

| | |
|-------------------|---------------------|
| 島根原子力発電所第2号機 審査資料 | |
| 資料番号 | NS2-添 3-013-11 改 02 |
| 提出年月日 | 2022年12月19日 |

VI-3-別添 1-11 空調換気設備の強度計算書

2022年12月

中国電力株式会社

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

目 次

| | |
|----------------|----|
| 1. 概要 | 1 |
| 2. 基本方針 | 2 |
| 2.1 位置 | 2 |
| 2.2 構造概要 | 3 |
| 2.3 評価方針 | 6 |
| 2.4 適用規格・基準等 | 11 |
| 3. 強度評価方法 | 12 |
| 3.1 記号の定義 | 12 |
| 3.2 評価対象部位 | 18 |
| 3.3 荷重及び荷重の組合せ | 22 |
| 3.4 許容限界 | 24 |
| 3.5 評価方法 | 30 |
| 4. 評価条件 | 41 |
| 5. 強度評価結果 | 45 |

1. 概要

本資料は、VI-3-別添 1-1「竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に示すとおり、ダンパ、角ダクト、丸ダクト、隔離弁、送風機及び処理装置が竜巻時及び竜巻通過後においても、主要な構造部材が構造健全性を保持し、その施設の機能を維持することを確認するものである。

2. 基本方針

VI-3-別添 1-1 「竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「3.2 機能維持の方針」, 「4. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界」及び「5. 強度評価方法」に示す構造計画を踏まえ, ダンパ, 角ダクト, 丸ダクト, 隔離弁, 送風機及び処理装置の「2.1 位置」, 「2.2 構造概要」, 「2.3 評価方針」及び「2.4 適用規格」を示す。

2.1 位置

VI-3-別添 1-1 「竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「3.2 機能維持の方針」に示すとおり, ダンパ, 角ダクト, 丸ダクト, 隔離弁, 送風機及び処理装置は, 図2-1に示す十分な強度を有する原子炉建物及び廃棄物処理建物内に設置する。

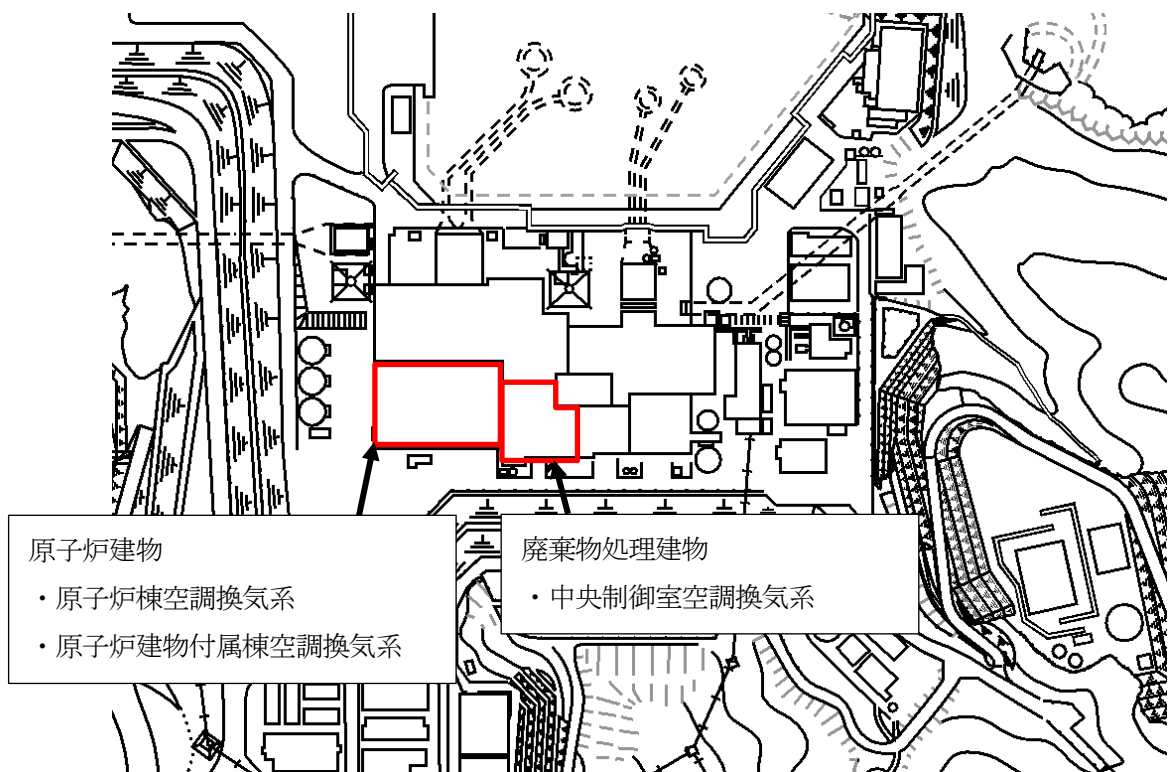


図2-1 ダンパ, 角ダクト, 丸ダクト, 隔離弁, 送風機及び処理装置の位置図

2.2 構造概要

VI-3-別添 1-1「竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「3.2 機能維持の方針」に示す構造計画のとおり、換気空調設備の構造を設定している。

ダンパ、角ダクト、丸ダクト、隔離弁、送風機及び処理装置の構造を以下に示す。

(1) ダンパ

ダンパは、外板、羽根及びシャフトで構成され、接続ダクトにより支持する構造とする。ダンパの概略構造図を図2-2に示す。

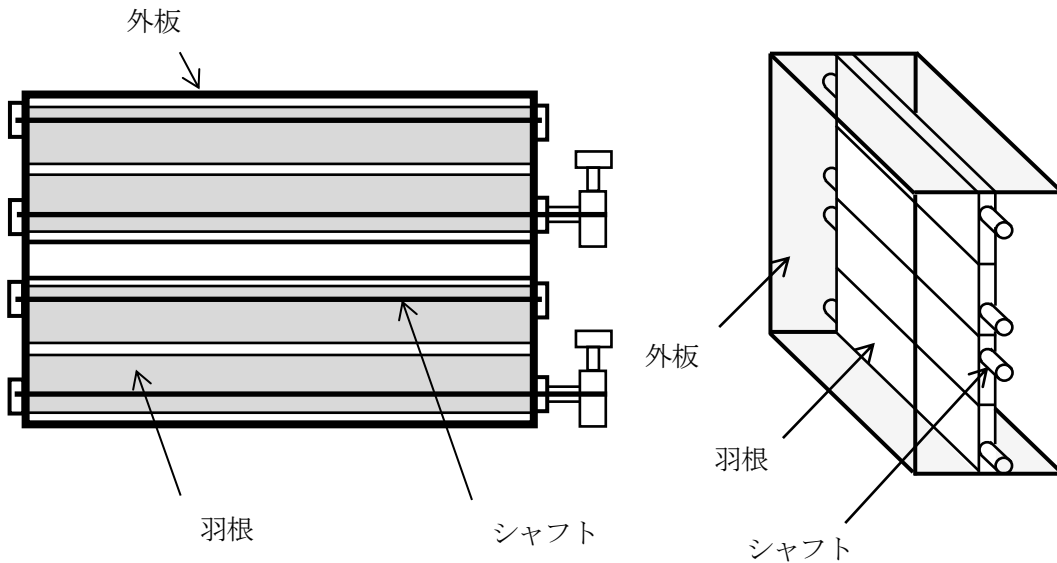


図2-2 ダンパの概略構造図

(2) 角ダクト及び丸ダクト

角ダクト及び丸ダクトは、ダクト鋼板で構成され、支持構造物により建物壁、床、はり等から支持する構造とする。角ダクトの概略構造図を図2-3に、丸ダクトの概略構造図を図2-4に示す。

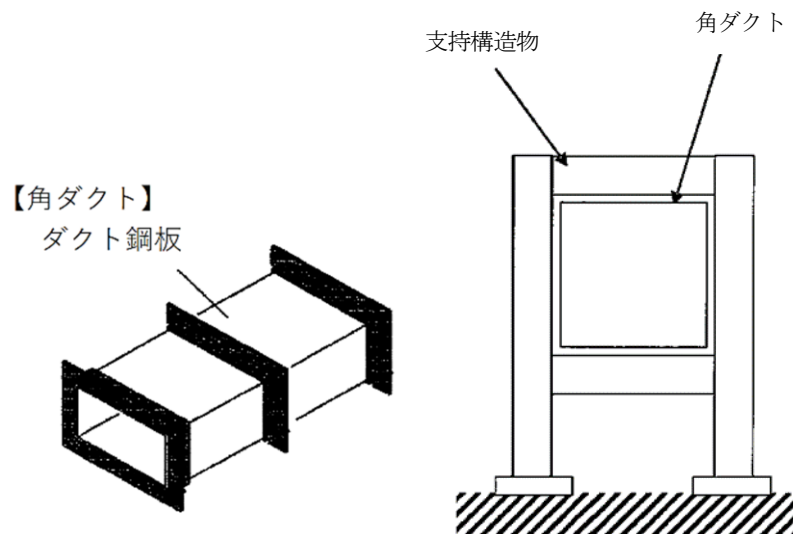


図2-3 角ダクトの概略構造図

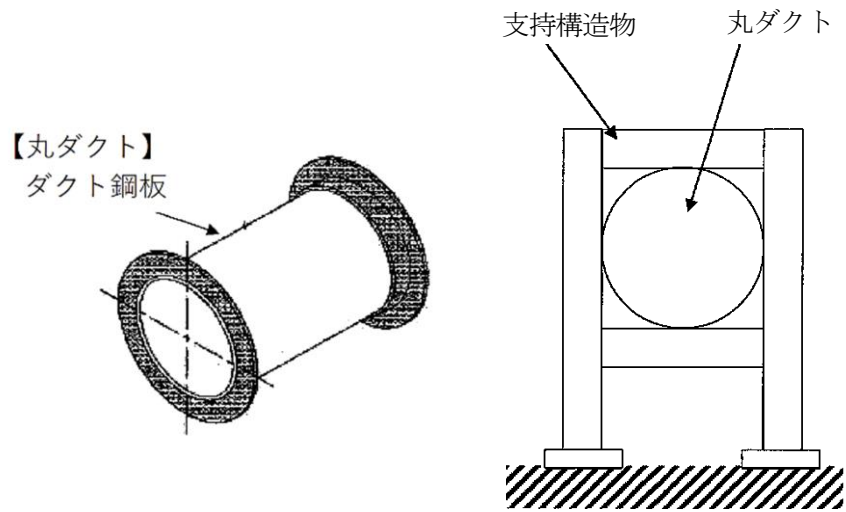


図 2-4 丸ダクトの概略構造図

(3) 隔離弁

隔離弁は、鋼製の弁箱、弁体及び弁棒で構成され、接続ダクトにより支持する構造とする。隔離弁の概略構造図を図 2-5 に示す。

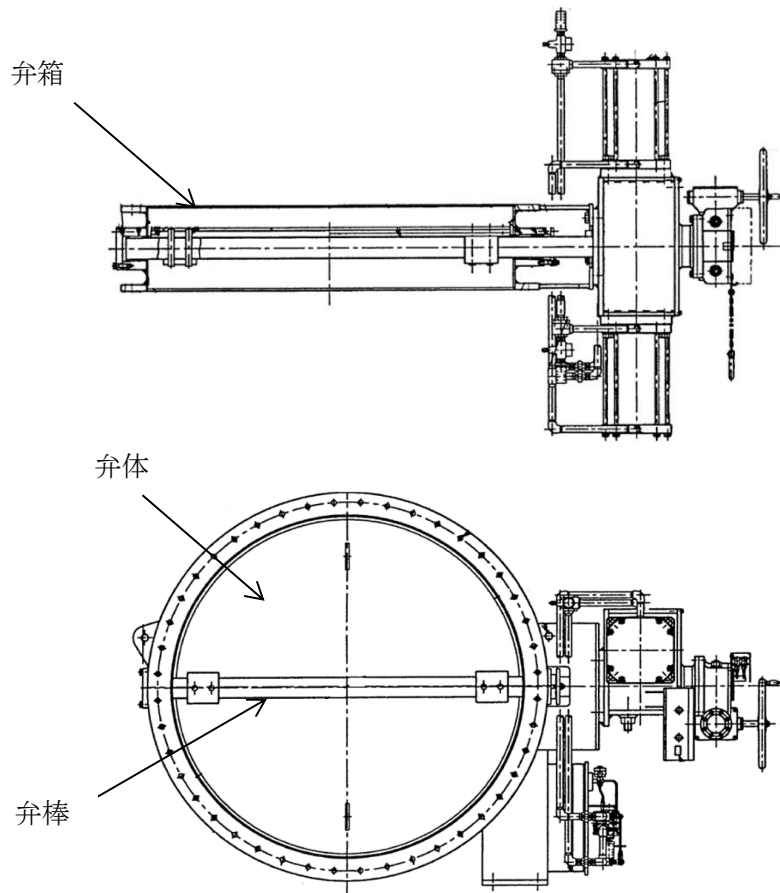


図 2-5 隔離弁の概略構造図

(4) 送風機

送風機は風路を形成するケーシング、空気を送り込む羽根車及び羽根車を支持する主軸で構成され、支持構造物で床面等に支持する構造とする。送風機の概略構造図を図 2-6 に示す。

