

外ケーブルにより補強するPC橋の定着部に関する検討

日本道路公団試験研究所 正会員 博士 (工学) ○長田光司
 日本道路公団九州支社福岡技術事務所 下登新一
 日本道路公団試験研究所 正会員 野島昭二
 (社)プレストレスト・コンクリート建設業協会 正会員 藤原保久

1. はじめに

コンクリート構造物において、耐荷性能が経時的に低下した場合や、耐荷性能に関する要求が変更された場合に補強が必要となる。補強方法としては、接着・巻立て工法、増厚・巻立て工法等があるが、PC橋の場合、構造特性や死荷重増加の軽減、補強設計の容易さ等を考慮して、プレストレスを追加導入し補強効果を得る外ケーブル工法を採用する事例が多い。しかしながら、プレストレスを導入するにあたり最も重要となる外ケーブル定着部および偏向部の構造詳細や、材齢が相当に経過したコンクリート部材に導入されるプレストレスによるクリープ等の挙動については、実際の構造物を用いた検証を含めて詳細に検討した事例は少ない。そこで、日本道路公団試験研究所とプレストレスト・コンクリート建設業協会は、今後増加していくであろうプレストレスを利用するコンクリート構造物の補強工法を規準化する共同研究を平成15年度から3ヶ年に渡って実施している。本文は、平成15年度に行った外ケーブル補強工事における補強効果の検証に関する計測と今後の研究の方向性をまとめたものである。

2. 外ケーブル補強工事および計測の概要

2. 1 外ケーブル補強工事の概要

外ケーブル補強工事の対象とした橋梁諸元を表-1に示す。
 本橋の耳桁(G1桁)支間中央付近では、主桁と床版の打継ぎ目付近からの漏水個所で凍結防止剤等の影響により、主ケーブルの一部が破断していることが確認されている。このため、PC鋼材破断により減少したプレストレスを補うことを主目的として外ケーブル工法による補強を行うこととした。補強設計ではB活荷重を考慮したため、全主桁に外ケーブル補強が必要となったが、段階的な施工を検討した結果、今回工事ではG1桁およびG5桁にのみ外ケーブル補強を実施したものである。補強工事の概要を図-1に示す。

表-1 対象橋梁の諸元

構造形式	PC単純合成桁
橋長	33.200m
幅員	11.000m
設計荷重	TL-20
建設年	1973年

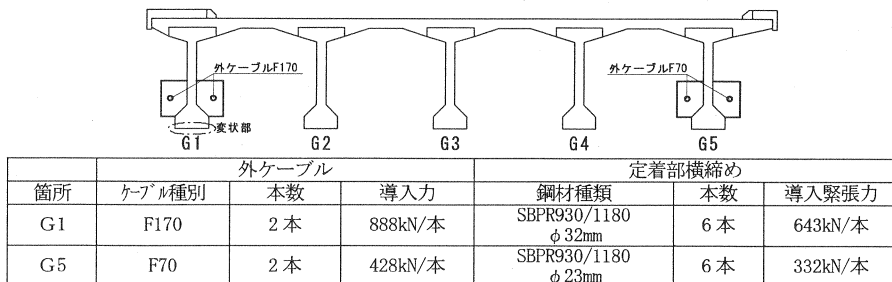


図-1 補強工事の概要

2. 2 現場計測工の概要

今回の補強工事では、各主桁の外ケーブル配置状況が異なるため、外ケーブル補強による各主桁の補強効果を検証する必要があるとともに、外ケーブル補強において最も重要な部材である外ケーブル定着部の安全性を検証することを目的として表-2に示すような計測工を実施した。計測装置の配置を図-2に示す。

表-2 計測項目

着目点	計測項目	計測方法
プレストレス導入	外ケーブル張力	EM センサ, ロードセル
	主桁応力	コンクリート用ひずみゲージ
定着部	横締めPC 鋼棒張力	ひずみゲージ
	定着具背面応力	コンクリート用ひずみゲージ

