

殿

強度計算書

西新宿 5 G

サインージ型

強度検討

2021年3月26日

1. 計算条件

1). 設計基準：JIL日本照明器具工業会規格等に準拠する。

2). 設計風速： $V = 50 \text{ m/s}$ 3). 風荷重： $P = q \cdot C \cdot A \text{ (N)}$

ここで

 q : 速度圧 (N/m^2) 空気密度 $\rho = 1.23 \text{ N} \cdot \text{sec}^2/\text{m}^4$ $q = 1/2 \cdot \rho \cdot V^2 = 1537.5 \text{ N/m}^2$ C : 風力係数

□鋼管: 1.3 カバー: 1.2 装柱物: 1.0

 A : 受風圧面積 (m^2)

4). 短期許容曲げ応力度 (SS400, STK400, STKR400, FCD450)

 $sfb = 235 \text{ N/mm}^2$

5). 支持柱の仕様

上柱: □ 150 × 75 × t6.0 STKR400

断面係数: $Z_x = 90.56 \text{ cm}^3$ $Z_y = 60.67 \text{ cm}^3$

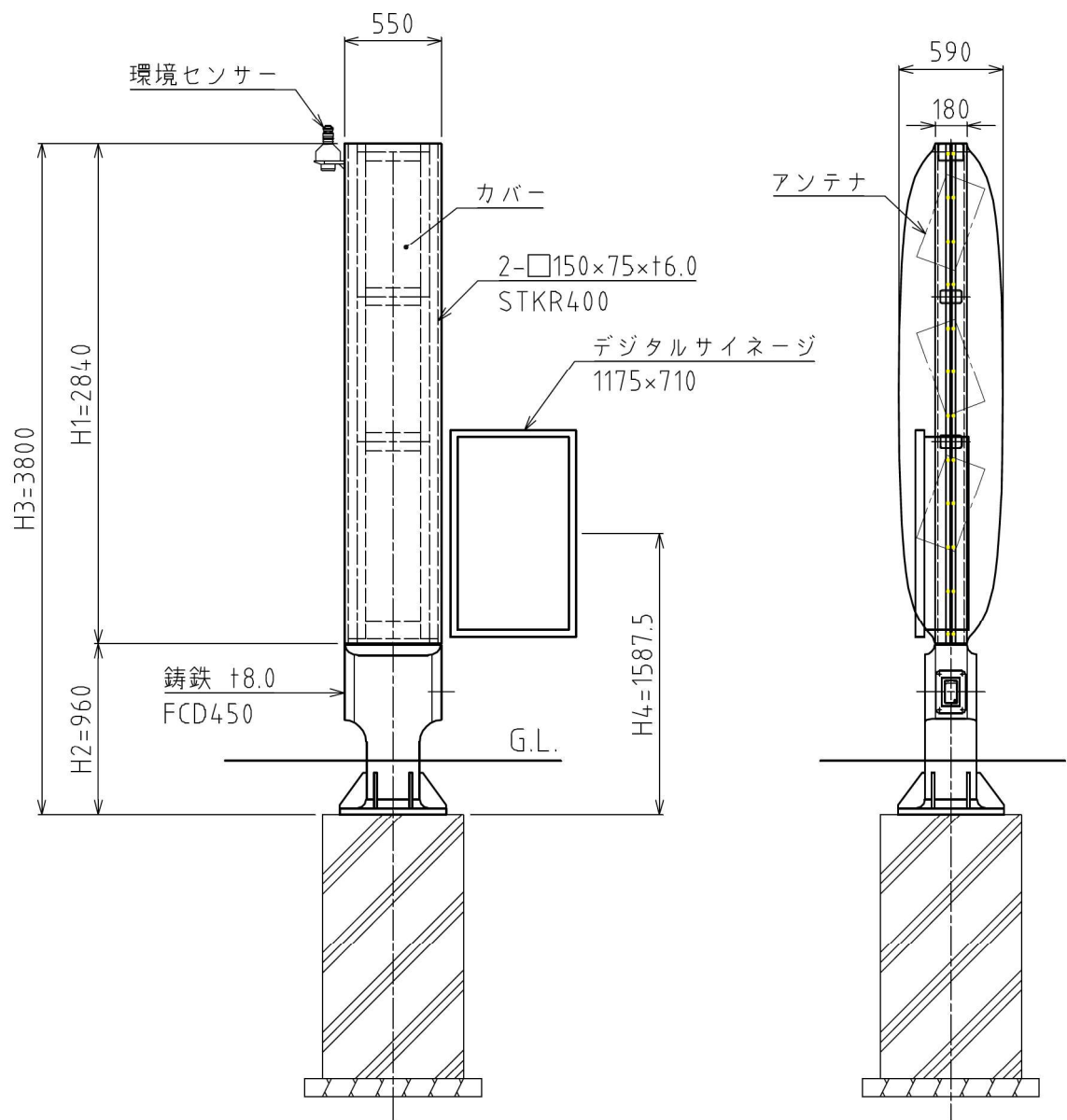
下柱: □ 300 × 300 × t8.0 FCD450

断面係数: $Z_x = 861.73 \text{ cm}^3$ $Z_y = 861.73 \text{ cm}^3$

$$Z = \left(\frac{1}{12} \cdot ((D2 - 4 \cdot t) \cdot (D1^3 - (D1 - 2 \cdot t)^3) + 2 \cdot t \cdot (D1 - 4 \cdot t)^3) + \frac{4}{3} \cdot t^4 + 3 \cdot t^2 \cdot \pi \cdot (D1/2 - t)^2 \right) / 1000 / (D1/2)$$

 $D1$ 、 $D2$: 各辺の長さ t : 板厚

2. 仕様略図



3. 上柱の検討(直風時) □150 × 75 × t6 STKR400 Zx= 90.56 cm³Zy= 60.67 cm³

1). 荷重計算

	名 称	単位重量 W(N)	個数	固定荷重 (N)	受風面積 (m ²)	風力係数 C	単位風荷重 P(N)	個数 (受風物)	風荷重 (N)
1	アンテナ	196.1	3	588.3					
2	環境センサー	98.1	1	98.1	0.035	1.0	53.8	1	53.8
