

# 馬桁一体 2 径間連続 PC 箱桁橋の施工 (北海道新幹線, 桜岱高架橋)

## Construction of 2 Spans Continuous PC Box Girder Bridge (Hokkaido Shinkansen Sakuratai Elevated Bridge)

松永 健\*

藤波 亘\*\*

Ken Matsunaga

Takeshi Fujinami

土田 耕司\*\*\*

Koji Tsutida

### 要 約

北海道新幹線は、新青森駅を起点に函館市付近を經由して札幌駅に至る約 360 km の路線である。現在特急で 5 時間以上かかる札幌～青森間の移動が開業により 2 時間余りと、大幅な時間短縮となる。2005 年には、新青森駅～新函館（仮称）間が着工され 2015 年度に先行して完成する予定である。

本工事は、北海道北斗市の三好地区～添山地区に至る 1,853 m の高架橋工事である。そのうち、本報告では、馬桁一体 2 径間連続 PC 箱桁橋である桜岱 17 号線 Bv の施工概要について報告する。

桜岱 17 号線 Bv は、新幹線と市道が 20 度以下の浅い角度で交差していることからスパン 80 m 以上の長大橋梁となり、通常の PC 橋梁では桁下空頭を確保できない。そこで、道路両脇に橋脚を配し、馬桁を築造する構造形式を採用している。

本論ではマスコンとなる馬桁並びに PC 箱桁橋のひび割れ検討および対策、三次元 CAD を用いた鉄筋および PC 鋼材の干渉確認、緊張管理システムを用いた PC 緊張管理を中心に、その施工概要を報告する。

### 目 次

- § 1. 工事概要
- § 2. ひび割れ防止対策
- § 3. 三次元 CAD による鉄筋および PC 鋼材干渉確認
- § 4. PC 緊張工
- § 5. おわりに

### § 1. 工事概要

工事概要および橋梁諸元を以下に示す。また、**図一**に工事箇所位置図を、**写真一**に完了全景を、**図二**に構造一般図を示す。

工 事 名：北海道新幹線, 桜岱高架橋

工事場所：北海道北斗市桜岱地内

契約工期：平成 23 年 1 月 21 日～平成 25 年 6 月 24 日

発 注 者：(独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構

請 負 者：西松・中山・新太平洋・和工 JV

橋 名：桜岱 17 号線 Bv

橋梁形式：馬桁一体型 2 径間連続 PC 箱桁橋

橋 長：主桁 L=82.0 m, 馬桁 L=27.0 m



図一 工事箇所位置図



写真一 施工完了全景

\* 土木設計部設計課

\*\* 土木設計部土木リニューアル課

\*\*\* 土木部土木課



①馬桁

**結果**・マスコンクリートである馬桁（2.8 m×4.0 m）の内部と表面の温度差により、部材表面に主として線路方向の内部拘束ひび割れが発生する。

**対策**・高性能 AE 減水剤の使用によりセメント量を約 30 kg 低減する。発生温度を約 3℃抑制し、表面のひび割れ指数は 0.02 程度向上する。

- ・本緊張はコンクリート打設の約 2 か月後であるため、ひび割れの進行を抑えるためにも約 1 N/mm<sup>2</sup>の先行緊張を行う。
- ・補強鉄筋 D13 を配置し発生ひび割れ幅を許容ひび割れ幅（上面：0.20 mm、側面・下面：0.25 mm）以内に抑える。

