

電車線路支持物強度計算の手引(平成 22 年 10 月 1 日) 初版発行

正誤表

2012. 8. 1

頁	行	誤	正
27	2	$Z_2 = \frac{lx}{y_1}$	$Z_2 = \frac{lx}{y_2}$
40	6	$W_i = 0.1664 (d + 6) \times W_0$	$W_i = 0.1664 (d + 6) \pm W_0$
40	11、12	・ ・ 気温は 0℃ とする。なお、トロリ線には着雪が無いものとする。	・ ・ 気温は 0℃ とする。なお、 <u>風速 3m/s 以上のときは積雪を考慮しない。</u> また、トロリ線には着雪が無いものとする。
46	9	オ 横張力 (P) $P = 50(T_m + T_t) / 1000$	オ 横張力 $P_m, P_t$ $P_m = (50/1000) T_m$ $P_t = (50/1000) T_t$
57		全頁	差替え (別紙 1)
59		全頁	差替え (別紙 2)
60		全頁	差替え (別紙 3)
87	6	④ 高さ 7.0m のたわみは . . .	④ 高さ <u>h=8.0</u> のたわみは . . .
97	11	許容応力度 : $f_s = 7.85 \text{ kN/cm}^2$	許容応力度 : $f_t = 13.73 \text{ kN/cm}^2$
97	下 7	$\frac{\sigma_s - 5.10}{f_s - 7.85} = 0.65 \leq 1$ OK (35% の余裕がある。)	$\frac{\sigma_s - 5.10}{f_t - 13.73} = 0.37 \leq 1$ OK (63% の余裕がある。)
117		全頁	差替え (別紙 4)
122	下 5	$Z = \frac{40 \times L^2}{6}$ 及び $\frac{M}{\sigma_c} = \frac{40 \times 10^5}{1500}$	$Z = \frac{40 \times L^2}{6}$ 及び $\frac{M}{\sigma_c} = \frac{196 \times 10^5}{1500}$
131	下 10	$M_A = M_{b1} + M_{a2} (\text{kN} \cdot \text{m})$	$M_A = M_{a1} + M_{a2} (\text{kN} \cdot \text{m})$
131	下 7	$M_c = M_{c1} + M_{b2} (\text{kN} \cdot \text{m})$	$M_c = M_{c1} + M_{c2} (\text{kN} \cdot \text{m})$
132	4	圧縮応力度 : $\sigma_{c2} = \frac{H_2}{A_2} (\text{kN/cm}^2)$	圧縮応力度 : $\sigma_{c2} = \frac{V_2}{A_2} (\text{kN/cm}^2)$
168	表 6.2	電線の線膨張係数 ( $\alpha$ ) 電線の単位重量 ( $W_0$ ) 電線の合成荷重 ( $W$ ) (無風時) 電線の合成荷重 ( $W$ ) (甲種風圧荷重時) 電線の合成荷重 ( $W$ ) (乙種風圧荷重時) 電線の合成荷重 ( $W$ ) (丙種風圧荷重時)	電線の線膨張係数 ( $R$ ) 電線の単位重量 ( $W_1$ ) 電線の合成荷重 ( $W_2$ ) (無風時) 電線の合成荷重 ( $W_2$ ) (甲種風圧荷重時) 電線の合成荷重 ( $W_2$ ) (乙種風圧荷重時) 電線の合成荷重 ( $W_2$ ) (丙種風圧荷重時)

