

本資料のうち、枠囲みの内容は、営業秘密あるいは防護上の観点から公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-093 改6
提出年月日	平成30年4月12日

V-3-別添2 火山への配慮が必要な施設の強度に関する説明書

目次

V-3-別添 2-1 火山への配慮が必要な施設の強度計算の方針

V-3-別添 2-1-1 残留熱除去系海水系ポンプの強度計算書

V-3-別添 2-1-2 ディーゼル発電機用海水ポンプの強度計算書

V-3-別添 2-1-3 残留熱除去系海水系ストレータの強度計算書

V-3-別添 2-1-4 ディーゼル発電機用海水ストレータの強度計算書

V-3-別添 2-1-5 ディーゼル発電機吸気フィルタの強度計算書

V-3-別添 2-1-6 建屋の強度計算書

V-3-別添 2-2 防護対策施設の強度計算の方針

V-3-別添 2-2-1 防護対策施設の強度計算書

: 今回ご説明分

V-3-別添 2-1 火山への配慮が必要な施設の強度計算の方針

目次

1. 概要	1
2. 強度評価の基本方針	1
3. 構造強度設計	1
3.1 構造強度の設計方針	1
3.2 機能維持の方針	3
4. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界	20
4.1 荷重及び荷重の組合せ	20
4.2 許容限界	23
5. 強度評価方法	31
5.1 機器	31
5.2 建屋	61
6. 適用規格	62

1. 概要

本資料は、「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」第7条及び「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈」に適合する設計とするため、V-1-1-2「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V-1-1-2-4-3「降下火砕物の影響を考慮する施設の設計方針」（以下「V-1-1-2-4-3」という。）に設定している降下火砕物の影響を考慮する施設が、降下火砕物に対して構造健全性を維持することを確認するための強度評価方針について説明するものである。

強度評価は、V-1-1-2「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V-1-1-2-4-1「火山への配慮に関する基本方針」（以下「V-1-1-2-4-1」という。）に示す適用規格を用いて実施する。

降下火砕物の影響を考慮する施設の具体的な計算の方法及び結果は、V-3-別添2-1-1「残留熱除去系海水系ポンプの強度計算書」、V-3-別添2-1-2「ディーゼル発電機用海水ポンプの強度計算書」、V-3-別添2-1-3「残留熱除去系海水系ストレナの強度計算書」、V-3-別添2-1-4「ディーゼル発電機用海水ストレナの強度計算書」、V-3-別添2-1-5「ディーゼル発電機吸気フィルタの強度計算書」及びV-3-別添2-1-6「建屋の強度計算書」に示す。

2. 強度評価の基本方針

強度評価は、「3. 構造強度設計」に示す防護対象施設及び建屋を対象として、「4.1 荷重及び荷重の組合せ」で示す降下火砕物による荷重と組み合わせべき他の荷重による組合せ荷重により生じる応力等が、「4.2 許容限界」で示す許容限界内にあることを、「5. 強度評価方法」で示す評価方法及び考え方を使用し、「6. 適用規格」で示す適用規格を用いて確認する。

3. 構造強度設計

V-1-1-2-4-1で設定している降下火砕物特性に対し、「3.1 構造強度の設計方針」で設定している構造物への荷重を考慮する施設が、構造強度設計上の性能目標を達成するよう、V-1-1-2-4-3の「5. 機能設計」で設定している各施設が有する機能を踏まえて、構造強度の設計方針を設定する。

各施設の構造強度の設計方針を設定し、想定する荷重及び荷重の組合せを設定し、それらの荷重に対し、各施設の構造強度を保持するよう構造設計と評価方針を設定する。

3.1 構造強度の設計方針

V-1-1-2-4-3の「4. 要求機能及び性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を達成するための設計方針を示す。

(1) 防護対象施設

a. 残留熱除去系海水系ポンプ

残留熱除去系海水系ポンプは、V-1-1-2-4-3の「4. 要求機能及び性能目標」の「4.1(1)c. 性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえ、想定する降下火砕物、風（台風）及び積雪による荷重に対し、降下火砕物堆積時の機能維持を考

慮して、海水ポンプ室床面のコンクリート基礎に基礎ボルトで固定し、ポンプの主要な構造部材が構造健全性を維持する設計とする。降下火砕物による荷重を短期荷重とするために、降下火砕物を適切に除去することを保安規定に定める。

b. 非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプ

非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプ（以下「ディーゼル発電機用海水ポンプ」という。）は、V-1-1-2-4-3の「4. 要求機能及び性能目標」の「4.1(1)c. 性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえ、想定する降下火砕物、風（台風）及び積雪による荷重に対し、降下火砕物堆積時の機能維持を考慮して、海水ポンプ室床面のコンクリート基礎に基礎ボルトで固定し、ポンプの主要な構造部材が構造健全性を維持する設計とする。降下火砕物による荷重を短期荷重とするために、降下火砕物を適切に除去することを保安規定に定める。

c. 残留熱除去系海水系ストレーナ

残留熱除去系海水系ストレーナは、V-1-1-2-4-3の「4. 要求機能及び性能目標」の「4.1(1)c. 性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえ、想定する降下火砕物、風（台風）及び積雪による荷重に対し、降下火砕物堆積時の機能維持を考慮して、海水ポンプ室床面のコンクリート基礎に基礎ボルトで固定し、ストレーナの主要な構造部材が構造健全性を維持する設計とする。降下火砕物による荷重を短期荷重とするために、降下火砕物を適切に除去することを保安規定に定める。

d. 非常用ディーゼル発電機用海水ストレーナ及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ストレーナ

非常用ディーゼル発電機用海水ストレーナ及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ストレーナ（以下「ディーゼル発電機用海水ストレーナ」という。）は、V-1-1-2-4-3の「4. 要求機能及び性能目標」の「4.1(1)c. 性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえ、想定する降下火砕物、風（台風）及び積雪による荷重に対し、降下火砕物堆積時の機能維持を考慮して、海水ポンプ室床面のコンクリート基礎に基礎ボルトで固定し、ストレーナの主要な構造部材が構造健全性を維持する設計とする。降下火砕物による荷重を短期荷重とするために、降下火砕物を適切に除去することを保安規定に定める。

e. 非常用ディーゼル発電機吸気フィルタ及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機吸気フィルタ

非常用ディーゼル発電機吸気フィルタ及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機吸気フィルタ（以下「ディーゼル発電機吸気フィルタ」という。）は、V-1-1-2-4-3の「4. 要求機能及び性能目標」の「4.1(1)c. 性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえ、想定する降下火砕物、風（台風）及び積雪による荷重に対し、降下火砕物堆積時の機能維持を考慮して、脚を溶接でディーゼル発電機室屋上面に設けたコンクリート基礎に固定し、ディーゼル発電機吸気フィルタの主要な構造部材が構造健全性を

維持する設計とする。降下火砕物による荷重を短期荷重とするために、降下火砕物を適切に除去することを保安規定に定める。

(2) 建屋

a. 原子炉建屋

原子炉建屋は、V-1-1-2-4-3の「4. 要求機能及び性能目標」の「4.1(2)c. 性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえ、想定する降下火砕物、風（台風）及び積雪による荷重に対し、降下火砕物堆積時の機能維持を考慮して、部材又は建屋全体として構造健全性を維持する設計とし、鉄筋コンクリート造の屋根を、鉄筋コンクリート造の耐震壁で支持し、支持性能を有する基礎により支持する構造とする。降下火砕物による荷重を短期荷重とするために、降下火砕物を適切に除去することを保安規定に定める。

b. タービン建屋

タービン建屋は、V-1-1-2-4-3の「4. 要求機能及び性能目標」の「4.1(2)c. 性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえ、想定する降下火砕物、風（台風）及び積雪による荷重に対し、降下火砕物堆積時の機能維持を考慮して、部材又は建屋全体として構造健全性を維持する設計とし、鉄筋コンクリート造の屋根を、鉄筋コンクリート造の耐震壁で支持し、支持性能を有する基礎により支持する構造とする。降下火砕物による荷重を短期荷重とするために、降下火砕物を適切に除去することを保安規定に定める。

c. 使用済燃料乾式貯蔵建屋

使用済燃料乾式貯蔵建屋は、V-1-1-2-4-3の「4. 要求機能及び性能目標」の「4.1(2)c. 性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえ、想定する降下火砕物、風（台風）及び積雪による荷重に対し、降下火砕物堆積時の機能維持を考慮して、部材又は建屋全体として構造健全性を維持する設計とし、鉄筋コンクリート造の屋根を、鉄筋コンクリート造の耐震壁で支持し、支持性能を有する基礎により支持する構造とする。降下火砕物による荷重を短期荷重とするために、降下火砕物を適切に除去することを保安規定に定める。

3.2 機能維持の方針

V-1-1-2-4-3の「4. 要求機能及び性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を達成するために、「3.1 構造強度の設計方針」に示す構造を踏まえV-1-1-2-4-1の「2.1.3 (2) 荷重の組合せ及び許容限界」で設定している荷重を適切に考慮して、各施設の構造設計及びそれを踏まえた評価方針を設定する。

(1) 防護対象施設

a. 残留熱除去系海水系ポンプ

(a) 構造設計

残留熱除去系海水系ポンプは、「3.1 構造強度の設計方針」で設定している設計方針及びV-1-1-2-4-1の「2.1.3 (2) 荷重の組合せ及び許容限界」で設定する荷重を踏

まえ、以下の構造とする。

残留熱除去系海水系ポンプは、鋼製の立形ポンプの上に、原動機を取り付け、原動機によりポンプの軸を回転させる構造とする。

ポンプはポンプベースに固定する。原動機は原動機台と結合し原動機台はポンプベースに固定する。ポンプベースは基礎ボルトで基礎に据え付ける。端子箱等のポンプの機能保持に必要な附属品は、原動機にボルトで結合する。

原動機の形状は円筒を基本とした適切な強度を有する鋼製のフレームに一次端子箱が付加された形態とする。

想定する降下火砕物及び積雪による荷重に対しては、原動機上部に最も多く降下火砕物が堆積し、原動機を介して支持している原動機台に伝達する構造とする。風荷重については、原動機フレームを介して原動機台に固定されている原動機フレーム下部（溶接部）に作用する構造とする。さらに、ポンプのスラスト荷重は全て原動機フレーム部に作用する。

残留熱除去系海水系ポンプの構造計画を表3-1に示す。

(b) 評価方針

残留熱除去系海水系ポンプは、想定する降下火砕物、積雪及び風（台風）を考慮した荷重に対し、荷重の作用する部位及び荷重が伝達する部位を踏まえて、ポンプを構成する原動機台及び原動機フレームが、おおむね弾性状態に留まることを計算により確認する。評価方法としては、「5. 強度評価方法」に示すとおり、評価式により算出した応力を基に評価を行う。

表 3-1 残留熱除去系海水系ポンプの構造計画

施設名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
<p>【位置】</p> <p>残留熱除去系海水系ポンプは、海水ポンプ室に設置する設計としている。</p>			
残留熱除去系海水系ポンプ	立形ポンプ	コンクリート基礎に基礎ボルトで固定する。	<p>原動機フレーム</p> <p>一次側端子箱</p> <p>原動機台</p>

NT2 補② V-3-別添 2-1 R2

b. ディーゼル発電機用海水ポンプ

(a) 構造設計

ディーゼル発電機用海水ポンプは、「3.1 構造強度の設計方針」で設定している設計方針及びV-1-1-2-4-1の「2.1.3 (2) 荷重の組合せ及び許容限界」で設定する荷重を踏まえ、以下の構造とする。

ディーゼル発電機用海水ポンプは、鋼製の立形ポンプの上に、原動機を取り付け、原動機によりポンプの軸を回転させる構造とする。

ポンプはポンプベースに固定する。原動機は原動機台と結合し原動機台はポンプベースに固定する。ポンプベースは基礎ボルトで基礎に据え付ける。主回路端子箱等のポンプの機能保持に必要な附属品は、原動機にボルトで結合する。

原動機の形状は円筒を基本とした適切な強度を有する鋼製のフレームに、主回路端子箱等の付属設備が付加された形態とする。

想定する降下火砕物及び積雪による荷重に対しては、原動機及び原動機台の上部に最も多く降下火砕物が堆積し、原動機を介して支持している原動機台に伝達する構造とする。また、風荷重は、原動機フレームを介して原動機台に固定されている原動機フレーム下部（溶接部）に作用する。さらに、ポンプのスラスト荷重は全て原動機フレーム部に作用する。

ディーゼル発電機用海水ポンプの構造計画を表3-2に示す。

(b) 評価方針

ディーゼル発電機用海水ポンプは、想定する降下火砕物、積雪及び風（台風）を考慮した荷重に対し、荷重の作用する部位及び荷重が伝達する部位を踏まえて、ポンプを構成する原動機台及び原動機フレームが、おおむね弾性状態に留まることを計算により確認する。評価方法としては、「5. 強度評価方法」に示すとおり、評価式により算出した応力を基に評価を行う。

表 3-2 ディーゼル発電機用海水ポンプの構造計画

施設名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
<p>【位置】</p> <p>ディーゼル発電機用海水ポンプは、海水ポンプ室に設置する設計としている。</p>			
ディーゼル 発電機用海 水ポンプ	立形ポンプ	コンクリート基礎 に基礎ボルトで固定 する。	

c. 残留熱除去系海水系ストレーナ

(a) 構造設計

残留熱除去系海水系ストレーナは、「3.1 構造強度の設計方針」で設定している設計方針及びV-1-1-2-4-1の「2.1.3 (2) 荷重の組合せ及び許容限界」で設定する荷重を踏まえ、以下の構造とする。

残留熱除去系海水系ストレーナは、円筒型の容器と支持脚が鋳物一体構造となった、たて置円筒形容器を主体構造とし、支持脚をコンクリート基礎に基礎ボルトで固定する構造とする。

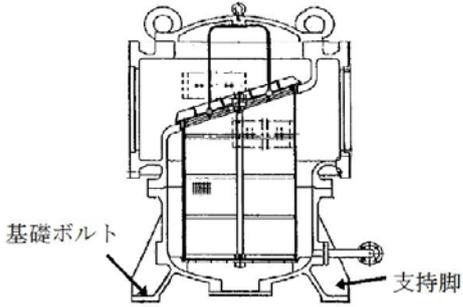
想定する降下火砕物及び積雪による荷重に対しては、降下火砕物が堆積するストレーナ上面に作用し、支持脚に伝達する構造とする。また、風荷重は、**鋳物一体成型の胴板及び支持脚を介して基礎ボルトに作用する。**

