日本ダクタイル鉄管協会技術資料

NS形・S形
ダクタイル鉄管管路の設計

JDPA T 35

一般社団法人
日本ダクタイル鉄管協会

目　　次

1.　はじめに ---------- 1

2.　管および継手の種類 ---------- 2

3.　継手の構造と性能 ---------- 3
　3. 1　伸縮形耐震継手 ---------- 3
　　3. 1. 1　構造 ---------- 3
　　3. 1. 2　性能 ---------- 4
　3. 2　離脱防止継手 ---------- 7
　　3. 2. 1　構造 ---------- 7
　　3. 2. 2　性能 ---------- 9
　3. 3　継ぎ輪 ---------- 10
　3. 4　仕切弁 ---------- 11

4.　管路設計について ---------- 12
　4. 1　異形管防護の方法 ---------- 12
　4. 2　一体化長さの設計 ---------- 13
　　4. 2. 1　不平均力の作用箇所 ---------- 13
　　4. 2. 2　不平均力の早見表 ---------- 14
　　4. 2. 3　地盤定数 ---------- 15
　　4. 2. 4　曲管部およびT字管部（呼び径75～300） ---------- 17
　　4. 2. 5　曲管部およびT字管部（呼び径350～450） ---------- 25
　　4. 2. 6　適用時の留意点 ---------- 30
　　4. 2. 7　水平曲管部 ---------- 33
　　4. 2. 8　水平T字管部 ---------- 41
　　4. 2. 9　伏せ越し部 ---------- 46
　　4. 2. 10　垂直Sベンド部 ---------- 52
　　4. 2. 11　片落管部 ---------- 62
　　4. 2. 12　管端部および仕切弁部 ---------- 65
　4. 3　鎖構造管路における防護コンクリートの適用 ---------- 69
　　4. 3. 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 ---------- 69
　　4. 3. 2　複雑な管路で一体化長さが重なる場合 ---------- 69
　　4. 3. 3　構造物の近傍に曲管部が配置される場合 ---------- 70
　4. 4　地盤変状対策 ---------- 71
　　4. 4. 1　構造物との取り合い部など ---------- 71
　　4. 4. 2　液状化による側方流動など ---------- 72

4. 5　管の埋設深さおよび位置 ---- 73
4. 5. 1　埋設深さ ---- 73
4. 5. 2　埋設位置 ---- 73
4. 6　管路長算出時の留意点 ---- 73
4. 6. 1　直管受口 ---- 73
4. 6. 2　ライナを使用したNS形直管の受口 ---- 74
4. 6. 3　継ぎ輪 ---- 75
4. 6. 4　寸法記入例 ---- 76
4. 7　管路の寸法調整部 ---- 76
4. 7. 1　切用管 ---- 76
4. 7. 2　切管全長の算出方法 ---- 77
4. 7. 3　直線配管時の寸法調整部 ---- 78
4. 7. 4　異形管前後における寸法調整部 ---- 79
4. 7. 5　呼び径1650以上のS形管路の寸法調整部 ---- 80
4. 8　管端部の処理 ---- 81
4. 8. 1　NS形の管端部 ---- 81
4. 8. 2　S形の管端部 ---- 82

5.　参考資料 ---- 86
5. 1　一体化長さ早見表 ---- 86
5. 1. 1　計算条件他 ---- 86
5. 1. 2　水平曲管部 ---- 86
5. 1. 3　水平T字管部 ---- 89
5. 1. 4　伏せ越し部 ---- 92
5. 1. 5　垂直Sベンド部 ---- 95
5. 1. 6　片落管部 ---- 98
5. 1. 7　管端部および仕切弁部 ---- 100
5. 2　切管の有効長の最小長さ ---- 101
5. 2. 1　NS形 ---- 101
5. 2. 2　S形 ---- 102
5. 2. 3　UF形 ---- 103
5. 3　NS形参考配管例 ---- 104
5. 3. 1　配管図 ---- 104
5. 3. 2　材料表 ---- 105
5. 3. 3　切管組み合わせ表 ---- 106
5. 4　S形参考配管例 ---- 107
5. 4. 1　配管図 ---- 107
5. 4. 2　材料表 ---- 108
5. 4. 3　切管組み合わせ表 ---- 109

1. はじめに

地震大国の日本において、大規模地震の発生時にも人間の生命に不可欠である「水」を供給すべく、水道施設の耐震化は我が国の急務とされている。2013年に策定された厚生労働省の新水道ビジョンにおいても「安全、強靭、持続」のスローガンのもと、「基幹管路（導水管、送水管、配水本管等）の耐震化率を100%にする」という施策目標が掲げられている。

NS形、S形等の耐震継手ダクタイル鉄管は大きな伸縮性と高い離脱防止機能を備えている。耐震形ダクタイル鉄管で構成された管路は大きな地盤変位に対して、ちょうど地中に埋設された鎖のように各継手が伸縮、屈曲しながら追従し、さらに一つの継手が限界まで伸びだした後は離脱防止機構によって隣の管を次々と引っ張ることで管路の機能を維持できる鎖構造の管路となる。

この鎖構造管路は、昭和48年0月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ものである。耐震継手ダクタイル鉄管が開発されて40年以上の長期間に亘り、耐震継手ダクタイル鉄管で構成された鎖構造管路は震度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が、被害は報告されていない。この耐震継手ダクタイル鉄管の耐震性は、地震時の管路挙動観測を行い地盤の動きと耐震継手の挙動や管体発生応力の研究、および液状化地盤での安全性が大規模実験や地震後の管路調査によって解明されてきた。このように耐震継手ダクタイル鉄管で構成された鎖構造管路は、今後起こりうる大規模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。

NS形、S形継手を使用すべき場所および管路の例を以下に示す。

- 極軟弱地盤
- 埋立地
- 切盛土による造成地
- 液状化の可能性が高い地域
- 断層近傍
- 地層が複雑に変化している地域
- 傾斜地
- 旧河川、旧沼地、旧ため池
- 幹線管路
- 公共施設、病院、緊急避難場所、福祉施設などへの管路
- 大深度地下配管や橋梁添架配管などの補修の困難な管路
- 湖・河・海底配管

2.　管および継手の種類

ダクタイル鉄管による鎖構造管路に使用する管および継手の種類を表１に示す。また、配管図の作成時に使用する管の記号を表２に示す。

表１　耐震管路に使用する管および継手

接合形式	呼び径および管の種類	
NS形	呼び径	75～1000
	直　管	１種、３種、S種（ただし、S種は呼び径500～1000）
	異形管	継ぎ輪、曲管、二受T字管、片落管、短管など
S形	呼び径	1100～2600
	直　管	１種、２種、３種
	異形管	継ぎ輪
UF形	呼び径	800～2600
	直　管	PF種
	異形管	曲管、二受T字管、片落管、短管など

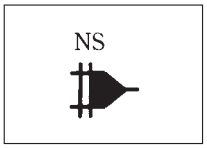
表２　直管の種類と記号

	ＮＳ形系	Ｓ形系
直管	NS	S UF
異種継手管		S－UF UF－S

備考　1. たとえば異種継手管のS－UFとは受口S形、挿し口UF形を意味する。

2. NS形直管の受口にライナを装着する場合は右図のように受口内を塗りつぶす。

3. 異形管の受口と挿し口の記号は直管と同じである。



3.　継手の構造と性能

3. 1　伸縮形耐震継手

ライナを使用しないNS形直管の継手およびS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。

3. 1. 1　構造

NS形、S形直管の継手構造を図 1～図 3に示す。

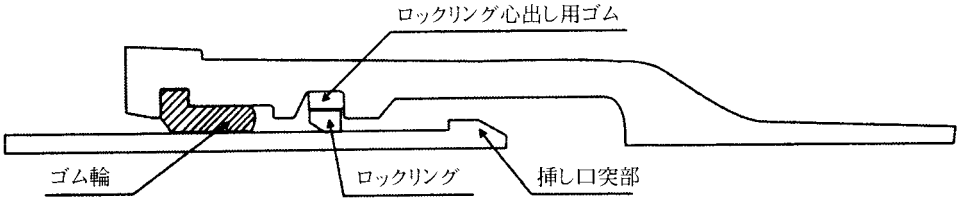


図 1　NS形直管の継手構造(呼び径75～450)

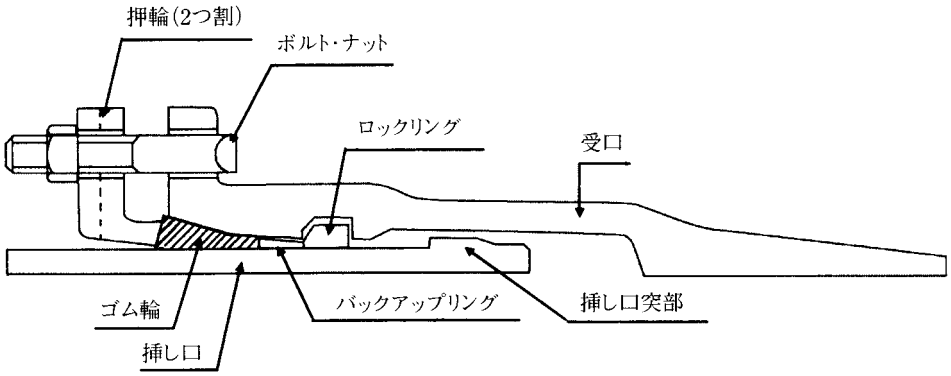


図 2　NS形直管の継手構造(呼び径500～1000)

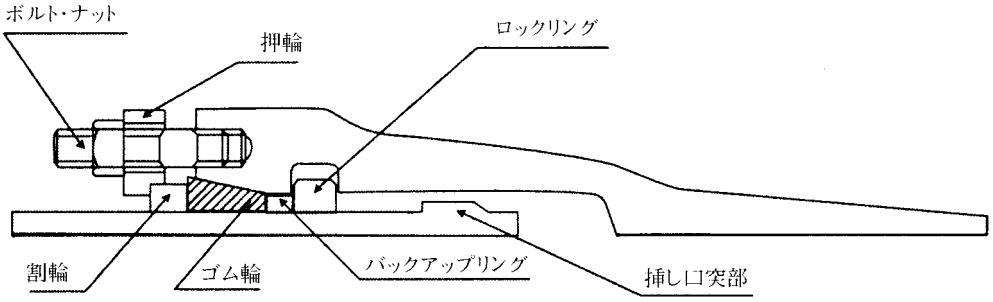


図 3　S形直管の継手構造(呼び径1100～2600)

3. 1. 2　性能

NS形、S形直管の主な継手性能を表３、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

継手を許容曲げ角度まで屈曲させた状態で管長の±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長の±１％よりもさらに大きくなる。

(2) 離脱防止力

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、3DkN（≒0.3Dtf、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、地中で管路100m分を引き込むときの管と土の摩擦力に相当する。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。

(3) 曲げ角度

配管施工時の許容曲げ角度はK形継手と同程度である。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３　ＮＳ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
75	±45.5	±42	225	8°	4°
100	±45.5	±41	300	8°	4°
150	±60	±54	450	8°	4°
200	±60	±52	600	8°	4°
250	±60	±50	750	8°	4°
300	±69	±60	900	6°	3°
350	±70	±60	1050	6°	3°
400	±71	±60	1200	6°	3°
450	±73	±60	1350	6°	3°
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。

表４　Ｓ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
1100	±78.5	±61	3300	7°	1°40′
1200	±78.5	±62	3600	7°	1°30′
1350	±78.5	±60	4050	6°30′	1°30′
1500	±81	±60	4500	5°50′	1°30′
1600	±72.5	±50	4800	5°	1°30′
1650	±72.5	±50	4950	4°50′	1°30′
1800	±75	±50	5400	4°40′	1°30′
2000	±77.5	±50	6000	4°20′	1°30′
2100	±80	±51	6300	4°10′	1°30′
2200	±80	±50	6600	4°	1°30′
2400	±82.5	±50	7200	3°50′	1°30′
2600	±85.5	±50	7800	3°40′	1°30′

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。なお、4m管と5m管のある呼び径1600から2200の伸縮量は、5m管に対する管長の1％としている。

（参考）

NS形、S形継手の伸縮量および離脱防止力は、表５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５　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　±0.01ℓmm以上
	S－2類	〃　±0.005ℓmm以上±0.01ℓmm未満
	S－3類	〃　±0.005ℓmm未満
離脱防止性能	A級	離脱防止力　0.3Dtf以上
	B級	〃　0.15Dtf以上0.3Dtf未満
	C級	〃　0.075Dtf以上0.15Dtf未満
	D級	〃　0.075Dtf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±15°以上
	M－2類	〃　±7.5°以上±15°未満
	M－3類	〃　±7.5°未満
離脱防止性能	A級	離脱防止力 0.3Dtf以上
	B級	〃　0.15Dtf以上0.3Dtf未満
	C級	〃　0.075Dtf以上0.15Dtf未満
	D級	〃　0.075Dtf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

3. 2　離脱防止継手

継ぎ輪以外のNS形異形管の継手、ライナを使用したNS形直管の継手およびUF形継手は伸縮性、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4.2(頁13)による。

3. 2. 1　構造

(1) NS形異形管

NS形の継ぎ輪以外の異形管の継手構造を図 4 ～ 6 に示す。

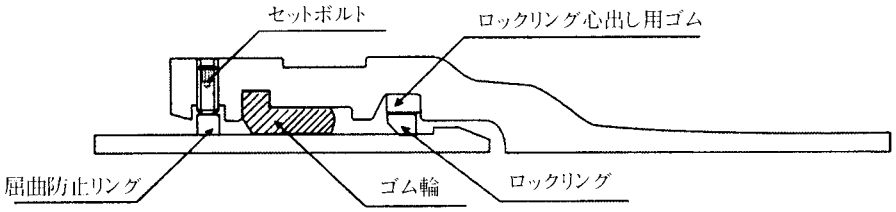


図 4　ＮＳ形異形管の継手構造(呼び径75～250)

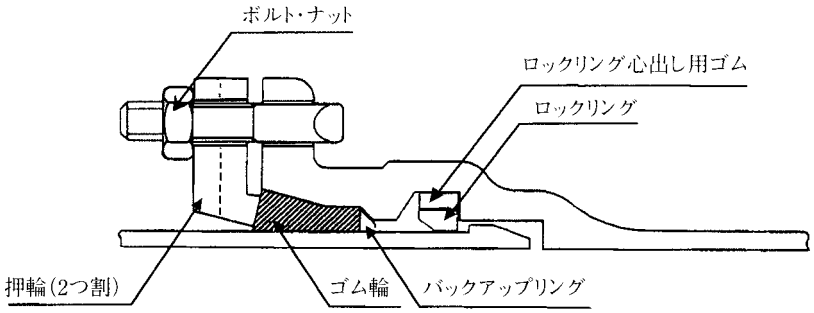


図 5　ＮＳ形異形管の継手構造(呼び径300～450)

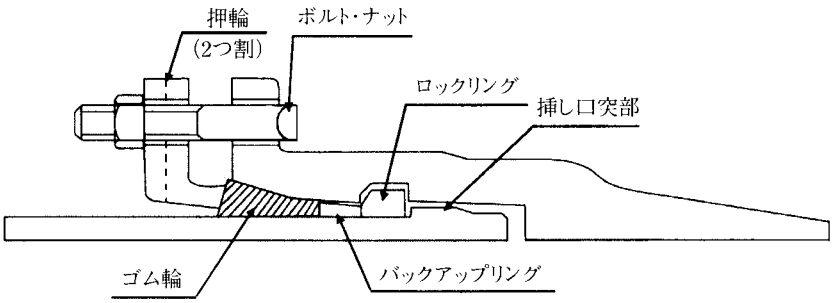


図 6　ＮＳ形異形管の継手構造(呼び径500～1000)

(2)ライナを使用したNS形直管

NS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。ライナを使用した場合の継手構造を図7～8に示す。

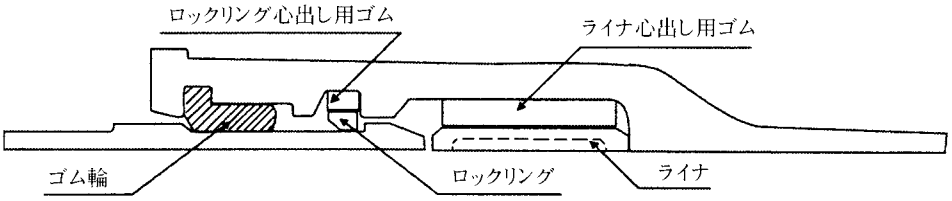


図 7　ライナを使用したＮＳ形直管の継手構造(呼び径75～450)

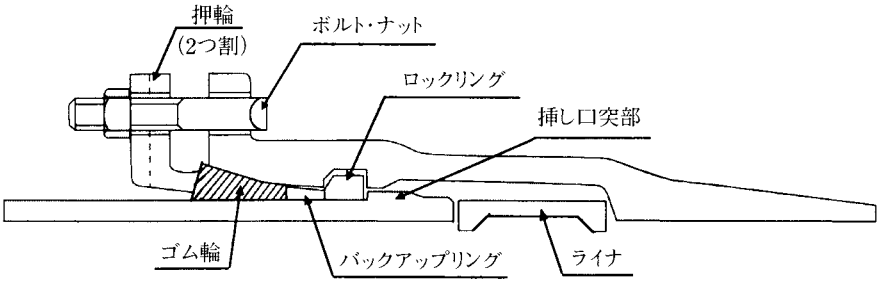


図 8　ライナを使用したＮＳ形直管の継手構造(呼び径500～1000)

(3)UF形直管および異形管

UF形直管および異形管の継手構造を図9に示す。S形にはライナを使用した直管の継手および継ぎ輪以外の異形管がないため、一体化長さの範囲内にはこれらのUF形の直管あるいは異形管を使用する。

なお、UF形に継ぎ輪はない。

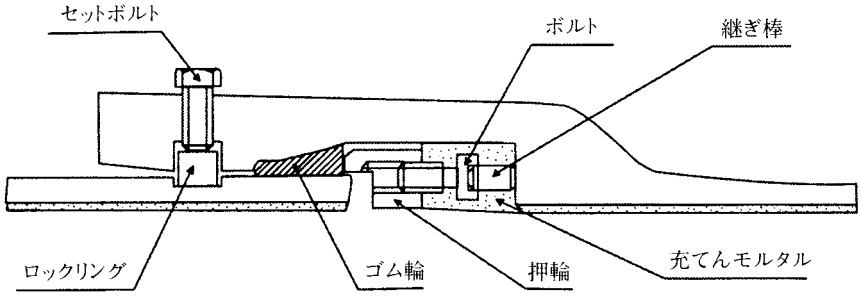


図 9　ＵＦ形直管および異形管の継手構造(呼び径800～2600)

3. 2. 2　性能

NS形の継ぎ輪以外の異形管の継手、ライナを使用したNS形直管の継手およびUF形継手の限界曲げモーメントと、UF形継手の限界水圧を表 6 に示す。これらは、異形管前後の一体化長さの計算時に使用する。

表 6　離脱防止継手の限界曲げモーメントと限界水圧

呼び径	限界曲げモーメント[1)] (kN・m)		限界水圧[2)] (Mpa)
	NS形	UF形	UF形
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	1180	7.5
900	1630	1630	7.5
1000	2010	2010	7.5
1100	―	2600	7.2
1200	―	3140	7.1
1350	―	4360	6.6
1500	―	5150	5.6
1600	―	6670	6.0
1650	―	7310	6.0
1800	―	9270	5.9
2000	―	12600	5.8
2100	―	14000	5.6
2200	―	16100	5.5
2400	―	20300	5.5
2600	―	32300	6.8

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。

2 ）限界水圧とは、曲げモーメント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内水圧を示す。

3. 3　継ぎ輪

NS形、S形継ぎ輪の継手は伸縮継手である。これらの継手の離脱防止力は直管と同じである。また、継ぎ輪は 1 個につき 2 ヶ所の継手があるため、地盤変動が集中すると想定される場所に必要個数使用すると効果的である。特に構造物との取り合い部に 2 個組み合わせて使用すれば、可とう管のように大きな地盤変位を吸収できる。また、施工時のせめ配管にも使用するため、管路中に適切に配置しておく必要がある。

NS形、S形継ぎ輪の構造を図10～図12に示す。

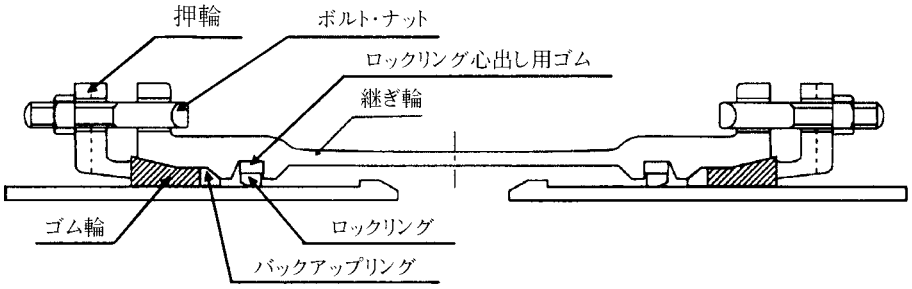


図 10　ＮＳ形継ぎ輪の構造(呼び径75～450)

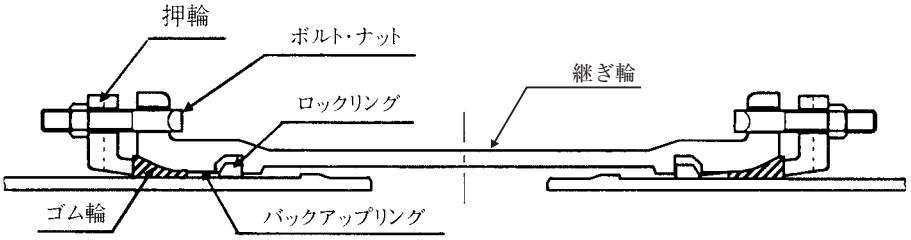


図 11　ＮＳ形継ぎ輪の構造(呼び径500～1000)

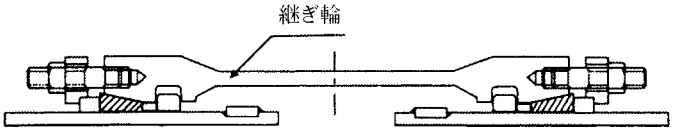


図 12　Ｓ形継ぎ輪の構造(呼び径1100～2600)

3. 4 仕切弁

仕切弁部の継手にはこれまでフランジ形が多く使用されてきたが、過去の大地震等の漏水ではフランジ継手のRF形に多くの被害が発生していた。これに対してNS形のフランジ継手はGF形であり、RF形に比べて耐震性は優れている。しかし、最近はこれらフランジ形より耐震性能に優れるものとして、離脱防止形継手を有する仕切弁が開発されているため、地中に直接埋設する場合は、離脱防止形継手を有するバルブ類を口径や継手の種類に応じて使用することが望ましい。一例としてNS形仕切弁の構造図を図13に示す。

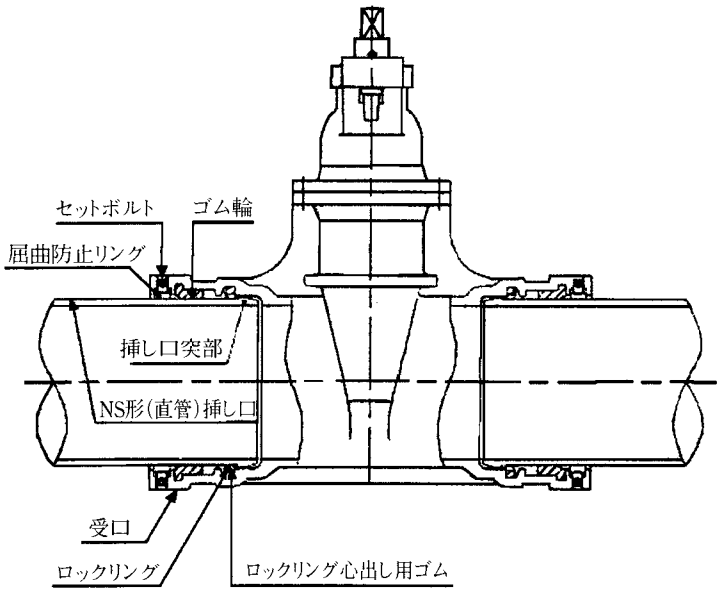


図 13　ＮＳ形仕切弁の構造(呼び径75～250)

4.　管路設計について

NS形、S形管路の設計に際しての基本的な考え方は下記の通りである。

4.1　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S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。

異形管防護は、これまで防護コンクリートを打設する方法と異形管前後のある範囲を離脱防止金具（特殊押輪）で一体化する方法が多用されてきた。ところが、防護コンクリートは、管路を含む地中埋設物が輻輳してくるにつれて次第に打設が困難になってきている。また、離脱防止金具による一体化部は過去の地震で被害の発生が確認されている。したがって、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、これまでの大規模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4.2.7から4.2.12に示す計算式に土被り、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。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。

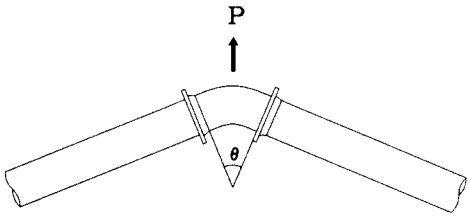
なお、4.2.4～4.2.6に呼び径75～450（曲管部とT字管のみ）の一体化長さを示す。これは、大口径管路に比べ延長が長く、施工時の配管変更が頻繁に行われる中小口径耐震管路の設計を従来よりも簡略化するために導入されたものであり、その有効性はFEM解析と埋設実証実験で検証されている。この設計法による一体化長さは、上記の計算式で計算する必要がなく、かつ多くの場合は従来よりも一体化長さを短くすることができる。なお、後述のようにこの設計法は適用できる管路に制限があることと、片落管部や管端部および仕切弁部は4.2.11、4.2.12に示す一般的な方法で計算することに注意が必要である。

4. 2　一体化長さの設計

4. 2. 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14に示す。

［曲管部］

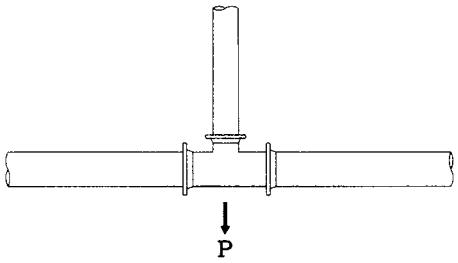


$P=2pA\sin\frac{\theta}{2}$

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］

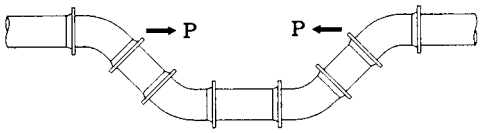


P＝pA

ここに、P：不平均力、p：水圧

A：管の断面積

［伏せ越し部］

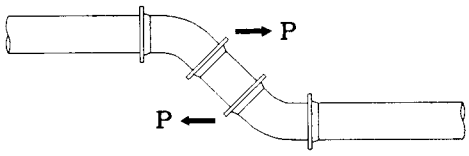


P＝pA

ここに、P：不平均力、p：水圧

A：管の断面積

［Sベンド部］

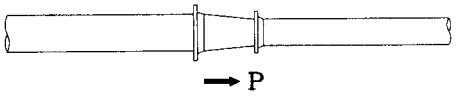


P＝pA

ここに、P：不平均力、p：水圧

A：管の断面積

［片落管部］

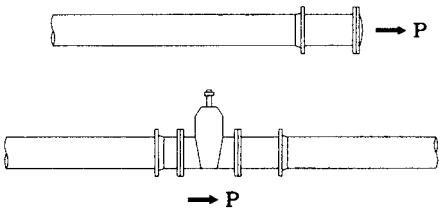


P＝p（A－a）

ここに、P：不平均力、p：水圧

A－a：管の断面積の差

［栓および仕切弁部］



P＝pA

ここに、P：不平均力、p：水圧

A：管の断面積

図 14　不平均力の作用箇所

4. 2. 2　不平均力の早見表

単位水圧当たりの不平均力を表 7 に示す。

表 7　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
1100	145.36	78.67	40.11	20.15	10.09	102.79
1200	172.44	93.32	47.58	23.90	11.97	121.93
1350	217.70	117.82	60.06	30.18	15.11	153.94
1500	268.23	145.16	74.00	37.18	18.62	189.67
1600	302.39	163.65	83.43	41.92	20.99	213.82
1650	321.38	173.93	88.67	44.55	22.31	227.25
1800	379.32	205.29	104.65	52.58	26.34	268.22
2000	471.80	255.34	130.17	65.40	32.76	333.62
2100	520.14	281.50	143.51	72.10	36.11	367.79
2200	577.40	312.49	159.30	80.04	40.09	408.28
2400	671.07	363.18	185.15	93.02	46.59	474.52
2600	800.15	433.04	220.76	110.91	55.55	565.79

