

# H3.0 B1.0 (縦ばりプレート方式)

## 縦ばりプレート方式(平成30年版)

### 1. 設計条件

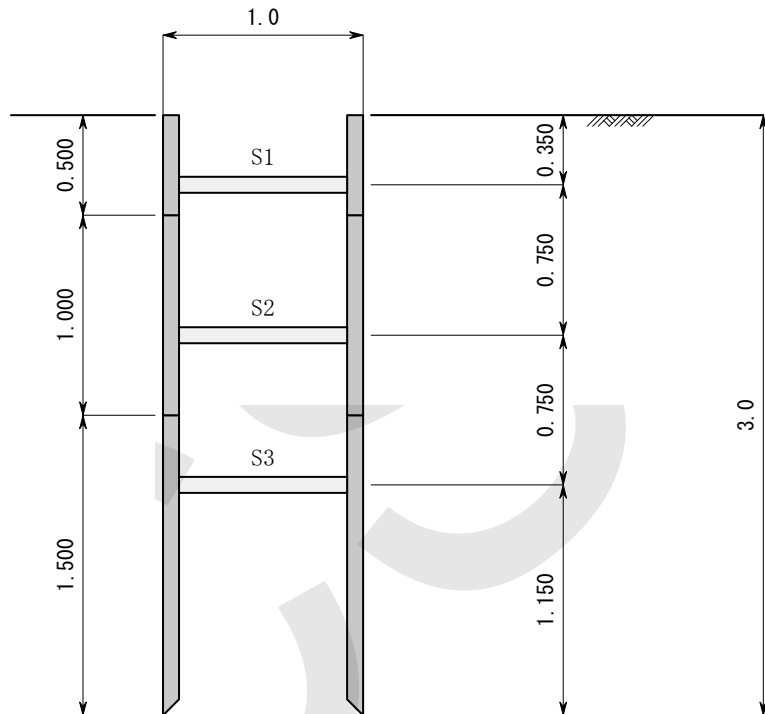
#### (1) 設置条件

掘削深 H(m)	3.0
掘削幅 B(m)	1.0
上載荷重 q (kN/m <sup>2</sup> )	10.0

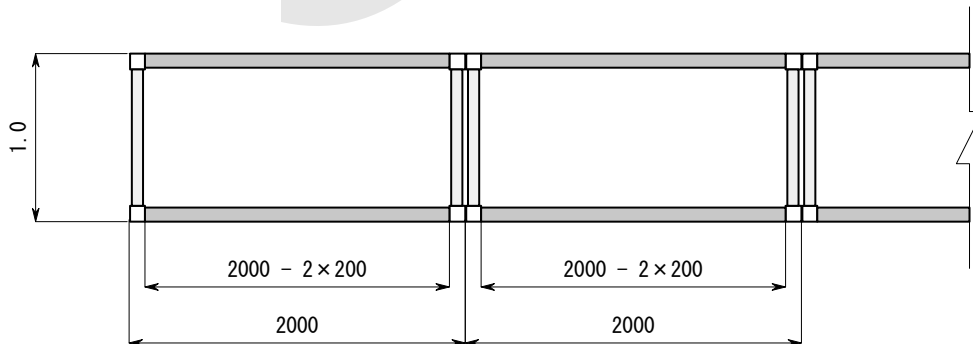
#### (2) 設置条件図

##### 1) 断面図

標準条件下での設計



##### 2) 平面図



### (3) 機材条件

#### 1) 機材

メーカー	(旧)住友金属建材
型式	SLP-B H=3.0m
プレート長 (mm)	2000
切ばり型式	SLP-B

#### 2) プレート

許容曲げ応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	210
------------------------------	-----

段	名称	プレート高 (mm)	断面係数 (cm <sup>3</sup> /m)
1	500(エクステンション)	500	230
2	1000(エクステンション)	1000	230
3	1500(エッジ付き)	1500	230

