

第3章 管路施設

第1節 総論

管路施設とは、管きょ、マンホール、雨水吐室、吐口、ます、取付け管等の総称であり、下水道の根幹をなすものである。これらは排水設備とともに住居、商業、工業地域等からの汚水や雨水を収集し、ポンプ場、処理場又は放流先まで流下させる役割を果たすものである。

1 計画下水量

計画下水量は、次の各項を考慮して定める。

- (1) 汚水管きょにあつては、計画時間最大汚水量とする。
- (2) 雨水管きょにあつては、計画雨水量とする。
- (3) 合流管きょにあつては、計画雨水量と計画時間最大汚水量とを加えた量とする。
- (4) 遮集管きょにあつては、雨天時計画汚水量とする。

【解説】

(1)について

汚水管きょは、汚水量の時間的变化に十分に対応し、汚水を遅滞なく流下させなければならない。

計画時間最大汚水量は第2章第3節2に基づき、それぞれの地域の実状に即して定める。

(2)について

雨水管きょは、流集する雨水を速やかに排除しなければならない。

計画雨水量は、採用する降雨強度、流出係数又は雨水流出量算定式によって、その結果に大きな差があるため、第2章第5節1に基づきそれぞれの地域の実状に即した算定方法をとる。

(3)について

合流管きょは、汚水と雨水とを円滑に、かつ速やかに流下させなければならない。

計画雨水量は、計画時間最大汚水量に比べて極めて多量であるため、合流管きょの決定に際しては、計画雨水量が重要な要素である。

(4)について

合流式下水道では、雨天時下水量の一部を雨天時計画汚水量として遮集管きょで遅滞なく流下させなければならない。

雨天時計画汚水量は、第2章第3節2に基づき、雨天時の越流及びポンプ場からの放流によって水

域へ流出する汚濁負荷量の削減効果等を考慮して定める。

2 余 裕

下水を支障なく排除するため、必要に応じて、計画下水量に対して施設に余裕を見込むこととする。

【解 説】

計画下水量と実流量との間には、実例からみるとかなりの差異が生じる場合がある。この原因は、

- ① 計画下水量の算定に当たって処理区等で平均的に定めているため、地域ごとの特性が反映されにくい。
- ② 計画下水量には、人口、水量原単位、土地利用等多くの不確定要素がある。
- ③ 地下水位の高い区域での地下水の混入、排水設備の誤接や管きよの老朽化に伴う不明水の混入等さまざまな要素が考えられる。

(1) 汚水管きよ

予測値と実流量とのわずかな差が、下水の流下を阻害するおそれがあるため、汚水管きよは計画下水量に対して施設に表3.1.1の余裕を見込む。ただし、地域特性や地域条件が類似している下水道での実績値等に基づいて適正に定める場合又は下水量の増加が将来にわたって見込まれない場合にあつては、この限りでない。

表3.1.1 汚水管きよの余裕

管きよの内径	余裕
700mm未満	計画下水量の100%
700mm以上1,650未満	計画下水量の50%以上100%以下
1,650以上3,000mm以下	計画下水量の25%以上50%以下

(2) 雨水管きよ及び合流管きよ

雨水管きよ及び合流管きよの場合においても、地下水位が高い等の地域特性を考慮し施設に多少の余裕を見込むことが望ましい。

3 流量の計算

流量の計算には、式(3.1.1～3.1.3)のいずれかを用いる。

(1) Manning式

$$Q = A \cdot V$$

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} \dots \dots \dots (3.1.1)$$

ここに、

- Q : 流量 (m³/秒)
- A : 流水の断面積 (m²)
- V : 流速 (m/秒)
- n : 粗度係数
- R : 径深 (m) (= A/P)
- P : 流水の潤辺長 (m)
- I : こう配 (分数又は少数)

(2) Kutter (クッター) 式

$$Q = A \cdot V$$

$$V = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0.00155}{I}}{1 + \left(23 + \frac{0.00155}{I}\right) \frac{n}{\sqrt{R}}} \cdot \sqrt{R \cdot I} \dots \dots \dots (3.1.2)$$

$$= \frac{N \cdot R}{\sqrt{R + D}}$$

ここに、

$$N : \left(23 + \frac{1}{n} + \frac{0.00155}{I}\right) \sqrt{I}$$

$$D : \left(23 + \frac{0.00155}{I}\right) n$$

(3) Hazen・Williams (ヘーゼン・ウィリアムス) 式 (圧送の場合)

$$Q = A \cdot V$$

$$V = 0.84935 \cdot C \cdot R^{0.63} \cdot I^{0.54} \dots \dots \dots (3.1.3)$$

ここに、

- V : 平均流速 (m/秒)
- C : 流速係数
- I : 動水こう配 (h/L)
- h : 高さ L (m) に対する摩擦損失水頭 (m)

【解 説】

下水は、普通の水に比較して浮遊物質を多く含んでいるが、水理計算に支障をきたすほどではないの

で普通の水と考えて水理計算をする。したがって、流量計算には、一般に自然流下ではManning式、又はKutter式を用い、圧送式ではHazen・Williams式を用いる。

こう配の値は、理論的には水面こう配をとらなければならないが、背水等の影響はないものとし、管きよ底のこう配を用いる。

粗度係数は、Manning式及びKutter式とも、陶管、鉄筋コンクリート管きよなどの工場製品及び現場打ち鉄筋コンクリート管きよの場合は0.013、硬質塩化ビニル管及び強化プラスチック複合管の場合は0.010を標準とし、更生工法では工法の種類等にもよるが、一般的に硬質塩化ビニル管と同程度が見込まれる。

また、Hazen・Williams式の流速係数Cの値は、管内面の粗度、屈曲、分岐等の数で異なるが、これらの屈曲損失等を含み110を標準とする。なお、直線部のみ（屈曲損失等を別途計算する。）の場合は130を標準とする。

管きよの断面積は、流量及びこう配が定まると、式(3.1.1～3.1.3)の計算式から求められるが、この場合、円形管は満流、く（矩）形きよは水深を内のり（法）高さの9割、馬てい（蹄）形きよでは、水深を内のり高さの8割とし、所定の計画流量を流すのに十分な断面の大きさを定める（この条件の場合が最大流量ではないが、安全を考えて、この条件で断面の大きさを定める）。

