

# R C水路橋構造計算システム

(鉄筋コンクリート水路橋構造計算システム)

Ver1.0

適用基準

○「土地改良事業計画設計基準 設計『水路工』(H26/3)

出力例

連続支持形式 (3 区間) の計算書

開発・販売元

(株)SIP システム お問い合わせ先 : 大阪事務所 (技術サービス)

〒542-0081 大阪府大阪市中央区南船場 1-18-24-501

TEL : 06-6125-2232 FAX : 06-6125-2233

<http://www.sipc.co.jp>      [mail@sipc.co.jp](mailto:mail@sipc.co.jp)

# 1. 設計条件

## 1.1 単位体積重量

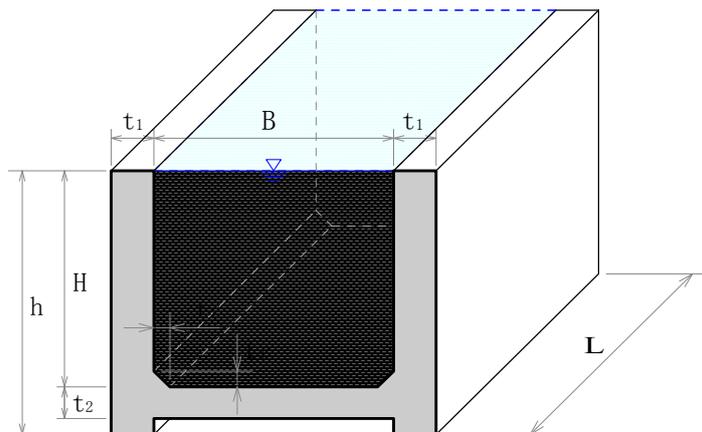
項目	記号	値	単位	備考
躯体	$\gamma_{sc}$	24.500	kN/m <sup>3</sup>	
水	$\gamma_w$	9.800	kN/m <sup>3</sup>	
雪	$\gamma_{sn}$	3.500	kN/m <sup>3</sup>	

## 1.2 躯体寸法

項目	記号	値	単位	備考
側壁高	H	2.500	m	
内空幅	B	2.000	m	
側壁厚	$t_1$	0.300	m	
底版厚	$t_2$	0.300	m	
ハンチ幅	$t_4$	0.300	m	
ハンチ高	$t_4'$	0.300	m	
全高	h	3.600	m	

延長方向支持方法	<input type="checkbox"/> 単純梁	<input checked="" type="checkbox"/> 連続梁
----------	------------------------------	---

区間数	3								
区間距離 L (m)									
No	距離	No	距離	No	距離	No	距離	No	距離
1	10.000	2	18.000	3	10.000	4		5	



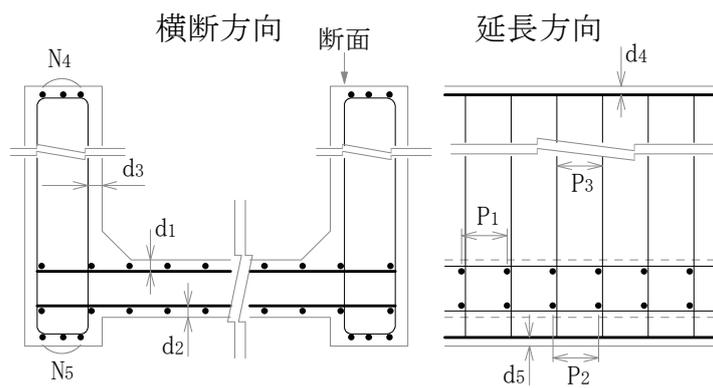
## 1.3 部材条件

項目	記号	値	単位	備考
許容曲げ圧縮応力度	$\sigma_{ca}$	9.00	N/mm <sup>2</sup>	
許容せん断応力度	$\tau_a$	0.45	N/mm <sup>2</sup>	
許容付着応力度	$\tau_{oa}$	1.60	N/mm <sup>2</sup>	
許容引張応力度	$\sigma_{sa}$	157.00	N/mm <sup>2</sup>	
ヤング係数比	n	15.0		

