

高度情報化社会に向けた下水道暗渠の開放

(小口径管への光ファイバー布設について)

布施陽一*、松川一貴*、川崎直*
本村文利**、藤原博昭***

* 川崎市建設局下水道建設部計画課

川崎市川崎区宮本町1番地

** 昭和電線電纜株式会社

東京都港区虎ノ門1-1-18

*** 古河電気工業株式会社

東京都千代田区丸の内2-6-1

概要

川崎市では、下水道暗渠内などに布設した光ファイバー網を活用し、下水処理場の夜間遠方監視や広域レーダ雨量情報システムなど、下水道管理の高度情報化に取り組んでいる。また、下水道を貴重なネットワーク空間として、民間の通信事業者などへも開放し有効利用を図っている。

本稿では、高度情報化社会の中で、下水道暗渠内空間が安定的に使用できる様、下水道暗渠の水理特性や下水道暗渠内への光ファイバー布設実験を通して、下水道と光ファイバーの関係について考察を加え報告する。

キーワード

下水道光ファイバー、高度情報化、光ファイバーネットワーク

1 はじめに

高度情報化社会に突入しつつある現在、光ファイバーを媒体とした光通信など、高速な情報通信の基盤整備が求められている。このような背景から、平成8年12月には下水道法の一部が改正され、下水道の持つ地下空間は、都市内での貴重なネットワーク空間として、高度情報化社会を支えるインフラに有効活用することが可能となった。

川崎市においては、既に約37kmの下水道光ファイバーネットワークが整備され、下水処理場の夜間遠方監視や、広域レーダ雨量情報システムなどに利用されており、下水道管理の高度化を実現しているが、現在では、ネットワークの信頼性向上と新たな施設への接続を目的に、約43kmの光ファイバーを延伸し、ネットワークのループ化を図っている。

2 高度情報化社会への下水道の開放

川崎市では、下水道法の改正を受け平成11年2月より「川崎市下水道暗渠等の使用に関する規則」を施行し、公共下水道の暗渠及び下水道光ファイバーの心線の一部について使用を認めることとした。この規則に基づく使用許可としては、「川崎市情報化基本計画」に基づく“川崎市地域情報通信基盤”としての一般行政利用が計画されており、ループ化された下水道光ファイバーネットワークの心線約80kmと、区役所、支所等を接続する行政利用の光ファイバーを収容する約10kmの空間の貸し出しが予定されている。さらに、

第1種電気通信事業者への空間の貸し出しも決定している。また、当該規則の公布から施行までの間に実施した第1種電気通信事業者と有線テレビジョン放送施設者への利用意向調査では、具体化していない計画を含め、数件の照会を受けており、将来的な民間企業での活用の可能性が窺える。

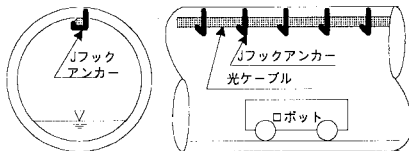
現段階では、下水道暗渠の開放については、川崎市の既設ルートで布設実績のある $\phi 700\text{mm}$ 以上の暗渠約 37.5km を対象としており、平成11年度末の管渠延長約 $2,743\text{km}$ に対しては、1割強の開放率となるが、建設省が進めている“地域情報通信ネットワークプラン”や、近年の社会状況におけるIT関連事業への取り組み等を鑑みれば、今後、小口径管渠を含めた全暗渠の開放が求められていくと考えられる。

3 下水道光ファイバーの下水道暗渠への影響

下水道暗渠内への光ファイバー布設には、代表的な工法として図-1に示す3工法が挙げられる。工法の実施に当たっては、各都市の実状に合わせて採用することとなるが、川崎市の場合、既設の約 37km については、 $\phi 700\text{mm}$ 以上の暗渠に引き流し工法が採用されている。川崎市が、引き流し工法を採用した理由としては、次の3点が大きな要因を占めている。

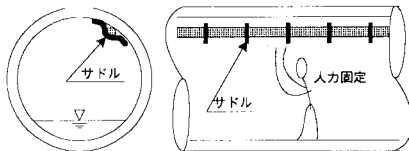
- ① 本管供用後の取付管工事が多発するため、管底への布設が望ましい。
- ② 施工費が低廉。
- ③ 清掃以外は、メンテナンスフリー

