

摂南大学都市環境工学科 学生会員 ○山中 広大 摂南大学大学院工学研究科 学生会員 大西 正洋
 鹿島建設技術研究所 正会員 今井 道男 クボタシーアイ開発部 氏家 光晴
 摂南大学都市環境工学科 正会員 片桐 信

1. 研究の背景

東日本大震災において、全国で断水となった戸数は約 257 万戸にもなる。3 月末に断水戸数は 19.6 万戸まで復旧が進んでいるが、完全に復旧するまでには 9 月末までかかっている。全戸復旧前に余震により再度断水した地域もあり、復旧に時間を要した。また今後起こるといわれている南海トラフ地震では、上水道の断水で 2570 万～3440 万人に影響が出ると考えられている。ライフラインが損傷した場合、現在の検知方法では損傷箇所の発見までに時間を要する。そのため、地震後の地盤永久変位分布を正確に推定することによって、ライフラインの損傷箇所を早期に検知する技術が求められている。

2. 研究の概要

著者らは、PE 管の断面上下左右に管軸方向に沿って光ファイバセンサを貼付した PE 管光ファイバセンサ¹⁾を既設ライフラインと平行に布設し、地震後などの地盤の永久変位分布を計測し、併設ライフラインの損傷箇所を検知する技術を検討してきた。今回は、光ファイバを PE 管に融着するための装置を開発し、樹脂を溶融するための温度と融着速度の最適条件を実験により求めた。また、得られた条件で PE 管に光ファイバを融着し、図-1 に示す実験装置を用いて、地盤ばねと等価なバネを介して段差状の変位を与える地上曲げ実験を行った。さらに、PE 管の比較対象として、PVC 管でも同じく地上曲げ実験を行い、PE 管光ファイバセンサの検出値と PVC 管の応答値の対応について検討を行った。



図-1 実験装置

3. 融着実験

PE 管に光ファイバセンサを融着する際の樹脂の溶融温度と融着速度の最適値を求めるために実験を行った。融着強度を確認する方法としてファイバに 15N の引張力を作用させ引き抜けないこと、さらに融着した PE 樹脂を PE 管から剥がすピール試験をして、容易に剥がれないことを条件とした。実験には、図-2 は開発した自動融着機を示す。



図-2 融着機

融着機の手速度は融着機メーターで 0～4000 で表示される。PE 管にポリエチレン樹脂を融着機の温度を 50℃間隔で 250～500℃の間で設定し、速度を融着機メーターで 500～2500 の間で変化させながら融着を行い、PE 管に融着できる最適条件を見つけることを目的とした。結果を図-3 に示す。これより、最適条件を温度 425℃、速度 1.386cm/s とした。

4. 実験結果 (PE 管光ファイバセンサの変位分布)

実験装置と PE 管を地盤ばねと等価な鋼製のばねを介して連結し、管軸直角方向変位の変位計による計測値と光ファイバ計測ひずみからの算出した変位値を比較した。与える変位は、矩形変位のみとし、管軸直角方向変位を油圧ジャッキで引っ張ることに

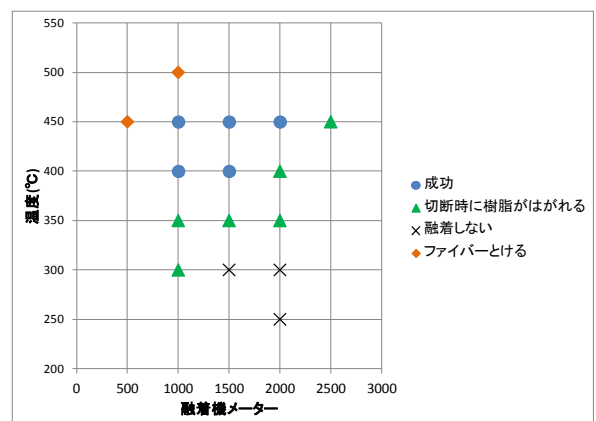


図-3 融着条件

より与えた(図-1). 変位は, 2mm, 4mm, 8mm, 12mm, 16mm, 20mm と段階的に与え, それぞれの段階で静的に計測を行っている. 実験結果のうち, 変位 2mm, 変位 20mm について例示する.

図-4 に 2mm の変位を与えた場合の光ファイバ計測ひずみから算出した管体変位量と変位計による実測値を比較したものを示す. 分布に差が出ているが, ほぼ同形状の変位分布が得られており, 計測誤差は 0.5mm 程度であるため, PE 管光ファイバセンサにより概ね良好に計測することが出来ている.

図-5 は図-4 と同様に, 20mm の変位を与えた場合の光ファイバによる計測・算出値と変位計による実測値を比較したものを示す. この場合も, 分布形状に違いはあるが概ね変位計の実測値とよい対応を示しており, 誤差は 5mm 程度である.