許容せん断応力の計算方法	<input type="checkbox"/> 最大せん断	<input checked="" type="checkbox"/> 平均せん断
--------------	--------------------------------	---

## 1.4 配筋条件

項目	記号	値	単位	備考
底版上部かぶり	$d_1$	60.0	mm	
底版下部かぶり	$d_2$	70.0	mm	
側壁内側かぶり	$d_3$	60.0	mm	
主桁上部かぶり	$d_4$	60.0	mm	
主桁下部かぶり	$d_5$	60.0	mm	
底版上部ピッチ	$P_1$	250	mm	
底版下部ピッチ	$P_2$	250	mm	
側壁内側ピッチ	$P_3$	250	mm	
主桁上部本数	$N_4$	10	本	
主桁下部本数	$N_5$	10	本	



## 2. 荷重の計算

### 2.1 床版に作用する荷重（単位幅当たり）

- ・自重  $W_c = t_2 \cdot \gamma_{sc} = 0.300 \times 24.500 = 7.350 \text{ (kN/m}^2\text{)}$
- ・内水重  $W_{w1} = H \cdot \gamma_w = 2.500 \times 9.800 = 24.500 \text{ (kN/m}^2\text{)}$
- ・計  $W_1 = W_c + W_{w1} = 7.350 + 24.500 = 31.850 \text{ (kN/m}^2\text{)}$

ここに、 $W_1$  : 床版に作用する荷重 (kN/m<sup>2</sup>)  
 $\gamma_{sc}$  : 躯体の単位体積重量 (kN/m<sup>3</sup>)  
 $\gamma_w$  : 水の単位体積重量 (kN/m<sup>3</sup>)

### 2.2 主桁に作用する荷重（1本当りでの単位長当たり）

- ・自重  $W_d = (t_1 \cdot h + t_4 \cdot t_4' / 2) \gamma_{sc} + B \cdot W_c / 2$   
 $= (0.300 \times 3.600 + 0.300 \times 0.300 / 2) \times 24.500 + 2.000 \times 7.350 / 2$   
 $= 34.913 \text{ (kN/m)}$
- ・内水重  $W_{w2} = (B \cdot H - t_4 \cdot t_4') \gamma_w / 2$   
 $= (2.000 \times 2.500 - 0.300 \times 0.300) \times 9.800 / 2$   
 $= 24.059 \text{ (kN/m)}$
- ・計  $W_2 = W_d + W_{w2} = 34.913 + 24.059 = 58.972 \text{ (kN/m)}$

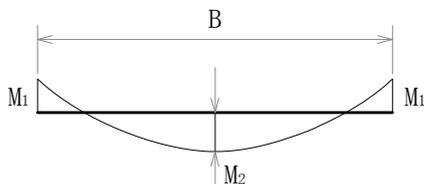
ここに、 $W_2$  : 主桁に作用する荷重 (kN/m)

- ・水圧強度  $P_w = H \cdot \gamma_w = 2.500 \times 9.800 = 24.500 \text{ (kN/m}^2\text{)}$

### 2.3 床版に作用する曲げモーメント及びせん断力

(a) 曲げモーメント

床版に作用する曲げモーメントは、次の2ケースについて計算を行い、両者の大きい方の値を採用する。



$M_1$  : 床版部材端曲げモーメント (kN・m/m)

