

Next Standard



高機能ダクティル鉄管

日本ダクティル鉄管協会技術資料

ダクティル鉄管管路 設計と施工

JDPA T 23



日本ダクティル鉄管協会

正誤表

●本文13頁 部分が訂正した正しい数値です。

表12 各種継手の可とう性

呼び径	管長	NS形		SⅡ形		S形		US形		K形		T形		U形	
		許容曲げ 角度 θ	許容偏位 δ (cm)	許容曲げ 角度 θ	許容偏位 δ (cm)	許容曲げ 角度 θ	許容偏位 δ (cm)	許容曲げ 角度 θ	許容偏位 δ (cm)	許容曲げ 角度 θ	許容偏位 δ (cm)	許容曲げ 角度 θ	許容偏位 δ (cm)	許容曲げ 角度 θ	許容偏位 δ (cm)
75	4m	4°00'	28	4°00'	28	—	—	—	—	5°00'	35	5°00'	35	—	—
100	4m	4°00'	28	4°00'	28	—	—	—	—	5°00'	35	5°00'	35	—	—
150	5m	4°00'	35	4°00'	35	—	—	—	—	5°00'	44	5°00'	44	—	—
200	5m	4°00'	35	4°00'	35	—	—	—	—	5°00'	44	5°00'	44	—	—
250	5m	4°00'	35	4°00'	35	—	—	—	—	4°10'	36	5°00'	44	—	—
300	6m	3°00'	31	3°00'	31	—	—	—	—	5°00'	52	4°00'	42	—	—
350	6m	3°00'	31	3°00'	31	—	—	—	—	4°50'	50	4°00'	42	—	—
400	6m	3°00'	31	3°00'	31	—	—	—	—	4°10'	43	3°30'	37	—	—
450	6m	3°00'	31	3°00'	31	—	—	—	—	3°50'	40	3°00'	31	—	—

●本文31頁 部分が訂正した正しい数値です。

表17 直管の管種選定表(支持角60°の場合)

2100	1	2	2	3	3	2	2	3	3	4	2	2	3	4	4	2	2	3	4	4	2	3	4	4	4	2	3	4	4	4
2200	1	2	2	3	3	1	2	3	3	4	2	2	3	4	4	2	2	3	4	4	2	3	4	4	4	2	3	4	4	4
2400	1	2	2	3	3	1	2	3	4	4	2	2	3	4	4	2	2	3	4	4	2	3	4	4	4	2	3	4	4	4
2600	1	2	2	3	3	1	2	3	4	4	2	2	3	4	4	2	2	4	4	4	2	3	4	4	4	2	3	4	4	4

備考 数値は、管種を示す。

(JWWA G 113・114の解説による)

●本文86頁 部分が訂正した正しい箇所です。

表36 最大支間長と接合形式

呼び径	タイプⅠ		タイプⅡ	
	支間長L(m)	橋梁部接合形式	支間長L(m)	橋梁部接合形式
75	11.0	NS形、SⅡ形	17.0	FT形、NS形、 SⅡ形
100			18.0	
150			23.5	
200・250			25.0	
300・350	16.0	NS形、SⅡ形		
400				
450	15.0	NS形、S形		
500・600				

備考 最大支間長は、積雪、保温材などを含まない標準的な場合を示す。

目 次

はじめに	1
1. ダクタイル鉄管の特長	1
1.1 優れた耐圧性	1
1.2 豊富な管厚・継手	3
1.2.1 管厚について	3
1.2.2 継手について	4
1.2.3 異形管について	9
1.3 優れた施工性	10
1.4 優れた耐久性	12
1.5 地盤沈下への順応性	13
1.6 優れた耐震性	14
2. ダクタイル鉄管の規格	16
3. ダクタイル鉄管管路の設計	17
3.1 設計の手順	17
3.2 事前調査	17
3.3 水理設計	18
3.3.1 管径の決定	18
3.3.2 ポンプ諸元の決定	19
3.3.3 水撃圧の検討	21
3.4 工法・管種の選定	24
3.5 管厚決定	24
3.5.1 外圧	24
3.5.2 内圧	28
3.5.3 ダクタイル鉄管管厚計算式	28
3.5.4 管種選定表	31
3.6 付帯設備設計	32
3.6.1 バルブ	32
3.6.2 排水設備	33
3.6.3 空気弁	34
3.6.4 消火栓	35
3.7 異形管防護	36
3.7.1 不平均力	36
3.7.2 離脱防止継手	38
3.7.3 防護コンクリート	45
3.8 軟弱地盤配管	48
3.8.1 配管設計の手順	48
3.8.2 沈下量の計算	48
3.8.3 管継手の検討	52
3.8.4 基礎工法の検討	53

3.9	耐震設計	54
3.9.1	耐震設計の手順	54
3.9.2	耐震性を高める必要のある管路	55
3.9.3	耐震計算法	56
3.9.4	液状化の発生が予想される地域での管路設計	60
3.10	防食設計	61
3.10.1	外面防食	61
3.10.2	内面防食	62
4.	ダクタイル鉄管の施工	63
4.1	管の取り扱いと運搬	63
4.1.1	一般事項	63
4.1.2	管の吊り方	63
4.1.3	配積および配列	64
4.2	掘削・基礎	65
4.2.1	掘削	65
4.2.2	基礎	66
4.3	配管	67
4.4	継手接合	67
4.5	埋め戻し	68
4.6	切管	69
4.7	ポリエチレンスリーブの施工	70
4.7.1	物理的性質	70
4.7.2	ポリエチレンスリーブの施工方法	71
4.8	管路の通水および検査	71
4.8.1	通水(水張り)および洗管	71
4.8.2	管路の検査	72
5.	非開削工法	74
5.1	推進工法	74
5.1.1	推進工法用管の種類	74
5.1.2	施工	75
5.1.3	中間スリーブ工法(中押し工法)	77
5.2	トンネル内配管(シールド工法)	79
5.3	パイプ・イン・パイプ工法	80
5.3.1	工法の概要	80
5.3.2	パイプ・イン・パイプ工法用の管	80
5.3.3	パイプ・イン・パイプ工法の設計と施工	81
5.3.4	充填工	84
6.	その他	86
6.1	水管橋	86
6.1.1	ダクタイル鉄管製水管橋の特長	86
6.1.2	ダクタイル鉄管製水管橋の構造	86
6.2	耐震貯水槽	88
6.2.1	耐震貯水槽の構造	88
6.2.2	耐震貯水槽の種類	89

はじめに

長期的に機能と安全性を保持できる管路を構築するためには、管路を構成する材料の性能を十分に把握したうえで適材適所な選択を行い、適正な配管設計と施工を行うことが必要である。

本書は、管路建設に当たって参考としていただくため、ダクタイル鉄管の特性、規格、管種・接合形式、管路付属物およびダクタイル鉄管管路の計画・設計と施工上の留意点など、ダクタイル鉄管管路の設計と施工上の基本的事項についてまとめたものである。

本書をみなさまの業務の一助としてお役に立ていただければ幸いである。

1. ダクタイル鉄管の特長

1.1 優れた耐圧性

表1 各種パイプの物理的・機械的性質

材質 機械的性質	ダクタイル鉄管	鋼管	硬質塩化ビニル管	ポリエチレン管
引張強さ(N/mm ²)	420以上	400以上	49以上(15℃)	20以上 ¹⁾²⁾
曲げ強さ(N/mm ²)	600以上	400以上	78~98	24 ⁴⁾
伸び(%)	10以上	18以上	50~150	350以上 ¹⁾³⁾
弾性係数(N/mm ²)	1.5~1.7×10 ⁵	2.1×10 ⁵	2.7~3×10 ³	1.30×10 ³ ⁴⁾
硬さ	ブリネル 230以下	ブリネル 140以下	ロックウエルR 115	デュロメータ 63 ⁴⁾
ポアソン比	0.28~0.29	0.3	0.37	0.47 ⁴⁾
比重	7.15	7.85	1.43	0.96 ⁴⁾
線膨張係数 1/℃	1.0×10 ⁻⁵	1.1×10 ⁻⁵	6~8×10 ⁻⁵	1.3×10 ⁻⁴ ⁴⁾

注 1) JWWA K144 水道配水用ポリエチレン管

2) 引張降伏強さ

3) 引張破断伸び

4) PE100の基本物性値例

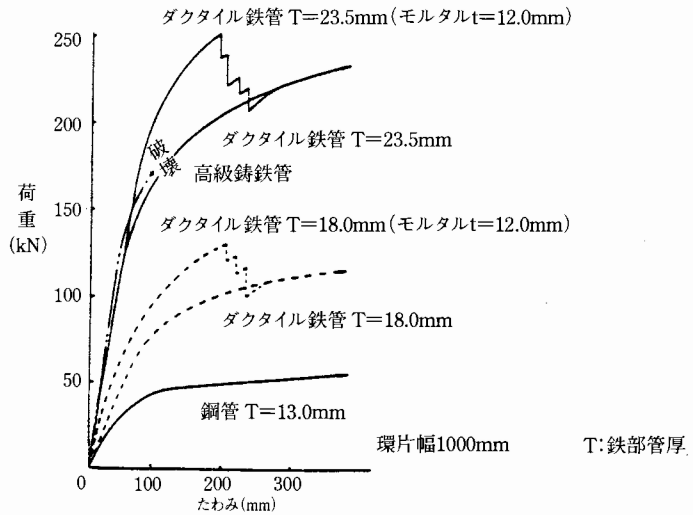


図1 呼び径1500環片圧壊試験

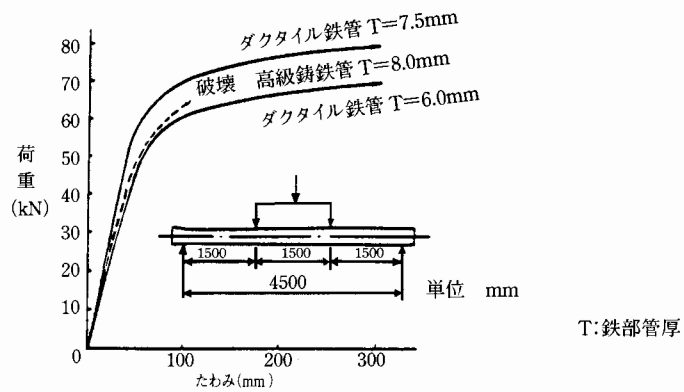


図2 呼び径150 曲げ試験

表2 各種パイプの破裂水圧

材質	呼び径	150		500		1000		1500		計算に使用した引張強さ (N/mm ²)
		管厚 (mm)	破裂水圧 (MPa)	管厚 (mm)	破裂水圧 (MPa)	管厚 (mm)	破裂水圧 (MPa)	管厚 (mm)	破裂水圧 (MPa)	
ダクタイル鉄管	2種	—	—	8.5	14.3	14.5	12.2	20.5	11.5	420
	3種	6.0	33.6	8.0	13.4	13.0	10.9	18.0	10.1	
	4種	—	—	—	—	12.0	10.1	16.5	9.2	
鋼管	I	5.0	20.0	6.0	9.6	8.7	7.0	12.7	6.8	400
	II			5.0	8.0	7.9	6.3	11.1	5.9	
硬質塩化ビニル管		10.3	6.7	—	—	—	—	—	—	49
ポリエチレン管		16.4	4.4	—	—	—	—	—	—	20

備考 1. 破裂水圧は次の式で計算した。 $P = \frac{2T \cdot S}{D}$ (T:管厚、S:引張強さ、D:呼び径)

2. 鋼管の呼び径150についてはSGPで引張強さ300 N/mm²として計算した。

1.2 豊富な管厚・継手

表3 種類および記号

種類	記号
1種管	D1
2種管	D2
3種管	D3
4種管	D4
PF種管	DPF
S種管	DS

表4 接合形式および呼び径

接合形式	呼び径	接合形式	呼び径
NS形	75~1000	K形	75~2600
SⅡ形	75~450	T形	75~2000
S形	500~2600	U形	700~2600
US形	700~2600	PN形	300~1500
KF形	300~900	PⅡ形	300~1350
UF形	700~2600	フランジ形	75~2600

1.2.1 管厚について

表5 直管の管厚¹⁾

単位 mm

呼び径	外径	管の種類						呼び径
		1種	2種	3種	4種	PF種 ²⁾	S種 ³⁾	
D	D ₂							D
75	93.0	7.5	—	6.0	—	—	—	75
100	118.0	〃	—	〃	—	—	—	100
150	169.0	〃	—	〃	—	—	—	150
200	220.0	〃	—	〃	—	—	—	200
250	271.6	〃	—	〃	—	—	—	250
300	322.8	〃	—	6.5	—	9.5	—	300
350	374.0	〃	—	〃	—	〃	—	350
400	425.6	8.5	7.5	7.0	—	10.0	—	400
450	476.8	9.0	8.0	7.5	—	10.5	—	450
500	528.0	9.5	8.5	8.0	—	12.0	8.5	500
600	630.8	11.0	10.0	9.0	8.5	13.0	10.0	600
700	733.0	12.0	11.0	10.0	9.0	14.0	11.0	700
800	836.0	13.5	12.0	11.0	10.0	15.0	12.0	800
900	939.0	15.0	13.0	12.0	11.0	16.0	13.0	900
1000	1041.0	16.5	14.5	13.0	12.0	18.0	14.5	1000
1100	1144.0	18.0	15.5	14.0	13.0	19.0	—	1100
1200	1246.0	19.5	17.0	15.0	13.5	20.0	—	1200
1350	1400.0	21.5	18.5	16.5	15.0	21.5	—	1350
1500	1554.0	23.5	20.5	18.0	16.5	24.0	—	1500
1600	1650.0	25.0	22.0	19.0	17.5	25.0	—	1600
1650	1701.0	25.5	22.5	19.5	18.0	25.5	—	1650
1800	1848.0	28.0	24.0	21.0	19.5	28.0	—	1800
2000	2061.0	30.5	26.5	23.5	21.0	30.5	—	2000
2100	2164.0	32.0	28.0	24.5	22.0	31.5	—	2100
2200	2280.0	33.5	29.0	25.5	23.0	32.5	—	2200
2400	2458.0	36.5	31.5	27.5	25.0	34.5	—	2400
2600	2684.0	39.5	34.0	29.5	27.0	36.5	—	2600

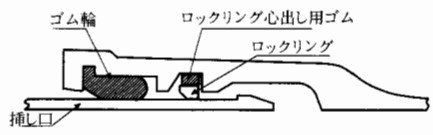
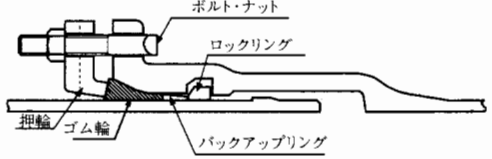
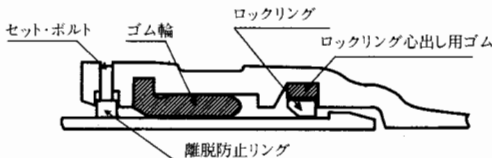
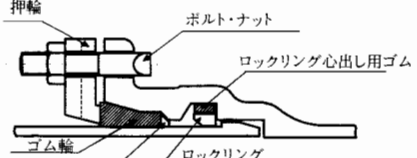
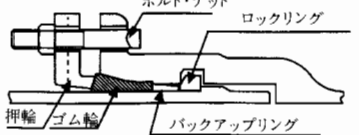
注 1) JWWA G 113による

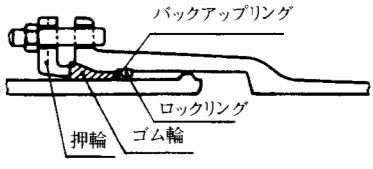
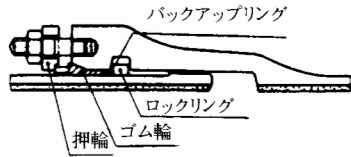
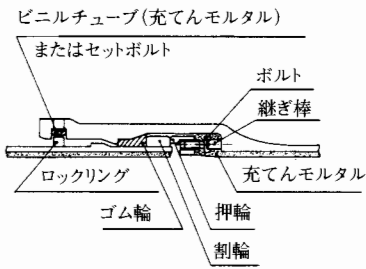
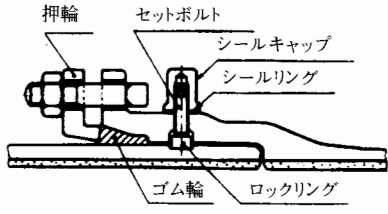
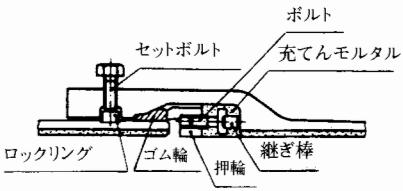
2) PF種とは、KF形管およびUF形管の管厚のことである。

3) S種とは、NS形管の呼び径500~1000の管厚のことである。

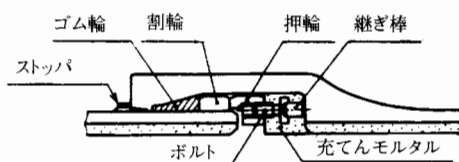
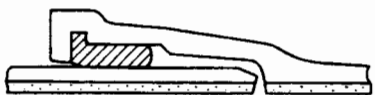
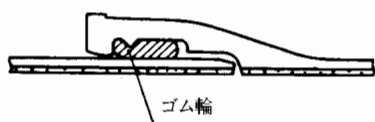
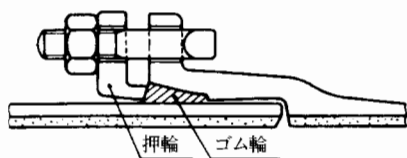
1.2.2 継手について

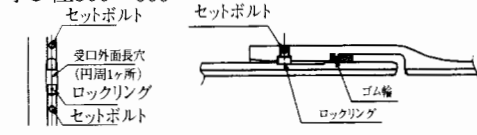
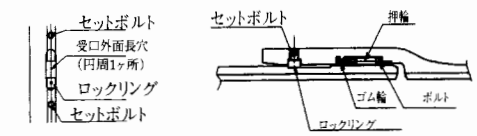
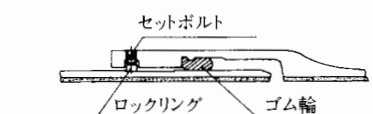
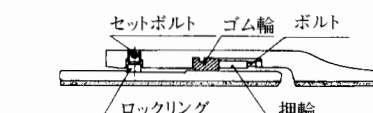
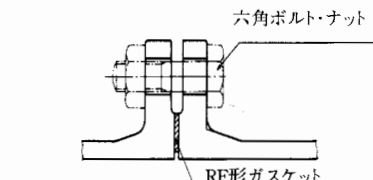
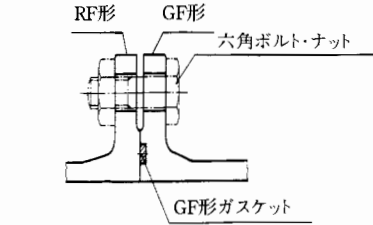
(1) 代表的な継手と特長

接合形式	呼び径	特長	用途および使用についての要点	
NS形	75～1000	<p>大きな伸縮性および可とう性をもち、最終的には受口と挿し口がかかり合って離脱防止の役目をする。継手形式は、呼び径75～250直管および異形管、呼び径300～450の直管がプッシュオンタイプで、呼び径300～450の異形管、呼び径500～1000の直管および異形管がメカニカルタイプである。継手の水密性は、プッシュオンタイプはT形、メカニカルタイプはK形と同じである。</p>	<p>耐地盤変動(耐震用、軟弱地盤用など)の要求される配管に適する。</p>	
直管(呼び径75～450)				
直管(呼び径500～1000)				
異形管(呼び径75～250)				
異形管(呼び径300～450)				
異形管(呼び径500～1000)				

接合形式	呼び径	特長	用途および使用についての要点	
S II 形	75～450	<p>大きな伸縮性および可とう性をもつメカニカルタイプで、最終的には受口と挿し口がかかり合って離脱防止の役目をする。</p> <p>継手の水密性は、K形と同じである。</p>	<p>耐地盤変動(耐震用、軟弱地盤用など)の要求される配管に適する。</p>	
	S 形			500～2600
	US 形	700～2600	<p>伸縮性および可とう性をもつ、管の内面から接合を行うメカニカルタイプで、最終的には、受口と挿し口がかかり合って離脱防止の役目をする。</p> <p>継手の水密性は、K形、U形と同じである。</p>	<p>ずい道内、掘削幅の狭い所などで耐地盤変動(耐震用、軟弱地盤用など)の要求される配管に適する。</p>
	KF 形	300～900		
	UF 形	700～2600	<p>大きな離脱防止力をもつメカニカルタイプで、K形またはU形の受口と挿し口にかかり合う溝を設けたものである。</p> <p>コンクリート防護が不要または軽減することができる。</p>	<p>曲管部、T字管部、片落管部、伏せ越し部など内圧による抜け出し力が作用する場所に使用する。</p>
				

接合形式	呼び径	特長	用途および使用についての要点
K形	75～2600	<p>ゴム輪を押輪とボルトで締め付けて接合するメカニカルタイプである。</p> <p>作業が迅速で、継手の水密性が高く、かつ、伸縮性および可とう性がある。</p>	<p>一般管路に使用され、大口径にも適する。</p>
T形	75～2000	<p>受口の内面にゴム輪を装着し、テーパ状の挿し口を挿入するのみで、簡単に接合できるプッシュオンタイプである。</p> <p>作業が迅速で、継手の水密性が高く、かつ、伸縮性および可とう性がある。</p>	<p>直線部の多い管路に適している。</p> <p>呼び径300以上の異形管は、製造されていないのでメカニカルタイプのものを使用する。</p>
U形	700～2600	<p>管の内面から接合を行うメカニカルタイプである。</p> <p>継手の水密性は、K形と同じである。</p> <p>伸縮性および可とう性がある。</p>	<p>ずい道内、掘削幅が狭い所などの配管に適する。</p>



接合形式	呼び径	特長	用途および使用についての要点
<p>PN形</p> <p>呼び径300～600</p>  <p>呼び径700～1500</p> 	<p>300～1500</p>	<p>伸縮性および可とう性をもつプッシュオンタイプで、最終的に受口と挿し口がかかり合って離脱防止の役目をする。なお、離脱防止力はPN形が3DkN以上(D:呼び径)で、PⅡ形が1.5DkN以上である。</p>	<p>既設配管に新管を挿入するパイプ・イン・パイプ工法に使用し、耐地盤変動(耐震用、軟弱地盤用など)の要求される配管に適する。呼び径300～1100の外径は、他の接合形式の外径と異なるため、取合い部には、受挿し短管などを用いて接合する。</p>
<p>PⅡ形</p> <p>呼び径300～600</p>  <p>呼び径700～1350</p> 	<p>300～1350</p>		
<p>フランジ形</p> <p>RF形—RF形の組み合わせ</p>  <p>(形式1)</p> <p>RF形—GF形の組み合わせ</p>  <p>(形式2)</p>	<p>75～2600</p>	<p>両方のフランジの合わせ面に、ガスケットをはさんで、ボルトで締め付ける。剛性の大きい継手であるから、たわみや伸縮性はない。</p>	<p>フランジの付いた異形管には、形式1と形式2がある。形式1は、7.5K RF形フランジの付いた異形管であり、RF形—RF形で使用する。形式2は、GF形フランジの付いた異形管であり、RF形—GF形の組み合わせで使用する。</p>

(2) 水圧に対する安全性

直管の保証水圧を表6に示す。表に示す保証水圧は、管の破裂水圧の70%とし、最高10MPaとした値である。ただし、土圧、輪荷重などの外圧は考慮していない。なお、正規に接合された継手部の保証水圧も同じである。

表6 直管の保証水圧

単位 MPa

呼び径	1種管	2種管	3種管	4種管	PF種管	S種管	呼び径
75	10.0	—	10.0	—	—	—	75
100	10.0	—	10.0	—	—	—	100
150	10.0	—	10.0	—	—	—	150
200	10.0	—	10.0	—	—	—	200
250	10.0	—	10.0	—	—	—	250
300	10.0	—	10.0	—	10.0	—	300
350	10.0	—	8.9	—	10.0	—	350
400	10.0	9.3	8.5	—	10.0	—	400
450	10.0	8.9	8.2	—	10.0	—	450
500	9.8	8.6	8.0	—	10.0	8.6	500
600	9.5	8.6	7.7	7.2	10.0	8.6	600
700	8.9	8.2	7.4	6.6	10.0	8.2	700
800	8.8	7.8	7.1	6.5	9.8	7.8	800
900	8.7	7.5	6.9	6.3	9.3	7.5	900
1000	8.6	7.6	6.8	6.2	9.4	7.6	1000
1100	8.6	7.3	6.6	6.1	9.1	—	1100
1200	8.5	7.4	6.5	5.8	8.7	—	1200
1350	8.4	7.2	6.4	5.8	8.4	—	1350
1500	8.2	7.2	6.3	5.7	8.4	—	1500
1600	8.2	7.2	6.2	5.7	8.2	—	1600
1650	8.2	7.2	6.2	5.7	8.2	—	1650
1800	8.2	7.0	6.1	5.7	8.2	—	1800
2000	8.0	7.0	6.2	5.5	8.0	—	2000
2100	8.0	7.0	6.1	5.5	7.9	—	2100
2200	8.0	6.9	6.0	5.4	7.7	—	2200
2400	8.1	6.9	6.0	5.5	7.6	—	2400
2600	8.0	6.9	5.9	5.4	7.4	—	2600

備考 保証水圧は次の式で計算した。

$$p = \frac{2t \cdot S}{D_0} \times 0.7$$

$$D_0 = D_2 - 2t$$

$$t = 0.9T \quad (T > 10\text{mm})$$

$$t = T - 1.0 \quad (T \leq 10\text{mm})$$

ここに

p: 保証水圧 (最高 10MPa)

D₀: 管内径 (mm)

D₂: 管外径 (mm)

t: 計算に用いる管厚 (mm)

T: 規格管厚 (mm)

S: 管材の引張強度 (420N/mm²)

比較的高水圧管路として利用される場合も多く、その例を表7に示す。

表7 ダクタイル鉄管の使用水圧例

事業体	最高使用 静水圧 (MPa)	呼び径	延長 (m)	管厚	接合形式	用途	高圧に対する安全対策
A市	3.34	100	6,090	PF種	K形	上水	特殊管厚サージタンク装置
B県	1.99	200~400	8,000	3種	K形	灌漑用	曲管部にKF形継手使用
〃	1.80	500	500	3種	K形	〃	〃
〃	2.00	150~300	3,000	3種	K形	〃	〃
C県	1.70	200~350	5,000	3種	K形	〃	〃
D県	1.30	400	1,000	3種	K形	〃	〃
E社	1.40	300	5,000	1種	K形	原水送水	〃
F市	1.40	700	7,000	1種他	K形	上水	〃
G県	1.20	1100	2,400	1種	K形	〃	〃
H県	1.76	300	1,878	3種	K形	灌漑用	サージタンク装置
I県	1.30	800	2,700	3種	K形	〃	曲管部にKF形継手使用
〃	1.30	900	5,800	3種	K形	〃	〃
J県	1.65	700~1100	19,300	2種	S形	〃	〃
〃	1.65	2400	2,950	2種	K形	〃	〃
K県	2.55	500	600	1種他	K形	〃	〃
L電力	3.17	500	300	PF種	K形	電力	〃
M市	1.90	500・600	3,500	1種	K形	上水	〃
N県	2.52	600	2,428	1種	K形	〃	〃
O局	2.40	600	2,000	2種	K形	〃	〃
〃	2.50	450	5,500	1種	T形	〃	〃
〃	1.79	400	2,600	3種	T形	〃	〃
〃	2.40	800	900	特種	K形、T形	〃	〃

1.2.3 異形管について

規格化されている異形管の種類を各接合形式ごとに表8に示す。

表8 ダクタイル鉄管の異形管

異形管 \ 接合形式	NS形	SII形	S形	US形	KF形	UF形	K形	T形	U形	PN形 PII形
三受十字管	○	○	—	—	○	○	○	○	○	—
二受T字管	○	○	—	—	○	○	○	○	○	—
片落管	○	○	—	—	○	○	○	○	○	—
90°曲管	○	○	—	—	○	○	○	○	○	—
45°曲管	○	○	—	—	○	○	○	○	○	—
22 $\frac{1}{2}$ ° 曲管	○	○	—	—	○	○	○	○	○	—
11 $\frac{1}{4}$ ° 曲管	○	○	—	—	○	○	○	○	○	—
5 $\frac{5}{8}$ ° 曲管	○	○	—	—	○	○	○	—	○	—
90°両受曲管	—	—	—	—	—	○	—	—	—	—
45°両受曲管	○	—	—	—	—	○	—	—	—	—
22 $\frac{1}{2}$ ° 両受曲管	○	—	—	—	—	○	—	—	—	—
11 $\frac{1}{4}$ ° 両受曲管	—	—	—	—	—	○	—	—	—	—
5 $\frac{5}{8}$ ° 両受曲管	—	—	—	—	—	○	—	—	—	—
仕切弁副管 (A1号、A2号)	○	○	—	—	○	○	○	—	○	—
フランジ付きT字管	○	○	—	—	○	○	○	○	○	○
浅層埋設用 フランジ付きT字管	○	—	—	—	—	—	○	○	—	—
うず巻式 フランジ付きT字管	○	○	—	—	—	—	○	○	—	—
排水T字管	○	○	—	—	○	○	○	○	○	—
継ぎ輪	○	○	○	○	—	—	○	○	○	○
短管(1号、2号)	○	○	—	—	○	○	○	○	○	—
受挿し短管	—	—	—	—	—	—	—	—	—	○
栓	○	○	—	—	—	—	○	○	—	—
帽	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—

備考 呼び径によっては規格化されていないものもある。

1.3 優れた施工性

(1) 掘削

掘削幅は、埋設管の幅の外にボルト締め付けのための継手掘り程度でよい。特に呼び径75～450のNS形、T形およびU形管では、接合作業のための継手掘りは必要とせず、狭いスペースでも配管できるので、掘削幅を小さくできる。

