

## エクストラードーズド鉄道橋の変位計測

(独) 鉄道建設・運輸施設整備支援機構 設計技術部 正会員 玉井 真一  
(独) 鉄道建設・運輸施設整備支援機構 青森新幹線建設局 千葉 寿

### 1. はじめに

三内丸山架道橋は、2010年12月に開業した東北新幹線八戸～新青森間の青森市内に位置するエクストラードーズド橋である。本橋梁の最大支間長150mは新幹線橋梁で最長である(写真-1)。本橋梁では設計段階から変位の抑制が課題とされ、各種の工夫を行って支間長150mが実現された。本稿は、設計の成果を確認するために行った変位計測結果について報告するものである。

鉄道では列車の安全性や乗り心地を確保するために軌道の変位を管理・保守している。軌道の変位には列車通過前に生じている変位と列車通過中の変位があり、試験車両により両者の和が計測される。橋梁上の軌道の変位は橋梁の変位を反映するため、橋梁設計においても列車通過前、通過中の両方の変位の検討が必要である。

列車通過前に生じる変位として代表的なものがクリープ変形である。また、橋梁全体の温度変化や断面内、部材間の温度差によっても変位が生じる。橋梁設計においてクリープ、乾燥収縮、温度変化は不静定力の要因としては認識されているが、変位の要因としての認識は低いのが一般的である。しかし、鉄道橋、特に高精度の軌道管理が要求される新幹線の橋梁では、これらによる変位も考慮しなければ要求性能を満足することはできない。



写真-1 三内丸山架道橋

### 2. 三内丸山架道橋における変位抑制対策

三内丸山架道橋において採用した変位抑制対策については、既報<sup>1,2)</sup>にて報告済みであるので、ここでは概要を記す。

#### 2.1 列車通過前の変位対策

##### 2.1.1 温度変化対策

###### (1) 季節変化対策

ラーメン構造とすると、主桁の温度伸縮が橋脚頭部を回転させ、主桁自体も上下に変位する。この変位は1年周期で生じるため、軌道の保守作業により変位を打ち消すとすれば労力が必要となる。対策として、中央部以外の橋脚上にすべりゴム支承を配置した1脚剛結・他脚可動構造とした。

(2) 日変化対策

日射の影響で斜材温度が上昇すると、斜材が伸びて主桁が下方に変位する。この変位は1日のうちに生じるため、軌道の保守作業により変位を打ち消すことは不可能である。対策として、主塔が低く斜材の短いエクストラード橋とした。さらに、斜材保護管を大径化し、厚いセメントグラウトで斜材を断熱した。

2.1.2 クリープ対策

支承構造よりもラーメン構造の方が主桁のクリープ変位は小さいと考えられるが、本橋梁では温度の季節変化対策を優先して支承構造を採用した。一方、クリープに対しては永久作用時にも主桁引張縁に圧縮応力を残すようにPC鋼材量を設定した他は、橋梁設計においては特段の対策を施していない。これは、温度変化が1日や1年の周期で生じる現象であるのに対して、クリープは長期間にわたって少しずつ、しかも一方向に進行する現象であり、軌道の保守作業で対応することが可能であると考えたためである。したがって本橋梁ではクリープに対してスラブ軌道の締結装置の調整で対応することとしている。

2.2 列車通過中の変位対策

支承構造にすることで、ラーメン構造と比べて列車載荷による変位は増加する。変位を抑制するために、支承を2列に配置する2線支承構造とした。

3. 列車通過前の変位の計測

列車通過前の変位の計測は、橋梁の構造中心線上をレベル測量することで行った。測定期間は軌道以外の橋面工が完了した2008年7月から2010年4月の走行試験開始直前までとし、測定時刻は午前9時とした。

3.1 長期変位

図-1に測定を開始した2008年7月を初期値として主桁縦断形状の変化を示す。クリープによる主径間(150m)の下方への変位が支配的であり、側径間(75m)は主径間の変位につられて上方へ変位している。

