

H6.0 B2.0 (スライドレール方式：捨ばり施工)

スライドレール方式(平成30年版)

1. 設計条件

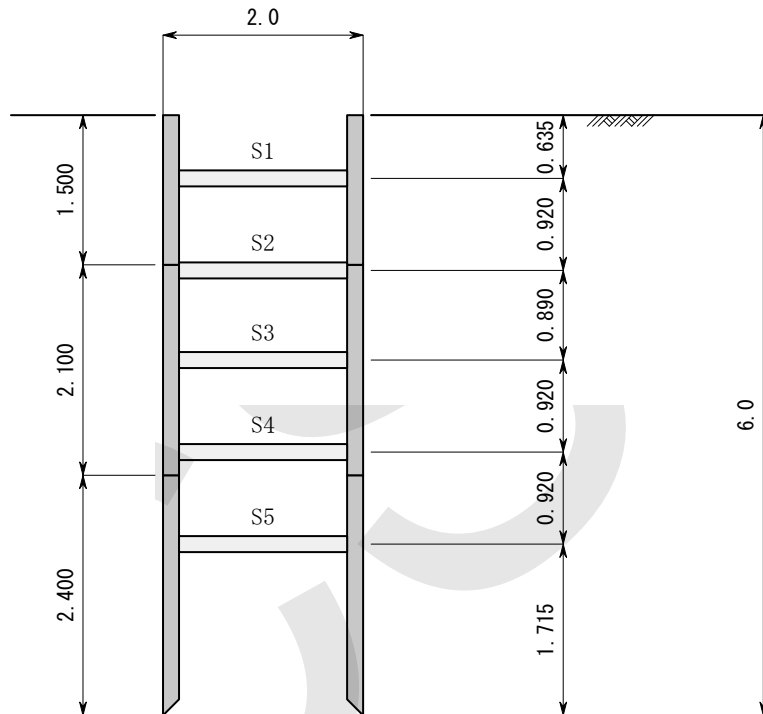
(1) 設置条件

掘削深 H(m)	6.0
掘削幅 B(m)	2.0
上載荷重 q(kN/m ²)	10.0

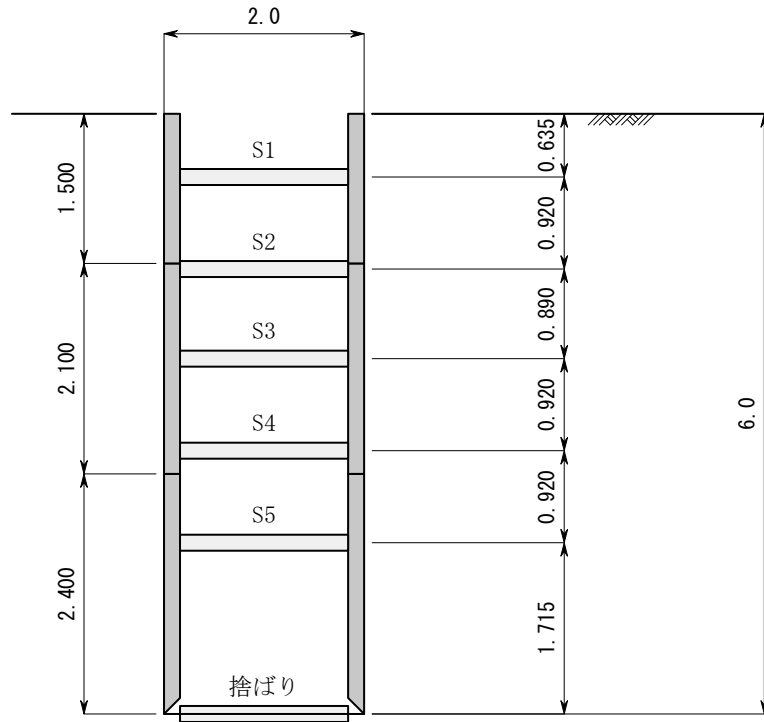
(2) 設置条件図

1) 断面図

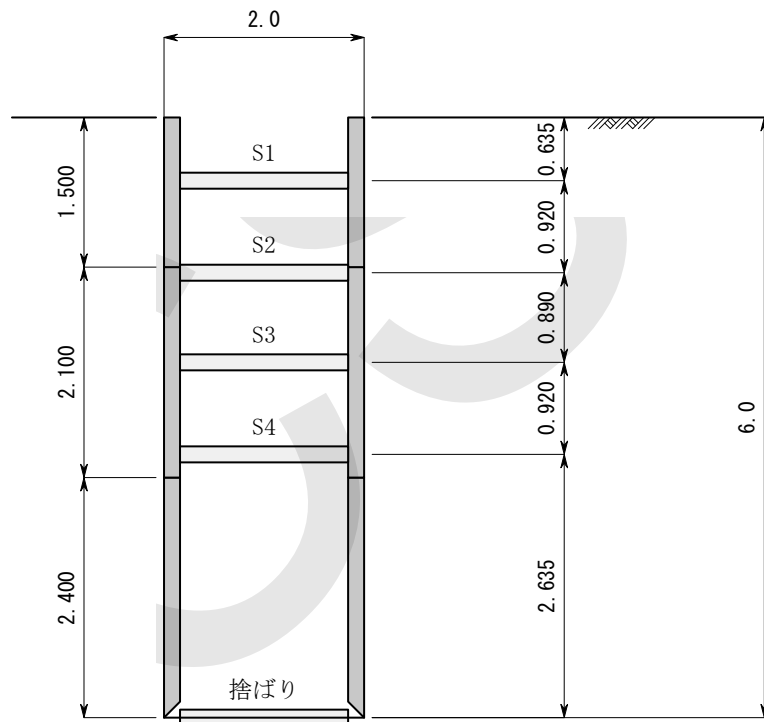
捨ばり施工前 (標準条件下での設計)



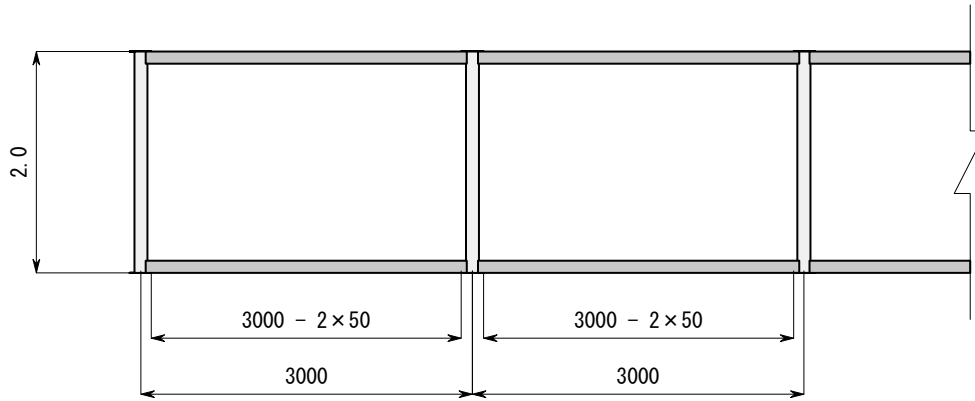
捨ばり施工（特殊条件下での設計）



捨ばり施工後+最下段切ばり撤去（特殊条件下での設計）



2) 平面図



(3) 機材条件

1) 機材

メーカー	シンワ機材
型式	DG型 DG-6 (高強度型)
パネル長 (mm)	3000
切ばり型式	DG型

2) パネル

スライドレール中心から支点までの距離 (mm)	50
許容曲げ応力度 (N/mm ²)	210

段	名称	パネル高 (mm)	断面係数 (cm ³ /m)
1	1500 (エクステンション)	1500	240
2	2400 (2100) (エクステンション)	2100	240
3	2400 (Zp=379) (エッジ付き)	2400	379

3) スライドレール

フランジ幅 b (cm)	19.60
断面係数 Z (cm ³)	1961
せん断断面積 A (cm ²)	72.0
スライドレール上端からの継手の位置 (m)	1.5
許容曲げ応力度 (N/mm ²)	210
許容せん断応力度 (N/mm ²)	120

4) 切ばり

段	深度 (m)	切ばり位置 (m)
1	0.635	0.635
2	1.555	0.920
3	2.445	0.890
4	3.365	0.920
5	4.285	0.920

名称	1.42~2.25
断面積 A (cm ²)	45.90
断面係数 Z (cm ³)	75.20
断面二次半径 r (cm)	2.81
自重 W (N/m)	437.0
切梁減長 χ (m)	0.22
許容軸圧縮応力度 (N/mm ²)	210

