

U型水路の検討計算(鉄筋の段落とし)

ここでのU型水路の検討計算は、一般構造物で、鉄筋を必要とする鉄筋構造物を対象としており、尚かつ鉄筋の段落としを検討できるプログラムとして作成しました。

近年の構造物は「土木構造物設計マニュアル」等に示されるように、施工性重視により、縦壁の断面変化を行わなくなり、また鉄筋の段落としも行わないのですが、このプログラムは、その指針等が発行される前に作成した物で、鉄筋の段落としの検討が出来るように作成してあります。ただ、縦壁の断面変化は行わず、矩形断面です。鉄筋の段落としを必要とされない場合は別のプログラムが用意してありますので、そちらをご利用下さい。

1. プログラムの内容

- 1) 地盤支持力の検討。
- 2) 地下水位による水路の浮き上がりの検討。
- 3) U型水路の縦壁、底版の構造検討。
- 4) U型水路縦壁の鉄筋段落とし検討。

2. 設計の概略的な条件

- 1) 常時、水位あり。
- 2) 土圧は静止土圧係数を使用。
- 3) 直接基礎。
- 4) 壁の断面力の算出は、片持ち梁として計算。
- 5) 壁に入れる縦方向主鉄筋については、鉄筋配置を倍ピッチにした時の段落とし可能な位置を、抵抗モーメントを算出して求める。
- 6) 底版については、壁の下端に発生する曲げモーメントにて底版両端部下面の断面計算を行う。底版中央部上面についての曲げモーメント算出は、側壁の荷重を底版幅で除して等分布荷重の地盤反力が作用するとして算出する。単純梁のモーメントは $M = 1 / 8 * w * L^3$ より求まり、その値から側壁下端部のモーメントを控除することから、底版幅が大きいこと、側壁からの荷重が大きく、モーメントが小さい等の条件が重なると、底版中央部上面にモーメントが発生するケースも考えられる。

底版についての段落としの検討は行っていません。算出のためにはU型のラーメン構造として任意系の構造計算が必要となります。前行に記述しましたように、底版の中央部は安全設計として、単純梁で検討しましたので、抵抗モーメントが算出できないためです。提案として、側壁以上の部材厚さで、部材の有効高さも側壁以上にさせていただき、側壁主筋と同じ長さにして下さい。

- 7) 単位はSI単位を使用。

3. 設計計算書の内容

U型水路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) 地盤支持力の検討。
- 3) 浮き上がりの検討
- 4) 側壁検討のための荷重計算

- 5) 側壁の応力度計算
- 6) 側壁の断面計算
- 7) 側壁の鉄筋段落としての応力度計算
- 8) 側壁の鉄筋段落としての抵抗モーメント算出
- 9) 側壁の鉄筋段落とし位置の算出
- 10) 底版検討のための地盤反力の算出
- 11) 底版の応力度計算
- 12) 底版の断面計算
- 13) 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、構造物形状等データの入力。
- 2) シート「断面計算&抵抗モーメント(入力と印刷)」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にて別途作図し、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U型水路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、手入力します。

(シート「データ入力」)

- 1) 計算書のタイトル。
- 2) U型水路の構造寸法。
- 3) 単体積重量、過載荷重等設計の条件。
- 4) 水位条件。
- 5) 基礎地盤の条件。
- 6) 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&抵抗モーメント(入力と印刷)」)

- 7) 縦壁、底版の断面計算の表に鉄筋径、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、形状寸法図、荷重図、配筋要領図はプログラムとリンクしていません。別途CADにて作図し、シート「計算書作成」に貼付して下さい。

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。添付した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。
無筋構造であれば削除	: 赤の文字は特に注意してください。

8. 計算書枚数

19枚(目次1枚込み)

別に、シート「断面計算&抵抗モーメント(入力と印刷)」に断面計算書が縦壁と底版で2枚、縦壁の抵抗モーメントを算出した計算書が2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を入力をすると、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。

