

# 急勾配で布設する 下水道用ポリエチレン管の技術 に関する共同研究

## 1. 研究の目的

下水道の計画・設計に際しては、広域的な観点からの下水道整備区域の設定、及び適切な整備法の選定を行うことが必要不可欠であり、各々の地域性を重視し、地域に密着した施設になるよう心がけることが肝要である。

特に山岳地帯や急傾斜地等に下水道を敷設する場合は、(社)日本下水道協会「下水道施設計画・設計指針と解説」で示す流速の範囲内（最小0.6/m～3.0/m）とした場合は、管路延長の増大や交通規制等の問題があり、多額な費用が発生する。

そこで、管路延長の短縮、工期・工事費の削減等を図るために、最大流速が3.0mを越える場合でも、急勾配管きよの布設や減勢工などの新技術を活用することにより、急傾斜地に布設する下水道用管きよを開発し、実用化することを目的に開発を行った。

本開発の配管材に適した条件は、破損しない、摩耗性がよい、管材の継手部で引抜きがなく、斜面地でも人力施工のできる軽さであることが要求される。

これらの条件から高密度ポリエチレン管に着目した。

一般にポリエチレンは、プラスチックの中でも耐摩耗性に優れ、比重が0.92～0.97と軽量である。

管の継手部は融着構造であり、カラー継手の配管材に比べ継手部の信頼性（強度、気密性）が高いといえる。またポリエチレン管は、阪神大震災等での耐震性が高く評価され、現在ガス管や水道管への

採用が急増している配管材である。

そこで、ポリエチレン管の材質及び管体特性等の適性について検討を行い、急傾斜部に布設する下水道に関し、管きよとしてポリエチレン管を用いた場合の留意点等の技術内容について設計資料としてまとめた。

## 2. 研究体制

本研究は、財団法人 下水道新技術推進機構と下記企業との共同研究により実施した。

三菱樹脂(株)、積水化学工業(株)

## 3. 検討内容

平成8、9年度に、ポリエチレン管の管材・管体特性についての検討項目を設定し、評価を行った。

### A 材料特性に関する事項

- A-1 短期特性（強度特性）
- A-2 長期特性（クリープ特性、耐環境性）
- A-3 温度依存性（強度、弾性係数）
- A-4 耐摩耗性（他管材との比較）
- A-5 化学的安定性（耐薬品性等）

### B 管体、接合部に関する事項

- B-1 強度特性（偏平、曲げ、等）
- B-2 耐摩耗性

### C 管厚に関する構造計算

ポリエチレン管の肉厚について、輪荷重を考慮

する場合としない場合の2種類で管径別に検討を行った。

管厚は輪荷重の有無、土被りを考慮し2種類の肉厚から選定する。

## 4. 研究結果

ポリエチレン管の材質・管体について行った試験結果を表-1に示す。

表-1

試験項目		結果	
材料特性	短期特性	<ul style="list-style-type: none"> <li>降伏強さ</li> <li>破断強さ</li> <li>破断延び</li> <li>曲げ弾性率</li> </ul> 高温時に降伏強さの低下がみられるが、破断延びも十分。-20~60℃の範囲で問題なし。	
	長期特性	<ul style="list-style-type: none"> <li>クチ式引張り</li> <li>クリープ試験</li> </ul> 50年クリープ強さは100kgf/cm <sup>2</sup> で問題なし。	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>耐環境応力</li> <li>亀裂試験</li> </ul> ESCR F <sub>50</sub> は1000時間以上	
		耐摩耗性	摩耗輪試験、ドラム式試験結果とも、ポリ管の摩耗量は他の管材よりも少ない結果が得られた。
		耐候性	1年程度の暴露では強度上十分な耐候性有り。
耐薬品性	下水道法の流下物に対し安全。		
管体の特性	へん平試験	たわみ率10%の規定圧縮量における荷重は規格値を満足。	
	疲労試験	50年使用後においても安全である。	
	水圧試験	最大水圧3.4MPa以上で破損はEF継手で発生しない。	
接合部特性	へん平負圧試験	EF接合部は地盤変動等の変形においても気密・水密性を有する。	
	ピール試験	外力による剥離に対し強度を有す。	

