＜綜 説＞

(受理:平成12年1月26日)

トウシート工法による構造物の補修・補強
 —連続繊維シートによるコンクリート
 構造物の補修・補強の現状と展望—
 Repair and Reinforcement of RC Structures Using
 the Towsheet Method
 —Present Status and View on Repair and Reinforcement of
 RC Structures Using Continuous Fiber Sheet—

村上 信吉*・吉澤 弘之**・斉藤 誠***・遠藤 正巳****・竹田 敏和*****
 Shinkichi MURAKAMI・Hiroyuki YOSHIKAWA・Makoto SAITO・
 Masami ENDO and Toshikazu TAKEDA

1. はじめに

1.1 補修・補強工法に対する社会的ニーズの高まり

近年、日本各地のトンネル、高架橋、建造物などのコンクリート構造物からコンクリート片の落下事故が日常茶飯事のように多数報じられている¹⁾。安全確保のための緊急なる調査、対応策が求められている。また、アメリカでは、毎年平均して150~200カ所の橋が、部分的もしくは全面的な崩壊に見舞われている²⁾。橋の崩壊の原因は、鉄筋、鉄骨材料に対する錆や腐食の発生、経年劣化などによるものだが、メンテナンスの欠落が最大要因であるとの指摘もある。また、日本でも橋の寿命は40年ないし50年といわれており、図1³⁾に示すように、西暦2010年になると、急激に50年を越えた橋が増え始める⁴⁾。

これらの事象は、コンクリート構造物が永久構造物として考えられていた時代が終わり告げるものと考えら

村 上 信 吉

略 歴: 生年月日: 1957年11月12日
 出身地: 愛媛県
 1976年(昭和51年) 愛媛県立今治高等学校卒
 1980年(昭和55年) 大阪大学工学部 石油化学科卒業
 1982年(昭和57年) 大阪大学大学院 工学研究科 修士課程修了
 1982年(昭和57年) 東燃化学株式会社入社 同年 東亜燃料工業株式会社 中央研究所(現在: 東燃株式会社 総合研究所) 石油化学研究所 勤務
 1984年(昭和59年) 東燃株式会社 CFプロジェクト勤務, その後トウシート事業室を経て1998年(平成10年)まで勤務
 1991年(平成3年) 大阪大学より博士号(工学)を取得
 1999年(平成11年) 新日本製鐵株式会社が東燃株式会社のトウシート事業を継承し、日鉄コンポジット株式会社設立。同社に入社、現在に至る。

趣 味: 家庭では、小学校5年の長男、小学校3年の長女、幼稚園児の次女と子供たち中心の休日。今は、少年野球チームに入った長男のお父さんコーチとして玉拾いと運転手に忙しい。その合間をぬって、ゴルフの練習と中国語会話をほそぼそと継続中。

* 日鉄コンポジット(株)商品開発部 開発企画部長 工学博士

** 日鉄コンポジット(株)NOMST部 マネジャー 工学博士

*** 日鉄コンポジット(株)トウシート部 担当部長

**** 日鉄コンポジット(株)トウシート部 部長

***** 日鉄コンポジット(株)取締役 商品開発部 部長

東京都中央区日本橋小舟町3-8(小原ビル) 〒103-0024
 Nippon Steel Composite Co., Ltd.
 Ohara Bldg., 3-8, Nihonbashi Kobuna-cho,
 Chuo-ku, Tokyo 103-0024 Japan

図1 すべての橋の数とメンテナンスが必要となる橋の数(予測)

れる。今後は、適切な維持補修と機能向上による補強を行うことにより、その建設/供用期間・取り替え費用の総額いわゆる“ライフサイクルコストの最小化”が地球環境保全にも役立つ、より合理的概念として定着することが望まれている。

また、阪神・淡路大震災に端を発してコンクリート構造物の耐震補強は、高速道路や学校を中心とした公的構造物で対策が先行されているが、オフィスビル、マンションなどの民間構造物の耐震補強工事は長引く不況が足かせとなり、遅々として進んでいないのが現状である。

