

アラミド繊維シートを緊張接着したPC梁の2 定点逆位相疲労载荷試験

三井住友建設(株) 正会員 工修 ○ 三加 崇
 三井住友建設(株) 正会員 工修 中島 規道
 三井住友建設(株) 正会員 浅井 洋
 三井住友建設(株) 正会員 博 (工) 三上 浩

1. はじめに

コンクリート構造物は、経年劣化や荷重条件が計画当初と異なることにより構造物の耐久性を向上させることが必要となる場合がある。構造物の耐久性を向上させるための方法として、劣化箇所を除去する断面修復や電気防食などによる補修が行われている。また、耐荷力の向上を目的として外ケーブルによりプレストレスを導入する方法や連続繊維シートを接着する方法などが採用されている。

著者らは、連続繊維シートの中で、アラミド繊維シートに着目して補強効果の検討を行ってきた。構造物にアラミド繊維シートを貼り付けることによって、補強後における活荷重の増加に対応できるような性能を有することが可能となる。さらに、アラミド繊維シートを緊張して接着することで、ひび割れの発生荷重や耐荷力が向上することなどが考えられる。RC および PC 部材にアラミド繊維シートを緊張して接着した場合の静的な荷重条件における補強効果は確認されている¹⁾。

本報告では、PC 梁の下面にアラミド繊維シートを緊張して接着させた試験体を製作して、長期耐荷性状を確認することを目的とし、繰り返し荷重が作用した場合の疲労性状について検討を行った。

2. 試験体

補強を行う試験体の寸法を図-1に示す。全長 2800mm、厚さ 300mm、幅 400mm の PC 梁である。試験体に使用した材料の特性を表-1に示す。コンクリートは、最大骨材径 20mm の早強コンクリートを使用し、試験開始時 (材齢 69 日) の圧縮強度は 43.4N/mm² である。主鉄筋は D13、帯鉄筋は D16 を使用し、材質は SD345 である。PC 鋼材は φ26mm の PC 鋼棒を断面の軸心に配置した。PC 鋼棒の導入時の緊張力は、引張強度の 60% (376kN) である。

PC 梁は約 2 ヶ月の養生を行った後にアラミド繊維シートを用いて補強を実施した。使用したアラミド繊維シートを表-2に示す。目付け量 830g/m² で厚さが

表-1 PC 梁の材料特性

コンクリート	圧縮強度	43.4 N/mm ²
	弾性係数	28.9 kN/mm ²
鉄筋	降伏強度	403.3 N/mm ²
	弾性係数	191.0 kN/mm ²
PC鋼棒	降伏強度	1102 N/mm ²
	弾性係数	201.9 kN/mm ²

表-2 アラミド繊維シートの材料特性

	一方向アラミド繊維シート	二方向アラミド繊維シート (定着部補強用)
目付量 g/m ²	830	650
保証耐力 kN/m	1176	392/392
設計厚 mm	0.572	0.193/0.193
引張強度 N/mm ²	2060	2060/2060
ヤング係数 kN/mm ²	118	118/118

