

グラウンドアンカー

Ver. 1.00

————— D a t a —————

[物件名称] sample1
[作成日] 2001/10/02
[タイトル] グラウンドアンカー、サンプルデータ-1

————— Copyright (c) K T S —————

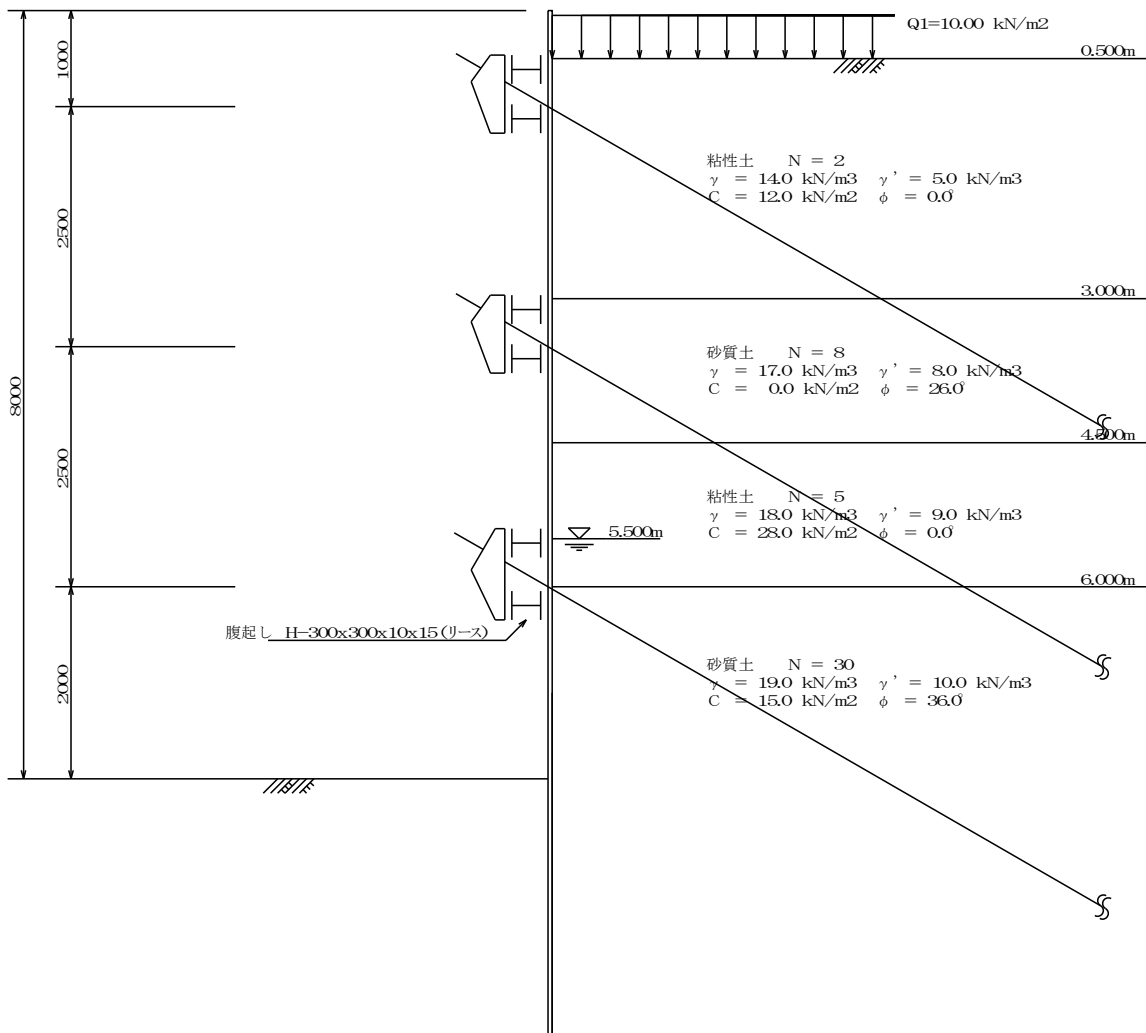
目 次

| | | |
|------|------------------------------------|----|
| 1 | 設計条件 | 2 |
| 1-1 | 設計断面図 | 2 |
| 1-2 | 基本条件 | 3 |
| 1-3 | テンドン | 4 |
| 1-4 | アンカー | 4 |
| 1-5 | 土質定数 | 4 |
| 1-6 | 上載荷重 | 4 |
| 1-7 | 土留壁に作用する主働側圧 | 4 |
| 1-8 | 仮想アンカー定着壁に作用する主働側圧 | 5 |
| 1-9 | すべり面の組合せ | 5 |
| 1-10 | 支保工 | 5 |
| 2 | 計算結果 | 8 |
| 2-1 | アンカー工断面図 | 8 |
| 2-2 | アンカー長の計算 | 8 |
| 2-3 | 内的安定計算 | 9 |
| 2-4 | 腹起しの計算結果一覧表 | 9 |
| 2-5 | ブラケットの計算結果一覧表 | 9 |
| 2-6 | 台座の計算結果一覧表 | 9 |
| 2-7 | 支圧板の計算結果一覧表 | 10 |
| 3 | アンカー長の計算 | 11 |
| 3-1 | 設計アンカー力 T_d | 11 |
| 3-2 | テンドンの必要本数 | 11 |
| 3-3 | アンカー自由長 L_f | 12 |
| 3-4 | テンドン自由長 L_{sf} | 13 |
| 3-5 | テンドン付着長 L_{sa} | 13 |
| 3-6 | 周面摩擦抵抗から求めた定着長 L_a | 14 |
| 3-7 | アンカー長 L_A 、変位量 δ | 15 |
| 3-8 | テンドンの断面計算 | 16 |
| 4 | 内的安定計算（ケース 1） | 17 |
| 4-1 | すべり面 | 17 |
| 4-2 | 深いすべり線の傾斜角 θ | 17 |
| 4-3 | 深いすべり線の土塊重量 W | 18 |
| 4-4 | 仮想アンカー定着壁に作用する主働側圧 E_1 （スライス右側面） | 19 |
| 4-5 | 土留壁に作用する主働側圧 E_a （スライス左側面） | 19 |
| 4-6 | 深いすべり線に作用する粘着抵抗力 E_c | 20 |
| 4-7 | アンカー設計水平力 R_h （多段アンカー、複合すべり線） | 21 |
| 4-8 | 安全率 F | 22 |
| 5 | 腹起しの計算(3段目腹起し) | 23 |
| 5-1 | 設計条件 | 23 |
| 5-2 | 使用鋼材 | 23 |
| 5-3 | 部材形状 | 23 |
| 5-4 | 許容応力度 | 23 |
| 5-5 | 上部腹起し部材の検討 | 24 |
| 5-6 | 下部腹起し部材の検討 | 24 |
| 6 | ブラケットの計算(3段目ブラケット) | 25 |
| 6-1 | 設計条件 | 25 |

| | | |
|-----|----------------|----|
| 6-2 | 使用鋼材 | 25 |
| 6-3 | 部材寸法 | 25 |
| 6-4 | 許容応力度 | 25 |
| 6-5 | 断面の検討 | 26 |
| 6-6 | 溶接部の検討 | 27 |
| 7 | 台座の計算(3段目台座) | 28 |
| 7-1 | 設計条件 | 28 |
| 7-2 | 部材形状 | 28 |
| 7-3 | 荷重作用点の計算 | 28 |
| 7-4 | 断面力の計算 | 29 |
| 7-5 | 断面の検討 | 29 |
| 8 | 支圧板の計算(3段目支圧板) | 30 |
| 8-1 | 設計条件 | 30 |
| 8-2 | 部材形状 | 30 |
| 8-3 | せん断に対する検討 | 30 |
| 8-4 | 曲げモーメントに対する検討 | 31 |
| 8-5 | 応力度の照査 | 31 |

1 設計条件

1-1 設計断面図



1-2 基本条件

| | | |
|-----------------------|---------------|--------------------------|
| 設計基準 | | 地盤工学会 |
| 土留め壁突出長 | Hlt | 0.500 m |
| 掘削深さ | H | 8.000 m |
| 主働すべり面の開始深度 | Za | 0.000 m (掘削底面からの深さ) |
| 土留め壁の厚さ | bo | 0.250 m |
| 最小定着深さ | Zfmin | 4.000 m |
| 近接構造物までの水平距離 | Lhmin | 12.000 m |
| アンカー突出長 | ΔLA | 0.500 m |
| テンドン自由長とアンカー体長のラップ | ΔLsf | 0.500 m |
| 余裕長 | ΔLf | 1.500 m |
| アンカー自由長の最小値 | Lfmin | 4.000 m |
| アンカー定着長の最小値 | Lamin | 3.000 m |
| アンカー定着長の最大値 | Lamax | 10.000 m |
| アンカー長のまるめ値 | Lrond | 0.500 m |
| アンカータイプ | | 仮設アンカー |
| アンカー定着タイプ | | 摩擦型アンカー |
| アンカー頭部の変位量 | | 計算する |
| テンダンの弾性係数 | Es | 200000 N/mm ² |
| 周面摩擦抵抗の低減率 | α_{ug} | 0.60 |
| 許容付着応力度の低減率 | α_t | 0.50 |
| グループ効果による極限引抜き力の低減 | ϕ | 低減しない |
| 低減をしない区間の長さ | Lae | 3.000 m |
| 耐荷体長 | Lat | 0.200 m |
| 引抜き許容安全率 | Fs | 1.50 |
| 極限荷重の低減係数 | α_{us} | 0.65 $\times T_{us}$ |
| 降伏荷重の低減係数 | α_{ys} | 0.80 $\times T_{ys}$ |
| Kranz の方法による内的安定計算を行う | | |
| 内的安定の安全率 | Fs | 1.50 |
| 背面水位 | Lwa | 5.500 m |
| 仮想支持点 | Hks | 1.500 m (掘削底面からの深さ) |
| 深いすべり線の水圧 | Swl | 作用させない |