注 1）図14(頁13)の曲管部の不平均力Pを示す。

2）図14のT字管部、伏せ越し部、Sベンド部、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. 2. 3　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 8 に示す。普通の地盤ではγ=16～18 kN/m^{3}を使用するのが一般的である。

表 8　土の単位体積重量

単位　kN/m^3

砂の場合		粘土の場合	
状　態	単位体積重量 γ	状　態	単位体積重量 γ
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 9 に示す。普通の地盤ではϕ=30°～40°の値を使用する。

表 9　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

土質とポリエチレンスリーブの有無に応じて一般に以下の値を使用する。

表 10　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常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=3000kN/m^3 前後(2000～5000kN/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11の値を提案している。

表 11　横方向地盤反力係数

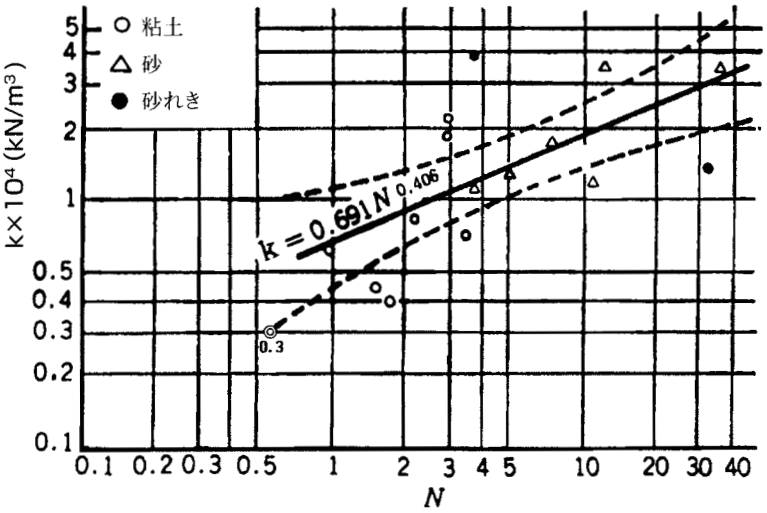
単位 kN/m^3

土の性質	k
非常に軟弱なシルトまたは粘土	2800～14000
軟弱なシルトまたは粘土	14000～28000
普通の粘土	28000～140000
固い粘土	140000～
砂(付着力なし)	28000～83000

備考　1kN/m^3≒10^{-4} 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、宇都の試験によるとN値と地盤反力係数の関係は図15のようである。



備考　1kN/m^3≒10^{-4} kgf/cm^3として換算した。

図 15　N値とk値の関係

4. 2. 4　曲管部およびＴ字管部（呼び径 75 ～ 300）

以下に、呼び径75～300の曲管部およびT字管部に適用できる一体化長さを示す。

(1) 適用条件

表12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、4.2.7（頁33）、4.2.8（頁41）の計算式によるものとする。

表 12　適用管路の条件

項　目	内　容
呼び径	75～300
継手形式	NS形
設計水圧	1.3MPa以下
土被り	0.6 m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

<table>
<tr><th rowspan="4">呼び径</th><th colspan="6">曲管部[1)]</th><th colspan="2" rowspan="2">T字管部[2)]</th></tr>
<tr><th colspan="2">22.5°以下</th><th colspan="2">22.5°を超え
45°以下</th><th colspan="2">45°を超え
90°以下</th></tr>
<tr><th colspan="2">設計水圧(MPa)</th><th colspan="2">設計水圧(MPa)</th><th colspan="2">設計水圧(MPa)</th><th colspan="2">設計水圧(MPa)</th></tr>
<tr><th>0.75</th><th>1.3</th><th>0.75</th><th>1.3</th><th>0.75</th><th>1.3</th><th>0.75</th><th>1.3</th></tr>
<tr><td>75</td><td rowspan="6">1</td><td rowspan="5">1</td><td rowspan="6">1</td><td rowspan="4">1</td><td rowspan="3">1</td><td>4</td><td rowspan="4">1</td><td rowspan="2">1</td></tr>
<tr><td>100</td><td>5</td></tr>
<tr><td>150</td><td rowspan="3">1</td><td rowspan="2">4</td><td>6</td><td rowspan="3">6</td></tr>
<tr><td>200</td><td>8</td></tr>
<tr><td>250</td><td>2</td><td>6</td><td>11</td><td>2</td><td>7</td></tr>
<tr><td>300</td><td>2</td><td>7</td><td>7</td><td>16</td><td>7</td><td>13</td></tr>
</table>

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）適用条件：土被り0.6m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。

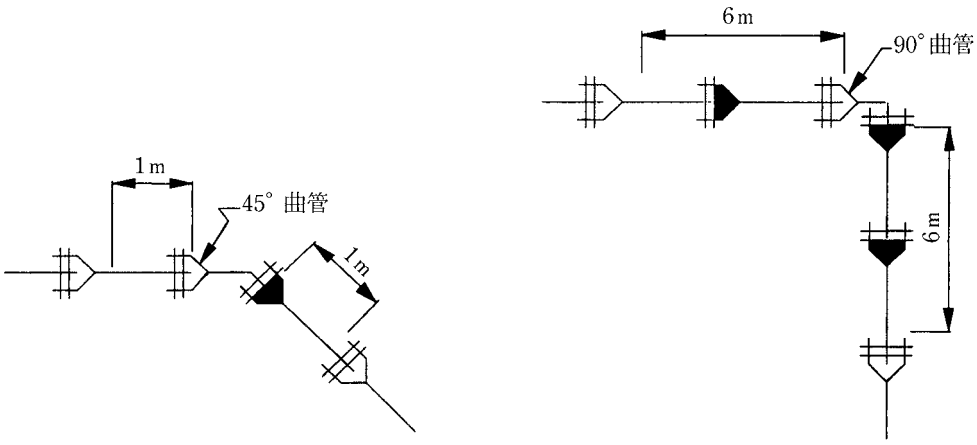
4）曲管が2個以上の複合曲管部で90°を超え112.5°以下の角度であれば表14の45°を超え90°以下の曲管の一体化長さをそのまま適用出来る。ただし、112.5°を超える角度については管端部の一体化長さを用いる。

(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16、図17に示す。



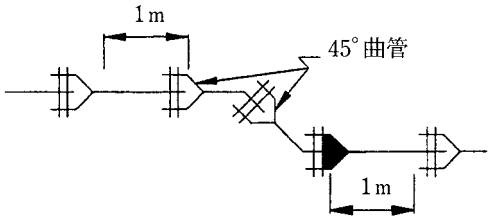
45° 曲管の前後に1mを確保する。

(a)

90° 曲管の前後に6mを確保する。

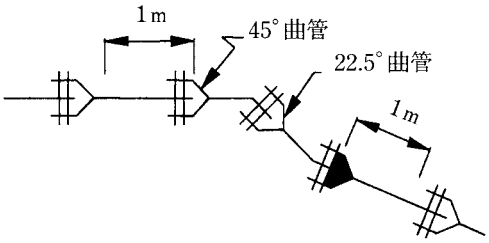
(b)

図 16　単独曲管部



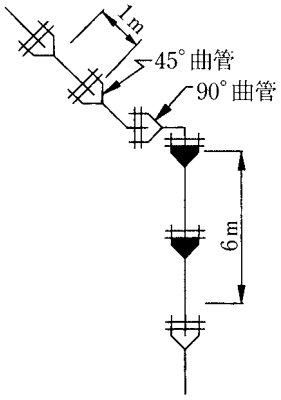
45° 曲管にそれぞれ1mを確保する。

(a)



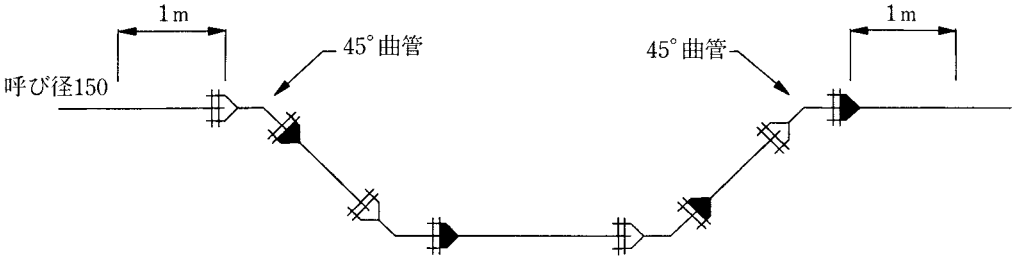
45° 曲管側と22.5°曲管側にそれぞれ1mを確保する。

(b)



45° 曲管側に1m、90° 曲管側に6mを確保する。

(c)



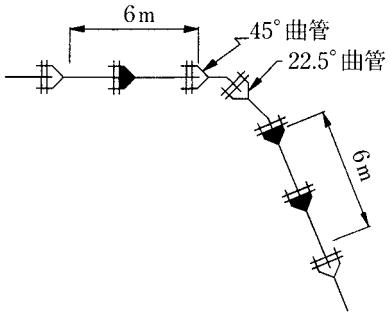
左右の45°曲管の外側にそれぞれ1mを確保する。(曲管間がすべて一体化された伏せ越し、切り回し配管の例)

(d)

図 17　単独曲管の組み合わせ

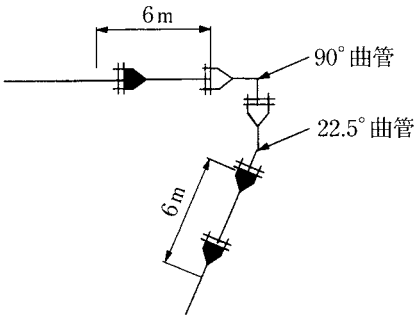
例外として、曲管が同一面内あるいはひねり配管で曲がり角度が大きくなる方向に直結された場合は、それらの曲がり角度を合計した複合曲管部として取り扱う。(図18参照)

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19参照)



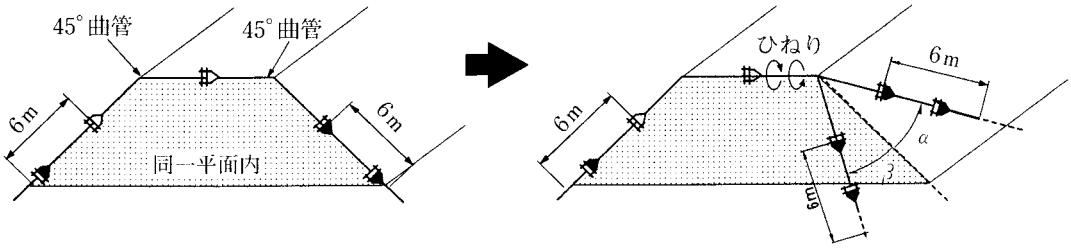
曲がり角度が大きくなる方向にあり、合成角が45°を超えているため、それぞれ6mを確保する。

(a)



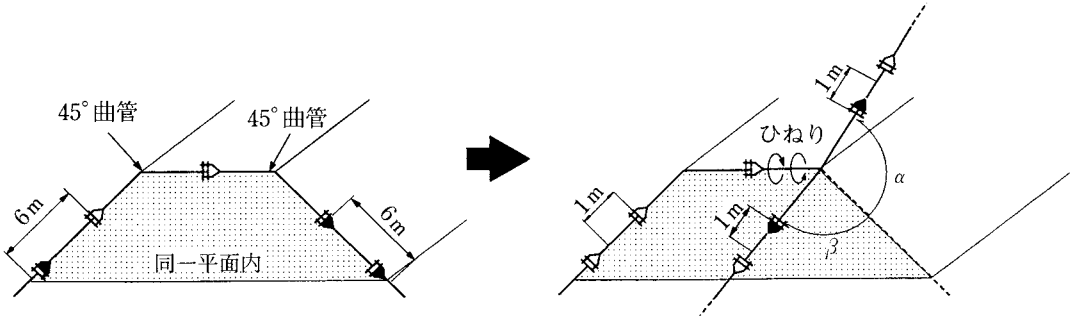
90°曲管と22.5°曲管を曲がり角度が大きくなる方向に直結すると複合曲管としての曲がり角度が90°を超えるが、90°曲管の一体化長さを適用する。

(b)



2つの45°曲管を同一平面から角度α(α<90°)あるいはβ(β<90°)でひねって直結した場合、2つの曲管は曲がり角度が大きくなる方向に配管されていると考えられるため、2つの曲管の曲がり角度を合計した複合曲管と考える。したがって「45°を超え90°以下の曲管部」の一体化長さ6mを適用する。(ひねり配管の例 1)

(c)



[参考]
2つの45°曲管を同一平面から角度α(90°≦α≦180°)あるいはβ(90°≦β≦180°)でひねって配管した場合は曲管が曲がり角度が大きくなる方向に配管されたと考えられなくなるため一体化長さは両側にそれぞれ1mを確保する。(ひねり配管の例2)

(d)

図 18　複合曲管部 1

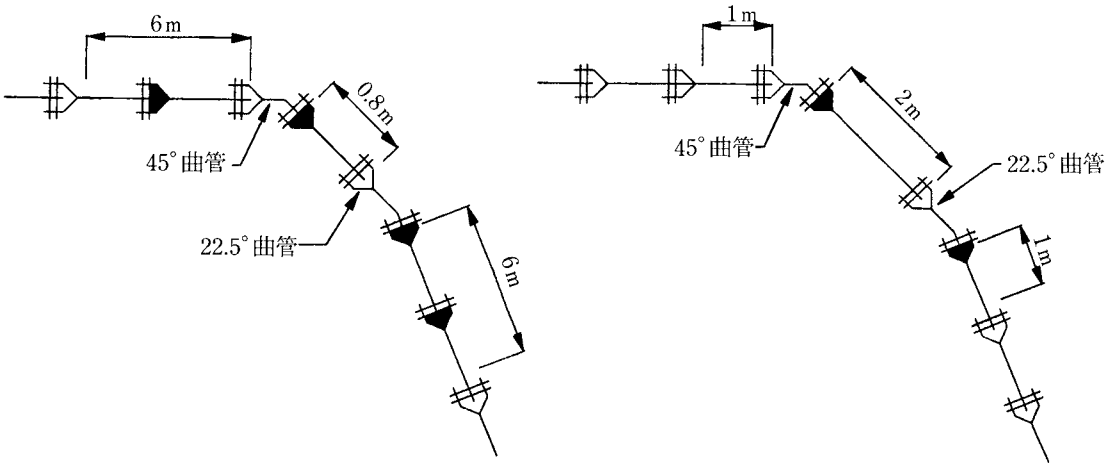


図19(a)の曲管間に挟まる管が1m未満であるため、同様に複合曲管部として扱い、それぞれ6mを確保する。(曲管間も一体化する)
なお、切管長さは原則として1m以上とするため、本配管は説明用の事例である。

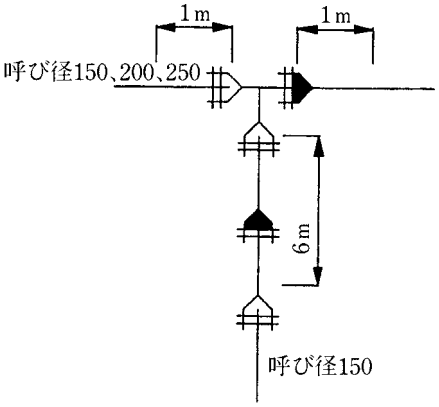
図19(b)の曲管間に挟まる管が1m以上であるため、それぞれ単独曲管部として扱い、各々1mを確保する。
(曲管間は一体化する)

(a)　　(b)

図 19　複合曲管部2

② T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14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20参照)

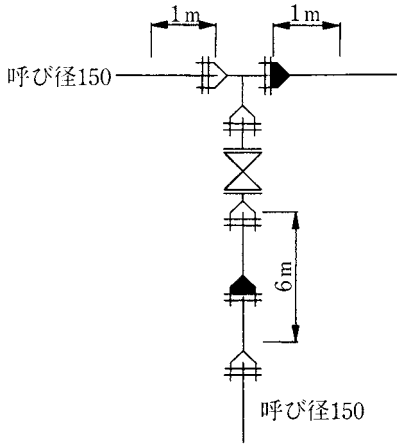


T字管の枝管側に6m、本管側に1mを確保する。

図 20　T字管部

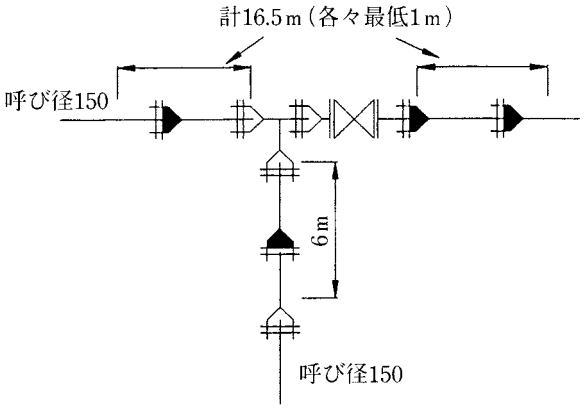
③ 複合異形管部

図21～25に異形管部が近接した複合異形管部の設計水圧1.3MPa、土被り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. 2. 12、4. 2. 11の方法により16.5m、8.5mと求まったものとする。



〔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。

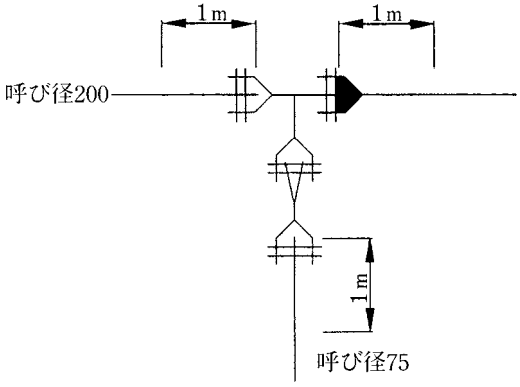
(a)



［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。なお、この場合、仕切弁のフランジ部に曲げモーメントが作用するため、NS形仕切弁を使用することが望ましい。

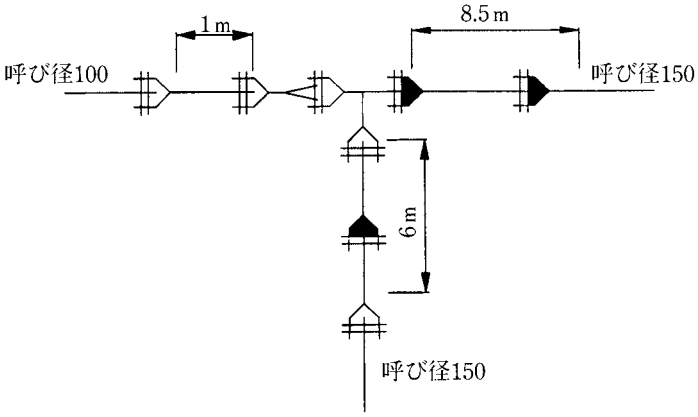
(b)

図 21　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、枝管呼び径が75のT字管の一体化長さを確保する。

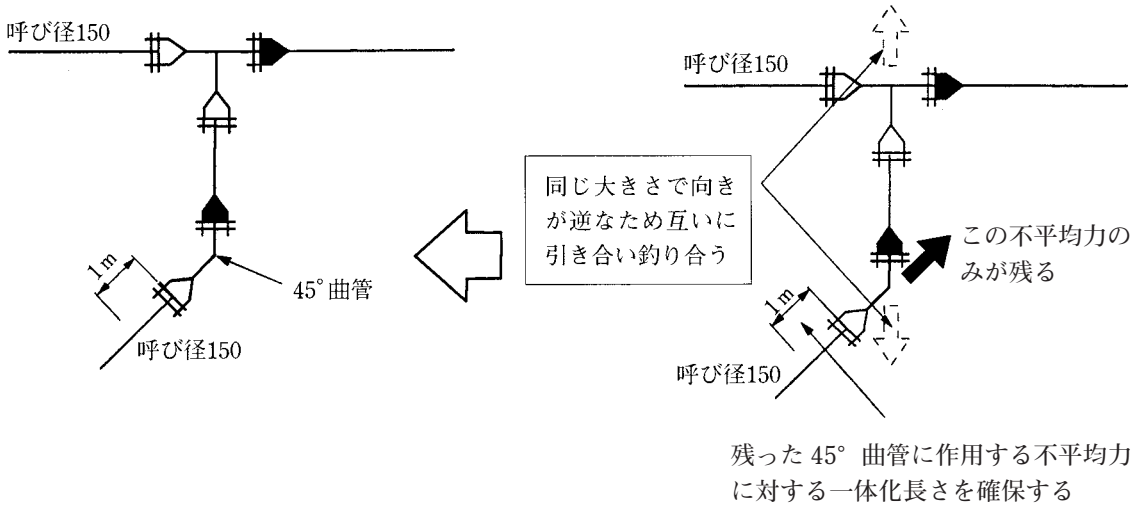
(a)



［本管側に片落管を設置］
図21(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に、さらに片落管の一体化長さを大管側に確保する。

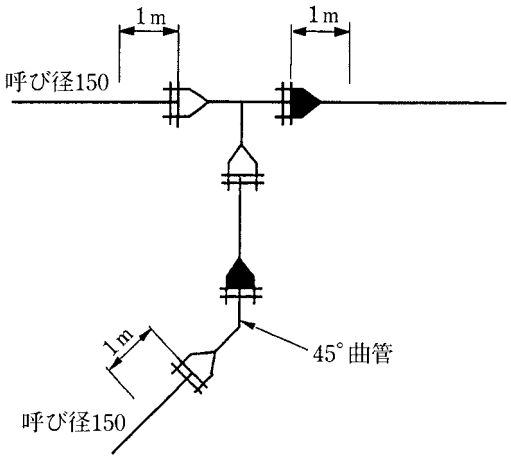
(b)

図 22　T字管＋片落管



T字管の枝管から45°曲管までが一体化されているため、T字管部の不平均力は曲管部と釣り合う。このため、45°曲管の一体化長さを片側に確保する。なお、この時の不平均力の釣り合い状況を右図に示す。

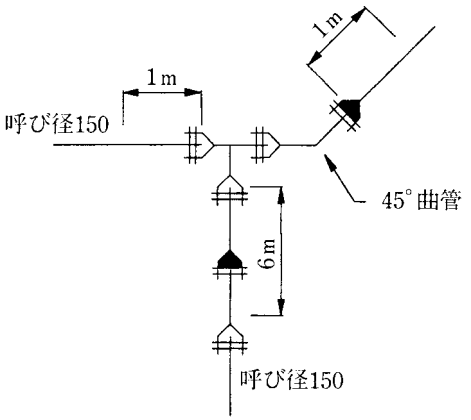
(a)



［参考］
(a)のような不平均力の釣り合いを考えずに、単に片側にT字管の一体化長さ、もう片側に45°曲管の一体化長さを確保した上図の考え方でも良い。この場合は、より安全側の設計になる。

(b)

図 23　T字管＋曲管(1)



［本管側に曲管を設置］
T字管と45°曲管の一体化長さをそれぞれ確保する。この場合、T字管と曲管が直結されているため、上記の一体化で両方を包含している。

図 24　T字管＋曲管（2）

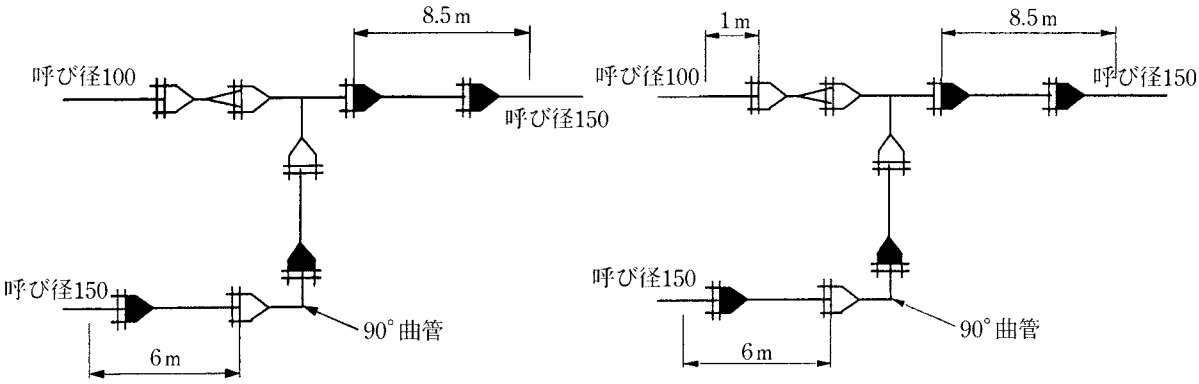


図21と同様に、T字管に生じる不平均力と90°曲管の不平均力の釣り合いを考えると、90°曲管の不平均力と片落管の不平均力が残ることになる。
したがって、90°曲管と片落管の一体化長さだけを確保する。

(a)

［参考］
(a)のような不平均力の釣り合いを考えず、T字管、曲管、片落管の一体化長さをそれぞれ確保しても良い。
すなわち、T字管の本管側の一体化長さを片落管の小管側に1m、他方には片落管の一体化長さ(大管側)と兼ねた8.5mを確保する。また90°曲管の片側に曲管の一体化長さを確保する。

(b)

図 25　T字管＋片落管＋曲管

4. 2. 5　曲管部およびＴ字管部（呼び径 350 ～ 450）

以下に、呼び径350～450の曲管部に適用出来る一体化長さを示す。

(1) 適用条件

表14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、4.2.7(頁33)4.2.8(頁41)の計算式によるものとする。

表 14　適用管路の条件

項　目	内　容
呼び径	350～450
継手形式	NS形
設計水圧	1.3MPa以下
土被り	1.2 m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)

土被り　1.2m							土被り　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			4		9	17	400			4		8	15
450		3		9	10	19	450		3		9		16

表 16　Ｔ字管部の一体化長さ[2)3)](呼び径350～450)

土被り　1.2m				土被り　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：土被り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14の45°を超え90°以下の曲管の一体化長さをそのまま適用出来る。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

呼び径350～450における一体化長さを確保する方法は、4.2.4(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。

