# 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検証

北海道電力 鹿 島 建 設

水野 秀太郎,五十嵐 由一
○今井 道男,三 浦 悟,鈴 木 肇

## 1. はじめに

重要構造物の維持管理におけるモニタリング技術として,外力 などに起因するひずみの発生箇所が予め特定困難な低剛性の土木 工作物への適用を目指し,分布型の光ファイバセンサを開発した. 積雪寒冷地における本センサの計測性能を検証するため,寒冷地 で1年を通じてアスファルト舗装桁による屋外曲げ試験を,また 自然環境を模擬した温度帯 (-20~+60℃) でアスファルト供試体 による室内試験をそれぞれ行った.その結果,アスファルトに生 じたひずみを再現性良く計測することができ,本センサの有効性 を確認できたので報告する.

# 2. ケーブルセンサの開発と屋外試験による実証

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 が可能な光ファイバケーブルセンサ(BOCDA 方式)を開発した <sup>1)</sup>(図1). 光ファイバ芯線(外径 0.9mm)を接着性樹脂(外径 5mm) で被覆した本ケーブルセンサは,センサに沿ったひずみの分布を 計測でき,センサ自体が柔軟性に富んでいる点が特長である.開 発したセンサの性能検証を目的に,アスファルト舗装桁(2.1m 幅, 10m 長)による屋外試験を実施した<sup>2)</sup>.ケーブルセンサをアスフ アルト舗装(t=100mm)内部に設置し,ひずみゲージを H 型鋼部 ならびにアスファルト表面部に貼付した.端部に変位量を段階的 に与えながら,曲げにより桁に生じるひずみを計測した.

H型鋼部ならびにアスファルト表面部のひずみゲージの屋外曲 げ試験結果を図3~4に示す.H型鋼部の結果から支点を最大値と する曲げひずみが桁に生じていることがわかるが,アスファルト 表面部の結果は非常に感度が鈍かった.これは,アスファルト(試 験時約+11℃)の剛性が低いために,ひずみゲージに応力が十分に 伝達されなかったことが原因と考えられる.一方,アスファルト 内部に設置した光ファイバセンサの結果は,支点で最大約+770× 10<sup>-6</sup>のひずみ分布を得られ,H型鋼部のひずみゲージ結果と高い 相関がみられた.この結果,低剛性なアスファルト構造物に対し ても,本ケーブルセンサが柔軟に追従するために,ひずみ計測に 対して有効性があることを確認できた.

2010 年 12 年から約 1 年間を通じて,定期的に上記屋外試験を 実施した.これらの結果から,本ケーブルセンサによって,温度 帯域に関わらずアスファルトのひずみ計測が可能であること,繰 返し曲げに対しても再現性があること,気候変化などに対しても 一定の耐久性があることを確認できた.



図2 アスファルト舗装桁による屋外試験



図3H型鋼部のひずみゲージ







キーワード モニタリング,光ファイバセンサ,ひずみ測定,アスファルト 連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株) 技術研究所 TEL042-489-6264

## 3. 自然環境下を模擬した室内試験

光ファイバセンサによるひずみ計測結果は温度の影響を受ける. そこで、温度変化が本ケーブルセンサの計測特性に与える影響の確 認を目的に、ケーブルセンサを内蔵したアスファルト供試体に恒温 槽内で温度サイクル (-20~+60℃)を与えた.恒温槽内には、1)専 用治具(直接引張も可能)で拘束された供試体、2)無拘束の供試体、 3)ケーブルセンサ単体を併設した(図6).温度サイクルを繰り返す なかで、拘束供試体の引張試験を+20℃環境下で4回実施し、段階的 に引張量を増加させた.試験期間における各供試体の温度変化を図 7に示す.恒温槽内の温度変化(3))に対して、30分から1時間ほど 遅れながら供試体内部の温度(1)、2))が追随している.

光ファイバセンサによる各供試体中央部のひずみ変化を,試験開 始時点(11月29日16時)を初期値として図8に示す.また,試験期 間の一部(12月5~7日)における,各供試体の温度とひずみの関係 を図9に示す.すべての供試体で,温度に応じてひずみが変化して いる様子がわかる.なかでも,拘束供試体(1))のひずみ変化量が 最も小さく,ケーブルセンサ単体(3))のひずみ変化量が最も大き かった.これは,アスファルトに内蔵することでケーブルセンサの 自由な熱膨張が抑えられているためである.また,引張量が与えら れた拘束供試体(1))では,温度サイクルを経ても引張量がひずみ として蓄積された.こうした結果はどれも,アスファルトとセンサ 間の一体性を示唆するものである.

拘束供試体以外(2),3))については、何度目の温度サイクルに対 しても一定のひずみ変化量を示した.一方、拘束供試体(1))につ いては、引張試験ごとに、温度に対するひずみ変化量が小さくなる 傾向があった.引張により供試体内部の応力状態が変化しているこ とが原因と考えられる.しかし、温度とひずみの関係は常にほぼ線 形であるため、外力のない状態で温度とひずみの関係を把握してお けば、計測されたひずみから温度変化分を除くことで、外力によっ て発生したひずみのみを算出することが可能と考えられる.



図9温度とひずみの関係(一部)

#### 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低剛性材料のうちアスファルトを対象としたひ ずみ計測技術を開発し,屋外環境下での実規模大曲げ試験にて施工性(ケーブルセンサの敷設)や耐久性などにつ いても検証し,その有効性を確認した.また,寒冷地における計測の有効性を確認するために,自然環境条件(-20 ~+60℃)で,温度サイクルと外力を与えた室内試験から,本センサの計測特性を把握した.

今後,得られた知見をもとに,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システムとしての確立 と,アスファルト以外の低剛性材料を対象としたひずみ計測技術の研究開発を進めていきたい.

#### 参考文献

- 1) 今井道男ほか,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1) —ケーブルセンサの 開発—,土木学会第66回年次学術講演会,CS9-001
- 2) 水野秀太郎ほか,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) 一屋外試験による 実証―,土木学会第66回年次学術講演会,CS9-002