

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。当該工事では、工期内の竣工において主桁製作工程の合理化と省力化が大きな課題であった。対策として、電動式 PC 桁横取装置や横組工鉄筋部の機械式継手、型枠の転用回数増加のための加工、打継ぎ目処理剤（型枠塗膜タイプ）、高負荷用鉄筋固定金具などを採用した。さらに、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、主桁の架設方法の選定および架設機械の配置に関して入念な計画の立案をおこない施工した。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変形量管理と施工結果について報告する。

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、北陸新幹線のトンネルおよび高架橋建設工事に続いて受注した、PC 桁製作架設工事である。

本工事の施工（PC 桁の製作および架設）では、現場が豪雪地帯に位置しているため冬季でのコンクリート工事ができず、工期に制約を受けた。またクレーンの旋回範囲の制限や、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するため、必要な地耐力を確保するための対策が必要であるなど種々の問題があった。

本報文では、以上に示した工程に係わる施工上の課題を解決するため、施工計画、施工管理、品質管理において工夫した点について述べる。また、狭隘な製作ヤードにおいて主桁 12 本を製作し、横取りおよび縦取りの後、クレーンにて架設を行った施工概要についても併せて報告する。

§ 2. 工事概要

2-1 工事概要

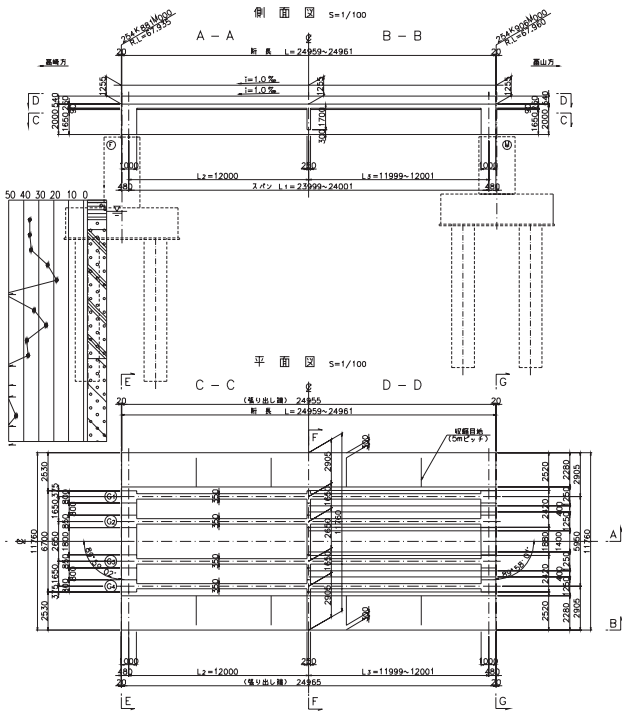
(1) 工事概要

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・フジタ・大木・東城特定建設工事 JV

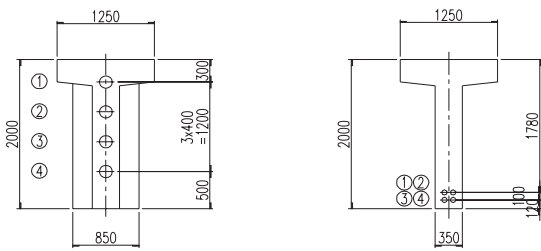


図一1 工事位置図

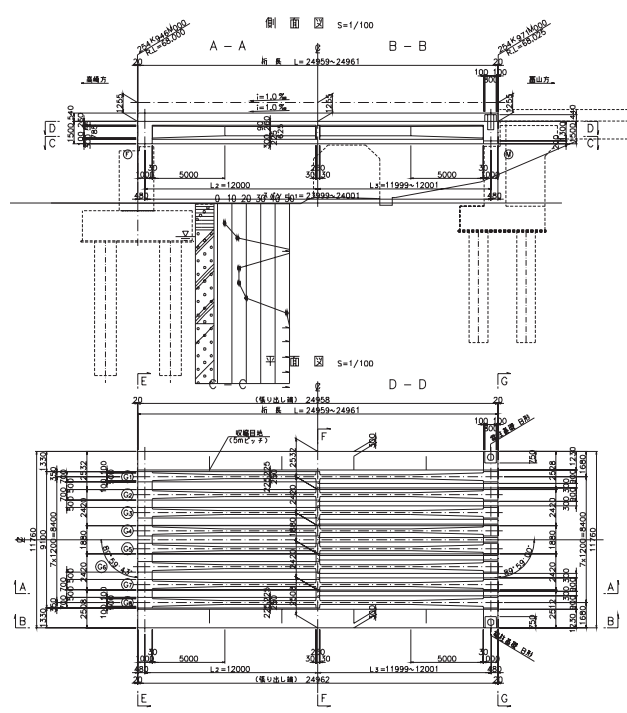
*北陸（支）北幹黒部（出）



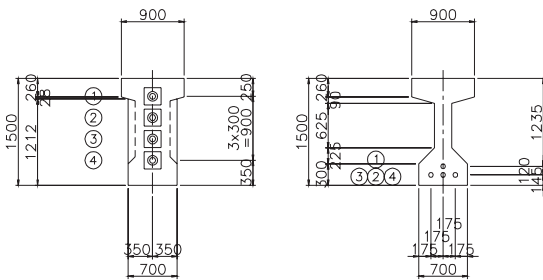
図一2 Ctp7 側面図・平面図
(複線用 PPC 単純 T 形 4 主桁 25 m h=2.0 m)



図一3 Ctp7 主桁断面図 (第1大谷橋梁)



図一4 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)

施工した全体工事は、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工事延長1,886mの区間である(図一1)。この内、本工事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の第1、第2大谷橋梁(25m+25m)である。

