

スラスト対策工設計システム

Ver2.4

適用基準

- 土地改良事業計画設計基準：設計「パイプライン」(H21/3)
- 設計基準「パイプライン」SI単位系移行に関する参考資料

出力例

開発・販売元

(株)SIP システム お問い合わせ先：大阪事務所（技術サービス）

〒542-0081 大阪府大阪市中央区南船場 1-18-24-501

TEL：06-6125-2232 FAX：06-6125-2233

<http://www.sipc.co.jp> mail@sipc.co.jp

目 次

1	表題	2
2	使用管種	2
3	荷重条件	2
	3.1 埋戻し土.....	2
	3.2 設計水圧.....	2
	3.3 その他の定数.....	2
	3.4 安全率.....	2
4	検討断面	3
	4.1 新規断面1 (屈曲部).....	3
	4.2 新規断面2 (分岐部).....	4
	4.3 新規断面3 (弁栓部).....	4
	4.4 新規断面4 (T字管).....	5
	4.5 新規断面5 (片落ち部).....	5

1 表題

新規データ1

2 使用管種

ダクタイル鋳鉄管 ϕ 1100 (D1, K形)

管厚 18.0 (mm)

外径 1144.0 (mm), 内径 1108.0 (mm)

モルタルライニング あり

ライニング厚 10.0 (mm)

管体の単重 70.0 (kN/m³)

モルタルの単重 21.0 (kN/m³)

管体のヤング係数 160.0×10^6 (kN/m²)

3 荷重条件

3.1 埋戻し土

埋戻し土の単位体積重量 w 20.0 (kN/m³)

埋戻し土の水中単位体積重量 w' 10.2 (kN/m³)

内部摩擦角 ϕ 30.0 (°)

水の単位体積重量 w_0 9.8 (kN/m³)

管内水の単位体積重量 w_{0i} 9.8 (kN/m³)

コンクリートの単位体積重量 γ_c 23.0 (kN/m³)

3.2 設計水圧

設計水圧 H 0.300 (MPa)

3.3 その他の定数

管側面と土の摩擦係数 μ 0.50

土とコンクリートの摩擦係数 μ' 0.50

曲面の受働土圧の補正係数 F 0.65

管の線膨張率 α 1.15×10^{-5}

3.4 安全率

	スラスト力の検討 (裸管)	構造物の設計
滑動	1.50	1.50
浮上	1.20	1.20
沈下	1.20	1.00

4 検討断面

4.1 新規断面1 (屈曲部)

使用管種

ダクタイル鋳鉄管 φ1100 (D1, K形)

管厚 18.0 (mm)

外径 1144.0 (mm) , 内径 1108.0 (mm)

上流側継手までの距離	L_1	0.640 (m)
下流側継手までの距離	L_2	0.640 (m)
曲がり中心半径	R	0.600 (m)
水平曲がり角度	θ_h	45.0 (°)
管上流側と水平のなす角	β_u	45.0 (°)
管下流側と水平のなす角	β_d	0.0 (°)
地表面から屈曲点までの深さ	H_e	3.200 (m)
地下水位	H_w G.L.	- 1.000 (m)
管内平均流速	V	0.800 (m/sec)
管の重量	W_p	6.30 (kN)
管内水重	W_w	11.49 (kN)
管底面の地盤の許容支持力度	σ_{rv}	100.00 (kN/m ²)
設計水圧が作用する断面積	外径	
設計水圧	H	0.150 (MPa)

スラスト対策工：スラストブロック②

スラストブロックの寸法 (m)

L_1	2.000	B_1	0.700	H_1	1.700
L_2	-----	B_2	1.800	H_2	1.500
L_3	-----	B_3	-----	H_3	1.200
L_4	-----				

管の重量 20.39 (kN)

管内水重 37.19 (kN)

滑動検討時のスラスト鉛直分力 考慮しない

4.2 新規断面2 (分岐部)

上流側使用管種

ダクタイル鋳鉄管 ϕ 1100 (D1, K形)

管厚 18.0 (mm)

外径 1144.0 (mm) , 内径 1108.0 (mm)

下流側使用管種

ダクタイル鋳鉄管 ϕ 1100 (D1, K形)

管厚 18.0 (mm)

外径 1144.0 (mm) , 内径 1108.0 (mm)

分岐管使用管種

ダクタイル鋳鉄管 ϕ 800 (D1, K形)

管厚 13.5 (mm)

外径 836.0 (mm) , 内径 809.0 (mm)

上流側継手までの距離	L_1	0.640 (m)
下流側継手までの距離	L_2	1.500 (m)
分岐管継手までの距離	L_3	1.500 (m)
管の寸法	L_4	0.600 (m)
	L_5	0.400 (m)
分岐角度	θ	45.0 (°)
上流側流量	Q_1	0.450 (m ³ /s)
下流側流量	Q_2	0.200 (m ³ /s)
地表面から管中心までの深さ	H_e	3.200 (m)
地下水位	H_w G.L. -	1.000 (m)
管の重量	W_p	13.07 (kN)
管内水重	W_w	23.70 (kN)
管底面の地盤の許容支持力度	σ_{rv}	100.00 (kN/m ²)
設計水圧	H	0.300 (MPa)

4.3 新規断面3 (弁栓部)

使用管種

ダクタイル鋳鉄管 ϕ 1100 (D1, K形)

管厚 18.0 (mm)

外径 1144.0 (mm) , 内径 1108.0 (mm)

地表面から管中心までの深さ	H_e	3.200 (m)
管体の軸方向許容圧縮応力度	σ_a	168.00 (N/mm ²)
コンクリートの許容押抜きせん断応力度	τ_a	0.25 (N/mm ²)
スティフナーの許容せん断応力度	τ_{ta}	0.30 (N/mm ²)
せん断力を受けるコンクリート厚	d	300.0 (mm)
スティフナー厚	t_s	45.0 (mm)
スティフナー周長	b_p	450.0 (mm)
設計水圧	H	0.300 (MPa)

スラスト対策工： 離脱防止継手による接合

安全率 S_0 1.50

4.4 新規断面4 (T字管)

上流側使用管種

ダクタイル鋳鉄管 ϕ 1100 (D1, K形)

管厚 18.0 (mm)

外径 1144.0 (mm) , 内径 1108.0 (mm)

分岐管使用管種

ダクタイル鋳鉄管 ϕ 1100 (D1, K形)

管厚 18.0 (mm)

外径 1144.0 (mm) , 内径 1108.0 (mm)

本管上流側継手までの距離 L_1 0.640 (m)

本管下流側継手までの距離 L_2 0.640 (m)

枝管継手までの距離 L_3 1.200 (m)

地表面から管中心までの深さ H_e 4.000 (m)

地下水位 H_w G. L. - 1.200 (m)

設計水圧 H 0.300 (MPa)

スラスト対策工： 離脱防止継手による接合

安全率 S_0 1.50

単管1本の長さ L_p 5.500 (m)

4.5 新規断面5 (片落ち部)

上流側使用管種

ダクタイル鋳鉄管 ϕ 1100 (D1, K形)

管厚 18.0 (mm)

外径 1144.0 (mm) , 内径 1108.0 (mm)

下流側使用管種

ダクタイル鋳鉄管 ϕ 600 (D1, K形)

管厚 11.0 (mm)

外径 630.8 (mm) , 内径 608.8 (mm)

地表面から管中心までの深さ H_e 1.600 (m)

管の寸法 L_1 2.100 (m)

L_2 0.640 (m)

L_3 0.400 (m)

地下水位 H_w G. L. - 1.000 (m)

管の重量 W_p 12.39 (kN)

管内水重 W_w 22.43 (kN)

管底面の地盤の許容支持力度 σ_{rv} 100.00 (kN/m²)

設計水圧 H 0.300 (MPa)

スラスト対策工： 離脱防止継手による接合

安全率 S_0 1.50

目 次

1	新規断面1	3
1.1	設計条件	3
1.2	設計断面	4
1.3	スラスト力の算出	4
1.4	水平曲がりに伴う滑動に対する検討	6
1.5	鉛直曲がりに伴う滑動に対する検討	7
1.6	浮上に対する検討	8
1.7	沈下に対する検討	9
1.8	スラストブロックの計算	10
1.8.1	形状寸法図	10
1.8.2	スラスト力	10
1.8.3	スラストブロック底面に加わる全荷重	10
1.8.4	スラストブロック底面に加わる全荷重（沈下検討用）	10
1.8.5	スラストブロックに働く浮力	11
1.8.6	水平曲がりによるスラストブロックの滑動	12
1.8.7	鉛直曲がりによるスラストブロックの滑動	13
1.8.8	浮上に対する検討	14
1.8.9	沈下に対する検討	15
2	新規断面2	16
2.1	設計条件	16
2.2	設計断面	17
2.3	スラスト力の算出	17
2.4	滑動に対する検討	18
3	新規断面3	19
3.1	設計条件	19
3.2	スラスト力の算出	19
3.3	管体応力の検討	19
3.4	スチフナー固定部の照査	20
3.5	スチフナー溶接部の検討	20
3.6	一体化長さの計算	21
4	新規断面4	22
4.1	設計条件	22
4.2	設計断面	23
4.3	スラスト力の算出	23
4.4	滑動に対する検討	24
4.5	一体化長さの計算	25
4.5.1	計算式	25
4.5.2	一体化長さの算出	25
5	新規断面5	26
5.1	設計条件	26
5.2	設計断面	27
5.3	スラスト力の算出	27

