

GX形ダクティル鉄管 管路の設計

JDPA T 57



一般社団法人

日本ダクティル鉄管協会

目 次

1. はじめに	1
2. 管の種類	2
3. 継手の構造と性能	4
3. 1 直管	4
3. 1. 1 構造	4
3. 1. 2 性能	6
3. 2 異形管	8
3. 2. 1 構造	8
3. 2. 2 性能	8
3. 3 継ぎ輪	9
3. 4 切管	10
3. 4. 1 構造	10
3. 4. 2 性能	12
3. 5 ソフトシール仕切弁	13
3. 5. 1 構造	13
3. 5. 2 性能	13
4. 管路設計について	14
4. 1 管の埋設深さおよび位置	14
4. 1. 1 埋設深さ	14
4. 1. 2 埋設位置	14
4. 2 管路延長算出時の留意点	15
4. 2. 1 管の有効長	15
4. 2. 2 管の呼称	16
4. 2. 3 ライナを使用したGX形直管の受口	17
4. 2. 4 継ぎ輪	18
4. 2. 5 両受短管（呼び径75～450）	19
4. 2. 6 ソフトシール仕切弁（呼び径75～400）	19
4. 2. 7 P-Link（呼び径75～300）	20
4. 2. 8 寸法記入例	21
4. 3 地盤変状対策	22
4. 4 異形管防護の方法	24
4. 5 一体化長さの設計	25
4. 5. 1 不平均力の作用箇所	25
4. 5. 2 不平均力早見表	26
4. 5. 3 曲管部およびT字管部の早見表（呼び径75～300）	27
4. 5. 4 曲管部およびT字管部の早見表（呼び径350～450）	33
4. 5. 5 曲管部、T字管部、伏せ越し部、Sベンド部の早見表（呼び径500～1000）	38
4. 5. 6 早見表適用時の留意点	45
4. 5. 7 水平曲管部の計算例	47
4. 5. 8 水平T字管部の計算例	55
4. 5. 9 伏せ越し部の計算例	60
4. 5. 10 垂直Sベンド部の計算例	66
4. 5. 11 片落管部の計算例	76
4. 5. 12 管端部および仕切弁部の計算例	79

4. 6	鎖構造管路における防護コンクリートの適用	82
4. 6. 1	一体化長さを短くするために防護コンクリートを併用する場合	82
4. 6. 2	複雑な管路で一体化長さが重なる場合	83
4. 6. 3	構造物の近傍に曲管部が配置される場合	83
4. 7	管路の寸法調整	84
4. 7. 1	直線配管時の寸法調整部	84
4. 7. 2	異形管前後における寸法調整部	84
4. 8	管端部の処理	86
4. 9	既設管との接続方法例	87
5.	参考資料	90
5. 1	耐震継手の評価基準	90
5. 2	一体化長さ算出用資料	91
5. 2. 1	地盤定数	91
5. 2. 2	離脱防止継手の限界曲げモーメント	93
5. 3	一体化長さ早見表	94
5. 3. 1	計算条件他	94
5. 3. 2	片落管部	95
5. 3. 3	管端部および仕切弁部	97
5. 4	切管の有効長の最小長さ	98
5. 5	SベンドのLおよびH寸法	99
5. 6	切管全長の算出方法	100
5. 7	GX形参考配管例	104
5. 7. 1	配管例①（呼び径200・150 P-Linkを使用した場合）	104
5. 7. 2	配管例②（呼び径200・150 P-Linkを使用しない場合）	108
5. 7. 3	配管例③（呼び径800・600）	112
5. 8	既設管との接続方法例	115

1. はじめに

地震大国の日本では水道施設の耐震化が急務であり、厚生労働省が平成25年に策定した新水道ビジョンにおいても「安全、強靱、持続」のスローガンのもと、「当面の目標として重要な給水施設への供給ラインについて早期の耐震化」、「将来は、水道の基幹施設の全てについての耐震化の実現」という実現方策が掲げられた。

GX形等の耐震継手ダクタイル鉄管は、「強靱な管体」に「大きな伸縮・屈曲性能と高い離脱防止機能を有する継手」を備えており、大きな地盤変位が生じると、一つの継手が限界まで伸びだした後は隣の管を次々と引っ張ることで、地中に埋設された鎖のように地盤の変形に追従し、管路の機能を維持できる「鎖構造管路」となる。この鎖構造管路は、昭和48年に旧厚生省で策定された「南関東大震災対策調査報告書」のなかでこれからの理想的な管路として提唱された。

八戸市では1972年から3箇所の観測所を設置し、耐震継手の地震時の継手伸縮量や管体発生応力などを計測し、耐震継手の挙動と作用する力を明らかにしてきた。ダクタイル鉄管の耐震計算方法は、この実際の観測データに基づいて確立されている。また、耐震継手ダクタイル鉄管は、レベル2地震動に対しても弾性設計されており、管体に変形は残らない特長がある。

耐震継手ダクタイル鉄管は、1975年の使用開始から約50年が経過し、管体の引張強さや伸びなどの材質が長期間使用しても変化していないことが確認されるとともに、震度7や6強の強い地震動が発生した地域や激しい液状化地域に埋設されていた管路にも被害は報告されておらず、「長期耐久性」と「耐震継手と鎖構造管路の有効性」が実際の管路で検証されている。

また、「液状化地盤での安全性」や「再度の大地震に対する耐震性」も大規模実験や地震後の管路調査によって解明されている。

これらのことから、耐震継手ダクタイル鉄管で構成された鎖構造管路は、今後起こりうる大地震や再度の大地震に対し安全なライフラインが構築できる最適なパイプラインといえる。

GX形継手等の耐震継手ダクタイル鉄管を使用すべき場所および管路の例を以下に示す。

- ・埋立地などの液状化地盤
- ・谷底低地などの軟弱地盤
- ・旧河川、旧沼地などの旧水部
- ・宅地造成地の盛土および切盛境界、傾斜地
- ・道路盛土などの人工改変地
- ・地層が複雑に変化している場所
- ・断層近傍
- ・基幹管路
- ・基幹管路以外でも災害時において安定給水が求められる重要給水拠点（病院、避難所、公共施設など）への管路
- ・消火用水の供給が求められる管路
- ・橋梁添架配管などの補修が困難な管路

本書は、呼び径75～1000耐震継手GX形ダクタイル鉄管により管路を構築する場合の設計上の基本事項についてまとめたものである。

2. 管の種類

GX形の管の種類を表1-1および表1-2に示す。直管の管厚は表2に示すとおり、呼び径75～450は1種管とS種管の2種類、呼び径500～1000はS種管のみの1種類である。

また、配管図の作成時に使用する管の記号を表3に示す。

表1-1 管の種類（呼び径75～450）

接合形式	GX形	
呼び径	75～450	
規格	JWWA G 120, 121 ¹⁾ JDPA G 1049	
直管	管の種類（記号）	1種管（D1）、S種管（DS）
	有効長	75、100 : 4 m 150～250 : 5 m 300～450 : 6 m
異形管	二受T字管 片落管 曲管（90°、45°、22 1/2°、11 1/4°、5 5/8°） 両受曲管（45°、22 1/2°） フランジ付きT字管 浅層埋設形フランジ付きT字管 ²⁾ 渦巻式フランジ付きT字管 ³⁾ 排水T字管 ⁴⁾ 継ぎ輪 両受短管 乙字管（H=300、450） ⁵⁾ 帽	
切管ユニット ⁵⁾	P-Link（直管用）、G-Link（異形管用）	
仕切弁	ソフトシール仕切弁（両受） ⁶⁾	

注1) 呼び径450を除く。

2) 呼び径75～250のみ。

3) 呼び径75～350のみ。

4) 呼び径300～450のみ。

5) 呼び径75～300のみ。

6) 呼び径75～400のみ。

表1-2 管の種類（呼び径500～1000）

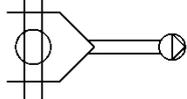
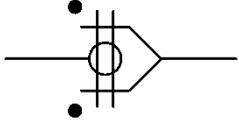
接合形式	GX形	
呼び径	500～1000	
規格	JDPA G 1049-2	
直管	管の種類（記号）	S種管（DS）
	有効長	6 m
異形管	二受T字管 片落管 曲管（90°、45°、22 1/2°、11 1/4°、5 5/8°） 両受曲管（45°、22 1/2°） フランジ付きT字管 排水T字管 継ぎ輪 栓	

表2 直管の管厚

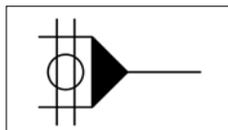
単位：mm

呼び径	1種管	S種管
75	7.5	6.0
100		
150		6.5
200		
250		
300		7.0
350		
400	8.5	
450	9.0	7.5
500	—	8.5
600	—	10.0
700	—	11.0
800	—	12.0
900	—	13.0
1000	—	14.5

表3 継手記号および呼称

直管、異形管	P-Link	G-Link
		

備考 GX形直管の受口にライナを装着する場合は下図のように受口内を塗りつぶす。



3. 継手の構造と性能

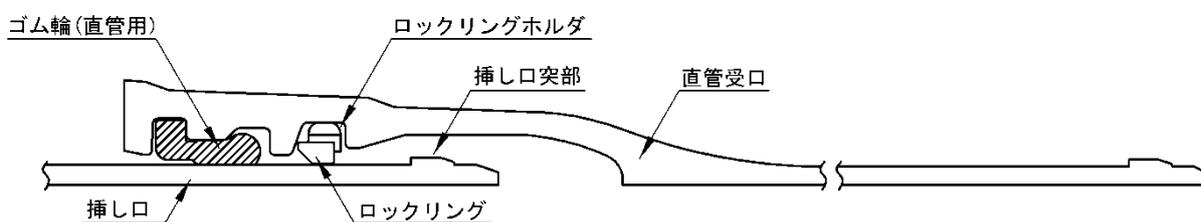
3.1 直管

ライナを使用しないGX形直管の継手は、伸縮性、可とう性および離脱防止機構を有する鎖構造管路用の伸縮形耐震継手である。これらは、異形管前後に確保する一体化長さの範囲外の主に直線部に使用する。

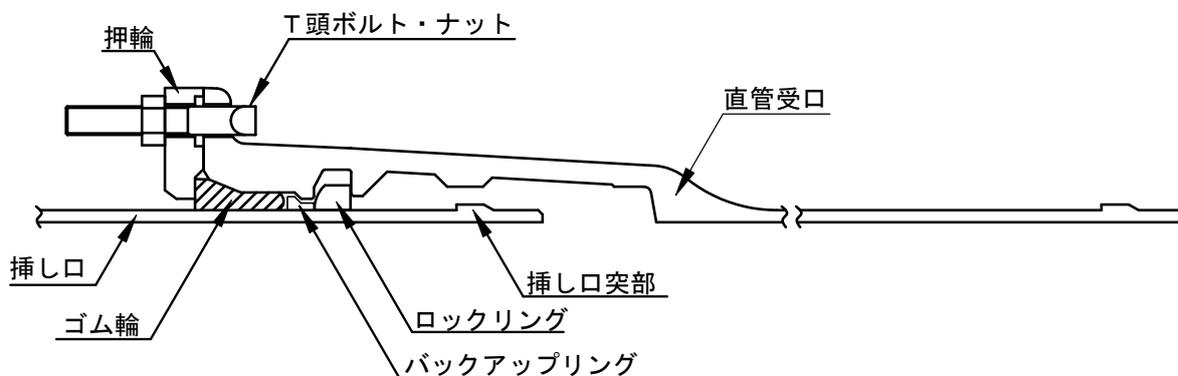
また、GX形異形管の挿し口に接合する直管の受口および一体化長さの範囲内にくる直管の受口には、必ずライナを使用して離脱防止継手にする必要がある。ライナを使用したGX形直管の継手は伸縮性、可とう性をもたない離脱防止継手である。鎖構造管路では、水圧による不平均力で異形管部が移動することを防止するため、その前後の必要な範囲をこれらの離脱防止継手で一体化する。この一体化長さの計算方法は4.5（頁25）による。

3.1.1 構造

直管の継手構造を図1、2に示す。

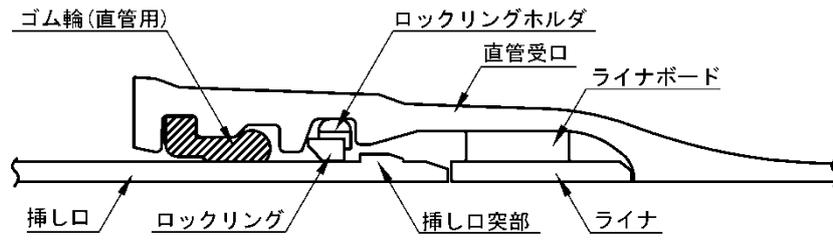


【呼び径 75～450】

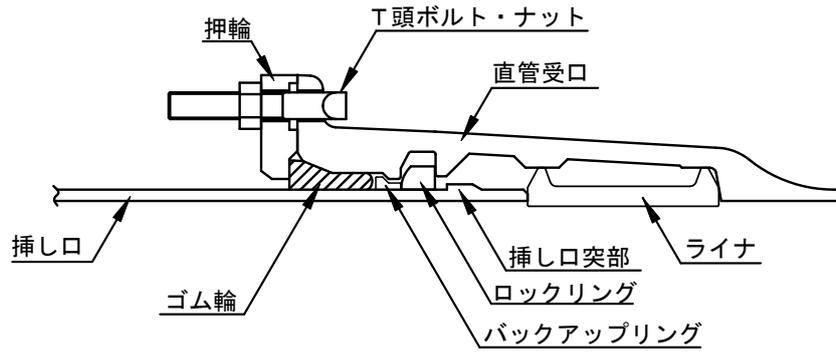


【呼び径 500～1000】

図1 GX形直管の継手構造



【呼び径 75~450】



【呼び径 500~1000】

図2 ライナを使用したGX形直管の継手構造

3. 1. 2 性能

GX形直管の主な継手性能を表4に示す。これらは、管路の耐震性や管軸方向あるいは管軸直角方向の変位吸収量などの検討に使用する。

(1)伸縮量と離脱防止力

継手を許容曲げ角度まで屈曲させた状態で管の有効長の±1%相当の伸縮量を有する。したがって、真直ぐに接合された場合の伸縮量は管の有効長の±1%よりもさらに大きくなる。

また、継手が最大まで伸び出した後は、ロックリングと挿し口突部が引っ掛かることにより、3 DkN (D:呼び径)相当の離脱防止力を発揮する。この離脱防止力は、地中において100mの管路に発生する管の周面摩擦力に相当する。これによって、鎖構造管路は継手1ヶ所あたりの伸縮量(管長の±1%)に管路100m間の継手箇所数を掛け合わせただけの管軸方向の地盤変位を吸収できる。この量は、たとえば呼び径150では、継手1ヶ所あたりの伸び量が管長5mの1%で5cm、管路100m間の継手数は20ヶ所となり、これらを掛け合わせると1mとなる。同様の計算によれば、この変位吸収量は他の呼び径でも同一である。

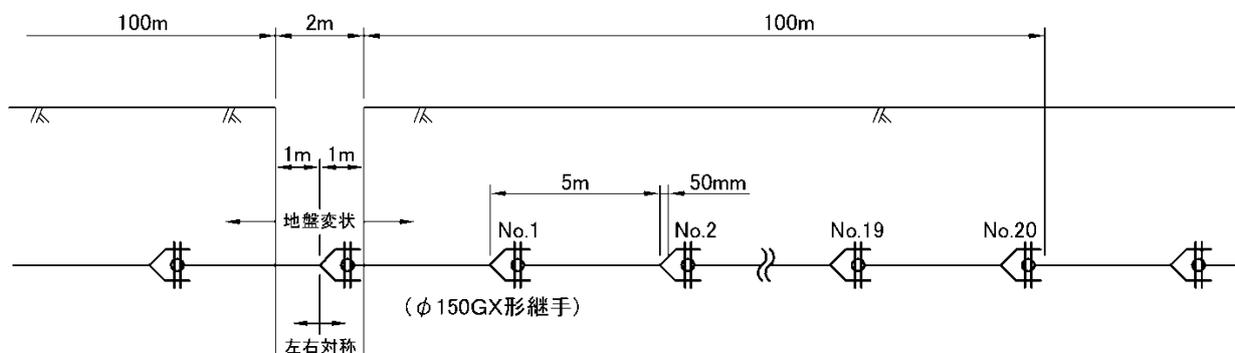


図3 管軸方向の地盤変位吸収例

(2)曲げ角度

配管施工時の許容曲げ角度はNS形継手と同等である。さらに地震や地盤沈下などによって継手に曲げモーメントが作用すると最大屈曲角まで曲がり得る。

表4 GX形直管の継手性能

呼び径	真直配管時 最大伸縮量 ¹⁾ (mm)	設計照査用 最大伸縮量 ²⁾ (mm)	離脱防止力 (kN)	地震時や地 盤沈下時の 最大屈曲角	配管施工時の 許容曲げ角度 ³⁾
75	±45	±42	225	8°	4°
100	±45	±41	300	8°	4°
150	±60	±54	450	8°	4°
200	±60	±52	600	8°	4°
250	±60	±50	750	8°	4°
300	±72	±60	900	8°	4°
350	±74	±60	1050	8°	4°
400	±75	±60	1200	8°	4°
450	±77	±60	1350	8°	4°
500	±75	±60	1500	7°	3°20′
600	±75	±60	1800	7°	2°50′
700	±75	±60	2100	7°	2°30′
800	±75	±60	2400	7°	2°10′
900	±75	±60	2700	7°	2°00′
1000	±80	±60	3000	7°	1°50′

注1) 継手を真直ぐに接合したときの伸縮量を示す。

2) 継手を配管施工時の許容曲げ角度まで屈曲させたときの伸縮量であり、管の有効長の1%に相当する。管路の耐震性などはこの伸縮量で照査する。

3) 設計時においては、配管施工時の許容曲げ角度の1/2以下で設計し、施工時は許容曲げ角度以下で配管する。

3. 2 異形管

GX形異形管の継手は伸縮性、可とう性をもたない離脱防止継手である。鎖構造管路では、水圧による不平均力で異形管部が移動することを防止するため、その前後の必要な範囲をこれらの離脱防止継手で一体化する。この一体化長さの計算方法は4. 5（頁25）による。

3. 2. 1 構造

(1)GX形異形管

GX形の継ぎ輪以外の継手構造を図4に示す。

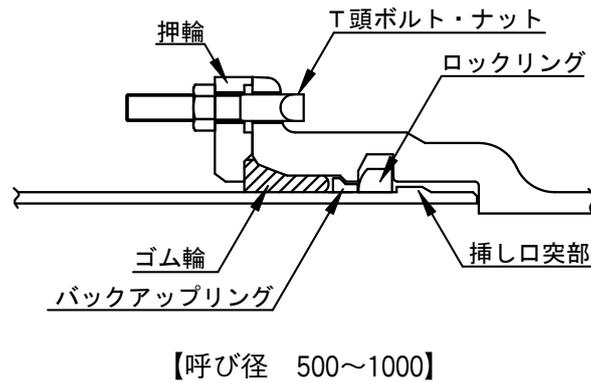
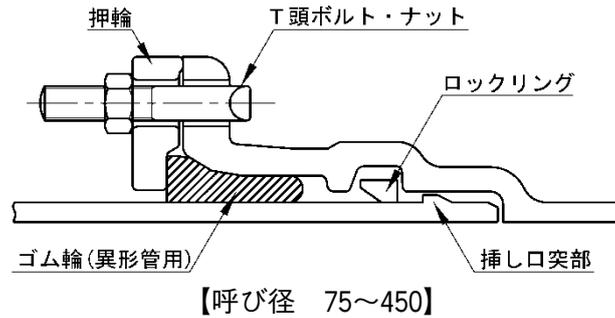


図4 GX形異形管の継手構造

3. 2. 2 性能

GX形異形管の離脱防止力は、直管と同等である（表4）。

3. 3 継ぎ輪

GX形継ぎ輪の継手は伸縮継手である。継ぎ輪は1個につき2ヶ所の継手があり、工区境のせめ配管等に使用するため、管路中に適切に配置しておく必要がある。

GX形継ぎ輪の構造を図5に示す。

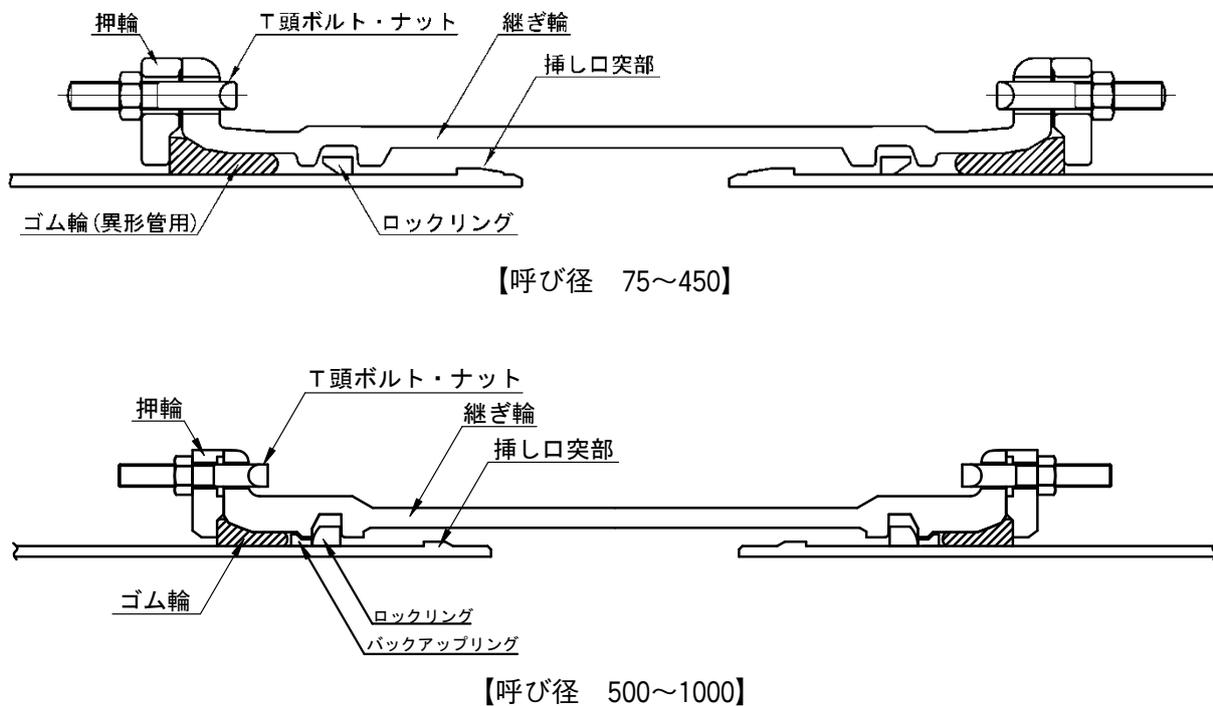


図5 GX形継ぎ輪の構造

3. 4 切管

3. 4. 1 構造

GX形直管（呼び径75～300）の切管部には、直管受口接合用のP-Link、異形管受口接合用のG-Linkを使用することで切管部における挿し口突部の形成を不要とした。P-LinkおよびG-Linkを使用した場合の継手構造を図6、7に示す。

また、NS形と同様に施工現場で所定の溝切り加工を施し、挿し口突部を形成するための切管用挿し口リング（呼び径75～1000）もある。切管用挿し口リングの形状を図8に示す。

切管用挿し口リングを使用する場合、呼び径75～450では必ず1種管を使用する。一方、呼び径500～1000についてはS種管を切管用として使用することが可能である。

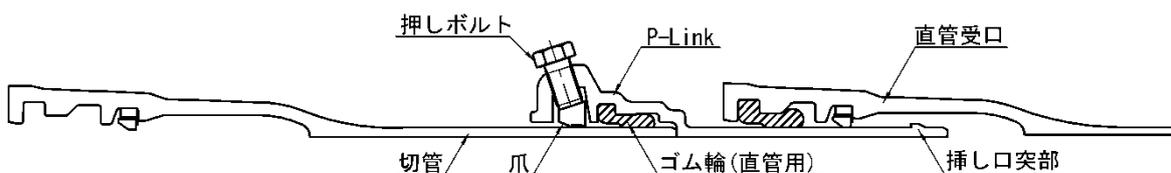


図6 P-Linkを使用したGX形直管の継手構造（呼び径75～300）

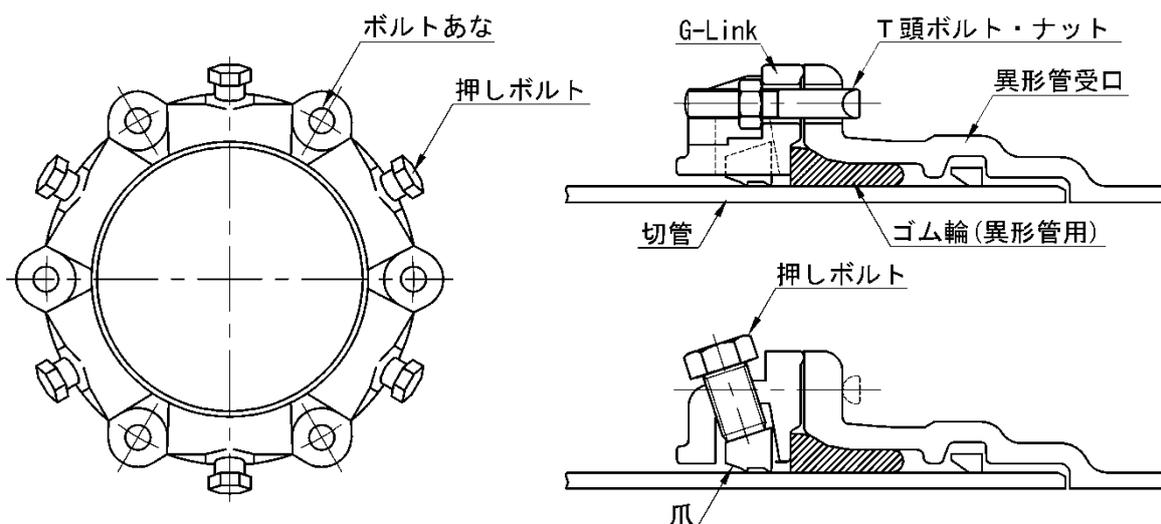
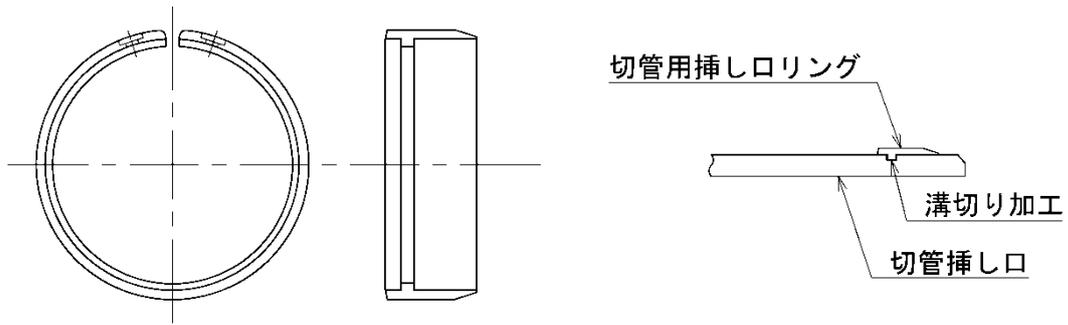
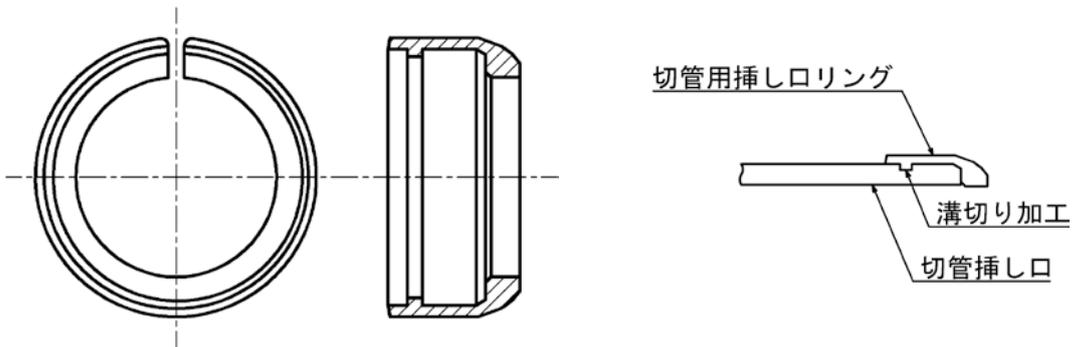


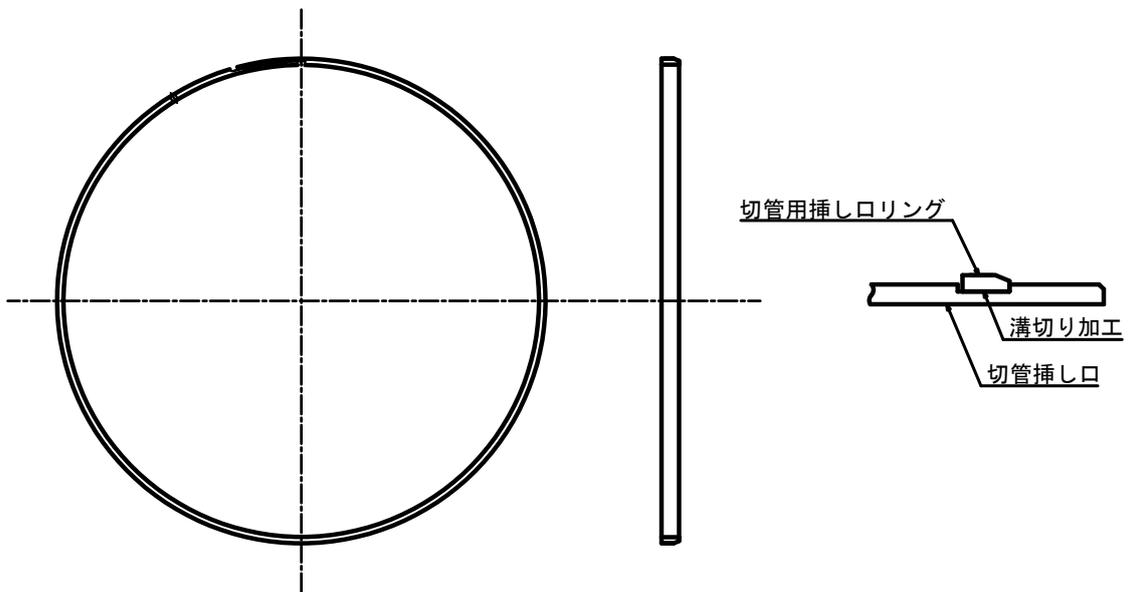
図7 G-Linkを使用したGX形異形管の継手構造（呼び径75～300）



【呼び径 75 ~ 250】



【呼び径 300 ~ 450】



【呼び径 500 ~ 1000】

図8 切管用挿しロリング

3. 4. 2 性能

(1)P-Link (呼び径75~300)

切管挿し口とP-Link受口の接合部は、伸縮性、可とう性をもたない離脱防止継手であり、性能は挿し口突部のある挿し口を押輪によって異形管と接合した場合と同等である。

P-Link挿し口と直管受口の接合部は、直管と同様の伸縮形耐震継手であるが、伸縮量が異なる。

①伸縮量

P-Link挿し口と直管受口の接合部では、継手を許容曲げ角度まで屈曲させた状態で直管の有効長の±0.5%相当の伸縮量を有する。

②離脱防止力

切管挿し口とP-Link受口の接合部では、引張力が作用した場合、爪により挿し口が拘束され、直管と同等の3DkN以上の離脱防止力を発揮する。また、P-Link挿し口と直管受口の接合部における離脱防止力は直管と同じである。

③曲げ角度

P-Link挿し口と直管受口の接合部では、直管と同等の許容曲げ角度を有している。

(2)G-Link (呼び径75~300)

切管挿し口とG-Linkによる異形管受口の接合部は、伸縮性、可とう性をもたない離脱防止継手であり、性能は挿し口突部のある挿し口を押輪によって異形管と接合した場合と同等である。

(3)切管用挿し口リング (呼び径75~1000)

切管用挿し口リングを用いて挿し口突部を形成した切管挿し口は、直管挿し口と同等の性能を有する。

3. 5 ソフトシール仕切弁

従来、仕切弁にはフランジ継手が多く使用されてきたが、過去の大地震等ではフランジ継手のRF形に多くの被害が発生している。このため、地中に直接埋設する場合は、フランジ継手より耐震性能に優れた離脱防止形継手を有した仕切弁を使用し、仕切弁部においても、耐震管と同等の耐震性能を確保することが望ましい。

3. 5. 1 構造

GX形ソフトシール仕切弁（呼び径75～400）の構造図を図9に示す。両受タイプで、受口形状は異形管受口と同じである。

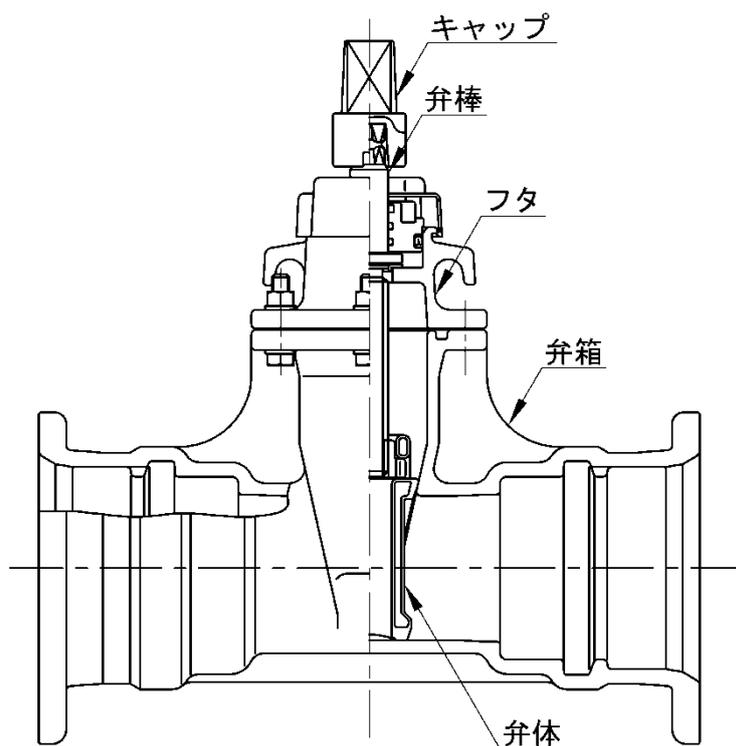


図9 GX形ソフトシール仕切弁の構造（呼び径75～400）

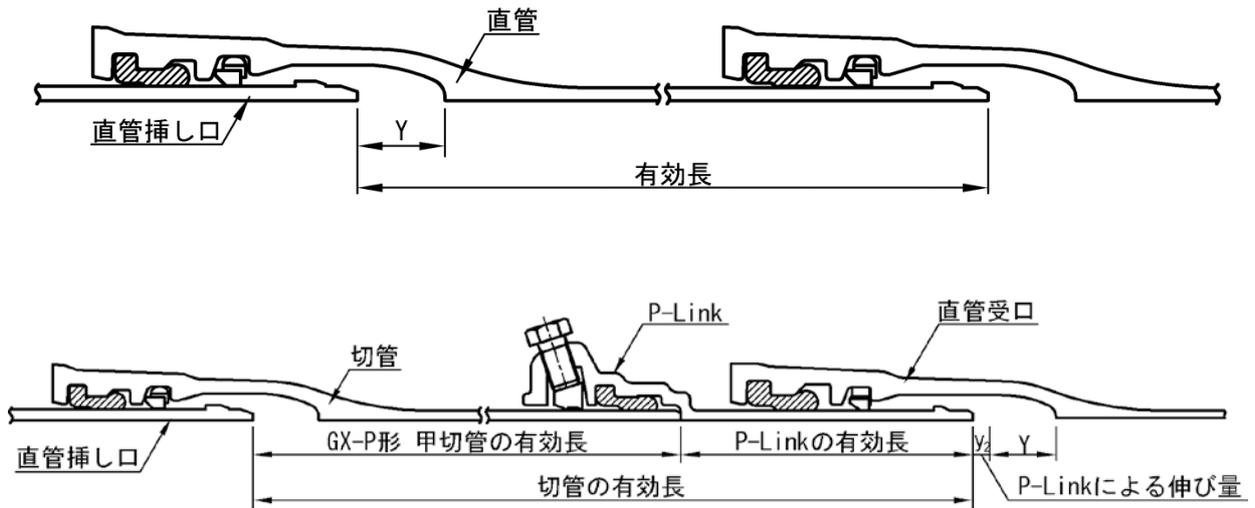
3. 5. 2 性能

継手性能はGX形異形管の継手（継ぎ輪を除く）と同じである。

4. 2 管路延長算出時の留意点

4. 2. 1 管の有効長

鎖構造管路の管路長は、管の有効長を基準に算出する。管の有効長は、図10に示すように接合状態における一方の挿し口端部から他方の挿し口端部までの長さを表している。GX形直管の場合は、有効長のなかに受口内の入り込み量となる標準胴付寸法(Y寸法)が含まれており、たとえば定尺直管であれば、この有効長が口径によって4m、5m、6mとなっている。また、甲切管の場合は、このY寸法を含めた管長となるように管を現場加工する。



