

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)

首都高速道路(株)		○飯島	悠介
首都高速道路(株)		大久保	勇樹
(株)ピーエス三菱	正会員	別所	辰保
(株)ピーエス三菱	正会員	渡邊	秀知

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，応力ひずみ計測

1. はじめに

ゲルバー構造を有するPC橋梁は、静定構造で、低コストで長い支間長を確保できることから昭和40年頃まで多く採用されている。しかし、経年劣化による損傷が報告されているほか、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取替が困難であり維持管理性に課題がある。

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-1) は供用から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ため、設計・施工について報告する。



図-1 施工区間位置



写真-1 ゲルバー部支承損傷状況

2. 設計概要

2.1 設計方針

本工事の概要を図-2に、施工前の改良対象の橋梁諸元を表-1に示す。対象はPC連続箱桁ゲルバー橋であり、2径間の剛結構造受桁の中央にゲルバー吊桁の1径間が配置されている。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荷力照査 (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。

- ・ 4198-4199間の2箇所ゲルバー部を連続化する。
- ・ 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。
- ・ 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。
- ・ 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、不足する鉄筋量を炭素繊維シートにて補強する。

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
構造形式	PC構造 (端部定着 + 上縁定着)
橋長	約195m
支間長	新-4196-4198 (40.0 + 47.0m) 新-4198-4199 (8.5 + 49.0 + 7.5m) 新-4199-4200 (43.0m)
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
適用基準	昭和36年度 PC設計施工指針 (土木学会) (本工事) 平成24年 道路橋示方書・同解説

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。

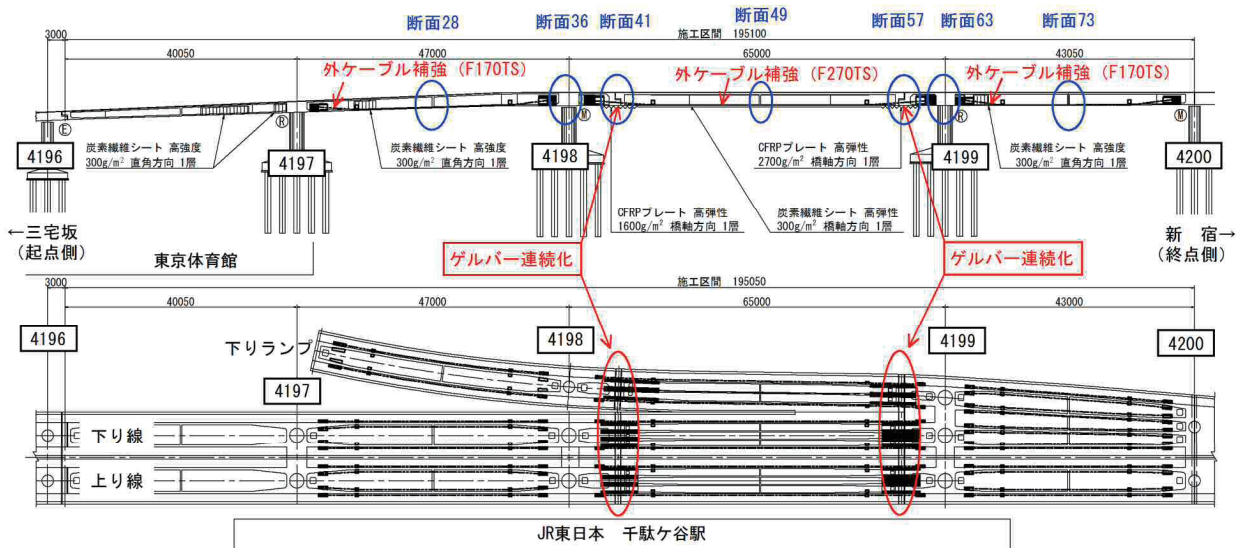


図-2 工事概要図

2.2 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中間支点上の主桁上縁、4198-4199支間中央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-3)。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。4198-4199支間中央部において、外ケーブル補強のみでは温度時の下縁の引張応力度が許容値を満足しないため、桁下面への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、支点部付近にてせん断力が斜引張破壊耐力を超過したため、炭素繊維シートによるせん断補強をあわせて行った。

