

## 鈴田橋のゲルバーヒンジ部補修における設計・施工

三井住友建設(株) 正会員

安藤 直文

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

熊谷 裕司

## 1. はじめに

長崎自動車道鈴田橋は諫早ICと大村ICのほぼ中間に位置する。地上約30mの高さでJR大村線、国道34号線などを跨ぎ、橋梁下の多くは公共公園として利用されている。1978年の建設後35年が経過し、2008年には橋脚のRC巻き立てによる耐震補強が完了している。本橋では過去の調査で主にゲルバーヒンジ部周辺にひび割れが観察された。組成分析、膨張性試験結果などから橋梁全体がアルカリ骨材反応（ASR）による劣化であると判定された。とくに橋面からの水分供給の多いゲルバーヒンジ部周辺ではその進行が顕著であることが確認された。これらに対して、ひび割れ注入、含浸材塗布などの補修を実施してきたが、今後もASRによる劣化の進行が予想されることから、ゲルバーヒンジ部の補修が検討されてきた。

本稿では特殊構造である長大PC橋のゲルバーヒンジ部の抜本的な補修方法として上下線それぞれを全面交通規制し、劣化部を切断・撤去し、橋梁全体を連続化した設計と施工について報告する。

## 2. 鈴田橋の概要

## 2.1 構造

本工事の対象は橋長458mの7径間連続ラーメン箱桁橋で、中央部の支間の1/4点に1箇所のゲルバーヒンジを有する構造である。上部工の施工は各柱頭部から張出し架設された。ゲルバーヒンジ部は遊間を仮設鋼製櫛材で埋め、仮設PC鋼材によって緊結一体化することで張出し架設に対応した。表-1に構造概要、写真-1に上り線側全景、図-1に全体一般図を示す。

表-1 構造概要

橋長	484.8m (54.3+5@75.0+54.3m)
幅員	10.95m × 上下線
活荷重	TL20, TT43 (建設時)
使用材料	上部工コンクリート: ck=40N/mm <sup>2</sup> 主鋼材: A種2号 32
履歴	1978年: 竣工 2008年: 橋脚耐震補強完了 (RC巻き立て) 2012年: ゲルバーヒンジ連続化

