ひずみ分布検出のための導電性エラストマーの電気特性評価

渋谷 嗣^{*1}, 山脇崇平^{*2}Electrical Property of Conductive Elastomers
for Sensing Strain DistributionYotsugi SHIBUYA^{*3} and Shuhei YAMAWAKI^{*3} Akita University, Dept. of Mechanical Engineering
1-1, Tegata Gakuen-machi, Akita, 010-8502 Japan

A conductive elastomer is applied to detect damage in GFRP laminating with a hole. As the electrical resistance changes due to deformation of the material, strain distribution in the composite structure is measured using the conductive elastomer. It is an advantage to apply sensing in wide area along the conductive network. Possibility of the damage detection is demonstrated in comparison with measured strain distributions using the method.

Key Words : Conductive Elastomer, Electric Resistance, Strain Sensor, Damage Detection

1. 結 言

複合材料は軽量で機械的特性に優れている特徴から、航空宇宙分野において主要な構造材料として利用が拡大している。しかし、異方性の性質から界面はく離や層内き裂などの複雑な損傷形態を示す。破壊を未然に防ぐために、構造中の損傷の有無を常時評価するヘルスマonitoringが重要となっている。損傷の検出手法として材料の電気抵抗計測が応用されてきている⁽¹⁾⁻⁽³⁾。

本研究では、円孔を有する GFRP 積層板に導電性エラストマーを配置し、損傷検出のためのセンサとして利用することについて検討する。導電エラストマーは、変形によって電気抵抗が変化するので、電気抵抗を計測することでひずみを検出する。この方法は、導電エラストマーで積層板の内部に電気回路を形成することで電気回路内においてひずみの分布を広い範囲で計測できる。円孔から離れた試料の平行部分のひずみと円孔周りのひずみ分布の比較から、応力集中によって生じる円孔周りの損傷の発生について検討する。

Fig.1 Specimen and strain measurement configuration.

2. 実験方法

導電性エラストマーをセンサとして利用した損傷検出手法について検討するために、図1に示す内部に電気回路を有する試料を用いて引張試験における導電性エラストマーの抵抗変化を調査した。Glass/Epoxy の GFRP を基板とし、試料の長手方向に2本の導電性エラストマーを配置した GFPP のサンドイッチ構造を作製した。また、引張試験時

^{*1} 正員, 秋田大学 (〒010-8502 秋田市手形学園町1-1)

^{*2} 秋田大学

E-mail: yshibuya@gipc.akita-u.ac.jp

の導電性エラストマーの抵抗を計測するために番号0から9の電極端子を設置し、端子0と9の間に一定の電流を加え、端子1から8は抵抗測定のための電位を検出した。

試料の寸法は幅 w が 15mm、線状導電性エラストマーを GFRP 板でサンドイッチした試料全体の厚さは 2mm、試料中央の円孔の直径 d は 5mm である。試料はそれぞれ 10 個の電極端子を有する 2 本の線状導電性エラストマー（断面 0.5 mm×0.5 mm）が Glass/Epoxy の GFRP でサンドイッチされている。電極の間隔は等間隔に 5 mm としている。試料中央部に円孔を配置し、引張試験において応力集中によりひずみ分布が変化するように設定している。また、実際のひずみ計測のために、試料の平行部と円孔部の 2 箇所にひずみゲージを貼り付け、引張試験中の実際のひずみも同時に測定する。

3. 結果と考察

損傷検出手法について検討するために、図1に示した試料に引張荷重を適用し、最終破断にいたるまでの付加と導電性エラストマーの電極間の電気抵抗変化を計測した。

図2は試料が最終破断にいたるまでの電極端子2-3（試料平行部）と電極端子4-5（円孔部）のひずみゲージにより測定されたひずみと電極間の導電性エラストマーの抵抗変化率を示したものである。試料の破断は円孔周りの応力集中によって、電極4-5間に生じる。この部分のひずみは平行部よりおよそ2倍の大きさになっている。

電極間の抵抗変化率 $\Delta R/R_0$ は変形前の電極間抵抗 R_0 からの抵抗変化 ΔR と変形前の抵抗との比として定義されている。図中において黒い線は試料の平行部に相当する電極端子2-3間の抵抗変化率を示している。電極端子2-3間においては、最終破断までほぼ線形的に変化していることがわかる。一方、赤の実線で示した電極端子4-5間の抵抗変化率はひずみが 0.013 付近までは平行部と同様に線形的に変化するが、その後、変化が大きくなり、最終破断直前で急激に上昇し、最終破断にいたっている。これは、内部に生じた損傷によって、局所的なひずみの増加によって、抵抗変化率が大きく変動したものと推察できる。平行部の抵抗変化率と円孔部の抵抗変化率を比較することによって、円孔部の抵抗の異常な変化を検出し、損傷の発生を検出することを期待できる。

次に、各電極間領域における、導電性エラストマーのゲージ率について検討した。ゲージ率 K は次式のように定義することができる。

$$K = \frac{\Delta R / R_0}{\varepsilon} \quad (1)$$

図2からゲージ率はグラフの曲線の傾きとして算出することができ、微小ひずみ領域のゲージ率はおよそ 7.9 である。ひずみが大きくなるにつれて、このゲージ率は大きくなる傾向がある。

4. 結 言

円孔を有する GFRP 積層板の損傷検出を目的として導電性エラストマーをセンサとして、導電性エラストマーのひずみ分布計測を行った。試料平行部の抵抗率の変化と円孔周辺の応力集中部の抵抗変化率を比較することによって、損傷の発生の検出の可能性について示した。

文 献

- (1) Jie Wen, Zhenhai Xia, Fred Choy, "Damage detection of carbon fiber reinforced polymer composites via electrical resistance measurement," *Composites: Part B*, Vol.42 (2011), pp.77-86.
- (2) M. Nofar, S.V. Hoa, M.D. Pugh, "Failure detection and monitoring in polymer matrix composites subjected to static and dynamic loads using carbon nanotube networks," *Composites Science and Technology*, Vol.69 (2009), pp.1599-1606.
- (3) T.H. Swait, F.R. Jones, S.A. Hayes, "A practical structural health monitoring system for carbon fiber reinforced composite based on electrical resistance", *Composites Science and Technology*, Vol.72 (2012), pp.1515-1523.

Fig.2 Variation of specific electrical resistance between electrodes.