$M_2$  : 床版中央曲げモーメント (kN・m/m)

i 側壁を含めた一体構造と考えた場合

$$M_{1a} = -P_w \cdot H^2 / 6 = -24.500 \times 2.500^2 / 6$$
$$= -25.521 \text{ (kN} \cdot \text{m/m)}$$

$$M_{2a} = W_1 \cdot B^2 / 8 + M_{1a} = 31.850 \times 2.000^2 / 8 - 25.521$$
$$= -9.596 \text{ (kN} \cdot \text{m/m)}$$

ii 床版を両端固定梁と考えた場合

$$M_{1b} = -W_1 \cdot B^2 / 12 = -31.850 \times 2.000^2 / 12$$
$$= -10.617 \text{ (kN} \cdot \text{m/m)}$$

$$M_{2b} = W_1 \cdot B^2 / 24 = 31.850 \times 2.000^2 / 24$$
$$= 5.308 \text{ (kN} \cdot \text{m/m)}$$

それぞれの2ケースを比較し、大きい値を採用する。

$$M_1 = -25.521 \text{ (kN} \cdot \text{m/m)}$$

$$M_2 = 5.308 \text{ (kN} \cdot \text{m/m)}$$

(b) せん断力

せん断力  $S$  (kN/m) の検討は、床版端部より  $t_2/2$  離れた断面において行う。

$$S = W_1 (B - t_2) / 2 = 31.850 \times (2.000 - 0.300) / 2$$
$$= 27.073 \text{ (kN/m)}$$

(b) 軸方向力

床版には水圧により軸方向に引張力N (kN/m)が生じる。

$$\begin{aligned} N &= -P_w \cdot H/2 = -24.500 \times 2.500/2 \\ &= -30.625 \text{ (kN/m)} \end{aligned}$$

## 2.4 側壁に作用する曲げモーメント及びせん断力

(a) 曲げモーメント

側壁に作用する曲げモーメントは、「i 側壁を含めた一体構造と考えた場合」の底版部材端モーメントと同値である。

$$M_w = M_{1a} = -25.521 \text{ (kN} \cdot \text{m/m)}$$

(b) せん断力

せん断力S (kN/m)の検討は、側壁付け根の断面において行う。

$$\begin{aligned} S_w &= P_w \cdot H/2 = 24.500 \times 2.500/2 \\ &= 30.625 \text{ (kN/m)} \end{aligned}$$

## 2.5 主桁に作用する曲げモーメント及びせん断力

主桁を連続梁として断面力を計算する。

(a) 曲げモーメント

3連モーメント公式を用いて支点曲げモーメントを算出し、各区分ごとに最大曲げモーメントを算出する。

$$\begin{aligned} M_{(n)} \cdot L_{(n)} + 2M_{(n+1)}(L_{(n)} + L_{(n+1)}) + M_{(n+2)} \cdot L_{(n+1)} &= -6(R_{B(n)}' + R_{B(n+1)}') \\ R_{B(n)}' &= W_2 \cdot L_{(n)}^3/24 \\ R_{B(n+1)}' &= W_2 \cdot L_{(n+1)}^3/24 \end{aligned}$$

したがって式の右辺は、 $-W_2 \cdot (L_{(n)}^3 + L_{(n+1)}^3)/4$ となる。

また、連続梁の始終点の曲げモーメントは0であるため、以下の式として表すことができる。

$$\begin{aligned} 2 \times (10.000 + 18.000) \times M_2 + 18.000 \times M_3 &= -58.972 \times (10.000^3 + 18.000^3)/4 \\ 18.000 \times M_2 + 2 \times (18.000 + 10.000) \times M_3 &= -58.972 \times (18.000^3 + 10.000^3)/4 \end{aligned}$$

上記3連モーメント公式を解くと、各支点の曲げモーメントは次のように求まる。

$$\begin{aligned} M_1 &= 0.000 \text{ (kN} \cdot \text{m)} \\ M_2 &= -1,361.138 \text{ (kN} \cdot \text{m)} \\ M_3 &= -1,361.138 \text{ (kN} \cdot \text{m)} \\ M_4 &= 0.000 \text{ (kN} \cdot \text{m)} \end{aligned}$$