ロボット工法



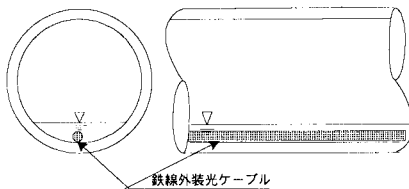
- ・ロボットによるアンカー固定
- ・ $\phi 200\sim 1200\text{mm}$ の暗渠に適用可能
- ・流水断面の阻害はない(正常時)
- ・供用後の取付管布設工事時に支障となる

サドル工法



- ・人力によるサドル固定
- ・ $\phi 800\text{mm}$ 以上の暗渠に適用可能
- ・流水断面の阻害はない(正常時)
- ・供用後の取付管布設工事時に支障となる

引流し工法

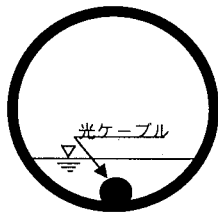


- ・布設作業が簡易
- ・ケーブルは常に流水中にある
- ・供用後は清掃作業以外、原則としてメンテナンスフリー
- ・川崎市の適用工法

図-1 光ファイバー布設工法

また、下水道暗渠内にケーブルを布設することによる、暗渠の流下能力の低下は、どの工法を採用するかに関わらず、懸念されるところであるが、各工法で円形管にケーブルを布設した場合の、水理特性曲線から流下能力の低下を比較すると、図-2、3、4のようになる。

引き流し工法



下水道暗渠 $\phi 250$ mm
光ケーブル $\phi 15.5$ mm
粗度係数 0.010
勾配 3%

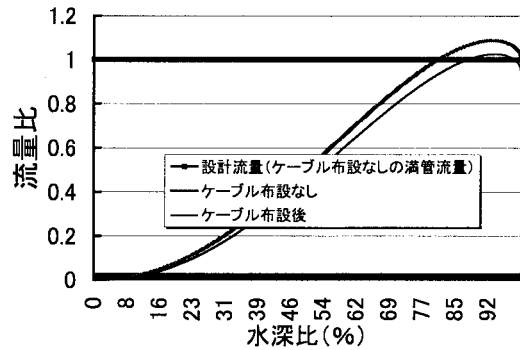
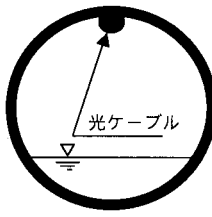


図-2 引き流し工法で布設した場合の水力特性曲線 (流量比 = 1 : 設計流量)

ロボット工法
(取付管なし)



下水道暗渠 $\phi 250$ mm
光ケーブル $\phi 15.5$ mm
粗度係数 0.010
勾配 3%

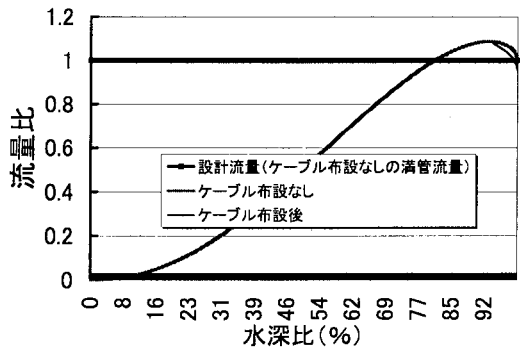
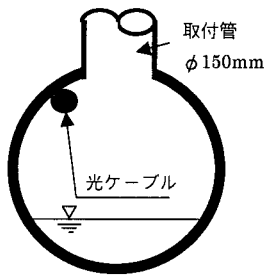


図-3 ロボット工法 (取付管なし) で布設した場合の水力特性曲線 (流量比 = 1 : 設計流量)

ロボット工法
(取付管有り)



下水道暗渠 $\phi 250$ mm
光ケーブル $\phi 15.5$ mm
粗度係数 0.010
勾配 3%

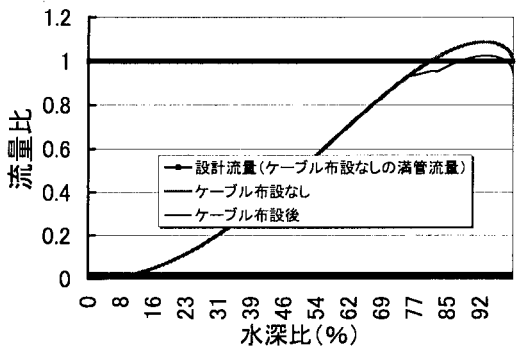


図-4 ロボット工法 (取付管有り) で布設した場合の水力特性曲線 (流量比 = 1 : 設計流量)

