

本資料のうち、枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

女川原子力発電所第2号機 工事計画審査資料	
資料番号	02-工-B-17-0043_改1
提出年月日	2021年9月2日

VI-3-別添 1-1-8 換気空調設備の強度計算書

02 ⑤ VI-3-別添 1-1-8 R2

2021年9月

東北電力株式会社

目 次

1. 概要	1
2. 基本方針	1
2.1 位置	1
2.2 構造概要	2
2.3 評価方針	5
2.4 適用規格	10
3. 構造強度評価方法	10
3.1 記号の定義	10
3.2 評価対象部位	15
3.3 荷重及び荷重の組合せ	18
3.4 許容限界	19
3.5 評価方法	25
4. 評価条件	36
5. 強度評価結果	40

1. 概要

本資料は、添付書類「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」に示すとおり角ダクト、丸ダクト、ダンパ、隔離弁及びファンが竜巻時及び竜巻通過後においても、その施設の維持を考慮して、主要な構造部材が構造健全性を有することを確認するものである。

2. 基本方針

角ダクト、丸ダクト、ダンパ、隔離弁及びファンについて、添付書類「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」に示す構造計画を踏まえ、角ダクト、丸ダクト、ダンパ、隔離弁及びファンの「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

角ダクト、丸ダクト、ダンパ、隔離弁及びファンは、添付書類「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、十分な強度を有する原子炉建屋内、制御建屋内に設置する。

