

V-503

炭素繊維シートの付着力向上に関する一考察

北海道大学大学院 学生員 浅野 靖幸^{*1}
 北海道大学工学部 正会員 佐藤 靖彦^{*2}
 北海道大学工学部 正会員 上田 多門^{*3}
 東燃（株） 正会員 小林 朗^{*4}

1. はじめに

コンクリート構造物の補強・補修材として注目されている素材に炭素繊維シート（以下「CFS」）がある。CFSはコンクリートに付着させることで構造物に作用する力を分担する。CFSで補強されたコンクリートはCFSが剥離することにより、破壊することが多く、従ってCFSの付着については数々の研究が行われている。本研究では、CFSの接着後さらにCFSを巻き付けることにより、また、アンカーボルトと鋼板で接着することで、付着強度がどの程度増加するものか実験的に明らかにする。

2. CFS巻き付けにより補強する方法

2.1 実験概要

図1に試験体の形状を示す。図のようにコンクリート角柱（ $\square 100\text{mm} \times 100\text{mm}$ ）の試験体の中央に異形鉄筋を埋め込み、この鉄筋を引っ張ることでCFSに一軸引張力を与え（図中右側部のコンクリートと鉄筋は省略）付着実験を行った。CFSは接着面をサンダーとプライマーで下地処理した後、エポキシ樹脂を用いて角柱の両側面に接着した。CFSの試験片の幅は片側50mmとし、付着長さや積層数は表1のようである。CFSは繊維目付 300g/m^2 、設計厚さ 0.165mm 、引張強度はAが 3.5GPa 、Bが 2.9GPa 、弾性率はAが 230GPa 、Bが 372GPa のものを使用した。コンクリート強度は 35MPa である。パラメータであるCFSの巻きつけは試験区間の引張方向と直角に全周にわたり貼り付けた。なお、CFSを巻き付けるコンクリートの角部は $R20\text{mm}$ 程度に丸くしてある。

2.2 実験結果

実験結果を表1に示す。図2で巻き付けによる補強効果を検証する。付着長の短いものでは補強効果はほとんど見られないが、付着長の長いものでは大きな効果があり、A種で48%、B種で65%もの付着強度の増加が見られた。ここでB種の付着強度について、付着長が 100mm の2種については破壊モードがコンクリート破壊のため、100%付着強度を発揮しているとは言えず、また、 300mm のものについては巻き付け無しの供試体が無いいため、著者らが提案する^[1]次式

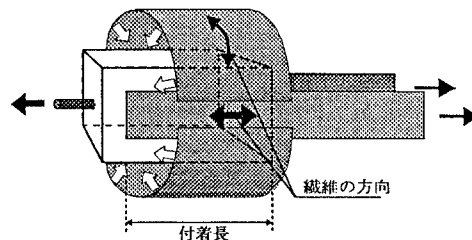


図1 巻き付け補強の供試体

表1 巻き付け補強供試体諸元・実験結果

供試体	CFS種類	積層数	補強	付着長 (mm)	最大荷重 (kN)	破壊モード
1	A	1	巻き付け	100	29.4	剥離破壊
2				100	30.4	剥離破壊
3				300	43.2	繊維破断
4			巻き付け	100	26.2	剥離破壊
5			無し	300	29.1	剥離破壊
6	B	3	巻き付け	100	44.8	剥離破壊
7				100	42.8	剥離破壊
8				300	73.4	繊維破断
9			巻き付け	100	35.4	コンクリート破壊
10			無し	100	31.6	コンクリート破壊

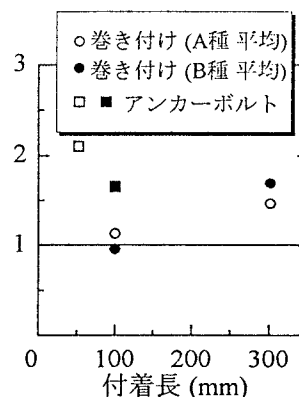


図2 補強強度比

Key words: CFS、付着、巻き付け、アンカーボルト、有効付着長

^{*1}〒060 札幌市北区北13条西8丁目 北海道大学工学部土木工学科 TEL011-706-6182

^{*23}〒060 札幌市北区北13条西8丁目 北海道大学工学部土木工学科 TEL011-706-6220 FAX011-707-6582

^{*4}〒100 千代田区一ツ橋1-1-1 東燃株式会社 TEL03-3286-5186 FAX03-3286-5074

$$P_{\max} = L_{e\text{-cal}} \times b \times \tau_{bu} \quad (1)$$

ここで、 $P_{\max}$ ：最大荷重(kN) $L_{e\text{-cal}}$ ：有効付着長(mm) ($L_{e\text{-cal}} = \exp [6.134 - 0.580 \ln(t \times E_{\text{CFS}})]$)