5.4	滑動に対する検討	28
5.5	一体化長さの計算.....	29

1 新規断面1

1.1 設計条件

準拠指針： 水道施設設計指針 2012 平成24年7月 日本水道協会

スラスト形式： 屈曲部

管 種： ダクタイル鋳鉄管 ϕ 1100 (D1, K形)
外径 $D_o=1144.0$ (mm) , 管厚 $T=18.0$ (mm)

曲がり中心半径： 0.600 (m)

上流側継ぎ手までの管長： 0.640 (m)

下流側継ぎ手までの管長： 0.640 (m)

屈曲角度 水平屈曲角度： 45.0 (°)

鉛直屈曲角度： 45.0 (°)

合成屈曲角度： 60.0 (°)

地表面から屈曲点までの深さ： 3.200 (m)

地下水位 G.L. - 1.000 (m)

設計水圧： $H = 0.150$ (MPa) = 150.00 (kN/m²)

管内平均流速： 0.800 (m/s)

土の内部摩擦角： 30.0 (°)

管底面地盤の許容支持力度： 100.0 (kN/m²)

単位体積重量 埋戻し土： 20.00 (kN/m³)

地下水： 9.80 (kN/m³)

管内水： 9.80 (kN/m³)

コンクリート： 23.00 (kN/m³)

1.2 設計断面

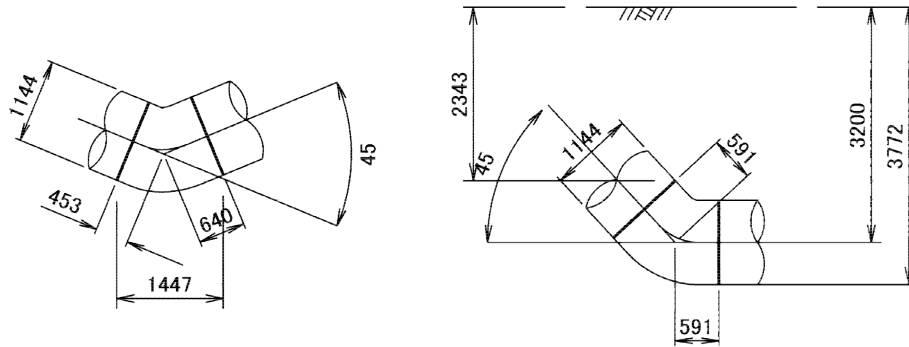


図-1.1 寸法図

1.3 スラスト力の算出

スラスト力は式(1)により求める。

$$P' = 2 \cdot H \cdot a_c \cdot \sin \frac{\theta}{2} + \frac{2a \cdot w_0 \cdot V^2}{g} \cdot \sin \frac{\theta}{2} \quad \dots\dots\dots (1)$$

- ここで、
- P' : スラスト力 (kN)
 - H : 設計水圧 150.0 (kN/m²)
 - a_c : 設計水圧が作用する範囲の断面積
 $a_c = \pi/4 \times 1.1440^2 = 1.0279$ (m²)
 - θ : 屈曲角度 (°)
 - a : 設計水圧が作用する断面積
 $a = \pi/4 \times 1.1080^2 = 0.9642$ (m²)
 - w_0 : 管内水の単位体積重量 9.80 (kN/m³)
 - V : 管内平均流速 0.800 (m/s)
 - g : 重力の加速度 9.80 (m/s²)

水平曲がりによるスラスト力

水平屈曲角度 $\theta = 45.0$ (°)

$$P' = 2 \times 150.0 \times 1.0279 \times \sin \frac{45.0}{2} + \frac{2 \times 0.9642 \times 9.8 \times 0.800^2}{9.8} \times \sin \frac{45.0}{2} = 118.48 \text{ (kN)}$$

鉛直曲がりによるスラスト力

鉛直屈曲角度 $\theta = 45.0$ (°)

$$P' = 2 \times 150.0 \times 1.0279 \times \sin \frac{45.0}{2} \\ + \frac{2 \times 0.9642 \times 9.8 \times 0.800^2}{9.8} \times \sin \frac{45.0}{2} = 118.48 \text{ (kN)}$$

スラスト力の水平分力

$$P_h = p' \cdot \sin(\theta/2 \pm \beta) = 118.48 \times \sin\left(\frac{45.0}{2} + 0.0\right) = 45.34 \text{ (kN)}$$

ただし、 β ：上下流の管路のうち、水平に近いほうの管路が水平面となす角。

なお、上下流の管路が水平面の異なる側にあるとき正、

同じ側にあるときを負とする。

スラスト力の鉛直分力(下向き)

$$P_v = p' \cdot \cos\left(\frac{\theta}{2} \pm \beta\right) = 118.48 \times \cos\left(\frac{45.0}{2} + 0.0\right) = 109.46 \text{ (kN)}$$

1.4 水平曲がりに伴う滑動に対する検討

管の水平曲がりに伴う滑動は式(2)～(6)により検討する。

$$R_h \geq S \cdot P' \quad \dots\dots\dots (2)$$

(地下水位が管底より低い場合)

$$R_h = F \cdot \frac{1}{2} \cdot K_P \cdot B_b \cdot w \cdot (H_2^2 - H_1^2) \quad \dots\dots\dots (3)$$

(地下水位が管頂より高い場合)

$$R_h = F \cdot \frac{1}{2} \cdot K_P \cdot B_b \cdot \left\{ w' (H_2^2 - H_1^2) + 2(w-w')H_w (H_2 - H_1) \right\} \quad \dots\dots\dots (4)$$

(その他の場合)

$$R_h = F \cdot \frac{1}{2} \cdot K_P \cdot B_b \cdot \left\{ w(H_2^2 - H_1^2) - (w-w')(H_2 - H_w)^2 \right\} \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$K_P = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) \quad \dots\dots\dots (6)$$

ここで、 R_h : 水平方向抵抗力(管背面の受働土圧) (kN)

P' : スラスト力	118.48 (kN)
S : 安全率	1.50
F : 曲面の受働土圧の補正係数	0.65
w : 土の単位体積重量	20.00 (kN/m ³)
B_b : 管背面の幅	1.447 (m)
H_1 : 地表面から管頂面までの深さ	2.628 (m)
H_2 : 地表面から管底面までの深さ	3.772 (m)
H_w : 地下水面までの深さ	1.000 (m)
K_P : 受働土圧係数	
ϕ : 土の内部摩擦角	30.0 (°)

$$K_P = \tan^2 \left(45 + \frac{30.00}{2} \right) = 3.000$$

$$R_h = 0.65 \times \frac{1}{2} \times 3.000 \times 1.447$$

$$\times \left\{ 10.20 \times (3.772^2 - 2.628^2) + 2 \times (20.00 - 10.20) \times 1.000 \times (3.772 - 2.628) \right\}$$

$$= 137.01 \text{ (kN)}$$

$$S \cdot P' = 1.50 \times 118.48 = 177.72 \text{ (kN)} > R_h = 137.01 \text{ (kN)}$$

よって、滑動に対して対策が必要である。

1.5 鉛直曲がりに伴う滑動に対する検討

管の鉛直曲がりに伴う滑動は式(7)～(11)により検討する。

$$R_h \geq S \cdot P_h \quad \dots\dots\dots (7)$$

(地下水位が管底より低い場合)

$$R_h = F \cdot \frac{1}{2} \cdot K_P \cdot B_b \cdot w \cdot (H_2^2 - H_1^2) \quad \dots\dots\dots (8)$$

(地下水位が管頂より高い場合)

$$R_h = F \cdot \frac{1}{2} \cdot K_P \cdot B_b \cdot \left\{ w' (H_2^2 - H_1^2) + 2(w-w')H_w (H_2 - H_1) \right\} \quad \dots\dots\dots (9)$$

