

PC ゲルバー橋の連続化に関する設計・施工

— 首都高速 4 号新宿線千駄ヶ谷地区 —

飯島 悠介*1・大久保 勇樹*2・別所 辰保*3・渡邊 秀知*4

本橋は首都高速 4 号新宿線の千駄ヶ谷地区に位置しており、ゲルバー構造の連続 PC 箱桁橋であることから、点検・補修などの維持管理が困難な構造である。さらに、供用開始から 50 年以上が経過しており、耐震性能の向上と経年劣化対策が必要であった。これらの対策として、外ケーブル補強によるゲルバー連続化を実施することとなった。本工事では、外ケーブル補強と併用して炭素繊維による補強やコンクリート片剥落防止などを実施した。あわせて、連続化の前後で荷重車計測を行い連続化の効果を確認した。また、本工事は JR 千駄ヶ谷駅との近接施工工事であり、狭小なヤードにて施工を行った。

キーワード：ゲルバー連続化、外ケーブル補強、炭素繊維補強、近接施工

1. はじめに

ゲルバー構造を有する PC 橋梁は、構造計算が比較的簡易で長支間化が可能であることから昭和 40 年頃まで多く採用されていた。しかし、ゲルバー部は桁断面が小さく構造的な弱点になりやすいため、経年劣化などによる損傷が報告されている。とくに箱桁の場合、ゲルバー部は狭隘なことから支承部の点検や補修補強、取替えが困難であり維持管理性に課題がある（図 - 1）。

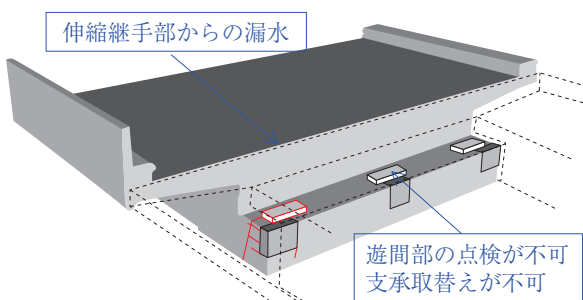


図 - 1 箱桁のゲルバー部



写真 - 1 ゲルバー部支承損傷状況

本橋は、首都高速 4 号新宿線千駄ヶ谷地区に建設されたゲルバー構造を有する PC 連続箱桁橋（図 - 2）で供用から 50 年以上が経過し、経年劣化による支承部の腐食損傷（写真 - 1）や応力集中による切欠き部の損傷が報告されている。この対策として、外ケーブル補強と炭素繊維補強を併用したゲルバー連続化を実施した。本稿では設計・施工の概要と連続化の効果確認のため行った荷重車計測の結果について報告する。

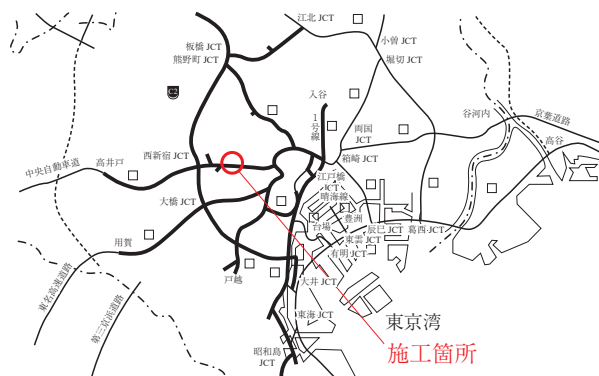


図 - 2 施工位置

2. 工事概要

- 1) 工事名：(修) 構造物改良工事 1-208
 - 2) 発注者：首都高速道路株式会社
 - 3) 受注者：株式会社ピーエス三菱
 - 4) 工事場所：首都高速 4 号新宿線千駄ヶ谷地区
 - 5) 工種：ゲルバー連続化、外ケーブル補強工、炭素繊維補強工、コンクリート片剥落防止工
 - 6) 工期：平成 28 年 1 月 16 日～平成 30 年 7 月 3 日
- 本工事の概要を図 - 3 に、改良対象の橋梁諸元を表 - 1

