

様：スラスト対策設計システム Ver3.0

令和4年5月記事更新
(株)SIPシステム

スラスト力の検討から対策工「一体化長&ブロック」迄可能

—はじめに—

本システムは、土地改良設計基準の「パイプライン（令和3年6月）」、「水道施設設計指針（2012年版）」に準拠し、「不とう性管」および「とう性管」についてスラスト力の検討からスラスト対策工迄の計算を行います。スラスト力の検討は、屈曲部、片落部、分岐部（Y字、T字）および弁栓について行い、複数の埋設深について一括計算処理が可能な他、スラストについて対策が必要な場合は、**一体化長の計算**や**スラストブロック**を用いた検討が可能です。また、**管種データ**は、規格管として**標準データベース化**されており、特性値の読み込みが可能な他、**登録管としてユーザ登録**も可能です。計算書は、罫線枠やフォントの帳票編集が可能な他、RTF変換により**Word出力**も可能です。

①適用基準

- 土地改良事業計画設計基準 設計「パイプライン」基準書・技術書（R3/6/60）
- 設計基準「パイプライン」SI単位系移行に関する参考資料「農業土木学会」構造計算例（H14/3）
- 日本水道協会
水道施設設計指針2012（H24/7）

②計算機能

1 スラスト力の計算と判定

地下水位の入力を可能とし、スラスト力の計算を断面毎に行い、滑動（水平・鉛直曲がり）、浮上り、沈下に対する検討結果を一覧表示。

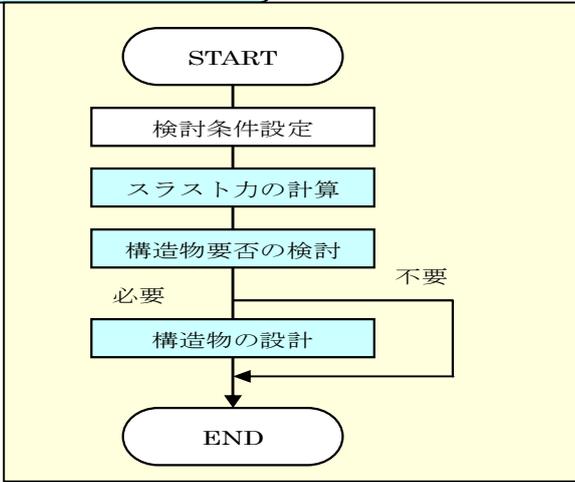
2 スラスト対策工の検討

- ①一体化長の計算（溶接・接着・溶着等による検討）
：ダクタイル鋳鉄管/鋼管等について「溶接・接着・溶着等による一体化長の検討」が可能。
- ②一体化長の計算（離脱防止継ぎ手による検討）
：溶接等が不可な管種（強化プラスチック複合管等）については、離脱防止継ぎ手による検討が可能。
- ③スラストブロック対策の検討
：スラストブロックによる対策検討が可能。
検討箇所形状により適用されるスラストブロックのタイプは異なりますが、任意形スラストブロックによる検討も可能。

<スラスト力の検討箇所>

1	パイプラインの 屈曲部 （水平曲がり/鉛直曲がり）
2	口径が変化する 片落ち部
3	パイプラインの 分岐部 （Y字、T字）
4	パイプラインにバルブが設置される 弁栓部

③計算フロー



④適用管種

1. 標準管は「規格管」としてDBファイルへ管体重量や呼径等の材料特性値を登録済み。
2. 標準管以外の各管種の特性値を「登録管」として任意に登録が可能。
<定義>
とう性管とは、管体の許容される「たわみ率」が $\geq 3\%$ の管をいい、不とう性管は $< 3\%$ の管としている。

管分類	管種名の分類	管種名
不とう性管	遠心力鉄筋コンクリート管	遠心力鉄筋コンクリート管
	コア式プレストレストコンクリート管	コア式プレストレストコンクリート管
とう性管	ダクタイル鋳鉄管	ダクタイル鋳鉄管
		農業用ダクタイル鋳鉄管
	鋼管	圧力配管用炭素鋼管
		水輸送用塗覆鋼管
		配管用アーク溶接炭素鋼管
		配管用炭素鋼管
		農業用プラスチック被覆鋼管
		硬質ポリ塩化ビニル管
	ポリエチレン管	水道用硬質ポリ塩化ビニル管
		農業用水用厚肉硬質ポリ塩化ビニル管
一般用ポリエチレン管		
水道用ポリエチレン管		
ガラス繊維強化ポリエチレン管		
強化プラスチック複合管	強化プラスチック複合管	
	内挿用強化プラスチック複合管	

⑤スラスト力による照査

1.水平屈曲部&鉛直屈曲部（スキュー管の場合は、水平と鉛直屈曲管とに分解して計算）

- 1) 管が水平方向に屈曲の場合のスラスト力と安定計算（滑動・浮上・沈下）、また対策工の検討。
- 2) 管が鉛直方向に屈曲の場合のスラスト力と安定計算（滑動・浮上・沈下）、また対策工の検討。

2.分岐部（Y字管）

管がθ角で分岐する場合のスラスト力と安定計算（滑動）、また対策工（ブロック）の検討。

3.T字管

管がT字管（90°）となる場合のスラスト力（本体側で受ける場合と分岐側の選択）と安定計算（滑動）また、対策工（一体化長）の検討。

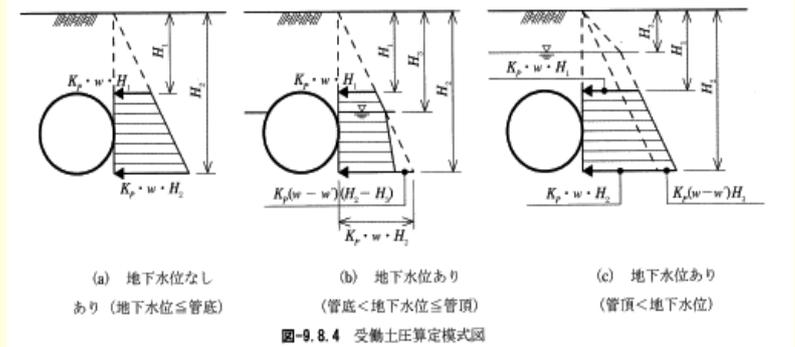
4.片落ち部

管が片落管（管サイズの変化）となる場合のスラスト力と安定計算（滑動）また、対策工の検討。

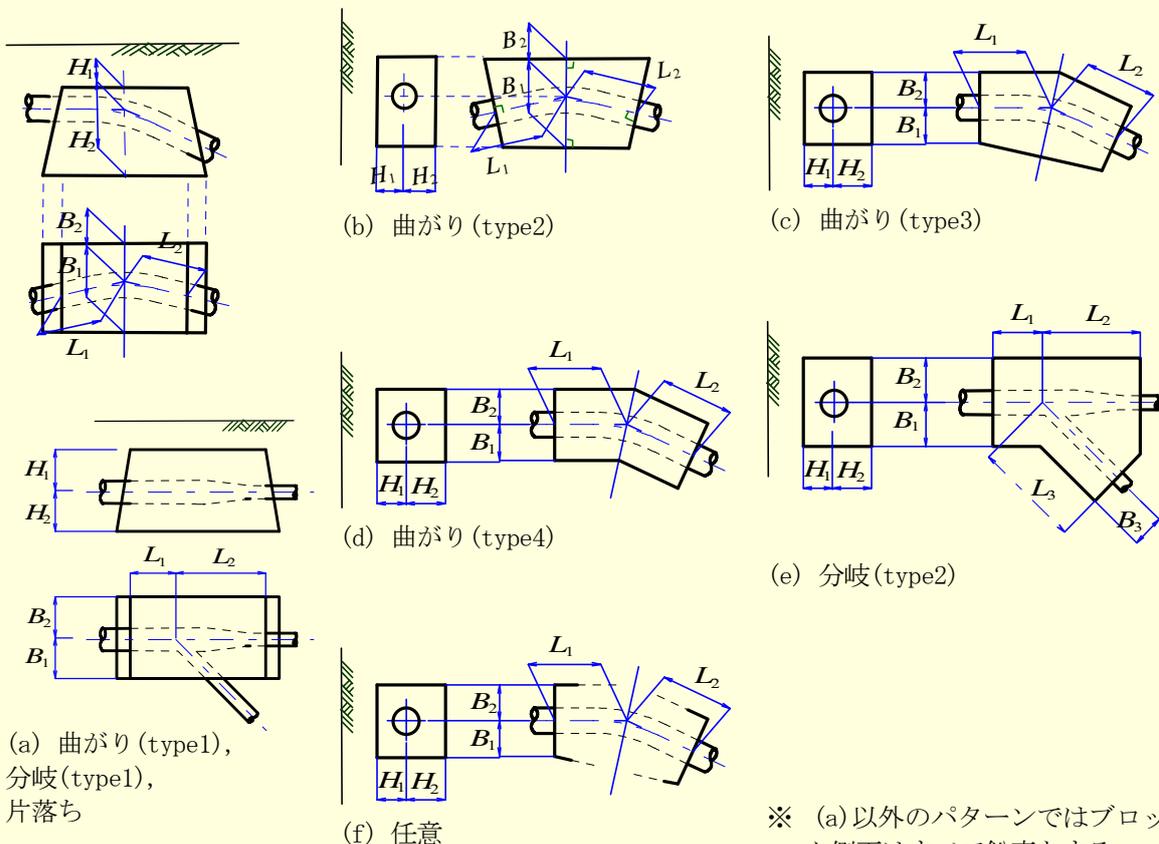
5.弁栓部

弁栓部に生じるスラスト力に対する検討で対策工として「スティフナー」を設ける場合の応力度判定と一体化長のみで対策工とする指定が可能。

＜地下水位と受働土圧＞



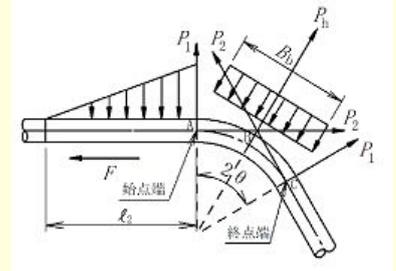
⑥スラスト対策工（スラストブロックの形状）



⑦一体化長の計算（溶接・接着・溶着等による接合）

●鋼管、硬質塩化ビニル管およびポリエチレン管及びガラス繊維強化ポリエチレン管のとう性管で、管体が一体となるような溶接、接着、溶着等の接合方法を用いる場合には、曲管部に生じるスラスト力を相殺する地盤の拘束力に見合う有効長さが存在するならば、スラストブロックは不要となる。このスラスト力を相殺できるような一体化を図る長さを「有効長さ」としている。

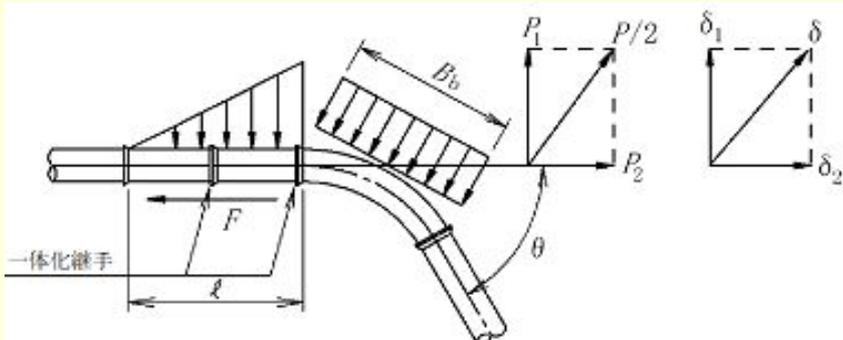
- 1) 曲げ（ L_1 ）および軸力（ L_2 ）に対する直管部の有効長さを計算。
- 2) 温度変化による管の伸縮量が管表面の摩擦力によって相殺される区間の長さを「釣り合い長さ」として求める。（ L_3 ）
- 3) 所要連続埋設長
 所要連続埋設長 = $\max\{L_1, L_2\} + L_3$



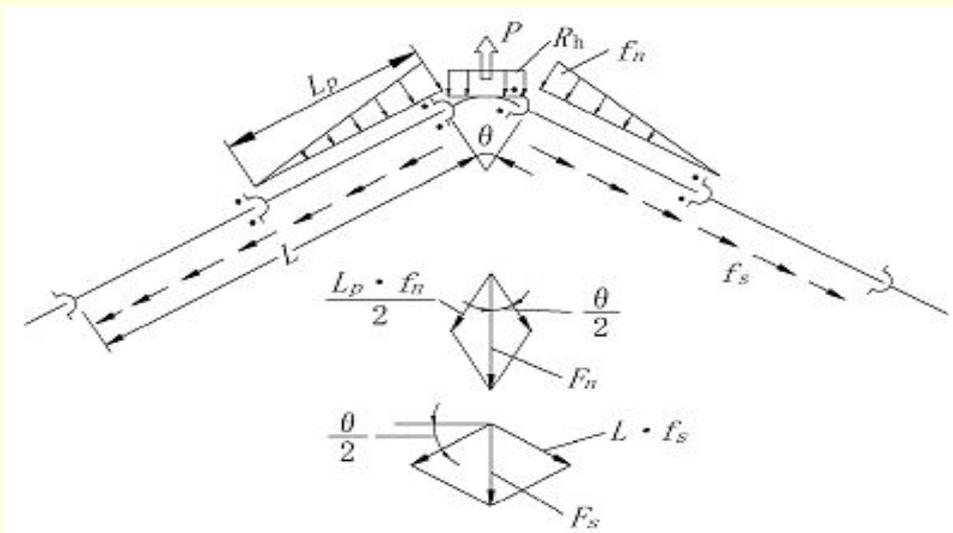
⑧一体化長の計算（離脱防止継手による接合）

●ダクタイル鋳鉄管や硬質塩化ビニル管では、曲管やT字管と直管を離脱防止継ぎ手により接合することで溶着継ぎ手と同等の機能を持った一体管路を形成することができる。

- 1) ダクタイル鋳鉄管（UF形、NS形、GX形継手）を使用する場合は、離脱防止継手を使用した一体化長の計算が可能となる。



- 2) T形やK形ダクタイル鋳鉄管およびゴム輪形硬質塩化ビニル管では、下図に示すように曲管の両端からL寸法以内の継手に「離脱防止金具」を使用することにより一体管路を結成できる。
 曲管に作用するスラスト力に対して、曲管に隣接した直管1本分の受働土圧抵抗と一体化長さ分の管周面に働く摩擦抵抗により抵抗するものとする。
 尚、一体化長の計算は「片側のみ一体化長」の計算を行い、離脱防止金具の計算も「片側個数」のみを表示している。



⑨ 屈曲部の解説とモデル図 (参考)

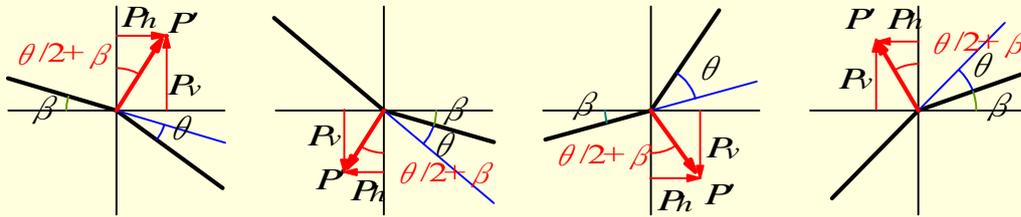
θ : 曲管の曲がり角度($^{\circ}$)

β : 曲折部と水平のなす角度($^{\circ}$)

