

研究報告

[179] 炭素繊維による RC 柱の巻き立て補強における定着方法に関する研究

武蔵工業大学 ○皆川 勝 佐藤 安雄 篠原 雅人
奈良建設(株) 荒井 忠晴

1. はじめに

現在、様々な施工環境、施工条件でのRC柱の耐震補強施工が予想され、従来の補強施工(RC巻き立て補強、鋼板接着工法)では対処しきれない場合も考えられることから、新しい補強工法の検討が急務となっている。本研究では従来せん断補強材として用いられてきたり、はじめに、炭素繊維シート(以後、CFS)を曲げ補強材として使用することを念頭に定着部のみの小型試験体の静的引張試験により定着方法の妥当性を検証し、CFSの柱基部への定着方法を考案した。更に、RC柱供試体を巻き立て補強し、繰り返し準静的載荷試験を行って補強方法の有効性を調べた。

表-1 CFSの力学特性

	弾性係数 (MPa)	シート厚 (cm)	引張強度 (MPa)	繊維目付 (kg/cm^2)	繊維比重 (kg/cm^3)
CFS	230	0.0167	3479	30	1.8×10^{-3}

2. CFSの定着方法に関する実験的検討

補強に用いたCFSの力学特性を表-1に示す。CFSを柱軸方向に配置して補強する際の、CFS末端部のフーチング基部への定着方法について検討した。本研究では、図-1のようにCFS末端部を柱面と直角方向にフーチング基部に定着する補強工法を対象としている。よって、柱変形時には、エポキシ樹脂を介し、CFS末端部とフーチング基部の付着性状により柱軸方向に配置したCFSの補強効果が影響を受ける。そこで、フーチング基部にエポキシ樹脂で定着したCFSの表面に更に鋼板を接着し、剛性を高めることで、この部分の付着性状を良好にすることとした。本研究で用いた供試体は柱フーチング部を想定したT型鋼部材に、柱面を想定した鋼板をCFSにより定着させたものである。供試体製作にあたっては、鋼材表面の油分、酸化不要面を除去、表面を研磨した後、FPプライマーを塗布した。その後、常温硬化エポキシ樹脂(以後、樹脂)を塗りCFSを貼り付けその上から樹脂を含浸させた。最後に定着用鋼板を、フーチング基部に付着したCFS表面に樹脂により定着させた。供試体の隅角部では、 $R=10\text{mm}$ 以上になるようにしCFSを塗布した。また、CFSの供試体定着部は、定着長100mmを確保した。実験のパラメーターは、鋼板の板厚と定着長である。そして図-2に示すように、万能試験機を用いて静的引張試験を実施した。

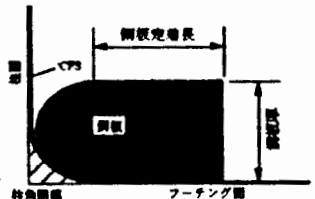


図-1 CFS末端定着部

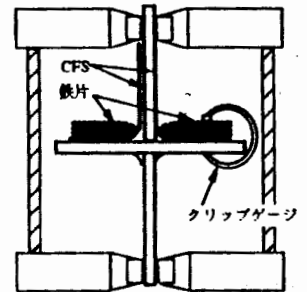


図-2 供試体設置状況

実験結果を図-3に示す。付着長さが100mmの場合、最も大きな単位幅当りの鉛直引張力を示し、付着長さが50mmおよび150mmの場合は、ほぼ同じような値を示している。これは、CFSを鉛直に引き上げた際、長さ100mm付近を回転軸にするような力が働くためであると考えられる。すなわち付着長さ150mmの鋼板を接着した場合、100mm以上に接着した鋼板が、いわゆるてこ反力により付着力を低下させていると思われる。

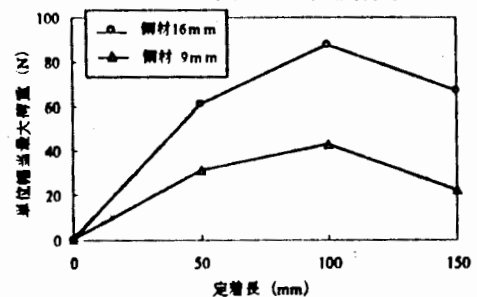


図-3 単位幅当り最大荷重-定着長関係

3. 柱供試体の補強と実験

補強前後の供試体の形状、配筋を図-4に、供試体一覧を表-2に示す。補強前供試体の断面は300mm×300mm、スパンは1000mm、鉄筋比は0.95である。用いたコンクリート、D10主鉄筋、D6帯鉄筋の力学特性を表

ー3に示す。本研究では、柱基部に定着長をとりCFSの繊維方向を柱主鉄筋方向に配置することで、CFSを補強した場合の補強効果を検討した。補強にあたっては、コンクリートの劣化層を除去、表面を研磨した後、FPプライマーを塗布し、乾燥後不陸修正を行った。その後、樹脂を塗りCFSを貼り付けその上から樹脂を含浸させた。柱の角隅部では、CFSの強度低下を緩和させ、作用応力がスムーズに伝達するようにR=10mm以上になる面取りを行った。また、柱軸方向に配置したCFSの基部定着部は、先に示したように定着長100mm以上を確保し、フーチング基部に固定した。さらに、引張実験結果から、図-5に示すように、B-typeでは厚さ16mmの鋼板を基部定着部に樹脂により接着し、C-typeではB-typeと同様の鋼板を接着した後、アンカーボルト2本(許容引張耐力1本当たり 37kN)を用いて固定した。なお、フーチングと柱の隅角部はPPモルタルを用いてR=100mm以上の勾配を設け、CFSの基部での破断を防ぐよう配慮した。

