

アルカリ骨材反応により劣化したPC桁の炭素繊維シートによる補強

東京都立大学大学院 学生会員 北沢宏和

東京都立大学大学院 正会員 宇治公隆

明星大学 土木工学科 正会員 丸山武彦

炭素繊維補修・補強工法技術研究会 早田喜穂

1. はじめに

アルカリ骨材反応（AAR）を生じたコンクリートは、圧縮強度とヤング率が低下することが知られている。本実験で使用したPC桁は単純PCプレテン床版橋で、AARによる劣化を生じていた。本実験では、この実橋より切り出したPC部材に、高強度型炭素繊維シート（CFS）を用いて曲げ補強およびせん断補強を行い、耐荷性能、変形性能の改善を目的とした曲げ載荷実験を行った。

2. 実験方法

本実験では、静的載荷と動的（疲労）載荷により、CFSの補強効果を検討した。使用したPC桁のコンクリート強度および静弾性係数と、実験結果を表-1に示す。使用したCFSの物性値を表-2に示す。

表-1 実験結果

試験体	載荷方法	圧縮強度 (N/mm ²)	弾性係数 (kN/mm ²)	せん断ひび割れ 発生荷重 Pcr(kN)	曲げひび割れ 発生荷重 Pcr(kN)	せん断 破壊荷重 Pu(kN)	曲げ 破壊荷重 Pu(kN)	破壊 形態
無補強桁	静的	48	26.3	355	240	425	—	せん断
炭素繊維補強桁	静的	48	29.7	—	340	—	465	圧縮
無補強桁	動的	58	30.7	320	260	480	—	せん断
炭素繊維補強桁	動的	64	37.9	—	340	—	605	圧縮

本実験に使用した試験体の寸法と載荷方法を図-1に示す。曲げ補強に用いたCFSは目付量300g/m²の高強度型炭素繊維シートであり、曲げ補強を目的としてスパン内区間に5040mmの長さで下面に3枚貼り付けた。また、せん断補強をおよびシートの定着の為に、載荷点より外側に目付量200g/m²のCFSをスターラップ方向に1枚貼り付けた。載荷方法は2点載荷とした。静的載荷は単調載荷とした。一方、動的載荷では、表-3および表-4に示す方法で載荷を行った。また、本実験におけるPC桁の載荷実験では、道路橋示方書（平成8年度版）に規定されている許容応力度になる荷重（180kN）を目安として曲げ載荷実験を行った。

表-2 CFSの物性値

目付量	設計厚さ (mm)	物性値		伸び (%)
		引張強度 (N/mm ²)	弾性係数 (N/mm ²)	
200g/m ²	0.111	4592	2.42×10^5	1.61
300g/m ²	0.167	4648	2.44×10^5	1.72

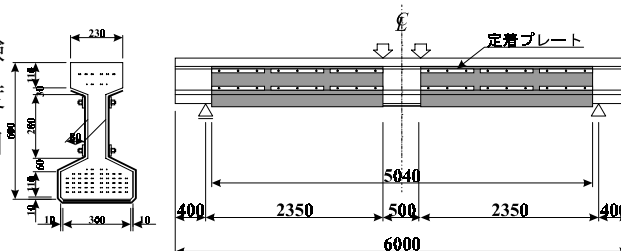


図-1 試験体形状（単位：mm）

3. 実験結果

(1) 静的載荷実験

無補強PC桁の破壊形態は、せん断破壊であり、CFSによる補強PC桁は曲げ破壊を生じた。スターラップ方向に配置したCFSはせん断破壊を防止できることを実橋PC桁で確認できた。無補強PC桁とCFS補強PC桁の荷重と変位の関係を図-2に示す。また、図中には健全コンクリート桁の計算値（ $f_c=50\text{N/mm}^2$, $E_c=33\text{kN/mm}^2$ ）も示した。図-2から、AARにより劣化したPC桁にCFSを用いて曲げ補強を行えば、変形性能を竣工当時の健全な状態にまで復元出来ると言える。また、荷重とコンクリート上縁ひずみの関係を図-3に示す。これにより、CFSで補強したPC桁のコンクリート上縁ひずみは2割ほど低減していることが

表-3 無補強PC桁の動的載荷実験

ステージ	載荷方法	荷重		破壊荷重に対する割合 (%)	繰り返し回数 (万回)	累積回数 (万回)
		下限値 (kN)	上限値 (kN)			
第1	動的	90	180	38	50	50
第2	動的	90	250	52	50	100
第3	動的	140	300	63	100	200
破壊まで	静的	—	480	—	—	—

表-4 CFS補強PC桁の動的載荷実験

ステージ	載荷方法	荷重		破壊荷重に対する割合 (%)	繰り返し回数 (万回)	累積回数 (万回)
		下限値 (kN)	上限値 (kN)			
第1	動的	140	300	50	100	100
第2	動的	190	350	58	100	200
第3	動的	280	440	73	30	230
破壊まで	静的	—	605	—	—	—

キーワード：アルカリ骨材反応，炭素繊維シート，PC桁

連絡先：〒192-0397 東京都八王子市南大沢1-1，Tel0426-77-1111，Fax0426-77-2772

分かる。

(2)動的載荷実験

無補強PC桁に動的載荷実験を行った場合の変位と繰返し回数の関係を図-4に示す。

道路橋示方書に規定されている許容応力度に達する荷重(180kN)の約1.7倍の荷重を上限荷重とした累計200万回の動的載荷でも、変位はほとんど変化していない。したがって、AARを生じて劣化して物性値が低下しているPC桁であっても、構造耐力の観点からは、通常の使用状態においては、疲労による影響を受けないことが分かった。

