

本資料のうち、枠囲みの内容は、
営業秘密また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-590 改1
提出年月日	平成30年7月19日

V-3-8-1-1-1 中央制御室換気系ダクトの強度計算書

まえがき

本計算書は、添付書類「V-3-1-6 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」並びに「V-3-2-11 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「V-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 (℃)	圧力 (MPa)						温度 (℃)
1～30	既設	無	—	Non	Non	SA-2	—	0.003 (差圧)	40	0.003 (差圧)	40	—	—	同等性	a. (a)	SA-2
31～36	新設	—	—	—	Non	SA-2	—	0.003 (差圧)	40	0.003 (差圧)	40	—	—	同等性	a. (a)	SA-2

目次

1. 概要	1
2. 中央制御室換気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. 換気設備の重大事故等クラス2管の使用材料の評価結果	10
3.1 評価対象材料及び仕様	10
3.2 評価結果	10
4. 評価結果	11

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「発電用原子力設備規格 設計・建設規格（2005年版（2007年追補版含む））＜第I編 軽水炉規格＞ J S M E S N C 1-2005/2007」（日本機械学会）（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、機械工学便覧の規定を用いる。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、「日本工業規格」（以下「J I S」という）を準用する。

設計・建設規格の計算式による評価を実施するが、応力解析による評価を用いる場合は、一次応力強さを設計応力強さ以下とすることで、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、東海第二発電所の中央制御室換気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. 中央制御室換気系ダクトの強度計算方法

中央制御室換気設備のうち、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
ダクトの厚さ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 Part 5 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

注記 *：設計・建設規格付録材料図表 Part 5 に規定がない場合は，S 値は $5/8S_y$ と $1/4 S_u$ の小さい方の値とし， S_y ， S_u は J I S に記載の値とする。

(2) フランジの応力計算に使用するもの

	記号	単位	定義
ダクトのフランジ・ボルトの応力計算に使用するもの	A_b	mm^2	ボルト総有効断面積
	B_1	mm	フランジ内面幅（長辺側）（図 2-1 による）
	B_2	mm	フランジ内面幅（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）又はフランジ外面幅（長辺側）のいずれか小さい方の値（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内面に加わる荷重との差（図 2-1 による）
	M_0	$\text{N}\cdot\text{mm}$	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
	W_m	N	使用状態のボルト荷重（図 2-1 による）
	b''	mm	使用状態におけるガスケット座有効幅 $2b'' = 5$
	d_b	mm	ボルトねじ部の谷径と軸部の径の最小部の小さい方の径
	d_h	mm	ボルト穴直径
	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	フランジ厚さ（図 2-1 による）
σ_b	MPa	使用温度におけるボルト材料の許容引張応力 （設計・建設規格付録材料図表 Part 5 表 7）	
σ_f	MPa	使用温度におけるフランジ材料の許容引張応力 （設計・建設規格付録材料図表 Part 5 表 5）	
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	

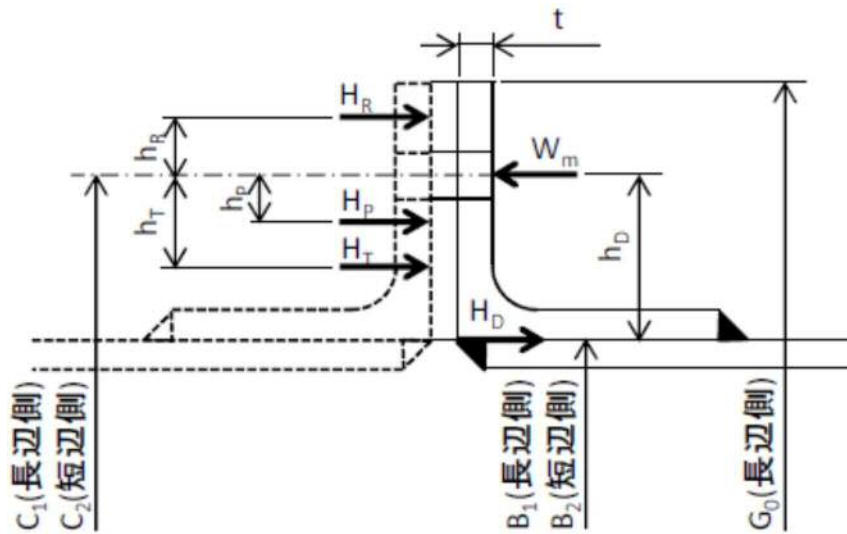


図 2-1 フランジの寸法 (矩形ダクト)

(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 Part 5 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

注記 * : 設計・建設規格付録材料図表 Part 5 に規定がない場合は、 S 値は $5/8S_y$ と $1/4 S_u$ の小さい方の値とし、 S_y 、 S_u は J I S に記載の値とする。

2.2 強度計算方法

ここでは中央制御室換気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。

材料の許容応力は、設計・建設規格付録材料図表 Part 5 表 5, 表 7 に応じた値を用いる。

設計・建設規格付録材料図表 Part 5 表 5, 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増強されている。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)

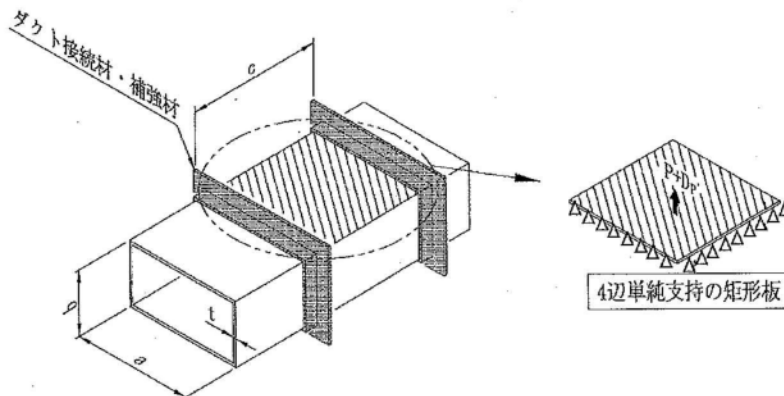


図 2-2 板材の面外荷重に対する評価モデル

区 分	適用規格番号	計 算 式
矩形のダクト	<div style="border-left: 1px solid black; border-right: 1px solid black; border-bottom: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> 機械工学便覧 設計・建設規格 PPC-3411 (1) 参考 </div>	$\frac{256(1-\nu^2)}{\pi^6 E t^4} (P + g D_p) = \frac{4}{3} \left(\frac{1}{a^2} + \frac{1}{c^2} \right)^2 \frac{\delta_{\max}}{t}$ $+ \left(\frac{4\nu}{a^2 c^2} + (3-\nu^2) \left(\frac{1}{a^4} + \frac{1}{c^4} \right) \right) \left(\frac{\delta_{\max}}{t} \right)^3 \quad \dots (2.1)$ $S = \frac{\pi^2 E \delta_{\max}}{8(1-\nu^2)} \left(\frac{(2-\nu^2)\delta_{\max} + 4t}{a^2} + \frac{\nu(\delta_{\max} + 4t)}{c^2} \right) \quad \dots (2.2)$

(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。この時の t を長方形のダクトの計算上必要な厚さと定義する。なお、縦弾性係数は発電用原子力技術基準別表第 2 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) 「压力容器の構造 - 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) 「压力容器の構造 - 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上に配列されているものとして、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。

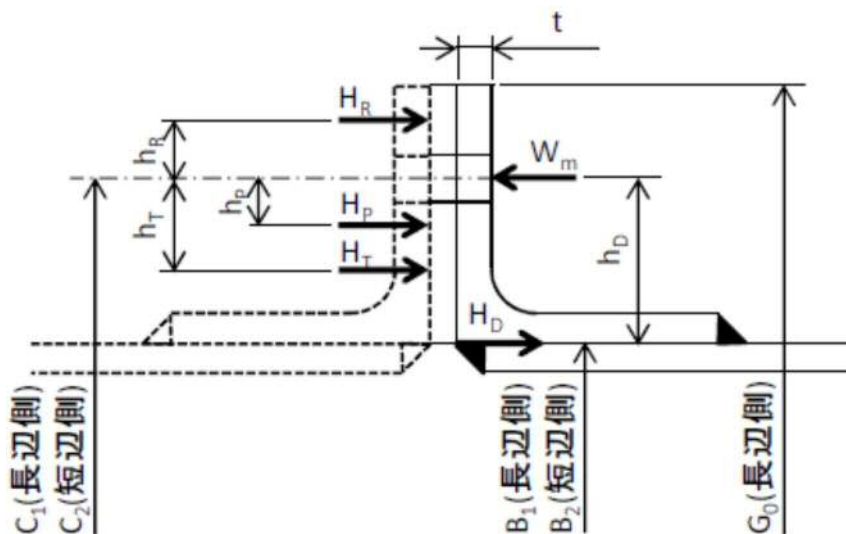


図 2-3 フランジ型式 (矩形アンクルフランジ)

項 目		計 算 式	
計算上必要なボルト荷重	使用状態におけるガスケット座有効幅	$b'' = \frac{5}{2}$	
	ガスケット反力距離（長辺側）	$G_1 = C_1 - (d_h + 2 \cdot b'')$	
	ガスケット反力距離（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荷重	$H = (C_1 - d_h) \cdot (C_2 - d_h) \cdot P$	
	内圧力によってフランジ内面に加わる荷重	$H_D = B_1 \cdot B_2 \cdot P$	
	気密を十分に保つためのガスケット圧縮力	$H_P = 4 \cdot (G_1 + G_2) \cdot b'' \cdot m \cdot P$	
	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内面に加わる荷重との差	$H_T = H - H_D$	
	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	$W_m = H + H_P + H_R$	
	ボルトの発生応力	ボルト総有効断面積	$A_b = n \frac{\pi}{4} d_b^2$
		使用状態でボルトに作用する発生応力	$\sigma'_{\max} = \frac{W_m}{A_b}$
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 モー メント	フランジに作用 使用状態でフランジに作用 する全モーメント	$M_0 = H_R \cdot h_R$
生じる 応力	フランジに 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いない。

中央制御室換気系ダクトの圧力は最も高くなる箇所でも 0.003 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いない。したがって、中央制御室換気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, 3700 及び 3800 準用）

縦弾性係数は発電用原子力技術基準別表第 2 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>	$\frac{256(1-\nu^2)}{\pi^6 E t^4} (P + g D_p) = \frac{4}{3} \left(\frac{1}{a^2} + \frac{1}{c^2} \right)^2 \frac{\delta_{\max}}{t}$ $+ \left(\frac{4\nu}{a^2 c^2} + (3-\nu^2) \left(\frac{1}{a^4} + \frac{1}{c^4} \right) \right) \left(\frac{\delta_{\max}}{t} \right)^3 \quad \dots (2.3)$ $S_{prm} = \frac{\pi^2 E \delta_{\max}}{8(1-\nu^2)} \left(\frac{(2-\nu^2)\delta_{\max} + 4t}{a^2} + \nu \frac{(\delta_{\max} + 4t)}{c^2} \right) \quad \dots (2.4)$	<p style="text-align: center;">1.5S_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_{prm} を求める。
この時の S_{prm} を矩形の一次応力と定義する。

3. 換気設備の重大事故等クラス2管の使用材料の評価結果

3.1 評価対象材料及び仕様

番号	使用箇所	使用条件				使用材料 規格	比較材料 規格
		最高使用 圧 力 (MPa)		最高使用 温 度 (°C)			
		DB	SA	DB	SA		
1	ダクト (中央制御室)	±0.003	±0.003	40	40	SPG2 J I S G 3 3 0 2	—
2		±0.003	±0.003	40	40	SGCC J I S G 3 3 0 2	—
3		±0.003	±0.003	40	40	SPHC J I S G 3 1 3 1	—

3.2 評価結果（番号1から番号3の評価結果）

ダクト（中央制御室）の使用材料は、設計・建設規格のクラス2管に使用可能な材料として規定されていないものの、以下のとおり、求められる機能を考慮し、使用条件に対して適切な材料である。

換気設備の重大事故等クラス2管のうちダクト（中央制御室）は、設計基準対象施設（Nonクラス）を、重大事故等クラス2管として兼用する機器である。

ダクト鋼板面は、設計基準対象施設として、中央制御室換気系の流路を構成するための仕切板としての機能が求められ、最高使用圧力は-0.003 MPa から 0.003 MPa と微圧であり、最高使用温度も 40 °Cであり高温域では使用しない。また、JIS G 3302 SPG2 及び SGCC はクラス4管に使用可能な材料であり、JIS G 3131 SPHC は JIS G 3302 SPG2 と同等の強度及び化学成分の材料であるため、設計・建設規格 PPH-2121 の規定により、同等材としてクラス4管に使用可能な材料である。

重大事故等対処設備としてのダクト（中央制御室）は、設計基準対象施設と同じ機能を要求され、設計基準対象施設の最高使用圧力及び最高使用温度と同じであることから、使用条件に対して適切な材料である。

4. 評価結果

中央制御室換気系ダクトの強度計算

FORMAT-I ダクトの厚さ計算結果

(1/4) 矩形のダクト

設備区分

放射線管理施設

換気設備 中央制御室換気系ダクト

管 NO.	ダクトサイズ (長辺×短辺×板厚×長さ)	最高使用 圧 力 (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)	ダクトの厚さ (最小厚さ) (mm)
1	760×360×1.2×1820	0.003	40	SPG2	67	0.91	1.2 (1.03)
2	810×410×1.2×1820	0.003	40	SPG2	67	0.96	1.2 (1.03)
3	1580×910×1.2×1820	0.003	40	SPG2	67	0.76	1.2 (1.03)
4	1800×1600×1.2×2500	0.003	40	SPG2	67	0.66	1.2 (1.03)
5	460×460×1.2×1820	0.003	40	SPG2	67	0.56	1.2 (1.03)
6	460×460×0.8×1820	0.003	40	SGCC	67	0.55	0.8 (0.7)
7	560×460×1.2×1820	0.003	40	SPG2	67	0.67	1.2 (1.03)
8	560×560×1.2×1820	0.003	40	SPG2	67	0.67	1.2 (1.03)
9	500×350×1.2×1820	0.003	40	SPG2	67	0.61	1.2 (1.03)
10	460×460×1.2×1820	0.003	40	SPG2	67	0.56	1.2 (1.03)

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。

注記 *：設計・建設規格付録材料図表にS値の記載がないため、S値は $5/8S_y$ と $1/4S_u$ の小さい方の値とする。

S_y , S_u はJ I S G 3 3 0 2「溶融亜鉛めっき鋼板及び鋼帯」に記載の常温における値。

中央制御室換気系ダクトの強度計算

FORMAT-I ダクトの厚さ計算結果

(2/4) 矩形のダクト

設備区分

放射線管理施設

換気設備 中央制御室換気系ダクト

管 NO.	ダクトサイズ (長辺×短辺×板厚×長さ)	最高使用 圧 力 (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)	ダクトの厚さ (最小厚さ) (mm)
11	920×460×1.2×1820	0.003	40	SPG2	67	1.00	1.2 (1.03)
12	890×600×1.2×1820	0.003	40	SPG2	67	1.02	1.2 (1.03)
13	890×600×1.2×1820	0.003	40	SGCC	67	1.02	1.2 (1.08)
14	1015×810×1.2×1820	0.003	40	SPG2	67	0.63	1.2 (1.03)
15	2600×1000×1.2×2500	0.003	40	SPG2	67	0.66	1.2 (1.03)
16	960×360×1.2×1820	0.003	40	SPG2	67	1.03	1.2 (1.03)
17	900×670×1.2×1820	0.003	40	SPG2	67	0.99	1.2 (1.03)
18	900×670×2.3×300	0.003	40	SPHC	67	0.42	2.3 (2.05)
19	710×410×1.2×1820	0.003	40	SPG2	67	0.83	1.2 (1.03)
20	900×450×1.2×1820	0.003	40	SPG2	67	0.99	1.2 (1.03)

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。

注記 *：設計・建設規格付録材料図表にS値の記載がないため、S値は $5/8S_y$ と $1/4S_u$ の小さい方の値とする。

S_y , S_u はJ I S G 3302「溶融亜鉛めっき鋼板及び鋼帯」又はJ I S G 3131「熱間圧延軟鋼板及び鋼帯」に記載の常温における値。

中央制御室換気系ダクトの強度計算

FORMAT-I ダクトの厚さ計算結果

(3/4) 矩形のダクト

設備区分

放射線管理施設

換気設備 中央制御室換気系ダクト

管 NO.	ダクトサイズ (長辺×短辺×板厚×長さ)	最高使用 圧 力 (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)	ダクトの厚さ (最小厚さ) (mm)
21	900×450×2.3×300	0.003	40	SPHC	67	0.42	2.3 (2.05)
22	1015×760×1.2×1820	0.003	40	SPG2	67	0.60	1.2 (1.03)
23	1015×215×1.2×1820	0.003	40	SPG2	67	0.60	1.2 (1.03)
24	610×510×1.2×1820	0.003	40	SPG2	67	0.72	1.2 (1.03)
25	1015×545×1.2×1820	0.003	40	SPG2	67	0.60	1.2 (1.03)
26	1015×615×1.2×1820	0.003	40	SPG2	67	0.60	1.2 (1.03)
27	1015×490×1.2×1820	0.003	40	SPG2	67	0.60	1.2 (1.03)
28	1000×880×1.2×1820	0.003	40	SPG2	67	0.59	1.2 (1.03)
29	1000×880×2.3×300	0.003	40	SPHC	67	0.42	2.3 (2.05)
30	760×760×1.2×1820	0.003	40	SPG2	67	0.87	1.2 (1.03)

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。

注記 *：設計・建設規格付録材料図表にS値の記載がないため、S値は $5/8S_y$ と $1/4S_u$ の小さい方の値とする。

S_y , S_u はJ I S G 3302「溶融亜鉛めっき鋼板及び鋼帯」又はJ I S G 3131「熱間圧延軟鋼板及び鋼帯」に記載の常温における値。

中央制御室換気系ダクトの強度計算

FORMAT-I ダクトの厚さ計算結果

(4/4) 矩形のダクト

設備区分

放射線管理施設

換気設備 中央制御室換気系ダクト

管 NO.	ダクトサイズ (長辺×短辺×板厚×長さ)	最高使用 圧 力 (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)	ダクトの厚さ (最小厚さ) (mm)
31	600×450×0.8×1820	0.003	40	SGCC	67	0.69	0.8 (0.7)
32	460×460×0.8×1820	0.003	40	SGCC	67	0.55	0.8 (0.7)
33	450×450×0.8×1820	0.003	40	SGCC	67	0.53	0.8 (0.7)
34	950×790×0.8×1820	0.003	40	SGCC	67	0.59	0.8 (0.7)
35	1015×810×0.8×1820	0.003	40	SGCC	67	0.62	0.8 (0.7)
36	2200×1000×1.2×3200	0.003	40	SGCC	67	0.72	1.2 (1.08)

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。

注記 *：設計・建設規格付録材料図表にS値の記載がないため、S値は5/8Syと1/4Suの小さい方の値とする。

Sy, SuはJ I S G 3 3 0 2 「溶融亜鉛めっき鋼板及び鋼帯」に記載の常温における値。

中央制御室換気系ダクトの強度計算

FORMAT-II ダクトの応力計算結果

(1/4) 矩形のダクト

設備区分

放射線管理施設

換気設備

中央制御室換気系ダクト

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 力 (MPa)	最高使用 温 度 (℃)	一 次 応 力	
						合計応力 (MPa)	許容応力* (MPa)
1	760×360×1.2×1820	1.2	SPG2	0.003	40	61	100
2	810×410×1.2×1820	1.2	SPG2	0.003	40	62	100
3	1580×910×1.2×1820	1.2	SPG2	0.003	40	66	100
4	1800×1600×1.2×2500	1.2	SPG2	0.003	40	79	100
5	460×460×1.2×1820	1.2	SPG2	0.003	40	53	100
6	460×460×0.8×1820	0.8	SGCC	0.003	40	59	100
7	560×460×1.2×1820	1.2	SPG2	0.003	40	56	100
8	560×560×1.2×1820	1.2	SPG2	0.003	40	56	100
9	500×350×1.2×1820	1.2	SPG2	0.003	40	54	100
10	460×460×1.2×1820	1.2	SPG2	0.003	40	53	100

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。

注記 *：設計・建設規格付録材料図表にS値の記載がないため、S値は $5/8S_y$ と $1/4S_u$ の小さい方の値とする。

S_y , S_u はJ I S G 3 3 0 2「溶融亜鉛めっき鋼板及び鋼帯」に記載の常温における値。

中央制御室換気系ダクトの強度計算

FORMAT-II ダクトの応力計算結果

(2/4) 矩形のダクト

設備区分

放射線管理施設

換気設備

中央制御室換気系ダクト

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 力 (MPa)	最高使用 温 度 (℃)	一 次 応 力	
						合計応力 (MPa)	許容応力* (MPa)
11	920×460×1.2×1820	1.2	SPG2	0.003	40	63	100
12	890×600×1.2×1820	1.2	SPG2	0.003	40	63	100
13	890×600×1.2×1820	1.2	SGCC	0.003	40	63	100
14	1015×810×1.2×1820	1.2	SPG2	0.003	40	65	100
15	2600×1000×1.2×2500	1.2	SPG2	0.003	40	77	100
16	960×360×1.2×1820	1.2	SPG2	0.003	40	63	100
17	900×670×1.2×1820	1.2	SPG2	0.003	40	62	100
18	900×670×2.3×300	2.3	SPHC	0.003	40	41	100
19	710×410×1.2×1820	1.2	SPG2	0.003	40	59	100
20	900×450×1.2×1820	1.2	SPG2	0.003	40	62	100