(その他の場合)

$$R_h = F \cdot \frac{1}{2} \cdot K_P \cdot B_b \cdot \left\{ w (H_2^2 - H_1^2) - (w-w') (H_2 - H_w)^2 \right\} \quad \dots\dots\dots (10)$$

$$K_P = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) \quad \dots\dots\dots (11)$$

ここで、 R_h : 水平方向抵抗力(管背面の受働土圧) (kN)

P_h : スラスト力(下向き) 45.34 (kN)

S : 安全率 1.50

F : 曲面の受働土圧の補正係数 0.65

w : 土の単位体積重量 20.00 (kN/m³)

w' : 土の水中単位体積重量 10.20 (kN/m³)

B_b : 管背面の幅 $B_b=D_o$ 1.1440 (m)

H_1 : 地表面から管頂面までの深さ 2.343 (m)

H_2 : 地表面から管底面までの深さ 3.772 (m)

H_w : 地下水面までの深さ 1.000 (m)

K_P : 受働土圧係数

ϕ : 土の内部摩擦角 30.0 (°)

$$K_P = \tan^2 \left(45 + \frac{30.00}{2} \right) = 3.0000$$

$$R_h = 0.65 \times \frac{1}{2} \times 3.000 \times 1.144$$

$$\times \left\{ 10.20 \times (3.772^2 - 2.343^2) + 2 \times (20.00 - 10.20) \times 1.000 \times (3.772 - 2.343) \right\}$$

$$= 130.66 \text{ (kN)}$$

$$S \cdot P_h = 1.50 \times 45.34 = 68.01 \text{ (kN)} \leq R_h = 130.66 \text{ (kN)}$$

よって、滑動に対して安全である。

1.6 浮上に対する検討

管の浮上に対する検討は式(12)～(15)により行う。

$$R_v + W - U \geq S \cdot P_v \quad \dots\dots\dots (12)$$

(地下水位が管底より低い場合)

$$R_v = \frac{1}{2} \cdot L \cdot \mu \cdot w \cdot (H_2^2 - H_1^2) \cdot \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) \quad \dots\dots\dots (13)$$

(地下水位が管頂より高い場合)

$$R_v = \frac{1}{2} \cdot L \cdot \mu \cdot \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) \cdot \left\{ w' (H_2^2 - H_1^2) + 2(w-w')H_w (H_2 - H_1) \right\} \quad \dots\dots\dots (14)$$

(その他の場合)

$$R_v = \frac{1}{2} \cdot L \cdot \mu \cdot \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) \cdot \left\{ w(H_2^2 - H_1^2) - (w-w')(H_2 - H_w)^2 \right\} \quad \dots\dots\dots (15)$$

ここで、 R_v : 管側面の主働土圧による摩擦抵抗力 (kN)

P_v : スラスト力の鉛直分力(上向き) -109.46 (kN)

w : 土の単位体積重量 20.00 (kN/m³)

w' : 土の水中単位体積重量 10.20 (kN/m³)

L : 管側面の摩擦を受ける長さ

2×1.093=2.185 (m)

μ : 管側面と土の摩擦係数 0.50

H_1 : 地表面から管頂面までの深さ 2.343 (m)

H_2 : 地表面から管底面までの深さ 3.772 (m)

H_w : 地表面から地下水面までの深さ 1.000 (m)

ϕ : 土の内部摩擦角 30.0 (°)

W : 管底面に加わる全荷重 (kN)

$W = W_1 + W_2$

W_1 : 管上の埋戻し土による鉛直土圧 (kN)

$W_1 = w \cdot H_w \cdot A = 20.0 \times 2.485 \times 1.250 = 62.13$ (kN)

W_2 : 曲管類の重量および管内水重 (kN)

$W_2 = 6.30 + 11.49 = 17.78$ (kN)

H_w : 地表面からの平均深さ 2.485 (m)

A : 管底面積

$A = (0.640 \times \cos 45.0 + 0.640 \times \cos 0.0) \times 1.1440 = 1.250$ (m²)

U : 管の浮力 (kN)

$U = \pi / 4 \times 1.1440^2 \times 9.8 \times 1.215 = 12.24$ (kN)

S : 安全率 1.20

$$R_v = \frac{1}{2} \times 2.185 \times 0.50 \times \tan^2 \left(45 - \frac{30.00}{2} \right) \times \left\{ 10.20 \times (3.772^2 - 2.343^2) + 2 \times (20.00 - 10.20) \times 1.000 \times (3.772 - 2.343) \right\} = 21.33 \text{ (kN)}$$

$$R_v + W - U = 21.33 + (62.13 + 17.78) - 12.24 = 89.00 \text{ (kN)}$$

$$\geq S \cdot P_v = 1.20 \times -109.46 = -131.35 \text{ (kN)}$$

よって、浮上に対して安全である。

1.7 沈下に対する検討

管の沈下に対する検討は式(16), (17)により行う。

$$\sigma_{rv} \geq S \cdot \sigma_v = S \cdot \frac{W+P_v-R_v}{A} \quad \dots\dots\dots (16)$$

$$R_v = 1/2 \cdot w \cdot L \cdot \mu \cdot (H_2^2 - H_1^2) \cdot \tan^2 (45 - \phi/2) \quad \dots\dots\dots (17)$$

- ここで、 σ_{rv} : 管底面の地盤の許容支持力度 100.00 (kN/m²)
 S : 安全率 1.20
 σ_v : 管底面に加わる荷重強度 (kN/m²)
 W : 管底面に加わる全荷重 W=W₁+W₂ (kN)
 W₁ : 管上の埋戻し土による鉛直土圧
 W₁ = w·H_a·A = 20.0×2.485×1.2499 = 62.13 (kN)
 W₂ : 曲管類の重量および管内水重
 W₂ = 6.30+11.49 = 17.78 (kN)
 H_a : 地表面からの平均深さ 2.485 (m)
 A : 管底面積
 P_v : スラスト力の鉛直分力(下向き) 109.46 (kN)
 R_v : 管側面の主働土圧による摩擦抵抗力 (kN)
 w : 土の単位体積重量 20.00 (kN/m³)
 L : 管側面の摩擦を受ける長さ 2×1.093=2.185 (m)
 μ : 管側面と土の摩擦係数 0.500
 H₁ : 地表面から管頂面までの深さ 2.343 (m)
 H₂ : 地表面から管底面までの深さ 3.772 (m)
 φ : 土の内部摩擦角 30.0 (°)

管側面の主働土圧による摩擦抵抗力

$$R_v = \frac{1}{2} \times 20.00 \times 2.185 \times 0.500$$

$$\times (3.772^2 - 2.343^2) \times \tan^2 \left(45 - \frac{30.0}{2} \right) = 31.82 \text{ (kN)}$$

管底面に加わる荷重強度

$$\sigma_v = \frac{62.13+17.78+109.46-31.82}{1.250} = 126.05 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

安全性の照査

$$S \cdot \sigma_v = 1.20 \times 126.05 = 151.26 \text{ (kN/m}^2\text{)} > \sigma_{rv} = 100.00 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

よって、沈下に対して対策が必要である。

1.8 スラストブロックの計算

1.8.1 形状寸法図

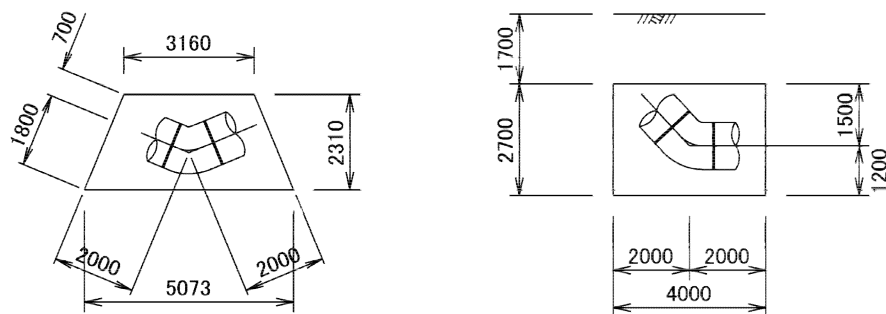


図-1.2 寸法図

1.8.2 スラスト力

水平方向スラスト力 $P_h = 118.48$ (kN)
 鉛直方向スラスト力 $P' = 118.48$ (kN)
 水平分力 $P_v = 45.34$ (kN)
 鉛直分力 $P_v = 109.46$ (kN)

