

## U型水路の検討計算

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プログラムを作成しました。

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ようになりました。従いまして、その仕様を基本としてあります。段落としや鉄筋の断面変化を必要とする検討計算書は別のプログラムを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。

### 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) 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、単純梁計算の計算値より、側壁からのモーメントを控除したモーメント値を用いて算出する。
- 6) 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) 底版検討のための地盤反力の算出
- 8) 底版の応力度計算
- 9) 底版の断面計算
- 10) 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(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、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」)

- 5) 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

14枚(目次1枚込み)

別にシート「断面計算」に断面計算書が側壁と底版で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入力をする、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、参考にしてください。

### ① 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。

### ② 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ください。

データ入力表

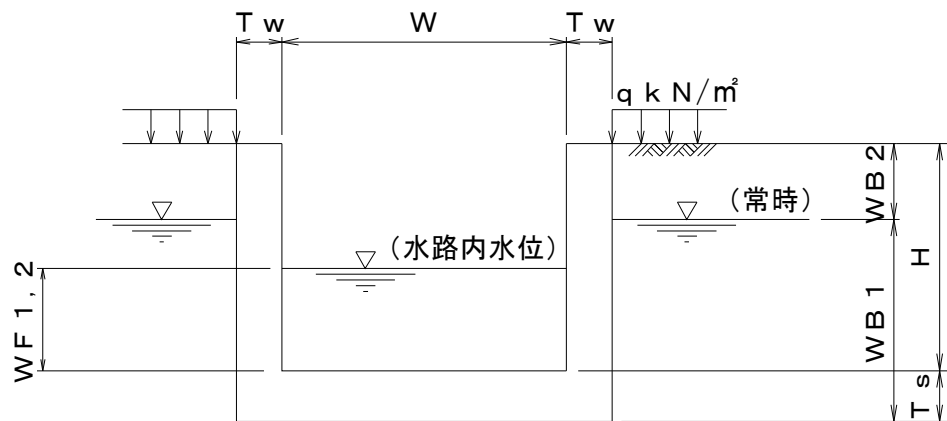
・計算書タイトル

U型水路の検討

・構造寸法

水路内形  
 水路内高さ  $H = 2.000$  m  
 水路内幅  $W = 2.500$  m

部材厚さ  
 側壁  $T_w = 0.400$  m  
 底板  $T_s = 0.450$  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)  $\gamma_c = 24.50$  kN/m<sup>3</sup>  
 土(湿潤状態)  $\gamma_s = 18.60$  kN/m<sup>3</sup>  
 (飽和状態)  $\gamma_{sat} = 19.60$  kN/m<sup>3</sup>  
 (水中)  $\gamma_{sw} = 9.80$  kN/m<sup>3</sup>  
 水  $\gamma_w = 9.80$  kN/m<sup>3</sup>

・活荷重  
 自動車荷重  $P_{vl} = 0.00$  kN/m<sup>2</sup>  
 群集荷重  $q = 3.43$  kN/m<sup>2</sup>

・静止土圧係数  $K_0 = 0.5$

・水位条件

水路外最大水位 (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×最大水位)  
(壁上端より)

WB1 = 1.783 m 数值変更可

WB2 = (0.667 m)

水路内水位 (底版上面より)

地盤支持力検討時

WF1 = 0.800 m

側壁構造検討時

WF2 = 0.200 m (水位無しが)

・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/m<sup>2</sup>

・断面計算

被り

縦壁

d' = 9.00 cm

底版(上面)

d' = 9.00 cm

底版(下面)

d' = 11.50 cm

・コンクリート設計基準強度

$\sigma_{ck}$  = 24 N/mm<sup>2</sup>

許容応力度

常時(圧縮)

$\sigma_{ca}$  = 8.0 N/mm<sup>2</sup>

(引張)

$\sigma_{sa}$  = 160 N/mm<sup>2</sup>

(剪断)

$\tau_a$  = 0.39 N/mm<sup>2</sup>

# 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	-----
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)	$\gamma_c$	=	24.50	kN/m <sup>3</sup>
裏込土	(湿潤状態)	$\gamma_s$	=	18.60	kN/m <sup>3</sup>
	(飽和状態)	$\gamma_{sat}$	=	19.60	kN/m <sup>3</sup>
	(水中)	$\gamma_{sw}$	=	9.80	kN/m <sup>3</sup>
水		$\gamma_w$	=	9.80	kN/m <sup>3</sup>