#### 3) 縦ばり

断面係数 Z (cm <sup>3</sup> )	223.0
せん断断面積 A (cm <sup>2</sup> )	29.7
許容曲げ応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	210
許容せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	120

#### 4) 切ばり

段	深度 (m)	切ばり位置 (m)
1	0.350	0.350
2	1.100	0.750
3	1.850	0.750

名称	0.900~1.150
断面積 A (cm <sup>2</sup> )	14.92
内管の断面二次モーメント I <sub>1</sub> (cm <sup>4</sup> )	94.93
外管の断面二次モーメント I <sub>2</sub> (cm <sup>4</sup> )	168.80
外管の長さ L <sub>2</sub> (m)	0.55
断面係数 Z (cm <sup>3</sup> )	44.76
断面二次半径 r (cm)	3.36
自重 W (N/m)	350.0
切梁減長 $\chi$ (m)	0.17
許容軸圧縮応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	210

### (4) 土質条件

土質区分	粘性土
単位体積重量 $\gamma_t$ (kN/m <sup>3</sup> )	14.0
掘削底面付近の粘着力 C <sub>b</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	24.0
平均N値 N	4

## 2. プレートの設計

### (1) 荷重

荷重は側方土圧の範囲をもとに算出する。各プレートの最も深い位置の側方土圧をm当りに換算した値を用いるものとする。各プレートの最も深い位置の側方土圧は、次式より求める。

$$P_h = \rho_f \cdot K_H \cdot (\gamma \cdot h + q)$$

ここに、

$P_h$  : 深さ  $h$  での側方土圧 (kN/m<sup>2</sup>)

$K_H$  : 側方土圧係数  $K_H = 0.6$

$\rho_f$  : 荷重修正係数  $\rho_f = 1.0$

$N$  : 標準貫入試験のN値  $N = 4.000$

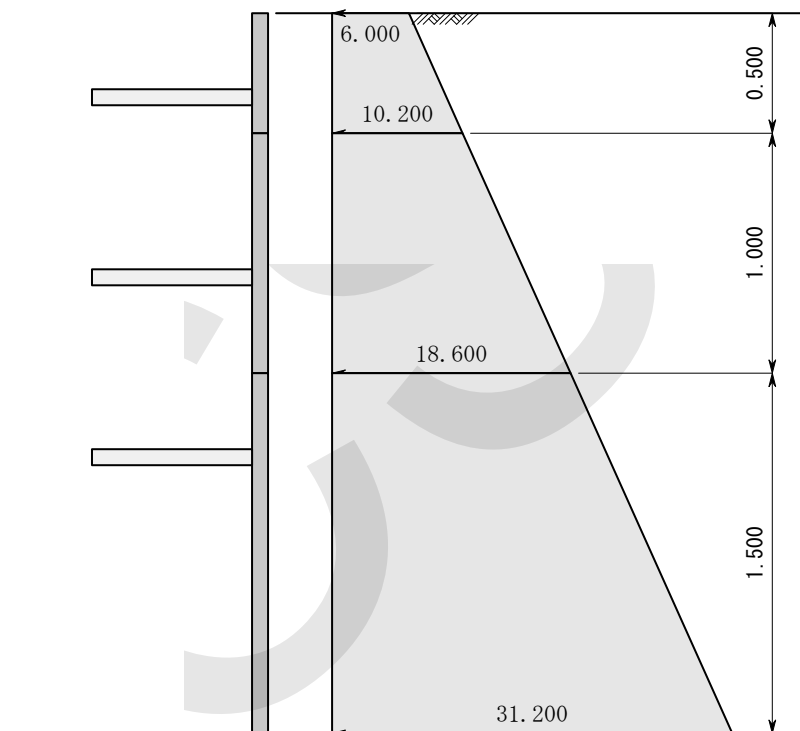
土の種類		$K_H$
硬い	$N \geq 8$	0.5
中位	$4 \leq N < 8$	0.6
軟らかい	$2 \leq N < 4$	0.7
非常に軟らかい	$N < 2$	0.8

