

参考資料

輪島市格差是正局

アンテナ柱設計計算書

地上高 7.0 m

コンクリートポール単柱タイプ H=7.0m

2026年7月

1.設計基準

平成19年度改正建築基準法に準拠して行う。

2.設計条件

(1) ポール仕様

コンクリートポール	9-19-3.5
末口径	0.190m
ポール長	9m
ポールテーパー	1/75

設計荷重	3.50kN
地際径	0.283m
H' : ポール荷重点の高さ 末口から	0.250m

(2) ポール地上高 (H')

H' =	7.0 m
h =	2.0 m (根入れ)

(3) 設計風速 (Vo)

該当地域	風 速
石川県輪島市	Vo = 30 m/s

(4) 地表面粗度区分

地表面粗度区分	該 当 地 域	建柱場所 該当区分
I	都市計画区域外 極めて平坦で、特定行政庁が規則で定める地域	III
II	都市計画区域外 I 以外の地域(建築物の高さが13m以下は除く) 都市計画区域内 IV以外の地域のうち 海岸線までの距離が500m以内&対岸幅1500m以上 〔建築物の高さが13m以下 海岸・湖岸線から200m以上で、高さが31m以内〕は除く	
III	I、II、IV以外の地域	
IV	都市計画区域内 都市化が著しく、特定行政庁が規則で定める地域	

(5) 速度圧(q)

$$q = 0.6 \cdot E \cdot V_o^2$$

ここに、

E: $E_r^2 \cdot G_f$

E_r : 平均風速の分布係数

G_f : ガスト影響係数

地表面粗度区分	Zb (m)	ZG (m)	α
I	5	250	0.10
II	5	350	0.15
III	5	450	0.20
IV	10	550	0.27
当該区分 III	5	450	0.2

H= 7.0	Er		
H ≤ Zb	Er = 1.7	$\left(\frac{Zb}{ZG} \right)^\alpha$	0.739
H > Zb	Er = 1.7	$\left(\frac{H}{ZG} \right)^\alpha$	

H= 7.0 地表面粗度区分	Gf		
	H≦10	10<H<40	H≧40
I	2.0	直線的に補間した値	1.8
II	2.2		2.0
III	2.5		2.1
IV	3.1		2.3
当該区分 III	2.500		

速度圧

$$\begin{aligned}
 q &= 0.6 \times Er^2 \times Gf \times Vo^2 \\
 &= 0.6 \times 0.739^2 \times 2.500 \times 30^2 \\
 &= 737.9 \quad (\text{N/m}^2)
 \end{aligned}$$

(6) 風力係数 (Cf)

煙突その他の円筒形の構造物のCfp

H/B	(1)	(2)	(3)
	H/B ≤ 1	1 < H/B < 8	H/B ≥ 8
Cfp	0.7・kz	直線的に補間した値	0.9・kz

コンクリートポールの場合はすべて	(3)	0.9・kz
------------------	-----	--------

装柱部材風力係数 Cfb

(閉鎖型の建築物の風上壁面と風下壁面とする)

Cfb	0.8・kz + 0.4
-----	--------------

kz		
H < Zb の場合		1.0
H > Zb の場合 (コンクリートポールの 場合はこれを使用)	Z < Zb の場合	$\left(\frac{Zb}{H} \right)^{2\alpha}$
	Z > Zb の場合	$\left(\frac{Z}{H} \right)^{2\alpha}$

(7) 電線張力

1) 電線仕様

n	品 名	仕上り外径 (m)	単位重量 (kN/m)	条 数	地上高 (m)
1	DV2R-8SQ φ 12×30,000	0.0120	0.002011	1	6.00
2	光ドロップケーブル	0.0040	0.000981	1	5.50

