

○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ 対策検討業務

留め壁支保アンカー工 設計

(1 段目 / 全 3 段)

平成 29 年 11 月

〇〇〇〇〇建設部 〇〇〇〇〇事務所

〇〇〇〇〇設計株式会社

■ 設計条件・計算結果の概要

設計対象	設計条件項目・計算結果項目		記号	単位	諸数値・判定
アンカー	条件	設計段数 / 全段数	—	段	1 段目 / 全 3 段
		土留め壁の支保工反力	R	kN/m	117.5
		アンカーの水平間隔	I_a	m	3.000
		アンカー傾角	α	°	40.0
		アンカー水平角	θ	°	0.0
		アンカー自由長	L_f	m	10.0
		アンカー定着地盤の代表N値	—	—	50.
		アンカー体周面の極限摩擦抵抗度	τ	N/mm ²	0.30
		極限引抜き力に対する安全率	F_s	—	1.5
		アンカー工法の分類	—	—	Uターン除去式アンカー工法
	結果	設計アンカー力	T_d	kN/本	460.2 ≤ 642.0 【OK】
		アンカーテンドンの規格（引張り材の構成）	—	—	KJS J5- 6（φ12.7× 6本）
		アンカー体径（削孔径）	d_A	mm	φ135
		設計アンカー体長	L_a	m	5.5 ≤ 10.0 【OK】
		設計アンカー長	L_A	m	15.5
腹起し	条件	腹起し材の規格	—	—	山留材H-350型
		腹起し材の設置間隔（50mm単位で繰上げ）	ℓ	mm	850.
		腹起し背面の充填材の厚さ	b_1	mm	50.
		アンカー軸周囲の余裕幅（直径）	C	mm	φ100
	結果	上部腹起しの曲げ引張り応力度	σ_t	N/mm ²	46.2 ≤ 210. 【OK】
		上部腹起しのせん断応力度	τ	N/mm ²	32.9 ≤ 120. 【OK】
		下部腹起しの曲げ引張り応力度	σ_t	N/mm ²	174.8 ≤ 210. 【OK】
		下部腹起しのせん断応力度（強軸方向）	τ_x	N/mm ²	14.2 ≤ 120. 【OK】
		下部腹起しのせん断応力度（弱軸方向）	τ_y	N/mm ²	11.1 ≤ 120. 【OK】
ブラケット	条件	上部ブラケット材の規格	—	—	L- 50× 50× 8
		上部ブラケットの設置間隔	ℓ_{bu}	m	1.500
		上部ブラケットの設置数（アンカー1本当たり）	n_{bu}	箇所	2.0
		上部ブラケット縦材の長さ	ℓ_{bc}	mm	300.
		下部ブラケット材の規格	—	—	L- 90× 90× 13
		下部ブラケット設置間隔	$\ell_{b\ell}$	m	1.500
		下部ブラケットの設置数（アンカー1本当たり）	$n_{b\ell}$	箇所	2.0
		下部ブラケット縦材の長さ	ℓ_{bc}	mm	600.
		上部・下部ブラケット上弦材の余裕長	b_2	mm	50.
	結果	上部ブラケット上弦材の軸方向引張り応力度	σ_t	N/mm ²	40.7 ≤ 210. 【OK】
		上部ブラケット斜材の軸方向圧縮応力度	σ_c	N/mm ²	48.9 ≤ 187. 【OK】
		上部ブラケット縦材溶接部のせん断応力度	τ	N/mm ²	75.6 ≤ 96. 【OK】
		下部ブラケット上弦材の軸方向引張り応力度	σ_t	N/mm ²	52.4 ≤ 210. 【OK】
		下部ブラケット斜材の軸方向圧縮応力度	σ_c	N/mm ²	87.2 ≤ 197. 【OK】
		下部ブラケット縦材溶接部のせん断応力度	τ	N/mm ²	83.6 ≤ 96. 【OK】
鋼製台座・ 支圧板	条件	鋼製台座フランジの板厚	t_f	mm	16.
		鋼製台座フランジの間隔	G	mm	100.
		支圧板の孔径	d	mm	φ74
		アンカーヘッドの直径	D_r	mm	φ110
		鋼製台座・支圧板の許容曲げ引張り応力度	σ_{ta}	N/mm ²	210.
		鋼製台座・支圧板の許容せん断応力度	τ_a	N/mm ²	120.
	結果	鋼製台座フランジの部材高さ（o点）	h_o	mm	220.0 ≥ 204.5 【OK】
		鋼製台座フランジの部材高さ（a点）	h_a	mm	81.8 ≥ 74.1 【OK】
		鋼製台座フランジの部材高さ（b点）	h_b	mm	50.0 ≥ 17.8 【OK】
		鋼製台座フックの部材高さ	h_f	mm	100. ≥ 77.1 【OK】
		支圧板の必要辺長	ℓ_p	mm	200. ≥ 160.0 【OK】
		支圧板の必要板厚	t_p	mm	20. ≥ 19.2 【OK】

※）表中の項目や記号の詳細については、設計計算書本文を参照されたい。

■ 設計計算の準拠資料

- ・道路土工－仮設構造物工指針；（公社）日本道路協会，平成11年3月
- ・トンネル標準示方書（開削編）に基づいた仮設構造物の設計計算例；（公社）土木学会，平成5年6月
- ・グラウンドアンカー設計・施工基準 同解説（JGS4101-2012）；（公社）地盤工学会；平成24年5月
- ・建築地盤アンカー設計施工指針・同解説；（一社）日本建築学会，平成3年2月
- ・グラウンドアンカー設計施工マニュアル；（一社）日本アンカー協会，平成25年6月
- ・KJS除去アンカー工法技術資料；KJS協会，平成28年5月度
- ・丸紅建材リース製品要覧；丸紅建材リース（株），平成28年5月度

目 次

	Page
§ 1.1 土留めアンカーの検討 (1段目/全3段)	1
1.1.1 設計条件	1
1.1.2 テンドン構成の検討	2
1.1.3 アンカー長の検討	3
§ 1.2 腹起しの検討 (1段目/全3段)	4
1.2.1 設計条件	4
1.2.2 上部腹起しの検討	6
1.2.3 下部腹起しの検討	7
§ 1.3 ブラケットの検討 (1段目/全3段)	9
1.3.1 設計条件	9
1.3.2 上部ブラケットの検討	10
1.3.3 下部ブラケットの検討	13
§ 1.4 鋼製台座および支圧板の検討 (1段目/全3段)	16
1.4.1 設計条件	16
1.4.2 鋼製台座の検討	18
1.4.3 支圧板の検討	20
[巻末付表]	23
END	25

§ 1.1 土留めアンカーの検討（1段目/全3段）

1.1.1 設計条件

- ・土留め壁の支保工反力 : $R = 117.5 \text{ kN/m}$
- ・アンカーの水平間隔 : $I_a = 3.000 \text{ m}$
- ・アンカー傾角 : $\alpha = 40.0^\circ$
- ・アンカー水平角 : $\theta = 0.0^\circ$
- ・アンカー自由長 : $L_f = 10.0 \text{ m}$
- ・アンカー定着地盤の代表N値 : $N = 50.0$
- ・アンカー体周面の極限摩擦抵抗度 : $\tau = 0.30 \text{ N/mm}^2$
- ・極限引抜き力に対する安全率 : $F_s = 1.5$
- ・アンカー工法の名称 : KJS除去アンカー工法
- ・引張り材の規格 : PC鋼より線 JIS G 3536 SWPR7B