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。

注記 *：設計・建設規格付録材料図表にS値の記載がないため、S値は $5/8S_y$ と $1/4S_u$ の小さい方の値とする。

S_y , S_u はJ I S G 3 3 0 2「溶融亜鉛めっき鋼板及び鋼帯」又はJ I S G 3 1 3 1「熱間圧延軟鋼板及び鋼帯」に記載の常温における値。

中央制御室換気系ダクトの強度計算

FORMAT-II ダクトの応力計算結果

(3/4) 矩形のダクト

設備区分

放射線管理施設

換気設備

中央制御室換気系ダクト

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 力 (MPa)	最高使用 温 度 (℃)	一 次 応 力	
						合計応力 (MPa)	許容応力* (MPa)
21	900×450×2.3×300	2.3	SPHC	0.003	40	41	100
22	1015×760×1.2×1820	1.2	SPG2	0.003	40	64	100
23	1015×215×1.2×1820	1.2	SPG2	0.003	40	64	100
24	610×510×1.2×1820	1.2	SPG2	0.003	40	57	100
25	1015×545×1.2×1820	1.2	SPG2	0.003	40	64	100
26	1015×615×1.2×1820	1.2	SPG2	0.003	40	64	100
27	1015×490×1.2×1820	1.2	SPG2	0.003	40	64	100
28	1000×880×1.2×1820	1.2	SPG2	0.003	40	64	100
29	1000×880×2.3×300	2.3	SPHC	0.003	40	42	100
30	760×760×1.2×1820	1.2	SPG2	0.003	40	60	100

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。

注記 *：設計・建設規格付録材料図表にS値の記載がないため、S値は $5/8S_y$ と $1/4S_u$ の小さい方の値とする。

S_y , S_u はJ I S G 3 3 0 2「溶融亜鉛めっき鋼板及び鋼帯」又はJ I S G 3 1 3 1「熱間圧延軟鋼板及び鋼帯」に記載の常温における値。

中央制御室換気系ダクトの強度計算

FORMAT-II ダクトの応力計算結果

(4/4) 矩形のダクト

設備区分

放射線管理施設

換気設備

中央制御室換気系ダクト

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 力 (MPa)	最高使用 温 度 (°C)	一 次 応 力	
						合計応力 (MPa)	許容応力* (MPa)
31	600×450×0.8×1820	0.8	SGCC	0.003	40	63	100
32	460×460×0.8×1820	0.8	SGCC	0.003	40	59	100
33	450×450×0.8×1820	0.8	SGCC	0.003	40	58	100
34	950×790×0.8×1820	0.8	SGCC	0.003	40	76	100
35	1015×810×0.8×1820	0.8	SGCC	0.003	40	77	100
36	2200×1000×1.2×3200	1.2	SGCC	0.003	40	91	100

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。

注記 *：設計・建設規格付録材料図表にS値の記載がないため、S値は $5/8S_y$ と $1/4S_u$ の小さい方の値とする。

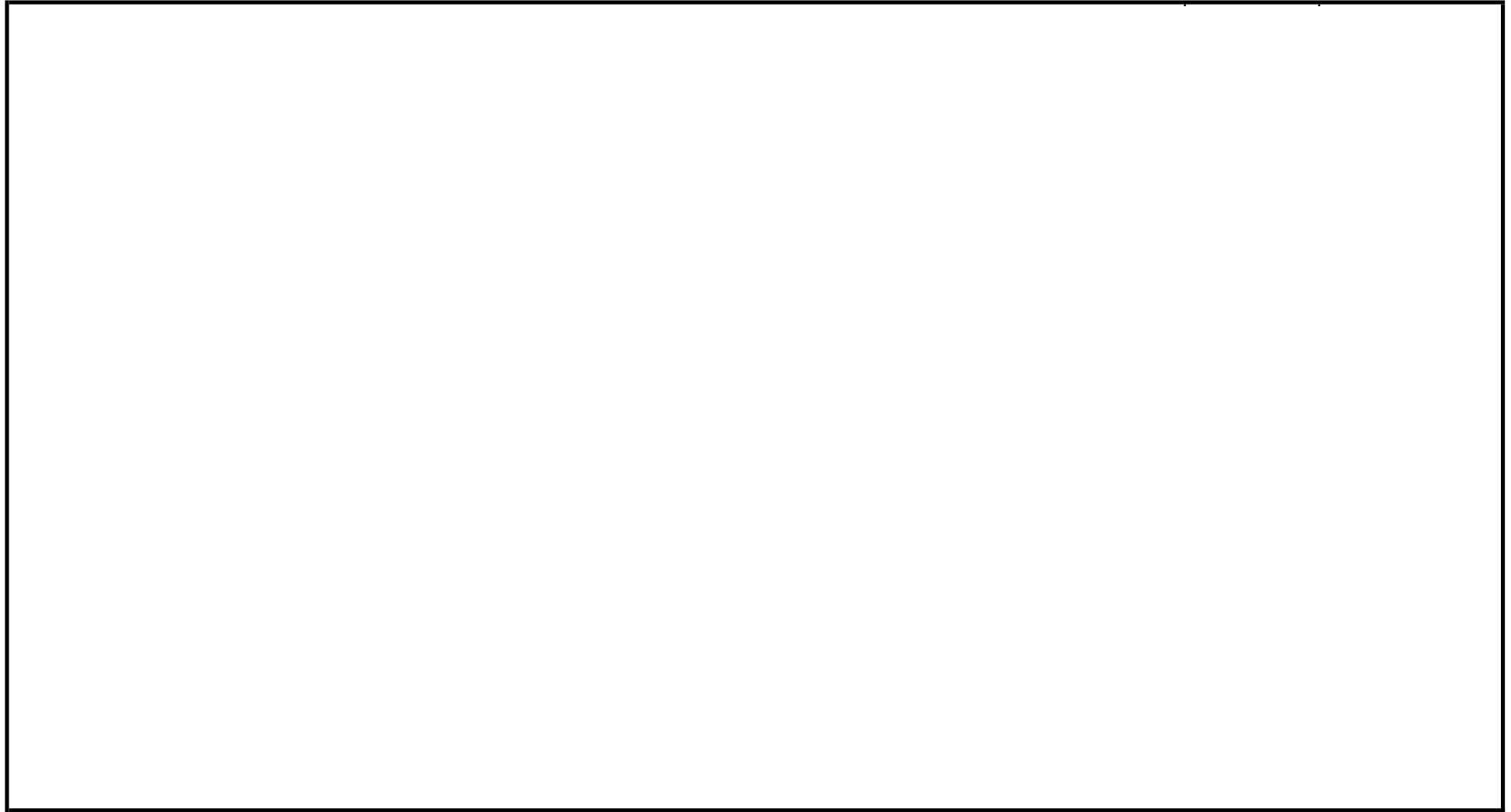
S_y , S_u は J I S G 3 3 0 2 「溶融亜鉛めっき鋼板及び鋼帯」に記載の常温における値。

中央制御室換気系ダクトの強度計算
FORMAT-III フランジの強度計算結果
(1/36) 矩形のダクト

ダクトサイズ : 760×360×1.2×1820

フランジサイズ : L50×50×6t

16



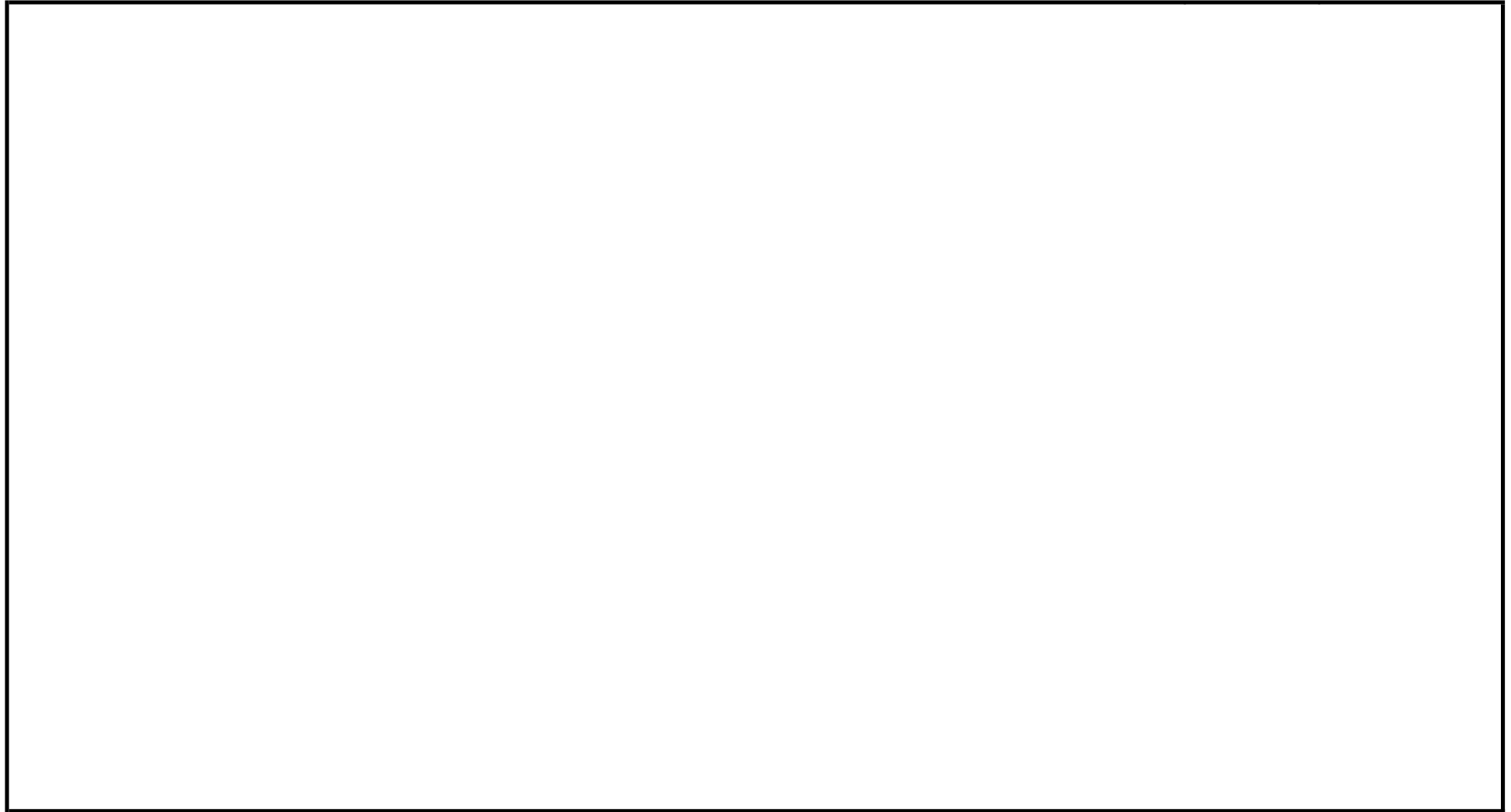
注記 * : ガasket外面幅 (長辺側) 又はフランジ外面幅 (長辺側) のいずれか小さい方の値。

中央制御室換気系ダクトの強度計算
FORMAT-III フランジの強度計算結果
(2/36) 矩形のダクト

ダクトサイズ : 810×410×1.2×1820

フランジサイズ : L50×50×6t

20



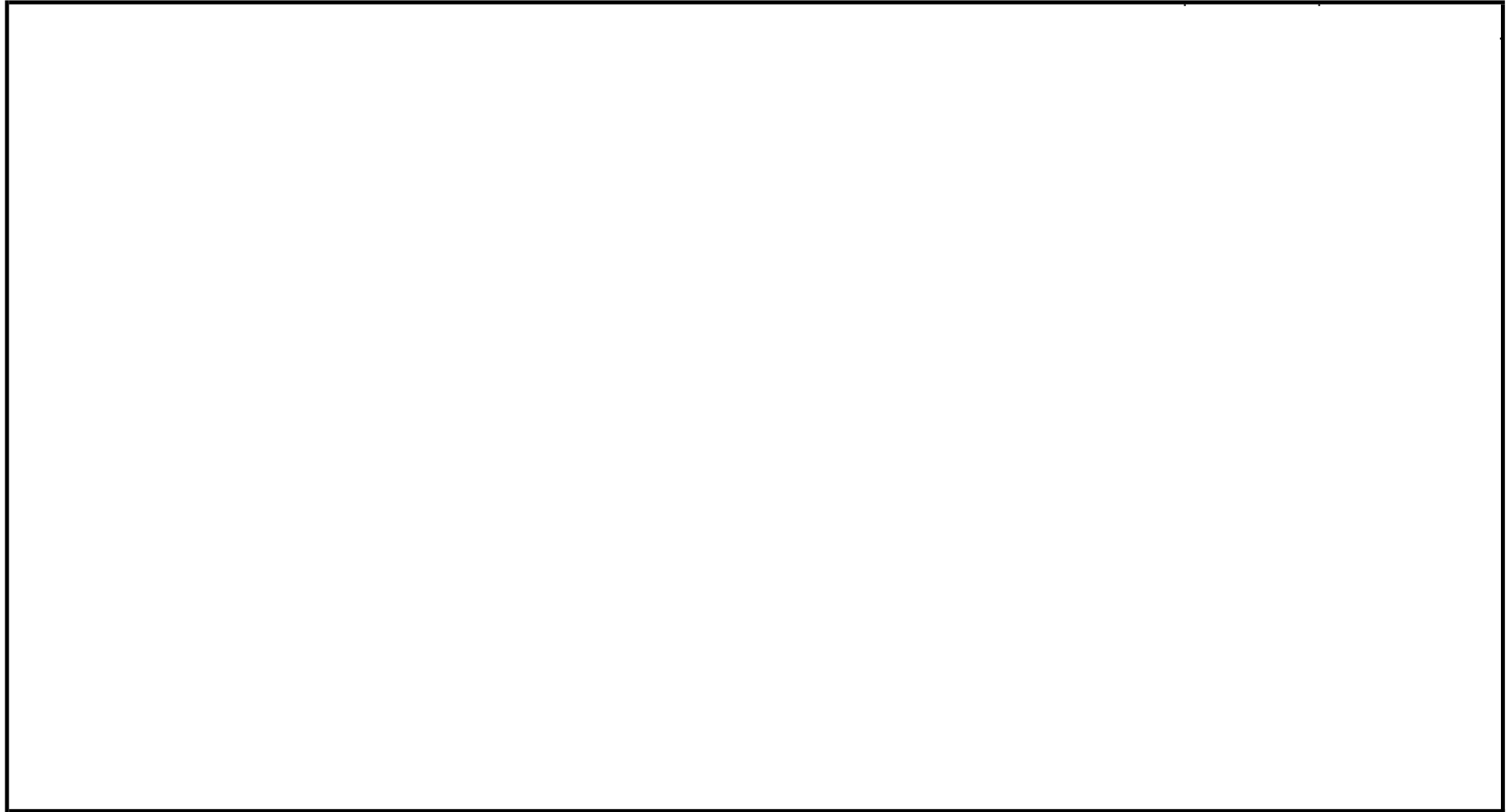
注記 * : ガasket外面幅 (長辺側) 又はフランジ外面幅 (長辺側) のいずれか小さい方の値。

