

PCスノーシェルター桁の設計とたわみ評価 -北陸新幹線 桑取川橋-

八千代エンジニアリング(株) 正会員 ○阿部 雅史
 (独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構 水谷 哲也

1. はじめに

北陸新幹線の桑取川橋は、新潟県上越市に位置し、トンネル間の短い明かり区間の超豪雪地帯に計画された単純桁形式の橋梁であり、適用された同形式の桁長は 65.0m~30.0m を有する。雪害対策で用いられるスノーシェルターをRC構造とし、PC下路桁と一体化した構造を有するため、断面形状から下路箱桁形式とも呼ばれる。既往の鉄道橋の下路桁より大断面構造であることから、主桁設計時の梁理論の適用可否、プレストレスの導入効果の向上対策、箱断面内を鉄道走行面とした構造における局部応力の把握などに留意した設計とした。本稿は、このPCシェルター桁に関して、設計報告の概要と試験走行結果による挙動結果について報告するものである。

2. 橋梁概要

本橋の諸元を表-1、主桁断面図及び橋梁側面図を図-1, 2, 3 に示す。超豪雪地帯に計画された橋梁であるため、桁下空頭制限の厳しい箇所に設置されるPC下路桁へRC構造のスノーシェルターを合成した断面とすることで、たわみ剛性が高く、維持管理コストの小さいLCCの優れた橋梁を実現した。

表-1 橋梁諸元

路線名	北陸新幹線(長野~金沢間)
橋名	桑取川橋りょう(他8橋)
所在地	新潟県 上越市 大字土口
構造形式	単純PC下路桁(RCシェルター付)
橋長	65, 60, 40, 30m(4種類)
列車荷重	標準列車荷重 P-16(複線)
平面線形	直線~8000m
総幅員	11.5m
主桁構造	全高9.4m(PC下路桁7.0m, RC頂版部2.4m)
設計最高速度	V=260km/h
軌道構造	スラブ軌道(貯雪式)
支承構造	積層ゴム支承+鋼角ダンパーストッパー

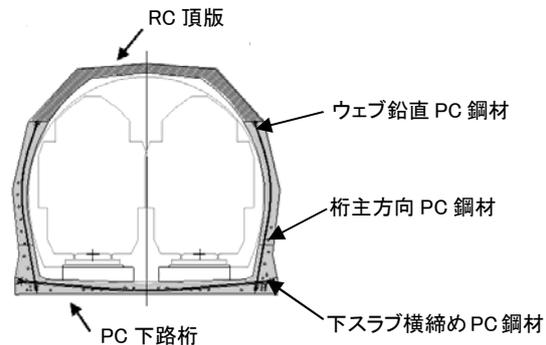


図-1 スノーシェルター付PC単純下路桁

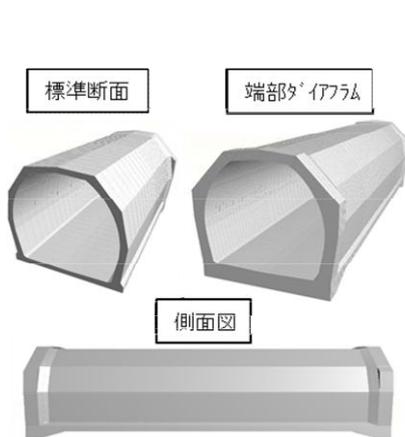


図-2 橋梁全体図

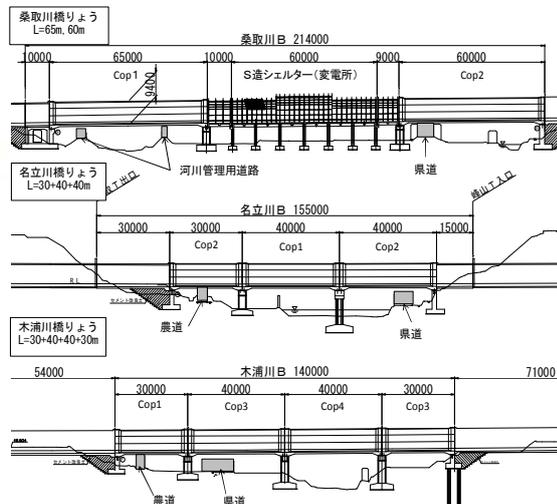


図-3 橋梁側面図(左), 完成写真(右)

