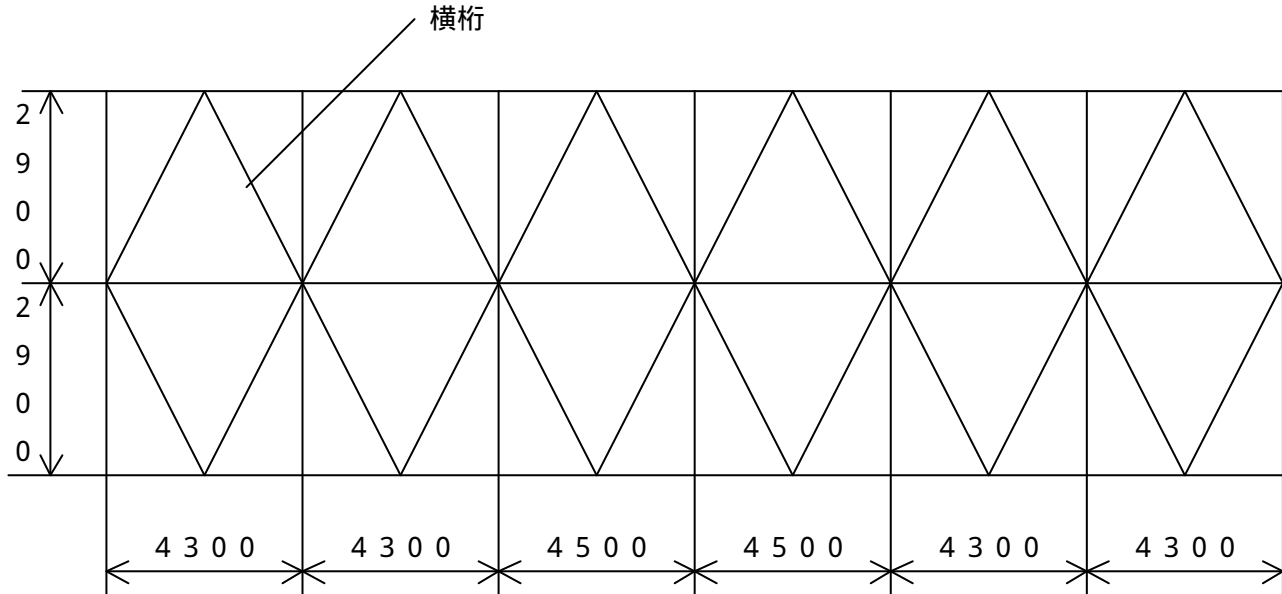


## 7. 横桁の設計

### 7.1. 横荷重の計算

横桁に作用する外力は風荷重と地震荷重の大きいほうを考える。



#### ・風荷重

床版で1/2を負担し、残り1/2を横構で負担するから1組(片側)が受け持つ力は1/4となる。また、風荷重に対する割増係数 = 1.2 をとれば、1組の横桁に作用する力は、

$$P_W = \frac{W}{4} = \frac{1053 \text{ kg f/m}}{4 \times 1.2} = 219 \text{ kg f/m}$$

W ; 風荷重

#### ・地震荷重

風荷重と同様に考える。

また、地震荷重に対する割増係数 = 1.5 をとれば1組の横桁に作用する力は、

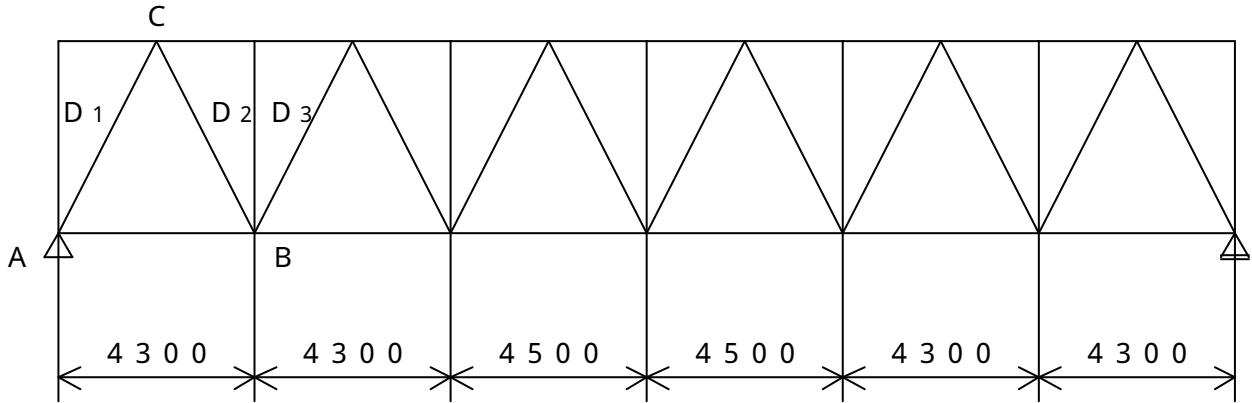
$$P_E = \frac{W_d \cdot k_H}{4d} = \frac{7638 \text{ kg f/m} \times 0.15}{4 \times 1.5} = 191 \text{ kg f/m}$$

