

樋門胸壁の検討計算

以前の樋門樋管設計においては、「建設省制定土木構造物標準設計(樋門・樋管):(社)全日本建設技術協会」を基に胸壁の形状を決定していました。

胸壁が樋門と一体となっているのにも関わらず、逆T擁壁の扱いとして、安定計算を行い、その結果で底版の長さを決定し、滑動以外の転倒と地盤支持力が許容値以内で安定する自立構造物として扱われていました。このようにして、胸壁については一般的な擁壁の設計方法にて検討を行いました。

その後、平成5年に「柔構造樋門・樋管設計マニュアル(案):(財)国土開発技術研究センター」の指針本が出されてから、樋門樋管の胸壁の設計方法は樋門本体に固定された片持ち梁として扱われ、樋門樋管の設計方法が大きく変わり、次々と参考文献あるいは参考指導書が出てきました。

この「樋門胸壁の構造計算」プログラムは、その中の「柔構造樋門設計の手引き:(財)国土開発技術研究センター編 平成10年11月33日発行」に従って作成したものです。

「柔構造樋門設計の手引き」の胸壁に作用する土圧についての解説がありますが、それによれば、函体端部が地震時には変位すると想定される場合と、函体が1スパン等で地震時に函体により拘束されることが確かな場合とで地震時の土圧の考え方が違います。以下にその2ケースを記述しておきます。

- 1) 継ぎ足し樋門等、函体端部が胸壁と共に変位する場合の土圧・・・地震時主働土圧
- 2) 樋門樋管が1スパンで、胸壁が函体に拘束されている場合の土圧・・・地震時静止土圧

従って、上記2ケースによる、2種類のプログラムを別々に用意しました。このプログラムは、2)のケース地震時静止土圧によるプログラムとなっています。

1. プログラムの内容

- 1) 樋門と一体構造となっていることから胸壁部としての安定計算は行わない。
- 2) 胸壁縦壁及び底版の構造検討を行う。

2. 設計の概略的な条件

- 1) 常時と地震時の2ケースにて検討する。
- 2) 土圧は常時静止土圧及び地震時静止土圧による。
- 3) 直接基礎。
- 4) 胸壁縦壁及び胸壁底版は樋門と一体構造であり、それぞれ樋門本体に固定された片持ち梁として構造検討を行う
- 5) 単位はSI単位を使用。
- 6) 準拠示方書は「柔構造樋門設計の手引き:(財)国土開発技術研究センター編・平成10年11月30日発行」です。

3. 設計計算書の内容

樋門胸壁の検討計算書は以下の項目順序となっています。

- 1) 設計条件
- 2) 縦壁構造計算のための土圧、水圧の計算。
- 3) 縦壁構造計算のための応力度計算。
- 4) 縦壁の断面計算。
- 5) 底版上面応力度算出のための鉛直荷重の計算。
- 6) 底版上面応力度の算出。
- 7) 底版上面の断面計算。
- 8) 底版下面応力度算出のための鉛直荷重の計算。
- 9) 底版下面応力度算出のための地盤反力の計算。
- 10) 底版下面応力度の算出。

- 11) 底版下面の断面計算。
- 12) 配筋要領図(CADにて別途作成)

4. 作業手順

- 1) シート「データ入力」にて、設計条件、構造物形状、門柱と管渠の鉛直荷重等データの入力。
- 2) シート「断面計算(データ入力)」にて、鉄筋径、単位m当たり鉄筋本数のデータ入力。
- 3) 形状寸法図、荷重図、配筋要領図をCADにて別途作成し、シート「計算書作成」に貼付。
- 4) シート「計算書作成」を印刷。

5. データの入力方法

この樋門胸壁検討計算のプログラムで入力するデータは以下の通りです。

なお、 着色部の数値は、手で入力します。

(シート「データ入力」)

- 1) 計算書のタイトル。
- 2) 胸壁部の構造寸法。
- 3) 土圧係数算出の設計条件。
- 4) 上載土、活荷重の形状寸法。
- 5) 管渠の形状寸法。
- 6) 門柱部の鉛直荷重及び形状寸法。
- 7) 単位体積重量等設計の条件。
- 8) 水位条件。
- 9) コンクリート、鉄筋の許容値等、また鉄筋の被り。

(シート「断面計算」)

- 10) 鉄筋径、単位m当たり鉄筋本数が、鉄筋材料の許容値内に収まるよう入力。

6. CADによる作図

プログラムに添付してある、以下の説明図はプログラムとはリンクしていません。別途CADにて作り、シート「計算書作成」に貼付して下さい。

- ・ 胸壁形状寸法図
- ・ 載土荷重形状図
- ・ 管渠部荷重図
- ・ 配筋要領図

プログラムに添付してある図のCADデータを、プログラムと同じフォルダーに入れてあります。※
したCADは以下のもので、元のCADは「(株)ビッグバン BV-CAD」を使用して作成しました。

- ・ BV - CAD(ver. 3) (株)ビッグバン
- ・ AutoCAD2000 AutoCAD.CC
- ・ JW CAD
- ・ SXFファイル(SFC)

7. シート「計算書作成」の説明

計算書の印刷枠は、表示メニュー「改ページプレビュー」にて表示できます。印刷枠より外に以下のコメントがあります。参考にして下さい。

入力データより	: 入力したデータを読み取ります。
先計算結果より	: 計算書内で計算された値を読み取ります。
自動計算	: 数値の中に計算式が組み込まれてあり、自動計算します。
自動条件判定	: 計算書枠外にある変数から、条件判定をし、読み込みます。
条件用変数	: 条件判定用の数値です。(文字変数もあります)
CADにて作図	: CADで別途作図して下さい、プログラムとは別に作成します。
配筋に関する設計条件と	: 赤の文字は特に注意してください。

8. 計算書枚数

25枚(目次2枚込み)

別にシート「断面計算(データ入力)」に断面計算書が縦壁と底版で1枚あります、参考に付けていただいてもよろしいでしょう。

9. その他プログラムの使用法について

- ・画面上で「シート「データ入力）」と「シート「断面計算(入力と印刷)」」をExcelの画面上に並べてデータの入力をすると、計算結果を見て入力値を変えながら検討が出来ます。画面上での並べ方は、メニューの「ウィンドウ」「新しいウィンドウを開く」で同じデータが開きますから、その後、メニューの「ウィンドウ」「整列」「並べて表示」とします。それからその2画面別々に「シート「データ入力）」と「シート「断面計算(入力と印刷)」」を開きます。

