

# 高炉スラグ細骨材を用いたコンクリートの PC 橋拡幅工事への適用 — つめた谷橋 —

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

## 1. はじめに

新名神高速道路 大津 JCT-亀山西 JCT 間の 6 車線化が事業認可され、建設後約 15 年が経過した構造物の拡幅工事が始まっている。滋賀県甲賀市に位置し、暫定形で供用中の「つめた谷橋」(写真-1)も主桁を追加して拡幅する。本工事は工程短縮が望まれたため、新設桁をプレキャストセグメント化し、さらにクリープ・乾燥収縮度低減のため主桁コンクリートに高炉スラグ細骨材(granulated Blast Furnace slag Sand:以下、BFS)を用いた。高速道路橋梁の主桁コンクリートに、BFS を天然砂に全量置換して用いるのは初の試みである。本稿では、BFS の効果を検証した FRAME 計算および逐次法を用いた FEM の結果について報告する。

期間が 20 日間程度にまで短縮される計画となった。これらの理由から、新旧桁の接合までの期間は短く、新設桁のクリープ・乾燥収縮が拘束されることによる不静定力は当初設計よりも大きくなることが明らかであった。そこで、クリープ・乾燥収縮を低減可能な材料である BFS を用いたコンクリート(以下、BFS コンクリート)の適用を検討した。既往の研究によると、本工事で使用予定の BFS コンクリートは、天然砂を用いた場合に比べてクリープが 30%程度、乾燥収縮ひずみも 30%程度小さくなる試験結果が得られていた。なお、BFS コンクリートの採用で約 20 日の工程短縮が見込まれる。

## 2. 詳細設計による工程短縮

### 2.1 プレキャストセグメント工法の採用

本橋は PRC2 径間連続 2 主版桁橋として供用中であるが、本拡幅工事で主桁を増設して床版を接合し、3 主版桁橋とする(図-1, 図-2)。材齢が異なる PC 桁を接合する場合、材齢の若い新設桁のクリープ・乾燥収縮が既設桁に拘束されることによって不静定力が生じるため、当初設計では現場で新設桁を施工した後、発注者の設計要領どおり 6 ヶ月間の存置期間を設けてから既設橋と接合する計画となっていた。しかし、本橋は工程短縮が望まれたため、当初計画の場所打ち施工をプレキャストセグメント工法に変更した。主桁セグメントの最大長さは 2.625m とし、最大重量が約 20t の全 14 個のセグメントに分割する計画とした。ただし、支承や横桁の施工が必要となる支点部は場所打ち施工とした。新設桁の施工にセグメント工法を採用することで、主桁製作工は場所打ち施工に比して約 30 日短縮可能な計画となった。

### 2.2 高炉スラグ細骨材を用いたコンクリートの適用

工程短縮のためには、当初設計で計画されていた新設桁の完成から接合までの 6 ヶ月間の存置期間も短縮する必要があった。また、当初設計では、新設桁の架設完了後に既設桁の壁高欄撤去を行う計画であったが、新設桁架設後の狭い作業空間でウォータージェット工法による壁高欄撤去作業が生じるため、安全性の向上のために壁高欄撤去工を先行する計画に変更した。新設桁の完成後に壁高欄撤去工を行う場合は、新旧の桁を接合する床版接合部の施工までに 80 日程度は新設桁が養生される計画であったが、この工程変更の影響で養生



写真-1 拡幅前の暫定供用状況

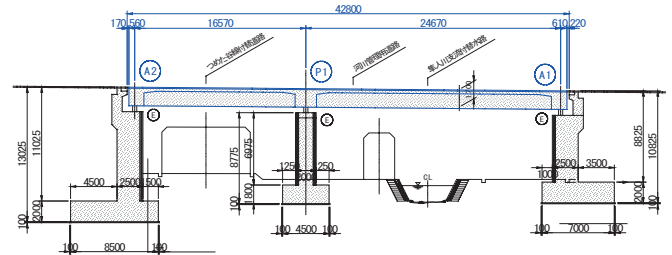


図-1 橋梁側面図

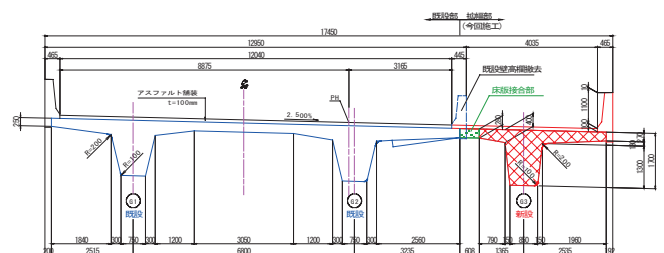


図-2 橋梁断面図

### 3. 高炉スラグ細骨材の適用効果

#### 3.1 平面格子解析と FRAME 計算による主桁応力度

図-3は、新設桁に天然砂を用いたコンクリート(以下、普通コンクリート)を適用した場合、BFSコンクリートの場合の主桁下縁応力度を、FRAME計算で求めた結果である。床版接合後に新設桁のクリープが既設桁に拘束されて生じる不静定力は、平面格子モデルの新設桁に床版接合直前からクリープ終了時まで生じる自重とプレストレスのクリープによる断面力を与えることで求めた。新設桁に与えるクリープによる断面力はDischingerの近似式を用いて算出した。また、BFSコンクリートのクリープ係数は、天然砂を用いた場合に比して30%低減した値を用いた。設計荷重時の許容値は $0.0\text{N}/\text{mm}^2$ で、活荷重1.7倍照査における許容値は、 $-3.0\text{N}/\text{mm}^2$ である。この図より、普通コンクリートの場合は発生応力度が許容値を超過しているが、BFSコンクリートはいずれの荷重状態の照査においても許容値を満足していることが分かる。

