

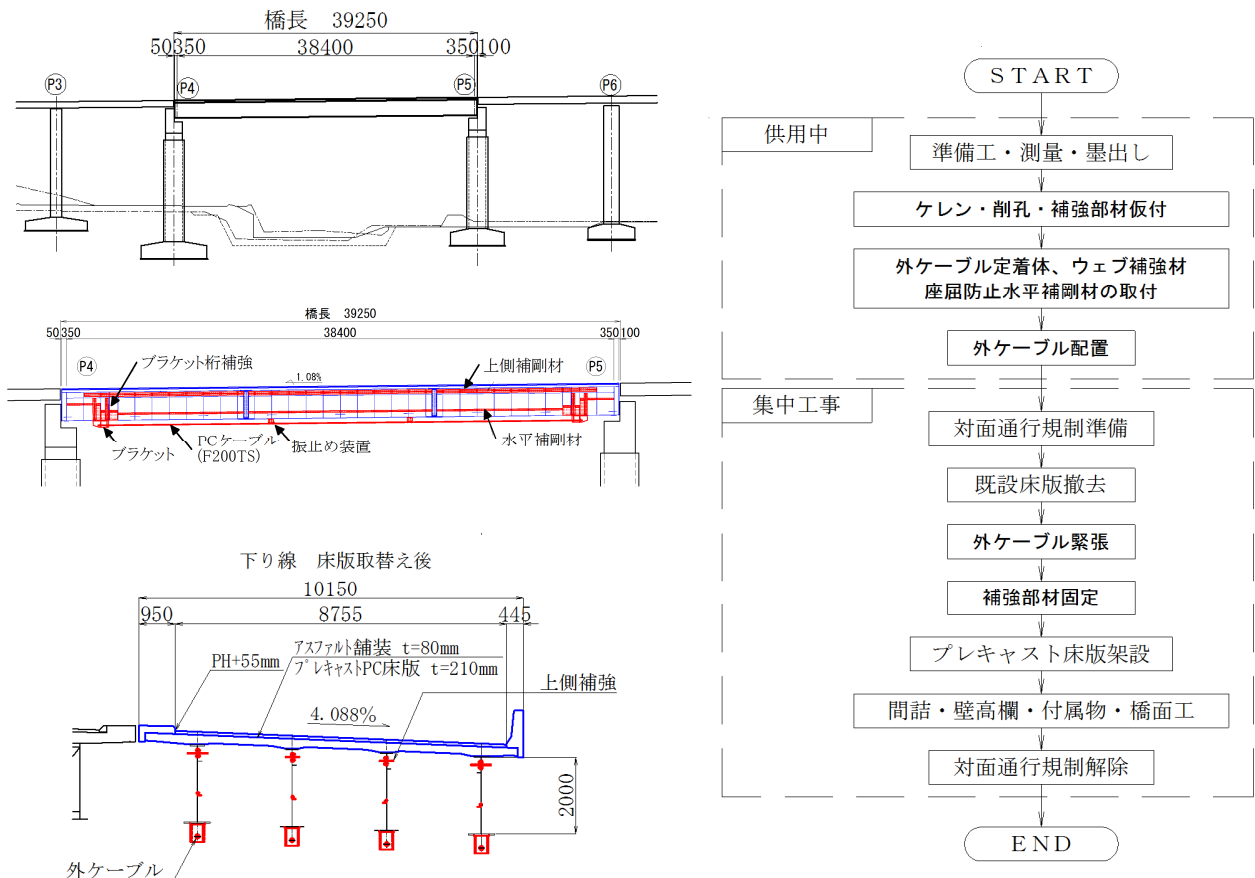
鋼桁橋の床版取替えとPC外ケーブルによる鋼桁補強

中日本高速道路(株) 正会員 ○長谷 俊彦
 中日本高速道路(株) 田尻 丈晴
 中日本高速道路(株) 横田 達輝
 (株)IHIインフラ建設 正会員 池上浩太郎