5. 実験結果 (PVC 管の変位分布)

4m 管路の両端から 1500mm の部分に RR(ゴム輪)継手) を使用した $\phi 50\text{mm}$ の塩ビ管の管軸方向にひずみゲージを貼付し, ひずみゲージで計測した曲げひずみと地中管路の挙動解析プログラム ERAUL で計算した曲げひずみを比較した.

PVC 管の曲げひずみと ERAUL 計算での曲げひずみを, それぞれ図-6 と図-7 に示す. 実験での曲げひずみは油圧ジャッキで引っ張っている部分がフラットになっているが ERAUL 計算では左右対称の計算値が得られていない. この点については解析での入力データなどを詳細に検討する必要がある. また, 本来であれば, PE 管光ファイバセンサで得られた PE 管の曲げ変位データをもとに, 入力である装置の段差的な変位分布を逆推定しなければならない. 今回の研究では, 逆推定時に大きなノイズが生じる結果となった. この点については, 今後詳細に検討を進める.

6. まとめ

融着実験で使用していた PE 管は, 溝が管端まで形成されていたが, 曲げ実験で使用した PE 管は溝が管端部の手前までしか形成されておらず, 融着方法を考え直す必要がある. PE 管曲げ実験では, 多少の誤差は出たが概ね管軸直角方向への変位分布を計測することが出来た. PVC 管曲げ実験では, ERAUL のモデル設定などを再検討する必要がある. PE 管光ファイバセンサにより算出した曲げひずみと PVC 管のひずみゲージにより測定した曲げひずみを比較したところ, 良好な対応が得られた.

7. 今後の展開

①光ファイバからの算出値から地盤の変形を逆推定したところ, 両端でノイズが生じた. そのため, 今度はひずみゲージだけを用いて地上曲げ実験を行い, その測定結果から地盤の変形を逆推定し, ノイズの原因を推測する. ②埋設段差沈下実験を行うことで, PE 管光ファイバセンサによる地盤変位逆推定法の精度検証を行う計画である.

参考文献

1) 片桐 信, 小原昇吾: 地盤永久変位に伴う埋設管路損傷箇所の検知方法に関する研究, 土木情報利用技術論文集, Vol.19, pp1-10, 2010.

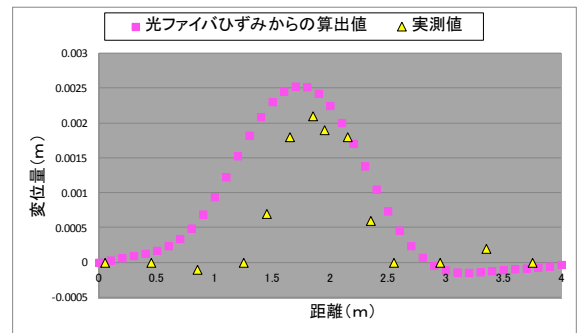


図-4 変位=2mm 実測値と算出値の比較

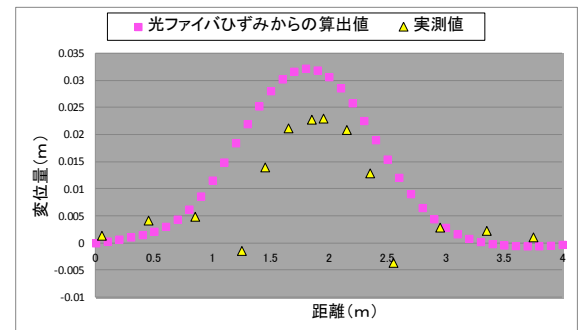


図-5 変位=20mm 実測値と算出値の比較

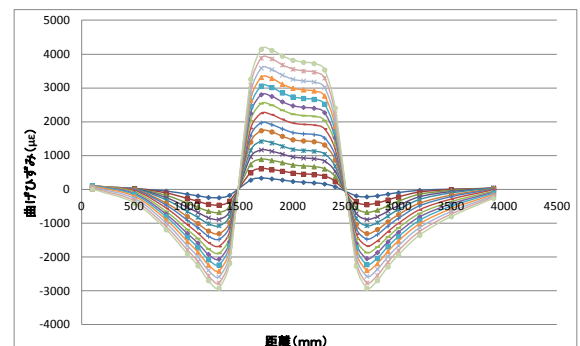


図-6 PVC 管曲げひずみ

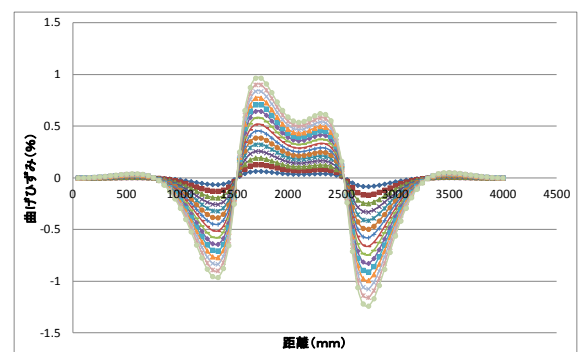


図-7 ERAUL 計算での PVC 管曲げひずみ