### 2) 水位

水路外水位(底版下面~HWL)      WB1 = 1.783 m

水路内水位(底版上面より)

地盤支持力検討時      WF1 = 0.800 m

側壁構造検討時      WF2 = 0.200 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 = 0.00 kN/m<sup>2</sup>

群集荷重      q = 3.43 kN/m<sup>2</sup>

### 5) 鉄筋の被り

縦壁      9.0 cm

底版(上面)      9.0 cm

底版(下面)      11.5 cm

### 6) コンクリート設計基準強度

$\sigma_{ck}$  = 24.0 N/mm<sup>2</sup>

### 7) 許容応力度

圧縮       $\sigma_{ca}$  = 8.0 N/mm<sup>2</sup>

引張り       $\sigma_{sa}$  = 160 N/mm<sup>2</sup>

剪断       $\tau_a$  = 0.39 N/mm<sup>2</sup>

### 8) 基礎地盤

最大地盤反力度      常時      200 kN/m<sup>2</sup>

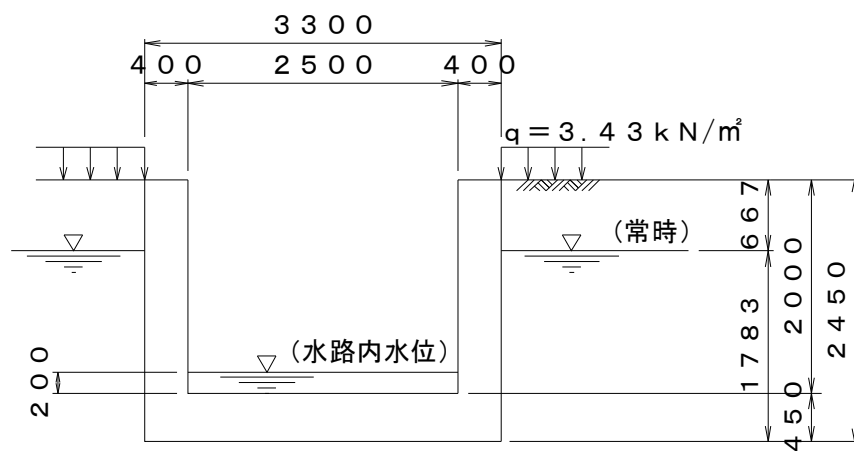
### 9) 準拠示方書及び参考文献

土木構造物標準設計第2巻(擁壁類)手引き      全日本建設技術協会

道路土工 擁壁工指針      日本道路協会

道路橋示方書・同解説(下部構造編)      日本道路協会

## 2. 形状寸法図



・残留水位

$$\begin{aligned} h_1 &= 2/3 * 2.000 + 0.450 \\ &= 1.783 \text{ m} \end{aligned}$$



### 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

(外水位は無しとし、浮力は考慮しない。)

(底版張出し部載土は基礎地盤にて相殺され、考慮しない)

##### ・浮き上がりの検討

常時

躯体自重

浮力

(水路内水重は考慮しない)

#### 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

外水圧による水平力

内水圧による水平力

#### 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

水路内水重は考慮しない

#### 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

$$w1(\text{側壁}) = 0.400 * 2.000 * 1.000 * 24.50 * 2 = 39.200 \text{ kN}$$

$$w2(\text{底版}) = 3.300 * 0.450 * 1.000 * 24.50 = 36.383 \text{ kN}$$

$$W_c = 75.583 \text{ kN}$$

###### ・水路内水重

$$\text{水路内水位高} \quad H = 0.800 \text{ m}$$

$$\text{水路内幅} \quad B = 2.500 \text{ m}$$

$$W_w = 0.800 * 2.500 * 1.000 * 9.8 = 19.600 \text{ kN}$$

###### ・荷重の合計

$$\text{躯体自重} \quad W_c = 75.583 \text{ kN}$$

$$\text{水路内水重} \quad W_w = 19.600 \text{ kN}$$

$$\text{荷重合計} \quad W = 95.183 \text{ kN}$$

###### 単位面積当たりの荷重

$$w = 95.183 * 1 / ( 3.300 * 1.000 ) = 28.843 \text{ kN/m}^2$$

###### 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

$$w1(\text{側壁}) = 2.000 * 0.400 * 1.000 * 24.5 * 2 = 39.200 \text{ kN}$$

$$w2(\text{底板}) = 3.300 * 0.450 * 1.000 * 24.5 = 36.383 \text{ kN}$$

$$W_c = 75.583 \text{ kN}$$

#### ・水路内水重

(水路内水重は考慮しない。)

