

殿

強度計算書

西新宿 5 G

タワー型 1 0 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 (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 (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: $Z_x = 150.53 \text{ cm}^3$ $Z_y = 118.95 \text{ cm}^3$

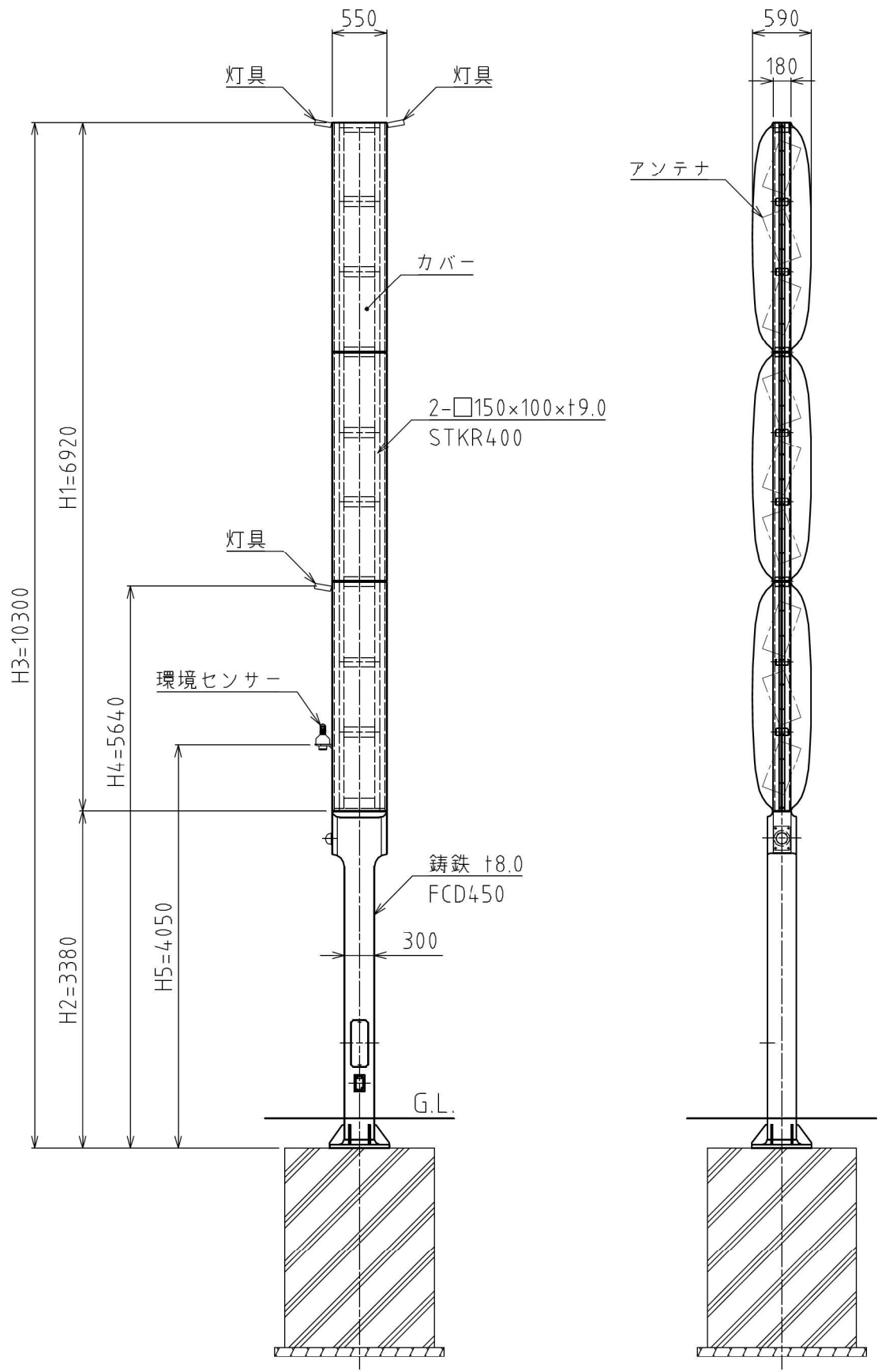
下柱: □ 300 × 300 × t8.0 FCD450

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 cm³Zy= 118.95 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 灯具	98.1	3	294.3	0.010	1.0	22.1	3	66.3
2 アンテナ	196.1	9	1764.9					
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	559.0	1	559.0	3.806	1.2	10111.8	1	10111.8
5 上柱	2113.2	2	4226.4					
	鉛直力 N1=		6942.6	水平力 Pmax1=				10255.6

2). 風時曲げモーメント

$$Mp1 = P1 \cdot (H3-H2) + P1 \cdot (H4-H2) + P3 \cdot (H5-H2) + P4 \cdot H1/2 = 35394.6 \text{ N} \cdot \text{m}$$