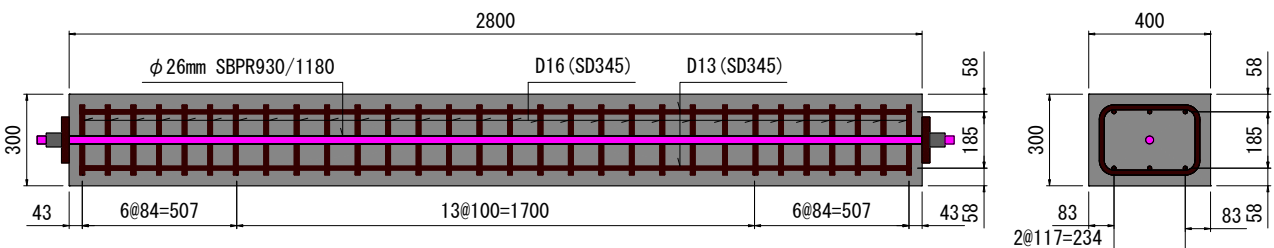


図-1 試験体寸法

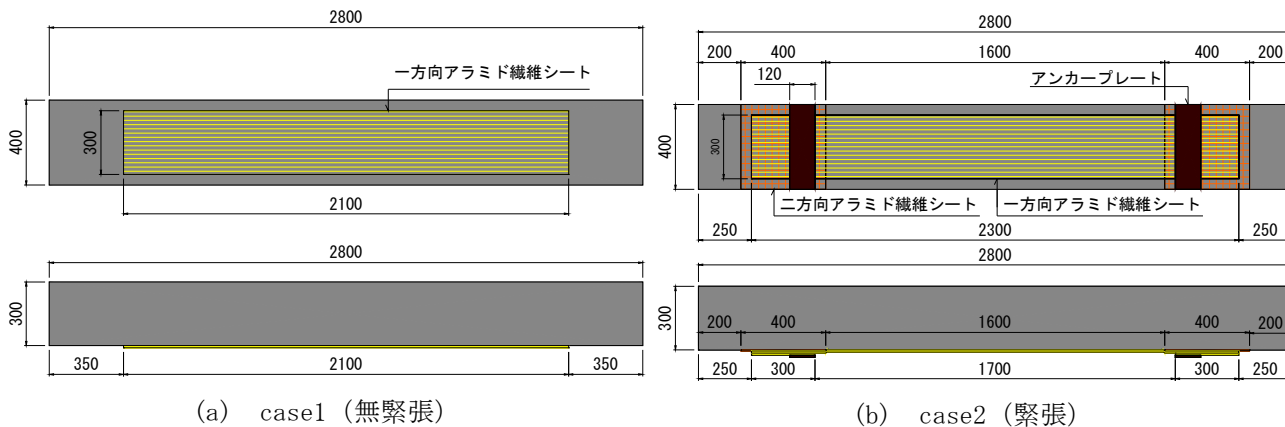


図-2 アラムド繊維シートによる補強範囲

0.572mm の一方向アラミド繊維シートである。

補強方法は2種類とした。case1は無緊張のアラムド繊維シートをPC梁の下面に接着した試験体である。case2はアラミド繊維シートを事前にエポキシ樹脂で含浸させてプレキャスト化したものを緊張装置により引張強度の25%まで緊張した状態でPC梁に接着し、養生後に緊張装置を解放してPC梁に緊張力を導入した試験体である。アラミド繊維シートの補強範囲を、図-2に示す。case1では、幅300mm、長さ2100mm、case2では、幅300mm、長さ2300mmの範囲とした。

また、case2の試験体の定着部には、応力を分散させるために二方向アラミド繊維シートをPC梁に事前に貼り付け、応力緩和材²⁾を使用して接着した。

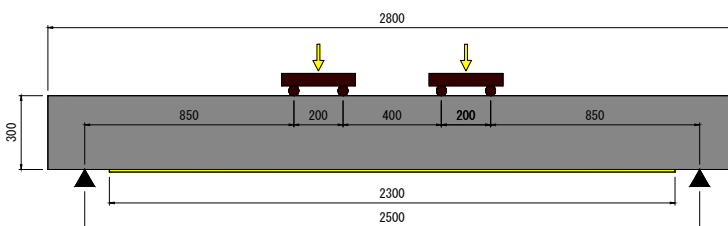


図-3 静的荷重方法

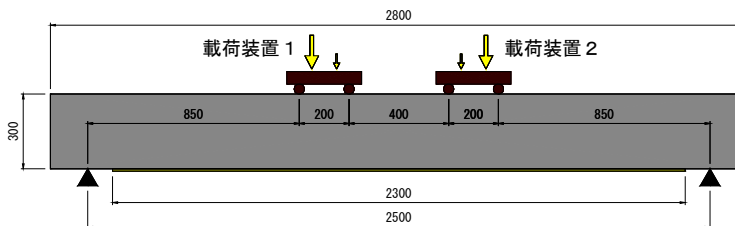


図-4 疲労荷重方法

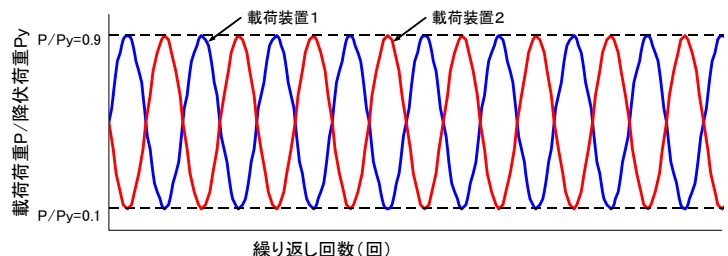


図-5 荷重ステップ

3. 試験方法

荷重装置と試験体の関係を図-3に示す。支間長は2500mmである。初めに2台の荷重装置により静的荷重試験を実施して、PC梁の下段鉄筋が降伏するまで荷重を行った。このときの降伏荷重から疲労荷重試験で用いる荷重荷重を設定した。疲労荷重試験の方法は2定点逆位相疲労荷重試験³⁾である。荷重方法を図-4、荷重履歴を図-5に示す。2台の荷重装置を、お互いが180度の位相差を持つ正弦波として荷重を行った。荷重荷重は、上限値を降伏荷重の0.9倍、下限値を0.1倍とした。この試験方法は、試験体中央部においてせん断力が正負に交番することによって、シートが剥離しやすい状態となる。目標とした繰り返し回数は200万回である。