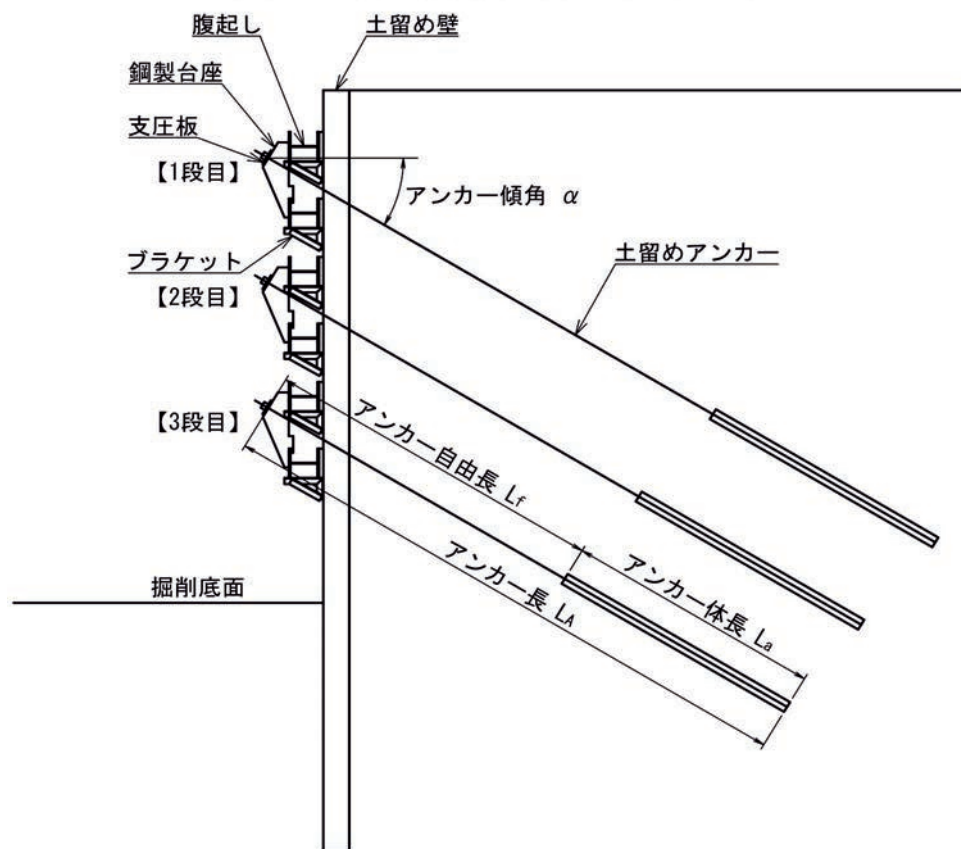


図-1.1.1 土留めアンカーの構成概要図（配置段数 3 段の例）

1.1.2 テンドン構成の検討

(1) 引張り材の仕様

本件では、土留めアンカーの設計アンカー力と、「表-1.1.1 KJS除去アンカー工法のテンドン許容引張り力」に基づき、アンカーテンドンとして以下の引張り材（PC鋼より線）の構成を採用する。

・設計アンカー力

$$T_d = \frac{R \times I_a}{\cos(\alpha) \times \cos(\theta)}$$

$$= \frac{117.5 \times 3.000}{\cos(40.0^\circ) \times \cos(0.0^\circ)} = 460.2 \text{ kN/本}$$

・テンダンの規格 : J5- 6

・引張り材の構成 : JIS G 3536 SWPR7B $\phi 12.7 \times 6$ 本

・削孔径（アンカー体径） : $d_A = d_B = 135 \text{ mm}$

・テンドン許容引張り力 : $T_{as} = 642 \text{ kN}$
 $\geq T_d = 460.2 \text{ kN} \Rightarrow \text{【OK】}$

表-1.1.1 KJS除去アンカー工法のテンドン許容引張り力

テンドン規格・仕様			許容引張り力	適用の可否
KJS J5 - 2	SWPR7B $\phi 12.7 \times 2$ 本		214 kN	×
KJS J5 - 4	SWPR7B $\phi 12.7 \times 4$ 本		428 kN	×
KJS J5 - 6	SWPR7B $\phi 12.7 \times 6$ 本		642 kN	○
KJS J5 - 8	SWPR7B $\phi 12.7 \times 8$ 本		856 kN	○
KJS J5 - 10	SWPR7B $\phi 12.7 \times 10$ 本		1070 kN	○
KJS J5 - 12	SWPR7B $\phi 12.7 \times 12$ 本		1284 kN	○
KJS J6 - 10	SWPR7B $\phi 15.2 \times 10$ 本		1526 kN	○

「KJS除去アンカー工法技術資料；KJS協会」より抜粋，加筆

(2) 耐荷体の配置

テンダンの規格（引張り材の構成）と、アンカー定着地盤のN値から、耐荷体の配置を以下の通りとする。 ※）巻末の「付表-1.3 KJS除去アンカー工法の耐荷体配置（アンカー定着地盤の代表N値 ≥ 50 の場合）」を参照されたし。

$$n_r = (\text{シングルタイプ : } 1) + (\text{ダブルタイプ : } 1) = 2 \text{ 個}$$

1.1.3 アンカー長の検討

(1) 定着地盤の強度に基づく必要アンカー体長

アンカー定着地盤の土質定数に基づく必要アンカー体長は、設計アンカー力、アンカー体径、アンカー体周面の極限摩擦抵抗度、および極限引抜き力に対する安全率から、次式により求める。

$$L_{a1} = \frac{T_d \times F_s}{d_A \times \pi \times \tau} = \frac{460.2 \times 10^3 \times 1.5}{135 \times \pi \times 0.30} = 5425 \text{ mm} = 5.43 \text{ m}$$

(2) 耐荷体の配置に基づく必要アンカー体長

耐荷体の配置に基づく必要アンカー体長は、使用する耐荷体の個数と、耐荷体配置の最小間隔 1.0m から、次式により求める。

$$L_{a2} = n_r \times 1.0 = 2 \times 1.0 = 2.0 \text{ m}$$

(3) 設計アンカー体長

設計アンカー体長は、必要アンカー体長 (L_{a1} および L_{a2}) の内の大なる値を 0.5m 単位で切上げた長さ、かつ 3.0m~10.0m の範囲内の長さとする。

$$L_a = 5.5 \text{ m} \leq 10.0 \text{ m} \Rightarrow \text{【OK】}$$

耐荷体の配置間隔は、設計アンカー体長を耐荷体の個数で除した値とする。

$$L_r = L_a / n_r = 5.5 / 2 = 2.75 \text{ m}$$

(4) 設計アンカー長

設計アンカー長（アンカーの全長、ただし引張り材の緊張余長および先端余長を除く）は、以下の長さとする。

$$L_A = L_a + L_f = 5.5 + 10.0 = 15.5 \text{ m}$$

§ 1.2 腹起しの検討（1段目/全3段）

腹起しの設計に当たっては、土留めアンカーの打設位置を支点として同アンカー力の水平反力が等分布荷重として作用する単純梁を想定し、曲げモーメントとせん断力に対する応力度の照査を行う。ただし、下部の腹起しについては、土留めアンカーのアンカー力の鉛直分力が作用するものと仮定し、上記の照査と伴に、ブラケットを支点としてアンカー力の鉛直分力が集中荷重として作用する単純梁を想定し、応力度の照査を行う。