179	下 6	$A=h \cdot \left( \frac{P+(q_1+q_2) \cdot h}{2} \right) \cdot \dots$	$A=h \cdot \left( P + \frac{(q_1+q_2) \cdot h}{2} \right) \cdot \dots$
208	下 4	$\sigma_R < f_a$	$\underline{\sigma_a} < f_a$
211		全頁	差替え (別紙 5)
220	17	断面積 : $A=13.40\text{cm}^2$	断面積 : $A=17.11\text{cm}^2$
220	下 3	$=3156/13.4=236\text{N/cm}^2 \Rightarrow 0.24\text{ kN/cm}^2$	$=3156/17.11=184.4\text{N/cm}^2 \Rightarrow 0.18\text{ kN/cm}^2$
221	9	$=5340/13.4=398.5\text{N/cm}^2 \Rightarrow 0.4\text{ kN/cm}^2$	$=5340/17.11=312.1\text{N/cm}^2 \Rightarrow 0.3\text{ kN/cm}^2$
221	16	$\frac{\sigma_m}{f_m} + \frac{\sigma_s}{f_s} + \frac{\sigma_c}{f_k} = \frac{4.47}{16.18} + \frac{0.24}{9.32} + \frac{0.4}{13.45} = 0.28+0.03+0.03$	$\frac{\sigma_m}{f_m} + \frac{\sigma_s}{f_s} + \frac{\sigma_c}{f_k} = \frac{4.47}{16.18} + \frac{0.24}{9.32} + \frac{0.3}{13.45} = 0.28+0.03+0.02$
221	17	$=0.34 > 1$ となり OK	$=0.33 < 1$ となり OK
222	10	$=4332/13.40=323.2\text{N/cm}^2 \Rightarrow 0.32\text{N/cm}^2$	$=4332/17.11=253.2\text{N/cm}^2 \Rightarrow 0.25\text{N/cm}^2$
222	21	$=4642/13.40=346.4\text{N/cm}^2 \Rightarrow 0.35\text{N/cm}^2$	$=4642/17.11=271.3\text{N/cm}^2 \Rightarrow 0.27\text{N/cm}^2$
222	下 6	$\frac{\sigma_m}{f_m} + \frac{\sigma_s}{f_s} + \frac{\sigma_c}{f_k} = \frac{6.18}{16.18} + \frac{0.32}{9.32} + \frac{0.35}{13.45} = 0.28+0.03+0.03$	$\frac{\sigma_m}{f_m} + \frac{\sigma_s}{f_s} + \frac{\sigma_c}{f_k} = \frac{6.17}{16.18} + \frac{0.32}{9.32} + \frac{0.27}{13.45} = 0.38+0.03+0.02$
222	下 5	$=0.44 < 1$ となり OK	$=0.43 < 1$ となり OK
223	下 6	$=3156/13.40=235.5\text{N/cm}^2 \Rightarrow 0.24\text{N/cm}^2$	$=3156/17.11=184.4\text{N/cm}^2 \Rightarrow 0.18\text{N/cm}^2$
223	下 1	$=3871/13.40=288.9\text{N/cm}^2 \Rightarrow 0.29\text{N/cm}^2$	$=3871/17.11=226.2\text{N/cm}^2 \Rightarrow 0.23\text{N/cm}^2$
224		$\frac{\sigma_m}{f_m} + \frac{\sigma_s}{f_s} + \frac{\sigma_c}{f_k} = \frac{4.47}{16.18} + \frac{0.24}{9.32} + \frac{0.29}{13.45} = 0.28+0.03+0.02$	$\frac{\sigma_m}{f_m} + \frac{\sigma_s}{f_s} + \frac{\sigma_c}{f_k} = \frac{4.47}{16.18} + \frac{0.18}{9.32} + \frac{0.23}{13.45} = 0.28+0.02+0.02$
224	17	$=0.33 < 1$ となり OK	$=0.32 < 1$ となり OK
226	5	垂直材の剛度 : $k_1=I_1/h=64.4 \times 2/0.88=146.4$	垂直材の剛度 : $k_1=I_1/h=64.4 \times 2/88=1.46$
226	6	水平材の剛度 : $k_2=I_2/L=64.4 \times 2/2.40=53.67$	水平材の剛度 : $k_2=I_2/L=64.4 \times 2/240=0.54$
226	8	$k=k_1/k_2=53.67/146=0.37$	$k=k_1/k_2=0.54/1.46=0.37$
233	8	垂直材の剛度 : $k_1=I_1/h=64.4 \times 2/0.88=146.4$	垂直材の剛度 : $k_1=I_1/h=64.4 \times 2/88=1.46$
233	9	水平材の剛度 : $k_2=I_2/L=64.4 \times 2/2.40=53.67$	水平材の剛度 : $k_2=I_2/L=64.4 \times 2/240=0.54$
233	11	$k=k_1/k_2=53.67/146=0.37$	$k=k_1/k_2=0.54/1.46=0.37$
261	下 6	ビーム (L75×75×9-2本) の諸元	ビーム (L75×75×9-1本) の諸元