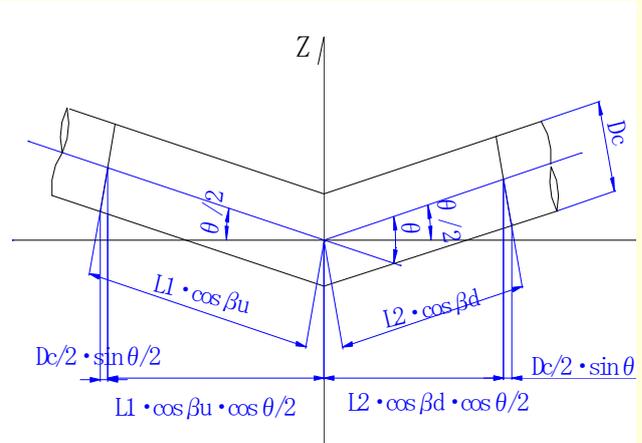
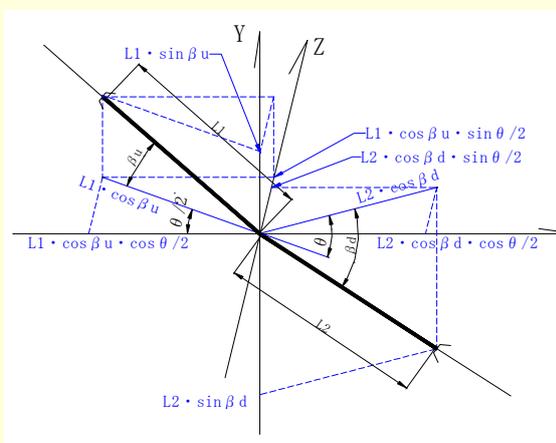
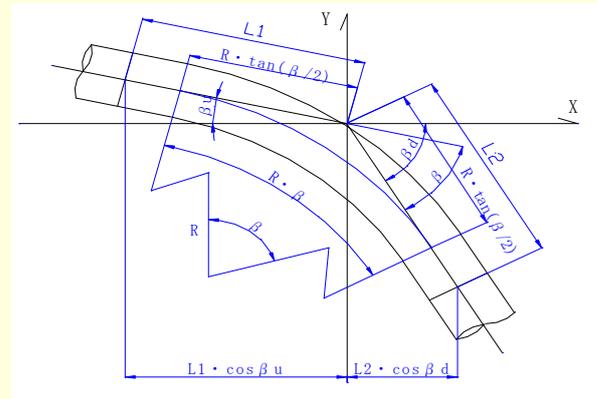
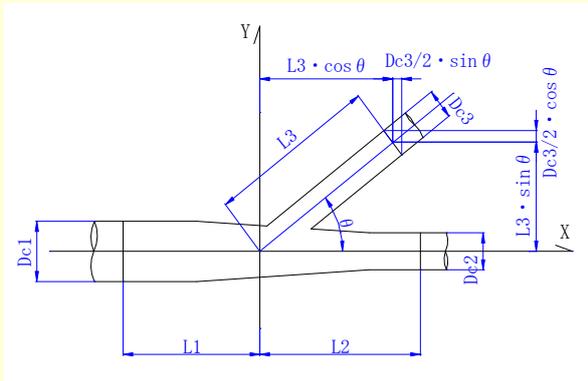
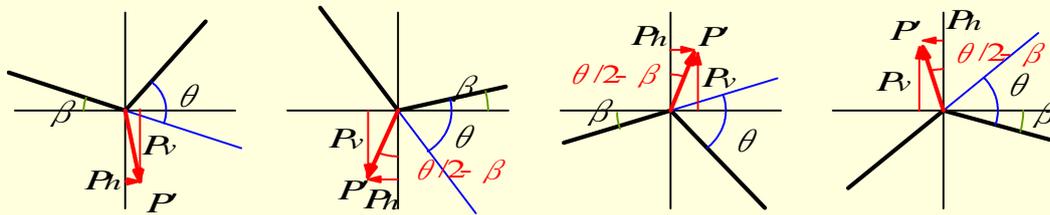
上下流側の管路のうち、水平に近いほうの管路が水平面となす角度とする。

尚、スラスト力は管路の曲がり角の2等分線上外側に向かって作用するものとする。

従って、 β の符号は下図に示すとおり、管路の上下流側が水平面の異なる側にあるとき(+)
同じ側にあるとき(-)となる。



(a) Case1 (+)の場合



スラスト対策工設計システムの機能と操作画面の概要

「スラスト対策工設計システム Ver3.0」の主な機能と操作画面についてご案内しています。

水道施設設計基準にも対応

適用標準: 土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計/バイブライン 水道施設設計指針

管の種別および主として用いる管の寸法

登録別	規格	名称	種類	形	呼び径	管厚	外径	内径	ラインング厚	α	σa	試験水圧
規格管	JDPA G 1027	農業用ダクタイル鑄鉄管	DA	K	800	8	838	814.8		6	0.7	189
規格管	JDPA G 1027	農業用ダクタイル鑄鉄管	DA	K	700	8.5	733	716		8	0.7	189
規格管	JDPA G 1027	農業用ダクタイル鑄鉄管	DA	K	800	9.5	836	817		8	0.7	189
規格管	JDPA G 1027	農業用ダクタイル鑄鉄管	DA	K	900	10.5	939	918		8	0.7	189
規格管	JDPA G 1027	農業用ダクタイル鑄鉄管	DA	K	1000	11.5	1041	1018		10	0.7	189
規格管	JDPA G 1027	農業用ダクタイル鑄鉄管	DA	K	1100	12	1144	1120		10	0.7	189
規格管	JDPA G 1027	農業用ダクタイル鑄鉄管	DA	K	1200	12.5	1246	1221		10	0.7	189
規格管	JDPA G 1027	農業用ダクタイル鑄鉄管	DA	K	1350	14	1400	1372		12	0.7	189
規格管	JDPA G 1027	農業用ダクタイル鑄鉄管	DA	K	1500	15.5	1554	1529		12	0.7	189
規格管	JDPA G 1027	農業用ダクタイル鑄鉄管	DA	K	1600	16	1650	1618		15	0.7	189
規格管	JDPA G 1027	農業用ダクタイル鑄鉄管	DA	K	1650	16.5	1701	1668		15	0.7	189
規格管	JDPA G 1027	農業用ダクタイル鑄鉄管	DA	K	1800	18	1848	1812		15	0.7	189
規格管	JDPA G 1027	農業用ダクタイル鑄鉄管	DA	K	2000	19.5	2061	2022		15	0.7	189
規格管	JDPA G 1027	農業用ダクタイル鑄鉄管	DA	K	2100	20.5	2164	2129		15	0.7	189
規格管	JDPA G 1027	農業用ダクタイル鑄鉄管	DA	K	2500	25	2560	2520		15	0.7	189

標準管 DB からの管材の読み込み

抽出条件: 登録別 規格管 名称 ダクタイル鑄鉄管

種類 D3 形 SII 呼び径 無指定

登録管	規格	名称	種類	形	呼び径	管厚	外径	内径	ラインング厚	α	σa	試験水圧
登録管	JIS G 5526	ダクタイル鑄鉄管	D3	SII	1100	18	1144					
規格管	JIS G 5526	ダクタイル鑄鉄管	D3	SII	75	6	93					
規格管	JIS G 5526	ダクタイル鑄鉄管	D3	SII	100	6	118					
規格管	JIS G 5526	ダクタイル鑄鉄管	D3	SII	150	6	169					
規格管	JIS G 5526	ダクタイル鑄鉄管	D3	SII	200	6	220					
規格管	JIS G 5526	ダクタイル鑄鉄管	D3	SII	250	6	271.6					
規格管	JIS G 5526	ダクタイル鑄鉄管	D3	SII	300	6.5	322.8					
規格管	JIS G 5526	ダクタイル鑄鉄管	D3	SII	350	6.5	374					
規格管	JIS G 5526	ダクタイル鑄鉄管	D3	SII	400	7	425.6					
規格管	JIS G 5526	ダクタイル鑄鉄管	D3	SII	450	7.5	476.8					
登録管	JIS G 5526	ダクタイル鑄鉄管	D3	SII	300	6.5	322.8					

管体の単重: 700 (kN/m³)
 モルタルの単重: 210 (kN/m³)
 管体のヤング係数: 160,000,000 (kN/m²)

規格: JIS G 5526
 名称: ダクタイル鑄鉄管
 種類: D3
 形: SII
 呼び径: 189 → 190へ修正
 管体の許容応力度 (N/mm²): 190.0
 呼び径 (mm): 300.0
 管厚 (mm): 5.5
 外径 (mm): 322.8
 内径 (mm): 309.8
 α: 0.70
 試験水圧 (MPa): 6.00

ダイアログ: ThrustV2
 ダクタイル鑄鉄管(D3)呼び径300を新規登録します。いいですか?
 [OK] [キャンセル]

ボタン: 新規登録

ツール(T) ウィンドウ ヘルプ(H)

- 印刷書式の確認・設定
- 管のデータベースフォルダ
- 一時ファイルフォルダの設定
- ダクタイル管一体化長さ設定

本項目(形)に記入された記号(文字)で一体化長さの計算区分が可能です。

本項目から一体化長さの計算区分の指定が可能。
NS形の計算か? それ以外か?

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: 160,000,000 (kN/m²)

規格: JIS G 5526
 名称: ダクタイル鑄鉄管
 種類: D1
 形: GX
 管体の許容応力度 (N/mm²): 189.0

ダクタイル管 (GX、NS 管系) の一体化長さの計算で軸力を考慮した計算指定

設定

ダクタイル管の一体化長さの計算設定

軸力検証対象設定 | 限界曲げM設定

軸力による検証を行う対象の"形"一覧

- KF
- UF
- S I
- S II
- NS
- GX

形: GX [追加] [変更] [削除]

更新して閉じる [キャンセル]

設定

ダクタイル管の一体化長さの計算設定

軸力検証対象設定 | 限界曲げM設定

NS形テーブルを用いる"形"一覧

- NS
- GX

形: GX [追加] [変更] [削除]

更新して閉じる [キャンセル]

検討断面の指定とデータ入力項目

スラスト力の判定と結果の詳細

① 検討断面入力

断面名 水平屈曲 説明図

水平屈曲部 鉛直屈曲部 分岐部
 T字管 片落ち部 弁柱部

地下水位が無い場合、地下水位欄に 99.9%以上 の値を入力してください

変更	名称	D1	形	A	呼び径
	ダクタイル鑄鉄管				300

上流側継手までの距離 L1 (m) 0.640
 下流側継手までの距離 L2 (m) 0.640
 曲がり中心半径 R (m) 0.600
 水平曲がり角度 θh (°) 45.00
 管上流側と水平のなす角 βu (°) ---
 管下流側と水平のなす角 βd (°) ---
 地表面から屈曲点までの高さ Hc (m) 2.5000
 地下水位 (G.L. -) Hw (m) 2.000
 管内平均流速 V (m/sec) 0.800
 管底面の地盤の許容支持力 σ_{rv} (kN/m²) 100.00
 設計水圧 H (MPa) 0.200

再計算 管の重量 0.48 (kN) 管内水重 0.94 (kN)

設計水圧が作用する断面積 外径 内径

② 検討断面一覧表

No	断面名	名称	呼び径	スラスト	判定
1	水平屈曲	ダクタイル鑄鉄管	300	水平屈曲部	OK
2	鉛直屈曲	ダクタイル鑄鉄管	300	鉛直屈曲部	OK
3	分岐部	ダクタイル鑄鉄管	300	分岐部	NG
4	T字管部	ダクタイル鑄鉄管	300	T字管	NG
5	片落ち管部	ダクタイル鑄鉄管	300	片落ち部	NG
6	弁柱部	ダクタイル鑄鉄管	300	弁柱部	OK

③ 検討結果詳細

滑動に対する検討 (水平曲がり)

スラスト力 Ph(kN)	S・Ph (kN)	水平方向抵抗力 R _h (kN)	判定
12.56	18.85	< 33.71	OK

滑動に対する検討 (鉛直曲がり)

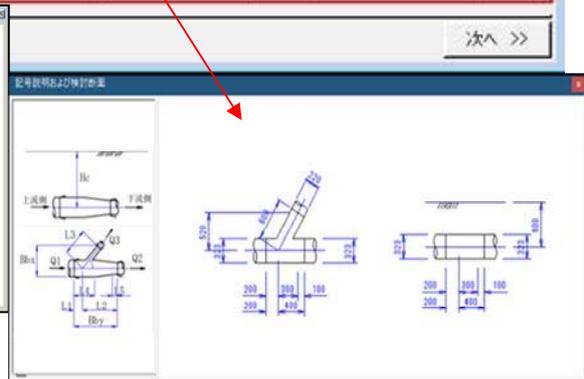
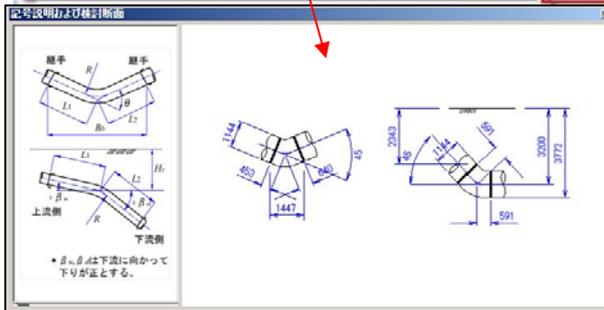
スラスト力 Ph(kN)	S・Ph (kN)	水平方向抵抗力 R _h (kN)	判定
---	---	---	---

浮上に対する検討

スラスト力 Pv(kN)	S・Pv (kN)	R _v +W-U (kN)	判定
0.00	0.00	< 23.45	OK

沈下に対する検討

σ_v (kN/m ²)	S・ σ_v (kN/m ²)	σ_{rv} (kN/m ²)	判定
---	---	---	---



分岐管、T字管の管種変更機能

① 検討断面入力

断面名 分岐部 説明図

水平屈曲部 鉛直屈曲部 分岐部
 T字管 片落ち部 弁柱部

地下水位が無い場合、地下水位欄に 99.9%以上 の値を入力してください

変更	名称	D1	形	K	呼び径
	ダクタイル鑄鉄管				1100
	ダクタイル鑄鉄管				1100
	ダクタイル鑄鉄管				800

② 検討断面一覧表

No	断面名	名称	呼び径	スラスト	判定
1	新規断面1	ダクタイル鑄鉄管	1100	屈曲部	NG
2	新規断面2	ダクタイル鑄鉄管	1100	分岐部	OK
3	新規断面3	ダクタイル鑄鉄管	1100	分岐部	NG
4	新規断面4	ダクタイル鑄鉄管	1100	T字管	NG
5	新規断面6	ダクタイル鑄鉄管	1100	片落ち部	NG

③ 検討結果詳細

登録管の選択

抽出条件 登録別 規格管 名称 ダクタイル鑄鉄管

登録管	JIS G 5526	ダクタイル鑄鉄管	D1	K	1100	18	1144	1108	10	0.7	189	6
規格管	JIS G 5526	ダクタイル鑄鉄管	D1	K	600	11	630.8	608.8	6	0.7	189	5
規格管	JIS G 5526	ダクタイル鑄鉄管	D1	K	700	12	733	709	8	0.7	189	4
規格管	JIS G 5526	ダクタイル鑄鉄管	D1	K	800	13.5	836	809	8	0.7	189	4
規格管	JIS G 5526	ダクタイル鑄鉄管	D1	K	900	15	939	909	8	0.7	189	4
規格管	JIS G 5526	ダクタイル鑄鉄管	D1	K	1000	16.5	1041	1008	10	0.7	189	4
規格管	JIS G 5526	ダクタイル鑄鉄管	D1	K	1100	18	1144	1108	10	0.7	189	3
規格管	JIS G 5526	ダクタイル鑄鉄管	D1	K	1200	19.5	1246	1207	10	0.7	189	3

