

鈴田橋のゲルバーヒンジ部補修における計測

三井住友建設(株)	正会員	○熊谷 裕司
西日本高速道路(株)		尾堂 良一
西日本高速道路(株)		駒谷 大三
三井住友建設(株)	正会員	安藤 直文

1. はじめに

長崎自動車道鈴田橋は、1978年に建設された7径間連続PC箱桁橋であり、中央部の支間の1/4点に1箇所ゲルバーヒンジを有する構造であった(図-1)。本工事は、橋面からの水分供給によってアルカリ骨材反応を生じて劣化したゲルバーヒンジ部の抜本的対策として、ゲルバーヒンジ部付近の主桁を切断・撤去し、コンクリートを打ち換え、外ケーブルにより補強して連続化を行ったものである。

本稿では、長大PC橋のゲルバーヒンジ部の連続化という特殊な工事における、挙動計測および連続化効果の検証についての概要を報告する。

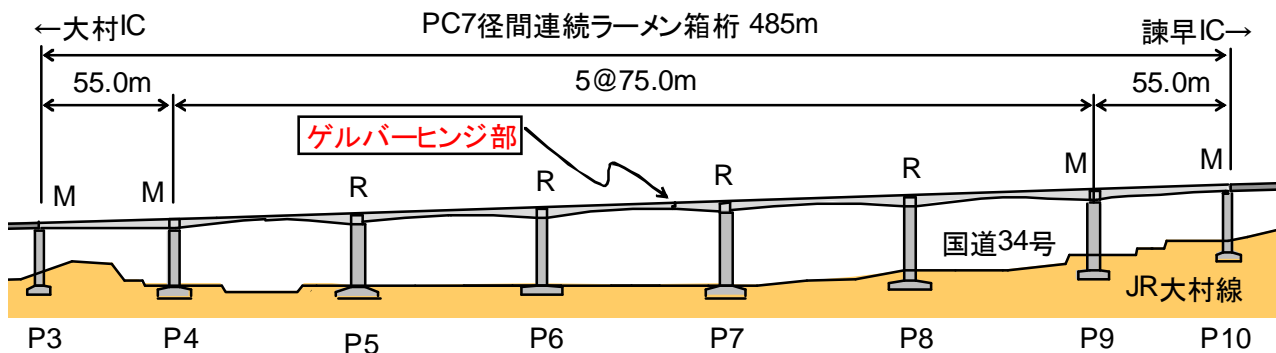


図-1 全体一般図

2. 工事概要

本工事は、図-2に示すゲルバーヒンジ部を切断・撤去し、橋梁全体を連続化したものである。

ゲルバーヒンジには死荷重時に受桁側は鉛直下向き、吊桁側は鉛直上向きに3000kNの反力が作用していた。ゲルバーヒンジを撤去するとこの反力が無くなるため、受桁側は上方に跳ね上がろうとし、吊桁側は垂れ下がろうとして、構造安定性が損なわれる。そこで、図-3に示す方法により主桁を支持して施工を行った。

吊桁は、地盤改良により支持力を確保したうえで仮支柱を組み立て、ジャッキで受け替えて支持した。受桁は、地盤にアンカー定着した固定用PC鋼材により跳ね上がりを抑制するとともに、施工段階に生じる固定用PC鋼材の張力変動や温度変化による鋼材伸びによって生ずる挙動に対処するため支柱を併用し、緊張して固定することで、より構造安定性を向上させた。