3	カバー	231.4	1	231.4	1.562	1.2	2881.9	1	2881.9
4	サイネージ	3432.3	1	3432.3	0.834	1.2	1539.2	1	1539.2
5	上柱	538.6	2	1077.2					
		鉛直力 N1=		5427.3			水平力 Pmax1=		4474.9

2). 風時曲げモーメント

$$Mp1 = P2 \cdot (H3-H2) + P3 \cdot H1/2 + P4 \cdot (H4-H2) = 5210.9 \text{ N} \cdot \text{m}$$

3). 曲げ応力度

$$c \sigma b = Mp1 / (2 \cdot Z) = 28.8 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{c \sigma b}{sfb} = \frac{28.8}{235} = 0.123 < 1.0 \cdots 0. K$$

4. 下柱の検討(直風時) □300 × 300 × t8 FCD450 Zx= 861.73 cm³Zy= 861.73 cm³

1). 荷重計算

	名 称	単位重量 W(N)	個数	固定荷重 (N)	受風面積 (m ²)	風力係数 C	単位風荷重 P(N)	個数 (受風物)	風荷重 (N)
1	アンテナ	196.1	3	588.3					
2	環境センサー	98.1	1	98.1			53.8	1	53.8
3	カバー	231.4	1	231.4			2881.9	1	2881.9
4	サイネージ	3432.3	1	3432.3			1539.2	1	1539.2
5	上柱	538.6	2	1077.2					
6	下柱	678.4	1	678.4	0.288	1.3	575.6	1	575.6
		鉛直力 N2=		6105.7			水平力 Pmax2=		5050.5

2). 風時曲げモーメント

$$Mp2 = P2 \cdot H3 + P3 \cdot (H1/2 + H2) + P4 \cdot H4 + P6 \cdot H2/2 = 9783.1 \text{ N} \cdot \text{m}$$

3). 曲げ応力度

$$c \sigma b = Mp2 / Z = 11.4 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{c \sigma b}{sfb} = \frac{11.4}{235} = 0.049 < 1.0 \cdots 0. K$$

