

インテリジェント材料を用いた RC 部材の補強および健全度診断に関する実験的研究

(財) 鉄道総合技術研究所 ○正会員 大屋戸理明 正会員 毛利誠信
(財) ファインセラミックスセンター 奥原芳樹 松原秀彰

1. はじめに

本報は、建設分野において適用が試みられている新材料・インテリジェント材料を用いた鉄筋コンクリート (RC) 構造物の維持管理への適用性を、載荷試験により検討したものである。

2. インテリジェント材料 (ERIC) の概要

既設 RC 構造物の補修・補強において、連続繊維補強材を用いる機会が増えている。連続繊維補強材は高強度・軽量・発錆しないという特徴があり、補修・補強する際のメリットとなっている。一方、補修・補強後の維持管理に目を転じると、何らかの措置を行った構造物に対して継続的に健全度の診断を行いたいというニーズもあり、部材のたわみや構成材料に生じるひずみ等の応答を継続的に監視する手法については興味のあるところである。

本報で取り扱うインテリジェント材料 (Electrical Resistance Intelligent Composite – ERIC – と称す) は連続繊維補強材の一種であり、筆者らは上記ニーズを満たす材料の一つとして捉えている。今回の実験に用いた ERIC の外観と構造を図 1 に示す。ERIC は導電特性を有する FRP のひとつであり、炭素粒子を含んだ導電層をラミネート層が挟む構造となっている。導電層には炭素粒子が分散配置されており、生じたひずみに応じて ERIC の電気抵抗（以下単に抵抗と称す）が変動する。本研究で用いた ERIC の応力-抵抗-ひずみ関係を、鉄筋の応力-ひずみ関係と併せて図 2 に示す。ERIC に引張ひずみが生じた場合は抵抗が増し、圧縮ひずみが生じた場合は抵抗が減少する。1 つの構造要素である ERIC がひずみセンサーと補強材の 2 つのメリットを提供し、インテリジェント材料として位置づけることができる。（本報におけるインテリジェント材料の定義は、(1) 環境条件に応じて機能を発現すること、(2) 構成要素の数が少なくメリットの多い材料（文献¹⁾ 参照）とする。）

以上のように、ERIC は自身の状態監視機能を有する連続繊維補強材として補修・補強に使用できると期待できる。また、今回用いた ERIC は短冊形状のものであり、容易に既存構造物の表面に貼付できることから、既存構造物の補強に適用しやすいと考える。

3. RC 部材実験

(1) 概要 本報では、ERIC の使用により構造物の補強とモニタリングが可能かどうかを検証するために実施した、ERIC を適用した RC 部材実験について述べる。なお、以下の文中において、過去に筆者らが行った実験²⁾（試験体 01）の結果も併せて考察する。用いた ERIC は試験体 01 と試験体 02 で異なり、試験体 02 に

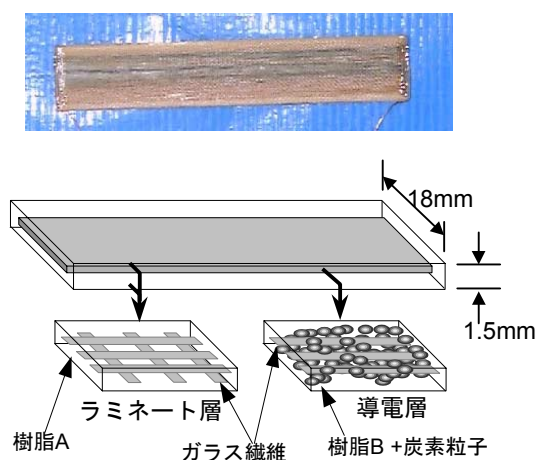
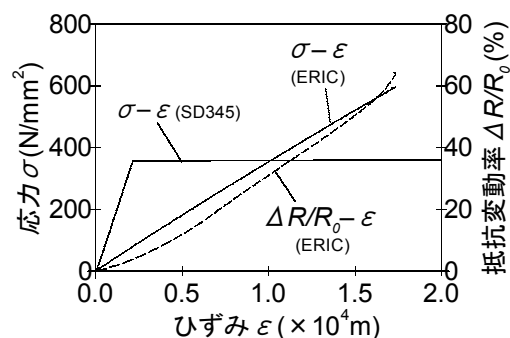


図 1 ERIC の外観と構造



ERIC の強度特性 : $\sigma_{max} = 596$, $E = 34200$ (N/mm²)

図 2 ERIC の $\sigma - \Delta R/R_0 - \varepsilon$ 関係

キーワード：インテリジェント材料、連続繊維、補強、モニタリング

連絡先：〒185-8540 国分寺市光町 2-8-38

電話：042-573-7281 FAX：042-573-7282

用いた ERIC は、コンクリートとの接着性、耐アルカリ性および可とう性の向上のため、材料（ラミネート層の樹脂および繊維）に改良を施したものである。また、使用した ERIC の数も異なり、試験体 01 では上下面に 2 枚使用したが、試験体 02 ではこれに加えて側面にも貼付した。載荷方法は 2 点単純曲げ載荷とし、破壊までの一方向単調載荷（試験体 01）もしくは所定回数の載荷と除荷を繰り返す載荷（試験体 02）とした。形状寸法（図 3 に示す）および計測位置は、試験体 01 と試験体 02 で同一とした。