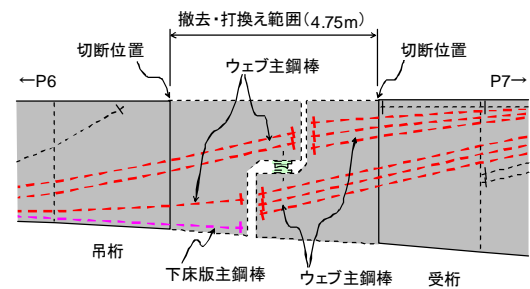


図-2 ゲルバーヒンジ部詳細図

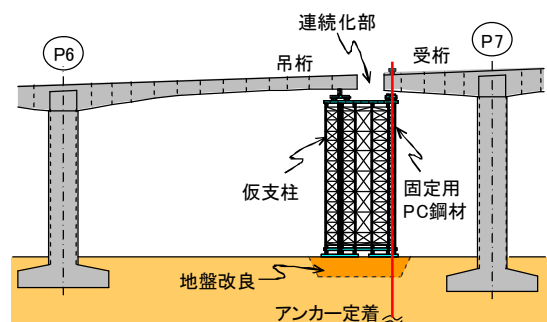


図-3 施工要領図

3. 計測による管理と検証

3.1 計測概要

ゲルバーヒンジ部の連続化という大規模な構造変更を行うにあたり、施工中の安全性確認、出来形管理および連続化効果の検証を目的として計測を行った。施工中の主な計測項目は、固定用PC鋼材の張力、仮支柱の反力、上部工の変位である。計測機器の配置を図-4の計測概要図に示す。連続化効果の検証は、連続化前後の主桁応力測定により行った。なお、連続化効果の検証としては振動計測も考えたが、連続化前後の振動特性の違いが顕著でないため適切ではないと判断して採用しなかった。

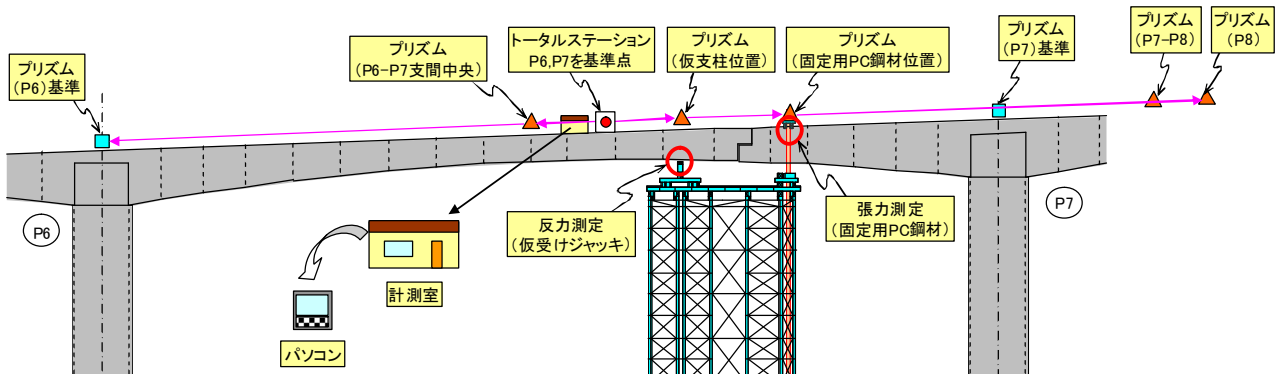


図-4 計測概要図

固定用PC鋼材の張力計測は写真-1に示すように橋面上固定部の定着プレート下に挟んだロードセルで、仮支柱の反力計測は写真-2に示すように仮支柱の頭部の油圧ジャッキに取り付けた圧力計（静ひずみ計測器）で行った。上部工の変位は橋面上のトータルステーションで鉛直、橋軸、橋軸直角方向の挙動を自動計測した。固定用PC鋼材張力と上部工の変位は、外気温の変化などにより日常的な変動が予想されたため、異常事態が生じた場合に早期発見できるように橋面上に設置した計測室のパソコンモニターに表示した。

