

北陸新幹線・PC 橋梁工事の施工

Construction of Prestressed Concrete Bridges for Hokuriku Shinkansen

佐山 裕之*
Hiroyuki Sayama

佐伯 岳洋*
Takahiro Saeki

要 約

本報文は、積雪により施工期間が制約される中で実施した PC 橋梁の施工に関するものである。工事の工期内竣工には、所要の品質を確保した上で主桁製作工程の合理化と省力化することが第一の課題であった。これらの対策として電動式 PC 桁横取装置、横組工鉄筋部の機械式継手、型枠の転用回数を増やす加工、打継ぎ目処理剤（型枠塗膜タイプ）、高負荷用鉄筋固定金具を採用した。次に狭隘な施工ヤードにおいて PC 主桁を効率的に架設するため、主桁の架設方法選定と架設機械の配置に関して適切に計画する必要があった。本報文では、PC 主桁の架設方法と架設機械の選定、PC 桁製作時の PC 緊張管理および主桁の設定キャンパーと施工結果についても報告する。

目 次

- § 1. はじめに
- § 2. 工事概要
- § 3. 施工上の課題およびその対策
- § 4. 緊張管理結果
- § 5. まとめ

§ 1. はじめに

本工事は北陸新幹線トンネル建設工事が主要な工事であるが、着工時からの地元との円滑なコミュニケーションを行ってきた実績から、PC 桁製作架設を追加工事として受注した。

本工事の PC 桁の製作および架設に関しては、製作本数に合った製作ヤードが必要であるが、現場が豪雪地帯であり冬季のコンクリート工事が不可能で工期が制約されること、またクレーンの旋回範囲に制限があり、田面に使用する用水路に囲まれた段差のある耕作地を施工ヤードとして使用して、適切な地耐力を確保する必要があることなどさまざまな問題があった。

本報文では、PC 桁の製作および架設において施工計画・施工管理・品質管理に工夫を行い、狭隘な製作ヤードにて主桁 12 本を製作し、横取りおよび縦取り後、クレーンにて無事架設を行った内容について報告する。

§ 2. 工事概要

2-1 工事概要

(1) 工事概要

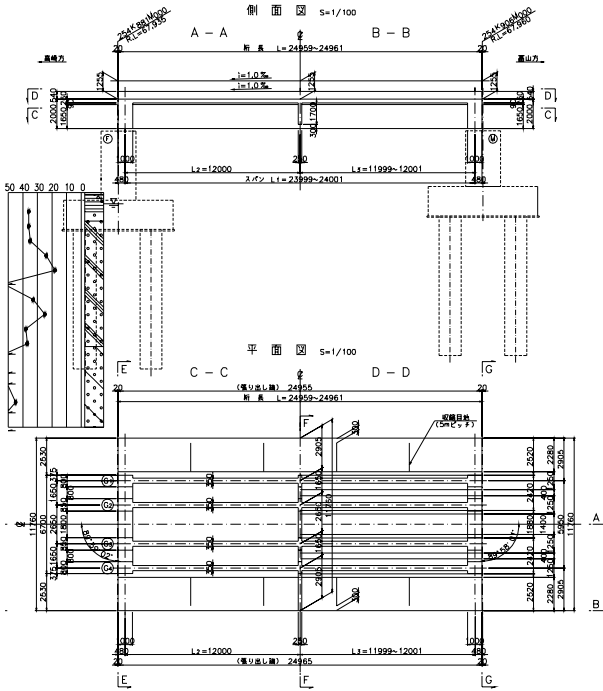
工 事 名：北陸幹（黒・富）、第 1 黒部 T 外他工事
発 注 者：独立行政法人 鉄道建設・運輸施設整備支援機構 鉄道建設本部 北陸新幹線第二建設局
工事場所：富山県黒部市宮野地内～宮沢地内
工 期：平成 15 年 3 月 25 日～平成 19 年 11 月 22 日
施工延長：Ctp7 桁 4 主 T 桁（第 1 大谷橋梁）L=25 m
Ctp8 桁 8 主 I 桁（第 2 大谷橋梁）L=25 m
施 工 者：西松（45%）フジタ（25%）大木（15%）
東城（10%）

