

既設の光ケーブルを用いた高速道路高架橋の地震時モニタリングに関する研究

阪神高速先進技術研究所	正会員	○服部 匡洋	正会員	酒井せいや
京都大学	正会員	後藤 浩之	学生会員	高平 良成
神戸大学	正会員	楢田 泰子	学生会員	石田 航
		産業技術総合研究所	正会員	吉見 雅行

1. はじめに

阪神高速では、1995年兵庫県南部地震以前から地震計を設置し、地震観測を行っている¹⁾。ただ、その地震計による地震観測は21カ所と限定的であり、早期の交通開放の判断に適切に行うためには地震計間のより細やかな情報が取得できる方が望ましい。他方では、加速度計の技術開発が進んでおり、安価かつ高性能な加速度計が実現されつつある。このような加速度計であれば橋脚1基1基に対し、地表面と橋脚天端にそれぞれ加速度計を設置することで、構造物の絶対加速度・変形を抽出でき、構造物の損傷を直接的に評価できると考えられる。しかし、阪神高速を対象とする場合には、橋脚が約9,000基あり、機器設置・維持管理の費用、データ転送・収容方法等が課題となるのは明らかである。

近年活用事例が増えつつあるDAS（Distributed Acoustic Sensing）は、計測機から入射した光パルスの散乱光が光ファイバケーブルの伸び縮みによって変化するのを計測するものであり²⁾、光ファイバケーブルが接続されている限り50km程度の長距離であっても応答観測を行うことが可能である。また、既設の光ファイバケーブルの空き芯を活用することができ、新たに橋脚1基1基に加速度計を設置し維持管理するコストもかからない。このため、本検討では高速道路構造物及び周辺地盤に敷設されている既設の光ファイバケーブルを対象にDAS観測を行い、高速道路構造物の地震時モニタリングへの適用性について検討した。

2. 高速道路構造物の地震時モニタリングへの活用イメージ

図-1に光ファイバケーブルの敷設状況を示す。光ファイバケーブルは、桁に固定されたケーブルラック上に配置され、数m間隔でケーブルラックに結束されている。図-2には高速道路構造物の地震時モニタリングへの活用イメージの一例を示す。

(1) 構造物及び周辺地盤の応答レベルの線状把握

阪神高速では、全路線を網羅するよう21箇所の地震計が設置されており、これらの観測結果に基づき地震時の交通開放の判断を行っている。光ファイバセンシングの特徴として数十kmにわたる計測が可能であるこ

