

光ファイバセンサによるひび割れモニタリングに関する実験的研究

茨城大学大学院 学生会員 高橋 貴蔵
 茨城大学工学部 正会員 呉 智深
 アイレック技建(株) 開発部長 須藤 佳一

1. はじめに

現在、構造物におけるひび割れなどの内部損傷の分布状況を早期に検知する自己感知能力をはじめ突発災害の防止や空間・時間的な連続計測が可能なヘルスマニタリング技術が期待されている。これまで、ひずみゲージやAE法のような様々な非破壊検査法によって構造物の損傷・変状を検査することが行われてきた。しかし、コンクリート構造物の局所的な損傷と全体的な変状を人間の健康管理活動を行うようにモニタリングすることは事実上不可能であった。

これらの問題点は大量のデータを瞬時に送信できる・遠隔地での管理ができる・センサの耐久性が良い・線や面といった空間的に連続なデータが得られる等の特徴を有している光ファイバセンサをヘルスマニタリングに適用することで解決できると期待される。

そこで本研究では今まで行った実験的研究を踏まえ、光ファイバセンサによる構造物のひび割れモニタリングに関する実験と、ひび割れ計測における有用性を高めるための光ファイバ敷設法の検証を行う。

2. 実験概要

(1) 検討項目

本実験では以下の2項目について計測、検討する。

- 1) 全面接着と定点接着の計測結果の比較
- 2) 各種定点接着法の比較

本実験では光ファイバひずみ計測の距離分解能が1mであるBOTDR(Brillouin Optical Time Domain Reflectometer)を計測装置として用いる。これは、光ファイバ中に発生するブリルアン後方散乱光の周波数シフト量がひずみに比例する特性を利用している。

(2) 敷設概要

全面接着と定点接着とループ型敷設法のイメージ図を図-1に示す。全面接着は計測に用いる光ファイバ全長にわたりエポキシ樹脂で固定し、定点接着

は端部のみを固定する。ループ型敷設法はBOTDRの分解能1m以上を保ちつつ、局所部を測定するために考えられた敷設法であり、端部のみを固定する。

次に試験体の概要と光ファイバ敷設位置を図-2に示す。またひび割れ幅の比較にゲージ長40cmのパイ型変位計を用いた。光ファイバの敷設については、定点接着(敷設距離=40cm(3箇所))、1周ループ型敷設法(120cm)、1周重ねループ型敷設法(120cm)、2周重ねループ型敷設法(200cm)、全面接着(120cm)、定点接着(120cm)の順に行った(図-3)。なお、各計測点の間には敷設部どうしで影響し合わないよう自由部を200cm設けた。

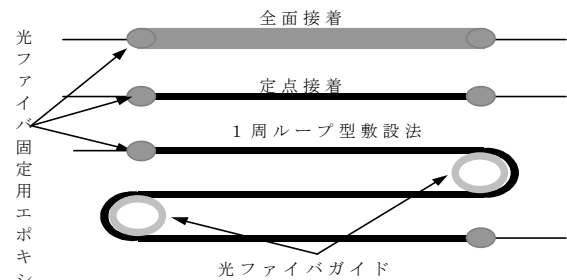
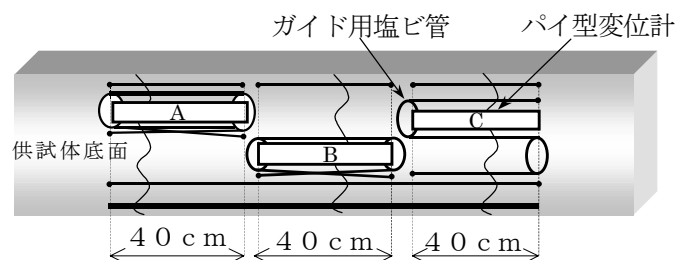
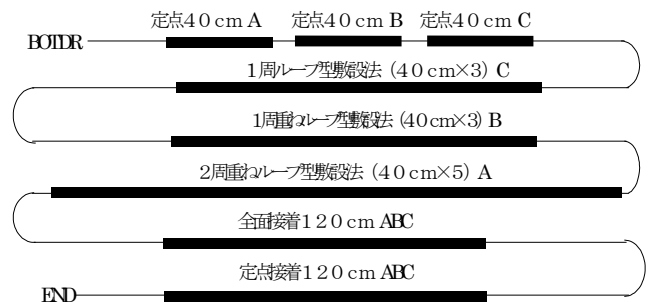


図-1 全面接着と定点接着のイメージ図



※A、B、Cはパイ型変位計

図-2 敷設位置概要



※A、B、Cは図-1のパイ型変位計と対応

図-3 BOTDRと各計測点の位置関係

キーワード：光ファイバセンサ BOTDR ひび割れ ループ型敷設法

連絡先：〒316-8511 日立市中成沢町4-12-1 茨城大学工学部都市システム工学科 Tel 0294-38-5172 FAX 0294-38-5268

3. 実験結果と考察

(1) 全面接着と定点接着に関して

全面接着（120cm）と定点接着（120cm）の比較グラフを図-4に示す。比較用のパイ型変位計の計測結果との比較より、両敷設法ともに良好な結果が得られた。しかし、初期ひび割れ発生前後を見ると全面接着は定点接着およびパイ型変位計に比べ小さい値を検出している。これは、定点接着では光ファイバ内にほぼ均一なひずみが発生するが、全面接着では1、2本のひび割れ発生地点で局所的に集中した大きなひずみ（卓越ひずみ）が発生し、BOTDRはこのような局所的な挙動を精度良く検知することができなかったためと考えられる。一方、多数のひび割れが発生すると分解能範囲内のひずみ分布がある程度均一になり、定点接着同様精度の良い計測結果が得られたものと考えられる。

