

定着金物を用いた連続繊維シートによる RC 構造物補強工法の開発

その1 工法の概要

炭素繊維シート 定着金物 耐震補強
鉄筋コンクリート

正会員	○中村 洋行*1	同	福山 洋*2
	藤本 効*3	同	浅野 芳伸*4
	高橋 茂治*5	同	加藤 貴久*6
	鈴木 英之*7	同	上田 正生*8

1. はじめに

既存のコンクリート系建築物を補強する際に使用する材料の一つとして、連続繊維をシート状あるいはプレート状に成形されたものが使われている。この中で炭素繊維は鋼材と同等以上の弾性係数でありながら、引張強度が高く、軽量で扱いやすいという特長を有する。その特長を生かして、今日までに多くの耐震補強やリニューアルに伴うコンクリート構造物の補強に利用されてきた。特に矩形あるいは円形断面の部材に対して閉鎖的に巻き付けることで、コンクリートに対するせん断補強および拘束による軸圧縮性能の向上が図られる。そのため独立柱の耐震補強では施工性の良さから炭素繊維等の連続繊維シートが使われることが多い。

一方で、実際の梁にはスラブ、柱には袖壁や耐震壁が付くことがあり、このような場合は閉鎖型に巻き付けることは困難であるため、多くの実施例では、独自の定着方法によって閉鎖型あるいは擬似閉鎖型としている。炭素繊維シート（以下 CF シート）は部材の外周部へ閉鎖型に巻き付けられるか、あるいはその端部が確実に躯体へ定着されることで、十分な補強効果を発揮する。

筆者らは、閉鎖型の巻き付け補強が困難な部材を対象として、施工が容易でかつ品質のばらつきが少ないという特徴を有する定着方法を利用した、CF シートの定着金物を開発した。本報ではその概要を報告する。

2. コンクリートへの CF シートの定着

2.1 従来の技術

コンクリート表面に CF シートを接着する際は下地処理が重要である。コンクリート表面をケレン掛けし、プライマーを塗布後にエポキシ樹脂を含浸させながら CF シートを貼り付ける。例えば、スラブの曲げ補強ではその接着性を生かして、補強対象箇所の外側に余長をとり、余長部分の付着力で CF シートの定着を確保している。適切な施工がなされれば、貼り付け面に対して引張力をかけた時の破壊面は CF シートとコンクリートの接着面ではなく、コンクリート内部での引張破壊となり、十分な接着性能を有する。しかし、実際に現場で施工するときには、施工姿勢や施工環境も様々であり、必ずしも実験室で試験用に作成された下地処理や貼り付け工事と同等の施工品質を確保できない可能性がある。また、作業員の習熟

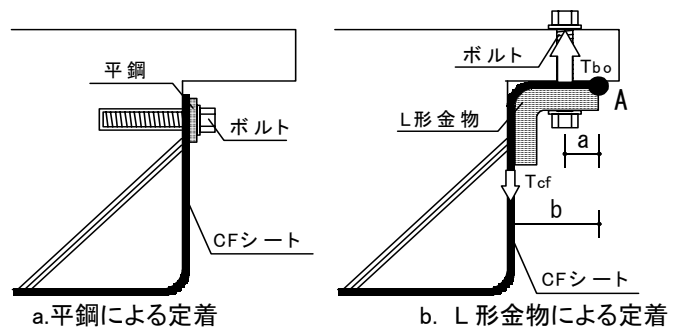


図1 従来の金物を用いた CF シートの定着



図2 提案された定着金物

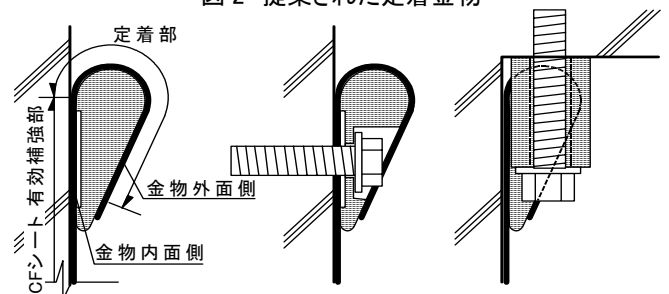


図3 CF シートのコンクリートへの定着

度によっても付着強度の差異が出る恐れがある。よって設計で用いる付着強度は、多くの実験結果によって確認された値に、不確定要素によるばらつきを考慮した安全率を乗じることが多い。

炭素繊維を束ねて貫通孔に通し、反対側の炭素繊維と接着することで連続させる工法がある¹⁾。これは、炭素繊維同士が連続しているため、炭素繊維を重ね合わせる長さや孔を通す際の絞り込み角度に無理がなければ力の流れが明快であり、閉鎖型に巻き付け補強した場合と同等な効果が得られるとされている。貫通孔を介して連続させる場合はよいが、貫通していないコンクリートの定

着穴に差し込んで樹脂で固める場合²⁾は、その部分に十分な定着性能を持たせるための施工計画、および管理が重要である。これらの従来の技術は、CF シートとコンクリートの付着力、あるいはコンクリート穴への定着力が十分に確保されている必要がある。

一方で金物等を介して機械的に CF シートを躯体へ定着する方法がある^{3) 4)}。図 1 に金物を介して CF シートをコンクリートに定着する例を示す。これらは、金物を介してボルトのせん断力あるいはボルトの引張力によりコンクリートに定着している。図 1a はコンクリートと鋼材の間に CF シートを挟みボルトで縫っているが、CF シートと鋼材間は付着力もしくはボルトの締め付けによる摩擦力で伝達される。多くは、実験によりその性能を検証しているが、付着力や摩擦力に対する設計は明確ではない。