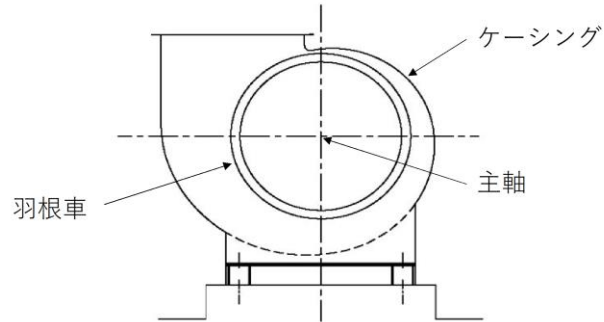


図 2-6 送風機の概略構造図

(5) 処理装置

処理装置は風路を形成するケーシング、ケーシングを固定するはり及び長柱で構成され、支持構造物で床面等に支持する構造とする。処理装置の概要図を図 2-7 に示す。

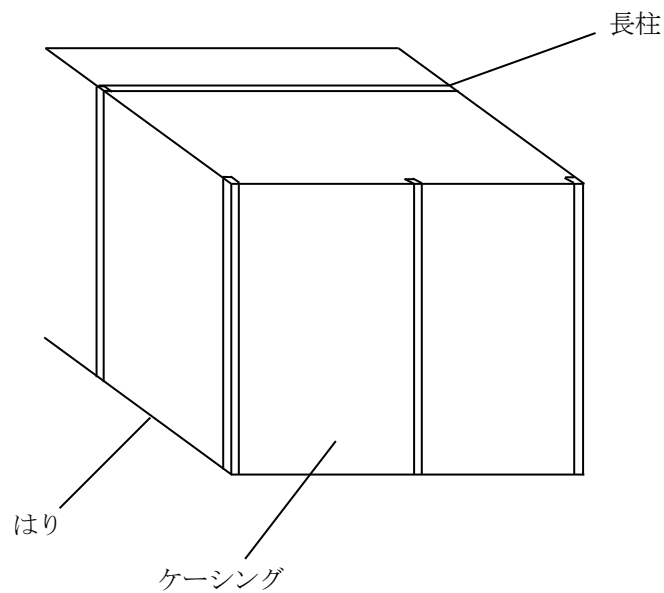


図 2-7 処理装置の概略構造図

2.3 評価方針

換気空調設備の強度評価は、VI-3-別添 1-1「竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界」を踏まえ、ダンパ、角ダクト、丸ダクト、隔離弁、送風機及び処理装置の評価対象部位に生じる応力等が許容限界に収まることを「3. 強度評価方法」に示す方法により、「4. 評価条件」に示す条件を用いて計算し、その結果を「5. 強度評価結果」に示す。

評価対象部位は、その構造を踏まえ、設計竜巻による荷重とこれに組み合わせる荷重（以下「設計荷重」という。）の作用方向及び伝達過程を考慮し、選定する。

(1) 構造強度評価の方針

a. ダンパ

ダンパの構造強度評価の方針を以下に、構造強度評価フローを図 2-8 に示す。

- ・ダンパに対して、設計竜巻による荷重及び常時作用する荷重により生じる応力が許容限界に収まることを確認する。
- ・ダンパに生じる応力は、VI-3-別添 1-1「竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「5. 強度評価方法」に示す評価式を用いて、算出する。
- ・許容限界は、VI-3-別添 1-1「竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.2 許容限界」に示す、原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 ・補-1984、原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 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（以下「J E A G 4 6 0 1」という。）の許容応力状態 III_AS とする。

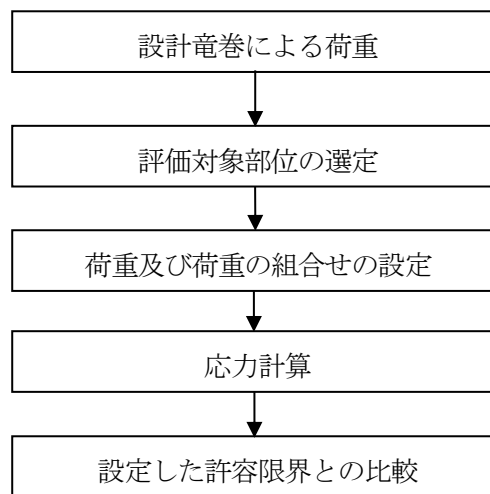


図 2-8 ダンパの構造強度評価フロー

b. 角ダクト及び丸ダクト

角ダクト及び丸ダクトの構造強度評価の方針を以下に、構造強度評価フローを図2-9に示す。

- ・角ダクト及び丸ダクトに対して、設計竜巻による荷重、常時作用する荷重及び運転時に作用する荷重により生じる応力が許容限界に収まることを確認する。
- ・角ダクト及び丸ダクトに生じる応力は、VI-3-別添 1-1 「竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「5. 強度評価方法」に示す評価式を用いて、算出する。
- ・角ダクトの許容限界は、VI-3-別添 1-1 「竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.2 許容限界」に示す、J E A G 4 6 0 1 の許容応力状態ⅢA S とする。ただし、座屈に対しては評価式を満足することを確認する。
- ・丸ダクトの許容限界は、VI-3-別添 1-1 「竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.2 許容限界」に示す、クリップリング座屈及び弾性座屈曲げ応力の式により算出する。

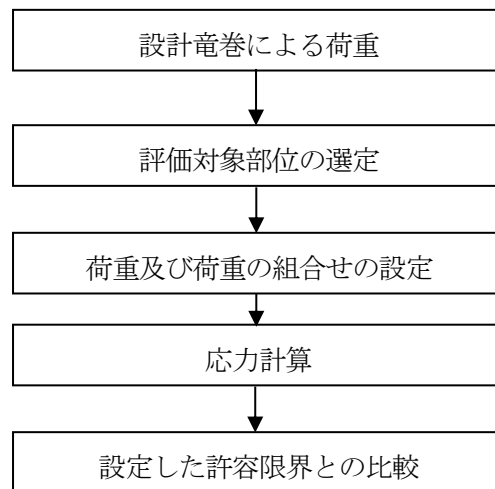


図2-9 角ダクト及び丸ダクトの構造強度評価フロー

c. 隔離弁

隔離弁の構造強度評価の方針を以下に、構造強度評価フローを図2-10に示す。

- ・ 隔離弁に対して、設計竜巻による荷重及び常時作用する荷重により生じる応力が許容限界に収まることを確認する。
- ・ 隔離弁に生じる応力は、VI-3-別添 1-1 「竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「5. 強度評価方法」に示す評価式を用いて、算出する。
- ・ 許容限界は、VI-3-別添 1-1 「竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.2 許容限界」に示す、J E A G 4 6 0 1 の許容応力状態Ⅲ_ASとする。ただし、弁箱については、クリップリング座屈の式により算出する。

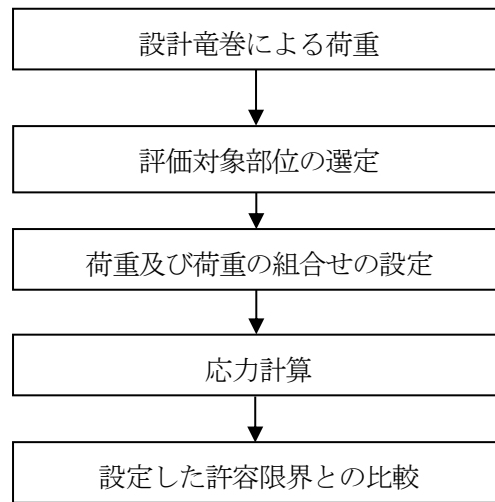


図2-10 隔離弁の構造強度評価フロー

d. 送風機

送風機の構造強度評価の方針を以下に、構造強度評価フローを図2-11に示す。

- ・送風機に対して、設計竜巻による荷重及び運転時に作用する荷重により生じる応力が許容限界に収まることを確認する。
- ・送風機に生じる応力は、VI-3-別添1-1「竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「5. 強度評価方法」に示す評価式を用いて、算出する。
- ・許容限界は、VI-3-別添1-1「竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.2 許容限界」に示す、クリッピング座屈の式により算出する。

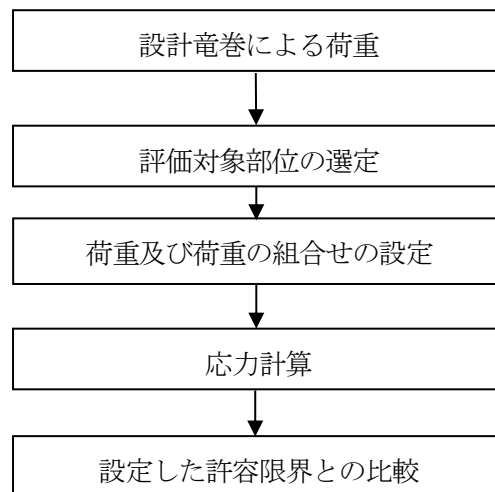


図2-11 送風機の構造強度評価フロー

e. 処理装置

処理装置の構造強度評価の方針を以下に、構造強度評価フローを図2-12に示す。

- ・ 処理装置に対して、設計竜巻による荷重及び運転時に作用する荷重により生じる応力が許容限界に収まることを確認する。
- ・ 処理装置に生じる応力は、VI-3-別添1-1「竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「5. 強度評価方法」に示す評価式を用いて、算出する。
- ・ 許容限界は、VI-3-別添1-1「竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.2 許容限界」に示す、J E A G 4 6 0 1の許容応力状態Ⅲ_ASとする。

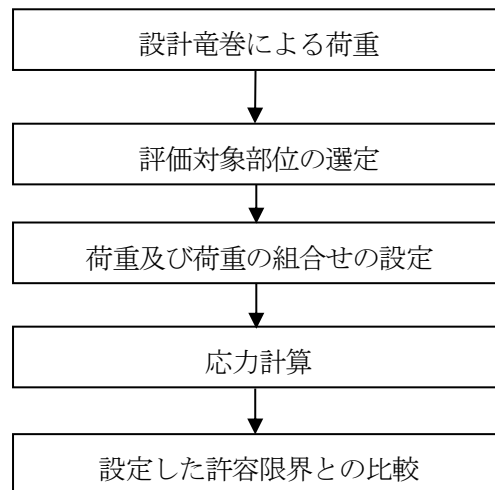


図2-12 処理装置の構造強度評価フロー

2.4 適用規格・基準等

適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・発電用原子力設備規格（設計・建設規格 JSME S NC 1-2005（2007年追補版含む。））（（社）日本機械学会）（以下「JSME」という。）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針（重要度分類・許容応力編 JEAG 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（JEAG 4 6 0 1-1987）（（社）日本電気協会）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針（JEAG 4 6 0 1-1991 追補版）（（社）日本電気協会）
- ・日本産業規格（JIS）
- ・機械工学便覧（1987年日本機械学会編）