1-3 テンドン

| No | 材料名 (呼び名) | 公称径 mm | 断面積 As mm ² | 本数 | 周長 U mm | 極限荷重 Tus N | 降伏荷重 Tys N |
|----|--------------|-----------|------------------------------|----|---------------|------------------|------------------|
| 1 | SWPR1 φ9.0mm | 9.0 | 63.620 | 4 | 自動 | 92000 | 79500 |
| 2 | SWPR1 φ9.0mm | 9.0 | 63.620 | 3 | 自動 | 92000 | 79500 |
| 3 | SWPR1 φ9.0mm | 9.0 | 63.620 | 3 | 自動 | 92000 | 79500 |

1-4 アンカー

| No | 設置深度 Hk m | 水平反力 R kN/m | 水平間隔 a m | 傾角 α 度 | 水平角 θ 度 | 許容付着応力度 τba N/mm ² | 自由長 Lf m | アンカー体径 Da mm |
|----|-----------------|-------------------|----------------|--------------|---------------|-------------------------------------|----------------|--------------------|
| 1 | 1.000 | 98.67 | 1.60 | 30.0 | 0.0 | 1.20 | 自動 | 135.0 |
| 2 | 3.500 | 66.81 | 1.60 | 30.0 | 0.0 | 1.20 | 自動 | 135.0 |
| 3 | 6.000 | 82.44 | 1.60 | 30.0 | 0.0 | 1.20 | 自動 | 135.0 |

1-5 土質定数

4層目以深にアンカー体を定着する

| No | 土層深度 Z m | 土質名 | N値 | γ kN/m ³ | γ' kN/m ³ | φ 度 | δ 度 | Co kN/m ² | Ca kN/m ² /m | τ N/mm ² |
|----|----------------|-----|----|------------------------|-------------------------|--------|--------|-------------------------|----------------------------|------------------------|
| 1 | 3.000 | 粘性土 | 2 | 14.0 | 5.0 | 0.0 | 0.0 | 12.0 | 0.0 | 0.012 |
| 2 | 4.500 | 砂質土 | 8 | 17.0 | 8.0 | 26.0 | 13.0 | 0.0 | 0.0 | 0.090 |
| 3 | 6.000 | 粘性土 | 5 | 18.0 | 9.0 | 0.0 | 0.0 | 28.0 | 0.0 | 0.028 |
| 4 | 15.000 | 砂質土 | 30 | 19.0 | 10.0 | 36.0 | 18.0 | 15.0 | 0.0 | 0.230 |

Z : 土留壁天端から土層下面までの深さ

γ : 土の湿潤単位体積重量

γ' : 土の水中単位体積重量

φ : 土の内部摩擦角

δ : 土の壁面摩擦角

Co : 土の粘着力

Ca : 土の粘着力の傾き

τ : 土とグラウトとの周面摩擦抵抗

1-6 上載荷重

| No | 上載荷重 Qa (kN/m ²) | 水平距離 L (m) | 載荷幅 B (m) |
|----|---------------------------------|---------------|--------------|
| 1 | 10.00 | 0.000 | 10.000 |

1-7 土留壁に作用する主動側圧

| No | 側圧深度 Z m | 層厚 h m | 主動側圧 Pa kN/m ² | |
|----|----------------|--------------|---------------------------|-------|
| | | | 上側 | 下側 |
| 1 | 0.500 | 5.000 | 26.22 | 26.22 |
| 2 | 5.500 | 2.500 | 26.22 | 51.22 |
| 3 | 8.000 | 1.039 | 51.22 | 26.22 |
| 4 | 9.039 | 5.961 | 26.22 | 26.22 |

側圧深度 Z : 土留壁天端から側圧上面までの深さ

層厚 h : 側圧上面から側圧下面までの層厚

1-8 仮想アンカー定着壁に作用する主働側圧

| No | 側圧深度 Z m | 層厚 h m | 主働側圧 P1 kN/m ² | |
|----|----------------|--------------|---------------------------|-------|
| | | | 上側 | 下側 |
| 1 | 0.500 | 5.000 | 26.22 | 26.22 |
| 2 | 5.500 | 2.500 | 26.22 | 51.22 |
| 3 | 8.000 | 1.039 | 51.22 | 26.22 |
| 4 | 9.039 | 5.961 | 26.22 | 26.22 |

側圧深度 Z : 土留壁天端から側圧上面までの深さ
層厚 h : 側圧上面から側圧下面までの層厚

1-9 すべり面の組合せ

| No | すべり面が通るアンカー番号 | | | | | | | | | | | |
|----|---------------|---|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | 1 | 2 | 3 | | | | | | | | | |
| 1 | ◎ | | ◎ | | | | | | | | | |

◎はすべり面が通る印である。

1-10 支保工

| | |
|-------------|--|
| 計算項目 | 腹起し・ブラケットの計算を行う |
| | 台座（鋼製）の計算を行う |
| | 支圧板の計算を行う |
| 許容応力度 | 設計基準に従う |
| 腹起し | |
| 水平方向の荷重 | 腹起し上下間隔とアンカー傾角を考慮して分配する |
| 断面力の算出方法 | 単純梁として解く ($M_{max}=1/8 \cdot w \cdot L^2$) |
| ウェブ断面積 | $A_w = (H - 2 \cdot t_2) \times t_1$ |
| ブラケット | |
| 荷重分担 | アンカー両側に配置された2箇所のブラケットで支持する |
| 溶接部 | 検討を行う |
| 溶接部許容応力度の低減 | 80 % |
| 台座 | |
| 検討方法 | アンカー軸線と梁高の midpoint が交差する点を荷重作用点とする |
| 支圧板 | |
| 辺長の丸め値 | 0 mm |
| 板厚の丸め値 | 0 mm |

腹起し材料の一覧

| No | 材 料 名 | H 鋼 材 寸 法 H * B * t1 * t2 mm |
|----|----------------------|------------------------------------|
| 1 | H-300x300x10x15(リ-ス) | 300.0 * 300.0 * 10.0 * 15.0 |
| 2 | H-350x350x12x19(リ-ス) | 350.0 * 350.0 * 12.0 * 19.0 |

| No | 断面積 A cm ² | 断面係数 | | 断面二次半径 | | 横座屈断面二次半径 i cm | 単位重量 W N/m |
|----|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|----------|----------|----------------------|------------------|
| | | Zy cm ³ | Zz cm ³ | ry cm | rz cm | | |
| 1 | 104.8 | 1150.0 | 394.0 | 12.90 | 7.51 | 0.01 | 1000.00 |
| 2 | 154.9 | 2000.0 | 716.0 | 15.10 | 8.99 | 0.01 | 1500.00 |

腹起し計算条件

| No | 設置深度 m | 計算 実行 有無 | 材料 番号 | 材 料 名 | 間隔 Lv mm | 間隔 n mm | 間隔 m mm | ブラケット 間隔LB mm |
|----|-----------|----------------|----------|----------------------|----------------|---------------|---------------|---------------------|
| 1 | 1.000 | × | — | — | — | — | — | — |
| 2 | 3.500 | × | — | — | — | — | — | — |
| 3 | 6.000 | ○ | 1 | H-300x300x10x15(リ-ス) | 650 | 自動 | 自動 | 900 |

ブラケット材料の一覧

| No | 材 料 名 | 鋼 材 寸 法 H * B * t mm | 断面積 A cm ² | 断面二次半径 rx cm | 断面二次半径 (最小) iv cm |
|----|------------|----------------------------|-----------------------------|--------------------|-------------------------|
| 1 | L-75x75x9 | 75.0* 75.0* 9.0 | 12.690 | 2.25 | 1.45 |
| 2 | L-90x90x13 | 90.0* 90.0* 13.0 | 21.710 | 2.68 | 1.73 |

ブラケット計算条件

| No | 設置深度 m | 計算 実行 有無 | 材料 番号 | 材 料 名 | 長さ | | 斜材角 θb 度 | 荷重位置 Lr mm | 溶接のど厚 a mm |
|----|-----------|----------------|----------|-----------|----------|----------|----------------|------------------|------------------|
| | | | | | L1 mm | L2 mm | | | |
| 1 | 1.000 | × | — | — | — | — | — | — | — |
| 2 | 3.500 | × | — | — | — | — | — | — | — |
| 3 | 6.000 | ○ | 1 | L-75x75x9 | 500 | 600 | 50.0 | 400 | 8.0 |

台座計算条件

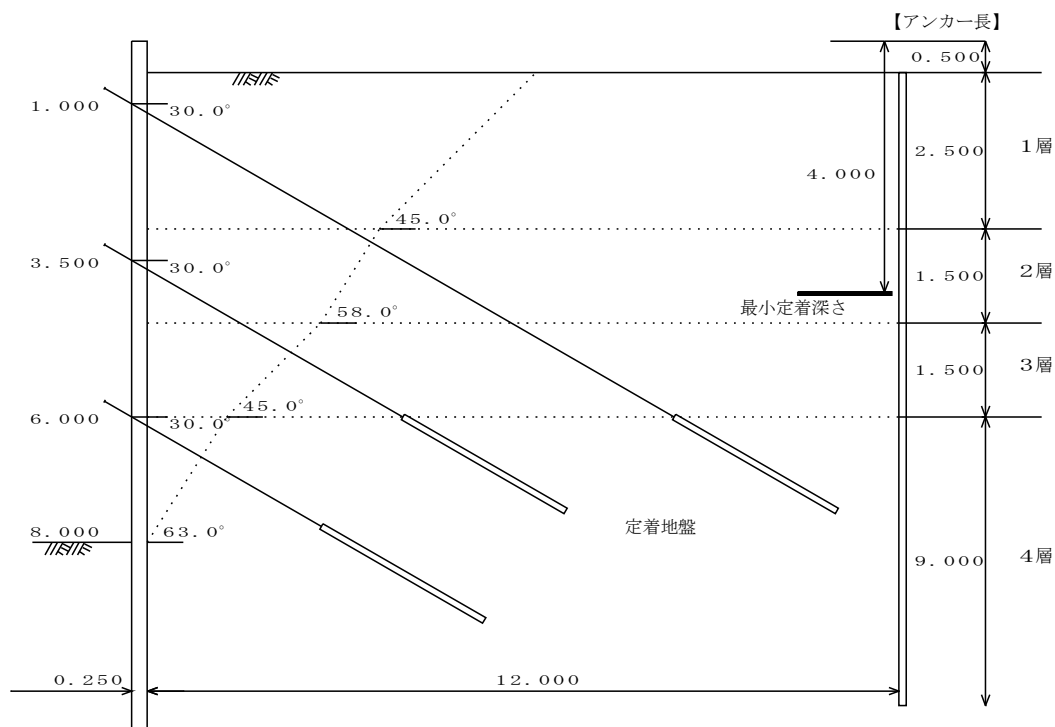
| No | 設置深度 m | 計算 実行 有無 | L1 mm | 台座の高さ | | 台座の板厚 t mm | 突起の高さ e mm |
|----|-----------|----------------|----------|-------------|-------------|------------------|------------------|
| | | | | A点 h1 mm | B点 h2 mm | | |
| 1 | 1.000 | × | — | — | — | — | — |
| 2 | 3.500 | × | — | — | — | — | — |
| 3 | 6.000 | ○ | 50 | 100 | 100 | 13 | 250 |