備考) P-Link による伸び量については、4. 2. 7 (頁 20) 参照

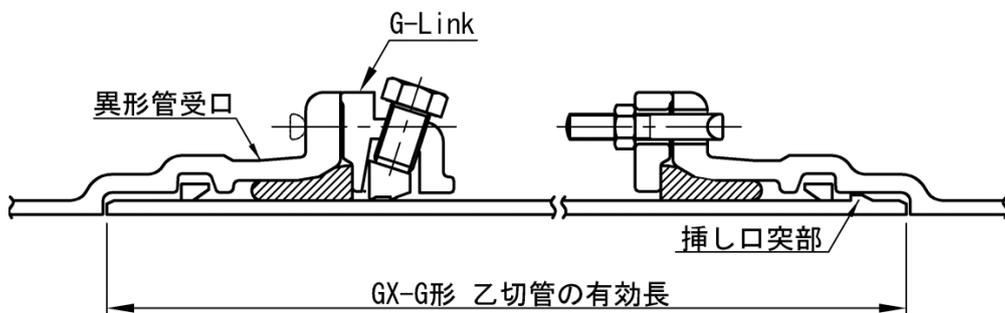
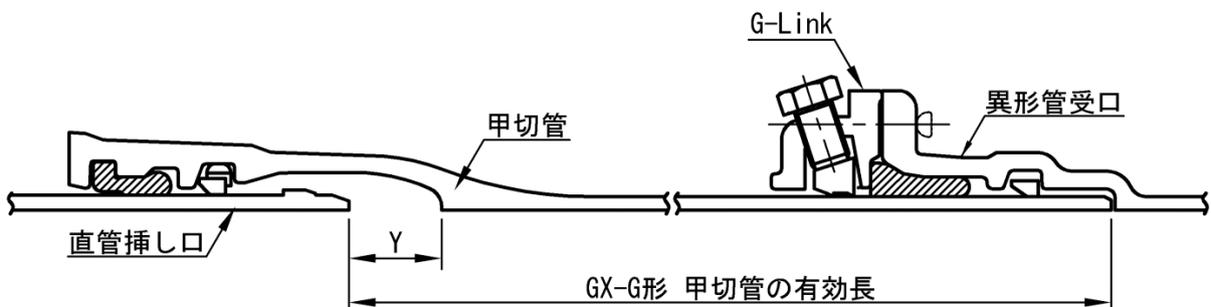


図10 GX形の有効長

4. 2. 2 管の呼称

管の呼称は以下のように表記する。また、切管の呼称は表5に示す。切管挿し口においてP-Linkが接続する場合はP形、G-Linkを使用して接続する場合はG形と呼ぶ。

直管 : GX形 直管 $\phi 100 \times 4000$
形式 管の種類 呼び径×有効長

異形管 : GX形 曲管 $\phi 100 \times 45^\circ$
呼び径×曲管角度

GX形 T字管 $\phi 100 \times \phi 75$
本管呼び径×枝管呼び径

GX形 受挿し片落管 $\phi 100 \times \phi 75$
大管呼び径×小管呼び径

切管 : GX-P形 甲切管 $\phi 100 \times 1200$
受口形式-挿し口形式 呼び径×有効長

GX形 甲切管 $\phi 100 \times 1200$
切管用挿し口リングを使用した場合

表5 切管の呼称

甲切管		
G X - P形	G X - G形	G X形
GX形受口 P-Link 	GX形受口 G-Link 	GX形受口 GX形挿し口 (切管用挿し口リングを使用)

乙切管			
G X - P形	G X - G形	P - G形	G - G形
GX形挿し口 P-Link 	GX形挿し口 G-Link 	P-Link G-Link 	G-Link G-Link

※切管用挿し口リングを使用し、両端に挿し口突部のある乙切管の呼称はGX形とする。

4. 2. 3 ライナを使用したGX形直管の受口

図11にライナを使用したGX形直管の継手構造を示す。ライナを装着するとライナの軸方向長さAと標準胴付寸法Yの差の分だけ挿し口が伸び出した状態で離脱防止継手となる。有効長は挿し口端部を基準に決定するため、ライナを使用することによって管路長はこの(A-Y)寸法分だけ長くなることになる。したがって、配管設計はこの寸法を考慮して行い、設計図にも明記しておく必要がある。GX形にライナを使用した場合の伸び量を表6に示す。

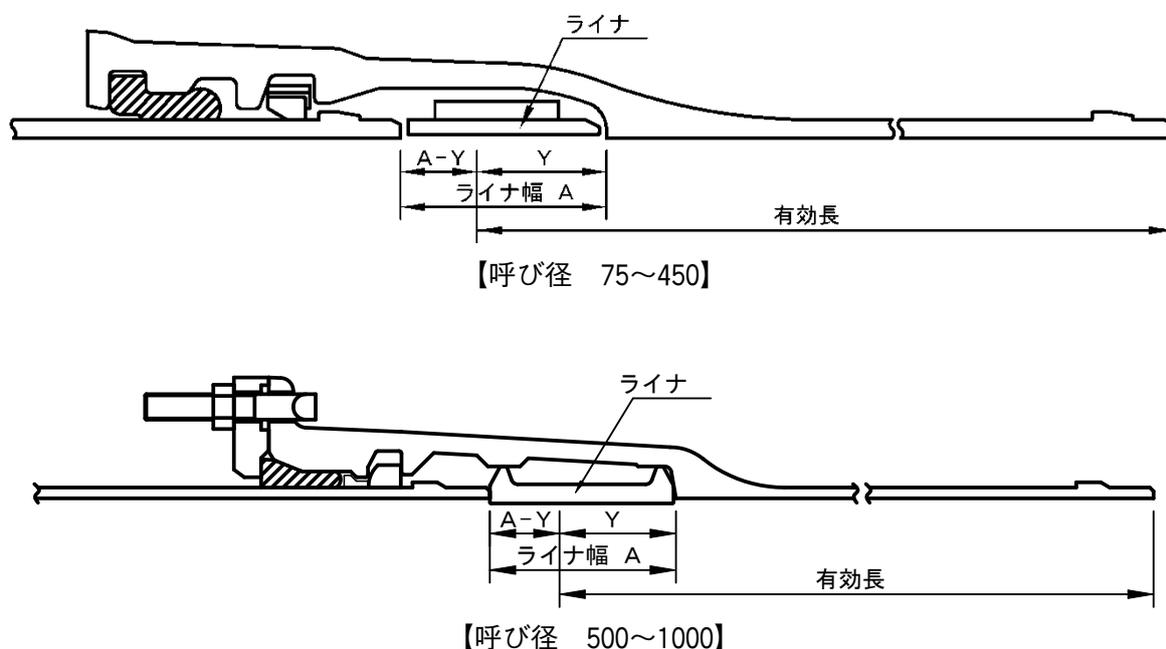


図11 ライナを使用した継手

表6 ライナの使用による伸び量 単位 mm

呼び径	ライナ幅 A	標準胴付寸法 Y	ライナによる伸び量 (A-Y)
75・100	74	45	29
150~250	99	60	39
300	126	72	54
350	130	74	56
400	130	75	55
450	135	77	58
500	143	75	68
600	143	75	68
700	145	75	70
800	144	75	69
900	146	75	71
1000	146	80	66

4. 2. 4 継ぎ輪

継ぎ輪内の挿し口の間には、図12に示す標準胴付寸法 (y_1 寸法) を確保する。これは、地震時の入り込み量や既設管との結び配管を行うための間隔で、配管設計時に考慮する必要がある。

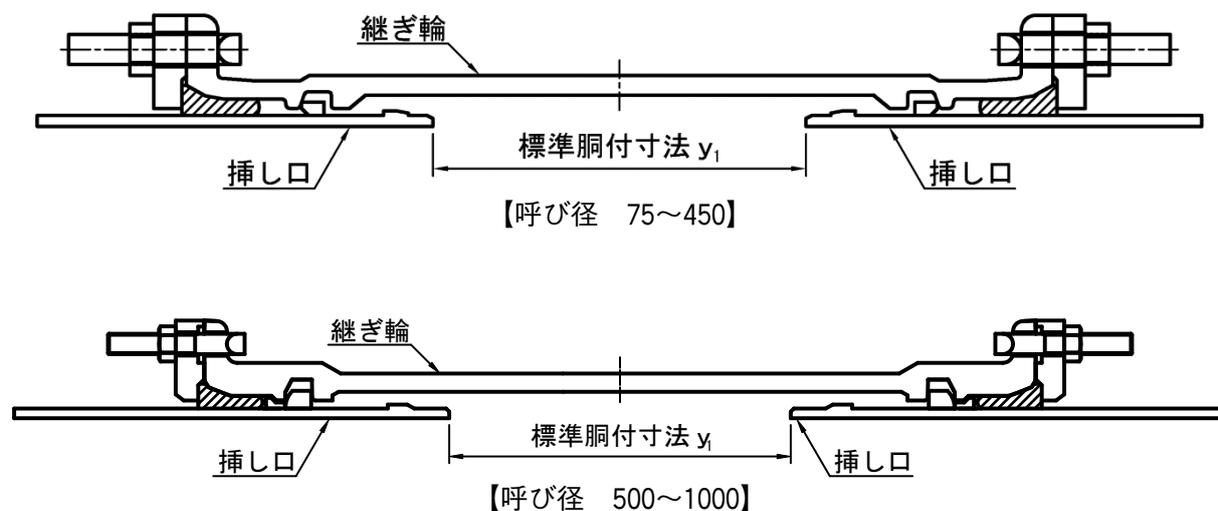


図12 継ぎ輪の胴付寸法

表7 継ぎ輪の標準胴付寸法(y_1)

呼び径	y_1 (mm)
75	190
100	200
150	240
200・250	250
300~450	300
500・600	280
700・800	315
900・1000	325

4. 2. 5 両受短管（呼び径75～450）

両受短管は、配管時の方向転換や残管利用を図るために規格化された。図13に継手構造を示す。両受短管の内側には壁があり、配管設計時に考慮する必要がある。

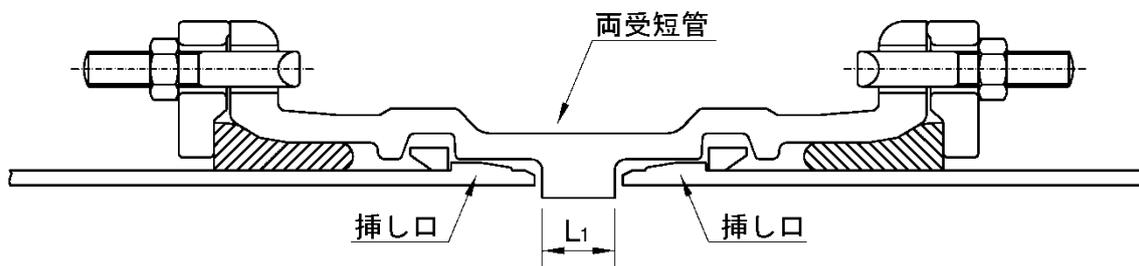


図13 両受短管の構造図

表 8 両受短管の有効長

呼び径	L ₁ (mm)
75～450	20

4. 2. 6 ソフトシール仕切弁（呼び径75～400）

GX形ソフトシール仕切弁を使用する場合、図14に示すL寸法を考慮する必要がある。

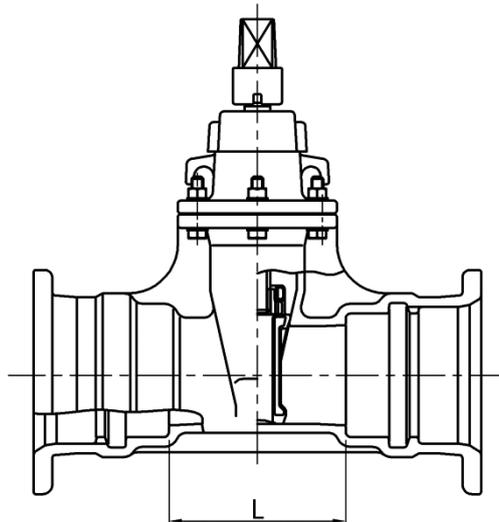


図14 ソフトシール弁の構造図

表 9 仕切弁の有効長(L)

呼び径	L (mm)
75	180
100	180
150	220
200	260
250	300
300	400
350	460
400	500

4. 2. 7 P-Link (呼び径75~300)

GX形直管の切管部を直管受口に接合する場合、切管部にP-Linkを取り付ける必要がある。図15にP-Linkを使用した場合の直管の継手構造を示す。

P-Linkの挿し口の胴付寸法は、通常の直管受口の標準胴付寸法Yより y_2 だけ長くなることになる。有効長は挿し口端部を基準とするため、P-Linkを使用することにより管路長は、図15に示すようになる。したがって、配管設計はこの寸法を考慮して行い、設計図にも明記する必要がある。P-Linkを使用した場合の伸び量を表10に示す。

また、ライナを使用した場合は、4. 2. 3と同様に離脱防止状態となるため y_2 寸法を考慮する必要はない。

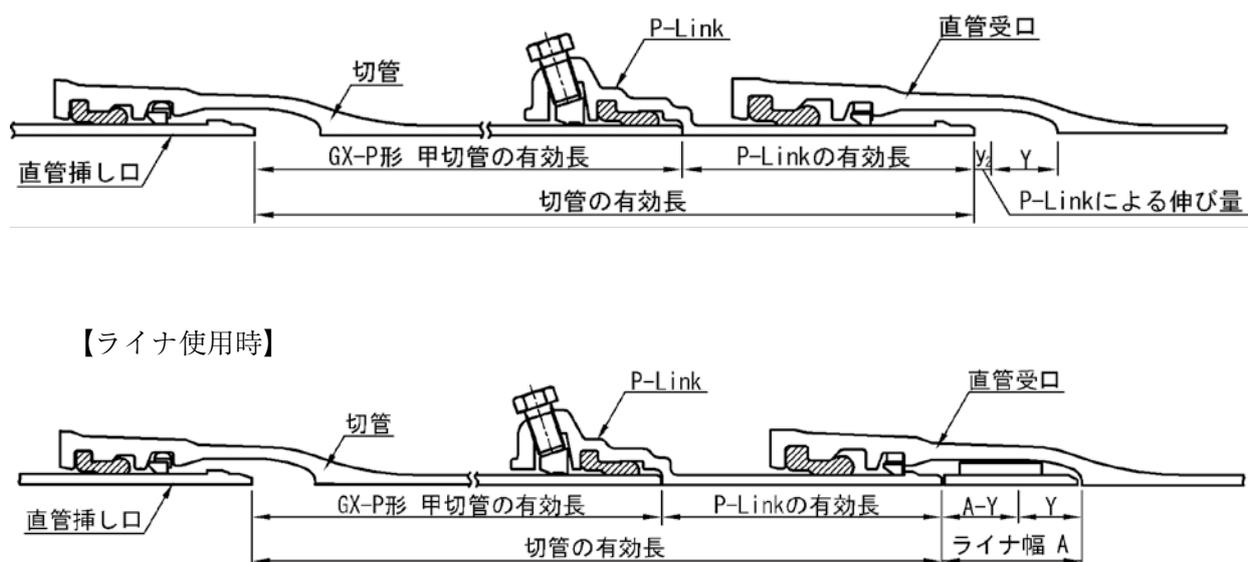


図15 P-Linkを使用した継手

表10 P-Link使用による伸び量

呼び径	P-Linkの有効長 (mm)	P-Linkによる 伸び量 y_2 (mm)
75	180	17
100	180	20
150	210	23
200	220	22
250	220	23
300	267	20

4. 2. 8 寸法記入例

以上を踏まえた配管設計時の寸法記入例を図16に示す。

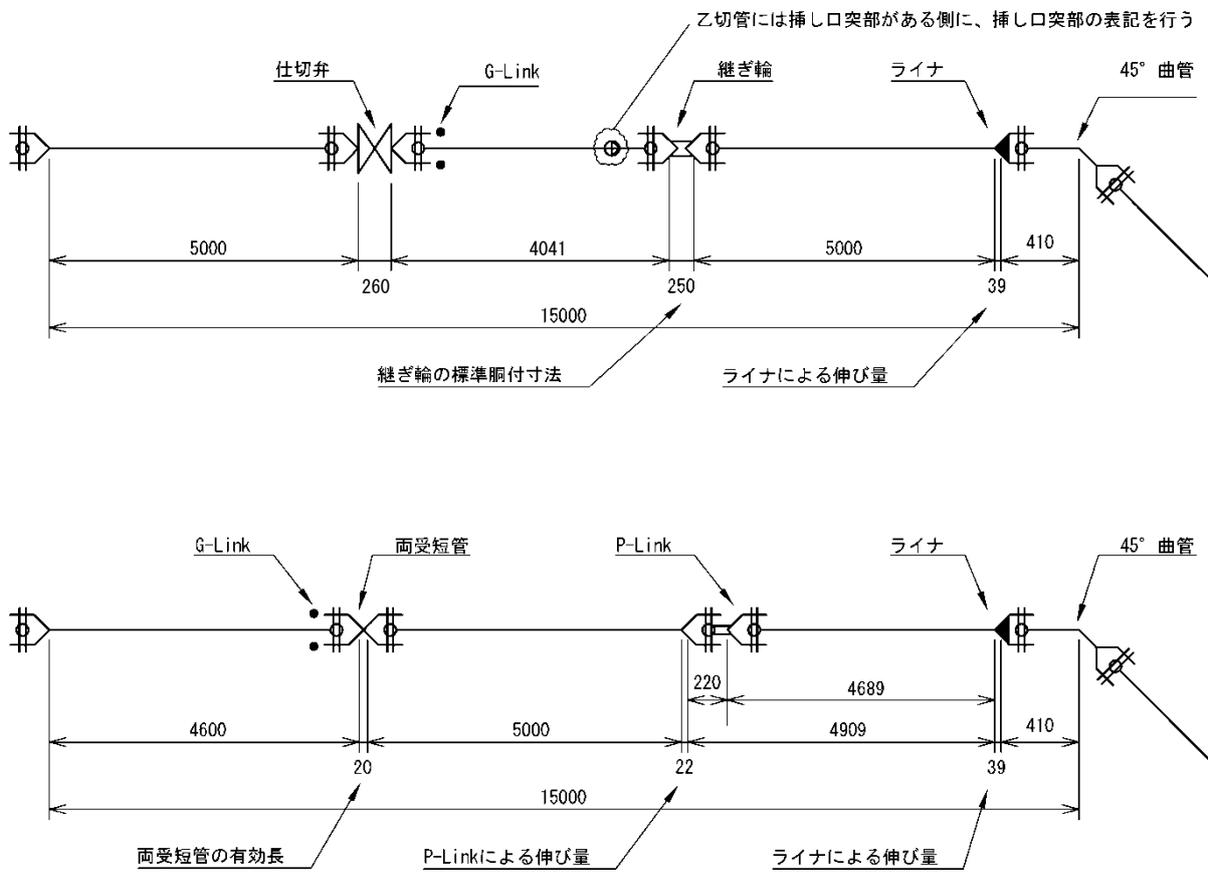


図16 寸法記入例（呼び径200の場合）

4. 3 地盤変状対策

ダクタイル鉄管による鎖構造管路は、継手部の可とう性によって地盤変動に無理なく追従することができる。大きな地盤変動が想定される箇所では、この継手の機能を生かして安全性の高い管路を構築することが重要である。

構造物との取り合い部や切土と盛土の境界部のように堅固な地盤から軟弱な地盤へと急激に土質が変化している箇所などでは、平常時あるいは地震時に地盤変動が集中し、管路が被害を受けやすい。したがって、以下の方法で地盤の想定変位量を吸収できるように管路を設計する。

(1)直管および調整管の継手による場合

参考までに図17に直管および調整管の継手による変位吸収状況を示す。

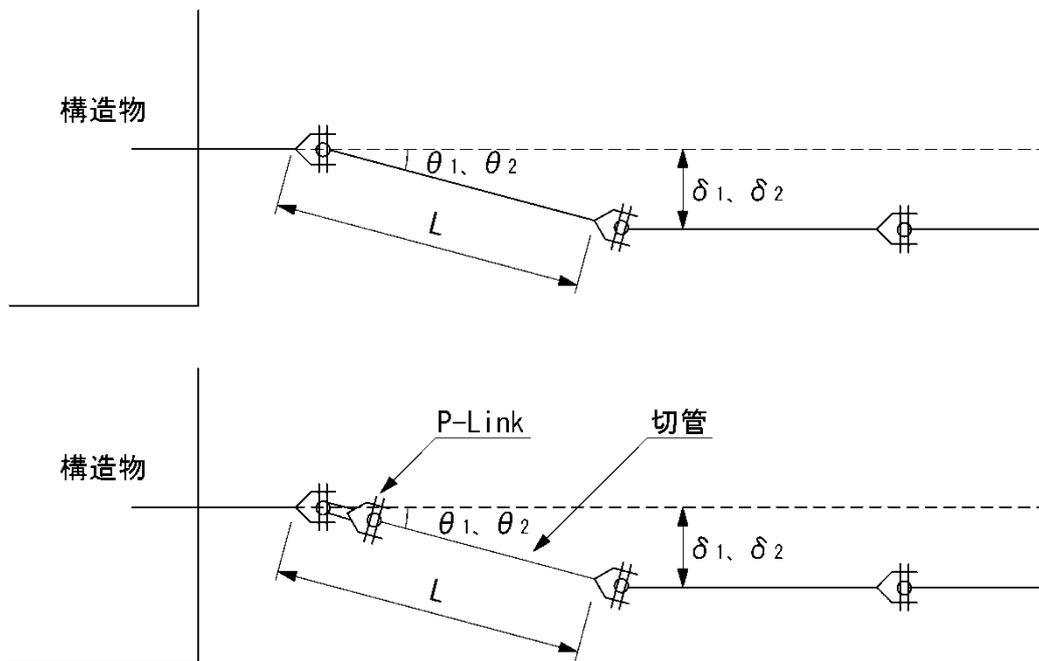


図17 直管および調整管の継手による変位吸収状況

この場合に吸収できる地盤変位量は次式で求まる。ここに、継手屈曲角は配管施工時の許容屈曲角で計算しており、設計時はこの範囲で検討することが望ましい。

$$\delta_1 = L \tan \theta_1$$

ここに、

δ_1 : 直管の継手によって吸収可能な地盤変位量 (設計時)

L : 管の有効長

θ_1 : 配管施工時の許容曲げ角度 {表4 (頁7) 参照}

なお、継手は地震時や地盤沈下時には最大屈曲角まで曲がりうるため、最大の変位吸収量は次式より求めることができる。

$$\delta_2 = L \tan \theta_2$$

ここに、

δ_2 : 直管の継手によって吸収可能な地盤変位量 (地震時あるいは地盤沈下時)

L : 管の有効長

θ_2 : 地震時や地盤沈下時の最大屈曲角 {表4 (頁7) 参照}

(2)継ぎ輪の継手による場合

図18に継ぎ輪による変位吸収状況を示す。継ぎ輪は2ヶ所の継手によって直管の2倍の屈曲角が得られるため、より安全性が高くなる。このため、構造物との取り付け部は、以下の継ぎ輪による対策の方を標準的に採用すべきである。

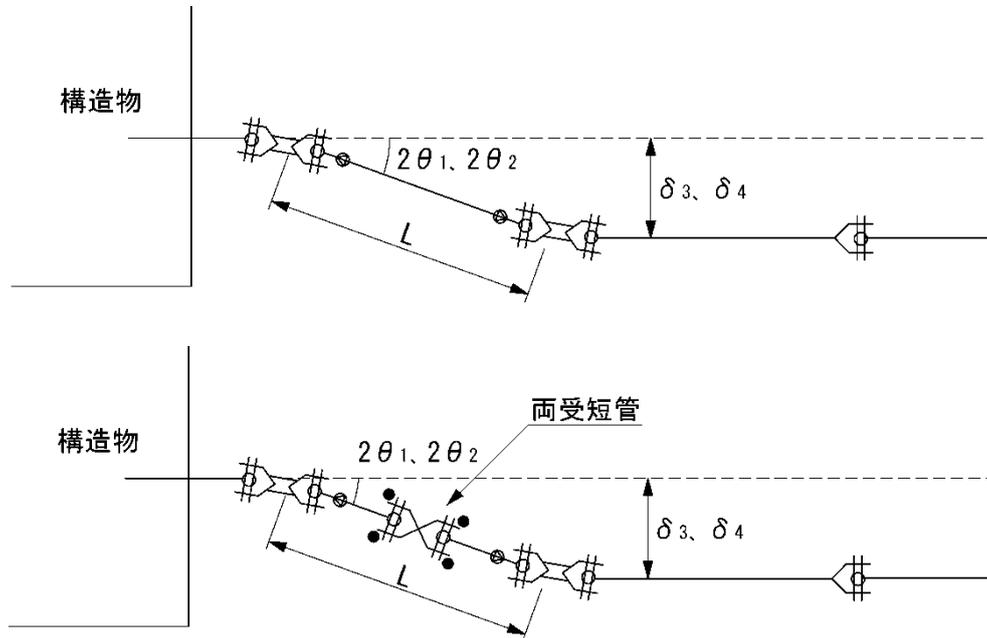


図18 継ぎ輪による変位吸収状況

継手の許容曲げ角度の範囲内で吸収できる地盤変位量は次式で求まる。

$$\delta_3 = L \tan 2\theta_1$$

ここに、

δ_3 : 継ぎ輪によって吸収可能な地盤変位量 (設計時)

L : 管の有効長

θ_1 : 配管施工時の許容曲げ角度 {表4 (頁7) 参照}

また、地震時や地盤沈下時には以下の地盤変位量を吸収できる。

$$\delta_4 = L \tan 2\theta_2$$

ここに、

δ_4 : 継ぎ輪によって吸収可能な地盤変位量 (地震時あるいは地盤沈下時)

L : 管の有効長

θ_2 : 地震時や地盤沈下時の最大屈曲角 {表4 (頁7) 参照}

4. 4 異形管防護の方法

曲管やT字管などの異形管の近傍に、K形などの一般継手やGX形やNS形などの伸縮継手、あるいは伸縮可とう管などがあると水圧による不平均力で異形管部が移動し、継手や可とう管の伸縮部が限界以上に伸び出す場合がある。このため、地中で管路を安定させるためには、確実な異形管防護を行うことが重要である。

鎖構造管路では、異形管前後の管を離脱防止継手で一体化し、管と土との摩擦力や管背面の地盤反力、あるいは離脱防止継手の曲げ剛性で不平均力を保持する方法が採用されている。これまでに布設されてきた鎖構造管路も主にこの方法で設計されており、兵庫県南部地震などの大地震でも一体化部を含めて管路に被害は発生していない。このため、異形管防護は、適切な一体化長さを確保することによって行うことを原則とする。

この一体化長さは、異形管の種類や形態に応じて定められた計算式に土かぶり、設計水圧等の管路の設計条件を入力することによって計算する（4.5.7～4.5.12の計算例参照）。これによって、個々の異形管部ごとに条件に応じた最適な一体化長さを適用していくことが重要である。

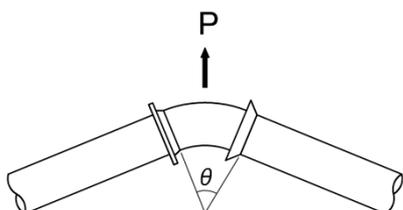
なお、4.5.3～4.5.5に呼び径75～1000（曲管部とT字管部、呼び径500以上は伏せ越し部とSバンド部も含む）の一体化長さを示す。これは、呼び径1100以上の管路に比べ延長が長く、施工時の配管変更が頻繁に行われる呼び径1000以下の管路の設計を従来よりも簡略化するために導入されたものであり、その有効性はFEM解析と埋設実証実験で検証されている。この設計法による一体化長さは、計算により求める必要がなく、かつ多くの場合は従来よりも一体化長さを短くすることができる。なお、後述のようにこの設計法は適用できる管路に制限があることと、管端部や仕切弁部および片落管部は4.5.11および4.5.12に示す一般的な方法で計算することに注意が必要である。

4. 5 一体化長さの設計

4. 5. 1 不平均力の作用箇所

管路の異形管部には水圧による不平均力が作用する。異形管防護が必要となる代表的な異形管部を図19に示す。

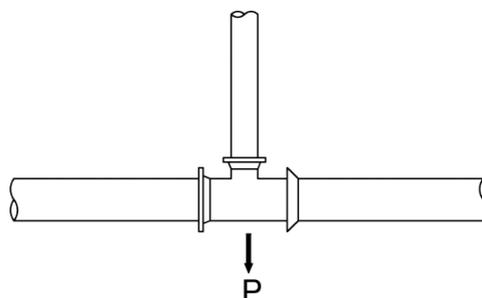
[曲管部]



$$P = 2p A \sin \frac{\theta}{2}$$

ここに、P：不平均力、p：水圧
A：管の断面積、 θ ：曲管角度

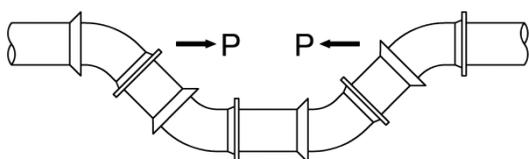
[T字管部]



$$P = p A$$

ここに、P：不平均力、p：水圧
A：枝管の断面積

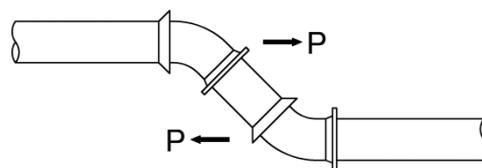
[伏せ越し部]



$$P = p A$$

ここに、P：不平均力、p：水圧
A：管の断面積

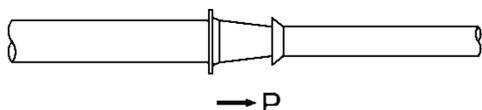
[Sベンド部、乙字管]



$$P = p A$$

ここに、P：不平均力、p：水圧
A：管の断面積

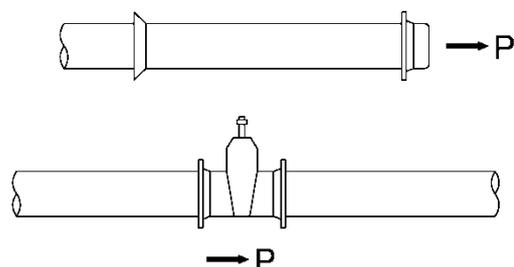
[片落管部]



$$P = p(A - a)$$

ここに、P：不平均力、p：水圧
A - a：管の断面積の差

[管端部（帽）および仕切弁部]



$$P = p A$$

ここに、P：不平均力、p：水圧
A：管の断面積

図19 不平均力の作用箇所

4. 5. 2 不平均力早見表

単位水圧当たりの不平均力を表11に示す。

表11 不平均力早見表 (水圧0.1MPa当たり、単位：kN)

呼び径	曲管部 ¹⁾					その他 ²⁾
	90°曲管	45°曲管	22 $\frac{1}{2}$ °曲管	11 $\frac{1}{4}$ °曲管	5 $\frac{5}{8}$ °曲管	
75	0.96	0.52	0.27	0.13	0.07	0.68
100	1.55	0.84	0.43	0.21	0.11	1.09
150	3.17	1.72	0.88	0.44	0.22	2.24
200	5.38	2.91	1.48	0.75	0.37	3.80
250	8.19	4.43	2.26	1.14	0.57	5.79
300	11.57	6.26	3.19	1.60	0.80	8.18
350	15.54	8.41	4.29	2.15	1.08	10.99
400	20.12	10.89	5.55	2.79	1.40	14.23
450	25.25	13.67	6.97	3.50	1.75	17.86
500	30.97	16.76	8.54	4.29	2.15	21.90
600	44.20	23.92	12.19	6.13	3.07	31.25
700	59.68	32.30	16.47	8.27	4.14	42.20
800	77.63	42.01	21.42	10.76	5.39	54.89
900	97.93	53.00	27.02	13.58	6.80	69.25
1000	120.37	65.14	33.21	16.68	8.36	85.11

注1) 図19(頁25)の曲管部の不平均力Pを示す。

2) 図19(頁25)のT字管部、伏せ越し部、Sバンド部、栓および仕切弁部の不平均力Pに相当する。

なお、片落管部の不平均力は小管側の口径によるため省略した。

備考) 各不平均力は外径 D_2 で計算した。

4. 5. 3 曲管部およびT字管部の早見表（呼び径75～300）

GX形の曲管部およびT字管部の一体化長さには、以下に示す早見表を適用することができる。

(1)適用条件

表12に一体化長さを適用できる管路の条件を示す。これらを一つでも満足しない場合はここに示す一体化長さを適用できないため、別途計算式により算出する。

表12 適用管路の条件

項目	内容
呼び径	75～300
設計水圧	1.3MPa以下
土かぶり	0.6m以上
埋め戻し条件	一般的な埋め戻し土でN値5程度以上の締め固めによる

注) 一般的な埋め戻し土とは、①原則として塩分の少ない良質の砂あるいは良質土。②掘削土を埋め戻し土に使用する場合は、良質土であることと、粘土塊や転石、木根など異物を除去したもの。

(2)一体化長さ

曲管部およびT字管部の一体化長さは、表13の早見表から選定する。これらは、異形管に隣接する管の最低限の必要一体化長さを示したものである。また、一体化長さに異形管の長さは含めないものとする。

表13 曲管部およびT字管部の一体化長さ（呼び径75～300） 単位：m

呼び径	曲管部 ¹⁾						T字管部 ²⁾				
	22.5°以下		22.5°を超え 45°以下		45°を超え 90°以下		設計水圧				
	設計水圧 (MPa)		設計水圧 (MPa)		設計水圧 (MPa)		設計水圧 (MPa)				
	0.75	1.3	0.75	1.3	0.75	1.3	0.75	1.3			
75	1	1	1	1	1	4	1	1			
100					5						
150					6	6					
200					8						
250					2	6			11	2	7
300					2	7			7	16	7

注 1) 単独曲管部では曲管の両側に一体化長さを確保する。

2) 枝管の呼び径で判断し、枝管側に表中の一体化長さを確保する。なお、本管側の一体化長さは呼び径によらず両側とも1mとする。

備考1) 表中の設計水圧は、0.75MPaは0.75MPa以下の場合、1.3MPaは0.75MPaを超え1.3MPa以下の場合に適用する。なお、設計水圧は静水圧と水撃圧を加えたものとする。

2) ポリエチレンスリーブの有無に関わらず、上表の値を適用する。

3) 曲管が2個以上の複合曲管部で90°を超え112.5°以下の角度であれば表13の45°を超え90°以下の曲管部の一体化長さをそのまま適用できる。ただし、112.5°を超える角度については管端部の一体化長さを用いる。

(3)解説

本設計法は、次項以降の計算による設計と概念が異なるため、以下に多くの事例を挙げ説明する。なお、図中の一体化長さは呼び径150、設計水圧1.3MPaの場合の例である。

①曲管部

曲管部の一体化長さは、複数の曲管が直結あるいは近接している場合でも、個々の曲管の曲がり角度で判断していくことを基本とする。すなわち、一体化長さを確保しようとする直管につながる曲管の曲がり角度で判断すればよい。このとき、計算により設計する場合のようにSベンド部、伏越部、切り回し部、ひねり配管部といった配管形態を特に考慮する必要はない。配管例を図20～22に示す。