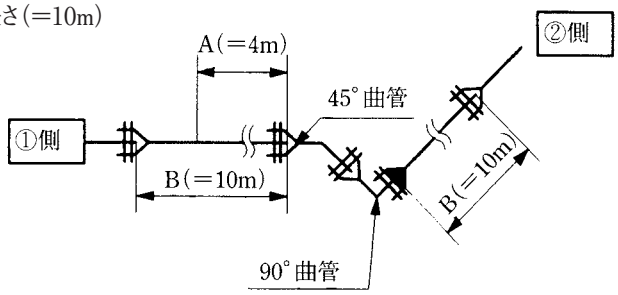
次に直線部へとつながる最後の曲管の一体化長さを確保する。

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26～図28に示す。なお、図中の一体化長さは土被り1.2m、呼び径450、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（＝10m）



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（＝10m）よりB（＝10m）を確保する。
②側は90°曲管の一体化長さを適用する。

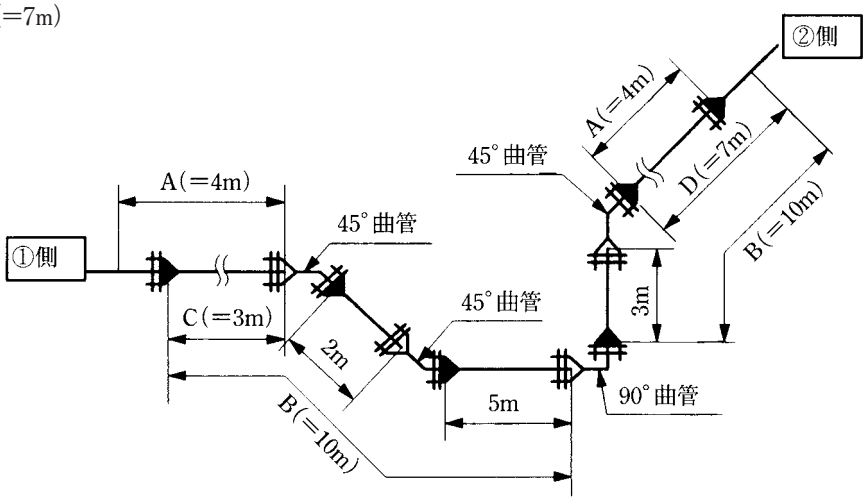
図 26　45°曲管と90°曲管が隣接している場合①

A：45°曲管の一体化長さ（＝4m）

B：90°曲管の一体化長さ（＝10m）

C：B－5m－2m（＝3m）

D：B－3m（＝7m）



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（＝7m）＞A（＝4m）よりD（＝7m）を確保する。

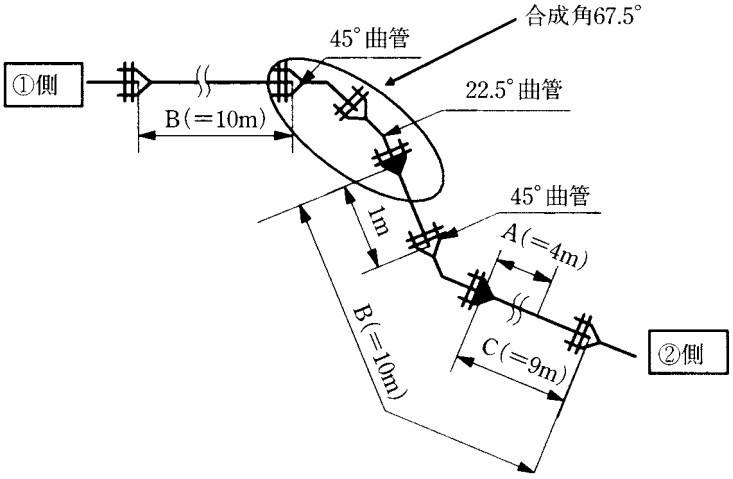
図 27　45°曲管と90°曲管が隣接している場合②

A：45°曲管の一体化長さ（＝4m）

B：67.5°曲管の一体化長さ（＝10m）

（67.5°＝45°＋22.5°）

C：B－1m（＝9m）



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（＝9m）＞A（＝4m）よりC（＝9m）を確保する。

図 28　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

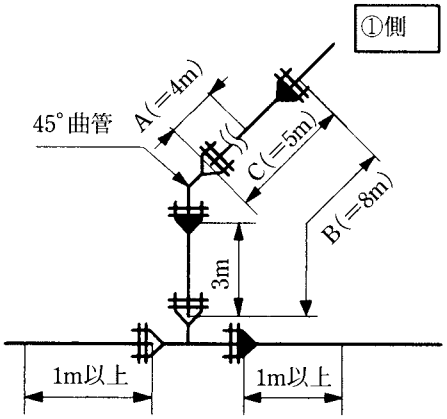
T字管部の枝管側に曲管がある場合、T字管の枝管側に確保する一体化長さと、隣接する曲管の一体化長さとを比べて長い方の一体化長さを確保する。図29～図31に呼び径450、0.75MPaの場合の計算例を示す。

A：45°曲管の一体化長さ（＝4m）

B：T字管の一体化長さ

呼び径450×450（＝8m）

C：B－3m（＝5m）

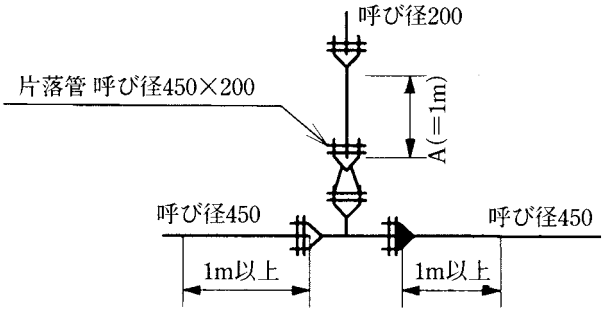


T字管の本管側に1mを確保し、枝管側にT字管一体化長さ8mを確保した場合の直管部分の一体化長さCと45°曲管の一体化長さAを比べ、長い方の一体化長さCを確保する。

図 29　T字管部（T字管＋45°曲管）

A：T字管の一体化長さ

呼び径200（＝1m）



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。

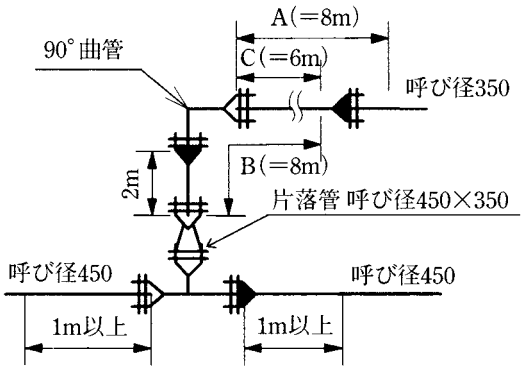
図 30　T字管部（T字管＋片落枝管）

A：90°曲管の一体化長さ（＝8m）

B：T字管の一体化長さ

　呼び径450×350（＝8m）

C：B－2m（＝6m）



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350のT字管の一体化長さを確保する。（T字管枝管に該当口径がない場合は大きい口径を選択する。この場合は呼び径450を選択）
枝管側に一体化長さ8m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 31　T字管部（T字管＋片落枝管＋90°曲管）

4. 2. 6　適用時の留意点

①適用範囲外の管路

4.2.4、4.2.5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。

i) 以下の条件に該当するNS形管路

・呼び径450以下で設計水圧が1.3MPaを超える場合

・呼び径500以上の場合

これらの曲管部およびT字管部の一体化長さは、後述する。

ii) K形、T形管路およびK形、T形管路で異形管部のみにNS形を使用する管路

埋設実験によると、本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

4.2.7（頁33）、4.2.8（頁41）による従来からの一体化長さは、通常4.2.4、4.2.5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4.2.4、4.2.5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4.2.4、4.2.5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の一体化長さをとってもよい。

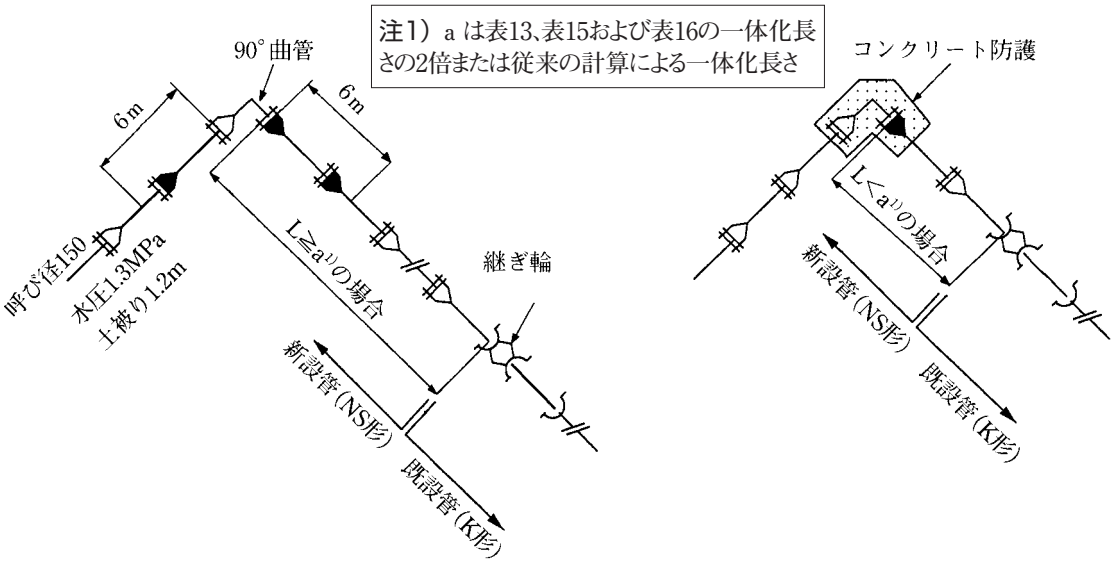


図 32　既設管路との接続

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

下図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、4.2.4、4.2.5の一体化長さを適用するのでなく4.2.12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挟んで確保しても良い。

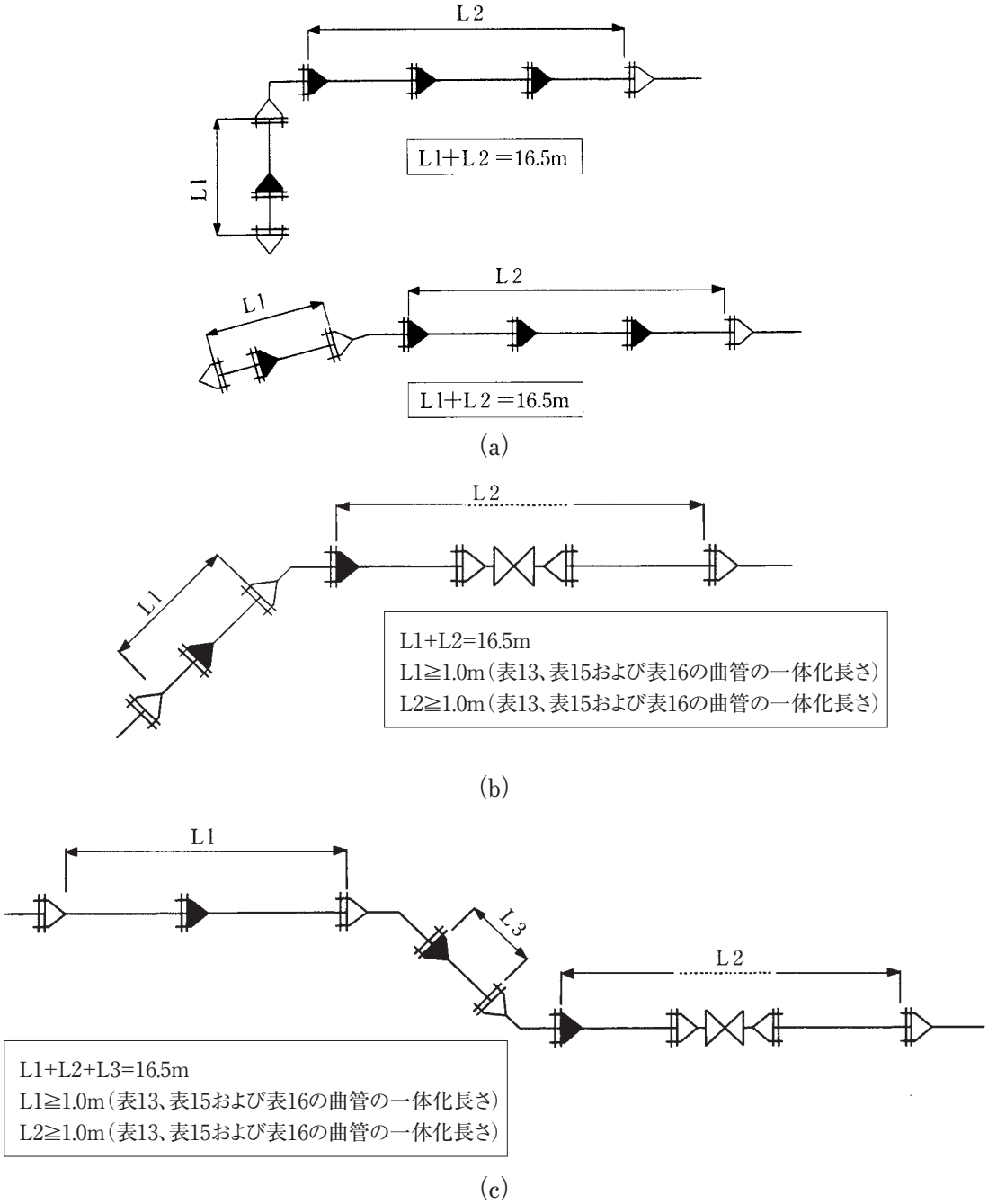
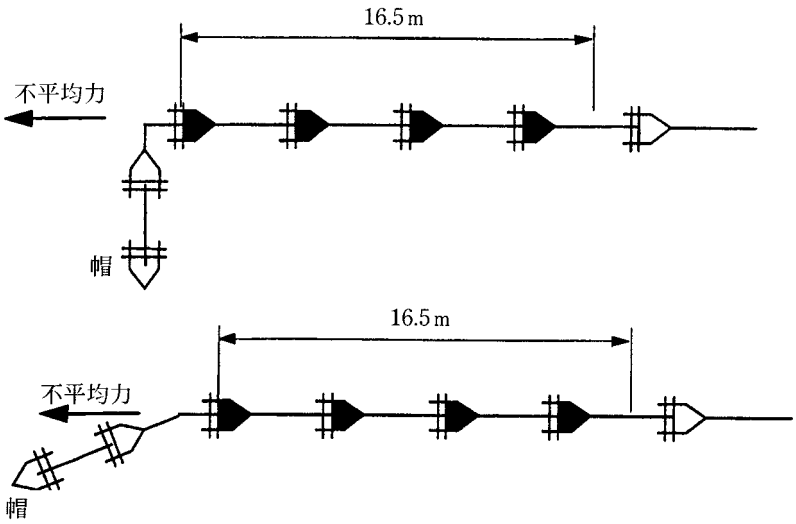


図 33　管路末端部、および仕切弁近傍に曲管がある場合の一体化長さ

備考　管路末端部の場合で曲管から管端部までの距離が短い場合は、下図に示すように曲管から直線部にかけて管端部の一体化長さを確保しても、安全側となるため問題ない。



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450以下である場合となる。

⑦ 事業体の設計基準との整合

事業体が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. 2. 7　水平曲管部

一例として、NS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	：呼び径500 NS形（S種）	
② 管外径	：D_2	$=0.528$ m
③ 公称管厚	：T	$=0.0085$ m
④ 曲管角度	：θ	$=45^\circ$
⑤ 設計水圧（＝静水圧＋水撃圧）	：p	$=1.3$ MPa（$=1300$ kN/m^2）
⑥ 土被り	：h	$=1.2$ m
⑦ 地盤反力係数	：k	$=3000$ kN/m^3
⑧ 管と土との摩擦係数	：μ	$=0.3$
⑨ 土の単位体積重量	：γ_s	$=16$ kN/m^3
⑩ ダクタイル鋳鉄の弾性係数	：E	$=1.6\times10^8$ kN/m^2
⑪ 継手の限界曲げモーメント	：M_0'	$=360$ kN・m｛表 7（頁14）による｝
⑫ 曲管部の許容移動量	：δ_0	$=0.02$ m

(2) 一体化長さの検討

図34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 $\vec{\delta}_1+\vec{\delta}_2=\vec{\delta}$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長さLp 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考える。

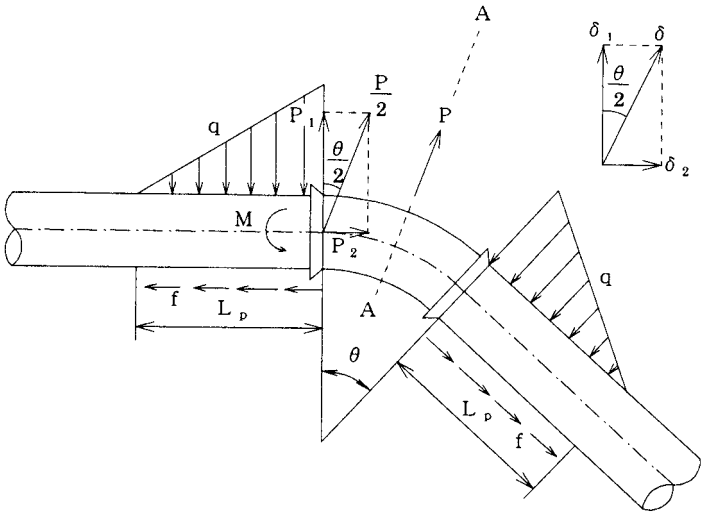


図 34　曲管部の概要

一体化長さの計算手順を図35に示す。計算時の初期値はL_p=1.0mとし、必要に応じて△L_p=0.1m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。

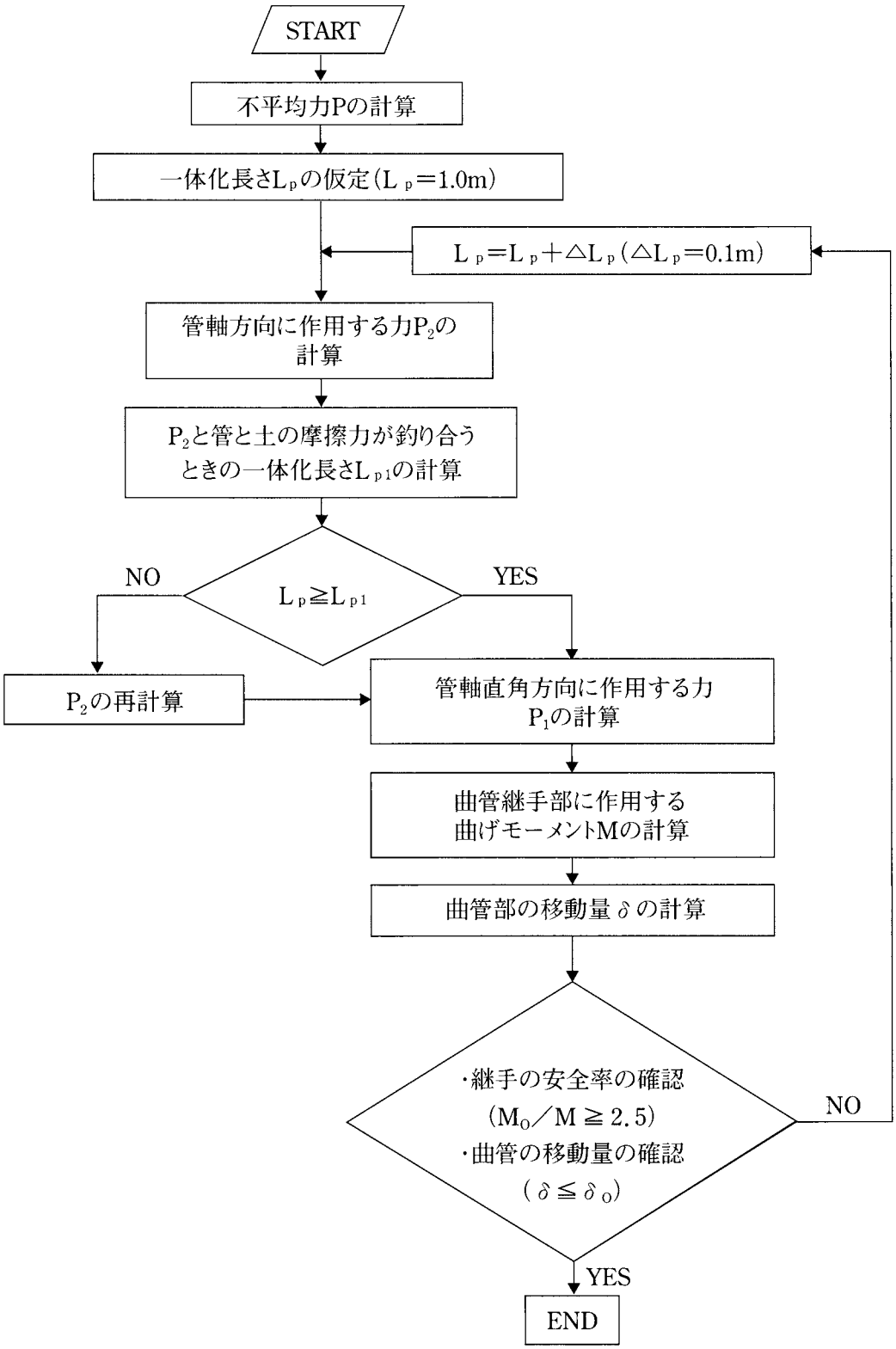


図 35　計算手順

① 曲管部に作用する不平均力

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

ここに、 P ：曲管部に作用する不平均力(kN)
p ：設計水圧(=1300 kN/m^2)
A_0 ：管の断面積(= $\frac{\pi}{4} D_2^2$=0.219 m^2)
D_2 ：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］

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

［T ＞ 0.01mの場合］

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

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 土被りによる土圧

土被りによる土圧は、管中心での土被り(以下、有効土被りという)で計算する。有効土被り2m以下の場合は垂直公式で計算し、2mを超える場合はヤンセン公式の値と有効土被り2m 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。

$$W_f = \gamma_s h_c \quad \cdots\cdots (4)$$
$$= 23.4 \text{ kN/m}^2$$

ここに、 W_f ：垂直公式による土圧(kN/m^2)
γ_s ：土の単位体積重量(=16 kN/m^3)
h_c ：有効土被り(= $h + \frac{D_2}{2}$ =1.464 m)
h ：土被り(=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 =8.3m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。

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

$$=243.850\ \mathrm{kN} \quad \cdots\cdots (5)$$

ここに、P_2 ：管軸方向に作用する力(kN)

$$\beta=\sqrt[4]{\frac{kD_2}{4EI}}\ (\mathrm{m}^{-1}) \quad \cdots\cdots (6)$$

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(=1.6×10^8 kN/m^2)

I ：管の鉄部の断面２次モーメント

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

D_1 ：管内径(=D_2－2 t=0.5130 m)

t ：計算管厚(=0.0075 m)

α ＝ $A_1\ E\mu W_f\ \pi$

A_1 ：管の鉄部の断面積

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

μ ：管と土との摩擦係数(=0.3)

W_f ：土被りによる土圧(=23.4 kN/m^2)

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

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 管と土との摩擦力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と管と土との摩擦力 f が釣り合うときの一体化長さは次式で求まる。

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

これより、

$$L_{p1} = \frac{P_2}{\mu W_f \pi D_2} = 20.920\ \mathrm{m} \quad \cdots\cdots (9)$$

ここに、L_{p1} ： 管と土との摩擦力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 ： 土被りによる土圧(=23.4 kN/m^2)

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 =8.3mと⑤項で算出した一体化長さL_{p1}=20.920m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。

[$L_p \geqq L_{p1}$ 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 =8.3m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 =96.748kN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。

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

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=96.748kNを代入するとP_1は次のように求まる。

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

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。

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

ここに、M ：曲管継手部に作用する曲げモーメント(kN・m)

P_1 ：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

$$S_f=\frac{M_0}{M}=2.51(\geqq 2.5) \quad \cdots\cdots (13)$$

ここに、S_1 ：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)

$$\left(\begin{array}{ll}\text{呼び径900以下は} & M_0=M_0' \\ \text{呼び径1000以上は} & M_0=M_0'\sqrt{1-\dfrac{p}{p_0}}\end{array}\right)$$

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 ：限界水圧{MPa、表 7(頁14)による}

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。

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

ここに、δ_1 ：P_1によって生じる管軸直角方向の移動量(m)

P_1 ：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/m^3)

D_2 ：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。

$$\delta = \frac{\delta_1}{\cos(\frac{\theta}{2})} = 0.0156\ \mathrm{m}\ (\leqq \delta_0 = 0.02\ \mathrm{m}) \quad \cdots\cdots (15)$$

ここに、 δ ： 不平均力P方向の曲管部の移動量(m)

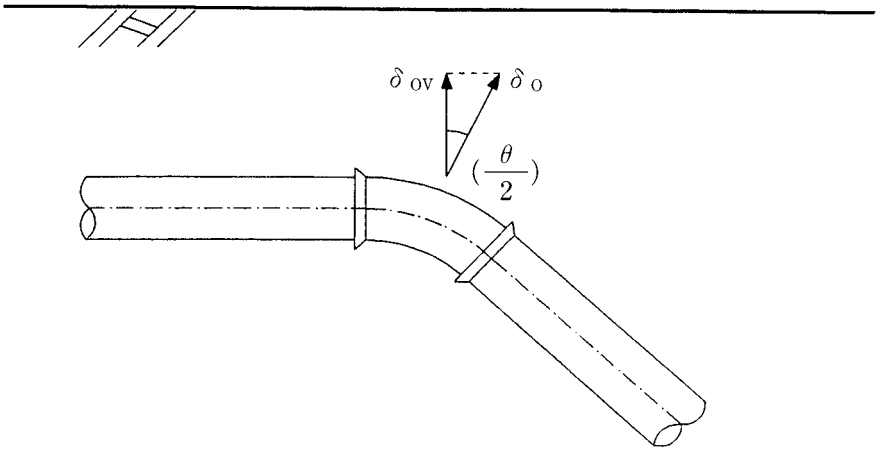
δ_1 ： P_1によって生じる管軸直角方向の移動量(=0.0121 m)

θ ： 曲管角度(=45°)

δ_0 ： 曲管部の許容移動量

(呼び径75～450NS形離脱防止継手の場合は0.01m、
NS(呼び径500～1000)、UF形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被り相当までしか見込めないため、より小さな値となる。



$$k\delta_{OV} = \gamma_s h \quad \cdots\cdots (16)$$

$$\delta_{OV} = \delta_O \cos(\theta/2) \quad \cdots\cdots (17)$$

ここに、 k ： 地盤反力係数(kN/m^3)

δ_{OV} ： 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/m^3)

h ： 土被り(m)

δ_O ： 曲管部の許容移動量(m)

θ ： 曲管角度(°)

(16) (17)式よりδ_{OV}を消去しδ_Oを求め、呼び径75～450NS形継手の0.01mあるいはNS(呼び径500～1000)、UF形継手の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Lp=8.3mとなる。図36に一体化長さを確保すべき位置を示す。