図-2、3、4から、暗渠の上部に布設されるロボット工法やサドル工法であっても、取付管の開口部を避けてケーブルを布設した場合は、引き流し工法でケーブルを布設した場合と同様のパターンで、流下能力の低下が生じる。さらに、今回の比較では、ケーブルを固定する固定具の影響については考慮しておらず、固定具が脱落した場合のケーブルの垂れ下がりなどを想定した場合、引き流し工法よりも影響が大きくなる可能性も考えられる。

また、管径比 (ケーブル径/暗渠径) と流量比 (ケーブル

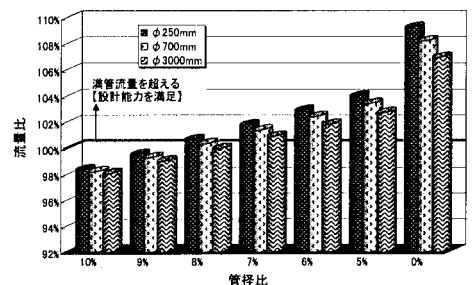


図-5 管径比-流量比関係

布設により低下した流下能力におけるピーク流量/ケーブルを布設しない場合の満管流量)には、図-5に示す関係が得られる。この図では、流量比が100%を超える場合に、下水道としての設計能力が満足することを示しており、管径比8%で設計流量が確保できることとなる。この管径比8%は、 $\phi 250$ mmの暗渠で20 mm、 $\phi 700$ mmで56 mmのケーブルに相当し、100心程度の光ファイバーが収納可能なテープスペーサ型の一重鉄線外装ケーブルの外径が約19 mmであることを考えると、川崎市における殆どの暗渠に引き流し工法でケーブルを布設しても流量特性上は差し支えないと考えられる。

4 小口径管への光ファイバーケーブル布設実験

4.1 実験概要

流量計算上は、小口径管を含むすべての暗渠で、設計能力を満足する結果が得られるが、川崎市における $\phi 700$ mm以上の暗渠に布設された既設光ファイバーケーブルのルートでは、特定の箇所でケーブルに異物が付着する現象が確認されている。このことから、これまで布設実績のない $\phi 700$ mm未満の暗渠に光ファイバーケーブルを布設するにあたって、引き流し工法を採用することが妥当であるか疑問の残るところである。

そこで、川崎市では、小口径管に引き流し工法で光ファイバーケーブルを布設した場合の妥当性を検証するため、市内7カ所の実施設で光ファイバーケーブル布設実験をおこない、小口径管への影響、適切な施工方法などについての検討をおこなった。

実験にあたっては、 $\phi 250$ mmの円形管と卵形管に、SUS テープ外装ケーブルと一重鉄線外装ケーブルの2種類のケーブルを用い、インパート部及び副管部でのケーブル処理方法を組み合わせて施工し、目視点検による経時変化の観測をおこなった。また、光伝送損失測定と光パルス試験(OTDR 試験)を実施し、光ファイバーの伝送特性に与える影響についても測定した。

4.2 実験条件

(1) 施工方法

光ファイバーケーブルの布設方法は引き流し工法とする。

(2) 使用ケーブル

- ・SUS テープ外装ケーブル：外径 ϕ 約 16 mm、230 kg/km
- ・一重鉄線外装ケーブル：外径 ϕ 約 19 mm、520 kg/km

(4) 副管部のケーブル処理方法の比較

副管部のケーブル処理方法は、次の2種類とし比較をおこなう。

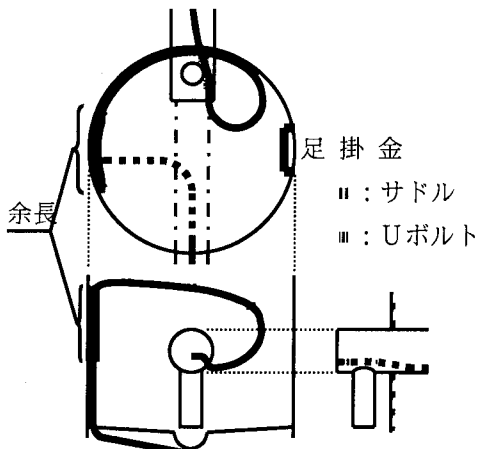


図-6 サドル固定方式(2点固定方式)