*1 Yusuke IJIMA：首都高速道路(株) 東京西局 土木保全設計課

*2 Yuki OKUBO：首都高速道路(株) 東京西局 第二保全工事工事事務所

*3 Tatsuyasu BESSHO：(株) ピーエス三菱 東京土木支店 土木工事事務所

*4 Hidechika WATANABE：(株) ピーエス三菱 東京土木支店 土木技術部 設計グループ

○ 工事報告 ○

に示す。対象はPC連続箱桁ゲルバー橋であり、両側径間が剛構造の受桁で、その間に吊桁が配置された構造である。図-3に示すとおり、上り線側にJR千駄ヶ谷駅、下り線側には東京体育館があるため、それぞれJR側、体育館側と称する。

表-1 橋梁諸元

橋梁形式	2径間連続PC箱桁+ 単純PC箱桁+単純PC箱桁 (計4径間)
断面形式	箱桁断面
橋長	約195m
幅員	約19-22m(上下一体構造)
桁高	2.2m
しゅん功年月	昭和39年1月

3. 設計概要

3.1 設計方針

設計荷重は、建設時の基準であるTL-20で設計されている。本設計検討では、ゲルバー改良とあわせて、現行基準における桁の耐力照査(B活荷重)の結果により補強検討を実施した。

本工事におけるゲルバー改良の設計、補強方針を以下に示す。

- 1) 4198-4199間の2箇所のゲルバー部を連続化する。
- 2) 連続化には実績のある外ケーブル補強工法を用いることを基本とする。
- 3) 連続化するゲルバー部支承は残置して、モルタル充填を行う。
- 4) 連続化するゲルバー部は鉄筋が連続していないため、引張鉄筋量の照査を行い、必要な引張鉄筋量を算出し、必要量を炭素繊維に置き換えて補強する。

また、本路線は1日あたり約7万台の交通量があることから、社会的影響を考慮して交通を止めることなく施工を行う必要があった。さらに、本橋はJR千駄ヶ谷駅上に位

置しており駅舎との近接工事となることから、狭小なヤードにて施工を行う必要があった(写真-2)。



写真-2 高速4号千駄ヶ谷駅付近(施工前)

3.2 桁連続化の設計

ゲルバー連続化後の主桁の曲げ応力度を照査した結果、4198-4199支間中央と両ゲルバー部の主桁下縁にて引張応力が許容値を超過する結果となった(図-4)。

この結果より、4198-4199間にはゲルバー部連続化および曲げ補強として外ケーブル(F270TSケーブル)による補強を行った。外ケーブル補強のみでは不足する4198-4199支間中央部の下縁の引張応力に対しては桁下面に炭素繊維シート補強を併用した。さらに4197-4198、4199-4200間に外ケーブル(F170TSケーブル)を配置し、プレストレス2次力による4198、4199中間支点部の応力改善を行った。また、主桁のせん断耐力照査は、支点部付近において終局荷重時に許容値を超過したため、炭素繊維シートによるせん断補強をあわせて行った。