支圧板計算条件

| No | 設置深度 m | 計算 実行 有無 | 台座幅 G mm | ヘッド Dr mm | 穿孔径 d mm | 辺長 H mm | 支圧板の厚さ t mm |
|----|-----------|----------------|----------------|-----------------|----------------|---------------|-------------------|
| 1 | 1.000 | × | — | — | — | — | — |
| 2 | 3.500 | × | — | — | — | — | — |
| 3 | 6.000 | ○ | 116 | 80 | 50 | 150 | 30 |

2 計算結果

2-1 アンカー工断面図



2-2 アンカー長の計算

| No | 設置深度 Hk m | 材料名 | 公称径 mm | 本数 |
|----|-----------------|--------------|-----------|----|
| 1 | 1.000 | SWPR1 φ9.0mm | 9.0 | 4 |
| 2 | 3.500 | SWPR1 φ9.0mm | 9.0 | 3 |
| 3 | 6.000 | SWPR1 φ9.0mm | 9.0 | 3 |

| No | アンカー体 (m) | | テンドン (m) | | アンカー長 LA m | アンカー頭部 の変位量 δ mm |
|----|-----------|-----------|------------|------------|------------------|---------------------------|
| | 自由長 Lf | 定着長 La | 自由長 Lsf | 付着長 Lsa | | |
| 1 | 10.500 | 3.000 | 11.000 | 2.363 | 13.500 | 37.608 |
| 2 | 5.500 | 3.000 | 6.000 | 1.861 | 8.500 | 17.785 |
| 3 | 4.000 | 3.000 | 4.500 | 2.296 | 7.000 | 15.960 |

| No | 許容引張力 Tas kN | 許容引抜力 Tag kN | 許容アンカー力 Ta kN | 設計アンカー力 Td kN | Ta/Td | 判定 |
|----|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|-------|----|
| 1 | 239.200 | 195.093 | 195.093 | 182.295 | 1.070 | 安全 |
| 2 | 179.400 | 195.093 | 179.400 | 123.433 | 1.453 | 安全 |
| 3 | 179.400 | 195.093 | 179.400 | 152.310 | 1.178 | 安全 |

判定：Ta/Td \geq 1の時、安全となる。

2-3 内の安定計算

| 設定 ケース | 限界水平抵抗力 $\Sigma_{\max} R_{ha}$ kN/m | 設計水平力 ΣR_{ha} kN/m | 安全率 | 判定 |
|-----------|---|----------------------------------|-------|----|
| 1 | 498.106 | 247.920 | 2.009 | 安全 |

判定： $\Sigma_{\max} R_{ha} / \Sigma R_{ha} \geq 1.50$ の時、安全となる。

2-4 腹起しの計算結果一覧表

| No | 深度 Z m | 材料名 | 上部腹起し | | | |
|----|--------------|----------------------|--------------------------|------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| | | | M _{max} kN・m | S _{max} kN | σ N/mm ² | τ N/mm ² |
| 3 | 6.000 | H-300x300x10x15(リ-ス) | 16.70 | 41.76 | 15(207) | 15(120) |

| No | 下部腹起し | | | | | | |
|----|----------------------------|----------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| | M _{x max} kN・m | M _{y max} kN・m | S _{x max} kN | S _{y max} kN | σ N/mm ² | τ_x N/mm ² | τ_y N/mm ² |
| 3 | 9.68 | 17.14 | 24.19 | 38.08 | 52(207) | 9(120) | 4(120) |

2-5 ブラケットの計算結果一覧表

| No | 深度 Z m | 材料名 | 引張 | | 圧縮 | |
|----|--------------|-----------|-----------|-------------------------------|-----------|-------------------------------|
| | | | NAB kN | σ N/mm ² | NAC kN | σ N/mm ² |
| 3 | 6.000 | L-75x75x9 | 26.10 | 21(210) | 40.60 | 32(190) |

| No | 溶接部 | | |
|----|-------------------------------|-------------------------------|---|
| | τ_b N/mm ² | τ_s N/mm ² | $(\tau_b / \tau_a)^2 + (\tau_s / \tau_a)^2$ |
| 3 | 16(96) | 3(96) | 0.03(1.00) |

2-6 台座の計算結果一覧表

| No | 深度 Z m | 高さ h1 mm | 高さ h2 mm | 板厚 t mm | 突起 e mm | 曲げ M _{max} kN・m | せん断 SA kN | せん断 SB kN | 突起 P _v kN |
|----|--------------|----------------|----------------|---------------|---------------|--------------------------------|-----------------|-----------------|----------------------------|
| 3 | 6.000 | 100 | 100 | 13 | 250 | 16.71 | 96.91 | 35.00 | 76.16 |

| No | 曲げ σ N/mm ² | せん断 τA N/mm ² | せん断 τB N/mm ² | 突起・せん断 τ N/mm ² |
|----|-------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| 3 | 74 (210) | 37 (120) | 13 (120) | 12 (120) |

2-7 支圧板の計算結果一覧表

| No | 深度 Z m | 辺長 H mm | 板厚 t mm | 曲げ σ N/mm ² | せん断 τ N/mm ² |
|----|--------------|---------------|---------------|-------------------------------------|------------------------------------|
| 3 | 6.000 | 150 | 30 | 104 (210) | 22 (120) |

3 アンカー長の計算

3-1 設計アンカー力Td

$$T_d = \frac{R \times a}{\cos \alpha \cdot \cos \theta}$$

| No | 設置深度 Hk m | 反力 R kN/m | 間隔 a m | 傾角 α 度 | 水平角 θ 度 | 設計アンカー力 Td kN |
|----|-----------------|-----------------|--------------|---------------------|----------------------|---------------------|
| 1 | 1.000 | 98.67 | 1.600 | 30.0 | 0.0 | 182.295 |
| 2 | 3.500 | 66.81 | 1.600 | 30.0 | 0.0 | 123.433 |
| 3 | 6.000 | 82.44 | 1.600 | 30.0 | 0.0 | 152.310 |

3-2 テンドンの必要本数

$$\text{必要本数 } n' = T_d / T_{as}'$$

T_{as}' は $\alpha_{us} \times T_{us}$ と $\alpha_{ys} \times T_{ys}$ を比較し、小さい方の値とする。

| No | 設置深度 Hk m | 極限荷重 $\alpha_{us} \times T_{us}$ N | 降伏荷重 $\alpha_{ys} \times T_{ys}$ N | 設計アンカー力 Td kN | T_{as}' kN | 必要本数 n' 本 | 使用本数 n 本 |
|----|-----------------|--|--|---------------------|-----------------|-------------------|------------------|
| 1 | 1.000 | 0.65 × 92000 | 0.80 × 79500 | 182.295 | 59.800 | 3.048 | 4 |
| 2 | 3.500 | 0.65 × 92000 | 0.80 × 79500 | 123.433 | 59.800 | 2.064 | 3 |
| 3 | 6.000 | 0.65 × 92000 | 0.80 × 79500 | 152.310 | 59.800 | 2.547 | 3 |

3-3 アンカー自由長Lf

アンカー自由長Lfは主働すべり面から求めた自由長Lfc、最小自由長Lfmin、最小定着深さから求めた自由長Lfz、定着土層から求めた自由長Lfnを比較し、長い方をまるめた値とする。

$$L_{fc} = \frac{X}{\cos \alpha} + L' + \Delta LA + \Delta Lf$$

$$L' = \frac{(L - X \cdot \tan \alpha) \sin (45^\circ - \phi/2)}{\sin (45^\circ + \phi/2 + \alpha)}$$

$$L_{fz} = \frac{(Z_{fmin} - Hk)}{\sin \alpha} + \Delta LA$$

$$L_{fn} = \frac{(Z_{fn} - Hk)}{\sin \alpha} + \Delta LA$$

| No | 設置深度 Hk m | 定着 No | α 度 | ϕ 度 | L m | X m | L' m | Lfc m | Lfmin m | Lfz m | Lfn m | Lf m |
|----|-----------------|----------|---------------|-------------|--------|--------|---------|----------|------------|----------|----------|---------|
| 1 | 1.000 | 2 | 30.0 | 26.0 | 3.500 | 2.769 | 1.008 | 6.206 | 4.000 | 6.500 | 10.500 | 10.500 |
| 2 | 3.500 | 3 | 30.0 | 0.0 | 2.500 | 1.269 | 1.294 | 4.759 | 4.000 | 1.500 | 5.500 | 5.500 |
| 3 | 6.000 | 4 | 30.0 | 36.0 | 2.000 | 0.250 | 0.844 | 3.132 | 4.000 | ——— | ——— | 4.000 |

Hk : 土留壁天端からのアンカー設置深度

定着No : Lfcの計算に用いた定着土層番号

α : アンカーの傾角

ϕ : 定着層の土の内部摩擦角

L : アンカー設置位置から定着層下面までの深さ

X : 土留壁前面から定着層崩壊面開始位置までの水平距離

ΔLA : アンカー突出長 (0.500 m)

Zfmin : 土留壁天端からの最小定着深さ (4.000 m)

Zfn : 土留壁天端から定着土層上面までの深さ (6.000 m)

ΔLf : 余裕長 (1.500 m)