次に、Manning式の粗度係数（n）を一定と仮定した場合の円形管、く形きよの水理特性曲線を示すと、図3.1.1～4のとおりである。この特性曲線は、各水深ごとに、流速、流量等を計算して、これをプロットして作成したもので、各形状の水理特性がよくわかる。

この特性曲線から、円形管において、流速は水深がほぼ81%のとき最大となり、流量は水深がほぼ93%のとき最大になることがわかる。

実際の粗度係数（n）は、水深とともに変化する。nを変数とした場合（実線）と、nを一定とした場合（破線）との流速及び流量の水理特性曲線（円形管）を示すと、図3.1.5のとおりである。これによると満流時の50%の流量に対し、nを一定とした場合は流速が100%、水深が50%になり、nを変数とした場合は流速が86%、水深が57%になる。

また、卵形管では、流量が減っても円形管に比べて水深及び流速が確保でき、砂、泥等の沈殿防止に有効である（図3.1.6参照）。

なお、流量計算表は、表3.1.2を標準とする。

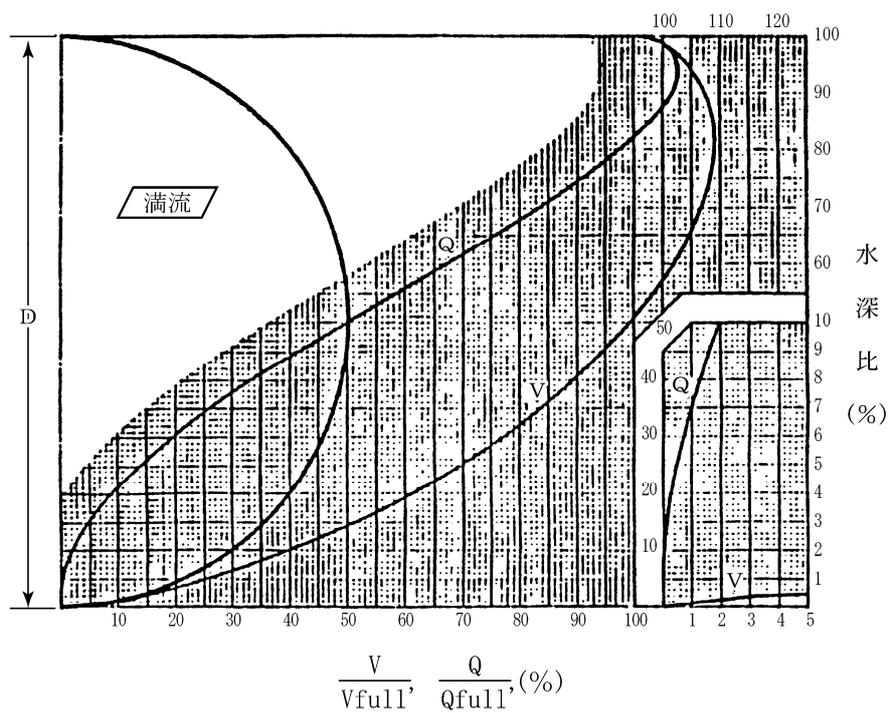


図3.1.1 円形管の特性曲線 (Manning式)

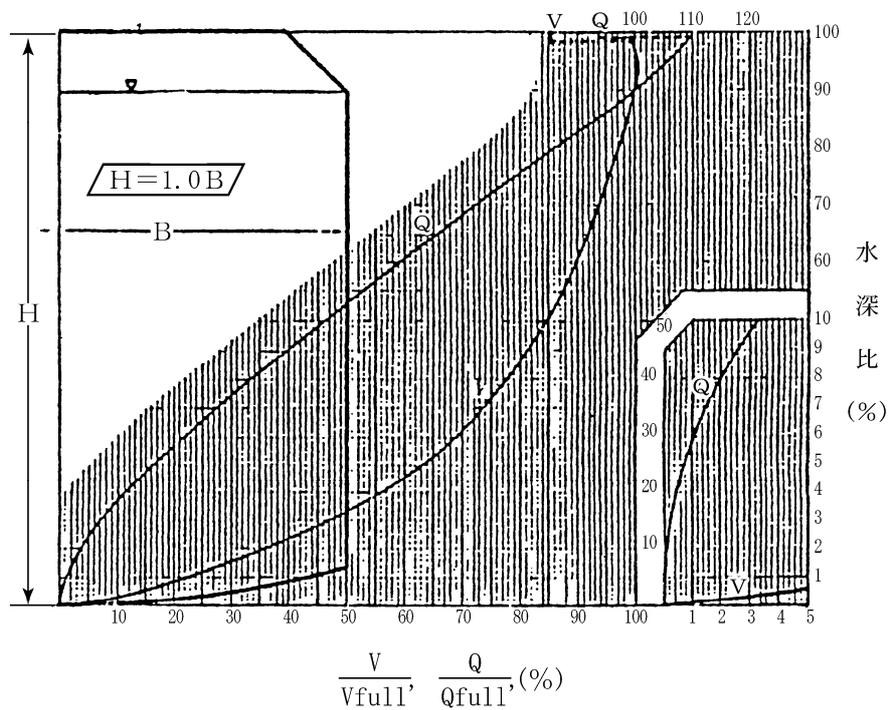


図3.1.2 正方形きよの特性曲線 (Manning式)