10. 印刷方法について

- ・印刷の際、計算書の順番は、別フォルダー「計算書のPDF & DW」の中に、以下の2つのファイルが入っていますので、参考にして下さい。
 - PDFファイル
使用説明、データ入力、断面計算、計算書作成の全てのシートが順番に入っています。
 - DWファイル
DocuWorks ファイルです。計算書作成と断面計算を、提出できる形に順番に並べています。成果品提出の際は参考にして下さい。

入力データ

計算書タイトル

川表胸壁の検討

構造寸法

縦壁 高さ(底版上面より) $H = 3.700$ m

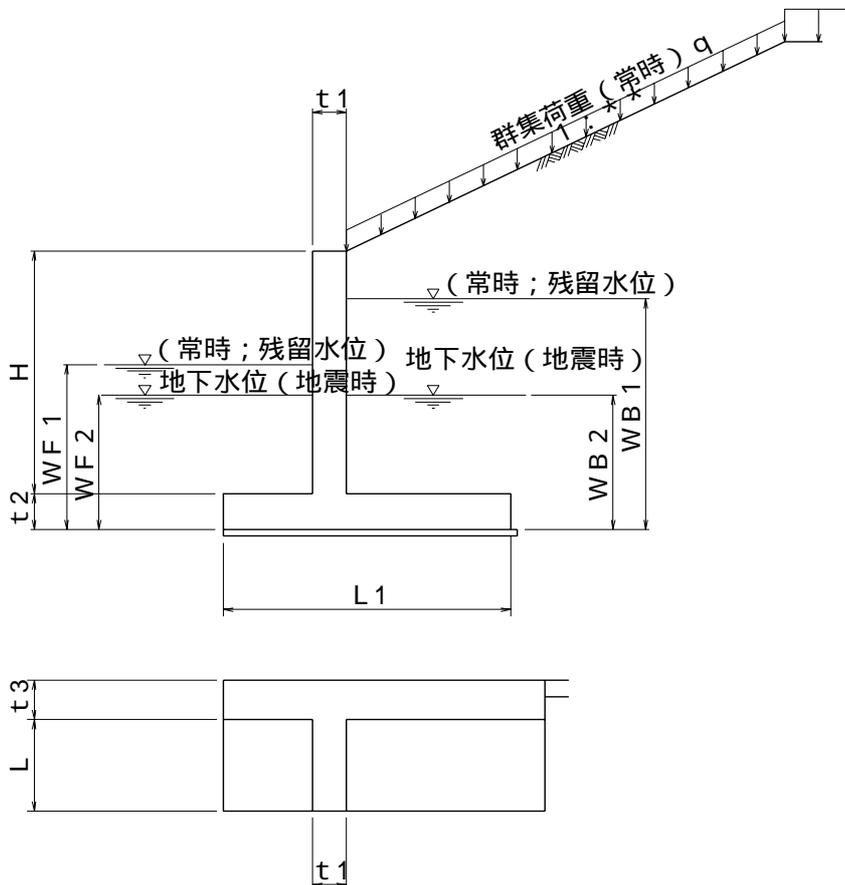
天端厚さ $t1 = 0.500$ m

底版 厚さ $t2 = 0.550$ m

胸壁張出し長 $L = 1.275$ m

断面計算有効幅 $B = 1.000$ m

自動車荷重(常時、地震時) P v



土圧係数の算出

常時静止土圧係数

$$K_0 = 0.5$$

内部摩擦角 (度)

$$= 30.000^\circ$$

地表面と水平面のなす角 (度)

勾配(水平:999999)

$$1 : 2$$

$$(= 26.565^\circ)$$

壁背面と鉛直面とのなす角 (度)

$$= 0.000^\circ$$

仮想背面と土との間の壁面摩擦角 (度)

常時 (土とコンクリート)

$$= 10^\circ$$

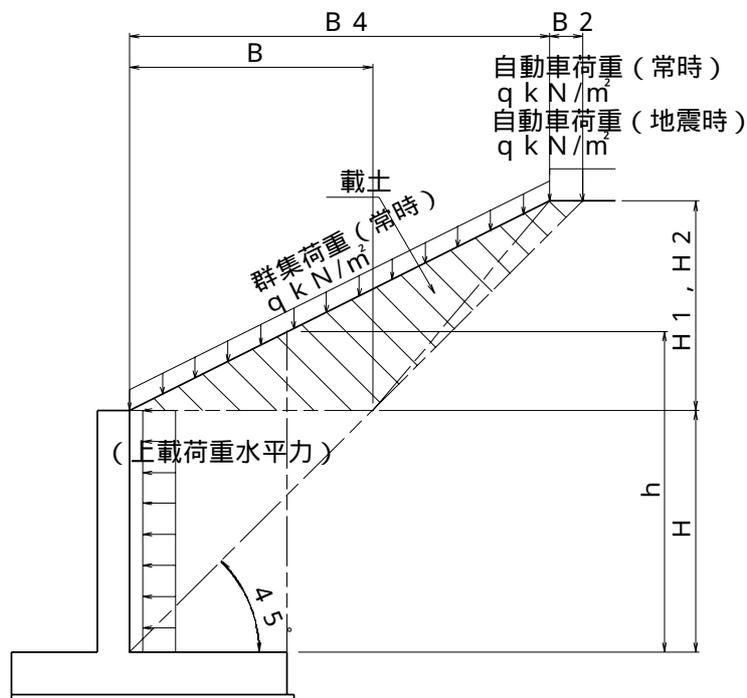
地震時 (土とコンクリート)

$$e = 0^\circ$$

上載載土の形状

形状 1	三角形	底辺 B 1	3.700 m
		高さ H 1	3.200 m
		換算幅 B	3.700
形状 2	三角形	底辺 B 2	0.500 m
		高さ H 2	3.200 m
		換算幅 B	3.700
形状 3	三角形	底辺 B 3	0.000 m
		高さ H 3	0.000 m
		換算幅 B	0.000
活荷重載荷幅 (通常の場合は 1 m)	(通常の場合は 1 m)	換算幅 B	0.500 m
		換算幅 B	3.700
群集荷重載荷幅 (通常の場合は 1 m)	(通常の場合は 1 m)	B 4	6.400 m
		換算幅 B	3.700 m

底版後肢端の最大土被り $h = 4.900 \text{ m}$



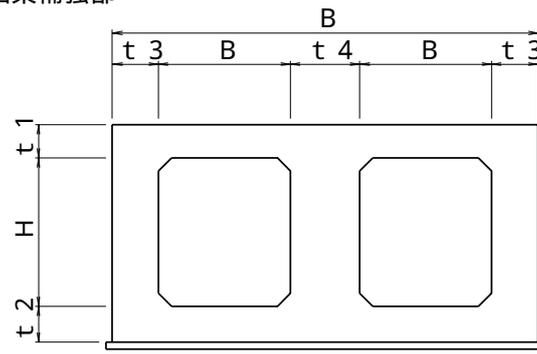
地盤反力算出データ(常時のみ)

