

# ライナープレートの設計計算 サンプルデータ

出力例

Sample\_7

# 目次

1章 横断面の設計	1
1.1 設計位置 G.L. -4.000 m	1

# 1章 横断面の設計

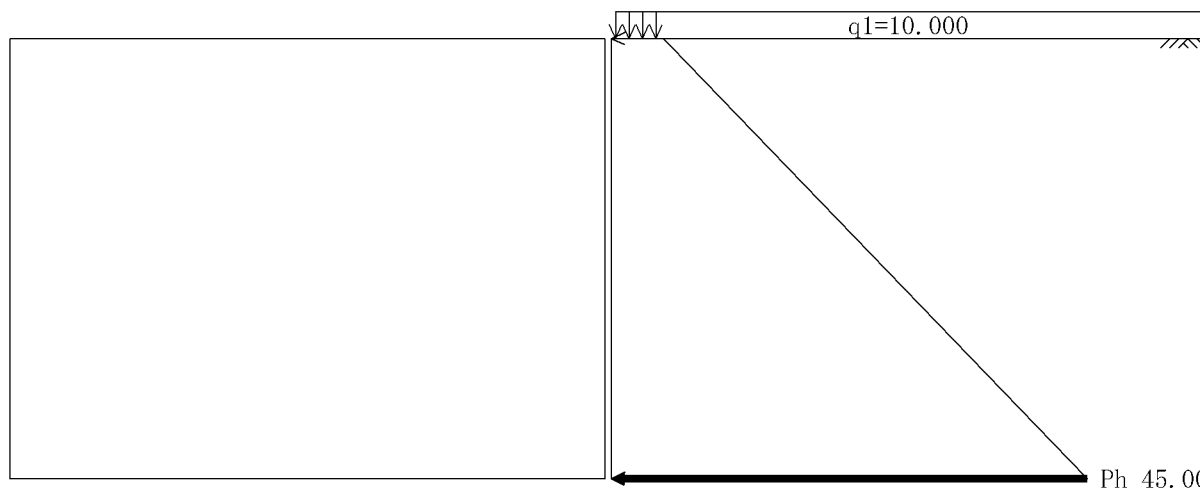
1.1 設計位置 G.L. -4.000 m

## (1)土圧強度

設計用土圧は次の大きな方を用いる。

設計区間下端の土圧 G.L. -4.000 m 土圧強度 Ph 45.00 kN/m<sup>2</sup>

設計区間の最大土圧 G.L. -4.000 m 土圧強度 Ph 45.00 kN/m<sup>2</sup>



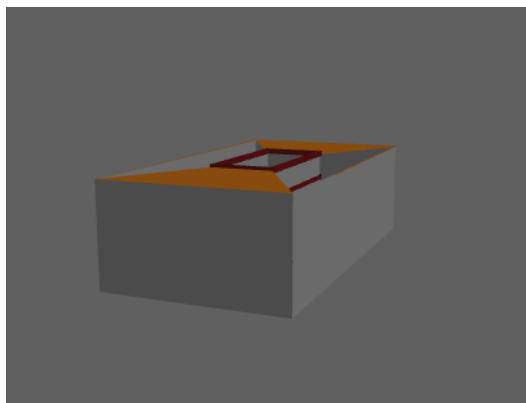
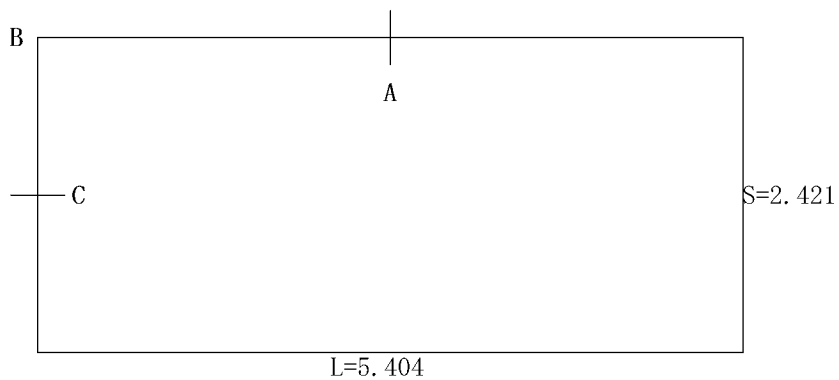
ライナープレート天端 G.L. 0.000(m) 地表面天端 G.L. 0.000(m)