### 2) 浮力

$$\text{水路外水位高} \quad H = 1.783 \text{ m}$$

$$\text{水路外幅} \quad B = 3.300 \text{ m}$$

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

#### ・浮力

$$U = 1.783 * 3.300 * 1.000 * 9.8 = 57.662 \text{ kN}$$

### 3) 浮き上がりの判定

$$\text{浮き上がりの安全率} \quad F_{sa} = 1.10$$

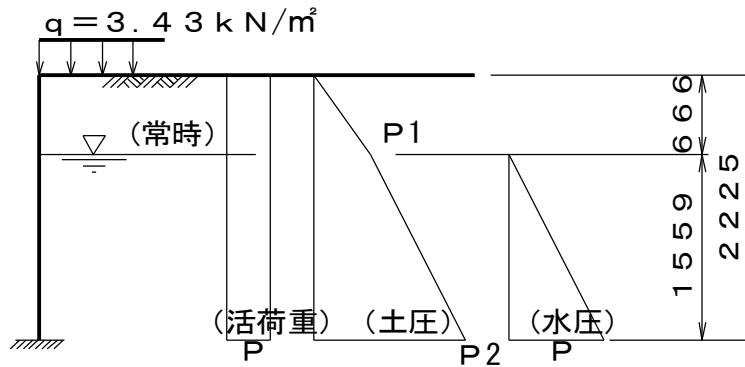
$$F_s = 75.58 / 57.66 = 1.311$$

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

自動車荷重	$q_1 =$	0.00	kN/m <sup>2</sup>
群集荷重	$q_2 =$	3.43	kN/m <sup>2</sup>
土圧作用深さ	$H =$	2.225	m

#### 活荷重の合計

$$q = 0.00 + 3.43 = 3.43 \text{ kN/m}^2$$

#### 活荷重水平力

$$q_h = q * H * K_0 * B$$

$$= 3.43 * 2.225 * 0.50 * 1.000 = 3.816 \text{ kN}$$

#### 作用点(鉛直距離)

$$Y = 1 / 2 * 2.225 = 1.113 \text{ m}$$

### 3)土圧

・常時

裏込土の単位体積重量(湿潤)	$\gamma_s =$	18.6	kN/m <sup>3</sup>
裏込土の単位体積重量(水中)	$\gamma_{sw} =$	9.8	kN/m <sup>3</sup>
大気中土層厚	H1 =	0.667	m
水中土層厚	H2 =	1.558	m

地下水位位置における土圧強度

$$p_1 = \gamma_s * K_a * H_1 * B$$

$$= 18.60 * 0.50 * 0.667 * 1.000 = 6.203 \text{ kN/m}$$

縦壁下端位置における土圧強度(増加分)

$$p_2' = \gamma_{sw} * K_a * H_2 * B$$

$$= 9.80 * 0.50 * 1.558 * 1.000 = 7.634 \text{ kN/m}$$

	p(kN/m)	H(m)	H(kN)	y(m)	Hy(kN·m)
大気中	6.203 * 0.667 / 2		2.069	1.780	3.683
水中	6.203 * 1.558		9.664	0.779	7.528
水中	7.634 * 1.558 / 2		5.947	0.519	3.086
Σ			17.680		14.297

土圧水平力  $H = 17.680 \text{ kN}$

作用点鉛直距離  $y = \Sigma Hy / \Sigma H = 0.809 \text{ m}$

#### 4) 水圧

・常時

壁背面の水位高  $WB1 = 1.558 \text{ m}$

水路内の水位高  $WB2 = 0.425 \text{ m}$

	$\gamma_w$	WB(m)	H(kN)	y(m)	Hy(kN·m)
壁背面	9.8	* $1.558^2 / 2$	11.894	0.519	6.173
水路内	9.8	* $0.425^2 / 2$	-0.885	0.142	-0.126
$\Sigma$			11.009		6.047