連数 (1 連 or 2 連)

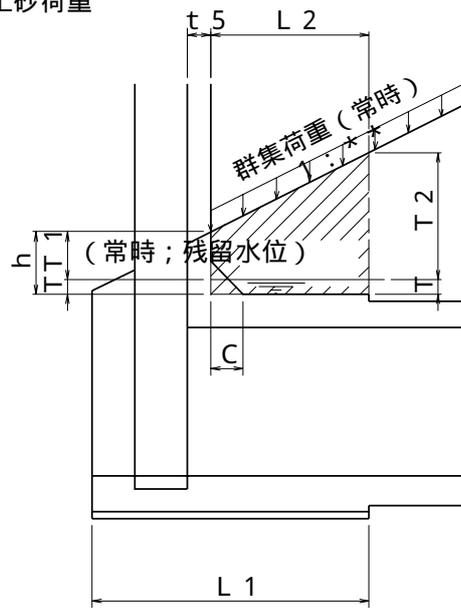
2 連

函渠構造寸法	函渠内軀高さ	H =	2.250 m
	函渠内軀幅(1連当り)	B =	2.000 m
	頂版厚さ	t1 =	0.500 m
	底版厚さ	t2 =	0.550 m
	側壁厚さ	t3 =	0.700 m
	中壁厚さ(1連の時 =0)	t4 =	1.050 m
	底版軸方向全長さ	L1 =	4.200 m
	函渠軸直角方向幅	B =	6.450 m
函渠上載載土	門柱側大気中土砂厚さ	T1 =	0.730 m
	堤防側大気中土砂厚さ	T2 =	1.930 m
	地下水以下土砂厚さ	T =	0.220 m
	土砂軸方向長さ	L2 =	2.400 m
門柱荷重(常時)	(門柱縦方向の計算より)		1500 kN
門柱部土留め壁	ハンチ	Z =	0.500 m
	土留め壁 厚さ	t5 =	0.350 m
	土留め壁 高さ	h =	0.950 m

函渠補強部



上載土砂荷重



設計条件

設計水平震度	K h		0.24
単位体積重量	コンクリート	c	24.50 kN/m ³
	土 (大気中)	s	18.60 kN/m ³
	(飽和状態)	sat	19.60 kN/m ³
	(水中)	sw	9.80 kN/m ³
	水	w	9.80 kN/m ³

残留水位	常時(底版下面より)		3.520 m
	(壁上端より)	(0.730 0.73 m)
	地震時(底版下面より)		2.050 m
	(壁上端より)	(2.200 2.2 m)

前肢水位	常時(底版下面より)		2.520 m
	地震時(底版下面より)		2.050 m

水圧(水位差)			
	常時	(1.000 m)
	地震時	(0.000 m)

活荷重	自動車荷重(常時)		9.80 kN/m ²
	群集荷重(常時)		3.43 kN/m ²
	自動車荷重(地震時)		4.90 kN/m ²

断面計算

鉄筋被り	縦壁	12 cm
	底版(上面)	12 cm
	底版(下面)	15 cm

コンクリートの設計基準強度 23.5 N/mm²

鉄筋材質 SD345

許容応力度

常時 (圧縮)	c a	7.80 N/mm ²	7.8	7.8
(引張)	s a	156.9 N/mm ²		
(剪断)	a	0.38 N/mm ²	0.38	0.38
地震時 (圧縮)	c a	11.7 N/mm ²		
(引張)	s a	294.15 N/mm ²		
(剪断)	a	0.57 N/mm ²		

許容応力度の割増し係数

一般	1.5
(地震時 sa) / (常時 sa) (1.8748)

緑色は自動計算になっていますが、修正可能です。

網掛けは修正の必要はありません。

川表胸壁の検討

目 次

1 . 設計条件	-----
2 . 形状寸法図	-----
3 . 荷重の組み合わせ	-----
4 . 縦壁の検討	-----
4 . 1 荷重	-----
1) 縦壁部材の荷重	-----
2) 土圧係数	-----
3) 上載荷重	-----
4) 土圧	-----
5) 水圧	-----
4 . 2 荷重の集計と応力度	-----
4 . 3 断面計算	-----
5 . 底版の検討	-----
5 . 1 底版上面	-----
5 . 1 . 1 荷重	-----
1) 底版部材の荷重	-----
2) 盛り土の鉛直荷重	-----
3) 活荷重	-----
4) 揚圧力	-----
5 . 1 . 2 荷重の集計と応力度	-----
5 . 1 . 3 断面計算	-----
5 . 2 底版下面	-----
5 . 2 . 1 函渠部構造図	-----

5.2.2	荷重	-----
1)	函渠補強部の荷重	-----
2)	函渠補強部上載土の荷重(水重含む)	-----
3)	胸壁自重	-----
4)	胸壁部背面土砂、水重	-----
5)	門柱荷重	-----
6)	ハンチ、土留め壁	-----
7)	揚圧力	-----
5.2.3	地盤反力の算出	-----
1)	荷重の集計	-----
2)	地盤反力	-----
3)	底版下面作用力の算出	-----
5.2.4	応力度の計算	-----
5.2.5	断面計算	-----
6.	配筋要領図	-----

1. 設計条件

川表胸壁の設計に使用する設計条件は、以下のとおりである。

1) 材料の単位体積重量

鉄筋コンクリート		c	=	24.5	kN/m ³
裏込土	(大気中)	s	=	18.6	kN/m ³
	(飽和状態)	sat	=	19.6	kN/m ³
	(水中)	sw	=	9.8	kN/m ³
水		w	=	9.8	kN/m ³

2) 設計水平震度

$$KH = 0.24$$

3) 水位 (底版下面より)

壁背面 (地下水位)

常時	WB1	=	3.520	m
地震時	WB2	=	2.050	m

壁前面 (水位)

常時	WF1	=	2.520	m
地震時	WF2	=	2.050	m

4) 土圧係数

常時	静止土圧係数	K ₀	=	0.5
地震時	地震時静止土圧係数	K _{ea}	=	(計算による)

5) 活荷重

常時	自動車荷重	P _{v1}	=	9.80	kN/m ²
	群集荷重	q	=	3.43	kN/m ²
地震時	自動車荷重	P _{v2}	=	4.90	kN/m ²

