

## 参考資料 1 B P・B 支承（可動）の設計例

B P・B 支承（可動）の設計例を以下に示す。

### 1. 設計条件

全反力	R	800	kN
死荷重反力	$R_d$	520	kN
耐震設計に用いる下向きの地震力	$R_L$	936	kN
耐震設計に用いる上向きの地震力	$R_U$	104	kN
移動時橋軸方向水平力	$R_{H1f}$	80	kN
地震時橋軸直角方向水平力	$R_{H2e}$	463	kN
地震時上揚力	V	156	kN
計算移動量	e 1	50	mm
設計移動量	e 2	70	mm
全移動量	e	110	mm
設計摩擦係数	f	0.10	
設計水平震度（レベル 1 地震動）	$k_h$	0.2	
設計水平震度（レベル 2 地震動）	$k_{hc}$	0.89	
上部工との許容支圧応力度	$\sigma_{ba}$	210	N/mm <sup>2</sup>
下部工との許容支圧応力度	$\sigma_{ba}$	8	N/mm <sup>2</sup>
ベースプレートとの許容応力度	$\sigma_{ba}$	250	N/mm <sup>2</sup>

### 2. すべり板

材質：PTFE

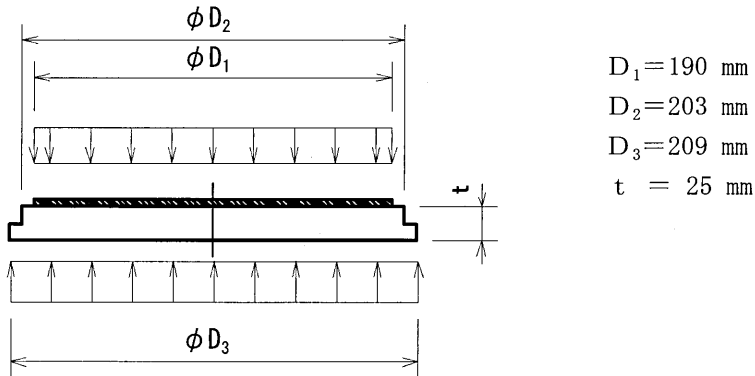
すべり板直径：D =  $\phi$  190 mm

支圧応力度

$$\begin{aligned}\sigma_b &= R / (\pi / 4 \times D^2) \\ &= 800,000 / (\pi / 4 \times 190^2) \\ &= 28.2 \text{ N/mm}^2 \leq \sigma_{ba} = 30 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

### 3. 中間プレート

材質：SS400



$$D_1 = 190 \text{ mm}$$

$$D_2 = 203 \text{ mm}$$

$$D_3 = 209 \text{ mm}$$

$$t = 25 \text{ mm}$$

曲げモーメント

$$\begin{aligned} M &= 1/2 \times R \times 2 / (3 \times \pi) \times (D_3 - D_1) \\ &= 1/2 \times 800,000 \times 2 / (3 \times \pi) \times (209 - 190) \\ &= 1,612,770 \text{ N}\cdot\text{mm} \end{aligned}$$

曲げ応力度

$$\begin{aligned} \sigma &= M / (1/6 \times D_2 \times t^2) \\ &= 1,612,770 / (1/6 \times 203 \times 25^2) \\ &= 76.3 \text{ N/mm}^2 \leq \sigma_a = 140 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

### 4. ゴムプレート

材質：クロロプレンゴム

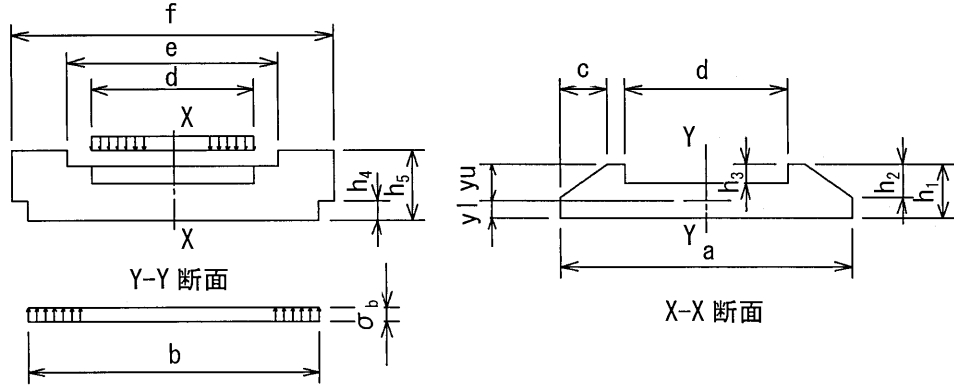
ゴムプレート直径： $D = \phi 210 \text{ mm}$

支圧応力度

$$\begin{aligned} \sigma_b &= R / (\pi / 4 \times D^2) \\ &= 800,000 / (\pi / 4 \times 210^2) \\ &= 23.1 \text{ N/mm}^2 \leq \sigma_{ba} = 25 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

5. 下沓

材質：SCW480N



a = 290 mm	h <sub>1</sub> = 64 mm
b = 290 mm	h <sub>2</sub> = 39 mm
b' = 380 mm	h <sub>3</sub> = 29 mm
c = 10 mm	h <sub>4</sub> = 30 mm
d = 210 mm	h <sub>5</sub> = 90 mm
e = 290 mm	S = 6 mm
f = 440 mm	L = 4.2 mm

- ※ b : 支圧応力計算時有効寸法
- b' : 断面特性計算時有効寸法
- S : 下沓溶接脚長  
(すみ肉全周溶接)
- L : 有効溶接脚長  
(S/√2)

断面特性

X-X断面	Y-Y断面
y <sub>1</sub> = 22.6 mm	y <sub>1</sub> = 36.1 mm
y <sub>u</sub> = 41.4 mm	y <sub>u</sub> = 53.9 mm
J <sub>n</sub> = 2,793,987 mm <sup>4</sup>	J <sub>n</sub> = 14,372,262 mm <sup>4</sup>
ΣA = 12,080 mm <sup>2</sup>	ΣA = 24,170 mm <sup>2</sup>

5.1 支圧応力度

1) 常時

$$\begin{aligned} \sigma_b &= R / (a \times b) \\ &= 800,000 / (290 \times 290) \\ &= 9.5 \text{ N/mm}^2 \leq \sigma_{ba} = 250 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

