

# 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現場実証

北海道電力(株) 五十嵐 由一

鹿島建設(株) ○今井 道男, 三浦 悟, 藤田 雄一

## 1. はじめに

アスファルト構造物は変形追従性や遮水性などに優れているが、センサを直接設置した場合、センサ自体の剛性がアスファルトの挙動を拘束してしまう恐れがあるため、その変形やひずみなどの計測方法が限られている。筆者らはこれまで、アスファルトに直接埋め込み可能な光ファイバケーブルセンサ(図1)を開発し、室内試験や屋外環境下での曲げ試験を通じて、アスファルトのひずみ計測技術を研究してきた<sup>1)</sup>。本技術のさらなる実証を目的として、実大規模のアスファルト構造物への適用を通じ、その施工性と耐久性、計測性能などを確認したので報告する。



図1 光ファイバケーブルセンサ

## 2. 実重機を用いた施工性確認試験

2割5分勾配を有する斜面表面に、施工基盤層を施工後、ケーブルセンサを埋込んだ密粒度アスファルト混合物による試験層(図2; 幅4m×長さ15m×厚さ10cm)を構築した。アスファルト試験層の施工方法は以下のとおり(図3, 表1)。

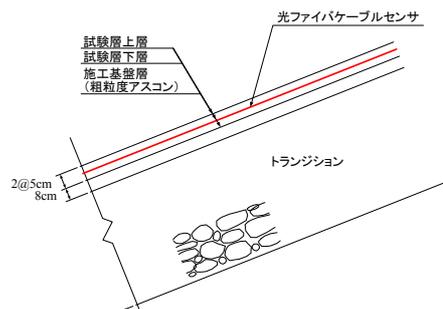


図2 アスファルト試験層断面図

- ① 試験層下層(厚さ5cm)を敷均し、締固めた。
- ② 表2に示す方法でケーブルセンサを設置した。センサの固定には接着剤(ニチレキ製カチコートX)を、センサの保護にはアスファルトモルタル(アスモル, 表面設置センサ0~1の場合)または目地材(ニチレキ製セロシールSS-B, 凹部設置センサ2~3)を使用した。凹部(断面10×10mm)の施工はカッターを用い、センサ2では目地材はあらかじめ加熱した液状目地材を流し込み、センサ3では凹部に固形目地材を充填した後にバーナーで加熱した。
- ③ センサ保護方法を確認するために、材料を搭載したダンパー車でセンサ上を10回往復した。
- ④ 試験層上層(厚さ5cm)を敷均し、締固めた。施工後の試験層内ケーブルセンサの配置を図4に示す。

上記①~③までの施工を通じて、各ケーブルセンサに異常はなかった。しかし、④での敷均し時に法肩部付近でセンサ0の切断が生じた。ダンパー車往復時に生じた張力が影響したものと推察される。実施工においては、材料運搬のためにダンパー車でセンサが踏まれることが想定されるため、センサ0と1は不相当である。また、センサ3はバーナーによる加熱を均一にすることが難しく、また凹部全体に目地材を充填するためにはアスファルト層表面が溶け出すほどに加熱する必要があるため、不相当である。目地材の加熱や運搬のためのさらなる工夫が必要であるものの、センサ2による設置方法が最適と判断した。

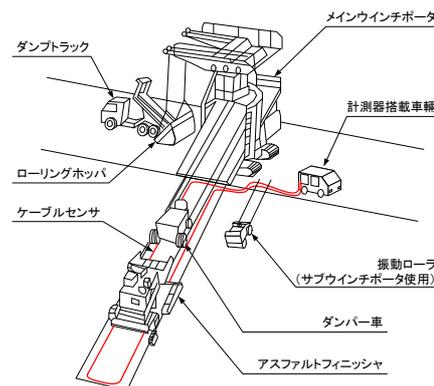


図3 重機配置イメージ

表1 使用重機

工程	施工機械
運搬	ダンプトラック (10t 級)
	ローリングホッパ (メインウインチポータ)
	ダンパー車
敷均し	ダブルタンバ仕様アスファルトフィニッシャ
転圧	振動ローラ (2.8t 級)

表2 センサ設置方法

センサ	0	1	2	3
設置箇所	下層表面	下層表面	下層凹部	下層凹部
センサ保護	アスモル	アスモル	液状目地材	固形目地材
ダンパー車	10 往復	なし	10 往復	10 往復

