

殿

## 強度計算書

西新宿 5 G

タワー型 8 m

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：  $V = 60 \text{ m/s}$ 3). 風荷重：  $P = q \cdot C \cdot A \text{ (N)}$ 

ここで

q: 速度圧 ( $\text{N/m}^2$ )      空気密度  $\rho = 1.23 \text{ N} \cdot \text{sec}^2 / \text{m}^4$ 

$$q = 1/2 \cdot \rho \cdot V^2 = 2214.0 \text{ N/m}^2$$

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 ( $\text{m}^2$ )

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 × 100 × t9.0      STKR400

断面係数:       $Z_x = 150.53 \text{ cm}^3$        $Z_y = 118.95 \text{ cm}^3$ 

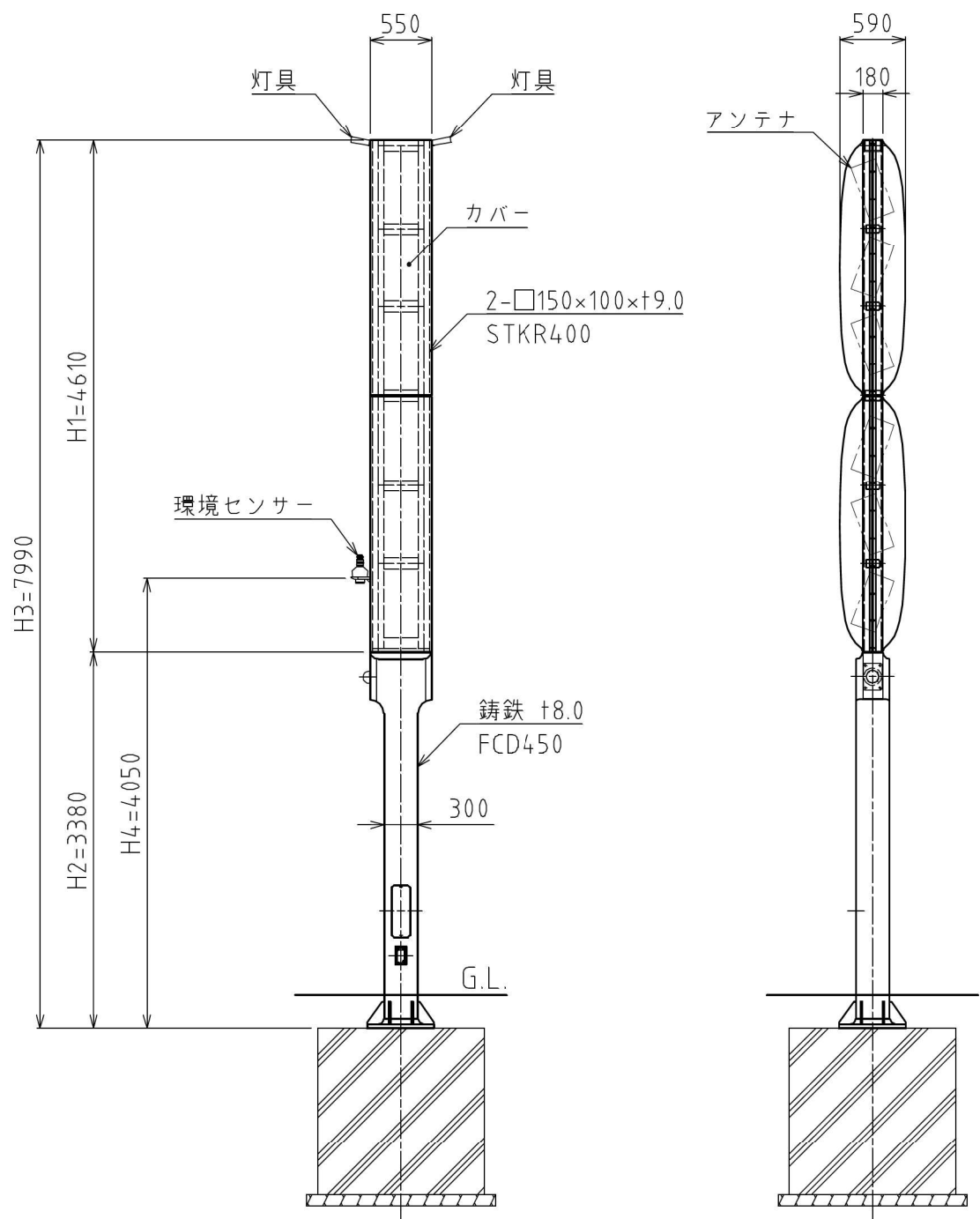
下柱: □ 300 × 300 × t8.0      FCD450

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

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

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 × 100 × t9 STKR400 Zx= 150.53 cm<sup>3</sup>Zy= 118.95 cm<sup>3</sup>

