

鋼部材の補修と状態把握を可能とする CFRP スtrand センサの基礎研究

長岡技術科学大学 学生会員
新日鉄住金マテリアルズ株式会社 正会員
長岡技術科学大学 正会員

○田中 幹基, 松本 大樹
秀熊 佑哉, 小林 朗
宮下 剛

1. 背景

これまで、CFRP を用いて、鋼構造物の補修・補強を実施する研究を進めてきた。この中の課題として、CFRP を貼付けると、被接着物の状態が確認できなくなることが問題とされてきた。

既往の研究では、炭素繊維を損傷検知センサとして利用する研究が行われており、原理は、金属抵抗値を利用するひずみゲージと同様に、引張応力による炭素繊維の電気抵抗変化を利用して損傷を評価する。これらのセンサは光ファイバセンサと同じように、線的な計測であるため、構造物の局所的な状態がわからず、平均的な状態しか把握できないといった課題がある。また、これらはセンサとしてのみの利用であり、ここでは、炭素繊維センサによる構造物への補修・補強効果は意図されていない。

そこで本研究では、一本ずつの炭素繊維ストランドに樹脂を含浸させ、すだれ状にシート化した炭素繊維ストランドシートに着目する。ストランドシートでは、その構成から各ストランドを独立した電気伝導体として扱うことが可能である。そこで、鋼部材の補強材として使用されている炭素繊維ストランドシートの、各ストランドの電気抵抗値を測定することで、被接着物の局所的な状態の把握が可能であるか検討する。

2. 材料特性試験

炭素繊維ストランドシートに対して、単体での引張試験を実施し、炭素繊維ストランドの電気抵抗特

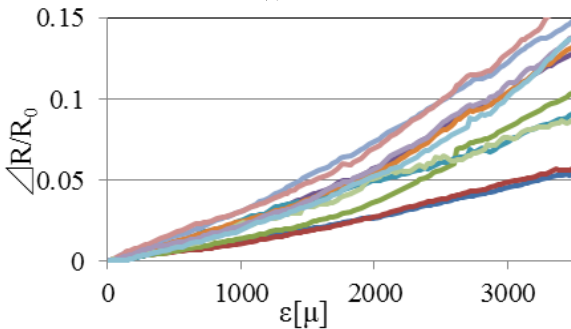


図1 ひずみ-電気抵抗変化率関係

性を把握する。試験体の概要を図2(a)に示す。炭素繊維ストランドシートは中弾性型 MM600 を用いた。中弾性型 MM600 の物性値を表1に示す。

試験の結果、体積抵抗率と繊維の断面積、長さから計算した初期抵抗理論値 7.01Ω と比較して、初期抵抗値が極端に大きいもの(13Ω 以上)が見られた。この時のひずみ-電気抵抗変化率関係は非線形となった。これは端子の接触不良に起因するものであり、検証試験を行ったところ、初期抵抗値が 13Ω 以上となる場合に接触不良が発生していた。初期抵抗値が 13Ω 以下となるストランドのひずみ-電気抵抗変化率関係を図1に示す。この時、ひずみ-電気抵抗変化率は線形性を示すことが確認できる。さらに、初期抵抗と電気抵抗増加率の関係を図3に示す。初期抵抗が大きくなるにつれて電気抵抗増加率も増加する傾向にある。よって、各ストランドの初期抵抗値が異なる場合、電気抵抗増加率を一定にするためには補正が必要となる。

3. CFRP 接着鋼板引張試験

本試験では、CFRP スtrand シート MM600 を接着した鋼板の引張試験を実施する。図2(b)に試験体

表1 中弾性型 MM600 の物性値

項目	単位	物性値
設計厚	mm	0.330
引張強度	N/mm ²	4310
弾性係数	N/mm ²	412000
体積抵抗率	Ω・cm	1.1 × 10 ⁻³

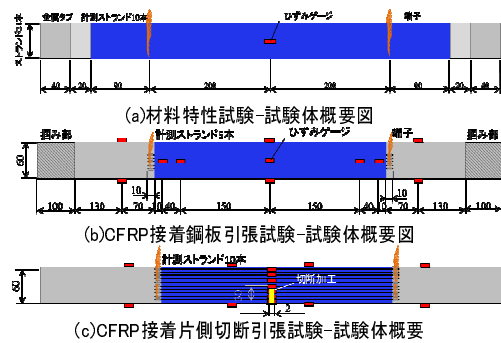


図2 試験体

キーワード CFRP, 電気抵抗, センサ

連絡先 〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1 長岡技術科学大学 TEL. 080-6218-5517

を示す。電気抵抗を測定したストランドの本数は片面あたり5本とした。ここでは、ひずみ-電気抵抗特性を把握するとともに、初期抵抗値の違いによる電気抵抗増加率の適切な補正方法を検討する。

補正では、図3に示した初期抵抗-電気抵抗増加率の関係を用いる。はじめに、ストランドの初期抵抗値 R_0 から推定電気抵抗増加率 α を求める。次に、初期抵抗理論値の推定電気抵抗増加率 β を求める。実験から得られたストランドのひずみ-電気抵抗変化率関係をプロットし、ひずみ x_i が発生した時の電気抵抗変化率の値を算出して補正する。