2) 橋軸方向移動時 (常時)

$$\begin{aligned} \sigma_{bmax}, \sigma_{bmini} &= R / (a \times b) \pm (R_{Hif} \times h) / (1/6 \times a^2 \times b) && h : \text{作用高 (=78mm)} \\ &= 800,000 / (290 \times 290) \pm (800,000 \times 78) / (1/6 \times 290^2 \times 290) \\ \sigma_{bmax} &= 11 \text{ N/mm}^2 \leq \sigma_{ba} = 250 \times 1.15 = 287.5 \text{ N/mm}^2 \\ \sigma_{bmini} &= 8 \text{ N/mm}^2 \leq \sigma_{ba} = 250 \times 1.15 = 287.5 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

3) 橋軸直角方向地震時： $R_L$ による照査

偏心量：E

$$E = R_{H2e} \times h / R_L \quad h : \text{作用高} (=85\text{mm})$$

$$= 463,000 \times 85 / 936,000$$

$$= 42 \text{ mm}$$

支圧ケース

台形分布

$$\text{CASE-1} : E \leq E_0 = b/6 \quad E_0 = 290/6 = 48.3 \text{ mm}$$

溶接部に引張を生じる三角分布

$$\text{CASE-2} : E > E_0 = b/6$$

 $E \leq E_0$ より台形分布となり支圧応力度は次式により計算する.

$$\sigma_{b\max}, \sigma_{b\min} = R_L / (a \times b) \pm (R_{H2e} \times h) / (1/6 \times b^2 \times a)$$

$$= 936,000 / (290 \times 290) \pm (463,000 \times 85) / (1/6 \times 290^2 \times 290)$$

$$\sigma_{b\max} = 20.8 \text{ N/mm}^2 \leq \sigma_{ba} = 250 \times 1.7 = 425 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{b\min} = 1.4 \text{ N/mm}^2 \leq \sigma_{ba} = 250 \times 1.7 = 425 \text{ N/mm}^2$$

溶接部のせん断応力度

$$\tau = R_{H2e} / \{(a + b) \times 2 \times L\}$$

$$= 463,000 / \{(290 + 290) \times 2 \times L\}$$

$$= 95 \text{ N/mm}^2 \leq \tau_a = 100 \times 1.7 = 170 \text{ N/mm}^2$$

4) 橋軸直角方向地震時： $R_u$ による照査

偏心量：E

$$E = R_{H2e} \times h / R_u \quad h : \text{作用高} (=85\text{mm})$$

$$= 463,000 \times 85 / 104,000$$

$$= 378.4 \text{ mm}$$

支圧ケース

台形分布

$$\text{CASE-1} : E \leq E_0 = b/6 \quad E_0 = 290/6 = 48.3 \text{ mm}$$

溶接部に引張を生じる三角分布

$$\text{CASE-2} : E > E_0 = b/6$$

 $E \leq E_0$ より軸圧縮力を受ける単鉄筋コンクリート断面として計算する.

$$\text{溶接部の抵抗面積} : A_s = a \times L = 290 \times 4.2 = 1,218 \text{ mm}^2$$

$$\text{ヤング係数比} : n = 1$$

$$I = a / 2 - E$$

中立軸を求めるため、以下の方程式を解く

$$x^3 - 3 \times 1 \times x^2 + 6 \times n \times A_s / a \times (b - 1) \times (x - b) = 0$$

以上より中立軸xの位置は62.7mmとなる.

支圧応力度

$$\sigma_{b\max} = (2 \times R_u) / \{a \times x - 2 \times A_s / x \times (b - x)\}$$

$$= (2 \times 104,000) / \{290 \times 62.7 - 2 \times 1,218 / 62.7 \times (290 - 62.7)\}$$

$$= 22.2 \text{ N/mm}^2 \leq \sigma_{ba} = 250 \times 1.7 = 425 \text{ N/mm}^2$$

溶接部の引張応力によるせん断応力度

$$\begin{aligned} \tau_b &= \sigma_{bmax} \times n \times (b - x) / x \\ &= 22.2 \times 1 \times (290 - 62.7) / 62.7 \\ &= 80 \text{ N/mm}^2 \leq \tau_a = 100 \times 1.7 = 170 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

溶接部のせん断応力度

$$\begin{aligned} \tau_s &= R_{H2e} / \{(a + b) \times 2 \times L\} \\ &= 463,000 / \{(290 + 290) \times 2 \times 4.2\} \\ &= 95 \text{ N/mm}^2 \leq \tau_a = 100 \times 1.7 = 170 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

溶接部の合成応力

$$\begin{aligned} U &= (\tau_b / \tau_a)^2 + (\tau_s / \tau_a)^2 \\ &= (80/170)^2 + (95/170)^2 = 0.53 \geq U_a = 1.0 \end{aligned}$$

### 5.2 中央断面の曲げ応力度

常時

曲げモーメント

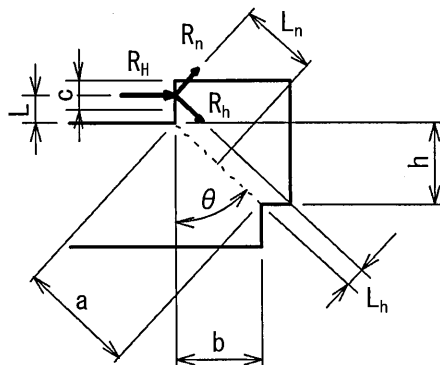
$$\begin{aligned} M &= 1/2 \times R \times (a/4 - 2/(3 \times \pi) \times d) \\ &= 1/2 \times 800,000 \times (290/4 - 2/(3 \times \pi) \times 210) \\ &= 11,174,646 \text{ N}\cdot\text{mm} \end{aligned}$$

曲げ応力度

$$\begin{aligned} \sigma &= M / J_n \times y_u \\ &= 11,174,646 / 2,793,987 \times 41.4 \\ &= 166 \text{ N/mm}^2 \leq \sigma_a = 170 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

