

V-306 MMA樹脂を用いて炭素繊維シート補強を行った柱部材のじん性実験

青木建設研究所 正会員 舟川 勲
 鉄道総合技術研究所 正会員 下野一行
 同 上 正会員 渡辺忠朋
 三菱レイヨン 浅田史朗
 青木建設研究所 正会員 牛島 栄

1. はじめに

近年の急速な社会資本整備に伴って建設された鉄筋コンクリート構造物は、建設後の維持管理に対する重要性が高まってきている。このような背景のもと、軽量・高強度といった特徴を有する炭素繊維シートやアラミド繊維シートの柱部材への利用は、容易な施工性等に注目され、構造物の補修・補強分野への利用に関する研究開発が盛んに行われている。本研究では、炭素繊維シート（以下CFSとする）の接着樹脂として一般に使用されているエポキシ樹脂に代わり、低温硬化性、速硬化性を有すると考えられるMMA樹脂[1]を適用した場合の、CFSの積層枚数による補強効果・変形性能を把握するため、柱部材の水平交番載荷試験を試みた。

2. 実験概要

2.1 試験体

試験体の形状寸法および配筋図を図-1に、試験体諸元を表-1、鉄筋、CFSの材料特性を表-2および表-3に示す。試験体はすべてせん断スパン比 約2.8とし、せん断補強筋比は0.0793(%)とした。無補強試験体においてはせん断破壊先行型とし、CFSによる補強後は曲げ破壊モードとなるようにCFSの積層枚数を決定した。

2.2 載荷方法

載荷は一定軸力下（軸力比 0.15）で、水平方向の正負交番繰り返し載荷とした。軸方向鉄筋が引張降伏した時点の載荷点位置の変位を試験体の降伏変位 δ_y と定め、これを基準として整数倍の δ_y 毎に正負各3サイクル行うことを基本とした。また、降伏荷重 P_y を下回る時点で実験を終了することとした。

3. 実験結果

3.1 破壊状況

No.1の無補強試験体は、主筋降伏前に斜めひび割れが進展し、せん断破壊に至った。

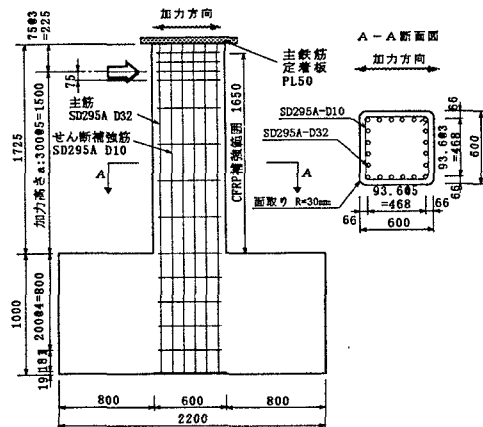


図-1 試験体の形状寸法および配筋図

表-1 試験体諸元

試験体 No.	CFSシート補強枚数	CFSシート補強率 P_{wcf} (%)	軸力比	コンクリート圧縮強度 (N/mm^2)	コンクリート引張強度 (N/mm^2)	コンクリート弾性係数 (kN/mm^2)
1	0	0	0.15	36.4	2.59	24.3
2	4	0.223	0.15	35.2	2.28	24.4
3	8	0.445	0.15	40.8	3.23	26.4
4	12	0.668	0.15	38.6	2.88	24.5

※) 軸力比：コンクリートの圧縮強度に関する軸方向応力の比

表-2 鉄筋材料特性

種 類	降伏強度 (N/mm^2)	引張強度 (N/mm^2)	弾性係数 (kN/mm^2)	摘 要
SD295A D32	372	584	198	主鉄筋
SD295A D10	337	502	195	帯鉄筋

表-3 炭素繊維シート材料特性

設計厚さ (mm)	繊維目付量 (g/m^2)	引張強度 (N/mm^2)	弾性係数 (kN/mm^2)
0.167	300	3834	222

キーワード 炭素繊維シート、MMA樹脂、じん性

〒300-26 つくば市要36-1 TEL 0298-77-1114 FAX 0298-77-1137

補強試験体においては、柱基部のコンクリートが圧壊した後、終局変位を越える付近よりCFSの破断が顕著になり、その後耐力が急激に低下した。

3.2 変形性能

表-4に実験結果の一覧を示す。表中の(正)は正負交番载荷の正加力载荷、(負)は負加力载荷である。ここで、荷重-変位曲線の包絡線が降伏荷重 P_y を下回る時点での変位を終局変位 δ_u とし、じん性率 μ は δ_y と δ_u との比($\mu = \delta_u / \delta_y$)から求めた。また、荷重変位包絡線を図-2に示す。図-2よりCFS補強した試験体は、無補強の試験体と比較して変形性能が大きく向上していることがわかる。また、表-4のじん性率から、CFS補強量の増加に伴い、変形性能は線形では増大しないことが確認された。