原子炉建屋及び制御建屋の配置図を図 2-1 に、角ダクト、丸ダクト、ダンパ、隔離弁及びファンの各建屋内の配置図を図 2-2～図 2-4 にそれぞれ示す。

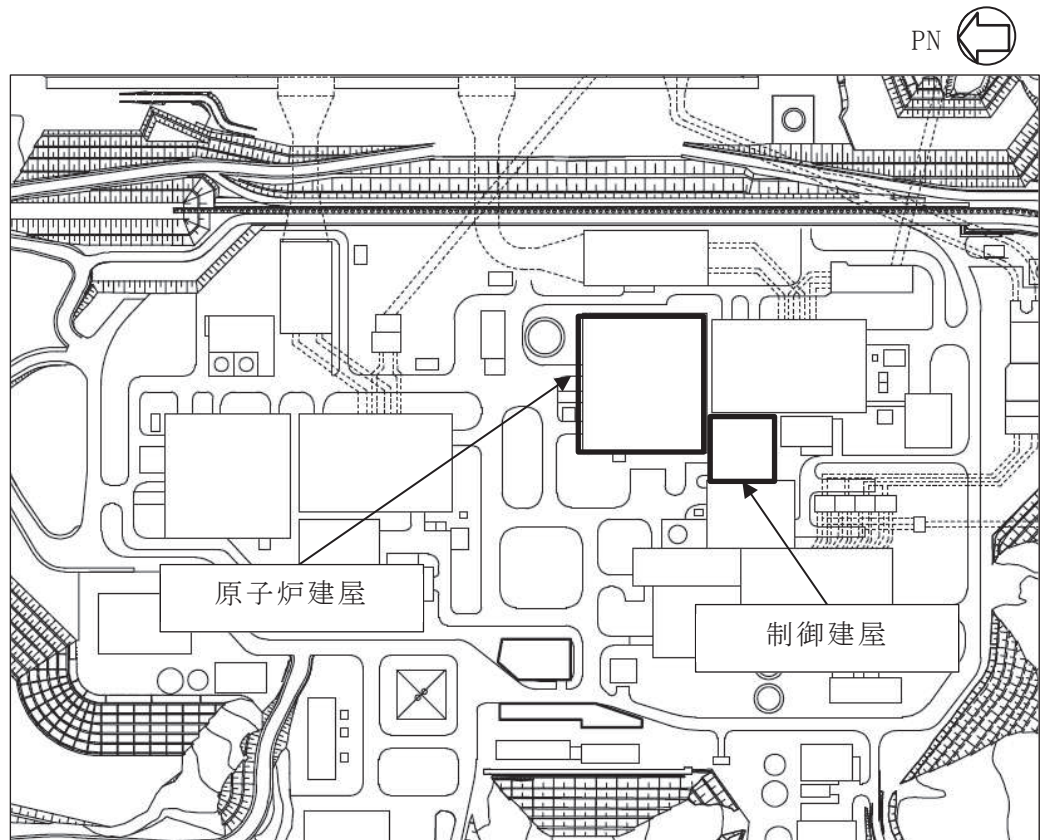


図 2-1 原子炉建屋及び制御建屋の位置図

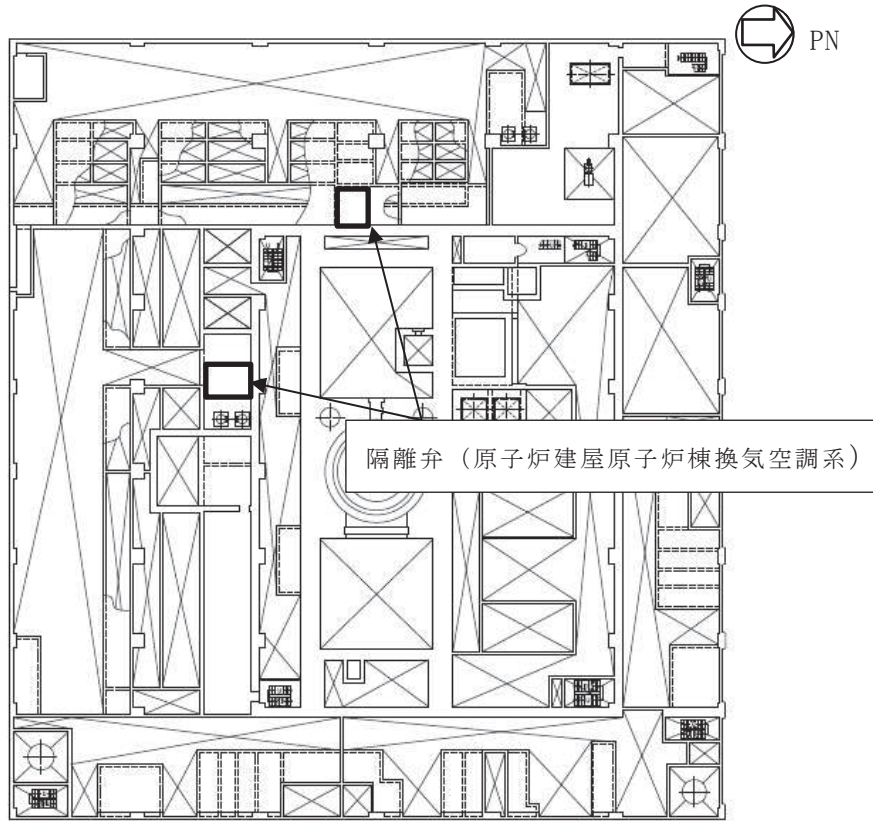


図 2-2 隔離弁の配置図（原子炉建屋 M3F 0. P. 26. 30m～0. P. 31. 70m）

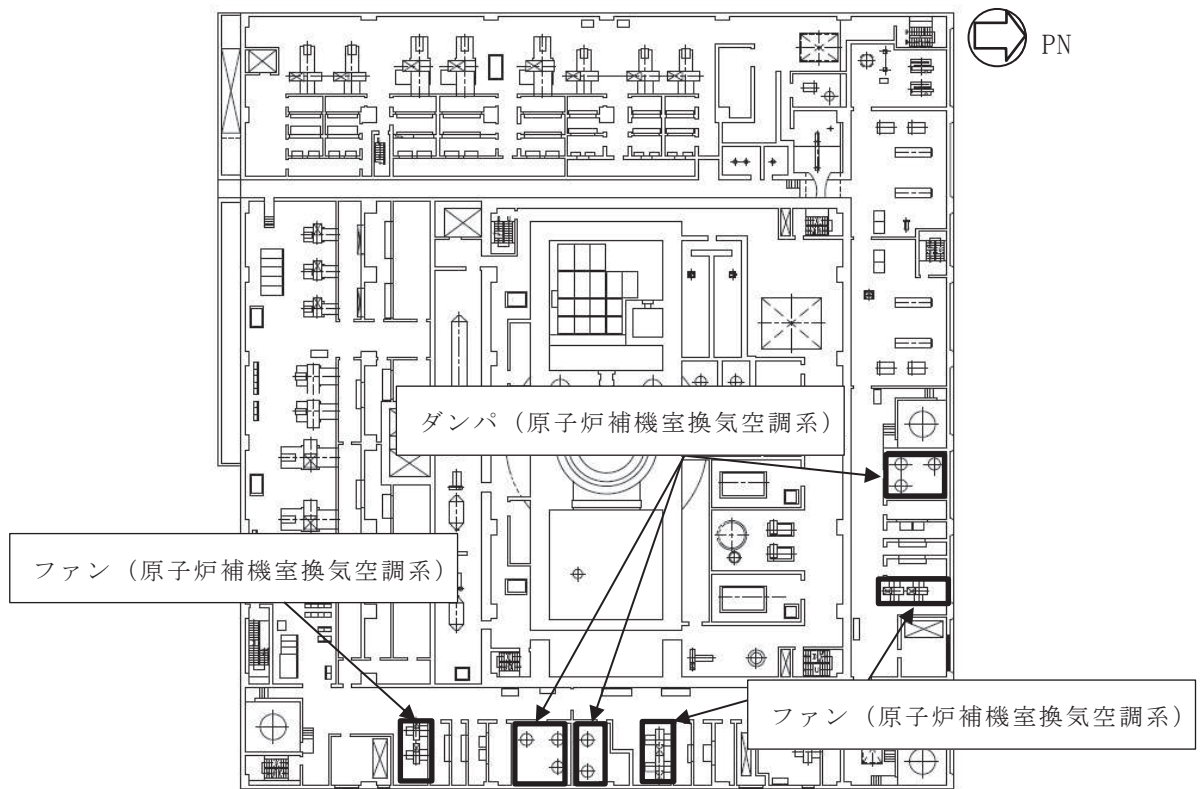


図 2-3 ダンパ及びファンの配置図（原子炉建屋 2F 0. P. 22. 50m）

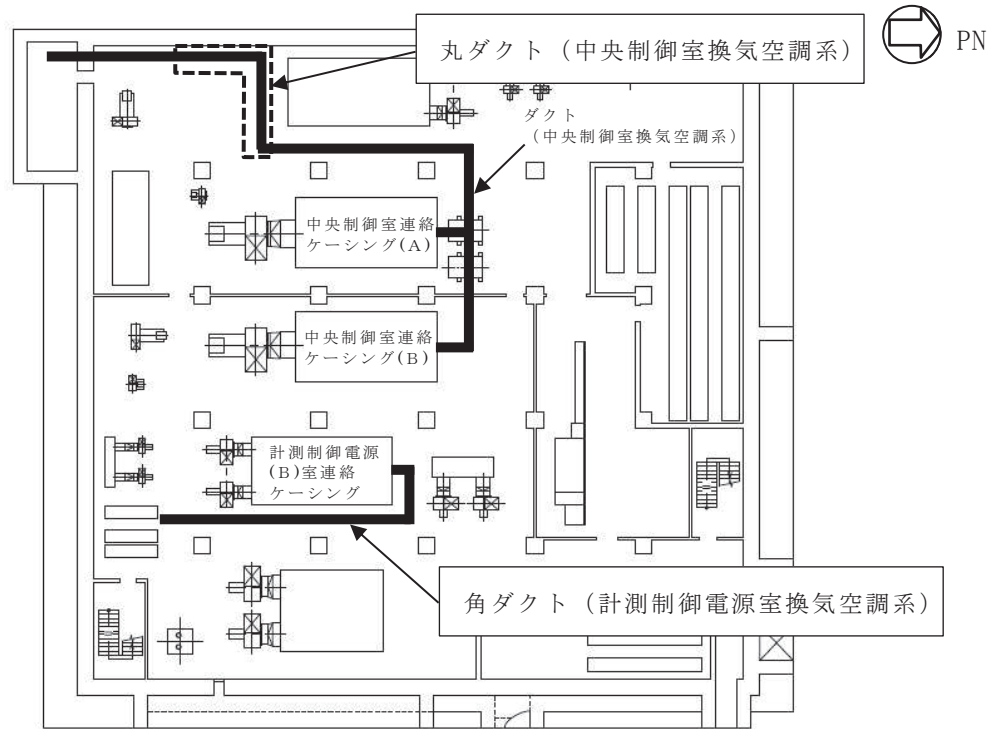


図 2-4 角ダクト及び丸ダクトの配置図 (制御建屋 B2F O.P. 1.50m)

2.2 構造概要

換気空調設備について、添付書類「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」に示す構造計画を踏まえて、構造を設定する。