### 5.3 下沓凸部の応力度

1) 橋軸直角方向地震力による応力度



a	=	56.4	mm	
b	=	45.0	mm	
c	=	10.0	mm	
d	=	150.0	mm	(橋軸方向幅)
h	=	34.0	mm	
L	=	21.0	mm	
θ	=	52.927	deg	
L <sub>h</sub>	=	16.8	mm	
L <sub>n</sub>	=	40.9	mm	
R <sub>h</sub>	=	369,413	N	
R <sub>n</sub>	=	279,111	N	

曲げ応力度

$$\begin{aligned} \sigma &= (R_n \times L_n + R_h \times L_h) / \{(1/6) \times a^2 \times d\} + R_n / (a \times d) \\ &= (279,111 \times 40.9 + 369,413 \times 16.8) / \{(1/6) \times 56.4^2 \times 150\} + 279,111 / (56.4 \times 150) \\ &= 255 \text{ N/mm}^2 \leq \sigma_a = 170 \times 1.7 = 289 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

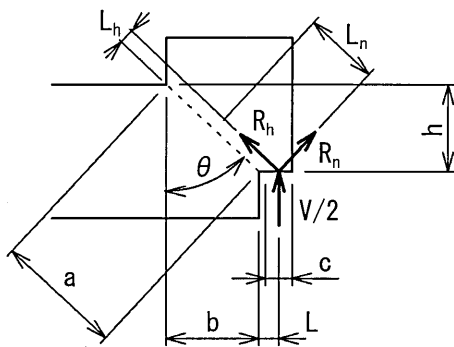
せん断応力度

$$\begin{aligned}\tau &= R_h / (a \times d) \\ &= 369,413 / (56.4 \times 150) \\ &= 44 \text{ N/mm}^2 \leq \tau_a = 100 \times 1.7 = 170 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

支圧応力度

$$\begin{aligned}\sigma_b &= R_{H2c} / (c + d) \\ &= 463,000 / (10 \times 150) \\ &= 309 \text{ N/mm}^2 \leq \sigma_{ba} = 250 \times 1.7 = 425 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

## 2) 上陽力による応力度



a	= 56.4	mm
b	= 45.0	mm
c	= 10.0	mm
d	= 150.0	mm (橋軸方向幅)
h	= 34.0	mm
L	= 20.0	mm
$\theta$	= 52.927	deg
$L_h$	= 12.1	mm
$L_n$	= 44.2	mm
$R_h$	= 47,021	N
$R_n$	= 62,234	N

曲げ応力度

$$\begin{aligned}\sigma &= (R_n \times L_n + R_h \times L_h) / \{(1/6) \times a^2 \times d\} + R_n / (a \times d) \\ &= (62,234 \times 44.2 + 47,021 \times 12.1) / \{(1/6) \times 56.4^2 \times 150\} + 62,234 / (56.4 \times 150) \\ &= 49 \text{ N/mm}^2 \leq \sigma_a = 170 \times 1.7 = 289 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

せん断応力度

$$\begin{aligned}\tau &= R_h / (a \times d) \\ &= 47,021 / (56.4 \times 150) \\ &= 6 \text{ N/mm}^2 \leq \tau_a = 100 \times 1.7 = 170 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

支圧応力度

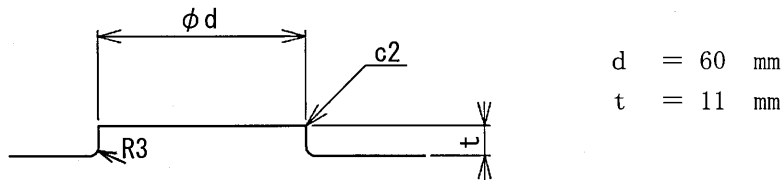
$$\begin{aligned}\sigma_b &= (V/2) / (c \times d) \\ &= 156,000 / (10 \times 150) \\ &= 52 \text{ N/mm}^2 \leq \sigma_{ba} = 250 \times 1.7 = 425 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

6. 上沓

材質：SM490A または SCW480N

6.1 突起部の応力度

※ レベル 2 の水平力は、セットボルトで抵抗するため、突起の照査はレベル 1 地震動による水平力とする。



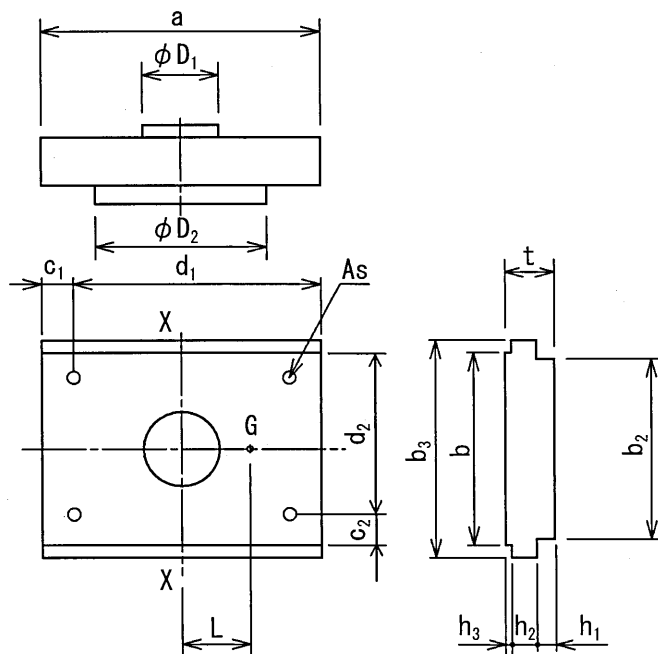
支圧応力度 (ソールプレート材質：SM400 ( $t \leq 40\text{mm}$ ) 相当)

$$\begin{aligned} \sigma_b &= (R_d \times k_h) / \{d \times (t - C - R)\} \\ &= (520,000 \times 0.2) / \{60 \times (11 - 2 - 3)\} \\ &= 289 \text{ N/mm}^2 \leq \sigma_{ba} = 210 \times 1.5 = 315 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

せん断応力度

$$\begin{aligned} \tau &= (R_d \times k_h) / (\pi/4 \times d^2) \\ &= (520,000 \times 0.2) / (\pi/4 \times 60^2) \\ &= 37 \text{ N/mm}^2 \leq \tau_a = 100 \times 1.5 = 150 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

