

高炉スラグ細骨材を用いた拡幅 PC 桁の実橋計測

—新名神高速道路 つめた谷橋(下り線)—

大阪支店 土木技術部 橋野哲郎
 大阪支店 土木技術部 河中涼一
 大阪支店 土木技術部 田邊睦
 大阪支店 土木工事部 西濱智博

1. はじめに

新名神高速道路 つめた谷橋(下り線)の拡幅改築工事には、クリープ・乾燥収縮度低減のため、高炉スラグ細骨材(以下、BFS)を用いた BFS コンクリートが採用された。詳細設計では、既往の研究に基づき、BFS コンクリートのクリープ・乾燥収縮低減効果を 30%と設定した三次元 FEM モデルによる逐次解析(応力履歴理論法)などにより、その効果を考慮した設計を行った。高速道路橋梁の主桁コンクリートに高炉スラグ細骨材を天然砂と全量置換して用いるのは初の試みであった。そこで、BFS コンクリートのクリープ・乾燥収縮低減効果を確認するために、主桁のひずみを計測した。

セグメント桁製作時に容器内にコンクリートを充填した。なお、埋込ひずみ計と鉄筋応力計には測温機能が内蔵されており、ひずみ計測位置の温度が同時に記録できる機能を備えている。

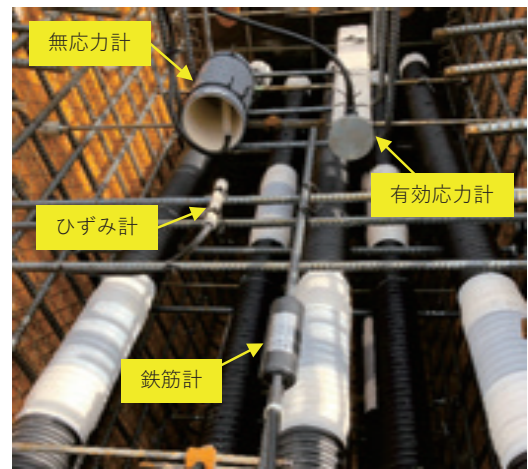


写真-1 計測機器の設置

2. 主桁セグメントの製作と計測器設置

2.1 計測器の設置

新設桁の構築に用いるセグメント桁はプレキャスト製品の製造工場で作成し、所定の養生期間を経たのち現場に運搬して架設された。本橋は二径間連続構造で、二つの施工区間に分けて構築された。そこで、計測器は、P1~A2 径間と A1~P1 径間の両径間に設置した。計測器の埋設位置を図-1 に示す。各径間における計測器の橋軸方向の設置位置は、温度変化や施工荷重による変位を最小とするために、主桁の上下縁の応力が正負に交番するインフレクションポイント近傍とした。また、断面内の高さ方向についても、図心付近とすることで曲げ作用の影響を最小限に留める配慮を施した。写真-1 は、主桁セグメントのコンクリート打設前に、型枠内に配置された計測器の状況である。

表-1 埋設した計測器一覧

計測器	機能	備考
埋設ひずみ計	コンクリートの全ひずみを計測	・コンクリートに直接埋設 ・測温機能付き
鉄筋応力計	鉄筋の応力変化を計測	・コンクリートに直接埋設 ・測温機能付き ・鉄筋の静弾性係数を用いてひずみに換算
有効応力計	荷重変化による応力変化を計測	・コンクリートの静弾性係数を用いてひずみに換算
無応力計	コンクリートの収縮を計測	・無応力容器内に埋込ひずみ計を格納 ・周囲の応力変化を遮断してひずみを計測 ・測温機能付き
熱電対	外気温を計測	・データロガー格納ボックス近傍の日陰温度を計測

2.2 計測器の選定

本橋の計測に用いた計測器の一覧を表-1 に示す。鉄筋応力計および有効応力計で得られた応力値は、それぞれ鉄筋およびコンクリートの静弾性係数を用いてひずみに換算した。無応力計は、無応力容器の中に埋込ひずみ計を格納したもので、

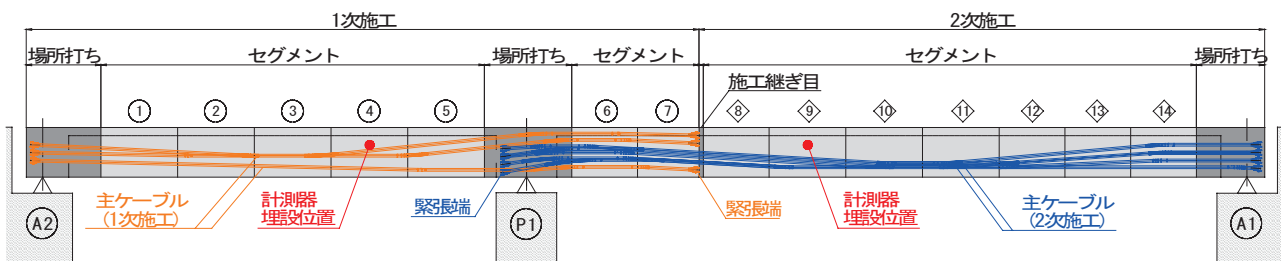


図-1 計測器埋設位置図

3. 主桁のひずみ計測

3.1 ひずみの計測状況

新設主桁の構築後の計測状況を写真-2に示す。主桁セグメントに配置された各々の計測器のケーブルは、セグメント側面から主桁および橋脚側面に配線し、プルボックス内のデータロガーに接続している。



