

光ファイバセンサを用いた滑走路舗装のひずみ計測手法

関東地方整備局東京空港整備事務所 正会員 鈴木 紀慶
 正会員 野口 孝俊
 正会員 鈴木 大介
 大成建設株式会社 林 晋

1. はじめに

東京国際空港（羽田空港）において現在建設中の4本目の滑走路（以下、D滑走路）は、図-1に示すように、現空港の沖合に埋立・栈橋組合せ工法からなる構造形式であり、国内初の栈橋構造である。航空機荷重を受ける床版上の舗装は過去にも国内で例がなく、材料特性が異なる4層の発生ひずみを把握することができれば、設計手法の精度向上となる。そこで、D滑走路の舗装では、計器の形状が小さく、計器の埋設による影響が少ない光ファイバセンサを設置し、航空機の輪荷重による応答特性の変化や疲労によるひずみの増加を計測して、供用後の健全度を評価することとしている。本稿は、国内の実用では初めてとなる舗装体内への光ファイバセンサの設置及び載荷試験について報告する。

2. 光ファイバセンサによる舗装ひずみ計測

栈橋部の舗装は図-2に示すように、輪荷重を受ける表基層、浸透した雨水を速やかに排水させる排水層、最下層には防水機能を有するSMA防水層等の特殊な舗装構造が採用されている。栈橋部滑走路端部では、離陸時に、燃料を満載にして走行するため、最大荷重が作用する。そこで、表基層と排水性舗装間のひずみと層間のひずみを把握するために、表層と排水層の境界及び排水層とSMA層の境界に光ファイバセンサを設置した。¹⁾

D滑走路栈橋部の舗装体のひずみを計測するにあたり、センサ自体が非常に細いため舗装へ与える影響が従来式のひずみ計に比べはるかに少なく、舗装体の挙動を効率よく計測でき、長期の期待耐用年数（約40年）をもつ光ファイバセンサを採用した。

本工事では、数種類ある光ファイバセンサの内、FBG方式及びBOTDR方式の二種類を用いた。

FBG (Fiber Bragg Grating) 方式は、光ファイバの特定部分のコア部に屈折率が異なる部分を高密度に並べ、この部分をセンサとして使用する方式である。センサ部にひずみが発生した場合、入射した光がセンサ部で反射する際に特定の波長 (Bragg 波長) が変化する性質を利用し、構造物の動的計測が可能であり、航空機載荷重を受けた際に舗装体に発生するひずみを計測することができる。(写真-1)

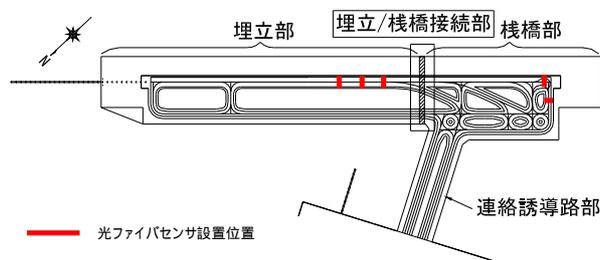


図-1 光ファイバセンサ設置場所

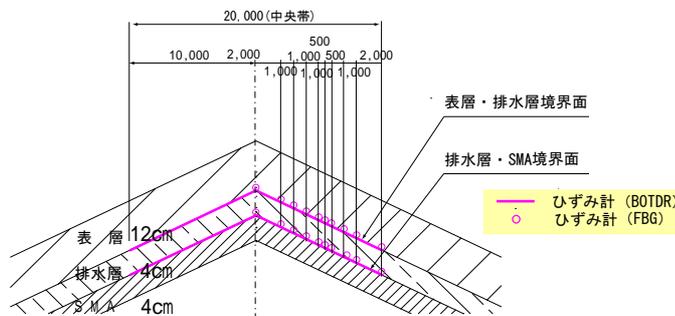


図-2 舗装の光ファイバセンサ設置位置

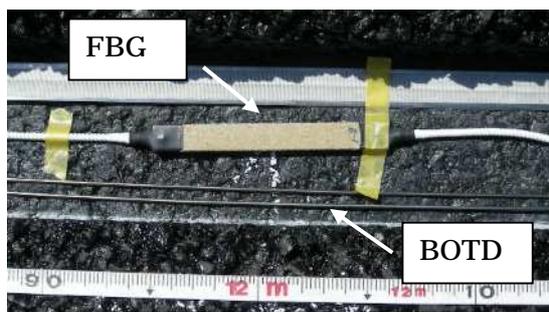


写真-1 光ファイバセンサの設置状況

キーワード 現場計測, 舗装, 光ファイバセンサ

連絡先 〒144-0041 東京都大田区羽田空港 3-5-7 国土交通省東京空港事務所 TEL 03-5756-6576

BOTDR (Brillouin Optional Time Domain Reflectometer) 方式は、光ファイバ中で入射口側に帰ってくる後方散乱光のうち、ブリルアン散乱光の周波数を分析することで、ひずみの大きさのみならず、ひずみの発生位置を測定できることから、任意の位置でのひずみを測定できる。また、BOTDR 方式は、構造物の静的計測が可能であり、舗装体に経年的に発生するひずみを計測できる。