6.2 上沓上面支圧応力度



a = 390 mm	h <sub>1</sub> = 15 mm	断面特性		
b = 360 mm	h <sub>2</sub> = 20 mm	X-X断面		
b <sub>2</sub> = 280 mm	h <sub>3</sub> = 17 mm		y <sub>1</sub> = 27.1 mm	
b <sub>3</sub> = 424 mm	D <sub>1</sub> = 60 mm		y <sub>u</sub> = 24.9 mm	
c <sub>2</sub> = 85 mm	D <sub>2</sub> = 190 mm		J <sub>n</sub> = 3,805,708 mm <sup>4</sup>	
d <sub>2</sub> = 275 mm	取付けボルト呼び径 : d = M27		ΣA = 18,800 mm <sup>2</sup>	
t = 52 mm	取付けボルト谷径 : d <sub>0</sub> = 23.752 mm			
	取付けボルト本数 : ΣN = 4本			

1) 橋軸直角方向地震時 : R<sub>L</sub>による照査

偏心量 : E

h : 作用高 (=53mm)

$$E = R_{H2e} \times h / R_L$$

$$= 463,000 \times 53 / 936,000$$

$$= 26.2 \text{ mm}$$

支圧ケース

台形分布

$$\text{CASE-1 : } E \leq E_0 = b/6 \quad E_0 = 360/6 = 60 \text{ mm}$$

ネジ部に引張を生じない三角分布

$$\text{CASE-2 : } E \leq E_1 = b/6 + c_2/3 \quad E_1 = 360/6 + 85/3 = 88.3 \text{ mm}$$

ネジ部に引張を生じる三角分布

$$\text{CASE-3 : } E > E_1 = b/6 + c_2/3$$

E ≤ E<sub>0</sub>より台形分布となり支圧応力度は次式により計算する.

$$\sigma_{bmax}, \sigma_{bmini}$$

$$= R_L / (a \times b - \pi/4 \times D_1^2) \pm (R_{H2e} \times h) / (1/6 \times b^2 \times a - \pi/32 \times D_1^4 / b)$$

$$= 936,000 / (290 \times 360 - \pi/4 \times 60^2) \pm (463,000 \times 53) / (1/6 \times 360^2 \times 300 - \pi/32 \times 60^4 / 360)$$

$$\sigma_{tmax} = 9.7 \text{ N/mm}^2 \leq \sigma_{ba} = 210 \times 1.7 = 357 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{tmin} = 3.9 \text{ N/mm}^2 \leq \sigma_{ba} = 210 \times 1.7 = 357 \text{ N/mm}^2$$

ボルト部のせん断応力度

$$\tau = R_{H2e} / (\pi/4 \times d_0^2 \times \Sigma N)$$

$$= 463,000 / (\pi/4 \times 23.752^2 \times 4)$$

$$= 261 \text{ N/mm}^2 \leq \tau_a = 200 \times 1.7 = 340 \text{ N/mm}^2$$

2) 橋軸直角方向地震時 : R<sub>u</sub>による照査

偏心量 : E

h : 作用高 (=53mm)

$$E = R_{H2e} \times h / R_u$$

$$= 463,000 \times 53 / 104,000$$

$$= 236 \text{ mm}$$

支圧ケース

台形分布

$$\text{CASE-1 : } E \leq E_0 = b/6 \quad E_0 = 360/6 = 60 \text{ mm}$$

ネジ部に引張を生じない三角分布

$$\text{CASE-2 : } E \leq E_1 = b/6 + c_2/3 \quad E_1 = 360/6 + 85/3 = 88.3 \text{ mm}$$

ネジ部に引張を生じる三角分布

$$\text{CASE-3 : } E > E_1 = b/6 + c_2/3$$

$E > E_0$  より軸圧縮力を受ける単鉄筋コンクリート断面として計算する.

$$\text{ボルトの抵抗面積} : A_s = \pi/4 \times d_0^2 \times N = \pi/4 \times 23.752^2 \times 2 = 886 \text{ mm}^2$$

$d_0$  : 使用ボルト谷径

$N$  : 抵抗本数 (=2本)

ヤング係数比 :  $n = 1$

$$I = a/2 - E$$

中立軸を求めるため、以下の方程式を解く

$$x^3 - 3 \times 1 \times x^2 + 6 \times n \times A_s / a \times (d_2 - 1) \times (x - d_2) = 0$$

以上より中立軸  $x$  の位置は 64 mm となる.

支圧応力度

$$\begin{aligned} \sigma_{b\max} &= (2 \times R_u) / \{ a \times x - 2 \times A_s / x \times (d_2 - x) \} \\ &= (2 \times 104,000) / \{ 390 \times 64 - 2 \times 886 / 64 \times (275 - 64) \} \\ &= 10.9 \text{ N/mm}^2 \leq \sigma_{ba} = 210 \times 1.7 = 357 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

ボルトの引張応力度

$$\begin{aligned} \sigma_t &= \sigma_{b\max} \times n \times (d_2 - x) / x \\ &= 10.9 \times 1 \times (275 - 64) / 64 \\ &= 36 \text{ N/mm}^2 \leq \sigma_{ta} = 360 \times 1.7 = 612 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

ボルトのせん断応力度

$$\begin{aligned} \tau &= R_{H2e} / (\pi/4 \times d_0^2 \times \Sigma N) \\ &= 463,000 / (\pi/4 \times 23.752^2 \times 4) \\ &= 261 \text{ N/mm}^2 \leq \tau_a = 200 \times 1.7 = 340 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

ボルトの合成応力

$$U = (\sigma_b / \sigma_{ts})^2 + (\tau_s / \tau_a)^2 = (36/612)^2 + (261/340)^2 = 0.59 \geq U_a = 1.2$$

### 6.3 中央断面 (X-X断面) の応力度

$L$  : 上脊上面の突起部を除いた右側支圧面の重心までの距離

$$\begin{aligned} L &= \{ 1/2 \times (a/2)^2 \times b - 1/12 \times D_1^3 \} / \{ a/2 \times b - \pi/8 \times D_1^2 \} \\ &= \{ 1/2 \times (390/2)^2 \times 360 - 1/12 \times 60^3 \} / \{ 390/2 \times 360 - \pi/8 \times 60^2 \} \\ &= 99.2 \text{ mm} \end{aligned}$$