キーワード：リニューアル工事，床版取替え工事，鋼単純合成桁，PC外ケーブル補強

1. はじめに

2016年秋に実施した高速道路の中央道リニューアル工事において，中央自動車道諏訪南IC～諏訪IC間に位置する弓振川橋下り線（図－1）の床版取替え工事を実施した。当該橋梁は，供用開始から40年以上が経過しており，これまで平成8年および平成10年に，車両の大型化対策としてRC床版の上面増厚補強が実施されている。その後，床版の再損傷が進行し，床版上面のコンクリート劣化にともなうポットホールが発生と，床版下面のコンクリート剥離や腐食した鉄筋の露出，亀甲状のひび割れなどの変状が確認されたことから，特定更新等事業として床版取替え工事を実施したものである。本橋では鋼単純合成鉄桁の床版撤去後の新設床版架設による鋼桁の応力照査において桁補強が必要となることから，PC外ケーブルを併用した鋼桁補強を実施したのでその設計・施工について報告するものである。



図－1 弓振川橋床版取替え工事の概要

2. 床版取替えの設計

更新用プレキャスト PC 床版は、鋼主桁の上フランジ部添接箇所において床版下面のハンチ部で高力ボルト頂部に対するクリアランスを確保する配置とし、床版計画高さと同床版厚は、鋼単純合成桁橋の前後の RC 中空床版橋の区間において上面増厚補強が計画されるため、RC 中空床版橋の上面増厚後の舗装路面高さに擦り付くように床版取替え後の路面高さが+55mm となるよう設定した (図-2)。新設する PC 床版の橋軸方向継手構造には、ループ継手構造を採用するとともに、打継ぎ目をまたぐ鉄筋にはエポキシ樹脂塗装鉄筋を使用した (図-3)。床版厚は、建設当時の RC 床版 210mm に対して PC 床版として必要厚さ 190mm とした場合、中間支点部床版において鋼桁上フランジ添接部の高力ボルト頂部によるハンチ部の断面欠損を考慮すると、プレテンション PC 鋼材 (SWPR7L 1S15.2mm) の 1 段配置で可能となる PC 鋼材の偏心量が確保できなかった。また、スタッドジベル用孔や高さ調整用金具とのあきを確保する必要があったことから、PC 鋼材を 2 段配置としたことから PC 床版厚を 210mm とした (図-4)。

3. 主桁補強設計

弓振川橋の床版撤去時の主桁補強については、当初は、上フランジ、下フランジのそれぞれ近傍に補強部材として形鋼を設置する計画であった。既設主桁断面のみで、桁自重と補強部材の重量を負担し、補強後断面で後死荷重と活荷重を負担する構造であるため、既設主桁部材の後死荷重と活荷重に対する応力の余裕量が非常に小さい状態であった。補強部材の断面剛性を有効に発揮させるためには、設置位置は既設の上下フランジに近い位置が有利となるが、補強後の維持管理性や塗替え塗装の作業性を考慮すると補強部材位置は上下フランジからの離れを十分に確保する必要があると判断した。そこで、死荷重作用時 (床版取替え工、橋面工完成時) の既設主桁の応力余裕量が小さいことに対して PC 外ケーブルにより既設部材の応力改善を図ることとした。また、床版撤去後の補強部材配置では主桁補強工に要する工程が長くなることから、規制期間で施工を完了させるために、供用下で先行主桁補強ができるように、部材寸法、補強量、補強工程などを比較検討した。

