

スラスト力, スラストブロックの検討

標題 : スラストブロック計算例

計算年月日 : 平成〇〇年〇〇月〇〇日

会社名 : 株式会社システム情報企画

【 スラスト力の検討 】

測点番号	No. 142+ 6.25	No. 145	IP. 1	IP. 1	
地盤高 GL(m)	57.380	56.780	58.690	58.690	
管心高 EL(m)	55.157	51.250	56.050	56.050	
管内径 D (m)	0.800	0.800	0.600	0.600	
内圧作用管径 Dc (m)	0.823	0.823	0.618	0.618	
曲管類外径 D (m)	0.818	0.818	0.618	0.618	
分岐管内径 Dk (m)					
分岐管長 (m)					
土の内部摩擦角 ϕ	30.000	30.000	30.000	30.000	
土の単位重量 Wt	18.000	18.000	18.000	18.000	
スラストブロック単位重量 Ws	24.000	24.000	24.000	24.000	
曲管類の単位重量 Wf	4.678	4.678	2.450	2.450	
分岐管の単位重量 W					
管外径の断面積 Ac	0.5320	0.5320	0.3000	0.3000	
静水圧 P1 (kN/m ²)	30.000	40.000	39.900	39.900	
水撃圧 P2 (kN/m ²)	30.000	40.000	39.900	39.900	
設計内圧 H (kN/m ²)	60.000	80.000	79.800	79.800	
水平偏角 I. A	30° 00' 00"		25° 00' 00"	25° 00' 00"	
上流鉛直角度 Iv1	2° 52' 30"	-1° 23' 45"	5° 34' 56"	5° 34' 56"	
下流鉛直角度 Iv2	-1° 23' 45"	5° 34' 56"	-10° 37' 45"	-10° 37' 45"	
スラストの方向	水平	下向き	上向き	水平	
スラスト荷重 P' (kN)	16.523	5.180	6.751	10.363	
鉛直分力 Pv (kN)		5.177	6.744		
水平分力 Ph (kN)		0.189	0.297		
平面形状	六角形	五角形	五角形	五角形	
縦断形状	長方形	台形, 五角形	台形, 五角形	長方形	
各部の寸法					
スラストの長さ L1 (m)	0.850	0.500	0.500	0.900	
L2 (m)	0.800	1.000	1.000	0.900	
管体の長さ L1' (m)	1.100	0.800	1.000	1.000	
L2' (m)	1.100	1.200	1.000	1.000	
スラストの巾 (内側) B1 (m)	0.500	0.500	0.600	0.500	
(外側) B2 (m)	0.500	0.500	0.500	0.600	
B1+B2 (m)	1.000	1.000	1.100	1.100	
スラスト高さ (下側) H1 (m)	0.500	0.400	0.500	0.500	
(上側) H2 (m)	0.500	0.600	0.600	0.600	
H1+H2 (m)	1.000	1.000	1.100	1.100	
スラスト土被り (m)	1.723	5.030	2.640	2.040	
受働土圧作用巾 L	1.853			2.017	
周長 U	5.300	3.700	3.927	5.844	
平面積 A (m ²)	1.650	1.000	1.100	2.112	
抵抗力 R1 (kN)	42.906	53.090	39.172	64.871	
W1 (kN)	51.173	93.240	55.242	77.553	
W2 (kN)	18.792	5.256	17.880	42.792	
W3 (kN)	15.847	7.683	5.221	9.398	
W (kN)	85.812	106.179	78.343	129.743	
RH1 (kN)	42.906	53.090	39.172	64.871	
RH2 (kN)	222.438	298.620	95.233	310.307	
RH=RH1+RH2 (kN)	265.344	351.710	134.405	375.178	
Rv (kN)			18.869		
滑動安全率 S. F	16.059	999.999	452.542	36.204	
判定	- ok -	- ok -	- ok -	- ok -	
浮上安全率 S. F			12.896		
判定			- ok -		
地盤反力 Sv (kN/m ²)	52.007	50.034	71.221	61.431	
沈下安全率	5.768	5.996	4.212	4.884	
判定	- ok -	- ok -	- ok -	- ok -	

No. 142+ 6.25 の設計

スラストの方向 : 水平スラストの設計

呼び径	D : 0.800 (m)
曲管内径	D _p : 0.800 (m)
曲管外径	D _c : 0.818 (m)
地盤高	: 57.380 (m)
管中心高	: 55.157 (m)
平面偏角	IA : 30° 00' 00"
上流勾配	: 2° 52' 30"
下流勾配	: -1° 23' 45"
スラストブロック形状	: 六角形

滑動に対する検討

$$RH \geq S \cdot P' = S \cdot Ph$$

沈下に対する検討

$$\sigma Rv \geq S \cdot \sigma v$$

① スラスト力

P' : ズレの力 = 横向きスラスト = Ph (kN)

$$P' = Ph = 2 \cdot \left(H \cdot Ac + \frac{a \cdot W_0 \cdot V^2}{g} \right) \cdot \sin\left(\frac{\theta}{2}\right)$$

$$= 2 \times 60.000 \times 0.5320 \times \sin\left(\frac{30.00000}{2}\right) = 16.523 \text{ (kN)}$$

H : 内圧 = 静水圧 + 水撃圧 = 30.000 + 30.000 = 60.000 (kN/m²)

Ac : 設計水圧が作用する範囲の断面積 $1/4 \times \pi \times 0.823^2 = 0.5320 \text{ (m}^2\text{)}$

a : 流水断面積 $1/4 \times \pi \times 0.800^2 = 0.5027 \text{ (m}^2\text{)}$

V : 管内平均流速 = 0.720 / 0.503 = 1.431 (m/sec)

g : 重力の加速度 = 9.8 (m/sec²)

S : 安全率 (1.5 以上)

ただし、 $a \cdot W_0 \cdot V^2 / g$ については無視する。

② 水平方向抵抗力

$$RH = RH1 + RH2 \text{ (kN)}$$

RH : 水平方向抵抗力

RH1 : ブロック底面の摩擦抵抗 $RH1 = \mu \cdot W$

μ : スラストブロック底面と土の摩擦係数 (0.50 とする)

$$RH1 = 0.50 \times 85.812 = 42.906 \text{ (kN)}$$

RH2 : ブロック背面の受働土圧

$$RH2 = \frac{1}{2} \cdot w \cdot B_o \cdot (H2^2 - H1^2) \cdot \tan^2(45^\circ + \phi/2)$$

$$= \frac{1}{2} \times 18.000 \times 1.853 \times (2.723^2 - 1.723^2) \times 3.000 = 222.438 \text{ (kN)}$$

B_o : スラストブロック背面の幅

$$[\{0.850 + 0.500 \times \tan(30.00000/2)\} + \{0.800 + 0.500 \times \tan(30.00000/2)\}] \times \cos(30.00000/2) = 1.853 \text{ (m)}$$

$H1$: スラストブロック上面までの深さ 1.723 (m)

$H2$: スラストブロック下面までの深さ 2.723 (m)

$\tan^2(45^\circ + \phi/2)$: 受働土圧係数

$$= \tan^2(45^\circ + 30.00/2) = 3.000$$

$RH = 42.906 + 222.438 = 265.344 \text{ (kN)}$

③ ブロック底面に加わる荷重, 地盤反力

$$W = W1 + W2 + W3 \text{ (kN)}$$

$$\sigma_v = \frac{W}{A} = \frac{W1 + W2 + W3}{A}$$

W : スラストブロック底面に加わる全荷重

σ_v : ブロック底面に加わる全荷重 (kN/m²)

$W1$: スラストブロック上の埋戻し土重量

$W2$: スラストブロックの重量

$W3$: 管重量及び水重

$$W1 = w \cdot H1 \cdot A = 18.000 \times 1.723 \times 1.650 = 51.173 \text{ (kN)}$$

w : 土の単位重量 (kN/m³)

$H1$: スラストブロック上面までの深さ 1.723 (m)

A : スラストブロックの底面積

$$A = 1.000 \times (0.850 + 0.800) = 1.650 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$W2 = W_b \cdot V = 24.000 \times 0.783 = 18.792 \text{ (kN)}$$

w_b : スラストブロックの単位重量

V : スラストブロックの体積

$$V = 1.650 \times 1.000 - 0.5255 \times 1.650 = 0.783 \text{ (m}^3\text{)}$$

$$W3 = W_f + \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot L \cdot w_o = 7.719 + \frac{3.1416 \times 0.800^2}{4} \times 1.650 \times 9.80 = 15.847 \text{ (kN)}$$