$\gamma$  : 土の単位体積重量  $\gamma = 14.000$  (kN/m<sup>3</sup>)

$h$  : 地表面からの深度 (m)

$q$  : 上載荷重  $q = 10.0$  (kN/m<sup>2</sup>)

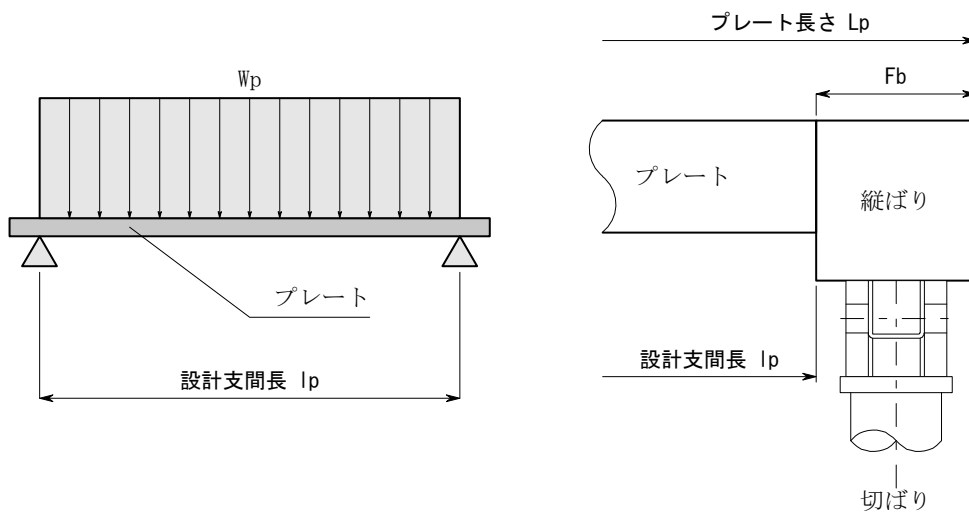
よって、各プレートの最も深い位置の側方土圧は以下ようになる。



プレート	$h$ (m)	$P_h$ (kN/m <sup>2</sup> )
1段目	0.500	10.200
2段目	1.500	18.600
3段目	3.000	31.200

## (2) 応力度の計算

プレートは、縦ばりを支点とする単純ばりとして設計する。



### 1) 最大曲げモーメント

最大曲げモーメントは、次式より求める。

$$M_{pn} = \frac{W_n \cdot l_p^2}{8}$$

$$l_p = L_p - 2 \cdot F_b$$

ここに、

$M_{pn}$  : 各プレートの最大曲げモーメント (kN・m)

$W_n$  : 各プレートに作用する土圧強度 (kN/m)

$l_p$  : 縦ばりの設計支間長 (m)

$$l_p = L_p - 2 \cdot F_b = 2.000 - 2 \times 200 \times 10^{-3} = 1.600 \text{ (m)}$$

$L_p$  : 縦ばりプレートの長さ  $L_p = 2.000$  (m)

$F_b$  : 縦ばりプレートの縦ばり幅  $F_b = 200$  (mm)

よって、最大曲げモーメントは以下ようになる。

プレート	$W_n$ (kN/m)	$M_{pn}$ (kN・m)
1段目	10.200	3.264
2段目	18.600	5.952
3段目	31.200	9.984

## 2) 曲げ応力度の照査

曲げ応力度は、次式より求める。

$$\sigma_p = \frac{M_{pn} \cdot 10^6}{Z_p \cdot 10^3} < \sigma_{pa}$$

ここに、

- $\sigma_p$  : 各プレートの曲げ応力度(N/mm<sup>2</sup>)
- $M_{pn}$  : 各プレートの最大曲げモーメント(kN・m)
- $Z_p$  : 各プレートの断面係数(cm<sup>3</sup>/m)
- $\sigma_{pa}$  : 鋼材の許容曲げ応力度(N/mm<sup>2</sup>)

