「ジオテキスタイル」特集

高性能繊維の土木・建築資材分野への利用動向

内 川 哲 茂

1. はじめに

炭素繊維やアラミド(全芳香族ポリアミド)繊維が市場に登場し、約30年が経過した。これら高性能繊維は、産業構造あるいは市場ニーズの「重厚長大」から「軽薄短小」への転換を背景に、順調に成長をとげてきた。土木・建築資材分野においても、コンクリート補強や、盛土補強用ジオグリッドなどを中心に、最近、著しい成長をとげている。これら的高機能繊維も汎用素材として認知されつつあるといっても過言ではない状況である。

しかしながら(全くの私見であるが)、FRPやゴム補強といった分野での高性能繊維の成長と土木・建築資材分野でのそれには、少し違いがあったように思う。これは、土木・建築という分野がコンクリート、鉄の構造物の世界であったために、その一部機能を高性能繊維で代替しても、軽量化と言うメリットが出にくかったこと(もちろん軽量化を狙った実施例は多くあるが)、また高性能繊維の一つの特徴である熱的特性が生きる分野が少なかったこと、従来の材料に比べて価格が高かったこと、などに起因していたと考えている。

ところが、昨今の経済状況の変化から、「新しく作る」という考え方から「今あるものを維持・管理する」にニーズが変化し、さらに兵庫県南部地震やコンクリートの劣化による構造物の崩壊が取りざたされ、この分野に大きな変革が訪れることになった。ここで高性能繊維の番である。「ビルの外壁を補修したいなあ。でも従来工法で補修すると、その重量に柱が持たないなあ…」、「道路を作ろうとすると、ここで掘削した土がゴミになる。何とか使えないものだろうか…」などなど。

筆者らは、土木・建築分野における高性能繊維はまだまだ新素材であり、本格化するのはいくつかからではないだろうかと考え、大きな希望をもって開発を進めている。本報では、我々が取り組んできた開発を中心に、高性能繊維の土木・建築分野への適用状況について述べたい。

2. 高性能繊維の種類と使用形態

一口に高性能繊維といっても、様々な機能を有する繊維がある。なかでも高強度・高弾性率繊維としては、図1に示すような繊維が一般的に知られている。物によっては、40cN/dtexを超える強度をもつ有機繊維も登場している。これらの繊維は、その機械的特性だけではなく、耐熱性、耐薬品性、コストなど各種性能により使い分けられている。

図1 各種高性能繊維の強度・弾性率の比較

The Application Use of the Functional Fibers for Civil Engineering and Construction

著者紹介 AKIMOTO UCHIKAWA

Industrial Material Development Center, Teijin Ltd.

帝人株式会社 産業資材開発センター

著者は、ジオテキスタイル、高次加工を専門とされている。

本稿では、土木・建築分野における高性能繊維はまだまだ新素材であり、これから本格化するであろうとの見通しをもって取り組んでおられる、その適用状況について述べていただいた。

3. コンクリート構造物の補強

3.1 連続繊維筋(FRPロッド)

当初、土木建築分野で最も期待された用途は、軽量、錆びない、非磁性などの特徴を生かした、コンクリート補強鉄筋の代替であった。すでに実用化されている連続繊維筋(土木分野では、長繊維を総称し、連続繊維と称している)は多数ある。弊社でもアラミド繊維を使用した“テクノラッド”を展開している。写真1にその外観・形状を示した。テクノラッドは、繊維束を、1ステップで引き抜き成型する量産性に優れた製造方法を採用している。

写真1 テクノラッドの外観

これら連続繊維筋の多くは、プレストレス緊張材やグラウンドアンカーとして使用されている。プレストレス緊張材とは、荷重によって引っ張り応力が生じる部位に、あらかじめ、圧縮応力を与えるためにコンクリートに埋め込まれ、その際与えた圧縮応力と使用時の荷重が互いに打ち消しあうよう設計されるコンクリートに用いる緊張材である。また、グラウンドアンカーとは、同様な考え方で、構造物を地盤に固定するために、引張材の両端を構造物と地盤にそれぞれ定着させ、これに緊張力を与える構造物の総称である(写真2,3)。

これらの連続繊維補強筋は、他社品(炭素繊維製品など)も含め、これまでに100例を超える施工実績が積み重ねられてきている。

3.2 シート

前述のような棒状の連続繊維筋のプレストレストコンクリート用緊張材への利用を目的とした研究・開発が進むなか、1995年1月に兵庫県南部地震が起り、既存建築物が多数被災するに際し、既存建築物の耐震補強技術に対する社会的要請が高まってきた。また昨今の経済状

写真2 定着部作製状況

写真3 グラウンドアンカー施工完成

況を受け、土木・建築業界は“つくる”から“維持・管理”するへ大きく変革してきた。

このような状況を踏まえ、高強度・高弾性率材料の連続繊維シートによる、既存コンクリート構造物の耐震補強工法が急ピッチで適用されることとなった。また、建物外壁分野でも、その軽量性・施工性を生かした、補修工法も多数開発されている。

連続繊維補強シートによる耐震補強工法は、従来の鋼板巻き立て工法に比べ、①シートが軽量であるため、人力施工が可能であり、重機が使用できない場所にも適用できること、②鋼板のように事前に補強部位の採寸を行い、加工することなどが不要(現地で裁断して使用することも可能)ため工期の短縮が見込めること、③施工後の部材断面の増加、躯体の重量増がほとんどないこと、

図2 アラミドシート施工手順

④部材を包み込むことにより、コンクリートの中性化を抑制できることなどの特徴により、採用が進んでいる。素材としては、炭素繊維やアラミド繊維を使用することが一般的である。前者にはFRP成型の技術を用いて造った一方向引き揃えと樹脂含浸のタイプ(Uni-directionシート)が多く、後者には、引き揃えた経糸を少量の緯糸で織編したタイプが一般的である。一例として、弊社のARシ