### 4.1 ポリエチレン管の適用範囲

本研究の適用範囲を下記に示す。

(1) 種類

直管と異形管があり、接合方式は熱融着接合を基本とする。

(2) 管径の選定

150mm, 200mm, 250mm, 300mm, 350mm, 400mmの中から選定する。

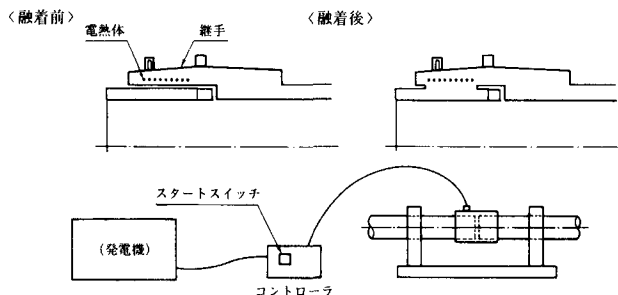


図-1 EF接合の概要

### 4.2 ポリエチレン管の計画手順

急勾配での管路施設とは、管きよ、特殊マンホール、中間マンホール、給気管及び減勢工から構成され、計画に当たっては、下水道施設として最も適した布設ルートを選定する。

計画の手順フローを図-2に示す。

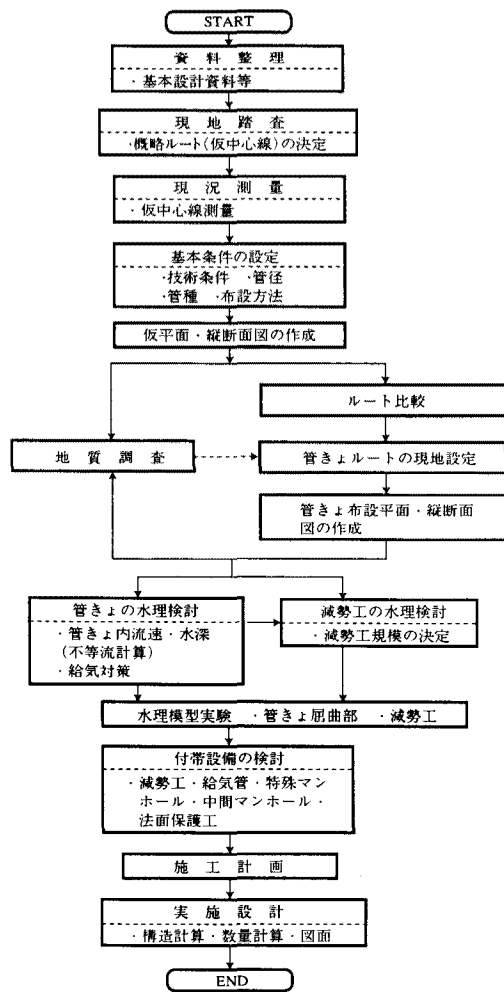


図-2

4.2.1 管きょ布設ルートを選定

- (1) 水理的に有利な管きょ線形とする。
- (2) 施工可能な線形とする。
- (3) 地盤変状に対応可能な線形とする。
- (4) 環境への影響を最小限に留める。

4.2.2 管路施設の計画汚水量

- (1) 計画汚水量は、計画時間最大汚水量とする。
- (2) 計画汚水量には地下水、雨水等の侵入を考慮し余裕を見込む。

4.2.3 流量の計算

流量の計算には Manning 式、あるいは Cutter 式のどちらかを用い、ポリエチレン管の粗度係数は両式とも 0.010 とする。

4.2.4 管径の決定

管径の決定には流量計算ならびに水理実験等により決定する。

本技術の対象となる管きょは急傾斜地に布設されることから、流速は 3.0m/秒以上となり高速射流で流下し、管きょは、平面・縦断的に変化するため空気の水脈への取り込みが生じ、水脈断面は増加される。このため空気混入による水脈断面の増加量については、ガメンスキーの式、建設省土木研究所の実験結果等を参考にする。