中央制御室換気系ダクトの強度計算
FORMAT-III フランジの強度計算結果
(3/36) 矩形のダクト

ダクトサイズ : 1580×910×1.2×1820

フランジサイズ : L65×65×6t

21

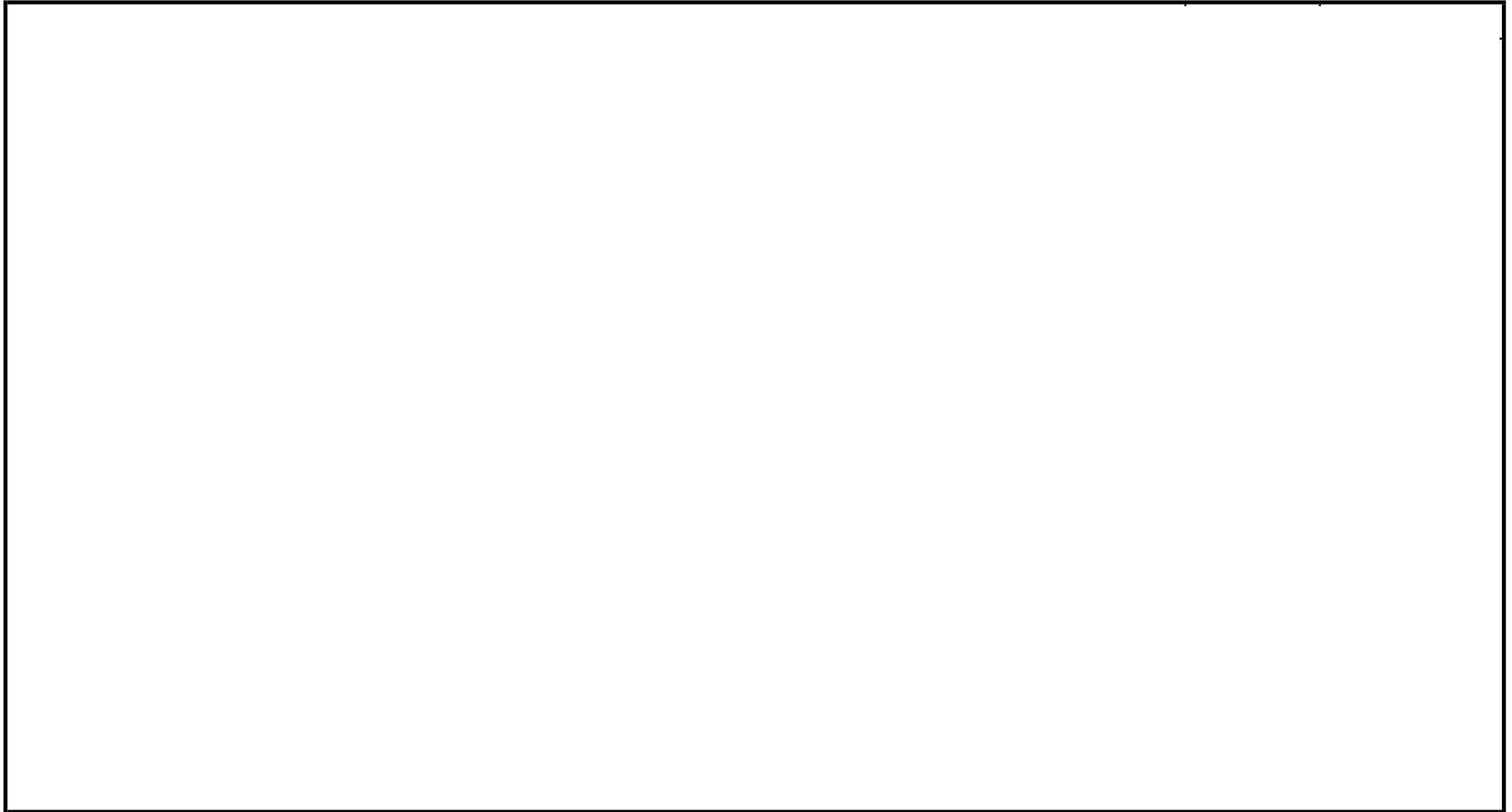


注記 * : ガasket外面幅 (長辺側) 又はフランジ外面幅 (長辺側) のいずれか小さい方の値。

中央制御室換気系ダクトの強度計算
FORMAT-III フランジの強度計算結果
(4/36) 矩形のダクト

ダクトサイズ : 1800×1600×1.2×2500

フランジサイズ : L65×65×6t

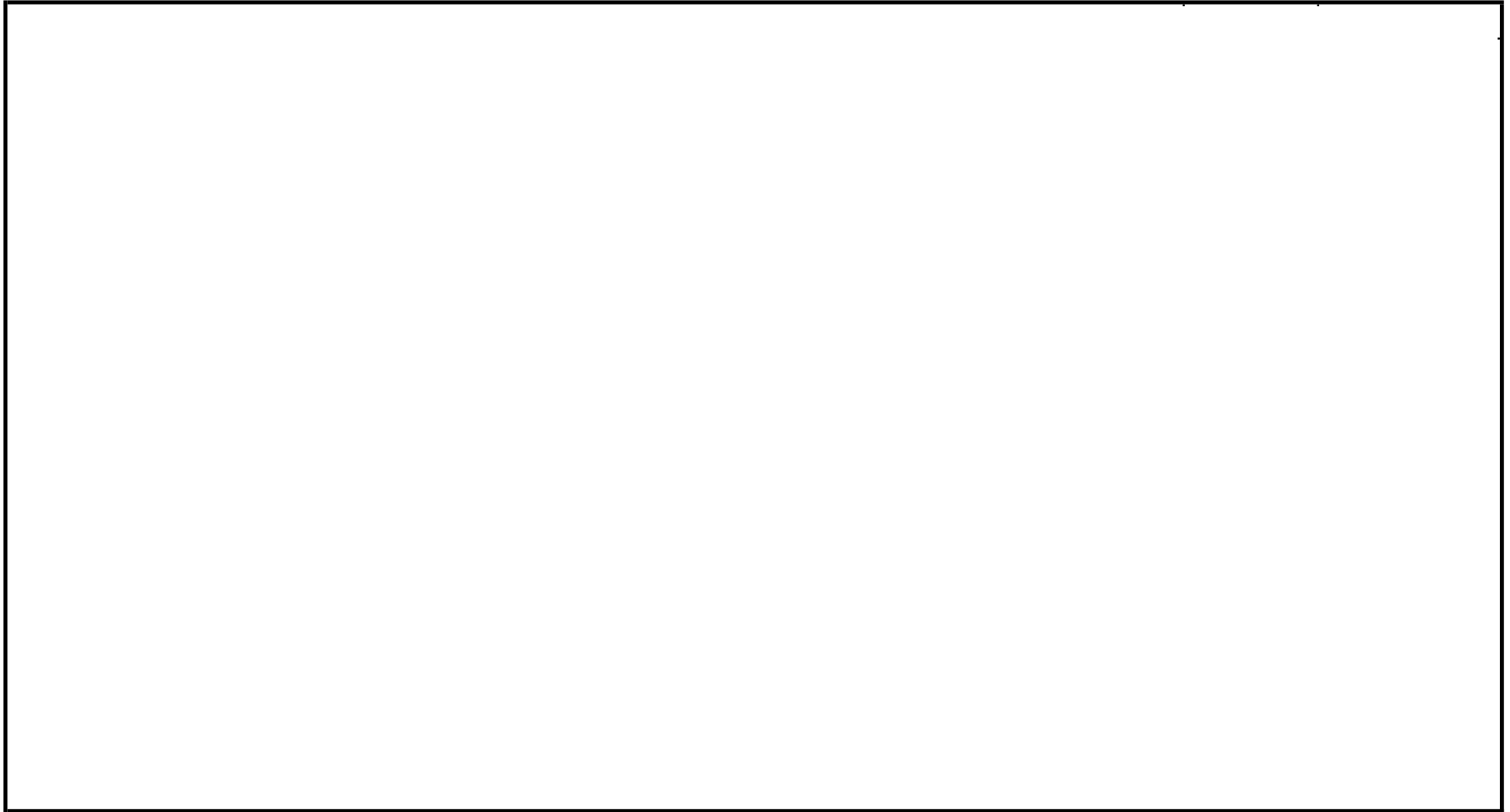


注記 * : ガasket外面幅 (長辺側) 又はフランジ外面幅 (長辺側) のいずれか小さい方の値。

中央制御室換気系ダクトの強度計算
FORMAT-III フランジの強度計算結果
(5/36) 矩形のダクト

ダクトサイズ : 460×460×1.2×1820

フランジサイズ : L50×50×6t

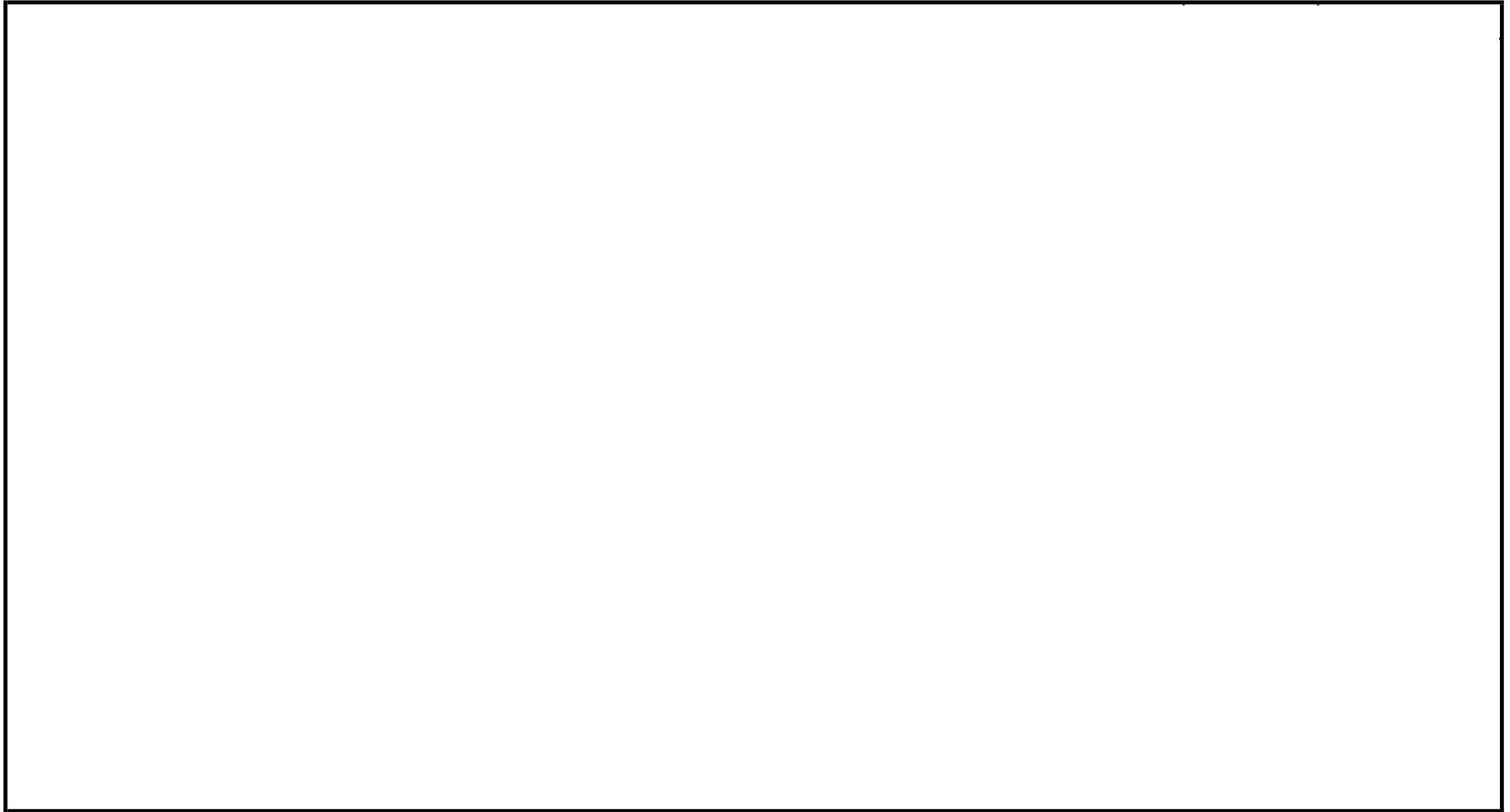


注記 * : ガasket外面幅 (長辺側) 又はフランジ外面幅 (長辺側) のいずれか小さい方の値。

中央制御室換気系ダクトの強度計算
FORMAT-III フランジの強度計算結果
(6/36) 矩形のダクト

ダクトサイズ : 460×460×0.8×1820

フランジサイズ : L50×50×6t



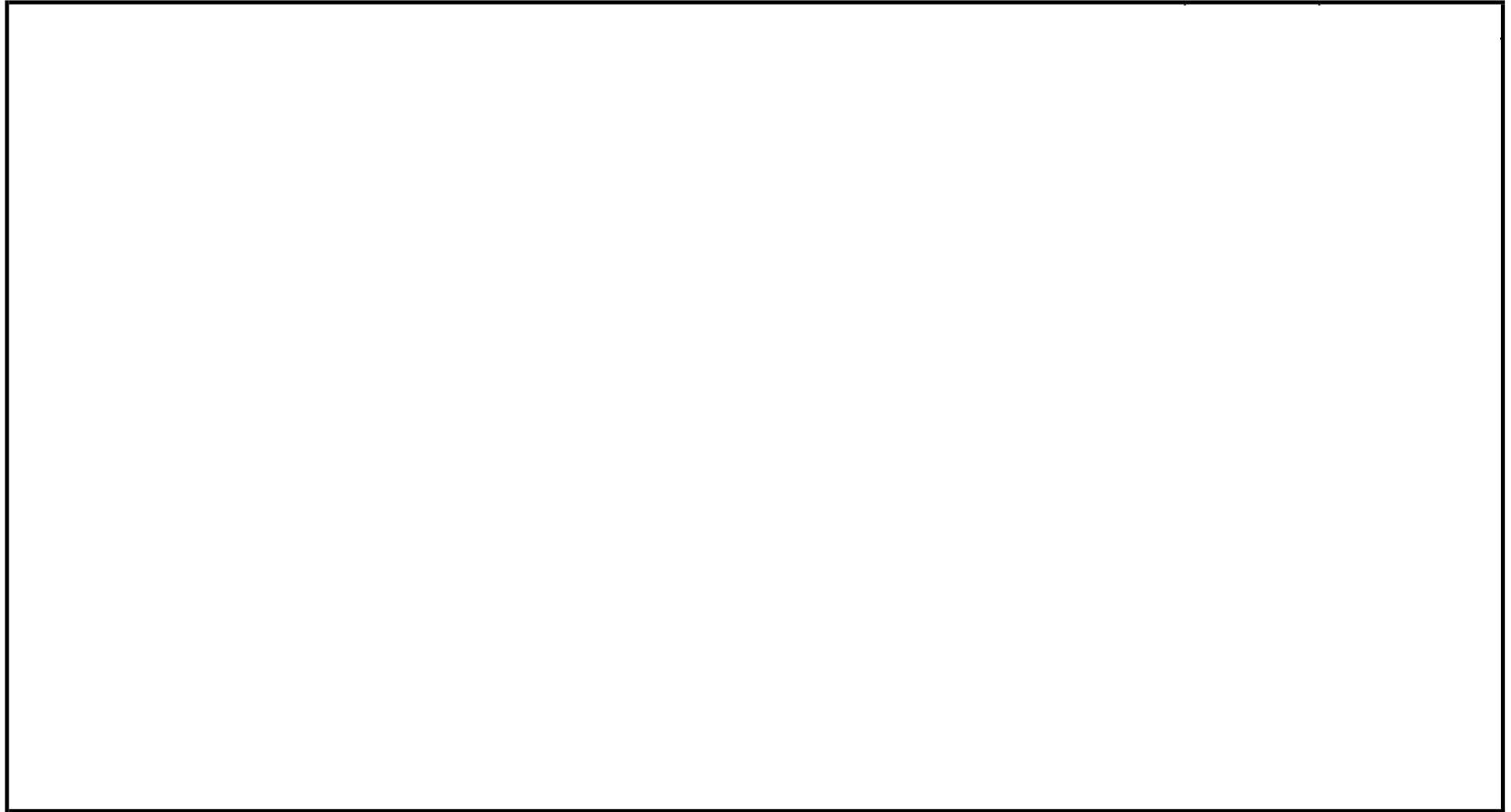
注記 * : ガasket外面幅 (長辺側) 又はフランジ外面幅 (長辺側) のいずれか小さい方の値。

中央制御室換気系ダクトの強度計算
FORMAT-III フランジの強度計算結果
(7/36) 矩形のダクト

ダクトサイズ : 560×460×1.2×1820

フランジサイズ : L50×50×6t

25



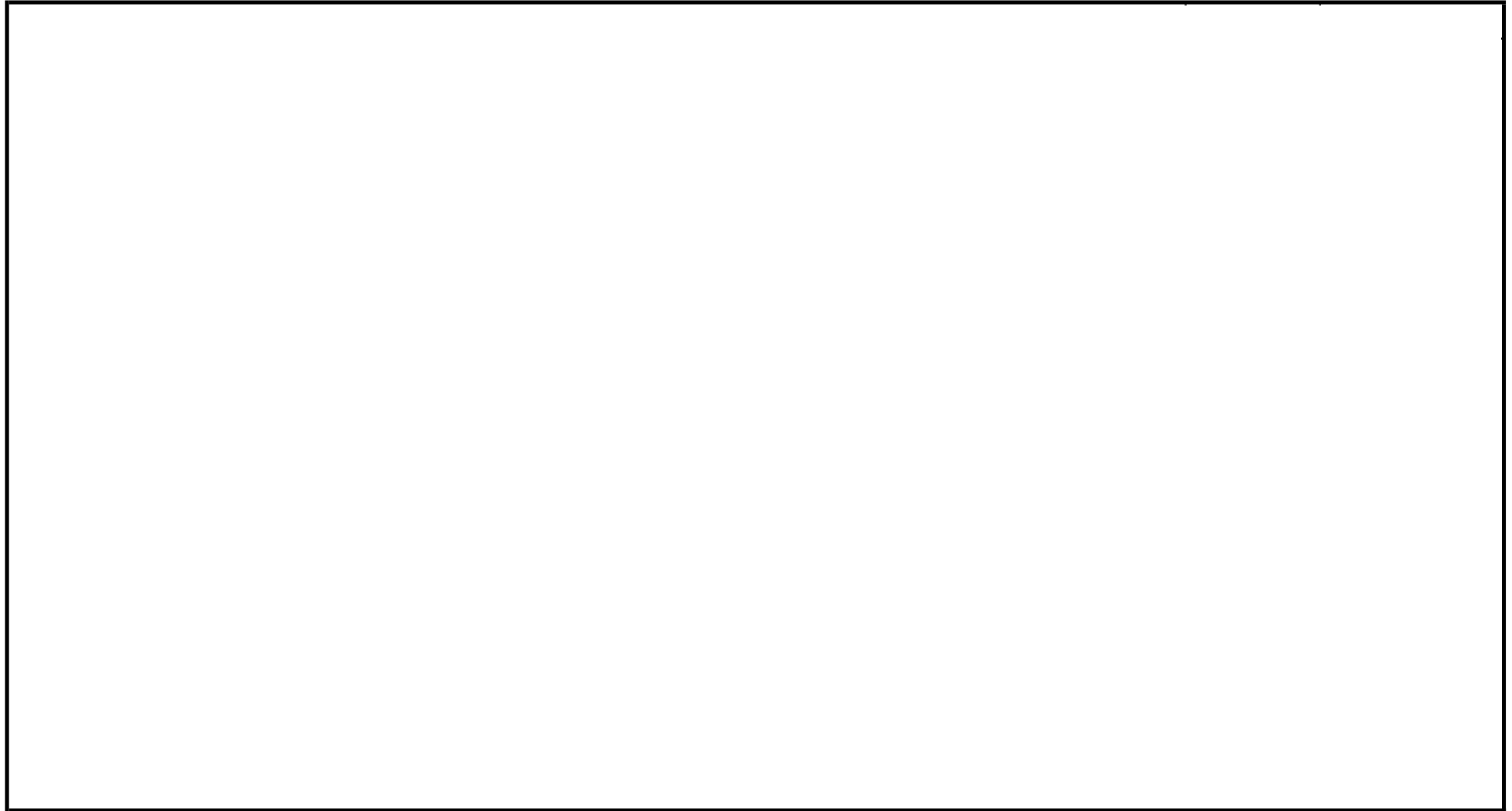
注記 * : ガasket外面幅 (長辺側) 又はフランジ外面幅 (長辺側) のいずれか小さい方の値。

中央制御室換気系ダクトの強度計算
FORMAT-III フランジの強度計算結果
(8/36) 矩形のダクト

ダクトサイズ : 560×560×1.2×1820

フランジサイズ : L50×50×6t

26

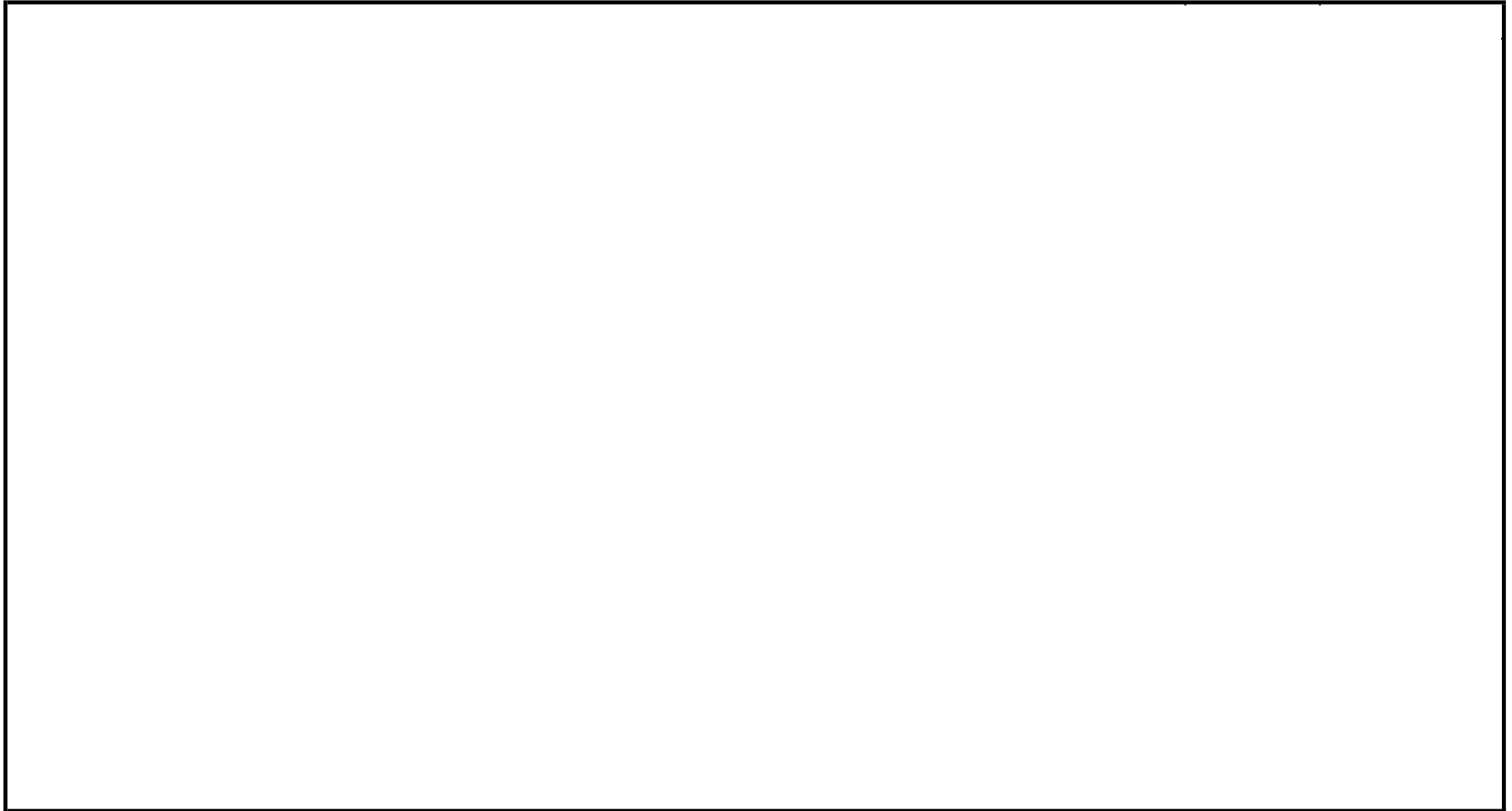


注記 * : ガasket外面幅 (長辺側) 又はフランジ外面幅 (長辺側) のいずれか小さい方の値。

中央制御室換気系ダクトの強度計算
FORMAT-III フランジの強度計算結果
(9/36) 矩形のダクト

ダクトサイズ : 500×350×1.2×1820

フランジサイズ : L50×50×6t



27

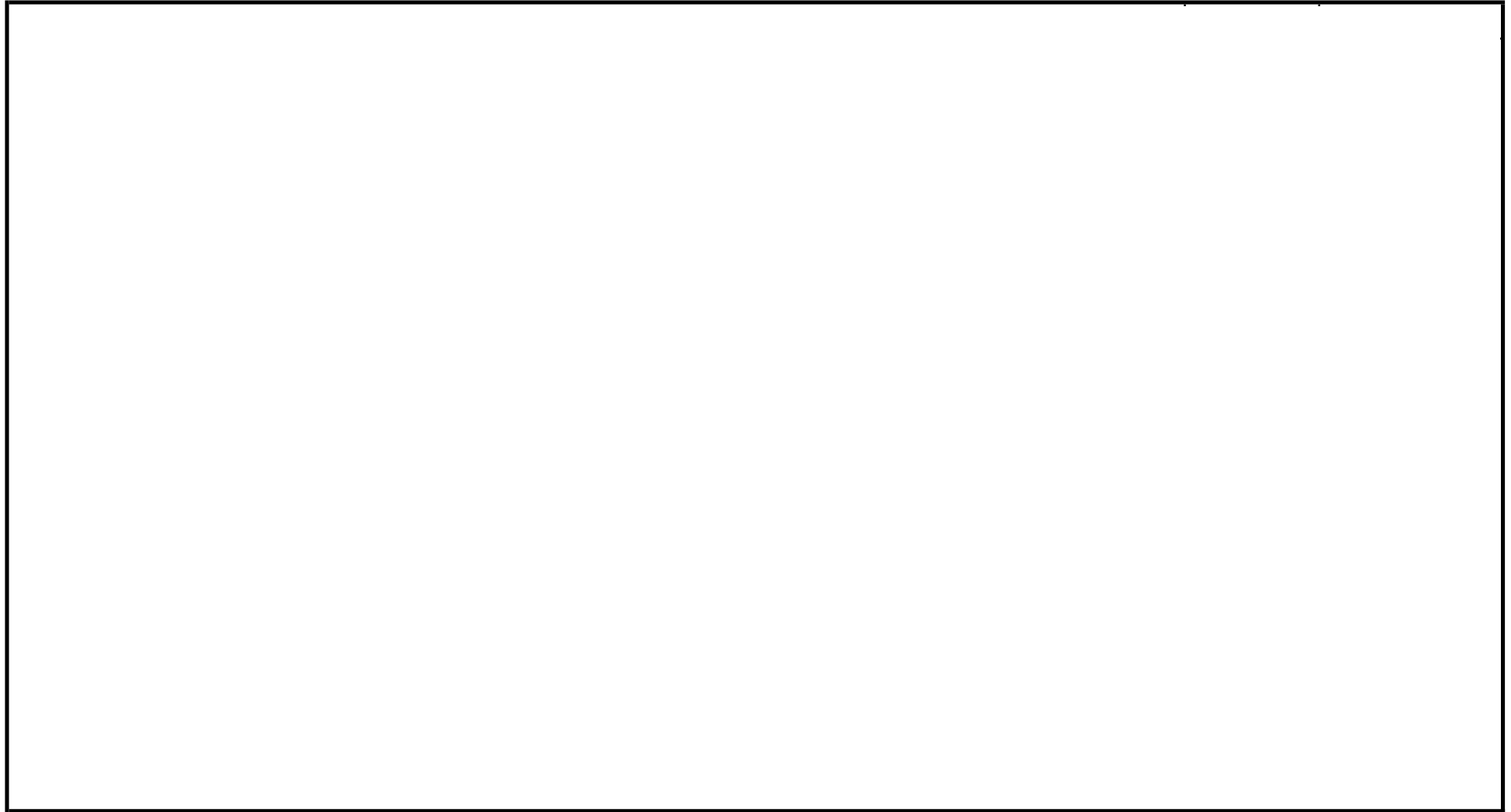
注記 * : ガasket外面幅 (長辺側) 又はフランジ外面幅 (長辺側) のいずれか小さい方の値。