第1大谷橋梁は、複線用 PPC 単純 T 形 4 主桁 25 m, h = 2.0 m (図一2, 3 参照), 第2大谷橋梁は、複線用 PPC 単純 I 形 8 主桁 25 m, h = 1.5 m (図一4, 5 参照) で、桁長 L = 25 m の主桁を合計 12 本現場にて製作し、横取りし、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) 工程の制約

主桁の製作は、現地のヤードにて行う必要があったが、豪雪地帯のため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 グラウト工温度管理を適正な気温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、工期末までの残り期間 8 ヶ月で施工を完了させる必要があった。ここで主桁の製作から架設に関する作業を整理すると以下の6工程となる。

工程1: 主桁製作, PC 鋼線緊張

工程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った。そこで主桁を吊上げ移動機械によって横移動する作業)、緊張端部の間詰モルタルを打設

工程3: PC グラウト工, 主桁緊張端部の防水工

工程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)

工程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)

工程6：橋面工（地覆，路盤，ダクト，突起コンクリート，防水工）

上記の工程の内，工程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，以後工程4～6までの施工で3ヶ月を要する．このため工程1～6までの施工で6ヶ月，さらに，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，用排水工事があり，これらの施工には3ヶ月を要し，従来の施工では合計9ヶ月を要することとなった．

従って8ヶ月の工期に対して約1ヶ月の工程短縮をおこなうには，主桁製作工程の合理化と省力化が必要であった．また，当然ながら厳しい施工工程においても所定の品質を確保する必要があった．

(2) 主桁の架設方法と架設機械の配置

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 対策

(1) 工程対策

前述した工程の制約に対する対策として，下記の①～⑧の8つ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棚筋固定
製作途中およびコンクリートの打設中に棚筋がずれないようにするため，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棚筋を固定した（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，コロ（丸鋼など）およびレバーブロックの併用によって横移動を行っていた（図-7）．しかし，この方式では移動中に桁が転倒する恐れがあるため，桁の固定および移動において多大な時間を要した．