5) 捨ばり

使用材料	松丸太
形状	円形
許容応力度 (N/mm ²)	11.80
直径 (cm)	15.0

(4) 土質条件

土質区分	砂質土
単位体積重量 γ_t (kN/m ³)	18.0
内部摩擦角 ϕ (°)	30.0

2. パネルの設計

(1) 荷重

荷重は側方土圧の範囲をもとに算出する。各パネル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。各パネルの最も深い位置の側方土圧は、次式より求める。

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

$$K_H = 1 - \sin \phi$$

ここに、

P_h : 深さ h での側方土圧 (kN/m²)

K_H : 側方土圧係数 $K_H = 0.500$

ρ_f : 荷重修正係数 $\rho_f = 1.0$

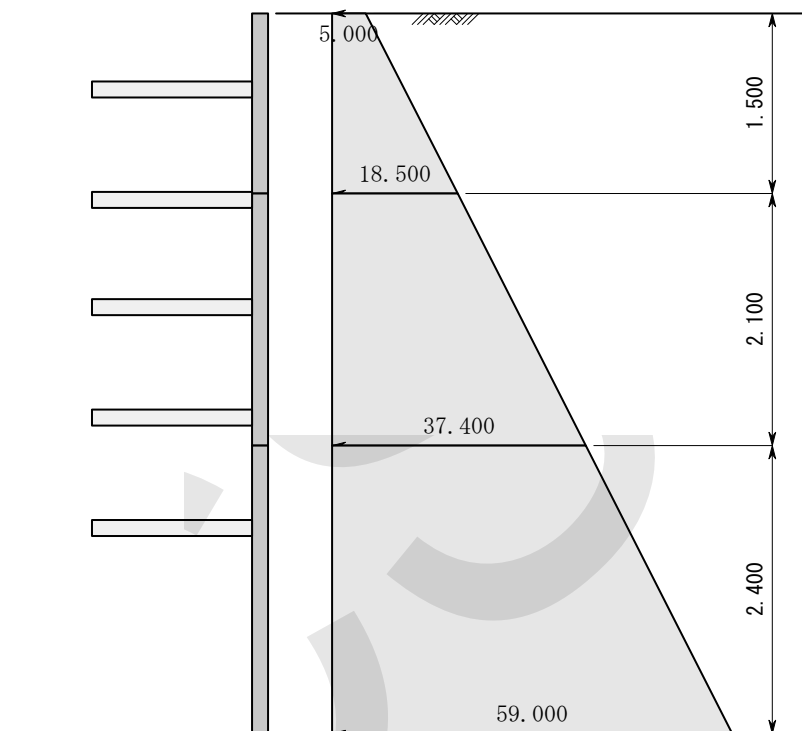
ϕ : 土の内部摩擦角 $\phi = 30.000$

γ : 土の単位体積重量 $\gamma = 18.000$ (kN/m³)

h : 地表面からの深度 (m)

q : 上載荷重 $q = 10.0$ (kN/m²)

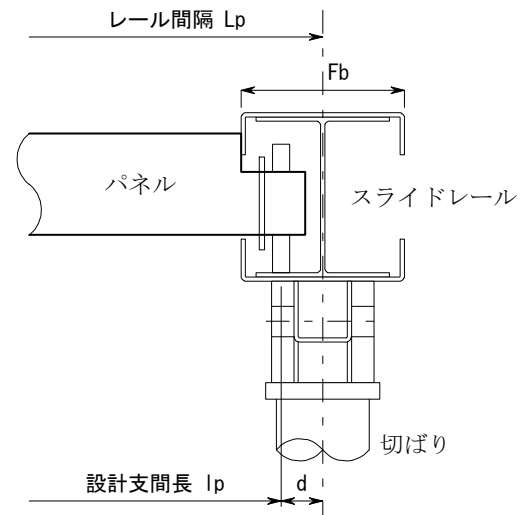
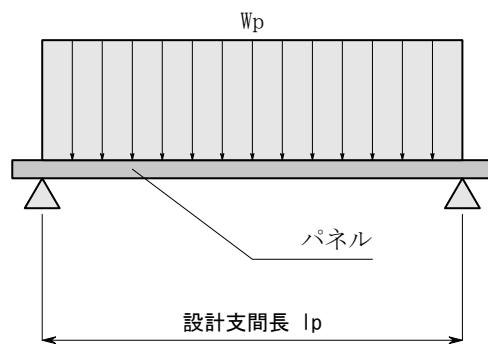
よって、各パネルの最も深い位置の側方土圧は以下のようにになる。