よって、曲げ応力度は以下のようになる。

プレート	$M_{pn}$ (kN・m)	$Z_p$ (cm <sup>3</sup> /m)	$\sigma_p$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\sigma_{pa}$ (N/mm <sup>2</sup> )	判定
1段目	3.264	230	14.191	210	○
2段目	5.952	230	25.878	210	○
3段目	9.984	230	43.409	210	○

### 3. 縦ばりの設計

#### (1) 荷重

荷重は各切ばりが分担する土圧の範囲をもとに算出する。縦ばりに作用する荷重度は、次式より求める。

$$W_h = P_h \cdot l_r$$

ここに、

$W_h$  : 深さ  $h$  で作用する土圧強度 (kN/m)

$P_h$  : 深さ  $h$  における側方土圧 (kN/m<sup>2</sup>)

$l_r$  : 縦ばり 1 本あたりの分担幅 (m)

$$l_r = \frac{L_p}{2} = \frac{2.000}{2} = 1.000 \text{ (m)}$$

$L_p$  : 縦ばりプレートの長さ  $L_p = 2.000 \text{ (m)}$

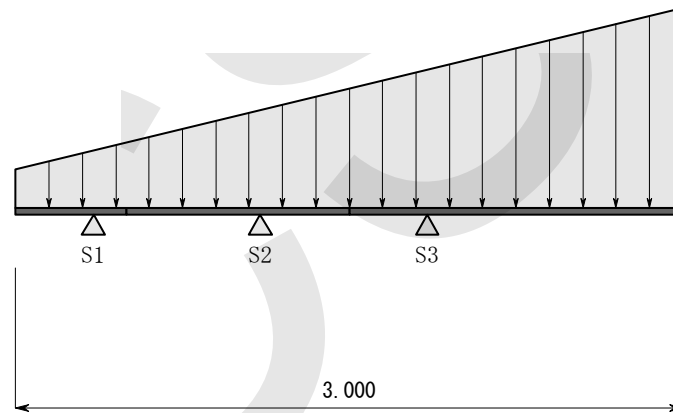
よって、縦ばりに作用する荷重度は以下のようにになる。

h (m)	$P_h$ (kN/m <sup>2</sup> )	$W_h$ (kN/m)
0.000	6.000	6.000
3.000	31.200	31.200

#### (2) 応力度の計算

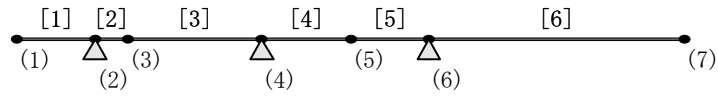
応力度は各切ばりを支点とする連続はりとして算出された断面力をもとに曲げ応力度とせん断応力度について検討する。