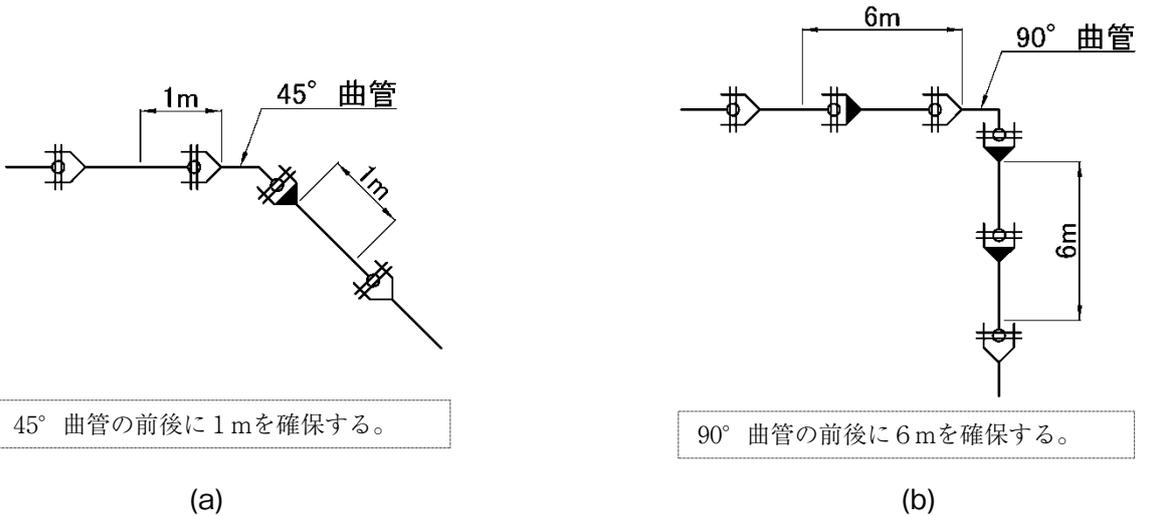


図20 単独曲管部

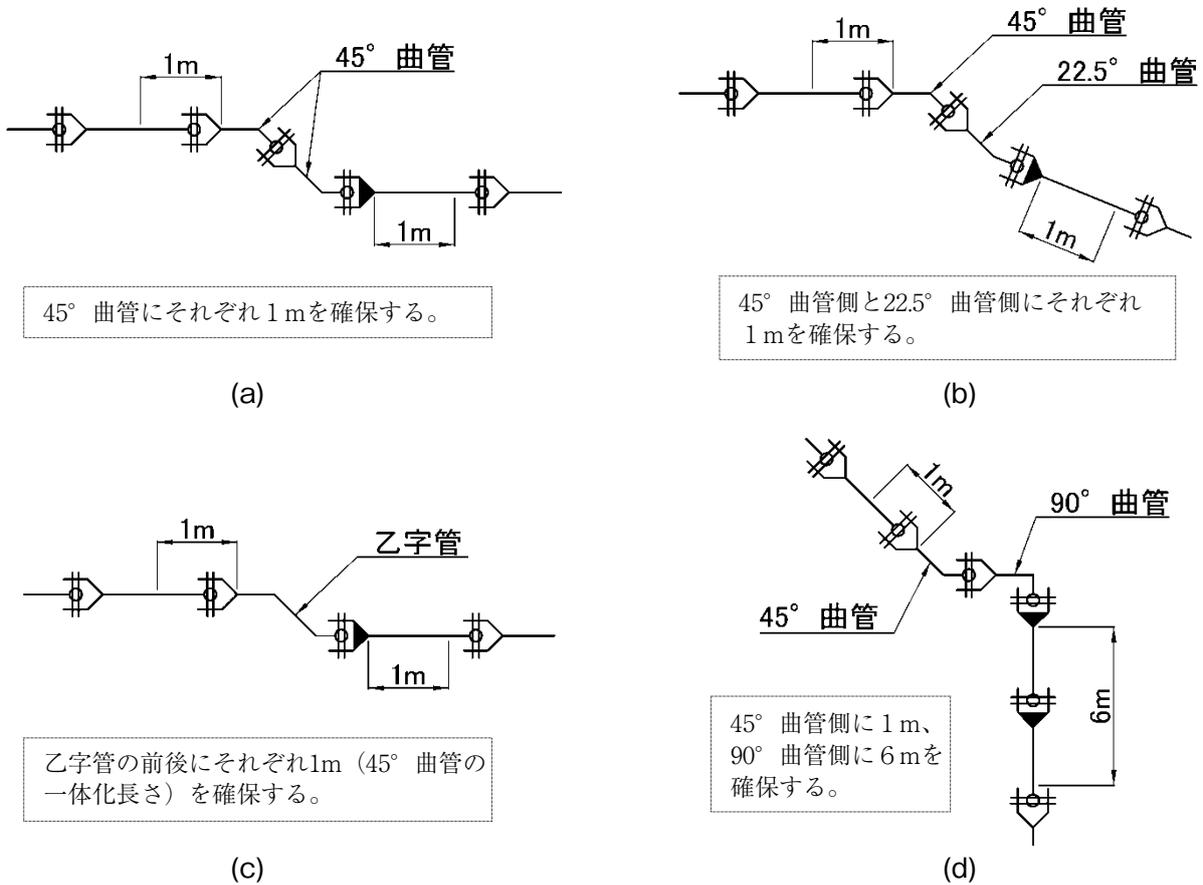


図21 単独曲管の組み合わせ (Sベンド)

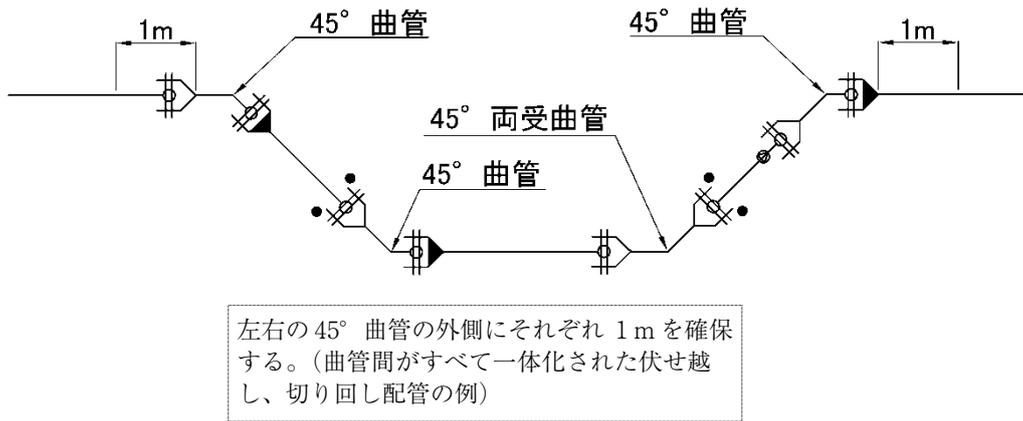


図22 単独曲管の組み合わせ (伏せ越し)

例外として、曲管が同一面内で曲がり角度が大きくなる方向に直結された場合は、それらの曲がり角度を合計した複合曲管部として取り扱う。(図23参照)

さらに、これらの曲管の間に直管あるいは切管がはさまる場合については、はさまる直管の長さが1m未満であれば曲がり角度を合計した複合曲管部として扱い、1m以上の場合はそれぞれを単独の曲管部として取り扱うものとする。(図24参照)

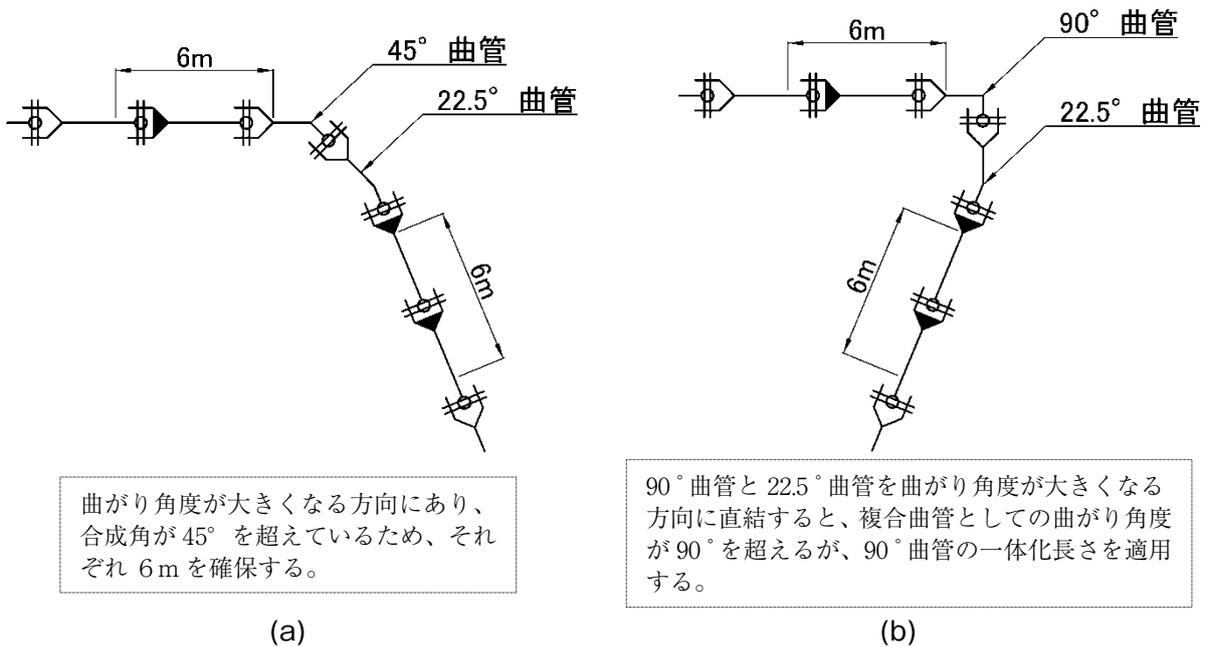
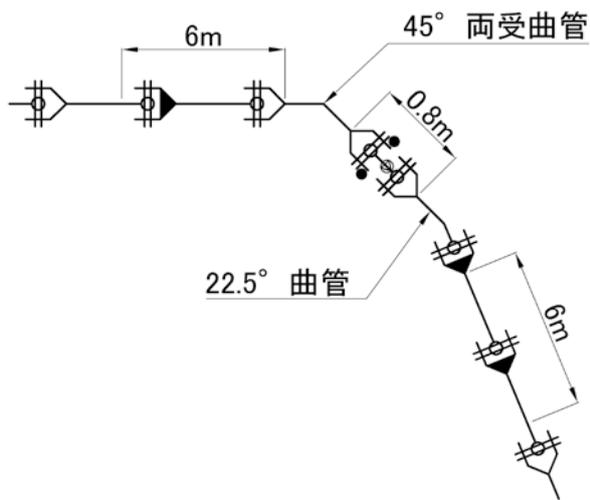
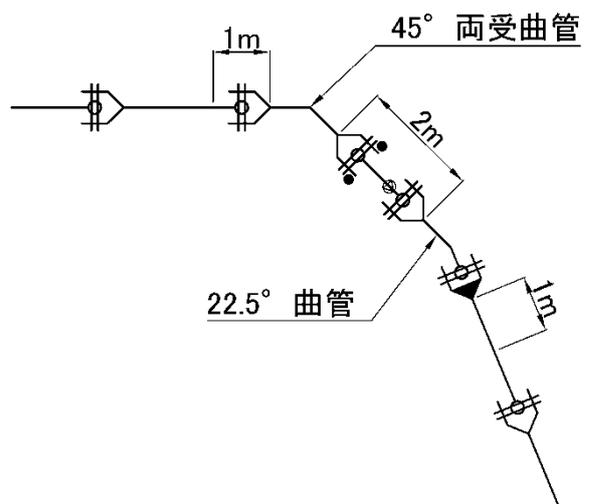


図23 複合曲管部 1



曲管間にはさまる管が1m未満であるため、同様に複合曲管部として扱い、それぞれ6mを確保する。(曲管間も一体化する)
 なお、切管長さは原則として1m以上とするため、本配管は説明用の事例である。

(a)



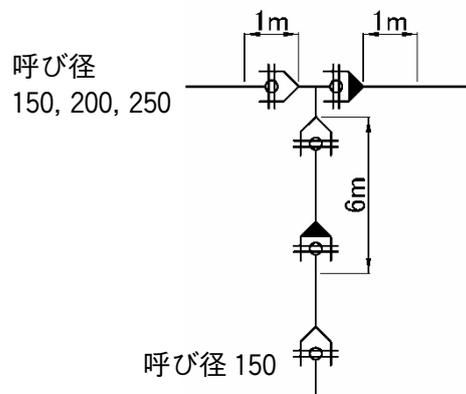
曲管間にはさまる管が1m以上であるため、それぞれ単独曲管部として扱い、各々1mを確保する。
 (曲管間は一体化する)

(b)

図24 複合曲管部 2

②T字管部

T字管部の一体化長さは枝管の呼び径で判断し、枝管側に表13の一体化長さを確保する。本管側は、呼び径によらずT字管の両側にそれぞれ1mを確保する。(図25参照)

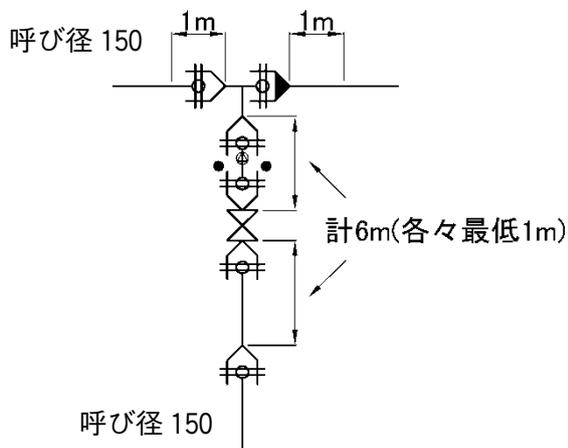


T字管の枝管側に6m、本管側に1mを確保する。

図25 T字管部

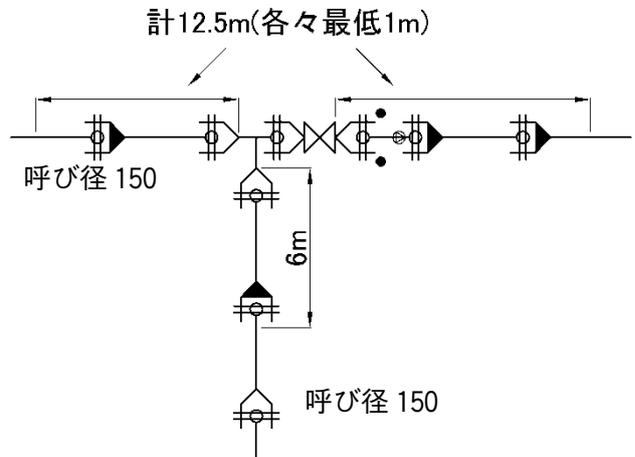
③複合異形管部

図26～図29に異形管部が近接した複合異形管部の設計水圧1.3MPa、土かぶり0.8mの場合の設計例を示す。ただし、呼び径150の仕切弁あるいは呼び径150×100の片落管の一体化長さは、それぞれ4.5.12および4.5.11の方法により12.5m、6.5mと求めたものとする。



[枝管側に仕切弁を設置]
T字管部と仕切弁部の不平均力の方向と大きさが同じであるため、T字管の一体化長さを確保する。

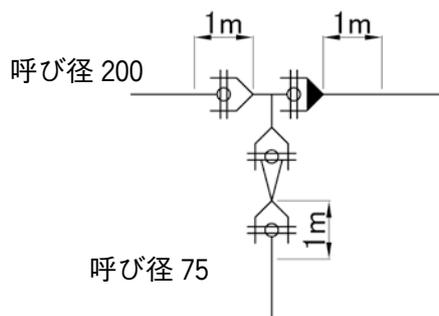
(a)



[本管側に仕切弁を設置]
T字管部と仕切弁部の不平均力の方向が直交するため、T字管と仕切弁それぞれの必要一体化長さを包含するように確保する。

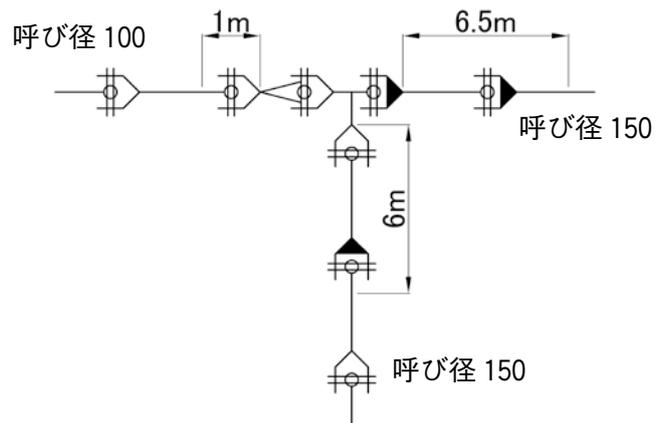
(b)

図26 T字管+仕切弁



[枝管側に片落管を設置]
T字管部の不平均力の一部が片落管で相殺されるため、枝管呼び径75のT字管の一体化長さを確保する。

(a)



[本管側に片落管を設置]
図26 (b)と同様、不平均力の向きが直交するため、T字管の一体化長さを確保したうえで、さらに片落管の一体化長さを大管側に確保する。

(b)

図27 T字管+片落管

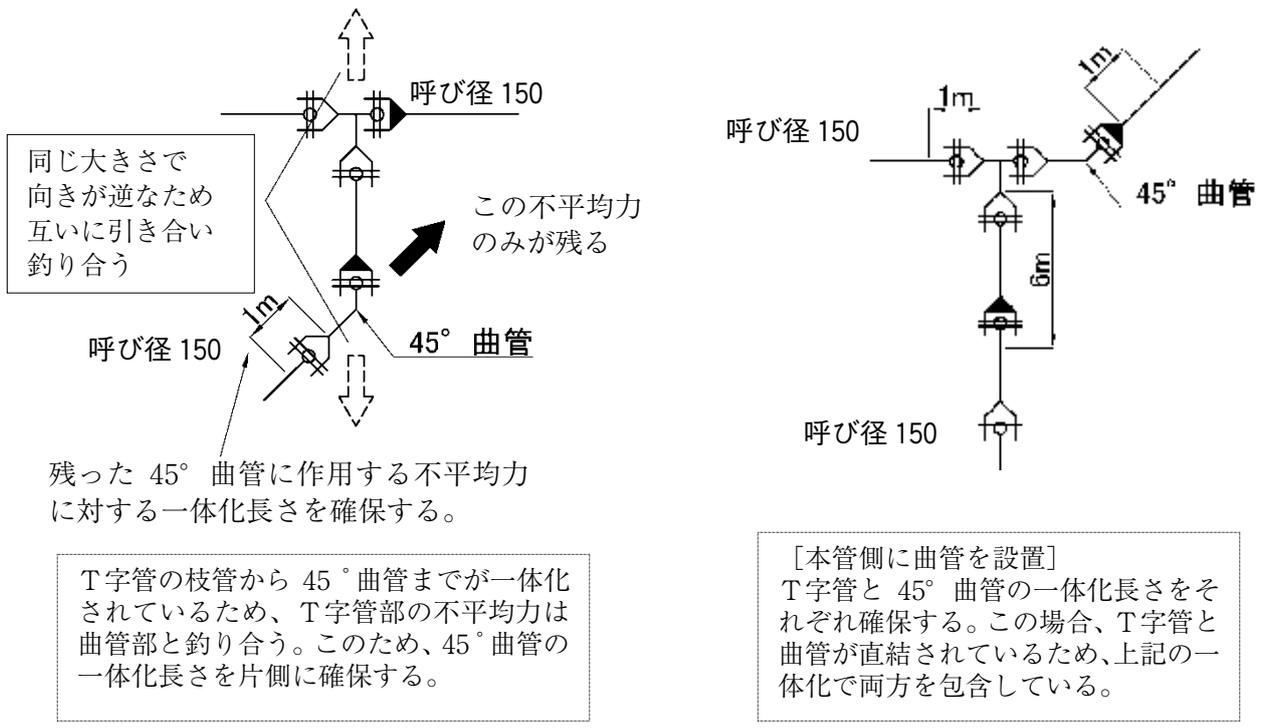


図28 T字管+曲管

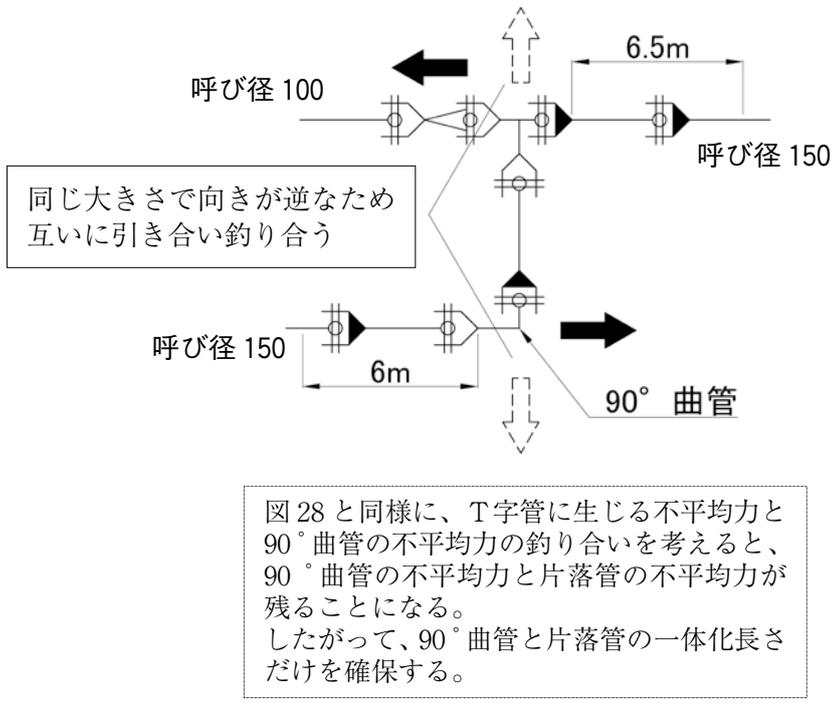


図29 T字管+片落管+曲管

4. 5. 4 曲管部およびT字管部の早見表（呼び径350～450）

呼び径350～450のGX形の曲管部およびT字管部の一体化長さには、以下に示す早見表を適用することができる。

(1)適用条件

表14に一体化長さを適用できる管路の条件を示す。これらを一つでも満足しない場合はここに示す一体化長さを適用できないため、別途計算式により算出する。

表14 適用管路の条件

項目	内容
呼び径	350～450
継手形式	GX形
設計水圧	1.3MPa以下
土かぶり	1.2m以上
埋め戻し条件	一般的な埋め戻し土でN値5程度以上の締め固めによる

注) 一般的な埋め戻し土とは、①原則として塩分の少ない良質の砂あるいは良質土。②掘削土を埋め戻し土に使用する場合は、良質土であることと、粘土塊や転石、木根など異物を除去したもの。

(2)一体化長さ

曲管部の一体化長さは表15の早見表から、T字管部の一体化長さは表16から選定する。これらは、異形管に隣接する管の最低限の必要一体化長さを示したものである。また、一体化長さに異形管の長さは含めないものとする。

表15 曲管部の一体化長さ¹⁾（呼び径350～450）

単位 m

土かぶり 1.2m							土かぶり 1.5m						
呼び径	22.5°以下		22.5°を超え 45°以下		45°を超え 90°以下		呼び径	22.5°以下		22.5°を超え 45°以下		45°を超え 90°以下	
	設計水圧 (MPa)		設計水圧 (MPa)		設計水圧 (MPa)			設計水圧 (MPa)		設計水圧 (MPa)		設計水圧 (MPa)	
	0.75	1.3	0.75	1.3	0.75	1.3		0.75	1.3	0.75	1.3	0.75	1.3
350	1	2	3	7	8	15	350	1	2	3	7	7	13
400					9	17	400					8	15
450		3	4	9	10	19	450		3	4	9	8	16

表16 T字管部の一体化長さ^{2) 3)}（呼び径350～450）

単位 m

土かぶり 1.2m				土かぶり 1.5m			
本管側 呼び径	枝管側 呼び径	設計水圧 (MPa)		本管側 呼び径	枝管側 呼び径	設計水圧 (MPa)	
		0.75	1.3			0.75	1.3
350	350	7	14	350	350	7	13
400	300	6	12	400	300	5	10
	400	7	16		400	7	15
450	300	5	12	450	300	4	10
	450	8	18		450	8	17

注1) 単独曲管部では曲管の両側に一体化長さを確保する。

2) 枝管の呼び径で判断し、枝管側に表中の一体化長さを確保する。なお、本管側の一体化長さは呼び径によらず両側とも1mとする。

3) 枝管が表16に示す呼び径より小さい場合は、表13のT字管部の値を用いて良い。

備考1) 適用条件：土かぶり1.2m以上

2) 表中の設計水圧は、0.75MPaは0.75MPa以下の場合、1.3MPaは0.75MPaを超え1.3MPa以下の場合に適用する。なお、設計水圧は静水圧と水撃圧を加えたものとする。

3) ポリエチレンスリーブの有無に関わらず、上表の値を適用する。

4) 曲管が2個以上の複合曲管部で90°を超え112.5°以下の角度であれば表15の45°を超え90°以下の曲管部の一体化長さをそのまま適用できる。ただし、112.5°を超える角度については管端部の一体化長さをを用いる。

(3)解説

呼び径350～450における一体化長さを確保する方法は、4.5.3(3)に示した呼び径75～300の考え方と同じである。

しかし、以下の条件の管路においては一体化長さを確保する考え方が異なるので注意が必要である。

- ・ 45° を超え90° 以下の曲管（複合曲管では112.5° まで）を含む複数の曲管で構成された管路
- ・ T字管とその枝管側に曲管を含む管路

①45° を超え90° 以下の曲管を含む複数の曲管で構成された管路

45° を超え90° 以下の曲管に隣接した異形管がある場合、まず、90° 曲管の一体化長さを隣接する曲管長を除いた直線部に確保する。

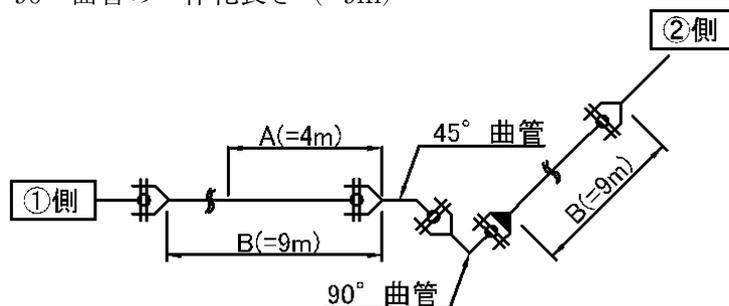
次に直線部へとつながる最後の曲管の一体化長さを確保する。

最後に2つの一体化長さを比べて、長い方を採用する。

配管例を図30～図32に示す。なお、図中の一体化長さは土かぶり1.2m、呼び径400、設計水圧0.75MPaの場合の計算例である。

A：45° 曲管の一体化長さ（=4m）

B：90° 曲管の一体化長さ（=9m）

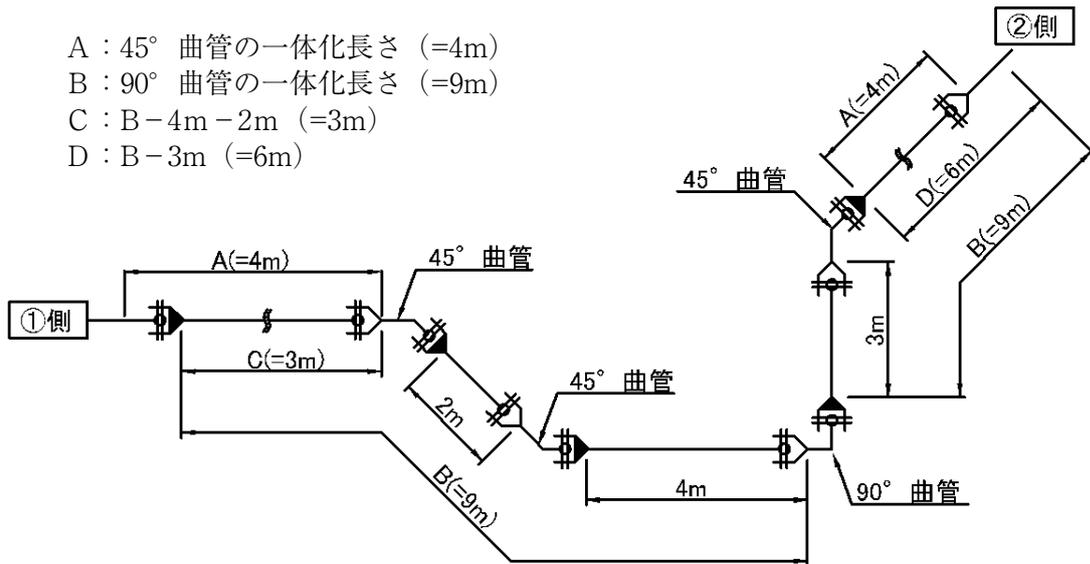


90° 曲管の一体化長さを①、②側に確保した場合の直管部分の一体化長さBと45° 曲管の一体化長さAを比べ、長い方の一体化長さを確保する。

①側はA（=4m）<B（=9m）よりB（=9m）を確保する。

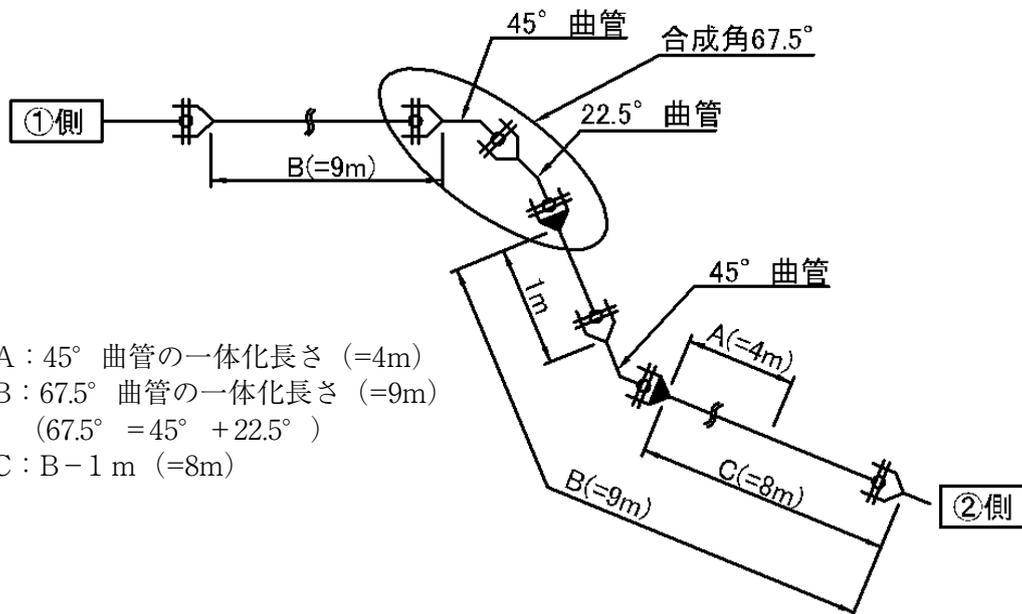
②側は90° 曲管の一体化長さを適用する。

図30 45° 曲管と90° 曲管が隣接している場合①



90° 曲管の一体化長さを①、②側に確保した場合の直管部分の一体化長さC,Dと45° 曲管の一体化長さAを比べ、長い方の一体化長さを確保する。
 ①側はC (=3m) < A (=4m) よりA (=4m) を確保する。
 ②側はD (=6m) > A (=4m) よりD (=6m) を確保する。

図31 45° 曲管と90° 曲管が隣接している場合②



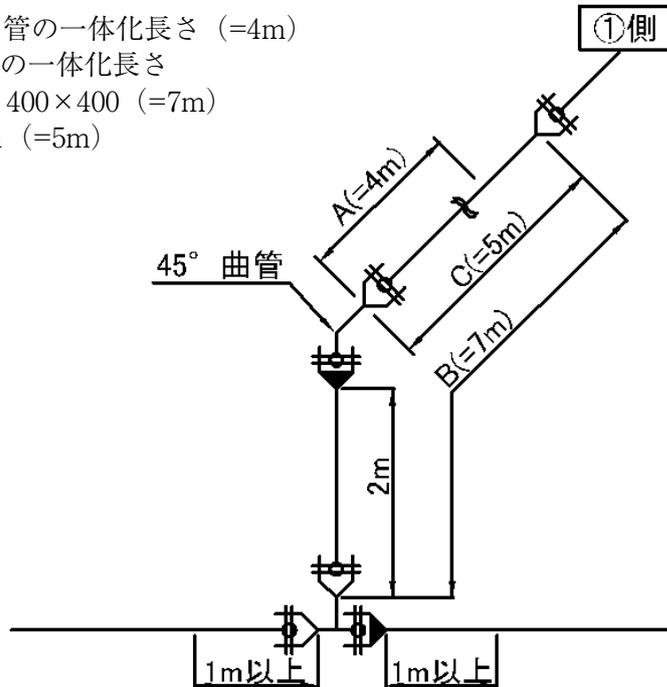
合成角が45° を超えているため、曲管の一体化長さを①、②側に確保した場合の直管部分の一体化長さCと45° 曲管の一体化長さAを比べ、長い方の一体化長さを確保する。
 ①側は45° を超え90° 以下の曲管の一体化長さを適用する。
 ②側はC (=8m) > A (=4m) よりC (=8m) を確保する。

図32 複合曲管部 (45° 曲管+22.5° 曲管)

②T字管部の枝管側に曲管がある場合の考え方

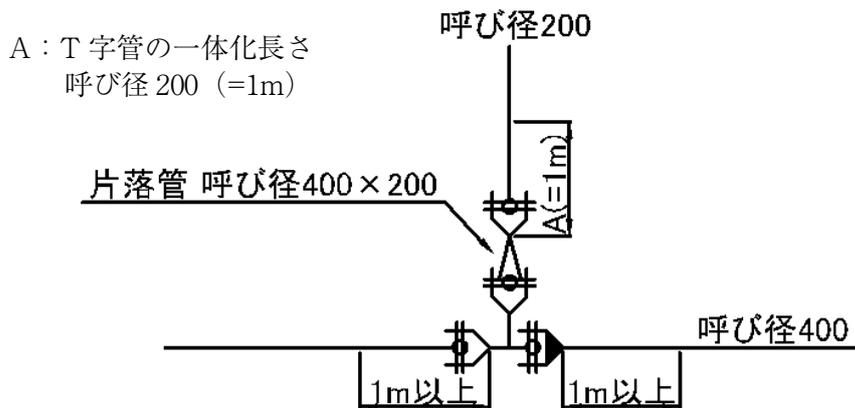
T字管部の枝管側に曲管がある場合、T字管の枝管側に確保する一体化長さとして、隣接する曲管の一体化長さとを比べて長い方の一体化長さを確保する。図33～図35に呼び径400、0.75MPaの場合の計算例を示す。

- A : 45° 曲管の一体化長さ (=4m)
- B : T字管の一体化長さ
呼び径 400×400 (=7m)
- C : B - 2m (=5m)



T字管の本管側に1mを確保し、枝管側にT字管一体化長さ7mを確保した場合の直管部分の一体化長さCと45° 曲管の一体化長さAを比べ、長い方の一体化長さCを確保する。

図33 T字管部 (T字管+45° 曲管)



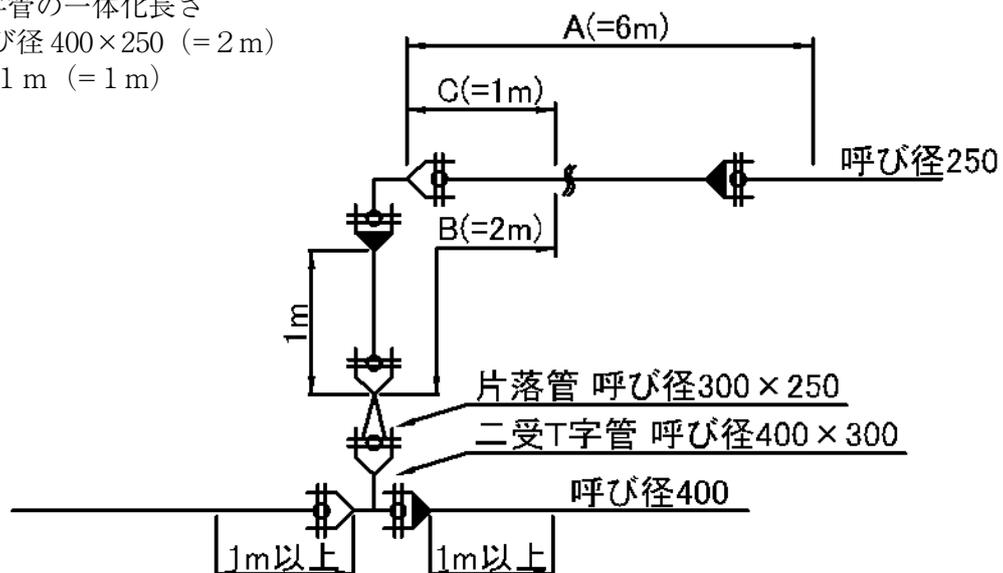
T字管部の不平均力の一部が片落管で相殺されるため、枝管呼び径が200のT字管の一体化長さを確保する。

図34 T字管部 (T字管+[枝管側 片落管])

A : 90° 曲管の一体化長さ (= 6 m)

B : T 字管の一体化長さ
呼び径 400×250 (= 2 m)

C : B - 1 m (= 1 m)



T字管部の不平均力の一部が片落管で相殺されるため、枝管呼び径が250のT字管の一体化長さを確保する。
枝管側に一体化長さ2mを確保した場合の直管部分の一体化長さCと90°曲管の一体化長さAを比べ、長い方の一体化長さAを確保する。

図35 T字管部 (T字管 + [枝管側 片落管 + 90°曲管])

4. 5. 5 曲管部、T字管部、伏せ越し部、Sベンド部の早見表（呼び径500～1000）

以下に、呼び径500～1000の異形管部に適用出来る一体化長さを示す。

(1)適用条件

表17に適用できる管路の条件を示す。これらを一つでも満足しない場合はここに示す一体化長さを適用できないため、別途計算式により算出する。

表17 適用管路の条件

項目	内容
呼び径	500～1000
継手形式	GX形
設計水圧	1.3MPa以下
土かぶり	1.2m以上
埋め戻し条件	一般的な埋め戻し土でN値5程度以上の締め固めによる

注) 一般的な埋め戻し土とは、①原則として塩分の少ない良質の砂あるいは良質土、②掘削土を埋め戻し土に使用する場合は、良質土であることと、粘土塊や転石、木根など異物を除去したもの。

(2)一体化長さ

曲管部、T字管部、伏せ越し部および垂直Sベンド部の一体化長さは、表18～表21の早見表から選定する。これらは、異形管に隣接する管の最低限の必要一体化長さを示したものである。また、一体化長さに異形管の長さは含めないものとする。

(3)解説

呼び径500～1000における一体化長さを確保する方法は、4. 5. 4 に示した呼び径350～450の考え方と同じである。

しかし、垂直Sベンドおよび伏せ越し管路においては考え方が異なる。呼び径75～450では、モーメントアームにかかわらず曲管管路と同じ一体化長さを確保すればよい。呼び径500～1000では、モーメントアームの違いによる継手部に発生する曲げモーメントの違いが無視できないため、モーメントアームごとに設定一体化長さが異なることに注意する必要がある。なお、モーメントアームが3mを超える場合は、4. 5. 7 以降で記載されている従来の設計式を用いて一体化長さを定める。