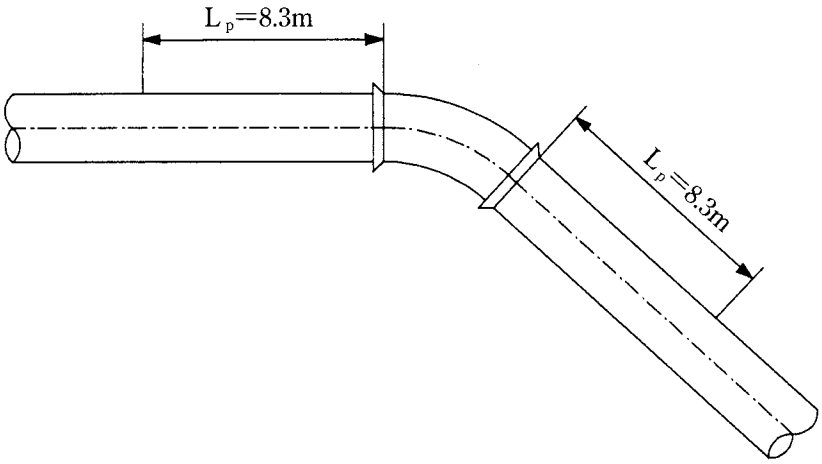


図 36　一体化長さを確保すべき位置

(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. 2. 9の伏せ越し部(頁46)あるいは4. 2. 10のSベンド部(頁52)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。

4.2.8　水平Ｔ字管部

一例として、NS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	：500 NS形（S種）	
② 枝管の呼び径および接合形式	：400 NS形（1種）	
③ 本管の外径	：D_2	＝0.528 m
④ 枝管の外径	：d_2	＝0.4256 m
⑤ 本管の公称管厚	：T	＝0.0085 m
⑥ 設計水圧（＝静水圧＋水撃圧）	：p	＝1.3 MPa（＝1300 kN/m^2）
⑦ 本管側の土被り	：h_a	＝1.2 m
⑧ 枝管側の土被り	：h_b	＝1.251 m
⑨ 地盤反力係数	：k	＝3000 kN/m^3
⑩ 管と土との摩擦係数	：μ	＝0.3
⑪ 土の単位体積重量	：γ_s	＝16 kN/m^3
⑫ ダクタイル鋳鉄の弾性係数	：E	＝1.6×10^8 kN/m^2
⑬ 本管側の継手の限界曲げモーメント	：M_0’	＝360 kN･m｛表 6（頁 9）による｝
⑭ T字管部の許容移動量	：δ_0	＝0.02 m

(2) 一体化長さの検討

図37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△L_{p1}＝0.1m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考える。

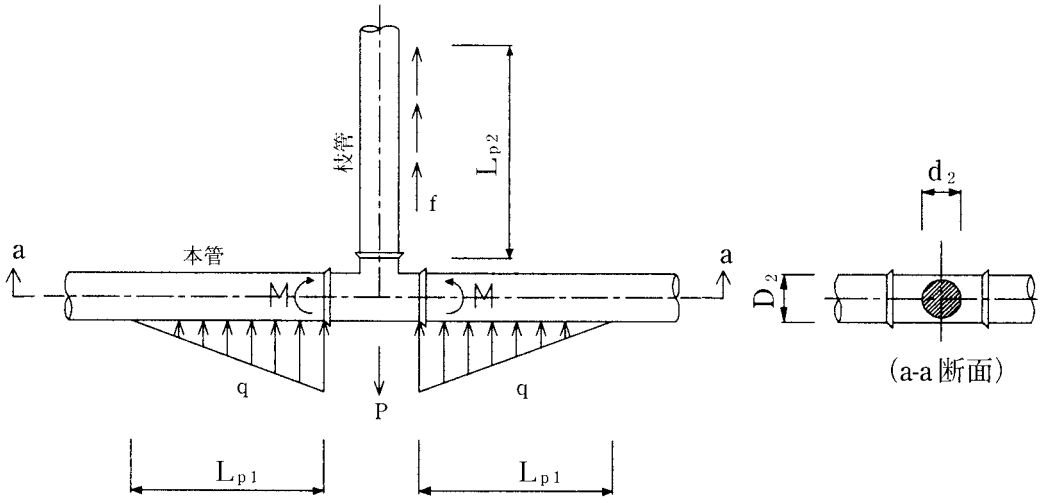


図 37　T字管部の概要

① T字管部に作用する不平均力

$$P=\frac{\pi}{4}\ d_2{}^2p=184.942\ \mathrm{kN} \quad \cdots\cdots (1)$$

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/m^2)

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]

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

[T ＞ 0.01mの場合]

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

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、(2)式よりt=0.0075mとなる。

③ 土被りによる土圧

土被りによる土圧は、管中心での土被り(以下、有効土被りという)で計算する。
有効土被りが2m以下の場合は垂直公式で計算し、2mを越える場合はヤンセン公式の値と有効土被り2m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。

$$W_{f1} = W_{f2} = \gamma_s h_c \quad \cdots\cdots (4)$$
$$= 23.4\ \mathrm{kN/m^2}$$

ここに、W_{f1} ： 本管側の土被りによる土圧（$\mathrm{kN/m^2}$）
W_{f2} ： 枝管側の土被りによる土圧（$\mathrm{kN/m^2}$）
γ_s ： 土の単位体積重量（=16 $\mathrm{kN/m^3}$）
h_c ： 有効土被り（$=h_a+\frac{D_2}{2}=h_b+\frac{d_2}{2}=1.464$ m）
h_a ： 本管側の土被り（=1.20 m）
D_2 ： 本管の外径（=0.528 m）
h_b ： 枝管側の土被り（=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}=6.0m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。

$$f = \mu W_{f2} \pi d_2 L_{p2} = 56.375\ \mathrm{kN} \quad \cdots\cdots (5)$$

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}：枝管側の土被りによる土圧（=23.4 $\mathrm{kN/m^2}$）
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。

$$P' = P - f = 128.568\ \mathrm{kN} \quad \cdots\cdots (6)$$

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}=2.1m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。

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

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）

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{kD_2}{4EI}} \ (m^{-1}) \quad \cdots\cdots (8)$$

k　：地盤反力係数（=3000 kN/m^3）

D_2　：本管の外径（=0.528 m）

E　：ダクタイル鋳鉄の弾性係数（=1.6×10^8 kN/m^2）

I　：管の鉄部の断面2次モーメント

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

D_1　：本管の内径（=D_2−2 t = 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

$$S_f = \frac{M_0}{M} = 5.39\ (\geqq 2.5) \quad \cdots\cdots (9)$$

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）

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

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　：本管の口径に対する限界水圧｛MPa、表 6（頁 9）による｝

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。

$$\delta = \frac{P'\beta}{2kD_2} \frac{\cosh(2\beta L_{p1}) + \cos(2\beta L_{p1}) + 2}{\sinh(2\beta L_{p1}) + \sin(2\beta L_{p1})} \quad \cdots\cdots (10)$$

= 0.0198 m（≦ δ_0 = 0.02 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/m^3）

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）

（呼び径75～450NS形離脱防止継手の場合は0.01m、
NS（呼び径500～1000）、UF形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}=2.1m、枝管側の一体化長さはL_{p2}=6.0mとなる。

図38に一体化長さを確保すべき位置を示す。

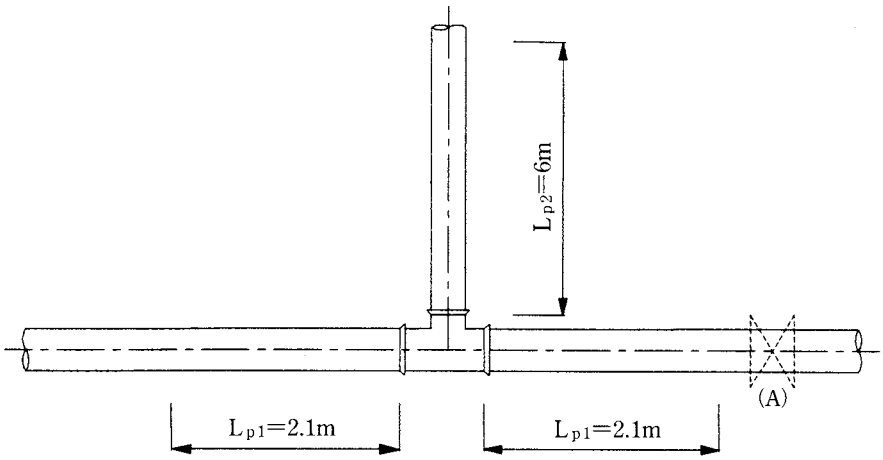


図 38　一体化長さを確保すべき位置

(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に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 枝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、4.2.11の片落管部(頁62)や4.2.12の管端部および仕切弁部(頁65)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 本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38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、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. 2. 9　伏せ越し部

一例として、NS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39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	：500 NS形（S種）	
② 管外径	：D_2	=0.528 m
③ 設計水圧（=静水圧＋水撃圧）	：p	=1.3 MPa（=1300 kN/m^2）
④ 伏せ越し左側の土被り	：h_a	=1.2 m
⑤ 伏せ越し右側の土被り	：h_b	=2.2 m
⑥ 伏せ越し左側のモーメントアーム	：h_{m1}	=2 m
⑦ 伏せ越し右側のモーメントアーム	：h_{m2}	=1 m
⑧ 土の内部摩擦角	：ϕ	=30°
⑨ 管と土との摩擦係数	：μ	=0.3
⑩ 土の単位体積重量	：γ_s	=16 kN/m^3
⑪ 継手の限界曲げモーメント	：M_0'	=360 kN･m｛表 6（頁 9）による｝

(2) 一体化長さの検討

図39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。

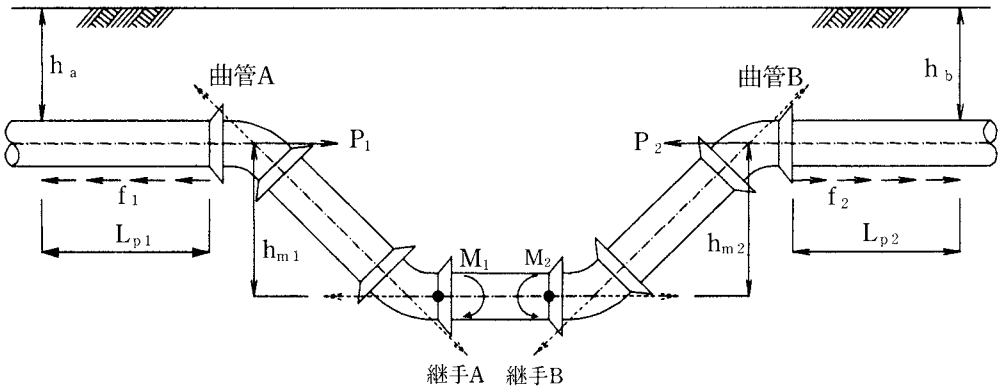


図 39　伏せ越し部の概要

① 伏せ越し部に作用する不平均力

$$P_1 = P_2 = \frac{\pi}{4} D_2{}^2 p = 284.643\ \mathrm{kN} \quad \cdots\cdots (1)$$

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/m^2)

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。

$$M_a = \frac{M_0}{S_f} = 144\ \mathrm{kN \cdot m} \quad \cdots\cdots (2)$$

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)

$$\left(\begin{array}{ll} \text{呼び径900以下は} & M_0 = M_0' \\ \text{呼び径1000以上は} & M_0 = M_0' \sqrt{1 - \dfrac{p}{p_0}} \end{array} \right)$$

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 ：限界水圧{MPa、表 6 (頁 9)による}
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

$$M_1 = P_1 h_{m1} = 569.287\ \mathrm{kN \cdot m} \quad \cdots\cdots (3)$$

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(=2m)

ii) 土被りによる土圧
土被りによる土圧は、管中心での土被り(以下、有効土被りという)で計算する。
有効土被り2m以下の場合は垂直公式で計算し、2mを越える場合はヤンセン公式の値と有効土被り2m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。

$$W_{f1} = \gamma_s h_{c1} \quad \cdots\cdots (4)$$
$$= 23.4\ \mathrm{kN/m^2}$$

ここに、W_{f1}：伏せ越し左側の土被りによる土圧（kN/m^2）

γ_s　：土の単位体積重量（=16 kN/m^3）

h_{c1}：伏せ越し左側の有効土被り（$=h_a+\frac{D_2}{2}$ =1.464 m）

h_a　：伏せ越し左側の土被り（=1.2 m）

D_2　：管外径（=0.528m）

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。

$$f_1=P_1-\frac{M_a}{h_{m1}}=212.643\ \mathrm{kN} \quad \cdots\cdots (5)$$

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。

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

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。

$$L_{p1}=\frac{f_1}{\mu W_{f1}\pi D_2}=18.3\ \mathrm{m} \quad \cdots\cdots (7)$$

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}：伏せ越し左側の土被りによる土圧（=23.4 kN/m^2）

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

$$M_2 = P_2 h_{m2} = 284.6434 \text{ kN·m} \quad \cdots\cdots (8)$$

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(=1m)

ii) 土被りによる土圧

土被りによる土圧は、有効土被りで計算する。有効土被り2m以下の場合は垂直公式で計算し、2mを越える場合はヤンセン公式の値と有効土被り2m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、土被りが2mを越えているため、ヤンセン公式の値と土被り2m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

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

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

ここに、W_{f21} ：伏せ越し右側のヤンセン公式による土圧(kN/m^2)

γ_s ：土の単位体積重量(=16 kN/m^3)

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被り(= $h_b + \frac{D_2}{2}$ =2.464 m)

h_b ：伏せ越し右側の土被り(=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 m[1])

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

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

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

ここに、W_{f22} ：伏せ越し右側の垂直公式による土圧(kN/m^2)

γ_s ：土の単位体積重量(=16 kN/m^3)

h_c ：有効土被り(=2 m)

したがって、土被りによる土圧は、W_{f2} = 32.0 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。

$$f_2 = P_2 - \frac{M_a}{h_{m2}} = 140.643\ \mathrm{kN} \quad \cdots\cdots (11)$$

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(=1m)

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。

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

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。

$$L_{p2} = \frac{f_2}{\mu W_{f2} \pi D_2} = 8.9\ \mathrm{m} \quad \cdots\cdots (13)$$

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} ：伏せ越し左側の土被りによる土圧(=32.0 kN/m^2)
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}=18.3m、伏せ越し右側がL_{p2}=8.9mとなる。図40に一体化長さを確保すべき位置を示す。

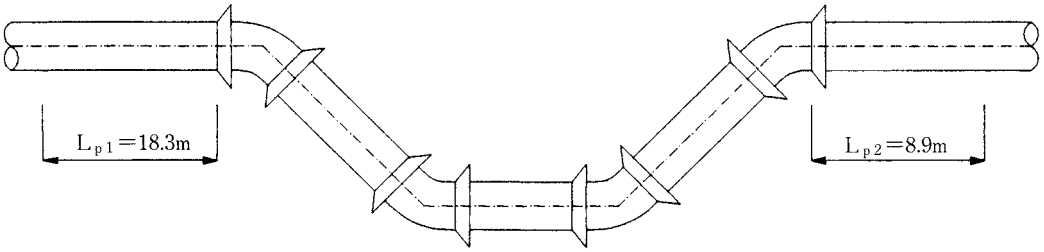


図 40　一体化長さを確保すべき位置

（参考）

ここでは、より汎用的な例とするため、伏せ越し左側と右側の土被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、左右の土被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. 2. 10　垂直Sベンド部

一例として、NS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41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	：500 NS形（S種）	
② 管外径	：D_2	=0.528 m
③ 曲管角度	：θ	=45°
④ 設計水圧（=静水圧+水撃圧）	：p	=1.3 MPa（=1300 kN/m^2）
⑤ Sベンド部上側の土被り	：h_a	=1.2 m
⑥ Sベンド部下側の土被り	：h_b	=3.2m
⑦ Sベンド部のモーメントアーム	：h_m	=2m
⑧ 土の内部摩擦角	：ϕ	=30°
⑨ 管と土との摩擦係数	：μ	=0.3
⑩ 土の単位体積重量	：γ_s	=16 kN/m^3
⑪ 継手の限界曲げモーメント	：M_0'	=360 kN・m｛表 6（頁 9）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41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。

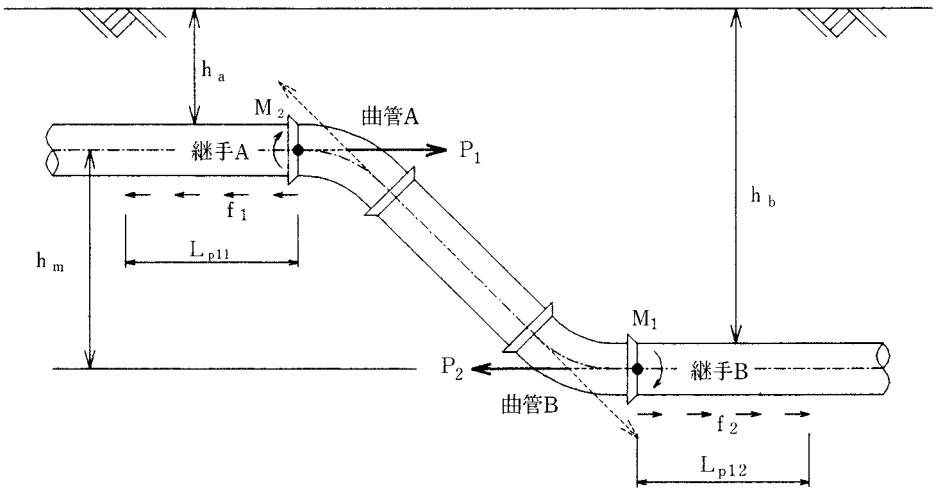


図 41　Sベンド部の概要

① Sベンド部に作用する不平均力

$$P_1 = P_2 = \frac{\pi}{4} D_2{}^2 p = 284.643\ \mathrm{kN} \quad \cdots\cdots (1)$$

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/m^2)

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。

$$M_a = \frac{M_0}{S_f} = 144\ \mathrm{kN \cdot m} \quad \cdots\cdots (2)$$

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

$$\left(\begin{array}{ll} \text{呼び径900以下は} & M_0 = M_0' \\ \text{呼び径1000以上は} & M_0 = M_0' \sqrt{1 - \dfrac{p}{p_0}} \end{array} \right)$$

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 ：限界水圧{MPa、表 6 (頁 9)による}
S_f ：継手の曲げモーメントに対する安全率(=2.5)

③ S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

$$M_1 = P_1 h_m = 569.2867\ \mathrm{kN \cdot m} \quad \cdots\cdots (3)$$

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)土被りによる土圧

土被りによる土圧は、管中心での土被り(以下、有効土被りという)で計算する。
有効土被り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被り2m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。

$$W_{f1} = \gamma_s h_{c1} \quad \cdots\cdots (4)$$
$$= 23.4\ \mathrm{kN/m^2}$$

ここに、W_{f1} ： Sベンド部上側の土被りによる土圧（kN/m^2）

γ_s ： 土の単位体積重量（＝16 kN/m^3）

h_{c1} ： Sベンド部上側の有効土被り（$=h_a+\frac{D_2}{2}=1.464$ m）

h_a ： Sベンド部上側の土被り（＝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。

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

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。

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

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。

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

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ベンド部上側の土被りによる土圧（＝23.4 kN/m^2）

D_2 ：管外径（＝0.528 m）

④ S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

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

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）土被りによる土圧

土被りによる土圧は、有効土被りで計算する。

有効土被り2m以下の場合は垂直公式で計算し、2mを越える場合はヤンセン公式の値と有効土被り2m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、土被りが2mを越えているため、ヤンセン公式の値と土被り2m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

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

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

ここに、W_{f21} ：Sベンド部下側のヤンセン公式による土圧（$\mathrm{kN/m^2}$）

γ_s ：土の単位体積重量（=16 $\mathrm{kN/m^3}$）

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

ϕ ：土の内部摩擦角（=30°）

h_{c2} ：Sベンド部下側の有効土被り

（$= h_b + \dfrac{D_2}{2} = 3.464$ m）

h_b ：Sベンド部下側の土被り（=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 m[1)]）

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

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

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

ここに、W_{f22} ：Sベンド部下側の垂直公式による土圧（$\mathrm{kN/m^2}$）

γ_s ：土の単位体積重量（=16 $\mathrm{kN/m^3}$）

h_c ：有効土被り（=2 m）

したがって、土被りによる土圧は、W_{f2} =33.5 $\mathrm{kN/m^2}$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。

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

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。

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

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。

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

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ベンド部下側の土被りによる土圧(=33.5 kN/m^2)
D_2 ： 管外径(=0.528 m)

(3) 回転に対する一体化長さの検討

図42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。

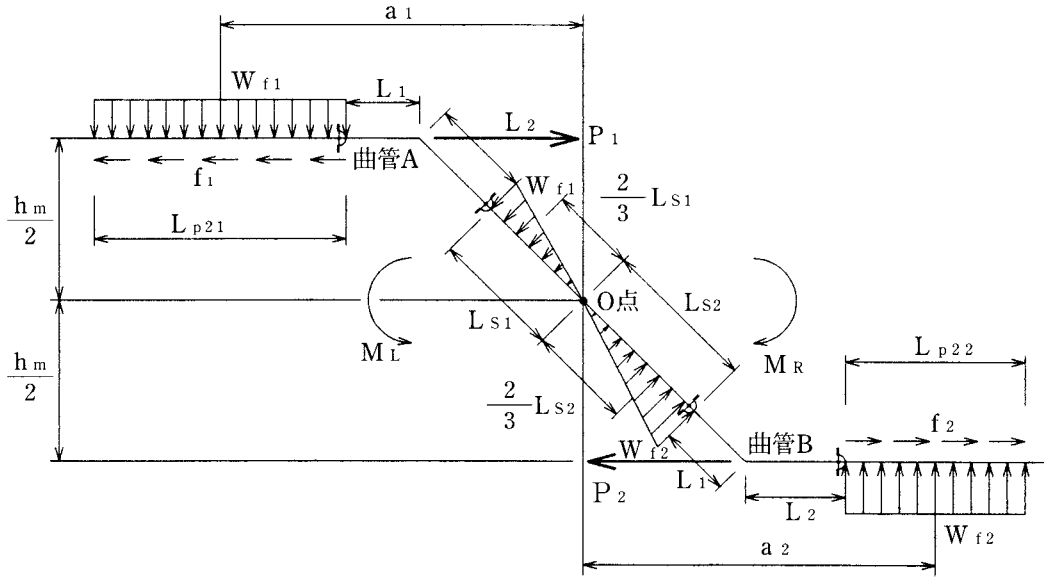


図 42　垂直Ｓベンド部に作用する不平均力と一体化部の土圧抵抗力

① S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。

$$P_1' = P_1 - f_1 = P_1 - \mu W_{f1} \pi D_2 L_{P21} \quad \cdots\cdots (14)$$

$$P_2' = P_2 - f_2 = P_2 - \mu W_{f2} \pi D_2 L_{P22} \quad \cdots\cdots (15)$$

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ベンド部上側の土被りによる土圧(=23.4 kN/m^2)
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ベンド部下側の土被りによる土圧(=33.5 kN/m^2)
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、

$$P_1' = P_2' \quad \cdots\cdots (16)$$

上式に(14)、(15)式を代入すると次式が得られる。

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

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。

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

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。

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

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。

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

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。

$$M_L = D_2 L_{p21} W_{f1} a_1 + \frac{D_2 L_{S1} W_{f1}}{2} \frac{2}{3} L_{S1}$$

$$+ D_2 L_{p22} W_{f2} a_2 + \frac{D_2 L_{S2} W_{f2}}{2} \frac{2}{3} L_{S2} \quad \cdots\cdots (21)$$

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ベンド部上側の土被りによる土圧(=23.4 kN/m^2)

a_1 ： O点からL_{p21}の中央までのモーメントアーム

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

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

$$\left(=\frac{h_m}{2\sin\theta}-L_2=0.894\ \mathrm{m}\right) \quad \cdots\cdots (23)$$

L_2 ： 曲管A、曲管Bの挿し口側有効長（=0.520 m）

L_{p22}： Sベンド部下側の必要一体化長さ（m）

W_{f2}： Sベンド部下側の土被りによる土圧（=32.1 kN/m^2）

a_2 ： O点からL_{p22}の中央までのモーメントアーム

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

L_{S2}： O点から曲管Bの受口までの距離

$$\left(=\frac{h_m}{2\sin\theta}-L_1=1.139\ \mathrm{m}\right) \quad \cdots\cdots (25)$$

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。

$$M_L=D_2L_{p21}W_{f1}a_1+\frac{D_2L_{SI}W_{f1}}{2}\frac{2}{3}L_{S1}$$
$$+D_2L_{p21}W_{f1}a_2+\frac{D_2L_{S2}W_{f2}}{2}\frac{2}{3}L_{S2} \quad \cdots\cdots (26)$$

⑤ S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。

$$M_L=M_R \quad \cdots\cdots (27)$$

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。

$$D_2W_{f1}\frac{W_{f1}+W_{f2}}{2W_{f2}}L_{p21}^2+D_2W_{f1}\left\{\frac{h_m}{\tan\theta}+(L_1+L_2)+\mu\pi h_m\right\}L_{p21}$$
$$+\frac{D_2}{3}\left\{\left(\frac{h_m}{2\sin\theta}-L_2\right)^2W_{f1}+\left(\frac{h_m}{2\sin\theta}-L_1\right)^2W_{f2}\right\}-P_1h_m=0$$
$$\cdots\cdots (28)$$

ここで、

$$a=D_2W_{f1}\frac{W_{f1}+W_{f2}}{2W_{f2}} \quad \cdots\cdots (29)$$

$$b=D_2W_{f1}\left\{\frac{h_m}{\tan\theta}+(L_1+L_2)+\mu\pi h_m\right\} \quad \cdots\cdots (30)$$

$$c=\frac{D_2}{3}\left\{\left(\frac{h_m}{2\sin\theta}-L_2\right)^2W_{f1}+\left(\frac{h_m}{2\sin\theta}-L_1\right)^2W_{f2}\right\}-P_1h_m \quad \cdots\cdots (31)$$

とおけば、この式は以下のように表される。

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

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。

$$L_{p21} = \frac{-b+\sqrt{b^2-4ac}}{2a} = 5.1\ \mathrm{m} \quad \cdots\cdots (33)$$

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ベンド部上側の土被りによる土圧(=23.4 kN/m^2)
W_{f2}： Sベンド部下側の土被りによる土圧(=33.5 kN/m^2)
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(=0.520 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。

⑥ S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。

$$L_{p22} = \frac{W_{f1}}{W_{f2}} L_{p21} = 3.6\ \mathrm{m} \quad \cdots\cdots (34)$$

ここに、L_{p22}： Sベンド部下側の必要一体化長さ(m)
W_{f1}： Sベンド部上側の土被りによる土圧(=23.4 kN/m^2)
W_{f2}： Sベンド部下側の土被りによる土圧(=33.5 kN/m^2)
L_{p21}： Sベンド部上側の必要一体化長さ(=5.1 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}=3.8 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} =18.3m、Sベンド部下側がL_{p12} =12.8m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}=5.1m、Sベンド部下側がL_{p22}=3.6m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}=18.3m、Sベンド部下側の必要一体化長さはL_{p2}=12.8mとなる。図43に一体化長さを確保すべき位置を示す。