本工事は、北陸新幹線建設工事プロジェクトの内、黒部川扇状地の西端部に位置する新黒部駅（仮称）工区の終点から第 2 黒部トンネル工区起点までの間工事延長 1,886 m 区間の工事であり（図-1）、このうち大谷橋梁地

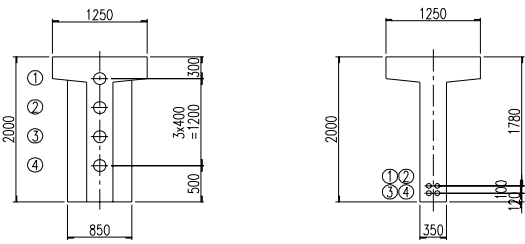


図-1 工事位置図

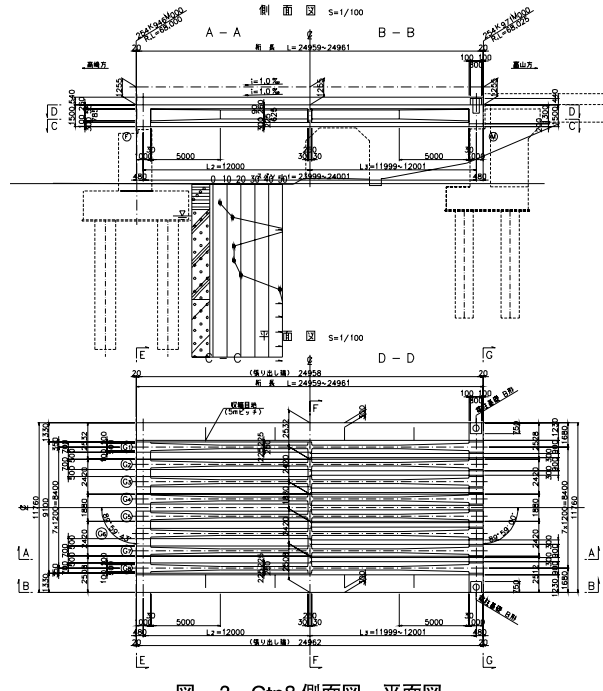
*北陸（支）北幹黒部（出）



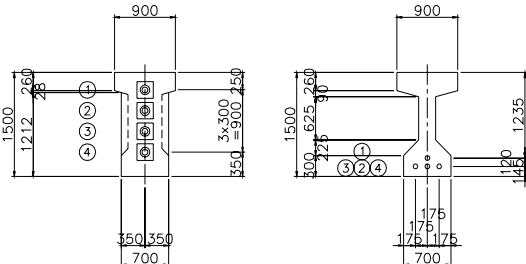
図一2 Ctp7 側面図・平面図
(複線用 PPC 単純 T 形 4 主桁 25 m h = 2.0 m)



図一4 Ctp7 主桁断面図 (第1大谷橋梁)



図一3 Ctp8 側面図・平面図
(複線用 PPC 単純 I 形 8 主桁 25 m h = 1.5 m)



図一5 Ctp8 主桁断面図 (第2大谷橋梁)

区は、工区終点側付近の第1黒部トンネルと枕野トンネルの間 25 m + 25 m の区間であった。

橋梁は、第1大谷橋梁(複線用 PPC 単純 T 形 4 主桁 25 m h = 2.0 m, 図一2, 3 参照)と第2大谷橋梁(複線用 PPC 単純 I 形 8 主桁 25 m h = 1.5 m, 図一4, 5 参照)の2橋梁であり、桁長 L = 25 m の主桁を合計 12 本現場にて製作し、横取り、縦移動後、クレーン架設を行い横組工と橋面工を施工した。

