

ひずみやひび割れを視覚化するシート材料を用いた計測システムの検討

土木研究所 正会員 ○百武 壮
土木研究所 正会員 西崎 到
土木研究所 正会員 新田 弘之

物質・材料研究機構 不動寺 浩
物質・材料研究機構 轟 眞市
広島大学 田中 義和

1. 背景

インフラ構造物の本格的な老朽化に対応するため、低コストで信頼性が高い劣化診断技術の開発が求められている。筆者らは変形によって色が変わる機能材料であるオパール薄膜(図-1)を応用し、構造物に生じるひずみやひび割れを視覚化するための技術を開発してきた。オパール薄膜は任意の支持膜上で 200 nm 程度の微粒子が規則正しく配列・自己組織化されたシート材料¹⁾であり、支持膜の変形によって粒子間距離が変わると色がシフトする(図-2)。色を可視光領域となるように調整し、鋼やコンクリートに貼り付け、ひずみやひび割れ可視化に応用する研究を進めている²⁾。

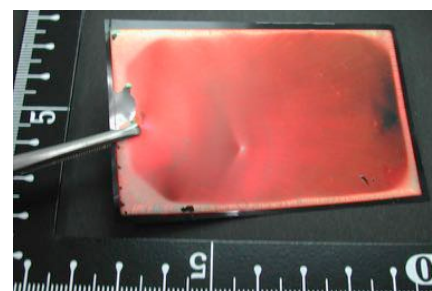


図-1 オパール薄膜

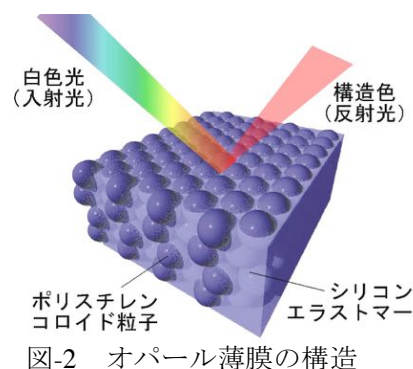


図-2 オパール薄膜の構造

2. 目的

オパール薄膜を利用することにより、誰にでも簡便に構造物の劣化兆候が察知でき、容易にあるいは自動的に専門家や自治体に報せるようシステム化することができれば、日常的なインフラ点検法として広い活用が期待できる。本稿では、オパール薄膜の特長であるひずみによる色の変化の高い感度を活かしながら、構造物の点検を簡素化する方法として、スマートフォンを用いた計測方法を検討した。物質・材料研究機構で開発されたイメージングアプリ(名称 Hizmiel。Android、iOS など各種 OS で開発中)は、健全部の色を任意に設定し、それ以外の色を透明化できる。簡易で低コスト化が期待できるイメージングアプリ法と、高精度な実験室レベルの計測法である液晶チューナブルフィルターを介した CCD カメラ計測法を比較した。モデルとして鋼の 3 点曲げ試験にオパール薄膜を供した。



図-3 イメージングアプリ計測

3. 方法

使用するオパール薄膜は既報の方法¹⁾によって作製した。ハサミで任意の形状に切り抜き、土木用エポキシ接着剤を用いて角柱試験片(SS400, 10×10×200 mm)の側面中央に 10×50 mm のオパール薄膜を接着した。全ての試験片は支点間距離 140 mm の条件下で三点曲げ試験に供した。Android スマートフォン Huawei P8 Lite に Hizmiel をインストールし、同端末に搭載されているカメラで試験片を撮影した(図-3)。計測用 CCD カメラとして 16-bit CCD カメラ(Apogee, F260, 512×512 pixel, 50 mm レンズ, F 値 1.4)を万能試験機から 1.5 m の位置に光学定盤で固定し、白色 LED の照明でオパール薄膜を照射した状態で計測した。CCD カメラ計測時のフィルターは 620 nm±5 nm とした。また、ファイバー分光器(Ocean Optics USB4000)を用い、任意の箇所の反射波長も計測した。

4. 結果および考察

三点曲げ試験を実施し、試験片を全面降伏させた。荷重を開放した状態で、アプリ計測で得られた画像を図-4 に、CCD カメラ計測で得られた画像例を図-5 に示した。アプリ計測では健全部の色を基準に設定したところ、圧縮側と引張側それぞれが透明化して表示された。これは撮影された画像の中で引張側圧縮側それぞれが

健全部から色変化していることを感度高く捉えている。同じ状態を CCD カメラ計測によって分析したところ、図-5(右)のラインプロファイル(反射光の強度変化を試験片の上下に渡って輪切りしたイメージ)からは反射光の濃淡が示されており、適切なフィルターを複数用いることで変色領域の波長分布を定量的に評価できることが示唆された。圧縮側と引張側の波長に合わせて計測し、それぞれを分離して解析することが可能である(別途投稿予定)。