##### 1) 荷重図



開始位置 (m)	終了位置 (m)	開始荷重 (kN/m)	終了荷重 (kN/m)
0.000	3.000	6.000	31.200

## 2) フレームモデル



節点

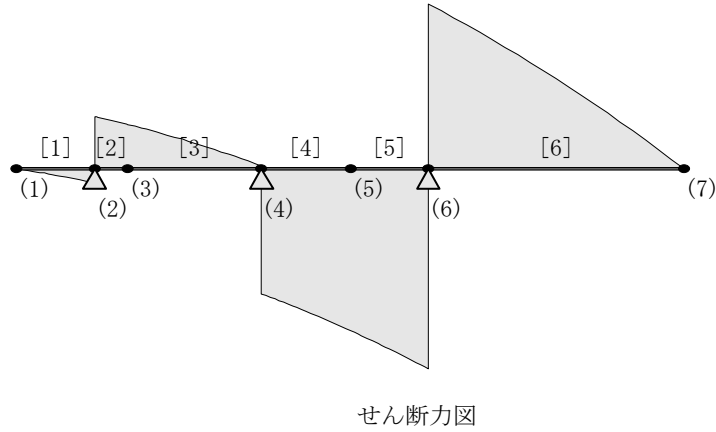
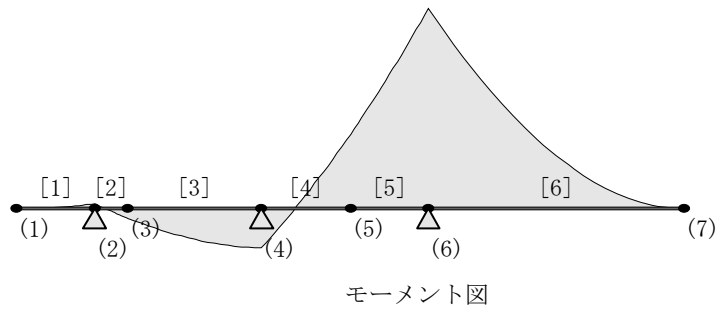
節点番号	X座標 (m)	備考
1	0.000	
2	0.350	切ばり(S1)
3	0.500	連結部
4	1.100	切ばり(S2)
5	1.500	連結部
6	1.850	切ばり(S3)
7	3.000	

部材

番号	始点 番号	終点 番号
1	1	2
2	2	3
3	3	4
4	4	5
5	5	6
6	6	7

## 3) 断面力

部材 番号	節点 番号	曲げモーメント (kN・m)	せん断力 (kN)
1	1	0.000	0.000
	2	0.428	-2.614
2	2	0.428	9.591
	3	-0.906	8.156
3	3	-0.906	8.156
	4	-3.661	0.524
4	4	-3.661	-23.048
	5	6.867	-29.816
5	5	6.867	-29.816
	6	18.502	-36.840
6	6	18.502	30.325
	7	0.000	0.000



#### 4) 最大断面力

最大曲げモーメント		最大せん断力	
位置 (m)	断面力 (kN・m)	位置 (m)	断面力 (kN)
1.850	18.502	1.850	36.840

#### 5) 最大支点反力

名称	最大支点反力 (kN)
S1	12.206
S2	0.000
S3	67.166

#### 6) 曲げ応力度の照査

曲げ応力度は、次式より求める。

$$\sigma_r = \frac{M_r \cdot 10^6}{Z_r \cdot 10^3} < \sigma_{ra}$$

ここに、

- $\sigma_r$  : 縦ばりの最大曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)
- $M_r$  : 縦ばりの最大曲げモーメント (kN・m)
- $Z_r$  : 縦ばりの断面係数 (cm<sup>3</sup>)
- $\sigma_{ra}$  : 鋼材の許容曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

よって、曲げ応力度  $\sigma_r$  は以下のようにになる。

最大曲げ モーメント $M_r$ (kN・m)	断面係数 $Z_r$ (cm <sup>3</sup> )	最大曲げ 応力度 $\sigma_r$ (N/mm <sup>2</sup> )	許容曲げ 応力度 $\sigma_{ra}$ (N/mm <sup>2</sup> )	判定
18.502	223.0	82.969	210	○



## 7) せん断応力度の照査

せん断応力度は、次式より求める。

$$\tau_r = \frac{Q_r \cdot 10^3}{A_r \cdot 10^2} < \tau_{ra}$$

ここに、

- $\tau_r$  : 縦ばりの最大せん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)
- $Q_r$  : 縦ばりの最大せん断力 (kN)
- $A_r$  : 縦ばりのせん断断面積 (cm<sup>2</sup>)
- $\tau_{ra}$  : 鋼材の許容せん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

よって、せん断応力度  $\tau_r$  は以下のようになる。

最大せん断力 $Q_r$ (kN)	せん断断面積 $A_r$ (cm <sup>2</sup> )	最大せん断応力度 $\tau_r$ (N/mm <sup>2</sup> )	許容せん断応力度 $\tau_{ra}$ (N/mm <sup>2</sup> )	判定
36.840	29.7	12.404	120	○

