

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-20-0093_改1
提出年月日	2021年9月14日

VI-3-3-5-1-2-1-3 ダクトの強度計算書（緊急時対策所換気空調系）

2021年9月
東北電力株式会社

まえがき

本計算書は、添付書類「VI-3-1-5 重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物の強度計算の基本方針」及び「VI-3-2-9 重大事故等クラス2管の強度計算方法」に基づいて計算を行う。

評価条件整理結果を以下に示す。なお、評価条件の整理に当たって使用する記号及び略語については、添付書類「VI-3-2-1 強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

・評価条件整理表

管 No.	既設 or 新設	施設時の 技術基準 に対象と する施設 の規定が あるか	クラスアップするか				条件アップするか				既工認に おける 評価結果 の有無	施設時の 適用規格	評価区分	同等性 評価 区分	評価 クラス		
			クラス アップ の有無	施設時 機器 クラス	DB クラス	SA クラス	条件 アップ の有無	DB 条件		SA 条件							
							圧力 (MPa)	温度 (°C)	圧力 (MPa)	温度 (°C)							
1	新設	—	—	—	—	—	—	—	—	40	0.60×10^{-3} (差圧)	40	—	—	同等性	a. (a)	SA-2
2	新設	—	—	—	—	—	—	—	—	40	0.60×10^{-3} (差圧)	40	—	—	同等性	a. (a)	SA-2
3	新設	—	—	—	—	—	—	—	—	40	0.60×10^{-3} (差圧)	40	—	—	同等性	a. (a)	SA-2
4	新設	—	—	—	—	—	—	—	—	40	0.60×10^{-3} (差圧)	40	—	—	同等性	a. (a)	SA-2
5	新設	—	—	—	—	—	—	—	—	40	0.60×10^{-3} (差圧)	40	—	—	同等性	a. (a)	SA-2
6	新設	—	—	—	—	—	—	—	—	40	0.60×10^{-3} (差圧)	40	—	—	同等性	a. (a)	SA-2
7	新設	—	—	—	—	—	—	—	—	40	0.60×10^{-3} (差圧)	40	—	—	同等性	a. (a)	SA-2

目次

1. 概要	1
2. 緊急時対策所換気空調系ダクトの強度計算方法	2
2.1 記号の定義	2
2.2 強度計算方法	5
3. 評価結果	10

1. 概要

本計算書は、重大事故等クラス2管が十分な強度を有することを確認するための方法として適用する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。）の規定に基づく強度計算方法について説明するものである。

重大事故等クラス2管の強度計算方法及び計算式については、設計・建設規格クラス2管の規定に基づくものとする。

設計・建設規格クラス2管の規定によらない場合の評価方法として、日本機械学会 機械工学便覧（以下「機械工学便覧」という。）の規定を用いる。ただし、設計・建設規格に計算式の規定がない応力計算については、「日本産業規格」（以下「J I S」という。）を準用する。

応力解析による評価を用いる場合は、一次応力強さを許容引張応力の1.5倍以下とすることで、設備の全体的な変形が弾性域内であることを確認する。

本資料は、上記概要を踏まえたうえで、女川原子力発電所第2号機の緊急時対策所換気空調系ダクトの強度計算方法及び評価結果について説明するものである。

2. 緊急時対策所換気空調系ダクトの強度計算方法

緊急時対策所換気空調設備のうち、矩形ダクトの強度評価式はクラス2管には定められていないことから、設計・建設規格を準用した評価式、又は設計・建設規格に規定されていない評価式を用いた強度計算方法並びに計算式について説明する。

2.1 記号の定義

ダクトの厚さ計算、フランジの応力計算、ダクトの応力計算に用いる記号については、次のとおりである。

(1) ダクトの厚さ計算に使用するもの

記号	単位	定義
a	mm	ダクト幅（長辺）
c	mm	ダクト接続材・補強材の接続ピッチ
D_p	kg/mm ²	単位面積当たりのダクト板の質量
E	MPa	縦弾性係数
g	mm/s ²	重力加速度
P	MPa	最高使用圧力
S	MPa	最高使用温度における設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表5に規定する材料の許容引張応力
t	mm	ダクトの計算上必要な厚さ
ν	—	ポアソン比
δ_{max}	mm	面外荷重によるダクト板の最大変位量