そこで，写真-1に示した「PC桁横取り装置」を採用した．これによって移動速度は毎分10mと速くなり，移動距離性能は従来の1/10程度まで短縮できた．さらに，移動時における桁の変形を防止する効果もあった．

③ 製作ヤード地盤に碎石盛土ヤードを採用

耕作地盤面を製作ヤード面として用いた場合，地耐力の不足によって大きな不陸の発生が考えられた．また，一般的には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が，産業廃棄物処理の問題や施工後に耕作地へ復旧するための期間を確保する必要があった．

そこでリサイクル碎石にて盛土（厚さ1m）を行い，敷き鉄板を設置した（図-8）．これにより製作ヤードにおける荷重分散と水平保持が確保された．また，主桁製作時の施工性が向上し，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．

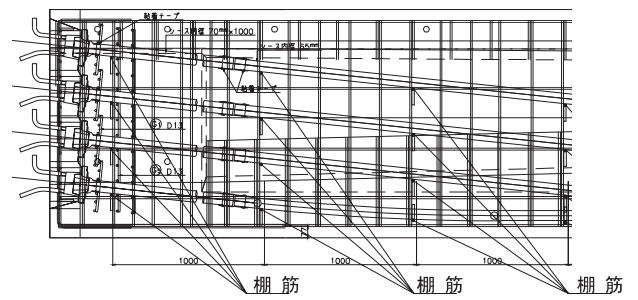


図-6 高負荷用鉄筋固定金具詳細図

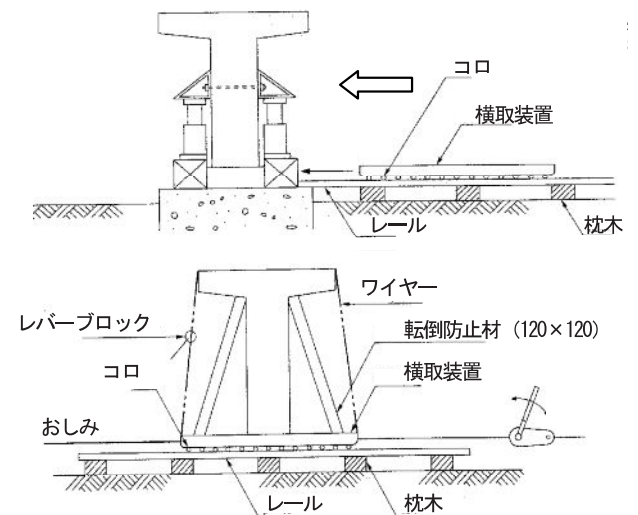
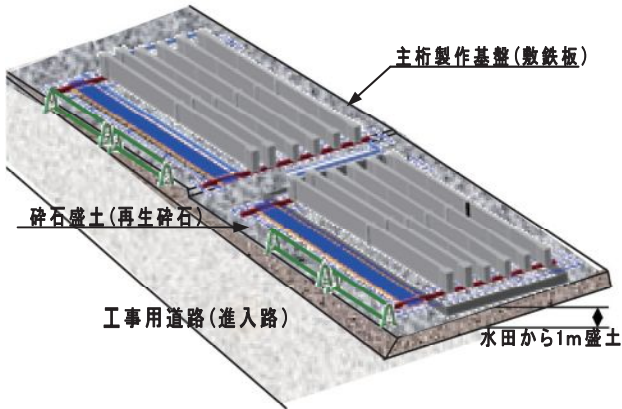