すべて表示 削除 キャンセル 適用

スラスト対策工（スラストブロック、一体化長の計算）

対策工の設計 --- 新規データ2

断面No	断面名	名称	呼び径	種類	形	検討タイプ	対策工の要否	対策工の種類	検討結果
1	新規断面1	ダクタイル鑄鉄管	600	D3	K	屈曲部	要	---	---
2	新規断面2	ダクタイル鑄鉄管	600	D3	K	T字管	要	---	---
3	新規断面3	ダクタイル鑄鉄管	600	D3	K	片落ち	不要	---	---

対策工詳細

対策工なし

一体化長の検討

溶接・接着・溶着等による接合

離脱防止継手による接合

スラストブロックの設計

任意形スラストブロック

対策工の設計 --- 新規データ2

断面No	断面名	名称	呼び径	種類	形	検討タイプ	対策工の要否	対策工の種類	検討結果
1	新規断面1	ダクタイル鑄鉄管	600	D3	K	屈曲部	要	---	---
2	新規断面2	ダクタイル鑄鉄管	600	D3	K	T字管	要	離脱防止継	一体化長 3.9m
3	新規断面3	ダクタイル鑄鉄管	600	D3	K	片落ち	不要	---	一体化長 2.4m

対策工の設計 --- 新規データ1

断面No	断面名	名称	呼び径	種類	形	検討タイプ	対策工の要否	対策工の種類	検討結果
1	新規断面1	ダクタイル鑄鉄管	1100	D1	K	屈曲部	要	ブロックの	OK
2	新規断面2	ダクタイル鑄鉄管	1100	D1	K	分岐部	要	ブロックの	OK
3	新規断面3	ダクタイル鑄鉄管	1100	D1	K	弁径部	要	離脱防止継	一体化長 4.0m
4	新規断面4	ダクタイル鑄鉄管	1100	D1	K	T字管	要	離脱防止継	一体化長 3.2m
5	新規断面5	ダクタイル鑄鉄管	1100	D1	K	片落ち	要	離脱防止継	一体化長 5.6m

対策工詳細

説明図・寸法図

再計算

管の重量 23.63 (kN)

管内水重 46.92 (kN)

滑動に対する検討 (X方向)

スラスト力 S-Phx (kN)	109.66	164.49	<	1127.15	判定
水平方向抵抗力 Rhx (kN)					OK

滑動に対する検討 (Y方向)

スラスト力 S-Phy (kN)	109.83	164.74	<	1236.97	判定
水平方向抵抗力 Rhy (kN)					OK

浮上に対する検討

<左図>
分岐部にブロック②の対策工を設定した例。
入力完了した時点で計算結果の判定及び詳細が表示されます。

一体化長（溶接・接着・溶着）の場合

対策工詳細

溶接・接着・溶着等による接合

安全率 S	1.50
横方向地盤反力係数 k	3000.00 (kN/m ³)
温度変化 T	5.0 (°C)
ソケット長 Ls	0.300 (m)
接着強度 αb	2.50 (N/mm ²)

曲げに対する直管部の有効長さ L1 (m) 3.868

軸力に対する直管部の有効長さ L2 (m) 7.117

釣り合い長さ L3 (m) ----

所要埋設長 max(L1, L2) + L3 Lreq (m) 7.117

軸力 P2 (kN) 95.98

接着力 Pz (kN) 249.76

釣り合い長さを加算する。

<左図>
一体化長の計算は、管種によるが「溶接・接着・溶着による場合」と「離脱防止金具」を用いる場合の指定が可能。また、の一体化長の計算では、釣り合い長さを考慮しないの指定が可能。

一体化長（離脱防止金具）の場合

<右図>
「離脱防止金具」を用いる場合の一体化長の計算では、鉛直屈曲の場合の周面摩擦力を無視した計算や水流のエネルギーを考慮したスラスト力や一体化長の計算が可能。また、単管長について上下流で異なる単管長の指定が可能なので、離脱防止金具の適正個数を算出可能。

対策工詳細

離脱防止継手による接合

鉛直屈曲の場合および土被りが少ない場合にチェック。(周面摩擦力のみ受働土圧を無視) (チェック無:基準書「パイプライン」P.432(a)の式を採用。/チェック有:同書P.434(b)の式を採用。)

一体化長さ算出時のスラスト力Pで水流の運動エネルギーを考慮。(基準書P.433①では考慮してない。)

安全率 S	1.50	
単管1本の長さ(上流側) Lpu	4.00 (m)	<input checked="" type="checkbox"/> 上流側と下流側で異なる単管長を入力する。
単管1本の長さ(下流側) Lpd	2.00 (m)	

片側一体化長(上流側) L	(m)	2.340
離脱防止金具 上流側個数	(個)	1
片側一体化長(下流側) L	(m)	2.850
離脱防止金具 下流側個数	(個)	2

管種データベースの編集 (CSV) 機能

例: Excelでダクタイル管のcsvを開いた場合

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	
①	1	登録別	規格	名称	種類	形	呼び径	管厚	外径	内径	ライニング厚	α	σ_a	試験水圧
	57	規格管	JDPA G 1027	農業用ダクタイル鑄鉄管	DD	K	2200	16.5	2280	2247	15	0.7	189	1.5
	58	規格管	JDPA G 1027	農業用ダクタイル鑄鉄管	DD	K	2400	17.5	2458	2423	15	0.7	189	1.5
②	59	規格管	JDPA G 1027	農業用ダクタイル鑄鉄管	DD	K	2600	19	2684	2646	15	0.7	189	1.5
	60	規格管	JIS G 5526	ダクタイル鑄鉄管	D1	K	75	7.5	93	78	4	0.7	189	6
	61	規格管	JIS G 5526	ダクタイル鑄鉄管	D1	K	100	7.5	118	103	4	0.7	189	6
	62	規格管	JIS G 5526	ダクタイル鑄鉄管	D1	K	150	7.5	169	154	4	0.7	189	6
	63	規格官	③ 「規格管」や「登録管」として新規追加も可能											
	64													

④

計算書の印刷設定と印刷プレビュー機能

印刷プレビュー表示

印刷実行

Word変換印刷

印刷プレビュー表示

プリンタ直接印刷

印刷プレビュー表示

印刷

No	検討タイプ	対策工	印刷
1	屈曲部 NG	ブロック OK	<input checked="" type="checkbox"/>
2	分岐部 NG	ブロック OK	<input checked="" type="checkbox"/>
3	弁栓部 NG	離脱防止継手 一体化長 4.0m	<input checked="" type="checkbox"/>
4	T字管 NG	離脱防止継手 一体化長 3.2m	<input checked="" type="checkbox"/>
5	片落ち部 NG	離脱防止継手 一体化長 5.6m	<input checked="" type="checkbox"/>

印刷プレビュー表示

1 表題
新規データ

2 使用管種
ダクタイル鑄鉄管φ1100(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/m)
モルタルの単重 21.0 (kN/m)
管体のヤング係数 180.0×10⁹ (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/m ³)
埋戻し土の水単位体積重量	w'	10.2 (kN/m ³)
内部摩擦角	φ	25.0 (°)
水の単位体積重量	w0	9.8 (kN/m ³)
管内水の単位体積重量	w0'	9.8 (kN/m ³)
コンクリートの単位体積重量	γc	23.0 (kN/m ³)

3.2 設計水圧
設計水圧 H 0.30 (MPa)

3.3 その他の定数

管周囲と土の摩擦係数	μ	0.50
土とコンクリートの摩擦係数	μ'	0.50
曲面の受載土圧の補正係数	F	0.85
管の繰り張率	α	1.15×10 ⁻⁴

3.4 安全率

	スラスト力の検討 (埋 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



スラスト対策工設計システム

「土地改良事業設計基準 (パイプライン)」・「日本下水道協会」・「日本上水道協会」に準拠

価格 ¥209,000- (税+HASP 込)

本商品をオンライン方式でご利用の場合、価格は¥200,200~ (税込) となります。

適用基準

- 土地改良事業計画設計基準 設計「パイプライン」(R3/6)
- 日本水道協会 水道施設設計指針 (2012年)

計算範囲

- 地下水位を考慮した計算が可能
- スラスト力を計算し判定表示
- スラストブロックによる対策
- 溶接接着溶着による一体化長計算
- 離脱防止継手による一体化長計算

検討箇所

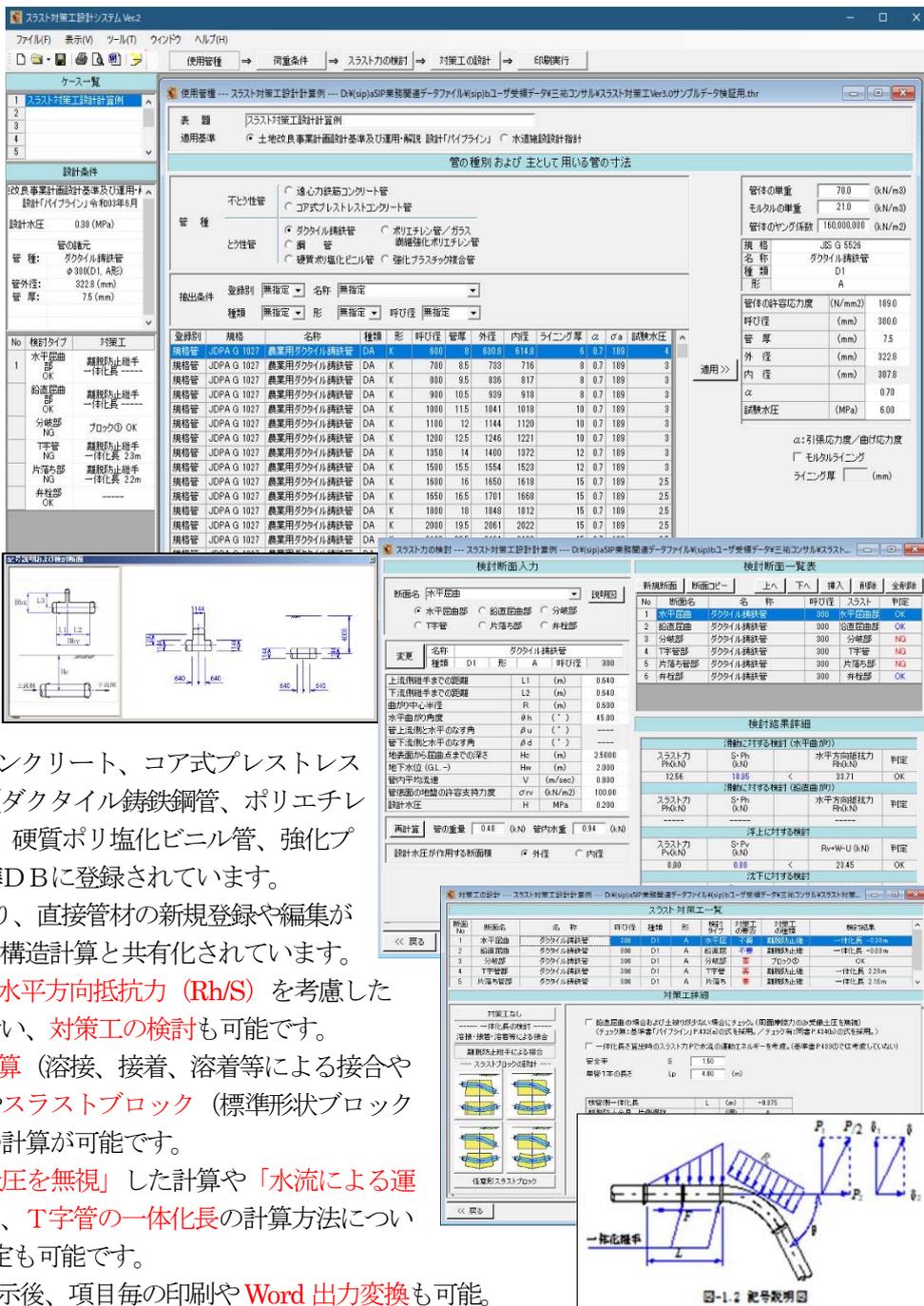
- 屈曲部 (水平/鉛直) ○片落部
- 分岐部 (Y、T字管) ○弁栓部

適用管種

- 不とう性管 ○とう性管

主な機能

- 1.管種は、**不とう性管** (遠心力鉄筋コンクリート、コア式プレストレストコンクリート) および**とう性管** (ダクタイル鋳鉄鋼管、ポリエチレン管/ガラス繊維強化ポリ管、鋼管、硬質ポリ塩化ビニル管、強化プラスチック複合管) に対応し、標準DBに登録されています。
- 2.管材の**標準DB**は**CSV**化されており、直接管材の新規登録や編集が可能です。また、他のパイプライン構造計算と共有化されています。
- 3.スラスト力の計算では、**地下水位**や**水平方向抵抗力 (R_H/S)**を考慮した「**滑動**」「**浮上**」「**沈下**」の検討を行い、**対策工の検討**も可能です。
- 4.スラスト対策工として**一体化長の計算** (溶接、接着、溶着等による接合や離脱防止継手による接合) の計算や**スラストブロック** (標準形状ブロックや任意形ブロック) による対策工の計算が可能です。
- 6.スラスト力の計算において「**受働土圧を無視**」した計算や「**水流による運動エネルギー**」の考慮の有無、また、**T字管の一体化長**の計算方法について「**分岐側**」「**本管側**」で求める指定も可能です。
- 7.計算書の出力は、印刷プレビュー表示後、項目毎の印刷や**Word出力変換**も可能。



システム環境

- 基本OS : Windows8 (32bit&64bit)、Windows10&11 (64bit)
- ハード環境 : HD容量 500MB 以上、メモリ容量 4GB 以上
- プロテクト方式 : HASP (USB) 方式、オンライン (IN) 方式、ネット認証システム (Lan 対応版)

お問合せ

CONTACT (TEL) : 06-6125-2232 (FAX) : 06-6125-2233

ACCESS (URL) : <http://www.sipc.co.jp> (Mail) : mail@sipc.co.jp

株式会社 SIP システム

〒542-0081

大阪府大阪市中央区南船場 1-18-24-501 (大阪事務所)

TEL : 06-6125-2232 FAX : 06-6125-2233

ご案内

- ・本商品に関するご質問、資料請求、見積依頼等につきましては、お電話、メール等にて弊社「大阪事務所」迄お問合わせ下さい。
- ・弊社ホームページより各商品概要のリーフレット、出力例等のダウンロードや体験版プログラムのお申込み等が可能です。

土木設計「パイプライン設計シリーズ」のご案内



土地改良設計及び上水道設計業務に携わる皆様へ「パイプライン設計シリーズ」のご案内です。

「かんがい用水・上水道」の「管網計算システム」から管の横断および縦断方向の検討を行う「管路構造計算システム」と「埋設管路の耐震設計システム」、スラストの検討を行う「スラスト対策工設計システム」まで、一連のパイプラインの設計業務が可能です。身近な設計ソフトウェアとしてご検討頂ければ幸いです。(株)SIPシステム