計測は、荷重荷重および中央変位の測定を行った。また、中央断面においては、下段鉄筋のひずみおよびアラミド繊維シートのひずみを測定した。



写真-1 アラミド補強試験体 (case2)



写真-2 疲労試験状況

表-3 ひび割れ発生および降伏荷重, 載荷荷重

	静的載荷試験		疲労載荷試験		
	ひび割れ発生荷重	降伏荷重	降伏荷重(換算)	上限値	下限値
case1	80 kN	178.1 kN	162.0 kN	145.8 kN	16.2 kN
case2	100 kN	235.1 kN	216.0 kN	194.4 kN	21.6 kN

4. 試験結果

4.1 静的載荷試験

静的載荷試験による荷重と中央変位の関係を図-6に示す。また、

ひび割れ発生荷重および下段鉄筋の降伏荷重を表-3に示す。case2はcase1と比較してひび割れ発生荷重、下段鉄筋の降伏荷重および降伏変位が増加している。

疲労載荷試験の載荷荷重は、表-3に示すようにcase1では上限値が145.8 kN、下限値が16.2 kN、case2では上限値が194.4 kN、下限値が21.6 kNである。載荷荷重は、事前解析により2台の載荷装置が同荷重で載荷したときの降伏荷重と、1:9の荷重比で載荷したときの降伏荷重の荷重比率を算出し、静的載荷試験による降伏荷重から事前解析による荷重比率を用いて疲労載荷試験の載荷荷重を設定した。

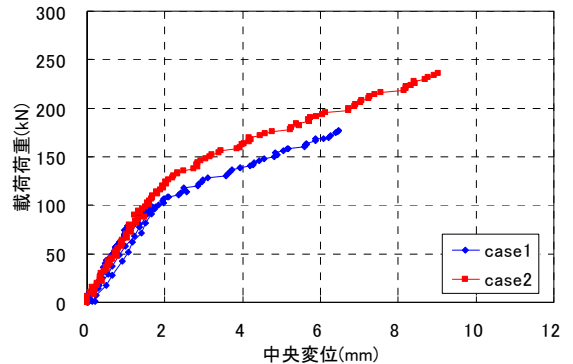
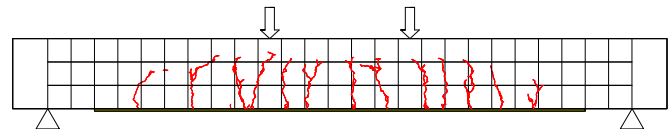


図-6 荷重—変位関係 (静的載荷試験)

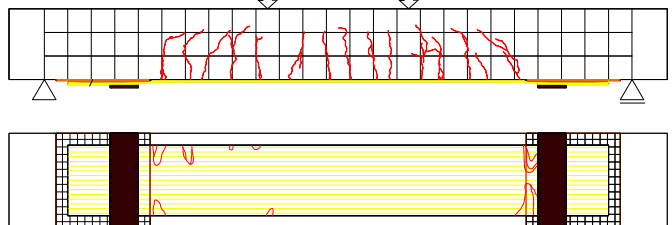
4.2 疲労載荷試験

(1) 剥離性状

200万回におけるひび割れおよび剥離状況を図-7に示す。ひび割れ本数、ひび割れ進行状況、間隔等に顕著な差異は見られなかった。アラミド繊維シートの剥離性状は、case1で載荷点間およびその近傍において部分剥離が集中する傾向が見られた。case2では、定着部近傍に若干の剥離が認められたが、載荷点間には顕著な剥離は見られなかった。緊張接着することによって、アラミド繊維シートの剥離を抑制させることがわかった。



(a) case1



(b) case2

図-7 ひび割れおよび剥離状況

(2) 変位

繰り返し回数と載荷開始からの中央変位の変化率を図-8に示す。case1では、1万回を超えてから、変化率が増加する傾向であった。200万回の繰り返し後での変化率は1.61である。case2では繰り返し回数が増加するにともない、変化率も増加する傾向であるが、200万回の繰り返し後では1.56であ

り case1 とほぼ同等程度の変化率であった。case1 と比較して case2 の載荷荷重が 1.3 倍であるが、変位の変化率が同等程度であることから、緊張接着することによって、アラミド繊維シートの変位の変化率を抑制させることがわかった。