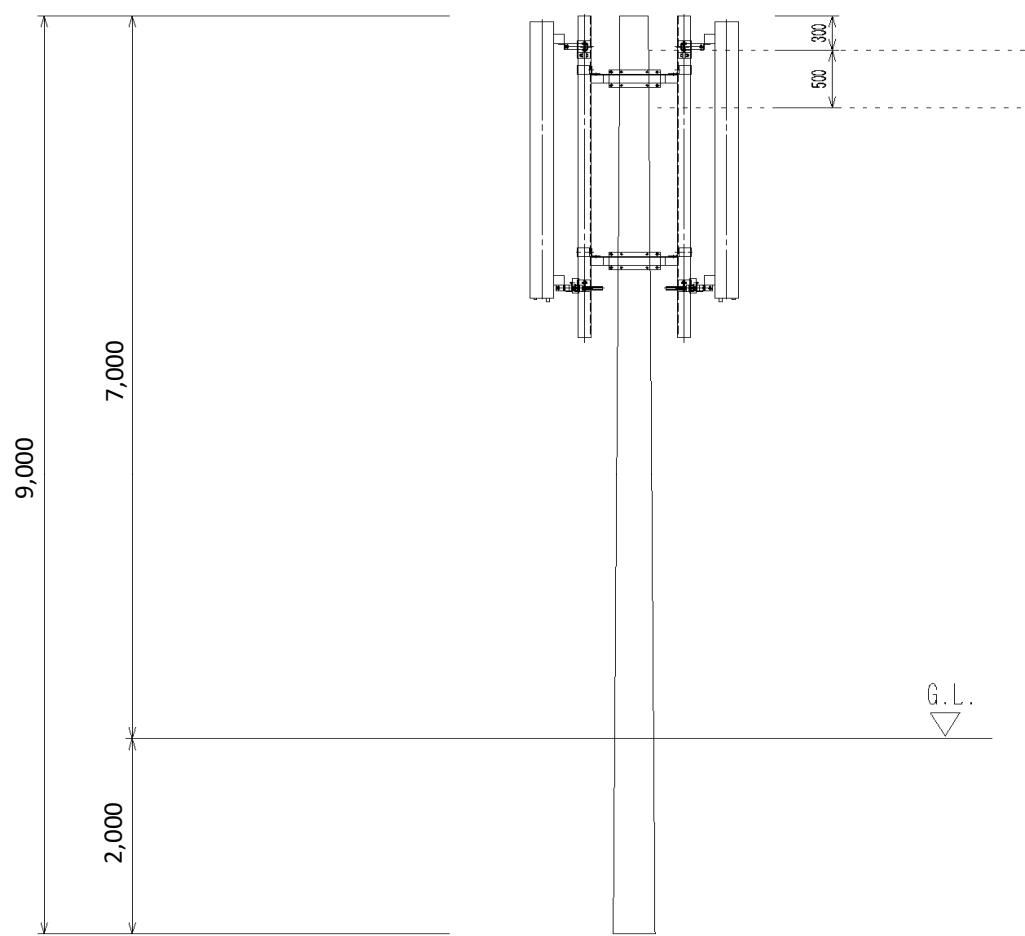
2) 電線スパン S= 30.0 m
平面角 360°

(8) 地震による水平力に関する係数

1) 地域係数 Z : 0.9

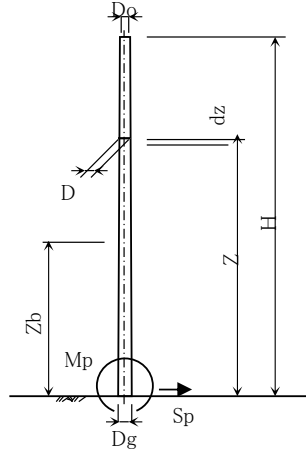
(9) 地盤条件 軟弱土質(D)

(10) 装柱图



3. 柱体部の強度検討

(1) ポール本体部の風圧荷重による作用せん断力及びモーメントの算出



T: テーパー

q: 速度圧

Cf: 風力係数

CfP1:	$Z < Z_b$ の場合(一定)	0.9	$\left(\frac{Z_b}{H}\right)^{2\alpha}$
CfP2:	$Z > Z_b$ の場合	0.9	$\left(\frac{Z}{H}\right)^{2\alpha}$

Do: 末口外径(m)

Dz: 地際外径(m)

H: ポール全地上高(m)