5. 上柱の検討(斜風時) □150 × 75 × t6 STKR400 Zx= 90.56 cm³Zy= 60.67 cm³

1). 荷重計算

	名 称	単位重量 W(N)	個数	固定荷重 (N)	受風面積 (m ²)	風力係数 C	単位風荷重 P(N)	個数 (受風物)	風荷重 (N)
1	アンテナ	196.1	3	588.3					
2	環境センサー	98.1	1	98.1			53.8	1	53.8
3	カバー	231.4	1	231.4	1.676	1.2	3092.2	1	3092.2
4	サイネージ	3432.3	1	3432.3	0.906	1.2	1671.4	1	1671.4
5	上柱	538.6	2	1077.2					
		鉛直力 N1=		5427.3	水平力 Pmax1'=				4817.4

2). 風時曲げモーメント

$$Mp1' = P2 \cdot (H3-H2) + P3 \cdot H1/2 + P4 \cdot (H4-H2) = 5592.5 \text{ N} \cdot \text{m}$$

3). 曲げ応力度

$$c \sigma b = Mp1' / 2^{0.5} / (2 \cdot Zx) + Mp1' / 2^{0.5} / (2 \cdot Zy) = 54.4 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{c \sigma b}{sfb} = \frac{54.4}{235} = 0.231 < 1.0 \dots 0. K$$

6. 下柱の検討(斜風時) □300 × 300 × t8 FCD450 Zx= 861.73 cm³Zy= 861.73 cm³

1). 荷重計算

	名 称	単位重量 W(N)	個数	固定荷重 (N)	受風面積 (m ²)	風力係数 C	単位風荷重 P(N)	個数 (受風物)	風荷重 (N)
1	アンテナ	196.1	3	588.3					
2	環境センサー	98.1	1	98.1			53.8	1	53.8
3	カバー	231.4	1	231.4			3092.2	1	3092.2
4	サイネージ	3432.3	1	3432.3			1671.4	1	1671.4
5	上柱	538.6	2	1077.2					
6	下柱	678.4	1	678.4	0.407	1.3	813.5	1	813.5
		鉛直力 N2=		6105.7	水平力 Pmax2'=				5630.9

2). 風時曲げモーメント

$$Mp2' = P2 \cdot H3 + P3 \cdot (H1/2 + H2) + P4 \cdot H4 + P6 \cdot H1 = 10607.7 \text{ N} \cdot \text{m}$$

3). 曲げ応力度

$$c \sigma b = Mp2' / 2^{0.5} / Zx + Mp2' / 2^{0.5} / Zy = 17.4 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{c \sigma b}{sfb} = \frac{17.4}{235} = 0.074 < 1.0 \dots 0. K$$

7. 基礎部に加わる応力

1). 直風時

- ・鉛直力 N = 6105.7 N
- ・水平力 P = 5050.5 N
- ・曲げモーメント M = 9783.1 N・m

2). 斜風時

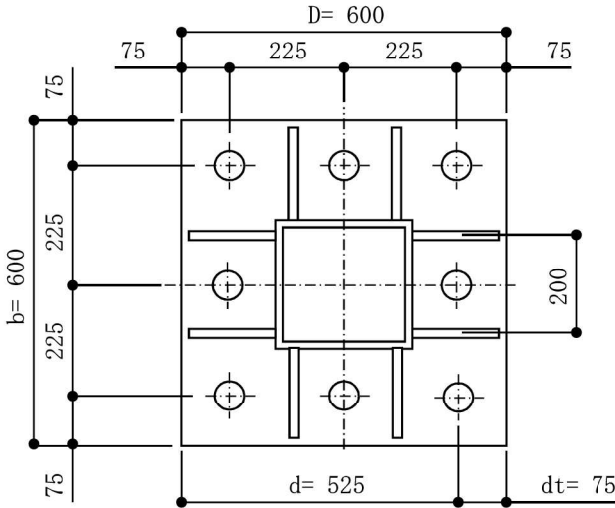
- ・鉛直力 N = 6105.7 N
- ・水平力 P = Pmax2' / 2^{0.5} = 3981.6 N
- ・曲げモーメント M = Mp2' / 2^{0.5} = 7500.8 N・m

