

炭素繊維プレート緊張工法における定着部と偏向構造の確認試験および実橋載荷試験

ドーピー建設工業 (株) 正会員 工修 ○鳥屋 隆志  
 日本道路公団 東京管理局 藤田 真実  
 ドーピー建設工業 (株) 正会員 安森 浩  
 日鉄コンポジット (株) 工修 小林 朗

1. はじめに

一般に、現場打ち施工の中空床版橋や箱桁橋のような構造形式に対する補強方法として、主桁の曲げ耐力の向上、超過した応力や変形の改善などの理由から、プレストレス導入工法が望まれることが多い。しかしながら、交通規制ならびに桁下の建築限界などの制約条件より、外ケーブルによる工法を適用することが困難な場合がある。

一方、炭素繊維プレート緊張工法 (以下、アウトプレート工法という。) は、炭素繊維プレートにプレストレスを導入し、既存コンクリート面に固定アンカーで定着する工法であり、橋梁の補強方法として、施工性に優れ、補強後の景観も損なわない工法であることが報告されている<sup>1)~2)</sup>。

本論では、中央自動車道の調布高架橋 (都計 213 橋) の補強工事で採用されたアウトプレート工法に関して、事前実施した定着部安全性確認試験および偏向構造のプレストレス導入試験、また実橋において実施した補強前後の載荷試験について、その概要を報告する。

表-1 橋梁概要

工事名	中央自動車道 国立橋床版補強工事
発注者	日本道路公団 東京管理局 八王子管理事務所
構造形式	3 径間連続 RC 箱桁橋 (上り線, 下り線)
橋長	63.586m, (64.027m), 以下 ( ) 内は下り線
支間	19.465+23.829+19.492m (19.609+24.010+19.608m)
有効幅員	12.459~10.830m, (10.450m)
荷重	TL-20 → 補強後 B活荷重

2. 橋梁概要と補強方針

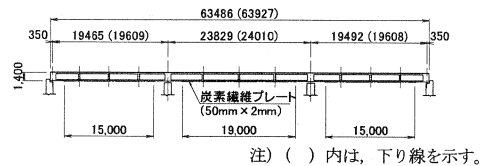
表-1 に橋梁概要を示す。都計 213 橋は、東京都調布市内の調布 IC の近くに位置する供用後 28 年が経過している 3 径間連続 2 室 RC 箱桁橋である。本橋は、近年の交通量の増加と経年劣化により、主桁の下床版のコンクリートに橋軸直角方向の曲げひび割れが多数発生していた。これに対する補強工法として、主桁曲げ耐力の向上、超過応力および変形、ならびに既存ひび割れの改善のため、プレストレス導入工法のうち、アウトプレート工法が採用された。

図-1 に構造一般図を示す。

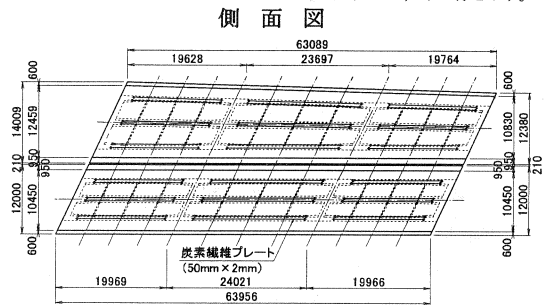
3. 定着部に対する安全性確認試験

(1) 試験概要

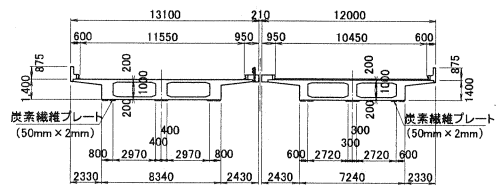
本橋のコンクリート強度は 24N/mm<sup>2</sup> であり、床版下面および側面にひび割れなどの損傷が生じていた。本工法はアウトプレート定着部に特に補強を必要としないことから、定着部付近のコンクリ