§ 3. 施工上の課題およびその対策

3-1 施工上の課題

(1) 工程上の課題

主桁の製作は、現地のヤードにて行う必要があったが、豪雪地帯であることから冬季のコンクリート工事は不可能であること、資材の準備期間、桁の PC グラウト温度を適正な温度にて行う必要があること、さらに主桁製作ヤードの造成期間を考慮した場合、主桁の製作開始は3月中旬以降となり、11月22日までの工期に対して残り

8ヶ月の期間にて行う必要があった。

ここで主桁の製作から設置に関する作業を整理すると以下のとおりである。

- ① 主桁製作、PC 鋼線緊張
- ② 横取り(次の主桁を製作するため、製作台から PC 鋼線の緊張が完了した主桁を移動する必要があり、主桁を吊上げ移動機械により横移動を行う作業)、緊張端部間詰モルタル打設
- ③ PC グラウト、主桁緊張端部の防水工
- ④ 主桁架設、縦取り(製作ヤードの制約上、Ctp8 桁側は架設場所まで主桁を移動する必要があった)
- ⑤ 横組工(主桁間および張出しスラブの鉄筋・型枠の組立、横緊張 PC 用シース管の配置、コンクリート打設後の PC 緊張作業)
- ⑥ 橋面工(地覆、路盤、ダクト、突起コンクリート、防水工)

①~③までの施工で、製作台を2セット使用しても3ヶ月を要し、以後④~⑥までの施工で3ヶ月を要するため、合計6ヶ月が必要である。

PC 桁工事完了後、防音壁の設置、橋梁横の借地ヤードの復旧、用排水工事を施工する必要がありこれらの施工には、3ヶ月を要する。

よって8ヶ月の工期に対して、約1ヶ月の工程短縮のため主桁製作工程の合理化と省力化が必要であった。

また、厳しい施工工程においても当然ながら所定の品質を確保する必要があった。

(2) 主桁の架設方法選定と架設機械の適正な計画

施工ヤードが狭いため、架設クレーンの機械選定および配置、桁の横取、縦取を桁の製作に支障なく配置計画する必要があった。

3-2 施工上の課題に対する対策

(1) 工程上の課題および品質確保に対する対策

前述の工程上の課題に対する対策として下記の①~⑧の対策工を採用した。またこれらの対策は全て品質の向上にも有効であった。

- ① 高負荷用鉄筋固定金具によるシース管の柵筋固定
製作途中およびコンクリートの打設中に柵筋がずれないように従来の結束線やクリップではなくボルトと金具による高負荷用鉄筋固定金具にて柵筋を固定した(図-6)。

これにより、取付時間の短縮とシース管の固定位置を確実に保持する品質向上の効果を得た。

- ② 電動 PC 桁横取装置の採用

従来の横取り方式では、図-7に示すようなコロ(丸鋼など)およびレバブロックの併用により横移動していた。

この方式では、桁の転倒の恐れがあり、固定時間および移動時間が掛かった。そのため、写真-1に記載した「PC 桁横取り装置」を採用し、10 m/minの移動距離性能により従来の1/10程度移動時間の短縮、桁の品質確保の効果を得た。

- ③ 製作ヤード地盤に碎石置換えヤードを採用

耕作地を製作ヤードとするため、主桁の製作および主桁の架設を行うクレーンの設置ヤードとして不陸が多く、十分な地耐力を確保できない。

コンクリートを製作台および主桁移動部の基礎として施工するのが一般的だが、産廃処理の低減、施工後耕作地へ復旧する工事期間を短縮する観点より、リサイクル碎石にて盛土を行い、敷き鉄板にて水平に保つことで製作ヤードを確保した(図-8)。

