

V-347

炭素繊維シートによるPCけたの曲げ補強に関する研究

建設省土木研究所 正会員 内田 賢一 建設省土木研究所 正会員 西川 和廣
 建設省土木研究所 正会員 松尾 伸二 ヒーシ-橋梁 梅田 均
 鹿島建設 鈴木 章夫 日鉄コンポジット 杉山 哲也

1. はじめに

交通量の増大や車両総重量の規制緩和による通行車両の大型化に伴い、道路橋の効果的な補修・補強方法が現在各種検討されている。このうち、コンクリート部材に炭素繊維シートを貼り付ける工法は、ひび割れ抑制および曲げ耐力の向上等の効果からRC構造の床版やけたに対して有効な補強方法として盛んに研究されているが、ひび割れを許容しないPC構造物については、許容応力度法に基づく設計手法では不経済な補強量となることが多く、また研究事例も少ない。しかしながら、炭素繊維シートはコンクリートにひび割れが発生した後にも引張力を負担することが可能であるため、PC構造物に対してもRC構造物と同様にひび割れを許容すれば、経済的な補強が可能になるものと考えられる。

本研究では、PC橋の中で代表的なポストテンション方式単純Tげた橋について、曲げ補強対策として炭素繊維シートを貼り付けた際のたわみ抑制および曲げ耐力の向上などの補強効果を、1/2サイズの試験体を用いた疲労試験および静的載荷試験によって確認した。

2. 実験概要

図-1に使用した試験体の形状・寸法を示す。本実験では無補強試験体(PC-No.1)、および弾性係数 $3.9 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ 、引張強度 $2,900 \text{ N/mm}^2$ の炭素繊維シートをけた下縁に4枚貼り付けた補強試験体

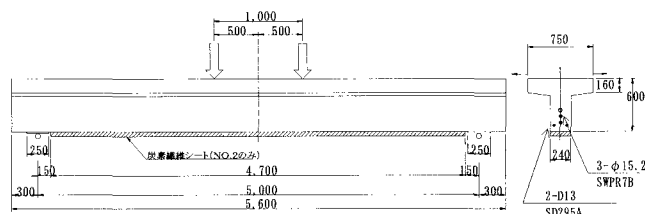


図-1 試験体の形状寸法（単位：mm）

表-1 疲労試験の載荷荷重

試験体	シート補強	載荷レベル1		載荷レベル2	
		コンクリート 下縁応力度 下限/上限 N/mm ²	載荷荷重 下限/上限 kN	コンクリート 下縁応力度 下限/上限 N/mm ²	載荷荷重 下限/上限 kN
PC-No.1	無し	4.5/0.0	10/88	4.5/-3.5	10/172
PC-No.2	4層	4.5/0.0	34/113	4.5/-3.5	34/191

(PC-No.2)の2種類の試験体に対して、疲労試験を行った。疲労試験は、実橋PCけたの設計上の応力度を参考に、表-1に示すように、コンクリート下縁の応力 $4.5 \sim 0.0 \text{ N/mm}^2$ (載荷レベル1)、 $4.5 \sim -3.5 \text{ N/mm}^2$ (載荷レベル2)の2段階とし、試験回数は各段階で200万

回づつ合計400万回実施した。載荷レベルは、予め試験体に曲げひび割れを発生させ、ひび割れ発生荷重とコンクリートの引張強度から試験直前のプレストレスによる圧縮応力度を算出し、決定した。補強を行ったPC-No.2については、ひび割れ発生後に死荷重相当荷重を載荷した状態で炭素繊維シートを貼り付け、エポキシ樹脂が完全に硬化するまで1週間荷重を保持した後に疲労試験を開始した。PC-No.1については、条件を同じにするため、1週間死荷重相当の荷重を載荷・保持した後に試験に供した。疲労試験の載荷速度は1~3Hzとし、適時試験体のたわみを静的に測定した。