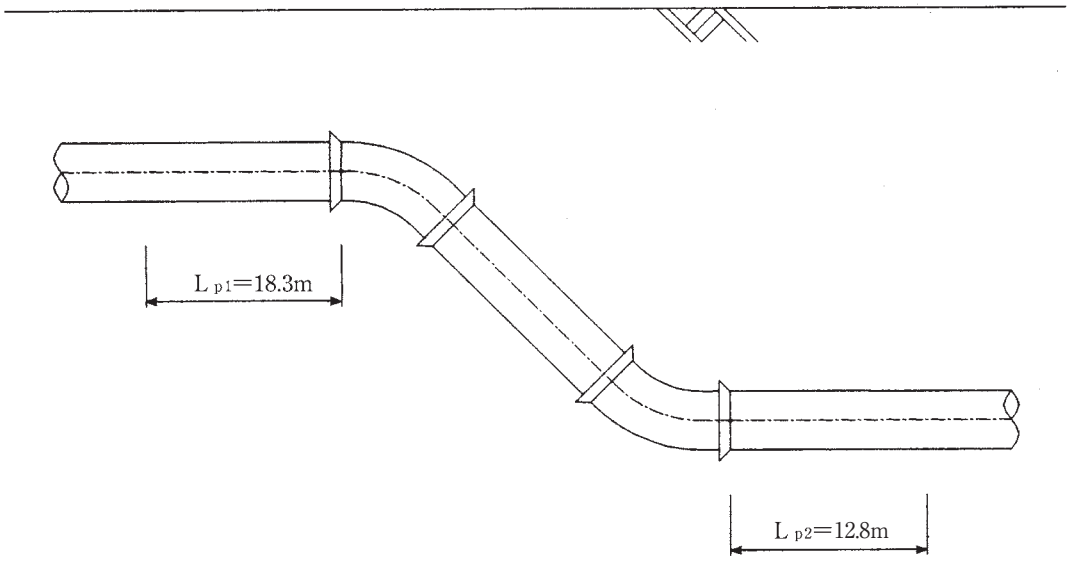


図 43　一体化長さを確保すべき位置

(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被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 θが無限大となる。このため、(28)式を計算機に入力する場合は、tan θ=sin θ/cos θ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. 2. 11　片落管部

一例として、NS形離脱防止継手による呼び径500×400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 大口径管の呼び径および接合形式　：500 NS形（S種）
② 小口径管の呼び径および接合形式　：400 NS形（1種管）
③ 大口径管の外径　：D_2　=0.528 m
④ 小口径管の外径　：d_2　=0.4256 m
⑤ 設計水圧（=静水圧+水撃圧）　：p　=1.3 MPa（=1300 kN/m^2）
⑥ 大口径管側の土被り　：h　=1.2 m
⑦ 土の内部摩擦角　：ϕ　=30°
⑧ 管と土との摩擦係数　：μ　=0.3
⑨ 土の単位体積重量　：γ_s　=16 kN/m^3
⑩ 設定安全率　：S_{fp}　=1.25

(2) 一体化長さの検討

図44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。

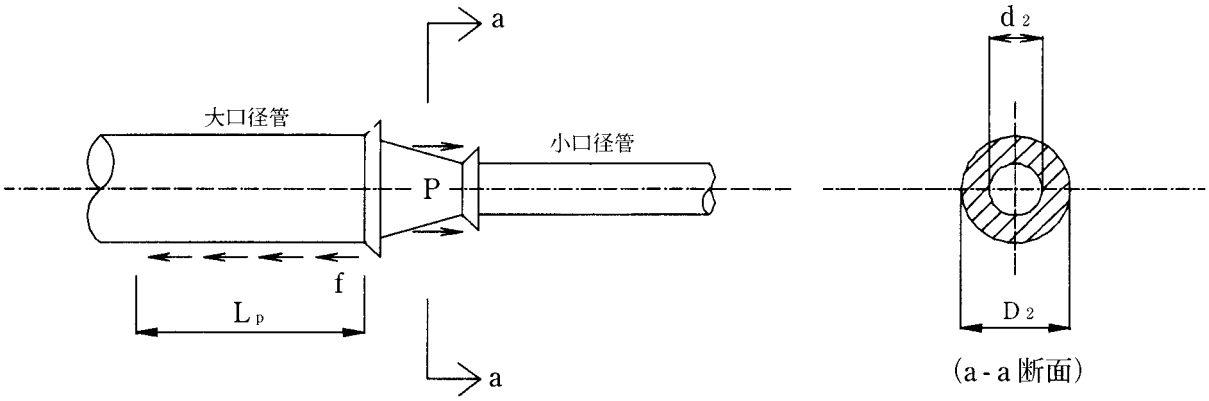


図 44　片落管部の概要

① 片落管部に作用する不平均力

$$P = \frac{\pi}{4}(D_2^2 - d_2^2)\ p = 99.701\ \mathrm{kN} \quad \cdots\cdots (1)$$

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(=0.528 m)
d_2　：小口径管の外径(=0.4256 m)
p　：設計水圧(=1300 kN/m^2)

② 土被りによる土圧

土被りによる土圧は、管中心での土被り(以下、有効土被りという)で計算する。有効土被り2m以下の場合は垂直公式で計算し、2mを越える場合はヤンセン公式の値と有効土被り2m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。

$$W_f = \gamma_s h_c \quad \cdots\cdots (2)$$
$$= 23.4\ \mathrm{kN/m^2}$$

ここに、W_f　：大口径管側の土被りによる土圧(kN/m^2)
γ_s　：土の単位体積重量(=16 kN/m^3)
h_c　：大口径管側の有効土被り(=$h + \frac{D_2}{2}$ =1.464 m)
h　：大口径管側の土被り(=1.2 m)
D_2　：大口径管の外径(=0.528 m)

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。

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

ここに、f　：管と土との摩擦力(kN)
μ　：管と土との摩擦係数(=0.3)
W_f　：大口径管側の土被りによる土圧(=23.4 kN/m^2)
D_2　：大口径管の外径(=0.528 m)
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。

$$f = S_{fp} P \quad \cdots\cdots (4)$$

ここに、f　：管と土との摩擦力(kN)
S_{fp}：設定安全率(=1.25)
P　：片落管部に作用する不平均力(=99.701 kN)

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。

$$L_p = \frac{S_{fp}\ P}{\mu W_f \pi D_2} = 10.7\ \mathrm{m} \quad \cdots\cdots (5)$$

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(=99.701 kN)
μ ：管と土との摩擦係数(=0.3)
W_f ：大口径管側の土被りによる土圧(=23.4 kN/m^2)
D_2 ：大口径管側の外径(=0.528 m)

(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 =10.7mとなる。図45に一体化長さを確保すべき位置を示す。

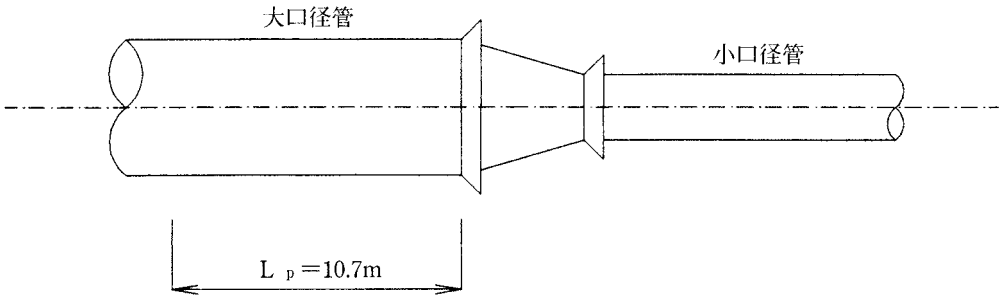


図 45　一体化長さを確保すべき位置

(参考)

ここでは、大口径管側のみに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に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. 2. 12　管端部および仕切弁部

一例として、NS形離脱防止継手による呼び径500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 呼び径および接合形式　：500 NS形(S種)
② 管外径　：D_2 ＝ 0.528 m
③ 設計水圧(＝静水圧＋水撃圧)　：p ＝ 1.3 MPa(＝1300 kN/m^2)
④ 土被り　：h ＝ 1.2 m
⑤ 管と土との摩擦係数　：μ ＝ 0.3
⑥ 土の単位体積重量　：γ_s ＝ 16 kN/m^3
⑦ 設定安全率　：S_{fp} ＝ 1.25

(2) 一体化長さの検討

図46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部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。

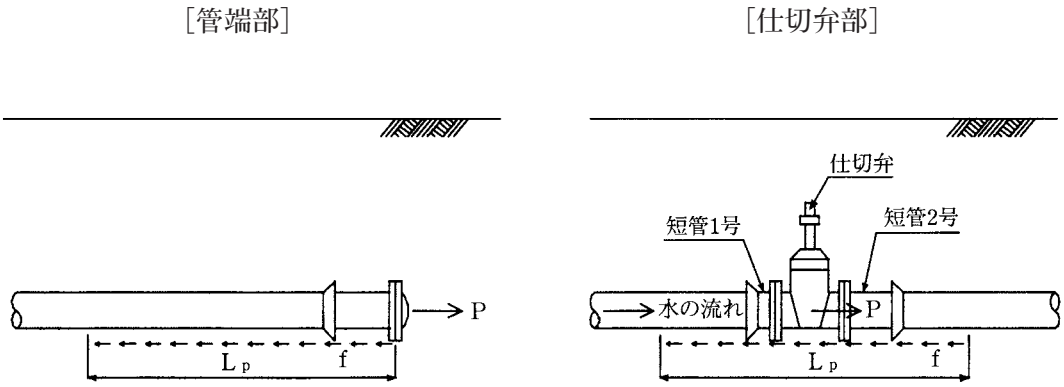


図 46　管端部および仕切弁部の概要

① 管端部および仕切弁部に作用する不平均力

$$P=\frac{\pi}{4}D_2{}^2p=284.643\ \mathrm{kN} \quad \cdots\cdots (1)$$

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(＝0.528 m)
p　：設計水圧(＝1300 kN/m^2)

② 土被りによる土圧

土被りによる土圧は、管中心での土被り（以下、有効土被りという）で計算する。
有効土被り2m以下の場合は垂直公式で計算し、2mを越える場合はヤンセン公式の値と有効土被り2m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。

$$W_f = \gamma_s h_c \quad \cdots\cdots (2)$$
$$= 23.4\ \mathrm{kN/m^2}$$

ここに、W_f ：土被りによる土圧（$\mathrm{kN/m^2}$）
γ_s ：土の単位体積重量（=16 $\mathrm{kN/m^3}$）
h_c ：有効土被り（$=h+\dfrac{D_2}{2}=1.464$ m）
h ：土被り（=1.2 m）
D_2 ：管外径（=0.528 m）

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。

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

ここに、f ：管と土との摩擦力（kN）
μ ：管と土との摩擦係数（=0.3）
W_f ：土被りによる土圧（=23.4 $\mathrm{kN/m^2}$）
D_2 ：管外径（=0.528 m）
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。

$$f = S_{fp} P \quad \cdots\cdots (4)$$

ここに、f ：管と土との摩擦力（kN）
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（=284.643 kN）

したがって、必要一体化長さは次式で求まる。

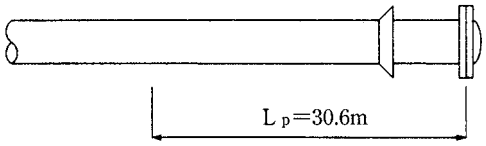
$$L_p = \frac{S_{fp} P}{\mu W_f \pi D_2} = 30.6\ \mathrm{m} \quad \cdots\cdots (5)$$

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（=284.643 kN）
μ ：管と土との摩擦係数（=0.3）
W_f ：土被りによる土圧（=23.4 $\mathrm{kN/m^2}$）
D_2 ：管外径（=0.528 m）

(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＝30.6mとなる。図47に一体化長さを確保すべき位置を示す。

［管端部の場合］



［仕切弁部（離脱防止継手形）の場合］

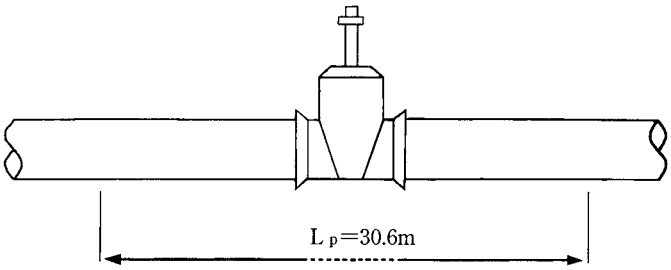
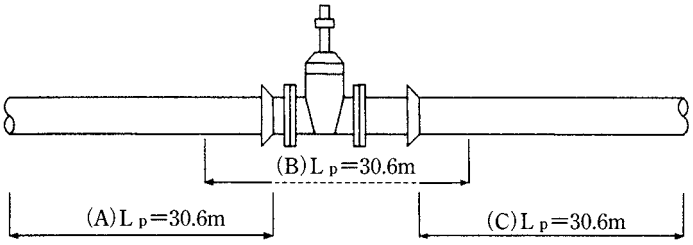


図 47　一体化長さを確保すべき位置

備考　仕切弁部にフランジ形を用いる場合は、一体化長さを確保する位置は下図に示す(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に加え、フランジ部に地盤変状による過大な引張力や曲げモーメントが作用することも予想される。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短管１号、仕切弁、短管２号の長さを含めないものとする。

［仕切弁部（フランジ形）の場合］



（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、以上の計算例にも示したように呼び径が大きくなると必要一体化長さがかなり長くなる。これが配管設計上支障となったり、離脱防止継手による剛構造管路となって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、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。

・栓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 4.4.1の(2)項(頁71)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. 3　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を越える場合や、配水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. 3. 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48に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。一体化長さと防護コンクリートの形状寸法は、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設計する。

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。

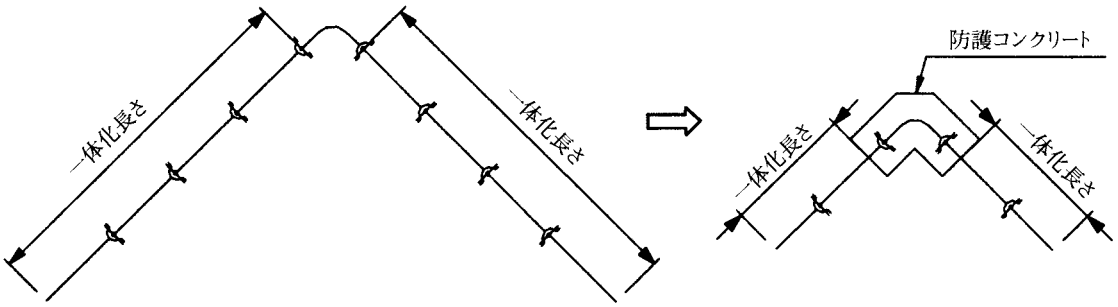


図 48　一体化部に防護コンクリートを併用した例

4. 3. 2　複雑な管路で一体化長さが重なる場合

図49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。

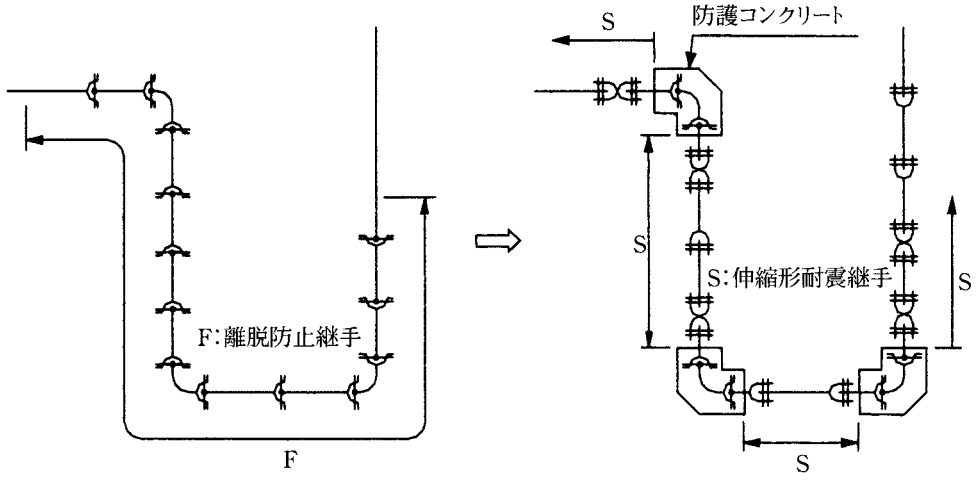


図 49　複雑な配管における防護コンクリートの適用例

4. 3. 3　構造物の近傍に曲管部が配置される場合

図50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。

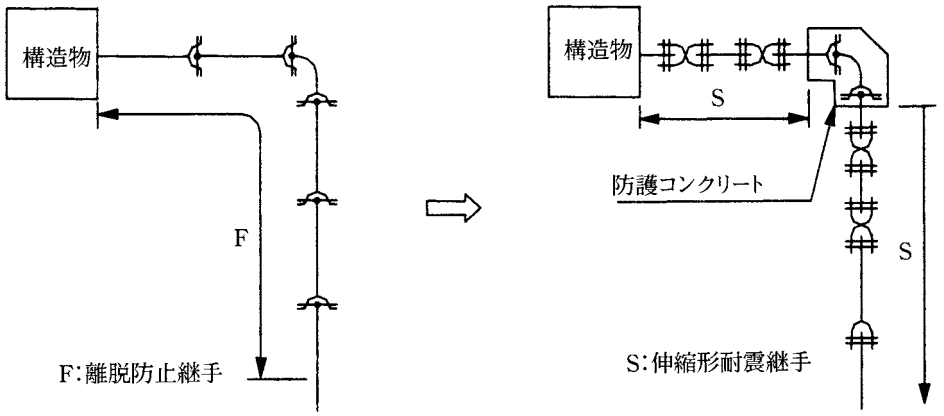


図 50　構造物近傍の曲管部に防護コンクリートを設置した例

4.4　地盤変状対策

ダクタイル鉄管による鎖構造管路は、継手部の伸縮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。

4.4.1　構造物との取り合い部など

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) 直管の継手による場合

図51に直管の継手による変位吸収状況を示す。

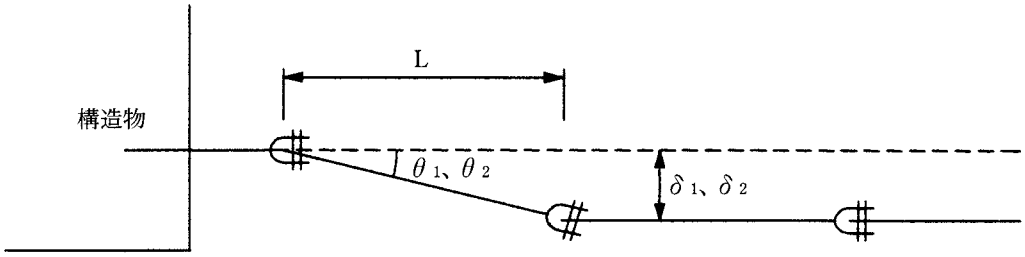


図 51　直管の継手による変位吸収状況

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曲げ角度で計算しており、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　：管長

θ_1 ：配管施工時の許容曲げ角度｛表 3、表 4（頁 4、頁 5）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　：管長

θ_2 ：地震時や地盤沈下時の最大屈曲角（表 3、表 4 参照）

(2) 継ぎ輪による場合

図52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、構造物との取り合い部は、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。

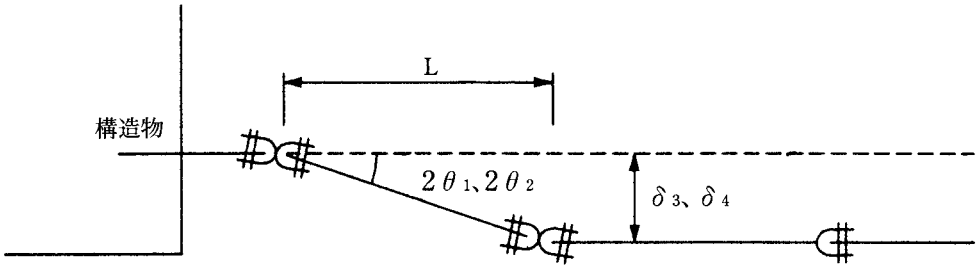


図 52　継ぎ輪による変位吸収状況

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　：管長

θ_1 ：配管施工時の許容曲げ角度｛表 3 、表 4（頁 4 、頁 5）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　：管長

θ_2 ：地震時や地盤沈下時の最大屈曲角（表 3 、表 4 参照）

4. 4. 2　液状化による側方流動など

地震時の地盤の液状化によって地盤の側方流動が発生したり、土質が普通地盤から軟弱な地盤へとゆるやかに変化しているために地盤が連続的に沈下するような場合の管路の挙動例を図53に示す。この場合に鎖構造管路が吸収できる変位量δは次式で計算できる。

$$\delta \fallingdotseq L\left(2\tan\theta + 2\tan 2\theta + 2\tan 3\theta + \cdots\cdots + 2\tan\frac{n-1}{2}\theta + \tan\frac{n+1}{2}\theta\right)$$

ここに、δ　：管路としての変位吸収量

L　：管長

θ　：継手の許容曲げ角度または最大屈曲角（表 3～表 5参照）

n　：変位を吸収する管の本数（奇数とする）

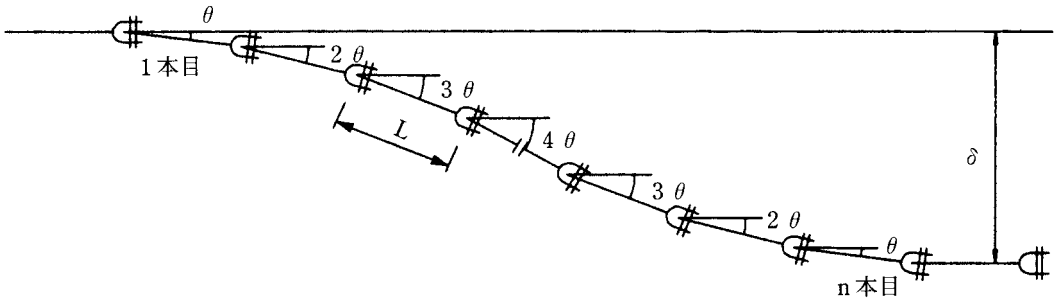


図 53　地盤の連続的な変動に対する管路の挙動

4. 5　管の埋設深さおよび位置

4. 5. 1　埋設深さ

管の埋設深さは「水道施設設計指針2012（公益社団法人日本水道協会）」では「・・・「道路法施行令」（昭和27年政令第479号）では、土被りの標準は1.2mと規定されているが、水管橋取付部の堤防横断箇所や他の埋設物と交差の関係等で、土被りを標準又は規定値まで取れない場合は、道路管理者又は河川管理者と協議の上、土被りを0.6mまで減少することができる。」とされている。

また、「下水道施設計画・設計指針と解説2009年版（公益社団法人日本下水道協会）」では「道路法施行令第12条第4号によれば、下水道管の本線を埋設する場合においては、その頂部と路面との距離は3m（工事実施上やむを得ない場合にあっては1m）以下としないことと規定されている。」とされている。

さらに、公共工事コスト縮減対策として出された建設省道路局通達「電線、水管、ガス管又は下水道管を道路下に設ける場合における埋設の深さ等について」（平成11年3月31日付）、および建設省道路局事務連絡「電線、水管、ガス管又は下水道管を道路下に設ける場合における埋設の深さ等に関する取り扱いについて」（平成11年3月31日付）によると呼び径300以下のダクタイル鉄管について以下の最小土被りが示されている。

《車道》車道の最小土被りは舗装の厚さに0.3mを加えた値とし、かつ下記の値以下としないこと。

・上水道、ガス、下水道（本線以外）、電線管　：0.6m

・下水道本線　：1.0m

《歩道》歩道の最小土被りは0.6m以下としないこと。

4. 5. 2　埋設位置

既設施設と隣接する部分にダクタイル鉄管を埋設する場合やダクタイル鉄管を並列に埋設する場合には、施設相互の安全を損なわず維持補修が可能な間隔を確保する。例えば「水道施設設計指針2012（公益社団法人日本水道協会）」では「配水管と他の地下埋設物との間に離隔がないと、維持補修が困難である。また、漏水による加害事故発生のおそれもある。こうした状況を考慮して、布設する際の最小離隔を0.3m以上とした。」とされている。

また、構造物との取り合い部や隣接埋設部で大きな地盤変動が予想されるところなどでは4. 4. 1（構造部との取り合い部など）に示すような対策も同時に必要となる。

4. 6　管路長算出時の留意点

4. 6. 1　直管受口

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54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わしている。NS形、S形直管の場合は、図の左側に示すように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あるいは工場製作する。したがって、一般的な伸縮継手の受口部については、特にこのY寸法を考慮して設計する必要はない。

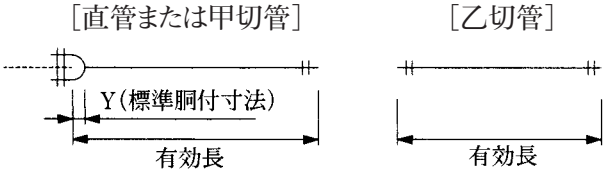


図 54　耐震管の有効長

4. 6. 2　ライナを使用したＮＳ形直管の受口

例として、図55、図56にライナを使用したNS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。NS形にライナを使用した場合の有効長の伸び量を表17に示す。

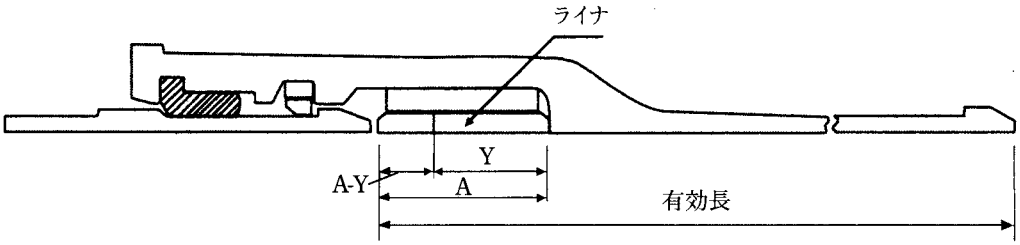


図 55　ライナを使用した継手（ＮＳ形呼び径75～450の例）

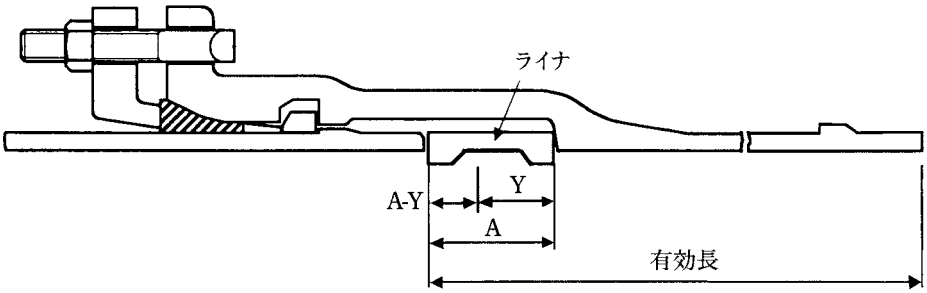


図 56　ライナを使用した継手（ＮＳ形呼び径500～1000の例）

表 17　ライナの使用による有効長伸び量（ＮＳ形）

単位 mm

呼び径	ライナ幅 A	標準胴付寸法 Y	(A－Y)
75・100	72	45	27
150～250	101	60	41
300	122	69	53
350	124	70	54
400	124	71	53
450	127	73	54
500・600	143	75	68
700～900	145	75	70
1000	146	80	66

4. 6. 3　継ぎ輪

継ぎ輪内の挿し口の間には、図57に示す標準間隔（y_1 寸法）を確保する。これは、地震時の入り込み量と後日前後の管をずらして撤去できるだけの間隔に相当するもので、配管設計時に考慮する必要がある。