データ入力表

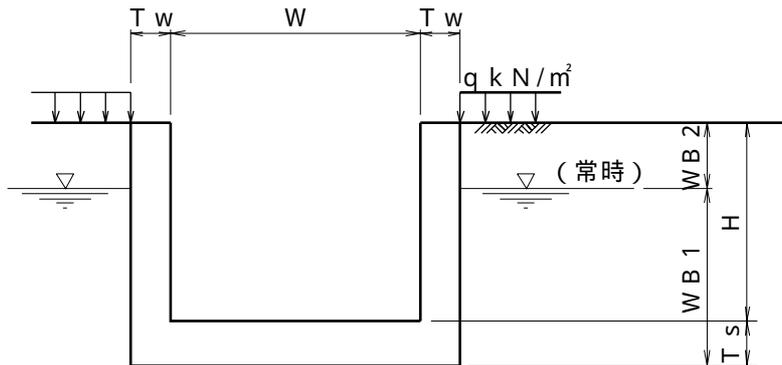
・計算書タイトル

U型水路の検討

・構造寸法

水路内形 水路内高さ $H = 4.000$ m
 水路内幅 $W = 5.000$ m

部材厚さ 側壁 $T_w = 0.500$ m
 底板 $T_s = 0.600$ m



奥行き長 (地盤支持と構造計算時) $B = 1.000$ m

・設計条件

単位体積重量 コンクリート(鉄筋) $c = 24.50$ kN/m³
 土(湿潤状態) $s = 18.60$ kN/m³
 (飽和状態) $sat = 19.60$ kN/m³
 (水中) $sw = 9.80$ kN/m³
 水 $w = 9.80$ kN/m³

・活荷重 自動車荷重 $P_vl = 10.00$ kN/m²
 群集荷重 $q = 0.00$ kN/m²

・静止土圧係数 $K_0 = 0.5$

・水位条件

水路内最大水位 (底版上面より)

WB = 2.000

水路外残留水位 常時(底版下面より: $2/3 \times$ 最大水位)
(壁上端より)

WB1 = 1.933 m 数值変更可

WB2 = (2.667 m)

水路内水位 常時(底版上面より)

WF1 = 0.000 m

・浮き上がりの安全率

Fsa = 1.10

・基礎地盤

最大地盤反力度

土質
(常時)

名称 = 砂礫地盤
200.00 kN/m²

・断面計算

鉄筋被り

縦壁
底版(上面)
底版(下面)

d = 10.00 cm

d = 11.00 cm

d = 11.00 cm

・コンクリート設計基準強度

ck = 24 N/mm²

許容応力度

常時(圧縮)
(引張)
(剪断)

ca = 8 N/mm²

sa = 160 N/mm²

a = 0.39 N/mm²

U型水路の検討

目 次

1. 設計条件	- - - - -
2. 形状寸法図	- - - - -
3. 荷重の組み合わせ	- - - - -
4. 安定計算	- - - - -
4.1 地盤支持力の検討	- - - - -
4.2 浮き上がりの検討	- - - - -
5. 側壁の検討	- - - - -
5.1 荷重	- - - - -
1) 土圧係数	- - - - -
2) 活荷重	- - - - -
3) 土圧	- - - - -
4) 水圧	- - - - -
5.2 荷重の集計と応力度	- - - - -
5.3 断面計算	- - - - -
5.4 鉄筋段落としの計算	- - - - -
1) 応力の算出	- - - - -
2) 計算結果	- - - - -
3) 抵抗モーメントの算出	- - - - -
4) 段落とし位置	- - - - -
6. 底版の検討	- - - - -
6.1 地盤反力	- - - - -
6.2 部材応力	- - - - -
6.3 断面計算	- - - - -
7. 配筋要領図	- - - - -

1. 設計条件

U型水路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

コンクリート	(鉄筋)	c	=	24.50 kN/m ³
裏込土	(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
水		w	=	9.80 kN/m ³

2) 水位(底版下面より)