さらに、各スパンに上記の支点曲げモーメントを部材端曲げモーメントとして最大曲げモーメントを算出する。

$$\begin{aligned} \chi_{(n)} &= L_{(n)}/2 - (M_{(n)} - M_{(n+1)}) / (W_2 \cdot L_{(n)}) \\ M_{\max(n)} &= W_2 \cdot \chi_{(n)}(L_{(n)} - \chi_{(n)})/2 + M_{(n)} - (M_{(n)} - M_{(n+1)}) \chi_{(n)} / L_{(n)} \end{aligned}$$

・スパン No.1  $L_1=10.000$  (m) ,  $M_1=0.000$  (kN・m) ,  $M_2=-1,361.138$  (kN・m)

$$\begin{aligned} \chi_1 &= 10.000/2 - (0.000 - (-1,361.138)) / (58.972 \times 10.000) = 2.692 \text{ (m)} \\ M_{\max1} &= 58.972 \times 2.692 \times (10.000 - 2.692)/2 + 0.000 - (0.000 - (-1,361.138)) \times 2.692/10.000 \\ &= 213.664 \text{ (kN} \cdot \text{m)} \end{aligned}$$

・スパン No.2  $L_2=18.000$  (m) ,  $M_2=-1,361.138$  (kN・m) ,  $M_3=-1,361.138$  (kN・m)

$$\begin{aligned} \chi_2 &= 18.000/2 - (-1,361.138 - (-1,361.138)) / (58.972 \times 18.000) = 9.000 \text{ (m)} \\ M_{\max2} &= 58.972 \times 9.000 \times (18.000 - 9.000)/2 + (-1,361.138) - (-1,361.138 - (-1,361.138)) \times 9.000/18.000 \\ &= 1,027.228 \text{ (kN} \cdot \text{m)} \end{aligned}$$

・スパン No.3  $L_3=10.000$  (m) ,  $M_3=-1,361.138$  (kN・m) ,  $M_4=0.000$  (kN・m)

$$\begin{aligned} \chi_3 &= 10.000/2 - (-1,361.138 - 0.000) / (58.972 \times 10.000) = 7.308 \text{ (m)} \\ M_{\max3} &= 58.972 \times 7.308 \times (10.000 - 7.308)/2 + (-1,361.138) - (-1,361.138 - 0.000) \times 7.308/10.000 \\ &= 213.664 \text{ (kN} \cdot \text{m)} \end{aligned}$$

(b) せん断力

主桁のせん断力は、支点からh/2離れた位置で検討する。

$$\begin{aligned} S &= W_2 \cdot W_2(L - 2\chi)/2 - (M_L - M_R)/L \\ \text{ここに、} \chi &: \text{照査位置 (m)} \end{aligned}$$

・スパン No.1  $L_1=10.000$  (m) ,  $M_1=0.000$  (kN・m) ,  $M_2=-1,361.138$  (kN・m)

・h/2の位置

$$\begin{aligned} S_{L1} &= 58.972 \times (10.000 - 2 \times 1.800) / 2 - (0.000 - (-1,361.138)) / 10.000 \\ &= 52.597 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{L1} &= 58.972 \times 1.800 \times (10.000 - 1.800) / 2 + 0.000 - (0.000 - (-1,361.138)) \times 1.800 / 10.000 \\ &= 190.209 \text{ (kN・m)} \end{aligned}$$

・L-h/2の位置

$$\begin{aligned} S_{R1} &= 58.972 \times (10.000 - 2 \times 8.200) / 2 - (0.000 - (-1,361.138)) / 10.000 \\ &= -324.824 \text{ (kN・m)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{R1} &= 58.972 \times 8.200 \times (10.000 - 8.200) / 2 + 0.000 - (0.000 - (-1,361.138)) \times 8.200 / 10.000 \\ &= -680.919 \text{ (kN・m)} \end{aligned}$$

・スパン No.2  $L_2=18.000$  (m) ,  $M_2=-1,361.138$  (kN・m) ,  $M_3=-1,361.138$  (kN・m)