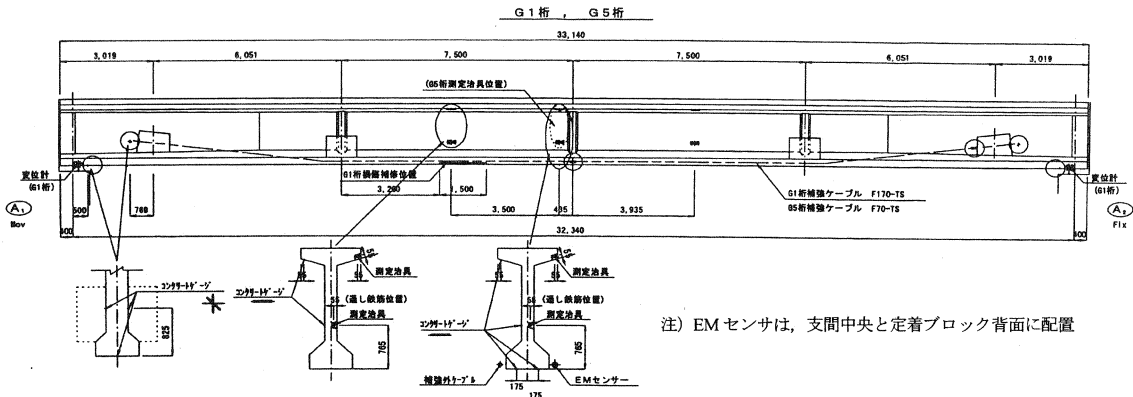


図-2 計測装置の配置

3. 計測結果と考察

3.1 外ケーブル定着部横締めPC 鋼棒

外ケーブル定着部の構造は、図-3に示すように場所打ちコンクリート製ブラケットを横締めPC鋼棒で既設桁と緊張接合するもので、PC鋼棒定着具はプレート、ナットタイプである。

こうした定着部構造の安全性を確保する上で最も重要な要素はPC鋼棒の緊張力である。G1 桁の横締めPC鋼棒のひずみ計測結果を図-4に、G5桁の結果を図-5に示す。

緊張計画では、PC鋼棒の緊張時ひずみは4000 μ となっており、G1、G5桁ともほぼ計画値通りに緊張されていることがわかる。しかしながら、定着直後のひずみ値は、G1桁で約180 μ 、G5桁で約40 μ 減少している。これは定着時のプレート、ナットの微小な弾性変形やなじみ、およびナットの締め付け度合の影響によるものと推察され、減少量は導入緊張が大きいほど増加する傾向が見られる。

横締めPC鋼棒定着後、半日程度で鋼棒ひずみはG1、G5桁とも100 μ 程度減少しており、これはPC鋼棒の初期リラクゼーションの影響と考えられる。その後、外ケーブル緊張までの数日間にPC鋼棒ひずみはなだらかに減少している。これはPC鋼棒のリラクゼーション、およびコンクリートのクリープ乾燥収縮の影響によるものと考えられる。

外ケーブル緊張に伴うPC鋼棒のひずみ変化は生じておらず、コンクリートブラケットの浮き上がり、ずれ等も観察されていないことから、ブラケットと既設桁との緊張接合は初期の性能を有していることが確認された。また、今回の工事では設計上必要なPC鋼棒緊張力に対して、導入緊張力に十分な余裕があったため、再緊張等の対策は実施しなかった。

定着部横締め鋼棒のように短いPC鋼棒では、比較的早期に緊張力の減少が生じ、特に定着時のロスによる影響が大きいことがわかった。したがって今後、同様な定着部構造では、PC鋼棒の再緊張も含めて慎重に緊張管理を行う必要がある。