261	下 5	単位重量 : W=195N/m	単位重量 : W= <u>97.7</u> N/m
304	表の記事	$f_1=((C \cdot E \cdot I) \dots$	$f_p=((C \cdot E \cdot I) \dots$
330	下 3	$M_{BC}+M_{CB}+M_{DC}+M_{CD}+ \dots$	$M_{BC}+M_{CB}+M_{DE}+M_{ED}+ \dots$
341	図参 3.1	(b) $F_{ac}$	(b) $F_{BC}$
354	付表 1	項目名 外形	項目名 外径
354	付表 1	項目名 電気抵抗(20°C) $\Omega/m$	項目名 電気抵抗(20°C) $\Omega/k m$
355	付表 1	項目名 線膨張係数 $\times 10^6$	項目名 線膨張係数 $\times 10^{-6}$
360	表	項目名 単位質量 N/m	項目名 単位重量 N/m
372	付表 5	項目名 単位質量 (2箇所)	項目名 単位重量 (2箇所)
372	付表 5	項目名 断面積 の単位 $cm^3$	項目名 断面積 の単位 <u><math>cm^2</math></u>
398	図の T26	2500	<u>2600</u>

# 別紙 1

イ 換算水平荷重 (P)

$$P = \frac{1}{8} \left[ (43.2 + 15.2) \times 50 \times 7.5 + (1960 + 735) \times 7.5 + \frac{273 \times 9^2}{2} \right] \times 2 = 13293 \text{ N} \Rightarrow \underline{13.3 \text{ kN}}$$

(5) ラーメン計算

ア 剛度 (K) 及び剛比 (k)

・ 電柱 :  $K_1 = 9880/800 = 12.35 \text{ cm}^3$  (鋼材換算 :  $59270/6 = 9880$ )

・ ビーム :  $K_2 = 6290/1000 = 6.29 \text{ cm}^3$

・  $k = \frac{6.29}{12.35} = 0.51$

イ 垂直等分布荷重によるモーメント及び反力

$$V_{a1} = V_{d1} = \frac{w \cdot L}{2} = \frac{1.51 \times 10}{2} = 7.55 \text{ kN}$$

$$H_{a1} = H_{d1} = \frac{3M_a}{h} = \frac{3 \times 5.01}{8} = 1.88 \text{ kN}$$

$$M_{a1} = M_{d1} = \frac{w \cdot L^2}{12(k+2)} = \frac{1.51 \times 10^2}{12(0.51+2)} = 5.01 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{b1} = M_{c1} = -2 M_{a1} = -2 \times 5.01 = -10.02 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

ウ 水平荷重によるモーメント及び反力

$$V_{a2} = -V_{d2} = -\frac{-2M_b}{L} = -\frac{2 \times 20.06}{10} = -4.01 \text{ kN}$$

$$H_{a2} = -H_{d2} = -\frac{P}{2} = -\frac{13.3}{2} = -6.65 \text{ kN}$$

$$M_{a2} = -M_{d2} = -\frac{P \cdot h}{2} \times \frac{3k+1}{6k+1} = -\frac{13.3 \times 8}{2} \times \frac{3 \times 0.51+1}{6 \times 0.51+1} = -33.15 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{b2} = -M_{c2} = \frac{P \cdot h}{2} \times \frac{3k}{6k+1} = \frac{13.3 \times 8}{2} \times \frac{3 \times 0.51}{6 \times 0.51+1} = 20.05 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

【参考】 ラーメン計算の公式 (手計算用)

1 左右対称・脚部固定構造

基本図および諸元	
	<p>M: 曲げモーメント <math>I_1, I_2</math>: 断面二次モーメント</p> <p>V: 垂直反力</p> <p>H: 水平反力</p> $k = \frac{I_2}{I_1} \cdot \frac{h}{L}$ <p>k: 剛比</p>
荷重及びモーメント図	計算公式
	$V_A = V_D = \frac{wL}{2}$ $H_A = H_D = \frac{3M_A}{h} = \frac{wL^2}{4h(k+2)}$ $M_A = M_D = \frac{wL^2}{12(k+2)}$ $M_B = M_C = -2M_A$ $M_x = \frac{wx}{2}(L-x) + M_B$
	$V_A = -V_D = -\frac{2M_B}{L}$ $H_A = -H_D = -\frac{P}{2}$ $M_A = -M_D = -\frac{Ph}{2} \cdot \frac{3k+1}{6k+1}$ $M_B = -M_C = \frac{Ph}{2} \cdot \frac{3k}{6k+1}$ $M_x = M_B(1-2x/L)$
<p>(左右対称)</p>	$V_A = V_D = W$ $H_A = H_D = \frac{3M_A}{h} = \frac{3Wab}{L \cdot h(k+2)}$ $M_A = M_D = \frac{Wab}{L(k+2)}$ $M_B = M_C = -2M_A$ $M_Q = W_a + M_B$