1.2.1 設計条件

・設計アンカー力 : $T_d = 460.2 \text{ kN/本}$

・アンカーの水平間隔 : $I_a = 3.000 \text{ m}$

・アンカー傾角 : $\alpha = 40.0^\circ$

・設計アンカー力の水平分力

$$T_{dh} = T_d \times \cos(\alpha) = 460.2 \times \cos(40.0) = 352.5 \text{ kN/本}$$

・設計アンカー力の鉛直分力

$$T_{dv} = T_d \times \sin(\alpha) = 460.2 \times \sin(40.0) = 295.8 \text{ kN/本}$$

・腹起し材の種類 : 鋼製山留材

・腹起し材の規格 : 山留材H-350型

・腹起し材の高さ : $H = 350 \text{ mm}$

・腹起し材の幅 : $B = 350 \text{ mm}$

・腹起し材のウェブ厚 : $t_1 = 12 \text{ mm}$

・腹起し材のフランジ厚 : $t_2 = 19 \text{ mm}$

・強軸方向の断面係数 : $Z_x = 2000.0 \text{ cm}^3$

・弱軸方向の断面係数 : $Z_y = 716.0 \text{ cm}^3$

・ウェブの断面積 : $A_w = t_1 \times (H - 2 \times t_2)$

$$= 12 \times (350 - 2 \times 19) = 3744 \text{ mm}^2$$

・フランジの断面積 : $A_f = 2 \times t_2 \times B = 2 \times 19 \times 350 = 13300 \text{ mm}^2$

- ・上部ブラケットの間隔 : $I_{bu} = 1.500 \text{ m}$
- ・下部ブラケットの間隔 : $I_{bl} = 1.500 \text{ m}$
- ・アンカー軸周囲の余裕 : $C = 100 \text{ mm}$ (アンカー軸を中心とする円の直径)
- ・載荷点の偏心距離 : $\ell_u = 257 \text{ mm}$
 $\ell_\ell = 593 \text{ mm}$
 $\ell = \ell_u + \ell_\ell = 257 + 593 = 850 \text{ mm}$
- ・許容曲げ引張り応力度 : $\sigma_{ta} = 210 \text{ N/mm}^2$
- ・許容せん断応力度 : $\tau_a = 120 \text{ N/mm}^2$

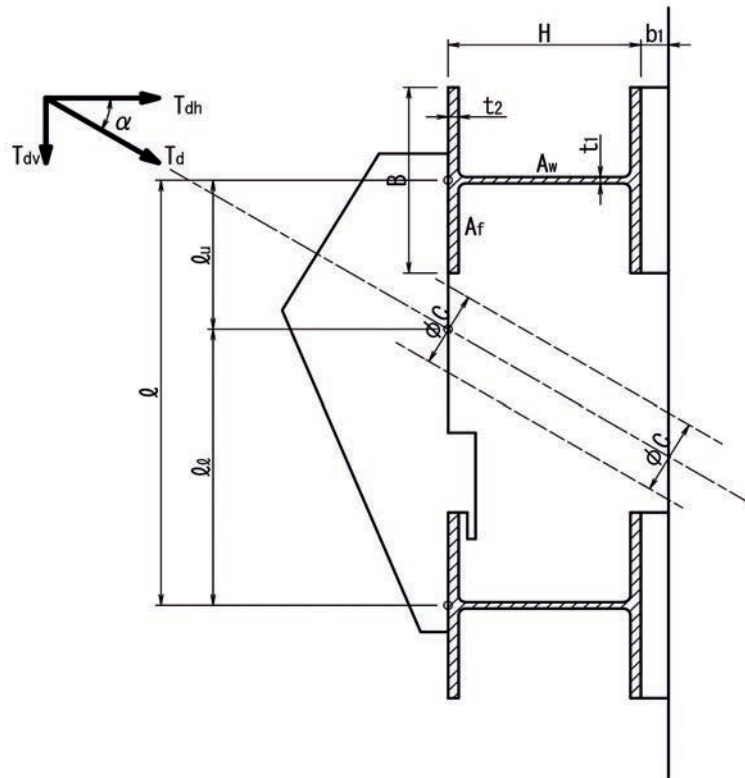


図-1.2.1 腹起しの検討断面

1.2.2 上部腹起しの検討

(1) 作用荷重および断面力

- ・作用荷重（等分布荷重）

$$W_x = \frac{\ell_\ell}{\ell} \times \frac{T_{dh}}{I_a} = \frac{593.0}{850} \times \frac{352.5}{3.000} = 82.0 \text{ kN/m}$$

- ・最大曲げモーメント

$$M_{\max} = \frac{1}{8} \times W_x \times I_a^2 = \frac{1}{8} \times 82.0 \times 3.000^2 = 92.3 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

- ・最大せん断力

$$S_{\max} = \frac{1}{2} \times W_x \times I_a = \frac{1}{2} \times 82.0 \times 3.000 = 123.0 \text{ kN}$$

(2) 応力度の照査

- ・曲げ引張り応力度

$$\begin{aligned} \sigma_t &= \frac{M_{\max}}{Z_x} = \frac{92.3 \times 10^6}{2000.0 \times 10^3} \\ &= 46.2 \text{ N/mm}^2 \leq \sigma_{ta} = 210 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow \text{【OK】} \end{aligned}$$

- ・せん断応力度

$$\begin{aligned} \tau &= \frac{S_{\max}}{A_w} = \frac{123.0 \times 10^3}{3744} \\ &= 32.9 \text{ N/mm}^2 \leq \tau_a = 120 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow \text{【OK】} \end{aligned}$$

1.2.3 下部腹起しの検討

(1) 強軸方向の作用荷重および断面力

- ・作用荷重（等分布荷重）

$$W_x = \frac{\ell_u}{\ell} \times \frac{T_{dh}}{I_a} = \frac{257.0}{850} \times \frac{352.5}{3.000} = 35.5 \text{ kN/m}$$

- ・最大曲げモーメント

$$M_{x \max} = \frac{1}{8} \times W_x \times I_a^2 = \frac{1}{8} \times 35.5 \times 3.000^2 = 39.9 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

- ・最大せん断力

$$S_{x \max} = \frac{1}{2} \times W_x \times I_a = \frac{1}{2} \times 35.5 \times 3.000 = 53.3 \text{ kN}$$

(2) 弱軸方向の作用荷重および断面力

- ・作用荷重（集中荷重）

$$P_y = T_{dv} = 295.8 \text{ kN}$$

- ・最大曲げモーメント

$$M_{y \max} = \frac{1}{4} \times P_y \times I_{b\ell} = \frac{1}{4} \times 295.8 \times 1.500 = 110.9 \text{ kN}$$

- ・最大せん断力

$$S_{y \max} = \frac{1}{2} \times P_y = \frac{1}{2} \times 295.8 = 147.9 \text{ kN}$$

(3) 応力度の照査

- ・曲げ引張り応力度

$$\begin{aligned} \sigma_t &= \frac{M_{x \max}}{Z_x} + \frac{M_{y \max}}{Z_y} = \frac{39.9 \times 10^6}{2000.0 \times 10^3} + \frac{110.9 \times 10^6}{716.0 \times 10^3} \\ &= 174.8 \text{ N/mm}^2 \leq \sigma_{ta} = 210 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow \text{【OK】} \end{aligned}$$