注) ( ) 内は、下り線を示す。



平面図



断面図

図-1 構造一般図

ート性状に対しての適用範囲を把握するため、定着部の安全性確認試験を行った。

試験体は、幅 1,000mm、長さ 5,500mm、厚さ 200mm の RC 版とし、コンクリートの圧縮強度を  $21\text{N/mm}^2$  とした。図-2 に試験体概要を示す。

本工法の定着部の固定アンカーは、引張力が発生せず、プレストレスの水平力のみが作用する純せん断の挙動である。試験体の固定アンカーは、埋め込み長を市販の樹脂アンカーのショートタイプ程度の長さ (130mm~150mm) とした。

この試験体を用いて、実際工事の作業手順にもとづき、アウトプレートによるプレストレスの導入試験を実施した。

(2) 試験結果および考察

試験体のコンクリート材齢が 21 日時にアウトプレートを引張強度 (230kN) の 70% に相当する初期緊張力 160kN で緊張した結果、コンクリートのひずみゲージにより計測された定着部付近の最大の引張ひずみは、 $16.3\mu$  (応力度換算値  $0.38\text{N/mm}^2$ ) であった。

また、定着部に発生する応力度について、試験体を再現したモデルによる FEM 解析を実施し、計測値と比較した。FEM 解析における版軸方向の応力度分布を図-3 に示す。

計測値は、解析値を若干超えるものの、コンクリート標準示方書に従って算出したひび割れ発生限界値の  $1.8\text{N/mm}^2$  と比較すると、最大で 21.1% の引張応力度であった。したがって、比較的強度が低いコンクリート部材に対しても、アウトプレートの緊張定着による定着部付近の引張応力による影響は小さく十分安全であることが確認された。

4. 偏向構造のプレストレス導入試験

(1) 試験概要

アウトプレート工法では、定着部において、緊張に必要な空間を確保するため、幅 230mm、長さ 1000mm、深さ 30mm 程度の寸法のコンクリートをはつらなければならない。しかし、鉄筋かぶり不足など、はつりの深さが十分に確保できない場合の対処方法が必要となる。そこでアウトプレートを僅かながら偏向させる構造形式の検討を行うこととした。アウトプレートを偏向させると、摩擦と偏向によりによりプレ