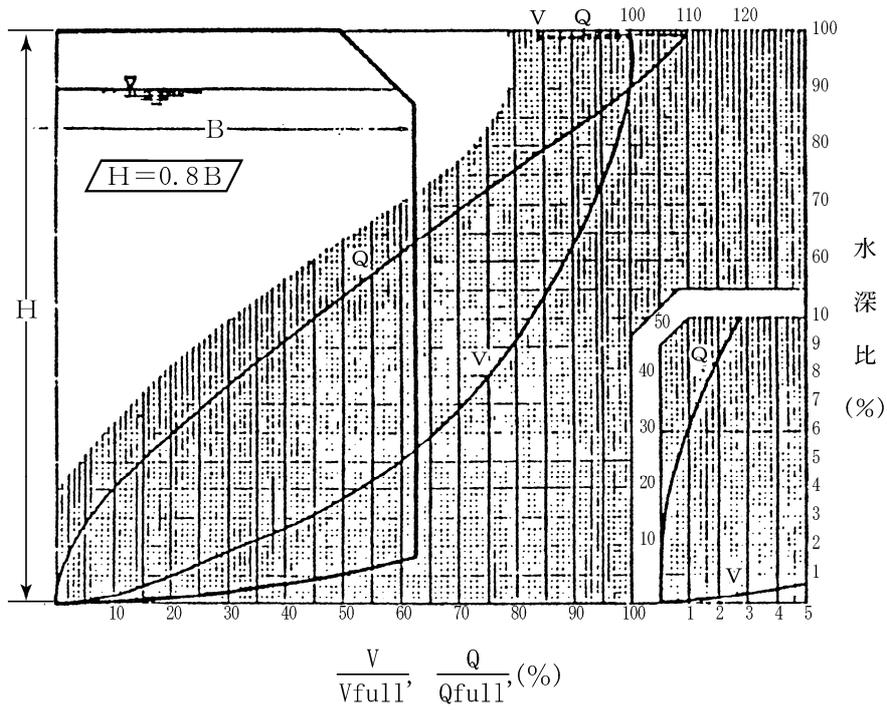


図3.1.3 長方形きよの特性曲線 (H=0.8B) (Manning式)

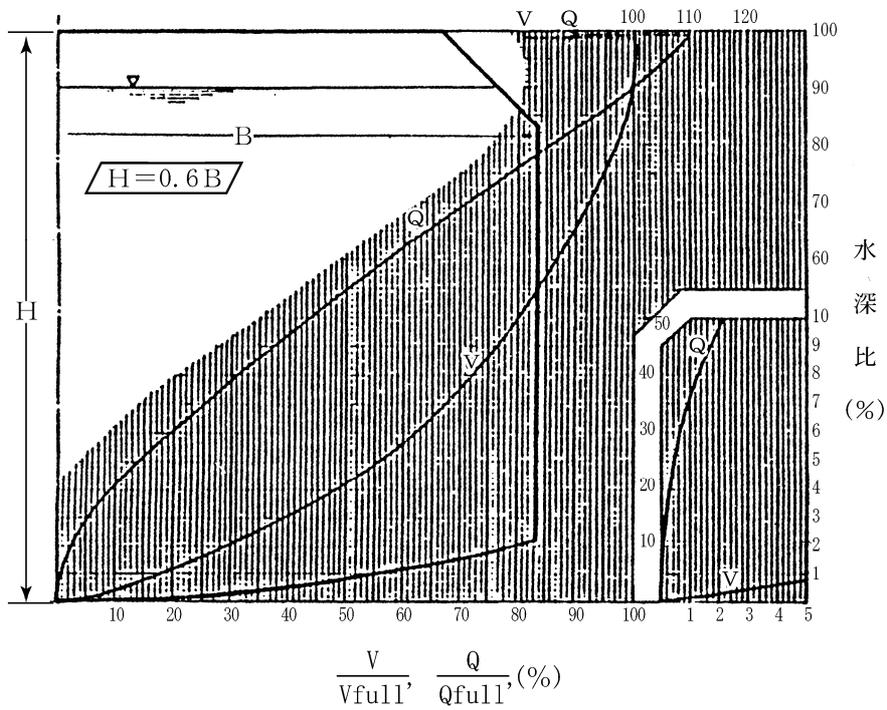


図3.1.4 長方形きよの特性曲線 (H=0.6B) (Manning式)

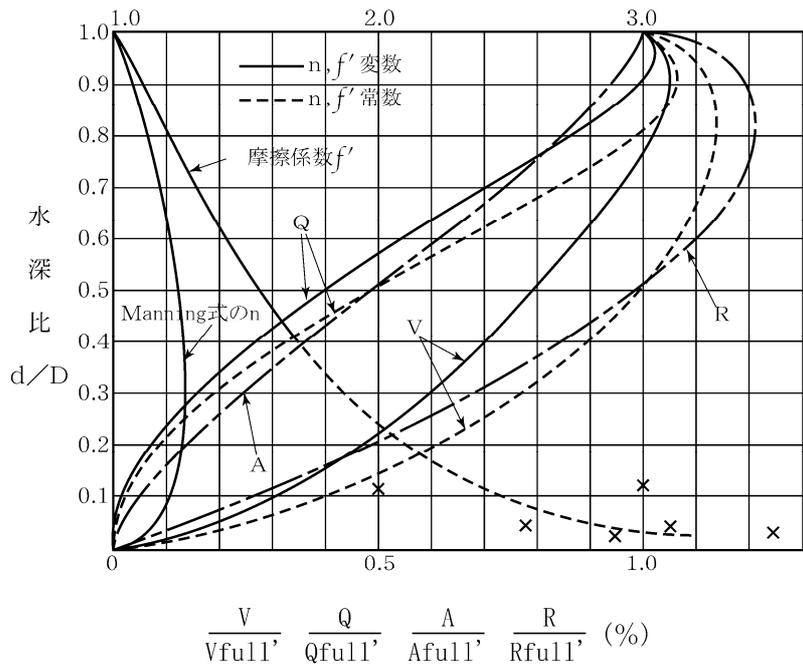


図3.1.5 円形管の特性曲線 (nが変化する場合) (Manning式)

