

本資料のうち、枠囲みの内容は、機密事項に属しますので公開できません。

柏崎刈羽原子力発電所第7号機 工事計画審査資料	
資料番号	KK7添-3-014-13 改1
提出年月日	2020年 6月 18日

V-3-別添 2-8 非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板の
強度計算書

2020年6月

東京電力ホールディングス株式会社

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	5
2.4 適用規格	6
3. 強度評価方法	7
3.1 記号の定義	7
3.2 評価対象部位	8
3.3 荷重及び荷重の組合せ	9
3.4 許容限界	11
3.5 評価方法	12
4. 評価条件	21
5. 強度評価結果	22

1. 概要

本資料は、V-3-別添 2-2-1「非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板の強度計算の方針」に示すとおり、非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板が降下火砕物等の堆積時においても、外部事象防護対象施設に降下火砕物を堆積させない機能の維持を考慮して、主要な構造部材が構造健全性を維持し、外部事象防護対象施設に波及的影響を与えないことを確認するものである。

2. 基本方針

非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板は、V-3-別添 2-2-1「非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板の強度計算の方針」の「3.2 機能維持の方針」に示す構造計画を踏まえ、非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板の「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

非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板は、V-3-別添 2-2-1「非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板の強度計算の方針」の「3.2 機能維持の方針」に示すとおり、屋外の軽油タンクエリアに設置する。軽油タンクエリアの位置図を図 2-1 に示す。

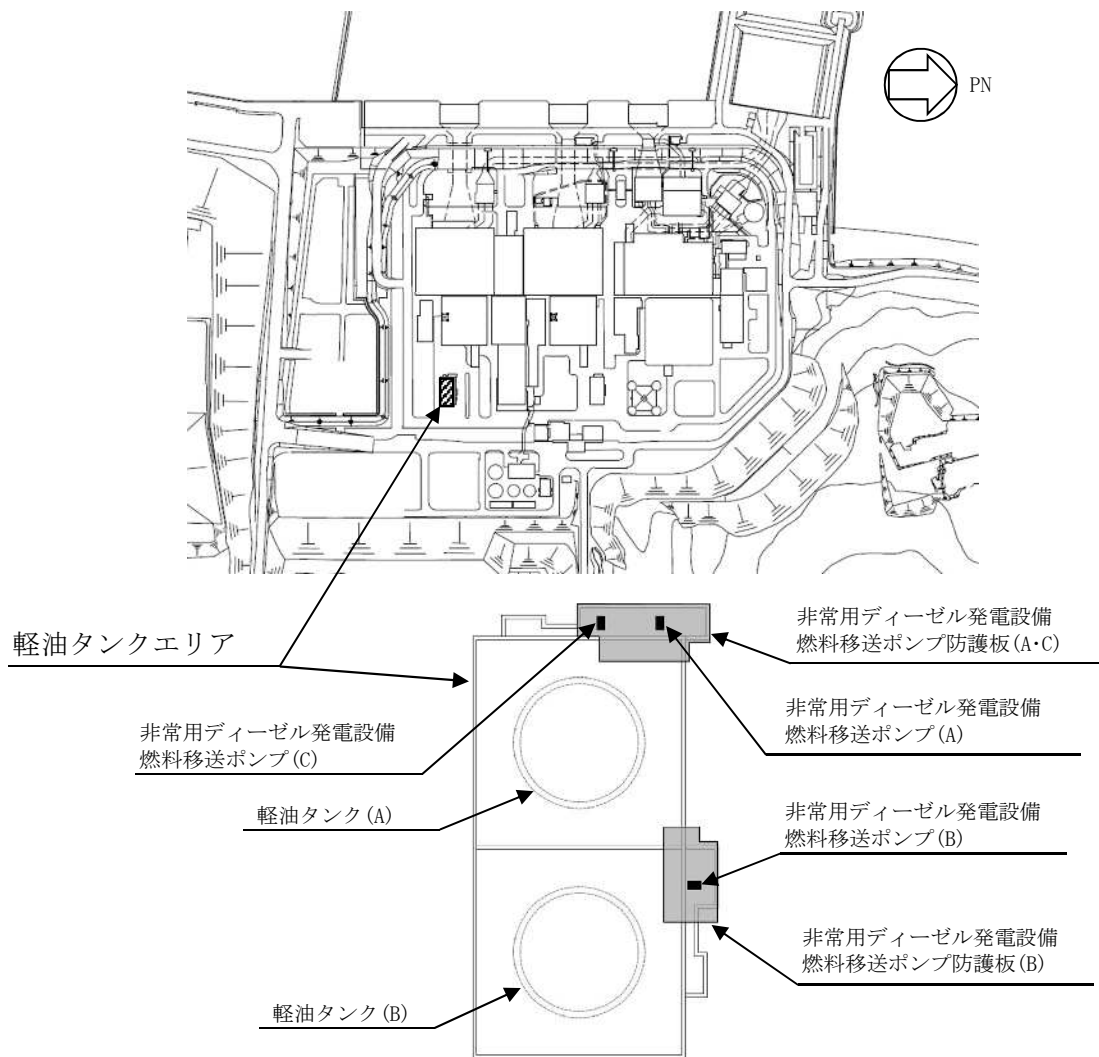


図 2-1 軽油タンクエリアの位置図

2.2 構造概要

非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板は、V-3-別添 2-2-1「非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板の強度計算の方針」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。

非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板は、非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプに降下火砕物等が堆積することを防止する防護鋼板、防護鋼板を支持する架構及び架構をコンクリート基礎に固定する柱脚から構成される。非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板の概要図を図 2-3 及び図 2-3 に示す。

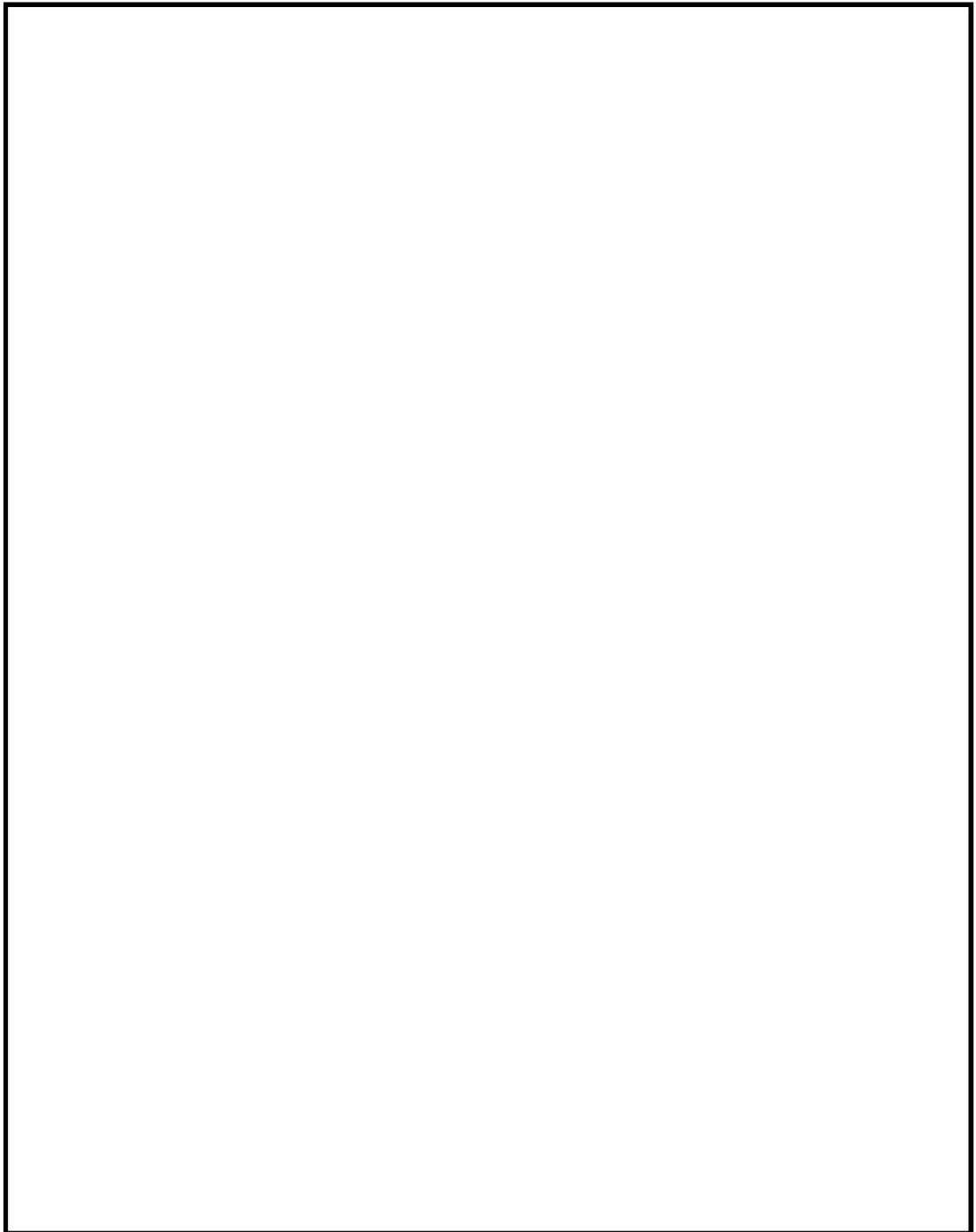


図 2-2 非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板(A・C)の概要図

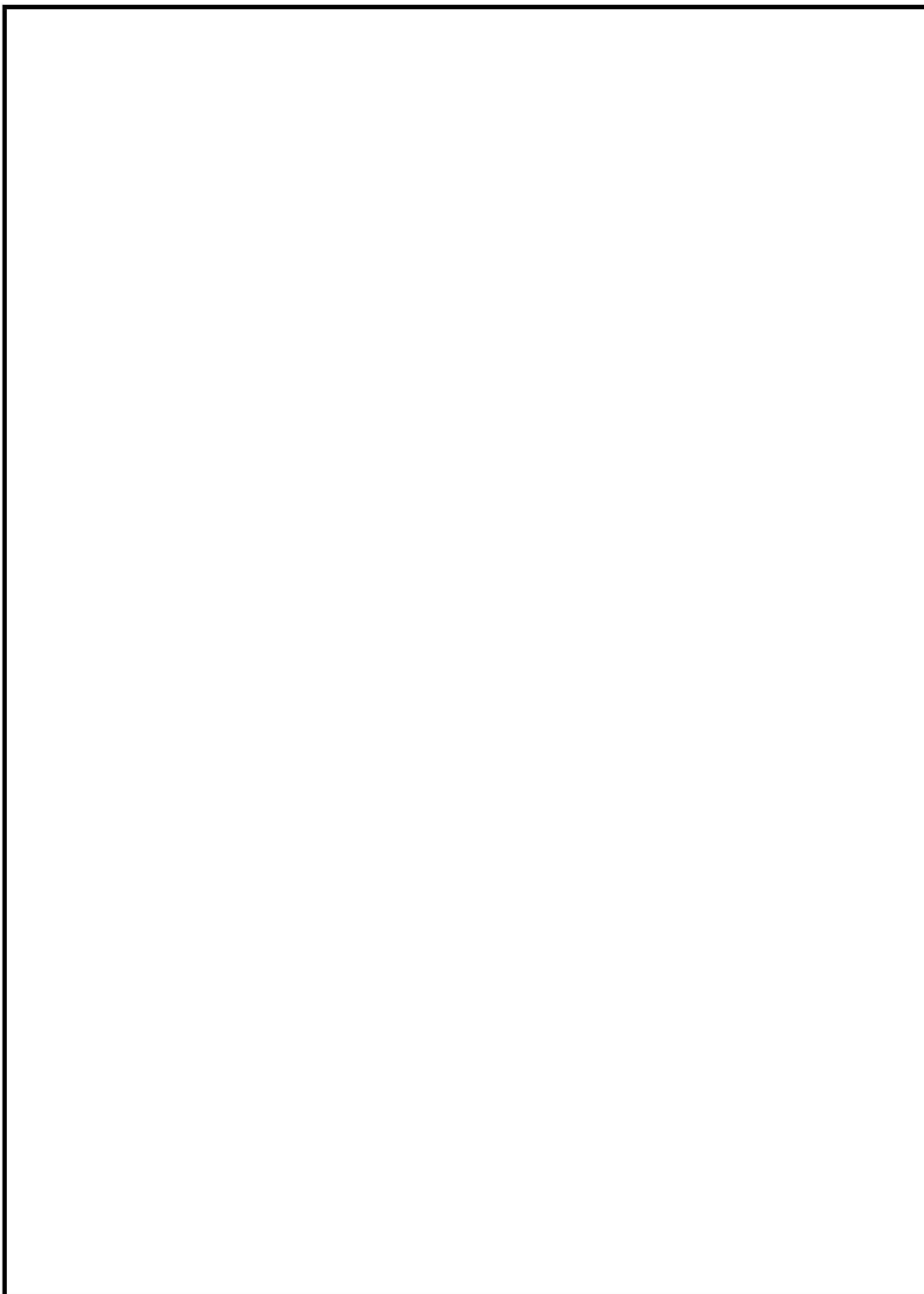


図 2-3 非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板(B)の概要図

2.3 評価方針

非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板の強度評価は、V-3-別添 2-2-1「非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板の強度計算の方針」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て、非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板の評価対象部位に作用する応力が、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。

非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板の強度評価フローを図 2-4 に示す。非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板の強度評価においては、その構造を踏まえ、降下火砕物等の堆積による鉛直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。

降下火砕物等の堆積による鉛直荷重については、**建築基準法施行令第 86 条に基づき**、防護鋼板の水平投影面積に対し降下火砕物等の層厚より上載質量を算出する。強度評価においては、降下火砕物等が堆積する防護鋼板については、等分布荷重が作用する長方形板として評価を行う。また、架構及び**柱脚**は、3次元静的応力解析により構成部材に対する発生荷重及び発生モーメントを算定する。許容限界は、防護鋼板、架構及び**柱脚**共に、V-3-別添 2-2-1「非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板の強度計算の方針」の「4.2. 許容限界」に示す許容限界である、「鋼構造設計規準—許容応力度設計法—（日本建築学会，2005 改定）」（以下「S 規準」という。）に基づく短期許容応力度とする。

なお、本強度評価においては水平 2 方向の地震力を考慮する。水平 2 方向の地震力を組み合わせる際に考慮する地震荷重は、水平 2 方向（NS 方向及び EW 方向）と鉛直方向（UD 方向）とする。3 方向地震荷重の組合せは簡便で保守的な手法である「絶対値の和」を用いた評価により実施する。

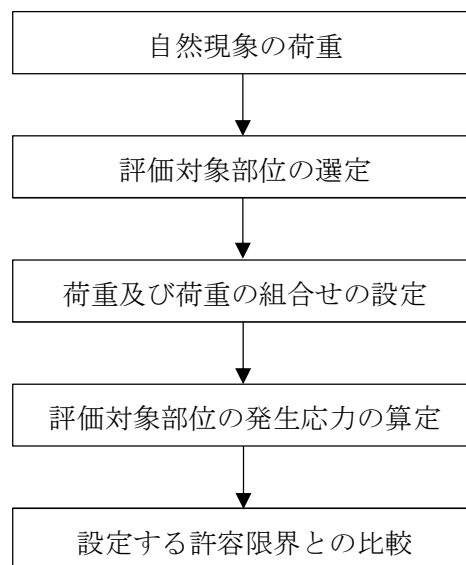


図 2-4 強度評価フロー

2.4 適用規格

適用する規格，規準等を以下に示す。

- ・ 建築基準法及び同施行令
- ・ 新潟県建築基準法施行細則（昭和 35 年 12 月 30 日新潟県規則第 82 号）
- ・ 鋼構造設計規準 ー許容応力度設計法ー（日本建築学会，2005 年改定）
- ・ 2015 年版 建築物の構造関係技術基準解説書（国土交通省国土技術政策総合研究所・国立研究開発法人建築研究所）
- ・ 挿入型鉄筋定着工法「Post-Head-Anchor 工法」（BCJ 評定-SS0030-03）（日本建築センター）
- ・ 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（日本建築学会，2010 年）
- ・ 各種合成構造設計指針・同解説（日本建築学会，2010 年改定）

3. 強度評価方法

3.1 記号の定義

非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板の強度評価に用いる記号を表 3-1 に示す。

表 3-1 非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板の強度評価に用いる記号(1/2)

記号	単位	定義
A	mm ²	単位面積当たりの断面積
A _g	mm ²	部材の断面積
A _w	mm ²	部材のウェブ断面積
A _F	mm ²	部材のフランジ断面積
F	N/mm ²	鋼材の基準強度
a _s	mm ²	基礎ボルトの断面積
f _b	N/mm ²	短期許容曲げ応力度
f _{b x (y)}	N/mm ²	X(Y)方向の短期許容曲げ応力度
f _{c (t)}	N/mm ²	短期許容圧縮(引張)応力度
f _{t s}	N/mm ²	基礎ボルトの短期許容引張応力度
f _s	N/mm ²	短期許容せん断応力度
L _{x (y)}	M	防護鋼板の短辺(長辺)の長さ
M	N・mm	曲げモーメント
M _{l (2)}	N・mm	図 3-2 に基づく M _x (M _y) の値
M _{x (y)}	N・mm	X(Y)方向の曲げモーメント
N	N	軸力
p	N/m ²	等分布荷重
Q	N	せん断力
Q _{x (y)}	N	X(Y)方向のせん断力
Q _{DS}	N	基礎ボルト 1 本に負担させる設計用せん断力
Q _{ac}	kN	基礎ボルト 1 本あたりの短期許容せん断力
t	Mm	部材の厚さ
T _{DS}	N	基礎ボルト 1 本に負担させる引張力
Z	mm ³	断面係数
Z _{x (y)}	mm ³	X(Y)方向の断面係数

表 3-1 非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板の強度評価に用いる記号(2/2)

記号	単位	定義
σ_b	N/mm ²	曲げ応力度
$\sigma_{bx(y)}$	N/mm ²	X(Y)方向の曲げ応力度
$\sigma_c(t)$	N/mm ²	圧縮(引張)応力度
σ_{ts}	N/mm ²	基礎ボルトの設計用引張応力度
$\sigma_x(y)$	N/mm ²	X(Y)方向に作用する曲げ応力度
τ	N/mm ²	せん断応力度
$\tau_l(y)$	N/mm ²	X(Y)方向のせん断応力度
τ_{ts}	N/mm ²	基礎ボルトの設計用せん断応力度