3. 上部工構造形式の検討

(1) 格点部応力集中の改善

既往の同種桁として、PC下路箱桁形式があるが、これらの断面形状は矩形であり、頂版隅角部を含む格点部において、応力集中が生じやすかった。本橋では、これを改善するとともに、ウェブ断面に作用する軸力を有効利用できるアーチ形状の断面を採用した(表-2)。

表-2 スノーシェルター桁の構造比較

比較案	①PC下路桁 +鋼製シェルター	②PC下路箱桁	③PC下路桁 +RCシェルター
構造図			
構 造 性	○	○	◎
施 工 性	○	○	○
維 持 管 理	△	○	○
経 済 性	△ (1.40)	○ (1.00)	○ (0.93)
総 合 評 価			【採用】

(2) 主桁分割構造の採用による合理化

主桁は施工性と主方向のプレストレスの導入効果を向上させるため、断面を上下に分割して、1次施工としてPC下路桁部でプレストレスを導入後に、支保工解体後、2次施工としてRC頂版部を施工する2段階施工が採用されている。この2段階施工により、一括施工を行った従来のPC下路箱桁に比べて、横方向のプレ

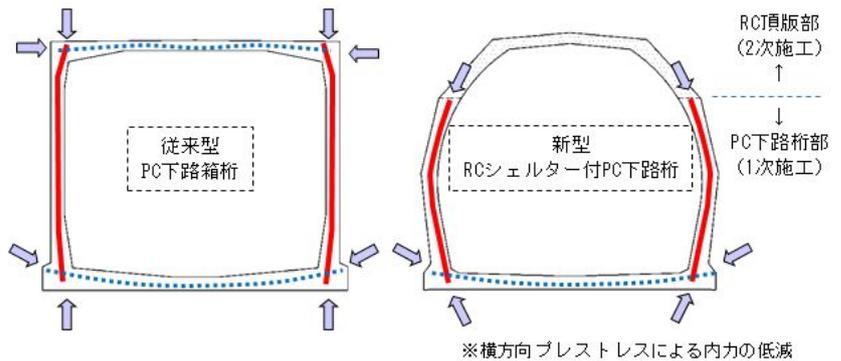


図-4 2段階施工及び横方向プレストレスの概念図

ストレス(下スラブ横締め、ウェブ鉛直)による2次力を断面内に発生させないことで、横方向のプレストレスの効率化が図られている(図-4)。

一方、桁断面が大きいことから通常の桁に比べて剛性が高いため、コンクリートの材料費の低減と下路桁ウェブ部および頂版の分割施工時の温度上昇による拘束ひび割れ対策(水和熱発生抑制)として、コンクリート強度はPC下路桁部は36N/mm²、頂版部は27N/mm²としてセメント量の低減が図られている。さらに、RC頂版部については普通ポルトランドセメントを使用した。

(3) 連続化と景観の検討

本橋は、単純桁構造である。他工区では、スノーシェルター付PC下路桁が連続する区間もあり、乗り心地および耐震性を向上(自重軽減)させるだけでなく、支承部の数を減らせるなどのメリットがある連続化についても検討を行った。しかし、本桁については、スノーシェルター機能を付加する目的から桁高(H=9.4m)は一定であり、全体断面の曲げ剛性は通常の上路桁に比べて高剛性であるため、連続

化によるメリットは少ないといえる。
 また、曲線ウェブ内における連続 PC 鋼材の配置が煩雑となり施工性に劣るため、単純桁形式を採用した。本橋の前後区間には、明かり巻きトンネルや鋼製スノーシェルターが設置されており、景観的な連続性の確保が課題であった。そこで、以下の3点に留意した。

①トンネルに近いアーチ形状とする②鋼製スノーシェルターの腰折れに合わせた外形ラインとする③端部拡幅部は複数連の連続性も考慮したダイヤフラム形状とする。ダイヤフラムは、支点反力やPC鋼材定着における応力集中に配慮し、内空断面を確保して端部外側に設置した。