パネル	h (m)	P_h (kN/m ²)
1段目	1.500	18.500
2段目	3.600	37.400
3段目	6.000	59.000

(2) 応力度の計算

パネルは、スライドレール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。

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

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

ここに、

M_{pn} : 各パネルの最大曲げモーメント (kN・m)

W_n : 各パネルに作用する土圧強度 (kN/m)

l_p : スライドレールの設計支間長 (m)

$$l_p = L_p - 2 \cdot d = 3.000 - 2 \times 50 \times 10^{-3} = 2.900 \text{ (m)}$$

L_p : スライドレール間隔 $L_p = 3.000 \text{ (m)}$

d : スライドレール中心から支点までの距離 $d = 50 \text{ (mm)}$

よって、最大曲げモーメントは以下ようになる。

パネル	W_n (kN/m)	M_{pn} (kN・m)
1段目	18.500	19.448
2段目	37.400	39.317
3段目	59.000	62.024

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、

- σ_p : 各パネルの曲げ応力度 (N/mm²)
- M_{pn} : 各パネルの最大曲げモーメント (kN・m)
- Z_p : 各パネルの断面係数 (cm³/m)
- σ_{pa} : 鋼材の許容曲げ応力度 (N/mm²)

よって、曲げ応力度は以下のようになる。

パネル	M_{pn} (kN・m)	Z_p (cm ³ /m)	σ_p (N/mm ²)	σ_{pa} (N/mm ²)	判定
1段目	19.448	240	81.033	210	○
2段目	39.317	240	163.821	210	○
3段目	62.024	379	163.652	210	○

3. スライドレールの設計

(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。スライドレール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/m²)

l_r : スライドレール 1 本あたりの分担幅 (m)

$$l_r = L_p = 3.000 \text{ (m)}$$

L_p : スライドレール間隔 $L_p = 3.000 \text{ (m)}$

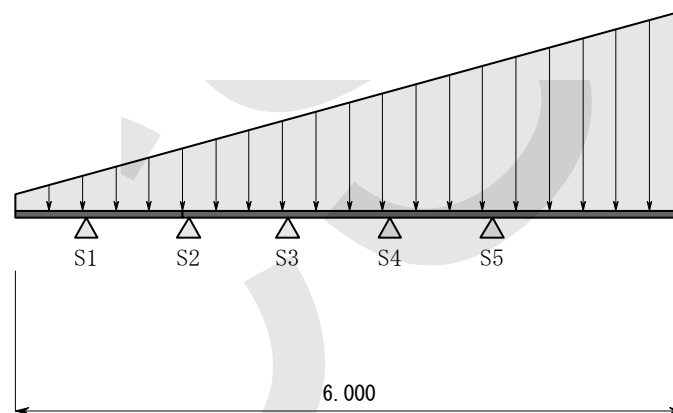
よって、スライドレールに作用する荷重度は以下ようになる。

h (m)	P_h (kN/m ²)	W_h (kN/m)
0.000	5.000	15.000
6.000	59.000	177.000

(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。

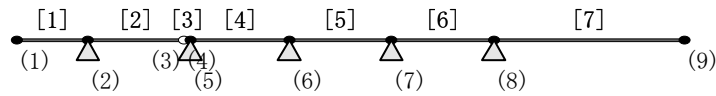
1) 荷重図



開始位置 (m)	終了位置 (m)	開始荷重 (kN/m)	終了荷重 (kN/m)
0.000	6.000	15.000	177.000

2) フレームモデル

① 捨ばり施工前（標準条件下での設計）



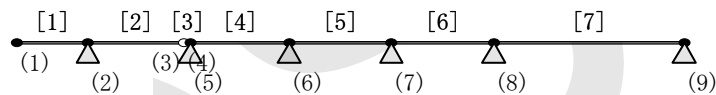
節点

節点番号	X座標 (m)	備考
1	0.000	
2	0.635	切ばり (S1)
3	1.500	連結部 (ピン結合)
4	1.500	''
5	1.555	切ばり (S2)
6	2.445	切ばり (S3)
7	3.365	切ばり (S4)
8	4.285	切ばり (S5)
9	6.000	