1.2 炭素繊維の普及と建築土木分野への展開

軽量、高強度、高耐久性という優れた性質を持った素材である炭素繊維は、既に航空・宇宙、スポーツ・レジャーを中心に幅広く使用され、構造材料として確固たる地位を築いている。1980年代中頃からは、引張強度が鉄の10倍にも達する高性能炭素繊維を、土木建築分野に応用しようとする研究が盛んに行われた。本分野での炭素繊維の展開は、関連業界関係者、同研究者の長年の悲願でもあり、高コスト、現場施工性、品質管理などの課題と戦いながら、多くの研究・応用検討がなされてきた。その中で、1989年、東燃(株)から炭素繊維シートによるコンクリート構造物の補修・補強工法「FORCA トウシート工法」が開発・提案された。なお、本工法は1999年から日鉄コンポジット(株)が事業継承している。トウシート工法は、他の類似の炭素繊維シート工法とともに、1995年の阪神・淡路大震災の復旧とその後の耐震補強工事など採用が進み現在に至っている。

2. 炭素繊維シート工法について

2.1 炭素繊維シートについて

炭素繊維シート工法とは、ドライ状態(樹脂を含浸させていない意)の炭素繊維シートを鉄筋コンクリート構造物などの表面にエポキシ樹脂などの常温硬化型樹脂を

含浸接着することにより、構造物の補修・補強を行う工法の総称である。

通常、補強用炭素繊維シートは、シート内に炭素繊維が長手軸方向に一方のみ配列している(図2)。標準シート幅は50cmで、50mもしくは100mのロール形状で出荷される(写真1)。炭素繊維の強度、弾性率の発現性を高めるためには一方での配列が有効である。炭素繊維シートは、使用する炭素繊維の種類と炭素繊維量(目付)から分類され各社から販売されている。表1に例として日鉄コンポジット(株)の製品群を示す。図3には、炭素繊維シートの応力-歪の関係を他の材料と比較して示した。なお、代表的なグレードであるFTS-C1-30の場合で、1枚で1.5mm厚みの鋼板に匹敵するほどの大変大きい引張強度を有している。

図2 トウシート断面概念図

写真1 炭素繊維トウシート

表1 トウシートの種類と性能

炭素繊維トウシート

品 番	繊維種類	繊維目付 g/m ²	設計厚さ mm	引張強度 N/mm ² (N/mm 幅) [kgf/cm ² (kgf/cm 幅)]	引張弾性率 N/mm ² [kgf/cm ²]
FTS-C1-20	高強度カーボン	200	0.111	3,400 (380) [35,500 (394)]	2.3×10^5 [2.35×10^6]
FTS-C1-30	高強度カーボン	300	0.167	3,400 (570) [35,500 (592)]	2.3×10^5 [2.35×10^6]
FTS-C1-45	高強度カーボン	450	0.250	3,400 (850) [35,500 (887)]	2.3×10^5 [2.35×10^6]
FTS-C1-60	高強度カーボン	600	0.333	3,400 (1,130) [35,500 (1,180)]	2.3×10^5 [2.35×10^6]
FTS-C5-30	高弾性カーボン	300	0.165	2,900 (480) [30,000 (495)]	3.9×10^5 [4.0×10^6]
FTS-C7-30	高弾性カーボン	300	0.143	1,900 (270) [20,000 (286)]	5.4×10^5 [5.5×10^6]
FTS-C8-30	高弾性カーボン	300	0.143	1,900 (270) [20,000 (286)]	6.4×10^5 [6.5×10^6]

アラミド繊維トウシート

品 番	繊維種類	繊維目付 g/m ²	設計厚さ mm	引張強度 N/mm ² (N/mm 幅) [kgf/cm ² (kgf/cm 幅)]	引張弾性率 N/mm ² [kgf/cm ²]
FTS-AK-40	アラミド繊維	280	0.193	2,000 (380) [21,000(400)]	1.0×10^5 [1.20×10^6]
FTS-AK-60	アラミド繊維	415	0.286	2,000 (570) [21,000(600)]	1.0×10^5 [1.20×10^6]
FTS-AK-90	アラミド繊維	623	0.430	2,000 (860) [21,000(900)]	1.0×10^5 [1.20×10^6]
FTS-AK-120	アラミド繊維	830	0.572	2,000 (11,400) [21,000(1,200)]	1.0×10^5 [1.20×10^6]

ガラス繊維トウシート

品 番	繊維種類	繊維目付 g/m ²	設計厚さ mm	引張強度 N/mm ² (N/mm 幅) [kgf/cm ² (kgf/cm 幅)]	引張弾性率 N/mm ² [kgf/cm ²]
FTS-GE-30	E ガラス	300	0.118	1,500 (170) [15,000(177)]	7.3×10^4 [7.4×10^5]