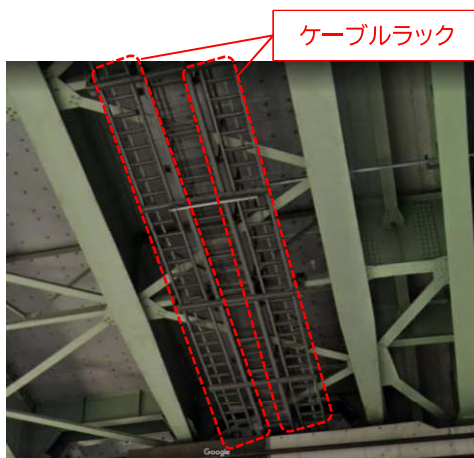


図-1 光ファイバケーブルの敷設状況

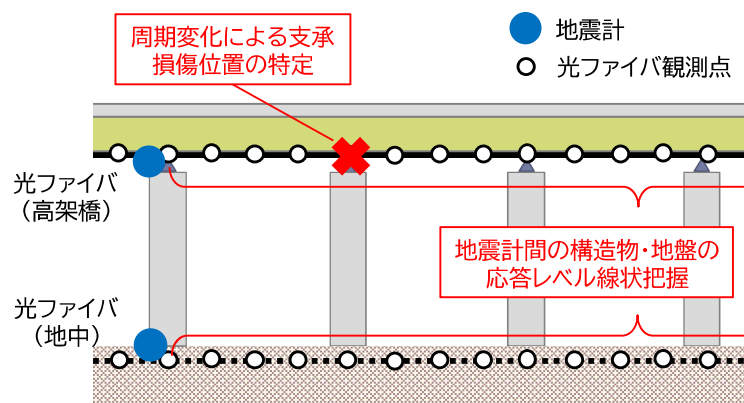


図-2 地震時モニタリングへの活用イメージ

キーワード 光ファイバ, DAS, 振動特性, 地震時モニタリング

連絡先 〒541-0054 大阪府中央区南本町4丁目5番7号

(一財) 阪神高速先進技術研究所 TEL06-6244-6039



図-3 計測対象区間



図-4 計測機器の設置状況

とから、これまで地震計の点のデータでしか確認できなかったところが、概略でも線として観測できれば、地震計間の橋脚や桁で大きな応答が生じている場合など、損傷した構造物の見逃しがなくなると考えられる。また、並行して地中を通る光ファイバケーブルを観測することで、地表面付近での地盤の応答を把握できるとともに、構造物の応答と地表面の応答を切り分けることができ、より精度よく構造物の応答を評価できる。

(2) 地震直後の支承の損傷位置の特定

地震時に支承が損傷した場合、桁の振動や桁移動により桁に付属する光ファイバが振動すると考えられる。また、地震前後の桁の振動を比較すると、固有周期に変化が現れると予想される。これらを観測・分析することで、地震直後の支承の損傷位置を特定できる可能性がある。

3. 本検討における DAS 計測の概要

本計測の主対象は地震による構造物応答であるが、本計測は DAS による地震観測の高架橋への適用性を確認するための試計測の位置付けであり、約 1 ヶ月間の計測とした。図-3 に計測対象区間および計測機器設置位置を示す。対象区間は、DAS 計測機種の設置場所が確保できること、既設の光ファイバケーブルが高架橋上で長距離に連絡していること、対象とする区間に既設の地震計があること、地中ケーブルが並行して設置されていることを条件とした。条件に合う計測区間として、阪神高速 3 号神戸線の京橋-四ツ橋間の約 35km を選定した。DAS 計測機器は京橋にある管理所に設置し、光ファイバケーブルと接続した。また、DAS による観測結果の検証のため、加速度計での並行観測を行った。並行観測は、既設の地震計 3 箇所（京橋・海老江・四ツ橋）に加え、2 箇所（摩耶・武庫川西）に加速度計を設置し計測を行った。

図-4 に計測機器の設置状況を示す。計測にあたり、DAS 計測機の他に、制御・確認するためのモニタ/キーボード、時刻同期を行うための GPS アンテナ、計測データ保存用の HDD、停電時の電源確保のための UPS が必要となる。また、DAS 計測機器が不要な振動を拾わないようテーブル上かつ防振台上に設置した。

また、DAS 計測を実施する前に計測結果の CH と実際のケーブルの位置の対応を確認しておくため、既設・新設の地震計のある 5 箇所を対象にタップテストを実施した。これは、例えば光ファイバケーブルに余長が確保されている等の要因によって平面距離と着目する CH までの距離が必ずしも一致しないためである。

なお、本計測の計測結果及び分析結果の詳細については、文献 3)、4) を参照されたい。

謝辞：本研究は、京都大学及び神戸大学との共同研究で実施したものである。ここに記して謝意を表する。

参考文献：1) 篠原ら：阪神高速道路ネットワークにおける地震観測データの活用，第 21 回性能に基づく橋梁等の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集，2018. 2) ニューブレクス株式会社 HP：<https://www.neubrex.jp/html/products.htm> 3) 高平ら：既設の光ケーブルで計測された DAS データによる高架橋のモード解析，令和 7 年度全国大会第 80 回年次学術講演会，2025. 4) 石田ら：国道 43 号線沿いの DAS 計測による地盤の固有周期の推定の試み，令和 7 年度全国大会第 80 回年次学術講演会，2025.