6) 鉄筋の被り

縦壁	12.0	cm
底版(上面)	12.0	cm
底版(下面)	15.0	cm

7) 使用材料

・コンクリート設計基準強度	ck	=	23.50	N/mm ²
・鉄筋の種類			SD345	

8) 許容応力度

・鉄筋コンクリート部材

			常 時		地震時	
圧縮	ca	=	7.80	N/mm ²	11.70	N/mm ²
引張り	sa	=	156.90	N/mm ²	294.15	N/mm ²
剪断	a	=	0.38	N/mm ²	0.57	N/mm ²

準拠示方書及び参考文献

柔構造樋門設計の手引き

(財)国土開発技術研究センター

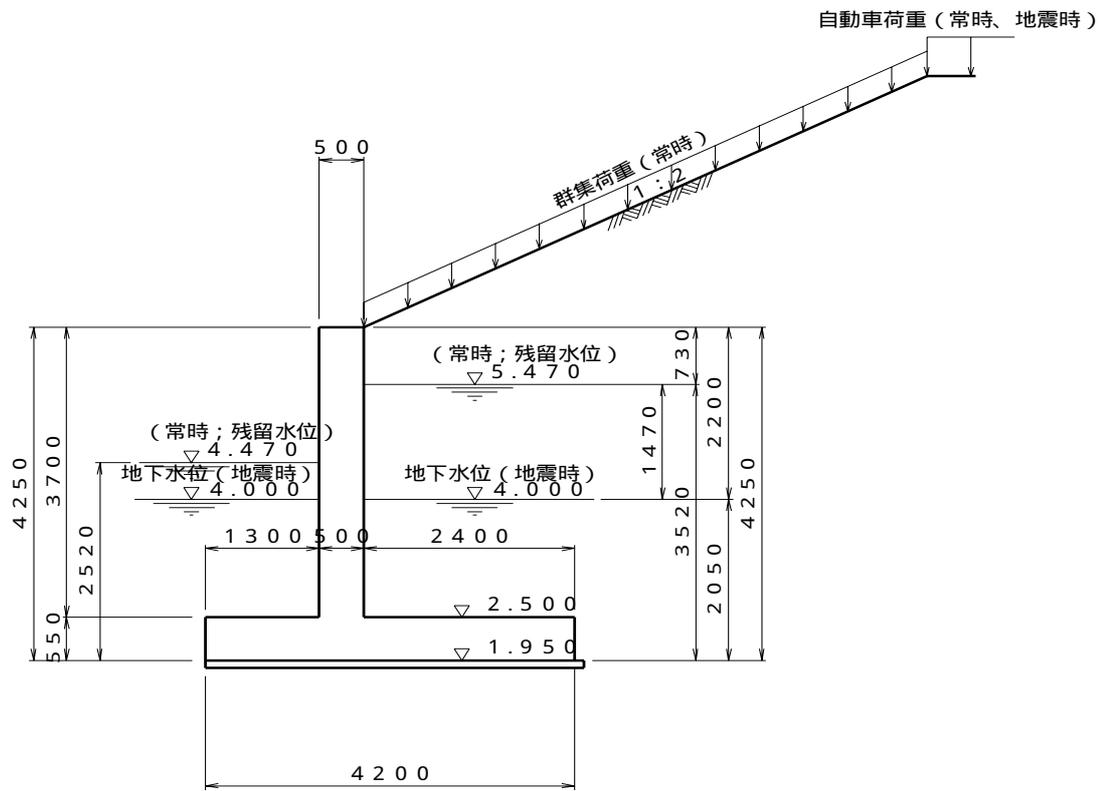
建設省河川砂防技術基準(案)

(社)日本河川協会

土木構造物設計マニュアル(案)

国土交通省土木研究所

2. 形状寸法図



3 . 荷重の組合せ

1) 縦壁の計算時

・ 常時

荷重組合せ

載土荷重による水平力

活荷重による水平力

土圧による水平力

水圧による水平力

・ 地震時

荷重組合せ

躯体自重による水平力

活荷重による水平力

土圧による水平力

水圧による水平力

2) 底版の計算時

・ 常時

荷重組合せ (底版上面)

底版自重による鉛直荷重

載土による鉛直荷重

活荷重

荷重組合せ (底版下面)

函渠補強部の地盤反力

胸壁自重の控除

胸壁載土、水重の控除

・ 地震時

地震時の鉛直荷重を考えたとき、自重や、載土の鉛直荷重は常時とほぼ変わらない。しかも、部材の許容値は常時の 1.5倍であることから、地震時における底版の検討は省略する。

4. 縦壁の検討

胸壁の縦壁は樋門本体に固定された片持ち梁として設計する。従って、荷重が最大となる縦壁下端位置の荷重を用いて設計を行う。

4.1 荷重

1) 縦壁部材の荷重

(地震時水平力)

$$w = 0.500 * 24.5 * 0.24 = 2.94 \text{ kN/m}^2$$

2) 土圧係数

・常時

$$\text{静止土圧係数} \quad K_0 = 0.5$$

・地震時

地震時静止土圧係数

$$K_e = K_0 + (K_{ea} - K_a)$$

K_e : 地震時静止土圧係数

K_0 : 常時の静止土圧係数

K_{ea} : 地震時の主働土圧係数

K_a : 常時の主働土圧係数

主働土圧係数算出の条件

$$\text{土のせん断抵抗角 (度)} = 30^\circ$$

$$\text{地表面と水平面とのなす角 (度)} = 26.565^\circ$$

$$\text{壁背面と鉛直面とのなす角 (度)} = 0.000^\circ$$

壁背面と土との間の壁面摩擦角 (度)

$$\text{常時 (土とコンクリート)} = 10.00^\circ$$

$$\text{地震時 (土とコンクリート)} \quad e = 0.00^\circ$$

$$\theta = \tan^{-1} \cdot Kh \quad (Kh = 0.24)$$

$$= 13.496^\circ$$

ただし、常時において $\gamma < 0$ のときは、

$$\sin(\gamma) = 0$$

地震時において $\gamma < 0$ のときは、

$$\sin(\gamma) = 0$$

とする。

$$\gamma = 3.435 > 0$$

$$\gamma = -10.061 < 0$$

(常時主働土圧係数)

$$(土とコンクリート) \quad Ka = 0.521$$

(地震時主働土圧係数)