1.8.3 スラストブロック底面に加わる全荷重

	名称	計算式	重量 (kN)
1	ブロック自重	$1/2 \times (3.160 + 5.073) \times 2.310 \times 2.700 \times 23.0$	590.43
2	管の控除	$-1.028 \times (1.654 + 1.654 + 0.628) \times 23.0$	-93.04
3	埋戻し土 1	$1/2 \times (3.160 + 5.073) \times 2.310 \times 1.000 \times 20.00$	190.16
4	埋戻し土 2	$1/2 \times (3.160 + 5.073) \times 2.310 \times 0.700 \times 10.20$	67.89
5	管重	$5.182 \times (1.654 + 1.654 + 0.628)$	20.39
6	管内水重	$0.9642 \times 9.80 \times (1.654 + 1.654 + 0.628)$	37.19
合計			$W_s = 813.02$

1.8.4 スラストブロック底面に加わる全荷重（沈下検討用）

	名称	計算式	重量 (kN)
1	ブロック自重	$1/2 \times (3.160 + 5.073) \times 2.310 \times 2.700 \times 23.0$	590.43
2	管の控除	$-1.028 \times (1.654 + 1.654 + 0.628) \times 23.0$	-93.04
3	埋戻し土 1	$1/2 \times (3.160 + 5.073) \times 2.310 \times 1.000 \times 20.00$	190.16
4	埋戻し土 2	$1/2 \times (3.160 + 5.073) \times 2.310 \times 0.700 \times 20.00$	133.11
5	管重	$5.182 \times (1.654 + 1.654 + 0.628)$	20.39
6	管内水重	$0.9642 \times 9.80 \times (1.654 + 1.654 + 0.628)$	37.19
合計			$W_s = 878.24$

1.8.5 スラストブロックに働く浮力

	名 称	計 算 式	重 量 (kN)
1	ブロック 1	$1/2 \times (3.160 + 5.073) \times 2.310 \times 2.700 \times 9.8$	251.58
	合 計		U = 251.58

1.8.6 水平曲がりによるスラストブロックの滑動

管の水平曲がりによるスラストブロックの滑動は式(18)～(23)により照査する。

$$R_h = R_{h1} + R_{h2} \geq S \cdot P' \quad \dots\dots\dots (18)$$

$$R_{h1} = \mu \cdot (W_s - U) \quad \dots\dots\dots (19)$$

(地下水位が管底より低い場合)

$$R_{h2} = \frac{1}{2} \cdot K_p \cdot B_b \cdot w \cdot (H_2^2 - H_1^2) \quad \dots\dots\dots (20)$$

(地下水位が管頂より高い場合)

$$R_{h2} = \frac{1}{2} \cdot K_p \cdot B_b \cdot \left\{ w' (H_2^2 - H_1^2) + 2(w-w')H_w (H_2 - H_1) \right\} \quad \dots\dots\dots (21)$$

(その他の場合)

$$R_{h2} = \frac{1}{2} \cdot K_p \cdot B_b \cdot \left\{ w (H_2^2 - H_1^2) - (w-w') (H_2 - H_w)^2 \right\} \quad \dots\dots\dots (22)$$

$$K_p = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) \quad \dots\dots\dots (23)$$

ここで、 R_h :	水平方向抵抗力	(kN)
R_{h1} :	スラストブロック底面の摩擦抵抗力	(kN)
R_{h2} :	スラストブロック背面の受働土圧	(kN)
P' :	スラスト力	118.48 (kN)
S :	安全率	1.50
μ :	スラストブロックと土の摩擦係数	0.500
W_s :	スラストブロック底面に加わる全荷重	813.02 (kN)
U :	スラストブロックに働く浮力	251.58 (kN)
w :	土の単位体積重量	20.00 (kN/m ³)
w' :	土の水中単位体積重量	10.20 (kN/m ³)
B_b :	スラストブロック背面の幅	5.073 (m)
H_1 :	地表面からブロック頂面までの深さ	1.700 (m)
H_2 :	地表面からブロック底面までの深さ	4.400 (m)
H_w :	地表面から地下水面までの深さ	1.000 (m)
K_p :	受働土圧係数	
ϕ :	土の内部摩擦角	30.0 (°)

$$R_{h1} = 0.500 \times (813.02 - 251.58) = 280.72 \text{ (kN)}$$

$$K_p = \tan^2 \left(45 + \frac{30.00}{2} \right) = 3.000$$

$$R_{h2} = \frac{1}{2} \times 3.000 \times 5.073 \times \left\{ 10.20 \times (4.400^2 - 1.700^2) + 2 \times (20.00 - 10.20) \times 1.000 \times (4.400 - 1.700) \right\}$$

$$= 1681.10 \text{ (kN)}$$

$$S \cdot P' = 1.50 \times 118.48 = 177.72 \text{ (kN)} \leq R_h = 280.72 + 1681.10 = 1961.82 \text{ (kN)}$$

よって、滑動に対して安全である。

1.8.7 鉛直曲がりによるスラストブロックの滑動

管の鉛直曲がりによるスラストブロックの滑動は式(24)～(29)により照査する。

$$R_h = R_{h1} + R_{h2} \geq S \cdot P_h \quad \dots\dots\dots (24)$$

$$R_{h1} = \mu \cdot (W_s - U) \quad \dots\dots\dots (25)$$

(地下水位が管底より低い場合)

$$R_{h2} = \frac{1}{2} \cdot K_p \cdot B_b \cdot w \cdot (H_2^2 - H_1^2) \quad \dots\dots\dots (26)$$

(地下水位が管頂より高い場合)

$$R_{h2} = \frac{1}{2} \cdot K_p \cdot B_b \cdot \left\{ w' (H_2^2 - H_1^2) + 2(w-w')H_w (H_2 - H_1) \right\} \quad \dots\dots\dots (27)$$

(その他の場合)

$$R_{h2} = \frac{1}{2} \cdot K_p \cdot B_b \cdot \left\{ w (H_2^2 - H_1^2) - (w-w') (H_2 - H_w)^2 \right\} \quad \dots\dots\dots (28)$$

$$K_p = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) \quad \dots\dots\dots (29)$$

ここで、 R_h :	水平方向抵抗力	(kN)
R_{h1} :	スラストブロック底面の摩擦抵抗力	(kN)
R_{h2} :	スラストブロック背面の受働土圧	(kN)
P_h :	スラスト力の水平分力	45.34 (kN)
S :	安全率	1.50
μ :	スラストブロックと土の摩擦係数	0.500
W_s :	スラストブロック底面に加わる全荷重	813.02 (kN)
U :	スラストブロックに働く浮力	251.58 (kN)
w :	土の単位体積重量	20.00 (kN/m ³)
w' :	土の水中単位体積重量	10.20 (kN/m ³)
B_b :	スラストブロック背面の幅	2.310 (m)
H_1 :	地表面からブロック頂面までの深さ	1.700 (m)
H_2 :	地表面からブロック底面までの深さ	4.400 (m)
H_w :	地表面から地下水面までの深さ	1.000 (m)
K_p :	受働土圧係数	
ϕ :	土の内部摩擦角	30.0 (°)

$$R_{h1} = 0.500 \times (813.02 - 251.58) = 280.72 \text{ (kN)}$$

$$K_p = \tan^2 \left(45 + \frac{30.00}{2} \right) = 3.000$$

$$R_{h2} = \frac{1}{2} \times 3.000 \times 2.310 \times \left\{ 10.20 \times (4.400^2 - 1.700^2) + 2 \times (20.00 - 10.20) \times 1.000 \times (4.400 - 1.700) \right\} = 765.37 \text{ (kN)}$$

$$S \cdot P_h = 1.50 \times 45.34 = 68.01 \text{ (kN)} \leq R_h = 280.72 + 765.37 = 1046.09 \text{ (kN)}$$

よって、滑動に対して安全である。

1.8.8 浮上に対する検討

スラストブロックの浮上に対する検討は式(30)～(33)により行う。

$$R_v + W_s - U \geq S \cdot P_v \quad \dots\dots\dots (30)$$

(地下水位が管底より低い場合)

$$R_v = \frac{1}{2} \cdot L \cdot \mu \cdot w \cdot (H_2^2 - H_1^2) \cdot \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) \quad \dots\dots\dots (31)$$

(地下水位が管頂より高い場合)

$$R_v = \frac{1}{2} \cdot L \cdot \mu \cdot \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) \cdot \left\{ w' (H_2^2 - H_1^2) + 2(w-w')H_w (H_2 - H_1) \right\} \quad \dots\dots\dots (32)$$

(その他の場合)

$$R_v = \frac{1}{2} \cdot L \cdot \mu \cdot \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) \cdot \left\{ w(H_2^2 - H_1^2) - (w-w')(H_2 - H_w)^2 \right\} \quad \dots\dots\dots (33)$$