(1) 角ダクト及び丸ダクトの構造概要

角ダクトは、鋼板により構成される四角形断面のダクトであり、支持構造物により建屋壁、床及び梁等に支持する。

丸ダクトは、鋼板により構成される円筒形のダクトであり、支持構造物により建屋壁、床及び梁等に支持する。

角ダクトの概要図を図 2-5 に、丸ダクトの概要図を図 2-6 に示す。

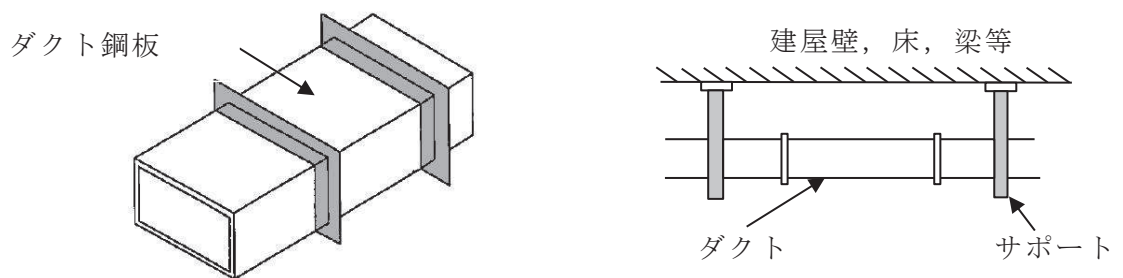


図 2-5 角ダクトの概要図

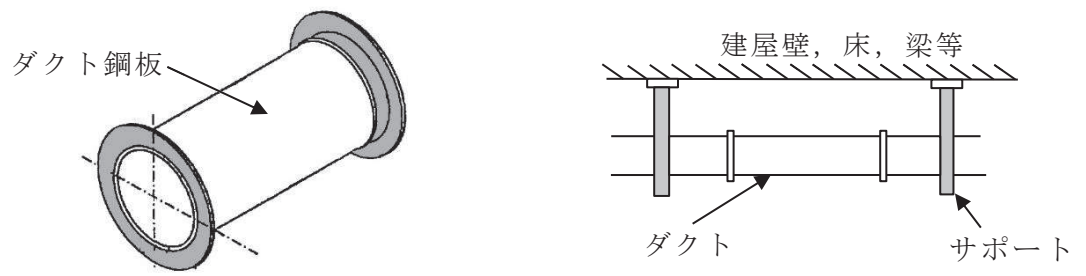


図 2-6 丸ダクトの概要図

(2) 隔離弁の構造概要

隔離弁は、鋼製の弁箱、弁体及び弁棒で構成し、接続ダクトにより支持する。隔離弁の概要図を図 2-7 に示す。

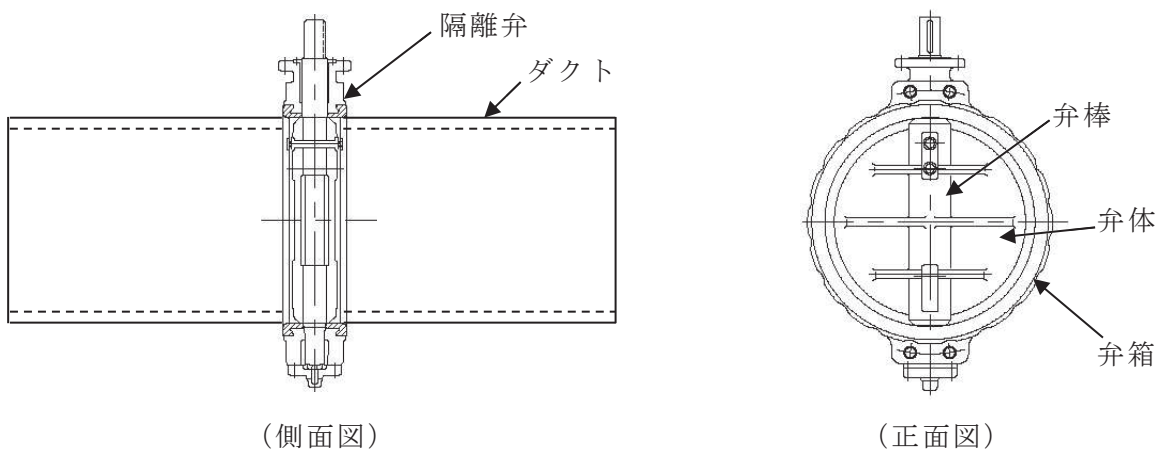


図 2-7 隔離弁の概要図

(3) ファンの構造概要

ファンは、流路を形成するケーシング、冷却するための空気を送り込む羽根車及び電動機から回転力を伝達する主軸で構成する。

ファンの概要図を図 2-8 に示す。

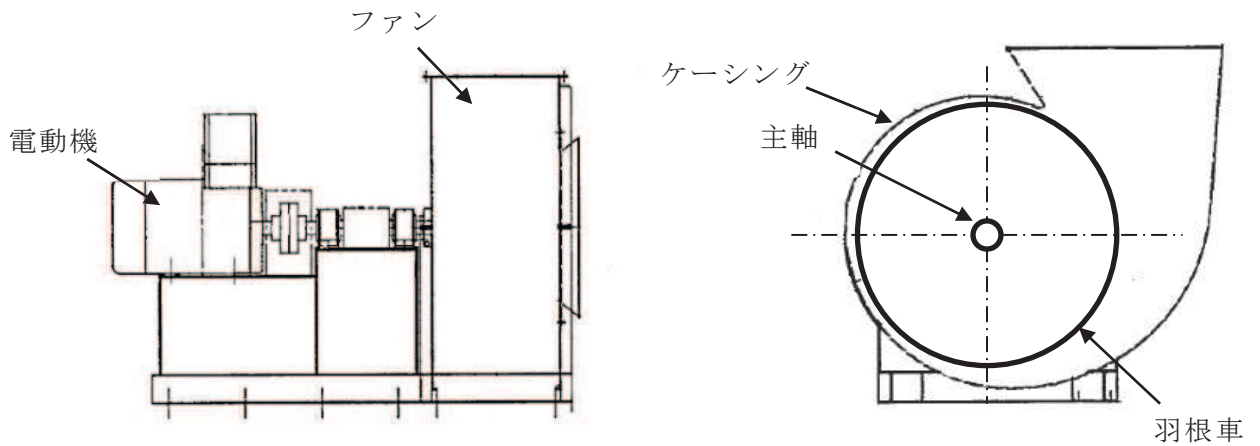


図 2-8 ファンの概要図

(4) ダンパ

ダンパは、鋼製のケーシング、ベーン及びシャフトで構成し、接続ダクトにより支持する。

ダンパの概要図を図 2-9 に示す。

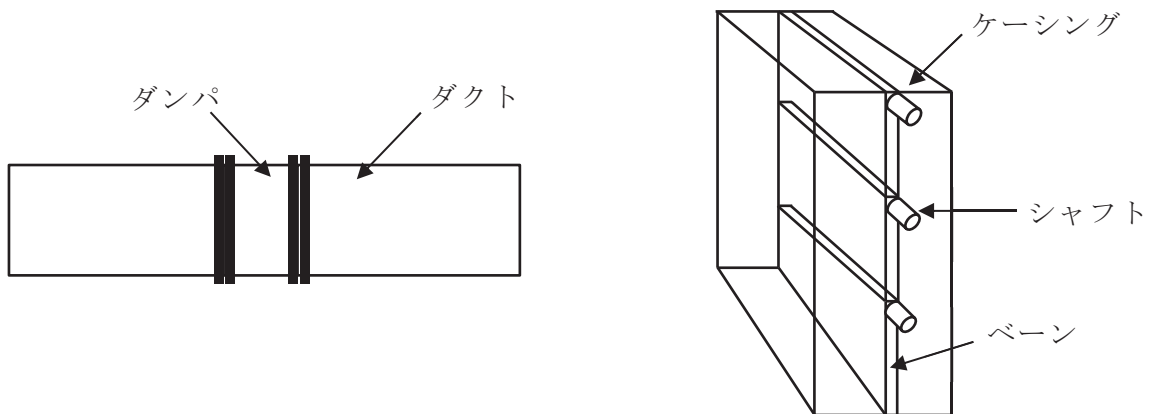


図 2-9 ダンパの概要図

2.3 評価方針

換気空調設備の強度評価は、添付書類「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」にて設定している、荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえ、角ダクト、丸ダクト、隔離弁、ファン及びダンパの各評価対象部位に作用する応力等が、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」に示す評価条件を用いて計算し、「5. 強度評価結果」にて確認する。

(1) 角ダクト及び丸ダクトの評価方針

角ダクト及び丸ダクトの構造強度評価フローを図 2-10 に示す。

竜巻より防護すべき施設を内包する施設内に設置されている、外気と繋がっている換気空調設備のうち、角ダクト及び丸ダクトの構造強度評価においては、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、評価対象部位を選定する。

角ダクトの構造強度評価においては、設計竜巻の気圧差による荷重を短期荷重とみなし、自重との組合せを考慮して、長期荷重（自重）＋短期荷重（設計竜巻による内外差圧）による応力が許容応力以下であることを確認する。構造強度評価では、添付書類「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る。

角ダクトの許容限界は、妥当な安全裕度を考慮して、添付書類「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」に示す許容限界である、「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）」、「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。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。

丸ダクトの構造強度評価においては、設計竜巻の気圧差による荷重を短期荷重とみなし、自重との組合せを考慮して、外圧により生じる周方向応力が許容応力以下であること及び長期荷重（自重）＋短期荷重（設計竜巻による内外差圧）により生じる応力が評価式を満足していることを確認する。構造強度評価では、添付書類「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る。

丸ダクトの許容限界は、添付書類「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」に示す許容限界である、クリッピング座屈の算出式に応じた値とする。

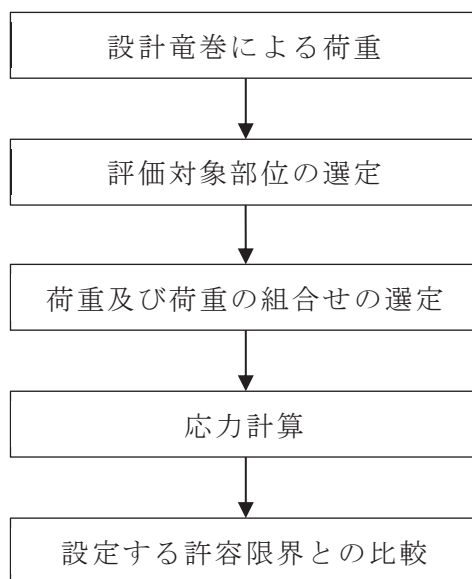


図 2-10 角ダクト及び丸ダクトの構造強度評価フロー

(2) 隔離弁の評価方針

隔離弁の構造強度評価フローを図 2-11 に示す。

竜巻より防護すべき施設を内包する施設内に設置されている、外気と繋がっている換気空調設備のうち、隔離弁の構造強度評価においては、その構造を踏まえ、設計荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し、評価対象部位を選定する。

構造強度評価においては、隔離弁に対して、設計竜巻の気圧差による荷重及び常時作用する荷重（自重）により生じる応力が許容応力以下であることを確認する。構造強度評価では、添付書類「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」に示す評価方法を用いる。

隔離弁の許容限界は、添付書類「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」に示す許容限界である部材の降伏応力とする。

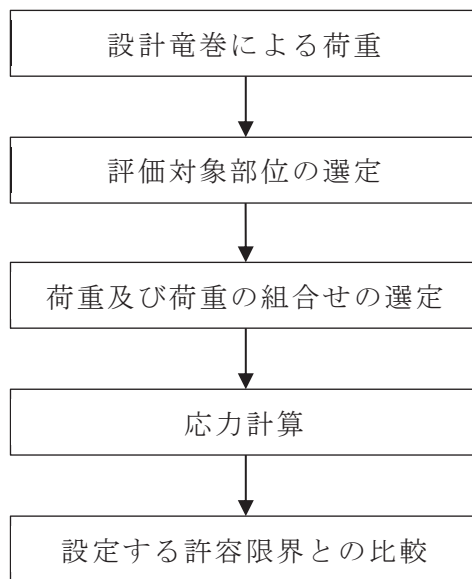


図 2-11 隔離弁の構造強度評価フロー

(3) ファンの評価方針

ファンの構造強度評価フローを図 2-12 に示す。

竜巻より防護すべき施設を内包する施設内に設置されている、外気と繋がっている換気空調設備のうち、ファンの構造強度評価においては、その構造を踏まえ、設計荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し、評価対象部位を選定する。

構造強度評価においては、ファンに対して、設計竜巻の気圧差による荷重により生じる応力が許容応力以下であることを確認する。構造強度評価では、添付書類「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」に示す評価方法を用いる。

ファンの許容限界は、添付書類「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」に示す許容限界である、J E A G 4 6 0 1 の許容応力状態Ⅲ_{A S}とする。

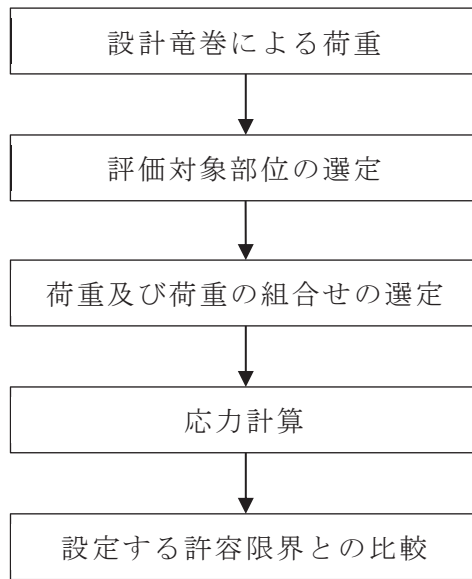


図 2-12 ファン構造強度評価フロー

(4) ダンパの評価方針

ダンパの構造強度評価フローを図 2-13 に示す。

竜巻より防護すべき施設を内包する施設内に設置されている、外気と繋がっている換気空調設備のうち、ダンパの構造強度評価においては、その構造を踏まえ、設計荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し、評価対象部位を選定する。

構造強度評価においては、ダンパに対して、設計竜巻の気圧差による荷重及び常時作用する荷重（自重）により生じる応力が許容応力以下であることを確認する。

構造強度評価では、添付書類「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」に示す評価方法を用いる。

ダンパの許容限界は、添付書類「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」に示す許容限界である J E A G 4 6 0 1 の許容応力状態Ⅲ_AS とする。

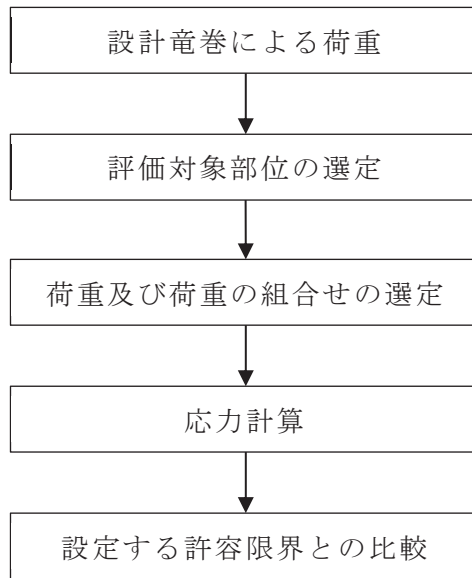


図 2-13 ダンパの構造強度評価フロー

2.4 適用規格

適用する規格，基準等を以下に示す。

- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編（J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1 -1987）
- ・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）
- ・J S M E S N C 1-2005/2007 発電用原子力設備規格 設計・建設規格
（以下「設計・建設規格」という。）
- ・日本機械学会 1987年 新版機械工学便覧