これにより、主桁製作時の施工性を向上し、施工ヤード撤去工程を1/3程度に短縮する効果があった。

- ④ 主桁製作型枠に転用回数を増やす材料の採用

通常の型枠の3倍の転用回数を確保できる表面を特殊加工を施した型枠を採用し、型枠ユニットを製作した(写真-2)。

これにより8本の主桁を1ユニットの型枠にて転

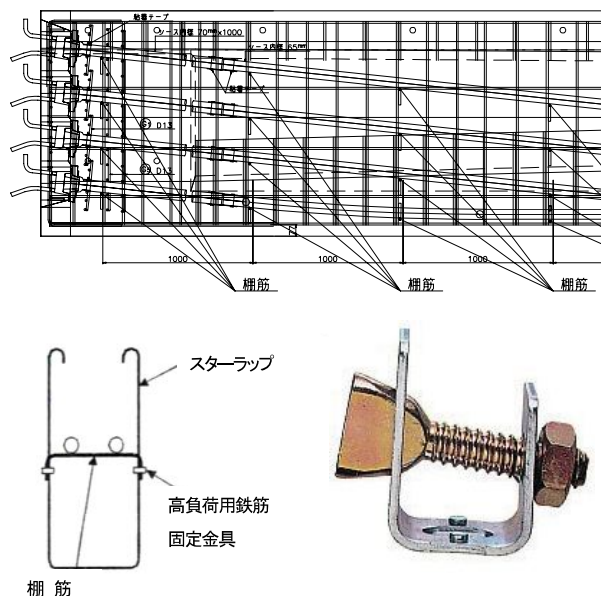


図-6 高負荷用鉄筋固定金具詳細図

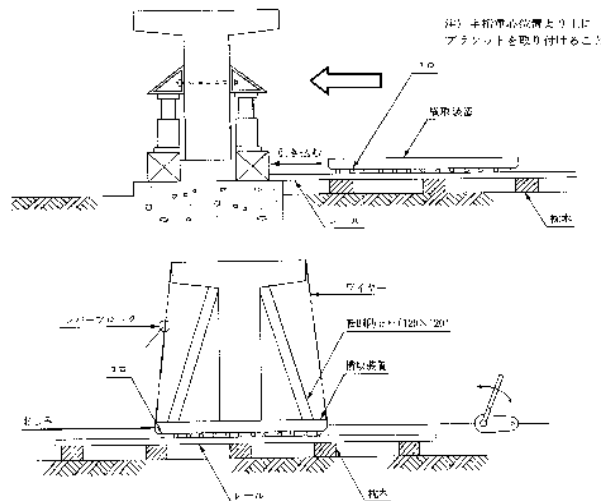


図-7 従来の横取り方法による施工



写真-1 電動 PC 桁横取り装置による施工

用製作した。型枠の張替え作業の低減と、コスト低減につながった（横引き緊張の箇所は、解体時の破損防止のため、分割し解体できるよう加工した）。

⑤ 型枠塗膜タイプの打継目処理剤の採用

橋面工施工後の防水工は、路盤コンクリート部分のみであるため、主桁の上端部（横組工施工時打継目となる箇所）の打継目処理に不備があるとスラブ上面からの漏水の原因となる。したがって確実な打継目処理を省力化も勘案の上検討する必要があった（図-9）。

打継目処理方法は、以下の方法を比較検討して決定した。

- ・緩衝材に使用される気泡ビニールシートを用いて打継目に凸凹をつける方法。ただし、処理表面の全体的なレイトンス処理効果はない。
- ・コンクリート打継目処理剤に型枠塗膜タイプの材料を採用する方法。
- ・型枠塗付タイプのコンクリート打継目処理剤に液状のコンクリート打継目処理剤を用いる方法。この方法では、型枠に塗布すると速乾で塗膜を形成し、塗膜がコンクリートの硬化遅延性能を発揮する。その塗膜は非水溶性である（写真-2）。
- ・打継目端部にテーパーを付ける方法（道路橋は標準的に採用するが、鉄道橋では採用されない）。

以上の方法を比較した結果、確実にレイトンス処理が行え、省力化となる工法として、コンクリート打継目処理剤に型枠塗膜タイプを採用した（人力によるチップング処理との比較）。

