

光ファイバ組込み式テープ材による鋼材ひずみの計測

鹿島建設(株) 正会員 ○平 陽兵 十川貴行 皆川春奈 小嶋進太郎 曾我部直樹 今井道男

1. はじめに

分布型光ファイバセンサによるひずみ計測は、光ファイバセンサに生じたひずみを全長に亘って位置情報とともに連続的に取得できる技術である。筆者らは、これまでに、ひずみゲージと同等の精度で、鋼材やコンクリートのひずみ分布を取得できることを確認している¹⁾。構造部材のひずみ計測に当たっては、対象となる部材と光ファイバセンサが一体化している必要があり、部材表面に接着剤を用いるのが現状である。しかしながら、接着時の施工の手間や設置後における光ファイバセンサの表面の保護が課題であった。これに対して、光ファイバセンサを組み込んだテープ材（以下、テープ式光ファイバと称す）を開発し、計測性能を検証してきた²⁾。今回、接着作業のさらなる向上のためにテープ材に改良を加え、これを鋼板に接着して引張と圧縮ひずみの計測性能を検証したので、その事例を報告する。

2. 光ファイバ組込み式テープ材の概要

写真-1 にテープ式光ファイバを、図-1 にテープ式光ファイバの構成を示す。テープ式光ファイバは、保護層に光ファイバの素線が埋め込まれている。接着時にはプライマーを塗布し、これが粘接着シートと反応することで対象物と光ファイバセンサが一体化される。粘着テープを貼り付ける要領で光ファイバを接着できるので、接着剤で設置する方法に比べ、施工性が大幅に向上する。しかしながら、初期のタイプはプライマーとの反応後、硬化するまでは完全に接着できないことから、別途テープを用意して仮止めをしておく必要があった。そこで、図-1 に示すように、テープの両側に初期段階から接着力をもつ部分（初期接着部）を設け、仮止めを不要とした。これにより、図-2 に示すように光ファイバの接着を含めて設置全体の手順が改善され、作業効率が向上した。

3. 実験概要

テープ式光ファイバの計測性能を検証するために、鋼板の両面にテープ式光ファイバを接着し、曲げ試験を行った。図-3 に試験体形状を示す。試験体は、長さ 2,500mm、幅 200mm、厚さ 32mm で、材質 SM490 材（降伏強度 352N/mm²）の鋼板を使用した。载荷は、支間長 2,000mm、等曲げ区間 500mm の 4 点曲げ試験とし、鋼板の弾性範囲（約 1,600 μ ）まで単調増加で実施した（写真-2）。テープ式光ファイバとひずみゲージによりひずみ

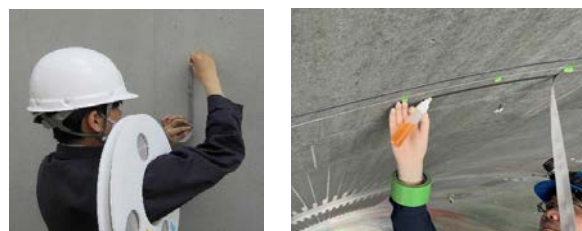


写真-1 光ファイバ組込み式テープ材
(テープ式光ファイバ)

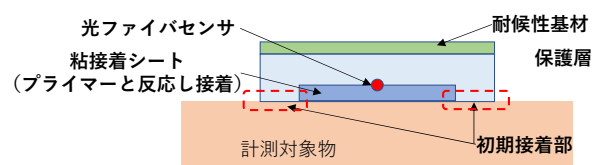


図-1 テープ式光ファイバの構成（断面図）

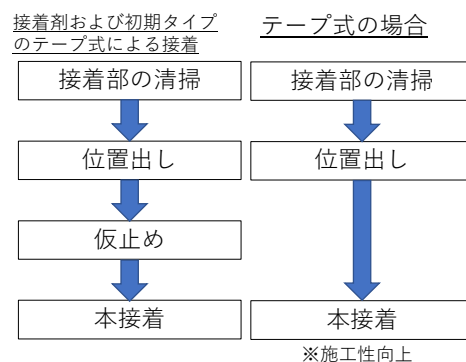


図-2 光ファイバの設置手順

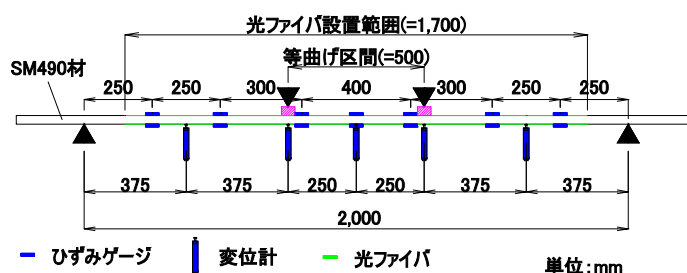


図-3 試験体形状

キーワード 分布型光ファイバセンサ、粘接着テープ、施工性

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

を、変位計によりたわみを計測した。写真-3 にテープ式光ファイバの貼付け状況を示す。テープ式光ファイバは、鋼板両面に支間内の長さ 1,700mm の範囲に貼り付け、ひずみゲージは同じく鋼板両面の図-3 に示す位置にそれぞれ貼り付けた。変位は図-3 に示す位置と支点に変位計を設置し、支点沈下の補正を行ってたわみを算出した。光ファイバによる計測は、レイリー散乱光に基づく分布型計測方法³⁾により、空間分解能（ひずみゲージのゲージ長に相当）10cm、計測間隔 5cm でひずみを計測した。