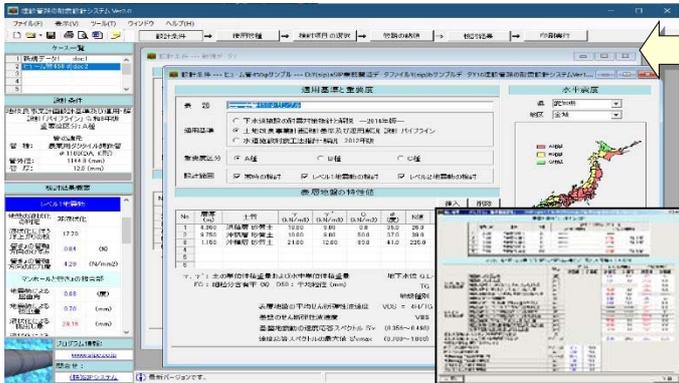


＜管網計算システム／¥319,000 (税+HASP込)＞

- ① 節点水頭法により樹枝状および網状の管網計算が可能。
- ② 動水節点(多点可)+流量節点+折れ点の配置数は、**無制限**。
- ③ 背景地図を読み込み、管網図を作成、管路長は自動算出。
- ④ 折れ点に増減圧ポンプ・減圧弁の指定やわん曲部等については、**各種損失係数**の指定が可能。
- ⑤ 管径比較検討機能により、適正管径を選択指定も可能。
- ⑥ 計算書、平面図、縦断面図をプレビュー表示後、印刷可能。
- ⑦ 「かんがい用水量」「上水道給水量」「DXFコンバータ」「管路データ CSV 入出力」等の**オプション商品**も充実。

＜管路構造計算システム／¥231,000 (税+HASP込)＞

- ① とう性・不とう性管の管断面の常時・地震時の検討が可能。
- ② 適用基準として、**土地改良、下水道施設、上水施設**に対応。
- ③ 埋設深の検討として「**浮上り**」「**凍結深**」の検討が可能。
- ④ 施工断面は「**溝形・突出形・逆突出形・矢板施工・簡易土施工**」より選択、矢板撤去する場合の検討も可能。
- ⑤ 検討断面は、**ピッチ入力**して一括登録が可能。
- ⑥ 計算書は、**許容値のグラフ表示**や検討断面毎の作成が可能。

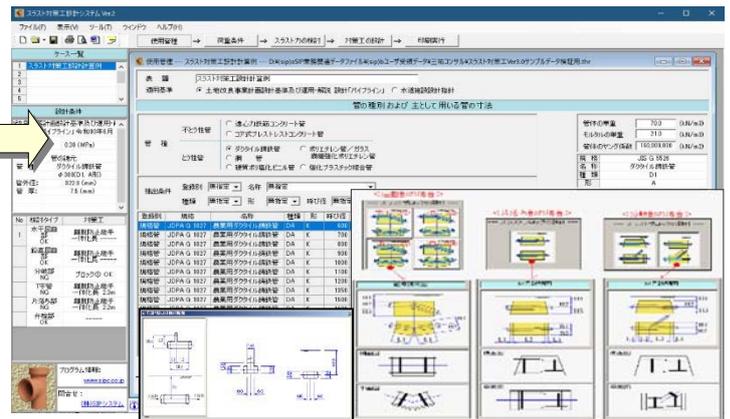


＜埋設管路の耐震設計システム／¥231,000 (税+HASP込)＞

- ① とう性管、不とう性管の**縦断方向**の埋設管の耐震設計が可能。
- ② 地震時の挙動として**レベル1&2**の検討が可能。
- ③ 地震時の検討は「**マンホールと管きよ**」「**管きよと管きよ**」接合部について**管軸方向**の検討が可能。
- ④ 常時の検討として管きよ継手部の**伸縮量**の計算が可能。
- ⑤ 地震時の**液状化**の判定および**浮上がり**の検討が可能。
- ⑥ 計算書は、目次作成の他、**結果一覧表、Word出力**が可能。

＜スラスト対策工設計システム／¥209,000 (税+HASP込)＞

- ① 適用管種は、**とう性管、不とう性管**の検討が可能。
- ② 「**屈曲部**」「**分支部(Y字・T字)**」「**片落部**」「**弁栓部**」のスラスト力の検討が可能。
- ③ スラスト力の対策工として「**一体化長の計算**」(離脱防止金具 or 溶接・接着(継手) および「**スラストブロック**」(固定形状や任意形)による対策検討が可能。
- ④ **地下水位**や**設計水圧**について検討断面毎に指定が可能。
- ⑤ 計算書の目次作成や一覧表、また **Word出力変換**が可能。



その他商品の紹介	<ol style="list-style-type: none"> 1. 「DXF ファイルコンバータ」(¥110,000)、「管路データ CSV 入出力システム」(¥55,000)：管網計算システムのオプション商品 2. 「上水道給水量計算システム」(¥55,000)、「かんがい用水量集計システム」(¥110,000)：管網計算システムのオプション商品 3. 「水路設計計算システム」、「集水樹構造計算システム」、「長方形板の計算システム」など 	(税込価格で表示)
----------	--	-----------

<p>株式会社 SIPシステム 〒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 OS : Windows8, Windows10&11 (32bit&64bit) 対応 HD : 500MB 以上。USB ポート&DVD-ROM 必須。 プロテクト方式 : HASP 方式 (USB) またはオンライン方式</p>	<p>＜お問い合わせは大阪事務所まで＞</p> <ul style="list-style-type: none"> ・商品に関するお問合せは、お電話メール等でお受けしております。(受付時間 平日9:00~17:00) ・商品の詳細は、弊社ホームページでもご確認いただけます。 http://www.sipc.co.jp mail@sipc.co.jp
--	---



節点情報リスト

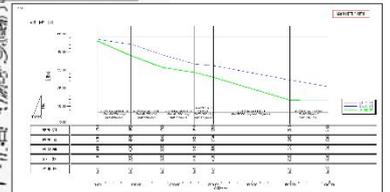
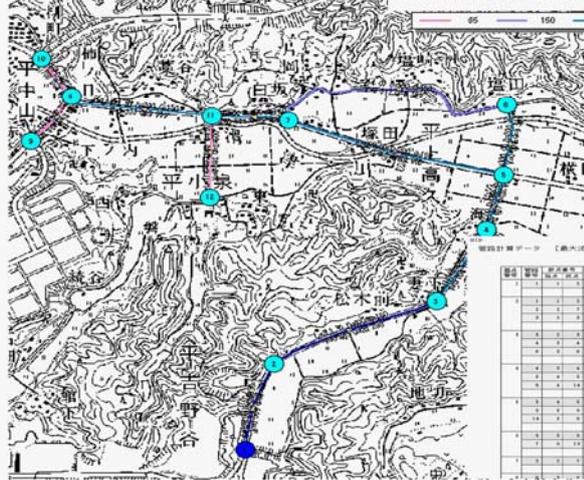
節点番号	地盤高 (m)	管心深さ (m)	流量 (t/s)	動水頭 (m)	有効水頭 (m)	静水頭 (m)
1	36.300	0.000	-33.097	40.000	3.700	-36.300
2	36.100	0.000	4.000	39.892	3.792	-36.100
3	35.900	0.000	1.200	39.756	3.856	-35.900
4	35.600	0.000	1.400	39.303	3.703	-35.600
5	36.000	0.000	2.500	39.020	3.020	-36.000
6	35.200	0.000	4.000	38.965	3.765	-35.200
7	35.000	0.000	3.200	38.720	3.720	-35.000
8	33.800	0.000	2.500	38.477	4.677	-33.800
9	32.500	0.000	3.500	37.271	3.771	-32.500
10	32.300	0.000	4.000	37.216	3.916	-32.300
11	34.500	0.000	3.500	38.583	4.083	-34.500
12	34.200	0.000	2.500	37.650	3.450	-34.200

節点データ 【計画最大流量】

節点番号	管径 (mm)	管心深さ (m)	入力流量 (t/s)	流量計算上 (t/s)	管径 (mm)	管心深さ (m)	静水頭 (m)	動水頭 (m)	有効水頭 (m)	備考
1	36.300	0.000	4.000	4.000	39.992	3.792	-36.300			
2	36.200	0.000	1.200	1.200	39.748	3.748	-36.200			
4	35.600	0.000	1.400	1.400	39.304	3.704	-35.600			
5	36.000	0.000	2.500	2.500	39.020	3.020	-36.000			
6	35.200	0.000	4.000	4.000	38.965	3.765	-35.200			
7	35.000	0.000	3.200	3.200	38.720	3.720	-35.000			
8	32.800	0.000	2.500	2.500	38.477	4.677	-32.800			
9	32.500	0.000	3.500	3.500	37.271	3.771	-32.500			
10	32.300	0.000	4.000	4.000	37.216	3.916	-32.300			
11	34.500	0.000	3.500	3.500	38.583	4.083	-34.500			
12	34.200	0.000	2.500	2.500	37.650	3.450	-34.200			

「流量(計算上)」とは、該当する節点に接続されている管路の流量から求められた値です。

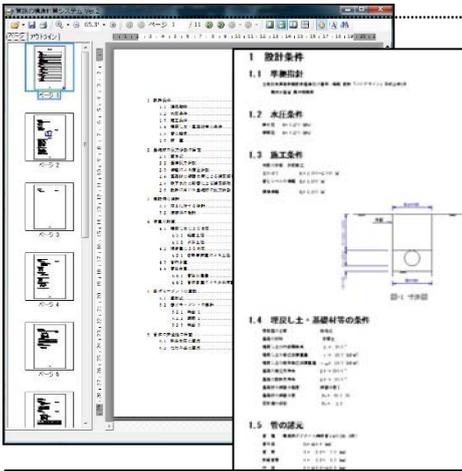
計画最大流量



管径	管心深さ	入力流量	流量計算上	管径	管心深さ	静水頭	動水頭	有効水頭	備考
36.300	0.000	4.000	4.000	39.992	3.792	-36.300			
36.200	0.000	1.200	1.200	39.748	3.748	-36.200			
35.600	0.000	1.400	1.400	39.304	3.704	-35.600			
36.000	0.000	2.500	2.500	39.020	3.020	-36.000			
35.200	0.000	4.000	4.000	38.965	3.765	-35.200			
35.000	0.000	3.200	3.200	38.720	3.720	-35.000			
32.800	0.000	2.500	2.500	38.477	4.677	-32.800			
32.500	0.000	3.500	3.500	37.271	3.771	-32.500			
32.300	0.000	4.000	4.000	37.216	3.916	-32.300			
34.500	0.000	3.500	3.500	38.583	4.083	-34.500			
34.200	0.000	2.500	2.500	37.650	3.450	-34.200			

●管網計算システムの出力

- 1) 入力データ
- 2) 管網計算書
- 3) 平面図
- 4) 縦断面図
- 5) CSV 出力

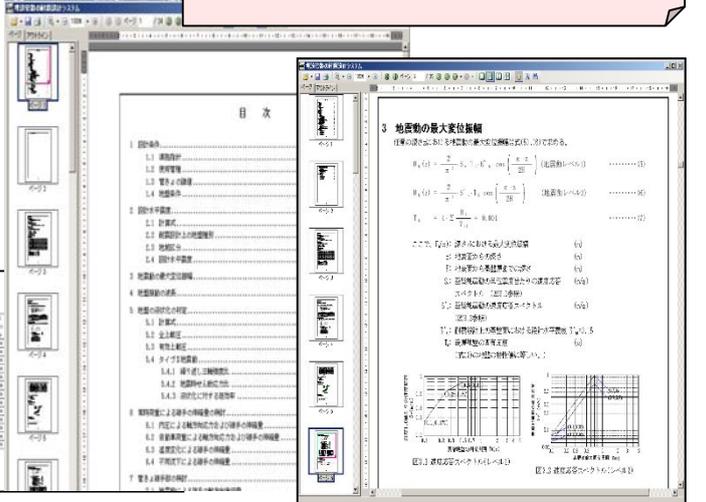


●埋設管路の耐震設計システム

- 1) 入力データ (目次)
- 2) 設計計算書 (詳細)
- 3) 計算結果一覧表

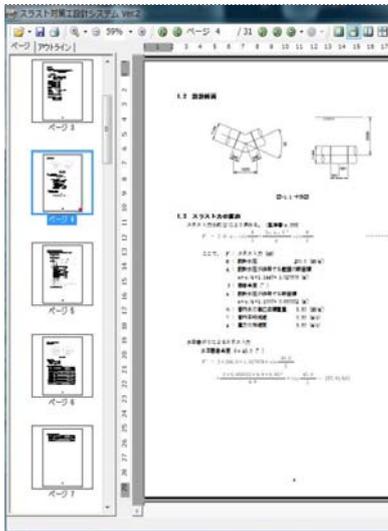
5.2 曲げモーメントの集計

管径	管心深さ	入力流量	流量計算上	管径	管心深さ	静水頭	動水頭	有効水頭	備考
36.300	0.000	4.000	4.000	39.992	3.792	-36.300			
36.200	0.000	1.200	1.200	39.748	3.748	-36.200			
35.600	0.000	1.400	1.400	39.304	3.704	-35.600			
36.000	0.000	2.500	2.500	39.020	3.020	-36.000			
35.200	0.000	4.000	4.000	38.965	3.765	-35.200			
35.000	0.000	3.200	3.200	38.720	3.720	-35.000			
32.800	0.000	2.500	2.500	38.477	4.677	-32.800			
32.500	0.000	3.500	3.500	37.271	3.771	-32.500			
32.300	0.000	4.000	4.000	37.216	3.916	-32.300			
34.500	0.000	3.500	3.500	38.583	4.083	-34.500			
34.200	0.000	2.500	2.500	37.650	3.450	-34.200			



●管路構造計算システムの出力

- 1) 入力データ
- 2) 管路計算書 (共通)
- 3) 管路断面毎計算書 (詳細)
- 4) 管路計算一覧表



1.1 設計条件

標準設計：土砂災害対策設計仕様設計「パイプライン」標準書・標準書
平成19年4月 設計標準仕様改訂版

スラスト制式： 自由曲

管：強化プラスチック管φ150(4種、6種)
外径φ150(φ150) 管壁厚φ20.0 (5mm)
計算管径φ = 125.0 (5mm) (標準書 p.389)

曲がり中心半径： 0.800 (60)
上向き側管土との角度： 0.800 (60)
下向き側管土との角度： 0.800 (60)

埋設角度： 水平埋設角度 45.0 (度)
鉛直埋設角度 0.0 (度)
合成埋設角度 45.0 (度)

埋設土の深さ： 3.200 (60)

設計水圧： W = 0.30 (MPa) + 300.0 (kPa/m)
標準水圧 0.15 (MPa) + 管壁厚 0.15 (MPa)

管内平均流速： 0.8 (m/sec)

土の内部摩擦角： 30.0 (度)

管側面地盤の許容支持力係数： 100.0 (kN/m²)

単位体積重量 覆土上： 18.0 (kN/m³)
地盤土： 9.8 (kN/m³)
管壁土： 9.8 (kN/m³)
コンクリート： 25.0 (kN/m³)

1.2 設計断面

1.3 スラスト力の算出

1.3.1 計算式

1.3.2 スラスト力の算出

1.3.3 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.4 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.5 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.6 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.7 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.8 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.9 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.10 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.11 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.12 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.13 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.14 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.15 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.16 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.17 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.18 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.19 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.20 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.21 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.22 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.23 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.24 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.25 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.26 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.27 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.28 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.29 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.30 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.31 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.32 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.33 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.34 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.35 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.36 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.37 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.38 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.39 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.40 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.41 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.42 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.43 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.44 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.45 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.46 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.47 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.48 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.49 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.50 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.51 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.52 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.53 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.54 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.55 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.56 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.57 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.58 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.59 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.60 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.61 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.62 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.63 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.64 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.65 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.66 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.67 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.68 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.69 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.70 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.71 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.72 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.73 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.74 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.75 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.76 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.77 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.78 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.79 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.80 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.81 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.82 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.83 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.84 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.85 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.86 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.87 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.88 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.89 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.90 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.91 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.92 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.93 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.94 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.95 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.96 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.97 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.98 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.99 スラスト力の算出結果一覧表