## 4. 切ばりの設計

切ばりには、縦ばりにかかる荷重が作用するものとし、各切ばりが分担する荷重から軸力を求める。

### (1) 荷重

切ばりにかかる荷重は、縦ばりから伝達されるため、各切ばりを支点とする連続はりとして算出された支点反力とする。

名称	最大支点反力 (kN)
S1	12.206
S2	0.000
S3	67.166

### (2) 応力度の計算

切ばりは、軸方向応力度について検討するが、自重による曲げモーメントを考慮する。

#### 1) 座屈長係数

座屈長係数は、次の様に求める。

$$L_n = B - 2 \cdot x$$

		$L_2/L_n$					
		0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
$I_1/I_2$	0.1	2.505	2.169	1.775	1.347	1.039	1.000
	0.2	1.815	1.602	1.360	1.131	1.015	1.000
	0.3	1.520	1.368	1.204	1.069	1.008	1.000
	0.4	1.351	1.240	1.127	1.041	1.005	1.000
	0.5	1.241	1.160	1.082	1.027	1.003	1.000
	0.6	1.163	1.106	1.053	1.017	1.002	1.000
	0.7	1.106	1.067	1.033	1.011	1.001	1.000
	0.8	1.062	1.037	1.019	1.006	1.001	1.000
	0.9	1.028	1.017	1.008	1.003	1.000	1.000
	1.0	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

ここに、

$\gamma$  : 座屈長係数

$L_n$  : 切ばり  $S_n$  の切ばりの長さ (m)

$B$  : 掘削幅 (プレート外々間の距離)  $B = 1.0$  (m)

$x$  : 掘削幅からの減長  $x = 0.17$  (m)

$I_1$  : 内管の断面二次モーメント  $I_1 = 94.93$  (cm<sup>4</sup>)

$I_2$  : 外管の断面二次モーメント  $I_2 = 168.80$  (cm<sup>4</sup>)

$L_2$  : 外管の長さ  $L_2 = 0.55$  (m)

よって、座屈長係数  $\gamma$  は以下のようになる。

$$L_n = 1.0 - 2 \times 0.17 = 0.660 \text{ (m)}$$

$$I_1/I_2 = 94.93/168.80 = 0.6$$

$$L_2/L_n = 0.55/0.660 = 0.8$$

$$\gamma = 1.017$$

## 2) 座屈長

座屈長は、次式により求める。

$$l_n = \gamma \cdot L_n \cdot 100$$

ここに、

$l_n$  : 座屈長 (cm)

$\gamma$  : 座屈長係数  $\gamma = 1.017$

$L_n$  : 切ばり  $S_n$  の切ばりの長さ  $L_n = 0.660$  (m)

よって、座屈長  $l_n$  は以下のようになる。

$$l_n = 1.017 \times 0.660 \times 100 = 67.122 \text{ (cm)}$$

## 3) 切ばりの許容応力度

許容軸方向圧縮応力度については、座屈の影響を考慮して許容応力度を低減する。

### ① 細長比

細長比は、次式より求める。

$$\lambda = \frac{l_n}{r}$$

ここに、

$\lambda$  : 細長比

$l_n$  : 座屈長  $l_n = 67.122$  (cm)

$r$  : 切ばりの最小断面を対象とした断面二次半径  $r = 3.36$  (cm)

よって、細長比  $\lambda$  は以下のようになる。

$$\lambda = \frac{67.122}{3.36} = 19.977$$

### ② 許容軸方向圧縮応力度

許容軸方向圧縮応力度は、次表より求める。

	許容軸方向圧縮応力度 $\sigma_{sa}$ (N/mm <sup>2</sup> )
$\lambda \leq 18$	210
$18 < \lambda \leq 92$	$210 - 1.23 \cdot (\lambda - 18)$
$92 < \lambda$	$1800000 / (6700 + \lambda^2)$