W<sub>d</sub> ; 地震荷重

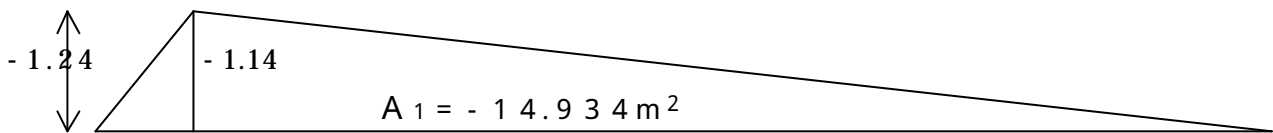
したがって、風荷重のほうが地震荷重より大きいので風荷重で設計する。

## 7.2. 各部材力の計算

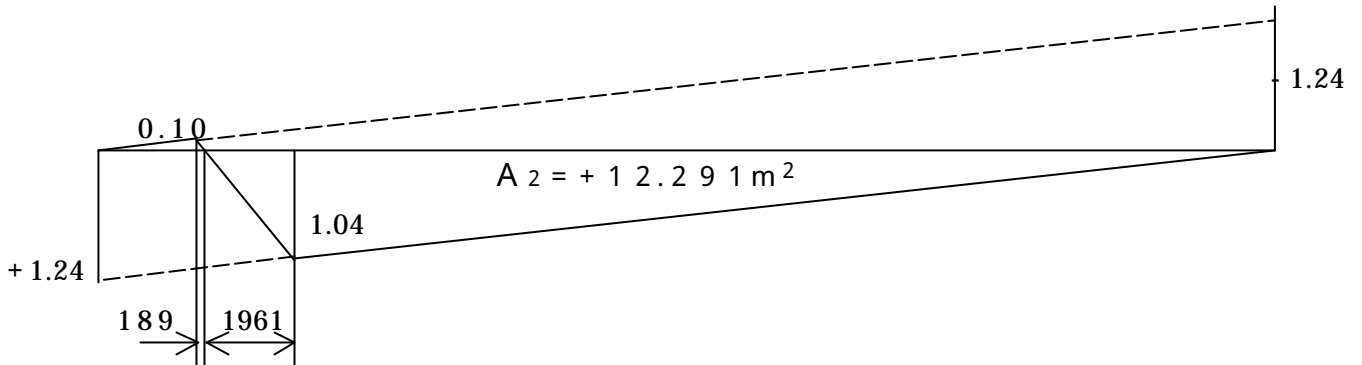
部材は下図に示す D<sub>1</sub> , D<sub>2</sub> , D<sub>3</sub> について設計し、右側支点付近もこれと同じ断面を使用する。  
また、中間部は D<sub>3</sub> 断面を使用し、材質はすべて S S 4 0 0 材とする。