荷重方法は、片持ちばりの先端に死荷重を想定した91kNの一定軸方向力を荷重した状態で、柱先端での変位を両振りで静的に制御する

方法である。用いた試験機は容量440kNの電気油圧式サーボパルサー型アクチュエータ2機である。変位振幅は、無補強供試体の降伏変位 δy を基準とし0.5 δy 、1.0 δy 、(以後0.5 δy 刻み)と変化させ、各3回ずつ荷重した。なお、ここでいう降伏変位とは、無補強供試体の主鉄筋が降伏を開始するときの供試体先端での変位であり、この時の横方向荷重を降伏荷重と呼ぶ。

表-2 供試体一覧

供試体 name	CFS 補強枚数	CFS 曲げ末端 定着長	CFS 末端固定		鉄筋比	
			鋼板 有無	フーチ 有無	補強 前	補強 後
N-type			無	無	0.95	
A-type	1枚	10cm	無	無	0.95	1.17
B-type	1枚	10cm	有	無	0.95	1.17
C-type	1枚	10cm	有	有	0.95	1.17

4. 実験結果及び考察

3.0 δy までの荷重-変位関係の一例を図-6に示し、無次元化荷重振幅と載荷回数との関係を求めた結果を図-7に示す。1.0 δy での荷重振幅は、N-typeのそれと比べ2割程度増加している。1.0 δy 以降、A・B-typeの順にそれぞれの荷重振幅が、N-typeのそれに近づいていくのに対し、C-typeのそれは、4割程度増加している。A・B-typeの荷重振幅の減少は、それぞれのCFS末端定着部の剥がれにより、柱基部への定着効果がなくなったためであり、その差はB-typeのCFS末端定着部に用いた鋼板による影響である。C-typeの場合、8.0 δy に至っても定着部は健全であったが、その後定着部のCFSが破断して、N-typeの場合の荷重振幅と同程度まで低下した。

5. おわりに

炭素繊維シートを曲げ補強材として使用することを念頭に、その末端部の定着方法の検討を行った結果、本研究の範囲内では、いわゆるてこ反力が生じにくいように配慮して、鋼板、アンカーボルトで定着部の剛性を高めることが定着性状を良好にする上で有効であることが分かった。

参考文献: 1) 小島・岡野・大野: 炭素繊維による既存RC橋脚の耐震補強に関する研究, 大林組技術研究所報, No.51, pp. 55-64, 1995. 8

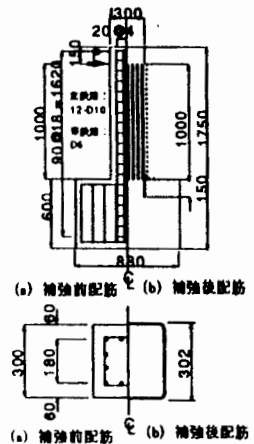


図-4 供試体配筋図

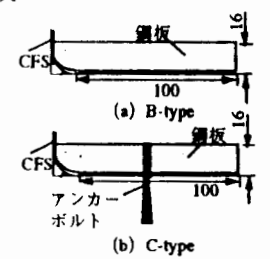


図-5 CFSの基部定着部

表-3 材料の力学特性

	圧縮強度 (MPa)	引張強度 (MPa)	弾性係数 (GPa)	弾性係数 (GPa)	断面積 (cm ²)	降伏荷重 (N/本)	降伏応力 (MPa)	引張強度 (MPa)	引張断性 (N/本)
主鉄筋D10	190	2.29	26.3		7.13	2.52 × 10 ⁴	353	526	3.73 × 10 ⁴
帯鉄筋D6	173				0.317	1.18 × 10 ⁴	371	541	1.72 × 10 ⁴

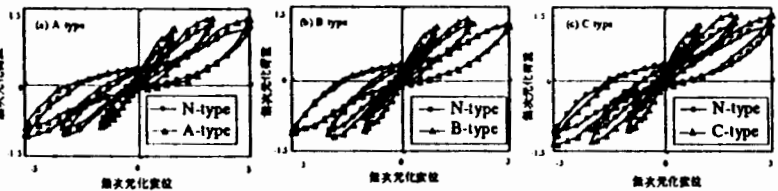


図-6 無次元化荷重振幅-無次元化荷重変位関係

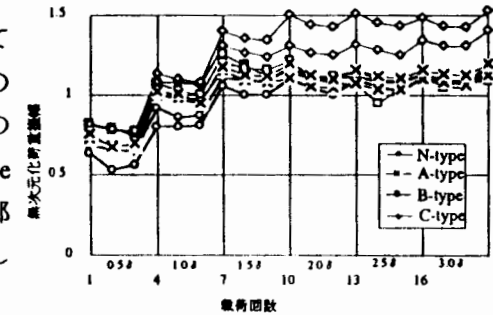


図-7 無次元化荷重振幅-載荷回数関係