3). 曲げ応力度

$$c \sigma b = Mp1 / (2 \cdot Z) = 117.6 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{c \sigma b}{sfb} = \frac{117.6}{235} = 0.500 < 1.0 \cdots 0.K$$

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 灯具	98.1	3	294.3			22.1	3	66.3
2 アンテナ	196.1	9	1764.9					
3 環境センサー	98.1	1	98.1			77.5	1	77.5
4 カバー	559.0	1	559.0			10111.8	1	10111.8
5 上柱	2113.2	2	4226.4					
6 下柱	2388.5	1	2388.5	1.014	1.3	2918.5	1	2918.5
	鉛直力 N2=		9331.1	水平力 Pmax2=				13174.1

2). 風時曲げモーメント

$$Mp2 = P1 \cdot H3 + P1 \cdot H4 + P3 \cdot H5 + P4 \cdot (H1/2 + H2) + P6 \cdot H2/2 = 74990.8 \text{ N} \cdot \text{m}$$

3). 曲げ応力度

$$c \sigma b = Mp2 / Z = 87.0 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{c \sigma b}{sfb} = \frac{87.0}{235} = 0.370 < 1.0 \cdots 0.K$$

5. 上柱の検討(斜風時) □150 × 100 × t9 STKR400 Zx= 150.53 cm³Zy= 118.95 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	灯具	98.1	3	294.3			22.1	3	66.3
2	アンテナ	196.1	9	1764.9					
3	環境センサー	98.1	1	98.1			77.5	1	77.5
4	カバー	559.0	1	559.0	4.083	1.2	10847.7	1	10847.7
5	上柱	2113.2	2	4226.4					
		鉛直力 N1=		6942.6	水平力 Pmax1'=				10991.5

2). 風時曲げモーメント

$$Mp1' = P1 \cdot (H3-H2) + P1 \cdot (H4-H2) + P3 \cdot (H5-H2) + P4 \cdot H1/2 = 37940.8 \text{ N} \cdot \text{m}$$

3). 曲げ応力度

$$c \sigma b = Mp1' / 2^{0.5} / (2 \cdot Zx) + Mp1' / 2^{0.5} / (2 \cdot Zy) = 201.9 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{c \sigma b}{sfb} = \frac{201.9}{235} = 0.859 < 1.0 \dots 0. K$$

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	灯具	98.1	3	294.3			22.1	3	66.3
2	アンテナ	196.1	9	1764.9					
3	環境センサー	98.1	1	98.1			77.5	1	77.5
4	カバー	559.0	1	559.0			10847.7	1	10847.7
5	上柱	2113.2	2	4226.4					
6	下柱	2388.5	1	2388.5	1.434	1.3	4127.3	1	4127.3
		鉛直力 N2=		9331.1	水平力 Pmax2'=				15118.8

2). 風時曲げモーメント

$$Mp2' = P1 \cdot H3 + P1 \cdot H4 + P3 \cdot H5 + P4 \cdot (H1/2 + H2) + P6 \cdot H2/2 = 82067.2 \text{ N} \cdot \text{m}$$

3). 曲げ応力度

$$c \sigma b = Mp2' / 2^{0.5} / Zx + Mp2' / 2^{0.5} / Zy = 134.7 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{c \sigma b}{sfb} = \frac{134.7}{235} = 0.573 < 1.0 \dots 0. K$$

7. 基礎部に加わる応力

1). 直風時

- ・鉛直力 N = 9331.1 N
- ・水平力 P = 13174.1 N
- ・曲げモーメント M = 74990.8 N・m

2). 斜風時

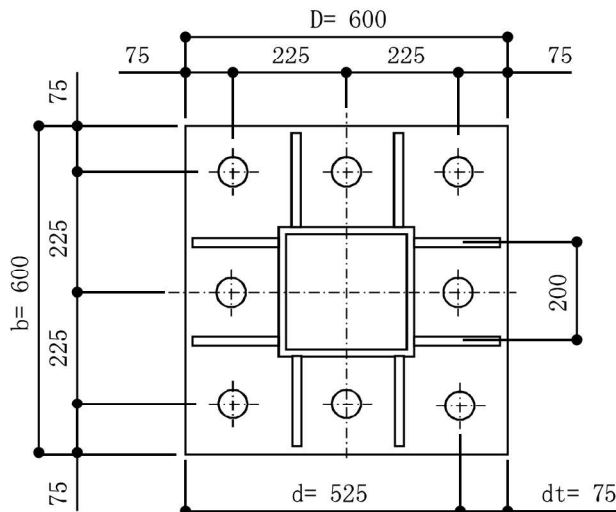
- ・鉛直力 N = 9331.1 N
- ・水平力 P = Pmax2' / 2^{0.5} = 10690.6 N
- ・曲げモーメント M = Mp2' / 2^{0.5} = 58030.3 N・m

