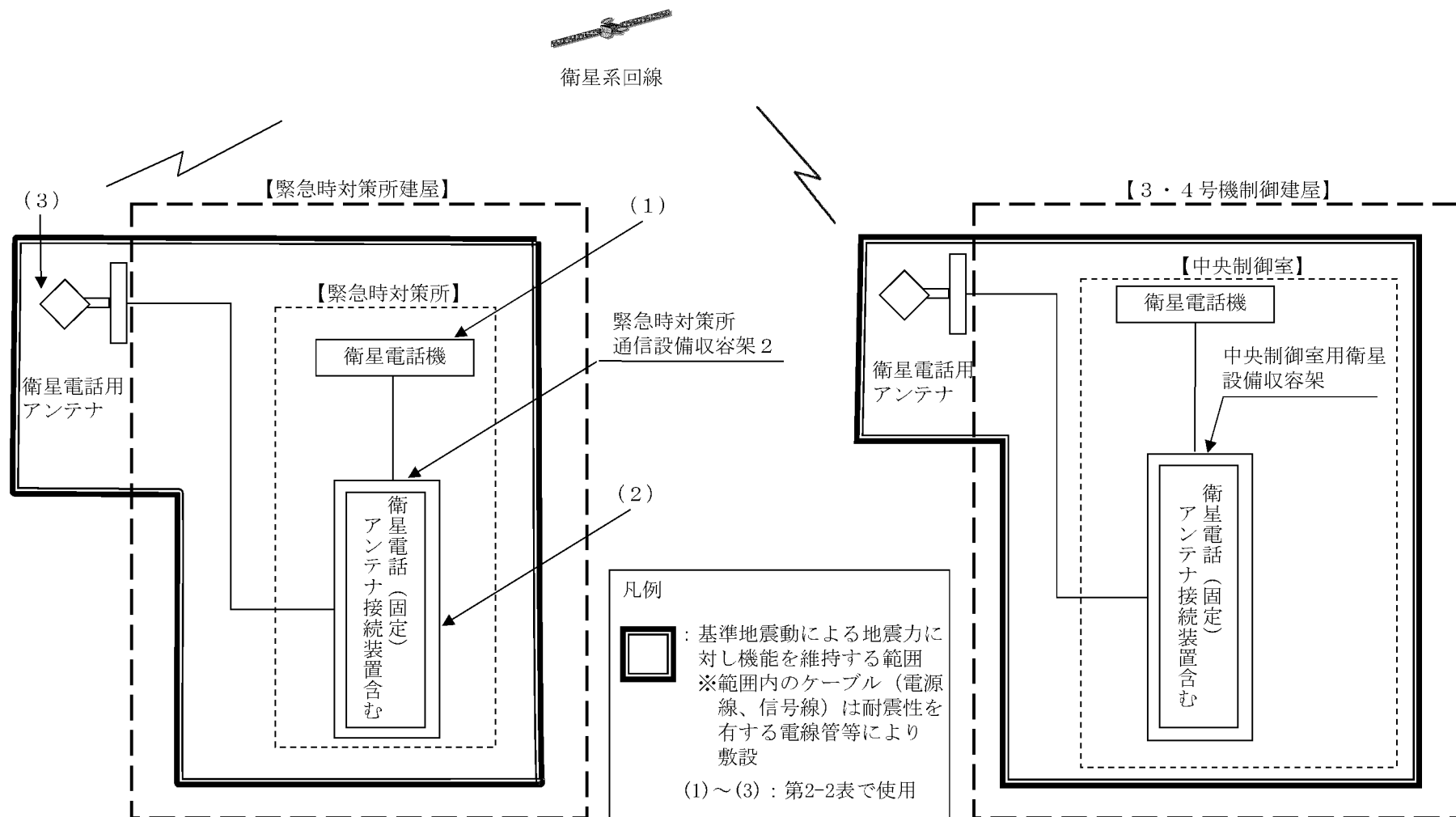
また、耐震計算は第2-1表及び第2-2表に示す計算書に記載することとする。なお、第2-1表に示す設備のうち、耐震評価における手法及び条件について、既に認可を受けた実績との差異がない施設の耐震計算は、工事計画の認可実績を示し、入力条件及び評価結果を示すことを基本とする。

第2-1表 耐震評価条件整理一覧表

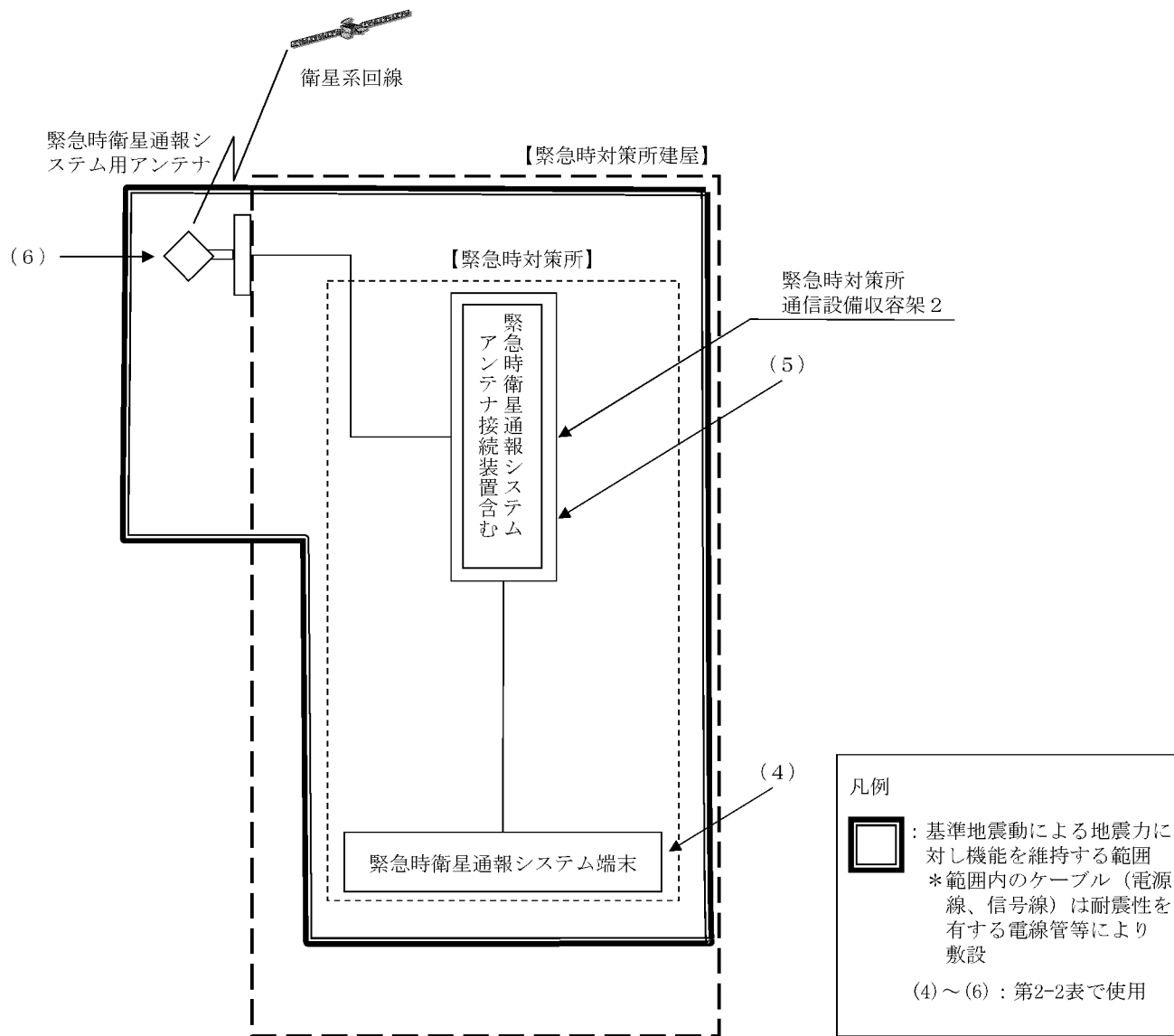
評価対象設備		重大事故等対処施設		
		設備分類 ^(注1)	耐震計算の記載箇所	
計測制御系統施設	その他	衛星電話(固定)	常設/緩和	第2-2表 ^(注2)
		緊急時衛星通報システム	その他	第2-2表 ^(注2)
		統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備 (TV会議システム、IP電話及びIP-FAX)	その他	第2-2表 ^(注2)
		SPDS表示装置	常設/緩和	第2-2表 ^(注2)

(注1) 「常設耐震/防止」は常設耐震重要重大事故防止設備、「常設/防止」は常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備、「常設/緩和」は常設重大事故緩和設備、「その他」は重大事故等対処設備(防止・緩和以外)を表わす。

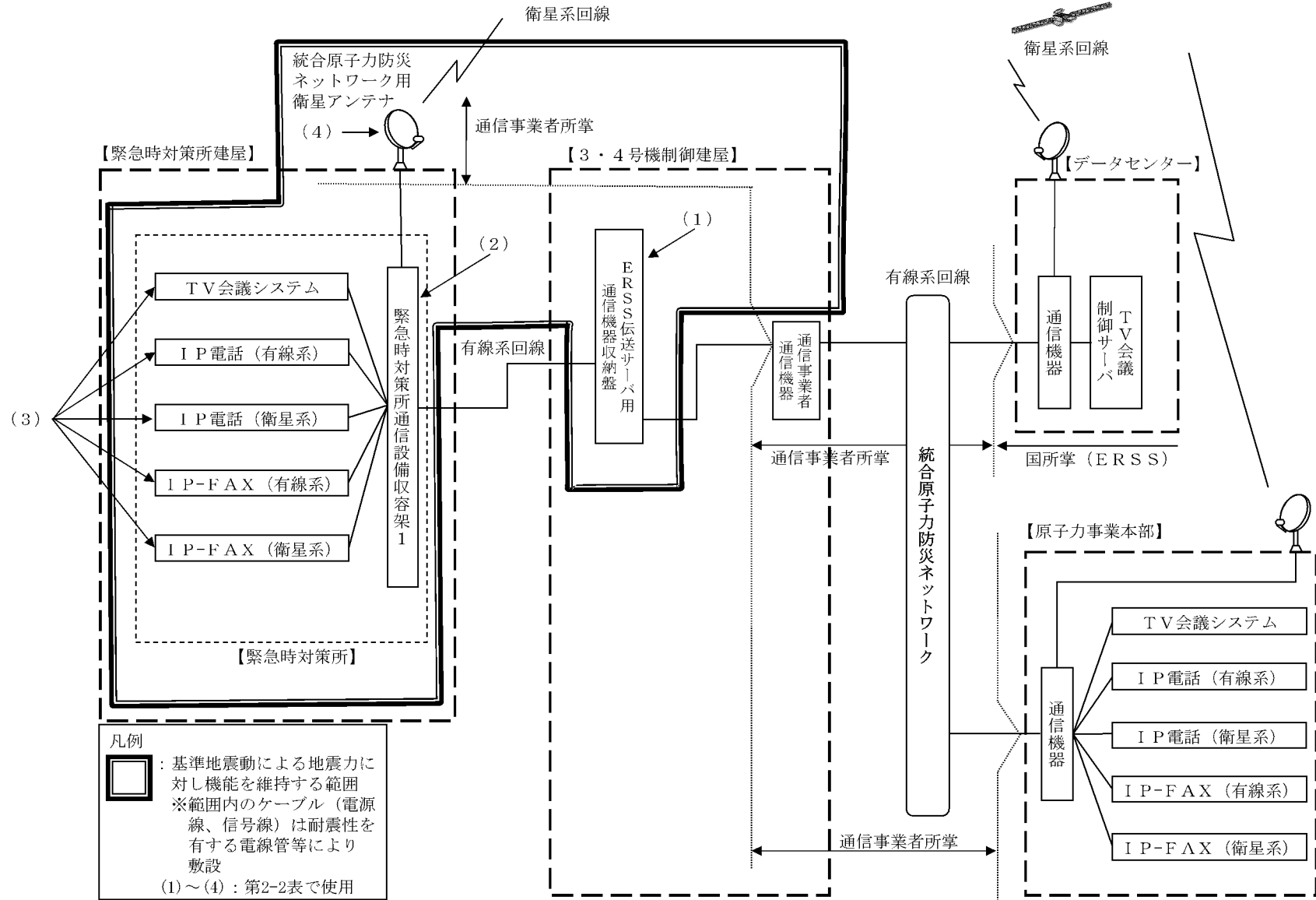
(注2) 通信連絡設備は複数の機器で構成されているため、別途整理し、第2-2表に記載する。



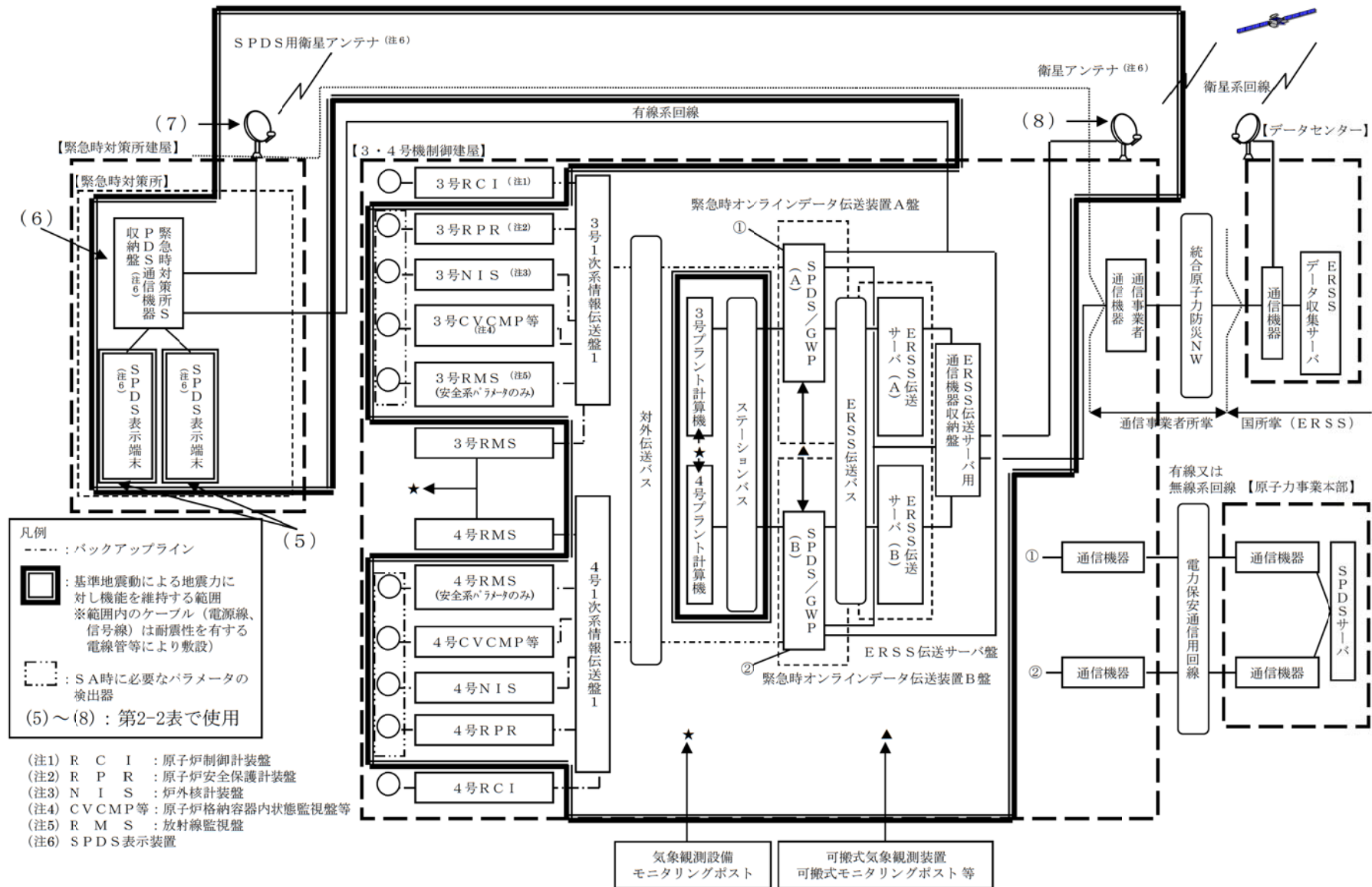
第2-1図 衛星電話（固定）概略構成図



第2-2図 緊急時衛星通報システムの概略構成図



第2-3図 統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備の概略構成図



第2-4図 データ伝送設備の概略構成図

第2-2表 耐震評価条件整理一覧表（通信連絡設備）（1/2）

評価対象設備			衛星電話(固定) 概略構成図	緊急時衛星通報 システムの 概略構成図	統合原子力防災ネ ットワークに接続 する通信連絡設備 の概略構成図	データ伝送設備 の概略構成図	耐震計算の 記載箇所	
			第2-1図	第2-2図	第2-3図	第2-4図		
計測 制御 系統 施設	その他	衛星電話 (固定)	衛星電話機 (緊急時対策所)	(1)	—	—	—	資料 10-14-1-2-1
			緊急時対策所用 衛星設備収容架 2	(2)	—	—	—	資料 10-14-1-2-2
			衛星電話用アンテナ (緊急時対策所用)	(3)	—	—	—	資料 10-14-1-2-3
		緊急時 衛星通報 システム	緊急時衛星通報 システム端末	—	(4)	—	—	資料 10-14-1-3-1
			緊急時対策所 通信設備収容架 2	—	(5)	—	—	資料 10-14-1-3-2
			緊急時衛星通報 システム用アンテナ	—	(6)	—	—	資料 10-14-1-3-3

第2-2表 耐震評価条件整理一覧表（通信連絡設備）（2/2）

評価対象設備			衛星電話(固定) 概略構成図	緊急時衛星通報 システムの 概略構成図	統合原子力防災ネ ットワークに接続 する通信連絡設備 の概略構成図	データ伝送設備 の概略構成図	耐震計算の 記載箇所	
			第2-1図	第2-2図	第2-3図	第2-4図		
計測制御系統施設	その他	統合原子力防災 ネットワーク に接続する 通信連絡設備 (TV会議シス テム、IP電話 及びIP-FAX)	ERSS 伝送サーバ用 通信機器収納盤	—	—	(1)	—	資料 10-14-1-4-1
			緊急時対策所 通信設備収容架 1	—	—	(2)	—	資料 10-14-1-4-2
			通信端末	—	—	(3)	—	資料 10-14-1-4-3
			緊急時対策所 統合原子 力防災ネットワーク用衛 星アンテナ	—	—	(4)	—	資料 10-14-1-4-4
	SPDS 表示装置	SPDS 表示端末	—	—	—	(5)	資料 10-14-1-5-1	
		緊急時対策所 SPDS 通 信機器収納盤	—	—	—	(6)	資料 10-14-1-5-2	
		緊急時対策所 SPDS 用 衛星アンテナ	—	—	—	(7)	資料 10-14-1-5-3	
		衛星アンテナ	—	—	—	(8)	資料 10-14-1-5-4	

資料 10-14-1-2 衛星電話（固定）の耐震計算書

衛星電話（固定）の耐震計算書は、以下の資料より構成されている。

- 資料 10-14-1-2-1 衛星電話機（緊急時対策所）の耐震計算書
- 資料 10-14-1-2-2 緊急時対策所通信設備収容架 2 の耐震計算書
- 資料 10-14-1-2-3 衛星電話用アンテナ（緊急時対策所用）の耐震計算書

資料 1 0 - 1 4 - 1 - 2 - 1 衛星電話機（緊急時対策所）の耐震計算書

目 次

	頁
1. 概要	03-添10-14-1-2-1-1
2. 基本方針	03-添10-14-1-2-1-1
2.1 構造の説明	03-添10-14-1-2-1-1
2.2 評価方針	03-添10-14-1-2-1-2
3. 機能維持評価	03-添10-14-1-2-1-2
3.1 設計用地震力	03-添10-14-1-2-1-2
3.2 機能維持評価方法	03-添10-14-1-2-1-4
4. 評価結果	03-添10-14-1-2-1-5
4.1 重大事故等対処施設としての評価結果	03-添10-14-1-2-1-5

1. 概要

本資料は、資料10-9「機能維持の基本方針」にて設定している機能維持の設計方針に基づき、衛星電話機（緊急時対策所）が設計用地震力に対して十分な電氣的機能を有していることを説明するものである。その耐震評価は、衛星電話機（緊急時対策所）の機能維持評価により行う。

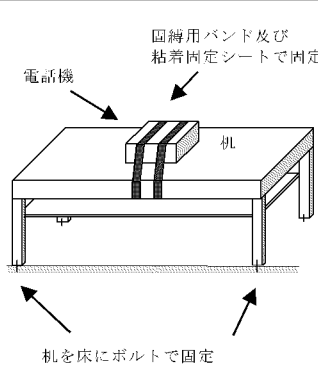
衛星電話機（緊急時対策所）は、重大事故等対処施設において常設重大事故緩和設備に分類される。以下、この分類に応じた耐震評価を示す。

2. 基本方針

2.1 構造の説明

資料10-11「機器・配管の耐震支持方針」の「2. 電気計測制御装置」にて設定した電気計測制御装置の支持方針に基づき設計した衛星電話機（緊急時対策所）の構造計画を第2-1表に示す。

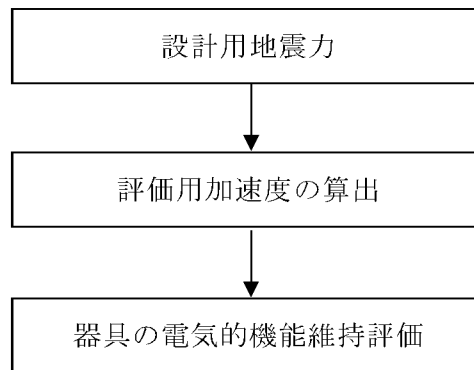
第2-1表 衛星電話機（緊急時対策所）の構造計画

設備名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
衛星電話機（緊急時対策所）	電話機	器具を固縛用バンド及び粘着固定シートにて机の上に固定する。 また、机は床にボルトで固定する。	 <p>固縛用バンド及び粘着固定シートで固定</p> <p>電話機</p> <p>机</p> <p>机を床にボルトで固定</p>

2.2 評価方針

衛星電話機（緊急時対策所）の機能維持評価は、資料10-9「機能維持の基本方針」の「4.2 電氣的機能維持」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを、「3. 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「4. 評価結果」に示す。

衛星電話機（緊急時対策所）の耐震評価フローを第2-1図に示す。



第2-1図 衛星電話機（緊急時対策所）の耐震評価フロー

3. 機能維持評価

衛星電話機（緊急時対策所）は、地震後に電氣的機能が要求されており、地震時及び地震後においても、その機能が維持されていることを示す。

3.1 設計用地震力

3.1.1 基本事項

衛星電話機（緊急時対策所）について、実際の設置状態を模擬して加振試験を行い、基準地震動 S_s による地震力に対して、要求される機能が維持されることを確認する。

3.1.2 設計用地震力

以下の加振波の最大床加速度を上回る加速度で加振を行う。

- ・加振波 : 対象機器設置床における基準地震動 (Ss-1~Ss-19) に対する時刻歴応答加速度
- ・加振方向 : 水平(前後) + 鉛直、水平(左右) + 鉛直

建屋及び 床面高さ (m)	加振方向		最大加速度 (G)							
			Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8
[]	水平	X	1.05	0.91	0.85	0.85	0.80	0.79	0.77	0.73
		Y	0.96	1.01	0.85	0.77	0.74	0.77	0.62	0.62
E. L. []	鉛直	Z	0.53	0.64	0.43	0.60	0.49	0.49	0.41	0.39
建屋及び 床面高さ (m)	加振方向		最大加速度 (G)							
			Ss-9	Ss-10	Ss-11	Ss-12	Ss-13	Ss-14	Ss-15	Ss-16
[]	水平	X	0.70	1.25	1.01	0.67	0.87	0.90	0.93	0.85
		Y	0.40	0.51	1.02	0.71	0.75	0.87	0.72	0.71
E. L. []	鉛直	Z	0.33	0.40	0.56	0.39	0.41	0.68	0.48	0.44
建屋及び 床面高さ (m)	加振方向		最大加速度 (G)							
			Ss-17	Ss-18	Ss-19					
[]	水平	X	0.69	0.99	0.78					
		Y	0.84	0.97	0.76					
E. L. []	鉛直	Z	0.50	0.57	0.36					

3.2 機能維持評価方法

機能維持評価は、実際の設置状態を模擬した状態により、対象機器設置床における基準地震動（Ss-1～Ss-19）に対する時刻歴応答加速度の最大床応答加速度を上回る加速度にて加振試験を行い、加振試験後に電氣的機能が維持されていることを通信試験により確認する。

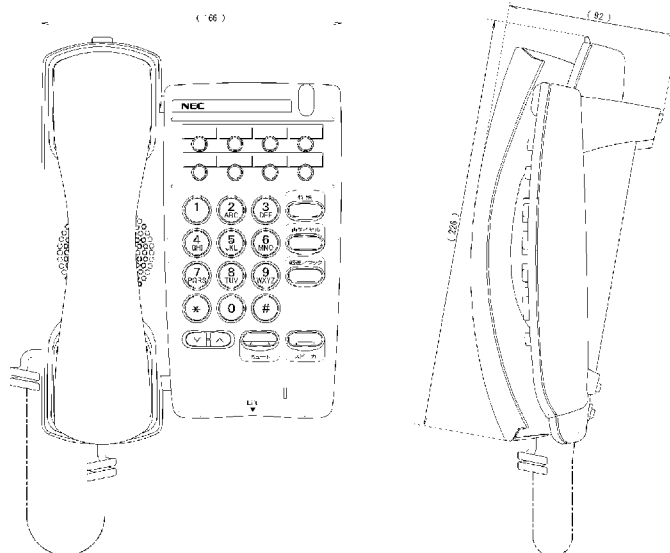
機能確認済加速度は、加振試験において、通信試験により電氣的機能の健全性を確認した加振波の最大加速度を適用する。

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。

機能確認済加速度を第3-1表に示す。また、衛星電話機（緊急時対策所）の外形図を第3-1図に示す。

第3-1表 機能確認済加速度

設備名称	加振方向		機能確認済 加速度 (G)
衛星電話機（緊急時対策所）	水平	X	3.10
		Y	3.07
	鉛直	Z	1.47



第3-1図 衛星電話機（緊急時対策所） 外形図

4. 評価結果

4.1 重大事故等対処施設としての評価結果

衛星電話機（緊急時対策所）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。評価用加速度は機能確認済加速度以下であり、設計用地震力に対して十分な電氣的機能を有していることを確認した。電氣的機能維持評価結果を第4-1表に示す。

第4-1表 電氣的機能維持評価結果（重大事故等対処施設）（1/5）

評価対象設備			加速度 確認部位	加振 方向		Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5
						評価用 加速度 (G)	評価用 加速度 (G)	評価用 加速度 (G)	評価用 加速度 (G)	評価用 加速度 (G)
計測 制御 系統 施設	その他	衛星電話機 (緊急時対 策所)	加振台	水平	X	1.05	0.91	0.85	0.85	0.80
					Y	0.96	1.01	0.85	0.77	0.74
				鉛直	Z	0.53	0.64	0.43	0.60	0.49

第4-1表 電氣的機能維持評価結果（重大事故等対処施設）（2/5）

評価対象設備			加速度 確認部位	加振 方向		Ss-6	Ss-7	Ss-8	Ss-9	Ss-10
						評価用 加速度 (G)	評価用 加速度 (G)	評価用 加速度 (G)	評価用 加速度 (G)	評価用 加速度 (G)
計測 制御 系統 施設	その他	衛星電話機 (緊急時対 策所)	加振台	水平	X	0.79	0.77	0.73	0.70	1.25
					Y	0.77	0.62	0.62	0.40	0.51
				鉛直	Z	0.49	0.41	0.39	0.33	0.40

第4-1表 電氣的機能維持評価結果（重大事故等対処施設）（3/5）

評価対象設備			加速度 確認部位	加振 方向		Ss-11	Ss-12	Ss-13	Ss-14	Ss-15
						評価用 加速度 (G)	評価用 加速度 (G)	評価用 加速度 (G)	評価用 加速度 (G)	評価用 加速度 (G)
計測 制御 系統 施設	その他	衛星電話機 (緊急時対 策所)	加振台	水平	X	1.01	0.67	0.87	0.90	0.93
					Y	1.02	0.71	0.75	0.87	0.72
				鉛直	Z	0.56	0.39	0.41	0.68	0.48

第4-1表 電氣的機能維持評価結果（重大事故等対処施設）（4/5）

評価対象設備			加速度 確認部位	加振 方向		Ss-16	Ss-17	Ss-18	Ss-19
						評価用 加速度 (G)	評価用 加速度 (G)	評価用 加速度 (G)	評価用 加速度 (G)
計測 制御 系統 施設	その他	衛星電話機 (緊急時対 策所)	加振台	水平	X	0.85	0.69	0.99	0.78
					Y	0.71	0.84	0.97	0.76
				鉛直	Z	0.44	0.50	0.57	0.36

第4-1表 電氣的機能維持評価結果（重大事故等対処施設）（5/5）

評価対象設備			加速度 確認部位	加振 方向		機能確認済 加速度 (6)	詳細評価
計測制御系統施設	その他	衛星電話機 (緊急時対策所)	加振台	水平	X	3.10	—
					Y	3.07	
				鉛直	Z	1.47	

資料 10-14-1-2-2 緊急時対策所通信設備収容架 2 の耐震計算書

目 次

	頁
1. 概要	03-添10-14-1-2-2-1
2. 基本方針	03-添10-14-1-2-2-1
2.1 構造の説明	03-添10-14-1-2-2-1
2.2 評価方針	03-添10-14-1-2-2-2
3. 耐震評価箇所	03-添10-14-1-2-2-2
4. 地震応答解析及び応力評価	03-添10-14-1-2-2-3
4.1 基本方針	03-添10-14-1-2-2-3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	03-添10-14-1-2-2-3
4.3 設計用地震力	03-添10-14-1-2-2-6
4.4 解析モデル及び諸元	03-添10-14-1-2-2-7
4.5 固有値	03-添10-14-1-2-2-9
4.6 応力評価方法	03-添10-14-1-2-2-11
4.7 応力評価条件	03-添10-14-1-2-2-15
5. 機能維持評価	03-添10-14-1-2-2-15
5.1 機能維持評価方法	03-添10-14-1-2-2-15
6. 評価結果	03-添10-14-1-2-2-17
6.1 重大事故等対処施設としての評価結果	03-添10-14-1-2-2-17

1. 概要

本資料は、資料10-9「機能維持の基本方針」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、緊急時対策所通信設備収容架2が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説明するものである。その耐震評価は、緊急時対策所通信設備収容架2の地震応答解析及び応力評価並びに機能維持評価により行う。

緊急時対策所通信設備収容架2は、重大事故等対処施設において常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、この分類に応じた耐震評価を示す。

2. 基本方針

2.1 構造の説明

資料10-11「機器・配管の耐震支持方針」の「2. 電気計測制御装置」にて設定した電気計測制御装置の支持方針に基づき設計した緊急時対策所通信設備収容架2の構造計画を第2-1表に示す。

第2-1表 緊急時対策所通信設備収容架2の構造計画

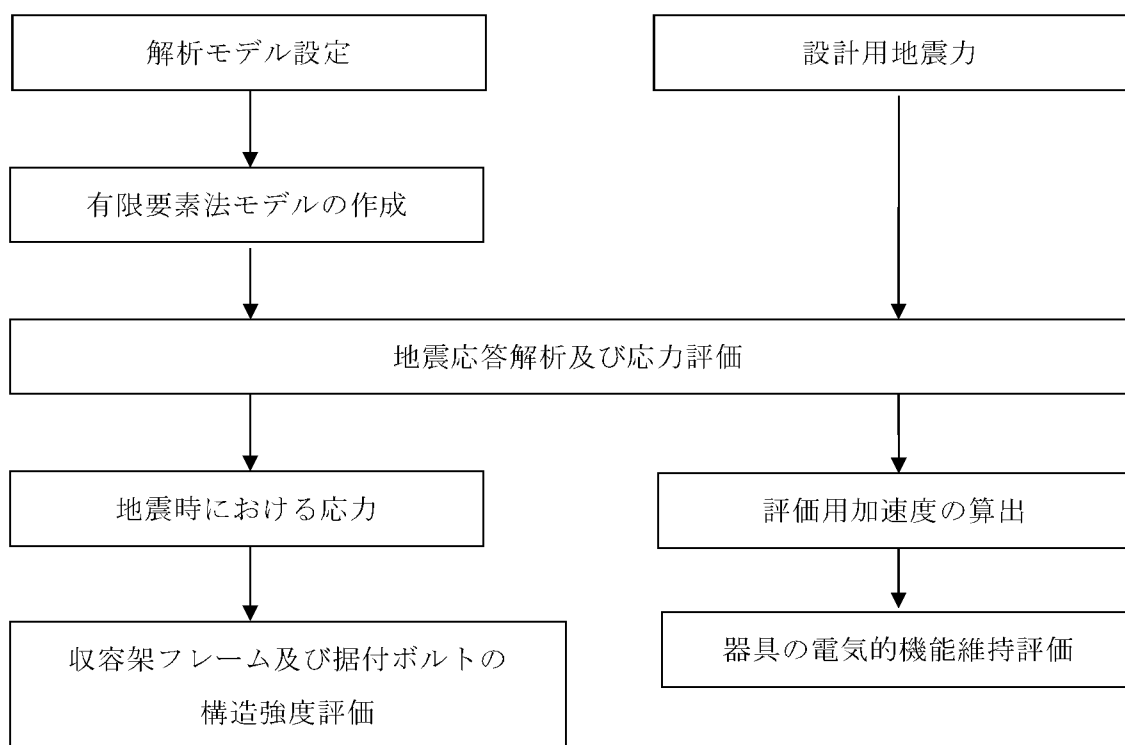
設備名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
緊急時対策所通信設備収容架2	垂直自立型 ^(注)	器具は棚板に取付ボルトにて固定する。棚板は棚板固定ボルトにて収容架フレームに固定する。収容架フレームは据付ボルトにて床面に固定する。	

(注) 電氣的機能維持評価を行う、器具（端末及び通信制御装置）を固定する架。

2.2 評価方針

緊急時対策所通信設備収容架2の応力評価は、資料10-9「機能維持の基本方針」の「3.1 構造強度上の制限」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 構造の説明」にて示す緊急時対策所通信設備収容架2の部位を踏まえ、「3. 耐震評価箇所」にて設定する箇所に作用する応力等が許容限界内に収まることを「4. 地震応答解析及び応力評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、緊急時対策所通信設備収容架2の機能維持評価は、資料10-9「機能維持の基本方針」の「4.2 電氣的機能維持」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを「5. 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「6. 評価結果」に示す。

緊急時対策所通信設備収容架2の耐震評価フローを第2-1図に示す。



第2-1図 緊急時対策所通信設備収容架2の耐震評価フロー

3. 耐震評価箇所

緊急時対策所通信設備収容架2の耐震評価は、耐震評価上厳しくなる収容架フレーム及び据付ボルトを選定して実施する。緊急時対策所通信設備収容架2の耐震評価箇所については、第2-1表の説明図に示す。

4. 地震応答解析及び応力評価

緊急時対策所通信設備収容架2の固有振動数、応力及び荷重を算出するための地震応答解析について以下に示す。

4.1 基本方針

- (1) 固有振動数及び荷重を求めるため、収容架フレームをはり要素によりモデル化した3次元FEMモデルによる固有値解析を行い、固有振動数が30Hz以上である場合は最大床加速度の1.2倍を用いた静解析を、30Hz未満20Hz以上である場合は最大床加速度の1.2倍を用いた静解析及びスペクトルモーダル解析を、20Hz未満である場合はスペクトルモーダル解析を実施する。
- (2) 解析コードは「MSC NASTRAN Ver. 2008.0.0」を使用する。
なお、評価に用いる解析コード「MSC NASTRAN Ver. 2008.0.0」の検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。
- (3) 境界条件として、据付ボルト位置をピン拘束する。なお、据付ボルト部は剛体として評価する。
- (4) 取付器具の質量は取付位置での中心の頂点に付加する。
- (5) 許容応力についてJSME S NC1-2005/2007の付録材料図表を用いて計算する際に、温度が付録材料図表記載値の中間の値の場合は、比例法を用いて計算する。ただし、比例法を用いる場合の端数処理は、小数第1位以下を切り捨てた値を用いるものとする。
- (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

緊急時対策所通信設備収容架2の荷重の組合せ及び許容応力状態について、重大事故等対処施設の評価に用いるものを第4-1表に示す。

4.2.2 許容応力

緊急時対策所通信設備収容架2の許容応力を第4-2表に示す。

4.2.3 使用材料の許容応力

緊急時対策所通信設備収容架2の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処施設の評価に用いるものを第4-3表に示す。

第4-1表 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処施設）

施設区分		機器名称	設備分類 ^(注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	その他	(注2) 緊急時対策所 通信設備収容架2	常設／防止 常設／緩和	—	$D + P_D + M_D + S_S$ ^(注3)	IV _A S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_S$	V _A S (V _A SとしてIV _A Sの許容限界を用いる)

(注1) 「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備、「常設／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備、「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備、「その他」は重大事故等対処設備（防止・緩和以外）を示す。

(注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。

(注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。

第4-2表 許容応力（その他の支持構造物（重大事故等対処施設））

許容 応力 状態	許容限界 ^(注1, 2, 3) (ボルト以外)				許容限界 ^(注2, 3) (ボルト等)	
	一次応力				一次応力	
	引張	せん断	圧縮	曲げ	引張	せん断
IV _A S	1.5 f _t [*]	1.5 f _s [*]	1.5 f _c [*]	1.5 f _b [*]	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1) 「鋼構造設計規準 SI単位版」(2002年日本建築学会)等の幅厚比の制限を満足させる。

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

(注3) 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。

第4-3表 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処施設）

(1) 収容架フレーム

材質	温度条件 (°C)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F [*] (MPa)
SS400 (t ≤ 16)	40 (雰囲気温度)	245	400	280
STKR400	40 (雰囲気温度)	196	320	224

(2) 据付ボルト

材質	温度条件 (°C)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F* (MPa)
SUS304	40 (雰囲気温度)	205	520	246

4.3 設計用地震力

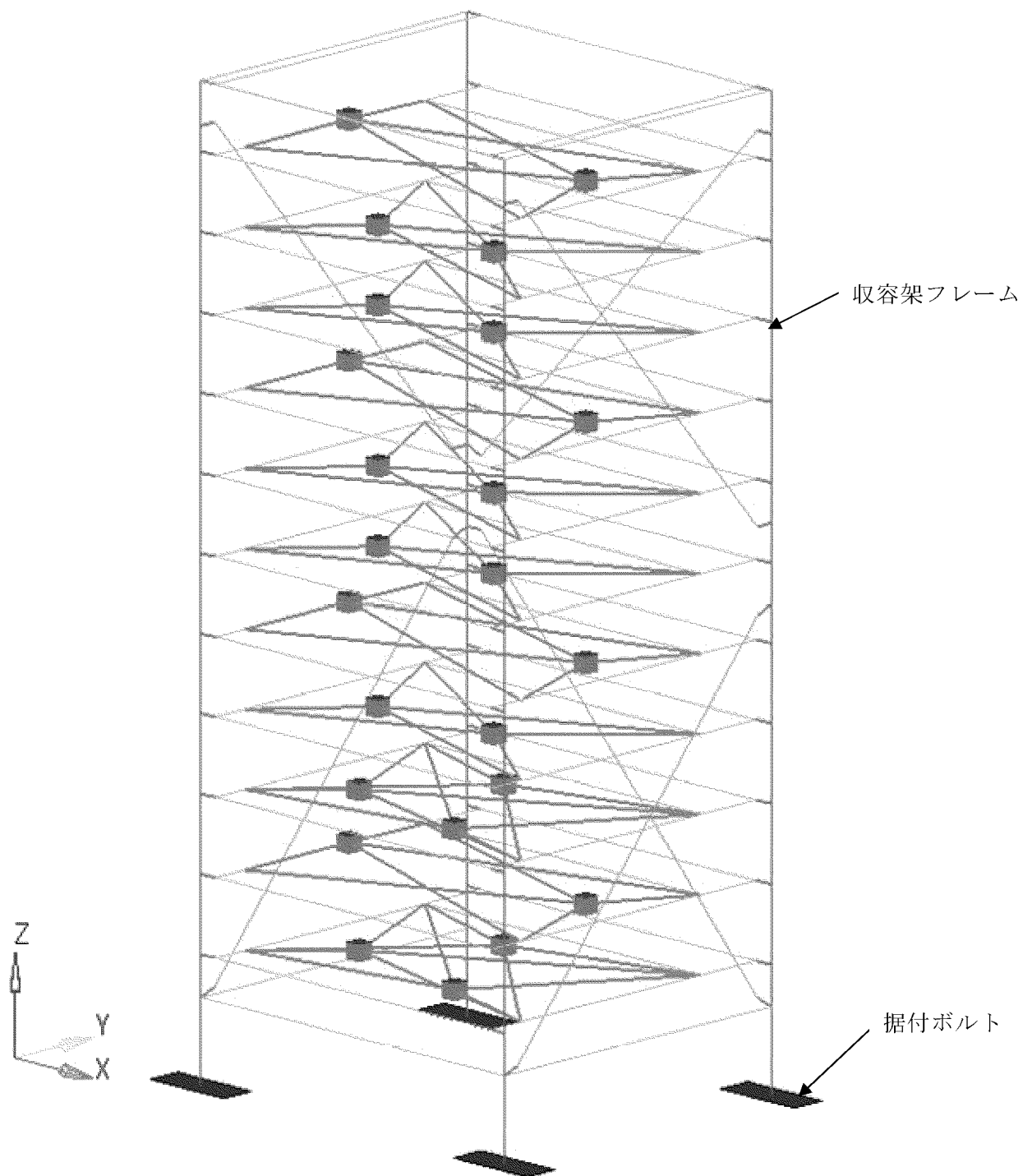
耐震計算に用いる入力地震力には、資料10-7「設計用床応答曲線の作成方針」の「2. 床応答スペクトル解析」にて設定した床応答の作成方針に基づき、第4-4表にて示す条件を用いて作成した設計用床応答曲線を用いる。また、減衰定数は資料10-6「地震応答解析の基本方針」の「3. 設計用減衰定数」第3-1表に記載の減衰定数を用いる。

第4-4表 設計用地震力

設置場所 及び 床面高さ (m)	設計用床応答曲線			備 考
	建屋 及び高さ (m)	方向	減衰定数 (%)	
<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-bottom: 5px;"></div> E. L. <div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 15px; display: inline-block;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-bottom: 5px;"></div> E. L. <div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 15px; display: inline-block;"></div>	水平	1.0	水平方向はS _{s-1} ～S _{s-19} のX方向及びY方向の包絡曲線を用いる。 鉛直方向はS _{s-1} ～S _{s-19} の包絡曲線を用いる。
		鉛直	1.0	

4.4 解析モデル及び諸元

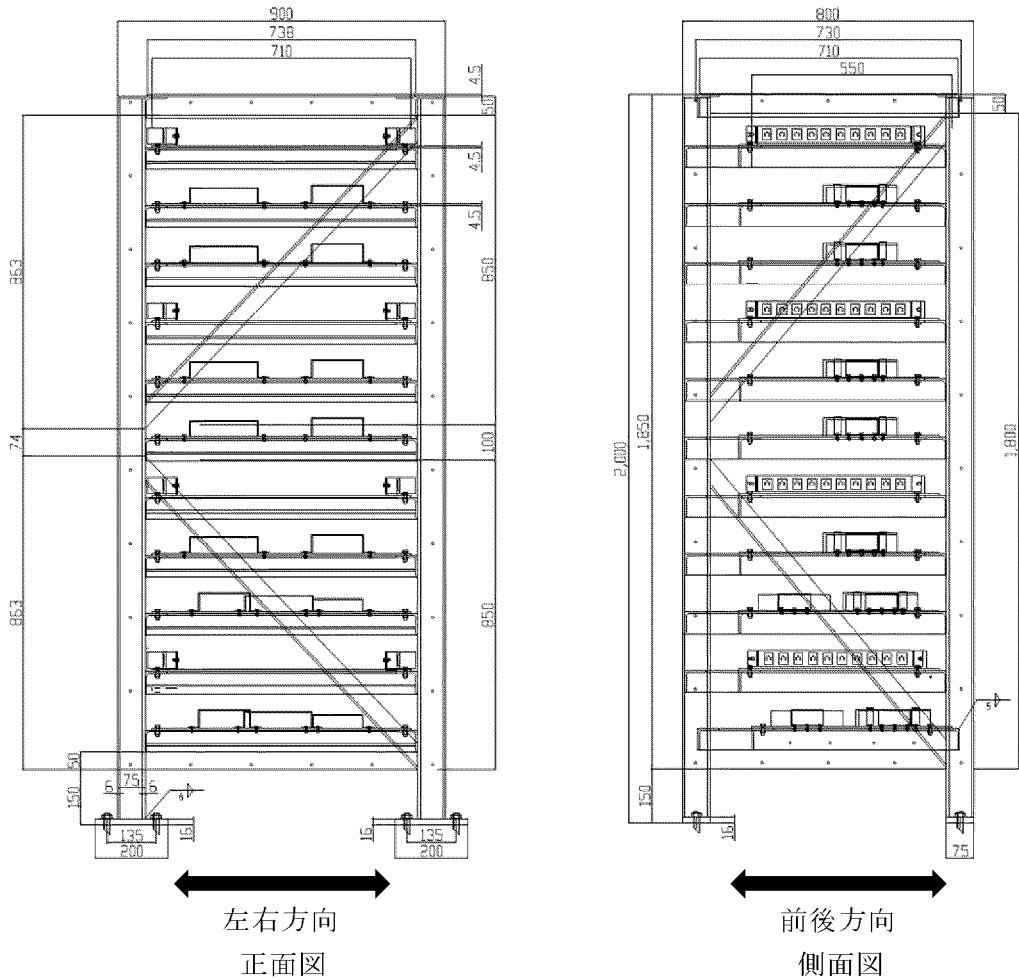
解析モデルは、収容架フレームを構成する鋼材をはり要素、器具を質量要素としてモデル化した3次元FEMモデルである。解析モデルを第4-1図に、解析モデルの諸元を第4-5表に示す。



第4-1図 解析モデル

第4-5表 解析モデルの諸元

項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	SS400 (t ≤ 16)
			STKR400
温度条件 (雰囲気温度)	T	°C	40
縦弾性係数	E	MPa	2.02×10^5
ポアソン比	ν	—	0.3
寸法	—	—	第4-2図
質量	m	kg	465
要素数	—	個	442
節点数	—	個	407



(単位 : mm)

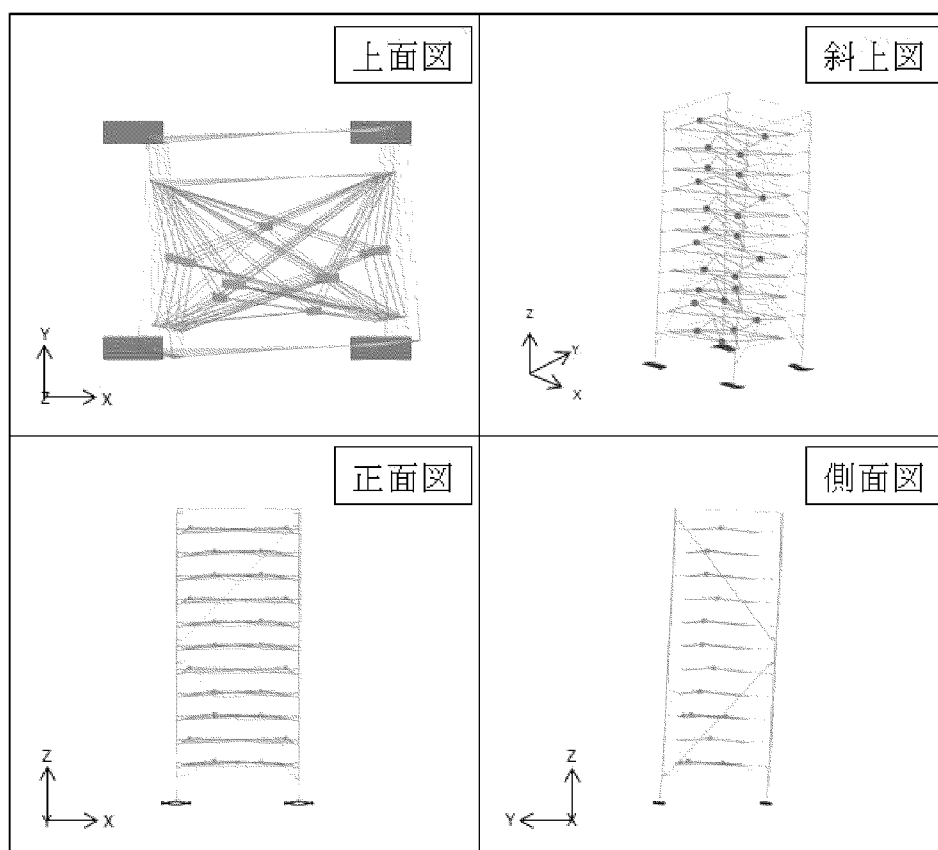
第4-2図 緊急時対策所通信設備収容架2外形図

4.5 固有値

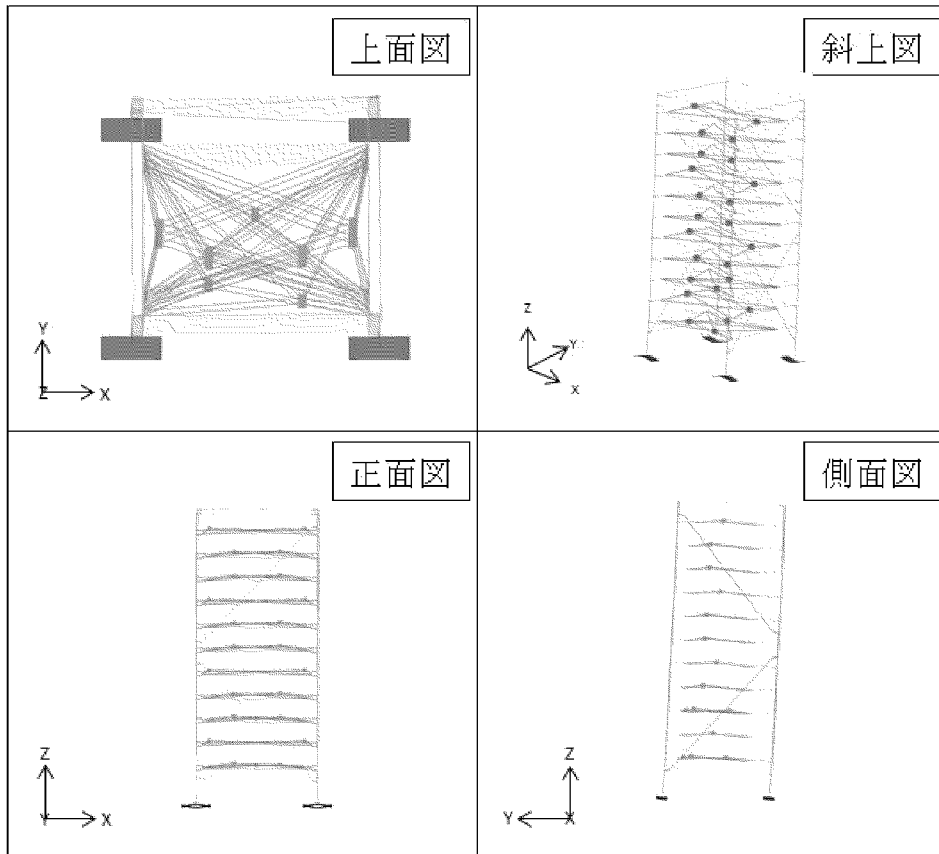
固有振動数の解析結果を第4-6表に、1次モード図及び刺激係数が各方向について高いモードの振動モード図を第4-3図～第4-5図に示す。

第4-6表 固有振動数

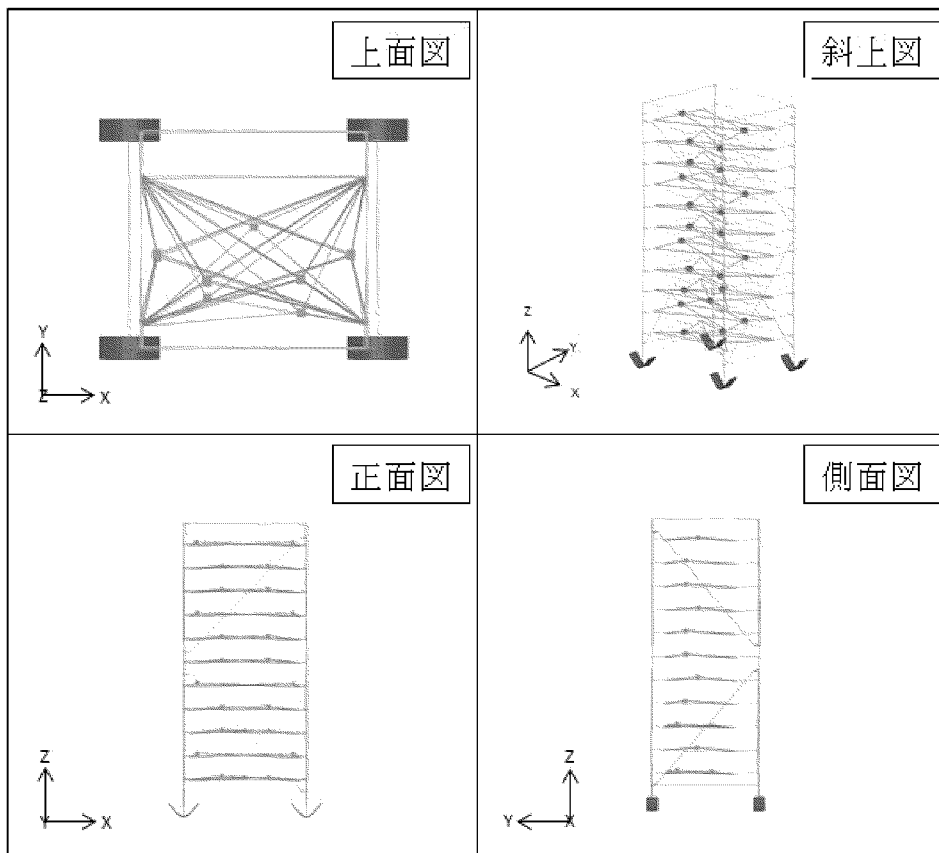
次数	固有振動数 (Hz)	刺激係数			卓越相当部材
		左右(X)方向	前後(Y)方向	鉛直(Z)方向	
1	26.5	0.579	-0.023	0.002	フレーム
2	31.7	0.017	0.607	-0.011	フレーム
3	55.3	0.198	0.015	0.006	フレーム
4	95.0	0.232	0.006	0.013	フレーム
5	108.4	0.004	-0.263	0.035	フレーム
6	116.6	-0.033	0.009	-0.004	フレーム
7	127.6	0.005	-0.026	-0.668	フレーム



第4-3図 振動モード図 (26.5 Hz)



第4-4図 振動モード図 (31.7 Hz)



第4-5図 振動モード図 (127.6 Hz)