- ・せん断応力度

$$\begin{aligned} \tau_x &= \frac{S_{x \max}}{A_w} = \frac{53.3 \times 10^3}{3744} \\ &= 14.2 \text{ N/mm}^2 \leq \tau_a = 120 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow \text{【OK】} \end{aligned}$$

$$\tau_y = \frac{S_{y\max}}{A_f} = \frac{147.9 \times 10^3}{13300}$$

$$= 11.1 \text{ N/mm}^2 \leq \tau_a = 120 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow \text{【OK】}$$

Sample

Sample

Sample

Sample

Sample

§ 1.3 ブラケットの検討（1段目/全3段）

1.3.1 設計条件

(1) グラウンドアンカー

・設計アンカー力 : $T_d = 460.2 \text{ kN/本}$

・アンカーの水平間隔 : $I_a = 3.000 \text{ m}$

・アンカー傾角 : $\alpha = 40.0^\circ$

・設計アンカー力の鉛直分力

$$T_{dv} = T_d \times \sin(\alpha) = 460.2 \times \sin(40.0) = 295.8 \text{ kN/本}$$

(2) 腹起し

・腹起しの規格 : 鋼製山留材H-350型

・腹起しの単位質量（重量） : $\gamma_w = 150.0 \text{ kg/m} = 15.00 \text{ kN/m}$

・腹起し背面の充填材の厚さ : $b_1 = 50 \text{ mm}$

・ブラケット上弦材の余裕長 : $b_2 = 50 \text{ mm}$

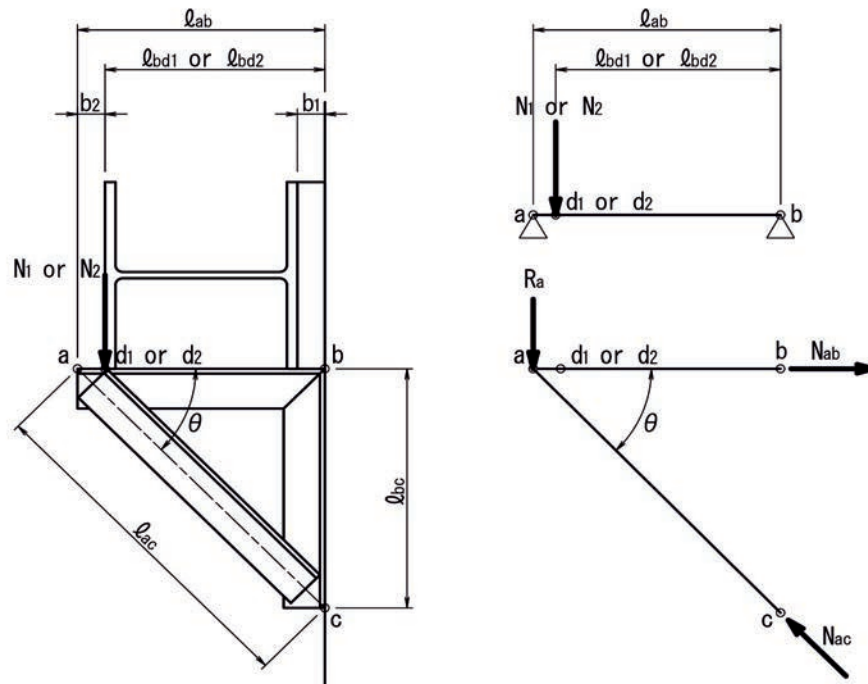


図-1.3.1 ブラケットの検討断面

1.3.2 上部ブラケットの検討

上部ブラケットの設計に当たっては、腹起しの自重を設計外力として考慮する。

(1) 設計条件

・ブラケットの設置数 : $n_{bu} = 2.0$ 箇所 (アンカー1本当たり)

・ブラケット1箇所当たりの腹起しの延長

$$\ell_{bu} = \frac{I_a}{n_{bu}} = \frac{3.000}{2.0} = 1.500 \text{ m/箇所}$$

・上弦材の長さ : $\ell_{ab} = 450 \text{ mm}$

・外力の作用位置① : $\ell_{bd1} = 400 \text{ mm}$ (腹起しの自重の作用位置)

・縦材の長さ : $\ell_{bc} = 300 \text{ mm}$

・斜材の角度

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{\ell_{bc}}{\ell_{ab}}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{300}{450}\right) = 33.7^\circ$$

・斜材の有効長さ

$$\ell_{ac} = \frac{\ell_{ab}}{\cos \theta} = \frac{450}{\cos(33.7)} = 540.9 \text{ mm}$$

・構成部材の規格 : 等辺山形鋼 L- 50× 50× 8

・構成部材のウェブの厚さ : $t = 8 \text{ mm}$

・構成部材の断面積 : $A_b = 7.364 \text{ cm}^2$

・構成部材の断面二次半径 : $i_x = 1.48 \text{ cm}$

・許容軸方向引張り応力度 : $\sigma_{ta} = 210 \text{ N/mm}^2$

・溶接長 : $\ell_w = \ell_{bc} = 300 \text{ mm}$

・溶接部の脚長 : $D = t - 2 = 8 - 2 = 6 \text{ mm}$

・溶接部ののど厚 : $\delta = D \times \cos 45^\circ = 6 \times \cos(45) = 4 \text{ mm}$

・溶接の許容せん断応力度 : $\tau_a = 120 \text{ N/mm}^2$ (工場溶接の場合)

・現場溶接部の許容せん断応力度

$$\tau'_a = \tau_a \times 0.8 = 120 \times 0.8 = 96 \text{ N/mm}^2$$

- ・溶接部の断面係数（両側溶接）

$$Z' = \frac{\delta \times \ell_w^2 \times 2}{6} = \frac{4 \times 300^2 \times 2}{6} = 120000 \text{ mm}^3$$

- ・溶接部の断面積（両側溶接）

$$A' = \delta \times \ell_w \times 2 = 4 \times 300 \times 2 = 2400 \text{ mm}^2$$

(2) ブラケット構成部材の照査

- ・腹起しの自重

$$N_1 = \gamma_w \times \ell_{bu} = 15.00 \times 1.500 = 22.5 \text{ kN}$$

- ・a点の作用反力

$$R_a = \frac{N_1 \times \ell_{bd1}}{\ell_{ab}} = \frac{22.5 \times 400}{450} = 20.0 \text{ kN}$$

- ・上弦材の作用軸力（引張り力）

$$N_{ab} = \frac{R_a}{\tan \theta} = \frac{20.0}{\tan(33.7)} = 30.0 \text{ kN}$$

- ・斜材の作用軸力（圧縮力）

$$N_{ac} = \frac{R_a}{\sin \theta} = \frac{20.0}{\sin(33.7)} = 36.0 \text{ kN}$$

- ・上弦材の応力度（軸方向引張り応力度）

$$\sigma_t = \frac{N_{ab}}{A_b} = \frac{30.0 \times 10^3}{7.364 \times 10^2}$$

$$= 40.7 \text{ N/mm}^2 \leq \sigma_{ta} = 210 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow \text{【OK】}$$

- ・斜材の応力度（軸方向圧縮応力度）

$$\sigma_c = \frac{N_{ac}}{A_b} = \frac{36.0 \times 10^3}{7.364 \times 10^2}$$

$$= 48.9 \text{ N/mm}^2 \leq \sigma_{ca} = 187 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow \text{【OK】}$$