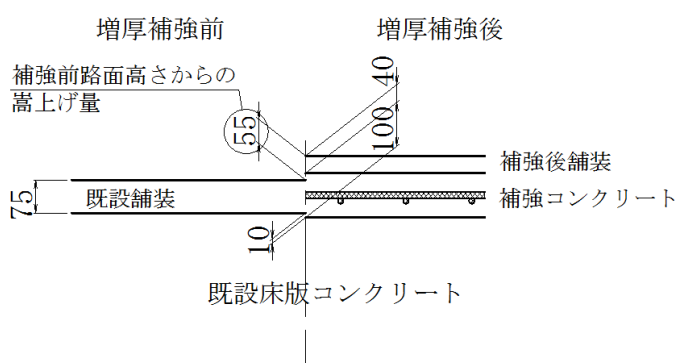


図-2 上面増厚補強部の取り合い

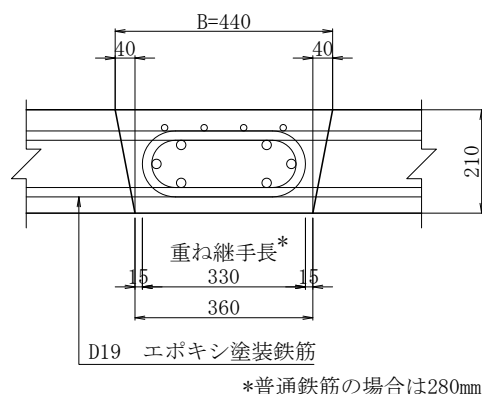


図-3 プレキャスト床版の構造図

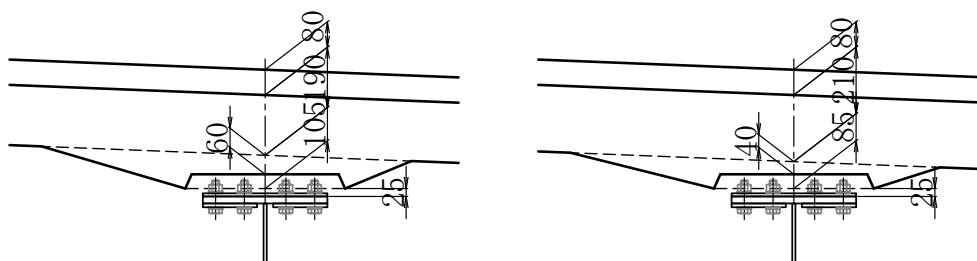


図-4 主桁部の床版厚 (左 : 190mm, 右 : 210mm)