- ここで、 R_v : ブロック側面の主働土圧による摩擦抵抗力 (kN)
 P_v : スラスト力の鉛直分力(上向き) -109.46 (kN)
 S : 安全率 1.20
 w : 土の単位体積重量 20.0 (kN/m³)
 w' : 土の水中単位体積重量 10.2 (kN/m³)
 L : ブロック側面の摩擦を受ける長さ (ブロックの周長) 13.233 (m)
 μ : ブロック側面と土の摩擦係数 0.50
 H_1 : 地表面からブロック頂面までの深さ 1.700 (m)
 H_2 : 地表面からブロック底面までの深さ 4.400 (m)
 H_w : 地表面から地下水面までの深さ 1.000 (m)
 ϕ : 土の内部摩擦角 30.0 (°)
 W_s : ブロック底面に加わる全荷重 813.02 (kN)
 U : スラストブロックに働く浮力 251.58 (kN)

$$R_v = \frac{1}{2} \times 13.233 \times 0.50 \times \tan^2 \left(45 - \frac{30.00}{2} \right) \times \left\{ 10.20 \times (4.400^2 - 1.700^2) + 2 \times (20.00 - 10.20) \times 1.000 \times (4.400 - 1.700) \right\} = 243.61 \text{ (kN)}$$

$$R_v + W_s - U = 243.61 + 813.02 - 251.58 = 805.05 \text{ (kN)}$$

$$\geq S \cdot P_v = 1.20 \times -109.46 = -131.35 \text{ (kN)}$$

よって、浮上に対して安全である。

1.8.9 沈下に対する検討

スラストブロックの沈下に対する検討は式(34)により行う。

$$\sigma_{rv} \geq S \cdot \sigma_v = S \cdot \frac{W_s + P_v - R_v}{A} \quad \dots\dots\dots (34)$$

ここで、 σ_{rv} ：	スラストブロック底面の地盤の許容支持力度	100.00 (kN/m ²)
S：	安全率	1.00
σ_v ：	スラストブロック底面に加わる荷重強度	(kN/m ²)
W_s ：	スラストブロック底面に加わる全荷重	878.24 (kN)
A：	スラストブロックの底面積	9.508 (m ²)
P_v ：	スラスト力の鉛直分力	109.46 (kN)
R_v ：	ブロック側面の主働土圧による摩擦抵抗力	(kN)
w：	土の単位体積重量	20.00 (kN/m ³)
L：	ブロック側面の摩擦を受ける長さ (ブロックの周長)	13.233 (m)
μ ：	ブロック側面と土の摩擦係数	0.50
H_1 ：	地表面からブロック頂面までの深さ	1.700 (m)
H_2 ：	地表面からブロック底面までの深さ	4.400 (m)
ϕ ：	土の内部摩擦角	30.0 (°)

$$\begin{aligned} R_v &= \frac{1}{2} \cdot w \cdot L \cdot \mu \cdot (H_2^2 - H_1^2) \cdot \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) \\ &= \frac{1}{2} \times 20.00 \times 13.233 \times 0.500 \times (4.400^2 - 1.700^2) \times \tan^2 \left(45 - \frac{30.0}{2} \right) \\ &= 363.24 \text{ (kN)} \\ \sigma_v &= \frac{W_s + P_v - R_v}{A} \\ &= \frac{878.24 + 109.46 - 363.24}{9.508} = 65.68 \text{ (kN/m}^2\text{)} \end{aligned}$$

$$S \cdot \sigma_v = 1.00 \times 65.68 = 65.68 \text{ (kN/m}^2\text{)} \leq \sigma_{rv} = 100.00 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

よって、沈下に対して安全である。

2 新規断面2

2.1 設計条件

準拠指針： 水道施設設計指針 2012 平成24年7月 日本水道協会

スラスト形式： 分岐部

上流側の管種： ダクタイル鋳鉄管 $\phi 1100$ (D1, K形)
外径 $D_o=1144.0$ (mm) , 管厚 $T=18.0$ (mm)

下流側の管種： ダクタイル鋳鉄管 $\phi 1100$ (D1, K形)
外径 $D_o=1144.0$ (mm) , 管厚 $T=18.0$ (mm)

分岐管の管種： ダクタイル鋳鉄管 $\phi 800$ (D1, K形)
外径 $D_o=836.0$ (mm) , 管厚 $T=13.5$ (mm)

分岐角度： 45.0 ($^{\circ}$)

地表面から管中心までの深さ： 3.200 (m)

地下水位 G.L. - 1.000 (m)

設計水圧： $H = 0.300$ (MPa) = 300.0 (kN/m²)

上流側流量： $Q_1 = 0.450$ (m³/s)

下流側流量： $Q_2 = 0.200$ (m³/s)

分岐管流量： $Q_3 = 0.250$ (m³/s)

土の内部摩擦角： 30.0 ($^{\circ}$)

単位体積重量 埋戻し土： 20.00 (kN/m³)

地下水： 9.80 (kN/m³)

管内水： 9.80 (kN/m³)

コンクリート： 23.00 (kN/m³)

2.2 設計断面

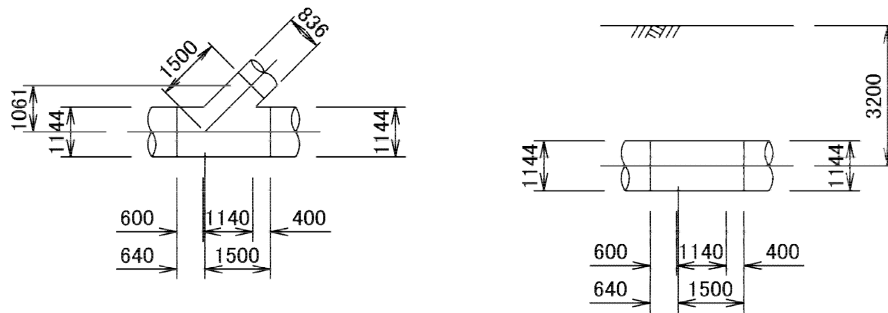


図-2.1 寸法図

2.3 スラスト力の算出

分岐管のスラスト力は式(35), (36)により求める。

$$P_x = \frac{w_0}{g} \cdot \{ Q_1 \cdot V_1 - (Q_2 \cdot V_2 + Q_3 \cdot V_3 \cdot \cos \theta) \} + H \cdot \{ A_1 - (A_2 + A_3 \cdot \cos \theta) \} \quad \dots\dots\dots (35)$$

$$P_y = \frac{-w_0 \cdot Q_3}{g} \cdot V_3 \cdot \sin \theta - A_3 \cdot H \cdot \sin \theta \quad \dots\dots\dots (36)$$

ここで、 P_x, P_y : X, Y各方向のスラスト力 (kN)

w_0 : 管内水の単重 9.8 (kN/m³)

H: 設計水圧 300.0 (kN/m²)

Q_1, V_1, A_1 : 分岐部上流側の流量、流速および流水面積

$$A_1 = \pi/4 \times 1.1080^2 = 0.96421 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$Q_1 = 0.450 \text{ (m}^3\text{/s)}, V_1 = Q_1/A_1 = 0.467 \text{ (m/s)}$$

Q_2, V_2, A_2 : 分岐部下流側の流量、流速および流水面積

$$A_2 = \pi/4 \times 1.1080^2 = 0.96421 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$Q_2 = 0.200 \text{ (m}^3\text{/s)}, V_2 = Q_2/A_2 = 0.207 \text{ (m/s)}$$

Q_3, V_3, A_3 : 分岐管の流量、流速および流水面積

$$A_3 = \pi/4 \times 0.8090^2 = 0.51403 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$Q_3 = 0.250 \text{ (m}^3\text{/s)}, V_3 = Q_3/A_3 = 0.486 \text{ (m/s)}$$

θ : 分岐角度 45.0 (°)

g: 重力の加速度 9.8 (m/s²)

$$P_x = \frac{9.8}{9.8} \times \{ 0.450 \times 0.467 - (0.200 \times 0.207 + 0.250 \times 0.486 \times \cos 45.0) \} + 300.0 \times \{ 0.9642 - (0.9642 + 0.5140 \times \cos 45.0) \} = -108.96 \text{ (kN)}$$

$$P_y = -\frac{9.8 \times 0.250}{9.8} \times 0.486 \times \sin 45.0 - 0.5140 \times 300.0 \times \sin 45.0 = -109.13 \text{ (kN)}$$

2.4 滑動に対する検討

管の滑動に対する検討は式(37)～(41)により行う。

$$R_h \geq S \cdot P \quad \dots\dots\dots (37)$$

(地下水位が管底より低い場合)

$$R_h = F \cdot \frac{1}{2} \cdot K_P \cdot B_b \cdot w \cdot (H_2^2 - H_1^2) \quad \dots\dots\dots (38)$$