W_f : 曲管類の重量 4.678 (kN/m) $\times 1.650 = 7.719 \text{ (kN)}$

π : 円周率

D : 曲管類の内径 0.800 (m)

L : スラストブロックに巻込まれた管長 1.650 (m)

w_o : 水の単位重量 9.8 (kN/m³)

$$W = 51.173 + 18.792 + 15.847 = 85.812 \text{ (kN)}$$

$$\sigma_v = \frac{W}{A} = \frac{85.812}{1.650} = 52.007 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

④ 安全率

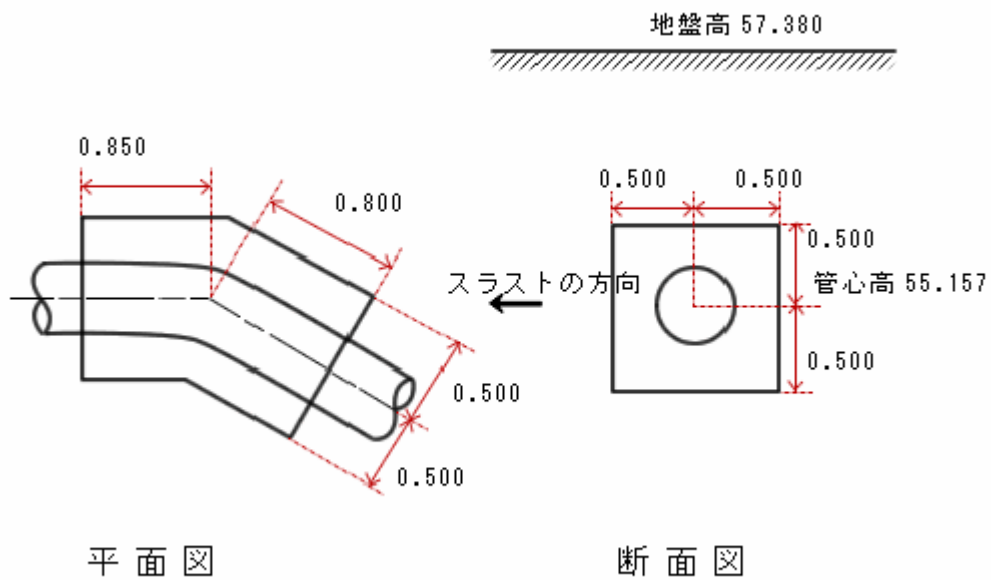
1) 滑動に対する安定

$$S_f = \frac{RH(265.344)}{Ph(16.523)} = 16.059 > 1.50 \quad \text{—OK—}$$

2) 沈下に対する安定

$$S_f = \frac{Rv(300.000)}{v(52.007)} = 5.768 > 1.00 \quad \text{—OK—}$$

σ_v : ブロック底面に加わる全荷重 (kN/m²)



No. 145 の設計

スラストの方向 : 下向きスラストの設計

呼び径 D : 0.800 (m)

曲管内径 D_p : 0.800 (m)

曲管外径 D_c : 0.818 (m)

地盤高 : 56.780 (m)

管中心高 : 51.250 (m)

平面偏角 I A : 0° 00' 00"

上流勾配 : -1° 23' 45"

下流勾配 : 5° 34' 56"

スラストブロック形状 : 台形, 五角形

滑動に対する検討

$$RH \geq S \cdot Ph$$

沈下に対する検討

$$\sigma Rv \geq S \cdot \sigma v$$

① スラスト力

$$P' = 2 \cdot (H \cdot Ac + \frac{a \cdot W_0 \cdot V^2}{g}) \cdot \sin \frac{\theta}{2}$$

$$Ph = P' \cdot \sin \left(\frac{\theta}{2} \pm \alpha \right)$$

$$Pv = P' \cdot \cos \left(\frac{\theta}{2} \pm \alpha \right)$$

P' : スラスト力 (kN)

Ph : スラストの水平分力 (kN)

Pv : スラストの鉛直分力 (kN)

ただし、 $a \cdot W_0 \cdot V \cdot /g$ については無視する。

$$P' = 2 \times 80.000 \times 0.5320 \times \sin \left(\frac{6.978}{2} \right) = 5.180 \text{ (kN)}$$

H : 内圧=静水圧+水撃圧=40.000+40.000=80.000 (kN/m²)

Ac : 設計水圧が作用する範囲の断面積 $1/4 \times \pi \times 0.823^2 = 0.5320 \text{ (m}^2\text{)}$

a : 流水断面積 $1/4 \times \pi \times 0.800^2 = 0.5027 \text{ (m}^2\text{)}$

$$Ph = 5.180 \times \sin \left(\frac{6.978}{2} - 1.396 \right) = 0.189 \text{ (kN)}$$

$$Pv = 5.180 \times \cos \left(\frac{6.978}{2} - 1.396 \right) = 5.177 \text{ (kN)}$$

θ : 曲管の曲り角度 6.978

β : 曲折部と水平とのなす角度 1.396

α_1 : 上流傾斜角度 -1.396

α_2 : 下流傾斜角度 5.582

② 水平方向抵抗力

$$R_H = R_{H1} + R_{H2} \text{ (kN)}$$

R_H : 水平方向抵抗力

R_{H1} : ブロック底面の摩擦抵抗 $R_{H1} = \mu \cdot W$

μ : スラストブロック底面と土の摩擦係数 (0.50 とする)

$$R_{H1} = 0.50 \times 106.179 = 53.090 \text{ (kN)}$$

R_{H2} : ブロック背面の受働土圧

$$\begin{aligned} R_{H2} &= \frac{1}{2} \cdot w \cdot B_o \cdot (H_2^2 - H_1^2) \cdot \tan^2(45^\circ + \phi/2) \\ &= \frac{1}{2} \times 18.000 \times 1.000 \times (6.030^2 - 5.030^2) \times 3.000 = 298.620 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

B_o : スラストブロック背面の幅

$$0.500 + 0.500 = 1.000 \text{ (m)}$$

H_1 : スラストブロック上面までの深さ 5.030 (m)

H_2 : スラストブロック下面までの深さ 6.030 (m)

$\tan^2(45^\circ + \phi/2)$: 受働土圧係数

$$= \tan^2(45^\circ + 30.00/2) = 3.000$$

$$R_H = 53.090 + 298.620 = 351.710 \text{ (kN)}$$

③ 側面の受働土圧による摩擦力

$$\begin{aligned} R_v &= \frac{1}{2} \cdot w \cdot u \cdot \mu \cdot (H_2^2 - H_1^2) \cdot \tan^2(45^\circ - \frac{\phi}{2}) \\ &= \frac{1}{2} \times 18.000 \times 3.700 \times 0.500 \times (6.030^2 - 5.030^2) \times \tan^2(45^\circ - \frac{30.000}{2}) = 61.322 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

u : スラストブロックの周長 $(0.850 + 1.000) \times 2 = 3.700 \text{ (m)}$

μ : スラストブロック側面と土の摩擦係数 (0.5 とする)

ϕ : 土の内部摩擦角 (°)

H_1 : スラストブロック上面までの深さ 5.030 (m)

H_2 : スラストブロック下面までの深さ 6.030 (m)

w : 土の単位体積重量 (kN/m³)

④ ブロック底面に加わる荷重, 地盤反力

$$W = W_1 + W_2 + W_3 \text{ (kN)}$$

$$\sigma_v = \frac{W}{A} = \frac{W_1 + W_2 + W_3}{A}$$

W : スラストブロック底面に加わる全荷重

σ_v : ブロック底面に加わる全荷重 (kN/m²)

W_1 : スラストブロック上の埋戻し土重量

W_2 : スラストブロックの重量

W3 : 管重量及び水重

$$\begin{aligned} W1 &= w \cdot B \cdot \{H1 \cdot L2 + (L2-L1) / 2 \cdot H4\} \\ &= 18.000 \times 1.000 \\ &\quad \times \{ 5.030 \times 1.000 + (1.000 - 0.500) / 2 \times 0.600 \} = 93.240 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

w : 土の単位重量 (kN/m³)

H1 : スラストブロック上面までの深さ 5.030 (m)