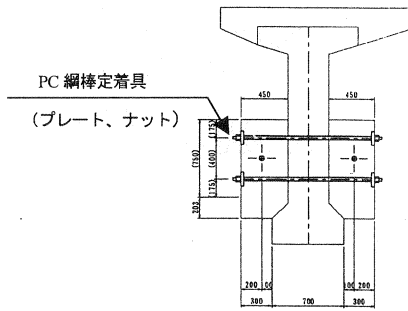


図-3 外ケーブル定着部構造図

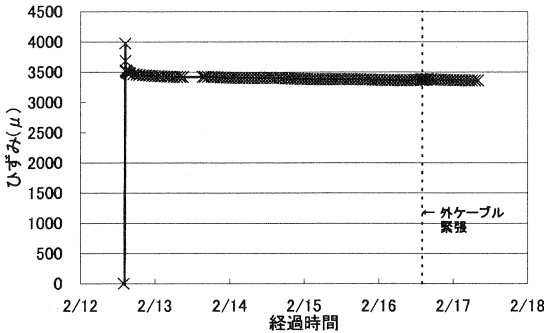
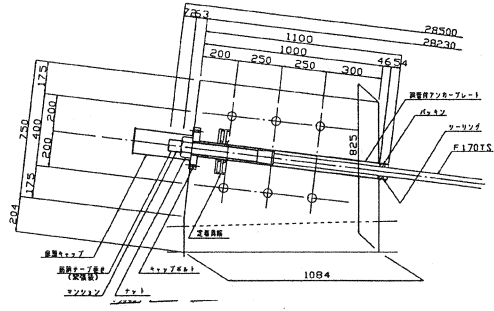


図-4 G1桁横締めPC鋼棒ひずみ変化

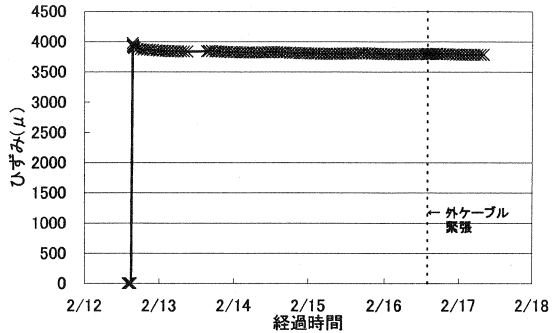


図-5 G5桁横締めPC鋼棒ひずみ変化

3.2 定着部背面の主桁応力

外ケーブルの緊張力は定着部ブラケットを介して主桁に伝達されるため、定着部背面の主桁部には引張応力度が生じる。今回は、これらの影響を把握するため、定着部背面の主桁表面にコンクリートゲージを貼付けひずみを計測した。計測結果を図-6, 7に示す。

図より主桁のひずみはG1, G5桁とも外ケーブルの緊張に伴って増加しており、G1桁で最大30μ, G5桁で17μのひずみを生じている。これらをコンクリート応力度に換算すると、0.6~1.0N/mm²程度の引張応力度が生じていることになる。これに対して既設桁の主ケーブルによって導入されているプレストレスは、3.8N/mm²程度と推定され、有害な引張応力ではないと考えられる。また、補強設計計算では、3.3N/mm²の引張応力度が発生すると、補強検討がなされており、十分に安全であると判断できる。

定着部背面に発生する引張応力度の推定値に対して、計測値が小さいのは、本橋の構造形式が単純桁橋であり、また、支承もゴム支承に交換され弾性支持されていることから外ケーブル緊張に伴う主桁の弾性変形があまり拘束されずにスムーズに生じたためと考えられる。