(地下水位が管頂より高い場合)

$$R_h = F \cdot \frac{1}{2} \cdot K_P \cdot B_b \cdot \left\{ w' (H_2^2 - H_1^2) + 2(w-w')H_w (H_2 - H_1) \right\} \quad \dots\dots\dots (39)$$

(その他の場合)

$$R_h = F \cdot \frac{1}{2} \cdot K_P \cdot B_b \cdot \left\{ w (H_2^2 - H_1^2) - (w-w') (H_2 - H_w)^2 \right\} \quad \dots\dots\dots (40)$$

$$K_P = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) \quad \dots\dots\dots (41)$$

ここで、

R_h : 水平方向抵抗力(管背面の受働土圧、X方向: R_{hx} 、Y方向: R_{hy}) (kN)

P: 分岐部に作用するスラスト力

X方向: $P_x = 108.96$ (kN) , Y方向: $P_y = 109.13$ (kN)

S: 安全率 1.50

F: 曲面の受働土圧の補正係数 0.65

w: 土の単位体積重量 20.00 (kN/m³)

w': 土の水中単位体積重量 10.20 (kN/m³)

B_b : 管背面の幅

X方向: $B_{bx} = 1.928$ (m) , Y方向: $B_{by} = 2.140$ (m)

H_1 : 地表面から管頂面までの深さ 2.628 (m)

H_2 : 地表面から管底面までの深さ 3.772 (m)

H_w : 地下水面までの深さ 1.000 (m)

K_P : 受働土圧係数

ϕ : 土の内部摩擦角 30.0 (°)

$$K_P = \tan^2 \left(45 + \frac{30.00}{2} \right) = 3.0000$$

$$\begin{aligned} R_{hx} &= 0.65 \times \frac{1}{2} \times 3.000 \times 1.928 \\ &\quad \times \left\{ 10.20 \times (3.772^2 - 2.628^2) + 2 \times (20.00 - 10.20) \times 1.000 \times (3.772 - 2.628) \right\} \\ &= 182.56 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_{hy} &= 0.65 \times \frac{1}{2} \times 3.000 \times 2.140 \\ &\quad \times \left\{ 10.20 \times (3.772^2 - 2.628^2) + 2 \times (20.00 - 10.20) \times 1.000 \times (3.772 - 2.628) \right\} \\ &= 202.60 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

$$S \cdot P_x = 1.50 \times 108.96 = 163.44 \text{ (kN)} \leq R_{hx} = 182.56 \text{ (kN)}$$

$$S \cdot P_y = 1.50 \times 109.13 = 163.69 \text{ (kN)} \leq R_{hy} = 202.60 \text{ (kN)}$$

よって、滑動に対して安全である。

3 新規断面3

3.1 設計条件

準拠指針： 水道施設設計指針 2012 平成24年7月 日本水道協会

スラスト形式： 弁栓部

管種： ダクタイル鋳鉄管 φ1100 (D1, K形)
外径 $D_o=1144.0$ (mm), 管厚 $T=18.0$ (mm)
計算管厚 $t=T/1.1=18.0/1.1=16.3$ (mm)
(基準書 p. 300, $t+1 \geq 10\text{mm}$, $\phi 800$ 以上より)

設計水圧 : $H = 0.300$ (MPa) = 300.0 (kN/m²)

管体の軸方向許容圧縮応力度 : $\sigma_a = 168.0$ (N/mm²)

コンクリートの許容押抜きせん断応力度 : $\tau_a = 0.25$ (N/mm²)

スティフナーの許容せん断応力度 : $\tau_{sa} = 0.3$ (N/mm²)

3.2 スラスト力の算出

弁栓部のスラスト力は式(42)により求める。

$$P_h = H \cdot a = 300.0 \times 1.02788 = 308.36 \text{ (kN)} \quad \dots\dots\dots (42)$$

ここで、 P_h : 弁栓部に作用するスラスト力 (kN)

H : 設計水圧 300.0 (kN/m²)

a : 設計水圧が作用する断面積 $\pi/4 \times 1.1440^2 = 1.02788$ (m²)

3.3 管体応力の検討

弁栓部のスラスト力による管体応力の検討は式(43)により行う。

$$\sigma = \frac{P_h}{A_p} \leq \sigma_a \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad \dots\dots\dots (43)$$

ここで、 σ : 管体の軸方向圧縮応力度 (N/mm²)

P_h : 弁栓部に作用するスラスト力 308.36 (kN) = 308363.7 (N)

A_p : 管の断面積

$A_p = \pi/4 \times (1.1440^2 - 1.1080^2) = 0.06367$ (m²) = 63673.8 (mm²)

σ_a : 管体の許容軸方向圧縮応力度 168.0 (N/mm²)

$$\sigma = \frac{308363.7}{63673.8} = 4.84 \text{ (N/mm}^2\text{)} \leq \sigma_a$$

よって、管体の軸方向圧縮応力度は許容値を満足している。

3.4 スティフナー固定部の照査

弁栓部のスティフナー固定部の押抜きせん断応力度は式(44)により照査する。

$$\tau_p = \frac{P_h}{b_p \cdot d} \leq \tau_a \quad \dots\dots\dots (44)$$

ここで、 τ_p : 押抜きせん断応力度 (N/mm²)
 P_h : 弁栓部に作用するスラスト力 308.36 (kN) = 308363.7 (N)
 b_p : スティフナー周長 450.0 (mm)
 d : せん断力を受けるコンクリート厚 300.0 (mm)
 τ_a : コンクリートの許容押抜きせん断応力度 0.3 (N/mm²)

$$\tau_p = \frac{308363.7}{450.0 \times 300.0} = 2.28 > \tau_a$$

よって、スティフナー固定部の押抜きせん断応力度は許容値を満足していない。

3.5 スティフナー溶接部の検討

弁栓部のスティフナー溶接部におけるせん断応力度は式(45)により照査する。

$$\tau_t = \frac{P_h}{A_t} \leq \tau_{ta} \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad \dots\dots\dots (45)$$

ここで、 τ_t : スティフナーと管体との溶接部におけるせん断応力度 (N/mm²)
 P_h : 弁栓部に作用するスラスト力 308.36 (kN) = 308363.7 (N)
 A_t : スティフナーと管体との溶接面積
 $A_t = \pi \cdot D_c \cdot t_s = \pi \times 1144.0 \times 45.0 = 161729.2 \text{ (mm}^2\text{)}$
 t_s : スティフナー厚 45.0 (mm)
 τ_{ta} : スティフナーの許容せん断応力度 0.3 (N/mm²)

$$\tau_t = \frac{308363.7}{161729.2} = 1.91 \text{ (N/mm}^2\text{)} > \tau_{ta}$$

よって、スティフナー溶接部におけるせん断応力度は許容値を満足していない。

3.6 一体化長さの計算

安全率 S_0 を考慮した必要一体化長さは式(46)で求める。

$$L \geq \frac{S_0 \cdot P}{\mu \cdot w \cdot H_c \cdot \pi \cdot D_c} \quad \dots (46)$$

ここで、L：必要一体化長さ

S_0 ：	安全率	1.50
P：	弁栓部に作用するスラスト力	308.4 (kN)
μ ：	摩擦係数	0.50
w：	管心位置の土の単位体積重量	10.20 (kN/m ³)
	管心が地下水位より上なら土の単位体積重量	
	下なら土の水中単位体積重量とする。	
γ ：	土の単位体積重量	20.00 (kN/m ³)
γ' ：	土の水中単位体積重量	10.20 (kN/m ³)
H _c ：	屈曲部の深さ	3.200 (m)
D _c ：	管の外径	1.1440 (m)

$$L = \frac{1.50 \times 308.36}{0.50 \times 10.20 \times 3.200 \times \pi \times 1.144} = 7.886 \text{ (m)}$$

よって、所要一体化長 L=7.89 (m)

また、離脱防止金具の使用個数は片側で2個となる。

4 新規断面4

4.1 設計条件

準拠指針： 水道施設設計指針 2012 平成24年7月 日本水道協会

スラスト形式： T字管

上流側の管種： ダクタイル鋳鉄管 $\phi 1100$ (D1, K形)
外径 $D_o=1144.0$ (mm) , 管厚 $T=18.0$ (mm)

分岐管の管種： ダクタイル鋳鉄管 $\phi 1100$ (D1, K形)
外径 $D_o=1144.0$ (mm) , 管厚 $T=18.0$ (mm)

地表面から管中心までの深さ： 4.000 (m)

地下水位 G.L. - 1.200 (m)