Lfc : 主働すべり面から求めた自由長

Lfmin : 最小自由長

Lfz : 最小定着深さから求めた自由長

Lfn : 定着土層から求めた自由長

Lf : 決定した自由長 (Lfc, Lfmin, Lfz, Lfnの最大値をまるめた値)

3-4 テンドン自由長Lsf

$$L_{sf} = L_f + \Delta L_{sf}$$

| No | 設置深度 Hk m | 自由長 L _f m | テンドン自由長 L _{sf} m |
|----|-----------------|----------------------------|---------------------------------|
| 1 | 1.000 | 10.500 | 11.000 |
| 2 | 3.500 | 5.500 | 6.000 |
| 3 | 6.000 | 4.000 | 4.500 |

ΔL_{sf} : テンドン自由長とアンカー体長のラップ (0.500 m)

3-5 テンドン付着長Lsa

付着長の計算は、式1を用いて計算する。

その値が τ_{ba} の非低減区間以上の場合は式2で計算する。非低減区間の範囲は、非低減区間L_{ae}と耐荷体長L_{at}を加えた値とする。

- τ_{ba} の低減を考慮しない場合

$$L_{sa} = \frac{T_d}{\tau_{ba} \cdot U} \quad (\text{m}) \quad \text{式1}$$

- τ_{ba} の低減を考慮する場合

$$L_{sa} = \frac{T_d}{\alpha_t \cdot \tau_{ba} \cdot U} - (1/\alpha_t - 1) (L_{ae} + L_{at}) \quad (\text{m}) \quad \text{式2}$$

- テンドン付着長から求めた定着長L_{a2}

$$L_{a2} = L_{sa} + \Delta L_{sf}$$

| No | 設置深度 Hk m | 設計アンカー力 T _d kN | 公称径 d _s mm | 本数 n | 周長 U m | 許容付着 応力度 τ_{ba} N/mm ² | テンドン付着長 L _{sa} m | 付着長 の 計算式 | L _{a2} m |
|----|-----------------|---------------------------------|-----------------------------|---------|--------------|--|---------------------------------|-----------------|----------------------|
| 1 | 1.000 | 182.295 | 9.0 | 4 | 0.06427 | 1.20 | 2.363 | 式1 | 2.863 |
| 2 | 3.500 | 123.433 | 9.0 | 3 | 0.05527 | 1.20 | 1.861 | 式1 | 2.361 |
| 3 | 6.000 | 152.310 | 9.0 | 3 | 0.05527 | 1.20 | 2.296 | 式1 | 2.796 |

α_t : 許容付着応力度の低減率 (0.50)

L_{ae} : 非低減区間 (3.000 m)

L_{at} : 耐荷体長 (0.200 m)

ΔL_{sf} : テンドン自由長とアンカー体長のラップ (0.500 m)

3-6 周面摩擦抵抗から求めた定着長 L_a

定着長 L_a は、許容引抜き力 $T_{ag} \geq$ 設計アンカー力 T_d となる長さとする。
ただし、テンドン付着長から求めた定着長 L_{a2} と最小定着長 L_{amin} を下回らない値とする。

L_a の先端から非低減区間を設け、その区間以外の τ を低減する。

非低減区間の範囲は、非低減区間 L_{ae} と耐荷体長 L_{at} を加えた値とする。

$$T_{ag} = \phi \cdot T_{ug} / F_s \geq T_d$$

$$T_{ug} = \pi \cdot D_a \cdot \Sigma (L \cdot \alpha_{ug} \cdot \tau) + q A$$

| | | |
|---------------|--------------|---------------------------|
| ϕ | : グループ効果低減率 | (1.00) |
| F_s | : 引抜き許容安全率 | (1.5) |
| q | : 支圧抵抗 | (0 kN/m ²) |
| A | : 支圧面積 | (0.0000 m ²) |
| α_{ug} | : 周面摩擦抵抗の低減率 | (0.60) |
| L_{ae} | : 非低減区間 | (3.000 m) |
| L_{at} | : 耐荷体長 | (0.200 m) |
| L_{amin} | : 最小定着長 | (3.000 m) |

・ 1段目アンカーの定着長 L_a

アンカー定着長 $L_a = 3.000$ m と仮定し、土層境界・低減区間で分割して求めた許容引抜き力 T_{ag} と、設計アンカー力 T_d を比較する。

| 番号 No | 土層 No | 深 度 Z m | 低減率 α_{ug} | 定 着 長 L m | 周面摩擦抵抗 τ N/mm ² | 極限引抜き力 T _{ug} kN |
|----------|----------|---------------|----------------------|-----------------|---------------------------------------|---------------------------------|
| 1 | 4 | 6.000～ 7.500 | 1.00 | 3.000 | 0.230 | 292.639 |

許容引抜き力 $T_{ag} = 195.093$ kN \geq 設計アンカー力 $T_d = 182.295$ kN のため、安全である。

H_k : アンカー設置深度 (1.000 m) α : アンカー傾角 (30.0 度)
 L_f : アンカー自由長 (10.500 m) L_{a2} : テンドンの付着長から求めた定着長 (2.863 m)
 D_a : アンカー体径 (135.0×10^{-3} m)

・ 2段目アンカーの定着長 L_a

アンカー定着長 $L_a = 3.000$ m と仮定し、土層境界・低減区間で分割して求めた許容引抜き力 T_{ag} と、設計アンカー力 T_d を比較する。

| 番号 No | 土層 No | 深 度 Z m | 低減率 α_{ug} | 定 着 長 L m | 周面摩擦抵抗 τ N/mm ² | 極限引抜き力 T _{ug} kN |
|----------|----------|---------------|----------------------|-----------------|---------------------------------------|---------------------------------|
| 1 | 4 | 6.000～ 7.500 | 1.00 | 3.000 | 0.230 | 292.639 |

許容引抜き力 $T_{ag} = 195.093$ kN \geq 設計アンカー力 $T_d = 123.433$ kN のため、安全である。

H_k : アンカー設置深度 (3.500 m) α : アンカー傾角 (30.0 度)
 L_f : アンカー自由長 (5.500 m) L_{a2} : テンドンの付着長から求めた定着長 (2.361 m)
 D_a : アンカー体径 (135.0×10^{-3} m)

- ・ 3段目アンカーの定着長 L_a

アンカー定着長 $L_a = 3.000$ mと仮定し、土層境界・低減区間で分割して求めた許容引抜き力 T_{ag} と、設計アンカー力 T_d を比較する。

| 番号 No | 土層 No | 深 度 Z m | 低減率 α_{ug} | 定 着 長 L m | 周面摩擦抵抗 τ N/mm ² | 極限引抜き力 T_{ug} kN |
|----------|----------|---------------|----------------------|-----------------|---------------------------------------|--------------------------|
| 1 | 4 | 7.750～ 9.250 | 1.00 | 3.000 | 0.230 | 292.639 |

許容引抜き力 $T_{ag} = 195.093$ kN \geq 設計アンカー力 $T_d = 152.310$ kN のため、安全である。

Hk : アンカー設置深度 (6.000 m) α : アンカー傾角 (30.0 度)
Lf : アンカー自由長 (4.000 m) La2 : テンダンの付着長から求めた定着長 (2.796 m)
Da : アンカー体径 (135.0×10^{-3} m)

3-7 アンカー長 LA 、変位量 δ

アンカー全長 LA はアンカー自由長 L_f とアンカー定着長 L_a を加算した値とする。

$$LA = L_f + L_a$$

$$\delta = \frac{T_d \times 10^3 \cdot L_f \times 10^3}{n \cdot A_s \cdot E_s}$$

| No | 設置深度 Hk m | アンカー 自由長 L_f m | アンカー 定着長 L_a m | アンカー長 LA m | 設計アンカー力 T_d kN | 本数 n | テンダン 断面積 A_s mm ² | アンカー頭部 変位量 δ mm |
|----|-----------------|------------------------|------------------------|--------------------|------------------------|---------|--------------------------------------|------------------------------|
| 1 | 1.000 | 10.500 | 3.000 | 13.500 | 182.295 | 4 | 63.620 | 37.608 |
| 2 | 3.500 | 5.500 | 3.000 | 8.500 | 123.433 | 3 | 63.620 | 17.785 |
| 3 | 6.000 | 4.000 | 3.000 | 7.000 | 152.310 | 3 | 63.620 | 15.960 |

E_s : テンダンの弾性係数 (200000. N/mm²)

3-8 テンドンの断面計算

テンドンは、許容アンカー力 $T_a \geq$ 設計アンカー力 T_d となる材料とする。

許容アンカー力 T_a は、許容引張力 T_{as} と許容引抜き力 T_{ag} の小さい方の値とする。

許容引張力 T_{as} は $\alpha_{us} \times T_{us}$ と $\alpha_{ys} \times T_{ys}$ を比較し、小さい方の値に本数 n を乗じて求める。