3. 構造強度評価方法

3.1 記号の定義

(1) ダクト

a. 角ダクト

角ダクトの構造強度評価に用いる記号を表3-1に示す。

表 3-1 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	ダクト幅
b	mm	ダクト高さ
c	mm	補強ピッチ
D_p	kg/m^2	単位面積当たりのダクト鋼板の質量
E	MPa	縦弾性係数
g	m/s^2	重力加速度
I	mm^4	断面二次モーメント
L	mm	ダクトサポートの支持間隔
M	$\text{N}\cdot\text{mm}$	ダクトに作用する曲げモーメント
M_p	$\text{N}\cdot\text{mm}$	自重により作用する曲げモーメント
P	MPa	ダクトにかかる外圧
S_y	MPa	設計・建設規格 付録材料図表Part5の表にて規定される設計降伏点
t	mm	ダクト板厚
δ_{max}	mm	面外荷重によるダクト鋼板の最大変位量
ΔP	MPa	設計竜巻の気圧低下量
π	—	円周率
μ	kg/m	ダクトの単位長さ当たりの重量
ν	—	ポアソン比
σ_{max}	MPa	中心に生じる面外荷重による最大応力
σ_{p1}	MPa	面内荷重（外圧）による発生応力
σ_{p2}	MPa	面内荷重（自重）による発生応力
σ_w	MPa	短期荷重（設計竜巻による内外差圧）による発生応力と長期荷重（自重）による発生応力の和
σ_y	MPa	許容応力

b. 丸ダクト

丸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 丸ダクトの構造強度評価に用いる記号

記号	単位	定義
c	mm	補強ピッチ
E	MPa	縦弾性係数
g	m/s ²	重力加速度
k _p	—	座屈係数
L	mm	ダクトサポートの支持間隔
M _{crip}	N・mm	クリップリング座屈が発生する際に作用する曲げモーメント
M _p	N・mm	自重により作用する曲げモーメント
n	—	座屈モードの次数
r	mm	丸ダクトのダクト半径
t	mm	ダクト板厚
Z _c	—	円筒かくの座屈応力の式における係数
β	—	円筒かくの座屈応力の式における係数
ΔP	MPa	設計竜巻の気圧低下量
μ	kg/m	ダクトの単位長さ当たりの質量
ν	—	ポアソン比
π	—	円周率
σ _{crip}	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
σ _{crip1}	MPa	外圧により生じる周方向応力

(2) 隔離弁

隔離弁の構造強度評価に用いる記号を表3-3に示す。

表3-3 隔離弁の構造強度評価に用いる記号

記号	単位	定義
A_s	mm^2	弁棒の断面積
A_v	mm^2	弁体の受圧面積
a	mm	弁体の半径
d	mm	弁棒の直径
F_1	N	設計竜巻の気圧低下により弁棒に受ける荷重
F_2	N	弁体自重により弁棒に受ける荷重
g	m/s^2	重力加速度
h	mm	弁体の板厚
m_v	kg	弁体自重
m_s	kg	弁棒自重
P_1	MPa	設計竜巻の気圧低下により弁体に受ける応力
P_2	MPa	自重により弁体に受ける応力
ΔP	MPa	設計竜巻の気圧低下量
p_v	MPa	弁体に受ける応力
p_s	N	弁棒に受ける荷重
r	mm	内半径
S_y	MPa	設計・建設規格 付録材料図表Part5の表にて規定される設計降伏点
t	mm	板厚
π	—	円周率
τ	MPa	弁棒に対するせん断応力
σ_{max}	MPa	弁体に対する曲げ応力
σ_θ	MPa	周方向応力

(3) ファン

ファンの構造強度評価に用いる記号を表 3-4 に示す。

表3-4 ファンの構造強度評価に用いる記号

記号	単位	定義
r	mm	ケーシング内半径
t	mm	ケーシング板厚
ΔP	MPa	設計竜巻の気圧低下量
S_y	MPa	設計・建設規格 付録材料図表Part5の表にて規定される設計降伏点
S_u	MPa	設計・建設規格 付録材料図表Part5の表にて規定される設計引張強さ
σ_θ	MPa	周方向応力

(4) ダンパ

ダンパの構造強度評価に用いる記号を表 3-5 に示す。

表 3-5 ダンパの構造強度評価に用いる記号 (1/2)

記号	単位	定義
A_s	mm ²	シャフト断面積
E	MPa	縦弾性係数
e_c	mm	ケーシングにおける断面の重心高さ
F_{1b}	N/mm ²	ベーンの内部圧力による分布荷重
F_{1c}	N/mm	ケーシングの内部圧力による分布荷重
F_{1s}	N	内部圧力によりシャフトにかかるせん断荷重
F_{2b}	N/mm ²	ベーンの自重による分布荷重
F_{2c}	N/mm	ケーシングの自重による分布荷重
F_{2s}	N	ベーンの自重によりシャフトにかかるせん断荷重
f_b	MPa	設計・建設規格 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_s	MPa	設計・建設規格 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
g	m/s ²	重力加速度
H_b	mm	ベーン幅
I_c	mm ⁴	ケーシングの断面二次モーメント

表 3-5 ダンパの構造強度評価に用いる記号 (2/2)

記号	単位	定義
L_c	mm	面間寸法
L_s	mm	シャフト直径
l_b	mm	ベーン長さ
l_c	mm	ケーシング長さ
M_c	N・mm	ケーシングに作用する最大曲げモーメント
m_b	kg	ベーン質量
m_c	kg	ケーシング質量
P	MPa	内部圧力
t_b	mm	ベーン板厚
Z_c	mm ³	ケーシングの断面係数
δ_{bmax}	mm	面外荷重によるベーンの最大変位量
ΔP	MPa	設計竜巻の気圧低下量
ν	—	ポアソン比
π	—	円周率
σ_{bmax}	MPa	ベーンの中心に生じる面外荷重による最大応力
σ_{cmax}	MPa	ケーシング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

3.2 評価対象部位

(1) ダクトの評価対象部位

角ダクト及び丸ダクトの評価対象部位は、添付書類「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」にて示している評価対象部位に従って、「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。

a. 角ダクト

設計竜巻の気圧差による荷重は、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3-1に示す。

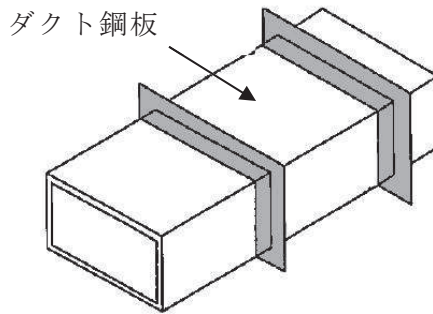


図3-1 角ダクトの評価対象部位

b. 丸ダクト

設計竜巻の気圧差による荷重は、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3-2に示す。

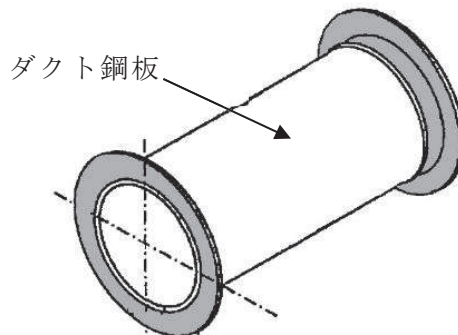


図3-2 丸ダクトの評価対象部位

(2) 隔離弁の評価対象部位

隔離弁の評価対象部位は、添付書類「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」にて示している評価対象部位に従って、「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。

設計竜巻の気圧差による荷重は、隔離弁本体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3-3に示す

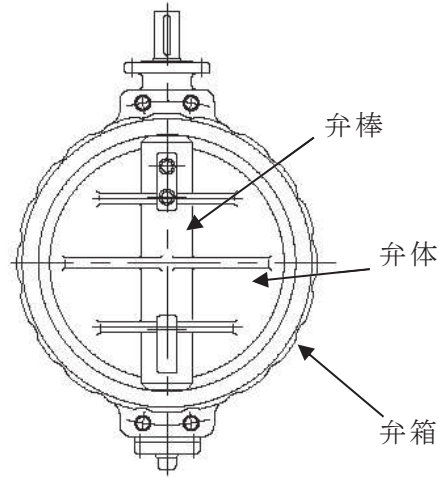


図 3-3 隔離弁の評価対象部位

(3) ファンの評価対象部位

ファンの評価対象部位は、添付書類「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」にて示している評価対象部位に従って、「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設定する。

設計竜巻の気圧差による荷重は、ファン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。

ファンの構造強度評価における評価対象部位を図3-4に示す。

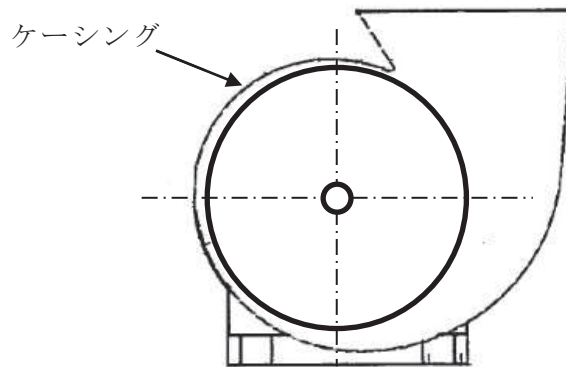


図3-4 ファンの評価対象部位

(4) ダンパの評価対象部位

ダンパの評価対象部位は、添付書類「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」にて示している評価対象部位に従って、「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設定する。

設計竜巻の気圧差による荷重は、ケーシング及びベーンに作用し、ベーンを介してシャフトに作用する。このことからケーシング、ベーン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3-5に示す。

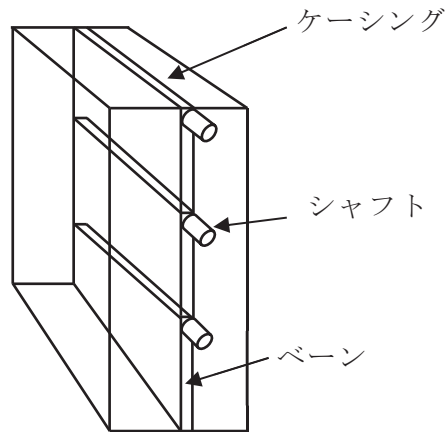


図3-5 ダンパの評価対象部位

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、添付書類「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」にて示している荷重及び荷重の組合せを踏まえ、換気空調設備の評価対象施設ごとに設定する。