2 左右対称・脚部ピン構造

基本図及び諸元	
	<p>M : 曲げモーメント <math>I_1, I_2</math> : 断面二次モーメント                      V : 垂直反力                      H : 水平反力  <math>k = \frac{I_2}{I_1} \cdot \frac{h}{L}</math> <math>k</math> : 剛比</p>
荷重及びモーメント図	計算公式
	$V_A = V_D = \frac{wL}{2}$ $H_A = H_D = -\frac{M_B}{h} = -\frac{wL^2}{4h(3+2k)}$ $M_B = M_C = -\frac{wL^2}{4h(3+2k)}$ $M_x = M_B + \frac{wx}{2}(L-x)$
	$V_A = -V_D = -\frac{Ph}{L}$ $H_A = -H_D = -\frac{P}{2}$ $M_B = -M_C = \frac{Ph}{2}$
<p>(左右対称荷重)</p>	$V_A = V_D = W$ $H_A = H_D = -\frac{M_B}{h} = \frac{3W}{hL} \cdot \frac{ab}{3+2k}$ $M_B = M_C = -\frac{3W}{L} \cdot \frac{ab}{3+2k}$ $M_Q = M_B + W \cdot a$

## 別紙 4

### ア 計算条件

- ・荷重条件 :  $M = 76.0 \text{ kN} \cdot \text{m}$ 、 $H = 7.0 \text{ kN}$ 、 $V = 16.0 \text{ kN}$ 、
- ・極限支持力 :  $q = 590 \text{ kN/m}^2$ 、土の単位重量 :  $w_E = 16 \text{ kN/m}^3$  土質はローム層とする  
安息角 :  $\phi = 30^\circ$ 、 $\sin 30^\circ = 0.50$ 、 $K = 1$
- ・基礎形状 :  $D = 1.34 \text{ m}$ 、 $t = 2.0 \text{ m}$ 、化粧  $0.5 \times 0.6 \times 0.7 \text{ m}$   
底面積 :  $A = 3.14 \times 0.67^2 = 1.41 \text{ m}^2$ 、基礎の単位重量 :  $w_c = 24 \text{ kN/m}^3$   
断面係数 :  $Z = (3.14 \times 1.34^3) / 32 = 0.236 \text{ m}^3$   
安全率 : 2.0

### イ 基礎と土による垂直力

- ・ $W_c = \{1.41 \times 2.0 + (0.5 \times 0.6 \times 0.7)\} \times 24 = 72.7 \text{ kN}$
- ・ $W_e = (1.41 - 0.5 \times 0.6) \times 0.3 \times 16 = 5.3 \text{ kN}$

### ウ 基礎底部に発生する圧縮応力 ( $\sigma_w$ ) と有効支持力 ( $\sigma_1$ )

- ・ $\sigma_w = \frac{16.0 + 72.7 + 5.3}{1.41} = 66.7 \text{ kN/m}^2$
- ・ $\sigma_1 = \frac{590}{2} - 66.7 = 228.3 \text{ kN/m}^2$

### エ 基礎底部で負担できるモーメント ( $M_B$ ) と基礎側面で負担するモーメント ( $M_E$ )

- ・ $M_B = 228.3 \times 0.236 = 53.9 \text{ kN} \cdot \text{m}$
- ・ $M_E = 76.0 - 53.9 = 22.1 \text{ kN} \cdot \text{m}$

### オ 最大側圧発生深さ ( $t_m$ )

- ・ $t_m = \frac{2.0}{3} + \frac{7.0 \times 2.0^2}{36 \times 22.1} = 0.70 \text{ m}$

### カ 発生する最大側圧 ( $\sigma_m$ ) と底部側圧 ( $\sigma_b$ )

- ・ $\sigma_m = \frac{0.70}{1.34 \times 2.0^3} (12 \times 22.1 + 7.0 \times 2.0) = 18.2 \text{ kN/m}^2$
- ・ $\sigma_b = \frac{1}{1.34 \times 2.0^2} (12 \times 22.1 - 2 \times 7.0 \times 2.0) = 44.3 \text{ kN/m}^2$