3. 設置方法

舗装体の光ファイバセンサの設置は、箱抜き用の角材（高40mm×幅70mm）を埋め込み舗装する。角材を撤去しスペースを確保した後、光ファイバセンサを設置した。（写真-1）設置後、流動性が有り、かつ転圧が不要なグースアスファルトで埋め戻した。（写真-2）また、光ファイバセンサの設置スペースは、埋め戻し材に使用するグースアスファルトの自重の影響を受けないように、極力狭いものとした。また、光ファイバセンサの設置作業中は、常に導通確認を行いながら施工した。（図-3）

グースアスファルトの充填する際には、高温打設（220℃）となるため、FBG 方式はセンサ部分を耐熱性の保護チューブで、伝送ケーブルは SUS 管で保護して設置した。BOTDR 方式は薄肉 SUS プレートに光ファイバセンサを耐熱仕様の接着剤で貼り付け、さらにガラステープで保護した。伝送ケーブルは SUS 管で保護し設置した。

4. 載荷試験

SMA 打設後、航空機荷重を想定して、計測点直上部の舗装面に集中荷重を与えて載荷試験を実施した。載荷は写真-3に示すように、光ファイバセンサ部の舗装面に、幅9cm、厚4cmの角材を3枚、設置して、その上に、転圧ローラの中央前輪を載せて、左右前輪が浮いた状態で実施した。

FBG の計測値は図-4に示すように、輪荷重の直下の計測点⑤では 1312 μ の引張ひずみ、左右両側の計測点（④、⑥）ではそれぞれ、約-80 μ の圧縮ひずみとなっている。輪荷重の直下の計測点⑤では、舗装は剛性が大きな床版に支持されるため、舗装内の荷重の分散効果が小さく、局部的によって舗装が変形するものと考えられる。隣接する計測点では、舗装を支持する床版は輪荷重によって床版上面が圧縮となるため、舗装体もその変形（圧縮）を受けて圧縮ひずみを生じたものと考えられる。

5. おわりに

今後は、舗装の表層面に対しても、定荷重を載荷し、舗装体に発生するひずみから舗装設計の検証を実施する予定である。設置方法については、国総研空港研究部にご指導を賜りました。

参考文献

- 1). 奥津ら:実物大の空港施設を用いた液状化実験における光ファイバセンサを用いた舗装ひずみ計測, 土木学会第 63 回年次学術講演会



写真-2 グースアスファルトの充填状況

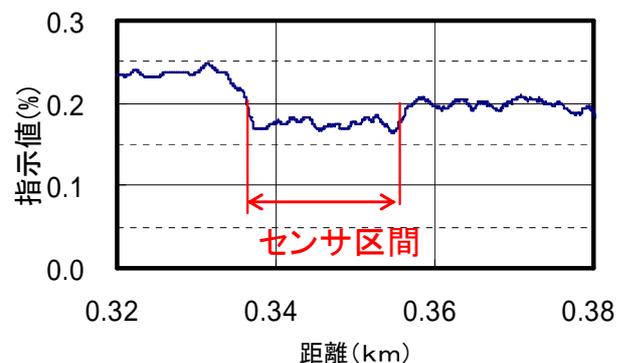


図-3 BOTDR センサの導通確認

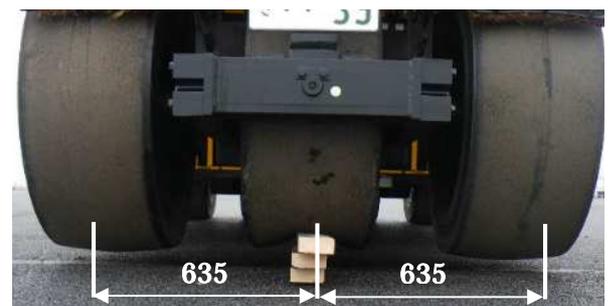


写真-3 転圧ローラによる載荷状況

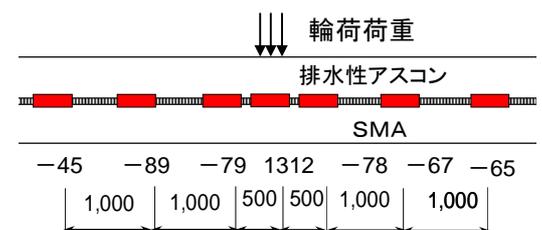


図-4 計測結果 (FBG 計測点⑤)