・大気中部分

$$(土とコンクリート) \quad Kea = 0.972$$

・水中部分

単位体積重量 (湿潤状態)	s =	18.60	kN/m ³
(飽和状態)	sat =	19.60	kN/m ³
(水中)	sw =	9.80	kN/m ³

みかけの水平震度 KH'

$$KH' = (s \cdot h + sat \cdot hw + q') / (s \cdot h + sw \cdot hw + q') \cdot KH$$

ここに、

(大気中の層厚)	h =	2.200	m
(水中の層厚)	hw =	1.500	m
(地震時の活荷重)	q' =	4.90	kN/m ²

$$KH' = 0.298$$

$$\theta = \tan^{-1} KH'$$

$$= 16.594^\circ$$

$$- \theta - 0 = -13.159 < 0$$

(土とコンクリート)

$$Keaw = 1.030$$

(地震時静止土圧係数)

・大気中部分

$$\begin{aligned} Ke &= K_0 + (Kea - Ka) \\ &= 0.50 + (0.972 - 0.521) \\ &= 0.951 \end{aligned}$$

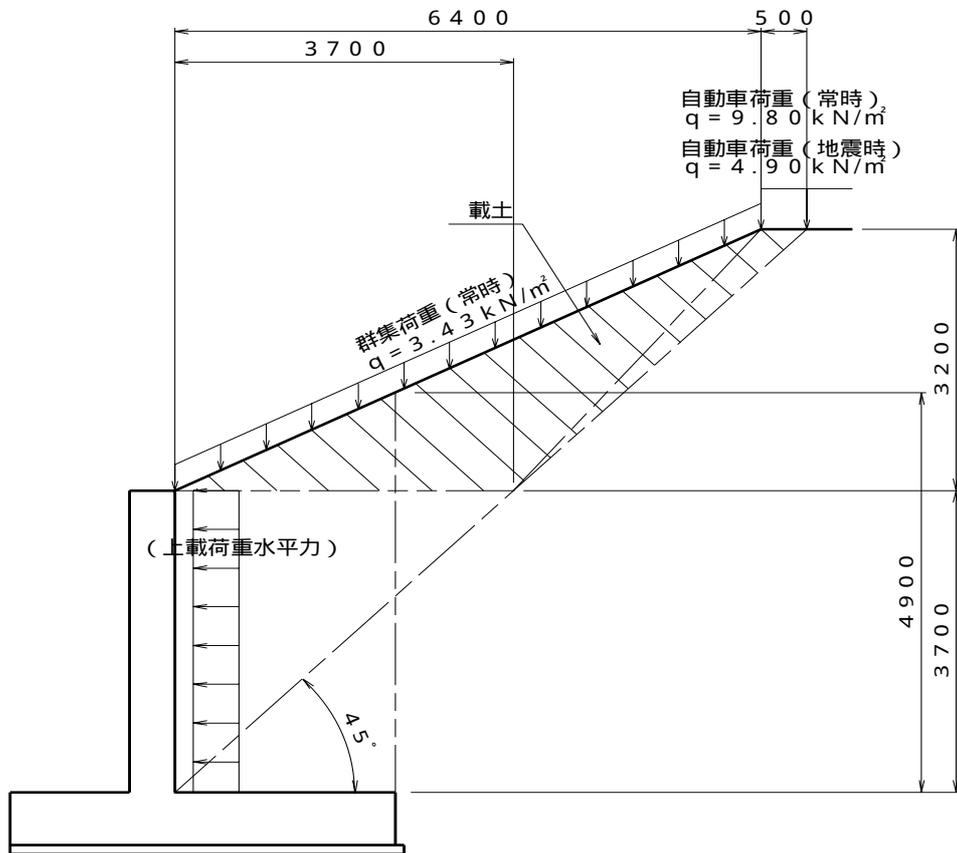
・水中部分

$$\begin{aligned} Kew &= K_0 + (Keaw - Ka) \\ &= 0.50 + (1.030 - 0.521) \\ &= 1.009 \end{aligned}$$

3) 上載荷重

(載土荷重の形状)

土圧係数は静止土圧係数を用いることから、縦壁天端より上の土については、崩壊角(45°)で囲まれる土の部分を上載荷重として換算する。



・常時

	b (m)	h (m)	単位荷重	換算幅	q (kN/m ²)
載土荷重					
	3.700	3.200 / 2	18.60	3.700	29.76
	0.500	3.200 / 2	18.60	3.700	4.02
	0.000	0.000 / 2	18.60	0.000	0.00
自動車荷重					
	0.500	9.80 / 3.700			1.32
群集荷重					
	6.400	3.43 / 3.700			5.93
q					41.03

上載荷重水平力

$$\begin{aligned}
 q_h &= q * K_0 \\
 &= 41.03 * 0.5 = 20.52 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

・地震時

	b (m)	h (m)	単位荷重	換算幅	q (kN/m ²)
載土荷重					
	3.700	3.200 / 2	18.60	3.700	29.76
	0.500	3.200 / 2	18.60	3.700	4.02
	0.000	0.000 / 2	18.60	0.000	0.00
自動車荷重					
	0.500	4.90 / 3.700			0.66
q					34.44

上載荷重水平力

$$\begin{aligned}
 q_h &= q * (h * Ke_a + h_w * Ke_w) / H \\
 &= (2.200 * 0.951 + 1.500 * 1.009) \\
 &\quad / 3.700 * 34.44 = 33.56 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

4) 土圧

・常時

$$\text{裏込土の単位体積重量(湿潤)} \quad s = 18.6 \text{ kN/m}^3$$

$$\text{裏込土の単位体積重量(水中)} \quad sw = 9.8 \text{ kN/m}^3$$

$$\text{大気中土層厚} \quad H1 = 0.730 \text{ m}$$

$$\text{水中土層厚} \quad H2 = 2.970 \text{ m}$$

地下水位位置における土圧強度

$$\begin{aligned} p1 &= s * Ka * H1 \\ &= 18.6 * 0.5 * 0.730 = 6.79 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

縦壁下端位置における土圧強度

$$\begin{aligned} p2 &= p1 + sw * Ka * H2 \\ &= 6.79 + 9.8 * 0.5 * 2.970 = 21.34 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

・地震時

$$\text{裏込土の単位体積重量(湿潤)} \quad s = 18.6 \text{ kN/m}^3$$

$$\text{裏込土の単位体積重量(水中)} \quad sw = 9.8 \text{ kN/m}^3$$

$$\text{大気中土層厚} \quad H1 = 2.200 \text{ m}$$

$$\text{水中土層厚} \quad H2 = 1.500 \text{ m}$$

地下水位位置における土圧強度

$$\begin{aligned} p1 &= s * Kea * H1 \\ &= 18.6 * 0.951 * 2.200 = 38.91 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