ここに、許容軸方向圧縮応力度 σ_{ca} については、斜材の細長比 r に基づいて、以下の通りに算定した。

$$r = \frac{\ell_{ac}}{i_x} = \frac{540.9}{1.48 \times 10} = 36.55$$

細長比 r に基づく許容軸方向圧縮応力度 σ_{ca} は、以下の通りとなる。

$$18 < r \leq 92$$

$$\begin{aligned}\sigma_{ca} &= \{ 140 - 0.82 \times (r - 18) \} \times 1.5 \\ &= \{ 140 - 0.82 \times (36.55 - 18) \} \times 1.5 = 187 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

(3) 溶接部の照査

- ・ 曲げモーメント

$$M = N_1 \times \ell_{bd1} = 22.5 \times 400 = 9000 \text{ kN}\cdot\text{mm}$$

- ・ せん断力

$$S = N_1 = 22.5 \text{ kN}$$

- ・ 曲げモーメントに起因するせん断応力度

$$\tau_m = \frac{M}{Z'} = \frac{9000 \times 10^3}{120000} = 75.0 \text{ N/mm}^2$$

- ・ せん断力に起因するせん断応力度

$$\tau_s = \frac{S}{A'} = \frac{22.5 \times 10^3}{2400} = 9.4 \text{ N/mm}^2$$

- ・ 合成せん断応力

$$\begin{aligned}\tau &= \sqrt{(\tau_m^2 + \tau_s^2)} = \sqrt{(75.0^2 + 9.4^2)} \\ &= 75.6 \text{ N/mm}^2 \leq \tau'_a = 96 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow \text{【OK】}\end{aligned}$$

1.3.3 下部ブラケットの検討

下部ブラケットの設計に当たっては、腹起しの自重と、土留めアンカーの設計アンカー力の鉛直方向性分を設計外力として考慮する。

(1) 設計条件

・ブラケットの設置数 : $n_{b\ell} = 2.0$ 箇所 (アンカー1本当たり)

・ブラケット1箇所当たりの腹起しの延長

$$\ell_{b\ell} = \frac{I_a}{n_{b\ell}} = \frac{3.000}{2.0} = 1.500 \text{ m/箇所}$$

・上弦材の長さ : $\ell_{ab} = 450 \text{ mm}$

・外力の作用位置① : $\ell_{bd1} = 400 \text{ mm}$ (腹起しの自重の作用位置)

・外力の作用位置② : $\ell_{bd2} = 400 \text{ mm}$ (アンカー力の作用位置)

・縦材の長さ : $\ell_{bc} = 600 \text{ mm}$

・斜材の角度

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{\ell_{bc}}{\ell_{ab}}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{600}{450}\right) = 53.1^\circ$$

・斜材の有効長さ

$$\ell_{ac} = \frac{\ell_{ab}}{\cos \theta} = \frac{450}{\cos(53.1)} = 749.5 \text{ mm}$$

・構成部材の規格 : 等辺山形鋼 L- 90× 90×13

・構成部材のウェブの厚さ : $t_b = 13 \text{ mm}$

・構成部材の断面積 : $A_b = 21.710 \text{ cm}^2$

・構成部材の断面二次半径 : $i_x = 2.68 \text{ cm}$

・許容軸方向引張り応力度 : $\sigma_{ta} = 210 \text{ N/mm}^2$

・溶接長 : $\ell_w = \ell_{bc} = 600 \text{ mm}$

・溶接部の脚長 : $D = t_b - 2 = 13 - 2 = 11 \text{ mm}$

・溶接部ののど厚 : $\delta = D \times \cos 45^\circ = 11 \times \cos(45) = 7 \text{ mm}$

・溶接の許容せん断応力度 : $\tau_a = 120 \text{ N/mm}^2$ (工場溶接の場合)

- ・現場溶接部の許容せん断応力度

$$\tau'_a = \tau_a \times 0.8 = 120 \times 0.8 = 96 \text{ N/mm}^2$$

- ・溶接部の断面係数（両側溶接）

$$Z' = \frac{\delta \times \ell_w^2 \times 2}{6} = \frac{7 \times 600^2 \times 2}{6} = 840000 \text{ mm}^3$$

- ・溶接部の断面積（両側溶接）

$$A' = \delta \times \ell_w \times 2 = 7 \times 600 \times 2 = 8400 \text{ mm}^2$$

(2) ブラケット構成部材の照査

- ・腹起しの自重

$$N_1 = \gamma_w \times \ell_{b\ell} = 15.00 \times 1.500 = 22.5 \text{ kN}$$

- ・設計アンカー力の鉛直分力

$$N_2 = \frac{T_{dv}}{n_{b\ell}} = \frac{295.8}{2.0} = 147.9 \text{ kN}$$

- ・a点の作用反力

$$R_a = \frac{N_1 \times \ell_{bd1} + N_2 \times \ell_{bd2}}{\ell_{ab}} \\ = \frac{22.5 \times 400 + 147.9 \times 400}{450} = 151.5 \text{ kN}$$

- ・上弦材の作用軸力（引張り力）

$$N_{ab} = \frac{R_a}{\tan \theta} = \frac{151.5}{\tan(53.1)} = 113.7 \text{ kN}$$

- ・斜材の作用軸力（圧縮力）

$$N_{ac} = \frac{R_a}{\sin \theta} = \frac{151.5}{\sin(53.1)} = 189.4 \text{ kN}$$

- ・上弦材の応力度（軸方向引張り応力度）

$$\sigma_t = \frac{N_{ab}}{A_b} = \frac{113.7 \times 10^3}{21.710 \times 10^2} \\ = 52.4 \text{ N/mm}^2 \leq \sigma_{ta} = 210 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow \text{【OK】}$$

- ・斜材の応力度（軸方向圧縮応力度）

$$\begin{aligned}\sigma_c &= \frac{N_{ac}}{A_b} = \frac{189.4 \times 10^3}{21.710 \times 10^2} \\ &= 87.2 \text{ N/mm}^2 \leq \sigma_{ca} = 197 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow \text{【OK】}\end{aligned}$$

ここに、許容軸方向圧縮応力度 σ_{ca} については、斜材の細長比 r に基づいて、以下の通りに算定した。

$$r = \frac{\ell_{ac}}{i_x} = \frac{749.5}{2.68 \times 10} = 27.97$$

細長比 r に基づく許容軸方向圧縮応力度 σ_{ca} は、以下の通りとなる。

$$\begin{aligned}18 < r \leq 92 \\ \sigma_{ca} &= \{ 140 - 0.82 \times (r - 18) \} \times 1.5 \\ &= \{ 140 - 0.82 \times (27.97 - 18) \} \times 1.5 = 197 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

(3) 溶接部の照査

- ・曲げモーメント

$$\begin{aligned}M &= N_1 \times \ell_{bd1} + N_2 \times \ell_{bd2} \\ &= 22.5 \times 400 + 147.9 \times 400 = 68160 \text{ kN}\cdot\text{mm}\end{aligned}$$

- ・せん断力

$$S = N_1 + N_2 = 22.5 + 147.9 = 170.4 \text{ kN}$$

- ・曲げモーメントに起因するせん断応力度

$$\tau_m = \frac{M}{Z'} = \frac{68160 \times 10^3}{840000} = 81.1 \text{ N/mm}^2$$