(2) 基礎工

管が強じんである上、管厚が厚いので剛性があり、一般には特別な基礎工を施す必要はない。

(3) 管の取り扱い

ダクタイル鉄管は強度があるので、管の取り扱いも内面のモルタルライニングおよび管の塗装に注意する程度でよく、比較的簡単である。

(4) 管の接合

接合作業に大がかりな動力や設備は不要であり、一般的にはボルトを締め付けるだけの簡単な工具で接合できる。T形や呼び径75～450のNS形はボルト締めが不要であり、管を差し込むだけで接合が完了する。ただし、いずれの場合も接合要領書にしたがって確実に行うことが必要である。

表9 各種継手の接合試験結果

接合形式	呼び径	所要時間(分)	作業員(名)
K形	500	7	2
	1200	16	2
	1800	25	3
	2200	34	3
T形	100	1	2
	500	5	2
	1000	9	3
U形	1350	35	3
	2000	40	3
NS形	75	2	2
	150	2	2
	250	2	2
	500	15.5	2
	1000	24	2

- 備考 1. 所要時間は試験室内で心出し完了後の継手接合時間。
2. K形はボルト締めのみ。
3. U形はモルタル充てん含まず。
4. NS形は接合器具の取り外し時間を含む。

(5) 作業条件・環境

天候条件が少々悪くても施工できる。また、多少の湧水などの悪条件下でも接合作業が可能であり、作業条件ではあまり制約を受けない。

(6) 管路調整

所定の位置に異形管やバルブ類を配置できるように、管心の調整または切管をもって管路長を調整する必要がある。ダクタイル鉄管では管心調整には、各種の曲管と継手の可とう性を併用することにより対応できる。

1.4 優れた耐久性

鑄鉄管は、古くから水道管およびガス管に広く用いられ、外国では300年以上の間使用された例があり、我が国でも横浜市をはじめとして、100年以上使用された実績がある。

表10 鑄鉄管の古い埋設例

国名	地名	埋設年	
外国	フランス	ベルサイユ	1664
		ウイルパーク	1703
		エーレン・ベレッテン	1727
		クリアモンド	1748
	イギリス	ロンドン	1810
	アメリカ	フィラデルフィア	1822
		ボストン	1830
		セントルイス	1831
		リッチモンド	1832
		ニューヨーク	1833
ランカスタ		1844	
	メインランド	1848	
日本	横浜	1885	
	長崎	1887	
	東京	1888	
	大阪	1895	
	神戸	1897	

このように鑄鉄管は耐久性に優れているが、その理由は鑄鉄の成分として炭素およびけい素を数%含有しているためと言われている。

ダクタイル鉄管は、この優れた鑄鉄管の組成を受け継いでおり、ダクタイル鉄管の耐久性は普通鑄鉄管と変わらない結果が報告されている。

また、ダクタイル鑄鉄自身の電気抵抗も高く、電食の影響を受けにくい。

表11 ダクタイル鑄鉄と鋼の電気抵抗

材質	単位 $\mu\Omega\cdot\text{cm}$	
	電気抵抗	
ダクタイル鑄鉄	50 ~ 70	
鋼	10 ~ 20	

1.5 地盤沈下への順応性

ダクタイル鉄管の継手は一般的には伸縮性、可とう性があるために地盤沈下などの地盤の動きに無理なく順応できる。

表12 各種継手の可とう性

呼び径	管長	NS形		SⅡ形		S形		US形		K形		T形		U形	
		許容曲げ 角度 θ	許容偏位 δ (cm)	許容曲げ 角度 θ	許容偏位 δ (cm)	許容曲げ 角度 θ	許容偏位 δ (cm)	許容曲げ 角度 θ	許容偏位 δ (cm)	許容曲げ 角度 θ	許容偏位 δ (cm)	許容曲げ 角度 θ	許容偏位 δ (cm)	許容曲げ 角度 θ	許容偏位 δ (cm)
75	4m	4°00'	28	4°00'	28	—	—	—	—	5°00'	35	5°00'	35	—	—
100	4m	4°00'	28	4°00'	28	—	—	—	—	5°00'	35	5°00'	35	—	—
150	5m	4°00'	35	4°00'	35	—	—	—	—	5°00'	44	5°00'	44	—	—
200	5m	4°00'	35	4°00'	35	—	—	—	—	5°00'	44	5°00'	44	—	—
250	5m	4°00'	35	4°00'	35	—	—	—	—	4°10'	36	5°00'	44	—	—
300	6m	3°00'	31	4°00'	31	—	—	—	—	5°00'	52	4°00'	42	—	—
350	6m	3°00'	31	3°00'	31	—	—	—	—	4°50'	50	4°00'	42	—	—
400	6m	3°00'	31	3°30'	31	—	—	—	—	4°10'	43	3°30'	37	—	—
450	6m	3°00'	31	3°00'	31	—	—	—	—	3°50'	40	3°00'	31	—	—
500	6m	3°20'	35	—	—	3°20'	35	—	—	3°20'	35	3°00'	31	—	—
600	6m	2°50'	29	—	—	2°50'	29	—	—	2°50'	29	3°00'	31	—	—
700	6m	2°30'	26	—	—	2°30'	26	2°30'	26	2°30'	26	2°30'	26	2°30'	26
800	6m	2°10'	22	—	—	2°10'	22	2°10'	22	2°10'	22	2°30'	26	2°10'	22
900	6m	2°00'	21	—	—	2°00'	21	2°00'	21	2°00'	21	2°30'	26	2°00'	21
1000	6m	1°50'	19	—	—	1°50'	19	1°50'	19	1°50'	19	2°00'	21	1°50'	19
1100	6m	—	—	—	—	1°40'	17	1°40'	17	1°40'	17	2°00'	21	1°40'	17
1200	6m	—	—	—	—	1°30'	15	1°30'	15	1°30'	15	2°00'	21	1°30'	15
1350	6m	—	—	—	—	1°30'	15	1°30'	15	1°20'	14	2°00'	21	1°30'	15
1500	6m	—	—	—	—	1°30'	15	1°30'	15	1°10'	12	2°00'	21	1°30'	15
1600	5m	—	—	—	—	1°30'	13	1°10'	10	1°30'	13	2°00'	18	1°10'	10
1650	5m	—	—	—	—	1°30'	13	1°05'	9	1°30'	13	2°00'	18	1°05'	9
1800	5m	—	—	—	—	1°30'	13	1°00'	9	1°30'	13	2°00'	18	1°00'	9
2000	5m	—	—	—	—	1°30'	13	1°00'	9	1°30'	13	2°00'	18	1°00'	9
2100	5m	—	—	—	—	1°30'	13	1°00'	9	1°30'	13	—	—	1°00'	9
2200	5m	—	—	—	—	1°30'	13	1°00'	9	1°30'	13	—	—	1°00'	9
2400	4m	—	—	—	—	1°30'	10	1°00'	7	1°30'	10	—	—	1°00'	7
2600	4m	—	—	—	—	1°30'	10	1°00'	7	1°30'	10	—	—	1°30'	10

- 備考 1. K形、T形、U形、S形は、呼び径1600以上には管長4mの管もある。
 2. US形は、呼び径700以上において管長4mの管もある。
 3. 許容偏位 δ とは、下図のように管一本が許容曲げ角度 (θ) まで曲がった時の偏位量を示す。

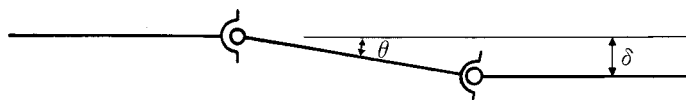
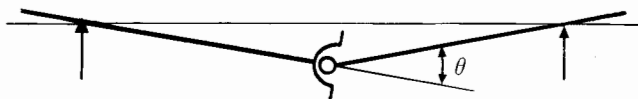


表13 継手の曲げ水圧試験結果の例

接合形式	呼び径	負荷水圧 (MPa)	曲げ角度 (θ)	継手部の状況
NS形	75	2.5	8°	漏えいその他異常なし
	200	2.5	8°	〃
	400	2.5	6°	〃
	500	2.0	7°	〃
	1000	2.0	7°	〃
SⅡ形	150	3.0	4°	〃
	400	3.0	4°	〃
S形	500	2.5	4°20′	〃
	800	2.5	2°17′	〃
	2000	2.5	1°56′	〃
K形	300	2.5	5°	〃
	700	5.0	3°	〃
	1200	2.5	2°52′	〃
	1800	2.5	2°35′	〃
T形	150	2.5	5°	〃
	250	2.5	5°	〃
	500	2.5	6°	〃
	1000	2.5	4°	〃
	1500	2.5	4°	〃
	2000	2.5	4°	〃
U形	1000	2.5	2°06′	〃
	2000	2.5	1°58′	〃
	2600	2.5	3°	〃



1.6 優れた耐震性

ダクタイル鉄管は管体強度が大きくじん性に富んでいることに合わせて、継手部に伸縮性と可とう性があるため、地震時の地盤の動きに管路が順応できることから優れた耐震性を有している。

ダクタイル鉄管の継手は次の3種類に分類できる。それぞれの継手の特性は図3のように模式的に示すことができる。

(1) 鎖継手

NS形、SⅡ形、S形継手は柔継手の継手伸縮量を大きくし、さらに離脱防止機構を付加したものである。そのため、その管路は大きな地盤の動きに対しても柔軟に順応でき、かつ継手部が抜け出さない構造となっており、地震時にはあたかも地中に埋められた鎖のように挙動することから鎖継手と呼ばれている。この継手としては他に、PN形、PⅡ形、US形継手などがある。

実際、1995年兵庫県南部地震や2004年新潟県中越地震をはじめ過去の大きな地震において、鎖継手は地盤の亀裂や側方流動など大きな地盤変状の発生した液状化地帯や震度7の地域にも埋設されていたが被害は皆無であり、その優れた耐震性能が立証された。

(2) 柔継手

K形、T形、U形継手などは継手部に伸縮性と可とう性があるため、これらの継手を使用した管路は地震や地盤沈下時のある程度の地盤の動きに順応でき、管体や継手には大きな応力が発生することもない。このことからこれらの継手を柔継手という。ただし、軟弱地盤など地盤条件が悪く地震時の地盤の動きが大きい場合には継手部が抜け出す可能性がある。

(3) 剛継手

フランジ形およびNS形・SⅡ形異形管部・KF形、UF形など水圧による不平均力に耐えるように管路を一体化するために使用する離脱防止継手のことを言う。このような伸縮・屈曲のない継手で構成された管路を剛構造管路と言う。

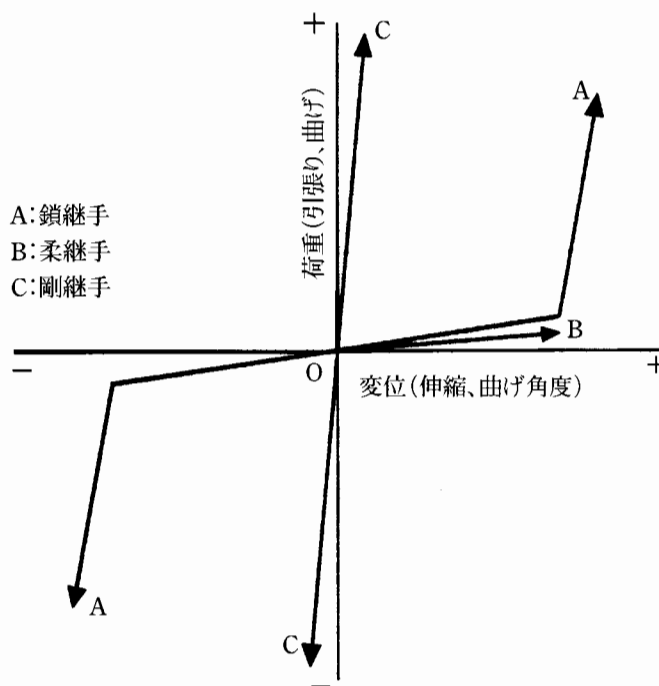


図3 継手特性の模式図

2. ダクタイル鉄管の規格

現在ダクタイル鉄管関係の規格には、次のようなものがある。

日本工業規格

JIS G 5526 ダクタイル鋳鉄管

JIS G 5527 ダクタイル鋳鉄異形管

日本水道協会規格

JWWA G 113 水道用ダクタイル鋳鉄管

JWWA G 114 水道用ダクタイル鋳鉄異形管

〔JWWAにはJISの接合形式以外にNS形(呼び径75～250)がある。〕

日本下水道協会規格

JSWAS G-1 下水道用ダクタイル鋳鉄管

JSWAS G-2 下水道推進工法用ダクタイル鋳鉄管

日本ダクタイル鉄管協会規格

JDPA G 1027 農業用水用ダクタイル鋳鉄管

JDPA G 1029 推進工法用ダクタイル鋳鉄管

JDPA G 1041 ダクタイル鋳鉄製貯水槽(耐震用・緊急用)

JDPA G 1042 NS形ダクタイル鋳鉄管(呼び径75～1000)

JDPA G 1043 ダクタイル鋳鉄製FT形水管橋

JDPA G 1046 PN形ダクタイル鋳鉄管

【関連規格】

JIS A 5314 ダクタイル鋳鉄管モルタルライニング

JIS G 5528 ダクタイル鋳鉄管内面エポキシ樹脂粉体塗装

JWWA A 113 水道用ダクタイル鋳鉄管モルタルライニング

JWWA G 112 水道用ダクタイル鋳鉄管内面エポキシ樹脂粉体塗装

JWWA K 135 水道用液状エポキシ樹脂塗料塗装方法

JWWA K 139 水道用ダクタイル鋳鉄管合成樹脂塗料

JWWA K 156 水道施設用ゴム材料

JWWA K 158 水道用ダクタイル鋳鉄管用ポリエチレンスリーブ

JDPA Z 2002 ダクタイル鋳鉄管継手用滑剤

JDPA Z 2009 ダクタイル鋳鉄管外面特殊塗装

JDPA Z 2010 ダクタイル鋳鉄管合成樹脂塗装

JDPA Z 2011 ダクタイル鋳鉄異形管内面液状エポキシ樹脂塗装

JDPA Z 2017 ダクタイル鋳鉄管切管端面防食材料

3. ダクティル鉄管管路の設計

3.1 設計の手順

管路の設計から布設に至る手順を図4に示す。

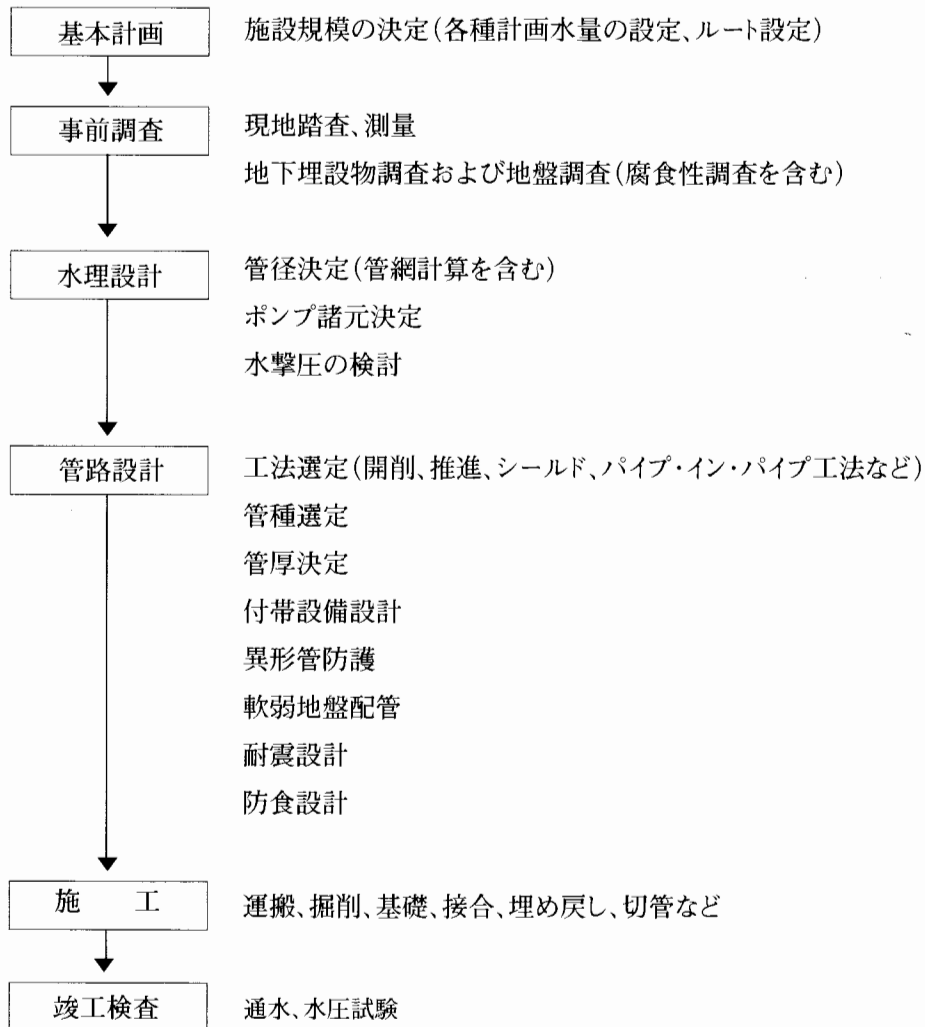


図4 管路設計・布設の手順

3.2 事前調査

管路の設計に先立って、ボーリングによるサンプル採取、土質試験、N値の測定など計画路線の地盤調査を行う。地形図や地質図を参考とし、例えば硬い地盤から軟らかい地盤へ変わるなど地質の変化が予想される地域では密に地盤調査を行うのが望ましい。

なお、地盤調査に先立って、付近で実施された他工事の調査結果を参考にすることも有効な方法である。

地盤調査結果は、十分に管路設計に反映させることが大切であり、同時に管路の防食設計に参考となるように、土壌の腐食性調査も実施するのが望ましい。

3.3 水理設計

3.3.1 管径の決定

管径を決めるに当たっては、管路の動水圧がどのような水使用条件下においても、常に計画最小動水圧以上となるようにしなければならない。

そのため、水理計算を行うが管水路の水理計算には、一般にヘーゼン・ウィリアムス(Hazen・Williams)公式が用いられる。

(1) ヘーゼン・ウィリアムス公式

もっとも広く用いられているヘーゼン・ウィリアムス公式を次に示す。

$$Q = 0.27853 C \cdot D^{2.63} \cdot I^{0.54}$$

$$D = 1.6258 C^{-0.38} \cdot Q^{0.38} \cdot I^{-0.205}$$

$$I = 10.666 C^{-1.85} \cdot D^{-4.87} \cdot Q^{1.85} = \frac{h}{\ell}$$

$$C = 3.5903 Q \cdot D^{-2.63} \cdot I^{-0.54}$$

ここに、

Q : 流量 (m³/s)

D : 管内径 (m)

I : 動水こう配

h : 摩擦損失水頭 (m)

ℓ : 管路長 (m)

C : 流速係数

(2) 流速係数

ダクタイル鉄管の直管および異形管の内面には、モルタルライニングまたはエポキシ樹脂粉体塗装などが行われているので、一般に通水能力の低下はあまりない。管路の水理計算を行う時の流速係数Cの値は表14の通りである。

表14 ヘーゼン・ウィリアムス公式での管水路におけるCの値

管 種	管種におけるCの値
モルタルライニング鑄鉄管	110
塗覆装鋼管	110
硬質塩化ビニル管	110

〔水道施設設計指針〕による

管路のCの値は、管内面の粗度と管路中の屈曲、分岐部などの数および通水年数により異なる。新管を使用する設計においては、屈曲部損失などを含んだ管路全体として110、直線部のみ(屈曲損失などは別途計算する)の場合は130が適当である。

(3) 管網計算

管網の水理計算方法は数種あるが、反復近似解法であるハーディクロス(Hardy-Cross)法は次の通りである。

管網水理には、次の基本原則が存在する。

- ① 管網の各節点においては、流入量と流出量は同じである。
- ② 管網中の任意の節点間の損失水頭は、どの管路を經由しても同じである。

計算順序は次の通り、

- ① 各管路の仮定流量を設定する。
- ② 各管路は管径、延長、C値が既知として、仮定流量による損失水頭を求める。
- ③ 各閉管路ごとに、先の仮定流量に対する流量補正值(ΔQ)を求め、これにより調整した各管路の補正流量によって②と同様の計算を繰り返す。

$$\Delta Q = -\frac{\sum h}{1.85} \sum \frac{h}{Q}$$

ここに、

- h : 損失水頭(m)
Q : 流量(m³/s)
 ΔQ : 流量補正值(m³/s)

- ④ すべての閉管路の ΔQ が事実上無視できる値となるまで収れんした時の各管路の流量、損失水頭などが計画条件を満足しているかどうか確認する。

3.3.2 ポンプ諸元の決定

(1) 全揚程

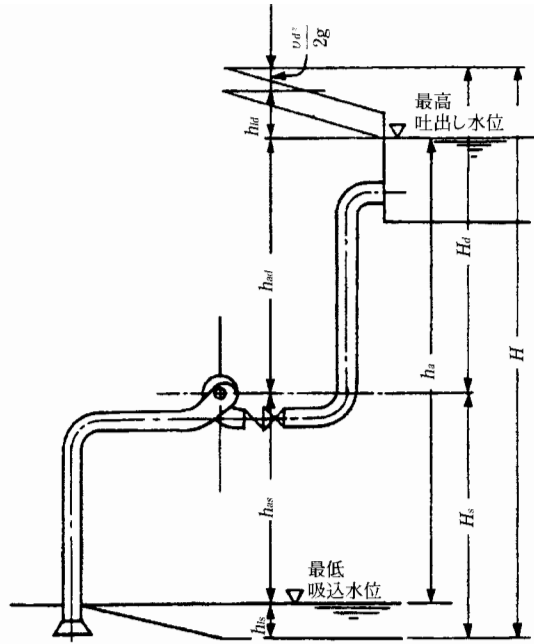
ポンプの全揚程は、次の各項により求める。

- ① ポンプの全揚程は、実揚程と吸込管路および吐出し管路の損失水頭から求める。
- ② 実揚程は吐出し水面の計画高水位と、吸込水面の計画低水位との差を最大とし、吐出し水面の計画低水位と吸込水面の計画高水位との差を最小とする。
- ③ 増圧ポンプの全揚程は、吐出し側全水頭と吸込側全水頭から求める。

$$\begin{aligned} H &= H_d + H_s (\text{押込みの場合は、-}) \\ &= h_a + h_l + \frac{v_d^2}{2g} \\ h_a &= h_{ad} + h_{as} (\text{押込みの場合は、-}) \\ h_l &= h_{ld} + h_{ls} \end{aligned}$$

ここに、

- | | |
|---------------------|-----------------------------------|
| H : 全揚程(m) | h_l : 管路摩擦損失水頭(m) |
| H_d : 吐出し全水頭(m) | h_{ld} : 吐出し管路の摩擦損失水頭(m) |
| H_s : 吸込全水頭(m) | h_{ls} : 吸込管路の摩擦損失水頭(m) |
| h_a : 実揚程(m) | v_d : 吐出し管端の流速(m/s) |
| h_{ad} : 吐出し水頭(m) | g : 重力加速度(9.8m/s ²) |
| h_{as} : 吸込水頭(m) | |



「水道施設設計指針」より抜粋

図5 横軸ポンプ(吸込)の全揚程

(2) 口径

ポンプの口径は、ポンプの吐出し量が基準になるので、吸込口および吐出し口の流速を用いて次式で求める。

$$D=146\sqrt{\frac{Q}{V}}$$

ここに、

D:ポンプの口径(mm)

Q:ポンプの吐出し量(m³/min)

V:吸込口または吐出し口の流速(m/s)

ポンプの吸込口または吐出し口の流速は、2m/sを標準とする。

ただし、渦巻ポンプについては、口径 500mmまでJIS規格で規定吐出し量と吸込口径の関係が定められている。

3.3.3 水撃圧の検討

(1) 水撃圧の目安

水撃圧は、計算によって予測することができるが、複雑な樹枝状配管や管網配管での水撃圧計算は、膨大な計算量になる。

したがって、重要幹線で特に高圧の場合を除いて、大部分が水圧1.0MPa未満であるような一般管路では、水撃圧として0.55MPaが一応の目安になる。「水道施設設計指針」では、ダクタイル鉄管および鋼管では0.45～0.55MPa、硬質塩化ビニル管では0.25MPaを見込むとしている。

農業用水路において計算によらない場合、経験則による水撃圧は以下の値が用いられている。

- ① 自然流下(クローズドタイプ)では、静水圧0.35MPa未満の場合はその100%、静水圧0.35MPa以上の場合はその40%または0.35MPaのいずれか大きい方の値をとる。
- ② ポンプ圧送の場合は、静水圧0.45MPa未満の場合はその100%、静水圧0.45MPa以上の場合はその60%または0.45MPaのいずれか大きい方の値をとる。

(2) 水撃圧の計算方法

① 管内水撃波の伝播速度

管内水撃波の伝播速度は次式で計算できる。

$$a = \frac{1}{\sqrt{\frac{\gamma_w}{g} \left(\frac{1}{K_w} + \frac{1}{E} \cdot \frac{D}{t} \right)}}$$

ここに、

- a : 水撃波の伝播速度 (m/s)
- γ_w : 水の単位体積重量 (kN/m³)
- g : 重力の加速度 (m/s²)
- K_w : 水の体積弾性係数 (kN/m²)
- E : 管材の弾性係数 (kN/m²)
- D : 管内径 (m)
- t : 管厚 (m)

② 急閉塞の場合の水撃圧 ($T \leq \frac{2L}{a}$): ($\theta \leq 1$)

急閉塞の場合の水撃圧は、ジュコフスキー(Joukowsky)の式により、計算できる。

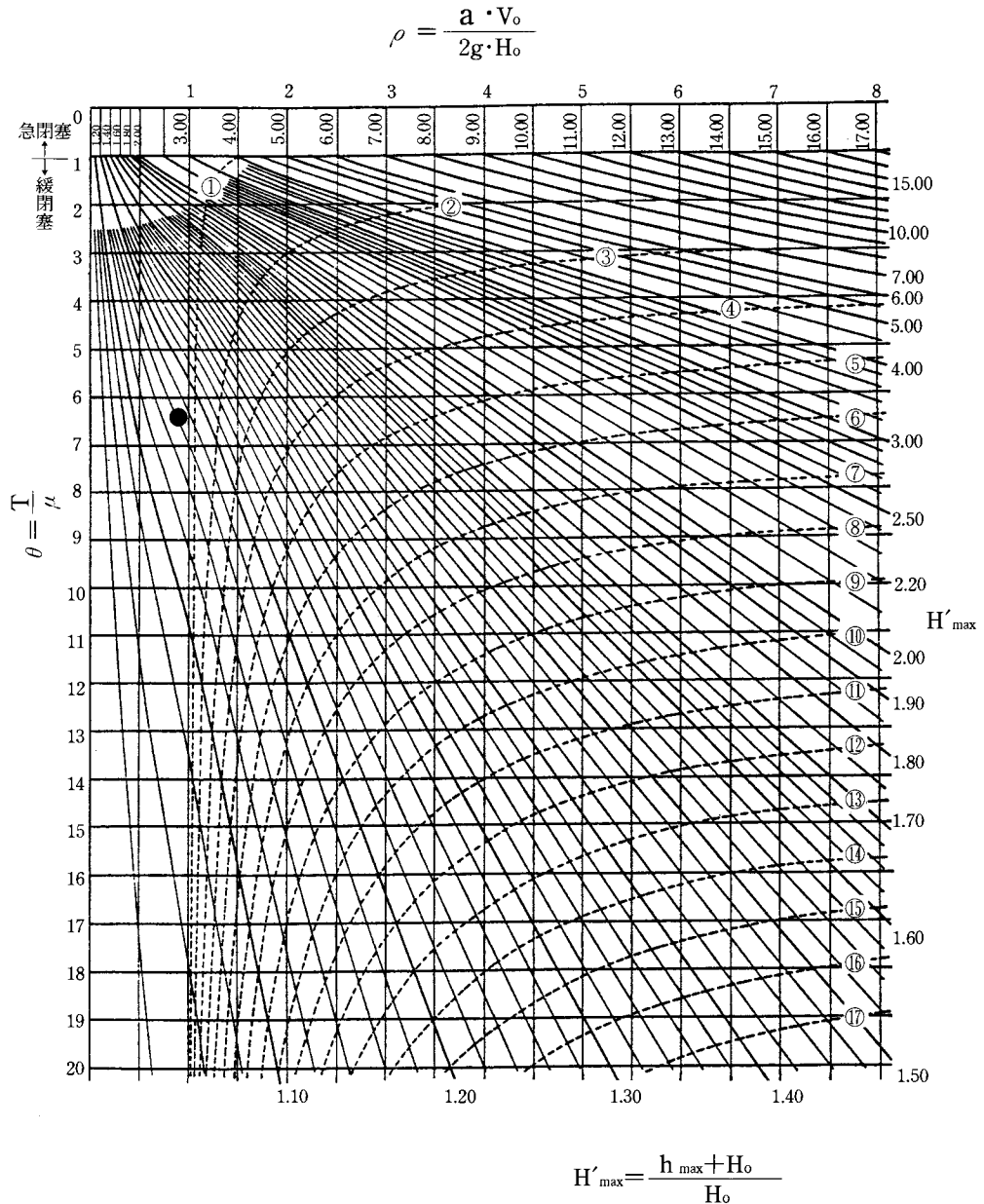
$$h = \frac{a \cdot V_0}{g}$$

ここに、

- h : 水撃圧水頭 (m)
- a : 水撃波の伝播速度 (m/s)
- V_0 : 閉塞前の管内流速 (m/s)
- T : 弁の閉塞に要する時間 (s)
- L : 管路長 (m)

