

## 炭素繊維プレートを用いた新しいプレストレス導入補強工法の適用

アウトプレート工法研究会 事務局 正会員 ○ 高橋 輝光  
 (株) 高速道路総合技術研究所 橋梁研究室 正会員 大城 壮司  
 中日本高速道路(株) 名古屋支社 改良チーム 竹内 彰隆  
 中日本高速道路(株) 八王子支社 八王子保全・サービスセンター 森北 一光

### 1. はじめに

貴重な社会資本として、高度成長期に大量に建設された高速道路ネットワークは、現在、円熟期を迎えている。それらの重要なネットワーク上にある橋梁の中には、建設当時想定されなかった劣化の顕在化や通行車両の大型化に伴い補修補強が必要となる橋梁が、増加していくと考えられる。

そのような状況の中、費用対効果が高い新たな補強技術が望まれており、本稿は、NEXCO グループにおいて将来的に必要と考えられる新技術を適用した事例を報告するものである。



写真-1 炭素繊維プレートの設置状況 (調布高架橋)

### 2. 工法概要

本工法は、炭素繊維プレート (炭素繊維強化ポリマー製) に 200kN 前後の有効緊張力を導入して、コンクリート部材に定着し、炭素繊維プレートをコンクリート部材に接着することで、曲げ耐力の向上とひび割れ制御を図る補強工法である。本工法の補強概念図を図-1 に示す。

本工法では、他のプレストレス導入工法と同様に、死荷重による応力や変形を改善することができ、発生ひび割れを積極的に制御することが可能である。また、定着部近傍への負荷が小さいため、定着に伴う支圧、割裂、背面引張応力に対する補強が不要である。

さらに、本工法は、本線上の車線規制を伴わない、下面からのみで補強可能な工法である。連続桁構造において支間中央部の下面のみに配置した場合でも、中間支点に対し導入プレストレスの不静定力を利用することにより、主桁上縁の引張応力に対して、補強効果を得ることができる。

表-1 に引張耐力が異なる 2 種類の炭素繊維プレート緊張材の材料特性 (設計用値) を示す。緊張材の仕様は、炭素繊維プレートがガラス繊維ならびに不織布で被覆されており、プレートの総厚は 3mm である。また、炭素繊維プレート緊張材の導入プレストレス力は P C 鋼材と同様に引張耐力の 60% としている。

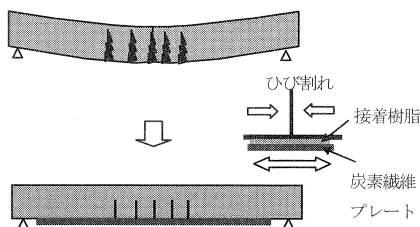


図-1 補強作用のメカニズム

表-1 緊張材の材料特性 (設計用値)

緊張材の呼称	240kN 型	360kN 型
補強繊維	高強度カーボン・ガラス繊維	高強度カーボン・ガラス繊維
幅 (mm)	50.0	75.0
厚さ (mm)	3.0 (2.0)	3.0
公称断面積 (mm <sup>2</sup> )	100	225
引張耐力 (kN)	240	360
引張弾性率 (N/mm <sup>2</sup> )	1.20 × 10 <sup>5</sup> (1.65 × 10 <sup>5</sup> )	1.2 × 10 <sup>5</sup>
純リラクセーション	6.0%	

注) 240kN 型緊張材の ( ) 内数値は、補強繊維が高強度カーボンのみの CFRP プレートによる緊張材の場合を示す。

3. NEXCOにおける施工実績

NEXCOにおける施工実績は表-2に示すとおり、現在までに中央自動車道の本線橋の4橋を補強した実績があり、いずれの橋梁も建設後約30年が経過しており、大型自動車の交通状況に応じたB活荷重への対策として実施された。

表-2 NEXCO 施工実績表

No	年度	橋梁名	事務所(サ-ビスセンター)	構造型式	緊張材	補強目的
1	15	調布高架橋	JH 八王子管理	RC3 径間連続箱桁橋	240kN	B活補強
2	17	藤川橋	JH 多治見管理	PC3 径間連続合成桁橋	240kN	B活補強
3	18	泉橋	NEXCO 多治見保全	PC 単純 Pos-T 桁	360kN	B活補強
4	18	府中高架橋	NEXCO 八王子保全	RC2 径間連続中空床版橋	240kN	B活補強

4. 採用時における技術検討

本工法を初めて採用した調布高架橋(都計213橋)では、技術検討会(JH 試験研究所, JH 東京管理局 [西局], JH 八王子管理事務所, 施工者[工法開発者])を設け、本工法における課題を整理し、本橋への適用性の向上を目標に検討を実施した。