- ・せん断力に起因するせん断応力度

$$\tau_s = \frac{S}{A'} = \frac{170.4 \times 10^3}{8400} = 20.3 \text{ N/mm}^2$$

- ・合成せん断応力

$$\begin{aligned}\tau &= \sqrt{(\tau_m^2 + \tau_s^2)} = \sqrt{(81.1^2 + 20.3^2)} \\ &= 83.6 \text{ N/mm}^2 \leq \tau'_a = 96 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow \text{【OK】}\end{aligned}$$

§ 1.4 鋼製台座および支圧板の検討（1段目/全3段）

1.4.1 設計条件

・設計アンカー力 : $T_d = 460.2 \text{ kN/本}$

・アンカー傾角 : $\alpha = 40.0^\circ$

・設計アンカー力の水平分力

$$T_{dh} = T_d \times \cos(\alpha) = 460.2 \times \cos(40.0) = 352.5 \text{ kN/本}$$

・設計アンカー力の鉛直分力

$$T_{dv} = T_d \times \sin(\alpha) = 460.2 \times \sin(40.0) = 295.8 \text{ kN/本}$$

・台座フランジの板厚 : $t_f = 16 \text{ mm}$

・台座フランジの幅 : $G = 100 \text{ mm}$

・台座o点の部材高さ : $h_o = 220.0 \text{ mm}$

・台座a点の部材高さ : $h_a = 81.8 \text{ mm}$

・台座b点の部材高さ : $h_b = 50.0 \text{ mm}$

・台座フック部の高さ : $h_f = 100 \text{ mm}$

・台座載荷点の偏心距離 : $\ell_{ao} = 164.7 \text{ mm}$

$$\ell_{ob} = 685.3 \text{ mm}$$

$$\ell_{ab} = \ell_{ao} + \ell_{ob} = 164.7 + 685.3 = 850 \text{ mm}$$

・支圧板の辺長 : $\ell_p = 200 \text{ mm}$

・支圧板の厚さ : $t_p = 20 \text{ mm}$

・支圧板の孔径 : $d_p = 74 \text{ mm}$

・アンカーヘッドの直径 : $D_r = 110 \text{ mm}$

・アンカーヘッドの周長 : $\ell_r = \pi \times D_r = \pi \times 110 = 345.6 \text{ mm}$

・許容曲げ引張り応力度 : $\sigma_{ta} = 210 \text{ N/mm}^2$

・許容せん断応力度 : $\tau_a = 120 \text{ N/mm}^2$

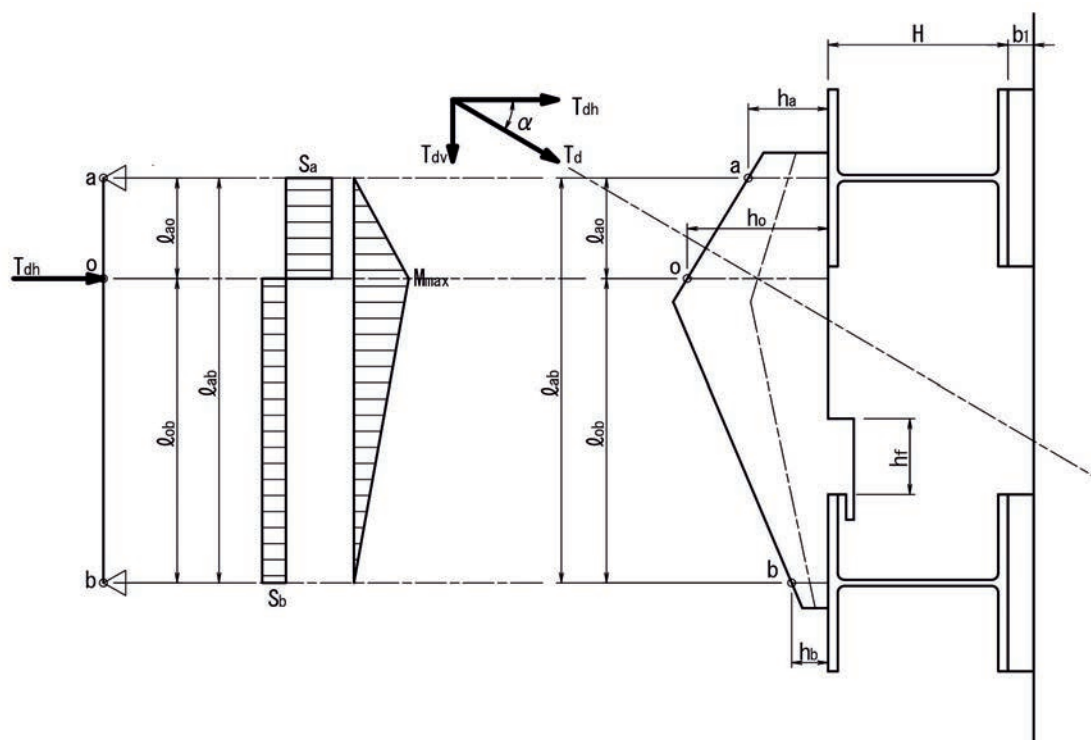


図-1. 4. 1 土留めアンカー用鋼製台座の検討断面

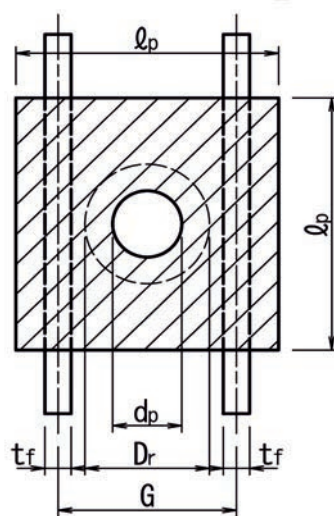


図-1. 4. 2 土留めアンカー用支圧板の検討図

1.4.2 鋼製台座の検討

(1) フランジ部の断面力の算出

- ・最大曲げモーメント

$$M_{\max} = \frac{\ell_{ao} \times \ell_{ob}}{\ell_{ab}} \times T_{dh}$$

$$= \frac{164.7 \times 685.3}{850.0} \times 352.5 \times 10^3 = 46807401 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

- ・a点におけるせん断力

$$S_a = \frac{\ell_{ob}}{\ell_{ab}} \times T_{dh}$$

$$= \frac{685.3}{850.0} \times 352.5 \times 10^3 = 284198 \text{ N}$$

- ・b点におけるせん断力

$$S_b = \frac{\ell_{ao}}{\ell_{ab}} \times T_{dh} = \frac{164.7}{850.0} \times 352.5 \times 10^3 = 68302 \text{ N}$$

(2) フランジ部の高さの照査

- ・o点における必要部材高さ

$$h_{omin} = \sqrt{\left(\frac{3 \times M_{\max}}{t_f \times \sigma_{ta}} \right)} = \sqrt{\left(\frac{3 \times 46807401}{16 \times 210} \right)} = 204.5 \text{ mm}$$

$$h_{omin} = 204.5 \text{ mm} \leq h_o = 220.0 \text{ mm} \Rightarrow \text{【OK】}$$

- ・a点における必要部材高さ

$$h_{amin} \geq \frac{S_a}{2 \times t_f \times \tau_a} = \frac{284198}{2 \times 16 \times 120} = 74.1 \text{ mm}$$

$$h_{amin} = 74.1 \text{ mm} \leq h_a = 81.8 \text{ mm} \Rightarrow \text{【OK】}$$