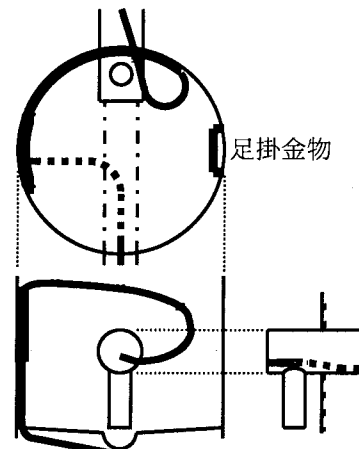


図-7 スリット方式

(5) インバート部のケーブル処理方法の比較

インバート部のケーブル処理方法は、次の2種類とし比較をおこなう。

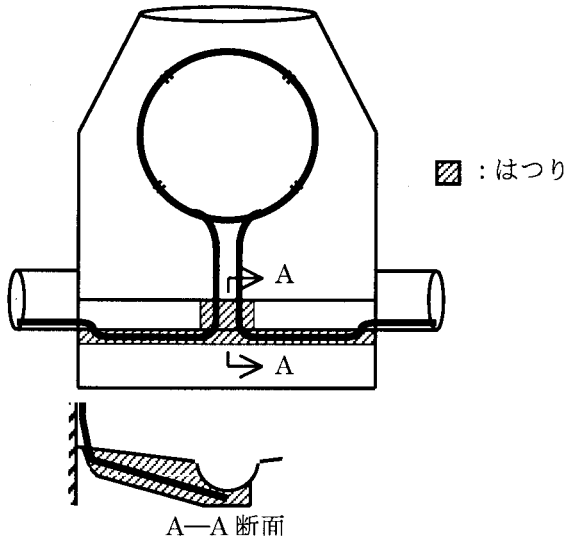


図-8 底面立ち上げ

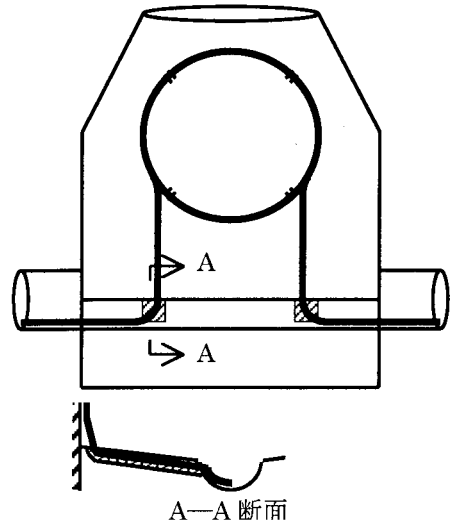


図-9 側面立ち上げ

4. 3 実験結果

(1) ケーブルの状態及び異物の付着状態

実験期間中、数カ所でケーブルへの異物付着が観測された。異物の付着が確認された箇所における、ケーブル及び異物付着の状況は、次の2種類に大別できた。

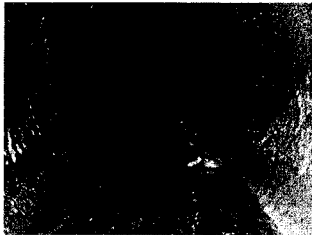


写真-1

- ・ケーブルの横ずれ、蛇行が原因
- ・ケーブルに異物が乗り上げた状態
- ・観測毎に付着状況が変化
→流量変動により、付着と流下を繰り返す

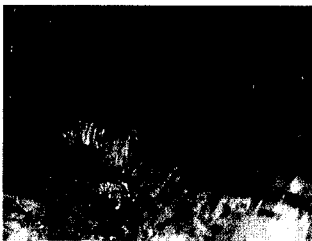


写真-2

- ・ケーブルの浮き上がりが原因
- ・ケーブルと暗渠壁面との間に異物が挟まれる状態
- ・最初の付着物が核となり、成長につながる可能性有り
→管渠閉塞など重大な流水阻害の原因となる可能性有り

