

VI-60

R C ラーメン橋の床版補強効果の確認試験

千代田コンサルタント 正会員 福田 暁 渡部 勇一
首都高速道路公団 正会員 森 清 山本 泰幹

1. はじめに

首都高速道路の鋼橋のR C床版の補強は、従来より縦桁増設工法や鋼板接着工法によって行っている。しかしながら、本文で対象としたR Cラーメン橋の床版については、補強事例がほとんどない。そこで、高速道路上の交通規制が不要な工法として、炭素繊維接着工法と床版下面増厚工法を試験的に採用し、その補強効果を確認するため、現地載荷試験を行った。

本報告は、上記2つの床版補強工法の補強効果について述べるものである。

2. 補強の概要

対象橋梁は、昭和43年に供用開始された3径間連続のR Cラーメン橋（橋長 $L=3@14.7=44.1\text{m}$ ）である（図-1）。炭素繊維接着工法、床版下面増厚工法による補強を側径間のそれぞれ走行車線側、追越車線側の床版に各3格間ずつ施した。炭素繊維接着工法は、既設鉄筋の応力度が許容範囲内となるように、高弾性タイプ（弾性率： $3.8 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$ ）の一方方向性の幅250mmの炭素繊維シートを主鉄筋方向、配力鉄筋方向に各々2層ずつ、100mmの隙間を空けて格子状に接着した。また、下面増厚工法も同様の補強方針で、補強鉄筋（D 6 @ 50）を床版下面に配置し、PAE系ポリマーセメントモルタルにより18mmの床版の増厚を行った。

3. 試験方法

載荷試験は、総重量20tonfの3軸車両を用いて、床版の格間中央に後前輪の中心を置き、静的に載荷する。

計測は、既設床版の圧縮、引張両鉄筋にひずみゲージを設置して行う。また、主桁との相対変位についても計測を行っている。

4. 補強前後の剛性の変化

床版コンクリートの引張部を無視した断面（以下、R C断面と呼ぶ）から、全断面を有効とした断面（以下、全断面と呼ぶ）まで、床版の剛性を変化させて、4辺固定の薄板モデルによってF E M解析を行い、床版の格間中央部での変位を求めた。解析結果を図-2に示す。

炭素繊維接着工法による補強前後の計測値を図中にそれぞれ△、▲印で示す。補強前△印は、R C断面○印と全断面□印の間で、R C断面側に近く損傷が進行していることが分かる。補強後▲印は、全断面■印に近づき、炭素繊維を接着したことによる補強効果がみられる。補強前後の計算上の剛性変化は、R C断面と仮定した場合は補強前 $122 \text{ cm}^4/\text{cm}$ から補強後 $174 \text{ cm}^4/\text{cm}$ と約40%増であるが、計測値から

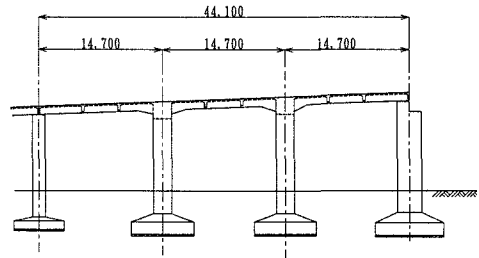


図-1 補強対象橋梁の側面図

表-1 鉄筋応力度の照査結果(kgf/cm²)

部 位	荷 重	補強前	炭素繊維 補強後	下面増厚 補強後
主 筋	活荷重	1,680	1,098	863
	死荷重	176	176	176
	合 計	1,856…NG	1,274…OK	1,039…OK
配力筋	活荷重	2,782…NG	1,164…OK	939…OK

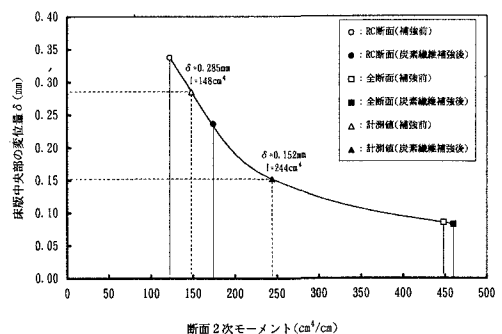


図-2 炭素繊維接着工法による剛性の変化

推定される剛性は、補強前 $148\text{cm}^4/\text{cm}$ から補強後 $244\text{cm}^4/\text{cm}$ で、約65%増と計算値よりも大きく増加している。