水圧水平力  $H = 11.009 * 1.000 = 11.009 \text{ kN}$

作用点鉛直距離  $y = \Sigma Hy / \Sigma H = 0.549 \text{ m}$

#### 5.2 荷重の集計と応力度

・常時

(水平方向)

	水平力 H(kN)	作用高 Y(m)	モーメント HY(kN·m)
活荷重による水平力	3.816	1.113	4.247
裏込土による土圧	17.680	0.809	14.303
水圧力	11.009	0.549	6.044
合計	32.505		24.594

曲げモーメント  $M = 24.594 \text{ kN·m}$

### 5.3 断面計算

#### ・応力

$$\text{曲げモーメント} \quad M = 24.594 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\text{せん断力} \quad S = 32.505 \text{ kN}$$

#### ・断面寸法

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

$$\text{部材高} \quad H = 40 \text{ cm}$$

$$\text{有効高} \quad D = 31 \text{ cm}$$

$$\text{かぶり} \quad D' = 9 \text{ cm}$$

#### ・鉄筋量

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

#### ・断面計算

$$\text{圧縮応力度} \quad \sigma_c = 2.3 \text{ N/mm}^2 \quad (\sigma_{ca} = 8.0 \text{ N/mm}^2)$$

$$\text{引張応力度} \quad \sigma_s = 108.6 \text{ N/mm}^2 \quad (\sigma_{sa} = 160 \text{ N/mm}^2)$$

$$\text{せん断力応力度} \quad \tau = 0.10 \text{ N/mm}^2 \quad (\tau_a = 0.39 \text{ N/mm}^2)$$

断面計算

項目	記号	単位	縦 壁	
曲げモーメント	M	kN・m	24.594	
せん断力	S	t	32.505	
有効幅	B	cm	100.0	
全高	H	cm	40.0	
引張鉄筋被り	d'	cm	9.0	
鉄筋径 * 本数	As	mm・本	D 16	4
鉄筋断面積		cm <sup>2</sup>	7.944	
鉄筋比	P		0.00	
実応力度 (圧縮)	$\sigma_c$	N/mm <sup>2</sup>	OK	2.3
(引張)	$\sigma_s$	N/mm <sup>2</sup>	OK	108.6
(剪断)	$\tau$	N/mm <sup>2</sup>	OK	0.10
許容応力度 (圧縮)	$\sigma_{ca}$	N/mm <sup>2</sup>	8.0	
(引張)	$\sigma_{sa}$	N/mm <sup>2</sup>	160.0	
(剪断)	$\tau_a$	N/mm <sup>2</sup>	0.39	



## 6. 底版の検討

### ・底版両端

底版の両端の検討を行う際は、両端が側壁に固定された梁として解き、側壁下端に発生したモーメントにより、底版両端部下面の断面計算を行う。

### ・底版中央部

底版中央部の検討は、側壁の荷重を底版幅で除した地盤反力により等分布荷重が作用すると考える。その荷重により両端単純梁と考えて底版中央部のモーメントを算出。そのモーメントより、側壁下端のモーメントを差し引き、その値にて底版中央部上面の断面計算を行う。

その際、水路内には内水位がないものとする。

### 6.1 地盤反力

$$\text{側壁を軸線に置き換えた高さ} \quad H = 2.225 \text{ m}$$

$$\text{底版を軸線に置き換えた幅} \quad B = 2.900 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{側壁 } w &= 2.225 * 0.400 * 24.5 * 1.000 * 2 = 43.61 \text{ kN} \\ &\text{荷重合計} = 43.61 \text{ kN} \end{aligned}$$

従って、底版に作用する反力度は、

$$w = 43.61 / 2.900 = 15.038 \text{ kN/m}^2$$

### 6.2 部材応力

#### 1) モーメント

##### ・端部

$$\text{側壁によるモーメント} \quad M = 24.594 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

##### ・中央部

$$M = 1/8 * 15.038 * 2.900^2 - 24.594 = -8.785 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