2.2 炭素繊維シート工法の特長

炭素繊維シート工法の主な特長は以下の通りである。

- ① 高強度・高弾性の炭素繊維が一方に配列されているため、高い補強強化が期待できる。
- ② 樹脂と炭素繊維だけで行う工法であるため、錆の発生がない。沿岸地区での補強工事、塩害対策でも威力を発揮する。
- ③ 手作業だけで施工でき、軽量であるため重機を必要としない。施工スペースに制約が少ない。

④ 樹脂による防水効果のため、コンクリートの劣化、鉄筋の腐食進行を抑えることができる。

⑤ 従来の鉄筋コンクリートの計算法が適用できるため、簡単に補強設計が可能である。一方に強化繊維が配列しているため、また必要な方向に必要な枚数を接着して補強を行うため、過剰な補強を避け、コストミニマムな最適設計が可能である。

2.3 炭素繊維シート工法の補強効果

炭素繊維シート工法では、引張強度が鉄の10倍にも達する高性能炭素繊維の性能を生かしているため、以下に示す際だった補強効果が確認されている。

① 曲げ耐力の向上

炭素繊維シート工法は、コンクリート構造物の曲げ耐力の向上に特に効果的である。コンクリート構造物の引張応力作用面に炭素繊維シートを貼り付けることにより、耐力を大幅に向上させることができる(図4)。

② 床版の疲労寿命の向上

炭素繊維シートで補強することにより、道路橋床版の疲労寿命を大幅に向上させることができる。また、死

荷重をほとんど増加させることなく、B活荷重などの輪荷重の増加に対する床版の補強が可能である(図5)。

③ 変形性能の向上による耐震補強効果

橋脚に炭素繊維シートを巻き付けることで、変形性能(韌性)を向上させ、地震による脆性的な破壊防止に有効である(図6、写真2)。

④ ひび割れの抑制

コンクリート表面のひび割れ上に炭素繊維シートを接着することにより、ひび割れの開口を抑制することがで

図3 応力-歪の関係

図4 曲げ耐力の向上

図5 疲労寿命の向上(床版)

きる(写真3)。

2.4 炭素繊維シート工法の施工方法

日鉄コンポジット(株)のトウシート工法を例に炭素繊維シート工法の施工方法を紹介する(図7)。

① 下地処理

通常、被補強体であるコンクリート表面をサンダーなどにより研磨・除去を行う。また、必要に応じて樹脂注入法などによりひび割れ補修を行う。

② プライマー塗布

コンクリート表面の強化のため、常温硬化型エポキシ樹脂であるプライマーを塗布する。炭素繊維シートの付着強度を確保するための必須の工程である。

③ 不陸修正

プライマーの乾燥後、エポキシパテを用いて表面の凹部を修正する。炭素繊維シート工法において、炭素繊維の特性を引き出すためには、炭素繊維が伸直された状態で使用されることが必要であるため、不陸修正工により施工面を平滑にする。

④ 炭素繊維シートの含浸接着

不陸修正された施工面に、常温硬化型エポキシ樹脂を塗布する。表2に含浸接着用エポキシ樹脂の基本性能例を示す。炭素繊維シートを貼り付け、含浸用のローラーを用いて、樹脂のシート内部への十分な含浸性を促す。この工程で樹脂の一部がシート表面ににじみ出す。その上に、含浸接着樹脂を補充し、再度樹脂の含浸を促すとともに内部に気泡が残らぬよう脱泡作業を入念に行う。2層目以降もこの含浸接着作業を繰り返す。施工後、おおよそ一週間後に最大強度に達する。図8には、炭素繊維シート工法の施工断面図を示す。

3. 炭素繊維シート工法の適用と普及

3.1 公的認知活動

炭素繊維シート工法は、下記に述べる炭素繊維補修・補強工法研究会などが、推進母体として活動した結果、日本道路公団、(財)鉄道総合技術研究所などの指針類にも記載され、公的認知度は高まっている^{5,6)}。

① 炭素繊維補修・補強工法技術研究会の活動

炭素繊維補修・補強工法技術研究会は1994年に炭素繊維シート工法の技術研究・普及を目的として、本技術に関する民間の窓口団体として発足した(図9)。メンバーは、炭素繊維シートメーカー、大手総合建設会社、設計コンサルタント会社、施工会社である。設計・施工マニュアルの作成、官サイドとの共同研究、工法の普及活動などが主なる活動である。2000年度の幹事会社は日鉄コンポジット(株)である。