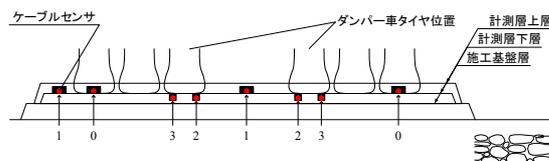


図4 アスファルト試験層立面図

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. 定期的なひずみ計測試験

アスファルト試験層(図5)内ケーブルセンサ2を用い、30分間隔での連続ひずみ計測を定期的に行った(1年間に計4回)。試験層中央部(法肩から7.5m位置)のひずみ経時変化を図6に示す。本試験開始時点(2011/7/15 0:00)のひずみをゼロとした。光ファイバセンサは温度影響を受けるため、一日の温度変化に応じて見かけ上ひずみが増減している。このときのアスファルト温度とひずみの関係を図7に示す。試験層に変形が生じていないと仮定すれば、ここで得られた変化(約 $20 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ )は温度変化のみによって生じたものであり、ひずみ計測結果から温度影響をキャンセルするための温度補正係数となる。一年を通じた長期的評価までには至らないが、各計測での一日間における温度補正係数はほぼ同じであることから、自然環境下における計測性能を一定程度確認できた。

### 4. 重機による強制変形試験

アスファルト試験層にひずみを生じさせるために、試験層表面へ強制的に変形を加えた。具体的には、法肩部にバックホウ(20t級)を据え、バケットによって試験層表面(法肩部から約4.0m位置)に荷重を与えることとした(図7)。バケット直下のケーブルセンサ2によるひずみ分布計測を行い、変形前後の様子を比較した。このときのアスファルト温度は約 $29^{\circ}\text{C}$ であった。

ケーブルセンサ部に生じるひずみを把握するために、FEM解析を行った。試験層ならびに施工基盤層は弾性体として、本試験の静的な荷重条件からその弾性係数をともに $10\text{MPa}$ (ポアソン比は $0.35$ )とした。また、施工基盤層下部のトランジションは相対的に堅固な地盤ととらえ完全固定とした。試験体表面に局所的な荷重を与えたときの解析結果(応力コンター)を図9に示す。

ケーブルセンサによるひずみ分布計測結果と、FEMによる解析結果を合わせて図10に示す。開発したケーブルセンサによって、変形箇所には大きなひずみ変化をとらえることができた。また、計測結果は解析結果と同程度の傾向であったことから、その計測性能を確認することができた。

### 5. まとめ

光ファイバに沿って連続的なひずみの分布が計測可能なケーブルセンサを用い、重機によるアスファルト試験層の構築を通じて、最適なセンサ施工方法を確認した。また、定期的なひずみ計測から計測性能の確認とともに、温度補正係数のバックデータを得ることができた。さらに、試験層に加えた変形を本センサによってとらえ、実大規模における一定の性能を実証することができた。

今後は、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ひずみ計測システムとしての確立に加え、その他の低剛性材料を対象とした研究開発を進めていきたい。

### 参考文献

- 1) 今井道男, 五十嵐由一, 水野秀太郎, 三浦悟, 光ファイバセンサによるアスファルト構造物のひずみモニタリング手法に関する研究, 土木学会論文集 A1, Vol.68, No.3, 696-706, 2012.



図5 アスファルト試験層

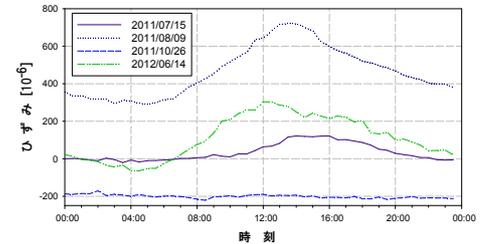


図6 試験層中央部のひずみ変化

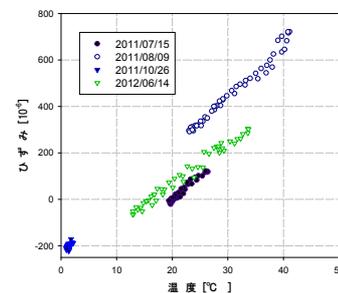


図7 ひずみと温度の関係



図8 重機による強制変形

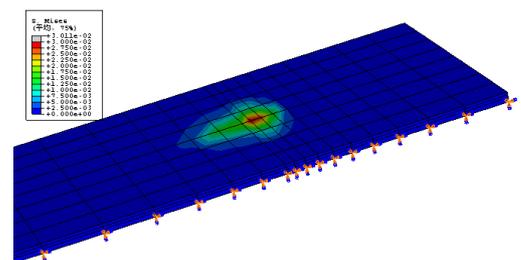


図9 FEM 解析結果

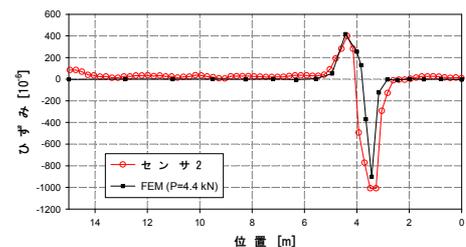


図10 ひずみ分布計測結果