

京都大学大学院 学生員

○後藤真吾

京都大学大学院 正会員

小野紘一

京都大学大学院 学生員

Phongthon THARACHAI

1. 背景

タイのチャオプラヤ川にかかるアントン橋において、車線拡張に伴うコンクリート床版の補強工事が鋼板補強および炭素繊維シート（CFS）補強により行われた。本稿では、両補強工法の補強効果の比較検討を目的とした、実橋における静的および動的試験の概要を報告する。

2. 実験概要

使用した材料の特性値を表 1 に示す。鋼板補強では、幅 200mm、厚さ 9mm、長さ 6000mm の鋼板 8 枚を、エポキシにより床版下面に貼付し、直径 16mm、長さ 125mm のアンカーボルトによる圧着させた。CFS 補強では、厚さ 0.334mm（＝0.167mm×2 層）、幅 1500mm、長さ 7000mm の CFS を 4 列エポキシにより貼付した。CFS、鋼板それぞれの設置概要を図 1、図 2 に示す。またひずみゲージ、変位計、および加速度計の取付け位置を図 3 に示す。静的試験では、トラックを 2m 間隔で停止させ載荷を行った。また動的試験では、A) 時速 30Km で走行するトラック、および B) ドロップハンマによる衝撃荷重、の 2 種類により振動を生じさせた。ただしドロップハンマの重量は約 10kg、落下高さ 10cm、載荷位置はスパン中央およびスパンを 4 等分した点で、それぞれ 4 回および 3 回落下させた。また試験は補強前後についてそれぞれ行ない、床版底部のたわみ、ひずみ、加速度の測定を行なった。

表 1 材料特性

材料		弾性係数 (MPa)	最大強度 (MPa)
コンクリート	鋼補強区間	2.34×10^4	24.7
	CFS 補強区間	2.17×10^4	21.4
鋼板		2×10^5	340
CFS (破壊ひずみ 14900 μ)		2.53×10^5	3430

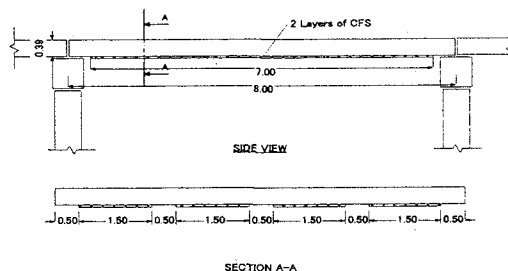


図 1 CFS 貼付け概要 (単位: m)

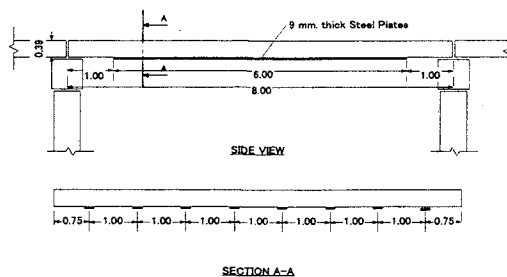


図 2 鋼板貼付け概要 (単位: m)

3. 実験結果

3.1 たわみ

1 台の 21t トラックによるスパン中央部における最大たわみの計測を行なった結果、補強工法によらず補強前後においても 2mm 程度のたわみ量であった。CFS 補強に関しては静的試験においてたわみが 3～8% の範囲で減少、動的試験においては 5～7% の範囲で減少した。また鋼板補強試験によると静的試験においてたわみは 5～9% 減少、動的試験においては 6～10% 減少した。表 2 に静的試験でのたわみの減少率を示す。ただし計算値は完全弾性でひび割れがないという条件のもとで算定した。鋼板補強での実測値と計算値の差は少ないが、