残留熱除去系海水系ストレーナの構造計画を表3-3に示す。

(b) 評価方針

残留熱除去系海水系ストレーナは、想定する降下火砕物、積雪**及び風（台風）**を考慮した荷重に対し、荷重の作用する部位及び荷重が伝達する部位を踏まえて、ストレーナを構成する支持脚**及び基礎ボルト**が、おおむね弾性状態に留まることを計算により確認する。評価方法としては、「5. 強度評価方法」に示すとおり、評価式により算出した応力を基に評価を行う。

表 3-3 残留熱除去系海水系ストレーナの構造計画

施設名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
<p>【位置】</p> <p>残留熱除去系海水系ストレーナは、海水ポンプ室に設置する設計としている。</p>			
残留熱除去系海水系ストレーナ	円筒型の容器と支持脚が鋳物一体構造	支持脚をコンクリート基礎に基礎ボルトで固定する。	

d. ディーゼル発電機用海水ストレーナ

(a) 構造設計

ディーゼル発電機用海水ストレーナは、「3.1 構造強度の設計方針」で設定している設計方針及びV-1-1-2-4-1の「2.1.3 (2) 荷重の組合せ及び許容限界」で設定する荷重を踏まえ、以下の構造とする。

ディーゼル発電機用海水ストレーナは、円筒型の容器と支持脚が鋳物一体構造となった、たて置円筒形容器を主体構造とし、支持脚をコンクリート基礎に基礎ボルトで固定する構造とする。

想定する降下火砕物及び積雪による荷重に対しては、降下火砕物が堆積するストレーナ上面に作用し、支持脚に伝達する構造とする。また、風荷重は、**鋳物一体成型の胴板及び支持脚を介して基礎ボルトに作用する。**

ディーゼル発電機用海水ストレーナの構造計画を表3-4に示す。

(b) 評価方針

ディーゼル発電機海水ストレーナは、想定する降下火砕物、積雪**及び風（台風）**を考慮した荷重に対し、荷重の作用する部位及び荷重が伝達する部位を踏まえて、ストレーナを構成する支持脚**及び基礎ボルト**が、おおむね弾性状態に留まることを計算により確認する。評価方法としては、「5. 強度評価方法」に示すとおり、評価式により算出した応力を基に評価を行う。

表 3-4 ディーゼル発電機用海水ストレーナの構造計画

施設名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
<p>【位置】</p> <p>ディーゼル発電機用海水ストレーナは、海水ポンプ室に設置する設計としている。</p>			
ディーゼル発電機用海水ストレーナ	円筒型の容器と支持脚が鋳物一体構造	支持脚をコンクリート基礎に基礎ボルトで固定する。	

e. ディーゼル発電機吸気フィルタ

(a) 構造設計

ディーゼル発電機吸気フィルタは、「3.1 構造強度の設計方針」で設定している設計方針及びV-1-1-2-4-1の「2.1.3 (2) 荷重の組合せ及び許容限界」で設定する荷重を踏まえ、以下の構造とする。

ディーゼル発電機吸気フィルタの構造は4脚たて置円筒型容器構造とし、支持脚は基礎部に溶接により固定する構造とする。

想定する降下火砕物及び積雪による荷重に対しては、降下火砕物が堆積する吸気フィルタ上面に作用し、吸気フィルタ胴板及び支持脚を介して床面に伝達する構造とする。また、想定する風荷重に対しては、胴板に作用し、支持脚を介して床面に伝達する構造とする。

ディーゼル発電機吸気フィルタの構造計画を表3-5に示す。

(b) 評価方針

ディーゼル発電機吸気フィルタは、想定する降下火砕物、積雪及び風（台風）を考慮した荷重に対し、荷重の作用する部位及び荷重が伝達する部位を踏まえて、吸気フィルタを構成する平板、胴板及び支持脚が、おおむね弾性状態に留まることを計算により確認する。評価方法としては、「5. 強度評価方法」に示すとおり、評価式により算出した応力を基に評価を行う。

表 3-5 ディーゼル発電機吸気フィルタの構造計画

施設名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
<p>【位置】</p> <p>ディーゼル発電機吸気フィルタは、ディーゼル発電機室屋上面に設置する設計としている。</p>			
ディーゼル発電機吸気フィルタ	4脚たて置円筒型容器	ディーゼル発電機室屋上面に設けたコンクリート基礎の基礎プレートに溶接で固定する。	

(2) 建屋

a. 原子炉建屋

(a) 構造設計

原子炉建屋は、「3.1 構造強度の設計方針」で設定している設計方針及びV-1-1-2-4-1 の「2.1.3 (2) 荷重の組合せ及び許容限界」で設定する荷重を踏まえ、以下の構造とする。

原子炉建屋は、鉄筋コンクリート造の屋根を、鉄筋コンクリート造の耐震壁で支持し、十分な支持性能を有する基礎により支持する構造とする。鉄筋コンクリート造の屋根、鉄筋コンクリート造の耐震壁は適切な強度を有する構造とする。

想定する降下火砕物及び積雪による荷重に対しては、降下火砕物が堆積する鉄筋コンクリート造の屋根に作用する構造とする。また、想定する風荷重に対しては、鉄筋コンクリート造の耐震壁に作用する構造とする。

原子炉建屋の構造計画を表 3-6 に示す。

(b) 評価方針

原子炉建屋は、想定する降下火砕物、風（台風）及び積雪を考慮した荷重に対し、原子炉建屋の屋根及び耐震壁が、許容限界に留まることを計算により確認する。評価方法としては、建屋の質点系解析モデルを用いた解析により評価を行う。

b. タービン建屋

(a) 構造設計

タービン建屋は、「3.1 構造強度の設計方針」で設定している設計方針及びV-1-1-2-4-1 の「2.1.3 (2) 荷重の組合せ及び許容限界」で設定する荷重を踏まえ、以下の構造とする。

タービン建屋は、鉄筋コンクリート造の屋根を、鉄筋コンクリート造の耐震壁で支持し、十分な支持性能を有する基礎により支持する構造とする。鉄筋コンクリート造の屋根、鉄筋コンクリート造の耐震壁は適切な強度を有する構造とする。

想定する降下火砕物及び積雪による荷重に対しては、降下火砕物が堆積する鉄筋コンクリート造の屋根に作用する構造とする。また、想定する風荷重に対しては、鉄筋コンクリート造の耐震壁に作用する構造とする。

タービン建屋の構造計画を表 3-6 に示す。

(b) 評価方針

タービン建屋は、想定する降下火砕物、風（台風）及び積雪を考慮した荷重に対し、タービン建屋の屋根及び耐震壁が、許容限界に留まることを計算により確認する。評価方法としては、建屋の質点系解析モデルを用いた解析により評価を行う。

c. 使用済燃料乾式貯蔵建屋

(a) 構造設計

使用済燃料乾式貯蔵建屋は、「3.1 構造強度の設計方針」で設定している設計方針及びV-1-1-2-4-1 の「2.1.3 (2) 荷重の組合せ及び許容限界」で設定する荷重を踏まえ、以下の構造とする。

使用済燃料乾式貯蔵建屋は、鉄筋コンクリート造の屋根を、鉄筋コンクリート造の耐震壁で支持し、十分な支持性能を有する基礎により支持する構造とする。鉄筋コンクリート造の屋根、鉄筋コンクリート造の耐震壁は適切な強度を有する構造とする。

想定する降下火砕物及び積雪による荷重に対しては、降下火砕物が堆積する鉄筋コンクリート造の屋根に作用する構造とする。また、想定する風荷重に対しては、鉄筋コンクリート造の耐震壁に作用する構造とする。

使用済燃料乾式貯蔵建屋の構造計画を表 3-6 に示す。

(b) 評価方針

使用済燃料乾式貯蔵建屋は、想定する降下火砕物、風（台風）及び積雪を考慮した荷重に対し、使用済燃料乾式貯蔵建屋の屋根及び耐震壁が、許容限界に留まることを計算により確認する。評価方法としては、建屋の質点系解析モデルを用いた解析により評価を行う。

表 3-6 建屋の構造計画(1/4)

施設 分類	施設名称	計画の概要		説明図
		主体構造	支持構造	
建屋	【位置】			
				

NT2 補② V-3-別添 2-1 R2

表 3-6 建屋の構造計画(2/4)

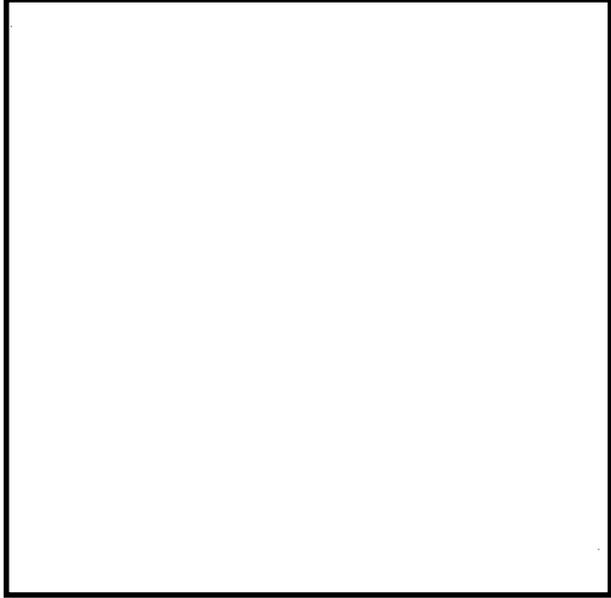
施設名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
原子炉建屋	鉄筋コンクリート造の主体構造及び鉄骨造の陸屋根で構成する。	荷重は建屋の外殻を構成する屋根及び外壁に作用し、建屋内に配置された耐震壁等を介し、基礎版へ伝達する構造とする。	 <p>(東西方向断面)</p>  <p>(南北方向断面)</p>

表 3-6 建屋の構造計画 (3/4)

施設名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
タービン建屋	鉄筋コンクリート造の主体構造及び鉄骨造の陸屋根で構成する。	荷重は建屋の外殻を構成する屋根及び外壁に作用し、建屋内に配置された耐震壁等を介し、基礎版へ伝達する構造とする。	 <p>(東西方向断面)</p>  <p>(南北方向断面)</p>

表 3-6 建屋の構造計画(4/4)

施設名称	計画の概要		説明図
	主体構造	支持構造	
使用済燃料乾式貯蔵建屋	鉄筋コンクリート造（一部鉄骨鉄筋コンクリート造及び鉄骨造）で構成する。	荷重は建屋の外殻を構成する屋根及び外壁に作用し、基礎版へ伝達する構造とする。	 <p>(東西方向断面)</p>  <p>(南北方向断面)</p>

4. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界

防護対象施設及び建屋（以下「対象施設」という。）の強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せを「4.1 荷重及び荷重の組合せ」に、許容限界を「4.2 許容限界」に示す。

4.1 荷重及び荷重の組合せ

対象施設の強度評価にて考慮する荷重及び荷重の組合せは、V-1-1-2-4-1の「2.1.3(2) 荷重の組合せ及び許容限界」を踏まえ、以下のとおり設定する。

(1) 荷重の種類

a. 常時作用する荷重 (F_d)

常時作用する荷重は、持続的に生じる荷重であり、自重、積載荷重及び水頭圧とする。

b. 降下火砕物による荷重 (F_v)

降下火砕物による荷重は、湿潤密度 1.5 g/cm^3 の降下火砕物が 50 cm 堆積した 7355 N/m^2 とする。

c. 積雪荷重 (F_s)

積雪深は、V-1-1-2「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V-1-1-2-1-1「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基本方針」（以下「V-1-1-2-1-1」という。）の「4.1(4) 自然現象の組合せの方針」に示す組み合わせる積雪深を踏まえて、茨城県建築基準法等施行細則（昭和45年3月9日茨城県規則第9号）による東海村の垂直積雪量 30 cm に平均的な積雪荷重*を与えるための係数 0.35 を考慮した 10.5 cm に設定し、 210 N/m^2 の荷重とする。

注記 *：建築物荷重指針・解説（2014）

d. 風荷重 (W)

風速は、V-1-1-2-1-1の「4.1(4) 自然現象の組合せの方針」に示す組み合わせる風速を踏まえて、建築基準法施行令に基づく平成12年建設省告示第1454号に定められた東海村の基準風速である 30 m/s とする。風荷重については、施設の形状により風力係数等が異なるため、施設ごとに算出する。

e. 運転時の状態で作用する荷重 (F_p)

運転時の状態で作用する荷重としては、V-1-1-2-4-1の「2.1.3(2)a. 荷重の種類」で設定している運転時の状態で作用する荷重に従って、ポンプのスラスト荷重等の運転時荷重とする。

(2) 荷重の組合せ

a. 降下火砕物による荷重、積雪荷重及び風荷重の組合せ

降下火砕物による荷重、積雪荷重及び風荷重については、それらの組合せを考慮し、自然現象の荷重として扱う。自然現象の荷重は短期荷重として扱う。

b. 対象施設の荷重の組合せ

対象施設の荷重の組合せについては、自然現象の荷重及び常時作用する荷重を組み合わせる。

ただし、対象施設のうち残留熱除去系海水系ポンプ及びディーゼル発電機用海水ポ

ンプは動的機器であるため、運転時の状態で作用する荷重を考慮する。また、残留熱除去系海水系ストレーナ及びディーゼル発電機用海水ストレーナは内包水の荷重、ディーゼル発電機吸気フィルタは運転時の状態で作用する荷重を考慮する。

なお、常時作用する荷重、積雪荷重、風荷重及び運転時の状態で作用する荷重については、組み合わせることで降下火砕物による荷重の抗力となる場合には、評価結果が保守的となるよう荷重の算出において考慮しないこととする。

上記を踏まえ、対象施設の強度評価における荷重の組合せの設定については、施設の設置状況及び構造等を考慮し設定する。対象施設ごとの荷重の組合せの考え方を表 4-1 に示す。