τ_{bu} ：平均付着力(MPa) ($\tau_{bu} = E_{\text{CFS}} \times t \times (d\epsilon / dx)$) b ：CFSの幅(mm)

より求めた値 23.4kN、44.6kN を基準に考えている。付着長の長いものは巻き付けたときの付着強度の増加が大きい。これは付着長が実際に力を伝達している領域の長さ（以下「有効付着長」）より充分長いとき、有効付着長の範囲（その値は CFS の弾性係数と厚さとの積（剛性）により求められ、著者ら提案^[1]の計算式（上記 $L_{e\text{-cal}}$ の式）を用いると、この実験の場合 A では 56mm、B では 22mm）が剥離しても、まだ剥離していない区間と剥離した区間の側面における CFS とコンクリートの付着によって剥離破壊の進行が抑えられ、付着強度は増加すると考えられる。

3. アンカーボルトと鋼板による方法

3.1 実験概要

図3に供試体の形状を示す。巻き付けの時と同様 CFS に一軸引張力を与えるのであるが、今回は二つのコンクリート角柱の間に図のように油圧ジャッキを取り付けた。油圧ジャッキで両側のコンクリート角柱を押し広げることで、CFS に一軸引張力を与える。非試験部で剥離が起きないように、図のように両面の CFS を右側のコンクリート角柱の外側に回し込み、連続させて補強した。使用した CFS は繊維目付 200g/m²、厚さ 0.110mm、引張強度は 3.5GPa、弾性率は 230GPa のもので、CFS の試験片の幅は片側 100mm とし、付着長さやアンカー補強の有無は表2に示した。アンカーボルトは直径 10mm のものを使用し、鋼板は試験付着領域と同じ大きさのものを使用し、CFS とコンクリートとの接着に使用するのと同じエポキシ樹脂を用いて接着した。

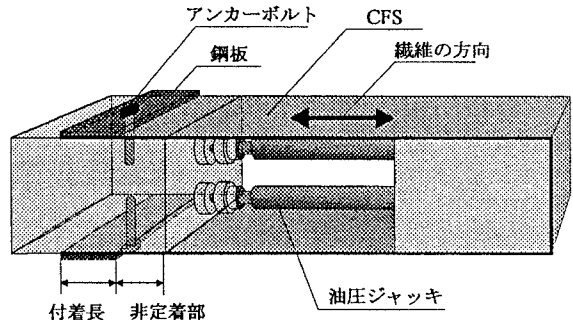


図3 アンカー補強の供試体

表2 アンカー補強の供試体諸元・実験結果

供試体	付着長 (mm)	アンカー補強	最大荷重 (kN)	破壊モード
11	50	なし	20.6	CFS 剥離
12	100		27.4	CFS 剥離
13	50	あり	43.4	コンクリート破壊
14	100		43.8	CFS 破断

3.2 実験結果

表2に実験結果を示した。また、図2よりアンカーボルト+鋼板で補強することでそれぞれ 111%、60%もの付着強度の増加が見られた。補強された2体は剥離破壊を起こしてはおらず、従って付着強度はこれ以上あると考えられ、本工法が大変有効であることが明らかである。CFS に作用した引張力は CFS とコンクリート間だけでなく、CFS と鋼板間の付着力でも・される（図4参照）。CFS が鋼板で押さえられていることで、単独に貼り付けた時より CFS の剥離強度が増加していることが考えられる。今後、これらについて定量的な検討を行っていきたい。

4. まとめ

本研究で得られた結果を以下に記す。

- (1) 直角方向に CFS を巻き付けて補強することにより、付着長が有効付着長より充分長いものについては、50%以上の付着強度の増加が見られた。
- (2) アンカーボルトと鋼板を使用して CFS を補強することにより、75%以上もの付着強度の増加が見られた。

【参考文献】

- [1] 浅野靖幸 他 「炭素繊維シートの付着特性について」 JCI 北海道支部 新素材のコンクリート構造物への利用に関するシンポジウム 1996.11

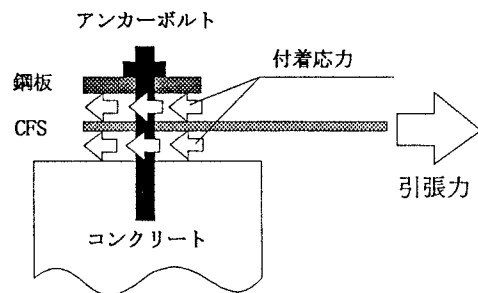


図4 アンカー補強の付着力の伝達