1.3.100 スラスト力の算出結果一覧表

●スラスト対策工設計システムの出力

- 1) 入力データ
- 2) スラスト力計算書
- 3) 断面毎計算書
- 4) 形式毎計算一覧表

1.1 使用管種

1.2 スラスト力の算出

管径	管心深さ	入力流量	流量計算上	管径	管心深さ	静水頭	動水頭	有効水頭	備考
36.300	0.000	4.000	4.000	39.992	3.792	-36.300			
36.200	0.000	1.200	1.200	39.748	3.748	-36.200			
35.600	0.000	1.400	1.400	39.304	3.704	-35.600			
36.000	0.000	2.500	2.500	39.020	3.020	-36.000			
35.200	0.000	4.000	4.000	38.965	3.765	-35.200			
35.000	0.000	3.200	3.200	38.720	3.720	-35.000			
32.800	0.000	2.500	2.500	38.477	4.677	-32.800			
32.500	0.000	3.500	3.500	37.271	3.771	-32.500			
32.300	0.000	4.000	4.000	37.216	3.916	-32.300			
34.500	0.000	3.500	3.500	38.583	4.083	-34.500			
34.200	0.000	2.500	2.500	37.650	3.450	-34.200			

1.3 スラスト力の算出

管径	管心深さ	入力流量	流量計算上	管径	管心深さ	静水頭	動水頭	有効水頭	備考
36.300	0.000	4.000	4.000	39.992	3.792	-36.300			
36.200	0.000	1.200	1.200	39.748	3.748	-36.200			
35.600	0.000	1.400	1.400	39.304	3.704	-35.600			
36.000	0.000	2.500	2.500	39.020	3.020	-36.000			
35.200	0.000	4.000	4.000	38.965	3.765	-35.200			
35.000	0.000	3.200	3.200	38.720	3.720	-35.000			
32.800	0.000	2.500	2.500	38.477	4.677	-32.800			
32.500	0.000	3.500	3.500	37.271	3.771	-32.500			
32.300	0.000	4.000	4.000	37.216	3.916	-32.300			
34.500	0.000	3.500	3.500	38.583	4.083	-34.500			
34.200	0.000	2.500	2.500	37.650	3.450	-34.200			

出力例の詳細等につきましては、弊社 HP 等でご確認下さい。



スラスト対策工設計システム

Ver3.0

適用基準

- 土地改良事業計画設計基準：設計「パイプライン」(R3/6)

出力例

管 種：農業用ダクタイル鋳鉄管 600φ
対策工：水平&鉛直屈曲管・T字管・片落ち管・弁栓部

- 入力データの印刷
- 詳細計算書の印刷
- 結果一覧表の印刷

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 断面 1 (鉛直屈曲部).....	3
	4.2 断面 2 (鉛直屈曲部).....	4
	4.3 断面 3 (T字管).....	4
	4.4 断面 4 (片落ち部).....	5
	4.5 断面 5 (弁栓部).....	6

1 表題

スラスト対策工設計計算例

2 使用管種

農業用ダクタイトイル鑄鉄管 ϕ 600 (DB, K形)

管厚 7.5 (mm)

外径 630.8 (mm) , 内径 615.8 (mm)

モルタルライニング なし

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 18.0 (kN/m³)

埋戻し土の水中単位体積重量 w' 10.0 (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 断面 1 (鉛直屈曲部)

使用管種

農業用ダクタイル鋳鉄管 $\phi 600$ (DB, K形)

管厚 7.5 (mm)

外径 630.8 (mm) , 内径 615.8 (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	----- ($^{\circ}$)
管上流側と水平のなす角	β_u	0.0 ($^{\circ}$)
管下流側と水平のなす角	β_d	45.0 ($^{\circ}$)
地表面から屈曲点までの深さ	H_c	2.500 (m)
地下水位	H_w G.L. -	0.100 (m)
管内平均流速	V	0.800 (m/sec)
管の重量	W_p	0.95 (kN)
管内水重	W_w	3.71 (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	0.300 (MPa)

スラスト対策工： スラストブロック①

スラストブロックの寸法 (m)

L_1	1.000	B_1	1.500	H_1	1.828
L_2	1.400	B_2	1.000	H_2	0.672
L_3	1.000	B_3	-----	H_3	0.778
L_4	-----				

管の重量 1.69 (kN)

管内水重 6.62 (kN)

滑動検討時のスラスト鉛直分力 考慮しない

4.2 断面 2 (鉛直屈曲部)

使用管種

農業用ダクタイル鋳鉄管 ϕ 600 (DB, K形)

管厚 7.5 (mm)

外径 630.8 (mm) , 内径 615.8 (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	----- ($^{\circ}$)
管上流側と水平のなす角	β_u	15.0 ($^{\circ}$)
管下流側と水平のなす角	β_d	0.0 ($^{\circ}$)
地表面から屈曲点までの深さ	H_c	2.300 (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	0.97 (kN)
管内水重	W_w	3.78 (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	0.200 (MPa)

4.3 断面 3 (T字管)

上流側使用管種

農業用ダクタイル鋳鉄管 ϕ 600 (DB, K形)

管厚 7.5 (mm)

外径 630.8 (mm) , 内径 615.8 (mm)

分岐管使用管種

農業用ダクタイル鋳鉄管 ϕ 400 (DB, K形)

管厚 5.5 (mm)

外径 425.6 (mm) , 内径 414.6 (mm)

本管上流側継手までの距離	L_1	0.700 (m)
本管下流側継手までの距離	L_2	0.700 (m)
枝管継手までの距離	L_3	0.700 (m)
地表面から管中心までの深さ	H_c	1.340 (m)
地下水位	H_w G.L. -	1.000 (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	1.50
単管1本の長さ	L_p	6.000 (m)

4.4 断面 4 (片落ち部)

上流側使用管種

農業用ダクタイル鋳鉄管 ϕ 600 (DB, K形)

管厚 7.5 (mm)

外径 630.8 (mm) , 内径 615.8 (mm)

下流側使用管種

農業用ダクタイル鋳鉄管 ϕ 400 (DB, K形)

管厚 5.5 (mm)

外径 425.6 (mm) , 内径 414.6 (mm)

地表面から管中心までの深さ H_c 2.800 (m)

管の寸法 L_1 1.200 (m)

L_2 0.600 (m)

L_3 0.400 (m)

地下水位 H_c G. L. - 1.000 (m)

管の重量 W_p 1.15 (kN)

管内水重 W_w 4.52 (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 0.200 (MPa)

スラスト対策工 : スラストブロック①

スラストブロックの寸法 (m)

L_1	0.000	B_1	0.700	H_1	2.000
L_2	2.000	B_2	0.700	H_2	0.800
L_3	0.000	B_3	-----	H_3	0.800
L_4	-----				

管の重量 1.12 (kN)

管内水重 4.47 (kN)

滑動検討時のスラスト鉛直分力 考慮しない

4.5 断面 5 (弁栓部)

使用管種

農業用ダクタイル鋳鉄管 $\phi 600$ (DB, K形)

管厚 7.5 (mm)

外径 630.8 (mm) , 内径 615.8 (mm)

地表面から管中心までの深さ	H_c	4.000 (m)
管体の軸方向許容圧縮応力度	σ_a	2.36 (N/mm ²)
コンクリートの許容押抜きせん断応力度	τ_a	0.45 (N/mm ²)
スティフナーの許容せん断応力度	τ_{ta}	0.36 (N/mm ²)
せん断力を受けるコンクリート厚	d	20.0 (mm)
スティフナー厚	t_s	10.0 (mm)
スティフナー周長	b_p	980.0 (mm)
設計水圧	H	0.200 (MPa)

スラスト対策工： 離脱防止継手による接合

安全率 S 1.50

目 次

1	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	鉛直曲がりに伴う滑動に対する検討	6
1.5	浮上に対する検討	7
1.6	スラストブロックの計算	9
1.6.1	形状寸法図	9
1.6.2	スラスト力	9
1.6.3	スラストブロック底面に加わる全荷重	9
1.6.4	スラストブロック底面に加わる全荷重（沈下検討用）	10
1.6.5	スラストブロックに働く浮力	10
1.6.6	鉛直曲がりによるスラストブロックの滑動	11
1.6.7	浮上に対する検討	12
1.6.8	沈下に対する検討	13
2	断面 2	14
2.1	設計条件	14
2.2	設計断面	15
2.3	スラスト力の算出	15
2.4	鉛直曲がりに伴う滑動に対する検討	17
2.5	浮上に対する検討	18
2.6	沈下に対する検討	20
3	断面 3	21
3.1	設計条件	21
3.2	設計断面	22
3.3	スラスト力の算出	22
3.4	滑動に対する検討	23
3.5	一体化長さの計算	24
3.5.1	計算式	24
3.5.2	一体化長さの算出	24
4	断面 4	25
4.1	設計条件	25
4.2	設計断面	26
4.3	スラスト力の算出	26
4.4	滑動に対する検討	27
4.5	スラストブロックの計算	28
4.5.1	形状寸法図	28
4.5.2	スラスト力	28
4.5.3	スラストブロック底面に加わる全荷重	28
4.5.4	スラストブロック底面に加わる全荷重（沈下検討用）	29
4.5.5	スラストブロックに働く浮力	29
4.5.6	スラストブロックの滑動に対する照査	30

4.5.7	浮上に対する検討.....	31
4.5.8	沈下に対する検討.....	32
5	断面 5.....	33
5.1	設計条件.....	33
5.2	スラスト力の算出.....	33
5.3	管体応力の検討.....	34
5.4	スティフナー固定部の照査.....	34
5.5	スティフナー溶接部の検討.....	35
5.6	一体化長さの計算.....	36

1 断面 1

1.1 設計条件

準拠指針： 土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「パイプライン」
令和3年6月 農林水産省農村振興局整備部設計課
(以後、基準書と略称する)

スラスト形式： 鉛直屈曲部

管 種： 農業用ダクタイル鑄鉄管 ϕ 600 (DB, K形)
外径 $D_o=630.8$ (mm) , 管厚 $T=7.5$ (mm)
計算管厚 $t=T-2=7.5-2=5.5$ (mm)
(基準書 p. 313, $t+1 < 10\text{mm}$, ϕ 700以下より)
計算内径 $D=D_o-2t=630.8-2 \times 5.5=619.8$ (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： ----- ($^{\circ}$)
鉛直屈曲角度(上流側)： 0.0 ($^{\circ}$)
鉛直屈曲角度(下流側)： 45.0 ($^{\circ}$)
合成屈曲角度： 45.0 ($^{\circ}$)
地表面から屈曲点までの深さ： 2.500 (m)
地下水位 G.L. - 0.100 (m)

設計水圧： $H = 0.300$ (MPa) = 300.00 (kN/m²)
管内平均流速： 0.800 (m/s)

土の内部摩擦角： 30.0 ($^{\circ}$)
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： 18.00 (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

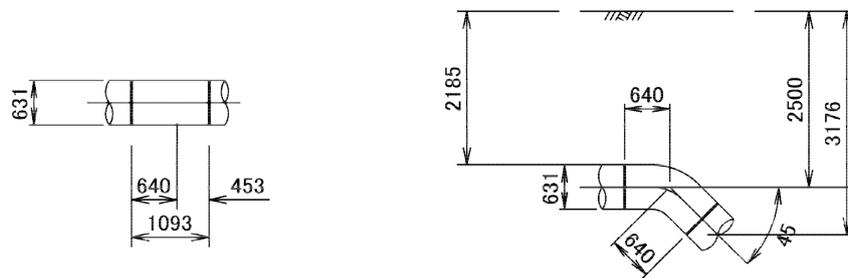


図-1.1 寸法図

1.3 スラスト力の算出

スラスト力は式(1)により求める。(基準書 p.415)

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

- ここで、
- P' : スラスト力 (kN)
 - H : 設計水圧 300.0 (kN/m²)
 - a_c : 設計水圧が作用する範囲の断面積
 $a_c = \pi/4 \times 0.6308^2 = 0.3125$ (m²)
 - θ : 屈曲角度 (°)
 - a : 設計水圧が作用する断面積
 $a = \pi/4 \times 0.6198^2 = 0.3017$ (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)

鉛直曲がりによるスラスト力

鉛直屈曲角度 $\theta = 45.0$ (°)

$$P' = 2 \times 300.0 \times 0.3125 \times \sin \frac{45.0}{2} + \frac{2 \times 0.3017 \times 9.8 \times 0.800^2}{9.8} \times \sin \frac{45.0}{2} = 71.90 \text{ (kN)}$$

スラスト力の水平分力

$$P_h = p' \cdot \sin(\theta/2 \pm \beta) = 71.90 \times \sin\left(\frac{45.0}{2} + 0.0\right) = 27.52 \text{ (kN)}$$

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(上向き)

$$P_v = p' \cdot \cos\left(\frac{\theta}{2} \pm \beta\right) = 71.90 \times \cos\left(\frac{45.0}{2} + 0.0\right) = 66.43 \text{ (kN)}$$

1.4 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(2)～(6)により検討する。(基準書 p.417～419)

$$R_h \geq S \cdot P_h \quad \dots\dots\dots (2)$$

(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_h : スラスト力の水平分力 27.52 (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 18.00 (kN/m³)

w' : 土の水中単位体積重量 10.00 (kN/m³)

B_b : 管背面の幅 $B_b=D$ 0.6308 (m)

H_1 : 地表面から管頂面までの深さ 2.185 (m)

H_2 : 地表面から管底面までの深さ 3.176 (m)

H_w : 地下水面までの深さ 0.100 (m)

K_p : 受働土圧係数

ϕ : 土の内部摩擦角 30.0 (°)

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

$$R_h = 0.65 \times \frac{1}{2} \times 3.000 \times 0.631$$

$$\times \left\{ 10.00 \times (3.176^2 - 2.185^2) + 2 \times (18.00 - 10.00) \times 0.100 \times (3.176 - 2.185) \right\}$$

$$= 33.64 \text{ (kN)}$$

$$S \cdot P_h = 1.50 \times 27.52 = 41.28 \text{ (kN)} > R_h = 33.64 \text{ (kN)}$$

よって、滑動に対して対策が必要である。

1.5 浮上に対する検討

管の浮上に対する検討は式(7)～(10)により行う。(基準書 p.417～419)

$$R_v + W - U \geq S \cdot P_v \quad \dots\dots\dots (7)$$

(地下水位が管底より低い場合)

$$R_v = \frac{1}{2} \cdot L \cdot \mu \cdot w \cdot (H_2^2 - H_1^2) \cdot \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) \quad \dots\dots\dots (8)$$

(地下水位が管頂より高い場合)

$$R_v = \frac{1}{2} \cdot L \cdot \mu \cdot \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) \cdot \left\{ w' (H_2^2 - H_1^2) + 2(w-w')H_w (H_2 - H_1) \right\} \quad \dots\dots\dots (9)$$

(その他の場合)

$$R_v = \frac{1}{2} \cdot L \cdot \mu \cdot \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) \cdot \left\{ w(H_2^2 - H_1^2) - (w-w')(H_2 - H_w)^2 \right\} \quad \dots\dots\dots (10)$$