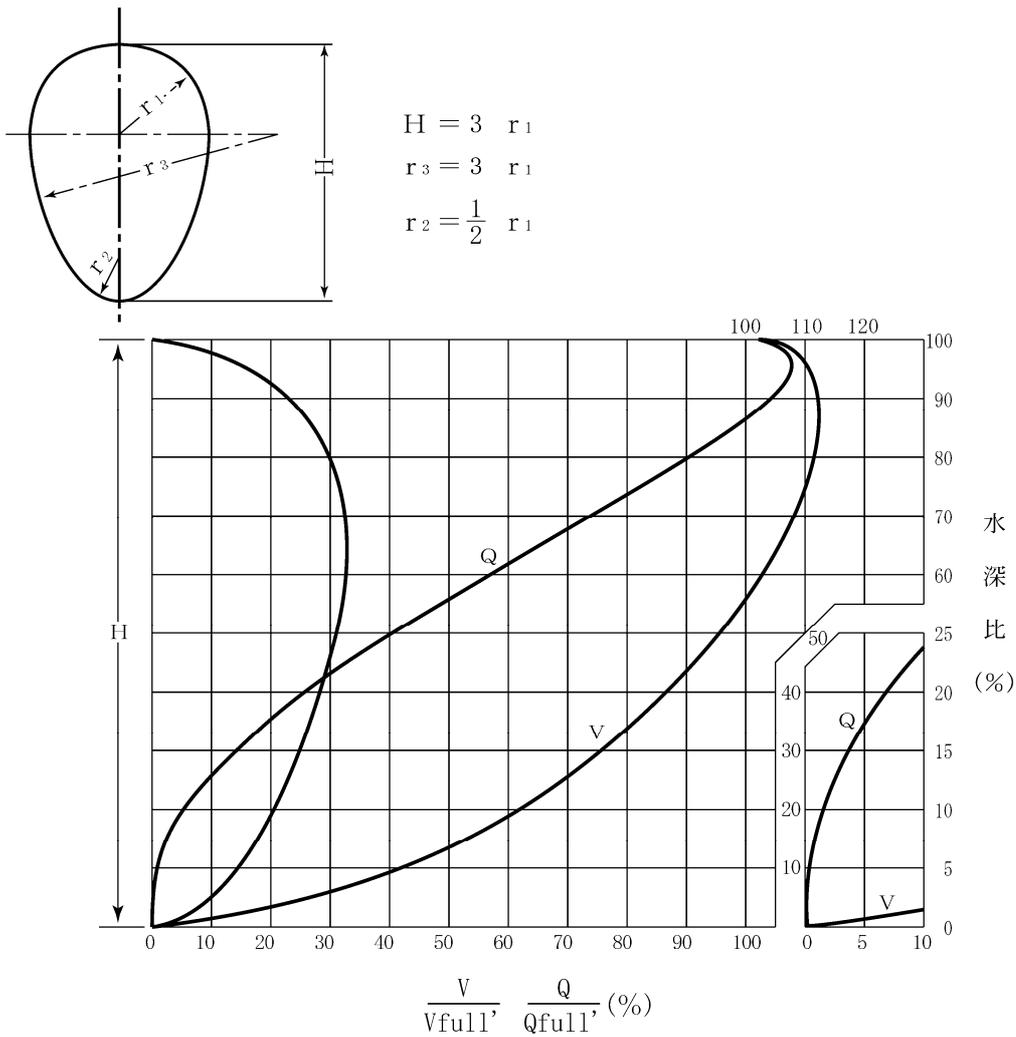


図3.1.6 卵形管の特性曲線の例 (Manning式)

表3.1.2—分流式下水道の流量計算表の例

	時間最大汚水量原単位 (m ³ /s/ha)	降雨強度公式	雨水流出係数	流入時間 (min)
工事				

下水道流量計算表
〔 〕

処理区
処理分区
排水区 ()

管 番 号	流 入 管 番 号	流 出 管 番 号	排 水 面 積	換 算 面 積 (工業系面積)	延 長	流 達 時 間	流 出 量			計 画 下 水 管 き よ								備 考					
							雨 水 量	汚 水 量		総 水 量	断 面	こ う 配	流 速	流 量	管 底 高	地 盤 高	土 か ぶり		中 間 マ ン ホ ー ル 及 び 落 差				
								ヘ ク タ ー ル 当 た り 流 出 量	生 活 汚 水 量 (地下 水 を 含 む)										そ の 他	上 流	上 流	上 流	M=個 数
																			流 出 量	工 場 排 水 量	残 留 水 量	下 流	下 流
(ha)	(ha)	(m)	(min)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(mm)	(%)	(m/s)	(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m)								

注 汚水、雨水は各々別に作成する。

4 流速及びこう配

流速は、一般に下流に行くに従い漸増させ、こう配は、下流に行くに従いしだいに緩くなるようにし、次の各項目を考慮して定める。

(1) 汚水管きょ

汚水管きょにあつては、計画下水量に対し、原則として、流速は最小0.6m/秒、最大3.0m/秒とする。

(2) 雨水管きょ及び合流管きょ

雨水管きょ及び合流管きょにあつては、計画下水量に対し、原則として、流速は最小0.8m/秒、最大3.0m/秒とする。

【解説】

一般に、管きょのこう配は、地表のこう配に応じて定めれば経済的であるが、こう配を緩くし、流速を小さくすれば管きょの底部に沈殿物が堆積し、常時清掃作業が必要となる。また、逆に流速があまり大きいと管きょやマンホールを損傷するので、適正なこう配を定めなければならない。

すなわち、下水中の沈殿物が次第に管きょ内に堆積するのを防止するため、下流ほど流速を漸増させるように定める。

ただし、下流ほど流量が増加して管きょ断面は大きくなり、同時に流速を大きくとることができるので、こう配は、下流ほど緩くする。

(1)について

汚水管きょの流速は、次のとおりとする。

- 1) 自然流下の場合、汚水管きょでは、沈殿物が堆積しないような流速を定めなければならない。このため、計画下水量に対して少なくとも最小流速を0.6m/秒とする。また、流速があまり大きくなると管きょやマンホールを損傷するので、最大流速は3.0m/秒程度とする。

地表こう配がきつく、管きょのこう配が急になって最大流速が3.0m/秒を超すような結果になるときは、適当な間隔に段差を設けてこう配を緩くし、流速を小さくしなければならない。また地形等により、段差の設置が困難な場合には、急こう配から緩こう配に変化する区間でいっ水や減圧に対処するため、減勢工の設置、管径やマンホールの種別を1ランク上げる等の減勢措置を、またマンホールに水撃による破損を防止するための処置を考慮する必要がある。