中央制御室換気系ダクトの強度計算
FORMAT-III フランジの強度計算結果
(10/36) 矩形のダクト

ダクトサイズ : 460×460×1.2×1820

フランジサイズ : L50×50×6t

28



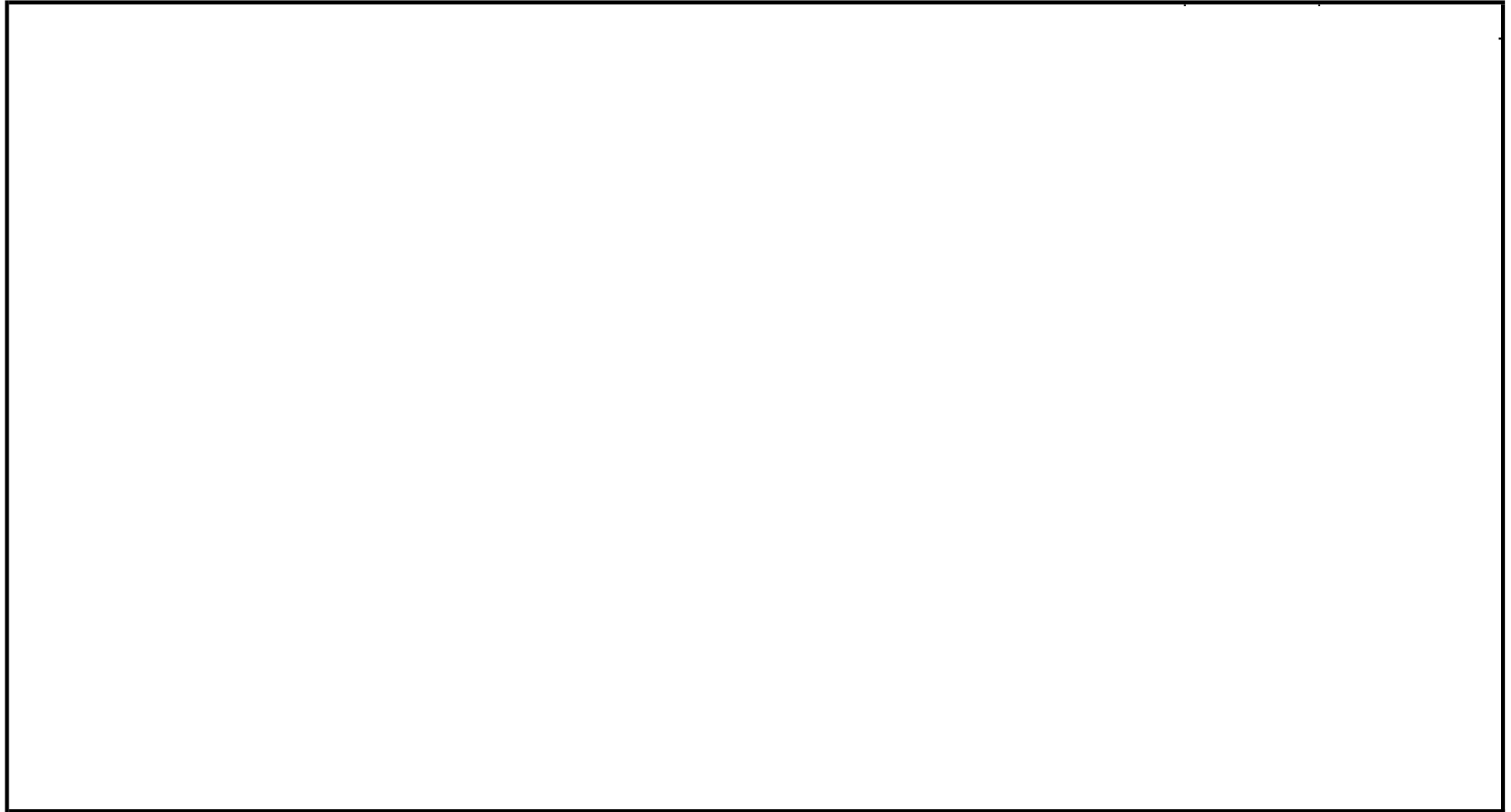
注記 * : ガasket外面幅 (長辺側) 又はフランジ外面幅 (長辺側) のいずれか小さい方の値。

中央制御室換気系ダクトの強度計算
FORMAT-III フランジの強度計算結果
(11/36) 矩形のダクト

ダクトサイズ : 920×460×1.2×1820

フランジサイズ : L50×50×6t

29



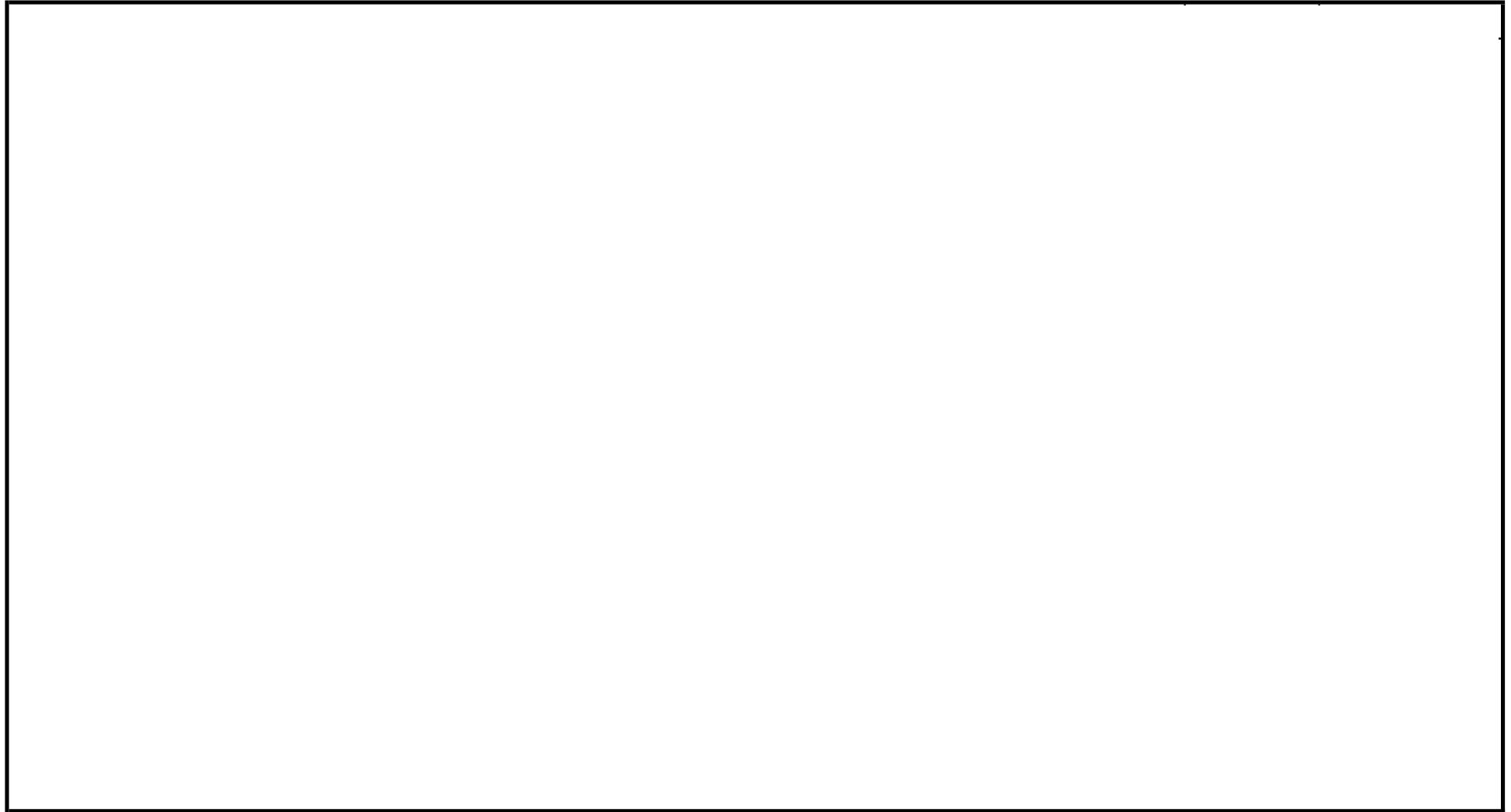
注記 * : ガasket外面幅 (長辺側) 又はフランジ外面幅 (長辺側) のいずれか小さい方の値。

中央制御室換気系ダクトの強度計算
FORMAT-III フランジの強度計算結果
(12/36) 矩形のダクト

ダクトサイズ : 890×600×1.2×1820

フランジサイズ : L50×50×6t

30



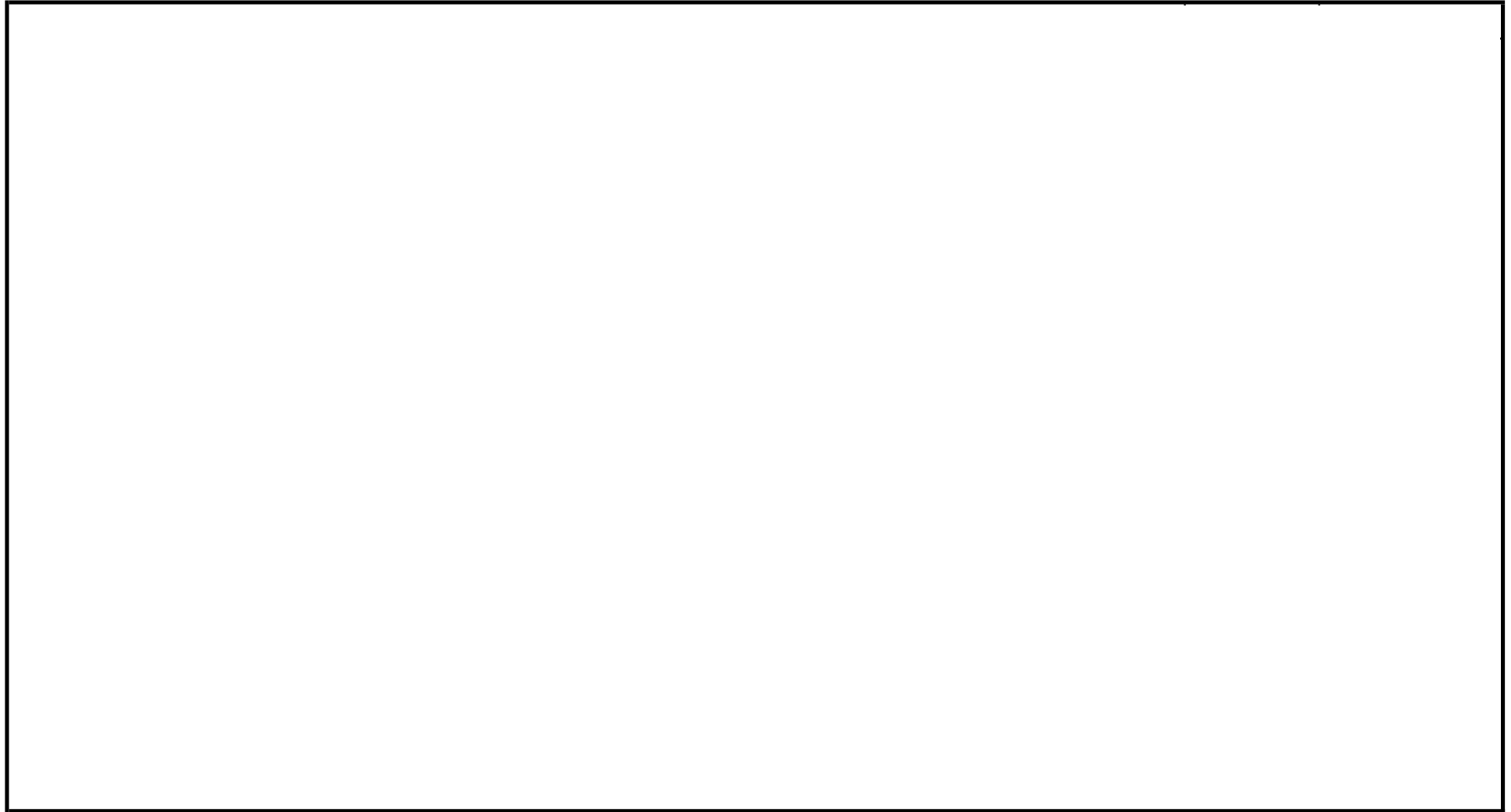
注記 * : ガasket外面幅 (長辺側) 又はフランジ外面幅 (長辺側) のいずれか小さい方の値。

中央制御室換気系ダクトの強度計算
FORMAT-III フランジの強度計算結果
(13/36) 矩形のダクト

ダクトサイズ : 890×600×1.2×1820

フランジサイズ : L50×50×6t

31



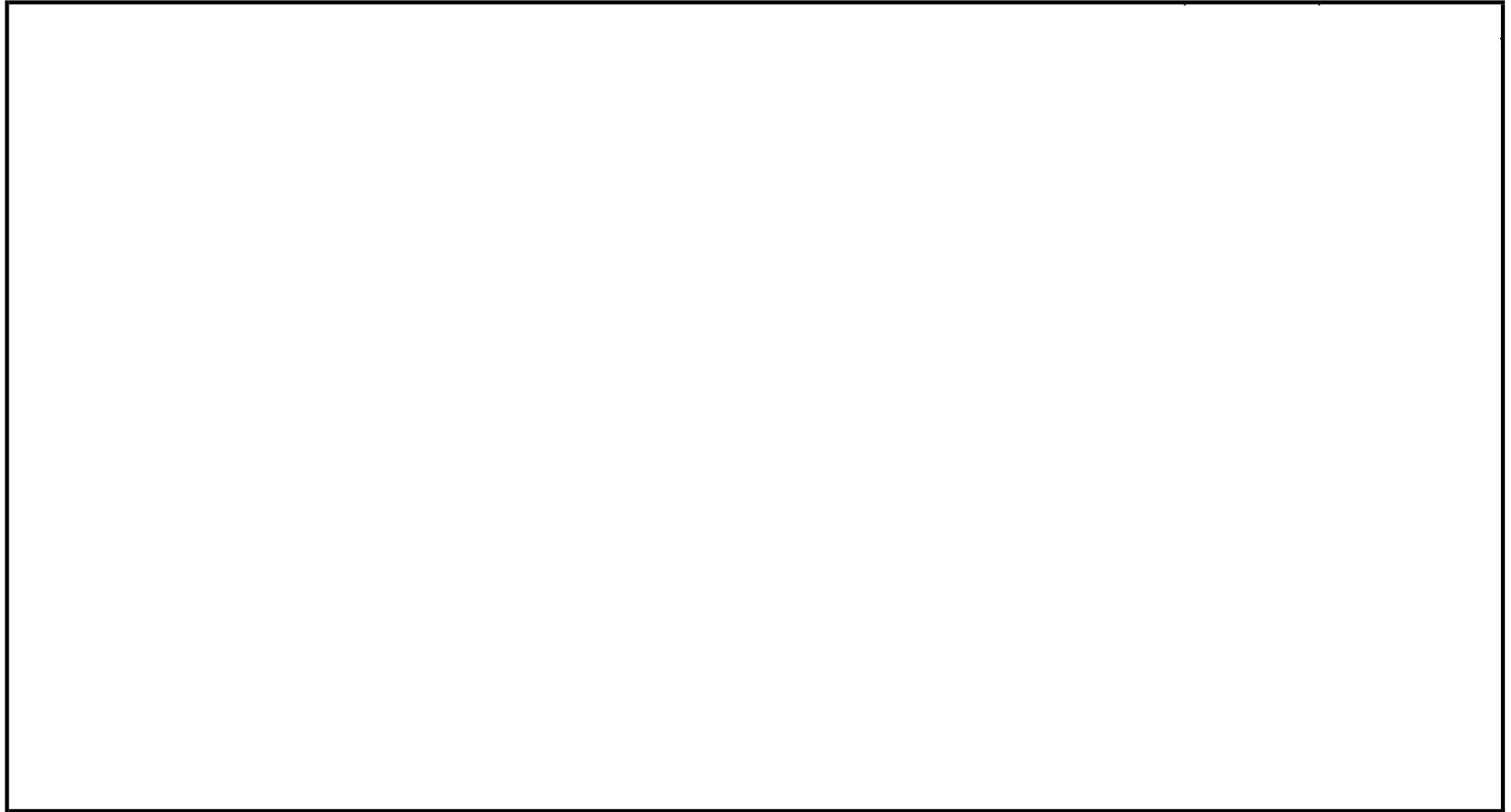
注記 * : ガasket外面幅 (長辺側) 又はフランジ外面幅 (長辺側) のいずれか小さい方の値。

中央制御室換気系ダクトの強度計算
FORMAT-III フランジの強度計算結果
(14/36) 矩形のダクト

ダクトサイズ : 1015×810×1.2×1820

フランジサイズ : L50×50×6t

32



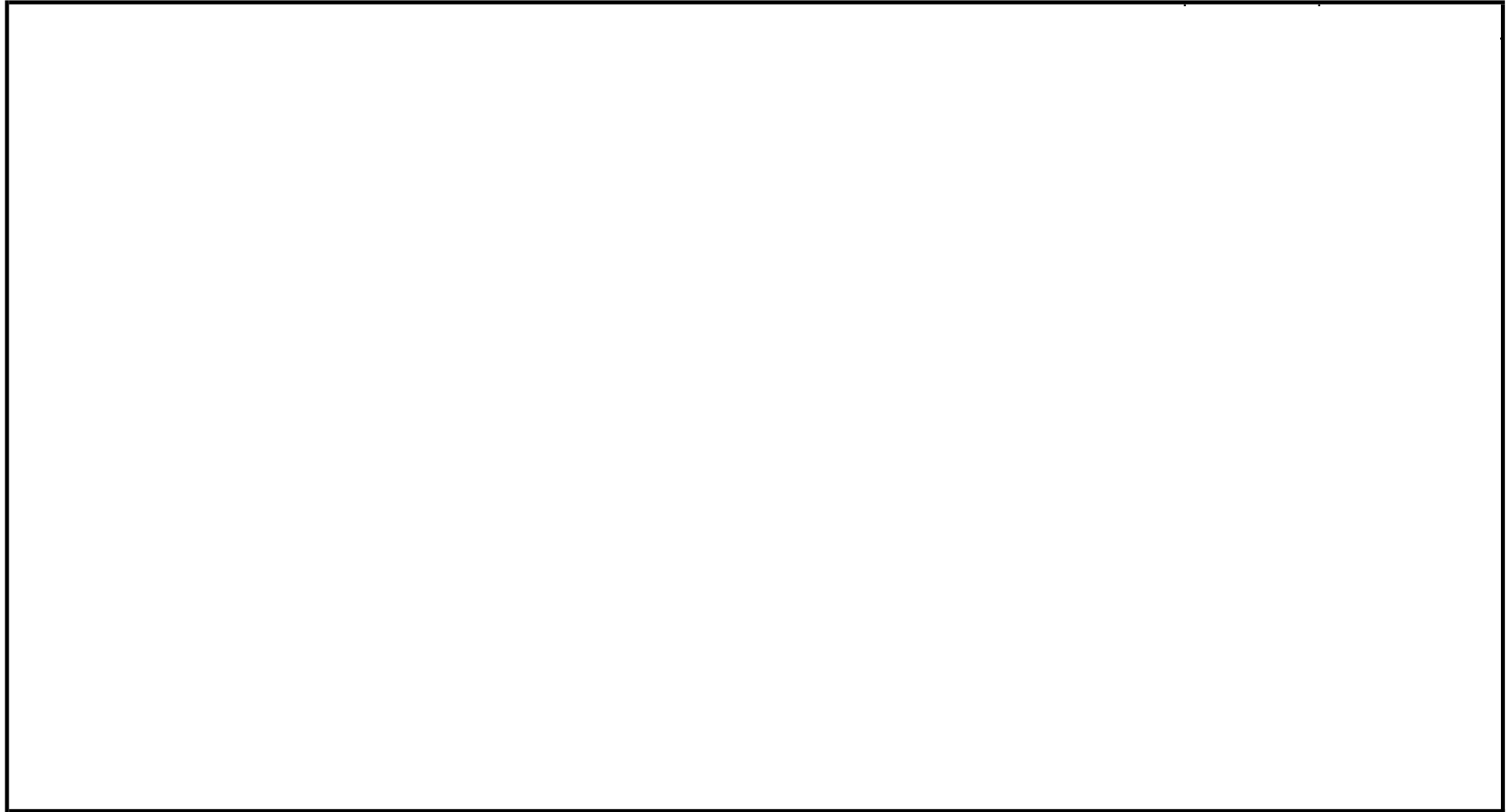
注記 * : ガasket外面幅 (長辺側) 又はフランジ外面幅 (長辺側) のいずれか小さい方の値。

