

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 説明資料	
資料番号	KK7-01 r0
提出年月日	2022年 5月 30日

蒸気タービンの基礎に関する説明書
(1/2Sd に対する間接支持機能維持の評価)

2022年 5月

東京電力ホールディングス株式会社

目 次

1. 概要	1
2. 使用材料及び許容応力度	8
3. 柱・はり部の構造評価	9
3.1 荷重の種類及びその組合せ	9
3.2 T／G架台応力の算定方針	29
3.3 T／G架台の断面検定結果	31
4. まとめ	35

1. 概要

本資料は蒸気タービンの基礎が、間接支持する共振のおそれがある耐震重要度分類 B クラスの施設の安全機能を阻害することがないことを示すものである。

蒸気タービンの基礎とは、タービン建屋のほぼ中央に位置するタービン発電機を支える剛性の極めて大きなはり，柱及び壁によって構成される鉄筋コンクリート造の壁付ラーメン架構（以下，T/G 架台という）及びそれを支持する基礎スラブをいう。

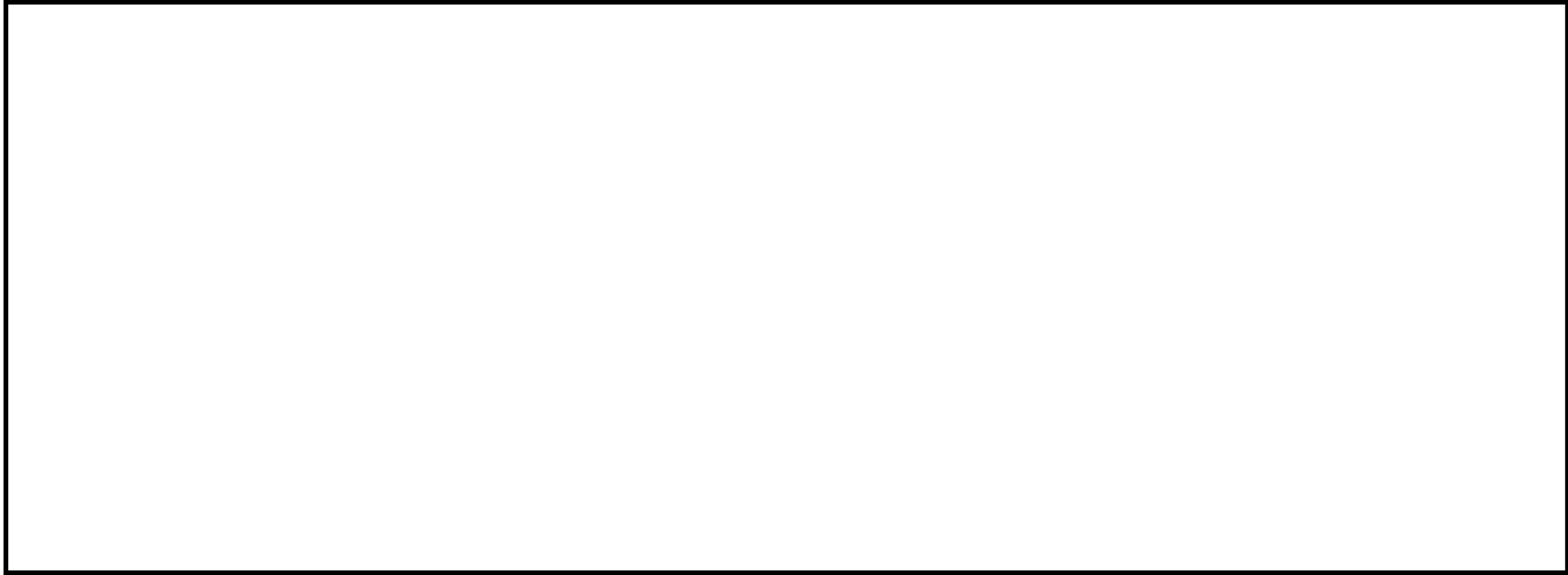
検討方法及び評価は，建設時第 1 回工事計画認可申請書（3 資庁第 6675 号平成 3 年 8 月 23 日認可）添付書類「IV-1-6 蒸気タービンの基礎に関する説明書」の設計荷重条件と，令和 4 年 3 月 29 日に設計及び工事計画届出書を提出した低圧蒸気タービン取替工事による機器重量条件を考慮し，柱，はりが現状の鉄筋量で問題のないことを確認している。

なお，算定は「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 ―許容応力度設計法―（1999）」（日本建築学会）及び「原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（2005）」（日本建築学会）による。

蒸気タービンの基礎の概要を表 1-1 に，蒸気タービンの基礎の状況を明示した図を第 1-1～1-5 図に示す。

表 1-1 蒸気タービンの基礎の概要

	概 要
T / G 架台・ 基礎スラブの 構造及び主要 寸法	<ul style="list-style-type: none"> • 構造 <ul style="list-style-type: none"> 架台 鉄筋コンクリート構造 基礎スラブ 鉄筋コンクリート構造 • 架台寸法 <ul style="list-style-type: none"> 高さ <input style="width: 100px; height: 15px;" type="text"/> 長さ <input style="width: 100px; height: 15px;" type="text"/> 幅 <input style="width: 100px; height: 15px;" type="text"/> • 基礎スラブ <ul style="list-style-type: none"> 厚さ <input style="width: 100px; height: 15px;" type="text"/>
重 量	<ul style="list-style-type: none"> • T / G 架台重量 <input style="width: 100px; height: 15px;" type="text"/> • T / G 架台上機器重量 <input style="width: 100px; height: 15px;" type="text"/>



第 1-1 図 平面図 (T. M. S. L 20, 400) (单位 : mm)

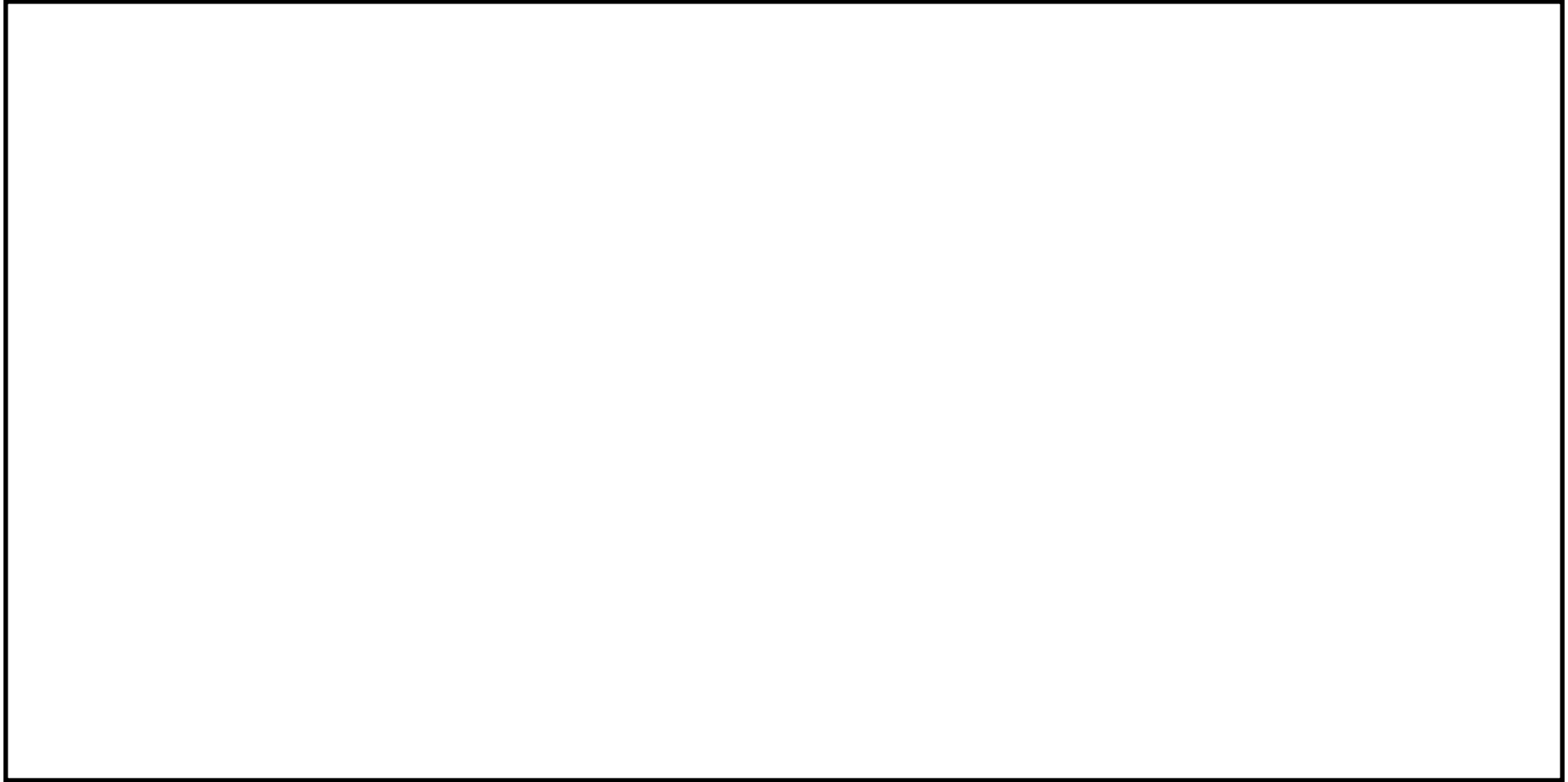


第 1-2 図 平面図 (T. M. S. L 12, 300) (单位 : mm)