3. 強度評価方法

3.1 記号の定義

(1) 構造強度評価の記号の定義

a. ダンパ

ダンパの構造強度評価に用いる記号を表3-1に示す。

表3-1 ダンパの構造強度評価に用いる記号

| 記号 | 単位 | 定義 |
|-------------------|------------------|---|
| a | mm | 評価対象板の短辺 |
| A | mm ² | シャフト断面積 |
| b | mm | 評価対象板の長辺 |
| D | mm | シャフト直径 |
| e | mm | 外板における断面の重心高さ |
| F ₁ | N/mm | 気圧低下による分布荷重 |
| F ₂ | N/mm | 自重による分布荷重 |
| f _t | MPa | J SME 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 |
| f _s | MPa | J SME 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 _b | MPa | J SME SSB-3121.1により規定される供用状態A及びBでの許容曲げ応力 |
| g | m/s ² | 重力加速度 |
| h | mm | 羽根厚さ |
| H | mm | 外板高さ |
| E | MPa | 縦弾性係数 |
| I | mm ⁴ | 断面二次モーメント |
| L | mm | 面間寸法 |
| m | kg | 羽根質量 |
| M ₁ | kg | 外板質量 |
| M ₂ | kg | 上流側フランジ質量 |
| M ₃ | kg | 下流側フランジ質量 |
| M _x | N・mm | 外板に作用する曲げモーメント |
| P | MPa | ダンパに作用する圧力 |
| ΔP _{max} | MPa | 設計竜巻の最大気圧低下量 |
| W | mm | 外板幅 |
| Z | mm ³ | 断面係数 |
| ν | — | ポアソン比 |
| ω _{max} | mm | 羽根の最大変位量 |
| σ _{max} | MPa | 羽根に生じる面外方向の荷重による最大応力 |
| σ _{bmax} | MPa | 外板に生じる最大曲げ応力 |
| σ _{smax} | MPa | シャフトに生じる最大せん断応力 |

b. 角ダクト

角ダクトの構造強度評価に用いる記号を表 3-2 に示す。

表 3-2 角ダクトの構造強度評価に用いる記号

| 記号 | 単位 | 定義 |
|------------------|-------------------|---|
| a | mm | 評価対象板の短辺 |
| b | mm | 評価対象板の長辺 |
| c | mm | ダクト支持間隔 |
| E | MPa | 縦弾性係数 |
| f_1 | N | 曲げモーメントによる圧縮荷重 |
| f_2 | N | 最大気圧低下量及び通常運転圧力による圧縮荷重 |
| f_t | MPa | J SME 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 |
| H | mm | ダクト高さ |
| M | N・mm | 自重による曲げモーメント |
| ΔP_{max} | Pa | 設計竜巻の最大気圧低下量 |
| P | Pa | ダクトに作用する圧力 |
| P_1 | Pa | 通常運転圧力 |
| P_m | N | 限界荷重 |
| t | mm | ダクト厚さ |
| W | mm | ダクト幅 |
| w_1 | N/mm | ダクト単位長さ当たりの荷重 |
| w_2 | N/mm ² | ダクト単位面積当たりの荷重 |
| ν | — | ポアソン比 |
| ω_{max} | mm | 軸直角方向の荷重によるダクトの最大変位量 |
| σ_{max} | MPa | 軸直角方向の荷重により生じる最大応力 |
| σ_y | MPa | 降伏応力 |

c. 丸ダクト

丸ダクトの構造強度評価に用いる記号を表 3-3 に示す。

表 3-3 丸ダクトの構造強度評価に用いる記号

| 記号 | 単位 | 定義 |
|------------------|--------------------------|--------------------------|
| A_1 | mm^2 | ダクト全断面積 |
| A_2 | mm^2 | ダクト板の断面積 |
| c | mm | ダクト支持間隔 |
| d_1 | mm | ダクト内径 |
| d_2 | mm | ダクト外径 |
| E | MPa | 縦弾性係数 |
| k_p | — | 座屈係数 |
| M | $\text{N}\cdot\text{mm}$ | 自重による曲げモーメント |
| M_{cr} | $\text{N}\cdot\text{mm}$ | 弾性座屈曲げモーメント |
| L | mm | ダクト板の長さ |
| n | — | 座屈モードの次数 |
| P | MPa | ダクトに作用する圧力 |
| ΔP_{max} | MPa | 設計竜巻の最大気圧低下量 |
| P_1 | MPa | 通常運転圧力 |
| R | mm | 内半径 |
| r_m | mm | 平均半径 |
| t | mm | ダクト厚さ |
| ν | — | ポアソン比 |
| w | N/mm | ダクト単位長さ当たりの荷重 |
| Z | mm^3 | 断面係数 |
| z_c | — | 形状係数 |
| β | — | 補正係数 |
| σ_b | MPa | 自重による発生応力 |
| σ_{Pb} | MPa | 設計竜巻による気圧差及び内圧による発生応力 |
| σ_{cr1} | MPa | クリップリング座屈が発生する際に生じる応力 |
| σ_{cr2} | MPa | 弾性座屈曲げ応力 |
| σ_P | MPa | ダクトに作用する圧力による発生応力 |
| σ_θ | MPa | ダクトに作用する圧力により軸直角方向に生じる応力 |

d. 隔離弁

隔離弁の構造強度評価に用いる記号を表3-4に示す。

表3-4 隔離弁の構造強度評価に用いる記号

| 記号 | 単位 | 定義 |
|-------------------|------------------|---|
| A | mm ² | 弁棒断面積 |
| D | mm | 弁棒直径 |
| e | mm | 主軸から断面最端点までの距離 |
| E | MPa | 縦弾性係数 |
| f _s | MPa | J SME 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 _b | MPa | J SME SSB-3121.1により規定される供用状態A及びBでの許容曲げ応力 |
| F ₁ | N | 最大気圧低下量による荷重 |
| F ₂ | N | 自重による荷重 |
| g | m/s ² | 重力加速度 |
| h | mm | 弁体厚さ |
| H | mm | 弁体幅 |
| I | mm ⁴ | 断面二次モーメント |
| k _p | — | 座屈係数 |
| ℓ | mm | 弁体評価面の長さ |
| L ₁ | mm | 弁箱の面間寸法 |
| L ₂ | mm | 弁体長さ |
| M | kg | 弁体質量 |
| M _x | N・mm | 弁体に作用する曲げモーメント |
| n | — | 座屈モードの次数 |
| P | MPa | 隔離弁に作用する圧力 |
| ΔP _{max} | MPa | 設計竜巻の最大気圧低下量 |
| R | mm | 内半径 |
| r _m | mm | 平均半径 |
| t | mm | 弁箱厚さ |
| w | mm | 弁体評価面の幅 |
| β | — | 補正係数 |
| ν | — | ポアソン比 |
| Z _c | — | 形状係数 |
| Z | mm ³ | 断面係数 |
| σ _{max} | MPa | 弁箱に生じる周方向応力 |
| σ _{bmax} | MPa | 弁体に生じる最大曲げ応力 |
| σ _{smax} | MPa | 弁棒に生じる最大せん断応力 |
| σ _{cr1} | MPa | クリッピング座屈が発生する際に生じる周方向応力 |

e. 送風機

送風機の構造強度評価に用いる記号を表 3-5 に示す。

表 3-5 送風機の強度評価に用いる記号

| 記号 | 単位 | 定義 |
|------------------|-----|--------------------------|
| a | mm | ケーシング内半径 |
| b | mm | ケーシング外半径 |
| E | MPa | 縦弾性係数 |
| k_p | — | 座屈係数 |
| L | mm | ケーシングの軸方向長さ |
| n | — | 座屈モードの次数 |
| P | MPa | 送風機に作用する圧力 |
| ΔP_{max} | MPa | 設計竜巻の最大気圧低下量 |
| P_1 | MPa | 通常運転圧力 |
| t | mm | ケーシングの肉厚 |
| z_c | — | 形状係数 |
| β | — | 補正係数 |
| ν | — | ポアソン比 |
| σ | MPa | 送風機に作用する圧力により生じる周方向応力 |
| σ_{cr1} | MPa | クリップリング座屈が発生する際に生じる周方向応力 |

f. 処理装置

処理装置の構造強度評価に用いる記号を表 3-6 に示す。

表 3-6 処理装置の構造強度評価に用いる

| 記号 | 単位 | 定義 |
|------------------|-----|---|
| a | mm | 評価対象板の短辺 |
| b | mm | 評価対象板の長辺 |
| E | MPa | 縦弾性係数 |
| f_t | MPa | J SME 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 |
| P | MPa | 処理装置に作用する圧力 |
| ΔP_{max} | MPa | 設計竜巻の最大気圧低下量 |
| P_1 | MPa | 通常運転圧力 |
| t | mm | ケーシング厚さ |
| ν | — | ポアソン比 |
| ω_{max} | mm | 面外方向の荷重によるケーシングの最大変位量 |
| σ_{max} | MPa | 面外方向の荷重により生じる最大応力 |

3.2 評価対象部位

(1) 構造強度評価の評価対象部位

ダンパ、角ダクト、丸ダクト、隔離弁、送風機及び処理装置の評価対象部位は、VI-3-別添 1-1 「竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「3.2 機能維持の方針」にて示している評価対象部位に従い、「2.2 構造概要」にて設定している構造に基づき、設計荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し選定する。ダンパ、角ダクト、丸ダクト、隔離弁、送風機及び処理装置の評価対象部位を以下に示す。

a. ダンパ

設計竜巻による荷重は、外板及び羽根に作用し、羽根を介してシャフトに作用する。このことから、外板、羽根及びシャフトを評価対象部位として選定する。ダンパの構造強度評価における評価対象部位を、図 3-1 に示す。

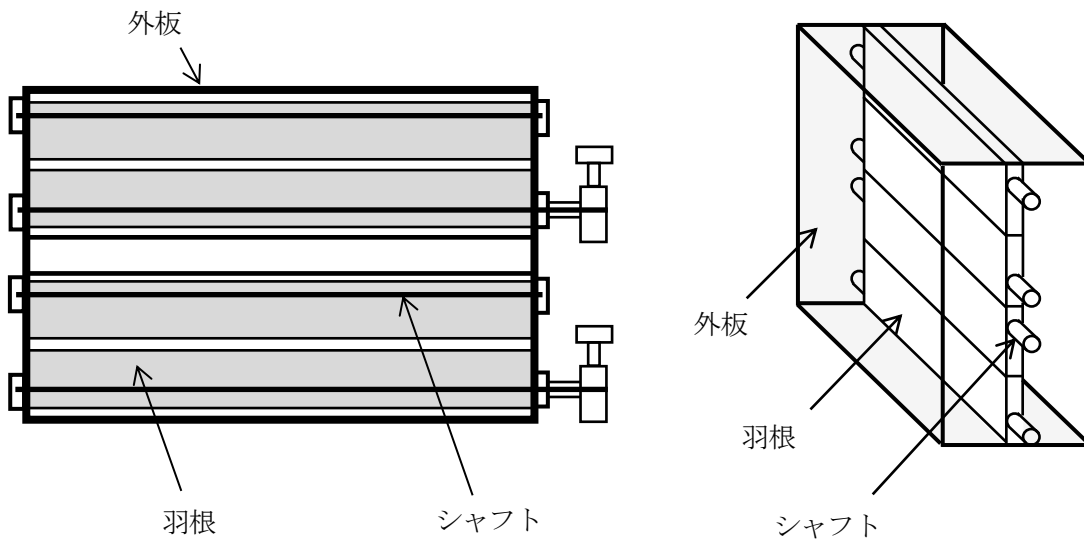


図 3-1 ダンパの評価対象部位

b. 角ダクト

設計竜巻による荷重は、角ダクト本体のダクト鋼板に作用する。このことから、ダクト鋼板を評価対象部位として選定する。角ダクトの構造強度評価における評価対象部位を図3-2に示す。