柱脚部の検討

1. 仕様図

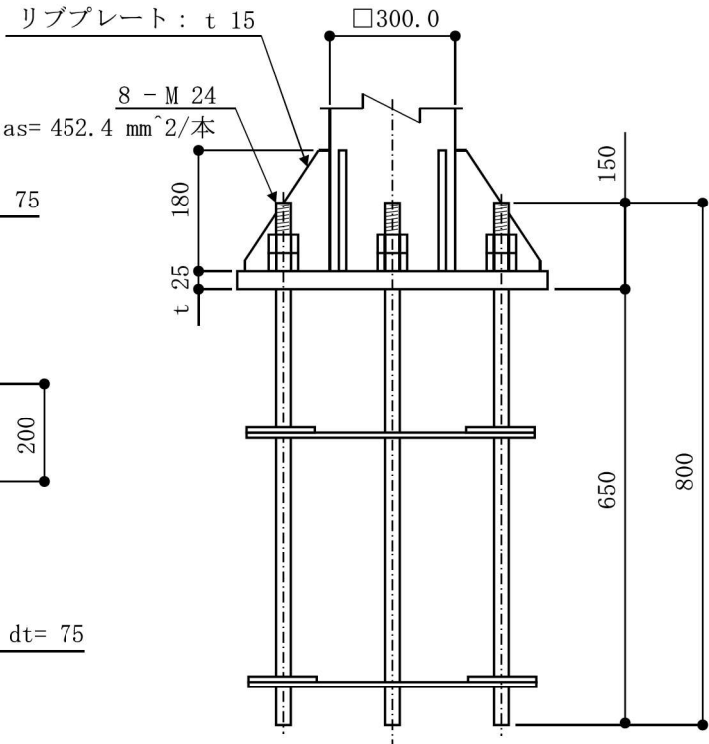
・存在応力

鉛直力	N	6105.7 N
水平力	P	5050.5 N
曲げモーメント	M	9783.1 N・m



引張り側ボルト本数 n=3本

基礎体の設計基準強度 Fc= 18 N/mm²



2. 許容応力度

〈長期許容応力度〉

コンクリートの許容圧縮応力度	fc	4.5 N/mm ²
丸鋼の許容付着応力度	fa	0.7 N/mm ²
ボルトの許容引張応力度	ft	120 N/mm ²
鋼材の許容せん断応力度	fs	90.4 N/mm ²

※短期は長期の1.5倍

3. 強度検討

1). 中立軸の算定

偏心距離 eo= M/N = 1602.29 mm

ヤング係数比 no= 15

引張り側ボルト断面積 at= as・n(本) = 1357.2 mm²

$$X_n^3 + 3 \cdot (e_o - D/2) \cdot X_n^2 - (6 \cdot n_o \cdot a_t / b) \cdot (e_o + D/2 - d_t) \cdot (d - X_n) = 0$$

$$X_n^3 + 3907 \cdot X_n^2 + 372000 \cdot X_n - 195299842 = 2602559$$

∴ 中立軸 X_n = 179.2 mm

2). コンクリート最大圧縮応力度の算定

$$\sigma_c = 2 \cdot N \cdot (e_o + D/2 - d_t) / \{ b \cdot X_n \cdot (d - X_n/3) \} = 0.45 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_c / (f_c \cdot 1.5) = 0.067 < 1.0 \quad \therefore \text{OK}$$

3). アンカーボルトの検討

$$\text{引張力 } T = N \cdot (e_0 - D/2 + X_n/3) / (d - X_n/3) = 17874.0 \text{ N}$$

$$\text{引張応力度 } \sigma_t = T/at = 13.17 \text{ N/mm}^2$$

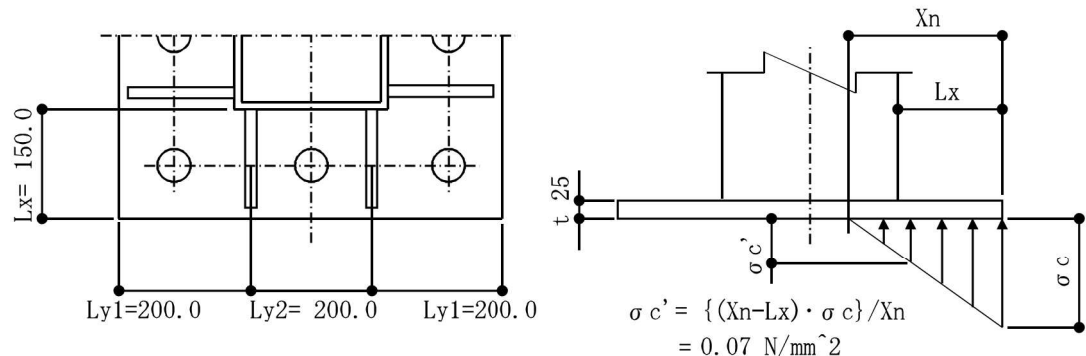
$$\sigma_t / (f_t \cdot 1.5) = 0.073 < 1.0 \quad \dots \text{O.K.}$$