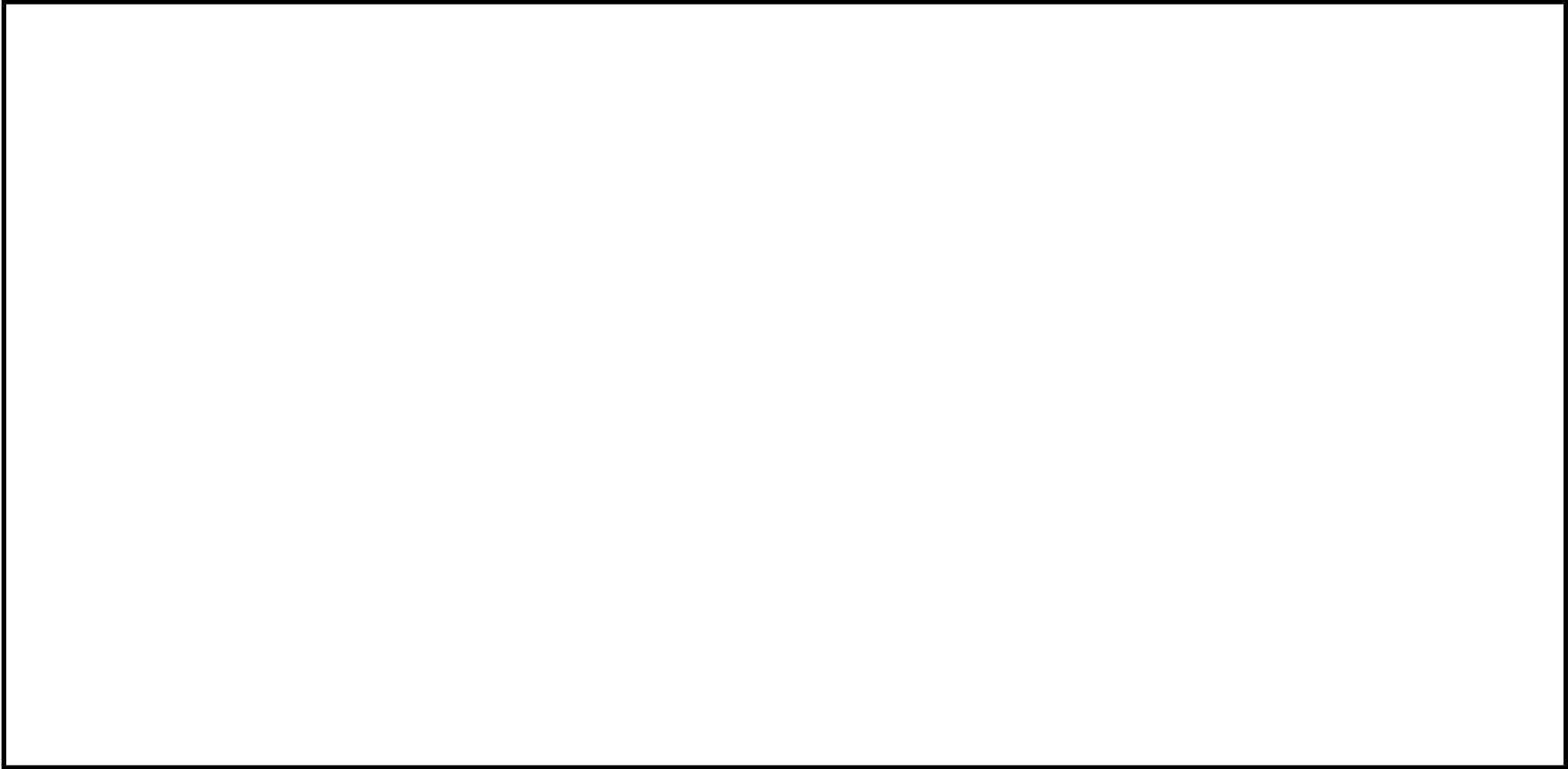


第 1-3 図 平面図 (T.M.S.L -5, 100) (単位 : mm)

9



第 1-4 図 断面図 (X2 通り) (単位 : mm)



第 1-5 图 断面图 (单位 : mm)

2. 使用材料及び許容応力度

T/G架台に使用したコンクリートの設計基準強度は 32.3MPa, 基礎スラブに使用したコンクリートの設計基準強度は 29.4MPa, 鉄筋は, いずれも J I S G 3 1 1 2 に規定される異形棒鋼で, T/G架台及び基礎スラブの主筋に使用したのは S D 345 である。コンクリート, 鉄筋の許容応力度を表 2-1 及び表 2-2 に示す。

表 2-1 コンクリートの許容応力度 (単位: MPa)

	長期			短期		
	圧縮	引張り	せん断	圧縮	引張り	せん断
T/G架台 普通コンクリート	10.7	—	0.81	21.4	—	1.21
基礎スラブ 普通コンクリート	9.80	—	0.78	19.6	—	1.17

表 2-2 鉄筋の許容応力度 (単位: MPa)

	長期		短期	
	引張り及び圧縮	せん断補強	引張り及び圧縮	せん断補強
S D 345	215 195*	195	345	345

注記*: D 29 以上

なお, 地盤の長期許容地耐力は 220t/m², 短期許容地耐力は 420t/m² であり, これをそれぞれ SI 単位換算し, 長期 2,157kN/m², 短期 4,118kN/m² とする。

3. 柱・はり部の構造評価

以下の荷重条件で、構造健全性が確保されていることを以下のとおり確認している。

3.1 荷重の種類及びその組合せ

3.1.1 荷重の種類

設計として考慮する荷重の種類及びその概要を表 3.1-1 に示す。

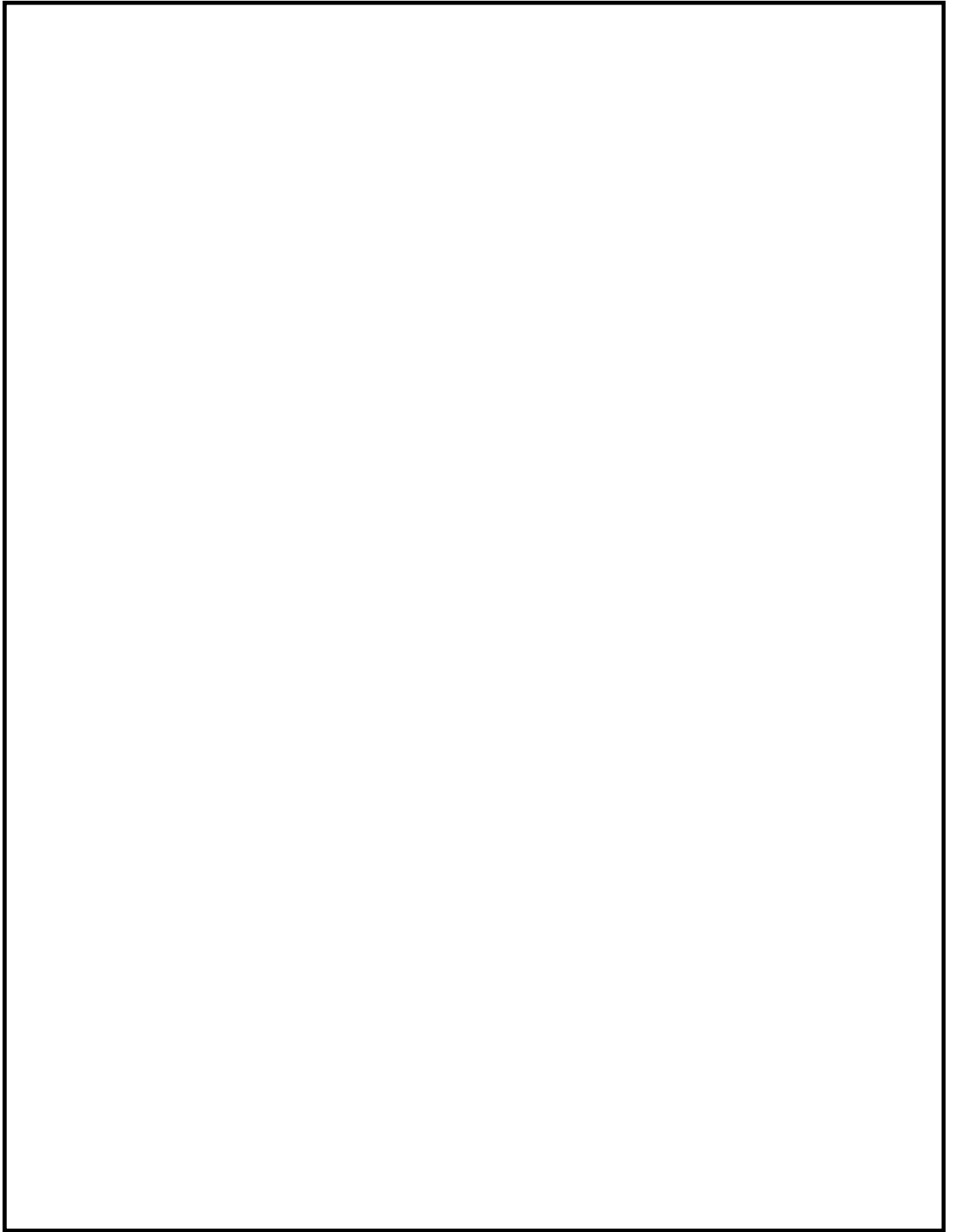
表 3.1-1 荷重の種類

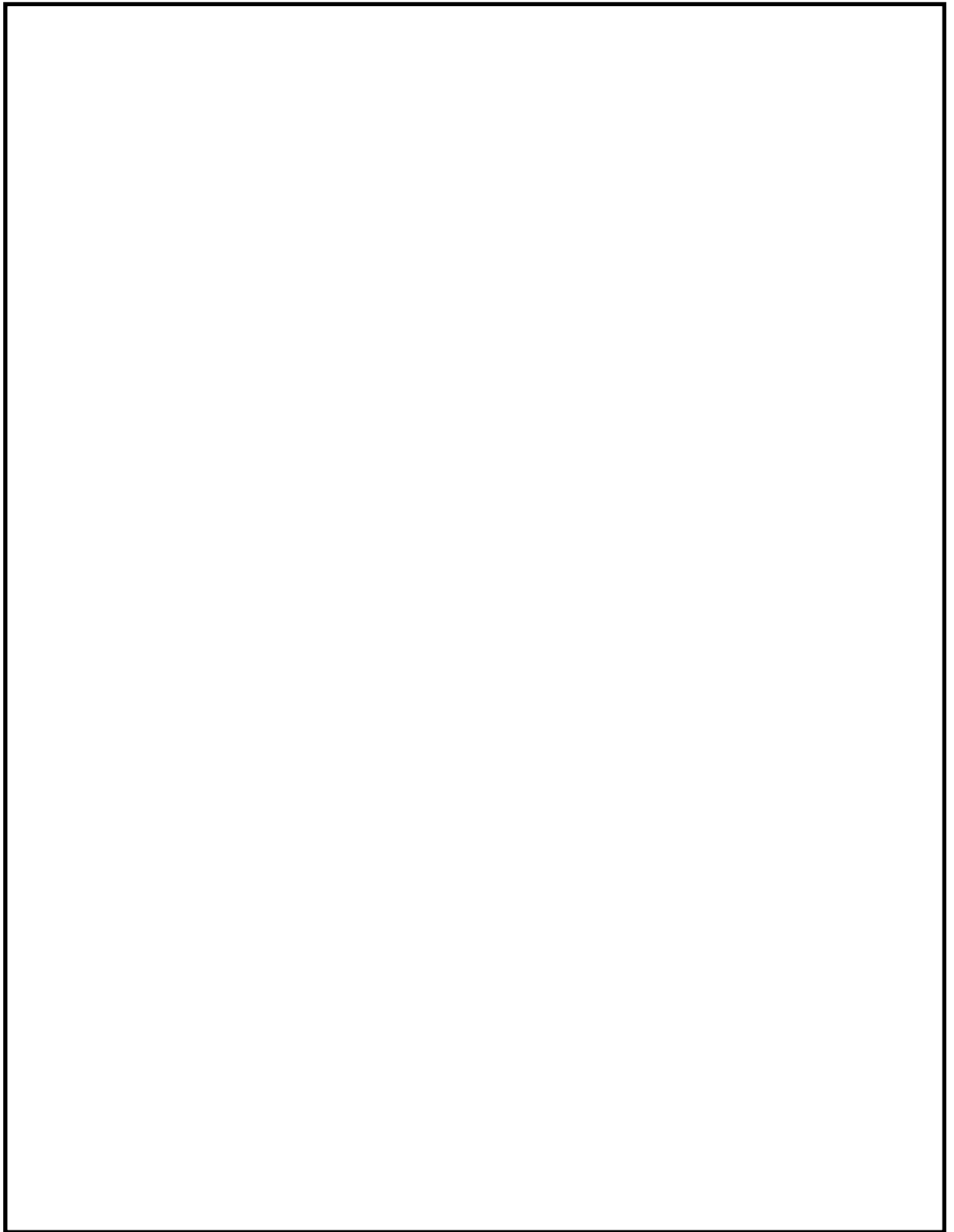
自重 (D)	D_p : T/G架台自重 W_M : 機器自重 D_l : 遮蔽板自重 P : 配管荷重
定格回転時荷重 (O)	V : 復水器真空荷重 T_t : タービントルク荷重 T_g : 発電機トルク荷重 M_e : 熱膨張反力
非常回転時荷重 (E)	G_{SC} : 発電機短絡荷重 R : ロータ偏心荷重 L : 最終段羽根飛散時荷重 B_T : 弁トリップ荷重
地震荷重 (S)	S_d : 弾性設計用地震動により定まる地震力