表18 曲管部の一体化長さ（呼び径500～1000）

単位：m

曲管角度	呼び径	土かぶり1.2m		土かぶり1.5m		土かぶり1.8m	
		設計水圧（MPa）		設計水圧（MPa）		設計水圧（MPa）	
		0.75	1.3	0.75	1.3	0.75	1.3
45°を超え 90°以下	500	8.0	16.0	6.5	13.0	6.5	12.0
	600	9.5	17.0	8.0	16.0	7.0	14.0
	700	10.5	19.0	9.0	17.0	8.0	15.5
	800	11.5	21.5	10.0	19.0	8.5	17.0
	900	12.0	22.0			9.0	18.0
	1000	13.0	24.0	12.0	22.0	11.0	20.0
22.5°を超え 45°以下	500	1.0	6.0	1.0	4.0	1.0	3.5
	600	2.0		2.0	5.0	2.0	5.0
	700	3.0	7.0	2.5	6.0	2.5	6.0
	800				7.0		7.0
	900			3.0	3.0	3.0	7.0
	1000	4.0	10.0	4.0	9.0	4.0	9.0
22.5°以下	500	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	600						
	700						
	800						
	900						
	1000						

備考1) 単独曲管部では曲管の両側に一体化長さを確保する。

2) 曲管が2個以上の複合曲管部で90°を超え112.5°以下の角度であれば上表の45°を超え90°以下の曲管部の一体化長さをそのまま適用できる。ただし、112.5°を超える角度については管端部の一体化長さをを用いる。

表19 T字管部の一体化長さ（呼び径500～1000）

単位：m

本管側 呼び径	枝管側 呼び径	土かぶり1.2m				土かぶり1.5m以上			
		設計水圧（MPa）				設計水圧（MPa）			
		0.75		1.3		0.75		1.3	
		Lp1	Lp2	Lp1	Lp2	Lp1	Lp2	Lp1	Lp2
500	350	1.0	1.0	1.5	6.0	1.0	1.0	1.5	6.0
	400		2.0	2.5			2.0	2.0	
	450		4.0	3.0			3.0	3.0	
	500		6.0	9.5			5.0	8.0	
600	400	1.0	1.0	1.5	6.0	1.0	1.0	1.5	6.0
	450		2.0	2.5			2.5	2.5	
	500		4.0	3.0			3.0	3.0	
	600	2.0	6.0	3.5	11.5	2.0	6.0	3.5	10.0
700	450	1.0	1.0	1.5	6.0	1.0	1.0	1.5	6.0
	500		2.5	2.5			2.5	2.5	
	600		5.0	4.0			4.0	4.0	
	700	2.5	6.0	4.0	13.5	2.5	6.0	4.0	13.0
800	500	1.0	1.0	2.5	6.0	1.0	1.0	1.5	6.0
	600		3.0	3.5			2.0	3.5	
	700	2.5	6.0	5.0	8.0	6.0	5.0	7.0	
	800	3.0	6.0	5.0	15.0	3.0	6.0	5.0	13.0
900	600	1.5	3.0	3.0	6.0	1.0	2.0	3.0	6.0
	700	2.0	6.0	4.5	9.5	2.5	6.0	4.0	8.0
	800	3.0		5.5				5.5	
	900	3.5	5.5	16.5	3.5	5.5	14.0		
1000	600	1.0	1.0	3.0	6.0	1.0	1.0	3.0	6.0
	800		4.0	5.5	7.0		4.0	5.0	
	1000	4.0	6.0	5.5	20.0	4.0	6.0	5.5	17.5

備考 1) 枝管が本表に示す呼び径より小さい場合は、表13、表16のT字管部の値を用いて良い。

2) 土かぶり1.8mの一体化長さは土かぶり1.5mの場合と同じ。

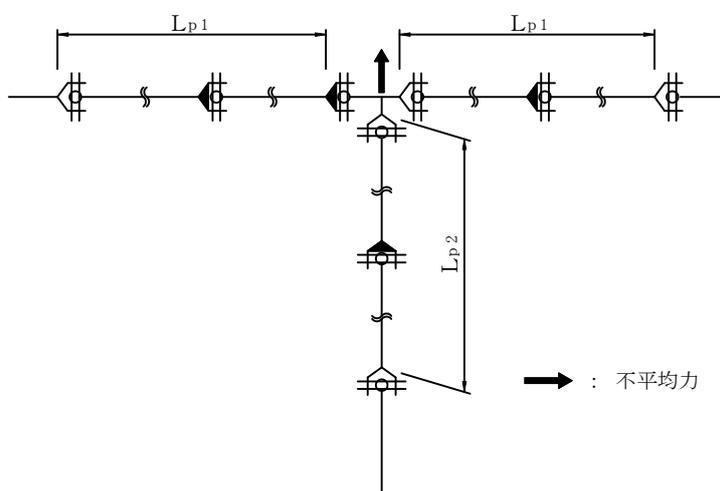


表20-1 伏せ越し部の一体化長さ（呼び径500～1000）

単位：m

曲管角度	モーメントアーム	呼び径	土かぶり1.2m		土かぶり1.5m		土かぶり1.8m	
			設計水圧 (MPa)		設計水圧 (MPa)		設計水圧 (MPa)	
			0.75	1.3	0.75	1.3	0.75	1.3
45° を超え 90° 以下	直結	500	6.5	11.0	6.5	9.5	6.5	9.0
		600	7.5	13.5		11.0		9.5
		700		14.0	7.5	13.5		10.5
		800	8.0	14.5			8.0	7.0
		900			7.5	13.0		
		1000						
	3m 以下	500	9.5	18.5	8.0	15.5	6.5	13.0
		600	11.0	20.0	9.5	18.0	8.0	15.5
		700	12.0	21.5	10.5	19.0	9.5	17.5
		800	12.5		11.0	19.5	10.0	
		900	—	—	—	—	—	—
		1000	—	—	—	—	—	—

備考 1) モーメントアーム 2 m 以下および呼び径 900 と 1000 におけるモーメントアーム 3 m 以下の場合、切管長さが 1 m 以下となり配管できないため一体化長さの設定なし。

2) 水平切り回し部の一体化長さも全く同一となる。

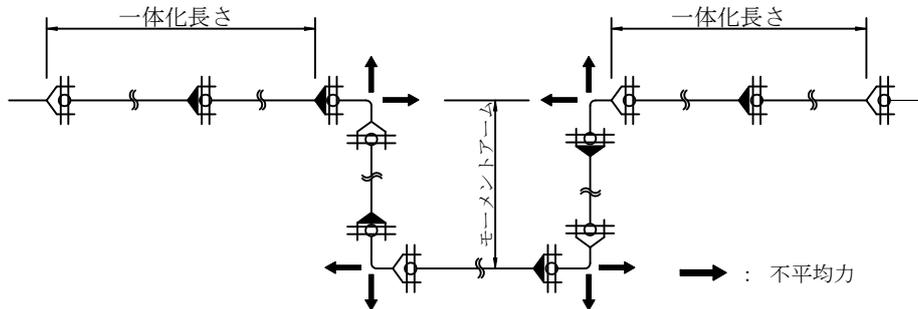


表20-2 伏せ越し部の一体化長さ（呼び径500~1000）

単位：m

曲管角度	モーメント アーム	呼び径	土かぶり1.2m		土かぶり1.5m		土かぶり1.8m	
			設計水圧 (MPa)		設計水圧 (MPa)		設計水圧 (MPa)	
			0.75	1.3	0.75	1.3	0.75	1.3
22.5°を超え 45°以下	直結	500	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
		600						
		700						
		800						
		900						
		1000						
	2 m 以下	500	6.0	13.0	5.0	12.0	4.0	10.0
		600	7.0		6.0	13.0	5.0	12.0
		700						
		800						
		900						
		1000						
	3 m 以下	500		6.0	13.0		5.0	
		600	7.0	15.0	6.0	13.0	5.0	12.0
		700		18.0	7.0	15.0	6.0	13.0
		800		8.0		19.0	17.0	7.0
		900						
		1000						

備考 1) 曲管角度が22.5°以下の場合は表18を用いて良い。

2) 水平切り回し部の一体化長さも全く同一となる。

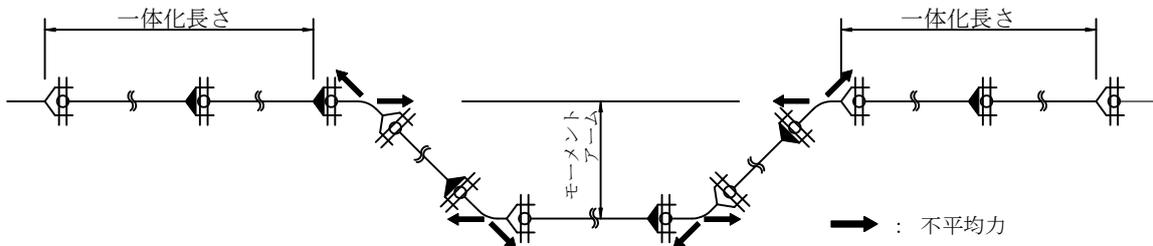


表21-1 Sベンド部の一体化長さ（呼び径500~1000）

単位：m

曲管 角度	モー メント アーム	呼び径	土かぶり1.2m				土かぶり1.5m				土かぶり1.8m以上								
			設計水圧 (MPa)				設計水圧 (MPa)				設計水圧 (MPa)								
			0.75		1.3		0.75		1.3		0.75		1.3						
			Lp1	Lp2	Lp1	Lp2	Lp1	Lp2	Lp1	Lp2	Lp1	Lp2	Lp1	Lp2					
45°を超え 90°以下	直結	500	2.5	2.0	6.5	6.0	1.5	1.0	6.0	6.0	1.5	1.0	6.0	6.0					
		600				7.0	6.5	2.0	1.5	6.5					6.5	2.0	1.5		
		700			2.5			2.0	2.5		2.0								
		800			—			—	—		—	—	—			—	—	—	—
		900																	
		1000																	
	3 m 以下	500	9.5	6.0	18.0	11.5	8.0	6.0	15.0	11.0	6.5	6.0	12.5	11.0					
		600	10.5	7.5	18.5	12.5	9.0	7.0	16.5	12.5	7.5	6.5	13.5	12.5					
		700				13.5				13.5				13.0					
		800	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					
		900																	
		1000																	

備考1) モーメントアーム 2 m以下および呼び径900と1000におけるモーメントアーム 3 m以下の場合、切管長さが1 m以下となり配管できないため一体化長さの設定なし。

2) 土かぶりはLp1側を示す。

3) 水平Sベンドの場合は左右ともLp1を確保すれば良い。

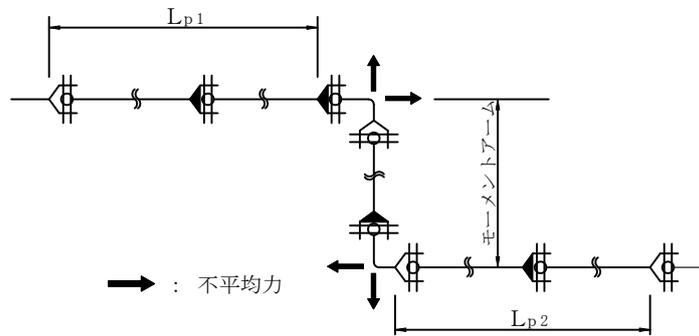


表21-2 Sベンド部の一体化長さ（呼び径500～1000）

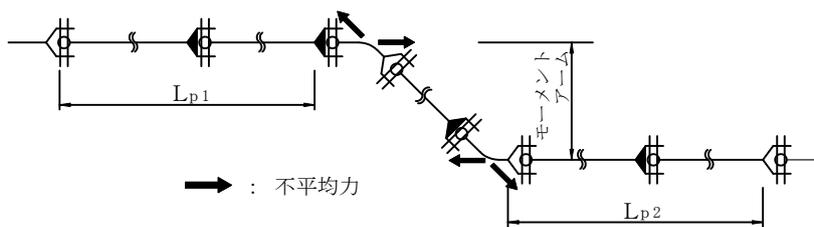
単位：m

曲管 角度	モーメント アーム	呼び径	土かぶり1.2m				土かぶり1.5m				土かぶり1.8m以上			
			設計水圧（MPa）				設計水圧（MPa）				設計水圧（MPa）			
			0.75		1.3		0.75		1.3		0.75		1.3	
			Lp1	Lp2	Lp1	Lp2	Lp1	Lp2	Lp1	Lp2	Lp1	Lp2	Lp1	Lp2
22.5°を超え 45°以下	直結	500												
		600												
		700	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
		800												
		900												
		1000												
	2 m 以下	500	1.0	1.0	7.0	5.0	1.0	1.0	6.0	5.0	1.0	1.0	6.0	5.0
		600				6.0			7.0	6.0			7.0	6.0
		700	3.0	2.0			2.0	2.0			2.0	2.0		
		800			8.0	7.0				7.0				
		900	4.0	3.0			4.0	3.0	8.0		3.0	3.0	8.0	7.0
		1000												
	3 m 以下	500	1.0	1.0	7.0	5.0	1.0	1.0	6.0	5.0	1.0	1.0	6.0	5.0
		600	3.0			6.0		1.0	7.0	6.0	2.0		7.0	6.0
		700	4.0	2.0	10.0		3.0	2.0	9.0		3.0	2.0		
		800				7.0				7.0				7.0
		900	5.0	3.0	11.0		4.0	3.0	10.0		4.0	3.0	10.0	
		1000												

備考 1) 土かぶりはLp1側を示す。

2) 水平Sベンドの場合は左右ともLp1の一体化長さを確保すれば良い。

3) 曲管角度が22.5°以下の場合は表18を用いて良い。



4. 5. 6 早見表適用時の留意点

(1)適用範囲外の管路

4. 5. 3、4. 5. 4および4. 5. 5に示す一体化長さは、以下の管路には適用できないため注意が必要である。

①以下の条件に該当するGX形管路

- ・設計水圧が1.3MPaを超える場合

この場合の曲管部、T字管部、伏せ越し部およびSベンド部の一体化長さは、表13、表15、表16および表18～21の早見表を適用できないため従来からの計算式により算出する。

- ・呼び径500～1000の伏せ越し部およびSベンド部で、モーメントアームが3mを超える場合など表20および表21に記載のない配管の場合

②K形、T形管路およびK形、T形管路で異形管部のみにGX形を使用する管路

埋設実験によると、本資料の一体化長さを適用した場合の異形管部の移動量は十分に小さく、その安全性は実証されたものであるが、将来、必要な対策を施さずに他工事等で異形管部の近傍が掘削された場合などの安全性までを考慮したものではない。このため、直管の継手が離脱する可能性のある一般管路には適用しない。

(2)既に設計された管路への対応

従来からの計算式により算出された一体化長さは、通常4. 5. 3、4. 5. 4および4. 5. 5の一体化長さよりも長く、水圧による不平均力に対してより安全側となる。このため、既設あるいは既に設計された管路に対する布設替えや設計変更等の対応は不要である。

(3)既設管路等との接続

K形、T形などの既設の一般管路と新設の耐震管路の連絡部には4. 5. 3、4. 5. 4および4. 5. 5の一体化長さは適用できない。したがって、連絡部は計算による従来の考え方で必要な一体化長さを確保するか、連絡部に防護コンクリートを打設する等の対策を施すことになる。

ただし、連絡部そのものに不平均力が生じておらずかつ連絡部に最も近い新設管の不平均力作用箇所までの離隔距離 L が4. 5. 3、4. 5. 4および4. 5. 5の一体化長さの2倍あるいは計算による従来の一体化長さ以上に離れている場合は、連絡部から十分離れているものとみなし、その不平均力作用箇所には表13、表15、表16および表18～21の一体化長さをとってもよい。

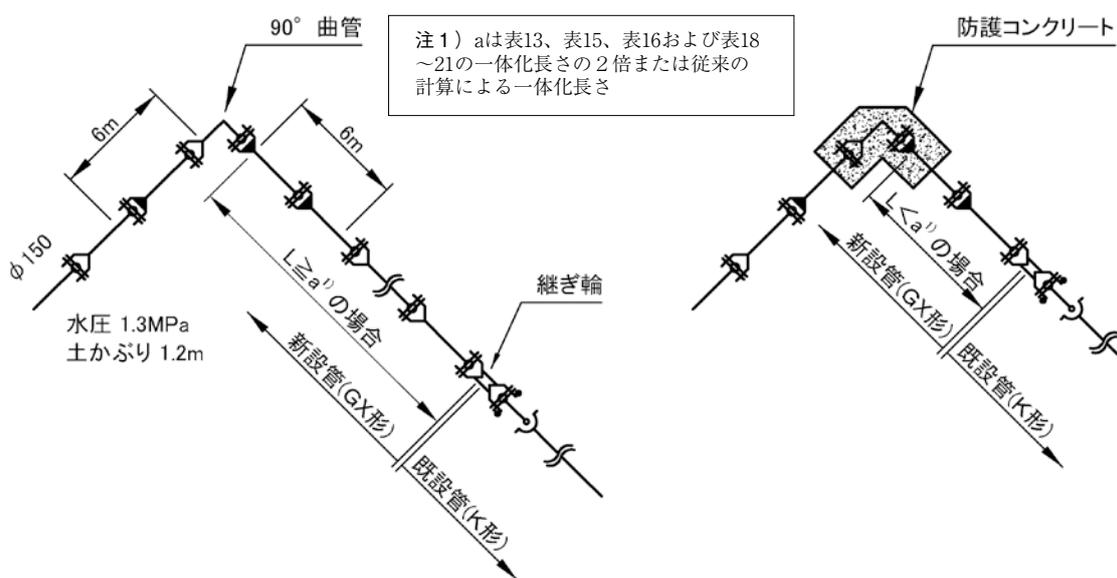


図36 既設管路との接続

(4)管路末端部、および仕切弁近傍に曲管がある場合の一体化長さ

図37に示すように管路末端部、および仕切弁近傍に曲管がある場合は、4.5.3、4.5.4および4.5.5の一体化長さを適用するのではなく4.5.12による管端部の一体化長さを確保する。この管端部の一体化長さを確保する場所は、(a)のように曲管の両側に管端部の一体化長さを分けて確保しても良い。また単独曲管部、Sベンド、および伏せ越し部等の曲管部の近傍に仕切弁がある場合についても、(b)、(c)のように管端部の一体化長さを曲管の両側や仕切弁をはさんで確保しても良い。

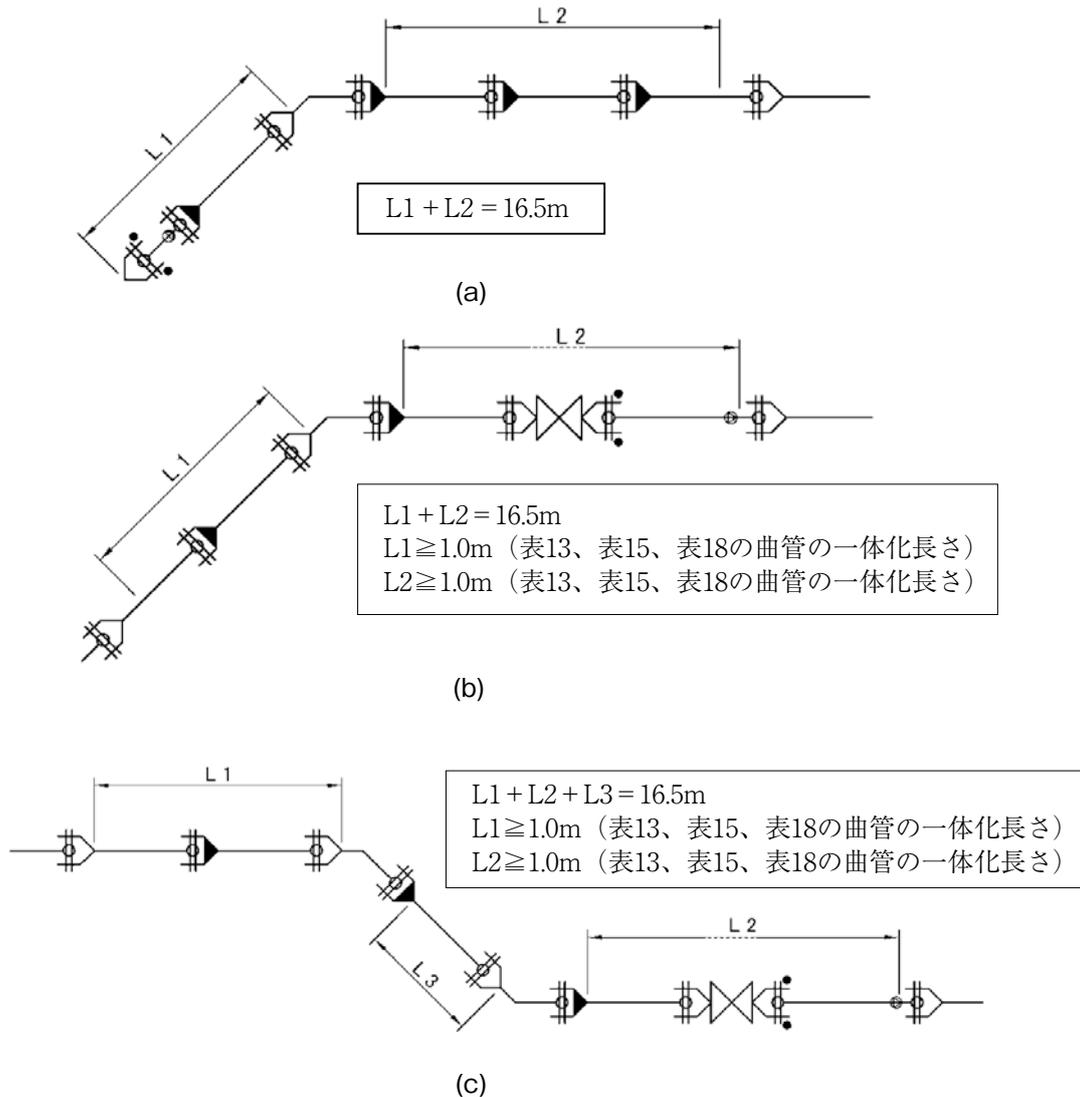


図37 管路末端部、および仕切弁近傍に曲管がある場合の一体化長さ

(5)水圧

水圧は0.75MPa、1.3MPaの2種類であり、これと異なる水圧の一体化長さを比例配分するなどして求めることはできない。

(6)T字管

T字管の適用範囲は、枝管だけでなく本管も呼び径1000以下である場合となる。

(7)事業体の設計基準との整合

事業体の本手法による設計法を採用していない場合は、事業体からの指示を優先するものとする。

4. 5. 7 水平曲管部の計算例

一例として、GX形離脱防止継手による呼び径500×45°水平曲管部の必要一体化長さの計算方法を示す。ここにいう曲管部とは、曲管前後の離脱防止継手による一体化範囲の両端が伸縮継手によって自由となるような管路中に単独に配置されるものをいう。

(1)検討条件

①呼び径および接合形式	: 500GX形 (S種)
②管外径	: $D_2 = 0.528 \text{ m}$
③公称管厚	: $T = 0.0085 \text{ m}$
④曲管角度	: $\theta = 45^\circ$
⑤設計水圧 (= 静水圧 + 水撃圧)	: $p = 1.3 \text{ MPa} (= 1300 \text{ kN/m}^2)$
⑥土かぶり	: $h = 1.2 \text{ m}$
⑦地盤反力係数	: $k = 3000 \text{ kN/m}^3$
⑧管と土との摩擦係数	: $\mu = 0.3$
⑨土の単位体積重量	: $\gamma_s = 16 \text{ kN/m}^3$
⑩ダクタイル鋳鉄の弾性係数	: $E = 1.6 \times 10^8 \text{ kN/m}^2$
⑪継手の限界曲げモーメント	: $M_0' = 360 \text{ kN}\cdot\text{m}$ {表29 (頁93) による}
⑫曲管部の許容移動量	: $\delta_0 = 0.02 \text{ m}$

(2)一体化長さの検討

図38に検討を行う曲管部の概要を示す。曲管部に水圧による不平均力 P が作用すると曲管部は不平均力 P の方向に δ だけ移動する。このとき曲管と一体化された直管部には管背面の地盤からの反力 q および管と土との摩擦力 f が不平均力 P の抵抗力として作用する。曲管部は $A-A$ 断面に対して左右対象であるため片側について考えれば、直管と曲管の継手部には $P/2$ の分力として管軸直角方向に P_1 、管軸方向に P_2 の力、また q によって曲げモーメント M が作用する。さらに、曲管部は P_1 によって δ_1 、 P_2 によって δ_2 だけ移動する。このとき、 $\vec{P}_1 + \vec{P}_2 = \vec{P}/2$ および $\delta_1 + \delta_2 = \delta$ を満足し、かつ、曲管継手部の M に対する安全率が2.5以上、 δ が許容移動量以下となるように曲管両側にそれぞれ確保すべき一体化長さ L_p を求める。ただし、曲管部に作用する土圧および曲管部の変形は無視し、曲管部は平行移動するものとする。

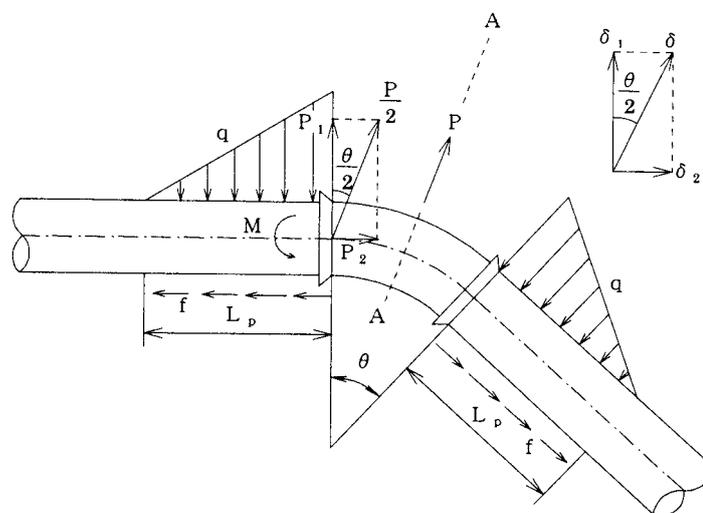


図38 曲管部の概要

一体化長さの計算手順を図39に示す。計算時の初期値は $L_p=1.0\text{m}$ とし、必要に応じて $\Delta L_p=0.1\text{m}$ ずつ増加させながら移動量および継手の安全率の条件を満足するまで繰り返し計算を行う。

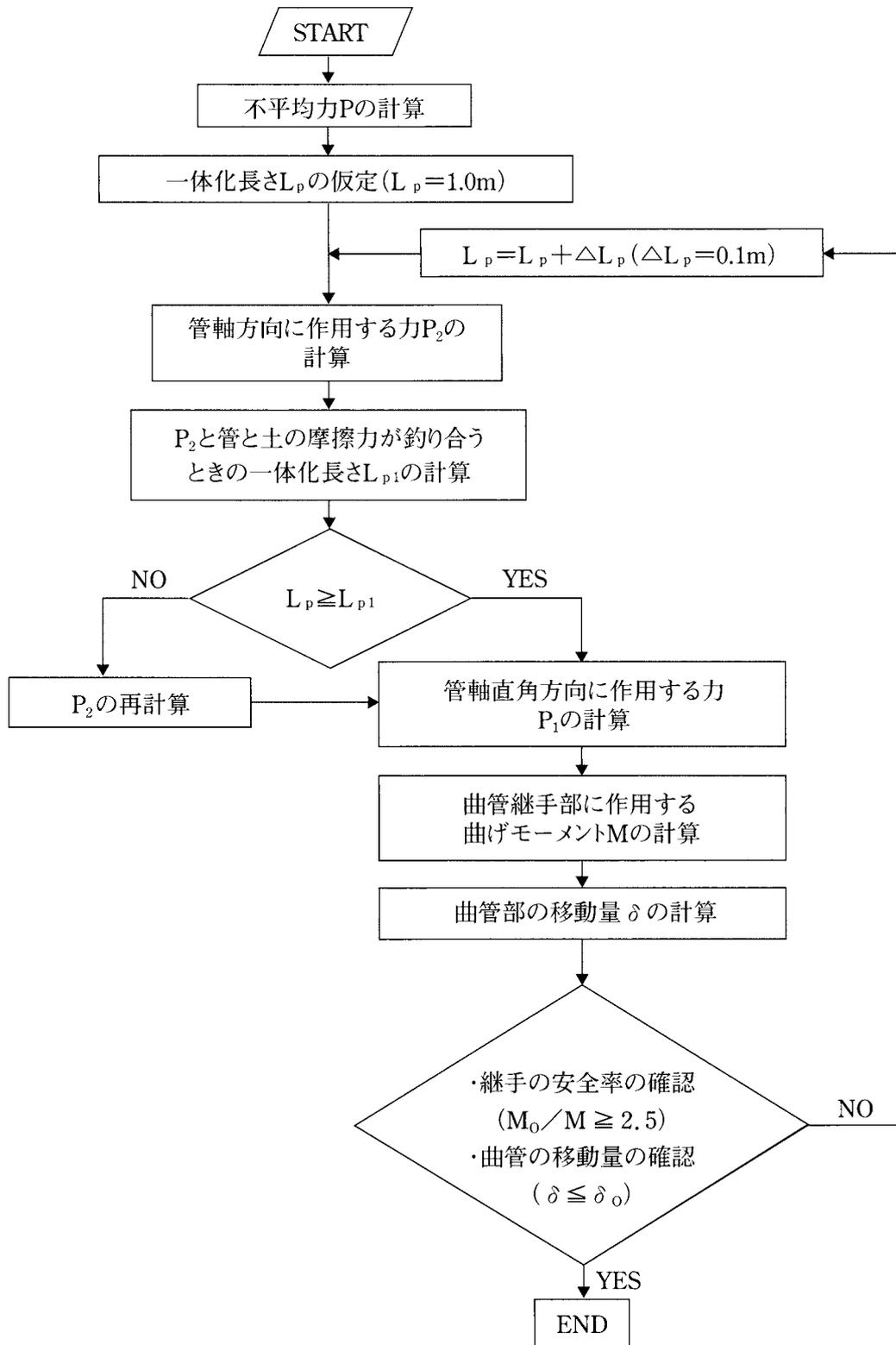


図39 計算手順

①曲管部に作用する不平均力

$$P = 2pA_0 \sin\left(\frac{\theta}{2}\right) = 217.857 \text{ kN} \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここに、P : 曲管部に作用する不平均力 (kN)

p : 設計水圧 (1300 kN/m²)

A₀ : 管の断面積 ($= \frac{\pi}{4} D_2^2 = 0.219 \text{ m}^2$)

D₂ : 管外径 (=0.528 m)

θ : 曲管角度 (=45°)

②計算管厚

管内径の計算に用いる計算管厚を以下に示す。

なお、計算管厚は公称管厚Tから管厚の許容差を引いたものである。

[T ≤ 0.01mの場合]

$$t = T - 0.001 \quad \dots\dots\dots (2)$$

[T > 0.01mの場合]

$$t = T / 1.1 \quad \dots\dots\dots (3)$$

ここに、t : 計算管厚 (m)

T : 公称管厚 (=0.0085 m)

本条件の場合、(2)式よりt=0.0075mとなる。

③土かぶりによる土圧

土かぶりによる土圧は、管中心での土かぶり(以下、有効土かぶりという)で計算する。有効土かぶり 2 m以下の場合は垂直公式で計算し、2 mを越える場合はヤンセン公式の値と有効土かぶり 2 mの垂直公式の値を比較して大きい方を使用する。

ここでは、以下に示す垂直公式で計算する。

$$W_f = \gamma_s h_c \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$= 23.4 \text{ kN/m}^2$$

ここに、W_f : 垂直公式による土圧 (kN/m²)

γ_s : 土の単位体積重量 (=16 kN/m³)

h_c : 有効土かぶり ($= h + \frac{D_2}{2} = 1.464 \text{ m}$)

h : 土かぶり (=1.2 m)

④管軸方向に作用する力(1)

曲管の片側一体化長さを $L_p=8.3\text{m}$ と仮定する。この場合の管軸方向に作用する力は次式で求まる。

$$P_2 = -\frac{\beta\alpha}{k} X \tan^2\left(\frac{\theta}{2}\right) + \sqrt{\left\{\frac{\beta\alpha}{k} X \tan^2\left(\frac{\theta}{2}\right)\right\}^2 + \frac{P\beta\alpha \tan\left(\frac{\theta}{2}\right)}{k \cos\left(\frac{\theta}{2}\right)} X}$$

$$= 243.850 \text{ kN} \dots\dots\dots (5)$$

ここに、 P_2 : 管軸方向に作用する力 (kN)

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{k D_2}{4 E I}} \text{ (m}^{-1}\text{)} \dots\dots\dots (6)$$

k : 地盤反力係数 (= 3000 kN/m^3)

D_2 : 管外径 (= 0.528 m)

E : ダクタイル鋳鉄の弾性係数 (= $1.6 \times 10^8 \text{ kN/m}^2$)

I : 管の鉄部の断面2次モーメント

$$\left\{ = \frac{\pi}{64} (D_2^4 - D_1^4) = 0.00041541 \text{ m}^4 \right\}$$

D_1 : 管内径 (= $D_2 - 2t = 0.5130 \text{ m}$)

t : 計算管厚 (= 0.0075 m)

$$\alpha = A_1 E \mu W_f \pi$$

A_1 : 管の鉄部の断面積

$$\left\{ = \frac{\pi}{4} (D_2^2 - D_1^2) = 0.012264 \text{ m}^2 \right\}$$

μ : 管と土との摩擦係数 (= 0.3)

W_f : 土かぶりによる土圧 (= 23.4 kN/m^2)

$$X = \frac{\cosh(2\beta L_p) + \cos(2\beta L_p) + 2}{\sinh(2\beta L_p) + \sin(2\beta L_p)} \dots\dots\dots (7)$$

L_p : 仮定した一体化長さ (= 8.3 m)

θ : 曲管角度 (= 45°)

P : 曲管部に作用する不平均力 (= 217.857 kN)

⑤管と土との摩擦係数から計算される一体化長さ

④項の管軸方向に作用する力 P_2 と管と土との摩擦係数 f が釣り合うときの一体化長さは次式で求まる。

$$P_2 = f = \mu W_f \pi D_2 L_{p1} \dots\dots\dots (8)$$

これより、

$$L_{p1} = \frac{P_2}{\mu W_f \pi D_2} = 20.920 \text{ m} \dots\dots\dots (9)$$

ここに、 L_{p1} ：管と土との摩擦係数が釣り合うときの一体化長さ (m)

P_2 ：管軸方向に作用する力 (=243.850 kN)

μ ：管と土との摩擦係数 (=0.3)

W_f ：土かぶりによる土圧 (=23.4 kN/m²)

D_2 ：管外径 (=0.528 m)

⑥管軸方向に作用する力(2)

④項で仮定した一体化長さ $L_p=8.3\text{m}$ と⑤項で算出した一体化長さ $L_{p1}=20.920\text{m}$ の大小によって以下に示すように計算式を使い分け、必要な場合は管軸方向に作用する力 P_2 を再度計算する。

[$L_p \geq L_{p1}$ の場合]

P_2 は(5)式で計算した値を使用する。

[$L_p < L_{p1}$ の場合]

P_2 は(8)式の L_{p1} に $L_p=8.3\text{m}$ を代入して再計算した値を使用する。

本条件の場合、(8)式より $P_2=96.748\text{kN}$ となる。

⑦管軸直角方向に作用する力

管軸直角方向に作用する力 P_1 と管軸方向に作用する力 P_2 には以下に示す関係が成立する。

$$P_1 \cos \left(\frac{\theta}{2} \right) + P_2 \sin \left(\frac{\theta}{2} \right) = \frac{P}{2} \dots\dots\dots (10)$$

ここに、 P_1 ：管軸直角方向に作用する力 (kN)

P_2 ：管軸方向に作用する力 (kN)

θ ：曲管角度 (=45°)

P ：曲管部に作用する不平均力 (=217.857 kN)

これより、 $P_2=96.748\text{kN}$ を代入すると P_1 は次のように求まる。

$$P_1 = \frac{P}{2 \cos \left(\frac{\theta}{2} \right)} - P_2 \tan \left(\frac{\theta}{2} \right) = 77.829 \text{ kN} \dots\dots\dots (11)$$

⑧発生曲げモーメント

曲管の継手部には、管背面の地盤からの反力によって以下に示す曲げモーメントが作用する。

$$M = \frac{P_1}{2\beta} \quad Y = 143.2037 \text{ kN}\cdot\text{m} \dots\dots\dots (12)$$

ここに、M：曲管継手部に作用する曲げモーメント (kN・m)
 P₁：管軸直角方向に作用する力 (= 77.829 kN)
 β：(6)式による。

$$Y = \frac{\cosh(2\beta L_p) - \cos(2\beta L_p)}{\sinh(2\beta L_p) + \sin(2\beta L_p)}$$

L_p：仮定した一体化長さ (= 8.3 m)

⑨曲げモーメントに対する継手の安全率

$$S_f = \frac{M_0}{M} = 2.51 (\geq 2.5) \dots\dots\dots (13)$$

ここに、S_f：継手の曲げモーメントに対する安全率
 M₀：計算に用いる限界曲げモーメント (= 360 kN・m)

$$\left(\begin{array}{l} \text{呼び径900以下は } M_0 = M_0' \\ \text{呼び径1000は } M_0 = M_0' \sqrt{1 - \frac{p}{p_0}} \end{array} \right)$$

M₀'：継手の限界曲げモーメント (= 360 kN・m)
 p：設計水圧 (MPa)
 p₀：呼び径1000GX形の限界水圧 (= 7.5 MPa)
 M：継手に作用する曲げモーメント (= 143.204 kN・m)