中央制御室換気系ダクトの強度計算
FORMAT-III フランジの強度計算結果
(15/36) 矩形のダクト

ダクトサイズ : 2600×1000×1.2×2500

フランジサイズ : L65×65×6t

33



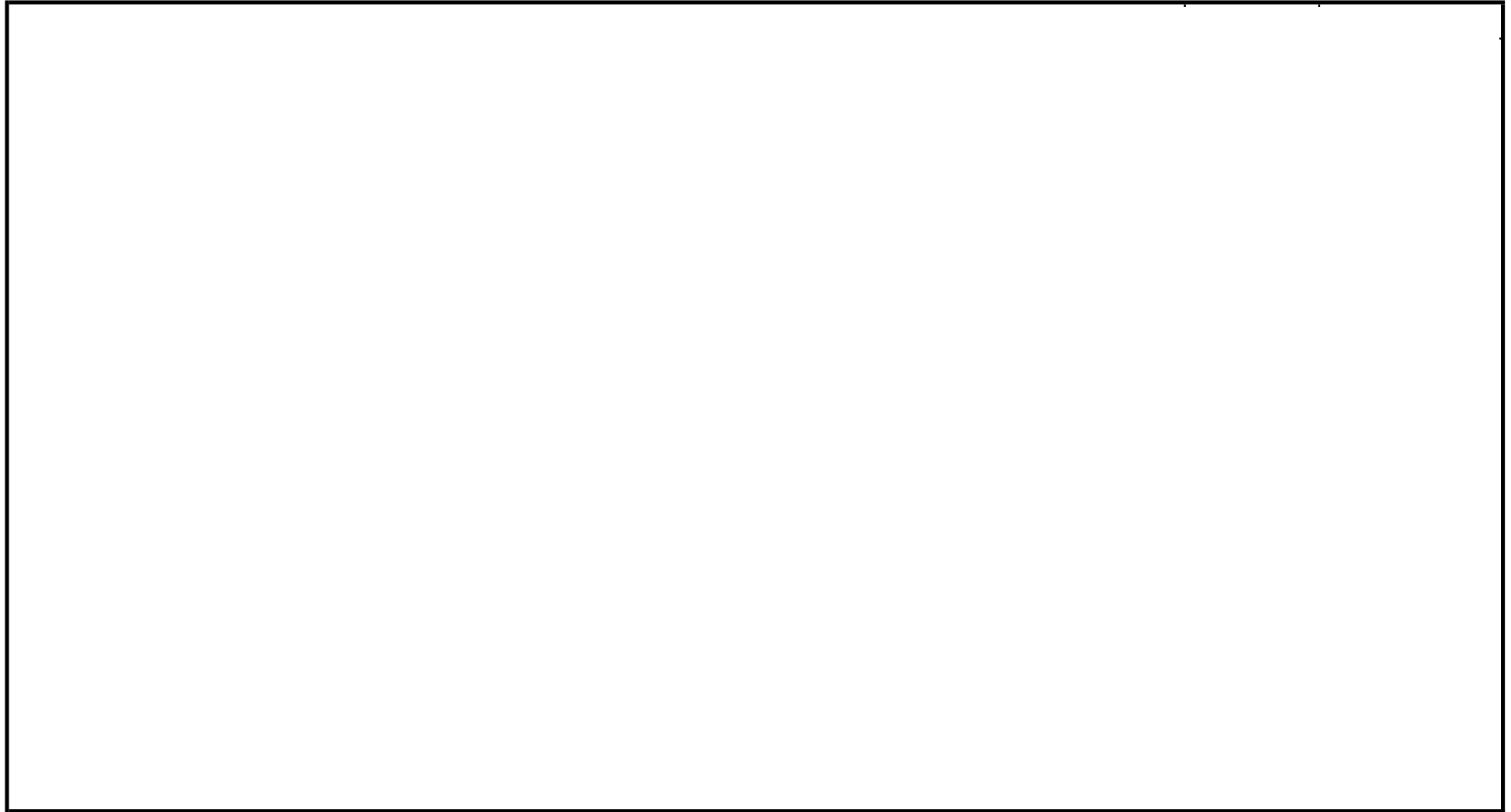
注記 * : ガasket外面幅 (長辺側) 又はフランジ外面幅 (長辺側) のいずれか小さい方の値。

中央制御室換気系ダクトの強度計算
FORMAT-III フランジの強度計算結果
(16/36) 矩形のダクト

ダクトサイズ : 960×360×1.2×1820

フランジサイズ : L50×50×6t

34



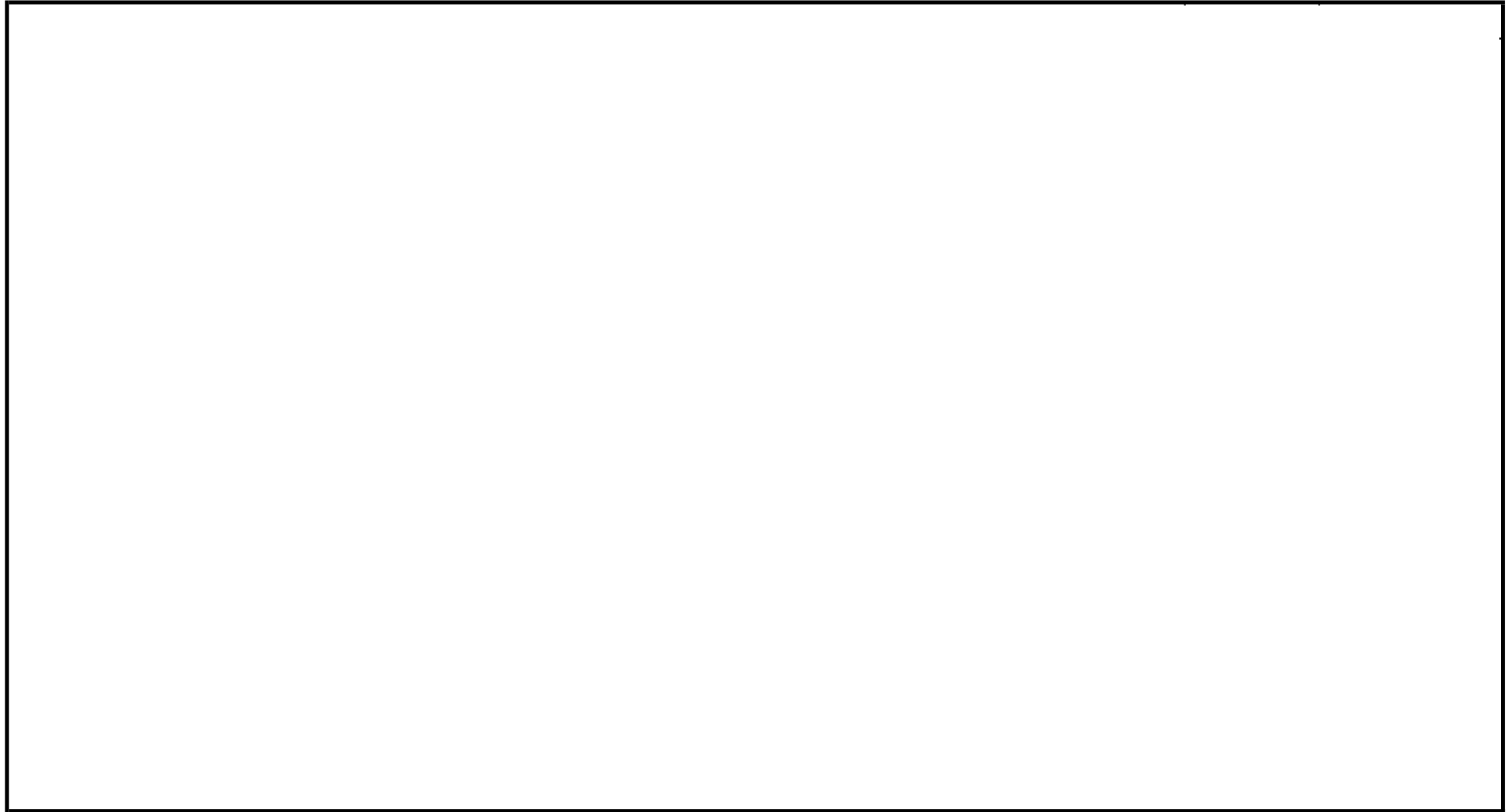
注記 * : ガasket外面幅 (長辺側) 又はフランジ外面幅 (長辺側) のいずれか小さい方の値。

中央制御室換気系ダクトの強度計算
FORMAT-III フランジの強度計算結果
(17/36) 矩形のダクト

ダクトサイズ : 900×670×1.2×1820

フランジサイズ : L50×50×6t

35



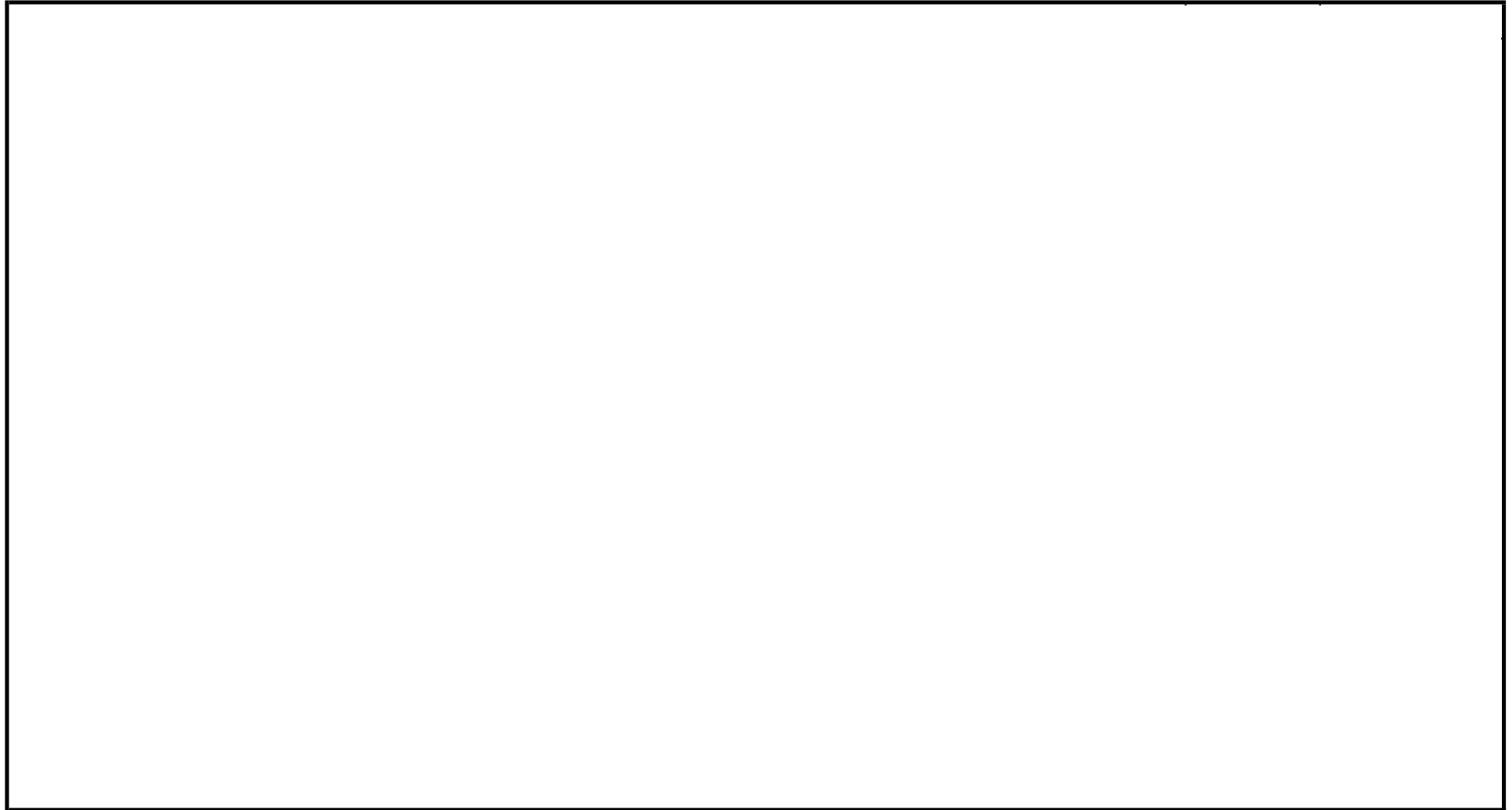
注記 * : ガasket外面幅 (長辺側) 又はフランジ外面幅 (長辺側) のいずれか小さい方の値。

中央制御室換気系ダクトの強度計算
FORMAT-III フランジの強度計算結果
(18/36) 矩形のダクト

ダクトサイズ : 900×670×2.3×300

フランジサイズ : L50×50×6t

36



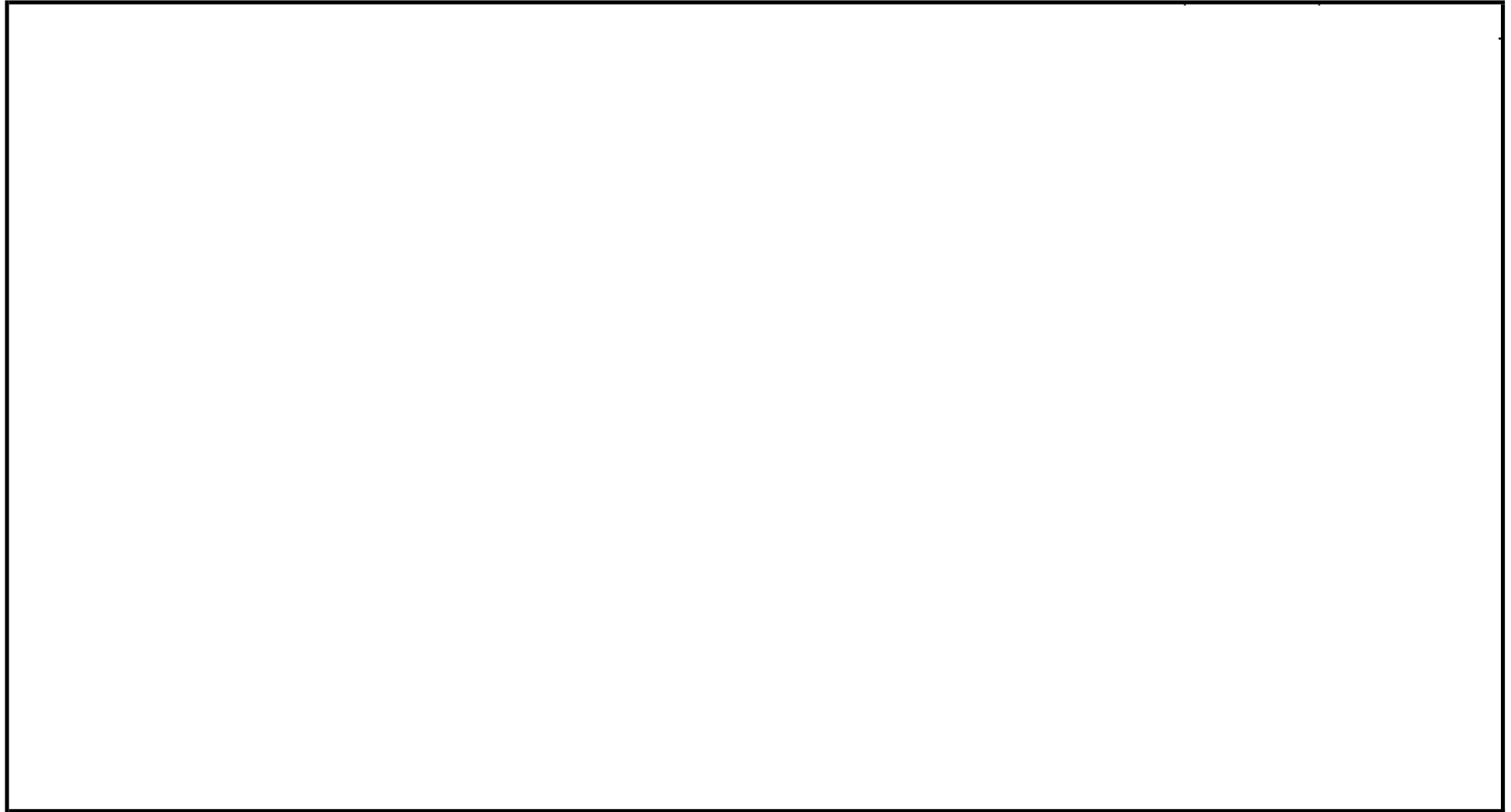
注記 * : ガasket外面幅 (長辺側) 又はフランジ外面幅 (長辺側) のいずれか小さい方の値。

中央制御室換気系ダクトの強度計算
FORMAT-III フランジの強度計算結果
(19/36) 矩形のダクト

ダクトサイズ : 710×410×1.2×1820

フランジサイズ : L50×50×6t

37



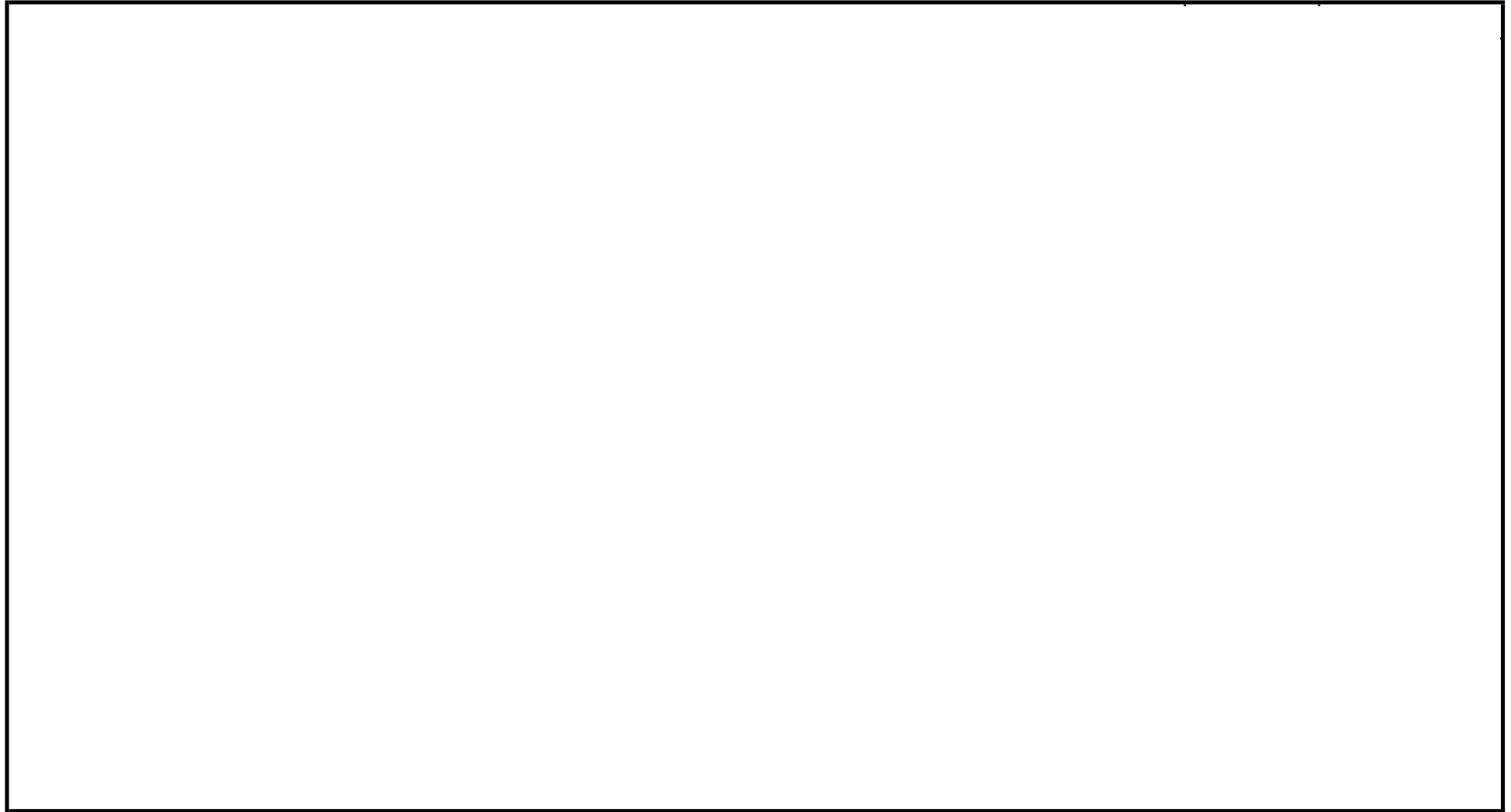
注記 * : ガasket外面幅 (長辺側) 又はフランジ外面幅 (長辺側) のいずれか小さい方の値。