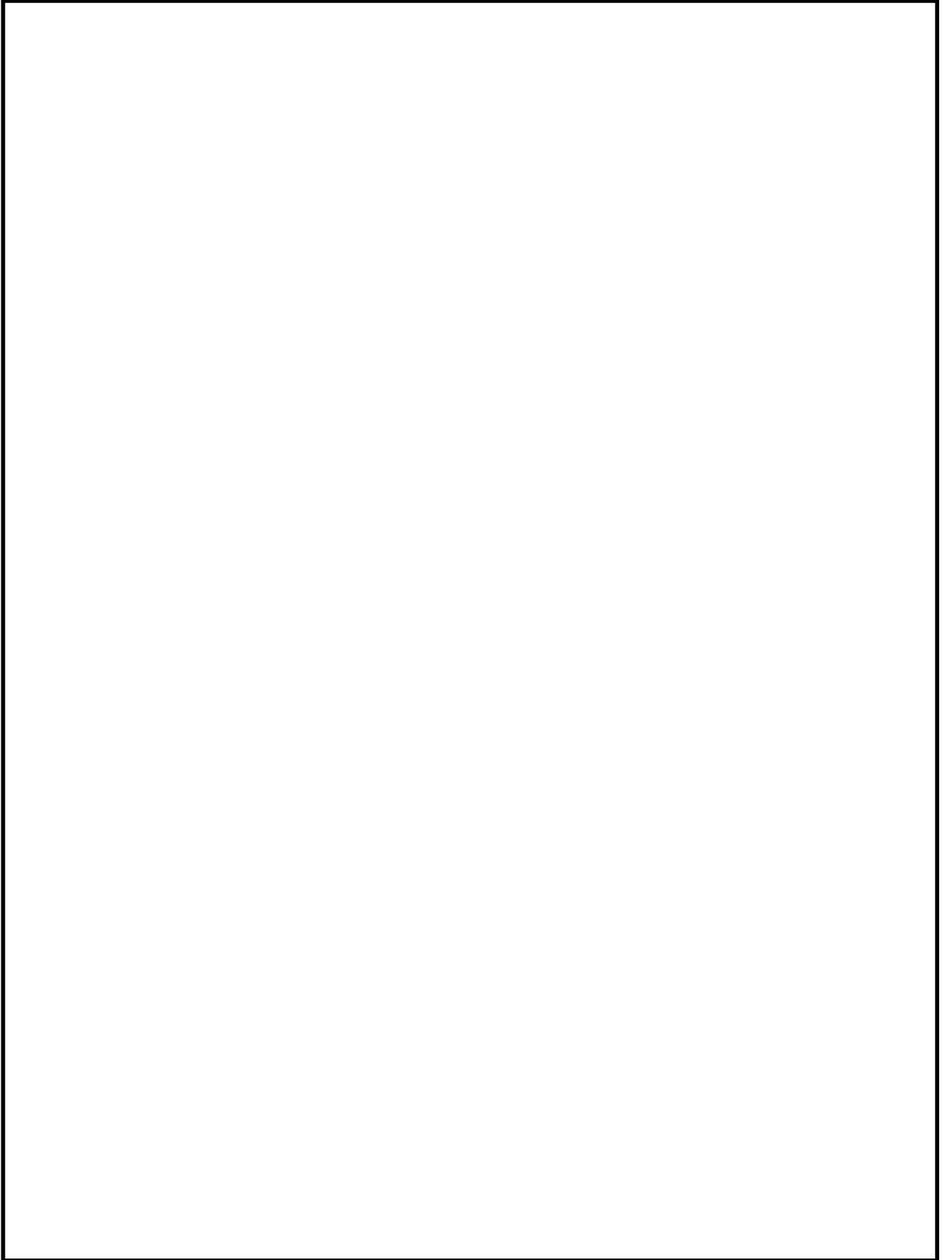
3.1.2 入力地震動

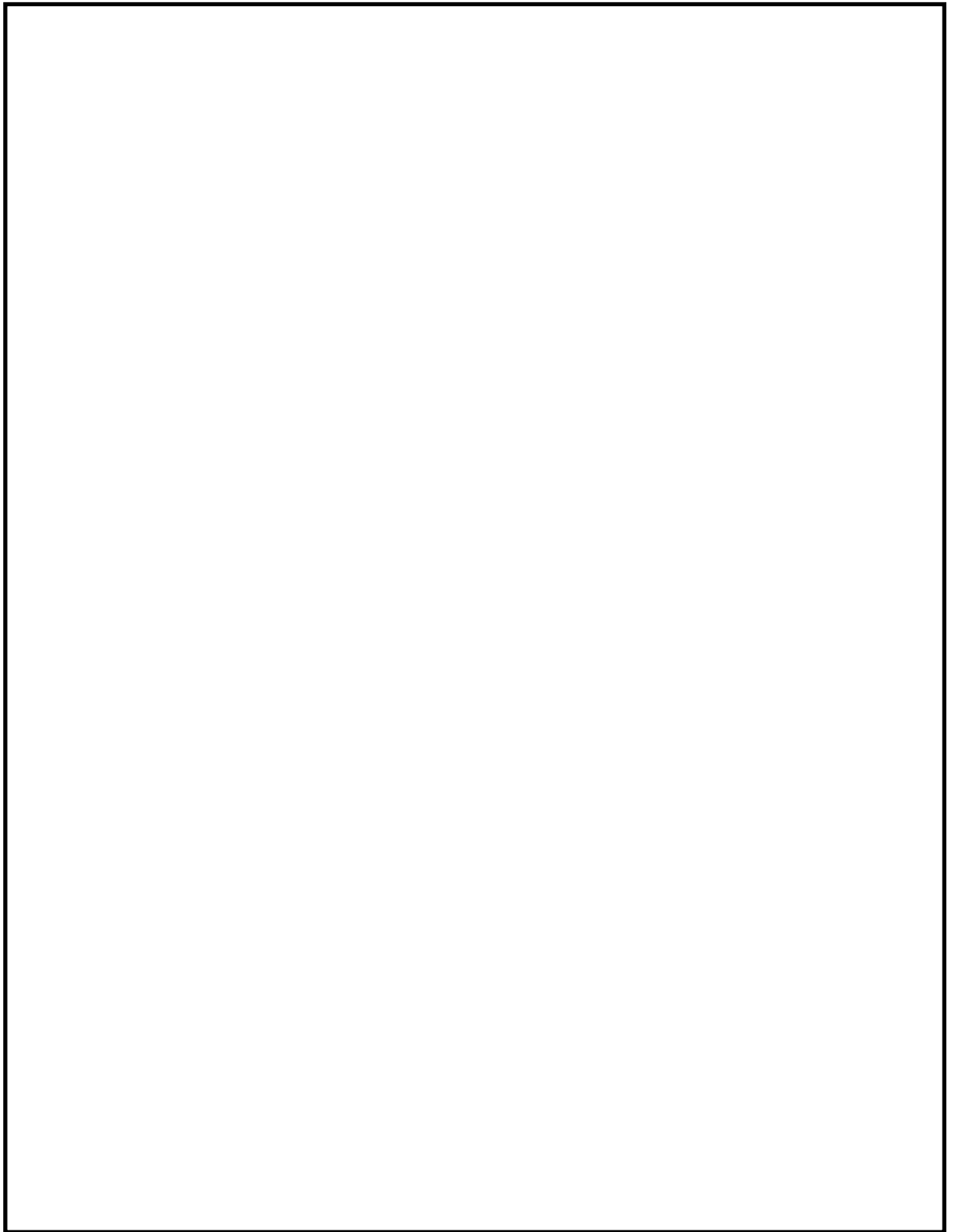
T/G 架台の地震応答解析モデルへの入力地震動は、弾性設計用地震動 Sd を用いたタービン建屋-地盤連成応答解析によって得られたタービン建屋基礎スラブ上の加速度応答時刻歴を用いる。検討には Sd-1～Sd-8 の加速度応答時刻歴に 2 分の 1 を乗じたものを入力地震動とし、T/G 架台の地震応答解析モデルの脚部に入力する。

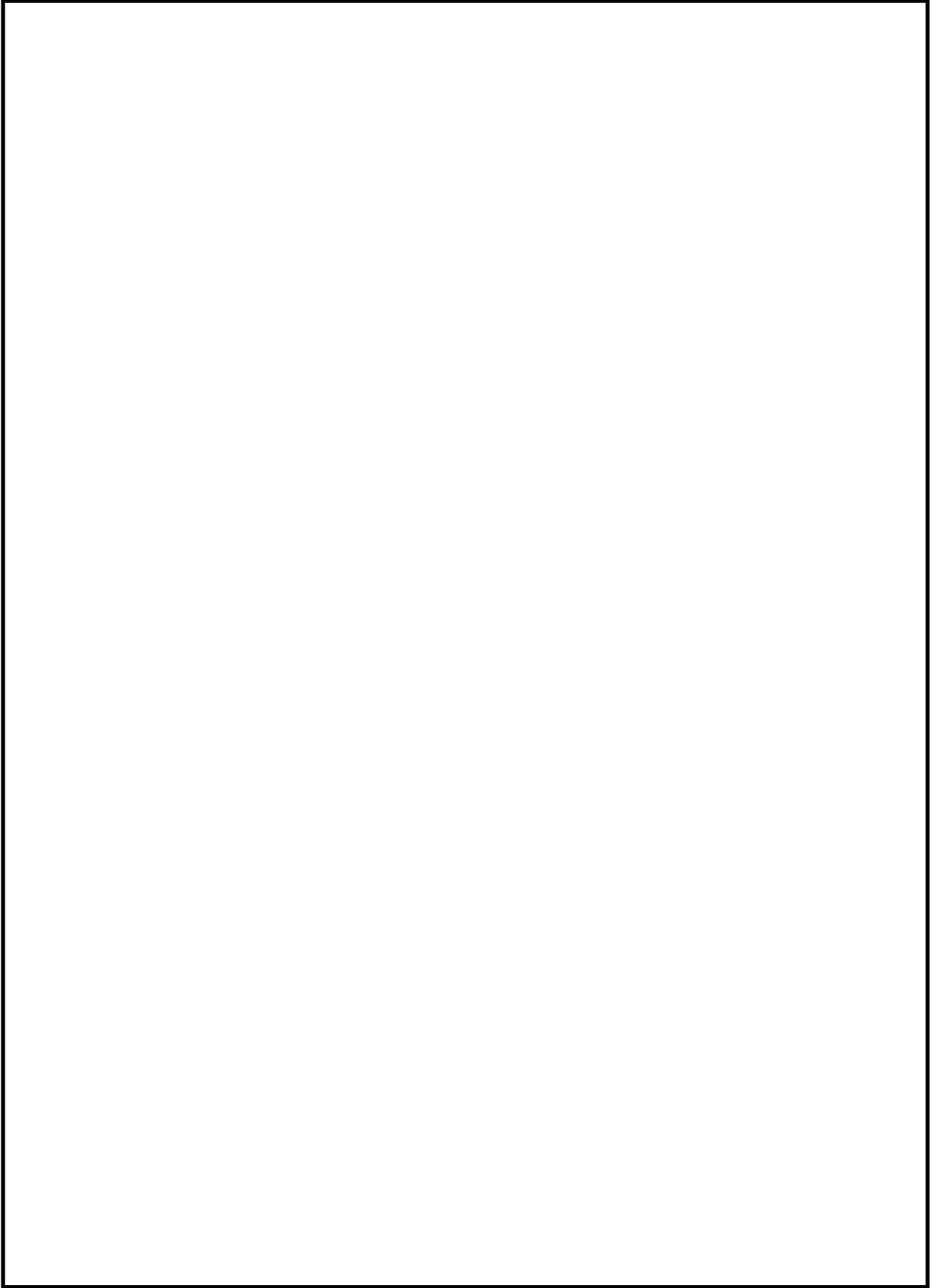
また、基本ケース（ケース 1）の加速度応答時刻歴に加え、材料物性の不確かさ等を考慮した解析ケースであるケース 2～5 の加速度応答時刻歴も考慮する。基本ケースの加速度応答時刻歴を図 3.1-1～図 3.1-8 に示す。