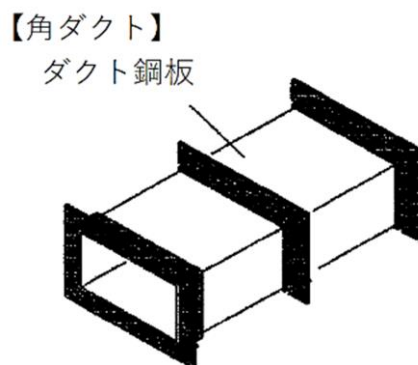


図3-2 角ダクトの評価対象部位

c. 丸ダクト

設計竜巻による荷重は、丸ダクト本体のダクト鋼板に作用する。このことから、ダクト鋼板を評価対象部位として選定する。丸ダクトの構造強度評価における評価対象部位を図3-3に示す。

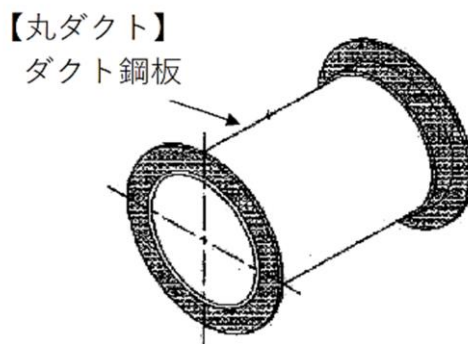


図3-3 丸ダクトの評価対象部位

d. 隔離弁

設計竜巻による荷重は、隔離弁の耐圧部に作用する。このことから、耐圧部である弁箱、弁体、弁棒を評価対象部位として選定する。隔離弁の構造強度評価における評価対象部位を、図3-4に示す。

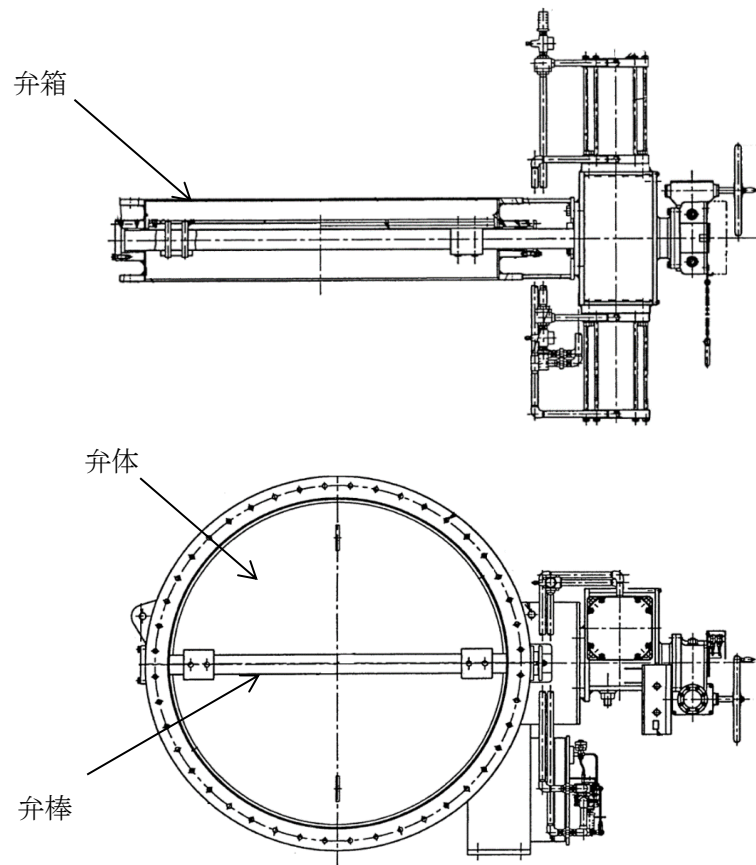


図3-4 隔離弁の評価対象部位

e. 送風機

設計竜巻による荷重は、送風機のケーシングに作用する。このことから、ケーシングを評価対象部位として設定する。送風機の構造強度評価における評価対象部位を図3-5に示す。

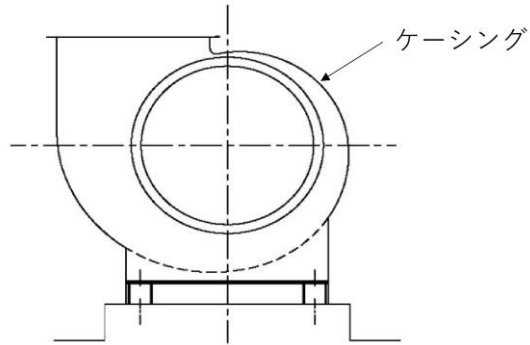


図3-5 送風機の評価対象部位

f. 処理装置

設計竜巻による荷重は、処理装置のケーシングに作用する。このことからケーシングを評価対象部位として設定する。処理装置の構造強度評価における評価対象部位を図3-6に示す。

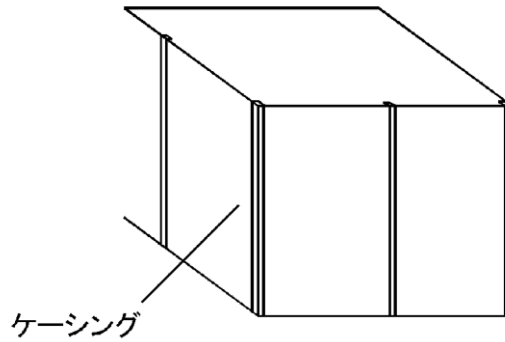


図3-6 処理装置の評価対象部位

3.3 荷重及び荷重の組合せ

強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、VI-3-別添 1-1「竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」にて示す荷重及び荷重の組合せを用いる。

(1) 構造強度評価の荷重及び荷重の組合せ

a. 荷重の設定

構造強度評価に用いる荷重は、以下の荷重を用いる。

(a) 常時作用する荷重

常時作用する荷重として、持続的に生じる荷重である自重を考慮する。自重による荷重は以下のとおり計算する。

$$\text{自重による荷重} = \text{自重} \times \text{重力加速度}$$

(b) 設計竜巻による荷重

外気と繋がっている屋内の施設であるため、気圧差による荷重を考慮する。

(c) 運転時に作用する荷重

運転時の内圧が給気側は負圧、排気側は正圧となるが、保守性を考慮し気圧差による荷重と同等の向きに作用するものとして、内圧による荷重を考慮する。

b. 荷重の組合せ

構造強度評価に用いる荷重の組合せはVI-3-別添 1-1「竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」にて設定している荷重の組合せを踏まえ、評価対象施設ごとに設定する。なお、ダンパ及び隔離弁については閉止していることから、内圧による荷重は考慮しない。また、隔離弁の弁箱並びに送風機及び処理装置のケーシングの自重は内圧による荷重に比べ十分小さいことから、自重を考慮しない。

構造強度評価の荷重の組合せを表 3-7 に示す。

表 3-7 荷重の組合せ

| 施設分類 | 施設名称 | 評価対象部位 | 荷 重 |
|----------------------------------|------|------------------|------------------------------|
| 外気と繋がっている 屋内の外部事象防護 対象施設施設 | ダンパ | 外板 羽根 シャフト | ①自重 ②気圧差による荷重 |
| | 角ダクト | ダクト鋼板 | ①自重 ②気圧差による荷重 ③内圧による荷重 |
| | 丸ダクト | ダクト鋼板 | ①自重 ②気圧差による荷重 ③内圧による荷重 |
| | 隔離弁 | 弁箱 | ①気圧差による荷重 |
| | | 弁体 弁棒 | ①自重 ②気圧差による荷重 |
| | 送風機 | ケーシング | ①気圧差による荷重 ②内圧による荷重 |
| | 処理装置 | ケーシング | ①気圧差による荷重 ②内圧による荷重 |

3.4 許容限界

(1) 構造強度評価における許容限界

ダンパ、角ダクト、丸ダクト、隔離弁、送風機及び処理装置の許容限界は、VI-3-別添 1-1「竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.2 許容限界」に従い、「3.2 評価対象部位」にて設定している部位における機能損傷モードを考慮し、J E A G 4 6 0 1に基づく許容応力状態Ⅲ_ASの許容応力を用いる。ダンパ、角ダクト、丸ダクト、隔離弁、送風機及び処理装置の許容限界を以下に示す。

a. ダンパ

ダンパの許容限界は、J E A G 4 6 0 1を準用し、「クラス2，3・その他の支持構造物」の許容限界を適用し、許容応力状態Ⅲ_ASから算出した許容応力とする。材料の設計降伏点はJ S M E 付録材料図表 Part5 表 8 により、設計引張強さはJ S M E 付録材料図表 Part5 表 9 により算出した値を用いる。周囲環境温度がJ S M E 付録材料図表 Part5 表 8 及び表 9 記載の中間の値の場合は、比例法を用いて計算し、小数点第 1 位以下を切り捨てた値を用いるものとする。なお、J S M E 付録材料図表 Part5 の表に記載のない材料を用いている場合はJ I S G 3 1 0 8，3 3 1 3を適用する。

ダンパの許容限界を表 3-8，許容応力を表 3-9～表 3-11 に示す。

表 3-8 ダンパの許容限界

| 許容応力状態 | 許容限界 | | |
|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | 一次応力 | | |
| | 曲げ | 引張 | せん断 |
| Ⅲ _A S | $1.5 \cdot f_b$ | $1.5 \cdot f_t$ | $1.5 \cdot f_s$ |

表 3-9 ダンパの許容応力 (外板)

| 材料 | 温度条件 (°C) | $1.5 \cdot f_b$ (MPa) |
|---------|--------------|--------------------------|
| S E H C | 40 | 218 |

表 3-10 ダンパの許容応力 (羽根)

| 材料 | 温度条件 (°C) | $1.5 \cdot f_t$ (MPa) |
|---------|--------------|--------------------------|
| S E H C | 40 | 189 |

表 3-11 ダンパの許容応力 (シャフト)

| 材料 | 温度条件 (°C) | $1.5 \cdot f_s$ (MPa) |
|-----------|--------------|--------------------------|
| S G D 4 1 | 40 | 141 |

b. 角ダクト

角ダクトの許容限界は、J E A G 4 6 0 1 を準用し、「クラス 2, 3・その他の支持構造物」の許容限界を適用し、許容応力状態Ⅲ_AS から算出した許容応力とする。ただし、妥当な安全余裕を考慮し、座屈を生じないように設定する許容限界は、座屈の評価式により算出した値を設定する。材料の設計降伏点は J S M E 付録材料図表 Part5 表 8 より、及び設計引張強さは J S M E 付録材料図表 Part5 表 9 により算出した値を用いる。周囲環境温度が J S M E 付録材料図表 Part5 表 8 及び表 9 記載の中間の値の場合は、比例法を用いて計算し、小数点第 1 位以下を切り捨てた値を用いるものとする。なお、J S M E 付録材料図表 Part5 の表に記載のない材料を用いている場合は J I S G 3 3 0 2 を適用する。

(a) 軸直角方向の荷重により生じる応力に対する許容限界

軸直角方向の荷重により生じる応力に対する許容限界を表 3-12、許容応力を表 3-13 に示す。

表 3-12 角ダクトの許容限界

| 許容応力状態 | 許容限界 |
|------------------|----------------------|
| | 一次応力 |
| | 引張 |
| Ⅲ _A S | 1.5 · f _t |

