

北陸新幹線、PPCT桁橋スパン50mの施工報告

(株)富士ピー・エス ○辻 健次
 (株)富士ピー・エス 林田 和則
 (株)富士ピー・エス 正会員 長岡 覚

1. はじめに

本工事は、北陸新幹線（長野～金沢間）の長野県中野市内7,506m区間におけるPPCT桁（25m～50m、18橋）、PC箱桁（55m、1橋）、RCT桁橋（10m～20m、3橋）の上部工製作架設工事である。北陸新幹線は、図-1に示すように、高崎を起点として、長野・上越・富山を経由し、金沢に至る延長約230kmの路線である。北陸新幹線の長野・金沢間は平成26年度の開業を目指し工事が進められている。

本稿では、桁長50mのPPCT桁橋について横座屈対策及び日照による横そり防止の対策について報告する。

2. 工事概要

工事名：北陸新幹線、信州中野地区（PCけた）

区間：北陸新幹線 138km585m～146km091m（高崎起点）延長7,506m

工事場所：長野県中野市

工期：平成21年3月17日～平成23年9月16日

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 北陸新幹線建設局

構造形式：PPCT桁、PC箱桁、RCT桁橋

架設工法：クレーン架設、固定式支保工架設

今回報告する桁長50mのT桁の断面図を図-2に示す。



図-1 路線図

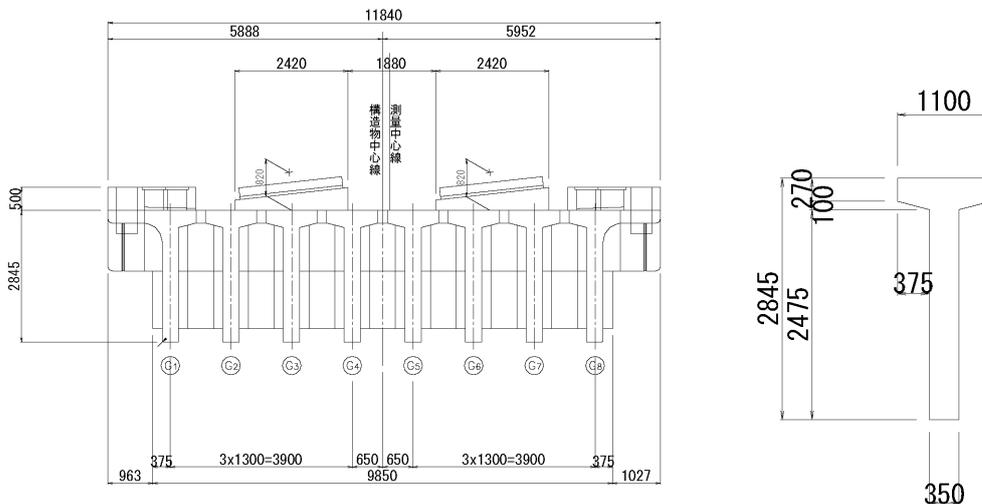


図-2 桁断面図

3. 桁の横座屈防止対策

3.1 横座屈に対する検討

架設時の安全性を向上する目的として以下に示す検討を実施した。

- ・桁の横座屈に対する検討
- ・桁の横方向傾斜に対する検討 (許容傾斜角の算出)
- ・補強方法および補強後の応力照査

桁の横座屈および横方向傾斜に対する検討は、「施工計画の手引き (T桁橋・セグメントT桁橋編) 平成14年 7月 (社) プレストレスト・コンクリート建設業協会」に準拠した。

桁の横座屈に対する検討の結果、架設中の安全率 (4.0以上) を満足しない桁についてはプレストレスを導入し補強を実施することとした。補強方法は、仮設用の外ケーブル (PC鋼棒φ26mm) を桁の上面に取り付けプレストレスを導入する方法とした。また、当現場における桁の最大傾斜角は、架設中の安全率を満足する桁の許容傾斜角の最小値から3度とした。

3.2 検討結果

検討結果を表-1に示す。

表-1 検討結果

桁長 (m)	桁高 (m)	安全率	傾斜角 (度)	主桁上縁応力度 (N/mm ²)	備考
50.000	2.845	1.3	3.0	-3.39	補強を実施

50m桁の横座屈に対する安全率が4.0以下であるため、架設中の安全率を確保するように桁の補強を実施した。

導入するプレストレス量は、桁が最大傾斜角3度まで傾いたとき、主桁上縁に発生する応力度がひび割れ発生限界 ($\sigma = -1.5\text{N/mm}^2$) 以下となるように検討した。検討結果を表-2に示す。導入するプレストレス量はPC鋼材本数換算で支間中央部では4本、支間の1/4断面位置では2本となった。