②主桁（下床版・ウェブ）

**結果**・既打設部である馬桁の外部拘束により、馬桁との接続部において下床版内部に線路方向のひび割れが発生する。

- ・中間横桁の拘束により、中間横桁部の下床版およびウェブの表面において線路直角方向のひび割れが発生する。

**対策**・部材断面の大きい馬桁の拘束を低減するため、馬桁接続部 1.2 m を先行打設し拘束効果を低減する（図一5 参照）。

- ・補強鉄筋 D13 を配置し発生ひび割れ幅を許容ひび割れ幅（側面・下面：0.25 mm）以内に抑える。

③主桁（上床版）

**結果**・既打設部である馬桁および主桁（ウェブ）の外部拘束により、馬桁との接続部において上床版内部に線路直角方向のひび割れが発生する。

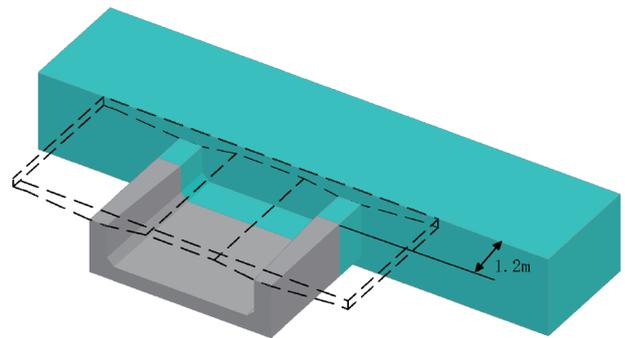
- ・中間横桁の拘束により、中間横桁部の上床版の表面において線路直角方向のひび割れが発生する。

**対策**・上床版の温度変化時の伸縮量を低減するため膨張材を添加し、温度変化による収縮量を約 30%低減する。

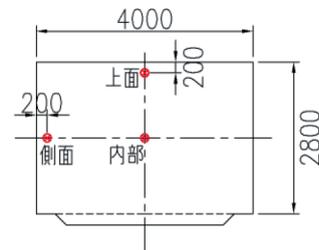
- ・補強鉄筋 D13 を配置し発生ひび割れ幅を許容ひび割れ幅（スラブ：0.20 mm）以内に抑える。

程度）との差異が影響したものと考えられる。

- ・側面の内部拘束によるひび割れに影響する内部と側面の温度差は解析値と計測値ではほぼ同様となった。解析で設定した測面部の養生条件（合版型枠熱伝達率  $\eta=8 \text{ W/m}^2/\text{C}$ ）は実養生条件を適切に評価した値であるといえる。
- ・上面の内部拘束によるひび割れに影響する内部と上面の温度差は解析値に比べ計測値が約 10℃低くなった。本工事で躯体上面に実施した養生マットによる養生効果は、通常解析で設定する養生マットの養生効果（熱伝達率  $\eta=5 \text{ W/m}^2/\text{C}$ ）よりも保温効果が高く、コンクリートの内外温度差を抑え、品質の向上につながる養生が行われたといえる。



図一5 馬桁接続部（1.2 m）先行打設



図一6 計測箇所断面図

項目	計測値	解析値
最高温度（℃）	78（3日）	68（4日）
内部と側面の差（℃）	44（8日）	41（8日）
内部と上面の差（℃）	31（6日）	41（8日）

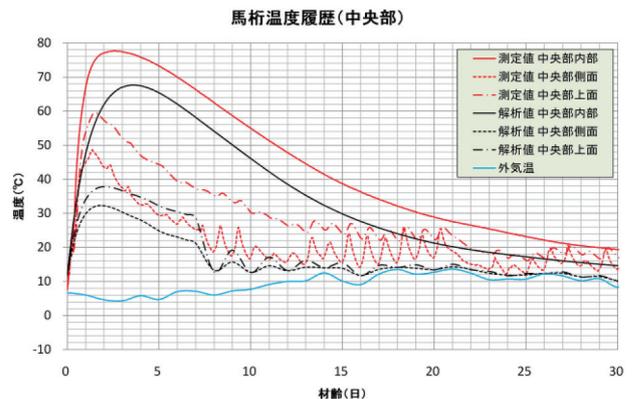
2-3 温度計測

(1) 計測結果

温度応力解析およびひび割れ防止対策の妥当性を検証するため、マスコンクリートである馬桁においてコンクリート温度の計測を実施した。計測は温度が最も高くなると予想される馬桁支間中央部の内部、上面、側面の三箇所について行った。図一6 に計測箇所断面図を、図一7 に温度計測結果を示す。

(2) 考察

- ・最高温度は解析値に比べ計測値が約 10℃程度高くなった。これは、本コンクリートのセメント量（416 kg/m<sup>3</sup>）が通常用いられる断熱温度上昇式の基となっているコンクリートのセメント量（主として C=300 kg/m<sup>3</sup>