A : スラストブロックの底面積

$$A = 1.000 \times 1.000 = 1.000 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$W2 = Wb \cdot V = 24.000 \times 0.219 = 5.256 \text{ (kN)}$$

wb : スラストブロックの単位重量

V : スラストブロックの体積

$$\begin{aligned} V &= \{(0.500 + 1.000) / 2 \times 0.600 + 1.000 \times 0.400\} \times 1.000 \\ &\quad - 0.5255 \times 1.200 = 0.219 \text{ (m}^3\text{)} \end{aligned}$$

$$W3 = Wf + \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot L \cdot w_o = 3.742 + \frac{3.1416 \times 0.800^2}{4} \times 0.800 \times 9.80 = 7.683 \text{ (kN)}$$

Wf : 曲管類の重量 4.678 (kN/m) × 0.800 = 3.742 (kN)

π : 円周率

D : 曲管類の内径 0.800 (m)

L : スラストブロックに巻込まれた管長 1.200 (m)

w_o : 水の単位重量 9.8 (kN/m³)

W = 93.240 + 5.256 + 7.683 = 106.179 (kN)

$$v = \frac{W + P_v - R_v}{A} = \frac{106.179 + 5.177 - 61.322}{1.000} = 50.034 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

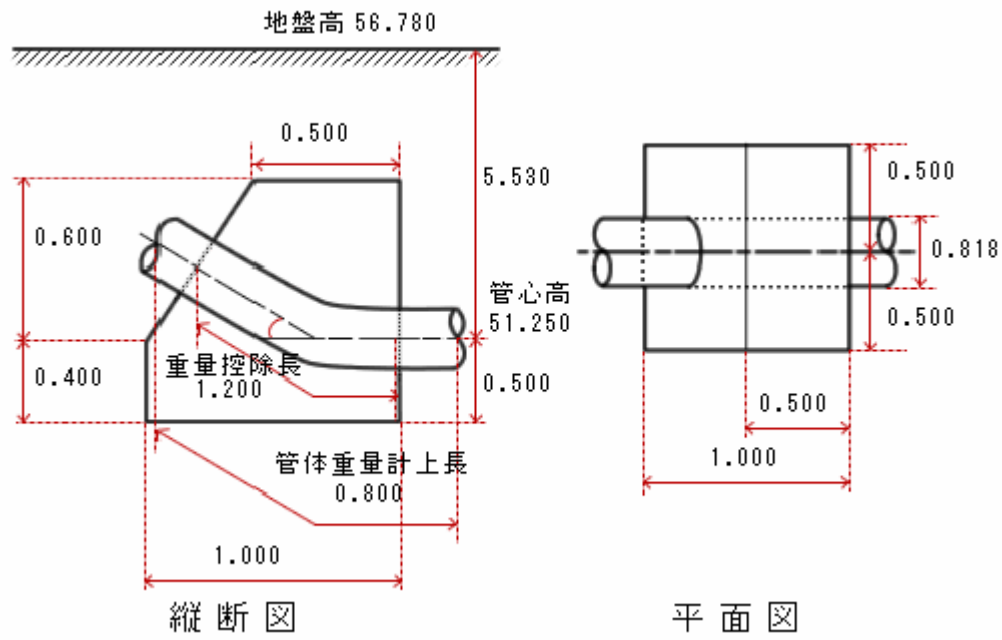
⑤ 安全率

1) 滑動に対する安定

$$S_f = \frac{RH(351.710)}{Ph(0.189)} = 999.999 > 1.50 \quad \text{—OK—}$$

2) 沈下に対する安定

$$S_f = \frac{R_v(300.000)}{v(50.034)} = 5.996 > 1.00 \quad \text{—OK—}$$



IP.1 の設計

スラストの方向 : 上向きスラストの設計

呼び径 D : 0.600 (m)

曲管内径 D_p : 0.600 (m)

曲管外径 D_c : 0.618 (m)

地盤高 : 58.690 (m)

管中心高 : 56.050 (m)

平面偏角 I A : 25° 00' 00"

上流勾配 : 5° 34' 56"

下流勾配 : -10° 37' 45"

スラストブロック形状 : 台形, 五角形

滑動に対する検討

$$RH \geq S \cdot Ph$$

浮上に対する検討

$$Rv + W - U \geq S \cdot Pv \quad (\text{地下水位が管頂上にあり管の浮力を考慮する場合})$$

沈下に対する検討

$$\sigma Rv \geq S \cdot \sigma v$$

① スラスト力

$$P' = 2 \cdot (H \cdot Ac + \frac{a \cdot W_0 \cdot V^2}{g}) \cdot \sin \frac{\theta}{2}$$

$$Ph = P' \cdot \sin(\frac{\theta}{2} \pm \alpha)$$

$$Pv = P' \cdot \cos(\frac{\theta}{2} \pm \alpha)$$

P' : スラスト力 (kN)

Ph : スラストの水平分力 (kN)

Pv : スラストの鉛直分力 (kN)

ただし、 $a \cdot W_0 \cdot V \cdot /g$ については無視する。

$$P' = 2 \times 79.800 \times 0.3000 \times \sin(\frac{16.211}{2}) = 6.751 \text{ (kN)}$$

H : 内圧 = 静水圧 + 水撃圧 = 39.900 + 39.900 = 79.800 (kN/m²)

Ac : 設計水圧が作用する範囲の断面積 $1/4 \times \pi \times 0.618^2 = 0.3000 \text{ (m}^2\text{)}$

a : 流水断面積 $1/4 \times \pi \times 0.600^2 = 0.2827 \text{ (m}^2\text{)}$

$$Ph = 6.751 \times \sin(\frac{16.211}{2} - 5.582) = 0.297 \text{ (kN)}$$

$$Pv = 6.751 \times \cos(\frac{16.211}{2} - 5.582) = 6.744 \text{ (kN)}$$

θ : 曲管の曲り角度 16.211

β : 曲折部と水平とのなす角度 5.582

α_1 : 上流傾斜角度 5.582

α_2 : 下流傾斜角度 -10.629

② 水平方向抵抗力

$$R_H = R_{H1} + R_{H2} \text{ (kN)}$$

R_H : 水平方向抵抗力

R_{H1} : ブロック底面の摩擦抵抗 $R_{H1} = \mu \cdot W$

μ : スラストブロック底面と土の摩擦係数 (0.50 とする)

$$R_{H1} = 0.50 \times 78.343 = 39.172 \text{ (kN)}$$

R_{H2} : ブロック背面の受働土圧

$$\begin{aligned} R_{H2} &= \frac{1}{2} \cdot w \cdot B_o \cdot (H_2^2 - H_1^2) \cdot \tan^2(45^\circ + \phi/2) \\ &= \frac{1}{2} \times 18.000 \times 1.100 \times (3.190^2 - 2.640^2) \times 3.000 = 95.233 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

B_o : スラストブロック背面の幅

$$0.600 + 0.500 = 1.100 \text{ (m)}$$

H_1 : スラストブロック上面までの深さ 2.640 (m)

H_2 : スラストブロック下面までの深さ 3.190 (m)

$\tan^2(45^\circ + \phi/2)$: 受働土圧係数

$$= \tan^2(45^\circ + 30.00/2) = 3.000$$

$$R_H = 39.172 + 95.233 = 134.405 \text{ (kN)}$$

③ 側面の受働土圧による摩擦力

$$\begin{aligned} R_v &= \frac{1}{2} \cdot w \cdot u \cdot \mu \cdot (H_2^2 - H_1^2) \cdot \tan^2(45^\circ - \frac{\phi}{2}) \\ &= \frac{1}{2} \times 18.000 \times 3.927 \times 0.500 \times (3.190^2 - 2.640^2) \times \tan^2(45^\circ - \frac{30.000}{2}) = 18.869 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

u : スラストブロックの周長 $(0.864 + 1.100) \times 2 = 3.927 \text{ (m)}$

μ : スラストブロック側面と土の摩擦係数 (0.5 とする)

ϕ : 土の内部摩擦角 (°)

H_1 : スラストブロック上面までの深さ 2.640 (m)

H_2 : スラストブロック下面までの深さ 3.190 (m)

w : 土の単位体積重量 (kN/m³)

④ ブロック底面に加わる荷重, 地盤反力

$$W = W_1 + W_2 + W_3 \text{ (kN)}$$

$$\sigma_v = \frac{W}{A} = \frac{W_1 + W_2 + W_3}{A}$$

W : スラストブロック底面に加わる全荷重

σ_v : ブロック底面に加わる全荷重 (kN/m²)