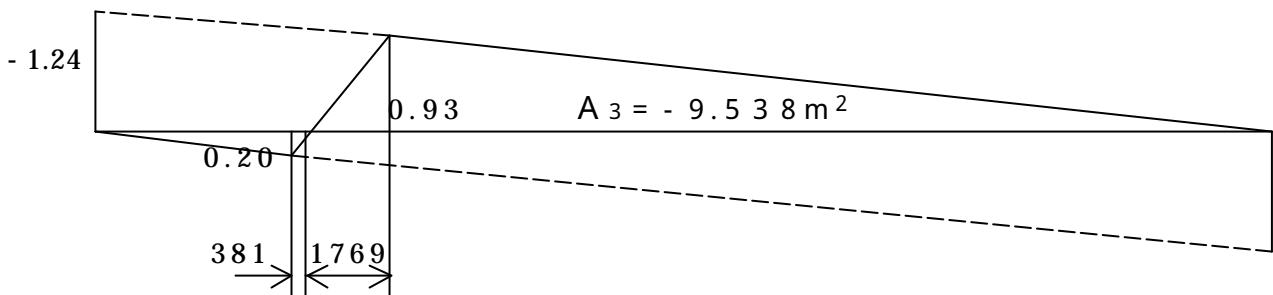
・ D<sub>1</sub> の影響線  $\sin \times \frac{2900}{3610} = 1.24$



・ D<sub>2</sub> の影響線



・ D<sub>3</sub> の影響線



(1) D1部材

・部材力  $D_1 = P_w \cdot A_1 = 219 \text{ kg f/m} \times (-14.934 \text{ m}^2) = -3271 \text{ kg f}$

・応力度の計算

使用断面  $1 - L 130 \times 130 \times 9 \times$

断面積  $A = 22.74 \text{ cm}^2$

断面2次半径  $r_t = 4.01 \text{ cm}$

最小回転半径  $r_{\min} = 2.57 \text{ cm}$

細長比  $\frac{l}{r_{\min}} = \frac{361 \text{ cm}}{2.57 \text{ cm}} = 140 < \text{二次部材の } \frac{l}{r} = 150$

・許容軸圧縮応力度

$\frac{l}{r} = 140 > 93$  より

$c_a = \frac{12000000}{6700 + (l/r)^2} = \frac{12000000}{6700 + (140)^2} = 456 \text{ kg f/cm}^2$

$c = \frac{D_1}{A_g} \quad a = c_a \times (0.5 + \frac{l/r_t}{1000})$

$c = \frac{3271 \text{ kg f}}{22.74 \text{ cm}^2} = 144 \text{ kg f/cm}^2$

$< c_a = 456 \text{ kg f/cm}^2 \times (0.5 + \frac{361 \text{ cm} / 4.01 \text{ cm}}{1000}) = 269 \text{ kg f/cm}^2$

$l = \sqrt{(215.0 \text{ cm})^2 + (290.0 \text{ cm})^2}$

(2) D2部材

・部材力  $D_2 = P_w \cdot A_2 = 219 \text{ kg f/m} \times 12.291 \text{ m}^2 = 2692 \text{ kg f}$

・応力度の計算

使用断面  $1 - L 130 \times 130 \times 9$

断面積  $A = 22.74 \text{ cm}^2$

断面2次半径  $r_t = 4.01 \text{ cm}$

最小回転半径  $r_{\min} = 2.57 \text{ cm}$

細長比  $\frac{l}{r_{\min}} = \frac{361 \text{ cm}}{2.57 \text{ cm}} = 140 < \text{二次部材の } \frac{l}{r} = 150$

・許容軸圧縮応力度

$\frac{l}{r} = 140 > 93$  より

$c_a = \frac{12000000}{6700 + (l/r)^2} = \frac{12000000}{6700 + (140)^2} = 456 \text{ kg f/cm}^2$

$c = \frac{D_1}{A_g} \quad a = c_a \times (0.5 + \frac{l/r_t}{1000})$

$c = \frac{2692 \text{ kg f}}{22.74 \text{ cm}^2} = 118 \text{ kg f/cm}^2$

$< c_a = 456 \text{ kg f/cm}^2 \times (0.5 + \frac{361 \text{ cm} / 4.01 \text{ cm}}{1000}) = 269 \text{ kg f/cm}^2$

(3) D<sub>3</sub>部材

・部材力  $D_3 = P_W \cdot A_3 = 219 \text{ kg f/m} \times (-9.538 \text{ m}^2) = -2089 \text{ kg f}$

・応力度の計算

使用断面  $1 - L 130 \times 130 \times 9 \times$

断面積  $A = 22.74 \text{ cm}^2$

断面2次半径  $r_t = 4.01 \text{ cm}$

最小回転半径  $r_{\min} = 2.57 \text{ cm}$

細長比  $\frac{l}{r_{\min}} = \frac{361 \text{ cm}}{2.57 \text{ cm}} = 140 < \text{二次部材の } \frac{l}{r} = 150$

