

V-352

連続繊維シート補強 RC 梁のひび割れ間隔に関する実験的検討

茨城大学	正会員	呉 智深*
(財)鉄道総合技術研究所	正会員	朝倉俊弘**
○日鉄コンポジット(株)	正会員	吉澤弘之***
東洋紡績(株)		平畑裕嗣****

1. はじめに

曲げモーメントが作用するRC部材の、引張応力作用面に表面接着された連続繊維シートの補強効果は、耐力の向上、剛性の向上、ひび割れの拘束およびその分散等が考えられる。著者らは連続繊維シート補強した引張RC供試体を用いて、ひび割れの分散効果、ひび割れの開口拘束拘束効果に関して実験的な検討を行ってきた。しかし、曲げ部材に関しては、連続繊維シートひび割れの拘束効果に関する定量的な検討はほとんど行われていない。そこで本研究では、連続繊維シートとして一般的に用いられている炭素繊維シート、および有機繊維であるがアラミド系繊維に比べ高弾性、高強度という特徴を有するPBO(ポリパラフェニレンベンゾビスオキサゾール)繊維シートを用いて補強したRC曲げ供試体を用いた載荷試験を実施した。そして、供試体のひび割れ間隔に注目した実験的な検討を行った。

2. 実験方法

実験に使用した材料の物性等を表-1に示し、曲げ供試体の仕様を表-2に示す。曲げ供試体の寸法形状は図-1に示す。補強材として目付300g/m²の高強度、および高弾性炭素繊維シートを2層積層したもの、および目付150g/m²のPBO繊維(HM(高弾性)タイプ)シートを4層重ねて積層した供試体を用いた。接着積層した繊維シートの目付量は、すべての梁で600g/m²一定である。補強に使用したPBO繊維は有機繊維であるが、表-1に示すように通常の補修・補強に用いられる高強度炭素繊維と同等以上のヤング係数、引張強度を有する。さらに、有機繊維であり電気伝導性が無く、繊維の局所せん断応力集中に対する強度、衝撃吸収性能等に非常に優れた繊維である。PBO繊維はアラミド系繊維と比較するとヤング率で約2から4倍、強度で約1.5から2倍高い物性を示す。

供試体はダイヤモンドディスクサンダーでコンクリート表面の下地ケレンを行い、プライマー塗布、パテ処理、連続繊維シートの貼り付けを行った。エポキシ樹脂の養生期間は1週間以上とした。載荷は等曲げスパン60cmの3等分点載荷の4点曲

表-1 使用材料の物性等

材料	性質	値
連続繊維シート	高強度タイプ	繊維目付 300 g/m ²
		設計厚さ 0.167 mm
		ヤング率 230 GPa
		引張強度 4200 MPa
	高弾性タイプ	繊維目付 300 g/m ²
		設計厚さ 0.165 mm
		ヤング率 390 GPa
PBO繊維	HMタイプ	繊維目付 150 g/m ²
		設計厚さ 0.096 mm
		ヤング率 270 GPa
		引張強度 4500 MPa
コンクリート	粗骨材 Gmax	20 mm
	圧縮強度 f _c '	33.8 MPa
鉄筋	降伏強度 f _y	390 MPa
	引張強度 f _u	580 MPa

表-2 曲げ供試体の仕様

No.	繊維シート	引張鉄筋比 %	繊維シート比 %	シートの断面剛性 kN/cm
No. 1	-	1.34	-	-
No. 2	高強度 2層	1.34	0.167	770
No. 3	高弾性 2層	1.34	0.165	1294
No. 4	PBO HM 4層	1.34	0.192	1017

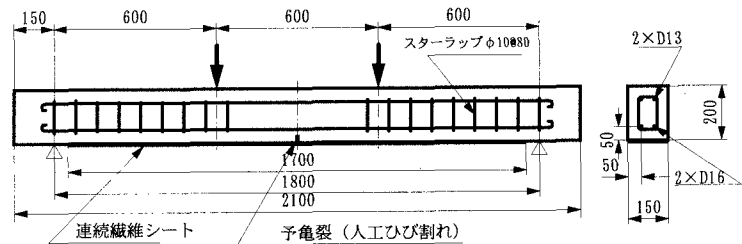


図-1 曲げ試験片寸法形状

キーワード：連続繊維シート、ひび割れ間隔、ひび割れ分散効果、PBO繊維

- * 〒316-0031 日立市中成沢町4-12-1 TEL 0294-38-5179 FAX 0294-35-8146
 ** 〒185-0034 国分寺市光町2-8-38 TEL 0425-73-7266 FAX 0425-73-7248
 *** 〒103-0024 中央区日本橋小舟町3-8 TEL 03-5623-5558 FAX 03-5623-5551
 **** 〒530-8230 大阪市北区堂島浜2-8-8 TEL 06-6348-3130 FAX 06-6348-3413

げとし、荷重制御で実施した。なお、No. 1, 2およびNo. 3の供試体はコンクリート打設約3ヶ月後に試験を実施し、No. 4のPBO補強供試体は打設後約6ヶ月の時点で試験を実施した。表-1に示したコンクリートの強度は打設3ヶ月後の時点での値である。