2.3 ゲルバー部の補強検討

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-4に示す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。当該部は、必要炭素繊維補強量が大きいため、補強効果に優れるCFRPプレートを採用し、起点側ゲルバー部にCFRPプレート(炭素繊維シート高弾性1600g/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2700g/m²相当)1層を貼り補強を行った。

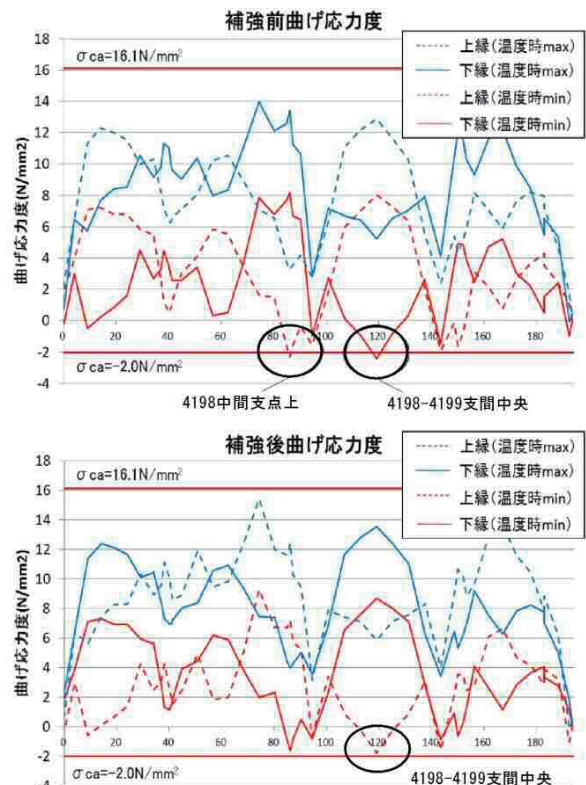


図-3 連続化前後の曲げ応力度

2. 4 外ケーブル定着ブロックの補強検討

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。定着には緊張，グラウト作業が不要な中空PC鋼棒（NAPP鋼棒）を採用した。また，外ケーブルの緊張により定着ブロックおよび主桁には引張応力の発生が懸念されたため，FEM解析を行った（図-5）。ここで，外ケーブルの緊張により生じる全引張力の一部は既設主桁の鉄筋が負担し，鉄筋が負担する引張力を除いた引張力について補強を行うこととした。補強にはCFRPプレート（炭素繊維シート高弾性5400g/m²相当）を用いた（図-6）。

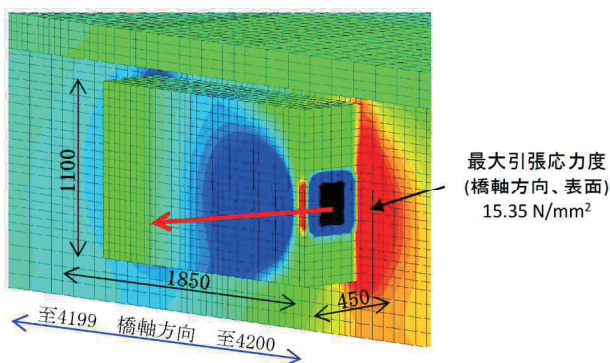


図-5 定着ブロック FEM 解析結果

3. 施工概要

3. 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-2）。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。

3. 2 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つたため，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，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