あわせて水理模型実験を行い、流況・水面形状等を検証することが望ましい。

4.2.5 管きょの選定

管径が決定したならば、急傾斜地での施工性を考慮し管きょは軽量なものが望ましい。そのため布設する環境にあわせて、輪荷重等の有無、土被りを考慮し管厚を 2 種類とし、表-2 の中から選定する。

表-2 ポリエチレン管の規格

呼び径	活荷重なし (SDR21)		荷重あり (SDR13.6)	
	外径 (mm)	最小肉厚 (mm)	外径 (mm)	最小肉厚 (mm)
150	180	8.6	180	13.3
200	250	11.9	250	18.4
250	315	15.0	315	23.2
300	355	16.9	355	26.1
350	400	19.1	400	29.4
400	450	21.5	450	33.1

※SDRとは、外径を最小肉厚で除した値

ポリエチレン管の埋設強度計算は、埋戻し土及び活荷重により埋設管に作用する荷重で管体に発生する最大発生応力とたわみ率を計算し、いずれもが許

容値を満足することを確認する。

管の強度計算を行う手順を図-3 に示す。

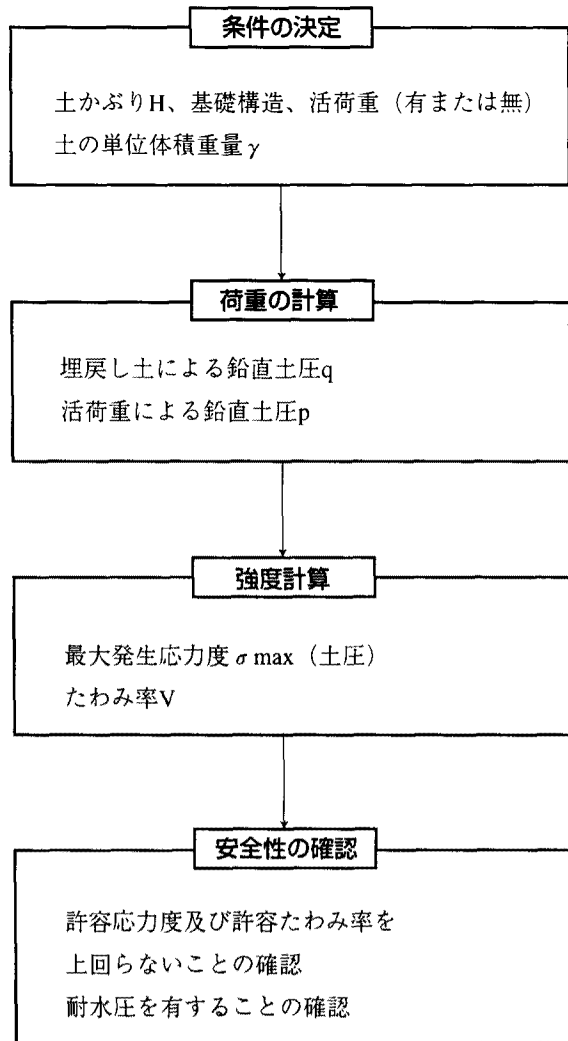


図-3 強度計算の手順

4.2.6 管きょの埋設深さと基礎工

- (1) 管きょは埋設することを基本とし、埋設深さは外的要因の影響を受けない深さとする。
- (2) 管きょの基礎は、管種・土質等に応じて適切な基礎工を施さなければならない。基礎材は砂基礎を原則とするが、条件に応じて、はしご胴木・布基礎等を砂基礎と併用して設けることができる。