表-1 主桁補強方法の比較

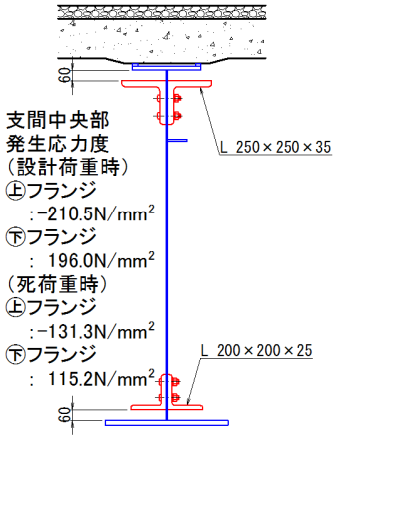
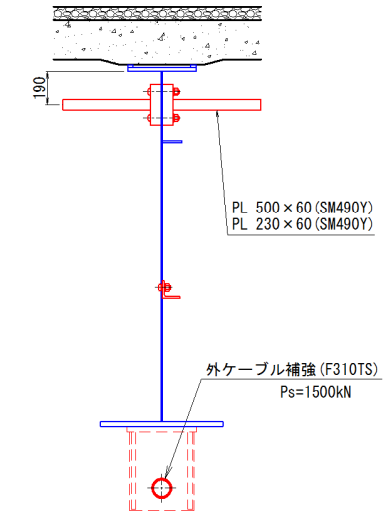
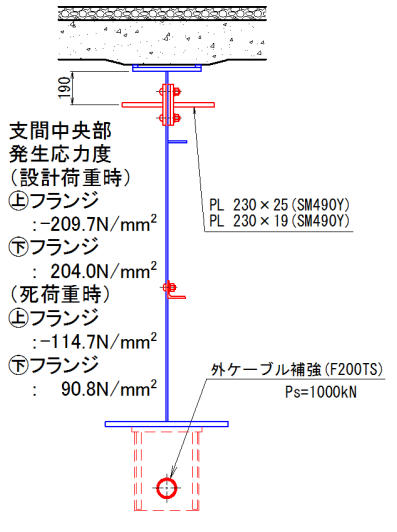
ケース① 既設床版撤去後補強 補強部材のみ	ケース② 既設床版撤去前(供用下)補強 外ケーブル+補強部材	ケース③ 既設床版撤去後補強 外ケーブル+補強部材
 <p>支間中央部 発生応力度 (設計荷重時) Ⓛフランジ : -210.5N/mm² Ⓧフランジ : 196.0N/mm² (死荷重時) Ⓛフランジ : -131.3N/mm² Ⓧフランジ : 115.2N/mm²</p>	 <p>外ケーブル補強 (F310TS) Ps=1500kN</p>	 <p>外ケーブル補強 (F200TS) Ps=1000kN</p>
<p>①補強部材一部仮付 (供用下) ②既設床版撤去 ③補強部材取付固定 ④取替え床版架設</p> <p>補強重量 補強部材 403.2 kg/m</p>	<p>①補強部材取付固定 (供用下) ②既設床版撤去 ③外ケーブル緊張 ④取替え床版架設</p> <p>補強重量 補強部材 702.5 kg/m 外ケーブル 17.6 kg/m 合計 720.1 kg/m</p>	<p>①補強部材仮付 (供用下) ②既設床版撤去 ③補強部材固定 ④外ケーブル緊張 ⑤取替え床版架設</p> <p>補強重量 補強部材 173.7 kg/m 外ケーブル 10.5 kg/m 合計 184.2 kg/m</p>

表-1に示す3ケースの補強方法について、補強構造断面、施工ステップ、補強重量の比較を行った。ケース①は、床版撤去後に補強材を固定する補強方法であり、補強部材には等辺山形鋼を使用する。補強部材の重量増加分は既設鋼桁のみで負担させるため、鋼桁補強後はプレキャストPC床版の荷重により鋼桁に発生する応力の余裕が減少する。また維持管理の面から塗替え塗装のため上フランジと補強部材間の作業空間を確保するには、床版取替え工事により鋼桁に発生する応力を満足させるため、上フランジに対する補強部材の取付け位置を現状より下方に配置することが困難であった。これに対して、工期短縮を目的とし、対面通行規制前の供用下で補強部材を取り付ける方法の検討を行った。ケース②は、床版撤去前に補強部材を取り付けると、補強部材の断面剛性により床版撤去時の既設主桁の応力解放量が小さくなり、補強後の荷重により鋼桁に発生する応力への余裕はケース①よりも小さくなり補強部材は大型化する傾向となった。ケース③は、床版撤去後に外ケーブルにより既設桁の応力改善を行ったのち、補強材を固定する方法である。外ケーブル緊張前に補強部材を仮設置することで、既設鋼桁は補強部材の重量を負担するが、外ケーブル緊張時に補強部材が抵抗しない構造となることで、鋼桁応力改善効果はケース②に比べ大きくなった。以上の結果、補強後死荷重時の既設主桁の発生応力を抑え、鋼桁の補強部材を低減でき維持管理上も有利と考えられるケース③を採用した。主桁補強一般図(耳桁、側面図)を図-5に示す。外ケーブル工法による鋼桁の応力改善は実績が少なく、特にPC鋼材定着のためのブラケット周辺では複雑な応力分布となることが想定された。補強方法については、3次元FEM解析により部材の安全性を確認した。図-6に解析結果のVon Mises応力を示す。外ケーブルの支持間隔については、支間長の1/4程度以内とし、外ケーブル構造・プレキャストセグメント工法設計施工規準¹⁾より支持間隔が10m以下、あるいは外ケーブルの固有周期が構造物の固有周期の10~20%程度となるよう制振装置を取り付けることとした。外ケーブルと橋梁の固有周期の比は、非合成桁とした場合で10.5%、合成桁とした場合で14.9%であった。