4. 実験結果

実験結果として、図-4 に光ファイバとひずみゲージのひずみ分布を示す。圧縮・引張ともに曲げモーメント分布に対応したひずみ分布が得られた。光ファイバとひずみゲージとの差は、最大で 2.8%、標準偏差 1.3%と、実用上、十分な精度を有していた。図-5 にたわみ分布を示す。光ファイバによるたわみの計算値は、鋼板両面のひずみから曲率を算出し、これを支間方向に 2 階積分して求めた。最大荷重時における支間中央の光ファイバによる計算値と変位計の値の比は 0.98 (=40.8/41.0) と両者はほぼ等しく、たわみ分布の評価を高精度に行えることを確認した。

5. おわりに

テープ式光ファイバの計測性能として、鋼板の引張・圧縮ひずみを約 1,600 μ まで精度よく分布として計測できるとともに、ひずみから変位を算出することでたわみ分布の評価も可能であることを確認した。今後は、屋外で使用する場合を想定した耐候性試験など、耐久性に関する検証を引き続き行う予定である。

謝辞

テープ式光ファイバは、日東電工(株)と鹿島建設(株)で共同開発したものである。日東電工(株)の関係者の方々には、サンプルの製造等、多大なるご協力をいただきました。ここに深く御礼を申し上げます。

参考文献

- 1) 平陽兵ほか：分布型光ファイバセンサによる鋼矢板土留めの変形計測，土木学会第 76 回年次学術講演会，CS9-45，2021。
- 2) 泉宙樹ほか：光ファイバ組込み式テープ材によるコンクリート部材のひび割れ幅計測，土木学会第 77 回年次学術講演会，CS9-42，2022。
- 3) 今井道男ほか：高精度光ファイバセンサを用いたひずみ・変位計測の検証実験，土木学会第 75 回年次学術講演会，CS9-28，2020。

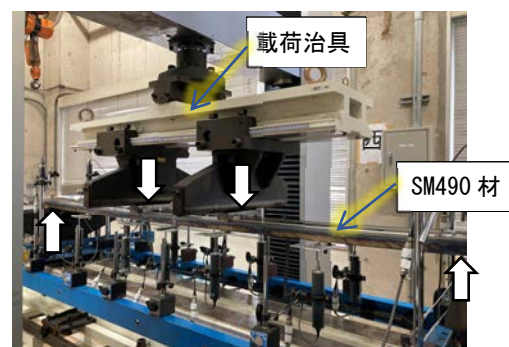


写真-2 载荷実験状況



写真-3 接着状況

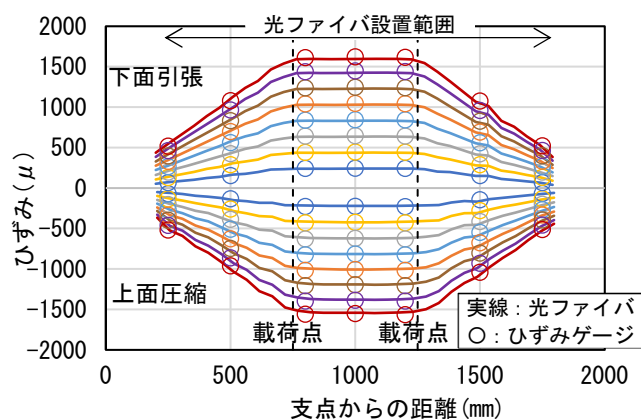


図-4 ひずみ分布図

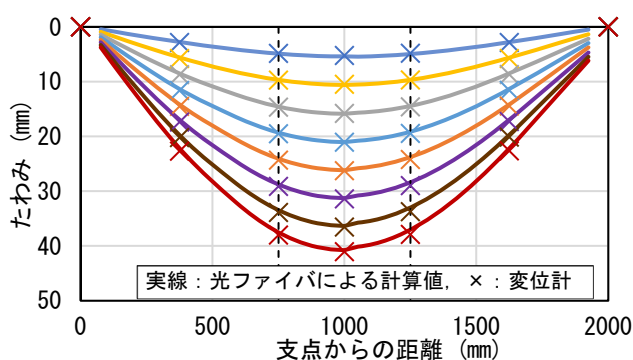


図-5 たわみ分布図