② SR-CF工法研究会の活動

図6 変形性能(靱性)の向上による耐震補強

ラスチックを形成させることにより、柱のせん断耐力を増大させ、靱性能を向上させることを目的とする耐震補強工法である。施工は、申請5社の責任施工で行う。

さらに、同研究会で開発した「CFストランドアンカー(炭素繊維の束)と炭素繊維シートを併用した鉄筋コンクリート造壁付き柱の耐震補強工法」が、平成11年7月、日本建築防災協会の技術評価を取得した。

3.2 炭素繊維シート工法の適用

炭素繊維シート工法の適用例を図10と写真4で紹介するとともに以下にまとめた。

a) トウシートによる補強

b) 無補強

写真2 変形性能(靱性)の向上による耐震補強

SR-CF工法(Seismic Retrofit by Carbon Fiber Sheet)による鉄筋コンクリート柱の耐震補強の普及を目的とし、清水建設(株)を代表幹事会社として活動している⁷⁾。平成9年10月、「SR-CF工法による鉄筋コンクリート柱の設計施工指針」が、財団法人日本建築センターにおいて一般認定を取得した。引き続き平成10年7月に建設大臣の一般認定を取得した。申請は清水建設(株)、鹿島建設(株)、新日本製鐵(株)、大成建設(株)、(株)竹中工務店の5社によりなされた。本工法は、鉄筋コンクリート造建築物及び鉄骨鉄筋コンクリート造建築物の柱に炭素繊維シートを巻き付け、接着樹脂を含浸させて強化プ

① 土木分野

- (1) 道路橋床版下面補強(写真4a))
- (2) 道路橋桁補強
- (3) 道路橋橋脚耐震補強(写真4b))
- (4) トンネル覆工または内面補強(写真4c))

② 建築分野

- (1) 建築構造物の補強(柱・梁・壁)(写真4d))
- (2) 梁、床床版の変形に対する補修・補強(写真4e))
- (3) 煙突の補修・補強(写真4f))

3.3 炭素繊維シート工法の課題と展開

炭素繊維シート工法がさらに普及するためには、現在

写真3 ひび割れの抑制効果

※不陸修正にモルタル・無機系パテを使用する場合は、上記フローのうちプライマー塗布と不陸修正の順序が逆になる。

図7 トウシート工法の標準施フロー

の課題の克服が重要である。以下に炭素繊維シート工法の適用範囲を広げる工法を紹介する。

① MMA 工法による適用拡大

炭素繊維シート工法で一般的に使用される樹脂系は、常温硬化型のエポキシ樹脂である。しかし、エポキシ樹

表2 含浸・接着樹脂の種類と性能

基本性能

項目	性状と物性	備考
材質	エポキシ樹脂	無溶剤・2液・常温硬化型
引張強度	29.4N/mm ² 以上 (300kgf/cm ² 以上)	JIS K7113 に準拠
曲げ強度	39.2N/mm ² 以上 (400kgf/cm ² 以上)	JIS K7203 に準拠
引張剪断強度	9.8N/mm ² 以上 (100kgf/cm ² 以上)	JIS K6850 に準拠

種類と特徴

品番	適用温度(℃)	可使時間・ ¹⁾ (分) @20℃	指触乾燥時間・ ²⁾ (時間) @20℃	主剤: 硬化剤 (重量比)
FR-E3P 春秋用	15~25	40	10	2:1
夏用	25~35	120	12	2:1
冬用	5~15	20	7	2:1

*1) 発熱温度上昇法にて測定

*2) ガードナー式ゲル化時間法にて測定(ゲル化終了時間)

図8 トウシート工法の施工断面図(例)

脂は、通常5℃以下の低温では、施工が困難であり施工後の、降雨や結露により表面が白化し易いなどの性質をもっている。これらの状況を改善するために開発されたのが、低温での施工性・硬化特性に優れ、降雨や結露の影響も少ない樹脂として、炭素繊維シート工法用のメチルメタクリレート樹脂(MMA樹脂)が開発され、実用化されている⁸⁾。炭素繊維シートによる材料試験において0℃2日間の養生で、20℃1週間養生のエポキシ樹脂と同等の引張強度、接着強度が確認されている。また、橋脚補強実験でも靱性補強効果が確認された。実際の工事例としては、冬期に東名高速道路酒匂川橋脚の耐震補強(写真5)で使用されるなど採用が進んでいる^{8,9)}。