## 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 <sup>2</sup> )	風力係数 C	単位風荷重 P(N)	個数 (受風物)	風荷重 (N)
1 灯具	98.1	2	196.2	0.010	1.0	22.1	2	44.2
2 アンテナ	196.1	6	1176.6					
3 環境センサー	98.1	1	98.1	0.035	1.0	77.5	1	77.5
4 カバー	372.7	1	372.7	2.536	1.2	6737.6	1	6737.6
5 上柱	1407.8	2	2815.6					
	鉛直力 N1=		4659.1	水平力 Pmax1=				6859.3

## 2). 風時曲げモーメント

$$Mp1 = P1 \cdot (H3-H2) + P3 \cdot (H4-H2) + P4 \cdot H1/2 = 15785.9 \text{ N} \cdot \text{m}$$

## 3). 曲げ応力度

$$c \sigma b = Mp1 / (2 \cdot Z) = 52.4 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{c \sigma b}{sfb} = \frac{52.4}{235} = 0.223 < 1.0 \dots 0.K$$

4. 下柱の検討(直風時) □300 × 300 × t8 FCD450 Zx= 861.73 cm<sup>3</sup>Zy= 861.73 cm<sup>3</sup>

## 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 <sup>2</sup> )	風力係数 C	単位風荷重 P(N)	個数 (受風物)	風荷重 (N)
1 灯具	98.1	2	196.2			22.1	2	44.2
2 アンテナ	196.1	6	1176.6					
3 環境センサー	98.1	1	98.1			77.5	1	77.5
4 カバー	372.7	1	372.7			6737.6	1	6737.6
5 上柱	1407.8	2	2815.6					
6 下柱	2388.5	1	2388.5	1.014	1.3	2918.5	1	2918.5
	鉛直力 N2=		7047.6	水平力 Pmax2=				9777.8

## 2). 風時曲げモーメント

$$Mp2 = P1 \cdot H3 + P3 \cdot H4 + P4 \cdot (H1/2 + H2) + P6 \cdot H2/2 = 43902.6 \text{ N} \cdot \text{m}$$

## 3). 曲げ応力度

$$c \sigma b = Mp2 / Z = 50.9 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{c \sigma b}{sfb} = \frac{50.9}{235} = 0.217 < 1.0 \dots 0.K$$

5. 上柱の検討(斜風時) □150 × 100 × t9 STKR400 Zx= 150.53 cm<sup>3</sup>Zy= 118.95 cm<sup>3</sup>

## 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 <sup>2</sup> )	風力係数 C	単位風荷重 P(N)	個数 (受風物)	風荷重 (N)
1	灯具	98.1	2	196.2			22.1	2	44.2
2	アンテナ	196.1	6	1176.6					
3	環境センサー	98.1	1	98.1			77.5	1	77.5
4	カバー	372.7	1	372.7	2.720	1.2	7226.5	1	7226.5
5	上柱	1407.8	2	2815.6					
		鉛直力 N1=		4659.1	水平力 Pmax1'=				7348.2

## 2). 風時曲げモーメント

$$Mp1' = P1 \cdot (H3-H2) + P3 \cdot (H4-H2) + P4 \cdot H1/2 = 16912.8 \text{ N} \cdot \text{m}$$

## 3). 曲げ応力度

$$c \sigma b = Mp1' / 2^{0.5} / (2 \cdot Zx) + Mp1' / 2^{0.5} / (2 \cdot Zy) = 90.0 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{c \sigma b}{sfb} = \frac{90.0}{235} = 0.383 < 1.0 \dots 0. K$$

6. 下柱の検討(斜風時) □300 × 300 × t8 FCD450 Zx= 861.73 cm<sup>3</sup>Zy= 861.73 cm<sup>3</sup>