- 2) 処理区域が大きい場合等で、管きょ網の整備に年月を要するときは、供用開始後も流量が少ないため、特に幹線管きょ内では最小流速が保てず、沈殿物が堆積したり流下時間が長くなることから沈殿物の腐敗によって管きょ内で臭気（硫化物等）が発生しやすい。

したがって、幹線管きょの場合、所定の流速を保てるような複断面の構造にするか、管きょを2

本に分割して段階施工をするなどの検討を行う必要がある。ただし、この場合には、施工性、経済性等を総合的に判断して決めなければならない。

- 3) 圧送式の場合、管内流速は、沈殿物が堆積しないよう最小流速を0.6m/秒とし、管内壁面や内面のモルタルライニング、塗装等に損傷が起こらないよう最大流速は3.0m/秒程度とする。

また、流速の増加に伴い摩擦損失水頭が増加するため、経済的な圧送ポンプの選定が行えるよう圧送管径と流速との関係についても考慮する必要がある。

(2)について

雨水管きよ及び合流管きよにおいては、沈殿物の比重が土砂類の流入によって污水管きよの場合より大きいため、最小流速は0.8m/秒とし、最大流速は3.0m/秒程度とする。

また、急傾斜地等で、最大流速が3.0m/秒を超えるような結果となるときは、単に管きよの損傷ばかりでなく、流下時間が短縮され、下流地点における流量が大きくなるので、段差及び階段を設けてこう配を緩くし、流速を小さくする。

なお、理想的な流速は、污水管きよ、雨水管きよ及び合流管きよとも1.0～1.8m/秒程度である。

第2節 管きよの改築・修繕

1 管きよの改築・修繕

管きよの改築・修繕は、既存情報の収集及び調査・診断を行い、緊急性、施工環境、経済性等を考慮のうえ、改築・修繕計画を策定し、適切な方法で実施する。

【解説】

管きよの改築・修繕を計画的・効率的に行うためには、現在保有する施設について、正確に、かつ、機能的に整理された情報が必要である。また、供用中の施設を対象とするため、実施する規模と範囲及び管きよの劣化、流下能力、浸入水、破損、クラック、目地ずれ、腐食、たるみ等の状況や施工条件に対して最適な工法を選択することが重要な課題である。

実施する区域は既に下水道が利用されていることから、新たな下水道工事について、地域住民の理解や協力を得づらいことが多い。このため、改築・修繕の必要性や工事の内容について、十分なPRを行うことが重要である。

(1) 改築の工法と分類

管きよの改築は、老朽化・劣化が激しく、流下能力等の確保が困難な管きよに適用される布設替工法と長寿命化と耐用年数の延伸に寄与する更生工法とに分類される。

更生工法は、反転工法、形成工法、製管工法、さや管工法等に、布設替工法は、開削工法と改築推進工法等に分類される。（図3.2.1参照）

なお、更生工法は、布設替工法が困難な場合に用いられる。

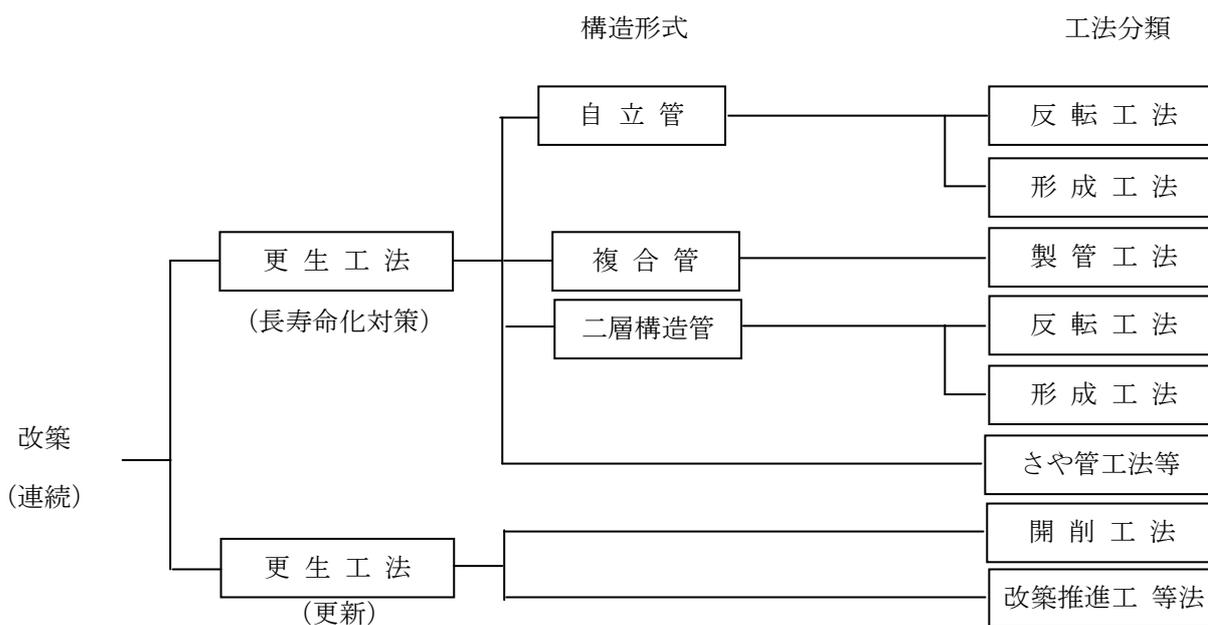


図3.2.1 改築工法の分類

(2) 更生工法の概要

1) 特徴

更生工法は、既設管内に新管又は既設管と一体となって所定の外力に抵抗しうる構造の管を構築するもので、基本的に道路の掘削を伴わずに施工できることから、次のような利点がある。

- ① 工事に起因する騒音、振動、交通渋滞等が少なく、周辺の住民生活への影響を最小限にでき、工事の円滑化につながる。
- ② 道路の掘削抑制、他企業埋設物の制約を受けることが少なく、計画的な事業進捗が図れる。
- ③ 工期を短くでき、また、道路復旧費が不要なため、事業費の節減が図れる。