(1) 検討課題

本工法の基本性能と効果は、既往の実験等でほぼ確認されていたが、本橋の条件に対する適用性や実用性の向上を図るため、課題を整理し検討を行った。

主な検討課題を表-3に示すとともに、検討内容を以下に示す。

(2) 定着部の安全性

既設コンクリート(24N/mm<sup>2</sup>)の強度低下を想定して、定着部の安全性確認のため、低強度コンクリート(21N/mm<sup>2</sup>)を用いた試験体を製作し、プレストレス導入試験を実施した。定着アンカーには、市販のショートタイプの樹脂アンカーを用い、削孔から定着および緊張までの実工事を再現して実施した。

事前に実施した定着部付近のFEM解析結果を図-2に、試験結果を表-4に示す。

定着部付近の発生応力度は、解析値とほぼ近似しており、試験体のコンクリートに悪影響を与えない値であった。さらに、ひび割れも観察されなかったことから、低強度のコンクリートに対する定着部の安全性が確認できた。

表-3 検討課題

課題	検討内容
定着部の安全性	・低強度コンクリート(21N/mm <sup>2</sup> )に対する安全性 ・ショートタイプ(埋込長7φ)の樹脂アンカーの適用性 ・定着部付近の引張および圧縮応力度状態
定着部の改良	・炭素繊維プレートを偏向して定着した場合の安全性
定着部の防錆	・定着体の防錆構造、 ・保護カバーのグラウト充填性および落下防止の機能
損傷時の安全性	・炭素繊維プレート損傷時の挙動
補強効果	・実橋載荷による効果検証 (補強の前後に既知荷重車[45t 7アタ-クレーン]を載荷)

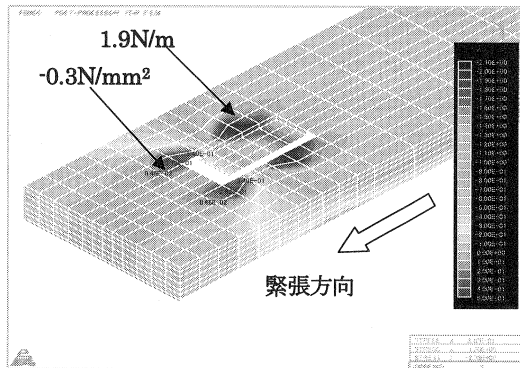


図-2 160kN緊張時の橋軸方向応力分布(主桁下縁)

表-4 解析値及び測定値一覧表

	解析値	測定値	許容値(参考値) (N/mm <sup>2</sup> )
圧縮	1.9	2.35	8.4 (0.4f <sub>ck</sub> )
引張	-0.3	-0.38	-1.8 (ひび割れ発生限界 f <sub>tdc</sub> )

(3) 定着部の防錆

本工法は、定着体に保護カバーを設け、グラウトを注入するが、その充填性を試験で確認した。

(4) 損傷時の安全性

炭素繊維プレートを故意に損傷させ、破断挙動時の安全性を確認した。

(5) 定着構造の改良

本橋では、図-3のように純かぶり分をはつり、固定プレートをはつり部分に配置するタイプで計画していたが、かぶり不足があっても定着が可能な様に、図-4に示すように中間定着体Aを用い、炭素繊維プレートを偏向させて定着する方法を提案した。

この改良案の安全性を確認するため、試験を実施し、炭素繊維プレートの偏向配置において、緊張力の摩擦損失や破断時挙動に対する影響を測定し、新しい定着構造を実現した。この新しい定着構造により、プレテンション桁のような桁下面をはつりにくい橋梁や鋼橋への定着が可能となった。

(6) 支間中央付近の補強効果検証

補強効果を実橋で確認するため、載荷試験を実施した。

本橋は、240kN型の緊張材が1径間あたり6本配置されており、載荷試験では、補強の前後に既知荷重車(45t ラフタークレーン)を載荷して、補強効果を確認した。既知荷重車の荷重は、支間中央に発生する最大曲げモーメントに対してB活荷重と比較した場合、B活荷重の26.3%に相当する。

表-5に示すとおり、実験値と解析値

も近似した結果となり、ほぼ想定した補強効果が検証され、「鉄筋引張応力度の低減」、「たわみの回復」、「ひび割れ幅の抑制」等の効果があることがわかった。また、緊張後も定着体付近にひび割れが発生しなかったことから、比較的強度が低いRC橋に対する「定着部付近の安全性」が確認できた。

5. 適用技術の検証

本技術の特徴を検証するため、プレストレス導入工法による補強の中で最も一般的な外ケーブル工法と本工法をJH多治見管理事務所管内の藤川橋(図-5)を対象に、工費や工期について比較した。本補強の目的は、大型自動車の交通状況に対応したB活荷重への対策である。本橋は、側径間部が単純桁、中央径間部