部材

番号	始点 番号	終点 番号
1	1	2
2	2	3
3	4	5
4	5	6
5	6	7
6	7	8
7	8	9

② 捨ばり施工（特殊条件下での設計）



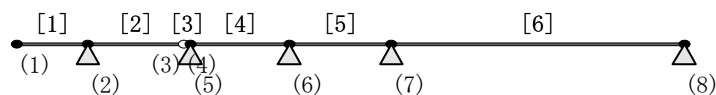
節点

節点番号	X座標 (m)	備考
1	0.000	
2	0.635	切ばり (S1)
3	1.500	連結部 (ピン結合)
4	1.500	''
5	1.555	切ばり (S2)
6	2.445	切ばり (S3)
7	3.365	切ばり (S4)
8	4.285	切ばり (S5)
9	6.000	捨ばり (捨ばり)

部材

番号	始点 番号	終点 番号
1	1	2
2	2	3
3	4	5
4	5	6
5	6	7
6	7	8
7	8	9

③ 捨ばり施工後＋最下段切ばり撤去（特殊条件下での設計）



節点

節点番号	X座標 (m)	備考
1	0.000	
2	0.635	切ばり(S1)
3	1.500	連結部(ピン結合)
4	1.500	''
5	1.555	切ばり(S2)
6	2.445	切ばり(S3)
7	3.365	切ばり(S4)
8	6.000	捨ばり(捨ばり)

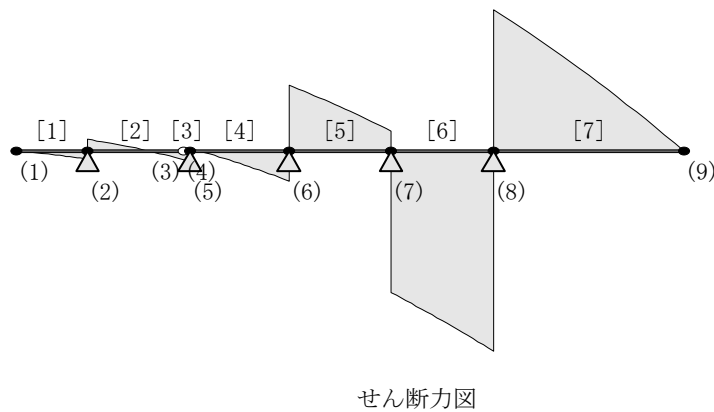
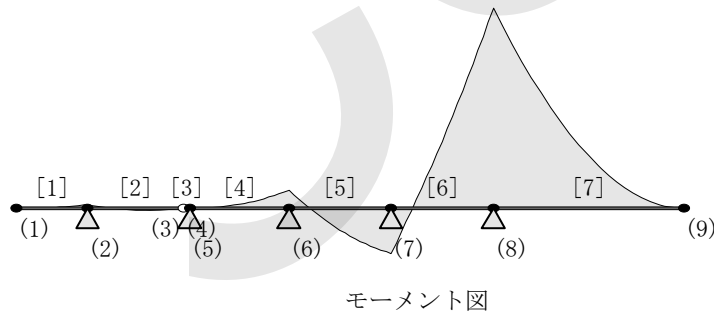
部材

番号	始点 番号	終点 番号
1	1	2
2	2	3
3	4	5
4	5	6
5	6	7
6	7	8

3) 断面力

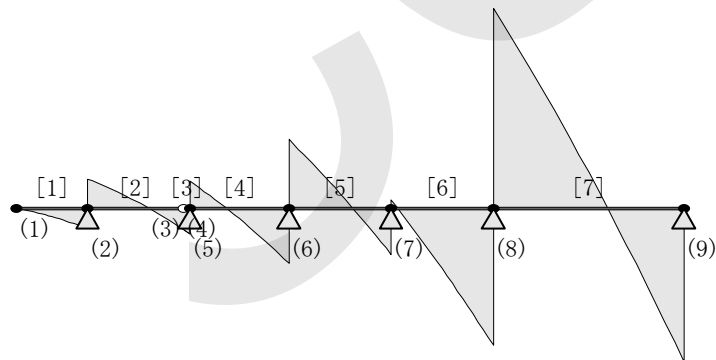
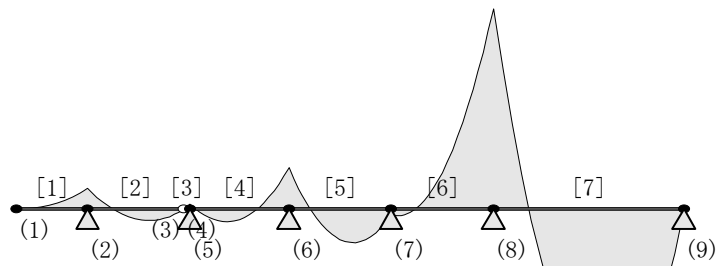
① 捨ばり施工前 (標準条件下での設計)