これにより確実な打継目処理効果を得ることが可能となり、通常のチップング作業に比べて1/8程度省力化が可能となった。

⑥ 架設時に主桁の張出鉄筋が干渉する箇所の対策

設計図上、横組工鉄筋は継手長を確保するため、コの字型の曲げ加工であった（図-10）。

8主桁のCtp8は、架設後の桁間が500mmと非常に狭いため、隣接桁の横組工用鉄筋同士が接触し、鋼角ストッパーが、架設前に固定されているため障害となることから、架設時の桁降下および架設後の連結が困難であった（図-11、写真-3）。

対策として以下の方法を比較検討した。

- ・主桁のどちらか片側の鉄筋を機械式継手にて加工し、架設後接続取付けを行う。
- ・横桁内に継手位置を変えて施工する（ただし、鉄筋の継手長 $\geq 30D$ の確保が困難）。

上記2方法を比較の結果、他工区においても機械式継手にて対応した実績があり、狭い箇所での取付けも容易であるため前者を採用した。

⑦ コンクリート配合の検討による確実な施工

桁の幅が狭くシース管があるためポンプ車のホースも挿入不能であった。そのため、スランプ=15cm

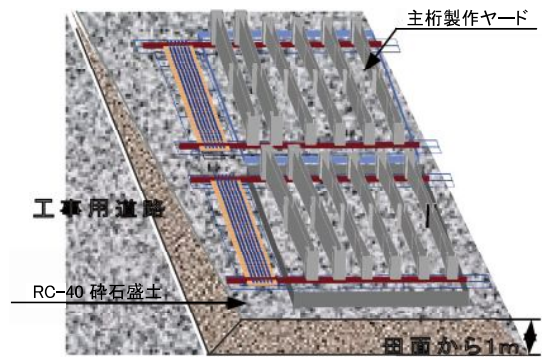


図-8 主桁製作ヤード立面図



写真-2 表面特殊加工型枠、打継目処理剤塗布

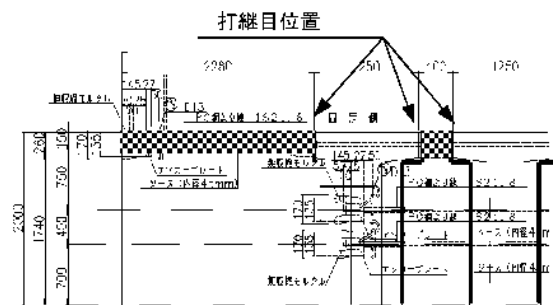


図-9 横引き緊張断面図 (Ctp8)

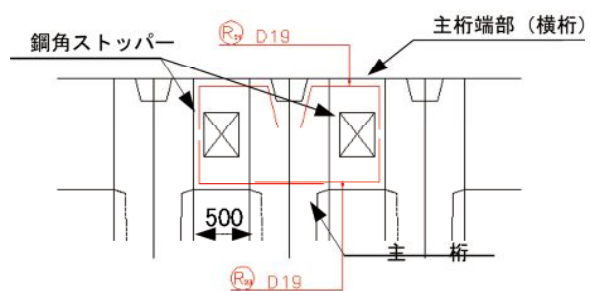


図-10 横組工との継手鉄筋 (平面図)

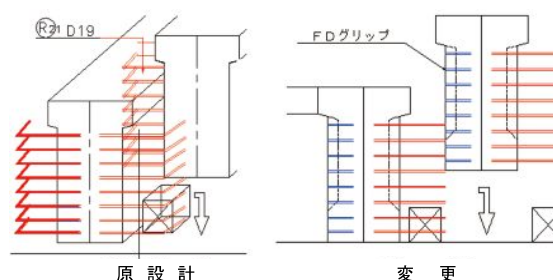


図-11 機械式継手採用による横組工鉄筋の施工

の流動化コンクリートを採用した（写真-4）。

主桁部の配合は、40-8→15-25 H（空気量 5.5%）とし、ジャンカ（豆板）、エアあばたを防止した。

⑧ Ctp8 I 型桁はかま部のエアあばた対策

I 型桁下フランジ部（はかま部）には、コンクリート打設時エアあばたが発生する（図-12）。

繊維シートにより除去する事としたが、極力繊維シートの模様が残らないものを試験施工より選定した。

試験施工の結果、繊維シートには3層構造を採用した（表-1）。

1層シート、2層シートともに完全にはエアあばたの除去にはいたらなかった。3層シートは、背面がシル式なため取付時に注意が必要であるが、表面の仕上がりはエアあばたが無く、繊維の模様もないことから3層シートを採用した。