曲げモーメント

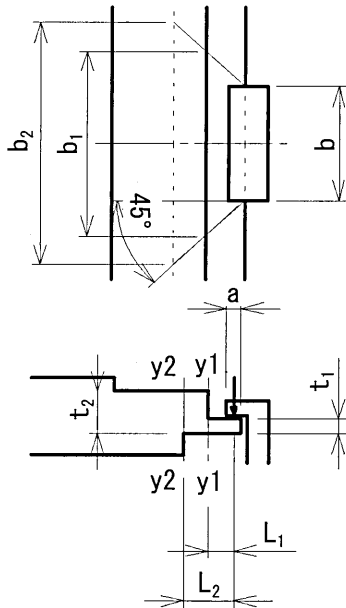
$$\begin{aligned} M &= 1/2 \times R \times (L - 2/(3 \times \pi) \times D_2) \\ &= 1/2 \times 800,000 \times (99.2 - 2/(3 \times \pi) \times 190) = 23,552,299 \text{ N}\cdot\text{mm} \end{aligned}$$

曲げ応力度

$$\begin{aligned} \sigma &= M / J_n \times y_1 \\ &= 23,552,299 / 3,805,708 \times 27.1 \\ &= 168 \text{ N/mm}^2 \leq \sigma_a = 170 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

## 6.4 ストッパー部の応力度

## 1) 上揚力による応力度



$$t_1 = 20 \text{ mm}$$

$$t_2 = 37 \text{ mm}$$

$$a = 18 \text{ mm}$$

$$b = 150 \text{ mm} \quad (\text{橋軸方向支圧長})$$

$$L_1 = 23 \text{ mm}$$

$$L_2 = 63 \text{ mm}$$

曲げ有効幅

$$b_1 = 196 \text{ mm} \quad (= b + 2 \times L_1)$$

$$b_2 = 276 \text{ mm} \quad (= b + 2 \times L_2)$$

## 2) 支圧応力度

$$\begin{aligned} \sigma_b &= (V/2) / (a \times b) \\ &= (156,000/2) / (18 \times 150) \\ &= 29 \text{ N/mm}^2 \leq \sigma_{ba} = 250 \times 1.7 = 425 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

3)  $y_1 - y_1$  断面

曲げ応力度

$$\begin{aligned} \sigma &= \{(V/2) \times L_1\} / (1/6 \times t_1^2 \times b_1) \\ &= \{(156,000/2) \times 23\} / (1/6 \times 20^2 \times 196) \\ &= 137 \text{ N/mm}^2 \leq \sigma_a = 170 \times 1.7 = 289 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

せん断応力度

$$\begin{aligned} \tau &= (V/2) / (b_1 \times t_1) \\ &= (156,000/2) / (196 \times 20) \\ &= 20 \text{ N/mm}^2 \leq \tau_a = 100 \times 1.7 = 170 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

合成応力

$$\begin{aligned} U &= (\sigma / \sigma_a)^2 + (\tau / \tau_a)^2 \\ &= (137/289)^2 + (20/170)^2 \\ &= 0.24 \leq U_a = 1.2 \end{aligned}$$

4)  $y_1 - y_1$  断面

曲げ応力度

$$\begin{aligned} \sigma &= \{(V/2) \times L_2\} / (1/6 \times t_2^2 \times b_2) \\ &= \{(156,000/2) \times 63\} / (1/6 \times 37^2 \times 276) \\ &= 78 \text{ N/mm}^2 \leq \sigma_a = 170 \times 1.7 = 289 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

せん断応力度

$$\begin{aligned} \tau &= (V/2) / (b_2 \times t_2) \\ &= (156,000/2) / (276 \times 37) \\ &= 8 \text{ N/mm}^2 \leq \tau_a = 100 \times 1.7 = 170 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

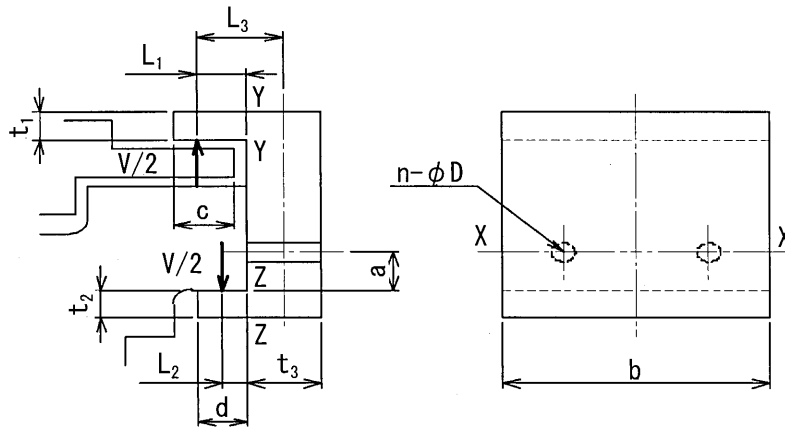
合成応力

$$\begin{aligned} U &= (\sigma / \sigma_a)^2 + (\tau / \tau_a)^2 \\ &= (78/289)^2 + (8/170)^2 \\ &= 0.08 \leq U_a = 1.2 \end{aligned}$$

7. サイドブロックおよび取付けボルト

サイドブロック本体材質 : SS400

取付けボルト強度区分 : 4.8



$t_1$	= 20	mm	$a$	= 30	mm
$t_2$	= 20	mm	$b$	= 150	mm
$t_3$	= 27	mm	$c$	= 18	mm
$L_1$	= 17	mm	$d$	= 10	mm
$L_2$	= 10	mm	$D$	= 22	mm
$L_3$	= 30.5	mm	$n$	= 2	mm

取付けボルト呼び径 :  $d = M20$

取付けボルト谷径 :  $d_o = 17.294 \text{ mm}$

## 7.1 サイドブロック本体

## 1) 支圧応力度

$$\begin{aligned}\sigma_b &= (V/2)/(c \times b) \\ &= (156,000/2)/18 \times 150 \\ &= 29 \text{ N/mm}^2 \leq \sigma_{ba} = 190 \times 1.7 = 323 \text{ N/mm}^2 \\ \sigma_b &= (V/2)/(d \times b) \\ &= (156,000/2)/10 \times 150 \\ &= 52 \text{ N/mm}^2 \leq \sigma_{ba} = 190 \times 1.7 = 323 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