3.3 補強効果の比較

無補強試験体(No. 1)はせん断破壊先行型であったが、補強試験体(No. 2~4)はいずれもじん性率が5.0以上になっており、十分な補強効果が得られた。また、CFS補強量と累積履歴吸収エネルギーの関係を図-3に示す。CFS補強量が増加するに従って、累積履歴吸収エネルギーも増加しており、エネルギー吸収性能の観点からも補強効果は期待できると考えられる。じん性率 μ および曲げ耐力とせん断耐力との比($V_u \cdot a / Mu$ 、 V_u :せん断耐力、 a :せん断スパン、 Mu :曲げ耐力)の関係を図-4に示す。図中に於ける直線は、CFSの接着樹脂としてエポキシ樹脂を用いて行った既往の実験[2]より得られた、JR実験式($\mu = 2.8 + 0.88 \cdot [V_u \cdot a / Mu]$)であるが、MMA樹脂を接着樹脂に用いた場合でも、概ね同様な傾向が得られ、補修・補強分野に適用可能と考えられる。

4. まとめ

本実験において以下のことが明らかとなった。

- (1) CFS補強量が増加するに従って、累積履歴吸収エネルギーも増加しており、エネルギー吸収性能の観点からも補強効果は期待できると考えられる。
- (2) MMA樹脂を接着樹脂に用いた場合でも、エポキシ樹脂を用いた場合と概ね、同様なじん性能が得られ、補修・補強分野に適用可能と考えられる。

参考文献

- [1] 林 繁次、牛島 栄他：MMA樹脂を用いた炭素繊維シート の材料特性・施工性の検討、コンクリート工学年次論文報告集、1997、投稿中
- [2] 鉄道総合技術研究所：炭素繊維による鉄道高架橋柱の耐震補強工法設計・施工指針、PP117-120、1996.7

表-4 実験結果一覧

試験体 No.	耐力(tf)		変位(mm)		曲げ・せん断耐力比 $V_u \cdot a / Mu$	じん性率 μ
	降伏 P_y	最大 P_{max}	降伏 δ_y	終局 δ_u		
1	—	502	—	17.44	—	—
2	正	976	1130	13.87	70.77	2.124
	負	1045	1243	13.72	77.81	1.931
3	正	980	1172	12.99	82.29	3.690
	負	1065	1251	12.23	79.58	3.456
4	正	986	1187	12.11	85.11	5.241
	負	1046	1248	14.12	93.22	4.982

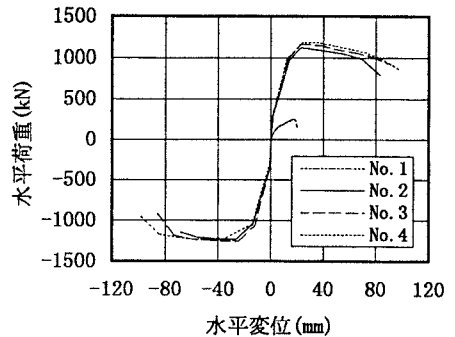


図-2 荷重-変位曲線の包絡線

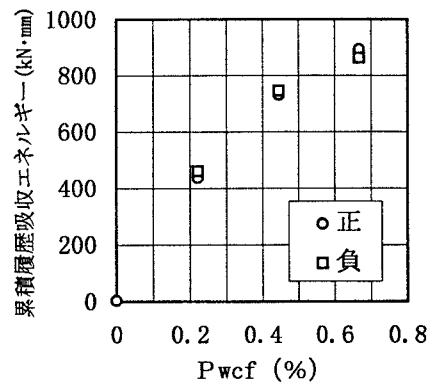


図-3 累積履歴吸収エネルギーとCFS補強量

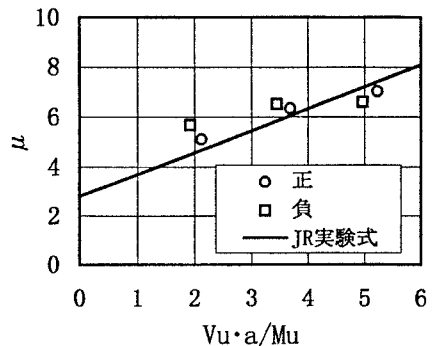


図-4 じん性率と曲げ・せん断耐力比の関係