3.3 ゲルバー部の補強設計

ゲルバー部は連続して鉄筋が配置されていない。このためゲルバー部上縁には、伸縮装置撤去時に図-5に示す

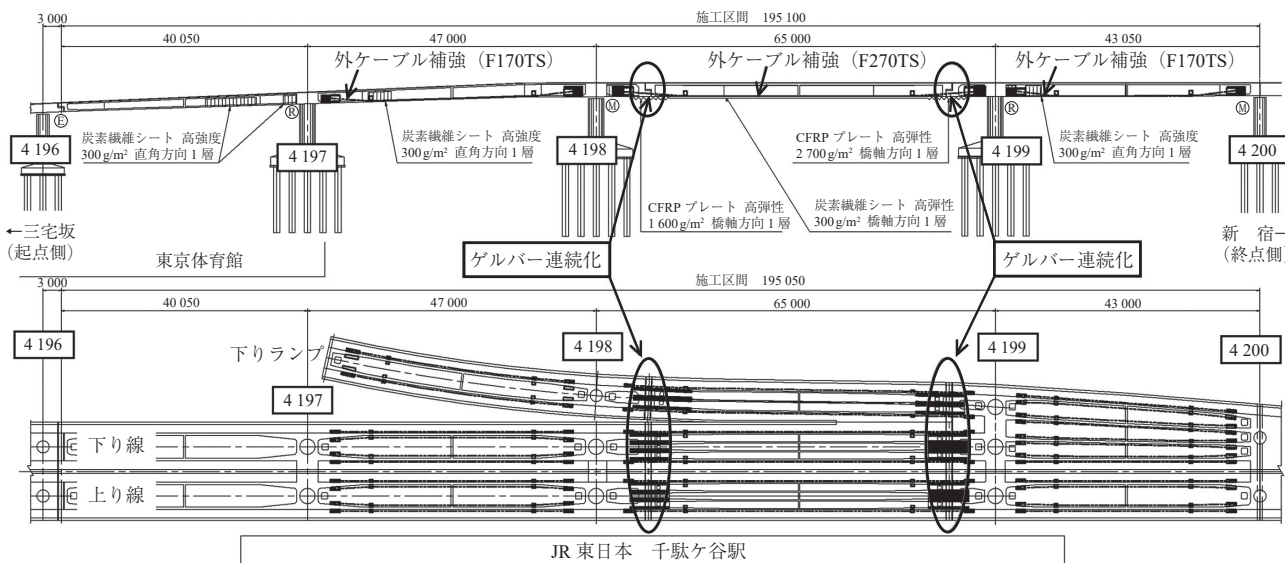


図-3 工事概要図

要領で鉄筋を配置し、ゲルバー部下縁には、上縁のように鉄筋を追加できないため引張応力に対しては炭素繊維補強を行った。炭素繊維補強は、起点側ゲルバー部に CFRP プレート（炭素繊維シート高弾性 1 600 g/m² 相当）1 層、終点側ゲルバー部に CFRP プレート（炭素繊維シート高弾性 2 700 g/m² 相当）1 層を貼ることにより行った。

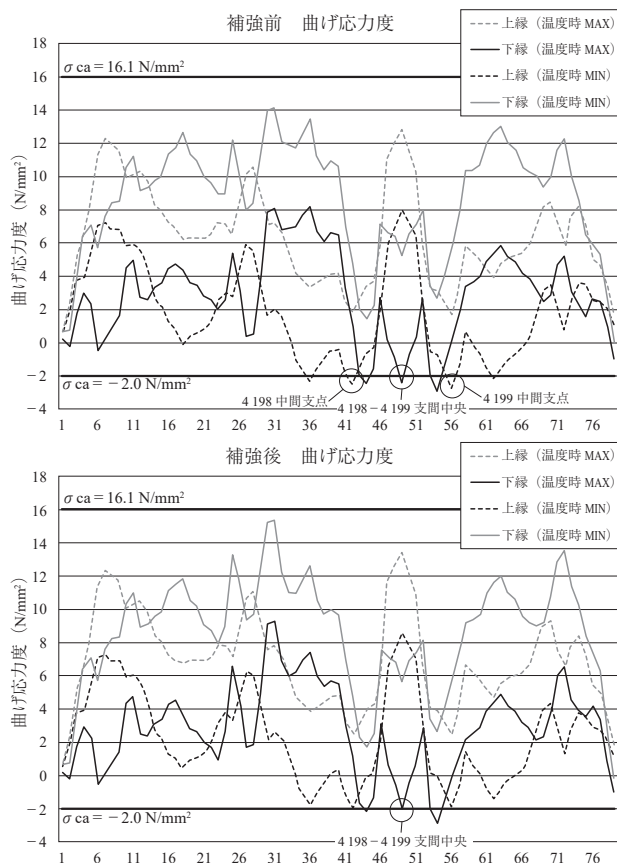


図 - 4 連続化前後の曲げ応力度

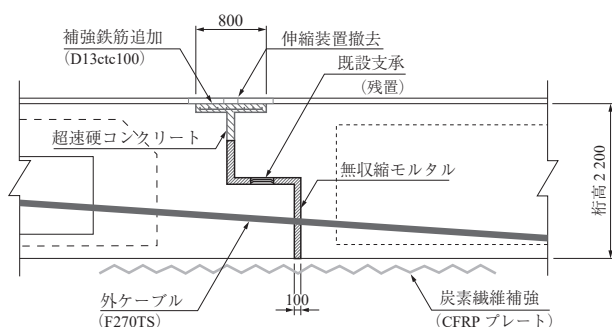


図 - 5 ゲルバー連続化の概略図

3.4 外ケーブル定着ブロックの設計

外ケーブルは、主桁ウェブに定着ブロックを設置し定着する。この定着ブロックは主桁と PC 鋼棒にて一体化を図った。PC 鋼材は施工性の向上のため、緊張およびグラウト作業が不要な中空 PC 鋼棒（NAPP 鋼棒）とした。