(2) フランジの応力計算に使用するもの

記号	単位	定義
A_b	mm ²	ボルトの有効断面積
B_1	mm	フランジの内面幅 (長辺側) (図 2-1 による)
B_2	mm	フランジの内面幅 (短辺側) (図 2-1 による)
C_1	mm	ボルト穴間の距離 (長辺側) (図 2-1 による)
C_2	mm	ボルト穴間の距離 (短辺側) (図 2-1 による)
G_0	mm	ガスケット外面幅 (長辺側) とフランジ外面幅 (長辺側) の小さい方の値 (図 2-1 による)
G_1	mm	ガスケット反力距離 (長辺側)
G_2	mm	ガスケット反力距離 (短辺側)
H	N	内圧力によってフランジに加わる全荷重
H_D	N	内圧力によってフランジの内面に加わる荷重 (図 2-1 による)
H_P	N	気密を十分に保つためのガスケット圧縮力 (図 2-1 による)
H_R	N	平衡反力 (図 2-1 による)
H_T	N	内圧力によってフランジに加わる全荷重とフランジの内面に加わる荷重との差 (図 2-1 による)
M	N・mm	自重によりフランジに作用する全モーメント
M_0	N・mm	使用状態でフランジに作用する全モーメント
P	MPa	最高使用圧力
P_{FD}	MPa	フランジ応力算定用圧力
P_{eq}	MPa	管の自重及びその他機械的荷重によりフランジ部に作用する曲げモーメントを圧力に換算した等価圧力
W_m	N	使用状態のボルト荷重 (図 2-1 による)
b''	mm	使用状態でのガスケット座の有効幅 $2b'' = 5$
d_b	mm	ボルトのねじ部の谷の径と軸部の径の最小部の小さい方の径
d_h	mm	ボルト穴の直径
h_D	mm	ボルト穴中心から H_D 作用点までの距離 (図 2-1 による)
h_P	mm	ボルト穴中心から H_P 作用点までの距離 (図 2-1 による)
h_R	mm	ボルト穴中心から H_R 作用点までの距離 (図 2-1 による)
h_T	mm	ボルト穴中心から H_T 作用点までの距離 (図 2-1 による)
m	—	ガスケット係数
n	本	ボルト本数
t	mm	フランジの厚さ (図 2-1 による)
σ_b	MPa	最高使用温度における設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 7 に規定するボルト材料の許容引張応力
σ_f	MPa	最高使用温度における設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 5 に規定するフランジ材料の許容引張応力
σ_{max}	MPa	使用状態でフランジに作用する発生応力
σ'_{max}	MPa	使用状態でボルトに作用する発生応力

ダクトのフランジ・ボルトの応力計算に使用するもの

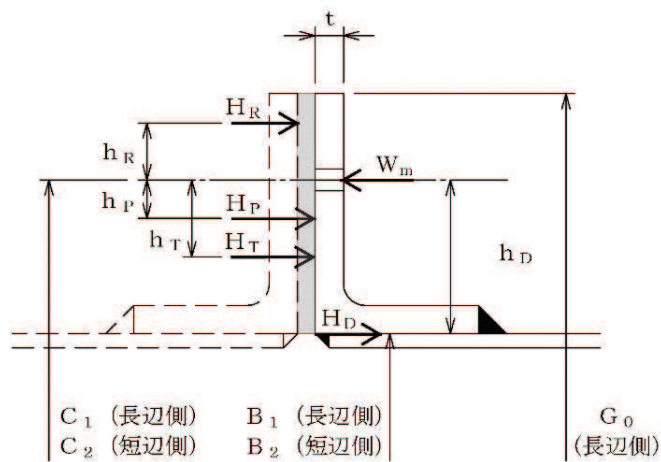


図 2-1 フランジの寸法 (矩形ダクト)

(3) ダクトの応力計算に使用するもの

記号	単位	定義	
ダクトの応力計算に使用するもの	a	mm	ダクト幅 (長辺)
	c	mm	ダクト接続材・補強材の接続ピッチ
	D_P	kg/mm ²	単位面積当たりのダクト板の質量
	E	MPa	縦弾性係数
	g	mm/s ²	重力加速度
	P	MPa	最高使用圧力
	S_h	MPa	最高使用温度における設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 5 に規定する材料の許容引張応力
	$S_{pr m}$	MPa	一次応力
	t	mm	ダクトの厚さ
	ν	—	ポアソン比
δ_{max}	mm	面外荷重によるダクト板の最大変位量	

2.2 強度計算方法

ここでは緊急時対策所換気空調設備を構成する矩形のダクトの計算方法並びに計算式を示す。材料の許容引張応力は、設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 5 及び表 7 に応じた値を用いる。

設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 5 及び表 7 記載の温度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。

強度計算は設計・建設規格又は機械工学便覧に基づき、適切な裕度を持った許容値を使用して実施することから、強度計算に用いる寸法は公称値を使用する。

(1) 応力の制限（設計・建設規格 PPC-3111 準用）

ダクトの耐圧設計は設計・建設規格 PPC-3400 の規定に従って行う。

(2) ダクトの厚さの計算（設計・建設規格 PPC-3411 準用及び機械工学便覧（設計・建設規格 PPC-3411 参考））

ダクトの厚さは、次の計算式により求められる計算上必要な厚さ以上であることを確認する。

矩形ダクトの任意のダクト板面に着目すると、ダクト板面は両サイドを他の 2 つの側面のダクト板で、軸方向（流れ方向）を接続部材（及び補強部材）で支持された長方形の板とみなすことができる。ここで、両サイドの 2 つの側面のダクト板は支持しているダクト板面（評価対象面）に作用する圧力及び自重（面外荷重）を面内で受けている。また、接続部材（及び補強部材）は支持しているダクト板面（評価対象面）に取り付けられており、本部位は評価対象面本体よりも面外荷重に対する剛性が增強されている。したがって、評価対象面は、面外に等分布荷重を受ける 4 辺単純支持の長方形板とみなせ、長方形板の大たわみ式（出典：機械工学便覧）を用いて、計算上必要な厚さを求めることができる。（図 2-2 参照）