⑩曲管部の移動量

管軸直角方向の曲管部の移動量は次式で求まる。

$$\delta_1 = \frac{P_1 \beta}{kD_2} \quad X = 0.0145 \text{ m} \dots\dots\dots (14)$$

ここに、δ₁：P₁によって生じる管軸直角方向の移動量 (m)
 P₁：管軸直角方向に作用する力 (= 77.829 kN)
 β：(6)式による。
 k：地盤反力係数 (= 3000 kN/m³)
 D₂：管外径 (= 0.528 m)
 X：(7)式による。

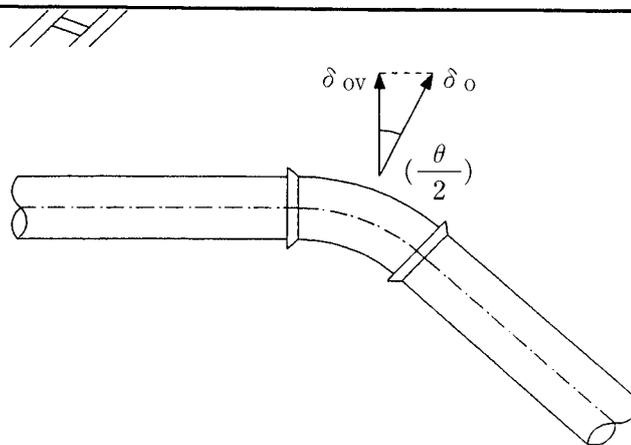
これより、不平均力P方向の曲管部の移動量は以下のように求まる。

$$\delta = \frac{\delta_1}{\cos\left(\frac{\theta}{2}\right)} = 0.0156 \text{ m} \ (\leq \delta_0 = 0.02 \text{ m}) \dots\dots\dots (15)$$

- ここに、 δ : 不平均力P方向の曲管部の移動量 (m)
 δ_1 : P₁によって生じる管軸直角方向の移動量 (=0.0145 m)
 θ : 曲管角度 (=45°)
 δ_0 : 曲管部の許容移動量

(GX形 (呼び径75~450) 離脱防止継手の場合は0.01m、
GX形 (呼び径500~1000) 離脱防止継手の場合は0.02mとする。)

備考 曲管が垂直上向きに配管されている場合の曲管部の許容移動量は、以下のように地盤の抵抗力が最大でも土かぶり相当までしか見込めないため、より小さな値となる。



$$k \delta_{0v} = \gamma_s h \dots\dots\dots (16)$$

$$\delta_{0v} = \delta_0 \cos\left(\frac{\theta}{2}\right) \dots\dots\dots (17)$$

- ここに、 k : 地盤反力係数 (kN/m³)
 δ_{0v} : 曲管部の移動量の上向き成分 (m)
 γ_s : 土の単位体積重量 (kN/m³)
 h : 土かぶり (m)
 δ_0 : 曲管部の許容移動量 (m)
 θ : 曲管角度 (°)

(16)(17)式より δ_{0v} を消去し δ_0 を求め、GX形継手 (呼び径75~450) の0.01mあるいはGX形継手 (呼び径500~1000) の0.02mの値と比較し小さい方を、計算で使用する許容移動量とする。

(3)まとめ

以上の検討結果より、曲管継手部の曲げモーメントに対する安全率が2.5以上、曲管部の移動量が許容移動量以下となり、曲管部は安全かつ安定である。したがって、本条件の場合、片側一体化長さは $L_p=8.3$ mとなる。図40に一体化長さを確保すべき位置を示す。

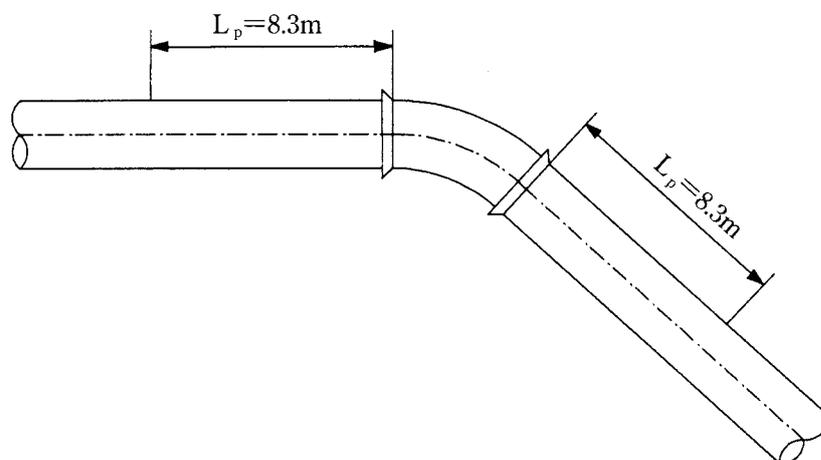


図40 一体化長さを確保すべき位置

(参考)

ここでは、水平曲管部についての計算方法を示したが、垂直下向きの単独曲管部についても全く同様の考え方で検討することができる。

なお、複数の曲管を直接接合した場合の一体化長さは、各曲管の角度の合計を曲管角度 θ として計算する必要がある。また、伏せ越し部やSベンド部の場合は、まずそれぞれの曲管部ごとに上記の方法で一体化長さを計算し、曲管部間で一体化長さが重なる場合のみ、4.5.9の伏せ越し部（頁60）あるいは4.5.10のSベンド部（頁66）に示す方法で再度一体化長さを計算する。したがって、単独の曲管部と伏せ越し部、Sベンド部の計算方法は適切に使い分けることが重要である。

4. 5. 8 水平T字管部の計算例

一例として、GX形離脱防止継手による呼び径500×400水平T字管部の必要一体化長さの計算方法を示す。

(1)検討条件

①本管の呼び径および接合形式	: 500GX形 (S種)
②枝管の呼び径および接合形式	: 400GX形 (S種)
③本管の外径	: $D_2 = 0.528 \text{ m}$
④枝管の外径	: $d_2 = 0.4256 \text{ m}$
⑤本管の公称管厚	: $T = 0.0085 \text{ m}$
⑥設計水圧 (= 静水圧 + 水撃圧)	: $p = 1.3 \text{ MPa} (= 1300 \text{ kN/m}^2)$
⑦本管側の土かぶり	: $h_a = 1.2 \text{ m}$
⑧枝管側の土かぶり	: $h_b = 1.251 \text{ m}$
⑨地盤反力係数	: $k = 3000 \text{ kN/m}^3$
⑩管と土との摩擦係数	: $\mu = 0.3$
⑪土の単位体積重量	: $\gamma_s = 16 \text{ kN/m}^3$
⑫ダクタイル鋳鉄の弾性係数	: $E = 1.6 \times 10^8 \text{ kN/m}^2$
⑬本管側の継手の限界曲げモーメント	: $M_0 = 360 \text{ kN}\cdot\text{m}$ {表29 (頁93) による}
⑭T字管部の許容移動量	: $\delta_0 = 0.02 \text{ m}$

(2)一体化長さの検討

図41に検討を行うT字管部の概要を示す。T字管部に水圧による不平均力Pが作用するとT字管部は不平均力Pの方向に δ だけ移動する。このとき、T字管と一体化された本管側の直管部には管背面の地盤からの反力q、一体化された枝管部には管と土との摩擦力fが不平均力Pの抵抗力として作用する。また、T字管の本管側の継手にはqによって曲げモーメントMが作用する。ここでは、まず枝管側の一体化長さ L_{p2} を指定してfを求め、 $f + q = P$ を満足し、かつ、Mに対する継手の安全率が2.5以上、 δ が許容移動量以下となるように本管の両側にそれぞれ確保すべき一体化長さ L_{p1} を計算する。

実際には、本管側で保持すべき力を $P' = P - f$ として求め、本管側の一体化長さ L_{p1} の初期値を1.0mとして以下の計算を行い、必要に応じて $\Delta L_{p1} = 0.1\text{m}$ ずつ増加させながら上記の条件を満足するまで繰り返し計算を行う。ここに、T字管部に作用する土圧およびT字管部の変形は無視し、T字管部は剛体で平行移動するものとする。

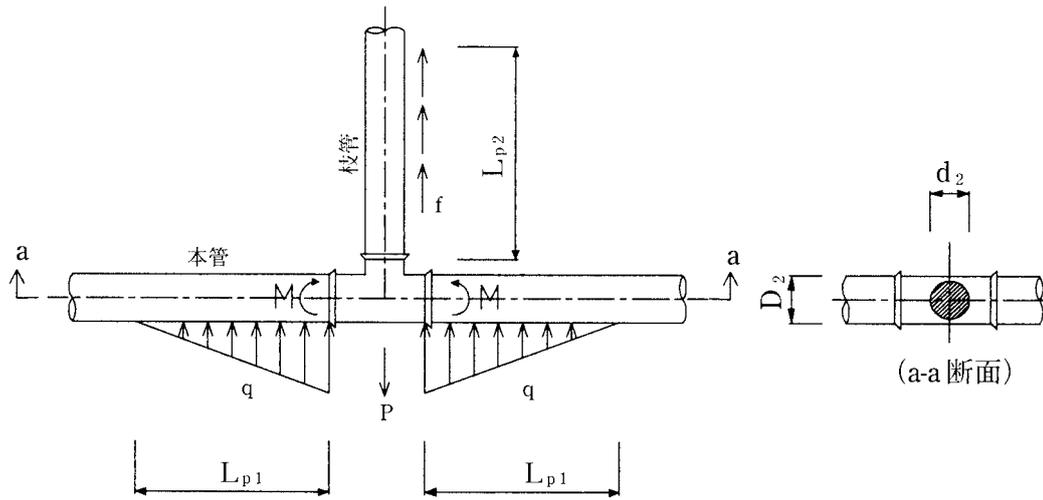


図41 T字管部の概要

①T字管部に作用する不平均力

$$P = \frac{\pi}{4} d_2^2 p = 184.942 \text{ kN} \dots\dots\dots (1)$$

ここに、P : T字管部に作用する不平均力 (kN)

d_2 : 枝管の外径 (=0.4256 m)

p : 設計水圧 (=1300 kN/m²)

②計算管厚

本管の内径の計算に用いる計算管厚を以下に示す。

なお、計算管厚は公称管厚Tから管厚の許容差を引いたものである。

[T ≤ 0.01mの場合]

$$t = T - 0.001 \dots\dots\dots (2)$$

[T > 0.01mの場合]

$$t = T / 1.1 \dots\dots\dots (3)$$

ここに、t : 本管の計算管厚 (m)

T : 本管の公称管厚 (=0.0085m)

本条件の場合、(3)式よりt=0.0075mとなる。

③土かぶりによる土圧

土かぶりによる土圧は、管中心での土かぶり (以下、有効土かぶりという) で計算する。有効土かぶりが2 m以下の場合は垂直公式で計算し、2 mを越える場合はヤンセン公式の値と有効土かぶり2 mの垂直公式の値を比較して大きい方を使用する。

ここでは、以下に示す垂直公式で計算する。

$$W_{f1} = W_{f2} = \gamma_s h_c \dots\dots\dots (4)$$

$$= 23.4 \text{ kN/m}^2$$

- ここに、 W_{f1} : 本管側の土かぶりによる土圧 (kN/m²)
 W_{f2} : 枝管側の土かぶりによる土圧 (kN/m²)
 γ_s : 土の単位体積重量 (= 16 kN/m³)
 h_c : 有効土かぶり ($= h_a + \frac{D_2}{2} = h_b + \frac{d_2}{2} = 1.464 \text{ m}$)
 h_a : 本管側の土かぶり (= 1.20 m)
 D_2 : 本管の外径 (= 0.528 m)
 h_b : 枝管側の土かぶり (= 1.251 m)
 d_2 : 枝管の外径 (= 0.4256 m)

④枝管側の管と土との摩擦力

枝管側に確保できる一体化長さを $L_{p2}=6.0\text{m}$ とした場合の枝管部に作用する管と土との摩擦力は次式で求まる。

$$f = \mu W_{f2} \pi d_2 L_{p2} = 56.375 \text{ kN} \dots\dots\dots (5)$$

- ここに、 f : 枝管側の管と土との摩擦力 (kN)
 μ : 管と土との摩擦係数 (= 0.3)
 W_{f2} : 枝管側の土かぶりによる土圧 (= 23.4 kN/m²)
 d_2 : 枝管の外径 (= 0.4256 m)
 L_{p2} : 枝管側に指定した一体化長さ (= 6 m)

⑤本管側で保持すべき力

T字管部には不平均力から枝管側の管と土との摩擦力を差し引いた力が作用する。この本管側で保持すべき力は次式で求まる。

$$P' = P - f = 128.568 \text{ kN} \dots\dots\dots (6)$$

- ここに、 P' : 本管側で保持すべき力 (kN)
 P : T字管部に作用する不平均力 (= 184.942 kN)
 f : 枝管側の管と土との摩擦力 (= 56.375 kN)

⑥発生曲げモーメント

本管側の片側一体化長さを $L_{p1}=2.1\text{m}$ と仮定する。このとき、T字管の本管側の継手に作用する曲げモーメントは次式で求まる。

$$M = \frac{P'}{4\beta} \frac{\cosh(2\beta L_{p1}) - \cos(2\beta L_{p1})}{\sinh(2\beta L_{p1}) + \sin(2\beta L_{p1})} = 66.813 \text{ kN}\cdot\text{m} \dots\dots\dots (7)$$

- ここに、 M : 本管側の継手に作用する曲げモーメント (kN・m)
 P' : 本管側で保持すべき力 (= 128.568 kN)

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{k D_2}{4 E I}} \quad (\text{m}^{-1}) \dots\dots\dots (8)$$

k : 地盤反力係数 (= 3000 kN/m³)
 D_2 : 本管の外径 (= 0.528 m)
 E : ダクタイル鋳鉄の弾性係数 (= 1.6 × 10⁸ kN/m²)
 I : 管の鉄部の断面 2 次モーメント

$$\left\{ = \frac{\pi}{64} (D_2^4 - D_1^4) = 0.000415 \text{ m}^4 \right\}$$

D_1 : 本管の内径 (= $D_2 - 2t = 0.513$ m)
 t : 本管の計算管厚 (= 0.0075 m)
 L_{p1} : 仮定した本管側の一体化長さ (= 2.1 m)

⑦ 曲げモーメントに対する継手の安全率

$$S_f = \frac{M_0}{M} = 5.39 \quad (\geq 2.5) \dots\dots\dots (9)$$

ここに、 S_f : 本管側の継手の曲げモーメントに対する安全率
 M_0 : 計算に用いる限界曲げモーメント (= 360 kN・m)

$$\left(\begin{array}{l} \text{呼び径900以下は } M_0 = M_0' \\ \text{呼び径1000は } M_0 = M_0' \sqrt{1 - \frac{p}{p_0}} \end{array} \right)$$

M_0' : 本管側の継手の限界曲げモーメント (= 360 kN・m)
 p : 設計水圧 (MPa)
 p_0 : 本管の限界水圧 (呼び径1000GX形の場合、7.5 MPa)
 M : 本管側の継手に作用する曲げモーメント (= 66.813 kN・m)

⑧ T字管部の移動量

T字管部の移動量は次式で求まる。

$$\delta = \frac{P' \beta}{2 k D_2} \frac{\cosh (2 \beta L_{p1}) + \cos (2 \beta L_{p1}) + 2}{\sinh (2 \beta L_{p1}) + \sin (2 \beta L_{p1})} \dots\dots\dots (10)$$

$$= 0.0198 \text{ m} \quad (\leq \delta_0 = 0.02 \text{ m})$$

ここに、 δ : P' によって生じるT字管部の移動量 (m)
 P' : 本管側で保持すべき力 (= 128.568 kN)
 β : (8)式による。
 k : 地盤反力係数 (= 3000 kN/m³)
 D_2 : 本管の外径 (= 0.528 m)
 L_{p1} : 仮定した本管側の一体化長さ (= 2.1 m)
 δ_0 : T字管部の許容移動量 (= 0.02 m)

(GX形 (呼び径75~450) 離脱防止継手の場合は0.01m、
 GX形 (呼び径500~1000) 離脱防止継手の場合は0.02mとする。)

(3)まとめ

以上の検討結果より、T字管部本管側の継手の曲げモーメントに対する安全率が2.5以上、T字管部の移動量が許容移動量以下となり、T字管部は安全かつ安定である。したがって、本条件の場合、本管側の片側一体化長さは $L_{p1}=2.1\text{m}$ 、枝管側の一体化長さは $L_{p2}=6.0\text{m}$ となる。図42に一体化長さを確保すべき位置を示す。

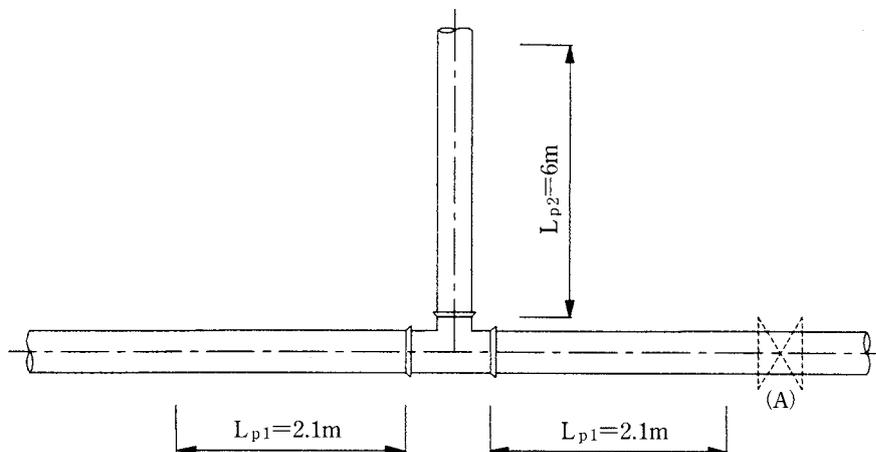


図42 一体化長さを確保すべき位置

(参考)

ここでは、枝管側と本管側の両方に一体化長さを確保して不平均力を保持する計算方法を示したが、本管側あるいは枝管側のいずれかに配管設計上の何らかの制約がある場合は、枝管側のみあるいは本管側のみ一体化長さを確保することもできる。この場合の計算方法は以下による。

①管側の一体化長さのみで不平均力を保持する場合

上記の(2)の④項に示した管と土との摩擦力のみで不平均力 P を保持できるように枝管側の一体化長さを求める。この場合は、4.5.11の片落管部(頁76)や4.5.12の管端部および仕切弁部(頁79)と同様に、水圧による不平均力を保持する管と土との摩擦力に1.25程度の安全率を見込んでおくことが望ましい。

②管側の一体化長さのみで不平均力を保持する場合

上記の(2)の④項に示した枝管側の管と土との摩擦力を期待しないため、(2)の⑤項の P' を水圧による不平均力 P とおいて、同様の繰り返し計算によって本管側の一体化長さを求める。なお、不平均力の大きさによっては、T字管部の移動量が許容値以内とならないために一体化長さの計算値が収束しない場合がある。この場合は、本管側と枝管側の両方に一体化長さを確保する必要がある。

なお、本管側の一体化範囲内に仕切弁を設置すると枝管側からの不平均力によって仕切弁のフランジ部に曲げモーメントが作用する。このため、仕切弁は図42中の(A)のように一体化範囲外に設置すべきである。やむを得ず一体化範囲内に仕切弁を設置する場合は、配筋を施した防護コンクリートで仕切弁部を巻きたてて保護する必要がある。また、小口径であれば離脱防止継手を有する仕切弁等を使用する方法もある。

4. 5. 9 伏せ越し部の計算例

一例として、GX形離脱防止継手による呼び径500伏せ越し部の必要一体化長さの計算方法を示す。ここにいう伏せ越し部とは、図43に示すように4ヶ所の曲管部の間がすべて離脱防止継手で接続された管路形態をいう。

(1)検討条件

- | | |
|---------------------|---|
| ①呼び径および接合形式 | : 500GX形 (S種) |
| ②管外径 | : $D_2 = 0.528 \text{ m}$ |
| ③設計水圧 (= 静水圧 + 水撃圧) | : $p = 1.3 \text{ MPa} (= 1300 \text{ kN/m}^2)$ |
| ④伏せ越し左側の土かぶり | : $h_a = 1.2 \text{ m}$ |
| ⑤伏せ越し右側の土かぶり | : $h_b = 2.2 \text{ m}$ |
| ⑥伏せ越し左側のモーメントアーム | : $h_{m1} = 2 \text{ m}$ |
| ⑦伏せ越し右側のモーメントアーム | : $h_{m2} = 1 \text{ m}$ |
| ⑧土の内部摩擦角 | : $\phi = 30^\circ$ |
| ⑨管と土との摩擦係数 | : $\mu = 0.3$ |
| ⑩土の単位体積重量 | : $\gamma_s = 16 \text{ kN/m}^3$ |
| ⑪継手の限界曲げモーメント | : $M_0 = 360 \text{ kN}\cdot\text{m}$ {表29 (頁93) による} |

(2)一体化長さの検討

図43に検討を行う伏せ越し部の概要を示す。離脱防止継手により一体化された伏せ越し部に作用する水圧による不平均力のうち、同一軸上で向きが反対の力は釣り合うため、保持すべき不平均力は曲管A部の P_1 および曲管B部の P_2 のみとなる。これらによって継手Aには曲げモーメント M_1 、継手Bには曲げモーメント M_2 が作用する。これに対して、一体化された直管部には管と土との摩擦力 f_1 および f_2 が不平均力 P_1 または P_2 の抵抗力としてそれぞれ作用する。このとき、 M_1 および M_2 が継手の許容曲げモーメント以下となるように必要一体化長さ L_{p1} 、 L_{p2} をそれぞれ求める。

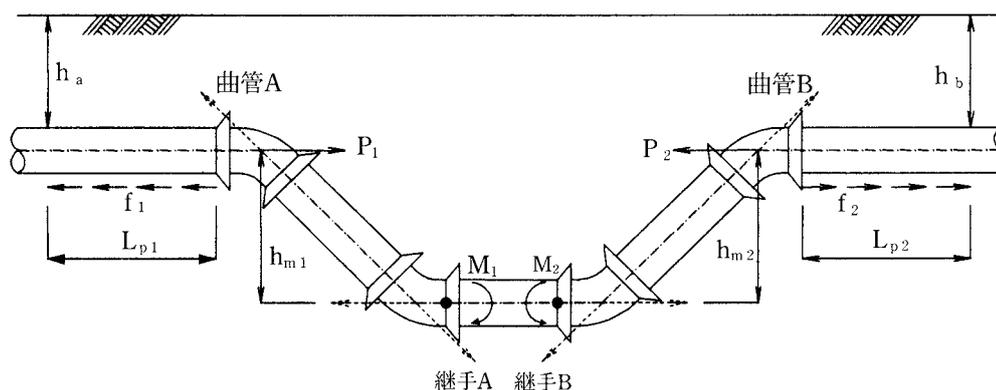


図43 伏せ越し部の概要

①伏せ越し部に作用する不平均力

$$P_1 = P_2 = \frac{\pi}{4} D_2^2 p = 284.643 \text{ kN} \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 P_1 ：曲管A部に作用する不平均力 (kN)

P_2 ：曲管B部に作用する不平均力 (kN)

D_2 ：管外径 (=0.528 m)

p ：設計水圧 (=1300 kN/m²)

②継手の許容曲げモーメント

継手が保持できる曲げモーメントは継手の限界曲げモーメントに安全率を見込んだものとする。

$$M_a = \frac{M_0}{S_f} = 144 \text{ kN} \cdot \text{m} \dots\dots\dots (2)$$

ここに、 M_a ：継手の許容曲げモーメント (kN・m)

M_0 ：計算に用いる限界曲げモーメント (=360 kN・m)

$$\left(\begin{array}{l} \text{呼び径900以下は } M_0 = M_0' \\ \text{呼び径1000は } M_0 = M_0' \sqrt{1 - \frac{p}{p_0}} \end{array} \right)$$

M_0' ：継手の限界曲げモーメント (=360 kN・m)

p ：設計水圧 (MPa)

p_0 ：呼び径1000GX形の限界水圧 (=7.5 MPa)

S_f ：継手の曲げモーメントに対する安全率 (=2.5)

③伏せ越し左側の一体化長さ

i) 継手Aに作用する曲げモーメント

$$M_1 = P_1 h_{m1} = 569.287 \text{ kN} \cdot \text{m} \dots\dots\dots (3)$$

ここに、 M_1 ：継手Aに作用する曲げモーメント (kN・m)

P_1 ：曲管A部に作用する不平均力 (=284.693 kN)

h_{m1} ：伏せ越し左側のモーメントアーム (=2 m)

ii) 土かぶりによる土圧

土かぶりによる土圧は、管中心での土かぶり（以下、有効土かぶりという）で計算する。有効土かぶり2 m以下の場合は垂直公式で計算し、2 mを越える場合はヤンセン公式の値と有効土かぶり2 mの垂直公式の値を比較して大きい方を使用する。

ここでは、以下に示す垂直公式で計算する。

$$\begin{aligned} W_{f1} &= \gamma_s h_{c1} \dots\dots\dots (4) \\ &= 23.4 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

ここに、 W_{f1} : 伏せ越し左側の土かぶりによる土圧 (kN/m²)
 γ_s : 土の単位体積重量 (= 16 kN/m³)
 h_{c1} : 伏せ越し左側の有効土かぶり ($= h_a + \frac{D_2}{2} = 1.464$ m)
 h_a : 伏せ越し左側の土かぶり (= 1.2 m)
 D_2 : 管外径 (= 0.528 m)

iii) 伏せ越し左側の必要一体化長さ

継手部に作用する曲げモーメント M_1 が許容曲げモーメント M_a よりも小さい場合は、継手の剛性のみで不平均力を保持できる。したがって、必要一体化長さ L_{p1} は最小切管寸法である1.0mとする。一方、継手部に作用する曲げモーメント M_1 が許容曲げモーメント M_a よりも大きい場合は、継手の剛性のみでは不平均力を保持できない。したがって、継手の剛性で保持できる不平均力を除いた残りの不平均力を直管部の管と土との摩擦力で保持できるように一体化長さ L_{p1} を求める。

ここでは、 $M_1 > M_a$ より、以下のように計算する。

必要となる管と土との摩擦力は次式で求まる。

$$f_1 = P_1 - \frac{M_a}{h_{m1}} = 212.643 \text{ kN} \dots\dots\dots (5)$$

ここに、 f_1 : 必要となる管と土との摩擦力 (kN)
 P_1 : 曲管A部に作用する不平均力 (= 284.643 kN)
 M_a : 継手の許容曲げモーメント (= 144 kN・m)
 h_{m1} : 伏せ越し左側のモーメントアーム (= 2 m)

また、直管部に作用する管と土との摩擦力は次式で表される。

$$f_1 = \mu W_{f1} \pi D_2 L_{p1} \dots\dots\dots (6)$$

したがって、必要一体化長さは上式を変形した次式により求まる。

$$L_{p1} = \frac{f_1}{\mu W_{f1} \pi D_2} = 18.3 \text{ m} \dots\dots\dots (7)$$

ここに、 L_{p1} : 伏せ越し左側の必要一体化長さ (m)
 f_1 : 必要となる管と土との摩擦力 (= 212.643 kN)
 μ : 管と土との摩擦係数 (= 0.3)
 W_{f1} : 伏せ越し左側の土かぶりによる土圧 (= 23.4 kN/m²)
 D_2 : 管外径 (= 0.528 m)

④伏せ越し右側の一体化長さ

i) 継手Bに作用する曲げモーメント

$$M_2 = P_2 h_{m2} = 284.6434 \text{ kN}\cdot\text{m} \dots\dots\dots (8)$$

ここに、 M_2 : 継手Bに作用する曲げモーメント (kN・m)
 P_2 : 曲管B部に作用する不平均力 (=284.643 kN)
 h_{m2} : 伏せ越し右側のモーメントアーム (= 1 m)

ii) 土かぶりによる土圧

土かぶりによる土圧は、有効土かぶりで計算する。有効土かぶり 2 m以下の場合は垂直公式で計算し、2 mを越える場合はヤンセン公式の値と有効土かぶり 2 mの垂直公式の値を比較して大きい方を使用する。

ここでは、土かぶりが2 mを越えているため、ヤンセン公式の値と土かぶり 2 mの垂直公式の値を比較して大きい方を使用する。

ア) ヤンセン公式

$$W_{f21} = \frac{\gamma_s}{2 K \tan \phi} \left(1 - e^{-2K \tan \phi \frac{h_{c2}}{B_2}} \right) B_2 \dots\dots\dots (9)$$

$$= 27.3 \text{ kN/m}^2$$

ここに、 W_{f21} : 伏せ越し右側のヤンセン公式による土圧 (kN/m²)

γ_s : 土の単位体積重量 (=16 kN/m³)

K : ランキン係数 (= $\frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} = 0.333$)

ϕ : 土の内部摩擦角 (=30°)

h_{c2} : 伏せ越し右側の有効土かぶり (= $h_b + \frac{D_2}{2} = 2.464 \text{ m}$)

h_b : 伏せ越し右側の土かぶり (=2.2 m)

D_2 : 管外径 (=0.528 m)

B_2 : 伏せ越し右側の管頂での掘削溝幅 (=1.20 m¹⁾)

注1) 水道事業実務必携の矢板施工の標準断面によった。

イ) 垂直公式

$$W_{f22} = \gamma_s h_c \dots\dots\dots (10)$$

$$= 32.0 \text{ kN/m}^2$$

ここに、 W_{f22} : 伏せ越し右側の垂直公式による土圧 (kN/m²)

γ_s : 土の単位体積重量 (=16 kN/m³)

h_c : 有効土かぶり (= 2 m)

したがって、土かぶりによる土圧は、 $W_{f2} = 32.0 \text{ kN/m}^2$ となる。

iii) 伏せ越し右側の必要一体化長さ

継手部に作用する曲げモーメント M_2 が許容曲げモーメント M_a よりも小さい場合は、継手の剛性のみで不平均力を保持できる。したがって、必要一体化長さ L_{p2} は最小切管寸法である1.0mとする。一方、継手部に作用する曲げモーメント M_2 が許容曲げモーメント M_a よりも大きい場合は、継手の剛性のみでは不平均力を保持できない。したがって、継手の剛性で保持できる不平均力を除いた残りの不平均力を直管部の管と土との摩擦力で保持できるように一体化長さ L_{p2} を求める。

ここでは、 $M_2 > M_a$ より、以下のように計算する。

必要となる管と土との摩擦力は次式で求まる。

$$f_2 = P_2 - \frac{M_a}{h_{m2}} = 140.643 \text{ kN} \dots \dots \dots (11)$$

- ここに、 f_2 : 必要となる管と土との摩擦力 (kN)
- P_2 : 曲管B部に作用する不平均力 (= 284.643 kN)
- M_a : 継手の許容曲げモーメント (= 144 kN・m)
- h_{m2} : 伏せ越し左側のモーメントアーム (= 1 m)

また、直管部に作用する管と土との摩擦力は次式で表される。

$$f_2 = \mu W_{f2} \pi D_2 L_{p2} \dots \dots \dots (12)$$

これより、必要一体化長さは上式を変形した次式により求まる。

$$L_{p2} = \frac{f_2}{\mu W_{f2} \pi D_2} = 8.9 \text{ m} \dots \dots \dots (13)$$

- ここに、 L_{p2} : 伏せ越し左側の必要一体化長さ (m)
- f_2 : 必要となる管と土との摩擦力 (= 140.643 kN)
- μ : 管と土との摩擦係数 (= 0.3)
- W_{f2} : 伏せ越し左側の土かぶりによる土圧 (= 32.0 kN/m²)
- D_2 : 管外径 (= 0.528 m)

(3)まとめ

以上の検討結果より、伏せ越し部の不平均力を保持するための必要一体化長さは、伏せ越し左側が $L_{p1} = 18.3\text{m}$ 、伏せ越し右側が $L_{p2} = 8.9\text{m}$ となる。図44に一体化長さを確保すべき位置を示す。

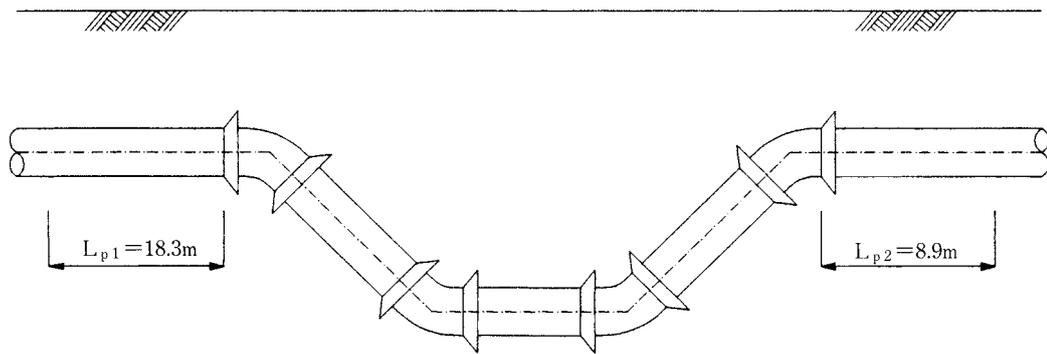


図44 一体化長さを確保すべき位置

(参考)

ここでは、より汎用的な例とするため、伏せ越し左側と右側の土かぶりとモーメントアームがそれぞれ異なる場合を示したが、これらが等しい場合は左右の一体化長さは同一となる。したがって、片側についてのみ検討すれば十分である。

また、既設の地下埋設物などを避ける場合の水平切り回し部も同様の管路形態となるため、左右の土かぶりを等しいとおけば全く同じ考え方で検討することができる。

なお、伏せ越し部の曲管部間に切管を挿入する場合は、接合可能な最小切管長さを確保するよう配慮が必要である。

4. 5. 10 垂直Sベンド部の計算例

一例として、GX形離脱防止継手による呼び径500垂直Sベンド部の必要一体化長さの計算方法を示す。ここにいうSベンド部とは、図45に示すように角度の等しい2ヶ所の曲管部の間が離脱防止継手で垂直に接続された管路形態をいう。

(1)検討条件

- | | |
|---------------------|---|
| ①呼び径および接合形式 | : 500GX形 (S種) |
| ②管外径 | : $D_2 = 0.528 \text{ m}$ |
| ③曲管角度 | : $\theta = 45^\circ$ |
| ④設計水圧 (= 静水圧 + 水撃圧) | : $p = 1.3 \text{ MPa} (= 1300 \text{ kN/m}^2)$ |
| ⑤Sベンド部上側の土かぶり | : $h_a = 1.2 \text{ m}$ |
| ⑥Sベンド部下側の土かぶり | : $h_b = 3.2 \text{ m}$ |
| ⑦Sベンド部のモーメントアーム | : $h_m = 2 \text{ m}$ |
| ⑧土の内部摩擦角 | : $\phi = 30^\circ$ |
| ⑨管と土との摩擦係数 | : $\mu = 0.3$ |
| ⑩土の単位体積重量 | : $\gamma_s = 16 \text{ kN/m}^3$ |
| ⑪継手の限界曲げモーメント | : $M_0 = 360 \text{ kN}\cdot\text{m}$ {表29 (頁93) による} |

(2)継手の許容曲げモーメントに対する一体化長さの検討

図45に検討を行うSベンド部の概要を示す。離脱防止継手により一体化されたSベンド部に作用する水圧による不平均力のうち、同一軸上で向きが反対の力は釣り合うため、保持すべき不平均力は曲管A部の P_1 および曲管B部の P_2 のみとなる。これらによって継手Bには曲げモーメント M_1 、継手Aには曲げモーメント M_2 がそれぞれ作用する。これに対して、一体化された直管部には管と土との摩擦力 f_1 および f_2 が不平均力 P_1 または P_2 の抵抗力としてそれぞれ作用する。このとき、 M_1 および M_2 が継手の許容曲げモーメント以下となるように必要一体化長さ L_{p11} 、 L_{p12} をそれぞれ求める。

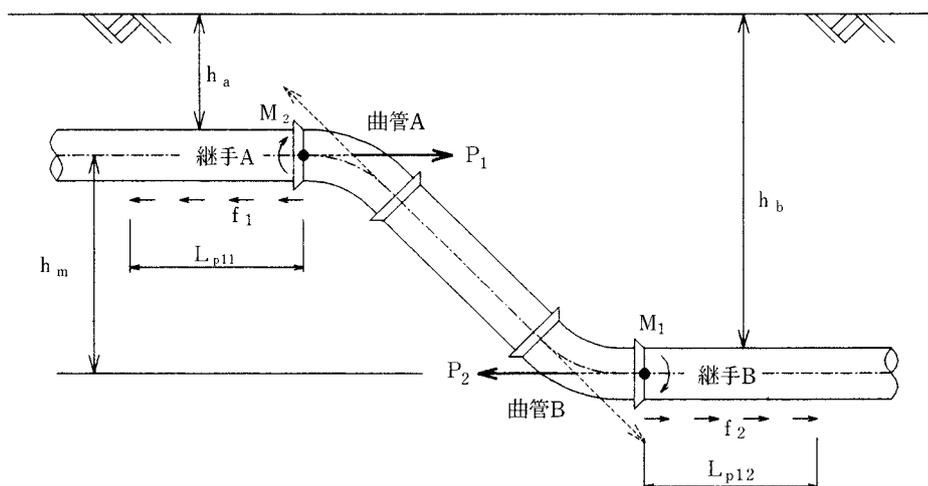


図45 Sベンド部の概要

①Sベンド部に作用する不平均力

$$P_1 = P_2 = \frac{\pi}{4} D_2^2 p = 284.643 \text{ kN} \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 P_1 : 曲管A部に作用する不平均力 (kN)
 P_2 : 曲管B部に作用する不平均力 (kN)
 D_2 : 管外径 (=0.528 m)
 p : 設計水圧 (=1300 kN/m²)