## 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 <sup>2</sup> )	風力係数 C	単位風荷重 P(N)	個数 (受風物)	風荷重 (N)
1	灯具	98.1	2	196.2			22.1	2	44.2
2	アンテナ	196.1	6	1176.6					
3	環境センサー	98.1	1	98.1			77.5	1	77.5
4	カバー	372.7	1	372.7			7226.5	1	7226.5
5	上柱	1407.8	2	2815.6					
6	下柱	2388.5	1	2388.5	1.434	1.3	4127.3	1	4127.3
		鉛直力 N2=		7047.6	水平力 Pmax2'=				11475.5

## 2). 風時曲げモーメント

$$Mp2' = P1 \cdot H3 + P3 \cdot H4 + P4 \cdot (H1/2 + H2) + P6 \cdot H2/2 = 48724.8 \text{ N} \cdot \text{m}$$

## 3). 曲げ応力度

$$c \sigma b = Mp2' / 2^{0.5} / Zx + Mp2' / 2^{0.5} / Zy = 80.0 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{c \sigma b}{sfb} = \frac{80.0}{235} = 0.340 < 1.0 \dots 0. K$$

## 7. 基礎部に加わる応力

## 1). 直風時

- ・鉛直力 N = 7047.6 N
- ・水平力 P = 9777.8 N
- ・曲げモーメント M = 43902.6 N・m

## 2). 斜風時

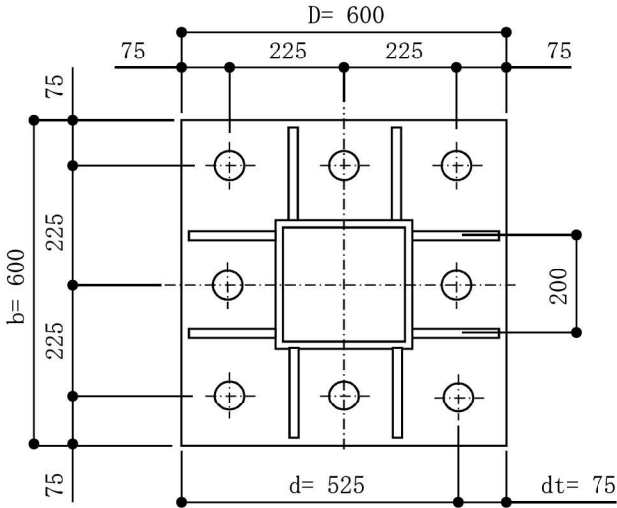
- ・鉛直力 N = 7047.6 N
- ・水平力 P = Pmax2' / 2<sup>0.5</sup> = 8114.4 N
- ・曲げモーメント M = Mp2' / 2<sup>0.5</sup> = 34453.7 N・m