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	4.176	-14.969
2	2	4.176	22.098
	3	0.000	-15.809
3	4	0.000	-15.809
	5	0.954	-18.902
4	5	0.954	5.526
	6	21.777	-55.884
5	6	21.777	123.056
	7	-53.645	37.096
6	7	-53.645	-264.068
	8	237.600	-372.881
7	8	237.600	263.848
	9	0.000	0.000



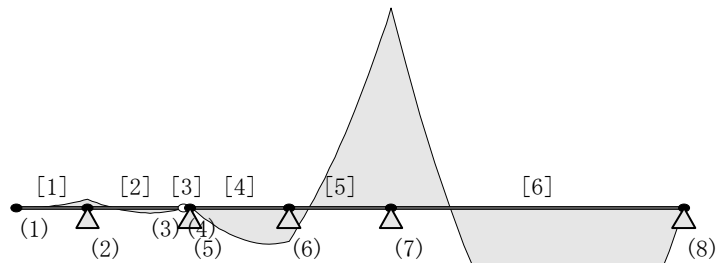
② 捨ばり施工 (特殊条件下での設計)

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	4.176	-14.969
2	2	4.176	22.098
	3	-0.000	-15.809
3	4	-0.000	-15.809
	5	0.954	-18.902
4	5	0.954	20.509
	6	8.442	-40.901
5	6	8.442	51.527
	7	-1.173	-34.433
6	7	-1.173	6.608
	8	41.049	-102.205
7	8	41.049	149.242
	9	0.000	-114.607

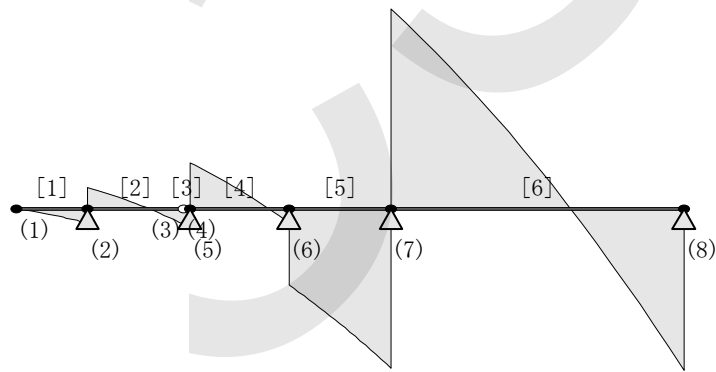


③ 捨ばり施工後+最下段切ばり撤去 (特殊条件下での設計)

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	4.176	-14.969
2	2	4.176	22.098
	3	-0.000	-15.809
3	4	0.000	-15.809
	5	0.954	-18.902
4	5	0.954	47.708
	6	-16.946	-
5	6	-15.765	-13.702
	7	94.075	-164.276
6	7	94.075	206.411
	8	0.000	-166.251



モーメント図



せん断力図

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)
4.285	237.600	4.285	372.881

5) 最大支点反力

名称	最大支点反力 (kN)
S1	37.066
S2	66.610
S3	178.940
S4	370.687
S5	636.729
捨ばり	166.251

6) 鋼材の許容曲げ応力度

① 細長比

細長比は、次式より求める。

$$\lambda = \frac{L}{b}$$

ここに、

λ : 細長比

L : フランジ固定点間距離 $L = 171.500$ (cm)

b : フランジ幅 $b = 19.60$ (cm)

よって、細長比 λ は以下のようになる。

$$\lambda = \frac{171.500}{19.60} = 8.750$$

② 鋼材の許容曲げ応力度

鋼材の許容曲げ応力度は、次表より求める。

	鋼材の許容曲げ応力度 σ_{ra} (N/mm ²)
$\lambda \leq 4.5$	210
$4.5 < \lambda \leq 30$	$210 - 3.6 \cdot (\lambda - 4.5)$