水路外水位	常時	WB1	=	1.933 m
水路内水位	常時	WF1	=	0.000 m

3) 静止土圧係数

常時	静止土圧係数	K0	=	0.50
----	--------	----	---	------

4) 活荷重

常時	自動車荷重	Pvl	=	10.00 kN/m ²
	群集荷重	q	=	0.00 kN/m ²

5) 鉄筋の被り

縦壁	10.0 cm
底版(上面)	11.0 cm
底版(下面)	11.0 cm

6) コンクリート設計基準強度

ck	=	24 N/mm ²
----	---	----------------------

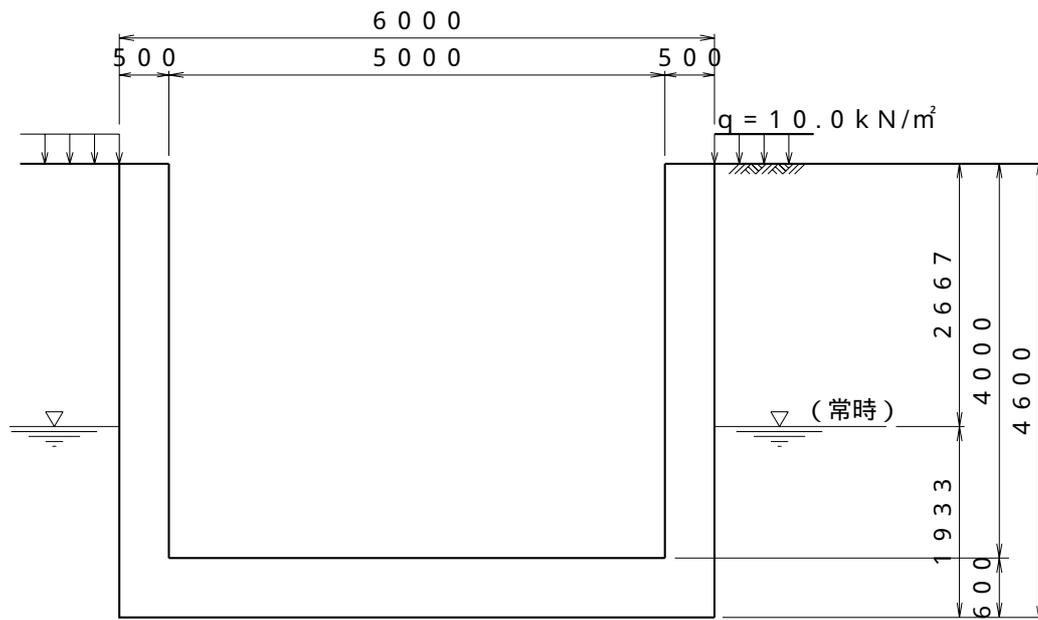
7) 許容応力度

圧縮	ca	=	8.0 N/mm ²
引張り	sa	=	160 N/mm ²
剪断	a	=	0.39 N/mm ²

8) 基礎地盤

最大地盤反力度	常時		=	200 kN/m ²
---------	----	--	---	-----------------------

2. 形状寸法図



・残留水位

$$\begin{aligned} h_1 &= \frac{2}{3} * 2.000 + 0.600 \\ &= 1.933 \text{ m} \end{aligned}$$

3. 荷重の組合せ

1) 安定計算時

・地盤支持力の検討

(最大地盤支持力度により検討する。)