4.6 応力評価方法

4.6.1 収容架フレームの応力計算式

FEM解析の結果から得られる収容架フレーム部分のはり要素の荷重、モーメントを用いて、以下の式により最大応力及び組合せ応力を算出する。また、最小裕度部位は第4-6図に示す。

応力の種類		単位	応力計算式
引張応力 σ_t		MPa	$\frac{F_x}{A}$
圧縮応力 σ_c		MPa	$\frac{F_x}{A}$
曲げ応力 σ_b		MPa	$\frac{M_y}{Z_y}, \frac{M_z}{Z_z}$
せん断応力 τ		MPa	$\sqrt{\tau_y^2 + \tau_z^2} + \tau_p$
組合せ	引張+曲げ	—	$\frac{\sigma_t + \sigma_{by} + \sigma_{bz}}{1.5f_t^*}, \frac{\sigma_{by} + \sigma_{bz} - \sigma_t}{1.5f_b^*}$
	圧縮+曲げ	—	$\frac{\sigma_c}{1.5f_c^*} + \frac{\sigma_{by} + \sigma_{bz}}{1.5f_b^*}, \frac{\sigma_{by} + \sigma_{bz} - \sigma_c}{1.5f_t^*}$

ここで、

$$\text{はりに作用する曲げ応力 } \sigma_{by} = M_y/Z_y, \quad \sigma_{bz} = M_z/Z_z$$

$$\text{はりに作用するせん断応力 } \tau_y = F_y/A_y, \quad \tau_z = F_z/A_z, \quad \tau_p = M_x/Z_p$$

(左右+鉛直)

記号	説明	単位	値
F_x	はりに作用する引張力	N	13,467
	はりに作用する圧縮力	N	13,516
F_y	はりに作用するY軸方向のせん断力	N	6,720
F_z	はりに作用するZ軸方向のせん断力	N	2,296
M_y	はりに作用するY軸周りの曲げモーメント	N・mm	307,465
M_z	はりに作用するZ軸周りの曲げモーメント	N・mm	536,577
M_x	はりに作用するねじりモーメント	N・mm	122,575
A	引張力が作用するはりの断面積	mm ²	564.4
	圧縮力が作用するはりの断面積	mm ²	564.4
A_y	はりの有効せん断断面積 (Y軸方向)	mm ²	756
A_z	はりの有効せん断断面積 (Z軸方向)	mm ²	756
Z_y	はりのY軸周りの断面係数	mm ³	5,000
Z_z	はりのZ軸周りの断面係数	mm ³	4,520
Z_p	はりのねじり断面係数	mm ³	57,100

(前後+鉛直)

記号	説明	単位	値
F_x	はりに作用する引張力	N	4,429
	はりに作用する圧縮力	N	803
F_y	はりに作用するY軸方向のせん断力	N	44
F_z	はりに作用するZ軸方向のせん断力	N	2,027
M_y	はりに作用するY軸周りの曲げモーメント	N・mm	73,954
M_z	はりに作用するZ軸周りの曲げモーメント	N・mm	11,614
M_x	はりに作用するねじりモーメント	N・mm	1
A	引張力が作用するはりの断面積	mm ²	564.4
	圧縮力が作用するはりの断面積	mm ²	600
A_y	はりの有効せん断断面積 (Y軸方向)	mm ²	756
A_z	はりの有効せん断断面積 (Z軸方向)	mm ²	756
Z_y	はりのY軸周りの断面係数	mm ³	4,520
Z_z	はりのZ軸周りの断面係数	mm ³	4,520
Z_p	はりのねじり断面係数	mm ³	57,100

4.6.2 据付ボルトの応力計算式

FEM解析の結果から得られる据付ボルト部の最大荷重を用いて、以下の式により最大応力及び組合せ応力を算出する。また、最小裕度部位は第4-6図に示す。

応力の種類	単位	応力計算式
引張応力 σ_{bt}	MPa	$\frac{F_x}{A}$
せん断応力 τ_{bs}	MPa	$\frac{\sqrt{F_y^2 + F_z^2}}{0.9A}$
組合せ応力	MPa	$\frac{F_x}{A}$

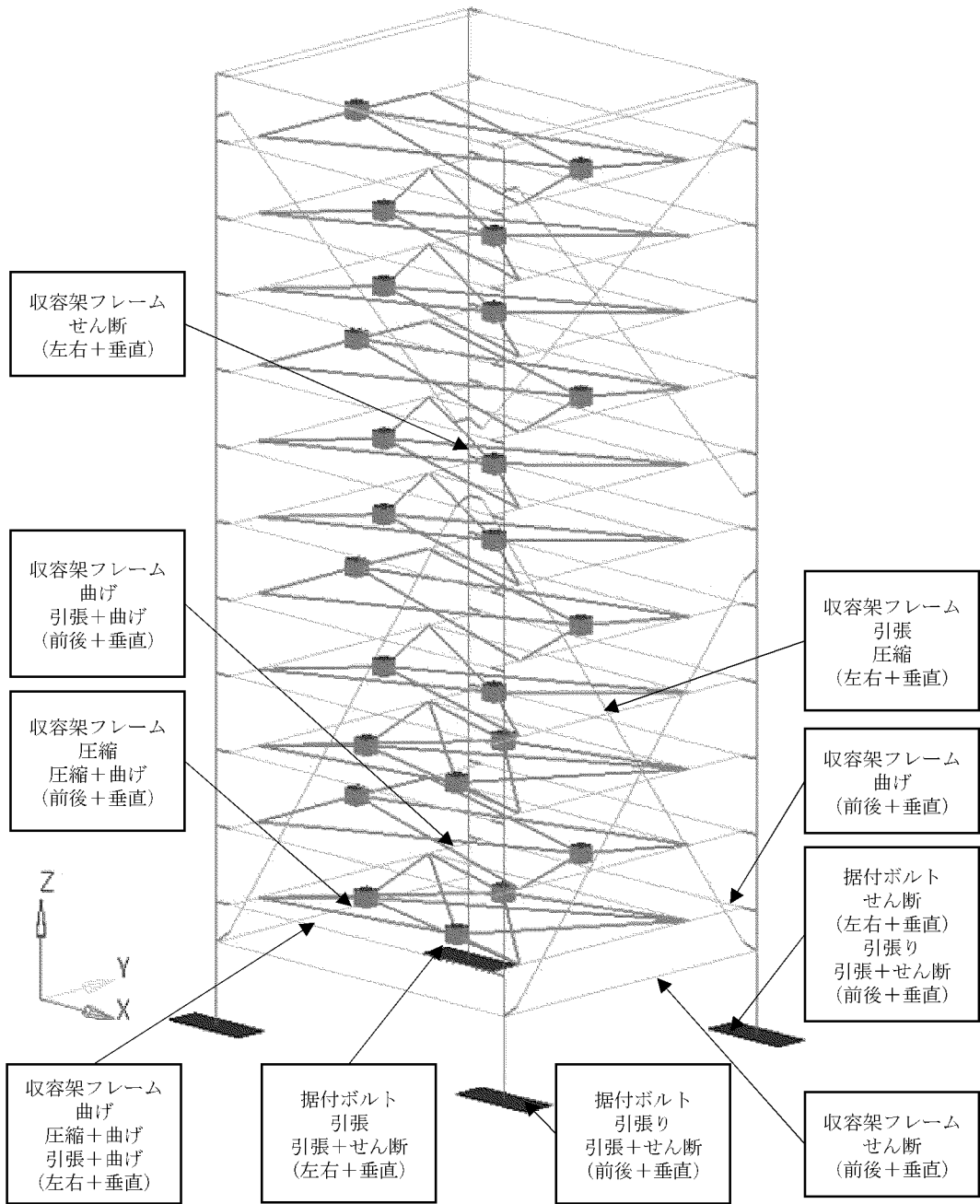
ここで、

(左右+鉛直)

記号	説明	単位	値
F_x	据付ボルトに作用する引張力	N	12,680
F_y	据付ボルトに作用するY軸方向のせん断力	N	3,297
F_z	据付ボルトに作用するZ軸方向のせん断力	N	558
A	据付ボルトの断面積	mm ²	201

(前後+鉛直)

記号	説明	単位	値
F_x	据付ボルトに作用する引張力	N	3,601
F_y	据付ボルトに作用するY軸方向のせん断力	N	22
F_z	据付ボルトに作用するZ軸方向のせん断力	N	1,041
A	据付ボルトの断面積	mm ²	201



第4-6図 最小裕度部位

4.7 応力評価条件

(1) 収容架フレーム

項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	SS400 ($t \leq 16$)
			STKR400

(2) 据付ボルト

項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	SUS304
ボルト呼び径	d	mm	10

(3) 設計用加速度

項目	記号	設計用加速度 (G)
水平	α_{H}	1.500 ^(注1)
鉛直	α_{V}	0.816 ^(注2)

(注1) 固有振動数が20Hz以上30Hz未満であることを確認したため、設計加速度は最大床応答加速度の1.2倍とスペクトルモーダル解析を使用する。

(注2) 固有振動数が30Hz以上であることを確認したため、設計用加速度には最大床応答加速度の1.2倍を使用する。

5. 機能維持評価

緊急時対策所通信設備収容架2内器具は、地震後に電氣的機能が要求されており、地震時及び地震後においても、その機能が維持されていることを示す。

5.1 機能維持評価方法

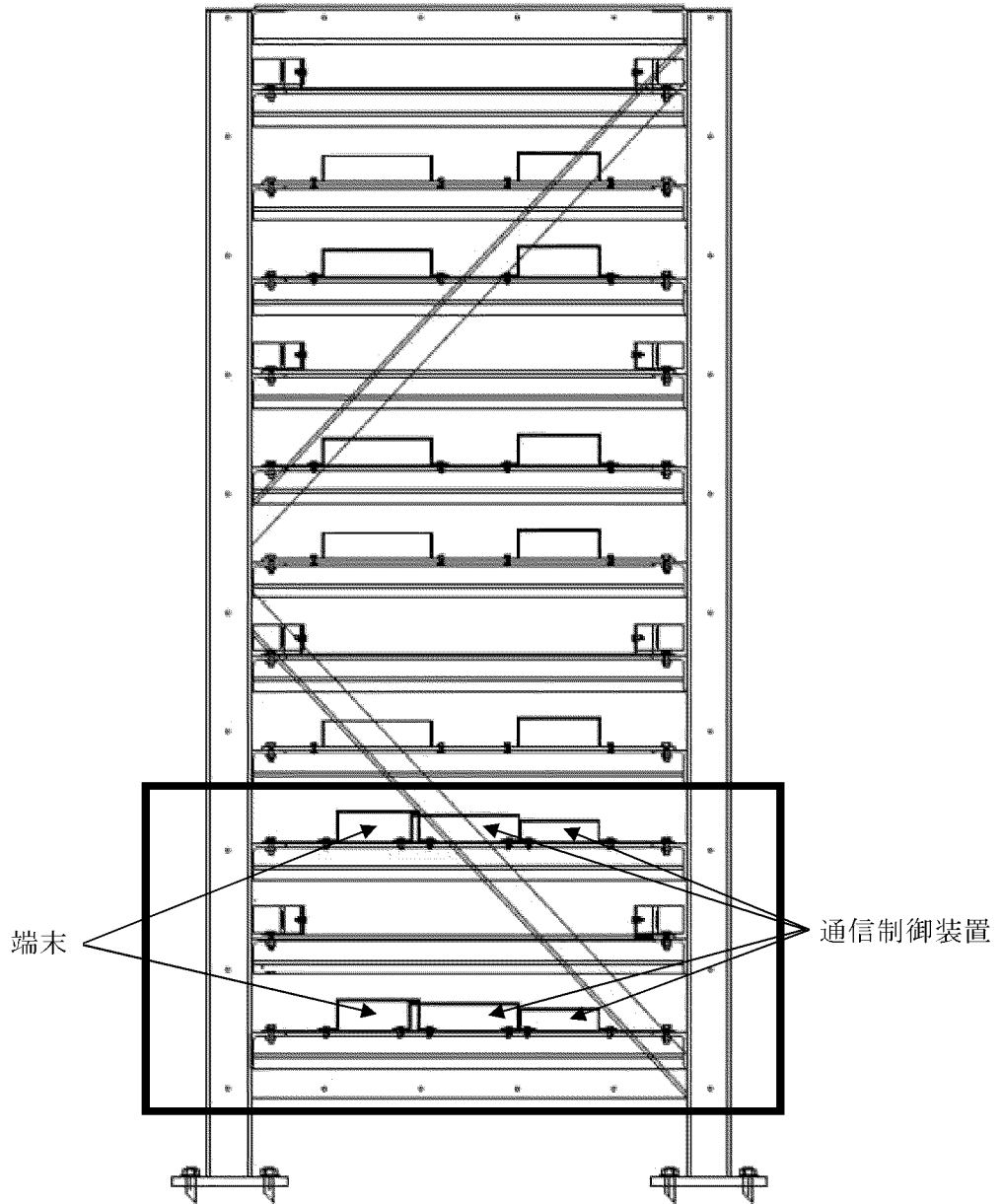
機能維持評価は、第4-1図に示す解析モデルによる地震応答解析を行い、器具の評価用加速度を求め、機能確認済加速度以下であることを確認する。なお、固有値解析結果より、固有振動数が30Hz以上であることを確認したため、評価用加速度には最大床応答加速度を用いる。

機能確認済加速度には、器具単体の正弦波加振試験（掃引試験及びビート試験）において、通信試験により電氣的機能の健全性を確認した加振波の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を第5-1表に示す。また、評価する器具の実装図を第5-1図に示す。

第5-1表 機能確認済加速度

器具名称	機能確認済加速度 (G)	
	水平	鉛直
通信制御装置	10.0	5.0
端末	10.0	5.0



第5-1図 器具の実装図

■ : 評価対象

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処施設としての評価結果

緊急時対策所通信設備収容架2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。発生値は許容値を満足しており、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。

基準地震動 S_s に対する応力評価結果を第6-1表に示す。また、電氣的機能維持評価結果を第6-2表に示す。

第6-1表 基準地震動Ssによる評価結果 (D+P_{SAD}+M_{SAD}+Ss) (1/2)

評価対象設備		評価部位	応力分類	(注1) 加速度の方向	発生値	許容値		
計測制御系統施設	その他	緊急時対策所 通信設備収容架2	収容架フレーム	引張 (単位 MPa)	前後+鉛直	8	280	
					左右+鉛直	24		
				せん断 (単位 MPa)	前後+鉛直	5	129	
					左右+鉛直	13		
				圧縮 (単位 MPa)	前後+鉛直	2	31	
					左右+鉛直	24	192	
				曲げ (単位 MPa)	前後+鉛直	17	280	
					左右+鉛直	119		
				組合せ	引張+曲げ (注2) (単位なし)	前後+鉛直	0.08	1
						左右+鉛直	0.45	
					圧縮+曲げ (注3) (単位なし)	前後+鉛直	0.12	
						左右+鉛直	0.46	

第6-1表 基準地震動Ssによる評価結果 (D+P_{SAD}+M_{SAD}+Ss) (2/2)

評価対象設備		評価部位	応力分類	(注1) 加速度の方向	発生値	許容値	
計測制御系統施設	その他	緊急時対策所 通信設備収容架2	据付 ボルト	引張 (単位 MPa)	前後+鉛直	18	184
					左右+鉛直	64	
				せん断 (単位 MPa)	前後+鉛直	6	142
					左右+鉛直	17	
				組合せ (単位 MPa)	前後+鉛直	18	184 (注4)
					左右+鉛直	64	

(注1) 緊急時対策所通信設備収容架2の正面に直行する方向を前後方向、正面と平行な方向を左右方向とする。

$$(注2) \text{Max} \left(\frac{\sigma_t + \sigma_{by} + \sigma_{bz}}{1.5f_t^*}, \frac{\sigma_{by} + \sigma_{bz} - \sigma_t}{1.5f_b^*} \right)$$

$$(注3) \text{Max} \left(\frac{\sigma_c}{1.5f_c^*} + \frac{\sigma_{by} + \sigma_{bz}}{1.5f_b^*}, \frac{\sigma_{by} + \sigma_{bz} - \sigma_c}{1.5f_t^*} \right)$$

(注4) 引張応力 (σ_{bt}) とせん断応力 (τ_{bs}) との組合せ応力の許容値は、 $\text{Min}(1.4 \cdot 1.5f_t^* - 1.6 \tau_{bs}, 1.5f_t^*)$ とする。

第6-2表 電氣的機能維持評価結果（重大事故等対処施設）

評価対象設備				機能確認済加速度との比較				
				加速度 確認部位	水平加速度 (G)		鉛直加速度 (G)	
					評価用 加速度	機能確認 済加速度	評価用 加速度	機能確認 済加速度
系統施設 計測制御	その他	緊急時対策所 通信設備収容架 2	通信制御装置	器具 取付位置	2.956	10.0	0.633	5.0
			端末	器具 取付位置	2.871	10.0	0.607	5.0

資料 10-14-1-2-3 衛星電話用アンテナ（緊急時対策所用）の耐震計算書

目 次

	頁
1. 概要	03-添10-14-1-2-3-1
2. 基本方針	03-添10-14-1-2-3-1
2.1 構造の説明	03-添10-14-1-2-3-1
2.2 評価方針	03-添10-14-1-2-3-2
3. 耐震評価箇所	03-添10-14-1-2-3-3
4. 地震応答解析	03-添10-14-1-2-3-3
4.1 固有値測定試験	03-添10-14-1-2-3-3
4.2 設計用地震力	03-添10-14-1-2-3-4
4.3 設計用加速度	03-添10-14-1-2-3-4
5. 応力評価	03-添10-14-1-2-3-5
5.1 基本方針	03-添10-14-1-2-3-5
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	03-添10-14-1-2-3-5
5.3 応力評価方法	03-添10-14-1-2-3-7
5.4 応力評価条件	03-添10-14-1-2-3-9
6. 機能維持評価	03-添10-14-1-2-3-10
6.1 機能維持評価方法	03-添10-14-1-2-3-10
7. 評価結果	03-添10-14-1-2-3-10
7.1 重大事故等対処施設としての評価結果	03-添10-14-1-2-3-10

1. 概要

本資料は、資料10-9「機能維持の基本方針」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、衛星電話用アンテナ（緊急時対策所用）が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説明するものである。その耐震評価は衛星電話用アンテナ（緊急時対策所用）の固有値測定及び応力評価並びに機能維持評価により行う。

衛星電話用アンテナ（緊急時対策所用）は、重大事故等対処施設において常設重大事故緩和設備に分類される。以下、この分類に応じた耐震評価を示す。

2. 基本方針

2.1 構造の説明

資料10-11「機器・配管の耐震支持方針」の「2. 電気計測制御装置」にて設定した電気計測制御装置の支持方針に基づき設計した衛星電話用アンテナ（緊急時対策所用）の構造計画を第2-1表に示す。

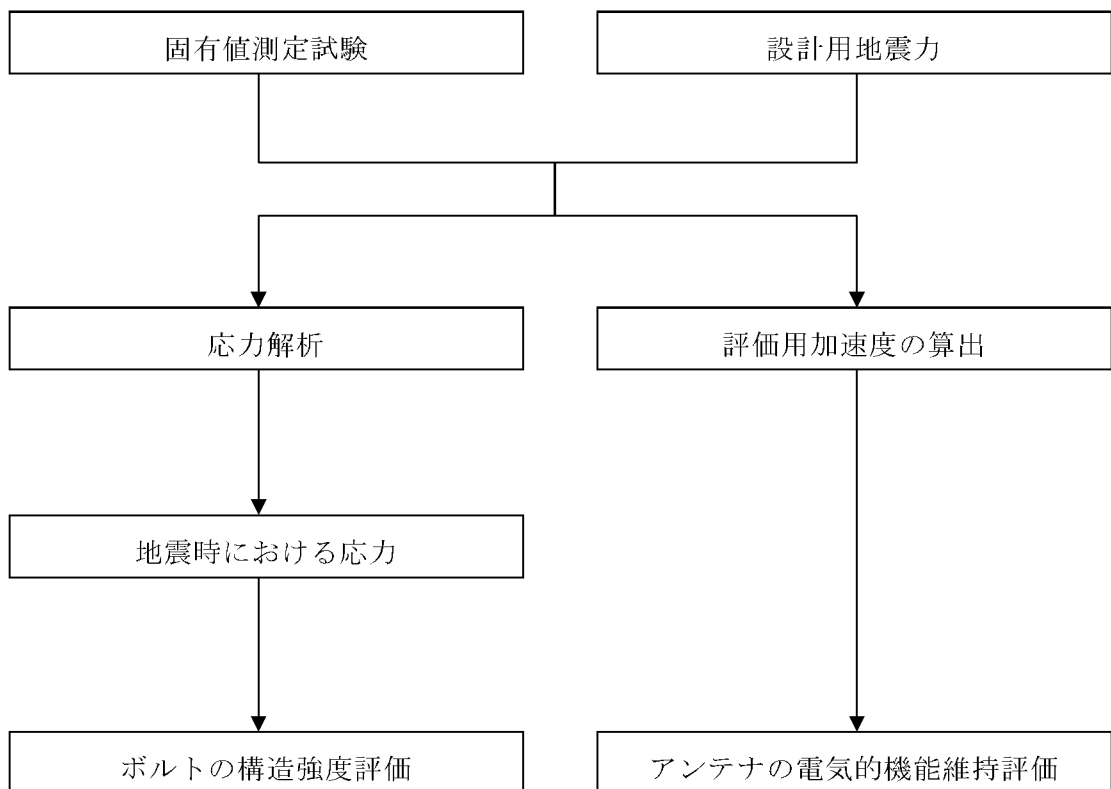
第2-1表 衛星電話用アンテナ（緊急時対策所用）の構造計画

設備名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
衛星電話用アンテナ (緊急時対策所用)	アンテナ	屋外衛星アンテナをアンテナ固定治具で固定し、同治具の基礎部を据付ボルトにより壁面に固定する。	

2.2 評価方針

衛星電話用アンテナ（緊急時対策所用）の応力評価は、資料10-9「機能維持の基本方針」の「3.1 構造強度上の制限」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 構造の説明」にて示す衛星電話用アンテナ（緊急時対策所用）の部位を踏まえ、「3. 耐震評価箇所」にて設定する箇所において、「4.1 固有値測定試験」で測定した固有振動数に基づく応力等が許容限界内に収まることを、「5. 応力評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、衛星電話用アンテナ（緊急時対策所用）の機能維持評価は、資料10-9「機能維持の基本方針」の「4.2 電氣的機能維持」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的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。

衛星電話用アンテナ（緊急時対策所用）の耐震評価フローを第2-1図に示す。



第2-1図 衛星電話用アンテナ（緊急時対策所用）の耐震評価フロー

3. 耐震評価箇所

衛星電話用アンテナ（緊急時対策所用）の耐震評価は、耐震評価上厳しくなる据付ボルトを選定して実施する。衛星電話用アンテナ（緊急時対策所用）の耐震評価箇所については、第2-1表の説明図に示す。

4. 地震応答解析

4.1 固有値測定試験

衛星電話用アンテナ（緊急時対策所用）の固有振動数測定方法について以下に示す。

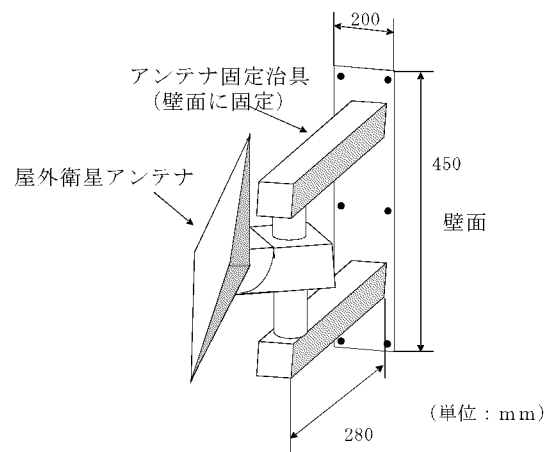
4.1.1 基本方針

ランダム振動試験にてアンテナの固有振動数を求める。

4.1.2 固有振動数の測定方法

振動試験を実施して、アンテナの応答を測定する。

衛星電話用アンテナ（緊急時対策所用）の据付状態を第4-1図に示す。



第4-1図 衛星電話用アンテナ（緊急時対策所用）据付状態図

4.1.3 固有値測定結果

固有振動数の測定結果を以下に示す。

固有振動数 (Hz)	
水平	30以上
鉛直	30以上

4.2 設計用地震力

耐震計算における入力地震力には、資料10-7「設計用床応答曲線の作成方針」の「2. 床応答スペクトル解析」にて設定した床応答の作成方針に基づき、第4-1表にて示す条件を用いて作成した設計用床応答曲線を用いる。また、減衰定数は、資料10-6「地震応答解析の基本方針」の第3-1表に記載の減衰定数を用いる。

第4-1表 設計用地震力

設置場所 及び 床面高さ (m)	設計用床応答曲線			備考
	建物 及び高さ (m)	方向	減衰定数 (%)	
<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 30px; margin-bottom: 5px;"></div> E. L. <div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 15px; display: inline-block;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 30px; margin-bottom: 5px;"></div> E. L. <div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 15px; display: inline-block;"></div>	水平	1.0	水平方向はS _s -1からS _s -19のX方向及びY方向の包絡曲線を用いる。 鉛直方向はS _s -1からS _s -19の包絡曲線を用いる。
		鉛直	1.0	

4.3 設計用加速度

項目	記号	設計用加速度 (G)
水平	$a_{//}$	1.500 (注)
鉛直	a_{ν}	0.816 (注)

(注) 固有振動数の測定結果により、剛構造であることを確認したため、設計用加速度には最大床加速度の1.2倍を使用する。

5. 応力評価

5.1 基本方針

- (1) 耐震計算モデルは1質点系モデルとし、アンテナの重心位置に地震荷重が作用するものとする。
- (2) 許容応力についてはJSME S NC1-2005/2007の付録材料図表を用いて計算する際に、温度が付録材料図表記載値の中間の値の場合は、比例法を用いて計算する。
ただし、比例法を用いる場合の端数処理は、小数第1位以下を切り捨てた値を用いるものとする。
- (3) 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

衛星電話用アンテナ（緊急時対策所用）の荷重の組合せ及び許容応力状態について、重大事故等対処施設の評価に用いるものを第5-1表に示す。

5.2.2 許容応力

衛星電話用アンテナ（緊急時対策所用）の許容応力を第5-2表に示す。

5.2.3 使用材料の許容応力

衛星電話用アンテナ（緊急時対策所用）の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処施設の評価に用いるものを第5-3表に示す。

第5-1表 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処施設）

施設区分		機器名称	設備分類 ^(注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	その他	衛星電話用 アンテナ (緊急時対策所用) ^(注2)	常設／緩和	—	^(注3) $D + P_D + M_D + S_S$	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1) 「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備、「常設／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備、「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

(注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。

(注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。

第5-2表 許容応力（その他の支持構造物（重大事故等対処施設））

許容応力状態	許容限界(ボルト等) ^(注1,2)	
	一次応力	
	引張	せん断
IV_{AS}	$1.5f_t^*$	$1.5f_s^*$

(注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。

(注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。

第5-3表 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処施設）

材質	温度条件 (°C)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F^* (MPa)
SUS304 ($t \leq 40$)	40 (雰囲気温度)	205	520	246

5.3 応力評価方法

5.3.1 記号の説明

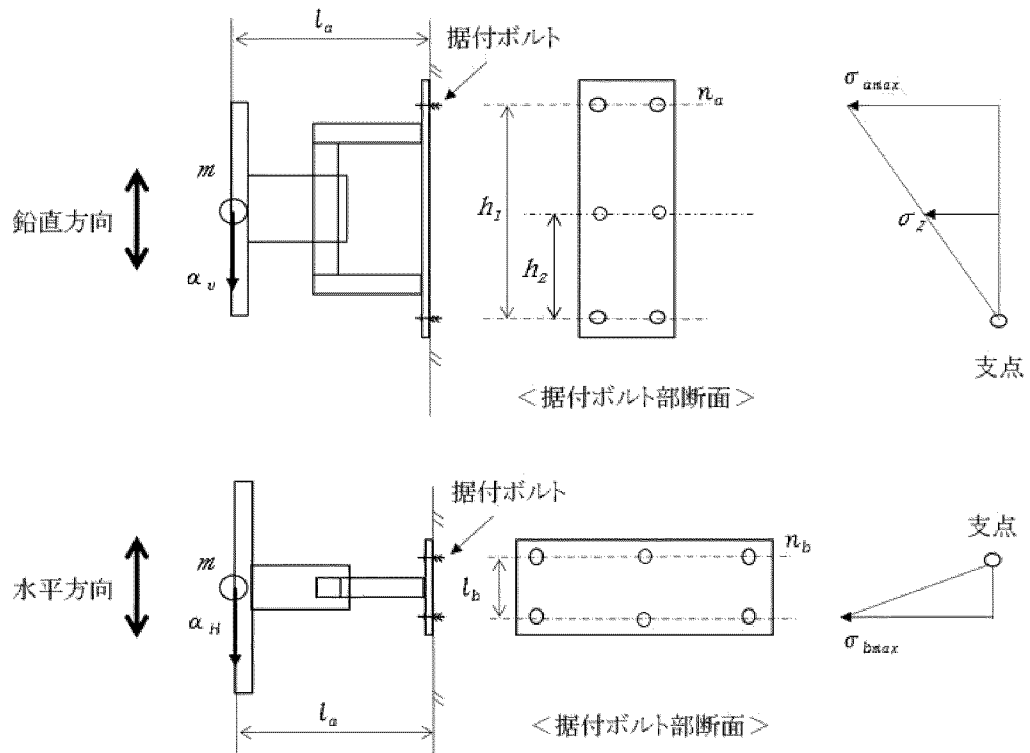
記号	記号の説明	単位
m	機器質量	kg
n_a	各列のボルト本数（水平方向）	本
n_b	各列のボルト本数（鉛直方向）	本
N	ボルト総数	本
d	ボルト呼び径	mm
S	ボルト断面積	mm ²
α_H	水平震度	—
α_V	鉛直震度	—
g	重力加速度	m/s ²
h_1	支点よりのボルト間距離（鉛直方向）	mm
h_2	支点よりのボルト間距離（中央部）（鉛直方向）	mm
l_a	壁面より機器重心までの水平距離	mm
l_b	支点よりのボルト間距離（水平方向）	mm
σ_{amax}	最大張力応力（鉛直方向）	MPa
σ_{bmax}	最大張力応力（水平方向）	MPa
τ_a	各ボルトにかかるせん断応力（鉛直方向）	MPa
τ_b	各ボルトにかかるせん断応力（水平方向）	MPa

5.3.2 応力計算

計算式については、材料力学公式等に則り以下のとおりとする。

(1) 据付ボルト

以下の応力計算モデルにて応力を計算する。



a. 鉛直方向

・引張応力

引張応力 σ_{amax} の算出

$$\sigma_{amax} = \frac{mgh_1(\alpha_v + 1)l_a}{Sn_a(h_1^2 + h_2^2)}$$

・せん断応力 τ_a の算出

$$\tau_a = \frac{mg(\alpha_v + 1)}{NS}$$

b. 水平方向

・引張応力

引張応力 $\sigma_{b\max}$ の算出

$$\sigma_{b\max} = \frac{mg\alpha_H l_a}{Sn_b l_b}$$

・せん断応力 τ_b の算出

$$\tau_b = \frac{mg\alpha_H}{NS}$$

5.4 応力評価条件

5.4.1 据付ボルトの応力計算条件

(1) 機器関係

項目	記号	単位	入力値
機器質量	m	kg	32
重力加速度	g	m/s ²	9.80665
支点よりのボルト間距離 (鉛直方向)	h_1	mm	400
支点よりのボルト間距離 (中央部) (鉛直方向)	h_2	mm	200
壁面より機器重心までの水平距離	l_a	mm	499
支点よりのボルト間距離 (水平方向)	l_b	mm	150

(注) 機器重心位置は保守的に機器先端とする。

(2) ボルト関係

項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	SUS304
ボルト呼び径	d	mm	12
ボルト断面積	S	mm ²	113
各列のボルト本数 (水平方向)	n_a	本	2
各列のボルト本数 (鉛直方向)	n_b	本	3
ボルト総数	N	本	6

6. 機能維持評価

衛星電話用アンテナ（緊急時対策所用）は、地震時及び地震後に電氣的機能が要求されており、地震時及び地震後においても、その機能が維持されていることを示す。

6.1 機能維持評価方法

機能維持評価は、衛星電話用アンテナ（緊急時対策所用）の固有振動数から応答加速度を求め、機能確認済み加速度以下であることを確認する。機能確認済み加速度には、衛星電話用アンテナ（緊急時対策所用）の正弦波加振試験（掃引試験及び連続試験）において、電氣的機能の健全性を確認した最大加速度を適用する。

評価用加速度が機能確認済み加速度以下であることを確認する。

機能確認済み加速度を第6-1表に示す。

なお、固有値測定結果より、固有振動数が30Hz以上であることを確認したため、評価用加速度は最大床加速度を使用する。

第6-1表 機能確認済み加速度

設備名称	加振方向		機能確認済み加速度 (G)
衛星電話用アンテナ (緊急時対策所用)	水平	X	10
		Y	10
	鉛直	Z	10

7. 評価結果

7.1 重大事故等対処施設としての評価結果

衛星電話用アンテナ（緊急時対策所用）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。発生値は許容値を満足しており、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確認した。

基準地震動 S_s に対する応力評価結果を第7-1表に示す。また、電氣的機能維持評価結果を第7-2表に示す。

第7-1表 基準地震動Ssに対する応力評価結果 (D+P_{SAD}+M_{SAD}+Ss)

評価対象設備			評価部位	応力分類	発生値	許容値
計測制御系統施設	その他	衛星電話用 アンテナ (緊急時対策所用)	据付ボルト	引張 (単位 MPa)	5	184
				せん断 (単位 MPa)	1	141
				組合せ (単位 MPa)	5	184 (注1)

(注1) 引張応力 (σ_{bt}) とせん断応力 (τ_{bs}) との組合せ応力の許容値は、 $\text{Min} (1.4 \cdot 1.5f_t^* - 1.6 \tau_{bs}, 1.5f_t^*)$ とする。

第7-2表 電氣的機能維持評価結果 (重大事故等対処施設)

評価対象設備			加速度 確認 部位	加振方向		評価用 加速度 (G)	機能 確認済 加速度 (G)	詳細評価
計測制御系統施設	その他	衛星電話用 アンテナ (緊急時対策所用)	加振台	水平	X	1.250	10	—
					Y	1.250	10	
				鉛直	Z	0.680	10	

資料 1 0 - 1 4 - 1 - 3 緊急時衛星通報システムの耐震計算書

緊急時衛星通報システムの耐震計算書は、以下の資料より構成されている。

- 資料 10-14-1-3-1 緊急時衛星通報システム端末の耐震計算書
- 資料 10-14-1-3-2 緊急時対策所通信設備収容架 2 の耐震計算書
- 資料 10-14-1-3-3 緊急時衛星通報システム用アンテナの耐震計算書

資料 1 0 - 1 4 - 1 - 3 - 1 緊急時衛星通報システム端末の耐震計算書

目 次

	頁
1. 概要	03-添10-14-1-3-1-1
2. 基本方針	03-添10-14-1-3-1-2
2.1 構造の説明	03-添10-14-1-3-1-2
2.2 評価方針	03-添10-14-1-3-1-3
3. 機能維持評価	03-添10-14-1-3-1-3
3.1 設計用地震力	03-添10-14-1-3-1-3
3.2 機能維持評価方法	03-添10-14-1-3-1-5
4. 評価結果	03-添10-14-1-3-1-7
4.1 重大事故等対処施設としての評価結果	03-添10-14-1-3-1-7

1. 概要

本資料は、資料10-9「機能維持の基本方針」にて設定している機能維持の設計方針に基づき、緊急時衛星通報システム端末が設計用地震力に対して十分な電氣的機能を有していることを説明するものである。その耐震評価は、緊急時衛星通報システム端末の機能維持評価により行う。

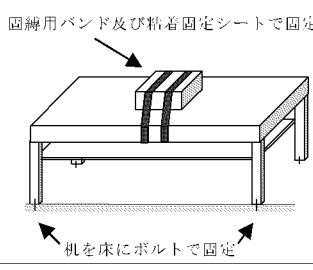
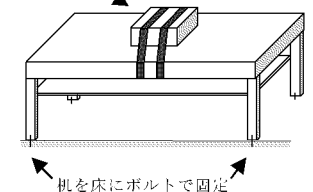
緊急時衛星通報システム端末は、重大事故等対処施設において重大事故等対処設備（防
止・緩和以外）に分類される。以下、この分類に応じた耐震評価を示す。

2. 基本方針

2.1 構造の説明

資料10-11「機器・配管の耐震支持方針」の「2. 電気計測制御装置」にて設定した電気計測制御装置の支持方針に基づき設計した緊急時衛星通報システム端末の構造計画を第2-1表に示す。緊急時衛星通報システム端末は、緊急時衛星通報システム端末(ノートパソコン)及び緊急時衛星通報システム端末(電話)で構成される。

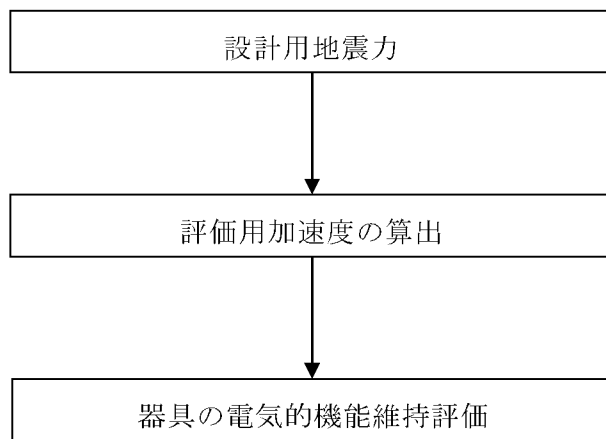
第2-1表 緊急時衛星通報システム端末の構造計画

設備名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
緊急時衛星通報システム端末(ノートパソコン)	ノートパソコン	机の上に固縛用バンド及び粘着固定シートで固定する。また、机は床にボルトで固定する。	 <p>固縛用バンド及び粘着固定シートで固定</p> <p>机を床にボルトで固定</p>
緊急時衛星通報システム端末(電話)	電話機	机の上に固縛用バンド及び粘着固定シートで固定する。また、机は床にボルトで固定する。	 <p>固縛用バンド及び粘着固定シートで固定</p> <p>机を床にボルトで固定</p>

2.2 評価方針

緊急時衛星通報システム端末の機能維持評価は、資料10-9「機能維持の基本方針」の「4.2 電氣的機能維持」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを、「3. 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「4. 評価結果」に示す。

緊急時衛星通報システム端末の耐震評価フローを第2-1図に示す。



第2-1図 緊急時衛星通報システム端末の耐震評価フロー

3. 機能維持評価

緊急時衛星通報システム端末は、地震後に電氣的機能が要求されており、地震後においても、その機能が維持されていることを示す。

3.1 設計用地震力

3.1.1 基本事項

緊急時衛星通報システム端末について、実際の設置状態を模擬して加振試験を行い、基準地震動 S_s による地震力に対して、要求される機能が維持されることを確認する。

3.1.2 設計用地震力

以下の加振波の最大加速度を上回る加速度で加振を行う。

・加振波 : 対象機器設置床における基準地震動 (Ss-1~Ss-19) に対する時刻歴応答加速度

・加振方向 : 水平(前後) + 鉛直、水平(左右) + 鉛直

建屋及び 床面高さ (m)	加振方向		最大加速度(G)							
			Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8
□ E. L. □	水平	X	1.05	0.91	0.85	0.85	0.80	0.79	0.77	0.73
		Y	0.96	1.01	0.85	0.77	0.74	0.77	0.62	0.62
	鉛直	Z	0.53	0.64	0.43	0.60	0.49	0.49	0.41	0.39
建屋及び 床面高さ (m)	加振方向		最大加速度(G)							
			Ss-9	Ss-10	Ss-11	Ss-12	Ss-13	Ss-14	Ss-15	Ss-16
□ E. L. □	水平	X	0.70	1.25	1.01	0.67	0.87	0.90	0.93	0.85
		Y	0.40	0.51	1.02	0.71	0.75	0.87	0.72	0.71
	鉛直	Z	0.33	0.40	0.56	0.39	0.41	0.68	0.48	0.44
建屋及び 床面高さ (m)	加振方向		最大加速度(G)							
			Ss-17	Ss-18	Ss-19					
□ E. L. □	水平	X	0.69	0.99	0.78					
		Y	0.84	0.97	0.76					
	鉛直	Z	0.50	0.57	0.36					

3.2 機能維持評価方法

機能維持評価は、実際の設置状態を模擬した状態により、対象機器設置床における基準地震動（Ss-1～Ss-19）に対する時刻歴応答加速度の最大床応答加速度を上回る加速度にて加振試験を行い、加振試験後に電氣的機能が維持されていることを通信試験により確認する。

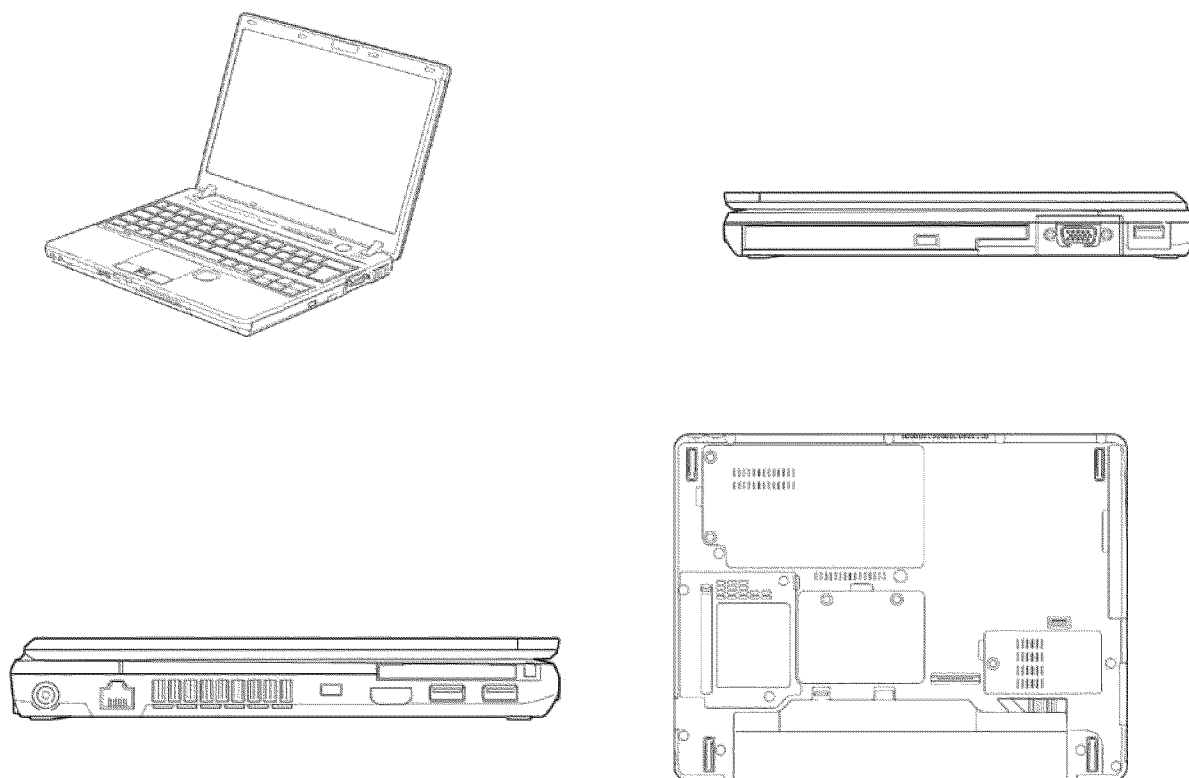
機能確認済加速度は、加振試験において、通信試験により電氣的機能の健全性を確認した加振波の最大加速度を適用する。

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。

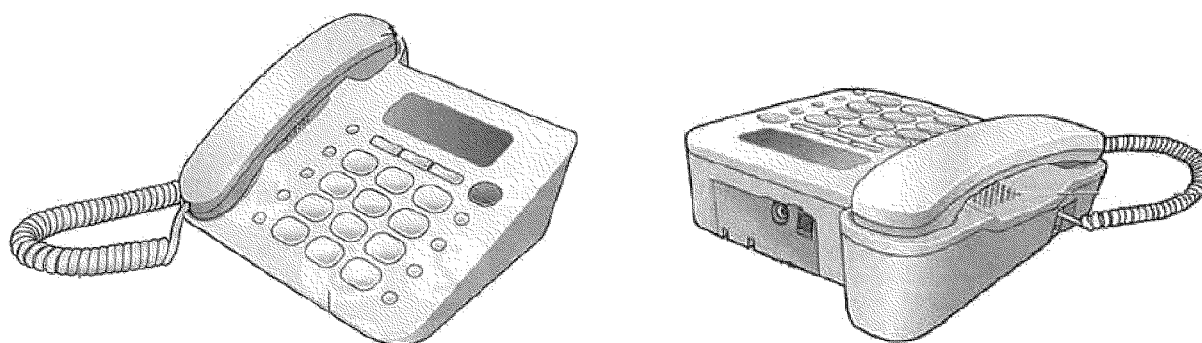
機能確認済加速度を第3-1表に示す。また、評価する器具の外形図を第3-1図～第3-2図に示す。

第3-1表 機能確認済加速度

設備名称	加振方向		機能確認済 加速度 (G)
	・緊急時衛星通報システム端末 (ノートパソコン) ・緊急時衛星通報システム端末 (電話)	水平	X
Y			3.07
鉛直		Z	1.47



第3-1図 緊急時衛星通報システム端末（ノートパソコン） 外形図



第3-2図 緊急時衛星通報システム端末（電話） 外形図

4. 評価結果

4.1 重大事故等対処施設としての評価結果

緊急時衛星通報システム端末の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。評価用加速度は機能確認済加速度以下であり、設計用地震力に対して十分な電氣的機能を有していることを確認した。電氣的機能維持評価結果を第4-1表に示す。

第4-1表 電氣的機能維持評価結果（重大事故等対処施設）（1 / 5）

評価対象設備			加速度 確認部位	加振 方向		Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5
						評価用 加速度 (G)	評価用 加速度 (G)	評価用 加速度 (G)	評価用 加速度 (G)	評価用 加速度 (G)
計測制御系統施設	その他	緊急時 衛星通報システム端末 (ノートパソコン)	加振台	水平	X	1.05	0.91	0.85	0.85	0.80
		Y			0.96	1.01	0.85	0.77	0.74	
	緊急時 衛星通報システム端末 (電話)	鉛直	Z	0.53	0.64	0.43	0.60	0.49		

第4-1表 電氣的機能維持評価結果（重大事故等対処施設）（2 / 5）

評価対象設備			加速度 確認部位	加振 方向	Ss-6	Ss-7	Ss-8	Ss-9	Ss-10	
					評価用 加速度 (G)	評価用 加速度 (G)	評価用 加速度 (G)	評価用 加速度 (G)	評価用 加速度 (G)	
計測制御系統施設	その他	緊急時 衛星通報システム端末 (ノートパソコン)	加振台	水平	X	0.79	0.77	0.73	0.70	1.25
		Y			0.77	0.62	0.62	0.40	0.51	
	緊急時 衛星通報システム端末 (電話)	鉛直	Z	0.49	0.41	0.39	0.33	0.40		

第4-1表 電氣的機能維持評価結果（重大事故等対処施設）（3 / 5）

評価対象設備			加速度 確認部位	加振 方向		Ss-11	Ss-12	Ss-13	Ss-14	Ss-15
						評価用 加速度 (G)	評価用 加速度 (G)	評価用 加速度 (G)	評価用 加速度 (G)	評価用 加速度 (G)
計測制御系統施設	その他	緊急時 衛星通報システム端末 (ノートパソコン)	加振台	水平	X	1.01	0.67	0.87	0.90	0.93
		Y			1.02	0.71	0.75	0.87	0.72	
	緊急時 衛星通報システム端末 (電話)	鉛直		Z	0.56	0.39	0.41	0.68	0.48	

第4-1表 電氣的機能維持評価結果（重大事故等対処施設）（4 / 5）

評価対象設備			加速度 確認部位	加振 方向		Ss-16	Ss-17	Ss-18	Ss-19
						評価用 加速度 (G)	評価用 加速度 (G)	評価用 加速度 (G)	評価用 加速度 (G)
計測制御系統施設	その他	緊急時 衛星通報システム端末 (ノートパソコン)	加振台	水平	X	0.85	0.69	0.99	0.78
		Y			0.71	0.84	0.97	0.76	
	緊急時 衛星通報システム端末 (電話)	鉛直		Z	0.44	0.50	0.57	0.36	

第4-1表 電氣的機能維持評価結果（重大事故等対処施設）（5 / 5）

評価対象設備		加速度 確認部位	加振 方向	機能確認済 加速度 (G)	詳細評価	
計測制御系統施設	その他	緊急時 衛星通報システム端末 (ノートパソコン)	加振台	水平	X 3.10	—
				Y 3.07		
	緊急時 衛星通報システム端末 (電話)	鉛直	Z 1.47			

資料 10-14-1-3-2 緊急時対策所通信設備収容架 2 の耐震計算書

目 次

	頁
1. 概要	03-添10-14-1-3-2-1
2. 基本方針	03-添10-14-1-3-2-1
2.1 構造の説明	03-添10-14-1-3-2-1
2.2 評価方針	03-添10-14-1-3-2-2
3. 耐震評価箇所	03-添10-14-1-3-2-2
4. 地震応答解析及び応力評価	03-添10-14-1-3-2-3
4.1 基本方針	03-添10-14-1-3-2-3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	03-添10-14-1-3-2-3
4.3 設計用地震力	03-添10-14-1-3-2-6
4.4 解析モデル及び諸元	03-添10-14-1-3-2-7
4.5 固有値	03-添10-14-1-3-2-9
4.6 応力評価方法	03-添10-14-1-3-2-11
4.7 応力評価条件	03-添10-14-1-3-2-15
5. 機能維持評価	03-添10-14-1-3-2-15
5.1 機能維持評価方法	03-添10-14-1-3-2-15
6. 評価結果	03-添10-14-1-3-2-17
6.1 重大事故等対処施設としての評価結果	03-添10-14-1-3-2-17

1. 概要

本資料は、資料10-9「機能維持の基本方針」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、緊急時対策所通信設備収容架2が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説明するものである。その耐震評価は、緊急時対策所通信設備収容架2の地震応答解析及び応力評価並びに機能維持評価により行う。

緊急時対策所通信設備収容架2は、重大事故等対処施設において常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、この分類に応じた耐震評価を示す。

2. 基本方針

2.1 構造の説明

資料10-11「機器・配管の耐震支持方針」の「2. 電気計測制御装置」にて設定した電気計測制御装置の支持方針に基づき設計した緊急時対策所通信設備収容架2の構造計画を第2-1表に示す。

第2-1表 緊急時対策所通信設備収容架2の構造計画

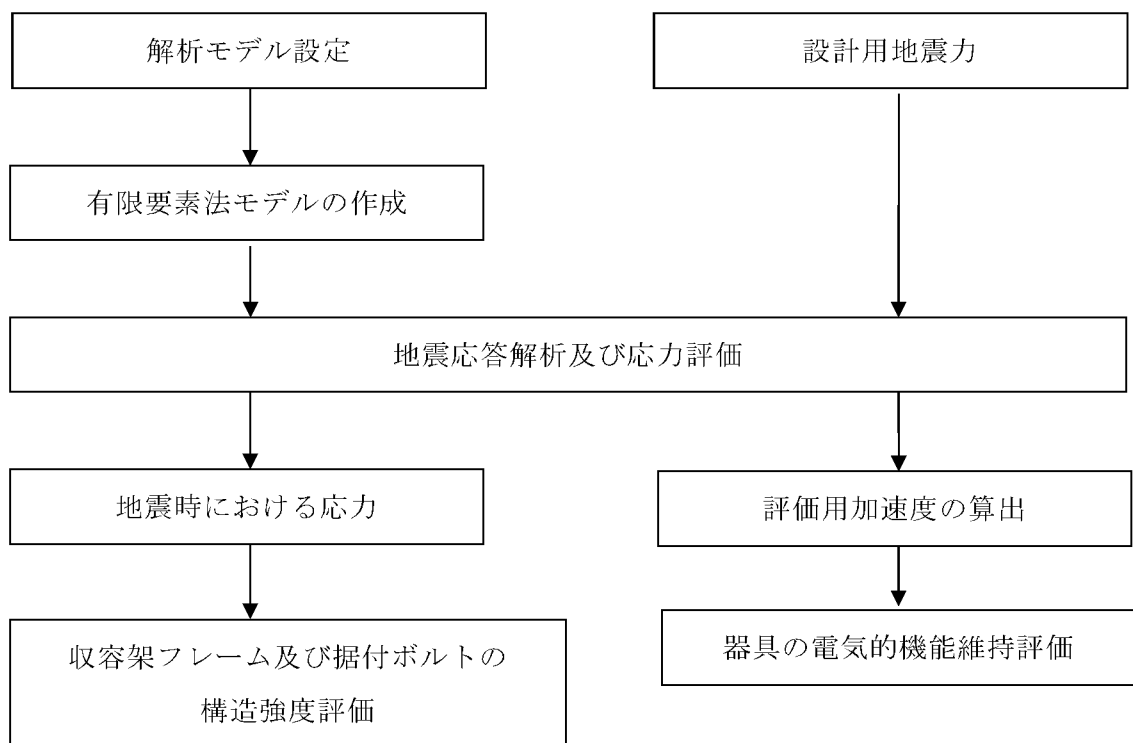
設備名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
緊急時対策所通信設備収容架2	垂直自立型 ^(注)	器具は棚板に取付ボルトにて固定する。棚板は棚板固定ボルトにて収容架フレームに固定する。収容架フレームは据付ボルトにて床面に固定する。	

(注) 電氣的機能維持評価を行う、器具（端末及び通信制御装置）を固定する架。

2.2 評価方針

緊急時対策所通信設備収容架2の応力評価は、資料10-9「機能維持の基本方針」の「3.1 構造強度上の制限」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 構造の説明」にて示す緊急時対策所通信設備収容架2の部位を踏まえ、「3. 耐震評価箇所」にて設定する箇所に作用する応力等が許容限界内に収まることを「4. 地震応答解析及び応力評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、緊急時対策所通信設備収容架2の機能維持評価は、資料10-9「機能維持の基本方針」の「4.2 電氣的機能維持」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを「5. 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「6. 評価結果」に示す。

緊急時対策所通信設備収容架2の耐震評価フローを第2-1図に示す。



第2-1図 緊急時対策所通信設備収容架2の耐震評価フロー

3. 耐震評価箇所

緊急時対策所通信設備収容架2の耐震評価は、耐震評価上厳しくなる収容架フレーム及び据付ボルトを選定して実施する。緊急時対策所通信設備収容架2の耐震評価箇所については、第2-1表の説明図に示す。

