光ファイバセンサによるアスファルト構造物のひずみ計測技術の開発(その2) —屋外試験による実証—

北海道電力㈱ 〇高橋 行彦, 水野 秀太郎 鹿島建設㈱ 今井 道男, 三浦 悟, 鈴木 肇

1. はじめに

アスファルトや地盤等の低剛性な構造物のひずみモニタリングに対して適用可能なケーブルセンサを開発した(図 1)。本ケーブルは、光ファイバ芯線(外径 0.9mm)を接着性樹脂(外径 5mm)で被覆したもので、ケーブルに沿ったひずみの分布を計測することができる。本稿では、開発したケーブルセンサをアスファルト舗装内に適用した屋外試験について報告する。本試験では、分解能を任意に選択でき、高い位置分解能でのひずみ分布計測可能なBOCDA 方式 1)を採用した(本試験で位置分解能約 60cm)。

2. 舗装桁による屋外試験

開発したセンサをアスファルト等の低剛性材料への適用に関して実用化することを目的に、屋外で室内試験よりも規模を拡大して、10m 長のアスファルト舗装桁(図 2)を施工し、桁端部に変位量を与えながらひずみ分布計測を実施した。

舗装桁の施工は、まず10m 長の H 型鋼(150×150)を14本敷き並べ、プレートを横流し一体化した桁を製作した(図3)。プレートとボルトは桁の固定とともに、上面のアスファルト舗装との一体性を向上させる役割をもつ。桁表面に厚さ50mmのアスファルト舗装を施工し、その表面に開発したケーブルセンサを設置した。センサの設置前にはアスファルト表面に接着剤(溶剤型エラストマー系:ニチレキ製カチュート X)を塗布し付着力を増すとともに、センサ表面にはアスファルトモルタルを覆い保護した(図4)。その後、さらに厚さ50mmのアスファルト舗装を施工した。アスファルト舗装された桁は、固定部となる基礎コンクリートと、支点部となる伏せたアングルの上に架設した。基礎コンクリート側の桁端部はアンカーで固定し、張り出した側の桁端部は下から角材で支えた(図5)。アスファルト舗装中心部に埋込まれたケーブルセンサの参照用として、H型鋼の上フランジ下面とアスファルト表面にはひずみゲージを貼付した。

ひずみ分布計測時には、張り出した端部を支える角材の高さを変えながら、桁自重によってアスファルト舗装に曲げ引張ひずみを与えた。段階的に桁端部の変位量を増やしながら、光ファイバセンサでひずみ分布を計測し、参照用のひずみゲージと比較した。

なお,アスファルト舗装の施工を通じて,ケーブルセンサに断線はみられず,有意な光の透過損失量の変化はなかった。



図1 光ファイバケーブルセンサ

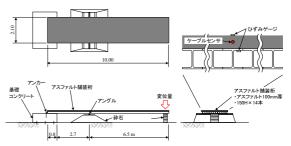


図2屋外試験の構成



図3 桁の組立て



図4 アスファルトへのセンサ設置



図5 アスファルト舗装桁の架設完了後

キーワード 光ファイバセンサ, ひずみ計測, アスファルト, 屋外試験, BOCDA 連絡先 $\overline{}$ 067-0033 北海道江別市対雁 2-1 北海道電力㈱ 総合研究所 火力・土木技術G TEL 011-385-6324

3. ひずみ計測結果

張り出した桁端部の変位量を強制的に増やしながら、図 6~8 に示すひずみ分布計測を行った。このときのアスファルト舗装温度は、約+2℃であった。図 6 は H 型鋼部のひずみゲージの結果である。支点を中心に曲げに応じて増大する最大約+300×10⁻⁶ のひずみ分布を確認した。図 7 はアスファルト表面のひずみゲージの結果である。ここでも徐々に増大する三角形の曲げモーメント形状を示すひずみ分布を確認した。また、桁端部の変位量を戻した際(図中変位量 3.0mm 時データ)に、圧縮ひずみを示している。これは、桁の曲げを段階的に与えたにも関わらず、急激に元の位置に戻したために、アスファルト舗装が追従しきれなかったことが原因と考えられる。図 8 はアスファルト内部の光ファイバセンサの結果である。1.2m 位置付近でばらつき(図中スパイク状の振れ)がみられるが、支点で最大約+700×10⁻⁶のひずみ分布を得た。

図8で散見された光ファイバセンサによるひずみ分布のばらつきは、BOCDA 方式の高い位置分解能によりアスファルト内部の局所的な僅かな状態変化を大きなひずみ変化として捉えていると考えられ、アスファルト舗装としての挙動とは直接的には関係ないと推察される。そこで、そのばらつきを抑えるための処理方法を検討した。ここでは、各計測点前後5データのうち、最大と最小1データずつを除く3データの平均値を採用した。本処理の結果得られたひずみ分布を図9に示す。ひずみ分布はばらつきが抑えられた連続的な変化を示し、処理の効果が確認できた。

ひずみゲージを貼付した H型鋼とアスファルト表面のそれぞれの位置と計測結果を内挿することにより、アスファルト内部のセンサ位置のひずみを算出することができる。そこで算出された結果と、処理後の光ファイバセンサの結果を比較して、図 10 に示す。アスファルト内部に埋込まれた 3 本すべてのケーブルセンサの結果は、ひずみゲージからの算出ひずみとほぼ一致した。このときの両者の差の標準偏差は、 $34~56\times10^6$ であった。

4. まとめ

分布型光ファイバセンサの適用拡大に向け、実用化技術を中心にアスファルト等の低剛性材料を対象としたひずみ計測技術を開発し、屋外環境下での模擬試験にてその有用性を確認した。今後、ケーブルセンサの精度等のさらなる検証のために異なる温度条件下で試験を繰返すとともに、求められるモニタリング事象を確実に捉えることができる処理技術の高度化に努めていきたい。

本研究を進めるにあたり、BOCDA 方式ひずみ計測技術に関してご指導いただいた東京大学保立和夫教授に謝意を表します。

参考文献

1) 今井道男ほか, BOCDA 方式光ファイバセンサによる構造モニタ リング実験, 土木学会第58回年次学術講演会, 6-348

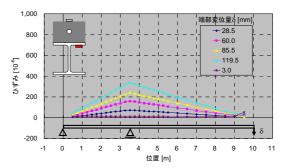


図6H型鋼部のひずみゲージ

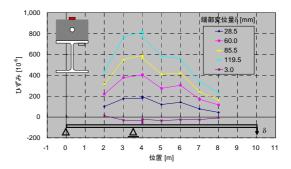


図7 アスファルト表面部のひずみゲージ

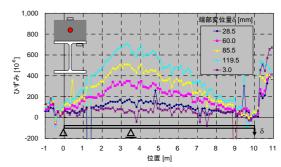


図8 アスファルト内部の光ファイバセンサ

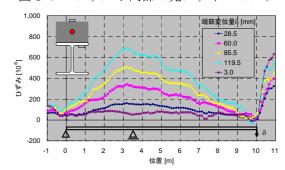


図9 アスファルト内部の光ファイバセンサ (処理後)

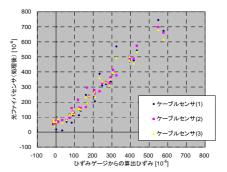


図 10 アスファルト内部の光ファイバセンサ (処理後) とひずみゲージから算出値の比較