3.2 評価対象部位

非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板の評価対象部位は、V-3-別添 2-2-1「非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板の強度計算の方針」の「4.2 許容限界」にて示している評価対象部位に従って、防護鋼板、架構及び柱脚とする。架構については、構成部材であるはり、柱及びブレースの各部材に対して評価を実施し、柱脚については、構成部材であるベースプレート及び基礎ボルトの各部材に対して評価を実施する。

評価対象部位は、「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。

降下火砕物等の堆積による鉛直荷重は、降下火砕物等が堆積する防護鋼板に作用する。また、地震荷重は、架構を介して柱脚に作用する。

このことから、防護鋼板、架構及び柱脚を評価対象部位として設定している。

非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板の強度評価における評価対象部位を、図 3-1 に示す。

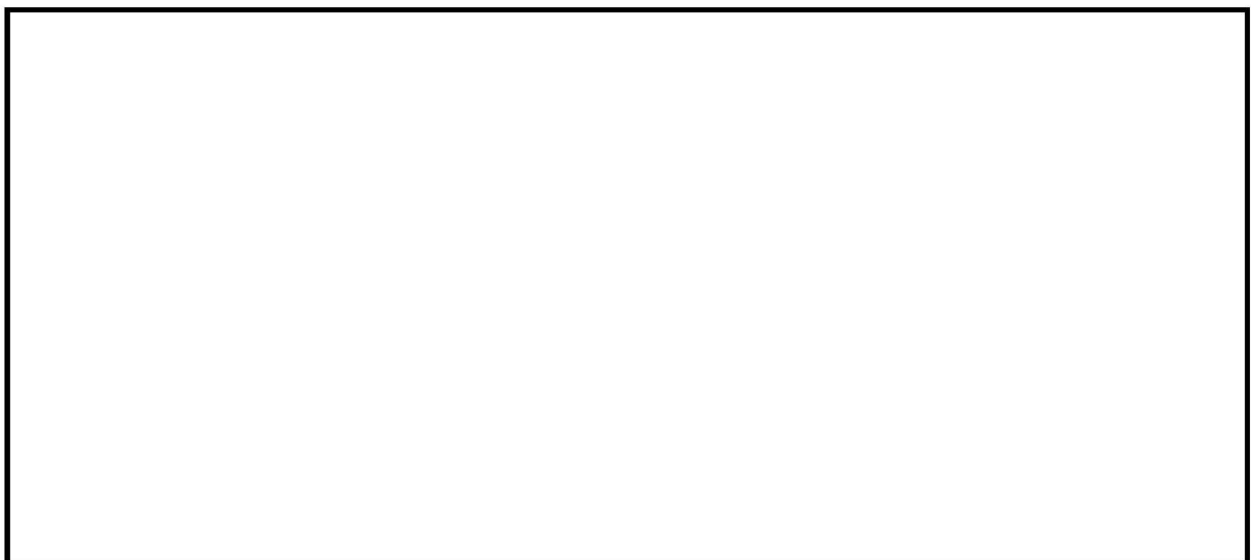


図 3-1 非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板の評価対象部位

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、V-3-別添 2-2-1「非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板の強度計算の方針」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」に示している荷重及び荷重の組合せを用いる。

(1) 荷重の設定

非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板の強度評価に用いる荷重を以下に示す。

a. 常時作用する荷重 (F_d)

常時作用する荷重は、固定荷重及び積載荷重を考慮する。

b. 降下火砕物等の堆積による鉛直荷重 (F_{vk} , F_{vs})

降下火砕物等の堆積による単位面積当たりの鉛直荷重は、 $F_{vk}=6063\text{N/m}^2$ 、 $F_{vs}=8542\text{N/m}^2$ とする。

c. 地震荷重 (F_k)

地震荷重は、軽油タンク基礎の2次元FEMモデルに対して、年超過確率 10^{-2} 相当地震動を入力して算出した軽油タンク基礎版上の加速度応答スペクトルと架構の固有周期(水平(NS):0.109(s)、水平(EW):0.096(s)、鉛直:0.014(s))に対応した保守的な設定として、設計震度 $C_H=0.50$ 、 $C_V=0.40$ を用いて算定する。

(2) 荷重の組合せ

強度評価に用いる荷重の組合せは、非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板の評価対象部位ごとに設定する。

非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板の防護鋼板には、固定荷重、積載荷重、降下火砕物等の堆積による鉛直荷重及び地震荷重が作用する。

非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板の架構及び柱脚には、固定荷重、積載荷重、降下火砕物等の堆積による鉛直荷重及び地震荷重が作用する。

非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板の評価にて考慮する荷重の組合せを表3-2に示す。

表 3-2 荷重の組合せ

施設名称	評価対象部位		荷重
非常用 ディーゼル 発電設備 燃料移送 ポンプ 防護板	防護鋼板		①固定荷重、積載荷重 ②降下火砕物等の堆積による鉛直荷重 ③地震荷重
	架構	はり	①固定荷重、積載荷重
		柱	②降下火砕物等の堆積による鉛直荷重
		ブレース	③地震荷重
	柱脚	ベースプレート	①固定荷重、積載荷重 ②降下火砕物等の堆積による鉛直荷重
基礎ボルト		③地震荷重	

3.4 許容限界

非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板の許容限界値は、V-3-別添 2-2-1「非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板の強度計算の方針」の「4.2 許容限界」にて設定している許容限界に従って、「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、機能損傷モードを考慮し、S規準に基づく短期許容応力度を用いる。

非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板の許容限界について、表 3-3 から表 3-5 に示す。

表 3-3 非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板の許容限界（鋼材）

評価部位	材料 (寸法:mm)	基準強度 F (N/mm ²)	短期	
			引張 (N/mm ²)	せん断 (N/mm ²)
防護鋼板, 架構 (はり, 柱, プレー ス)	SS400 (t ≤ 40)	235	235	135
柱脚 (ベースプレート)	SN490B (t ≤ 40)	325	325	187

表 3-4 非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板の許容限界（鉄筋）

評価部位	材料	短期	
		引張および 圧縮 (N/mm ²)	せん断 (N/mm ²)
柱脚 (基礎ボルト)	SD390	390	390

表 3-5 非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板の許容限界（コンクリート）

評価部位	材料	短期		
		圧縮 (N/mm ²)	せん断 (N/mm ²)	付着 (N/mm ²)
柱脚 (基礎ボルト)	F _c 23.5	15.6	1.08	1.48

3.5 評価方法

等分布荷重による評価と 3次元静的応力解析による評価を行う。

(1) 荷重条件

非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板の荷重条件を表 3-6 に示す。

表 3-6 非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板の荷重条件

荷重条件	入力荷重 (N/m ²)
従荷重として地震荷重を組み合わせるときの の降下火砕物等の堆積による鉛直荷重 F_{V_k}	6063
従荷重として積雪荷重を組み合わせるときの の降下火砕物等の堆積による鉛直荷重 F_{V_s}	8542

(2) 等分布荷重による評価

防護鋼板の強度評価は等分布荷重により評価を行う。

a. 計算モデル

等分布荷重による評価を行う防護鋼板の強度評価は、長方形版（四辺単純支持）モデルとする。応力計算においては「建築構造学大系 11 巻，平板構造（彰国社，1970）」における等分布荷重時四辺単純支持スラブの曲げモーメントとたわみの図表を用いる。等分布荷重による評価に用いるモデル図を図 3-2 に示す。

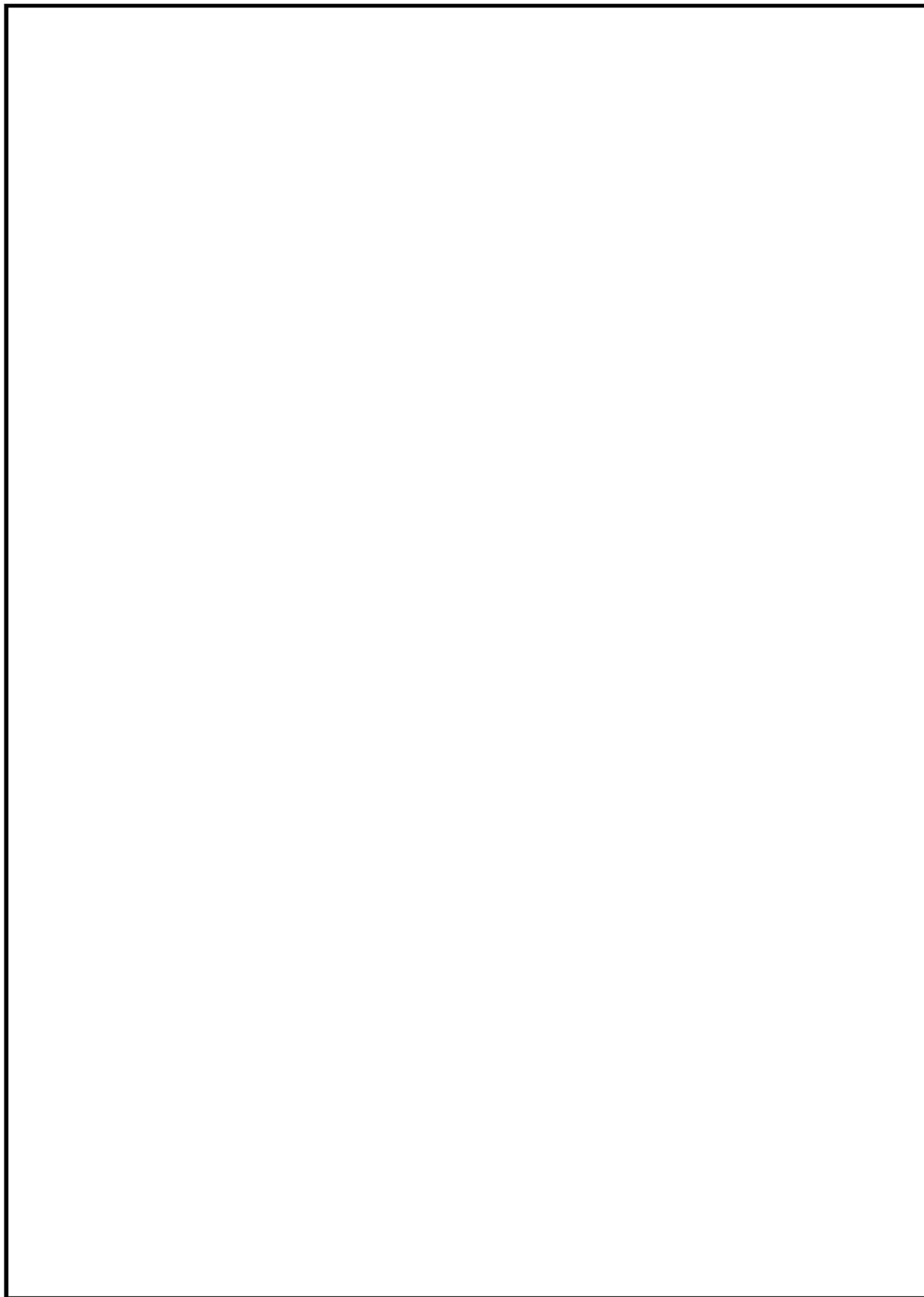


図 3-2 等分布荷重による評価に用いる計算モデル図（長方形版（四辺単純支持）モデル）
（建築構造学大系 11 巻，平板構造（彰国社，1970）に追記）

b. 防護鋼板に生じる応力度

(a) 曲げ応力度

$$\sigma_x = \frac{M_x}{Z_x}$$

$$\sigma_y = \frac{M_y}{Z_y}$$

$$M_x = M_1 \cdot p \cdot L_x^2$$

$$M_y = M_2 \cdot p \cdot L_y^2$$

(b) せん断応力度

$$\tau = \frac{Q_y}{A}$$

(3) 3次元静的応力解析による評価

架構及び柱脚は3次元静的応力解析にて評価を行う。

3次元静的応力解析に使用する解析コードは「Super Build/SS3 Ver.1.1.1.48」である。

なお、評価に用いる解析コードSuper Build/SS3 Ver.1.1.1.48の検証及び妥当性確認の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

a. 計算モデル

非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板の3次元静的応力解析に用いるモデル図を図3-3に示す。

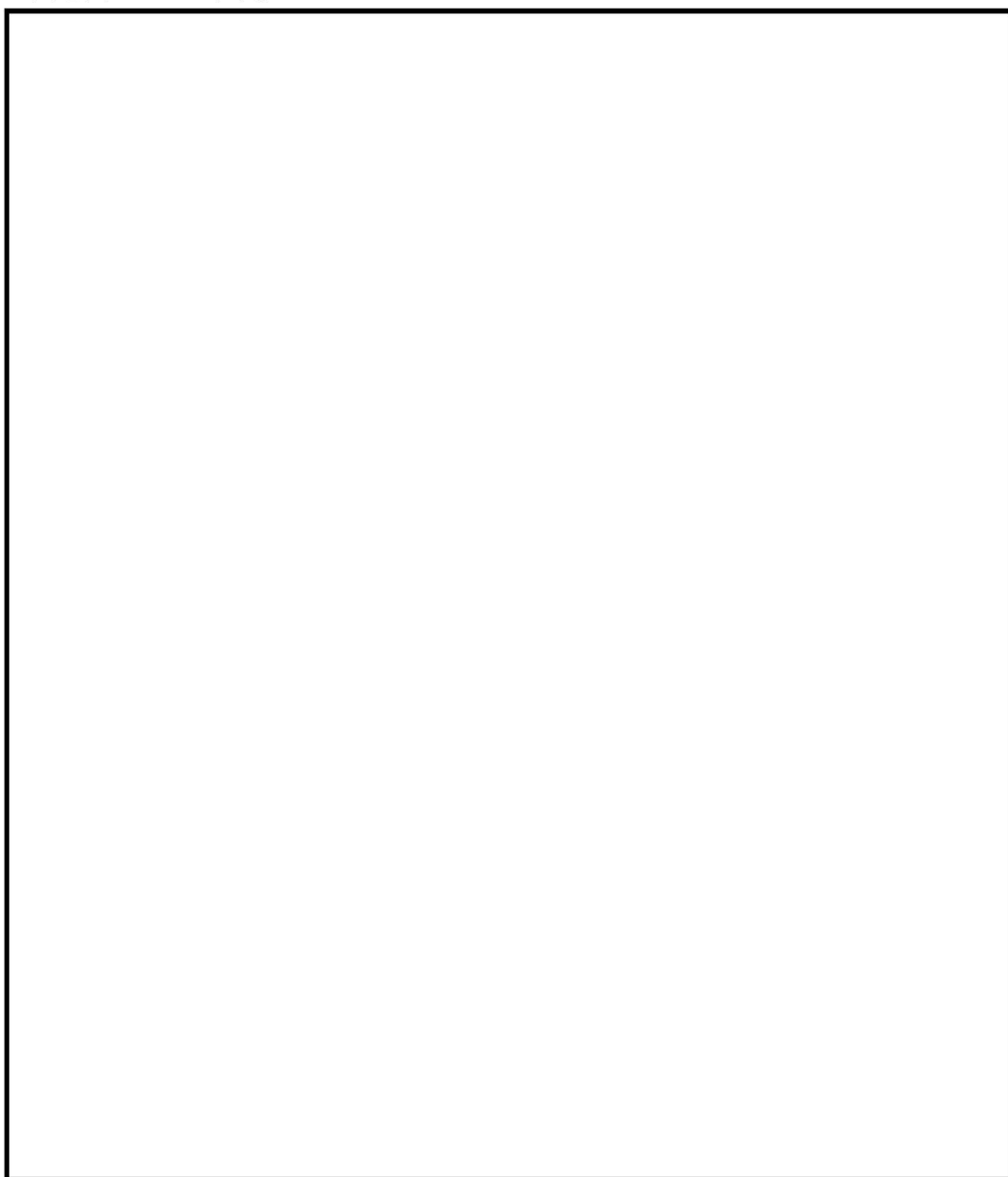


図3-3 3次元静的応力解析に用いるモデル図

b. 3次元静的応力解析による評価における計算方法

(a) 架構の応力

イ. はりに生じる応力度

(イ) 引張応力度又は圧縮応力度

$$\sigma_t = \frac{N}{A_g}, \quad \sigma_c = \frac{N}{A_g}$$

(ロ) せん断応力度

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

(ハ) 曲げ応力度

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

ロ. 柱に生じる応力度

(イ) 引張応力度又は圧縮応力度

$$\sigma_t = \frac{N}{A_g}, \quad \sigma_c = \frac{N}{A_g}$$

(ロ) せん断応力度

$$\tau_1 = \frac{Q_x}{A_w}, \quad \tau_2 = \frac{Q_y}{A_F}$$

(ハ) 曲げ応力度

$$\sigma_{bx} = \frac{M}{Z_x}, \quad \sigma_{by} = \frac{M}{Z_y}$$

ハ. ブレースに生じる応力度

(イ) 引張応力度

$$\sigma_t = \frac{N}{A_g}$$

(ロ) 圧縮応力度

$$\sigma_c = \frac{N}{A_g}$$

(b) 柱脚の応力

イ. ベースプレートに生じる応力度

ベースプレートの応力度は、架構の応力算定に用いた3次元静的線形応力解析結果における柱脚部の支点反力と、基礎ボルトと柱軸芯間の距離から計算される曲げモーメントを用いて算出する。

(イ) 曲げ応力度

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

ロ. 基礎ボルトに生じる応力度

基礎ボルトに生じる応力度は、架構の応力算出に用いた3次元静的線形応力解析結果における柱脚部の支点反力から算出する。

(イ) せん断応力度

$$\tau_{ts} = \frac{Q_{DS}}{a_s}$$

(ロ) 引張応力度

$$\sigma_{ts} = \frac{T_{DS}}{a_s}$$

(4) 強度評価方法

a. 防護鋼板の応力評価

「(2)b. 防護鋼板に生じる応力度」で定めた組合せ応力度が、表3-7に示す評価条件を満たすこと。

表3-7 防護鋼板の許容応力度

評価部位	応力	単位	評価条件
防護鋼板	組合せ	N/mm ²	$\sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + 3\tau^2} \leq f_t$

b. 架構の応力評価

「(3)b. (a)イ. はりに生じる応力度」, 「(3)b. (a)ロ. 柱に生じる応力度」及び「(3)b. (a)ハ. ブレースに生じる応力度」で求めたはり, 柱及びブレースに生じる各応力が, 表3-8に示す評価条件を満たすこと。