4. 地震応答解析及び応力評価

緊急時対策所通信設備収容架 2 の固有振動数、応力及び荷重を算出するための地震応答解析について以下に示す。

4.1 基本方針

- (1) 固有振動数及び荷重を求めるため、収容架フレームをはり要素によりモデル化した3次元FEMモデルによる固有値解析を行い、固有振動数が30Hz以上である場合は最大床加速度の1.2倍を用いた静解析を、30Hz未満20Hz以上である場合は最大床加速度の1.2倍を用いた静解析及びスペクトルモーダル解析を、20Hz未満である場合はスペクトルモーダル解析を実施する。
- (2) 解析コードは「MSC NASTRAN Ver. 2008.0.0」を使用する。
なお、評価に用いる解析コード「MSC NASTRAN Ver. 2008.0.0」の検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。
- (3) 境界条件として、据付ボルト位置をピン拘束する。なお、据付ボルト部は剛体として評価する。
- (4) 取付器具の質量は取付位置での中心の頂点に付加する。
- (5) 許容応力についてJSME S NC1-2005/2007の付録材料図表を用いて計算する際に、温度が付録材料図表記載値の中間の値の場合は、比例法を用いて計算する。ただし、比例法を用いる場合の端数処理は、小数第1位以下を切り捨てた値を用いるものとする。
- (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

緊急時対策所通信設備収容架 2 の荷重の組合せ及び許容応力状態について、重大事故等対処施設の評価に用いるものを第4-1表に示す。

4.2.2 許容応力

緊急時対策所通信設備収容架 2 の許容応力を第4-2表に示す。

4.2.3 使用材料の許容応力

緊急時対策所通信設備収容架 2 の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処施設の評価に用いるものを第4-3表に示す。

第4-1表 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処施設）

施設区分		機器名称	設備分類 ^(注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	その他	緊急時対策所 通信設備収容架 2	常設／防止 常設／緩和	—	$D + P_D + M_D + S_S$ ^(注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1) 「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備、「常設／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備、「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備、「その他」は重大事故等対処設備（防止・緩和以外）を示す。

(注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。

(注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。

第4-2表 許容応力（その他の支持構造物（重大事故等対処施設））

許容 応力 状態	許容限界 ^(注1, 2, 3) (ボルト以外)				許容限界 ^(注2, 3) (ボルト等)	
	一次応力				一次応力	
	引張	せん断	圧縮	曲げ	引張	せん断
IV _A S	1.5 f _t [*]	1.5 f _s [*]	1.5 f _c [*]	1.5 f _b [*]	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1) 「鋼構造設計規準 SI単位版」(2002年日本建築学会)等の幅厚比の制限を満足させる。

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

(注3) 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。

第4-3表 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処施設）

(1) 収容架フレーム

材質	温度条件 (°C)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F [*] (MPa)
SS400 (t ≤ 16)	40 (雰囲気温度)	245	400	280
STKR400	40 (雰囲気温度)	196	320	224

(2) 据付ボルト

材質	温度条件 (°C)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F^* (MPa)
SUS304	40 (雰囲気温度)	205	520	246

4.3 設計用地震力

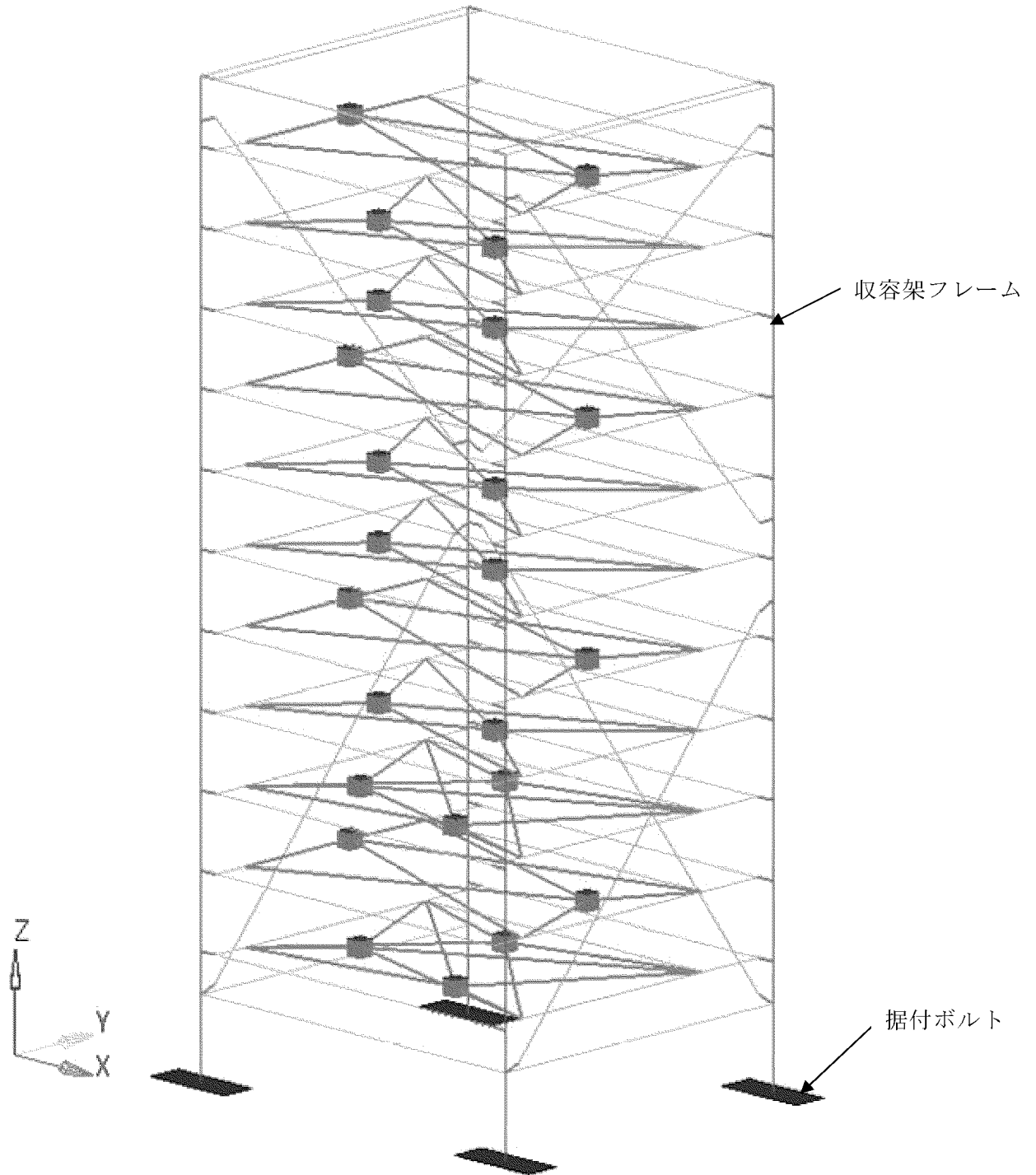
耐震計算に用いる入力地震力には、資料10-7「設計用床応答曲線の作成方針」の「2. 床応答スペクトル解析」にて設定した床応答の作成方針に基づき、第4-4表にて示す条件を用いて作成した設計用床応答曲線を用いる。また、減衰定数は資料10-6「地震応答解析の基本方針」の「3. 設計用減衰定数」第3-1表に記載の減衰定数を用いる。

第4-4表 設計用地震力

設置場所 及び 床面高さ (m)	設計用床応答曲線			備 考
	建屋 及び高さ (m)	方向	減衰定数 (%)	
<input type="text"/>	<input type="text"/>	水平	1.0	水平方向はSs-1～Ss-19のX方向及びY方向の包絡曲線を用いる。 鉛直方向はSs-1～Ss-19の包絡曲線を用いる。
E. L. <input type="text"/>	E. L. <input type="text"/>	鉛直	1.0	

4.4 解析モデル及び諸元

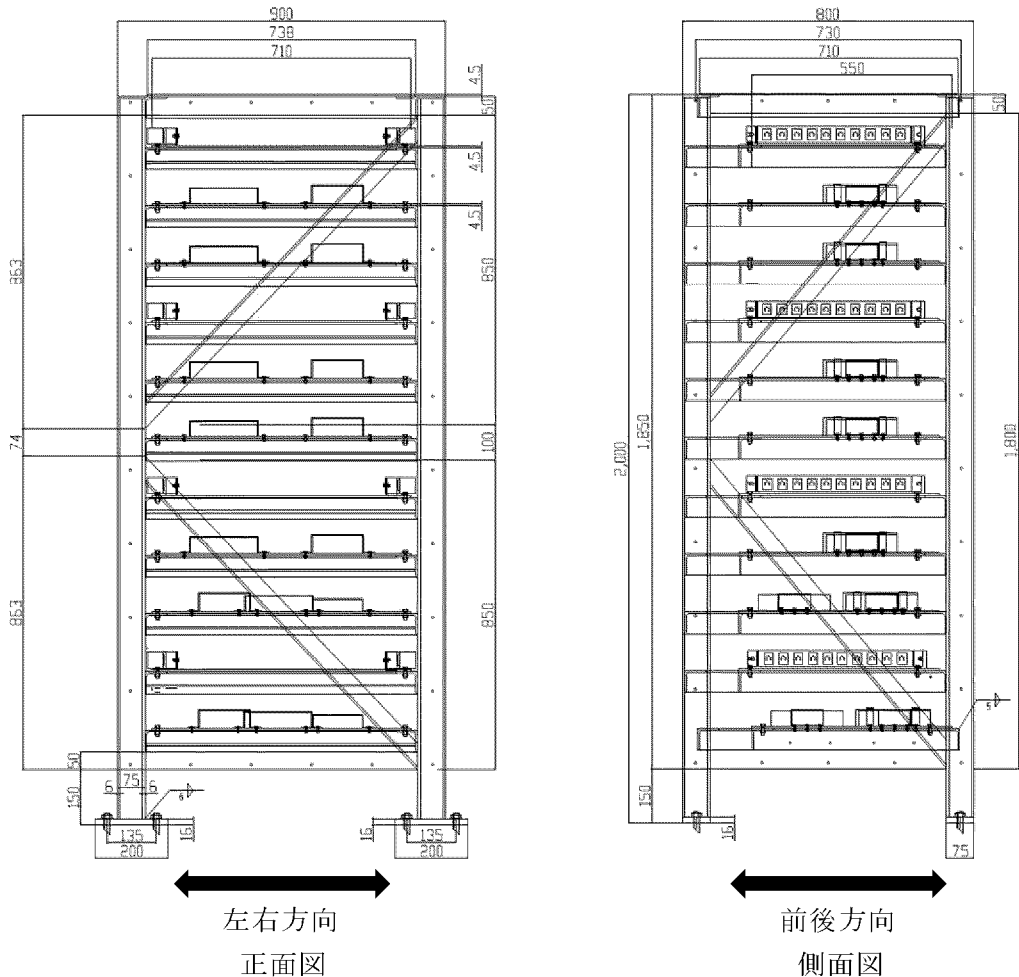
解析モデルは、収容架フレームを構成する鋼材をはり要素、器具を質量要素としてモデル化した3次元FEMモデルである。解析モデルを第4-1図に、解析モデルの諸元を第4-5表に示す。



第4-1図 解析モデル

第4-5表 解析モデルの諸元

項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	SS400 (t ≤ 16)
			STKR400
温度条件 (雰囲気温度)	T	°C	40
縦弾性係数	E	MPa	2.02×10^5
ポアソン比	ν	—	0.3
寸法	—	—	第4-2図
質量	m	kg	465
要素数	—	個	442
節点数	—	個	407



(単位 : mm)

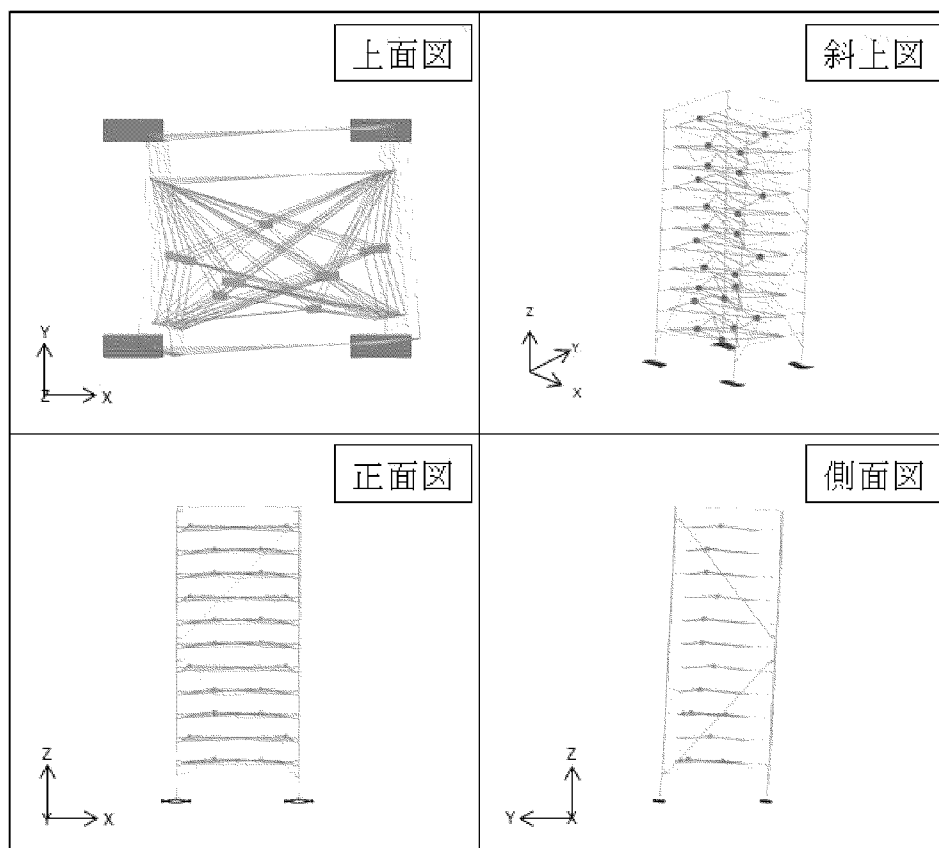
第4-2図 緊急時対策所通信設備収容架2外形図

4.5 固有値

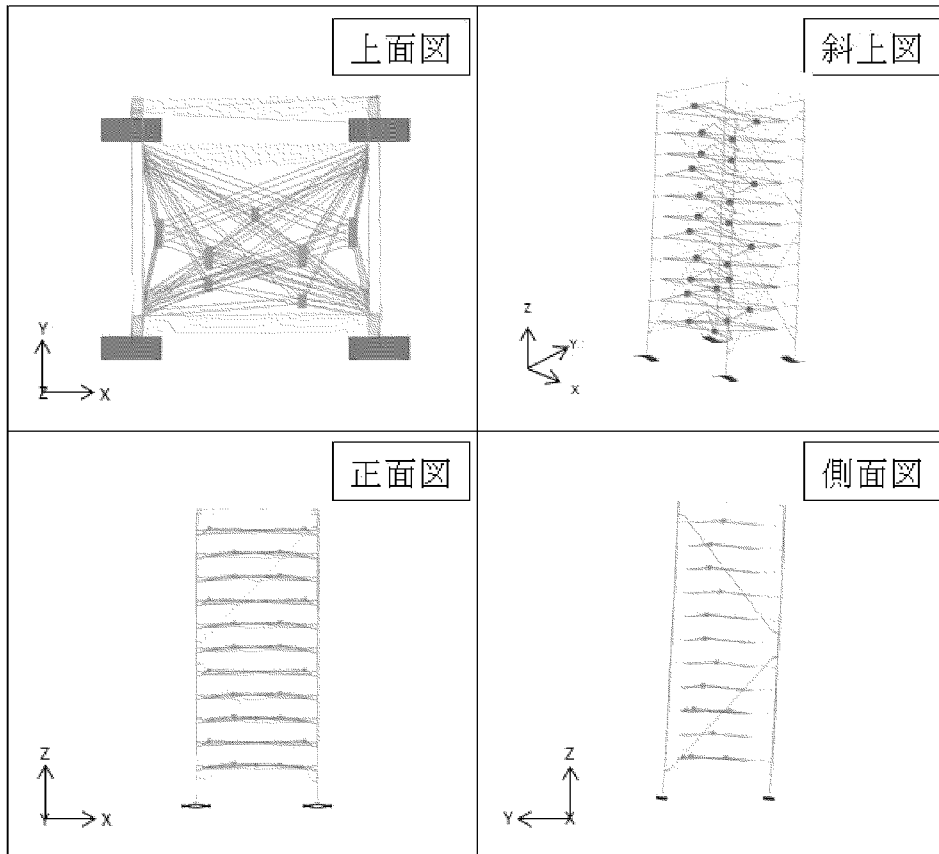
固有振動数の解析結果を第4-6表に、1次モード図及び刺激係数が各方向について高いモードの振動モード図を第4-3図～第4-5図に示す。

第4-6表 固有振動数

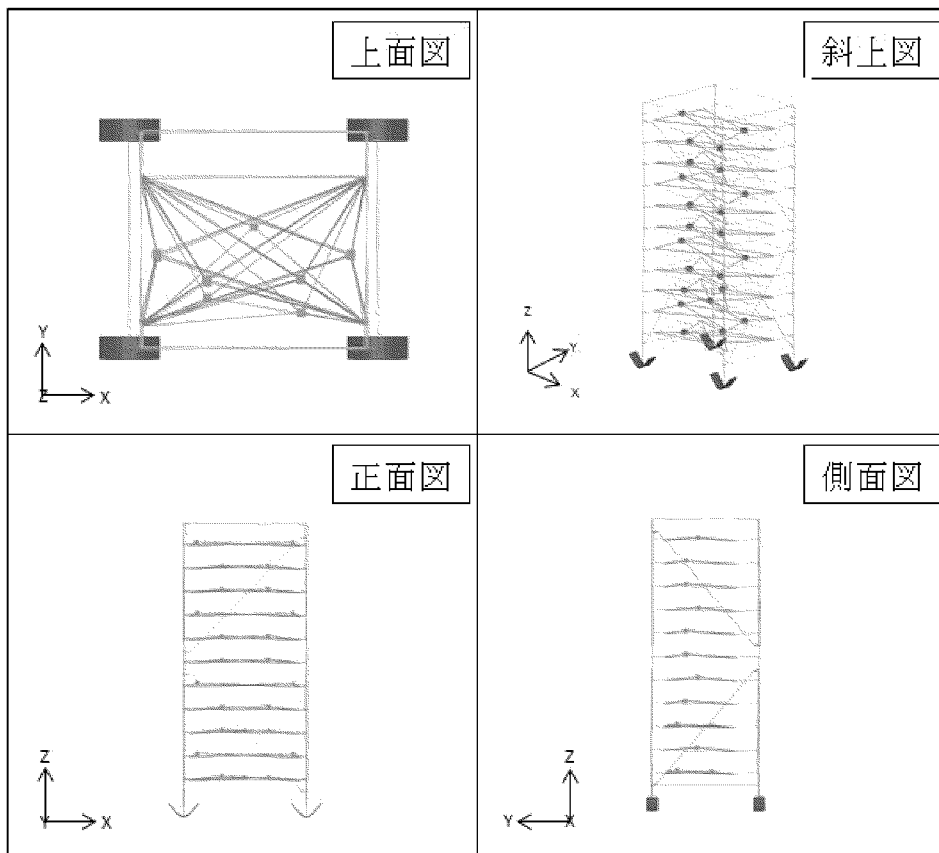
次数	固有振動数 (Hz)	刺激係数			卓越相当部材
		左右(X)方向	前後(Y)方向	鉛直(Z)方向	
1	26.5	0.579	-0.023	0.002	フレーム
2	31.7	0.017	0.607	-0.011	フレーム
3	55.3	0.198	0.015	0.006	フレーム
4	95.0	0.232	0.006	0.013	フレーム
5	108.4	0.004	-0.263	0.035	フレーム
6	116.6	-0.033	0.009	-0.004	フレーム
7	127.6	0.005	-0.026	-0.668	フレーム



第4-3図 振動モード図 (26.5 Hz)



第4-4図 振動モード図 (31.7 Hz)



第4-5図 振動モード図 (127.6 Hz)

4.6 応力評価方法

4.6.1 収容架フレームの応力計算式

FEM解析の結果から得られる収容架フレーム部分のはり要素の荷重、モーメントを用いて、以下の式により最大応力及び組合せ応力を算出する。また、最小裕度部位は第4-6図に示す。

応力の種類		単位	応力計算式
引張応力 σ_t		MPa	$\frac{F_x}{A}$
圧縮応力 σ_c		MPa	$\frac{F_x}{A}$
曲げ応力 σ_b		MPa	$\frac{M_y}{Z_y}, \frac{M_z}{Z_z}$
せん断応力 τ		MPa	$\sqrt{\tau_y^2 + \tau_z^2} + \tau_p$
組合せ	引張+曲げ	—	$\frac{\sigma_t + \sigma_{by} + \sigma_{bz}}{1.5f_t^*}, \frac{\sigma_{by} + \sigma_{bz} - \sigma_t}{1.5f_b^*}$
	圧縮+曲げ	—	$\frac{\sigma_c}{1.5f_c^*} + \frac{\sigma_{by} + \sigma_{bz}}{1.5f_b^*}, \frac{\sigma_{by} + \sigma_{bz} - \sigma_c}{1.5f_t^*}$

ここで、

$$\text{はりに作用する曲げ応力 } \sigma_{by} = M_y/Z_y, \quad \sigma_{bz} = M_z/Z_z$$

$$\text{はりに作用するせん断応力 } \tau_y = F_y/A_y, \quad \tau_z = F_z/A_z, \quad \tau_p = M_x/Z_p$$

(左右+鉛直)

記号	説明	単位	値
F_x	はりに作用する引張力	N	13,467
	はりに作用する圧縮力	N	13,516
F_y	はりに作用するY軸方向のせん断力	N	6,720
F_z	はりに作用するZ軸方向のせん断力	N	2,296
M_y	はりに作用するY軸周りの曲げモーメント	N・mm	307,465
M_z	はりに作用するZ軸周りの曲げモーメント	N・mm	536,577
M_x	はりに作用するねじりモーメント	N・mm	122,575
A	引張力が作用するはりの断面積	mm ²	564.4
	圧縮力が作用するはりの断面積	mm ²	564.4
A_y	はりの有効せん断断面積 (Y軸方向)	mm ²	756
A_z	はりの有効せん断断面積 (Z軸方向)	mm ²	756
Z_y	はりのY軸周りの断面係数	mm ³	5,000
Z_z	はりのZ軸周りの断面係数	mm ³	4,520
Z_p	はりのねじり断面係数	mm ³	57,100

(前後+鉛直)

記号	説明	単位	値
F_x	はりに作用する引張力	N	4,429
	はりに作用する圧縮力	N	803
F_y	はりに作用するY軸方向のせん断力	N	44
F_z	はりに作用するZ軸方向のせん断力	N	2,027
M_y	はりに作用するY軸周りの曲げモーメント	N・mm	73,954
M_z	はりに作用するZ軸周りの曲げモーメント	N・mm	11,614
M_x	はりに作用するねじりモーメント	N・mm	1
A	引張力が作用するはりの断面積	mm ²	564.4
	圧縮力が作用するはりの断面積	mm ²	600
A_y	はりの有効せん断断面積 (Y軸方向)	mm ²	756
A_z	はりの有効せん断断面積 (Z軸方向)	mm ²	756
Z_y	はりのY軸周りの断面係数	mm ³	4,520
Z_z	はりのZ軸周りの断面係数	mm ³	4,520
Z_p	はりのねじり断面係数	mm ³	57,100

4.6.2 据付ボルトの応力計算式

FEM解析の結果から得られる据付ボルト部の最大荷重を用いて、以下の式により最大応力及び組合せ応力を算出する。また、最小裕度部位は第4-6図に示す。

応力の種類	単位	応力計算式
引張応力 σ_{bt}	MPa	$\frac{F_x}{A}$
せん断応力 τ_{bs}	MPa	$\frac{\sqrt{F_y^2 + F_z^2}}{0.9A}$
組合せ応力	MPa	$\frac{F_x}{A}$

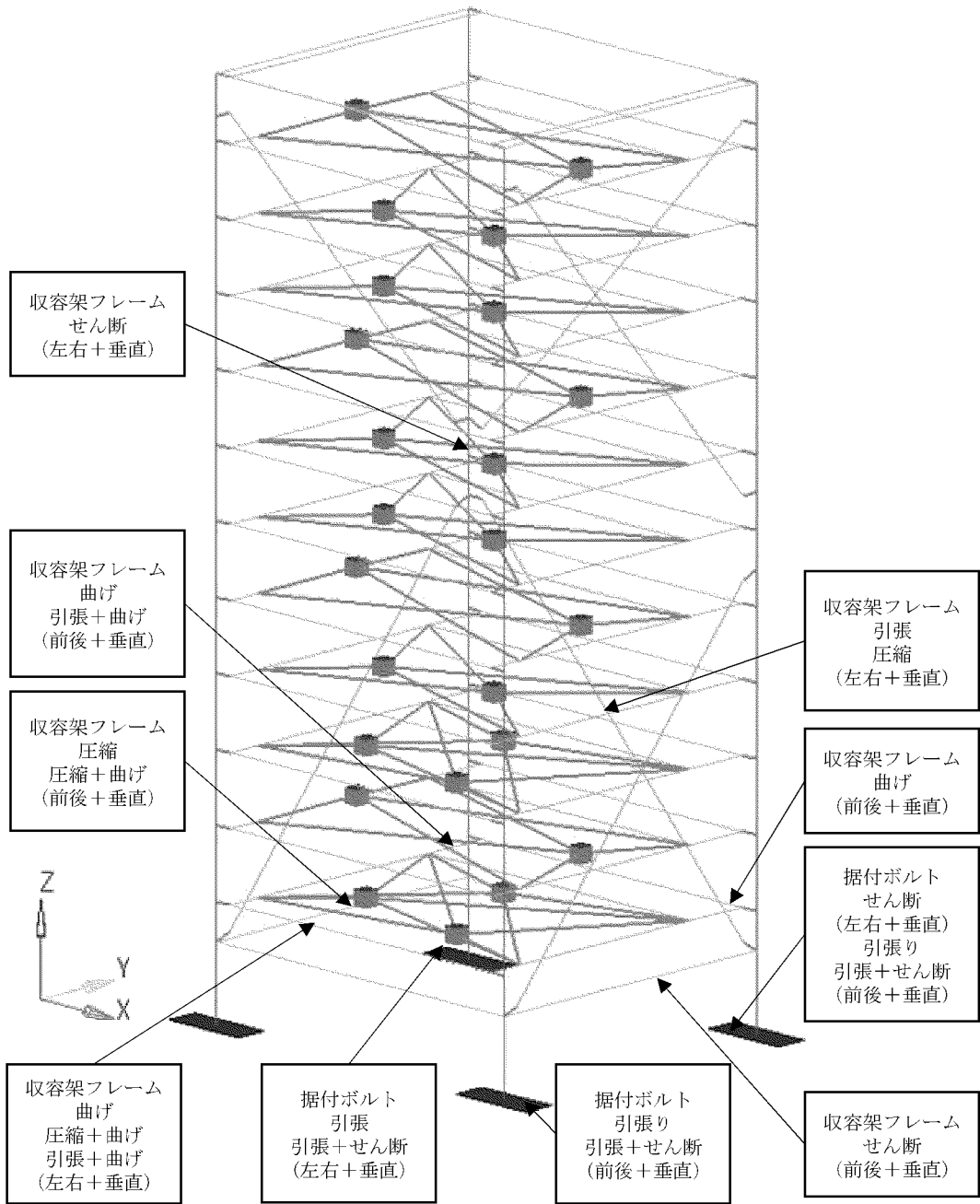
ここで、

(左右+鉛直)

記号	説明	単位	値
F_x	据付ボルトに作用する引張力	N	12,680
F_y	据付ボルトに作用するY軸方向のせん断力	N	3,297
F_z	据付ボルトに作用するZ軸方向のせん断力	N	558
A	据付ボルトの断面積	mm ²	201

(前後+鉛直)

記号	説明	単位	値
F_x	据付ボルトに作用する引張力	N	3,601
F_y	据付ボルトに作用するY軸方向のせん断力	N	22
F_z	据付ボルトに作用するZ軸方向のせん断力	N	1,041
A	据付ボルトの断面積	mm ²	201



第4-6図 最小裕度部位

4.7 応力評価条件

(1) 収容架フレーム

項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	SS400 ($t \leq 16$)
			STKR400

(2) 据付ボルト

項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	SUS304
ボルト呼び径	d	mm	10

(3) 設計用加速度

項目	記号	設計用加速度 (G)
水平	α_{H}	1.500 ^(注1)
鉛直	α_{V}	0.816 ^(注2)

(注1) 固有振動数が20Hz以上30Hz未満であることを確認したため、設計加速度は最大床応答加速度の1.2倍とスペクトルモーダル解析を使用する。

(注2) 固有振動数が30Hz以上であることを確認したため、設計用加速度には最大床応答加速度の1.2倍を使用する。

5. 機能維持評価

緊急時対策所通信設備収容架2内器具は、地震後に電氣的機能が要求されており、地震後においても、その機能が維持されていることを示す。

5.1 機能維持評価方法

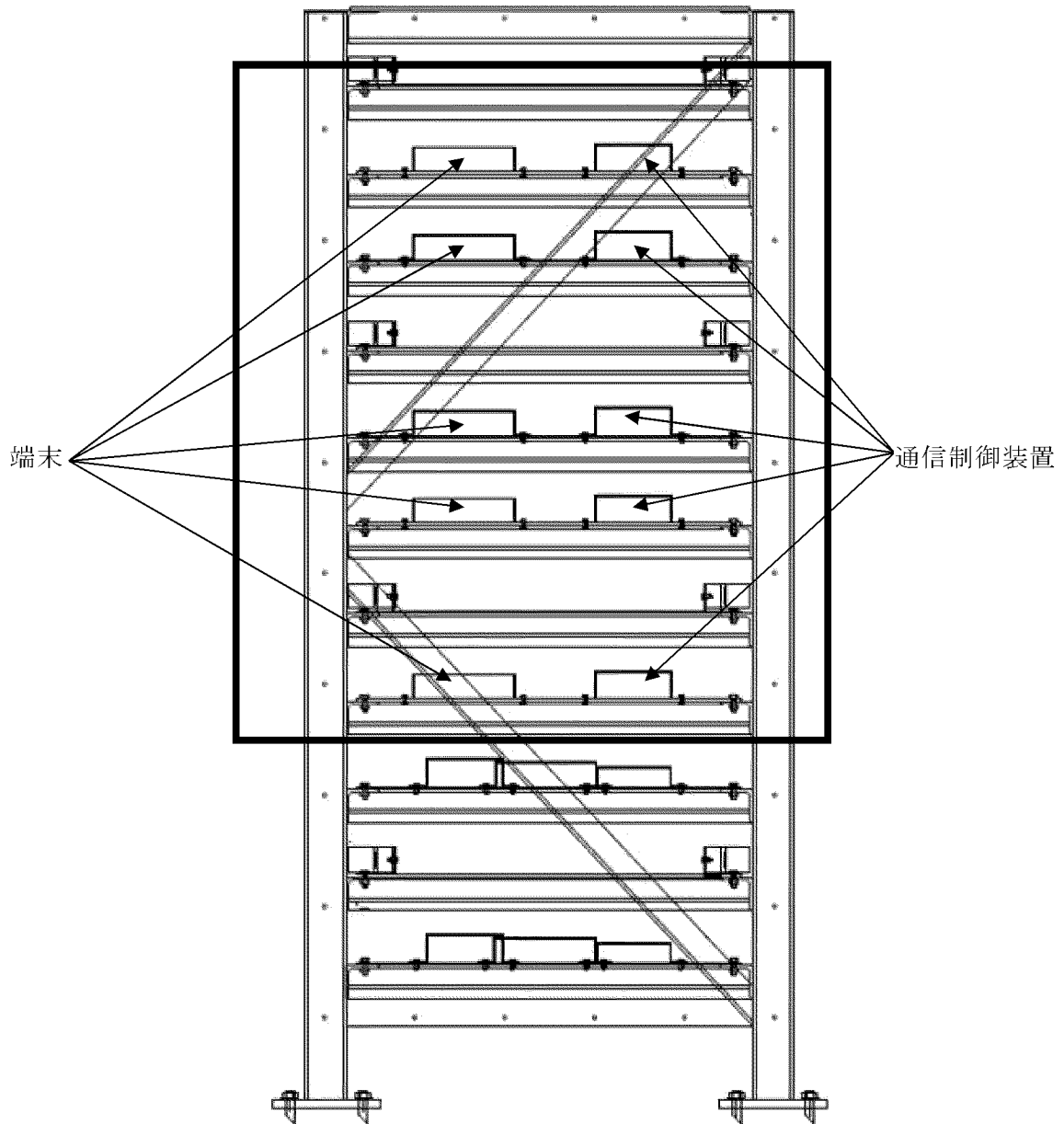
機能維持評価は、第4-1図に示す解析モデルによる地震応答解析を行い、器具の評価用加速度を求め、機能確認済加速度以下であることを確認する。なお、固有値解析結果より、固有振動数が30Hz以上であることを確認したため、評価用加速度には最大床応答加速度を用いる。

機能確認済加速度には、器具単体の正弦波加振試験（掃引試験及びビート試験）において、通信試験により電氣的機能の健全性を確認した加振波の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を第5-1表に示す。また、評価する器具の実装図を第5-1図に示す。

第5-1表 機能確認済加速度

器具名称	機能確認済加速度 (G)	
	水平	鉛直
通信制御装置	10.0	5.0
端末	10.0	5.0



第5-1図 器具の実装図

■ : 評価対象

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処施設としての評価結果

緊急時対策所通信設備収容架2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。発生値は許容値を満足しており、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。

基準地震動 S_s に対する応力評価結果を第6-1表に示す。また、電氣的機能維持評価結果を第6-2表に示す。

第6-1表 基準地震動 S_s による評価結果 (D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s) (1/2)

評価対象設備		評価部位	応力分類	(注1) 加速度の方向	発生値	許容値	
計測制御系統施設	その他	緊急時対策所 通信設備収容架2	収容架フレーム	引張 (単位 MPa)	前後+鉛直	8	280
					左右+鉛直	24	
				せん断 (単位 MPa)	前後+鉛直	5	129
					左右+鉛直	13	
				圧縮 (単位 MPa)	前後+鉛直	2	31
					左右+鉛直	24	192
			曲げ (単位 MPa)	前後+鉛直	17	280	
				左右+鉛直	119		
			組合せ	引張+曲げ ^(注2) (単位なし)	前後+鉛直	0.08	1
					左右+鉛直	0.45	
				圧縮+曲げ ^(注3) (単位なし)	前後+鉛直	0.12	
					左右+鉛直	0.46	

第6-1表 基準地震動S_sによる評価結果 (D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s) (2/2)

評価対象設備		評価部位	応力分類	加速度の方向 ^(注1)	発生値	許容値	
計測制御系統施設	その他	緊急時対策所 通信設備収容架2	据付 ボルト	引張 (単位 MPa)	前後+鉛直	18	184
					左右+鉛直	64	
				せん断 (単位 MPa)	前後+鉛直	6	142
					左右+鉛直	17	
				組合せ (単位 MPa)	前後+鉛直	18	184 ^(注4)
					左右+鉛直	64	

(注1) 緊急時対策所通信設備収容架2の正面に直行する方向を前後方向、正面と平行な方向を左右方向とする。

(注2) $\text{Max} \left(\frac{\sigma_t + \sigma_{by} + \sigma_{bz}}{1.5f_t^*}, \frac{\sigma_{by} + \sigma_{bz} - \sigma_t}{1.5f_b^*} \right)$

(注3) $\text{Max} \left(\frac{\sigma_c}{1.5f_c^*} + \frac{\sigma_{by} + \sigma_{bz}}{1.5f_b^*}, \frac{\sigma_{by} + \sigma_{bz} - \sigma_c}{1.5f_t^*} \right)$

(注4) 引張応力 (σ_{bt}) とせん断応力 (τ_{bs}) との組合せ応力の許容値は、 $\text{Min}(1.4 \cdot 1.5f_t^* - 1.6 \tau_{bs}, 1.5f_t^*)$ とする。

第6-2表 電氣的機能維持評価結果（重大事故等対処施設）

評価対象設備				機能確認済加速度との比較				
				加速度 確認部位	水平加速度 (G)		鉛直加速度 (G)	
					評価用 加速度	機能確認 済加速度	評価用 加速度	機能確認 済加速度
系統 施設 計測 制御	その他	緊急時対策所 通信設備収容架 2	通信制御装置	器具 取付位置	6.446	10.0	0.687	5.0
			端末	器具 取付位置	6.433	10.0	0.705	5.0

資料 10-14-1-3-3 緊急時衛星通報システム用アンテナの耐震計算書

目 次

	頁
1. 概要	03-添10-14-1-3-3-1
2. 基本方針	03-添10-14-1-3-3-1
2.1 構造の説明	03-添10-14-1-3-3-1
2.2 評価方針	03-添10-14-1-3-3-2
3. 耐震評価箇所	03-添10-14-1-3-3-3
4. 地震応答解析	03-添10-14-1-3-3-3
4.1 固有値測定試験	03-添10-14-1-3-3-3
4.2 設計用地震力	03-添10-14-1-3-3-4
4.3 設計用加速度	03-添10-14-1-3-3-4
5. 応力評価	03-添10-14-1-3-3-5
5.1 基本方針	03-添10-14-1-3-3-5
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	03-添10-14-1-3-3-5
5.3 応力評価方法	03-添10-14-1-3-3-7
5.4 応力評価条件	03-添10-14-1-3-3-9
6. 機能維持評価	03-添10-14-1-3-3-10
6.1 機能維持評価方法	03-添10-14-1-3-3-10
7. 評価結果	03-添10-14-1-3-3-10
7.1 重大事故等対処施設としての評価結果	03-添10-14-1-3-3-10

1. 概要

本資料は、資料10-9「機能維持の基本方針」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、緊急時衛星通報システム用アンテナが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説明するものである。その耐震評価は緊急時衛星通報システム用アンテナの固有値測定及び応力評価並びに機能維持評価により行う。

緊急時衛星通報システム用アンテナは、重大事故等対処施設において重大事故等対処設備（防止・緩和以外）に分類される。以下、この分類に応じた耐震評価を示す。

2. 基本方針

2.1 構造の説明

資料10-11「機器・配管の耐震支持方針」の「2. 電気計測制御装置」にて設定した電気計測制御装置の支持方針に基づき設計した緊急時衛星通報システム用アンテナの構造計画を第2-1表に示す。

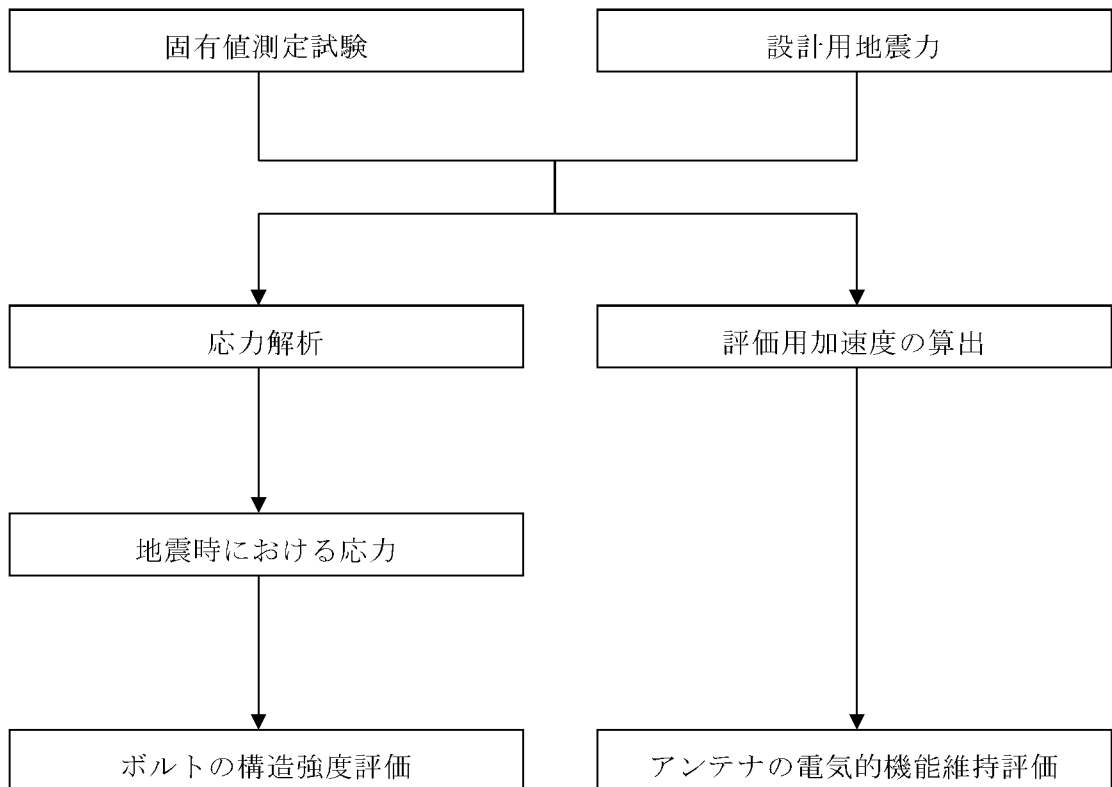
第2-1表 緊急時衛星通報システム用アンテナの構造計画

設備名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
緊急時衛星通報システム用アンテナ	アンテナ	屋外衛星アンテナをアンテナ固定治具で固定し、同治具の基礎部を据付ボルトにより壁面に固定する。	

2.2 評価方針

緊急時衛星通報システム用アンテナの応力評価は、資料10-9「機能維持の基本方針」の「3.1 構造強度上の制限」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 構造の説明」にて示す緊急時衛星通報システム用アンテナの部位を踏まえ、「3. 耐震評価箇所」にて設定する箇所において、「4.1 固有値測定試験」で測定した固有振動数に基づく応力等が許容限界内に収まることを、「5. 応力評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、緊急時衛星通報システム用アンテナの機能維持評価は、資料10-9「機能維持の基本方針」の「4.2 電氣的機能維持」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的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。

緊急時衛星通報システム用アンテナの耐震評価フローを第2-1図に示す。



第2-1図 緊急時衛星通報システム用アンテナの耐震評価フロー

3. 耐震評価箇所

緊急時衛星通報システム用アンテナの耐震評価は、耐震評価上厳しくなる据付ボルトを選定して実施する。緊急時衛星通報システム用アンテナの耐震評価箇所については、第2-1表の説明図に示す。

4. 地震応答解析

4.1 固有値測定試験

緊急時衛星通報システム用アンテナの固有振動数測定方法について以下に示す。

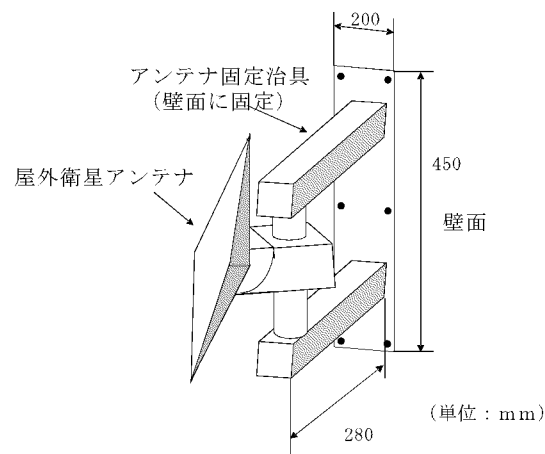
4.1.1 基本方針

ランダム振動試験にてアンテナの固有振動数を求める。

4.1.2 固有振動数の測定方法

振動試験を実施して、アンテナの応答を測定する。

緊急時衛星通報システム用アンテナの据付状態を第4-1図に示す。



第4-1図 緊急時衛星通報システム用アンテナ据付状態図

4.1.3 固有値測定結果

固有振動数の測定結果を以下に示す。

固有振動数 (Hz)	
水平	30以上
鉛直	30以上

4.2 設計用地震力

耐震計算における入力地震力には、資料10-7「設計用床応答曲線の作成方針」の「2. 床応答スペクトル解析」にて設定した床応答の作成方針に基づき、第4-1表にて示す条件を用いて作成した設計用床応答曲線を用いる。また、減衰定数は、資料10-6「地震応答解析の基本方針」の第3-1表に記載の減衰定数を用いる。

第4-1表 設計用地震力

設置場所 及び 床面高さ (m)	設計用床応答曲線			備考
	建物 及び高さ (m)	方向	減衰定数 (%)	
<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 50px; margin-bottom: 5px;"></div> E. L. <div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 15px; display: inline-block;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 50px; margin-bottom: 5px;"></div> E. L. <div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 15px; display: inline-block;"></div>	水平	1.0	水平方向はS _s -1からS _s -19のX方向及びY方向の包絡曲線を用いる。 鉛直方向はS _s -1からS _s -19の包絡曲線を用いる。
		鉛直	1.0	

4.3 設計用加速度

項目	記号	設計用加速度 (G)
水平	a_{H}	1.500 (注)
鉛直	a_{V}	0.816 (注)

(注) 固有振動数の測定結果により、剛構造であることを確認したため、設計用加速度には最大床加速度の1.2倍を使用する。

5. 応力評価

5.1 基本方針

- (1) 耐震計算モデルは1質点系モデルとし、アンテナの重心位置に地震荷重が作用するものとする。
- (2) 許容応力についてはJSME S NC1-2005/2007の付録材料図表を用いて計算する際に、温度が付録材料図表記載値の中間の値の場合は、比例法を用いて計算する。
ただし、比例法を用いる場合の端数処理は、小数第1位以下を切り捨てた値を用いるものとする。
- (3) 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

緊急時衛星通報システム用アンテナの荷重の組合せ及び許容応力状態について、重大事故等対処施設の評価に用いるものを第5-1表に示す。

5.2.2 許容応力

緊急時衛星通報システム用アンテナの許容応力を第5-2表に示す。

5.2.3 使用材料の許容応力

緊急時衛星通報システム用アンテナの使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処施設の評価に用いるものを第5-3表に示す。

第5-1表 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処施設）

施設区分		機器名称	設備分類 ^(注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	その他	緊急時衛星通報システム用アンテナ ^(注2)	その他	—	^(注3) D + P _D + M _D + S _S	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1) 「その他」は重大事故等対処設備（防止・緩和以外）を示す。

(注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。

(注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。

第5-2表 許容応力（その他の支持構造物（重大事故等対処施設））

許容応力状態	許容限界(ボルト等) ^(注1,2)	
	一次応力	
	引張	せん断
IV _{AS}	1.5f _t *	1.5f _s *

(注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。

(注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。

第5-3表 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処施設）

材質	温度条件 (°C)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F* (MPa)
SUS304 (t ≤ 40)	40 (雰囲気温度)	205	520	246

5.3 応力評価方法

5.3.1 記号の説明

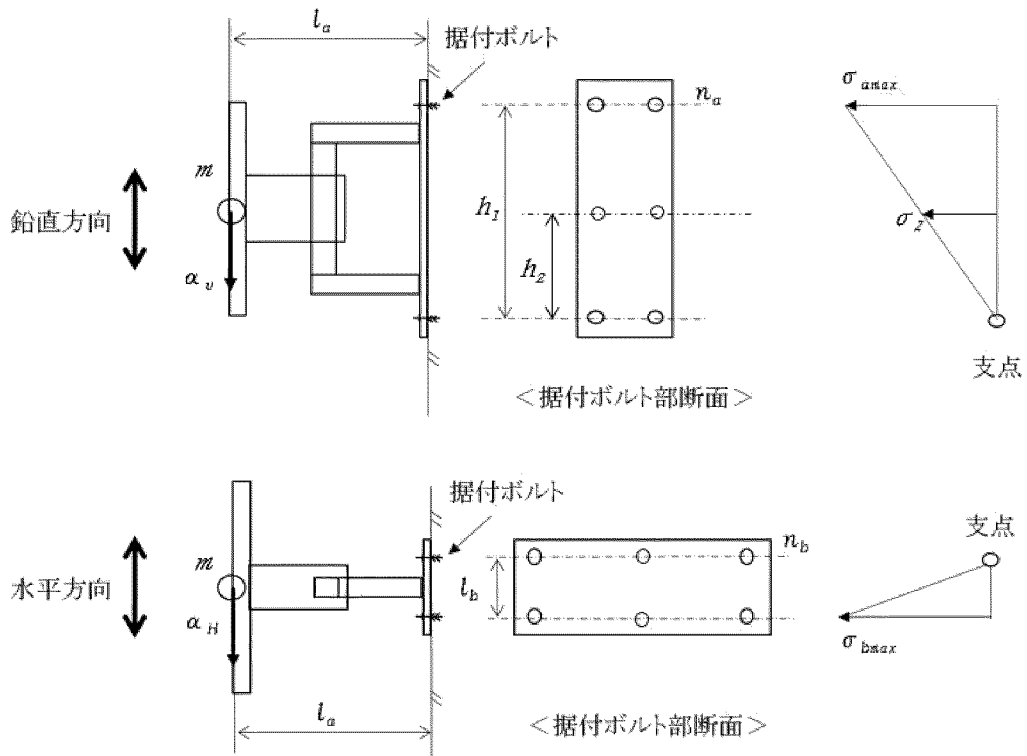
記号	記号の説明	単位
m	機器質量	kg
n_a	各列のボルト本数（水平方向）	本
n_b	各列のボルト本数（鉛直方向）	本
N	ボルト総数	本
d	ボルト呼び径	mm
S	ボルト断面積	mm ²
α_H	水平震度	—
α_V	鉛直震度	—
g	重力加速度	m/s ²
h_1	支点よりのボルト間距離（鉛直方向）	mm
h_2	支点よりのボルト間距離（中央部）（鉛直方向）	mm
l_a	壁面より機器重心までの水平距離	mm
l_b	支点よりのボルト間距離（水平方向）	mm
σ_{amax}	最大張力応力（鉛直方向）	MPa
σ_{bmax}	最大張力応力（水平方向）	MPa
τ_a	各ボルトにかかるせん断応力（鉛直方向）	MPa
τ_b	各ボルトにかかるせん断応力（水平方向）	MPa

5.3.2 応力計算

計算式については、材料力学公式等に則り以下のとおりとする。

(1) 据付ボルト

以下の応力計算モデルにて応力を計算する。



a. 鉛直方向

・引張応力

引張応力 σ_{amax} の算出

$$\sigma_{amax} = \frac{mgh_1(\alpha_v + 1)l_a}{Sn_a(h_1^2 + h_2^2)}$$

・せん断応力 τ_a の算出

$$\tau_a = \frac{mg(\alpha_v + 1)}{NS}$$

b. 水平方向

・引張応力

引張応力 $\sigma_{b\max}$ の算出

$$\sigma_{b\max} = \frac{mg\alpha_H l_a}{Sn_b l_b}$$

・せん断応力 τ_b の算出

$$\tau_b = \frac{mg\alpha_H}{NS}$$

5.4 応力評価条件

5.4.1 据付ボルトの応力計算条件

(1) 機器関係

項目	記号	単位	入力値
機器質量	m	kg	32
重力加速度	g	m/s ²	9.80665
支点よりのボルト間距離 (鉛直方向)	h_1	mm	400
支点よりのボルト間距離 (中央部) (鉛直方向)	h_2	mm	200
壁面より機器重心までの水平距離	l_a	mm	499
支点よりのボルト間距離 (水平方向)	l_b	mm	150

(注) 機器重心位置は保守的に機器先端とする。

(2) ボルト関係

項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	SUS304
ボルト呼び径	d	mm	12
ボルト断面積	S	mm ²	113
各列のボルト本数 (水平方向)	n_a	本	2
各列のボルト本数 (鉛直方向)	n_b	本	3
ボルト総数	N	本	6

6. 機能維持評価

緊急時衛星通報システム用アンテナは、地震後に電氣的機能が要求されており、地震後においても、その機能が維持されていることを示す。

6.1 機能維持評価方法

機能維持評価は、緊急時衛星通報システム用アンテナの固有振動数から応答加速度を求め、機能確認済み加速度以下であることを確認する。機能確認済み加速度には、緊急時衛星通報システム用アンテナの正弦波加振試験（掃引試験及び連続試験）において、電氣的機能の健全性を確認した最大加速度を適用する。

評価用加速度が機能確認済み加速度以下であることを確認する。

機能確認済み加速度を第6-1表に示す。

なお、固有値測定結果より、固有振動数が30Hz以上であることを確認したため、評価用加速度は最大床加速度を使用する。

第6-1表 機能確認済み加速度

設備名称	加振方向		機能確認済み加速度 (G)
緊急時 衛星通報 システム用アンテナ	水平	X	10
		Y	10
	鉛直	Z	10

7. 評価結果

7.1 重大事故等対処施設としての評価結果

緊急時衛星通報システム用アンテナ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。発生値は許容値を満足しており、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確認した。

基準地震動 S_s に対する応力評価結果を第7-1表に示す。また、電氣的機能維持評価結果を第7-2表に示す。

第7-1表 基準地震動Ssに対する応力評価結果 (D+P_{SAD}+M_{SAD}+Ss)

評価対象設備			評価部位	応力分類	発生値	許容値
計測制御系統施設	その他	緊急時 衛星通報 システム用 アンテナ	据付ボルト	引張 (単位 MPa)	5	184
				せん断 (単位 MPa)	1	141
				組合せ (単位 MPa)	5	184 (注1)

(注1) 引張応力 (σ_{bt}) とせん断応力 (τ_{bs}) との組合せ応力の許容値は、 $\text{Min} (1.4 \cdot 1.5f_t^* - 1.6 \tau_{bs}, 1.5f_t^*)$ とする。

第7-2表 電氣的機能維持評価結果 (重大事故等対処施設)

評価対象設備			加速度 確認 部位	加振方向		評価用 加速度 (G)	機能 確認済 加速度 (G)	詳細評価
計測制御系統施設	その他	緊急時 衛星通報 システム用 アンテナ	加振台	水平	X	1.250	10	—
					Y	1.250	10	
				鉛直	Z	0.680	10	

資料10-14-1-4 統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備
(TV会議システム、IP電話及びIP-FAX)の耐震計算書

統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備（TV会議システム、IP電話及びIP-FAX）の耐震計算書は、以下の資料より構成されている。

資料10-14-1-4-1 ERS S 伝送サーバ用通信機器収納盤の耐震計算書

資料10-14-1-4-2 緊急時対策所通信設備収容架1の耐震計算書

資料10-14-1-4-3 通信端末の耐震計算書

資料10-14-1-4-4 緊急時対策所統合原子力防災ネットワーク用衛星アンテナの耐震計算書

資料 10-14-1-4-1 ERS S 伝送サーバ用通信機器収納盤の耐震計算書

目 次

	頁
1. 概要	03-添10-14-1-4-1-1
2. 耐震評価	03-添10-14-1-4-1-1

1. 概要

本資料は、平成29年8月25日付け原規規発第1708254号にて認可された工事計画の添付資料13-9「機能維持の基本方針」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、E R S S 伝送サーバ用通信機器収納盤が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説明するものである。

2. 耐震評価

E R S S 伝送サーバ用通信機器収納盤は、平成29年8月25日付け原規規発第1708254号にて認可された工事計画の添付資料13-17-4-36-1「E R S S 伝送サーバ用通信機器収納盤の耐震計算書」にて、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ている。

資料 1 0 - 1 4 - 1 - 4 - 2 緊急時対策所通信設備収容架 1 の耐震計算書

目 次

	頁
1. 概要	03-添10-14-1-4-2-1
2. 基本方針	03-添10-14-1-4-2-1
2.1 構造の説明	03-添10-14-1-4-2-1
2.2 評価方針	03-添10-14-1-4-2-2
3. 耐震評価箇所	03-添10-14-1-4-2-2
4. 地震応答解析及び応力評価	03-添10-14-1-4-2-3
4.1 基本方針	03-添10-14-1-4-2-3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	03-添10-14-1-4-2-3
4.3 設計用地震力	03-添10-14-1-4-2-6
4.4 解析モデル及び諸元	03-添10-14-1-4-2-7
4.5 固有値	03-添10-14-1-4-2-9
4.6 応力評価方法	03-添10-14-1-4-2-13
4.7 応力評価条件	03-添10-14-1-4-2-16
5. 機能維持評価	03-添10-14-1-4-2-17
5.1 機能維持評価方法	03-添10-14-1-4-2-17
6. 評価結果	03-添10-14-1-4-2-19
6.1 重大事故等対処施設としての評価結果	03-添10-14-1-4-2-19