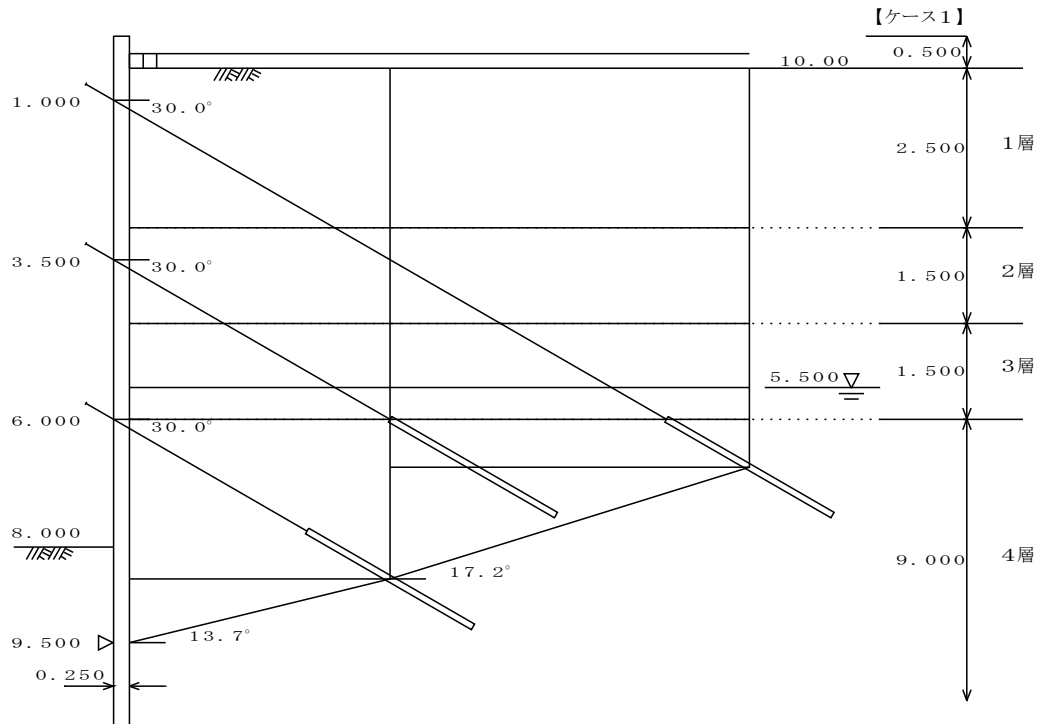
| No | 設置深度 Hk m | 本数 n | 極限荷重 $\alpha_{us} \times T_{us}$ N | 降伏荷重 $\alpha_{ys} \times T_{ys}$ N | 許容引張力 T_{as} kN | 許容引抜き力 T_{ag} kN | 許容アンカー力 T_a kN |
|----|-----------------|---------|--|--|-------------------------|--------------------------|------------------------|
| 1 | 1.000 | 4 | 0.65×92000 | 0.80×79500 | 239.200 | 195.093 | 195.093 |
| 2 | 3.500 | 3 | 0.65×92000 | 0.80×79500 | 179.400 | 195.093 | 179.400 |
| 3 | 6.000 | 3 | 0.65×92000 | 0.80×79500 | 179.400 | 195.093 | 179.400 |

| No | 設置深度 Hk m | 許容アンカー力 T_a kN | 設計アンカー力 T_d kN | T_a/T_d | 判定 |
|----|-----------------|------------------------|------------------------|-----------|----|
| 1 | 1.000 | 195.093 | 182.295 | 1.070 | 安全 |
| 2 | 3.500 | 179.400 | 123.433 | 1.453 | 安全 |
| 3 | 6.000 | 179.400 | 152.310 | 1.178 | 安全 |

判定 : $T_a/T_d \geq 1$ の時、安全である。

4 内的安定計算 (ケース 1)

4-1 すべり面

4-2 深いすべり線の傾斜角 θ

傾斜角 θ は各ブロック毎に、以下の式により求める。

$$\theta = \tan^{-1} \left\{ \frac{(y_s - y_e)}{(x_e - x_s)} \right\}$$

$$x_e = (LA - La/2 - \Delta LA) \cos \alpha - b_0$$

$$y_e = (LA - La/2 - \Delta LA) \sin \alpha + Hk$$

$$x_s = x_e' \quad (\text{最終ブロックは } x_s = 0)$$

$$y_s = y_e' \quad (\text{最終ブロックは } y_s = H + Hk_s)$$

x_e' : 前のブロックの x_e の値
 y_e' : 前のブロックの y_e の値

| ブロック No | 設置深度 Hk m | 傾角 α 度 | アンカー体長 LA m | アンカー定着長 La m |
|---------|-----------|---------------|-------------|--------------|
| 1 | 1.000 | 30.0 | 13.500 | 3.000 |
| 2 | 6.000 | 30.0 | 7.000 | 3.000 |

| ブロック No | 設置深度 Hk m | 水平距離 (m) | | 鉛直距離 (m) | | 傾斜角 θ 度 | スライス番号 |
|---------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------------|--------|
| | | 始点 x_s | 終点 x_e | 始点 y_s | 終点 y_e | | |
| 1 | 1.000 | 4.080 | 9.709 | 8.500 | 6.750 | 17.27 | 1 |
| 2 | 6.000 | 0.000 | 4.080 | 9.500 | 8.500 | 13.77 | 2 |

Hk : 土留壁天端からアンカー位置までの深さ
 H : 掘削深さ (8.000 m)
 Hks : 仮想支持点 (1.500 m)
 bo : 土留壁の厚さ (0.250 m)
 xs : 土留壁背面からブロック左側面までの水平距離
 xe : " " 右側面 "
 ys : 土留壁天端からブロック左側面までの鉛直距離
 ye : " " 右側面 "
 ΔLA : アンカー突出長 (0.500 m)

4-3 深いすべり線の土塊重量 W

土塊重量Wは各スライス毎に土層境界、水位、アンカー中点で分割し、以下の式により求める。

$$A = (b_u + b_d) h / 2$$

$$W = \gamma \cdot A$$

γ : 水位以下は水中単位体積重量 γ' を用いる。

・スライス 1

土塊重量

| 分割 No | 土層 No | 深 度 Z m | 層 厚 h m | 幅 (m) | | 面 積 A m ² | 単位重量 γ kN/m ³ | 土塊重量 W kN/m |
|----------|----------|---------------|---------------|-------------------|-------------------|----------------------------|---------------------------------------|-------------------|
| | | | | 上側 b _u | 下側 b _d | | | |
| 1 | 1 | 0.500 | 2.500 | 5.629 | 5.629 | 14.073 | 14.0 | 197.021 |
| 2 | 2 | 3.000 | 1.500 | 5.629 | 5.629 | 8.444 | 17.0 | 143.544 |
| 3 | 3 | 4.500 | 1.000 | 5.629 | 5.629 | 5.629 | 18.0 | 101.325 |
| 4 | 3 | 5.500 | 0.500 | 5.629 | 5.629 | 2.815 | 9.0 | 25.331 |
| 5 | 4 | 6.000 | 0.750 | 5.629 | 5.629 | 4.222 | 10.0 | 42.219 |
| 6 | 4 | 6.750 | 1.750 | 5.629 | 0.000 | 4.926 | 10.0 | 49.255 |

内部摩擦角 $\phi = | 36.0^\circ | \geq$ 傾斜角 $\theta = | 17.27^\circ |$ のため、上載荷重を土塊重量に加算しない。

$$W = \Sigma W + \Sigma Q_a \cdot b_q = 558.695 + 0.000 = 558.695 \text{ kN/m}$$

・スライス 2

土塊重量

| 分割 No | 土層 No | 深 度 Z m | 層 厚 h m | 幅 (m) | | 面 積 A m ² | 単位重量 γ kN/m ³ | 土塊重量 W kN/m |
|----------|----------|---------------|---------------|-------------------|-------------------|----------------------------|---------------------------------------|-------------------|
| | | | | 上側 b _u | 下側 b _d | | | |
| 1 | 1 | 0.500 | 2.500 | 4.080 | 4.080 | 10.200 | 14.0 | 142.804 |
| 2 | 2 | 3.000 | 1.500 | 4.080 | 4.080 | 6.120 | 17.0 | 104.043 |
| 3 | 3 | 4.500 | 1.000 | 4.080 | 4.080 | 4.080 | 18.0 | 73.442 |
| 4 | 3 | 5.500 | 0.500 | 4.080 | 4.080 | 2.040 | 9.0 | 18.361 |
| 5 | 4 | 6.000 | 2.500 | 4.080 | 4.080 | 10.200 | 10.0 | 102.003 |
| 6 | 4 | 8.500 | 1.000 | 4.080 | 0.000 | 2.040 | 10.0 | 20.401 |

内部摩擦角 $\phi = | 36.0^\circ | \geq$ 傾斜角 $\theta = | 13.77^\circ |$ のため、上載荷重を土塊重量に加算しない。

$$W = \Sigma W + \Sigma Q_a \cdot b_q = 461.054 + 0.000 = 461.054 \text{ kN/m}$$

4-4 仮想アンカー定着壁に作用する主働側圧 E_l (スライス右側面)

主働側圧E_lは各スライス毎に土層境界、側圧変化点、アンカー中点で分割し、以下の式により求める。

$$E_{lh} = (P_u + P_d) h / 2$$

$$E_{lv} = E_{lh} \cdot \tan \delta$$

・スライス 1

| 分割 No | 土層 No | 側圧深度 Z m | 層厚 h m | 主働側圧強度(kN/m ²) | | 壁面摩擦角 δ 度 | 水平分力 E _{lh} kN/m | 鉛直分力 E _{lv} kN/m |
|----------|----------|----------------|--------------|----------------------------|-------------------|-----------------|---------------------------------|---------------------------------|
| | | | | 上側 P _u | 下側 P _d | | | |
| 1 | 1 | 0.500 | 2.500 | 26.220 | 26.220 | 0.0 | 65.550 | 0.000 |
| 2 | 2 | 3.000 | 1.500 | 26.220 | 26.220 | 13.0 | 39.330 | 9.080 |
| 3 | 3 | 4.500 | 1.000 | 26.220 | 26.220 | 0.0 | 26.220 | 0.000 |
| 4 | 3 | 5.500 | 0.500 | 26.220 | 31.220 | 0.0 | 14.360 | 0.000 |
| 5 | 4 | 6.000 | 0.750 | 31.220 | 38.720 | 18.0 | 26.228 | 8.522 |

$$\text{水平分力 } E_{lh} = \sum E_{lh} = 171.688 \text{ kN/m}$$

$$\text{鉛直分力 } E_{lv} = \sum E_{lv} = 17.602 \text{ kN/m}$$

・スライス 2

| 分割 No | 土層 No | 側圧深度 Z m | 層厚 h m | 主働側圧強度(kN/m ²) | | 壁面摩擦角 δ 度 | 水平分力 E _{lh} kN/m | 鉛直分力 E _{lv} kN/m |
|----------|----------|----------------|--------------|----------------------------|-------------------|-----------------|---------------------------------|---------------------------------|
| | | | | 上側 P _u | 下側 P _d | | | |
| 1 | 1 | 0.500 | 2.500 | 26.220 | 26.220 | 0.0 | 65.550 | 0.000 |
| 2 | 2 | 3.000 | 1.500 | 26.220 | 26.220 | 13.0 | 39.330 | 9.080 |
| 3 | 3 | 4.500 | 1.000 | 26.220 | 26.220 | 0.0 | 26.220 | 0.000 |
| 4 | 3 | 5.500 | 0.500 | 26.220 | 31.220 | 0.0 | 14.360 | 0.000 |
| 5 | 4 | 6.000 | 2.000 | 31.220 | 51.220 | 18.0 | 82.440 | 26.786 |
| 6 | 4 | 8.000 | 0.500 | 51.220 | 39.189 | 18.0 | 22.602 | 7.344 |

$$\text{水平分力 } E_{lh} = \sum E_{lh} = 250.502 \text{ kN/m}$$

$$\text{鉛直分力 } E_{lv} = \sum E_{lv} = 43.210 \text{ kN/m}$$

4-5 土留壁に作用する主働側圧 E_a (スライス左側面)