中央制御室換気系ダクトの強度計算
FORMAT-III フランジの強度計算結果
(20/36) 矩形のダクト

ダクトサイズ : 900×450×1.2×1820

フランジサイズ : L50×50×6t

38



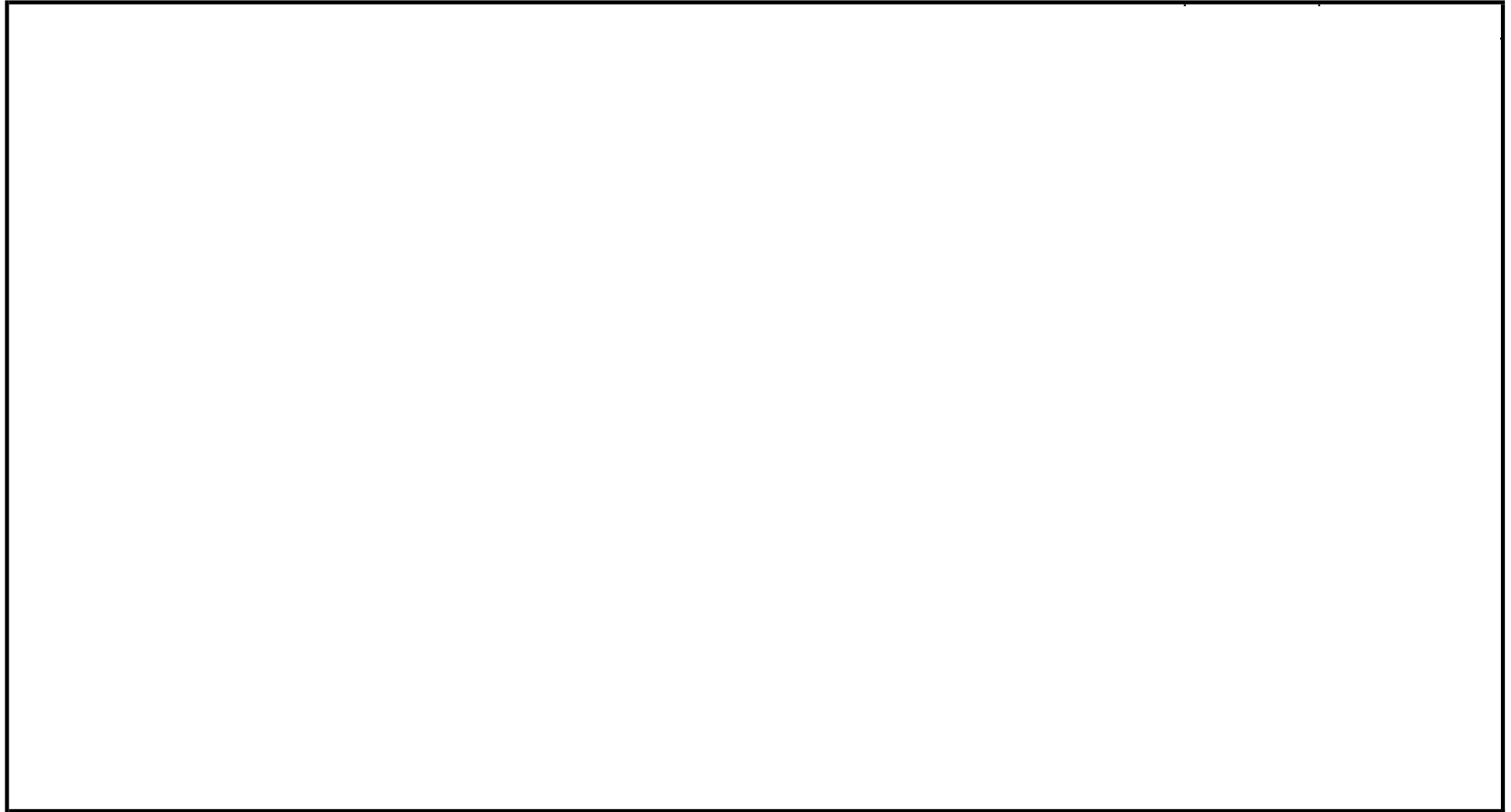
注記 * : ガasket外面幅 (長辺側) 又はフランジ外面幅 (長辺側) のいずれか小さい方の値。

中央制御室換気系ダクトの強度計算
FORMAT-III フランジの強度計算結果
(21/36) 矩形のダクト

ダクトサイズ : 900×450×2.3×300

フランジサイズ : L50×50×6t

39



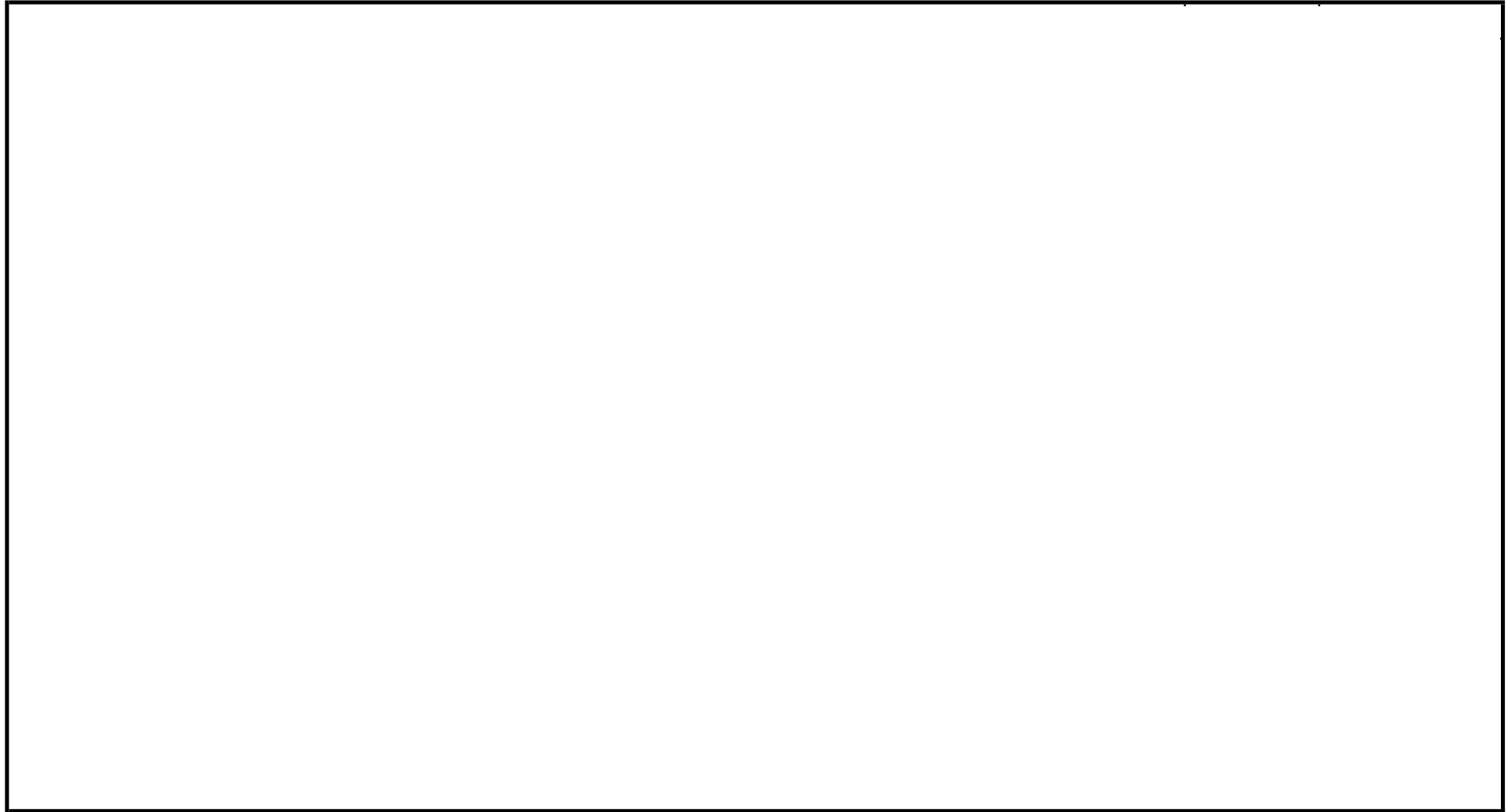
注記 * : ガasket外面幅 (長辺側) 又はフランジ外面幅 (長辺側) のいずれか小さい方の値。

中央制御室換気系ダクトの強度計算
FORMAT-III フランジの強度計算結果
(22/36) 矩形のダクト

ダクトサイズ : 1015×760×1.2×1820

フランジサイズ : L50×50×6t

40



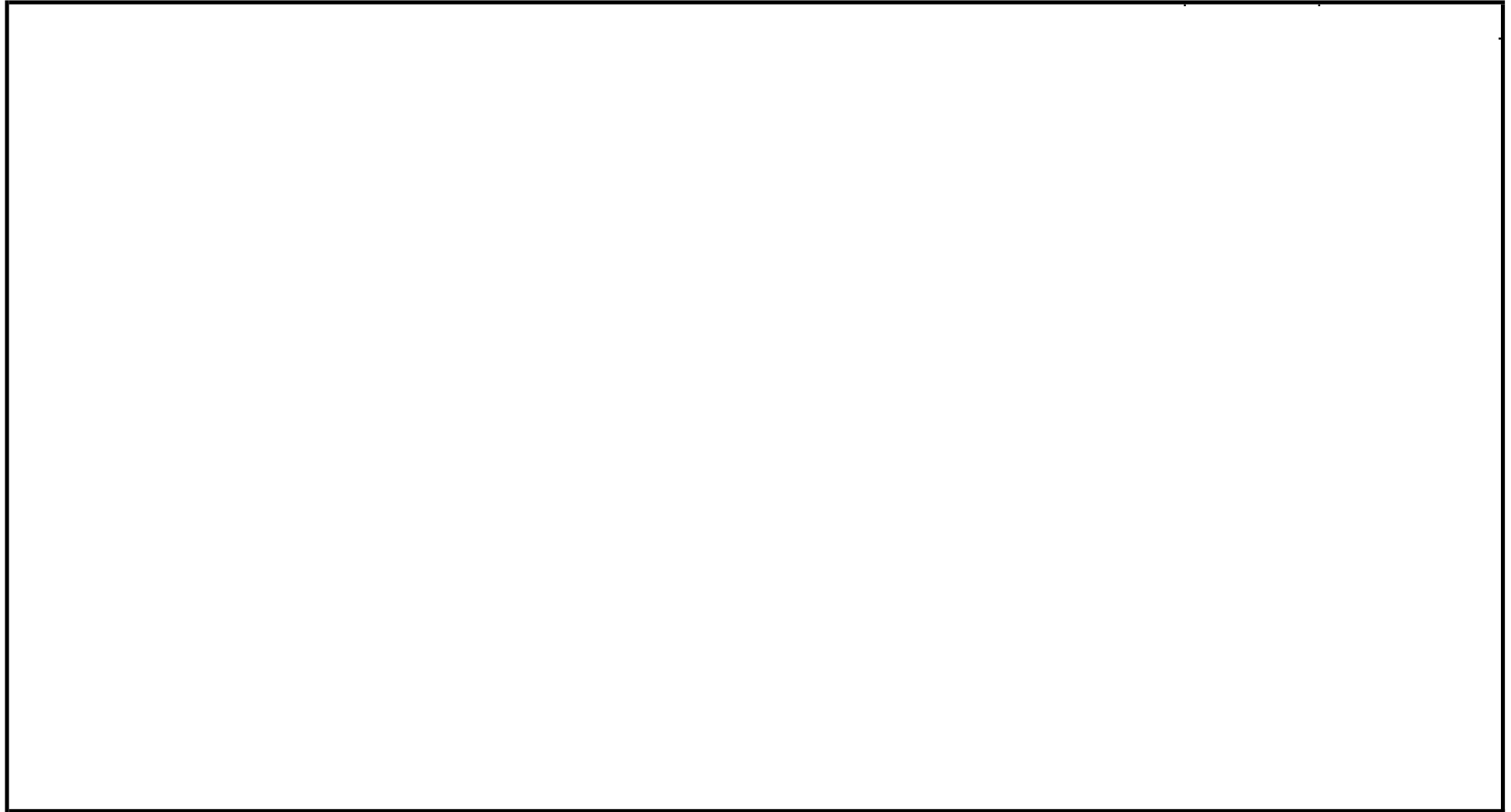
注記 * : ガasket外面幅 (長辺側) 又はフランジ外面幅 (長辺側) のいずれか小さい方の値。

中央制御室換気系ダクトの強度計算
FORMAT-III フランジの強度計算結果
(23/36) 矩形のダクト

ダクトサイズ : 1015×215×1.2×1820

フランジサイズ : L50×50×6t

41



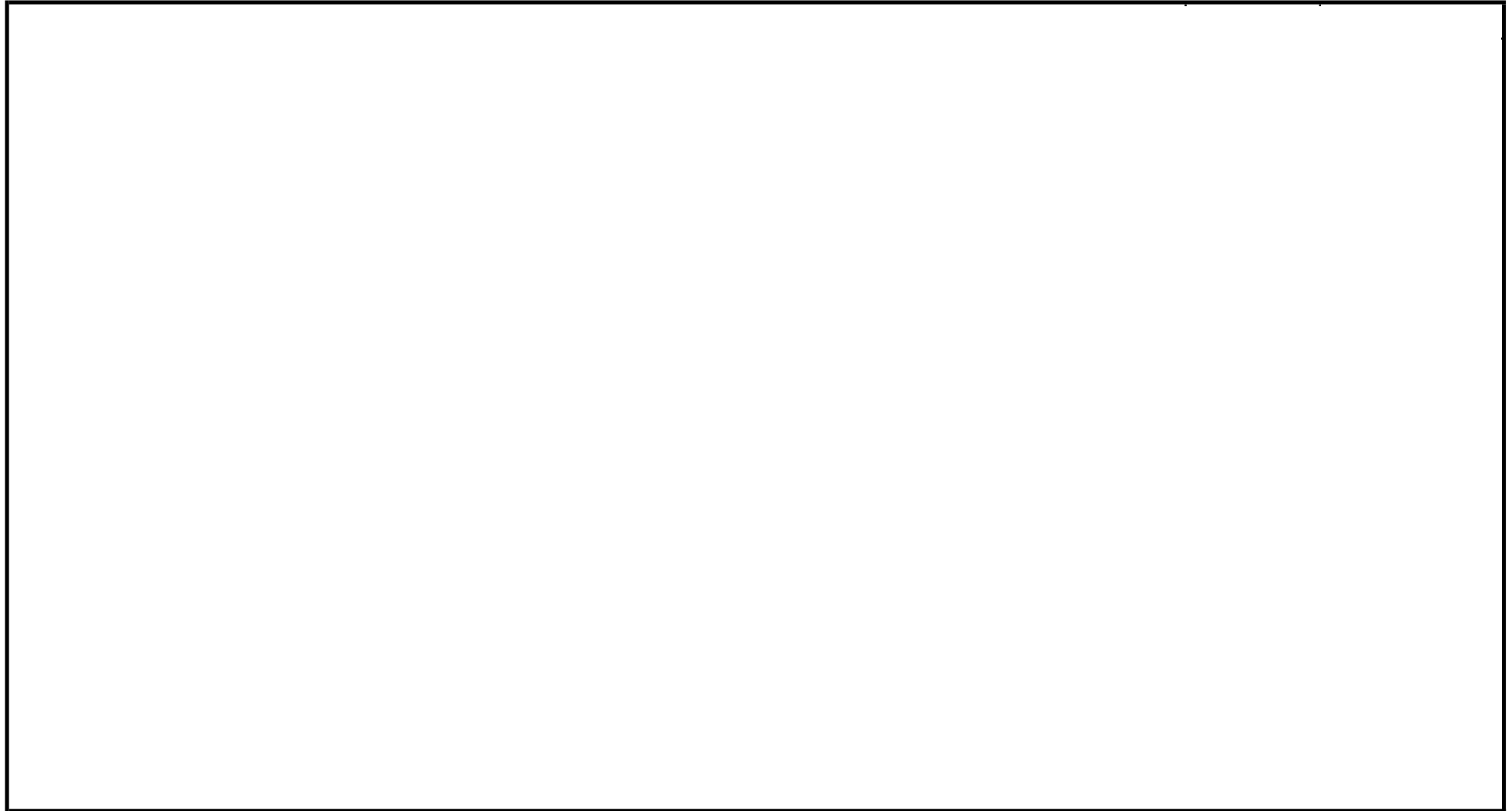
注記 * : ガasket外面幅 (長辺側) 又はフランジ外面幅 (長辺側) のいずれか小さい方の値。

中央制御室換気系ダクトの強度計算
FORMAT-III フランジの強度計算結果
(24/36) 矩形のダクト

ダクトサイズ : 610×510×1.2×1820

フランジサイズ : L50×50×6t

42



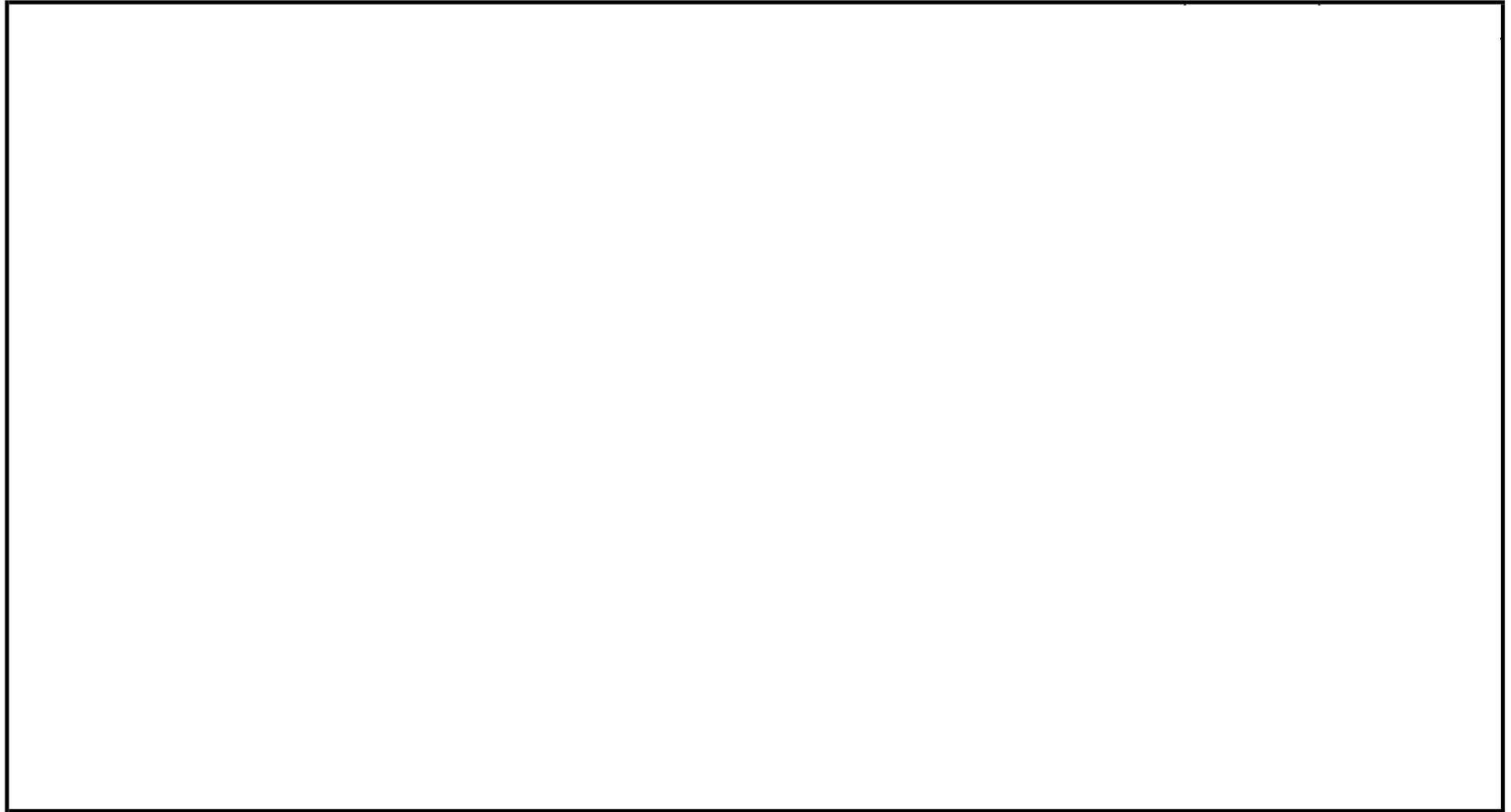
注記 * : ガasket外面幅 (長辺側) 又はフランジ外面幅 (長辺側) のいずれか小さい方の値。