4.2.7 付帯設備の検討

付帯設備には、減勢工、給気管、特殊マンホール、中間マンホールがある。

(1) 減勢工

減勢工は急勾配管きょ内を高速で流下する水流を、流速 3.0m/秒以下に減速させるために、下水本管と接続部分に設置する構造物である。

減勢工の構造断面の決定には、不等流計算（ベルヌーイの定理を適用し逐次計算法）で行い、水理模型実験等により最適な形状及び寸法等を決定する。

減勢工の概要図を図-4に示す。

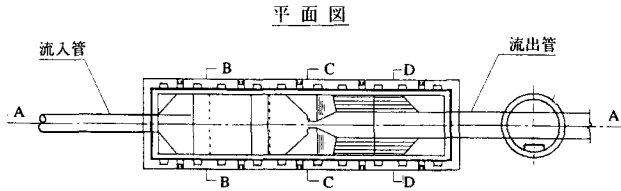


図-4-1 平面図

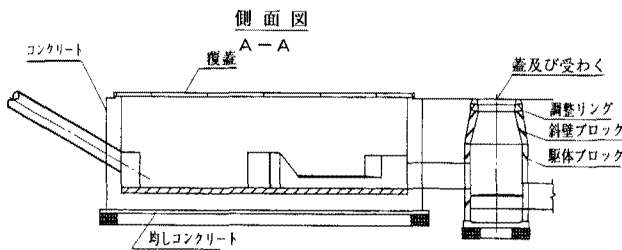


図-4-2 側面図

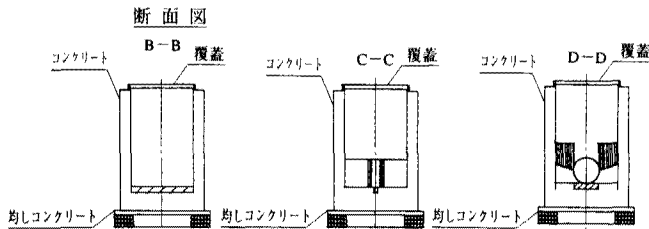


図-4-3 断面図

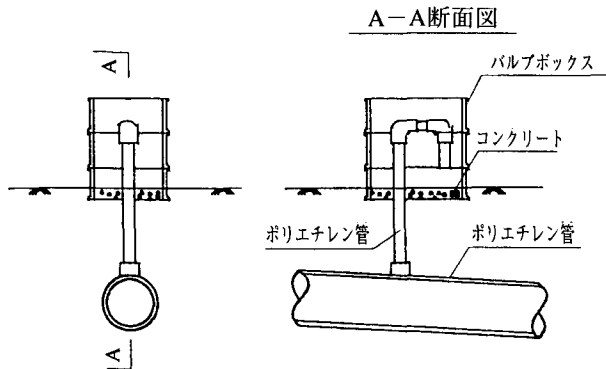


図-5 給気設備概要図

(2) 給気設備

管きよのセルフプライミング現象による圧力減少等の発生を防止する目的で給気管を設ける。給気管の設計には、管内風速を45m/秒として、必要給気量をキャンベルガイドンの式で求め、給気管径を決定する。

給気設備の概要図を図-5に示す。

(3) 特殊マンホール, 中間マンホール

1) 特殊マンホール

急傾斜部管きよ内へ流下を疎外する流下物が混入するのを防止する目的で、急傾斜部最上流端にスクリーンを有するマンホールを設ける。

2) 中間マンホール

急傾斜部管きよの途中に維持管理のために設け、バイパス用取付け管も具備することとし、施工性も考慮し軽量の材質が望ましい。構造的には射流で流下する断面を変化させないように、管きよを貫通する構造とする。