5. 補強前後の有効断面の変化

計測した鉄筋ひずみより、外力に抵抗していると考えられるコンクリートの引張部を考慮した有効断面を推定し、補強前後のひずみ分布と有効高さの変化の検討を行った。

コンクリートの引張部を含めた有効高さを h とすれば、式(1)に示すようにひずみ ε は h の関数となる。したがって、計測したひずみから、式(1)により有効高さを求めることができる。

$$\varepsilon = M \cdot (d - x) / \{E \cdot I(h)\} = M \{E \cdot Z(h)\} \cdots \cdots (1)$$

ここに、 M ：曲げモーメント ($\text{kgf} \cdot \text{cm}$)

E ：コンクリートの弾性係数 (kgf/cm^2)

d ：上縁から鉄筋までの距離 (cm)

I ：断面2次モーメント (cm^4/cm)

x ：有効高さ h における断面の中立軸位置 (cm) Z ：断面定数 (cm^2)

式(1)より求めた補強前後のひずみ分布を図-3に示す。炭素繊維により補強を行った部分では、補強前の有効高さが $h=9.1\text{cm}$ であったものが、補強後は $h=11.7\text{cm}$ となり、炭素繊維を接着したことによって、外力に抵抗するコンクリートの引張部が見かけ上大きくなることが分かる。また、補強前後の引張鉄筋の応力度は、 $250\text{kgf}/\text{cm}^2$ から $131\text{kgf}/\text{cm}^2$ と52%に減少している。補強前有効断面に炭素繊維を加えた場合が $182\text{kgf}/\text{cm}^2$ であることから、単に引張材を加えた以上の応力低減効果が得られることを示している。

下面増厚による補強を行った部分でも、補強前後の有効高さは $h=12.1\text{cm}$ から $h=13.8\text{cm}$ に変化し、引張鉄筋応力度は $151\text{kgf}/\text{cm}^2$ から $84\text{kgf}/\text{cm}^2$ と56%に減少している。また、補強前有効断面に補強鉄筋を加えた場合の応力度が $110\text{kgf}/\text{cm}^2$ （補強前の73%）となることから、下面増厚補強部においても炭素繊維補強部と同様に、単に引張材を加えた以上の応力低減効果が得られることが分かる。

6. まとめ

現地載荷試験とその後の解析により、RCラーメン橋の床版の補強効果を検討した結果、以下の点が確認できた。

- ① 計測変位から推定した炭素繊維接着工法による補強後の剛性は、補強前の約65%増となる。
- ② 既設鉄筋のひずみ計測結果から、炭素繊維接着工法、床版下面増厚工法ともに、補強後の鉄筋ひずみ（引張鉄筋応力度）が補強前の約半分となる。
- ③ 炭素繊維接着工法、床版下面増厚工法ともに、コンクリートの引張部を含めた有効断面が拡大しており、単に引張材を加えた以上の補強効果が得られると考えられる。

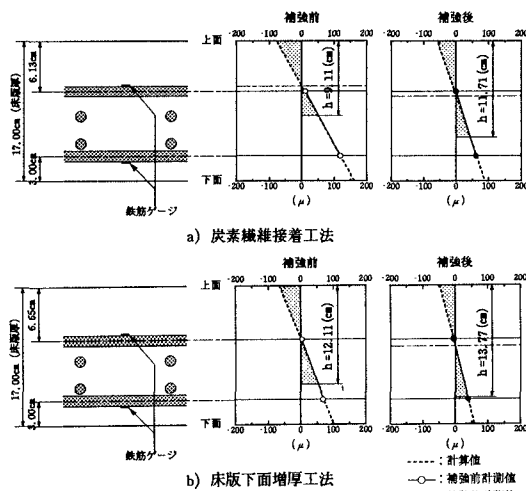


図-3 補強前後のひずみ分布図

表-2 補強前後の有効高さ h と計測ひずみより求めた鉄筋の応力度 σ_s

a) 炭素繊維接着工法

	有効高さ $h(\text{cm})$	鉄筋の応力度 $\sigma_s(\text{kgf}/\text{cm}^2)$	σ_s の比率
補強前	9.11	250.3	1.00
補強後*	9.11	182.0	0.73
補強後	11.71	131.4	0.52

b) 床版下面増厚工法

	有効高さ $h(\text{cm})$	鉄筋の応力度 $\sigma_s(\text{kgf}/\text{cm}^2)$	σ_s の比率
補強前	12.11	150.7	1.00
補強後*	12.11	110.4	0.73
補強後	13.77	84.0	0.56

*補強前の有効高さから求めた値