柱脚部の検討

1. 仕様図

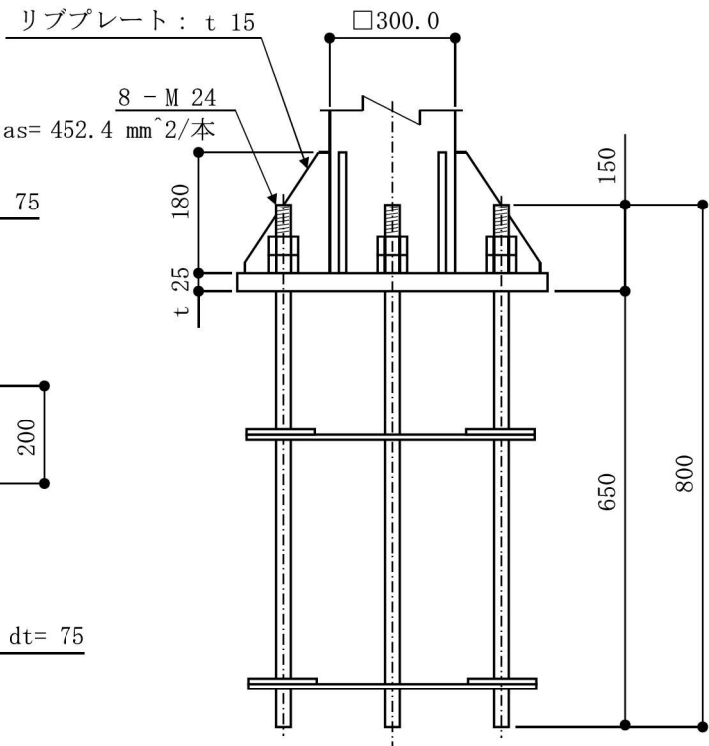
・存在応力

鉛直力	N	7047.6 N
水平力	P	9777.8 N
曲げモーメント	M	43902.6 N・m



引張り側ボルト本数 n=3本

基礎体の設計基準強度  $f_c = 18 \text{ N/mm}^2$



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	$f_c$	$4.5 \text{ N/mm}^2$
丸鋼の許容付着応力度	$f_a$	$0.7 \text{ N/mm}^2$
ボルトの許容引張応力度	$f_t$	$120 \text{ N/mm}^2$
鋼材の許容せん断応力度	$f_s$	$90.4 \text{ N/mm}^2$

※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  $eo = M/N = 6229.44 \text{ mm}$

ヤング係数比  $no = 15$

引張り側ボルト断面積  $at = as \cdot n(\text{本}) = 1357.2 \text{ mm}^2$

$$X_n^3 + 3 \cdot (eo - D/2) \cdot X_n^2 - (6 \cdot no \cdot at / b) \cdot (eo + D/2 - dt) \cdot (d - X_n) = 0$$

$$X_n^3 + 17788 \cdot X_n^2 + 1313995 \cdot X_n - 689847320 = 0$$

∴ 中立軸  $X_n = 162.8 \text{ mm}$

2). コンクリート最大圧縮応力度の算定

$$\sigma_c = 2 \cdot N \cdot (eo + D/2 - dt) / \{b \cdot X_n \cdot (d - X_n/3)\} = 1.98 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_c / (f_c \cdot 1.5) = 0.293 < 1.0 \quad \therefore \text{OK}$$

## 3). アンカーボルトの検討

$$\text{引張力 } T = N \cdot (e_0 - D/2 + X_n/3) / (d - X_n/3) = 89586.8 \text{ N}$$

$$\text{引張応力度 } \sigma_t = T / at = 66.01 \text{ N/mm}^2$$

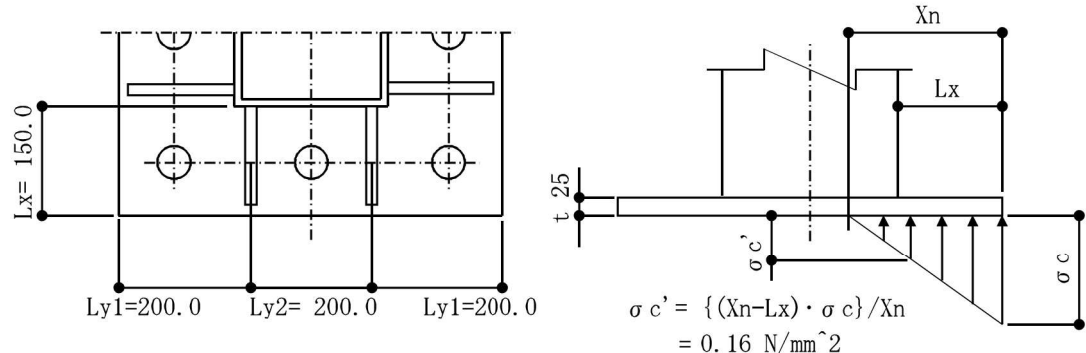
$$\sigma_t / (f_t \cdot 1.5) = 0.367 < 1.0 \quad \dots \text{O.K.}$$

$$\text{必要埋込長の算定 } L_a = \sigma_t \cdot \phi / (6 \cdot f_a \cdot 1.5) = 251 \text{ mm 以上}$$

$$251 \text{ mm} < 650 \text{ mm} \quad \dots \text{O.K.}$$

## 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

$$\text{単位圧縮応力度 } w = (\sigma_c + \sigma_c') / 2 = 1.07 \text{ N/mm}^2$$

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

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

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

$$\text{自由辺曲げモーメント } M_0 = w \cdot Lx^2 \cdot \alpha = 8707.1 \text{ N} \cdot \text{mm/mm} \quad (Lx_0 = 150.0)$$