諸数値

T	0.013	q	737.9	CfP1	0.787	Zb	5
Do	0.19	Dg	0.283	H	7	α	0.2
H'	7						

1) 地際部作用せん断力(Pp)

$$\begin{aligned}
 P_p &= \int_0^{Z_b} C_{fP1} \cdot q \cdot (D_g - T \cdot Z) \, dz + \int_{Z_b}^{H'} C_{fP2} \cdot q \cdot (D_g - T \cdot Z) \, dz \\
 &= \left[C_{fP1} \cdot q \cdot D_g \cdot Z \right]_0^{Z_b} - \left[\frac{1}{2} \cdot C_{fP1} \cdot q \cdot T \cdot Z^2 \right]_0^{Z_b} \\
 &\quad + \left[\frac{1}{(2\alpha+1) \cdot H^{2\alpha}} \cdot 0.9 \cdot q \cdot D_g \cdot Z^{(2\alpha+1)} \right]_{Z_b}^{H'} \\
 &\quad - \left[\frac{1}{(2\alpha+2) \cdot H^{2\alpha}} \cdot 0.9 \cdot q \cdot T \cdot Z^{(2\alpha+2)} \right]_{Z_b}^{H'} \\
 &= C_{fP1} \cdot q \cdot D_g \cdot Z_b - \frac{1}{2} \cdot C_{fP1} \cdot q \cdot T \cdot Z_b^2 \\
 &\quad + \frac{1}{(2\alpha+1) \cdot H^{2\alpha}} \cdot 0.9 \cdot q \cdot D_g \cdot (H'^{(2\alpha+1)} - Z_b^{(2\alpha+1)}) \\
 &\quad - \frac{1}{(2\alpha+2) \cdot H^{2\alpha}} \cdot 0.9 \cdot q \cdot T \cdot (H'^{(2\alpha+2)} - Z_b^{(2\alpha+2)}) \\
 &= \frac{979}{979} \text{ N} = \frac{0.979}{0.979} \text{ KN}
 \end{aligned}$$

2) 地際部作用曲げモーメント (Mp)

$$\begin{aligned}
 M_p &= \int_0^{Z_b} C_{fP1} \cdot q \cdot (D_g - T \cdot Z) \cdot Z \, dz + \int_{Z_b}^{H'} C_{fP2} \cdot q \cdot (D_g - T \cdot Z) \cdot Z \, dz \\
 &= \left[\frac{1}{2} C_{fP1} \cdot q \cdot D_g \cdot Z^2 \right]_0^{Z_b} - \left[\frac{1}{3} \cdot C_{fP1} \cdot q \cdot T \cdot Z^3 \right]_0^{Z_b} \\
 &\quad + \left[\frac{1}{(2\alpha+2) \cdot H^{2\alpha}} \cdot 0.9 \cdot q \cdot D_g \cdot Z^{(2\alpha+2)} \right]_{Z_b}^{H'} \\
 &\quad - \left[\frac{1}{(2\alpha+3) \cdot H^{2\alpha}} \cdot 0.9 \cdot q \cdot T \cdot Z^{(2\alpha+3)} \right]_{Z_b}^{H'}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{1}{2} C_{fP1} \cdot q \cdot D_g \cdot Z_b^2 - \frac{1}{3} \cdot C_{fP1} \cdot q \cdot T \cdot Z_b^3 \\
&\quad + \frac{1}{(2\alpha+2) \cdot H^{2\alpha}} \cdot 0.9 \cdot q \cdot D_g \cdot (H^{(2\alpha+2)} - Z_b^{(2\alpha+2)}) \\
&\quad - \frac{1}{(2\alpha+3) \cdot H^{2\alpha}} \cdot 0.9 \cdot q \cdot T \cdot (H^{(2\alpha+3)} - Z_b^{(2\alpha+3)}) \\
&= \frac{1}{3253} \text{ N} \cdot \text{m} = 3.253 \text{ kN} \cdot \text{m}
\end{aligned}$$

(2) 装柱部材が受ける風圧荷重によるせん断力及び作用曲げモーメントの算出

Cfb			
Cfb1:	Z<Zb の場合(一定)	$0.8 \left[\frac{Z_b}{H} \right]^{2\alpha} + 0.4$	1.099
Cfb2:	Z>Zb の場合	$0.8 \left[\frac{Z}{H} \right]^{2\alpha} + 0.4$	——