- ・b点における必要部材高さ

$$h_{bmin} \geq \frac{S_b}{2 \times t_f \times \tau_a} = \frac{68302}{2 \times 16 \times 120} = 17.8 \text{ mm}$$

$$h_{bmin} = 17.8 \text{ mm} \leq h_b = 50.0 \text{ mm} \Rightarrow \text{【OK】}$$

(3) フック部の高さの照査

- ・フック部における必要部材高さ

$$h_{fmin} \geq \frac{T_{dv}}{2 \times t_f \times \tau_a} = \frac{295.8 \times 10^3}{2 \times 16 \times 120} = 77.1 \text{ mm}$$

$$h_{fmin} = 77.1 \text{ mm} \leq h_f = 100 \text{ mm} \Rightarrow \text{【OK】}$$

1.4.3 支圧板の検討

(1) せん断に対する検討

- ・支圧板の必要辺長

$$\ell_s \geq \ell_{es} = 2 \times \frac{G - D_r}{2} + D_r = 2 \times \frac{100 - 110}{2} + 110 = 100.0 \text{ mm}$$

ただし、正方形の支圧版を用いる場合、以下の条件を満たす必要がある。

$$\ell_s \geq t_f/2 + G + t_f/2 = 16 / 2 + 100 + 16 / 2 = 116.0 \text{ mm}$$

以上より、曲げに対する支圧版の必要辺長として、以下の値を採用する。

$$\ell_s = 116.0 \text{ mm}$$

- ・支圧板の必要板厚

$$t_s \geq \frac{T_d}{\ell' \times \tau_a} = \frac{460.2 \times 10^3}{200.0 \times 120} = 19.2 \text{ mm}$$

ここに、設計アンカー力の有効分布長さ ℓ' については、アンカーヘッドの周長 ℓ_r と $2 \times \ell_{es}$ の内、小さい値を採用した。

$$[\ell_r = 345.6 \text{ mm}] \geq [2 \times \ell_{es} = 2 \times 100.0 = 200.0 \text{ mm}]$$

以上より、設計アンカー力の有効分布長さ ℓ' を以下の値とした。

$$\ell' = 200.0 \text{ mm}$$

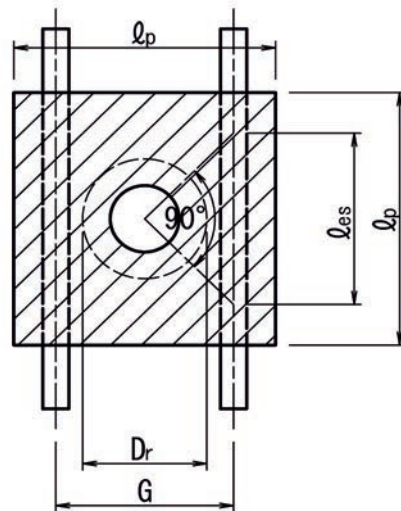


図-1.4.3 支圧板の検討図（せん断に対する検討）

(2) 曲げに対する検討

・支圧板の必要辺長

$$\ell_m \geq \frac{G}{2} + D_r = \frac{100}{2} + 110 = 160.0 \text{ mm}$$

ただし，正方形の支圧版を用いる場合，以下の条件を満たす必要がある。

$$\ell_m \geq t_f/2 + G + t_f/2 = 16 / 2 + 100 + 16 / 2 = 116.0 \text{ mm}$$

以上より，曲げに対する支圧板の必要辺長として，以下の値を採用する。

$$\ell_m = 160.0 \text{ mm}$$

・支圧板の必要板厚

$$t_m \geq \sqrt{\left(\frac{6 \times M_{\max}}{\ell_{em} \times \sigma_{ta}} \right)} = \sqrt{\left(\frac{6 \times 0}{86.0 \times 210} \right)} = 0.0 \text{ mm}$$

ここに，設計アンカー力の最小有効分布長さ b_{em} ，および単純梁と仮定した場合の最大曲げモーメント $M_{\max}$ については，以下の値を採用した。

$$\ell_{em} = \frac{G}{2} + D_r - d_p = \frac{100}{2} + 110 - 74 = 86.0 \text{ mm}$$

$$M_{\max} = \frac{T_d}{2} \times \frac{G - D_r}{2} \quad (\text{ただし, } G \geq D_r)$$

$$= \frac{460.2}{2} \times 10^3 \times \frac{100 - 110}{2} = 0 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

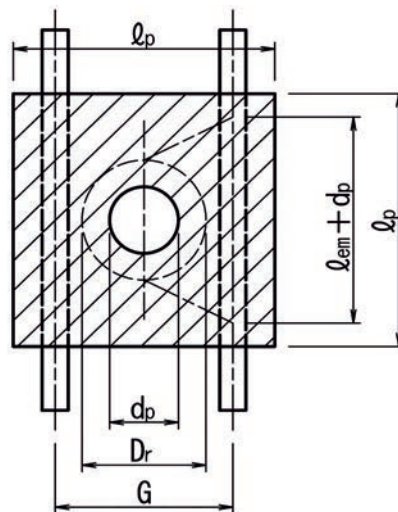


図-1.4.4 支圧板の検討図（曲げに対する検討）

(3) 支圧板の寸法

せん断および曲げに対する検討結果に基づき、支圧板の必要辺長 ℓ_{pmin} および必要板厚 t_{pmin} として、以下に示す値を採用する。

$$[\ell_s = 116.0 \text{ mm}] \leq [\ell_m = 160.0 \text{ mm}]$$

$$[t_s = 19.2 \text{ mm}] \geq [t_m = 0.0 \text{ mm}]$$

$$\bullet \text{ 支圧板の必要辺長} : \ell_{pmin} = 160.0 \text{ mm} \leq \ell_p = 200 \text{ mm} \Rightarrow \text{【OK】}$$

$$\bullet \text{ 支圧板の必要板厚} : t_{pmin} = 19.2 \text{ mm} \leq t_p = 20 \text{ mm} \Rightarrow \text{【OK】}$$

付表-1.1 KJS除去アンカー工法のテンドン許容引張り力, 最大試験荷重, アンカーヘッド径および支圧板孔径

アンカータイプ	削孔径	引張り材	許容引張り力	最大試験荷重	アンカーヘッド外径	支圧板の孔径
	(mm)	JIS G 3536 SWPR7B	(kN)	(kN)	(mm)	(mm)
J5- 2	φ 135	φ 12.7× 2本	214	252	φ 80	φ 55
J5- 4	φ 135	φ 12.7× 4本	428	504	φ 80	φ 55
J5- 6	φ 135	φ 12.7× 6本	642	756	φ 110	φ 74
J5- 8	φ 135	φ 12.7× 8本	856	1,008	φ 150	φ 104
J5-10	φ 135	φ 12.7×10本	1,070	1,260	φ 150	φ 104
J5-12	φ 135	φ 12.7×12本	1,284	1,512	φ 150	φ 104
J6-10	φ 135	φ 15.2×10本	1,526	1,795	φ 180	φ 128