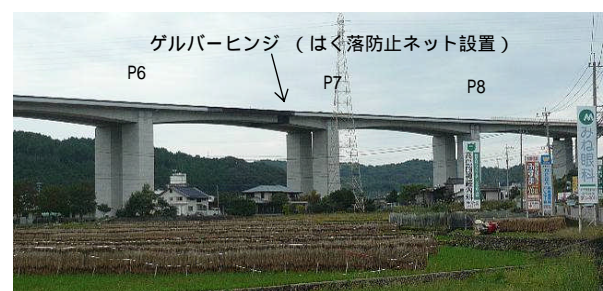


写真-1 上り線側全景（2012年2月）

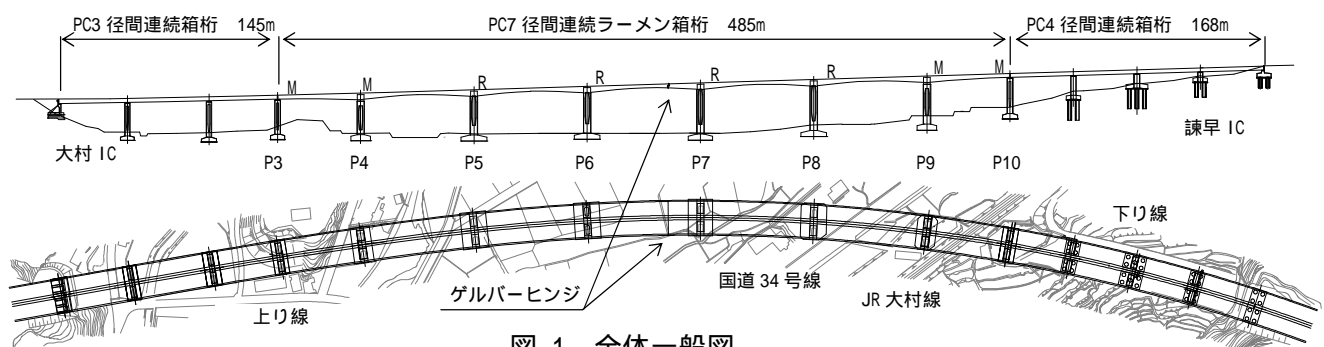


図-1 全体一般図

## 2.2 ゲルバーヒンジ部の劣化

1978年の竣工後、とくにゲルバーヒンジ部周辺にひび割れが見られた。2004年より詳細調査が実施され、ひび割れの形態からASRが疑われた。写真-2は2009年時点のひび割れ状況である。その後、2010年に残存膨張量試験（カナダ法）、コンクリートコア試料の偏光顕微鏡鑑定およびEPMA分析などの詳細調査が実施された。その結果、本橋のコンクリートにASRに関する骨材の存在および膨張性が確認された。ゲルバーヒンジ部は狭隘なクランク形状をしており、橋面上からの漏水や埃が堆積しやすいため、ASRの進行が顕著であったと推定された。

## 3．連続化の設計

### 3.1 設計方針

ゲルバーヒンジ部の支承には大きな死荷重反力が作用しており、ヒンジ部を撤去した状態では構造が成立しない。そのため、漸次的な補修として、ヒンジを残したままで部分的な補修を行ったりヒンジ部に落橋防止装置を追加する案がある。

しかし、本橋は今後もASRの進行が予想され放置するとひび割れが進展し第三者被害を及ぼしかねないこと、断面修復部では既設プレストレスの効果が消滅するためゲルバーヒンジ周辺を部分的に打ち換える案では不十分であることから、抜本的な補修として劣化したゲルバーヒンジを撤去し新たにコンクリートを打設し外ケーブルを配置して連続化するものとした。ヒンジ撤去時の構造安定性に対しては、吊桁側上部工は仮支柱で支え、受桁側上部工は地盤をアンカーとする固定用PC鋼材により地上から連結することで対応した。

### 3.2 連続化設計

1979年の建設当時の詳細な施工報告書が存在していた。これをもとに、張出し架設および中央閉合順序、コンクリート打設、緊張時期を忠実にトレースした再現設計を行い、構造解析の基本とした。

外ケーブルは、既設横桁を削孔する際の鋼材切断への配慮から小容量・細径のものと、箱桁内での配置可能本数を満足するような大容量・太径のものとを比較した。その結果、箱桁内での配置可能な10本を目安に必要なプレストレスを算定し選定した。ナット定着の工場製作ケーブルは箱桁内への引込みの施工性から採用せず、プッシングマシンおよびウインチで容易に引込みが可能で、NEXCOで標準的に用いられているエポキシ被覆ストランド19S15.2とした。

外ケーブルの定着について、外ケーブルを支間途中に定着した場合、定着突起を緊結するウェブ貫通アンカーが経済性・施工性を低下させる。したがって柱頭部横桁のみに定着することとした。既設柱頭部横桁は壁厚1.1mの2枚壁構造であるため、局部解析を行い、外ケーブルの定着力に対して耐荷力を確保するため2枚壁内にはコンクリートを充填することとした。

ゲルバーヒンジ撤去時に既設主PC鋼材SBPR 32が切断される。切断本数は図-2に示すように受桁切断面側で24本（既設PC鋼材数はP7柱頭部で158本）、吊桁側で22本（P7-P6支間中央で54本）である。PC鋼材を切断した場合のプレストレスの消失の程度の評価は困難であるため、連続化の設計では切断するPC鋼材のプレストレスが完全に消失した