・許容軸圧縮応力度

$\frac{l}{r} = 140 > 93$  より

$c_a = \frac{12000000}{6700 + (l/r)^2} = \frac{12000000}{6700 + (140)^2} = 456 \text{ kg f/cm}^2$

$c = \frac{D_1}{A_g} \quad a = c_a \times (0.5 + \frac{l/r_t}{1000})$

$c = \frac{2089 \text{ kg f}}{22.74 \text{ cm}^2} = 91.9 \text{ kg f/cm}^2$

$< c_a = 456 \text{ kg f/cm}^2 \times (0.5 + \frac{361 \text{ cm} / 4.01 \text{ cm}}{1000})$   
 $= 269 \text{ kg f/cm}^2$

## 8. たわみの設計

### 8.1. たわみ量の照査

・活荷重（衝撃を含まない）

曲げモーメントの大きい中桁について照査する。

・たわみ量

	x (cm)	M		I (cm <sup>4</sup> )	E	M / E · I		
		(tf/m)	(kgf/cm)					
	0	0	0			0		
断面	280	M	87.195	8719500	I	1489645	2.10E+06	M / (E × I) 2.787E-06
	280							M / (E × I) 1.470E-06
断面	626	M	166.118	16611800	I	2825387	2.10E+06	M / (E × I) 2.800E-06
	626							M / (E × I) 2.033E-06
断面	1310	M	228.380	22838000	I	3891089	2.10E+06	M / (E × I) 2.795E-06

面積 1 = 2.606E-04

Fv = 2.780E-03

1 = 1.391E-03

M = 2.049 (cm)

2 = 2.301E-04

2 = 5.085E-04

・許容たわみ

10 < l = 26.2 m 40より

$$a = \frac{l}{20000} = \frac{26.2 \text{ m}}{20000} = 0.0343 \text{ m} = 3.43 \text{ cm}$$

・合計たわみ

$$= 2.05 \text{ cm} < 3.43 \text{ cm}$$

### 8.1. たわみ量の照査

(1) 主桁の平均断面 2 次モーメント

各主桁の平均断面 2 次モーメントを求める。

$I_{\text{mean}}$  はブライヒの式より求める。

(a) 外桁

$$I_{\text{Max}} = 2915333 \text{ cm}^4, I_{\text{min}} = 1157051 \text{ cm}^4$$

$$\begin{aligned} & \frac{I_{\text{Max}} - I_{\text{min}}}{I_{\text{min}}} = \frac{2915333 \text{ cm}^4 - 1157051 \text{ cm}^4}{1157051 \text{ cm}^4} \\ & = 1.52 \end{aligned}$$

ブライヒの平均値法

$$I_{\text{mean}} = \frac{I_{\text{Max}}}{1 + 3 \cdot d / 25} = \frac{2915333 \text{ cm}^4}{1 + 3 \times 1.52 / 25} = 2465606 \text{ cm}^4$$

(b) 中桁

$$I_{\text{Max}} = 3501980 \text{ cm}^4, I_{\text{min}} = 1489645 \text{ cm}^4$$

$$\begin{aligned} & \frac{I_{\text{Max}} - I_{\text{min}}}{I_{\text{min}}} = \frac{3501980 \text{ cm}^4 - 1489645 \text{ cm}^4}{1489645 \text{ cm}^4} \\ & = 1.35 \end{aligned}$$

$$I_{\text{mean}} = \frac{I_{\text{Max}}}{1 + 3 \cdot d / 25} = \frac{3501980 \text{ cm}^4}{1 + 3 \times 1.35 / 25} = 3013752 \text{ cm}^4$$

・平均断面 2 次モーメント

	$I_{\text{min}} \times 10^6 \text{ cm}^4$	$I_{\text{Max}} \times 10^6 \text{ cm}^4$	$I_{\text{mean}} \times 10^6 \text{ cm}^4$
外 桁	1.157	2.915	2.466
中 桁	1.490	3.502	3.014