(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。

$$\text{自重による荷重} = m \cdot g$$

(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。

b. 荷重の組合せ

構造強度評価に用いる荷重の組合せは、添付書類「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、換気空調設備の評価対象部位ごとに設定する。

なお、ファンの自重は内圧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3-6に示す。

表3-6 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	角ダクト	ダクト鋼板	①自重 ②気圧差による荷重
	丸ダクト	ダクト鋼板	①自重 ②気圧差による荷重
	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
	ファン	ケーシング	①気圧差による荷重
	ダンパ	ケーシング シャフト ベーン	①自重 ②気圧差による荷重

3.4 許容限界

(1) ダクトの許容限界

a. 角ダクト

角ダクトの許容限界は、「3.2 評価対象部位」にて設定している評価対象部位ごとに、添付書類「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」にて設定している許容限界及び機能損傷モードを踏まえ、許容応力状態Ⅲ_ASとする。

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配管」の許容限界を適用する。設計荷重に対して、当該施設に要求される安全機能を維持できるように弾性設計とするため、許容応力状態Ⅲ_ASから算出した以下の許容応力を許容限界とする。ただし、妥当な安全裕度を考慮し、座屈を生じないように設定する許容限界は、座屈の算出式に応じた値を許容限界として設定する。J E A

G 4 6 0 1 に従い、設計・建設規格 付録材料図表Part5,6の表にて許容応力を計算する際は、角ダクトの最高使用温度に応じた値をとるものとするが、温度が設計・建設規格 付録材料図表記載の中間の値の場合は、比例法を用いて計算する。ただし、設計・建設規格 付録材料図表Part5,6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。

(a) 面外荷重及び外圧による面内荷重に対する許容限界

角ダクトの面外荷重及び外圧による面内荷重に対する許容限界を表3-7,許容応力を表3-8に示す。

表3-7 角ダクトの許容限界

状態	許容限界
	一次応力
	曲げ
許容応力状態 Ⅲ _A S	S _y

表 3-8 角ダクトの許容限界

材料	温度条件 (°C)	S _y (MPa)
SGCC	40	205

(b) 長期荷重（自重）＋短期荷重（設計竜巻による内外差圧）に対する許容限界

自重により発生する曲げモーメントMと発生応力σ_{p2}の関係は以下の式で表される。



ここで、

$$I = \frac{(a + 2 \cdot t) \cdot (b + 2 \cdot t)^3 - a \cdot b^3}{12}$$

短期荷重（設計竜巻による内外差圧）による発生応力σ_{p1}と長期荷重（自重）による発生応力σ_{p2}の和σ_wが許容応力σ_yに達した時に座屈が生じることか

ら、長期荷重により発生する曲げモーメント M_p が、許容応力 σ_y と短期荷重による発生応力 σ_{p1} の差($\sigma_y - \sigma_{p1}$)から求まる長期荷重に対する許容曲げモーメント以下であることを確認する。



ここで、

$$\sigma_y = S_y$$

b. 丸ダクトの許容限界

丸ダクトの許容限界は、「3.2 評価対象部位」にて設定している評価対象部位ごとに、添付書類「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」にて設定している許容限界及び機能損傷モードを踏まえ、クリッピング座屈の算出式に応じた値とする。

丸ダクトの許容限界は、設計荷重に対して、塑性ひずみが生じる場合であっても、その量が微小なレベルに留まって破断延性限界に十分な余裕を有し、座屈を生じないこととするため、クリッピング座屈の算出式に応じた値を許容限界とする。J E A G 4 6 0 1 に従い、設計・建設規格 付録材料図表Part5,6の表にて許容応力を計算する際は、丸ダクトの最高使用温度に応じた値をとるものとするが、温度が設計・建設規格 付録材料図表記載の中間の値の場合は、比例法を用いて計算する。ただし、設計・建設規格 付録材料図表Part5,6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。

(a) 外圧に対する許容限界

外圧により生じる周方向応力は、クリッピング座屈が発生する際に生じる周方向応力（座屈応力） σ_{crip} を超えないこととする。

外圧によるクリッピング座屈が発生する際に生じる周方向応力 σ_{crip} は、円筒かくの座屈応力の式より算出する。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

$$\sigma_{c r i p} = \frac{k_p \cdot \pi^2 \cdot E}{12 \cdot (1 - \nu^2)} \left(\frac{t}{c}\right)^2$$

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

$$\beta = \frac{c \cdot n}{\pi \cdot r}$$

$$Z_c = \frac{c^2}{r \cdot t} \sqrt{1 - \nu^2}$$

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) 長期荷重（自重）＋短期荷重（設計竜巻による内外差圧）に対する許容限界

自重により作用する曲げモーメント M_p と外圧 ΔP （設計竜巻による気圧低下量）の組合せが、下式を満足させるものとする。



ここで、自重による曲げによってクリップリング座屈が発生する際に作用する曲げモーメント $M_{c r i p}$ は、下式より算出する。



- (2) 隔離弁の許容限界

隔離弁の許容限界は、「3.2 評価対象部位」にて設定している評価対象部位ごとに、添付書類「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」にて設定している許容限界及び機能損傷モードを踏まえ、設定する。

隔離弁の許容限界は、設計荷重に対して、当該施設に要求される安全機能を維持できるように弾性設計とするため、隔離弁の耐圧部に発生する応力に対して、部材の降伏応力 S_y を許容限界とする。許容限界は、J E A G 4 6 0 1 に従い、設計・建設規格 付録材料図表Part5,6の表にて許容応力を計算する際は、隔離弁の最高使用温度に応じた値をとるものとするが、温度が設計・建設規格 付録材料図表記載

の中間の値の場合は、比例法を用いて計算する。ただし、設計・建設規格 付録材料図表Part5,6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。

隔離弁の許容応力を表3-9に示す。

表3-9 隔離弁の許容応力

評価対象施設	評価対象部位	材質	温度条件(℃)	S _y (MPa)
原子炉建屋原子炉棟 換気空調系隔離弁	弁箱	SM400B (16mmを超え40mm以下)	100	212
	弁体	SM400B (16mm以下)	100	221
	弁棒	SUS304	100	171

(3) ファンの許容限界

ファンの許容限界は、「3.2 評価対象部位」にて設定している評価対象部位ごとに、添付書類「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」にて設定している許容限界及び機能損傷モードを踏まえ、許容応力状態Ⅲ_ASとする。

ファンの許容限界は、J E A G 4 6 0 1を準用し、「クラス2ポンプ」の許容限界を適用する。設計荷重に対して、当該施設に要求される安全機能を維持できるように弾性設計とするため、許容応力状態Ⅲ_ASから算出した以下の許容応力を許容限界とする。J E A G 4 6 0 1に従い、設計・建設規格 付録材料図表Part5,6の表にて許容応力を計算する際は、ファンの最高使用温度に応じた値をとるものとするが、温度が設計・建設規格 付録材料図表記載の中間の値の場合は、比例法を用いて計算する。ただし、設計・建設規格 付録材料図表Part5,6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。ファンの許容限界を表3-10、許容応力を表3-11に示す。

表3-10 ファンの許容限界（ケーシング）

状態	許容限界
	一次一般膜応力
許容応力状態 Ⅲ _A S	Min[S_y , 0.6 S_u]

表 3-11 ファンの許容応力（ケーシング）

評価対象部位	材料	温度条件 (°C)	S_y (MPa)	S_u (MPa)
ケーシング	SS400	40	245	400
	SS400	45	243	397

(4) ダンパの許容限界

ダンパの許容限界は、「3.2 評価対象部位」にて設定している評価対象部位ごとに、添付書類「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」にて設定している許容限界及び機能損傷モードを踏まえ、許容応力状態Ⅲ_ASとする。

ダンパの許容限界は、J E A G 4 6 0 1を準用し、「クラス1・クラス2, 3・その他の支持構造物」の許容限界を適用する。設計荷重に対して、当該施設に要求される安全機能を維持できるように弾性設計とするため、許容応力状態Ⅲ_ASから算出した以下の許容応力を許容限界とする。J E A G 4 6 0 1に従い、設計・建設規格付録材料図表Part5, 6の表にて許容応力を計算する際は、ダンパの最高使用温度に応じた値をとるものとするが、温度が設計・建設規格付録材料図表記載の中間の値の場合は、比例法を用いて計算する。ただし、設計・建設規格付録材料図表Part5, 6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。ダンパの許容限界を表3-12、許容応力を表3-13～表3-15に示す。

表 3-12 ダンパの許容限界

状態	許容限界	
	一次応力	
	曲げ	せん断
許容応力状態 Ⅲ _A S	1.5 f_b	1.5 f_s

表 3-13 ダンパの許容応力（ケーシング）

評価対象部位	材料	温度条件（℃）	$1.5 f_b$ (MPa)
ケーシング	SEHC	45	218
	SS400	40	282

表 3-14 ダンパの許容応力（ベーン）

評価対象部位	材料	温度条件（℃）	$1.5 f_b$ (MPa)
ベーン	SEHC	45	218
	SS400	40	282

表 3-13 ダンパの許容応力（シャフト）

評価対象部位	材料	温度条件（℃）	$1.5 f_s$ (MPa)
シャフト	SGD	45	135
	SGD	40	135

3.5 評価方法

(1) ダクトの評価方法

a. 角ダクト

角ダクトの構造強度評価は、添付書類「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」にて設定している角ダクトの評価式を用いる。