常時

躯体自重

水路内水重

・浮き上がりの検討

常時

躯体自重

浮力

2) 縦壁の計算時

・常時

荷重組合せ

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

3) 底版の計算時

・常時

荷重組合せ

縦壁自重による鉛直荷重

4. 安定計算

4.1 地盤支持力の検討

1) 荷重の計算

・躯体自重

$$w1(\text{側壁}) = 0.500 * 4.000 * 1.000 * 24.50 * 2 = 98.000 \text{ kN/m}$$

$$w2(\text{底板}) = 6.000 * 0.600 * 1.000 * 24.50 = 88.200 \text{ kN/m}$$

$$Wc = 186.200 \text{ kN/m}$$

・水路内水重

$$\text{水路内水位高} \quad H = 2.000 \text{ m}$$

$$\text{水路内幅} \quad B = 5.000 \text{ m}$$

$$Ww = 2.000 * 5.000 * 1.000 * 9.8 = 98.000 \text{ kN/m}$$

・荷重の合計

$$\text{躯体自重} \quad Wc = 186.200 \text{ kN/m}$$

$$\text{水路内水重} \quad Ww = 98.000 \text{ kN/m}$$

$$\text{荷重合計} \quad W = 284.200 \text{ kN/m}$$

単位面積当たりの荷重

$$w = 284.200 * 1 / (6.000 * 1.000) = 47.367 \text{ kN/m}^2$$

2) 地盤支持力の判定

最大地盤反力度

$$\cdot \text{常時 (砂礫地盤)} \quad 200 \text{ kN/m}^2$$

従って、地盤支持力は OK

4.2 浮き上がりの検討

1) 荷重の計算

・躯体自重

$$w1(\text{側壁}) = 4.000 * 0.500 * 1.000 * 24.5 * 2 = 98.000 \text{ kN}$$

$$w2(\text{底版}) = 6.000 * 0.600 * 1.000 * 24.5 = 88.200 \text{ kN}$$

$$Wc = 186.200 \text{ kN}$$

・水路内水重

(水路内水重は考慮しない。)

2) 浮力

$$\text{水路外水位高} \quad H = 1.933 \text{ m}$$

$$\text{水路外幅} \quad B = 6.000 \text{ m}$$

$$\text{水の単位体積重量} \quad w = 9.8 \text{ kN/m}^3$$

・浮力

$$U = 1.933 * 6.000 * 1.000 * 9.8 = 113.660 \text{ kN}$$

3) 浮き上がりの判定

$$\text{浮き上がりの安全率} \quad Fsa = 1.10$$

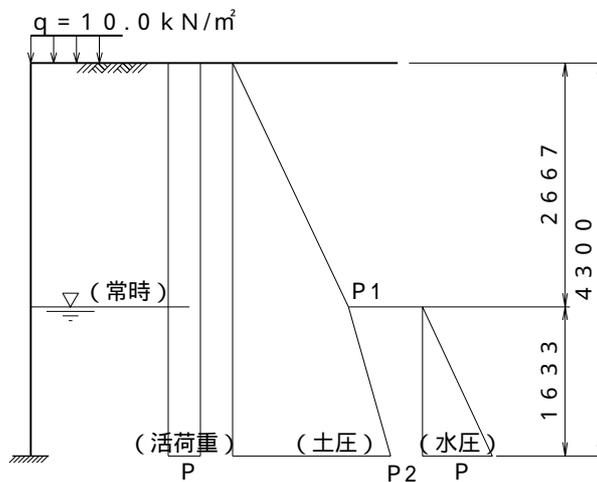
$$Fs = 186.20 / 113.66 = 1.638$$

従って、浮き上がりの判定は OK

5. 側壁の検討

底版で固定された片持梁として解く。

・常時



5.1 荷重

1) 土圧係数

・常時

$$\text{静止土圧係数} \quad K_0 = 0.50$$

2) 活荷重

・常時

$$\text{自動車荷重} \quad q_1 = 10.00 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{群集荷重} \quad q_2 = 0.00 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{土圧作用深さ} \quad H = 4.300 \text{ m}$$

活荷重の合計

$$q = 10.00 + 0.00 = 10.00 \text{ kN/m}^2$$

活荷重水平力

$$\begin{aligned} q_h &= q * H * K_0 * B \\ &= 10.0 * 4.300 * 0.50 = 21.500 \text{ kN} \end{aligned}$$

作用点(鉛直距離)

$$Y = 1 / 2 * 4.300 = 2.150 \text{ m}$$

3) 土圧

・常時

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

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

大気中土層厚 $H1 = 2.667 \text{ m}$

水中土層厚 $H2 = 1.633 \text{ m}$

地下水位位置における土圧強度

$$p1 = s * Ka * H1 * B$$

$$= 18.60 * 0.50 * 2.667 * 1.000 = 24.803 \text{ kN/m}$$

縦壁下端位置における土圧強度(増加分)

$$p2' = sw * Ka * H2 * B$$

$$= 9.80 * 0.50 * 1.633 * 1.000 = 8.002 \text{ kN/m}$$

	p(kN/m)	H(m)	H(kN)	y(m)	Hy(kN・m)
大気中	24.803	* 2.667 / 2	33.075	2.522	83.415
水中	24.803	* 1.633	40.503	0.817	33.091
水中	8.002	* 1.633 / 2	6.534	0.544	3.554
			80.112		120.060