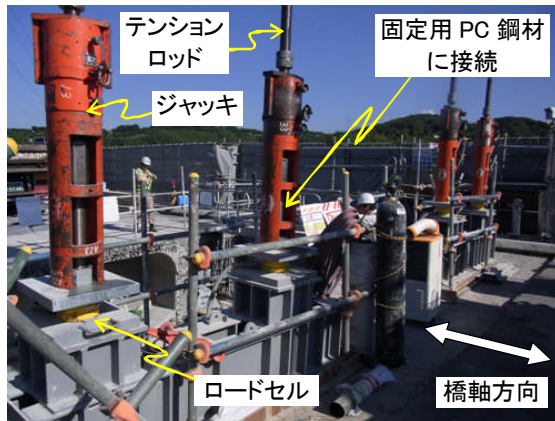


写真-1 固定用 PC 鋼材張力の計測

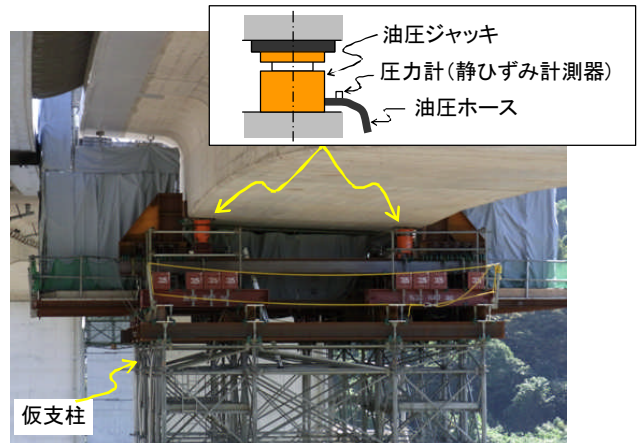


写真-2 仮支柱反力の計測

本橋のゲルバーヒンジ部連続化施工は、仮支柱と固定用PC鋼材による上部工の支持、ゲルバーヒンジ部のコンクリート撤去、新たな主桁コンクリート打設、外ケーブル緊張の順に行われ、各工程ごとに、固定用PC鋼材の張力は3500~6000kN、仮受けジャッキの反力は3100~5000kNと大きく変化する。そこで、連続化中の各部材の挙動を計測し構造解析との整合性を確認しながら施工を進めた。測定値の管理限界は、上部工の応力が許容値を満足するように固定用PC鋼材張力および仮支柱反力、そのときの変位から設定した。また、連続化完了時の橋面高さを施工前と一致させることを目的に、施工途中に固定用PC鋼材張力および仮受けジャッキ反力を管理幅内で操作することで上部工変位の調整を行った。

3.2 施工中の計測結果

計測結果の一例として、図-5、6に上り線施工時の上部工鉛直変位と仮受けジャッキ反力を示す。ゲルバーヒンジ沓の反力を仮受けジャッキに受け替えた時点、高さ調整時、連続化部のコンクリート打設時など各施工段階の固定用PC鋼材張力、仮受けジャッキ反力および上部工変位との関係は解析値と実測値が整合しており安全性が確認できた。

上部工高さは主桁の既設主鋼棒切断の影響を受けるが、解析結果を踏まえた連続化途中の高さ調整によって、連続化後の高さ誤差は最大で上り線5mm、下り線10mmであった。

なお、主桁切断による既設主鋼棒のプレストレス喪失については、既設主鋼棒切断時の状況を目視確認した結果、上り線では吊桁側の切断した22本のうち7本が引き込まれ、受桁側の切断した24本のうち引き込まれたものはなかった。下り線では吊桁側の3本が引き込まれ、受桁側の引き込まれたものはなかった。この結果を踏まえ、引き込まれた既設主鋼棒は、引込み量に関わらずプレストレスが喪失したものと評価し、上り線では吊桁側は切断した既設主鋼棒の30%程度、下り線では15%程度のプレストレスが喪失したものと施工時の構造解析に反映させた。

表-1に各計測項目と着目点、結果の考察を記す。連続化施工中の安全性確保はもちろんのこと、連続化施工結果の検証を行った。また、構造物の挙動の解析値と実測値が一致することから、構造解析の妥当性が確認できた。これにより、今回の外ケーブルを配置した連続化、過去に実施された耐震補強による橋脚剛性変化等の影響もほぼ正確に評価できたと考えられる。