(a) 計算モデル

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）を補強部材（及び接続部材）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、鋼板を補強部材と両サイドのウェブで支持された4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。

角ダクトモデル図を図3-6に示す。

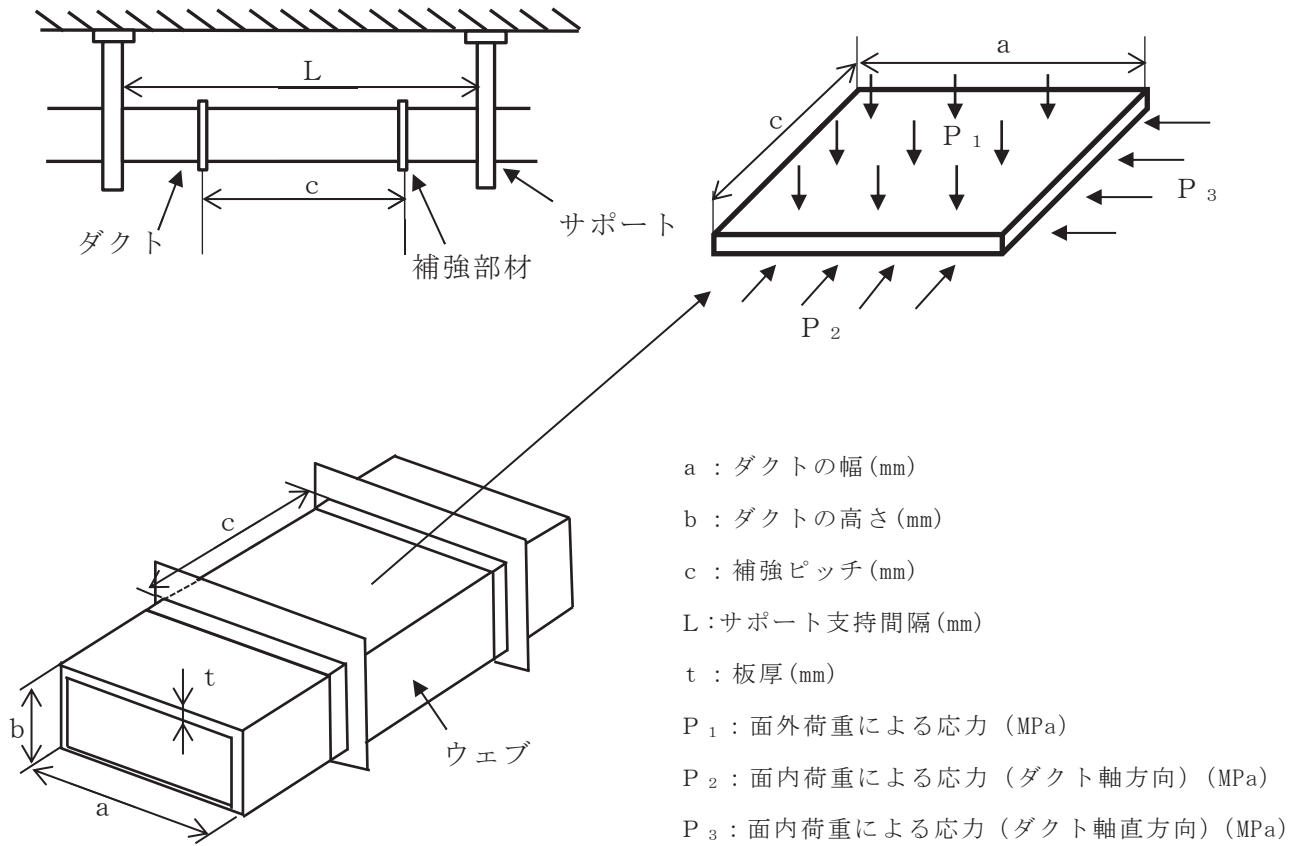


図3-6 角ダクトモデル図

(b) 計算方法

ダクトにかかる外圧は、設計竜巻により発生する気圧差が影響するので、

$$P = \Delta P$$

イ. 面外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，中心に生じる外圧及び自重による面外荷重により作用する最大応力 σ_{max} とその面外荷重によるダクト鋼板の最大変位量 δ_{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式を引用する。

$$\sigma_{max} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot \delta_{max}}{8(1-\nu^2)} \left\{ \frac{(2-\nu^2) \cdot \delta_{max} + 4 \cdot t}{a^2} + \frac{\nu \cdot (\delta_{max} + 4 \cdot t)}{c^2} \right\} \dots (3.1)$$

$$\frac{256 \cdot (1-\nu^2) \cdot (P + g \cdot D_p)}{\pi^6 \cdot E \cdot t^4} = \frac{4}{3} \cdot \left(\frac{1}{a^2} + \frac{1}{c^2} \right)^2 \cdot \frac{\delta_{max}}{t} + \left\{ \frac{4 \cdot \nu}{a^2 \cdot c^2} + (3-\nu^2) \cdot \left(\frac{1}{a^4} + \frac{1}{c^4} \right) \right\} \cdot \left(\frac{\delta_{max}}{t} \right)^3 \dots (3.2)$$

式 (3.2) より得られる δ_{max} の値を式 (3.1) へ代入し、 σ_{max} を算出する。

ロ. 面内荷重による発生応力

機械工学便覧の「クリップリングの考え方」と日本機械学会ジャーナルの「薄肉長方形及び箱形はりの座屈と強度」に記載されている鶴戸口の式を準用する。

(イ) 外圧による発生応力

薄肉構造物のうち、長方形板の弾性座屈の式より算出する。



(ロ) 自重による曲げモーメント

自重によりダクト鋼板に作用する曲げモーメントは、以下の式により算出する。

$$M_p = \frac{g \cdot \mu \cdot L^2}{8}$$

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

b. 丸ダクト

丸ダクトの構造強度評価は、添付書類「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」にて設定している丸ダクトの評価式を用いる。

(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梁とみなし、計算を行う。丸ダクトのモデル図を図3-7に示す。

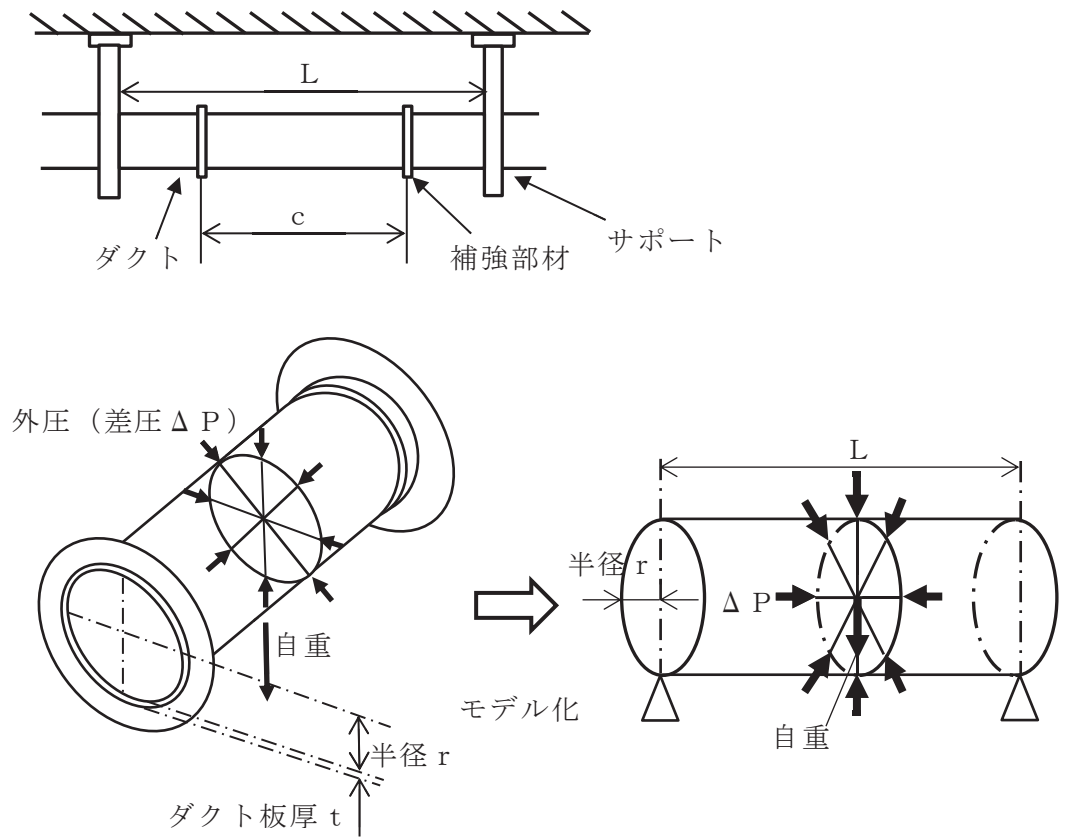


図3-7 丸ダクトモデル図

(b) 計算方法

計算式においては機械工学便覧及び「軽構造の理論とその応用（日本科学技術連盟(1966)）」に記載されている式を準用する。

イ. 外圧により生じる周方向応力 $\sigma_{c r i p 1}$

$$\sigma_{c r i p 1} = \frac{\Delta P \cdot r}{t}$$

ロ. 自重により作用する曲げモーメント M_p

$$M_p = \frac{g \cdot \mu \cdot L^2}{8}$$

(2) 隔離弁の評価方法

隔離弁の構造強度評価は、添付書類「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」にて設定している隔離弁の評価方法を用いる。

a. 弁箱

(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梁とみなし、計算を行う。弁箱のモデル図を図3-8に示す。