表 4-1 対象施設ごとの荷重の組合せ

施設分類	強度評価の対象施設	荷 重						
		常時作用する荷重(F_d)			降下火砕物による荷重(F_v)	積雪荷重(F_s)	風荷重(W)	運転時の状態で作用する荷重(F_p)
		自重	積載荷重	水頭圧				
施設	残留熱除去系海水系ポンプ ディーゼル発電機用海水ポンプ	○	—	—	○	○	○	○
	残留熱除去系海水系ストレーナ ディーゼル発電機用海水ストレーナ	○	—	—	○	○	○	○
	ディーゼル発電機吸気フィルタ	○	—	—	○	○	○	○
建屋	原子炉建屋 タービン建屋 使用済燃料乾式貯蔵建屋	○	○	—	○	○	○	—

(○：考慮する荷重を示す。)

(3) 荷重の算定方法

「4.1(1) 荷重の種類」で設定している荷重のうち、「4.1(2)a. 降下火砕物による荷重、積雪荷重及び風荷重の組合せ」で設定している自然現象の荷重の鉛直荷重及び水平荷重の算出式を以下に示す。

a. 記号の定義

荷重の算出に用いる記号を表 4-2 に示す。

表 4-2 荷重の算出に用いる記号 (1/2)

記号	単位	定義
A	m ²	風の受圧面積（風向に垂直な面に投影した面積）
C	—	風力係数
E'	—	建築基準法施行令第 87 条第 2 項に規定する数値
E _r	—	建設省告示第 1454 号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わす係数
F _v	N/m ²	湿潤状態の降下火砕物による荷重
F _s	N/m ²	積雪荷重
F _v '	N/m ²	単位面積当たりの降下火砕物等堆積による鉛直荷重
f _s	N/(m ² ・cm)	建築基準法施行令に基づき設定する積雪の単位荷重
G	—	ガスト影響係数
g	m/s ²	重力加速度
H	m	全高
H _s	cm	積雪深
q	N/m ²	設計用速度圧
V _D	m/s	基準風速
W	N	風荷重
Z _b	m	地表面粗度区分に応じて建設省告示第 1454 号に掲げる数値
Z _G	m	地表面粗度区分に応じて建設省告示第 1454 号に掲げる数値
α	—	地表面粗度区分に応じて建設省告示第 1454 号に掲げる数値

b. 鉛直荷重

鉛直荷重については、湿潤状態の降下火砕物及び積雪を考慮する。

湿潤状態の降下火砕物による荷重は、以下である。

$$F_v = 7355 \text{ N/m}^2$$

積雪荷重は、次式のとおり算出する。

$$F_s = f_s \cdot H_s$$

湿潤状態の降下火砕物に積雪を踏まえた鉛直荷重（以下「降下火砕物等堆積による

鉛直荷重」という。) は、次式のとおり算出する。

$$F_v' = F_v + F_s$$

表 4-3 に入力条件を示す。

表 4-3 入力条件

f_s (N/(m ² ・cm))	H_s (cm)
20	10.5

以上を踏まえ、降下火砕物等堆積による鉛直荷重は、7565 N/m²とする。

c. 水平荷重

水平荷重については、風を考慮する。風速を建築基準法施行令の基準風速に基づき 30 m/s に設定し、風荷重については施設の形状により異なるため施設ごとに算出する。

風荷重の算出式は建築基準法施行令第 87 条に基づき、以下のとおりである。

$$W = q \cdot C \cdot A$$

ここで

$$q = 0.6 \cdot E' \cdot V_D^2$$

$$E' = E_r^2 \cdot G$$

$$E_r = 1.7 \cdot (H/Z_G)^\alpha \quad (H \text{ が } Z_b \text{ を超える場合})$$

$$E_r = 1.7 \cdot (Z_b/Z_G)^\alpha \quad (H \text{ が } Z_b \text{ 以下の場合})$$

4.2 許容限界

許容限界は、V-1-1-2-4-3 の「4. 要求機能及び性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標及び「3.2 機能維持の方針」に示す評価方針を踏まえて、評価対象部位ごとに設定する。

「4.1 荷重及び荷重の組合せ」で設定している荷重及び荷重の組合せを含めた、評価対象部位ごとの許容限界を表 4-4 に示す。

対象施設ごとの許容限界の詳細は、各計算書で評価対象部位の損傷モードを踏まえ、評価項目を選定し定める。

「原子力発電所耐震設計技術指針重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補-1984」((社) 日本電気協会) , 「原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987」((社) 日本電気協会) 及び「原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版」((社) 日本電気協会) (以下「J E A G 4 6 0 1」という。) を準用できる施設については、J E A G 4 6 0 1 に基づき「発電用原子力設備規格設計・建設規格 J S M E S N C 1 -2005/2007 (以下「J S M E」という。) の付録材料図表及び J I S の材料物性値により許容限界を算出している。その他施設や衝撃荷重のみを考慮する施設については、J S M E や既往

の実験式に基づき許容限界を設定する。

ただし、J S M Eの適用を受ける機器であって、供用状態に応じた許容値の規定がJ S M Eにないものは機能維持の評価方針を考慮し、J E A G 4 6 0 1に基づいた許容限界を設定する。

(1) 機器

a. 残留熱除去系海水系ポンプ

残留熱除去系海水系ポンプの許容限界は、V-1-1-2-4-3の「4. 要求機能及び性能目標」で設定している残留熱除去系海水系ポンプの構造強度設計上の性能目標及び「3.2 機能維持の方針」に示す評価方針を踏まえて、評価対象部位ごとに設定する。

(a) 原動機台及び原動機フレーム

残留熱除去系海水系ポンプの構造強度評価においては、降下火砕物等堆積による鉛直荷重、風荷重及びその他の荷重に対し、ポンプを構成する原動機台及び原動機フレームが、おおむね弾性状態に留まることを計算により確認する評価方針としていることを踏まえ、J E A G 4 6 0 1に準じて許容応力状態Ⅲ_ASの許容応力を許容限界として設定する。

b. ディーゼル発電機用海水ポンプ

ディーゼル発電機用海水ポンプの許容限界は、V-1-1-2-4-3の「4. 要求機能及び性能目標」で設定しているディーゼル発電機用海水ポンプの構造強度設計上の性能目標及び「3.2 機能維持の方針」に示す評価方針を踏まえて、評価対象部位ごとに設定する。

(a) 原動機台及び原動機フレーム

ディーゼル発電機用海水ポンプの構造強度評価においては、降下火砕物等堆積による鉛直荷重、風荷重及びその他の荷重に対し、ポンプを構成する原動機台及び原動機フレームが、おおむね弾性状態に留まることを計算により確認する評価方針としていることを踏まえ、J E A G 4 6 0 1に準じて許容応力状態Ⅲ_ASの許容応力を許容限界として設定する。

c. 残留熱除去系海水系ストレーナ

残留熱除去系海水系ストレーナの許容限界は、V-1-1-2-4-3の「4. 要求機能及び性能目標」で設定している残留熱除去系海水系ストレーナの構造強度設計上の性能目標及び「3.2 機能維持の方針」に示す評価方針を踏まえて、評価対象部位ごとに設定する。

(a) 支持脚及び基礎ボルト

残留熱除去系海水系ストレーナの構造強度評価においては、降下火砕物等堆積による鉛直荷重、風荷重及びその他の荷重に対し、ストレーナを構成する支持脚及び基礎ボルトが、おおむね弾性状態に留まることを計算により確認する評価方針としていることを踏まえ、J E A G 4 6 0 1に準じて許容応力状態Ⅲ_ASの許容応力を許容限界として設定する。

d. ディーゼル発電機用海水ストレーナ

ディーゼル発電機用海水ストレーナの許容限界は、V-1-1-2-4-3の「4. 要求機能及び性能目標」で設定しているディーゼル発電機用海水ストレーナの構造強度設計上の性

能目標及び「3.2 機能維持の方針」に示す評価方針を踏まえて、評価対象部位ごとに設定する。

(a) 支持脚及び基礎ボルト

ディーゼル発電機用海水ストレーナの構造強度評価においては、降下火砕物等堆積による鉛直荷重、風荷重及びその他の荷重に対し、ストレーナを構成する支持脚及び基礎ボルトが、おおむね弾性状態に留まることを計算により確認する評価方針としていることを踏まえ、J E A G 4 6 0 1 に準じて許容応力状態Ⅲ_AS の許容応力を許容限界として設定する。

e. ディーゼル発電機吸気フィルタ

ディーゼル発電機吸気フィルタの許容限界は、V-1-1-2-4-3 の「4. 要求機能及び性能目標」で設定しているディーゼル発電機吸気フィルタの構造強度設計上の性能目標及び「3.2 機能維持の方針」に示す評価方針を踏まえて、評価対象部位ごとに設定する。

(a) 平板、胴板及び支持脚

ディーゼル発電機吸気フィルタの構造強度評価においては、降下火砕物等堆積による鉛直荷重、風荷重及びその他の荷重に対し、ディーゼル発電機吸気フィルタを構成する平板、胴板及び支持脚が、おおむね弾性状態に留まることを計算により確認する評価方針としていることを踏まえ、J E A G 4 6 0 1 に準じて許容応力状態Ⅲ_AS の許容応力を許容限界として設定する。

(2) 建屋

a. 原子炉建屋

原子炉建屋の許容限界は、V-1-1-2-4-3 の「4. 要求機能及び性能目標」で設定している原子炉建屋の性能目標及び「3.2 機能維持の方針」に示す評価方針を踏まえて、評価対象部位ごとに設定する。

(a) 屋根

原子炉建屋の構造強度評価においては、降下火砕物等堆積による鉛直荷重、風荷重及びその他の荷重に対し、評価対象部位に求められる機能が担保できる許容限界を設定する。屋根スラブは、原子炉建屋の要求機能である気密性及び遮蔽性を担保するために、原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（以下「RC-N規準」という。）に基づく短期許容応力度を許容限界として設定する。また、主トラス及び母屋（二次部材）は、構造強度を有することを性能目標としていることから、終局耐力に対して妥当な安全裕度を有する許容限界を設定する。

(b) 耐震壁

原子炉建屋の構造強度評価においては、降下火砕物等堆積による鉛直荷重、風荷重及びその他の荷重に対し、構造強度を有することを性能目標としていることから J E A G 4 6 0 1 に基づき最大せん断ひずみ 2.0×10^{-3} を耐震壁の許容限界として設定する。

b. タービン建屋

タービン建屋の許容限界は、V-1-1-2-4-3 の「4. 要求機能及び性能目標」で設定し

ているタービン建屋の性能目標及び「3.2 機能維持の方針」に示す評価方針を踏まえて、評価対象部位ごとに設定する。

(a) 屋根

タービン建屋の構造強度評価においては、降下火砕物等堆積による鉛直荷重、風荷重及びその他の荷重に対し、評価対象部位に求められる機能が担保できる許容限界を設定する。タービン建屋の屋根は内包する防護すべき施設に波及的影響を及ぼさないことを性能目標としていることから、屋根スラブは「RC-N規準」に基づく終局耐力、主トラス及び母屋（二次部材）は崩壊機構が形成されないことを許容限界として設定する。

(b) 耐震壁

タービン建屋の構造強度評価においては、降下火砕物等堆積による鉛直荷重、風荷重及びその他の荷重に対し、内包する防護すべき施設に波及的影響を及ぼさないことを性能目標としていることから、J E A G 4 6 0 1に基づき最大せん断ひずみ 4.0×10^{-3} を耐震壁の許容限界として設定する。

c. 使用済燃料乾式貯蔵建屋

使用済燃料乾式貯蔵建屋の許容限界は、V-1-1-2-4-3 の「4. 要求機能及び性能目標」で設定している使用済燃料乾式貯蔵建屋の性能目標及び「3.2 機能維持の方針」に示す評価方針を踏まえて、評価対象部位ごとに設定する。

(a) 屋根

使用済燃料乾式貯蔵建屋の構造強度評価においては、降下火砕物等堆積による鉛直荷重、風荷重及びその他の荷重に対し、評価対象部位に求められる機能が担保できる許容限界を設定する。屋根は内包する防護すべき施設に波及的影響を及ぼさないことを性能目標としていることから、屋根スラブは「RC-N規準」に基づく終局耐力を、主トラス及びサブトラス（二次部材）は崩壊機構が形成されないことを許容限界として設定する。

(b) 耐震壁

使用済燃料乾式貯蔵建屋の構造強度評価においては、降下火砕物等堆積による鉛直荷重、風荷重及びその他の荷重に対し、内包する防護すべき施設に波及的影響を及ぼさないことを性能目標としていることから、J E A G 4 6 0 1に基づき最大せん断ひずみ 4.0×10^{-3} を耐震壁の許容限界として設定する。

表 4-4 施設ごとの許容限界 (1/3)

施設名称	荷重の 組合せ	評価対象 部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
残留熱除去系海水系ポンプ ディーゼル発電機用海水ポンプ	$F_d + F_v + F_p$	原動機台	圧縮	部材が弾性域に留まらず塑性域に入る状態	J E A G 4 6 0 1 に準じて許容応力状態 III _A S の許容応力以下とする* ¹
		原動機 フレーム	圧縮 引張 せん断 組合せ		
残留熱除去系海水系ストレナー ディーゼル発電機用海水ストレナー	$F_d + F_v + F_p$	支持脚	圧縮	部材が弾性域に留まらず塑性域に入る状態	J E A G 4 6 0 1 に準じて許容応力状態 III _A S の許容応力以下とする* ¹
		基礎 ボルト	引張 せん断 組合せ		
ディーゼル発電機吸気フィルタ	$F_d + F_v + W + F_p$	平板	曲げ	部材が弾性域に留まらず塑性域に入る状態	弾性範囲内である設計降伏点とする。
		胴板	一次一般膜, 一次 一次+二次		J E A G 4 6 0 1 に準じて許容応力状態 III _A S の許容応力以下とする* ¹
		支持脚	組合せ 座屈 (圧縮+曲げ)		J E A G 4 6 0 1 に準じて許容応力状態 III _A S の許容応力以下とする* ²