写真-2 ゲルバーヒンジ部のひび割れ

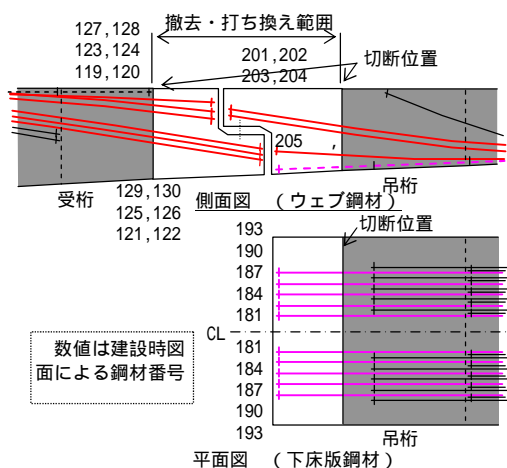


図-2 切断される PC 鋼材

場合、グラウトの付着効果によって消失しない場合の2水準の解析を行い、いずれも満足するように外ケーブル位置を決定した。

これらの外ケーブル配置の方針をもとに、連続化後の設計荷重時の許容応力と終局耐力を満足するように、外ケーブル19S15.2mmをP8-P7-P6に4本、P7-P6に6本配置した。なお、連続化後は平成24年道路橋示方書に基づく耐震性能も満足している。

### 3.3 仮設材の設計

ゲルバーヒンジには死荷重時に3000kNの反力が作用している。受桁側は鉛直下向き、吊桁側は鉛直上向きの反力である。ゲルバーヒンジを撤去すると、受桁側は上方に跳ね上がろうとする下縁引張応力が生じ、吊桁側は垂れ下がろうとする上縁引張応力が生じ構造安定性が損なわれる。したがって、ゲルバーヒンジ撤去時にもこの反力を載荷しておく必要がある。本橋では橋梁下が使えることからカウンターウエイトとして地盤をアンカーとする固定用PC鋼材で受桁側上部工とを連結する方式とした。

仮設材の設計では、連続化の各施工段階の構造変化に加え、施工に4ヶ月間が見込まれるため上部工の温度変化による反力変化も見込んだ。なお、仮支柱、固定用PC鋼材の設置位置には上部工箱桁内に横桁を新設し、これらの反力に抵抗させる構造とした。

## 4 連続化の施工

### 4.1 施工順序

まず、上部工を支える仮支柱、固定用PC鋼材を設置し構造を安定させる。続いてゲルバーヒンジ部の撤去、連続化を行う。図-3に施工順序を示す。

### 4.2 仮支柱、固定用PC鋼材

受桁側に設置する固定用PC鋼材は工場製作のポリエチレン被覆仕様とし、連続化の構造設計に基づいて終局荷重2700kNのものを4本用いた。地盤側は調査ボーリング結果に基づきアンカー体長7.5mとし、上部工箱桁内に新設した新設横桁を貫通して橋面上に定着した。また、固定用PC鋼材の温度伸縮の影響を低減させるために頭部に調整ジャッキを設けた支柱を設置した。

吊桁側の仮支柱は1本あたり60tfの耐力を有する16本の柱で構成される。最上段にはH鋼を敷設し、地盤をアンカーとする固定用PC鋼材側の支柱と一体化し作業ステージとした。ステージは連続化施工のための支保工、作業足場として利用した。また、吊桁を支持するジャッキを配置した。

これらの仮支柱は、クレーンの吊代を確保するため上下線の中央で組み立て、上り線直下に横移動させた。下り線施工時には再度横移動させる。

### 4.3 既設PC鋼材のグラウト充填状況調査

ゲルバーヒンジ部の撤去に伴い切断されるPC鋼材の突出を避けるため、施工前に既設PC鋼材のグラウト充填状況を調査し、充填不足の場合は再充填を行った。調査はPC鋼材のかぶり深さに応じて広帯域超音波法および小径ドリルによる削孔目視を使い分けた。広帯域超音波法は、シースからの反射波を解析し、充填されている場合と充填不足の場合とで反射波のスペクトル特性が異なり、スペクトルピークが発生する周波数の違いを確認すること