表 3-13 角ダクトの許容応力

| 材料 | 温度条件 (°C) | 1.5 · f _t (MPa) |
|---------|--------------|-------------------------------|
| S G C C | 40 | 189 |

(b) 軸方向の荷重に対する許容限界

ダクト自重による軸方向圧縮荷重 f_1 と設計竜巻による気圧差及び内圧による軸方向圧縮荷重 f_2 の和が許容荷重 P_m 以下であることを確認する。

なお、ダクト自重による軸方向圧縮荷重 f_1 はダクト板 1 枚あたりの軸方向圧縮荷重として算出され、設計竜巻による気圧差及び内圧による軸方向圧縮荷重 f_2 はダクト板 4 枚あたりの軸方向圧縮荷重として算出される。許容荷重 P_m はダクト板 1 枚あたりとして算出されるため、これらの関係は以下の式で表わされる。

$$4 \cdot f_1 + f_2 \leq 4 \cdot P_m$$

ここで、

$$P_m = \frac{\pi}{\sqrt{3(1-\nu^2)}} \sqrt{E \cdot \sigma_c \cdot t^2}$$

c. 丸ダクト

丸ダクトの許容限界は、評価荷重に対して、妥当な安全余裕を考慮し、座屈を生じないこととするため、クリップリング座屈及び弾性座屈曲げ応力の式により算出する。

(a) 軸直角方向の荷重により生じる応力に対する許容限界

ダクトに作用する圧力により軸直角方向の荷重が生じ、この荷重により生じる応力 σ_θ が、クリップリング座屈が発生する際に生じる応力（座屈応力） σ_{cr1} を超えないことを確認する。クリップリング座屈が発生する際に生じる応力 σ_{cr1} は、円筒殻の座屈応力の式より算出する。

$$\sigma_\theta \leq \sigma_{cr1}$$

$$\sigma_{cr1} = k_p \left\{ \frac{\pi^2 E}{12(1-\nu^2)} \right\} \cdot \left(\frac{t}{L} \right)^2$$

$$k_p = \frac{(1+\beta^2)^2}{0.5+\beta^2} + \frac{12 \cdot z_c^2}{\pi^4 \cdot (0.5+\beta^2) \cdot (1+\beta^2)^2}$$

$$\beta = \frac{L \cdot n}{\pi \cdot r_m}$$

$$z_c = \frac{L^2}{r_m \cdot t} \sqrt{1-\nu^2}$$

ここで、座屈モードの次数 n は k_p が最小となる時の次数とする。

(b) 軸方向の荷重により生じる応力に対する許容限界

ダクト自重による軸方向圧縮荷重により生じる曲げ応力 σ_b と設計竜巻による気圧差及び内圧により生じる軸方向圧縮荷重による応力 σ_{pb} の和が、弾性座屈曲げ応力 σ_{cr2} 以下であることを確認する。

$$\sigma_b + \sigma_{pb} \leq \sigma_{cr2}$$

$$\sigma_{cr2} = \frac{M_{cr}}{Z}$$

$$M_{cr} = \frac{\beta \cdot E \cdot R \cdot t^2}{(1-\nu^2)}, \quad \beta = 0.72$$

$$Z = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{d_2^4 - d_1^4}{d_2}$$

d. 隔離弁

隔離弁の許容限界は、J E A G 4 6 0 1を準用し、「クラス2, 3・その他支持構造物」の許容限界を適用し、許容応力状態ⅢA Sから算出した許容応力とする。ただし、妥当な安全余裕を考慮し、座屈を生じないように設定する許容限界は、クリップリング座屈の式により算出した値を設定する。材料の設計降伏点はJ S M E付録材料図表Part5表8より、設計引張強さはJ S M E付録材料図表Part5表9により算出した値を用いる。周囲環境温度がJ S M E付録材料図表Part5表8及び表9記載の中間の値の場合は、比例法を用いて計算する。J S M E付録材料図表Part5で比例法を用いる場合の端数処理は、小数点第1位以下を切り捨てた値を用いるものとする。なお、J S M E付録材料図表Part5の表に記載のない材料を用いている場合はJ I S G 3 3 1 3を適用する。

(a) 弁体及び弁棒に対する許容応力

隔離弁に作用する圧力及び自重により生じる応力に対する許容限界を表3-14、許容応力を表3-15、表3-16に示す。

表3-14 隔離弁の許容限界

| 許容応力状態 | 許容限界 | |
|--------|-----------------|-----------------|
| | 一次応力 | |
| | 曲げ | せん断 |
| ⅢA S | $1.5 \cdot f_b$ | $1.5 \cdot f_s$ |

表3-15 隔離弁の許容応力（弁体）

| 材料 | 温度条件 (°C) | $1.5 \cdot f_b$ (MPa) |
|---------|--------------|--------------------------|
| SM4 1 B | 40 | 271 |

表3-16 隔離弁の許容応力（弁棒）

| 材料 | 温度条件 (°C) | $1.5 \cdot f_s$ (MPa) |
|-----------|--------------|--------------------------|
| SUS 3 0 4 | 40 | 118 |

(b) 弁箱に対する許容応力

隔離弁に作用する圧力により生じる周方向応力は、クリップリング座屈が発生する際に生じる周方向応力（座屈応力） σ_{cr1} を超えないこととする。

隔離弁に作用する圧力によるクリップリング座屈が発生する際に生じる周方向応力 σ_{cr1} は、円筒殻の座屈応力の式より算出する。

$$\sigma_{cr1} = \frac{k_p \cdot \pi^2 \cdot E}{12(1-\nu^2)} \left(\frac{t}{L_1}\right)^2$$

$$k_p = \frac{(1+\beta^2)^2}{0.5+\beta^2} + \frac{12 \cdot Z_c^2}{\pi^4 (1+\beta^2)^2 (0.5+\beta^2)}$$

$$\beta = \frac{L_1 \cdot n}{\pi \cdot R}$$

$$Z_c = \frac{L_1^2}{R \cdot t} \sqrt{1-\nu^2}$$

e. 送風機

送風機の許容限界は、評価荷重に対して、妥当な安全余裕を考慮し、座屈を生じないこととするため、クリップリング座屈の式により算出した値とする。

(a) 送風機に作用する圧力に対する許容応力

送風機に作用する圧力により生じる周方向応力はクリップリング座屈が発生する際に生じる周方向応力（座屈応力） σ_{cr1} を超えないこととする。

送風機に作用する圧力によるクリップリング座屈が発生する際に生じる周方向応力 σ_{cr1} は円筒殻の座屈応力の式より算出する。

$$\sigma_{cr1} = k_p \left\{ \frac{\pi^2 E}{12(1-\nu^2)} \right\} \cdot \left(\frac{t}{L}\right)^2 \times \boxed{}$$

$$k_p = \frac{(1+\beta^2)^2}{0.5+\beta^2} + \frac{12 \cdot z_c^2}{\pi^4 \cdot (0.5+\beta^2) \cdot (1+\beta^2)^2}$$

$$\beta = \frac{L \cdot n}{\pi \cdot b}, \quad z_c = \frac{L^2}{b \cdot t} \sqrt{1-\nu^2}$$

f. 処理装置

処理装置の許容限界は、J E A G 4 6 0 1 を準用し、「クラス 2, 3・その他支持構造物」の許容限界を適用し、許容応力状態Ⅲ_AS から算出した許容応力とする。材料の設計降伏点は J S M E 付録材料図表 Part5 表 8 より、設計引張強さは J S M E 付録材料図表 Part5 表 9 により算出した値を用いる。周囲環境温度が J S M E 付録材料図表 Part5 表 8 及び表 9 記載の中間の値の場合は、比例法を用いて計算する。J S M E 付録材料図表 Part5 で比例法を用いる場合の端数処理は、小数点第 1 位以下を切り捨てた値を用いるものとする。

処理装置の許容限界を表 3-17、許容応力を表 3-18 に示す。

表 3-17 処理装置の許容限界

| | |
|------------------|--------------------|
| 許容応力状態 | 許容限界 |
| | 一次応力 |
| | 引張 |
| Ⅲ _A S | 1.5・f _t |

表 3-18 処理装置の許容応力

| 材料 | 温度条件 (°C) | 1.5・f _t (MPa) |
|---------|--------------|-----------------------------|
| S P G S | 40 | 215 |

3.5 評価方法

ダンパ、角ダクト、丸ダクト、隔離弁、送風機及び処理装置の構造強度評価は、VI-3-別添 1-1 「竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「5. 強度評価方法」にて設定している評価式を用いる。

(1) 構造強度評価の評価方法

a. ダンパ

(a) 計算モデル

外板は、外板を4辺に分割し、その1辺を同等の断面性能を持つ単純支持はりとして評価を行う。外板のモデル図を図3-7に示す。

羽根は、4辺支持長方形板に等分布荷重がかかるものとし、曲げ応力による評価を行う。羽根のモデル図を図3-8に示す。

シャフトは、ダンパに作用する圧力及び自重により発生する荷重が両端のシャフトに均等に作用するものとし、シャフト断面についてせん断応力による評価を行う。シャフトのモデル図を図3-9に示す。

