

## 〈研究発表〉

### 光ファイバーケーブル耐震化敷設技術調査

中村俊男<sup>1)</sup>、原田敏郎<sup>1)</sup>、藤平貞義<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> 東京都下水道サービス㈱ (〒100-0004 東京都千代田区大手町 2-6-2, E-mail: [toshio-nakamura@tgs-sw.co.jp](mailto:toshio-nakamura@tgs-sw.co.jp))

東京都下水道サービス㈱ (〒100-0004 東京都千代田区大手町 2-6-2, E-mail: [to-harada@tgs-sw.co.jp](mailto:to-harada@tgs-sw.co.jp))

<sup>2)</sup> 社団法人日本下水道光ファイバー技術協会 (〒101-0047 東京都千代田区内神田 2-10-12, E-mail: [fujihira@softa.or.jp](mailto:fujihira@softa.or.jp))

#### 概要

東京都区部においては、関東大震災の再来が懸念されている。そのため下水道管路施設の耐震化設計及び施工が進捗する中で、区部内下水道施設の遠制化と、情報ネットワークの重要施設である光ファイバーケーブル施設の安全性と信頼性を確保するため、光ファイバーケーブルの耐震化が急務となっている。本調査・開発は、下水道光ファイバーケーブルネットワークを、地震等による断線及び過大応力予防敷設工法の最適な技術を開発するために、平成22年度において、下水道光ファイバーケーブル敷設箇所の実態を調査し、地震対策検討を行ったので報告する。

**キーワード:** 光ファイバーケーブル (optical fiber cable)、耐震化 (Earthquake-proofing)、ケーブル敷設 (Cable laying)、情報ネットワーク (Information network)、下水道管路 (Sewer pipeline)

#### 1. はじめに

本調査は、遠制ポンプ所の安定運転や情報ネットワーク機能の安定維持を目指すため、地震等による管路の損傷、変形、破損に対して、下水道光ファイバーケーブルの断線及び過大応力予防敷設方法の最適な技術を開発するために行いました。

東京都区部においては、関東大震災以来90年超を迎え、その再来が懸念されており、近年には阪神大震災(兵庫県南部地震)をはじめとして本年3月には東日本大震災など大規模な地震発生が見られます。

東京都下水道局光ファイバー網(ソフトプラン)の整備延長が800kmに達し、民間利用も心線利用を含めて50kmを超えている。その重要性は整備規模の大きさもさることながら、下水道施設機能の管理・維持、緊急時対応情報や技術情報の円滑な伝達等、現在では都市機能施設としての下水道にとって欠かすことのできないものとなっています。

民間利用を広く進めている現状では、その重要性和社会責任は一段と高いものとなり、特に、地震等の災害時においては、情報伝達手段としての十分な機能稼働を確実にしておく必要があります。

下水道管路施設の耐震化設計及び工事が進捗する中で、遠制化、情報ネットの重要施設である光ファイバーケーブル施設の耐震化が、災害時における安全性や信頼性を確保するためにも急務となっています。

地震災害時における光ファイバーケーブル施設の間

題点は、人孔や管渠が移動、振動して急激で強い力を受けた場合に、伝送不良や回線切断が発生することにあります。

本発表は、この問題点を解消、軽減するために、下水道光ファイバーケーブル敷設箇所実態を調査し、地震対策検討を行ったので報告いたします。

#### 2. 光ファイバーケーブル敷設技術の整理

##### 2.1 光ファイバーケーブル敷設技術基準

既存の光ファイバーケーブル敷設技術基準は「光ファイバーケーブル下水道管路内敷設 設計指針」で定められており、その適用範囲としては、「ソフトプラン」で計画している光ファイバーケーブルネットワークを構成するために、下水道管路内に敷設する光ファイバーケーブルの設計に適用されている。