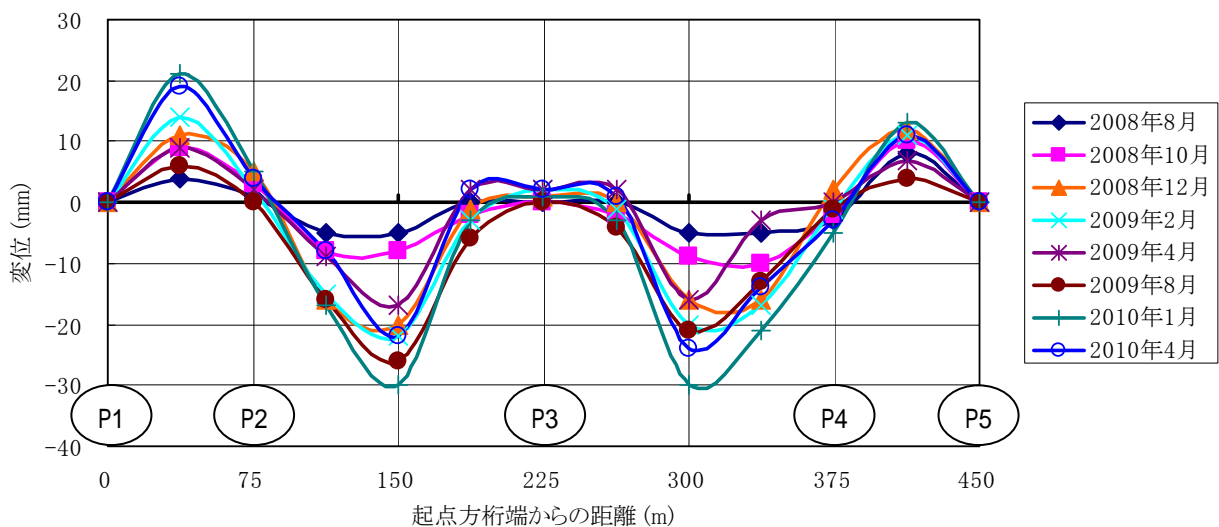


図-1 主桁縦断形状の長期変化

図-2は、主径間、側径間の中央について変位を時系列で示したものである。軌道敷設までに主径間では約10mmの変位が生じているが、これは構造系が張出し施工時の片持ち梁形式から中央閉合により連続桁形式に移行したために生じたクリープ変形と考えられる。

2008年11月の軌道敷設により主径間で約10mmの変位が発生した。側径間で変位がほとんど生じていないのは、軌道重量による下方変位と主径間の下方変位に釣り合うための上方変位が相殺されたためと考えられる。

軌道敷設後は、クリープによると考えられる変位が進行した。図-3は軌道敷設以降の変位を示したものであり、変位の傾向は設計値と一致している。

図-2, 3より、2009年夏の気温上昇に対して主桁変位の応答は生じていないことがわかる。したがって、温度の季節変化による変位を防ぐために採用したすべりゴム支承を用いた1脚剛結・他脚可動構造の効果を確認することができた。

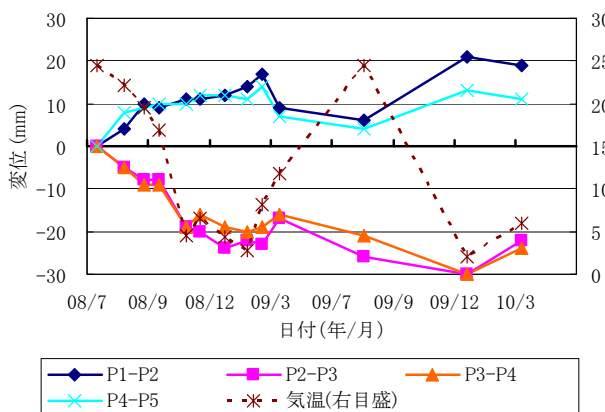


図-2 主径間、側径間の長期変位

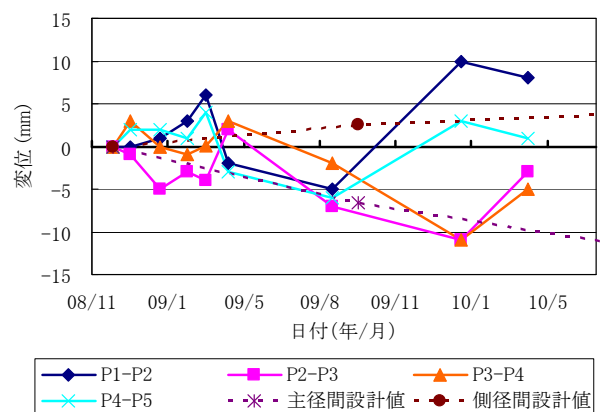


図-3 軌道敷設以降の変位

### 3.2 日変位

2009年8月17日に測定した、主桁および斜材の温度変化を図-4、主径間、側径間の変位を図-5に示す。主桁温度は主桁内に埋設した熱電対により、斜材温度は橋面上に設置した実斜材と同様の断熱構造を有する供試体内の斜材に貼付けた熱電対により測定した。気温は9:00の24.5から15:00の29.1℃まで上昇したが、斜材温度は9:00の27.0℃から15:00の28.9℃しか変化しておらず、大径保護管とセメントグラウトによる断熱効果が確認できた。斜材の断熱の目的は日射による温度上昇の抑制を考えていたが、夜間の冷却を防ぐ効果もあり、斜材温度の日変化量が抑制されていることがわかった。