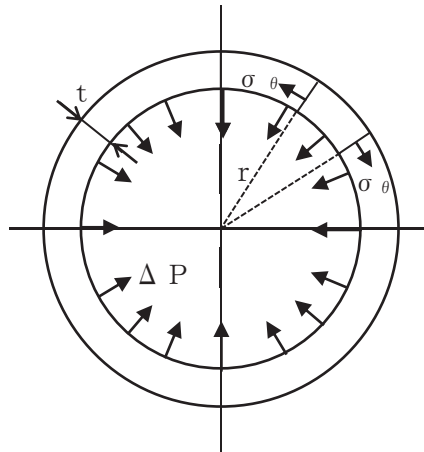


図3-8 弁箱のモデル図

(b) 計算方法

計算式においては機械工学便覧及び「軽構造の理論とその応用（日本科学技術連盟(1966)）」に記載されている式を準用する。

$$\sigma_{\theta} = \frac{\Delta P \cdot r}{t}$$

b. 弁体

(a) 計算モデル

弁体は円板であるため、等分布荷重が作用する周辺支持円板とみなし、計算を行う。評価モデル図を図 3-9 に示す。

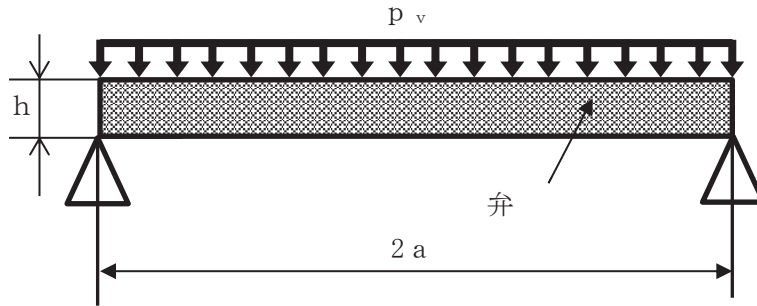


図3-9 弁体のモデル図

(b) 計算方法

弁体に作用する曲げ応力の計算方法を以下に示す。

設計竜巻の気圧低下により弁体に受ける応力 P_1 及び自重により弁体に受ける応力 P_2 は次による。

$$P_1 = \Delta P$$

$$P_2 = \frac{m_v \cdot g}{A_v}$$

ここで

$$A_v = \frac{\pi}{4} \cdot (2a)^2$$

弁体に受ける応力 p_v は次による。

$$p_v = P_1 + P_2$$

弁体に対する曲げ応力は次による。

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

c. 弁棒

(a) 計算モデル

弁体を受ける等分布荷重を支持する弁棒断面について、計算を行う。評価モデル図を図3-10に示す。

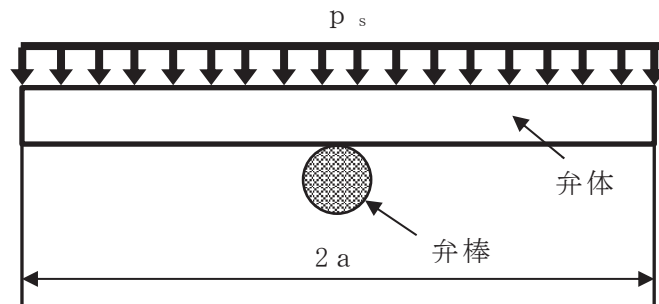


図3-10 弁体のモデル図

(b) 計算方法

弁棒に作用するせん断応力の計算方法を以下に示す。

設計竜巻の気圧低下により弁棒に受ける荷重 F_1 及び弁体及び弁棒の自重により弁棒に受ける荷重 F_2 は次による。

$$F_1 = \Delta P \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (2a)^2$$

$$F_2 = (m_v + m_s) \cdot g$$

弁棒に受ける荷重 p_s は次による。

$$p_s = F_1 + F_2$$

弁棒に対するせん断応力は次による。

$$\tau = \frac{p_s}{2 \cdot A_s}$$

ここで

$$A_s = \frac{\pi}{4} \cdot d^2$$

(3) ファンの評価方法

ファンの構造強度評価は、添付書類「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。

a. ケーシング

(a) 計算モデル

ケーシングは両端を補強部材で支持された円筒の梁とみなし、計算を行う。ファンケーシングのモデル図を図3-11に示す。

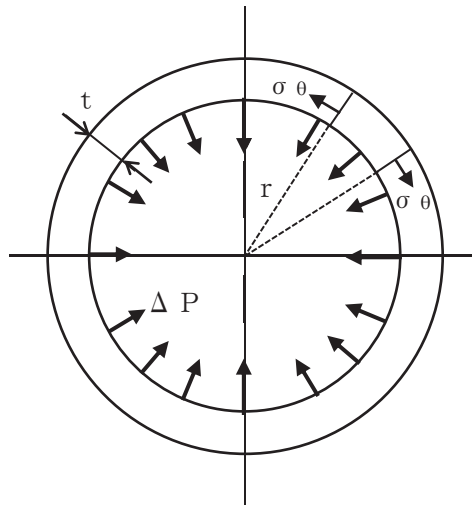


図3-11 ファンケーシングのモデル図

(b) 計算方法

計算式においては機械工学便覧及び「軽構造の理論とその応用（日本科学技術連盟(1966)）」に記載されている式を準用する。

$$\sigma_{\theta} = \frac{\Delta P \cdot r}{t}$$

(4) ダンパの評価方法

ダンパの構造強度評価は、添付書類「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」にて設定しているダンパの評価式を用いる。

a. ケーシング

(a) 計算モデル

ケーシングは、ケーシング板材を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梁として計算を行う。ケーシングの計算モデル図を図3-12に示す。

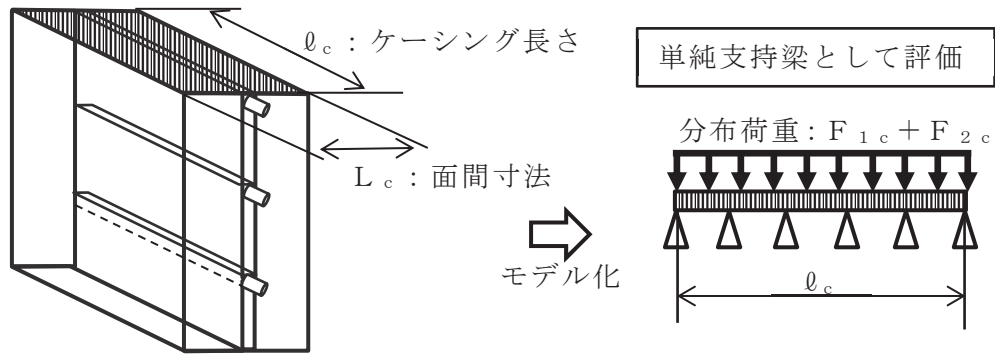


図3-12 ケーシングの計算モデル図

(b) 計算方法

内部圧力は、設計竜巻により発生する気圧差によって発生するので、

$$P = \Delta P$$

イ. ケーシング

ケーシングに作用する最大曲げモーメント

$$M_c = \frac{\ell_c^2 \cdot (F_{1c} + F_{2c})}{8}$$

ここで、

$$F_{1c} = P \cdot L_c$$

$$F_{2c} = \frac{m_c \cdot g}{\ell_c}$$

ケーシングに生じる最大曲げ応力

$$\sigma_{c \max} = \frac{M_c}{Z_c}$$

$$Z_c = \frac{I_c}{e_c}$$

b. ベーン

(a) 計算モデル

ベーンは、4辺支持長方形板に等分布荷重がかかるものとし、曲げ応力による計算を行う。ベーンの計算モデル図を図3-13に示す。

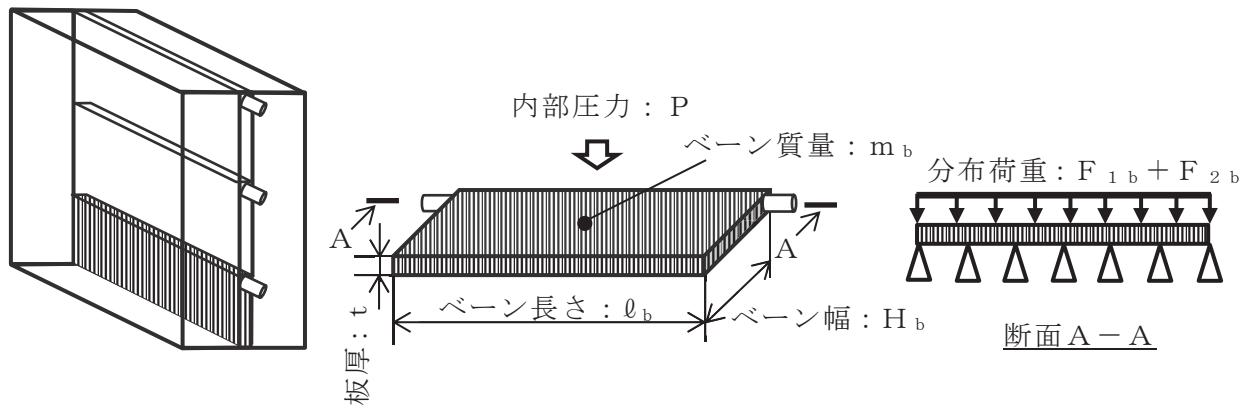


図3-13 ベーンのモデル図

(b) 計算方法

ベーンに生じる発生応力は、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、中心に生じる外圧及び自重による面外荷重により作用する最大応力 σ_{bmax} とその面外荷重によるベーン最大変位量 δ_{bmax} 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式を引用する。

$$\sigma_{bmax} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot \delta_{bmax}}{8 \cdot (1 - \nu^2)} \cdot \left\{ \frac{(2 - \nu^2) \cdot \delta_{bmax} + 4 \cdot t_b}{\ell_b^2} + \frac{\nu \cdot (\delta_{bmax} + 4 \cdot t_b)}{H_b^2} \right\} \dots (3.3)$$

$$\frac{256 \cdot (1 - \nu^2) \cdot (F_{1b} + F_{2b})}{\pi^6 \cdot E \cdot t_b^4} = \frac{4}{3} \cdot \left(\frac{1}{\ell_b^2} + \frac{1}{H_b^2} \right)^2 \cdot \frac{\delta_{bmax}}{t_b} + \left\{ \frac{4 \cdot \nu}{\ell_b^2 \cdot H_b^2} + (3 - \nu^2) \cdot \left(\frac{1}{\ell_b^4} + \frac{1}{H_b^4} \right) \right\} \cdot \left(\frac{\delta_{bmax}}{t_b} \right)^3 \dots (3.4)$$