主働側圧E_aは各スライス毎に土層境界、側圧変化点、アンカー中点で分割し、以下の式により求める。

$$E_{ah} = (P_u + P_d) h / 2$$

$$E_{av} = E_{ah} \cdot \tan \delta$$

・スライス 1

スライス 2の仮想アンカー定着壁側圧と同値である。

$$\text{水平分力 } E_{ah} = \sum E_{lh\ 2} = 250.502 \text{ kN/m}$$

$$\text{鉛直分力 } E_{av} = \sum E_{lv\ 2} = 43.210 \text{ kN/m}$$

E_{lh 2}: スライス 2のE_{lh}

E_{lv 2}: スライス 2のE_{lv}

・スライス 2

| 分割 No | 土層 No | 側圧深度 Z m | 層厚 h m | 主働側圧強度(kN/m ²) | | 壁面摩擦角 δ 度 | 水平分力 E _{ah} kN/m | 鉛直分力 E _{av} kN/m |
|----------|----------|----------------|--------------|----------------------------|-------------------|-----------------|---------------------------------|---------------------------------|
| | | | | 上側 P _u | 下側 P _d | | | |
| 1 | 1 | 0.500 | 2.500 | 26.220 | 26.220 | 0.0 | 65.550 | 0.000 |
| 2 | 2 | 3.000 | 1.500 | 26.220 | 26.220 | 13.0 | 39.330 | 9.080 |
| 3 | 3 | 4.500 | 1.000 | 26.220 | 26.220 | 0.0 | 26.220 | 0.000 |
| 4 | 3 | 5.500 | 0.500 | 26.220 | 31.220 | 0.0 | 14.360 | 0.000 |
| 5 | 4 | 6.000 | 2.000 | 31.220 | 51.220 | 18.0 | 82.440 | 26.786 |
| 6 | 4 | 8.000 | 1.039 | 51.220 | 26.220 | 18.0 | 40.230 | 13.072 |
| 7 | 4 | 9.039 | 0.461 | 26.220 | 26.220 | 18.0 | 12.087 | 3.927 |

$$\begin{aligned} \text{水平分力 } E_{ah} &= \sum E_{ah} = 280.217 \text{ kN/m} \\ \text{鉛直分力 } E_{av} &= \sum E_{av} = 52.865 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

4-6 深いすべり線に作用する粘着抵抗力 E_c

粘着抵抗力 E_c は各スライス毎に以下の式により求める。

$$E_c = \left[-\frac{C_a \cdot \tan \theta}{2} (x_e^2 - x_s^2) + \{C_a (H + H_{ks} - Z_o) + C_o\} (x_e - x_s) \right] \frac{1}{\cos \theta}$$

$$E_{ch} = E_c \cdot \cos \theta$$

$$E_{cv} = E_c \cdot \sin \theta$$

| スライス No | 土層 No | 水平距離 (m) | | 鉛直距離 Z _o m | 傾斜角 θ 度 | 粘着力 C _o kN/m ² | 粘着力勾配 C _a kN/m ² /m |
|------------|----------|-------------------|-------------------|-----------------------------|---------------|--|---|
| | | 始点 x _s | 終点 x _e | | | | |
| 1 | 4 | 4.080 | 9.709 | 6.000 | 17.27 | 15.0 | 0.0 |
| 2 | 4 | 0.000 | 4.080 | 6.000 | 13.77 | 15.0 | 0.0 |

| スライス No | 粘着抵抗力 E _c kN/m | 水平分力 E _{ch} kN/m | 鉛直分力 E _{cv} kN/m |
|------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| 1 | 88.424 | 84.437 | 26.250 |
| 2 | 63.013 | 61.202 | 15.000 |

H : 掘削深さ (8.000 m)

H_{ks} : 仮想支持点 (1.500 m)

x_s : 土留壁背面からスライス左側面までの水平距離

x_e : " " 右側面 "

Z_o : 粘着力を増加させる際の開始深度

4-7 アンカー設計水平力Rh (多段アンカー、複合すべり線)

条件1 : 比較アンカー中点がすべり線内の場合——加算する。
 条件2 : " すべり線外の場合——加算しない。

| アンカー No | 水平反力 R kN/m | 条 件 | 判 定 |
|------------|-------------------|-----|--------|
| 1 | 98.67 | 着 目 | * |
| 2 | 66.81 | 条件1 | * |
| 3 | 82.44 | 着 目 | * |

*印はRhに加算するアンカー反力Rとする。

$$R_h = \Sigma R = 247.92 \text{ kN/m}$$

4-8 安全率F

$$\max R_h = \frac{E_{ah} - E_{lh} + E_{ch} - P_{wh} + (W - P_{wv} - E_{av} + E_{lv} - E_{cv}) \tan(\phi - \theta)}{1 + \tan \alpha \cdot \tan(\phi - \theta)}$$

$$= \frac{\Sigma H + \Sigma V \cdot a}{b}$$

$$a = \tan(\phi - \theta)$$

$$b = 1 + \tan \alpha \cdot \tan(\phi - \theta)$$

| スライス No | α 度 | ϕ 度 | θ 度 | $\phi - \theta$ 度 | 水平力の合計 ΣH kN/m | 鉛直力の合計 ΣV kN/m | 係数 a | 係数 b | 限界水平抵抗力 $\max R_h$ kN/m |
|------------|---------------|-------------|---------------|----------------------|------------------------------|------------------------------|---------|---------|-------------------------------|
| 1 | 30.0 | 36.0 | 17.27 | 18.73 | 163.252 | 506.836 | 0.33908 | 1.19577 | 280.246 |
| 2 | 30.0 | 36.0 | 13.77 | 22.23 | 90.917 | 436.399 | 0.40868 | 1.23595 | 217.860 |

| スライス No | 水平力 (kN/m) | | | | 水平力の合計 ΣH kN/m |
|------------|------------|---------|--------|------|------------------------------|
| | +Eah | -Elh | +Ech | -Pwh | |
| 1 | 250.502 | 171.688 | 84.437 | — | 163.252 |
| 2 | 280.217 | 250.502 | 61.202 | — | 90.917 |

| スライス No | 鉛直力 (kN/m) | | | | | 鉛直力の合計 ΣV kN/m |
|------------|------------|------|--------|--------|--------|------------------------------|
| | +W | -Pwv | -Eav | +Elv | -Ecv | |
| 1 | 558.695 | — | 43.210 | 17.602 | 26.250 | 506.836 |
| 2 | 461.054 | — | 52.865 | 43.210 | 15.000 | 436.399 |

$$F = \Sigma \max R_h / R_h = 498.106 / 247.920 = 2.009 \geq \text{内的安定許容安全率 } F_s = 1.50$$

- α : アンカー傾角
 ϕ : 内部摩擦角
 θ : 深いすべり線の傾斜角
 E_{ah} : スライスの左側面に作用する主動側圧の水平分力
 E_{lh} : " 右側面 " "
 E_{av} : スライスの左側面に作用する主動側圧の鉛直分力
 E_{lv} : " 右側面 " "
 E_{ch} : 深いすべり線に作用する粘着抵抗力の水平分力
 E_{cv} : " " 鉛直分力
 P_{wh} : 深いすべり線に作用する水圧の水平分力
 P_{wv} : " " 鉛直分力
 W : 深いすべり線の土塊重量

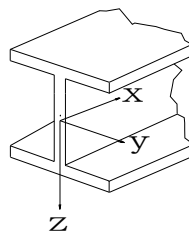
5 腹起しの計算 (3段目腹起し)

5-1 設計条件

| | | | | |
|-----------|----------|---|--------|------|
| 側圧による水平反力 | w | = | 82.44 | kN/m |
| 設計アンカー力 | Td | = | 152.31 | kN/本 |
| アンカー傾角 | α | = | 30.0 | 度 |
| アンカー水平角 | θ | = | 0.0 | 度 |
| アンカー水平間隔 | a | = | 1.600 | m |

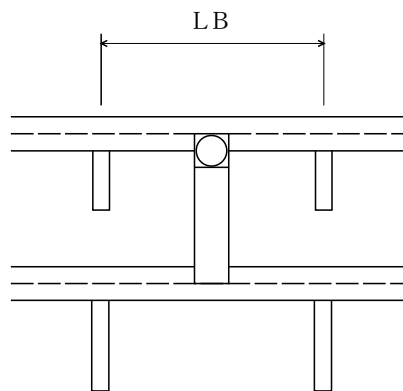
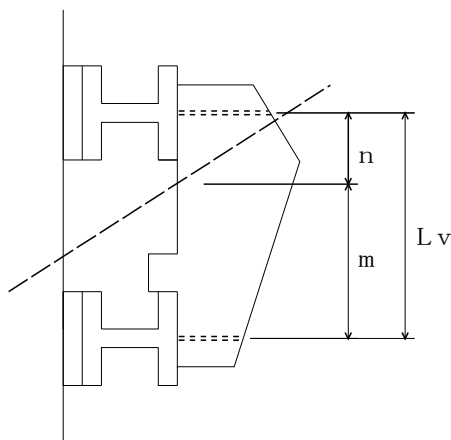
5-2 使用鋼材

| | |
|-----------|------------------------------|
| 材料名 | H-300x300x10x15 (I-ス) |
| 断面積 | A = 104.80 cm ² |
| ウェブ断面積 | Aweb = 27.00 cm ² |
| フランジ断面積 | Afra = 90.00 cm ² |
| 断面係数 | Zy = 1150.0 cm ³ |
| | Zz = 394.0 cm ³ |
| 断面二次半径 | ry = 12.90 cm |
| | rz = 7.51 cm |
| 横座屈断面二次半径 | i = 0.01 cm |