1. 概要

本資料は、資料10-9「機能維持の基本方針」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、緊急時対策所通信設備収容架1が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説明するものである。その耐震評価は、緊急時対策所通信設備収容架1の地震応答解析及び応力評価並びに機能維持評価により行う。

緊急時対策所通信設備収容架1は、重大事故等対処施設において重大事故等対処設備（防止・緩和以外）に分類される。以下、この分類に応じた耐震評価を示す。

2. 基本方針

2.1 構造の説明

資料10-11「機器・配管の耐震支持方針」の「2. 電気計測制御装置」にて設定した電気計測制御装置の支持方針に基づき設計した緊急時対策所通信設備収容架1の構造計画を第2-1表に示す。

第2-1表 緊急時対策所通信設備収容架1の構造計画

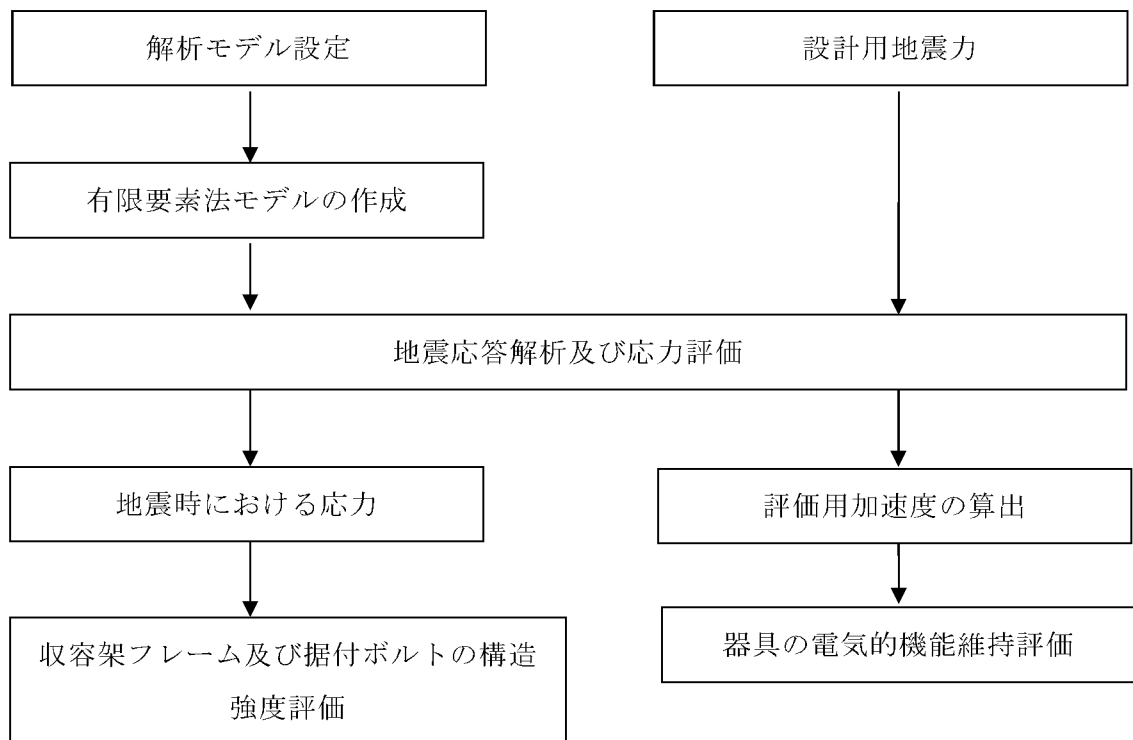
設備名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
緊急時対策所通信設備収容架1	垂直自立型 ^(注)	器具は棚板に取付ボルトにて固定する。 棚板は棚板固定ボルトにて収容架フレームに固定する。収容架フレームは据付ボルトにて床面に据え付ける。	

(注) 電氣的機能維持評価を行う、器具（V o I P - G W、衛星ルータ、L 2 S W、L 3 S W及びメディアコンバータ）を固定する架。

2.2 評価方針

緊急時対策所通信設備収容架1の応力評価は、資料10-9「機能維持の基本方針」の「3.1 構造強度上の制限」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 構造の説明」にて示す緊急時対策所通信設備収容架1の部位を踏まえ、「3. 耐震評価箇所」にて設定する箇所に作用する応力等が許容限界内に収まることを、「4. 地震応答解析及び応力評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、緊急時対策所通信設備収容架1の機能維持評価は、資料10-9「機能維持の基本方針」の「4.2 電氣的機能維持」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを、「5. 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「6. 評価結果」に示す。

緊急時対策所通信設備収容架1の耐震評価フローを第2-1図に示す。



第2-1図 緊急時対策所通信設備収容架1の耐震評価フロー

3. 耐震評価箇所

緊急時対策所通信設備収容架1の耐震評価は、耐震評価上厳しくなる収容架フレーム及び据付ボルトを選定して実施する。緊急時対策所通信設備収容架1の耐震評価箇所については、第2-1表の説明図に示す。

4. 地震応答解析及び応力評価

緊急時対策所通信設備収容架 1 の固有振動数、応力及び荷重を算出するための地震応答解析について以下に示す。

4.1 基本方針

- (1) 固有振動数及び荷重を求めるため、収容架フレームをはり要素、ベースプレートをシェル要素によりモデル化した3次元FEMモデルによる固有値解析を行い、固有振動数が30Hz以上である場合は最大床加速度の1.2倍を用いた静解析を、30Hz未満20Hz以上である場合は最大床加速度の1.2倍を用いた静解析及びスペクトルモーダル解析を、20Hz未満である場合はスペクトルモーダル解析を実施する。
- (2) 解析コードは「MSC NASTRAN Ver. 2008.0.0」を使用する。
なお、評価に用いる解析コード「MSC NASTRAN Ver. 2008.0.0」の検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。
- (3) 境界条件として、据付ボルト位置をピン拘束する。なお、据付ボルト部は剛体として評価する。
- (4) 取付器具の質量は取付位置での中心の頂点に付加する。
- (5) 許容応力についてJSME S NC1-2005/2007の付録材料図表を用いて計算する際に、温度が付録材料図表記載値の中間の値の場合は、比例法を用いて計算する。ただし、比例法を用いる場合の端数処理は、小数第1位以下を切り捨てた値を用いるものとする。
- (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

緊急時対策所通信設備収容架 1 の荷重の組合せ及び許容応力状態について、重大事故等対処施設の評価に用いるものを第4-1表に示す。

4.2.2 許容応力

緊急時対策所通信設備収容架 1 の許容応力を第4-2表に示す。

4.2.3 使用材料の許容応力

緊急時対策所通信設備収容架 1 の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処施設の評価に用いるものを第4-3表に示す。

第4-1表 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処施設）

施設区分		機器名称	設備分類 ^(注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	その他	(注2) 緊急時対策所 通信設備収容架 1	その他	—	$D + P_D + M_D + S_S$ ^(注3)	$IV_A S$
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_S$	$V_A S$ ($V_A S$ として $IV_A S$ の許容限界を用いる)

(注1) 「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備、「常設／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備、「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備、「その他」は重大事故等対処設備（防止・緩和以外）を示す。

(注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。

(注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。

第4-2表 許容応力（その他の支持構造物（重大事故等対処施設））

許容 応力 状態	許容限界 ^(注1, 2, 3) (ボルト以外)				許容限界 ^(注2, 3) (ボルト等)	
	一次応力				一次応力	
	引張	せん断	圧縮	曲げ	引張	せん断
IV _A S	1.5 f _t *	1.5 f _s *	1.5 f _c *	1.5 f _b *	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1) 「鋼構造設計規準 SI単位版」(2002年日本建築学会)等の幅厚比の制限を満足させる。

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

(注3) 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。

第4-3表 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処施設）

(1) 収容架フレーム

材質	温度条件 (°C)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F* (MPa)
SS400 (t ≤ 16)	40 (雰囲気温度)	245	400	280
STKR400 (シーム管)	40 (雰囲気温度)	196	320	224

(2) 据付ボルト

材質	温度条件 (°C)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F* (MPa)
SUS304	40 (雰囲気温度)	205	520	246

4.3 設計用地震力

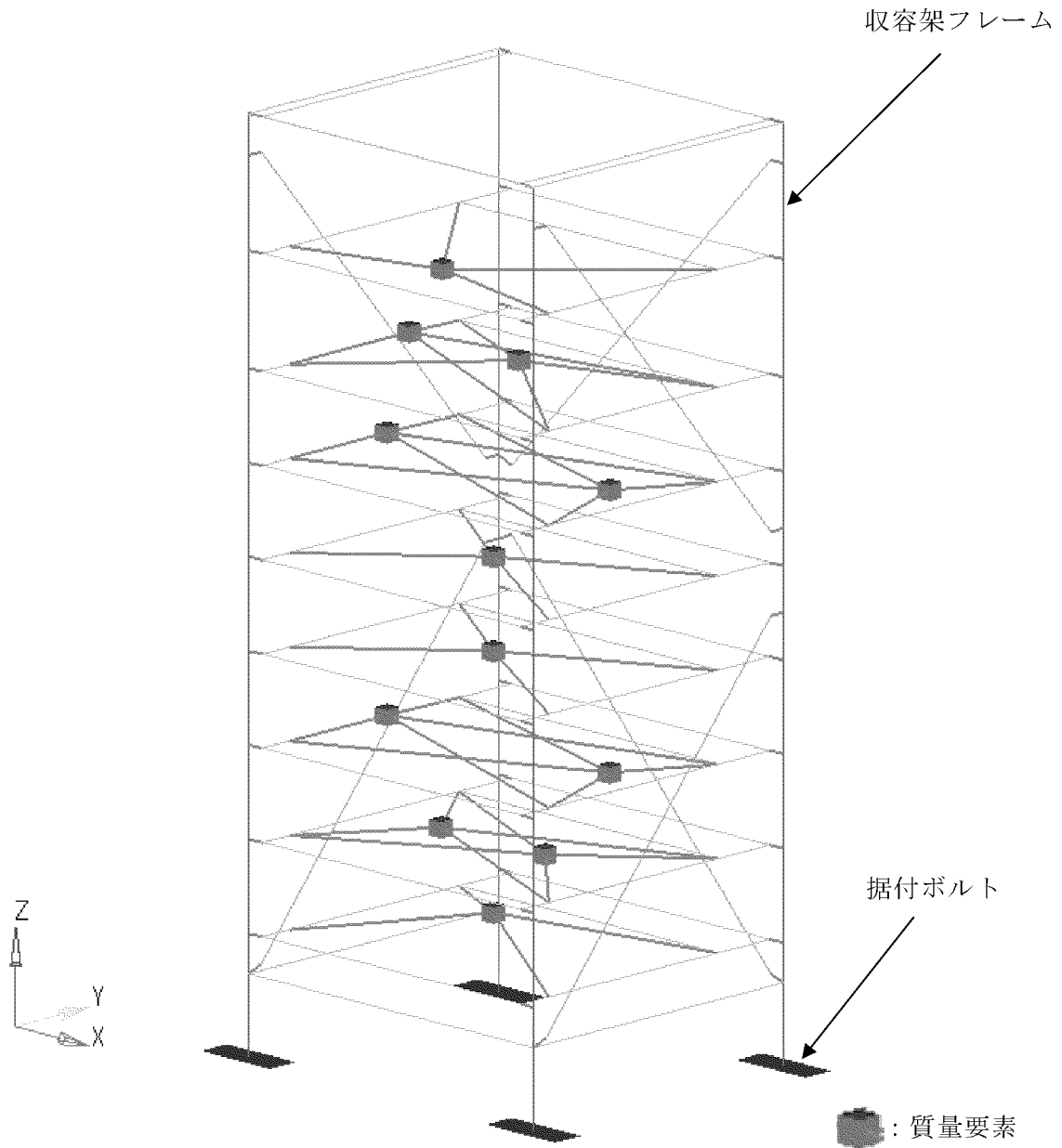
耐震計算に用いる入力地震力には、資料10-7「設計用床応答曲線の作成方針」の「2. 床応答スペクトル解析」にて設定した床応答の作成方針に基づき、第4-4表にて示す条件を用いて作成した設計用床応答曲線を用いる。また、減衰定数は資料10-6「地震応答解析の基本方針」の「3. 設計用減衰定数」第3-1表に記載の減衰定数を用いる。

第4-4表 設計用地震力

設置場所 及び 床面高さ (m)	設計用床応答曲線			備 考
	建屋 及び高さ (m)	方向	減衰定数 (%)	
<div style="border: 1px solid black; width: 80px; height: 60px; margin-bottom: 5px;"></div> E. L. <div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 15px; display: inline-block;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 80px; height: 60px; margin-bottom: 5px;"></div> E. L. <div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 15px; display: inline-block;"></div>	水平	1.0	水平方向は $S_s-1 \sim S_s-19$ のX方向及びY方向の包絡曲線を用いる。 鉛直方向は $S_s-1 \sim S_s-19$ の包絡曲線を用いる。
		鉛直	1.0	

4.4 解析モデル及び諸元

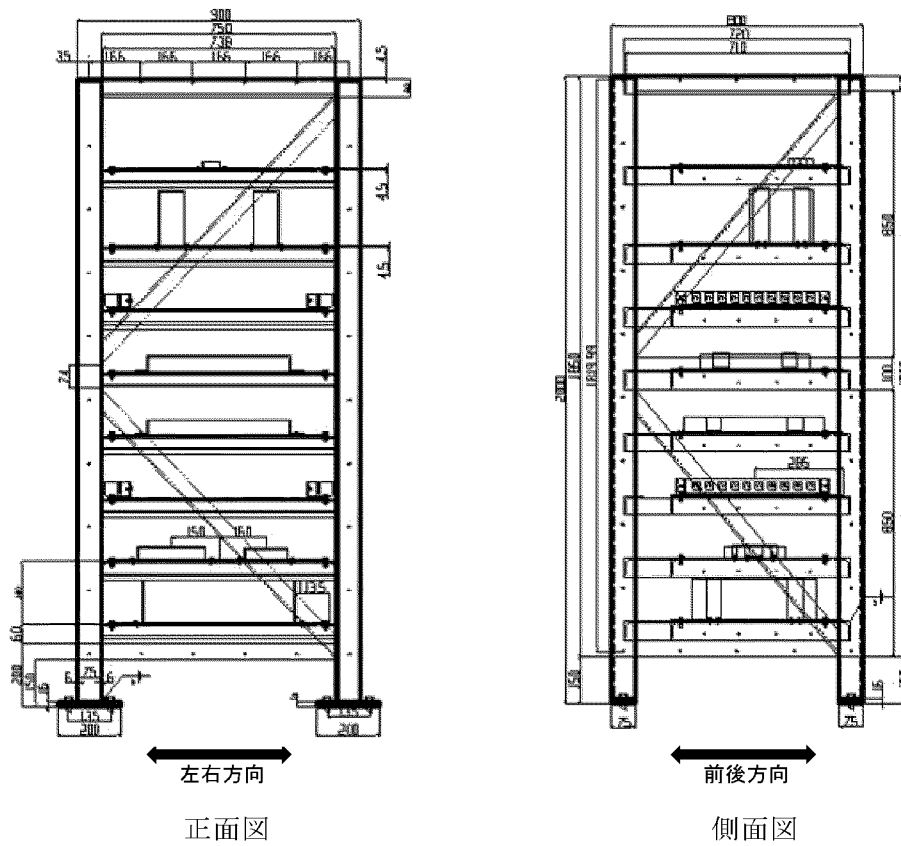
解析モデルは、収容架フレームを構成する鋼材をはり要素、ベースプレートシェル要素、器具を質量要素としてモデル化した3次元FEMモデルである。解析モデルを第4-1図に、解析モデルの諸元を第4-5表に示す。



第4-1図 解析モデル

第4-5表 解析モデルの諸元

項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	SS400
			STKR400
温度条件(雰囲気温度)	T	°C	40
縦弾性係数	E	MPa	2.02×10^5
ポアソン比	ν	—	0.3
寸法	—	—	第4-2図
質量	m	kg	411
要素数	—	個	367
節点数	—	個	359



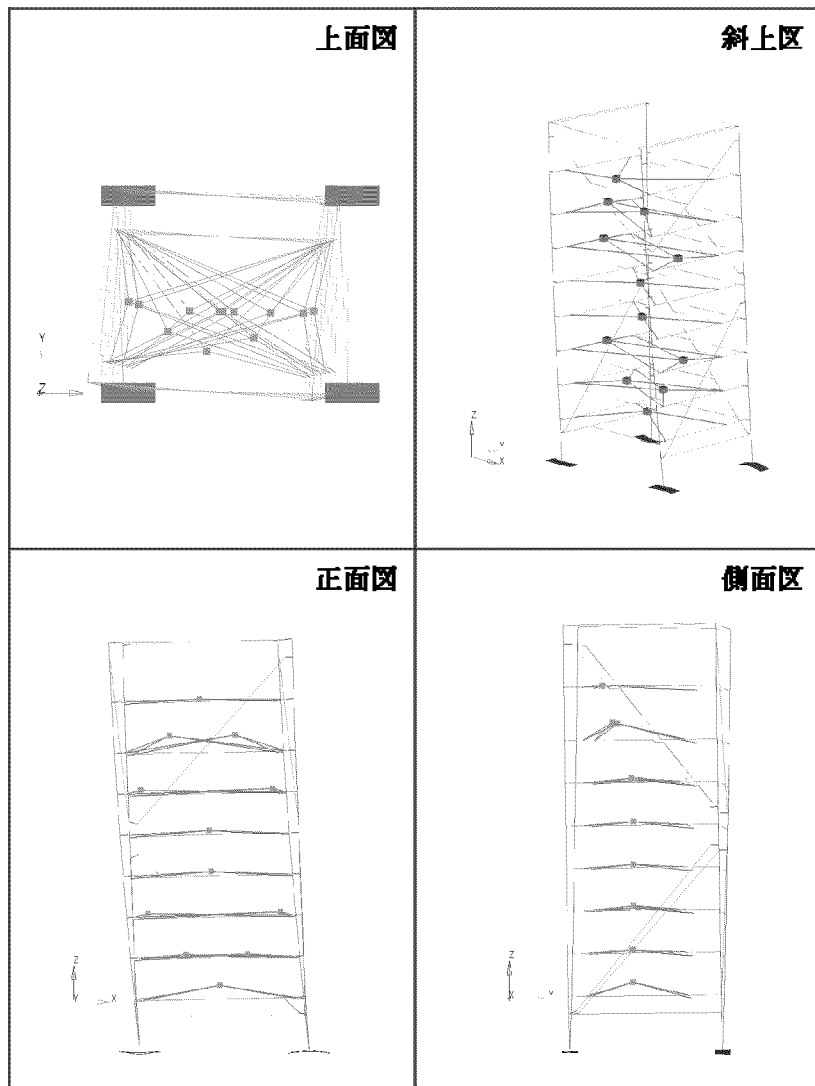
第4-2図 緊急時対策所通信設備収容架1外形図

4.5 固有値

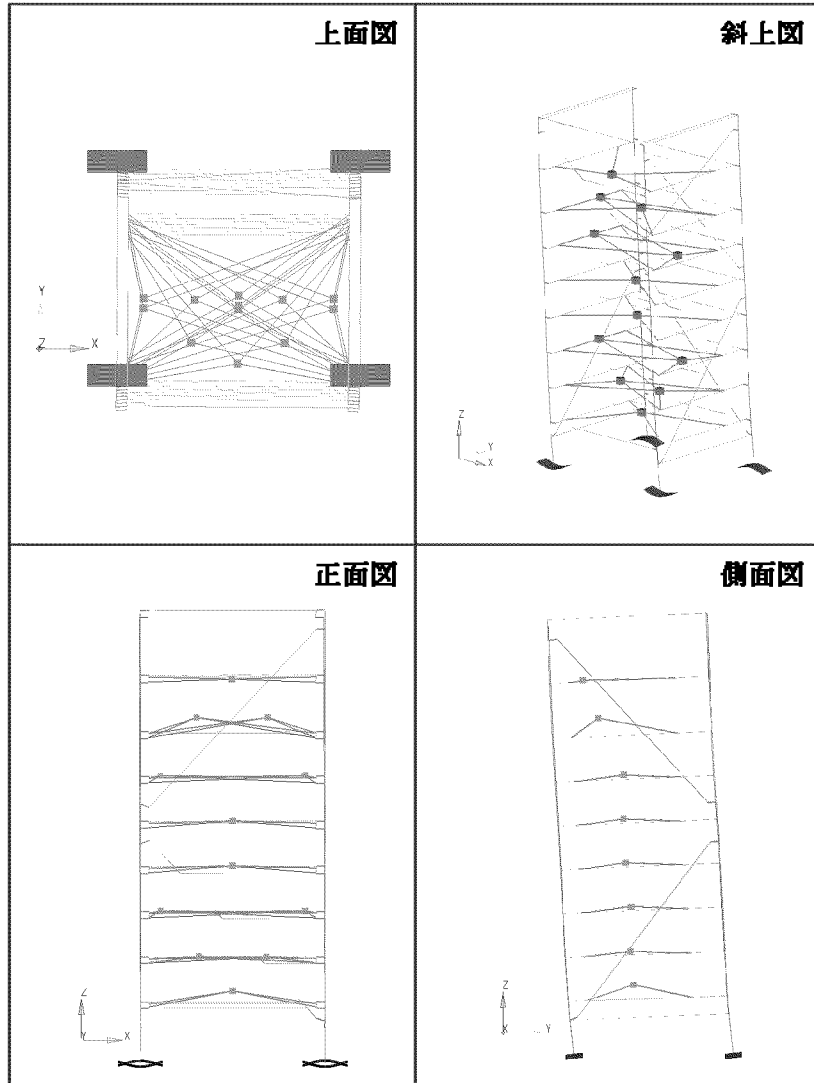
固有振動数の解析結果を以下に示す。

振動モード図を第4-3図～第4-5図に示す。

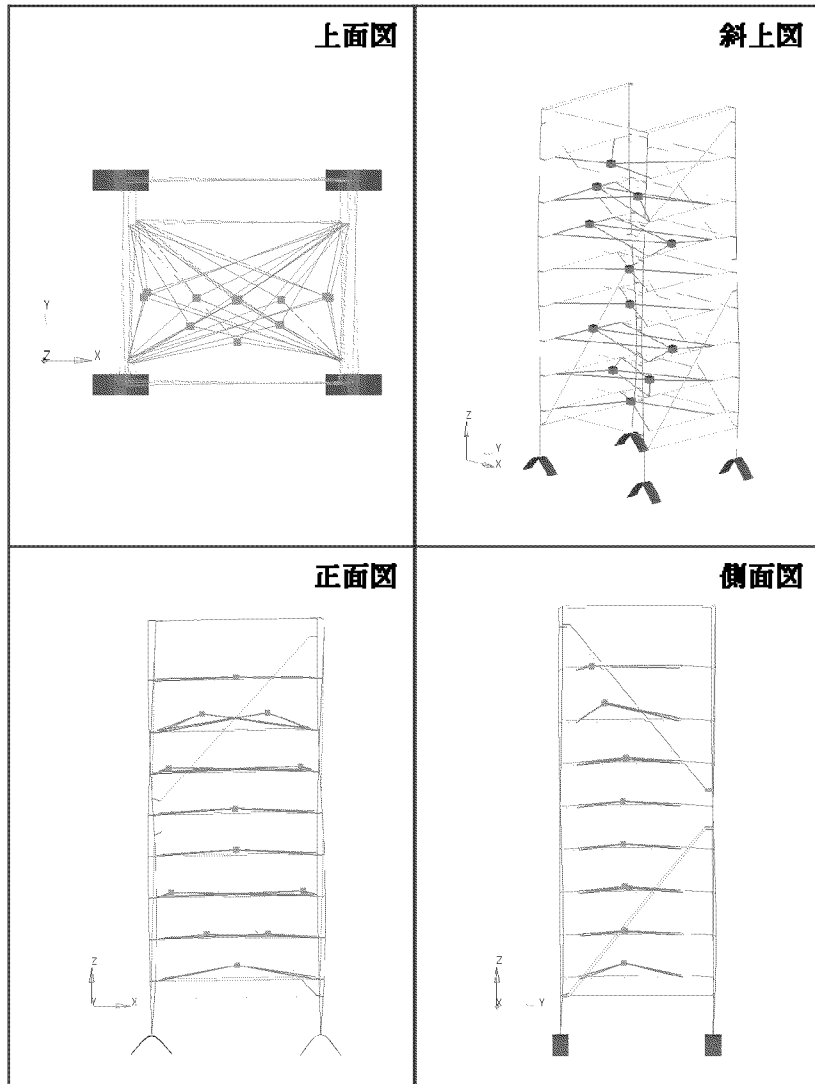
次数	固有振動数 (Hz)	刺激係数			卓越相当部材
		左右(X)方向	前後(Y)方向	鉛直(Z)方向	
1	28.2	-0.530	0.015	-0.002	フレーム
2	35.2	-0.009	-0.567	0.009	フレーム
3	59.0	0.209	0.016	0.006	フレーム
4	92.3	0.202	0.003	0.007	フレーム
5	107.4	0.076	0.020	0.001	フレーム
6	112.6	0.009	-0.251	0.026	フレーム
7	136.5	0.009	0.020	0.619	フレーム



第4-3図 振動モード図 (28.2 Hz)



第4-4図 振動モード図 (35.2 Hz)



第4-5図 振動モード図 (136.5 Hz)

4.6 応力評価方法

4.6.1 収容架フレームの応力計算式

FEM解析の結果から得られる収容架フレーム部分のはり要素の荷重、モーメントを用いて、以下の式により最大応力及び組合せ応力を算出する。また、最小裕度部位は第4-6図に示す。

応力の種類		単位	応力計算式
引張応力 σ_t		MPa	$\frac{F_x}{A}$
圧縮応力 σ_c		MPa	$\frac{F_x}{A}$
曲げ応力 σ_b		MPa	$\frac{M_y}{Z_y}, \frac{M_z}{Z_z}$
せん断応力 τ		MPa	$\sqrt{\tau_y^2 + \tau_z^2} + \tau_p$
組合せ	引張+曲げ	—	$\frac{\sigma_t + \sigma_{by} + \sigma_{bz}}{1.5f_t^*}, \frac{\sigma_{by} + \sigma_{bz} - \sigma_t}{1.5f_b^*}$
	圧縮+曲げ	—	$\frac{\sigma_c}{1.5f_c^*} + \frac{\sigma_{by} + \sigma_{bz}}{1.5f_b^*}, \frac{\sigma_{by} + \sigma_{bz} - \sigma_c}{1.5f_t^*}$

ここで、

$$\text{はりに作用する曲げ応力 } \sigma_{by} = M_y/Z_y, \quad \sigma_{bz} = M_z/Z_z$$

$$\text{はりに作用するせん断応力 } \tau_y = F_y/A_y, \quad \tau_z = F_z/A_z, \quad \tau_p = M_x/Z_p$$

(左右+鉛直)

記号	説明	単位	値
F_x	はりに作用する引張力	N	7,599
	はりに作用する圧縮力	N	7,635
F_y	はりに作用するY軸方向のせん断力	N	3,868
F_z	はりに作用するZ軸方向のせん断力	N	1,483
M_y	はりに作用するY軸周りの曲げモーメント	N・mm	186,143
M_z	はりに作用するZ軸周りの曲げモーメント	N・mm	329,128
M_x	はりに作用するねじりモーメント	N・mm	78,420
A	引張力が作用するはりの断面積	mm ²	564.4
	圧縮力が作用するはりの断面積	mm ²	564.4
A_y	はりの有効せん断断面積 (Y軸方向)	mm ²	756
A_z	はりの有効せん断断面積 (Z軸方向)	mm ²	756
Z_y	はりのY軸周りの断面係数	mm ³	5,000
Z_z	はりのZ軸周りの断面係数	mm ³	4,520
Z_p	はりのねじり断面係数	mm ³	57,100

(前後+鉛直)

記号	説明	単位	値
F_x	はりに作用する引張力	N	3,793
	はりに作用する圧縮力	N	692
F_y	はりに作用するY軸方向のせん断力	N	44
F_z	はりに作用するZ軸方向のせん断力	N	1,788
M_y	はりに作用するY軸周りの曲げモーメント	N・mm	72,705
M_z	はりに作用するZ軸周りの曲げモーメント	N・mm	72,962
M_x	はりに作用するねじりモーメント	N・mm	1
A	引張力が作用するはりの断面積	mm ²	564.4
	圧縮力が作用するはりの断面積	mm ²	600
A_y	はりの有効せん断断面積 (Y軸方向)	mm ²	756
A_z	はりの有効せん断断面積 (Z軸方向)	mm ²	756
Z_y	はりのY軸周りの断面係数	mm ³	4,520
Z_z	はりのZ軸周りの断面係数	mm ³	4,520
Z_p	はりのねじり断面係数	mm ³	57,100

4.6.2 据付ボルトの応力計算式

FEM解析の結果から得られる据付ボルト部の最大荷重を用いて、以下の式により最大応力及び組合せ応力を算出する。また、最小裕度部位は第4-6図に示す。

応力の種類	単位	応力計算式
引張応力 σ_{bt}	MPa	$\frac{F_x}{A}$
せん断応力 τ_{bs}	MPa	$\frac{\sqrt{F_y^2 + F_z^2}}{0.9A}$
組合せ応力	MPa	$\frac{F_x}{A}$

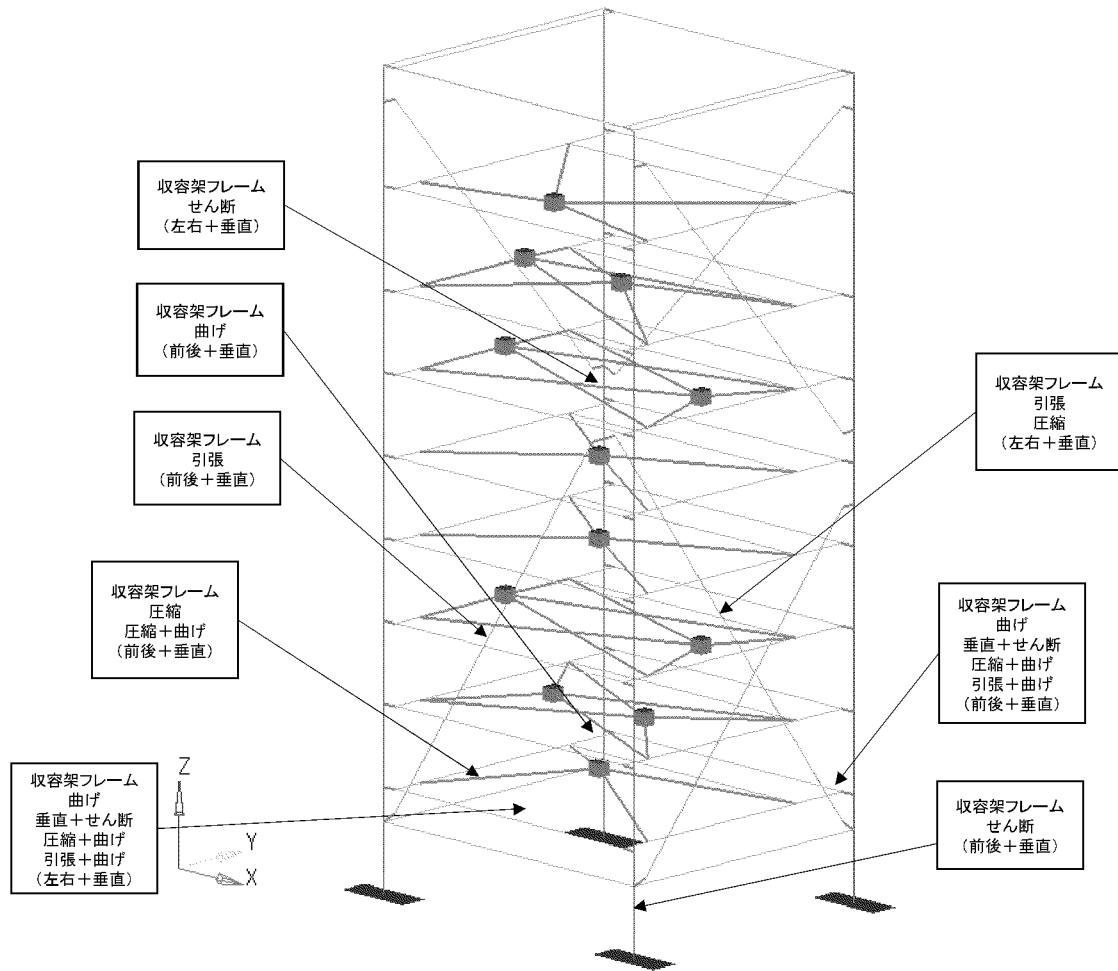
ここで、

(左右+鉛直)

記号	説明	単位	値
F_x	据付ボルトに作用する引張力	N	3,031
F_y	据付ボルトに作用するY軸方向のせん断力	N	22
F_z	据付ボルトに作用するZ軸方向のせん断力	N	921
A	据付ボルトの断面積	mm ²	201

(前後+鉛直)

記号	説明	単位	値
F_x	据付ボルトに作用する引張力	N	7,303
F_y	据付ボルトに作用するY軸方向のせん断力	N	1,859
F_z	据付ボルトに作用するZ軸方向のせん断力	N	376
A	据付ボルトの断面積	mm ²	201



第4-6図 最小裕度部位

4.7 応力評価条件

(1) 收容架フレーム

項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	SS400 ($t \leq 16$) STKR400

(2) 据付ボルト

項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	SUS304
ボルト呼び径	d	mm	10

(3) 設計用加速度

項目	記号	設計用加速度 (G)
水平	α_{H}	1.500 ^(注1)
鉛直	α_{V}	0.816 ^(注2)

(注1) 固有振動数が20Hz以上30Hz未満であることを確認したため、設計加速度は最大床応答加速度の1.2倍とスペクトルモーダル解析を使用する。

(注2) 固有振動数が30Hz以上であることを確認したため、設計用加速度には最大床応答加速度の1.2倍を使用する。

5. 機能維持評価

緊急時対策所通信設備収容架1内器具は、地震後に電氣的機能が要求されており、地震後においても、その機能が維持されていることを示す。

5.1 機能維持評価方法

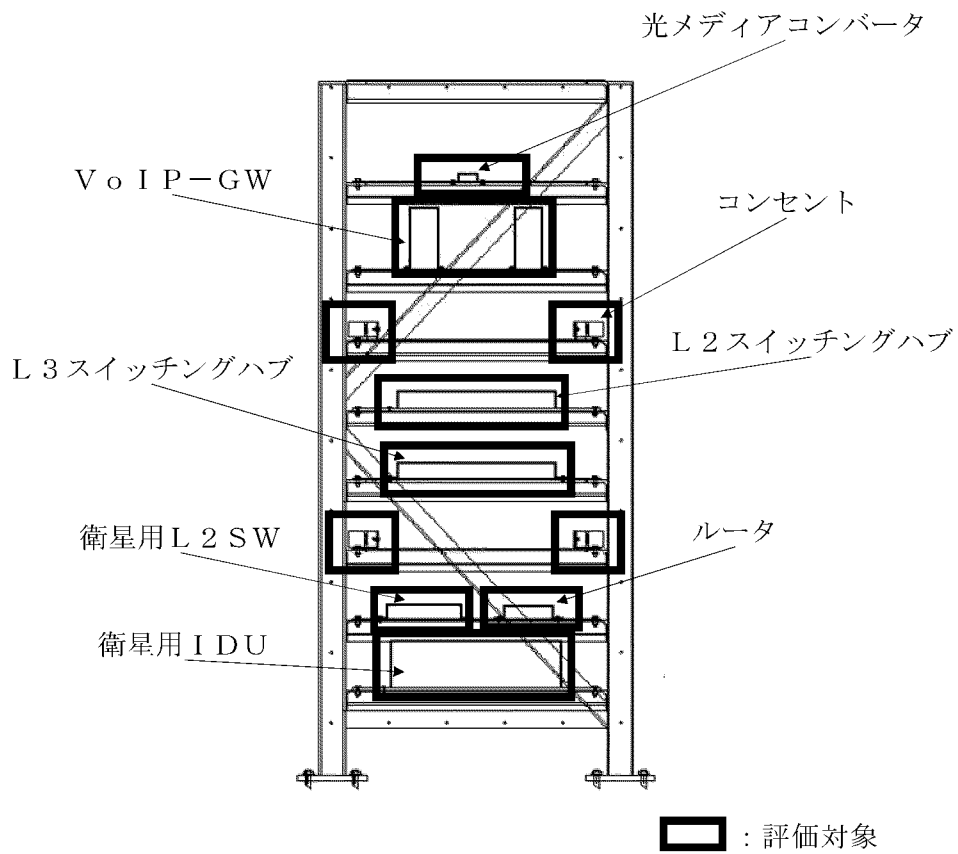
機能維持評価は、第4-1図に示す解析モデルによる地震応答解析を行い、器具の評価用加速度を求め、機能確認済加速度以下であることを確認する。なお、固有値解析結果より、固有振動数が30Hz以上であることを確認したため、評価用加速度には最大床応答加速度を用いる。

機能確認済加速度には、器具単体の正弦波加振試験（掃引試験及びビート試験）において、通信試験により電氣的機能の健全性を確認した加振波の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を第5-1表に示す。また、評価する器具の実装図を第5-1図に示す。

第5-1表 機能確認済加速度

器具名称	機能確認済加速度 (G)	
	水平	鉛直
衛星用 I D U	10.0	5.0
衛星用 L 2 S W	10.0	5.0
ルータ	10.0	5.0
L 3 スイッチングハブ	10.0	5.0
L 2 スイッチングハブ	10.0	5.0
コンセント	10.0	5.0
V o I P - G W	10.0	5.0
光メディアコンバータ	10.0	5.0



第5-1図 器具の実装図

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処施設としての評価結果

緊急時対策所通信設備収容架 1 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。発生値は許容値を満足しており、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。

基準地震動 S_s に対する応力評価結果を第6-1表に示す。また、電氣的機能維持評価結果を第6-2表に示す。

第6-1表 基準地震動Ssによる評価結果 (D+P_{SAD}+M_{SAD}+Ss) (1/2)

評価対象設備			評価部位	応力分類	加速度の方向 ^(注1)	発生値	許容値	
計測制御系統施設	その他	緊急時対策所 通信設備収容架 1	収容架フレーム	引張 (単位 MPa)	前後+鉛直	7	280	
					左右+鉛直	14		
				せん断 (単位 MPa)	前後+鉛直	5	129	
					左右+鉛直	9		
				圧縮 (単位 MPa)	前後+鉛直	2	31	
					左右+鉛直	14	192	
				曲げ (単位 MPa)	前後+鉛直	17	280	
					左右+鉛直	73		
				組合せ	引張+曲げ ^(注2) (単位なし)	前後+鉛直	0.08	1
						左右+鉛直	0.28	
					圧縮+曲げ ^(注3) (単位なし)	前後+鉛直	0.11	
						左右+鉛直	0.28	

第6-1表 基準地震動Ssによる評価結果 (D+P_{SAD}+M_{SAD}+Ss) (2/2)

評価対象設備		評価部位	応力分類	(注1) 加速度の方向	発生値	許容値	
計測制御系統施設	その他	緊急時対策所 通信設備収容架 1	据付 ボルト	引張 (単位 MPa)	前後+鉛直	16	184
					左右+鉛直	37	
				せん断 (単位 MPa)	前後+鉛直	5	142
					左右+鉛直	10	
				組合せ (単位 MPa)	前後+鉛直	16	184 (注4)
					左右+鉛直	37	

(注1) 緊急時対策所通信設備収容架 1 の正面に直行する方向を前後方向、正面と平行な方向を左右方向とする。

(注2) $\text{Max} \left(\frac{\sigma_t + \sigma_{by} + \sigma_{bz}}{1.5f_t^*}, \frac{\sigma_{by} + \sigma_{bz} - \sigma_t}{1.5f_b^*} \right)$

(注3) $\text{Max} \left(\frac{\sigma_c}{1.5f_c^*} + \frac{\sigma_{by} + \sigma_{bz}}{1.5f_b^*}, \frac{\sigma_{by} + \sigma_{bz} - \sigma_c}{1.5f_t^*} \right)$

(注4) 引張応力 (σ_{bt}) とせん断応力 (τ_{bs}) との組合せ応力の許容値は、 $\text{Min}(1.4 \cdot 1.5f_t^* - 1.6 \tau_{bs}, 1.5f_t^*)$ とする。

第6-2表 電氣的機能維持評価結果（重大事故等対処施設）

評価対象設備				機能確認済加速度との比較				
				加速度 確認部位	水平加速度 (G)		鉛直加速度 (G)	
					評価用 加速度	機能確認 済加速度	評価用 加速度	機能確認 済加速度
計測制御系統施設	その他	緊急時対策所 通信設備収容架 1	衛星用 I D U	器具 取付位置	0.919	10.0	0.603	5.0
			衛星用 L 2 S W	器具 取付位置	1.477	10.0	0.585	5.0
			ルータ	器具 取付位置	1.475	10.0	0.617	5.0
			L 3 スイッチングハブ	器具 取付位置	2.430	10.0	0.657	5.0
			L 2 スイッチングハブ	器具 取付位置	2.867	10.0	0.667	5.0
			コンセント	器具 取付位置	3.272	10.0	0.716	5.0
			V o I P - G W	器具 取付位置	3.982	10.0	0.688	5.0
			光メディアコンバータ	器具 取付位置	4.599	10.0	0.665	5.0

資料 10-14-1-4-3 通信端末の耐震計算書

目 次

	頁
1. 概要	03-添10-14-1-4-3-1
2. 基本方針	03-添10-14-1-4-3-2
2.1 構造の説明	03-添10-14-1-4-3-2
2.2 評価方針	03-添10-14-1-4-3-3
3. 機能維持評価	03-添10-14-1-4-3-4
3.1 設計用地震力	03-添10-14-1-4-3-4
3.2 機能維持評価方法	03-添10-14-1-4-3-4
4. 評価結果	03-添10-14-1-4-3-8
4.1 重大事故等対処施設としての評価結果	03-添10-14-1-4-3-8

1. 概要

本資料は、資料10-9「機能維持の基本方針」にて設定している機能維持の設計方針に基づき、通信端末が設計用地震力に対して十分な電氣的機能を有していることを説明するものである。その耐震評価は、通信端末の機能維持評価により行う。

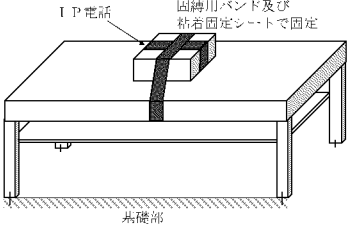
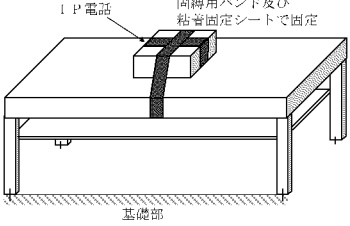
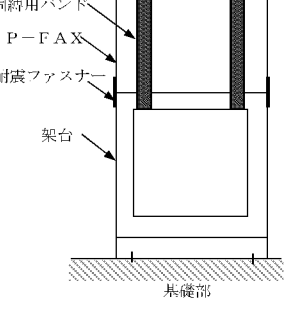
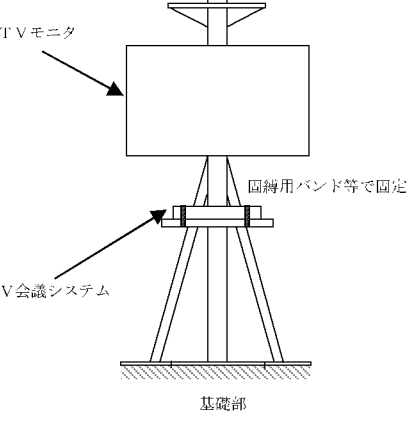
通信端末は、重大事故等対処施設において重大事故等対処設備（防止・緩和以外）に分類される。以下、この分類に応じた耐震評価を示す。

2. 基本方針

2.1 構造の説明

通信端末の構造計画を第2-1表に示す。通信端末は、IP電話（有線系）、IP電話（衛星系）、IP-FAX及びTV会議システムで構成される。

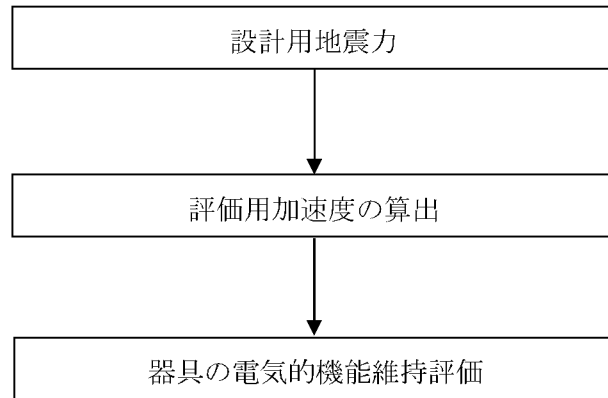
第2-1表 通信端末の構造計画

設備名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
IP電話（有線系）	電話機	IP電話を固縛用バンド及び粘着固定シートにて机に固定し、机をボルトで床に固定する。	 <p>IP電話 固縛用バンド及び粘着固定シートで固定 基礎部</p>
IP電話（衛星系）	電話機	IP電話を固縛用バンド及び粘着固定シートにて机に固定し、机をボルトで床に固定する。	 <p>IP電話 固縛用バンド及び粘着固定シートで固定 基礎部</p>
IP-FAX	FAX	IP-FAXを固縛用バンドで架台に固定し、架台をボルトで床に固定する。	 <p>固縛用バンド IP-FAX 耐震ファスナー 架台 基礎部</p>
TV会議システム	テレビ	TV会議システム及びTVモニタをボルト等で架台に固定し、架台をボルトで床に固定する。	 <p>TVモニタ 固縛用バンド等で固定 TV会議システム 基礎部</p>

2.2 評価方針

通信端末の機能維持評価は、資料10-9「機能維持の基本方針」の「4.2 電氣的機能維持」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを、「3. 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「4. 評価結果」に示す。

通信端末の耐震評価フローを第2-1図に示す。



第2-1図 通信端末の耐震評価フロー

3. 機能維持評価

通信端末は、地震後に電氣的機能が要求されており、地震後においても、その機能が維持されていることを示す。

3.1 設計用地震力

設計用地震力を第3-1表に示す。実際の設置状態を模擬して、基準地震動 S_s の最大床応答加速度を上回る加速度で加振試験を行い、要求される機能が維持されることを確認する。

第3-1表 設計用地震力（IP電話、IP-FAX、TV会議システム）

建屋及び 床面高さ (m)	地震波 方向		最大加速度(G)								
			Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8	Ss-9
E.1	水平	X	1.05	0.91	0.85	0.85	0.80	0.79	0.77	0.73	0.70
		Y	0.96	1.01	0.85	0.77	0.74	0.77	0.62	0.62	0.40
	鉛直	Z	0.53	0.64	0.43	0.60	0.49	0.49	0.41	0.39	0.33

最大加速度(G)										評価用 加速度 (G)
Ss-10	Ss-11	Ss-12	Ss-13	Ss-14	Ss-15	Ss-16	Ss-17	Ss-18	Ss-19	
1.25	1.01	0.67	0.87	0.90	0.93	0.85	0.69	0.99	0.78	1.25
0.51	1.02	0.71	0.75	0.87	0.72	0.71	0.84	0.97	0.76	1.02
0.40	0.56	0.39	0.41	0.68	0.48	0.44	0.50	0.57	0.36	0.68

- ・加振波 : 対象機器設置床における基準地震動（ $S_s-1\sim S_s-19$ ）を包絡する時刻歴応答加速度
- ・加振方向 : 水平(前後) + 鉛直、水平(左右) + 鉛直

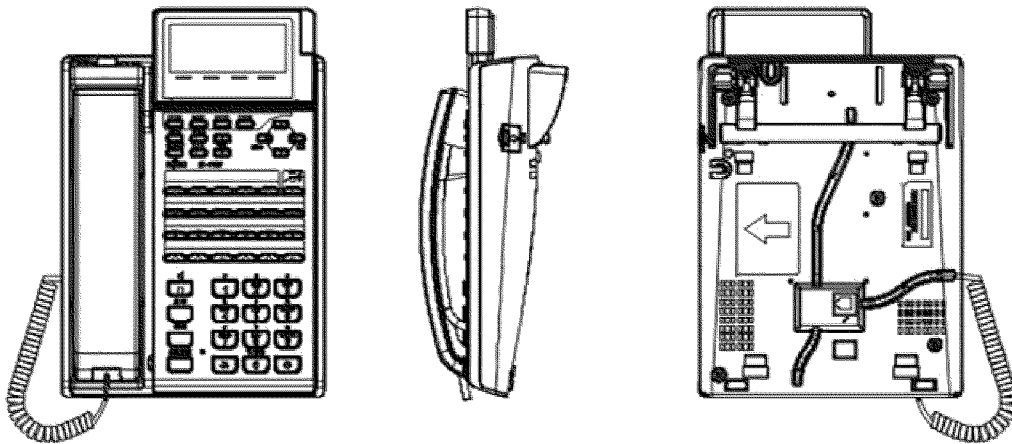
3.2 機能維持評価方法

機能維持評価は、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。機能確認済加速度には、加振試験において、通信試験により電氣的機能の健全性を確認した加振波の最大加速度を適用する。

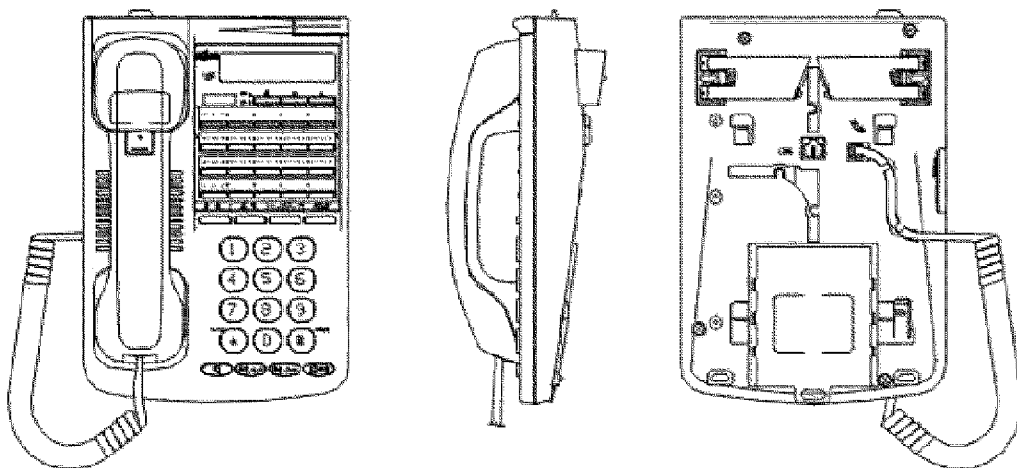
機能確認済加速度を第3-2表に示す。また、評価する設備の外形図を第3-1図～第3-4図に示す。

第3-2表 機能確認済加速度

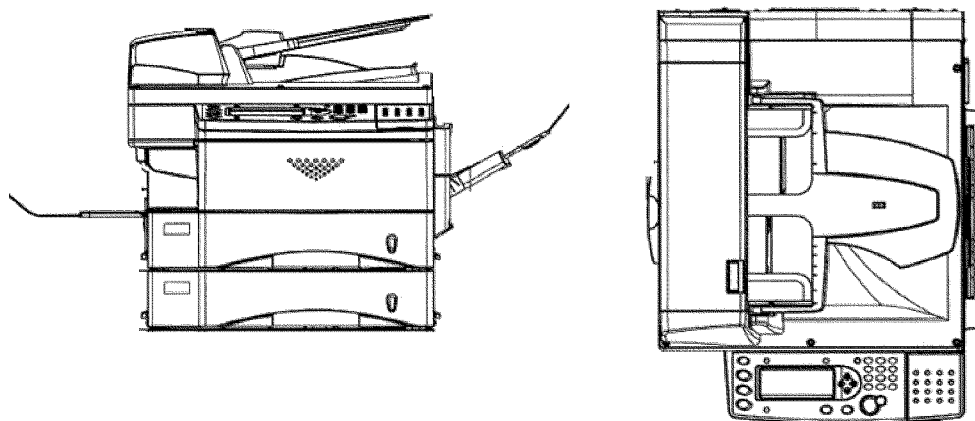
設備名称	加振方向		機能確認済加速度 (G)
I P 電話 (有線系)	水平	X	3.96
		Y	3.97
	鉛直	Z	2.54
I P 電話 (衛星系)	水平	X	3.96
		Y	3.97
	鉛直	Z	2.54
I P - F A X	水平	X	2.50
		Y	2.43
	鉛直	Z	2.51
T V 会議システム	水平	X	3.97
		Y	4.14
	鉛直	Z	2.66



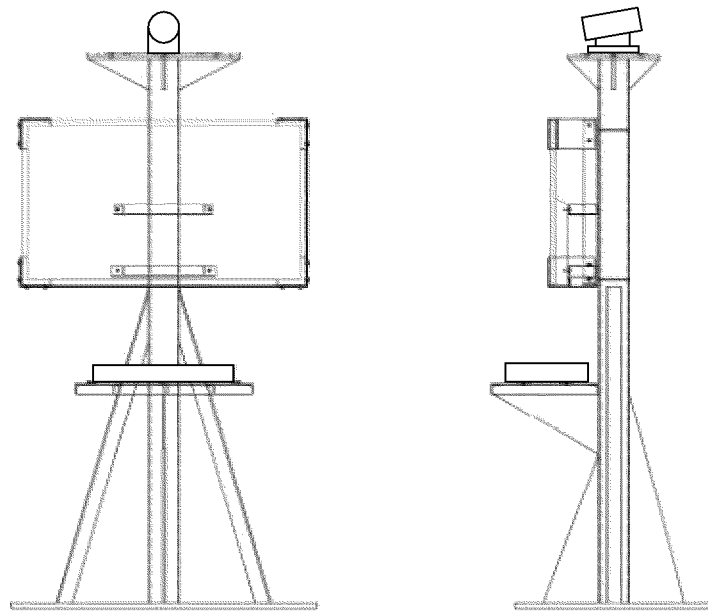
第3-1図 I P 電話 (有線系) 外形図



第3-2図 IP電話（衛星系） 外形図



第3-3図 IP-FAX 外形図



第3-4図 TV会議システム 外形図

4. 評価結果

4.1 重大事故等対処施設としての評価結果

通信端末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。評価用加速度は機能確認済加速度以下であり、設計用地震力に対して十分な電氣的機能を有していることを確認した。電氣的機能維持評価結果を第4-1表に示す。