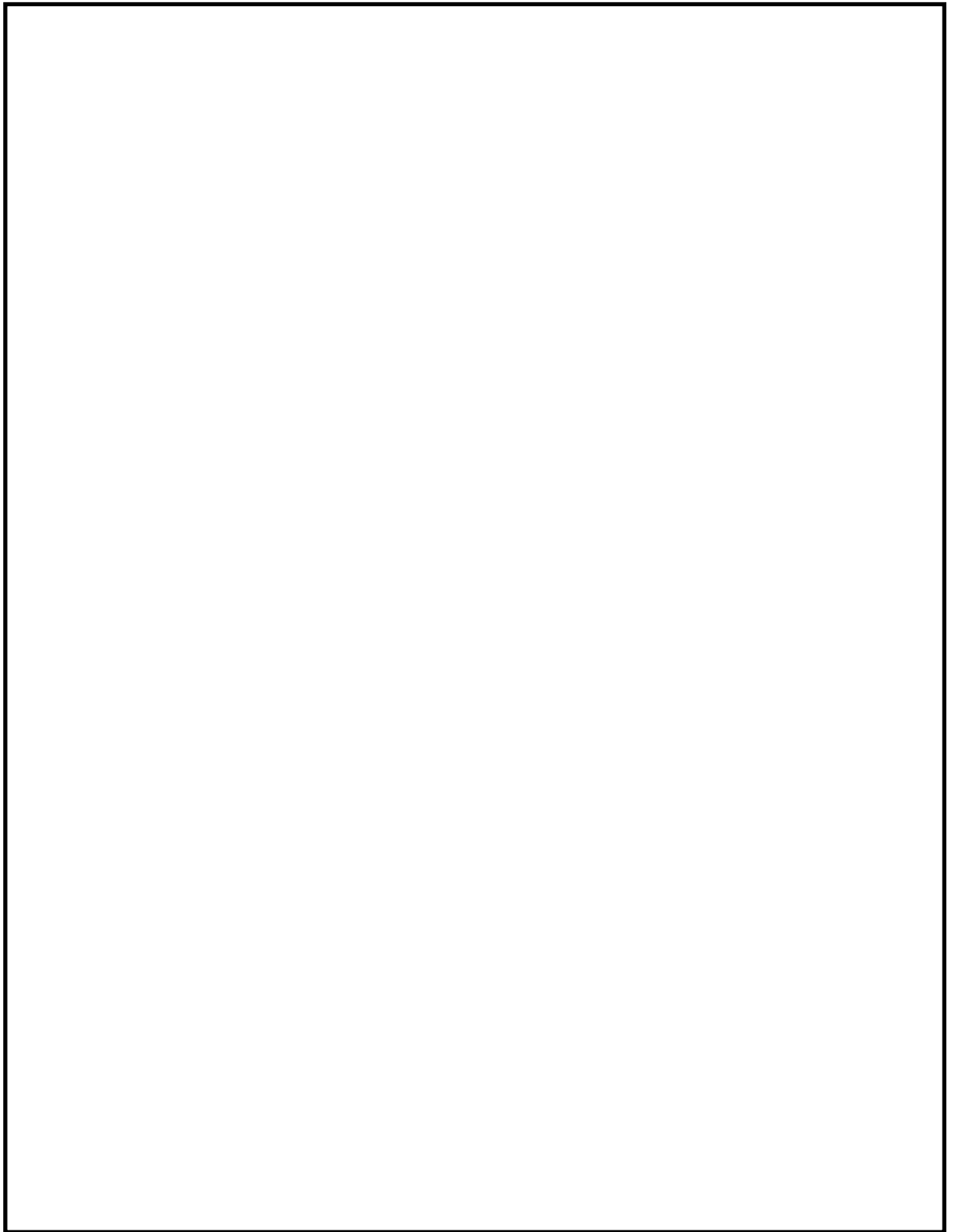


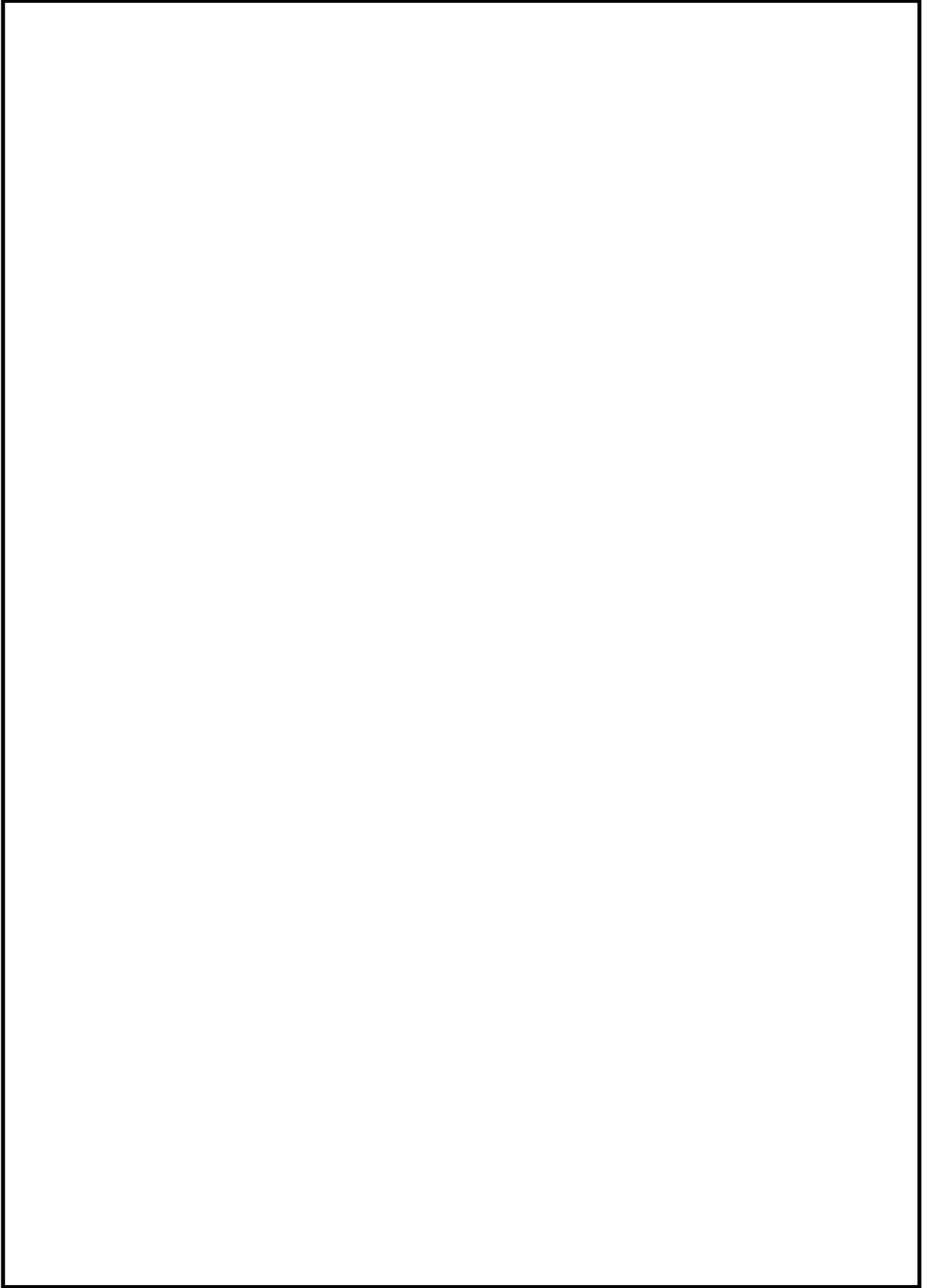


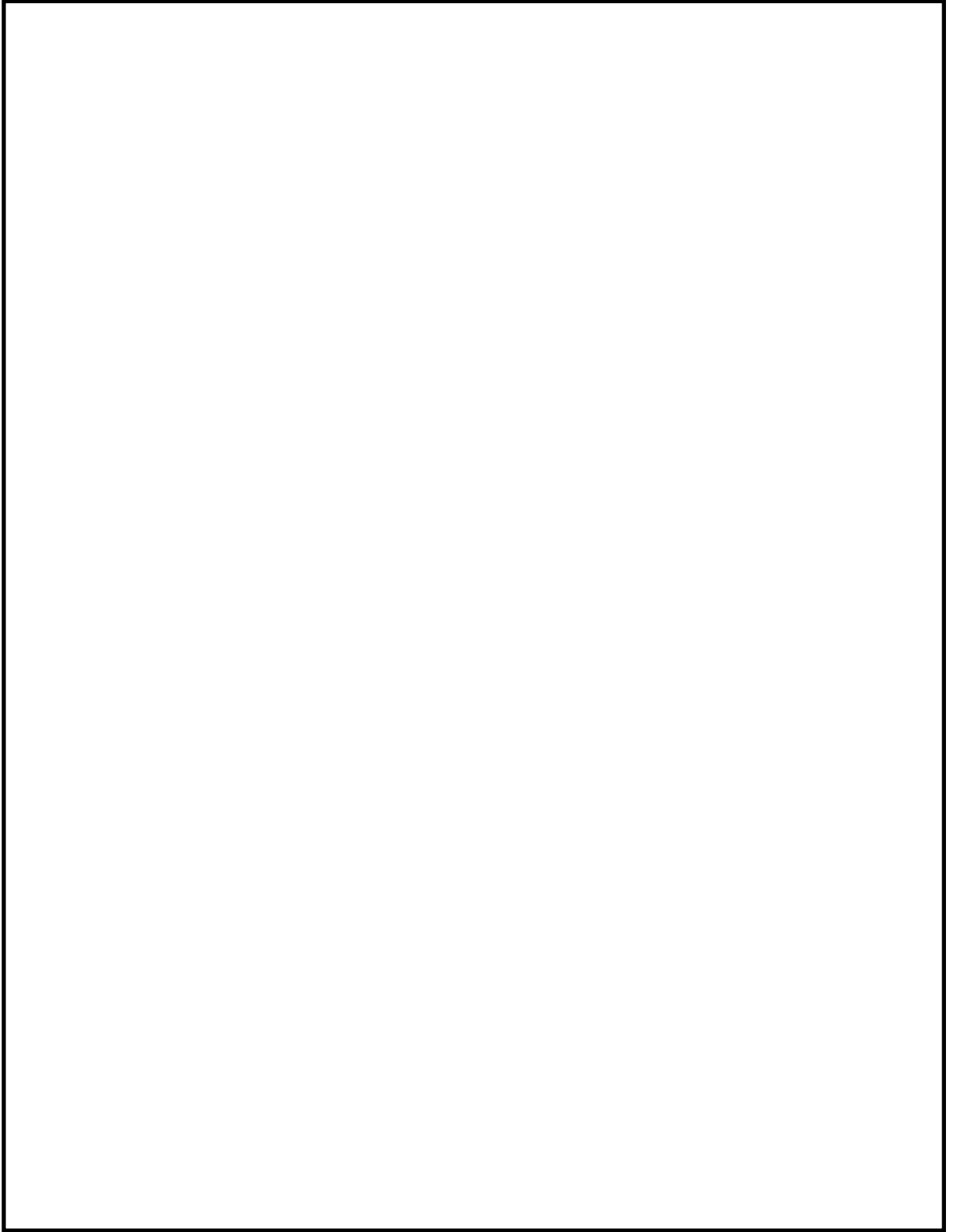


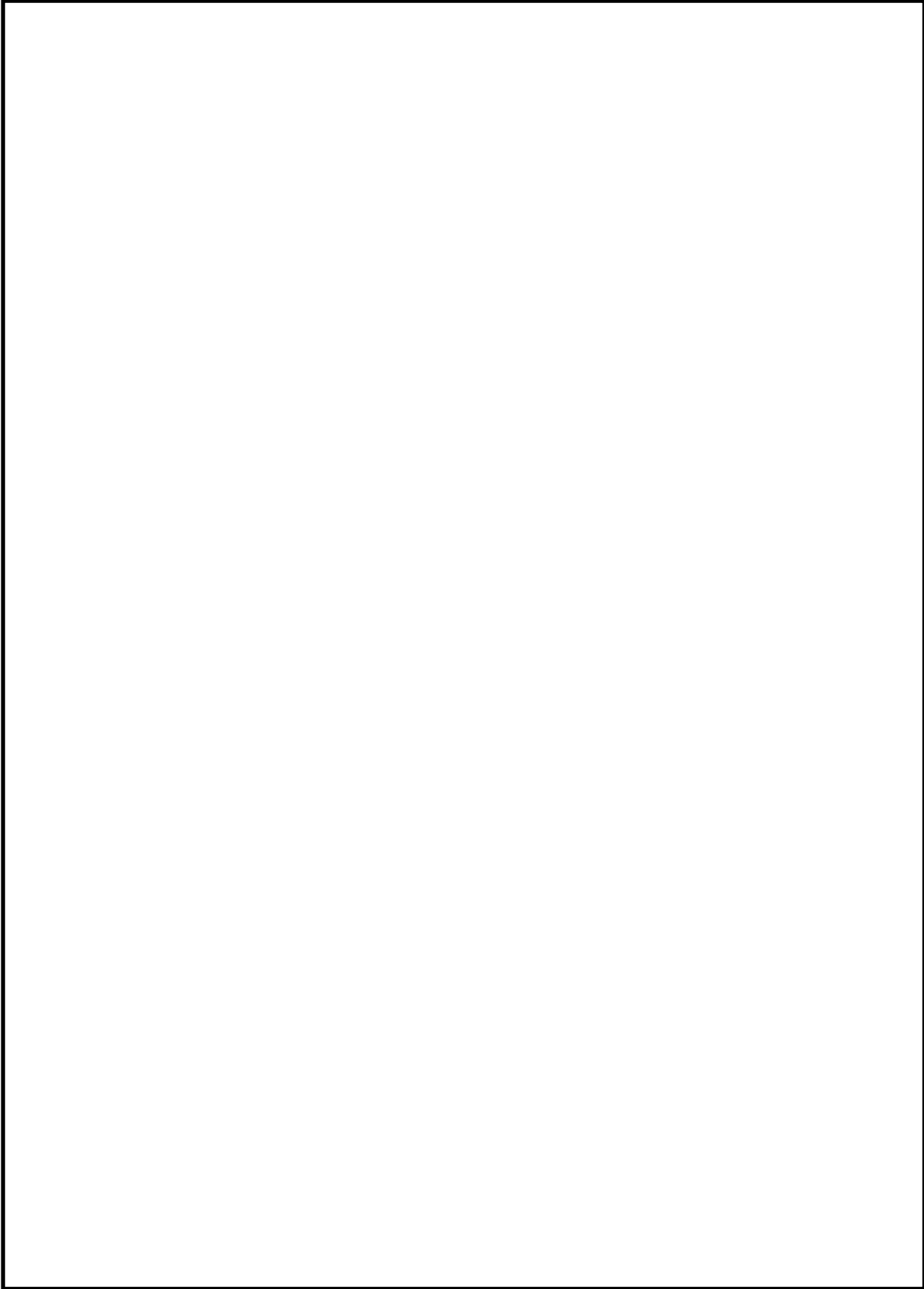