ここで、

$$F_{1b} = P$$

$$F_{2b} = \frac{m_b \cdot g}{\ell_b \cdot H_b}$$

式(3.4)より得られる δ_{bmax} の値を式(3.3)へ代入し、 σ_{bmax} を算出する。

c. シャフト

(a) 計算モデル

シャフトは、内部圧力及び自重により発生する荷重が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力による評価を行う。シャフトの計算モデル図を図3-14に示す。

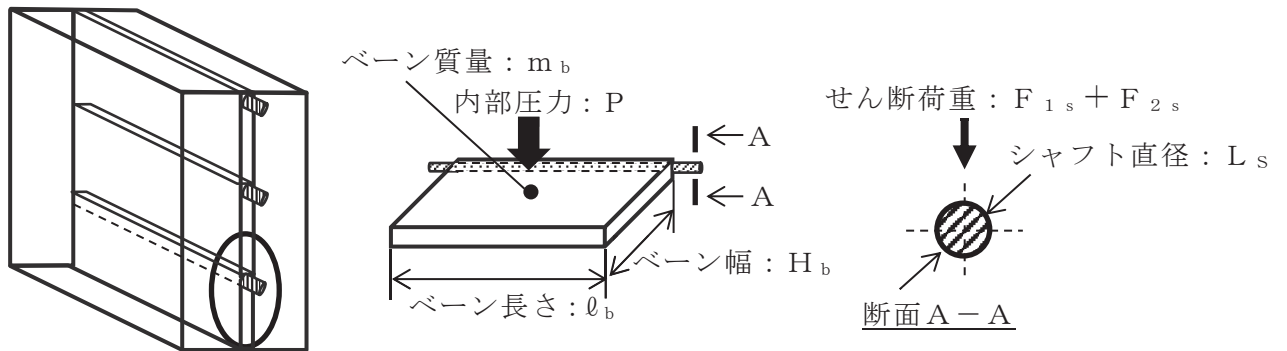


図3-14 シャフトのモデル図

(b) 計算方法

シャフトに生じる最大せん断応力

$$\sigma_{smax} = \frac{F_{1s} + F_{2s}}{2 \cdot A_s}$$

ここで、

$$F_{1s} = P \cdot H_b \cdot \ell_b$$

$$F_{2s} = m_b \cdot g$$

$$A_s = \left(\frac{L_s}{2} \right)^2 \cdot \pi$$

4. 評価条件

(1) 角ダクト

「3. 強度評価方法」に用いる評価条件を表4-1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面外荷重であり、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 4-1 評価条件

系統		
計測制御電源室換気空調系		

Δ P (MPa)	g (m/s ²)	ν (-)
7.6 × 10 ⁻³	9.80665	0.3

a (mm)	b (mm)	t (mm)	c (mm)	L (mm)
450	400	0.5	1800	2500

μ (kg/m)	D _p (kg/m ²)	材質	最高使用温度 (°C)	E (MPa)
14.3	3.925	SGCC	40	201700

(2) 丸ダクト

「3. 強度評価方法」に用いる評価条件を表4-2に示す。

丸ダクトにおいて、気圧差による発生応力が最も厳しくなるのは周方向応力であるため、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 4-2 評価条件

系統				
中央制御室換気空調系				

ΔP (MPa)	g (m/s^2)	ν (-)	ダクトサイズ (mm)	c (mm)
7.6×10^{-3}	9.80665	0.3	$\phi 550 \times 2.3$	900

L (mm)	μ (kg/m)	材質	最高使用温度 ($^{\circ}C$)	E (MPa)
1000	41.3	SS400	40	201700

(3) 隔離弁の評価条件

「3. 強度評価方法」に用いる評価条件を表4-3に示す。

隔離弁において、気圧差による荷重は弁箱、弁体及び弁棒にそれぞれ作用することから、発生応力比が最も厳しくなる系統の隔離弁について記載する。

表 4-3 評価条件

系統				
原子炉建屋原子炉棟換気空調系				

ΔP (MPa)	r (mm)	t (mm)	a (mm)	m_v (kg)
7.6×10^{-3}	875	23	875	840

m_s (kg)	g (m/s^2)	h (mm)	d (mm)
230	9.80665	15	105

材質	最高使用温度 ($^{\circ}C$)
SM400B	100
SUS304	

(4) ファンの評価条件

「3. 強度評価方法」に用いる評価条件を表4-4に示す。

ファンにおいては、気圧差による荷重は、ファンケーシングに作用することから発生応力が最も厳しくなる系統のファンについて記載する。

表 4-4 評価条件

系統				
原子炉補機室換気空調系				
ΔP (MPa)	r (mm)	t (mm)	材質	最高使用温度 (°C)
7.6×10^{-3}	942	4.5	SS400	40

(4) ダンパの評価条件

「3. 強度評価方法」に用いる評価条件を表4-5～表4-7に示す。

ダンパにおいては、外殻を構成するケーシングの発生応力が最も厳しくなる系統のダンパについて記載する。

表4-5 評価条件 (ケーシング)

系統				
原子炉補機室換気空調系				
ΔP (MPa)	l_c (mm)	L_c (mm)	m_c (kg)	g (m/s^2)
7.6×10^{-3}	1500	350	13.19	9.80665
I_c (mm^4)	e_c (mm)	材質	最高使用温度 (°C)	
412800	43.22	SEHC	45	

表4-6 評価条件 (ベーン)

ΔP (MPa)	t_b (mm)	ℓ_b (mm)	ν (-)	H_b (mm)
7.6×10^{-3}	2.3	638	0.3	234

m_b (kg)	g (m/s^2)	材質	最高使用温度 ($^{\circ}C$)	E (MPa)
2.868	9.80665	SEHC	45	201300

表4-7 評価条件 (シャフト)

ΔP (MPa)	ℓ_b (mm)	m_b (kg)	L_s (mm)	H_b (mm)
7.6×10^{-3}	638	2.868	20	234

g (m/s^2)	材質	最高使用温度 ($^{\circ}C$)
9.80665	SGD	45

5. 強度評価結果

(1) 構造強度評価結果

a. 角ダクト

角ダクトの構造強度評価結果を表5-1に示す。

ダクト鋼板に発生する応力は許容応力以下であり，また，自重（長期）＋設計竜巻による内外差圧（短期）による面内荷重による発生モーメントは許容応力以下である。

表 5-1 評価結果（角ダクト）

系統	ダクトサイズ (mm)
計測制御電源室換気空調系	450×400×0.5

面外荷重		外圧による面内荷重		長期荷重（自重）＋短期荷重（設計竜巻による内外差圧による面内荷重による発生モーメント）	
発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	発生値 (kN・mm)	許容値 (kN・mm)
121	205	23	205	110	1412

b. 丸ダクト

丸ダクトの構造強度評価結果を表5-2に示す。

ダクト鋼板に発生する周方向応力は許容応力以下であり，また，長期荷重（自重）＋短期荷重（設計竜巻による内外差圧）により発生する応力は許容応力以下である。

表 5-2 評価結果（丸ダクト）

系統	ダクトサイズ (mm)
中央制御室換気空調系	φ 550×2.3

気圧差により生じる周方向応力		長期荷重（自重）＋短期荷重（設計竜巻による内外差圧）による制限値	
発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	発生値 (-)	許容値 (-)
1	44	0.03	0.9

(2) 隔離弁

隔離弁の強度評価結果を表5-3～表5-5に示す。

弁箱，弁体，弁棒に発生する応力は許容応力以下である。

表 5-3 評価結果（弁箱）

評価対象施設	弁箱に発生する周方向応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
原子炉建屋原子炉棟換気 空調系隔離弁	1	212

表 5-4 評価結果（弁体）

評価対象施設	弁体に発生する曲げ応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
原子炉建屋原子炉棟換気 空調系隔離弁	47	221

表 5-5 評価結果（弁棒）

評価対象施設	弁棒に発生するせん断応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
原子炉建屋原子炉棟換気 空調系隔離弁	2	171

(3) ファン

ファンの構造強度評価結果を表5-6に示す。

ケーシングに発生する周方向応力は，許容応力以下である。

表 5-6 評価結果（ケーシング）

評価対象施設	ケーシングに発生する 周方向応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
原子炉補機室換気空調系 ファン	2	240

(4) ダンパ

ダンパの強度評価結果を表5-7～表5-9に示す。

ケーシング、ベーン及びシャフトに発生する応力は、許容応力以下である。

表5-7 評価結果（ケーシング）

評価対象施設	ケーシングに発生する曲げ応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
原子炉補機室換気空調系ダンパ	81	218

表5-8 評価結果（ベーン）

評価対象施設	ベーンに発生する曲げ応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
原子炉補機室換気空調系ダンパ	58	218

表5-9 評価結果（シャフト）

評価対象施設	シャフトに発生するせん断応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
原子炉補機室換気空調系ダンパ	2	135