

〈研究発表〉

光ファイバーケーブル耐震化敷設技術調査報告—3

天 野 亘¹⁾, 中 村 俊 男²⁾, 織 田 敬 治³⁾

¹⁾ 東京都下水道サービス(株) (〒100-0004 千代田区大手町 2-6-2 E-mail: wataru-amano@tgs-sw.co.jp)

²⁾ 東京都下水道サービス(株) (〒100-0004 千代田区大手町 2-6-2 E-mail: toshio-nakamura@tgs-sw.co.jp)

³⁾ (株)日本下水道光ファイバー技術協会 (〒101-0047 千代田区内神田 2-10-12 E-mail: oda@softa.or.jp)

概 要

平成 23 年 3 月の東日本大震災では都内でも震度 5 弱を観測した。東京都区部に敷設された下水道光ファイバーは通信上の障害は出なかったものの、その後の耐震確認試験で過大な張力と外皮の傷発生の可能性が認められ、将来予想される M7 程度の首都直下型地震にも対応できるような敷設方法の検討が必要であることが分かった。

本調査は、平成 23 年度に引き続き、M7 程度を想定した地震動でのケーブルの挙動、ケーブル外皮の傷の原因を究明し、既設のケーブルをほぼそのまま使用できる人孔内の固定方法について検討を行い、問題を解決する下水道光ファイバーケーブル耐震化敷設工法を開発したので報告する。

キーワード：光ファイバーケーブル、耐震化、ケーブル敷設、情報ネットワーク、下水道管路

1. はじめに

平成 23 年 3 月の東日本大震災では都内でも震度 5 弱を観測した。この震災を契機として、平成 22 年度には地震の揺れによる下水道光ファイバーの被害状況について実態調査を実施した。調査の結果、通信上の障害は出なかったもののケーブル外皮に傷発生の可能性が認められ、将来予想される M7 程度の首都直下型地震にも対応できるような敷設方法の検討が必要であることが分かった。

この調査結果を受けて、平成 23 年度には模擬下水道管路内に現行の敷設方法で設置した光ファイバーケーブルが M7 程度を想定した地震動で、どのような挙動が生じるのかについて実験を行った (**Photo. 1**)。その結果、管渠部(直線部)は現行敷設方法でほぼ問題はなく、人孔内の固定に金属製のサドルを用いていることがケーブル外皮の傷発生の一因であることが判明した。

今回は過去 2 年間の調査を踏まえ、既設のケーブルをほぼそのまま使用できる人孔内の固定方法について検討を行い、下水道光ファイバーケーブル耐震化敷設工法を開発したので報告する。

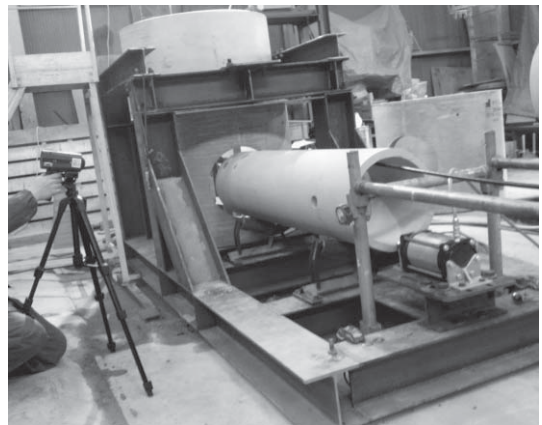


Photo.1: 地震動試験装置

2. ケーブル固定具(フック)の開発

これまでの知見を基に、マンホール部分に敷設するケーブル固定具の形状および材質を見直した。通常時は堅固にケーブルを固定でき、地震発生時はケーブルが固定具からスムーズに脱離し、脱離することで発生するたるみで損傷を防止し、さらに復旧時にはケーブルの再取付けが容易にできるよう、従来型に改良を加えた固定具を考案した。

2.1 フックの形状

マンホール部におけるケーブル敷設方法は、これまで鋼製のサドルを使って壁面に堅固に固定する工法を採用していた。これを、ある程度以上の力でケーブルを剥がそうとした場合に確実に外れるように、樹脂製フックによる固定方法に変更することとした。