図4に、補正前後のストランドシートのひずみ-電気抵抗変化率関係を示す。各ストランドの初期抵抗理論値を 7.01Ω に補正することで、電気抵抗増加率のばらつきが小さくなっていることが確認できる。ここから、鋼板の一部に欠損が発生すると、そこに接着されているストランドの電気抵抗値が他のストランドより大きくなることが予想される。

4. CFRP 接着片側切断鋼板引張試験

亀裂を意図して切断加工を施した鋼板に CFRP 接着し、引張試験を実施する。試験体を図2(c)に示す。測定するストランドの本数は10本とした。この内、5本のストランドが切断加工部をまたがるようにした。

ここでは、ストランドの補修・補強効果を確認す

るとともに、電気抵抗変化から亀裂の発生を検出することが可能か検討する。

図5に荷重-ひずみ関係を示す。補強部のひずみは無補強部より低減しており、補強効果が確認できる。

亀裂進展の検出に向けては、前章で示した電気抵抗増加率の補正を行う。補正後の40kN 載荷時のシート中央における電気抵抗変化率ならびにひずみ分布を図6に示す。電気抵抗変化率の分布は、ひずみ分布と同様に切断部側で大きくなっている。したがって、荷重が加わることによって、電気抵抗値の差異から亀裂進展を検出できる可能性が示された。

5. まとめ

CFRP を用いて、鋼構造物の補修・補強を実施する場合、被接着物の状態が確認できなくなることが問題とされていた。

そこで、本研究では、各ストランドシートの電気抵抗値を測定することで、被接着物の局所的な状態の把握が可能であるか検討した。その結果、中弾性型ストランドシート MM600 のひずみ-電気抵抗変化率は良い線形性を示した。また、亀裂を意図して鋼板中央に切断加工を加えた接着鋼板の引張試験を実施したところ、各ストランドの電気抵抗値の差異から亀裂進展を検出する可能性が示された。

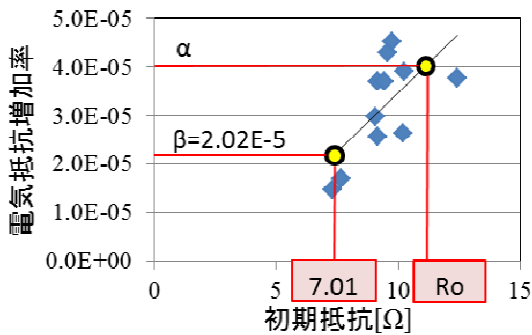


図3 初期抵抗と電気抵抗増加率

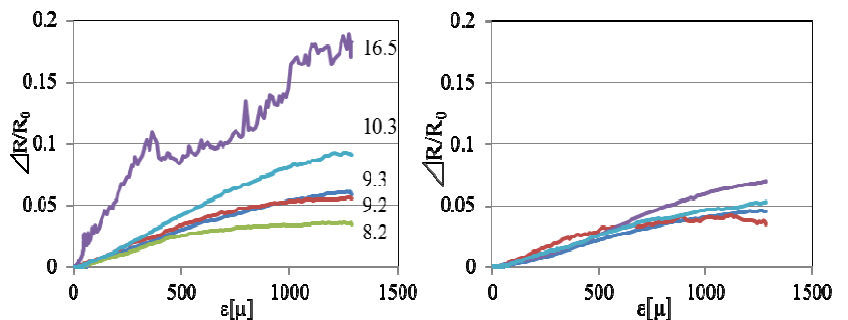


図4 ひずみ-電気抵抗変化率関係

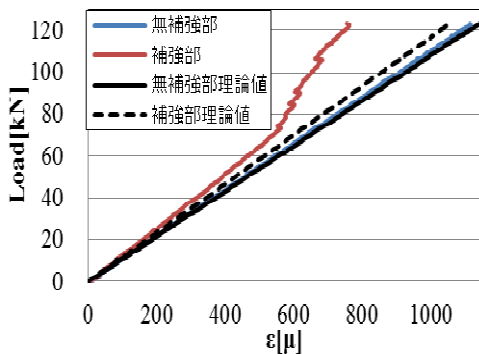


図5 荷重-ひずみ関係

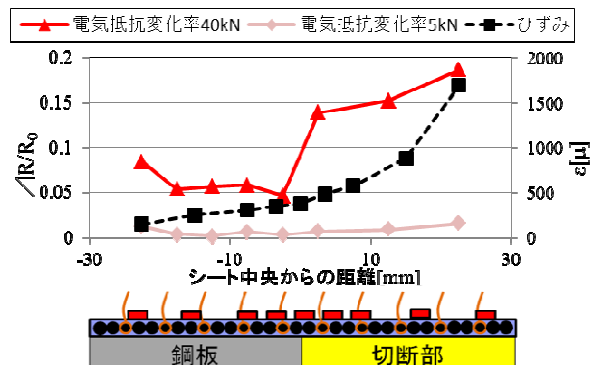


図6 切断鋼板の電気抵抗変化率の分布とひずみ分布