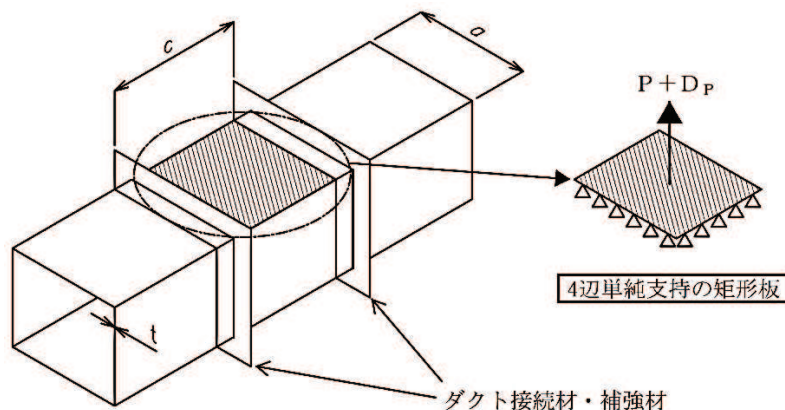


図 2-2 板材の面外荷重に対する評価モデル

区 分	適用規格番号	計 算 式
矩形のダクト	機械工学便覧 設計・建設規格 PPC-3411(1) 参考	$\frac{256 \cdot (1 - \nu^2)}{\pi \cdot E \cdot t^4} \cdot (P + g \cdot D_P) = \frac{4}{3} \cdot \left(\frac{1}{a^2} + \frac{1}{c^2} \right) \cdot \frac{\delta_{\max}}{t}$ $+ \left\{ \frac{4 \cdot \nu}{a^2 \cdot c^2} + (3 - \nu^2) \cdot \left(\frac{1}{a^4} + \frac{1}{c^4} \right) \right\} \cdot \left(\frac{\delta_{\max}}{t} \right)^3 \quad \dots \dots (2.1)$ $S = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot \delta_{\max}}{8 \cdot (1 - \nu^2)} \cdot \left\{ \frac{(2 - \nu^2) \cdot \delta_{\max} + 4 \cdot t}{a^2} + \frac{\nu \cdot (\delta_{\max} + 4 \cdot t)}{c^2} \right\} \quad \dots \dots (2.2)$

(2.1)式及び(2.2)式を解いて、両式を満足する δ_{\max} 及び t を求める。このときの t を矩形のダクトの計算上必要な厚さと定義する。なお、縦弾性係数は設計・建設規格 付録材料図表 Part6 の値を用いて算出し、ポアソン比を 0.3 として計算を行う。

(3) フランジ (設計・建設規格 PPC-3414 準用)

矩形のアンクルフランジ構造であり、J I S B 8 2 6 5 (2003)「圧力容器の構造—一般事項」に規定するルーズ形フランジと断面形状が類似しており、矩形と円形の形状の違いを考慮することにより、同様な寸法の取り方が可能であるため、図 2-3「フランジ型式」に示すルーズ形フランジに準じた形状にモデル化し、J I S B 8 2 6 5 (2003)「圧力容器の構造—一般事項」に規定するフランジの応力計算に準じてボルトに発生する応力を評価し、必要な強度を有することを確認する。

なお、フランジについては、図 2-3「フランジ型式」に示す断面形状が等ボルト間隔で直線状に配列されるものとして、フランジに作用する曲げ応力を評価し、必要な強度を有することを確認する。

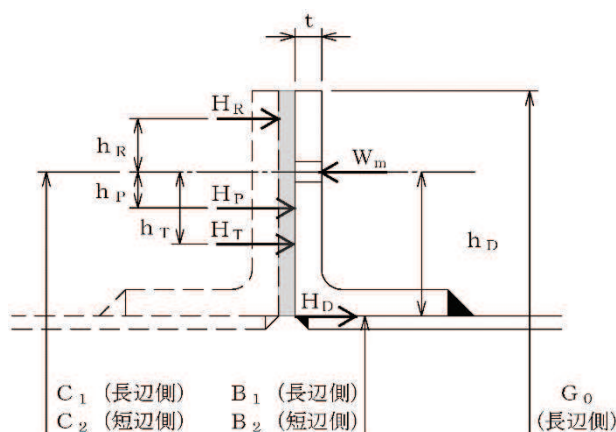


図 2-3 フランジ型式 (矩形アンクルフランジ)