・h/2の位置

$$\begin{aligned} S_{L2} &= 58.972 \times (18.000 - 2 \times 1.800) / 2 - (-1,361.138 - (-1,361.138)) / 18.000 \\ &= 424.598 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{L2} &= 58.972 \times 1.800 \times (18.000 - 1.800) / 2 + (-1,361.138) - (-1,361.138 - (-1,361.138)) \times 1.800 / 18.000 \\ &= -501.326 \text{ (kN・m)} \end{aligned}$$

・L-h/2の位置

$$\begin{aligned} S_{R2} &= 58.972 \times (18.000 - 2 \times 16.200) / 2 - (-1,361.138 - (-1,361.138)) / 18.000 \\ &= -424.598 \text{ (kN・m)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{R2} &= 58.972 \times 16.200 \times (18.000 - 16.200) / 2 + (-1,361.138) - (-1,361.138 - (-1,361.138)) \times 16.200 / 18.000 \\ &= -501.326 \text{ (kN・m)} \end{aligned}$$

・スパン No.3  $L_3=10.000$  (m) ,  $M_3=-1,361.138$  (kN・m) ,  $M_4=0.000$  (kN・m)

・h/2の位置

$$\begin{aligned} S_{L3} &= 58.972 \times (10.000 - 2 \times 1.800) / 2 - (-1,361.138 - 0.000) / 10.000 \\ &= 324.824 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{L3} &= 58.972 \times 1.800 \times (10.000 - 1.800) / 2 + (-1,361.138) - (-1,361.138 - 0.000) \times 1.800 / 10.000 \\ &= -680.919 \text{ (kN・m)} \end{aligned}$$

・L-h/2の位置

$$\begin{aligned} S_{R3} &= 58.972 \times (10.000 - 2 \times 8.200) / 2 - (-1,361.138 - 0.000) / 10.000 \\ &= -52.597 \text{ (kN・m)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{R3} &= 58.972 \times 8.200 \times (10.000 - 8.200) / 2 + (-1,361.138) - (-1,361.138 - 0.000) \times 8.200 / 10.000 \\ &= 190.209 \text{ (kN・m)} \end{aligned}$$

## 2.6 応力集計

各スパンの中から最大値を用いて部材の検討を行う。

$$M_{\max} = 1,027.228 \text{ (kN・m)}$$

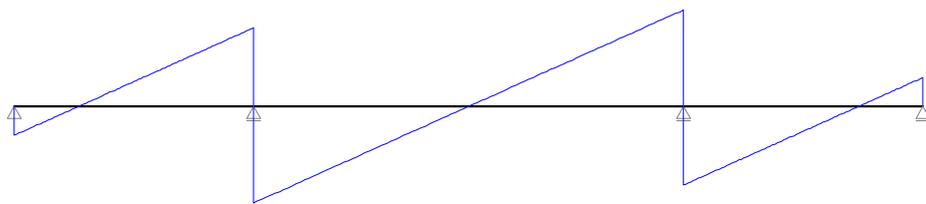
$$S_{h/2} = 424.598 \text{ (kN)}$$

$$M_{h/2} = -501.326 \text{ (kN・m)}$$

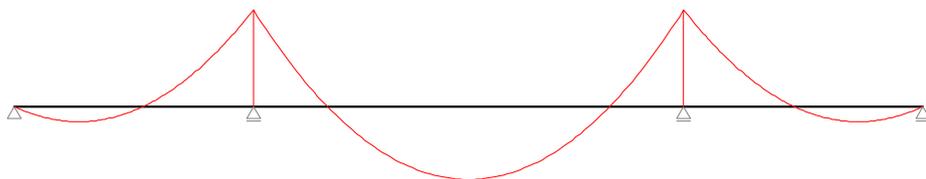
$$M_{\text{omax}} = -1,361.138 \text{ (kN・m)}$$