補強は、桁上縁にPC鋼材定着用のブラケットを、予め桁に埋め込まれたインサートに取り付け、PC鋼棒配置後、所定の緊張力を導入した。補強実施状況を写真-1に示す。

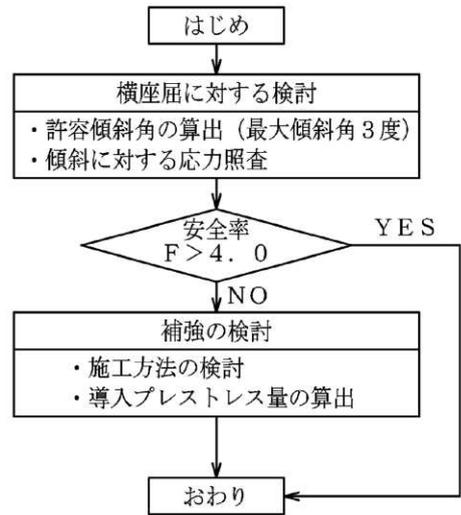


図-3 検討フローチャート

表-2 補強量および補強後の応力度照査結果

項目	支間中央断面	支間の1/4断面
PC鋼材本数	4本	2本
導入緊張力	200 kN	200 kN
補強による 応力度	上縁	1.90 N/mm ²
	下縁	-1.09 N/mm ²
架設時主桁 の応力度	上縁	2.34 N/mm ²
	下縁	18.53 N/mm ²
補強を考慮し た合成応力度	上縁	4.24 N/mm ²
	下縁	17.44 N/mm ²



写真-1 補強実施状況

4. 日照による主桁横そり防止対策

4. 1 日照による主桁の横そり量

主桁施工時期は、5月・7月・8月の三回に分け施工を行うが、夏期(7月～8月)に主桁を製作する場合、主桁製作ヤードの位置関係でウェブ面に直射日光が当たる面と当たらない面ができ、コンクリート表面の温度差が生じ桁がそる懸念がある為、検討・対策を行った。

5月に製作した主桁では、日照の影響によるそりは認められなかったが、7月製作の主桁については、主ケーブル緊張後、朝・昼・夕3回の測定を行った結果、日照によるそりが発生した。日照方向により朝、右側に7mmの横そり、夕では左側に10mmの横そりが確認された。図-4に桁表面の温度差と横そり量の関係、図-5に外気温と横そり量の関係を示す。

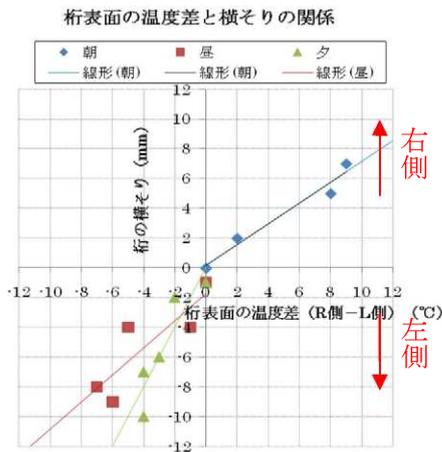


図-4 桁表面の温度差と横そりの関係

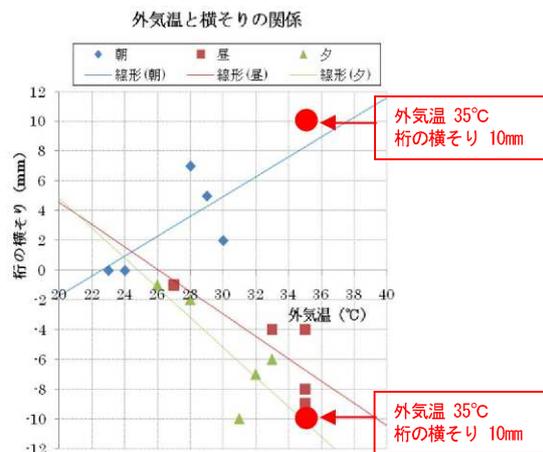


図-5 外気温と横そりの関係

図-4より、桁表面の温度差と桁の横そり量は、バラツキがあるもののほぼ直線上にあることから桁表面の温度差による変形であることが考えられる。図-5より、外気温が高いほど横そりが大きいことが解り、また、朝夕では外気温が低くても桁表面の温度差により横そりが大きいことがわかった。最大の横そり量は、外気温35°Cの場合10mmであり、桁製作時期(7月・8月)の外気温も35°Cと予想された為、日照における横そり量の最大値を10mmと仮定し、横そりの検討を行った。