表 3-8 架構の応力評価

評価部位	応力	単位	評価条件
はり	曲げ	N/mm ²	$\sigma_b \leq f_b$
	圧縮	N/mm ²	$\sigma_c \leq f_c$
	せん断	N/mm ²	$\tau \leq f_s$
	組合せ (曲げ+軸力)	—	$\frac{\sigma_b}{f_b} + \frac{\sigma_{c(t)}}{f_{c(t)}} \leq 1.0$
	組合せ (曲げ+せん断 +軸力)	N/mm ²	$\sqrt{(\sigma_b + \sigma_t)^2 + 3\tau^2} \leq f_t$
柱	曲げ	N/mm ²	$\sigma_b \leq f_b$
	引張/圧縮	N/mm ²	$\sigma_c \leq f_c$ (圧縮時) $\sigma_t \leq f_t$ (引張時)
	せん断	N/mm ²	$\tau_{1(2)} \leq f_s$
	組合せ (曲げ+軸力)	—	$\frac{\sigma_{bx}}{f_{bx}} + \frac{\sigma_{by}}{f_{by}} + \frac{\sigma_{c(t)}}{f_{c(t)}} \leq 1.0$
	組合せ (曲げ+せん断 +軸力)	N/mm ²	$\max \left\{ \begin{array}{l} \sqrt{(\sigma_{bx} + \sigma_c)^2 + 3\tau_1^2} \\ \sqrt{(\sigma_{by} + \sigma_c)^2 + 3\tau_2^2} \end{array} \right\} \leq f_t$
ブレース	引張/圧縮	N/mm ²	$\sigma_c \leq f_c$ (圧縮時) $\sigma_t \leq f_t$ (引張時)

c. 柱脚の応力評価

「(3)b. (b)イ. ベースプレートに生じる応力度」及び「(3)b. (b)ロ. 基礎ボルトに生じる応力度」で求めたベースプレート及び基礎ボルトに生じる各応力が、表 3-9 に示す評価条件を満たすこと。

表 3-9 柱脚の評価条件

評価部位	応力	単位	評価条件
ベースプレート	曲げ	N/mm ²	$\sigma_b \leq f_b$
基礎ボルト	引張	N/mm ²	$\sigma_{ts} \leq f_{ts}$
	せん断応力度	N/mm ²	$\tau_{ts} \leq f_{ts}/\sqrt{3}$
	せん断力	kN	$Q_{DS} \leq Q_{ac}$
	組合せ (引張応力度)	N/mm ²	$\sigma_{ts} \leq 1.2 \cdot f_{ts} - \sqrt{3} \cdot \tau_{ts}$
	組合せ (せん断力)	kN	$Q_{DS} \leq (1.2 - \sigma_{ts}/f_{ts}) \cdot Q_{ac}$

4. 評価条件

「3. 強度評価方法」に用いる評価条件を表 4-1 から表 4-3 示す。評価条件は非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板(A・C), (B)ともに同一である。

表 4-1 評価条件 (防護鋼板)

部材	材料	A (mm ²)	Z (mm ³)
	SS400		

表 4-2 評価条件 (架構)

部位	部材	材料	A _g (mm ²)	Z _x (mm ³)	Z _y (mm ³)	A _w (mm ²)	
はり		SS400					
柱		SS400					
		SS400					
		SS400					
ブレース		水平					SS400
		鉛直					SS400
		SS400					

表 4-3 評価条件 (基礎ボルト)

鉄筋径	材料	A _a (mm ²)
	SD390	

5. 強度評価結果

降下火砕物等の堆積時における強度評価結果を表 5-1 及び表 5-2 に示す。

防護鋼板、架構及び柱脚に発生する応力度は許容応力度以下である。

表 5-1 非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板の評価結果

(ケース 1：従荷重として地震荷重を組み合わせる場合) (1/2)

施設名称 (系統名)	評価部位		材料	応力	発生応力度 (N/mm ²)	許容応力度 (N/mm ²)	
非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板(A・C)	防護鋼板		SS400	組合せ			
	架構	はり		SS400			曲げ
							圧縮
							せん断
							組合せ*1 (曲げ+軸力)
							組合せ (曲げ+せん断)
		柱		SS400			曲げ
							圧縮
							せん断
							組合せ*1 (曲げ+軸力)
							組合せ (曲げ+せん断)
	ブレース	水平	SS400	引張			
		鉛直	SS400	圧縮			
	柱脚	ベースプレート		SN490			曲げ
		基礎ボルト		SD390			引張
							せん断応力度
せん断力*2							
組合せ (引張応力度)							
組合せ*2 (せん断力)							

注記*1：組合せ(曲げ+軸力)は検定比による結果を示す。

*2：単位はkNとする。

表 5-1 非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板の評価結果
 (ケース 1: 従荷重として地震荷重を組み合わせる場合) (2/2)

施設名称 (系統名)	評価部位		材料	応力	発生応力度 (N/mm ²)	許容応力度 (N/mm ²)	
非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板(B)	防護鋼板		SS400	組合せ			
	架構	はり		SS400			曲げ
							圧縮
							せん断
							組合せ*1 (曲げ+軸力)
							組合せ (曲げ+せん断)
		柱		SS400			曲げ
							圧縮
							せん断
							組合せ*1 (曲げ+軸力)
							組合せ (曲げ+せん断)
	ブレース	水平	SS400	引張			
		鉛直	SS400	圧縮			
	柱脚	ベースプレート		SN490			曲げ
		基礎ボルト		SD390			引張
							せん断応力度
せん断力*2							
組合せ (引張応力度)							
組合せ*2 (せん断力)							

注記*1 : 組合せ (曲げ+軸力) は検定比による結果を示す。

*2 : 単位は kN とする。

表 5-2 非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板の評価結果

(ケース 2 : 従荷重として積雪荷重を組み合わせる場合) (1/2)

施設名称 (系統名)	評価部位		材料	応力	発生応力度 (N/mm ²)	許容応力度 (N/mm ²)	
非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板(A・C)	防護鋼板		SS400	組合せ			
	架構	はり		SS400			曲げ
							圧縮
							せん断
							組合せ*1 (曲げ+軸力)
							組合せ (曲げ+せん断)
							柱
		圧縮					
		せん断					
		組合せ*1 (曲げ+軸力)					
		ブレース	水平				SS400
	鉛直			SS400			圧縮
	柱脚	ベースプレート		SN490			曲げ
		基礎ボルト		SD390			引張
							せん断応力度
							せん断力
組合せ (引張応力度)							
組合せ (せん断力)							

注記*1 : 組合せ (曲げ+軸力) は検定比による結果を示す。

*2 : ケース 2 は鉛直荷重のみ作用するため、評価対象外。

表 5-2 非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板の評価結果

(ケース 2 : 従荷重として積雪荷重を組み合わせる場合) (2/2)

施設名称 (系統名)	評価部位		材料	応力	発生応力度 (N/mm ²)	許容応力度 (N/mm ²)	
非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板(B)	防護鋼板		SS400	組合せ			
	架構	はり		SS400			曲げ
							圧縮
							せん断
							組合せ*1 (曲げ+軸力)
							組合せ (曲げ+せん断)
		柱		SS400			曲げ
							圧縮
							せん断
							組合せ*1 (曲げ+軸力)
							組合せ (曲げ+せん断)
	ブレース	水平	SS400	引張			
		鉛直	SS400	圧縮			
	柱脚	ベースプレート		SN490			曲げ
		基礎ボルト		SD390			引張
せん断応力度							
せん断力							
組合せ (引張応力度)							
組合せ (せん断力)							

注記*1 : 組合せ (曲げ+軸力) は検定比による結果を示す。

*2 : ケース 2 は鉛直荷重のみ作用するため、評価対象外。

計算機プログラム（解析コード）の概要

別紙20 Super Build/SS3

1. 使用状況一覧

使用添付書類		バージョン
V-3-別添 2-8	非常用ディーゼル発電設備燃料移送ポンプ防護板の強度計算書	Ver. 1. 1. 1. 48

2. 解析コードの概要

項目 \ コード名	Super Build / SS3
使用目的	建屋構造の応力解析
開発機関	ユニオンシステム(株)
開発時期	2008年
使用したバージョン	Ver. 1.1.1.48
コードの概要	<p>本プログラムは、建築基準法に基づき、RC造、S造、SRC造、CFT造及びこれらが混合する構造物について、許容応力度計算から保有水平耐力計算までを一貫して行う構造計算ソフトウェア（プログラム）である。</p>
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p>【検証 (Verification)】</p> <p>本解析コードの検証内容は、以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードを用いた立体フレームモデルの応力解析結果が、先行審査にて使用実績のある類似解析コード（TDAP III）による解析結果と概ね一致していることを確認している。 ・本解析コードの運用環境について、開発機関から提示された要件を満足することを確認している。 <p>【妥当性確認 (Validation)】</p> <p>本解析コードの妥当性確認の内容は、以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本工事計画認可申請における使用目的である建屋構造の応力解析について、本解析コードの適用の妥当性を検証している。 ・建築分野の構造計算および建築確認申請では広く使用されているプログラムであり、建屋構造計算では十分な実績を有している。 ・本工事計画認可申請における建屋構造の応力解析の使用目的に対し、使用用途及び使用方法に関する適用範囲が上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。

3. 解析手法

3.1 一般事項

本プログラムは、建築基準法に基づき、RC造、S造、SRC造、CFT造及びこれらが混合する構造物について、部材剛性の計算、各荷重計算（固定荷重・積載荷重・積雪荷重・風圧力・地震力）、部材応力の計算、計算ルートの合否判定、断面検定、保有水平耐力の検討、崩壊形保証のためのクライテリアの検討、終局時せん断力に対する再検討までを一貫して行う構造計算プログラムである。

3.2 解析コードの特徴

本プログラムは、建築分野において豊富かつ幅広い適用実績を有しているとともに、確認申請においては主要なプログラムの1つである。本解析コードの主な特徴を以下に示す。

- ・複雑な平面形状の計算が可能である。
- ・柱主軸の回転が可能である。
- ・剛床解除、多剛床、反剛床、床ブレースを考慮できる。
- ・立体弾性解析、立体弾塑性解析を行うことができる。
- ・各種部材耐力式が適用できる。
- ・建築物の構造関係技術基準解説書に対応している。

3.3 解析手法

3.3.1 部材剛性マトリクス

(1) 座標系と正方向

荷重, 変位を示す記号を以下のとおり定める。

δ : 鉛直変位, 水平変位

θ : 回転角

P : 鉛直力, 水平力

M : モーメント

部材座標系を図 3-1 に示すように定め, 回転の方向は進行方向に対して時計回りをプラスとする。



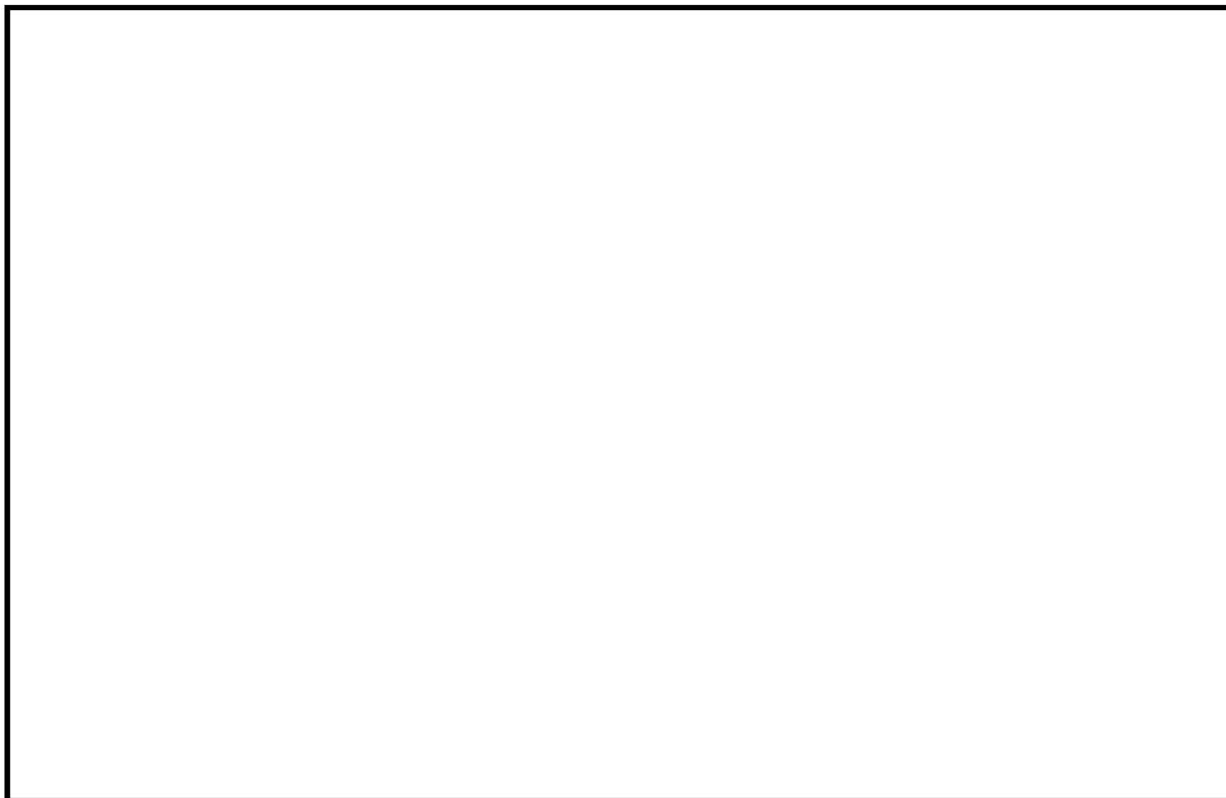
(2) はり, 柱, ブレース, 壁柱の荷重-変位関係

「x 軸方向の荷重-変位関係」, 「x-z 面の荷重-変位関係」, 「x-y 面の荷重-変位関係」は, 互いに影響し合わないものとし, 独立に考慮する。

a. x 軸方向の荷重-変位関係 (軸力, 振りモーメント)

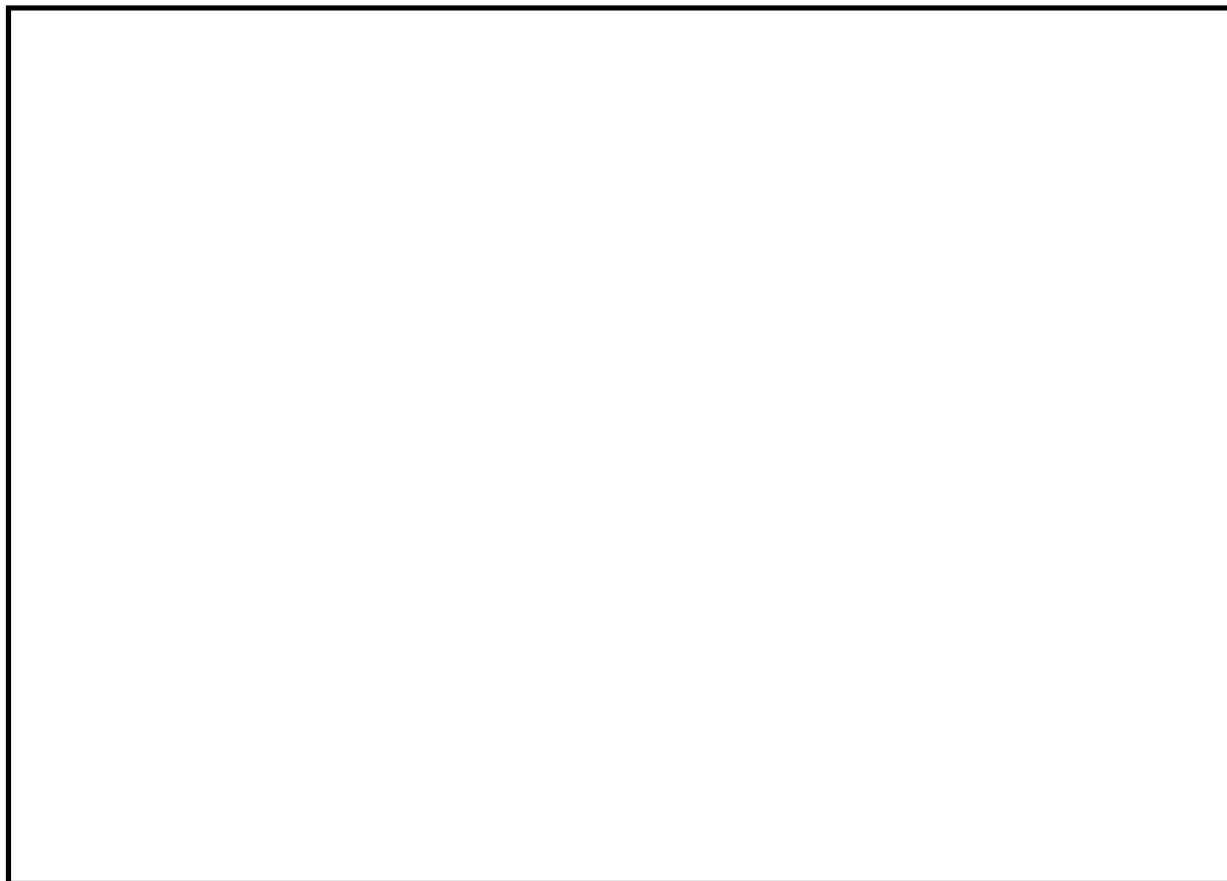
考慮する荷重及び変位の概念図を図 3-2 に示す。x 軸方向の荷重-変位関係は, 式 (3.1) のとおり算出する。