(2) 製作そり

製作そりは、死荷重に対して水平になるようにつける。

$$\eta_e = \frac{5 \cdot M_d \cdot l^4}{48 \cdot E \cdot I_{\text{mean}}}$$

$\left\{ \begin{array}{l} \eta_e ; \text{たわみ量} \\ M_d ; \text{死荷重による支間中央曲げモーメント} \\ E ; \text{鋼のヤング係数} \\ \quad (2.1 \times 10^6 \text{ kg f/cm}^2) \end{array} \right.$

) 死荷重によるもの

外桁死荷重 207.219 tf・m

中桁死荷重 240.940 tf・m

$$\text{外桁 } \eta_{ed} = \frac{5 \times 207 \times 10^6 \text{ kg/cm} \times (26.2 \times 10^2 \text{ cm})^2}{48 \times 2.1 \times 10^6 \text{ kg f/cm}^2 \times 2.466 \times 10^6 \text{ cm}^4} = 2.858 \text{ cm}$$

$$\text{中桁 } \eta_{ed} = \frac{5 \times 240 \times 10^6 \text{ kg/cm} \times (26.2 \times 10^2 \text{ cm})^2}{48 \times 2.1 \times 10^6 \text{ kg f/cm}^2 \times 3.014 \times 10^6 \text{ cm}^4} = 2.711 \text{ cm}$$

) たわみを放物線と考えると、各対傾構位置でのたわみ量を求める。

$$\eta_x = \eta_e \left[ 1 - \left( \frac{2x}{l} \right)^2 \right]$$

$$\text{外桁 } x = 4.30 \text{ m} ; \eta_x = 2.858 \text{ cm} \times \left[ 1 - \left( \frac{2 \times 4.30 \text{ m}}{26.2 \text{ m}} \right)^2 \right] = 2.550 \text{ cm}$$

$$x = 8.60 \text{ m} ; \eta_x = 2.858 \text{ cm} \times \left[ 1 - \left( \frac{2 \times 8.60 \text{ m}}{26.2 \text{ m}} \right)^2 \right] = 1.626 \text{ cm}$$

$$\text{中桁 } x = 4.30 \text{ m} ; \eta_x = 2.711 \text{ cm} \times \left[ 1 - \left( \frac{2 \times 4.30 \text{ m}}{26.2 \text{ m}} \right)^2 \right] = 2.419 \text{ cm}$$

$$x = 8.60 \text{ m} ; \eta_x = 2.711 \text{ cm} \times \left[ 1 - \left( \frac{2 \times 8.60 \text{ m}}{26.2 \text{ m}} \right)^2 \right] = 1.543 \text{ cm}$$

・各桁の製作そりは下表

対傾構番号	0	1	2	3
支点からの距離	0 m	4.30 m	8.60 m	13.1 m
外桁	0	1.6 cm	2.6 cm	2.9 cm



中 桁	0	1.5 cm	2.4 cm	2.7 cm
-----	---	--------	--------	--------

## 10. 実鋼量の計算

### (1) 主桁の重量

材料表より

$$\begin{aligned} \text{外桁} + \text{中桁} &= 17.72 \text{ tf} + 10.97 \text{ tf} \\ &= 28.69 \text{ tf} \end{aligned}$$

### (2) 横桁の重量

$$(21 \times 0.9 + 140 \times 1.0 + 21 \times 0.9) \times 580 = 103124 \text{ cm}^3$$

$$\text{横桁 鋼重量} = 0.103124 \text{ m}^3 \times 7.85 \text{ tf/m}^3 = 0.810 \text{ tf}$$

### (3) 対傾構の重量

#### ) 端対傾構

・上弦材 使用断面 1 - [ 300 × 90 × 9  
 単位重量 38.1 kg f/m  
 長さ 2.90 m  
 $38.1 \text{ kg f/m} \times 2.90 \text{ m} \times 4 \text{ 本} = 441.960 \text{ kg}$

・下弦材 使用断面 1 - L 90 × 90 × 10  
 単位重量 13.3 kg f/m  
 長さ 2.90 m  
 $13.3 \text{ kg f/m} \times 2.90 \text{ m} \times 4 \text{ 本} = 154.280 \text{ kg}$

