

床版張出し部の炭素繊維プレート補強の有効性について

山口大学大学院 学生会員 ○濱岡洋亘
タカラ技研㈱ 正会員 弓倉啓右

新日本石油㈱
山口大学工学部 正会員 濱田純夫

小林智和
濱田純夫

1. はじめに

近年，都市内高速道路において遮音壁の設置などにより死荷重，風荷重が増加し，床版張出し部上面の損傷の危険が指摘され，維持管理として補修・補強が必要とされている．現在，炭素繊維シートを使った補強工法が採用されているが，舗装更新時のアスファルトのはつりによるシートの損傷や，施工上に問題点がある．この問題点を解決するための材料として，炭素繊維集成板＝Consolidated Carbon Fiber Plate（以下 CCFP と示す）を使った補強に着目した．本研究では，基礎的実験として CCFP 補強した RC 梁の曲げ静的試験，および実橋を想定し CCFP 補強した RC 床版の輪荷重走行試験を行い，その補強効果を確認した．

2. 梁曲げ静的試験

2-1 試験概要

梁供試体の寸法は断面 $200\text{mm} \times 200\text{mm}$ ，長さ $1,900\text{mm}$ で，供試体数は無補強供試体 2 体，CCFP の貼付け方の異なる供試体 4 体の計 6 体とした．使用した CCFP は引張強度 $2,350\text{N/mm}^2$ を有する長さ $1,300\text{mm} \times$ 厚さ $1.2\text{mm} \times$ 幅 50mm のもので，接着はエポキシ樹脂で行い，供試体名は PL（Plate の意）とした．載荷は載荷点間距離 150mm ，支点間距離 $1,500\text{mm}$ の 4 点曲げ載荷とした．図-1 に供試体の緒元を示す．

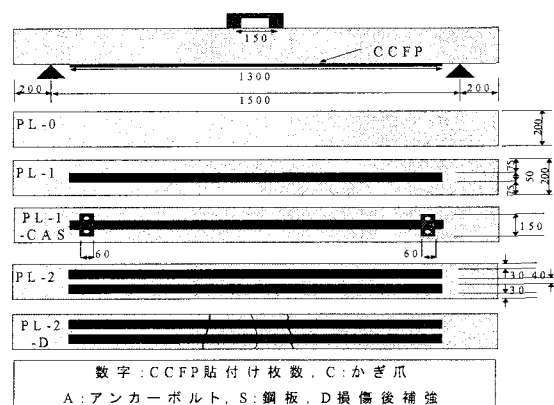


図-1 供試体緒元

表-1 試験結果

供試体 No.	最大荷重 (kN)	無補強比	最大CCFP ひずみ ($\times 10^{-6}$)	破壊形式
PL-0	39.6	-	-	曲げ破壊
PL-0	44.5	-	-	曲げ破壊
PL-1	44.7	1.06	3480	CCFP剥離(曲げ)
PL-1-CAS	54.8	1.30	4145	CCFP剥離(曲げ)
PL-2	67.3	1.60	3100	CCFP剥離(せん断)
PL-2-D	61.3	1.45	2842	CCFP剥離(せん断)

表-1 に試験結果を示す．無補強比の基準値は PL-0 の平均値 (42.1kN) を用いた．PL-2，PL-2-D に高い終局荷重がみられ，破壊形式は曲げ破壊，CCFP 剥離破壊（曲げ），CCFP 剥離破壊（せん断）の 3 種類となった．剥離はコンクリート表層部の剥離破壊により生じ，CCFP の断裂はみられなかった．せん断破壊は CCFP が梁の変形に対して十分抵抗し，曲げ剛性の上昇があったが全体的にせん断補強筋の不足のため生じた．

図-2 にたわみの計測結果を示す．PL-0 は鉄筋降伏後，変位が急増した．CCFP 供試体は鉄筋降伏後も剛性を保ちたわみに抵抗する傾向にあった．

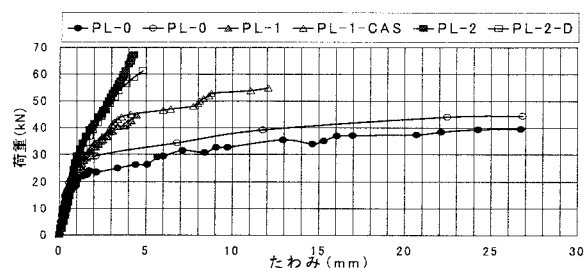


図-2 たわみ

図-3 にコンクリート上面ひずみの計測結果を示す．CCFP 補強した供試体はいずれも同じような挙動を示し，無補強供試体と比べ，比較的小さなひずみ増分であった，下面の CCFP 補強が供試体上面に発生する圧縮部のひずみの抑制に寄与していることがわかった．

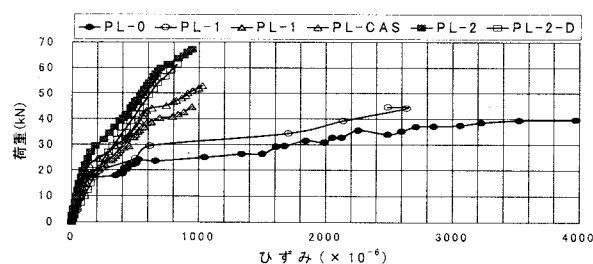


図-3 コンクリート上面ひずみ

3. 輪荷重走行試験

3-1 試験概要

供試体は図-4 に示すように，橋軸方向 $4,500\text{mm} \times$ 橋軸直角方向 $2,850\text{mm}$ （張出し部 $1,150\text{mm}$ ） $\times$ 床版厚 190mm とし，