$$\text{必要埋込長の算定 } L_a = \sigma_t \cdot \phi / (6 \cdot f_a \cdot 1.5) = 50 \text{ mm以上}$$

$$50 \text{ mm} < 650 \text{ mm} \quad \dots \text{O.K.}$$

4). ベースプレートの算定

リブプレートに囲まれた部分を長方形とする2辺固定版及び、3辺固定版として算定する。



・ 応力算定

圧縮反力を平均等分布で作用させて

$$\text{単位圧縮応力度 } w = (\sigma_c + \sigma_c') / 2 = 0.26 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{2辺固定版 } Ly1/Lx = 1.33 \text{ より } \alpha_2 = 0.362$$

$$\text{3辺固定版 } Ly2/Lx = 1.33 \text{ より } \alpha_3 = 0.151$$

$$\text{よって2辺固定版にて決定する。 } \alpha = 0.362$$

$$\text{自由辺曲げモーメント } M_0 = w \cdot Lx^2 \cdot \alpha = 2115.8 \text{ N} \cdot \text{mm/mm} \quad (Lx_0 = 150.0)$$

・ 断面算定

$$\text{必要板厚 } t = \{6 \cdot M_0 / (f_b1 \cdot 1.5)\}^{0.5} = 6.9 \text{ mm} < 25 \text{ mm} \quad \dots \text{O.K.}$$

※ $f_b1 = 180 \text{ N/mm}^2$ (面外荷重に対する許容曲げ応力度)-鋼構造設計基準(日本建築学会)

5). リブプレートの算定 PL-t 15 長さ h= 180 mm

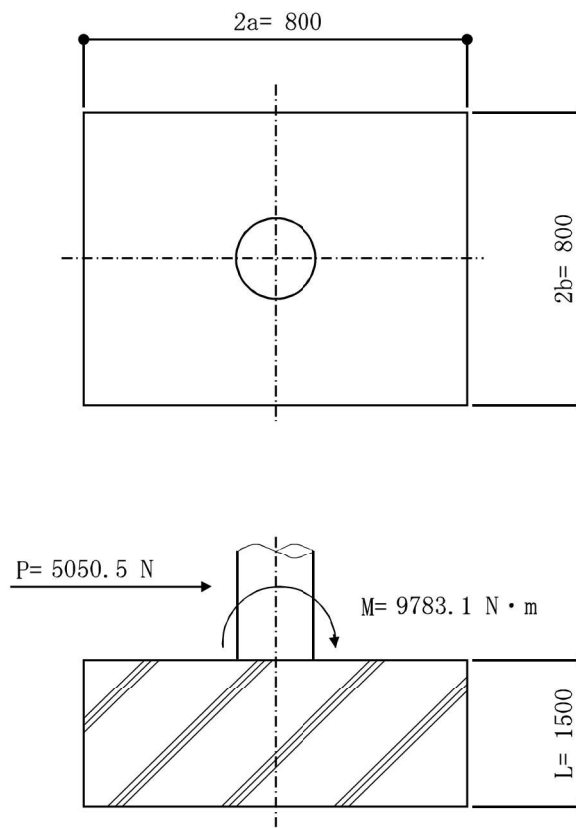
$$\text{せん断力 } Q = w \cdot Lx^2 \cdot 2 = 11700.0 \text{ N}$$

$$\text{せん断応力度 } \tau = Q / (t \cdot h) = 4.33 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau / (f_s \cdot 1.5) = 0.032 < 1.0 \quad \dots \text{O.K.}$$