Pb , Mb							
部材	数量	1台当り 受圧面積 A (m ²)	風力 係数 Cfb	速度圧 q (N/m ²)	風圧荷重 Pb (N)	作用点 高さ h (m)	地際作用 曲げモーメント Mb=Pb×h (N・m)
PDA-0823	2	0.258	1.20	738	456	7.00	3,192
アンテナ取付ポール	2	0.284	1.20	738	504	7.00	3,528
アンテナポール取付金具	2	0.046	1.18	738	80	6.50	520
アンテナポール取付金具	2	0.046	1.10	738	74	4.70	348
DV-2R 8sq	1	0.180	1.15	738	153	6.00	918
光ドロップケーブル	1	0.060	1.13	738	50	5.50	275
LC-10	4	0.051	1.10	738	164	2.30	377
合計					1,481		9,158

$$\begin{aligned}
P_b &= 1481 \text{ N} = 1.481 \text{ kN} \\
M_b &= 9158 \text{ N} \cdot \text{m} = 9.158 \text{ kN} \cdot \text{m}
\end{aligned}$$

(3) 架空電線が受ける風圧荷重による合成張力及び作用曲げモーメントの算出

諸定数

電線弛度 (%)		電線スパン (m)	
D'	4.0	S	30.0

①張力

$$T_n = \frac{W_n \times S^2}{8 \times D}$$

ここに、 T_n : 各電線の張力 (kN)
 W : 各電線の負担荷重 (kN/m)

台風時

$$W_n = \sqrt{W_{1n}^2 + W_{2n}^2}$$

常時

$$W_n = W_{1n}$$

W_{1n} : 各電線の重量 (kN/m)

W_{2n} : 各電線の風圧重量 (kN/m)

$$W_{2n} = K_2 \times d_n$$

K_2 : 架渉線の垂直投影面積 1m^2 当たりの風圧荷重 (kN/m²)

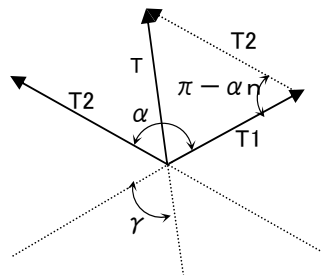
d_n : 各架渉線の直径 $d'n \times$ 条数 N_n (m)

S : 電線スパン (m)

D : 電線弛度(電線スパンの 4 %とする) (m)

$$\text{弛度高さ } S \times 0.040 = 0.60 \text{ (m)}$$

②合成張力



$$T = \sqrt{T_1^2 + T_2^2 - 2 \cdot T_1 \cdot T_2 \cdot \cos(\pi - \alpha n / 180 \cdot \pi)}$$

$$\gamma = \cos^{-1}((T^2 + T_1^2 - T_2^2) / (2 \cdot T \cdot T_1)) \cdot 180$$

ここに、 T : 合成力 (kN)

T_1 : 電線張力1 (kN)

T_2 : 電線張力2 (kN)

αn : 電線の平面角 (°)

n	品 名	単位重量 W' (kN/m)	条数 Nn	W ₁ n W'×Nn (kN/m)	dn (m)	W ₂ n Cfb・q・ dn/1000 (kN/m)	電線張力T _n n=((W ₁ n ² +W ₂ n ²) ^{0.5} ・ S ²)/(8・S・ D'/100) (kN)	地上 高 hn (m)	電線張力による地際に働く モーメント Mn= Tn・hn (kN・m)	頂部換算 荷重(kN)
1	DV-2R 8sq	0.00201	1	0.00201	0.0120	0.00973	0.932	6.0	5.591	0.828
2	光ドロップケーブル	0.00098	1	0.00098	0.0040	0.00340	0.332	5.5	1.825	0.270
合計									7.416	1.099

合成張力

$$T = \sqrt{T_1^2 + T_2^2 - 2 \cdot T_1 \cdot T_2 \cdot \cos(\pi - \alpha_n / 180 \cdot \pi)}$$

$$= 1.099 \quad (\text{kN})$$

合成角

$$\gamma = \cos^{-1}((T^2 + T_1^2 - T_2^2) / (2 \cdot T \cdot T_1)) \cdot 180$$

$$= 0.0^\circ$$

合成張力による曲げモーメント

$$M_d = 1.099 \times (7.0 - 0.25) = 7.416 \quad \text{kN} \cdot \text{m}$$

(4) 風圧による地際作用せん断力の合計 (Q)

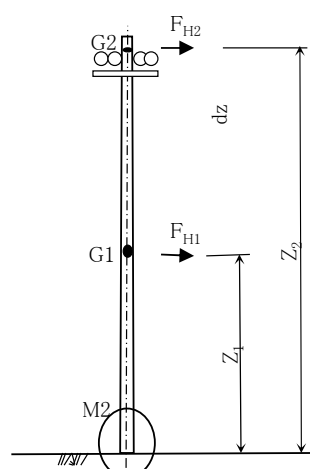
$$Q = P_p + P_b + T = 1.177 + 1.481 + 1.099 = 3.756 \quad \text{kN}$$