・斜材 使用断面 1 - L 130 × 130 × 9  
 単位重量 17.9 kg f/m  
 長さ 2.16 m  
 $17.9 \text{ kg f/m} \times 2.16 \text{ m} \times 4 \text{ 本} = 309.312 \text{ kg}$

$$\begin{aligned} \text{端対傾構 鋼重量} &= 441.960 \text{ kg} + 154.280 \text{ kg} + 309.312 \text{ kg} \\ &= 905.552 \text{ kg} \quad 0.906 \text{ tf} \end{aligned}$$

#### ) 中間対傾構

・上弦材 使用断面 1 - L 130 × 130 × 9  
 単位重量 17.9 kg f/m  
 長さ 2.90 m  
 $17.9 \text{ kg f/m} \times 2.90 \text{ m} \times 8 \text{ 本} = 415.28 \text{ kg}$

・下弦材 使用断面 1 - L 130 × 130 × 9  
 単位重量 17.9 kg f/m  
 長さ 2.90 m  
 $17.9 \text{ kg f/m} \times 2.90 \text{ m} \times 8 \text{ 本} = 415.28 \text{ kg}$

・斜材 使用断面 1 - L 130 × 130 × 9  
 単位重量 17.9 kg f/m  
 長さ 2.16 m  
 $17.9 \text{ kg f/m} \times 2.16 \text{ m} \times 16 \text{ 本} = 618.624 \text{ kg}$

中間対傾構 鋼重量 =  $415.28 \text{ kg} + 415.28 \text{ kg} + 618.624 \text{ kg}$   
 $= 1449.184 \text{ kg} \quad 1.449 \text{ t f}$

(4) 下横構の重量

使用断面 1 - L 130 × 130 × 9  
 単位重量 17.9 kg f/m  
 長さ 3.61 m  
 3.67 m  
 $17.9 \text{ kg f/m} \times 3.61 \text{ m} \times 16 \text{ 本} = 1033.904 \text{ kg}$   
 $17.9 \text{ kg f/m} \times 3.67 \text{ m} \times 8 \text{ 本} = 525.544 \text{ kg}$

下横構 鋼重量 =  $1033.904 \text{ kg} + 525.544 \text{ kg}$   
 $= 1559.448 \text{ kg} \quad 1.559 \text{ t f}$

(5) 各種部に対する補剛板・添接板・ガゼット・ボルト等の重量

) 横構・対傾構部材に対するガゼット等の重量比 = 0.15  
 ( 横構 + 端対傾構 + 中間対傾構 ) の重さ × 0.15  
 $= (0.810 \text{ t f} + 0.906 \text{ t f} + 1.449 \text{ t f}) \times 0.15$   
 $= 0.474 \text{ t f}$

) 下横構に対するガゼット等の重量比 = 0.20  
 ( 下横構 ) × 0.20  
 $= 1.559 \text{ t f} \times 0.20 = 0.312 \text{ t f}$

) 高力ボルトの主部材に対するガゼット等の重量比 = 0.03  
 ( 主桁材全部の重さ ; + + + ) × 0.03  
 $= (0.810 \text{ t f} + 0.906 \text{ t f} + 1.449 \text{ t f} + 1.559 \text{ t f}) \times 0.03$   
 $= 0.142 \text{ t f}$

(6) 鋼重のチェック

今までの計算より ( ~ )

$$\begin{aligned} & (28.69 + 0.810 + 0.906 + 1.449 + 1.559 + 0.474 + \\ & + 0.312 + 0.142) \text{ t f} \\ & = 34.342 \text{ t f} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{全鋼重} & \quad 34.342 \text{ t f} \\ \text{実鋼重} = \frac{\text{全鋼重}}{\text{幅員} \times \text{橋長}} & = \frac{34.342 \text{ t f}}{6.5 \text{ m} \times 27.0 \text{ m}} \\ & = 0.196 \text{ t f/m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{仮定鋼重} = 206.272 \text{ kg f/m}^2 = 0.206 \text{ t f/m}^2$$

$$\left| \frac{\text{実鋼重} - \text{仮定鋼重}}{\text{実鋼重}} \right| \times 100 = \left| \frac{0.196 \text{ t f/m}^2 - 0.206 \text{ t f/m}^2}{0.196 \text{ t f/m}^2} \right| \times 100$$

= 5.1%      5%      OK