F_d : 常時作用する荷重

W : 風荷重

F_v : 降下火砕物等堆積による鉛直荷重

F_p : 運転時の状態で作用する荷重

注記 *1 : 表 4-5 支持構造物の許容限界を準用する。

*2 : 表 4-6 クラス 2, 3 容器の許容限界を準用する。

表 4-4 施設ごとの許容限界 (2/3)

施設名称	要求機能	機能設計上の性能目標	部位		機能維持のための考え方	許容限界 (評価基準値)
原子炉建屋	—	構造強度を有すること	屋根	屋根 スラブ	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	終局耐力に対し 妥当な安全裕度を有する許容限界*1
				主トラス		終局耐力に対し 妥当な安全裕度を有する許容限界*2
				母屋 (二次部材)		終局耐力に対し 妥当な安全裕度を有する許容限界*2
				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}
	気密性	換気性能とあいまって気密機能を維持すること	屋根 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	短期許容応力度*3	
	遮蔽性	遮蔽体の損傷により遮蔽機能を損なわないこと	屋根 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	短期許容応力度*3	

注記 *1：構造強度に対しては、「終局耐力に対し妥当な安全裕度を有する許容限界」が許容限界となるが、気密性、遮蔽性において「短期許容応力度」を許容限界としていることから、短期許容応力度で評価

*2：弾性限耐力として鋼構造設計規準—許容応力度設計法—（以下「S規準」という。）の短期許容応力度の評価式に平成12年建設省告示第2464号に基づきF値×1.1を適用

*3：「RC-N規準」の短期許容応力度で評価

表 4-4 施設ごとの許容限界 (3/3)

施設名称	要求機能	機能設計上の性能目標	部位		機能維持のための考え方	許容限界*2 (評価基準値)
タービン建屋， 使用済燃料乾式貯蔵建屋	-	内包する防護すべき施設に波及的影響を及ぼさないこと	屋根	屋根スラブ	内包する防護すべき施設に波及的影響を及ぼさないために落下しないことを確認*1	終局耐力*3
				主トラス	内包する防護すべき施設に波及的影響を及ぼさないために崩壊機構が形成されないことを確認	崩壊機構が形成されないこと*4
				二次部材 (母屋，サブトラス)	が形成されないことを確認	
			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 4.0×10^{-3}	

- 注記
- *1：屋根スラブの落下により，内包するクラス2設備を損傷させる可能性があることから，機能維持のために落下しないことを確認
 - *2：複数部材で構成されている屋根において，単一部材である屋根スラブは，部材の終局耐力を許容限界とし，構造体として主トラスが崩壊しないことを許容限界とする。
 - *3：機能維持に対しては終局耐力が許容限界となるが，「RC-N 規準」の短期許容応力度で評価
 - *4：部材の構造健全性評価においては，弾性限耐力*5が基本となるが，一部の部材が弾性限耐力を超過した場合は，その部材に対して，修正若林式*6,*7及び鋼構造限界状態設計指針・同解説（（社）日本建築学会，2010）による座屈耐力を用い，構造健全性を評価する。
 - *5：弾性限耐力として「S規準」の短期許容応力度の評価式に平成12年建設省告示第2464号に基づきF値×1.1を適用
 - *6：鉄骨X型ブレース架構の復元力特性に関する研究，日本建築学会構造工学論文集，Vol. 37B, pp. 303-316, 1991（谷口元，加藤勉ほか）
 - *7：原子力発電所鉄骨屋根トラスの終局限界に関する研究，日本建築学会構造系論文集第76巻 第661号，pp571-580, 2011（鈴木琢也，貫井泰ほか）

表 4-5 支持構造物の許容限界

許容応力 状態	許容限界			
	圧縮	曲げ	引張	せん断
Ⅲ _A S	$1.5 f_c$	$1.5 f_b$	$1.5 f_t$	$1.5 f_s$

表 4-6 クラス 2, 3 容器 の許容限界

許容応力 状態	許容限界		
	一次一般膜応力	一次	一次+二次応力
Ⅲ _A S	S_y と $0.6 S_u$ の小さい方。 ただし、オーステナイト系ステン レス鋼及び高ニッケル合金につい ては上記値と $1.2 S$ との大きい方。	左欄の 1.5 倍の値	$2 S_y$

5. 強度評価方法

評価手法は、以下に示す解析法により、適用性に留意の上、規格及び基準類や既文献において適用が妥当とされる手法に基づき実施することを基本とする。

- ・ FEM等を用いた解析法
- ・ 定式化された評価式を用いた解析法

具体的な評価においては、J E A G 4 6 0 1を使用する。

風荷重による影響を考慮する施設については、建築基準法施行令等に基づき風荷重を考慮し、設備の受圧面に対して等分布荷重として扱って良いことから、評価上高さの1/2又は荷重作用点より高い重心位置に集中荷重として作用するものとしており、これはJ E A G 4 6 0 1耐震評価における1質点モデルと等価なものであり、地震荷重を風荷重と置き換えJ E A G 4 6 0 1に基づき評価を行う。

降下火砕物等堆積による鉛直荷重が作用する場合に強度評価を行う機器及び建屋の強度評価方法を以下に示す。

5.1 機器

5.1.1 残留熱除去系海水系ポンプ、ディーゼル発電機用海水ポンプ

(1) 評価条件

残留熱除去系海水系ポンプ、ディーゼル発電機用海水ポンプの強度評価を行う場合、以下の条件に従うものとする。

- a. 計算に用いる寸法は公称値を使用する。
- b. 降下火砕物等堆積による鉛直方向荷重については、水平投影面積に対し降下火砕物等の層厚より上載質量を算出し入力荷重として設定する。

(2) 評価対象部位

評価対象部位及び評価内容を表 5-1 に示す。

表 5-1 評価対象部位及び評価内容

評価対象部位	応力等の状態
原動機台	圧縮
原動機フレーム	圧縮, 引張 せん断, 組合せ

(3) 強度評価方法

a. 記号の定義

残留熱除去系海水系ポンプ、ディーゼル発電機用海水ポンプの強度評価に用いる記号を表 5-2 に示す。

表 5-2 残留熱除去系海水系ポンプ及びディーゼル発電機用海水ポンプ
の強度評価に用いる記号 (1/2)

記号	単位	定義
A_1	m^2	風の受圧面積 (風向に垂直な面に投影した面積)
A_2	m^2	降下火砕物等の堆積面積
A_w	mm^2	原動機フレーム溶接部の断面積
B_1	mm	原動機台外径
B_2	mm	原動機台内径
B_3	mm	原動機フレーム外径
B_4	mm	原動機フレーム内径
C	—	風力係数
E'	—	建築基準法施行令第 87 条第 2 項に規定する数値
E_r	—	建設省告示第 1454 号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
F_d	N	原動機自重による軸方向荷重
F_p	N	ポンプスラスト荷重による軸方向荷重
F_v	N	降下火砕物等堆積による鉛直荷重
F_v'	N/m^2	単位面積当たりの降下火砕物等堆積による鉛直荷重
f_c	MPa	J S ME SSB-3121.1 により規定される供用状態 A 及び B での許容圧縮応力
f_s	MPa	J S ME SSB-3121.1 により規定される供用状態 A 及び B での許容せん断応力
f_t	MPa	J S ME SSB-3121.1 により規定される供用状態 A 及び B での許容引張応力
G	—	ガスト影響係数
g	m/s^2	重力加速度
H	N	原動機台に常時作用する原動機自重及びポンプスラスト荷重による軸方向荷重
h	mm	取付面から荷重作用点までの距離
h_w	mm	原動機フレーム溶接部高さ
M	$N \cdot mm$	原動機フレームに作用するモーメント
M_1	$N \cdot mm$	風荷重により原動機フレームに作用するモーメント
M_2	$N \cdot mm$	鉛直荷重により原動機フレームに作用するモーメント

表 5-2 残留熱除去系海水系ポンプ及びディーゼル発電機用海水ポンプ
の強度評価に用いる記号 (2/2)

記号	単位	定義
m	kg	原動機の質量
P	kg	ポンプスラスト荷重
q	N/m ²	速度圧
S	mm ²	原動機台の断面積
S _y	MPa	J S ME 付録材料図表 Part5 の表にて規定される設計降伏点
S _u	MPa	J S ME 付録材料図表 Part5 の表にて規定される設計引張り強さ
V _D	m/s	基準風速
W	N	風荷重による複合荷重
Z _b	m	地表面粗度区分に応じて建設省告示1454号に掲げる数値
Z _G	m	地表面粗度区分に応じて建設省告示1454号に掲げる数値
π	—	円周率
σ _c	MPa	原動機台に生じる圧縮応力
σ _t	MPa	原動機フレーム溶接部に生じる引張応力
τ	MPa	せん断応力

b. 応力計算

(a) 原動機台に生じる圧縮応力

$$\sigma_c = \frac{F_v + H}{S}$$

ここで,

$$S = \frac{\pi}{4} (B_1^2 - B_2^2)$$

原動機台の断面図を図 5-1 に示す。

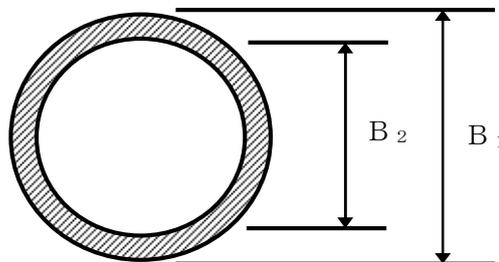


図 5-1 原動機台の断面図

(b) 原動機フレーム溶接部に生じる応力

イ. 風荷重により原動機フレームに作用するモーメント M_1

$$M_1 = W \cdot h$$

ロ. 鉛直荷重により原動機フレームに作用するモーメント M_2

$$M_2 = \frac{(F_v + H) \cdot B_3}{2}$$

よって、原動機フレームに作用するモーメント M は

$$M = M_1 + M_2$$

以上より、原動機フレーム溶接部に生じる応力は次式により算出される。

・引張応力

$$\sigma_t = \frac{5.66 \cdot M}{\pi \cdot h_w \cdot B_3^2}$$

・せん断応力

$$\tau = \frac{W}{A_w}$$

(c) 原動機フレームに生じる圧縮応力

$$\sigma_c = \frac{F_v + H}{S}$$

ここで、

$$S = \frac{\pi}{4} (B_3^2 - B_4^2)$$

原動機フレームの断面図を図 5-2 に示す。

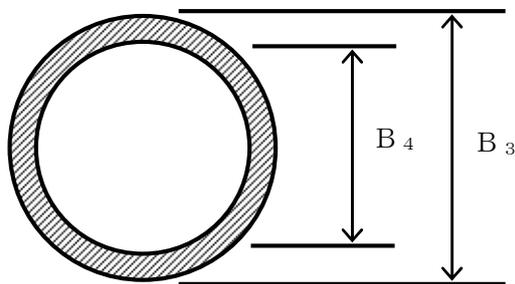


図 5-2 原動機フレームの断面図

5.1.2 残留熱除去系海水系ストレーナ，ディーゼル発電機用海水ストレーナ

(1) 評価条件

残留熱除去系海水系ストレーナ，ディーゼル発電機用海水ストレーナの強度評価を行う場合，以下の条件に従うものとする。

- a. 計算に用いる寸法は，公称値を使用する。
- b. 降下火砕物等堆積による鉛直方向荷重については，ストレーナの水平投影面積に対し降下火砕物等の層厚より上載質量を算出し入力荷重として設定する。

(2) 評価対象部位

評価対象部位及び評価内容を表 5-3 に示す。

表 5-3 評価対象部位及び評価内容

評価対象部位	応力等の状態
支持脚	圧縮
基礎ボルト	引張，せん断，組合せ

(3) 強度評価方法

a. 記号の定義

残留熱除去系海水系ストレーナ，ディーゼル発電機用海水ストレーナの強度評価に用いる記号を表 5-4 に示す。

表 5-4 残留熱除去系海水系ストレーナ，ディーゼル発電機用海水ストレーナの強度評価に用いる記号 (1/2)

記号	単位	定義
A	m ²	受圧面積（風向に垂直な面に投影した面積）
A ₁	m ²	降下火砕物等の堆積面積
A _b	mm ²	基礎ボルトの軸断面積
B _{x1}	mm	支持脚の寸法
B _{x2}	mm	支持脚の寸法
B _{y1}	mm	支持脚の寸法
B _{y2}	mm	支持脚の寸法
C	—	建築物荷重指針・同解説により規定される風力係数
d	mm	基礎ボルト呼び径
D _o	mm	ストレーナ幅（全幅）
E'	—	建築基準法施行令第 87 条第 2 項に規定する数値
E _r	—	建設省告示第 1454 号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
F	MPa	J S M E SSB-3121.1(1)により規定される値

表 5-4 残留熱除去系海水系ストレーナ，ディーゼル発電機用海水ストレーナの強度評価に用いる記号 (2/2)

記号	単位	定義
F_b	N	基礎ボルトに対する引張力
F_d	N	ストレーナ自重による荷重
F_v	N	降下火砕物等堆積による鉛直荷重
F_p	N	内包水の荷重
F_v'	N/m ²	単位面積当たりの降下火砕物等堆積による鉛直荷重
f_c	MPa	J S M E SSB-3121.1 により規定される供用状態A及びBでの許容圧縮応力
f_s	MPa	J S M E SSB-3121.1により規定される供用状態A及びBでの許容せん断応力
f_t	MPa	J S M E SSB-3121.1により規定される供用状態A及びBでの許容引張応力
G	—	ガスト影響係数
g	m/s ²	重力加速度
H	N	支持脚に常時作用するストレーナ自重及び内包水の荷重
H_s	mm	ストレーナ高さ (全高)
h	mm	ストレーナ重心高さ
L_1	mm	基礎ボルト間の水平距離
L_H	mm	重心から基礎ボルト間の水平距離
m	kg	容器の有効運転質量*
N	—	基礎ボルトの本数
n_f	—	引張力を受ける基礎ボルトの本数
Q_b	N	基礎ボルトに対するせん断力
q	N/m ²	設計用速度圧
S	mm ²	支持脚の断面積
S_y	MPa	J S M E 付録材料図表Part5の表にて規定される設計降伏点
S_u	MPa	J S M E 付録材料図表Part5の表にて規定される設計引張り強さ
V_d	m/s	基準風速
W	N	風荷重
Z_b	m	地表面粗度区分に応じて建設省告示1454号に掲げる数値
Z_G	m	地表面粗度区分に応じて建設省告示1454号に掲げる数値
π	—	円周率
σ_b	MPa	基礎ボルトに生じる引張応力
σ_c	MPa	支持脚に生じる圧縮応力
τ	MPa	基礎ボルトに生じるせん断応力