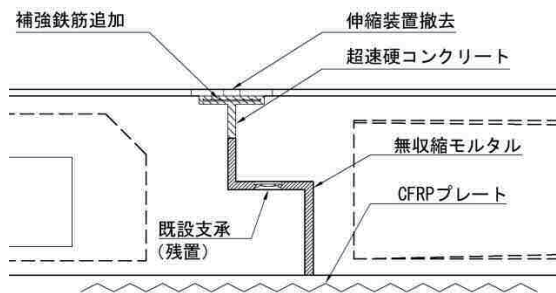


図-4 ゲルバー部連続化の概略図

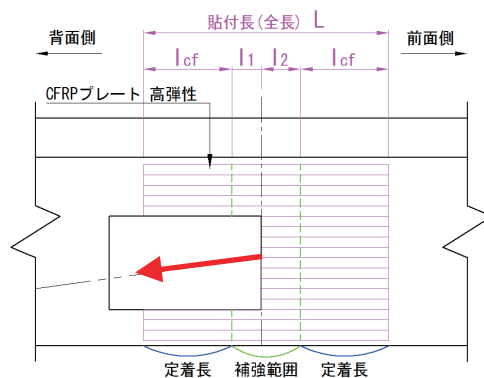


図-6 定着ブロック前面補強図



写真-2 ゲルバー遊間洗浄後

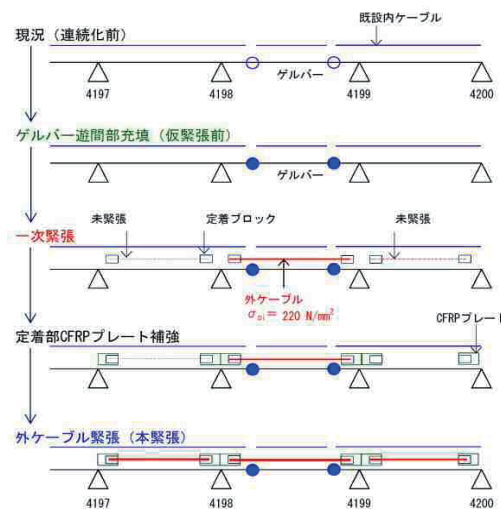


図-7 本緊張までの流れ

を行うことで肌すき防止の対策とした (図-7)。

4. 連続化前後の応力計測

4.1 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、25tf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。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) でひずみ計測を行った (図-2)。ひずみ計測位置は、輪荷重の影響が大きく主桁の上縁と下縁での相違を確認できるウェブ側面とし、上縁, 下縁とその中間に設置している (図-8)。

(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。計測機は、接触式変位計と同等な精度の赤外線レーザー Doppler を用いた。

4.2 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、4198~4199吊桁部の支間中央 (断面49) のたわみは、連続化前が5.1mmに対して連続化後は0.3mm減少し、4.8mmとなった。このことから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-9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 程度の圧縮ひずみが出ている。その後、連続化前はひずみが0に収束し、ゲルバー部を挟んで曲げが伝わっていないことがわかる。一方、連続化後は圧縮ひずみが出ている。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、構造系が変化して負曲げが生じたことを示している。なお、別途荷重車載荷時を想定したFEM解析も行っており、今回計測されたひずみ・たわみのレベルが解析値と比較しても相違ないことも確認している。

5. おわりに

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、構造系の変化が最適になされたことを確認した。本工事が既設PC 橋ゲルバー部改良のよき事例となり、今後の維持修繕技術に資するものとなれば幸いである。

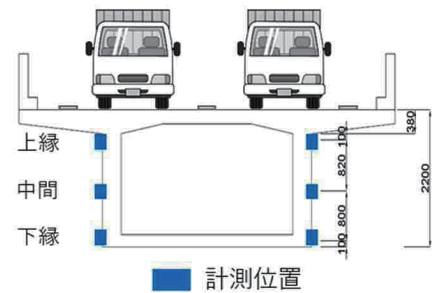


図-8 ひずみ計測位置

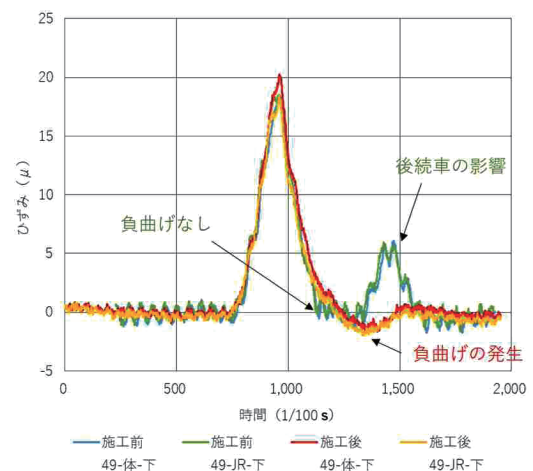


図-9 ひずみ応答履歴の変化 (断面 49 下面)



写真-3 外ケーブル配置状況