4. 施工概要

ゲルバーの連続化の施工フローを図 - 6 に示す。はじめにゲルバー遊間部の清掃を行ったうえで無収縮モルタルを充填する。その後外ケーブル定着用のブロックを箱桁ウェブ面に設置し、ケーブル緊張を行う。

4.1 ゲルバー遊間部清掃・無収縮モルタル充填

ゲルバー遊間部には、建設時に型枠として使用された発泡材や伸縮装置取替え時に発生したコンクリートの付着、長年堆積した土砂などがあつた。無収縮モルタル充填に際して、これらの堆積物を完全に除去するためにウォータージェットによる清掃を行った（写真 - 3）。その際、駅近接施工のため、防音パネルを用い防音対策を行った。ゲルバー遊間部の充填は、上床版下面付近までを吊足場上から無収縮モルタルにて行い、残りの範囲は伸縮装置の撤去時に超速硬コンクリートを用いて 2 段階にて行った。また、無収縮モルタル充填時には、充填性を目視確認できるように透明型枠を使用した（写真 - 4）。

ゲルバー遊間部清掃・モルタル充填

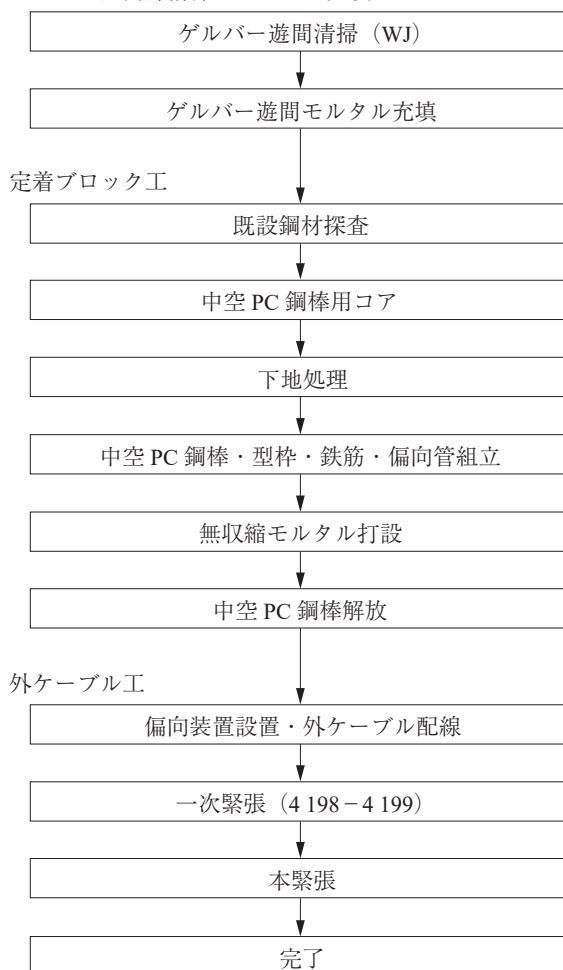


図 - 6 連続化の施工フロー



写真 - 3 ゲルバー遊間清掃完了状況

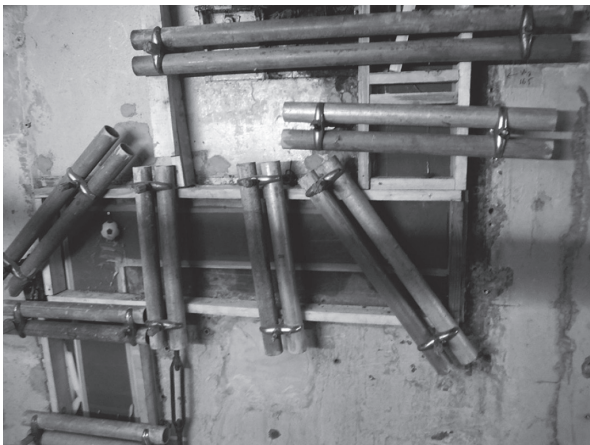


写真 - 4 無収縮モルタル充填状況 (透明型枠使用)