ライナープレート下端 G.L. -4.000(m)

## (2)断面力

矩形立坑の断面力は、矩形ラーメン構造にモデル化して断面力を求める。

A、B、C点における曲げモーメント



$$MA = \frac{1}{24} (-2k^2 + 2k + 1) Ph \cdot L^2$$

$$= \frac{1}{24} \times (-2 \times 0.448^2 + 2 \times 0.448 + 1) Ph \cdot 5.404^2 = 1.819 \cdot Ph \quad (\text{kN} \cdot \text{m}/\text{m})$$

$$MB = -\frac{1}{12} (k^2 - k + 1) Ph \cdot L^2$$

$$= -\frac{1}{12} \times (0.448^2 - 0.448 + 1) Ph \cdot 5.404^2 = -1.832 \cdot Ph \quad (\text{kN} \cdot \text{m}/\text{m})$$

$$MC = \frac{1}{24} (k^2 + 2k - 2) Ph \cdot L^2$$

$$= \frac{1}{24} \times (0.448^2 + 2 \times 0.448 - 2) Ph \cdot 5.404^2 = -1.099 \cdot Ph \quad (\text{kN} \cdot \text{m}/\text{m})$$

ここに、

$$k = S/L$$

$$= \frac{2.421}{5.404} = 0.448$$

(A-B)間および(B-C)間の軸力

$$NBA = \frac{1}{2} Ph \cdot S$$

$$= \frac{1}{2} \times Ph \times 2.421 = 1.210 \cdot Ph \quad (\text{kN}/\text{m})$$

$$NBC = \frac{1}{2} Ph \cdot L$$

$$= \frac{1}{2} \times Ph \times 5.404 = 2.702 \cdot Ph \quad (\text{kN}/\text{m})$$

### (3)使用材料

#### ライナープレート

板厚	t	2.7 (mm)
断面積	AL	39.76 (cm <sup>2</sup> /m)
断面係数	ZL	46.00 (cm <sup>3</sup> /m)
断面二次モーメント	IL	141.00 (cm <sup>4</sup> /m)
許容曲げ応力度	La	180.00 (N/mm <sup>2</sup> )

#### 補強リング

H形鋼 H - 200 × 200 × 8 × 12		
断面積	AH	63.53 (cm <sup>2</sup> )
断面係数	ZH	472 (cm <sup>3</sup> )
断面二次モーメント	IH	4720.00 (cm <sup>4</sup> )
許容曲げ応力度	Ha	180.00 (N/mm <sup>2</sup> )

(4)応力に対する照査

軸力と最大曲げモーメントは次式で求める。

短辺側

軸力

$$N=NBC=2.702 \times Ph$$

$$=2.702 \times 45.00=121.59 \text{ (kN/m)}$$

最大曲げモーメント

$$M_{Max}=|MB|=|-1.832 \times Ph|$$

$$=1.832 \times 45.00=82.43 \text{ (kN.m/m)}$$

ライナープレートの許容圧縮応力度  $LNa$

$$\sigma LNa = \left\{ 210 - 1.23(\lambda - 18) \right\} \times \frac{\sigma La}{\sigma Ha}$$

$$= \left\{ 210 - 1.23(64.3 - 18) \right\} \times \frac{180}{210} = 131.2 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

補強リングの許容圧縮応力度  $HNa$

$$HNa = 210 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$\sigma L = \frac{\alpha L \times N}{AL \times \sigma LNa} + \frac{\beta L \times M_{max}}{ZL \times \sigma La}$$

$$= \frac{0.385 \times 121.59 \times 10^3}{39.76 \times 10^2 \times 131.2} + \frac{0.029 \times 82.43 \times 10^3}{46.00 \times 10^3 \times 180} = 0.38 \leq 1.00 \quad \text{OK}$$

$$\sigma H = \frac{\alpha H \times N}{\left(\frac{AH}{LH}\right) \times \sigma HNa} + \frac{\beta H \times M_{max}}{\left(\frac{ZH}{LH}\right) \times \sigma Ha}$$

$$= \frac{0.615 \times 121.59 \times 10^3}{\left(\frac{63.53 \times 10^2}{1.0}\right) \times 210.0} + \frac{0.971 \times 82.43 \times 10^3}{\left(\frac{472.00 \times 10^3}{1.0}\right) \times 210} = 0.86 \leq 1.00 \quad \text{OK}$$