特殊マンホール, 中間マンホールの構造図の参考図を下記に示す。

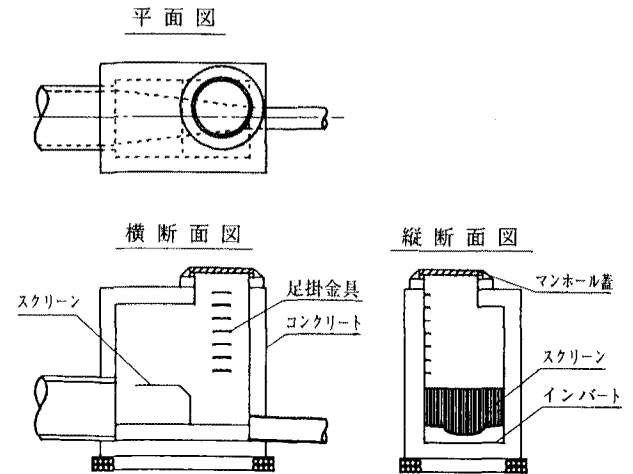


図-6 特殊マンホール参考図

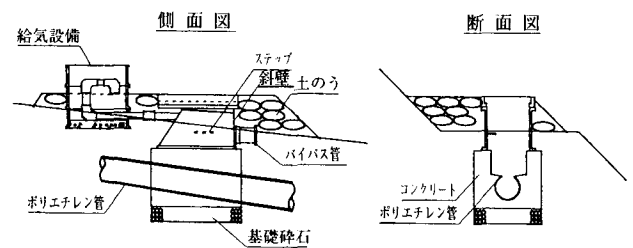


図-7 中間マンホール参考図

### 4.3 施工方法

急傾斜地に管路施設を施工する際の、施工計画立案に当たって、運搬設備、保管、布設方法に関し、経済的かつ安全に施工するための留意点について述べる。

#### (1) 運搬設備

施工場所の状況を十分に調査し、急傾斜部へ資材を安全に運搬する設備が必要である。設備としては 1) ウインチ方式、2) 索道方式、3) モノレール方式があげられるが、布設場所の状況により決定する。

#### (2) 管の運搬及び保管

管の積み降ろしには、放り投げたり傷を付けないよう、小運搬時には管を滑らせたり引きずらないよう注意する。また保管場所は原則として屋内とし、やむをえず屋外においては直射日光を避けるシートを掛け、風通しのよい状態に保管する。

#### (3) 管きよ布設工法

急傾斜部の布設工法は、開削工法で人力掘削が可能な規模とする。布設に当たっては、特に以下の点について注意を行う。

- 1) 施工性：人力中心の施工が容易であること。
- 2) 安全性：管の変位や滑落が生じない構造
- 3) 簡易な構造：管きよの破損時の補修が容易である。
- 4) 耐地盤変位：滑動等地盤変位に対応できること。
- 5) 施工の安全対策：施工時の表土流出を発生させない。
- 6) 災害防止：本構造がみずみちとなり、地山の崩壊を招かないこと。
- 7) 景観の維持 布設後の景観を損なわないこと。

このことから、施工事例として埋戻し土の流出と沈下に対処する点で、土のうによる地表付近の埋戻しの採用事例がある。また土のうや埋戻し土の滑落が懸念される場合は、落下防止用の盛土補強ネットを施す場合もある。

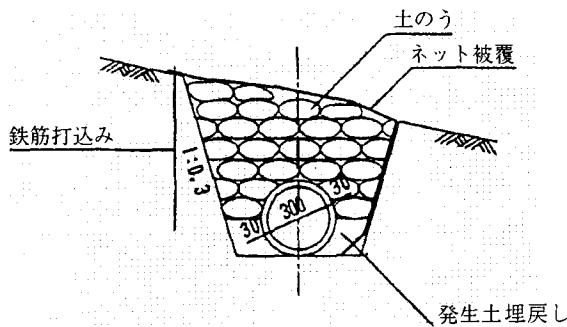


図-8 施工事例

施工例として図-8に示す。

### 4.4 維持管理

維持管理作業には、次の事項がある。

- (1) 点検、清掃及び浚渫
- (2) 補修及び改良
- (3) 保護及び防護
- (4) 災害及び事故対策
- (5) 除外施設及び排水設備の指導等

#### (1) 点検

点検項目には1) 流下の状況及び沈殿物の堆積状況、2) 地表面の流出の有無、3) 損傷の状況、4) 悪質下水の流入及び有害ガスの有無等があり、これらの調査には、マンホールからの目視、テレビカメラ等を用いて管内状況をモニターにより確認する。

#### (2) 補修方法

管に損傷が生じた場合には、以下の方法で補修を行う。

- 1) 損傷部の地盤掘削
- 2) 破損部の管の切断

管端は直角になるように切断し、残した管に損傷がないか確認する。

- 3) 補修管の準備
- 4) 接合作業

残った本管と挿入管の融着部を清掃し、EFソケットで融着を行う。(図-9-1～9-4)