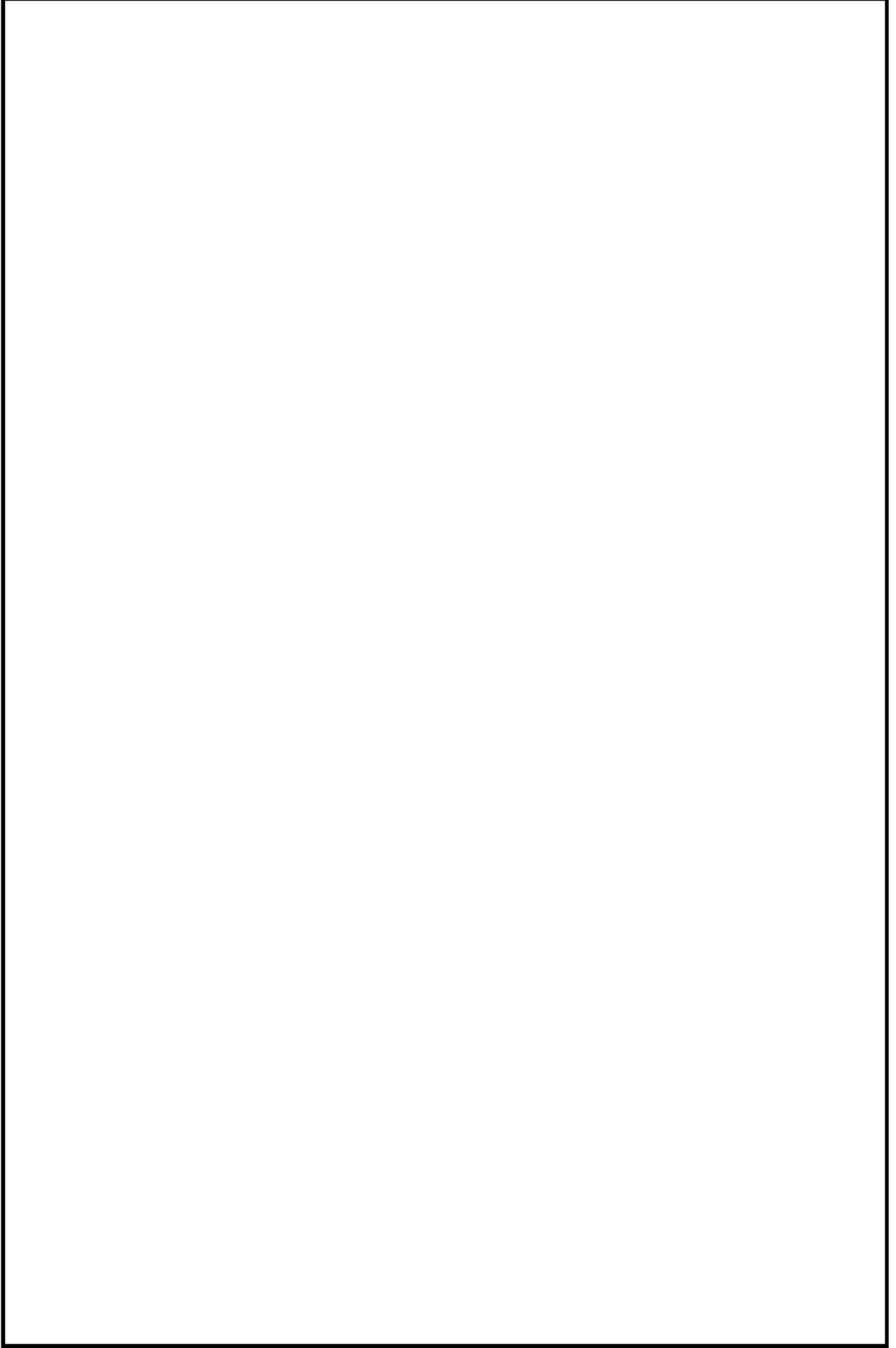


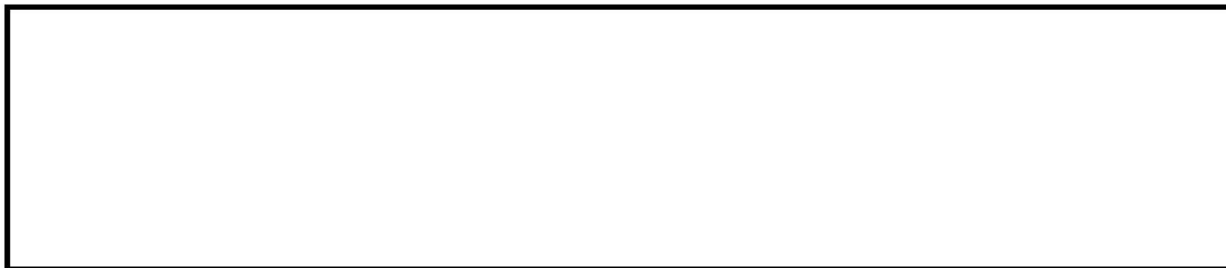


b. $x - z$ 面の荷重-変位関係 (せん断, 曲げモーメント)

考慮する荷重及び変位の概念図を図 3-3 に示す。 x 軸方向の荷重-変位関係は、式 (3.2) のとおり算出する。







c. $x - y$ 面の荷重-変位関係 (せん断, 曲げモーメント)

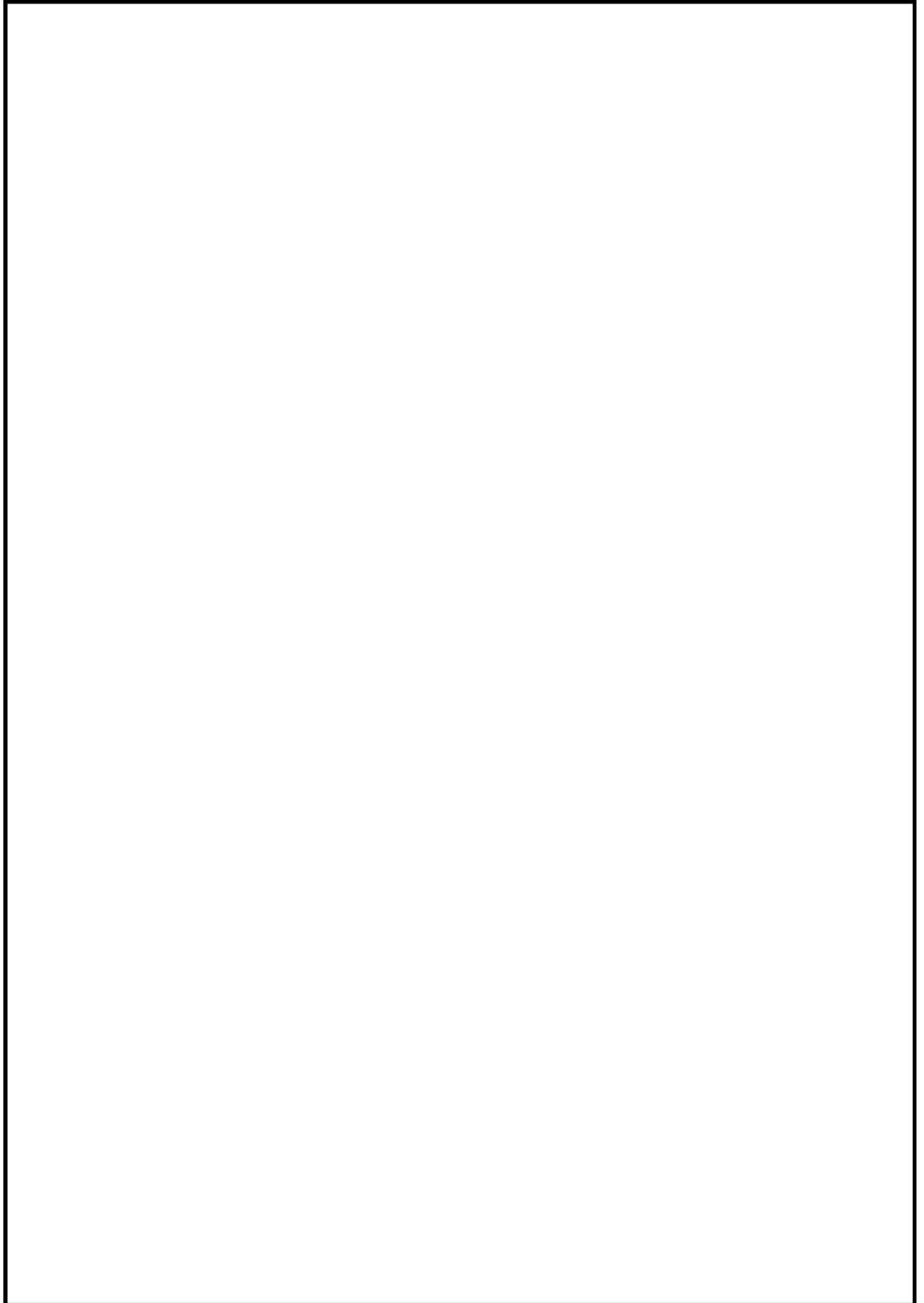


(3) 支点

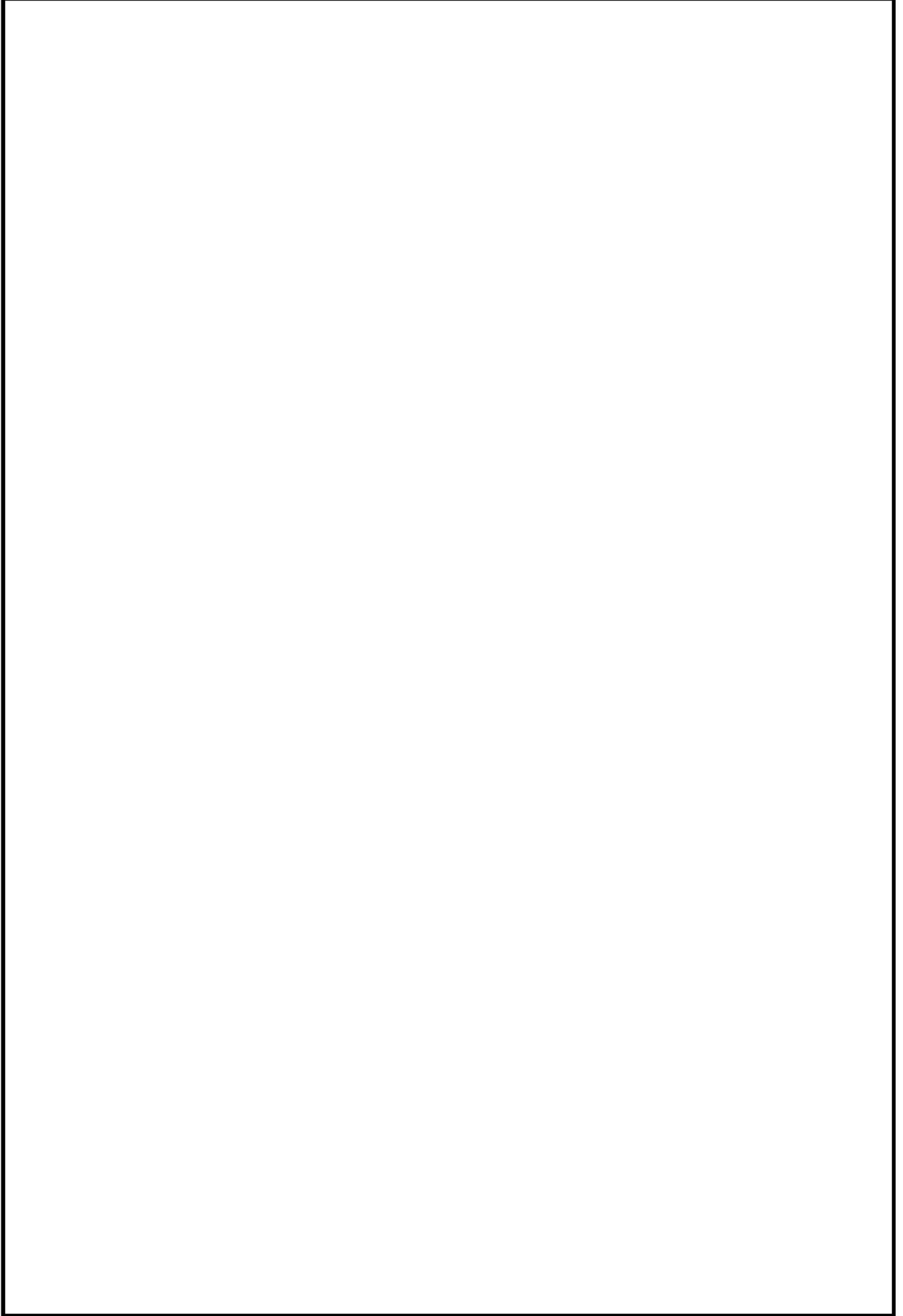


3.3.2 全体剛性マトリクス

(1) 全体座標系変換



(2) 剛床変位変換



(3) 全体剛性マトリクスの組み立て

求められた全体座標系の（剛床に含まれる水平成分は代表点で表される）個々の部材の荷重－変位式を合成し，建物全体の荷重－変位式を組み立てる。

4. 解析フローチャート

解析フローチャートを図 4-1 に示す。

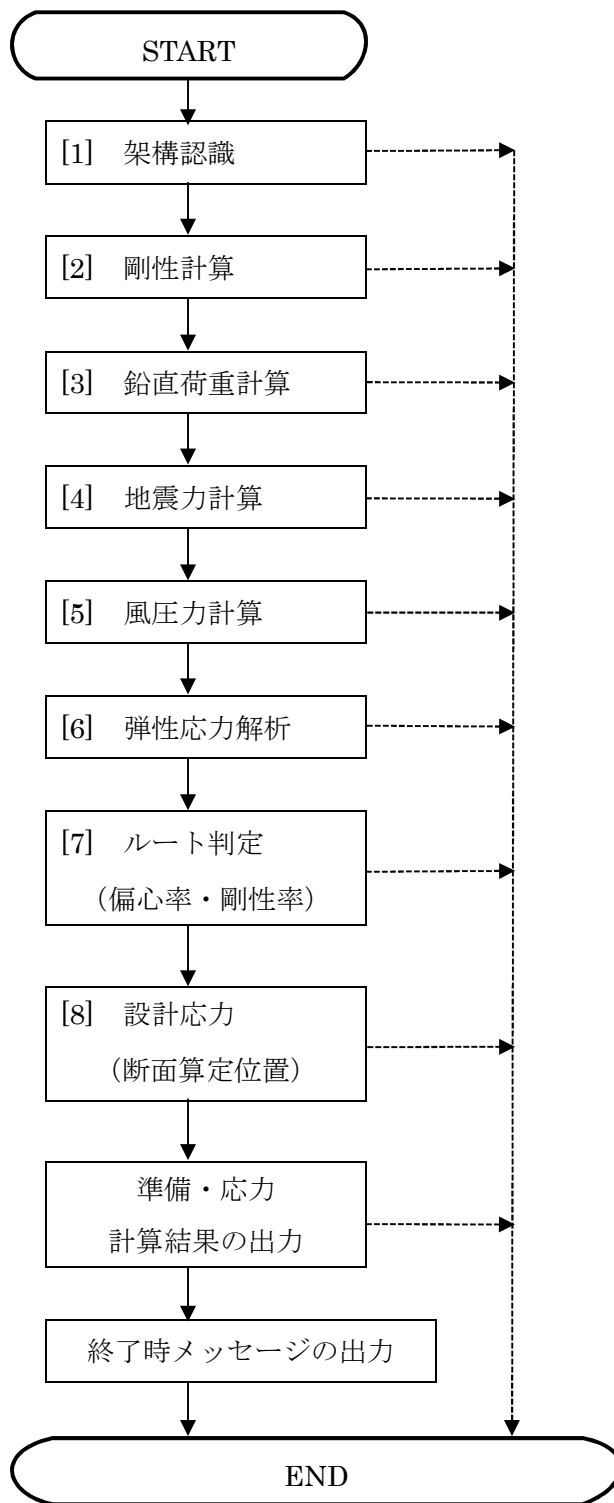


図 4-1 解析フローチャート

5. 検証 (Verification) と妥当性確認 (Validation)

5.1 解析結果の比較による検証

本解析コードの解析結果について、本解析コードの類似解析コードである「TDA P III Ver. 3.01 (大成建設株式会社, 株式会社アークシステム)」の解析結果と比較し、本解析コードの適用性を検証する。TDA P III Ver. 3.01 は日本原電株式会社東海第二発電所等, 先行の工事計画認可申請で使用実績があり, 建設部門を中心として官公庁, 大学, 民間でも広く使用されている解析コードである。

検証内容は、以下のとおりとする。

- ・長期荷重時の応力解析について、本解析コードとTDA P IIIの結果を比較する。
- ・水平荷重時の応力解析について、本解析コードとTDA P IIIの結果を比較する。

5.1.1 解析モデル

解析モデルを図5-1に示す。解析モデルは、1層の1スパン×2スパンの鉄骨架構モデルとする。柱と大はりとはラーメン架構とし、Y方向にブレースを2面配置する。柱脚は固定、ブレースの材端はピンとする。荷重条件は屋根に150mmのRCスラブを配置し、積載荷重は考慮しない。

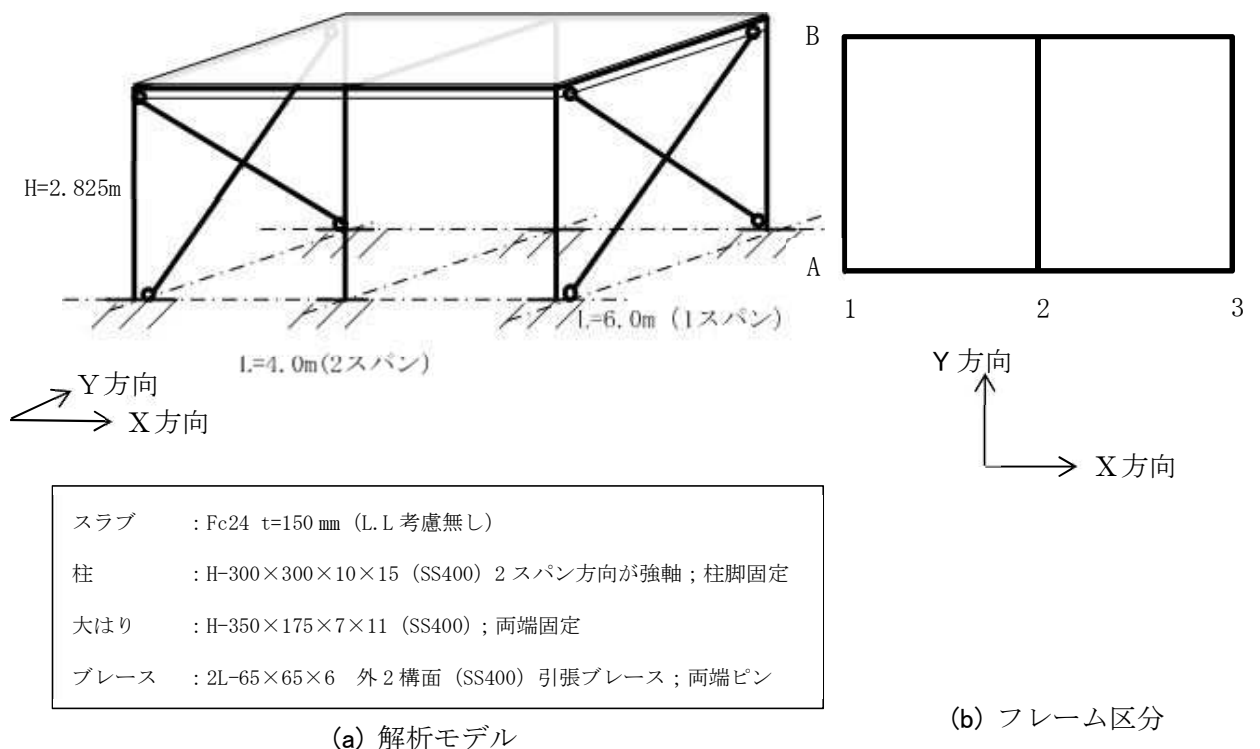


図5-1 解析モデル

5.1.2 応力解析結果の比較（長期荷重時・水平荷重時）

図5-3から図5-26に本解析コードとTDAPIIIの長期荷重時，水平荷重時（X方向正加振・Y方向正加振）における断面力図を示す。また，表5-1から表5-12に本解析コードとTDAPIIIの発生断面力の比較を示す。水平荷重時は標準せん断力係数 $C_0=0.30$ として解析する。解析結果より，本解析コードの解析結果は先行審査で使用実績があり，建設部門を中心として幅広く使用されているTDAPIIIの解析結果とほぼ一致しているため，本解析コードの結果は妥当であると判断する。