柱脚部の検討

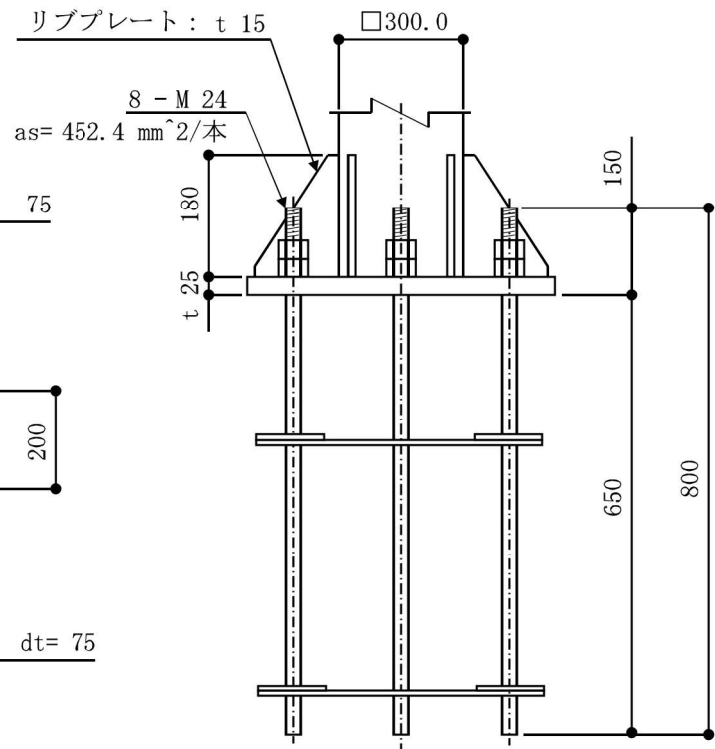
1. 仕様図

- ・存在応力

鉛直力	N	9331.1 N
水平力	P	13174.1 N
曲げモーメント	M	74990.8 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 N/mm ²
丸鋼の許容付着応力度	f _a	0.7 N/mm ²
ボルトの許容引張応力度	f _t	120 N/mm ²
鋼材の許容せん断応力度	f _s	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 $e_o = M/N = 8036.65 \text{ mm}$

ヤング係数比 $\nu_0 = 15$

引張側ボルト断面積 $a_t = a_s \cdot n(\text{本}) = 1357.2 \text{ mm}^2$

$$X_n^3 + 3 \cdot (e_0 - D/2) \cdot X_n^2 - (6 \cdot n_0 \cdot a t / b) \cdot (e_0 + D/2 - d t) \cdot (d - X_n) = 0$$

$$X_n^3 + 23210 \cdot X_n^2 + 1681907 \cdot X_n - 883001021 = 7133$$

$$\therefore \text{中立軸 } X_n = 161.7 \text{ mm}$$

2). コンクリート最大圧縮応力度の算定

$$\sigma_c = 2 \cdot N \cdot (e_0 + D/2 - d_t) / \{b \cdot X_n \cdot (d - X_n/3)\} = 3.37 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_c / (f_c \cdot 1.5) = 0.499 < 1.0 \quad \cdot \cdot \cdot 0.K$$

3). アンカーボルトの検討

$$\text{引張力 } T = N \cdot (e_0 - D/2 + X_n/3) / (d - X_n/3) = 154307.1 \text{ N}$$

$$\text{引張応力度 } \sigma_t = T / at = 113.70 \text{ N/mm}^2$$

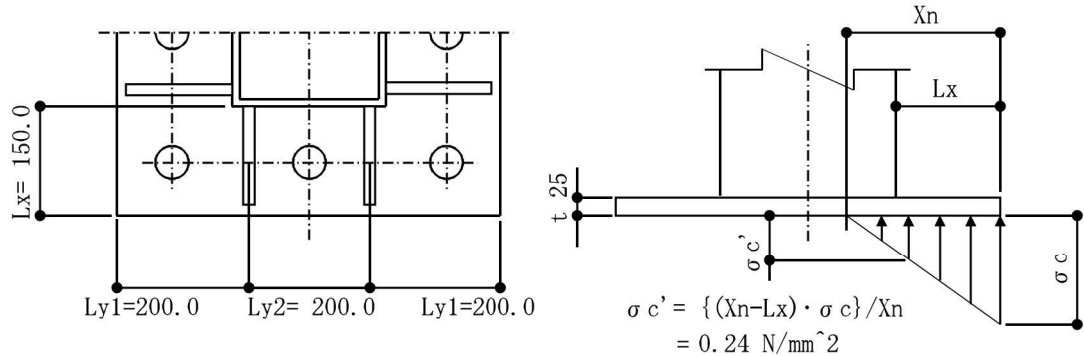
$$\sigma_t / (f_t \cdot 1.5) = 0.632 < 1.0 \quad \dots \text{O.K.}$$

