

応力発光体を用いた複雑な構造物の応力分布の可視化

Visualization of stress distribution in complex structures by mechanoluminescence materials

(国研)産業技術総合研究所¹, 九州大学² ○(M2)溝畑 将之^{1,2}, 徐超男^{1,2}

National Institute of Advanced Industrial Science and Technology¹, Kyushu University²,

○Masayuki MIZOHATA^{1,2}, Chao-Nan XU^{1,2}

E-mail: cn-xu@aist.go.jp

【緒言】応力との優れた相関性を示す高輝度な応力発光体である $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{2+}$ (SAO) は数多くの研究や実証が行われており、応力発光スプレー塗布によって二次元応力分布を可視化することで構造物診断に貢献されている^[1,2]。本研究では 3D プリンタの成形物に応力発光をハイブリッドすることによって、これまで不可能だった複雑な立体物に対しても応力発光測定によって定量的に応力分布を可視化することに成功した。この手法を用いることにより、CAE(FEM)解析による条件設定が困難な場合にも柔軟に対応することが可能となえ、解析効率向上や時間・人件費等コストの削減が望める。また、リアルタイム・広範囲の応力解析は多分野での活躍が期待される。

【実験方法】本研究で用いた応力発光体である SAO は、広域応力計測が可能なタイプを選定し、過去の研究に基づいて合成した^[1]。3D プリンタは Stereolithography 式 (SLA) を使い、樹脂 (White resin, Clear resin) に対し SAO を一定比で均一混合させたハイブリッド液を使用した。3D プリンタで厚みの異なる単純な板やパイプ、複雑な立体構造物を作成し、材料試験機を用いて荷重を印可しながら独自の CCD カメラシステムによる応力発光 (ML: Mechanoluminescence) 測定を行った。

【結果および考察】本研究の成形物の力学的な均一性が保たれていることを確認するために、パイプ型の成形物を回転させながら、圧縮角度を $0\sim 90^\circ$ の間で変化させ ML 測定を行ったところ、ML 強度の変化は見られなかった。これまでの報告では 3D プリンタを用いた不均一な ML を確認した例があったが、均一な ML を測定できたのは本研究が初となる^[3]。本研究での印刷物の層間が化学的に結合しているため、成形物の力学特性が印刷方向に依存しなかったと考えられる。また、この結果は SAO が樹脂内で均一に分散していることも示している。

厚みの異なる単純な板状の成形物に対して同じ応力を印可して ML 測定を行った結果、White resin は 5mm を超えると ML 強度に変化がなくなったが、Clear resin は厚みの増加に伴い ML 強度が上昇した。以上の結果から、White resin は表面の応力分布を可視化することができ (Fig.1)、Clear resin は内部の応力を積算した ML 分布を示すことが分かった。この違いは樹脂の透過性の差から生じていると考えられる。そのため White resin を用いた橋モデルの中心部を圧縮した結果は、ANSYS による FEM 解析結果と一致した (Fig.2)。また、Clear resin の優れた透過性を利用し、成形物に意図的に亀裂や欠陥を作ったうえで力を加えれば、製品や構造物に対して、より正確な破壊予測シミュレーションが可能になる。

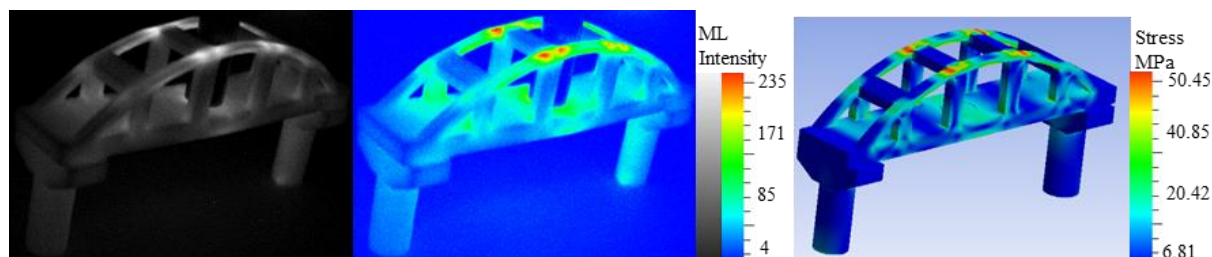


Fig.1 ML image during loading in grayscale (left), pseudo color (right). Fig.2 Stress distribution calculated by FEM.

【参考文献】

- [1] L. Liu, C. N. Xu, A. Yoshida, D. Tu, N. Ueno and S. Kainuma, *Adv. Mater. Tech.*, **4**, 1800336 (2019).
- [2] 徐超男ら, 応力発光による構造体診断技術, NTS 出版社 (2012).
- [3] D. K. Patel, B. E. Cohen, L. Etgar and S. Magdassi, *Mater. Horiz.*, **5**, 708-714 (2018).