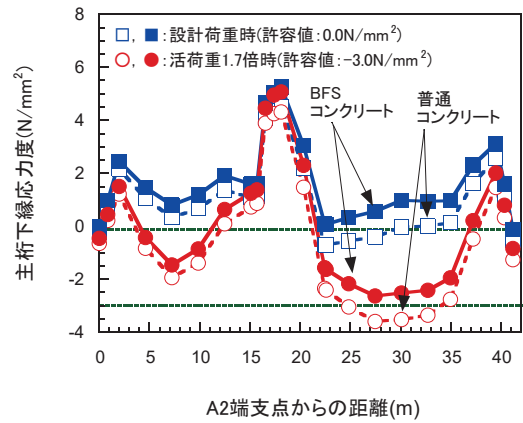


図-3 FRAME 計算で求めた主桁下縁応力度

#### 3.2 FEM を用いた逐次解析との比較

図-4は、FEMを用いた逐次解析(以下、FEM解析)より得られた新設桁のクリープによって橋梁全体に生じる応力度の濃淡図である。図-5は、Dischingerの近似式を用いたFRAME計算とFEM解析から得られた新設桁の上下縁の応力度を比較したものである。A2-P1間およびP1-A1間のいずれの支間部においてもFEM解析よりFRAME計算の方が大きな引張応力度が生じており、FRAME計算を用いることが安全側の設計であることが確認できる。図-6は、FEM解析から得られた接合後のクリープの拘束による応力度を、FRAME計算で求めたクリープ以外の各荷重に加算して合成応力度の照査を行った結果である。この図より、FEM解析によるクリープを考慮した場合でも、全ての荷重状態で発生応力度は許容値を満足していることが確認できる。

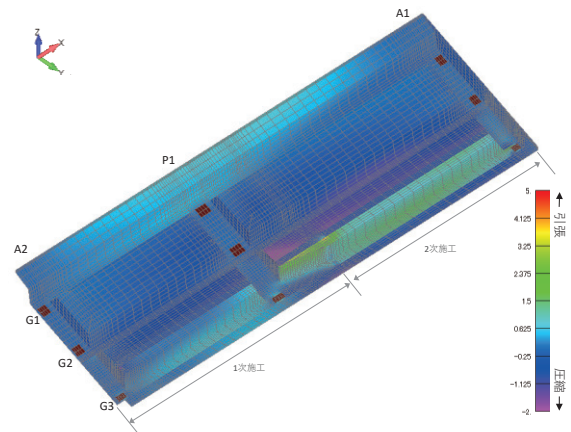


図-4 FEM を用いた逐次解析で求めたクリープ応力度

### 4. おわりに

PC橋の拡幅工事において、新設桁のコンクリートにBFSのクリープ・乾燥収縮低減効果を考慮して設計を行った結果、新設桁に生じる不静定力を低減可能で、Dischingerの近似式を用いた格子解析およびFRAME計算から求まるクリープ拘束による不静定力は逐次法を用いたFEMで求めた値よりも安全側であることが確認できた。よって、本橋の新設桁に用いるコンクリートには、BFSを天然砂に100%置換して用いることとした。その結果、セグメント工法への変更とBFS採用で合計50日の工程短縮が可能な計画となった。

**Key Words:** 高炉スラグ細骨材, クリープ, 逐次解析

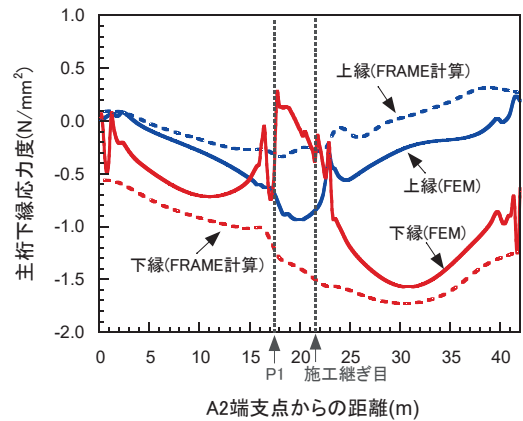


図-5 FRAME 計算と FEM 解析の新設桁応力度比較

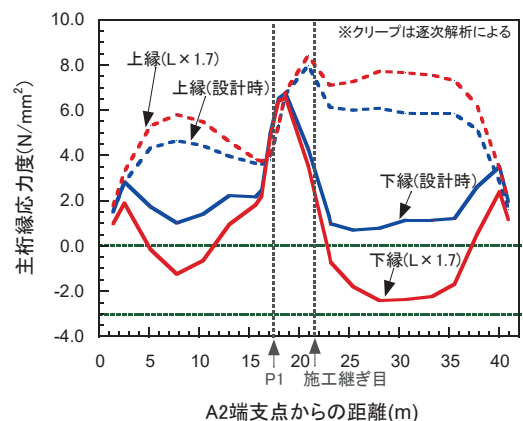


図-6 逐次解析を用いた新設主桁縁応力度



河中涼一 橋野哲郎 田邊睦 西濱智博