項 目	計 算 式
ダクトの自重及びその他機械的荷重によりフランジ部に作用する曲げモーメントを圧力に換算した等価圧力	$P_{eq} = \frac{3 \cdot M}{G_1 \cdot G_2}$
フランジ応力算定用圧力	$P_{FD} = P + P_{eq}$
使用状態におけるガスケット座有効幅	$b'' = \frac{5}{2}$
ガスケット圧縮力 H_P が作用する位置の距離（長辺側）	$G_1 = C_1 - (d_h + 2 \cdot b'')$
ガスケット圧縮力 H_P が作用する位置の距離（短辺側）	$G_2 = C_2 - (d_h + 2 \cdot b'')$
内圧力によってフランジに加わる全圧力	$H = (C_1 - d_h)(C_2 - d_h) \cdot P_{FD}$
内圧力によってフランジの内面に加わる荷重	$H_D = B_1 \cdot B_2 \cdot P_{FD}$
気密を十分に保つためのガスケット圧縮力	$H_P = 4 \cdot (G_1 + G_2) \cdot b'' \cdot m \cdot P_{FD}$
平衡反力	$H_R = \frac{H_D \cdot h_D + H_T \cdot h_T + H_P \cdot h_P}{h_R}$
内圧力によってフランジに加わる全荷重とフランジの内面に加わる荷重の差	$H_T = H - H_D$
ボルト穴中心から H_D 作用点までの距離	$h_D = \frac{C_1 - B_1}{2}$
ボルト穴中心から H_P 作用点までの距離	$h_P = \frac{d_h + 2 \cdot b''}{2}$
ボルト穴中心から H_R 作用点までの距離	$h_R = \frac{G_0 - (C_1 + d_h)}{4} + \frac{d_h}{2}$
ボルト穴中心から H_T 作用点までの距離	$h_T = \frac{(C_1 + d_h + 2 \cdot b'') - B_1}{4}$
使用状態のボルト荷重	$W_m = H + H_P + H_R$

計算上必要なボルト荷重

項 目		計 算 式
ボルトの発生応力	ボルト総有効断面積	$A_b = n \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d_b^2$
	使用状態でのボルト荷重により生じる平均引張応力	$\sigma'_{max} = \frac{W_m}{A_b}$
	評 価	σ'_{max} が σ_b 以下となることを確認する。

項 目		計 算 式
するフランジに作用するモーメント	使用状態でフランジに作用する全モーメント	$M_0 = H_R \cdot h_R$
応力フランジに生じる	使用状態でフランジに作用する発生応力	$\sigma_{max} = \frac{6 \cdot M_0}{t^2 \cdot (2 \cdot (C_1 + C_2) - n \cdot d_h)}$
	評 価	σ_{max} が $1.5 \sigma_f$ 以下となることを確認する。

(4) 穴の補強計算 (設計・建設規格 PPC-3420 準用)

穴の補強計算は、管の計算上必要な厚さに相当する穴の欠損面積（補強に必要な面積）を管の計算上必要な厚さを上回る部分の面積（補強に有効な面積）が補充していることを確認するものである。したがって、管の計算上必要な厚さが実際の管厚さに対して小さければ、補強に有効な面積が補強に必要な面積を下回ることはない。

緊急時対策所換気空調系ダクトの圧力は最も高くなる箇所でも $0.60 \times 10^{-3} \text{MPa}$ と微圧であり、一般に、前述する(2)項にて定義する計算上必要な厚さは、小さい値となる。このため、補強に必要な面積も小さい値となり、補強に有効な面積を上回ることはない。したがって、緊急時対策所換気空調系のダクトの厚さが計算上必要な厚さに比べて、余裕があることを確認することによって、補強に有効な面積が補強に必要な面積よりも大きくなることを確認できるので、穴の補強計算は省略する。

(5) 応力計算 (設計・建設規格 PPC-3500 及び 3700 準用)

縦弾性係数は設計・建設規格 付録材料図表 Part6 の値を用いて算出し, ポアソン比を 0.3 として以下の応力計算を行う。

a. 一次応力 (設計・建設規格 PPC-3510 準用)

矩形のダクトの任意のダクト板面に着目すると, ダクト板面は両サイドを他の 2 つの側面のダクト板で, 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見なすことができる。したがって, 次の計算式 (等分布荷重を受ける 4 辺単純支持の長方形板の大たわみ式 (出典: 機械工学便覧; 前述する 2.2(2) 項 (厚さ計算) の式と同一)) により求められる応力値が, 最高使用温度における材料の許容応力を超えないことを確認する。

適用規格番号	計 算 式	許容応力
<p style="text-align: center;">機械工学便覧 (設計・建設規格 PPC-3520(1)b 参考)</p>	$\frac{256 \cdot (1 - \nu^2)}{\pi^6 \cdot E \cdot t^4} (P + g \cdot D_P) = \frac{4}{3} \cdot \left(\frac{1}{a^2} + \frac{1}{c^2} \right)^2 \cdot \frac{\delta_{\max}}{t}$ $+ \left\{ \frac{4 \cdot \nu}{a^2 \cdot c^2} + (3 - \nu^2) \cdot \left(\frac{1}{a^4} + \frac{1}{c^4} \right) \right\} \cdot \left(\frac{\delta_{\max}}{t} \right)^3 \dots \dots (2.3)$ $S_{\text{pr m}} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot \delta_{\max}}{8 \cdot (1 - \nu^2)}$ $\cdot \left\{ \frac{(2 - \nu^2) \cdot \delta_{\max} + 4 \cdot t}{a^2} + \frac{\nu \cdot (\delta_{\max} + 4 \cdot t)}{c^2} \right\}$ $\dots \dots (2.4)$	<p style="text-align: center;">1.5 S_h</p>