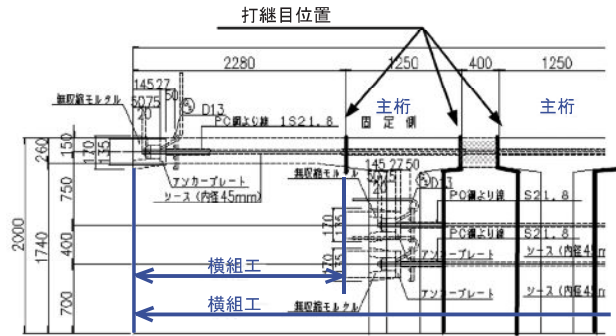
図-7 従来の横取り方法による施工



写真-1 電動PC桁横取装置による施工



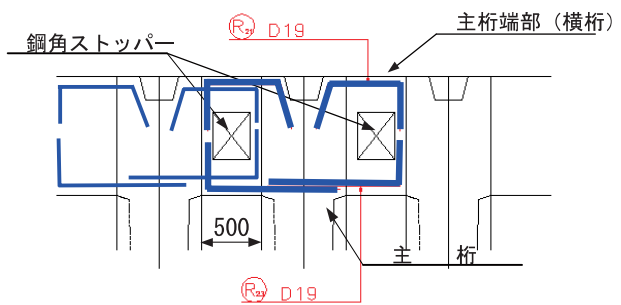
図一8 主桁製作ヤード立面図



図一9 横引き緊張断面図 (Ctp8)



写真一2 表面特殊加工型枠, 打継目処理剤塗布



図一10 横組工との継手鉄筋 (平面図)

④ 転用回数を増やす主桁製作型枠の採用

通常の型枠の3倍の転用回数を確保することが可能な表面に特殊な加工を施した型枠を採用し、型枠ユニットを製作した(写真一2)。なお、横引き緊張の箇所は、解体時の破損防止のため、分割して解体できるよう加工した。これにより8本の主桁を1ユニットの型枠にて転用製作することができ、型枠の張替え作業の低減と、コスト低減につながった。

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の省力化も検討する必要があった(図一9)。

打継目処理の方法については、以下の方法を比較検討して決定した。

- a. 一般的に緩衝材として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、処理表面における全体的なレイトンス処理の効果は得られない。
- b. 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。
- c. 型枠塗布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(写真一2)。

- d. 打継目端部にテーパを付ける方法(道路橋では標準的に採用されているが、鉄道橋では採用されない)。

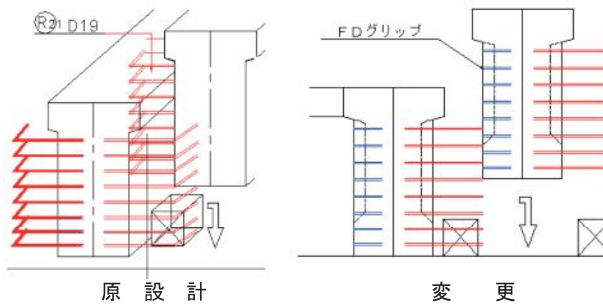
以上の方法を比較・検討した結果、確実にレイトンス処理が行え、省力化につながる工法として、c. コンクリート打継目処理剤に型枠塗膜タイプを用いる方法を採用した(人力によるチッピング処理との比較)。これにより確実な打継目処理効果を得ることが可能となり、通常のチッピング作業に比べて1/8程度まで省力化できることが可能となった。

⑥ 架設時に主桁の張出鉄筋が干渉する箇所の対策

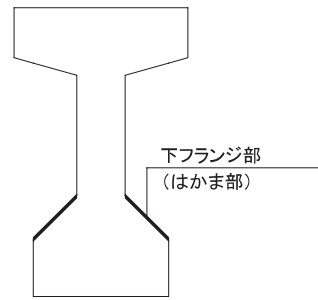
設計図面上、横組工鉄筋は継手長を確保するため、コの字型に曲げ加工が必要であった(図一10)。8主桁のCtp8は、架設後の桁間が500mmと非常に狭く、隣接桁の横組工鉄筋同士が接触する。また、鋼角ストッパーが架設前に固定されているため障害となることから、架設時の桁降下および架設後の連結が困難であった(図一11, 写真一3)。

対策として以下の方法を比較検討した。

- a. 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。
- b. 横組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)。



図一11 機械式継手採用による横組工鉄筋の施工



図一12 I桁の下フランジ部 (はかま部)