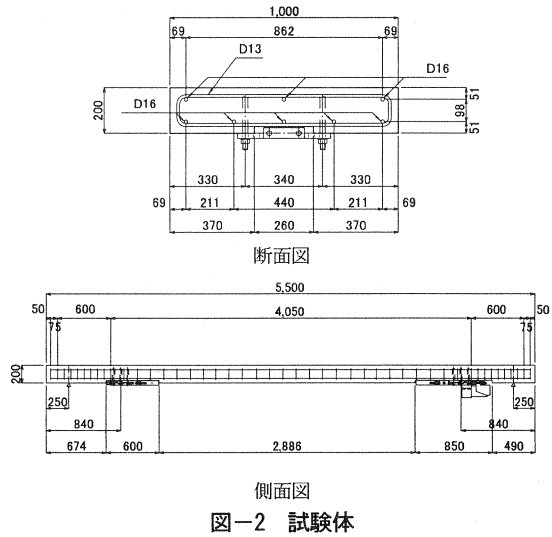


図-2 試験体

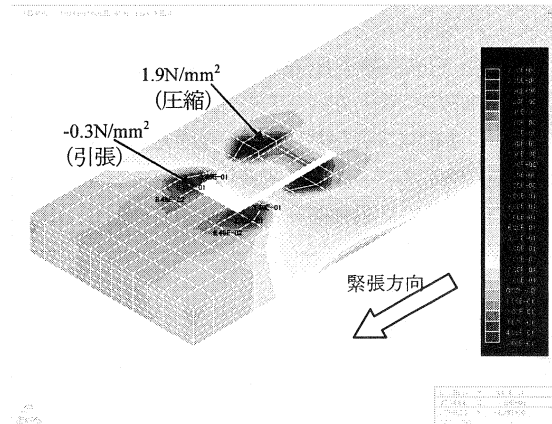


図-3 版軸方向の応力分布

ートの緊張定着による定着部付近の引張応力による影響は小さく十分安全であることが確認された。

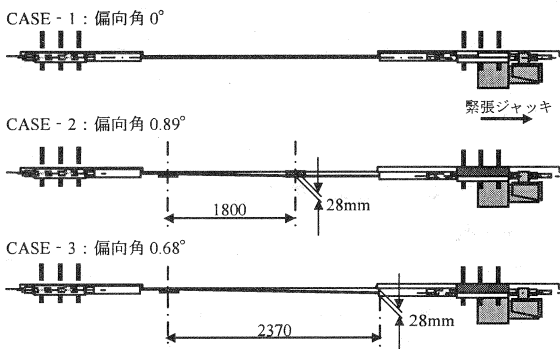


図-4 偏向角の種類

トレス力が減少し、既往の緊張管理で適切なプレストレス力が導入できない可能性がある。そこで、前章で使用した試験体に偏向装置を設け、プレストレスの導入試験を実施した。

試験は、図-4に示すように、中間定着体を利用することにより、アウトプレートに0度、0.89度、0.68度の偏向角を設けた3ケースを実施し、前章と同様に160kNの初期緊張力で緊張した。

(2) 試験結果および考察

試験の結果、アウトプレートのプレストレス力は、偏向角が無いCASE-1に対して、CASE-2とCASE-3を比較すると、マンメーター示度を一定とした場合、炭素繊維プレートの引張りひずみは、それぞれCASE-2が7.2%、CASE-3が5.3%低下しており、偏向による摩擦の影響でプレストレス力が減少していることが確認された。しかし、このプレストレス力の減少量は、現状のマンメーター示度とアウトプレートの伸び量による緊張管理において、±10%の管理限界で十分管理できる量であり、所要のプレストレス量を導入することが十分可能であると判断できる。

5. 実橋による載荷試験

(1) 試験概要

載荷試験は既知荷重車（ラフタークレーン：車重368.4kN）を使用し、載荷による正の曲げモーメントが最大になるように、図-5に示す支間中央付近の3ケースに対して実施した。

計測項目は橋軸方向の鉄筋ひずみ、コンクリートのひび割れ幅、および支間中央のたわみとし、それぞれひずみゲージ、π型ゲージ、および高感度変位計を使用し計測を行った。計測箇所は下り線の側間部とし、載荷試験はアウトプレート定着前（補強前）と定着後（補強後）に実施した。また、補強前後のひび割れに対し、超音波法によるひび割れ深さの検出も併せて実施した。

(2) 計測結果

図-6に実橋載荷試験の計測結果を、表-2に補強効果のまとめを示す。計測値の鉄筋応力度は、簡易的に検知されたひずみ値にヤング係数(2.0×10<sup>5</sup>N/mm<sup>2</sup>)を乗じて算出した。なお、本工事では、ひび割れ注入工法も併用しているため、工程の関係上、補強後の計測時には、計測対象以外のひび割れに対して注入工事が完了した状態であった。