(5) 風圧による地際作用モーメントの合計 (M)

$$M = M_p + M_b + M_d = 3.253 + 9.158 + 7.416 = 19.827 \quad \text{kN} \cdot \text{m}$$

(5) 地震に対する検討

※地震時(建設省告示第1449による)地上部



地震による曲げモーメント

$$M_i = 0.4h_i C_{si} W_i$$

地震によるせん断力

$$F_i = C_{si} W_i$$

ここに、

h : 煙突等(ポール)の地盤面からの高さ(m)

$$C_{si} \geq 0.3Z \left(1 - \frac{h_i}{h} \right)$$

$$h_i = 0$$

基本条件

Z : 地域係数 1.0

h : ポール高さ 7.0 m

計算結果

部 位	i	h_i (m)	$0.3Z \left(1 - \frac{h_i}{h} \right)$	C_{si}	w_i (kN)	$F_i = C_{si} \cdot W_i$ (kN)	$M_i = 0.4 \cdot h' \cdot F_i$ (kN・m)
GL	1	7.00	0.300000	0.3	3.58	1.07	1.17

(6) 風圧及び地震による数値の比較

柱体の安全性、基礎の計算に用いる水平力・作用曲げモーメントは、作用曲げモーメントの大きな方を用いるものとする。

$$M_1 = 19.827 > 1.169 = M_j \quad \therefore \text{風圧の数値を用いる。}$$

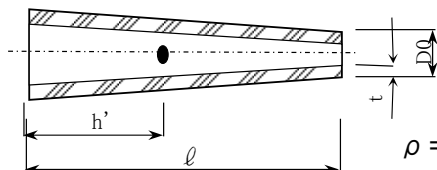
$$\text{水平力: } Q = 3.756 \text{ (kN)} \quad \text{作用曲げモーメント: } M = 19.827 \text{ (kN・m)}$$

※ 重量と重心位置の計算

GL	重量 W kN	重心高さ h' m
コン柱	3.579	2.723
装柱部材	1.471	6.050
合計	5.050	3.692

※装柱部材の重心高さは安全側にポールの設計荷重点とする。

簡易式による計算



重量計算(テーパ=1/75)

$$V = \pi \ell t (D_0 + 0.00667 \ell - t)$$

$$W = V \cdot \rho \cdot 9.81$$

$$\rho = 2.5 \quad \ell = 6.3 \quad D_0 = 0.19 \quad t = 0.038$$

重心高さ

$$h' = \frac{3 * \ell * (d_0 - t) + 1 / T * \ell^2}{6 * (d_0 - t) + 3 / T * \ell} - 0.2 \quad T \text{はテーパの逆数: } 75$$

0.2は鉄筋配置等による距離修正

(7) 柱体安全性の検討

1) ポール仕様

コンクリートポール 9-19-3.5

2) ポールのひび割れ試験曲げモーメント (Mpa)

$$\begin{aligned} M_{pa} &= P \times H \\ &= 3.50 \times 6.75 \\ &= 23.625 \text{ kN} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

ここに、P：ひび割れ試験荷重 = 3.50 kN

H：ポール荷重点の高さ
= 7.0 - 0.25 = 6.75 m

3) 柱体部の安全率 (Fp)

$$F_p = \frac{M_{pa}}{M} = \frac{23.625}{19.827} = 1.19 > 1.00 \quad \text{OK}$$

4. 基礎の強度検討

(1) 基礎の安全率計算式

$$f \leq \frac{K D_0 t^4}{120P(H+t_0)^2} \quad \text{-----} \quad \text{根かせがない場合}$$

$$f \leq \frac{0.3K(D_0 Q t^4 + A J)}{P(H+t_0')^2} \quad \text{-----} \quad \text{根かせがある場合}$$