W_1 : スラストブロック上の埋戻し土重量

W_2 : スラストブロックの重量

W3 : 管重量及び水重

$$\begin{aligned} W1 &= w \cdot B \cdot \{H1 \cdot L2 + (L2-L1) / 2 \cdot H4\} \\ &= 18.000 \times 1.100 \\ &\quad \times \{2.640 \times 1.000 + (1.000 - 0.500) / 2 \times 0.600\} = 55.242 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

w : 土の単位重量 (kN/m³)

H1 : スラストブロック上面までの深さ 2.640 (m)

A : スラストブロックの底面積

$$A = 1.100 \times 1.000 = 1.100 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$W2 = Wb \cdot V = 24.000 \times 0.745 = 17.880 \text{ (kN)}$$

wb : スラストブロックの単位重量

V : スラストブロックの体積

$$\begin{aligned} V &= \{(0.500 + 1.000) / 2 \times 0.600 + 1.000 \times 0.500\} \times 1.100 \\ &\quad - 0.300 \times 1.000 = 0.745 \text{ (m}^3\text{)} \end{aligned}$$

$$W3 = Wf + \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot L \cdot w_o = 2.450 + \frac{3.1416 \times 0.600^2}{4} \times 1.000 \times 9.80 = 5.221 \text{ (kN)}$$

Wf : 曲管類の重量 2.450 (kN/m) × 1.000 = 2.450 (kN)

π : 円周率

D : 曲管類の内径 0.600 (m)

L : スラストブロックに巻込まれた管長 1.000 (m)

w_o : 水の単位重量 9.8 (kN/m³)

W = 55.242 + 17.880 + 5.221 = 78.343 (kN)

$$v = \frac{W}{A} = \frac{78.343}{1.100} = 71.221 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$U = (V + \frac{\pi \cdot D^2 \cdot L}{4}) \cdot w_o = (0.745 + \frac{\pi \cdot 0.618^2 \times 1.000}{4}) \times 9.8 = 10.241 \text{ (kN)}$$

V : スラストブロックの体積

π : 円周率

L : スラストブロックに巻込まれた管長 (m)

D : 管外径 (m)

w_o : 水の単位体積重量 (kN/m³)

⑤ 安全率

1) 滑動に対する安定

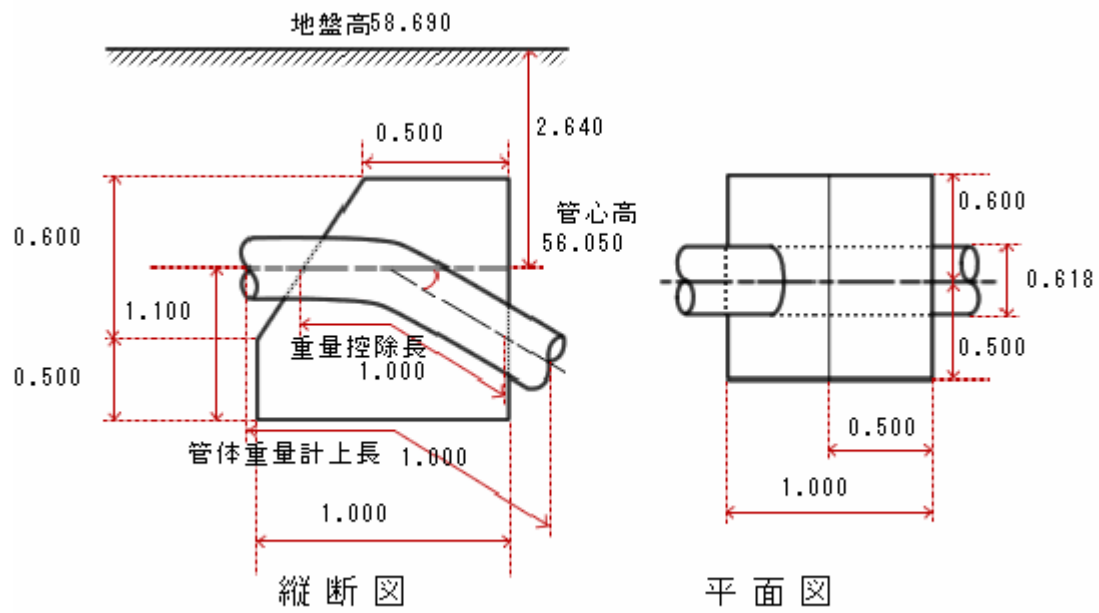
$$S_f = \frac{RH(134.405)}{Ph(0.297)} = 452.542 > 1.50 \quad \text{—OK—}$$

2) 沈下に対する安定

$$S_f = \frac{Rv(300.000)}{v(71.221)} = 4.212 > 1.00 \quad \text{—OK—}$$

3) 浮上に対する検討

$$S_f = \frac{Rv + W - U}{P_v} = \frac{18.869 + 78.343 - 10.241}{6.744} = 12.896 > 1.20 \quad \text{—OK—}$$



IP.1 の設計

スラストの方向 : 水平スラストの設計

呼び径	D : 0.600 (m)
曲管内径	D _p : 0.600 (m)
曲管外径	D _c : 0.618 (m)
地盤高	: 58.690 (m)
管中心高	: 56.050 (m)
平面偏角	IA : 25° 00' 00"
上流勾配	: 5° 34' 56"
下流勾配	: -10° 37' 45"
スラストブロック形状	: 五角形

滑動に対する検討

$$RH \geq S \cdot P' = S \cdot Ph$$

沈下に対する検討

$$\sigma Rv \geq S \cdot \sigma v$$

① スラスト力

P' : ズレの力 = 横向きスラスト = Ph (kN)

$$P' = Ph = 2 \cdot \left(H \cdot Ac + \frac{a \cdot W_0 \cdot V^2}{g} \right) \cdot \sin\left(\frac{\theta}{2}\right)$$

$$= 2 \times 79.800 \times 0.3000 \times \sin\left(\frac{25.00000}{2}\right) = 10.363 \text{ (kN)}$$

H : 内圧 = 静水圧 + 水撃圧 = 39.900 + 39.900 = 79.800 (kN/m²)

Ac : 設計水圧が作用する範囲の断面積 $1/4 \times \pi \times 0.618^2 = 0.3000 \text{ (m}^2\text{)}$

a : 流水断面積 $1/4 \times \pi \times 0.600^2 = 0.2827 \text{ (m}^2\text{)}$

V : 管内平均流速 = 0.340 / 0.283 = 1.201 (m/sec)

g : 重力の加速度 = 9.8 (m/sec²)

S : 安全率 (1.5 以上)

ただし、 $a \cdot W_0 \cdot V^2 / g$ については無視する。

② 水平方向抵抗力

$$RH = RH1 + RH2 \text{ (kN)}$$

RH : 水平方向抵抗力

RH1 : ブロック底面の摩擦抵抗 $RH1 = \mu \cdot W$

μ : スラストブロック底面と土の摩擦係数 (0.50 とする)

$$RH1 = 0.50 \times 129.743 = 64.871 \text{ (kN)}$$

RH2 : ブロック背面の受働土圧

$$RH2 = \frac{1}{2} \cdot w \cdot B_o \cdot (H2^2 - H1^2) \cdot \tan^2(45^\circ + \phi/2)$$

$$= \frac{1}{2} \times 18.000 \times 2.017 \times (3.140^2 - 2.040^2) \times 3.000 = 310.307 \text{ (kN)}$$

B_o : スラストブロック背面の幅
 $[\{0.900 + 0.600 \times \tan(25.00000/2)\} + \{0.900 + 0.600 \times \tan(25.00000/2)\}] \times \cos(25.00000/2) = 2.017 \text{ (m)}$

H₁ : スラストブロック上面までの深さ 2.040 (m)

H₂ : スラストブロック下面までの深さ 3.140 (m)

$\tan^2(45^\circ + \phi/2)$: 受働土圧係数
 $= \tan^2(45^\circ + 30.00/2) = 3.000$

RH = 64.871 + 310.307 = 375.178 (kN)

③ ブロック底面に加わる荷重, 地盤反力

$W = W1 + W2 + W3 \text{ (kN)}$

$$\sigma_v = \frac{W}{A} = \frac{W1 + W2 + W3}{A}$$

W : スラストブロック底面に加わる全荷重

σ_v : ブロック底面に加わる全荷重 (kN/m²)

