

分布型光ファイバ計測における異なる計測方式の連携手法

鹿島建設(株) 正会員 ○大窪一正 十川貴行 平 陽兵 曾我部直樹 今井道男 岡本圭司

1. はじめに

分布型光ファイバ計測は、光ファイバセンサを計測対象となる構造物に固定、一体化して、光ファイバに沿ったひずみや温度を位置情報とともに連続的に取得できる技術である。この計測では、図-1 に示すように後方散乱光のスペクトルを利用する。ラマン散乱光の強度は温度に依存し、温度分布計測に広く利用されている。ブリルアン散乱光の波長とレイリー散乱光の強度は、ひずみと温度のそれぞれの変化の影響を受けることから、それらの変化を計測することでひずみと温度を計測できる。

表-1 にひずみ計測に用いられるブリルアン散乱光を用いた計測方式（以下、B方式）と、レイリー散乱光を用いた計測方式（以下、R方式）の特徴を示す。B方式は、計測ステップ間での大きなひずみ変化に追従できるが、R方式に比べて精度が低い。一方、R方式は高精度な計測が可能であるものの、計測ステップ間での計測可能なひずみ変化量に制限があり、それを超えると計測結果が得られないという課題がある。そこで、本研究では両方式を連携させることで、計測ステップ間での大きなひずみの変化への追従と精度の確保を両立させた計測手法を考案した。ここでは、同手法の考え方と、計測データに基づいて有効性を検証した結果について報告する。

2. レイリー計測とブリルアン計測の連携

近年、R方式とB方式の両方の計測を同時に実施できる計測器が実用化されている。ここでは、同計測器を用いることを前提として、両者を連携させた計測手法の考え方について述べる。

R方式では、最初のデータとなる「参照データ」と次の計測データ（以下、対象データと呼ぶ）のスペクトルを比較して、ひずみを算出する。この際、データの確からしさを示す「相関係数」も同時に算出される。相関係数は0~1の間の値を示し、一定の値を下回っている場合は相互相関不良のデータであり、正しい計測結果ではない。相互相関不良となるのは次の場合である。①参照データと対象データ間のひずみの差が一定以上の場合、②空間分解能内においてひずみ分布に大きな偏りがある場合、③1回の計測中に大きなひずみ変動がある場合である。このような要因で相互相関不良が生じた際には、R方式のみではデータの連続性を担保できなくなる可能性がある。一方、B方式はR方式と異なり絶対値が計測されるため、上記の①~③のような場合でも、光ファイバセンサに生じているひずみを計測することが可能である。

図-2 に連携計測のフローを示す。R方式、B方式ともに計測ごとに前回の計測からの増分ひずみを計測する。この時、R方式の相関係数に閾値を設け、相互相関不良が生じていないかを判断する。相互相関不良が生じている場合には、B方式による増分ひずみをR方式による前回の計測結果に加算する。この手法によれば、ひずみの変化が小さい場合には、精度の高いR方式、ひずみの変化が大きい場合には、B方式による結果が

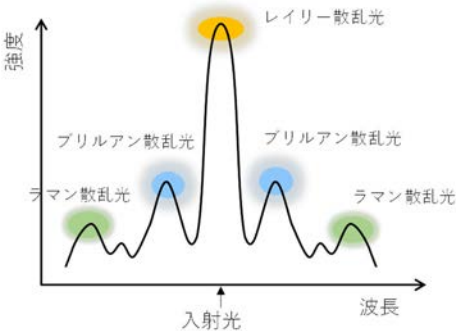


図-1 散乱光のスペクトル

表-1 ブリルアンとレイリーの特徴

散乱光の種類	ブリルアン (B方式)	レイリー (R方式)
原理	波長がひずみと温度に依存	強度が光ファイバの僅かな密度変化などに依存
計測物理量	ひずみ・温度変化	ひずみ・温度変化
ひずみの計測精度	±数十μ	±1μ以下
空間分解能	数cm～	数cm～
計測可能な計測ステップ間のひずみ変化	数千～数万μ	数百μ

キーワード 分布型光ファイバ計測, ブリルアン散乱光, レイリー散乱光

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 TEL042-485-1111

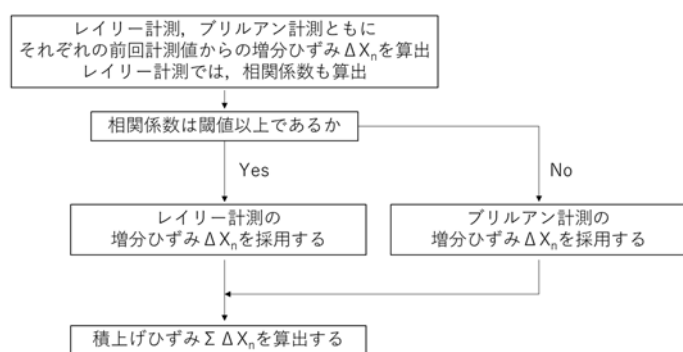


図-2 連携計測のフロー

反映される。また、計測ステップ間でのひずみの変化が落ち着き、R方式による計測が可能となった場合には、再び同方式による増分ひずみを加算する。本手法を適用することで、局所的なひずみの変動が生じるコンクリートのひび割れ前後の挙動や、大きな外力が作用する前後における構造物の挙動などを詳細に計測できると考えられる。