③ 緩閉塞の場合の水撃圧 ($T > \frac{2L}{a}$) : ($\theta > 1$)

緩閉塞の場合の水撃圧を求める場合には、図6に示すアリエビ (Allievi) が求めた弁の位置における最大圧力上昇の計算図表を用いる。この図には最大圧力上昇(実線)のほかに、最大圧力が発生する周期(破線)を示してある。また、破線に付けられた番号は最大圧力が発生する位相の番号を示す。



$$H'_{max} = \frac{h_{max} + H_0}{H_0}$$

出典：土木学会「水理公式集」

図6 直線的緩閉塞の場合の最大圧力上昇の計算図表

ただし、

$$H'_{max} = \frac{h_{max} + H_0}{H_0} \quad (\text{静水頭に対する最大水撃圧水頭+静水頭の比})$$

h_{max} : 弁の位置における最大水撃圧水頭(m)

H_0 : 弁の位置における静水頭(m)

$$\rho = \frac{a \cdot V_0}{2g \cdot H_0} \quad (\text{管路特性を表わす無次元数})$$

V_0 : 弁の位置における $t = 0$ での流速(m/s)

g : 重力の加速度 (m/s^2)

a : 水撃波の伝播速度(m/s)

$$\theta = \frac{T}{\mu} = \frac{a \cdot T}{2L}$$

$$\mu = \frac{2L}{a}$$

T : 弁の閉塞(開放)に要する時間(s)

μ : 管内の往復伝播時間(s)

(3) 水撃圧の計算例

呼び径 200(1種管)のダクタイル鉄管管路で、 $H_0 = 200m$, $V_0 = 3m/s$, $T = 3.2s$, $L = 300m$ の場合における最大水撃圧の計算例を示す。

(計算条件)

γ_w : 水の単位体積重量 ($= 9.8kN/m^3$)

g : 重力の加速度 ($= 9.8m/s^2$)

K_w : 水の体積弾性係数 ($= 2.07 \times 10^6 kN/m^2$)

E : 管材の弾性係数 ($= 1.6 \times 10^8 kN/m^2$)

D : 管内径 ($= 0.197m$)

t : 管厚 ($= 0.0075m$)

(計算例)

$$a = \frac{1}{\sqrt{\frac{\gamma_w}{g} \left(\frac{1}{K_w} + \frac{1}{E} \cdot \frac{D}{t} \right)}} = \frac{1}{\sqrt{\frac{9.8}{9.8} \times \left(\frac{1}{2.07 \times 10^6} + \frac{1}{1.6 \times 10^8} \times \frac{0.197}{7.5 \times 10^{-3}} \right)}} = 1243 \text{ (m/s)}$$

$$\rho = \frac{a \cdot V_0}{2g \cdot H_0} = \frac{1243 \times 3}{2 \times 9.8 \times 200} = 0.951$$

$$\theta = \frac{a \cdot T}{2L} = \frac{1243 \times 3.2}{2 \times 300} = 6.63$$

これらの値から、図 6 を用いて $H'_{max} = 1.16$ (図6の黒点) が求まる。

したがって、

$$\text{最大水撃圧} = h_{max} = H_0 \cdot H'_{max} - H_0 = 200 \times 1.16 - 200 = 32m$$

3.4 工法・管種の選定

(1) 工法の選定

地形、地質、地下埋設物の状況、道路幅および交通量などを考慮して、管布設工法として、開削工法、推進工法、シールド工法およびパイプ・イン・パイプ工法など適切な工法を選定する。

(2) 管種選定

管の使用条件、布設工法、維持管理および耐久性などを考慮し、技術面や経済面からの検討を行い、使用する管種を選定する。

3.5 管厚決定

3.5.1 外圧

(1) 土かぶりによる土圧

土かぶりによる土圧の計算式としては、図7に示すようにヤンセン(Janssen)公式が実験値とよく合致する。ただし、土かぶりが2 m 以下の場合は、垂直公式でも大差なく、計算も簡単であるので垂直公式がよく使用されている。

土かぶりが2 m 以上の場合は、土かぶり2 m 時の垂直公式の値とヤンセン公式で求めた値の大きい方を採用する。

① 垂直公式

$$W_f = \gamma \cdot H$$

ここに、

W_f : 垂直土圧 (kN/m²)

γ : 土の単位体積重量 (kN/m³)

H : 土かぶり (m)

② ヤンセン公式

$$W_f = \frac{\gamma}{2K \cdot \tan \phi} \left(1 - e^{-2K \cdot \tan \phi \cdot \frac{H}{B}} \right) B$$

$$K = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi}$$

ここに、

W_f : 垂直土圧 (kN/m²)

γ : 土の単位体積重量 (kN/m³)

K : ランキン(Rankine)係数

ϕ : 土の内部摩擦角(°)

H : 土かぶり(m)

B : 溝幅(m)

e : 自然対数の底

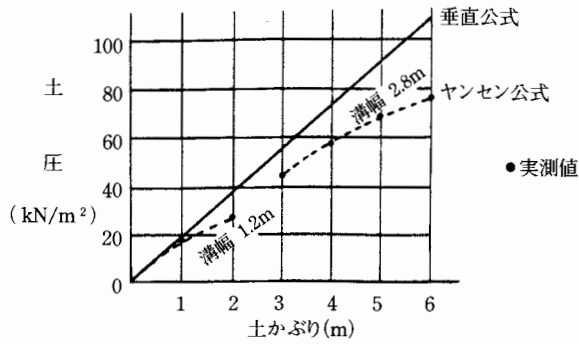


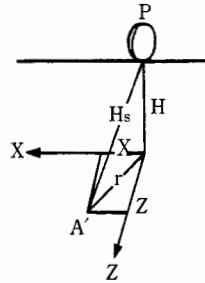
図7 土かぶり 6m の実験における実測土圧と計算土圧

(2) 路面荷重による土圧

トラックの車輪などの集中荷重が地上に作用し、地下の埋設管に荷重が伝達されるような場合は、下記のブーシネスク(Boussinesq)式を用いる。

ブーシネスク式

$$\begin{aligned}
 p &= \frac{3}{2\pi} \cdot \frac{H^3}{H_s^5} P \\
 &= \frac{3}{2\pi} \cdot \frac{H^3}{(H^2+r^2)^{5/2}} P \\
 &= \frac{3}{2\pi} \cdot \frac{H^3}{(H^2+X^2+Z^2)^{5/2}} P
 \end{aligned}$$



ここに、

- p : 地下の任意の点A'における垂直圧力 (kN/m^2)
- P : 集中荷重 (kN)
- H : A' 点の地表面下の深さ (m)
- H_s : P の作用点から A' 点までの距離 (m)
- r : H_s の水平成分
- X : r の横方向成分
- Z : r の軸方向成分

埋設実験での実測値とブーシネスク式による計算値を図8、図9に示す。車輪直下の土圧は、衝撃係数を1.5とした場合に計算値とよく合っている。

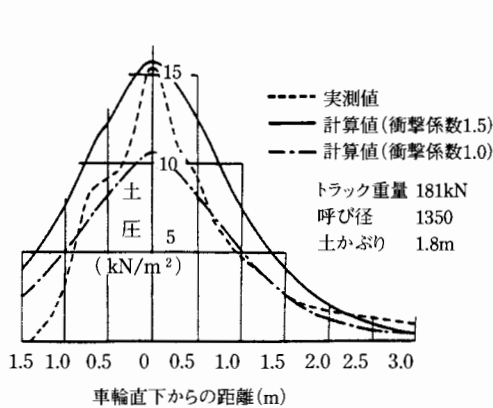


図8 管頂線上の土圧分布

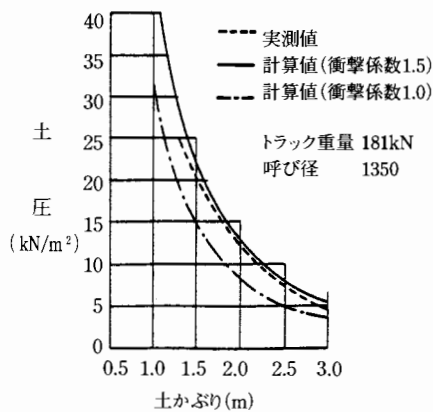


図9 各土かぶりにおける車輪直下の土圧

ブーシネス式で

$$\frac{3}{2\pi} \cdot \frac{H^3}{(H^2+X^2+Z^2)^{5/2}} = \Phi$$

とおくと、

$$p = \Phi \cdot P$$

ただし、この式によって求まるのは地下の任意の一点における圧力である。そのため管に作用する全体の荷重を求めるには、管上の p を積算しなければならない。

厳密には積分して求めねばならないが、非常に複雑であるため管をいくつかの正方形で区分し、その中央に作用する圧力 $p \times$ 正方形面積を正方形全体にかかる荷重とし、正方形にかかる荷重を全部加え合わせて全体にかかる荷重とする方法をとる。

以上より、路面荷重による土圧は、次式により求める。

$$W_t = 1.5 \alpha \cdot P$$

$$P = \frac{4}{5} \cdot \frac{1}{2} U$$

$$\alpha = \frac{\sum(\Phi \cdot a)}{\sum a}$$

ここに、 W_t : 路面荷重による土圧 (kN/m²)

P : トラック1後輪重量 (kN)

U : トラック重量 (kN)

1.5 : 衝撃係数

α : 管口径、土かぶりにより定まる係数 (m⁻²)

a : 正方形面積 (m²)

一般に、 α を求めるのに図10、11のような線図を利用すれば便利であるが、次式によって求めることもできる。

$$F(A,B,H) = 0.25 - \frac{1}{2\pi} \left\{ \sin^{-1} \left(H \sqrt{\frac{A^2+B^2+H^2}{(A^2+H^2)(B^2+H^2)}} \right) - \frac{A \cdot B \cdot H}{\sqrt{A^2+B^2+H^2}} \left(\frac{1}{A^2+H^2} + \frac{1}{B^2+H^2} \right) \right\}$$

[トラック2台の場合]

$$S_h = F(3.3, B, H) + F(1.5, B, H) + F(0.5, B, H) - F(1.3, B, H)$$

$$\alpha = \frac{4 S_h}{2 D}$$

[トラック1台の場合]

$$S_h = F(0.1, B, H) + F(1.9, B, H)$$

$$\alpha = \frac{4 S_h}{2 D}$$

ここに、 D : 呼び径 (m)

H : 土かぶり (m)

A : 管軸方向長さ (m)

$$B = \frac{D}{2} \text{ (m)}$$

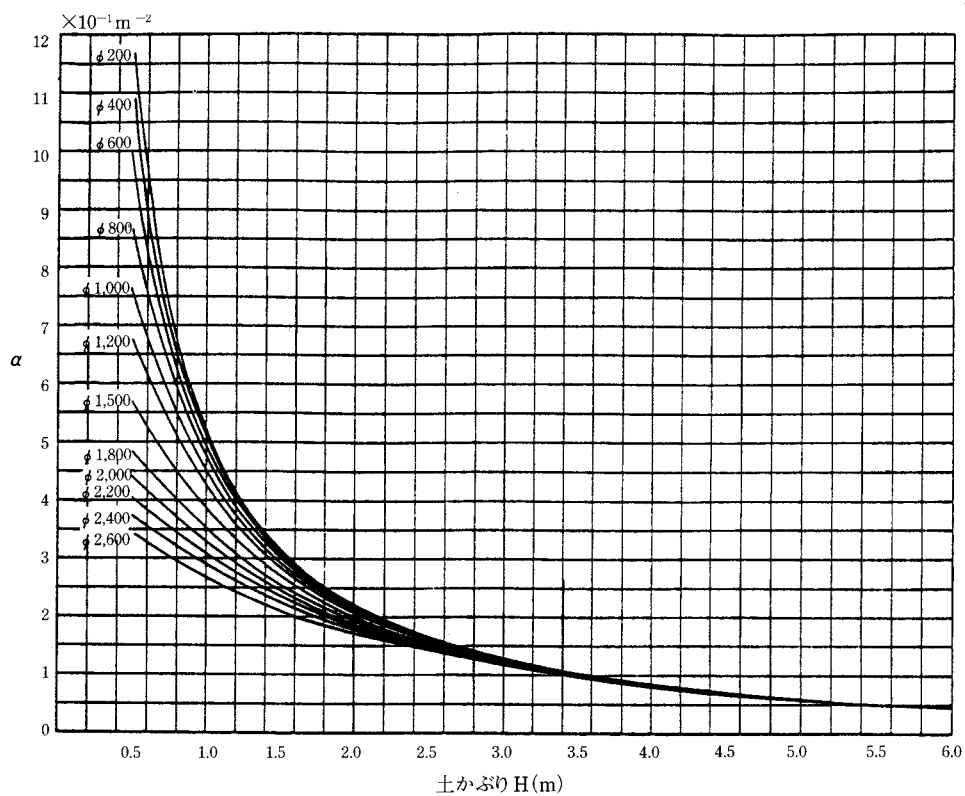


図10 トラック荷重による土圧計算のための係数 α の線図(トラック2台の場合)

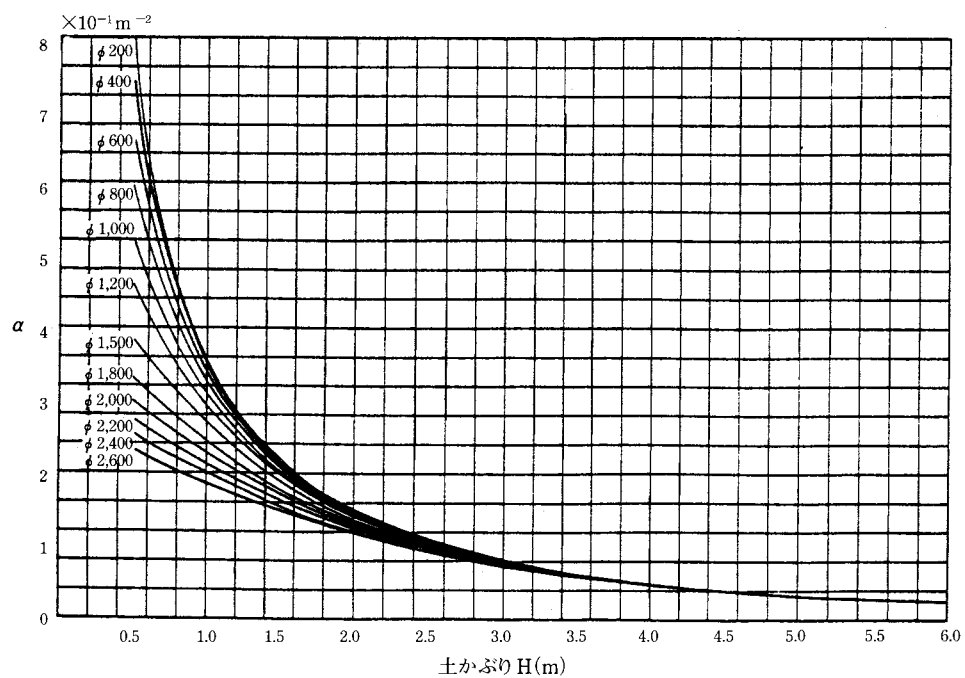


図11 トラック荷重による土圧計算のための係数 α の線図(トラック1台の場合)

3.5.2 内圧

内圧としては、管路の分岐や末端のバルブを閉じて管内の水の流れを静止させた時に管路に作用する静水圧と、管路中のバルブの急開閉時またはポンプ電動機の急起動・急停止などの場合に発生する水撃圧とがある。

3.5.3 ダクタイル鉄管管厚計算式

(1) 管厚計算式の誘導

ダクタイル鉄管の管厚計算式は、静水圧、水撃圧、土かぶりによる土圧および路面荷重による土圧を全部同時に考慮している。

内圧によって発生する引張応力 σ_t は、

$$\sigma_t = \sigma_{ts} + \sigma_{td} = \frac{(P_s + P_d)d}{2t}$$

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{ts} &= \frac{P_s \cdot d}{2t} \\ \sigma_{td} &= \frac{P_d \cdot d}{2t} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (1)$$

- ここに、 σ_t : 内圧によって発生する引張応力
- σ_{ts} : 静水圧によって発生する応力
- σ_{td} : 水撃圧によって発生する応力
- P_s : 静水圧
- P_d : 水撃圧
- d : 管内径
- t : 管厚

外圧によって発生する曲げ応力 σ_b は、

$$\sigma_b = \frac{(M_r + M_t)Z}{b \cdot t^2} \dots\dots\dots (2)$$

$$Z = \frac{b \cdot t^2}{6}$$

- ここに、 M_r : 土かぶりによって発生する曲げモーメント
- M_t : 路面荷重により発生する曲げモーメント
- Z : 断面係数
- b : 管長(単位長さで考えれば、 $b=1$)
- t : 管厚

$Z = \frac{t^2}{6}$ なので、(2)式は

$$\sigma_b = \frac{6(M_r + M_t)}{t^2} \dots\dots\dots (3)$$

土かぶりによって発生する曲げモーメント M_f 、路面荷重により発生する曲げモーメント M_t は、

$$M_f = K_f \cdot W_f \cdot R^2$$

$$M_t = K_t \cdot W_t \cdot R^2$$

ここに、 K_f, K_t : 管底支持角により定まる係数

W_f : 土かぶりによる土圧

W_t : 路面荷重による土圧

R : 管半径

これらを(3)式に代入すると、

$$\sigma_b = \frac{6(K_f \cdot W_f + K_t \cdot W_t) R^2}{t^2} \dots\dots\dots (4)$$

となる。

σ_b は曲げ応力であるから、引張応力に換算するために0.7を乗じ、許容応力を σ_z とすると、管厚は次式を満足するように決定すればよいことになる。

$$\sigma_t + 0.7 \sigma_b = \sigma_z \dots\dots\dots (5)$$

ここで、 静水圧に対し安全率 2.5

水撃圧に対し安全率 2.0

土かぶりによる土圧安全率 2.0

路面荷重による土圧安全率 2.0

を見込み、管材の引張強さを S すると、(5)式は、

$$2.5 \sigma_s + 2.0 \sigma_d + 1.4 \sigma_b = S \dots\dots\dots (6)$$

$R = D_m/2$ とにおいて、(6)式に(1)式、(4)式を代入すると、(D_m : 管厚中心半径)

$$S \cdot t^2 - (1.25P_s + P_d) d \cdot t - 2.1(K_f \cdot W_f + K_t \cdot W_t) D_m^2 = 0$$

$D_m \approx d$ とにおいて t について解くと、(d : 管の呼び径)

$$t = \frac{(1.25P_s + P_d) + \sqrt{(1.25P_s + P_d)^2 + 8.4(K_f \cdot W_f + K_t \cdot W_t) S}}{2S} d$$

となる。

ここに、 t : 設計管厚(mm)

P_s : 静水圧 (MPa)

P_d : 水撃圧 (MPa)

K_f, K_t : 管底支持角により定まる係数 (表 15、16、による)

W_f : 土かぶりによる土圧 (kN/m²)

W_t : 路面荷重による土圧 (kN/m²)

S : 管材の引張強さ (420N/mm²)

d : 管の呼び径 (mm)

さらに公称管厚 T は、

$$T = (t+2) \times 1.1 \text{ mm} \quad t+2 \geq 10 \text{ mm の場合}$$

$$T = [(t+2) + 1] \text{ mm} \quad t+2 < 10 \text{ mm の場合}$$

である。

(2) 土圧分布および係数 K_r, K_t

ダクタイル鉄管の場合の土圧分布は、数多くの埋設実験の結果から図12, 図13のようになるとする。

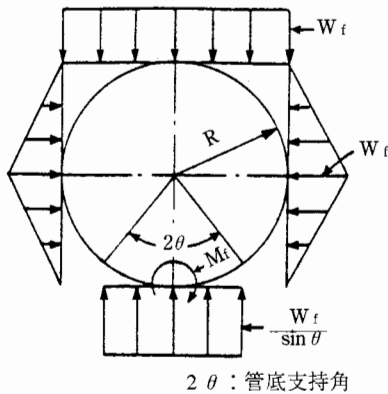


図12 土かぶりによる荷重分布

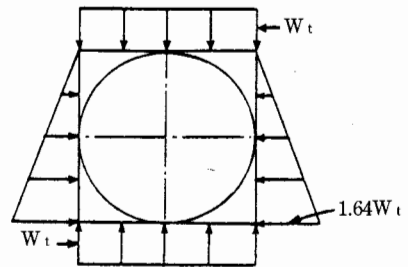


図13 路面荷重による荷重分布

K_r の値を表15に示し、 K_t の値を表16に示す。

K は管底の支持角によって定まる係数で、一般に埋め戻し時に管側のつき固めが行われたり、管径が大きくなれば管底支持角も大きくなる。

表15 K_r の値

管底支持角 位置	40°	60°	90°	120°	180°
管 頂	140×10^{-6}	132×10^{-6}	121×10^{-6}	108×10^{-6}	96×10^{-6}
管 底	281×10^{-6}	223×10^{-6}	160×10^{-6}	122×10^{-6}	96×10^{-6}

表16 K_t の値

管 頂	76×10^{-6}
管 底	11×10^{-6}

管厚計算に当たっては、管頂および管底の両方について計算し、いずれか厚くなる方を採用する。

3.5.4 管種選定表

表17に一例を示す。

表17 直管の管種選定表(支持角60°の場合)

- (1) 布設状態 : 平底溝
- (2) 管の支持角 : 60°
- (3) 引張強さ : 420N/mm²
- (4) 輪荷重 : 245kNトラック2台並行同時通過
衝撃に対し50%増とする。
- (5) 水撃圧 : 0.55MPa
- (6) 土の単位体積重量 : 18kN/m³

土かぶりm 管径	3.0					2.4					2.1					1.8					1.5					1.2				
	2.0	1.5	1.0	0.75	0.45	2.0	1.5	1.0	0.75	0.45	2.0	1.5	1.0	0.75	0.45	2.0	1.5	1.0	0.75	0.45	2.0	1.5	1.0	0.75	0.45	2.0	1.5	1.0	0.75	0.45
75~300	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
350	1	3	3	3	3	1	3	3	3	3	1	3	3	3	3	1	3	3	3	3	1	3	3	3	3	1	3	3	3	
400	2	3	3	3	3	2	3	3	3	3	2	3	3	3	3	2	3	3	3	3	2	3	3	3	3	2	3	3	3	
450	2	3	3	3	3	2	3	3	3	3	2	3	3	3	3	2	3	3	3	3	2	3	3	3	3	2	3	3	3	
500	1	2	3	3	3	1	3	3	3	3	1	3	3	3	3	2	3	3	3	3	2	3	3	3	3	2	3	3	3	
600	2	2	4	4	4	2	3	4	4	4	2	3	4	4	4	2	3	4	4	4	2	3	4	4	4	2	3	4	4	
700	2	3	3	3	4	2	3	3	4	4	2	3	3	4	4	2	3	3	4	4	2	3	4	4	4	2	3	4	4	
800	1	2	3	4	4	2	3	3	4	4	2	3	3	4	4	2	3	4	4	4	2	3	4	4	4	2	3	4	4	
900	1	2	3	4	4	1	2	3	4	4	1	2	3	4	4	2	3	4	4	4	2	3	4	4	4	2	3	4	4	
1000	1	2	3	4	4	2	2	3	4	4	2	2	3	4	4	2	3	4	4	4	2	3	4	4	4	2	3	4	4	
1100	1	2	3	4	4	1	2	3	4	4	1	2	3	4	4	2	3	4	4	4	2	3	4	4	4	2	3	4	4	
1200	1	2	3	3	4	2	2	3	4	4	2	2	3	4	4	2	2	3	4	4	2	3	4	4	4	2	3	4	4	
1350	1	2	3	3	4	1	2	3	4	4	1	2	3	4	4	2	2	3	4	4	2	3	4	4	4	2	3	4	4	
1500	1	2	3	3	4	2	2	3	4	4	2	2	3	4	4	2	2	4	4	4	2	3	4	4	4	2	3	4	4	
1600	1	2	3	3	4	2	2	3	4	4	2	2	3	4	4	2	2	4	4	4	2	3	4	4	4	2	3	4	4	
1650	1	2	2	3	4	2	2	3	4	4	2	2	3	4	4	2	2	4	4	4	2	3	4	4	4	2	3	4	4	
1800	1	2	2	3	4	1	2	3	4	4	1	2	3	4	4	2	2	4	4	4	2	3	4	4	4	2	3	4	4	
2000	1	2	3	3	3	1	2	3	3	4	2	2	3	4	4	2	3	3	4	4	2	3	4	4	4	2	3	4	4	
2100	1	2	2	3	3	2	2	3	3	4	2	2	3	4	4	2	2	3	4	4	2	3	4	4	4	2	3	4	4	
2200	1	2	2	3	3	1	2	3	3	4	2	2	3	4	4.5	2	2	3	4	4	2	3	4	4	4	2	3	4	4	
2400	1	2	2	3	3	1	2	3	4	4	2	2	3	4	4	2	2	3	4	4	2	3	4	4	4	2	3	4	4	
2600	1	2	2	3	3	1	2	3	4	4	2	2	3	4	4	2	2	4	4	4	2	3	4	4	4	2	3	4	4	

備考 数値は、管種を示す。

(JWWA G 113・114の解説による)

3.6 付帯設備設計

3.6.1 バルブ

(1) 設置箇所

- ① 管路の分岐点では、本管および分岐管の下流に設ける。
- ② 重要な伏せ越し部、水管橋および軌道横断箇所の前後に設ける。
- ③ 管路の洗浄、排水のために、排水T字管の上下流側2ヶ所に設けるか、または下流側1ヶ所に設ける。さらに排水分岐管側1ヶ所に設ける。
- ④ 管路の長い時は、適当な箇所に設ける。管路の伏せ越し部、水管橋、排水設備などがない場合でも1,000~3,000m間隔に設けるのが望ましい。
- ⑤ 配水池の流入・流出部および工事延長予定箇所に設ける。

(2) バルブの種類

① 仕切弁

弁箱、弁体および弁体を上下させる弁棒からなっている。普通右回りで閉じるようになっているが、その逆のものもある。

② バタフライ弁

90°回転のできるレンズ状の弁体を持ったもので、仕切弁に比較して開閉が容易であり、また土かぶり、設置面積も小さくて済む。

(3) バイパス弁

バルブを開閉する時には、片面だけに水圧がかかり、高水圧で大口径になるほどその抵抗が大きく、操作が困難になるので、バルブの前後を小口径の副管で連絡し、バイパス弁を設け、それを操作することによって、主弁の開閉を容易にする。水圧 0.4MPa 程度以上で呼び径400以上の管路には、バイパス弁を設ける。

また、同一用途で設置面積を小さくするために、バイパス弁を内蔵したバタフライ弁を使用する場合もある。

(4) バルブの配置例

バルブの配置例を図14に示す。

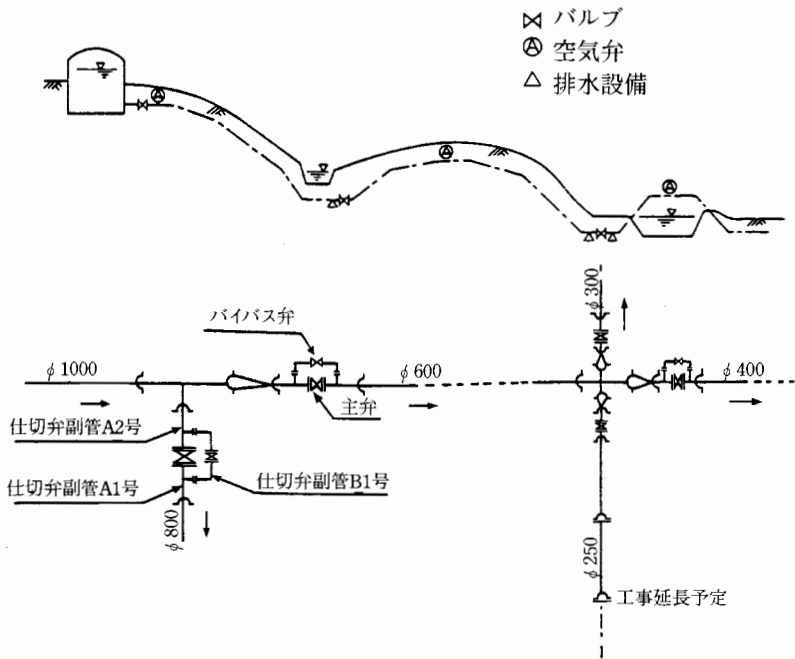


図14 配置例

(5) 弁きょうおよびバルブ室

呼び径350以下のバルブは、管路とともに埋設し、その上部を弁きょうで囲み、地上よりバルブの操作ができるようにする。

呼び径400以上のバルブは、バイパス弁を含めて鉄筋コンクリート製のバルブ室に入れ、人の出入りできる人孔と各バルブの操作ができる小孔を設ける。

高圧や大口径管の場合は、締切り圧によるバルブの動きを防止するために、バルブの前後の管をバルブ室基礎と一緒にコンクリートで囲む。

3.6.2 排水設備

(1) 設置個所

管路の凹部で河川、下水管きょおよび側溝などのある場所に設ける。

排水設備は、管を布設した時の管内の洗浄排水などのために設け、多量の水量を一時に放流するので、それに必要な放水路のある所を選ぶ。凹部以外でも放流に適切な箇所があれば、できるだけ設けるようにする。