- 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) 66.43 (kN)
 w : 土の単位体積重量 18.00 (kN/m³)
 w' : 土の水中単位体積重量 10.00 (kN/m³)
 L : 管側面の摩擦を受ける長さ
 $2 \times 1.093 = 2.185$ (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 2.185 (m)
 H_2 : 地表面から管底面までの深さ 3.176 (m)
 H_w : 地表面から地下水面までの深さ 0.100 (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)
 $W_1 = w \cdot H_w \cdot A = 18.0 \times 2.457 \times 0.689 = 30.48$ (kN)
 W_2 : 曲管類の重量および管内水重 (kN)
 $W_2 = 0.95 + 3.71 = 4.66$ (kN)
 H_w : 地表面からの平均深さ 2.457 (m)
 A : 管底面積
 $A = (0.640 \times \cos 0.0 + 0.640 \times \cos 45.0) \times 0.6308 = 0.689$ (m²)
 U : 管の浮力 (kN)
 $U = \pi / 4 \times 0.6308^2 \times 9.8 \times 1.254 = 3.84$ (kN)
 S : 安全率 1.20

$$\begin{aligned}
R_v &= \frac{1}{2} \times 2.185 \times 0.50 \times \tan^2 \left(45 - \frac{30.00}{2} \right) \\
&\quad \times \left\{ 10.00 \times (3.176^2 - 2.185^2) + 2 \times (18.00 - 10.00) \times 0.100 \times (3.176 - 2.185) \right\} \\
&= 9.96 \text{ (kN)} \\
R_v + W - U &= 9.96 + (30.48 + 4.66) - 3.84 = 41.26 \text{ (kN)} \\
&< S \cdot P_v = 1.20 \times 66.43 = 79.72 \text{ (kN)}
\end{aligned}$$

よって、浮上に対して対策が必要である。

1.6 スラストブロックの計算

1.6.1 形状寸法図

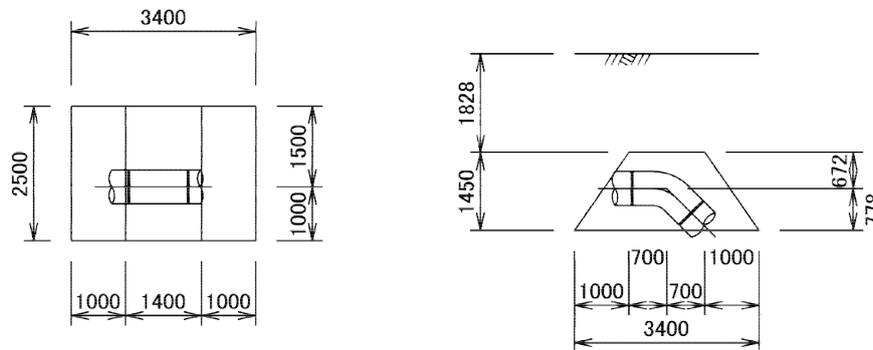


図-1.2 寸法図

1.6.2 スラスト力

水平方向スラスト力	$P_h =$	0.00 (kN)
鉛直方向スラスト力	$P'_v =$	71.90 (kN)
水平分力	$P_v =$	27.52 (kN)
鉛直分力	$P_v =$	66.43 (kN)

1.6.3 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	$3.400 \times 1.450 \times 2.500 \times 23.0$	283.48
2	ブロック自重 2	$-1/2 \times 1.000 \times 1.450 \times 2.500 \times 23.0$	-41.69
3	ブロック自重 3	$-1/2 \times 1.000 \times 1.450 \times 2.500 \times 23.0$	-41.69
4	管の控除	$-0.313 \times (0.915 + 0.852 + 0.471) \times 23.0$	-16.09
5	$3.400 \times 0.100 \times 2.500 \times 18.00$	15.30	
6	埋戻し土 2	$3.400 \times 1.728 \times 2.500 \times 10.00$	146.88
7	埋戻し土 3	$1/2 \times 1.000 \times 1.450 \times 2.500 \times 10.00$	18.13
8	埋戻し土 4	$1/2 \times 1.000 \times 1.450 \times 2.500 \times 10.00$	18.13
9	管重	$0.756 \times (0.915 + 0.852 + 0.471)$	1.69
10	管内水重	$0.3017 \times 9.80 \times (0.915 + 0.852 + 0.471)$	6.62
合計			$W_s = 390.75$

1.6.4 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	$3.400 \times 1.450 \times 2.500 \times 23.0$	283.48
2	ブロック自重 2	$-1/2 \times 1.000 \times 1.450 \times 2.500 \times 23.0$	-41.69
3	ブロック自重 3	$-1/2 \times 1.000 \times 1.450 \times 2.500 \times 23.0$	-41.69
4	管の控除	$-0.313 \times (0.915 + 0.852 + 0.471) \times 23.0$	-16.09
5	埋戻し土 1	$3.400 \times 0.100 \times 2.500 \times 18.00$	15.30
6	埋戻し土 2	$3.400 \times 1.728 \times 2.500 \times 18.00$	264.38
7	埋戻し土 3	$1/2 \times 1.000 \times 1.450 \times 2.500 \times 18.00$	32.63
8	埋戻し土 4	$1/2 \times 1.000 \times 1.450 \times 2.500 \times 18.00$	32.63
9	管 重	$0.756 \times (0.915 + 0.852 + 0.471)$	1.69
10	管内水重	$0.3017 \times 9.80 \times (0.915 + 0.852 + 0.471)$	6.62
合 計			$W_s = 537.26$

1.6.5 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	$3.400 \times 1.450 \times 2.500 \times 9.8$	120.79
2	ブロック 2	$-1/2 \times 1.000 \times 1.450 \times 2.500 \times 9.8$	-17.76
3	ブロック 3	$-1/2 \times 1.000 \times 1.450 \times 2.500 \times 9.8$	-17.76
合 計			$U = 85.26$

1.6.6 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(11)～(16)により照査する。(基準書 p.422～423)

$$R_h = R_{h1} + R_{h2} \geq S \cdot P_h \quad \dots\dots\dots (11)$$

$$R_{h1} = \mu \cdot (W_s - U) \quad \dots\dots\dots (12)$$

(地下水位がブロック下面より低い場合)

$$R_{h2} = \frac{1}{2} \cdot K_p \cdot B_s \cdot w \cdot (H_2^2 - H_1^2) \quad \dots\dots\dots (13)$$

(地下水位がブロック上面より高い場合)

$$R_{h2} = \frac{1}{2} \cdot K_p \cdot B_s \cdot \left\{ w' (H_2^2 - H_1^2) + 2(w-w')H_w (H_2 - H_1) \right\} \quad \dots\dots\dots (14)$$

(その他の場合)

$$R_{h2} = \frac{1}{2} \cdot K_p \cdot B_s \cdot \left\{ w (H_2^2 - H_1^2) - (w-w') (H_2 - H_w)^2 \right\} \quad \dots\dots\dots (15)$$

$$K_p = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) \quad \dots\dots\dots (16)$$

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	27.52 (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	390.75 (kN)
U ：	スラストブロックに働く浮力	85.26 (kN)
w ：	土の単位体積重量	18.00 (kN/m ³)
w' ：	土の水中単位体積重量	10.00 (kN/m ³)
B_s ：	スラストブロック背面の幅	2.500 (m)
H_1 ：	地表面からブロック頂面までの深さ	1.828 (m)
H_2 ：	地表面からブロック底面までの深さ	3.278 (m)
H_w ：	地表面から地下水面までの深さ	0.100 (m)
K_p ：	受働土圧係数	
ϕ ：	土の内部摩擦角	30.0 (°)

$$R_{h1} = 0.500 \times (390.75 - 85.26) = 152.75 \text{ (kN)}$$

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

$$R_{h2} = \frac{1}{2} \times 3.000 \times 2.500$$

$$\times \left\{ 10.00 \times (3.278^2 - 1.828^2) + 2 \times (18.00 - 10.00) \times 0.100 \times (3.278 - 1.828) \right\}$$

$$= 286.34 \text{ (kN)}$$

$$S \cdot P_h = 1.50 \times 27.52 = 41.28 \text{ (kN)} \leq R_h = 152.75 + 286.34 = 439.09 \text{ (kN)}$$

よって、滑動に対して安全である。

1.6.7 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(17)～(20)により行う。(基準書 p.423)

$$R_v + W_s - U \geq S \cdot P_v \quad \dots\dots\dots (17)$$

(地下水位がブロック下面より低い場合)

$$R_v = \frac{1}{2} \cdot L \cdot \mu \cdot w \cdot (H_2^2 - H_1^2) \cdot \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) \quad \dots\dots\dots (18)$$

(地下水位がブロック上面より高い場合)

$$R_v = \frac{1}{2} \cdot L \cdot \mu \cdot \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) \cdot \left\{ w' (H_2^2 - H_1^2) + 2(w-w')H_w (H_2 - H_1) \right\} \quad \dots\dots\dots (19)$$

(その他の場合)

$$R_v = \frac{1}{2} \cdot L \cdot \mu \cdot \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) \cdot \left\{ w(H_2^2 - H_1^2) - (w-w')(H_2 - H_w)^2 \right\} \quad \dots\dots\dots (20)$$

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	66.43 (kN)
S：	安全率	1.20
w：	土の単位体積重量	18.0 (kN/m ³)
w'：	土の水中単位体積重量	10.0 (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)	9.800 (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	1.828 (m)
H ₂ ：	地表面からブロック底面までの深さ	3.278 (m)
H ₃ ：	地表面から地下水面までの深さ	0.100 (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	390.75 (kN)
U：	スラストブロックに働く浮力	85.26 (kN)

$$R_v = \frac{1}{2} \times 9.800 \times 0.50 \times \tan^2 \left(45 - \frac{30.00}{2} \right) \\ \times \left\{ 10.00 \times (3.278^2 - 1.828^2) + 2 \times (18.00 - 10.00) \times 0.100 \times (3.278 - 1.828) \right\} \\ = 62.36 \text{ (kN)} \\ R_v + W_s - U = 62.36 + 390.75 - 85.26 = 367.85 \text{ (kN)} \\ \geq S \cdot P_v = 1.20 \times 66.43 = 79.72 \text{ (kN)}$$

よって、浮上に対して安全である。

1.6.8 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(21)により行う。(基準書 p.423)

$$\sigma_{rv} \geq S \cdot \sigma_v = S \cdot \frac{W_s}{A} \dots\dots\dots (21)$$

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	537.26 (kN)
A：	スラストブロックの底面積	8.500 (m ²)

$$\sigma_v = \frac{W_s}{A} = \frac{537.26}{8.500} = 63.21 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$S \cdot \sigma_v = 1.00 \times 63.21 = 63.21 \text{ (kN/m}^2\text{)} \leq \sigma_{rv} = 100.00 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

よって、沈下に対して安全である。

2 断面 2

2.1 設計条件

準拠指針： 土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「パイプライン」
令和3年6月 農林水産省農村振興局整備部設計課
(以後、基準書と略称する)

スラスト形式： 鉛直屈曲部

管 種： 農業用ダクタイル鑄鉄管 ϕ 600 (DB, K形)
外径 $D_o=630.8$ (mm) , 管厚 $T=7.5$ (mm)
計算管厚 $t=T-2=7.5-2=5.5$ (mm)
(基準書 p. 313, $t+1 < 10\text{mm}$, ϕ 700以下より)
計算内径 $D=D_o-2t=630.8-2 \times 5.5=619.8$ (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： ----- ($^{\circ}$)
鉛直屈曲角度(上流側)： 15.0 ($^{\circ}$)
鉛直屈曲角度(下流側)： 0.0 ($^{\circ}$)
合成屈曲角度： 15.0 ($^{\circ}$)
地表面から屈曲点までの深さ： 2.300 (m)
地下水位 G.L. - 1.000 (m)

設計水圧： $H = 0.200$ (MPa) = 200.00 (kN/m²)
管内平均流速： 0.800 (m/s)

土の内部摩擦角： 30.0 ($^{\circ}$)
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： 18.00 (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

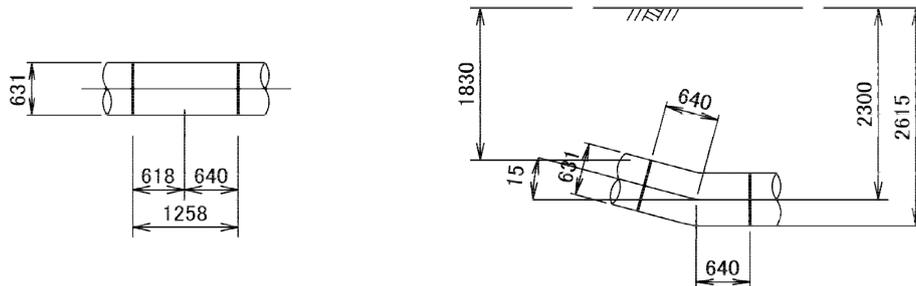


図-2.1 寸法図

2.3 スラスト力の算出

スラスト力は式(1)により求める。(基準書 p.415)

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

- ここで、
- P' : スラスト力 (kN)
 - H : 設計水圧 $200.0 \text{ (kN/m}^2\text{)}$
 - a_c : 設計水圧が作用する範囲の断面積
 $a_c = \pi/4 \times 0.6308^2 = 0.3125 \text{ (m}^2\text{)}$
 - θ : 屈曲角度 ($^\circ$)
 - a : 設計水圧が作用する断面積
 $a = \pi/4 \times 0.6198^2 = 0.3017 \text{ (m}^2\text{)}$
 - w_0 : 管内水の単位体積重量 $9.80 \text{ (kN/m}^3\text{)}$
 - V : 管内平均流速 0.800 (m/s)
 - g : 重力の加速度 $9.80 \text{ (m/s}^2\text{)}$

鉛直曲がりによるスラスト力

鉛直屈曲角度 $\theta = 15.0$ (°)

$$P' = 2 \times 200.0 \times 0.3125 \times \sin \frac{15.0}{2} \\ + \frac{2 \times 0.3017 \times 9.8 \times 0.800^2}{9.8} \times \sin \frac{15.0}{2} = 16.37 \text{ (kN)}$$

スラスト力の水平分力

$$P_h = p' \cdot \sin(\theta/2 \pm \beta) = 16.37 \times \sin\left(\frac{15.0}{2} + 0.0\right) = 2.14 \text{ (kN)}$$

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)

$$P_v = p' \cdot \cos\left(\frac{\theta}{2} \pm \beta\right) = 16.37 \times \cos\left(\frac{15.0}{2} + 0.0\right) = 16.23 \text{ (kN)}$$

2.4 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(2)～(6)により検討する。(基準書 p.417～419)

$$R_h \geq S \cdot P_h \quad \dots\dots\dots (2)$$

(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_h : スラスト力の水平分力 2.14 (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 18.00 (kN/m³)
 w' : 土の水中単位体積重量 10.00 (kN/m³)
 B_b : 管背面の幅 $B_b=D$ 0.6308 (m)
 H_1 : 地表面から管頂面までの深さ 1.830 (m)
 H_2 : 地表面から管底面までの深さ 2.615 (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 (°)

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

$$R_h = 0.65 \times \frac{1}{2} \times 3.000 \times 0.631$$

$$\times \left\{ 10.00 \times (2.615^2 - 1.830^2) + 2 \times (18.00 - 10.00) \times 1.000 \times (2.615 - 1.830) \right\}$$

$$= 29.21 \text{ (kN)}$$

$$S \cdot P_h = 1.50 \times 2.14 = 3.20 \text{ (kN)} \leq R_h = 29.21 \text{ (kN)}$$

よって、滑動に対して安全である。

2.5 浮上に対する検討

管の浮上に対する検討は式(7)～(10)により行う。(基準書 p.417～419)

$$R_v + W - U \geq S \cdot P_v \quad \dots\dots\dots (7)$$

(地下水位が管底より低い場合)

$$R_v = \frac{1}{2} \cdot L \cdot \mu \cdot w \cdot (H_2^2 - H_1^2) \cdot \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) \quad \dots\dots\dots (8)$$

(地下水位が管頂より高い場合)

$$R_v = \frac{1}{2} \cdot L \cdot \mu \cdot \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) \cdot \left\{ w' (H_2^2 - H_1^2) + 2(w-w')H_w (H_2 - H_1) \right\} \quad \dots\dots\dots (9)$$

