

炭素繊維プレート緊張システムの開発

ドーピー建設工業 (株) 正会員 ○安森 浩
 ドーピー建設工業 (株) 正会員 高橋 輝光
 ドーピー建設工業 (株) 正会員 工博 濱田 譲
 日鉄コンポジット (株) 正会員 工修 小林 朗

1. はじめに

供用開始後の橋梁は、交通量の増加や融雪剤の散布、風雨や日射による気象の影響を受け、橋梁の劣化や損傷に対して、厳しい条件下にある。特に、近年の兵庫県南部地震、三陸南地震による橋梁被害や社会のニーズに応じた物流の増加に伴い、補強が必要な橋梁が増加している。

今回、開発した図-1の工法は、コンクリート橋梁の主桁下面に炭素繊維プレート緊張材（以下はアウトプレートという。）を緊張して接着することで、そのプレストレス力により、既設橋の曲げ耐力を補強する工法である。

写真-1の山形県・鏡橋（4径間連続PC3主桁桁歩道橋）において、アウトプレート工法により、補強工事を初めて実施した。その後、新緊張システムの開発のため、緊張性能の向上を図り、性能確認試験を実施した。本論文は、この試験報告を行うものである。

2. プロトタイプから新緊張システムへの開発

既設橋の補強作業では、狭い吊足場内における作業が想定されるため、緊張ジャッキの軽量化ならびに緊張システムの向上を目的に緊張システムを改良した。緊張システムの開発理念は、定着に必要な主桁切り欠き量の低減および緊張性能の向上である。以下に、改良前後の緊張システムについて説明する。

1) プロトタイプ緊張システム

山形県の鏡橋で使用した図-2のプロトタイプは、ジャッキ反力金具を使用して主桁にプレストレスを導入し、緊張後に撤去する。この緊張システムは、ジャッキ反力金具を使用することで、緊張スペースと主桁切り欠き量を縮小できた。しかしながら、ジャッキ反力金具と緊張ジャッキが重く、作業性が悪いことが課題であった。

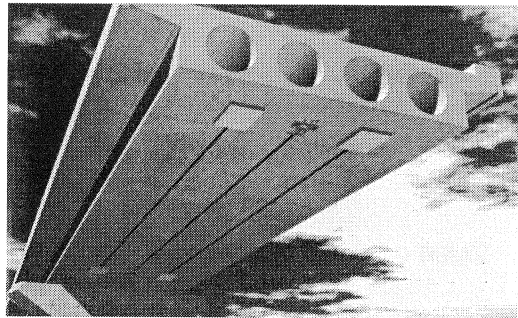


図-1 アウトプレート工法の概念図

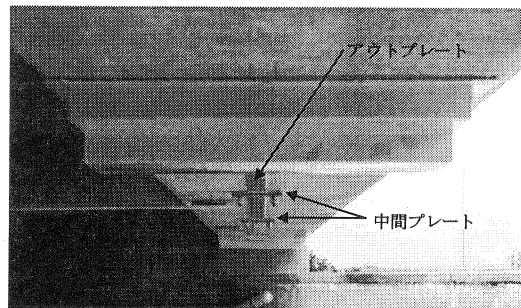


写真-1 鏡橋の補強状況

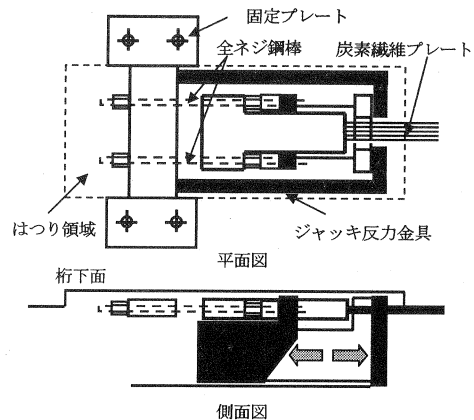


図-2 プロトタイプの緊張システム

2) 新緊張システム

改良後の新緊張システムは、ジャッキ反力金具を使用せず、固定プレートに直接緊張ジャッキをボルトで装着する方式を採用した。写真-2の改良型緊張ジャッキは、緊張能力を150kNから250kNに向上させ、ジャッキ構造を反力台ブロックとシリンダー部分に分割して、材質にチタンとアルミを採用した。これにより、改良型緊張ジャッキの全重量は、26kg/組に抑えられた。