縦壁下端位置における土圧強度

$$\begin{aligned} p2 &= p1 + sw * Keaw * H2 \\ &= 38.91 + 9.8 * 1.009 * 1.500 = 53.74 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

5) 水圧

・常時

$$\text{壁背面の水位高} \quad \text{WB1} = 2.970 \text{ m}$$

$$\text{壁前面と背面の水位差} \quad \text{WB1}' = 1.000 \text{ m}$$

縦壁下端位置における水圧強度

$$\begin{aligned} \text{Wh1} &= w * \text{WB1}' \\ &= 9.8 * 1.000 = 9.80 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

・地震時

$$\text{壁背面の水位高} \quad \text{WB2} = 1.500 \text{ m}$$

$$\text{壁前面と背面の水位差} \quad \text{WB2}' = 0.000 \text{ m}$$

水圧力

$$\begin{aligned} \text{Wh2} &= w * \text{WB2}' \\ &= 9.8 * 0.000 = 0.00 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

4.2 荷重の集計と応力度

・常時（水平方向）

	水平力 H (kN/m ²)
上載荷重による水平力	20.52
裏込土による土圧	21.34
水圧力	9.80
合計	51.66

曲げモーメント

$$\begin{aligned}
 M &= 1/2 * H * L^2 \\
 &= 1 / 2 * 51.66 * 1.275^2 &= 41.99 \text{ kN}\cdot\text{m}
 \end{aligned}$$

せん断力

$$\begin{aligned}
 S &= H * L \\
 &= 51.66 * 1.275 &= 65.87 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

・地震時（水平方向）

	水平力 H (kN/m ²)
躯体自重による水平力	2.94
上載荷重による水平力	33.56
裏込土による土圧	53.74
水圧力	0.00
合計	90.24

曲げモーメント

$$\begin{aligned}
 M &= 1/2 * H * L^2 \\
 &= 1 / 2 * 90.24 * 1.275^2 &= 73.35 \text{ kN}\cdot\text{m}
 \end{aligned}$$

せん断力

$$\begin{aligned}
 S &= H * L \\
 &= 90.24 * 1.275 &= 115.06 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

4.3 断面計算

・応力

曲げモーメント $M = 41.99 \text{ kN}\cdot\text{m}$ (常時 より)

せん断力 $S = 115.06 \text{ kN}$ (地震時 より)

・断面寸法

部材幅 $B = 100.0 \text{ cm}$

部材高 $H = 50.0 \text{ cm}$

有効高 $D = 38.0 \text{ cm}$

かぶり $D' = 12.0 \text{ cm}$

・鉄筋量

$D \ 19 \ * \ 4.00 \ \text{本} = 11.46 \text{ cm}^2$

・断面計算

圧縮応力度 $c = 2.46 \text{ N/mm}^2$ ($ca = 7.80 \text{ N/mm}^2$)

引張応力度 $s = 105.5 \text{ N/mm}^2$ ($sa = 156.9 \text{ N/mm}^2$)

せん断力応力度 $= 0.30 \text{ N/mm}^2$ ($a = 0.57 \text{ N/mm}^2$)

5 . 底版の検討

胸壁底版は樋門本体に固定された片持ち梁として設計する。検討の条件は以下の2ケースで行う。尚、鉛直荷重は常時も地震時もほとんど差が無いことから、常時の検討だけ行う。

- 1 . 底版上面：底版上面に活荷重、土重等が作用し、地盤反力が作用せず函渠によって片持ち梁の状態を支えられているケース。
- 2 . 底版下面：函体補強部、門柱、函体上部の載土等の荷重を、函体補強部と胸壁底版の全底版面積で除した等分布荷重が胸壁底版下面に地盤反力として作用し、函渠によって片持ち梁の状態を支えられているケース。

5 . 1 底版上面

5 . 1 . 1 荷重

1) 底版部材の荷重

$$\text{底版の部材厚} \quad t = \quad 0.550 \quad \text{m}$$

$$w1 = 0.550 * 24.5 = 13.48 \text{ kN/m}^2$$

2) 盛り土の鉛直荷重

・常時

$$\text{裏込土の単位体積重量(湿潤)} \quad s = \quad 18.6 \quad \text{kN/m}^3$$

$$\text{裏込土の単位体積重量(飽和状態)} \quad sw = \quad 19.6 \quad \text{kN/m}^3$$

$$\text{底版後肢端の最大土被り} \quad H = \quad 4.900 \quad \text{m}$$

$$\text{大気中土層厚} \quad H1 = \quad 1.930 \quad \text{m}$$

$$\text{水中土層厚} \quad H2 = \quad 2.970 \quad \text{m}$$

$$w2 = 1.930 * 18.6 + 2.970 * 19.6 = 94.11 \text{ kN/m}^2$$

3) 活荷重

・常時

$$\text{自動車荷重} \quad p = \quad 9.80 \text{ kN/m}^2$$

$$w3 = 9.800 = 9.800 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{群集荷重} \quad p = \quad 3.43 \text{ kN/m}^2$$

$$w4 = 3.430 = 3.430 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{活荷重の合計} = 13.23 \text{ kN/m}^2$$

4) 揚圧力

底版後肢端の残留水位 WB1 = 3.520 m

(後肢端の最大揚圧力)

$$u = 3.520 * 9.8 = -34.50 \text{ kN/m}^2$$

5.1.2 荷重の集計と応力度

・常時

(底版上面荷重)

荷重名称	鉛直力 V (kN/m ²)
底版自重	13.48
盛り土荷重	94.11
活荷重	13.23
揚圧力	-34.50
合計	86.32

曲げモーメント

$$\begin{aligned} M &= 1/2 * v * L^2 \\ &= 1 / 2 * 86.32 * 1.275^2 = 70.16 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

せん断力

$$\begin{aligned} S &= v * L \\ &= 86.32 * 1.275 = 110.06 \text{ kN} \end{aligned}$$

5.1.3 断面計算

(底版上面)

・応力

$$\text{曲げモーメント} \quad M = 70.16 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\text{せん断力} \quad S = 110.06 \text{ kN}$$

・断面寸法

$$\text{部材幅} \quad B = 100.0 \text{ cm}$$

$$\text{部材高} \quad H = 55.0 \text{ cm}$$

$$\text{有効高} \quad D = 43.0 \text{ cm}$$

$$\text{かぶり} \quad D' = 12.0 \text{ cm}$$

・鉄筋量

$$D \quad 22 \quad * \quad 4.00 \quad \text{本} \quad = \quad 15.484 \text{ cm}^2$$