CFS補強を行ったPC桁の変位と繰返し回数の関係を図-5に示す。CFS補強PC桁の第1ステージの上限荷重は無補強PC桁の第3ステージと同一にした。両者を比較すると、無補強PC桁の最大変位と残留変位の差は約8mm、CFS補強PC桁が約7mmである。また、無補強PC桁は、最大変位、残留変位ともに徐々に増加する傾向にあるが、CFS補強PC桁に関しては、ほとんど増加していない。したがって、CFSを貼り付けることにより、疲労による変形を改善することが出来る。

CFS補強PC桁のコンクリート上縁ひずみと繰返し回数の関係を図-6に示す。図より、350kNの荷重レベルまでは、疲労による影響はほとんどないことが分かる。また、第3ステージにおける荷重(440kN)は、コンクリート上縁ひずみが2000 μ となる様に設定している。この荷重においては、上縁ひずみが増加する傾向が見られており、疲労破壊する上縁ひずみを3500 μ と仮定すると、第3ステージの180万回程度で破壊するものと予想される。なお、第3ステージの上限荷重は破壊荷重の73%に相当する。

4. まとめ

本研究の範囲で以下の知見が得られた。

- 1.CFSを用いて曲げ補強を行った結果、AARにより低下した曲げ剛性を改善させ、設計当時の変形状態まで回復することが出来た。
- 2.CFSをスターラップ方向に配置することにより、せん断破壊を防止出来ることを実橋部材により確認した。
- 3.AARを生じて劣化したPC桁でも、十分な疲労耐力を有しており、CFSを用いて曲げ補強を行うことで、変形性能の向上、疲労寿命の延伸が図られると考えられる。

【謝辞】 本研究を行うにあたり、山口恒太氏(パシフィックコンサルタンツ)の多大なご協力を戴きました。ここに記して深く感謝します。

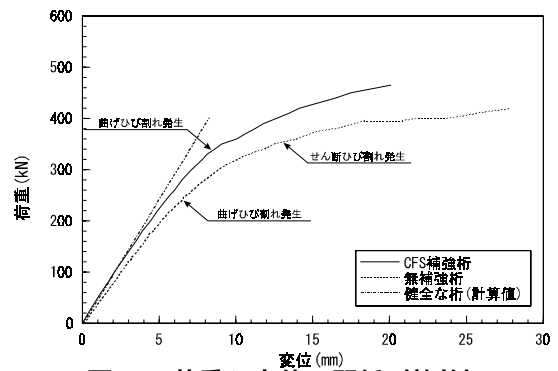


図-2 荷重と変位の関係 (静的)

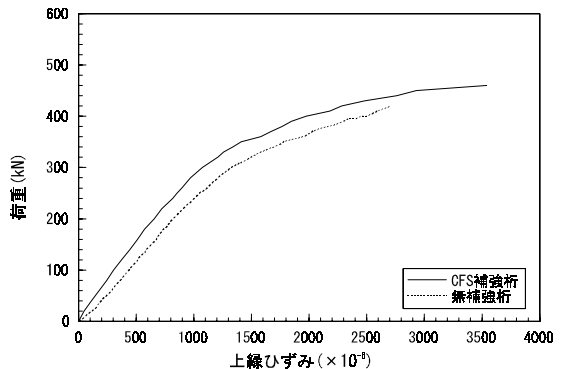


図-3 荷重と上縁ひずみの関係 (静的)

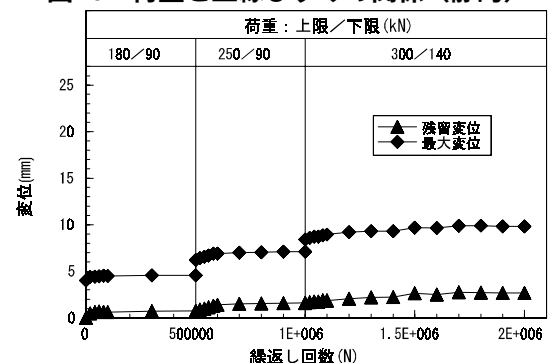


図-4 変位と繰返し回数の関係 (無補強桁)

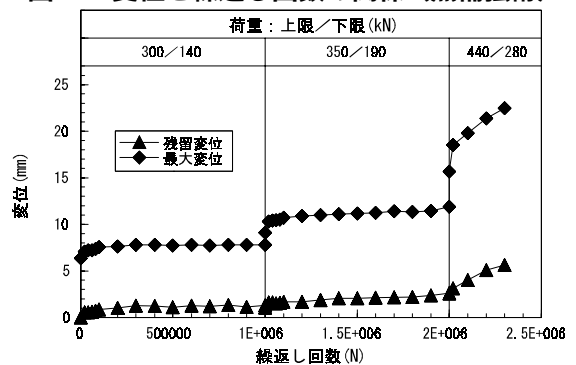


図-5 変位と繰返し回数の関係 (CFS補強桁)

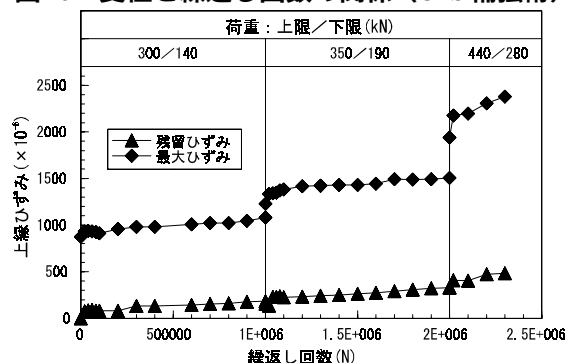


図-6 上縁ひずみと繰返し回数の関係 (CFS補強桁)