## ・ 断面算定

$$\text{必要板厚 } t = \{6 \cdot M_0 / (f_b1 \cdot 1.5)\}^{0.5} = 13.9 \text{ mm} < 25 \text{ mm} \quad \dots \text{O.K.}$$

※ $f_b1 = 180 \text{ N/mm}^2$  (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

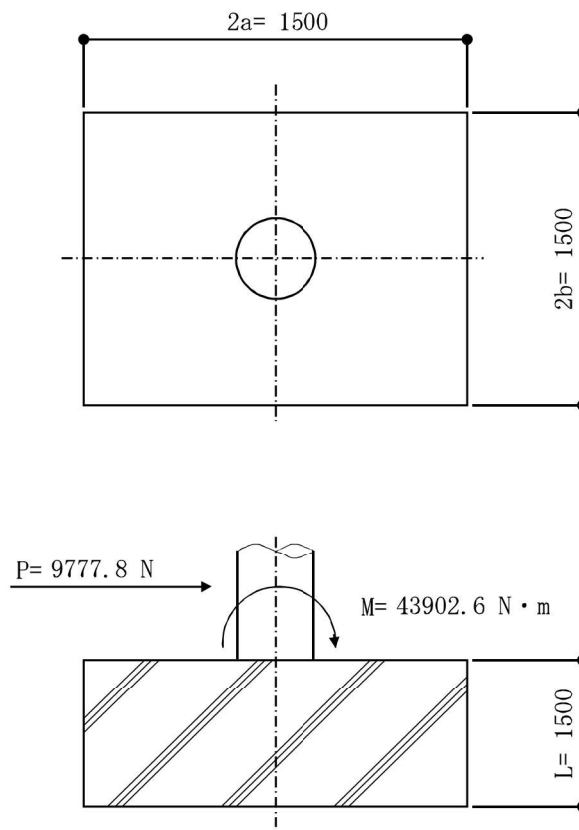
$$\text{せん断力 } Q = w \cdot Lx^2 \cdot 2 = 48150.0 \text{ N}$$

$$\text{せん断応力度 } \tau = Q / (t \cdot h) = 17.83 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau / (f_s \cdot 1.5) = 0.131 < 1.0 \quad \dots \text{O.K.}$$

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

$$KH = KHo \cdot (BH/30)^{-3/4} = 67.0 \text{ N/cm}^3$$

ここで

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

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

$$BH = (2b \cdot L)^{0.5} = 150.0 \text{ cm}$$

## 2). 鉛直方向地盤反力係数

$$KV = KVo \cdot (BV/30)^{-3/4} = 55.8 \text{ N/cm}^3$$

ここで

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

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

$$BV = (2a \cdot 2b)^{0.5} = 150.0 \text{ cm}$$

3).  $\beta$  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  $\beta$  を定める。

$$2a \cdot 2b \cdot L \cdot \gamma_c = 77.625$$

$$\beta = 75.8^\circ \text{ と仮定する。} \quad (\beta = 1.32280 \text{ rad})$$

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

$$\nu_1 = n \cdot (1 + n \cdot \cot \beta)^2 = 1.5705$$

$$\nu_2 = n/3 \cdot (2 - n \cdot \cot \beta) (1 + n \cdot \cot \beta)^2 = 0.9145$$

$$K1 = b \cdot KH \cdot L = 753750$$

$$K2 = 2/3 \cdot b \cdot KH \cdot L^2 = 75375000$$

$$K3 = 1/2 \cdot b \cdot KH \cdot L^3 + KV \cdot a^4 \cdot \nu_2 = 10094221184$$

$$\theta = (M \cdot K1 + P \cdot K2) / (K1 \cdot K3 - K2^2) = 0.002100$$

$$KV \cdot a^3 \cdot \theta \cdot \nu_1 = 77.6246 \quad \beta \text{ 値精度 (仮定値の確認)} = 0.00 \% \quad 0.K!$$

## 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。

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

$$\text{故に } h \cdot \theta = (M \cdot K2 + P \cdot K3) / (M \cdot K1 + P \cdot K2) \cdot \theta = 0.00223$$

$$2.4 \cdot L \cdot \gamma \cdot (Kp/KH) = 0.00323$$

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