・断面計算

$$\text{圧縮応力度} \quad c = 3.0 \text{ N/mm}^2 \quad (ca = 7.8 \text{ N/mm}^2)$$

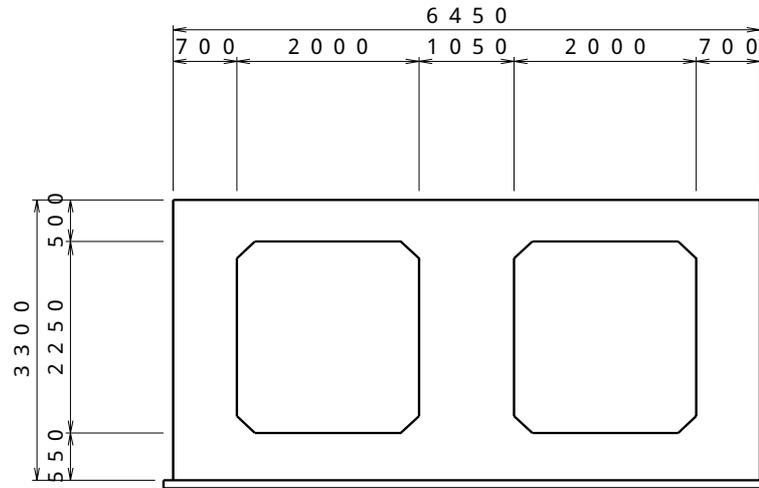
$$\text{引張応力度} \quad s = 116.2 \text{ N/mm}^2 \quad (sa = 156.9 \text{ N/mm}^2)$$

$$\text{せん断力応力度} \quad = 0.26 \text{ N/mm}^2 \quad (a = 0.38 \text{ N/mm}^2)$$

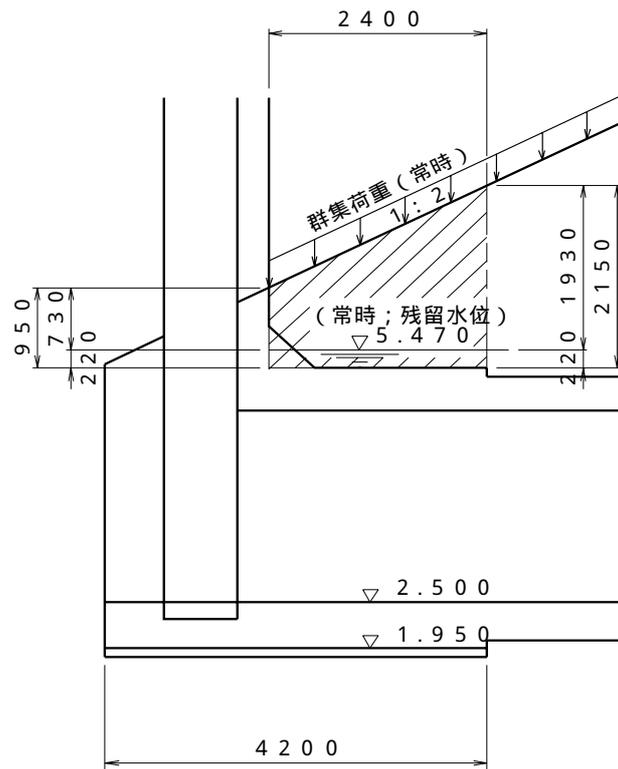
5.2 底板下面

5.2.1 函渠部荷重図

函渠補強部



上載土砂荷重



5.2.2 荷重

1) 函渠補強部の荷重

頂版	$w1 = 6.450 * 4.200 * 0.500 * 24.50$	=	331.85 kN
側壁	$w2 = 0.700 * 4.200 * 2.250 * 24.50 * 2$	=	324.14 kN
中壁	$w3 = 1.050 * 4.200 * 2.250 * 24.50$	=	243.10 kN
底版	$w4 = 6.450 * 4.200 * 0.550 * 24.50$	=	365.04 kN
	$W =$	=	1264.13 kN

2) 函渠補強部上載土の荷重(水重含む)

空中土砂	$w1 = 1 / 2 * 2.400 * 1.200 * 6.450 * 18.60$	=	172.76 kN
空中土砂	$w2 = 2.400 * 0.730 * 6.450 * 18.60$	=	210.19 kN
水中土砂	$w3 = 2.400 * 0.220 * 6.450 * 19.60$	=	66.75 kN
	$W =$	=	449.70 kN

3) 胸壁自重

縦壁	$w1 = 0.500 * 3.700 * 1.275 * 24.50 * 2$	=	115.58 kN
底版	$w2 = 4.200 * 0.550 * 1.275 * 24.50 * 2$	=	144.32 kN
	$W =$	=	259.90 kN

4) 胸壁部背面土砂、前面水重

空中土砂	$w1 = 1 / 2 * 2.400 * 1.200 * 1.275 * 18.60 * 2$	=	68.30 kN
空中土砂	$w2 = 2.400 * 0.730 * 1.275 * 18.60 * 2$	=	83.10 kN
水中土砂	$w3 = 2.400 * 2.970 * 1.275 * 19.60 * 2$	=	356.26 kN
前面水重	$w4 = 1.300 * 1.970 * 1.275 * 9.80 * 2$	=	64.00 kN
	$W =$	=	571.66 kN

5) 門柱荷重

$W =$	(門柱縦方向の計算結果より。)	=	1500.00 kN
-------	-----------------	---	------------

6) ハンチ、土留め壁

$$\begin{aligned} \text{ハンチ } w1 &= 1 / 2 * 0.500 * 0.500 * 6.450 * 24.50 = 19.75 \text{ kN} \\ \text{土留壁 } w2 &= 2.000 * 0.950 * 0.350 * 24.50 * 2 = 32.59 \text{ kN} \\ W &= 52.34 \text{ kN} \end{aligned}$$

7) 揚圧力

$$\begin{aligned} u1 &= -1 / 2 * 4.200 * 1.000 * 6.450 * 9.80 = -132.74 \text{ kN} \\ u2 &= -4.200 * 2.520 * 6.450 * 9.80 = -669.01 \text{ kN} \\ U &= -801.75 \text{ kN} \end{aligned}$$

5.2.3 地盤反力の算出

1) 荷重の集計

荷重名称	鉛直力 V (kN)
函渠補強部の荷重	1264.13
函渠補強部上載土荷重	449.70
胸壁自重	259.90
胸壁部背面土砂、水重	571.66
門柱荷重	1500.00
ハンチ、土留め壁	52.34
揚圧力	-801.75
合計	3295.98