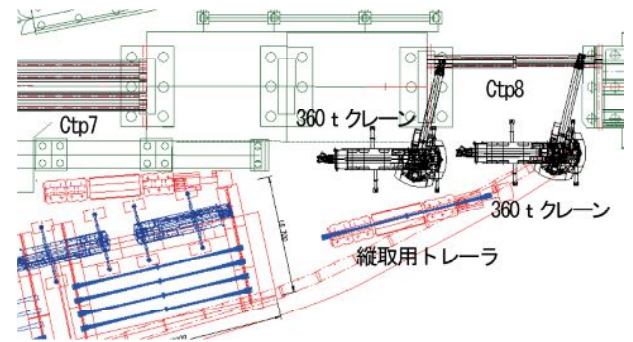
写真一3 機械式継手採用による施工 (Ctp8)



写真一4 シース管配置、配筋状況

表一1 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



図一13 Ctp8 架設計画図

上記2方法を比較の結果、他工区での実績があり、狭い箇所での取付けも容易な、a. 機械式継手を採用した。

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(写真一4)。そのため、スランプ15cmの流動化コンクリートを採用した。主桁部の配合は、 $f_{ck} = 40 - (8 \rightarrow 15) - 25$ の早強(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(図一12)。

繊維シートにより除去する事としたが、できるだけ繊維シートの模様コンクリート面に残らない方法を試験施工より選定した。

試験施工の結果、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、背面がシール式なため取付け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生じず、繊維の模様も転写することがないことから3層シートを採用した(表一)。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た。

(2) 主桁の架設方法選定と架設機械の配置計画

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を以下のとおりとした。

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(図一13)。

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した。なお、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大きくなる。特にCtp8の起点側クレーンは、相方に比べ作業半径が大きく負担が掛かるため、ジブを張出し補強した(写真-5)。

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、緊張ごとに全本数で、緊張管理を行った。コンクリートの静弾性係数は、静弾性係数測定結果をもとに緊張管理図を作成して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 SWPR7BL 12S12.7 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 $34 \text{ (N/mm}^2)$ 以上であることを確認後PCを緊張した。

4-2 主桁施工時の変位

主桁のキャンバーは、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) 主桁のキャンバー計算

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-3のとおり設定し型枠を製作した。図-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-4に示すキャンバーの採用により、主桁の最終変位量を許容値以内($\pm 10 \text{ mm}$)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。

今後同種工事の施工を行う際には、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られる。

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)



写真-5 Ctp8 主桁の架設状況

表-2 架設機械構成

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

表-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 $\phi = 0.76$ (緊張から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	$\Delta \ell = 14.86 \text{ mm}$

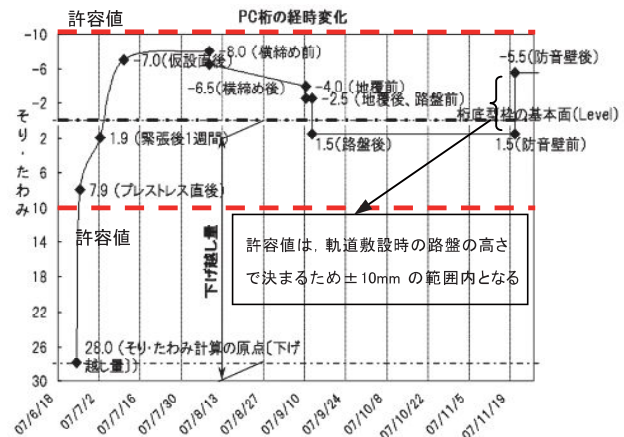


図-14 緊張後の経時変化グラフ(Ctp7)

表-4 設計主桁キャンバー表(Ctp7)

	弾性変位 (mm)	クリープ変位		計 (mm)	
		クリープ係数	変位(mm)		
Sec39	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
	リラクゼーション	0.45	2.52	1.1	1.6
	場所打ちコン自重	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