一方、本管と取付管の接続不良（突き出し・離れ）箇所が多い路線や、本管の劣化が著しく原形断面が維持されていないような路線においては、更生工法の適用が困難な場合があるので、十分な調査と工法の検討が必要である。

2) 構造形式

構造形式を選定するにあたり、既設管きよの状況により次の方法がある。

① 自立管

自立管は、更生材料単独で自立できるだけの強度を発揮させ、新設管と同等以上の耐荷能力及び耐久性を有するものである。施工方法の分類として、工場又は現場で樹脂等を配合し、既設管きよの内面に密着し硬化させる反転工法、形成工法がある。

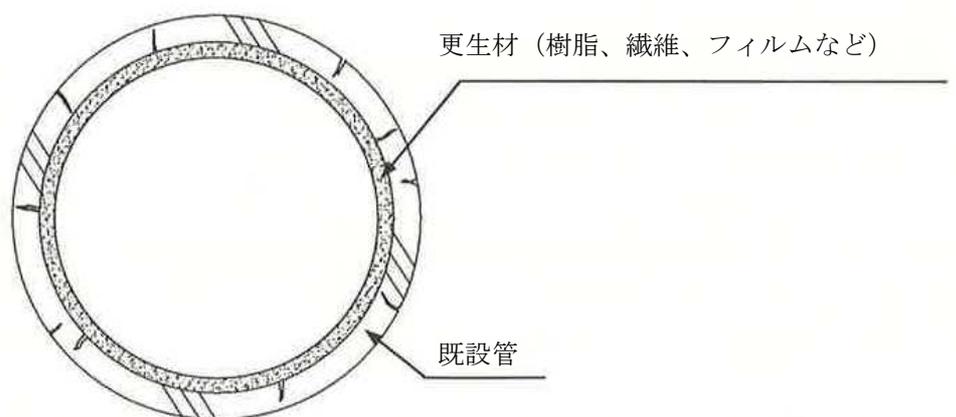


図3.2.2 自立管の概念

② 複合管

複合管は、既設管きよと更生材が構造的に一体となって、新設管と同等以上の耐荷能力及び耐久性を有するものである。これには、製管材を既設管きよ内面で製管し、既設管きよとの間にモルタル等の充填材を注入する製管工法がある。

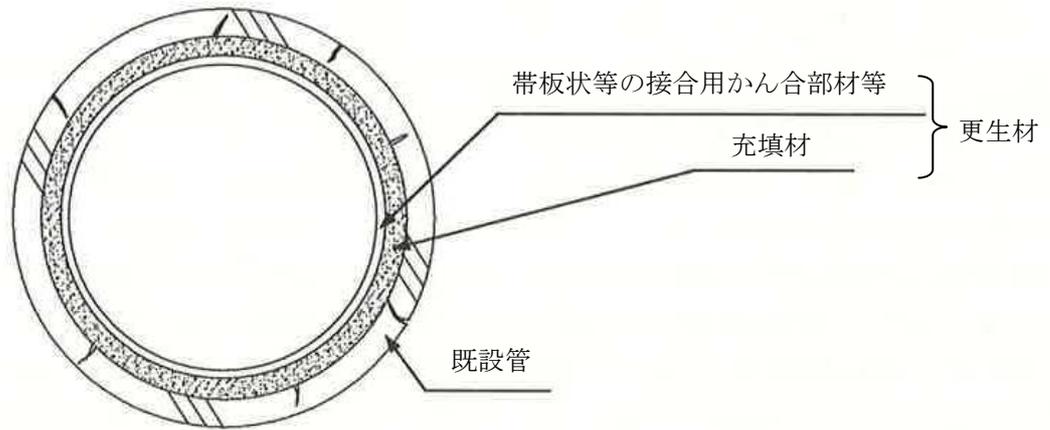


図3.2.3 複合管の概念

③ 二層構造管

二層構造管は、残存強度を有する既設管きよとその内側の樹脂等で二層構造を構築するものであり、施工法上の分類として、工場又は現場で樹脂等を配合し、既設管きよ内面に密着し硬化させる反転工法、形成工法がある。

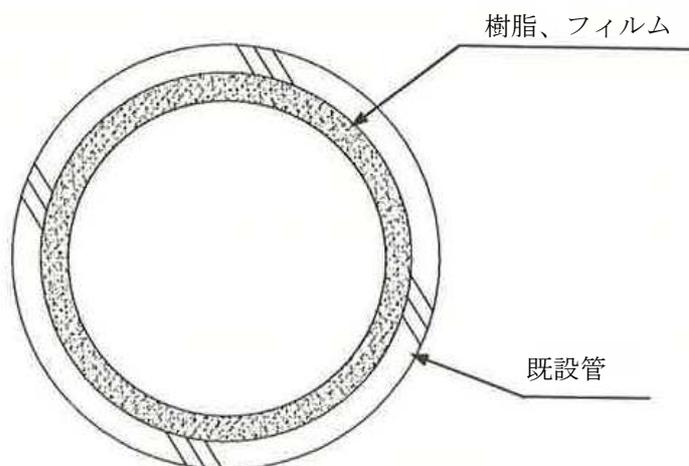


図3.2.4 二層構造管の概念

3) 工法の分類

工法の分類として、反転工法、形成工法、製管工法及びびさや管工法に大きく分類され、各工法の概要については、次のとおりである。

① 反転工法

反転工法は、熱又は光等で硬化する樹脂を含浸させた材料を既設のマンホールから既設管きよ内に反転加圧させながら挿入し、既設管きよ内で加圧状態のまま樹脂が硬化することで管を構築するものである。反転挿入には、水圧又は空気圧等によるものがあり、硬化方法も温水、蒸気、温水と蒸気の併用、光等がある。

