

光ファイバセンサによる地中埋設ガス導管のひずみ計測への適用試験

清水建設（株） 正会員 岡田 敬一 熊谷 仁志 白石 理人
東京ガス（株） 正会員 西村 暢明 佐々木 太郎 新海 元

1. はじめに

地中埋設のガス導管のひずみを計測するために、ブリルアン散乱光を用いたひずみ計測技術「BOTDR」¹⁾を用いることを考えた。光ファイバセンサを利用する利点として、従来の電気式センサ（ひずみゲージ式）のようなポイント的な計測とは違い、線状での連続的な位置でのひずみを計測できることが挙げられる。ガス導管の外側には防食のための塗覆装（高密度ポリエチレン）が施されているため、このセンサを塗覆装の上に貼り付ける必要がある。そのため塗覆装を介した場合に、実際の管ひずみをどの程度測ることができるかが懸念されたため加力試験を実施し、ひずみ検知の精度などを確認した。また試験結果をふまえ、本設のガス導管に適用を行い施工時の埋設ガス管への埋め戻し土圧による影響について実測を行った結果について報告する。

2. 適用試験の概要

本試験は、長さ 4m の鋼管（φ100mm）を用い、両端部を支持点として中央部を加力する曲げ载荷試験により室内で確認した。試験体は加力点を中心に鋼管上に塗覆装（膜厚 5mm）を施した面と塗覆装のない面を作り、左右対称位置のひずみ値を比較することで塗覆装の影響を確認した。図-1 に試験体の概要を示す。光ファイバ（通信用光ファイバをガラス繊維強化プラスチック（FRP）被覆により耐久性を高めた外径 1mm の線）は鋼管の上下対に密着するよう接着し、ひずみゲージも同様に上下対に 24 個所に貼り付けた。なお、光ファイバセンサの分解能は、おおよそ±100 μ 程度である。試験体は左右対称に加力ができていることを確認するため、両端支持点（1：支持点間長 3.8m）から 1/4 の位置および中央の 3 個所に変位計を取り付けて計測を行った。試験における加力制御は、試験体の中央位置での変位により行い、鋼管が降伏するまでの変位を加えた。

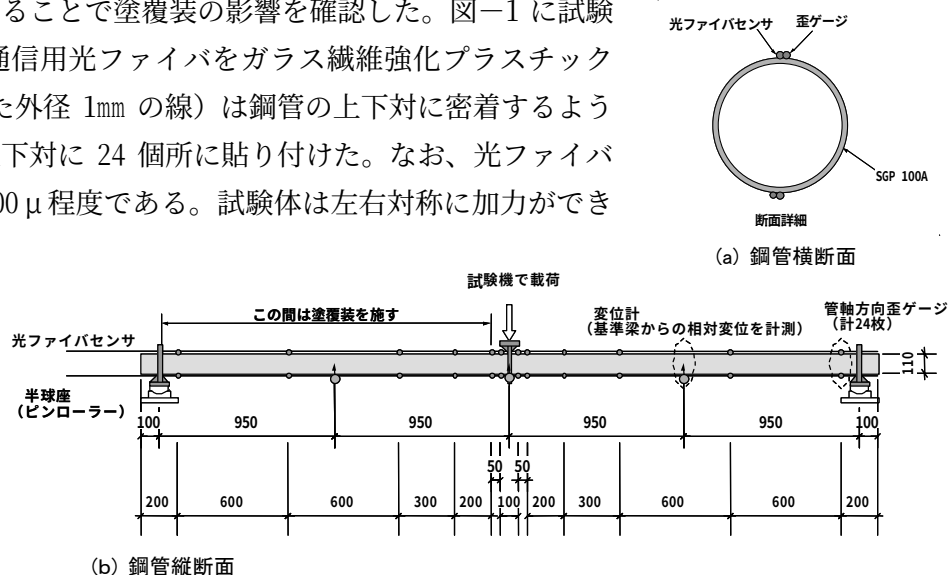


図-1 試験体の概要

3. 適用試験の結果

図-2 に曲げ試験から得られた鋼管の上側および下側でのひずみ分布を示す。同図における横軸は鋼管の左側支持点からの距離を示しており、距離 0m から 1.8m の位置が塗覆装上にセンサを取り付けた部分で、それより右側は塗覆装がない部分である。図に示す結果は管中央部での変形が 20.1mm、42.2mm、63.3mm の場合を示し、管に加わったひずみ値を示している。同結果より、光ファイバセンサによるひずみ計測について以下のことが言える。

- (1) 塗覆装の有無にかかわらず鋼管のひずみを計測することが可能（左右対称ひずみ分布）
- (2) 塗覆装管の管上側位置での圧縮ひずみ領域ではひずみ値がやや小さくなり塗覆装の影響がある（10%）
- (3) 载荷位置など局所的にひずみが増加する部分においては平均的なひずみ値を示す（中央部）

キーワード： 光ファイバセンサ、BOTDR、ガス導管、ひずみ計測

連絡先： 〒135-8530 東京都江東区越中島 3-4-17 清水建設（株） 技術研究所
TEL 03-3820-5536 FAX 03-3820-5959

ひずみゲージで得た結果が正しいものと考えた場合、塗覆装がない部分において光ファイバセンサは良い対応を示していることから、実用上問題ないものと考えられる。ここで、ひずみゲージを塗覆装上に貼り付けた場合には、かなりばらつきが出ておりひずみが小さめの値を示す。そのため、塗覆装上での計測では、連続的に計測可能な光ファイバセンサの方がひずみ計測に有利であることが判った。