中央制御室換気系ダクトの強度計算
FORMAT-III フランジの強度計算結果
(25/36) 矩形のダクト

ダクトサイズ : 1015×545×1.2×1820

フランジサイズ : L50×50×6t

43



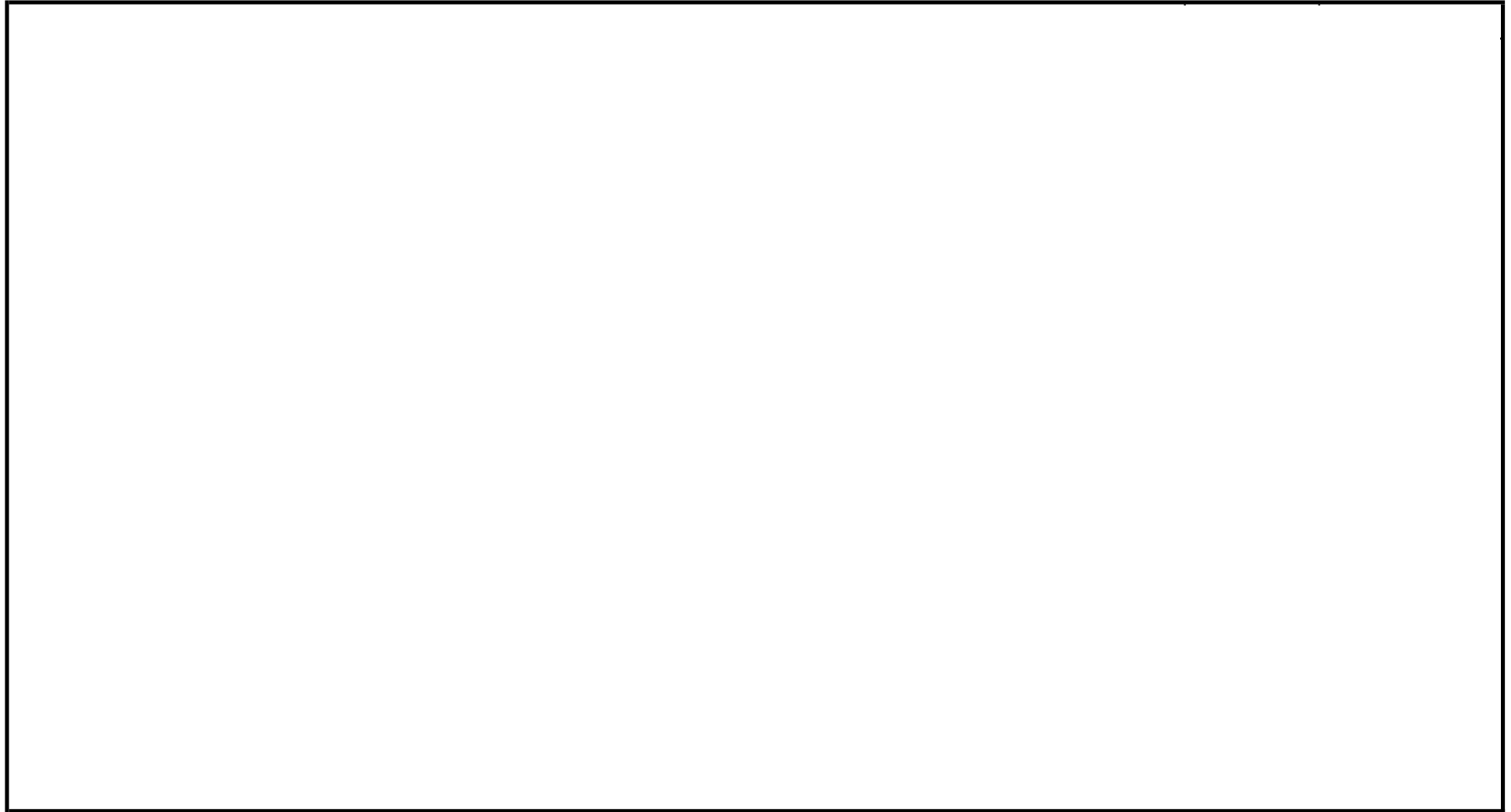
注記 * : ガasket外面幅 (長辺側) 又はフランジ外面幅 (長辺側) のいずれか小さい方の値。

中央制御室換気系ダクトの強度計算
FORMAT-III フランジの強度計算結果
(26/36) 矩形のダクト

ダクトサイズ : 1015×615×1.2×1820

フランジサイズ : L50×50×6t

4



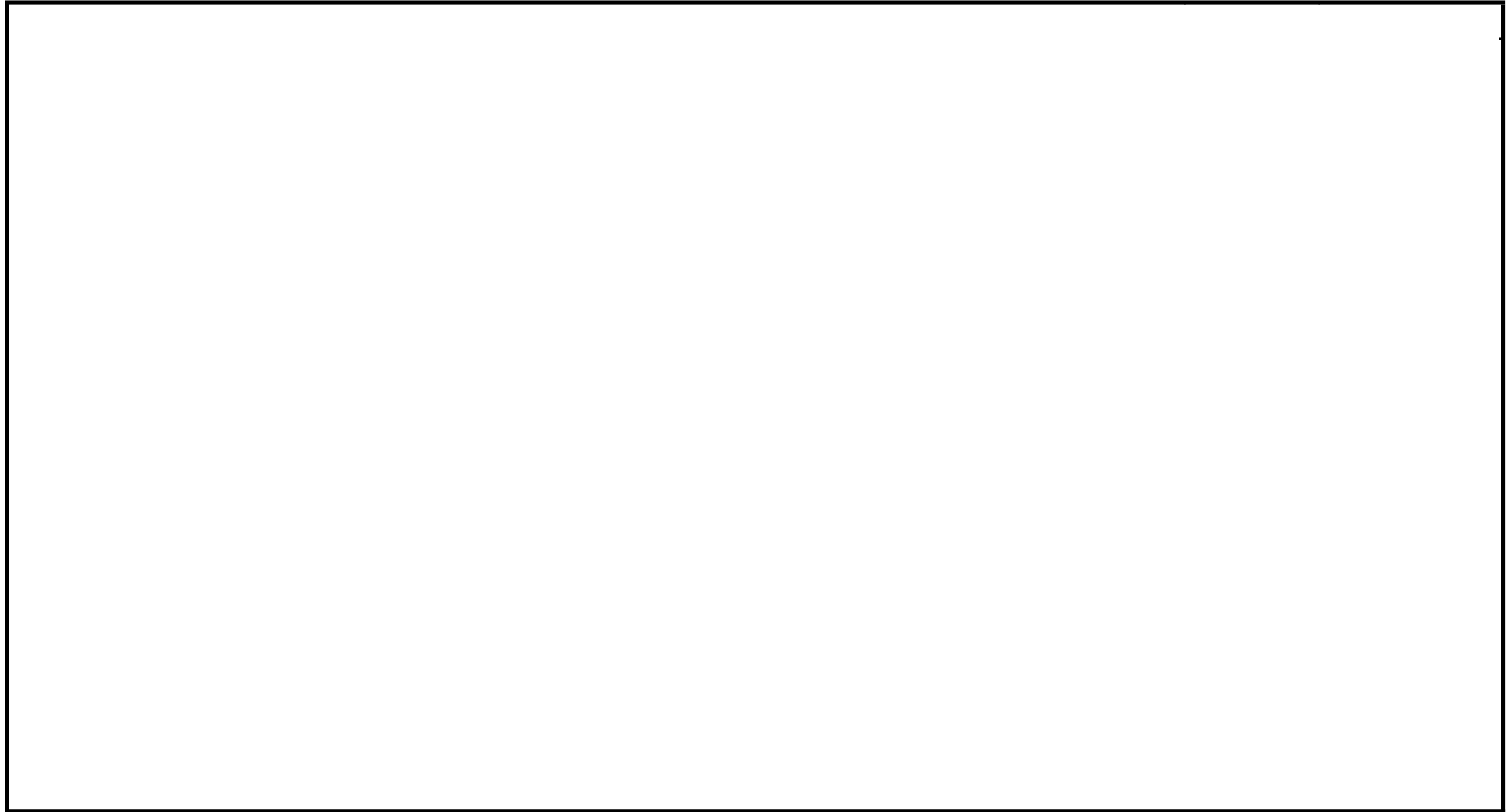
注記 * : ガasket外面幅 (長辺側) 又はフランジ外面幅 (長辺側) のいずれか小さい方の値。

中央制御室換気系ダクトの強度計算
FORMAT-III フランジの強度計算結果
(27/36) 矩形のダクト

ダクトサイズ : 1015×490×1.2×1820

フランジサイズ : L50×50×6t

45



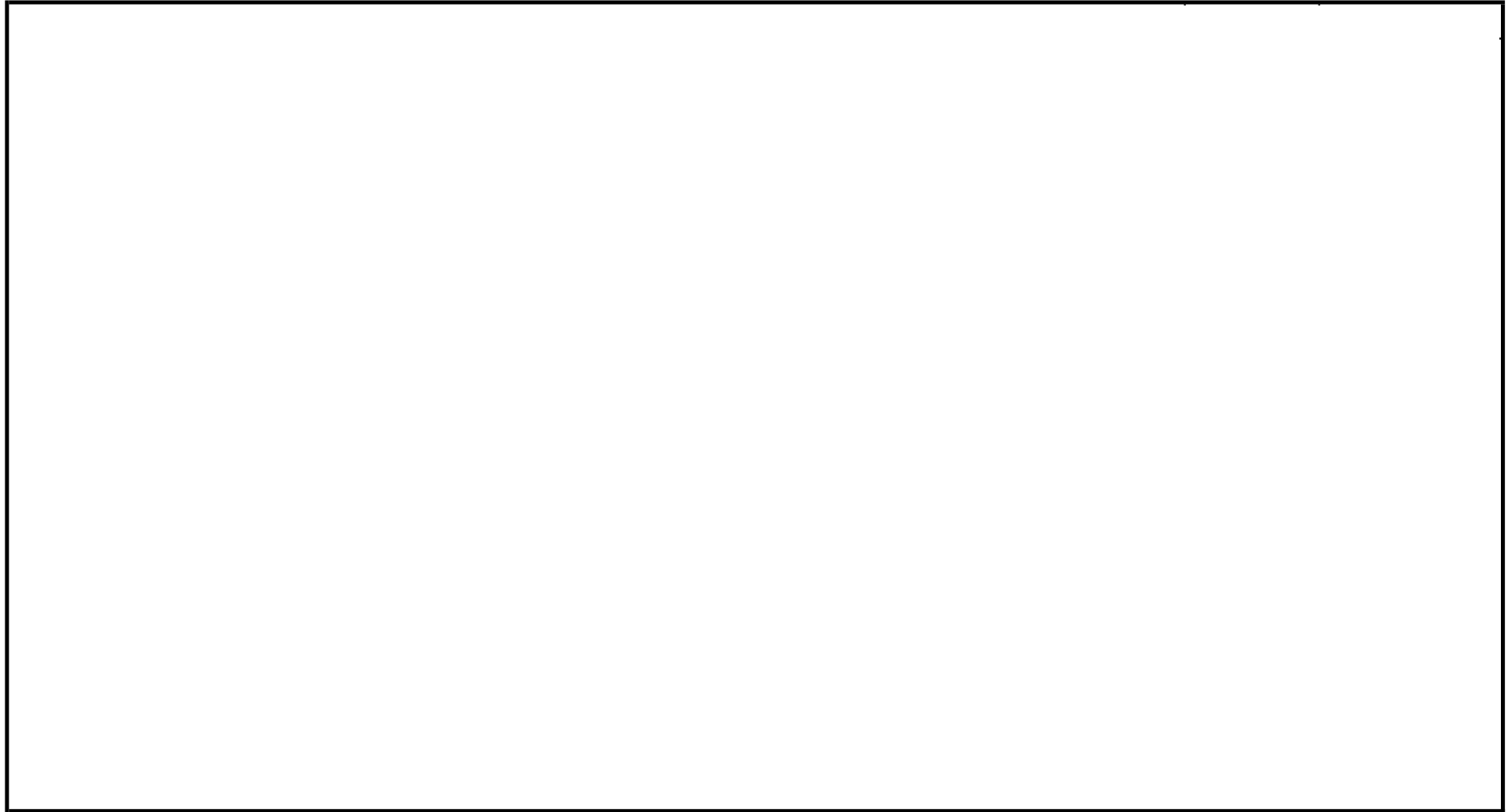
注記 * : ガasket外面幅 (長辺側) 又はフランジ外面幅 (長辺側) のいずれか小さい方の値。

中央制御室換気系ダクトの強度計算
FORMAT-III フランジの強度計算結果
(28/36) 矩形のダクト

ダクトサイズ : 1000×880×1.2×1820

フランジサイズ : L50×50×6t

46



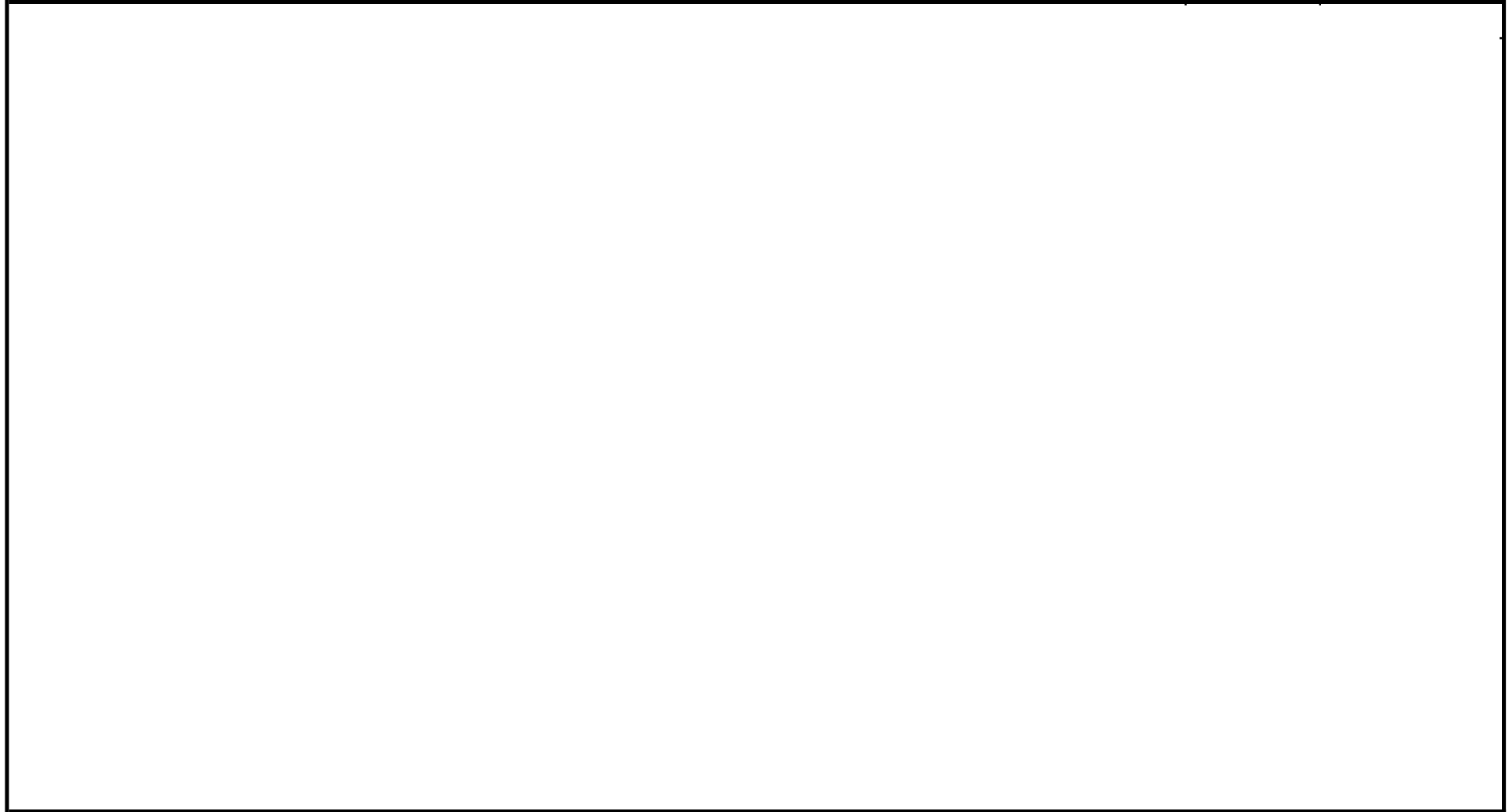
注記 * : ガasket外面幅 (長辺側) 又はフランジ外面幅 (長辺側) のいずれか小さい方の値。

中央制御室換気系ダクトの強度計算
FORMAT-III フランジの強度計算結果
(29/36) 矩形のダクト

ダクトサイズ : 1000×880×2.3×300

フランジサイズ : L50×50×6t

47



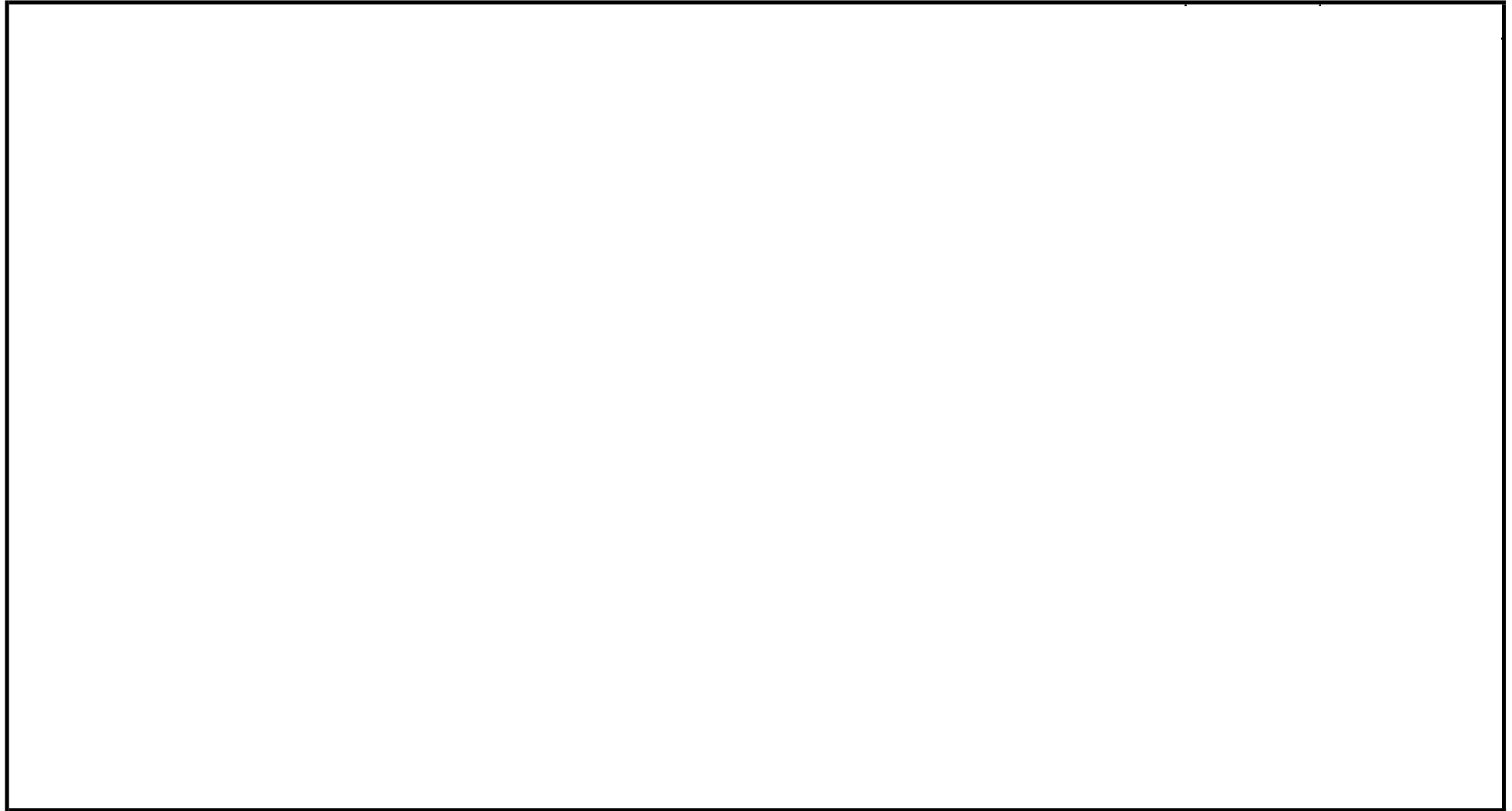
注記 * : ガasket外面幅 (長辺側) 又はフランジ外面幅 (長辺側) のいずれか小さい方の値。