(その他の場合)

$$R_v = \frac{1}{2} \cdot L \cdot \mu \cdot \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) \cdot \left\{ w(H_2^2 - H_1^2) - (w-w')(H_2 - H_w)^2 \right\} \quad \dots\dots\dots (10)$$

- 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) -16.23 (kN)
 w : 土の単位体積重量 18.00 (kN/m³)
 w' : 土の水中単位体積重量 10.00 (kN/m³)
 L : 管側面の摩擦を受ける長さ
 $2 \times 1.258 = 2.516$ (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 1.830 (m)
 H_2 : 地表面から管底面までの深さ 2.615 (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)
 $W_1 = w \cdot H_w \cdot A = 18.0 \times 1.907 \times 0.794 = 27.25$ (kN)
 W_2 : 曲管類の重量および管内水重 (kN)
 $W_2 = 0.97 + 3.78 = 4.75$ (kN)
 H_w : 地表面からの平均深さ 1.907 (m)
 A : 管底面積
 $A = (0.640 \times \cos 15.0 + 0.640 \times \cos 0.0) \times 0.6308 = 0.794$ (m²)
 U : 管の浮力 (kN)
 $U = \pi / 4 \times 0.6308^2 \times 9.8 \times 1.279 = 3.92$ (kN)
 S : 安全率 1.20

$$\begin{aligned}
R_v &= \frac{1}{2} \times 2.516 \times 0.50 \times \tan^2 \left(45 - \frac{30.00}{2} \right) \\
&\quad \times \left\{ 10.00 \times (2.615^2 - 1.830^2) + 2 \times (18.00 - 10.00) \times 1.000 \times (2.615 - 1.830) \right\} \\
&= 9.96 \text{ (kN)} \\
R_v + W - U &= 9.96 + (27.25 + 4.75) - 3.92 = 38.04 \text{ (kN)} \\
&\geq S \cdot P_v = 1.20 \times -16.23 = -19.47 \text{ (kN)}
\end{aligned}$$

よって、浮上に対して安全である。

2.6 沈下に対する検討

管の沈下に対する検討は式(22), (23)により行う。(基準書 p. 417~420)

$$\sigma_{rv} \geq S \cdot \sigma_v = S \cdot \frac{W+P_v-R_v}{A} \dots\dots\dots (22)$$

$$R_v = 1/2 \cdot w \cdot L \cdot \mu \cdot (H_2^2 - H_1^2) \cdot \tan^2 (45 - \phi/2) \dots\dots\dots (23)$$

- 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
 $W_1 = w \cdot H_m \cdot A = 18.0 \times 1.907 \times 0.7937 = 27.25$ (kN)
 W₂: 曲管類の重量および管内水重
 $W_2 = 0.97 + 3.78 = 4.75$ (kN)
 H_m: 地表面からの平均深さ 1.907 (m)
 A: 管底面積
 P_v: スラスト力の鉛直分力(下向き) 16.23 (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 18.00 (kN/m³)
 L: 管側面の摩擦を受ける長さ 2×1.258=2.516 (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 1.830 (m)
 H₂: 地表面から管底面までの深さ 2.615 (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

$$R_v = \frac{1}{2} \times 18.00 \times 2.516 \times 0.500 \times (2.615^2 - 1.830^2) \times \tan^2 \left(45 - \frac{30.0}{2} \right) = 13.18 \text{ (kN)}$$

管底面に加わる荷重強度

$$\sigma_v = \frac{27.25 + 4.75 + 16.23 - 13.18}{0.794} = 44.15 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

安全性の照査

$$S \cdot \sigma_v = 1.20 \times 44.15 = 52.98 \text{ (kN/m}^2\text{)} \leq \sigma_{rv} = 100.00 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

よって、沈下に対して安全である。

3 断面 3

3.1 設計条件

準拠指針： 土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「パイプライン」
令和3年6月 農林水産省農村振興局整備部設計課
(以後、基準書と略称する)

スラスト形式： T字管

上流側の管種： 農業用ダクタイル鋳鉄管 ϕ 600 (DB, K形)
外径 $D_e=630.8$ (mm) , 管厚 $T=7.5$ (mm)
計算管厚 $t=T-2=7.5-2=5.5$ (mm)
(基準書 p. 313, $t+1 < 10\text{mm}$, ϕ 700以下より)
計算内径 $D=D_e-2t=630.8-2 \times 5.5=619.8$ (mm)

分岐管の管種： 農業用ダクタイル鋳鉄管 ϕ 400 (DB, K形)
外径 $D_e=425.6$ (mm) , 管厚 $T=5.5$ (mm)
計算管厚 $t=T-2=5.5-2=3.5$ (mm)
(基準書 p. 313, $t+1 < 10\text{mm}$, ϕ 700以下より)
計算内径 $D=D_e-2t=425.6-2 \times 3.5=418.6$ (mm)

地表面から管中心までの深さ： 1.340 (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： 18.00 (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)

3.2 設計断面

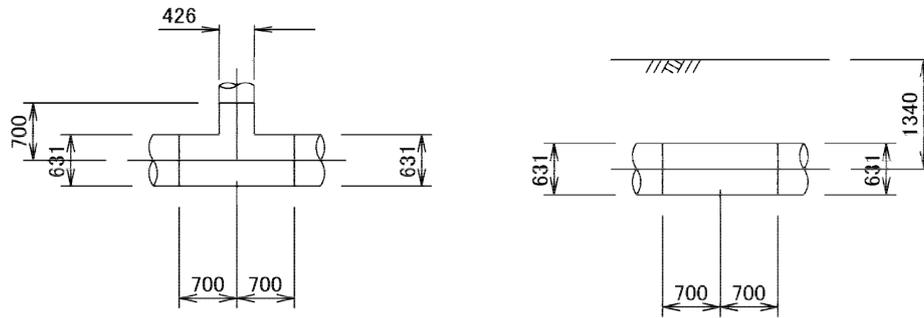


図-3.1 寸法図

3.3 スラスト力の算出

T字管のスラスト力は式(24)により求める。

$$P_h = H \cdot a = 300.0 \times 0.14226 = 42.68 \text{ (kN)} \quad \dots\dots\dots (24)$$

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 $\pi/4 \times 0.4256^2 = 0.14226$ (m²)

3.4 滑動に対する検討

管の滑動に対する検討は式(25)～(29)により行う。(基準書 p.415～417)

$$R_h \geq S \cdot P \quad \dots\dots\dots (25)$$

(地下水位が管底より低い場合)

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

(地下水位が管頂より高い場合)

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

(その他の場合)

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

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

ここで、

R_h : 水平方向抵抗力(管背面の受働土圧)	(kN)
P : 分岐部に作用するスラスト力	42.68 (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	18.00 (kN/m ³)
w' : 土の水中単位体積重量	10.00 (kN/m ³)
B_b : 管背面の幅	1.400 (m)
H_1 : 地表面から管頂面までの深さ	1.025 (m)
H_2 : 地表面から管底面までの深さ	1.655 (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 (°)

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

$$R_h = 0.65 \times \frac{1}{2} \times 3.000 \times 1.400 \times \left\{ 10.00 \times (1.655^2 - 1.025^2) + 2 \times (18.00 - 10.00) \times 1.000 \times (1.655 - 1.025) \right\} = 36.85 \text{ (kN)}$$

$$S \cdot P = 1.50 \times 42.68 = 64.02 \text{ (kN)} > R_h = 36.85 \text{ (kN)}$$

よって、滑動に対して対策が必要である。

3.5 一体化長さの計算

3.5.1 計算式

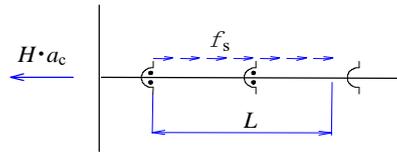


図-3.2 記号説明図

周面摩擦力による合力 F_s (kN)は式(30)で求めることができる。

$$F_s = L \cdot f_s = L \cdot \mu \cdot \Sigma wH \cdot \pi \cdot D_c \quad \dots\dots\dots (30)$$

- ここで、 μ : 摩擦係数 0.50
 ΣwH : 管心より上の土の重量 (kN/m²)
 地下水位より上なら土の単位体積重量18.00kN/m³を
 下なら土の水中単位体積重量10.00kN/m³を使用する。
 D_c : 管の外径 0.4256 (m)
 f_s : 単位m当たりの周面摩擦力 (kN/m)
 L : 分岐管の一体化長 (m)

力のつり合いを考え、安全率 S を考慮すると次式が成り立つ。

$$H \cdot a_c \leq \frac{F_s}{S} = \frac{1}{S} \cdot L \cdot \mu \cdot \Sigma wH \cdot \pi \cdot D_c$$

- H : 設計水圧 300.000 (kN/m²)
 a_c : 設計水圧が作用する範囲の断面積 (m²)
 $a_c = \pi / 4 \times D_c^2$
 S : 安全率 1.50

前式を変形し、 L について整理すると式(31)のようになる。

$$L \geq \frac{S \cdot H \cdot D_c}{4 \mu \cdot \Sigma wH} \quad \dots\dots (31)$$

3.5.2 一体化長さの算出

$$L = \frac{1.50 \times 300.0 \times 0.426}{4 \times 0.50 \times (18.00 \times 1.000 + 10.00 \times 0.340)} = 4.475 \text{ (m)}$$

よって、所要一体化長 $L=4.47$ (m)
 また、離脱防止金具の使用個数は片側で1個となる。

4 断面 4

4.1 設計条件

準拠指針： 土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「パイプライン」
令和3年6月 農林水産省農村振興局整備部設計課
(以後、基準書と略称する)

スラスト形式： 片落ち部

上流側の管種： 農業用ダクティル鑄鉄管 $\phi 600$ (DB, K形)
外径 $D_e=630.8$ (mm) , 管厚 $T=7.5$ (mm)
計算管厚 $t=T-2=7.5-2=5.5$ (mm)
(基準書 p. 313, $t+1 < 10\text{mm}$, $\phi 700$ 以下より)
計算内径 $D=D_e-2t=630.8-2 \times 5.5=619.8$ (mm)

下流側の管種： 農業用ダクティル鑄鉄管 $\phi 400$ (DB, K形)
外径 $D_e=425.6$ (mm) , 管厚 $T=5.5$ (mm)
計算管厚 $t=T-2=5.5-2=3.5$ (mm)
(基準書 p. 313, $t+1 < 10\text{mm}$, $\phi 700$ 以下より)
計算内径 $D=D_e-2t=425.6-2 \times 3.5=418.6$ (mm)

地表面から管中心までの深さ： 2.800 (m)

地下水位 G.L. - 1.000 (m)

設計水圧： $H = 0.200$ (MPa) = 200.0 (kN/m²)

土の内部摩擦角： 30.0 (°)

単位体積重量 埋戻し土： 18.00 (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

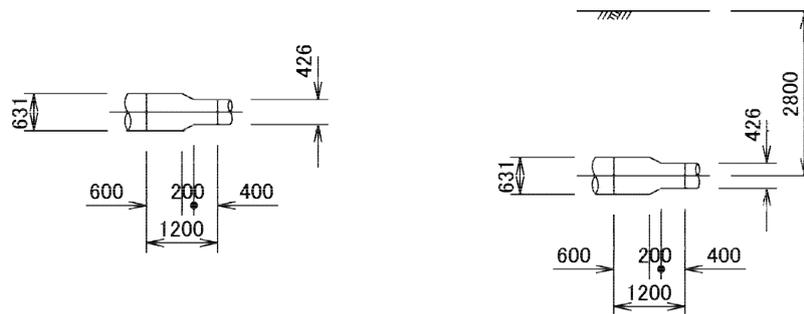


図-4.1 寸法図

4.3 スラスト力の算出

片落管のスラスト力は式(32)により求める。

$$P = H \cdot (A_c - a_c) = 200.0 \times (0.313 - 0.142) = 34.05 \text{ (kN)} \quad \dots\dots\dots (32)$$

ここで、P：片落管に作用するスラスト力 (kN)

H：設計水圧 200.0 (kN/m²)

A_c：上流側の管外径断面積

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

a_c：下流側の管外径断面積

$$a_c = \pi/4 \times 0.4256^2 = 0.14226 \text{ (m}^2\text{)}$$

4.4 滑動に対する検討

管の滑動に対する検討は式(33)～(37)により行う。(基準書 p.415～417)

$$R_h \geq S \cdot P \quad \dots\dots\dots (33)$$

(地下水位が管底より低い場合)

$$R_h = F \cdot \frac{1}{2} \cdot K_p \cdot B_b \cdot w \cdot (H_2^2 - H_1^2) \quad \dots\dots\dots (34)$$

(地下水位が管頂より高い場合)

$$R_h = F \cdot \frac{1}{2} \cdot K_p \cdot B_b \cdot \left\{ w' (H_2^2 - H_1^2) + 2(w-w')H_w (H_2 - H_1) \right\} \quad \dots\dots\dots (35)$$

(その他の場合)

$$R_h = F \cdot \frac{1}{2} \cdot K_p \cdot B_b \cdot \left\{ w(H_2^2 - H_1^2) - (w-w')(H_2 - H_w)^2 \right\} \quad \dots\dots\dots (36)$$

$$K_p = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) \quad \dots\dots\dots (37)$$

- 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 34.05 (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 18.00 (kN/m³)
- w' : 土の水中単位体積重量 10.00 (kN/m³)
- B_b : 管背面の幅(管外径) 0.631 (m)
- H_1 : 地表面から管頂面までの深さ 2.485 (m)
- H_2 : 地表面から管底面までの深さ 3.115 (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 (°)

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

$$R_h = 0.65 \times \frac{1}{2} \times 3.000 \times 0.631$$

$$\times \left\{ 10.00 \times (3.115^2 - 2.485^2) + 2 \times (18.00 - 10.00) \times 1.000 \times (3.115 - 2.485) \right\}$$

$$= 27.93 \text{ (kN)}$$

$$S \cdot P = 1.50 \times 34.05 = 51.08 \text{ (kN)} > R_h = 27.93 \text{ (kN)}$$

よって、滑動に対して対策が必要である。

4.5 スラストブロックの計算

4.5.1 形状寸法図

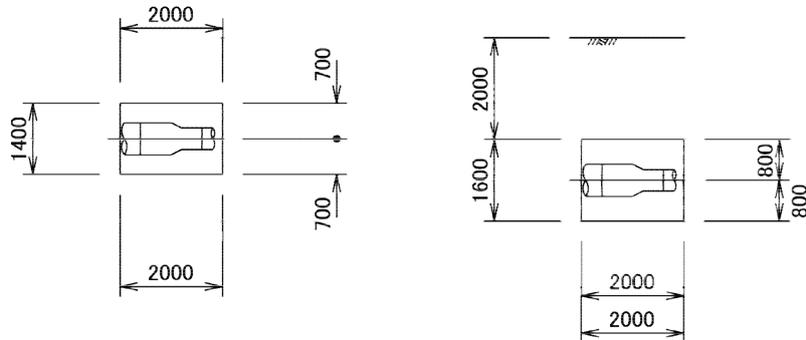


図-4.2 寸法図

4.5.2 スラスト力

水平方向スラスト力 $P_h = 34.05$ (kN)