「KJS除去アンカー工法技術資料；KJS協会，平成28年5月度版」より抜粋

付表-1.2 KJS除去アンカー工法の耐荷体配置（アンカー定着地盤の代表N値<50の場合）

アンカータイプ	第1耐荷体	第2耐荷体	第3耐荷体	第4耐荷体	第5耐荷体	第6耐荷体
J5- 2	シングル	—	—	—	—	—
J5- 4	シングル	シングル	—	—	—	—
J5- 6	シングル	シングル	シングル	—	—	—
J5- 8	シングル	シングル	シングル	シングル	—	—
J5-10	シングル	シングル	シングル	シングル	シングル	—
J5-12	シングル	シングル	シングル	シングル	シングル	シングル
J6-10	シングル	シングル	シングル	シングル	シングル	—

「KJS除去アンカー工法技術資料；KJS協会，平成28年5月度版」より抜粋

付表-1.3 KJS除去アンカー工法の耐荷体配置（アンカー定着地盤の代表N値≥50の場合）

アンカータイプ	第1耐荷体	第2耐荷体	第3耐荷体	第4耐荷体	第5耐荷体	第6耐荷体
J5- 2	シングル	—	—	—	—	—
J5- 4	ダブル	—	—	—	—	—
J5- 6	ダブル	シングル	—	—	—	—
J5- 8	ダブル	ダブル	—	—	—	—
J5-10	ダブル	ダブル	シングル	—	—	—
J5-12	ダブル	ダブル	シングル	シングル	シングル	シングル
J6-10	シングル	シングル	シングル	シングル	シングル	—

「KJS除去アンカー工法技術資料；KJS協会，平成28年5月度版」より抜粋

付表-1.4 H形鋼の標準断面寸法，断面積，単位質量および断面特性

規格 (呼称)	標準断面寸法				断面積	単位質量	断面二次モーメント		断面二次半径		断面係数	
	(mm)				(cm ²)	(kg/m)	(cm ⁴)		(cm)		(cm ³)	
	H	B	t1	t2	A	γ	I _x	I _y	i _x	i _y	Z _x	Z _y
H-100×100× 6.0× 8	100	100	6.0	8.0	21.59	16.9	378	134	4.18	2.49	75.6	26.7
H-125×125× 6.5× 9	125	125	6.5	9.0	30.00	23.6	839	293	5.29	3.13	134.0	46.9
H-150×150× 7.0×10	150	150	7.0	10.0	39.65	31.1	1,620	563	6.40	3.77	216.0	75.1
H-175×175× 7.5×11	175	175	7.5	11.0	51.42	40.4	2,900	984	7.50	4.37	331.0	112.0
H-200×200× 8.0×12	200	200	8.0	12.0	63.53	49.9	4,720	1,600	8.62	5.02	472.0	160.0
H-250×250× 9.0×14	250	250	9.0	14.0	91.43	71.8	10,700	3,650	10.80	6.32	860.0	292.0
H-300×300×10.0×15	300	300	10.0	15.0	118.40	93.0	20,200	6,750	13.10	7.55	1,350.0	450.0
H-350×350×12.0×19	350	350	12.0	19.0	171.90	135.0	39,800	13,600	15.20	8.89	2,280.0	776.0
H-400×400×13.0×21	400	400	13.0	21.0	218.70	172.0	66,600	22,400	17.50	10.10	3,330.0	1,120.0

「JIS G 3192-1994」より抜粋

付表-1.5 鋼製山留材の標準断面寸法，断面積，単位質量および断面特性

規格 (呼称)	標準断面寸法				断面積	単位質量	断面二次モーメント		断面二次半径		断面係数	
	(mm)				(cm ²)	(kg/m)	(cm ⁴)		(cm)		(cm ³)	
	H	B	t1	t2	A	γ	I _x	I _y	i _x	i _y	Z _x	Z _y
山留材H-200型	200	200	8	12	51.53	55.0	3,660	1,300	8.43	5.02	366.0	130.0
山留材H-250型	250	250	9	14	78.10	80.0	8,850	2,860	10.60	6.05	708.0	229.0
山留材H-300型	300	300	10	15	104.80	100.0	17,300	5,900	12.90	7.51	1,150.0	394.0
山留材H-350型	350	350	12	19	154.90	150.0	35,000	12,500	15.10	8.99	2,000.0	716.0
山留材H-400型	400	400	13	21	197.70	200.0	59,000	21,200	17.30	10.40	2,950.0	1,010.0

「丸紅建材リース株式会社 製品要覧；丸紅建材リース株式会社，平成28年5月度版」より抜粋

付表-1.6 等辺山形鋼の標準断面寸法，断面積，単位質量および断面特性

規格 (呼称)	標準断面寸法			断面積	単位質量	断面二次モーメント			断面二次半径			断面係数
	(mm)			(cm ²)	(kg/m)	(cm ⁴)			(cm)			(cm ³)
	A	B	t	A	γ	$I_x=I_y$	I_u	I_v	$i_x=i_y$	i_u	i_v	$Z_x=Z_y$
L— 50× 50× 4	50	50	4	3.892	3.06	9.06	14.40	3.74	1.53	1.92	0.98	2.49
L— 50× 50× 6	50	50	6	5.644	4.43	12.60	20.00	5.24	1.50	1.88	0.96	3.55
L— 50× 50× 8	50	50	8	7.364	5.78	16.10	25.40	6.78	1.48	1.86	0.96	4.62
L— 65× 65× 6	65	65	6	7.527	5.91	29.40	46.60	12.10	1.98	2.49	1.27	6.27
L— 65× 65× 8	65	65	8	9.761	7.66	36.80	58.30	15.30	1.94	2.44	1.25	7.97
L— 75× 75× 6	75	75	6	8.727	6.85	46.10	73.20	19.00	2.30	2.90	1.48	8.47
L— 75× 75× 9	75	75	9	12.690	9.96	64.40	102.00	26.70	2.25	2.84	1.45	12.10
L— 75× 75× 12	75	75	12	16.560	13.00	81.90	129.00	34.50	2.22	2.79	1.44	15.70
L— 90× 90× 7	90	90	7	12.220	9.59	93.00	148.00	38.30	2.76	3.48	1.77	14.20
L— 90× 90× 10	90	90	10	17.000	13.30	125.00	199.00	51.70	2.71	3.42	1.74	19.50
L— 90× 90× 13	90	90	13	21.710	17.00	156.00	248.00	65.30	2.68	3.38	1.73	24.80
L— 100× 100× 7	100	100	7	13.620	10.70	129.00	205.00	53.20	3.08	3.88	1.98	17.70
L— 100× 100× 10	100	100	10	19.000	14.90	175.00	278.00	72.00	3.04	3.83	1.95	24.40
L— 100× 100× 13	100	100	13	24.310	19.10	220.00	348.00	91.10	3.00	3.78	1.94	31.10
L— 130× 130× 9	130	130	9	22.740	17.90	366.00	583.00	150.00	4.01	5.06	2.57	38.70
L— 130× 130× 12	130	130	12	29.760	23.40	467.00	743.00	192.00	3.96	5.00	2.54	49.90
L— 130× 130× 15	130	130	15	36.750	28.80	568.00	902.00	234.00	3.93	4.95	2.53	61.50
L— 150× 150× 12	150	150	12	34.770	27.30	740.00	1176.00	304.00	4.61	5.82	2.96	68.10
L— 150× 150× 15	150	150	15	42.740	33.60	888.00	1410.00	365.00	4.56	5.75	2.92	82.60
L— 150× 150× 19	150	150	19	53.380	41.90	1090.00	1730.00	451.00	4.52	5.69	2.91	103.00

「JIS G 3192-1994」より抜粋