(2.3) 式及び(2.4) 式を解いて, 両式を満足する δ_{\max} 及び $S_{\text{pr m}}$ を求める。このときの $S_{\text{pr m}}$ を矩形の一次応力と定義する。

3. 評価結果

緊急時対策所換気空調系ダクトの強度計算

FORMAT-II ダクトの厚さ計算結果

(1/1) 矩形のダクト

管 No.	ダクトサイズ (長辺×短辺×板厚×長さ)	放射線管理施設			換気設備			ダクト厚さ (最小厚さ) (mm)
		最高使用 圧 (MPa)	最高使用 温 度 (°C)	材 料	許容引張応力 S (MPa)	計算上 必要な厚さ t (mm)		
1	150×150×0.8× <input type="text"/>	0.60×10^{-3}	40	<input type="text"/>	<input type="text"/>	0.01	0.8	
2	150×150×2.0× <input type="text"/>	0.60×10^{-3}	40			0.02	2.0	
3	350×350×0.8× <input type="text"/>	0.60×10^{-3}	40			0.03	0.8	
4	350×350×2.0× <input type="text"/>	0.60×10^{-3}	40			0.03	2.0	
5	200×200×0.8× <input type="text"/>	0.60×10^{-3}	40			0.02	0.8	
6	400×200×0.8× <input type="text"/>	0.60×10^{-3}	40			0.03	0.8	
7	300×300×0.8× <input type="text"/>	0.60×10^{-3}	40			0.02	0.8	

評 価：上記ダクトの最小厚さは、すべて計算上必要な厚さ以上である。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

緊急時対策所換気空調系ダクトの強度計算
 FORMAT-IV ダクトの応力計算結果
 (1/1) 矩形のダクト

緊急時対策所換気空調系ダクト上

換気設備

放射線管理施設

設備区分

管 No.	ダクトサイズ (長辺×短辺×板厚×長さ)	厚さ (mm)	材 料	最高使用 圧 (MPa)	最高使用 温 (°C)	一 次 応 力	
						合計応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
1	150×150×0.8× <input type="text"/>	0.8	<input type="text"/>	0.60×10 ⁻³	40	19	<input type="text"/>
2	150×150×2.0× <input type="text"/>	2.0		0.60×10 ⁻³	40	5	
3	350×350×0.8× <input type="text"/>	0.8		0.60×10 ⁻³	40	24	
4	350×350×2.0× <input type="text"/>	2.0		0.60×10 ⁻³	40	19	
5	200×200×0.8× <input type="text"/>	0.8		0.60×10 ⁻³	40	22	
6	400×200×0.8× <input type="text"/>	0.8		0.60×10 ⁻³	40	24	
7	300×300×0.8× <input type="text"/>	0.8		0.60×10 ⁻³	40	23	

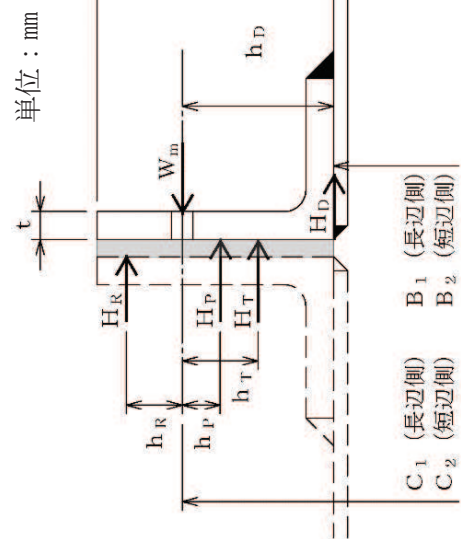
評 価：ダクトの合計応力は、許容応力以下であるので、強度は十分である。

緊急時対策所換気空調系ダクトの強度計算

FORMAT-VI フランジの強度計算結果

(1/7) 矩形のダクト ダクトサイズ：150×150×0.8× フランジサイズ：

フランジ及びボルトの応力		管 No.		1					
(1) 設計条件及び諸元									
最高使用圧 (MPa)	最高使用温度 (°C)	G ₀ * (mm)	フランジ		ボルト		ガスケット		
			材料	最高使用温度における許容引張応力 σ _f (MPa)	材料	最高使用温度における許容引張応力 σ _b (MPa)	ボルト間隔 θ (mm)	ボルトの径 d _b (mm)	材料
0.60×10 ⁻³	40	201.6	<input type="text"/>	<input type="text"/>	100	<input type="text"/>	クロロプレンゴム	0.5	2.5
(2) フランジの応力									
フランジに作用するモーメント		フランジに生じる応力							
M ₀ (N・mm)	計算応力 σ _{max} (MPa)	許容応力 1.5σ _f (MPa)							
1.597×10 ⁴	17	<input type="text"/>							
(3) ボルトの応力									
ボルトに生じる平均引張応力		許容応力 σ _b (MPa)							
計算応力 σ' _{max} (MPa)	12	<input type="text"/>							
評価	フランジに生じる応力及びボルトに生じる応力は、設計・建設規格 PPC-3414 に規定される許容応力以下であるので強度は十分である。								