本解析コード解析結果の凡例を図5-2に示す。

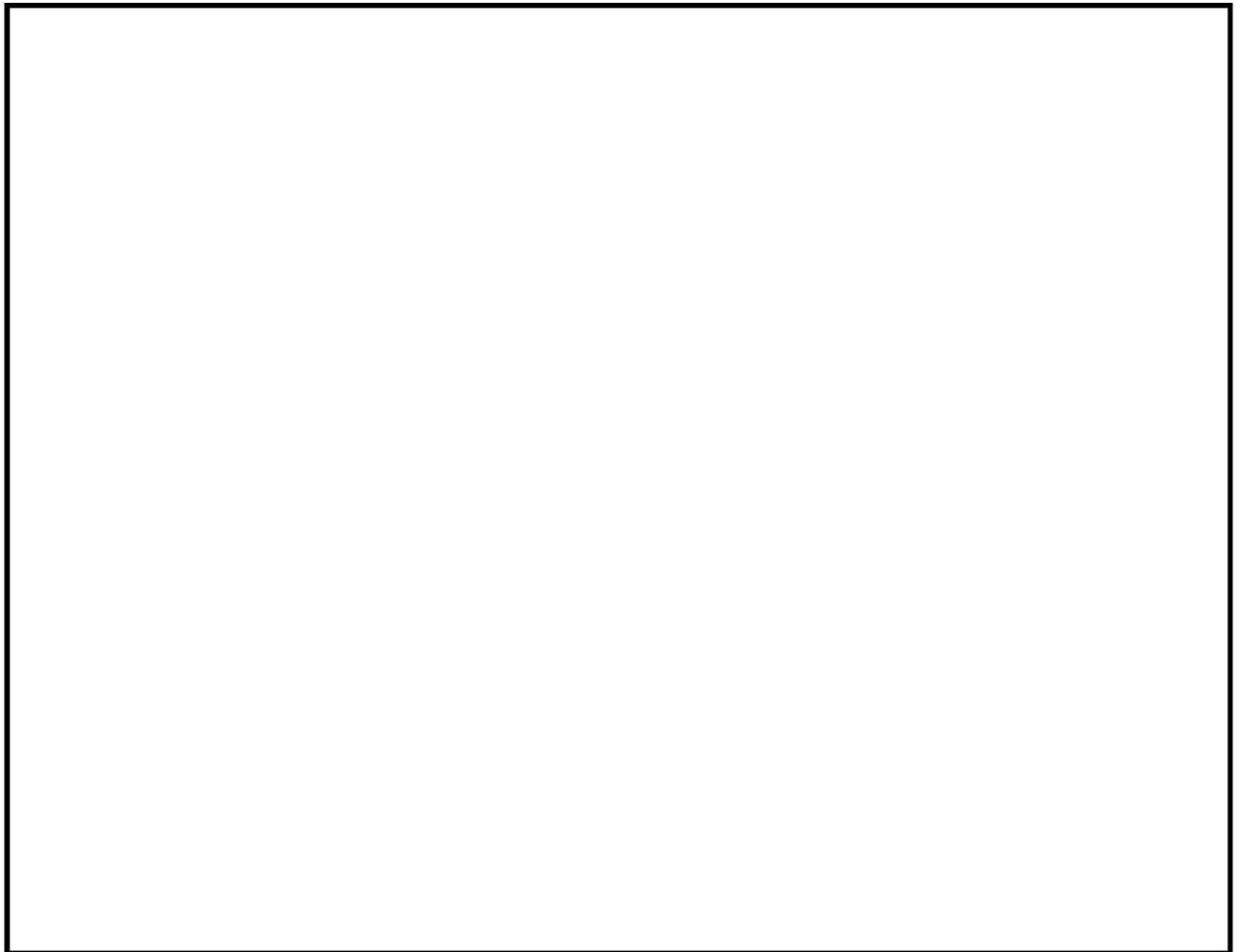


図5-2 応力図凡例

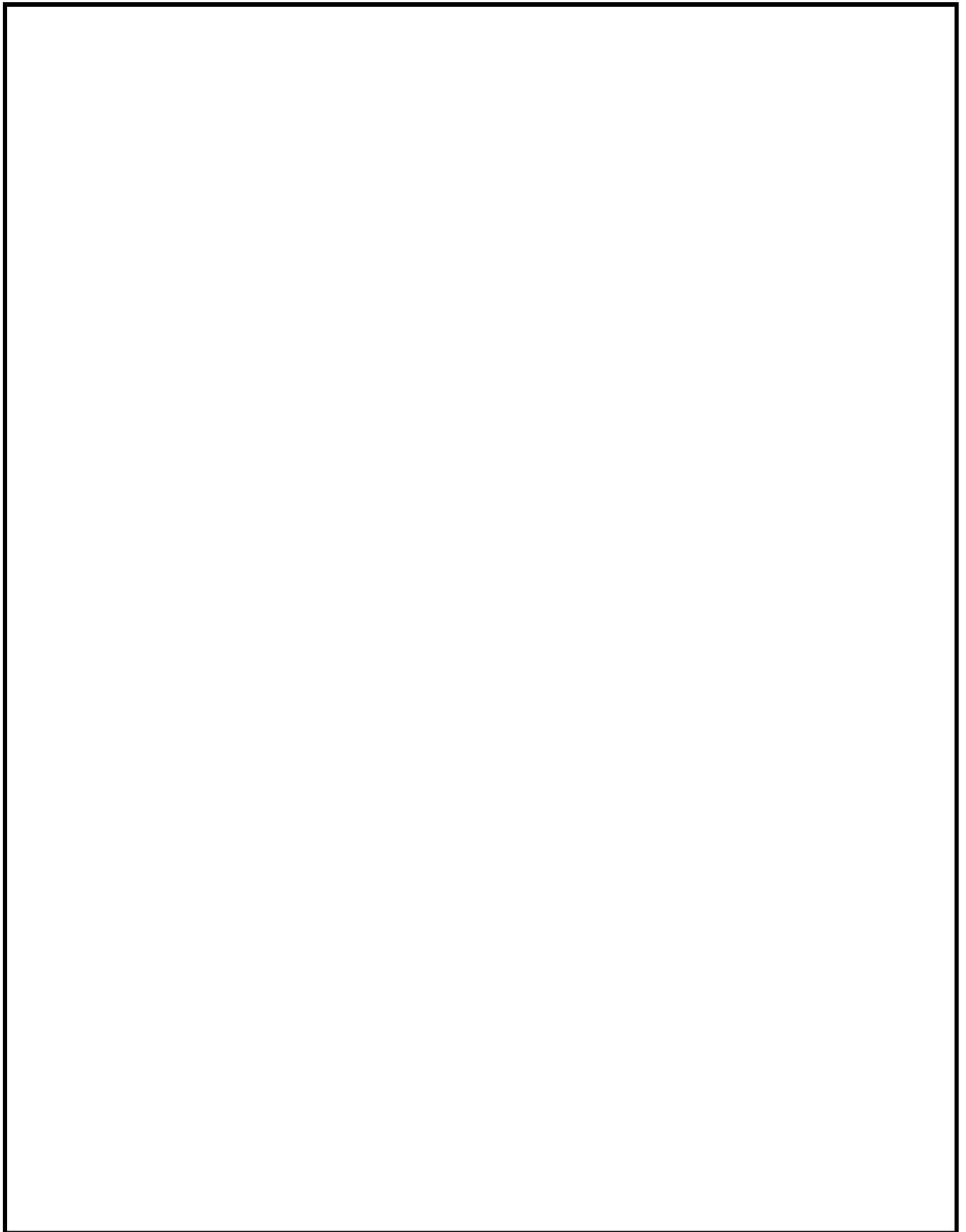


図 5-3 曲げモーメント図 (長期荷重時・A フレーム)
(単位 : kN・m)

表 5-1 解析結果の比較
(長期荷重時・A フレーム・曲げモーメント)

部材	着目箇所	a. SS3 (kN・m)	b. TDAPⅢ (kN・m)	比率 a / b
はり 1	①	-4.7	-4.6	1.022
	②	4.5	4.6	0.978
	③	-7.5	-7.4	1.014
はり 2	④	-7.5	-7.4	1.014
	⑤	4.5	4.6	0.978
	⑥	-4.7	-4.6	1.022
柱 1	⑦	-4.7	-4.6	1.022
	⑧	2.2	2.1	1.048
柱 2	⑨	0.0	0.0	—
	⑩	0.0	0.0	—
柱 3	⑪	4.7	4.6	1.022
	⑫	-2.2	-2.1	1.048

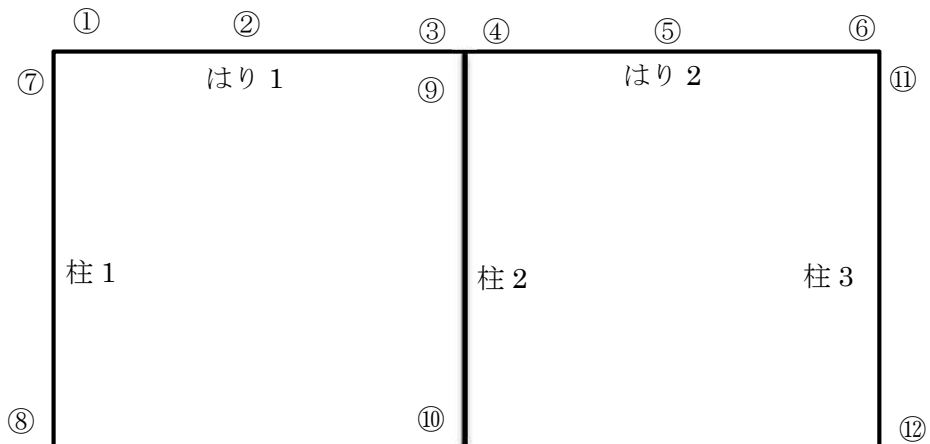


図 5-4 着目位置図
(長期荷重時・A フレーム・曲げモーメント)

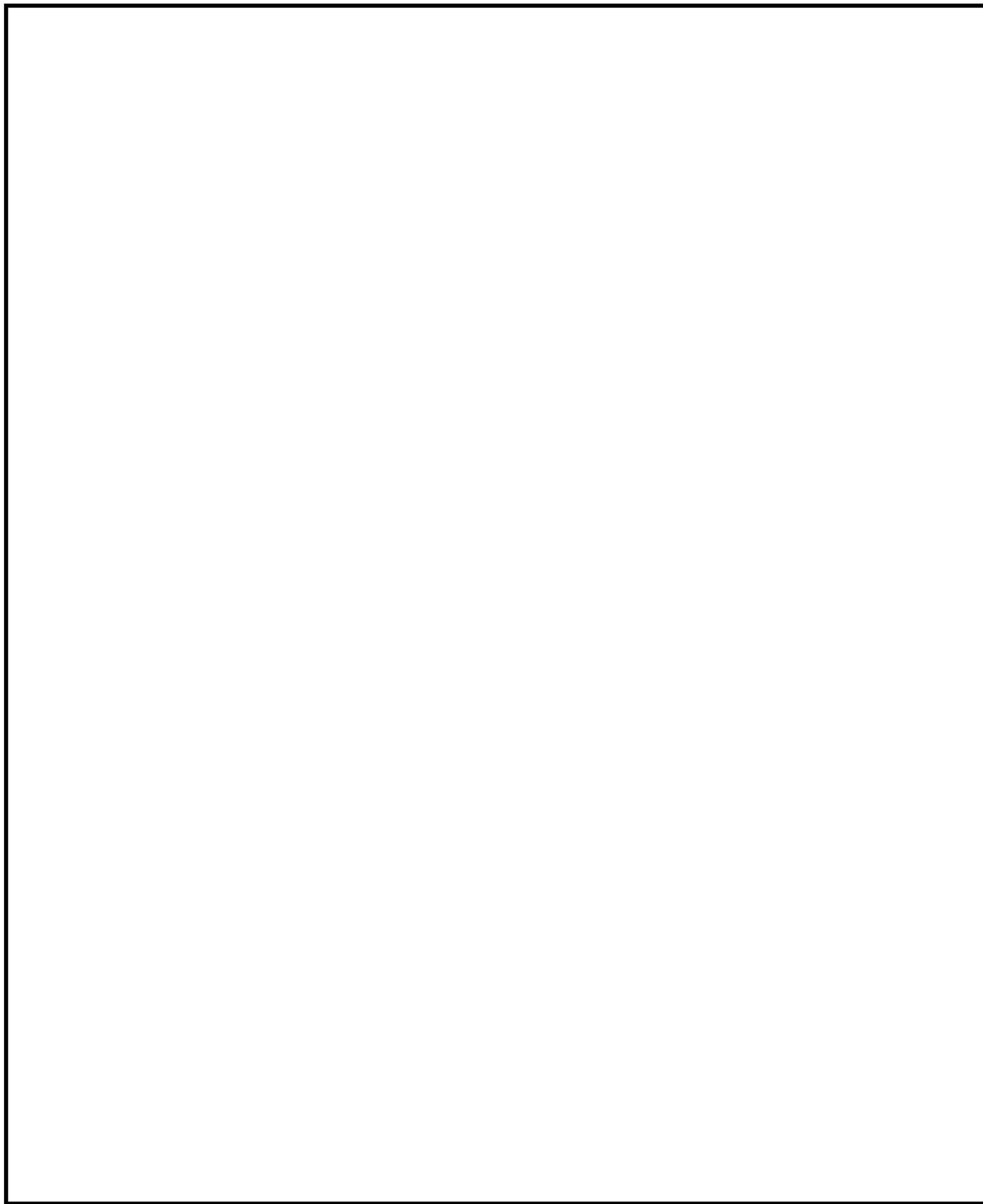


図 5-5 曲げモーメント図 (長期荷重時・1 フレーム)
(単位 : kN・m)

表 5-2 解析結果の比較
(長期荷重時・1フレーム・曲げモーメント)

部材	着目箇所	a. SS3 (kN・m)	b. TDAPIII (kN・m)	比率 a / b
はり 1	①	-13.1	-12.6	1.040
	②	17.2	17.4	0.989
	③	-13.1	-12.6	1.040
柱 1	④	-13.1	-12.6	1.040
	⑤	6.4	5.9	1.085
柱 2	⑥	13.1	12.6	1.040
	⑦	-6.4	-5.9	1.085

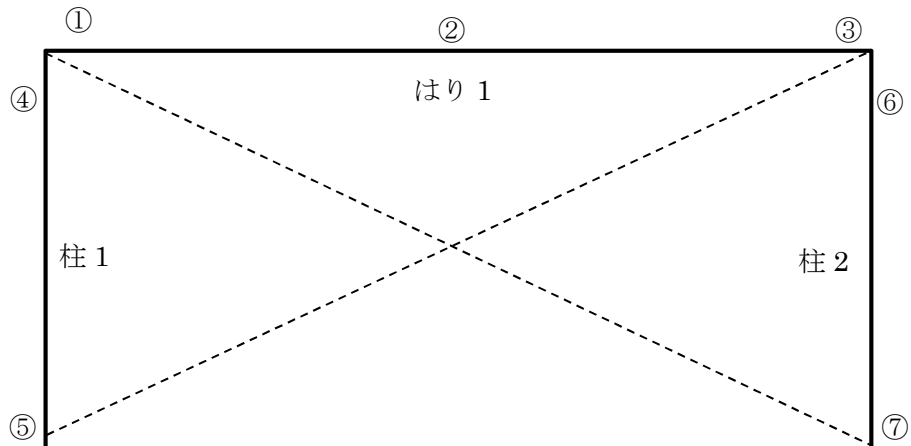


図 5-6 着目位置図
(長期荷重時・1フレーム・曲げモーメント)