第4-1表 電氣的機能維持評価結果（重大事故等対処施設）

評価対象設備			加速度 確認 部位	加振 方向		評価用 加速度 (G)	機能確認済 加速度 (G)
計測 制御 系統 施設	その他	I P 電話 (有線系)	加振台	水平	X	1.25	3.96
					Y	1.02	3.97
				鉛直	Z	0.68	2.54
					水平	X	1.25
				Y		1.02	3.97
				鉛直	Z	0.68	2.54
		水平			X	1.25	2.50
				Y	1.02	2.43	
		鉛直		Z	0.68	2.51	
				水平	X	1.25	3.97
		Y			1.02	4.14	
		鉛直		Z	0.68	2.66	
I P 電話 (衛星系)	鉛直		Z	0.68	2.54		
		水平	X	1.25	3.96		
Y	1.02		3.97				
I P - F A X	鉛直	Z	0.68	2.54			
		水平	X	1.25	2.50		
Y	1.02		2.43				
T V 会議シ ステム	鉛直	Z	0.68	2.51			
		水平	X	1.25	3.97		
Y	1.02		4.14				

資料 10-14-1-4-4 緊急時対策所統合原子力防災ネットワーク用
衛星アンテナの耐震計算書

目 次

	頁
1. 概要	03-添10-14-1-4-4-1
2. 基本方針	03-添10-14-1-4-4-1
2.1 構造の説明	03-添10-14-1-4-4-1
2.2 評価方針	03-添10-14-1-4-4-2
3. 耐震評価箇所	03-添10-14-1-4-4-2
4. 地震応答解析及び応力評価	03-添10-14-1-4-4-3
4.1 基本方針	03-添10-14-1-4-4-3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	03-添10-14-1-4-4-3
4.3 設計用地震力	03-添10-14-1-4-4-6
4.4 解析モデル及び諸元	03-添10-14-1-4-4-7
4.5 風荷重の算出	03-添10-14-1-4-4-10
4.6 積雪荷重の算出	03-添10-14-1-4-4-14
4.7 固有値	03-添10-14-1-4-4-16
4.8 応力評価方法	03-添10-14-1-4-4-17
4.9 応力評価条件	03-添10-14-1-4-4-22
5. 機能維持評価	03-添10-14-1-4-4-23
5.1 機能維持評価方法	03-添10-14-1-4-4-23
6. 評価結果	03-添10-14-1-4-4-24
6.1 重大事故等対処施設としての評価結果	03-添10-14-1-4-4-24

1. 概要

本資料は、資料10-9「機能維持の基本方針」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、緊急時対策所統合原子力防災ネットワーク用衛星アンテナが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説明するものである。その耐震評価は、統合原子力防災ネットワーク用衛星アンテナの地震応答解析及び応力評価並びに機能維持評価により行う。

緊急時対策所統合原子力防災ネットワーク用衛星アンテナは、重大事故等対処施設において重大事故等対処設備（防止・緩和以外）に分類される。以下、この分類に応じた耐震評価を示す。

2. 基本方針

2.1 構造の説明

資料10-11「機器・配管の耐震支持方針」の「2. 電気計測制御装置」にて設定した電気計測制御装置の支持方針に基づき設計した緊急時対策所統合原子力防災ネットワーク用衛星アンテナの構造計画を第2-1表に示す。

第2-1表 衛星アンテナの構造計画

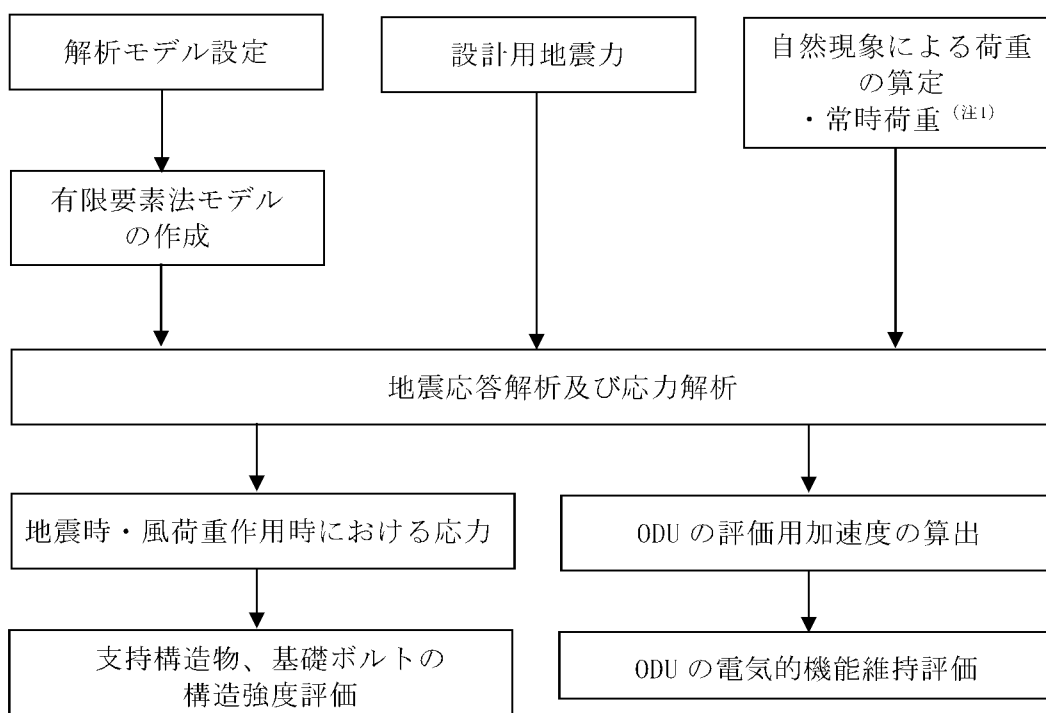
機器名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
緊急時対策所統合原子力防災ネットワーク用衛星アンテナ	アンテナ ^(注)	ODU、反射鏡及び支持構造物にて構成され、ODU及び反射鏡はそれぞれ取付ボルトにて支持構造物に固定し、支持構造物は基礎ボルトにて基礎に固定する。	

(注) 機能維持評価を行う、ODU（送受信装置）を実装

2.2 評価方針

緊急時対策所統合原子力防災ネットワーク用衛星アンテナの応力評価は、資料10-9「機能維持の基本方針」の「3.1 構造強度上の制限」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 構造の説明」にて示す緊急時対策所統合原子力防災ネットワーク用衛星アンテナの部位を踏まえ、「3. 耐震評価箇所」にて設定する箇所に作用する応力等が許容限界内に収まることを、「4. 地震応答解析及び応力評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、緊急時対策所統合原子力防災ネットワーク用衛星アンテナの機能維持評価は、資料10-9「機能維持の基本方針」の「4.2 電氣的機能維持」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを、「5. 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「6. 評価結果」に示す。

緊急時対策所統合原子力防災ネットワーク用衛星アンテナの耐震評価フローを第2-1図に示す。



(注1) 常時荷重は、自重、風荷重、積雪荷重を考慮するものとする。

第2-1図 緊急時対策所統合原子力防災ネットワーク用衛星アンテナの耐震評価フロー

3. 耐震評価箇所

緊急時対策所統合原子力防災ネットワーク用衛星アンテナの耐震評価は、耐震評価上厳しくなる支持構造物、基礎ボルトを選定して実施する。緊急時対策所統合原子力防災ネットワーク用衛星アンテナの耐震評価箇所については、第2-1表の説明図に示す。

4. 地震応答解析及び応力評価

緊急時対策所統合原子力防災ネットワーク用衛星アンテナの固有振動数、応力及び荷重を算出するための地震応答解析について以下に示す。

4.1 基本方針

- (1) 固有振動数を求めるため、緊急時対策所統合原子力防災ネットワーク用衛星アンテナをはり要素及びシェル要素によりモデル化した3次元FEMモデルにより固有値解析を行い、固有振動数が30Hz以上である場合は最大床加速度の1.2倍を用いた静解析を、30Hz未満20Hz以上である場合は最大床加速度の1.2倍を用いた静解析及びスペクトルモーダル解析を、20Hz未満である場合はスペクトルモーダル解析を実施する。
- (2) 解析コードは「MSC NASTRAN Ver.2008r1」を使用する。なお、評価に用いる「MSC NASTRAN Ver.2008r1」の検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。
- (3) ODUは、取付位置に質量要素として付加する。
- (4) 許容応力についてJSME S NC1-2005/2007の付録材料図表を用いて計算する際に、温度が付録材料図表記載値の中間の値の場合は、比例法を用いて計算する。ただし、付録材料図表Part5 表5、8及び9で比例法を用いる場合の端数処理は、小数第1位以下を切り捨てた値を用いるものとする。
- (5) 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

緊急時対策所統合原子力防災ネットワーク用衛星アンテナの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち、重大事故等対処施設の評価に用いるものを第4-1表に示す。

4.2.2 許容応力

緊急時対策所統合原子力防災ネットワーク用衛星アンテナの許容応力を第4-2表に示す。

4.2.3 使用材料の許容応力

緊急時対策所統合原子力防災ネットワーク用衛星アンテナの使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処施設の評価に用いるものを第4-3表に示す。

第4-1表 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処施設）

施設区分		機器名称	設備分類 ^(注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	その他	^(注2) 緊急時対策所 統合原子力防 災ネットワーク 用衛星アン テナ	その他	—	$D + P_D + M_D + S_S + P_K + P_S$ ^(注3)	$IV_A S$
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_S + P_K + P_S$	$V_A S$ ($V_A S$ として $IV_A S$ の許容限 界を用いる)

ここで、 P_K ：風荷重、 P_S ：積雪荷重

(注1) 「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備、「常設／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備、「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備、「その他」は重大事故等対処設備（防止・緩和以外）を示す。

(注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。

(注3) 「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_S + P_K + P_S$ 」の評価に包絡されるため、評価結果の記載を省略する。

第4-2表 許容応力（その他の支持構造物（重大事故等対処施設））

許容応力状態	許容限界 ^(注1, 2, 3) (ボルト以外)				許容限界 ^(注2, 3) (ボルト等)	
	一次応力				一次応力	
	引張	せん断	圧縮	曲げ	引張	せん断
IV _A S	1.5f _t *	1.5f _s *	1.5f _c *	1.5f _b *	1.5f _t *	1.5f _s *
V _A S (V _A SとしてIV _A Sの 許容限界を用いる)						

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

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

(注3) 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。

第4-3表 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処施設）

(1) 支持構造物

材質	雰囲気 温度条件(°C)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)
SS400(16mm以下)	40	245	400	280
STK400	40	245	400	280
STKR400	40	245	400	280
A5052P-H112	40	65	175	78

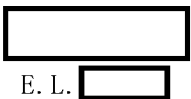

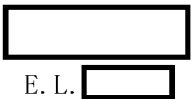

(2) 基礎ボルト

材質	雰囲気 温度条件(°C)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)
SS400(16mm以下)	40	245	400	280
SS400(40mm以下)	40	235	400	280

4.3 設計用地震力

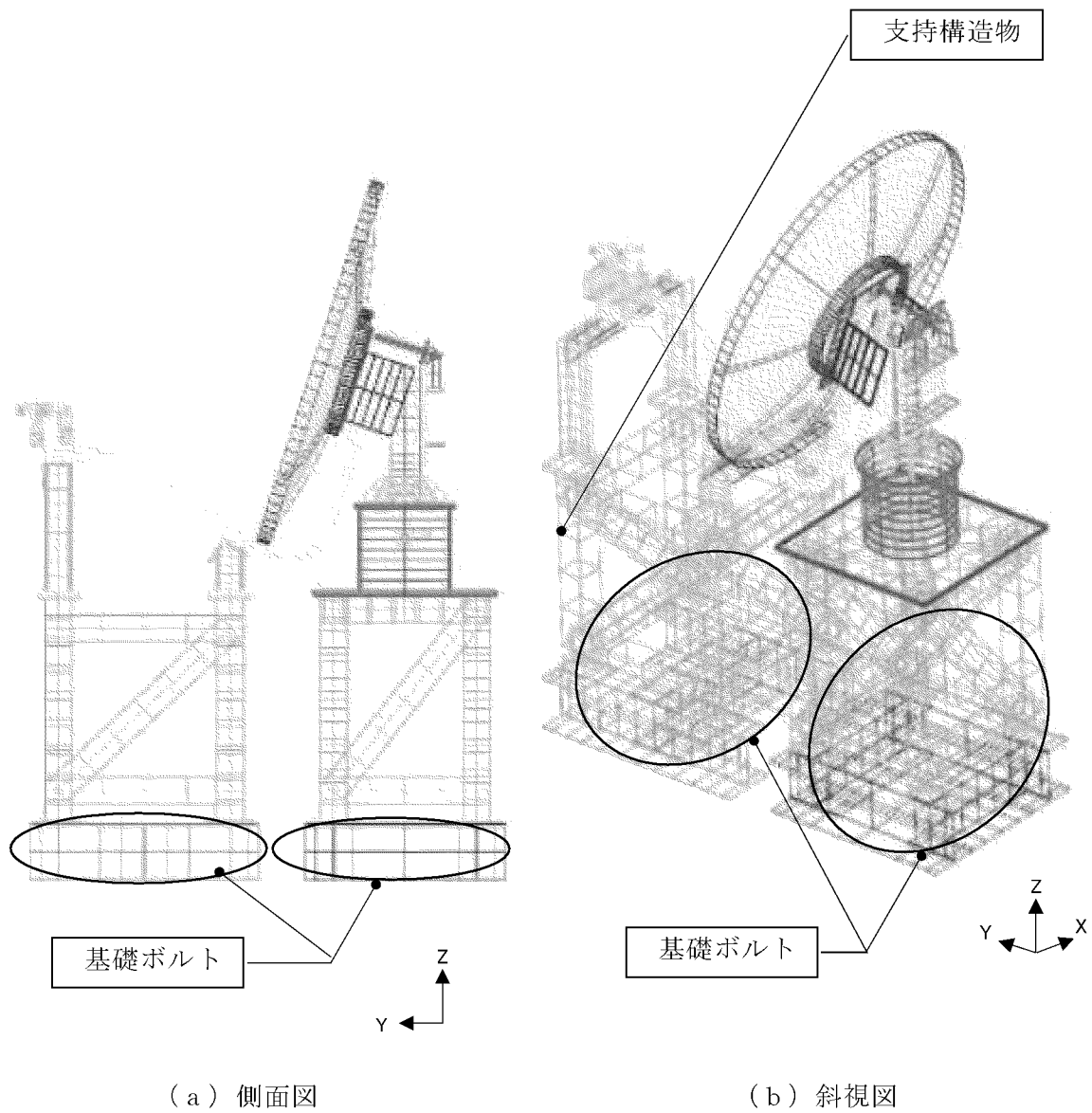
耐震計算における入力地震力には、資料10-7「設計用床応答曲線の作成方針」の「2. 床応答スペクトル解析」にて設定した床応答の作成方針に基づき、第4-4表にて示す条件を用いて作成した設計用床応答曲線を用いる。また、減衰定数は資料10-6「地震応答解析の基本方針」の「3. 設計用減衰定数」第3-1表に記載の減衰定数を用いる。

第4-4表 設計用地震力

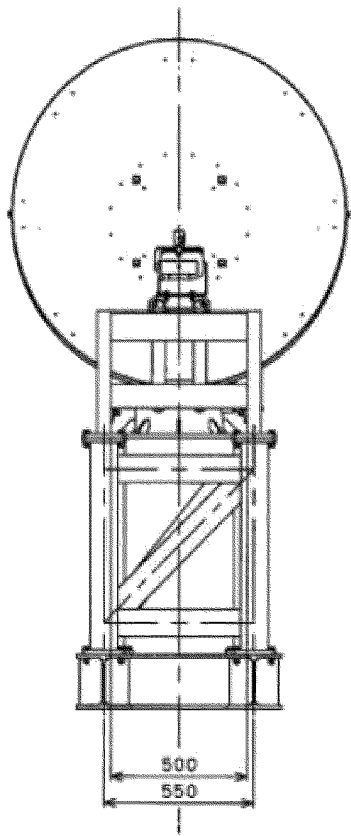
設置場所 及び 床面高さ (m)	設計用床応答曲線			備 考
	建屋 及び高さ (m)	方向	減衰 定数 (%)	
 E.L. 	 E.L. 	水平	1.0	水平方向はSs-1からSs-19のX 方向及びY方向の包絡曲線を用 いる。 鉛直方向はSs-1からSs-19の包 絡曲線を用いる。
		鉛直	1.0	

4.4 解析モデル及び諸元

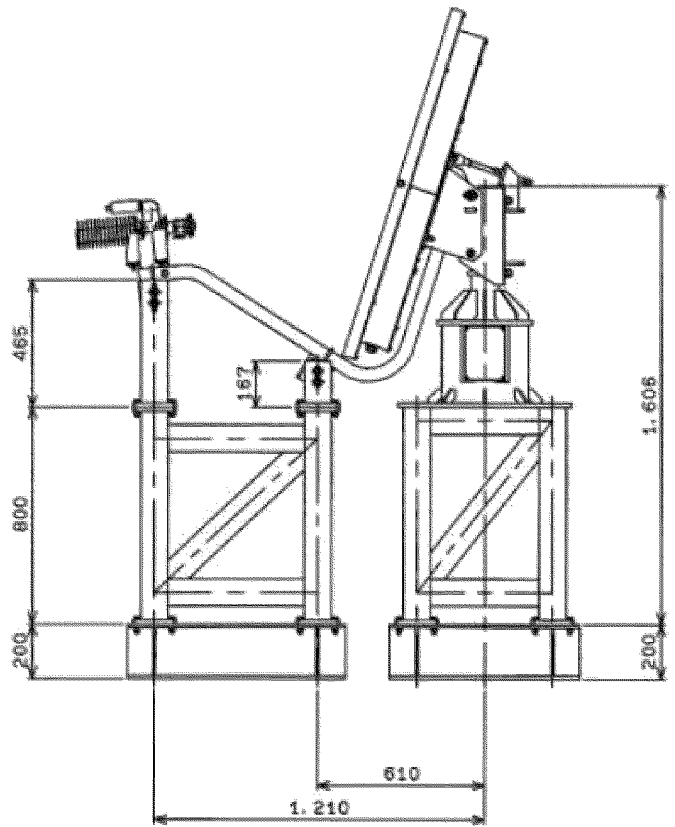
解析モデルは、緊急時対策所統合原子力防災ネットワーク用衛星アンテナをはり要素及びシェル要素にてモデル化した、3次元FEMモデルである。解析モデルを第4-1図に、寸法を第4-2図に、解析モデルの諸元を第4-5表に示す。



第4-1図 解析モデル図（はりモデル及びシェルモデル図）



↔
左右方向



↔
前後方向

(单位：mm)

第 4-2 图 寸法图

第4-5表 解析モデルの諸元

項目	記号	単位	入力値	
材質	—	—	SS400 (16mm以下)	
	—	—	STK400	
	—	—	STKR400	
	—	—	A5052P-H112	
温度条件 (雰囲気温度)	T	°C	40	
縦弾性係数	SS400	E	MPa	2.02×10^5
	STK400	E	MPa	2.02×10^5
	STKR400	E	MPa	2.02×10^5
	A5052P-H112	E	MPa	0.693×10^5
ポアソン比	SS400	v	—	0.30
	STK400	v	—	0.30
	STKR400	v	—	0.30
	A5052P-H112	v	—	0.33
要素数	—	個	2,670	
節点数	—	個	2,449	

4.5 風荷重の算出

4.5.1 記号の説明

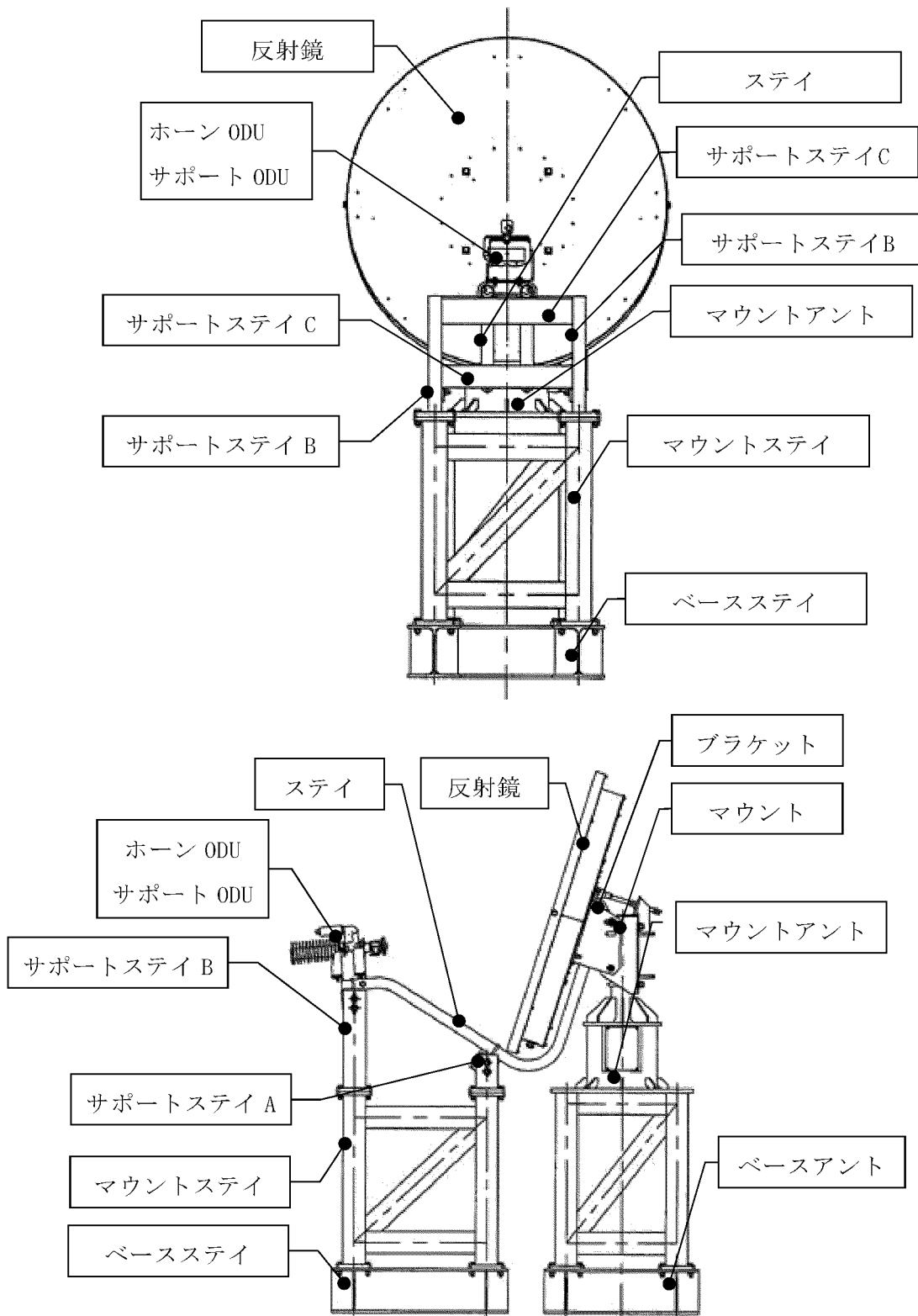
風荷重算出に使用する記号の説明を第4-6表に示す。

第4-6表 記号の説明

記号	説明	単位
F_1	アンテナ正面(前後方向)の風荷重	N
F_2	アンテナ側面(左右方向)の風荷重	N
q	速度圧	N/m^2
E	建築基準法施行令第87条第2項に規定する数値	—
V_0	風速	m/s
E_r	建設省告示第1454号第2項の規定によって算出した平均風速の高さ方向の分布を表す係数	—
G_f	ガスト影響係数	—
H	地表面からの高さ	m
Z_G	地表面粗度区分(Ⅱ)に応じた数値	m
α	地表面粗度区分(Ⅱ)に応じた数値	—
A_1	風力を受けるアンテナ正面(前後方向)の投影面積	m^2
A_2	風力を受けるアンテナ側面(左右方向)の投影面積	m^2
C_D	風力係数	—

4.5.2 風荷重を付加する部位

アンテナを正面側及び側面側から見て目視可能な部材に風荷重を付加する。
 第4-3図にアンテナ正面側及び側面側から目視可能な部位を示す。



第4-3図 風荷重を付加する部位

4.5.3 算出方法

建築基準法・施行令より風荷重は以下の式で求まる。

(1) アンテナ正面（前後方向）の風荷重 F_1

$$F_1 = q \times A_1 \times C_D$$

ここで、

$$\begin{aligned} q &= 0.6 \times E \times V_0^2 \\ &= 0.6 \times E_r^2 \times G_r \times V_0^2 \\ &= 0.6 \times \left\{ 1.7 \times \left(\frac{H}{Z_G} \right)^\alpha \right\}^2 \times G_r \times V_0^2 \end{aligned}$$

(2) アンテナ側面（左右方向）の風荷重 F_2

$$F_2 = q \times A_2 \times C_D$$

ここで、

$$\begin{aligned} q &= 0.6 \times E \times V_0^2 \\ &= 0.6 \times E_r^2 \times G_r \times V_0^2 \\ &= 0.6 \times \left\{ 1.7 \times \left(\frac{H}{Z_G} \right)^\alpha \right\}^2 \times G_r \times V_0^2 \end{aligned}$$

4.5.4 風荷重算出に必要な数値

風荷重算出に必要な値を第4-7表に示す。

表4-7表 風荷重算出に必要な値

記号	項目	単位	数値
V_0	風速	m/s	32
G_f	ガスト影響係数	—	1
H	地表面からの高さ	m	21.401
Z_G	地表面粗度区分(Ⅱ)に応じた数値	m	350
α	地表面粗度区分(Ⅱ)に応じた数値	—	0.15

4.5.5 各部位の風荷重

各部位の風荷重を第4-8表、第4-9表に示す。

第4-8表 各部位の風荷重（アンテナ正面）

部位	風力係数 C_D	受風面積 A_1 [m^2]	風荷重 F_1 [N]
反射鏡	1.44	1.28	1,416
マウントアント(支柱)	1.2	0.10	93
マウントアント(架台)	2.0	0.06	93
ステイ	1.2	0.05	47
ホーンODU	2.0	0.02	31
サポートODU	2.0	0.02	31
ベースステイ	2.0	0.15	231
マウントステイ	2.0	0.32	492
サポートステイB	1.4	0.05	54
サポートステイC(アント側)	2.0	0.04	62
サポートステイC(ステイ側)	2.0	0.05	77

第4-9表 各部位の風荷重（アンテナ側面）

部位	風力係数 C_D	受風面積 A_2 [m^2]	風荷重 F_2 [N]
反射鏡	1.2	0.29	268
マウントアント(支柱)	1.2	0.16	148
マウントアント(架台)	2.0	0.31	477
ベースアント	2.0	0.14	216
ステイ	1.2	0.09	83
マウント、ブラケット	2.0	0.13	200
ホーンODU	2.0	0.05	77
サポートODU	2.0	0.01	16
ベースステイ	2.0	0.16	246
マウントステイ	2.0	0.33	507
サポートステイA	2.2	0.02	34
サポートステイB	2.2	0.05	85

4.6 積雪荷重の算出

4.6.1 記号の説明

積雪荷重算出に使用する記号の説明を第4-10表に示す。

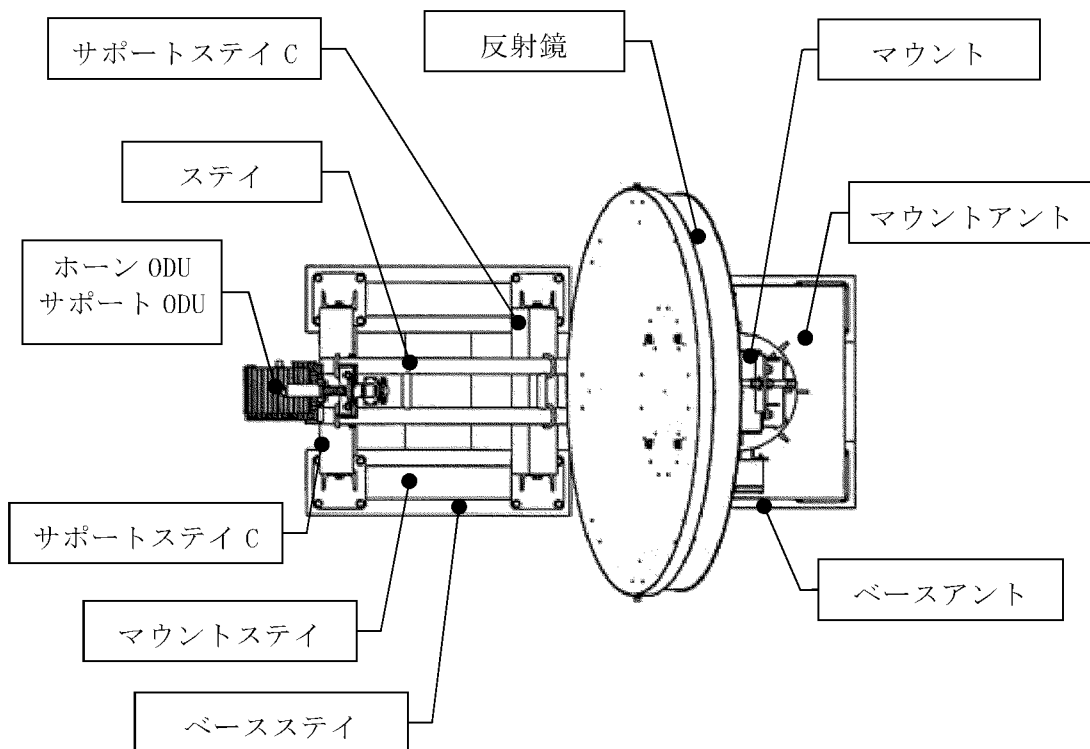
第4-10表 記号の説明

記号	説明	単位
P_s	積雪荷重	N
W_s	1cmあたりの積雪荷重	N/m^2
A_v	積雪面積	m^2
d	積雪高さ	cm

4.6.2 積雪荷重を付加する部位

アンテナを上面側から見て目視可能な部材に積雪荷重を付加する。

第4-4図にアンテナ上面側から目視可能な部位を示す。



第4-4図 積雪荷重を付加する部位

4.6.3 算出方法

積雪荷重は、以下のとおり算出する。

$$P_s = 0.35 \cdot W_s \cdot A_v \cdot d$$

ここで、0.35は地震荷重と組合せる際の係数である。

4.6.4 積雪荷重算出に必要な数値

積雪荷重算出に必要な値を第4-11表に示す。

表4-11表 積雪荷重算出に必要な値

記号	項目	単位	数値
W_s	1cmあたりの積雪荷重	N/m ²	30
d	積雪高さ	cm	100

4.6.5 各部位の積雪荷重

各部位の積雪荷重を第4-12表に示す。

第4-12表 各部位の積雪荷重

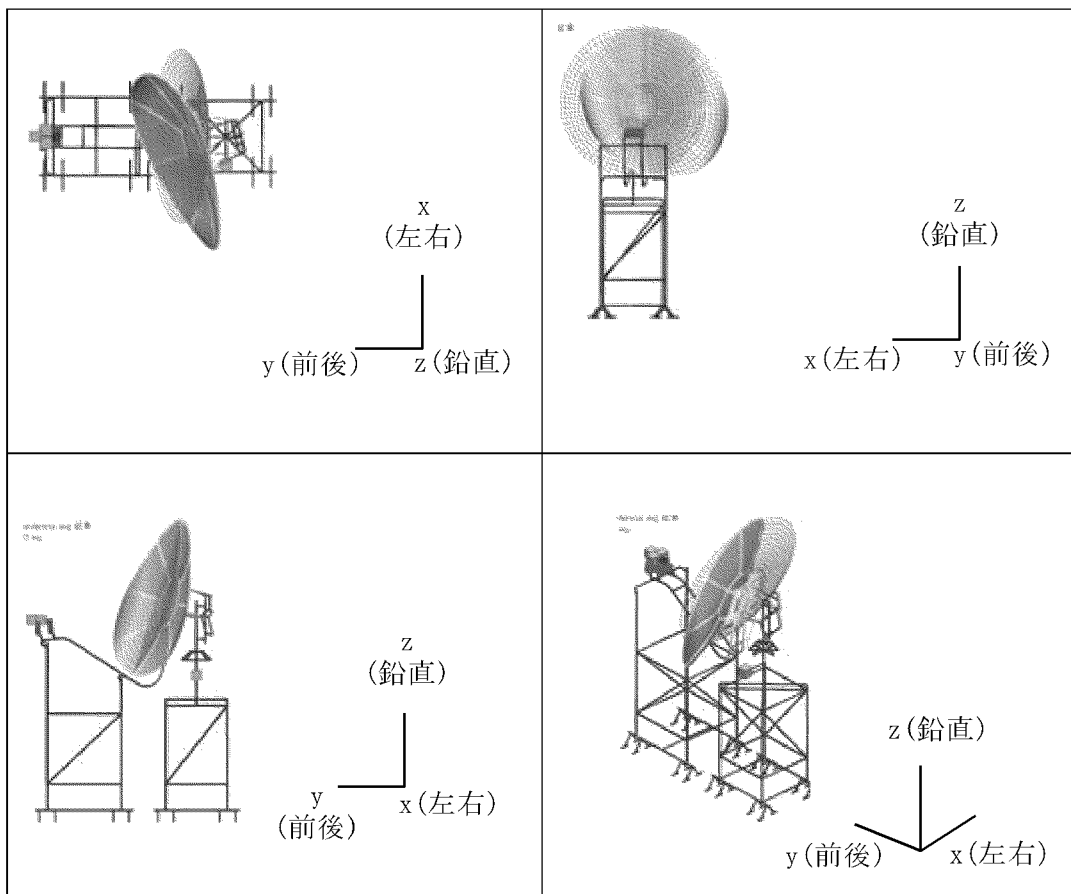
部位	積雪面積 A_1 [m ²]	積雪荷重 F_1 [N]
反射鏡(鏡面)	0.39	410
反射鏡(淵)	0.18	189
マウント	0.05	53
マウントアント(支柱)	0.09	95
マウントアント(架台)	0.33	347
ステイ	0.09	95
ホーンODU	0.05	53
サポートODU	0.02	21
マウントステイ	0.23	242
サポートステイC(アント側)	0.07	74
サポートステイC(ステイ側)	0.05	53
ベースアント	0.08	84
ベースステイ	0.23	242

4.7 固有値

固有振動数の解析結果を第4-13表に、振動モード図を第4-5図に示す。

第4-13表 固有振動数

振動次数	固有振動数 (Hz)	刺激係数			卓越相当 部材
		X方向	Y方向	Z方向	
1	30.5	0.0703	0.0000	0.0000	アンテナ全体



第4-5図 振動モード図(30.5Hz)

4.8 応力評価方法

4.8.1 支持構造物の応力計算式

FEM解析の結果から得られる支持構造物のはり要素の荷重、モーメントを用いて、以下の式により最大応力及び組合せ応力を算出する。また、最大応力発生部位は第4-6図に示す。

応力の種類		単 位	応力計算式
引張応力 σ_t		MPa	$\frac{F_x}{A}$
圧縮応力 σ_c		MPa	$\frac{F_x}{A}$
曲げ応力 σ_b		MPa	$\frac{(zI_z - yI_{yz})}{(I_y I_z - I_{yz}^2)} M_y + \frac{(yI_y - zI_{yz})}{(I_y I_z - I_{yz}^2)} M_z$
せん断応力 τ		MPa	$\sqrt{\left(\frac{F_y}{A_y}\right)^2 + \left(\frac{F_z}{A_z}\right)^2} + \frac{M_x}{Z_p}$
組合せ	引張+曲げ	—	$\frac{\sigma_t + \sigma_b}{1.5f_t}$
	圧縮+曲げ	—	$\frac{\sigma_c}{1.5f_c} + \frac{\sigma_b}{1.5f_b}$

(左右+鉛直)

記号	説明	単位	値
F_x	はりに作用する引張	N	64.0
	はりに作用する圧縮	N	415.5
F_y	はりに作用するY軸方向のせん断力	N	-1,973.2
F_z	はりに作用するZ軸方向のせん断力	N	-230.9
M_y	はりに作用するY軸周りの曲げモーメント	N・mm	2,769.2
M_z	はりに作用するZ軸周りの曲げモーメント	N・mm	9.7
M_x	はりに作用するねじりモーメント	N・mm	73,935.6
A	はりの断面積(引張)	mm ²	56.1
A	はりの断面積(圧縮)	mm ²	56.1
A_y	はりの有効せん断断面積(Y軸方向)	mm ²	1,716.8
A_z	はりの有効せん断断面積(Z軸方向)	mm ²	1,716.8
Z_p	極断面係数	mm ³	6,180.0
I_{yz}	断面相乗モーメント	mm ⁴	0.0
I_y	はりのY軸周りの断面二次モーメント	mm ⁴	1,630.0
I_z	はりのZ軸周りの断面二次モーメント	mm ⁴	42.1
y	応力出力点のY方向距離	mm	1.5
z	応力出力点のZ方向距離	mm	9.35

(前後+鉛直)

記号	説明	単位	値
F _x	はりに作用する引張	N	151.0
	はりに作用する圧縮	N	479.7
F _y	はりに作用するY軸方向のせん断力	N	-158.2
F _z	はりに作用するZ軸方向のせん断力	N	1,759.2
M _y	はりに作用するY軸周りの曲げモーメント	N・mm	3,420.0
M _z	はりに作用するZ軸周りの曲げモーメント	N・mm	0.1
M _x	はりに作用するねじりモーメント	N・mm	14,266.7
A	はりの断面積(引張)	mm ²	56.1
A	はりの断面積(圧縮)	mm ²	56.1
A _y	はりの有効せん断断面積(Y軸方向)	mm ²	649.7
A _z	はりの有効せん断断面積(Z軸方向)	mm ²	649.7
Z _p	極断面係数	mm ³	2,750.0
I _{yz}	断面相乗モーメント	mm ⁴	0.0
I _y	はりのY軸周りの断面二次モーメント	mm ⁴	1,630.0
I _z	はりのZ軸周りの断面二次モーメント	mm ⁴	42.1
y	応力出力点のY方向距離	mm	1.5
z	応力出力点のZ方向距離	mm	9.35

4.8.2 基礎ボルト

FEM解析の結果から得られる基礎ボルト部の最大荷重を用いて、以下の式により最大応力及び組合せ応力を算出する。また、最大応力発生部位は第4-6図に示す。

応力の種類	単位	応力計算式
引張応力 σ_b	MPa	$\frac{F_x}{nA_b}$
せん断応力 τ_b	MPa	$\frac{\sqrt{F_y^2 + F_z^2}}{nA_b}$
組合せ応力	MPa	$\frac{F_x}{nA_b}$

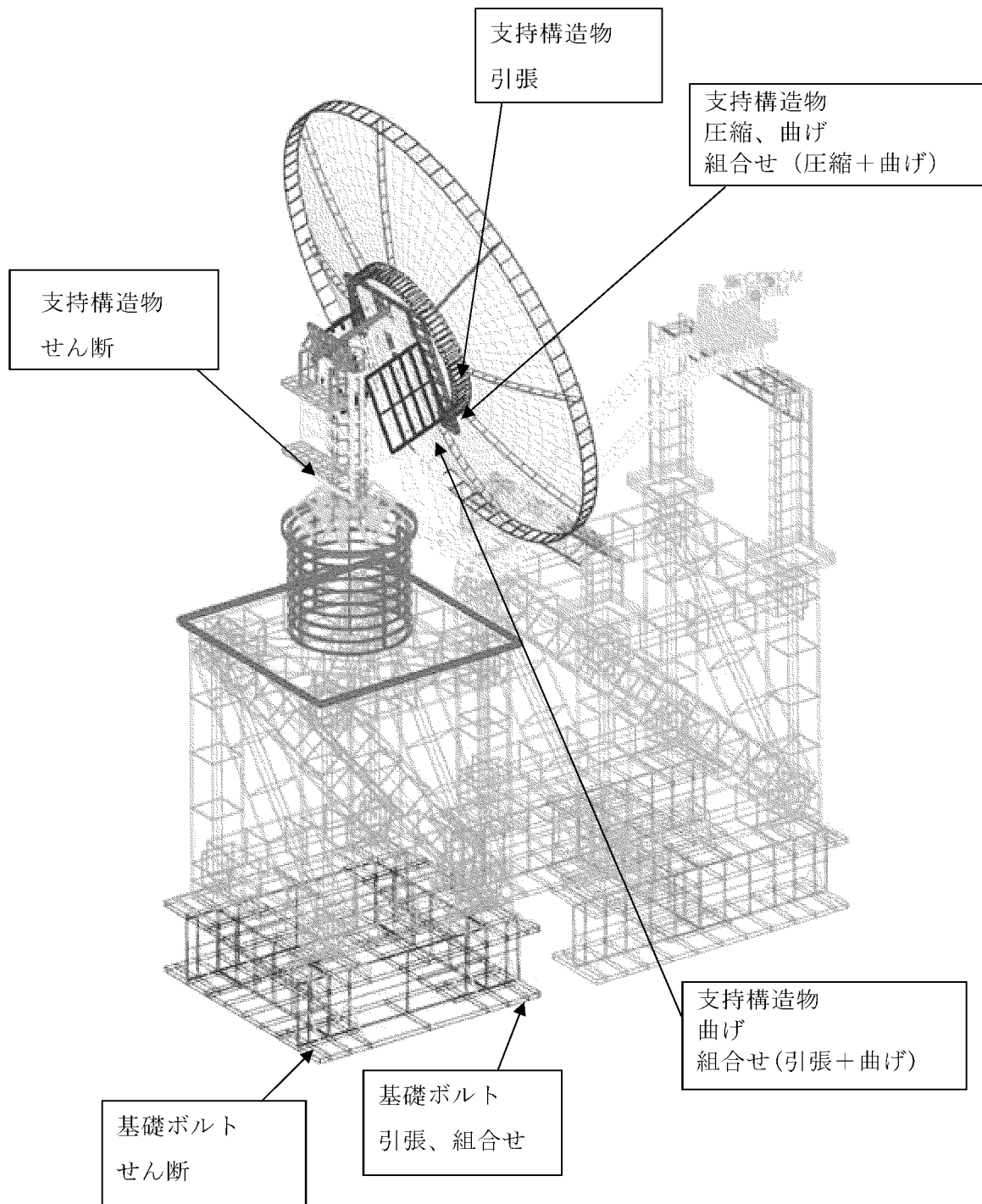
ここで、

(左右+鉛直)

記号	説明	単位	値
F_x	基礎ボルト固定部に作用する引張力	N	2,589.0
F_y	基礎ボルト固定部に作用するY軸方向のせん断力	N	472.7
F_z	基礎ボルト固定部に作用するZ軸方向のせん断力	N	-432.7
A_b	基礎ボルトの断面積	mm ²	314.2
n	ボルト本数	本	1

(前後+鉛直)

記号	説明	単位	値
F_x	基礎ボルト固定部に作用する引張力	N	2,616.0
F_y	基礎ボルト固定部に作用するY軸方向のせん断力	N	-34.6
F_z	基礎ボルト固定部に作用するZ軸方向のせん断力	N	641.4
A_b	基礎ボルトの断面積	mm ²	314.2
n	ボルト本数	本	1



第4-6図 最大応力発生部位

4.9 応力評価条件

(1) 支持構造物

項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	SS400(16mm以下)
			STK400
			STKR400
			A5052P-H112

(2) 基礎ボルト

項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	SS400(40mm以下)
ボルト呼び径	d	mm	20

(3) 設計用加速度

項目	記号	設計用加速度 (G)
水平	α_{H}	1.788 ^(注1)
鉛直	α_{V}	0.804 ^(注1)

(注1) 設計用加速度には最大床応答加速度の1.2倍を使用する。

5. 機能維持評価

緊急時対策所統合原子力防災ネットワーク用衛星アンテナは、地震後に電氣的機能が要求されており、地震後においても、その維持がされていることを示す。

5.1 機能維持評価方法

機能維持評価は、固有値解析結果より、固有振動数が30Hz以上であることを確認したため評価用加速度には最大床応答加速度を用いる。

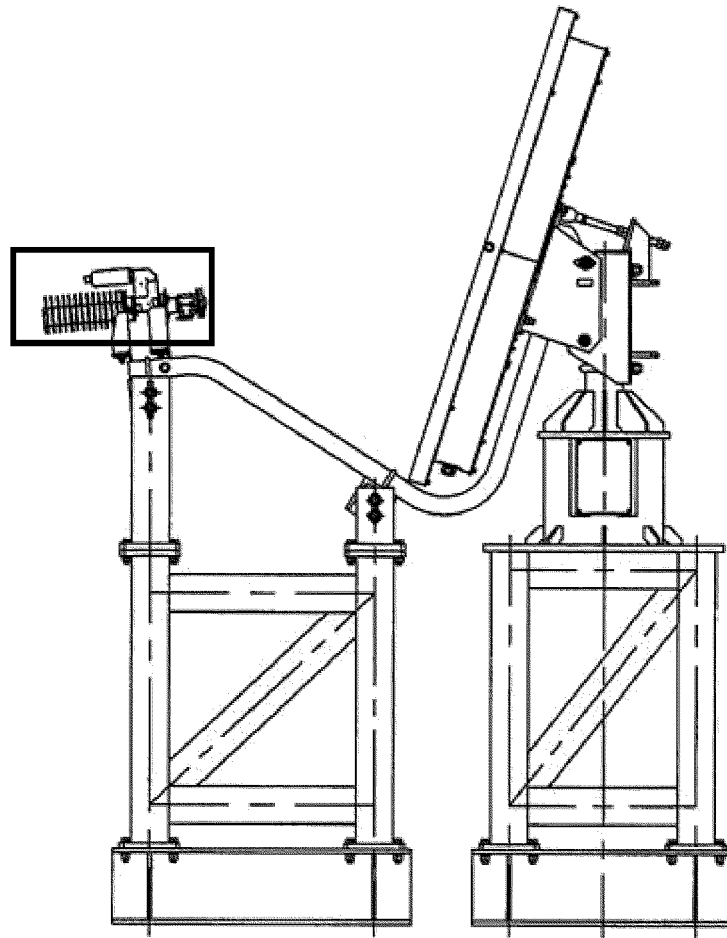
機能確認済加速度には、ODU単体の正弦波加振試験（掃引試験及びビート試験）において、通信試験により電氣的機能の健全性を確認した加振波の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を第5-1表に示す。また、評価するODUの実装図を第5-1図に示す。

評価用加速度にはODUの取付位置での応答加速度を用いる。

第5-1表 機能確認済加速度

器具名称	機能確認済加速度 (G)		
	X(左右)	Y(前後)	Z(鉛直)
ODU	10	10	5



 : 評価対象

第5-1図 ODUの実装図

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処施設としての評価結果

統合原子力防災ネットワーク用衛星アンテナ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。発生値は許容値を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを確認した。

基準地震動 S_s に対する応力評価結果を第6-1表、第6-2表に示す。また、電気的機能維持評価結果を第6-3表に示す。

第6-1表 基準地震動S_sによる評価結果(D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s+P_K+P_S)

評価対象設備		評価部位	応力分類	加速度の方向 ^(注1)	発生値	許容値	
計測制御系統施設	その他	緊急時対策所統合原子力防災ネットワーク用衛星アンテナ	引張 (単位 MPa)	前後+鉛直	3	78	
				左右+鉛直	2		
			せん断 (単位 MPa)	前後+鉛直	8	160	
				左右+鉛直	14		
			圧縮 (単位 MPa)	前後+鉛直	9	78	
				左右+鉛直	8		
			曲げ (単位 MPa)	前後+鉛直	20	78	
				左右+鉛直	17		
			組合せ	引張+曲げ ^(注2) (単位なし)	前後+鉛直	0.12	1
					左右+鉛直	0.11	
				圧縮+曲げ ^(注3) (単位なし)	前後+鉛直	0.38	
					左右+鉛直	0.31	

(注1) 緊急時対策所統合原子力防災ネットワーク用衛星アンテナの正面に直行する方向を前後方向、緊急時対策所統合原子力防災ネットワーク用衛星アンテナの正面と平行な方向を左右方向とする。

(注2) $\frac{\sigma_t + \sigma_b}{1.5 f_t}$

(注3) $\frac{\sigma_c}{1.5 f_c} + \frac{\sigma_b}{1.5 f_b}$

第6-2表 基準地震動 S_s による評価結果($D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s+P_K+P_S$)

評価対象設備		評価部位	応力分類	加速度の方向 ^(注1)	発生値	許容値
計測制御系統施設	その他	緊急時対策所 統合原子力防災 ネットワーク用 衛星アンテナ	引張 (単位 MPa)	前後+鉛直	9	210
				左右+鉛直	9	
			せん断 (単位 MPa)	前後+鉛直	3	160
				左右+鉛直	3	
			組合せ (単位 MPa)	前後+鉛直	9	210 ^(注2)
				左右+鉛直	9	

(注1) 緊急時対策所統合原子力防災ネットワーク用衛星アンテナの正面に直行する方向を前後方向、緊急時対策所統合原子力防災ネットワーク用衛星アンテナの正面と平行な方向を左右方向とする。

(注2) 引張応力(σ_b)とせん断応力(τ_b)との組合せ応力の許容値は、 $\text{Min}(1.4 \cdot 1.5f_t - 1.6\tau_b, 1.5f_t)$ とする。

第6-3表 電氣的機能維持評価結果（重大事故等対処施設）

評価対象設備				機能確認済加速度との比較				詳細評価	
				加速度 確認部位	水平加速度 (G)		鉛直加速度 (G)		
					評価用 加速度	機能確認済 加速度	評価用 加速度		機能確認済 加速度
計測制御系統施設	その他	緊急時対策所統合原子力防災ネットワーク用衛星アンテナ	ODU	—	1.49	10.0	0.67	5.0	—

資料 10-14-1-5 SPD S 表示装置の耐震計算書

S P D S 表示装置の耐震計算書は、以下の資料より構成されている。

- 資料 10-14-1-5-1 S P D S 表示端末の耐震計算書
- 資料 10-14-1-5-2 緊急時対策所 S P D S 通信機器収納盤の耐震計算書
- 資料 10-14-1-5-3 緊急時対策所 S P D S 用衛星アンテナの耐震計算書
- 資料 10-14-1-5-4 衛星アンテナの耐震計算書

資料 10-14-1-5-1 SPDS表示端末の耐震計算書

目 次

	頁
1. 概要	03-添10-14-1-5-1-1
2. 基本方針	03-添10-14-1-5-1-1
2.1 構造の説明	03-添10-14-1-5-1-1
2.2 評価方針	03-添10-14-1-5-1-2
3. 機能維持評価	03-添10-14-1-5-1-2
3.1 設計用地震力	03-添10-14-1-5-1-2
3.2 機能維持評価方法	03-添10-14-1-5-1-4
4. 評価結果	03-添10-14-1-5-1-5
4.1 重大事故等対処施設としての評価結果	03-添10-14-1-5-1-5

1. 概要

本資料は、資料10-9「機能維持の基本方針」にて設定している機能維持の設計方針に基づき、SPDS表示端末が設計用地震力に対して十分な電氣的機能を有していることを説明するものである。その耐震評価は、SPDS表示端末の機能維持評価により行う。

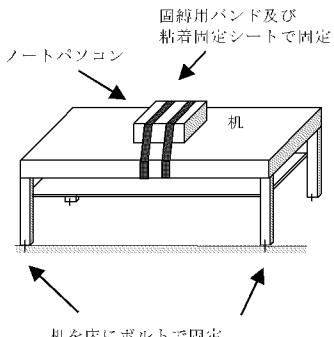
SPDS表示端末は、重大事故等対処施設において常設重大事故緩和設備に分類される。以下、この分類に応じた耐震評価を示す。

2. 基本方針

2.1 構造の説明

資料10-11「機器・配管の耐震支持方針」の「2. 電気計測制御装置」にて設定した電気計測制御装置の支持方針に基づき設計したSPDS表示端末の構造計画を第2-1表に示す。

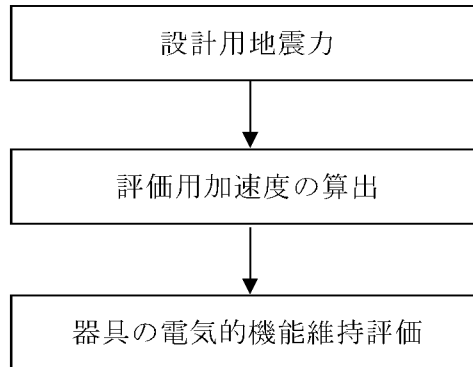
第2-1表 SPDS表示端末の構造計画

設備名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
SPDS表示端末	ノートパソコン	机の上に固縛用バンド及び粘着固定シートで固定する。 また、机は床にボルトで固定する。	 <p>固縛用バンド及び粘着固定シートで固定</p> <p>ノートパソコン</p> <p>机</p> <p>机を床にボルトで固定</p>

2.2 評価方針

S P D S 表示端末の機能維持評価は、資料10-9「機能維持の基本方針」の「4.2 電氣的機能維持」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを、「3. 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「4. 評価結果」に示す。

S P D S 表示端末の耐震評価フローを第2-1図に示す。



第2-1図 S P D S 表示端末の耐震評価フロー

3. 機能維持評価

S P D S 表示端末は、地震後に電氣的機能が要求されており、地震後においても、その機能が維持されていることを示す。

3.1 設計用地震力

3.1.1 基本事項

S P D S 表示端末について、実際の設置状態を模擬して加振試験を行い、基準地震動 S_s による地震力に対して、要求される機能が維持されることを確認する。

3.1.2 設計用地震力

以下の加振波の最大床加速度を上回る加速度で加振を行う。

・加振波：対象機器設置床における基準地震動（Ss-1～Ss-19）に対する時刻歴応答加速度

・加振方向：水平(前後)＋鉛直、水平（左右）＋鉛直

建屋及び 床面高さ (m)	加振方向		最大加速度 (G)							
			Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5	Ss-6	Ss-7	Ss-8
E. L. <input type="text"/>	水平	X	1.05	0.91	0.85	0.85	0.80	0.79	0.77	0.73
		Y	0.96	1.01	0.85	0.77	0.74	0.77	0.62	0.62
	鉛直	Z	0.53	0.64	0.43	0.60	0.49	0.49	0.41	0.39
建屋及び 床面高さ (m)	加振方向		最大加速度 (G)							
			Ss-9	Ss-10	Ss-11	Ss-12	Ss-13	Ss-14	Ss-15	Ss-16
E. L. <input type="text"/>	水平	X	0.70	1.25	1.01	0.67	0.87	0.90	0.93	0.85
		Y	0.40	0.51	1.02	0.71	0.75	0.87	0.72	0.71
	鉛直	Z	0.33	0.40	0.56	0.39	0.41	0.68	0.48	0.44
建屋及び 床面高さ (m)	加振方向		最大加速度 (G)							
			Ss-17	Ss-18	Ss-19					
E. L. <input type="text"/>	水平	X	0.69	0.99	0.78					
		Y	0.84	0.97	0.76					
	鉛直	Z	0.50	0.57	0.36					

3.2 機能維持評価方法

機能維持評価は、実際の設置状態を模擬した状態により、対象機器設置床における基準地震動（Ss-1～Ss-19）に対する時刻歴応答加速度の最大床応答加速度を上回る加速度にて加振試験を行い、加振試験後に電氣的機能が維持されていることを通信試験により確認する。