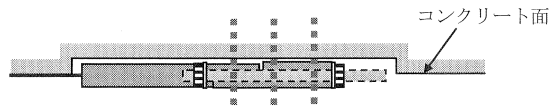


図-3 はつりタイプ

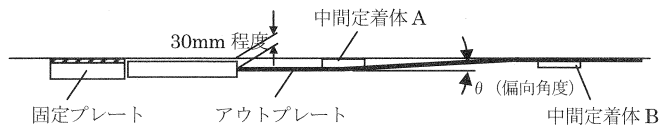


図-4 偏向定着タイプ

表-5 補強効果(実橋載荷試験)<sup>1)</sup>

項目	結果			備考 (解析値)
	補強前	補強後	補強効果	
鉄筋引張応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	9.8	7.8	20.4% 減少	8.9
ひび割れ幅 (mm)	0.226	0.188	16.8% 減少	
ひび割れ深さ (mm)	153	138	9.8% 減少	
たわみ (mm)	1.53	1.07	30.1% 減少	0.92
固有振動数 (Hz)	4.4	5.2	18.2% 増加	5.393

注) 解析値は、FEM 解析の結果から抽出した。

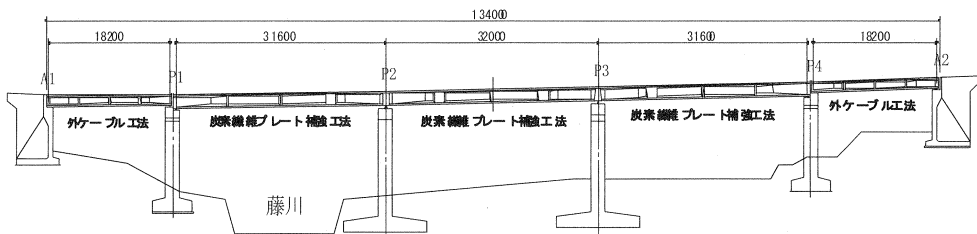


図-5 藤川橋の補強

が3径間連続桁で構成された5径間のPC合成桁である。補強は、必要補強量の相違から側径間が外ケーブル工法、中央部3径間が炭素繊維プレート緊張工法で実施した。

側径間の工事実績から、中央径間を外ケーブル工法で補強した場合の工費や工期を算定し、外ケーブル工法と本技術の特徴を比較した。

表-6に示すとおり、工事期間、工事費ともに本工法の方が比較的良好的な結果となり、プレストレス導入補強工法の中で、本技術の特徴が実証された。

## 6. 本技術の近況

これまでの本工法に対する性能試験や検証により確認された新技術は、費用対効果が認められ、さらなる合理化にむけて、各工事で検討・計画を行い、平成18年度において、2橋の補強実績が出来たのでここで紹介する。

### (1) 泉橋 (NEXCO 多治見保全・サービスセンター)

泉橋(写真-2)は、岐阜県土岐市泉町に位置する中央自動車道の本線橋(3径間PC単純T桁橋の内、P1~P2 1径間:上下線)の主桁補強工事である。

### (2) 府中高架橋 (NEXCO 八王子保全・サービスセンター)

府中高架橋(住吉橋)(写真-3)は、東京都府中市住吉町に位置する中央自動車道の本線橋(2径間RC連続中空床版橋:2径間上下線)の床版補強工事である。

## 7. おわりに

今後不可欠な長寿命化対策の計画において、必要性が高い新しい補強技術が適切に評価され、費用対効果や実用性に優れた技術を適用することは極めて重要である。その例として、アウトプレート工法研究会とNEXCOグループで検討してきた本工法を紹介したが、現在、本工法は技術を更に充実させるとともに、アウトプレート工法研究会では、

表-6 施工完了後の工法比較<sup>2)</sup>

工 法	外ケーブル工法	炭素繊維プレート工法
主要数量	48本	24本
工事費	1.13	1.00
工事期間	2.3ヶ月	1.3ヶ月(資材製作期間を除く)
景 観	△	○補強痕が残るが目立たない。
評 価	△	◎



写真-2 緊張作業状況 (泉橋)

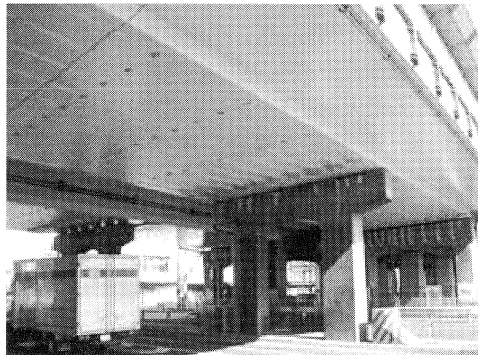


写真-3 補強後の状況 (府中高架橋)

要領等の技術資料整備に向けて検討作業を進めている。

最後に、本工法の適用に際して、御尽力頂いた関係各位に心からお礼を申し上げます。

## 参考文献

- 1) 藤田真実, 松田義則, 高橋輝光, 井村正和, 駒田憲司: 調布高架橋のアウトプレート工法による補強工事と実橋載荷試験, 橋梁と基礎 Vol. 38, No. 10, pp15~19, 2004. 10
- 2) 富藪光文, 吉岡憲一, 渡部雄二, 金丸辰也: 中央自動車道 藤川橋における炭素繊維プレート補強工法採用の妥当性についての検討, 第15回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, pp351~354, 2006. 10