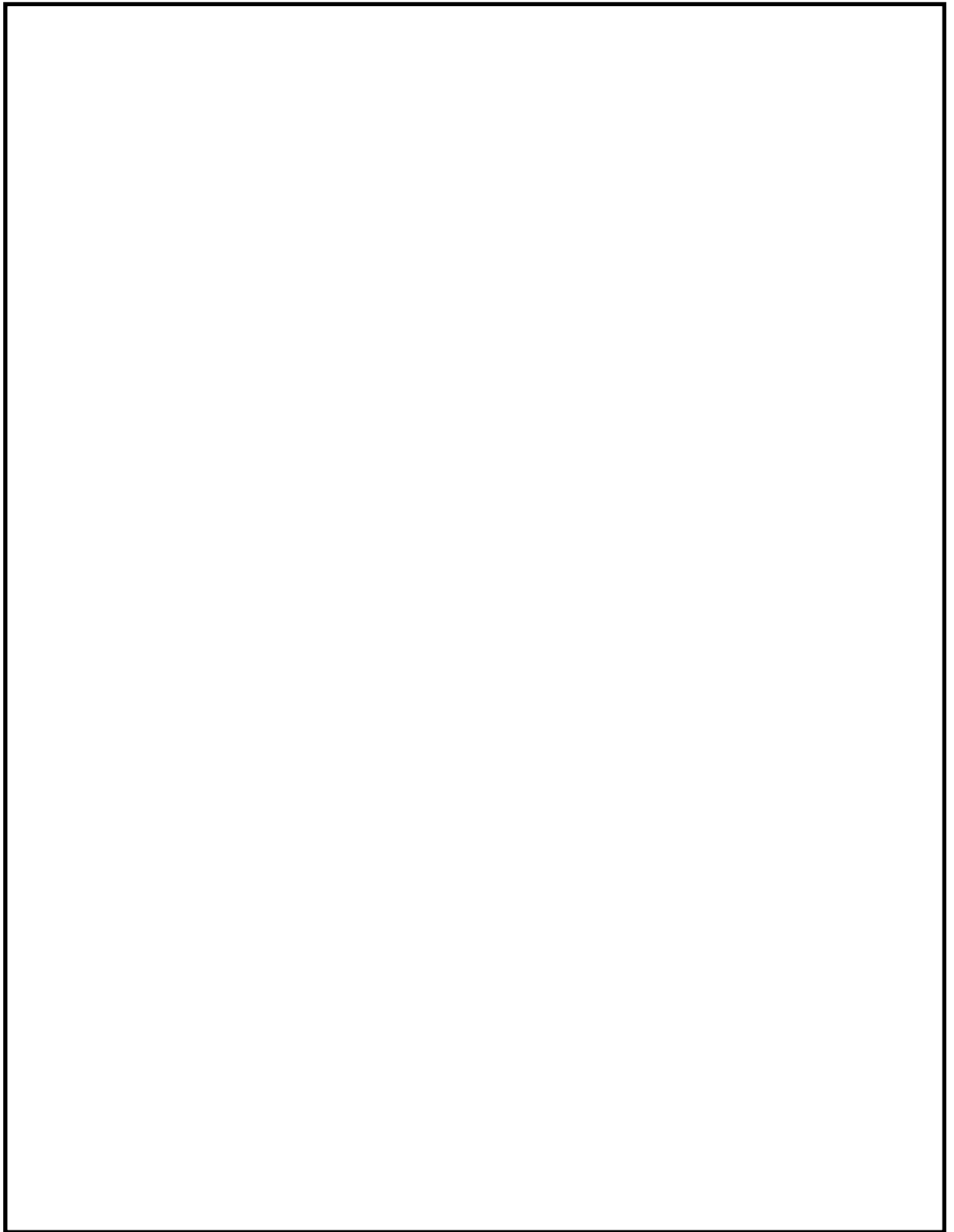


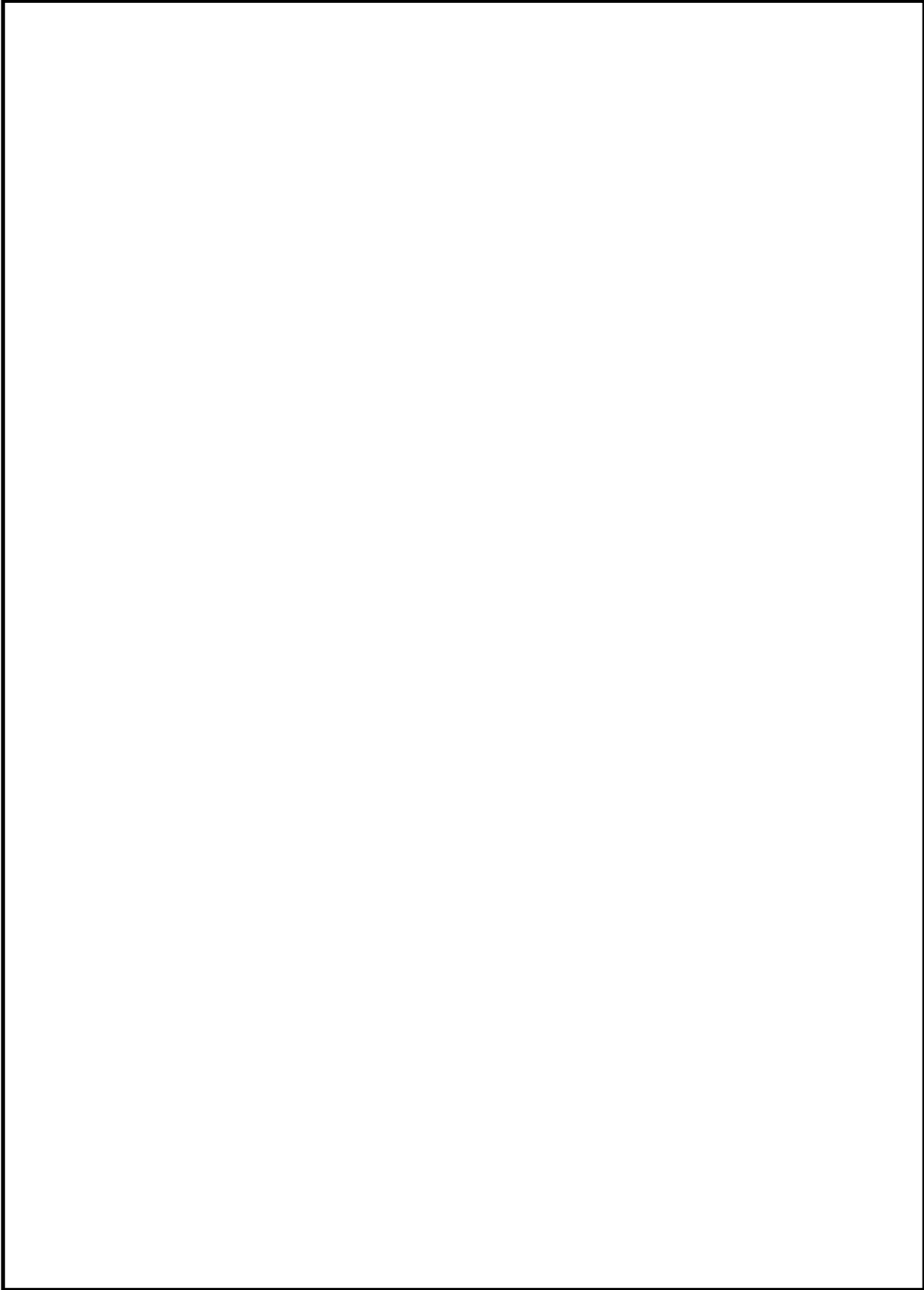


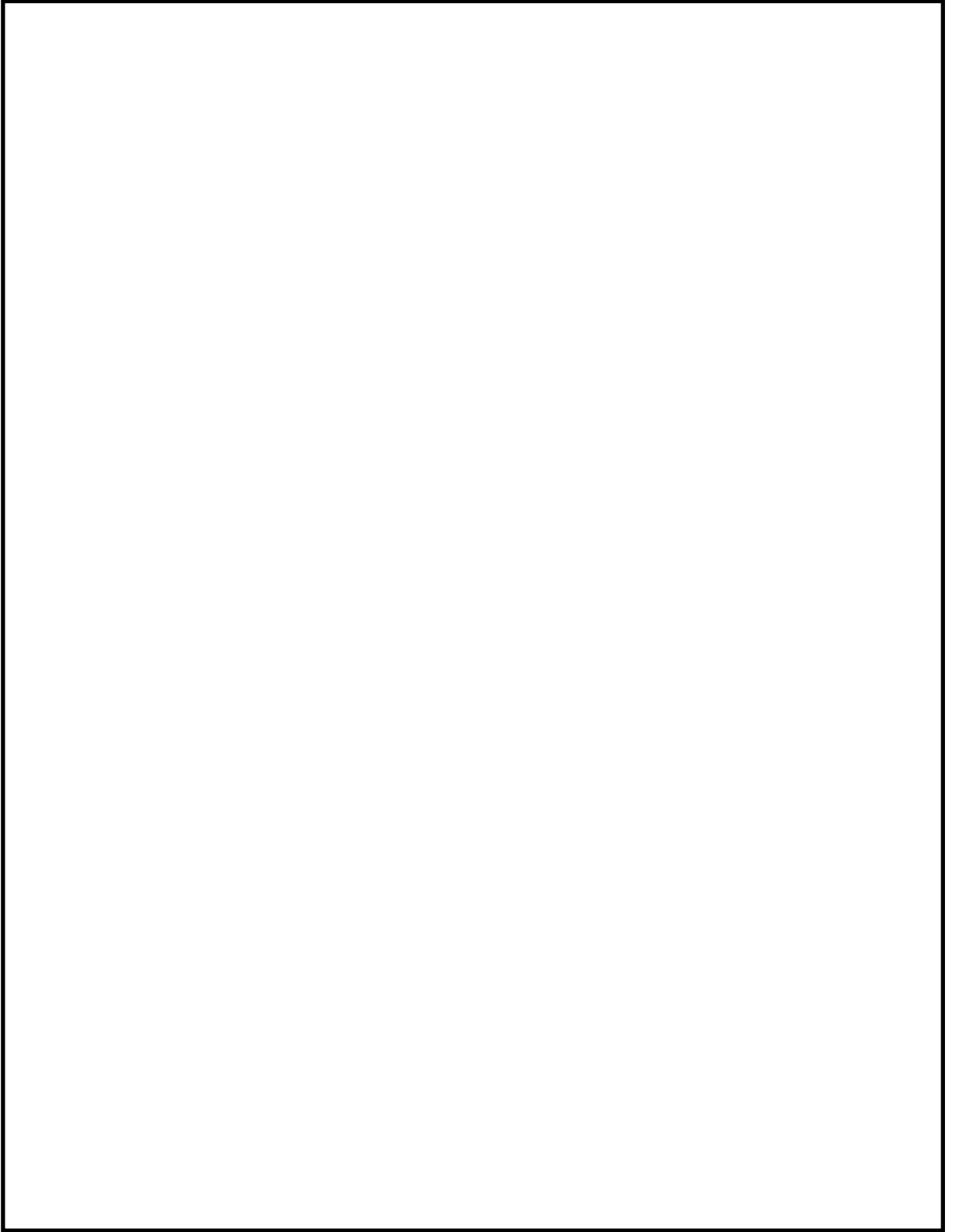


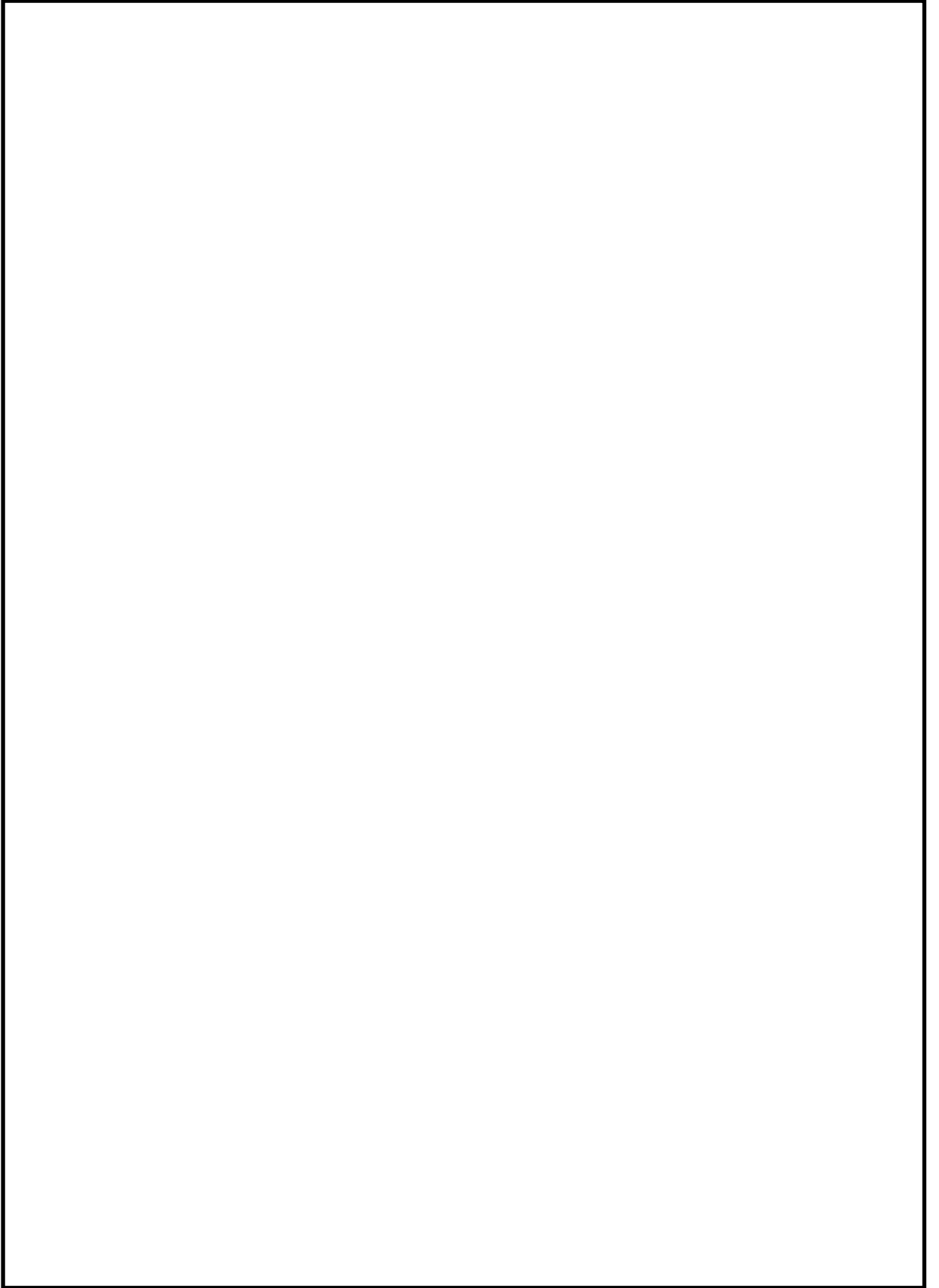


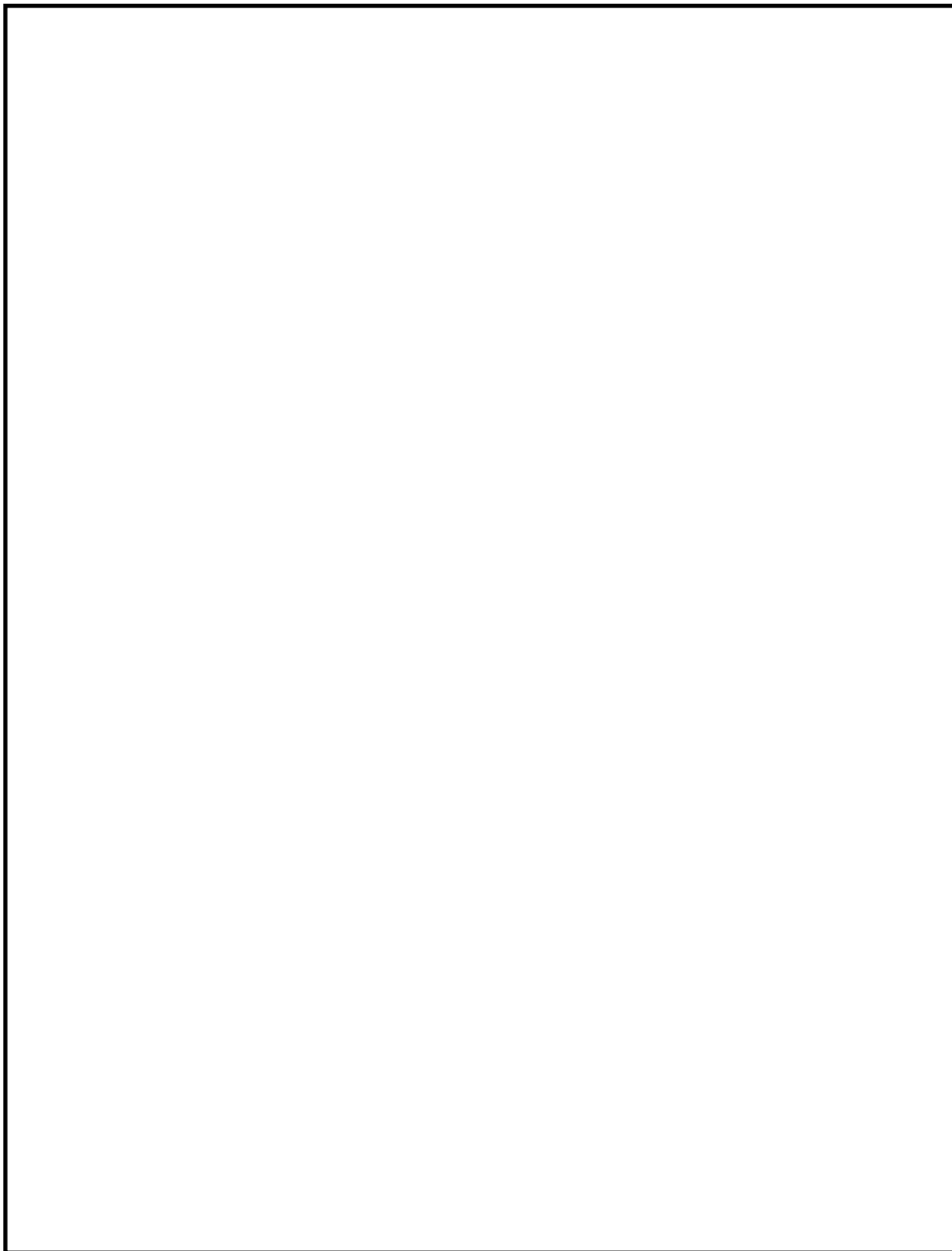