② タフネス工法による適用拡大の可能性

平成7年12月から耐震補修促進法が施行された。同

図9 炭素繊維補修・補強工法技術研究会の位置付け

図10 トウシート工法の適用例

法は、現行の耐震基準ができた1981年以前に建てられた不特定多数が利用する建築物が対象となっている。同法施行以降、建築分野では「建物を使用しながら補強（居着き作業）」というニーズに対して、建築に適した耐震補強工法の開発が求められていた。鋼板巻き工法は、重量物の搬入や溶接作業があり、使用中の居住空間で好まれない工法である。また、通常の炭素繊維シート工法は、鋼板巻き工法に比較して多くの利点を有するものの、居着き作業の観点からは、下地処理時の粉塵など改善を希望する声もあった。これらのニーズを背景として、タフネス工法は、東京理科大学 松崎教授の指導を受け、鉄建建設(株)、大木建設(株)、岡部(株)、新日本製鐵(株)、日鉄コンポジット(株)、ゴトウコンクリート(株)が共同開発したものである。

タフネス工法は、工場で製作されたコの字型や半円

形のGFRP製などの型枠内面にあらかじめ連続繊維シートを必要枚数貼り付けた製品（タフネス型枠）で既存柱を囲み、連続繊維シートのジョイント作業だけを現場で行い、隙間にグラウト材を充填することにより柱の耐震補強を短時間に行う工法である（図11）。粉塵・騒音がないため居着き作業が可能であること、2日間で独立柱の耐震補強が可能という短工期に特長がある。また、工場における作業のプレハブ化で高品質な製品が可能で、GFRP型枠などにより高い防火性能が得られることも利点である¹⁰⁾。

4. 今後の展開

4.1 構造物の維持更新と機能向上技術に対する先端複合材料への期待

コンクリート構造物は、経時的にその機能が低下し、最終的には破壊するが、効率的な維持管理を行うことでその寿命を延ばすことが可能である。そのためには、構造物の機能低下の要因や低下の程度を定量的に把握し、効率的な補修時期、工法を選択実施し機能回復、付加することが必要である^{11,12)}。換言すれば、適切な維持管理を行えば、初期投資と補修補強、維持コストとを合わせたトータルコスト（ライフコスト）を抑制することが可能である。わが国の経済状態と地球規模の環境問題の両面から考えても、このように適切な維持管理の重要性は、今後さらに高まることが容易に推定される。このような

a) 高架橋床版下面

b) 高架橋の橋脚

c) トンネル

d) 建築構造物の柱

e) 建築構造物の床版

f) 煙突

写真4 トウシート工法の適用例

写真5 トウシート工法による施工例
東名高速道路酒匂川橋脚
耐震補強（一部 MMA 工法も採用）

観点から、先端複合材料を用いた技術革新が期待されている。

4.2 上下水道関連施設への展開

最近、上水・下水道施設の補修・補強でも炭素繊維

シートが採用され始めている。同分野で高品位な炭素繊維シート工法の本格的な普及を目的として全国上下水道エポキシ工事業協会では、下水道用施設のコンクリート補強・防食 炭素繊維シートによる耐震補強 設計施工マニュアル（案）¹³⁾を発行している。今後、本マニュアル（案）が同分野での一規範として広く利用されることが期待されている。また、炭素繊維シートではないが、先端複合材料の観点で、炭素繊維ロッド、炭素繊維グリッド材料を用いた工法が新工法として注目されている。炭素繊維ロッド、炭素繊維グリッド材料は既に硬化された状態で樹脂モルタルなどを用いて、コンクリート構造物を補修・補強する場合に、従来の鉄筋代替として使用されるもので、炭素繊維シート同様、腐食の心配がなく、簡便な工法にもかかわらず補強効果が大いなのが特長である。上下水道関連施設、沿海地域での補修・補強の際に、湿潤条件が余儀なくされる場合などに、炭素繊維シート工法を補完する工法として今後の展開が期待されている。

4.3 伸縮装置への応用

炭素繊維複合材料は疲労強度に優れる特性を有している。この特性を生かした技術に炭素繊維シート埋設ジョイント工法¹⁴⁾がある（図12）。炭素繊維シートを用いて作製した逆Ω字型のジョイント本体を工場にて作製、現場ではその設置と伸縮性の高いMMA樹脂、ゴム

図 11 タフネス工法施工フロー

図 12 炭素繊維シート埋設ジョイントの断面図

アスファルトなどを舗装材料として打設する工法である(日鉄コンポジット(株)FJジョイント工法)。埋設型の伸縮装置であるため、走行安定性、振動・騒音低減、安全性に有効で、既設の伸縮装置への更新で採用が開始されているが、機能の回復のみに留まらず、振動・騒音低減、安定性という付加価値を追加できる点が注目されている。