(2) 排水設備の例

配水本管には排水T字管を適宜設置するのが一般的である。

表18 本管と排水管の呼び径

本管呼び径	200~300	350~400	450~600	700~900	1000以上
排水管呼び径	100	150	200	300	400

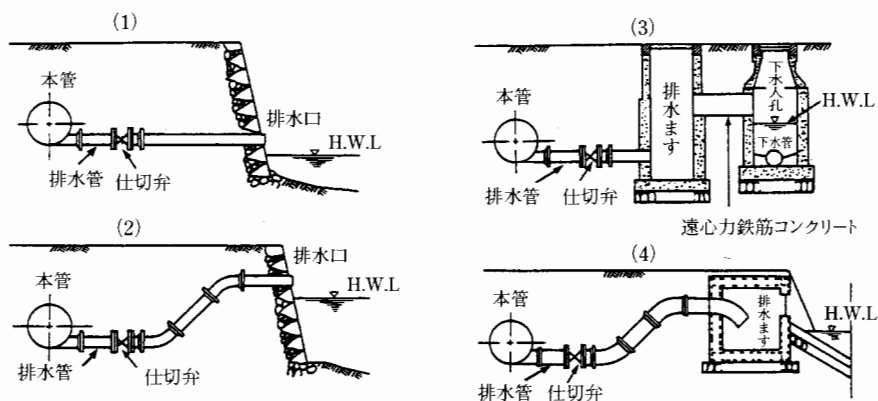


図15 排水設備の例

また、次のような箇所では「うず巻式フランジ付きT字管(消火栓用)」を取り付けると効率的な洗管が可能となる。

- ① 配水管網の中で流速が遅い箇所
- ② 一方向送り管路の最末端および閉めきり状態にあるバルブの直近
- ③ 勾配管路の底部付近
- ④ 水管橋、添架管の上・下流側

(3) 排水の方法および留意点

排水管および本管には必ずバルブを設け、その操作により排水を行う。

吐き口は、放流水路の高水位よりも高くし、場合によっては、排水ますを設ける。

また、排水口付近は、放流による浸食、崩壊のないよう十分な防護工を施す。

排水管の管径は、可能な限り排水量に適合した管径にすることが望ましい。

多量の排水を急速に行うことにより、管内の洗浄、排水をする。放流が可能ならば排水管は大きくした方がよいが、呼び径1650以上を除いては、通常本管径の $\frac{1}{2}$ ~ $\frac{1}{4}$ としている。

3.6.3 空気弁

(1) 設置箇所

管路の凸部に次の目的のため設置する。

- a. 管路に充水する時に、管内の空気を排除するため。
- b. 通水中、水の中に混合している空気が遊離して、管路の凸部に集まるので、これを排除するため。
- c. 管内が負圧になった時、あるいは管内の水を排出する時に、空気を吸引するため。

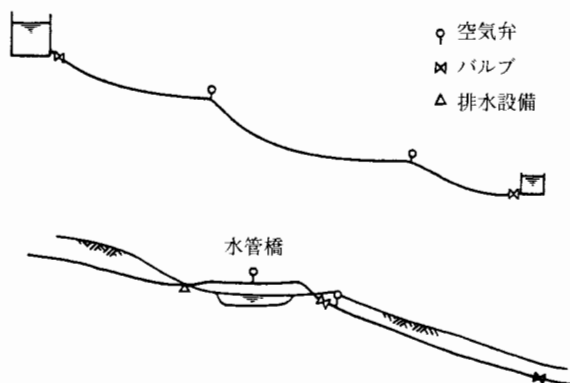


図16 空気弁設置例

- 備考** 1.水管橋は凸部になるので設置する。
 2.バルブとバルブの間に設置する。通水試験や工事上の断水はバルブ間で行うので、通水時の空気の排除および排水時の空気の吸引を行うためのものである。なお、バルブ間に凸部のない場合は、高い方のバルブの直下に設置する。

(2) 空気弁の種類

空気弁には、単口、双口および急速の3種類があり、排気量の多い箇所には、双口空気弁または急速空気弁を設置する。水道施設設計指針では、「管径400mm以上の管には双口空気弁または急速空気弁を設ける」としている。

空気弁とフランジ付きT字管(空気弁用)との間に補修弁を設け、空気弁の取替え補修ができるようにし、高さ調節のためにフランジ短管を設けることもある。

呼び径800以上の管路には、フランジ付きT字管(人孔用)および人孔ふたを利用して空気弁を設置すれば人孔を兼ねることができる。

3.6.4 消火栓

(1) 設置箇所

消火栓は、消火活動に便利な所を選び、建物などの状況に応じてその設置間隔を定める。

水道施設設計指針では配水本管からの分岐部付近、道路交差点付近などの消防活動に便利な個所に設け、途中においても、沿線の建物の状況などに配慮し、100～200m間隔に設置することとしている。

なお、設置箇所、種別などについては、消防局等と事前に協議する。

(2) 消火栓の種類

消火栓を取り付ける口金の数によって、単口と双口とがあり、その口径は65mmとしている。地上式と地下式とがあり、地上式は主として寒冷地で用いる。

(3) 消火栓を取り付ける管径

単口消火栓では呼び径150以上、双口消火栓では呼び径300以上の配水管に取り付けることを標準としているが、特に水圧が高く給水が十分な所では、それ以下でもさし支えないが、住宅の密集地区では、できるだけ大きい管径の配水管に取り付けることが望ましい。

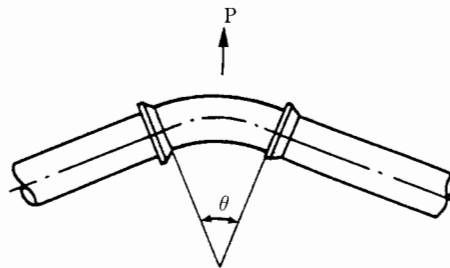
3.7 異形管防護

管路の屈曲部、分岐部、末端の栓、バルブなどには、水圧によって管を動かそうとする力(不平均力という)が働く。このような箇所では、防護工を施したり、離脱防止継手を用いて管の抜け出しを防止する。

3.7.1 不平均力

(1) 不平均力が作用する場所

① 流れの向きが変わる場合

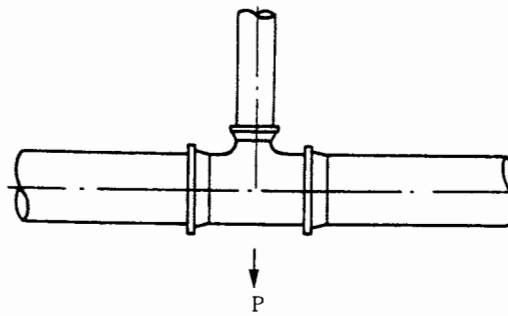


$$P = 2p \cdot A \cdot \sin \frac{\theta}{2}$$

A: 管断面積

p: 水圧

図17 曲管

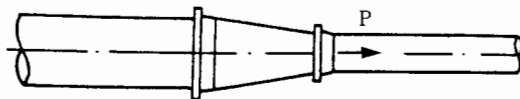


$$P = p \cdot a$$

a: 管断面積(枝管)

図18 T字管および排水T字管

② 管径が変わる場合



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

A-a: 管断面積の差

図19 片落管

③ 管路の行き止まりの場合



$$P = p \cdot A$$

図20 栓およびバルブ

(2) 水圧による不平均力

水圧による不平均力は、表19の通りである。

表19 水圧による不平均力

単位 kN (水圧 0.1MPa当たり)

呼び径	90°曲管	45°曲管	22 $\frac{1}{2}$ ° 曲管	11 $\frac{1}{4}$ ° 曲管	5 $\frac{5}{8}$ ° 曲管	T字管 栓・仕切弁
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	8.35	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	18.61	189.67
1600	302.39	163.65	83.43	41.92	20.98	213.82
1650	321.38	173.93	88.67	44.55	22.30	227.25
1800	379.32	205.29	104.65	52.58	26.32	268.22
2000	471.80	255.34	130.17	65.40	32.74	333.62
2100	520.14	281.50	143.51	72.10	36.09	367.79
2200	577.40	312.49	159.30	80.04	40.07	408.28
2400	671.07	363.18	185.15	93.02	46.57	474.52
2600	800.15	433.04	220.76	110.91	55.52	565.79

備考 各不平均力は管の外径で計算した。

3.7.2 離脱防止継手

(1) 離脱防止継手の種類

軟弱地盤や市内配管などで十分な防護コンクリートを施すことのできない場合には、不平均力のかかる管路の継手に離脱防止継手を用いて管路を一体化すると、防護コンクリートを省略あるいは小さくすることができる。

この離脱防止継手には次のような種類がある。

- ①NS形 …… NS形異形管もしくはNS形直管受口内面にライナを装着したもの(呼び径75~1000)
- ②SⅡ形 …… SⅡ形異形管もしくはSⅡ形直管受口内面にライナを装着したもの(呼び径75~450)
- ③KF形 …… K形を基本にしたもの(呼び径300~900)
- ④UF形 …… U形を基本にしたもの(呼び径700~2600)

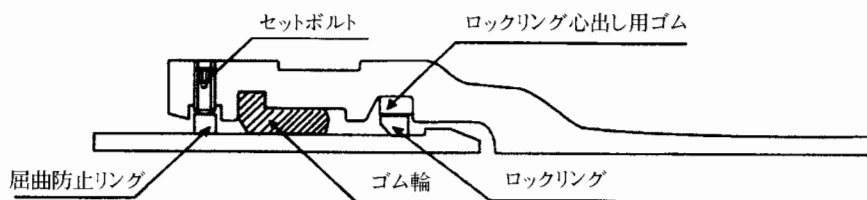


図21 NS形異形管の継手構造(呼び径75~250)

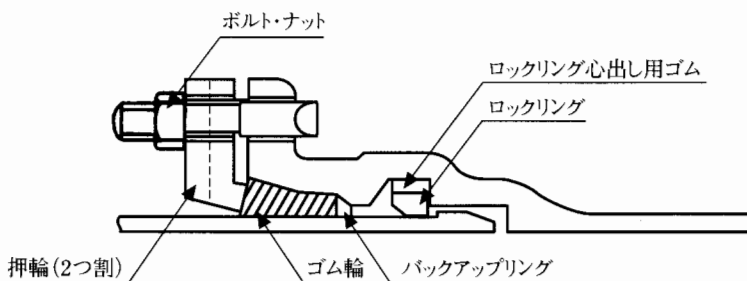


図22 NS形異形管の継手構造(呼び径300~450)

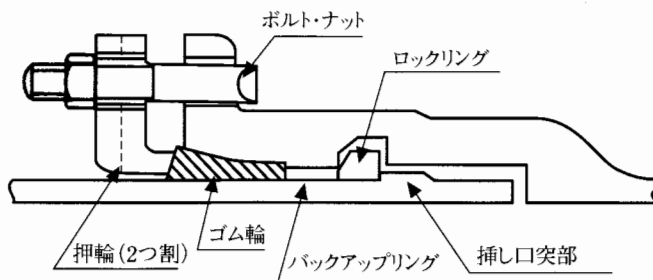


図23 NS形異形管の継手構造(呼び径500~1000)

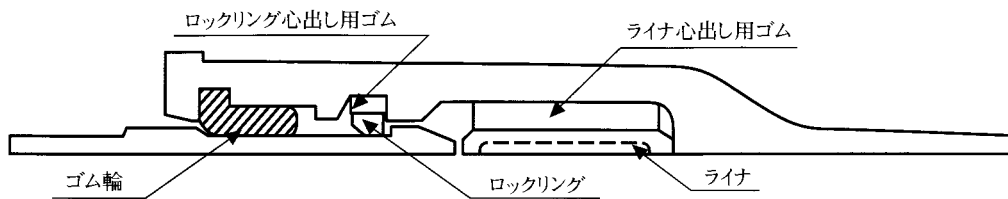


図24 ライナを使用したNS形直管の継手構造(呼び径75~450)

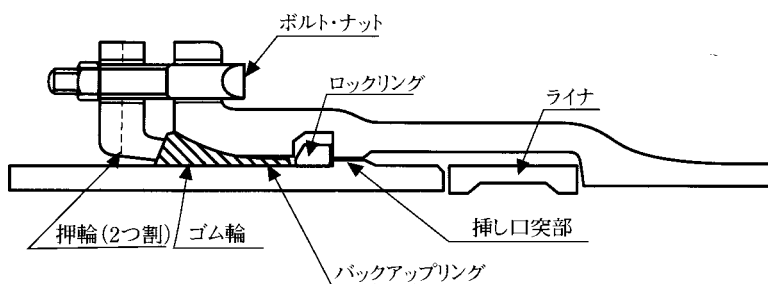


図25 ライナを使用したNS形直管の継手構造(呼び径500~1000)

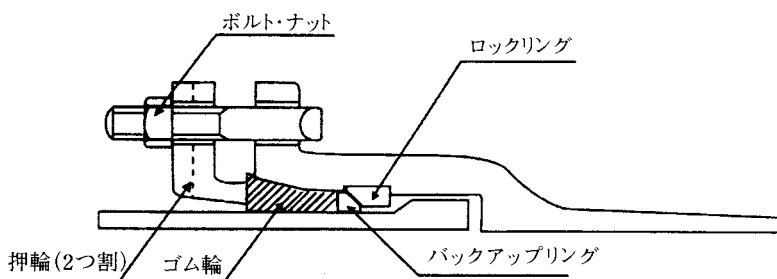


図26 SII形異形管の継手構造(呼び径75~450)

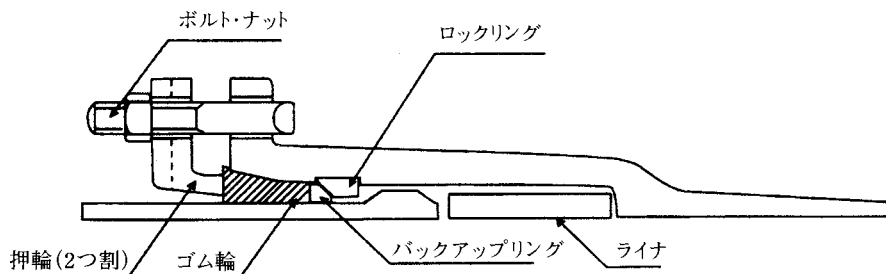


図27 ライナを使用したSII形直管の継手構造(呼び径75~450)

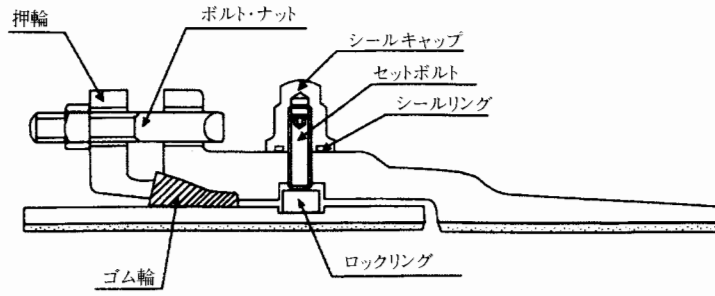


図28 KF形の継手構造(呼び径300~900)

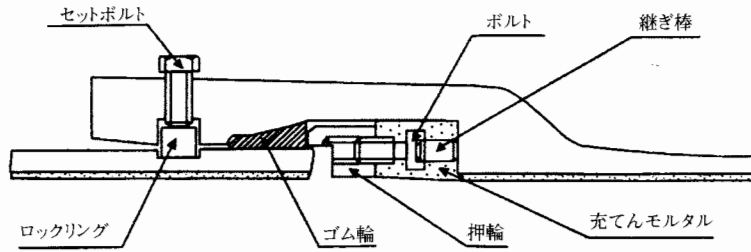


図29 UF形の継手構造(呼び径700~2600)

(2) 離脱防止継手を用いた管路の一体化長さの計算方法

① 基本的な考え方

水平曲管部を例として、基本的な考え方を説明する。

曲管部に不平均力 P が作用すると、左右対称なので一つの継手には不平均力 $P/2$ が作用することになる。また、曲管と一体化された直管部には、図30に示すように管背面の地盤から反力 q および管と地盤の摩擦力 f が作用し、曲管部は不平均力 P の方向に δ だけ移動する。なお曲管部に作用する土圧や曲管の変形は無視する。

継手部に作用する力の管軸直角方向成分を P_1 、管軸方向成分を P_2 とすると、 P_1 と P_2 が不平均力 $P/2$ と釣り合い P_2 は摩擦力 f と釣り合い、一体化された直管部は弾性床土上の梁として計算できる。この時、継手部の曲げモーメント M が離脱防止継手の限界曲げモーメント M_0 に対して2.5以上の安全率を有し、かつ曲管部の移動量 δ が許容移動量 δ_0 以下となるように一体化長さ l が決定される。

なお、一般的な設計条件下で使用されるNS形、SⅡ形管路の曲管部とT字管部について呼び径75～250については平成15年度から、呼び径300～450については平成18年度から一体化長さの計算方法が変更されている。これは、中大口径管路に比べて延長が長く、施工時の配管変更が頻繁に行われる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る。

詳細については、「NS形・SⅡ形・S形ダクタイル鉄管の設計(JDPA T 35)」参照のこと。

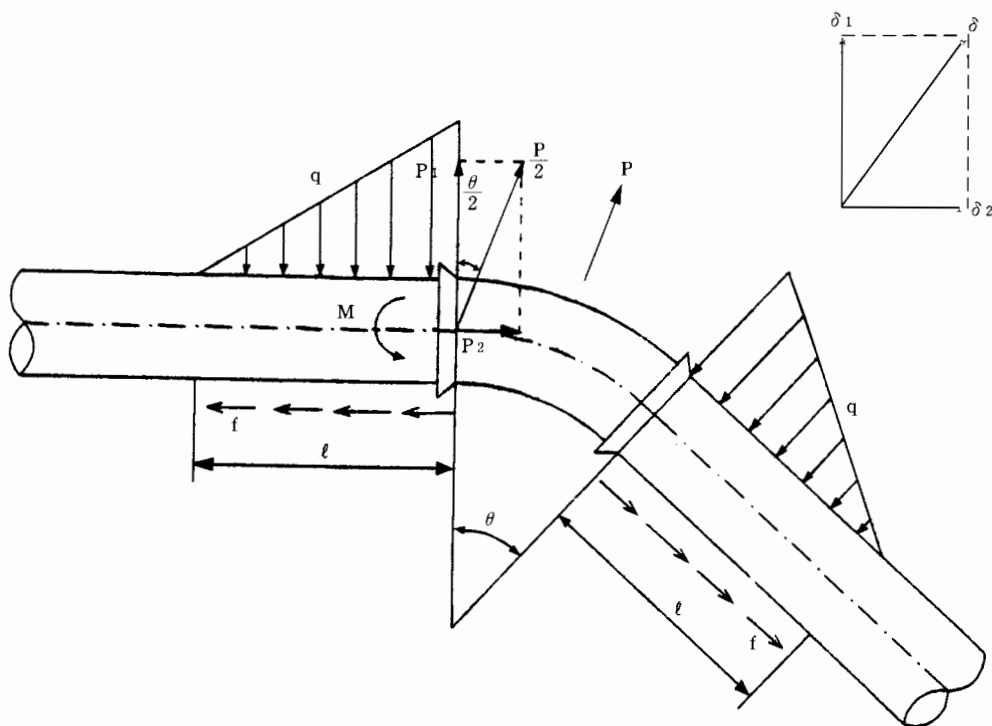
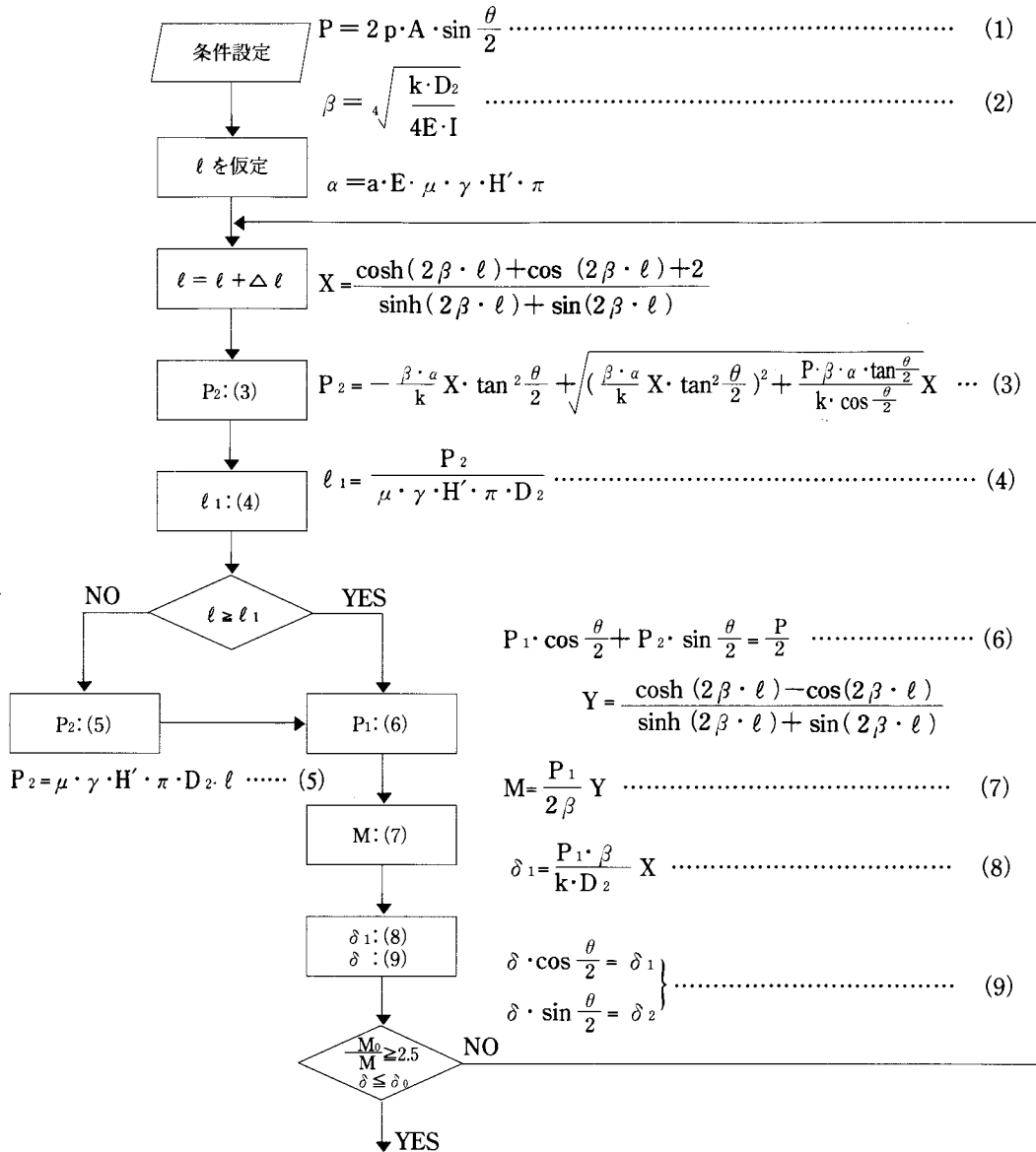


図30 曲管部に作用する力

② 水平曲管部の一体化長さの計算手順

図31に一体化長さの計算手順を示す。



計算の手順

- ① (1)式により不平均力 P を求める。
- ② l を仮定し、(3)式より軸力 P_2 を求め、(4)式より有力長 l_1 を求める。
- ③ $l \geq l_1$ の場合は、(6)式より横力 P_1 を求める。
- ④ $l < l_1$ の場合は、改めて(5)式より P_2 を求め、(6)式より P_1 を求める。
- ⑤ (7)式より曲げモーメント M を求める。
- ⑥ (8)式および(9)式より異形管部の移動量 δ を求める。
- ⑦ M の安全率が 2.5 以上かつ $\delta \leq \delta_0$ であるかどうかをチェックし、満足していない場合はもう一度①～⑥の計算を繰り返し、⑦の条件を満足するまで繰り返し計算を行う。

図31 計算手順

ここに、

- P : 曲管に働く不平均力 (kN)
- p : 設計水圧 (kN/m²) (=10⁻³MPa)
- θ : 曲管の曲がり角 (度)
- A : 管断面積 (m²)
- k : 地盤反力係数 (kN/m³)
- D₂ : 管外径 (m)
- E : ダクタイル 鋳鉄の弾性係数 (1.6×10⁸ kN/m²)
- I : 管鉄部の断面2次モーメント (m⁴) [$I = \frac{\pi}{64}(D_2^4 - D_1^4)$]
- D₁ : 管内径 (m)
- a : 管鉄部の断面積 (m²) [$a = \frac{\pi}{4}(D_2^2 - D_1^2)$]
- μ : 土と管との摩擦係数
- γ : 埋戻し土の単位体積重量 (kN/m³)
- H' : 有効土かぶり (m) [$H' = H + \frac{D_2}{2}$]
- H : 土かぶり (m)
- ℓ : 片側の一体化長さ (m)
- M₀ : 離脱防止継手の限界 曲げモーメント (kN・m)
- M : 継手に発生する曲げモーメント (kN・m)

(3) 異形管部の許容移動量

表20にNS形、SⅡ形、KF形およびUF形異形管部の許容移動量を示す。

表20 異形管部の許容移動量

接合形式	許容移動量 δ_0 (mm)
NS形(呼び径75~450) SⅡ形	10
NS形(呼び径500~1000) KF形 UF形	20

(4) 離脱防止継手の限界曲げモーメントおよび限界水圧

表21に離脱防止継手の限界曲げモーメント M_0 と限界水圧 P_0 を示す。

表21 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 $M_0^{1)}$ ($kN \cdot m$)				限界水圧 $P_0^{2)}$ (MPa)
	NS形	SII形	KF形	UF形	KF形、UF形
75	4.4	8.8	—	—	—
100	7.4	15	—	—	—
150	17	34	—	—	—
200	24	59	—	—	—
250	35	88	—	—	—
300	64	130	130	—	7.5
350	81	160	160	—	7.5
400	130	220	220	—	7.5
450	170	280	280	—	7.5
500	360	—	360	—	7.5
600	540	—	540	—	7.5
700	820	—	820	820	7.5
800	1180	—	1180	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。

呼び径1000以上の場合の限界曲げモーメントは $M_0 \sqrt{1 - \frac{p}{P_0}}$ (p :設計水圧、 P_0 :限界水圧)とする。

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。

3.7.3 防護コンクリート

(1) 一般事項

不平均力による管の移動を防止するために、コンクリートで防護する時は、次の点に注意することが必要である。

- ① コンクリートは、管の継手部を抱き込んで一体化するように打つので、強度が必要である。防護工の形状など、場合によっては鉄筋を使用する。
- ② コンクリートの背面の土質が悪い場合は、埋戻し土を砂で入れ替えるなどして、支持力を増大させるようにする。

(2) 防護コンクリートの設計

① 水平に不平均力がかかる場合

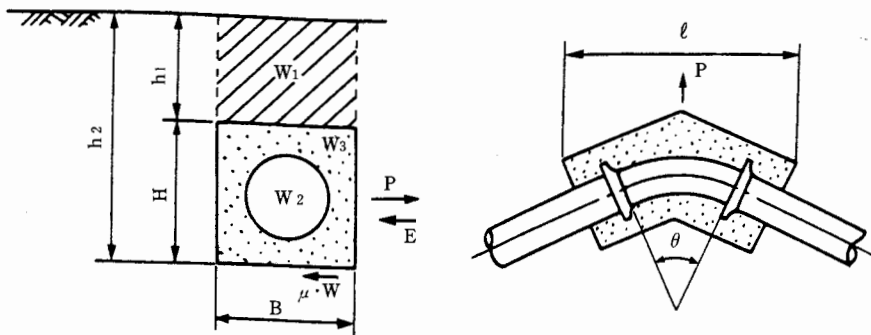


図32 水平曲管部の場合

次式の条件を満足するように計算する。

$$P = 2p \cdot A \cdot \sin \frac{\theta}{2} < \frac{\mu \cdot W + E}{S_f}$$

$$W = W_1 + W_2 + W_3$$

$$E = \frac{1}{2} C_e \cdot \gamma (h_2^2 - h_1^2) \ell$$

$$C_e = \tan^2(45^\circ + \frac{\phi}{2})$$

ここに、

P : 曲管部の不平均力 (kN)

p : 設計水圧 (kN/m² (=10⁻³MPa))

A : 管断面積 (m²)

θ : 曲管の角度 (°)

$\mu \cdot W$: コンクリート底面と土との摩擦抵抗力 (kN)

μ : コンクリートと土の摩擦抵抗係数

W : コンクリートの底面にかかる総重量 (kN)

W_1 : 土かぶりによる荷重 (kN)

W_2 : 管および水の重量 (kN)

W_3 : コンクリートの重量 (kN)

- E :コンクリート背面の受働土圧抵抗力 (kN)
- C_e :受働土圧係数
- γ :土の単位体積重量 (kN/m³)
- h_1 :土かぶり (m)
- h_2 :コンクリート底面高 (m)
- ℓ :コンクリート背面の投影長 (m)
- ϕ :土の内部摩擦角 (°)
- S_f :安全率(1.5程度とする)

② 垂直上向きに不平均力がかかる場合

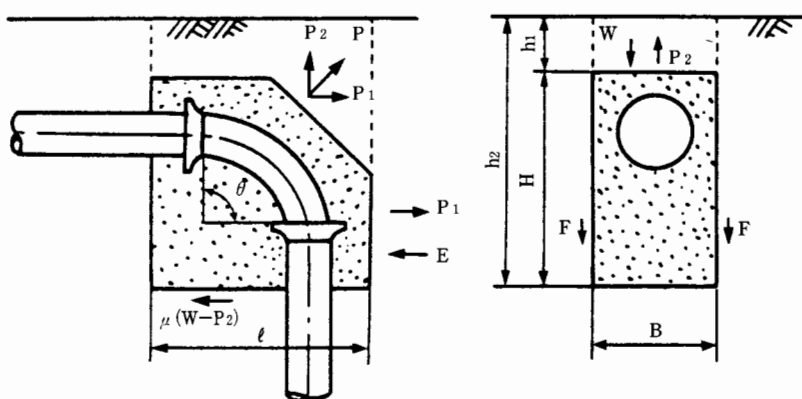


図33 垂直曲管部(上向き)の場合

水平分力および垂直分力は、次式により求める。

$$P_1 = P \cdot \sin \frac{\theta}{2} < \frac{\mu(W - P_2) + E}{S_f}$$

$$P_2 = P \cdot \cos \frac{\theta}{2} < \frac{W + F}{S_f}$$

$$F = \frac{1}{2} C_e' \cdot \gamma (h_2^2 - h_1^2) \cdot 2(B + \ell) \mu$$

$$C_e' = \tan^2(45^\circ - \frac{\phi}{2})$$

ここに、

- P_1 :不平均力Pの水平分力 (kN)
- P_2 :不平均力Pの垂直分力 (kN)
- $\mu(W - P_2)$:コンクリート底面と土との摩擦抵抗力 (kN)
- F :コンクリート側面の主働土圧による摩擦抵抗力 (kN)
- C_e' :主働土圧係数
- B :コンクリートの幅 (m)
- ℓ :コンクリートの長さ (m)