注記 * : 有効運転質量は、容器の満水時における質量とする。

b. 応力計算

(a) 支持脚に生じる圧縮応力

$$\sigma_c = \frac{F_v + H}{S}$$

ここで

$$S = \left\{ (B_{x1} \cdot B_{y1} \cdot 2) + (B_{x2} \cdot B_{y2}) \right\} \cdot 4$$

支持脚の断面図を図 5-3 に示す。

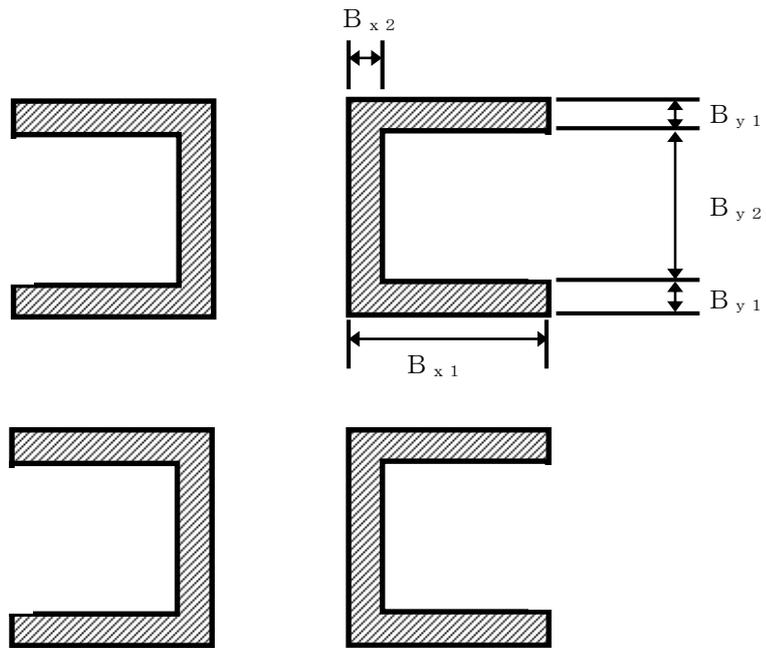


図 5-3 支持脚の断面図

(b) 基礎ボルトに生じる応力

イ. 引張応力

基礎ボルトに対する引張力は最も厳しい条件として、図 3-4 で基礎ボルトを支点とする転倒を考え、これを片側の基礎ボルトで受けるものとして計算する。

(イ) 引張力

$$F_b = \frac{W \cdot h + (m \cdot g + F_v) L_H}{n_f \cdot L_1}$$

ここで、

$$F_v = F_v' \cdot A_1$$

(ロ) 引張応力

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b}$$

ここで、基礎ボルトの軸断面積 A_b は

$$A_b = \frac{\pi}{4} d^2$$

ロ. せん断応力

基礎ボルトに対するせん断応力は、基礎ボルト全本数で受けるものとして計算する。

(イ) せん断力

$$Q_b = W$$

(ロ) せん断応力

$$\tau = \frac{Q_b}{A_b \cdot N}$$

5.1.3 ディーゼル発電機吸気フィルタ

(1) 評価条件

ディーゼル発電機吸気フィルタの強度評価を行う場合、以下の条件に従うものとする。

- a. ディーゼル発電機吸気フィルタの強度計算において、降下火砕物が堆積する平板を円板と仮定し、等分布荷重が作用する周辺支持円板として評価し、風荷重による影響が大きい胴板及び支持脚は1質点系モデルとし、評価を行う。
- b. 平板は等分布荷重が作用するものとする。
- c. 1質点系モデルの強度計算において、評価上の高さの1/2又は荷重作用点より高い重心位置に集中荷重として作用するものとする。計算モデル図を図5-3及び図5-4に示す。
- d. 計算に用いる寸法は、公称値を使用する。
- e. 降下火砕物等堆積による鉛直方向荷重については、平板の水平投影面積に対し降下火砕物等の層厚より上載質量を算出し入力荷重として設定する。

(2) 評価対象部位

評価対象部位及び評価内容を表5-5に示す。

表 5-5 評価対象部位及び評価内容

評価対象部位	応力等の状態
平板	曲げ
胴板	一次一般膜，一次 一次＋二次
支持脚	組合せ， 座屈（圧縮＋曲げ）

(3) 強度評価方法

a. 記号の定義

ディーゼル発電機吸気フィルタの強度評価に用いる記号を表5-6に示す。

表 5-6 ディーゼル発電機吸気フィルタの強度評価に用いる記号 (1/6)

記号	定義	単位
A	受圧面積 (風向に垂直な面に投影した面積)	m ²
A _s	脚の断面積	mm ²
A _{s r}	脚の半径方向軸に対する有効せん断断面積	mm ²
A _{s t}	脚の周方向軸に対する有効せん断断面積	mm ²
a	平板の外半径	mm
C	建築物荷重指針・同解説により規定される風力係数	-
C ₁	アタッチメントである脚の胴への取付部の幅の 1/2 (胴の周方向)	mm
C ₂	アタッチメントである脚の胴への取付部の幅の 1/2 (胴の軸方向)	mm
C _c	応力の補正係数 (J E A G 4 6 0 1 参考文献(6.6.3-2))より得られる値	-
C _L	応力の補正係数 (J E A G 4 6 0 1 参考文献(6.6.3-2))より得られる値	-
D _i	胴の内径	mm
D _o	吸気フィルタ幅 (全幅)	mm
E	胴の縦弾性係数	MPa
E _s	脚の縦弾性係数	MPa
F	J S M E S S B-3121.1(1)により規定される値	MPa
F ₀	振動モデル系における水平力	N
F _d	運転時の状態で作用する荷重	N
f _c	脚の許容圧縮応力	MPa
f _{b r}	脚の半径方向軸まわりの許容曲げ応力	MPa
f _{b t}	脚の半径方向に直角な方向の軸まわりの許容曲げ応力	MPa
f _t	脚の許容引張応力	MPa
G	ガスト影響係数	-
G _s	脚のせん断弾性係数	MPa
g	重力加速度	m/s ²
H	吸気フィルタ高さ	m
h	平板の板厚	mm
I	胴の断面 2 次モーメント	mm ⁴
I _{s r}	脚の半径方向軸に対する断面 2 次モーメント	mm ⁴
I _{s t}	脚の周方向軸に対する断面 2 次モーメント	mm ⁴
J _s	脚のねじりモーメント係数	mm ⁴
K ₁ , K ₂	J E A G 4 6 0 1 参考文献(6.6.3-2)よりの定数	-
K _c	脚の胴つけ根部における周方向曲げモーメントに対する局部ばね定数 (J E A G 4 6 0 1 参考文献(6.6.3-4)より得られる値)	-

表5-6 ディーゼル発電機吸気フィルタの強度評価に用いる記号 (2/6)

記号	定義	単位
K_L	胴の脚つけ根部における長手方向曲げモーメントに対する局部ばね定数 (J E A G 4 6 0 1 参考文献(6.6.3-4)より得られる値)	N/mm
K_r	胴の脚つけ根部における半径方向荷重に対する局部ばね定数 (J E A G 4 6 0 1 参考文献(6.6.3-4)より得られる値)	N/mm
k_L	J E A G 4 6 0 1 参考文献(6.6.3-2)によるアタッチメントパラメータ軸方向の補正係数	-
k_c	J E A G 4 6 0 1 参考文献(6.6.3-2)によるアタッチメントパラメータ周方向の補正係数	-
L	脚の長さ	mm
L_c	脚の中立軸間の距離	mm
L_g	基礎から容器上部重心までの距離	mm
M_1	風荷重(Z方向)による胴の脚つけ根部の鉛直方向モーメント	N・mm
M_3	風荷重(Z方向)による胴の脚つけ根部のねじりモーメント	N・mm
M_c	風荷重(Z方向)による胴の脚つけ根部の周方向モーメント (圧縮側)	N・mm
M_L	運転時質量による胴の脚つけ根部の鉛直方向モーメント (引張側)	N・mm
M_{L2}	降下火砕物荷重, 積雪荷重による胴の脚つけ根部の鉛直方向モーメント (引張側)	N・mm
M_x	胴に生じる軸方向の曲げモーメント	N・mm
M_ϕ	胴に生じる周方向の曲げモーメント	N・mm
m_0	運転時質量	kg
N_x	胴に生じる軸方向の膜力	N/mm
N_ϕ	胴に生じる周方向の膜力	N/mm
p	平板に作用する等分布荷重	N/mm ²
P	運転時質量による胴の脚つけ根部の半径方向荷重	N
P_1	風荷重(Z方向)による胴の脚つけ根部の半径方向荷重	N
P_2	降下火砕物荷重及び積雪荷重による胴の脚つけ根部の半径方向荷重	N
Q	風荷重(Z方向)による胴の脚つけ根部の周方向荷重	N
q	設計用速度圧	N/m ²
R	運転時質量による脚の軸力	N
R_1	風荷重(Z方向)により脚に作用する軸力	N
R_2	降下火砕物荷重及び積雪荷重により脚に作用する軸力	N
r_m	胴の平均半径	mm
S_u	J S M E 付録材料図表 Part5 の表にて規定される設計引張り強さ	MPa

表5-6 ディーゼル発電機吸気フィルタの強度評価に用いる記号 (3/6)

記号	定義	単位
S_y	J S M E 付録材料図表 Part5 の表にて規定される設計降伏点	MPa
t	胴の板厚	mm
u	脚の中心軸から胴の板厚中心までの距離	mm
W_1	風荷重	N
W_2	降下火砕物荷重	N
W_3	積雪荷重	N
Z_{sr}	脚の半径方向軸に対する断面係数	mm ³
Z_{st}	脚の周方向軸に対する断面係数	mm ³
β, β_1, β_2 β_c, β_L	J E A G 4 6 0 1 参考文献(6.6.3-2)によるアタッチメントパラメータ	-
γ	J E A G 4 6 0 1 参考文献(6.6.3-2)によるシェルパラメータ	-
Δ_r	運転時質量による胴の半径方向局部変位量	mm
Δ_{r1}	水平力 F_0 による胴の半径方向局部変位量	mm
Δ_{x1}	水平力 F_0 による第1脚上端の水平方向変位量	mm
Δ_{x3}	水平力 F_0 による第2脚上端の水平方向変位量	mm
Δ_{y1}	水平力 F_0 による第1脚の鉛直方向変位量	mm
θ	運転時質量による胴の脚つけ根部における局部傾き角	rad
θ_0	水平力 F_0 による胴の中心軸の傾き角	rad
θ_1	水平力 F_0 による第1脚の傾き角 (圧縮側)	rad
θ_2	水平力 F_0 による胴の第1脚つけ根部における局部傾き角	rad
θ_3	水平力 F_0 による第2脚の傾き角	rad
π	円周率	-
ρ	比重	-
σ_0	胴の一次一般膜応力の最大値	MPa
$\sigma_{0\phi}$	胴の周方向一次一般膜応力	MPa
σ_{0x}	胴の軸方向一次一般膜応力	MPa
σ_1	胴の一次応力の最大値	MPa
σ_2	胴の一次+二次応力の最大値	MPa
$\sigma_{11} \sim \sigma_{14}$	風荷重 (Z方向) が作用した場合の胴の組合せ一次応力	MPa
σ_{15}, σ_{16}	風荷重 (X方向) が作用した場合の胴の組合せ一次応力	MPa
$\sigma_{21} \sim \sigma_{24}$	風荷重 (Z方向) が作用した場合の胴の組合せ一次+二次応力	MPa
σ_{25}, σ_{26}	風荷重 (X方向) が作用した場合の胴の組合せ一次+二次応力	MPa
σ_s	脚の組合せ応力の最大値	MPa
σ_{s1}, σ_{s2}	運転時質量による脚の圧縮応力, 曲げ応力	MPa

表5-6 ディーゼル発電機吸気フィルタの強度評価に用いる記号 (4/6)

記号	定義	単位
σ_{s3}, σ_{s4}	降下火砕物荷重及び積雪荷重による脚の圧縮応力, 曲げ応力	MPa
$\sigma_{s5} \sim \sigma_{s7}$	風荷重 (Z方向) による脚の圧縮応力, 曲げ応力	MPa
$\sigma_{s8} \sim \sigma_{s10}$	風荷重 (X方向) による脚の圧縮応力, 曲げ応力	MPa
σ_{sc}	脚の圧縮応力の和	MPa
σ_{sr}	脚の半径方向軸まわりの圧縮側曲げ応力の和	MPa
σ_{st}	脚の半径方向に直角な軸まわりの圧縮側曲げ応力の和	MPa
σ_{sx}	風荷重 (X方向) が作用した場合の脚の組合せ応力	MPa
$\sigma_{sz1}, \sigma_{sz2}$	風荷重 (Z方向) が作用した場合の脚の組合せ応力	MPa
σ_{x1}	静水頭又は内圧による胴の軸方向応力	MPa
$\sigma_{\phi1}$	静水頭又は内圧による胴の周方向応力	MPa
σ_{x2}	運転時質量による胴の軸方向応力	MPa
σ_{x3}	運転時質量により生じる鉛直方向モーメントによる胴の軸方向応力	MPa
$\sigma_{\phi3}$	運転時質量により生じる鉛直方向モーメントによる胴の周方向応力	MPa
σ_{x4}	運転時質量により生じる半径方向荷重による胴の軸方向応力	MPa
$\sigma_{\phi4}$	運転時質量により生じる半径方向荷重による胴の周方向応力	MPa
σ_{x5}	応力が作用した場合の転倒モーメントによる胴の軸方向応力	MPa
σ_{x7}	降下火砕物荷重及び積雪荷重による胴の軸方向応力	MPa
σ_{x8}	降下火砕物荷重及び積雪荷重により生じる鉛直方向モーメントによる胴の軸方向応力	MPa
$\sigma_{\phi8}$	降下火砕物荷重及び積雪荷重により生じる鉛直方向モーメントによる胴の周方向応力	MPa
σ_{x9}	降下火砕物荷重及び積雪荷重により生じる半径方向荷重による胴の軸方向応力	MPa
$\sigma_{\phi9}$	降下火砕物荷重及び積雪荷重により生じる半径方向荷重による胴の周方向応力	MPa
$\sigma_{\phi10}, \sigma_{x10}$	降下火砕物荷重及び積雪荷重により生じる鉛直方向モーメントによる胴の局部応力	MPa
$\sigma_{\phi11}, \sigma_{x11}$	降下火砕物荷重及び積雪荷重により生じる半径方向荷重による胴の局部応力	MPa
$\sigma_{x61}, \sigma_{x62}$	風荷重 (Z方向) が作用した場合の半径方向荷重による胴の軸方向応力	MPa