表 2 たわみの減少率

たわみの減少率	算定値	測定値
CFS 補強スパン	1.6%	4.6%
鋼板補強スパン	8.1%	7.0%

CFS 補強における差は大きい。これは、鋼板補強を行った区間と CFS 補強を行った区間での床版劣化の度合いが異なることに起因すると考えられる。また CFS 補強では、予想（算定値）よりも実測での補強効果が大きく、逆に鋼板では予想よりも実測による補強効果は比較的小さかった。これは CFS 補強で用いられたプライマーによりひび割れが修復されたためと考えられる。またプライマー深さを算定したところ、その深さは約 9mm 程度となり、プライマーによるひび割れの修復が確認された。

3.2 ひずみ

補強工法によらず、補強前後ともにひずみは 200 μ 程度であった。CFS 補強スパンでは、静的試験において 2～4%減少、動的試験において 1～5%減少した。また鋼板補強では、静的試験において 1～24%減少、動的試験において 5～27%減少した。表 3 にひび割れの有無を考慮したひずみ算定値と測定値のひずみ減少率を示す。計算値はひび割れが無い場合の方がより実測値に近くなっている。すなわちこの場合、ひび割れがないと想定した方がより現実に近い結果となった。これもプライマーによるひび割れ補修効果によると思われる。

表 3 ひずみ減少率

ひずみ 減少率	算定値		測定値
	クラック有	クラック無	
CFS 区間	11.2%	2.3%	2.4%
鋼板 区間	40.7%	11.8%	18.1%

3.3 固有振動数

2つの加速度計を用いて固有振動数の測定を行なった。表 4 に測定値の平均と計算値を示す。予想値は以下の単純支持梁を考慮した算定式による。

$$f = \frac{\pi}{2L^2} \sqrt{\frac{EI_x}{m}}$$

L : スパン長さ E : 弾性率
 I_x : 内部断面 2 次モーメント
 m : 構造の質量

以上より、固有振動数が単純支持梁の公式からほぼ算定可能であることがわかる。また CFS 補強スパンの固有振動数の変化は、算定値よりも大きくなっている。これらの結果は、たわみおよびひずみの測定結果と同様の傾向を示しており、固有振動数測定により補強効果を確認できることを意味している。よって、ひずみ計測やたわみ計測よりも簡便な固有振動数測定により補強効果を確認するのが望ましいといえる。

4. まとめ

両補強形態に関して補強効果が確認されたが、特に CFS 補強では算定式に比較して高い補強効果が見受けられた。これには施工前に塗布されたプライマーの影響が考えられる。つまり、プライマーがひび割れ部を満たすことによってコンクリート床版の合成を向上したと考えられる。よって、CFS あるいは鋼板補強した床版の剛性を正確に算定するためには、以上の点を考慮した算定式が必要である。また補強効果を確認する方法として、たわみ計測、ひずみ計測、固有振動数計測を行ったが、三者ともに補強効果を確認できた。よってより簡便な固有振動数計測により補強効果の確認を行うのが望ましい。

参考文献

土木学会編：構造工学シリーズ 10 橋梁振動モニタリングのガイドライン，土木学会，1999

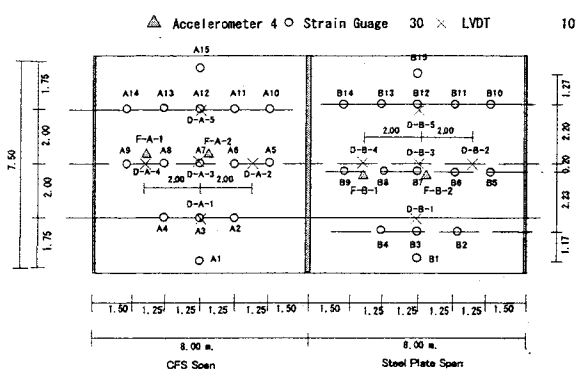


図 3 計測器取付位置

表 4 固有振動数の変化

区間	固有振動数 (Hz)				変化率	
	補強前		補強後			
	算定値	測定値	算定値	測定値	算定値	測定値
CFS	9.28	9.87	9.35	10.24	0.8%	3.8%
鋼板	9.44	10.30	9.85	10.71	4.3%	4.0%