ここに、

L :ライナープレートの応力度

H :補強リングの応力度

La :ライナープレートの許容応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

LNa:ライナープレートの許容圧縮応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

Ha :補強リングの許容応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

HNa:補強リングの許容圧縮応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

N :軸力 (N/m)

Mmax :曲げモーメント (N.m/m)

AL :ライナープレートの断面積 (mm<sup>2</sup>/m)

AH :補強リングの断面積 (mm<sup>2</sup>)

ZL :ライナープレートの断面係数 (mm<sup>3</sup>/m)

ZH :補強リングの断面係数 (mm<sup>3</sup>)

LH :補強リングの間隔 (m)

長辺側

軸力

$$N=NBA=1.210 \times Ph$$

$$=1.210 \times 45.00=54.47 \text{ (kN/m)}$$

最大曲げモーメント

$$M_{Max}=|MB|=|-1.832 \times Ph|$$

$$=1.832 \times 45.00=82.43 \text{ (kN.m/m)}$$

## ライナープレートの許容圧縮応力度 LNa

$$\begin{aligned}\sigma LNa &= \frac{1800000}{6700 + \lambda^2} \times \frac{\sigma La}{\sigma Ha} \\ &= \frac{1800000}{6700 + 143.5^2} \times \frac{180}{210} = 56.5 \text{ (N/mm}^2\text{)}\end{aligned}$$

## 補強リングの許容圧縮応力度 HNa

$$\begin{aligned}\sigma HNa &= 210 - 1.23(\lambda - 18) \\ &= 210 - 1.23(31.3 - 18) = 193.6 \text{ (N/mm}^2\text{)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma L &= \frac{\alpha L \times N}{AL \times \sigma LNa} + \frac{\beta L \times Mmax}{ZL \times \sigma La} \\ &= \frac{0.385 \times 54.47 \times 10^3}{39.76 \times 10^2 \times 56.5} + \frac{0.029 \times 82.43 \times 10^6}{46.00 \times 10^3 \times 180} = 0.38 \leq 1.00 \quad \text{OK}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma H &= \frac{\alpha H \times N}{\left(\frac{AH}{LH}\right) \times \sigma HNa} + \frac{\beta H \times Mmax}{\left(\frac{ZH}{LH}\right) \times \sigma Ha} \\ &= \frac{0.615 \times 121.59 \times 10^3}{\left(\frac{63.53 \times 10^2}{1.0}\right) \times 193.6} + \frac{0.971 \times 82.43 \times 10^6}{\left(\frac{472.00 \times 10^3}{1.0}\right) \times 210} = 0.83 \leq 1.00 \quad \text{OK}\end{aligned}$$

ここに、

L :ライナープレートの応力度

H :補強リングの応力度

La :ライナープレートの許容応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

LNa:ライナープレートの許容圧縮応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

Ha :補強リングの許容応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

HNa:補強リングの許容圧縮応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

N :軸力 (N/m)

Mmax :曲げモーメント (N.mm/m)

AL :ライナープレートの断面積 (mm<sup>2</sup>/m)

AH :補強リングの断面積 (mm<sup>2</sup>)

ZL :ライナープレートの断面係数 (mm<sup>3</sup>/m)

ZH :補強リングの断面係数 (mm<sup>3</sup>)

LH :補強リングの間隔 (m)

## ライナープレートと補強リングとの断面力の分担率

軸力は断面積の比、曲げモーメントは断面二次モーメントの比で求める。

軸力に対する

$$\begin{aligned}\text{ライナープレートの分担率} & L = AL / (AL + AH / LH) \\ & = 39.76 / (39.76 + 63.53 / 1.0) = 0.385\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{補強リングの分担率} & H = (AH / LH) / (AL + AH / LH) \\ & = (63.53 / 1.0) / (39.76 + 63.53 / 1.0) = 0.615\end{aligned}$$