②継手の許容曲げモーメント

継手が許容できる曲げモーメントは継手の限界曲げモーメントに安全率を見込んだものとする。

$$M_a = \frac{M_0}{S_f} = 144 \text{ kN}\cdot\text{m} \dots\dots\dots (2)$$

ここに、 M_a : 継手の許容曲げモーメント (kN・m)
 M_0 : 計算に用いる限界曲げモーメント (=360 kN・m)

$$\left(\begin{array}{l} \text{呼び径900以下は } M_0 = M_0' \\ \text{呼び径1000は } M_0 = M_0' \sqrt{1 - \frac{p}{p_0}} \end{array} \right)$$

 M_0' : 継手の限界曲げモーメント (=360 kN・m)
 p : 設計水圧 (MPa)
 p_0 : 呼び径1000GX形の限界水圧 (=7.5 MPa)
 S_f : 継手の曲げモーメントに対する安全率 (=2.5)

③Sベンド部上側の一体化長さ

i) 継手Bに作用する曲げモーメント

$$M_1 = P_1 h_m = 569.2867 \text{ kN}\cdot\text{m} \dots\dots\dots (3)$$

ここに、 M_1 : 継手Bに作用する曲げモーメント (kN・m)
 P_1 : 曲管A部に作用する不平均力 (=284.643 kN)
 h_m : Sベンド部のモーメントアーム (=2 m)

ii) 土かぶりによる土圧

土かぶりによる土圧は、管中心での土かぶり（以下、有効土かぶりという）で計算する。有効土かぶり2 m以下の場合は垂直公式で計算し、2 mを越える場合はヤンセン公式の値と有効土かぶり2 mの垂直公式の値を比較して大きい方を使用する。

ここでは、以下に示す垂直公式で計算する。

$$W_{fl} = \gamma_s h_{c1} \dots\dots\dots (4)$$

$$= 23.4 \text{ kN/m}^2$$

ここに、 W_{f1} : Sベンド部上側の土かぶりによる土圧 (kN/m²)
 γ_s : 土の単位体積重量 (=16 kN/m³)
 h_{c1} : Sベンド部上側の有効土かぶり
(= $h_a + \frac{D_2}{2} = 1.464$ m)
 h_a : Sベンド部上側の土かぶり (=1.2 m)
 D_2 : 管外径 (=0.528 m)

iii) Sベンド部上側の必要一体化長さ

継手部に作用する曲げモーメント M_1 が許容曲げモーメント M_a よりも小さい場合は、継手の剛性のみで不平均力を保持できる。したがって、必要一体化長さ L_{p11} は最小切管寸法である1.0mとする。一方、継手部に作用する曲げモーメント M_1 が許容曲げモーメント M_a よりも大きい場合は、継手の剛性のみでは不平均力を保持できない。したがって、継手の剛性で保持できる不平均力を除いた残りの不平均力を直管部の管と土との摩擦力で保持できるように一体化長さ L_{p11} を求める。

ここでは、 $M_1 > M_a$ より、以下のように計算する。

必要となる管と土との摩擦力は次式で求まる。

$$f_1 = P_1 - \frac{M_a}{h_m} = 212.643 \text{ kN} \dots\dots\dots (5)$$

ここに、 f_1 : 必要となる管と土との摩擦力 (kN)
 P_1 : 曲管A部に作用する不平均力 (=284.643 kN)
 M_a : 継手の許容曲げモーメント (=144 kN・m)
 h_m : Sベンド部のモーメントアーム (=2 m)

また、直管部に作用する管と土との摩擦力は次式で表される。

$$f_1 = \mu W_{f1} \pi D_2 L_{p11} \dots\dots\dots (6)$$

したがって、必要一体化長さは上式を変形した次式により求まる。

$$L_{p11} = \frac{f_1}{\mu W_{f1} \pi D_2} = 18.3 \text{ m} \dots\dots\dots (7)$$

ここに、 L_{p11} : Sベンド部上側の必要一体化長さ (m)
 f_1 : 必要となる管と土との摩擦力 (=212.643 kN)
 μ : 管と土との摩擦係数 (=0.3)
 W_{f1} : Sベンド部上側の土かぶりによる土圧 (=23.4 kN/m²)
 D_2 : 管外径 (=0.528 m)

④Sベンド部下側の一体化長さ

i) 継手Aに作用する曲げモーメント

$$M_2 = P_2 h_m = 569.2867 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \dots\dots\dots (8)$$

ここに、 M_2 : 継手Aに作用する曲げモーメント (kN・m)
 P_2 : 曲管B部に作用する不平均力 (=284.643 kN)
 h_m : Sベンド部のモーメントアーム (= 2 m)

ii) 土かぶりによる土圧

土かぶりによる土圧は、有効土かぶりで計算する。有効土かぶり 2 m以下の場合には垂直公式で計算し、2 mを越える場合はヤンセン公式の値と有効土かぶり 2 mの垂直公式の値を比較して大きい方を使用する。

ここでは、土かぶりが2 mを越えているため、ヤンセン公式の値と土かぶり 2 mの垂直公式の値を比較して大きい方を使用する。

ア) ヤンセン公式

$$W_{f21} = \frac{\gamma_s}{2K \tan \phi} \left(1 - e^{-2K \tan \phi \frac{h_{c2}}{B_2}} \right) B_2 \quad \dots\dots\dots (9)$$

$$= 33.5 \text{ kN/m}^2$$

ここに、 W_{f21} : Sベンド部下側のヤンセン公式による土圧 (kN/m²)

γ_s : 土の単位体積重量 (=16 kN/m³)

K : ランキン係数 (= $\frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} = 0.333$)

ϕ : 土の内部摩擦角 (=30°)

h_{c2} : Sベンド部下側の有効土かぶり
 (= $h_b + \frac{D_2}{2} = 3.464\text{m}$)

h_b : Sベンド部下側の土かぶり (=3.2 m)

D_2 : 管外径 (=0.528 m)

B_2 : Sベンド部下側の管頂での掘削溝幅 (=1.20 m¹⁾)

注1) 水道事業実務必携の矢板施工の標準断面によった。

イ) 垂直公式

$$W_{f22} = \gamma_s h_c \quad \dots\dots\dots (10)$$

$$= 32.0 \text{ kN/m}^2$$

ここに、 W_{f22} : Sベンド部下側の垂直公式による土圧 (kN/m²)

γ_s : 土の単位体積重量 (=16 kN/m³)

h_c : 有効土かぶり (= 2 m)

したがって、土かぶりによる土圧は、 $W_{f2} = 33.5 \text{ kN/m}^2$ となる。

iii) Sベンド部下側の必要一体化長さ

継手部に作用する曲げモーメント M_2 が許容曲げモーメント M_a よりも小さい場合は、継手の剛性のみで不平均力を保持できる。したがって、必要一体化長さ L_{p12} は最小切管寸法である1.0mとする。一方、継手部に作用する曲げモーメント M_2 が許容曲げモーメント M_a よりも大きい場合は、継手の剛性のみでは不平均力を保持できない。したがって、継手の剛性で保持できる不平均力を除いた残りの不平均力を直管部の管と土との摩擦力で保持できるように一体化長さ L_{p12} を求める。

ここでは、 $M_2 > M_a$ より、以下のように計算する。

必要となる管と土との摩擦力は次式で求まる。

$$f_2 = P_2 - \frac{M_a}{h_m} = 212.643 \text{ kN} \quad \dots\dots\dots (11)$$

- ここに、 f_2 : 必要となる管と土との摩擦力 (kN)
- P_2 : 曲管B部に作用する不平均力 (= 284.643 kN)
- M_a : 継手の許容曲げモーメント (= 144 kN・m)
- h_m : Sベンド部のモーメントアーム (= 2 m)

また、直管部に作用する管と土との摩擦力は次式で表される。

$$f_2 = \mu W_{f2} \pi D_2 L_{p12} \quad \dots\dots\dots (12)$$

したがって、必要一体化長さは上式を変形した次式により求まる。

$$L_{p12} = \frac{f_2}{\mu W_{f2} \pi D_2} = 12.8 \text{ m} \quad \dots\dots\dots (13)$$

- ここに、 L_{p12} : Sベンド部下側の必要一体化長さ (m)
- f_2 : 必要となる管と土との摩擦力 (= 212.643 kN)
- μ : 管と土との摩擦係数 (= 0.3)
- W_{f2} : Sベンド部下側の土かぶりによる土圧 (= 33.5 kN/m²)
- D_2 : 管外径 (= 0.528 m)

(3)回転に対する一体化長さの検討

図46に垂直Sベンド部に作用する不平均力と一体化部の土圧抵抗力を示す。Sベンド部には水圧による不平均力 P_1 、 P_2 から一体化された直管部に作用する管と土の摩擦力 f_1 、 f_2 をそれぞれ差し引いた力により、O点を中心として管路を回転させようとするモーメント M_R が右回りに作用する。これに対して、一体化管路部には土圧によるモーメント M_L が回転モーメント M_R の抵抗力として左回りに作用する。このとき、 M_L と M_R が等しくなるように必要一体化長さ L_{p21} 、 L_{p22} をそれぞれ求める。

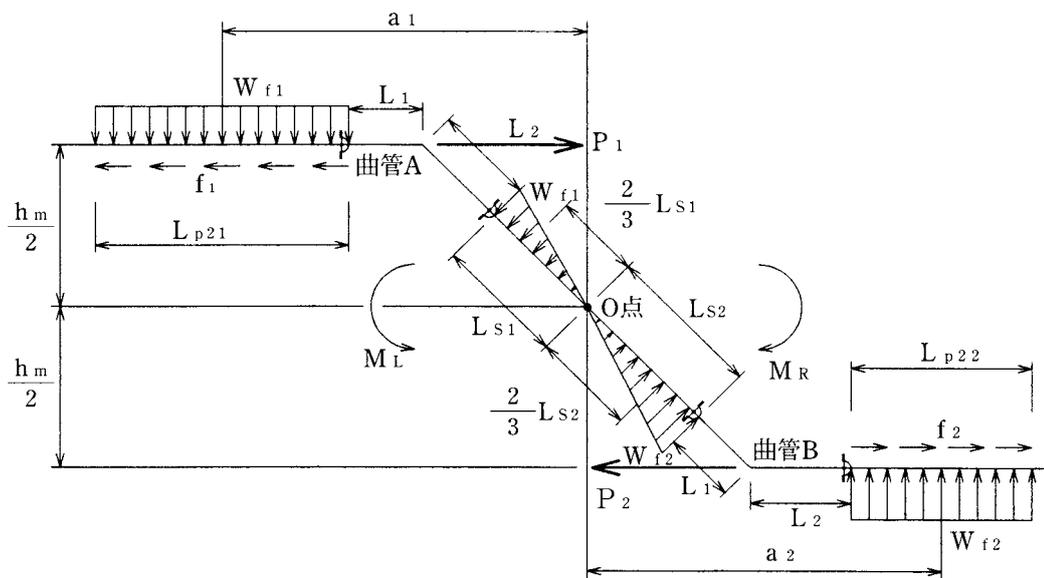


図46 垂直Sベンド部に作用する不平均力と一体化部の土圧抵抗力

①Sベンド部に作用する力

曲管A部および曲管B部には不平均力から直管部に作用する管と土との摩擦力を差し引いた力がそれぞれ作用する。これらの力は次式で表される。

$$P_1' = P_1 - f_1 = P_1 - \mu W_{f1} \pi D_2 L_{p21} \dots\dots\dots (14)$$

$$P_2' = P_2 - f_2 = P_2 - \mu W_{f2} \pi D_2 L_{p22} \dots\dots\dots (15)$$

- ここに、 P_1' : 曲管A部の管路を回転させようとする力 (kN)
- P_1 : 曲管A部に作用する不平均力 (=284.643 kN)
- f_1 : Sベンド部上側の管と土との摩擦力 (kN)
- μ : 管と土との摩擦係数 (=0.3)
- W_{f1} : Sベンド部上側の土かぶりによる土圧 (=23.4 kN/m²)
- D_2 : 管外径 (=0.528 m)
- L_{p21} : Sベンド部上側の必要一体化長さ (m)
- P_2' : 曲管B部の管路を回転させようとする力 (kN)
- P_2 : 曲管B部に作用する不平均力 (=284.643 kN)
- f_2 : Sベンド部下側の管と土との摩擦力 (kN)
- W_{f2} : Sベンド部下側の土かぶりによる土圧 (=33.5 kN/m²)
- L_{p22} : Sベンド部下側の必要一体化長さ (m)

②土圧と一体化長さの関係

回転中心であるO点を曲管間の中央部と仮定すれば、曲管A部の管路を回転させようとする力 P_1' と曲管B部の管路を回転させようとする力 P_2' は等しくなければならない。すなわち、

$$P_1' = P_2' \dots\dots\dots (16)$$

上式に(14)、(15)式を代入すると次式が得られる。

$$P_1 - \mu W_{f1} \pi D_2 L_{p21} = P_2 - \mu W_{f2} \pi D_2 L_{p22} \quad \dots\dots\dots (17)$$

さらに、(2)の①項より $P_1 = P_2$ であるため、 L_{p22} は次式で表される。

$$L_{p22} = \frac{W_{f1}}{W_{f2}} L_{p21} \quad \dots\dots\dots (18)$$

③ P_1' および P_2' による右回りの回転モーメント

O点を中心とした P_1' および P_2' による右回りの回転モーメントは次式で表される。

$$M_R = P_1' \frac{h_m}{2} + P_2' \frac{h_m}{2} \quad \dots\dots\dots (19)$$

- ここに、 M_R : P_1' および P_2' による右回りの回転モーメント (kN・m)
- P_1' : 曲管A部の管路を回転させようとする力 (kN)
- h_m : Sベンド部のモーメントアーム (= 2 m)
- P_2' : 曲管B部の管路を回転させようとする力 (kN)

上式に(16)、(14)式を代入すると、右回りの回転モーメントは次式より求まる。

$$M_R = P_1' h_m = (P_1 - \mu W_{f1} \pi D_2 L_{p21}) h_m \quad \dots\dots\dots (20)$$

④土圧による左回りの抵抗モーメント

O点を中心とした土圧による左回りの抵抗モーメントは次式で表される。

ただし、曲管Aと曲管Bの間に直管や甲切管をはさまず直結する場合は、(21)式の右辺第2項および第4項はなくなる。

$$M_L = D_2 L_{p21} W_{f1} a_1 + \frac{D_2 L_{S1} W_{f1}}{2} \frac{2}{3} L_{S1} + D_2 L_{p22} W_{f2} a_2 + \frac{D_2 L_{S2} W_{f2}}{2} \frac{2}{3} L_{S2} \quad \dots\dots\dots (21)$$

- ここに、 M_L : 土圧による左回りの抵抗モーメント (kN・m)
- D_2 : 管外径 (= 0.528 m)
- L_{p21} : Sベンド部上側の必要一体化長さ (m)
- W_{f1} : Sベンド部上側の土かぶりによる土圧 (= 23.4 kN/m²)
- a_1 : O点から L_{p21} の中央までのモーメントアーム

$$\left\{ = \frac{L_{p21}}{2} + \frac{h_m}{2 \tan \theta} + L_1 \text{ (m)} \right\} \quad \dots\dots\dots (22)$$

- h_m : Sベンド部のモーメントアーム (= 2 m)
- θ : 曲管角度 (= 45°)
- L_1 : 曲管A、曲管Bの受口側有効長 (= 0.275 m)

L_{S1} : O点から曲管Aの挿し口までの距離

$$\left(= \frac{h_m}{2\sin\theta} - L_2 = 0.799 \text{ m} \right) \dots\dots\dots (23)$$

L_2 : 曲管A、曲管Bの挿し口側有効長 (=0.615 m)

L_{p22} : Sベンド部下側の必要一体化長さ (m)

W_{f2} : Sベンド部下側の土かぶりによる土圧 (=33.5 kN/m²)

a_2 : O点から L_{p22} の中央までのモーメントアーム

$$\left\{ = \frac{L_{p22}}{2} + \frac{h_m}{2\tan\theta} + L_2 \text{ (m)} \right\} \dots\dots\dots (24)$$

L_{S2} : O点から曲管Bの受口までの距離

$$\left(= \frac{h_m}{2\sin\theta} - L_1 = 1.139 \text{ m} \right) \dots\dots\dots (25)$$

したがって、上式に(18)式を代入すると左回りの抵抗モーメントは次式より求まる。

$$\begin{aligned} M_L = & D_2 L_{p21} W_{f1} a_1 + \frac{D_2 L_{S1} W_{f1}}{2} \frac{2}{3} L_{S1} \\ & + D_2 L_{p21} W_{f1} a_2 + \frac{D_2 L_{S2} W_{f2}}{2} \frac{2}{3} L_{S2} \dots\dots\dots (26) \end{aligned}$$

⑤Sベンド部上側の必要一体化長さ

P_1 および P_2 による右回りの回転モーメントと土圧による左回りの抵抗モーメントが釣り合うためには、次式を満足する必要がある。

$$M_L = M_R \dots\dots\dots (27)$$

上式に(20)、(22)～(26)式を代入し、 L_{p21} について整理すると次式を得る。

$$\begin{aligned} & D_2 W_{f1} \frac{W_{f1} + W_{f2}}{2W_{f2}} L_{p21}^2 + D_2 W_{f1} \left\{ \frac{h_m}{\tan\theta} + (L_1 + L_2) + \mu\pi h_m \right\} L_{p21} \\ & + \frac{D_2}{3} \left\{ \left(\frac{h_m}{2\sin\theta} - L_2 \right)^2 W_{f1} + \left(\frac{h_m}{2\sin\theta} - L_1 \right)^2 W_{f2} \right\} - P_1 h_m = 0 \end{aligned} \dots\dots\dots (28)$$

ここで、

$$a = D_2 W_{f1} \frac{W_{f1} + W_{f2}}{2W_{f2}} \dots\dots\dots (29)$$

$$b = D_2 W_{f1} \left\{ \frac{h_m}{\tan\theta} + (L_1 + L_2) + \mu\pi h_m \right\} \dots\dots\dots (30)$$

$$c = \frac{D_2}{3} \left\{ \left(\frac{h_m}{2\sin\theta} - L_2 \right)^2 W_{f1} + \left(\frac{h_m}{2\sin\theta} - L_1 \right)^2 W_{f2} \right\} - P_1 h_m \dots\dots\dots (31)$$

とおけば、この式は以下のように表される。

$$a L_{p21}^2 + b L_{p21} + c = 0 \dots\dots\dots (32)$$

ここに、 L_{p21} は正の値をとるため、2次方程式の解の公式より以下のように求まる。

$$L_{p21} = \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} = 4.9 \text{ m} \dots\dots\dots (33)$$

- ここに、 M_R : P_1 および P_2' による右回りの回転モーメント (kN・m)
- M_L : 土圧による左回りの抵抗モーメント (kN・m)
- D_2 : 管外径 (=0.528 m)
- W_{f1} : Sベンド部上側の土かぶりによる土圧 (=23.4 kN/m²)
- W_{f2} : Sベンド部下側の土かぶりによる土圧 (=33.5 kN/m²)
- L_{p21} : Sベンド部上側の必要一体化長さ (m)
- h_m : Sベンド部のモーメントアーム (= 2 m)
- θ : 曲管角度 (=45°)
- L_1 : 曲管A、曲管Bの受口側有効長 (=0.275 m)
- L_2 : 曲管A、曲管Bの挿し口側有効長 (=0.615 m)
- μ : 管と土との摩擦係数 (=0.3)
- P_1 : 曲管A部に作用する不平均力 (=284.643 kN)

これより、回転を防止するためのSベンド上側の必要一体化長さは $L_{p21}=5.1$ mとなる。

⑥Sベンド部下側の必要一体化長さ

Sベンド部下側の必要一体化長さは(18)式に前項で求めた L_{p21} の値を代入して求める。

$$L_{p22} = \frac{W_{f1}}{W_{f2}} L_{p21} = 3.4 \text{ m} \dots\dots\dots (34)$$

- ここに、 L_{p22} : Sベンド部下側の必要一体化長さ (m)
- W_{f1} : Sベンド部上側の土かぶりによる土圧 (=23.4 kN/m²)
- W_{f2} : Sベンド部下側の土かぶりによる土圧 (=33.5 kN/m²)
- L_{p21} : Sベンド部上側の必要一体化長さ (=4.9 m)

これより、回転を防止するためのSベンド下側の必要一体化長さは $L_{p22}=3.4$ mとなる。

(4)まとめ

以上の検討結果より、継手の許容曲げモーメントに対する必要一体化長さはSベンド部上側が $L_{p11}=18.3\text{m}$ 、Sベンド部下側が $L_{p12}=12.8\text{m}$ となった。また、回転に対する必要一体化長さは、Sベンド部上側が $L_{p21}=4.9\text{m}$ 、Sベンド部下側が $L_{p22}=3.4\text{m}$ となった。したがって、上側、下側それぞれについて大きい方の値をとれば、Sベンド部上側の必要一体化長さは $L_{p1}=18.3\text{m}$ 、Sベンド部下側の必要一体化長さは $L_{p2}=12.8\text{m}$ となる。図47に一体化長さを確保すべき位置を示す。

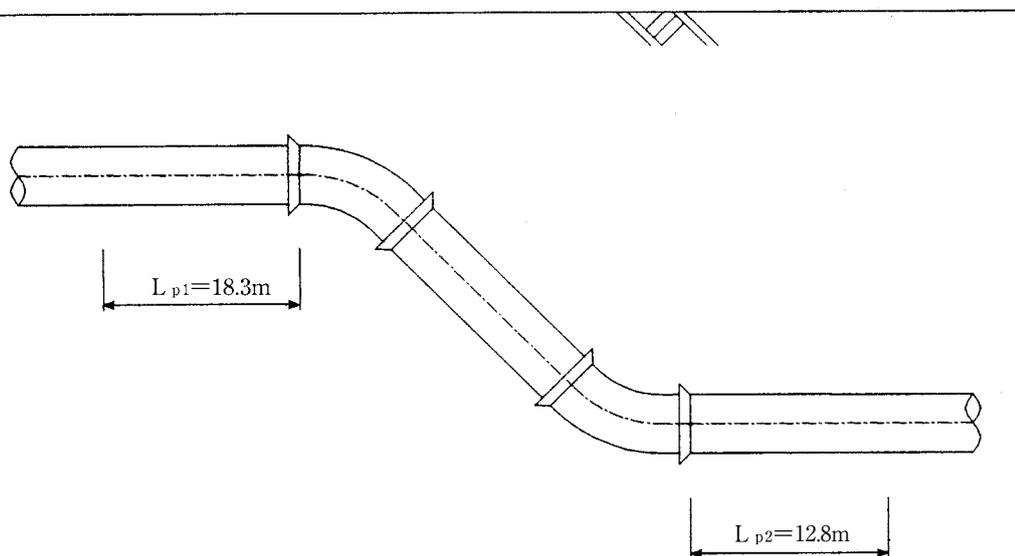


図47 一体化長さを確保すべき位置

(参考)

ここでは、垂直Sベンド部についての計算方法を示したが、水平Sベンド部についても左右の土かぶりを等しいとおけば全く同様の考え方で検討することができる。

なお、上記の検討において、曲管角度が 90° の場合は(28)式の $\tan \theta$ が無大となる。このため、(28)式を計算機に入力する場合は、 $\tan \theta = \sin \theta / \cos \theta$ と置き換えておく必要がある。

また、Sベンド部の曲管部間に切管を挿入する場合は、接合可能な最小切管長さを確保するよう配慮が必要である。

4. 5. 11 片落管部の計算例

一例として、GX形離脱防止継手による呼び径100×75片落管部の必要一体化長さの計算例を示す。

(1) 検討条件

- | | |
|---------------------|---|
| ①大口径管の呼び径 | : D = 100 GX形 (S種) |
| ②小口径管の呼び径 | : D = 75 GX形 (S種) |
| ③大口径管の外径 | : $D_2 = 0.118\text{m}$ |
| ④小口径管の外径 | : $d_2 = 0.093\text{m}$ |
| ⑤設計水圧 (= 静水圧 + 水撃圧) | : $p = 1.3\text{MPa} (= 1300\text{kN/m}^2)$ |
| ⑥大口径管側の土かぶり | : $h = 0.8\text{m}$ |
| ⑦管と土との摩擦係数 | : $\mu = 0.4$ (ポリエチレンスリーブ無し) |
| ⑧土の単位体積重量 | : $\gamma_s = 16\text{kN/m}^3$ |
| ⑨設定安全率 | : $S_{ip} = 1.25$ |

(2) 一体化長さの検討

図48に検討を行う片落管部の概要を示す。片落管部には大口径管と小口径管の断面積の差分の水圧による不平均力Pが大口径管側から小口径管側へ向かって作用する。これに対して、片落管と一体化された直管部には管と土との摩擦力fが抵抗力として作用する。このとき、管と土との摩擦力fの不平均力Pに対する安全率が設定安全率を確保するように大口径管側の必要一体化長さ L_p を求める。

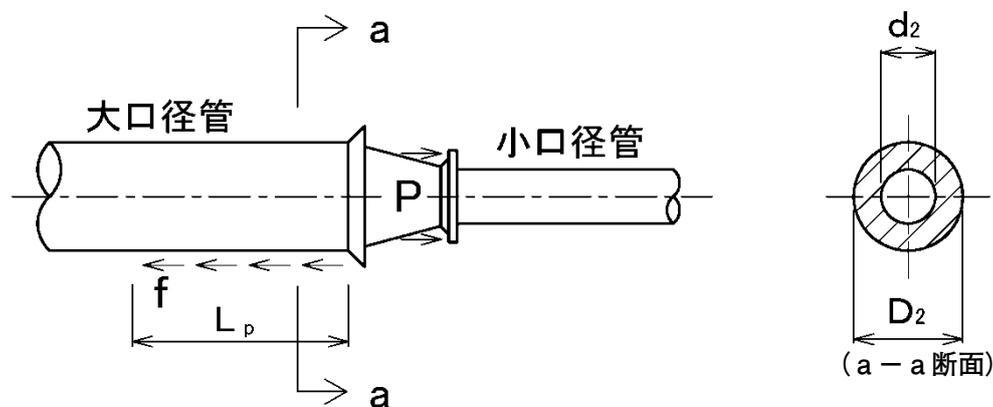


図48 片落管部の概要

①片落管部に作用する不平均力

$$P = \frac{\pi}{4} (D_2^2 - d_2^2) p = 5.386 \text{ kN} \dots\dots\dots (1)$$

ここに、P：片落管部に作用する不平均力 (kN)

D_2 ：大口径管の外径 (=0.118m)

d_2 ：小口径管の外径 (=0.093m)

p：設計水圧 (=1300kN/m²)

②土かぶりによる土圧

土かぶりによる土圧は、管中心での土かぶり（以下、有効土かぶりという）で計算する。有効土かぶり 2 m 以下の場合には垂直公式で計算し、2 m を超える場合はヤンセン公式の値と有効土かぶり 2 m の垂直公式の値を比較して大きい方を使用する。

ここでは、以下に示す垂直公式で計算する。

$$W_f = \gamma_s h_c \dots\dots\dots (2)$$

$$= 13.7 \text{ kN/m}^2$$

ここに、 W_f ：大口径管側の土かぶりによる土圧 (kN/m²)

γ_s ：土の単位体積重量 (=16kN/m³)

h_c ：大口径管側の有効土かぶり ($=h + \frac{D_2}{2} = 0.859\text{m}$)

h：大口径管側の土かぶり (=0.8m)

D_2 ：大口径管の外径 (=0.118m)

③必要一体化長さ

直管部に作用する管と土との摩擦力は次式で求まる。

$$f = \mu W_f \pi D_2 L_p \dots\dots\dots (3)$$

ここに、f：管と土との摩擦力 (kN)

μ ：管と土との摩擦係数 (=0.4)

W_f ：大口径管側の土かぶりによる土圧 (=13.7kN/m²)

D_2 ：大口径管の外径 (=0.118m)

L_p ：大口径管側の必要一体化長さ (m)

また、上記の摩擦力fが不平均力Pに対して、設定安全率を確保するためには次式を満足する必要がある。

$$S_{fp} = \frac{f}{P} \geq 1.25 \dots\dots\dots (4)$$

ここに、 S_{fp} ：設定安全率

f：管と土との摩擦力 (kN)

P：片落管部に作用する不平均力 (=5.386kN)

したがって、大口径管側の必要一体化長さは次式で求まる。

$$L_p = \frac{S_{fp} P}{\mu W_f \pi D_2} = 3.4\text{m} \quad \dots\dots\dots (5)$$

- ここに、 L_p ：大口径管側の必要一体化長さ (m)
- S_{fp} ：設定安全率 (=1.25)
- P ：片落管部に作用する不平均力 (=5.386kN)
- μ ：管と土との摩擦係数 (=0.4)
- W_f ：大口径管側の土かぶりによる土圧 (=13.7kN/m²)
- D_2 ：大口径管側の外径 (=0.118m)

(3)まとめ

以上の検討結果より、片落管部の不平均力を大口径管側のみで保持する場合の必要一体化長さは $L_p=3.4\text{m}$ となる。図49に一体化長さを確保すべき位置を示す。

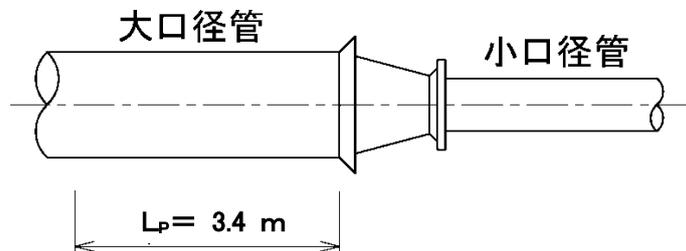


図49 一体化長さを確保すべき位置

(参考)

ここでは、大口径管側のみで一体化長さを確保して不平均力を保持する一般的な場合の計算方法を示したが、大口径管側に配管設計上の何らかの制約がある場合は、大口径管側と小口径管側の両方あるいは小口径管側のみで一体化長さを確保することもできる。この場合の計算方法は以下による。

①大口径管側と小口径管側の両方の一体化長さで不平均力を保持する場合

上記の(2)の③項に示す式で大口径管側の管と土との摩擦力 f_1 と小口径管側の管と土との摩擦力 f_2 を求め、これらの合計が水圧による不平均力 P に対して設定安全率 S_f を確保するようにそれぞれの一体化長さを求める。この場合、片落管の長さは一体化長さの中に含まないものとする。

②小口径管側の一体化長さのみで不平均力を保持する場合

上記の(2)の③項に示す式で、小口径管側の管と土との摩擦力 f を求め、これが水圧による不平均力 P に対して設定安全率 S_f を確保するように一体化長さを求める。ただし、この方法は、大口径管と小口径管の口径差にもよるが一般に一体化長さが長くなる場合が多い。

4. 5. 12 管端部および仕切弁部の計算例

一例として、GX形離脱防止継手による呼び径100管端部および仕切弁部の必要一体化長さの計算方法を示す。

(1) 検討条件

- | | |
|---------------------|---|
| ①呼び径 | : D = 100 GX形 (S種) |
| ②管外径 | : $D_2 = 0.118\text{m}$ |
| ③設計水圧 (= 静水圧 + 水撃圧) | : $p = 1.3\text{MPa} (= 1300\text{kN/m}^2)$ |
| ④土かぶり | : $h = 0.8\text{m}$ |
| ⑤管と土との摩擦係数 | : $\mu = 0.4$ (ポリエチレンスリーブ無し) |
| ⑥土の単位体積重量 | : $\gamma_s = 16\text{kN/m}^3$ |
| ⑦設定安全率 | : $S_{fp} = 1.25$ |

(2) 一体化長さの検討

図50に検討を行う管端部および仕切弁部の概要を示す。管端部や弁閉鎖時の仕切弁には水圧による不平均力Pが作用する。これに対して、一体化された直管部には管と土との摩擦力fが抵抗力として作用する。このとき、管と土との摩擦力fの不平均力Pに対する安全率が設定安全率を確保するように必要一体化長さ L_p を求める。

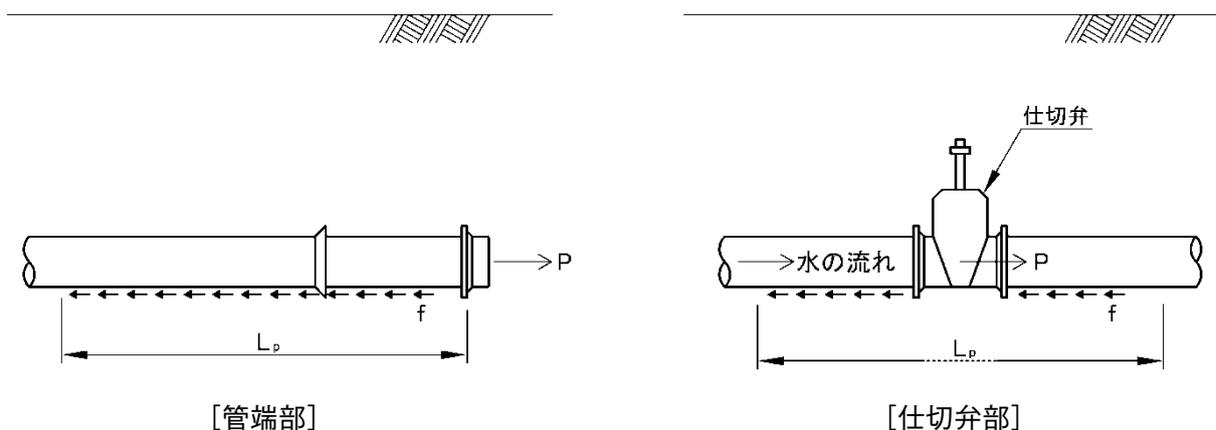


図50 管端部および仕切弁部の概要

①管端部および仕切弁部に作用する不平均力

$$P = \frac{\pi}{4} D_2^2 p = 14.217\text{kN} \dots\dots\dots (1)$$

ここに、P : 管端部および仕切弁部に作用する不平均力 (kN)

D_2 : 管外径 (= 0.118m)

p : 設計水圧 (= 1300kN/m²)

②土かぶりによる土圧

土かぶりによる土圧は、管中心での土かぶり（以下、有効土かぶりという）で計算する。有効土かぶり 2 m 以下の場合には垂直公式で計算し、2 m を超える場合はヤンセン公式の値と有効土かぶり 2 m の垂直公式の値を比較して大きい方を使用する。

ここでは、以下に示す垂直公式で計算する。

$$W_f = \gamma_s h_c \dots\dots\dots (2)$$

$$= 13.7 \text{ kN/m}^2$$

ここに、 W_f ：土かぶりによる土圧 (kN/m²)

γ_s ：土の単位体積重量 (= 16kN/m³)

h_c ：有効土かぶり ($= h + \frac{D_2}{2} = 0.859\text{m}$)

h ：土かぶり (= 0.8m)

D_2 ：管外径 (= 0.118m)

③必要一体化長さ

直管部に作用する管と土との摩擦力は次式で求まる。

$$f = \mu W_f \pi D_2 L_p \dots\dots\dots (3)$$

ここに、 f ：管と土との摩擦力 (kN)

μ ：管と土との摩擦係数 (= 0.4)

W_f ：土かぶりによる土圧 (= 13.7kN/m²)

D_2 ：管外径 (= 0.118m)

L_p ：必要一体化長さ (m)

また、上記の摩擦力 f が不平均力 P に対して、設定安全率を確保するためには次式を満足する必要がある。

$$S_{fp} = \frac{f}{P} \geq 1.25 \dots\dots\dots (4)$$

ここに、 S_{fp} ：設定安全率

f ：管と土との摩擦力 (kN)

P ：管端部および仕切弁部に作用する不平均力 (= 14.217kN)

したがって、必要一体化長さは次式で求まる。

$$L_p \geq \frac{S_{fp} P}{\mu W_f \pi D_2} = 8.8\text{m} \dots\dots\dots (5)$$

ここに、 L_p ：必要一体化長さ (m)

S_{fp} ：設定安全率 (= 1.25)

P ：管端部および仕切弁部に作用する不平均力 (= 14.217kN)

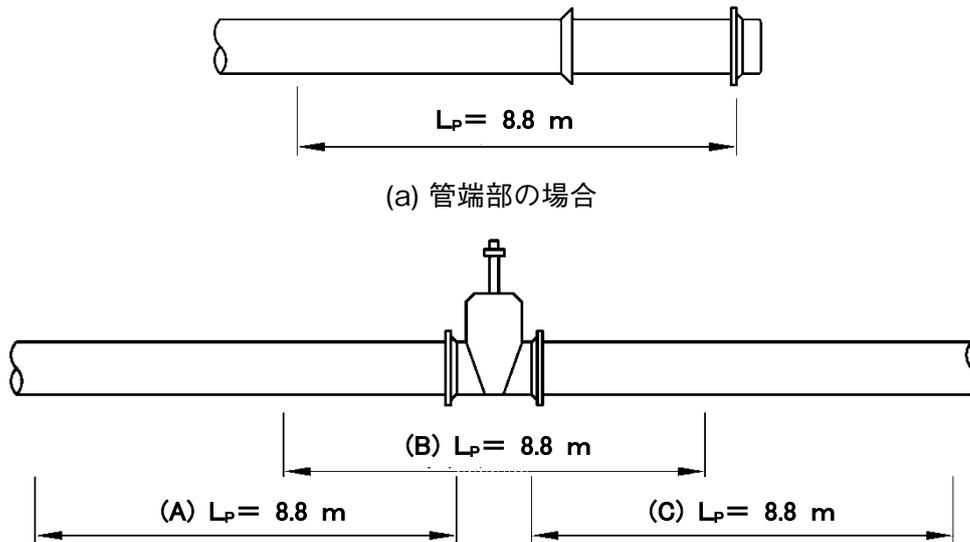
μ ：管と土との摩擦係数 (= 0.4)