既存の樹脂製フックには、C型 (Photo. 2), J型, W型があるが、今回はC型およびC型を母型としたフックを試作し、それぞれについて試験し評価を行った。



Photo.2: C型フック

2.2 フックの試作

通常時ケーブルを堅固に固定する「把持力 (ケーブルを掴む力)」、地震発生時スムーズに脱離しケーブルの損傷を防ぐ「ケーブル保護性」、人孔に容易に設置できる「施工性」を考慮し、カットアンドトライを繰り返し様々なフックを試作した。ここでは試作フックを類型分類で以下の4種類に整理し、試験・評価している。

今回試作したフックを Fig. 1 に示す。

C型 (母型)	C I型	C II型	C III型 (y型)	C IV型 (y型)
既存フック、母型	C型 (母型) の把持力 (ケーブルを掴む力) とアンカー強度を共に約2倍にした	C I型の把持力をさらに強くした	C I型をもとにアンカー強度を増すための金属アンカーとし、施工性を考慮しy型とした	C III型とケーブル脱離時の損傷具合を比較するため、ケーブルを掴む部分の形状を円形とした

Fig.1: 考案したフック

3. ケーブル固定具 (フック) の試験と評価

3.1 フックの試験

今回試作したC I, C II, C III, C IVの4種類について、次の試験を行った。

① ケーブル把持力試験 (フック単体の試験)

フックに装着したケーブルをフック両端で掴み、フックからの引抜き強度を測定した。その際のケーブル損傷状況を確認した。

② ケーブル脱離試験 (ケーブル保護性の試験)

Fig. 2 の管口方向からケーブルに徐々に張力をかけ、ケーブルが解放された時の張力を測定した。また、その際のケーブル損傷具合を確認した。

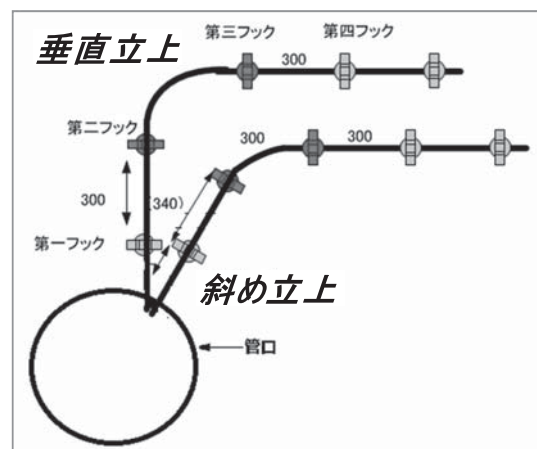


Fig.2: 人孔内ケーブル固定方法

③ 施工性の評価

作業員が模擬人孔内にフックを実際にアンカー打設し、その際の施工性を評価した。

3.2 試験結果および評価

試験結果および評価を **Table. 1** に示す。

フック種	① ケーブル把持力試験		② ケーブル脱離試験			③ 施工性の評価	評価
	引抜き強度	ケーブル外皮の損傷	解放時張力 (斜め立上)	解放時張力 (垂直立上)	ケーブル外皮の損傷		
C I	643N	あり	1470N	2254Nで解放せず	なし	アンカー部が折損	把持力:○ ケーブル保護性:× 施工性:×
C II	アンカー部が抜け、脱離せず	—	—	—	—	アンカー部が折損	把持力:△(強すぎる) ケーブル保護性:— 施工性:×
C III	359N	あり	1196N	1872N	あり	施工は容易で、アンカー部強度も十分	把持力:○ ケーブル保護性:△ (フック取付向きにより損傷の恐れ) 施工性:○
C IV	215N	なし	627N	936N	なし	施工は容易で、アンカー部強度も十分	把持力:○ ケーブル保護性:○ 施工性:○

※引抜き強度、解放時張力については複数回試験した平均値

Table.1: ケーブル固定具の試験結果と評価

今回、試作した4種類の新たなフックについて試験した結果、「把持力」、「ケーブル保護性」、「施工性」の観点から評価し、C IV型が最も良い結果となった。

4. ケーブル保護カバーの耐震化

大口径の下水道管では流下物の衝撃からケーブルを保護するために、ステンレス製の保護カバーが装着されているが、地震時に管路の突き出し等があった場合カバーが変形し外皮を傷付けることが分かった。そこで、直接にケーブルが当たらないように保護カバーを上下2分割構造とした。