4.2 定着ブロック工

外ケーブル定着ブロック部に中空 PC 鋼棒用のコア削孔を行うにあたり、主桁ウェブの既設 PC 鋼材、鉄筋への干渉を避けるため、RC レーダーによる探査と細径ドリルによるパイロット削孔を併用した。また、中空 PC 鋼棒の設置位置は、定着ブロックの設計計算に影響するため、適時、実配置位置にて設計計算を行い確認した (写真 - 5)。

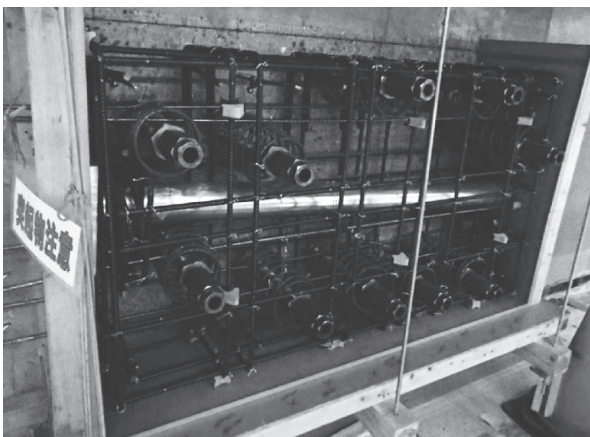


写真 - 5 定着ブロック施工状況

4.3 外ケーブル工

外ケーブル工は、ゲルバー遊間充填後すぐに外ケーブルの緊張を行うことが望ましいが、各径間を順次施工してく

ため緊張までに時間を要する。この間の温度変化などによる主桁の伸縮によりゲルバー遊間打継目に肌すきが生じる懸念があったため、ゲルバー部を跨いで配置する外ケーブルを先行して施工した。また、狭小な吊足場内での作業となるため、小型緊張ジャッキを用いて、最終緊張力の 20% で一次緊張を行うことで肌すき防止の対策とした (図 - 7、写真 - 6)。

その後、両側径間の外ケーブルの配線完了を待って、本緊張を行った。

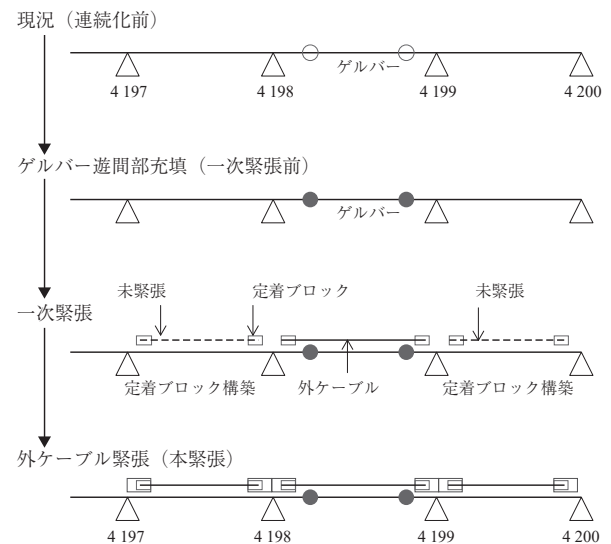


図 - 7 本緊張までの流れ

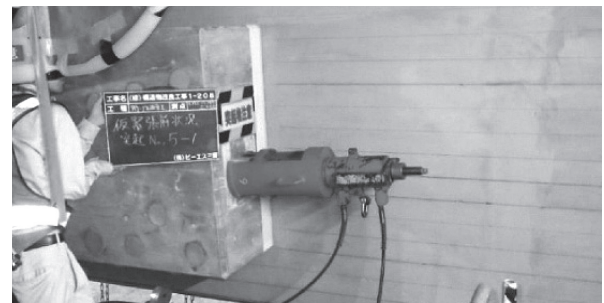


写真 - 6 一次緊張状況

4.4 コンクリート片剥落防止工

当該区間の PC 桁および既設横梁は、老朽化にともなうかぶりコンクリートの浮きが定期点検で確認されていた。当該区間の高架下は、JR 千駄ヶ谷駅のため、第三者被害防止の観点から、コンクリート片が落下する危険性のあるすべての範囲に剥落防止工を実施した。また、剥落防止材は、従来の有機溶剤系材料ではなく、危険物指定とならない水性系材料を採用した。施工後の状況を写真 - 7 に示す。