## 2) Y-Y断面

曲げ応力度

$$\begin{aligned}\sigma &= \{(V/2) \times L_1\}/(1/6 \times t_1^2 \times b) \\ &= \{(156,000/2) \times 17\}/(1/6 \times 20^2 \times 150) \\ &= 133 \text{ N/mm}^2 \leq \sigma_a = 125 \times 1.7 = 212.5 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

せん断応力度

$$\begin{aligned}\tau &= (V/2)/(b \times t_1) \\ &= (156,000/2)/(150 \times 20) \\ &= 26 \text{ N/mm}^2 \leq \tau_a = 75 \times 1.7 = 127.5 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

合成応力

$$\begin{aligned}U &= (\sigma_t/\sigma_{ta})^2 + (\tau/\tau_a)^2 \\ &= (133/212.5)^2 + (26/127.5)^2 \\ &= 0.43 \leq U_a = 1.2\end{aligned}$$

## 3) Z-Z断面

曲げ応力度

$$\begin{aligned}\sigma &= \{(V/2) \times L_2\}/(1/6 \times t_2^2 \times b) \\ &= \{(156,000/2) \times 10\}/(1/6 \times 20^2 \times 150) \\ &= 78 \text{ N/mm}^2 \leq \sigma_a = 125 \times 1.7 = 212.5 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

せん断応力度

$$\begin{aligned}\tau &= (V/2)/(b \times t_2) \\ &= (156,000/2)/(150 \times 20) \\ &= 26 \text{ N/mm}^2 \leq \tau_a = 75 \times 1.7 = 127.5 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

合成応力

$$\begin{aligned}U &= (\sigma_t/\sigma_{ta})^2 + (\tau/\tau_a)^2 \\ &= (78/212.5)^2 + (26/127.5)^2 \\ &= 0.18 \leq U_a = 1.2\end{aligned}$$

## 4) X-X断面

有効幅:  $b_1 = b - n \times D = 150 - 2 \times 22 = 106 \text{ mm}$ 

引張曲げ応力度

$$\begin{aligned}\sigma_t &= \{(V/2) \times L_3\}/(1/6 \times t_3^2 \times b_1) + (V/2)/(b_1 \times t_3) \\ &= \{(156,000/2) \times 30.5\}/(1/6 \times 27^2 \times 106) + (156,000/2)/(106 \times 30.5) \\ &= 212 \text{ N/mm}^2 \leq \sigma_a = 125 \times 1.7 = 212.5 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

## 7.2 取付けボルト

引張応力度

$$\begin{aligned}\sigma_t &= \{(V/2) \times (L_1 - L_2)\} / (n \times a \times \pi/4 \times d_o^2) \\ &= \{(156,000/2) \times (17 - 10)\} / (2 \times 30 \times \pi/4 \times 17.294^2) \\ &= 39 \text{ N/mm}^2 \leq \sigma_{ta} = 140 \times 1.7 = 238 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

## 8. セットボルト

強度区分：8.8

※ せん断応力，水平力による引張応力度および合成応力度は6.2項参照

使用ボルト呼び径：d = M27

使用ボルト谷径：d<sub>o</sub> = 23.752 mm

使用ボルト本数：n = 4 本

上揚力による引張応力度

$$\begin{aligned}\sigma_t &= V / (\pi/4 \times d_o^2 \times n) \\ &= 156,000 / (\pi/4 \times 23.752^2 \times 4) \\ &= 88 \text{ N/mm}^2 \leq \sigma_{ta} = 360 \times 1.7 = 612 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

## 9. アンカーボルト

材質：S35CN

使用ボルト呼び径：d<sub>1</sub> = D32使用ボルト有効径：d<sub>2</sub> = φ 30 mm使用ボルト公称径：d<sub>3</sub> = φ 31.8 mm

使用ボルト埋込長：L = 350 mm

使用ボルト本数：n = 4 本

せん断応力度

設計水平力：橋軸方向水平力，橋軸直角方向水平力の最大値とする。

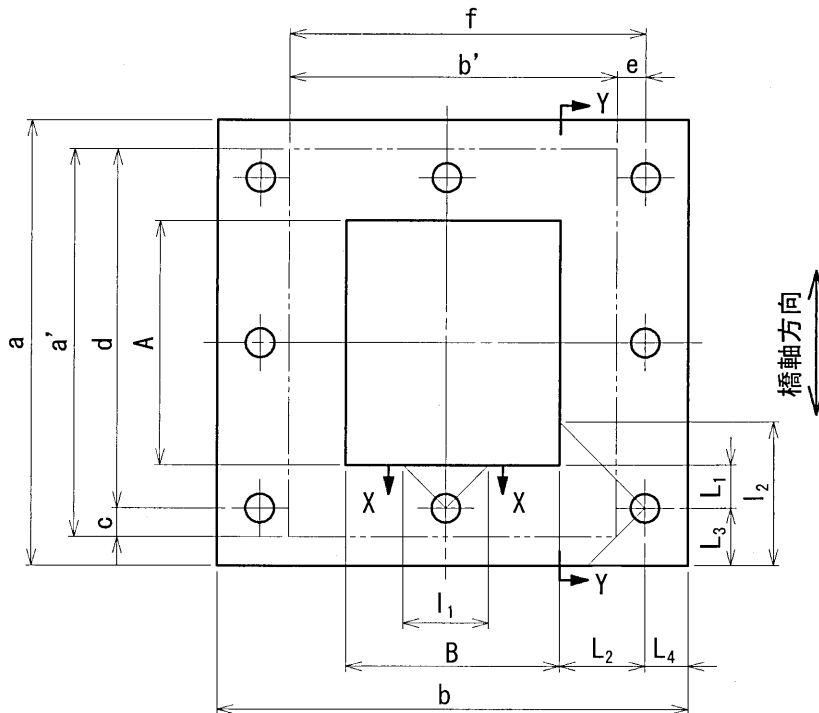
$$\begin{aligned}H_{\max} &= \max (R_{H2c}) = \max (463) = 463 \text{ kN} \\ \tau &= H_{\max} / (\pi/4 \times d_2^2 \times n) \\ &= 463,000 / (\pi/4 \times 30^2 \times 4) \\ &= 164 \text{ N/mm}^2 \leq \tau_a = 110 \times 1.7 = 187 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