よって、許容軸方向圧縮応力度  $\sigma_{sa}$  は以下のようになる。

$$\begin{aligned} \sigma_{sa} &= 210 - 1.23 \cdot (\lambda - 18) \\ &= 210 - 1.23 \times (19.977 - 18) \\ &= 207.568 \text{ (N/mm}^2\text{)} \end{aligned}$$

### (3) 切ばりにかかる応力

切ばりにかかる応力は、次式より求める。

$$\sigma_{sn} = \frac{N_n \cdot 10^3}{A_s \cdot 10^2} \pm \frac{M_s}{Z_s} < \sigma_{sa}$$

$$M_s = \frac{W_s \cdot L_n^2}{8}$$

$$N_n = R_n$$

ここに、

$\sigma_{sn}$  : 切ばりSn の発生応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$M_s$  : 自重による曲げモーメント (N・m)

$N_n$  : 切ばりSn の発生軸力 (kN)

$A_s$  : 切ばりの断面積  $A_s = 14.92$  (cm<sup>2</sup>)

$Z_s$  : 切ばりの断面係数  $Z_s = 44.76$  (cm<sup>3</sup>)

$\sigma_{sa}$  : 許容軸方向応力度  $\sigma_{sa} = 207.568$  (N/mm<sup>2</sup>)

$W_s$  : 切ばりの単位長さあたりの自重  $W_s = 350.0$  (N/m)

$L_n$  : 切ばりSn の切ばり長さ  $L_n = 0.660$  (m)

$R_n$  : 切ばりSn の支点反力 (kN)

よって、切ばりの発生応力度  $\sigma_{sn}$  は以下のようになる。

$$M_s = \frac{350.0 \times 0.660^2}{8} = 19.058 \text{ (N}\cdot\text{m)}$$

$$\sigma_{sn} = \frac{67.166 \times 10^3}{14.92 \times 10^2} + \frac{19.058}{44.76} = 45.443 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

支点 反力 $R_n$ (kN)	曲げ モーメント $M_s$ (N・m)	発生 軸力 $N_n$ (kN)	発生 応力 $\sigma_{sn}$ (N/mm <sup>2</sup> )	許容軸方向 応力度 $\sigma_{sa}$ (N/mm <sup>2</sup> )	判定
67.166	19.058	67.166	45.443	207.568	○

## 5. ヒービングの検討

### (1) 掘削層全体の平均単位体積重量

ヒービングの検討での単位体積重量は掘削層全体の平均を用いる。

No	層厚 H(m)	単位 体積重量 $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma \times H$ $\gamma H$ (kN/m <sup>2</sup> )
1	3.000	14.000	42.000
	3.000		42.000

$$\gamma_m = \frac{42.000}{3.000} = 14.000 \text{ (kN/m}^3\text{)}$$

### (2) 安定数による危険度の判定

安定数は、次式より求める。

$$N_b = \frac{\gamma \cdot h + q}{S_u} < 3.14$$

ここに、

$N_b$  : 安定数

$\gamma$  : 単位体積重量(地表面～掘削底面までの平均値)  $\gamma = 14.000$  (kN/m<sup>3</sup>)

$h$  : 掘削深さ  $h = 3.0$  (m)

$q$  : 上載荷重  $q = 10.0$  (kN/m<sup>2</sup>)

$S_u$  : 掘削底面以深の非排水せん断強さ (=  $C_b$ ) (kN/m<sup>2</sup>)

$C_b$  : 掘削底面付近の粘着力  $C_b = 24.0$  (kN/m<sup>2</sup>)

よって、安定数  $N_b$  は以下のようになる。

$$N_b = \frac{14.000 \times 3.0 + 10.0}{24.0} = 2.167 < 3.14 \quad - 0. K -$$

上記判定によりヒービングに対して安全である。