(2) ケーブルの違いによる比較

SUS テープ外装ケーブル	<ul style="list-style-type: none"> ・流下能力の低下は小さいが、自重が軽いいため、流水中でケーブルが安定しない。 ・布設時に巻き癖が残りがやすい →ケーブルの横ずれ、蛇行、浮き上がりが発生しやすい 	
一重鉄線外装ケーブル	<ul style="list-style-type: none"> ・流下能力の低下は大きい、自重が重いいため、流水中でケーブルが安定している。 ・柔軟性に優れ、管底への密着性が良好 	適

(3) インバート部のケーブル処理方法による比較

側面立ち上げ	<ul style="list-style-type: none"> ・インバートのはつり量が少なく、施工が比較的容易 ・曲がり部が流水中に露出し、水流に対し抵抗する形となる ・構造上、ケーブルと暗渠壁面に隙間が生じやすい →成長につながるような異物付着が発生しやすい 	
底面立ち上げ	<ul style="list-style-type: none"> ・インバートのはつり量が多く、1箇所あたりの施工時間が比較的長い ・水量が多い箇所での施工が困難 ・適正な施工をおこなえば、ケーブルを管底に密着させることが可能 	適

(4) 副管部のケーブル処理方法による比較

スリット方式	<ul style="list-style-type: none"> ・人孔内での余長処理に必要な空間が小さい ・構造上、ケーブルと暗渠壁面に隙間が生じやすい →成長につながるような異物付着が発生しやすい 	
サドル固定方式 (2点固定方式)	<ul style="list-style-type: none"> ・人孔内での余長処理に必要な空間が大きい →適切な処理を行わないと維持管理上不利な面がある ・ケーブルを管底に密着させることが可能 	適

観測結果から、成長につながるような異物付着については、小口径管の維持管理上支障となる閉塞等につながる可能性があることから、これを防ぐための検討をおこなった。付着のメカニズムとしては、ケーブルの弛み、横ずれ、浮き上がりで生じるケーブルと暗渠壁面との隙間に紙類が巻き付き、これが溶解するよりも早く次の異物が付着することで成長を繰り返し、ある程度の大きさにまで成長すると溶解が困難になることで、経時的な付着物の減少が期待できなくなるというものであった。

そこで、ケーブルへの異物付着を防ぐためには、ケーブル布設時にケーブルの弛みをなくし、常に管底中心部に密着させることができるような工夫が必要であると考え、異物の付着が観測されたルートで補修をおこない同一条件下での比較をおこなった。補修方法としては、ケーブルに損傷を与えないようにインバートをはつり、ケーブルを露出させた後、ケーブルに張力を負荷し、管底中心部に密着したことを確認した上でケーブルの再固定をおこなった。補修後の継続観測では、異物の付着は観測されなかったことから、ケーブルの布設をおこなう際に、ケーブルの弛みをなくし、常に管底中心部に密着させることができれば、異物付着の発生を防ぐことができるという結果が得られた。

(3) 管渠洗浄時のケーブルの挙動及び光伝送測定

補修をおこなう際に、高圧洗浄による管清掃をおこなったが、ケーブルと洗浄用パイプとの絡み合いやケーブルの損傷等の支障もなく、洗浄中の伝送測定についても特に変化はみられなかった。このように、光ファイバケーブルを布設したルートでも通常の作業工程で管清掃が可能であった。

5 まとめ

実験結果及び分析結果から、小口径管に引き流し工法でケーブルを布設しても流量特性上は差し支えないと考えられる。また、ケーブルへの異物の付着を防ぐためには、布設当初から、ケーブルに張力を負荷するなど、ケーブルの弛みをなくし、常に管底中心部に密着させることが重要であり、適切な施工がおこなわれていれば、小口径管渠に、引き流し工法で光ファイバケーブルを布設しても、異物付着の発生を防ぐことができる。

今回の実験で、小口径管への引き流し工法による、光ファイバケーブル布設の適用性が示されたことは、今後、更に進んでいくことが予想される高度情報化社会に向けての、各家庭や施設を含めた光通信網の整備を考える上で、特に川崎市のように、諸条件から引き流し工法を採用することが適していると考えられる地域においては、大きな意味を持つものと考えられる。