## 2.7 主桁部応力図

・せん断力図



・曲げモーメント図



### 3. 必要鉄筋量の算出

#### 3.1 係数

断面算定に用いる場合の係数  $k_0$ ,  $j_0$  は次の値を用いる。

$$k_0 = 1 / (1 + \sigma_{sa} / (n \cdot \sigma_{ca})) = 1 / (1 + 157.00 / (15.0 \times 9.00)) = 0.462329$$

$$j_0 = 1 - k_0 / 3 = 1 - 0.462329 / 3 = 0.845890$$

#### 3.2 底版

底版部の計算は、内水圧による引張方向軸力考慮する。

##### (a) 底版端部

$$h = t_2 = 300.0 \text{ (mm)}$$

$$d = h - d_1 = 300.0 - 70.0 = 230.0 \text{ (mm)}$$

$$e = M / N = 25,521,000 / 30,625 = 833.339 \text{ (mm)}$$

$$0.5h - d_2 = 0.5 \times 300.0 - 70.0 = 80.0 \text{ (mm)}$$

$$M_1 = M - N(d - 0.5h) = 25,521,000 - 30,625 \times (230.0 - 0.5 \times 300.0)$$

$$= 23,071,000 \text{ (N} \cdot \text{mm)}$$

$$M_2 = 0.5 \sigma_{ca} \cdot k_0 \cdot j_0 \cdot b \cdot d^2 = 0.5 \times 9.00 \times 0.462329 \times 0.845890 \times 1,000.0 \times 230.0^2$$

$$= 93,096,470 \text{ (N} \cdot \text{mm)}$$

$e > 0.5h - d_2$  しかも  $M_1 \leq M_2$  のためケース 2-A となる。

$$A_s' = 0 \text{ (圧縮鉄筋不要)}$$

$$A_s = M_1 / (\sigma_{sa} \cdot j_0 \cdot d) + N / \sigma_{sa}$$

$$= 23,071,000 / (157.00 \times 0.845890 \times 230.0) + 30,625 / 157.00$$

$$= 950.37 \text{ (mm}^2\text{)}$$

##### (b) 底版中央部

$$h = t_2 = 300.0 \text{ (mm)}$$

$$d = h - d_2 = 300.0 - 60.0 = 240.0 \text{ (mm)}$$

$$e = M / N = 5,308,000 / 30,625 = 173.322 \text{ (mm)}$$

$$0.5h - d_1 = 0.5 \times 300.0 - 60.0 = 90.0 \text{ (mm)}$$

$$M_1 = M - N(d - 0.5h) = 5,308,000 - 30,625 \times (240.0 - 0.5 \times 300.0)$$

$$= 2,551,750 \text{ (N} \cdot \text{mm)}$$

$$M_2 = 0.5 \sigma_{ca} \cdot k_0 \cdot j_0 \cdot b \cdot d^2 = 0.5 \times 9.00 \times 0.462329 \times 0.845890 \times 1,000.0 \times 240.0^2$$

$$= 101,367,801 \text{ (N} \cdot \text{mm)}$$

$e > 0.5h - d_1$  しかも  $M_1 \leq M_2$  のためケース 2-A となる。

$$A_s' = 0 \text{ (圧縮鉄筋不要)}$$

$$A_s = M_1 / (\sigma_{sa} \cdot j_0 \cdot d) + N / \sigma_{sa}$$

$$= 2,551,750 / (157.00 \times 0.845890 \times 240.0) + 30,625 / 157.00$$

$$= 275.12 \text{ (mm}^2\text{)}$$

#### 3.3 側壁

側壁部の計算は、内水圧によって生じる側壁内面の引張曲げモーメントによって計算する。

$$h = t_1 = 300.0 \text{ (mm)}$$

$$d = h - d_3 = 300.0 - 60.0 = 240.0 \text{ (mm)}$$

$$A_s = M / (\sigma_{sa} \cdot j_0 \cdot d) = 25,521,000 / (157.00 \times 0.845890 \times 240.0)$$