4. 2 桁側面弓張り補強の検討

横そりに対する補強方法は、桁側面にPC鋼より線12.7mmを両側一本ずつ配置し、弓張りによる補強とした。図-6のように桁に横そりが発生すると、片側の弦材が引張られ、片側が緩むことで桁には弦材による曲げモーメントが作用し、そりを低減できる。桁に横そりが生じた場合に、引張られる側の弦材のみが抵抗すると仮定し、弦材の緊張力と横そりの低減量の関係を求めた。

図-7のように曲げモーメントによる横そり量は、通常のプレストレスによるそり量と同様に求めることができ、PC鋼材の張力と偏心量からそり量を算出する式(1)により算出した。

$$\delta = L^2 / (8EI) \times (M_2 + 2/3 \times M_1) \dots (1)$$

ここに、

L : 桁長 = 50,000mm

E : コンクリートのヤング係数 = 3.3×10^4 N/mm²

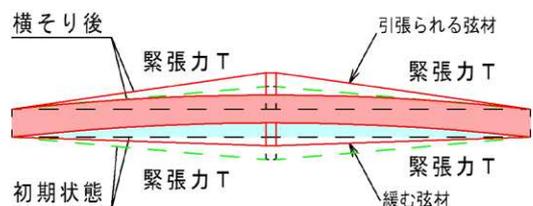


図-6 桁側面弓張り補強概念図

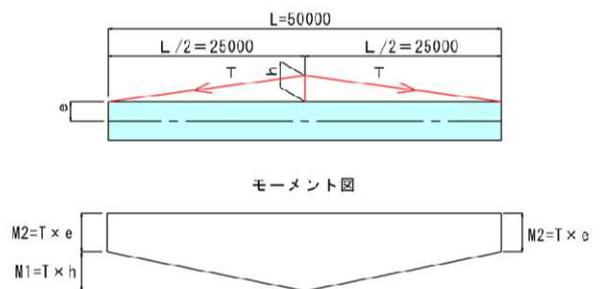


図-7 桁に作用する曲げモーメント

I : 断面2次モーメント (面外) $=4.282 \times 10^{10} \text{ mm}^4$

$M_1 = T \times h$ $M_2 = T \times e$

T : 弦材の緊張力 (N) h : 弓張りのげたの高さ (mm) e : 桁端の弦材定着部の偏心量 (mm)

表-3 桁の横そり量の計算結果

弦材 緊張力 T (kN)	高さ e (mm)	偏心量 h (mm)	曲げモーメント M_1 (N・mm)	曲げモーメント M_2 (N・mm)	桁長 L (mm)	ヤング係数 E (N/mm ²)	断面2次 モーメント I (mm ⁴)	そり量 δ (mm)
50	175	375	8.750E+06	1.875E+07	50000	33000	4.282E+10	5.437
100	175	375	1.750E+07	3.750E+07	50000	33000	4.282E+10	10.873



写真-2 弓張り補強実施状況

表-3に弦材緊張力, そり量の関係を示す。今回の日照によるそり量を10mmと設定し, 緊張力100kNを導入した。(写真-2に補強実施状況を示す。)

5. 桁製作ヤードの選定と主桁架設

桁製作は, 主桁断面が非常に薄いため, 横取り作業時の安全性を考慮し, 桁横取りを行わない方法で, 既設のRC桁上に製作ベンチを縦列に3列配置し, 3回に分けて架設を行った。

主桁の架設は, 桁重量が163t/本と重いため, 2列配置した架設ガーダー上に桁を引出し, 大型クレーン(650t吊り, 500t吊り)による相吊りにて架設を行った。(写真-3)ガーダーのたわみは, 計算値75mm対し, 実測値のたわみは, 左右共に70mmであった。

6. おわりに

主桁の架設時における横座屈及び日照による横そり対策は, 各々でPC鋼材による補強を行ったことにより主桁の変形はほとんど見受けられず, 桁運搬・架設時も問題なく安全に施工する事ができた。

現在工事は, 平成23年9月の完成を目指して施工中である。最後に, 本橋の設計・施工にあたり, ご協力いただきました関係各位に深く感謝する次第である。

参考文献

- 1) 土木学会: 「新体系土木工学 34 プレストレストコンクリートの力学, 1981年4月」 (技報堂出版) より



写真-3 架設状況