光ファイバセンサを用いたトンネル構造物監視について

NTT インフラネット㈱技術開発部	正会員	高塚外志夫 [*]	
NTT インフラネット㈱技術開発部		橋本	暁典
NTT アクセスサービスシステム研究所	正会員	藤橋	一彦

1.はじめに

NTT 通信用土木設備のマネジメントは、建設から維持運用が主流となる時代を迎えており、とりわけ通信ケーブ ルが集中する NTT 通信用トンネル(とう道)は、極めて長期的な構造維持が求められている.そこで老朽、劣化、 近接施工によるトンネルの変形を常時監視する技術として、NTT の要素技術である光ファイバひずみ分布測定器 (BOTDR: Brillouin Optical time Domain Reflectometer)方式による、長距離を連続的に計測する光ファイバセンシ ング技術を用いたトンネル構造物監視技術を開発し、検証実験を行ったので、その結果を本稿で報告する.

2.構造監視機能について

トンネル構造物の挙動を BOTDR で監視する場合に、光ファイバセンサに求められる主な機能は、「"高感度"な構造及び設置形態である」、「その特殊な環境に耐え得る"信頼性"を有する」、「その特殊な環境下で良好な"施工性"を有する」点であり、特に"感度"については重要なポイントとして検討を進めてきた.

3. 光ファイバセンサによる測定原理

BOTDR 方式による光ファイバひずみ計測原理を図-1 に示す.光ファイバにパルス光を入射すると、光ファイ バに発生したひずみに応じて、周波数が変化したブリル アン散乱光が観測できる.よって、構造物と光ファイバ センサが一体化すれば、BOTDR を用いて構造物に発生 したひずみを連続的に測定することが可能になる.

4. 検証実験

4-1 実験概要

実験は、トンネルに発生するひび割れを 0.1 mm単位で 検知可能な技術開発を目的とし、光ファイバセンサの "感度"に着目した設置形態の検証・選定(実験 A) 選定された設置形態に基いて計測したデータの安定 性、精度、長期信頼性の検証について、それぞれ実施 した(実験 B).実験 Aの設置形態概要を図-2、実験 B の設置形態概要を図-3 にそれぞれ示す.

4-2 実験結果

(1)実験A ベタ貼り型と P-P 型方式比較

Keywords: 光ファイバセンサ、BOTDR、トンネル、監視 〒305-0805 茨城県つくば市花畑 1-7-1 TEL.0298-55-1126









図-3:実験B 実験概要

-364-

図-4 にベタ貼り型と P-P 型の計測値を比較た結果を 示す .P-P 型方式はベタ貼り方式に比べひずみゲージ値 と比例してひずみの検知が可能であることが分かっ た。この結果、センサの設置形態は P-P 型方式が優れ ていることが確認できた .

(2)実験 B 取得データの精度

図-5 に 0 500 µ のひずみを付加して計測した結果を 示す.なお計測データは、同一ひずみで 3 回計測した 平均値である.理論値に対し、引張及び圧縮方向の実 測値がほぼリニアに変化するデータが得られた.この 結果、短期的な精度は約±30 µ であり、トンネルのひ び割れが 0.06mm 単位で検知可能な、ファイバセンサの 高感度な性能が確認できた.

(3)実験 B 取得データの安定性

図-6 にひずみを 100 µ 付加した状態で、3 回計測し た結果を示す.いずれの計測も約 100 µ であり、ほぼ同 じ波形が得られた。この傾向は、他のひずみ量も同様 である。この結果によって、BOTDRの繰返し計測によ るデータの再現性が良好であること、ファイバセンサ 自体が保有するひずみのばらつきも少ないことが確認 できた.

(4)実験 B 取得データの長期信頼性

図-7 に初期張力(1000µ)状態での自動運転計測 (1時間毎、2日間)結果を示す.基準値から約±50µ で推移しており、長期信頼性における BOTDR とファ イバセンサの実力値と言える.この結果、BOTDRの安 定性と、ファイバセンサを固定する把持具の信頼性に ついて確認できた.

5.おわりに

写真-1 にファイバセンサ及び固定台座の通信用トン ネル設置状況を示す.トンネルの天頂部に設置し、ひ び割れ等を検知する.本稿で紹介した通信用トンネル 本体構造監視に加えて、通信用ケーブルの収容管理、 トンネル入溝者の位置検知を行う入溝者管理等、総合 空間マネジメント業務を行うための、「とう道マネジ メントシステム」が、今後 NTT 東日本及び西日本に導 入予定であり、その活用が期待されている.



図-4:設置方式による計測特性の比較



図-5:引張試験結果(0 500µ)





図-7:自動運転計測結果



写真-1:センサ等設置状況(トンネル内)