写真-2 実橋における計測状況

3.2 緊張時の計測による妥当性の検証

本橋の計測で得られるひずみの妥当性を検証するために、緊張により主桁に生じるひずみの実測値と理論値の比較を行った。その結果、緊張完了時に計測されたひずみの増加量は、理論値と概ね一致していることが確認できたため、計測値は橋梁に生じるひずみを概ね正確に捉えていると判断した。

3.3 全ひずみの計測結果と FEM の比較

図-2および図-3は、それぞれ一次施工および二次施工の主ケーブル緊張後に得られたセグメント No.4 および No.9 のひずみ変化の計測値と FEM 解析結果を比較したものである。図中の■は BFS コンクリートのクリープ・乾燥収縮低減効果を考慮した FEM 解析から得たひずみの値である。一方、ひずみの計測値は、埋込ひずみ計から得られたクリープ・乾燥収縮など全てを含む全ひずみ ϵ_{cd} で、1時間毎に計測した値を24時間毎に平均した値である。ただし、全ひずみ ϵ_{cd} は、式(1)を用いてひずみ計とコンクリートの線膨張係数の差に関する補正を行った値である。

$$\epsilon_{cd} = C_{\epsilon} \times \epsilon_i + \Delta t \times (C_{\beta} - \gamma) \quad \text{式(1)}$$

ここに、 ϵ_{cd} ：全ひずみの補正值、 C_{ϵ} ：校正係数($\times 10^{-6}/1 \times 10^{-6}$)、 ϵ_i ：初期値からの計測値の変化量($\times 10^{-6}$)、 Δt ：初期値からの温度の変化量(°C)、 C_{β} ：補正係数で $10.7(\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C})$ 、 γ ：コンクリートの線膨張係数で $10.0(\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C})$ である。

これらの図より、全ひずみの計測値は、温度の影響などにより日々変動しているものの、その中央値は BFS コンクリートのクリープ・乾燥収縮の低減効果を考慮した FEM 解析結果と概ね一致していることが分かる。よって、本橋に採用した BFS コンクリートのクリープ・乾燥収縮の低減効果を確認できたと判断する。

4. おわりに

近年では、BFS コンクリートの高い耐久性への関心と、環境問題や持続可能な開発への取り組みが相まって、その採用事例も増えている。本報告では、BFS コンクリートのクリープ・乾燥収縮低減効果を期待して PC 橋に採用した事例とその検証結果の一部について述べた。今後も数年間は計測を継続し、データを蓄積することで有効応力計や無応力計の計測結果についても検証を行う。本検討が、今後の PC 橋の改築更新工事の参考になれた幸いである。最後に、BFS コンクリートを高速道路の PC 橋に初採用した本橋の取組みをご理解・ご指導下さった西日本高速道路株式会社および関係各位に感謝の意を表します。

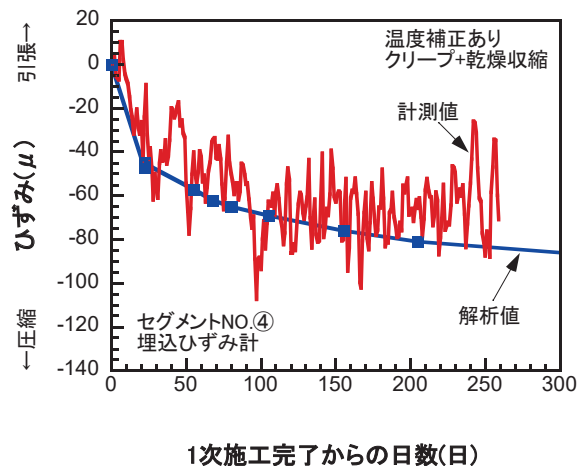


図-2 セグメント No.4 のひずみ変化と解析結果

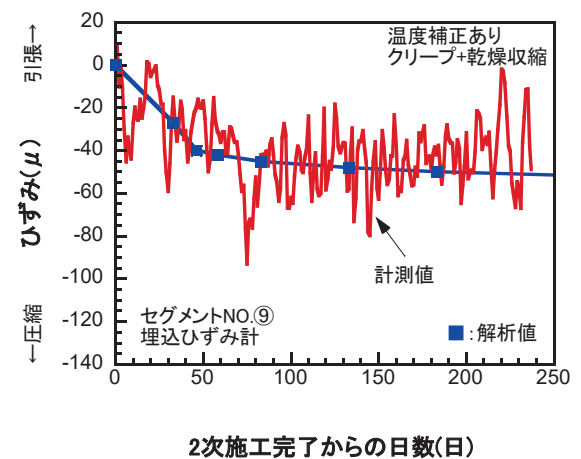


図-3 セグメント No.9 のひずみ変化と解析結果

Key Words : 高炉スラグ細骨材, クリープ・乾燥収縮, 実橋計測, 全ひずみ



橋野哲郎 河中涼一 田邊睦 西濱智博