また繊維シートの採用によりハンチ部型枠の転用回数を増やす効果が得られるため、ハンチ部の型枠張替えを低減できる（解体時に傷み易い箇所である）。

(2) 主桁の架設方法選定と架設機械の適正な計画

PC 桁を効率的に移動するため、通路の確保と移動機械の選定に関して以下の移動方法とした。

① 主桁の架設

- ・ Ctp7 は、縦移動なしで、製作ヤード横より直接架設する。
- ・ Ctp8 は、縦移動をトラック輸送にて施工する（図-13）。

② 主桁の製作ヤードについて

Ctp7、Ctp8 の主桁 12 本の製作ヤードとして、枕野トンネルおよび緩衝工内部を利用し、製作した主桁を RC 床版上で縦移動することも検討したが、製作に必要な延長が不足するため、主桁架設ヤード横にて製作することとした。

製作用の門型クレーン設置は、施工ヤードが狭く架設ヤードが不足するため不採用とした。

③ 架設クレーンの選定について

桁の架設に使用するクレーンは、既完成構造物（保守用斜路等）があるため作業半径が遠くなる。特に Ctp8 の起点側クレーンは、相方に比べ作業半径が大きいいため負担が掛かる（写真-5）ため、ジブを張出し補強した。

1日4本の架設を効率よく施工可能とするため、作業半径と主桁荷重の関係より表-2に示すクレーン構成とし架設を行った。

§ 4. 緊張管理結果

4-1 緊張管理

主桁製作後、緊張ごとに全本数、緊張管理を行った。コンクリートの静弾性係数は、使用するコンクリートの静



写真-3 機械式継手採用による施工 (Ctp8)

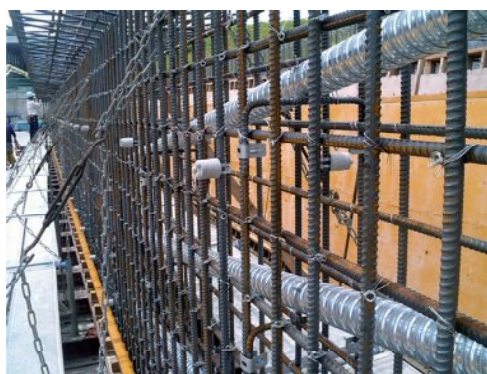


写真-4 シース管配置, 配筋状況

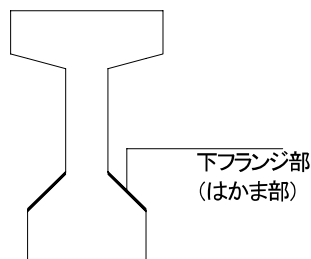


図-12 I 桁の下フランジ部 (はかま部)