$$= 800.71 \text{ (mm}^2\text{)}$$

#### 3.4 主桁

##### (a) 主桁端部

$$h = h = 3,600.0 \text{ (mm)}$$

$$d = h - d_4 = 3,600.0 - 60.0 = 3,540.0 \text{ (mm)}$$

$$A_s = M / (\sigma_{sa} \cdot j_0 \cdot d) = 1,361,137,514 / (157.00 \times 0.845890 \times 3,540.0)$$

$$= 2,895.24 \text{ (mm}^2\text{)}$$

(b) 主桁中央部

$$h = h = 3,600.0 \text{ (mm)}$$

$$d = h - d_5 = 3,600.0 - 60.0 = 3,540.0 \text{ (mm)}$$

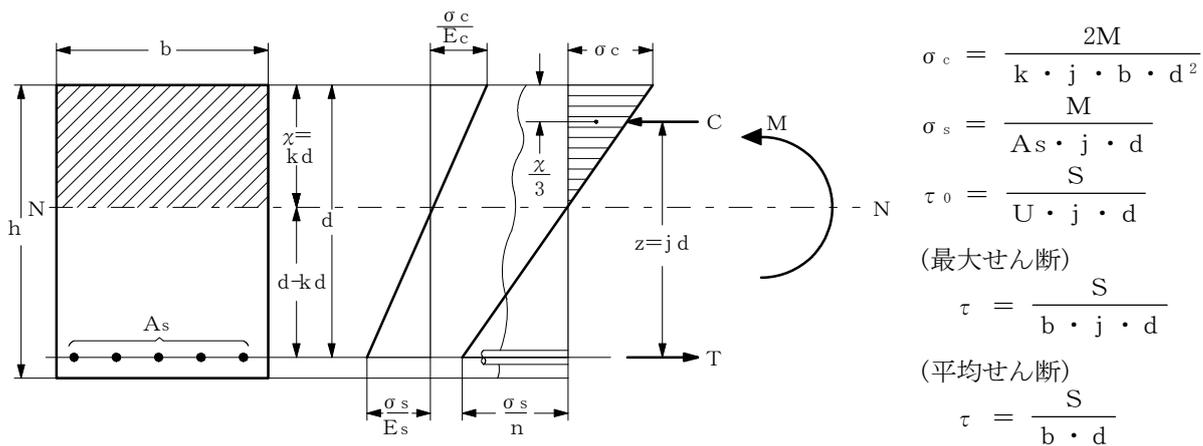
$$A_s = M / (\sigma_{sa} \cdot j_0 \cdot d) = 1,027,228,000 / (157.00 \times 0.845890 \times 3,540.0) \\ = 2,184.99 \text{ (mm}^2\text{)}$$

### 3.5 必要鉄筋量の集計

項 目	必要鉄筋量 (mm <sup>2</sup> )	本数(本)	呼び径	鉄筋量(mm <sup>2</sup> )	周 長(mm)
底版上部	950.37	4.00	D19	1146.0	240.0
底版下部	275.12	4.00	D10	285.3	120.0
側壁内側	800.71	4.00	D19	1146.0	240.0
主桁上部	2895.24	10.00	D22	3871.0	700.0
主桁下部	2184.99	10.00	D19	2865.0	600.0

