

V-11

鋼板及びコンクリートに貼付けた炭素繊維シートの付着特性について

北海道大学大学院 学生員 浅野 靖幸
 清水建設㈱ 正 員 前田 敏也
 北海道大学大学院 正 員 佐藤 靖彦
 北海道大学大学院 フェロー 角田興史雄

1. はじめに

炭素繊維シート（以下 CFS）はコンクリート構造物の補強において注目されている新素材である。CFS で補強されたコンクリート部材の挙動は、CFS とコンクリートとの付着性状によって大きく影響を受ける。しかしながら、その付着機構においては未解明な部分も多い。特に CFS を鋼材を用いてアンカー補強するものについては CFS と鋼材との付着強度等の基礎データが少ない。本研究では CFS とコンクリート及び鋼材との付着実験を行い、それぞれの素材の特性の違い（ひびわれの有無）による付着特性の違いを明らかにする。

2. 実験概要

実験供試体を図 1 に示す。図のように 3 種類の供試体を使用して実験を行った。A タイプと B タイプは CFS とコンクリート、C タイプは CFS と鋼材の付着実験である。CFS は目付量 200g/m^2 、厚さ 0.11mm 、引張強度 3.5GPa 、弾性率 230GPa のものを使用した。A 及び B タイプはコンクリート表面をディスクサンダーで処理しエポキシ樹脂プライマーを塗布した後、C タイプについては表面をサンダー処理した後、エポキシ樹脂接着剤を用いて CFS を接着した。鋼材については C-1~4 については SS400 鋼材の表面を磨き上げたもの、C-5 については通常の皮膜（黒皮）付きのものを使用した。

A タイプのコンクリートは断面が $100\text{mm} \times 100\text{mm}$ の角柱で、中心に荷重をかけるための鉄筋が通してある（二つのブロックの間は切断してある）。コンクリートブロックの両面に幅 50mm の CFS を鉄筋の軸方向に貼付けた。非試験区間は軸直角方向に CFS を巻付け補強した。

B タイプは連結された 2 枚の鋼板間にコンクリートを打設したブロック 2 つを 1 組として、側面に CFS を貼付けた。なお、図 1-2 中央の 2 枚の鋼板間にはつながっていない。非試験区間は軸直角方向に CFS を巻付け補強した。

C タイプは 2 枚の鋼板の表面に CFS を貼付け、鋼材に直接引張荷重をかけた。非試験区間は鋼板とボルト

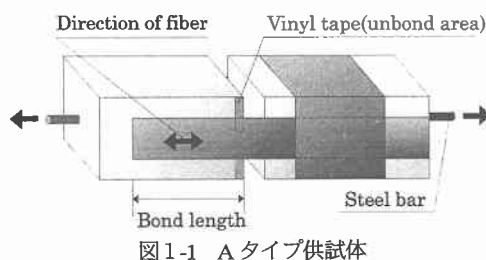


図 1-1 A タイプ供試体

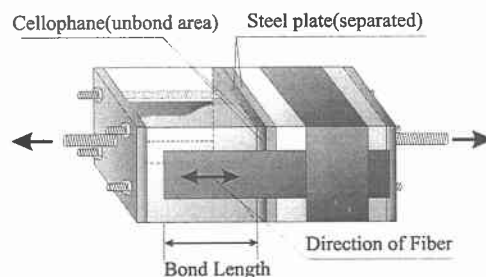


図 1-2 B タイプ供試体

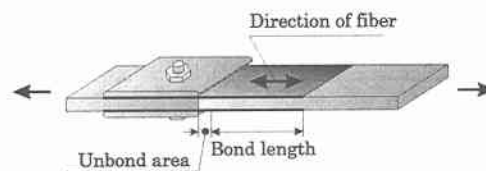


図 1-3 C タイプ供試体

Bond Behavior of Carbon Fiber Sheet Bonded on Steel Plate or Concrete

by Yasuyuki ASANO, Toshiya MAEDA, Yasuhiko SATO and Yoshio KAKUTA

で補強した。

試験は変位制御式の万能試験機で行い、0.3mm/min で載荷した。CFS の表面には軸方向に 10mm または 20mm 間隔でひずみゲージを貼付け、各荷重時のひずみを測定した。

3. 実験結果

3.1 CFS とコンクリートの付着

表 1 に供試体諸元と実験結果を記す。供試体 A-3 は CFS が破断しており、付着強度はこれ以上あると考えられる。表より CFS の積層数を増やすと付着強度は大きくなることがわかる。

図 2 に供試体 A-1, 4 及び 5 のひずみ分布を示す。ひずみの勾配は積層数が増えるほどゆるくなっていることがわかる。著者らが示す提案式^[1]により、それぞれ付着力を分担している領域の長さ（以下 有効付着長）は 70.8mm、37.4mm、27.8mm である。ところが供試体 A-3, 4 では計算値が実状に合致しない。これは、前述の式はひずみゲージが広い間隔で貼られた既往の実験結果を利用して構築されたためであり、今後の見直しが必要である。