注記*：ガスケット外面幅（長辺側）とフランジ外面幅（長辺側）の小さい方の値。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

緊急時対策所換気空調系ダクトの強度計算
 FORMAT-VI フランジの強度計算結果

(2/7) 矩形のダクト ダクトサイズ: 150×150×2.0× フランジサイズ:

管 No.	2
-------	---

フランジ及びボルトの応力

(1) 設計条件及び諸元

最高使用圧 (MPa)	最高使用温度 (°C)	G ₀ * (mm)	フランジ		ボルト		ガスケット			
			材料	最高使用温度における許容引張応力 σ _f (MPa)	材料	最高使用温度における許容引張応力 σ _b (MPa)	ボルト間隔 θ (mm)	ボルトの径 d _b (mm)	材料	ガスケット係数 m
0.60×10 ⁻³	40	204	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	100	<input type="text"/>	クロロプレンゴム	0.5	2.5

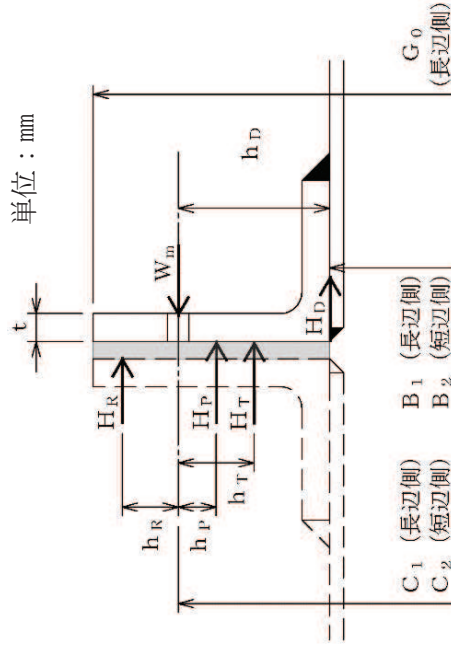
(2) フランジの応力

フランジに作用するモーメント M ₀ (N・mm)	フランジに生じる応力
4.711×10 ⁴	計算応力 σ _{max} (MPa) 許容応力 1.5σ _f (MPa)
	50 <input type="text"/>

(3) ボルトの応力

ボルトに生じる平均引張応力	許容応力
計算応力 σ' _{max} (MPa)	σ _b (MPa)
34	<input type="text"/>

フランジに生じる応力及びボルトに生じる応力は、設計・建設規格 PPC-3414 に規定される許容応力以下であるので強度は十分である。



注記* : ガスケット外面幅 (長辺側) とフランジ外面幅 (長辺側) の小さい方の値。

緊急時対策所換気空調系ダクトの強度計算
 FORMAT-VI フランジの強度計算結果

(3/7) 矩形のダクト ダクトサイズ：350×350×0.8× フランジサイズ：

管 No.	3
-------	---

フランジ及びボルトの応力

(1) 設計条件及び諸元

最高使用圧 (MPa)	最高使用温度 (°C)	G ₀ * (mm)	フランジ		ボルト		ガスケット			
			材料	最高使用温度における許容引張応力 σ _f (MPa)	材料	最高使用温度における許容引張応力 σ _b (MPa)	ボルトの間隔 θ (mm)	ボルトの径 d _b (mm)	材料	ガスケット係数 m
0.60×10 ⁻³	40	401.6	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	100	<input type="text"/>	クロロプレンゴム	0.5	2.5

(2) フランジの応力

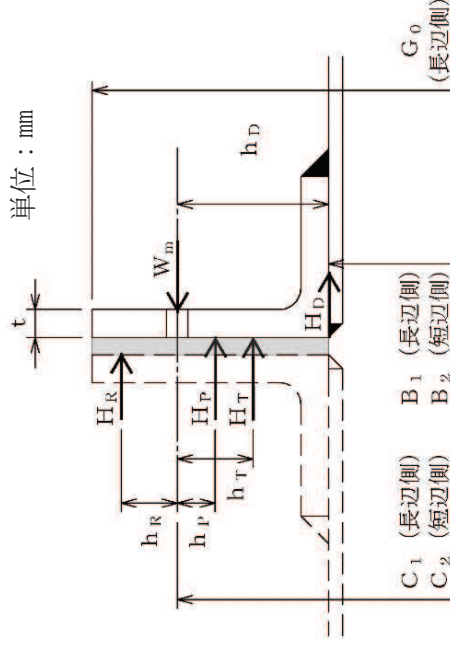
フランジに作用するモーメント		フランジに生じる応力	
M ₀ (N・mm)	2.079×10 ⁴	計算応力 σ _{max} (MPa)	許容応力 1.5σ _f (MPa)
		11	<input type="text"/>