この改良型ジャッキによる緊張システムの概要を図-3に示す。

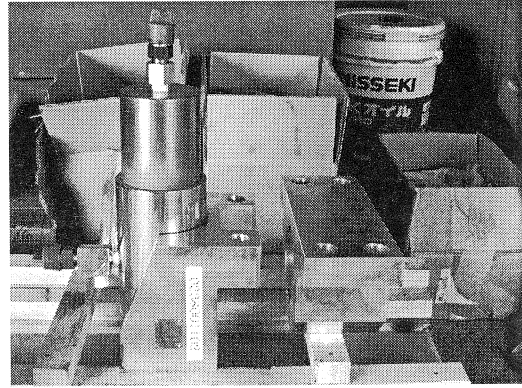


写真-2 改良型緊張ジャッキ

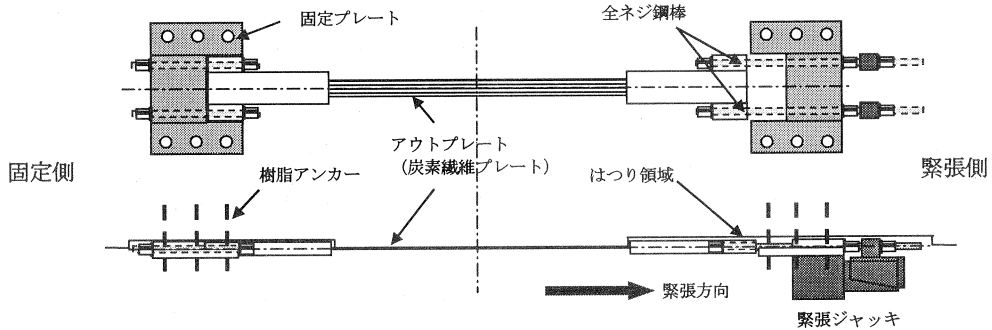


図-3 緊張システムの概要

3. 試験目的

本試験の目的は、改良型緊張ジャッキによる緊張システムの性能確認であり、アウトプレートに対するプレストレスの導入効果に着目して、以下の事項を確認した。

- 1) 改良型緊張ジャッキに対して
 - ①使用性の確認
 - ②ジャッキの摩擦損失
- 2) 緊張システム全体に対して
 - ①定着体の摩擦損失
 - ②アウトプレートとコンクリート下面の摩擦損失
 - ③定着体の耐荷機構
 - ④緊張時の主桁のたわみや不陸の影響

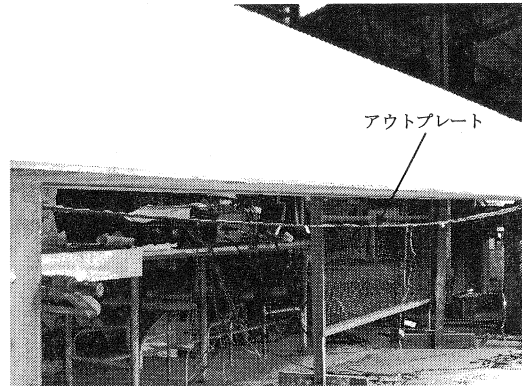


写真-3 試験状況

4. 試験方法

写真-3のRC梁下面に対して、アウトプレート (2mm×50mm) を配置して、改良型緊張ジャッキで片引き緊張をした。図-4.5に試験体の構造を示す。RC梁の下には、緊張作業のため、1m程度の作業空間を確保した。アウトプレートの張力は、アウトプレートに貼り付けたひずみゲージと全ネジ鋼棒に取り付けたロードセルにより測定した。また、定着部に曲げモーメントが発生している可能性があるため、樹脂アンカーにロードセルを取り付けて、引張力を測定した。