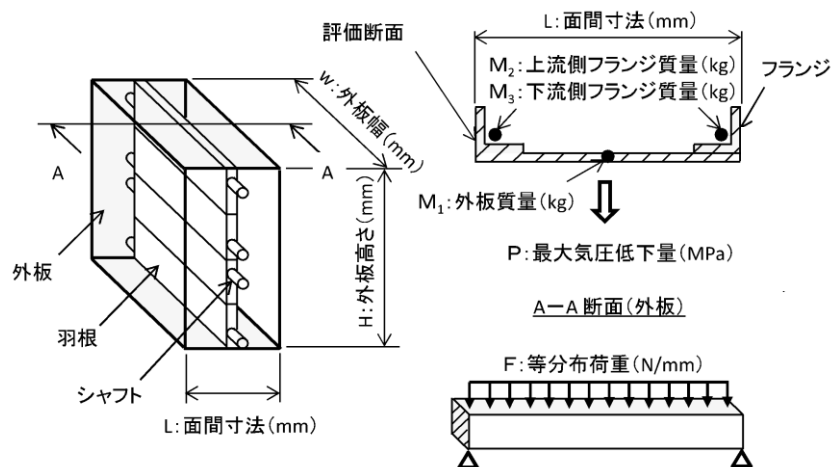


図3-7 外板モデル図

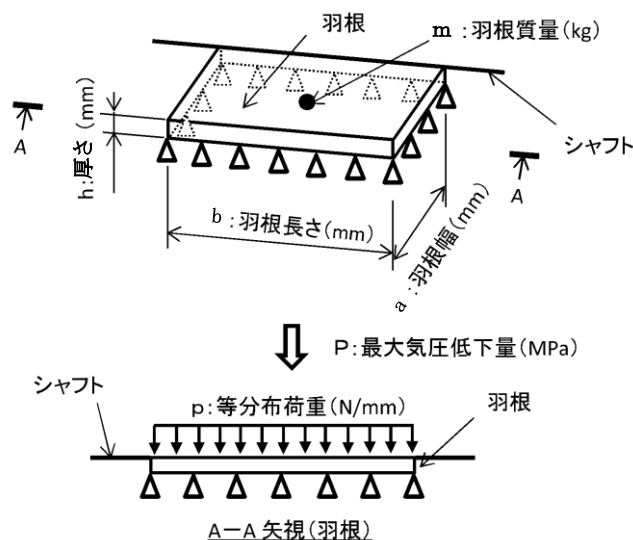


図3-8 羽根モデル図

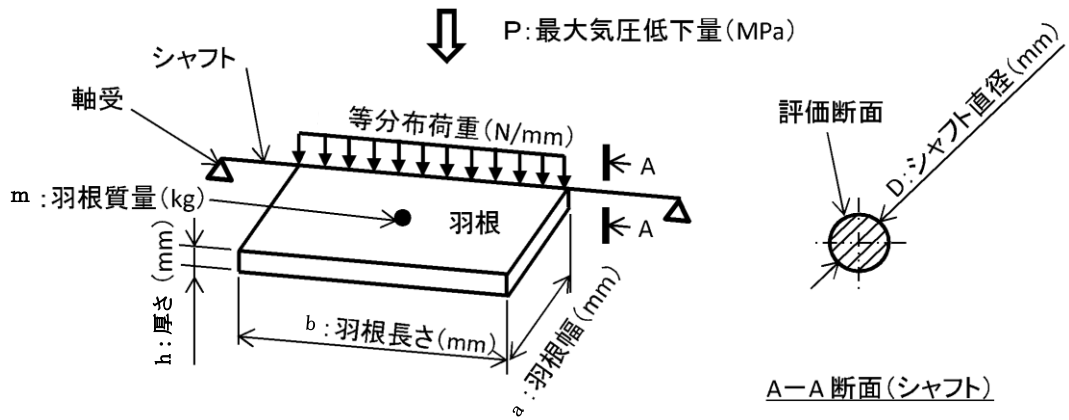


図3-9 シャフトモデル図

(b) 計算方法

ダンパに作用する圧力は、設計竜巻の気圧差によって発生する。

$$P = \Delta P_{\max}$$

イ. 外板

外板に作用する最大曲げモーメント

$$M_x = \frac{\text{MAX}(W, H) \times (F_1 + F_2)}{8}$$

ここで、

$$F_1 = P \times L$$

$$F_2 = \frac{(M_1 + M_2 + M_3) \times 9.80665}{\text{MAX}(W, H)}$$

外板に生じる最大曲げ応力

$$\sigma_{b\max} = \frac{M_x}{Z}$$

ここで、

$$Z = \frac{I}{e}$$

ロ. 羽根

羽根に生じる応力は、4辺単純支持の長方形板が等分布荷重を受ける場合において、ダンプに作用する圧力及び自重による面外方向の荷重により生じる最大応力 σ_{max} とその面外方向の荷重による羽根の最大変位量 ω_{max} との関係は、以下の式で表わされる。

機械工学便覧に記載されている4辺単純支持の長方形板が等分布荷重を受ける場合の長方形板の大たわみ式を引用する。

$$\sigma_{max} = \frac{\pi^2 E \omega_{max}}{8(1-\nu^2)} \left\{ \frac{(2-\nu^2)\omega_{max} + 4h}{b^2} + \frac{\nu(\omega_{max} + 4h)}{a^2} \right\} \dots \textcircled{1}$$

$$\frac{256(1-\nu^2)(F_1 + F_2)}{\pi^6 E h^4} = \frac{4}{3} \left(\frac{1}{a^2} + \frac{1}{b^2} \right)^2 \frac{\omega_{max}}{h} + \left\{ \frac{4\nu}{a^2 b^2} + (3-\nu^2) \left(\frac{1}{a^4} + \frac{1}{b^4} \right) \right\} \left(\frac{\omega_{max}}{h} \right)^3 \dots \textcircled{2}$$

式②で得られる ω_{max} の値を式①に代入し、 σ_{max} を算出する。

ここで、

$$F_1 = P$$

$$F_2 = \frac{m \cdot g}{a \cdot b}$$

ハ. シャフト

シャフトに生じる最大せん断応力

$$\sigma_{smax} = \frac{F_1 + F_2}{A}$$

ここで、

$$F_1 = P \cdot a \cdot b$$

$$F_2 = m \cdot g$$

$$A = \pi \cdot \left(\frac{D}{2} \right)^2$$

b. 角ダクト

(a) 計算モデル

角ダクトは、任意のダクト面に着目すると、ダクト面は両サイドをほかの2つの側面のダクト面で、軸方向（流れ方向）を補強材・フランジで支持された長方形の板とみなすことができる。そのため、鋼板を補強部材と両サイドのウェブで支持された四辺単純支持長方形板とし評価を行う。自重等によりダクトに生じる曲げモーメントに関し、ウェブでの応力分布が線形で、中立面がフランジの両側から等距離の中央線上にあるとする。角ダクトのモデル図を図3-10、図3-11に示す。

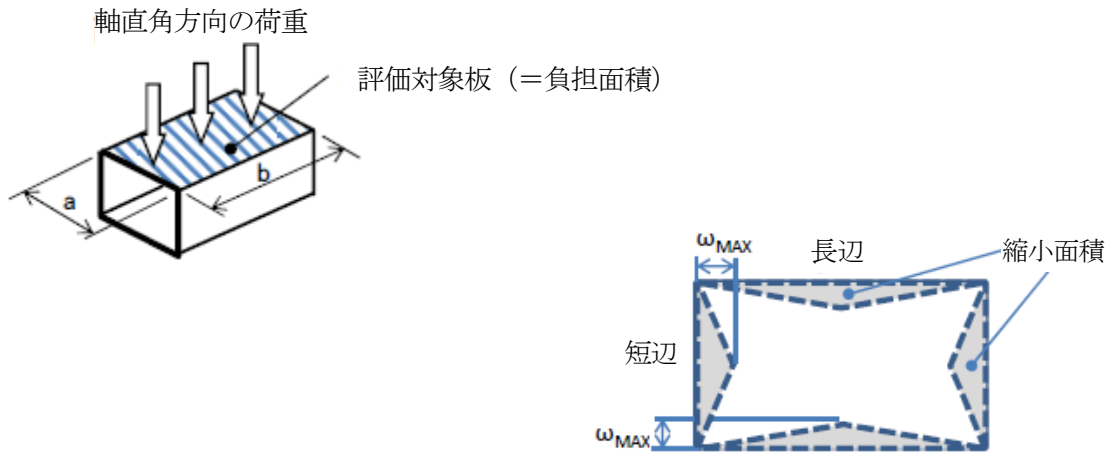


図3-10 角ダクトの軸直角方向の荷重のモデル図

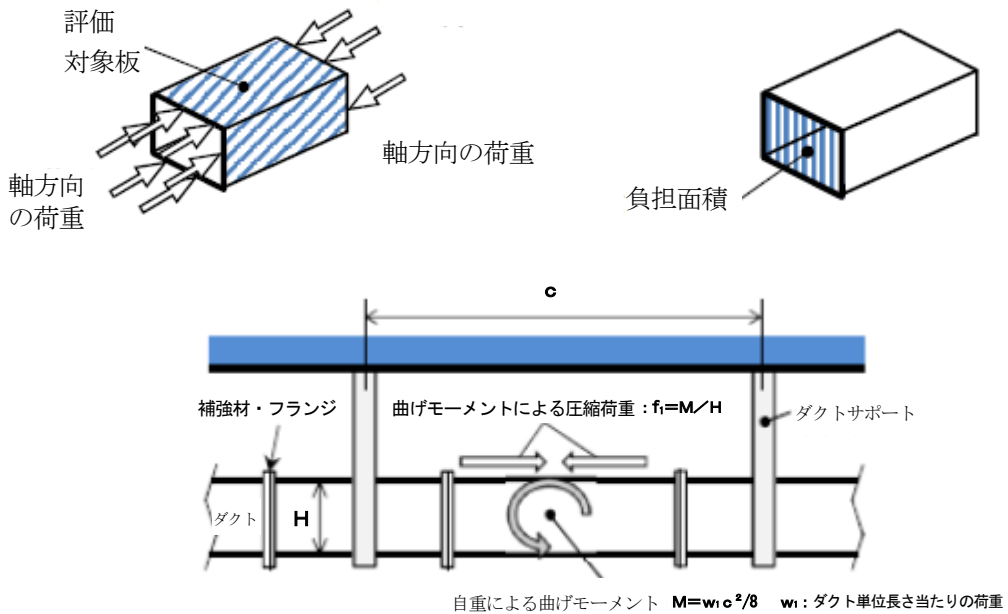


図3-11 角ダクトの軸方向の荷重のモデル図

(b) 評価方法

ダクトに作用する圧力は、設計竜巻の気圧差及び内圧が影響するので、

$$P = \Delta P_{max} + P_1$$

イ. 軸直角方向の荷重による発生応力

4辺単純支持（周辺で水平，垂直方向の変位拘束，たわみ角は自由）の長方形板が等分布荷重を受ける場合において，ダクトに作用する圧力及び自重による軸直角方向の荷重により生じる最大応力 σ_{max} とその軸直角方向の荷重によるダクト鋼板の最大変位量 ω_{max} との関係は，以下の式で表される。

機械工学便覧に記載されている4辺単純支持の長方形板が等分布荷重を受ける場合の長方形板の「大たわみの式」を引用する。

$$\sigma_{max} = \frac{\pi^2 E \omega_{max}}{8(1-\nu^2)} \left\{ \frac{(2-\nu^2)\omega_{max} + 4t}{b^2} + \frac{\nu(\omega_{max} + 4t)}{a^2} \right\} \dots \textcircled{3}$$

$$\frac{256(1-\nu^2)(P+w_2)}{\pi^6 E t^4} = \frac{4}{3} \left(\frac{1}{a^2} + \frac{1}{b^2} \right)^2 \frac{\omega_{max}}{t} + \left\{ \frac{4\nu}{a^2 b^2} + (3-\nu^2) \left(\frac{1}{a^4} + \frac{1}{b^4} \right) \right\} \left(\frac{\omega_{max}}{t} \right)^3 \dots \textcircled{4}$$