対象となる施設は、公道上の管路施設、連絡管及びステーションの直近人孔からステーション敷地境界寄りの敷地内に設けるハンドホールまでとなっている。

設計に当たっての基本的事項は、① 下水道施設の維持管理に支障とならないもの。② 下水道施設の構造、機能を低下させ、若しくは損なわないもの。③ 施工の安全が十分に確保でき、また、施設の維持管理が容易なもの。④ 光ファイバーケーブル施設の耐久性が確保できるものとする。

##### 2.2 下水道管路施設の耐震化

下水道管路施設の耐震化については、基本的に構造面での耐震対策を図ることを基本とする。

下水道施設耐震構造指針(管路施設編)<sup>1)</sup>に示す管路施設の重要度、地域特性、地盤特性、管路の特性や管種から、具備すべき耐震性能を判断し、下水道施設耐震構造指針(管路施設編)に示す耐震計算法および耐震方策により管路施設の安全性を確保するものとしている。

既設の管路施設など、下水道施設耐震構造指針(管路施設編)の適用が難しい構造物が被害を受けた場合に、その流下機能を確保するようなシステムの対応については別に定められている。

なお、システムの対応の考え方は、防災計画上の対策として、平常時から被災時の早期復旧を支援する体制を確立し、地震発生後の被害予測、復旧対策等を十分に検討しておく必要があり、ネットワーク化対策としては、二条化、バイパスルートの確保等を検討している。

しかし、これまで下水道管路の耐震設計に関する独自の計算手法は確立されていないため、下水道管路と類似の地中を線状に埋設している構造物の耐震設計を基本としている。

#### (1) 管路施設(新設または更新)への耐震対策

①引張りに対する方策は、差し込み長の長い管材を用いる。②圧縮に対する方策は、管渠と人孔の接続部や、管渠と管渠の継手部のような圧縮の生じる部位に対して十分な耐力を保持できる材料や構造とする。③曲げに対する方策では、管渠と人孔の接続部や、管渠と管渠の継手部のような曲げの生じる部位については、基本的には可とう性を有する継手部の材質や構造で対応する。④人孔管口部の方策は、人孔と管渠の接続部等における変動によるズレを吸収できる構造とする。⑤組立人孔の方策は、人孔ブロックはすべての地盤においてズレを許容する構造とし、応力度、目地開口量ともに所定の許容値を満たさないときは、現場打ち人孔へ変更し、剛な構造とする。

#### (2) 既設管路施設の耐震対策

①「重要な幹線等」に該当する既設の管路施設は、原則として非開削耐震化工法により既設管と人孔の接続部を柔軟性のある構造に改良するものとしている。②非開削により既設管と人孔の接続部を人孔内部から管の外周に沿って切削し、その切削隙間にバックアップ材、弾性シーリング材を充填することにより接続部を柔軟性のある構造に改良する工法によって変更している。

### 3. 既往地震と管路施設の被害実態

1923年(大正12年)の関東震災から記憶に新しい阪神震災までに発生した、大きな被害を伴う地震と下水道管路施設の被害状況を見ると、液状化に伴う地震被害が目立っているが、地盤のずれ、浮上、陥没に伴い、管路施設の損傷も多く発生していることが知れて

いる。

過去の震災事例から管路施設の被害の特徴としては、都市全域にわたり被害が発生すること、周辺地盤の液状化が発生するか否かにより被害の形態・程度が大きく変化することがあげられる<sup>2)</sup>。

シールド管渠等の地下深部に設置されている管渠では、それ自体にはほとんど被害は発生しないものと考えられており、それを裏付けるように兵庫県南部地震の震害調査結果では二次覆工のクラックや人孔との接続部におけるクラックと突き出し等の比較的軽微な被害はみられたが、流下機能を損なうほどの被害は報告されていない。

各被害形態は、通常、単独で発生するよりもむしろ複合して発生するケースが多く、震度が大きくなるほど、多種の形態が同時に発生する傾向がある。

本年3月に発生した東日本大震災による都内の被害調査では以下の写真にあるような被害があったが、幸いにして、ケーブル切断等の被害は無く、情報ネットワークに支障をきたさず、電話回線(携帯を含む)が混乱をきたす中、各下水道施設を結ぶ情報ネットを使用している緊急連絡、異常体制づくり貢献することが出来た。