補強が必要とされる既設損傷床版を対象としたため、昭和39年鋼道路橋示方書に準拠し設計した。載荷位置は張出し部とし、載荷荷重は当時の設計荷重であるT-20tfを想定し、大型車輛の後輪片側一本分の輪荷重8tf(78.4kN)とした¹⁾。

供試体に、移動載荷により損傷（初期損傷）を与えた後CCFPで供試体上面を補強し、移動載荷を継続した。初期損傷の定義は、供試体上面の片持ち支点位置のひび割れ幅が0.3mmになるまでとした。CCFPの補強工程は、補強面を専用はつり機によって幅70mm×厚さ5mmではつりを行い、長さ1,500mmのCCFPをエポキシ樹脂により接着した。さらに輪荷重走行面に暖衝層としてエポキシ樹脂を塗布した。

3-2 試験結果および考察

初期損傷の定義には走行回数6万回で達した。CCFP補強後、同荷重で18万回継続したが、たわみ等に変化がなかったため、荷重を88.2kN、98.0kNに増加しそれぞれ6万回ずつ走行回数を増加させ、計36万回走行させたが供試体は破壊に至らなかった。CCFP暖衝層として用いたエポキシ樹脂にも、ひび割れなどの損傷はみられなかった。

本研究では荷重を階段状に変化させていることから、松井らの提案²⁾する大阪大学の輪荷重走行試験機のS-N関係式とマイナー則を用いて、基準載荷荷重78.4kNを一定載荷荷重とした時の換算疲労回数を算定（式-1参照）した。結果を表-4示す。

$$n_{eq} = \sum_{i=1,j} \left\{ n_i \times \left(\frac{P_i}{P_0} \right)^{\frac{1}{0.07835}} \right\} = \sum_{i=1,j} \left\{ n_i \times \left(\frac{P_i}{P_0} \right)^{12.76} \right\} \quad \text{式-1}$$

〔等価繰返回数 n_{eq} ，載荷回数 n_i ，荷重 P_i ，基本荷重 P_0 〕

荷重78.4kNで累積等価繰返し回数の算定を行うと、補強後では148万回走行したと等価になり、初期損傷を与えた走行回数6万回と比較すると約25倍にあたり、CCFPによる補強効果が十分に表れた。

図-5にたわみの計測結果を示す。CCFP補強後（6万回後）たわみ量は低下し、その後荷重をあげても大きな変曲点はなく、供試体の剛性の低下はみられなかった。

図-6にひび割れ幅の計測結果を示す、初期損傷時（6万回時）で約0.23mmのひび割れ幅であったが、CCFP補強後は0.12mmと約50%のひび幅低減となった。走行回数36万回後もひび割れ幅0.18mmとなり、初期損傷時よりも小さな値となった。

4. まとめ

① 梁曲げ静的試験において、CCFP2枚貼付けや端部固定などCCFPの剥離が起きにくい工夫をすることで、補強

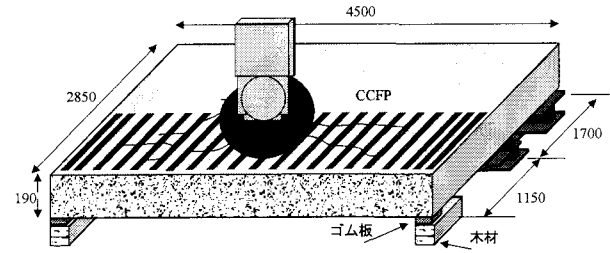


図-4 供試体概要

表-4 累積等価繰返し回数

	荷重 (kN)	走行回数 (回)	等価繰返し回数 (回)	計 (回)
初期損傷	78.4	60,000	60,000	60,000
CCFP補修後	78.4	180,000	180,000	1,484,167
	88.2	60,000	269,685	
	98.0	60,000	1,034,482	
計 (回)		360,000		1,544,167

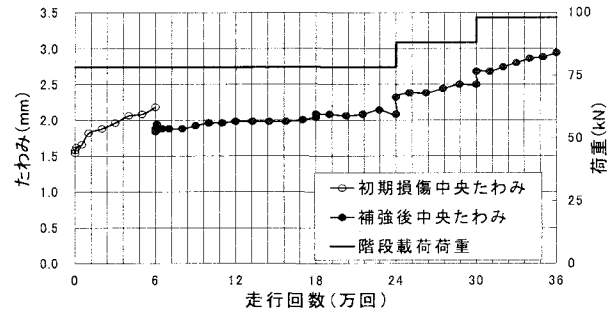


図-5 たわみ

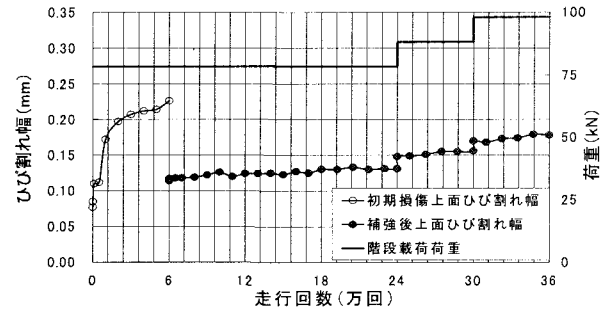


図-6 ひび割れ幅

効果が向上した。

② 輪荷重走行試験において、損傷を与えた床版張出し部上面にCCFPを用いて補強することで、T-20tfを想定した繰返し荷重が作用しても十分な耐疲労性能が得られた。

以上によりCCFPの優れた補強効果が確認できた。

参考文献

- 1) 社団法人 日本道路協会：鋼道路橋設計示方書・同解説，1966年（昭和39年）
- 2) 松井繁之他：移動荷重を受ける道路橋RC床版の疲労強度と水の影響について，コンクリート工学年次論文報告書，第9巻，第2号，1987年