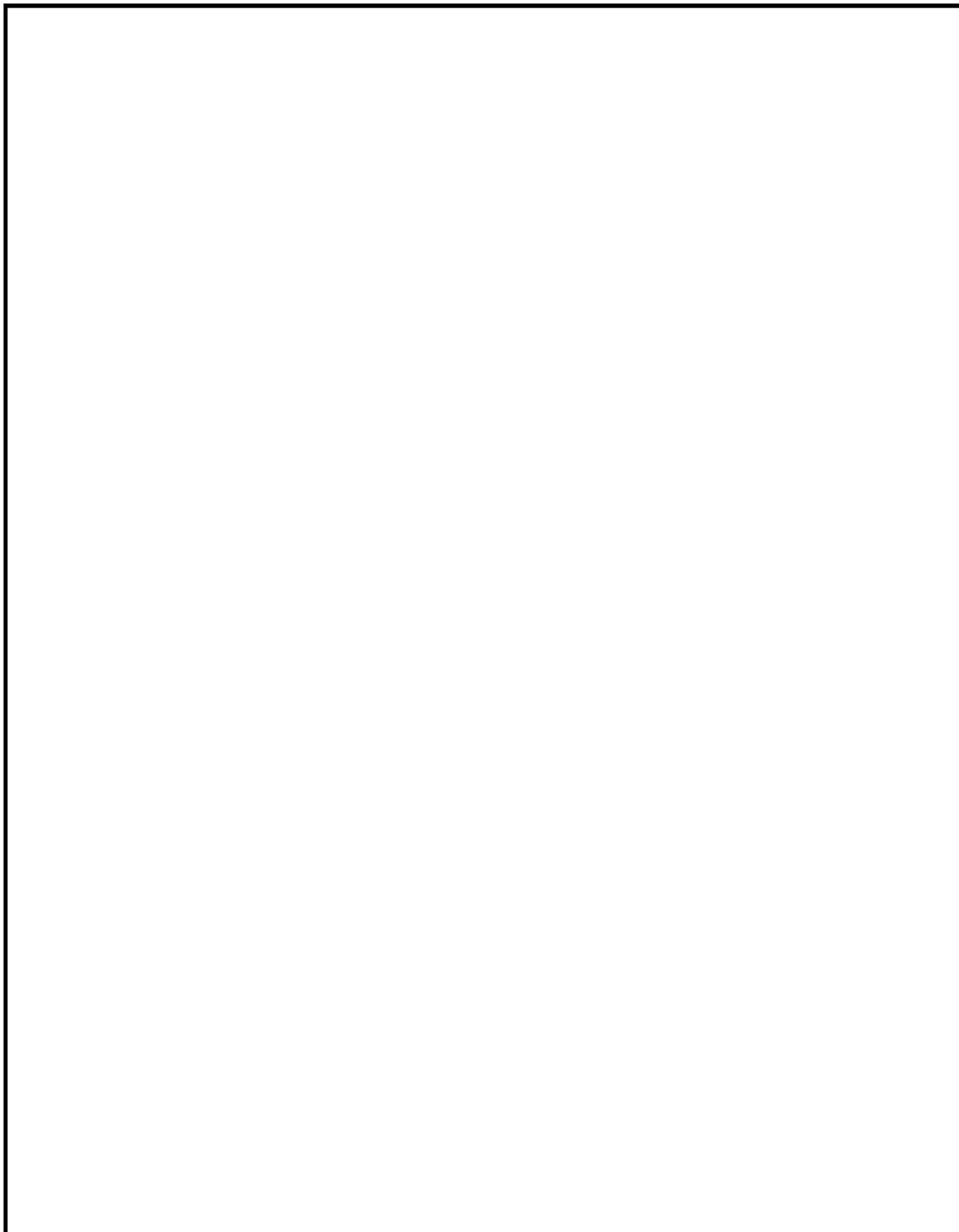


図 5-7 せん断力図 (長期荷重時・A フレーム)
(単位：kN)

表 5-3 解析結果の比較
(長期荷重時・A フレーム・せん断力図)

部材	着目箇所	a. SS3 (kN)	b. TDAPIII (kN)	比率 a / b
はり 1	①	7.4	7.3	1.014
	②	-8.8	-8.6	1.023
はり 2	③	8.8	8.6	1.023
	④	-7.4	-7.3	1.014
柱 1	⑤	-2.4	-2.4	1.000
柱 2	⑥	0.0	0.0	—
柱 3	⑦	2.4	2.4	1.000

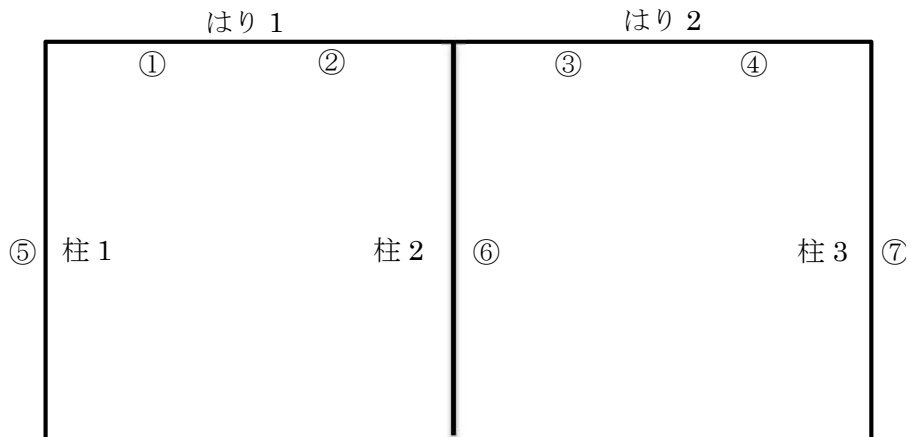


図 5-8 着目位置図
(長期荷重時・A フレーム・せん断力図)

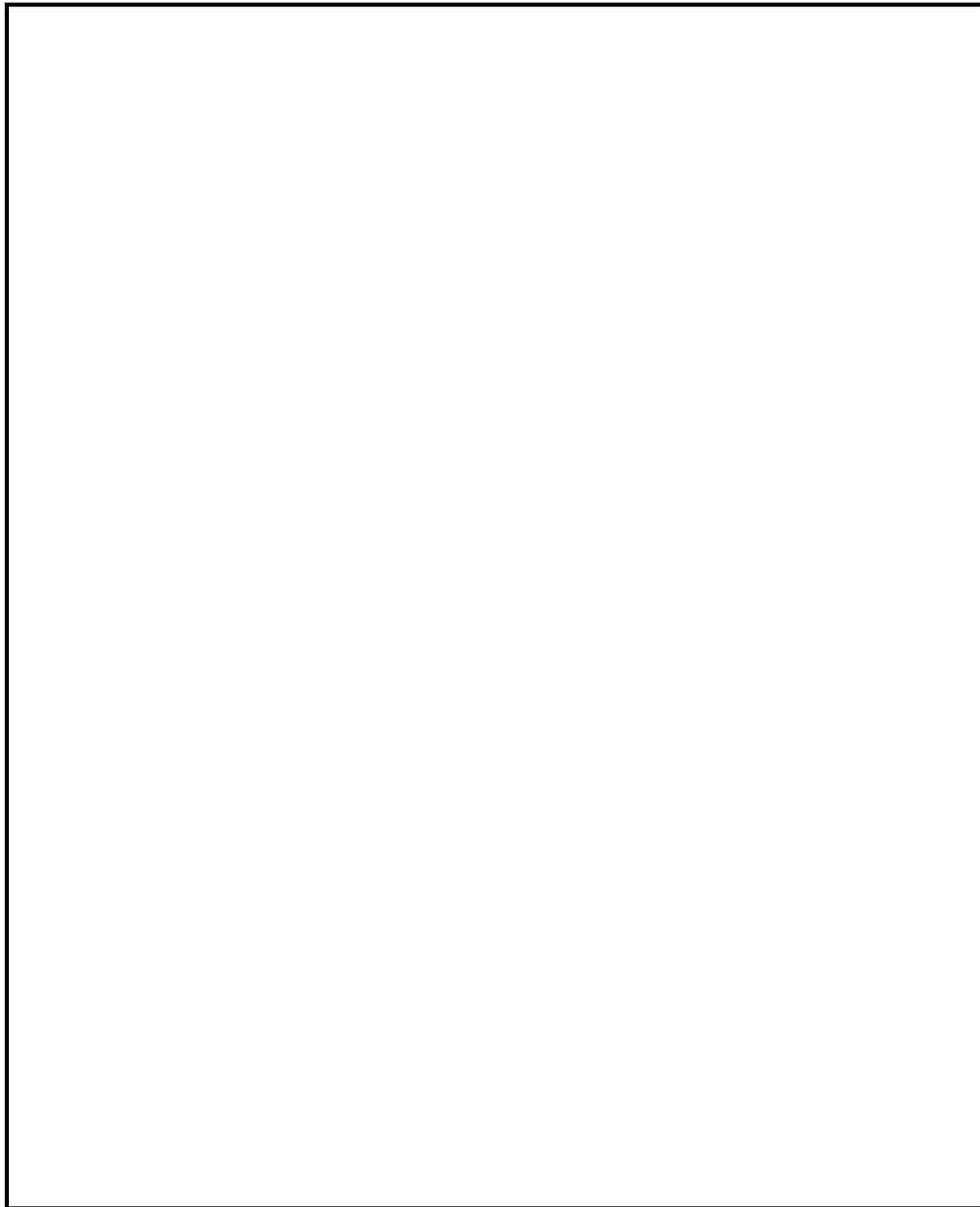


図 5-9 せん断力図 (長期荷重時・1 フレーム)
(単位 : kN)

表 5-4 解析結果の比較
(長期荷重時・1 フレーム・せん断力)

部材	着目箇所	a. SS3 (kN)	b. TDAPIII (kN)	比率 a / b
はり 1	①	16.2	15.4	1.052
	②	-16.2	-15.4	1.052
柱 1	③	-6.9	-6.5	1.062
柱 2	④	6.9	6.5	1.062

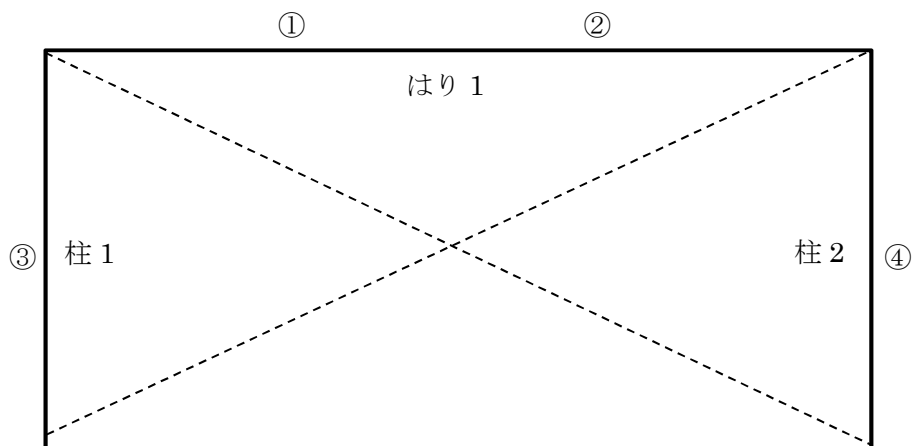


図 5-10 着目位置図
(長期荷重時・1 フレーム・せん断力)

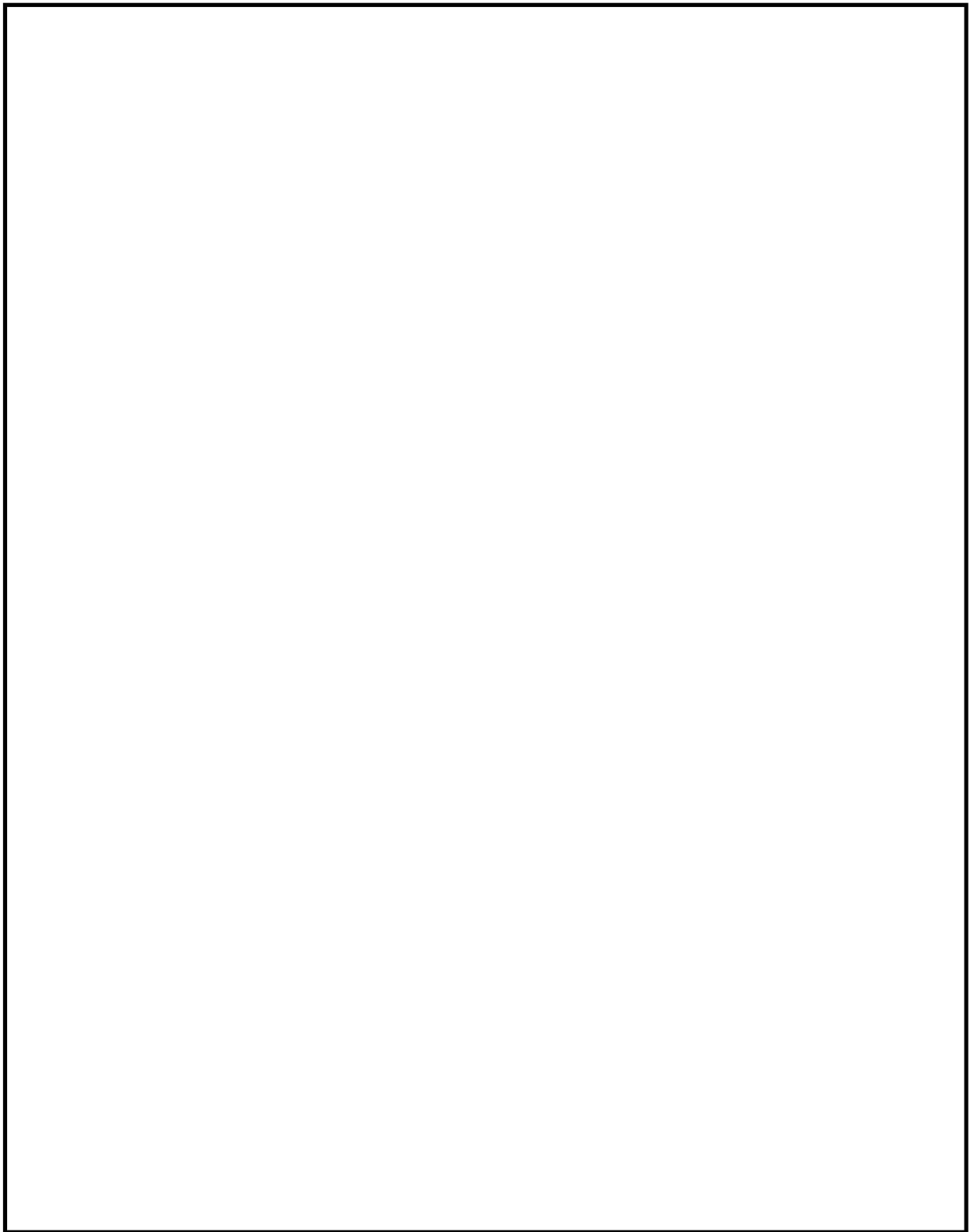


図 5-11 軸力図 (長期荷重時・A フレーム)
(単位 : kN)

表 5-5 解析結果の比較
(長期荷重時・A フレーム・軸力)

部材	着目箇所	a. SS3 (kN)	b. TDAPIII (kN)	比率 a / b
柱 1	①	-25.0	-24.8	1.008
柱 2	②	-49.2	-49.3	0.998
柱 3	③	-25.0	-24.8	1.008

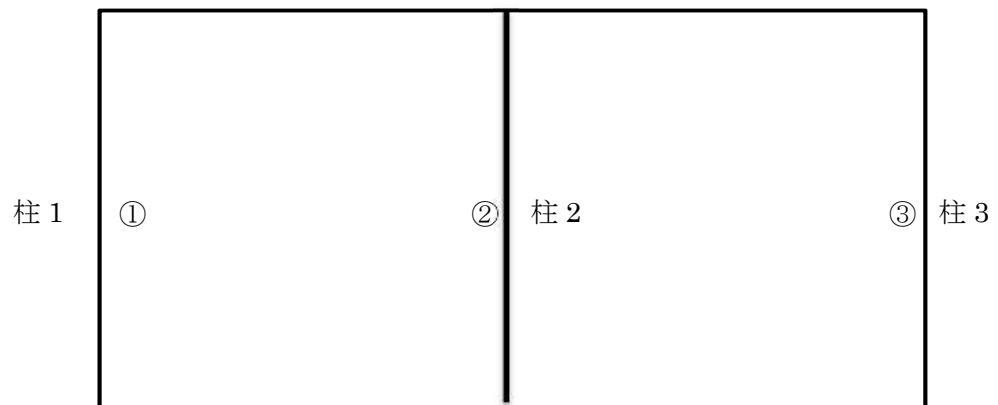


図 5-12 着目位置図
(長期荷重時・A フレーム・軸力)

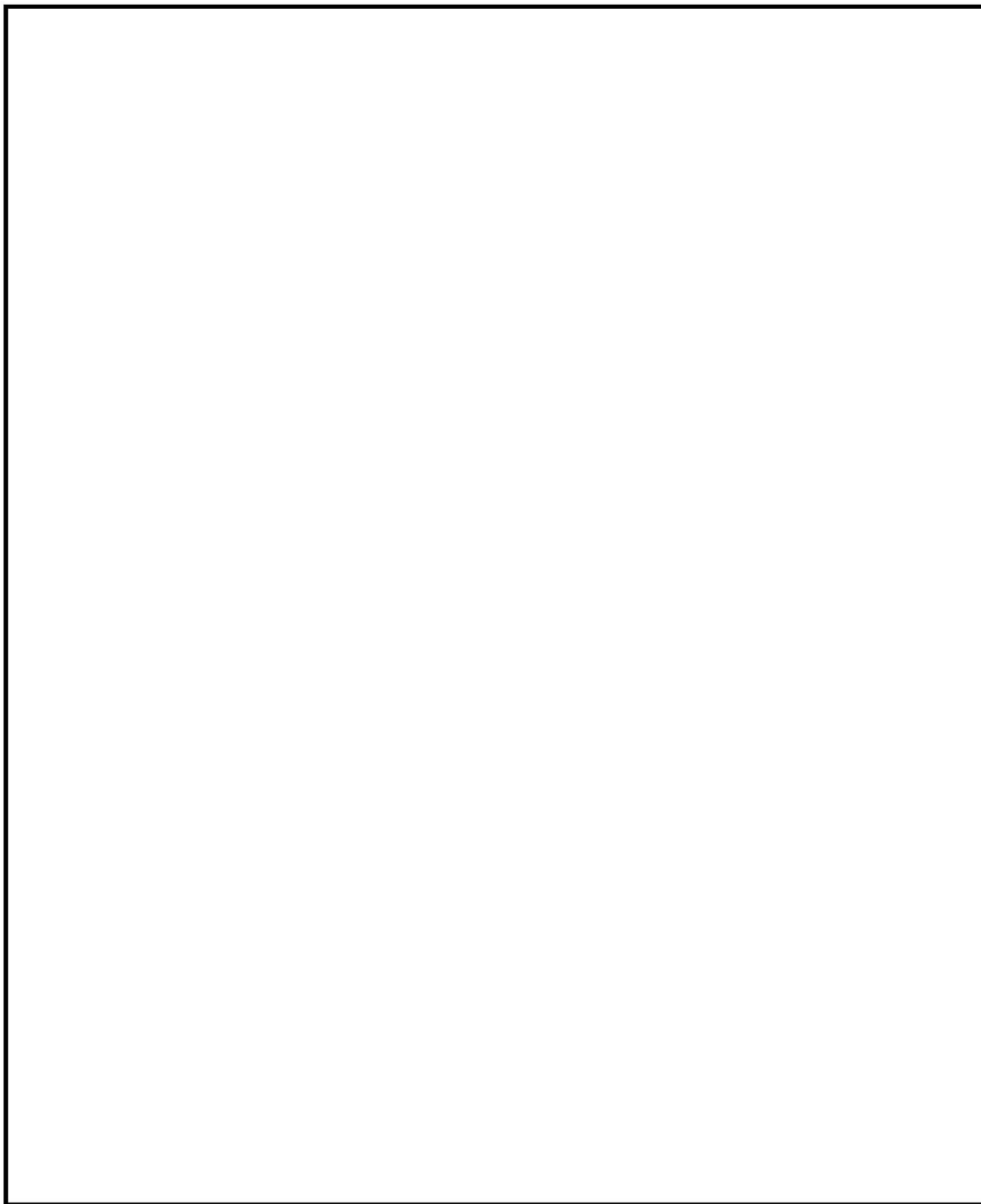


図 5-13 軸力図 (長期荷重時・1 フレーム)
(単位 : kN)