Fig.1は施設周りの流動化により砂の噴出しと、地盤沈下の様子。



Fig.1: Gush of sand by fluidizing and subsidence

Fig.2は管口の破損と固定具の外れ。



Fig.2: Breakage of a tube connection, and omission of attachment lug

Fig. 3は管口(連絡管)の突き出しとマンホール内の破損。



Fig.3: Pushing out and breakage of a tube connection

Fig. 4 はマンホール内設置の接続箱付近に生じた壁の破損。

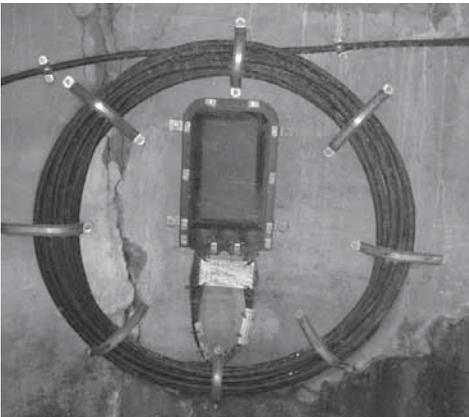


Fig.4: Breakage near a connection box

Fig. 5 は、管口の突出しと管内への引込みによる緊張状態の例

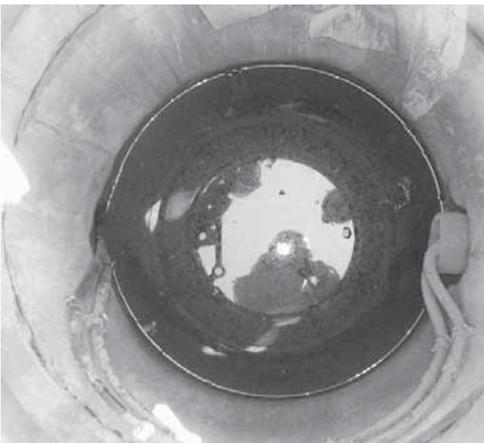


Fig.5: Tension of cable project tube entrance

#### 4. 光ファイバーケーブル敷設実態調査

光ファイバーケーブル敷設箇所について、地震時対応工事完了箇所における支障等の発生有無を確認するとともに、支障等があった場合の措置について検討する

ため実態調査をし、基礎資料を作成する。

#### 4.1 管路施設耐震化済み箇所の光ファイバーケーブル敷設実態

調査箇所の選定は、過年度に人孔耐震化工事を実施した箇所、数年程度の経過年数と人孔内部へ入坑が容易(水量がインバートの半分程度、人孔深が2~3m、中間人孔等)な条件を満たす箇所とした。



Fig.6: Jurisdiction construction cable fixation situation



Fig.7: Cable fixation situation in manhole



Fig.8: tube connection

#### 4.2 光ファイバーケーブル敷設実態の問題点

目的的に評価する限り人孔耐震化工事及び耐震化設備と人孔管口部の光ファイバーケーブル敷設状況には何らの問題も見られない。

本調査からは、光ファイバーケーブル敷設路線に対する人孔耐震化工事が及ぼす影響はないものと判断でき、本件では地震時における耐震化人孔挙動(突き出し、引き抜き、曲げ等)に対する検討をする。