#### 5) 検査

融着作業が正常に終了したことを確認する。

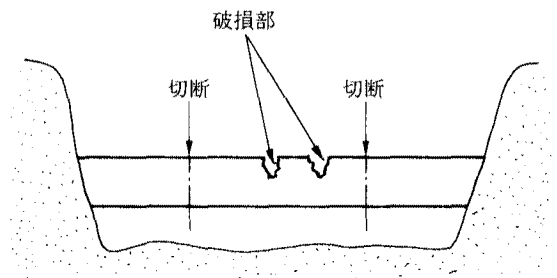


図-9-1 破損部切断

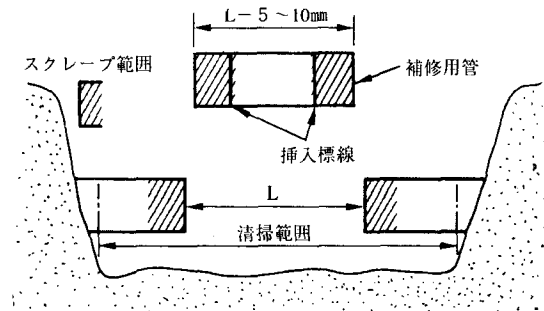


図-9-2 補修管用の切断

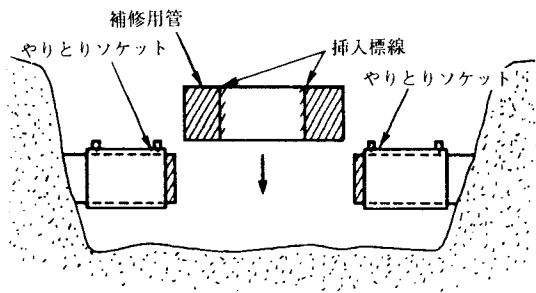


図-9-3 EFソケットの装着

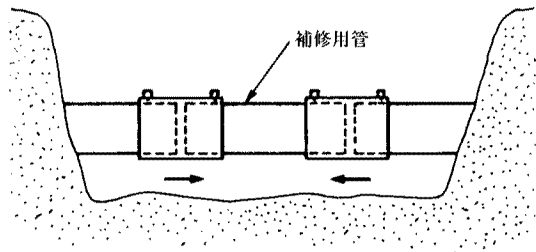


図-9-4 EFソケットの引き戻し

## 5. 報告書の内容

前述したような研究成果をもとに、「急勾配で布設する下水道用ポリエチレン管設計資料」を作成した。その構成、内容は以下に示す通りである。

### 第1章 総論

- 第1節 目的と適用範囲
- 第2節 適用基準類
- 第3節 布設計画
- 第4節 管径

### 第2章 管路施設

- 第1節 管きよの仕様
- 第2節 管きよの選定

### 第3節 管きよの埋設深さと基礎工

### 第4節 付帯設備

## 第3章 施工方法

### 第1節 資材運搬

### 第2節 管きよ布設工法

## 第4章 維持管理

### 第1節 点検

### 第2節 補修方法

## 参考資料

### 管きよの性能

- 1 高密度ポリエチレン管の研究目的
- 2 試験項目
- 3 試験結果
- 4 管厚に関する構造計算

## 6. まとめと今後の課題

今回の研究では、急勾配に布設する下水道用ポリエチレン管の材料特性を中心に検討を行い、他の下水道用管材と比較し、ポリエチレン管の有する耐摩耗性、融着継手構造による安全性を確認した。

検討結果から得られた知見をもとに、急勾配にポリエチレン管を布設する場合の設計方法について検討を行った。しかし、急傾斜山岳等に布設する下水道管きよの施工事例は、本機構との共同研究で実施した2例にすぎず、水理特性についてはあまり解明されていない。特に管内を自由水面を維持し高速で流下し、かつ空気混入が生じた時の水面の膨らみ現象の発生によりどのような水流になるか。また、屈曲部を流下することによる管への影響等、減勢工の構造断面の決定については、流れの諸条件によりいろいろな水理現象の解明についても、水理模型実験を行った上で形状を決める必要がある。

今後、急勾配下水道管きよ施設への期待は大きくなり、研究や設計が多くなると思われる。本機構では、今後も研究を進め、急勾配下水道管きよ施設についての技術を確立していきたい。

### ●この研究に関する問い合わせは

技術第二部長	平林 成郎
技術第二事業部課長	宮沢 達雄
技術第二部主任研究員	村田 清次
技術第二部主任研究員	中野 順行
技術第二部研究員	林 和生