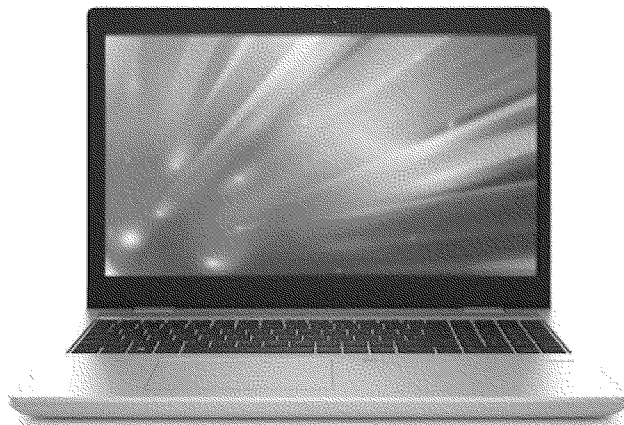
機能確認済加速度は、加振試験において、通信試験により電氣的機能の健全性を確認した加振波の最大加速度を適用する。

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。

機能確認済加速度を第3-1表に示す。また、SPDS表示端末の外形図を第3-1図に示す。

第3-1表 機能確認済加速度

設備名称	加振方向		機能確認済 加速度 (G)
SPDS表示端末	水平	X	3.10
		Y	3.07
	鉛直	Z	1.47



第3-1図 SPDS表示端末 外形図

4. 評価結果

4.1 重大事故等対処施設としての評価結果

S P D S 表示端末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。評価用加速度は機能確認済加速度以下であり、設計用地震力に対して十分な電氣的機能を有していることを確認した。電氣的機能維持評価結果を第4-1表に示す。

第4-1表 電氣的機能維持評価結果（重大事故等対処施設）（1/5）

評価対象設備			加速度 確認部位	加振 方向		Ss-1	Ss-2	Ss-3	Ss-4	Ss-5
						評価用 加速度 (G)	評価用 加速度 (G)	評価用 加速度 (G)	評価用 加速度 (G)	評価用 加速度 (G)
計測 制御 系統 施設	その他	SPDS 表示 端末	加振台	水平	X	1.05	0.91	0.85	0.85	0.80
					Y	0.96	1.01	0.85	0.77	0.74
				鉛直	Z	0.53	0.64	0.43	0.60	0.49

第4-1表 電氣的機能維持評価結果（重大事故等対処施設）（2/5）

評価対象設備			加速度 確認部位	加振 方向		Ss-6	Ss-7	Ss-8	Ss-9	Ss-10
						評価用 加速度 (G)	評価用 加速度 (G)	評価用 加速度 (G)	評価用 加速度 (G)	評価用 加速度 (G)
計測 制御 系統 施設	その他	SPDS 表示 端末	加振台	水平	X	0.79	0.77	0.73	0.70	1.25
					Y	0.77	0.62	0.62	0.40	0.51
				鉛直	Z	0.49	0.41	0.39	0.33	0.40

第4-1表 電氣的機能維持評価結果（重大事故等対処施設）（3/5）

評価対象設備			加速度 確認部位	加振 方向		Ss-11	Ss-12	Ss-13	Ss-14	Ss-15
						評価用 加速度 (G)	評価用 加速度 (G)	評価用 加速度 (G)	評価用 加速度 (G)	評価用 加速度 (G)
計測制御系統施設	その他	SPDS 表示端末	加振台	水平	X	1.01	0.67	0.87	0.90	0.93
					Y	1.02	0.71	0.75	0.87	0.72
				鉛直	Z	0.56	0.39	0.41	0.68	0.48

第4-1表 電氣的機能維持評価結果（重大事故等対処施設）（4/5）

評価対象設備			加速度 確認部位	加振 方向		Ss-16	Ss-17	Ss-18	Ss-19
						評価用 加速度 (G)	評価用 加速度 (G)	評価用 加速度 (G)	評価用 加速度 (G)
計測制御系統施設	その他	SPDS 表示端末	加振台	水平	X	0.85	0.69	0.99	0.78
					Y	0.71	0.84	0.97	0.76
				鉛直	Z	0.44	0.50	0.57	0.36

第4-1表 電氣的機能維持評価結果（重大事故等対処施設）（5/5）

評価対象設備			加速度 確認部位	加振 方向		機能確認済 加速度 (G)	詳細評価
計測制御系統施設	その他	SPDS 表示端末	加振台	水平	X	3.10	—
					Y	3.07	
				鉛直	Z	1.47	

資料 10-14-1-5-2 緊急時対策所 S P D S 通信機器収納盤の耐震計算書

目 次

	頁
1. 概要	03-添10-14-1-5-2-1
2. 基本方針	03-添10-14-1-5-2-1
2.1 構造の説明	03-添10-14-1-5-2-1
2.2 評価方針	03-添10-14-1-5-2-2
3. 耐震評価箇所	03-添10-14-1-5-2-3
4. 地震応答解析及び応力評価	03-添10-14-1-5-2-3
4.1 基本方針	03-添10-14-1-5-2-3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	03-添10-14-1-5-2-4
4.3 設計用地震力	03-添10-14-1-5-2-7
4.4 解析モデル及び諸元	03-添10-14-1-5-2-8
4.5 固有値	03-添10-14-1-5-2-11
4.6 応力評価方法	03-添10-14-1-5-2-13
4.7 応力評価条件	03-添10-14-1-5-2-22
5. 機能維持評価	03-添10-14-1-5-2-23
5.1 機能維持評価方法	03-添10-14-1-5-2-23
6. 評価結果	03-添10-14-1-5-2-25
6.1 重大事故等対処施設としての評価結果	03-添10-14-1-5-2-25

1. 概要

本資料は、資料10-9「機能維持の基本方針」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、緊急時対策所SPDS通信機器収納盤が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説明するものである。その耐震評価は、緊急時対策所SPDS通信機器収納盤の地震応答解析及び応力評価並びに機能維持評価により行う。

緊急時対策所SPDS通信機器収納盤は、重大事故等対処施設において常設重大事故緩和設備に分類される。以下、この分類に応じた耐震評価を示す。

2. 基本方針

2.1 構造の説明

資料10-11「機器・配管の耐震支持方針」の「2. 電気計測制御装置」にて設定した電気計測制御装置の支持方針に基づき設計した緊急時対策所SPDS通信機器収納盤の構造計画を第2-1表に示す。

第2-1表 緊急時対策所SPDS通信機器収納盤の構造計画

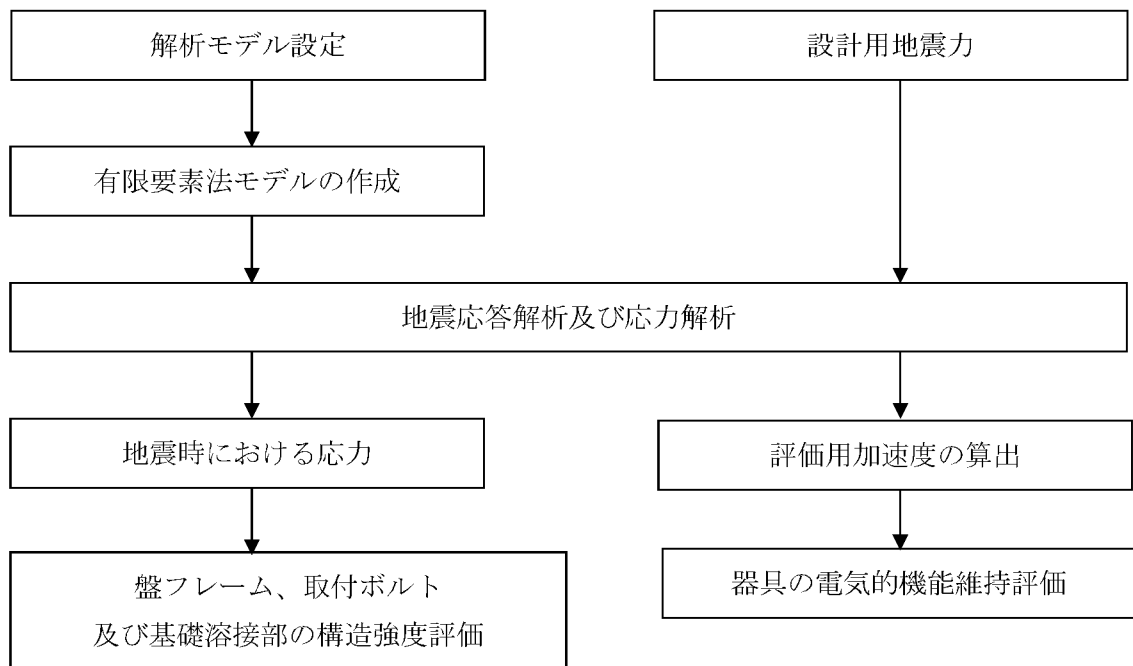
設備名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
緊急時対策所SPDS通信機器収納盤	自立閉鎖型 ^(注1)	盤を取付ボルトにてチャンネルベースに取り付ける。 また、チャンネルベースを埋込金物に溶接にて床に据え付ける。	

(注1) 機能維持評価を行う、中央処理装置（FANユニット含む）、分電・分岐ユニット、HUBユニット、ファイアウォール及びIDUを内装する盤。

2.2 評価方針

緊急時対策所 S P D S 通信機器収納盤の応力評価は、資料10-9「機能維持の基本方針」の「3.1 構造強度上の制限」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 構造の説明」にて示す緊急時対策所 S P D S 通信機器収納盤の部位を踏まえ、「3. 耐震評価箇所」にて設定する箇所に作用する応力等が許容限界内に収まることを、「4. 地震応答解析及び応力評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、緊急時対策所 S P D S 通信機器収納盤の機能維持評価は、資料10-9「機能維持の基本方針」の「4.2 電氣的機能維持」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを、「5. 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「6. 評価結果」に示す。

緊急時対策所 S P D S 通信機器収納盤の耐震評価フローを第2-1図に示す。



第2-1図 緊急時対策所 S P D S 通信機器収納盤の耐震評価フロー

3. 耐震評価箇所

緊急時対策所SPDS通信機器収納盤の耐震評価は、耐震評価上厳しくなる盤フレーム、取付ボルト及び基礎溶接部を選定して実施する。緊急時対策所SPDS通信機器収納盤の耐震評価箇所については、第2-1表の説明図に示す。

4. 地震応答解析及び応力評価

緊急時対策所SPDS通信機器収納盤の固有振動数、応力及び荷重を算出するための地震応答解析について以下に示す。

4.1 基本方針

- (1) 固有振動数及び荷重を求めるため、盤をはり要素及びシェル要素によりモデル化した3次元FEMモデルによる固有値解析を行い、固有振動数が30Hz以上である場合は最大床加速度の1.2倍を用いた静解析を、30Hz未満20Hz以上である場合は最大床加速度の1.2倍を用いた静解析及びスペクトルモーダル解析を、20Hz未満である場合はスペクトルモーダル解析を実施する。
- (2) 解析コードは「MSC NASTRAN Ver. 2008.0.4」を使用する。
なお、評価に用いる解析コード「MSC NASTRAN Ver. 2008.0.4」の検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。
- (3) 境界条件として、基礎溶接部を完全拘束する。盤のフレームとパネル間は剛体接続、盤とチャンネルベース間は取付ボルトを弾性体としてモデル化し接続する。
ボルトサイズ、ばね定数は各々以下のとおりとする。
 - ・盤-チャンネルベース間締結ボルト（当て板有部）：M16、ばね定数 483,800 N/mm
 - ・盤-チャンネルベース間締結ボルト（当て板無部）：M16、ばね定数 741,700 N/mm
- (4) 取付器具の質量は筐体との取付ボルト位置に付加し、扉の質量は筐体のヒンジ位置に付加する。金具、ケーブル類の質量は等分布としてモデル全体に付加する。
単面盤における質量は600kgである。また、盤と基礎を締結するためのチャンネルベースの質量は35kgである。
- (5) 許容応力についてJSME S NC1-2005/2007の付録材料図表を用いて計算する際に、温度が付録材料図表記載値の中間の値の場合は、比例法を用いて計算する。ただし、比例法を用いる場合の端数処理は、小数第1位以下を切り捨てた値を用いるものとする。
- (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

緊急時対策所SPDS通信機器収納盤の荷重の組合せ及び許容応力状態について、重大事故等対処施設の評価に用いるものを第4-1表に示す。

4.2.2 許容応力

緊急時対策所SPDS通信機器収納盤の許容応力を第4-2表に示す。

4.2.3 使用材料の許容応力

緊急時対策所SPDS通信機器収納盤の使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処施設の評価に用いるものを第4-3表に示す。

第4-1表 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処施設）

施設区分		機器名称	設備分類 ^(注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	その他	^(注2) 緊急時対策所 S P D S 通信機器収納盤	常設／緩和	—	$D + P_D + M_D + S_S$ ^(注3)	$IV_{\Delta} S$
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_S$	$V_{\Delta} S$ （ $V_{\Delta} S$ として $IV_{\Delta} S$ の許 容限界を用 いる）

（注1）「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

（注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。

（注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。

第4-2表 許容応力（その他の支持構造物（重大事故等対処施設））

許容 応力 状態	許容限界 ^(注1, 2, 3) (ボルト以外)				許容限界 ^(注2, 3) (ボルト等)	
	一次応力				一次応力	
	引張	せん断	圧縮	曲げ	引張	せん断
IV _{AS}	1.5 f _t [*]	1.5 f _s [*]	1.5 f _c [*]	1.5 f _b [*]	1.5 f _t [*]	1.5 f _s [*]

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

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

(注3) 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。

第4-3表 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処施設）

(1) 盤フレーム

材質	温度条件 (°C)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F [*] (MPa)
SS400 (t ≤ 16)	40 (雰囲気温度)	245	400	280

(2) 取付ボルト

材質	温度条件 (°C)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F [*] (MPa)
SS400 (t ≤ 16)	40 (雰囲気温度)	245	400	280

(3) 基礎溶接部

材質	温度条件 (°C)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F [*] (MPa)
SS400 (t ≤ 16)	40 (雰囲気温度)	245	400	280

4.3 設計用地震力

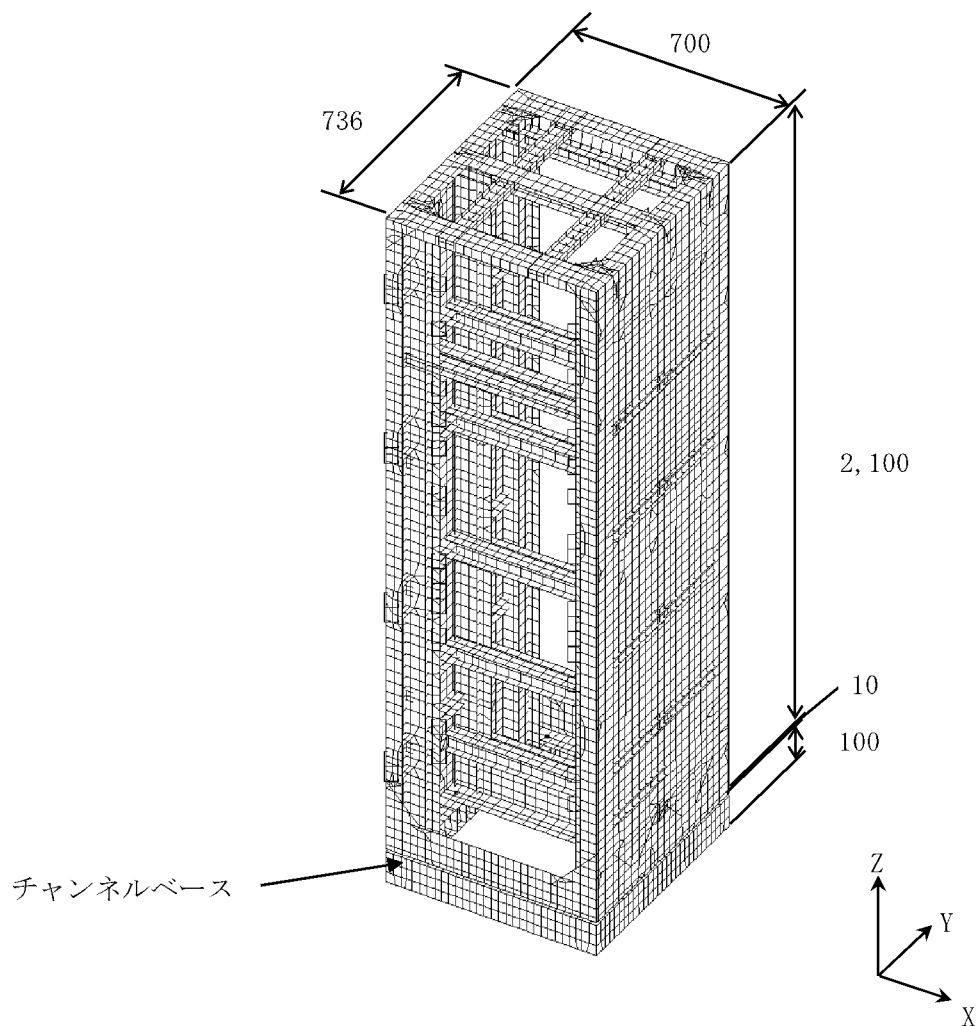
耐震計算に用いる入力地震力には、資料10-7「設計用床応答曲線の作成方針」の「2. 床応答スペクトル解析」にて設定した床応答の作成方針に基づき、第4-4表にて示す条件を用いて作成した設計用床応答曲線を用いる。また、減衰定数は、資料10-6「地震応答解析の基本方針」の第3-1表に記載の減衰定数を用いる。

第4-4表 設計用地震力

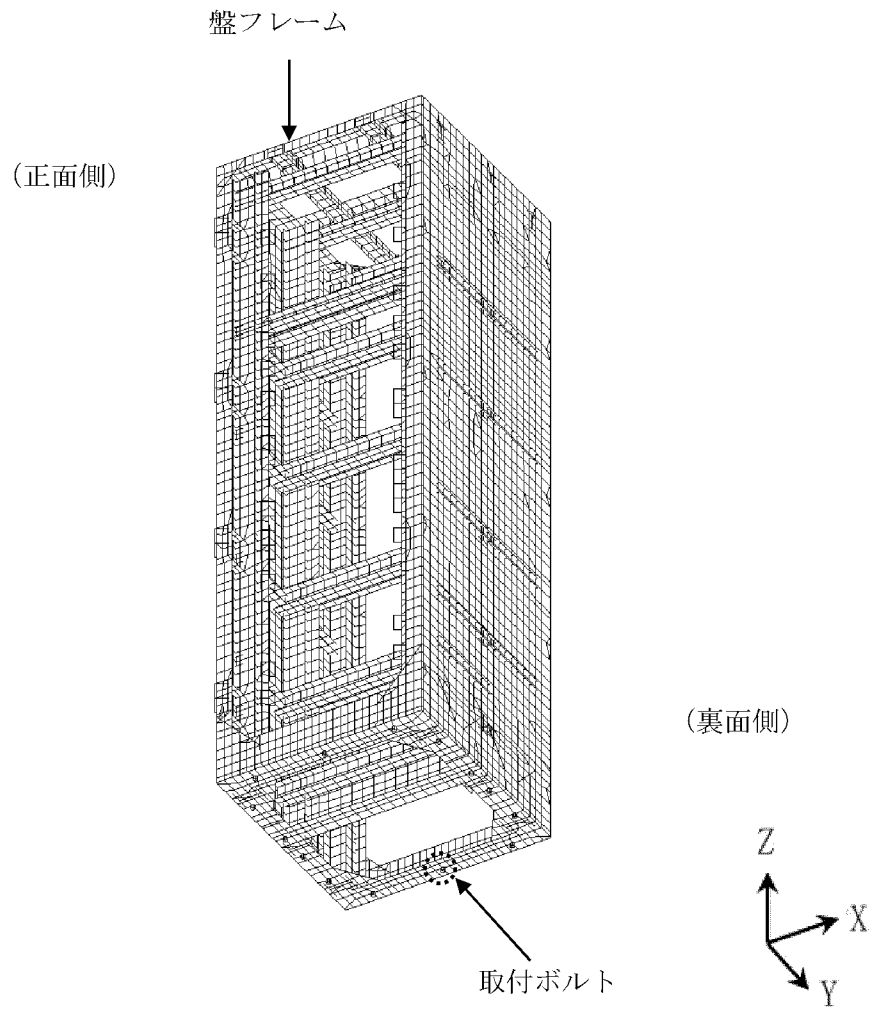
設置場所 及び 床面高さ (m)	設計用床応答曲線			備 考
	建屋 及び高さ (m)	方向	減衰定数 (%)	
<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 15px; margin-bottom: 5px;"></div> E. L. <div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 15px; display: inline-block;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 15px; margin-bottom: 5px;"></div> E. L. <div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 15px; display: inline-block;"></div>	水平	4.0	水平方向はSs-1からSs-19のX方向及びY方向の包絡曲線を用いる。 鉛直方向はSs-1からSs-19の包絡曲線を用いる。
		鉛直	1.0	

4.4 解析モデル及び諸元

解析モデルは、盤を構成する鋼材をはり要素、鋼板及びチャンネルベースをシェル要素としてモデル化した3次元FEMモデルである。解析モデルを第4-1図、第4-2図に、解析モデルの諸元を第4-5表に示す。



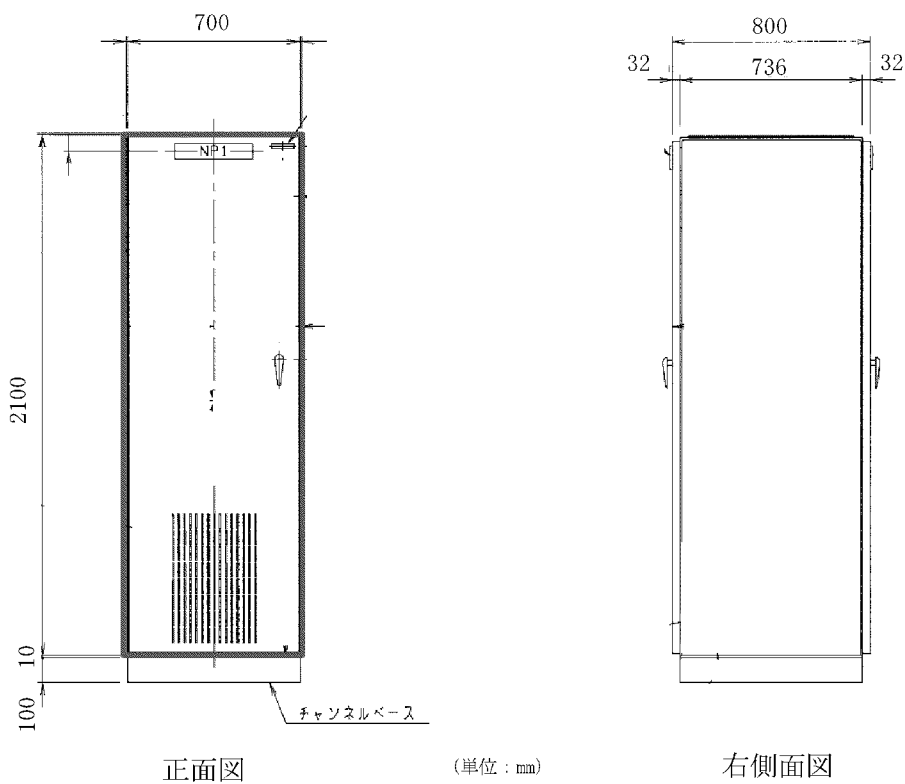
第4-1図 解析モデル（全体図）



第4-2図 解析モデル (底面斜視図)
(チャンネルベース除く)

第4-5表 解析モデルの諸元

項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	SS400
温度条件 (雰囲気温度)	T	°C	40
縦弾性係数	E	MPa	2.01×10^5
ポアソン比	ν	—	0.3
寸法	—	—	第4-3図
	—	mm	M16×90 (取付ボルト)
要素数	—	個	8,844
節点数	—	個	7,939



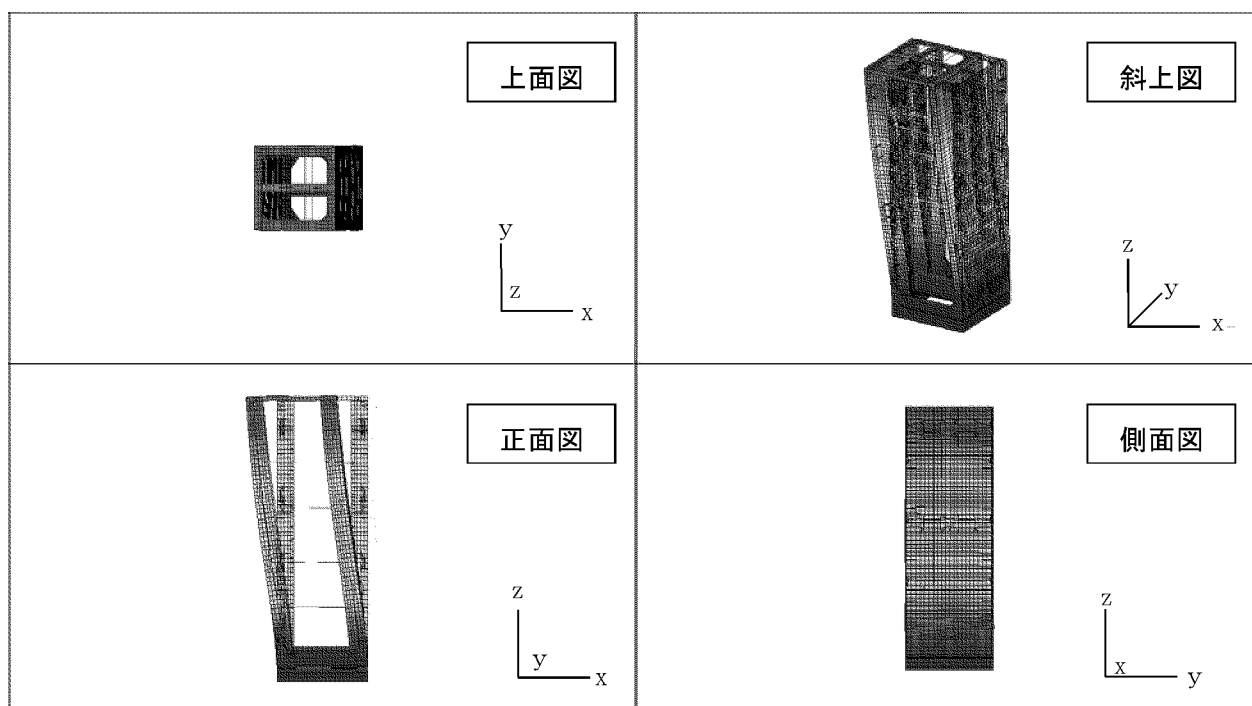
第4-3図 緊急時対策所SPDS通信機器収納盤 外形図

4.5 固有値

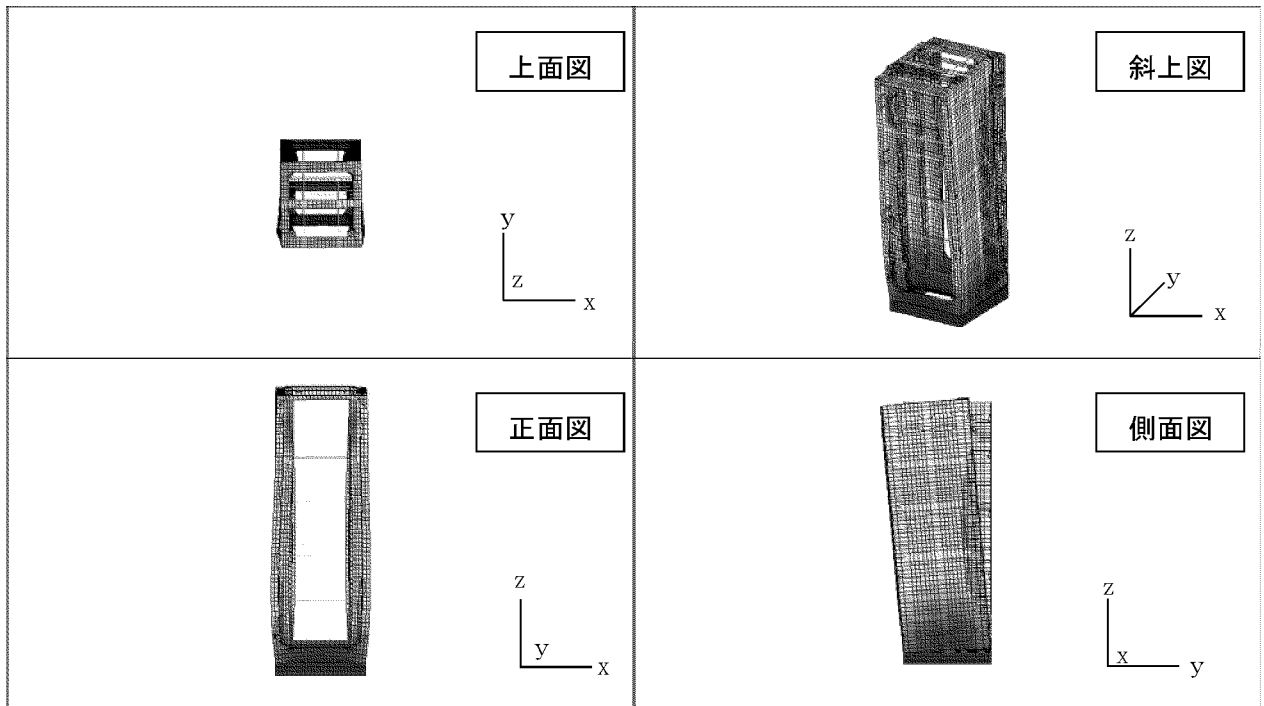
固有振動数の解析結果を以下に示す。

振動モード図を第4-4図～第4-6図に示す。

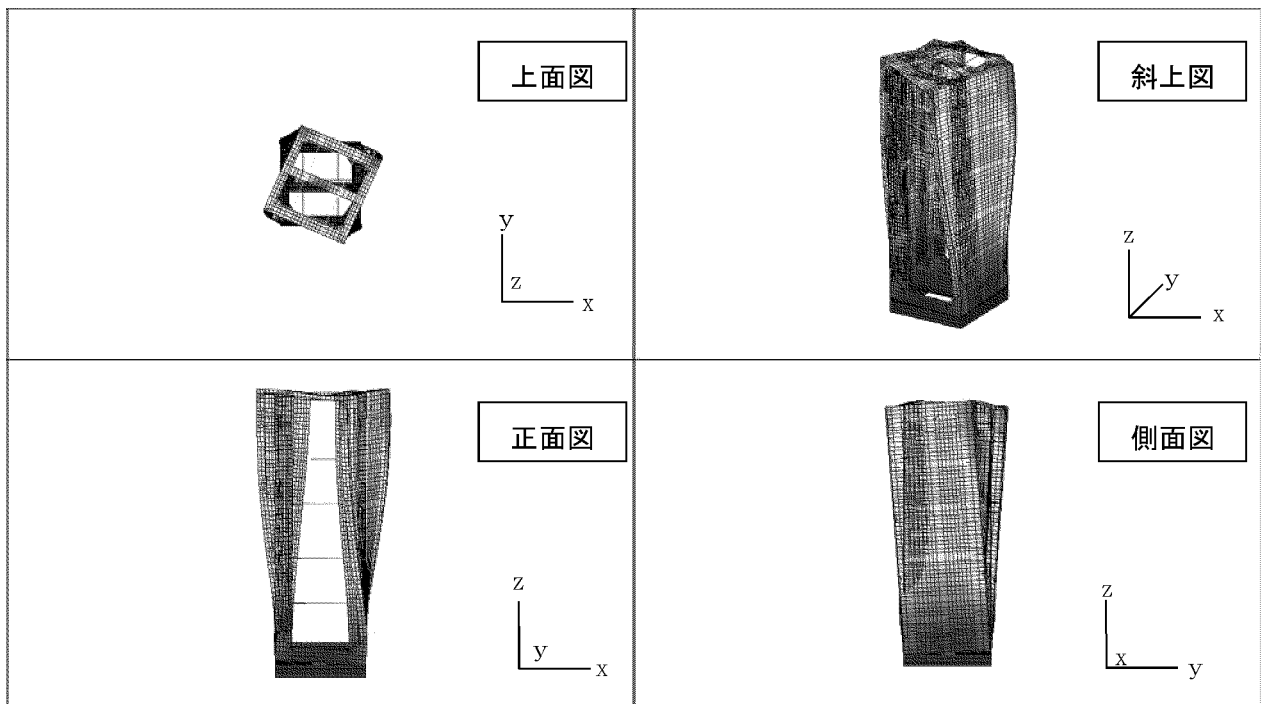
次数	固有振動数 (Hz)	刺激係数			卓越相当部材
		左右(X)方向	前後(Y)方向	鉛直(Z)方向	
1	24.63	-0.6285	-0.0067	0.0000	フレーム
2	42.18	-0.0013	-0.6274	-0.0169	フレーム
3	48.96	-0.0011	-0.0242	0.0234	フレーム



第4-4図 振動モード (24.63Hz)



第4-5図 振動モード (42.18Hz)



第4-6図 振動モード (48.96Hz)

4.6 応力評価方法

計算式については、材料力学公式等に則り以下のとおりとする。

最大応力発生部位を第4-7図～第4-9図に示す。

4.6.1 盤フレーム

応力の種類		単位	応力計算式
引張応力 σ_t		MPa	$\frac{F_x}{A}$
圧縮応力 σ_c		MPa	$\frac{F_x}{A}$
曲げ応力 σ_b		MPa	$\frac{M_y}{Z_y} + \frac{M_z}{Z_z}$
せん断応力 τ		MPa	$\frac{F_y}{A_y} + \frac{F_z}{A_z} + \frac{M_x}{Z_p}$
組合せ	引張+曲げ	—	$\frac{\sigma_t + \sigma_b}{1.5f_t^*}$
	圧縮+曲げ	—	$\frac{\sigma_c}{1.5f_c^*} + \frac{\sigma_b}{1.5f_b^*}$

ここで、

F_x 、 F_y 、 F_z : 部材に作用する引張、圧縮力 (X軸)、せん断力 (Y、Z軸) (N)

M_y 、 M_z : 部材に作用する曲げモーメント (Y、Z軸まわり) (N・mm)

M_x : 部材に作用するねじりモーメント (X軸まわり) (N・mm)

A : 部材の断面積 (mm²)

A_y 、 A_z : 部材の有効せん断断面積 (Y、Z軸) (mm²)

Z_y 、 Z_z : 部材の断面係数 (Y、Z軸まわり) (mm³)

Z_p : 部材のねじり剛性 (X軸まわり) (mm³)

(左右+鉛直)

記号	説明	単位	値
F_x	部材に作用する引張力	N	2,054.7 (引張)
			241.1 (引張+曲げ)
	部材に作用する圧縮力	N	2,134.7 (圧縮)
			235.7 (圧縮+曲げ)
F_y	部材に作用するY軸方向のせん断力	N	484.4
F_z	部材に作用するZ軸方向のせん断力	N	71.1
M_y	部材に作用するY軸周りの曲げモーメント	N・mm	2,264.6 (曲げ、引張+曲げ、 圧縮+曲げ)
M_z	部材に作用するZ軸周りの曲げモーメント	N・mm	113,416.6 (曲げ、引張+曲げ、 圧縮+曲げ)
M_x	部材に作用するねじりモーメント	N・mm	3,505.5
A	引張力が作用する部材の断面積	mm ²	417.9 (引張)
			570.2 (引張+曲げ)
	圧縮力が作用する部材の断面積	mm ²	856.3 (圧縮)
			570.2 (圧縮+曲げ)
A_y	部材の有効せん断断面積 (Y軸方向)	mm ²	83.2
A_z	部材の有効せん断断面積 (Z軸方向)	mm ²	128.0
Z_y	部材のY軸まわりの断面係数	mm ³	4,420.0 (曲げ、引張+曲げ、 圧縮+曲げ)
Z_z	部材のZ軸まわりの断面係数	mm ³	4,570.0 (曲げ、引張+曲げ、 圧縮+曲げ)
Z_p	部材のねじり剛性	mm ³	203.1

(前後+鉛直)

記号	説明	単位	値
F_x	部材に作用する引張力	N	1,662.1 (引張)
			495.8 (引張+曲げ)
	部材に作用する圧縮力	N	2,401.6 (圧縮)
			2,073.5 (圧縮+曲げ)
F_y	部材に作用するY軸方向のせん断力	N	824.6
F_z	部材に作用するZ軸方向のせん断力	N	218.3
M_y	部材に作用するY軸周りの曲げモーメント	N・mm	9,305.4 (曲げ、引張+曲げ)
			4,868.7 (圧縮+曲げ)
M_z	部材に作用するZ軸周りの曲げモーメント	N・mm	3,902.2 (曲げ、引張+曲げ)
			33,503.3 (圧縮+曲げ)
M_x	部材に作用するねじりモーメント	N・mm	6,675.8
A	引張力が作用する部材の断面積	mm ²	856.3 (引張)
	圧縮力が作用する部材の断面積		347.5 (引張+曲げ)
	圧縮力が作用する部材の断面積	mm ²	856.3 (圧縮、圧縮+曲げ)
A_y	部材の有効せん断断面積 (Y軸方向)	mm ²	640.0
A_z	部材の有効せん断断面積 (Z軸方向)	mm ²	257.2
Z_y	部材のY軸まわりの断面係数	mm ³	2,790.0 (曲げ、引張+曲げ)
			11,940.0 (圧縮+曲げ)
Z_z	部材のZ軸まわりの断面係数	mm ³	2,680.0 (曲げ、引張+曲げ)
			20,800.0 (圧縮+曲げ)
Z_p	部材のねじり剛性	mm ³	191,743.7

4.6.2 取付ボルト

応力の種類	単位	応力計算式
引張応力 σ_b	MPa	$\frac{F_x}{A_b}$
せん断応力 τ_b	MPa	$\frac{F_y}{A_b} + \frac{F_z}{A_b} + h \frac{T}{J}$
組合せ応力	MPa	$\frac{F_x}{A_b}$

ここで、

F_x 、 F_y 、 F_z : ボルトに作用する引張力 (X軸)、せん断力 (Y、Z軸) (N)

A_b : ボルトの断面積 (mm^2)

T : ボルトに作用する軸ねじりモーメント ($\text{N}\cdot\text{mm}$)

h : ボルト半径 (mm)

J : ねじり剛性 (mm^4)

(左右+鉛直)

記号	説明	単位	値
F_x	取付ボルトに作用する引張力	N	3,836.3
F_y	取付ボルトに作用するY軸方向のせん断力	N	216.8
F_z	取付ボルトに作用するZ軸方向のせん断力	N	1,504.8
T	取付ボルトに作用する軸ねじりモーメント	$\text{N}\cdot\text{mm}$	3.7
A_b	取付ボルトの断面積	mm^2	201.0
h	取付ボルト半径	mm	8.0
J	取付ボルトのねじり剛性	mm^4	6,433.9

(前後+鉛直)

記号	説明	単位	値
F_x	取付ボルトに作用する引張力	N	3,516.9
F_y	取付ボルトに作用するY軸方向のせん断力	N	668.6
F_z	取付ボルトに作用するZ軸方向のせん断力	N	1,318.4
T	取付ボルトに作用する軸ねじりモーメント	$\text{N}\cdot\text{mm}$	4.8
A_b	取付ボルトの断面積	mm^2	201.0
h	取付ボルト半径	mm	8.0
J	取付ボルトのねじり剛性	mm^4	6,433.9

4.6.3 架台溶接部

応力の種類	単位	応力計算式
水平方向応力 σ_h	MPa	$\frac{\sqrt{(F_x^2 + F_y^2)}}{A} + \frac{M_z}{Z_p}$
鉛直方向応力 σ_v	MPa	$\frac{F_z}{A} + \frac{M_x}{Z_x} + \frac{M_y}{Z_y}$
組合せ応力 τ_w	MPa	$\sqrt{(\sigma_h^2 + \sigma_v^2)}$

ここで、

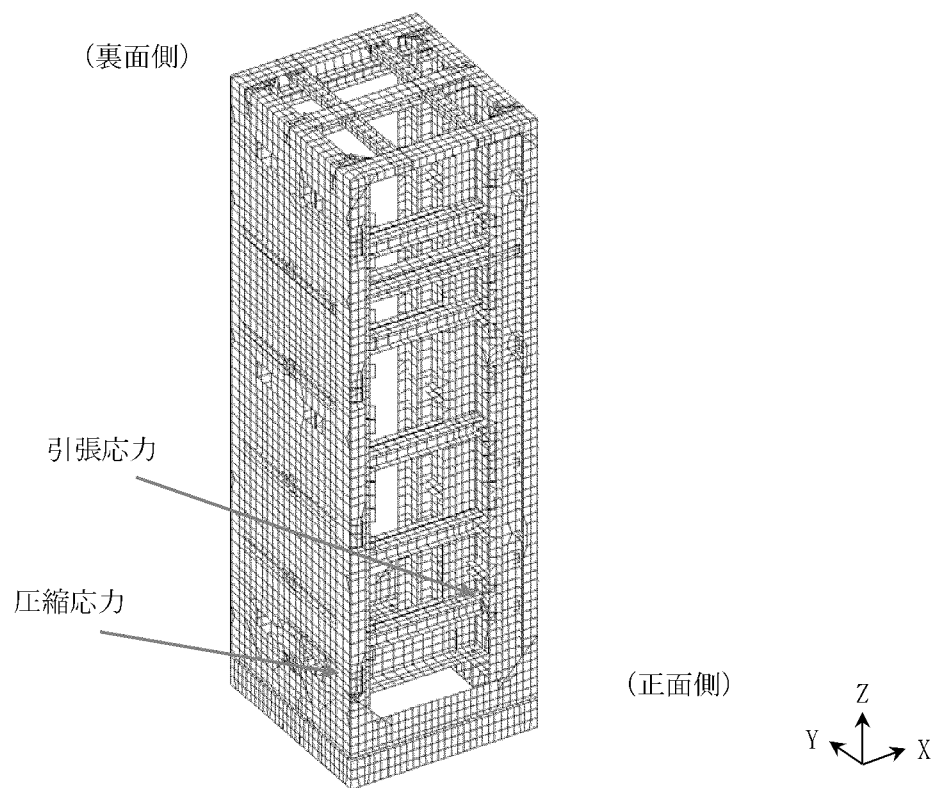
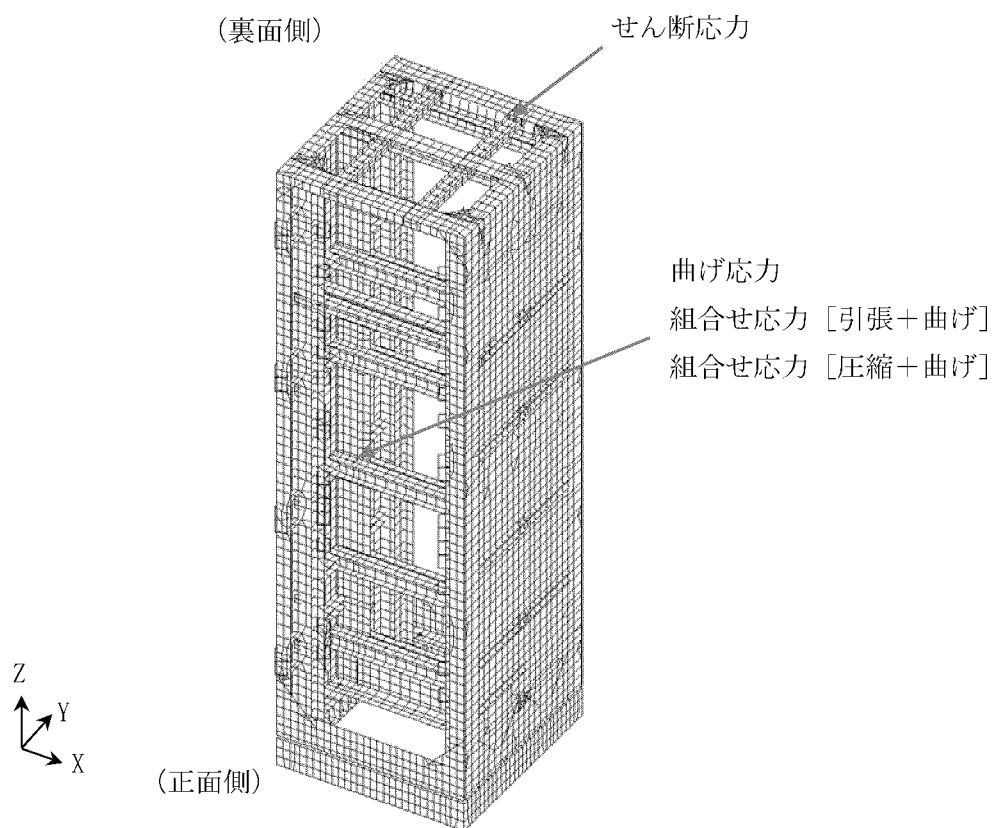
- F_x 、 F_y : 溶接部に作用する水平荷重 (N)
- F_z : 溶接部に作用する鉛直荷重 (N)
- M_x 、 M_y : 溶接部に作用する水平 X、Y 軸まわりのモーメント (N・mm)
- M_z : 溶接部に作用する鉛直軸まわりのモーメント (N・mm)
- A : 溶接のど厚断面積 (mm^2)
- Z_x 、 Z_y : 水平 X、Y 軸まわりの溶接のど厚断面係数 (mm^3)
- Z_p : 部材のねじり剛性 (mm^3)

(左右+鉛直)

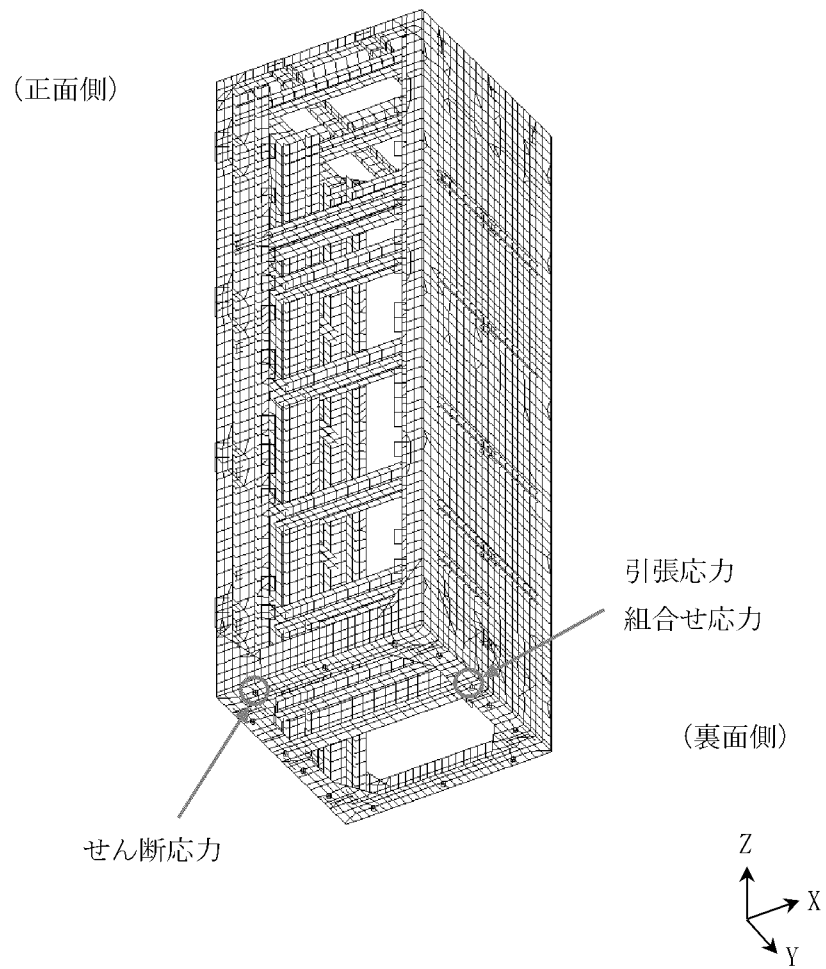
記号	説明	単位	値
F_x	溶接部に作用するX軸水平荷重	N	1,640.4
F_y	溶接部に作用するY軸水平荷重	N	431.6
F_z	溶接部に作用する鉛直荷重	N	6,813.1
M_x	溶接部に作用する水平X軸周りのモーメント	N・mm	250.0
M_y	溶接部に作用する水平Y軸周りのモーメント	N・mm	0.0
M_z	溶接部に作用する鉛直軸周りのモーメント	N・mm	318.2
A	溶接のど厚断面積	mm ²	318.1
Z_x	水平X軸まわりの溶接のど厚断面係数	mm ³	4,772.9
Z_y	水平Y軸まわりの溶接のど厚断面係数	mm ³	187.5
Z_p	部材のねじり剛性	mm ³	351.3

(前後+鉛直)

記号	説明	単位	値
F_x	溶接部に作用するX軸水平荷重	N	547.8
F_y	溶接部に作用するY軸水平荷重	N	1,018.1
F_z	溶接部に作用する鉛直荷重	N	3,624.0
M_x	溶接部に作用する水平X軸周りのモーメント	N・mm	0.0
M_y	溶接部に作用する水平Y軸周りのモーメント	N・mm	646.5
M_z	溶接部に作用する鉛直軸周りのモーメント	N・mm	112.1
A	溶接のど厚断面積	mm ²	318.1
Z_x	水平X軸まわりの溶接のど厚断面係数	mm ³	187.5
Z_y	水平Y軸まわりの溶接のど厚断面係数	mm ³	4,772.9
Z_p	部材のねじり剛性	mm ³	351.3

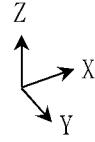
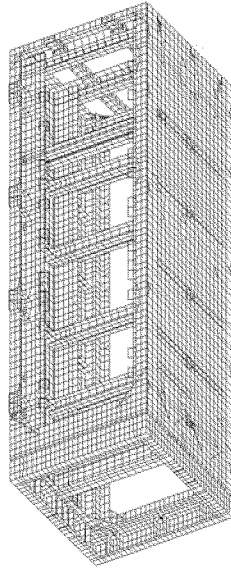


第4-7図 盤フレームの最大応力発生部位

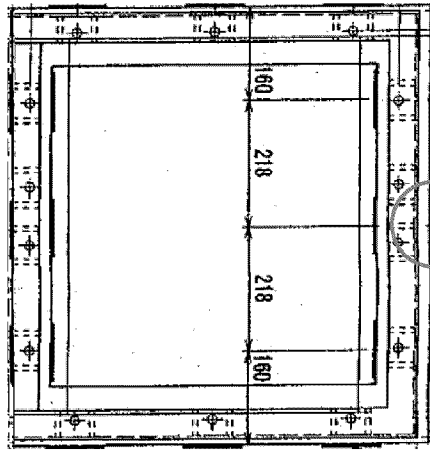


第4-8図 取付ボルトの最大応力発生部位

(正面側)



(裏面側)



組合せ応力

(正面側)

第4-9図 基礎溶接部の最大応力発生部位 (上から見た図)

4.7 応力評価条件

(1) 盤フレーム

項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	SS400

(2) 取付ボルト

項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	SS400
ボルト呼び径	d	mm	16

(3) 基礎溶接部

項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	SS400

(4) 設計用加速度

項目	記号	設計用加速度 (G)
水平	α_H	1.272 ^(注1)
鉛直	α_V	0.804 ^(注1)

(注1) 固有振動数が30Hz未満20Hz以上であることを確認したため、設計用加速度は最大床応答加速度の1.2倍とスペクトルモーダル解析を使用する。

5. 機能維持評価

緊急時対策所 S P D S 通信機器収納盤内器具は、地震時及び地震後に電氣的機能が要求されており、地震時及び地震後においても、その維持がされていることを示す。

5.1 機能維持評価方法

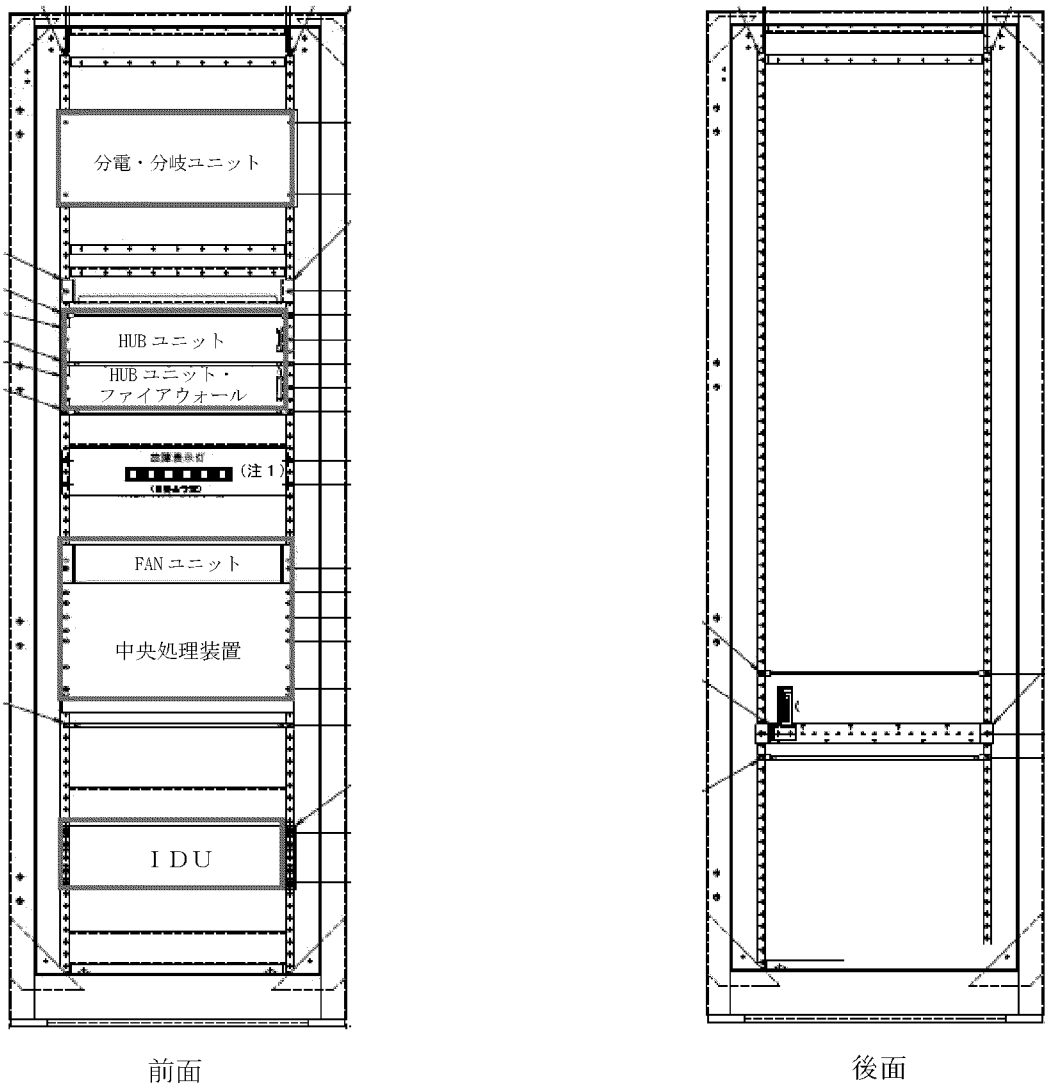
機能維持評価は、第4-1図、第4-2図に示す解析モデルによるスペクトルモーダル法を用いた地震応答解析を行い、器具の最大加速度を求め、機能確認済加速度以下であることを確認する。機能確認済加速度には、器具単体の正弦波加振試験（掃引試験及びビート試験）において、通信試験により電氣的機能の健全性を確認した加振波の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を第5-1表に示す。また、評価する器具の実装図を第5-1図に示す。評価用加速度には各器具の取付位置での応答加速度を用いる。