ステムの施工手順を図2に示した。

実物大の構造物を用いたせん断補強、およびじん性補強効果の確認実験も実施されている。結果¹⁾の一例を写真4、図3に示す。最大耐力、変形特性ともに補強効果が認められる。また、シートの補強量を増加させた場合、耐力低下が少なく、変形性能が向上する傾向も認められた。

建築物の外壁に関しても、写真5に示すような、アラミド繊維クレネットとポリプロピレン不織布を一体化したシートによる補修工法(ネットバリアー工法²⁾)なども提案されている。この工法も、既存壁面を取り去ることな

写真4 水平交番載荷試験状況

図3 アラミドシート補強RC供試体のQ- δ 曲線の一例

写真5 ネットバリアー工法に使用される
メッシュシート

く、かつ躯体重量増を最小限に抑えながら、補修可能であることを特徴としている。

3.3 短繊維(ショートカット繊維)

一方、短繊維をコンクリートに分散させることによるコンクリートの補強に関しても、スチール短繊維による補強を皮切りに、20年にわたる研究・開発がなされている。短繊維の種類にもよるが、一般的に、コンクリートの脆性改善、軽量化を図ることができ、例えば外壁に使用した場合は、①構造体量の削減、②取り付けコストの軽減などが期待できる。しかしながら、これらに使用する繊維材料(炭素繊維、アラミド繊維など)は高価であるため、価格は従来のプレキャストコンクリート板より高くなる。したがって、各社ともにさらに機能性を付与し、差別化を図っているのが現状である。弊社では、アラミド繊維(テクノーラ)の高温耐湿熱アルカリ性が良好であることに着目し、オートクレープ養生を必要とするコンクリートの補強について検討を進めている。

ここで紹介した高強度・高弾性率繊維は、これらの分野に使用される材料としては、コンクリートや鋼材のように長い歴史と実績を有する材料に比べ、まだまだ新しい素材である。それだけに今後も、その長期的な耐久性の確認、特性の十分な把握、設計法の確立など、継続的な研究・開発が望まれる。近い将来、日本でも構造物の“ライフサイクルコスト”による評価が標準になってくれば、これらの材料の採用も、長期耐久性や塩害に対する抵抗性などを特徴に、さらに進むものと思われる。

4. ジオグリッド

一方、環境への配慮から、建設省では「リサイクルプラン21」が策定され、建設発生土の有効利用のニーズが高まった。これを目的に、1991年から1995年の間に、建設省総合技術開発プロジェクトとして「建設副産物の発生抑制・再利用技術の開発」が検討された。なかでも現在、最も進んでいると思われる発生土の利用方法は、ジオテキスタイルによる補強土工法であり、主として使用されるジオテキスタイルは、ジオグリッドと呼ばれる、規則的な格子構造をもつ、メッシュ状の引張部材シートである。一例として、ジオグリッド“アデム”の構造を図4に示す。アデムは、テクノーラを芯に、ポリエチレンを被服材に用いた、高強度・低伸度、低クリープの補強材である。

図4 ジオグリッド“アデム”

補強土工法とは、ジオグリッドを盛土内に多層敷設することにより、土を補強する工法の総称である。施工状況を写真6に示す。また写真7のように、極限を追求し、逆勾配の盛土構造物がつけられることも検証されている³⁾。この技術は、発生土リサイクルの有効な手段として、今後も発展が期待されている。

5. これからの高性能繊維

高性能繊維と土木・建築分野について、十分に網羅できたかどうかははなはだ疑問であるが、著者なりにまとめた。先にも述べたとおり、土木・建築分野では、これ

写真6 アデムの施工状況

写真8 PETボトルリサイクル繊維の土木資材用途への展開例①

写真7 ジオグリッドによる逆勾配盛土

写真9 PETボトルリサイクル繊維の土木資材用途への展開例②

らの高性能繊維材料はまだまだ新素材である。今後も研究開発に注力し、発展に貢献できるよう努力していきたい。

最後に、今後の高性能繊維について、考えを述べてみたい。昭和の高度経済成長期からバブル崩壊までの期間は「便利さを追求する」時代であった。この流れに乗って、高性能繊維の利用も拡大してきた。しかしながら、私たちの社会は、今、限りある資源の有効利用と環境に優しい材料展開へと向かっている。「造って、使って、捨てる」時代は終わった。今後の高性能繊維、それは、これまで言われてきた機能(例えば高強度・高弾性率など)繊維ではなく、「環境に優しい繊維」なのではないだろうか。弊社では、その一つの方向として、高強度で土木・建築材料としても利用可能なPETボトルリサイクル繊維“エコベット”の展開をスタートさせた。この繊維を利用した製品の、コンクリートを使用しない植生護岸への適用事例を写真8、9(ボトルユニット)に示す。リサイク

ル繊維を高性能繊維と呼ぶことは、いささか問題かもしれないが、環境に優しい素材開発とその応用技術の開発こそ、今後の我々の進むべき道であると信じている。今後も、「次なる環境にやさしい繊維」による土木・建築資材の開発を目指し、がんばっていきたい。

参考文献

- 1) 「連続繊維補強板を用いたハイブリッド構造に関する研究」, (社)建築研究振興協会, 63-67(1995).
- 2) 「ネットバリアー工法技術資料」, (株)リノテック(エアロ会)
- 3) 森影, 太田, 河合「ジオシンセティックスで補強した試験盛土の崩壊実験報告」, 土木学会第52回年次学術講演会, P554-555(1996).