4. 設計上の留意点

RCシェルター付PC下路桁橋の設計上の留意点を以下に示す。

(1)主桁の設計

主桁断面は、下路桁状態で緊張後に頂版部を打設して箱桁断面に移行する複合断面であり、各施工段階時での主桁評価を行うだけでなく、上下の材齢差についても合成桁として評価して設計を行った。

また、大断面構造であるため、主桁の解析に梁理論の適用が可能であるかを3次元FEM解析にて事前に把握した(図-5)。性質の異なる荷重に対して、橋軸方向応力度の分布はいずれも上下方向に層状となり、全断面有効な構造であると言える。

端部ダイヤフラムにおいては、外側に開きながら潰れるような変形が確認される。端部の横方向の設計ではウェブにこの腹圧力(ウェブに伝わる支点反力)を評価し設計を行った。また、頂版端部外面及び中央下面の局部応力に対して必要な補強鉄筋を配置した(図-6, 7)。

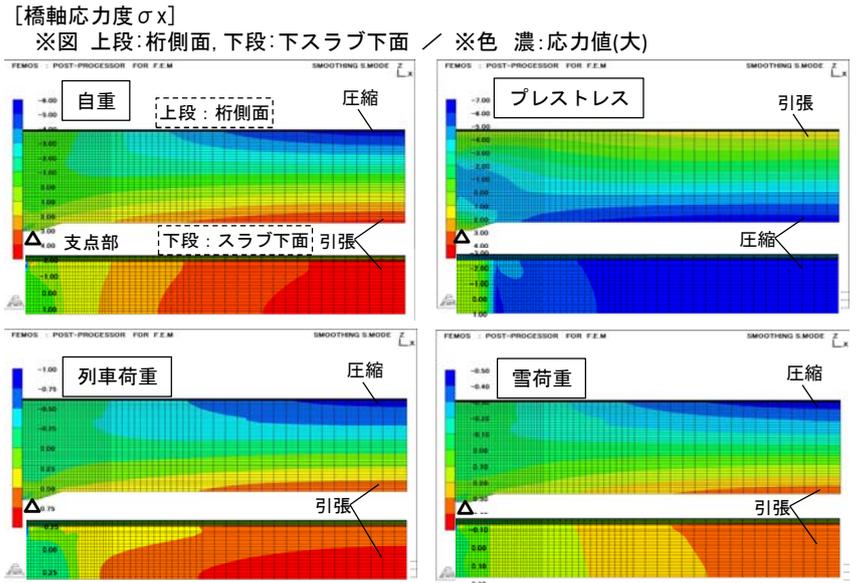


図-5 载荷荷重別の応力度分布(橋軸方向)