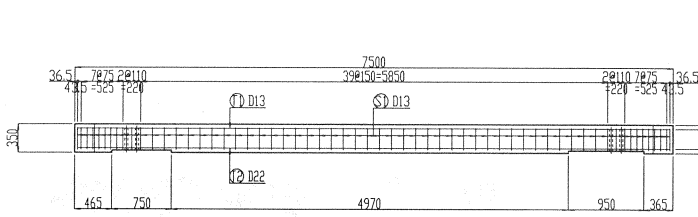


図-4 試験体側面図

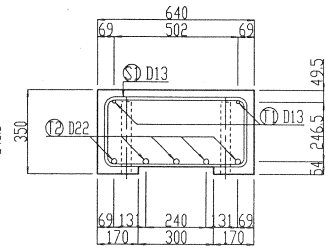


図-5 試験体断面図

アウトプレートは、固定プレートに2本の全ネジ鋼棒(直径20mm)で定着する。定着時の固定プレートに発生する摩擦の影響を検討するため、孔径が22mmと26mmの固定プレートに対して、緊張を実施した。

5. 改良型緊張ジャッキのキャリブレーション

緊張ジャッキは、アウトプレートに張力を伝達する爪部とシリンダー部分が偏心した構造のため、通常のジャッキに比べ、ジャッキ内の摩擦損失が大きい。キャリブレーションは、写真-4の500kNループ計を使用し、ブルドン管圧力計により測定した。表-1のキャリブレーション結果から、摩擦損失を8.3%見込み、初期導入緊張力を169.3kNとした。

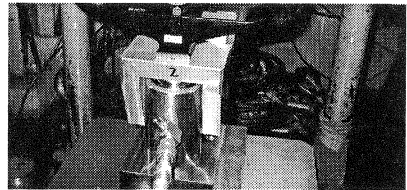


写真-4 キャリブレーション状況

6. 試験結果

1) 改良型緊張ジャッキに対する使用性

本試験で改良型緊張ジャッキを使用した結果、ジャッキの軽量化により、緊張時の作業性が著しく向上し、緊張性能が安定していた。また、アウトプレートの緊張管理として、緊張力が169.3kN導入時の伸び量は、数回の緊張を実施した結果、設計値に対して0.6%~6.0%の誤差があったが、緊張ポンプの荷重計示度と伸び量による管理範囲±10.0%以内で十分管理できた。

表-1 キャリブレーション

出力 (kN)	表示 (MPa)	ロス率 (%)
50	13.6	4.5
100	28.2	7.8
150	42.5	8.3
200	58.0	10.4
250	72.5	10.4

2) 定着体の摩擦損失

アウトプレート定着時の固定プレートに発生する摩擦の影響を確認するため、全ネジ鋼棒(直径20mm)を孔径22mmと26mmの固定プレートに定着し、張力損失を比較したところ、孔径26mmの固定プレートが3.0%程度大きい結果となった。孔径22mmの固定プレートは、鋼棒と孔による接触面積が多く、摩擦が大きいと考えられたが、張力導入時の挙動が一貫して安定していた。

3) アウトプレートとコンクリート下面の摩擦損失

アウトプレートの張力に関して、ロードセルとひずみゲージの測定結果を表-2に示す。ロードセルならびにひずみゲージによる固定側と緊張側の張力を比較した結果、張力損失は0.3%程度であった。

表-2 アウトプレート張力の測定結果 (kN)