3. 実験結果

表-3に試験で得られた鉄筋降伏荷重、最大荷重等を示す。また、図-2に曲げ試験で得られた荷重-変位の関係を示す。連続繊維シートで補強した供試体は、無補強の供試体に比較して連続繊維シートが引張力を分担するため、鉄筋降伏時の荷重が35%から55%高くなり、最大荷重も63%から100%上昇した。PBO繊維シートで補強した供試体は、シートの剛性が高弾性のものより小さいが、最大耐力は高弾性のものより大きくなった。これはPBO繊維の密度が炭素繊維に比べ小さいため、シートの厚さが炭素繊維に比べ厚いこと、およびコンクリートの材齢が大きいことによる影響であると思われる。

試験を実施した梁の、鉄筋降伏前（鉄筋ひずみ:0.0015）の引張鉄筋位置での平均ひび割れ間隔を表-4に示す。図-3に土木学会式とPRC指針²⁾によって算出した、無補強供試体の平均ひび割れ間隔を併記する。なおPRC指針には、連続繊維シートの断面積を鉄筋の断面積にヤング率比で換算し既存の鉄筋量に加え、平均ひび割れ間隔を算出したものを図に加えた。今回載荷試験を実施した無補強供試体の平均ひび割れ間隔は土木学会式、およびPRC指針の値に近く、実験で得られた無補強供試体の平均ひび割れ間隔は適切な値であったと考えられる。

連続繊維シートで補強した供試体の平均ひび割れ間隔は、無補強供試体の平均ひび割れ間隔と比較して小さくなり、連続繊維シートで補強したものは、平均ひび割れ間隔が無補強供試体の半分程度となり、連続繊維シートによるひび割れの分散効果が確認できた。また、連続繊維シート補強した場合の平均ひび割れ間隔は、PRC指針で連続繊維シートを鉄筋換算し、算出した値と大きく異なる結果となった。

補強に使用した連続繊維シートの断面剛性は、例えば高弾性のシートは高強度のものより約1.7倍高いが平均ひび割れ間隔はほとんど変化せず、平均ひび割れ間隔は連続繊維シートの剛性の影響を受けていないことがわかる。この傾向はRC部材を連続繊維シートで補強し引張荷重を负荷した場合と同一である¹⁾。今回実施した曲げ部材の平均ひび割れ間隔と連続繊維シートの断面剛性の関係に、以前著者らが実施したRC引張部材の引張試験¹⁾で求められた平均ひび割れ間隔を加え、比較したものを図-4に示す。平均ひび割れ間隔を曲げ供試体と引張供試体と比較すると、曲げ供試体の方が小さい傾向を示した。

参考文献

- 1) 吉沢弘之、呉智深:炭素繊維シート補強によるRC引張部材のひび割れ特性に関する研究、土木学会論文集 No. 13/V-42, pp. 249-262, 1999年2月
- 2) 日本建築学会:プレストレスト鉄筋コンクリート構造設計・施工指針

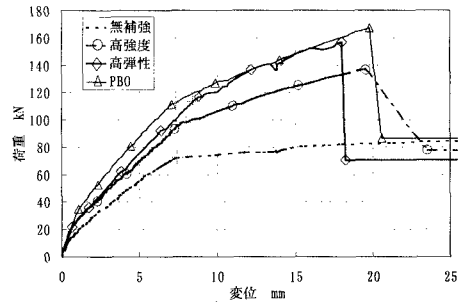


図-2 荷重-変位の関係

表-3 試験結果概要

No.	補強シート種類	鉄筋降伏荷重 (kN)	最大荷重 (kN)	最終破壊形態
No. 1	無補強	72.3	83.5	コンクリート圧壊
No. 2	高強度	98.1	136.5	かぶりコンクリートの剝離破壊に伴う曲げ破壊
No. 3	高弾性	113.4	156.9	かぶりコンクリートの剝離破壊に伴う曲げ破壊
No. 4	PBO	112.0	167.0	かぶりコンクリートの剝離破壊に伴う曲げ破壊

表-4 各供試体の平均ひび割れ間隔 (鉄筋ひずみ: 0.0015)

No.	補強シート	平均ひび割れ間隔 (mm)
1	無補強	137.5
2	高強度	70.0
3	高弾性	71.4
4	PBO	70.4

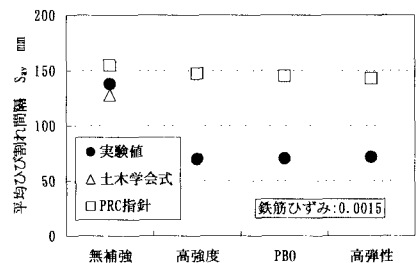


図-3 平均ひび割れ間隔の比較

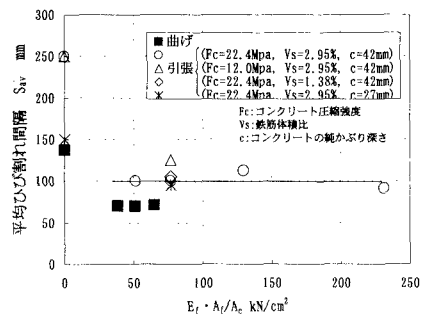


図-4 平均ひび割れ間隔と連続繊維シート剛性との関係