表 5-6 解析結果の比較
(長期荷重時・1 フレーム・軸力)

部材	着目箇所	a. SS3 (kN)	b. TDAPIII (kN)	比率 a / b
柱 1	①	-25.0	-24.8	1.008
柱 2	②	-25.0	-24.8	1.008
ブレース 1	③	0.0	0.6	-
ブレース 2	④	0.0	0.6	-

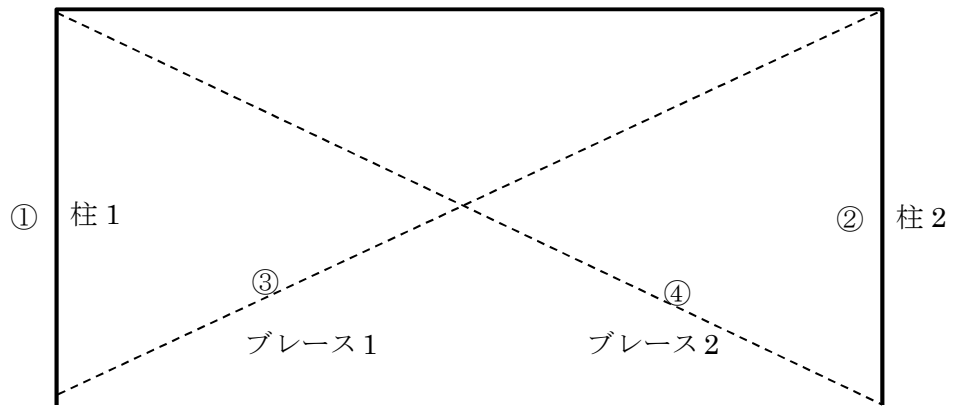


図 5-14 着目位置図
(長期荷重時・1 フレーム・軸力)

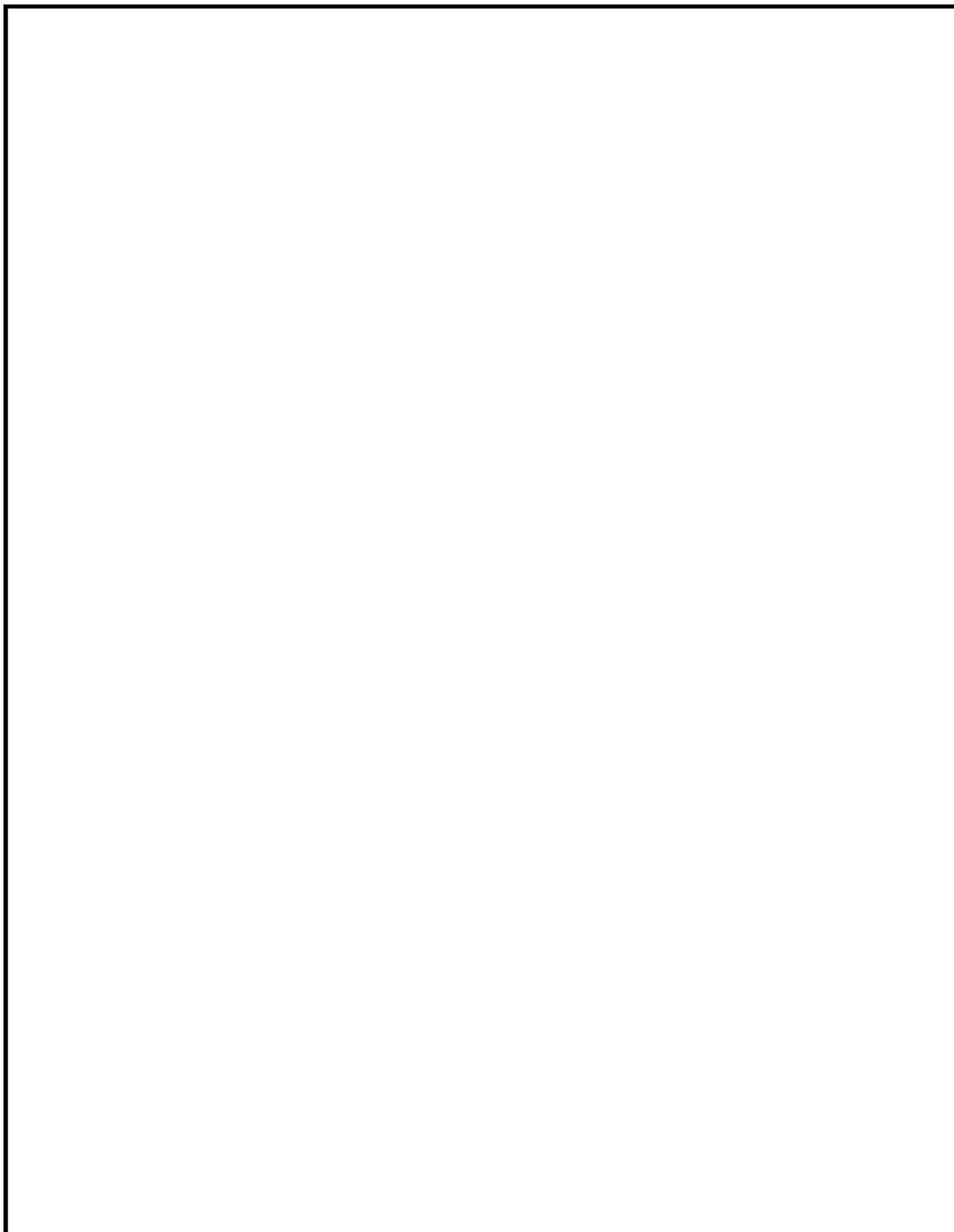


図 5-15 曲げモーメント図 (水平荷重時・X 方向正加振・A フレーム)
(単位 : kN・m)

表 5-7 解析結果の比較
(水平荷重時・X 方向正加振・A フレーム・曲げモーメント)

部材	着目箇所	a. SS3 (kN・m)	b. TDAPⅢ (kN・m)	比率 a / b
はり 1	①	8.8	8.6	1.023
	②	-7.3	-7.1	1.028
はり 2	③	7.3	7.1	1.028
	④	-8.8	-8.6	1.023
柱 1	⑤	8.8	8.6	1.023
	⑥	-16.3	-16.7	0.976
柱 2	⑦	14.6	14.3	1.021
	⑧	-19.1	-19.3	0.990
柱 3	⑨	8.8	8.6	1.023
	⑩	-16.3	-16.7	0.976

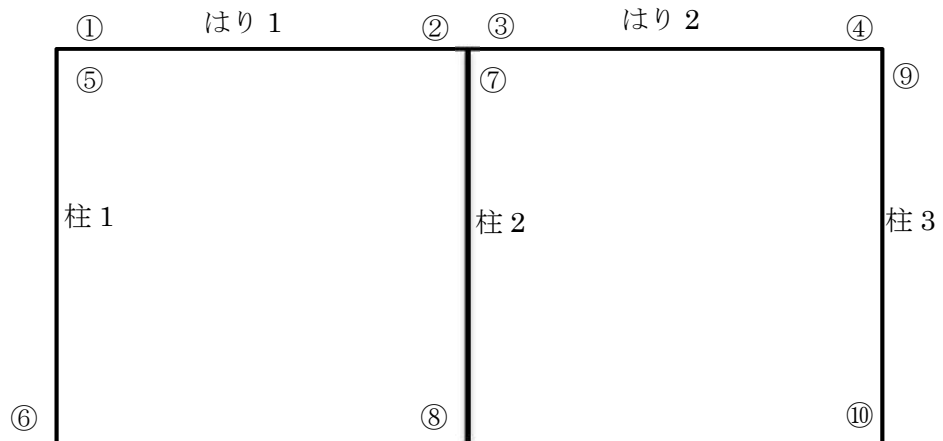


図 5-16 着目位置図
(水平荷重時・X 方向正加振・A フレーム・曲げモーメント)

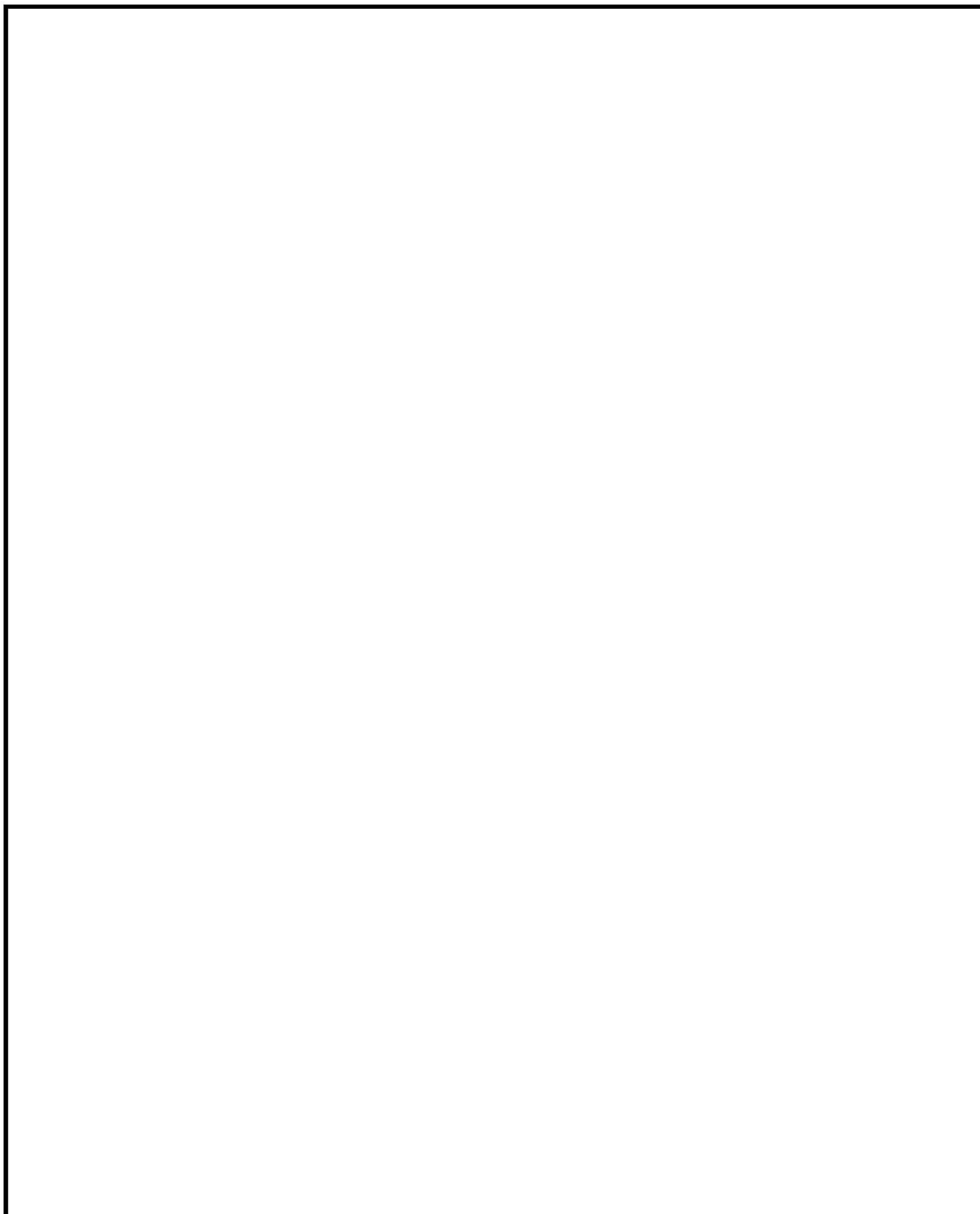


図 5-17 曲げモーメント図 (水平荷重時・Y 方向正加振・1 フレーム)
(単位 : kN・m)

表 5-8 解析結果の比較
(水平荷重時・Y 方向正加振・1 フレーム・曲げモーメント)

部材	着目箇所	a. SS3 (kN・m)	b. TDAPIII (kN・m)	比率 a / b
はり 1	①	3.3	3.1	1.065
	②	-3.3	-3.1	1.065
柱 1	③	3.3	3.1	1.065
	④	-4.6	-4.6	1.000
柱 2	⑤	3.3	3.1	1.065
	⑥	-4.6	-4.6	1.000

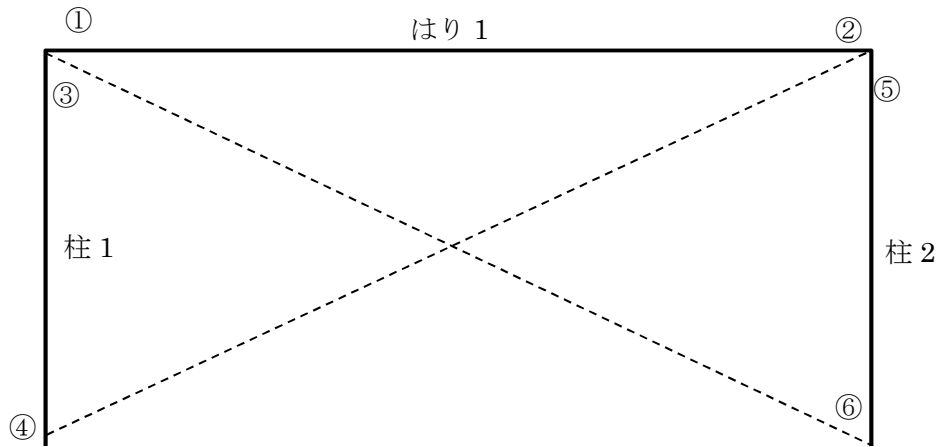


図 5-18 着目位置図
(水平荷重時・Y 方向正加振・1 フレーム・曲げモーメント)

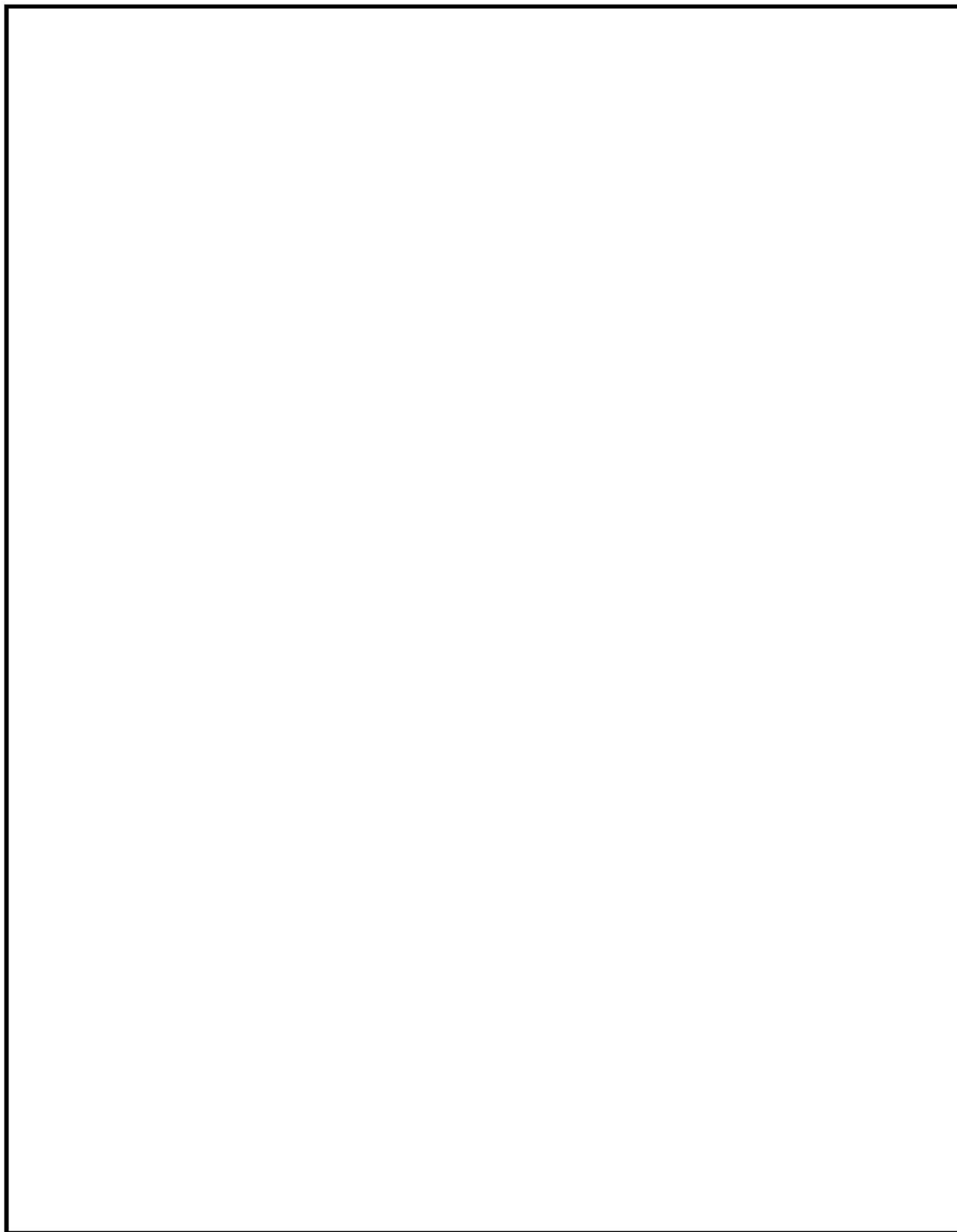


図 5-19 せん断力図 (水平荷重時・X 方向正加振・A フレーム)
(単位 : kN)

表 5-9 解析結果の比較
(水平荷重時・X方向正加振・A フレーム・せん断力図)

部材	着目箇所	a. SS3 (kN)	b. TDAPIII (kN)	比率 a / b
はり 1	①	-4.0	-3.9	1.026
はり 2	②	-4.0	-3.9	1.026
柱 1	③	8.9	9.3	0.957
柱 2	④	11.9	11.9	1.000
柱 3	⑤	8.9	9.0	0.989