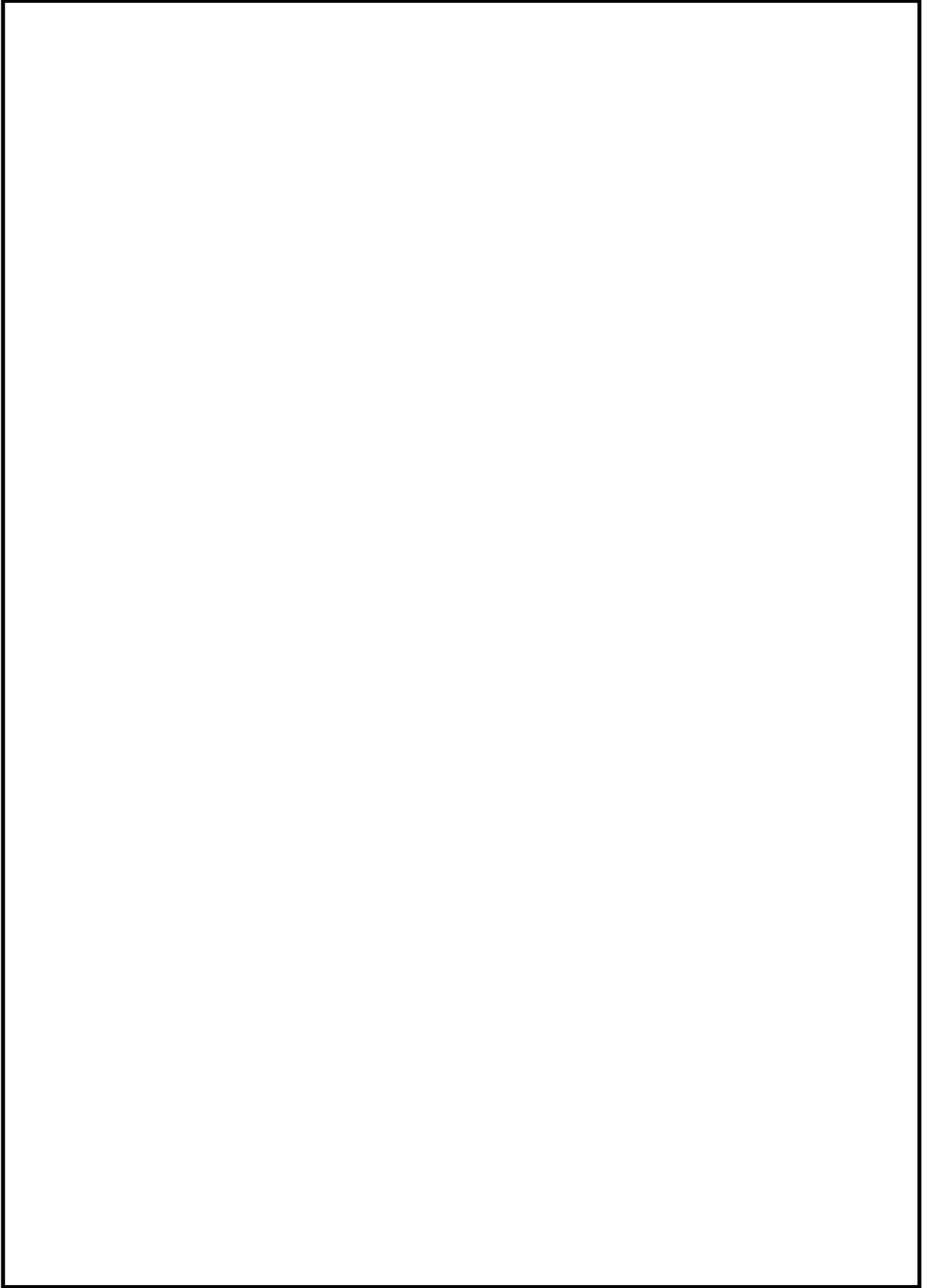


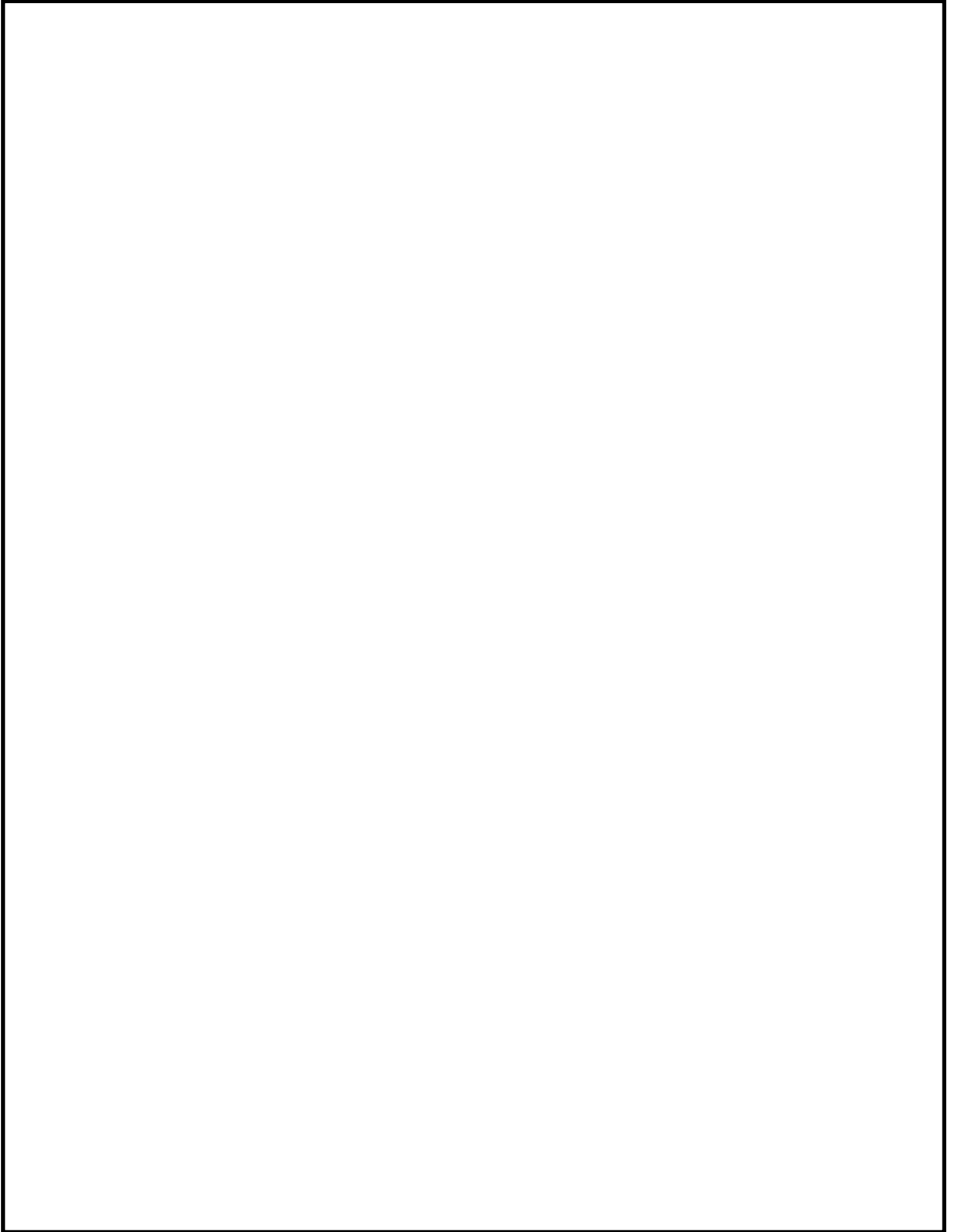












3.1.3 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 3.1-2 に示す。

表 3.1-2 荷重の組合せ