W₁ : スラストブロック上の埋戻し土重量

W₂ : スラストブロックの重量

W₃ : 管重量及び水重

$$W1 = w \cdot H1 \cdot A = 18.000 \times 2.040 \times 2.112 = 77.553 \text{ (kN)}$$

w : 土の単位重量 (kN/m³)

H₁ : スラストブロック上面までの深さ 2.040 (m)

A : スラストブロックの底面積

$$A = 1.100 \times 1.822 + 0.770 \times 0.171 = 2.112 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$W2 = W_b \cdot V = 24.000 \times 1.783 = 42.792 \text{ (kN)}$$

w_b : スラストブロックの単位重量

V : スラストブロックの体積

$$V = 2.112 \times 1.100 - 0.300 \times 1.800 = 1.783 \text{ (m}^3\text{)}$$

$$W3 = W_f + \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot L \cdot w_o = 4.410 + \frac{3.1416 \times 0.600^2}{4} \times 1.800 \times 9.80 = 9.398 \text{ (kN)}$$

W_f : 曲管類の重量 2.450 (kN/m) × 1.800 = 4.410 (kN)

π : 円周率

D : 曲管類の内径 0.600 (m)

L : スラストブロックに巻込まれた管長 1.800 (m)

w_o : 水の単位重量 9.8 (kN/m³)

W = 77.553 + 42.792 + 9.398 = 129.743 (kN)

$$\sigma_v = \frac{W}{A} = \frac{129.743}{2.112} = 61.431 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

④ 安全率

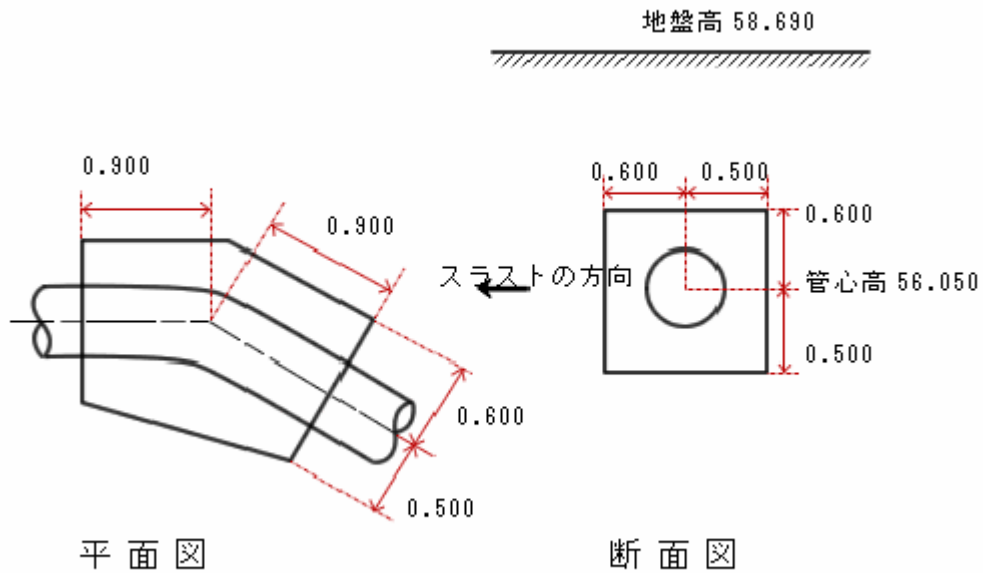
1) 滑動に対する安定

$$S_f = \frac{RH(375.178)}{Ph(10.363)} = 36.204 > 1.50 \quad \text{—OK—}$$

2) 沈下に対する安定

$$S_f = \frac{Rv(300.000)}{v(61.431)} = 4.884 > 1.00 \quad \text{—OK—}$$

σ_v : ブロック底面に加わる全荷重 (kN/m²)



スラストカ, スラストブロックの検討

標題 : スラストブロック計算例

計算年月日 : 平成〇〇年〇〇月〇〇日

会社名 : 株式会社システム情報企画

【 スラスト力の検討 】

測点番号	No. 142+ 6.25	No. 145	IP. 1	IP. 1	
地盤高 GL(m)	57.380	56.780	58.690	58.690	
管心高 EL(m)	55.157	51.250	56.050	56.050	
管内径 D (m)	0.800	0.800	0.600	0.600	
内圧作用管径 Dc(m)	0.823	0.823	0.618	0.618	
曲管類外径 D (m)	0.818	0.818	0.618	0.618	
分岐管内径 Dk(m)				0.200	
分岐管長 (m)				0.850	
土の内部摩擦角 φ	30.000	30.000	30.000	30.000	
土の単位重量 Wt	18.000	18.000	18.000	18.000	
スラストブロック単位重量 Ws	24.000	24.000	24.000	24.000	
曲管類の単位重量 Wf	4.678	4.678	2.450	2.450	
分岐管の単位重量 W				0.980	
管外径の断面積 Ac	0.5320	0.5320	0.3000	0.3000	
静水圧 P1(kN/m ²)	145.461	183.750	136.710	136.710	
水撃圧 P2(kN/m ²)	145.461	183.750	136.710	136.710	
設計内圧 H (kN/m ²)	290.923	367.500	273.420	273.420	
水平偏角 I. A	30° 00' 00"		25° 00' 00"	90° 00' 00"	
上流鉛直角度 Iv1	2° 52' 30"	-1° 23' 45"	5° 34' 56"	5° 34' 56"	
下流鉛直角度 Iv2	-1° 23' 45"	5° 34' 56"	-10° 37' 45"	-10° 37' 45"	
スラストの方向	水平	下向き	上向き	T字管	
スラスト荷重 P' (kN)	80.115	23.796	23.131	13.425	
鉛直分力 Pv (kN)		23.780	23.109		
水平分力 Ph (kN)		0.869	1.018		
平面形状					
縦断形状					
各部の寸法					
スラストの長さ L1(m)					
L2(m)					
管体の長さ L1'(m)	1.000	0.700	1.000	1.000	
L2'(m)	1.000	0.700	1.000	1.000	
スラストの巾(内側) B1(m)					
(外側) B2(m)					
B1+B2(m)					
スラスト高さ(下側) H1(m)					
(上側) H2(m)					
H1+H2(m)					
スラスト土被り (m)					
受働土圧作用巾 L	2.144			2.000	
周長 U	3.996	2.792	3.956	3.956	
平面積 A(m ²)	1.634	1.142	1.222	1.331	
抵抗力 R1(kN)					
W1(kN)	66.118	112.996	60.038	65.393	
W2(kN)	19.208	13.445	10.442	11.138	
W3(kN)	0.000	0.000	0.000	0.000	
W(kN)	85.326	126.441	70.480	76.531	
RH1(kN)					
RH2(kN)	146.822	139.521	47.189	152.714	
RH=RH1+RH2(kN)	146.822	139.521	47.189	152.714	
Rv (kN)			25.792		
滑動安全率 S. F	1.833	160.554	46.355	11.375	
判定	- ok -	- ok -	- ok -	- ok -	
浮上安全率 S. F			3.912		
判定			- ok -		
地盤反力 Sv(kN/m ²)	52.219	95.937	57.676	57.499	
沈下安全率	5.745	3.127	5.201	5.217	
判定	- ok -	- ok -	- ok -	- ok -	

No. 142+ 6.25 の設計

スラストの方向 : 水平スラストの設計

呼び径	D : 0.800 (m)
曲管内径	D _p : 0.800 (m)
曲管外径	D _c : 0.818 (m)
平面偏角	IA : 30° 00' 00"
上流勾配	: 2° 52' 30"
下流勾配	: -1° 23' 45"

滑動に対する検討

$$RH \geq S \cdot P' = S \cdot Ph$$

沈下に対する検討

$$\sigma Rv \geq S \cdot \sigma v$$

① スラスト力

P' : ズレの力 = 横向きスラスト = Ph (kN)

$$P' = Ph = 2 \cdot (H \cdot Ac + \frac{a \cdot W_0 \cdot V^2}{g}) \cdot \sin(\frac{\theta}{2})$$

$$= 2 \times 290.923 \times 0.5320 \times \sin(\frac{30.00000}{2}) = 80.115 \text{ (kN)}$$