#### 4.3 光ファイバーケーブル施設の耐震化検討項目

下水道光ファイバーケーブル敷設ルートにおける地震

対策を必要とする要件は、Fig.9に示す箇所での障害を想定して検討を行う。

①管渠の繋ぎ目または途中で管路が破壊し上下左右にズレを生じた場合を想定しその中に敷設されているケーブルに掛かる剪断、過大張力を検討する。②管渠繋ぎ目で延長方向に対してのズレ(伸縮)が生じた場合を想定した場合、その中に敷設されているケーブルに掛かる剪断、過大張力を検討する。③人孔管口での管渠突き出しおよび引き込みを想定した場合、ケーブルに働く破断、過大張力に対して検討する。④人孔管口が破壊した場合、また管口が構造的に耐震化されている場合の変動吸収構造による変動によって生じる剪断および過大張力による破断に対しての検討。⑤人孔内の側塊がズレおよび破壊した場合に、ケーブルに掛かる破断、過大張力に対しての検討をする。⑥激しい振動による接続箱の脱落や管口等の構造物角部におけるケーブルの擦れによって、ケーブルの部分的破損と心線の断線に対する検討。

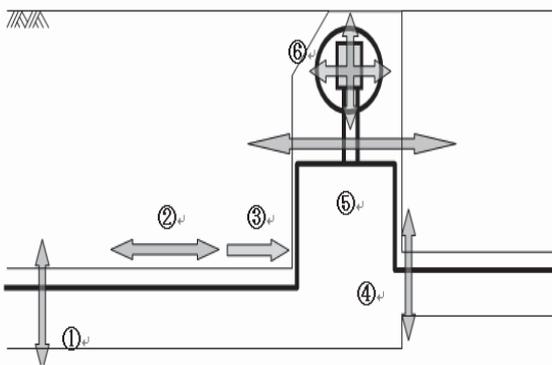


Fig.9:Optical fiber cable construction situation

なお、これらの検討に当たっては、実規模に近い形での実験施設を構築して、考えられる力を加える実験を予定している。

しかし、本実験より得られるであろう必要剪断耐力、抗張力に対して、その力に耐える光ファイバケーブルの強化および開発をすることは難しく、また開発が出来たととしてもその光ファイバケーブルを既存ケーブルと敷設換えと光ファイバケーブルの製作を想定すると、費用的にも現実的ではない。

本調査では既に敷設されている、またこれから敷設される現状構造の光ファイバケーブルを対象として、上述①～⑥の障害発生に対して、光ファイバケーブル自体に過負荷が掛かり断線等の障害が発生しないようにするため、光ファイバケーブル施設の形態や施工方法等について検討を行うものとする。

## 5. 光ファイバケーブル耐震化敷設方法の策定

### 5.1 現段階で対応できる耐震対策

地震時に発生する各種の障害に対して、実態調査及び被害実態調査より、現段階で対応できる方法としては、①地震発生時に管路施設に固定されている光ファイバケーブルが外れるように固定具を変更するか、余張部分を一部開放する。②地震発生時に管渠や管口部の突出し、伸縮、ズレに対して延長を供給できるように光ファイバケーブルの固定が外れるようにする。③接続箱固定(ステー)部の固着性を高める、④2ルート化やループ化によりバックアップを強化する

### 5.2 既存技術の下水道管路への適用性

光ファイバケーブル敷設路線に対する耐震対策としては、管路施設の伸縮、可とう性、抜け防止が主たるもので本検討では、この既存技術の内容を整理し、その耐震対策との適合・適用性を図り耐震化マニュアルに反映させていく。

## 6. 今後の課題

今後の課題は、①耐震強度、②敷設形態、③施工方法、④施工材料、⑤既設光ファイバケーブルへの対応等の「管路施設耐震化」に合わせた対応条件を考慮し、実証試験を実施した上で光ファイバケーブルの耐震化敷設方法を見出し、「耐震化マニュアル」の整備を実施していく予定である。

そして、①から④については、「光ファイバケーブル下水道管路内敷設 設計指針」には無い施工材料等の、有効な固定具の開発や選定、延長供給余長の設定方法などに更なる課題がある。

### 参考文献

- 1) 下水道施設耐震構造指針(管路施設編)
- 2) 「下水道の地震対策についての検討報告書(被害編)、平成8年9月」下水道地震対策技術調査検討委員会