(3) ボルトの応力

ボルトに生じる平均引張応力		許容応力	
計算応力 σ' _{max} (MPa)	8	σ _b (MPa)	<input type="text"/>

フランジに生じる応力及びボルトに生じる応力は、設計・建設規格 PPC-3414 に規定される許容応力以下であるので強度は十分である。

注記*：ガスケット外面幅（長辺側）とフランジ外面幅（長辺側）の小さい方の値。



枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

緊急時対策所換気空調系ダクトの強度計算
 FORMAT-VI フランジの強度計算結果

(4/7) 矩形のダクト ダクトサイズ：350×350×2.0× フランジサイズ：

	管 No.	4
--	-------	---

フランジ及びボルトの応力

(1) 設計条件及び諸元

最高使用圧 (MPa)	最高使用温度 (°C)	G ₀ * (mm)	フランジ		ボルト		ガスケット			
			材料	最高使用温度における許容引張応力 σ _f (MPa)	材料	最高使用温度における許容引張応力 σ _b (MPa)	ボルト間隔 θ (mm)	ボルトの径 d _b (mm)	材料	ガスケット係数 m
0.60×10 ⁻³	40	404	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	100	<input type="text"/>	クロロプレンゴム	0.5	2.5

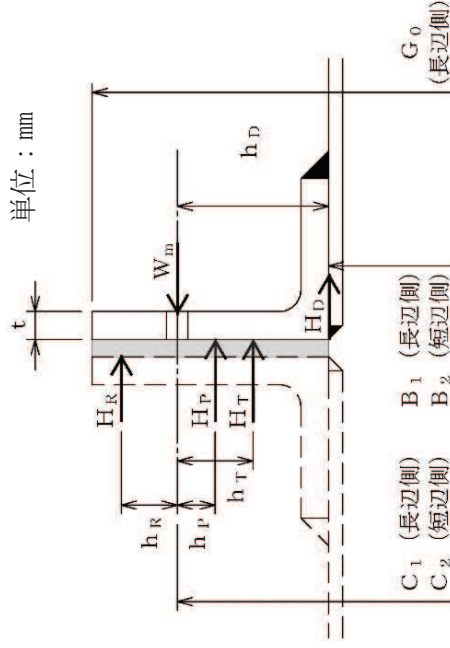
(2) フランジの応力

フランジに作用するモーメント		フランジに生じる応力	
M ₀ (N・mm)	計算応力 σ _{max} (MPa)	許容応力	許容応力 1.5σ _f (MPa)
5.534×10 ⁴	28	<input type="text"/>	<input type="text"/>

(3) ボルトの応力

ボルトに生じる平均引張応力		許容応力	
計算応力 σ' _{max} (MPa)	許容応力 σ _b (MPa)	許容応力	許容応力 σ _b (MPa)
20	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

フランジに生じる応力及びボルトに生じる応力は、設計・建設規格 PPC-3414 に規定される許容応力以下であるので強度は十分である。



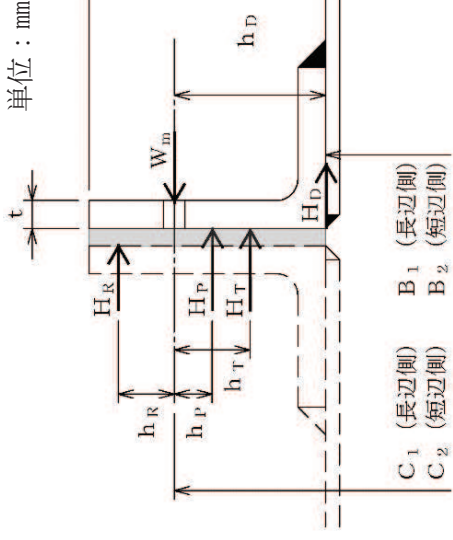
注記*：ガスケット外面幅（長辺側）とフランジ外面幅（長辺側）の小さい方の値。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

緊急時対策所換気空調系ダクトの強度計算
 FORMAT-VI フランジの強度計算結果

(5/7) 矩形のダクト ダクトサイズ：200×200×0.8× フランジサイズ：

		管 No.		5		
フランジ及びボルトの応力						
(1) 設計条件及び諸元						
最高使用圧 (MPa)	最高使用温度 (°C)	G ₀ * (mm)	フランジ		ボルト	
			材料	最高使用温度における許容引張応力 σ _f (MPa)	材料	最高使用温度における許容引張応力 σ _b (MPa)
0.60×10 ⁻³	40	251.6	<input type="text"/>	<input type="text"/>	100	<input type="text"/>
			ガスケット		ガスケット	
			材料	ガスケット係数 m	有効幅 b" (mm)	2.5
			クロロプレンゴム	0.5		
(2) フランジの応力						
フランジに作用するモーメント		フランジに生じる応力				
M ₀ (N・mm)	計算応力 σ _{max} (MPa)	許容応力		許容応力		
2.079×10 ⁴	18	1.5σ _f (MPa)		<input type="text"/>		
(3) ボルトの応力						
ボルトに生じる平均引張応力		許容応力				
計算応力 σ' _{max} (MPa)	σ _b (MPa)					
10	<input type="text"/>					
評価	フランジに生じる応力及びボルトに生じる応力は、設計・建設規格 PPC-3414 に規定される許容応力以下であるので強度は十分である。					