3. 実データによる連携手法の検証

本手法の有効性について、実際の構造物における1点のひずみ変化をR方式とB方式で同時に計測した結果を用いて検証した。

図-3にR方式で計測したひずみの時系列変化を示す。130～140ステップにおいて大きなひずみ変化があり、相互相関不良が生じたことで計測結果が不良となっている。141ステップ以降は、ひずみ変化が落ち着いたことで、問題なく計測できているが、途中に不良データがあることでデータの連続性が担保されていない結果となっている。図-4にB方式による計測結果を示す。B方式ではR方式で相互相関不良が生じた130～140ステップも含めて、全ステップにおいて計測できている。ただし、ひずみの変化が小さい領域では、後述するようにR方式と異なり数 10μ 程度のばらつきが生じている。これらに対して、両方式を連携させた計測結果（図-5）では、130～140ステップでの連続性が確保できている上、図-6（図-5の赤枠部を拡大）に示すようにひずみの変化が小さい領域において、ばらつきが小さくR方式の特徴が反映された計測結果であることが分かる。

4. おわりに

レイリー計測とブリルアン計測を連携させることで、微小なひずみ変化と大きなひずみ変化の両方に対応できる計測手法を考案した。また、実際の構造物で得られた計測結果に基づき、その有効性を確認した。今後、コンクリート構造物や施工時に近接する構造物を対象として、本手法の適用を進めていく予定である。

参考文献

- 1) 小山田弥平：レイリー散乱を利用した光ファイバの高感度歪分布測定法の提案，電子情報通信学会技術研究報告，98号，pp.21-25，1998。

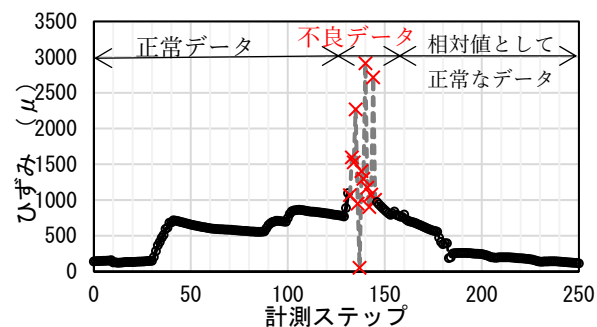


図-3 R方式によるひずみ変化

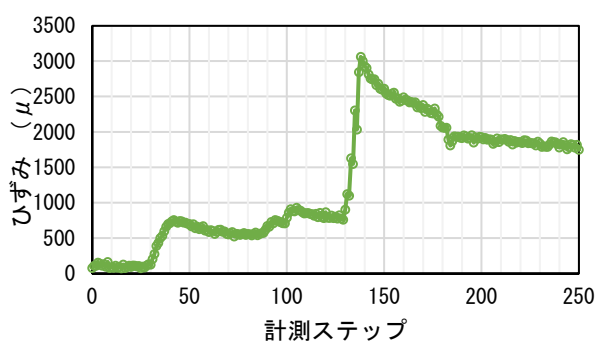


図-4 B方式によるひずみ変化

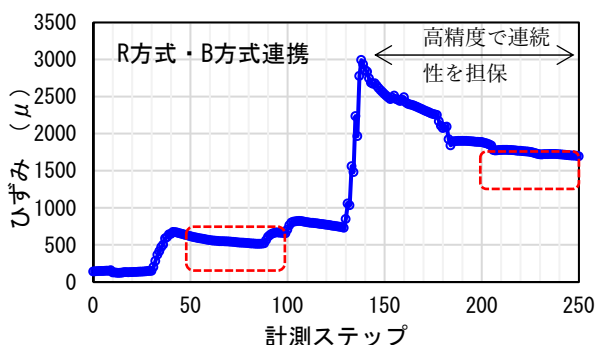


図-5 R方式・B方式連携によるひずみ変化

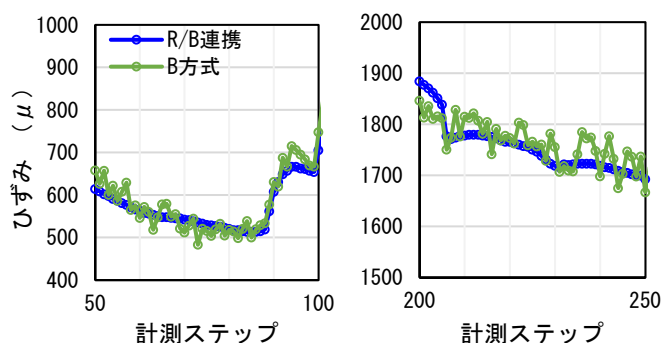


図-6 B方式と連携のひずみ変化の比較