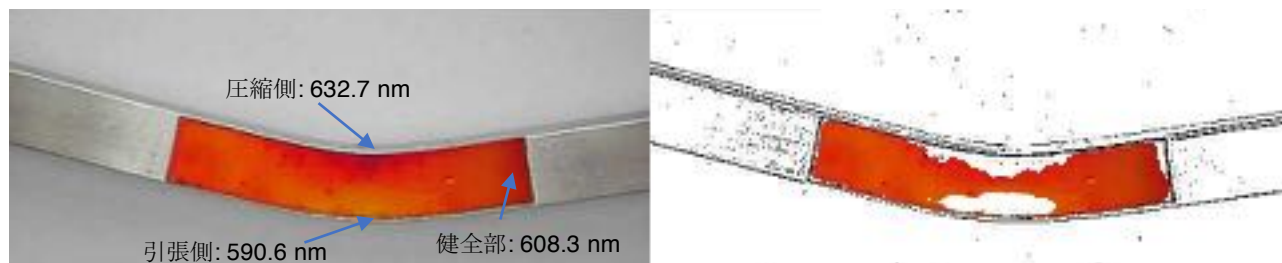


図-4 曲げ試験後の点計測による反射波長(左)とアプリ計測結果(右)

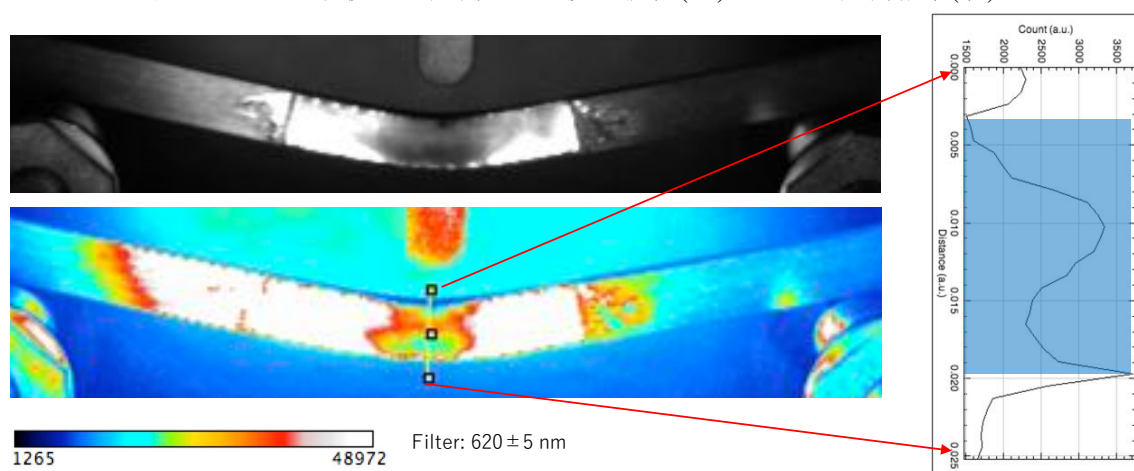


図-5 曲げ試験後の CCD カメラ計測(フィルター620±5 nm)

現在のイメージングアプリでは色相の初期値からシフトした箇所を透明化するシンプルな機能であるが、これらの知見から正確な計測用カメラと同等の機能を搭載させることも原理的には可能である。また、このアプリケーションを用いたシステム化の案としては以下のとおりである。先ずオパール薄膜をひび割れ補修箇所や鋼材溶接部に施工する。被覆材や塗装下の目に見えない部分で再劣化や疲労き裂などが懸念される箇所が候補となる。オパール薄膜の施工とセットで自治体などに無料配布し、職員やインフラを利用する市民の端末にインストールしてもらい、定期的、あるいは日常的に撮影してもらう。GPS 情報取得機能、QR コードによる識別機能や自動画像転送機能などを搭載することで、劣化の予兆情報を集約するのに活用が期待される。

5. まとめ

画像の色抽出を利用したアプリ計測法ではひずみの有無を簡単に判定できた。高分解能 CCD カメラ計測で実施可能な定量的なひずみ量の算出への発展も期待できる。アプリ計測の観測(者)環境依存性については手動、自動化含め今後フィールドテストを重ねる予定である。

謝辞

本研究は JSPS 科研費基盤研究(B)26289139 の助成を受けたものである。

参考文献

- 1) H. Fudouzi, T. Sawada, *Langmuir*. **2006**, 22, 1365-1368.
- 2) H. Fudouzi, T. Sawada, T. Hyakutake, I. Nishizaki, Y. Tanaka, I. Ario, *Proc. SPIE* **2012**, 8345, 83451S-7.

キーワード 機能材料, 可視化, 維持管理, ひび割れ

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6 (国研) 土木研究所 先端材料資源研究センター TEL: 029-879-6763