

V-504

両引き試験による炭素繊維シートの付着強度

九州大学大学院	正会員	岳尾弘洋
九州大学大学院	学生会員	矢原輝政
九州大学工学部	フェロー会員	松下博通
五洋建設	正会員	長島玄太郎

1. はじめに

RC 構造物の補修，補強工法の中で軽量，高強度，高弾性および高耐久性などの優れた特性を持つ炭素繊維を用いた CFRP 接着工法が注目されている。そこで炭素繊維シート補強コンクリート曲げ部材の引張部をモデル化した炭素繊維シート補強棒部材を作成し、付着性状の把握、付着強度を決定する因子の選別を目的として両引き試験を行った。

2. 実験概要

(1)供試体:図-1 に本実験に用いた供試体の形状および寸法を示す。断面は $10 \times 10 \text{ cm}$ の正方形断面とし、炭素繊維シートは供試体の向かい合う二側面にエポキシ樹脂含浸剤を用いて接着しその接着幅はどの供試体も一様に 4 cm とする。使用したコンクリートの配合は、 $W/C=66.7\%$ ，粗骨材の最大寸法を 20 mm でスランプ 8 cm ，空気量 2.5% を目標とし作成した。

(2)実験要因: まずシリーズ1として炭素繊維シートの付着応力分布を測定するため、シートにワイヤストレーニングゲージを貼り付け片側接着長さを 50 cm とした供試体、シリーズ2として炭素繊維シートの積層数，弾性係数，表面処理法を表-1 に示すように変化させて片側接着長さを 10 cm とした供試体を各 No. につき2体ずつ作成した。また、炭素繊維の物性を表-2 に示す。

(3)載荷方法: 偏心がかからぬように図-2 に示すような載荷装置を用い、変位制御(0.03 mm/min)により行った。

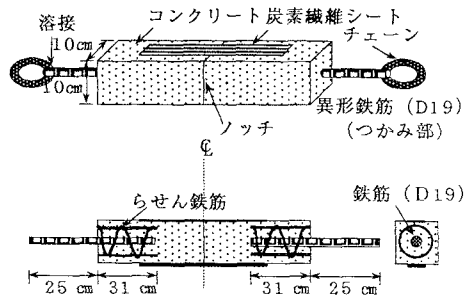


図-1 供試体形状寸法

No.	炭素繊維シート				表面処理方法
	弾性係数 (N/mm^2)	厚さ (mm)	層数	引張剛性 ($\times 10^3 \text{ kN}$)	
1		0.167	1	1.54	ディスクサンダー
2	2.30×10^5	0.334	2	3.07	
3		0.501	3	4.61	
4	3.73×10^5	0.165	1	2.46	
5					高圧水洗 ($9.81 \times 10^6 \text{ Pa}$)
6	2.30×10^5	0.167	1	1.54	高圧水洗 ($39.2 \times 10^6 \text{ Pa}$)
7					ドライアイスプラスト ($2.25 \times 10^6 \text{ Pa}$)
8		0.111		1.02	ディスクサンダー

表-2 炭素繊維の物性

弾性係数 (N/mm^2)	引張強度 (N/mm^2)	1層の厚さ (mm)	目付量 (g/m^2)	破断伸度 (%)
2.30×10^5	3481	0.167 (0.111)	300	1.5
3.73×10^5	2942	0.165	300	0.8

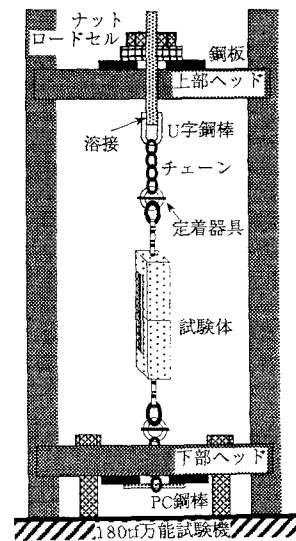


図-2 載荷装置

キーワード：炭素繊維シート，付着応力分布，引張剛性，表面処理方法

〒812 福岡市東区箱崎 6-10-1 TEL 092-641-3131 内線 8654 FAX 092-642-3306

3. 実験結果および考察

シリーズ1の供試体の剥離発生荷重は15.0kNで、終局荷重は16.9kNであった。またこの供試体におけるひずみ分布および付着力分布をそれぞれ図-3、図-4に示す。付着応力は隣接したひずみゲージ間のひずみ差と、炭素繊維シートのメーカー公称弾性係数、公称厚さの積をゲージ間の長さで割った値とした。図-3より炭素繊維シートに4500 μ 程度のひずみが発生した時点で剥離が接着面端部に移行していき、全面剥離に至ることが分かる。また図-4より、付着応力分布は底辺が10cm程度の山形の曲線となり、剥離の進行に伴って同一形状の付着応力分布が接着面端部に移動することが分かる。この図から読みとれる付着有効長さは10cm程度である。