式④より得られる ω_{max} の値を式③へ代入し， σ_{max} を算出する。

ロ. 軸方向の荷重

(イ) 自重による圧縮荷重

ダクトの自重により発生する曲げモーメントによる軸方向の圧縮荷重は，以下の式により算出する。

$$f_1 = \frac{M}{H}$$

ここで、

$$M = \frac{w_1 \cdot c^2}{8}$$

(ロ) ダクトに作用する圧力による圧縮荷重

ダクトが軸方向に受ける設計竜巻の気圧差と内圧による圧縮荷重は，以下の式により算出する。

$$f_2 = \frac{(W+2 \cdot t) \cdot (H+2 \cdot t) \cdot P}{10^6}$$

b. 丸ダクト

(a) 計算モデル

丸ダクトは、両端を補強部材で支持された円筒のはりともみなし、計算を行う。丸ダクトのモデル図を図3-12、図3-13に示す。

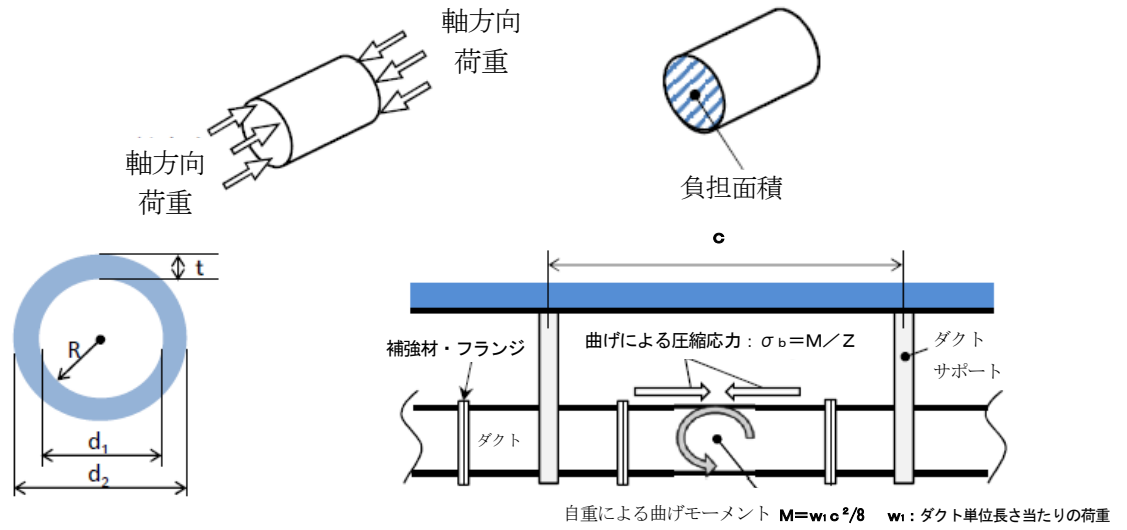


図3-12 丸ダクトの軸方向荷重のモデル図



図3-13 丸ダクトの軸直角方向荷重のモデル図

(b) 計算方法

ダクトに作用する圧力は、設計竜巻の気圧差及び内圧が影響する。

$$P = \Delta P_{max} + P_1$$

イ. ダクトが軸直角方向に受ける圧力による応力

$$\sigma_{\theta} = -\frac{r_m P}{t}$$

ロ. 軸方向荷重による発生応力

(イ) 自重による発生応力

ダクトが軸方向に受ける自重による曲げ応力は、以下の式により算出する。

$$\sigma_b = \frac{M}{Z}$$

ここで,

$$M = \frac{w c^2}{8}$$

$$Z = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{d_2^4 - d_1^4}{d_2}$$

(ロ) ダクトに作用する圧力による発生荷重

ダクトが軸方向に受ける設計竜巻の気圧差と内圧による圧縮応力は、以下の式により算出する。

$$\sigma_P = P \times \frac{A_1}{A_2}$$

ここで,

$$A_1 = \frac{\pi}{4} \times d_2^2$$

$$A_2 = \frac{\pi}{4} \times (d_2^2 - d_1^2)$$

c. 隔離弁

(a) 計算モデル

弁箱は、両端を補強部材で支持された円筒のほりとみなし、計算を行う。弁箱のモデル図を図3-14に示す。

弁体は、円形の弁体面積に受ける荷重を長方形の評価面積に作用するとみなし、弁体評価面積の断面と同等の断面性能を持つ単純梁として、曲げ応力による計算を行う。弁体のモデル図を図3-15に示す。

弁棒は、弁棒に作用する圧力及び自重により発生する荷重が両端の弁棒に均一に作用するとし、弁棒断面についてせん断応力による評価を行う。弁棒のモデル図を図3-16に示す。

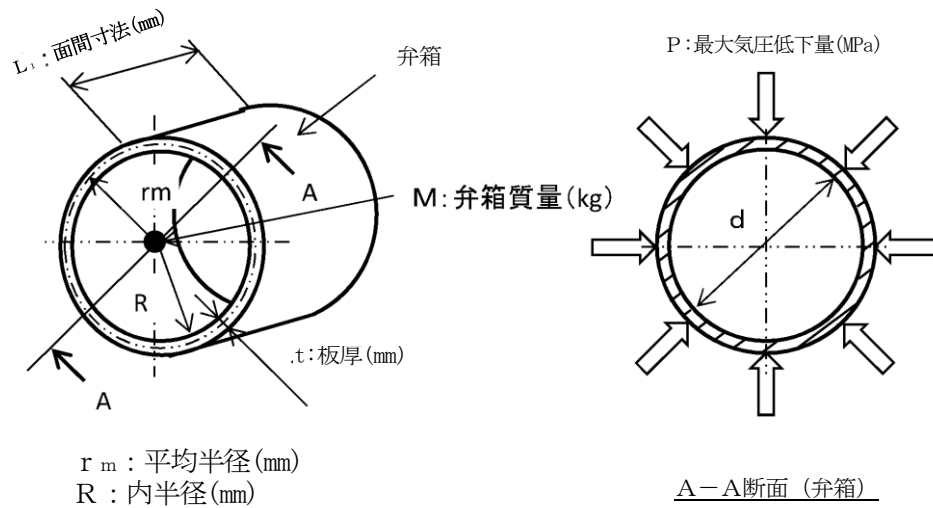


図3-14 弁箱モデル図

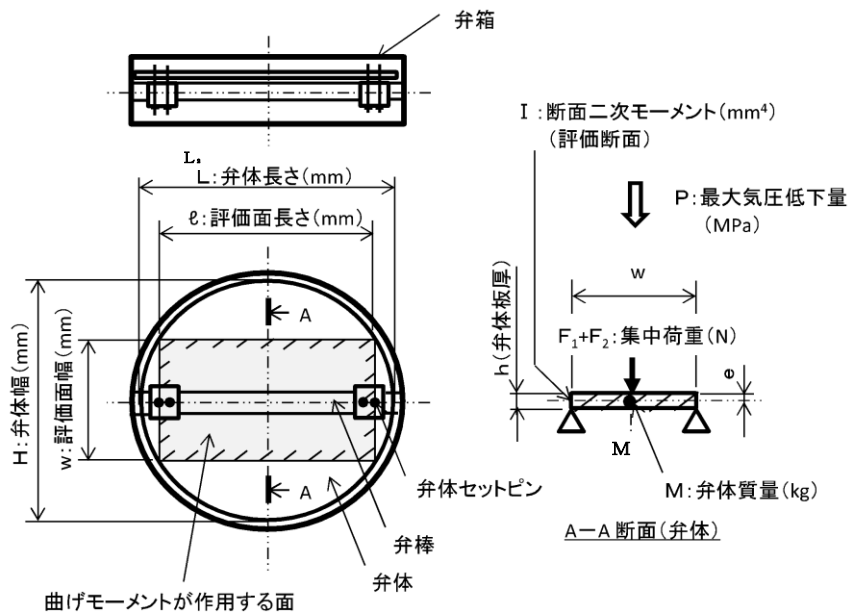


図3-15 弁体モデル図

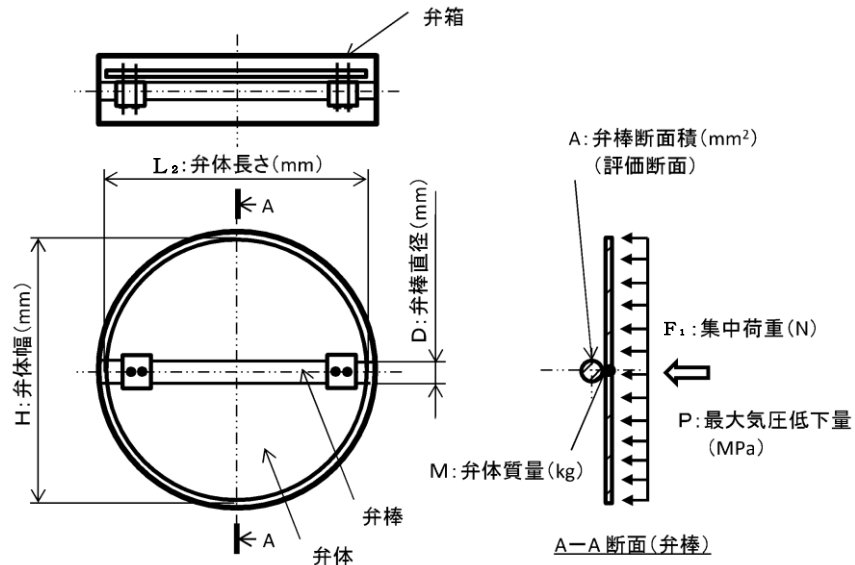


図3-16 弁棒モデル図

(b) 計算方法

隔離弁に作用する圧力は、設計竜巻の気圧差によって発生する。

$$P = \Delta P_{max}$$

イ. 弁箱

弁箱に生じる周方向応力

$$\sigma_{max} = \frac{r_m \times P}{t}$$

ロ. 弁体

弁体に作用する曲げモーメント

$$M_x = (F_1 + F_2) \times \frac{1}{4}$$

ここで、

$$F_1 = P \times \left(\pi \times \left(\frac{H}{2} \right)^2 \right)$$

$$F_2 = M \cdot g$$

弁体に生じる最大曲げ応力

$$\sigma_{bmax} = \frac{M_x}{Z}$$

ここで、

$$Z = \frac{I}{e}$$

$$I = \frac{\rho}{12} \times (w h^3)$$

ハ. 弁棒

弁棒に生じる最大せん断応力

$$\sigma_{smax} = \frac{F_1 + F_2}{A}$$

ここで,

$$F_1 = P \times \left\{ \pi \cdot \left(\frac{L_2}{2} \right)^2 \right\}$$

$$F_2 = M \cdot g$$

$$A = \pi \times \left(\frac{D}{2} \right)^2$$

e. 送風機

(a) 計算モデル

送風機は両端を補強部材で支持された円筒のほりとみなし、計算を行う。送風機のモデル図を図3-17に示す。

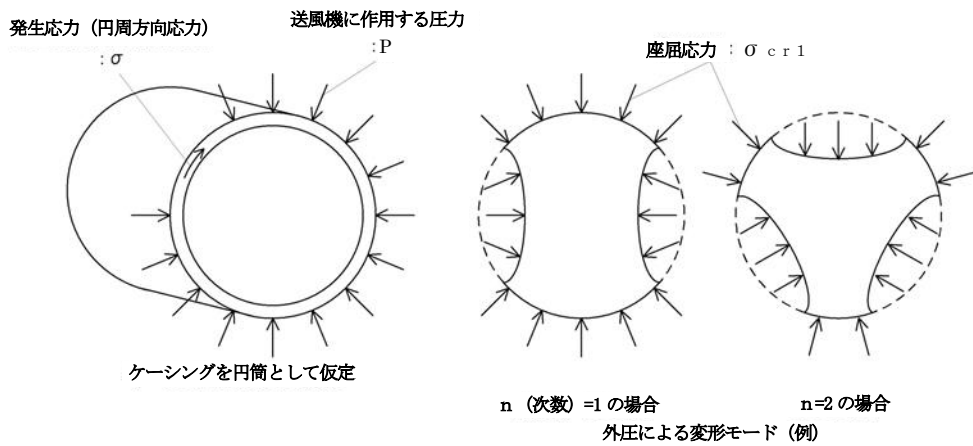


図3-17 送風機のモデル図

(b) 計算方法

送風機に作用する圧力は、設計竜巻の気圧差及び内圧が影響する。

$$P = \Delta P_{max} + P_1$$

イ. 送風機に作用する圧力により生じる周方向応力

$$\sigma = \frac{2b^2}{b-a} P$$

f. 処理装置

(a) 計算モデル

処理装置のケーシングは両サイドを補強部材で支持された長方形の板とみなすことができる。そのため、ケーシングの両サイドを補強部材で支持された4辺単純支持長方形板とし、評価を行う。

処理装置のモデル図を図3-18に示す。

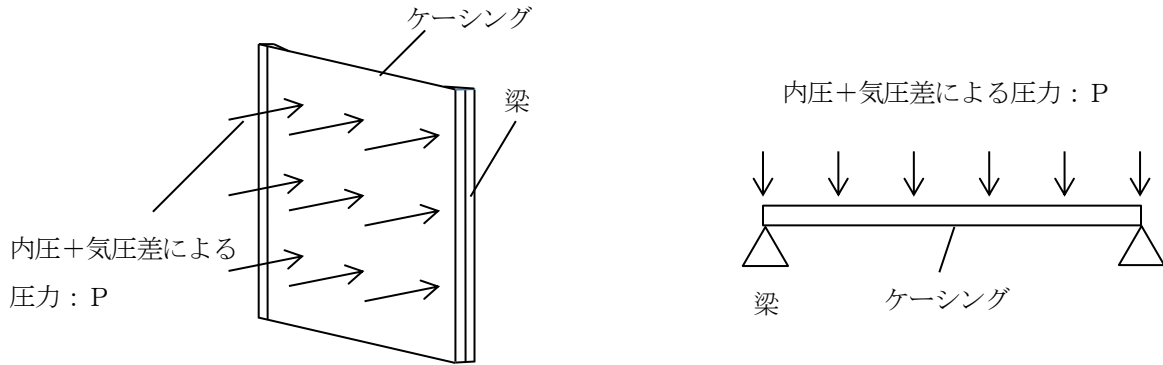


図3-18 処理装置のモデル図

(b) 計算方法

処理装置に作用する圧力は、設計竜巻により発生する気圧差及び内圧が影響する。

$$P = \Delta P_{\max} + P_1$$

イ. ケーシングの変形

4辺単純支持（周辺で水平、垂直方向の変位拘束、たわみ角は自由）の長方形板が等分布荷重を受ける場合において、処理装置に作用する圧力により生じる最大応力 σ_{\max} とその面外方向の荷重によるケーシングの最大変位量 ω_{\max} との関係は、以下の式で表される。