W_f ：土かぶりによる土圧 (= 13.7kN/m²)

D_2 ：管外径 (= 0.118m)

(3)まとめ

以上の検討結果より、管端部および仕切弁部の不平均力を保持するための必要一体化長さは $L_p=8.8\text{m}$ となる。図51に一体化長さを確保すべき位置を示す。



備考 一体化長さを確保する位置は(A)、(B)、(C)のいずれの位置でもよいが、(B)の場合は弁キョウ等による土圧低減が予想される。このため、(A)または(C)が望ましい。なお、(B)とする場合は一体化長さのなかに仕切弁の長さは含めないものとする。

(b) 仕切弁部（離脱防止継手形）の場合

図51 一体化長さを確保すべき位置

(参考)

管端部や仕切弁部は、管と土との摩擦力のみで水圧による不平均力を保持するため、呼び径が大きくなると必要一体化長さが長くなる。そのため、他の一体化長さと重複し、離脱防止継手による剛構造管路部が長くなり、鎖構造管路の機能を十分に発揮できないため、以下の対策を検討すべきである。

①管端部の場合

- ・管端部付近の直管部を巻き込むように防護コンクリートを打設し、不平均力を防護コンクリートのみで保持するかあるいは一体化と防護コンクリートの併用で保持するよう設計する。
- ・帽と接する位置に不平均力を保持できるだけの防護コンクリートを打設する。この防護コンクリートは、次の工区と接続するときには撤去することになる。
- ・立坑やその他の地中構造物に反力を期待できる場合は、H形鋼などで不平均力を伝達する。

②仕切弁部の場合

- ・仕切弁を直接地中に埋設する場合は、仕切弁部または仕切弁前後の直線部を防護コンクリートで巻きたてて、防護コンクリート底面の土との摩擦力と側面の受働土圧で不平均力を保持する。この場合も、防護コンクリートのみあるいは一体化と防護コンクリートの併用のいずれかを検討する。
- ・弁室を築造する場合は、弁室底面の土との摩擦力と側面の受働土圧で不平均力を保持できるように弁室の大きさを設計する。この場合、弁室の壁に巻き込まれる管はパドルをつけるなど弁室と一体化される構造とする。また、弁室は防護コンクリートと比べて一般に大きく、地震時に弁室と地中部の管の挙動が異なる場合があるため、弁室と管との取り合い部は4.3の(2)項(頁23)に示す継ぎ輪の2個使いなどの変位吸収対策を検討することが望ましい。

4. 6 鎖構造管路における防護コンクリートの適用

口径の大きい高水圧管路などでは、これまで述べてきた計算方法による一体化長さが合計50mを超える場合や、場内などの異形管部が多い複雑な管路では、必要な一体化長さが重なって管路のほとんどが離脱防止継手による剛構造管路にならざるを得ない場合が生じる。その結果、配管設計上の支障が生じたり鎖構造管路の機能を十分に発揮できないと判断される場合は、必要に応じて防護コンクリートの適用を検討すべきである。ここにいう防護コンクリートは、鎖構造管路の地盤変位吸収性能を高めるための機能部材と位置づけられるものである。このため、地震動や地盤変動で破損しないように配筋を施すなど慎重に設計する必要がある。参考までにいくつかの事例を示す。

4. 6. 1 一体化長さを短くするために防護コンクリートを併用する場合

一例として、図52に一体化長さの計算結果が長すぎて配管設計上支障となったため、防護コンクリートを併用して一体化長さを短く変更した曲管部の例を示す。ここに、一体化長さとは防護コンクリートの形状寸法の設計は、一体化管路部で保持できる水圧分と防護コンクリートで保持できる水圧分の合計が設計水圧となるように行う。これによって、一体化長さを短くできるだけでなく、防護コンクリートの体積も防護コンクリート単独で不平均力を保持する場合よりは小さくすることができる。この考え方は、他の異形管部で一体化と防護コンクリートを併用する場合も同様である。

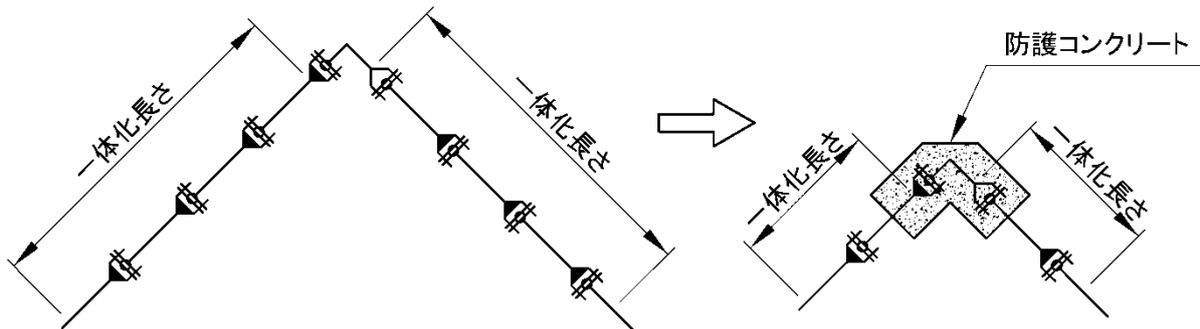


図52 一体化部に防護コンクリートを併用した例

4. 6. 2 複雑な管路で一体化長さが重なる場合

図53に場内などの異形管の多い複雑な管路に防護コンクリートを適用した例を示す。この例では、各異形管部の一体化長さが重なって管路の多くが離脱防止継手による剛構造管路となったため、異形管部の不平均力を防護コンクリートで保持し、その前後に伸縮形耐震継手を使用して管路としての変位吸収性をより高めている。

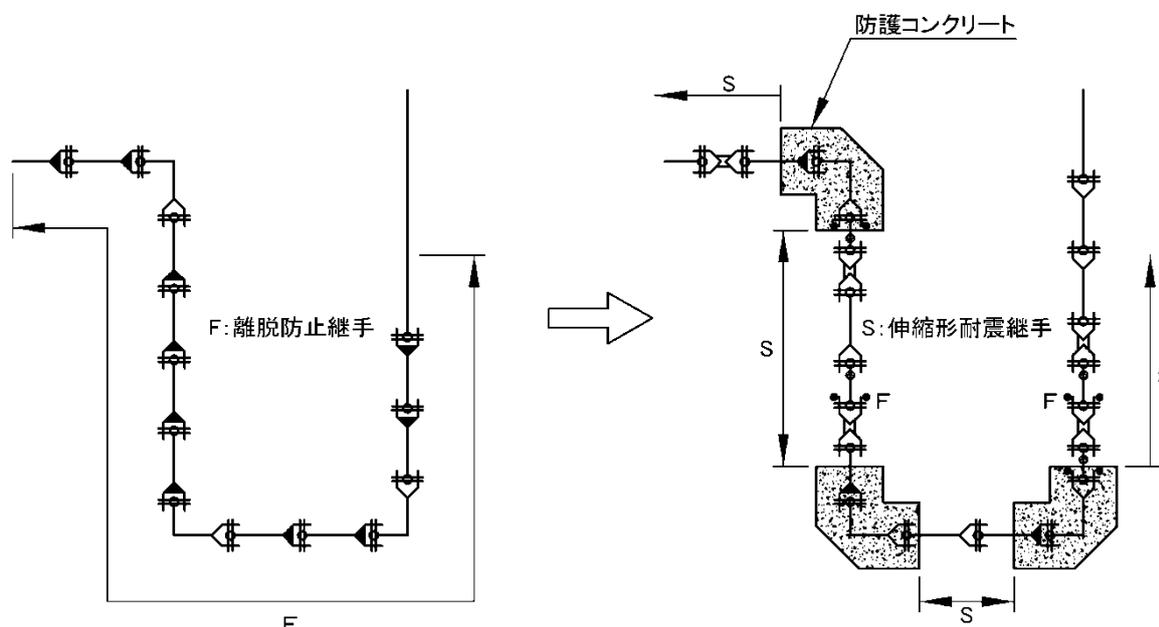


図53 複雑な配管における防護コンクリートの適用例

4. 6. 3 構造物の近傍に曲管部が配置される場合

図54に構造物の近傍に曲管部が配置される例を示す。この例では、構造物周りがすべて離脱防止継手となって地盤変位の吸収性に問題があると判断されたため、構造物との取り合い部に継ぎ輪を2個使用して変位吸収性を高め、同時にこの継ぎ輪が平常時の水圧で伸び出すことを防止するために曲管部に防護コンクリートを設置している。

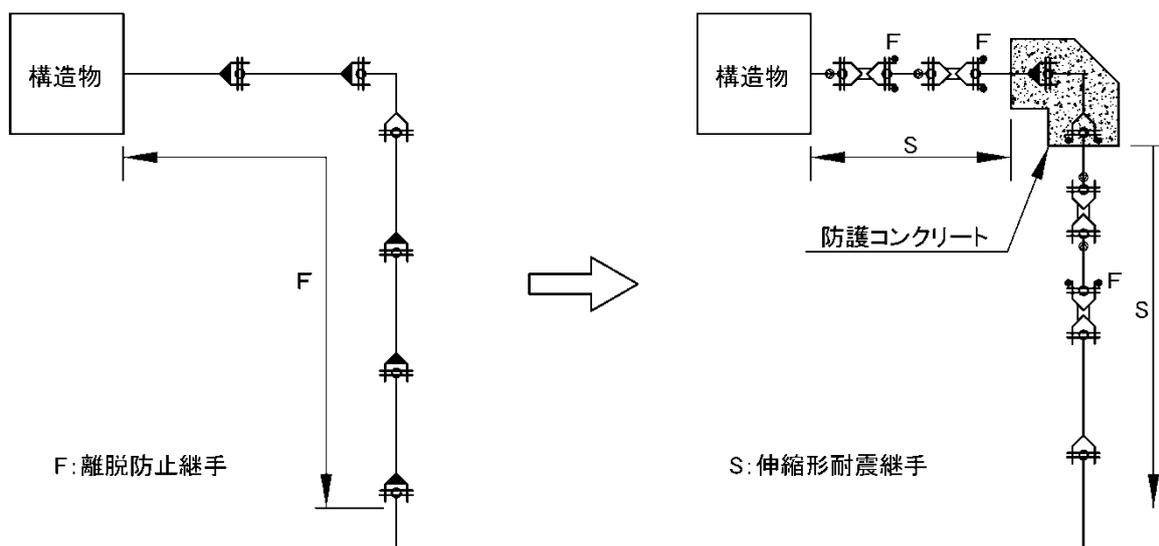


図54 構造物近傍の曲管部に防護コンクリートを設置した例

4. 7 管路の寸法調整

4. 7. 1 直線配管時の寸法調整部

配管施工時は、測量誤差や現場条件による種々の制約などによって寸法調整が必要になる。GX形の場合は、切管を使用して現場での寸法調整が可能である。このため、寸法調整が必要となる箇所には、設計段階から切管を適切に配置しておくようにする。直線配管時の寸法調整の例を図55に示す。

[せめ配管の場合]

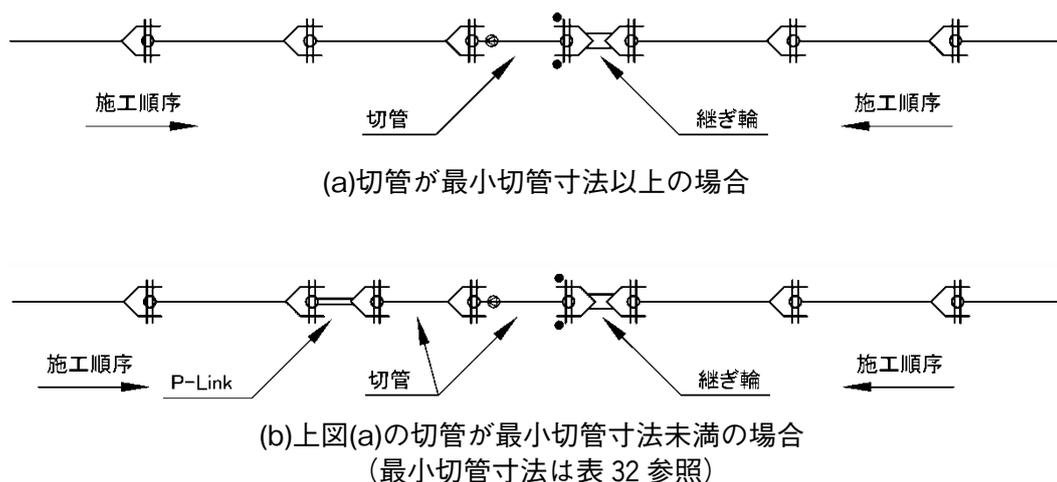


図55 直線配管時の寸法調整部の例（呼び径75～300）

4. 7. 2 異形管前後における寸法調整部

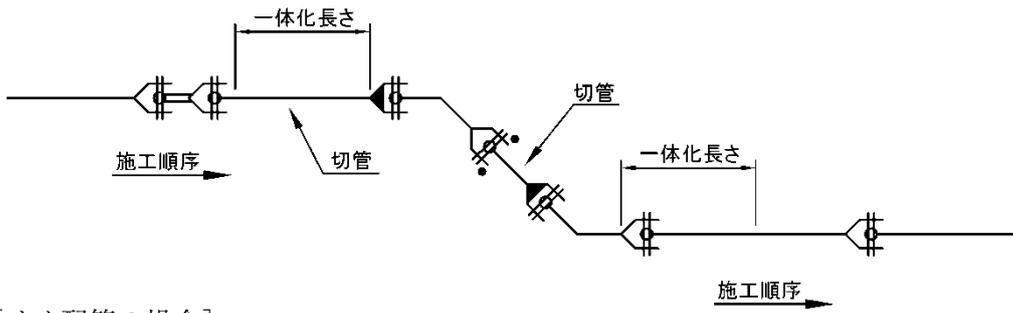
異形管前後の寸法調整は、施工順序にもよるが原則として異形管および仕切弁の前後の管で行う。この場合、多少の長さ調整があった場合でも必要な一体化長さが不足しないように、あらかじめ一体化長さに余裕を見ておくことが望ましい。異形管前後における寸法調整の例を図56に示す。

ここで、継ぎ輪を一体化長さの範囲内に設置する場合、継ぎ輪の伸縮および屈曲を防止するためにG-Linkを用いる^{注1)}。なお、継ぎ輪に異形管の挿し口を接合することは、ゴム輪の正常な接触面が確保できず漏水につながる恐れがあること^{注2)}や、継ぎ輪の移動により異形管の接合用フックと押輪の接触による破損や漏水の原因となるため、水密性の観点から不都合であるため避けなければならない。

注1) GX形継ぎ輪用に開発された市販の離脱防止金具を用いる場合は、挿し口突部を有する挿し口と組み合わせて使用する。GX形継ぎ輪用に開発された離脱防止金具は、水圧では挿し口を保持できるが、それ以上の負荷では拔出しを生じる構造のため、挿し口突部がない挿し口と組み合わせた場合、地震時等に継手の離脱の原因となるので注意が必要である。

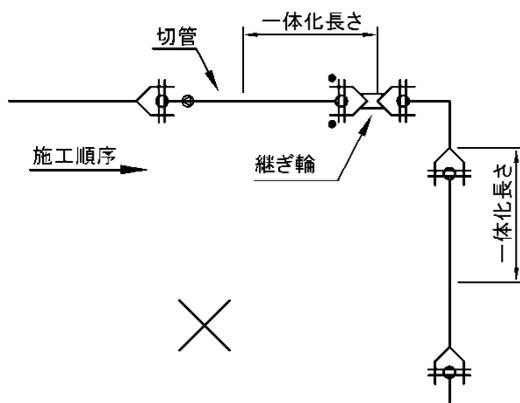
注2) 異形管の挿し口は管端部から受口深さ程度までの間で外径が管理されている。したがって、施工時において継ぎ輪に異形管の挿し口を受口深さ以上に挿し込んだ場合、ゴム輪の正常な接触面が確保できないため十分な水密性が確保できないことがある。

[一方向に配管する場合]



[せめ配管の場合]

悪い例



良い例

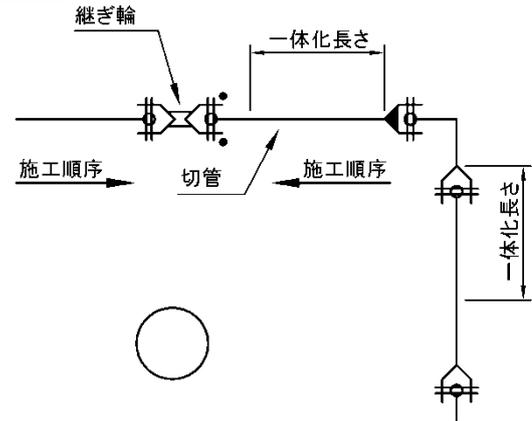


図56 異形管前後における寸法調整部の例

4. 8 管端部の処理

将来管路を延長する予定の工区の末端部には、4. 5. 12（頁79）に示す計算式によって求めた管端部の必要一体化長さを確保する。この間は継手部の伸縮量がなくなるため、鎖構造管路の機能を生かすためには一体化部の前あるいは次工区的最初に継ぎ輪を必要個数設置し、伸縮量を補うよう配慮しておくことが望ましい。

図57にGX形の管端部処理の方法を示す。

呼び径75～450の管端受口部は乙切管と帽の組合せによる。また、管端挿し口部は帽を使用する。なお、次工区との接続は、帽を撤去してから行う。

呼び径500～1000の管端受口部にはGX形栓を使用する。また、管端挿し口部はGX形継ぎ輪とGX形栓の組合せによる。この部分は一体化すべき範囲内に入るため、GX形挿し口と継ぎ輪は挿し口突部がロックリングにかかるように限界まで伸び出した状態で接合する。なお、次工区との接続は、GX形栓を撤去してから行う。

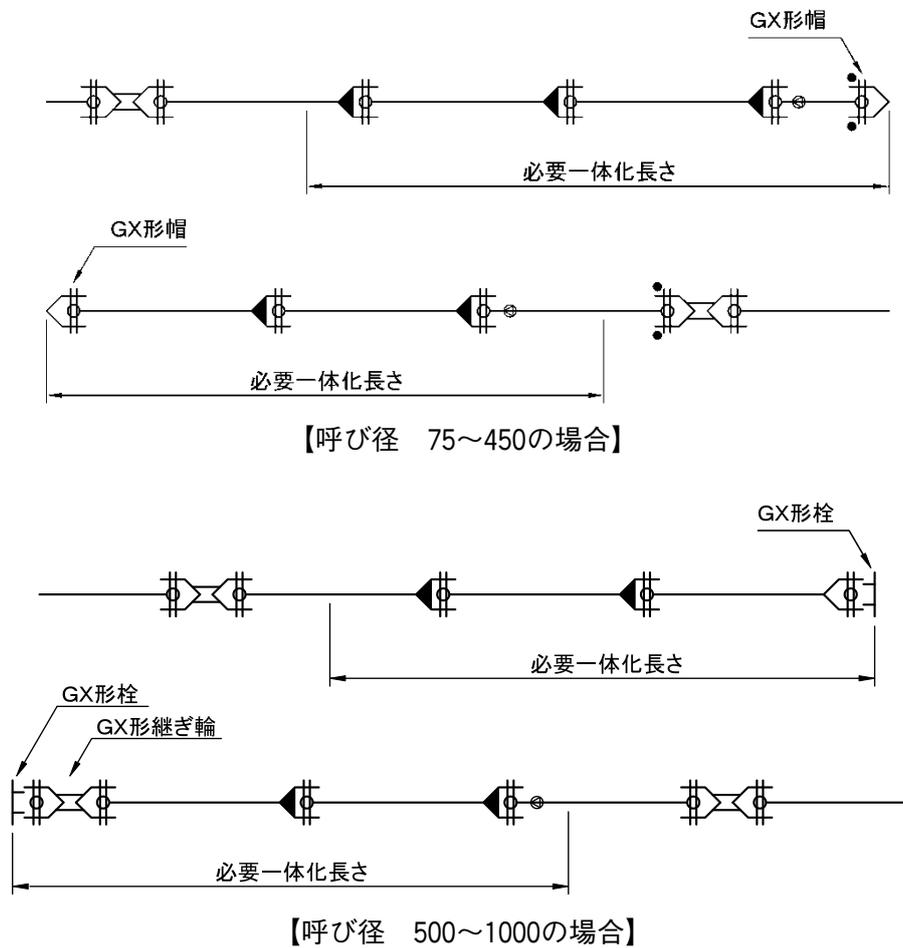


図57 GX形の管端部

4. 9 既設管との接続方法例

GX形直管や異形管、ライナなどの接合の組合せの種類をまとめた接合パターンを表22に示す。GX形で構築される管路はこれらの接合パターンを組み合わせることで接合される。

既設管を切断することが可能な場合は、表23に示す方法例で接続する。なお、表23-1中の継ぎ輪は両受短管でも同様に接合可能である（異形管との接続は両受短管のみ可能）。

表22 接合パターン

<p>① 直管挿し口と直管受口の接合</p>	<p>② 直管挿し口と直管受口 (ライナ) の接合</p>
<p>③ 切管挿し口と直管受口の接合¹⁾</p>	<p>④ 切管挿し口と直管受口 (ライナ) の接合¹⁾</p>
<p>⑤ 異形管挿し口と直管受口 (ライナ) の接合</p>	<p>⑥ 異形管挿し口と異形管受口の接合</p>
<p>⑦ 直管挿し口と異形管受口の接合</p>	<p>⑧ 切管挿し口と異形管受口の接合²⁾</p>

備考) 表中に示す管路図は主に呼び径75~450を表すものであり、呼び径によっては継手形状などが異なる。

注1) P-Linkを用いた接合は、呼び径75~300に適用可能。

呼び径350~1000では、切管挿し口にGX形切管用挿し口リングを取り付けてGX形直管受口と接合する。この場合、切管の管種は、呼び径75~450は1種管、呼び径500~1000は2種管相当以上であることが必要。

2) G-Linkを用いた接合は、呼び径75~300に適用可能。

呼び径350~1000では、切管挿し口にGX形切管用挿し口リングを取り付けてGX形異形管受口と接合する。この場合、切管の管種は、呼び径75~450は1種管、呼び径500~1000は2種管相当以上であることが必要。

表23-1 既設管を切断する場合の接続方法例（呼び径75～450）

(1) 既設を切断し、GX 形直管受口を接合する場合 ^{1)、2)}
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="border: 1px dashed black; padding: 5px;">[既設] 直管を切断</div> <div style="text-align: center;"> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">[新設] GX 形直管 受口</div> </div>
(2) 既設を切断し、GX 形直管挿し口を接合する場合 ^{1)、2)}
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="border: 1px dashed black; padding: 5px;">[既設] 直管を切断</div> <div style="text-align: center;"> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">[新設] GX 形直管 挿し口</div> </div>
(3) 既設を切断し、GX 形異形管受口を接合する場合 ^{1)、2)}
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="border: 1px dashed black; padding: 5px;">[既設] 直管を切断</div> <div style="text-align: center;"> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">[新設] GX 形異形管 受口</div> </div>
(4) 既設を切断し、GX 形異形管挿し口を接合する場合 ¹⁾
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="border: 1px dashed black; padding: 5px;">[既設] 直管を切断</div> <div style="text-align: center;"> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">[新設] GX 形異形管 挿し口</div> </div>

備考) ○ 内の数値は、「表 22 GX 形接合パターン」の番号を示す。

注1) 切管ユニット (P-Link、G-Link) を使用しない場合には、既設管切断部に GX 形切管用挿し口リングを取り付け、GX 形直管受口あるいは GX 形異形管受口と接続する。この場合、既設管の管種は 1 種管である必要がある。呼び径 350～450 については、切管ユニット (P-Link、G-Link) が存在しないため、必ず切管用挿し口リングを用いた接続方法となる。

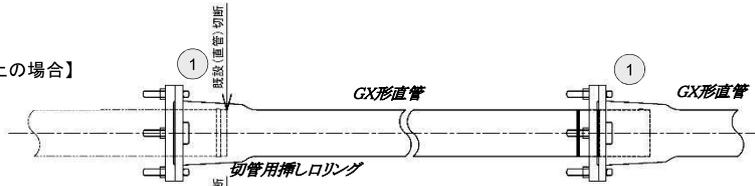
2) 呼び径 350～450 において既設管切断部に継ぎ輪が接続される場合には、GX 形切管用挿し口リング (継ぎ輪接合用) を用いる場合に限り、1 種管以外との接続が可能である。

表23-2 既設管を切断する場合の接続方法例（呼び径500～1000）

(1) 既設を切断し、GX形直管受口を接合する場合

【既設管が2種管相当以上の場合】

【既設】
直管を切断



【新設】
GX形直管
受口

【既設管が3種管以下の場合】

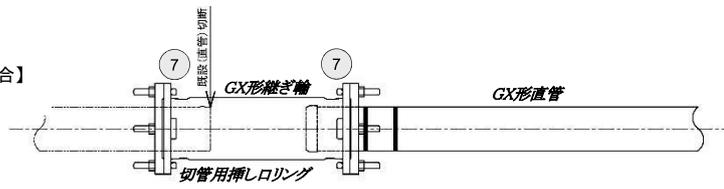
K形接合



(2) 既設を切断し、GX形直管挿し口を接合する場合

【既設管が2種管相当以上の場合】

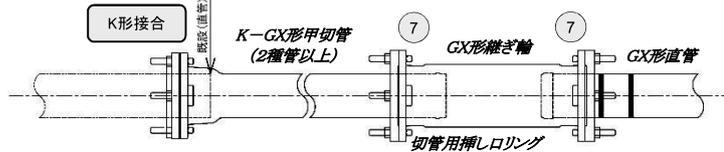
【既設】
直管を切断



【新設】
GX形直管
挿し口

【既設管が3種管以下の場合】

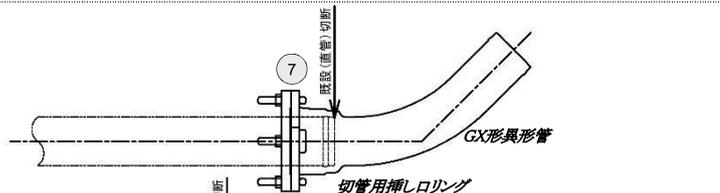
K形接合



(3) 既設を切断し、GX形異形管受口を接合する場合

【既設管が2種管相当以上の場合】

【既設】
直管を切断



【新設】
GX形異形管
受口

【既設管が3種管以下の場合】

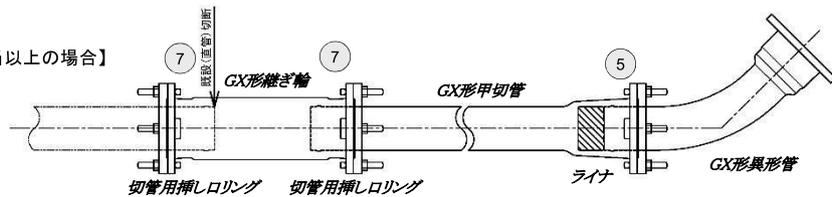
K形接合



(4) 既設を切断し、GX形異形管挿し口を接合する場合

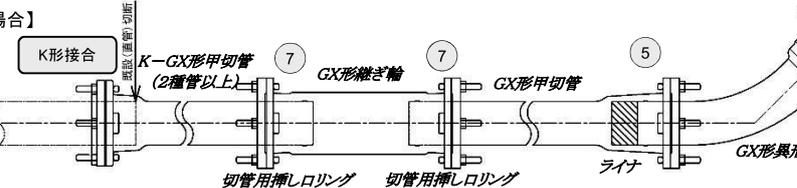
【既設管が2種管相当以上の場合】

【既設】
直管を切断



【新設】
GX形異形管
挿し口

【既設管が3種管以下の場合】



備考) ○ 内の数値は、「表 22 GX形接合パターン」の番号を示す。

5. 参考資料

5. 1 耐震継手の評価基準

GX形継手の伸縮量および離脱防止力は、表24に示す継手の評価基準において伸縮形耐震継手のS-1類A級に区分され、耐震継手として最高ランクの性能に相当する。

表24 耐震継手の評価基準

継手の区分		
耐震継手はその継手性能から伸縮形と屈曲形に大別し、それぞれの継手性能から次のように分類、区分する。		
(1)伸縮形耐震継手		
区分は以下の通りとし、伸縮性能区分と離脱防止性能区分との組合せとする。ただし、離脱防止性能がなくてもここに示す離脱防止性能に相当する余裕長を持つものは、それぞれの類、級に該当させることができる。		
項目	区分	継手の性能
伸縮性能	S-1類	伸縮量 $\pm 0.01 \ell$ mm以上
	S-2類	〃 $\pm 0.005 \ell$ mm以上 $\pm 0.01 \ell$ mm未満
	S-3類	〃 $\pm 0.005 \ell$ mm未満
離脱防止性能	A級	離脱防止力 $0.3D_{tf}$ 以上
	B級	〃 $0.15D_{tf}$ 以上 $0.3D_{tf}$ 未満
	C級	〃 $0.075D_{tf}$ 以上 $0.15D_{tf}$ 未満
	D級	〃 $0.075D_{tf}$ 未満
注) ℓ : 管1本の有効長 (mm) D : 管外径 (mm)、一般には呼び径とする。		
(2)屈曲形耐震継手		
区分は以下の通りとし、屈曲性能区分と離脱防止性能区分との組合せとする。ただし、離脱防止性能がなくてもここに示す離脱防止性能に相当する余裕長を持つものは、それぞれの類、級に該当させることができる。		
項目	区分	継手の性能
屈曲性能	M-1類	屈曲角度 $\pm 15^\circ$ 以上
	M-2類	〃 $\pm 7.5^\circ$ 以上 $\pm 15^\circ$ 未満
	M-3類	〃 $\pm 7.5^\circ$ 未満
離脱防止性能	A級	離脱防止力 $0.3D_{tf}$ 以上
	B級	〃 $0.15D_{tf}$ 以上 $0.3D_{tf}$ 未満
	C級	〃 $0.075D_{tf}$ 以上 $0.15D_{tf}$ 未満
	D級	〃 $0.075D_{tf}$ 未満
注) D : 管外径 (mm)、一般には呼び径とする。		

[引用文献] (財)国土開発技術研究センター：地下埋設管路耐震継手の技術基準(案)、昭和52年3月

5. 2 一体化長さ算出用資料

5. 2. 1 地盤定数

一体化長さの計算に使用する主な地盤定数を以下に示す。

(1)土の単位体積重量

代表値を表25に示す。普通の地盤では $\gamma = 16 \sim 18 \text{kN/m}^3$ を使用するのが一般的である。

表25 土の単位体積重量

砂の場合		粘土の場合	
状態	単位体積重量 γ (kN/m ³)	状態	単位体積重量 γ (kN/m ³)
非常にゆるい	11~16	非常に軟らかい	16~19
ゆるい	14~18	軟らかい	16~19
中位の	17~20	中位の	17~20
密な	17~22	固い	19~22
非常に密な	20~23	非常に固い	19~22

(2)土の内部摩擦角

砂質土の場合を表26に示す。普通の地盤では $\phi = 30^\circ \sim 40^\circ$ の値を使用する。

表26 土の内部摩擦角

状態	N値	相対密度	内部摩擦角 ϕ (°)	
			Peckによる	Meyerhofによる
非常にゆるい	0~4	0.0~0.2	28.5以下	30以下
ゆるい	4~10	0.2~0.4	28.5~30	30~35
中位の	10~30	0.4~0.6	30~36	35~40
密な	30~50	0.6~0.8	36~41	40~45
非常に密な	50以上	0.8~1.0	41以上	45以上

(3)管と土との摩擦係数

地盤の種類とポリエチレンスリーブの有無に応じて一般に表27の値を使用する。

表27 管と土との摩擦係数

地盤の種類	摩擦係数 μ	
	ポリエチレンスリーブ あり	ポリエチレンスリーブ なし
硬い地盤	0.4	0.5
中位の地盤	0.3	0.4
軟弱地盤	0.2	0.3

(4)横方向地盤反力係数

管路を取り巻く地盤は、ひずみが小さい範囲では弾性体と同じ挙動を示す。このため、水圧による不平均力で管が地盤に押し込まれるとその変位量に比例した地盤反力が管に作用する。このときの地盤の単位面積当たりのばね定数が横方向地盤反力係数（k値）である。

一体化長さの計算では、安全をみて軟弱地盤に相当する $k=3,000\text{kN/m}^3$ 前後（ $2,000\sim 5,000\text{kN/m}^3$ ）を使用することが多い。

k値の提案値は多いが参考までにいくつかの例を示す。

① Hopkinsの提案値

Hopkinsは表28の値を提案している。

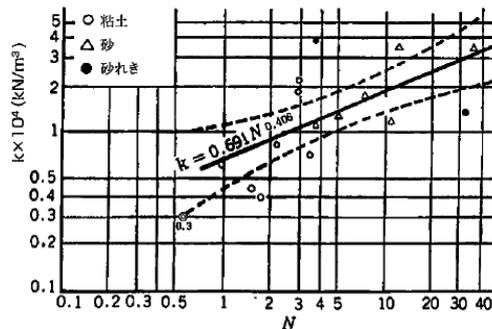
表28 横方向地盤反力係数

土の性質	k (kN/m ³)
非常に軟弱なシルトまたは粘土	2,800～14,000
軟弱なシルトまたは粘土	14,000～28,000
普通の粘土	28,000～140,000
固い粘土	140,000～
砂(付着力なし)	28,000～83,000

備考 $1\text{kN/m}^3 \approx 10^{-4}\text{kgf/cm}^3$ として換算した。

② 福岡らのボーリング孔を利用した実測値

福岡、宇都の試験によるN値と地盤反力係数の関係を図58に示す。



備考 $1\text{kN/m}^3 \approx 10^{-4}\text{kgf/cm}^3$ として換算

図58 N値とk値の関係

5. 2. 2 離脱防止継手の限界曲げモーメント

表29にライナを使用した直管継手および異形管継手の限界曲げモーメントを示す。

表29 G X形離脱防止継手の限界曲げモーメント

呼び径	限界曲げモーメント ¹⁾ (kN・m)
75	4.4
100	7.4
150	17
200	24
250	35
300	64
350	81
400	130
450	170
500	360
600	540
700	820
800	1180
900	1630
1000	2010

注1) 限界曲げモーメントとは、水圧が作用しない状態で発生応力が弾性限界に達したときの曲げモーメントを示す。

5. 3 一体化長さ早見表

5. 3. 1 計算条件他

ここでは、4. 5. 3、4. 5. 4および4. 5. 5の適用範囲外のものについて以下の条件で計算した一体化長さで早見表を作成した。また、計算結果は0.5m単位で切り上げた。

なお、異形管前後の一体化長さの合計が50mを超えるものについては、原則として防護コンクリートを併用するものとする。

(1) 土の単位体積重量 $\gamma = 16\text{kN}/\text{m}^3$

(2) 土の内部摩擦角 $\phi = 30^\circ$

(3) 管と土との摩擦係数 $\mu = 0.3$ (ポリエチレンスリーブ有り)

ただし、呼び径450以下については、参考として片落管部、管端部および仕切弁部における $\mu = 0.4$ (ポリエチレンスリーブ無し) とした場合の値も示した。