5. おわりに

炭素繊維シート工法は現在、日本ばかりでなく海外でも広く採用が進んできた。米国、欧州、韓国、中国では建築構造物の補修・補強で炭素繊維シート工法の認知度は高い。台湾での1999年に起きた台湾中部大地震の後には、震災復旧と耐震補強の両面から炭素繊維シート工

法の採用が拡大している。オセアニア、東南アジア地区でも採用が始まっている。

今後とも本工法が広く普及するためには、以下の点が肝要と認識している。

① 業界、公的機関による、技術標準の整備と普及の重要性すなわち、技術標準が整備されることは、工法の高品位な技術レベルを維持するために重要である。また、整備された技術標準の存在により、施主・設計担当者にとってより採用し易い工法・技術となる。

② 業界関係者による一層の技術向上、適用範囲の拡大の重要性

すなわち、現在の提要範囲内でも、より簡便・安価に、補強効果が得られるよう改良が必要である。また、適用温度、湿潤性、施工時間などの現場ニーズに即応できるように技術適用範囲の拡大が重要である。

以上炭素繊維シートの利用範囲が建築・土木分野の補修・補強分野で普及している現状を述べてきた。21世紀はメンテナンスの時代といわれる。今後とも炭素繊維シート工法を中心とした先端複合材料による新工法が、社会ニーズに応え、国内外にさらに広く普及することを期待して止まない。

参考文献

- 1) 山陽新幹線・福岡トンネル コンクリート塊はく落事故、日経コンストラクション (1999.9), 40
- 2) K. F. ダンカー他, 米国の橋はなぜ落ちる, 日経サイエンス (1993.5)
- 3) 西川和廣, あと20年のうちに長寿命化を図らねば日本は二流国, 三流国になる, 日経コンストラクション (1996.12)
- 4) 池谷純一, 建築物のメンテナンスに使用されている石化製品, PETROTECH, 21, 3, (1998), 198
- 5) Zhishen Wu, Research Trends on Retrofitting and Strengthening Concrete Structures by FRP, Proceedings of the International Conference on Fibre Reinforced Concrete, Guangzhou, China, 1997 (9-20)
- 6) Shinkichi Murakami 他, Repair and Reinforcement of Concrete Structures Using Carbon Fibre Sheet, Proceedings of the International Conference on Fibre Reinforced Concrete, Guangzhou, China, 1997 (9-20)
- 7) SR-CF 工法研究会, SR-CF 工法による鉄筋コンクリート柱の設計施工指針, ビルディングレター (1998.7)

- 8) 李 永昊, 齊藤誠他, 炭素繊維シート工法への MMA 樹脂の応用, 土木学会第 53 回年次学術講演会概要集, V-463, (1998.10), 926
- 9) 西 浩嗣他, 炭素繊維巻立工法による高橋脚の耐震補強—東名高速道路・酒匂川橋—, 基礎工, (1999.4), 27
- 10) タフネス工法研究会, タフネス工法設計施工指針, (1998.10)
- 11) 阿部忠行他, 土木構造物の維持更新と機能向上技術開発, 東京都土木技研年報, (1995), 101
- 12) 伊庭良知, 植村政彦, 村上信吉, 齊藤 誠, 小林朗明, 他, 1997 年度日本複合材学会技術賞受賞技術の概要建築, 土木構造物の補修・補強用ファルカウシートの概要, 日本複合材学会誌, 25, 2 (1999), 73
- 13) 全国上下水道エポキシ工事業協会, 下水道用施設のコンクリート補強・防食 炭素繊維シートによる耐震補強設計施工マニュアル (案), (1999.7)
- 14) 関口幹夫, 炭素繊維シート埋設ジョイント工法による騒音・振動低減効果について, 東京都土木技研年報, (1998), 111

日本接着学会誌論文投稿について

当学会ではかねてより皆様の御研究の成果による学術論文を広く御紹介申し上げております。つきましては、最近の接着に関する科学と技術普及の為多数の論文御投稿をお願い申し上げます。当学会では多数の海外の著名な接着研究者に対して学会誌を寄贈致しております。また Chemical Abstract にも抄録されておりますので、本誌に掲載されれば、海外からの反響を期待できます。

1) 切 なし、随時

2) 投稿規定及び原稿用紙 (1 冊 500 円送料別) はハガキにてお申し出頂ければ折り返し御送付申し上げます。