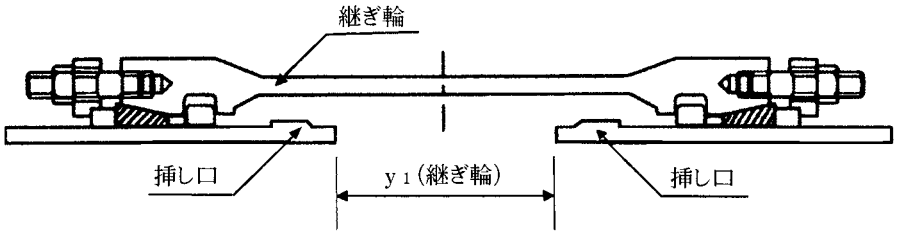


図 57　継ぎ輪の胴付間隔（S形の例）

表 18　継ぎ輪の標準間隔

単位　mm

接合形式	呼び径	標準間隔
		継ぎ輪y_1
NS形	75・100	220
	150～ 250	250
	300～ 450	300
	500～ 600	260
	700	300
	800～ 900	305
	1000	310
S形	1000～1200	300
	1350	310
	1500	320
	1600・1650	325
	1800	330
	2000	335
	2100～2400	350
	2600	370

4. 6. 4　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58に示す。

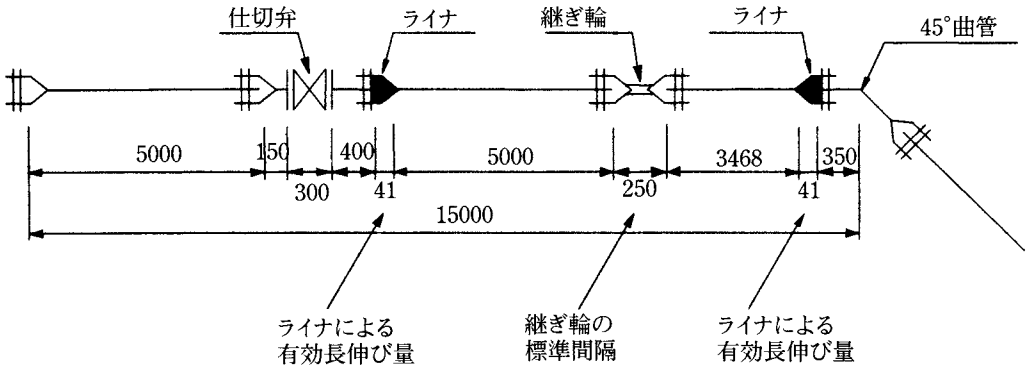


図 58　ライナ装着部と継ぎ輪部の寸法記入例(呼び径200ＮＳ形)

4. 7　管路の寸法調整部

4. 7. 1　切用管

NS形、S形、US形直管の切管部には、挿し口突部を形成するため施工現場で所定の溝を加工する。また、UF形の切管部にもロックリングを落とし込むための溝を加工する。これらの溝底の鉄部が規定の離脱防止力や曲げ強度に耐えるだけの強度を確保するためには、切管を行う管として必ず表19に示す切用管を使用する必要がある。

表 19　切用管

継手	呼び径	現地切用管	備考
NS形系	75～250	NS形１種管	―
	300～450		指定切用管(管体に白線表示)または切断部の管の外周寸法を測定し、許容値内にあることを確認した管を使用する。
	500～1000	NS形S種管	
S形系	1100～2600	S形１種管[1)] S－UF形管 UF形管	
US形系	800～2600	US形１種管[2)] US-UF形管 UF形管	

注１）S形の現地切管は呼び径1600以下に限る。呼び径1650以上の場合の現地切管は、UF形管による。

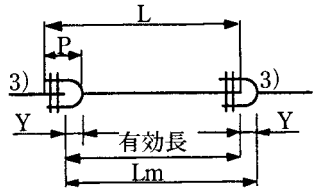
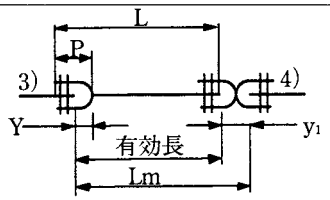
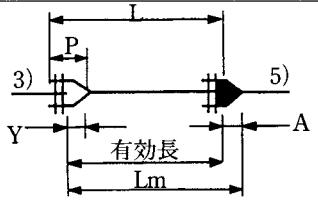
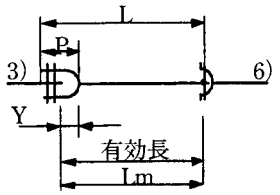
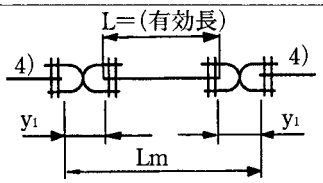
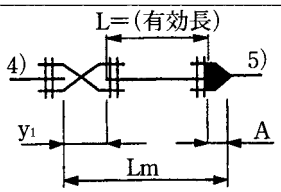
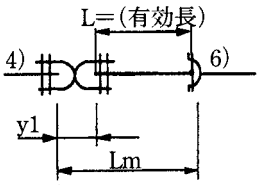
注２）US形の現地切管は呼び径1800以下に限る。呼び径2000以上の場合の現地切管は、UF形管による。

4. 7. 2　切管全長の算出方法

現地で切管を行う場合には表20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。

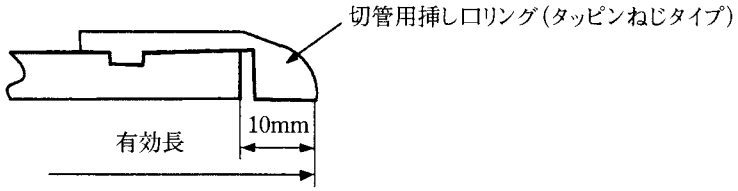
なお、切管の最小の有効長は、一般的には切管可能な1mという長さと、施工時の接合性、安定性からの呼び径程度の長さのどちらか長い方の値として決まる。

表 20　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)	
	リベットタイプ[1)]	タッピンねじタイプ[2)]
	L＝有効長＋P－Y ＝Lm＋P－2Y	L＝有効長＋P－Y－10 ＝Lm＋P－2Y－10
	L＝有効長＋P－Y ＝Lm＋P－Y－y_1	L＝有効長＋P－Y－10 ＝Lm＋P－Y－y_1－10
	L＝有効長＋P－Y ＝Lm＋P－Y－A	L＝有効長＋P－Y－10 ＝Lm＋P－Y－A－10
	L＝有効長＋P－Y ＝Lm＋P－Y	同左
	L＝有効長 ＝Lm－2y_1	L＝有効長－10 [7)] ＝Lm－2y_1－10
	L＝有効長 ＝Lm－y_1－A	L＝有効長－10 [7)] ＝Lm－y_1－A－10
	L＝有効長 ＝Lm－y_1	L＝有効長－10 ＝Lm－y_1－10

注　1) S形で切管加工を行う場合。およびNS形で下図のリベットタイプの切管用挿し口リングを用いて加工を行う場合。

2) NS形で下図のタッピンねじタイプの切管用挿し口リングを用いて加工を行う場合。



3) NS形、S形受口の場合。（Yは標準胴付寸法、Lmは測定長を示す。）

4) NS形、S形継ぎ輪の場合

｛y1は、表18(頁75)の標準間隔を示す。｝

5) NS形受口にライナを装着する場合。

｛Aは、表17（頁74）の離脱防止状態の胴付間隔（ライナ幅）を示す。｝

6) UF形受口の場合。（胴付間隔なし）。

7) 乙切管の両側にタッピンねじタイプの切管用挿し口リングを使用する場合の切管長さは、表中の計算式の値からさらに10mm差し引いた長さとする。

（参考）

一般には切管可能な長さは1mとされているが、より詳細に検討した場合の切管可能な最小の有効長を参考資料5.2に示す。

4.7.3　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。NS形および呼び径1600以下のS形管の場合は、切用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、設計段階から切用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59に示す。

［せめ配管の場合］

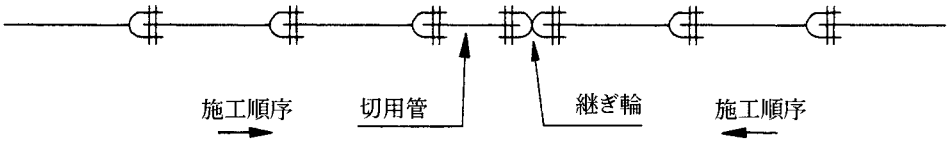


図 59　直線配管時の寸法調整部の例

4. 7. 4　異形管前後における寸法調整部

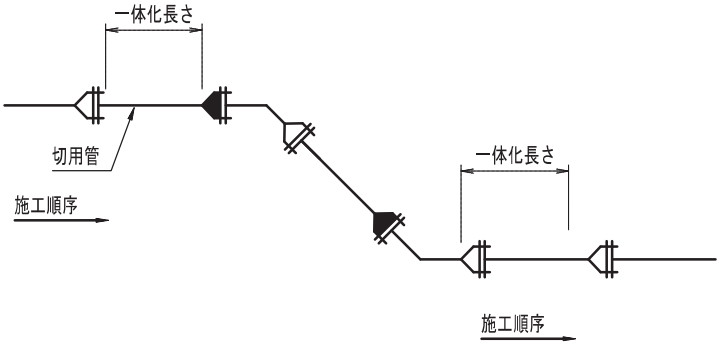
異形管前後の寸法調整は、施工順序にもよるが原則として異形管および仕切弁の前後の管で行う。この場合、多少の長さ調整があった場合でも必要な一体化長さが不足しないように、あらかじめ一体化長さに余裕を見ておくことが望ましい。異形管前後における寸法調整の例を図60に示す。

原則として、継ぎ輪は一体化長さの範囲外に設置する。ただし、NS形用の継ぎ輪用として開発された市販の離脱防止金具を用いる場合は、一体化長さの範囲内で継ぎ輪を用いることができる。

なお、継ぎ輪に直接異形管の挿し口を接続すると水密性の観点から不都合[1)]であるため避けなければならない。

注 1)　異形管の挿し口外径が管理されている範囲は管端部から受口深さ程度までの間である。したがって、施工時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などを想定すると水密性の観点から不都合である。また、呼び径75～250のNS形の場合、異形管の挿し口外面には接合用突部があることから直接接合できない構造となっている。

【一方向に配管する場合】



【せめ配管する場合】

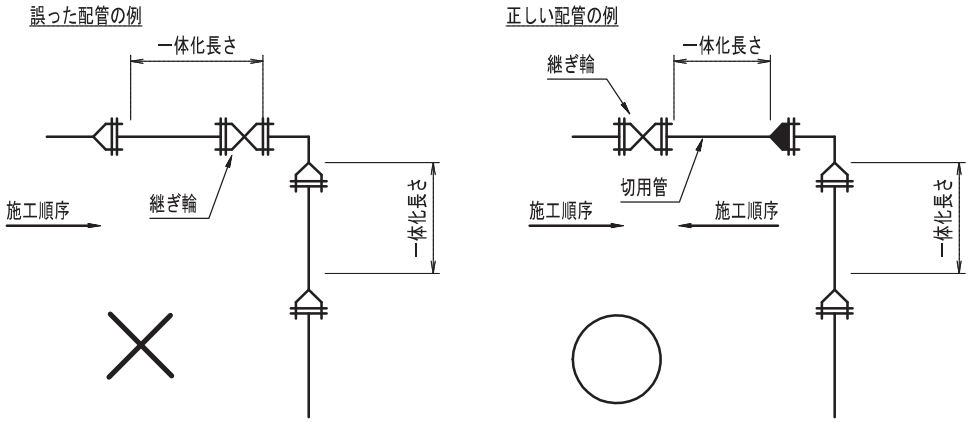
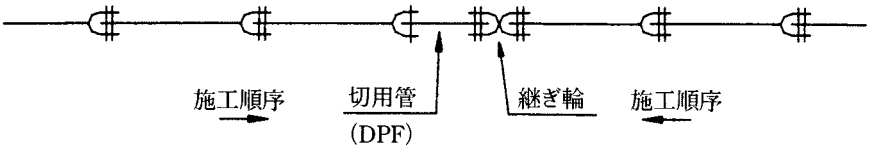


図 60　異形管前後における寸法調整部の例

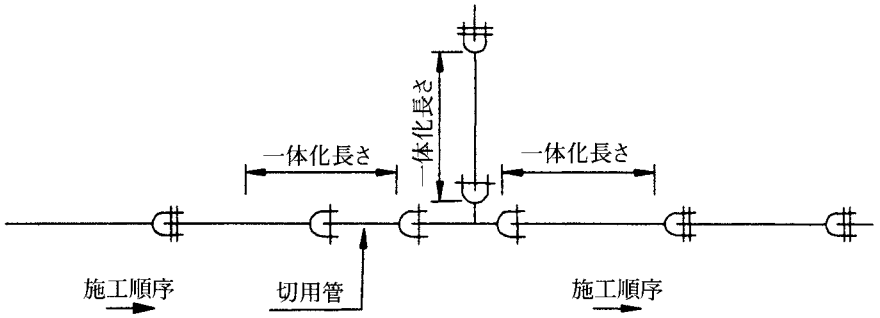
4. 7. 5　呼び径 1650 以上のＳ形管路の寸法調整部

呼び径1650以上のS形管は現地切管ができない。このため、UF形による一体化部で寸法調整を行えるよう、特に設計段階から配慮しておく必要がある。この場合の寸法調整の例を図61に示す。

［直線配管時（せめ配管の場合）］



［異形管前後（一方向に配管する場合）］



［異形管前後（せめ配管の場合）］

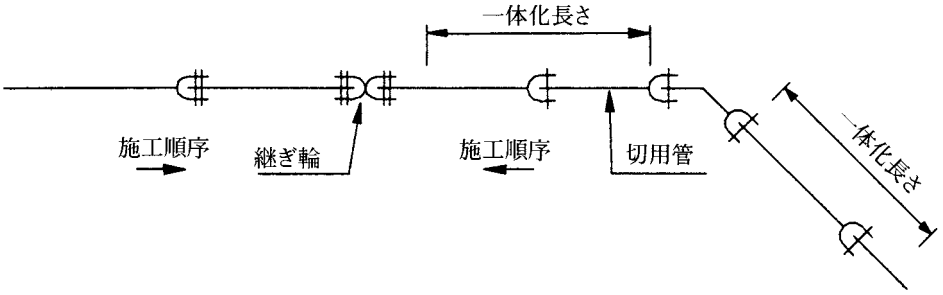


図 61　呼び径1650以上のＳ形管路の寸法調整部の例

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、4.2.12(頁65)に示す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の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。なお、管端部の処理の方法については以下による。

4. 8. 1　ＮＳ形の管端部

図62に呼び径75～450のNS形の場合を示す。

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

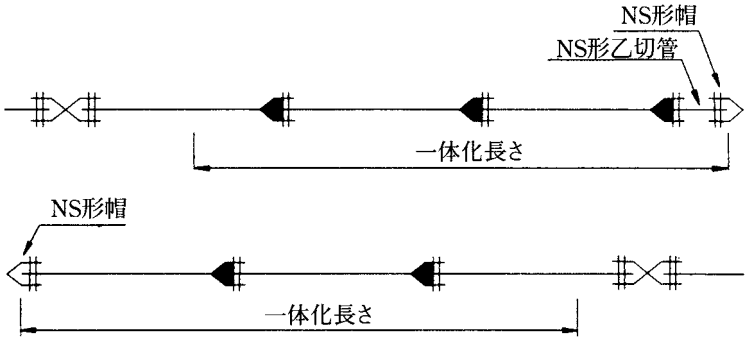


図 62　呼び径75～450ＮＳ形の管端部

図63に呼び径500～1000のNS形の場合を示す。

呼び径500～1000の管端部の受口にはNS形栓を使用する。また、管端挿し口部はNS形継ぎ輪とNS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、NS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、NS形栓を撤去してから行う。

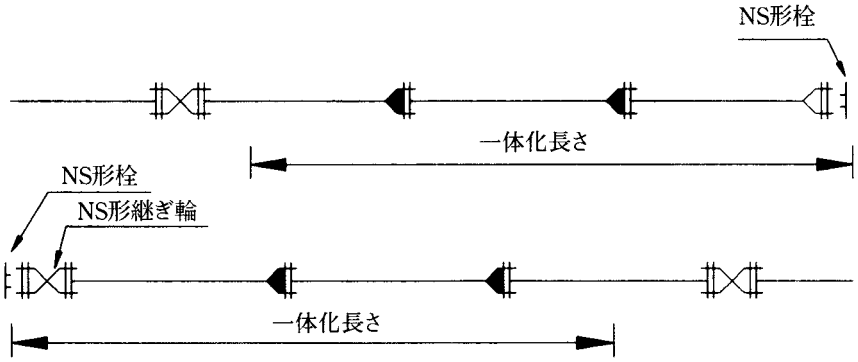


図 63　呼び径500～1000ＮＳ形の管端部

4. 8. 2　S形の管端部

図64にS形の場合を示す。S形には異形管がないため、管端部はUF形管を使用する。管端部が受口の場合は短管2号とフランジふた、挿し口の場合は短管1号とフランジふたによる。なお、次工区との接続は、短管1号または2号およびフランジふたを撤去し、離脱防止継手部で行うようにする。

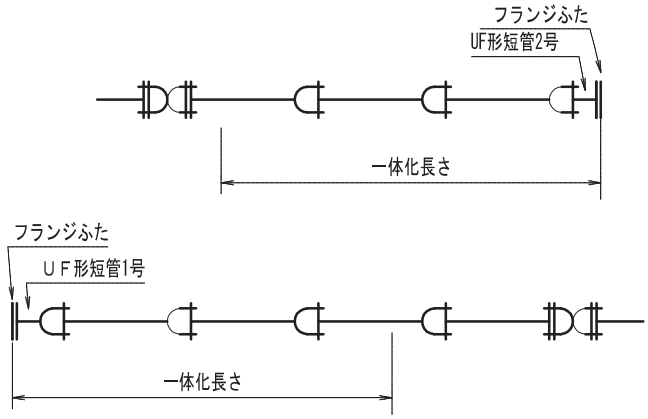


図 64　S形の管端部

表21　既設管との接続方法（その１）

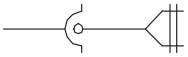
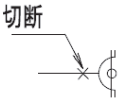
既設管側	接続方法	新設管側	留意点
受口 A、K、T、U形	① 	挿し口 NS、S形	既設の受け口に接続するNS、S形管の挿し口（①）の取合はつぎのとおり。 1.異種継手管を使用する。 受口NS-挿し口K、T形の異種継手直管を使用する 2.切管を使用して接続する 接合する挿し口（A,K,T,U形）の継手形式の切管要領に従って切管加工を行う。
挿し口 A、K、T、U形	② 	受口 NS、S形	既設のA、K、T、U形管の挿し口（②）と新設する受口との取合はつぎのとおり。 1.既設管を切断する場合 1）新設する管路がNS形の場合 1種管以上の管厚であること、外径D_2がNS形の外径許容差（±1.5mm）内であることを確認し、NS形の切管要領に従い挿し口を形成する。（1998年製以前のA、K形の外径許容差は±2.0mmでNS形より大きいため確認の必要がある。） 2）新設する管路がS形の場合 1種管以上の管厚であることを確認し、S形の切管要領に従い挿し口を形成する。なお、U形の挿し口の場合はストッパを必ず切り落とす必要がある。 2.既設管を切断しない場合 1）K-S形異種継手直管を用いて接続する。 2）K-NS形甲切管を用いて接続する。
	② NS、S形継ぎ輪	受口 NS、S形	
	 K-S形直管又は K-NS形甲切管（2種以上）	受口 K、T、U形	
		挿し口 K、T、U形	K形継ぎ輪でせめ配管を行う場合は、継ぎ輪2個と乙切管を使用する。 （NS形等の飲込み寸法をK形等の継ぎ輪で対応することができないため2個使いの必要がある）
受口 KF形		受口 NS,S形	既設管がKF形の受口の場合は、受口を切断して、上記の既設のA、K、T、U形管の挿し口（②）と新設する受口の取合に準じて、NS形又はS形の挿し口を形成する。

表21　既設管との接続方法（その２）

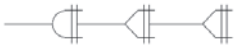
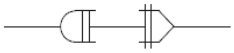
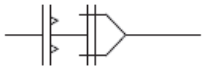
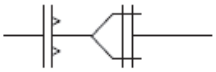
既設管側	接続方法	新設管側	留意点
受口 S形	 NS形直管	挿し口 NS形、S形	既設のS形受口とNS形の直管の取合は、つぎのとおり。 1.NS 形直管で接合する ※S形の受け口とNS形（S種）の現地加工の挿し口を接合した場合には、所定の離脱防止性能が発揮できないので、必ず直管の挿し口と接合する。 2.S-NS形乙切管を用いて接合する。 1）S形の挿し口加工では、切断する管の管厚が1種以上であることを確認し、S形の切管要領に従う。 2）NS形の挿し口を形成する場合にはS種管以上の管厚があることを確認し、NS形の切管要領に従う。
	 S-NS形乙切管		
挿し口 S形	 NS形直管又は NS形甲切管	受口 NS形、S形	既設のS形挿口と新設のNS形受口の取合はつぎのとおり。 1.NS形受口と接合する S形とNS形挿し口は同形状であり接合が可能である。 2.NS形甲切管と接合する。
受口 UF	 S-UF形直管又は S-UF形甲切管	挿し口 NS形、S形	既設のUF形受口と新設のNS形管路との取合はつぎのとおり。 1.S-UF形異種継手管で接合する。 NS形にはS種管以外の管厚の製品が製造されていないため、既設のUF形の受口とは、管厚がDPF種のS-UF形の異種継手を用いて取り合う。 2.S-UF形甲切切管を用いて接合する。 管厚がDPF種以上であることを確認し、UF形の切管要領に従い挿し口を形成し、接合する。

表21　既設管との接続方法（その３）

既設管側	接続方法	新設管側	留意点
受口 US形	 S-US形直管又は S-US形甲切管	挿し口 US形	既設US形との取合はつぎのとおり。 1.S-US形直管を用いて接合する。 2.S-US形甲切管注）を用いて接合する。 注）φ2000以上のUS形は現地切管ができないため、工場製作が必要となる。 3.US-NS形乙切管を用いて接合する。 US形直管やK-US異種継手管を用いて管厚が2種以上であることを確認して、NS形の切管要領に従いUS-NS形乙切管を作成する。
	 US-NS形乙切管 （2種管以上）		
挿し口 US形	 US-S形直管又は US-NS形甲切管 （2種管以上）	受口 US形	既設US形挿し口との取合はつぎのとおり。 1.US-S形異種継手管を用いて接合する。 2.US-NS形甲切管を用いて接合する。 US形直管などを用いて管厚が2種以上であることを確認して、NS形の切管要領に従いUS-NS形乙切管を作成する。
フランジ	 短管2号	フランジ	既設フランジとの取合はつぎのとおり。 1.異種金属接触がない場合 呼び径及び既設のフランジ規格に適合した形式のNS形,UF形の短管1号、2号を選定する。 なお、UF形の短管1号、2号のフランジ部は形式2(GF形)を標準とする。 2.異種金属接触がある場合 前項の短管1号、2号の選定に加えて、絶縁接合部品の使用などの絶縁対策を講じる。
	 短管1号		

5. 参考資料

5. 1 一体化長さ早見表

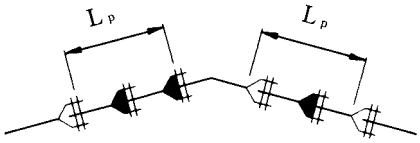
5. 1. 1 計算条件他

ここでは、4.2.4～5あるいはその適用範囲外のものについては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を越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　$\gamma = 16\ \mathrm{kN/m^3}$
(2) 土の内部摩擦角　$\phi = 30°$
(3) 管と土との摩擦係数　$\mu = 0.3$
(4) 地盤反力係数　$k = 3000\ \mathrm{kN/m^3}$

5. 1. 2 水平曲管部



(1) NS形(呼び径75～1000)

(呼び径75～300)　　単位 m

曲管角度	呼び径	土被りh=0.6m以上 水圧(MPa)	
		0.75	1.3
45°を超え 90°以下	75	1.0	4.0
	100	1.0	5.0
	150	4.0	6.0
	200	4.0	8.0
	250	6.0	11.0
	300	7.0	16.0
22.5°を超え 45°以下	75	1.0	1.0
	100	1.0	1.0
	150	1.0	1.0
	200	1.0	1.0
	250	1.0	2.0
	300	1.0	7.0
22.5°以下	75	1.0	1.0
	100	1.0	1.0
	150	1.0	1.0
	200	1.0	1.0
	250	1.0	1.0
	300	1.0	2.0

（呼び径350～450）　　単位 m

曲管角度	呼び径	土被りh=1.2m 水圧（MPa）		土被りh=1.5m 水圧（MPa）	
		0.75	1.3	0.75	1.3
45°を超え 90°以下	350	8.0	15.0	7.0	13.0
	400	9.0	17.0	8.0	15.0
	450	10.0	19.0	8.0	16.0
22.5°を超え 45°以下	350	3.0	7.0	3.0	7.0
	400	4.0	7.0	4.0	7.0
	450	4.0	9.0	4.0	9.0
22.5°以下	350	1.0	2.0	1.0	2.0
	400	1.0	2.0	1.0	2.0
	450	1.0	3.0	1.0	3.0

（呼び径500～1000）　　単位 m

曲管角度	呼び径	土被りh=1.2m 水圧（MPa）		土被りh=1.5m 水圧（MPa）	
		0.75	1.3	0.75	1.3
90°	500	8.0	18.0	6.5	15.0
	600	9.5	21.0	8.0	17.5
	700	11.0	23.5	9.0	20.0
	800	12.0	-	10.5	22.5
	900	13.5	-	11.5	25.0
	1000	15.0	-	13.0	-
45°	500	2.5	8.5	2.0	7.5
	600	2.5	11.0	2.5	9.5
	700	3.0	12.0	3.0	10.5
	800	3.5	13.0	3.5	11.5
	900	4.0	14.0	3.5	12.0
	1000	4.0	18.5	4.0	17.0
$22\frac{1}{2}$°	500	1.0	2.0	1.0	2.0
	600	1.5	2.5	1.5	2.5
	700	1.5	2.5	1.5	2.5
	800	2.0	3.0	2.0	3.0
	900	2.0	3.5	2.0	3.0
	1000	2.0	3.5	2.0	3.5
$11\frac{1}{4}$°	500	1.0	1.0	1.0	1.0
	600	1.0	1.5	1.0	1.5
	700	1.0	1.5	1.0	1.5
	800	1.0	1.5	1.0	1.5
	900	1.0	2.0	1.0	2.0
	1000	1.0	2.0	1.0	2.0
$5\frac{5}{8}$°	500	1.0	1.0	1.0	1.0
	600	1.0	1.0	1.0	1.0
	700	1.0	1.0	1.0	1.0
	800	1.0	1.0	1.0	1.0
	900	1.0	1.0	1.0	1.0
	1000	1.0	1.0	1.0	1.0