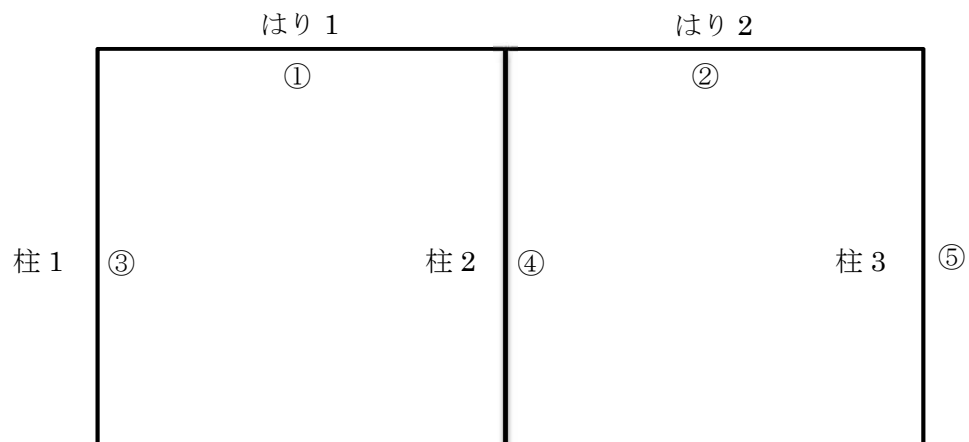


図 5-20 着目位置図
(水平荷重時・X方向正加振・A フレーム・せん断力図)

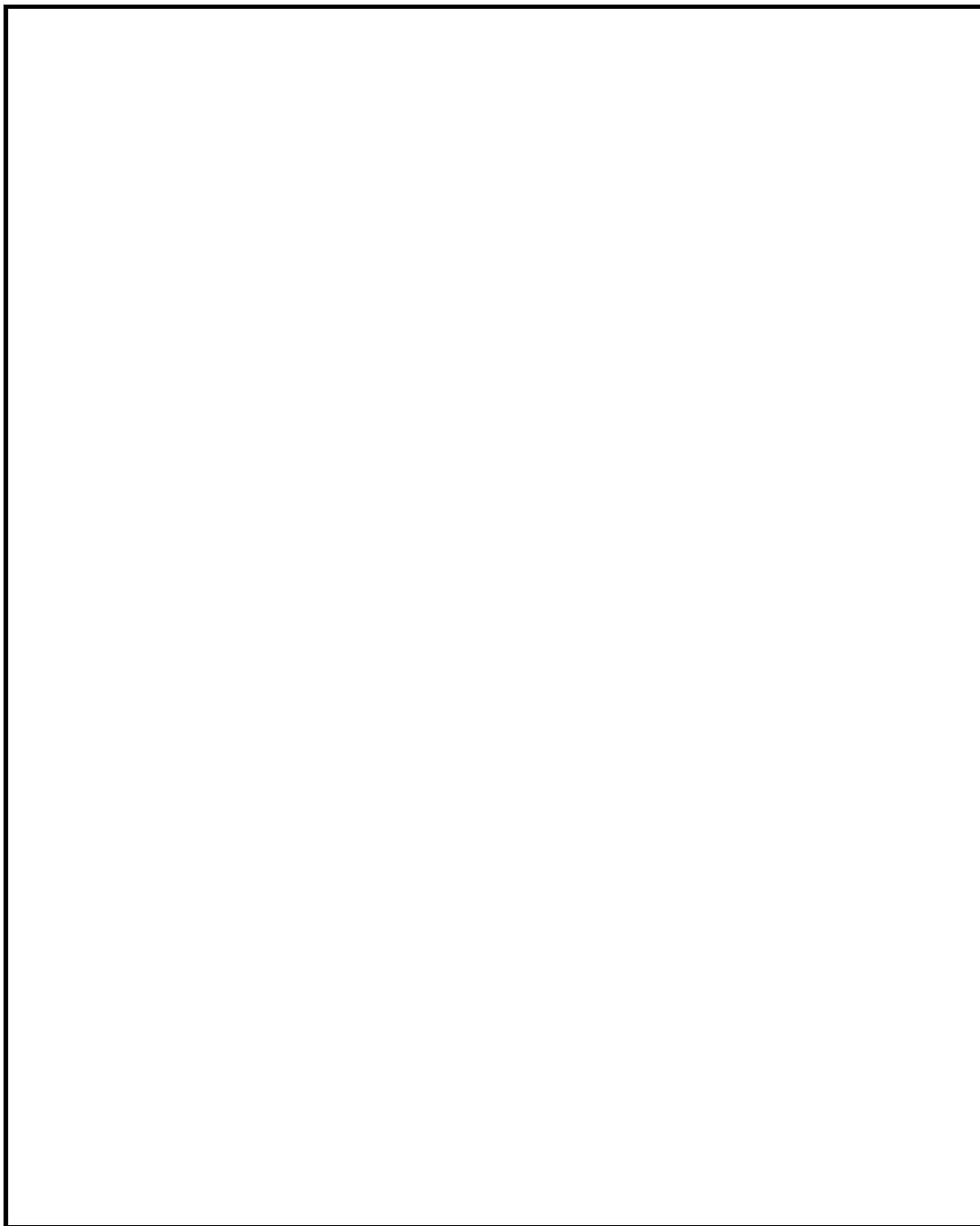


図 5-21 せん断力図 (水平荷重時・Y 方向正加振・1 フレーム)
(単位 : kN)

表 5-10 解析結果の比較
 (水平荷重時・Y 方向正加振・1 フレーム・せん断力)

部材	着目箇所	a. SS3 (kN)	b. TDAPIII (kN)	比率 a / b
はり 1	①	-1.1	-1.0	1.100
柱 1	②	2.8	2.8	1.000
柱 2	③	2.8	2.8	1.000

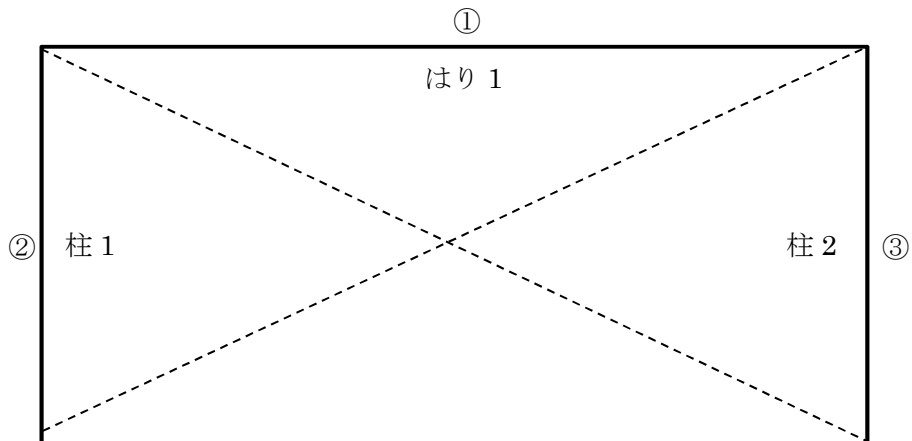


図 5-22 着目位置図
 (水平荷重時・Y 方向正加振・1 フレーム・せん断力)

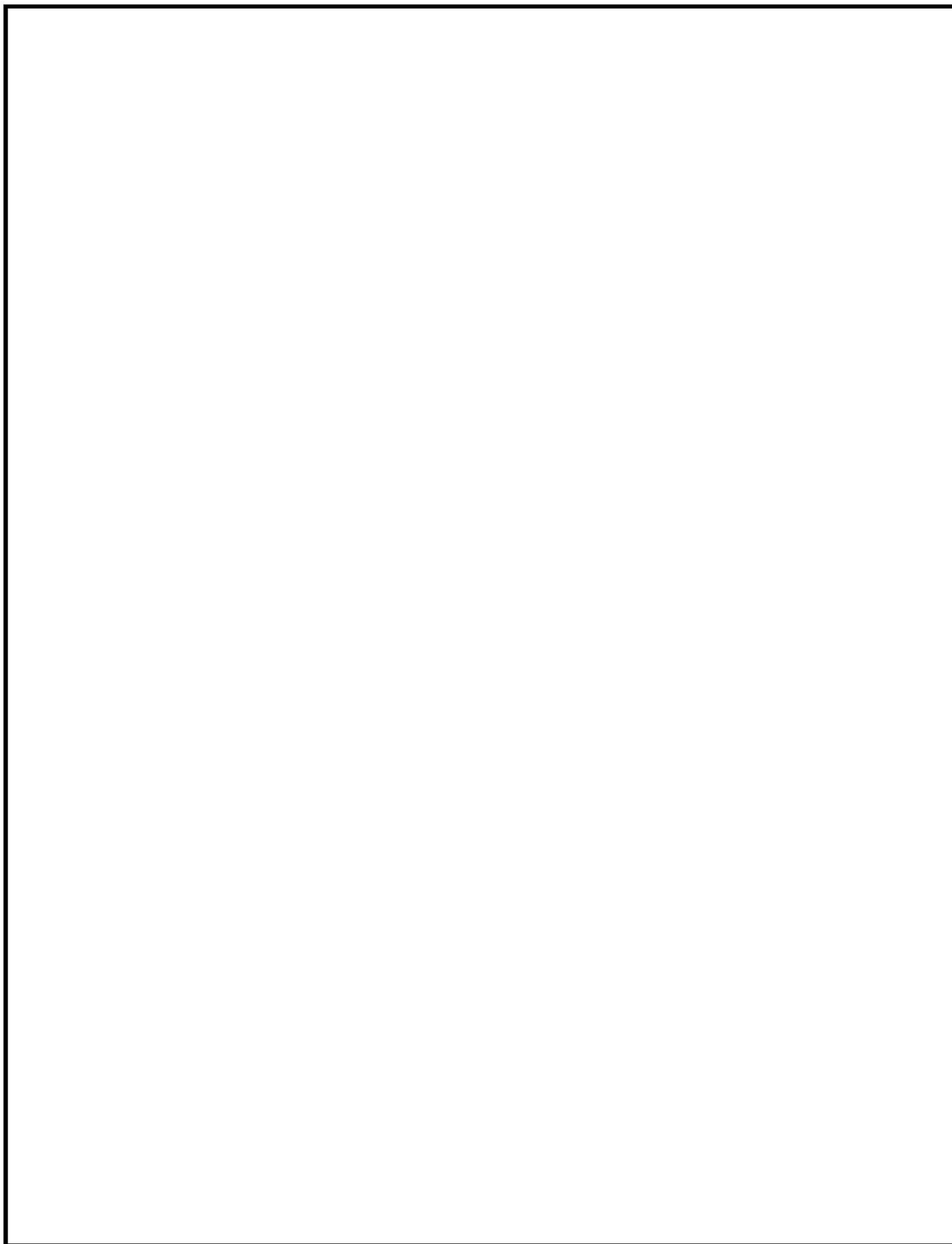


図 5-23 軸力図 (水平荷重時・X 方向正加振・A フレーム)
(単位 : kN)

表 5-11 解析結果の比較
 (水平荷重時・X 方向正加振・A フレーム・軸力)

部材	着目箇所	a. SS3 (kN)	b. TDAPIII (kN)	比率 a / b
柱 1	①	4.0	3.9	1.026
柱 2	②	0.0	0.0	—
柱 3	③	-4.0	-3.9	1.026

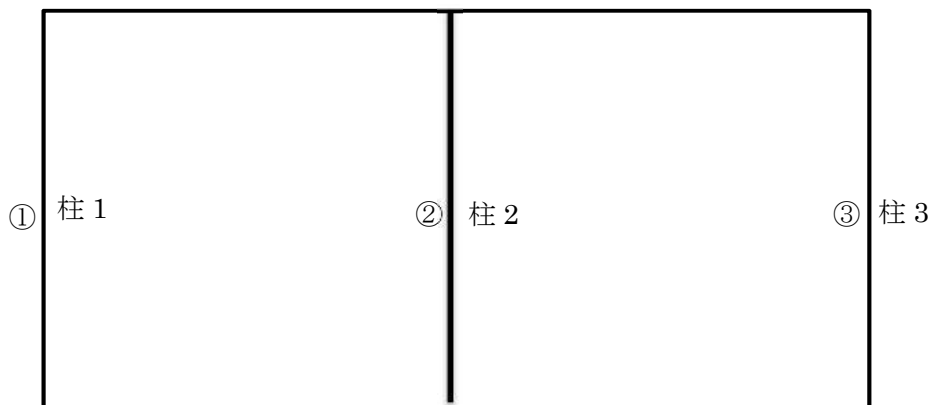


図 5-24 着目位置図
 (水平荷重時・X 方向正加振・A フレーム・軸力)

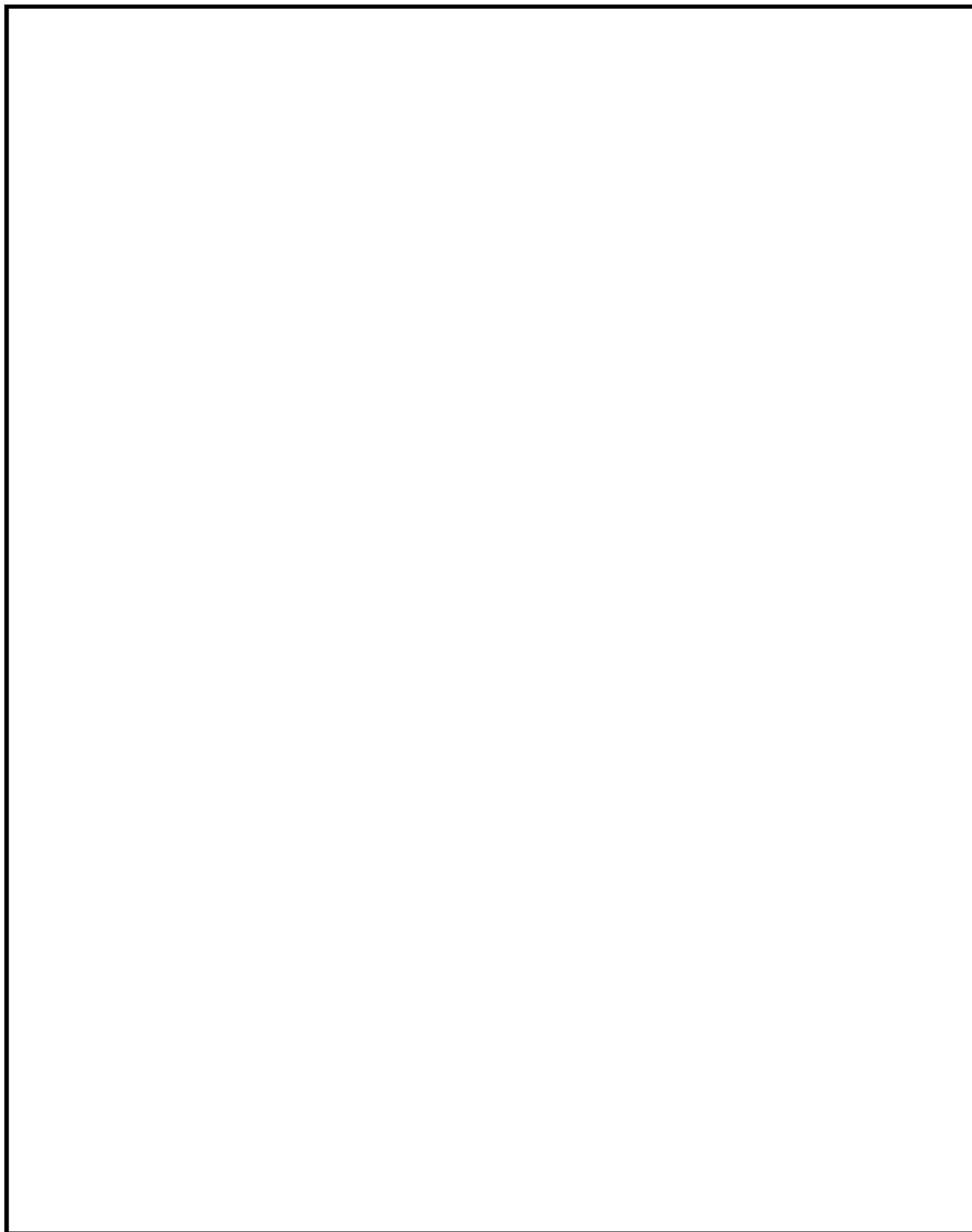


図 5-25 軸力図 (水平荷重時・Y 方向正加振・1 フレーム)
(単位 : kN)

表 5-12 解析結果の比較
(水平荷重時・Y 方向正加振・1 フレーム・軸力)

部材	着目箇所	a. SS3 (kN)	b. TDAPIII (kN)	比率 a / b
柱 1	①	1.1	1.0	1.100
柱 2	②	-11.1	-11.1	1.000
ブレース 1	③	23.6	23.8	0.992
ブレース 2	④	0.0	0.0	—

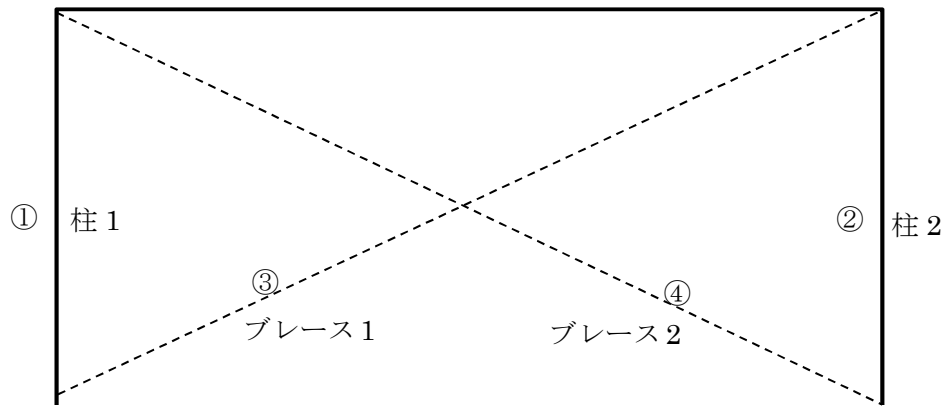


図 5-26 着目位置図
(水平荷重時・Y 方向正加振・1 フレーム・軸力)

5.2 使用目的に対する妥当性

本解析コードは、建屋構造の応力解析に使用されており、その適用妥当性は 5.1「解析結果の比較による検証」において検証している。

また、本解析コードは一般建築分野の構造計算及び建築確認申請では広く使用されているプログラムであり、建屋構造計算では十分な実績を有している。

したがって、本解析に Super Build/SS3を使用することは妥当である。