4. 本設ガス導管への適用

実際に地中に埋設するガス導管に光ファイバセンサを取り付け、掘削立坑内の埋め戻し時の土圧によってガス管にかかるひずみを計測した。図-3 にガス管の概要を示す。本ガス管(φ400mm)は、土被り13mの位置に設置され水平にベンドした形状を有し、ガス管の外側が鋼製鞘管(φ800mm)で保護された2

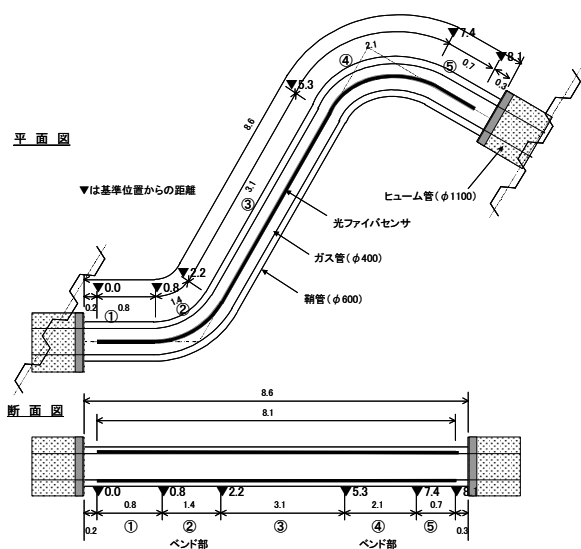


図-3 光ファイバセンサ設置概要

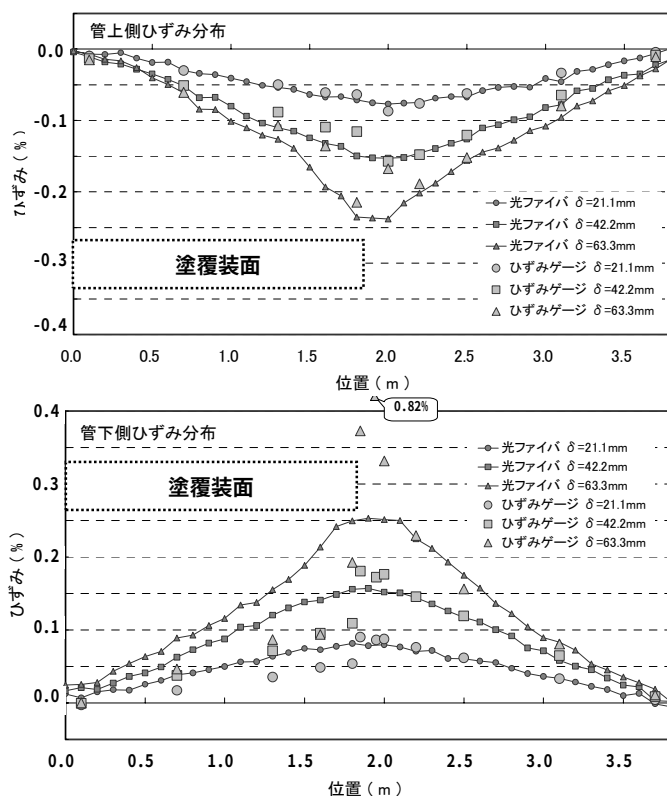


図-2 曲げ試験の結果

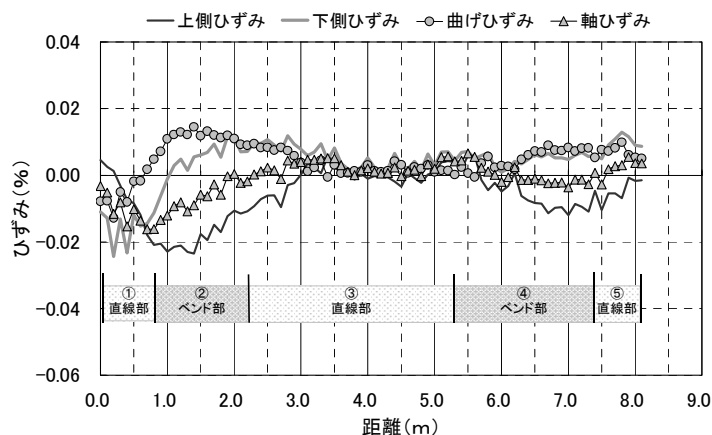


図-4 立坑埋め戻し後のガス管のひずみ分布

重管構造になっている。この鞘管内側のガス管の上下面に光ファイバセンサを線状に取り付けた。図-4 に計測結果を示す。結果は埋め戻し前を初期値として埋め戻し後の影響を調べたもので、上下対の位置でのひずみから曲げひずみと軸ひずみを求めている。埋め戻し後は、ベンド部において約0.02%のひずみ変化が見られた。今回は鞘管が埋め戻し土圧の影響を吸収していると考えられ、内部のガス管まで影響が及んでいないと推測される。

5. おわりに

ガス導管は線状に敷設されることから、光ファイバセンサの大きな特徴である線状の連続的な位置でのひずみ計測に有効に活用できた。ガス管構造体の健全性の評価を行うための有効な計測手段として利用できることから、今後の維持管理への展開などを含め検討を進めていく予定でいる。

【参照論文】 1) 倉嶋利雄ほか： 光ファイバを用いた構造物のひずみ分布計測、土木学会誌 Vol.82, 1997.12.

2) 佐々木太郎ほか： 光ファイバセンサによる地中埋設ガス管のひずみ計測の現場適用、第56回土木工学会年次大会(投稿中), 2001.