③ 垂直下向きに不平均力がかかる場合

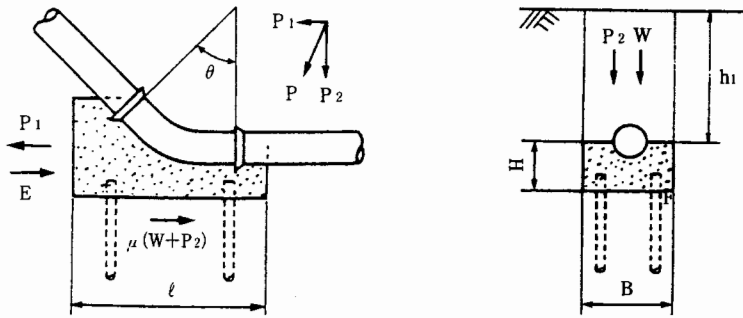


図34 垂直曲管部(下向き)の場合

水平分力および垂直分力は、次式により求める。

$$P_1 = P \cdot \sin \frac{\theta}{2} < \frac{\mu (W + P_2) + E}{S_f}$$

$$P_2 = P \cdot \cos \frac{\theta}{2}$$

$$\frac{W + P_2}{B \cdot \ell} < \sigma$$

ここに、

σ : 地耐力 (kN/m²)

地耐力が不足する場合は、基礎ぐいを用いる。

3.8 軟弱地盤配管

3.8.1 配管設計の手順

軟弱地盤では地盤沈下が発生するため、軟弱地盤に配管する場合には、地盤の状況に応じて、工事上の対策を十分に検討し、それに適した管種および工法を用いる必要がある。図35に設計手順を示す。

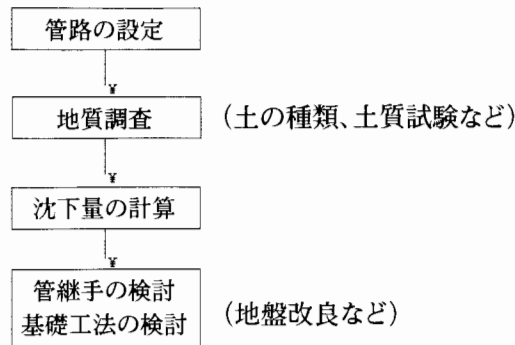


図35 軟弱地盤配管設計の手順

3.8.2 沈下量の計算

(1) 沈下量の計算式

管の重量、管内水重および埋め戻し土圧などを考慮し、管底部での土圧増加分を計算して沈下量を推定する。

沈下量の計算式としては次の3種類がある。

$$\delta = \frac{e_0 - e}{1 + e_0} H \dots\dots\dots (1)$$

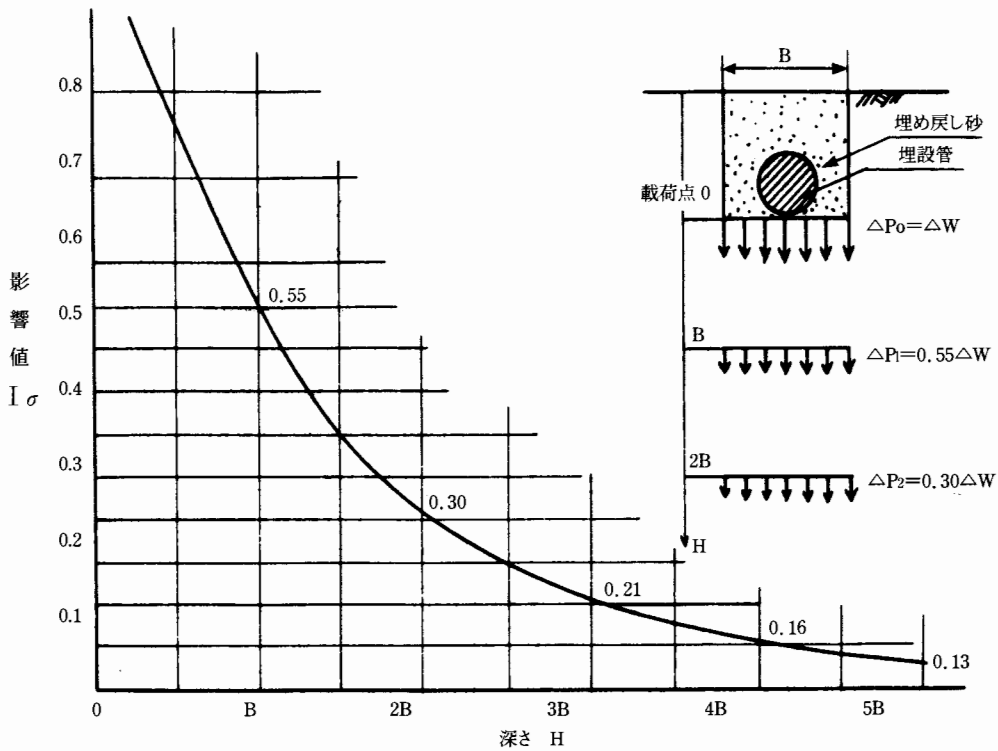
$$\delta = m_v \cdot \Delta P \cdot H \dots\dots\dots (2)$$

$$\delta = \frac{C_c}{1 + e_0} H \cdot \log \frac{P + \Delta P}{P} \dots\dots\dots (3)$$

$$\Delta P = I_\sigma \cdot \Delta W$$

ここに、

- δ : 圧密沈下量 (m)
- e_0 : 原地盤の初期間隙比
- e : 載荷後の間隙比
- H : 圧密される層の厚さ (m)
- m_v : 土の体積変化率(体積圧縮係数) (m^2/kN)
- C_c : 土の圧縮指数
- P : 原地盤の先行荷重 (kN/m^2)
- ΔP : 各層での増加荷重 (kN/m^2)
- I_σ : 深さによる影響値
- ΔW : 載荷点の増加荷重 (kN/m^2)



(出典:基礎工学ハンドブック)

図36 深さによる影響値 I_σ

表22 体積変化率 m_v の値(例)

地盤の種類	m_v の値 (m^2/kN)
密な砂	$2 \times 10^{-5} \sim 5 \times 10^{-5}$
ゆるい砂	$10 \times 10^{-5} \sim 20 \times 10^{-5}$
過密粘土	$5 \times 10^{-5} \sim 8 \times 10^{-5}$
普通の粘土	$50 \times 10^{-5} \sim 80 \times 10^{-5}$
腐植土を含むゆるい砂、粘土	$100 \times 10^{-5} \sim 300 \times 10^{-5}$
腐植土	$300 \times 10^{-5} \sim 700 \times 10^{-5}$

(2) 計算例

軟弱地盤に管を埋設した場合の沈下量の推定を式(2)で行った計算例を次に示す。

① 計算条件

管 種：呼び径1000ダクタイル鉄管(2種管)

地 盤：図 37 に示す。

埋設条件：同上

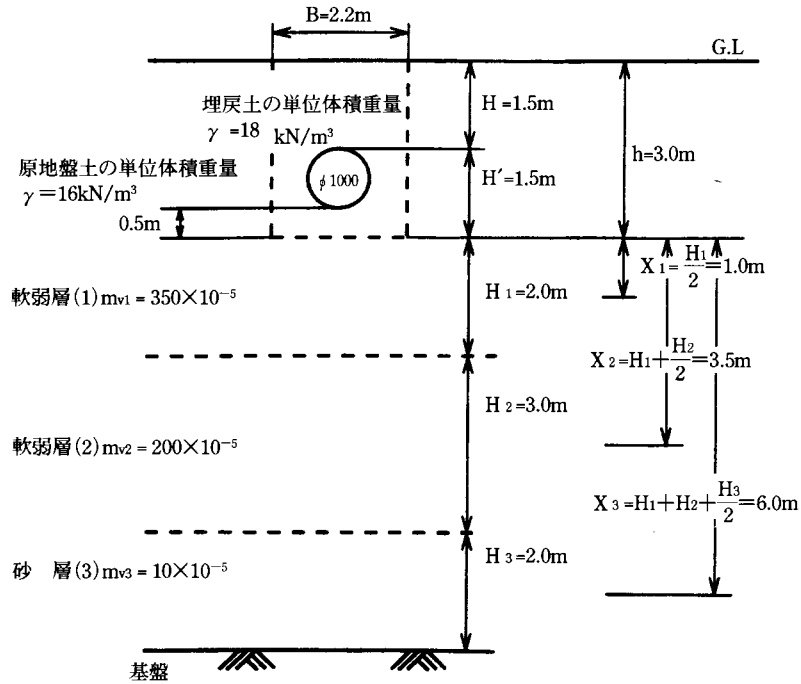


図37 管埋設状況と地盤条件

② 計算例

掘削土の重量 (W_1)

$$W_1 = \text{掘削幅} \times \text{掘削深さ} \times \text{原地盤土の単位体積重量} = 2.2 \times 3.0 \times 16 = 105.6 \text{ kN/m}$$

埋戻土の重量 (W_2)

$$W_2 = (\text{掘削幅} \times \text{掘削深さ} - \text{管の断面積}) \times \text{埋戻土の単位体積重量}$$

$$= (2.2 \times 3.0 - \frac{\pi}{4} \times 1.041^2) \times 18 = 103.5 \text{ kN/m}$$

管と管内水の重量 (W_3)

$$W_3 = \text{管重} + \text{管内水重}$$

$$= 4.2 + 7.6 = 11.8 \text{ kN/m}$$

したがって、

掘削底面での単位長さ当たりの増加荷重 ΔW_0 は

$$\begin{aligned}\Delta W_0 &= W_2 + W_3 - W_1 \\ &= 103.5 + 11.8 - 105.6 = 9.7 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

単位面積当たりの増加荷重 ΔW は

$$\begin{aligned}\Delta W &= \frac{\Delta W_0}{\text{掘削幅}} \\ &= \frac{9.7}{2.2} = 4.4 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

沈下量 δ は下式により計算し、表23のようになる

$$\delta = m_v \cdot \Delta P \cdot H = m_v \cdot I \sigma \cdot \Delta W \cdot H$$

表23 沈下量の計算

層番号	体積変化率 m_v (m^2/kN)	軟弱中心深 X (m)	$\frac{X}{B}$	影響値 $I \sigma$	層厚 H (m)	沈下量 δ (m)
軟弱層(1)	360×10^{-5}	1.0	0.5	0.78	2.0	0.025
軟弱層(2)	200×10^{-5}	3.5	1.6	0.38	3.0	0.010
砂層(3)	10×10^{-5}	6.0	2.7	0.23	2.0	0.000
					合計	0.035

表23により総沈下量は約3.5cmと予想される。

3.8.3 管継手の検討

(1) ダクタイル鉄管管路の地盤沈下に対する順応性

地盤沈下に伴い管路も沈下するがダクタイル鉄管管路は、継手の屈曲によって地盤の動きに順応でき、管体に無理がかからず有利である。

ダクタイル鉄管の継手は可とう性があり、 $1^{\circ} \sim 5^{\circ}$ の許容曲げ角度を持っている。この範囲内では地盤の変位に順応できる。

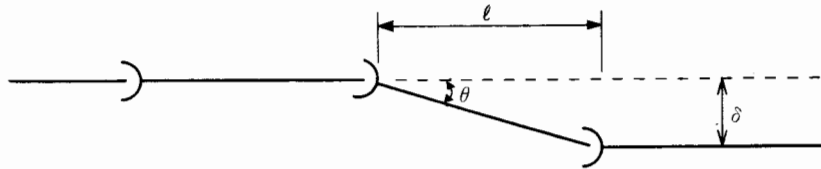


図38 継手の曲げ角度と変位量

上図において、

$$\delta = l \cdot \tan \theta$$

ここに、 l : 管長(m)

θ : 継手の曲げ角度($^{\circ}$)

δ : 変位量(m)

ダクタイル鉄管管路は、図39のような沈下に対しても順応できる。この場合の変位吸収量 δ は次式で計算できる。

$$\delta = l \cdot (2 \tan \theta + 2 \tan 2\theta + 2 \tan 3\theta + \dots + 2 \tan \frac{n-1}{2} \theta + \tan \frac{n+1}{2} \theta)$$

θ : 継手の曲げ角度

n : 最大変位点までの管本数(奇数)

l : 管長

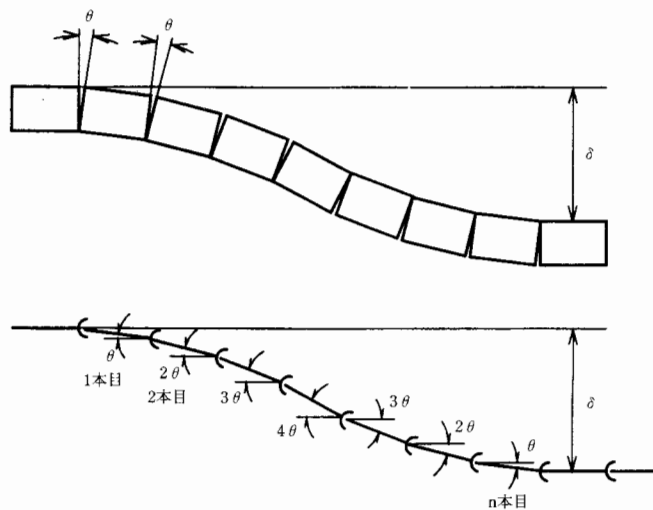


図39 管路の順応性

一例として、管長6mで管路長90mの中央部で順応できる変位吸収量を計算すると表24のようになる。管路の中央部までの本数は $n=7$ となる。

表24 順応しうる沈下量の例

曲げ角 θ	30'	1°	1°30'	2°
沈下量 δ (m)	0.84	1.68	2.52	3.36

特に大きな地盤変状が予想される場合は、伸縮可とう性と離脱防止機構を備えたNS形、SII形、S形管による鎖構造管路が効果的である。

(2) 配管例

図40に構造物との取り合い部および地盤の急変部での配管例を示す。

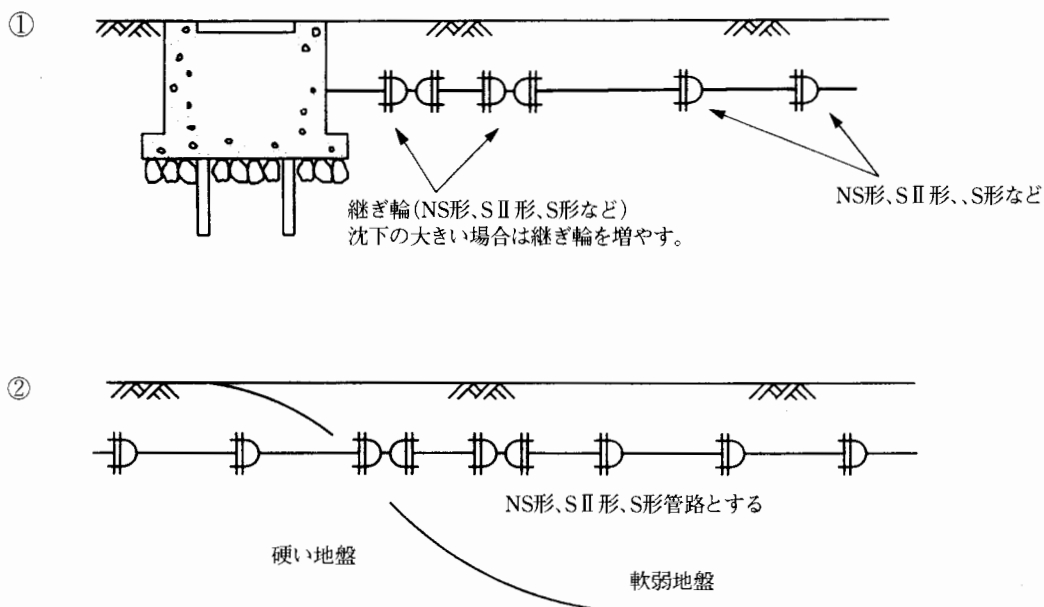


図40 軟弱地盤における配管例

3.8.4 基礎工法の検討

配管工事のための重機が入れないような極軟弱地盤に配管する場合は、

- ① サンドドレーン工法
- ② 土の置き換え工法

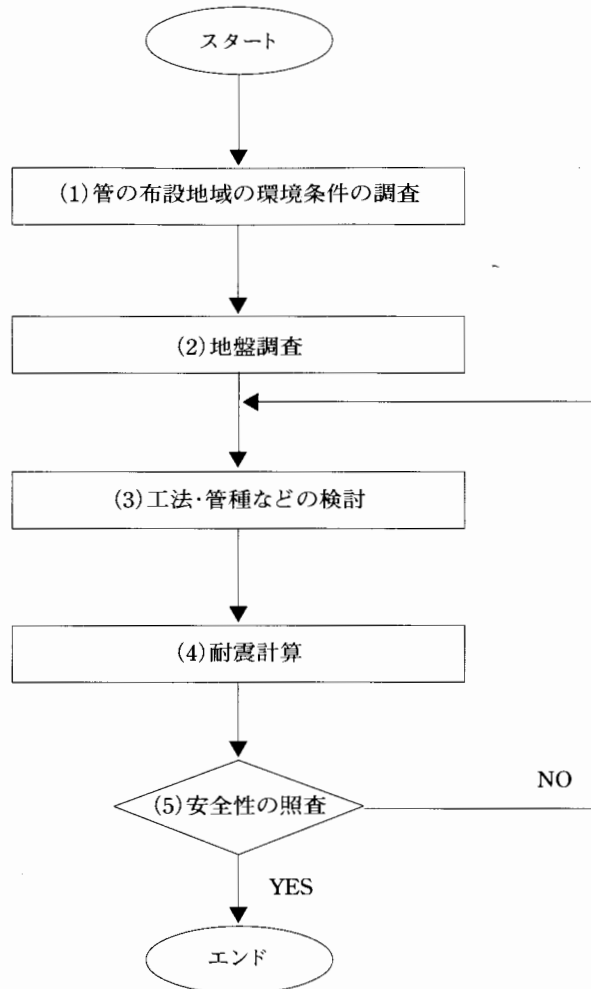
などの抜本的な地盤改良が必要である。

軟弱地盤に対しては、地質調査の結果に基づいて管路の沈下量を推測し、管継手の許容変位内に収まるようであれば、管底以下を管径程度の厚さまで砂利および砂で置き換えることによって、管路の沈下を滑らかにすることができる。

3.9 耐震設計

3.9.1 耐震設計の手順

ダクタイル鉄管管路の耐震設計は、(社)日本水道協会の「水道施設耐震工法指針・解説」(1997年版)に従って行う。図41に耐震設計のフローチャートを示す。



水道施設耐震工法指針・解説(1997年版)より抜粋

図41 耐震設計のフローチャート

(1) 管の布設地域の環境条件の調査

管路の設計を行う場合、まず計画路線全域の地形、地質および土地利用状況などの調査を行う。

(2) 地盤調査

詳細な地盤調査が必要な場合は「水道施設耐震工法指針・解説」(1997年版)に従い、土質調査や地盤の動的調査を行う。

(3) 工法・管種などの決定

① 工法の決定

計画路線の環境条件および地盤条件によって、その路線に最も適した工法を決定する。

② 付属設備の配置

計画路線に必要な遮断用バルブ、制御用バルブ、空気弁、排水設備および分岐などの付属設備を配置して、その構造を決定する。

③ 管厚および継手の決定

布設場所の土地利用状況、地質、管路の構造、施工方法および耐震性を総合的に考慮して、管厚および継手を決定する。

(4) 耐震計算

(社)日本水道協会の「水道施設耐震工法指針・解説」(1997年版)に基づき耐震計算を行う。

(5) 安全性の照査

耐震計算した結果に平常時の影響も加えて安全性を照査する。また、液状化の発生する可能性がある場合には、液状化によって発生する地盤変状に対する安全性も照査する。

3.9.2 耐震性を高める必要のある管路

(社)日本水道協会の「水道施設耐震工法指針・解説」(1997年版)には管路の重要性および地質・地形上の観点から耐震性を高める必要のある管路として次のような管路が挙げられている。

なお、これら耐震性を高める必要のある管路は、同指針にも記述されているように鎖構造管路とするのが望ましい。

(1) 施設の重要性の観点から耐震性を高める管路

- ① 送水管や配水本管などの重要性の高い基幹管路
- ② 給水区域内に位置する避難所、救急病院、応急給水拠点などの被災時の応急対策上重要な施設(ライフ・スポット)に給水ルートとなる管路
- ③ 福祉施設などの災害弱者の施設、さらに清掃工場、発電所、変電所など災害復旧上重要な施設に給水ルートとなる管路

(2) 地質、地形上の観点から耐震性を高める場所(図42参照)

- ① 盛土地盤や例えば沖積層など軟弱地盤などの地盤が不安定な場所
- ② 海岸や旧河川、旧ため池などの埋立地など地震時に大きな地盤変状が生じ、しかも液状化発生のおそれ大きい場所
- ③ 山稜の法肩や法先など地盤の崩壊並びに移動のおそれ大きい場所
- ④ 地質・地形の急変部など地震時に地盤の相対変位が生じるおそれがある場所
- ⑤ 液状化のおそれのある場所
- ⑥ 護岸(海、河川)近傍地盤や傾斜地盤など地震時に大きな地盤変状が生じるおそれがある場所
- ⑦ 活断層の存在が明確に把握されている場所

3.9.3 耐震計算法

(1) 考慮する地震動レベル

耐震計算では、供用期間中に1~2回発生する確率を有する地震動レベル1および大規模なプレート境界地震や内陸の直下型地震動のように発生確率は低いが大きな地震動レベル2を考慮する。なお、地震動レベル1は、従来の「水道施設耐震工法指針・解説」(1979年版)で設定されていた地震動に相当する。

(2) 耐震計算法

耐震計算は地震動レベル1、レベル2ともに、応答変位法により管体に発生する応力を計算する。また、継手部における管軸方向伸縮量および屈曲角度の耐震計算も応答変位法による。計算方法の詳細は省略するが、その手順をフローチャートにして図43に示す。

上記の手順で計算された地震による管体発生応力および継手部伸縮量にそれぞれ常時荷重による値を加算する。常時荷重として、管体発生応力については内圧と自動車荷重を、継手部伸縮量については、内圧、自動車荷重、温度変化および不同沈下を考慮する。

(3) 安全性照査の基本的な考え方

ダクタイル鉄管の地震に対する安全性は、地震動レベル1および地震動レベル2それぞれに計算された管体発生応力がダクタイル鋳鉄の耐力以下であり、継手部伸縮量が設計照査用最大伸び量以下となっているかで照査する。この基本的な考え方をまとめて表25に示す。

ただし、応答変位法による耐震計算は地盤が均一に歪むと想定したものであり、実際の地震時には地盤の不均一性によって局部的に歪みが集中し、計算結果よりも大きくなる場合があるので2倍程度の安全度を見込むのが望ましい。

表25 ダクタイル鉄管管路の安全性照査の基本的考え方

地震動	荷重状態	照査の基準
レベル1	地震動レベル1による荷重 +常時荷重	(管体:弾性域検討) 管体応力 \leq 許容応力(耐力) 継手部伸縮(伸び)量 \leq 設計照査用最大伸縮(伸び)量 ²⁾
レベル2 ¹⁾	地震動レベル2による荷重 +常時荷重	(管体:弾性域検討) 管体応力 \leq 許容応力(耐力) 継手部伸縮(伸び)量 \leq 設計照査用最大伸縮(伸び)量 ²⁾

(水道施設耐震工法指針・解説(1997年版)より抜粋)

注 1)地震動レベル2で照査する場合は、地震動レベル1の場合の基準も満足すること

2)設計照査用最大伸縮(伸び)量は表26を参照のこと

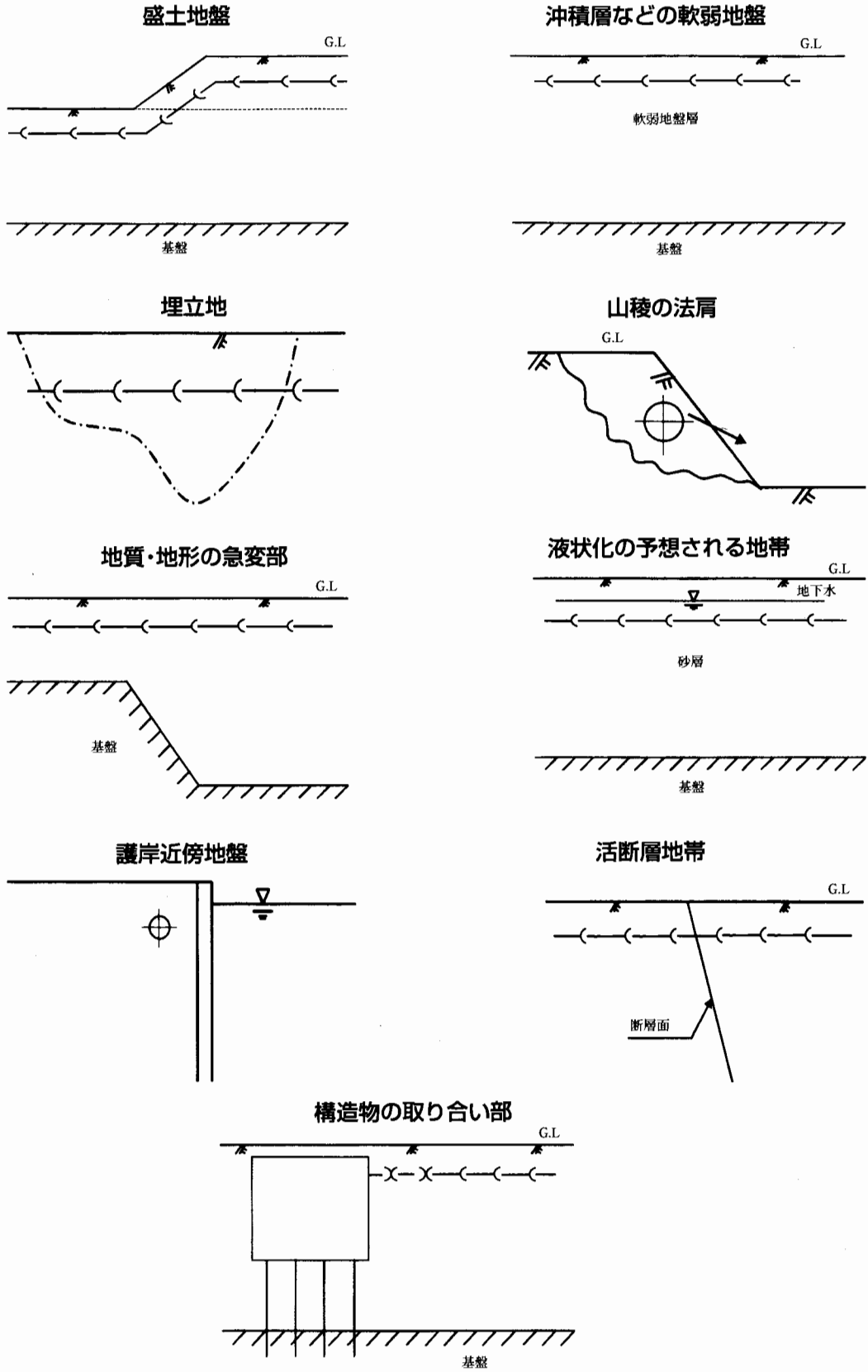
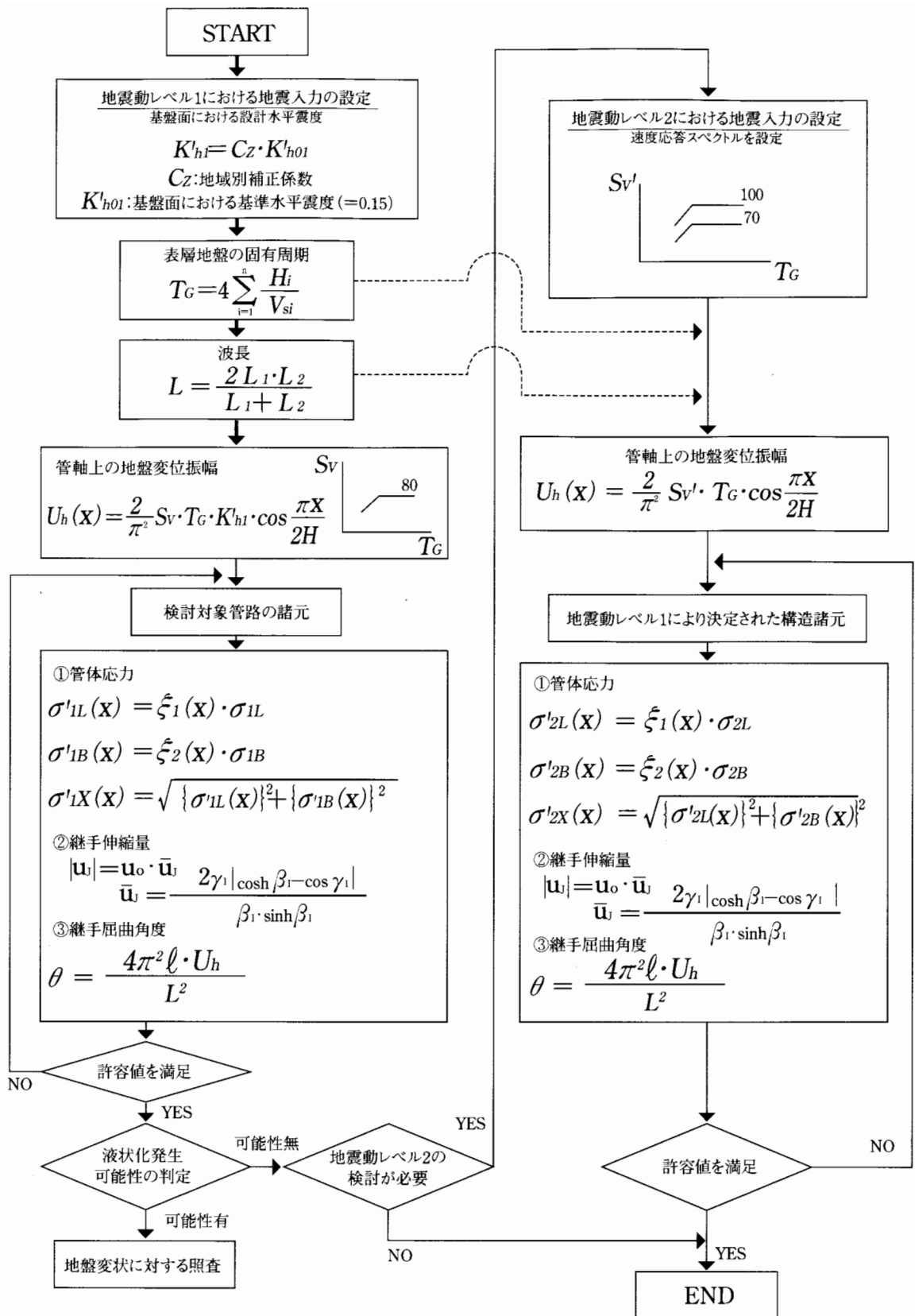