(2) 破壊状況と力学的特性 荷重 P と変位 δ との関係を図 4 に示す。試験体 01 は、降伏荷重の約 1/2 である $P \approx 15(\text{kN})$ の時点で破砕音とともに ERIC が RC 梁から剥離しており、図 4 の $P-\delta$ 曲線においてもこの時点で僅かな荷重低下を示している。 $P \approx 15(\text{kN})$ の時点で ERIC が剥離した後は、一般的な RC 梁と同様な荷重-変位関係となっており、これを ERIC を適用しない RC 梁の性状と見なすことができる。これに対し試験体 02 では、部材降伏変位の 2 倍程度以上に至るまで ERIC が RC 梁から剥離しておらず、載荷・除荷を繰り返しても側面貼付・上下面貼付とも良好な接着状態を維持している。この結果、試験体 02 は、部材降伏荷重、降伏剛性、最大荷重とも、ERIC を適用しない RC 梁と見なした、剥離した試験体 01 を上回っており、ERIC による力学的性能への寄与が確認できる。

(3) 抵抗-変位関係 荷重 P と抵抗変動 ΔR の関係を図 5 に示す。図では剥離後の曲線を省略した。荷重 P の小さい段階では、両試験体とも荷重 P の増加に伴って ΔR が増加する傾向が見られ、 ΔR の計測により部材の状態を概ね知ることが可能と言える。ただし、試験体 01 では、 $P \approx 15(\text{kN})$ の時点で ERIC が剥離しており、それ以後の部材の状態を ERIC により知ることはできない。これに対し、試験体 02 では降伏以後の時点においても $P-\delta$ 曲線と同様の $P-\Delta R$ 関係が確認できることから、コンクリートとの接着性を高めた ERIC を使用することにより、降伏以後の部材の状態監視が可能となることが期待できる。

4. まとめ

- (1) コンクリートとの接着を確実とする改良により、インテリジェント材料である ERIC をコンクリート部材の補強材料として使用できる。
- (2) 上記の改良を行った ERIC を用いることにより、部材降伏以後の部材の状態監視が可能となることが期待できる。

参考文献

- 1) 柳田博明：次世代素材インテリジェントマテリアル、講談社、1993.5
- 2) 大屋戸理明、毛利誠信、奥原芳樹、松原秀彰：インテリジェント材料を用いた構造物のモニタリングに関する基礎実験、土木学会年次学術講演会講演概要集、V-326、2002.9

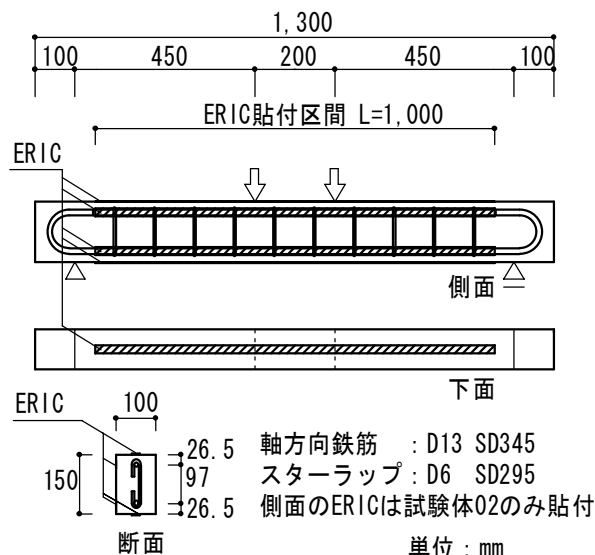


図 3 試験体の形状寸法

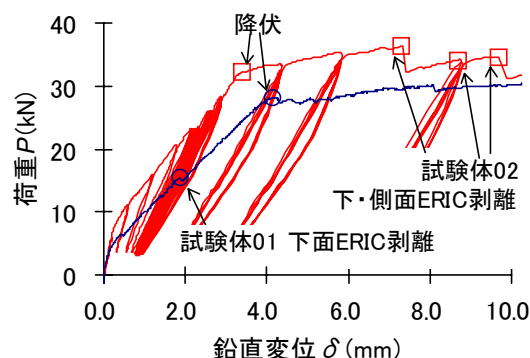


図 4 $P-\delta$ 曲線

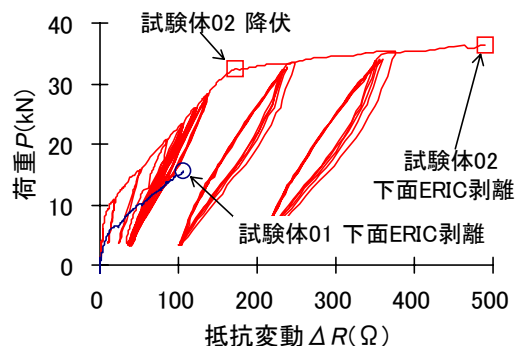


図 5 $P-\Delta R$ 曲線