5-3 部材形状

| | |
|----------|--|
| ブラケット間隔 | LB = 900 mm |
| 腹起しの上下間隔 | Lv = 650 mm |
| | $m = \frac{L_v}{2} + \frac{H}{2} \cdot \tan \alpha$ |
| | $= \frac{650}{2} + \frac{300.0}{2} \cdot \tan 30.0^\circ = 412 \text{ mm}$ |
| | $n = L_v - m = 650 - 412 = 238 \text{ mm}$ |



5-4 許容応力度

$L/b \leq 4.5$ の場合

$$\sigma_{ba} = 210$$

$4.5 < L/b \leq 30$ の場合

$$\sigma_{ba} = \{140 - 2.4(L/b - 4.5)\} \times 1.5$$

よって、 $\sigma_{ba} = 207 \text{ N/mm}^2$

ここで、L : フランジの固定点間距離

b : フランジ幅

5-5 上部腹起し部材の検討

断面力 (強軸方向)

$$W_x = \frac{m}{L_v} \cdot w = \frac{412}{650} \times 82.44 = 52.20 \text{ kN/m}$$

$$M_{\max} = \frac{1}{8} W_x \cdot a^2 = \frac{1}{8} \times 52.20 \times 1.600^2 = 16.70 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$S_{\max} = \frac{1}{2} W_x \cdot a = \frac{1}{2} \times 52.20 \times 1.600 = 41.76 \text{ kN}$$

曲げ応力度

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{Z_y} = \frac{16.70 \times 10^6}{1150.0 \times 10^3} = 15 \leq 207 \text{ N/mm}^2$$

せん断応力度

$$\tau = \frac{S_{\max}}{A_{\text{web}}} = \frac{41.76 \times 10^3}{27.00 \times 10^2} = 15 \leq 120 \text{ N/mm}^2$$

5-6 下部腹起し部材の検討

断面力 (強軸方向)

$$W_x = \frac{n}{L_v} \cdot w = \frac{238}{650} \times 82.44 = 30.24 \text{ kN/m}$$

$$M_{x \max} = \frac{1}{8} W_x \cdot a^2 = \frac{1}{8} \times 30.24 \times 1.600^2 = 9.68 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$S_{x \max} = \frac{1}{2} W_x \cdot a = \frac{1}{2} \times 30.24 \times 1.600 = 24.19 \text{ kN}$$

断面力 (弱軸方向)

$$R_v = T_d \cdot \cos \theta \cdot \sin \alpha$$

$$= 152.31 \times \cos 0.0^\circ \times \sin 30.0^\circ = 76.16 \text{ kN/本}$$

$$M_{y \max} = \frac{R_v \cdot L_B}{4} = \frac{76.16 \times 900 \times 10^{-3}}{4} = 17.14 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$S_{y \max} = \frac{R_v}{2} = \frac{76.16}{2} = 38.08 \text{ kN}$$

曲げ応力度

$$\sigma = \frac{M_{x \max}}{Z_y} + \frac{M_{y \max}}{Z_z}$$

$$= \frac{9.68 \times 10^6}{1150.0 \times 10^3} + \frac{17.14 \times 10^6}{394.0 \times 10^3} = 52 \leq 207 \text{ N/mm}^2$$

せん断応力度

$$\tau_x = \frac{S_{x \max}}{A_{\text{web}}} = \frac{24.19 \times 10^3}{27.00 \times 10^2} = 9 \leq 120 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_y = \frac{S_{y \max}}{A_{\text{fra}}} = \frac{38.08 \times 10^3}{90.00 \times 10^2} = 4 \leq 120 \text{ N/mm}^2$$

6 ブラケットの計算(3段目ブラケット)

6-1 設計条件

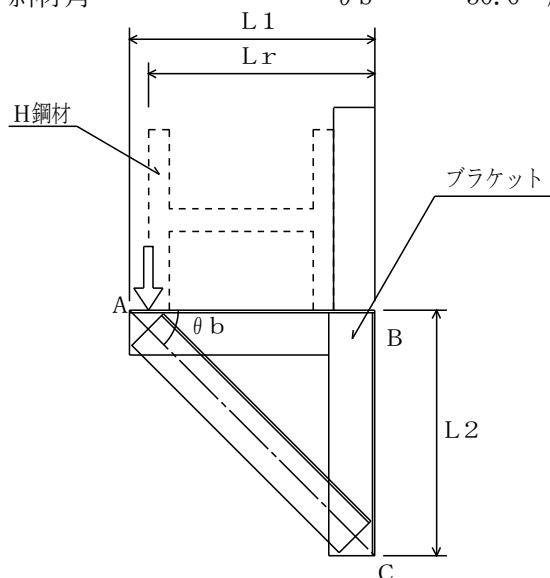
| | | |
|-------------|-----------------|---|
| 設計アンカー力 | $T_d = 152.31$ | kN/本 |
| アンカー水平間隔 | $a = 1.600$ | m |
| アンカー傾角 | $\alpha = 30.0$ | 度 |
| アンカー水平角 | $\theta = 0.0$ | 度 |
| ブラケット間隔 | $LB = 900$ | mm |
| 溶接部許容せん断応力度 | $\tau_a = 120$ | N/mm ² |
| 溶接部許容応力度の低減 | $\mu = 80$ | % |
| | | ($\tau_a = 120 \times 0.80 = 96$ N/mm ²) |

6-2 使用鋼材

| | |
|--------------|----------------------|
| 腹起し鋼材 | H-300x300x10x15(リース) |
| 単位重量 | $W = 1000.00$ |
| ブラケット鋼材 | L-75x75x9 |
| 断面積 | $A = 12.690$ |
| 断面二次半径 | $r = 2.25$ |
| 断面二次半径 (最小値) | $i_v = 1.45$ |

6-3 部材寸法

| | | |
|-------|-------------------|----|
| 部材の長さ | $L_1 = 500$ | mm |
| | $L_2 = 600$ | mm |
| 荷重位置 | $L_r = 400$ | mm |
| 斜材角 | $\theta_b = 50.0$ | 度 |



6-4 許容応力度

$L/r \leq 18$ の場合

$$\sigma_{ca} = 210$$

$18 < L/r \leq 92$ の場合

$$\sigma_{ca} = \{140 - 0.82(L/r - 18)\} \times 1.5$$

$92 < L/r$ の場合

$$\sigma_{ca} = \frac{1200000}{6700 + (L/r)^2} \times 1.5$$

$$\text{斜材の長さ } L = \frac{L_1}{\cos \theta_b} = \frac{500}{\cos 50.0^\circ} = 777.9 \text{ mm} = 77.79 \text{ cm}$$

$$\text{細長比 } L/r = 77.79 / 2.25 = 34.6$$

よって、 $\sigma_{ca} = 190$ N/mm²

6-5 断面の検討

設計アンカー力の鉛直成分とアンカー水平間隔分の腹起し重量は、アンカー両側に配置された2箇所のブラケットで支持されるものとして検討する。

設計アンカー力の鉛直成分

$$\begin{aligned} T_{dv} &= T_d \cdot \cos \theta \cdot \sin \alpha \\ &= 152.31 \times \cos 0.0^\circ \times \sin 30.0^\circ \\ &= 76.16 \text{ kN/本} \end{aligned}$$

腹起し重量

$$P_v = W \cdot a = 1000.00 \times 10^{-3} \times 1.600 = 1.60 \text{ kN}$$

1箇所のブラケットのA点に作用する鉛直力の合計

$$\begin{aligned} R_A &= \frac{1}{2} \times (T_{dv} + P_v) \times \frac{L_r}{L_l} \\ &= \frac{1}{2} \times (76.16 + 1.60) \times \frac{400}{500} = 31.10 \text{ kN} \end{aligned}$$

A-B部材 (引張り)

$$N_{AB} = \frac{R_A}{\sin \theta_b} \times \cos \theta_b = \frac{31.10}{\sin 50.0^\circ} \times \cos 50.0^\circ = 26.10 \text{ kN}$$

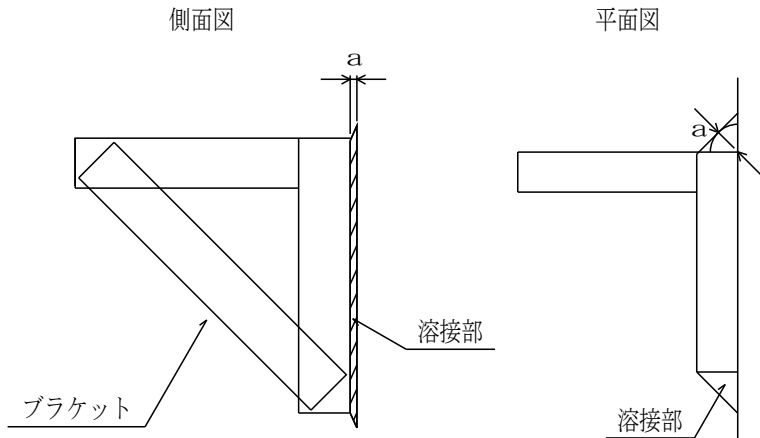
$$\sigma = \frac{N_{AB}}{A} = \frac{26.10 \times 10^3}{12.690 \times 10^2} = 21 \leq 210 \text{ N/mm}^2$$

A-C部材 (圧縮)

$$N_{AC} = \frac{R_A}{\sin \theta_b} = \frac{31.10}{\sin 50.0^\circ} = 40.60 \text{ kN}$$

$$\sigma_c = \frac{N_{AC}}{A} = \frac{40.60 \times 10^3}{12.690 \times 10^2} = 32 \leq 190 \text{ N/mm}^2$$

6-6 溶接部の検討



上図のように、すみ肉溶接(のど厚 $a = 8.0 \text{ mm}$)とする。
斜線部の断面を考えて、ブラケットに作用する外力に対して、溶接部が安全であるか検討する。

溶接部に作用する曲げモーメント

$$M = RA \times L1 = 31.10 \times 500 \times 10^{-3} = 15.55 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

溶接部の断面二次モーメント

$$I = \frac{a \cdot L2^3}{12} \times 2 = \frac{8.0 \times 600^3}{12} \times 2 = 2.880 \times 10^8 \text{ mm}^4$$