よって、鋼材の許容曲げ応力度 σ_{ra} は以下のようになる。

$$\begin{aligned} \sigma_{ra} &= 210 - 3.6 \cdot (\lambda - 4.5) \\ &= 210 - 3.6 \times (8.750 - 4.5) \\ &= 194.700 \text{ (N/mm}^2\text{)} \end{aligned}$$

7) 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、

- σ_r : スライドレールの曲げ応力度 (N/mm²)
- M_r : スライドレールの最大曲げモーメント (kN・m)
- Z_r : スライドレールの断面係数 (cm³)
- σ_{ra} : 鋼材の許容曲げ応力度 (N/mm²)

よって、曲げ応力度 σ_r は以下ようになる。

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

最大曲げ モーメント M_r (kN・m)	断面係数 Z_r (cm ³)	曲げ 応力度 σ_r (N/mm ²)	許容曲げ 応力度 σ_{ra} (N/mm ²)	判定
237.600	1961	121.163	194.700	○

8) 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、

- τ_r : スライドレールの最大せん断応力度 (N/mm²)
- Q_r : スライドレールの最大せん断力 (kN)
- A_r : スライドレールのせん断断面積 (cm²)
- τ_{ra} : 鋼材の許容せん断応力度 (N/mm²)

よって、せん断応力度 τ_r は以下ようになる。

最大 せん断力 Q_r (kN)	せん断 断面積 A_r (cm ²)	最大せん断 応力度 τ_r (N/mm ²)	許容せん断 応力度 τ_{ra} (N/mm ²)	判定
372.881	72.0	51.789	120	○

4. 切ばりの設計

切ばりには、スライドレール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、スライドレール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	37.066
S2	66.610
S3	178.940
S4	370.687
S5	636.729

(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) 切ばりの長さ

切ばり長さは、掘削幅(パネル外々間の距離)から各機材について示されている減長値を差し引いて求める。

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

ここに、

- L_n : 切ばり S_n の切ばりの長さ (m)
- B : 掘削幅(パネル外々間の距離) $B = 2.0$ (m)
- x : 掘削幅からの減長 $x = 0.22$ (m)

よって、切ばり長さ L_n は以下のようになる。

$$L_n = 2.0 - 2 \times 0.22 = 1.560 \text{ (m)}$$

2) 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。

$$\lambda = \frac{l_n \cdot 10^2}{r}$$
$$l_n = L_n$$

ここに、

- λ : 細長比
- l_n : 切ばり S_n の座屈長 (m)
- L_n : 切ばり S_n の切ばり長さ $L_n = 1.560$ (m)
- r : 切ばりの最小断面を対象とした断面二次半径 $r = 2.81$ (cm)

よって、細長比 λ は以下のようになる。

$$\lambda = \frac{1.560 \times 10^2}{2.81} = 55.516$$

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 σ_{sa} (N/mm ²)
$\lambda \leq 18$	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 σ_{sa} は以下のようになる。

$$\begin{aligned}\sigma_{sa} &= 210 - 1.23 \cdot (\lambda - 18) \\ &= 210 - 1.23 \times (55.516 - 18) \\ &= 163.855 \text{ (N/mm}^2\text{)}\end{aligned}$$

(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。

$$\begin{aligned}\sigma_{sn} &= \frac{N_n \cdot 10^3}{A_s \cdot 10^2} \pm \frac{M_s}{Z_s} < \sigma_{sa} \\ M_s &= \frac{W_s \cdot L_n^2}{8} \\ N_n &= R_n\end{aligned}$$

ここに、

- σ_{sn} : 切ばり S_n の発生応力度 (N/mm²)
- M_s : 自重による曲げモーメント (N・m)
- N_n : 切ばり S_n の発生軸力 (kN)
- A_s : 切ばりの最小断面積 $A_s = 45.90$ (cm²)
- Z_s : 切ばりの最小断面係数 $Z_s = 75.20$ (cm³)
- σ_{sa} : 許容軸方向応力度 $\sigma_{sa} = 163.855$ (N/mm²)
- W_s : 切ばりの単位長さあたりの自重 $W_s = 437.0$ (N/m)
- L_n : 切ばり S_n の切ばり長さ $L_n = 1.560$ (m)
- R_n : 切ばり S_n の支点反力 $R_n = 636.729$ (kN)