	ロードセル			ひずみゲージ		
	固定側	緊張側	比率	固定側	緊張側	比率
1	136.8	135.2	1.012	146.4	145.8	1.004
2	146.5	146.6	0.999	155.9	155.6	1.002
3	142.1	142.4	0.998	151.3	151.0	1.002
平均	141.8	141.4	1.003	151.2	150.8	1.003

そのため、アウトプレートとコンクリート下面では、ほとんど摩擦が発生していないと考えられ、張力の摩擦損失を設計上考慮しないでよいことを確認した。

4) 定着体の耐荷機構

アウトプレートの定着体には、緊張ジャッキが爪部とシリンダー部で偏心した構造であるため、緊張力による水平力のみでなく、曲げモーメントも発生することが危惧された。写真-5に示すとおり、定着体に曲げモーメントが発生する場合、樹脂アンカーに引張力が発生することから、ロードセルで引張力を測定した。

数回の緊張により、測定された樹脂アンカーの引張力は0.4~0.9kNであり、曲げモーメントがほとんど発生していないことが確認され、定着体は純せん断の挙動であることが判った。したがって、樹脂アンカーは、せん断力に対して基本的に設計すればよく、引張力で決定されるコンクリートの埋込み長を短くすることが可能であり、本工法が薄いコンクリート部材にも適用できることを確認した。

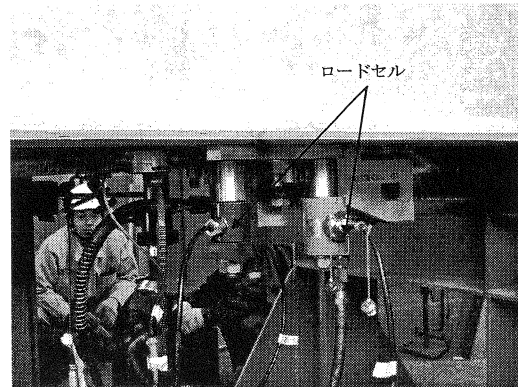


写真-5 引張力の測定

5) 主桁たわみや不陸の影響

アウトプレートは、コンクリート下面にエポキシ樹脂系接着剤で接着され、中間プレートを3m程度の間隔で定着する。実橋の既設コンクリートにおいては、主桁にたわみや不陸が発生している場合が多く、緊張時に定着ならびに中間プレート間でアウトプレートに若干の折れ角が発生する可能性がある。そのため、写真-6のように角度が1.0度と1.5度の角度

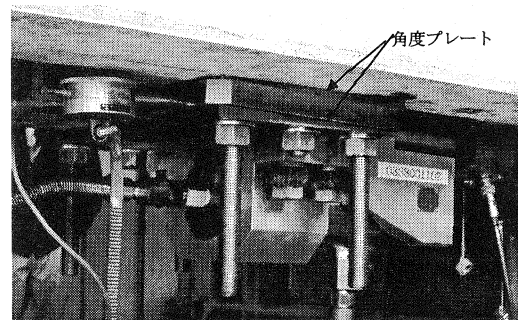


写真-6 角度プレートの取り付け

プレートを固定プレートに挟み、アウトプレートの張力を測定した。アウトプレートの張力は、角度プレートがない場合に比べ、1.5度プレートの場合で最大4.2%低下した。しかしながら、実橋ではアウトプレートの折れ角が最大で0.5度程度であることから、発生する張力損失は、通常における緊張管理を実施すれば、導入張力に対して影響は小さいと考えられる。

7. おわりに

アウトプレート工法は、プレストレスを導入して接着する工法であり、炭素繊維プレートの有する材料特性を最大限利用している。また、既設コンクリート構造物に対する景観は、補強後においても極めてフラットな状態で完了し、補強前後の景観性に優れている。

本試験で新緊張システムの使用性ならびに緊張性能が十分に確認されたことにより、既設構造物に対するアウトプレート工法の適用性が一段と向上したと考えられる。これらの成果が、今後増加する既設コンクリート構造物の補強に対して、一助となれば幸いである。

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、27-44、2002.8