中央制御室換気系ダクトの強度計算
FORMAT-III フランジの強度計算結果
(30/36) 矩形のダクト

ダクトサイズ : 760×760×1.2×1820

フランジサイズ : L50×50×6t

48



注記 * : ガasket外面幅 (長辺側) 又はフランジ外面幅 (長辺側) のいずれか小さい方の値。

中央制御室換気系ダクトの強度計算
FORMAT-III フランジの強度計算結果
(31/36) 矩形のダクト

ダクトサイズ : 600×450×0.8×1820

フランジサイズ : L25×25×3t

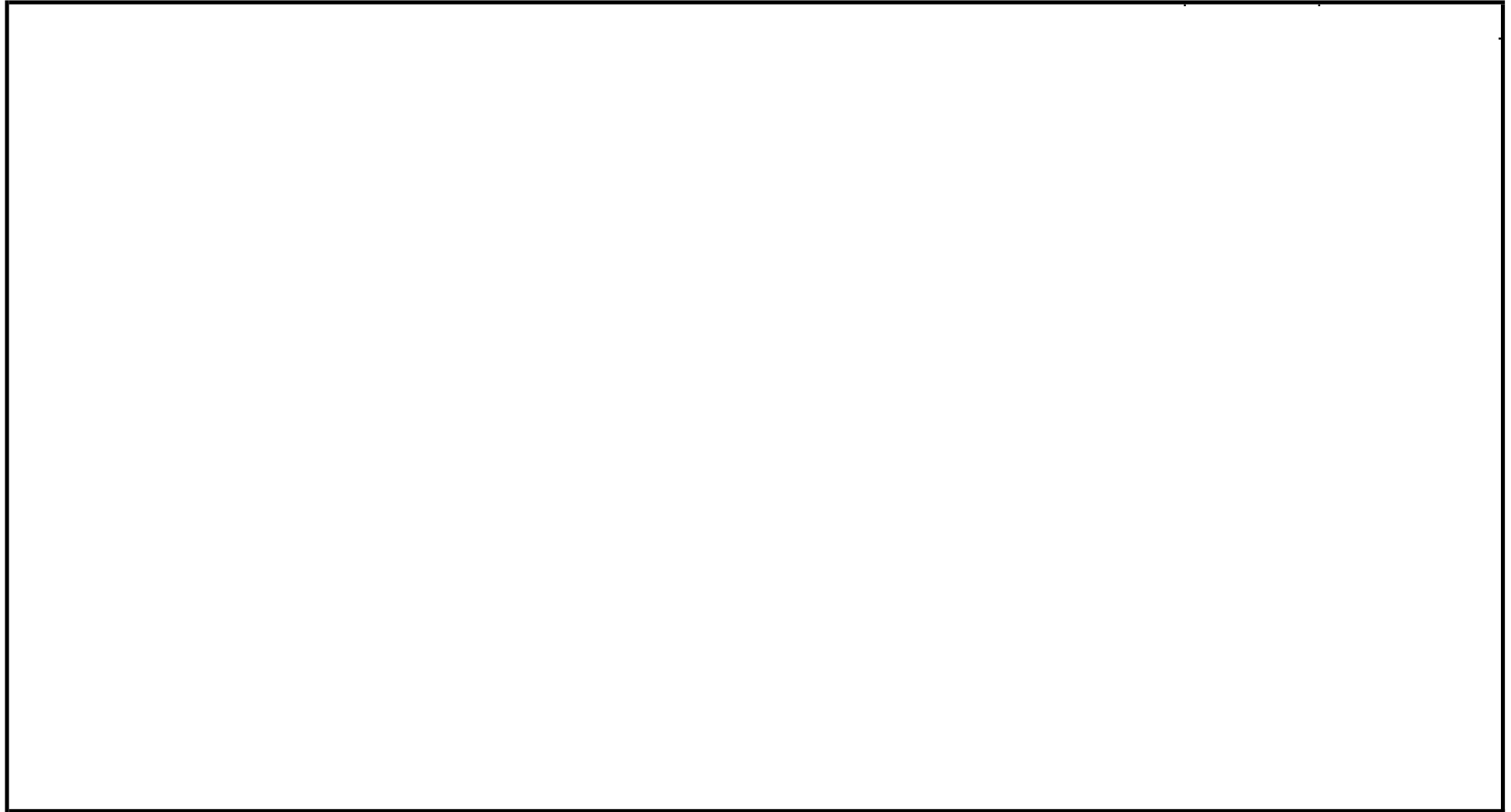
注記 * : ガasket外面幅 (長辺側) 又はフランジ外面幅 (長辺側) のいずれか小さい方の値。

中央制御室換気系ダクトの強度計算
FORMAT-III フランジの強度計算結果
(32/36) 矩形のダクト

ダクトサイズ : 460×460×0.8×1820

フランジサイズ : L25×25×3t

50



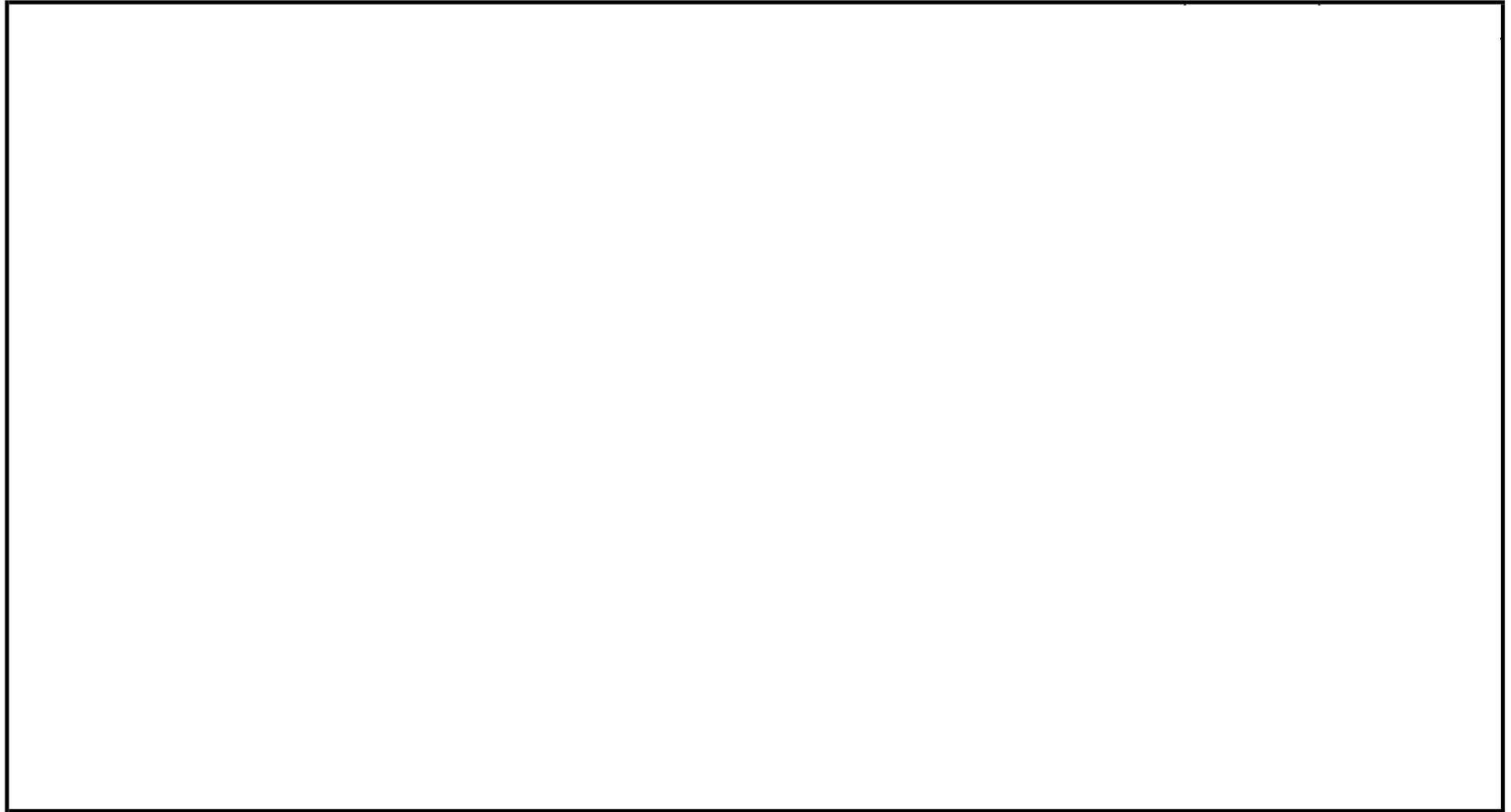
注記 * : ガasket外面幅 (長辺側) 又はフランジ外面幅 (長辺側) のいずれか小さい方の値。

中央制御室換気系ダクトの強度計算
FORMAT-III フランジの強度計算結果
(33/36) 矩形のダクト

ダクトサイズ : 450×450×0.8×1820

フランジサイズ : L25×25×3t

51



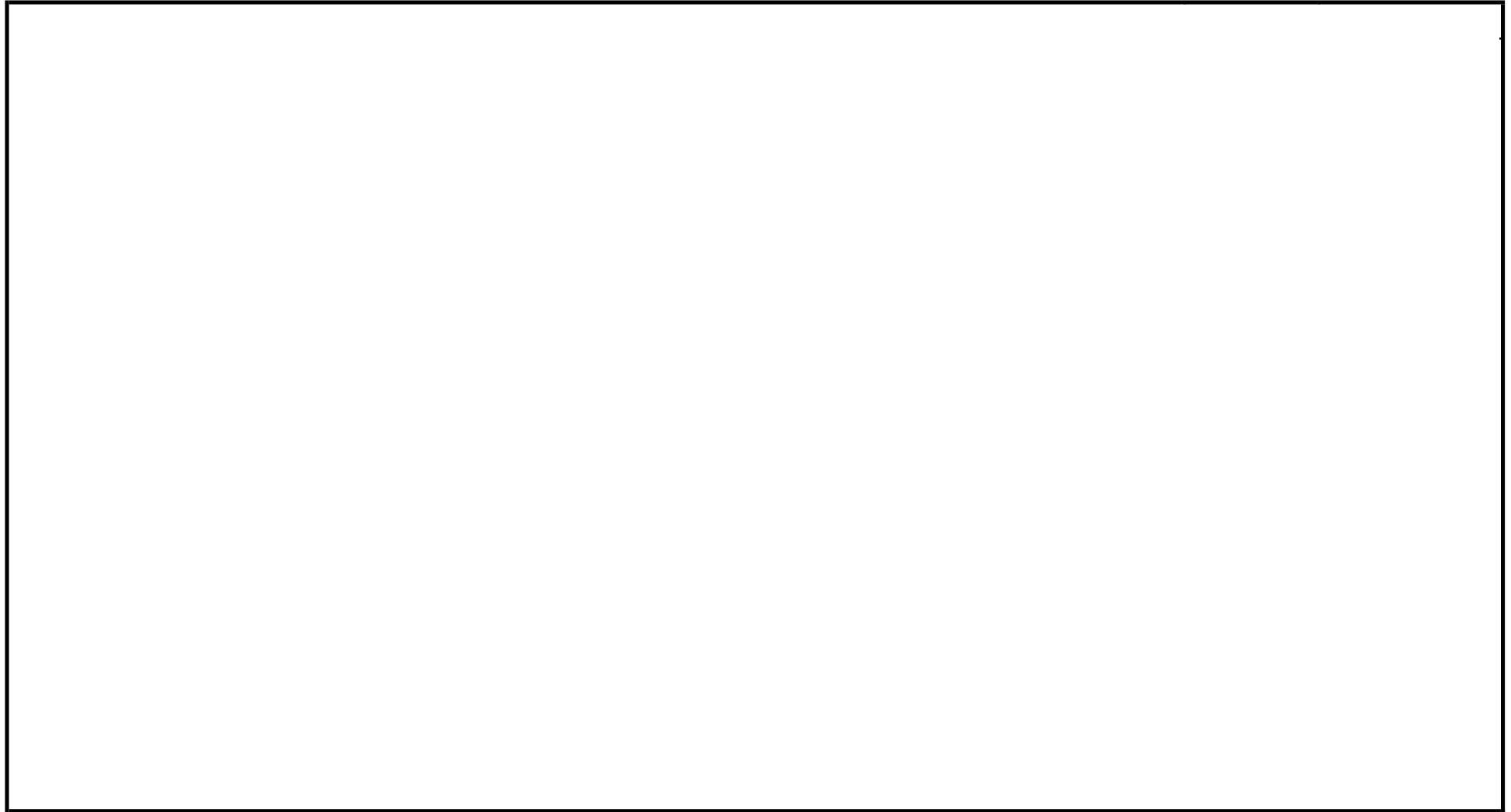
注記 * : ガasket外面幅 (長辺側) 又はフランジ外面幅 (長辺側) のいずれか小さい方の値。

中央制御室換気系ダクトの強度計算
FORMAT-III フランジの強度計算結果
(34/36) 矩形のダクト

ダクトサイズ : 950×790×0.8×1820

フランジサイズ : L40×40×3t

52



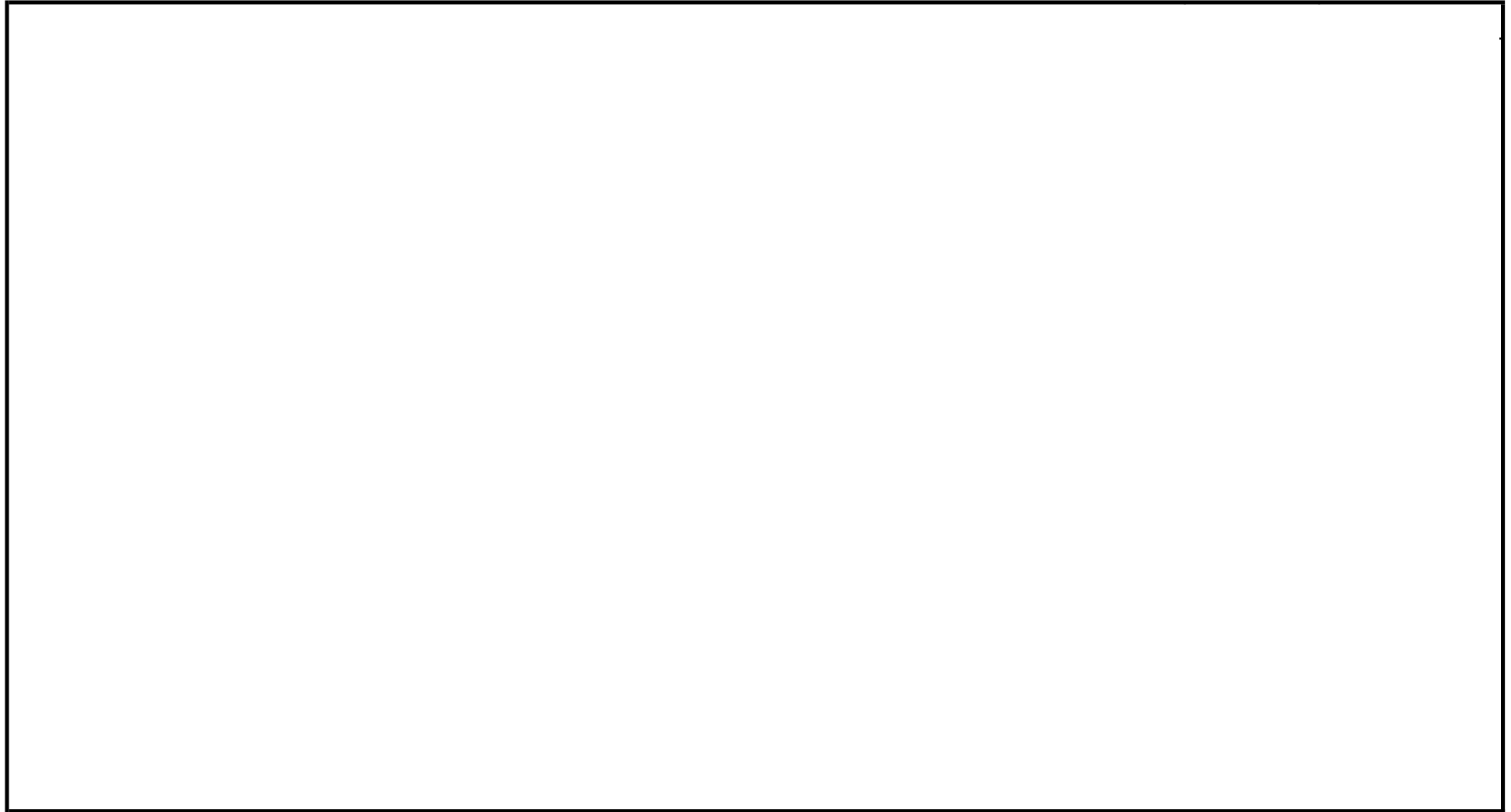
注記 * : ガasket外面幅 (長辺側) 又はフランジ外面幅 (長辺側) のいずれか小さい方の値。

中央制御室換気系ダクトの強度計算
FORMAT-III フランジの強度計算結果
(35/36) 矩形のダクト

ダクトサイズ : 1015×810×0.8×1820

フランジサイズ : L40×40×3t

53



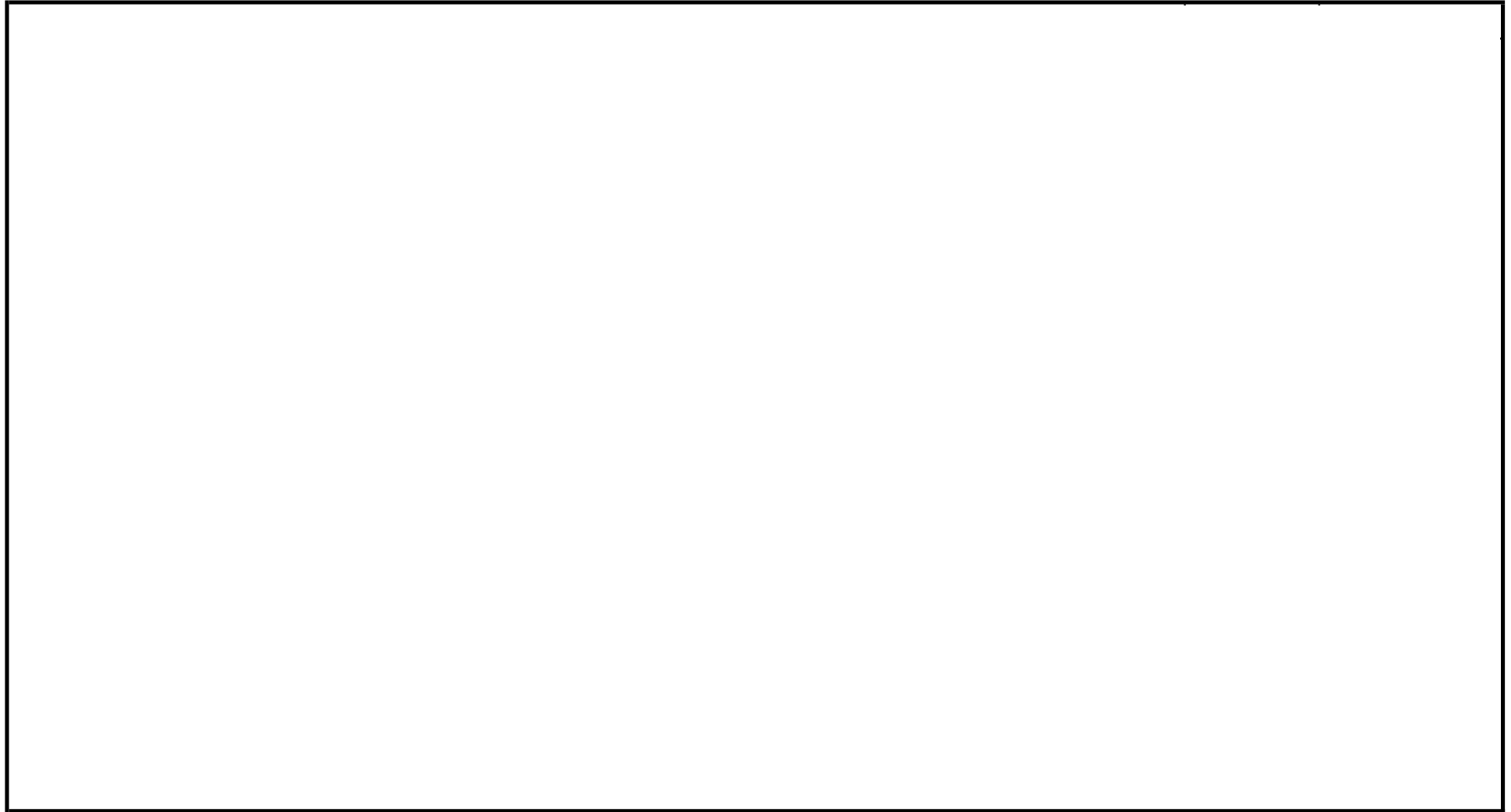
注記 * : ガasket外面幅 (長辺側) 又はフランジ外面幅 (長辺側) のいずれか小さい方の値。

中央制御室換気系ダクトの強度計算
FORMAT-III フランジの強度計算結果
(36/36) 矩形のダクト

ダクトサイズ : 2200×1000×1.2×3200

フランジサイズ : L65×65×6t

54



注記 * : ガasket外面幅 (長辺側) 又はフランジ外面幅 (長辺側) のいずれか小さい方の値。