荷重 ケース	基本の組合せ		許容限界
1	D + O		長期許容応力度
2	D + O + E + S		短期許容応力度
3	D + O + E + S + T		
4	D + O + E + S		
5	D + O + E + S + T		



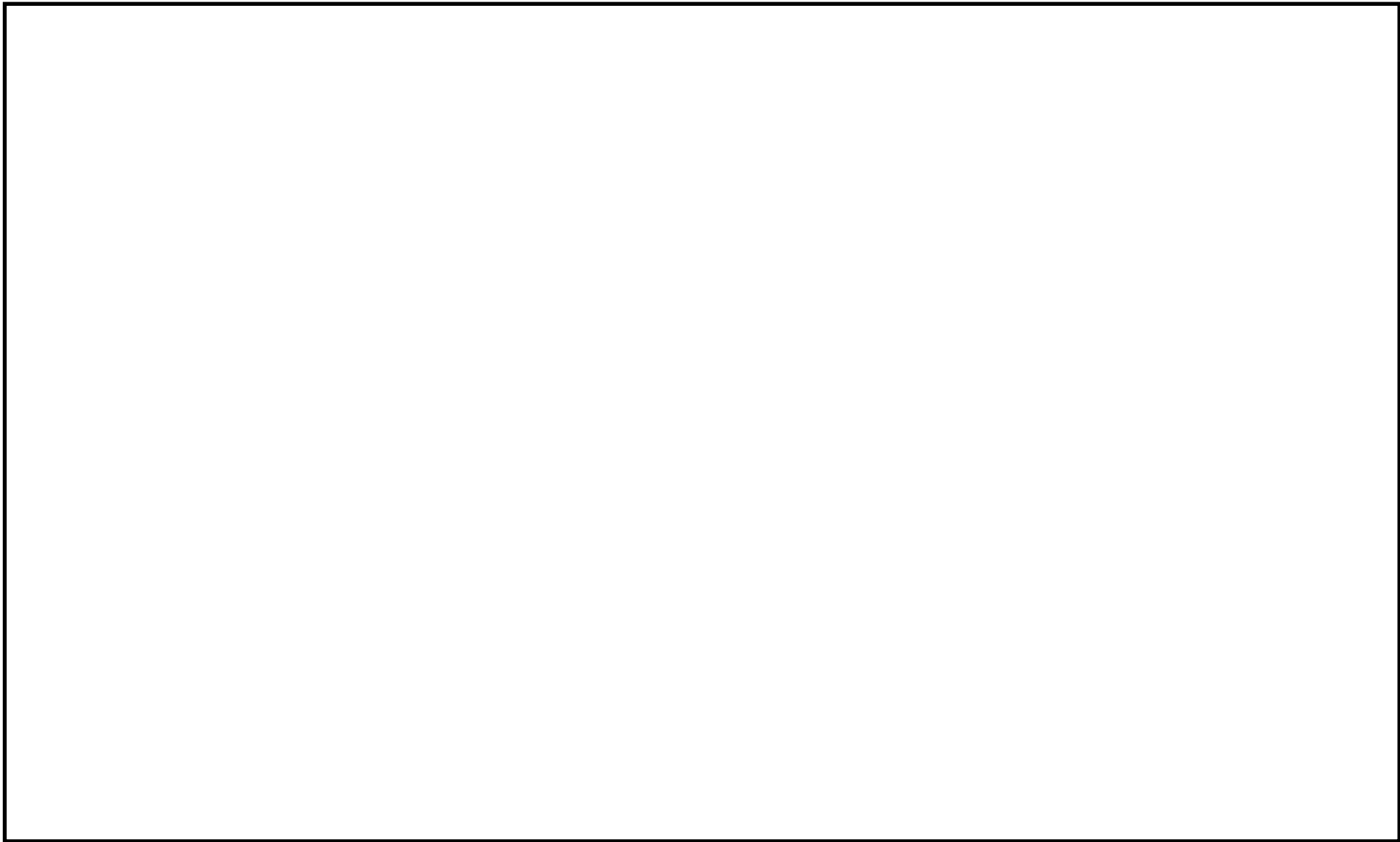
D : 自重 (D_p, W_M, D₁, P)