図42 地質・地形上から耐震性を高める必要がある場所



(水道施設耐震工法指針・解説(1997年版)より抜粋)

図43 ダクタイル鉄管管路の耐震計算の手順

表26 設計照査用最大伸縮(伸び)量

単位 mm

接合形式 呼び径	NS形	SⅡ・S形 ¹⁾	K形	T形	U形
75	±42	±42	31	31	—
100	±41	±41	29	29	—
150	±54	±54	25	25	—
200	±52	±52	20	25	—
250	±50	±51	21	25	—
300	±60	±66	45	28	—
350	±60	±65	32	29	—
400	±60	±63	33	30	—
450	±60	±62	32	31	—
500	±60	±61	33	33	—
600	±60	±61	32	33	—
700	±60	±61	32	32	32
800	±60	±61	32	32	32
900	±60	±60	31	43	31
1000	±60	±61	38	45	33
1100	—	±61	38	57	33
1200	—	±62	39	68	34
1350	—	±60	39	67	40
1500	—	±60	40	78	41
1600	—	±50	41	89	33
1650	—	±50	45	92	34
1800	—	±50	46	97	34
2000	—	±50	51	110	36
2100	—	±51	53	—	39
2200	—	±50	55	—	42
2400	—	±50	60	—	49
2600	—	±50	70	—	67

注 1) 呼び径450以下はSⅡ形、呼び径500以上はS形の値を示す。

3.9.4 液状化が発生が予想される地域での管路設計

(1) 管路の液状化対策

1995年兵庫県南部地震において、埋立て地などの液状化が発生した地域では地盤の亀裂や側方流動など大きな地盤変状が発生し、水道管路は大きな被害を受けた。したがって、管路の耐震化を考える上では液状化対策が重要な課題といえる。

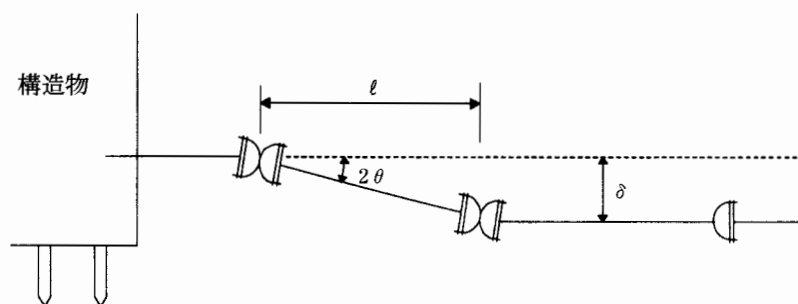
液状化の発生が予想される地域では、「水道施設耐震工法指針・解説」(1997年版)にも記述されているように、ダクタイル鉄管管路の場合には鎖構造管路とするのが望ましい。

(2) 安全性の照査方法

地盤の亀裂や側方流動など大きな地盤変状に対しては、継手の伸縮によって管路が地盤の動きに追従し得るかどうかにより安全性を照査する。

(3) 構造物との取り合い部での管路設計方法

構造物に固定された管路の取り出し部では、地震時に構造物と管路がそれぞれ異なった挙動をし両者に大きな相対変位が生じるために、特に管路設計には注意を要する。このような箇所では、図44に示すように鎖継手の継ぎ輪を2個使用するなどして変位吸収性を高めるのがよい。



$$\delta = l \cdot \tan 2\theta$$

ここに、

δ : 変位吸収量 (m)

l : 管長 (m)

θ : 継手の曲げ角度 (°)

図44 構造物との取り合い部の配管例

3. 10 防食設計

3. 10. 1 外面防食

土壤中に埋設された金属の腐食には、電鉄レール、電気設備などから地中に漏れ出た迷走電流によって起こされる、いわゆる“電食”と、金属体表面に形成される局部電池作用によって、電気化学的な反応として進行する一般的な“自然腐食”とがある。

ここでは、自然腐食を対象として、ダクタイル鉄管が埋設される土壤環境が、腐食性を持っているか否かを測定する方法について解説する。土壤の評価方法としては簡易な見分け方と土壤分析による方法があり、腐食土壤と評価された場合には、ポリエチレンスリーブ法による防食処理を施す。

(1) 簡易な見分け方

一般に次のような所は、腐食土壤といわれている。

- ① 酸性の工場廃液や汚濁河川水などが地下に浸透した所
- ② 海浜地帯や埋立地域など地下水に多量の塩分を含む所
- ③ 硫黄分を含む石炭ガラなどで、盛土や埋立てされた所
- ④ 泥炭地帯
- ⑤ 腐植土、粘土質の土壤
- ⑥ 廃棄物による埋立地域や湖沼の埋立地
- ⑦ 海成粘土など酸性土壤

(2) 土壤分析による評価方法

既設管路で腐食の事例があった場合など、さらに詳細に調査する必要がある時は、機器を用いた測定によって腐食性を評価する。

腐食性因子を個々に測定した後、これらの結果を総合的に評価する方法としては、アメリカ国家規格である表27の基準を適用して判定するのが一般的である。

表27の5項目を現地調査で観察・測定し、それぞれの数値によって点数を付し、その合計点が10点以上になる場合を腐食性土壤と判定できる。

表27 測定項目および点数

項目	測定結果	点数
比抵抗 (Ω -cm)	<1500	10
	1500~1800	8
	1800~2100	5
	2100~2500	2
	2500~3000	1
	3000<	0
pH	0~2	5
	2~4	3
	4~6.5	0
	6.5~7.5	0
	7.5~8.5	0
	8.5<	3
酸化還元電位 (Redox電位) (mV)	100<	0
	50~100	3.5
	0~50	4
	<0	5
水分	排水悪く、常に湿潤	2
	排水良く一般に湿っている	1
	排水良く一般に乾燥している	0
硫化物	検出	3.5
	痕跡	2
	なし	0

備考1. 表に示す測定項目および評価点数は、アメリカ国家規格 ANSI/AWWA C105/A21.5-99による。

2. pH値が6.5~7.5の場合で硫化物が存在し、かつ酸化還元電位が低い場合は3点加算する。

3.10.2 内面防食

一般的にはモルタルライニングで問題ないが、下記のような場所に配管する場合には、内面エポキシ樹脂粉体塗装を用いるのが望ましい。

- ① 地下水を水源とした遊離炭酸を多く含む水や酸性の強い水の場合。
- ② 大規模開発団地などで計画水量に対して供用当初の使用水量が少なく、残留塩素減少やpH上昇に対して対策が必要な場合。

4. ダクトイル鉄管の施工

4.1 管の取り扱いと運搬

4.1.1 一般事項

管の取り扱いについては管の変形、外面塗装の損傷、モルタルライニングのき裂やはく離などを生じさせないように慎重に、かつ、丁寧に扱う。

また、保管中の事故防止のため歯止め、防護柵などを設置する。

4.1.2 管の吊り方

一般にはナイロンスリングによる2点吊りを原則とし、管の重心の位置に注意するとともに、吊り具が外面やライニング部を傷つけないようにクッション材(ゴム板など)を使用する。

また、吊り具は管の質量に合った適正なものを使用する。

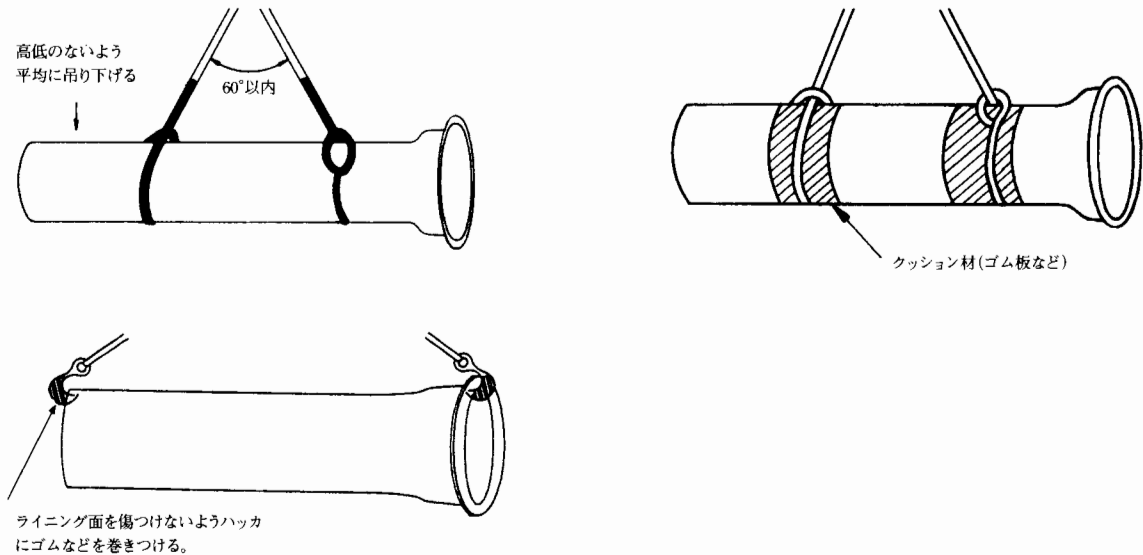


図45 管の吊り方例

4.1.3 配積および配列

(1) 配積方法

- ① 管の下には枕木を敷く。
- ② 受口と挿し口を交互にして積み、受口部で隣の管を傷付けないようにする。
- ③ 両端には、必ず菌止めをする。

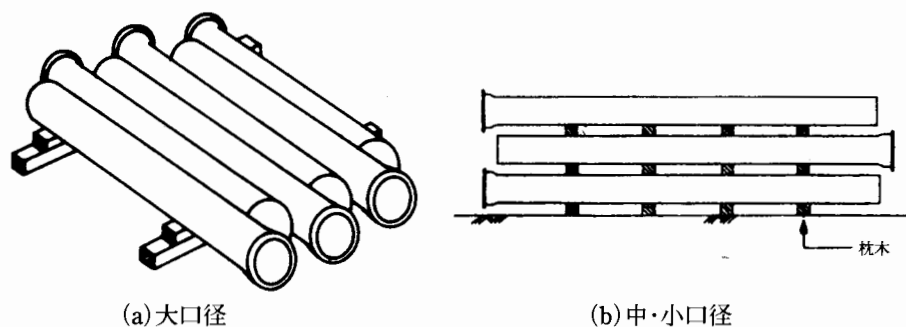


図46 配積方法

(2) モルタルライニング管の許容積重ね段数

モルタルライニング管の許容積重ね段数は表28に示す通りである。

限度以上に積んだ場合は、ライニングのクラックやはく離などの心配があるので注意する必要がある。

表28 モルタルライニング管の許容積重ね段数

呼び径	有効長 (m)	枕木数 (本)	許容積重ね段数(段)			
			1種管	2種管	3種管	4種管
75	4	3	26	—	16	—
100	〃	〃	〃	—	〃	—
150	5	4	25	—	〃	—
200	〃	〃	18	—	11	—
250	〃	〃	13	—	8	—
300	6	5	11	—	〃	—
350	〃	〃	8	—	6	—
400	〃	〃	〃	6	5	—
450	〃	〃	7	〃	〃	—
500	〃	〃	6	5	4	—
600	〃	〃	〃	〃	〃	3
700	〃	〃	5	4	3	〃
800	〃	〃	〃	〃	〃	〃
900	〃	〃	4	3	〃	2
1000	〃	〃	〃	〃	〃	〃
1100	〃	〃	〃	〃	〃	〃
1200	〃	〃	〃	〃	〃	〃
1350	〃	〃	3	2	2	〃
1500	〃	〃	〃	〃	〃	〃

備考 1. 枕木の間隔を1mとした場合の値を示す。

2. 上表はモルタルライニングの変形を考慮して定めたものであり、安全上の観点からの積み重ね高さは別途考慮すること。

4.2 掘削・基礎

4.2.1 掘削

- ① 掘削断面は、埋め戻し時に土砂が管底まで十分に回るように配慮して定める。NS形継手の掘削寸法の例を表29、表30に示す。
- ② 会所掘りは、接合作業を容易にするため、できるだけ余裕を持たせて掘削し、確実な接合作業ができるようにする。
- ③ 一般には、掘削と並行して土留を行うのが原則であり、特に掘削深度が1.5mを越える場合は、切取面がその個所の土質に見合った勾配を保って掘削できる場合を除き、土留工を施すものとする。
- ④ 軟弱な地盤の場合は、矢板の根入れをできるだけ大きくし、水抜きを完全に行うことが必要である。
- ⑤ 掘削中の降雨、湧水などに備えて、排水設備を用意しておくことも必要である。

表29 素掘りの場合のNS形継手の掘削寸法例¹⁾

管径 (mm)	B (m)	DP (m)	D ²⁾ (m)	L ³⁾ (m)
75	0.60	0.60以上	0.30	0.50
100	0.65	"	"	"
150	0.70	"	"	"
200	0.75	"	"	"

- 注 1)「水道事業実務必携(平成17年増補改訂版)」(全国簡易水道協議会)より抜粋
 2)D:会所掘りの掘削深度
 3)L:会所掘りの掘削延長

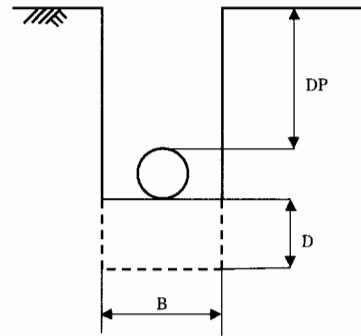
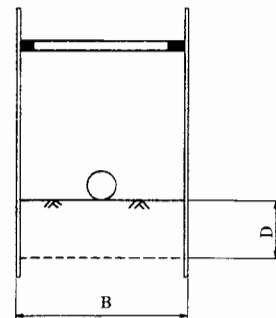


表30 矢板掘りの場合のNS形継手の掘削寸法例¹⁾

管径 (mm)	B ²⁾ (m)	D ³⁾ (m)	L ⁴⁾ (m)	管径 (mm)	B (m)	D (m)	L (m)
75	0.70	0.30	0.50	400	1.05	0.60	0.80
100	0.75	"	"	450	1.10	"	"
150	0.80	"	"	500	1.20	"	"
200	0.85	"	"	600	1.30	"	"
250	0.90	"	"	700	1.55	"	"
300	0.95	"	"	800	1.65	"	"
350	1.00	"	"				

- 注 1)「水道事業実務必携(平成17年増補改訂版)」(全国簡易水道協議会)より抜粋
 2)軽量鋼矢板を使用した場合の掘削幅
 3)D:会所掘りの掘削深度
 4)L:会所掘りの掘削延長



4.2.2 基礎

(1) 普通地盤の場合

一般的には平底溝とし、溝底面は平坦にならし、よく締め固めを行い、管、水重、土圧、上載荷重などを安定して支持できる床をつくる。

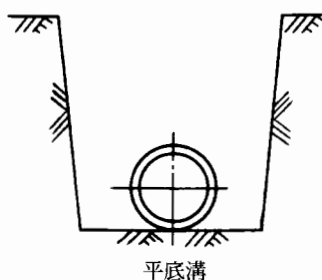


図47 普通地盤の基礎

(2) 岩盤の場合

溝底面に転石や岩石などがあって平坦にすることが困難な場合には、呼び径や地盤などに応じて砂などを20~30cm程度敷きならし、管が岩石などへ直接当たらないようにする。

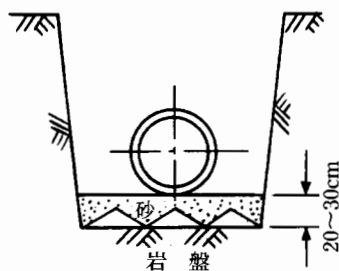


図48 岩盤の基礎

(3) 軟弱地盤の場合

沖積層などの軟弱な地盤では、管の据え付けが困難となるばかりか、将来管路の不同沈下を起こす恐れがある。

したがって、軟弱地盤での基礎はこの両者を考慮した施工が必要である。

- ① 通常、軟弱層が浅い場合の基礎は歩いて沈まない程度に良質の土砂で置き換えるか、土木シートなどを併用した基礎とする。
- ② 軟弱層が深い場合、または配管工事のための重機が入れないような非常に軟弱な地盤では、薬液注入工法、サンドドレーン工法などにより地盤改良を行い、地盤強化をはかることが望ましい。
- ③ 施工に当たっては、湧水などの排水を完全に行い、水位を掘削底面以下に保ち、基礎地盤を乱さないよう施工する。

4.3 配管

- ① 管の吊り込み、据え付けする前にはかならず受口表示マークで接合形式および管種(1種管、2種管など)を確認し、設計図書に定めてある接合形式および管種を使用する。
- ② 管の据え付けに当たっては、管内を十分に清掃し、異物がないことを確認した上でメーカーマークの中心部を管頂にして据え付ける。
このとき水準器、形板、水糸などを使用して管の中心位置および高低を確認すると同時に、管が移動しないように管底、管側を良質の土砂で締め固めるか、または角材などで管をしっかり固定する。
- ③ 軟弱地盤での据え付けには管重および埋め戻し時の土圧による不同沈下を防ぐためにワイヤロープとチェーンブロックを使用して管を吊る。
なお、ワイヤロープは埋め戻し土が十分締め固まったことを確認した後に切断または取りはずす。
- ④ 配管中、既設埋設物と交差または近接する場合は、埋設物の影響を避けるため、少なくとも30cm以上離して配管する。
- ⑤ 直管による曲げ配管は、継手の伸縮量が減少することになるので、原則として避け、屈曲部は曲管を使用することが望ましい。施工上やむを得ず曲げ配管を必要とする場合は、許容の曲げ角度以内で、複数の継手部に分割して曲げ配管を行う。

4.4 継手接合

(1) 一般事項

- ① 継手接合に従事する配管工は、関係機関にてダクタイル鉄管についての技能講習を受講した者、またはダクタイル鉄管の豊富な配管経験を有する者が適当である。
- ② 配管工は、作業着手に当たって継手の形式、構造、接合部品および接合の要点につき熟知しておく。
- ③ 各種継手の接合は、日本ダクタイル鉄管協会が発行している接合要領書に基づいて行い、接合結果をチェックシートに記録する。

(2) 接合の要点

- ① ゴム輪の表裏を間違えないよう形状表示マークを確認して使用する。
- ② 受口および挿し口を入念に清掃し、異物があれば確実に除去する。
- ③ 受口、挿し口、ゴム輪の所定の範囲にダクタイル鉄管継手用滑材を十分に塗布する。
- ④ ボルトの締め付けは、均等に、かつ、数回に分けて行い、ゴム輪の圧縮を均等にする。このときの標準締め付けトルクは表31に示す値とし、トルクレンチで確認する。
- ⑤ T形、NS形の接合には専用器具を使用する。

表31 標準締め付けトルク

呼び径	ボルトの呼び	標準締め付けトルク(N・m)
75	M16	60
100～600	M20	100
700・800	M24	140
900～2600	M30	200

(3) 接合結果の確認事項

主な確認事項は次の通り。

- ① 継手部(受口、挿し口)が清掃されたかどうか。
- ② 滑剤が適正に使用されたかどうか。
- ③ ゴム輪が正しく入っているかどうか。
- ④ メカニカル形式では、ボルトの片締めや締め忘れはないか、また、標準締め付けトルクで締め付けられたかどうか。
- ⑤ 曲げ角度や胴付間隔が、許容値内にあるかどうか。

(4) 他管種との接合

ダクタイル鉄管以外の管種との接合は、それぞれ所定の接合用管を用いて確実にを行う。

4.5 埋め戻し

(1) 埋め戻し土

- ① 原則として塩分の少ない良質な砂を使用する。
- ② 掘削土を埋め戻し土に使用する場合は、粘土塊や転石、木根など異物を除去したものを使用する。

(2) 埋め戻し方法

- ① 埋め戻しは、管および構造物に損傷を与えたり、移動を生じさせないように慎重に施工する。
- ② 管の両側から管底部に十分砂を入れ、片寄って埋め戻しすることなく、両側から均等に埋め戻しする。
- ③ 埋め戻しは数段に分けて行い、各段ごとに十分締め固め(転圧、水締めなど)を行う。

(3) 配管の浮き上がりに対する注意

接合した管を、そのまま埋め戻しせずに放置しておく場合があるが、この場合に管内が空の状態、管の外側の掘削溝に水がたまると管が浮き上がる。

したがって、接合後はできるだけ早く埋め戻しを行う。やむを得ず完全な埋め戻しができない場合には、掘削溝内の排水に万全を期すとともに管内に充水するか、浮き上がり防止のための必要土かぶり(表32)となるまで、埋め戻しを行う。

表32 ダクタイル鉄管が浮上しないための最小土かぶり

単位 cm

呼び径	1種管	2種管	3種管	4種管
75	0	—	0	—
100	0	—	0	—
150	0	—	1	—
200	3	—	7	—
250	9	—	13	—
300	13	—	16	—
350	19	—	22	—
400	22	25	26	—
450	27	30	31	—
500	32	34	36	—
600	39	42	45	46
700	47	50	53	55
800	55	59	62	65
900	63	69	71	74
1000	70	75	79	82
1100	77	84	88	91
1200	85	92	98	102
1350	96	105	110	114
1500	109	117	124	128
1600	114	122	130	134
1650	119	127	135	139
1800	129	140	148	152
2000	147	158	166	173
2100	155	166	175	182
2200	165	177	186	193
2400	177	191	202	209
2600	196	211	223	230

備考 モルタルライニングの重量も考慮してある。

4.6 切管

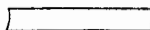
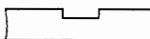
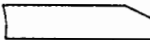

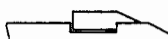
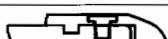
(1) 切用管

- ① 呼び径300以上の切管は切用管を使用するか、切断部の外径または外周を実測し、接合要領書に示す許容範囲内に入っていることを確認してから切管する。切用管には受口側に白線が表示されている。なお、呼び径250以下はすべて切管できる。
- ② 挿し口に溝を加工するNS形(呼び径75~450)、SⅡ形、S形(呼び径1600以下)では、切用管として1種管またはPF種管、NS形(呼び径500~1000)ではS種管を用い、KF形、UF形ではPF種管を用いる。

(2) 切管形状

表33に切管形状を示す。接合形式によって、切断だけするもの、溝加工するもの、さらに切管用挿し口リングを取り付けるものなどがある。

表33 切管形状

接合形式	切管形状	作業項目			
		切断	溝切	テーパ加工	突部形成
K形、U形		○			
KF形、UF形		○	○		
T形		○		○	
NS形(呼び径500~1000) S形、SII形		○	○		○
NS形(呼び径75~450)		○	○	○	○
		○	○		○

(3) 切管時の注意事項

- ① 切り口の鉄部は所定の塗装を行う。
- ② 切管した端部のモルタルライニングまたは内面エポキシ粉体樹脂塗装が損傷した場合には必ず補修用塗料で塗装して補修を行う。
- ③ 異形管は切管してはならない。
- ④ 施工を考えた切管の最小長さは、呼び径と同一か1mのいずれか長い方とする。また、乙切管の最大長さは(有効長-500mm)とする。

(4) 切断機および溝切機

ダクタイル鉄管の切断および溝切りの現場加工については、種々の機械が市販されているので、それぞれの機械の特徴を知り、用途に合った使い分けをする。

4.7 ポリエチレンスリーブの施工

4.7.1 物理的性質

ポリエチレンスリーブの物理的性質は表34による。

表34 ポリエチレンスリーブの物理的性質

試験項目		品 質	
引張試験	引張強さ (MPa)	一般部	30以上
		熱融着部	10以上
	伸び (%)	一般部	600以上
		熱融着部	250以上
引張弾性率 (MPa)	160以下		
衝撃強さ	衝撃に耐えること		
メルトマスフローレート(MFR) (g/10min)	0.2を超え、3.0以下		
密度(23℃) (kg/m³)	901を超え、921以下		

(JWWA K 158による)

4.7.2 ポリエチレンスリーブの施工方法

(1) 施工手順

ポリエチレンスリーブの施工は、日本ダクタイル鉄管協会発行の「ダクタイル鉄管用ポリエチレンスリーブ施工要領書」に基づいて行う。施工方法としては、A法(ポリエチレンスリーブ全長を一体として管に被覆する方法)、B法(ポリエチレンスリーブを2つに切り、直部と継手部に分けて被覆する方法)の2通りがあるが、A法が一般的である。

また、T字管など枝管を有する異形管や弁類などはポリエチレンスリーブを適当に切断または切開いて被覆し粘着テープで固定する。

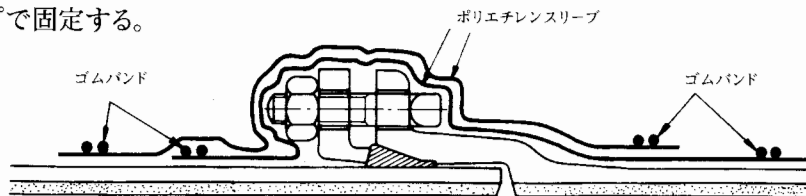


図49 継手部分のポリエチレンスリーブの状況(A法)

(2) 施工上の留意点

- ① ポリエチレンスリーブを傷つけないよう注意する。
- ② 継手部ではポリエチレンスリーブを十分にたるませ、埋め戻しに際してポリエチレンスリーブが接合部の形状に無理なくなじみ、損傷しないよう配慮しておく必要がある。
- ③ ポリエチレンスリーブは管に密着させ、ゴムバンドや粘着テープで固定することにより、ポリエチレンスリーブと管との間へ地下水ができるだけ浸入しないようにする。仮に地下水が入っても移動しにくいようにしておく。
- ④ ポリエチレンスリーブに損傷、または使用上有害な欠陥が生じた場合は、別のポリエチレンスリーブを用いて補修する。
- ⑤ 埋め戻しは、ポリエチレンスリーブに損傷を与えないように、大きな石などを含まない良質の埋め戻し土により行う。

4.8 管路の通水および検査

4.8.1 通水(水張り)および洗管

- ① 通水に当たっては、短時間に多量の空気を排出することになるので、事前に空気弁をよく点検する。
- ② 空気弁のない小口径管路では、比較的高所にある消火栓で排気を行う。
- ③ バルブは徐々に開く。大口径バルブでは、まずバイパス弁を開いて通水する。
- ④ 通水作業中は必ず管路をパトロールし、異常の有無、排気状態を確認しながら通水する。
- ⑤ 洗管に当たっては、小口径管路では消火栓や管末端に取り付けた排水口を通じて、また、大口径管路では、排水管を通じ、少なくとも1m/秒以上の流速で排水する。
- ⑥ 短時間に多量の水が流出するので、排水場所の容量、放流河川の水質への影響など事前によく調査検討し、必要であれば対策を講じておかなければならない。
- ⑦ 洗管排水が終わったら配水管では原則として消毒を行う。薬品としては、液体塩素、さらし粉、次亜塩素酸ナトリウムなどがあるが、作業性や安全性などの面から次亜塩素酸ナトリウムが多く使用されている。

4.8.2 管路の検査

配管中または配管後の管路の検査としては、

- ① 継手接合時の作業検査(チェックシートによる作業点検)
- ② 管路水圧試験(小口径管路)
- ③ 継手部の水圧テストバンドによる水圧試験(大口径管路)

が行われている。水圧の代わりに空気圧で試験を行うと、管が吹き飛ばされる恐れがあるため決して行ってはならない。

ここでは管路水圧試験および水圧テストバンドによる継手部の水圧試験について述べる。

(1) 管路水圧試験

- ① 試験実施区間はバルブ、フランジふた、栓などで仕切るとともに空気弁などで十分排気できる構造とする。
- ② 試験は、防護コンクリートの養生が完了し、設計強度が期待できるようになってから実施する。
- ③ 充水は、原則として管路の低い方から行う。この際、急激に充水すると管路内の空気圧の上昇で思わぬ事故を招くこともあるので、排気状態を確認しながら注意して充水する。
- ④ 水圧試験は、管路内の残留空気を排除するために、充水後一昼夜程度経過してから行う。
- ⑤ 試験水圧は設計で採用されている水圧を最大とし、管路の使用水圧、付属設備の状況などを考慮して適切な数値を設定する。
- ⑥ 水圧を所定時間保持させ、この間、管路の異常の有無および圧力変化を記録する。
一般に管路の水圧試験の場合の圧力は、モルタルライニングへの吸水、残留空気の溶存・溶解、異形管部の微移動などの要因により、管路に漏えいがなくとも初期圧力から30%程度低下することもある。この場合、再度試験水圧を負荷し、所定時間保持する。
- ⑦ 所定時間経過後、管路に異常がなく、また、急激な圧力降下が生じなければ合格とする。