3.2 CFS と鋼材の付着

表 1 より付着長が 50mm 以上では付着長が付着強度に及ぼす影響は無いと考えられる。C-2（付着長 100mm）は C-1 及び C-3 と比較して強度が小さいが、これは CFS を貼付けてから実験までの養生期間が他と比べて少し短い（6 日間、他は 8～10 日間）ことが影響しているのかもしれない。

表 1 実験結果

供試体	付着長 (mm)	CFS 幅 (片面) (mm)	積層数	母材特性 (コンクリート 強度は MPa)	最大強度 (kN)	破壊モード
A-1	150	50	1	40.8	18.4	剥離
A-2				24.3	20.0	
A-3		10.7	破断			
A-4		18.5			剥離	
A-5		23.5				
B-1	150	100	1	39.2	37.2	剥離
B-2					36.0	
C-1	50	50	1	鋼材	17.9	剥離
C-2	100				12.5	
C-3	150				18.3	
C-4			3		28.3	
C-5			1	鋼材（黒皮有）	16.0	

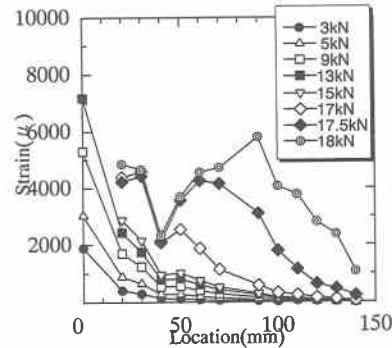


図 2-1 A-1 ひずみ分布

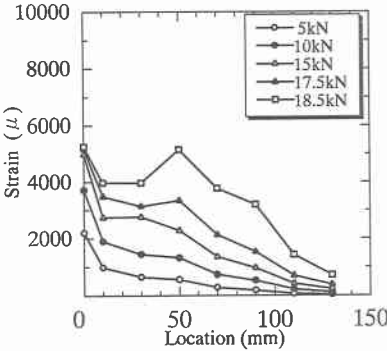


図 2-2 A-4 ひずみ分布

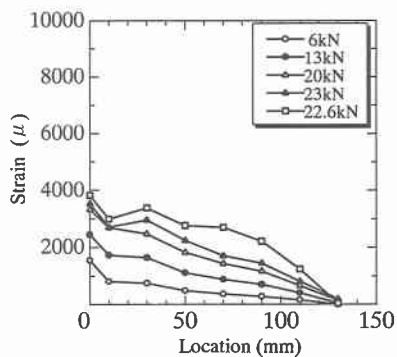


図 2-3 A-5 ひずみ分布

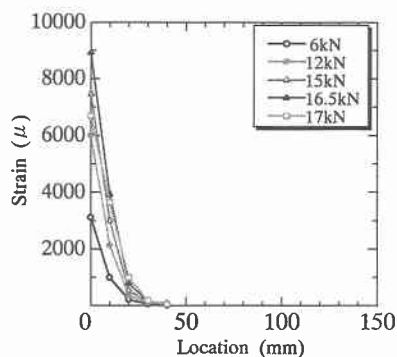


図 3-1 C-1 ひずみ分布

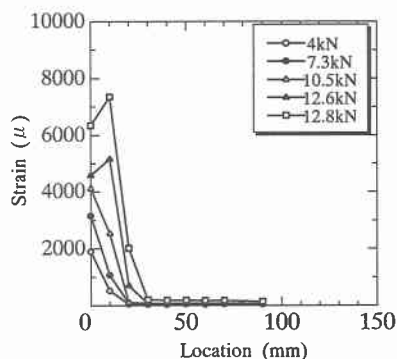


図 3-2 C-2 ひずみ分布

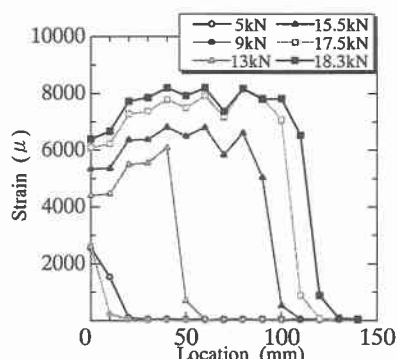


図 3-3 C-3 ひずみ分布

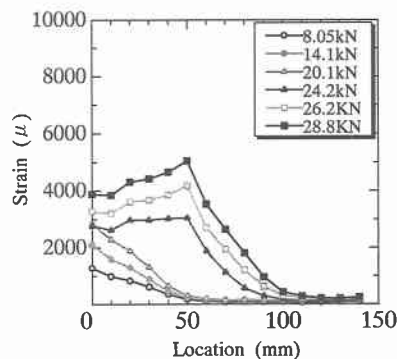


図 3-4 C-4 ひずみ分布

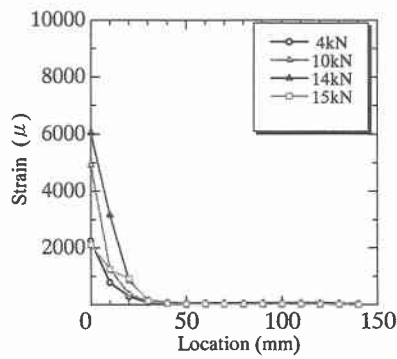


図 3-5 C-5 ひずみ分布

供試体 C-1～3 と C-5 を比較して、本実験では表面の皮膜（黒皮）の有無は付着強度に大きな影響を及ぼさないことがわかる。これは軽くディスクサンダーで研磨しただけという今回のような表面処理方法では処理が不十分であり、付着強度に影響の出る状態ではなかったものと考えられる。供試体 C-4 と他の供試体を比較することで、CFS を鋼材に貼付けた場合も積層数が増えると付着強度が大きくなることがわかる。

ひずみ分布についてはコンクリートのものと似た分布を示している。積層数が 3 層である C-4 は、コンクリートのものと同様のゆるいひずみ勾配を示している。有効付着長は供試体 C-1, 2, 3, 及び 5 においては、図