形状を **Fig. 3** 及び **Photo. 3** に示す。

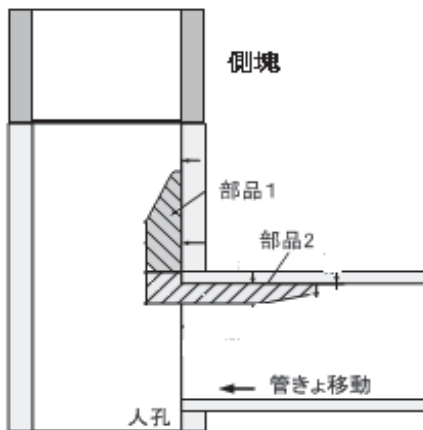


Fig.3: 保護カバー取付図

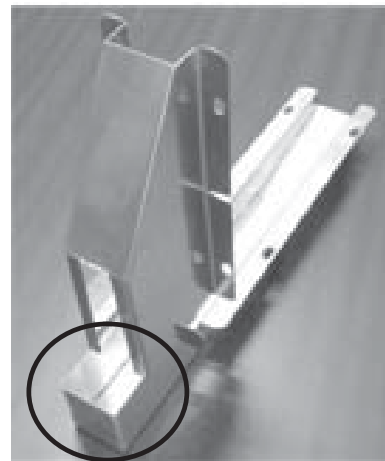


Photo.3: 保護カバー(○内はずれた状態)

5. 地震動試験

これらの新しく考案したフックとケーブル保護カバーを、**Fig. 4** に示す地震動試験装置によって試験した。通常使用される人孔(φ900)と管きょ(呼び径φ350)で構成した試験装置で、管きょの人孔内突出しと側塊の移動をエアシリンダによって、1000 galの加速度でマグニチュード7に相当する地震動を再現した。光ファイバーケーブルは、SUS外装付SM24心を使用し、減衰をOTDR(Optical Time Domain Reflectometer: 光ファイバー減衰測定器)、心線の歪みをBOTDR(Brillouin Optical Time Domain Reflectometer: 光ファイバー歪測定器)で測定した。

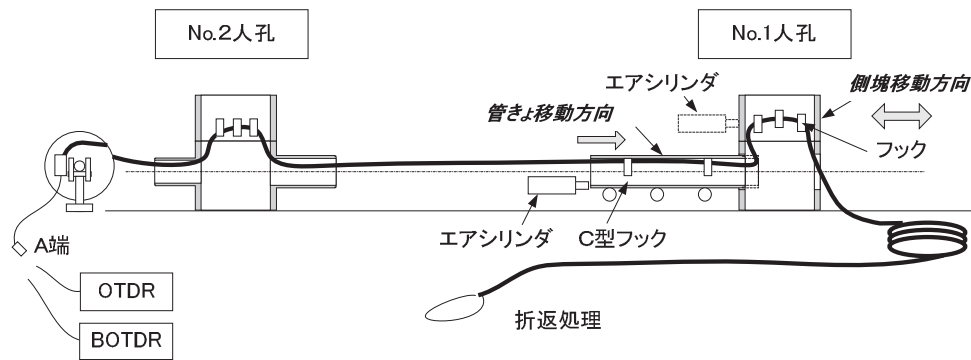


Fig.4: 地震動試験装置概略図

試験の結果から、新しく考案したフックと保護カバーは、大口径の下水道管に取り付けた場合に有効であることが分かった。小口径については従来型の樹脂製の保護管で十分対応可能である。

フック部での解放により、BOTDRでの歪測定では最大 $0.0253\% \epsilon$ で危険値の $0.2\% \epsilon$ に比べ充分小さい値となり、OTDRでの減衰測定では突き出しに起因した損失は発生しなかった。

6. ま と め

現在、下水道管路の耐震化として液状化によるマンホールの浮上を防止するための対策が順次進められているが、下水道光ファイバーケーブルの耐震化につい

ても、今回開発した工法により既存の光ファイバーケーブルについて大がかりな工事を行うことなく耐震化することができる。この耐震化でM7相当の地震にも対応でき、下水道光ファイバー網の信頼性と安全性が高まり、従来の下水道情報通信他、行政情報全般としての利用や他の災害情報との連携等において、さらなる利用拡大に寄与できるものとする。

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