① 鉄筋の引張応力

補強前後の載荷によりS1（支間中央・中央）に発生した鉄筋の引張応力度は、補強前、補強後に対

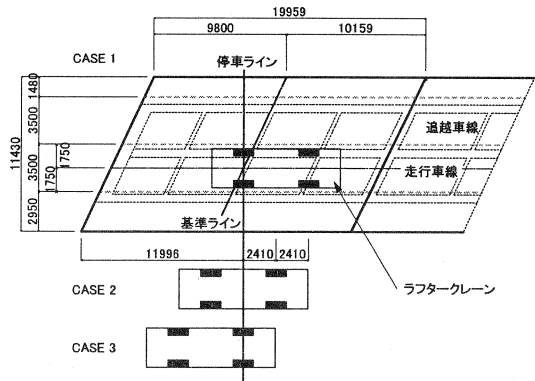


図-5 既知荷重車による載荷位置図

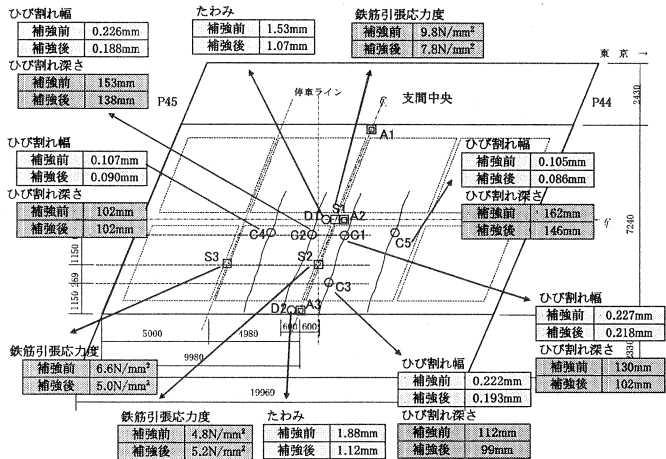


図-6 補強前後の載荷試験結果

表-2 計測結果のまとめ

項目	測定位置	結果		
		補強前	補強後	補強効果
鉄筋引張応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	S1	9.8	7.8	20.4%減
ひび割れ幅 (mm)	C2	0.226	0.188	16.8%減
ひび割れ深さ (mm)	C2	153	138	9.8%減
たわみ (mm)	D1	1.53	1.07	30.1%減

し、それぞれ 9.8N/mm<sup>2</sup>、7.8 N/mm<sup>2</sup>に推移しており、応力度比で 20.4%減少した。

### ② コンクリートのひび割れ幅とひびわれ深さ

補強前後の荷重による C2（支間中央・中央）のひび割れ幅は、0.226mm から 0.188mm に、16.8%減少しており、それと相関してひび割れ深さも浅くなる方向に推移している。既存ひび割れは、プレストレスの導入により、直接的に閉口され、荷重によるひび割れ開口量が小さくなることがわかった。

### ③ たわみ

補強前後の荷重による D1（支間中央・中央）のたわみは、1.53mm から 1.07mm に、30.1%減少しており、壁高欄側の D2 では、1.88mm から 1.12mm に、40.4%減少した。

### (3) 考察

以上の結果より、鉄筋の引張応力度および荷重荷重によるたわみが補強前後で減少していることから、本工法のプレストレスの効果により、補強前のひび割れによる剛性低下断面が回復し、主桁剛性が向上することが確認できた。また、ひび割れ幅または深さが補強前後で小さくなる方向に推移していることから、本工法のプレストレスの効果により、耐久性が向上することが確認できた。

## 6. まとめ

本報告では、アウトプレート工法に関して、定着部の安全性確認試験、偏向構造のプレストレス導入試験、および実橋における補強前後の荷重荷重試験を実施した結果、次のまとめを得た。

- ① アウトプレート工法では、比較的強度が低いコンクリート部材に対しても、アウトプレートの定着は十分安全であり、引張応力による悪影響を及ぼさない。
- ② アウトプレートを偏向させて設置する場合、偏向角と摩擦力によりプレストレス力が減少するが、その量は±10%の管理限界で十分管理できる量であり、所要のプレストレス量を導入することは十分可能である。
- ③ 補強前後の既知荷重車による荷重試験結果によれば、最も顕著に表れた補強効果はたわみであり、プレストレスの効果により主桁剛性が大幅に改善されていることが確認できた。さらに、鉄筋応力やひび割れ性状の改善により、耐荷性ならびに耐久性についても確実に向上していると考えられ、本工法は損傷の生じている RC 橋に対して、極めて有効な補強工法であるといえる。

最後に、本報告が、同様な補強工事に対する一例として、参考になれば幸いである。

### 参考文献

- 1) 濱田譲, 井上真澄, 小林朗, 高木宣章, 児島孝之: 緊張した炭素繊維プレートによる既設コンクリート部材の補強に関する研究, 土木学会論文集, No.711/V-56, pp.27-44, 2002.8
- 2) 安森浩, 高橋輝光, 濱田譲, 小林朗: 炭素繊維プレート緊張システムの開発, 第12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, pp.609-612, 2003.10