H : 内圧 = 静水圧 + 水撃圧 = 145.461 + 145.461 = 290.923 (kN/m²)Ac : 設計水圧が作用する範囲の断面積 $1/4 \times \pi \times 0.823^2 = 0.5320 \text{ (m}^2\text{)}$ a : 流水断面積 $1/4 \times \pi \times 0.800^2 = 0.5027 \text{ (m}^2\text{)}$

V : 管内平均流速 = 0.720 / 0.503 = 1.431 (m/sec)

g : 重力の加速度 = 9.8 (m/sec²)

S : 安全率 (1.5 以上)

ただし、 $a \cdot W_0 \cdot V^2 / g$ については無視する。

② 水平方向抵抗力

$$RH = F \cdot \frac{1}{2} \cdot w \cdot Bb \cdot (H_2^2 - H_1^2) \cdot \tan^2(45^\circ + \phi/2)$$

$$= 0.650 \times \frac{1}{2} \times 18.000 \times 2.144 \times (2.682^2 - 1.814^2) \times 3.000 = 146.822 \text{ (kN)}$$

RH : 水平方向抵抗力 (kN)

F : 曲管の受動土圧の補正係数 (0.65 とする。)

Bb : 管背面の幅

$$[\{ 1.000 \times \cos(30.00000^\circ / 2) \}$$

$$+ \{ 1.000 \times \cos(30.00000^\circ / 2) \}$$

$$+ \{ 0.818 \times \tan(30.00000^\circ / 2) \times \cos(30.000^\circ / 2) \}] = 2.144 \text{ (m)}$$

$$\begin{aligned}
 H1 & : \text{地盤面から管頂までの深さ } 1.814 \text{ (m)} \\
 H2 & : \text{地盤面から管底までの深さ } 2.682 \text{ (m)} \\
 \tan^2(45^\circ + \phi/2) & : \text{受働土圧係数} \\
 & = \tan^2(45^\circ + 30.00/2) = 3.000
 \end{aligned}$$

③ 底面に加わる荷重, 地盤反力

$$W = W1 + W2 \text{ (kN)}$$

$$\sigma_v = \frac{W}{A}$$

W : 管底面に加わる全荷重

W1 : 管上の埋戻し土による鉛直土圧

$$W1 = w \cdot H_m \cdot A = 18.000 \times 2.248 \times 1.634 = 66.118 \text{ (kN)}$$

w : 土の単位重量

H_m : 地表からの平均深さ (1.814 + 2.682) / 2 = 2.248 (m)

A : 管底面積

$$A = D_c \cdot l' = 0.818 \times 1.998 = 1.634 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$l' = 1.000 \times \cos(2.875^\circ) + 1.000 \times \cos(1.396^\circ) = 1.998 \text{ (m)}$$

W2 : 曲管類の重量及び管内水重

$$W2 = W_f + \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot l \cdot w_o = 9.356 + \frac{3.1416 \times 0.800^2}{4} \times 2.000 \times 9.80 = 19.208 \text{ (kN)}$$

W_f : 曲管類の重量 4.678 (kN/m) × 2.000 = 9.356 (kN)

π : 円周率

D : 曲管類の内径 0.800 (m)

l : 曲管類の管長 2.000 (m)

w_o : 水の単位重量 9.80 (kN/m³)

$$W = 66.118 + 19.208 = 85.326 \text{ (kN)}$$

$$\sigma_v = \frac{W}{A} = \frac{85.326}{1.634} = 52.219 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

④ 安全率

1) 滑動に対する安定

$$S_f = \frac{R_H(146.822)}{P_H(80.115)} = 1.833 > 1.50 \quad \text{—OK—}$$

2) 沈下に対する安定

$$S_f = \frac{R_v(300.000)}{v(52.219)} = 5.75 \text{ (kN/m}^2\text{)} > 1.20 \quad \text{—OK—}$$

σ_{Rv} : 底面の地盤の許容支持力 300.0 (kN/m²)

※ 参考値 管上面までの深さ

$$57.380 - (55.157 + 0.818/2) = 1.814 \text{ (m)}$$

$$57.380 - \{55.157 - 1.000 \times \sin(2.875^\circ) + 0.818/2 \times \cos(2.875^\circ)\} = 1.865 \text{ (m)}$$

$$57.380 - \{55.157 + 1.000 \times \sin(-1.396^\circ) + 0.818/2 \times \cos(-1.396^\circ)\} = 1.838 \text{ (m)}$$

※ 参考値 管下面までの深さ

$$57.380 - (55.157 - 0.818/2) = 2.632 \text{ (m)}$$

$$57.380 - \{55.157 - 1.000 \times \sin(2.875^\circ) - 0.818/2 \times \cos(2.875^\circ)\} = 2.682 \text{ (m)}$$

$$57.380 - \{55.157 + 1.000 \times \sin(-1.396^\circ) - 0.818/2 \times \cos(-1.396^\circ)\} = 2.656 \text{ (m)}$$

No. 145 の設計

スラストの方向 : 下向きスラストの設計

呼び径	D : 0.800 (m)
曲管内径	D _p : 0.800 (m)
曲管外径	D _c : 0.818 (m)
平面偏角	IA : 0° 00' 00"
上流勾配	: -1° 23' 45"
下流勾配	: 5° 34' 56"

滑動に対する検討

$$RH \geq S \cdot Ph$$

浮上に対する検討 上向きスラストを受ける場合のみ考慮する

$$R_v + W \geq S \cdot P_v \quad (\text{一般の場合})$$

$$R_v + W - U \geq S \cdot P_v \quad (\text{地下水位が管頂上にあり管の浮力を考慮する場合})$$

沈下に対する検討

$$\sigma R_v \geq S \cdot \sigma v$$

① スラスト力

$$P' = 2 \cdot \left(H \cdot Ac + \frac{a \cdot W_0 \cdot V^2}{g} \right) \cdot \sin \frac{\theta}{2}$$

$$Ph = P' \cdot \sin \left(\frac{\theta}{2} \pm \beta \right)$$

$$P_v = P' \cdot \cos \left(\frac{\theta}{2} \pm \beta \right)$$

P' : スラスト力 (kN)

$$P' = 2 \times 367.500 \times 0.5320 \times \sin \frac{6.978}{2} = 23.796 \text{ (kN)}$$

Ph : スラストの水平分力 (kN)

P_v : スラストの鉛直分力 (kN)

S : 安全率 (1.5 以上)

$$Ph = 23.796 \times \sin \left(\frac{6.978}{2} - 1.396 \right) = 0.869 \text{ (kN)}$$

$$P_v = 23.796 \times \cos \left(\frac{6.978}{2} - 1.396 \right) = 23.780 \text{ (kN)}$$

H : 内圧 = 静水圧 + 水撃圧 = 183.750 + 183.750 = 367.500 (kN/m²)Ac : 設計水圧が作用する範囲の断面積 $1/4 \times \pi \times 0.823^2 = 0.5320 \text{ (m}^2\text{)}$

θ : 曲管の曲り角度 6.978

β : 曲折部と水平とのなす角度 1.396

α₁ : 上流傾斜角度 -1.396α₂ : 下流傾斜角度 5.582

② 水平方向抵抗力

$$RH = F \cdot \frac{1}{2} \cdot w \cdot Bb \cdot (H2^2 - H1^2) \cdot \tan^2(45^\circ + \phi/2)$$

$$= 0.650 \times \frac{1}{2} \times 18.000 \times 0.818 \times (5.939^2 - 5.055^2) \times 3.000 = 139.521 \text{ (kN)}$$

RH : 水平方向抵抗力 (kN)

F : 曲管の受動土圧の補正係数 (0.65 とする。)

Bb : 管背面の幅

$$Bb = Dc = 0.818 \text{ (m)}$$

H1 : 地盤面から管頂までの深さ 5.055 (m)

H2 : 地盤面から管底までの深さ 5.939 (m)

$\tan^2(45^\circ + \phi/2)$: 受働土圧係数
 $= \tan^2(45^\circ + 30.00/2) = 3.000$

③ 側面の主働土圧による摩擦力

$$Rv = \frac{1}{2} \cdot w \cdot L \cdot \mu \cdot (H2^2 - H1^2) \cdot \tan^2(45^\circ - \frac{\phi}{2})$$

$$= \frac{1}{2} \times 18.000 \times 2.792 \times 0.500 \times (5.939^2 - 5.055^2) \times \tan^2(45^\circ - \frac{30.000}{2}) = 40.661 \text{ (kN)}$$