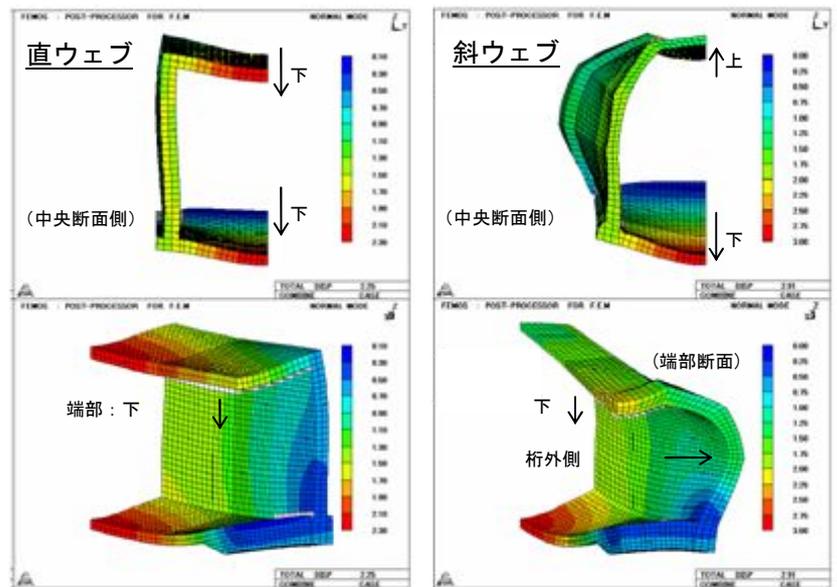


図-6 ウェブ軸線傾斜による自重変形の違い

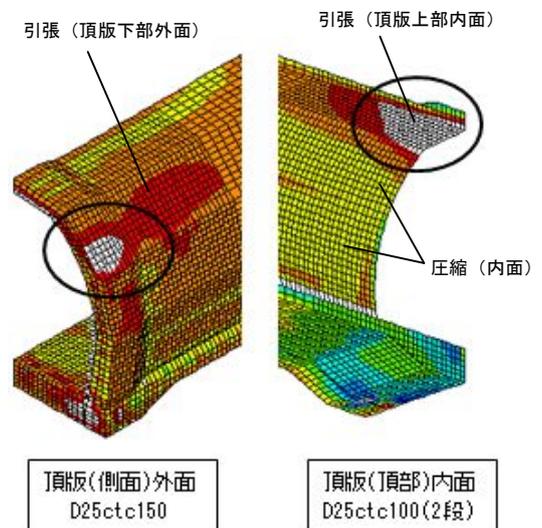


図-7 端部の横方向応力度分布

(2) 分割施工による打継位置の検討

打継位置に関しては、主方向の鉛直打継位置はスパン中央部を避け、1日の打設量を考慮して設定した。また、水平方向の打継部は、3次元FEMモデルによる温度応力解析を実施し、打設後の収縮に対して旧コンクリートによる拘束の影響を評価し、ひび割れ防止鉄筋を配置した。

(3) 塩害対策

日本海に面した厳しい塩害環境条件に対応するために、かぶり厚は通常より10mm増加し60mmとした。

5. 列車通過中の桁変位の計測

桑取川橋りょうは施工済であり、試験走行による列車通過中の変位の計測が行われている。測定位置はスパン中央の軌道直下面とした。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-2に列車通過中の橋長L=60m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 $L/1700=34.4\text{mm}$ 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、速度上昇による変位の増加は小さい。図-8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-2 列車通過中の最大変位 (橋長 L=60m)

列車速度(km/h)	変位(mm)	載荷車両
30	0.9	試験用車両
170	0.7	営業用車両
260	0.7	営業用車両
260	1.1	設計値(標準列車荷重 P-16)

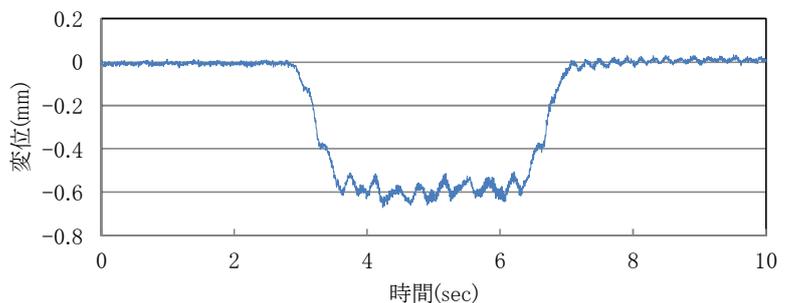


図-8 260km/h 走行時の変位 (橋長 L=60m)

6. 設計総括

- ① 豪雪地帯の桁高制限桁としては、スノーシェルターをRC造とした本構造はLCCの低減に有効である。しかし、RC造で全体反力が大きく、支承部の制約を受ける。今後の適用支間は60m以下が望ましい。
- ② 変位計測結果より実測値が設計値のたわみ以下であることから、本構造は全断面有効であることが再確認できた。高いたわみ剛性があることから、高速鉄道橋への今後の適用が期待できる。

7. おわりに

本稿は、桑取川橋りょうについて上部工設計成果を中心に報告したものであるが、現在は架設済である(図-3右参照)。本報告が今後の高速鉄道の安全走行とコスト削減の一助となれば幸いである。

<参考文献>

- 1) 安本修一 コンクリート下路箱げた鉄道橋の設計法に関する研究; 1987
- 2) 阿部雅史 北陸新幹線における特殊PC橋の設計報告-PCシェルター桁他2橋-; プレストレストコンクリート, Vol. 52, 2010. 2月号
- 3) 阿部・赤坂 北陸新幹線(長野・金沢間)の主なPC橋 ⑧桑取川橋梁; プレストレストコンクリート, Vol. 56, 2014. 2月号