

接着樹脂厚の変化が炭素繊維シートの付着挙動に及ぼす影響

Effect of Changing Thickness of Adhesive on Bond Behavior of Carbon Fiber Sheet

北海道大学工学部環境社会工学科
北海道大学大学院工学研究科
北海道大学大学院工学研究科
電気化学工業（株）セメント・特混事業部

○学 生 員 田村浩哉（Hiroya Tamura）
フェロー 上田多門（Tamon Ueda）
正 会 員 古内 仁（Hitoshi Furuuchi）
藤間誠司（Seiji Fujima）

1. まえがき

今日、コンクリート構造物の長寿命化を目的とし、種々の補強がなされている。その中でも炭素繊維シート接着補強は、自重も軽く、施工性、耐久性、耐食性の観点から、多くの施工がなされている。よって、そのメカニズム、特に破壊に至るまでのプロセスを調べることに大きな意味がある。

また、シート補強された部材の破壊は、シートの剥離により引き起こされることが多く、橋梁上部構造へ適用した場合には繰り返し荷重による疲労が大きくかわっている。そのため今回、疲労荷重下における破壊までの付着挙動について実験することとしたが、本論文ではそれらの基礎データとなる静的荷重下の結果を報告するものである。

実験変数は接着樹脂厚とする。施工の際、コントロールの難しい接着樹脂厚であるが、その施工誤差の許容範囲を定めること、破壊への影響を解明することを最終目的とする。疲労性状という未だ数の少ない実験の一つとして、この実験が、その解明に貢献することを期待する。

2. 実験概要

2.1 実験供試体

供試体は、図-1 に示すように全長 400mm、断面 100×100 のコンクリートブロック 2 体を突合せ、それらの片面（ディスクサンダーで表面処理し、プライマーを塗布）に対して含浸させた炭素繊維シートを樹脂により接着した。積層数は 1 層のみとした。

樹脂厚については、接着面の周囲に所定の厚さとなるガイドを取り付け、そこに樹脂を溜めて硬化させた後、炭素繊維シートを接着させた。

コンクリートブロックは、破壊を防ぐため、内部に D10 の軸方向鉄筋および D6 の組立て筋を配置した。また、剥離を片側に限定するため、ブロックのもう一方のシートを覆うようにコ型鋼板をコンクリート補強用接着剤により取り付けた。さらに、ブロック端部の治具取付部からの破壊を防ぐために、両端に L 型鋼板を接着させた。