第5-1表 機能確認済加速度

器具名称	機能確認済加速度 (G)	
	水平	鉛直
中央処理装置 (FANユニット含む)	10.0	2.0
分電・分岐ユニット	6.0	2.0
HUBユニット	10.0	5.0
ファイアウォール	10.0	2.0
IDU	3.0	3.0

緊急時対策所 S P D S 通信機器収納盤



: 評価対象

(注1) : 重大事故等時に機能要求がない器具のため評価対象外

第5-1図 器具の実装図

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処施設としての評価結果

緊急時対策所SPDS通信機器収納盤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。発生値は許容値を満足しており、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。

基準地震動 S_s に対する応力評価結果を第6-1表に示す。また、電氣的機能維持評価結果を第6-2表に示す。

第6-1表 基準地震動Ssに対する応力評価結果 (D+P_{SAD}+M_{SAD}+Ss) (1/2)

評価対象設備		評価部位	応力分類	(注1) 加速度の 方向	発生値	許容値	
計測制御系統施設	その他	緊急時対策所 SPDS通信 機器収納盤	盤フレーム	引張 (単位 MPa)	前後+鉛直	2	279
					左右+鉛直	5	
				せん断 (単位 MPa)	前後+鉛直	3	160
					左右+鉛直	24	
				圧縮 (単位 MPa)	前後+鉛直	3	61
					左右+鉛直	3	
			曲げ (単位 MPa)	前後+鉛直	5	279	
				左右+鉛直	26		
			組合せ	引張+曲げ (注2)	前後+鉛直	0.03 (注4)	1 (注4)
					左右+鉛直	0.10 (注4)	
				圧縮+曲げ (注3)	前後+鉛直	0.06 (注4)	
					左右+鉛直	0.10 (注4)	

第6-1表 基準地震動 S_s に対する応力評価結果 ($D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$) (2 / 2)

評価対象設備			評価部位	応力分類	(注1) 加速度の 方向	発生値	許容値
計測制御系統施設	その他	緊急時対策所 SPDS通信 機器収納盤	取付 ボルト	引張 (単位 MPa)	前後+鉛直	18	210
					左右+鉛直	20	
				せん断 (単位 MPa)	前後+鉛直	10	160
					左右+鉛直	9	
				組合せ (単位 MPa)	前後+鉛直	18	210 (注5)
					左右+鉛直	20	
			基礎溶接部	せん断応力(注6) (単位 MPa)	前後+鉛直	13	160
					左右+鉛直	23	

(注1) 盤の正面に直行する方向を前後方向、盤の正面と平行な方向を左右方向とする。

(注2) $\frac{\sigma_t + \sigma_b}{1.5f_t^*}$

(注3) $\frac{\sigma_c}{1.5f_c^*} + \frac{\sigma_b}{1.5f_b^*}$

(注4) 単位なし

(注5) 引張応力 (σ_{bt}) とせん断応力 (τ_{bs}) との組合せ応力の許容値は、 $\text{Min}(1.4 \cdot 1.5f_t^* - 1.6\tau_{bs}, 1.5f_t^*)$ とする。

(注6) 発生値は組合せ応力であるが、許容値にせん断応力の値を用いるため、応力分類はせん断応力として示す。

第6-2表 電氣的機能維持評価結果（重大事故等対処施設）

評価対象設備			評価対象器具	機能確認済加速度との比較				詳細評価	
				加速度 確認部位	水平加速度 (G)		鉛直加速度 (G)		
					評価用 加速度	機能確認済 加速度	評価用 加速度		機能確認済 加速度
計測制御系統施設	その他	緊急時対策所 SPDS通信 機器収納盤	中央処理装置 (FANユニット含む)	器具 取付位置	1.6	10.0	0.7	2.0	—
			分電・分岐ユニット	器具 取付位置	2.0	6.0	0.7	2.0	—
			HUBユニット	器具 取付位置	1.6	10.0	0.7	5.0	—
			ファイアウォール	器具 取付位置	1.6	10.0	0.7	2.0	—
			IDU	器具 取付位置	1.6	3.0	0.7	3.0	—

資料10-14-1-5-3 緊急時対策所SPDS用
衛星アンテナの耐震計算書

目 次

	頁
1. 概要	03-添10-14-1-5-3-1
2. 基本方針	03-添10-14-1-5-3-1
2.1 構造の説明	03-添10-14-1-5-3-1
2.2 評価方針	03-添10-14-1-5-3-2
3. 耐震評価箇所	03-添10-14-1-5-3-2
4. 地震応答解析及び応力評価	03-添10-14-1-5-3-3
4.1 基本方針	03-添10-14-1-5-3-3
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	03-添10-14-1-5-3-3
4.3 設計用地震力	03-添10-14-1-5-3-6
4.4 解析モデル及び諸元	03-添10-14-1-5-3-7
4.5 風荷重の算出	03-添10-14-1-5-3-10
4.6 積雪荷重の算出	03-添10-14-1-5-3-14
4.7 固有値	03-添10-14-1-5-3-16
4.8 応力評価方法	03-添10-14-1-5-3-17
4.9 応力評価条件	03-添10-14-1-5-3-22
5. 機能維持評価	03-添10-14-1-5-3-23
5.1 機能維持評価方法	03-添10-14-1-5-3-23
6. 評価結果	03-添10-14-1-5-3-24
6.1 重大事故等対処施設としての評価結果	03-添10-14-1-5-3-24

1. 概要

本資料は、資料 10-9「機能維持の基本方針」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、緊急時対策所 S P D S 用衛星アンテナが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説明するものである。その耐震評価は、緊急時対策所 S P D S 用衛星アンテナの地震応答解析及び応力評価並びに機能維持評価により行う。

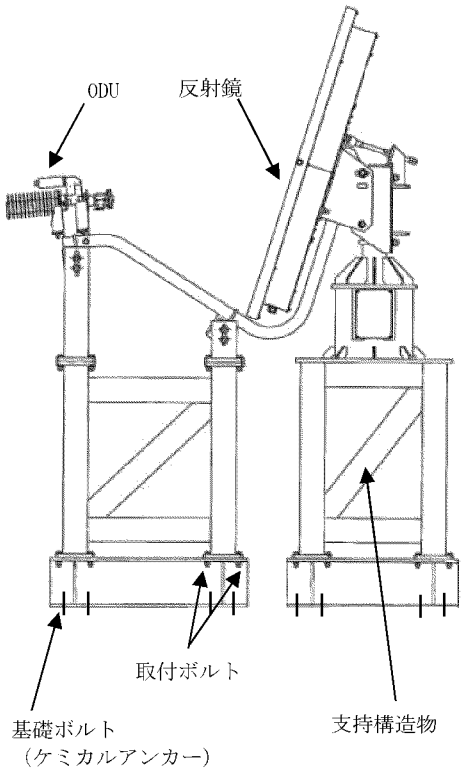
緊急時対策所 S P D S 用衛星アンテナは、重大事故等対処施設において常設重大事故緩和設備に分類される。以下、この分類に応じた耐震評価を示す。

2. 基本方針

2.1 構造の説明

資料 10-11「機器・配管の耐震支持方針」の「2. 電気計測制御装置」にて設定した電気計測制御装置の支持方針に基づき設計した緊急時対策所 S P D S 用衛星アンテナの構造計画を第 2-1 表に示す。

第2-1表 衛星アンテナの構造計画

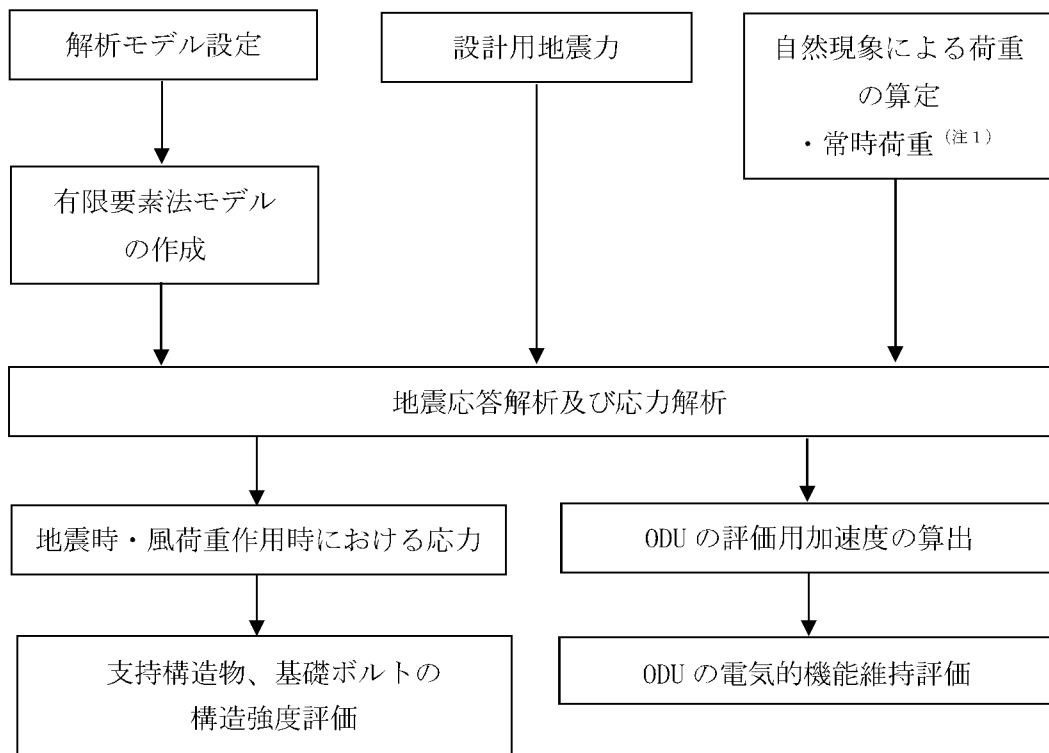
機器名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
緊急時対策所 S P D S 用衛星アンテナ	アンテナ (注)	ODU、反射鏡及び支持構造物にて構成され、ODU及び反射鏡はそれぞれ取付ボルトにて支持構造物に固定し、支持構造物は基礎ボルトにて基礎に固定する。	

(注) 機能維持評価を行う、ODU (送受信装置) を実装

2.2 評価方針

緊急時対策所SPDS用衛星アンテナの応力評価は、資料10-9「機能維持の基本方針」の「3.1 構造強度上の制限」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 構造の説明」にて示す緊急時対策所SPDS用衛星アンテナの部位を踏まえ、「3. 耐震評価箇所」にて設定する箇所に作用する応力等が許容限界内に収まることを、「4. 地震応答解析及び応力評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、緊急時対策所SPDS用衛星アンテナの機能維持評価は、資料10-9「機能維持の基本方針」の「4.2 電氣的機能維持」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを、「5. 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「6. 評価結果」に示す。

緊急時対策所SPDS用衛星アンテナの耐震評価フローを第2-1図に示す。



(注1) 常時荷重は、自重、風荷重、積雪荷重を考慮するものとする。

第2-1図 緊急時対策所SPDS用衛星アンテナの耐震評価フロー

3. 耐震評価箇所

緊急時対策所SPDS用衛星アンテナの耐震評価は、耐震評価上厳しくなる支持構造物、基礎ボルトを選定して実施する。緊急時対策所SPDS用衛星アンテナの耐震評価箇所については、第2-1表の説明図に示す。

4. 地震応答解析及び応力評価

緊急時対策所SPDS用衛星アンテナの固有振動数、応力及び荷重を算出するための地震応答解析について以下に示す。

4.1 基本方針

- (1) 固有振動数を求めるため、緊急時対策所SPDS用衛星アンテナをはり要素及びシェル要素によりモデル化した3次元FEMモデルにより固有値解析を行い、固有振動数が30Hz以上である場合は最大床加速度の1.2倍を用いた静解析を、30Hz未満20Hz以上である場合は最大床加速度の1.2倍を用いた静解析及びスペクトルモーダル解析を、20Hz未満である場合はスペクトルモーダル解析を実施する。
- (2) 解析コードは「MSC NASTRAN Ver.2008r1」を使用する。なお、評価に用いる「MSC NASTRAN Ver.2008r1」の検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。
- (3) ODUは、取付位置に質量要素として付加する。
- (4) 許容応力についてJSME S NC1-2005/2007の付録材料図表を用いて計算する際に、温度が付録材料図表記載値の中間の値の場合は、比例法を用いて計算する。ただし、付録材料図表Part5 表 5、8及び9で比例法を用いる場合の端数処理は、小数第1位以下を切り捨てた値を用いるものとする。
- (5) 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

緊急時対策所SPDS用衛星アンテナの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち、重大事故等対処施設の評価に用いるものを第4-1表に示す。

4.2.2 許容応力

緊急時対策所SPDS用衛星アンテナの許容応力を第4-2表に示す。

4.2.3 使用材料の許容応力

緊急時対策所SPDS用衛星アンテナの使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処施設の評価に用いるものを第4-3表に示す。

第 4-1 表 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処施設）

施設区分		機器名称	設備分類 ^(注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	その他	緊急時対策所 SPDS用衛星 アンテナ ^(注2)	常設／緩和	—	$D + P_D + M_D + S_S + P_K + P_S$ ^(注3)	IV _A S
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_S + P_K + P_S$	V _A S (V _A Sとして IV _A Sの許容限 界を用いる)

ここで、 P_K ：風荷重、 P_S ：積雪荷重

(注1) 「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備、「常設／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備、「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備、「その他」は重大事故等対処設備（防止・緩和以外）を示す。

(注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。

(注3) 「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_S + P_K + P_S$ 」の評価に包絡されるため、評価結果の記載を省略する。

第4-2表 許容応力（その他の支持構造物（重大事故等対処施設））

許容応力状態	許容限界 ^(注1,2,3) (ボルト以外)				許容限界 ^(注2,3) (ボルト等)	
	一次応力				一次応力	
	引張	せん断	圧縮	曲げ	引張	せん断
IV_{AS}	$1.5f_t^*$	$1.5f_s^*$	$1.5f_c^*$	$1.5f_b^*$	$1.5f_t^*$	$1.5f_s^*$
V_{AS} (V_{AS} として IV_{AS} の 許容限界を用いる)						

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

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

(注3) 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。

第4-3表 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処施設）

(1) 支持構造物

材質	雰囲気 温度条件 (°C)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F (MPa)
SS400 (16mm 以下)	40	245	400	280
STK400	40	245	400	280
STKR400	40	245	400	280
A5052P-H112	40	65	175	78

(2) 基礎ボルト

材質	雰囲気 温度条件 (°C)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F (MPa)
SS400 (16mm 以下)	40	245	400	280
SS400 (40mm 以下)	40	235	400	280

4.3 設計用地震力

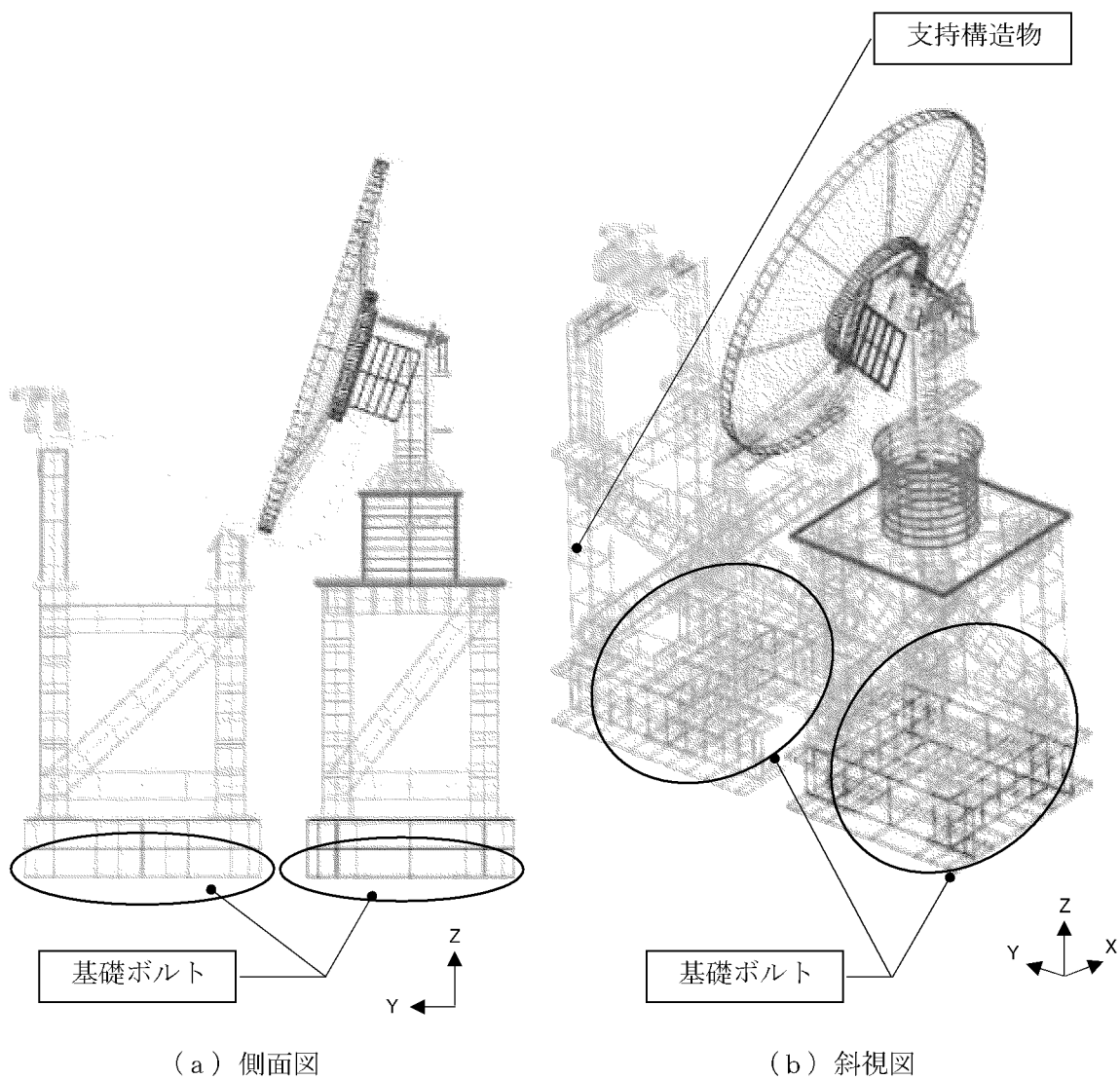
耐震計算における入力地震力には、資料 10-7「設計用床応答曲線の作成方針」の「2. 床応答スペクトル解析」にて設定した床応答の作成方針に基づき、第 4-4 表にて示す条件を用いて作成した設計用床応答曲線を用いる。また、減衰定数は資料 10-6「地震応答解析の基本方針」の「3. 設計用減衰定数」第 3-1 表に記載の減衰定数を用いる。

第4-4表 設計用地震力

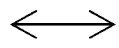
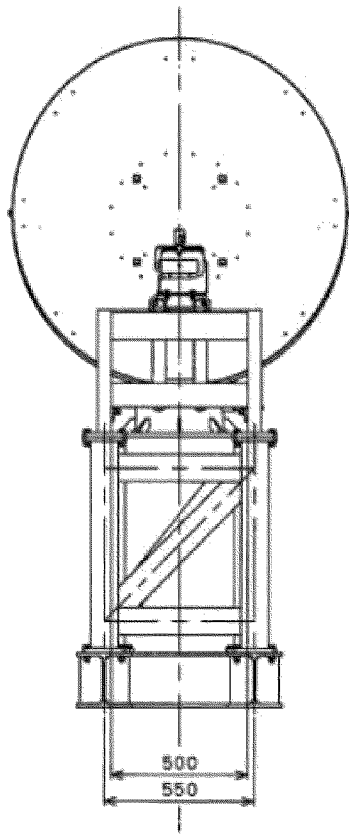
置場所 及び 床面高さ (m)	設計用床応答曲線			備 考
	建屋 及び高さ (m)	方向	減衰 定数 (%)	
<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-bottom: 5px;"></div> E. L. <div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 15px; display: inline-block;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin-bottom: 5px;"></div> E. L. <div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 15px; display: inline-block;"></div>	水平	1.0	水平方向はSs-1からSs-19のX方向及びY方向の包絡曲線を用いる。 鉛直方向はSs-1からSs-19の包絡曲線を用いる。
		鉛直	1.0	

4.4 解析モデル及び諸元

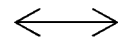
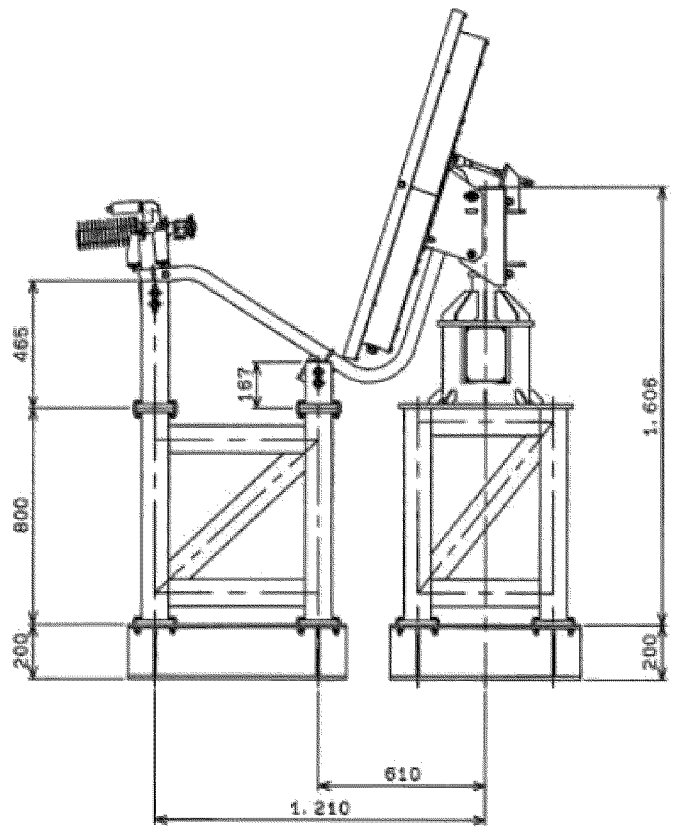
解析モデルは、緊急時対策所SPDS用衛星アンテナをはり要素及びシェル要素にてモデル化した、3次元FEMモデルである。解析モデルを第4-1図に、寸法を第4-2図に、解析モデルの諸元を第4-5表に示す。



第4-1図 解析モデル図 (はりモデル及びシェルモデル図)



左右方向



前後方向

(單位：mm)

第4-2圖 寸法圖

第4-5表 解析モデルの諸元

項目		記号	単位	入力値
材質		—	—	SS400 (16mm以下)
		—	—	STK400
		—	—	STKR400
		—	—	A5052P-H112
温度条件 (雰囲気温度)		T	℃	40
縦弾性係数	SS400	E	MPa	2.02×10^5
	STK400	E	MPa	2.02×10^5
	STKR400	E	MPa	2.02×10^5
	A5052P-H112	E	MPa	0.693×10^5
ポアソン比	SS400	v	—	0.30
	STK400	v	—	0.30
	STKR400	v	—	0.30
	A5052P-H112	v	—	0.33
要素数		—	個	2,670
節点数		—	個	2,449

4.5 風荷重の算出

4.5.1 記号の説明

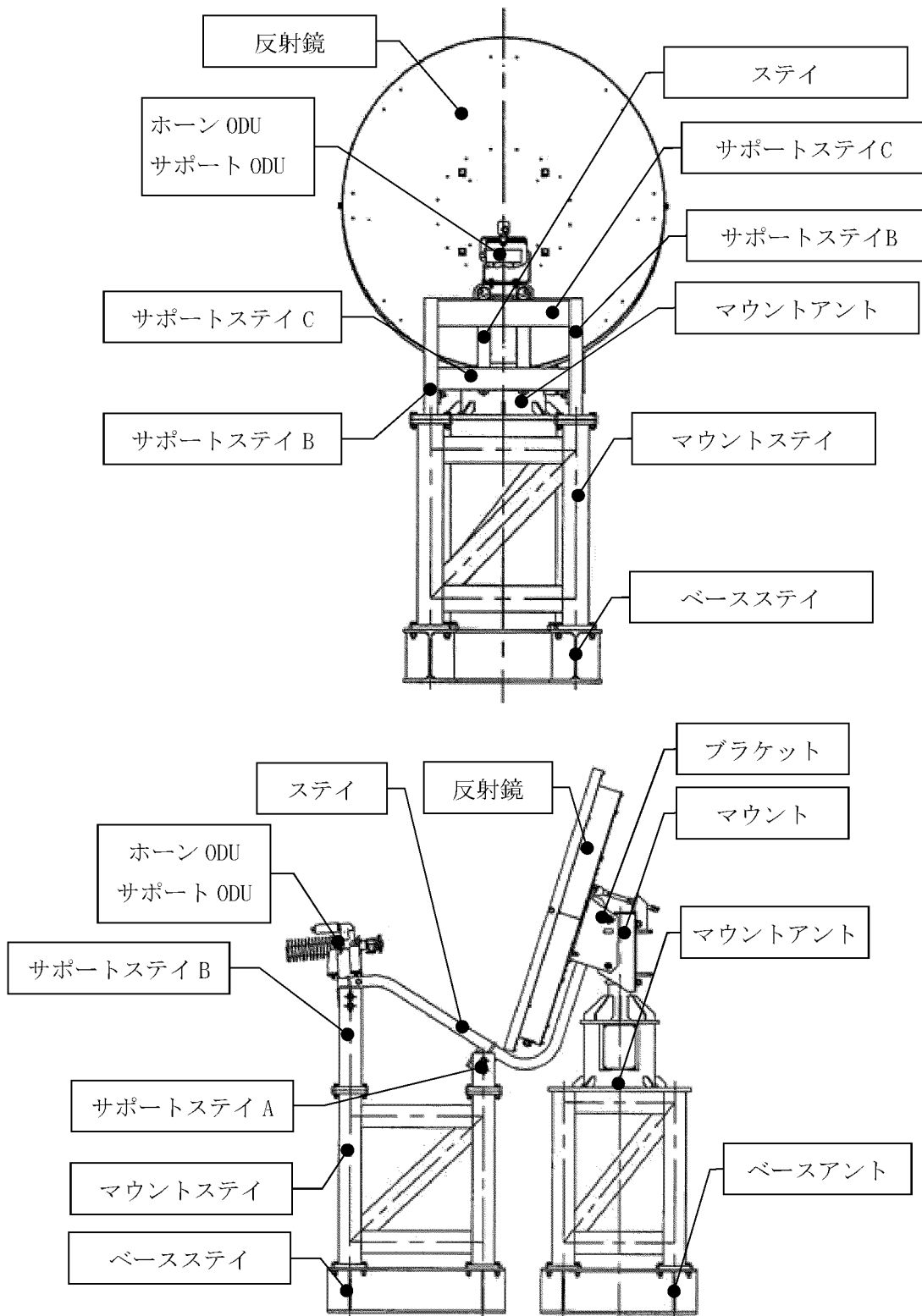
風荷重算出に使用する記号の説明を第4-6表に示す。

第4-6表 記号の説明

記号	説明	単位
F_1	アンテナ正面（前後方向）の風荷重	N
F_2	アンテナ側面（左右方向）の風荷重	N
q	速度圧	N/m^2
E	建築基準法施行令第87条第2項に規定する数値	—
V_0	風速	m/s
E_r	建設省告示第1454号第2項の規定によって算出した平均風速の高さ方向の分布を表す係数	—
G_r	ガスト影響係数	—
H	地表面からの高さ	m
Z_G	地表面粗度区分（Ⅱ）に応じた数値	m
α	地表面粗度区分（Ⅱ）に応じた数値	—
A_1	風力を受けるアンテナ正面（前後方向）の投影面積	m^2
A_2	風力を受けるアンテナ側面（左右方向）の投影面積	m^2
C_D	風力係数	—

4.5.2 風荷重を付加する部位

アンテナを正面側及び側面側から見て目視可能な部材に風荷重を付加する。
 第4-3図にアンテナ正面側及び側面側から目視可能な部位を示す。



第4-3図 風荷重を付加する部位

4.5.3 算出方法

建築基準法・施行令より風荷重は以下の式で求まる。

(1) アンテナ正面（前後方向）の風荷重 F_1

$$F_1 = q \times A_1 \times C_D$$

ここで、

$$\begin{aligned} q &= 0.6 \times E \times V_0^2 \\ &= 0.6 \times E_r^2 \times G_r \times V_0^2 \\ &= 0.6 \times \left\{ 1.7 \times \left(\frac{H}{Z_G} \right)^\alpha \right\}^2 \times G_r \times V_0^2 \end{aligned}$$

(2) アンテナ側面（左右方向）の風荷重 F_2

$$F_2 = q \times A_2 \times C_D$$

ここで、

$$\begin{aligned} q &= 0.6 \times E \times V_0^2 \\ &= 0.6 \times E_r^2 \times G_r \times V_0^2 \\ &= 0.6 \times \left\{ 1.7 \times \left(\frac{H}{Z_G} \right)^\alpha \right\}^2 \times G_r \times V_0^2 \end{aligned}$$

4.5.4 風荷重算出に必要な数値

風荷重算出に必要な値を第4-7表に示す。

表4-7表 風荷重算出に必要な値

記号	項目	単位	数値
V_0	風速	m/s	32
G_r	ガスト影響係数	—	1
H	地表面からの高さ	m	21.401
Z_G	地表面粗度区分（Ⅱ）に応じた数値	m	350
α	地表面粗度区分（Ⅱ）に応じた数値	—	0.15

4.5.5 各部位の風荷重

各部位の風荷重を第4-8表、第4-9表に示す。

第4-8表 各部位の風荷重（アンテナ正面）

部位	風力係数 C_D	受風面積 A_1 [m^2]	風荷重 F_1 [N]
反射鏡	1.44	1.28	1,416
マウントアント（支柱）	1.2	0.10	93
マウントアント（架台）	2.0	0.06	93
ステイ	1.2	0.05	47
ホーンODU	2.0	0.02	31
サポートODU	2.0	0.02	31
ベースステイ	2.0	0.15	231
マウントステイ	2.0	0.32	492
サポートステイB	1.4	0.05	54
サポートステイC（アント側）	2.0	0.04	62
サポートステイC（ステイ側）	2.0	0.05	77

第4-9表 各部位の風荷重（アンテナ側面）

部位	風力係数 C_D	受風面積 A_2 [m^2]	風荷重 F_2 [N]
反射鏡	1.2	0.29	268
マウントアント（支柱）	1.2	0.16	148
マウントアント（架台）	2.0	0.31	477
ベースアント	2.0	0.14	216
ステイ	1.2	0.09	83
マウント、ブラケット	2.0	0.13	200
ホーンODU	2.0	0.05	77
サポートODU	2.0	0.01	16
ベースステイ	2.0	0.16	246
マウントステイ	2.0	0.33	507
サポートステイA	2.2	0.02	34
サポートステイB	2.2	0.05	85

4.6 積雪荷重の算出

4.6.1 記号の説明

積雪荷重算出に使用する記号の説明を第4-10表に示す。

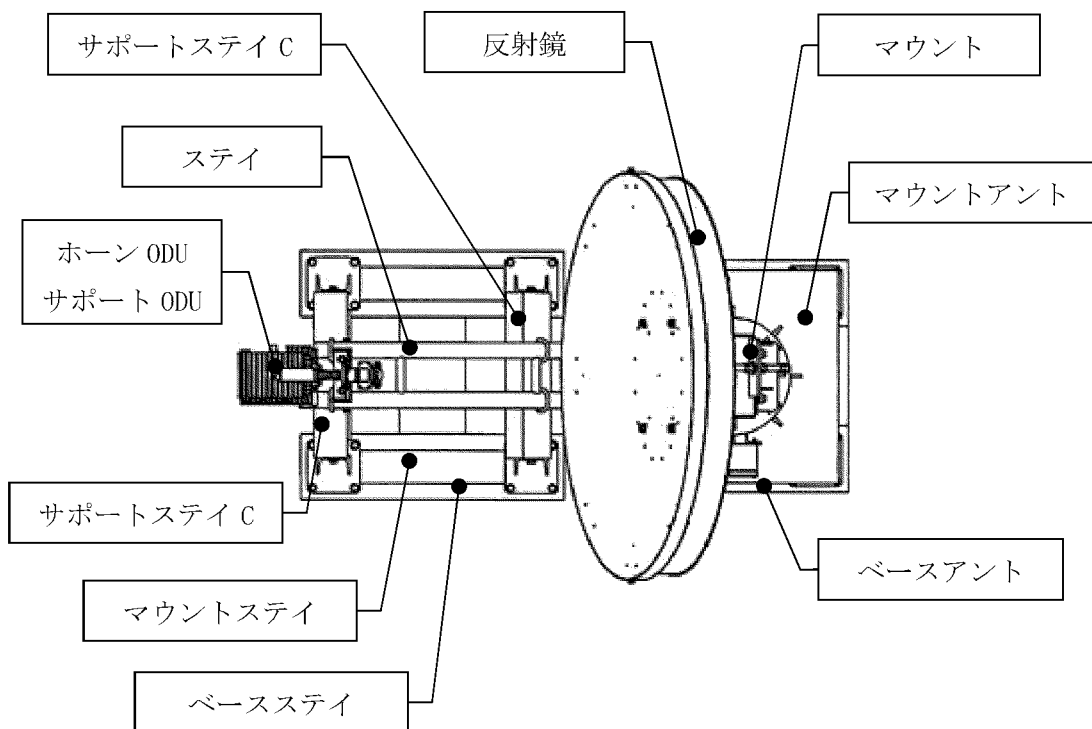
第4-10表 記号の説明

記号	説明	単位
P_s	積雪荷重	N
W_s	1cmあたりの積雪荷重	N/m^2
A_v	積雪面積	m^2
d	積雪高さ	cm

4.6.2 積雪荷重を付加する部位

アンテナを上面側から見て目視可能な部材に積雪荷重を付加する。

第4-4図にアンテナ上面側から目視可能な部位を示す。



第4-4図 積雪荷重を付加する部位

4.6.3 算出方法

積雪荷重は、以下のとおり算出する。

$$P_s = 0.35 \cdot W_s \cdot A_v \cdot d$$

ここで、0.35は地震荷重と組合せる際の係数である。

4.6.4 積雪荷重算出に必要な数値

積雪荷重算出に必要な値を第4-11表に示す。

表4-11表 積雪荷重算出に必要な値

記号	項目	単位	数値
W_s	1cmあたりの積雪荷重	N/m ²	30
d	積雪高さ	cm	100

4.6.5 各部位の積雪荷重

各部位の積雪荷重を第4-12表に示す。

第4-12表 各部位の積雪荷重

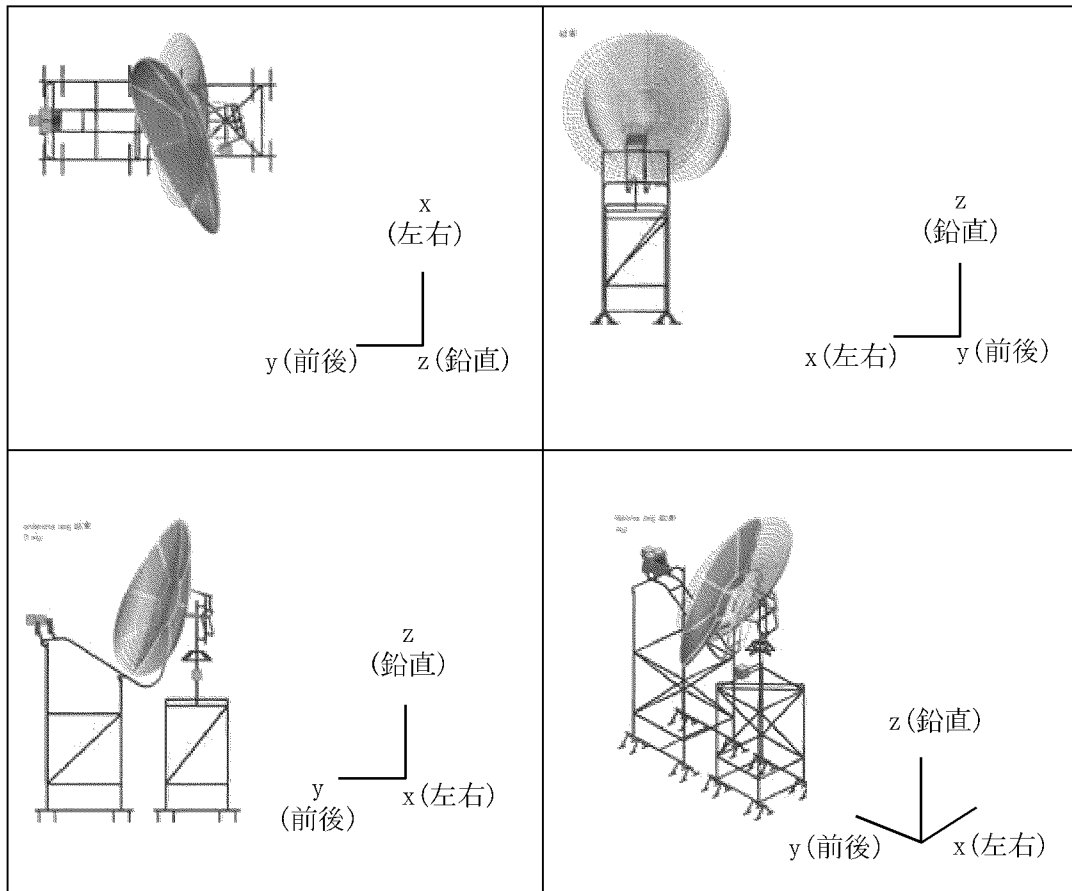
部位	積雪面積 A_1 [m ²]	積雪荷重 F_1 [N]
反射鏡（鏡面）	0.39	410
反射鏡（淵）	0.18	189
マウント	0.05	53
マウントアント（支柱）	0.09	95
マウントアント（架台）	0.33	347
ステイ	0.09	95
ホーンODU	0.05	53
サポートODU	0.02	21
マウントステイ	0.23	242
サポートステイC（アント側）	0.07	74
サポートステイC（ステイ側）	0.05	53
ベースアント	0.08	84
ベースステイ	0.23	242

4.7 固有値

固有振動数の解析結果を第4-13表に、振動モード図を第4-5図に示す。

第4-13表 固有振動数

振動次数	固有振動数 (Hz)	刺激係数			卓越相当 部材
		X方向	Y方向	Z方向	
1	30.5	0.0703	0.0000	0.0000	アンテナ全体



第4-5図 振動モード図(30.5Hz)

4.8 応力評価方法

4.8.1 支持構造物の応力計算式

FEM解析の結果から得られる支持構造物のはり要素の荷重、モーメントを用いて、以下の式により最大応力及び組合せ応力を算出する。また、最大応力発生部位は第4-6図に示す。

応力の種類		単 位	応力計算式
引張応力 σ_t		MPa	$\frac{F_x}{A}$
圧縮応力 σ_c		MPa	$\frac{F_x}{A}$
曲げ応力 σ_b		MPa	$\frac{(zI_z - yI_{yz})}{(I_y I_z - I_{yz}^2)} M_y + \frac{(yI_y - zI_{yz})}{(I_y I_z - I_{yz}^2)} M_z$
せん断応力 τ		MPa	$\sqrt{\left(\frac{F_y}{A_y}\right)^2 + \left(\frac{F_z}{A_z}\right)^2} + \frac{M_x}{Z_p}$
組合せ	引張+曲げ	—	$\frac{\sigma_t + \sigma_b}{1.5f_t}$
	圧縮+曲げ	—	$\frac{\sigma_c}{1.5f_c} + \frac{\sigma_b}{1.5f_b}$

(左右+鉛直)

記号	説明	単位	値
F_x	はりに作用する引張	N	64.0
	はりに作用する圧縮	N	415.5
F_y	はりに作用する Y 軸方向のせん断力	N	-1,973.2
F_z	はりに作用する Z 軸方向のせん断力	N	-230.9
M_y	はりに作用する Y 軸周りの曲げモーメント	N・mm	2,769.2
M_z	はりに作用する Z 軸周りの曲げモーメント	N・mm	9.7
M_x	はりに作用するねじりモーメント	N・mm	73,935.6
A	はりの断面積 (引張)	mm ²	56.1
A	はりの断面積 (圧縮)	mm ²	56.1
A_y	はりの有効せん断断面積 (Y 軸方向)	mm ²	1,716.8
A_z	はりの有効せん断断面積 (Z 軸方向)	mm ²	1,716.8
Z_p	極断面係数	mm ³	6,180.0
I_{yz}	断面相乗モーメント	mm ⁴	0.0
I_y	はりの Y 軸周りの断面二次モーメント	mm ⁴	1,630.0
I_z	はりの Z 軸周りの断面二次モーメント	mm ⁴	42.1
y	応力出力点の Y 方向距離	mm	1.5
z	応力出力点の Z 方向距離	mm	9.35

(前後+鉛直)

記号	説明	単位	値
F_x	はりに作用する引張	N	151.0
	はりに作用する圧縮	N	479.7
F_y	はりに作用する Y 軸方向のせん断力	N	-158.2
F_z	はりに作用する Z 軸方向のせん断力	N	1,759.2
M_y	はりに作用する Y 軸周りの曲げモーメント	N・mm	3,420.0
M_z	はりに作用する Z 軸周りの曲げモーメント	N・mm	0.1
M_x	はりに作用するねじりモーメント	N・mm	14,266.7
A	はりの断面積 (引張)	mm ²	56.1
A	はりの断面積 (圧縮)	mm ²	56.1
A_y	はりの有効せん断断面積 (Y 軸方向)	mm ²	649.7
A_z	はりの有効せん断断面積 (Z 軸方向)	mm ²	649.7
Z_p	極断面係数	mm ³	2,750.0
I_{yz}	断面相乗モーメント	mm ⁴	0.0
I_y	はりの Y 軸周りの断面二次モーメント	mm ⁴	1,630.0
I_z	はりの Z 軸周りの断面二次モーメント	mm ⁴	42.1
y	応力出力点の Y 方向距離	mm	1.5
z	応力出力点の Z 方向距離	mm	9.35

4.8.2 基礎ボルト

FEM解析の結果から得られる基礎ボルト部の最大荷重を用いて、以下の式により最大応力及び組合せ応力を算出する。また、最大応力発生部位は第4-6図に示す。

応力の種類	単 位	応力計算式
引張応力 σ_b	MPa	$\frac{F_x}{nA_b}$
せん断応力 τ_b	MPa	$\frac{\sqrt{F_y^2 + F_z^2}}{nA_b}$
組合せ応力	MPa	$\frac{F_x}{nA_b}$

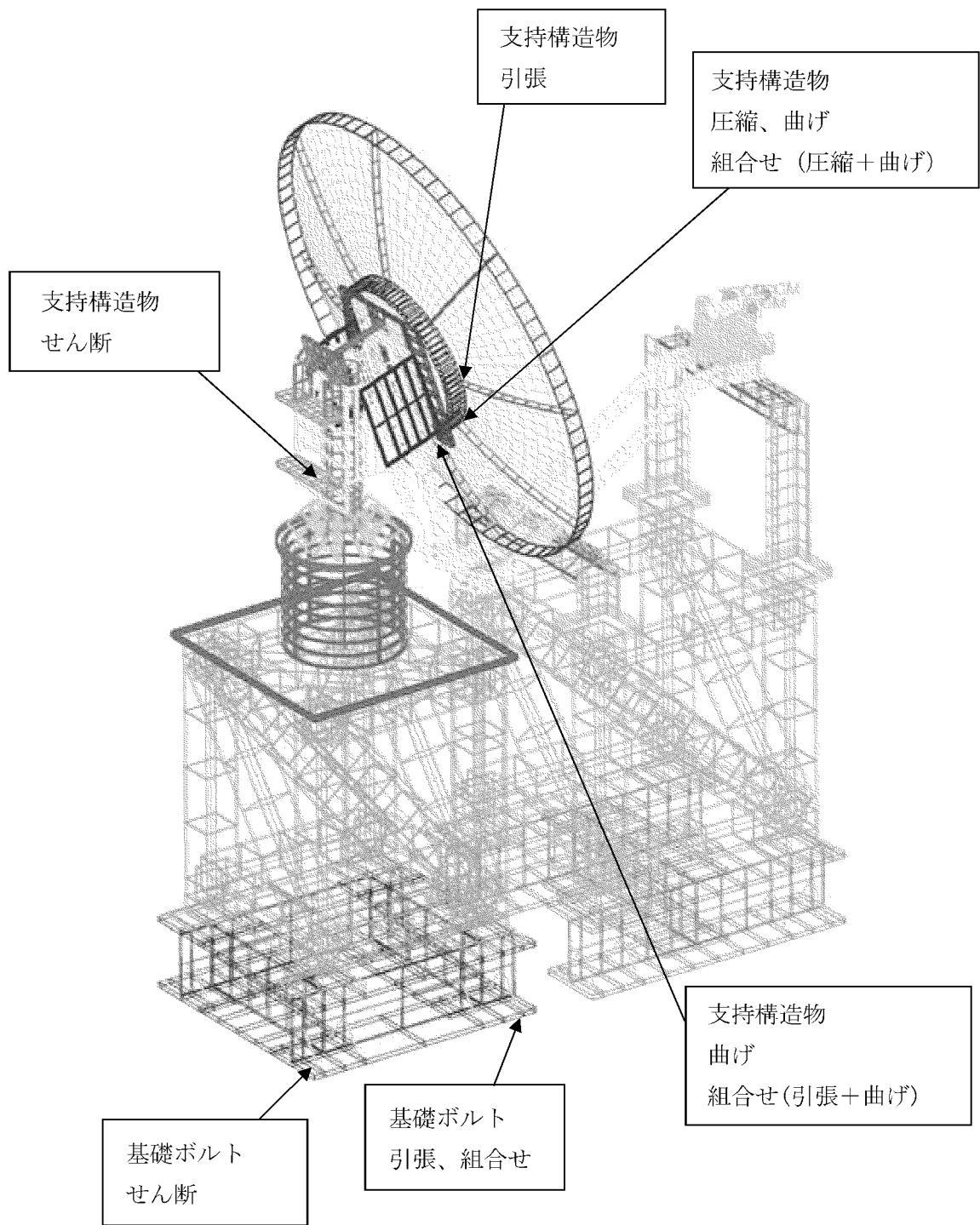
ここで、

(左右+鉛直)

記号	説明	単位	値
F_x	基礎ボルト固定部に作用する引張力	N	2,589.0
F_y	基礎ボルト固定部に作用するY軸方向のせん断力	N	472.7
F_z	基礎ボルト固定部に作用するZ軸方向のせん断力	N	-432.7
A_b	基礎ボルトの断面積	mm ²	314.2
n	ボルト本数	本	1

(前後+鉛直)

記号	説明	単位	値
F_x	基礎ボルト固定部に作用する引張力	N	2,616.0
F_y	基礎ボルト固定部に作用するY軸方向のせん断力	N	-34.6
F_z	基礎ボルト固定部に作用するZ軸方向のせん断力	N	641.4
A_b	基礎ボルトの断面積	mm ²	314.2
n	ボルト本数	本	1



第4-6図 最大応力発生部位

4.9 応力評価条件

(1) 支持構造物

項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	SS400 (16mm以下)
			STK400
			STKR400
			A5052P-H112

(2) 基礎ボルト

項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	SS400 (40mm以下)
ボルト呼び径	d	mm	20

(3) 設計用加速度

項目	記号	設計用加速度 (G)
水平	α_H	1.788 ^(注1)
鉛直	α_V	0.804 ^(注1)

(注1) 設計用加速度には最大床応答加速度の1.2倍を使用する。

5. 機能維持評価

緊急時対策所SPDS用衛星アンテナは、地震時及び地震後に電氣的機能が要求されており、地震時及び地震後においても、その維持がされていることを示す。

5.1 機能維持評価方法

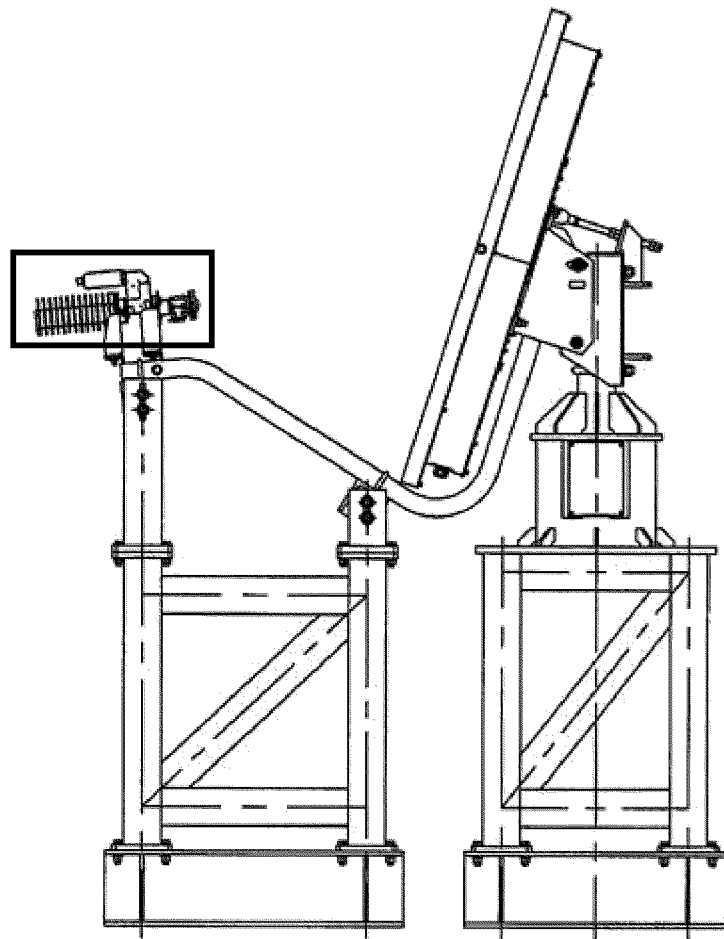
機能維持評価は、固有値解析結果より、固有振動数が30Hz以上であることを確認したため評価用加速度には最大床応答加速度を用いる。

機能確認済加速度には、ODU単体の正弦波加振試験（掃引試験及びビート試験）において、通信試験により電氣的機能の健全性を確認した加振波の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を第5-1表に示す。また、評価するODUの実装図を第5-1図に示す。評価用加速度にはODUの取付位置での応答加速度を用いる。

第5-1表 機能確認済加速度

器具名称	機能確認済加速度 (G)		
	X (左右)	Y (前後)	Z (鉛直)
ODU	10	10	5



 : 評価対象

第5-1図 ODUの実装図

6. 評価結果

6.1 重大事故等対処施設としての評価結果

緊急時対策所SPDS用衛星アンテナ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。発生値は許容値を満足しており、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。

基準地震動 S_s に対する応力評価結果を第 6-1 表、第 6-2 表に示す。また、電氣的機能維持評価結果を第 6-3 表に示す。

第 6-1 表 基準地震動 S_s による評価結果 ($D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s+P_K+P_S$)

評価対象設備		評価部位	応力分類	加速度の方向 ^(注1)	発生値	許容値	
計測制御系統施設	その他	緊急時対策所 S P D S 用衛星アンテナ	支持構造物	引張 (単位 MPa)	前後+鉛直	3	78
					左右+鉛直	2	
				せん断 (単位 MPa)	前後+鉛直	8	160
					左右+鉛直	14	
				圧縮 (単位 MPa)	前後+鉛直	9	78
					左右+鉛直	8	
			曲げ (単位 MPa)	前後+鉛直	20	78	
				左右+鉛直	17		
			組合せ	引張+曲げ ^(注2) (単位なし)	前後+鉛直	0.12	1
					左右+鉛直	0.11	
				圧縮+曲げ ^(注3) (単位なし)	前後+鉛直	0.38	
					左右+鉛直	0.31	

(注 1) 緊急時対策所 S P D S 用衛星アンテナの正面に直行する方向を前後方向、緊急時対策所 S P D S 用衛星アンテナの正面と平行な方向を左右方向とする。

(注 2) $\frac{\sigma_t + \sigma_b}{1.5 f_t}$

(注 3) $\frac{\sigma_c}{1.5 f_c} + \frac{\sigma_b}{1.5 f_b}$

第 6-2 表 基準地震動 S_s による評価結果 ($D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s+P_K+P_S$)

評価対象設備		評価部位	応力分類	加速度の方向 ^(注1)	発生値	許容値	
計測制御系施設	その他	緊急時対策所 SPDS用衛星 アンテナ	基礎ボルト	引張 (単位 MPa)	前後+鉛直	9	210
					左右+鉛直	9	
				せん断 (単位 MPa)	前後+鉛直	3	160
					左右+鉛直	3	
				組合せ (単位 MPa)	前後+鉛直	9	210 ^(注2)
					左右+鉛直	9	

(注1) 緊急時対策所SPDS用衛星アンテナの正面に直行する方向を前後方向、緊急時対策所SPDS用衛星アンテナの正面と平行な方向を左右方向とする。

(注2) 引張応力(σ_b)とせん断応力(τ_b)との組合せ応力の許容値は、 $\text{Min}(1.4 \cdot 1.5f_t - 1.6\tau_b, 1.5f_t)$ とする。

第 6-3 表 電氣的機能維持評価結果（重大事故等対処施設）

評価対象設備				機能確認済加速度との比較					詳細評価
				加速度 確認部位	水平加速度 (G)		鉛直加速度 (G)		
					評価用 加速度	機能確認済 加速度	評価用 加速度	機能確認済 加速度	
計測 制御 系統 施設	その他	緊急時対策所 S P D S 用衛星アンテナ	ODU	—	1.49	10.0	0.67	5.0	—

資料 10-14-1-5-4 衛星アンテナの耐震計算書

目 次

	頁
1. 概要	03-添10-14-1-5-4-1
2. 耐震評価	03-添10-14-1-5-4-1

1. 概要

本資料は、平成29年8月25日付け原規規発第1708254号にて認可された工事計画の添付資料13-9「機能維持の基本方針」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、衛星アンテナが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説明するものである。

2. 耐震評価

衛星アンテナは、平成29年8月25日付け原規規発第1708254号にて認可された工事計画の添付資料13-17-4-36-4「衛星アンテナの耐震計算書」にて、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ている。

資料 10-14-2 放射線管理施設の耐震計算書

放射線管理施設の耐震計算書は、以下の資料より構成されている。

資料 10-14-2-1 放射線管理施設の耐震計算結果

資料 10-14-2-1 放射線管理施設の耐震計算結果

目 次

	頁
1. 概要	03-添10-14-2-1-1
2. 耐震評価条件整理	03-添10-14-2-1-1

1. 概要

本資料は、放射線管理施設の設備の耐震計算の手法及び条件の整理について説明するものである。

2. 耐震評価条件整理

放射線管理施設の設備に対して、設計基準対象施設の耐震クラス、重大事故等対処施設の設備分類を整理した。結果を第2-1表に示す。

放射線管理施設の設備の耐震計算は第2-1表に示す計算書に記載することとする。

第2-1表 耐震評価条件整理一覧表

評価対象設備			設計基準対象施設		重大事故等対処施設	
			耐震 クラス	耐震計算の 記載箇所	設備分類 ^(注1)	耐震計算の 記載箇所
放射線 管理施設	生体遮蔽 装置	緊急時対策所遮蔽	—	—	常設／緩和	資料10-13-2 ^(注2)