(2) UF形

単位 m

曲管角度	呼び径	土被りh=1.2m 水圧(MPa) 0.75	土被りh=1.2m 水圧(MPa) 1.3	土被りh=1.5m 水圧(MPa) 0.75	土被りh=1.5m 水圧(MPa) 1.3
90°	800	12.0	-	10.5	22.5
	900	13.0	-	11.5	24.5
	1000	15.0	-	13.0	-
	1100	16.0	-	14.0	-
	1200	17.0	-	15.5	-
	1350	18.5	-	17.5	-
	1500	21.0	-	20.5	-
	1600	21.0	-	21.0	-
	1650	22.0	-	22.0	-
	1800	24.0	-	24.0	-
	2000	-	-	-	-
	2100	-	-	-	-
	2200	-	-	-	-
	2400	-	-	-	-
	2600	-	-	-	-
45°	800	3.5	14.0	3.5	12.0
	900	4.0	15.0	3.5	13.0
	1000	4.0	20.0	4.0	17.0
	1100	4.5	21.0	4.5	18.5
	1200	5.0	23.5	5.0	21.0
	1350	5.5	25.0	5.5	23.5
	1500	6.0	-	6.0	-
	1600	6.5	-	6.5	-
	1650	6.5	-	6.5	-
	1800	7.0	-	7.0	-
	2000	8.0	-	8.0	-
	2100	8.5	-	8.5	-
	2200	9.0	-	9.0	-
	2400	9.5	-	9.5	-
	2600	10.5	-	10.0	-
$22\frac{1}{2}°$	800	2.0	3.0	2.0	3.0
	900	2.0	3.5	2.0	3.5
	1000	2.0	3.5	2.0	3.5
	1100	2.5	4.0	2.5	4.0
	1200	2.5	4.5	2.5	4.0
	1350	3.0	5.0	3.0	4.5
	1500	3.0	5.5	3.0	5.0
	1600	3.0	5.5	3.0	5.5
	1650	3.5	5.5	3.5	5.5
	1800	3.5	6.0	3.5	6.0
	2000	4.0	7.0	4.0	7.0
	2100	4.0	7.5	4.0	7.0
	2200	4.5	7.5	4.5	7.5
	2400	4.5	8.5	4.5	8.0
	2600	5.0	9.0	5.0	9.0

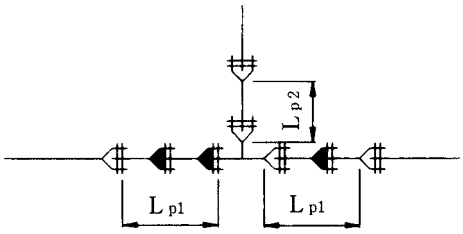
モーメントアーム hm	呼び径	土被りh=1.2m 水圧(MPa) 0.75	土被りh=1.2m 水圧(MPa) 1.3	土被りh=1.5m 水圧(MPa) 0.75	土被りh=1.5m 水圧(MPa) 1.3
$11\frac{1}{4}°$	800	1.0	1.5	1.0	1.5
	900	1.0	2.0	1.0	2.0
	1000	1.0	2.0	1.0	2.0
	1100	1.5	2.0	1.5	2.0
	1200	1.5	2.5	1.5	2.5
	1350	1.5	2.5	1.5	2.5
	1500	1.5	2.5	1.5	2.5
	1600	2.0	3.0	2.0	3.0
	1650	2.0	3.0	2.0	3.0
	1800	2.0	3.0	2.0	3.0
	2000	2.0	3.5	2.0	3.5
	2100	2.5	3.5	2.0	3.5
	2200	2.5	4.0	2.5	4.0
	2400	2.5	4.0	2.5	4.0
	2600	2.5	4.5	2.5	4.5
$5\frac{5}{8}°$	800	1.0	1.0	1.0	1.0
	900	1.0	1.0	1.0	1.0
	1000	1.0	1.0	1.0	1.0
	1100	1.0	1.0	1.0	1.0
	1200	1.0	1.5	1.0	1.5
	1350	1.0	1.5	1.0	1.5
	1500	1.0	1.5	1.0	1.5
	1600	1.0	1.5	1.0	1.5
	1650	1.0	1.5	1.0	1.5
	1800	1.0	2.0	1.5	2.0
	2000	1.0	2.0	1.0	2.0
	2100	1.5	2.0	1.5	2.0
	2200	1.5	2.0	1.5	2.0
	2400	1.5	2.5	1.5	2.5
	2600	1.5	2.5	1.5	2.5

5. 1. 3　水平Ｔ字管部

(1) NS形(呼び径75～1000)

(呼び径75～300)　　単位 m

呼び径		土被りh=0.6m以上			
		水圧(MPa)			
		0.75		1.3	
本管	枝管	L_{p1}	L_{p2}	L_{p1}	L_{p2}
75～300	75	1.0	1.0	1.0	1.0
	100	1.0	1.0	1.0	1.0
	150	1.0	1.0	1.0	6.0
	200	1.0	1.0	1.0	6.0
	250	1.0	2.0	1.0	7.0
	300	1.0	7.0	1.0	13.0



備考　技管側を直管1本分とした場合の本管側の一体化長さを示す。本管側の計算値が発散した場合のみ必要最小の技管側一体化長さに対する本管側一体化長さを示した。

(呼び径350～450)　　単位 m

呼び径		土被りh=1.2m				土被りh=1.5m			
		水圧(MPa)				水圧(MPa)			
		0.75		1.3		0.75		1.3	
本管	枝管	L_{p1}	L_{p2}	L_{p1}	L_{p2}	L_{p1}	L_{p2}	L_{p1}	L_{p2}
350	350	1.0	7.0	1.0	14.0	1.0	7.0	1.0	13.0
400	300	1.0	6.0	1.0	12.0	1.0	5.0	1.0	10.0
	400	1.0	7.0	1.0	16.0	1.0	7.0	1.0	15.0
450	300	1.0	5.0	1.0	12.0	1.0	4.0	1.0	10.0
	450	1.0	8.0	1.0	18.0	1.0	8.0	1.0	17.0

(呼び径500～1000)

呼び径		土被りh=1.2m				土被りh=1.5m			
		水圧(MPa)				水圧(MPa)			
		0.75		1.3		0.75		1.3	
本管	枝管	Lp_1	Lp_2	Lp_1	Lp_2	Lp_1	Lp_2	Lp_1	Lp_2
500	350	1.0	6.0	1.5	6.0	1.0	6.0	1.5	6.0
	400	1.0	6.0	2.5	6.0	1.0	6.0	2.0	6.0
	450	1.5	6.0	3.0	6.0	1.0	6.0	3.0	6.0
	500	1.5	6.0	3.0	9.5	1.5	6.0	3.0	8.0
600	400	1.0	6.0	2.0	6.0	1.0	6.0	2.0	6.0
	450	1.0	6.0	2.5	6.0	1.0	6.0	2.5	6.0
	500	1.5	6.0	3.0	6.0	1.5	6.0	3.0	6.0
	600	2.0	6.0	3.5	11.5	2.0	6.0	3.5	10.0
700	450	1.0	6.0	2.0	6.0	1.0	6.0	2.0	6.0
	500	1.5	6.0	2.5	6.0	1.0	6.0	2.5	6.0
	600	2.0	6.0	4.0	6.0	1.5	6.0	4.0	6.0
	700	2.5	6.0	4.0	13.5	2.5	6.0	4.5	13.5
800	500	1.0	6.0	2.5	6.0	1.0	6.0	2.5	6.0
	600	1.5	6.0	3.5	6.0	1.5	6.0	3.5	6.0
	700	2.5	6.0	5.0	8.0	2.0	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	6.0	3.0	6.0	1.5	6.0	3.0	6.0
	700	2.0	6.0	4.5	6.0	2.0	6.0	4.0	6.0
	800	3.0	6.0	5.5	9.5	2.5	6.0	5.5	8.0
	900	3.5	6.0	5.5	16.5	3.5	6.0	5.5	14.0
1000	600	1.5	6.0	2.5	6.0	1.0	6.0	2.5	6.0
	800	2.5	6.0	5.5	7.0	2.5	6.0	5.0	6.0
	1000	4.0	6.0	5.5	20.0	4.0	6.0	5.5	17.5

(2) UF形

(呼び径800～1800)

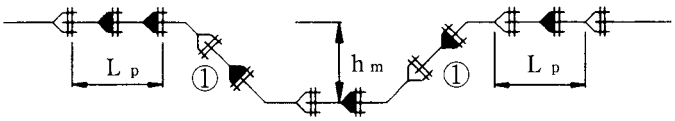
単位 m

呼び径		土被りh=1.2m				土被りh=1.5m			
		水圧(MPa)				水圧(MPa)			
		0.75		1.3		0.75		1.3	
本管	枝管	Lp_1	Lp_2	Lp_1	Lp_2	Lp_1	Lp_2	Lp_1	Lp_2
800	500	1.0	6.0	2.5	6.0	1.0	6.0	2.0	6.0
	600	1.5	6.0	3.5	6.0	1.5	6.0	3.5	6.0
	700	2.5	6.0	4.5	8.0	2.0	6.0	4.5	7.0
	800	3.0	6.0	4.5	15.0	3.0	6.0	4.5	13.0
900	600	1.5	6.0	3.0	6.0	1.5	6.0	3.0	6.0
	700	2.0	6.0	4.5	6.0	2.0	6.0	4.0	6.0
	800	3.0	6.0	5.0	10.0	2.5	6.0	5.0	8.5
	900	3.5	6.0	5.5	17.0	3.5	6.0	5.5	14.0
1000	600	1.5	6.0	2.5	6.0	1.0	6.0	2.5	6.0
	800	2.5	6.0	5.0	6.5	2.5	6.0	5.0	6.0
	1000	4.0	6.0	5.0	20.0	4.0	6.0	5.0	17.0
1100	600	1.0	6.0	2.5	6.0	1.0	6.0	2.5	6.0
	800	2.5	6.0	4.5	6.0	2.0	6.0	4.5	6.0
	1100	4.5	6.0	5.5	21.5	4.5	6.0	5.5	19.0
1200	600	1.0	6.0	2.5	6.0	1.0	6.0	2.0	6.0
	900	2.5	6.0	5.5	6.0	2.5	6.0	5.5	6.0
	1200	5.0	6.0	6.0	23.5	5.0	6.0	6.0	21.5
1350	600	1.0	6.0	2.0	6.0	1.0	6.0	2.0	6.0
	900	2.5	6.0	5.0	6.0	2.5	6.0	4.5	6.0
	1350	6.0	6.0	6.5	25.5	6.0	6.0	6.5	24.5
1500	600	1.0	6.0	2.0	6.0	1.0	6.0	2.0	6.0
	1000	2.5	6.0	5.5	6.0	2.5	6.0	5.5	6.0
	1500	7.0	6.0	6.5	29.5	7.0	6.0	6.5	29.0
1600	900	2.0	6.0	4.0	6.0	2.0	6.0	4.0	6.0
	1000	2.5	6.0	5.0	6.0	2.5	6.0	5.0	6.0
	1100	3.0	6.0	6.0	6.0	3.0	6.0	6.0	6.0
	1200	4.0	6.0	7.5	7.0	4.0	6.0	7.5	7.0
	1350	5.0	6.0	7.5	16.0	5.0	6.0	7.5	16.0
	1500	6.5	6.0	7.5	24.5	6.5	6.0	7.5	24.5
	1600	8.0	5.5	7.5	29.5	8.0	5.5	7.5	29.5
1650	1000	2.5	6.0	5.0	6.0	2.5	6.0	5.0	6.0
	1100	3.0	6.0	6.0	6.0	3.0	6.0	6.0	6.0
	1200	3.5	6.0	7.5	6.0	3.5	6.0	7.5	6.0
	1350	4.5	6.0	7.5	15.0	4.5	6.0	7.5	15.0
	1500	6.0	6.0	7.5	23.5	6.0	6.0	7.5	23.5
	1600	8.0	4.0	7.5	28.5	8.0	4.0	7.5	28.5
	1650	8.0	5.5	7.5	31.0	8.0	5.5	7.5	31.0
1800	1000	2.5	6.0	4.5	6.0	2.5	6.0	4.5	6.0
	1100	3.0	6.0	5.5	6.0	3.0	6.0	5.5	6.0
	1200	3.5	6.0	6.5	6.0	3.5	6.0	6.5	6.0
	1350	4.5	6.0	8.5	9.0	4.5	6.0	8.5	9.0
	1500	5.5	6.0	8.5	18.0	5.5	6.0	8.5	18.0
	1600	7.0	4.0	8.5	23.0	7.0	4.0	8.5	23.0
	1650	7.5	4.0	8.5	26.0	7.5	4.0	8.5	26.0
	1800	8.5	6.5	8.5	33.5	8.5	6.5	8.5	33.0

単位 m

呼び径		土被りh=1.2m				土被りh=1.5m			
		水圧(MPa)				水圧(MPa)			
		0.75		1.3		0.75		1.3	
本管	枝管	Lp_1	Lp_2	Lp_1	Lp_2	Lp_1	Lp_2	Lp_1	Lp_2
2000	1100	2.5	6.0	5.0	6.0	2.5	6.0	5.0	6.0
	1200	3.0	6.0	6.0	6.0	3.0	6.0	6.0	6.0
	1350	4.0	6.0	8.0	6.0	4.0	6.0	8.0	6.0
	1500	5.0	6.0	9.5	10.0	5.0	6.0	9.5	10.0
	1600	6.0	4.0	9.5	16.0	6.0	4.0	9.5	15.5
	1650	6.5	4.0	9.5	18.5	6.5	4.0	9.5	18.0
	1800	8.0	4.0	9.5	27.0	8.0	4.0	9.5	26.0
	2000	10.0	7.5	9.5	37.5	10.0	7.0	9.5	35.5
2100	1100	2.5	6.0	4.5	6.0	2.5	6.0	4.5	6.0
	1200	3.0	6.0	5.5	6.0	3.0	6.0	5.5	6.0
	1350	3.5	6.0	7.5	6.0	3.5	6.0	7.0	6.0
	1500	4.5	6.0	9.5	6.5	4.5	6.0	9.5	6.5
	1600	5.5	4.0	9.5	12.5	5.5	4.0	9.5	12.0
	1650	6.0	4.0	9.5	15.5	6.0	4.0	9.5	15.0
	1800	7.5	4.0	9.5	24.0	7.5	4.0	9.5	22.5
	2000	10.0	4.5	9.5	35.0	10.0	4.5	9.5	32.5
	2100	10.0	8.5	9.5	40.5	10.0	7.5	9.5	37.0
2200	1200	3.0	6.0	5.5	6.0	3.0	6.0	5.5	6.0
	1350	3.5	6.0	7.0	6.0	3.5	6.0	7.0	6.0
	1500	4.5	6.0	9.0	6.0	4.5	6.0	9.0	6.0
	1600	5.5	4.0	10.0	8.0	5.5	4.0	10.0	8.0
	1650	6.0	4.0	10.0	11.5	6.0	4.0	10.0	10.5
	1800	7.0	4.0	10.0	20.0	7.0	4.0	10.0	19.0
	2000	9.5	4.0	10.0	31.5	9.0	4.0	10.0	29.0
	2100	10.5	5.0	10.0	37.0	10.5	4.5	10.0	33.5
	2200	10.5	9.0	10.0	42.5	10.5	8.5	10.0	38.5
2400	1350	3.5	6.0	6.5	6.0	3.5	6.0	6.0	6.0
	1500	4.0	6.0	8.0	6.0	4.0	6.0	8.0	6.0
	1600	5.0	4.0	10.0	4.0	5.0	4.0	10.0	4.0
	1650	5.5	4.0	11.0	4.0	5.5	4.0	11.0	4.0
	1800	6.5	4.0	11.0	13.0	6.5	4.0	11.0	12.0
	2000	8.5	4.0	11.0	25.0	8.0	4.0	11.0	22.5
	2100	9.5	4.0	11.0	30.0	9.5	4.0	11.0	27.5
	2200	11.5	4.0	11.0	36.0	11.0	4.0	11.0	32.5
	2400	11.5	9.5	11.0	44.0	11.5	9.0	11.0	40.0
2600	1500	4.0	6.0	7.0	6.0	3.5	6.0	7.0	6.0
	1600	4.5	4.0	8.5	4.0	4.5	4.0	8.5	4.0
	1650	5.0	4.0	9.5	4.0	5.0	4.0	9.5	4.0
	1800	6.0	4.0	12.5	4.0	6.0	4.0	12.0	4.0
	2000	7.5	4.0	41.0	8.5	7.5	4.0	38.0	8.0
	2100	8.5	4.0	47.5	14.5	8.0	4.0	40.0	13.5
	2200	9.5	4.0	39.0	21.0	9.5	4.0	41.0	19.0
	2400	12.0	4.0	38.0	30.0	12.0	4.0	44.0	27.0
	2600	44.5	5.5	39.5	40.5	47.0	5.0	37.5	37.0

5. 1. 4　伏せ越し部



備考　左右の土被りとモーメントアームが等しい場合を示す。表中の直結とは、45°曲管で曲管間の切管①がない場合を示す。また、水平切り回し部の一体化長さも全く同一となる。

(1) NS形(呼び径75～1000)

(呼び径75～300)　　単位 m

曲管角度	呼び径	土被りh=0.6m以上 水圧(MPa)	
		0.75	1.3
45°を超え90°以下	75	1.0	4.0
	100	1.0	5.0
	150	4.0	6.0
	200	4.0	8.0
	250	6.0	11.0
	300	7.0	16.0
22.5°を超え45°以下	75	1.0	1.0
	100	1.0	1.0
	150	1.0	1.0
	200	1.0	1.0
	250	1.0	2.0
	300	1.0	7.0
22.5°以下	75	1.0	1.0
	100	1.0	1.0
	150	1.0	1.0
	200	1.0	1.0
	250	1.0	1.0
	300	1.0	2.0

(呼び径350～450)　　単位 m

曲管角度	呼び径	土被りh=1.2m 水圧(MPa)		土被りh=1.5m 水圧(MPa)	
		0.75	1.3	0.75	1.3
45°を超え90°以下	350	8.0	15.0	7.0	13.0
	400	9.0	17.0	8.0	15.0
	450	10.0	19.0	8.0	16.0
22.5°を超え45°以下	350	3.0	7.0	3.0	7.0
	400	4.0	7.0	4.0	7.0
	450	4.0	9.0	4.0	9.0
22.5°以下	350	1.0	2.0	1.0	2.0
	400	1.0	2.0	1.0	2.0
	450	1.0	3.0	1.0	3.0

（呼び径500～1000）　　単位 m

モーメントアーム hm	呼び径	土被りh=1.2m 水圧（MPa）		土被りh=1.5m 水圧（MPa）	
		0.75	1.3	0.75	1.3
直結（45°）	500	1.0	2.5	1.0	2.5
	600	1.0	4.0	1.0	3.5
	700	1.0	5.5	1.0	5.0
	800	1.0	5.5	1.0	5.0
	900	1.0	9.0	1.0	8.0
	1000	1.0	14.5	1.0	12.5
2m	500	8.0	18.5	7.0	15.5
	600	9.0	21.0	7.5	17.5
	700	9.0	22.5	7.5	19.0
	800	9.0	23.5	7.5	20.0
	900	8.5	24.5	7.0	21.0
	1000	10.0	—	8.5	24.0
3m	500	10.0	20.5	8.5	17.0
	600	11.5	23.5	9.5	19.5
	700	12.0	—	10.5	21.5
	800	12.5	—	11.0	23.5
	900	13.0	—	11.0	24.5
	1000	14.5	—	12.5	—
4m	500	11.0	21.5	9.5	18.0
	600	13.0	24.5	10.5	20.5
	700	14.0	—	11.5	23.0
	800	14.5	—	12.5	25.0
	900	15.5	—	13.0	—
	1000	17.0	—	14.5	—
5m	500	12.0	22.0	10.0	18.5
	600	13.5	—	11.5	21.5
	700	14.5	—	12.5	23.5
	800	16.0	—	13.5	—
	900	16.5	—	14.0	—
	1000	18.0	—	15.5	—

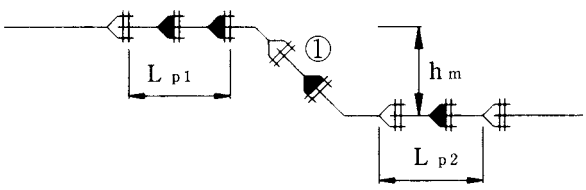
(2) UF形

(呼び径800～2600)

単位 m

モーメントアーム hm	呼び径	土被りh=1.2m 水圧(MPa)		土被りh=1.5m 水圧(MPa)	
		0.75	1.3	0.75	1.3
直結(45°)	800	2.0	17.0	2.0	14.5
	900	2.5	18.5	2.0	16.0
	1000	5.5	23.5	4.5	20.5
	1100	6.0	25.0	5.5	22.5
	1200	6.0	—	5.5	24.0
	1350	4.0	—	4.0	—
	1500	6.0	—	6.0	—
	1600	1.0	17.5	1.0	17.5
	1650	1.0	16.5	1.0	16.5
	1800	1.0	15.0	1.0	15.0
	2000	1.0	12.0	1.0	11.5
	2100	1.0	18.0	1.0	16.5
	2200	1.0	17.0	1.0	15.5
	2400	1.0	12.5	1.0	11.5
	2600	1.0	1.0	1.0	1.0
2m	800	9.0	23.5	7.5	20.0
	900	8.5	24.5	7.0	21.0
	1000	10.0	—	8.5	24.0
	1100	9.5	—	8.5	—
	1200	9.5	—	9.0	—
	1350	8.5	—	8.0	—
	1500	10.5	—	10.0	—
	1600	7.5	—	7.5	—
	1650	7.0	—	7.0	—
	1800	5.5	—	5.0	—
	2000	2.5	—	2.5	—
	2100	2.5	—	2.5	—
	2200	1.5	—	1.0	—
	2400	1.0	—	1.0	—
	2600	1.0	17.5	1.0	16.0
3m	800	12.5	—	11.0	23.5
	900	13.0	—	11.0	24.5
	1000	14.5	—	12.5	—
	1100	14.5	—	13.0	—
	1200	15.5	—	14.0	—
	1350	15.5	—	14.5	—
	1500	17.0	—	17.0	—
	1600	16.0	—	16.0	—
	1650	15.5	—	15.5	—
	1800	15.5	—	15.5	—
	2000	15.5	—	14.5	—
	2100	16.0	—	14.5	—
	2200	15.5	—	14.0	—
	2400	13.5	—	12.5	—
	2600	2.5	—	2.0	—

5. 1. 5　垂直Sベンド部



備考　土被りはL_{p1}側を示す。なお、表中の直結とは、45°曲管で曲管間の切管①がない場合を示す。また、水平Sベンド部は、左右ともL_{p1}を確保すればよい。

(1) NS形(呼び径75～1000)

(呼び径75～300)　　単位 m

曲管角度	呼び径	土被りh=0.6m以上 水圧(MPa)	
		0.75	1.3
45°を超え 90°以下	75	1.0	4.0
	100	1.0	5.0
	150	4.0	6.0
	200	4.0	8.0
	250	6.0	11.0
	300	7.0	16.0
22.5°を超え 45°以下	75	1.0	1.0
	100	1.0	1.0
	150	1.0	1.0
	200	1.0	1.0
	250	1.0	2.0
	300	1.0	7.0
22.5°以下	75	1.0	1.0
	100	1.0	1.0
	150	1.0	1.0
	200	1.0	1.0
	250	1.0	1.0
	300	1.0	2.0

(呼び径500～1000)　　単位 m

曲管角度	呼び径	土被りh=1.2m 水圧(MPa)		土被りh=1.5m 水圧(MPa)	
		0.75	1.3	0.75	1.3
45°を超え 90°以下	350	8.0	15.0	7.0	13.0
	400	9.0	17.0	8.0	15.0
	450	10.0	19.0	8.0	16.0
22.5°を超え 45°以下	350	3.0	7.0	3.0	7.0
	400	4.0	7.0	4.0	7.0
	450	4.0	9.0	4.0	9.0
22.5°以下	350	1.0	2.0	1.0	2.0
	400	1.0	2.0	1.0	2.0
	450	1.0	3.0	1.0	3.0

(呼び径500～1000)　　単位 m

モーメントアーム hm	呼び径	土被りh=1.2m				土被りh=1.5m			
		水圧(MPa)				水圧(MPa)			
		0.75		1.3		0.75		1.3	
		Lp_1	Lp_2	Lp_1	Lp_2	Lp_1	Lp_2	Lp_1	Lp_2
直結(45°)	500	2.5	2.0	3.0	2.5	2.0	2.0	3.0	2.5
	600	2.5	2.0	4.5	3.5	2.0	2.0	3.5	3.5
	700	3.0	2.5	5.5	4.5	2.5	2.5	5.0	4.5
	800	3.0	2.5	5.5	4.5	2.5	2.5	5.0	4.5
	900	3.5	3.0	9.5	8.0	3.0	3.0	8.0	7.5
	1000	3.5	3.0	14.5	12.5	3.5	3.0	12.5	11.5
2m	500	8.0	6.0	18.5	13.5	7.0	6.0	15.5	13.0
	600	9.0	6.5	21.0	15.0	7.5	6.5	17.5	14.0
	700	9.0	6.5	22.5	16.0	7.5	6.0	19.0	14.5
	800	9.0	6.0	23.5	16.5	7.5	6.0	20.0	15.5
	900	8.5	6.0	24.5	17.0	7.0	5.5	21.0	16.0
	1000	10.0	7.0	27.5	19.0	8.5	6.5	24.0	18.5
3m	500	10.0	6.5	20.5	13.0	8.5	6.5	17.0	12.5
	600	11.5	7.5	23.5	15.0	9.5	7.0	19.5	14.0
	700	12.0	7.5	25.5	16.0	10.5	7.0	21.5	15.5
	800	12.5	8.0	27.5	17.0	11.0	7.5	23.5	16.5
	900	13.0	8.0	—	—	11.0	7.5	24.5	17.0
	1000	14.5	8.5	—	—	12.5	8.5	27.5	19.0

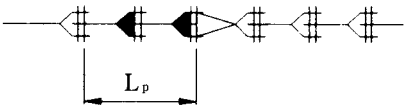
(2) UF形

(呼び径800～2600)