より約 25mm であることがわかる。これは母材がコンクリートのものに比べてとても小さいが、これは母材表面に微少なひびわれが入るか入らないかによる影響であると考えられる。

3.3 同一応力下でのひずみ分布の比較

図 4 は供試体 A-2 と C-3 において同じ応力となる荷重を組としたひずみ分布図である。荷重が小さい時 (3kN) は類似した分布を示しているが、荷重が大きくなると両者はかけ離れた分布となる。前述したとおりコンクリートのひびわれが原因と考えられる。

3.4 残留ひずみ

供試体 B-2、C-3 及び C-5 の実験については、破壊まで単調に荷重を加えたのではなく、途中で除荷を行い、その時のひずみを測定した。図 5 は供試体 B-2 と C-5 における載荷直後と除荷時のひずみ分布である。供試体 B-2 については 0kN→10kN→0kN→20kN→0kN→30kN→0kN→破壊の順に載荷除荷を繰り返した。供試体 C-5 については 0kN→10kN→0kN→破壊の順に載荷除荷を繰り返した。

図において供試体 B-2 の 1kN 時のひずみと供試体 C-5 の 0.5kN 時のひずみが対応している。これより母材がコンクリートである供試体 B-2 の方が残留ひずみが大きい。また、対応するデータが無いが、供試体 B-2 において 30kN まで載荷した後除荷したものは残留ひずみが非常に大きい。これらも母材にひびわれが存在するかしないかの差と考えられる。

5. まとめ

本研究の結果をまとめると以下になる。

- i) CFS は積層数を多くすると母材がコンクリートの時も鋼材の時も付着強度が増加する。
- ii) 積層数を多くするとひずみ分布はゆるい勾配になり、有効付着長も大きくなる。
- iii) 鋼材の表面の違いによる付着強度の差は、本研究の表面処理においては認められなかった。
- iv) 付着長が 50mm～100mm においては鋼材と CFS の付着強度に変化は認められない。
- v) 鋼材とコンクリートとの付着性状の違いは母材表面にひびわれが発生するか否かに依ると考えられる。

参考文献

- [1] T.Maeda, Y.Asano, Y.Sato, T.Ueda and Y.Kakuta: A Study on Bond Mechanism of Carbon Fiber Sheet, Proceedings of FRPRCS-3, pp.279-286, 1997

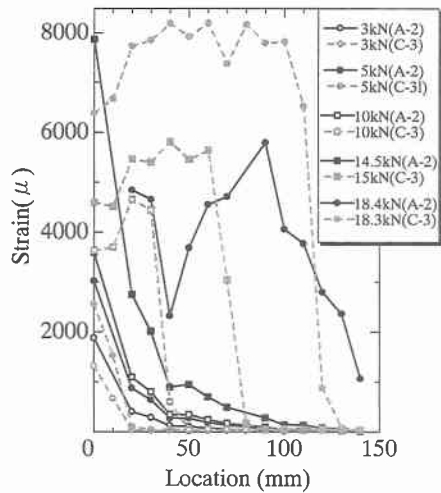


図 4 ひずみ分布の比較

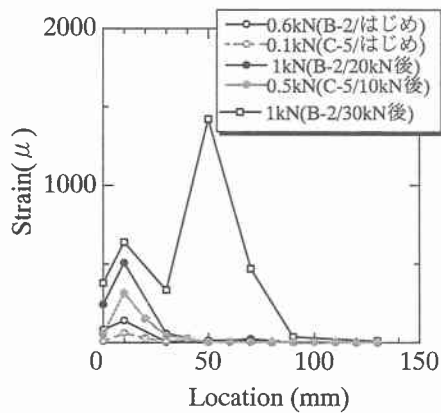


図 5 除荷時のひずみ分布の比較