(注1) 「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を表す。

(注2) 生体遮蔽装置の耐震評価は、地震時及び地震後においても、耐震重要度に応じた地震動により生じる建屋の各耐震壁のひずみ等が許容値以内であることにより評価できるため、建物・構築物の耐震計算書の評価に含まれる。

資料 10-14-3 非常用電源設備の耐震計算書

非常用電源設備の耐震計算書は、以下の資料より構成されている。

- 資料 10-14-3-1 非常用電源設備の耐震計算結果
- 資料 10-14-3-2 緊急時対策所電源車切替盤の耐震計算書
- 資料 10-14-3-3 緊急時対策所コントロールセンタの耐震計算書
- 資料 10-14-3-4 緊急時対策所 100V 主分電盤の耐震計算書

資料 10-14-3-1 非常用電源設備の耐震計算結果

目 次

	頁
1. 概要	03-添10-14-3-1-1
2. 耐震評価条件整理	03-添10-14-3-1-1

1. 概要

本資料は、非常用電源設備の耐震計算の手法及び条件の整理について説明するものである。

2. 耐震評価条件整理

非常用電源設備に対して、重大事故等対処施設の設備分類を整理した。結果を第2-1表に示す。

非常用電源設備の耐震計算は第2-1表に示す計算書に記載することとする。また、第2-1表に示す設備のうち、耐震評価における手法及び条件について、既に認可を受けた実績との差異がない施設の耐震計算は、工事計画の認可実績を示し、入力条件及び評価結果を示すことを基本とする。

第2-1表 耐震評価条件整理一覧表

評価対象設備			重大事故等対処施設	
			設備分類 ^(注1)	耐震計算の記載箇所
非常用電源設備	その他	緊急時対策所電源車切替盤	常設/緩和	資料10-14-3-2
		緊急時対策所コントロールセンタ	常設/緩和	資料10-14-3-3
		緊急時対策所100V主分電盤	常設/緩和	資料10-14-3-4

(注1) 「常設耐震/防止」は常設耐震重要重大事故防止設備、「常設/防止」は常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備、「常設/緩和」は常設重大事故緩和設備を表す。

資料 1 0 - 1 4 - 3 - 2 緊急時対策所電源車切替盤の耐震計算書

目 次

頁

1. 概要	03-添10-14-3-2-1
2. 基本方針	03-添10-14-3-2-1
2.1 構造の説明	03-添10-14-3-2-1
2.2 評価方針	03-添10-14-3-2-2
3. 耐震評価箇所	03-添10-14-3-2-2
4. 地震応答解析	03-添10-14-3-2-3
4.1 固有値測定試験	03-添10-14-3-2-3
4.2 設計用地震力	03-添10-14-3-2-4
4.3 設計用加速度	03-添10-14-3-2-4
5. 応力評価	03-添10-14-3-2-5
5.1 基本方針	03-添10-14-3-2-5
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	03-添10-14-3-2-5
5.3 応力評価方法	03-添10-14-3-2-9
5.4 応力評価条件	03-添10-14-3-2-14
6. 機能維持評価	03-添10-14-3-2-15
6.1 機能維持評価方法	03-添10-14-3-2-15
7. 評価結果	03-添10-14-3-2-16
7.1 重大事故等対処施設としての評価結果	03-添10-14-3-2-16

1. 概要

本資料は、資料10-9「機能維持の基本方針」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、緊急時対策所電源車切替盤が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説明するものである。その耐震評価は、固有値測定及び応力評価並びに機能維持評価により行う。

緊急時対策所電源車切替盤は、重大事故等対処施設において常設重大事故緩和設備に分類される。以下、この分類に応じた耐震評価を示す。

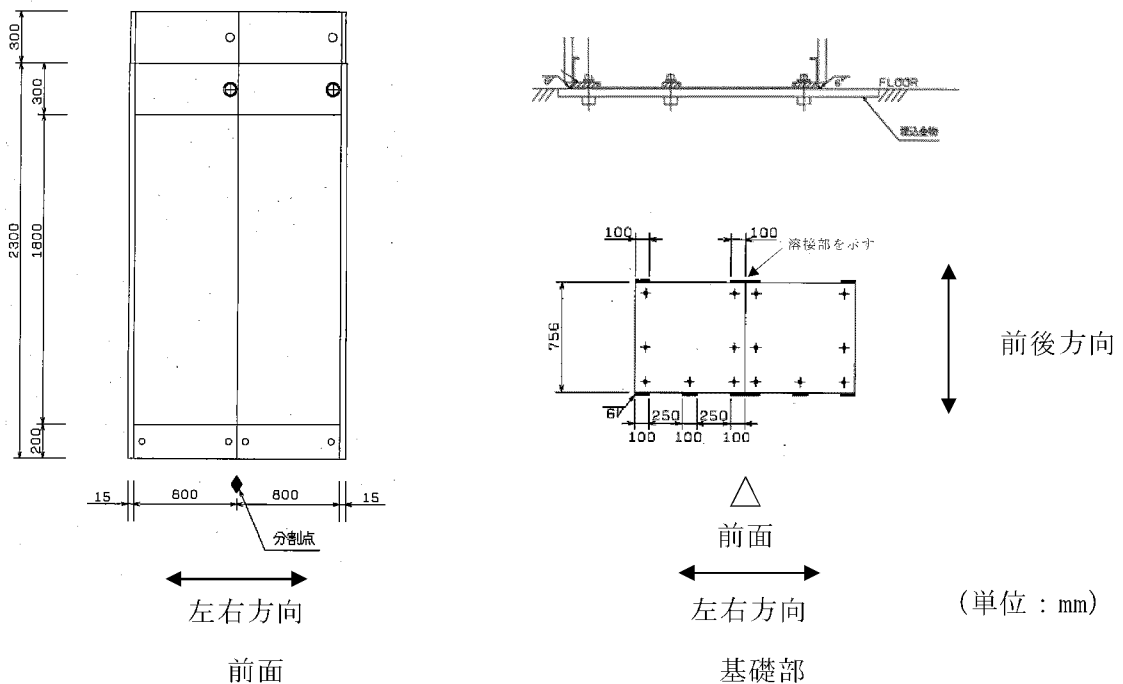
2. 基本方針

2.1 構造の説明

資料10-11「機器・配管の耐震支持方針」の「2. 電気計測制御装置」にて設定した電気計測制御装置の支持方針に基づき設計した緊急時対策所電源車切替盤の構造計画を第2-1表に示す。

第2-1表 緊急時対策所電源車切替盤の構造計画

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 電源車切替盤	自立閉鎖型	建屋床面に埋め込まれた埋込金物に溶接により剛に据え付ける。	第2-1図

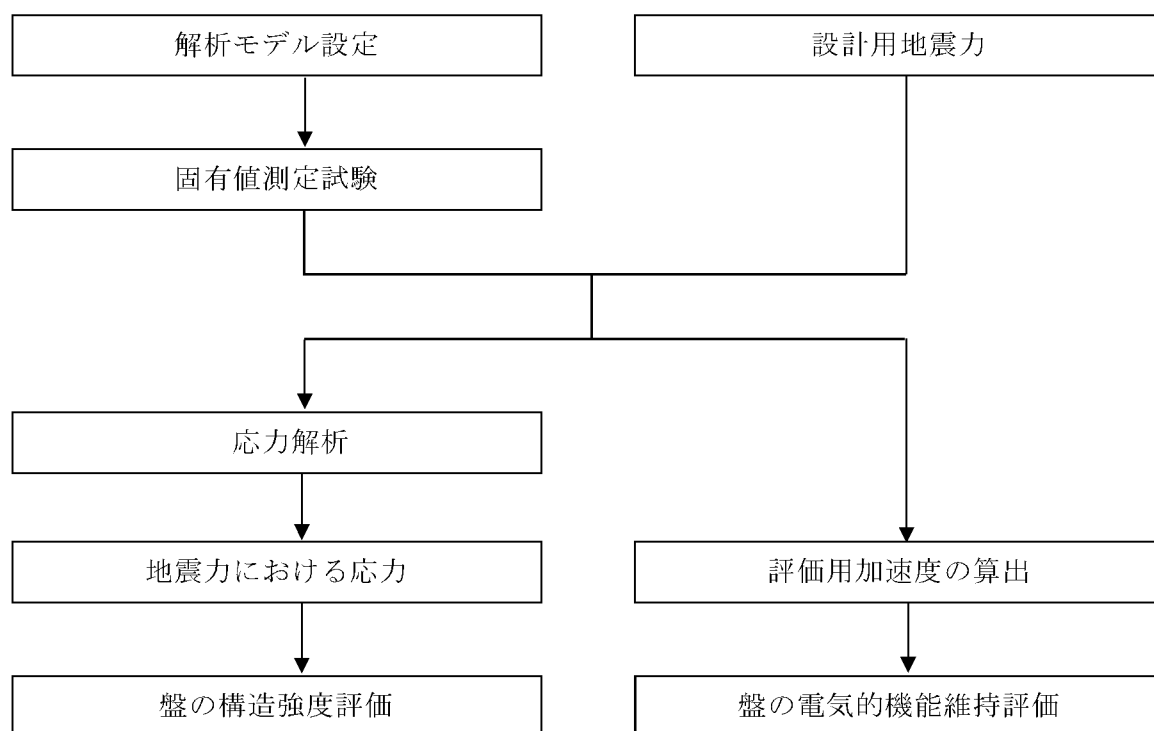


第2-1図 緊急時対策所電源車切替盤の外形図

2.2 評価方針

緊急時対策所電源車切替盤の応力評価は、資料10-9「機能維持の基本方針」の「3.1 構造強度上の制限」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 構造の説明」にて示す緊急時対策所電源車切替盤の部位を踏まえ「3. 耐震評価箇所」にて設定する箇所に作用する応力等が許容限界内に収まることを、「5. 応力評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、緊急時対策所電源車切替盤の機能維持評価は、資料10-9「機能維持の基本方針」の「4.2 電氣的機能維持」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的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。

緊急時対策所電源車切替盤の耐震評価フローを第2-2図に示す。



第2-2図 緊急時対策所電源車切替盤の耐震評価フロー

3. 耐震評価箇所

緊急時対策所電源車切替盤の耐震評価は、耐震評価上厳しくなる据付部材の溶接部を選定して実施する。

4. 地震応答解析

4.1 固有値測定試験

緊急時対策所電源車切替盤の固有振動数測定方法について以下に示す。

4.1.1 基本方針

正弦波掃引試験にて緊急時対策所電源車切替盤の固有振動数を求める。

4.1.2 固有振動数の計算方法

緊急時対策所電源車切替盤については、実機相当の模擬盤を用いて実機据付状態と同様な方法で加振台へ固定し、正弦波掃引試験により固有振動数を測定した。測定結果を第4-1表に示す。

第4-1表 固有振動数測定結果

加振方向	固有振動数 (Hz)
左右方向	41.5
前後方向	31.9
鉛直方向	50.0以上

4.2 設計用地震力

耐震計算に用いる入力地震力には、資料10-7「設計用床応答曲線の作成方針」の「2. 床応答スペクトル解析」にて設定した床応答の作成方針に基づき、第4-2表にて示す条件を用いて作成した設計用床応答曲線を用いる。また、減衰定数は、資料10-6「地震応答解析の基本方針」の第3-1表に記載の減衰定数を用いる。

第4-2表 設計用地震力

設置場所 及び 床面高さ (m)	設計用床応答曲線			備考
	建屋 及び高さ (m)	方向	減衰定数 (%)	
		水平	4.0	水平方向はS _s -1からS _s -19のX方向及びY方向の包絡曲線を用いる。 鉛直方向はS _s -1からS _s -19の包絡曲線を用いる。
E. L. <input type="text"/>	E. L. <input type="text"/>	鉛直	1.0	

4.3 設計用加速度

第4-3表 設計用加速度

項目	記号	設計用加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)
水平加速度	C _H	1.28
鉛直加速度	C _V	0.81

(注) 正弦波掃引試験結果から、固有振動数は、前後方向31.9Hz、左右方向41.5Hz、鉛直方向50Hz以上であるため、設計用加速度は最大床加速度の1.2倍とする。

5. 応力評価

緊急時対策所電源車切替盤の応力評価について以下に示す。

5.1 基本方針

- (1) 耐震計算モデルは1質点系モデルとし、盤の重心位置に地震荷重が作用するものとする。
- (2) 地震による転倒モーメントを溶接部のみで負担すると考え、基礎ボルトの負担は無視する。
- (3) 許容応力についてJSME S NC1-2005/2007の付録材料図表を用いて計算する際に、温度が図表記載温度の中間の値の場合は、比例法を用いて計算する。
ただし、比例法を用いる場合の端数処理は、小数第1位以下を切り捨てた値を用いるものとする。
- (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

緊急時対策所電源車切替盤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施設の評価に用いるものを第5-1表に示す。

5.2.2 許容応力

緊急時対策所電源車切替盤の許容応力を第5-2表に示す。

5.2.3 使用材料の許容応力

緊急時対策所電源車切替盤の使用材料の許容応力評価条件を第5-3表に示す。

第5-1表 荷重の組合せ及び許容応力（重大事故等対処施設）

施設区分		機器名称	設備分類 ^(注1)	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用電源 設備	その他	緊急時対策所 電源車切替盤 ^(注2)	常設／緩和	—	$D + P_D + M_D + S_s$ ^(注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1) 「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備、「常設／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備、「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

(注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。

(注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。

第5-2表 許容応力（その他の支持構造物（重大事故等対処施設））

許容応力状態	許容限界 <small>(注1, 2, 3, 4)</small> (ボルト以外)
	一次応力
	せん断
IV_{AS}	$1.5f_s^*$
V_{AS} (V_{AS} として IV_{AS} の許容限界を用いる。)	

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

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

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

(注4) 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。

第5-3表 緊急時対策所電源車切替盤の許容応力評価条件
(重大事故等対処施設)

材質	温度条件 (°C)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F^* (MPa)
SS400	40 (雰囲気温度)	245	400	280

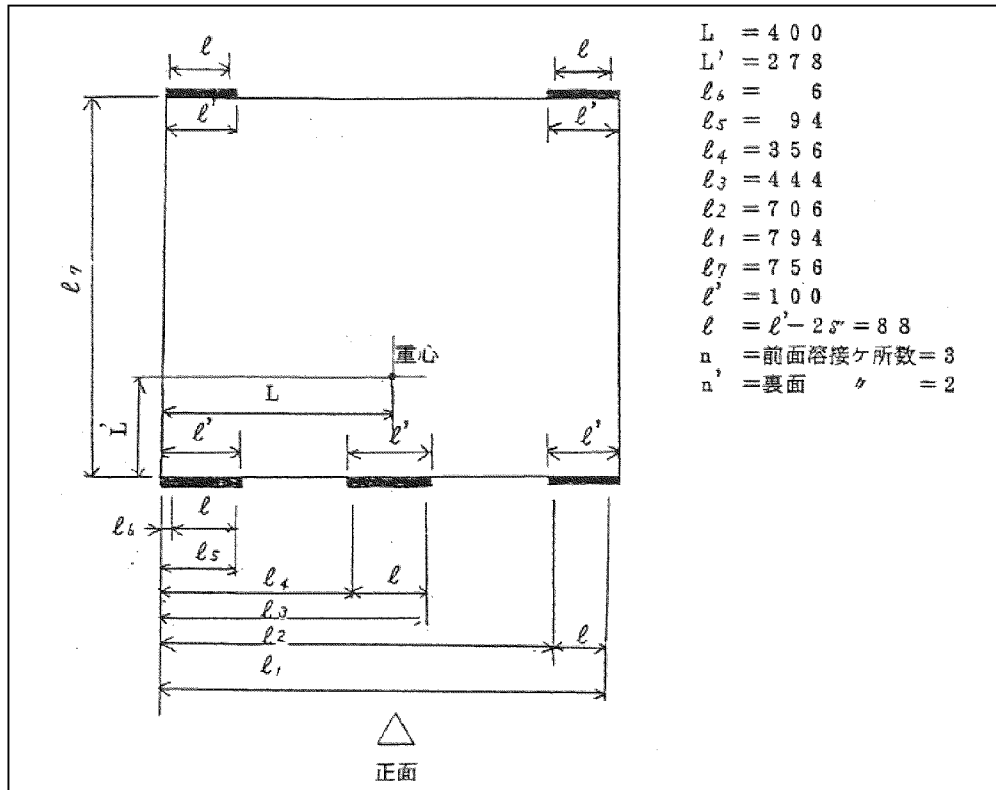
5.3 応力評価方法

5.3.1 記号の説明

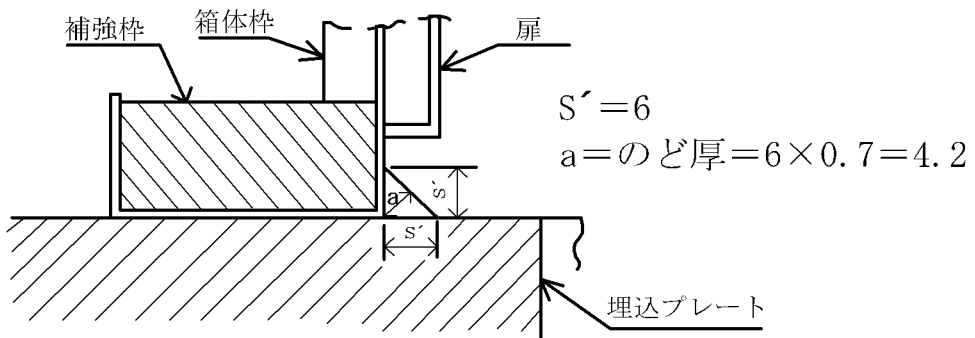
記号	記号の説明	単位
L	盤側面から機器重心までの距離	mm
L [^]	盤正面から機器重心までの距離	mm
h	重心の高さ	mm
C _H	設計用水平震度	—
C _V	設計用鉛直震度	—
W	機器質量	kg
g	重力加速度(9.80665m/s ²)	m/s ²
S	溶接部有効断面積	mm ²
S [^]	溶接の脚長	mm
a	溶接部有効のど厚	mm
ℓ [^]	溶接の全長(有効長さ)	mm
ℓ _n	盤側面から各溶接部までの距離、ℓ ₁ ~ℓ ₆	mm
ℓ _n [^]	盤正面から溶接部までの距離、ℓ ₇	mm
ℓ	溶接の有効長さ	mm
τ _n	せん断応力	MPa
τ _{max}	最大せん断応力	MPa
n	前面溶接箇所数	—
n [^]	裏面溶接箇所数	—

5.3.2 計算モデル

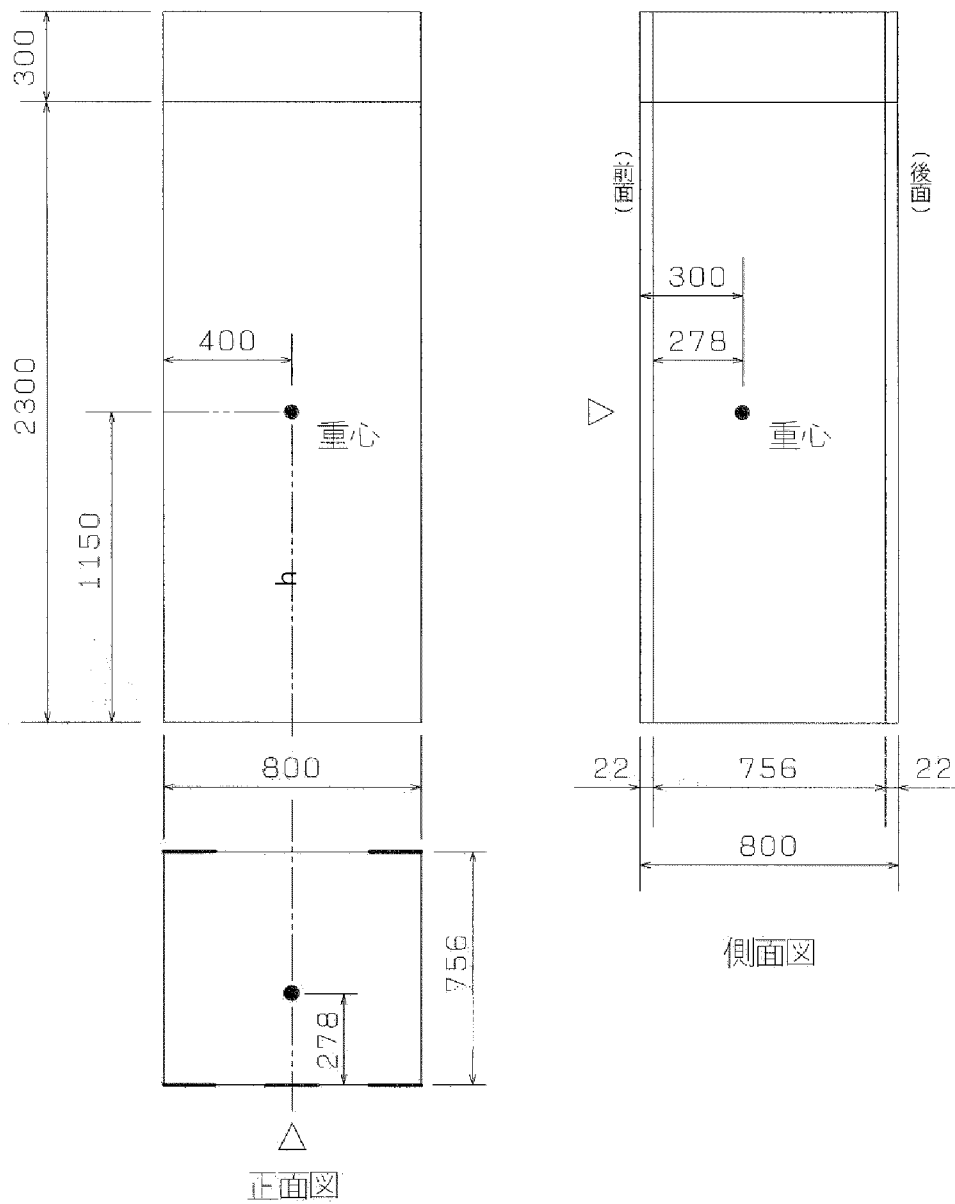
解析モデルを第5-1図～第5-3図に示す。



第5-1図 溶接長



第5-2図 溶接サイズ



(单位 : mm)

第5-3図 重心位置

5.3.3 応力計算

計算式については、材料力学公式等に則り以下のとおりとする。

(1) 前後方向

有効断面積（溶接箇所一箇所あたり） $S = a\ell$

盤の引張力による溶接部ののど面に加わるせん断応力は、前面を支点として、モーメントの釣合より

$$W\{C_H h - (1 - C_V)L'\}g = \tau_1 n' S \ell_7$$
$$\therefore \tau_1 = \frac{Wg}{n'S \cdot \ell_7} \{C_H h - (1 - C_V)L'\}$$

盤へのせん断力により溶接部ののど面に加わるせん断力は、力の釣合により

$$\tau_2 (n + n')S = W \cdot C_H \cdot g$$
$$\therefore \tau_2 = \frac{W \cdot C_H \cdot g}{(n + n')S}$$

前後方向の振動により、溶接部ののど面に加わるせん断力が最大となるのは、 τ_1 と τ_2 が同時に加わった場合であるため、前後方向に発生する最大のせん断応力は

$$\tau_{\max} = \sqrt{\tau_1^2 + \tau_2^2} = \sqrt{\left[\frac{Wg}{n'S \ell_7} \{C_H h - (1 - C_V)L'\} \right]^2 + \left\{ \frac{WC_H g}{(n + n')S} \right\}^2}$$

(2) 左右方向

盤への引張力により溶接部ののど面に加わるせん断応力は、左側面を支点として、モーメントの釣合より、

$$\begin{aligned} \frac{\tau_1}{\ell_1} &= \frac{\tau(x)}{x} \\ W\{C_H h - (1 - C_V)L\}g &= 2 \int_{\ell_2}^{\ell_1} \tau(x) \cdot x \cdot dx + \int_{\ell_4}^{\ell_3} \tau(x) \cdot x \cdot dx + 2 \int_{\ell_6}^{\ell_5} \tau(x) \cdot x \cdot dx \\ &= \frac{\tau_1 \cdot a}{\ell_1} \left\{ 2 \int_{\ell_2}^{\ell_1} x^2 \cdot dx + \int_{\ell_4}^{\ell_3} x^2 \cdot dx + 2 \int_{\ell_6}^{\ell_5} x^2 \cdot dx \right\} \\ &= \frac{\tau_1 \cdot a}{3\ell_1} \left\{ 2(\ell_1^3 - \ell_2^3) + (\ell_3^3 - \ell_4^3) + 2(\ell_5^3 - \ell_6^3) \right\} \\ \therefore \tau_1 &= \frac{3\ell_1 W\{C_H h - (1 - C_V)L\}g}{a \left\{ 2(\ell_1^3 - \ell_2^3) + (\ell_3^3 - \ell_4^3) + 2(\ell_5^3 - \ell_6^3) \right\}} \end{aligned}$$

盤へのせん断力により溶接部ののど面に加わるせん断力は、力の釣合により

$$\begin{aligned} \tau_2(n + n')S &= W \cdot C_H \cdot g \\ \therefore \tau_2 &= \frac{W \cdot C_H \cdot g}{(n + n')S} \end{aligned}$$

左右方向の振動により、溶接部ののど面に加わるせん断力が最大となるのは、 τ_1 と τ_2 が同時に加わった場合であるから、前後方向に発生する最大のせん断応力は

$$\tau_{\max} = \sqrt{\tau_1^2 + \tau_2^2} = \sqrt{\left[\frac{3\ell_1 W\{C_H h - (1 - C_V)L\}g}{a \left\{ 2(\ell_1^3 - \ell_2^3) + (\ell_3^3 - \ell_4^3) + 2(\ell_5^3 - \ell_6^3) \right\}} \right]^2 + \left\{ \frac{W C_H g}{(n + n')S} \right\}^2}$$

5.4 応力評価条件

5.4.1 応力計算条件

(1) 盤関係

項目		記号	単位	数値
盤質量(1面)		W	kg	700
重力加速度		g	m/s ²	9.80665
盤側面から機器重心までの距離		L	mm	400
盤正面から機器重心までの距離		L'	mm	278
重心の高さ		h	mm	1,150
溶接部有効断面積(1ヶ所あたり)		S	mm ²	369.6
溶接部有効のど厚		a	mm	4.2
溶接全長		ℓ'	mm	100
溶接の有効長さ		ℓ	mm	88
前面溶接箇所数		n	—	3
裏面溶接箇所数		n'	—	2
左右方向	盤側面から各溶接部間の距離	ℓ ₁	mm	794
		ℓ ₂	mm	706
		ℓ ₃	mm	444
		ℓ ₄	mm	356
		ℓ ₅	mm	94
		ℓ ₆	mm	6
前後方向	盤正面から溶接部間の距離	ℓ ₇	mm	756

6. 機能維持評価

緊急時対策所電源車切替盤は、地震時及び地震後に電氣的機能が要求されており、地震時及び地震後においても、その維持がされていることを示す。

6.1 機能維持評価方法

緊急時対策所電源車切替盤の固有振動数から応答加速度を求め、機能確認済加速度以下であることを確認する。機能確認済加速度には、供試体の正弦波加振試験（掃引試験及び連続試験）において、電氣的機能の健全性を確認した加振波の最大加速度を適用する。機能確認済加速度を第6-1表に示す。

なお、正弦波掃引試験結果から、固有振動数は、前後方向31.9Hz、左右方向41.5Hz、鉛直方向50Hz以上であるため、評価用加速度は最大床加速度とする。

第6-1表 機能確認済加速度

項目	加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)
水平	15.00
鉛直	2.00

7. 評価結果

7.1 重大事故等対処施設としての評価結果

緊急時対策所電源車切替盤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。発生値は評容値を満足しており、耐震性を有することを確認した。また、評価用加速度は機能確認済加速度以下であり、基準地震動 S_s に対して電氣的機能が維持されることを確認した。

基準地震動 S_s に対する応力評価結果を第7-1表に示す。また、電氣的機能維持評価結果を第7-2表に示す。

第7-1表 基準地震動 S_s による評価結果 ($D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$)

評価対象設備		評価部位	応力分類 ^(注)	方向	発生値	許容値	
非常用電源設備	その他	緊急時対策所 電源車切替盤	溶接部	せん断応力 (単位 MPa)	前後	19	160
					左右	17	

(注) 発生値は組合せ応力であるが、評価基準値にせん断応力の値を用いるため、応力分類はせん断応力として示す。

第7-2表 電氣的機能維持評価結果（重大事故等対処施設）

評価対象設備				機能確認済加速度との比較					詳細評価
				加速度確認 部位	水平加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)		鉛直加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)		
					評価用 加速度	機能確認済 加速度	評価用 加速度	機能確認済 加速度	
非常用電源設備	その他	緊急時対策所 電源車切替盤	MCCB	盤頂部	1.06	15.00	0.67	2.00	—

資料 10-14-3-3 緊急時対策所コントロールセンタの耐震計算書

目 次

頁

1. 概要	03-添10-14-3-3-1
2. 基本方針	03-添10-14-3-3-1
2.1 構造の説明	03-添10-14-3-3-1
2.2 評価方針	03-添10-14-3-3-2
3. 耐震評価箇所	03-添10-14-3-3-2
4. 地震応答解析	03-添10-14-3-3-3
4.1 固有値測定試験	03-添10-14-3-3-3
4.2 設計用地震力	03-添10-14-3-3-4
4.3 設計用加速度	03-添10-14-3-3-4
5. 応力評価	03-添10-14-3-3-5
5.1 基本方針	03-添10-14-3-3-5
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	03-添10-14-3-3-5
5.3 応力評価方法	03-添10-14-3-3-9
5.4 応力評価条件	03-添10-14-3-3-14
6. 機能維持評価	03-添10-14-3-3-15
6.1 機能維持評価方法	03-添10-14-3-3-15
7. 評価結果	03-添10-14-3-3-16
7.1 重大事故等対処施設としての評価結果	03-添10-14-3-3-16

1. 概要

本資料は、資料10-9「機能維持の基本方針」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、緊急時対策所コントロールセンタが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説明するものである。その耐震評価は、固有値測定及び応力評価並びに機能維持評価により行う。

緊急時対策所コントロールセンタは、重大事故等対処施設において常設重大事故緩和設備に分類される。以下、この分類に応じた耐震評価を示す。

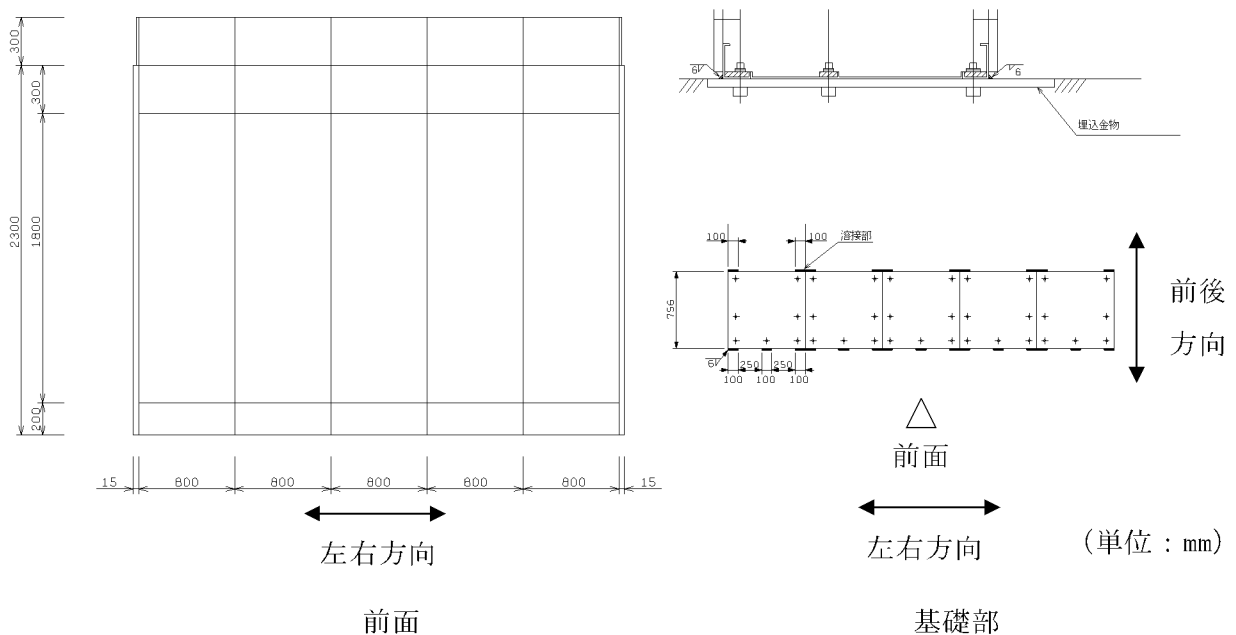
2. 基本方針

2.1 構造の説明

資料10-11「機器・配管の耐震支持方針」の「2. 電気計測制御装置」にて設定した電気計測制御装置の支持方針に基づき設計した緊急時対策所コントロールセンタの構造計画を第2-1表に示す。

第2-1表 緊急時対策所コントロールセンタの構造計画

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 コントロールセンタ	自立閉鎖型	建屋床面に埋め込まれた埋込金物に溶接により剛に据え付ける。	第2-1図

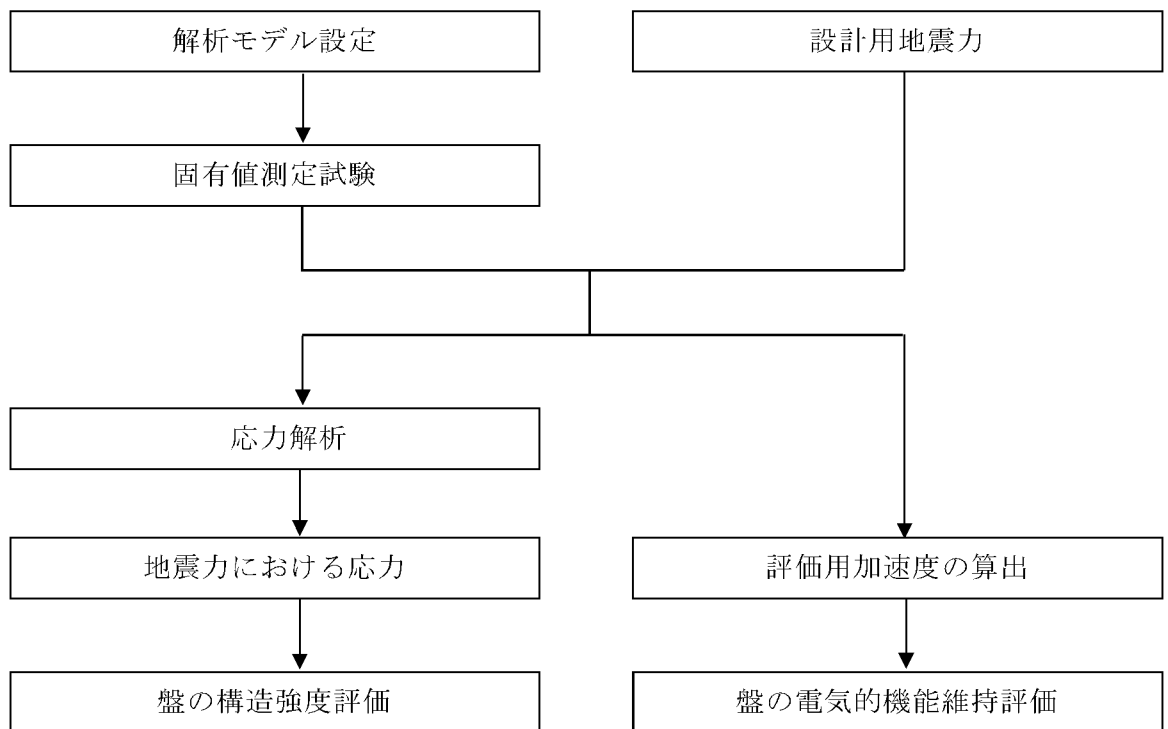


第2-1図 緊急時対策所コントロールセンタの外形図

2.2 評価方針

緊急時対策所コントロールセンタの応力評価は、資料10-9「機能維持の基本方針」の「3.1 構造強度上の制限」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 構造の説明」にて示す緊急時対策所コントロールセンタの部位を踏まえ「3. 耐震評価箇所」にて設定する箇所に作用する応力等が許容限界内に収まることを、「5. 応力評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、緊急時対策所コントロールセンタの機能維持評価は、資料10-9「機能維持の基本方針」の「4.2 電氣的機能維持」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的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。

緊急時対策所コントロールセンタの耐震評価フローを第2-2図に示す。



第2-2図 緊急時対策所コントロールセンタの耐震評価フロー

3. 耐震評価箇所

緊急時対策所コントロールセンタの耐震評価は、耐震評価上厳しくなる据付部材の溶接部を選定して実施する。

4. 地震応答解析

4.1 固有値測定試験

緊急時対策所コントロールセンタの固有振動数測定方法について以下に示す。

4.1.1 基本方針

正弦波掃引試験にて緊急時対策所コントロールセンタの固有振動数を求める。

4.1.2 固有振動数の計算方法

緊急時対策所コントロールセンタについては、実機相当の模擬盤を用いて実機据付状態と同様な方法で加振台へ固定し、正弦波掃引試験により固有振動数を測定した。測定結果を第4-1表に示す。

第4-1表 固有振動数測定結果

加振方向	固有振動数 (Hz)
左右方向	□
前後方向	
鉛直方向	

4.2 設計用地震力

耐震計算に用いる入力地震力には、資料10-7「設計用床応答曲線の作成方針」の「2. 床応答スペクトル解析」にて設定した床応答の作成方針に基づき、第4-2表にて示す条件を用いて作成した設計用床応答曲線を用いる。また、減衰定数は、資料10-6「地震応答解析の基本方針」の第3-1表に記載の減衰定数を用いる。

第4-2表 設計用地震力

設置場所 及び 床面高さ (m)	設計用床応答曲線			備考
	建屋 及び高さ (m)	方向	減衰定数 (%)	
		水平	4.0	水平方向はS _s -1からS _s -19のX方向及びY方向の包絡曲線を用いる。 鉛直方向はS _s -1からS _s -19の包絡曲線を用いる。
E. L. <input type="text"/>	E. L. <input type="text"/>	鉛直	1.0	

4.3 設計用加速度

第4-3表 設計用加速度

項目	記号	設計用加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)
水平加速度	C _H	1.28
鉛直加速度	C _V	0.81

(注) 正弦波掃引試験結果から、固有振動数は、前後方向、左右方向、鉛直方向であるため、設計用加速度は最大床加速度の1.2倍とする。

5. 応力評価

緊急時対策所コントロールセンタの応力評価について以下に示す。

5.1 基本方針

- (1) 耐震計算モデルは1質点系モデルとし、盤の重心位置に地震荷重が作用するものとする。
- (2) 地震による転倒モーメントを溶接部のみで負担すると考え、基礎ボルトの負担は無視する。
- (3) 許容応力についてJSME S NC1-2005/2007の付録材料図表を用いて計算する際に、温度が図表記載温度の中間の値の場合は、比例法を用いて計算する。
ただし、比例法を用いる場合の端数処理は、小数第1位以下を切り捨てた値を用いるものとする。
- (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

緊急時対策所コントロールセンタ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施設の評価に用いるものを第5-1表に示す。

5.2.2 許容応力

緊急時対策所コントロールセンタの許容応力を第5-2表に示す。

5.2.3 使用材料の許容応力

緊急時対策所コントロールセンタの使用材料の許容応力評価条件を第5-3表に示す。

第5-1表 荷重の組合せ及び許容応力（重大事故等対処施設）

施設区分		機器名称	設備分類 ^(注1)	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
非常用電源 設備	その他	^(注2) 緊急時対策所 コントロールセンタ	常設／緩和	—	$D + P_D + M_D + S_S$ ^(注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1) 「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備、「常設／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備、「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

(注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。

(注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。

第5-2表 許容応力（その他の支持構造物（重大事故等対処施設））

許容応力状態	許容限界 <small>(注1, 2, 3, 4)</small> (ボルト以外)
	一次応力
	せん断
IV_{AS}	1.5 f_s^*
V_{AS} (V_{AS} として IV_{AS} の許容限界を用いる。)	

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

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

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

(注4) 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。

第5-3表 緊急時対策所コントロールセンタの許容応力評価条件
(重大事故等対処施設)

材質	温度条件 (°C)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F^* (MPa)
SS400	40 (雰囲気温度)	245	400	280

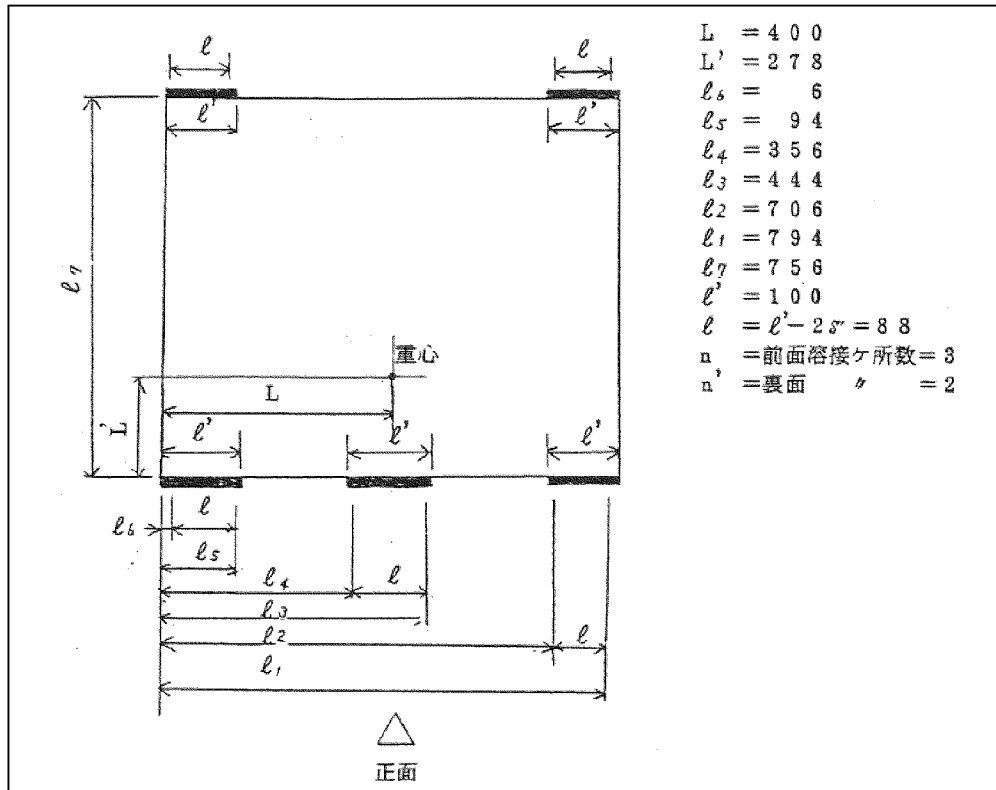
5.3 応力評価方法

5.3.1 記号の説明

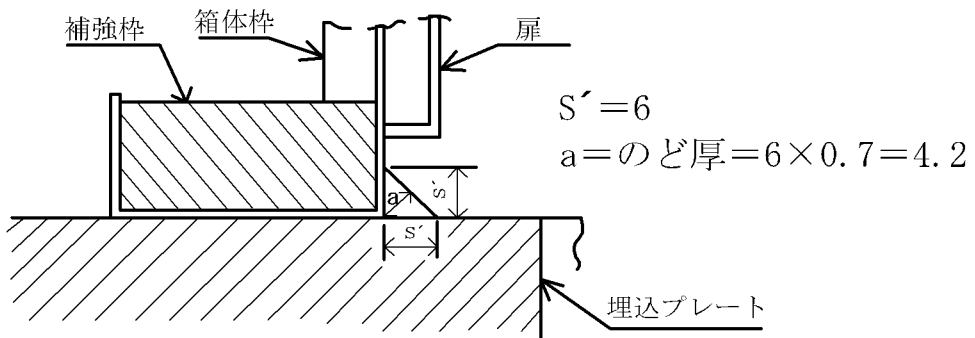
記号	記号の説明	単位
L	盤側面から機器重心までの距離	mm
L [^]	盤正面から機器重心までの距離	mm
h	重心の高さ	mm
C _H	設計用水平震度	—
C _V	設計用鉛直震度	—
W	機器質量	kg
g	重力加速度 (9.80665m/s ²)	m/s ²
S	溶接部有効断面積	mm ²
S [^]	溶接の脚長	mm
a	溶接部有効のど厚	mm
ℓ [^]	溶接の全長(有効長さ)	mm
ℓ _n	盤側面から各溶接部までの距離、ℓ ₁ ~ℓ ₆	mm
ℓ _n [^]	盤正面から溶接部までの距離、ℓ ₇	mm
ℓ	溶接の有効長さ	mm
τ _n	せん断応力	MPa
τ _{max}	最大せん断応力	MPa
n	前面溶接箇所数	—
n [^]	裏面溶接箇所数	—

5.3.2 計算モデル

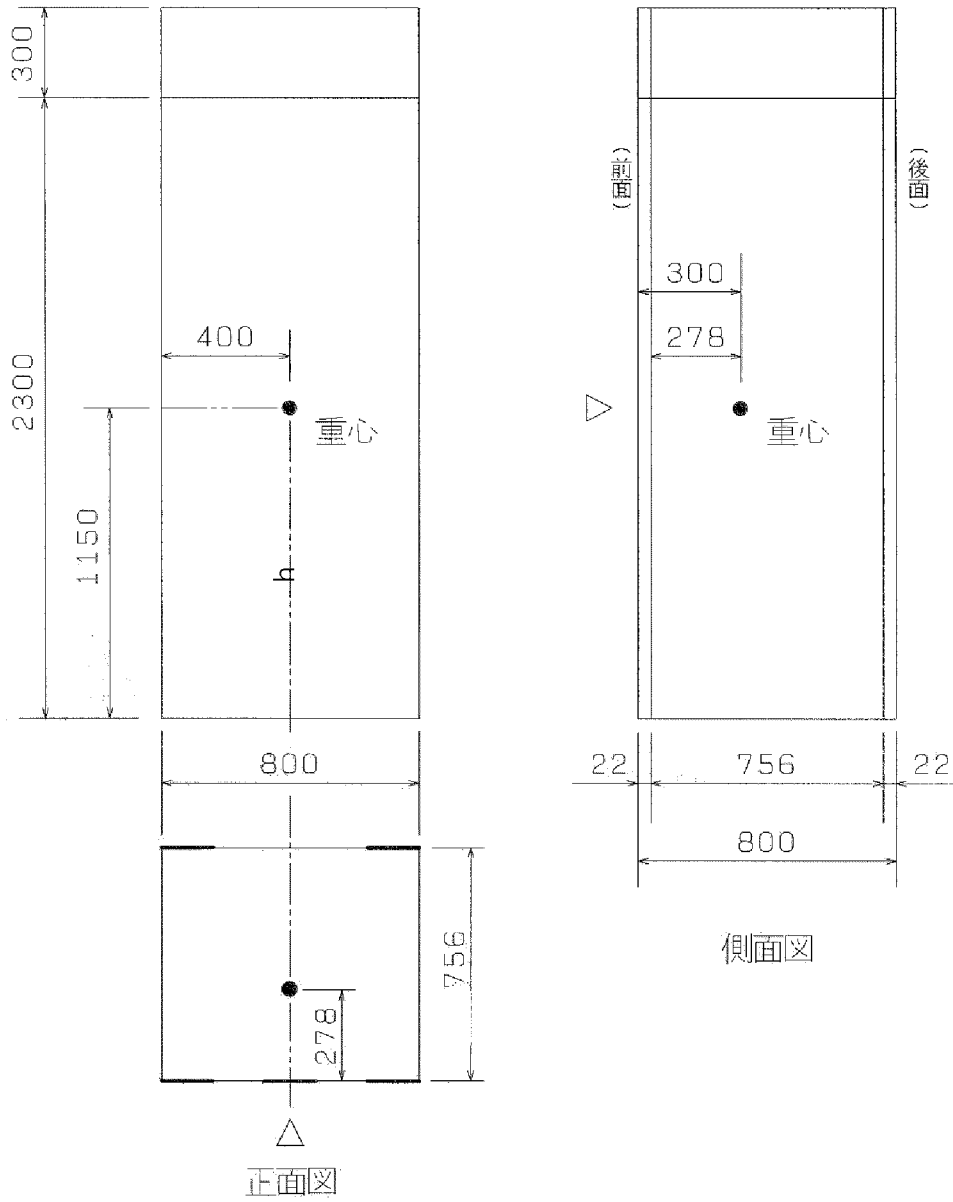
解析モデルを第5-1図～第5-3図に示す。



第5-1図 溶接長



第5-2図 溶接サイズ



(单位 : mm)

第5-3図 重心位置

5.3.3 応力計算

計算式については、材料力学公式等に則り以下のとおりとする。

(1) 前後方向

有効断面積（溶接箇所一箇所あたり） $S = a\ell$

盤の引張力による溶接部ののど面に加わるせん断応力は、前面を支点として、モーメントの釣合より

$$W\{C_H h - (1 - C_V)L'\}g = \tau_1 n' S \ell_7$$
$$\therefore \tau_1 = \frac{Wg}{n'S \cdot \ell_7} \{C_H h - (1 - C_V)L'\}$$

盤へのせん断力により溶接部ののど面に加わるせん断力は、力の釣合により

$$\tau_2 (n + n')S = W \cdot C_H \cdot g$$
$$\therefore \tau_2 = \frac{W \cdot C_H \cdot g}{(n + n')S}$$

前後方向の振動により、溶接部ののど面に加わるせん断力が最大となるのは、 τ_1 と τ_2 が同時に加わった場合であるため、前後方向に発生する最大のせん断応力は

$$\tau_{\max} = \sqrt{\tau_1^2 + \tau_2^2} = \sqrt{\left[\frac{Wg}{n'S \ell_7} \{C_H h - (1 - C_V)L'\} \right]^2 + \left\{ \frac{WC_H g}{(n + n')S} \right\}^2}$$

(2) 左右方向

盤への引張力により溶接部ののど面に加わるせん断応力は、左側面を支点として、モーメントの釣合より、

$$\begin{aligned} \frac{\tau_1}{\ell_1} &= \frac{\tau(x)}{x} \\ W\{C_H h - (1 - C_V)L\}g &= 2 \int_{\ell_2}^{\ell_1} \tau(x) \cdot x \cdot dx + \int_{\ell_4}^{\ell_3} \tau(x) \cdot x \cdot dx + 2 \int_{\ell_6}^{\ell_5} \tau(x) \cdot x \cdot dx \\ &= \frac{\tau_1 \cdot a}{\ell_1} \left\{ 2 \int_{\ell_2}^{\ell_1} x^2 \cdot dx + \int_{\ell_4}^{\ell_3} x^2 \cdot dx + 2 \int_{\ell_6}^{\ell_5} x^2 \cdot dx \right\} \\ &= \frac{\tau_1 \cdot a}{3\ell_1} \left\{ 2(\ell_1^3 - \ell_2^3) + (\ell_3^3 - \ell_4^3) + 2(\ell_5^3 - \ell_6^3) \right\} \\ \therefore \tau_1 &= \frac{3\ell_1 W\{C_H h - (1 - C_V)L\}g}{a \left\{ 2(\ell_1^3 - \ell_2^3) + (\ell_3^3 - \ell_4^3) + 2(\ell_5^3 - \ell_6^3) \right\}} \end{aligned}$$

盤へのせん断力により溶接部ののど面に加わるせん断力は、力の釣合により

$$\begin{aligned} \tau_2(n + n')S &= W \cdot C_H \cdot g \\ \therefore \tau_2 &= \frac{W \cdot C_H \cdot g}{(n + n')S} \end{aligned}$$

左右方向の振動により、溶接部ののど面に加わるせん断力が最大となるのは、 τ_1 と τ_2 が同時に加わった場合であるから、前後方向に発生する最大のせん断応力は

$$\tau_{\max} = \sqrt{\tau_1^2 + \tau_2^2} = \sqrt{\left[\frac{3\ell_1 W\{C_H h - (1 - C_V)L\}g}{a \left\{ 2(\ell_1^3 - \ell_2^3) + (\ell_3^3 - \ell_4^3) + 2(\ell_5^3 - \ell_6^3) \right\}} \right]^2 + \left\{ \frac{W C_H g}{(n + n')S} \right\}^2}$$

5.4 応力評価条件

5.4.1 応力計算条件

(1) 盤関係

項目		記号	単位	数値
盤質量(1面)		W	kg	700
重力加速度		g	m/s ²	9.80665
盤側面から機器重心までの距離		L	mm	400
盤正面から機器重心までの距離		L'	mm	278
重心の高さ		h	mm	1,150
溶接部有効断面積(1ヶ所あたり)		S	mm ²	369.6
溶接部有効のど厚		a	mm	4.2
溶接全長		ℓ'	mm	100
溶接の有効長さ		ℓ	mm	88
前面溶接箇所数		n	—	3
裏面溶接箇所数		n'	—	2
左右方向	盤側面から各溶接部間の距離	ℓ ₁	mm	794
		ℓ ₂	mm	706
		ℓ ₃	mm	444
		ℓ ₄	mm	356
		ℓ ₅	mm	94
		ℓ ₆	mm	6
前後方向	盤正面から溶接部間の距離	ℓ ₇	mm	756

6. 機能維持評価

緊急時対策所コントロールセンタは、地震時及び地震後に電氣的機能が要求されており、地震時及び地震後においても、その維持がされていることを示す。

6.1 機能維持評価方法

緊急時対策所コントロールセンタの固有振動数から応答加速度を求め、機能確認済加速度以下であることを確認する。機能確認済加速度には、供試体の正弦波加振試験（掃引試験及び連続試験）において、電氣的機能の健全性を確認した加振波の最大加速度を適用する。機能確認済加速度を第6-1表に示す。

なお、正弦波掃引試験結果から、固有振動数は、前後方向 、左右方向 、鉛直方向 であるため、評価用加速度は最大床加速度とする。

第6-1表 機能確認済加速度

項目	加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)
水平	7.10
鉛直	2.00

7. 評価結果

7.1 重大事故等対処施設としての評価結果

緊急時対策所コントロールセンタ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。発生値は評容値を満足しており、耐震性を有することを確認した。また、評価用加速度は機能確認済加速度以下であり、基準地震動 S_s に対して電氣的機能が維持されることを確認した。

基準地震動 S_s に対する応力評価結果を第7-1表に示す。また、電氣的機能維持評価結果を第7-2表に示す。

第7-1表 基準地震動 S_s による評価結果 ($D+P_{SAD}+M_{SAD}+S_s$)

評価対象設備		評価部位	応力分類 ^(注)	方向	発生値	許容値	
非常用電源設備	その他	緊急時対策所 コントロールセンタ	溶接部	せん断応力 (単位 MPa)	前後	19	160
					左右	17	

(注) 発生値は組合せ応力であるが、評価基準値にせん断応力の値を用いるため、応力分類はせん断応力として示す。

第7-2表 電氣的機能維持評価結果（重大事故等対処施設）

評価対象設備				機能確認済加速度との比較					詳細評価
				加速度確認 部位	水平加速度(×9.8m/s ²)		鉛直加速度(×9.8m/s ²)		
					評価用 加速度	機能確認済 加速度	評価用 加速度	機能確認済 加速度	
非常用電源設備	その他	緊急時対策 所コントロールセンタ	MCCB 補助リレー	盤頂部	1.06	7.10	0.67	2.00	—