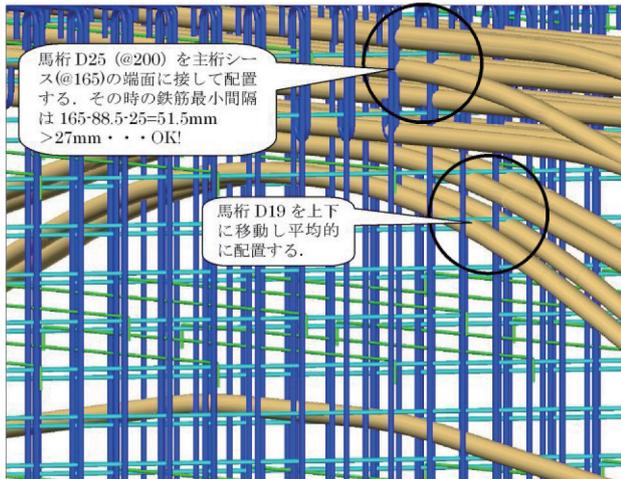


図一7 温度計測結果

§3. 三次元CADによる鉄筋およびPC鋼材干渉確認

当該構造物は、特に馬桁と主桁の交差箇所で鉄筋およびPC鋼材が密に配置されており、実施工時の相互干渉等によるトラブルが懸念された。

そこで、施工前に配筋とシース配置状況を三次元CADで照査し干渉箇所の有無を確認した。その結果、シース管と鉄筋および鉄筋同士が干渉することを事前に把握することが出来、スムーズな施工につながられた。表一に干渉確認結果および対策を、図一8に干渉箇所拡大図の一例を、写真一2に鉄筋・シース管の配置状況を示す。



図一8 干渉箇所拡大図

表一 鉄筋干渉確認結果および対策

確認対象物	対処方法
馬桁 S 馬桁 T	・馬桁 D13 を上下に移動し平均的に配置する。
馬桁 S 主桁 T	・主桁 D13 を上下に移動し平均的に配置する。 ・主桁 D25 (@100) を馬桁シース (@200) の端面に接して配置する。その時の鉄筋最小間隔は 200 - 111 - 25 - 25 = 39 mm > 27 mm ……OK!
主桁 S 馬桁 T	・馬桁 D25 (@200) を主桁シース (@165) の端面に接して配置する。その時の鉄筋最小間隔は 165 - 88.5 - 25 = 51.5 mm > 27 mm ……OK! ・馬桁 D19 を上下に移動し平均的に配置する。
主桁 S 床版 T	・床版縦方向 D16 を左右に移動し平均的に配置する。
主桁 S 主桁 T	・主桁 D13 を上下に移動し平均的に配置する。 ・幅止 D13 を上下に移動し平均的に配置する。
馬桁 T 主桁 T	・主桁のかぶりを確保し馬桁 D25 を左右に移動し平均的に配置する。
馬桁 T 床版 T	・床版縦方向 D13 を馬桁 D25 の間に平均的に配置する。