(4) 地盤反力係数 $k = 3000\text{kN}/\text{m}^3$

5. 3. 2 片落管部

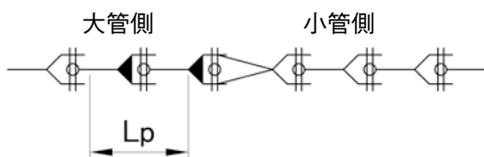


表30-1 片落管部の一体化長さ（大管側呼び径100～450）

単位：m

呼び径		土かぶりh=0.6m		土かぶりh=0.8m		土かぶりh=1.0m		土かぶりh=1.2m		土かぶりh=1.4m	
		水圧(MPa)		水圧(MPa)		水圧(MPa)		水圧(MPa)		水圧(MPa)	
大管	小管	0.75	1.3	0.75	1.3	0.75	1.3	0.75	1.3	0.75	1.3
100	75	3.5 (2.5)	6.0 (4.5)	3.0 (2.0)	4.5 (3.5)	2.5 (2.0)	4.0 (3.0)	2.0 (1.5)	3.5 (2.5)	1.5 (1.5)	3.0 (2.0)
150	100	6.5 (5.0)	11.0 (8.5)	5.0 (4.0)	8.5 (6.5)	4.0 (3.0)	7.0 (5.5)	3.5 (2.5)	6.0 (4.5)	3.0 (2.5)	5.0 (4.0)
200	150	6.5 (5.0)	11.0 (8.5)	5.0 (4.0)	8.5 (6.5)	4.0 (3.0)	7.0 (5.5)	3.5 (3.0)	6.0 (4.5)	3.0 (2.5)	5.5 (4.0)
250	200	6.5 (5.0)	11.0 (8.5)	5.0 (4.0)	8.5 (6.5)	4.5 (3.5)	7.0 (5.5)	3.5 (3.0)	6.0 (4.5)	3.0 (2.5)	5.5 (4.0)
300	100	18.0 (13.5)	31.5 (23.5)	14.5 (11.0)	25.0 (18.5)	12.0 (9.0)	20.5 (15.5)	10.5 (8.0)	17.5 (13.5)	9.0 (7.0)	15.5 (11.5)
	150	15.5 (11.5)	26.5 (20.0)	12.0 (9.0)	21.0 (15.5)	10.0 (7.5)	17.5 (13.0)	8.5 (6.5)	15.0 (11.0)	7.5 (5.5)	13.0 (10.0)
	200	11.5 (8.5)	19.5 (14.5)	9.0 (7.0)	15.5 (11.5)	7.5 (5.5)	13.0 (9.5)	6.5 (5.0)	11.0 (8.5)	5.5 (4.5)	9.5 (7.5)
	250	6.5 (5.0)	10.5 (8.0)	5.0 (4.0)	8.5 (6.5)	4.0 (3.0)	7.0 (5.5)	3.5 (3.0)	6.0 (4.5)	3.0 (2.5)	5.5 (4.0)
350	150	—	—	—	—	—	—	10.5 (8.0)	18.5 (14.0)	9.5 (7.0)	16.0 (12.0)
	200	—	—	—	—	—	—	9.0 (6.5)	15.0 (11.5)	8.0 (6.0)	13.5 (10.0)
	250	—	—	—	—	—	—	6.5 (5.0)	11.0 (8.5)	5.5 (4.5)	9.5 (7.5)
	300	—	—	—	—	—	—	3.5 (3.0)	6.0 (4.5)	3.0 (2.5)	5.5 (4.0)
400	200	—	—	—	—	—	—	11.0 (8.5)	19.0 (14.5)	9.5 (7.5)	16.5 (12.5)
	300	—	—	—	—	—	—	6.5 (5.0)	11.0 (8.5)	5.5 (4.5)	9.5 (7.5)
	350	—	—	—	—	—	—	3.5 (3.0)	6.0 (4.5)	3.0 (2.5)	5.5 (4.0)
450	300	—	—	—	—	—	—	9.0 (7.0)	15.5 (11.5)	8.0 (6.0)	13.5 (10.5)
	400	—	—	—	—	—	—	3.5 (2.5)	6.0 (4.5)	3.0 (2.5)	5.5 (4.0)

備考1. 土かぶりは大管側の土かぶりとした。

2. () 内の数値は $\mu = 0.4$ の場合の一体化長さを示す。

表30-2 片落管部の一体化長さ (大管側呼び径500~1000)

単位：m

呼び径		土かぶりh=0.6m		土かぶりh=0.8m		土かぶりh=1.0m		土かぶりh=1.2m		土かぶりh=1.4m	
		水圧 (MPa)		水圧 (MPa)		水圧 (MPa)		水圧 (MPa)		水圧 (MPa)	
大管	小管	0.75	1.3	0.75	1.3	0.75	1.3	0.75	1.3	0.75	1.3
500	250	—	—	—	—	—	—	13.0	22.5	11.5	20.0
	300	—	—	—	—	—	—	11.5	19.5	10.0	17.0
	350	—	—	—	—	—	—	9.0	15.5	8.0	13.5
	400	—	—	—	—	—	—	6.5	11.0	5.5	9.5
	450	—	—	—	—	—	—	3.5	6.0	3.0	5.0
600	300	—	—	—	—	—	—	15.5	26.5	13.5	23.0
	350	—	—	—	—	—	—	13.5	23.0	12.0	20.5
	400	—	—	—	—	—	—	11.5	19.5	10.0	17.0
	450	—	—	—	—	—	—	9.0	15.5	8.0	13.5
	500	—	—	—	—	—	—	6.5	11.0	5.5	9.5
700	400	—	—	—	—	—	—	15.5	26.5	13.5	23.5
	450	—	—	—	—	—	—	13.5	23.0	12.0	20.5
	500	—	—	—	—	—	—	11.0	19.5	10.0	17.0
	600	—	—	—	—	—	—	6.0	10.5	5.5	9.5
800	450	—	—	—	—	—	—	17.5	30.0	15.5	26.5
	500	—	—	—	—	—	—	15.5	26.5	13.5	23.5
	600	—	—	—	—	—	—	11.0	19.0	10.0	17.0
	700	—	—	—	—	—	—	6.0	10.5	5.5	9.0
900	500	—	—	—	—	—	—	19.0	33.0	17.0	29.5
	600	—	—	—	—	—	—	15.5	26.5	13.5	23.5
	700	—	—	—	—	—	—	11.0	19.0	10.0	17.0
	800	—	—	—	—	—	—	6.0	10.0	5.5	9.0
1000	600	—	—	—	—	—	—	19.0	32.5	17.0	29.5
	700	—	—	—	—	—	—	15.0	26.0	13.5	23.5
	800	—	—	—	—	—	—	10.5	18.5	9.5	16.5
	900	—	—	—	—	—	—	6.0	10.0	5.0	9.0

備考1. 土かぶりは大管側の土かぶりとした。

5. 3. 3 管端部および仕切弁部

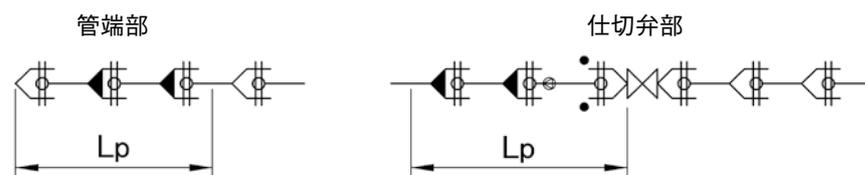


表31 管端部および仕切弁部の一体化長さ

単位：m

呼び径	土かぶりh=0.6m		土かぶりh=0.8m		土かぶりh=1.0m		土かぶりh=1.2m		土かぶりh=1.4m	
	水圧 (MPa)		水圧 (MPa)		水圧 (MPa)		水圧 (MPa)		水圧 (MPa)	
	0.75	1.3	0.75	1.3	0.75	1.3	0.75	1.3	0.75	1.3
75	7.5 (5.5)	12.5 (9.5)	5.5 (4.5)	9.5 (7.0)	4.5 (3.5)	8.0 (6.0)	4.0 (3.0)	6.5 (5.0)	3.5 (2.5)	5.5 (4.5)
100	9.0 (7.0)	15.5 (11.5)	7.0 (5.5)	12.0 (9.0)	5.5 (4.5)	9.5 (7.5)	5.0 (3.5)	8.0 (6.0)	4.0 (3.0)	7.0 (5.5)
150	12.5 (9.5)	21.0 (16.0)	9.5 (7.0)	16.5 (12.5)	8.0 (6.0)	13.5 (10.0)	6.5 (5.0)	11.5 (8.5)	6.0 (4.5)	10.0 (7.5)
200	15.5 (11.5)	26.5 (20.0)	12.0 (9.0)	20.5 (15.5)	10.0 (7.5)	17.0 (13.0)	8.5 (6.5)	14.5 (11.0)	7.0 (5.5)	12.0 (9.5)
250	18.5 (14.0)	31.5 (23.5)	14.5 (11.0)	25.0 (18.5)	12.0 (9.0)	20.5 (15.5)	10.0 (7.5)	17.5 (13.0)	9.0 (6.5)	15.0 (11.5)
300	21.0 (16.0)	36.0 (27.0)	16.5 (12.5)	28.5 (21.5)	14.0 (10.5)	24.0 (18.0)	12.0 (9.0)	20.5 (15.5)	10.5 (8.0)	17.5 (13.5)
350	—	—	—	—	—	—	13.5 (10.0)	23.0 (17.5)	12.0 (9.0)	20.0 (15.0)
400	—	—	—	—	—	—	15.0 (11.5)	25.5 (19.5)	13.0 (10.0)	22.5 (17.0)
450	—	—	—	—	—	—	16.5 (12.5)	28.5 (21.5)	14.5 (11.0)	25.0 (18.5)
500	—	—	—	—	—	—	18.0	31.0	15.5	27.0
600	—	—	—	—	—	—	20.5	35.5	18.0	31.5
700	—	—	—	—	—	—	23.0	40.0	20.5	35.5
800	—	—	—	—	—	—	25.5	44.0	22.5	39.0
900	—	—	—	—	—	—	27.5	48.0	25.0	43.0
1000	—	—	—	—	—	—	30.0	51.5	26.5	46.0

備考 () 内の数値は $\mu = 0.4$ の場合の一体化長さを示す。

5. 4 切管の有効長の最小長さ

切管の有効長の最小長さは小口径の場合、概ね1mとしている。これは現地での切管や解体作業がスムーズに行える寸法として設定されている。しかし、現地においてどうしても1mが確保できない場合、本当にどこまでの長さなら切管可能かが問題となることがある。ここではそのような場合の参考となるように各呼び径における切管や解体作業が可能な最小切管寸法を示した。

表32 最小切管寸法

呼び径	最小長さ (mm)			
	切管ユニットを使用する場合		切管用挿し口リングを使用する場合	
	甲切管	乙切管	甲切管	乙切管
75	660	770	700	770
100	660	770	720	770
150	680	770	740	770
200	680	770	740	770
250	680	770	740	770
300	720	820	760	820
350	—	—	970	1010
400	—	—	970	1020
450	—	—	980	1020
500	—	—	900	1080
600	—	—	900	1090
700	—	—	950	1160
800	—	—	950	1160
900	—	—	970	1200
1000	—	—	970	1200

備考1) 切管ユニットを使用する場合の各寸法は、切断加工をエンジンカッターで行う場合について示した。

2) 切管用挿し口リングを使用する場合の各寸法は、切断・溝切加工をパイプ切削切断機で行う場合について示した。

3) 各寸法は、管の切断、継手の接合、継手の解体に必要な最小寸法を各々算出し、それらのうち最も長い値を示した。なお、切管ユニットを使用する場合の寸法はP-Linkの有効長は含んでいない。

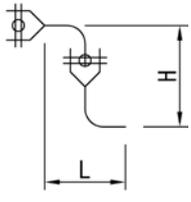
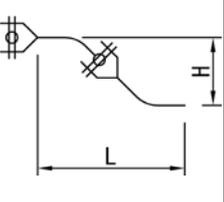
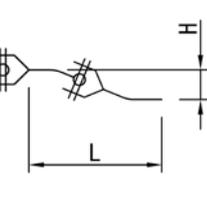
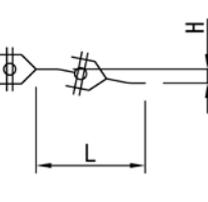
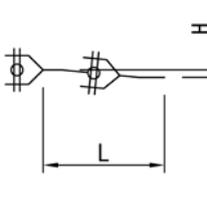
4) 切断部の外径又は外周長を実測し、外径許容差を満足していることを確認する必要がある。

5) 本寸法は継ぎ輪の預け代を考慮していない。そのような配管（せめ等）を行う場合の切管寸法は、別途検討すること。

5. 5 SベンドのLおよびH寸法

表33 SベンドのLおよびH寸法

単位：mm

呼び径	90° 曲管		45° 曲管		22 1/2° 曲管		11 1/4° 曲管		5 5/8° 曲管	
										
	L	H	L	H	L	H	L	H	L	H
75	480	480	682	282	692	137	673	66	678	33
100	520	520	716	296	731	145	713	70	718	35
150	630	630	802	332	788	156	732	72	738	36
200	750	750	904	374	865	172	812	79	818	40
250	850	850	973	403	884	176	812	79	818	40
300	815	815	973	403	904	180	792	78	748	37
350	920	920	1050	435	943	188	812	80	758	37
400	1035	1035	1118	463	962	191	832	82	778	38
450	1175	1175	1212	502	1020	203	872	86	798	39
500	1475	1475	1519	629	1510	300	1555	153	1566	77
600	1630	1630	1622	672	1568	312	1604	158	1616	79
700	1875	1875	1835	760	1857	369	1902	187	1915	94
800	2055	2055	1963	813	2030	404	2090	206	2105	103
900	2360	2360	2288	948	2366	471	2426	239	2444	120
1000	2565	2565	2450	1015	2530	503	2595	256	2614	128

5. 6 切管全長の算出方法

現地で切管を行う場合には表35に示す方法で切管全長Lを算出すると便利である。また、配管設計時に用いる有効長との関係についても同時に表示した。

表34 切管全長の算出用寸法一覧

単位：mm

呼び径	P	Y	ライナ幅 A	継ぎ輪 標準胴付 寸法 y_1	両受短管 標準胴付 寸法 L_1	P-Link 有効長 L_p	P-Link による 伸び量 y_2
75	204.5	45	74.0	190	20	180	17
100	210.0	45	74.0	200		180	20
150	246.0	60	99.0	240		210	23
200	255.0	60	99.0	250		220	22
250	256.0	60	99.0	250		220	23
300	298.0	72	126.0	300		267	20
350	310.0	74	130.0	300		—	—
400	316.0	75	130.0	300		—	—
450	322.0	77	135.0	300		—	—
500	311.5	75	142.5	280	—	—	
600	314.0	75	143.0	280	—	—	
700	347.0	75	144.5	315	—	—	
800	346.5	75	144.0	315	—	—	
900	358.0	75	145.5	325	—	—	
1000	363.5	80	146.0	325	—	—	

表35 切管全長Lの算出方法

継手の組み合わせ	切管全長計算式 (mm)	簡易式	
		呼び径	L (mm)
	$L = L_m + P - Y$	75	160
		100	165
		150	186
		200	195
		250	196
		300	226
		350	236
		400	241
		450	245
		500	237
		600	239
		700	272
		800	272
		900	283
1000	284		
	$L = \text{有効長} + P - Y$ $= L_m + P - Y - y_1$	75	31
		100	35
		150	54
		200	55
		250	54
		300	74
		350	64
		400	59
		450	55
		500	44
		600	41
		700	43
		800	44
		900・1000	42
	$L = \text{有効長}$ $= L_m - 2y_1$	75	380
		100	400
		150	480
		200・250	500
		300～450	600
		500・600	560
		700・800	630
		900・1000	650
	$L = \text{有効長}$ $= L_m - y_1 - A$	75	264
		100	274
		150	339
		200・250	349
		300	426
		350・400	430
		450	435
		500・600	423
		700	460
		800	459
900・1000	471		

備考 切管用挿し口リングを使用する場合は、G-Linkを使用する場合と同様の寸法となる。

表35（続き） 切管全長Lの算出方法

継手の組み合わせ	切管全長計算式 (mm)	簡易式	
		呼び径	L (mm)
	$L = \text{有効長} + P - Y - L_p$ $= L_m + (P - Y) - (L_p + Y + y_2)$	75	82
		100	80
		150・200	107
		250	117
		300	133
	$L = \text{有効長} + P - Y - L_p$ $= L_m + (P - Y) - (L_p + A)$	75	95
		100	89
		150	123
		200	124
		250	133
	$L = \text{有効長} - L_p$ $= L_m - y_1 - (L_p + Y + y_2)$	75	432
		100	445
		150	533
		200	552
		250	563
		300	659

備考 切管用挿し口リングを使用する場合は、G-Linkを使用する場合と同様の寸法となる。

(3)切管組み合わせ表

①呼び径200

切管組み合わせ	原管形式	管種	有効長 (mm)	残管長 (mm)	切管 箇所数	備考
	GX	S種	3600	1400	1	
	GX	S種	2551	2449	1	

②呼び径150

切管組み合わせ	原管形式	管種	有効長 (mm)	残管長 (mm)	切管 箇所数	備考
	GX	S種	3975	1025	3	
	GX	S種	3218	1782	1	
	GX	S種	4288	712	1	
	GX	S種	3790	1210	1	
	GX	S種	2417	2583	1	

(3)切管組み合わせ表

①呼び径200

切管組み合わせ	原管形式	管種	有効長 (mm)	残管長 (mm)	切管 箇所数	備考
	GX	S種	3600	1400	1	
	GX	S種	2551	2449	1	

②呼び径150

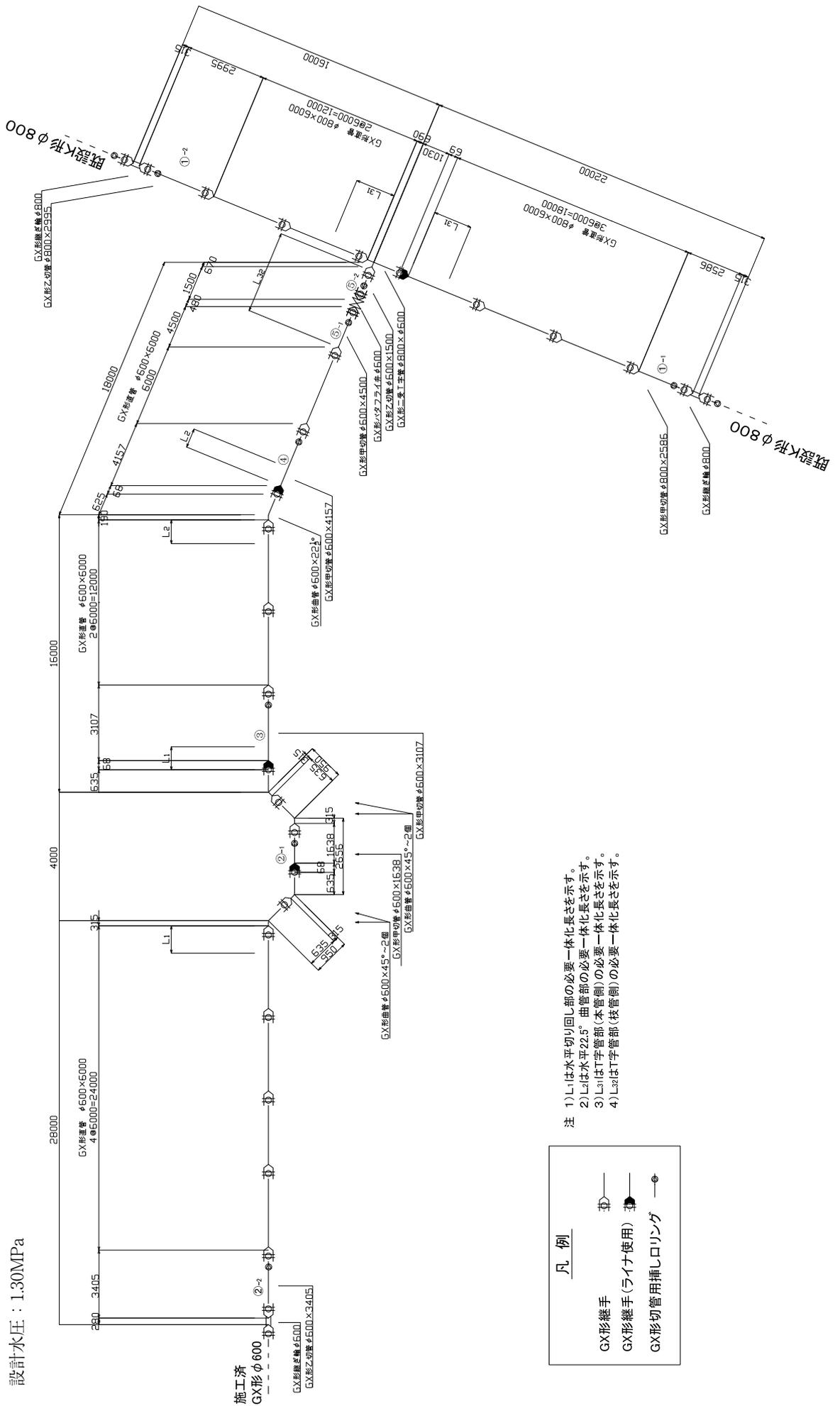
切管組み合わせ	原管形式	管種	有効長 (mm)	残管長 (mm)	切管 箇所数	備考
	GX	S種	3975	1025	3	
	GX	S種	3760	1240	2	
	GX	S種	4521	479	1	
	GX	S種	4500	500	2	
	GX	S種	1901	3099	1	

5. 7. 3 配管例③ (呼び径800・600)

(1)配管図

土かぶり：1.2m

設計水圧：1.30MPa



- 注
- 1) L1は水平切り出し部の必要一体化長さを示す。
 - 2) L2は水平22.5°曲管部の必要一体化長さを示す。
 - 3) L31はT字管部(本管側)の必要一体化長さを示す。
 - 4) L32はT字管部(枝管側)の必要一体化長さを示す。

(3)切管組み合わせ表

①呼び径800

切管組み合わせ	原管形式	管種	有効長 (mm)	残管長 (mm)	挿し口 加工 箇所数	備考
	GX	S種	5581	419	2	

②呼び径600

切管組み合わせ	原管形式	管種	有効長 (mm)	残管長 (mm)	挿し口 加工 箇所数	備考
	GX	S種	5043	957	2	
	GX	S種	3107	2893	1	
	GX	S種	4157	1843	1	
	GX	S種	6000	0	2	

5. 8 既設管との接続方法例

既設管との接続において、既設管の挿し口および受口を切断せずに接続する場合の例を表36～41に示す。

表36 既設管との接続方法例（既設管が呼び径75～300 K形の場合）

<p>(1)既設 K 形直管受口 - GX 形直管挿し口</p> <p>[既設] K 形直管 受口</p>	<p>K 形接合</p> <p>GX-K 形甲切管</p> <p>GX 形直管</p>	<p>[新設] GX 形直管 挿し口</p>
<p>(2)既設 K 形直管受口 - GX 形異形管挿し口</p> <p>[既設] K 形直管 受口</p>	<p>K 形接合</p> <p>GX-K 形甲切管</p> <p>GX 形異形管</p>	<p>[新設] GX 形異形管 挿し口</p>
<p>(3)既設 K 形異形管受口 - GX 形直管挿し口</p> <p>[既設] K 形異形管 受口</p>	<p>K 形(離脱防止金具)接合</p> <p>GX-K 形甲切管</p> <p>GX 形直管</p>	<p>[新設] GX 形直管 挿し口</p>
<p>(4)既設 K 形異形管受口 - GX 形異形管挿し口</p> <p>[既設] K 形異形管 受口</p>	<p>K 形(離脱防止金具)接合</p> <p>GX-K 形甲切管</p> <p>GX 形異形管</p>	<p>[新設] GX 形異形管 挿し口</p>
<p>(5)既設 K 形直管挿し口 - GX 形直管受口</p> <p>[既設] K 形直管 挿し口</p>	<p>P-Link</p> <p>GX 形直管</p> <p>GX 形直管</p> <p>G-Link</p> <p>G-Link</p> <p>GX 形継ぎ輪または GX 形両受短管</p> <p>GX-G 形乙切管</p> <p>GX 形直管</p>	<p>[新設] GX 形直管 受口</p>
<p>(6)既設 K 形直管挿し口 - GX 形異形管受口</p> <p>[既設] K 形直管 挿し口</p>	<p>G-Link</p> <p>GX 形異形管</p>	<p>[新設] GX 形異形管 受口</p>
<p>(7)既設 K 形異形管挿し口 - GX 形直管受口¹⁾</p> <p>[既設] K 形異形管 挿し口</p>	<p>G-Link</p> <p>G-Link</p> <p>GX 形両受短管</p> <p>GX-G 形乙切管</p> <p>GX 形直管</p> <p>[K 形異形管挿し口の外径加工長は GX 形両受短管の受口の挿入量より長いことと、両受短管は内側に壁があることから、両受短管と K 形異形管の接合は可能である。]</p>	<p>[新設] GX 形直管 受口</p>
<p>(8)既設 K 形異形管挿し口 - GX 形異形管受口¹⁾</p> <p>[既設] K 形異形管 挿し口</p>	<p>G-Link</p> <p>GX 形異形管</p>	<p>[新設] GX 形異形管 受口</p>

備考) ○内の数値は、「表22 GX形接合パターン」の番号を示す。

注 1) K 形異形管挿し口と GX 形異形管受口の接合については、K 形異形管の種類によって正常な接合が出来ない場合もあるため、事前に接合可否の検討が必要である。

表37 既設管との接続方法例(既設管が呼び径350~450 K形の場合)

<p>(1)既設 K 形直管受口 - GX 形直管挿し口</p> <p>[既設] K 形直管 受口</p>		<p>[新設] GX形直管 挿し口</p>
<p>(2)既設 K 形直管受口 - GX 形異形管挿し口</p> <p>[既設] K 形直管 受口</p>		<p>[新設] GX形異形管 挿し口</p>
<p>(3)既設 K 形異形管受口 - GX 形直管挿し口</p> <p>[既設] K 形異形管 受口</p>		<p>[新設] GX形直管 挿し口</p>
<p>(4)既設 K 形異形管受口 - GX 形異形管挿し口</p> <p>[既設] K 形異形管 受口</p>		<p>[新設] GX形異形管 挿し口</p>
<p>(5)既設 K 形直管挿し口 - GX 形直管受口</p> <p>[既設] K 形直管 挿し口</p>		<p>[新設] GX形直管 受口</p>
<p>(6)既設 K 形直管挿し口 - GX 形異形管受口</p> <p>[既設] K 形直管 挿し口</p>		<p>[新設] GX形異形管 受口</p>
<p>(7)既設 K 形異形管挿し口 - GX 形直管受口</p> <p>[既設] K 形異形管 挿し口</p>		<p>[新設] GX形直管 受口</p>
<p>(8)既設 K 形異形管挿し口 - GX 形異形管受口</p> <p>[既設] K 形異形管 挿し口</p>		<p>[新設] GX形異形管 受口</p>

備考) ○内の数値は、「表22 GX形接合パターン」の番号を示す。

表38 既設管との接続方法例（既設管が呼び径500～1000K形の場合）

<p>(1)既設 K 形直管受口ーGX 形直管挿し口</p> <p>[既設] K形直管 受口</p>		<p>[新設] GX形直管 挿し口</p>
<p>(2)既設 K 形直管受口ーGX 形異形管挿し口</p> <p>[既設] K形直管 受口</p>		<p>[新設] GX形異形管 挿し口</p>
<p>(3)既設 K 形異形管受口ーGX 形直管挿し口</p> <p>[既設] K形異形管 受口</p>		<p>[新設] GX形直管 挿し口</p>
<p>(4)既設K形異形管受口ーGX 形異形管挿し口</p> <p>[既設] K形異形管 受口</p>		<p>[新設] GX形異形管 挿し口</p>
<p>(5)既設 K 形直管挿し口ーGX 形直管受口</p> <p>【既設管が2種管相当以上の場合】</p> <p>[既設] K形直管 挿し口</p> <p>【既設管が3種管以下の場合】</p>		<p>[新設] GX形直管 受口</p>
<p>(6)既設 K 形直管挿し口ーGX 形異形管受口</p> <p>【既設管が2種管相当以上の場合】</p> <p>[既設] K形直管 挿し口</p> <p>【既設管が3種管以下の場合】</p>		<p>[新設] GX形異形管 受口</p>
<p>(7)既設 K 形異形管挿し口ーGX 形直管受口</p> <p>[既設] K形異形管 挿し口</p>		<p>[新設] GX形直管 受口</p>
<p>(8)既設K形異形管挿し口ーGX 形異形管受口</p> <p>[既設] K形異形管 挿し口</p>		<p>[新設] GX形異形管 受口</p>

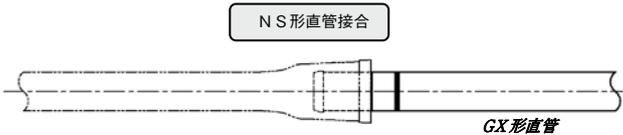
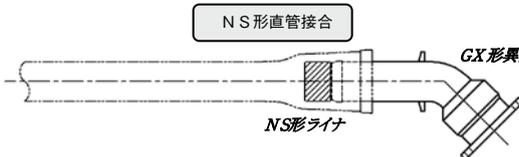
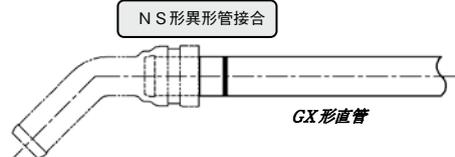
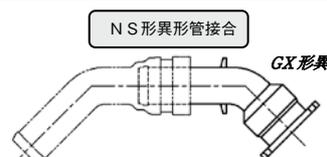
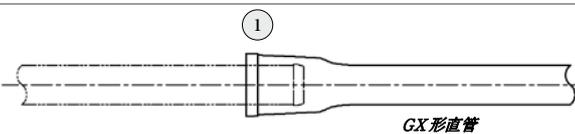
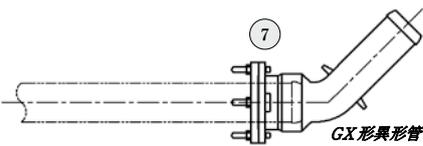
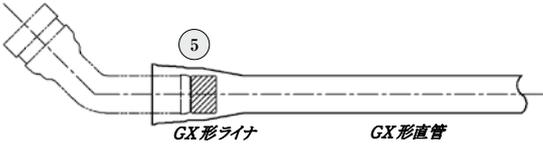
備考) ○ 内の数値は、「表 22 GX形接合パターン」の番号を示す。

表39 既設管との接続方法例（既設管が呼び径75～250NS形の場合）

<p>(1)既設 NS 形直管受口 - GX 形直管挿し口</p> <p>[既設] NS 形直管 受口</p>	<p>NS 形直管接合</p> <p>NS-G 形乙切管 (普通塗装)</p> <p>G-Link 8</p> <p>GX 形兩受短管</p> <p>GX 形直管</p> <p>G-Link 7</p>	<p>[新設] GX 形直管 挿し口</p>
<p>(2)既設 NS 形直管受口 - GX 形異形管挿し口</p> <p>[既設] NS 形直管 受口</p>	<p>NS 形直管接合</p> <p>NS-G 形乙切管 (普通塗装)</p> <p>G-Link 8</p> <p>GX 形兩受短管</p> <p>GX 形異形管</p> <p>G-Link 7</p>	<p>[新設] GX 形異形管 挿し口</p>
<p>(3)既設 NS 形異形管受口 - GX 形直管挿し口</p> <p>[既設] NS 形異形管 受口</p>	<p>NS 形異形管接合</p> <p>NS-G 形乙切管 (普通塗装)</p> <p>G-Link 8</p> <p>GX 形兩受短管</p> <p>GX 形直管</p> <p>G-Link 7</p>	<p>[新設] GX 形直管 挿し口</p>
<p>(4)既設 NS 形異形管受口 - GX 形異形管挿し口</p> <p>[既設] NS 形異形管 受口</p>	<p>NS 形異形管接合</p> <p>NS-G 形乙切管 (普通塗装)</p> <p>G-Link 8</p> <p>GX 形兩受短管</p> <p>GX 形異形管</p> <p>G-Link 7</p>	<p>[新設] GX 形異形管 挿し口</p>
<p>(5)既設 NS 形直管挿し口 - GX 形直管受口</p> <p>[既設] NS 形直管 挿し口</p>	<p>NS 形直管接合</p> <p>NS-G 形甲切管 (普通塗装)</p> <p>G-Link 8</p> <p>GX 形兩受短管</p> <p>G-Link 8</p> <p>GX-G 形乙切管</p> <p>GX 形直管</p> <p>1</p>	<p>[新設] GX 形直管 受口</p>
<p>(6)既設 NS 形直管挿し口 - GX 形異形管受口</p> <p>[既設] NS 形直管 挿し口</p>	<p>NS 形直管接合</p> <p>NS-G 形甲切管 (普通塗装)</p> <p>G-Link 8</p> <p>GX 形異形管</p>	<p>[新設] GX 形異形管 受口</p>
<p>(7)既設 NS 形異形管挿し口 - GX 形直管受口</p> <p>[既設] NS 形異形管 挿し口</p>	<p>NS 形直管接合</p> <p>NS-G 形甲切管 (普通塗装)</p> <p>G-Link 8</p> <p>GX 形兩受短管</p> <p>G-Link 8</p> <p>GX-G 形乙切管</p> <p>GX 形直管</p> <p>1</p>	<p>[新設] GX 形直管 受口</p>
<p>(8)既設 NS 形異形管挿し口 - GX 形異形管受口</p> <p>[既設] NS 形異形管 挿し口</p>	<p>NS 形直管接合</p> <p>NS-G 形甲切管 (普通塗装)</p> <p>G-Link 8</p> <p>GX 形異形管</p>	<p>[新設] GX 形異形管 受口</p>

備考) ○ 内の数値は、「表22 GX形接合パターン」の番号を示す。

表40 既設管との接続方法例（既設管が呼び径300～450NS形の場合）

<p>(1)既設 NS 形直管受口 - GX 形直管挿し口</p> <p>[既設] NS 形直管 受口</p>	<p>NS 形直管接合</p>  <p>GX 形直管</p>	<p>[新設] GX 形直管 挿し口</p>
<p>(2)既設 NS 形直管受口 - GX 形異形管挿し口</p> <p>[既設] NS 形直管 受口</p>	<p>NS 形直管接合</p>  <p>NS 形ライナ</p> <p>GX 形異形管</p>	<p>[新設] GX 形異形管 挿し口</p>
<p>(3)既設 NS 形異形管受口 - GX 形直管挿し口</p> <p>[既設] NS 形異形管 受口</p>	<p>NS 形異形管接合</p>  <p>GX 形直管</p>	<p>[新設] GX 形直管 挿し口</p>
<p>(4)既設 NS 形異形管受口 - GX 形異形管挿し口</p> <p>[既設] NS 形異形管 受口</p>	<p>NS 形異形管接合</p>  <p>GX 形異形管</p>	<p>[新設] GX 形異形管 挿し口</p>
<p>(5)既設 NS 形直管挿し口 - GX 形直管受口</p> <p>[既設] NS 形直管 挿し口</p>	<p>①</p>  <p>GX 形直管</p>	<p>[新設] GX 形直管 受口</p>
<p>(6)既設 NS 形直管挿し口 - GX 形異形管受口</p> <p>[既設] NS 形直管 挿し口</p>	<p>⑦</p>  <p>GX 形異形管</p>	<p>[新設] GX 形異形管 受口</p>
<p>(7)既設 NS 形異形管挿し口 - GX 形直管受口</p> <p>[既設] NS 形異形管 挿し口</p>	<p>⑤</p>  <p>GX 形ライナ</p> <p>GX 形直管</p>	<p>[新設] GX 形直管 受口</p>
<p>(8)既設 NS 形異形管挿し口 - GX 形異形管受口¹⁾</p> <p>[既設] NS 形異形管 挿し口</p>	<p>⑧</p>  <p>GX 形異形管</p> <p>GX G形甲切管【呼び径 300 の場合】 GX 形甲切管 (種)【呼び径 300~450 の場合】</p> <p>G-Link【呼び径 300 の場合】 切管用挿し口リング【呼び径 300~450 の場合】</p>	<p>[新設] GX 形異形管 受口</p>

備考) ○内の数値は、「表22 GX形接合パターン」の番号を示す。

注1) 呼び径 300～450 では GX 形と NS 形の挿し口形状寸法は同じであるため、GX 形と NS 形の直接接合が可能である。ただし、NS 形異形管挿し口と GX 形異形管受口の接合は作業上の支障（ロックリングストップの引き抜き代の不足）が懸念されるため避けなければならない。

表41 既設管との接続方法例（既設管が呼び径500～1000NS形の場合）

(1)既設 NS 形直管受口－GX 形直管挿し口 ¹⁾		<p>[新設] GX形直管 挿し口</p>
(2)既設NS形直管受口－GX 形異形管挿し口		<p>[新設] GX形異形管 挿し口</p>
(3)既設 NS 形異形管受口－GX 形直管挿し口		<p>[新設] GX形直管 挿し口</p>
(4)既設 NS 形異形管受口－GX 形異形管挿し口		<p>[新設] GX形異形管 挿し口</p>
(5)既設 NS 形直管挿し口－GX 形直管受口 ¹⁾		<p>[新設] GX形直管 受口</p>
(6)既設 NS 形直管挿し口－GX 形異形管受口		<p>[新設] GX形異形管 受口</p>
(7)既設NS形異形管挿し口－GX 形直管受口		<p>[新設] GX形直管 受口</p>
(8)既設 NS 形異形管挿し口－GX 形異形管受口		<p>[新設] GX形異形管 受口</p>

備考) ○内の数値は、「表22 GX形接合パターン」の番号を示す。

注1) 呼び径500～1000ではGX形とNS形の挿し口形状寸法は同じであるため、GX形とNS形の直接接合が可能である。ただし、直管継手の挿し口挿入量がGX形とNS形では異なるので注意が必要である。

技術資料の内容は、製品の仕様変更などで予告なく変更される場合があります。当協会のホームページから最新の技術資料がダウンロードできますので、お手持ちの技術資料をご確認ください。

一般社団法人

日本ダクタイル鉄管協会

<https://www.jdpa.gr.jp>

本部・関東支部	東京都千代田区九段南4丁目8番9号（日本水道会館） 電話 03（3264）6655（代） FAX 03（3264）5075
関西支部	大阪市中央区南船場4丁目12番12号（ニッセイ心斎橋ウエスト） 電話 06（6245）0401 FAX 06（6245）0300
北海道支部	札幌市中央区北2条西2丁目41番地（札幌2・2ビル） 電話 011（251）8710 FAX 011（522）5310
東北支部	仙台市青葉区本町2丁目5番1号（NL仙台広瀬通ビル） 電話 022（261）0462 FAX 022（399）6590
中部支部	名古屋市中村区名駅3丁目22番8号（大東海ビル） 電話 052（561）3075 FAX 052（433）8338
中国四国支部	広島市中区立町2番23号（野村不動産広島ビル） 電話 082（545）3596 FAX 082（545）3586
九州支部	福岡市中央区天神2丁目14番2号（福岡証券ビル） 電話 092（771）8928 FAX 092（406）2256