$$\text{必要埋込長の算定 } L_a = \sigma_t \cdot \phi / (6 \cdot f_a \cdot 1.5) = 433 \text{ mm 以上}$$

$$433 \text{ mm} < 650 \text{ mm} \quad \dots \text{O.K.}$$

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

$$\text{単位圧縮応力度 } w = (\sigma_c + \sigma_c') / 2 = 1.81 \text{ N/mm}^2$$

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

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

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

$$\text{自由辺曲げモーメント } M_0 = w \cdot Lx^2 \cdot \alpha = 14728.9 \text{ N} \cdot \text{mm/mm} \quad (Lx_0 = 150.0)$$

・ 断面算定

$$\text{必要板厚 } t = \{6 \cdot M_0 / (f_b \cdot 1.5)\}^{0.5} = 18.1 \text{ mm} < 25 \text{ mm} \quad \dots \text{O.K.}$$

※ $f_b = 180 \text{ N/mm}^2$ (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

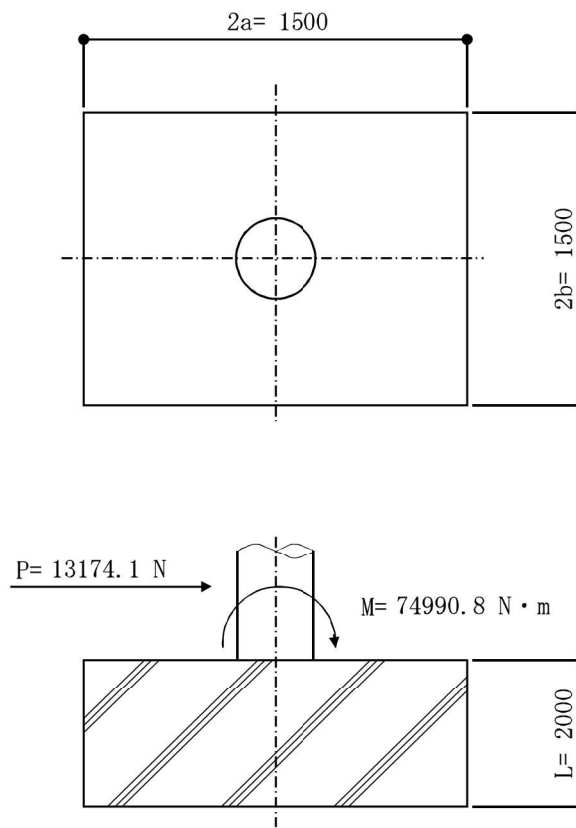
$$\text{せん断力 } Q = w \cdot Lx^2 \cdot 2 = 81450.0 \text{ N}$$

$$\text{せん断応力度 } \tau = Q / (t \cdot h) = 30.17 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau / (f_s \cdot 1.5) = 0.222 < 1.0 \quad \dots \text{O.K.}$$

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

$$KH = KHo \cdot (BH/30)^{-3/4} = 60.1 \text{ N/cm}^3$$

ここで

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

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

$$BH = (2b \cdot L)^{0.5} = 173.2 \text{ cm}$$

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). 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。

$$2a \cdot 2b \cdot L \cdot \gamma_c = 103.5$$

$$\beta = 71.5^\circ \text{ と仮定する。} \quad (\beta = 1.24803 \text{ rad})$$

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

$$\nu_1 = n \cdot (1 + n \cdot \cot \beta)^2 = 1.7808$$

$$\nu_2 = n/3 \cdot (2 - n \cdot \cot \beta) (1 + n \cdot \cot \beta)^2 = 0.9887$$

$$K1 = b \cdot KH \cdot L = 901500$$

$$K2 = 2/3 \cdot b \cdot KH \cdot L^2 = 120200000$$

$$K3 = 1/2 \cdot b \cdot KH \cdot L^3 + KV \cdot a^4 \cdot \nu_2 = 19775524793$$

$$\theta = (M \cdot K1 + P \cdot K2) / (K1 \cdot K3 - K2^2) = 0.002469$$

$$KV \cdot a^3 \cdot \theta \cdot \nu_1 = 103.4997 \quad \beta \text{ 値精度 (仮定値の確認)} = 0.00 \% \quad 0.K!$$

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。

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

$$\text{故に } h \cdot \theta = (M \cdot K2 + P \cdot K3) / (M \cdot K1 + P \cdot K2) \cdot \theta = 0.00344$$

$$2.4 \cdot L \cdot \gamma \cdot (Kp/KH) = 0.00480$$

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