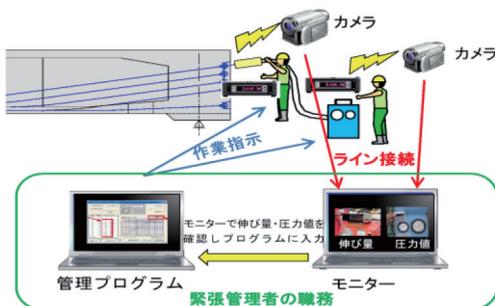
写真一2 鉄筋・シース管配置状況

§4. PC 緊張工

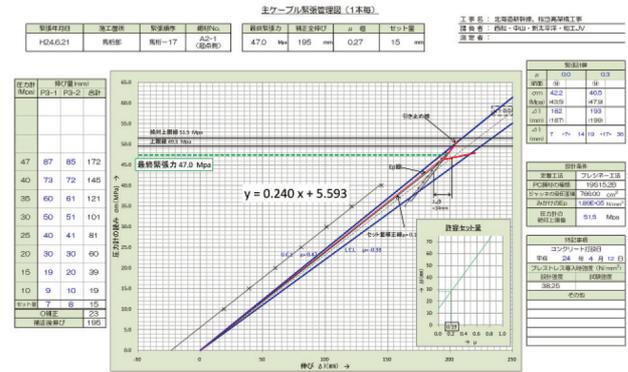
4-1 プレストレス導入管理

(1) 緊張管理システム

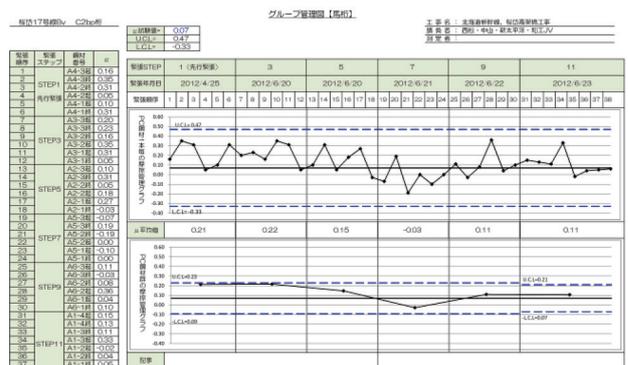
緊張管理システムは、PC鋼材の伸びと緊張ポンプの圧力を計測するデジタル機器と緊張グラフを作成する専用の管理プログラム、管理用モニターカメラで構成する。従来通りの施工管理に加え、当該管理を追加することで、人為的なミス等を防ぎ、より精度の高い施工を実施することが可能となる。図一9に緊張管理システムイメージ図を、図一10および図一11に施工時に用いた緊張管理グラフを示す。



図一9 緊張管理システムイメージ図



図一10 緊張管理グラフ (1本毎)



図一11 緊張管理グラフ (グループ管理)

(2) 左右対称位置の同時緊張

主桁の緊張作業は左右均等に緊張力を確実に導入するため緊張ジャッキを2セット使用し、左右対称位置のPC鋼材を同時に緊張した。写真-3に緊張状況を示す。



写真-3 緊張状況

4-2 そり・たわみ量管理

(1) 緊張管理

表-2に緊張手順を示す。緊張は、図芯より近い位置から、馬桁と主桁で交互に行った。

(2) そり・たわみ量管理

確実な緊張力の導入と施工途中段階でのシースの閉塞やPC鋼材のすべり、機器の故障などの不測の事態を早期発見するため、緊張STEP毎のそり・たわみ量管理を実施した。

① 変形量の算出

変形量の算出は格子桁モデルを用いて行った。図-13に検討フローを、図-14および図-15に変位算出結果を示す。

② 計測計画

図-16に計測箇所位置図を示す。計測は、主桁および馬桁の桁自重を緊張力で負担し支保工への鉛直荷重が0となるSTEP7直後の鉛直変位を0とし、その後の桁の変形傾向を把握する。なお主桁の支間中央部については線路直角方向の傾向も把握するために、1断面につき3箇所計測する。

表-2 緊張手順

緊張STEP		
STEP1	馬桁 (先行緊張)	A4
STEP2	主桁	E103~E106
STEP3	馬桁	A3
STEP4	主桁	E100~E102
STEP5	馬桁	A2
STEP6	主桁	E107, E108
STEP7	馬桁	A5
STEP8	主桁	L101, L102
STEP9	馬桁	A6
STEP10	主桁	W101~W110
STEP11	馬桁	A1