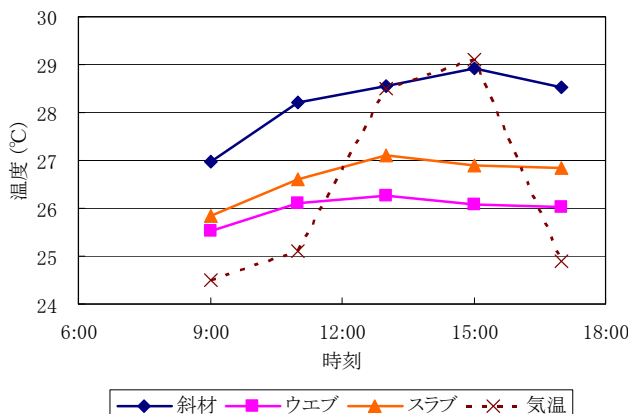


図-4 斜材、主桁の温度変化

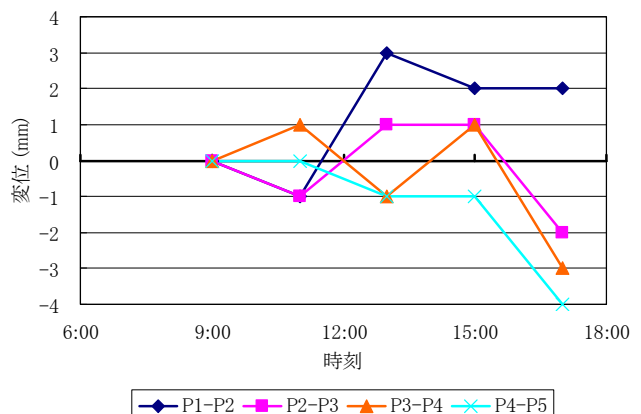


図-5 主桁の日変位

#### 4. 列車通過中の変位の計測

列車通過中の変位の計測は試験列車により行った。測定位置は主径間である P3～P4 の中央とした。列車速度（試験計画値）は 30, 200, 210, 260km/h とした。測定方式は、橋梁直下が道路または河川で変位計の設置が困難であるため、主桁外側に貼り付けたターゲットをビデオカメラで撮影し、画像解析により変位を求める方式とした。

表-1 に列車通過中の最大変位量を示す。鉄道構造物等設計標準による変位制限値は  $L/1700=88.2\text{mm}$  であり、実測値は制限値に対して極めて小さい値である。また、速度向上による変位の増加は小さい。図-6 に 260km/h 走行時の変位の時刻歴を示す。列車通過中の振幅は小さく、共振も生じていない。

表-1 列車通過中の最大変位

列車速度 (km/h)	変位 (mm)	載荷車両
30	11.0	試験用車両
200	8.0	営業用車両
210	8.3	営業用車両
260	8.3	営業用車両
260	43.1	設計値 (標準列車荷重 P-17)
260	30.0	動的解析値 (営業用車両)

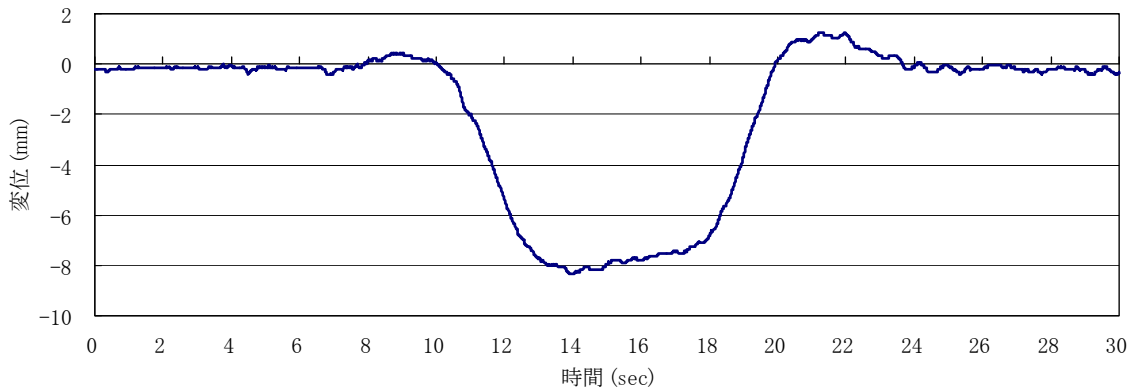


図-6 260km/h 走行時の変位

#### 5. まとめ

新幹線最長スパンを有するエクストラードード橋である三内丸山架道橋において実施した変位の計測結果について報告した。計測の結果、設計時に実施した変位抑制対策が有効であることを確認することができた。

#### 参考文献

- 1) 玉井, 田中, 鈴木, 坂本: 新幹線最大スパンを有するエクストラードード PC 橋の設計・施工—東北新幹線三内丸山架道橋—, コンクリート工学, Vol.46, No.7, 2008.7
- 2) 玉井, 鈴木, 加藤, 坂本: 東北新幹線三内丸山架道橋の施工, プレストレストコンクリート, Vol.50, No.3, 2008.5