曲げモーメントに対する

$$\begin{aligned}\text{ライナープレートの分担率} & L = IL / (IL + IH / LH) \\ & = 141.00 / (141.00 + 4720.00 / 1.0) = 0.029\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{補強リングの分担率} & H = (IH / LH) / (IL + IH / LH) \\ & = (4720.00 / 1.0) / (141.00 + 4720.00 / 1.0) = 0.971\end{aligned}$$

## (5)補強リングの設計

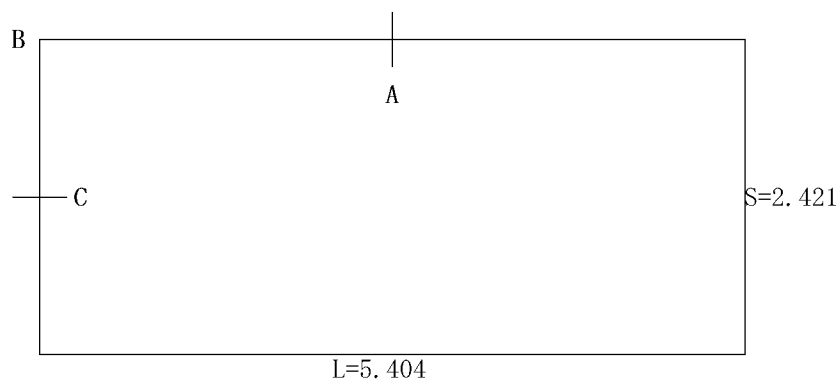
## たわみ量の計算

$$\delta H = -\frac{\beta H \cdot M_{\max} \cdot L^2}{8 \cdot E \cdot \frac{IH}{LH}} + \frac{5 \cdot Ph \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot \frac{IH}{LH}}$$

$$= -\frac{0.971 \times 82.430 \times 10^3 \times 5404^2}{8 \times 2.00 \times 10^5 \times \frac{4720.00 \times 10^4}{1000}} + \frac{5 \times 45.00 \times 10^{-3} \times 5404^4}{384 \times 2.00 \times 10^5 \times \frac{4720.00 \times 10^4}{1000}}$$

$$= 21.98 \quad a = 27.02 \text{ (mm)} \quad \text{OK}$$

## 継手部の設計



## i) 継手部の設計

曲げモーメントが0となる位置は

(A-B)間

$$X1=0.795 \text{ (m)} \quad X2=4.609 \text{ (m)}$$

これにライナープレートのボルト孔位置を考慮して継手位置を決定する。

ボルト孔のピッチ数

$$n1=(X1-33)/157=(795-33)/157=4.853$$

$$n2=(X2-33)/157=(4609-33)/157=29.147$$

したがって、 $n1=5.0$ 、 $n2=29.0$ とすると

$$X1'=(n1 \times 157)+33=(5.0 \times 157)+33=818 \text{ (mm)}$$

$$X2'=(n2 \times 157)+33=(29.0 \times 157)+33=4586 \text{ (mm)}$$

(B-C)間

$$X=2.421/2=1.210 \text{ (m)}$$

## ii) 継手ボルトの検討

## せん断力

(A-B)間

$$Q_{tB} = \frac{\alpha H \cdot NBA}{2} + \frac{\beta H \cdot |MT|}{H}$$

$$= \frac{0.615 \times 54.472}{2} + \frac{0.971 \times 1.975}{0.200} = 26.34 \text{ (kN)}$$

ここに、

QtB:せん断力 (kN)

H:補強リングの軸力の分担率

H:補強リングの曲げモーメントの分担率

NBA:せん断力 (kN)

H :補強リングの高さ (m)