設計水圧： $H = 0.300$ (MPa) = 300.0 (kN/m²)

土の内部摩擦角： 30.0 (°)

単位体積重量 埋戻し土： 20.00 (kN/m³)

地下水： 9.80 (kN/m³)

管内水： 9.80 (kN/m³)

コンクリート： 23.00 (kN/m³)

4.2 設計断面

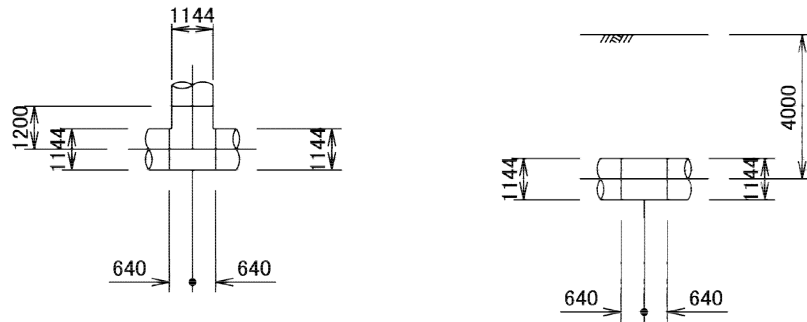


図-4.1 寸法図

4.3 スラスト力の算出

T字管のスラスト力は式(47)により求める。

$$P_h = H \cdot a = 300.0 \times 1.02788 = 308.36 \text{ (kN)} \quad \dots\dots\dots (47)$$

ここで、 P_h : T字管に作用するスラスト力 (kN)

H : 設計水圧 300.0 (kN/m²)

a : 設計水圧が作用する断面積 $\pi/4 \times 1.1440^2 = 1.02788$ (m²)

4.4 滑動に対する検討

管の滑動に対する検討は式(48)～(52)により行う。

$$R_h \geq S \cdot P \quad \dots\dots\dots (48)$$

(地下水位が管底より低い場合)

$$R_h = F \cdot \frac{1}{2} \cdot K_P \cdot B_b \cdot w \cdot (H_2^2 - H_1^2) \quad \dots\dots\dots (49)$$

(地下水位が管頂より高い場合)

$$R_h = F \cdot \frac{1}{2} \cdot K_P \cdot B_b \cdot \left\{ w' (H_2^2 - H_1^2) + 2(w-w')H_w (H_2 - H_1) \right\} \quad \dots\dots\dots (50)$$

(その他の場合)

$$R_h = F \cdot \frac{1}{2} \cdot K_P \cdot B_b \cdot \left\{ w (H_2^2 - H_1^2) - (w-w') (H_2 - H_w)^2 \right\} \quad \dots\dots\dots (51)$$

$$K_P = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) \quad \dots\dots\dots (52)$$

ここで、

R_h :	水平方向抵抗力(管背面の受働土圧) (kN)
P :	分岐部に作用するスラスト力 308.36 (kN)
S :	安全率 1.50
F :	曲面の受働土圧の補正係数 0.65
w :	土の単位体積重量 20.00 (kN/m ³)
w' :	土の水中単位体積重量 10.20 (kN/m ³)
B_b :	管背面の幅 1.280 (m)
H_1 :	地表面から管頂面までの深さ 3.428 (m)
H_2 :	地表面から管底面までの深さ 4.572 (m)
H_w :	地下水面までの深さ 1.200 (m)
K_P :	受働土圧係数
ϕ :	土の内部摩擦角 30.0 (°)

$$K_P = \tan^2 \left(45 + \frac{30.00}{2} \right) = 3.0000$$

$$R_h = 0.65 \times \frac{1}{2} \times 3.000 \times 1.280 \times \left\{ 10.20 \times (4.572^2 - 3.428^2) + 2 \times (20.00 - 10.20) \times 1.200 \times (4.572 - 3.428) \right\} = 150.08 \text{ (kN)}$$

$$S \cdot P = 1.50 \times 308.36 = 462.55 \text{ (kN)} > R_h = 150.08 \text{ (kN)}$$

よって、滑動に対して対策が必要である。

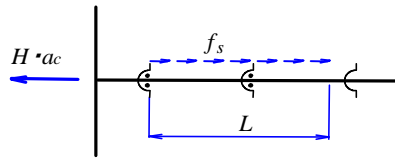


図-4.2 記号説明図

4.5 一体化長さの計算

4.5.1 計算式

周面摩擦力による合力 F_s (kN)は式(53)で求めることができる。

$$F_s = L \cdot f_s = L \cdot \mu \cdot w \cdot H_c \cdot \pi \cdot D_c \quad \dots\dots\dots (53)$$

ここで、 μ :	摩擦係数	0.50
w :	管心位置の土の単位体積重量	10.20 (kN/m ³)
	管心が地下水位より上なら土の単位体積重量	
	下なら土の水中単位体積重量とする。	
γ :	土の単位体積重量	20.00 (kN/m ³)
γ' :	土の水中単位体積重量	10.20 (kN/m ³)
H_c :	屈曲部の深さ	4.000 (m)
D_c :	管の外径	1.1440 (m)

力のつり合いを考え、安全率 S_0 を考慮すると次式が成り立つ。

$$H \cdot a_c \leq \frac{F_s}{S_0} = \frac{1}{S_0} \cdot L \cdot \mu \cdot w \cdot H_c \cdot \pi \cdot D_c$$

H :	設計水圧	300.000 (kN/m ²)
a_c :	設計水圧が作用する範囲の断面積 (m ²)	
	$a_c = \pi / 4 \times D_c^2$	

前式を変形し、 L について整理すると式(54)のようになる。

$$L \geq \frac{S_0 \cdot H \cdot D_c}{4 \mu \cdot w \cdot H_c} \quad \dots\dots\dots (54)$$

4.5.2 一体化長さの算出

$$L = \frac{1.50 \times 300.0 \times 1.144}{4 \times 0.50 \times 10.20 \times 4.000} = 6.309 \text{ (m)}$$

よって、所要一体化長 $L=6.31$ (m)
 また、離脱防止金具の使用個数は片側で2個となる。

5 新規断面5

5.1 設計条件

準拠指針： 水道施設設計指針 2012 平成24年7月 日本水道協会

スラスト形式： 片落ち部

上流側の管種： ダクタイル鋳鉄管 ϕ 1100 (D1, K形)
外径 $D_o=1144.0$ (mm) , 管厚 $T=18.0$ (mm)

下流側の管種： ダクタイル鋳鉄管 ϕ 600 (D1, K形)
外径 $D_o=630.8$ (mm) , 管厚 $T=11.0$ (mm)

地表面から管中心までの深さ： 1.600 (m)

地下水位 G.L. - 1.000 (m)

設計水圧： $H = 0.300$ (MPa) = 300.0 (kN/m²)

土の内部摩擦角： 30.0 (°)

単位体積重量 埋戻し土： 20.00 (kN/m³)

地下水： 9.80 (kN/m³)

管内水： 9.80 (kN/m³)

コンクリート： 23.00 (kN/m³)

5.2 設計断面

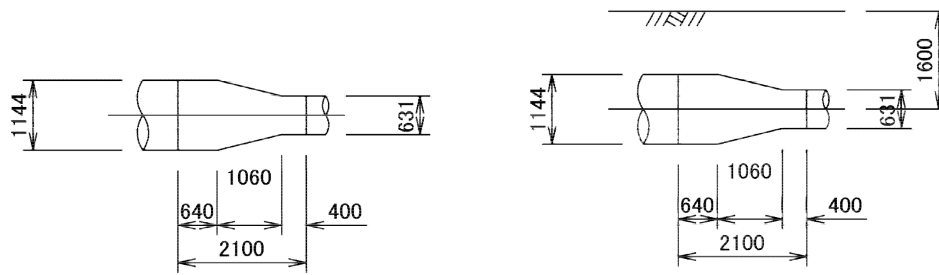


図-5.1 寸法図

5.3 スラスト力の算出

片落管のスラスト力は式(55)により求める。

$$P = H \cdot (A_c - a_c) = 300.0 \times (1.028 - 0.313) = 214.61 \text{ (kN)} \quad \dots\dots\dots (55)$$

ここで、P：片落管に作用するスラスト力 (kN)

H：設計水圧 300.0 (kN/m²)