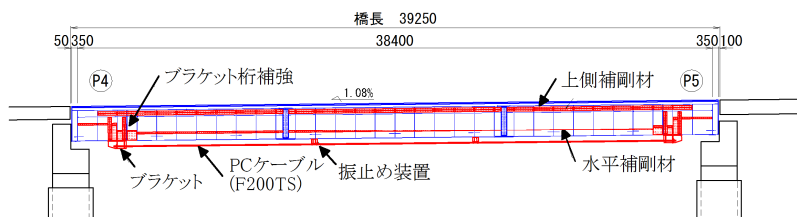


図-5 鋼単純桁橋の主桁補強一般図

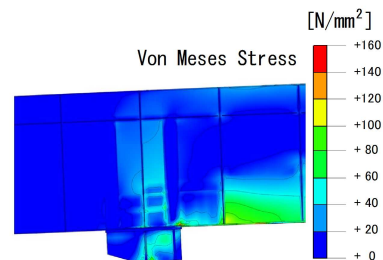


図-6 定着部の局部応力照査



写真-1 外ケーブル定着部

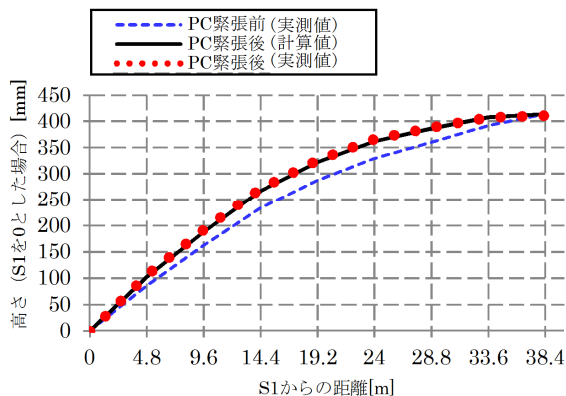


図-7 主桁のそり上がり計測結果

4. 床版取替え工および主桁補強工

工事前の弓振川橋は鋼単純合成桁構造であるため、上フランジには床版コンクリートとの一体化を図るために多くのスタッドが配置されていた。そのため本工事では、張出し床版、中間床版を、クレーンで吊ったままの状態での切断、撤去したのち、上フランジ上のコンクリート（厚さ 350mm 程度）の下側 100mm 程度を残してワイヤーソーで水平に切断・除去したのち、残りのコンクリートをウォータージェットで除去した。床版撤去後の主桁へのプレストレス導入は、4 台のジャッキを使用して 4 主桁同時に行った(写真-1)。緊張時には、荷重と伸びによる管理のほか、導入力 10%ごとに主桁のそり、支間中央部での主桁のひずみを計測した。主桁のそり、ひずみとも設計値によく一致した挙動を示した(図-7)。

5. おわりに

床版取替えのための規制工事は、平成 28 年 10 月 11 日から 11 月 30 日の 51 日間で対面通行規制を行い無事に完了した。規制工事終盤の 11 月 23 日に大雪に見舞われ、規制区間の除雪や工程調整に苦慮したが、関係各位の努力のおかげで、計画通りの期間で規制を解除できた。平成 29 年 4 月現在は、塗替え塗装と付帯工事の準備を進めている。本工事では、鋼合成版桁橋を外ケーブルと補強部材を併用して補強することで、床版コンクリートとの合成効果を期待せずとも成立する鋼板桁橋へ改良するという新しい試みに取り組んだ。今後、急速に展開していく高速道路リニューアルプロジェクトにおいて、同様の工事を計画する際の一助となれば幸いである。

参考文献

- 1) (社)プレストレストコンクリート技術協会；外ケーブル構造・プレキャストセグメント工法設計施工規準，2005.6