シリーズ2の試験結果において、まず炭素繊維の引張剛性($E \cdot t \cdot B$)と終局荷重の関係を図-5に示す。この図より、No.1,2,3はほぼ同一直線上にあり、積層数が1層から3層の場合、終局荷重は積層数に比例して上昇するといえる。目付量の小さい炭素繊維シートを用いた供試体No.8も、直線の延長上にあり、引張剛性が $1.02 \times 10^3 \text{kN} \sim 4.62 \times 10^3 \text{kN}$ の範囲で弾性係数が等しい炭素繊維シートを使用した場合、終局荷重は補強量に比例していることが分かる。高弾性シートを用いたNo.4は直線よりもやや上側にあるが、これにより弾性係数は引張剛性の中でも特に終局荷重を向上させるパラメーターであるといえる。以上のことより、炭素繊維の引張剛性は、終局荷重との間に正の相関関係があることが分かった。

次に、表面処理法による終局荷重の差異を図-6に示す。通常のディスクサンダー処理と比較して高圧水洗($9.81 \times 10^6 \text{Pa}$)による表面処理は終局荷重に大きな効果を持つことが分かる。また、No.5より水洗圧力が大きいNo.6の方が、終局荷重が小さくなった理由として、過大な水圧によりコンクリート表面が脆弱化したことによると考えられる。ドライアイスブラストは、ドライアイスの細粒を $2.25 \times 10^6 \text{Pa}$ の圧縮空気で噴出する表面処理方法であり、終局荷重はサンダー処理の場合とほぼ等しく同様の効果が確認された。

4. まとめ

- ①炭素繊維シートの付着応力分布は山形の曲線となり、剥離の進行に伴って移動する。
- ②終局荷重は弾性係数が等しい場合、炭素繊維シートの引張剛性に正比例する。
- ③表面処理方法は、高圧水洗($9.81 \times 10^6 \text{Pa}$)、高圧水洗($39.2 \times 10^6 \text{Pa}$)、ディスクサンダー処理の順に終局荷重が高く、ドライアイスブラストはディスクサンダー処理と同様の効果である。

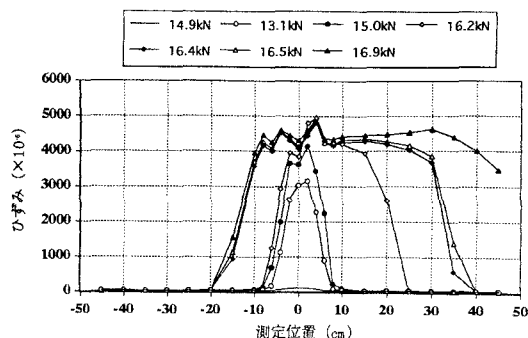


図-3 ひずみ分布（シリーズ1）

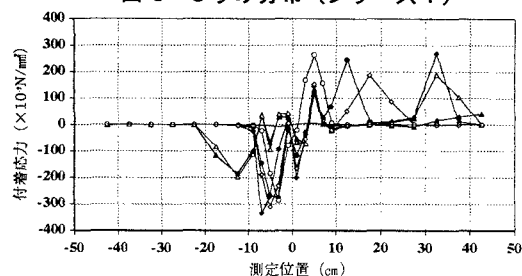


図-4 付着応力分布（シリーズ1）

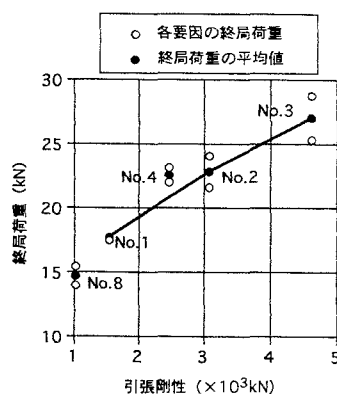


図-5 引張剛性と終局荷重の関係

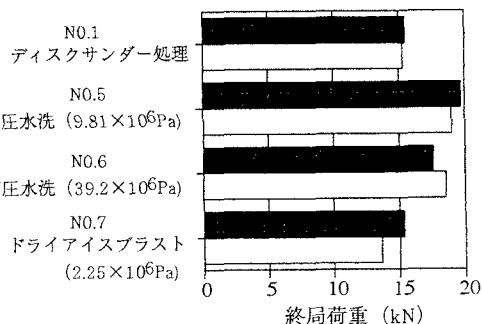


図-6 表面処理方法の差異