ただし、目地ずれ、たるみ等を更生させるのではなく、あくまでも既設管の形状を維持する断面を更生することとなる。

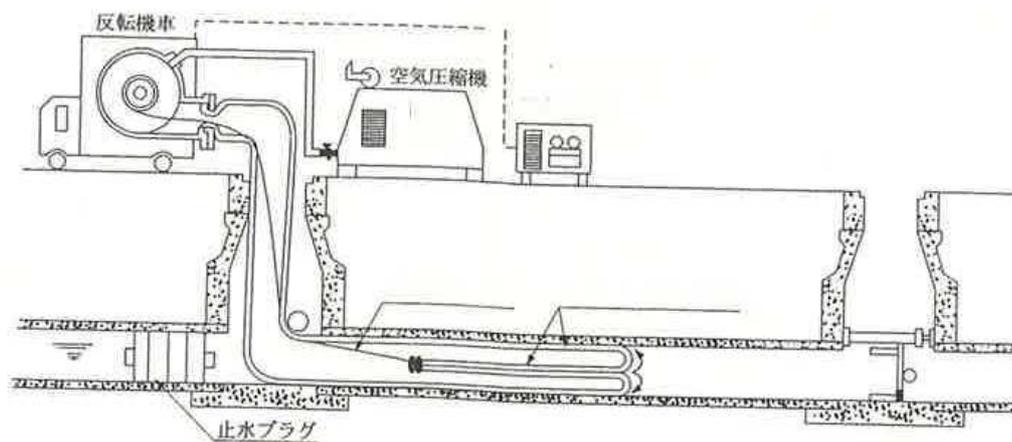


図3.2.5 反転工法の例

② 形成工法

形成工法は、熱硬化性樹脂を含浸させたライナーや熱可塑性樹脂ライナーを既設管きよ内に引き込み、水圧又は空気圧等で拡張・密着させた後に硬化させることで管を構築するものである。形成工法には、更生材を管内径まで加圧拡張したまま温水、蒸気、光等で既設管きよに密着硬化又は加圧拡張したまま冷却固化する工法がある。

ただし、目地ずれ、たるみ等を更生させるのではなく、あくまでも既設管の形状を維持する断面を更生することとなる。

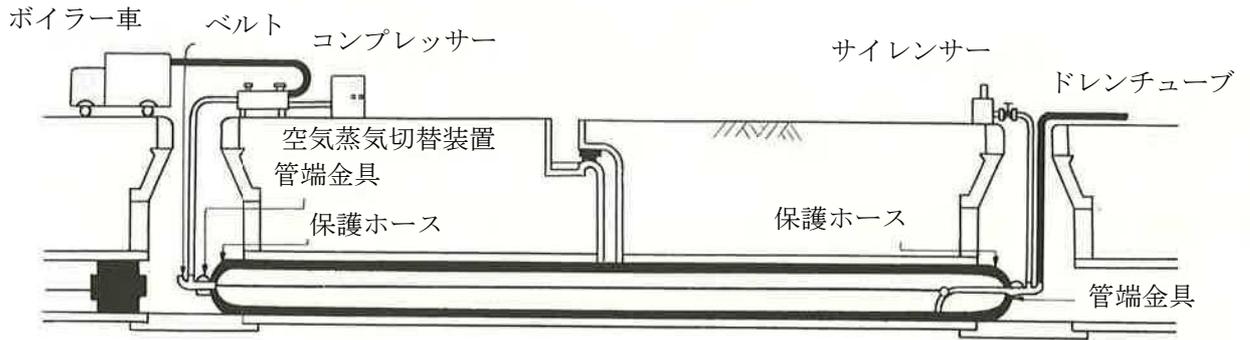


図3.2.6 形成工法の例

③ 製管工法

製管工法は、既設管きよ管内に硬質塩化ビニル材等をかん合せながら製管し、既設管きよとの間にモルタル等を充填することで、管を構築するものである。流下量が少量であれば、下水を流下させながらの施工が可能である。

多少の目地ずれ等は、更生管径が縮小されることにより解消できるが、不陸、蛇行がある場合には、原則として既設管の形状どおりに更生される。

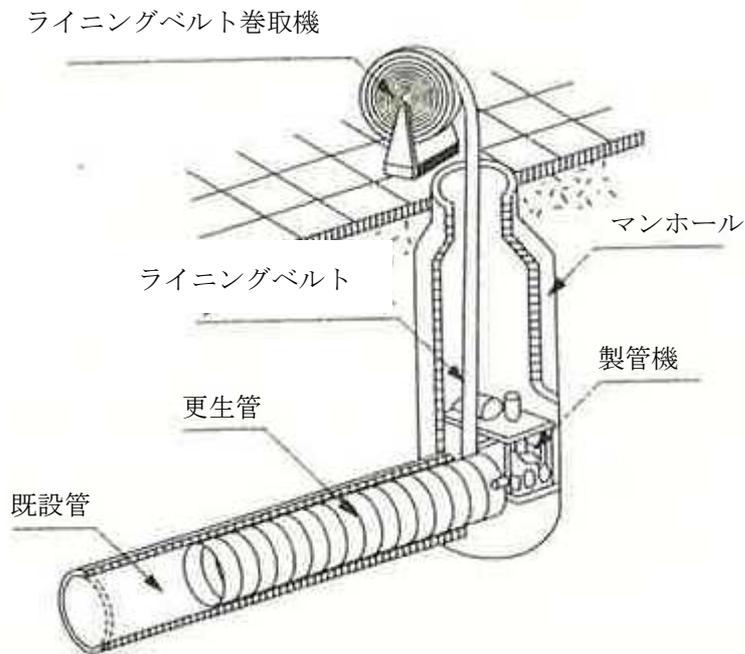


図3.2.7 製管工法の例

④ さや管工法

さや管工法は、既設管きょより小さな管径で制作された管渠（新管）をけん引挿入し、間隙に充填材を注入することで管を構築するものである。更生管が工場製品であり、仕上がり後の信頼性は高い。断面形状が維持されており、物理的に管きょが挿入できる程度の破損であれば施工可能である。