4.5.3 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	$2.000 \times 1.600 \times 1.400 \times 23.0$	103.04
2	ブロック自重 2	$-1/2 \times 0.000 \times 1.600 \times 1.400 \times 23.0$	0.00
3	ブロック自重 3	$-1/2 \times 0.000 \times 1.600 \times 1.400 \times 23.0$	0.00
4	管の控除 1	$-0.313 \times 1.000 \times 23.0$	-7.19
5	管の控除 2	$-1/2 \times (0.313 + 0.142) \times 0.200 \times 23.0$	-1.05
6	管の控除 3	$-0.142 \times 0.800 \times 23.0$	-2.62
7	埋戻し土 1	$2.000 \times 1.000 \times 1.400 \times 18.00$	50.40
8	埋戻し土 2	$2.000 \times 1.000 \times 1.400 \times 10.00$	28.00
9	管重	0.756×1.000	0.76
10	"	$1/2 \times (0.756 + 0.325) \times 0.200$	0.11
11	"	0.325×0.800	0.26
12	管内水重	$0.3017 \times 9.80 \times 1.000$	2.96
13	"	$1/2 \times (0.3017 + 0.1376) \times 9.80 \times 0.200$	0.43
14	"	$0.1376 \times 9.80 \times 0.800$	1.08
合計			$W_s = 176.18$

4.5.4 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	$2.000 \times 1.600 \times 1.400 \times 23.0$	103.04
2	ブロック自重 2	$-1/2 \times 0.000 \times 1.600 \times 1.400 \times 23.0$	0.00
3	ブロック自重 3	$-1/2 \times 0.000 \times 1.600 \times 1.400 \times 23.0$	0.00
4	管の控除 1	$-0.313 \times 1.000 \times 23.0$	-7.19
5	管の控除 2	$-1/2 \times (0.313 + 0.142) \times 0.200 \times 23.0$	-1.05
6	管の控除 3	$-0.142 \times 0.800 \times 23.0$	-2.62
7	埋戻し土 1	$2.000 \times 1.000 \times 1.400 \times 18.00$	50.40
8	埋戻し土 2	$2.000 \times 1.000 \times 1.400 \times 18.00$	50.40
9	管 重	0.756×1.000	0.76
10	〃	$1/2 \times (0.756 + 0.325) \times 0.200$	0.11
11	〃	0.325×0.800	0.26
12	管内水重	$0.3017 \times 9.80 \times 1.000$	2.96
13	〃	$1/2 \times (0.3017 + 0.1376) \times 9.80 \times 0.200$	0.43
14	〃	$0.1376 \times 9.80 \times 0.800$	1.08
合 計			$W_s = 198.58$

4.5.5 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	$2.000 \times 1.600 \times 1.400 \times 9.8$	43.90
2	ブロック 2	$-1/2 \times 0.000 \times 1.600 \times 1.400 \times 9.8$	0.00
3	ブロック 3	$-1/2 \times 0.000 \times 1.600 \times 1.400 \times 9.8$	0.00
合 計			$U = 43.90$

4.5.6 スラストブロックの滑動に対する照査

スラストブロックの滑動に対する照査は式(38)～(43)により行う。

$$R_h = R_{h1} + R_{h2} \geq S \cdot P' \quad \dots\dots\dots (38)$$

$$R_{h1} = \mu \cdot (W_s - U) \quad \dots\dots\dots (39)$$

(地下水位が管底より低い場合)

$$R_{h2} = \frac{1}{2} \cdot w \cdot K_p \cdot B_s \cdot (H_2^2 - H_1^2) - \frac{\pi}{4} D_c^2 \cdot K_p \cdot \Sigma wH \quad \dots\dots\dots (40)$$

(地下水位が管頂より高い場合)

$$R_{h2} = \frac{1}{2} \cdot K_p \cdot B_s \cdot \left\{ w' (H_2^2 - H_1^2) + 2(w-w')H_w (H_2 - H_1) \right\} - \frac{\pi}{4} D_c^2 \cdot K_p \cdot \Sigma wH \quad \dots\dots\dots (41)$$

(その他の場合)

$$R_{h2} = \frac{1}{2} \cdot K_p \cdot B_s \cdot \left\{ w (H_2^2 - H_1^2) - (w-w') (H_2 - H_w)^2 \right\} - \frac{\pi}{4} D_c^2 \cdot K_p \cdot \Sigma wH \quad \dots\dots\dots (42)$$

$$K_p = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) \quad \dots\dots\dots (43)$$

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	(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	176.18 (kN)
U ：	スラストブロックに働く浮力	43.90 (kN)
w ：	土の単位体積重量	18.00 (kN/m ³)
w' ：	土の水中単位体積重量	10.00 (kN/m ³)
ΣwH ：	管心位置における鉛直応力	(kN/m ²)
B_s ：	スラストブロック背面の幅	1.400 (m)
H_1 ：	地表面からブロック頂面までの深さ	2.000 (m)
H_2 ：	地表面からブロック底面までの深さ	3.600 (m)
H_w ：	地表面から地下水面までの深さ	1.000 (m)
H_c ：	地表面から管中心までの深さ	2.800 (m)
D_c ：	下流側の管の外径	0.4256 (m)
K_p ：	受働土圧係数	
ϕ ：	土の内部摩擦角	30.0 (°)

スラストブロック底面の摩擦抵抗力

$$R_{h1} = 0.500 \times (176.18 - 43.90) = 66.14 \text{ (kN)}$$

スラストブロック背面の受働土圧

$$R_{h2} = \frac{1}{2} \times 3.000 \times 1.400$$

$$\times \left\{ 10.00 \times (3.600^2 - 2.000^2) + 2 \times (18.00 - 10.00) \times 1.000 \times (3.600 - 2.000) \right\}$$

$$- \frac{\pi}{4} \cdot 0.426^2 \times 3.000 \times (18.00 \times 1.000 + 10.00 \times 1.800)$$

$$= 226.56 \text{ (kN)}$$

安全性の照査

$$S \cdot P_h = 1.50 \times 34.05 = 51.08 \text{ (kN)} \leq R_h = 66.14 + 226.56 = 292.69 \text{ (kN)}$$

よって、滑動に対して安全である。

4.5.7 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(17)～(20)により行う。(基準書 p.423)

$$R_v + W_s - U \geq S \cdot P_v \quad \dots\dots\dots (17)$$

(地下水位がブロック下面より低い場合)

$$R_v = \frac{1}{2} \cdot L \cdot \mu \cdot w \cdot (H_2^2 - H_1^2) \cdot \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) \quad \dots\dots\dots (18)$$

(地下水位がブロック上面より高い場合)

$$R_v = \frac{1}{2} \cdot L \cdot \mu \cdot \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right)$$

$$\cdot \left\{ w' (H_2^2 - H_1^2) + 2(w - w') H_w (H_2 - H_1) \right\} \quad \dots\dots\dots (19)$$

(その他の場合)

$$R_v = \frac{1}{2} \cdot L \cdot \mu \cdot \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right)$$

$$\cdot \left\{ w (H_2^2 - H_1^2) - (w - w') (H_2 - H_w)^2 \right\} \quad \dots\dots\dots (20)$$

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	0.00 (kN)
S：	安全率	1.20
w：	土の単位体積重量	18.0 (kN/m ³)
w'：	土の水中単位体積重量	10.0 (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)	6.800 (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	2.000 (m)
H ₂ ：	地表面からブロック底面までの深さ	3.600 (m)
H ₃ ：	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	176.18 (kN)
U：	スラストブロックに働く浮力	43.90 (kN)

$$R_v = \frac{1}{2} \times 6.800 \times 0.50 \times \tan^2 \left(45 - \frac{30.00}{2} \right) \\ \times \left\{ 10.00 \times (3.600^2 - 2.000^2) + 2 \times (18.00 - 10.00) \times 1.000 \times (3.600 - 2.000) \right\} \\ = 65.28 \text{ (kN)} \\ R_v + W_s - U = 65.28 + 176.18 - 43.90 = 197.56 \text{ (kN)} \\ \geq S \cdot P_v = 1.20 \times 0.00 = 0.00 \text{ (kN)}$$

よって、浮上に対して安全である。

4.5.8 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(21)により行う。(基準書 p.423)

$$\sigma_{rv} \geq S \cdot \sigma_v = S \cdot \frac{W_s}{A} \dots\dots\dots (21)$$

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	198.58 (kN)
A：	スラストブロックの底面積	2.800 (m ²)

$$\sigma_v = \frac{W_s}{A} = \frac{198.58}{2.800} = 70.92 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$S \cdot \sigma_v = 1.00 \times 70.92 = 70.92 \text{ (kN/m}^2\text{)} \leq \sigma_{rv} = 100.00 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

よって、沈下に対して安全である。

5 断面 5

5.1 設計条件

準拠指針： 土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「パイプライン」
令和3年6月 農林水産省農村振興局整備部設計課
(以後、基準書と略称する)

スラスト形式： 弁栓部

管 種： 農業用ダクティル鑄鉄管 $\phi 600$ (DB, K形)
外径 $D_o=630.8$ (mm) , 管厚 $T=7.5$ (mm)
計算管厚 $t=T-2=7.5-2=5.5$ (mm)
(基準書 p. 313, $t+1 < 10\text{mm}$, $\phi 700$ 以下より)
計算内径 $D=D_o-2t=630.8-2 \times 5.5=619.8$ (mm)

設計水圧 : $H = 0.200$ (MPa) = 200.0 (kN/m²)

管体の軸方向許容圧縮応力度 : $\sigma_a = 2.4$ (N/mm²)
コンクリートの許容押抜きせん断応力度 : $\tau_a = 0.45$ (N/mm²)
スティフナーの許容せん断応力度 : $\tau_{ta} = 0.4$ (N/mm²)

5.2 スラスト力の算出

弁栓部のスラスト力は式(44)により求める。

$$P_h = H \cdot a = 200.0 \times 0.31252 = 62.50 \text{ (kN)} \quad \dots\dots\dots (44)$$

ここで、 P_h : 弁栓部に作用するスラスト力 (kN)
 H : 設計水圧 200.0 (kN/m²)
 a : 設計水圧が作用する断面積 $\pi/4 \times 0.6308^2 = 0.31252$ (m²)

5.3 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(45)により行う。

$$\sigma = \frac{P_h}{A_p} \leq \sigma_a \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad \dots\dots\dots (45)$$

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 62.50 (kN) = 62503.3 (N)
 A_p ：管の断面積
 $A_p = \pi/4 \times (0.6308^2 - 0.6198^2) = 0.01080 \text{ (m}^2\text{)} = 10804.4 \text{ (mm}^2\text{)}$
 σ_a ：管体の許容軸方向圧縮応力度 2.4 (N/mm²)

$$\sigma = \frac{62503.3}{10804.4} = 5.78 \text{ (N/mm}^2\text{)} > \sigma_a$$

よって、管体の軸方向圧縮応力度は許容値を満足していない。

5.4 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(46)により照査する。

$$\tau_p = \frac{P_h}{b_p \cdot d} \leq \tau_a \quad \dots\dots\dots (46)$$

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 62.50 (kN) = 62503.3 (N)
 b_p ：スティフナー周長 980.0 (mm)
 d ：せん断力を受けるコンクリート厚 20.0 (mm)
 τ_a ：コンクリートの許容押抜きせん断応力度 0.5 (N/mm²)

$$\tau_p = \frac{62503.3}{980.0 \times 20.0} = 3.19 > \tau_a$$

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。

5.5 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(47)により照査する。

$$\tau_t = \frac{P_h}{A_t} \leq \tau_{ta} \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad \dots\dots\dots(47)$$

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 62.50 (kN) = 62503.3 (N)

A_t ： スティフナーと管体との溶接面積

$$A_t = \pi \cdot D_c \cdot t_s = \pi \times 630.8 \times 10.0 = 19817.2 \text{ (mm}^2\text{)}$$

t_s ： スティフナー厚 10.0 (mm)

τ_{ta} ： スティフナーの許容せん断応力度 0.4 (N/mm²)

$$\tau_t = \frac{62503.3}{19817.2} = 3.15 \text{ (N/mm}^2\text{)} > \tau_{ta}$$

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。

5.6 一体化長さの計算

安全率Sを考慮した必要一体化長さは式(48)で求める。

$$L \geq \frac{S \cdot P}{\mu \cdot \Sigma wH \cdot \pi \cdot D_c} \quad \dots (48)$$

ここで、L：必要一体化長さ

S：安全率 1.50

P：弁栓部に作用するスラスト力 62.5 (kN)

μ ：摩擦係数 0.50

ΣwH ：管心より上の土の重量 (kN/m²)

地下水位より上なら土の単位体積重量18.00kN/m³を

下なら土の水中単位体積重量10.00kN/m³を使用する。

D_c ：管の外径 0.6308 (m)

$$L = \frac{1.50 \times 62.50}{0.50 \times 10.00 \times 4.000 \times \pi \times 0.631} = 2.366 \text{ (m)}$$

よって、所要一体化長 L=2.37 (m)

また、離脱防止金具の使用個数は片側で2個となる。

目 次

1	鉛直屈曲部の検討.....	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	片落ち部の検討.....	4
2.1	スラスト力の検討.....	4
2.2	スラスト対策工の設計.....	4
3	弁栓部の検討.....	5
4	T字管の検討.....	6
4.1	使用管種.....	6
4.2	スラスト力の検討.....	6

1 鉛直屈曲部の検討

1.1 使用管種

断面名	使用管種	水平屈曲角 $\theta_h(^{\circ})$	鉛直屈曲角		
			上流側 $\beta_u(^{\circ})$	下流側 $\beta_d(^{\circ})$	合成屈曲角($^{\circ}$)
断面 1	農業用ダクタイル鋳鉄管 ϕ 600 (DB, K形)	-----	0.0	45.0	45.0
断面 2	農業用ダクタイル鋳鉄管 ϕ 600 (DB, K形)	-----	15.0	0.0	15.0

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 P_h		水平方向 抵抗力 R_h	スラスト力 P_h		水平方向 抵抗力 R_h	スラスト力 P_v		抵抗力 R_v+W-U	荷重強度 σ_v		許容 支持力度 σ_{rv}	
	$S \cdot P_h$			$S \cdot P_h$			$S \cdot P_v$			$S \cdot \sigma_v$			
断面 1	-----		-----	27.52			66.43			-----		-----	NG
				41.28	>	33.64	79.72	>	41.26				
断面 2	-----		-----	2.14			-16.23			44.15			OK
				3.20	\leq	29.21	-19.47	\leq	38.04	52.98	\leq	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=1.20

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 _{rv}	
断面 1	スラスト・ブロック	-----		-----	27.52			66.43			63.21			OK
					41.28	≦	439.09	79.72	≦	367.85	63.21	≦	100.00	
断面 2	-----	-----		-----	-----		-----	-----		-----	-----		-----	----

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 片落ち部の検討

2.1 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 抗力 R_h		
			F_x	$S \cdot F_x$			
断面 4	農業用ダクタイル鋳鉄管 $\phi 600$ (DB, K形)	農業用ダクタイル鋳鉄管 $\phi 400$ (DB, K形)	34.05	51.08	>	27.93	NG

2.2 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 抗力 R_h	荷重強度		許容支持力 度 σ_{rv}			
		F_x	$S \cdot F_x$		σ_v	$S \cdot \sigma_v$				
断面 4	スラストブロック	34.05	51.08	\leq	292.69	70.92	70.92	\leq	100.00	OK

3 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			スティフナー溶接部の 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_p (N/mm ²)		τ_a (N/mm ²)	τ_s (N/mm ²)		τ_{sa} (N/mm ²)		
断面 5	農業用ダクタイル鋳鉄管 φ 600 (DB, K形)	5.78	>	2.36	3.19	>	0.45	3.15	>	0.36	NG	2.366

4 T字管の検討

4.1 使用管種

断面名	本管の管種	枝管の管種
断面 3	農業用ダクタイル鋳鉄管 φ 600 (DB, K形)	農業用ダクタイル鋳鉄管 φ 400 (DB, K形)

4.2 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 R_h		
	F_x	$S \cdot F_x$			
断面 3	42.68	64.02	>	36.85	NG 枝管側一体化長 4.475 (m)

ここで、S:安全率 滑動に対してS=1.50