MT :X'=0.818mの位置における曲げモーメント

$$MT = MB + \frac{Ph \cdot L}{2} \cdot X' - \frac{Ph}{2} \cdot X'^2$$

$$= -82.43 + \frac{45.00 \times 5.404}{2} \times 0.818 - \frac{45.00}{2} \times 0.818^2$$

$$= 1.975 \text{ (kN.m/m)}$$

(B-C)間

$$Q_{tB} = \frac{\alpha H \cdot NBC}{2} + \frac{\beta H \cdot |MT|}{H}$$

$$= \frac{0.615 \times 121.590}{2} + \frac{0.971 \times 49.461}{0.200} = 277.52 \text{ (kN)}$$

ここに、

QtB:せん断力 (kN)

H:補強リングの軸力の分担率

H:補強リングの曲げモーメントの分担率

NBA:せん断力 (kN)

H :補強リングの高さ (m)

MT :X'=0.818mの位置における曲げモーメント

$$MT = MB + \frac{Ph \cdot S}{2} \cdot X' - \frac{Ph}{2} \cdot X'^2$$

$$= -82.43 + \frac{45.00 \times 2.421}{2} \times 1.210 - \frac{45.00}{2} \times 1.210^2$$

$$= -49.461 \text{ (kN.m/m)}$$

## せん断力応力度

(A-B)間

$$\tau_b = \frac{Q_{tB}}{6 \times A_b}$$

$$= \frac{26.34 \times 10^3}{6 \times 245}$$

$$= 18 \quad ab = 300 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad \text{OK}$$



(B-C)間

$$\begin{aligned}\tau_b &= \frac{QtB}{6 \times Ab} \\ &= \frac{277.52 \times 10^3}{6 \times 245} \\ &= 189 \quad ab = 300 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad \text{OK}\end{aligned}$$

iii) 継手板の検討

継手板PL-12の断面積AP

$$\begin{aligned}AP &= 2 \times (B - 2 \times 25) \cdot t \\ &= 2 \times (200 - 2 \times 25) \times 12 = 3600 \text{ (mm}^2\text{)}\end{aligned}$$

中立軸に関する断面係数ZP

$$\begin{aligned}ZP &= 2 \times \frac{\frac{(B-2 \times 25) \cdot t^3}{12} + (B-2 \times 25) \cdot t \cdot \left(\frac{H}{2} + \frac{t}{2}\right)^2}{\frac{H}{2} + t} \\ &= 2 \times \frac{\frac{(200-2 \times 25) \cdot 12^3}{12} + (200-2 \times 25) \cdot 12 \cdot \left(\frac{200}{2} + \frac{12}{2}\right)^2}{\frac{200}{2} + 12} = 361542.9 \text{ (mm}^3\text{)}\end{aligned}$$

曲げ応力度

(B-A)間

$$\begin{aligned}\sigma_P &= \frac{\alpha H \cdot NBA}{\frac{AP}{LH}} + \frac{\beta H \cdot |M|}{\frac{ZP}{LH}} \\ &= \frac{0.615 \times 54.472 \times 10^3}{\frac{3600}{1.0}} + \frac{0.971 \cdot 1.98 \times 10^6}{\frac{361542.9}{1.0}} \\ &= 15 \quad Ha = 210 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad \text{OK}\end{aligned}$$

ここに、

P: 継手板の応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

H: 補強リングの軸力の分担率

H: 補強リングの曲げモーメントの分担率

AP : 継手板の断面積 (mm<sup>2</sup>)

ZP : 中立軸に関する断面係数

M : 曲げモーメント (N.mm/m)

LH : 補強リングの間隔 (m)

(B-C)間

$$\sigma P = \frac{\alpha H \cdot NBC}{\frac{AP}{LH}} + \frac{\beta H \cdot |M|}{\frac{ZP}{LH}}$$

$$= \frac{0.615 \times 121.590 \times 10^3}{\frac{3600}{1.0}} + \frac{0.971 \cdot 49.46 \times 10^8}{\frac{361542.9}{1.0}}$$

$$= 154 \quad Ha = 210 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad OK$$

ここに、

P:継手板の応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

H:補強リングの軸力の分担率

H:補強リングの曲げモーメントの分担率

AP :継手板の断面積 (mm<sup>2</sup>)

ZP :中立軸に関する断面係数

M :曲げモーメント (N.mm/m)

LH :補強リングの間隔 (m)