FRP管の挿入

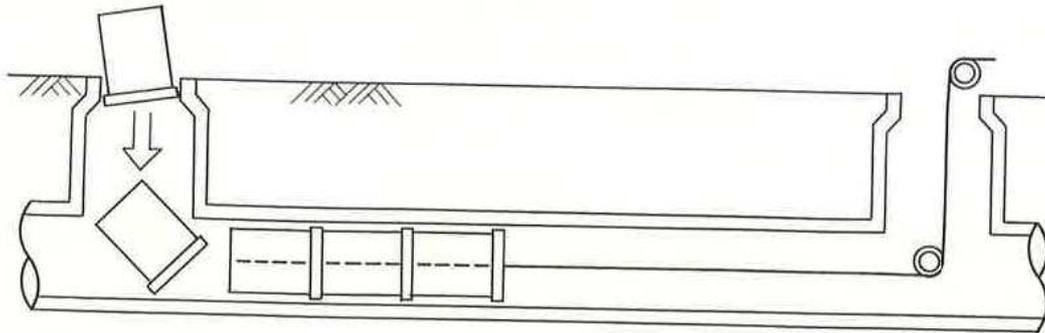


図3.2.8 さや管工法の例

(3) 改築推進工法の概要

管きょの布設工事に使用される推進工法の応用で、拡張し既設管を破碎して新管を推進挿入するか、既設管きょよりひとまわり大きい管を外側に抱え込む状態で推進挿入し、内側の既設管きょを破碎除去する工法である。本工法の場合、既設管きょの増径が可能である。ただし、取付管がある場合は、新たに開削工法又は取付管推進工法等による布設替えを行う必要がある。

(4) 修繕工法と分類

管きょの修繕は、対象施設の一部を再建設あるいは取替えを行うもので止水工法、内面補強工法、ライニング工法等に分類される。

さらに、止水工法は注入工法、シーリング工法、コーキング工法、リング工法に内面補強工法は形成工法、反転工法に分類される。

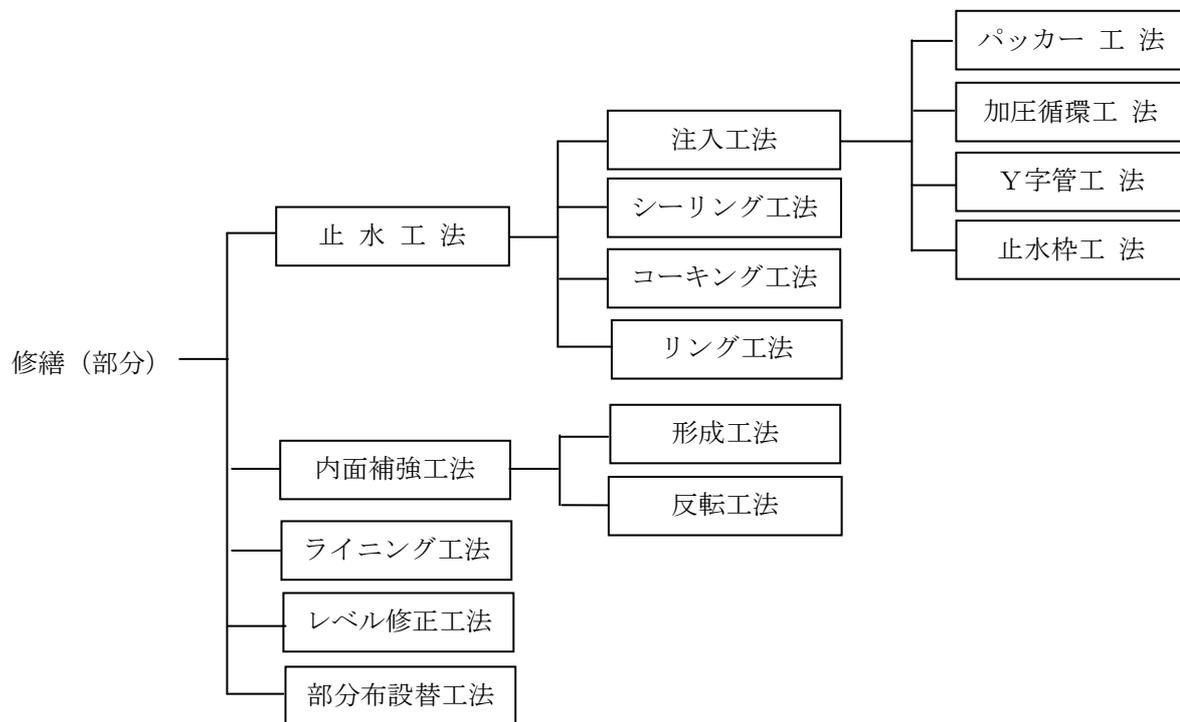


図3.2.9 修繕工法の分類

1) 修繕工法の概要

① 注入工法

管きよのクラックや継手の不良個所に止水材を注入して止水する工法である。

② シーリング工法

浸入水等が見られるクラックや継手の不良個所をV型又はU型にはつり、この部分に粘着性と弾性のあるシール材を止水材として貼付け止水する工法である。

③ コーキング工法

専用ガンで修繕箇所に止水材を直接充填し、止水する工法である。継手、クラック、小破損個所等に対応可能である。

④ リング工法

円形状の製品を管きよ内に搬入し、管きよ内部で組み立て加圧して欠陥箇所を覆い止水する工法である。管きよ背面に止水材を注入することができる。

⑤ 形成工法

管きよ内に硬化性樹脂等を巻き付けた補修機を挿入し、不良個所に硬化性樹脂等を貼り付けし、熱や光等により硬化させる工法である。

⑥ 反転工法

芯材に硬化性樹脂を含浸させた材料を管きよ内に水圧、又は空気圧等で反転加圧させながら挿入し、熱や光等で硬化させる工法である。

⑦ ライニング工法

管きよ内面に被覆材を塗り付け、劣化度等の箇所を修繕する工法である。腐食による劣化等に対応可能である。

⑧ レベル修正工法

管きよ周辺への薬液注入圧により、管軸変位を修正する工法である。

⑨ 部分布設替工法

補修箇所を部分的に新管と入れ替えする工法である。

管きよの修繕は、現実には下水が流れている施設を対象とすることから、その施工にあたっては、特に種々の制約を受けるものである。したがって、施設の状態を的確に把握し、修繕が必要な原因、緊急度、施工条件等を十分検討のうえ、最適な工法を採用し施工することが重要である。