土圧水平力 $H = 80.112 \text{ kN}$

作用点鉛直距離 $y = Hy / H = 1.499 \text{ m}$

5.3 断面計算

・応力

$$\text{曲げモーメント} \quad M = 173.421 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\text{せん断力} \quad S = 114.679 \text{ kN}$$

・断面寸法

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

$$\text{部材高} \quad H = 50 \text{ cm}$$

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

$$\text{かぶり} \quad D' = 10 \text{ cm}$$

・鉄筋量

$$D 25 \quad * \quad 8.00 \quad \text{本} \quad = \quad 40.54 \text{ cm}^2$$

・断面計算

$$\text{圧縮応力度} \quad c = 6.0 \text{ N/mm}^2 \quad (\quad ca = 8.0 \text{ N/mm}^2)$$

$$\text{引張応力度} \quad s = 124.4 \text{ N/mm}^2 \quad (\quad sa = 160 \text{ N/mm}^2)$$

$$\text{せん断力応力度} \quad = 0.29 \text{ N/mm}^2 \quad (\quad a = 0.39 \text{ N/mm}^2)$$

5.3 断面計算

項 目	記号	単位	縦 壁
曲げモーメント	M	kN・m	173.421
せん断力	S	t	114.679
有効幅	B	cm	100.0
全高	H	cm	50.0
引張鉄筋被り	d	cm	10.0
鉄筋径 * 本数	A s	mm・本	D 25 8
鉄筋断面積		cm ²	40.536
鉄筋比	P		0.01013
実応力度 (圧縮)	c	N/mm ²	OK 6.0
(引張)	s	N/mm ²	OK 124.4
(剪断)		N/mm ²	OK 0.29
許容応力度 (圧縮)	c a	N/mm ²	8.0
(引張)	s a	N/mm ²	160.0
(剪断)	a	N/mm ²	0.39

5.4 鉄筋段落としての計算

1) 応力の算出

h1 : 地表面より地下水位まで。

h2 : 地下水位より断面計算位置

H : 縦壁の高さ

h : 壁天端から計算位置まで

w : 水平力

m : モーメント

a. 過載荷重によるモーメント

$$m1 = P (\text{過載荷重水平力}) * 1/H * 1/2 * h^2 * B$$

b. 土圧によるモーメント

・常時

$$m2(\text{湿潤部分}) = \{ 1/2 * s * K0 * h1^2 * 1/3 * h1 \} * B$$

$$m3(\text{水中部分}) = \{ 1/2 * s * K0 * h1^2 * (1/3 * h1 + h2) + s * K0 * h1 * h2 * 1/2 * h2 + 1/2 * sw * K0 * h2^2 * 1/3 * h2 \} * B$$

d. 水圧によるモーメント

$$m4(\text{前面水位上}) = \{ 1/2 * w * h2^2 * 1/3 * h2 \} * B$$

$$m5(\text{前面水位下}) = \{ 1/2 * w * WB^2 * (1/3 * WB + h2 - WB) + WB * 1/2 * (h2 - WB)^2 \} * B$$

2) 計算結果

・常時

	計算位置 (m)	h 1 (m)	h 2 (m)	過載荷重 (kN・m)	土圧 (kN・m)	水圧 (kN・m)	モーメント M(kN・m)
上端	4.300	0.000	0.000	0	0	0	0
	3.870	0.430	0.000	0.46	0.12	0	0.58
	3.440	0.860	0.000	1.85	0.99	0	2.84
	3.010	1.290	0.000	4.16	3.33	0	7.49
	2.580	1.720	0.000	7.4	7.89	0	15.29
	2.150	2.150	0.000	11.56	15.4	0	26.96
	1.720	2.580	0.000	16.64	26.62	0	43.26
	1.290	2.667	0.343	22.65	42.24	0.07	64.96
	0.860	2.667	0.773	29.58	62.76	0.75	93.09
下端	0.430	2.667	1.203	37.44	88.56	2.84	128.84
	0.000	2.667	1.633	46.23	120.04	7.11	173.38