(3) 下段鉄筋ひずみ

繰り返し回数と載荷開始からの下段鉄筋ひずみの変化率を図-9に示す。case1 および case2 ともに変化量がほぼ同じ傾向を示し、200 万回の繰り返し後での変化率は case1 および case2 で 1.32 であった。

(4) アラミド繊維シートひずみ

繰り返し回数と載荷開始からのアラミド繊維シートひずみの変化率を図-10に示す case1 では、1 万回以降において、変化率が減少する傾向にあった。これは、載荷点間およびその近傍でアラミド繊維シートの部分剥離が集中していることから、ひずみが平滑化されたためであると考えられる。case2 では繰り返し回数が増加するにともない、変化率は下段鉄筋ひずみと同様な増加傾向であった。

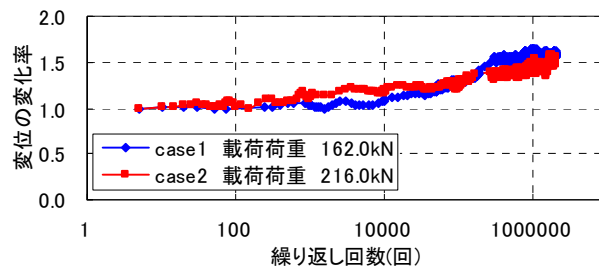


図-8 中央変位変化率

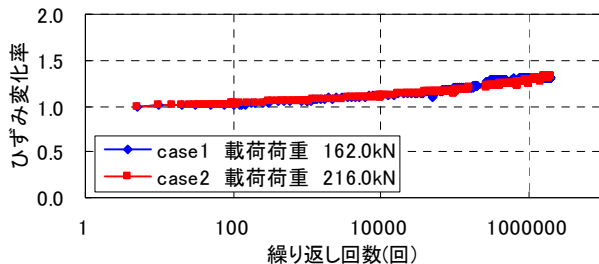


図-9 下段鉄筋ひずみ変化率

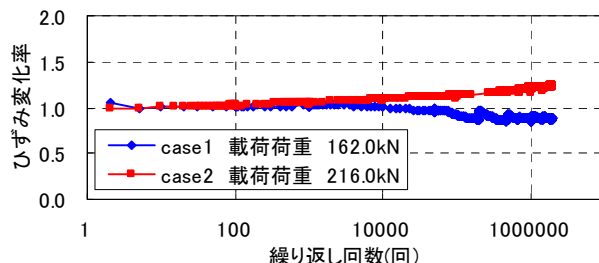


図-10 アラミド繊維シートひずみ変化率

5. まとめ

本試験により以下の結果が得られた。

- case1 のアラミド繊維シートを無緊張で貼り付けた試験体と比較して case2 のアラミド繊維シートを引張強度の 25%で緊張して接着した試験体は、ひび割れ発生荷重、下段鉄筋の降伏荷重および変位が増加し、耐荷性状が向上していることを確認した。
- 200 万回におけるひび割れ本数、ひび割れ進行状況、間隔等に顕著な差異は見られなかった。
- アラミド繊維シートの剥離は、case1 では載荷点間およびその近傍に集中して部分剥離が発生しているが、case2 では載荷点間での剥離は認められず、緊張接着することによって剥離を抑制されることを確認した。
- case2 の載荷荷重が case1 と比較して 1.3 倍の荷重であったが、case1 および case2 の 200 万回後の変位および鉄筋の変化率は、ほぼ同等程度であった。
- 緊張して接着したアラミド繊維シートの補強は、変位や鉄筋ひずみの変化率、剥離状況を勘案すると、緊張を行わない場合と比較して疲労性状に優位性があることが確認できた。

参考文献

(1)岸 徳光, 三上 浩, 藤田 学, 澤田 純之: AFRP シートを緊張接着して曲げ補強した PC 梁の静載荷実験, コンクリート工学年次論文報告集, Vol. 29-3, pp. 1507-1512, 2007
 (2)中島 規道, 三上 浩, 藤田 学, 田村 富雄: アラミド繊維シートによる緊張接着工法における定着方法の検討: 土木学会年次学術講演会講演概要集第 5 部, pp. 505-506, 2005
 (3)中島 規道, 三上 浩, 鍋島 益弘, 柑本 哲哉: 2 定点逆位相載荷した 2 方向 AFRP シート補強 RC 梁の疲労性状, コンクリート工学年次論文報告集, Vol. 25-2, pp. 1777-1782, 2003