図 1b は L 形の金物を介してボルトの引張力で伝達する例である。この場合、A 点を支点とするてこ作用により、ボルトに生じる引張力 T_{bo} は CF シートの引張力 T_{cf} の b/a 倍となるため、CF シートの引張耐力よりもボルトの引張耐力を大きくする必要がある。また、L 形金物の出隅部は CF シートの破断を避けるために面取りされている必要がある。

2.2 定着金物の開発

筆者らは、CF シートの引張力を確実にコンクリートへ伝達させることを目的とし、図 2 に示す定着金物を開発した。定着金物は、シートの引張力をボルトのせん断力を介してコンクリートへ伝達させるタイプ A と、同じくボルトの引張力を介してコンクリートへ伝達させるタイプ B の二種類がある。タイプ A は炭素繊維プレート（以下 CF プレート）を押さえるための溝加工が施されており、互いに直交する CF シートと CF プレートを同時に躯体に定着させることが可能である。

図 3 に本定着金物を使用した CF シートのコンクリートへの定着方法を示す。両タイプとも金物内面側とコンクリート躯体で CF シートを押さえると同時に、シートの余長部分を折り返し、金物外面側に接着することで、CF シートの定着を確保している。図 1a に示した定着方法だと、CF シートを平鋼で部材の側面に押さえているので、CF シートによる補強部分と CF シートの定着部分が同一となり、その評価法が曖昧である。本定着金物では、図 3 に示すように CF シートの定着部分は円弧の開始部分からであり、CF シートが補強に有効な部分と定着部分が明確に分かれていることが特徴である。

またタイプ A では、CF シートの引張力はボルトのせん断抵抗を介してコンクリートに伝達され、タイプ B ではボルトの引張抵抗でコンクリートに伝達される。つまり本定着金物は、CF シートの定着を金物内で終結させてい

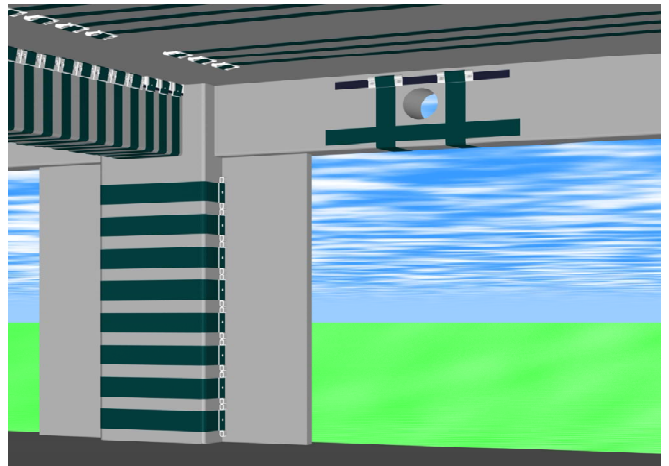


図 4 本定着金物を使用した補強例

るため、CF シートの補強上有効な引張強度は、シートの設計用引張強度とボルトの設計用強度の小さい方で決定される。よって本工法はコンクリートと CF シート間の付着や定着に依存する工法と比較して、施工環境や人為的要素による強度の差異が出にくいという特徴がある。

2.3 適用例

図 4 に、本定着金物を使用した補強例を示す。本定着金物は CF シートを閉鎖的に巻きつけられない部材を補強する際の端部定着に使用できる。ここに示したのは、スラブ付き梁のせん断補強、袖壁付き柱のせん断補強、既存梁のあと抜き開孔の補強、スラブの曲げ補強である。この他にも耐震壁の補強、壁や床の開口補強にも使用可能である。

参考文献：

- 1) 矢部喜堂, 森田司郎, 松崎育弘他 28 名：壁付き RC 柱の新しい耐震補強工法(CF アンカー)の開発 (その 1~8), 日本建築学会大会学術講演梗概集 C-2, pp.21~36, 1999.9
- 2) 塚越英夫, 神野靖夫, 池谷純一, 矢部喜堂：炭素繊維シートと CF アンカーにより補強された RC 梁の構造性能, 日本建築学会大会学術講演梗概集 C-2, pp.65-66, 1999.9
- 3) 藤田直人, 永井仁, 有留義朗, 金久保利之, 松井雅明：CFRP シートを用いた既存 T 型 RC 梁の耐震補強に関する研究 (その 1~2), 日本建築学会大会学術講演梗概集 C-2, pp.183~186, 1998.9
- 4) 福山洋, 本橋健司, 藤本効, 中村洋行, 石橋久義, 浅野芳伸, 鈴木英之：連続繊維シートにより補強された柱部材の諸要因による影響, 連続繊維補強コンクリートに関するシンポジウム論文集 JCI-C43, 日本コンクリート工学協会, pp.133-140, 1998.5

*1 コンステック *2 建築研究所 工博
 *3 ベターリビング 工博 *4 奥村組
 *5 川口テクノソリューション *6 三菱化学産資
 *7 安藤建設 工博 *8 北海道大学院教授 工博

*1 Constec Engineering *2 Building Research Institute, Dr.Eng
 *3 Center for Better Living, Dr.Eng *4 Okumura Corporation
 *5 Kawaguchi Techno Solution *6 Mitsubishi Chemical Functional Products
 *7 ANDO Corporation, Dr.Eng *8 Professor, Hokkaido Univ., Dr.Eng