2) 地盤反力

$$\begin{aligned} \text{底版面積 } A &= 4.200 * (6.450 + 1.275 * 2) = 37.800 \text{ m}^2 \\ \text{単位面積地盤反力 } q1 &= 3295.98 / 37.800 = 87.20 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

3) 底版下面作用力の算出

上記により算出した全体の地盤反力に対し、胸壁底版部分について検討する際、胸壁底版や胸壁部の土重水重の鉛直力は、全地盤反力から差し引いて検討する。

$$\text{胸壁部地盤反力} = \text{函渠補強部全地盤反力} - \text{胸壁部の鉛直荷重}$$

尚、胸壁底版において鉛直荷重が少ない位置は胸壁前端部であることから、その位置にて検討を行う。

$$\text{底版自重} \quad W = 0.550 * 24.50 = 13.48 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{土重} \quad W = (\text{前肢部に載土は無いものと仮定する。}) = 0.00 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{水重} \quad W = 1.970 * 9.80 = 19.31 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{揚圧力} \quad U = -2.520 * 9.80 = -24.70 \text{ kN/m}^2$$

$$W = 8.09 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{胸壁部地盤反力} \quad q = 87.20 - 8.09 = 79.11 \text{ kN/m}^2$$

5.2.4 応力度の計算

曲げモーメント

$$\begin{aligned} M &= 1/2 * w * L^2 \\ &= 1/2 * 79.11 * 1.275^2 = 64.30 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

せん断力

$$\begin{aligned} S &= w * L \\ &= 79.11 * 1.275 = 100.87 \text{ kN} \end{aligned}$$

5.2.5 断面計算

(底版下面)

・応力

$$\text{曲げモーメント} \quad M = 64.30 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\text{せん断力} \quad S = 100.87 \text{ kN}$$

・断面寸法

$$\text{部材幅} \quad B = 100 \text{ cm}$$

$$\text{部材高} \quad H = 55 \text{ cm}$$

$$\text{有効高} \quad D = 40 \text{ cm}$$

$$\text{かぶり} \quad D' = 15 \text{ cm}$$

・鉄筋量

$$D \quad 22 \quad * \quad 4 \quad \text{本} \quad = \quad 15.484 \text{ cm}^2$$

・断面計算

$$\text{圧縮応力度} \quad c = 3.09 \text{ N/mm}^2 \quad (ca = 7.8 \text{ N/mm}^2)$$

$$\text{引張応力度} \quad s = 114.8 \text{ N/mm}^2 \quad (sa = 156.9 \text{ N/mm}^2)$$

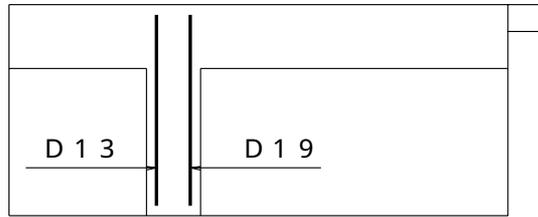
$$\text{せん断力応力度} \quad = 0.25 \text{ N/mm}^2 \quad (a = 0.38 \text{ N/mm}^2)$$

断面計算（参考資料）

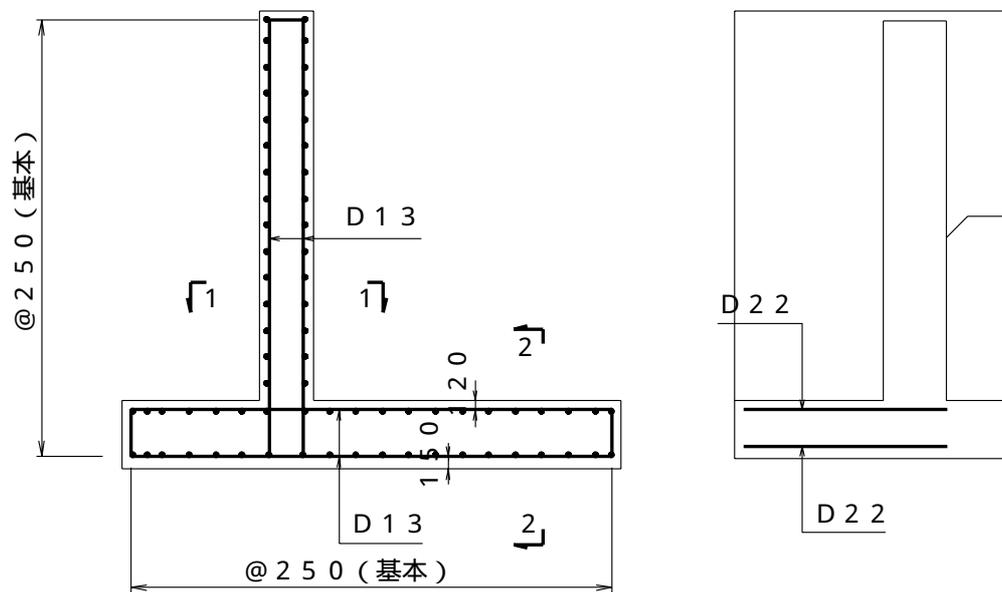
項目	記号	単位	縦 壁		底版上面		底版下面	
曲げモーメント	M	kN・m	41.99		70.16		64.30	
せん断力	S	kN	115.06		110.06		100.87	
有効幅	B	cm	100.0		100.0		100.0	
全高	H	cm	50.0		55.0		55.0	
引張鉄筋被り	d	cm	12.0		12.0		15.0	
鉄筋断面積	A _s	mm ² ・本	D 19	4.00	D 22	4.00	D 22	4.00
鉄筋径 * 本数		cm ²	11.46		15.48		15.48	
鉄筋比	P		0.0030		0.0036		0.0039	
実応力度（圧縮）	c	N/mm ²	OK	2.46	OK	3.00	OK	3.09
	s	N/mm ²	OK	105.53	OK	116.18	OK	114.83
		N/mm ²	OK	0.30	OK	0.26	OK	0.25
許容応力度（圧縮）	c _a	N/mm ²	7.8		7.8		7.8	
	s _a	N/mm ²	156.9		156.9		156.9	
	a	N/mm ²	0.57		0.38		0.38	

6. 配筋要領図

(縦壁 1 - 1)



(底板 2 - 2)



- ・定着長は、 $35D$ とする。
- ・鉄筋定尺長は、12mを限度とする。
- ・鉄筋被りは、底板下面を150mmとし、その他については、120mmとする。
- ・配力筋は $D13@250$ とする。