1. 設計基準：道路標識設置基準・同解説等に準拠し計算を行う。

2. 仕様図



3. 計算条件

1). 基礎の安定は、基礎前面地盤の水平地盤反力度が、その点における地盤受働土圧強度を上まわらなければよい。

2). 底面の地盤反力度は、三角形分布又は台形分布しているものとする。

3). 基礎周辺の地盤は、N値 10 程度の砂質地盤とする。

4). 土の単位体積重量は、 $\gamma = 17 \text{ KN/m}^3$ とし、受働土圧係数は、 $K_p = 3.53$ とする。

・受働土圧係数 K_p

内部摩擦角 $\phi = 15 + (15 \times N)^{0.5} = 27.2^\circ = 0.476 \text{ rad}$

$K_p = (\cos \phi)^2 / (\cos \delta \cdot [1 - \{\sin(\phi - \delta) \cdot \sin(\phi + \alpha) / (\cos \delta \cdot \cos \alpha)\}^{0.5}]^2) = 3.53$

ここで $\delta = -\phi/3 = -0.159 \text{ rad}$, $\alpha = 0$

5). 基礎本体(コンクリート)の単位体積重量は、 $\gamma_c = 23 \text{ KN/m}^3$ とする。

6). 地盤反力係数の推定に用いる係数 $\alpha = 2$

4. 基礎の検討

1). 水平方向地盤反力係数

$$KH = KHo \cdot (BH/30)^{-3/4} = 84.8 \text{ N/cm}^3$$

ここで

$$KHo = \alpha \cdot Eo \cdot 1.2/30 = 224.0 \text{ N/cm}^3$$

$$Eo = 280 \cdot N = 2800.0 \text{ N/cm}^2$$

$$BH = (2b \cdot L)^{0.5} = 109.5 \text{ cm}$$

2). 鉛直方向地盤反力係数

$$KV = KVo \cdot (BV/30)^{-3/4} = 89.5 \text{ N/cm}^3$$

ここで

$$KVo = \alpha \cdot Eo \cdot 1.0/30 = 186.7 \text{ N/cm}^3$$

$$Eo = 280 \cdot N = 2800.0 \text{ N/cm}^2$$

$$BV = (2a \cdot 2b)^{0.5} = 80.0 \text{ cm}$$

3). β の算定

$2a \cdot 2b \cdot L \cdot \gamma_c = KV \cdot a^3 \cdot \theta \cdot \nu_1$ となるための β を定める。

$$2a \cdot 2b \cdot L \cdot \gamma_c = 22.08$$

$$\beta = 62.2^\circ \text{ と仮定する。} \quad (\beta = 1.08498 \text{ rad})$$

$$n = 2b/2a = 1$$

$$\nu_1 = n \cdot (1 + n \cdot \cot \beta)^2 = 2.3349$$

$$\nu_2 = n/3 \cdot (2 - n \cdot \cot \beta) (1 + n \cdot \cot \beta)^2 = 1.1456$$

$$K1 = b \cdot KH \cdot L = 508800$$

$$K2 = 2/3 \cdot b \cdot KH \cdot L^2 = 50880000$$

$$K3 = 1/2 \cdot b \cdot KH \cdot L^3 + KV \cdot a^4 \cdot \nu_2 = 5986484488$$

$$\theta = (M \cdot K1 + P \cdot K2) / (K1 \cdot K3 - K2^2) = 0.001651$$

$$KV \cdot a^3 \cdot \theta \cdot \nu_1 = 22.0801 \quad \beta \text{ 値精度 (仮定値の確認)} = 0.00 \% \quad 0.K!$$

4). 安定確認

基礎部の安定確認は、次式が成立することを確認する。

$$h \cdot \theta \leq 2.4 \cdot L \cdot \gamma \cdot (Kp/KH)$$

$$\text{故に } h \cdot \theta = (M \cdot K2 + P \cdot K3) / (M \cdot K1 + P \cdot K2) \cdot \theta = 0.00175$$

$$2.4 \cdot L \cdot \gamma \cdot (Kp/KH) = 0.00255$$

$$h \cdot \theta \leq 2.4 \cdot L \cdot \gamma \cdot (Kp/KH) \text{ が成立しこの基礎で安全である。}$$