以上の計算結果より、壁付け根の応力は以下の通りである。

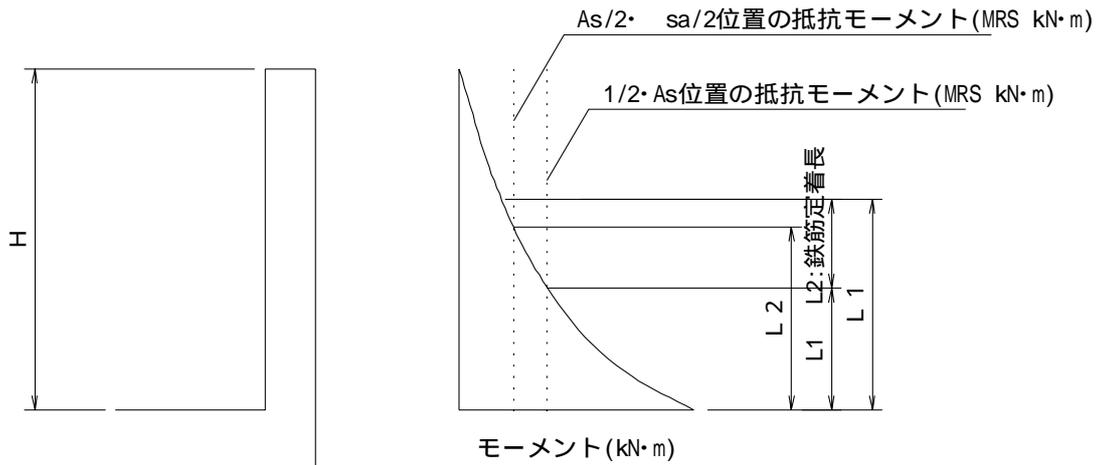
・常時

$$M = 173.38 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

3) 抵抗モーメントの算出

項 目	記号	単位	部材厚さ 500mm	
			As/2	As/2* sa/2
部材幅	B	cm	100	100
部材高	H	cm	50	50
構造中心から引張鉄筋までの距離	C	cm	15	15
引張鉄筋量	As	cm ²	D 25 4 20.268	D 25 4 20.268
許容応力度(コンクリート)	ca	N/mm ²	8.0	8.0
許容応力度(鉄筋)	sa	N/mm ²	160.0	80.0
中立軸	X1	cm	12.8	12.8
	X2	cm	12.8	12.8
抵抗モーメント(コンクリート)	M Rc	kN・m	183.57	183.57
抵抗モーメント(鉄筋)	M Rs	kN・m	115.83	57.91

4) 段落とし位置



・1/2・Asの抵抗モーメントから算出される段落とし位置

$$L1 = L1 + L2$$

L1 : 1/2・As の抵抗モーメントと、設計曲げモーメントの
交点と、壁付け根までの距離。

$$L2 : 35 \cdot$$

$$\text{抵抗モーメント} \quad MRs = 115.83 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

常時の曲げモーメント計算結果の表より、

$$\text{抵抗モーメント位置} \quad 0.860 \text{ m} < L1 \text{ m} < 0.430 \text{ m}$$

従って、計算結果の表から、比例配分で交点 L1 の近似値を求めると、

$$L1 = 0.587 \text{ m}$$

$$L2 = 35 \cdot D \ 25 = 875 \text{ mm}$$

以上より、

$$L1 = 0.587 + 0.875 = 1.462 \text{ m}$$

・1/2・As・1/2・sa の抵抗モーメントから算出される段落とし位置

L2 : 鉄筋の許容応力度の 1/2 かつ、1/2・As の抵抗モーメントと、
設計曲げモーメントの交点から、壁付け根までの距離。

$$\text{抵抗モーメント} \quad MRs = 57.91 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