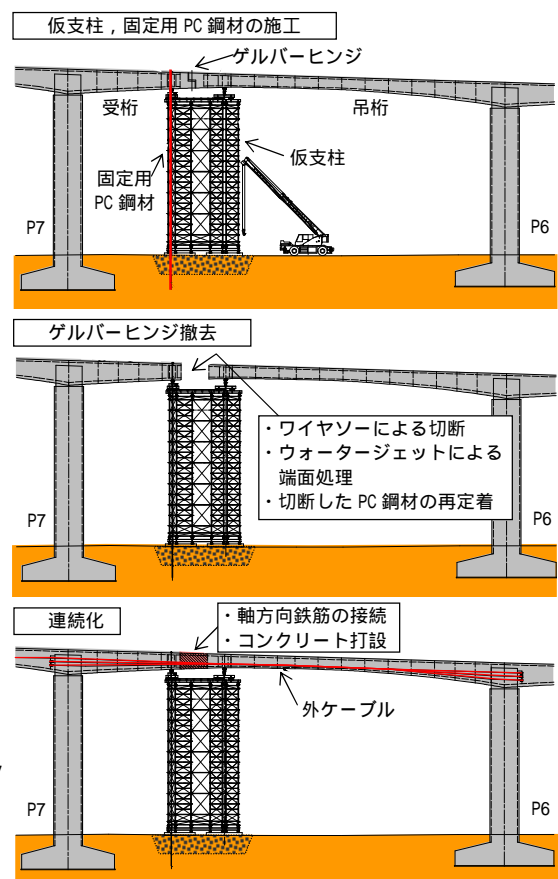


図-3 施工順序



で判定する。主鋼材について、切断予定の受桁側24本と吊桁側22本に対し、41本が調査でき、8本がグラウト充填不足と判断され再充填を行った。

#### 4.4 ゲルバーヒンジの撤去

ASRが顕著なゲルバーヒンジを含む橋軸方向4.75mの範囲を撤去し連続化した。まず、ゲルバーヒンジ部の伸縮装置をはつり撤去した。続いてワイヤソー孔および吊孔をコア削孔した。搬出・運搬時の重量制限から1ブロックの重量が8tf以下となるように地覆壁高欄、吊桁突出部、吊桁部、受桁突出部、受桁部の順にワイヤソーによって分割切断し（写真-3）、搬出した。

ゲルバーヒンジの切断面はウォータージェットで軸方向鉄筋およびPC鋼材を露出させた。軸方向鉄筋は新たにコンクリート打設する連続部とエンクローズド溶接で接続するために100mm露出させた。切断したPC鋼材は再定着を行うために200mm露出させた。

切断したPC鋼材は定着体が撤去され、グラウトによる付着のみの定着状態である。そのため、温度伸縮や交通振動などによってPC鋼材の付着性が低下しPC鋼材の伸びが解放される可能性がある。最悪の場合、カップラー部で衝突しコンクリート片が剥落する可能性がある。その対策として、切断したPC鋼棒端部には新たに改良した「PC鋼棒用クサビ式定着具」を取り付けて再定着した。写真-4に示すように切断したPC鋼材の先端部にくさび、メスコーンなどからなる再定着具を設け、緊張力を与えて固定するものである。

#### 4.5 連続化

外ケーブルの引き込みは19本束で一括挿入し工程短縮を図った。写真-5に示すようにゲルバーヒンジ付近の橋面上にドラム、P8橋脚付近の地上にウインチを配置し、切断したゲルバーヒンジから箱桁内に引き込んだ。外ケーブルの緊張は、P6-P7径間の外ケーブルはP6側からの片引き、P6-P8径間はP6およびP8からの両引きで行った。これは、下床版に仮設作業口を設けたP6、P8付近のみの効率的な作業とすることが目的である。また、連続化部分の主桁コンクリートは打継目を設けずに一括打設することにより、工期短縮、耐久性向上に努めた。写真-6は上り線連続化完了状況である。

#### 4.6 連続化の確認

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、仮支柱の変位や反力を計測し、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、計画とおりの連続化が行われたことを確認した。

#### 5. おわりに

本工事ではゲルバーヒンジ部という特殊構造でも連続化工事が可能なことを実証できた。平成25年4月現在、引き続き下り線の連続化を準備中である。今後、増加することが予想される同種のPC橋の補修工事に本稿が役立てば幸甚である。



写真-3 ワイヤソー切断



写真-4 PC鋼材の再定着



写真-5 PC鋼材の引き込み



写真-6 上り線連続化完了