写真 - 7 高速 4 号千駄ヶ谷駅付近 (施工後)

たわみ計測は、レーザードップラーによる計測を用いた。レーザードップラーは、対象構造物の表面にターゲットを設置、そのターゲットにレーザーを照射し、桁の速度を計測しながら、計算によってたわみ量や加速度を計測するものである (写真 - 8)。

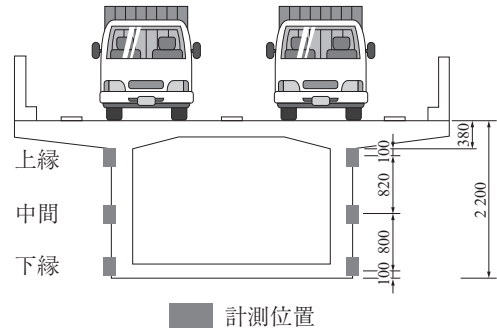


図 - 9 ひずみ計測位置

5. 連続化前後の応力計測

5.1 計測方法

連続化の効果確認のため、桁の連続化前後において、25 tf 荷重車 2 台を走行させて桁のひずみとたわみを計測した。計測における条件は下記のとおりである。

- 1) 車両台数 ……25 tf 荷重車 2 台
- 2) 車両速度 ……60 km/h
- 3) 通過車線 ……上り
- 4) 計測パターン……並列 2 台走行 (走行 + 追越)
- 5) 荷重車 2 台使用 (自然交通のなかで荷重車を走行させて計測 (平均速度 60 km/h))

以下に荷重車計測における計測項目の概要を示す。

(1) PC 桁のひずみ

補修補強前後で発生応力が変化する断面に着目して、中間支点 (断面 36, 63), ゲルバーヒンジ部 (断面 41, 57), 支間中央 (断面 49) でひずみゲージを貼り付けてひずみの計測を行った (図 - 8)。断面 41, 49, 57 については箱桁の JR 側と体育館側の両側で計測している。断面 36, 63 については横梁と一体化しているため、JR 側のみ計測している。ひずみ計測位置は、輪荷重の影響が大きいウェブ側面とし、上縁、下縁とその中間にゲージを設置している (図 - 9)。

(2) PC 桁のたわみ

ひずみ計測とあわせて、活荷重作用時の桁のたわみ計測を行った。たわみ計測位置は、ゲルバー連続化される吊桁の支間中央 (断面 49・桁下面) とした。

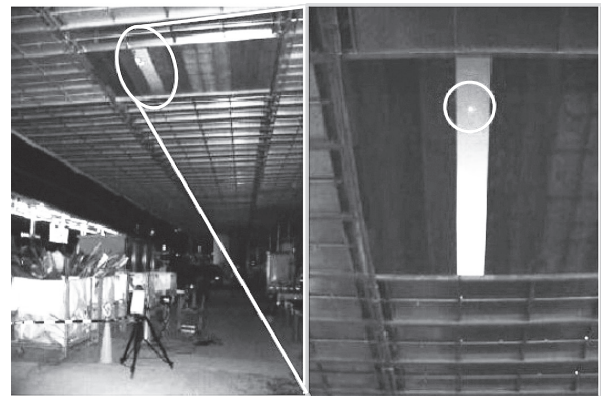


写真 - 8 たわみ計測状況

5.2 計測結果

上記の計測を連続化前と連続化後 (外ケーブル緊張後) の 2 回行った。計測の結果、連続化前後のひずみ最大値・最小値の変化量は 5μ 前後であったが、4 198 ~ 4 199 吊桁部の支間中央 (断面 49) のたわみは、連続化前が 5.1 mm に対して連続化後は 0.3 mm 減少し、4.8 mm となった。このことから桁の補強効果が発現したことがわかる。また、断面 49 のウェブ下縁におけるひずみの履歴を図 - 10 に示す。荷重車が測点直上を通過した際には、連続化前後ともに 20μ 程度の正曲げが出ている。その後、連続化前は 0 に収束するが、連続化後は負曲げが生じることが確認でき