表5-6 ディーゼル発電機吸気フィルタの強度評価に用いる記号 (5/6)

記号	定義	単位
$\sigma_{\phi 61}, \sigma_{\phi 62}$	風荷重(Z方向)が作用した場合の半径方向荷重による胴の周方向応力	MPa
$\sigma_{x71}, \sigma_{x72}$	風荷重(Z方向)が作用した場合の鉛直方向モーメントによる胴の軸方向応力	MPa
$\sigma_{\phi 71}, \sigma_{\phi 72}$	風荷重(Z方向)が作用した場合の鉛直方向モーメントによる胴の周方向応力	MPa
$\sigma_{x81}, \sigma_{x82}$	風荷重(Z方向)が作用した場合の周方向モーメントによる胴の軸方向応力	MPa
$\sigma_{\phi 81}, \sigma_{\phi 82}$	風荷重(Z方向)が作用した場合の周方向モーメントによる胴の周方向応力	MPa
$\sigma_{x91}, \sigma_{x92}$	風荷重(X方向)が作用した場合の半径方向荷重による胴の軸方向応力	MPa
$\sigma_{\phi 91}, \sigma_{\phi 92}$	風荷重(X方向)が作用した場合の半径方向荷重による胴の周方向応力	MPa
$\sigma_{x101}, \sigma_{x102}$	風荷重(X方向)が作用した場合の鉛直方向モーメントによる胴の軸方向応力	MPa
$\sigma_{\phi 101}, \sigma_{\phi 102}$	風荷重(X方向)が作用した場合の鉛直方向モーメントによる胴の周方向応力	MPa
$\sigma_{x111}, \sigma_{x112}$	風荷重(X方向)が作用した場合の周方向モーメントによる胴の軸方向応力	MPa
$\sigma_{\phi 111}, \sigma_{\phi 112}$	風荷重(X方向)が作用した場合の周方向モーメントによる胴の周方向応力	MPa
$\sigma_{xx1}, \sigma_{xx2}$	風荷重(X方向)が作用した場合の胴の軸方向一次応力の和	MPa
$\sigma_{xx3}, \sigma_{xx4}$	風荷重(X方向)が作用した場合の胴の軸方向一次+二次応力の和	MPa
$\sigma_{xz1} \sim \sigma_{xz4}$	風荷重(Z方向)が作用した場合の胴の軸方向一次応力の和	MPa
$\sigma_{xz5} \sim \sigma_{xz8}$	風荷重(Z方向)が作用した場合の胴の軸方向一次+二次応力の和	MPa
$\sigma_{\phi x1}, \sigma_{\phi x2}$	風荷重(X方向)が作用した場合の胴の周方向一次応力の和	MPa
$\sigma_{\phi x3}, \sigma_{\phi x4}$	風荷重(X方向)が作用した場合の胴の周方向一次+二次応力の和	MPa
$\sigma_{\phi z1} \sim \sigma_{\phi z4}$	風荷重(Z方向)が作用した場合の胴の周方向一次応力の和	MPa

表5-6 ディーゼル発電機吸気フィルタの強度評価に用いる記号 (6/6)

記号	定義	単位
$\sigma_{\phi z 5} \sim \sigma_{\phi z 8}$	風荷重 (Z方向) が作用した場合の胴の周方向一次+二次応力の和	MPa
τ_3	風荷重 (Z方向) により胴の脚つけ根部に生じるねじりモーメントによるせん断応力	MPa
τ_6	風荷重 (X方向) により胴の脚つけ根部に生じるねじりモーメントによるせん断応力	MPa
τ_{c1}	風荷重 (Z方向) により胴の脚つけ根部に生じる周方向せん断応力	MPa
τ_{c4}	風荷重 (X方向) により胴の脚つけ根部に生じる周方向せん断応力	MPa
τ_{L1}	運転時質量により胴の脚つけ根部に生じる軸方向せん断応力	MPa
τ_{L2}	風荷重 (Z方向) により胴の脚つけ根部に生じる軸方向せん断応力	MPa
τ_{L3}	降下火砕物荷重及び積雪荷重により胴の脚つけ根部に生じる軸方向せん断応力	MPa
τ_{L5}	風荷重 (X方向) により胴の脚つけ根部に生じる軸方向せん断応力	MPa

b. 計算モデル

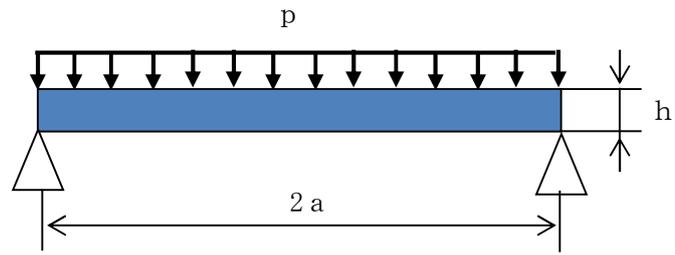


図 5-3 計算モデル図 (平板)

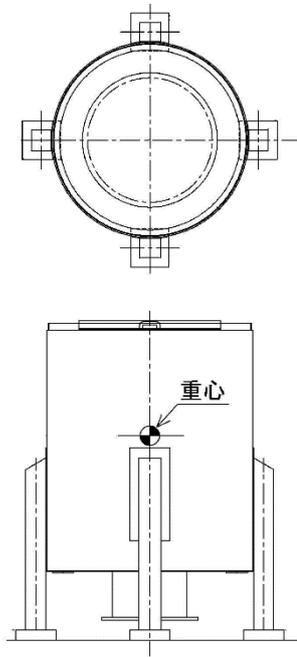


図 5-4 計算モデル図 (胴板及び支持脚)

c. 強度評価方法

(a) 平板の応力

鉛直荷重により平板に作用する最大曲げ応力 σ_{\max}

$$\sigma_{\max} = 1.24 \cdot \frac{p \cdot a^2}{h^2}$$

(b) 荷重の設定

水平力の釣合より

$$2 \cdot P_1 + 2 \cdot Q = F_0$$

転倒モーメントの釣合より

$$2 \cdot M_1 - 2 \cdot M_3 + 2 \cdot R_1 \cdot r_m = F_0(L_g - L)$$

ただし

$$r_m = (D_i + t) / 2$$

第1脚の水平方向変位量 Δ_{x1} 、傾き角 θ_1 、鉛直方向変位量 Δ_{y1} は次による。

$$\Delta_{x1} = \frac{P_1 \cdot L^3}{3E_s \cdot I_{st}} + \frac{P_1 \cdot L}{G_s \cdot A_{sr}} + \frac{(M_1 - R_1 \cdot u) L^2}{2E_s \cdot I_{st}}$$

ここで

$$u = \frac{L_c}{2} - r_m$$

$$\theta_1 = \frac{(M_1 - R_1 \cdot u) L}{E_s \cdot I_{st}} + \frac{P_1 \cdot L^2}{2E_s \cdot I_{st}}$$

$$\Delta_{y1} = \frac{R_1 \cdot L}{A_s \cdot E_s}$$

胴の半径方向局部変位量 Δ_{r1} と局部傾き角 θ_2 は次による。

$$\Delta_{r1} = \frac{K_r \cdot P_1}{r_m \cdot E}$$

$$\theta_2 = \frac{K_L \cdot M_1}{r_m^3 \cdot \beta_L^2 \cdot E}$$

ここで、 β_L は次による。

$$\beta_L = k_L \sqrt[3]{\beta_1 \cdot \beta_2^2}$$

$$\beta_1 = \frac{C_1}{r_m}$$

$$\beta_2 = \frac{C_2}{r_m}$$

第2脚の傾き角 θ_0 と水平方向変位量 Δ_{x3} は、次による。

$$\theta_0 = -\frac{M_3 \cdot L}{E_s \cdot I_{sr}} + \frac{Q \cdot L^2}{2E_s \cdot I_{sr}}$$

$$\Delta_{x3} = \frac{Q \cdot L^3}{3E_s \cdot I_{sr}} + \frac{Q \cdot L}{G_s \cdot A_{st}} - \frac{M_3 \cdot L^2}{2E_s \cdot I_{sr}}$$

第1脚と胴の傾き角の釣合より

$$\theta_1 + \theta_2 - \theta_0 = 0$$

第2脚のねじり角と局部傾き角は等しいことから

$$\theta_3 = \frac{(Q \cdot u - M_c)L}{G_s \cdot J_s} = \frac{K_c \cdot M_c}{r_m^3 \cdot \beta_c^2 \cdot E}$$

ここで、 β_c は次による。

$$\beta_c = k_c \sqrt[3]{\beta_1^2 \cdot \beta_2}$$

$$\beta_1 = \frac{C_1}{r_m}$$

$$\beta_2 = \frac{C_2}{r_m}$$

脚と胴の水平方向変位の釣合より

$$\Delta_{x1} + \Delta_{r1} = \Delta_{x3} + u \cdot \theta_3$$

さらに鉛直方向変位の釣合より

$$\Delta_{y1} - u \cdot \theta_1 - r_m \cdot \theta_0 = 0$$

式を代入して、

$$\frac{R_1 \cdot L}{A_s \cdot E_s} - \frac{u(M_1 - R_1 \cdot u)L}{E_s \cdot I_{st}} - \frac{u \cdot P_1 \cdot L^2}{2E_s \cdot I_{st}} + \frac{r_m \cdot M_3 \cdot L}{E_s \cdot I_{sr}} - \frac{r_m \cdot Q \cdot L^2}{2E_s \cdot I_{sr}} = 0$$

式を代入して

$$\frac{(M_1 - R_1 \cdot u)L}{E_s \cdot I_{st}} + \frac{P_1 \cdot L^2}{2E_s \cdot I_{st}} + \frac{K_L \cdot M_1}{r_m^3 \cdot \beta_1^2 \cdot E} + \frac{M_3 \cdot L}{E_s \cdot I_{sr}} - \frac{Q \cdot L^2}{2E_s \cdot I_{sr}} = 0$$

式を変形して

$$\frac{u \cdot Q \cdot L}{G_s \cdot J_s} - \frac{M_c \cdot L}{G_s \cdot J_s} - \frac{K_c \cdot M_c}{r_m^3 \cdot \beta_c^2 \cdot E} = 0$$

式を代入して

$$\begin{aligned} \frac{P_1 \cdot L^3}{3E_s \cdot I_{s_t}} + \frac{P_1 \cdot L}{G_s \cdot A_{s_r}} + \frac{(M_1 - R_1 \cdot u)L^2}{2E_s \cdot I_{s_t}} + \frac{K_r \cdot P_1}{r_m \cdot E} \\ - \frac{Q \cdot L^3}{3E_s \cdot I_{s_r}} - \frac{Q \cdot L}{G_s \cdot A_{s_t}} + \frac{M_3 \cdot L^2}{2E_s \cdot I_{s_r}} - \frac{u \cdot K_c \cdot M_c}{r_m^3 \cdot \beta_c^2 \cdot E} = 0 \end{aligned}$$

したがって、6 変数 P_1 , Q , R_1 , M_1 , M_3 , M_c に対して上記式を連立させることにより方程式ができる。

(c) 胴の応力計算

イ. 静水頭又は内圧による応力

ディーゼル発電機吸気フィルタに静水頭、内圧は発生しないため、 $\sigma_{\phi 1}$ 及び σ_x ₁は0となる。

ロ. 運転時質量及び降下火砕物と積雪荷重による応力

$$\sigma_{x 2} = \frac{m_0 \cdot g}{\pi (D_i + t) t}$$

$$\sigma_{x 7} = \frac{W_2 + W_3}{\pi (D_i + t) t}$$

ハ. 運転時質量による胴の脚つけ根部の応力

脚下端が固定の場合、軸力Rは次による。

$$R = \frac{m_0 \cdot g}{4}$$

脚下端が固定の場合の脚及び胴の変形を図 5-5 に示す。

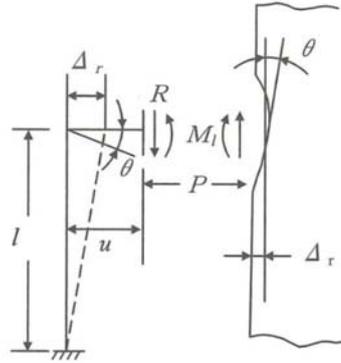


図 5-5 脚下端が固定されている場合の脚及び胴の変形

脚の半径方向変位量と胴の半径方向局部変位量は等しいことから

$$\Delta_r = \frac{-P \cdot L^3}{3 \cdot E_s \cdot I_{st}} + \frac{-P \cdot L}{G_s \cdot A_{sr}} + \frac{(R \cdot u - M_L)L^2}{2E_s \cdot I_{st}} = \frac{K_r \cdot P}{r_m \cdot E}$$

また、脚上端の傾き角と胴の局部傾き角は等しいことから

$$\theta = \frac{(R \cdot u - M_L)L}{E_s \cdot I_{st}} - \frac{P \cdot L^2}{2E_s \cdot I_{st}} = \frac{K_L \cdot M_L}{r_m^3 \cdot \beta_L^2 \cdot E}$$