中央部モーメントが、負の値であることより、引張りが底版上面に作用しない。

従って、底版中央部上面の断面計算は省略する。

#### 2) せん断力

$$S = 1/2 * 15.038 * 2.900 = 21.805 \text{ kN}$$

## 6.3 断面計算

### 1) 底版両端

#### ・応力

$$\text{曲げモーメント} \quad M = 24.594 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\text{せん断力} \quad S = 21.805 \text{ kN}$$

#### ・断面寸法

$$\text{部材幅} \quad B = 100.00 \text{ cm}$$

$$\text{部材高} \quad H = 45.00 \text{ cm}$$

$$\text{有効高} \quad D = 33.50 \text{ cm}$$

$$\text{かぶり} \quad D' = 11.50 \text{ cm}$$

#### ・鉄筋量

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

#### ・断面計算

$$\text{圧縮応力度} \quad \sigma_c = 2.0 \text{ N/mm}^2 \quad (\sigma_{ca} = 8.0 \text{ N/mm}^2)$$

$$\text{引張応力度} \quad \sigma_s = 100.2 \text{ N/mm}^2 \quad (\sigma_{sa} = 160 \text{ N/mm}^2)$$

$$\text{せん断力応力度} \quad \tau = 0.07 \text{ N/mm}^2 \quad (\tau_a = 0.39 \text{ N/mm}^2)$$

## 2) 底版中央部

### ・応力

$$\text{曲げモーメント} \quad M = -8.785 \quad \text{kN}\cdot\text{m}$$

モーメントが負の値であり、引張りが底版上面に作用しないので断面計算を省略する。

### ・断面寸法

$$\text{部材幅} \quad B = 100.00 \quad \text{cm}$$

$$\text{部材高} \quad H = 45.00 \quad \text{cm}$$

$$\text{有効高} \quad D = 36.00 \quad \text{cm}$$

$$\text{かぶり} \quad D' = 9.00 \quad \text{cm}$$

### ・鉄筋量

$$D 13 \quad 4.00 \text{ 本} \quad = \quad 5.07 \text{ cm}^2$$

### ・断面計算

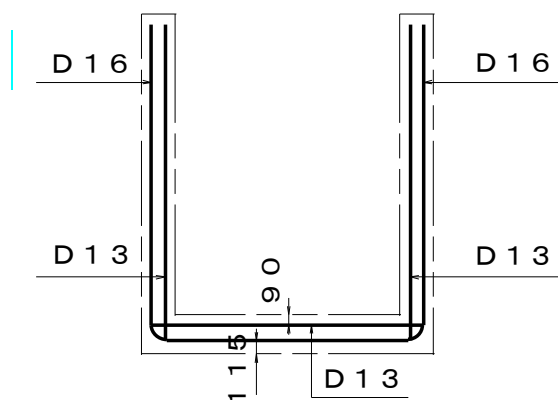
$$\text{圧縮応力度} \quad \sigma_c = \quad \text{N/mm}^2 \quad (\sigma_{ca} = 8.0 \text{ N/mm}^2)$$

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

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	24.594	
せん断力	S	kN	21.805	
有効幅	B	cm	100.0	100.0
全高	H	cm	45.0	45.0
引張鉄筋被り	d'	cm	11.5	9.0
鉄筋径 * 本数	As	mm・本	D 16 4	D 13 4
鉄筋断面積		cm <sup>2</sup>	7.944	5.068
鉄筋比	P		0.00	0.00
実応力度 (圧縮)	$\sigma_c$	N/mm <sup>2</sup>	OK 2.0	
(引張)	$\sigma_s$	N/mm <sup>2</sup>	OK 100.2	
(剪断)	$\tau$	N/mm <sup>2</sup>	OK 0.07	
許容応力度(圧縮)	$\sigma_{ca}$	N/mm <sup>2</sup>	8.0	8.0
(引張)	$\sigma_{sa}$	N/mm <sup>2</sup>	160.0	160.0
(剪断)	$\tau_a$	N/mm <sup>2</sup>	0.39	

## 7. 配筋要領図



- ・側壁の外側主鉄筋径は、 D 16      ピッチは      @ 250      とする。
- ・底版下面の主鉄筋径は、 D 16      ピッチは      @ 250      とする。
- ・底版上面の主鉄筋径は、 D 13      ピッチは      @ 250      とする。
- ・鉄筋被りは、底版下面を 115 mm      とし、その他については、 90 mm      とする。