(2) 継手部の水圧テストバンドによる水圧試験

大口径管路については、充水・排水および工区内の管路構造上の制約から、管路水圧試験の実施が困難となる場合が多い。したがって、管内部からテストバンド(図50)を用い、継手部のみ水圧を負荷して施工の不備がないかを確認する。

通常は水圧0.5MPaを負荷して5分間経過後に0.4MPa以上保持すれば合格とする(「水道施設設計指針」より)。

試験水圧を高くすると、モルタルライニングと管体鉄部との間に水が浸透し、圧力保持がしにくい。万一テストバンドからの漏えいまたはモルタルライニング部への水の浸透が認められないにもかかわらず、水圧が上がらない時または圧力保持中急激な圧力変化が生じた場合は、テストバンドを取りはずし、継手部を点検後再試験を行う。

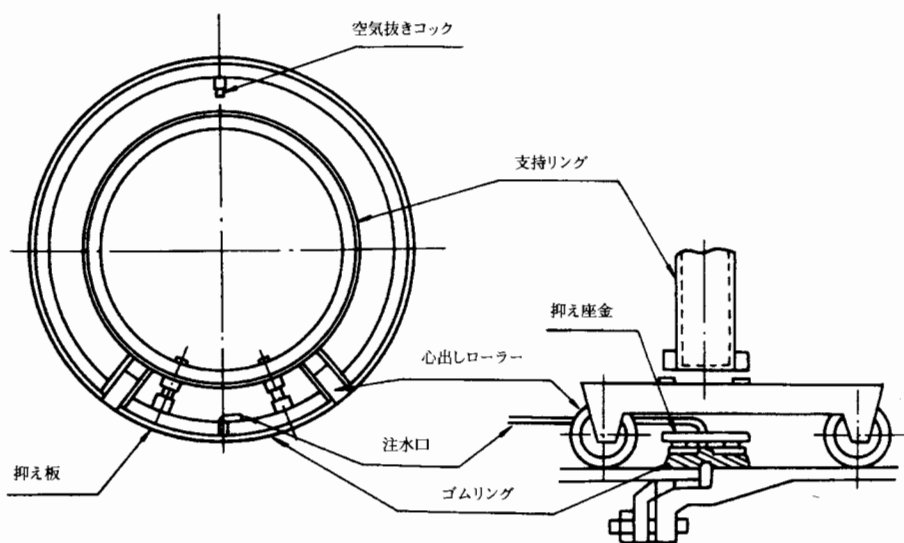


図50 テストバンドの例

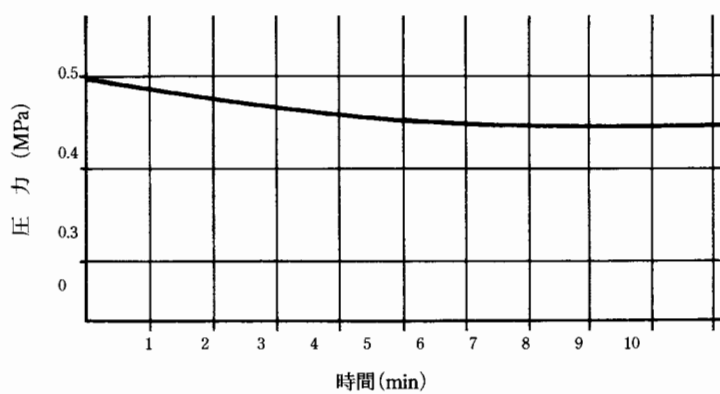


図51 圧力変化

5. 非開削工法

5.1 推進工法

5.1.1 推進工法用管の種類

推進工法用ダクタイル鉄管は表35および図52に示すT形、U形、UF形、およびUS形の4種類がある。これらは、いずれも推進抵抗を小さくするために管外面が受口凸部の外径と同じになるように鉄筋コンクリートで外装したものである。

(1) T形推進管

T形直管を鉄筋コンクリートで外装したもので、推力の伝達は挿し口部に溶接したフランジと受口端部とで行う。推進完了後は、柔構造管路となり、ある程度の地盤の動きに順応できる。

適用呼び径は250～700である。

(2) U形推進管

U形直管を鉄筋コンクリートで外装したもので、推力の伝達は挿し口部に溶接したフランジと受口端部とで行う。推進完了後は、柔構造管路となり、ある程度の地盤の動きに順応できる。現在推進工法用管としてもっとも多く用いられている。

適用呼び径は800～2600である。

(3) UF形推進管

UF形直管を鉄筋コンクリートで外装したもので、推力の伝達は受口、挿し口の溝とロックリングの掛け合わせにより行う。推進完了後は、剛構造継手となる。

適用呼び径はU形と同じ800～2600である。

(4) US形推進管

US形直管を鉄筋コンクリートで外装したもので、推力の伝達は挿し口部に溶接したフランジと受口端部とで行う。推進完了後は、鎖構造管路となり、優れた耐震性能を有する。

適用呼び径は800～2600である。

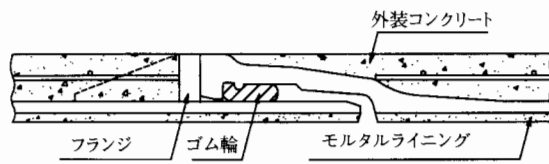
表35 推進工法用ダクタイル鉄管

接合形式	呼び径	管長(m)	管種
T形	250～700	4, 6 ¹⁾	1～5 ²⁾ 種
U形	800～1500	4, 6	1～5種
	1600～2200	4, 5	
	2400・2600	4	
UF形	800～1500	4, 6	PF種
	1600～2200	4, 5	
	2400・2600	4	
US形	800～1500	4, 6	1～4種
	1600～2200	4, 5	
	2400・2600	4	

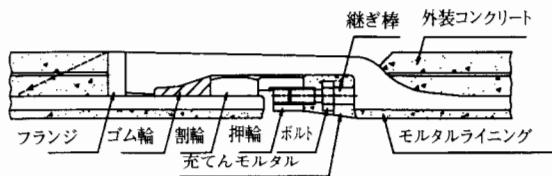
注 1) T形呼び径250は管長4mと5m。

2) 呼び径により異なる。

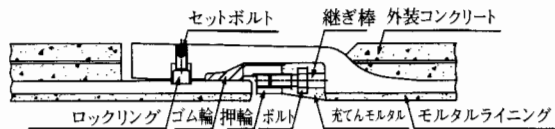
T形推進管



U形推進管



UF形推進管



US形推進管

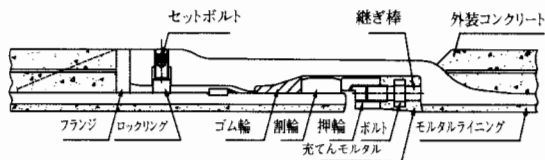


図52 推進工法用ダクタイル鉄管

5.1.2 施工

(1) 事前調査

- ① 施工上の安全確保のため、試験掘りなどにより水道管、下水道管、ガス管、電力ケーブル管、電話ケーブル管などの埋設位置を確実に把握する。
- ② 土質調査により砂層、砂れき層、地下水位、湧水の程度、推進に支障となる障害物や玉石類の有無などを調べる。また、施工上、地盤改良が必要であるかどうかあるいは湧水処理にウェルポイント工法を採用するかまたは他の方法をとるか、その規模・範囲をどのようにするかなどを検討する。
- ③ 工事区域の環境を調査し、発進坑・到達坑の位置の選定、諸機械の設置位置、湧水の排除方法、掘削土砂の搬出方法、管の仮置場などを検討する。

(2) 施工手順

刃口推進の場合の施工手順を以下に示す。

- ① 発進坑を所定の位置に設ける。立坑は工事期間中全作業を行う場所であるから土留工は強固に、しかも支保工が作業の障害とならないようにし、管の吊りおろしにも十分なスペースを有する大ききとする。
- ② 推進時の反力を受けるのに必要な厚さの支圧壁を立坑後方壁面に設ける。支圧壁は一般には無筋コンクリートを打設したものとするが、小規模のものでは、鋼矢板・尺角材などを用いることもある。
- ③ 発進立坑の底面に管押し込みの推進台を設け、方向・こう配の狂いのないよう正確に据え、ジャッキで1ストロークずつ推進する。
- ④ 掘削は、先掘りをしてはならない。刃口が地山に食い込んでさや管内へ崩れてきた土を搬出する。先掘りは、地山をいためるだけでなく陥没事故を起こすことになるので行ってはならない。
- ⑤ 土砂の管外排出は、ベルトコンベアまたはウインチで引張るトロが使用されるが、いずれも管内面を傷つけないようにする。
- ⑥ 推進管が所定の計画線上を正確に推進されているかどうかを絶えず監視し、計画線はずれた場合は、できるだけ早く方向修正を行う。方向修正は、先導管で行うのが普通である。その構造によって異なるが、一例を挙げれば図53の通りである。
- ⑦ 推進が完了すると、到達立坑で刃口をはずす。
- ⑧ 管の周囲にすき間を生じた時は、管内より適当な間隔で土かぶりに応じた圧力で裏込め注入を行う。このため、推進管には、グラウト用の注入孔を取り付けておくのが望ましい。

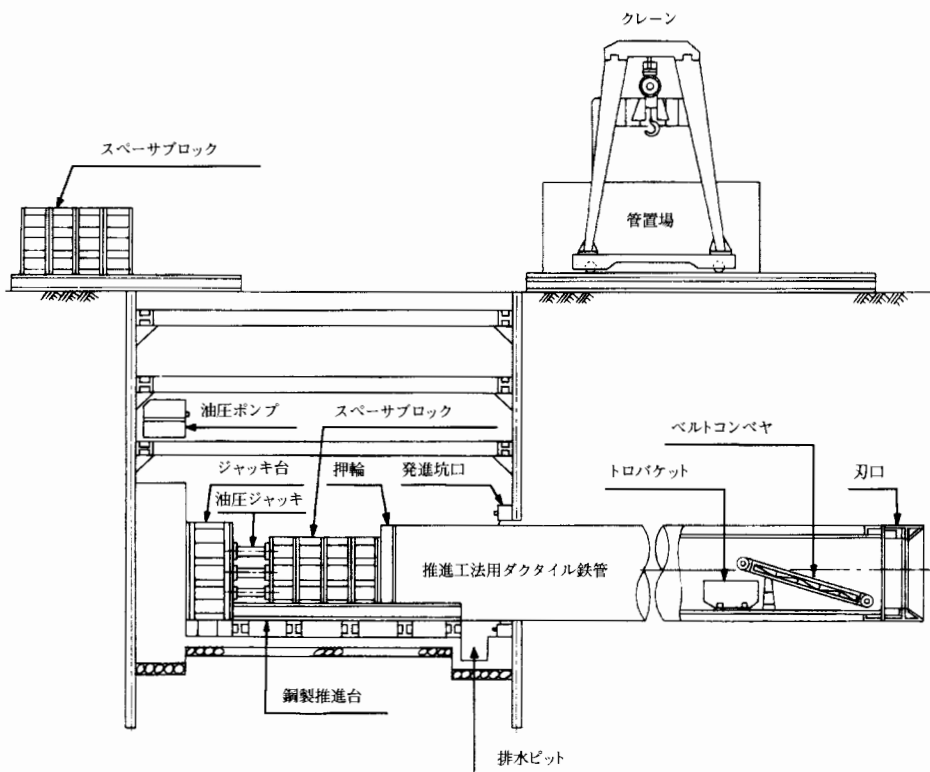


図53 推進坑内レイアウトの例

5.1.3 中間スリーブ工法(中押し工法)

ダクタイル鉄管を用いて長距離を推進する必要がある場合、呼び径1000以上の推進管路では、配管途中にU形中間スリーブ管を用いる。この方法によれば、途中の立坑を省略することができる。

(1) U形中間スリーブ管の構造

図54に、中間スリーブ管の構造を示す。挿し口管と受口管の2つからなり、挿し口管と受口管は、差し込み形式でスライドする構造になっている。

挿し口管の一端が、推進管の受口に接合でき、しかも推力を伝達できるフランジが取り付けられている。一方、受口管は、U形継手の受口を2ヶ所持ち、一端は推進管挿し口と接合し、他端は推進工事完了後、挿し口管と接合する構造になっている。

中押しジャッキは、挿し口管と受口管の間に固定し、中押しジャッキを操作すれば挿し口管が前に進むようになっている。ただし、中間スリーブ管による方向修正を行ってはならない。

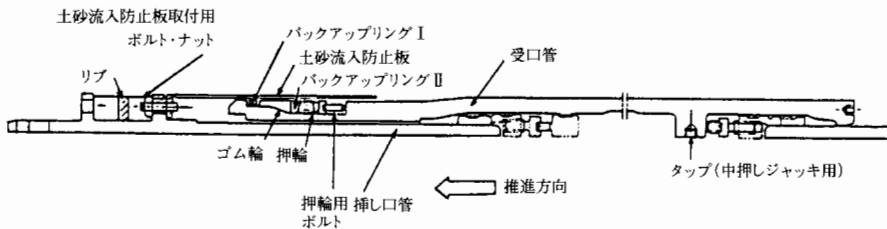


図54 U形中間スリーブ管の構造

(2) 中押しジャッキの取付け

中間スリーブ管に中押しジャッキ、挿し口保護板、ジャッキ受台、ジャッキ支持具をセットする。

セットする台数は、中押しジャッキをセットした時の作業スペースと中間スリーブ管の許容抵抗力を考慮して決定する。

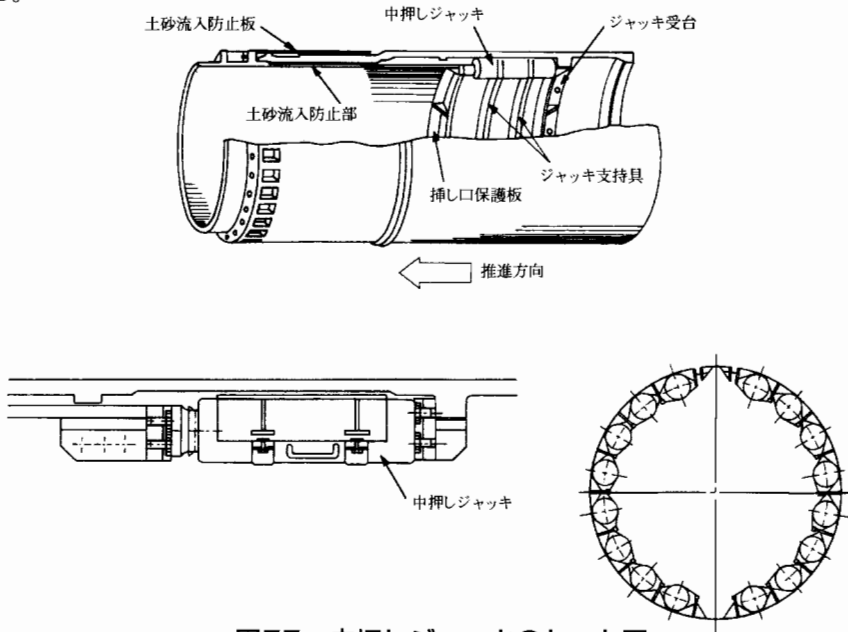


図55 中押しジャッキのセット図

(3) U形中間スリーブ管による施工手順

- ① 中押しジャッキを操作し、中間スリーブ受口管より先に接合されている管路を推進させる。
- ② 中押しジャッキを元に戻し、中間スリーブ挿し口管よりあとに続く管路を元押しジャッキで推進させる。
- ③ この操作を繰り返し行い、所定の推進を行う。
- ④ U形中間スリーブ管の挿し口管と受口管は、推進工事が終わり中押しジャッキを撤去したあと、接合する。

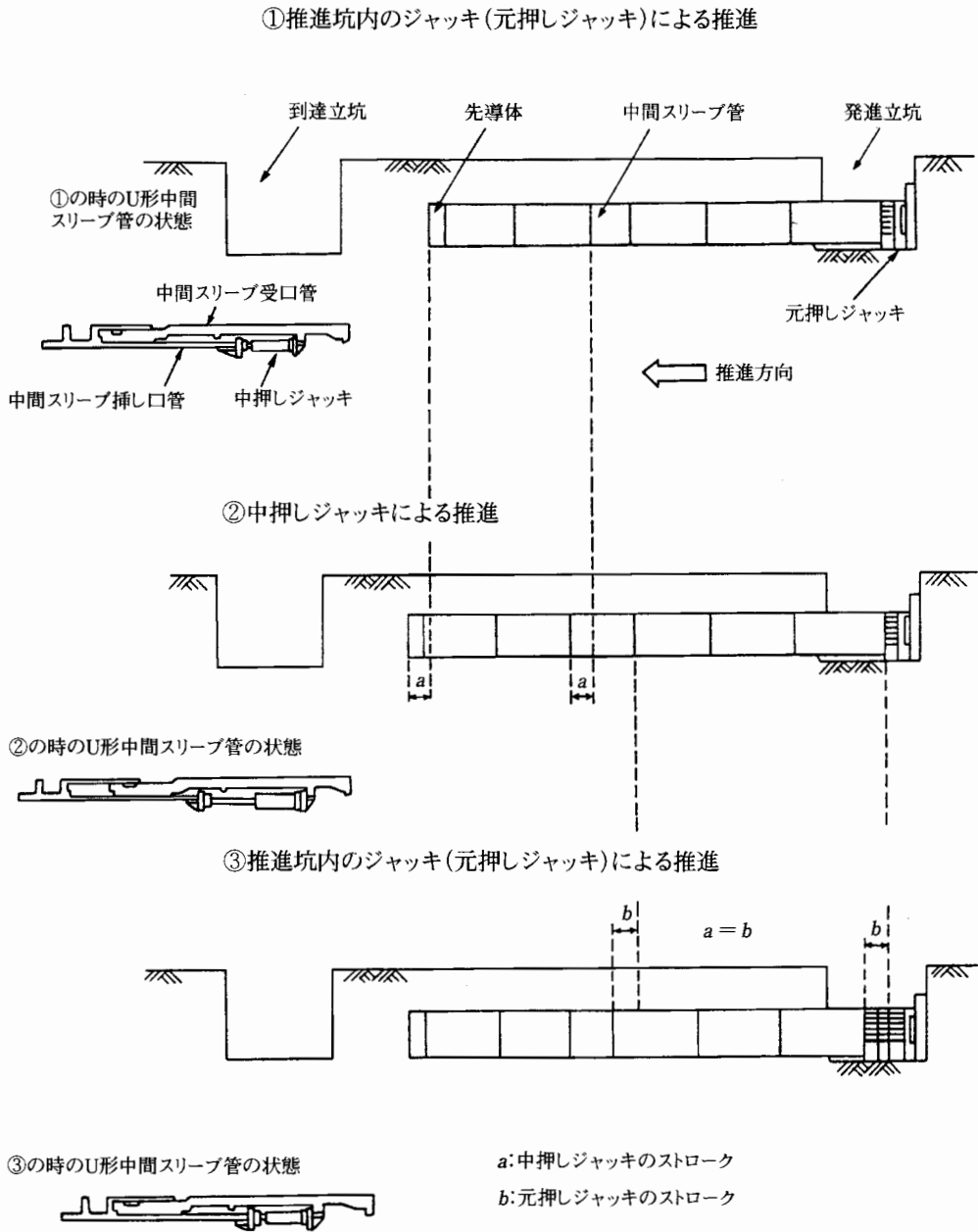


図56 中間スリーブ管の作動状況

5.2 トンネル内配管(シールド工法)

一般にダクタイル鉄管をトンネル内に挿入して配管する方式として、次のようなものがある。

(1) 充てん方式

半径で管より300~400mm程度大きな内径の一次覆工を全長にわたり築造後、ダクタイル鉄管を順次挿入し、トンネルと同心位置に配管接合し、さらに一次覆工と管との隙間を充てん材で充てんする方式で、一般的に用いられている。

管の接合作業は内面より行わなければならないので、U形管などが用いられる。一次覆工と管との間隔は、シールドが蛇行しても、管を所定の位置に配管できるための余裕と、最小限の二次覆工コンクリート厚を考慮して決めなければならない。

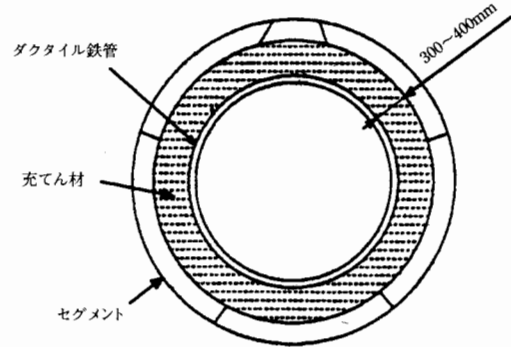


図57 充てん方式

(2) 点検通路方式

配水管の管径よりも半径で750mm以上大きい二次覆工内空断面のトンネルを築造し、この中にダクタイル鉄管を配管する方式で、覆工と管との空間は点検通路に利用する。この方式は、(1)の充てん方式に比べ、シールド断面が大きく工費が高いが、トンネルおよび管の点検時に断水の必要がなく、維持管理上都合がよい。この方式では、蛇行などの施工誤差に対する余裕は、空間が大きいため一般に必要なはない。

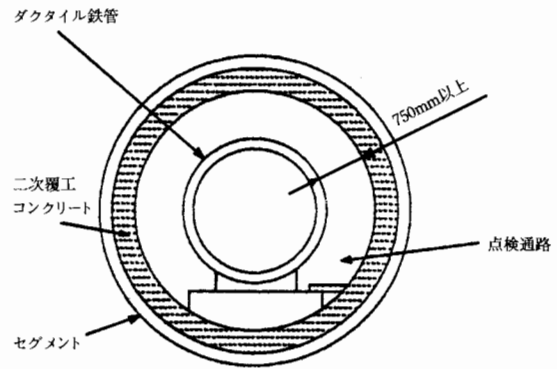


図58 点検通路方式

(3) 区分使用方式

下水や通信ケーブルなど、他企業の施設と配水管を同一トンネル内に収容する方式であり、それぞれの管理に必要なスペースを考慮してトンネル内空を決めなければならない。

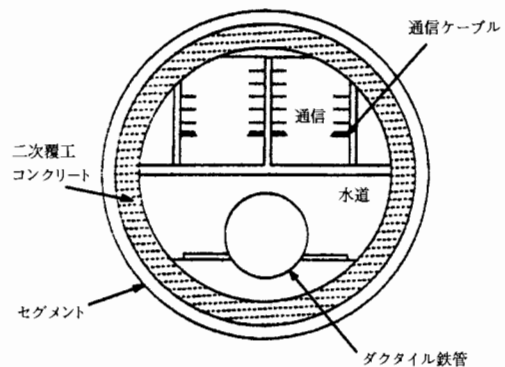


図59 区分使用方式

5.3 パイプ・イン・パイプ工法

5.3.1 工法の概要

本工法は、立坑部以外は地表面を開削することなしに、既設管の中に新管を挿入する工法である。図60にパイプ・イン・パイプ工法の概要を示す。

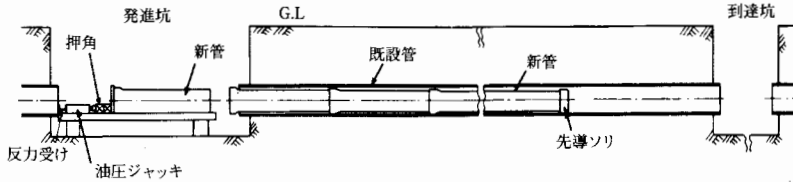


図60 パイプ・イン・パイプ工法の概要

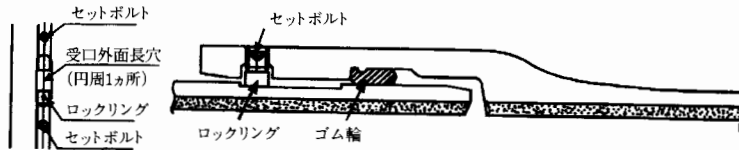
5.3.2 パイプ・イン・パイプ工法用の管

パイプ・イン・パイプ工法用管の接合形式としては、PN形とPⅡ形の2種類があり、管路の必要とする機能に応じ選択できる。その構造を図61に示す。

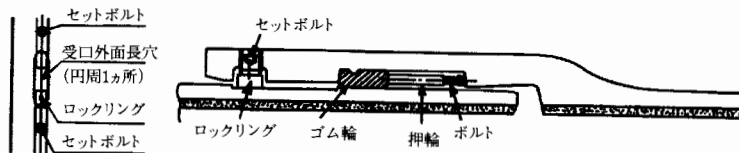
PN形、PⅡ形管いずれも、既設管管径に対して、一般に一口径だけ小さい新管を挿入できる。

(1) PN形

呼び径 300～600

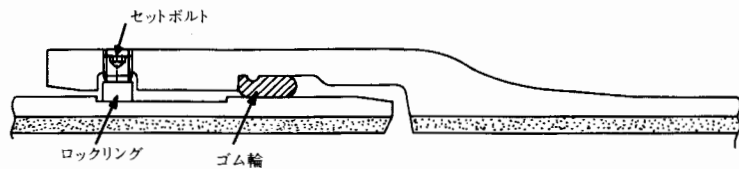


呼び径 700～1500



(2) PⅡ形

呼び径 300～600



呼び径 700～1350

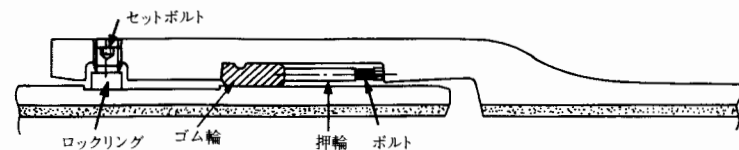


図61 パイプ・イン・パイプ工法用ダクタイル鉄管の構造

5.3.3 パイプ・イン・パイプ工法の設計と施工

(1) 設計と施工手順

設計、施工手順はそれぞれの工事において多少異なるが、新管を既設管内に挿入する標準的なものを示すと図62の通りである。

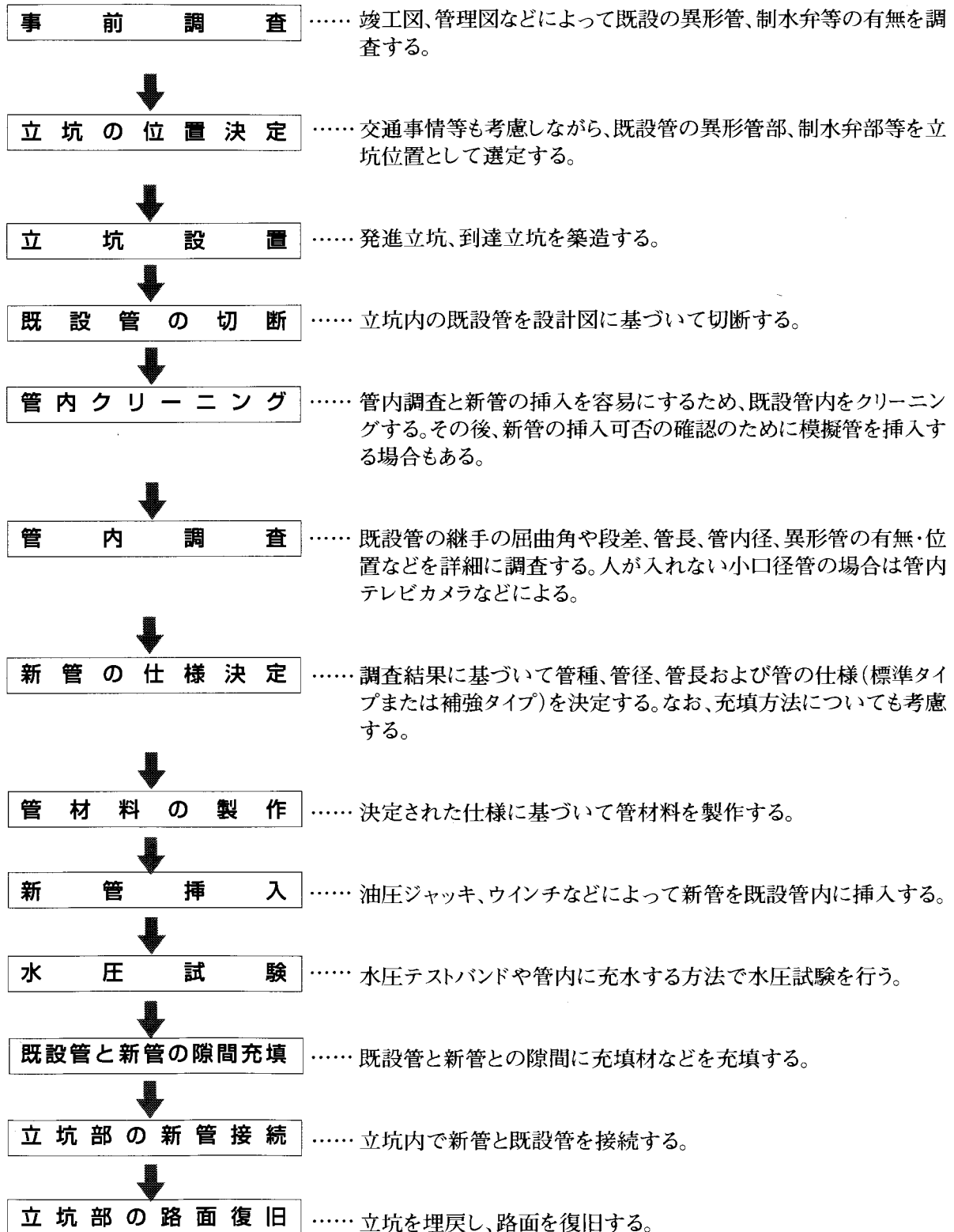
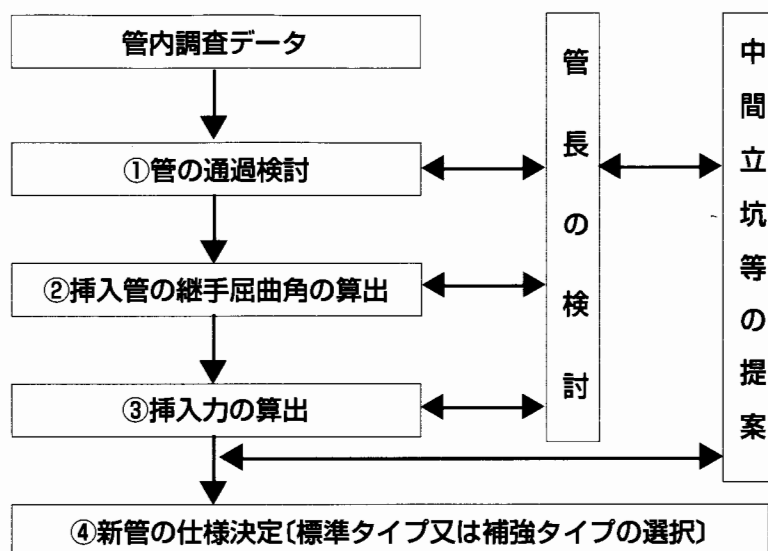