したがって

$$M_L = \frac{\left(\frac{L^3}{12E_s \cdot I_{st}} + \frac{L}{G_s \cdot A_{sr}} + \frac{K_r}{r_m \cdot E} \right) m_0 \cdot g \cdot u \cdot L}{\left(\frac{L^3}{3E_s \cdot I_{st}} + \frac{L}{G_s \cdot A_{sr}} + \frac{K_r}{r_m \cdot E} \right) \left(\frac{L}{E_s \cdot I_{st}} + \frac{K_L}{r_m^3 \cdot \beta_L^2 \cdot E} \right) - \left(\frac{L^2}{2E_s \cdot I_{st}} \right)^2}$$

$$P = \frac{\frac{m_0 \cdot g}{4} u - M_L}{\frac{2E_s \cdot I_{st}}{L^3} + \frac{L}{G_s \cdot A_{sr}} + \frac{K_r}{r_m \cdot E}}$$

鉛直方向モーメント M_L により生じる胴の局部応力は、シェルパラメータ γ 及びアタッチメントパラメータ β によって参考文献の表より求めた値(以下*を付記する)を用いて次式により算定する。

$$\sigma_{\phi 3} = \left[\frac{N_{\phi}}{M_L / (r_m^2 \cdot \beta)} \right]^* \left(\frac{M_L}{r_m^2 \cdot t \cdot \beta_L} \right) C_L$$

$$\sigma_{x3} = \left[\frac{N_x}{M_L / (r_m^2 \cdot \beta)} \right]^* \left(\frac{M_L}{r_m^2 \cdot t \cdot \beta_L} \right) C_L$$

ここで,

$$r_m = (D_i + t) / 2$$

$$\gamma = r_m / t$$

$$\beta_1 = C_1 / r_m$$

$$\beta_2 = C_2 / r_m$$

$$\beta_L = \sqrt[3]{\beta_1 \cdot \beta_2^2}$$

$$\beta = \begin{cases} \left\{ 1 - \frac{1}{3} (\beta_1 / \beta_2 - 1) (1 - K_1^*) \right\} \sqrt{\beta_1 \cdot \beta_2} & (\beta_1 / \beta_2 \geq 1) \\ \left\{ 1 - \frac{4}{3} (1 - \beta_1 / \beta_2) (1 - K_2^*) \right\} \sqrt{\beta_1 \cdot \beta_2} & (\beta_1 / \beta_2 < 1) \end{cases}$$

半径方向荷重 P により生じる胴の局部応力は、次による。

$$\sigma_{\phi 4} = \left[\frac{N_{\phi}}{P / r_m} \right]^* \left(\frac{P}{r_m \cdot t} \right)$$

$$\sigma_{x 4} = \left[\frac{N_x}{P / r_m} \right]^* \left(\frac{P}{r_m \cdot t} \right)$$

反力 R によるせん断応力は、次による。

$$\tau_{L 1} = \frac{R}{4 C_2 \cdot t}$$

ニ. 風荷重による胴の曲げ応力

$$\sigma_{x 5} = \frac{W_1 (L_g - L) (D_i + 2 t)}{2 I}$$

ホ. Z 方向荷重による胴の脚つけ根部の応力

(イ) 一次応力

半径方向荷重 P₁ により生じる胴の局部応力は、次による。

$$\sigma_{\phi 6 1} = \left[\frac{N_{\phi}}{P_1 / r_m} \right]^* \left(\frac{P_1}{r_m \cdot t} \right)$$

$$\sigma_{x61} = \left[\frac{N_x}{P_1 / r_m} \right]^* \left(\frac{P_1}{r_m \cdot t} \right)$$

鉛直方向曲げモーメント M_1 により生じる胴の局部応力は、次による。

$$\sigma_{\phi 71} = \left[\frac{N_\phi}{M_1 / (r_m^2 \cdot \beta)} \right]^* \left(\frac{M_1}{r_m^2 \cdot t \cdot \beta_L} \right) C_L$$

$$\sigma_{x 71} = \left[\frac{N_x}{M_1 / (r_m^2 \cdot \beta)} \right]^* \left(\frac{M_1}{r_m^2 \cdot t \cdot \beta_L} \right) C_L$$

周方向曲げモーメント M_c により生じる胴の局部応力は、次による。

$$\sigma_{\phi 81} = \left[\frac{N_\phi}{M_c / (r_m^2 \cdot \beta)} \right]^* \left(\frac{M_c}{r_m^2 \cdot t \cdot \beta_c} \right) C_c$$

$$\sigma_{x 81} = \left[\frac{N_x}{M_c / (r_m^2 \cdot \beta)} \right]^* \left(\frac{M_c}{r_m^2 \cdot t \cdot \beta_c} \right) C_c$$

ここで、 β_c は次式による。

$$\beta_c = \sqrt[3]{\beta_1^2 \cdot \beta_2}$$

周方向せん断力 Q によるせん断応力は、次による。

$$\tau_{c1} = \frac{Q}{4C_1 \cdot t}$$

鉛直方向せん断力 R_1 によるせん断応力は、次による。

$$\tau_{L2} = \frac{R_1}{4C_2 \cdot t}$$

ねじりモーメント M_3 により生じる胴の局部せん断応力は、次による。

$$\tau_3 = \frac{M_3}{2\pi \cdot C_1^2 \cdot t}$$

(ロ) 二次応力

半径方向荷重 P_1 により生じる胴の局部曲げ応力は、次による。

$$\sigma_{\phi 62} = \left[\frac{M_\phi}{P_1} \right]^* \left(\frac{6P_1}{t^2} \right)$$

$$\sigma_{x62} = \left[\frac{M_x}{P_1} \right]^* \left(\frac{6P_1}{t^2} \right)$$

鉛直方向曲げモーメント M_1 により生じる胴の局部曲げ応力は、次による。

$$\sigma_{\phi 72} = \left[\frac{M_\phi}{M_1 / (r_m \cdot \beta)} \right]^* \left(\frac{6M_1}{r_m \cdot t^2 \cdot \beta_L} \right)$$

$$\sigma_{x72} = \left[\frac{M_x}{M_1 / (r_m \cdot \beta)} \right]^* \left(\frac{6M_1}{r_m \cdot t^2 \cdot \beta_L} \right)$$

周方向曲げモーメント M_c により生じる胴の局部曲げ応力は、次による。

$$\sigma_{\phi 82} = \left[\frac{M_\phi}{M_c / (r_m \cdot \beta)} \right]^* \left(\frac{6M_c}{r_m \cdot t^2 \cdot \beta_c} \right)$$

$$\sigma_{x82} = \left[\frac{M_x}{M_c / (r_m \cdot \beta)} \right]^* \left(\frac{6M_c}{r_m \cdot t^2 \cdot \beta_c} \right)$$

へ. X方向荷重による胴の脚つけ根部の応力

(イ) 一次応力

半径方向荷重 P_1 により生じる胴の局部応力は、次による。

$$\sigma_{\phi 91} = \sigma_{\phi 61} / \sqrt{2}$$

$$\sigma_{x91} = \sigma_{x61} / \sqrt{2}$$

鉛直方向曲げモーメント M_1 により生じる胴の局部応力は、次による。

$$\sigma_{\phi 101} = \sigma_{\phi 71} / \sqrt{2}$$

$$\sigma_{x101} = \sigma_{x71} / \sqrt{2}$$

周方向曲げモーメント M_c により生じる胴の局部応力は、次による。

$$\sigma_{\phi 111} = \sigma_{\phi 81} / \sqrt{2}$$

$$\sigma_{x111} = \sigma_{x81} / \sqrt{2}$$

周方向せん断力 Q によるせん断応力は、次による。

$$\tau_{c4} = \tau_{c1} / \sqrt{2}$$

鉛直方向せん断力 R_1 によるせん断応力は、次による。

$$\tau_{L5} = \tau_{L2} / \sqrt{2}$$

ねじりモーメント M_3 により生じる胴の局部せん断応力は、次による。

$$\tau_6 = \tau_3 / \sqrt{2}$$

(ロ) 二次応力

半径方向荷重 P_1 により生じる胴の局部曲げ応力は、次による。

$$\sigma_{\phi 92} = \sigma_{\phi 62} / \sqrt{2}$$

$$\sigma_{x 92} = \sigma_{x 62} / \sqrt{2}$$

鉛直方向曲げモーメント M_1 により生じる胴の局部応力は、次による。

$$\sigma_{\phi 102} = \sigma_{\phi 72} / \sqrt{2}$$

$$\sigma_{x 102} = \sigma_{x 72} / \sqrt{2}$$

周方向曲げモーメント M_c により生じる胴の局部応力は、次による。

$$\sigma_{\phi 112} = \sigma_{\phi 82} / \sqrt{2}$$

$$\sigma_{x 112} = \sigma_{x 82} / \sqrt{2}$$

ト. 降下火砕物と積雪荷重による胴の脚つけ根部の応力

脚下端を固定する場合の軸力 R_2 、胴の脚つけ根部の鉛直方向モーメント M_{L2} 及び半径方向荷重 P_2 は、次による。

$$R_2 = \frac{W_2 + W_3}{4}$$

$$M_{L2} = \frac{\left(\frac{L^3}{12E_s \cdot I_{st}} + \frac{L}{G_s \cdot A_{sr}} + \frac{K_r}{r_m \cdot E} \right) \frac{R_2 \cdot u \cdot L}{E_s \cdot I_{st}}}{\left(\frac{L^3}{3E_s \cdot I_{st}} + \frac{L}{G_s \cdot A_{sr}} + \frac{K_r}{r_m \cdot E} \right) \left(\frac{L}{E_s \cdot I_{st}} + \frac{K_L}{r_m^3 \cdot \beta_L^2 \cdot E} \right) - \left(\frac{L^2}{2E_s \cdot I_{st}} \right)^2}$$

$$P_2 = \frac{\frac{R_2 \cdot u - M_{L2} L^2}{2E_s \cdot I_{st}}}{\frac{L^3}{3E_s \cdot I_{st}} + \frac{L}{G_s \cdot A_{sr}} + \frac{K_r}{r_m \cdot E}}$$

(イ) 一次応力

鉛直方向曲げモーメント M_{L2} により生じる胴の局部曲げ応力は、次による。

$$\sigma_{\phi 8} = \left[\frac{N_{\phi}}{M_{L2}/(r_m^2 \cdot \beta)} \right]^* \left(\frac{M_{L2}}{r_m^2 \cdot t \cdot \beta_L} \right) C_L$$

$$\sigma_{x8} = \left[\frac{N_x}{M_{L2}/(r_m^2 \cdot \beta)} \right]^* \left(\frac{M_{L2}}{r_m^2 \cdot t \cdot \beta_L} \right) C_L$$

半径方向荷重 P_2 により生じる胴の局部応力は、次による。

$$\sigma_{\phi 9} = \left[\frac{N_{\phi}}{P_2/r_m} \right]^* \left(\frac{P_2}{r_m \cdot t} \right)$$

$$\sigma_{x9} = \left[\frac{N_x}{P_2/r_m} \right]^* \left(\frac{P_2}{r_m \cdot t} \right)$$

(ロ) 二次応力

鉛直方向曲げモーメント M_{L2} により生じる胴の局部応力は次による。

$$\sigma_{\phi 10} = \left[\frac{M_{\phi}}{M_{L2}/(r_m \cdot \beta)} \right]^* \left(\frac{6M_{L2}}{r_m \cdot t^2 \cdot \beta_L} \right)$$

$$\sigma_{x10} = \left[\frac{M_x}{M_{L2}/(r_m \cdot \beta)} \right]^* \left(\frac{6M_{L2}}{r_m \cdot t^2 \cdot \beta_L} \right)$$

半径方向荷重 P_2 により生じる胴の局部応力は、次による。

$$\sigma_{\phi 11} = \left[\frac{M_{\phi}}{P_2} \right]^* \left(\frac{6P_2}{t^2} \right)$$

$$\sigma_{x11} = \left[\frac{M_x}{P_2} \right]^* \left(\frac{6P_2}{t^2} \right)$$

せん断応力は、次による。

$$\tau_{L3} = \frac{R_2}{4C_2 \cdot t}$$

チ. 組合せ応力

イ.～ト. 項によって算出される脚つけ根部に生じる胴の応力は、次により組み合わせる。

(イ) 一次一般膜応力

$$\sigma_{0\phi} = \sigma_{\phi 1}$$

$$\sigma_{0x} = \sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \sigma_{x5} + \sigma_{x7}$$

$$\sigma_0 = \max[\sigma_{0\phi}, \sigma_{0x}]$$

(ロ) 一次応力 (膜+曲げ)

【Z方向荷重が作用した場合】

・第1脚つけ根部

(第1評価点)

$$\sigma_{\phi z 1} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 3} + \sigma_{\phi 4} + \sigma_{\phi 8} + \sigma_{\phi 9} + \sigma_{\phi 6 1} + \sigma_{\phi 7 1}$$

$$\sigma_{x z 1} = \sigma_{x 1} + \sigma_{x 2} + \sigma_{x 3} + \sigma_{x 4} + \sigma_{x 5} + \sigma_{x 7} + \sigma_{x 8} + \sigma_{x 9} + \sigma_{x 6 1} + \sigma_{x 7 1}$$

$$\sigma_{1 1} = \frac{1}{2} \left\{ \sigma_{\phi z 1} + \sigma_{x z 1} + \sqrt{(\sigma_{\phi z 1} - \sigma_{x z 1})^2} \right\}$$

(第2評価点)

$$\sigma_{\phi z 2} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 4} + \sigma_{\phi 9} + \sigma_{\phi 6 1}$$

$$\sigma_{x z 2} = \sigma_{x 1} + \sigma_{x 2} + \sigma_{x 4} + \sigma_{x 5} + \sigma_{x 7} + \sigma_{x 9} + \sigma_{x 6 1}$$

$$\sigma_{1 2} = \frac{1}{2} \left\{ \sigma_{\phi z 2} + \sigma_{x z 2} + \sqrt{(\sigma_{\phi z 2} - \sigma_{x z 2})^2 + 4(\tau_{L 1} + \tau_{L 2} + \tau_{L 3})^2} \right\}$$