L : 管側面の摩擦を受ける長さ $2 \cdot 1' = 2 \times 1.396 = 2.792 \text{ (m)}$

μ : 管側面と土の摩擦係数 0.50

ϕ : 土の内部摩擦角 (°)

H1 : 地盤面から管頂までの深さ 5.055 (m)

H2 : 地盤面から管底までの深さ 5.939 (m)

w : 土の単位体積重量 (kN/m³)

④ 底面に加わる荷重, 地盤反力

$$W = W1 + W2 \text{ (kN)}$$

$$\sigma v = \frac{W + Pv - Rv}{A}$$

W : 管底面に加わる全荷重

W1 : 管上の埋戻し土による鉛直土圧

$$W1 = w \cdot Hm \cdot A = 18.000 \times 5.497 \times 1.142 = 112.996 \text{ (kN)}$$

w : 土の単位重量

Hm : 地表からの平均深さ $(5.055 + 5.939) / 2 = 5.497 \text{ (m)}$

A : 管底面積

$$A = Dc \cdot 1' = 0.818 \times 1.396 = 1.142 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$1' = 0.700 \times \cos(1.396^\circ) + 0.700 \times \cos(5.582^\circ) = 1.396 \text{ (m)}$$

W2 : 曲管類の重量及び管内水重

$$W2 = Wf + \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot 1 \cdot w_o = 6.549 + \frac{3.1416 \times 0.800^2}{4} \times 1.400 \times 9.80 = 13.445 \text{ (kN)}$$

$$W_f : \text{曲管類の重量} \quad 4.678(\text{kN/m}) \times 1.400 = 6.549 \text{ (kN)}$$

$$\pi : \text{円周率}$$

$$D : \text{曲管類の内径} \quad 0.800 \text{ (m)}$$

$$l : \text{曲管類の管長} \quad 1.400 \text{ (m)}$$

$$w_o : \text{水の単位重量} \quad 9.80 \text{ (kN/m}^3\text{)}$$

$$W = 112.996 + 13.445 = 126.441 \text{ (kN)}$$

$$v = \frac{W + P_v - R_v}{A} = \frac{126.441 + 23.780 - 40.661}{1.142} = 95.937 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

⑥ 安全率

1) 滑動に対する安定

$$S_f = \frac{RH(139.521)}{Ph(0.869)} = 160.554 > 1.50 \quad \text{—OK—}$$

2) 沈下に対する安定

$$S_f = \frac{R_v(300.000)}{v(95.937)} = 3.127 \text{ (kN/m}^2\text{)} > 1.20 \quad \text{—OK—}$$

※ 参考値 管上面までの深さ

$$56.780 - (51.250 + 0.818/2) = 5.121 \text{ (m)}$$

$$56.780 - \{51.250 - 0.700 \times \sin(-1.396^\circ) + 0.818/2 \times \cos(-1.396^\circ)\} = 5.104 \text{ (m)}$$

$$56.780 - \{51.250 + 0.700 \times \sin(5.582^\circ) + 0.818/2 \times \cos(5.582^\circ)\} = 5.055 \text{ (m)}$$

※ 参考値 管下面までの深さ

$$56.780 - (51.250 - 0.818/2) = 5.939 \text{ (m)}$$

$$56.780 - \{51.250 - 0.700 \times \sin(-1.396^\circ) - 0.818/2 \times \cos(-1.396^\circ)\} = 5.922 \text{ (m)}$$

$$56.780 - \{51.250 + 0.700 \times \sin(5.582^\circ) - 0.818/2 \times \cos(5.582^\circ)\} = 5.869 \text{ (m)}$$

IP.1 の設計

スラストの方向 : 上向きスラストの設計(地下水位考慮)

呼び径	D : 0.600 (m)
曲管内径	D _p : 0.600 (m)
曲管外径	D _c : 0.618 (m)
平面偏角	IA : 25° 00' 00"
上流勾配	: 5° 34' 56"
下流勾配	: -10° 37' 45"

滑動に対する検討

$$RH \geq S \cdot Ph$$

浮上に対する検討 上向きスラストを受ける場合のみ考慮する

$$R_v + W \geq S \cdot P_v \quad (\text{一般の場合})$$

$$R_v + W - U \geq S \cdot P_v \quad (\text{地下水位が管頂上にあり管の浮力を考慮する場合})$$

沈下に対する検討

$$\sigma R_v \geq S \cdot \sigma v$$

① スラスト力

$$P' = 2 \cdot \left(H \cdot Ac + \frac{a \cdot W_0 \cdot V^2}{g} \right) \cdot \sin \frac{\theta}{2}$$

$$Ph = P' \cdot \sin \left(\frac{\theta}{2} \pm \beta \right)$$

$$P_v = P' \cdot \cos \left(\frac{\theta}{2} \pm \beta \right)$$

P' : スラスト力 (kN)

$$P' = 2 \times 273.420 \times 0.3000 \times \sin \frac{16.211}{2} = 23.131 \text{ (kN)}$$

Ph : スラストの水平分力 (kN)

P_v : スラストの鉛直分力 (kN)

S : 安全率 (1.5 以上)

$$Ph = 23.131 \times \sin \left(\frac{16.211}{2} - 5.582 \right) = 1.018 \text{ (kN)}$$

$$P_v = 23.131 \times \cos \left(\frac{16.211}{2} - 5.582 \right) = 23.109 \text{ (kN)}$$

H : 内圧 = 静水圧 + 水撃圧 = 136.710 + 136.710 = 273.420 (kN/m²)

Ac : 設計水圧が作用する範囲の断面積 $1/4 \times \pi \times 0.618^2 = 0.3000 \text{ (m}^2\text{)}$

θ : 曲管の曲り角度 16.211

β : 曲折部と水平とのなす角度 5.582

α₁ : 上流傾斜角度 5.582

α₂ : 下流傾斜角度 -10.629

② 水平方向抵抗力

$$RH = F \cdot \frac{1}{2} \cdot w \cdot Bb \cdot (H2^2 - H1^2) \cdot \tan^2(45^\circ + \phi/2)$$

$$= 0.650 \times \frac{1}{2} \times 18.000 \times 0.618 \times (3.128^2 - 2.331^2) \times 3.000 = 47.189 \text{ (kN)}$$

RH : 水平方向抵抗力 (kN)

F : 曲管の受動土圧の補正係数 (0.65 とする。)

Bb : 管背面の幅

$$Bb = Dc = 0.618 \text{ (m)}$$

H1 : 地盤面から管頂までの深さ 2.331 (m)

H2 : 地盤面から管底までの深さ 3.128 (m)

$\tan^2(45^\circ + \phi/2)$: 受働土圧係数
 $= \tan^2(45^\circ + 30.00/2) = 3.000$

③ 側面の主働土圧による摩擦力

$$Rv = \frac{1}{2} \cdot w \cdot L \cdot \mu \cdot (H2^2 - H1^2) \cdot \tan^2(45^\circ - \frac{\phi}{2})$$

$$= \frac{1}{2} \times 18.000 \times 3.956 \times 0.500 \times (3.128^2 - 2.331^2) \times \tan^2(45^\circ - \frac{30.000}{2}) = 25.792 \text{ (kN)}$$

L : 管側面の摩擦を受ける長さ $2 \cdot l' = 2 \times 1.978 = 3.956 \text{ (m)}$

μ : 管側面と土の摩擦係数 0.50

ϕ : 土の内部摩擦角 (°)

H1 : 地盤面から管頂までの深さ 2.331 (m)

H2 : 地盤面から管底までの深さ 3.128 (m)

w : 土の単位体積重量 (kN/m³)

④ 底面に加わる荷重, 地盤反力

$$W = W1 + W2 \text{ (kN)}$$

$$\sigma_v = \frac{W}{A}$$

W : 管底面に加わる全荷重

W1 : 管上の埋戻し土による鉛直土圧

$$W1 = w \cdot Hm \cdot A = 18.000 \times 2.730 \times 1.222 = 60.038 \text{ (kN)}$$

w : 土の単位重量

Hm : 地表からの平均深さ $(2.331 + 3.128) / 2 = 2.730 \text{ (m)}$

A : 管底面積

$$A = Dc \cdot l' = 0.618 \times 1.978 = 1.222 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$l' = 1.000 \times \cos(5.582^\circ) + 1.000 \times \cos(10.629^\circ) = 1.978 \text{ (m)}$$