ここに、
 f : 支持物の基礎安全率
 D_0 : 支持物の地際の直径 (m)
 t : 支持物の根入れの深さ (m)
 H : 集中荷重点の地表上の高さ (m)
 P : 頂部換算荷重 (kN)
 t_c : 地表面から根かせ中心までの深さ (m)
 t_0 : 地表面から支持物の回転中心までの深さ(根かせがない場合) (m)

$$t_0 = \frac{2}{3} t$$

t_0' : 地表面から支持物の回転中心までの深さ(根かせがある場合) (m)

$$t_0' = \frac{2}{3} \left(\frac{t^2 + 3n t c^2}{t + 2n t c} \right)$$

$$n = \frac{A}{A_1}$$

A : 根かせの面積 (m²)

$$A = (L - D_0) d$$

L : 根かせの長さ (m)

d : 根かせの幅 (m)

A_1 : 支持物基礎部の面積 (m²)

$$A_1 = D_0 t$$

$$Q = \frac{1}{12} (6m^2 - 8m + 3)$$

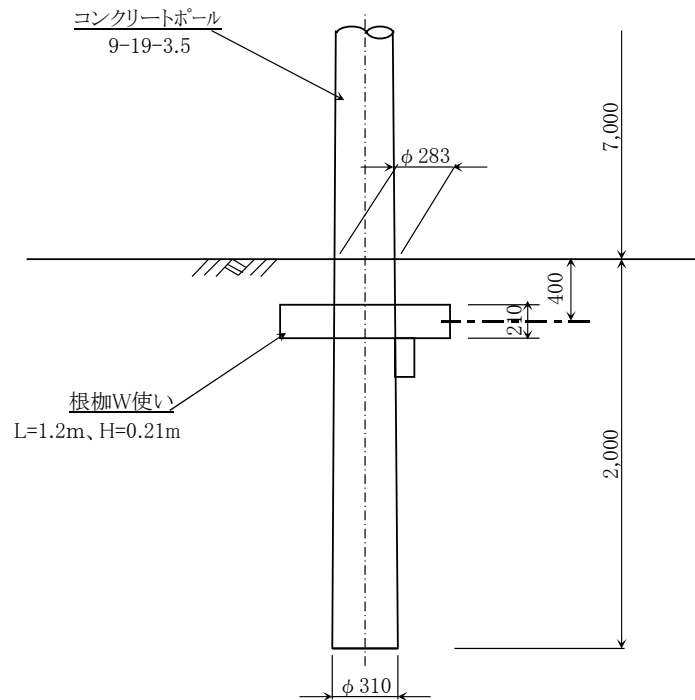
$$m = \frac{t_0'}{t}$$

$$J = (t_0' - t c)^2 t c$$

K : 土質係数で下表の値とする (kN/m⁴)

土質の種類			土質係数 (kN/m ⁴)
普通土質	[A]	固まっている土又は砂、多数の砂利、石塊まじりの土などで硬い土の部類に属するもの	3.9×10^4
	[B]	固まっている土又は砂、多数の砂利、石塊まじりの土などで軟かい土の部類に属するもの	2.9×10^4
軟弱土質	[C]	流砂(土がまじらないもの)	2×10^4
	[D]	水分の多い粘土、腐食土、盛土など軟弱な土(深田を除く)	0.8×10^4

(2) 基礎形状図



$$D_0 = 0.283 \text{ m} \quad t = 2.000 \text{ m} \quad H = 6.750 \text{ m} \quad t_c = 0.400 \text{ m}$$

$$P = 19.827 / 6.750 = 2.937 \text{ kN}$$

$$A = (1.200 - 0.283) \times 0.210 = 0.193 \text{ m}^2$$

$$A_1 = 0.283 \times 2.000 = 0.567 \text{ m}^2$$

$$n = \frac{0.193}{0.567} = 0.340$$

$$t_0' = \frac{2}{3} \times \frac{2.000^2 + 3 \times 0.340 \times 0.400^2}{2.000 + 2 \times 0.340 \times 0.400} = 1.222 \text{ m}$$

$$m = \frac{1.222}{2.000} = 0.611$$

$$Q = \frac{1}{12} \times (6 \times 0.611^2 - 8 \times 0.611 + 3) = 0.0293$$

$$J = (1.222 - 0.400)^2 \times 0.400 = 0.270$$

$$K = 0.8 \times 10^4 \text{ kN/m}^4$$

$$f = \frac{0.3 \times 0.8 \times 10^4 \times (0.283 \times 0.0293 \times 2.000^4 + 0.193 \times 0.270)}{2.94 \times (6.750 + 1.222)^2}$$

$$= 2.37 > 2.0 \quad \text{OK}$$