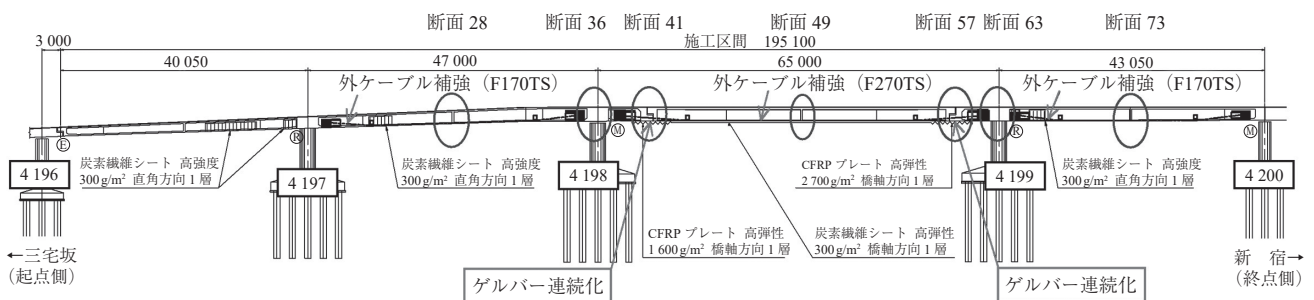


図 - 8 計測位置図

○ 工事報告 ○

た。これはゲルバー部の連続化が適切に施工されたことで上部工が一体化し、構造系が変化したことを示している。

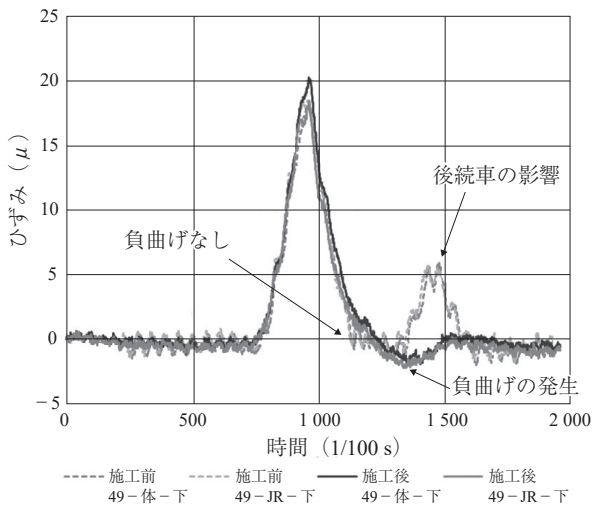


図 - 10 ひずみ応答履歴 (断面 49 下面)

本工事では、ゲルバー部の連続化工事を行うとともに、現行基準での活荷重に対応するための補強を行った。また、荷重車計測により、ゲルバー構造が連続構造に変化したことを確認した。本工事が既設 PC 橋ゲルバー部改良の参考となり、今後の維持修繕技術に資するものとなれば幸いである。

本橋の設計および施工にあたりご助言・ご協力をいただいた関係各位に深く感謝の意を表する。



写真 - 9 完成状況

6. おわりに

平成 30 年 6 月末をもって、2 年 6 ヶ月におよんだ工事は無事故で完了した (写真 - 9)。本工事ではゲルバー部連続化および炭素繊維補強工、コンクリート片剥落防止工などの多くの工種を並行して進める必要があり、また、JR 千駄ヶ谷駅との近接施工工事であり、狭小なヤードでの施工であったことより、工程管理が非常に重要な工事であった。

参考文献

- 1) 飯島悠介, 大久保勇樹, 別所辰保, 渡邊秀知: PC ゲルバー橋連続化の設計・施工 (首都高速 4 号新宿線千駄ヶ谷地区), プレストレストコンクリート工学会 第 27 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.223-226, 2018.11

【2019 年 3 月 8 日受付】



刊行物案内

既設ポストテンション橋の PC 鋼材調査 および補修・補強指針

平成 28 年 9 月

本工学会「既設ポストテンション橋の PC グラウト問題対応委員会」において、ポストテンション方式の既設 PC 橋の実態把握 (健全性・損傷事例の把握や規準等の整理), PC グラウトの充填性調査手法の把握, PC 鋼材の健全性調査手法の把握, ポストテンション橋の健全性診断の方法検討, PC グラウト充填不足・PC 鋼材損傷の補修・補強の提案等の検討が行われ、その成果を指針としてまとめたものです。

定 価 4,800 円 / 送料 300 円

会員特価 4,000 円 / 送料 300 円

公益社団法人 プレストレストコンクリート工学会