溶接部に生じる曲げによるせん断応力度

$$\tau_b = \frac{M}{I} \times \frac{L2}{2} = \frac{15.55 \times 10^6}{2.880 \times 10^8} \times \frac{600}{2} = 16 \leq 96 \text{ N/mm}^2$$

溶接部に生じる鉛直力によるせん断応力度

$$\begin{aligned} \tau_s &= \frac{RA}{2 \times a \times L2} \\ &= \frac{31.10 \times 10^3}{2 \times 8.0 \times 600} = 3 \leq 96 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

合成応力度の照査

$$\left(\frac{\tau_b}{\tau_a} \right)^2 + \left(\frac{\tau_s}{\tau_a} \right)^2 = \left(\frac{16}{96} \right)^2 + \left(\frac{3}{96} \right)^2 = 0.03 \leq 1.0$$

7 台座の計算(3段目台座)

7-1 設計条件

| | | |
|----------|---------------------|-------------------|
| 設計アンカー力 | $T_d = 152.31$ | kN/本 |
| アンカー傾角 | $\alpha = 30.0$ | 度 |
| 許容曲げ応力度 | $\sigma_{sa} = 210$ | N/mm ² |
| 許容せん断応力度 | $\tau_{sa} = 120$ | N/mm ² |

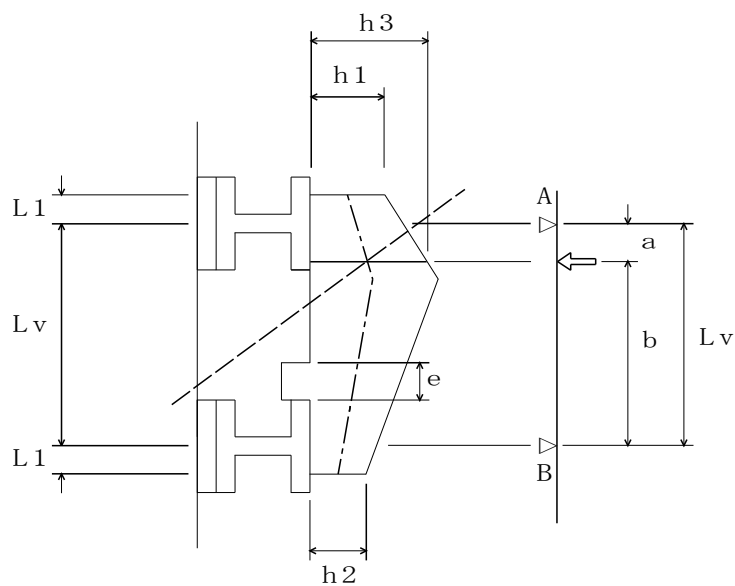
7-2 部材形状

| | | |
|----------|-------------|----|
| 腹起しの上下間隔 | $L_v = 650$ | mm |
| 台座部材寸法 | $L_1 = 50$ | mm |
| | $h_1 = 100$ | mm |
| | $h_2 = 100$ | mm |
| 台座の板厚 | $t = 13$ | mm |
| 突起高 | $e = 250$ | mm |

7-3 荷重作用点の計算

台座は上部と下部の腹起し間隔をスパンとした単純梁とし、アンカーの軸線と梁高の midpoint が交差する点を荷重作用点とする。ただし、アンカーの軸線は腹起し間隔の midpoint を通るものとする。

| | | |
|-----------|-------------|----|
| 荷重作用点の部材高 | $h_3 = 228$ | mm |
| | $a = 172$ | mm |
| | $b = 478$ | mm |



7-4 断面力の計算

台座は上部と下部の腹起しをスパンとした単純梁とし、荷重作用点に反力を集中載荷した時の最大曲げモーメント、A・B点でのせん断力を計算する。

最大曲げモーメント

$$\begin{aligned} M_{\max} &= \frac{a \cdot b}{L_v} T d \cdot \cos \alpha \\ &= \frac{172 \times 478}{650} \times 10^{-3} \times 152.31 \times \cos 30.0^\circ = 16.71 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

A点でのせん断力

$$\begin{aligned} S_A &= \frac{b}{L_v} T d \cdot \cos \alpha \\ &= \frac{478}{650} \times 152.31 \times \cos 30.0^\circ = 96.91 \text{ kN} \end{aligned}$$

B点でのせん断力

$$\begin{aligned} S_B &= \frac{a}{L_v} T d \cdot \cos \alpha \\ &= \frac{172}{650} \times 152.31 \times \cos 30.0^\circ = 35.00 \text{ kN} \end{aligned}$$

7-5 断面の検討

応力度は2枚の台座が同時に断面力に抵抗するものとして計算する。

A点でのせん断応力度

$$\tau = \frac{S_A}{2 \cdot t \cdot h_1} = \frac{96.91 \times 10^3}{2 \times 13 \times 100} = 37 \leq 120 \text{ N/mm}^2$$

B点でのせん断応力度

$$\tau = \frac{S_B}{2 \cdot t \cdot h_2} = \frac{35.00 \times 10^3}{2 \times 13 \times 100} = 13 \leq 120 \text{ N/mm}^2$$

荷重作用点での曲げ応力度

断面係数

$$Z = \frac{t \cdot h^3}{6} \times 2 = \frac{13 \times 228^2}{6} \times 2 = 2.261 \times 10^5 \text{ mm}^3$$

曲げ応力度

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{Z} = \frac{16.71 \times 10^6}{2.261 \times 10^5} = 74 \leq 210 \text{ N/mm}^2$$

突起のせん断応力度

鉛直力

$$P_v = T d \cdot \sin \alpha = 152.31 \times \sin 30.0^\circ = 76.16 \text{ kN}$$

せん断応力度

$$\tau = \frac{P_v}{2 \cdot t \cdot e} = \frac{76.16 \times 10^3}{2 \times 13 \times 250} = 12 \leq 120 \text{ N/mm}^2$$

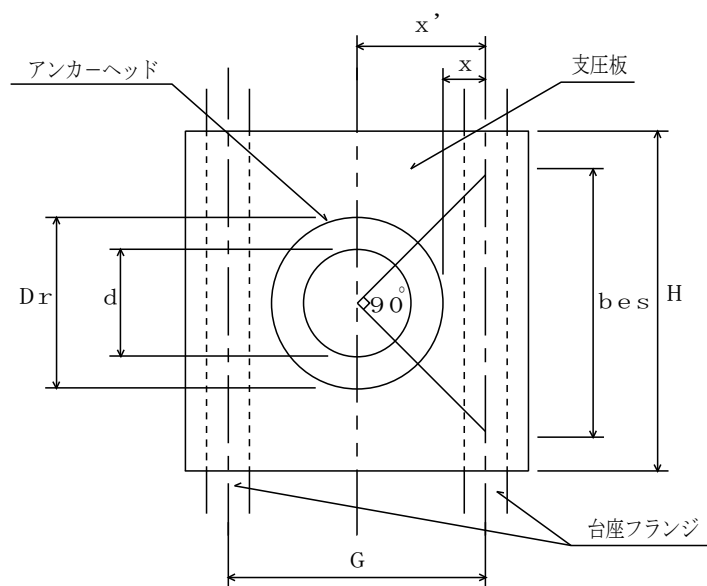
8 支圧板の計算 (3段目支圧板)

8-1 設計条件

| | | |
|----------|---------------------|-------------------|
| 設計アンカー力 | $T_d = 152.31$ | kN/本 |
| 許容曲げ応力度 | $\sigma_{sa} = 210$ | N/mm ² |
| 許容せん断応力度 | $\tau_{sa} = 120$ | N/mm ² |

8-2 部材形状

| | | | | |
|------------------------|-----------|----|------------|----|
| 支圧板の辺長 | $H = 150$ | mm | | |
| 支圧板の厚さ | $t = 30$ | mm | | |
| 台座の幅 | $G = 116$ | mm | | |
| アンカーヘッドの大きさ | | | $D_r = 80$ | mm |
| 支圧板に穿孔する孔径 | | | $d = 50$ | mm |
| アンカーヘッド外縁と台座フランジ中心との距離 | x | | $x = 18$ | mm |
| ” 中心と ” との距離 | x' | | $x' = 58$ | mm |



8-3 せん断に対する検討

荷重の有効分布長さ

荷重の有効分布長さは、以下に示す長さのうち小さい値を用いる。

- ・ 台座幅の 2倍 $2 \cdot b_{es} = 232$ mm
- ・ アンカーヘッドの周長 $L_r = \pi \cdot D_r = 251$ mm

よって、荷重の有効分布長さは、 $L = 232$ mm とする。

必要辺長

$$h \geq b_{es} = 116 \text{ mm}$$

必要部材厚

$$t \geq \frac{T_d}{L \cdot \tau_{sa}} = \frac{152.31 \times 10^3}{232 \cdot 120} = 5.5 \text{ mm}$$

8-4 曲げモーメントに対する検討

荷重の最小有効分布長さ

$$b_{eM} = x' + D_r - d = 58 + 80 - 50 = 88 \text{ mm}$$

最大曲げモーメント

$$M_{\max} = \frac{Td}{2} \cdot x = \frac{152.31}{2} \times 18 \times 10^{-3} = 1.37 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

必要辺長

$$h \geq x' + D_r = 58 + 80 = 138 \text{ mm}$$

必要部材厚

$$t \geq \sqrt{\frac{6 \cdot M_{\max}}{b_{eM} \cdot \sigma_{sa}}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 1.37 \times 10^6}{88 \cdot 210}} = 21.1 \text{ mm}$$

8-5 応力度の照査

せん断および曲げモーメントに対する検討より、両方を満足する支圧板の辺長Hと厚さtは、
H = 150 mm, t = 30 mm とする。

せん断応力度

$$\tau = \frac{Td}{L \cdot t} = \frac{152.31 \times 10^3}{232 \times 30} = 22 \leq 120 \text{ N/mm}^2$$

曲げ応力度

$$\sigma = \frac{6 \cdot M_{\max}}{b_{eM} \cdot t^2} = \frac{6 \times 1.37 \times 10^6}{88 \times 30^2} = 104 \leq 210 \text{ N/mm}^2$$