単位 m

モーメントアーム hm	呼び径	土被りh=1.2m				土被りh=1.5m			
		水圧(MPa)				水圧(MPa)			
		0.75		1.3		0.75		1.3	
		Lp_1	Lp_2	Lp_1	Lp_2	Lp_1	Lp_2	Lp_1	Lp_2
直結(45°)	800	3.5	3.0	17.0	14.0	3.0	3.0	14.5	13.0
	900	4.0	3.0	18.5	14.5	3.5	3.0	16.0	14.0
	1000	5.5	4.0	23.5	18.0	4.5	4.0	20.5	17.0
	1100	6.0	4.5	25.5	19.0	5.5	4.0	22.5	18.0
	1200	6.0	4.5	26.5	19.5	5.5	4.0	24.0	18.5
	1350	5.0	3.5	26.5	19.5	5.0	3.5	25.5	18.5
	1500	6.0	4.5	—	—	6.0	4.5	—	—
	1600	5.0	4.0	—	—	5.0	3.5	17.5	13.0
	1650	5.0	4.0	—	—	5.0	3.5	16.5	12.5
	1800	5.0	4.0	—	—	5.0	4.0	15.0	11.0
	2000	5.5	4.0	—	—	5.5	4.0	11.5	8.5
	2100	6.0	4.5	—	—	5.5	4.0	16.5	12.0
	2200	6.0	4.5	—	—	6.0	4.0	15.5	11.0
	2400	6.5	4.5	—	—	6.0	4.5	11.5	8.5
	2600	6.5	4.5	—	—	6.0	4.5	8.5	6.5
2m	800	9.0	6.0	23.5	16.5	7.5	6.0	20.0	16.0
	900	8.5	6.0	24.5	17.0	7.0	5.5	21.0	16.5
	1000	10.0	7.0	27.5	19.0	8.5	6.5	24.0	18.5
	1100	9.5	6.5	28.5	20.0	8.5	6.5	25.5	19.0
	1200	9.5	6.5	—	—	9.0	6.5	27.5	19.5
	1350	8.5	6.0	—	—	8.0	5.5	—	—
	1500	10.5	7.0	—	—	10.0	7.0	—	—
	1600	7.5	5.0	—	—	7.5	5.0	—	—
	1650	7.0	4.5	—	—	7.0	4.5	—	—
	1800	6.5	4.5	—	—	6.5	4.0	—	—
	2000	7.0	4.5	—	—	6.5	4.5	—	—
	2100	7.0	4.5	—	—	7.0	4.5	—	—
	2200	7.5	4.5	—	—	7.0	4.5	—	—
	2400	7.5	5.0	—	—	7.0	4.5	—	—
	2600	7.5	5.0	—	—	7.0	5.0	—	—
3m	800	12.5	8.0	27.5	17.0	11.0	7.5	23.5	16.5
	900	13.0	8.0	29.0	17.5	11.0	7.5	24.5	17.0
	1000	14.5	9.0	—	—	12.5	8.5	27.5	19.0
	1100	14.5	9.0	—	—	13.0	8.5	30.0	19.5
	1200	15.5	9.0	—	—	14.0	9.0	—	—
	1350	15.5	9.0	—	—	14.5	9.0	—	—
	1500	17.0	10.5	—	—	17.0	10.0	—	—
	1600	16.0	9.5	—	—	16.0	9.0	—	—
	1650	15.5	9.0	—	—	15.5	9.0	—	—
	1800	15.5	9.0	—	—	15.5	8.5	—	—
	2000	15.5	8.5	—	—	14.5	8.0	—	—
	2100	16.0	8.5	—	—	14.5	8.0	—	—
	2200	15.5	8.5	—	—	14.0	8.0	—	—
	2400	13.5	7.5	—	—	12.5	7.0	—	—
	2600	9.0	5.0	—	—	8.5	5.0	—	—

5. 1 .6　片落管部



備考　一体化長さは呼び径に応じて決定されるため、接合形式にはよらない。

単位 m

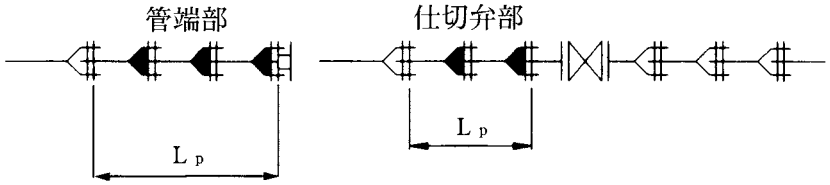
呼び径		土被りh=0.6m		土被りh=0.8m		土被りh=1.0m		土被りh=1.2m		土被りh=1.5m	
		水圧(MPa)		水圧(MPa)		水圧(MPa)		水圧(MPa)		水圧(MPa)	
大管	小管	0.75	1.3	0.75	1.3	0.75	1.3	0.75	1.3	0.75	1.3
100	75	3.5	6.0	3.0	4.5	2.5	4.0	2.0	3.5	1.5	2.5
150	100	6.5	11.0	5.0	8.5	4.0	7.0	3.5	6.0	3.0	5.0
200	100	11.0	19.0	8.5	15.0	7.0	12.0	6.0	10.5	5.0	8.5
	150	6.5	11.0	5.0	8.5	4.0	7.0	3.5	6.0	3.0	5.0
250	100	15.0	25.5	11.5	20.0	9.5	16.5	8.5	14.0	7.0	11.5
	150	11.5	19.5	9.0	15.5	7.5	12.5	6.5	11.0	5.0	9.0
	200	6.5	11.0	5.0	8.5	4.5	7.0	3.5	6.0	3.0	5.0
300	100	18.0	31.5	14.5	25.0	12.0	20.5	10.5	17.5	8.5	14.5
	150	15.5	26.5	12.0	21.0	10.0	17.5	8.5	15.0	7.0	12.0
	200	11.5	19.5	9.0	15.5	7.5	13.0	6.5	11.0	5.5	9.0
	250	6.5	10.5	5.0	8.5	4.0	7.0	3.5	6.0	3.0	5.0
350	150	—	—	—	—	—	—	10.5	18.5	9.0	15.0
	200	—	—	—	—	—	—	9.0	15.0	7.5	12.5
	250	—	—	—	—	—	—	6.5	11.0	5.5	9.0
	300	—	—	—	—	—	—	3.5	6.0	3.0	5.0
400	150	—	—	—	—	—	—	12.5	21.5	10.5	18.0
	200	—	—	—	—	—	—	11.0	19.0	9.0	15.5
	250	—	—	—	—	—	—	9.0	15.5	7.5	12.5
	300	—	—	—	—	—	—	6.5	11.0	5.5	9.0
	350	—	—	—	—	—	—	3.5	6.0	3.0	5.0
450	200	—	—	—	—	—	—	13.0	22.5	11.0	18.5
	250	—	—	—	—	—	—	11.0	19.0	9.5	16.0
	300	—	—	—	—	—	—	9.0	15.5	7.5	13.0
	350	—	—	—	—	—	—	6.5	11.0	5.5	9.0
	400	—	—	—	—	—	—	3.5	6.0	3.0	5.0
500	250	—	—	—	—	—	—	13.0	22.5	11.0	19.0
	300	—	—	—	—	—	—	11.5	19.5	9.5	16.0
	350	—	—	—	—	—	—	9.0	15.5	7.5	13.0
	400	—	—	—	—	—	—	6.5	11.0	5.5	9.0
	450	—	—	—	—	—	—	3.5	6.0	3.0	5.0
600	300	—	—	—	—	—	—	15.5	26.5	13.0	22.0
	350	—	—	—	—	—	—	13.5	23.0	11.5	19.5
	400	—	—	—	—	—	—	11.5	19.5	9.5	16.5
	450	—	—	—	—	—	—	9.0	15.5	7.5	13.0
	500	—	—	—	—	—	—	6.5	11.0	5.5	9.0
700	400	—	—	—	—	—	—	15.5	26.5	13.0	22.5
	450	—	—	—	—	—	—	13.5	23.0	11.5	19.5
	500	—	—	—	—	—	—	11.0	19.5	9.5	16.0
	600	—	—	—	—	—	—	6.0	10.5	5.0	9.0
800	450	—	—	—	—	—	—	17.5	30.0	14.5	25.0
	500	—	—	—	—	—	—	15.5	26.5	13.0	22.5
	600	—	—	—	—	—	—	11.0	19.0	9.5	16.0
	700	—	—	—	—	—	—	6.0	10.5	5.0	9.0
900	500	—	—	—	—	—	—	19.0	33.0	16.0	28.0
	600	—	—	—	—	—	—	15.5	26.5	13.0	22.5
	700	—	—	—	—	—	—	11.0	19.0	9.5	16.0
	800	—	—	—	—	—	—	6.0	10.0	5.0	8.5
1000	600	—	—	—	—	—	—	19.0	32.5	16.5	28.0
	700	—	—	—	—	—	—	15.0	26.0	13.0	22.5
	800	—	—	—	—	—	—	10.5	18.5	9.5	16.0
	900	—	—	—	—	—	—	6.0	10.0	5.0	8.5

単位 m

呼び径		土被りh=1.2m		土被りh=1.5m		呼び径		土被りh=1.2m		土被りh=1.5m	
		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
大管	小管	Lp_1	Lp_2	Lp_1	Lp_2	大管	小管	Lp_1	Lp_2	Lp_1	Lp_2
1100	700	19.0	32.5	16.5	29.0	2000	1200	32.0	—	30.5	—
	800	15.0	25.5	13.5	23.0		1350	27.5	47.0	26.0	44.5
	900	10.5	18.0	9.5	16.0		1500	22.0	38.0	20.5	35.5
	1000	5.5	9.5	5.0	8.5		1600	18.5	31.5	17.5	29.5
1200	800	18.5	32.0	17.0	29.0		1650	16.5	28.0	15.5	26.5
	900	14.5	25.0	13.5	23.0		1800	10.0	17.5	9.5	16.5
	1000	10.5	17.5	9.5	16.0	2100	1350	31.0	—	28.5	49.0
	1100	5.5	9.5	5.0	8.5		1500	26.0	44.5	23.5	41.0
1350	900	20.0	34.5	19.0	33.0		1600	22.5	38.5	20.5	35.5
	1000	16.5	28.0	15.5	26.5		1650	20.5	35.0	19.0	32.5
	1100	12.0	21.0	11.5	20.0		1800	14.5	25.0	13.5	23.0
	1200	7.5	13.0	7.5	12.5		2000	5.0	9.0	5.0	8.0
1500	1000	21.5	37.0	21.0	36.5	2200	1500	30.0	—	27.0	46.5
	1100	18.0	30.5	17.5	30.5		1600	26.5	46.0	24.0	41.5
	1200	14.0	24.0	14.0	23.5		1650	24.5	42.5	22.5	38.5
	1350	7.5	13.0	7.5	12.5		1800	19.0	33.0	17.5	30.0
1600	1000	24.5	42.5	24.5	42.5		2000	10.5	17.5	9.5	16.0
	1100	21.0	36.5	21.0	36.5		2100	5.5	9.5	5.0	9.0
	1200	17.5	30.5	17.5	30.5	2400	1600	31.5	—	28.5	49.5
	1350	11.5	20.0	11.5	20.0		1650	30.0	—	27.0	47.0
	1500	5.0	8.0	5.0	8.0		1800	25.0	43.5	22.5	39.0
1650	1000	26.0	45.5	26.0	45.5		2000	17.0	29.5	15.5	27.0
	1100	23.0	39.5	23.0	39.5		2100	13.0	22.5	12.0	20.5
	1200	19.5	33.5	19.5	33.5		2200	8.0	14.0	7.5	13.0
	1350	13.5	23.5	13.5	23.5	2600	1600	37.0	—	34.0	—
	1500	7.0	12.0	7.0	12.0		1650	35.5	—	32.5	—
	1600	2.5	4.5	2.5	4.5		1800	31.5	—	28.5	49.5
1800	1100	28.0	48.5	28.0	48.0		2000	24.5	42.5	22.5	38.5
	1200	25.0	43.0	24.5	42.5		2100	21.0	36.0	19.0	33.0
	1350	19.5	33.5	19.5	33.0		2200	17.0	29.0	15.5	26.5
	1500	13.5	23.0	13.5	23.0		2400	10.0	17.0	9.0	15.5
	1600	9.5	16.0	9.5	16.0						
	1650	7.0	12.0	7.0	12.0						

5. 1. 7　管端部および仕切弁部

備考　一体化長さは呼び径に応じて決定されるため、接合形式にはよらない。



単位 m

呼び径	土被りh=0.6m		土被りh=0.8m		土被りh=1.0m		土被りh=1.2m		土被りh=1.5m	
	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	12.5	5.5	9.5	4.5	8.0	4.0	6.5	3.0	5.5
100	9.0	15.5	7.0	12.0	5.5	9.5	5.0	8.0	4.0	6.5
150	12.5	21.0	9.5	16.5	8.0	13.5	6.5	11.5	5.5	9.5
200	15.5	26.5	12.0	20.5	10.0	17.0	8.5	14.5	7.0	12.0
250	18.5	31.5	14.5	25.0	12.0	20.5	10.0	17.5	8.5	14.5
300	21.0	36.0	16.5	28.5	14.0	24.0	12.0	20.5	9.5	16.5
350	—	—	—	—	—	—	13.5	23.0	11.0	19.0
400	—	—	—	—	—	—	15.0	25.5	12.5	21.5
450	—	—	—	—	—	—	16.5	28.5	13.5	23.5
500	—	—	—	—	—	—	18.0	31.0	15.0	25.5
600	—	—	—	—	—	—	20.5	35.5	17.0	29.5
700	—	—	—	—	—	—	23.0	40.0	19.5	33.5
800	—	—	—	—	—	—	25.5	44.0	21.5	37.0
900	—	—	—	—	—	—	27.5	48.0	23.5	40.5
1000	—	—	—	—	—	—	30.0	—	25.5	44.5
1100	—	—	—	—	—	—	32.0	—	28.0	48.5
1200	—	—	—	—	—	—	33.5	—	30.5	—
1350	—	—	—	—	—	—	36.0	—	34.5	—
1500	—	—	—	—	—	—	38.5	—	38.0	—
1600	—	—	—	—	—	—	40.5	—	40.5	—
1650	—	—	—	—	—	—	42.0	—	42.0	—
1800	—	—	—	—	—	—	45.5	—	45.0	—
2000	—	—	—	—	—	—	—	—	47.5	—
2100	—	—	—	—	—	—	—	—	49.0	—
2200	—	—	—	—	—	—	—	—	50.0	—
2400	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2600	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

5. 2　切管の有効長の最小長さ

切管の有効長の最小長さは中小口径の場合、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口径、管種ごとに切管や解体作業が可能なぎりぎりの最小長さを示した。

5. 2. 1　NS 形

呼び径	最小長さ(mm)	
	甲切管	乙切管
75	800	810
100	810	820
150	840	860
200	840	860
250	840	860
300	960	1000
350	970	1010
400	970	1020
450	980	1020
500	910	1010
600	920	1020
700	950	1120
800	960	1140
900	970	1150
1000	1090	1150

備考　1) 各寸法は、切管、溝切、挿し口テーパ加工をパイプ切削切断機で行う場合について示した。

2) 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。

3) 呼び径300以上については、切用管(受口端面から約500mm離れた管全周に幅約50mmの白線を表示)を使用する必要がある。

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。

5.2.2 S形

呼び径	最小長さ(m)	
	甲切管	乙切管
500	920	1040
600	930	1040
700	1000	1160
800	1010	1160
900	1020	1170
1000	1140	1180
1100	1150	1180
1200	1160	1180
1350	1190	1210
1500	1220	1230
1600	1250	1280

備考 1) 各寸法は、切管、溝切、挿し口テーパ加工をパイプ切削切断機で行う場合について示した。

2) 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。

3) 呼び径300以上については、切用管(受口端面から約500mm離れた管全周に幅約50mmの白線を表示)を使用する必要がある。

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) 表中の太枠部分 ▭ のように、大口径の切管寸法が呼び径以下になると吊り込みが難しい。このため、実際には呼び径と同等以上の長さとすることが望ましい。

6) 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. 2. 3　UF 形

UF形

呼び径	最小長さ(mm)	
	甲切管	乙切管
800	1020	900
900	1030	900
1000	1040	910
1100	1050	910
1200	1060	910
1350	1090	930
1500	1110	940
1600	1130	940
1650	1130	940
1800	1150	940
2000	1170	950
2100	1180	950
2200	1200	960
2400	1220	970
2600	1320	1080

備考　1) 各寸法は、切管、溝切、挿し口テーパ加工をパイプ切削切断機で行う場合について示した。

2) 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。

3) 切用管(受口端面から約500mm離れた管全周に幅約50mmの白線を表示)を使用する必要がある。

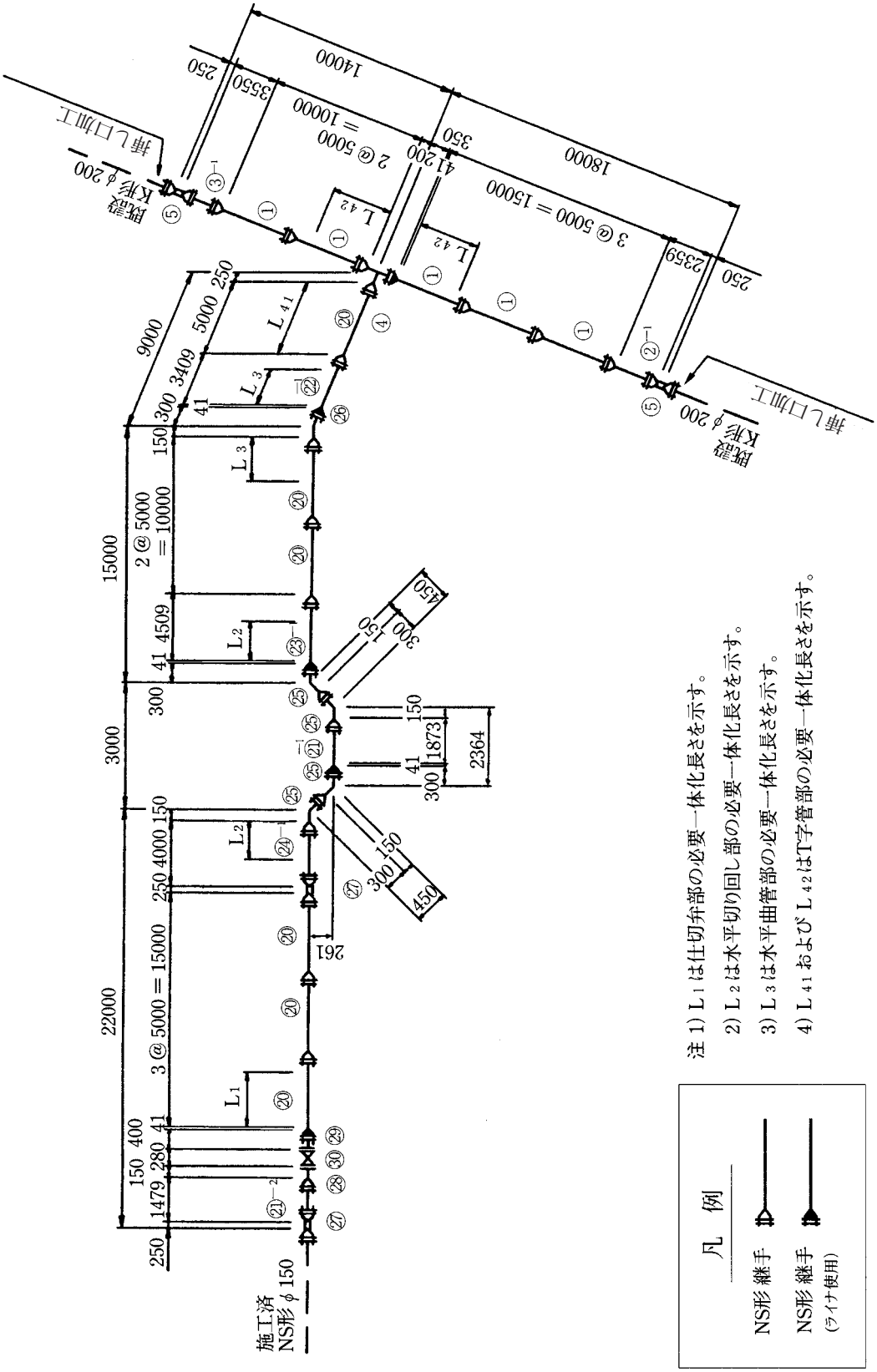
4) 切断部の外径又は外周長を実測し、外径許容差を満足していることを確認する必要がある。

5) 表中の太枠部分 ▭ のように、大口径の切管寸法が呼び径以下になると吊り込みが難しい。このため、実際には呼び径と同等以上の長さとすることが望ましい。

6) 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。

5.3　ＮＳ形（呼び径 200、150）参考配管例

5.3.1　配管図



5. 3. 2　材料表

番号	名称	呼び径·寸法	管種	単位	数量	備考
①	NS形　直管	200×5000	3種	本	5	
②	NS—K形　切用管	200×5000	1種	本	1	
③	K—NS形　切用管	200×5000	1種	本	1	
④	NS形　二受T字管	200×150		個	1	
⑤	NS形　継ぎ輪	200		個	2	
	NS形 切管用挿し口リング	200		個	4	
	NS形　ライナ	200		個	1	
⑳	NS形　直管	150×5000	3種	本	6	
㉑	NS形　切用管	150×5000	1種	本	1	
㉒～㉓	NS—K形　切用管	150×5000	1種	本	2	
㉔	K—NS形　切用管	150×5000	1種	本	1	
㉕	NS形　曲管	150×45°		個	4	
㉖	NS形　曲管	150×22 $\frac{1}{2}$°		個	1	
㉗	NS形　継ぎ輪	150		個	2	
㉘	NS形　短管1号	150		個	1	
㉙	NS形　短管2号	150		個	1	
㉚	仕切弁	150		基	1	
	NS形 切管用挿し口リング	150		組	5	
	フランジ形　接合部品	150		組	2	
	NS形　ライナ	150		個	4	

備考） ＮＳ形の直管用、異形管用、継ぎ輪用接合部品は管材料に含まれるため、別途計上する必要はない。

5. 3. 3　切管組み合わせ表

(1) 呼び径200

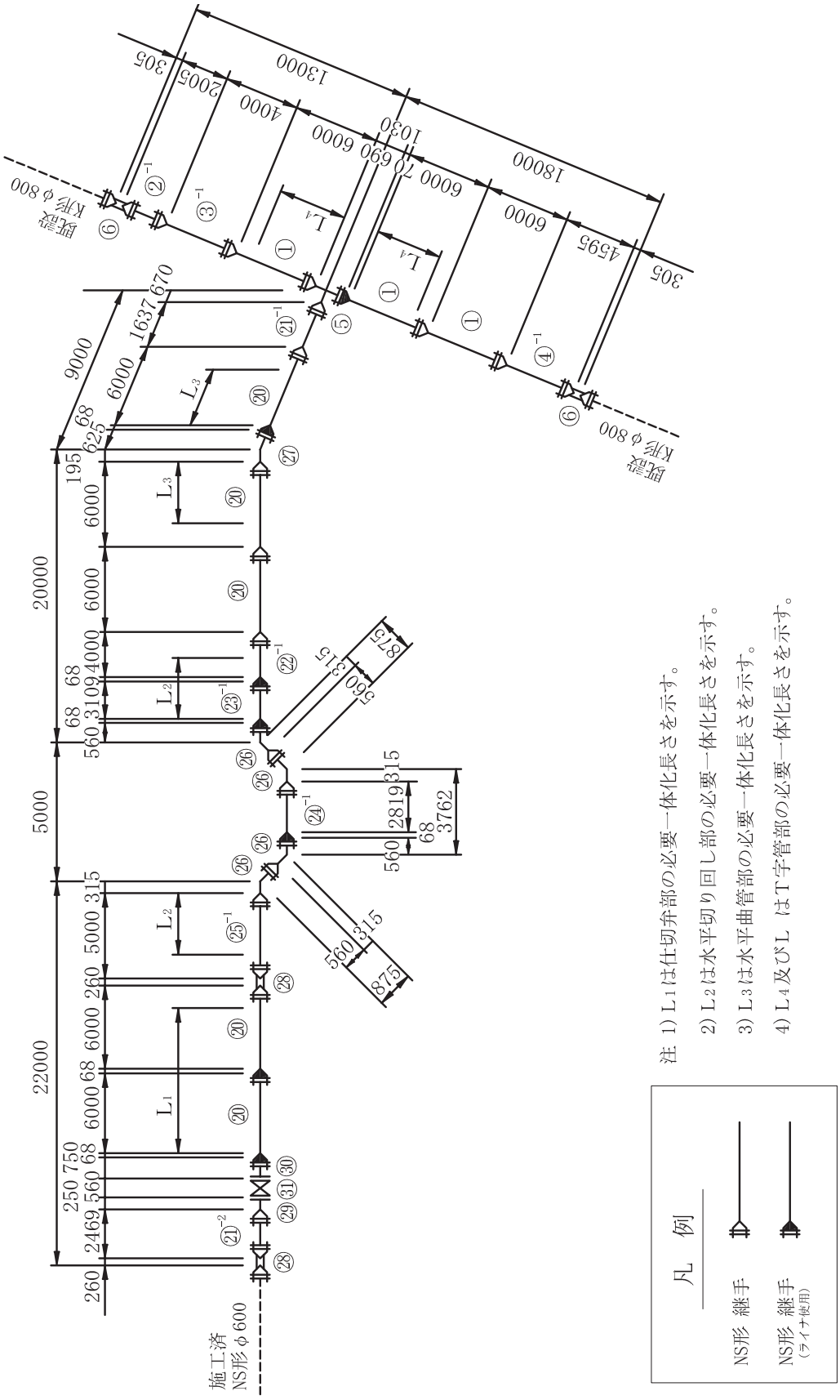
切管組み合わせ	原管形式	管 種	有効長 (mm)	残管長 (mm)	切 管 箇所数	挿し口 加工数	備 考
NS　NS　K 2359 ②−1	NS−K	1種	2359	乙切管 2641	1	1	
K　NS　NS 3550 ③−1	K−NS	1種	3550	甲切管 1450	1	1	

(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	挿し口 加工数	備 考
NS　NS　NS　NS 1873　1479 ㉑−1　㉑−2	NS	1種	3352	乙切管 1648	2	2	
NS　NS　K 3409 ㉒−1	NS−K	1種	3409	乙切管 1591	1	1	
NS　NS　K 4509 ㉓−1	NS−K	1種	4509	乙切管 491	1	1	
K　NS　NS 4000 ㉔−1	K−NS	1種	4000	甲切管 1000	1	1	

5. 4　NS 形(呼び径 800、600)参考配管図

5. 4. 1　配管図



注　1) L_1 は仕切弁部の必要一体化長さを示す。
2) L_2 は水平切り回し部の必要一体化長さを示す。
3) L_3 は水平曲管部の必要一体化長さを示す。
4) L_4 及び L　は T 字管部の必要一体化長さを示す。

5. 4. 2　材料表

番号	名称	呼び径・寸法	管種	単位	数量	備考
①	NS形　直管	800×6000	S種	本	3	
②～④	NS形　切用管	800×6000	S種	本	3	
⑤	NS形　二受T字管	800×600		個	1	
⑥	NS形　継ぎ輪	800		個	2	
	NS形　切管用挿し口リング	800		組	5	
	NS形　ライナ	800		個	1	
⑳	NS形　直管	600×6000	S種	本	5	
㉑～㉕	NS形　切用管	600×6000	S種	本	5	
㉖	NS形　曲管	600×45°		個	4	
㉗	NS形　曲管	600×22 $\frac{1}{2}$°		個	1	
㉘	NS形　継ぎ輪	600		個	2	
㉙	NS形　短管1号	600		個	1	
㉚	NS形　短管2号	600		個	1	
㉛	仕切弁	600		基	1	
	NS形　切管用挿し口リング	600		組	6	
	フランジ形　接合部品	600		個	2	
	NS形　ライナ	600		個	6	

備考）　NS形の直管用、異形管用、継ぎ輪用接合部品は管材料に含まれるため、別途計上する必要はない。

5. 4. 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)	切管箇所数	挿し口加工数	備考
NS　NS　NS　2005　②$^{-1}$	NS	S種	2005	甲切管 3995	1	1	
NS　NS　NS　4000　③$^{-1}$	NS	S種	4000	乙切管 2000	1	1	
NS　NS　NS　4595　④$^{-1}$	NS	S種	4595	乙切管 1405	1	1	

(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)	切管箇所数	挿し口加工数	備考
NS　NS　NS　NS　1637　㉑$^{-1}$　2469　㉑$^{-2}$	NS	S種	4106	乙切管 1894	2	2	
NS　NS　NS　4000　㉒$^{-1}$	NS	S種	4000	乙切管 2000	1	1	
NS　NS　NS　3109　㉓$^{-1}$	NS	S種	3109	乙切管 2891	1	1	
NS　NS　NS　2819　㉔$^{-1}$	NS	S種	2819	乙切管 3181	1	1	
NS　NS　NS　5000　㉕$^{-1}$	NS	S種	5000	甲切管 1000	1	1	

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

http://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（オーク仙台ビル）	
	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

H28.10.① Y. S