図62 パイプ・イン・パイプ工法の標準的な設計施工手順

(2) 管の仕様の決定

パイプ・イン・パイプ工法では、事前にさや管の継手の屈曲角および方向、内径、有効長等を調査し、これらに基づいた管の通過検討、所管の継手の屈曲角および挿入力の算定を行うことによって挿入する新管の管長や仕様(標準タイプ、補強タイプ)を決定することを原則とする。特に、老朽化した既設管の中に挿入する場合は必ず管内調査を行うものとする。

以上の標準的な設計フローを図63に示す。



- 備考 1) 管長を短くし、かつフランジ・リブタイプを使用しても後述の設計が成り立たない場合は、中間立坑の設置や管内ドッキング工法の採用を検討する。
- 2) 一般に、管長を短くして標準タイプを使用するよりも、標準管長の補強タイプを採用する方が経済的である。

図63 管の仕様の決定フロー

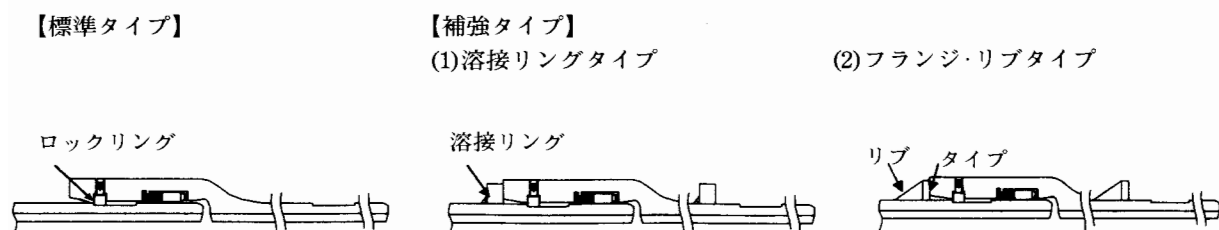


図64 新管の仕様

(3) 立坑の形状・寸法

発進立坑の大きさは図65に示す寸法を考慮し、以下の式より決定する。ただし、発進立坑内の連絡配管の長さが図65のL寸法以上となるときはその長さで決定される。一方、到達立坑の大きさは連絡配管ができる大きさがあればよいことになる。

$$L = \text{新管長さ} + \text{油圧ジャッキ長さ} + \text{反力受け厚さ} + \text{さや管の突出長さ} + \text{接合余裕}(0.5 \sim 0.7 \text{ m})$$

(a) (b) (c) (d) (e)

$$B = \text{呼び径} + 1.5 \text{ m}$$

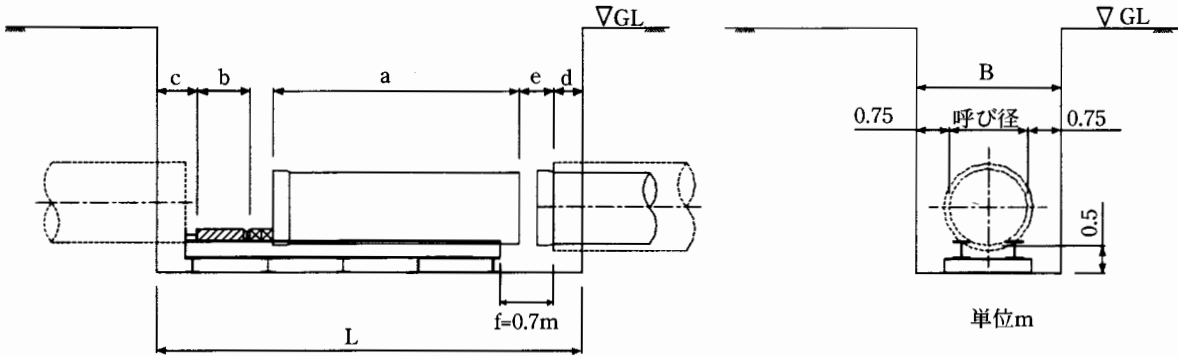


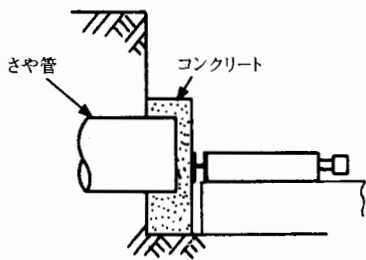
図65 発進立坑の形状・寸法

(4) 発進立坑内の設備

一般には油圧ジャッキおよび油圧ユニットを使用するが、挿入力が小さい場合はウインチを使用することもある。ただし、管路に勾配がある場合などには挿入方法を個々に検討する必要がある。

ジャッキの反力を受ける方法の例を図66に示す。ここに①はさや管の周囲にバックコンクリートを打設し、背面の受働土圧を反力としたものである。また、②はさや管と周囲の地盤との摩擦力が設計挿入力以上に期待できる場合に、直接さや管に反力をとった例である。

① バックコンクリートの受働土圧を期待する場合



② さや管に設計推力相当の反力が期待できる場合

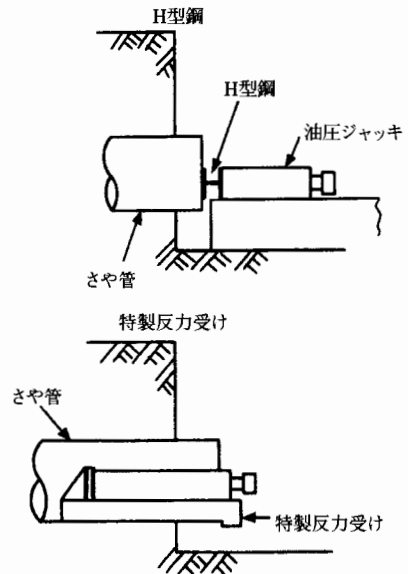


図66 反力受けの例

5.3.4 充填工

さや管と新管の両端部の隙間を閉塞し、一方に注入孔を設け、反対側の端面にはエア抜きを設けてグラウトポンプで充填する。施工方法の例を図67、68、69に示す。いずれも、エア抜きから充填材が流出した時点で完了とする。

(1) 車上プラントによる施工

施工方法の例を図67に示す。これは比較的小規模な充填に適した方法である。ただし、(3)項のトラックミキサによる施工よりも道路の占用範囲が広がる。また、現場でセメントを混和するためセメント粒子が飛散する恐れがある。

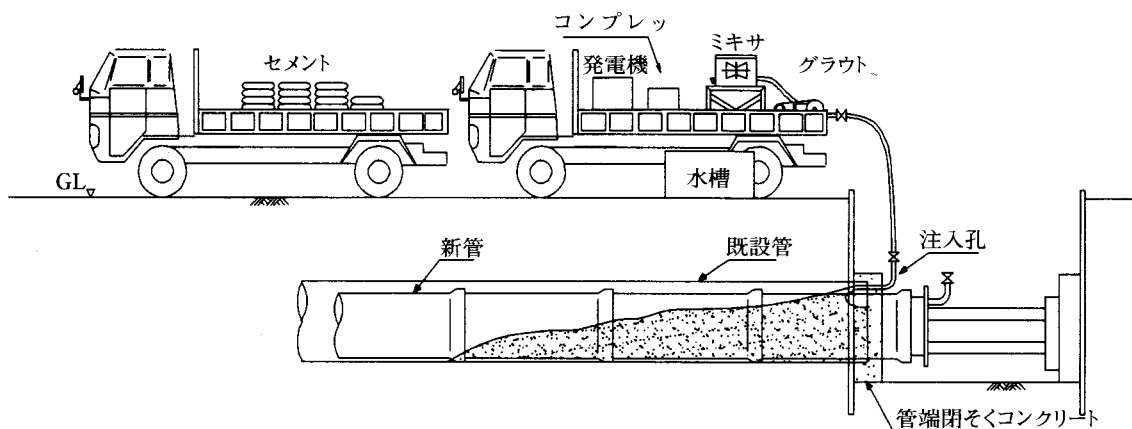


図67 車上プラントによる充填施工の例

(2) 現地プラントによる施工

施工方法の例を図68に示す。この方法は比較的大規模な打設の場合に経済的である。ただし、プラントの設置占有スペースが必要である。

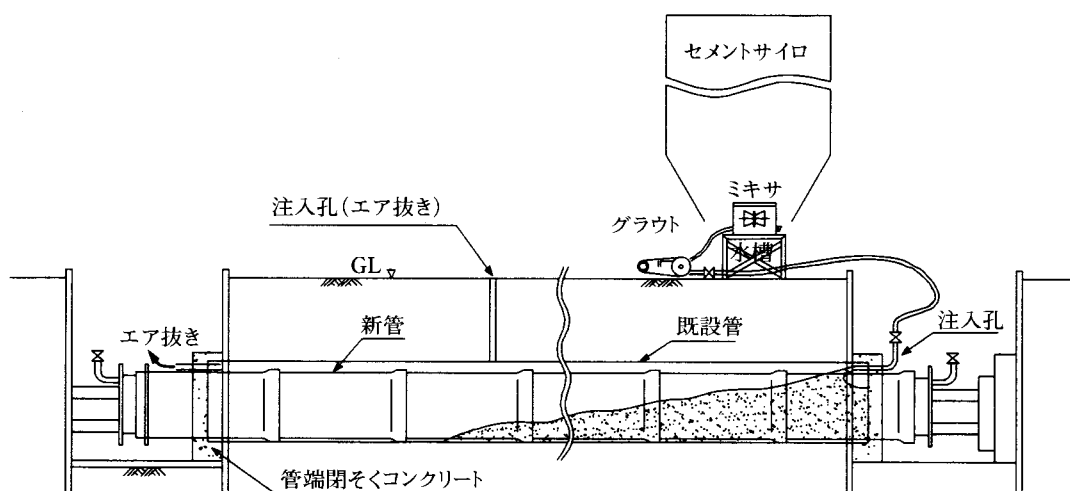


図68 現地プラントによる充填施工の例

(3) トラックミキサによる施工

施工方法の例を図69に示す。これは充填の規模にかかわらず、施工ヤードや混練の水が確保できない場合に適した方法で、充填材がエアミルクの場合に適用できる。ただし、生コンプラントが近隣にあることが必要であり、これがない場合は(1)項の車上プラントによるのが一般的である。

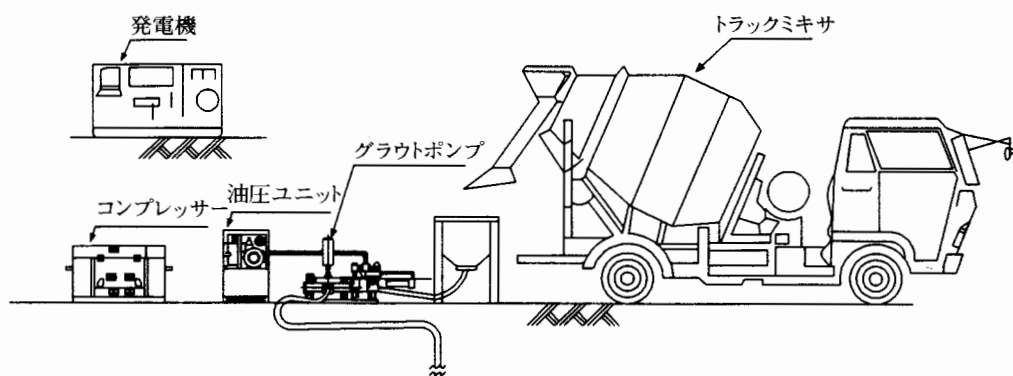


図69 トラックミキサによる充填施工の例

なお、1スパン当りの距離が長く充填が困難な場合は、以下のような対策を取ることがある。

- ①セメント・ベントナイトモルタルの場合は充填材に遅延剤を混和し、高い流動性を長時間保持することによって注入延長を延ばすことができる。
- ②管路の途中からも充填できるように、新管挿入前にさや管上部を掘削してこれに孔をあけ、注入パイプを取り付けて複数箇所から充填する。この場合、さや管と注入パイプとの取り付け部は充填時の注入圧に耐えられるようにコンクリートを打設するなどして養生する必要がある。
- ③新管が呼び径800以上の場合は、グラウト孔付管を使用することにより、挿入完了後の管内に注入パイプを配管して充填することができる。なお、グラウト孔付管の配置は、口径によって異なるが5本に1本程度の割合で配置することが望ましい。

また、以下の場合などについては過大な充填圧が管に作用しないよう注意が必要である。

- ① スパン当りの充填距離が長く、高低差も大きなスパンの場合
- ② ダクタイル鉄管より外圧剛性の低い鋼管が使用されている場合

6. その他

6.1 水管橋

6.1.1 ダクタイル鉄管製水管橋の特長

- ① 継手はメカニカル形またはプッシュオン形であるため短時間に接合・架設できる。
- ② 管外面は露出配管用のダクタイル鋳鉄管外面特殊塗装を、また管内面は防食性と衛生面に優れたエポキシ樹脂粉体塗装を施しているため、優れた耐久性を有している。

6.1.2 ダクタイル鉄管製水管橋の構造

(1) 単独水管橋

単独の上越しでスパンが短い場合は、管を直接ビームとして用いることができる。

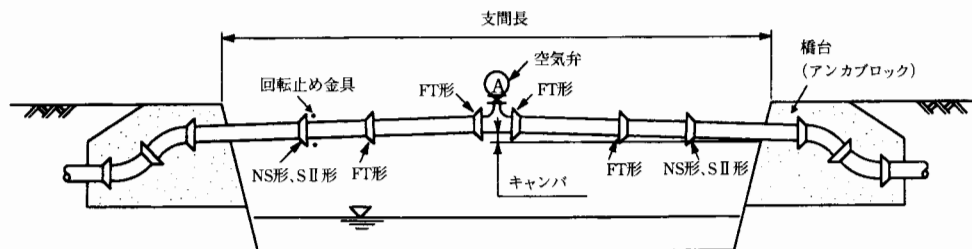


図70 単独水管橋の構造例(タイプIIの場合)

ダクタイル鉄管による単独水管橋はFT形、NS形、SII形、S形で構成され、対象口径は呼び径75～600で、各呼び径別の最大支間長と接合形式を表36に示す。

表36 最大支間長と接合形式

呼び径	タイプ I		タイプ II	
	支間長L(m)	橋梁部接合形式	支間長L(m)	橋梁部接合形式
75	11.0	NS形、SII形	17.0	FT形、NS形、SII形
100			18.0	
150			23.5	
200・250	14.0		25.0	
300・350				
400	16.0			
450	15.0	NS形、S形		
500・600				

備考 最大支間長は、積雪、保温材などを含まない標準的な場合を示す。

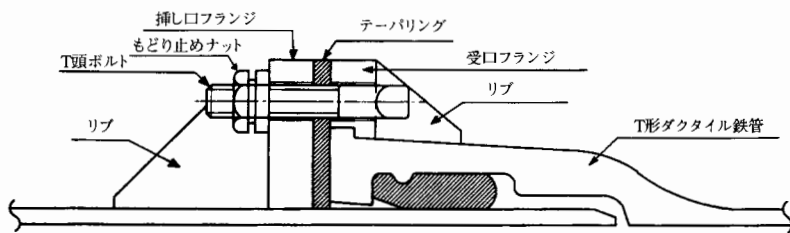


図71 FT形継手構造

水管橋の配管例を図72に示す。タイプⅠはNS形、SⅡ形やS形直管3本以内で対応できる場合で、それ以上長くなるとタイプⅡのようにFT形継手を組み合わせて用いる。

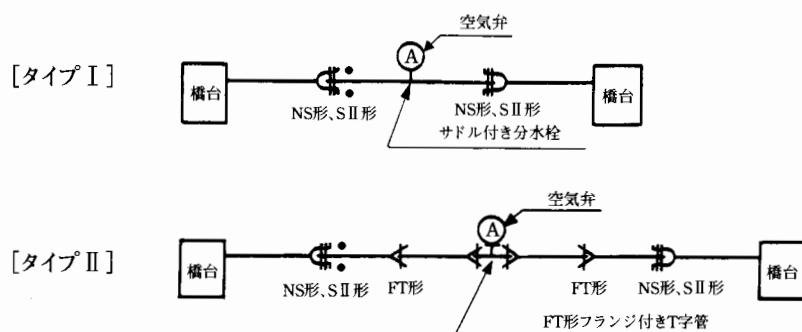


図72 水管橋の配管例

(2) 添架配管

スパンが長い場合は橋梁に添架したり、専用のプレートガータやトラスを組んでその上に配管する。この場合、接合形式は特に制約されないが、耐震性を考慮してNS形、SⅡ形、S形のように鎖構造管路を形成できる継手を用いることが望ましい。

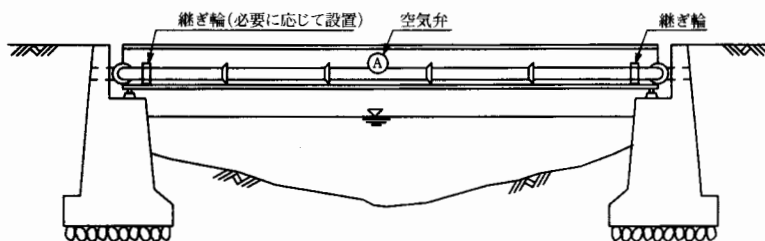


図73 橋梁添架配管例

6.2 耐震貯水槽

6.2.1 耐震貯水槽の構造

(1) 耐震貯水槽の概要

ダクタイル鉄管製耐震貯水槽は配水管路の一部に大口径のダクタイル鉄管を組み込み、緊急時に貯水槽の役割を果たさせるもので、平常時は、水道管路の一部として機能し、地震などの緊急時には貯水槽の流入・流出管の弁を閉止することで、貯水槽内に水が貯留される。

その構造例を図74に示す。平常時には、貯水槽上部のフランジ蓋に設けられた流入・流出管から貯水槽へ水が流入・流出し、緊急時にはフランジ蓋に設けられた給水口から飲料水や消防用水をポンプを用いて取り出す。

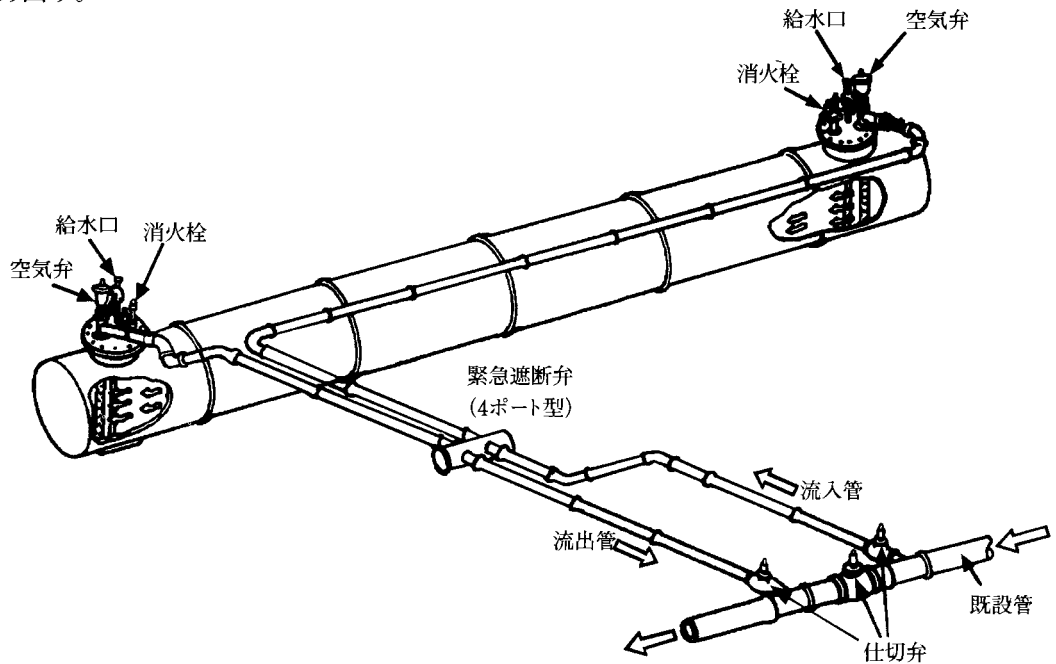


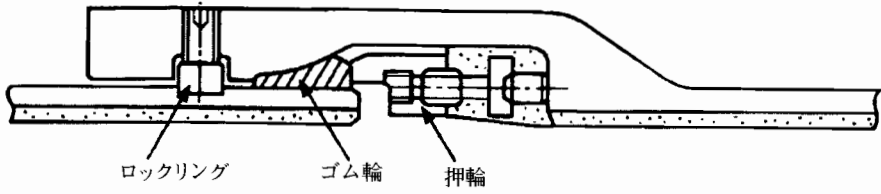
図74 耐震貯水槽の例

(2) 耐震貯水槽で使用する継手

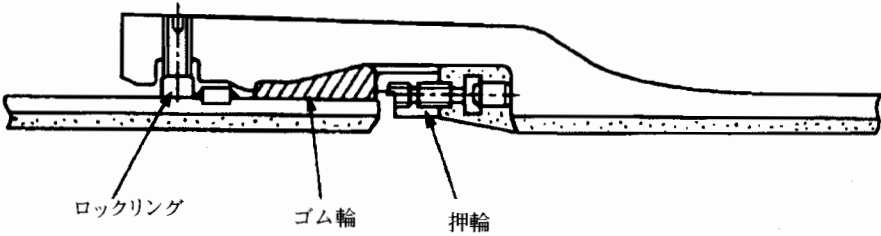
耐震貯水槽は、呼び径1500, 2000並びに2600の大口径ダクタイル直管と両端の栓・帽で構成され、継手には離脱防止機構を有するUF形継手やLUF形継手を使用している。

貯水槽の長さが長くなる場合には、地震によって本体にかかる力を低減させるため、必要に応じて耐震継手である伸縮・離脱防止機構を有するS形継手を用いる。各継手形状を図75に示す。

UF形



LUF形



S形

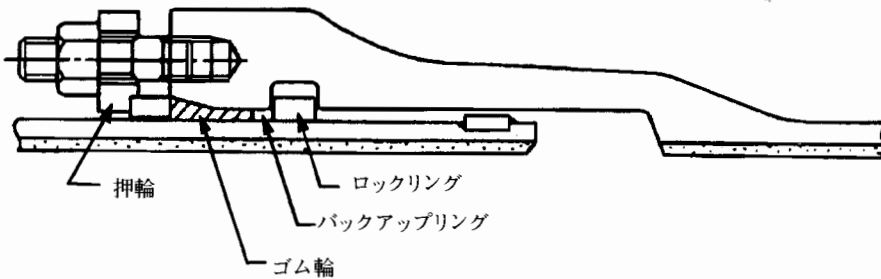


図75 耐震貯水槽で使用する継手

6.2.2 耐震貯水槽の種類

(1) 容量

耐震貯水槽は直管と栓および帽を組み合わせるため、任意の容量の貯水槽を実現する事ができる。標準的な貯水容量、管の組み合わせ例は表37の通りである。

表37 標準的な貯水槽の容量と管の組み合わせ例

公称貯水容量 (m ³)	呼び径	貯水槽長さ (m)	管の組み合わせ例			
			3m管	4m管	5m管	栓・帽
40	1500	23.85	—	4本	1本	1組
	2000	14.04	1本	2本	—	1組
50	1500	28.85	—	4本	2本	1組
	2000	17.04	—	1本	2本	1組
60	1500	34.85	—	3本	4本	1組
	2000	20.04	—	3本	1本	1組
	2600	12.28	3本	—	—	1組
100	2000	33.04	—	—	6本	1組
	2600	19.28	—	4本	—	1組

(2) 種類

耐震貯水槽は水の流入管や流出管の配置方法で図76に示す種類のものがある。

- ①分散型
- ②集中Ⅰ型
- ③集中Ⅱ型(緊急遮断弁搭載型)

なお、③の形式では、遮断弁を貯水槽に搭載し、遮断弁室を別途構築する必要がない。

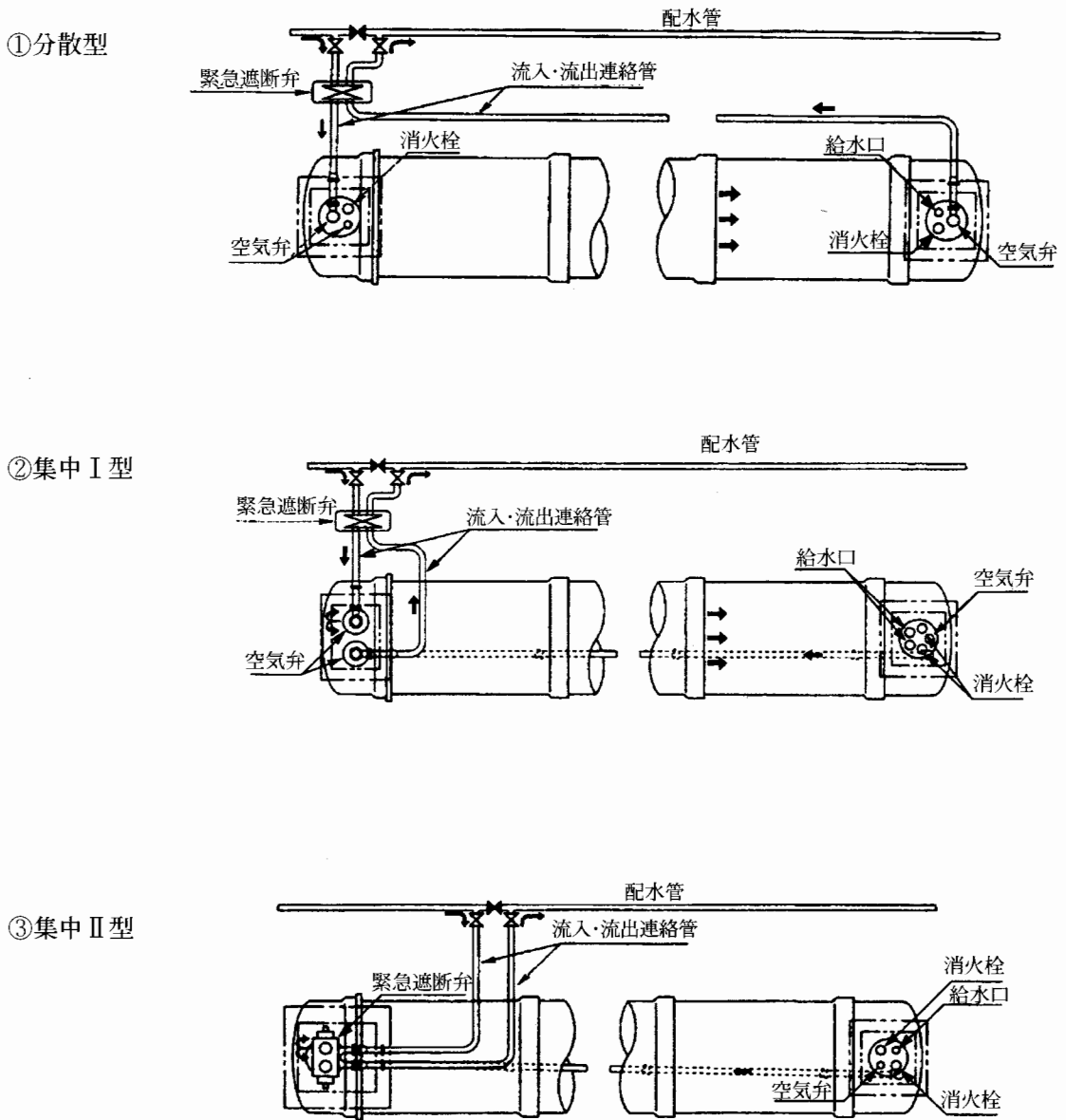


図76 耐震貯水槽の種類

日本ダクタイル鉄管協会

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

東京事務所	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) FAX03(3264)5075
大阪事務所	大阪市北区中之島2丁目3番18号(新朝日ビル) 電話06(6203)4712~3 FAX06(6203)1860
北海道支部	札幌市中央区北二条西2丁目41番地(セコム損保札幌ビル) 電話011(251)8710 FAX011(251)8710
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 FAX022(261)0462
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 FAX052(561)3075
中国四国支部	広島市中区基町11番5号(三井生命広島ビル) 電話082(221)8358 FAX082(221)8358
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 FAX092(771)8928