コンクリート付着応力度

$$\begin{aligned}\tau_o &= V / (\pi \times d_3 \times L \times n) \\ &= 156,000 / (\pi \times 31.8 \times 350 \times 4) \\ &= 1,115 \text{ N/mm}^2 \leq \tau_{oa} = 1.4 \times 1.5 = 2.10 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

## 10. ベースプレート

材質：SM490A



A	= 290	mm	a'	= 415	mm
B	= 290	mm	b'	= 415	mm
a	= 420	mm	L <sub>1</sub>	= 10	mm
b	= 500	mm	L <sub>2</sub>	= 50	mm
e	= 12.5	mm	L <sub>3</sub>	= 55	mm
f	= 402.5	mm	L <sub>4</sub>	= 55	mm
h <sub>1</sub>	= 103	mm	l <sub>1</sub>	= 20	mm
h <sub>2</sub>	= 110	mm	l <sub>2</sub>	= 100	mm
			板厚 t	= 25	mm

- ※l<sub>1</sub> : X-X断面曲げ応力度計算時有効寸法  
 l<sub>2</sub> : Y-Y断面曲げ応力度計算時有効寸法  
 h<sub>1</sub> : 作用高 (橋軸方向)  
 h<sub>2</sub> : 作用高 (橋軸直角方向)  
 a' : 支圧面積計算時有効寸法 (= A + 5 × t)  
 b' : 支圧面積計算時有効寸法 (= B + 5 × t)

## 10.1 支圧応力度

## 1) 常時

$$\begin{aligned}\sigma_b &= R / (a' \times b') \\ &= 800,000 / (415 \times 415) \\ &= 4.6 \text{ N/mm}^2 \leq \sigma_{ba} = 8 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

## 2) 橋軸方向移動時 (常時)

$$\begin{aligned}\sigma_{b\max}, \sigma_{b\min} &= R / (a' \times b') \pm (R_{\text{Hif}} \times h) / (1/6 \times a'^2 \times b') \\ & \qquad \qquad \qquad h : \text{作用高} (=103\text{mm}) \\ &= 800,000 / (415 \times 415) \pm (800,000 \times 103) / (1/6 \times 415^2 \times 415) \\ \sigma_{b\max} &= 5.3 \text{ N/mm}^2 \leq \sigma_{ba} = 8 \times 1.15 = 9.2 \text{ N/mm}^2 \\ \sigma_{b\min} &= 4.0 \text{ N/mm}^2 \leq \sigma_{ba} = 8 \times 1.15 = 9.2 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

3) 橋軸直角方向地震時 :  $R_L$  による照査偏心率 :  $E$ 

$$\begin{aligned}E &= R_{\text{H2e}} \times h / R_L \qquad \qquad \qquad h : \text{作用高} (=110\text{mm}) \\ &= 463,000 \times 110 / 936,000 \\ &= 54.4 \text{ mm}\end{aligned}$$

支圧ケース

台形分布

$$\text{CASE-1} : E \leq E_0 = b'/6 \qquad \qquad E_0 = 415/6 = 69.2 \text{ mm}$$

ネジ部に引張を生じない三角分布

$$\text{CASE-2} : E \leq E_1 = b'/6 + e/3 \qquad \qquad E_1 = 415/6 + 12.5/3 = 73.3 \text{ mm}$$

ネジ部に引張を生じる三角分布

$$\text{CASE-3} : E > E_1 = b'/6 + e/3$$

 $E \leq E_0$  より台形分布となり支圧応力度は次式により計算する。

$$\begin{aligned}\sigma_{b\max}, \sigma_{b\min} &= R_L / (a' \times b') \pm (R_{\text{H2e}} \times h) / (1/6 \times b'^2 \times a') \\ &= 936,000 / (415 \times 415) \pm (463,000 \times 110) / (1/6 \times 415^2 \times 415) \\ \sigma_{b\max} &= 9.7 \text{ N/mm}^2 \leq \sigma_{ba} = 8 \times 1.5 = 12 \text{ N/mm}^2 \\ \sigma_{b\min} &= 1.2 \text{ N/mm}^2 \leq \sigma_{ba} = 8 \times 1.5 = 12 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

4) 橋軸直角方向地震時 :  $R_U$  による照査偏心率 :  $E$ 

$$\begin{aligned}E &= R_{\text{H2e}} \times h / R_U \qquad \qquad \qquad h : \text{作用高} (=110\text{mm}) \\ &= 463,000 \times 110 / 104,000 \\ &= 489.7 \text{ mm}\end{aligned}$$

支圧ケース

台形分布

$$\text{CASE-1} : E \leq E_0 = b'/6 \qquad \qquad E_0 = 415/6 = 69.2 \text{ mm}$$

ネジ部に引張を生じない三角分布

$$\text{CASE-2} : E \leq E_1 = b'/6 + e/3 \qquad \qquad E_1 = 415/6 + 12.5/3 = 73.3 \text{ mm}$$

ネジ部に引張を生じる三角分布

$$\text{CASE-3} : E > E_1 = b'/6 + e/3$$

$E \leq E_0$ より軸圧縮力を受ける単鉄筋コンクリート断面として計算する.

$$\begin{aligned} \text{ボルトの抵抗面積: } A_s &= \pi/4 \times d_o^2 \times N \\ &= \pi/4 \times 26.211^2 \times 2 = 1,079 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$d_o$ : 使用ボルト谷径

$N$ : 抵抗本数 (=2本)

ヤング係数比 :  $n = 15$

$$I = a^3/12 - E$$

中立軸を求めるため、以下の方程式を解く.

$$x^3 - 3 \times I \times x^2 + 6 \times n \times A_s / a' \times (f - 1) \times (x - f) = 0$$

以上より中立軸  $x$  の位置は 184.2 mm となる.