疲労試験実施後、静的載荷試験を実施し、各試験体の変形性能および曲げ耐力を測定した。

キーワード：PC けた、炭素繊維シート、疲労試験、曲げ耐力

連絡先：〒305-0804 茨城県つくば市旭一番地 TEL.0298-64-4919 FAX.0298-64-0565

3. 実験結果および考察

(1) 疲労試験 図-2に疲労試験時の上限荷重と下限荷重の差である活荷重たわみの推移を示す。プレストレスによりけたの全断面が有効に機能すると考えられる载荷レベル1では、PC-No.1とPC-No.2とに大きな差は見られなかった。その後、载荷レベル2の荷重を载荷すると、PC-No.1では10回程度の载荷で活荷重たわみが急増し、その後も载荷回数とともに徐々に増加していく傾向が見られた。PC-No.2では疲労試験が終了するまで各レベルの载荷初期とほぼ同じ活荷重たわみが保持され、炭素繊維シートによる補強の効果がコンクリートの下縁に -3.5 N/mm^2 の応力が作用する荷重を繰り返し载荷した後も持続していることが確認された。さらに、载荷レベル2による疲労試験終了時のPC-No.2の活荷重たわみは、PC-No.1の約80%に低減されていた。

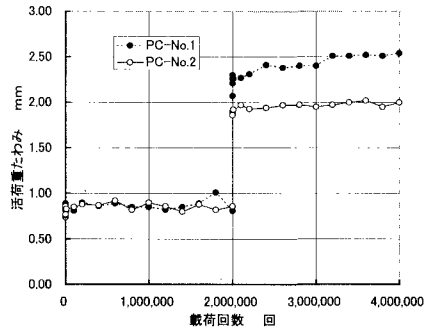


図-2 载荷回数と中央部活荷重たわみの関係

(2) 疲労試験後の静的载荷試験 疲労試験完了後に静的载荷試験を行った際の各試験体の荷重とたわみの関係を図-3に示す。PC-No.1では、ひび割れ発生荷重(172 kN)を過ぎると曲げ剛性の低下が見られ、荷重255 kNで引張鉄筋が降伏した後に更にその傾向を強め427 kNでコンクリートが圧壊を始めた。その後も荷重は殆ど増加せず、435 kNでPC鋼材が破断した。PC-No.2では、ひび割れ発生荷重までは、荷重と変位の関係にPC-No.1との大きな差は見られなかったが、ひび割れ発生(191 kN)後の曲げ剛性の低下はPC-No.1と比較し小さく、引張鉄筋の降伏荷重は372 kNと無補強の場合に比べ46%向上した。引張鉄筋が降伏した後も荷重は増加し、538 kNで炭素繊維シートが付着破壊をするまで荷重は増加し続けた。付着破壊を起こした際に荷重が大幅に低下し、変位計がはずれたためそこで試験を中止したが、PC-No.1に比べ、最大耐力が24%向上した。この際の载荷スパン中央部における炭素繊維シートのひずみは約 5500μ であった。

ひび割れ発生から鉄筋降伏までを軸力のかかったRC部材として载荷荷重に対する鉄筋ひずみの値を算出した。計算結果は図-4に示すように実験結果と良く一致し、ひび割れ発生後の挙動も推測可能であることが確認された。

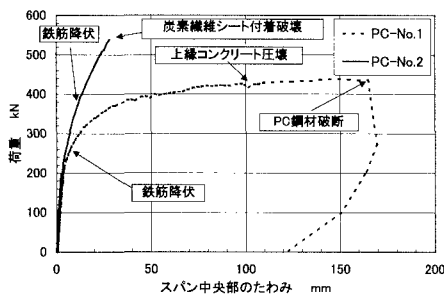


図-3 疲労試験後の荷重-たわみ線図

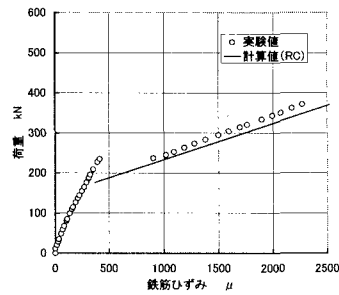


図-4 荷重と鉄筋ひずみの関係(PC-No.2)

4. おわりに

1/2サイズのPCけたに炭素繊維シートを貼りつけ疲労試験を実施したところ、ひび割れが発生する荷重を繰り返し载荷した場合に、活荷重たわみの増加を抑制する効果があることが確認された。また、疲労試験終了後に行った静的载荷試験では、鉄筋降伏荷重および最大曲げ耐力が増加し、ひび割れを許容した場合の補強効果が確認された。さらに、ひび割れ発生以降の鉄筋のひずみは軸力が作用するRC部材として計算可能なことが解かった。