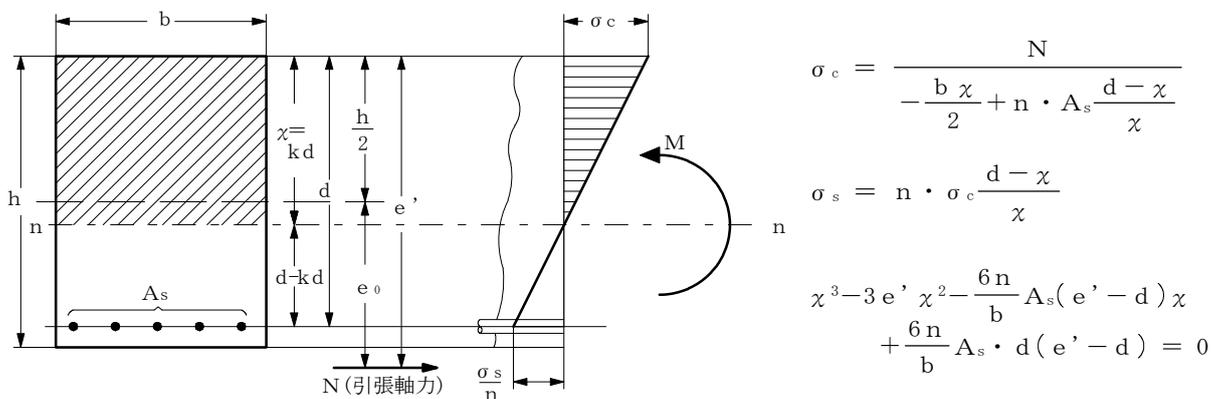
## 4. 部材計算

### 4.1 算出公式



$$p = \frac{A_s}{b \cdot d} \quad k = \sqrt{2n \cdot p + (n \cdot p)^2} - n \cdot p \quad j = 1 - \frac{k}{3}$$

曲げモーメントのみが作用する部材



曲げモーメントと引張軸力が作用する部材

## 4.2 応力計算表

			底版端部	底版中央	側壁付根	主桁 h/2	主桁中央	主桁端部
断面力	曲げモーメント	M kN・m	-25.521	5.308	-25.521	-501.326	1,027.228	-1,361.138
	軸力	N kN	-30.625	-30.625	0.000	0.000	0.000	0.000
	せん断力	S kN	27.073	0.000	30.625	424.598	0.000	——
部材	部材幅	b mm	1,000	1,000	1,000	300	300	300
	部材厚	h mm	300	300	300	3,600	3,600	3,600
配筋計画	引張側鉄筋かぶり	$d_2$ mm	70.000	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000
	圧縮側鉄筋かぶり	$d_1$ mm	60.000	70.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	引張側鉄筋@ピッチ、鉄筋×本数		D19@250	D10@250	D19@250	D22×10	D19×10	D22×10
	圧縮側鉄筋@ピッチ		D10@250	D19@250				
データ	鉄筋断面積	$A_s$ mm <sup>2</sup>	1,146.0	285.3	1,146.0	3,871.0	2,865.0	3,871.0
	鉄筋周長	U mm	240.0	120.0	240.0	700.0	600.0	700.0
	有効部材厚	d mm	230.0	240.0	240.0	3,540.0	3,540.0	3,540.0
係数	ヤング係数比	n	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
	鉄筋比	p	0.00498	0.00119	0.00477	0.00365	0.00270	0.00365
	Nの中心からの距離	$e_o$ mm	-833.339	-173.322	0.000	0.000	0.000	0.000
	Nの圧縮縁からの距離	$e_c$ mm	-983.339	-323.322	0.000	0.000	0.000	0.000
	中立軸の位置	$\chi$	66.395	22.174	75.259	992.970	873.955	992.970
	中立軸比	k	0.288680	0.092390	0.313580	0.280500	0.246880	0.280500
	応力軸比	j	0.903770	0.969200	0.895470	0.906500	0.917710	0.906500
計算結果	曲げ圧縮応力度 [9.00]	$\sigma_c$ N/mm <sup>2</sup>	3.34	0.99	3.16	1.05	2.41	2.85
	引張応力度 [157.00]	$\sigma_s$ N/mm <sup>2</sup>	123.56	145.73	103.63	40.36	110.37	109.58
	せん断応力度 [0.45]	$\tau$ N/mm <sup>2</sup>	0.13	0.00	0.14	0.44	0.00	——
	付着応力度 [1.60]	$\tau_o$ N/mm <sup>2</sup>	0.54	0.00	0.59	0.19	0.00	——
判定			OK	OK	OK	OK	OK	OK

底版及び側壁は、単位m当たりでの計算。