表-1 繊維シートの比較

	種 別	特 徴
①	1層構造	透水シート
②	2層構造	透水シート, 排水ネット
③	3層構造	ろ過層, 通水気層, 粘着材層

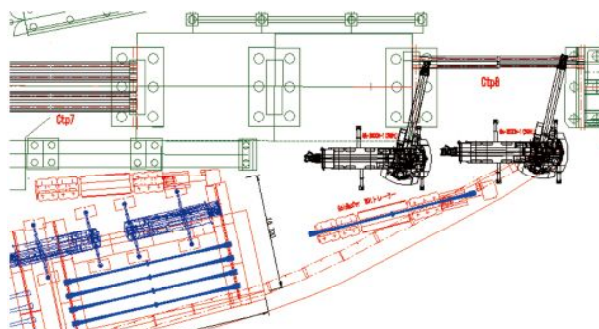


図-13 Ctp8 架設計画図

弾性係数測定結果をもとに設定した緊張管理図を緊張管理に反映した。なおプレストレス工法の概要は、以下のとおりであった。

- ・フレシネー工法 SWPR7 BL 12 S 12.7 mm
- ・引止め $E_p = 195 \text{ kN/m}^2$

緊張時には、コンクリート強度が $34 \text{ (N/mm}^2\text{)}$ 以上であることを確認後 PC を緊張した。

4-2 主桁の変形について

主桁のキャンパーは、死荷重作用時（クリープ、乾燥収縮終了後）に主桁のレベルが設計高さとなるものとして計算し、実施工に採用した。

(1) 主桁施工時の変位

① 主桁のキャンパー計算

主桁は、製作後1ヶ月で架設、横桁・地覆・路盤を施工すると仮定して計算した。

② 主桁の短縮量

主桁の短縮量は表一3のとおり設定製作した。

図一14に緊張後、横組工・地覆・路盤・防音壁設置毎の主桁変位量の測定結果を示す。表一4に示すキャンパーの採用により、主桁の最終変位量を許容値以内とすることができた。

§ 5. まとめ

本工事において行った様々な対策は、円滑な施工、工期短縮、品質向上につながった。

今後同種の工事を施工を行う際には、RC 橋梁延長と同じ延長の主桁の製作ヤードを確保できれば、横取、縦取作業を省略できるため、工費低減と工期の短縮につながり有効であると考ええる。

参考文献

- 1) 独立行政法人 鉄道運輸機構：「PC 桁施工管理の手引き」(平成 18 年 11 月 22 日事務連絡訂正版)

表一2 架設機械構成

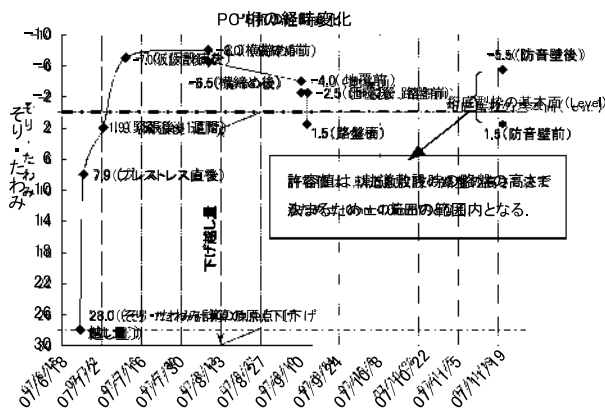
	規 格	クレーン種別	架設方法
Ctp7	4 主桁 (66 t/本)	360 t×2	2 台相吊り
Ctp8	8 主桁 (52 t/本)	360 t×2	2 台相吊り



写真一5 Ctp8 主桁の架設状況

表一3 型枠の短縮量 (Ctp7)

プレストレスによる弾性短縮	$\Delta L_p = 4.0 \text{ mm}$
クリープ変形 $\phi = 0.76$ (緊張～架設時までの進行度)	$\Delta L_c = 3.04 \text{ mm}$
乾燥収縮 $\beta_s(28) = 0.1$	$\Delta L_s = 0.62 \text{ mm}$
温度 (温度降下)	$\Delta L_t = 7.2 \text{ mm}$
計	$\Delta l = 14.86 \text{ mm}$



図一14 緊張後の経時変化グラフ (Ctp7)

表一4 設計主桁キャンパー表 (Ctp7)

単位：mm

	弾性変位	クリープ変位		計
		クリープ係数	変位	
主桁自重	9.17	2.52	23.1	32.3
プレストレス	-30.24	2.52	-76.2	-106.4
レラクセーション	0.45	2.52	1.1	1.6
Sec. 39 場所打ちコンクリート自重	10.33	1.76	18.2	28.5
版上荷重	5.23	1.76	9.2	14.4
雪荷重	1.71	0	0	1.7
計				-27.9