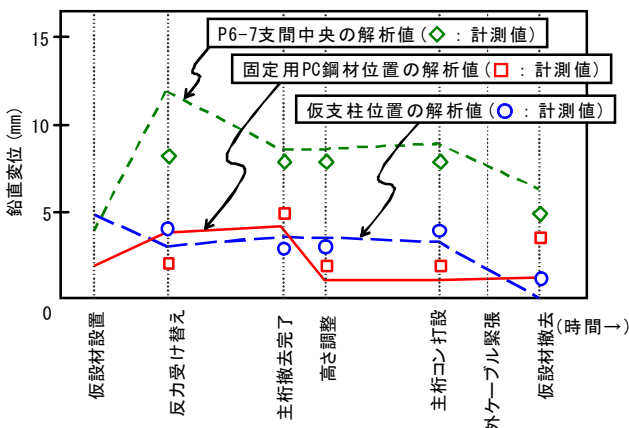


図-5 鉛直変位計測結果

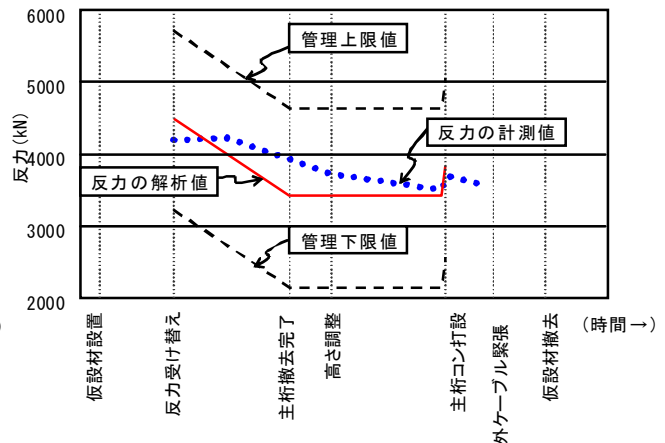


図-6 仮受けジャッキ反力計測結果

表-1 計測項目と考察

項目 (機器)	着目点	結果の考察
固定用PC鋼材の張力 (ロードセル)	地盤の変形の影響、定着部の影響	地盤の変形や定着部の異状は認められず、安定した固定状態を維持していることを確認した。
	温度変化の影響	固定用PC鋼材の温度変化による張力変化は1本あたり1.8kN/°Cで、施工管理値に対して極めて鈍感である。
	4本の固定用PC鋼材の張力の均一性	張力差は最大5%でほぼ均等であった。
	連続化各施工段階における張力推移	張力の計測値は構造解析値と整合した。受桁側では切断した既設主鋼棒のプレストレス損失は上下線とも0%と考えられる。
仮支柱の反力 (ジャッキ油圧)	地盤基礎の変形の影響	地盤基礎の変形は認められず、安定した固定状態を維持していることを確認した。
	上部工を受ける2基のジャッキ反力の均一性	反力差は最大9%でほぼ均等であった。
	連続化各施工段階における反力推移	反力の計測値は構造解析値と整合した。吊桁側の切断によるプレストレス損失は上り線30%、下り線15%程度と考えられる。
上部工の変位 (トータルステーション)	上部工の鉛直変位、ねじり変形	構造解析値と整合した。ねじり変形の異常はなし。
	橋軸直角方向変形	異常なし。
	橋軸方向伸縮	連続化後は、温度変化による上部工伸縮中心が橋梁全体構造の中心に移動した。

3.3 主桁応力の計測結果

下り線施工時に、連続化の検証を目的として、連続化前後の主桁応力測定を行った。測定方法はスリット応力解放法およびコンクリートひずみゲージとした。測定箇所は、連続化するP6～P7径間の支間中央およびゲルバー連続化部とした。主桁の応力測定を行った位置を図-7、8に示す。

連続化前後の応力測定結果を表-2に示す。ひずみゲージで、構造解析値とほぼ一致する連続化前後の応力変動（連続化前後の応力差）が確認できた。スリット応力解放法では、連続化前・後ともに応力の測定値は構造解析値と比べ0～8N/mm²小さな値となっており、応力変動は解析値に対して5N/mm²程度小さかった。本法による応力推定には課題が残る。