非常時の曲げモーメント計算結果の表より、

$$\text{抵抗モーメント位置} \quad 1.720 \text{ m} < L2 \text{ m} < 1.290 \text{ m}$$

従って、計算結果の表から、比例配分で交点 L2 の近似値を求めると、

$$L2 = 1.430 \text{ m}$$

以上より、縦壁の断落とし位置は、底版軸線より

1.50 m 以上

6.3 断面計算

1) 底板両端

・応力

曲げモーメント	M =	173.38 kN·m
せん断力	S =	52.676 kN

・断面寸法

部材幅	B =	100.00 cm
部材高	H =	60.00 cm
有効高	D =	49.00 cm
かぶり	D' =	11.00 cm

・鉄筋量

D 25	*	8.00	本	=	40.54 cm ²
------	---	------	---	---	-----------------------

・断面計算

圧縮応力度	c =	4.3 N/mm ²	(ca =	8 N/mm ²)
引張応力度	s =	100.3 N/mm ²	(sa =	160 N/mm ²)
せん断力応力度	=	0.11 N/mm ²	(a =	0.39 N/mm ²)

2) 底版中央部

・応力

曲げモーメント $M = -100.95 \text{ kN}\cdot\text{m}$

・断面寸法

部材幅 $B = 100.00 \text{ cm}$

部材高 $H = 60.00 \text{ cm}$

有効高 $D = 49.00 \text{ cm}$

かぶり $D' = 11.00 \text{ cm}$

・鉄筋量

$D 16 \quad * \quad 4.00 \quad \text{本} = 7.94 \text{ cm}^2$

・断面計算

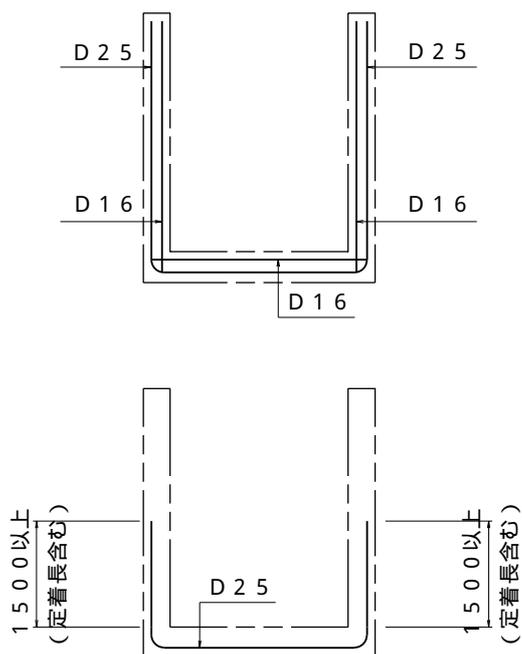
圧縮応力度 $c = \text{N/mm}^2$ ($ca = 8.0 \text{ N/mm}^2$)

引張応力度 $s = \text{N/mm}^2$ ($sa = 160 \text{ N/mm}^2$)

6.3 断面計算

項 目	記号	単位	底版両端	底版中央
曲げモーメント	M	kN・m	173.380	-100.950
せん断力	S	t	52.676	
有効幅	B	cm	100.0	100.0
全高	H	cm	60.0	60.0
引張鉄筋被り	d	cm	11.0	11.0
鉄筋径 * 本数	A s	mm・本	D 25 8	D 16 4
鉄筋断面積		cm ²	40.536	7.944
鉄筋比	P		0.00827	0.00162
実応力度 (圧縮)	c	N/mm ²	OK 4.3	
(引張)	s	N/mm ²	OK 100.3	
(剪断)		N/mm ²	OK 0.11	
許容応力度(圧縮)	c a	N/mm ²	8.0	8.0
(引張)	s a	N/mm ²	160.0	160.0
(剪断)	a	N/mm ²	0.39	

7. 配筋要領図



- ・ ~ 間のピッチは125 mm。
- ・側壁の外側主鉄筋径は、 D 25 ピッチは @ 125 とする。
- ・底版下面の主鉄筋径は、 D 25 ピッチは @ 125 とする。
- ・底版上面の主鉄筋径は、 D 16 ピッチは @ 250 とする。
- ・鉄筋被りは、側壁を 100 mm とする。
- ・鉄筋被りは、底版上面を 110 mm とする。
- ・鉄筋被りは、底版下面を 110 mm とする。