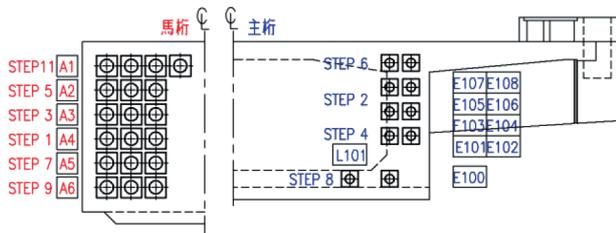


図-12 PC鋼材配置断面図

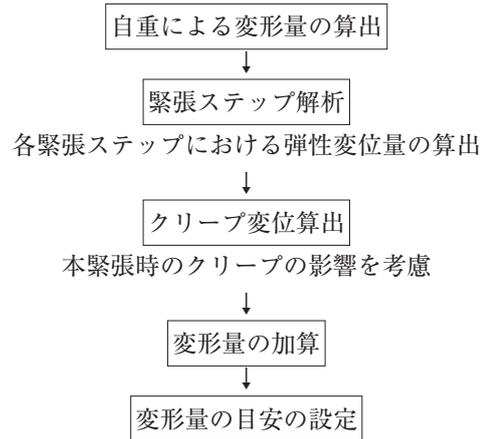


図-13 検討フロー

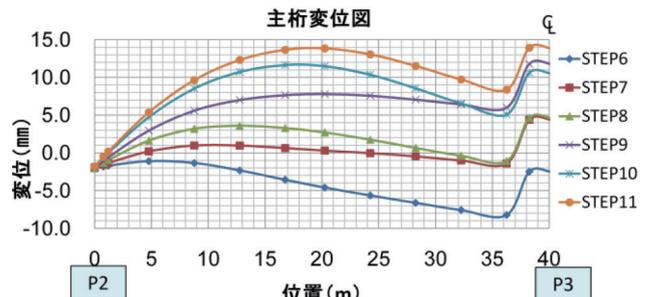


図-14 主桁変位図

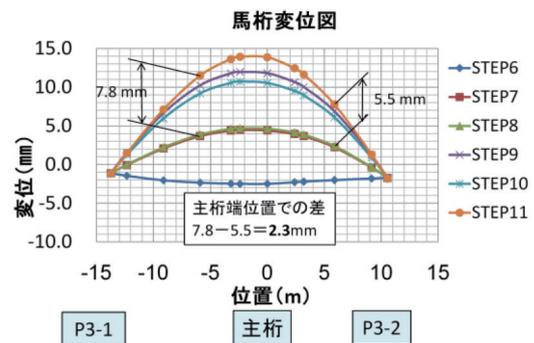


図-15 馬桁変位図

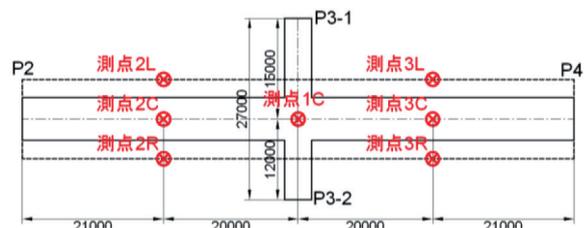


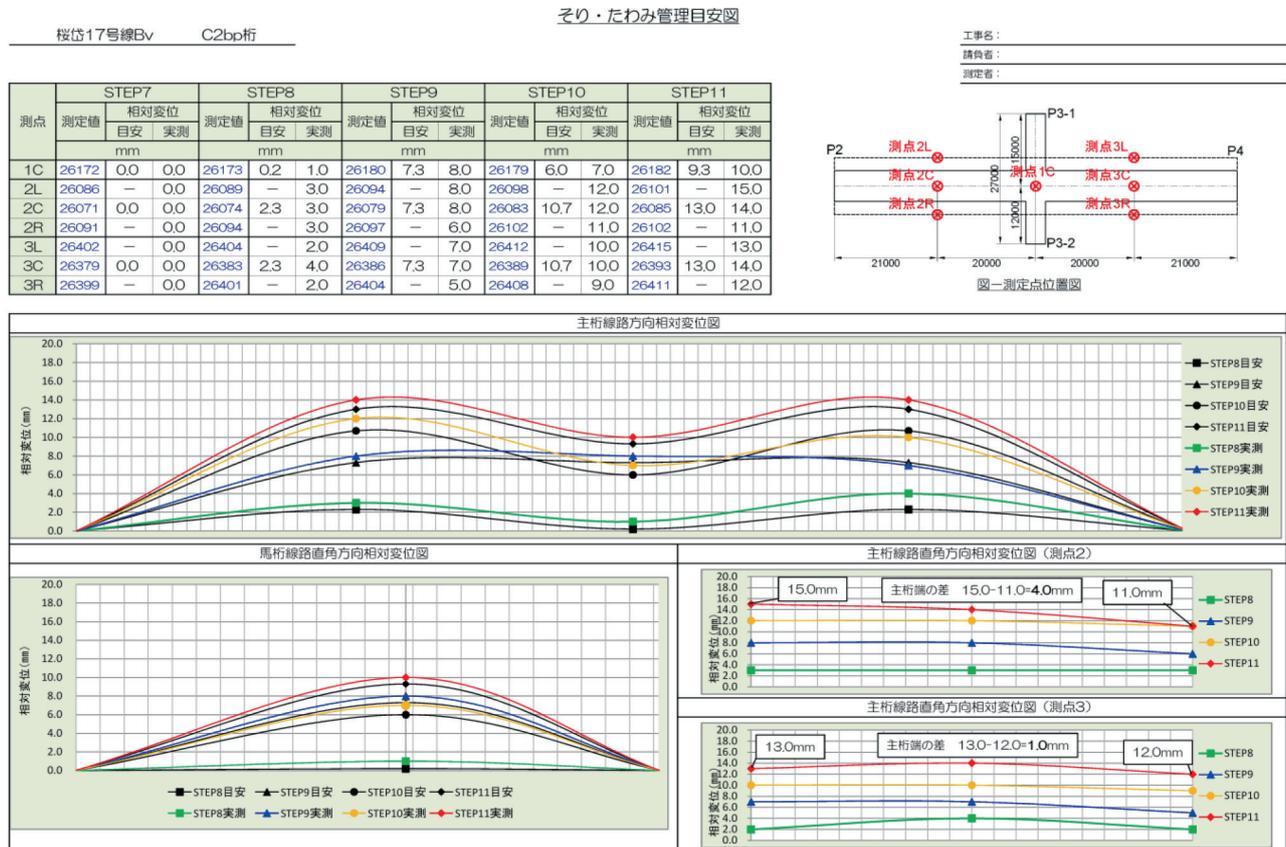
図-16 計測箇所位置図

③ 計測結果および考察

図一17にそり・たわみ量計測結果を示す。緊張STEP7以降の線路方向相対変位の傾向は事前解析とほぼ同じ傾向を示した。また，線路直角方向については，測点3においては線路中心を対象軸とし左側が右側+1.0mm（図一17参照），測点2においては左側が右側+4.0mm

（図一17参照）となった。

馬桁の事前解析結果においては線路中心から馬桁端部までの距離が異なることに起因する左右の相対変位差は7.8-5.5=2.3mm（図一15参照）であった。本計測結果は事前に想定した傾向を示しており，本緊張は当初想定通りに実施出来たことが確認できる。



図一17 そり・たわみ量計測結果

§5. おわりに

2005年に着工した北海道新幹線の新青森～新函館（仮称）間は2015年度に先行して完成する予定であり，札幌までの延伸工事も2012年8月に起工式が行われた。

北海道新幹線が開業すれば，首都圏はもとより，東北や北関東地域との間で人や物，文化などの新しい流れが起こり，北海道の産業・経済の活性化につながることになる。

本工事は，平成24年12月末現在，高架橋，橋梁スラブが完成し，橋梁付帯工の施工中である。今春からの軌道等設備工事開始および平成25年6月の土木工事竣工に向け，最後の山場を迎えている。

謝辞：今回，当社ではあまりない長大PC橋の施工に携わるという貴重な体験をさせていただいた。本社各部署をはじめ，北日本支社，桜岱出張所の方々の御支援，御指導に謝意を示す。

参考文献

- 1) 鉄道総合技術研究所，鉄道構造物等設計標準・同解説 コンクリート構造物，2004.4
- 2) (社)土木学会，コンクリート標準示方書 設計編，2007.3
- 3) (社)日本コンクリート工学協会 マスコンクリートのひび割れ制御指針，2008