W2 : 曲管類の重量及び管内水重

$$W2 = Wf + \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot l \cdot w_o = 4.900 + \frac{3.1416 \times 0.600^2}{4} \times 2.000 \times 9.80 = 10.442 \text{ (kN)}$$

$$W_f : \text{曲管類の重量} \quad 2.450(\text{kN/m}) \times 2.000 = 4.900 \text{ (kN)}$$

$$\pi : \text{円周率}$$

$$D : \text{曲管類の内径} \quad 0.600 \text{ (m)}$$

$$l : \text{曲管類の管長} \quad 2.000 \text{ (m)}$$

$$w_o : \text{水の単位重量} \quad 9.80 \text{ (kN/m}^3\text{)}$$

$$W = 60.038 + 10.442 = 70.480 \text{ (kN)}$$

$$v = \frac{W}{A} = \frac{70.480}{1.222} = 57.676 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

⑤ 管の浮力

$$U = \frac{\pi}{4} \cdot D_c^2 \cdot L \cdot w_o = \frac{\pi}{4} \times 0.618^2 \times 9.8 \times 2.000 = 5.879 \text{ (kN)}$$

$$\pi : \text{円周率}$$

$$D_c : \text{管外径 (m)}$$

$$w_o : \text{水の単位体積重量 (kN/m}^3\text{)}$$

$$L : \text{管長 (m)}$$

1) 滑動に対する安定

$$S_f = \frac{R_H(47.189)}{P_h(1.018)} = 46.355 > 1.50 \quad \text{—OK—}$$

2) 浮上に対する検討

$$S_f = \frac{R_v + W - U}{P_v} = \frac{25.792 + 70.480 - 5.879}{23.109} = 3.912 \text{ (kN/m}^2\text{)} > 1.20 \quad \text{—OK—}$$

※ 参考値 管上面までの深さ

$$58.690 - (56.050 + 0.618/2) = 2.331 \text{ (m)}$$

$$58.690 - \{56.050 - 1.000 \times \sin(5.582^\circ) + 0.618/2 \times \cos(5.582^\circ)\} = 2.430 \text{ (m)}$$

$$58.690 - \{56.050 + 1.000 \times \sin(-10.629^\circ) + 0.618/2 \times \cos(-10.629^\circ)\} = 2.521 \text{ (m)}$$

※ 参考値 管下面までの深さ

$$58.690 - (56.050 - 0.618/2) = 2.949 \text{ (m)}$$

$$58.690 - \{56.050 - 1.000 \times \sin(5.582^\circ) - 0.618/2 \times \cos(5.582^\circ)\} = 3.045 \text{ (m)}$$

$$58.690 - \{56.050 + 1.000 \times \sin(-10.629^\circ) - 0.618/2 \times \cos(-10.629^\circ)\} = 3.128 \text{ (m)}$$

IP.1 の設計

スラストの方向 : T字管スラストの設計

呼び径	D : 0.600 (m)→0.200(m)
曲管内径	D _p : 0.600 (m)
曲管外径	D _c : 0.618 (m)
枝管内径	D _p : 0.200 (m)
枝管外径	D _c : 0.200 (m)
地盤高	: 58.690 (m)
管中心高	: 56.050 (m)
平面偏角	IA : 90° 00' 00"
上流勾配	: 5° 34' 56"
下流勾配	: -10° 37' 45"

滑動に対する検討

$$RH \geq S \cdot P' = S \cdot Ph$$

沈下に対する検討

$$\sigma Rv \geq S \cdot \sigma v$$

① スラスト力

P' : ズレの力 = 横向きスラスト = Ph (kN)

$$P' = A3 \cdot H \cdot \sin \theta$$

$$= 0.0491 \times 273.420 \times \sin 90.000 = 13.425 \text{ (kN)}$$

A3 : 枝管外径の断面積

$$/4 \times 0.250^2 = 0.0491 \text{ m}^2$$

H : 内圧 = 静水圧 + 水撃圧 = 136.710 + 136.710 = 273.420 (kN/m²)

θ : 90°

② 水平方向抵抗力

$$RH = F \cdot \frac{1}{2} \cdot w \cdot Bb \cdot (H_2^2 - H_1^2) \cdot \tan^2(45^\circ + \phi/2)$$

$$= 0.650 \times \frac{1}{2} \times 18.000 \times 2.000 \times (3.128^2 - 2.331^2) \times 3.000 = 152.714 \text{ (kN)}$$

RH : 水平方向抵抗力 (kN)

F : 曲管の受動土圧の補正係数 (0.65 とする。)

Bb : 管背面の幅

$$Bb = 1.000 + 1.000 = 2.000 \text{ (m)}$$

H1 : 地盤面から管頂までの深さ 2.331 (m)

H2 : 地盤面から管底までの深さ 3.128 (m)

$$\begin{aligned} \tan^2(45^\circ + \phi/2) &: \text{受働土圧係数} \\ &= \tan^2(45^\circ + 30.00/2) = 3.000 \end{aligned}$$

③ 底面に加わる荷重, 地盤反力

$$W = W_1 + W_2 \text{ (kN)}$$

$$\sigma_v = \frac{W}{A}$$

W : 管底面に加わる全荷重

W₁ : 管上の埋戻し土による鉛直土圧

$$W_1 = w \cdot H_m \cdot A = 18.000 \times 2.730 \times 1.331 = 65.393 \text{ (kN)}$$

w : 土の単位重量

H_m : 地表からの平均深さ (2.331 + 3.128) / 2 = 2.730 (m)

A : 管底面積

$$A = D_c \cdot l' + D_e \cdot l_2 = 0.618 \times 1.978 + 0.200 \times 0.541 = 1.331 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$l' = 1.000 \times \cos(5.582^\circ) + 1.000 \times \cos(10.629^\circ) = 1.978 \text{ (m)}$$

W₂ : 曲管類の重量及び管内水重

$$W_2 = W_f + \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot l \cdot w_o + \frac{\pi \cdot D_2^2}{4} \cdot L_2 \cdot w_o$$

$$= 5.430 + \frac{3.1416 \times 0.600^2}{4} \times 2.000 \times 9.80$$

$$+ \frac{3.1416 \times 0.200^2}{4} \times 0.541 \times 9.80 = 11.138 \text{ (kN)}$$

W_f : 曲管類の重量 2.450 (kN/m) × 2.000 + 0.980 (kN/m) × 0.541 = 5.430 (kN)

π : 円周率

D : 曲管類の内径 0.600 (m)

D₂ : 枝管類の内径 0.200 (m)

l : 曲管類の管長 2.000 (m)

l₂ : 枝管類の管長 0.541 (m)

w_o : 水の単位重量 9.80 (kN/m³)

$$W = 65.393 + 11.138 = 76.531 \text{ (kN)}$$

$$\sigma_v = \frac{W}{A} = \frac{76.531}{1.331} = 57.499 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

④ 安全率

1) 滑動に対する安定

$$S_f = \frac{R_H(152.714)}{P_H(13.425)} = 11.375 > 1.50 \quad \text{—OK—}$$

2) 沈下に対する安定

$$S_f = \frac{R_v(300.000)}{v(57.499)} = 5.22 \text{ (kN/m}^2\text{)} > 1.20 \quad \text{—OK—}$$

σ_{Rv} : 底面の地盤の許容支持力 300.0 (kN/m²)

※ 参考値 管上面までの深さ

$$58.690 - (56.050 + 0.618/2) = 2.331 \text{ (m)}$$

$$58.690 - \{56.050 - 1.000 \times \sin(5.582^\circ) + 0.618/2 \times \cos(5.582^\circ)\} = 2.430 \text{ (m)}$$

$$58.690 - \{56.050 + 1.000 \times \sin(-10.629^\circ) + 0.618/2 \times \cos(-10.629^\circ)\} = 2.521 \text{ (m)}$$

※ 参考値 管下面までの深さ

$$58.690 - (56.050 - 0.618/2) = 2.949 \text{ (m)}$$

$$58.690 - \{56.050 - 1.000 \times \sin(5.582^\circ) - 0.618/2 \times \cos(5.582^\circ)\} = 3.045 \text{ (m)}$$

$$58.690 - \{56.050 + 1.000 \times \sin(-10.629^\circ) - 0.618/2 \times \cos(-10.629^\circ)\} = 3.128 \text{ (m)}$$