A_c：上流側の管外径断面積

$$A_c = \pi / 4 \times 1.1440^2 = 1.02788 \text{ (m}^2\text{)}$$

a_c：下流側の管外径断面積

$$a_c = \pi / 4 \times 0.6308^2 = 0.31252 \text{ (m}^2\text{)}$$

5.4 滑動に対する検討

管の滑動に対する検討は式(56)～(60)により行う。

$$R_h \geq S \cdot P \quad \dots\dots\dots (56)$$

(地下水位が管底より低い場合)

$$R_h = F \cdot \frac{1}{2} \cdot K_P \cdot B_b \cdot w \cdot (H_2^2 - H_1^2) \quad \dots\dots\dots (57)$$

(地下水位が管頂より高い場合)

$$R_h = F \cdot \frac{1}{2} \cdot K_P \cdot B_b \cdot \left\{ w' (H_2^2 - H_1^2) + 2(w-w')H_w (H_2 - H_1) \right\} \quad \dots\dots\dots (58)$$

(その他の場合)

$$R_h = F \cdot \frac{1}{2} \cdot K_P \cdot B_b \cdot \left\{ w(H_2^2 - H_1^2) - (w-w')(H_2 - H_w)^2 \right\} \quad \dots\dots\dots (59)$$

$$K_P = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) \quad \dots\dots\dots (60)$$

- ここで、 R_h : 水平方向抵抗力(管背面の受働土圧) (kN)
 P : 片落部に作用するスラスト力 214.61 (kN)
 S : 安全率 1.50
 F : 曲面の受働土圧の補正係数 0.65
 w : 土の単位体積重量 20.00 (kN/m³)
 w' : 土の水中単位体積重量 10.20 (kN/m³)
 B_b : 管背面の幅(管外径) 1.1440 (m)
 H_1 : 地表面から管頂面までの深さ 1.028 (m)
 H_2 : 地表面から管底面までの深さ 2.172 (m)
 H_w : 地下水面までの深さ 1.000 (m)
 K_P : 受働土圧係数
 ϕ : 土の内部摩擦角 30.0 (°)

$$K_P = \tan^2 \left(45 + \frac{30.00}{2} \right) = 3.0000$$

$$R_h = 0.65 \times \frac{1}{2} \times 3.000 \times 1.144$$

$$\times \left\{ 10.20 \times (2.172^2 - 1.028^2) + 2 \times (20.00 - 10.20) \times 1.000 \times (2.172 - 1.028) \right\}$$

$$= 66.66 \text{ (kN)}$$

$$S \cdot P = 1.50 \times 214.61 = 321.91 \text{ (kN)} > R_h = 66.66 \text{ (kN)}$$

よって、滑動に対して対策が必要である。

5.5 一体化長さの計算

安全率 S_0 を考慮した必要一体化長さは式(61)で求める。

$$L \geq \frac{S_0 \cdot P}{\mu \cdot w \cdot H_c \cdot \pi \cdot D_c} \quad \dots (61)$$

ここで、L：必要一体化長さ

S_0 ：	安全率	1.50
P：	片落管に作用するスラスト力	214.6 (kN)
μ ：	摩擦係数	0.50
w：	管心位置の土の単位体積重量	10.20 (kN/m ³)
	管心が地下水位より上なら土の単位体積重量	
	下なら土の水中単位体積重量とする。	
γ ：	土の単位体積重量	20.00 (kN/m ³)
γ' ：	土の水中単位体積重量	10.20 (kN/m ³)
H _c ：	屈曲部の深さ	1.600 (m)
D _c ：	管の外径	1.1440 (m)

$$L = \frac{1.50 \times 214.61}{0.50 \times 10.20 \times 1.600 \times \pi \times 1.144} = 10.977 \text{ (m)}$$

よって、所要一体化長 L=10.98 (m)

また、離脱防止金具の使用個数は片側で5個となる。

目 次

1	屈曲部の検討.....	2
1.1	使用管種.....	2
1.2	スラスト力の検討.....	2
1.3	スラスト対策工の設計.....	3
2	分岐部の検討.....	4
2.1	使用管種.....	4
2.2	スラスト力の検討.....	4
3	片落ち部の検討.....	5
3.1	スラスト力の検討.....	5
3.2	スラスト対策工の設計.....	5
4	弁栓部の検討.....	6
5	T字管の検討.....	7
5.1	使用管種.....	7
5.2	スラスト力の検討.....	7

1 屈曲部の検討

1.1 使用管種

断面名	使用管種	水平屈曲角(°)	鉛直屈曲角(°)
新規断面1	ダクタイル鋳鉄管 φ1100 (D1, K形)	45.0	45.0

1.2 スラスト力の検討

断面名	滑動の検討(水平曲り) (kN)			滑動の検討(鉛直曲り) (kN)			浮上の検討 (kN)			沈下の検討 (kN/m ²)			判定
	スラスト力		水平方向	スラスト力		水平方向	スラスト力		抵抗力	荷重強度		許容	
	P _h		抵抗力	P _h		抵抗力	P _v		R _{v+W-U}	σ _v		支持力度	
	S·P _h		R _h	S·P _h		R _h	S·P _v			S·σ _v		σ _{rv}	
新規断面1	118.48			45.34			-109.46			126.05			
	177.72	>	137.01	68.01	≦	130.66	-131.35	≦	89.00	151.26	>	100.00	NG

ここで、S:安全率 滑動に対してS=1.50、浮上に対してS=1.20、沈下に対してS=1.20

1.3 スラスト対策工の設計

断面名	対策工	滑動の検討 (水平曲り) (kN)			滑動の検討 (鉛直曲り) (kN)			浮上に対する 検討 (kN)			沈下に対する 検討 (kN/m ²)			判定
		P _h		R _h	P _h		R _h	P _v		R _{v+W-U}	σ _v		σ _{sv}	
新規断面1	スラスト・ブロック	118.48			45.34			-109.46			65.68			OK
		177.72	≦	1961.82	68.01	≦	1046.09	-131.35	≦	805.05	65.68	≦	100.00	

ここで、S:安全率 滑動に対してS=1.50、浮上に対してS=1.20、沈下に対してS=1.00

2 分岐部の検討

2.1 使用管種

断面名	上流側管種	下流側管種	分岐管管種	分岐角度(°)
新規断面2	ダクタイル鋳鉄管 φ1100(D1, K形)	ダクタイル鋳鉄管 φ1100(D1, K形)	ダクタイル鋳鉄管 φ800(D1, K形)	45.0

2.2 スラスト力の検討

断面名	滑動に対する検討(X方向) (kN)				滑動に対する検討(Y方向) (kN)				判定
	スラスト力		≦	抵抗力 R _h	スラスト力		≦	抵抗力 R _h	
	F _x	S・F _x			F _y	S・F _y			
新規断面2	108.96	163.44	≦	182.56	109.13	163.69	≦	202.60	OK

ここで、S:安全率 滑動に対してS=1.50

3 片落ち部の検討

3.1 スラスト力の検討

断面名	上流側管種	下流側管種	滑動に対する検討 (kN)				判定
			スラスト力			水平方向抵抗力 R_h	
			F_x	$S \cdot F_x$			
新規断面5	ダクタイル鋳鉄管 $\phi 1100$ (D1, K形)	ダクタイル鋳鉄管 $\phi 600$ (D1, K形)	214.61	321.91	>	66.66	NG

3.2 スラスト対策工の設計

断面名	対策工	滑動に対する検討 (kN)				沈下の検討 (kN/m ²)			判定
		スラスト力		水平方向抵抗力 R_h	荷重強度		許容支持力度 σ_{rv}		
		F_x	$S \cdot F_x$		σ_v	$S \cdot \sigma_v$			
新規断面5	必要一体化長 10.98 (m)	-----	-----	-----	-----	-----	-----	---	

4 弁栓部の検討

断面名	管種	管体応力			コンクリートの 押し抜きせん断応力度			ステイフナー溶接部の せん断応力度			判定	所要 一体化 長さ (m)
		σ (N/mm ²)		$\sigma \tau_a$ (N/mm ²)	τ_D (N/mm ²)		τ_a (N/mm ²)	τ_t (N/mm ²)		τ_{ta} (N/mm ²)		
新規断面3	ダクタイル鋳鉄管 $\phi 1100$ (D1, K形)	4.84	\leq	168.00	2.28	$>$	0.25	1.91	$>$	0.30	NG	7.886

5 T字管の検討

5.1 使用管種

断面名	本管の管種	枝管の管種
新規断面4	ダクタイル鋳鉄管 φ1100 (D1, K形)	ダクタイル鋳鉄管 φ1100 (D1, K形)

5.2 スラスト力の検討

断面名	滑動に対する検討 (kN)			判定	対策工
	スラスト力		抵抗力 R_h		
	F_x	$S \cdot F_x$			
新規断面4	308.36	462.55	>	150.08	NG 枝管側一体化長 6.309 (m)

ここで、S:安全率 滑動に対してS=1.50