・第2脚つけ根部

(第1評価点)

$$\sigma_{\phi z 3} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 3} + \sigma_{\phi 4} + \sigma_{\phi 8} + \sigma_{\phi 9}$$

$$\sigma_{x z 3} = \sigma_{x 1} + \sigma_{x 2} + \sigma_{x 3} + \sigma_{x 4} + \sigma_{x 7} + \sigma_{x 8} + \sigma_{x 9}$$

$$\sigma_{1 3} = \frac{1}{2} \left\{ \sigma_{\phi z 3} + \sigma_{x z 3} + \sqrt{(\sigma_{\phi z 3} - \sigma_{x z 3})^2 + 4(\tau_{c 1} + \tau_3)^2} \right\}$$

(第2評価点)

$$\sigma_{\phi z 4} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 4} + \sigma_{\phi 9} + \sigma_{\phi 8 1}$$

$$\sigma_{x z 4} = \sigma_{x 1} + \sigma_{x 2} + \sigma_{x 4} + \sigma_{x 7} + \sigma_{x 9} + \sigma_{x 8 1}$$

$$\sigma_{1 4} = \frac{1}{2} \left\{ \sigma_{\phi z 4} + \sigma_{x z 4} + \sqrt{(\sigma_{\phi z 4} - \sigma_{x z 4})^2 + 4(\tau_{L 1} + \tau_3 + \tau_{L 3})^2} \right\}$$

【X方向荷重及び降下火砕物荷重，積雪荷重が作用した場合】

(第1評価点)

$$\sigma_{\phi x 1} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 3} + \sigma_{\phi 4} + \sigma_{\phi 8} + \sigma_{\phi 9} + \sigma_{\phi 9 1} + \sigma_{\phi 10 1}$$

$$\sigma_{x x 1} = \sigma_{x 1} + \sigma_{x 2} + \sigma_{x 3} + \sigma_{x 4} + \sigma_{x 5} + \sigma_{x 7} + \sigma_{x 8} + \sigma_{x 9} + \sigma_{x 9 1} + \sigma_{x 1 0 1}$$

$$\sigma_{1 5} = \frac{1}{2} \left\{ \sigma_{\phi x 1} + \sigma_{x x 1} + \sqrt{(\sigma_{\phi x 1} - \sigma_{x x 1})^2 + 4(\tau_{c 4} + \tau_6)^2} \right\}$$

(第2 評価点)

$$\sigma_{\phi x 2} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 4} + \sigma_{\phi 9} + \sigma_{\phi 9 1} + \sigma_{\phi 1 1 1}$$

$$\sigma_{x x 2} = \sigma_{x 1} + \sigma_{x 2} + \sigma_{x 4} + \sigma_{x 5} + \sigma_{x 7} + \sigma_{x 9} + \sigma_{x 9 1} + \sigma_{x 1 1 1}$$

$$\sigma_{1 6} = \frac{1}{2} \left\{ \sigma_{\phi x 2} + \sigma_{x x 2} + \sqrt{(\sigma_{\phi x 2} - \sigma_{x x 2})^2 + 4(\tau_{L 1} + \tau_{L 5} + \tau_6 + \tau_{L 3})^2} \right\}$$

$$\sigma_1 = \max[\sigma_{1 1}, \sigma_{1 2}, \sigma_{1 3}, \sigma_{1 4}, \sigma_{1 5}, \sigma_{1 6}]$$

(ハ) 組合せ一次+二次応力

【Z方向荷重及び降下火砕物荷重，積雪荷重が作用した場合】

・第1 脚つけ根部

(第1 評価点)

$$\sigma_{\phi z 5} = \sigma_{\phi 8} + \sigma_{\phi 9} + \sigma_{\phi 1 0} + \sigma_{\phi 1 1} + \sigma_{\phi 6 1} + \sigma_{\phi 6 2} + \sigma_{\phi 7 1} + \sigma_{\phi 7 2}$$

$$\sigma_{x z 5} = \sigma_{x 7} + \sigma_{x 8} + \sigma_{x 9} + \sigma_{x 1 0} + \sigma_{x 1 1} + \sigma_{x 5} + \sigma_{x 6 1} + \sigma_{x 6 2} + \sigma_{x 7 1} + \sigma_{x 7 2}$$

$$\sigma_{2 1} = \sigma_{\phi z 5} + \sigma_{x z 5} + \sqrt{(\sigma_{\phi z 5} - \sigma_{x z 5})^2}$$

(第2 評価点)

$$\sigma_{\phi z 6} = \sigma_{\phi 9} + \sigma_{\phi 1 1} + \sigma_{\phi 6 1} + \sigma_{\phi 6 2}$$

$$\sigma_{x z 6} = \sigma_{x 7} + \sigma_{x 9} + \sigma_{x 1 1} + \sigma_{x 5} + \sigma_{x 6 1} + \sigma_{x 6 2}$$

$$\sigma_{2 2} = \sigma_{\phi z 6} + \sigma_{x z 6} + \sqrt{(\sigma_{\phi z 6} - \sigma_{x z 6})^2 + 4(\tau_{L 2} + \tau_{L 3})^2}$$

・第2 脚つけ根部

(第1 評価点)

$$\sigma_{\phi z 7} = \sigma_{\phi 8} + \sigma_{\phi 9} + \sigma_{\phi 1 0} + \sigma_{\phi 1 1}$$

$$\sigma_{x z 7} = \sigma_{x 7} + \sigma_{x 8} + \sigma_{x 9} + \sigma_{x 1 0} + \sigma_{x 1 1}$$

$$\sigma_{2 3} = \sigma_{\phi z 7} + \sigma_{x z 7} + \sqrt{(\sigma_{\phi z 7} - \sigma_{x z 7})^2 + 4(\tau_{c 1} + \tau_3)^2}$$

(第2 評価点)

$$\sigma_{\phi z 8} = \sigma_{\phi 9} + \sigma_{\phi 1 1} + \sigma_{\phi 8 1} + \sigma_{\phi 8 2}$$

$$\sigma_{xz8} = \sigma_{x7} + \sigma_{x9} + \sigma_{x11} + \sigma_{x81} + \sigma_{x82}$$

$$\sigma_{24} = \sigma_{\phi z8} + \sigma_{xz8} + \sqrt{(\sigma_{\phi z8} - \sigma_{xz8})^2 + 4(\tau_3 + \tau_{L3})^2}$$

【X方向荷重が作用した場合】

(第1評価点)

$$\sigma_{\phi x3} = \sigma_{\phi 8} + \sigma_{\phi 9} + \sigma_{\phi 10} + \sigma_{\phi 11} + \sigma_{\phi 91} + \sigma_{\phi 101} + \sigma_{\phi 92} + \sigma_{\phi 102}$$

$$\sigma_{xx3} = \sigma_{x7} + \sigma_{x8} + \sigma_{x9} + \sigma_{x10} + \sigma_{x11} + \sigma_{x5} + \sigma_{x91} + \sigma_{x101} + \sigma_{x92} + \sigma_{x102}$$

$$\sigma_{25} = \sigma_{\phi x3} + \sigma_{xx3} + \sqrt{(\sigma_{\phi x3} - \sigma_{xx3})^2 + 4(\tau_{c4} + \tau_6)^2}$$

(第2評価点)

$$\sigma_{\phi x4} = \sigma_{\phi 9} + \sigma_{\phi 11} + \sigma_{\phi 91} + \sigma_{\phi 92} + \sigma_{\phi 111} + \sigma_{\phi 112}$$

$$\sigma_{xx4} = \sigma_{x7} + \sigma_{x9} + \sigma_{x11} + \sigma_{x5} + \sigma_{x91} + \sigma_{x92} + \sigma_{x111} + \sigma_{x112}$$

$$\sigma_{26} = \sigma_{\phi x4} + \sigma_{xx4} + \sqrt{(\sigma_{\phi x4} - \sigma_{xx4})^2 + 4(\tau_{L5} + \tau_6 + \tau_{L3})^2}$$

$$\sigma_2 = \max[\sigma_{21}, \sigma_{22}, \sigma_{23}, \sigma_{24}, \sigma_{25}, \sigma_{26}]$$

(c) 脚の応力計算

イ. 運転時質量による応力

$$\sigma_{s1} = \frac{R}{A_s}$$

$$\sigma_{s2} = \frac{\max[|R \cdot u - M_L - P \cdot L|, |R \cdot u - M_L|]}{Z_{st}}$$

ロ. 降下火砕物荷重, 積雪荷重による応力

$$\sigma_{s3} = \frac{R_2}{A_s}$$

$$\sigma_{s4} = \frac{\max[|R_2 \cdot u - M_{L2} - P_2 \cdot L|, |R_2 \cdot u - M_{L2}|]}{Z_{st}}$$

ハ. 風荷重 (Z方向) による応力

(イ) 第1脚

$$\sigma_{s5} = \frac{R_1}{A_s}$$

$$\sigma_{s6} = \frac{\max\left[|R_1 \cdot u - M_1 - P_1 \cdot L|, |R_1 \cdot u - M_1|\right]}{Z_{st}}$$

(ロ) 第2脚

$$\sigma_{s7} = \frac{\max\left[|Q \cdot L - M_3|, |M_3|\right]}{Z_{sr}}$$

(ハ) X方向荷重による応力

$$\sigma_{s8} = \frac{R_1}{\sqrt{2} \cdot A_s}$$

$$\sigma_{s9} = \frac{\max\left[|R_1 \cdot u - M_1 - P_1 \cdot L|, |R_1 \cdot u - M_1|\right]}{\sqrt{2} \cdot Z_{st}}$$

$$\sigma_{s10} = \frac{\max\left[|Q \cdot L - M_3|, |M_3|\right]}{\sqrt{2} \cdot Z_{sr}}$$

二. 組合せ応力

脚の最大応力は、下記式による。

(イ) Z方向荷重及び降下火砕物荷重、積雪荷重が作用した場合

- 第1脚

$$\sigma_{sz1} = \sigma_{s1} + \sigma_{s2} + \sigma_{s3} + \sigma_{s4} + \sigma_{s5} + \sigma_{s6}$$

- 第2脚

$$\sigma_{sz2} = \sigma_{s1} + \sigma_{s2} + \sigma_{s3} + \sigma_{s4} + \sigma_{s7}$$

(ロ) X方向荷重が作用した場合

$$\sigma_{sx} = \sigma_{s1} + \sigma_{s2} + \sigma_{s3} + \sigma_{s4} + \sigma_{s8} + \sigma_{s9} + \sigma_{s10}$$

$$\sigma_s = \max[\sigma_{sz1}, \sigma_{sz2}, \sigma_{sx}]$$

ホ. 組合せ圧縮応力

(イ) Z方向荷重が作用した場合

- 第1脚

$$\sigma_{sc} = \sigma_{s1} + \sigma_{s3} + \sigma_{s5}$$

$$\sigma_{st} = \sigma_{s2} + \sigma_{s4} + \sigma_{s6}$$

$$\sigma_{s r} = 0$$

• 第2脚

$$\sigma_{s c} = \sigma_{s 1} + \sigma_{s 3}$$

$$\sigma_{s t} = \sigma_{s 2} + \sigma_{s 4}$$

$$\sigma_{s r} = \sigma_{s 7}$$

(ロ) X方向荷重が作用した場合

$$\sigma_{s c} = \sigma_{s 1} + \sigma_{s 3} + \sigma_{s 8}$$

$$\sigma_{s t} = \sigma_{s 2} + \sigma_{s 4} + \sigma_{s 9}$$

$$\sigma_{s r} = \sigma_{s 10}$$

圧縮と曲げの組合せについて、座屈評価用の式を次式より求める。

$$\frac{\sigma_{s r}}{f_{b r}} + \frac{\sigma_{s t}}{f_{b t}} + \frac{\sigma_{s c}}{f_c} \leq 1$$

5.2 建屋

(1) 評価条件

建屋の強度評価を行う場合、以下の条件に従うものとする。

- a. 建屋の強度評価において、屋根及び耐震壁は、応答解析モデルを用い評価する。
- b. 建屋の強度評価において、屋根の評価は、降下火砕物等堆積による鉛直荷重を短期荷重として評価する。
- c. 降下火砕物等堆積による鉛直荷重として 7565 N/m^2 、風荷重については基準風速 30 m/s を考慮する。
- d. 風荷重の算出は、建屋の形状を考慮して算出した風力係数及び受圧面積に基づき実施し、受圧面積算定において、隣接する建屋の遮断効果による面積の低減は考慮しない。
- e. 水平方向の風荷重が作用した場合、屋根に対し鉛直上向きの荷重が働き下向き荷重は低減されるため、屋根面の評価においては、保守的に水平方向の風荷重は考慮しない。

(2) 評価対象部位

評価対象部位及び評価内容を表 5-7 に示す。

表 5-7 評価対象部位及び評価内容

評価対象部位	応力等の状態
屋根	曲げ, せん断
耐震壁	変形

(3) 強度評価方法

a. 記号の定義

建屋の強度評価に用いる記号を表 5-8 に示す。

表 5-8 建屋の強度評価に用いる記号

記号	単位	定義
F_d	N/m^2	固定荷重
F_l	N/m^2	積載荷重
F_s	N/m^2	積雪荷重
F_v	N/m^2	降下火砕物堆積による鉛直荷重
W	N	風荷重

b. 屋根の応力計算

応答解析モデルを用いて、屋根に作用する固定荷重 F_d 、積載荷重 F_l 、積雪荷重 F_s 、降下火砕物堆積等による鉛直荷重 F_v により屋根に発生する応力を求める。

c. 耐震壁の応力計算

応答解析モデルを用いて、風荷重 W により耐震壁に発生するせん断ひずみを求める。

6. 適用規格

V-1-1-2-4-1 においては，降下火砕物の影響を考慮する施設の設計に係る適用規格を示している。

これらのうち，各対象施設の強度評価に用いる規格，基準等を以下に示す。

- (1) 建築基準法及び同施行令
- (2) 茨城県建築基準法等施行細則（昭和 45 年 3 月 9 日茨城県規則第 9 号）
- (3) 鋼構造設計規準－許容応力度設計法－（（社）日本建築学会，2005）
- (4) 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）
- (5) 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）
- (6) 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1-1987（（社）日本電気協会）
- (7) 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1・捕-1984（（社）日本電気協会）
- (8) 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1-1991 追補版（（社）日本電気協会）
- (9) 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 J S M E S N C 1-2005/2007（（社）日本機械学会）
- (10) 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 2015）