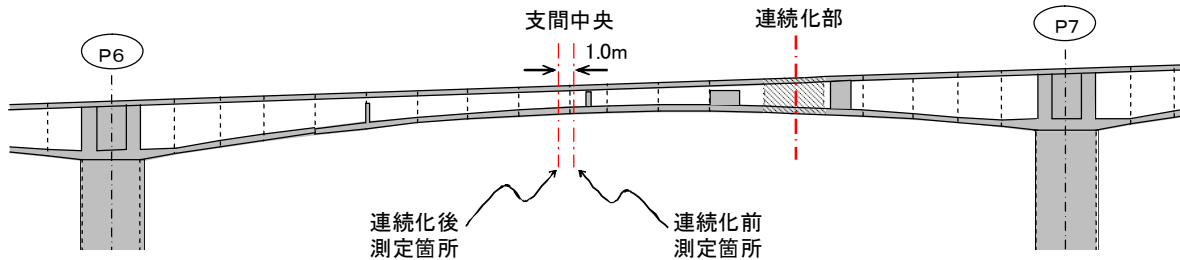


図-7 測定位置図 (側面図)

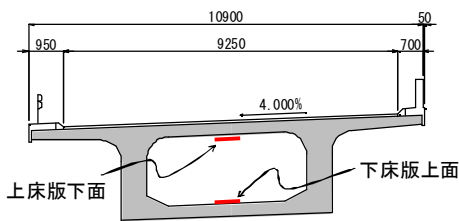


図-8 測定位置図 (断面図)

表-2 主桁応力計測結果

		支間中央部			連続化部		
		構造解析値	スリット応力解放法	ひずみゲージ	構造解析値	スリット応力解放法	ひずみゲージ
連続化前	上床版下面	3.4	3.0	1.4	0.0	—	1.9
	下床版上面	4.1	0.2	1.3	0.0	—	0.5
連続化後	上床版下面	6.9	1.7	5.2	2.9	-0.5	6.3
	下床版上面	11.3	3.1	7.3	3.4	-0.4	3.8
応力変動	上床版下面	3.5	-1.4	3.8	2.9	-0.5	4.4
	下床版上面	7.1	2.9	6.0	3.4	-0.4	3.3

単位: N/mm²

4. おわりに

長期間供用した橋梁の補修では、補強前の性能水準の確認を行う必要がある。とくに本橋のように、構造系変化や外ケーブル補強を行う場合、大きく変化する部材の応力状態を把握することが重要となる。このような観点から、連続化中の挙動を計測し構造解析との整合を確認することで、連続化解析の妥当性を確認した。連続化中は固定用PC鋼材、仮支柱の反力や主桁の変位を計測し、上部工の応力度から決定される制限値内で管理した。いずれも構造計算と一致する結果が得られ、計画どおりの連続化が行われたことを確認した。

本工事は、平成25年12月に上下線の連続化を無事完了して竣工した(写真-3, 4)。本稿が今後増加することが予想される同種のPC橋の補修工事に役立てば幸甚である。

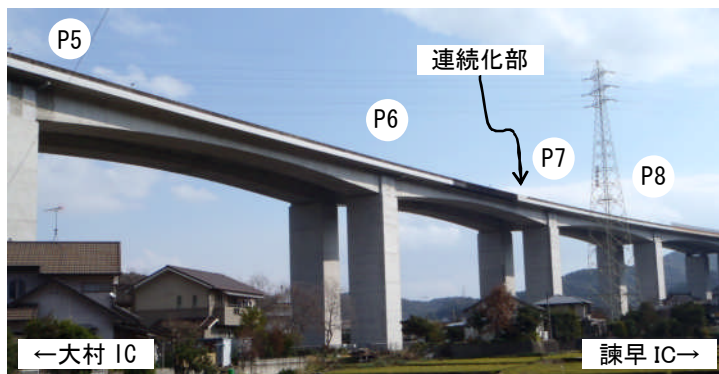


写真-3 全景



写真-4 橋面全景