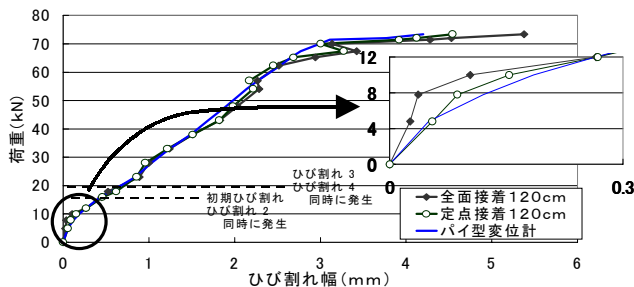


図-4 全面接着と定点接着

(2) 各種定点接着法の比較

図-5、6、7に図-2で表したA、B、Cに対応する定点接着と各種ループ型敷設法の比較グラフをひび割れ幅のモニタリングに即してそれぞれ示す。

全てにおいて、各種ループ型敷設法は比較的信頼性が高いと思われる。ループ型敷設法に比べ定点接着（40cm）によるひび割れ幅の計測結果が不安定であった。この要因としてはBOTDRのひずみ計測距離分解能は1mであるため、ひずみが発生していない自由部（約60cm）の影響が考えられる。なお、その原理の究明は今後に期待される。また、1mの距離分解能に対してゲージ長40cmであるため、供試体の実際のひずみは「 $=100\text{cm}/40\text{cm} \times$ 測定ひずみ量」のようにする必要がある。したがって測定ひずみ量に含まれる誤差も大きくなったと考えられる。

また1周・2周重ねループ型敷設法は、他のループ型敷設法に比べ、パイ型変位計の計測値に近い計測値を検出している。よって、現地重ねループ型敷設法の有効性を確認することができた。また、1周ル

ープ型敷設法の計測結果は他のループ型敷設法に比べて悪かった。これは、供試体底面のひび割れ幅が一定でなかったため、供試体底面全体に広く敷設されている1周ループ型敷設法のひび割れ幅が小さくなったと考えられる。

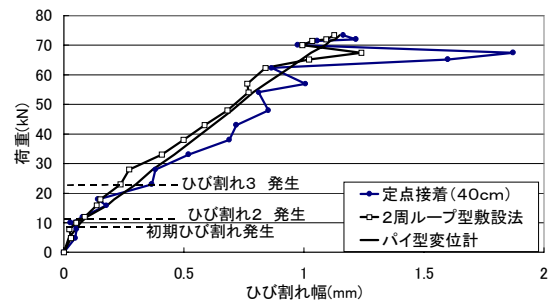


図-5 定点接着と2周重ねループ型敷設法：A

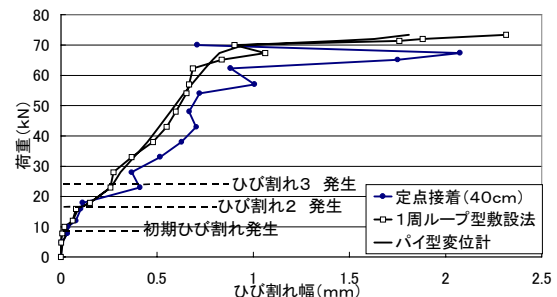


図-6 定点接着と1周重ねループ型敷設法：B

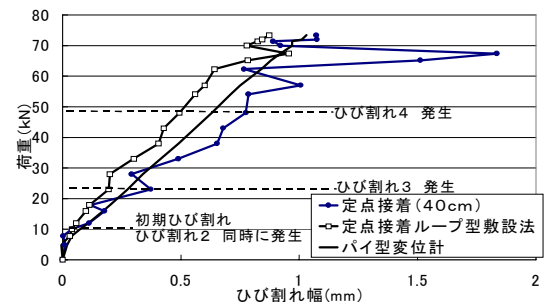


図-7 定点接着と1周ループ型敷設法：C

5. まとめ

本研究では、以下のような結論が得られた。

●敷設距離1m以上の定点接着、1周ループ型敷設法そして新しい敷設法として今回使用した1周・2周重ねループ型敷設法はひび割れ計測に対して有用性が高いと思われる。

●敷設距離1m以上の全面接着に関して、現段階では局所的な卓越ひずみを捉えることが困難と考えられるものの、ひび割れが分散していくにつれて定点接着、パイ型変位計との差は見受けられず、コンクリート構造物のひび割れモニタリングに対する期待が持てる。今後、集中ひび割れに対する検討を更に行いデータの蓄積に努めたいと考えている。また、光ファイバセンサ不連続性状の計測メカニズムを究明する必要がある。