2.2 載荷試験機

試験機は、図-2 に示すように大阪大学で行われた研究¹⁾で使用された装置を参考として製作されたものである²⁾。この試験機は 2 つの独立した H 型鋼梁を中央

でヒンジ結合したものであり、その鋼梁上部に設置されたベッドに供試体を固定する。鋼梁の両端に載荷することによって、中央部がヒンジを中心に開閉し、供試体に

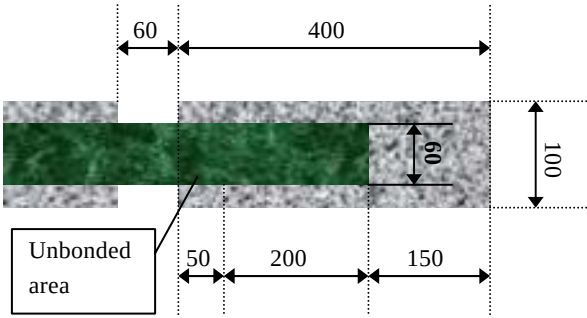


図-1 供試体の寸法形状

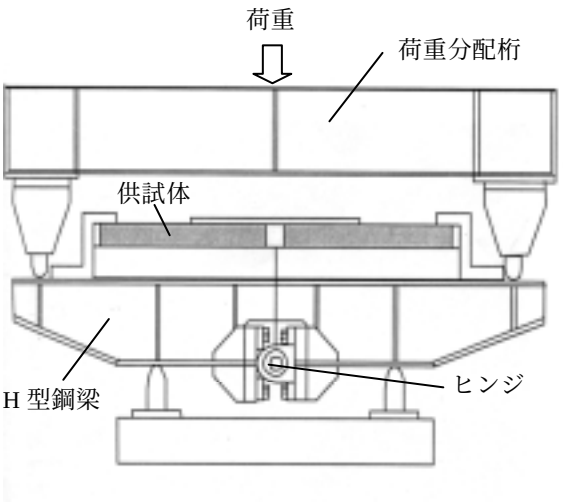


図-2 載荷装置

表-1 炭素繊維シートの材料特性

厚み	引張弾性係数	引張強度	繊維目付
tf (mm)	Ef (GPa)	(MPa)	(g/m ²)
0.333	245	3400	600

表-2 接着樹脂の材料特性

引張弾性係数	引張強度	圧縮強度
Ef (GPa)	(MPa)	(MPa)
593	23	57

表-3 炭素繊維シートの引張耐力

	樹脂厚 ta (mm)	圧縮強度 fc' (N/mm ²)	せん断 付着耐力 Pexp (kN)	せん断 付着耐力 Pcal (kN)	$\frac{P_{exp}}{P_{cal}}$
st-01	0.2	35.5	22.72	21.43	1.06
st-02	0.2	44.6	31.68	22.01	1.44
st-11	1.0	36.0	19.21	28.49	0.67
st-12	1.0	43.7	40.69	29.15	1.40
st-31	3.0	35.5	37.36	34.50	1.08
st-32	3.0	39.7	47.71	34.96	1.36

表-4 有効付着長 (mm)

ST-01	ST-02	ST-11	ST-12	ST-31	ST-32
80	40	100	100	100	120

純引張力が作用するという構造になっている。

2.3 使用材料

(a) コンクリート

スランプ 12cm, 呼び強度 30N/mm² の早強セメントのレディミクストコンクリートを用いた。

(b) 炭素繊維シート

炭素繊維シートの材料特性のカタログ値を表-1 に示す。

(c) 接着樹脂

接着樹脂の材料特性のカタログ値を表-2 に示す。

3. 実験結果

3.1 せん断付着耐力

以下に示すせん断付着耐力を算定する Dai らの式³⁾を用い、予測値を求めた。

$$P_{\max} = b_f \sqrt{2E_f t_f G_f} \quad (1)$$

$$\text{ここに, } G_f = 0.446(G_a / t_a)^{-0.352} f_c^{0.236} (E_f t_f)^{0.023}$$

G_f : 剥離エネルギー

実験により得られたせん断付着耐力と上記の算定式による値を表-3 に示す。

この結果より、実測値においては同じ厚さの供試体でもばらつきが見られたが、樹脂厚が増加するにつれてせん断付着耐力が増加することが確認された。また、予測値と実測値の間にはある程度の相関を見ることができる。

3.2 有効付着長

表-4 は、測定された炭素繊維シートのひずみ分布より概算で求めた有効付着長である。この結果から、接着層の厚みが増すことにより、有効付着長が長くなることが読み取れる。



(コンクリート側)



(シート側)

写真-1 破壊後の供試体 S-11

3.3 破壊モード

破壊状況の一例を写真-1 に示す。破壊モードは全てコンクリート、シート間の接着界面で起きた。ただし、どの供試体も少量のコンクリート表層をシートと共にはがしており、供試体によって位置、量に若干の違いはあるものの、特筆すべき程の違いではなかった。

4. まとめ

- 1) せん断付着耐力は、樹脂厚が増加するにつれてせん断付着耐力が増加することが確認された。
- 2) 既往の研究によるせん断付着耐力の推定式と実測値にある程度の相関が見られた。
- 3) 接着層の厚みが増すことにより、有効付着長が長くなることが示された。

謝辞：本研究の実験を行うにあたり、北海道大学工学の木村勉技術職員にご指導いただきました。ここに謝意を表します。

参考文献

- 1) 土屋逸郎, 松井繁之, 小林朗, 真鍋隆: 炭素繊維シートの付着せん断強度に関する研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.22, No.3, 2000
- 2) 斎藤祐樹: 凍害コンクリートと FRP シートの界面における付着疲労性状, 北海道大学卒業論文, 2005
- 3) J. Dai, T. Ueda and Y. Sato: Unified Analytical Approaches for Determining Shear Bond Characteristics of FRP-Concrete Interfaces through Pullout Tests, Journal of ACT, Vol.4, No.1, 2006