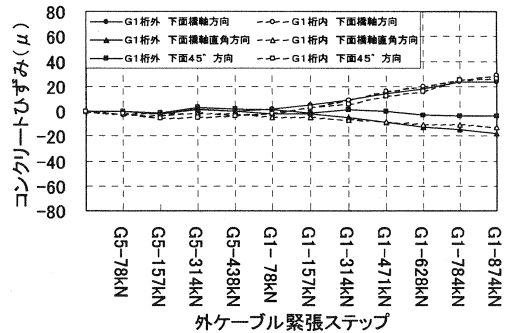


図-6 G1桁定着部背面主桁ひずみ

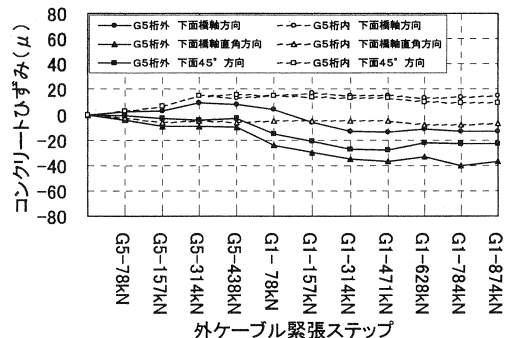


図-7 G5桁定着部背面主桁ひずみ

今後は、定着部背面の引張応力度の推定方法や補強方法に関してさらに合理的な手法を検討する必要がある。

3. 3 外ケーブル張力

外ケーブル補強工法において、ケーブル張力を正確に把握することは補強効果の検証や構造物の安全性を照査する上で重要な計測項目である。一般的にはケーブル緊張端部にロードセルを配置してケーブル張力を計測している。これに対して今回使用したEMセンサーとは、鋼材の透磁率と応力変化が敏感に対応することを利用して、鋼材の透磁率から鋼材実応力を測定する手法である¹⁾。

EMセンサーの構造は図-8に示すように一次、二次コイルおよび温度センサーを含んだ円筒型コイルであり、被測定体に接着することなく任意の位置にセットできる。今回の計測では、あらかじめ円筒型に製作されたコイルを外ケーブルに挿入したが、既設ケーブルの場合には現場でコイルを巻き付けて製作することも可能である。図-9にロードセルによる外ケーブル緊張力測定値とEMセンサーによる測定値の比較を示す。図よりロードセル測定値に対するEMセンサー測定値の差は5~9%程度であり、実用上十分な精度を有していることがわかった。

3. 4 主桁応力

非対象に配置された外ケーブルによる各主桁への補強効果を検証するため、支間中央部の各主桁ひずみを計測した。外ケーブル緊張に伴う主桁下縁ひずみの変化は平面格子解析による推定値とよく一致しており、設計は比較的簡易なモデルによる解析により可能であると考えられる。主桁設計の詳細については、本シンポジウムに投稿予定の論文「外ケーブル補強により補強するPC合成桁橋の補強効果の検証」を参照されたい。

4. 今後の課題

プレストレスを利用するコンクリート構造物の補強工法について、今後、次にあげるような項目についてさらなる試験研究が必要であることが判明した。

- (1) 定着ブラケットを緊結する横締めPC鋼棒の張力は、比較的早期に緊張力の低下が生じることから、緊張力の導入方法、管理方法および定着工法について検討が必要である。
- (2) 定着ブラケットの設計は、横締め鋼材の緊張力による摩擦接合を期待しているが、この妥当性も含めてより合理的な設計方法を提案する必要がある。
- (3) 計測結果より、外ケーブルにより与えられたプレストレスによる主桁の挙動は、比較的簡易な解析モデルによる予測値とよく一致した。他の解析モデルとの比較検証を行い、合理的な設計手法を提案する必要がある。

5. おわりに

本橋の外ケーブル補強工事における計測工は、日本道路公団試験研究所と(社)プレストレスト・コンクリート建設業協会との共同研究として実施したものである。本工事の計測工にあたって多大なるご指導、ご尽力をいただいた関係各位に心から感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 羅黄順：EMセンサーによるPC鋼材の実応力測定，プレストレストコンクリート，Vol143，No. 6，pp.99-103，2001.11

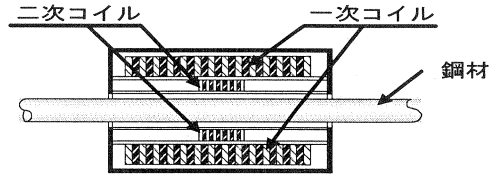


図-8 EMセンサー構造図

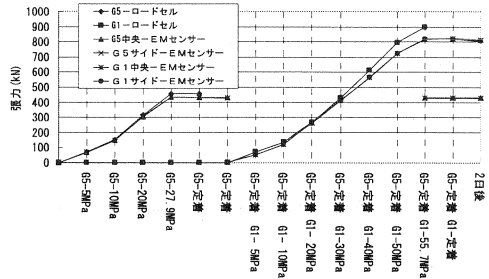


図-9 外ケーブル張力測定結果