支圧応力度

$$\begin{aligned} \sigma_{bmax} &= (2 \times R_{\text{U}}) / \{ a' \times x - 2 \times A_s / x \times (f - x) \} \\ &= (2 \times 104,000) / \{ 415 \times 184.2 - 1,079 / 184.2 \times (402.5 - 184.2) \} \\ &= 5.5 \text{ N/mm}^2 \leq \sigma_{ba} = 8 \times 1.5 = 12 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

アンカーボルトの引張応力度

$$\begin{aligned} \sigma_t &= \sigma_{bmax} \times n \times (f - x) / x \\ &= 5.5 \times 15 \times (402.5 - 184.2) / 184.2 \\ &= 98 \text{ N/mm}^2 \leq \sigma_{ta} = 190 \times 1.5 = 285 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

アンカーボルトの引張力

$$P = \sigma_t \times A_s / N = 98 \times 1,079 / 2 = 52,871 \text{ N}$$

アンカーボルトのコンクリート付着応力度

$$\begin{aligned} \tau_o &= P / (\pi \times D \times L) \\ &= 52,871 / (\pi \times 31.8 \times 350) \\ &= 1.512 \text{ N/mm}^2 \leq \tau_{oa} = 1.4 \times 1.5 = 2.1 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

※  $D$ : アンカーボルト径

## 10.2 曲げ応力度

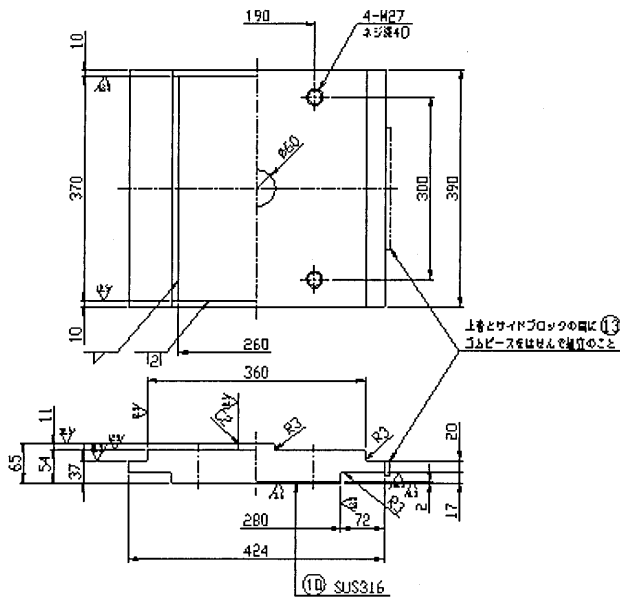
橋軸直角方向地震時による応力度

Y-Y断面

$$\begin{aligned} \sigma &= (P \times L_2 \times N) / (1/6 \times t^2 \times a) \\ &= (52,871 \times 50 \times 2) / (1/6 \times 25^2 \times 420) \\ &= 121 \text{ N/mm}^2 \leq \sigma_a = 185 \times 1.7 = 314.5 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$



② 25/12.5/6.3 SM490AまたはSCW480N

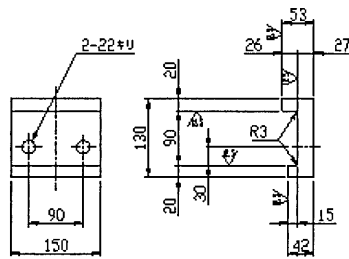


密閉ゴム支承板支承  
BP・B-800M-2002  
R800-Mov-H463  
(bba)

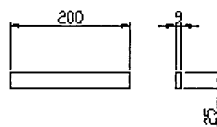
設計条件

力		
全反力	R	800 kN
片寄重反力	Rd	520 kN
運転方向水平力(地震時)	R <sub>H1</sub>	80 kN
運転反方向水平力(地震時)	R <sub>H2</sub>	463 kN
上巻力(地震時)	V	156 kN
移動量		
片寄せ移動量	e1	50 mm
反寄せ移動量	e2	70 mm
全移動可能量	e	110 mm
水平摩擦係数		
設計水平摩擦係数	Khc	0.89
摩擦係数		
設計摩擦係数	f	0.10
許容圧縮応力		
下巻工との許容圧縮応力	σ <sub>bo</sub>	B N/mm <sup>2</sup>
上巻工との許容圧縮応力	σ <sub>bo</sub>	210 N/mm <sup>2</sup>

⑦ 25/12.5 SS400

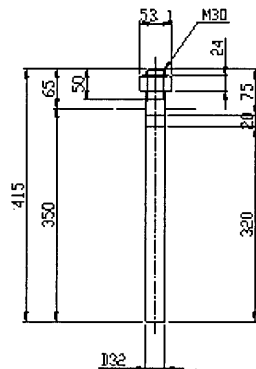


⑬ クロプロレンゴム



⑪ 25/SD345

平座金 並丸 30x56x4.5 -10H



- ⑧ 六角ボルト 中 M20 x 55 4.8  
平座金 並丸 20x37x3.2 -10H
- ⑨ 六角ボルト 中 M27 x 8.8  
平座金 並丸 27x50x4.5 -22H

材料表

図番	部品名称	材質	個数	重量(kg)	備考
①	下巻	SCW480N	1	42.1	
②	上巻	SM490AまたはSCW480N	1	57.2	
3	滑り板	PTFE	1	0.2	
4	中間プレート	SS400	1	6.6	
5	ゴムプレート	クロプロレンゴム	1	0.6	図7参照
6	シールリング	クロプロレンゴム	1	0.1	
⑦	サイドブロック	SS400	2	9.9	
⑧	六角ボルト・母金	—	4	0.9	JIS B 1180 JIS B 1256
⑨	六角ボルト・母金	—	4	—	JIS B 1180 JIS B 1256
10	ステンレス板	SUS316	1	1.5	260x276
⑪	フランジボルト・ナット・母金	SD345	4	11.2	JIS B 1181 JIS B 1256
⑫	ベースプレート	SM490A	1	40.2	
13	ゴムピース	クロプロレンゴム	2	—	※図7参照
全重量				170.5 (kg)	
— 総表面の防食処理					
溶融亜鉛めっき	材料量550g/m <sup>2</sup> 以上、350g/m <sup>2</sup> 以上(ボルト類)				
塗装の場合	塗装面積 0.66 m <sup>2</sup>				

- 注記) 1. ゴムピース⑬は、架設完了後、撤去のこと。  
2. ソールプレートの上巻せん断キー挿入部には、C3の面取りを施すこと。  
3. ○印は、溶融亜鉛めっき仕様の場合のみ施工部材を示す。