O : 定格回転時荷重 (V, T_t, T_g, M_e)

E : 非常回転時荷重 (G_{SC}, R, L, B_T)

S : 地震荷重 (S_d)

なお、機器荷重条件を第 3.1-9 図に示す。



第 3.1-9 図 タービン発電機基礎 機器荷重分布図

3.2 T/G 架台応力の算定方針



解析に用いる材料の物性値は次のとおりである。

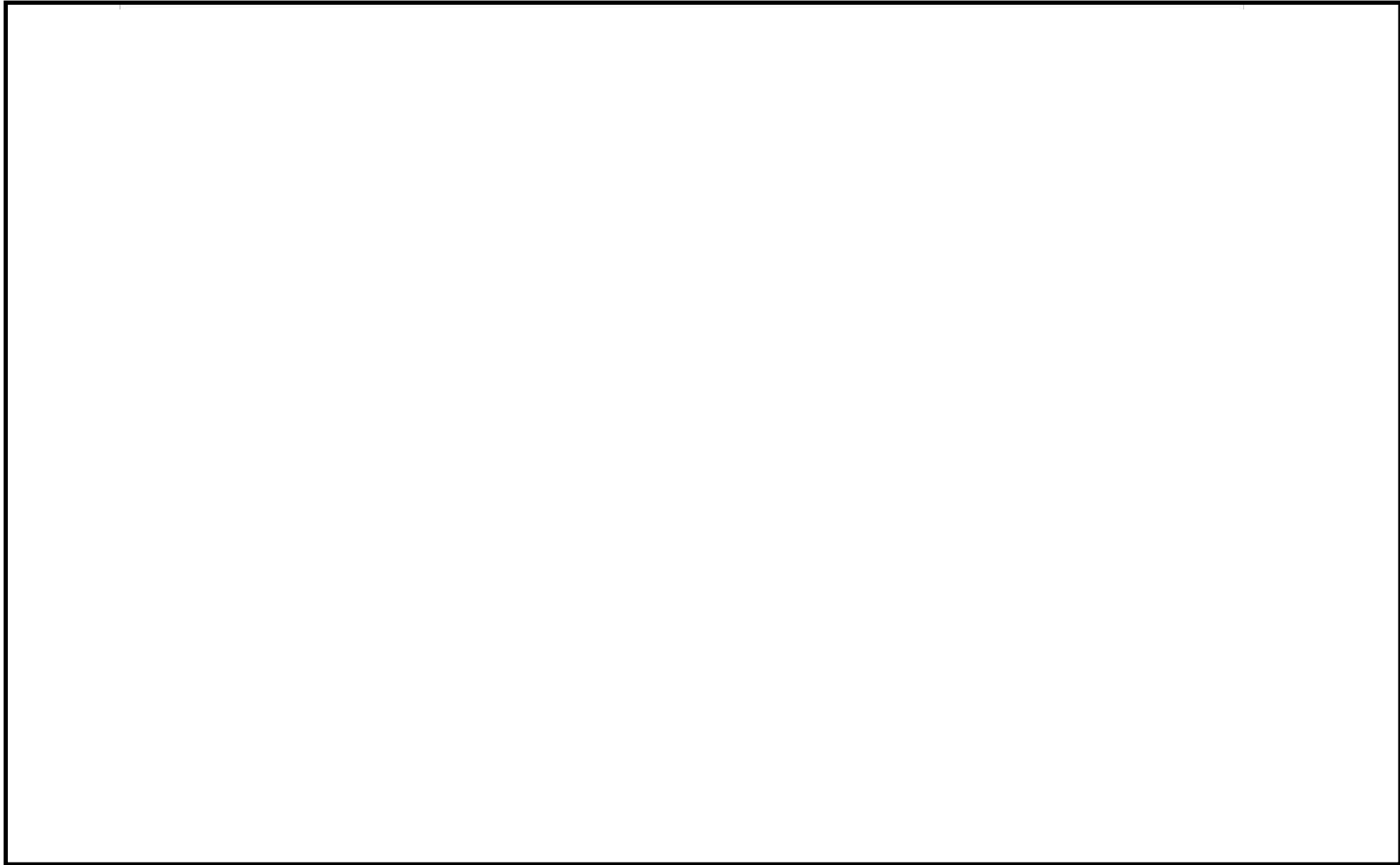
コンクリートのヤング係数 $E = 2.50 \times 10^4$ MPa

コンクリートのせん断弾性係数 $G = 1.04 \times 10^4$ MPa

コンクリートのポアソン比 0.2

鉄筋コンクリートの単位体積重量 $\gamma = 23.54$ kN/m³ (2.4t/m³をSI単位換算)

応力解析モデルを第 3.2-1 図に示す。



第 3.2-1 図 解析モデル

3.3 T/G架台の断面検定結果

各部材の断面算定は機器荷重変更後の荷重の組合せのうち最も不利な応力について行う。

(1) はり

長方形ばりとして断面算定を行う。

(2) 柱

長方形柱として断面算定を行い、コンクリートの全断面積に対する主筋全断面積の割合は、0.8%以上とする。

例としてY4通りの一層目及び二層目の柱断面 ($_1C X_1Y_4$, $_2C X_1Y_4$) 算定結果を表 3.3-1 及び表 3.3-2 に示す。同様に一層目及び二層目のはり断面 ($_1G Y_4$, $_2G Y_4$) 算定結果を表 3.3-3 に示す。

各表中で使用する記号は下記の通りである。

b	: 材の幅
D	: 材のせい
d	: 曲げ材の圧縮縁から引張鉄筋重心までの距離 (有効せい)
j	: 曲げ材の応力中心距離 ($7d/8$)
N	: 軸力
M	: 曲げモーメント
Q	: せん断力
N_D	: 設計用軸力
M_D	: 設計用曲げモーメント
Q_D	: 設計用せん断力
P_t	: 長方形ばり, 長方形柱の引張鉄筋比
a_{req}	: 引張鉄筋の必要断面積
f_s	: コンクリートの許容せん断応力度
α	: はり又は柱のせん断スパン比 M/Qd による割増し係数
f_t	: 鉄筋の許容引張応力度
p_w	: あばら筋比又は帯筋比

表 3.3-1 柱の断面検定結果（部材： $1C X_1 Y_4$ ）

柱 記 号		$1C X_1 Y_4$				
位 置		柱 頭		柱 脚		
方 向		X	Y	X	Y	
断面形	$b \times D$ (mm)					
	j (mm)					
	$b D$ ($\times 10^6 \text{mm}^2$)					
	$b D^2$ ($\times 10^{10} \text{mm}^3$)					
長期荷重時	N ($\times 10^3 \text{N}$)					
	M ($\times 10^6 \text{N} \cdot \text{mm}$)					
	Q ($\times 10^3 \text{N}$)					
短期荷重時	N ($\times 10^3 \text{N}$)					
	M ($\times 10^6 \text{N} \cdot \text{mm}$)					
	Q ($\times 10^3 \text{N}$)					
設計応力	長期					N_D ($\times 10^3 \text{N}$)
						M_D ($\times 10^6 \text{N} \cdot \text{mm}$)
						Q_D ($\times 10^3 \text{N}$)
	短期					N_D ($\times 10^3 \text{N}$)
						M_D ($\times 10^6 \text{N} \cdot \text{mm}$)
						Q_D ($\times 10^3 \text{N}$)
長期	$N_D / b D$ (MPa)					
	$M_D / b D^2$ (MPa)					
	P_t (%)					
短期	$N_D / b D$ (MPa)					
	$M_D / b D^2$ (MPa)					
	P_t (%)					
a_t (mm^2)						
配筋設計	引張側鉄筋					
	断面積 (mm^2)					
せん断力の検討	$f_s b j$ ($\times 10^3 \text{N}$)					
	P_w (%)					
	帯筋					
	帯筋比 (%)					

--

表 3.3-2 柱の断面検定結果 (部材: 2C X₁ Y₄)

柱 記 号		2C X ₁ Y ₄				
位 置		柱 頭		柱 脚		
方 向		X	Y	X	Y	
断面形	b × D (mm)					
	j (mm)					
	b D (× 10 ⁶ mm ²)					
	b D ² (× 10 ¹⁰ mm ³)					
長期荷重時	N (× 10 ³ N)					
	M (× 10 ⁶ N · mm)					
	Q (× 10 ³ N)					
短期荷重時	N (× 10 ³ N)					
	M (× 10 ⁶ N · mm)					
	Q (× 10 ³ N)					
設計応力	長期					N _D (× 10 ³ N)
						M _D (× 10 ⁶ N · mm)
						Q _D (× 10 ³ N)
	短期					N _D (× 10 ³ N)
						M _D (× 10 ⁶ N · mm)
						Q _D (× 10 ³ N)
長期	N _D /b D (MPa)					
	M _D /b D ² (MPa)					
	P _t (%)					
短期	N _D /b D (MPa)					
	M _D /b D ² (MPa)					
	P _t (%)					
a _t (mm ²)						
配筋設計	引張側鉄筋					
	断面積 (mm ²)					
せん断力の検討	f _s b j (× 10 ³ N)					
	P _w (%)					
	帯筋					
	帯筋比 (%)					

表 3.3-3 はりの断面検定結果

標 高		T. M. S. L. 20,400			T. M. S. L. 7,000					
は り 記 号		2GY4			1GY4					
位 置		X1 端	中 央	X2 端	X1 端	中 央	X2 端			
断面形	b × D (mm)									
	d (mm)									
	j (mm)									
長期荷重	M (×10 ⁶ N・mm)									
	Q (×10 ³ N)									
短期荷重	M (×10 ⁶ N・mm)									
	Q (×10 ³ N)									
設計応力	長期							M _D (×10 ⁶ N・mm)	上げ	
								Q _D (×10 ³ N)	下げ	
	短期							M _D (×10 ⁶ N・mm)	上げ	
								Q _D (×10 ³ N)	下げ	
長期	req a t (mm ²)							上げ		
								下げ		
短期	req a t (mm ²)							上げ		
								下げ		
	req a t (mm ²)							上げ		
								下げ		
設計配筋	上げ筋									
	下げ筋									
	断面積 (mm ²)							上げ	下げ	
せん断力の検討	f _s b j (×10 ³ N)									
	α									
	α f _s b j (×10 ³ N)									
	P _w (%)									
	配筋							あばら筋		
								あばら筋比 (%)		

4. まとめ

以上より，蒸気タービンの基礎が，間接支持する共振のおそれがある耐震重要度分類 Bクラスの施設の，安全機能を阻害することがないことを確認した。