機械工学便覧に記載されている4辺単純支持の長方形板が等分布荷重を受ける場合の長方形板の「大たわみの式」を引用する。

$$\sigma_{\max} = \frac{\pi^2 E \omega_{\max}}{8(1-\nu^2)} \left\{ \frac{(2-\nu^2)\omega_{\max} + 4t}{b^2} + \frac{\nu(\omega_{\max} + 4t)}{a^2} \right\} \dots \textcircled{5}$$

$$\frac{256(1-\nu^2)P}{\pi^6 E t^4} = \frac{4}{3} \left(\frac{1}{a^2} + \frac{1}{b^2} \right)^2 \frac{\omega_{\max}}{t} + \left\{ \frac{4\nu}{a^2 b^2} + (3-\nu^2) \left(\frac{1}{a^4} + \frac{1}{b^4} \right) \right\} \left(\frac{\omega_{\max}}{t} \right)^3 \dots \textcircled{6}$$

式⑥より得られる ω_{\max} の値を式⑤へ代入し、 σ_{\max} を算出する。

4. 評価条件

(1) 構造強度評価の評価条件

a. ダンパ

「3. 強度評価方法」に用いる評価条件を表4-1～表4-3に示す。

ダンパにおいて、外殻を構成する外板の発生応力比が最も厳しくなる設備のダンパについて記載する。

表4-1 評価条件（外板）

| 設備名称 | | | |
|---------------------------|-------------------|-------------------------|---------------|
| A-非常用ディーゼル電気室送風機吐出逆流防止ダンパ | | | |
| ΔP_{max} (MPa) | M_1 (kg) | M_2 (kg) | M_3 (kg) |
| 0.0075 | 12 | 13 | 7 |
| L (mm) | MAX(W, H) (mm) | Z (mm ³) | |
| 300 | 2204.6 | 113400 | |

表4-2 評価条件（羽根）

| 設備名称 | | |
|---------------------------|------------|-----------|
| A-非常用ディーゼル電気室送風機吐出逆流防止ダンパ | | |
| ΔP_{max} (MPa) | E (MPa) | a (mm) |
| 0.0075 | 201200 | 250 |
| b (mm) | h (mm) | m (kg) |
| 2204.6 | 1.6 | 7 |
| ν (—) | | |
| 0.3 | | |

表4-3 評価条件（シャフト）

| 設備名称 | | |
|---------------------------|-----------|-----------|
| A-非常用ディーゼル電気室送風機吐出逆流防止ダンパ | | |
| ΔP_{max} (MPa) | D (mm) | m (kg) |
| 0.0075 | 15 | 7 |
| a (mm) | b (mm) | |
| 250 | 2204.6 | |

b. 角ダクト

「3. 強度評価方法」に用いる評価条件を表4-4に示す。角ダクトにおいて、気圧差による発生応力が最も大きくなるものは軸直角方向の荷重による応力であり、その発生応力比が最も厳しくなる系統の角ダクトについて記載する。

表4-4 評価条件

| 系統 | | | |
|---------------------------|-----------------|-------------------------------|----------------|
| 中央制御室空調換気系 | | | |
| ΔP_{max} (MPa) | a (mm) | b (mm) | c (mm) |
| 0.0075 | 1050 | 3000 | 3000 |
| E (MPa) | H (mm) | t (mm) | P_1 (MPa) |
| 201200 | 800 | 1.2 | 0.002942 |
| W (mm) | w_1 (N/mm) | w_2 (N/mm ²) | ν (—) |
| 3000 | 1.865 | 346.3 | 0.3 |
| σ_y (MPa) | | | |
| 189 | | | |

c. 丸ダクト

「3. 強度評価方法」に用いる評価条件を表4-5に示す。丸ダクトにおいて、気圧差による発生応力が最も大きくなるものは軸直角方向の荷重による応力であり、その発生応力比が最も厳しくなる系統の丸ダクトについて記載する。

表4-5 評価条件

| 系統 | | | | |
|---------------------------|----------------|--------------|---------------|---------------|
| 中央制御室空調換気系 | | | | |
| ΔP_{max} (MPa) | P_1 (MPa) | c (mm) | d_1 (mm) | d_2 (mm) |
| 0.0075 | 0.000981 | 3000 | 900 | 902 |
| E (MPa) | L (mm) | n (—) | t (mm) | R (mm) |
| 201200 | 1460 | 7 | 1.0 | 450 |
| r_m (mm) | w (N/mm) | ν (—) | | |
| 450.5 | 0.322133 | 0.3 | | |

d. 隔離弁

「3. 強度評価方法」に用いる評価条件を表4-6～表4-8に示す。隔離弁において、外殻を構成する弁箱の発生応力比が最も厳しくなる隔離弁について記載する。

表4-6 評価条件（弁箱）

| 系統 | | | | |
|---------------------------|--------------|---------------|-----------|---------------|
| 原子炉棟空調換気系 | | | | |
| ΔP_{max} (MPa) | t (mm) | L_1 (mm) | R (mm) | r_m (mm) |
| 0.0075 | 12 | 600 | 1000 | 1006 |
| E (MPa) | ν (—) | n (—) | | |
| 201200 | 0.3 | 10 | | |

表4-7 評価条件（弁体）

| 系統 | | | |
|---------------------------|-----------------------|-----------|-----------|
| 原子炉棟空調換気系 | | | |
| ΔP_{max} (MPa) | h (mm) | M (kg) | H (mm) |
| 0.0075 | 36 | 1400 | 1955 |
| L_2 (mm) | \varnothing (mm) | e (mm) | |
| 1955 | 1555.56 | 18 | |

表4-8 評価条件（弁棒）

| 系統 | | | |
|---------------------------|-----------|-----------|---------------|
| 原子炉棟空調換気系 | | | |
| ΔP_{max} (MPa) | D (mm) | M (kg) | L_2 (mm) |
| 0.0075 | 160 | 1400 | 1955 |

e. 送風機

「3. 強度評価方法」に用いる評価条件を表4-9に示す。送風機において、発生応力比が最も厳しくなる送風機について記載する。

表4-9 評価条件

| 設備名称 | | | | |
|---------------------------|-----------|-----------|-----------|------------|
| 高圧炉心スプレイ系ディーゼル室送風機 | | | | |
| ΔP_{max} (MPa) | a (mm) | b (mm) | t (mm) | E (MPa) |
| 0.0075 | 1774 | 1780 | 6 | 201200 |
| ν (—) | n (—) | L (mm) | | |
| 0.3 | 10 | 2090 | | |

f. 処理装置

「3. 強度評価方法」に用いる評価条件を表4-10に示す。処理装置において、発生応力比が最も厳しくなる処理装置について記載する。

表4-10 評価条件

| 設備名称 | | | |
|---------------------------|----------------|------------|--------------|
| HPCS電気室外気処理装置 | | | |
| ΔP_{max} (MPa) | P_1 (MPa) | E (MPa) | ν (—) |
| 0.0075 | 0.0087 | 201200 | 0.3 |
| a (mm) | b (mm) | t (mm) | |
| 1800 | 3500 | 2.3 | |

5. 強度評価結果

(1) 構造強度評価の評価結果

a. ダンパ

ダンパの構造強度評価結果を表5-1～表5-3に示す。

外板、羽根及びシャフトに発生する応力は、許容応力以下である。

表5-1 構造強度評価結果（外板）

| 外板に発生する曲げ応力 (MPa) | 許容応力 (MPa) |
|----------------------|---------------|
| 13 | 218 |

表5-2 構造強度評価結果（羽根）

| 羽根に発生する引張応力 (MPa) | 許容応力 (MPa) |
|----------------------|---------------|
| 20 | 189 |

表5-3 構造強度評価結果（シャフト）

| シャフトに発生するせん断応力 (MPa) | 許容応力 (MPa) |
|-------------------------|---------------|
| 24 | 141 |

b. 角ダクト

角ダクトの構造強度評価結果を表 5-4 に示す。

ダクト鋼板の軸直角方向の荷重により発生する応力は、許容応力以下であり、軸方向の荷重による発生荷重も許容値以下である。

表 5-4 構造強度評価結果 (ダクト鋼板)

| 系統 | | ダクトサイズ (mm) | |
|---------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|---------------------------|
| 中央制御室空調換気系 | | 3000×800×1.2t | |
| 軸直角方向 | | | |
| ダクト鋼板に発生する引張応力 (MPa) | | 許容応力 (MPa) | |
| 146 | | 189 | |
| 軸方向 | | | |
| 自重による発生荷重 $4 \times f_1$ (N) | ダクトに作用する圧力 による発生荷重 f_2 (N) | 合成発生荷重 $4 \times f_1 + f_2$ (N) | 許容値 $4 \times P_m$ (N) |
| 10493 | 25157 | 35650 | 67540 |

c. 丸ダクト

丸ダクトの構造強度評価結果を表 5-5 に示す。

ダクト鋼板に発生する応力は、許容応力以下である。

表 5-5 構造強度評価結果 (ダクト鋼板)

| 系統 | | ダクトサイズ (mm) | |
|--------------------------|--------------------------------|-----------------|---------------|
| 中央制御室空調換気系 | | 900×1.0t | |
| 軸直角方向 | | | |
| ダクト鋼板に発生する周方向応力 (MPa) | | 許容応力 (MPa) | |
| 4 | | 6 | |
| 軸方向 | | | |
| 自重による発生応力 (MPa) | ダクトに作用する圧力 による発生応力 (MPa) | 合成発生応力 (MPa) | 許容応力 (MPa) |
| 0.57 | 2.36 | 3 | 112 |

d. 隔離弁

隔離弁の構造強度評価結果を表 5-6～表 5-8 に示す。

弁箱、弁体及び弁棒に発生する応力は、許容応力以下である。

表 5-6 構造強度評価結果（弁箱）

| 弁箱に発生する周方向応力 (MPa) | 許容応力 (MPa) |
|-----------------------|---------------|
| 1 | 460 |

表 5-7 構造強度評価結果（弁体）

| 弁体に発生する曲げ応力 (MPa) | 許容応力 (MPa) |
|----------------------|---------------|
| 56 | 271 |

表 5-8 構造強度評価結果（弁棒）

| 弁棒に発生するせん断応力 (MPa) | 許容応力 (MPa) |
|-----------------------|---------------|
| 2 | 118 |

e. 送風機

送風機の構造強度評価結果を表 5-9 に示す。

ケーシングに発生する応力は、許容応力以下である。

表 5-9 構造強度評価結果

| ケーシングに発生する周方向応力 (MPa) | 許容応力 (MPa) |
|--------------------------|---------------|
| 3 | 10 |

f. 処理装置

処理装置の構造強度評価結果を表 5-10 に示す。

ケーシングに発生する応力は、許容応力以下である。

表 5-10 構造強度評価結果

| ケーシングに発生する引張応力 (MPa) | 許容応力 (MPa) |
|-------------------------|---------------|
| 126 | 215 |