注記*：ガスケット外面幅（長辺側）とフランジ外面幅（長辺側）の小さい方の値。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

緊急時対策所換気空調系ダクトの強度計算
 FORMAT-VI フランジの強度計算結果

(6/7) 矩形のダクト ダクトサイズ：400×200×0.8× フランジサイズ：

	管 No. 6
--	---------

フランジ及びボルトの応力

(1) 設計条件及び諸元

最高使用圧 (MPa)	最高使用温度 (°C)	G ₀ * (mm)	フランジ		ボルト		ガスケット			
			材料	最高使用温度における許容引張応力 σ _f (MPa)	材料	最高使用温度における許容引張応力 σ _b (MPa)	ボルト間隔 θ (mm)	ボルトの径 d _b (mm)	材料	ガスケット係数 m
0.60×10 ⁻³	40	451.6	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	100	<input type="text"/>	クロロプレンゴム	0.5	2.5

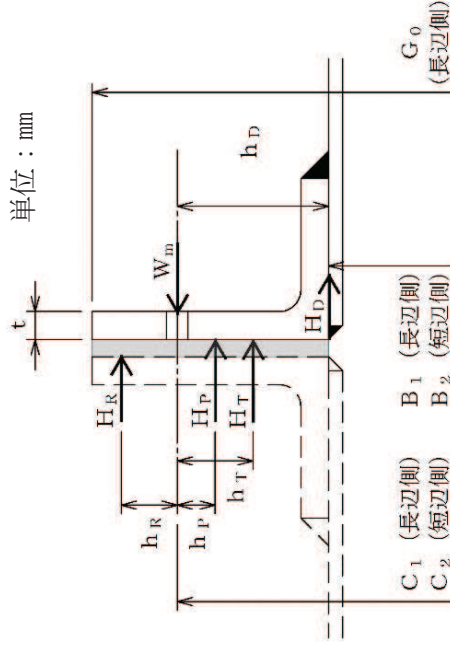
(2) フランジの応力

フランジに作用するモーメント		フランジに生じる応力	
M ₀ (N・mm)		計算応力 σ _{max} (MPa)	許容応力 1.5σ _f (MPa)
1.989×10 ⁴		12	<input type="text"/>

(3) ボルトの応力

ボルトに生じる平均引張応力		許容応力	
計算応力 σ' _{max} (MPa)		σ _b (MPa)	<input type="text"/>
7			

フランジに生じる応力及びボルトに生じる応力は、設計・建設規格 PPC-3414 に規定される許容応力以下であるので強度は十分である。



注記*：ガスケット外面幅（長辺側）とフランジ外面幅（長辺側）の小さい方の値。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

緊急時対策所換気空調系ダクトの強度計算
 FORMAT-VI フランジの強度計算結果

(7/7) 矩形のダクト ダクトサイズ：300×300×0.8× フランジサイズ：

管 No.	7
-------	---

フランジ及びボルトの応力

(1) 設計条件及び諸元

最高使用圧 (MPa)	最高使用温度 (°C)	G ₀ * (mm)	フランジ		ボルト		ガスケット			
			材料	最高使用温度における許容引張応力 σ _f (MPa)	材料	最高使用温度における許容引張応力 σ _b (MPa)	ボルト間隔 θ (mm)	ボルトの径 d _b (mm)	材料	ガスケット係数 m
0.60×10 ⁻³	40	351.6	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	100	<input type="text"/>	クロロプレンゴム	0.5	2.5

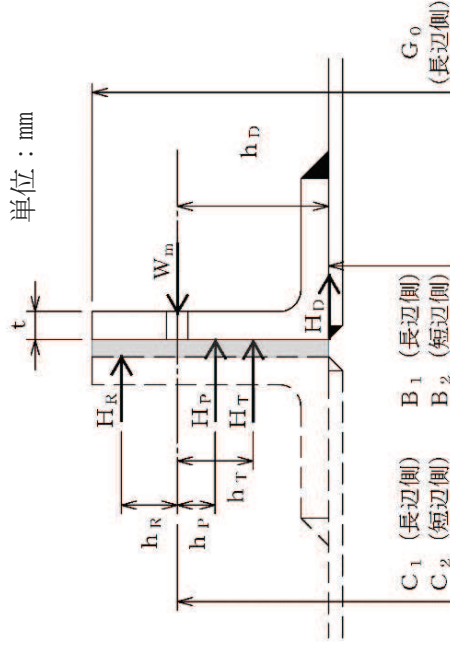
(2) フランジの応力

フランジに作用するモーメント M ₀ (N・mm)	フランジに生じる応力
2.074×10 ⁴	計算応力 σ _{max} (MPa)
	許容応力 1.5σ _f (MPa)
	12

(3) ボルトの応力

ボルトに生じる平均引張応力	許容応力
計算応力 σ' _{max} (MPa)	σ _b (MPa)
8	<input type="text"/>

フランジに生じる応力及びボルトに生じる応力は、設計・建設規格 PPC-3414 に規定される許容応力以下であるので強度は十分である。



注記*：ガスケット外面幅（長辺側）とフランジ外面幅（長辺側）の小さい方の値。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。