### キ 側部受動土圧 ( $P_m$ ) と底部受動土圧 ( $P_b$ )

- ・ $P_m = 16 \times 0.71 \left( \frac{1+0.5}{1-0.5} \right)^2 = 34.1 \text{ kN/m}^2$
- ・ $P_b = 16 \times 2.0 \left( \frac{1+0.5}{1-0.5} \right) = 96.0 \text{ kN/m}^2$

### ク 応力検定

- ・最大側圧発生深さ :  $\frac{18.2}{34.1} = 0.53 < 1$  OK

次の表は、各設備の荷重と作用高さ・作用距離を整理したものである。

設備別	質量 kg	重量 kN	横張力 kN	作用位置 m
き電線 Cu325	$W_1: 2.937 \times 50 + *10$ = 157	$W_1: 157 \times 9.8 \times 10^{-3}$ = 1.54	$P_1: 0.05 \times 16.7$ = 0.84	$h_1: 7.5$ $L_1: 0.7$
電車線 St90、GT110	$W_2: 1.80 \times 50 + *6$ = 96	$W_2: 96 \times 9.8 \times 10^{-3}$ = 0.94	$P_2: 0.05 \times 19.6$ = 0.98	$h_2: 6.2$ $L_2: 3.0$
ビーム 可動ブラケット	$W_3: 30 \times 1 = 30$	$W_3: 30 \times 9.8 \times 10^{-3}$ = 0.29	-	$h_3: 5.7$ $L_3: 1.5$
鋼管柱 $\phi 267.4 \times 6.6$	$W_4: 42.4 \times 1$ = 42.4 kg/m	$W_4: 42.4 \times 9.8 \times 10^{-3}$ = 0.42 kN/m	-	$h_4: 4.0$ (重心高さ)

注 \*印は、がいし及び腕金等支持装置の概数値を示す。

イ 水平加速度の計算

鋼管柱の諸元

・鋼管柱長さ：L = 8.0 m

・弾性係数：E =  $20.6 \times 10^{10}$  N/m<sup>2</sup>、断面二次モーメント：I =  $4.6 \times 10^5$  m<sup>4</sup>

$$E \cdot I = 20.6 \times 10^{10} \times 4.6 \times 10^5 = 94.8 \times 10^5 \text{ N} \cdot \text{m}^2$$

・単位体積質量： $\gamma = 7870$  kg/m<sup>3</sup>、断面積：A =  $54.1 \times 10^4$  m<sup>2</sup>

$$\gamma \times A = 7870 \times 54.1 \times 10^4 = 47.6 \text{ kg/m}$$

$$f = \frac{1}{2\pi} \left( \frac{1.875}{L} \right)^2 \sqrt{\frac{E \cdot I}{\gamma \cdot A}} = \frac{1}{2\pi} \times \left( \frac{1.875}{8.0} \right)^2 \times \sqrt{\frac{94.8 \times 10^5}{42.6}}$$

$$= 0.159 \times 0.0549 \times 471.7 = 4.12 \text{ Hz}$$

$$T_P = \frac{1}{f} = \frac{1}{4.12} = 0.24 \text{ sec}$$

$$\frac{T_P}{T_S} = 0.24/0.65 = 0.37 \dots \text{高架橋の振動周期}(T_s) \text{を} 0.65 \text{ sec} \text{と仮定する。}$$

・ $A_h = 2.1 \dots$  付図表 3 (G3 地盤、モルタル基礎、 $\mu = 4$ ) による。

・ $A_v = 0.3 \dots$  標準値による。

ウ 地際モーメント計算

$$M = 2.1 \{ (1/2) (1.54 \times 7.5 + 0.94 \times 6.2) + 0.29 \times 5.7 + 0.42 \times 8.0 \times 4.0 \} \dots A_h \text{の要素}$$

$$+ (1+0.3) \{ 1.54 \times 0.7 + 0.94 \times 3.0 + 0.29 \times 1.5 \} \dots A_v \text{の要素}$$

$$+ (1+0.3) \{ 0.84 \times 7.5 + 0.98 \times 6.2 \} \dots \text{横張力の要素}$$

$$= 2.1 \{ 8.69 + 1.65 + 13.44 \} + 1.3 \{ 1.08 + 2.82 + 0.44 \} + 1.3 \{ 6.3 + 6.1 \}$$

$$= 49.9 + 5.64 + 16.12$$

$$= 71.7 \text{ kN} \cdot \text{m}$$