よって、切ばりの発生応力度 σ_{sn} は以下のようになる。

$$\begin{aligned}M_s &= \frac{437.0 \times 1.560^2}{8} = 132.935 \text{ (N} \cdot \text{m)} \\ \sigma_{sn} &= \frac{636.729 \times 10^3}{45.90 \times 10^2} + \frac{132.935}{75.20} = 140.489 \text{ (N/mm}^2\text{)}\end{aligned}$$

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 σ_{sn} (N/mm ²)	許容軸方向 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	判定
636.729	132.935	636.729	140.489	163.855	○

5. 捨ばりの設計

捨ばりには、スライドレールにかかる荷重が作用するものとし、捨ばりが分担する荷重から軸力を求める。

(1) 荷重

捨ばりにかかる荷重は、スライドレール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)
捨ばり	166.251

(2) 応力度の計算

捨ばりは、軸方向応力度についてのみ検討を行う。

1) 捨ばりの長さ

捨ばり長さは、掘削幅(パネル外々幅)から各機材について示されている減長値を差し引いて求める。

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

ここに、

L_n : 捨ばり長さ(m)

B : 掘削幅(パネル外々幅) $B = 2.0$ (m)

x : 掘削幅からの減長 $x = 0.22$ (m)

よって、捨ばり長さ L_n は以下ようになる。

$$L_n = 2.0 - 2 \times 0.22 = 1.560 \text{ (m)}$$

2) 断面性能

捨ばりの断面性能は、次式より求める。

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

$$r = \frac{d}{4}$$

ここに、

A : 捨ばりの断面積(cm^2)

r : 捨ばりの断面二次半径(cm)

d : 捨ばりの直径 $d = 15.0$ (cm)

よって、捨ばりの断面性能は以下ようになる。

$$A = \frac{\pi \times 15.0^2}{4} = 176.715 \text{ (cm}^2\text{)}$$

$$r = \frac{15.0}{4} = 3.750 \text{ (cm)}$$

3) 捨ばりの許容応力度

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。

$$\lambda = \frac{l_n \cdot 10^2}{r}$$

$$l_n = L_n$$

ここに、

λ : 細長比

l_n : 捨ばりの座屈長 (m)

L_n : 捨ばり長さ $L_n = 1.560$ (m)

r : 捨ばりの断面二次半径 $r = 3.750$ (cm)

よって、細長比 λ は以下ようになる。

$$\lambda = \frac{1.560 \times 10^2}{3.750} = 41.600$$

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 σ_{sa} (N/mm ²)
$\lambda \leq 30$	11.80
$30 < \lambda < 100$	$11.80 \cdot (1.3 - 0.01 \cdot \lambda)$
$100 \leq \lambda$	$0.3 \cdot 11.80 / (0.01 \cdot \lambda)^2$

よって、許容軸方向圧縮応力度 σ_{sa} は以下ようになる。

$$\begin{aligned} \sigma_{sa} &= 11.80 \cdot (1.3 - 0.01 \cdot \lambda) \\ &= 11.80 \times (1.3 - 0.01 \times 41.600) \\ &= 10.431 \text{ (N/mm}^2\text{)} \end{aligned}$$

4) 捨ばりにかかる応力

捨ばりにかかる応力は、次式より求める。

$$\sigma_{sn} = \frac{N_n \cdot 10^3}{A_n \cdot 10^2} < \sigma_{sa}$$

$$N_n = R_n$$

ここに、

σ_{sn} : 捨ばりの発生応力度 (N/mm²)

N_n : 捨ばりの発生軸力 (kN)

A_n : 捨ばりの断面積 $A_n = 176.715$ (cm²)

σ_{sa} : 許容軸方向応力度 $\sigma_{sa} = 10.431$ (N/mm²)

R_n : 捨ばりの支点反力 (kN)

よって、捨ばりの発生応力度 σ_{sn} は以下ようになる。

$$\sigma_{sn} = \frac{166.251 \times 10^3}{176.715 \times 10^2} = 9.408 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

支点 反力 R_n (kN)	発生 軸力 N_n (kN)	発生 応力 σ_{sn} (N/mm ²)	許容軸方向 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	判定
166.251	166.251	9.408	10.431	○