

PRC 橋梁の長期たわみ解析手法に関する研究

ジェイアール東海コンサルタンツ (株) ○正会員 奥西 淳一、一柳 昌志、稲熊 唯史
 東京大学 フェロー会員 前川 宏一

1. はじめに

長大橋の長期たわみ予測は、鉄道構造物の走行安全性の確保のためには重要な項目である。これについて、2012年のコンクリート標準示方書¹⁾の改定では、コンクリートの収縮・クリープに対する新設計法が提案された。既往の計算結果²⁾によると、25年後の長期たわみが、改定前のコンクリート標準示方書³⁾によるクリープ式を用いて算出されるたわみに対して5倍以上となる場合も報告されている。文献[1]に規定されている計算方法は、「材料-構造連成応答解析システムによる方法」または「長期変位算定用の収縮・クリープの影響を入力値として用いたファイバーモデル解析による方法」である。また、鉄道構造等設計標準・同解説コンクリート構造物⁴⁾は、文献[3]と同様の算定方法である。そこで、本研究では汎用性のある解析手法を用いて、文献[1]に準拠した変位・変形を算定することを目的に解析手法を検討し、実測結果との比較により解析手法の妥当性を検証した。

2. 本研究に用いた解析手法

本研究では文献[1]に示される2つの解析手法を複合した方法を考案した(表1)。長期変位算定用の収縮・クリープの影響は入力値として用い、鉄筋の内部拘束の影響を非線形FEM解析で考慮する手法である。なお、解析コードは、汎用非線形FEM解析ソフト〔DIANA (ver.9.4.4)〕を用いた。

3. 解析手法の妥当性検証

本研究で採用した解析手法を用いた計算結果の妥当性

表1 解析手法の比較

	示方書 手法① 材料-構造連成応答解析	示方書 手法② ファイバーモデル解析	本研究で検討した解析手法
クリープ係数、収縮ひずみ	物質平衡・移動解析システムで解析し、 随時連成でFEM解析	コンクリート標準示方書式で算定	コンクリート標準示方書式で算定
内部ひずみ分布の適用 (上床版・側壁・下床版)	物質平衡・移動解析システムで解析し、 随時連成でFEM解析	示方書式で部位ごとに算定し、 ファイバーモデルで考慮	示方書式で部位ごとに算定し、 FEM解析モデルで考慮
鉄筋の内部拘束	FEM解析モデルで考慮	ファイバーモデルで考慮	FEM解析モデルで考慮

を検証するために、PRC橋の長期変形挙動を実測した結果⁵⁾を用いて検証を行った。文献[5]では、支間40.8mのPRC単純2主箱桁橋の実橋に対して、コンクリート打設から150日経過するまで、桁の挙動とコンクリート材料の乾燥(及び自己)収縮、クリープ係数の実測を行っている。この実測結果と、本研究で検討した解析手法による解析結果を比較し、解析手法の妥当性を検証した。また、文献[5]におけるPRC橋の断面および計測器位置図を図1に、クリープ係数、収縮ひずみを図2に示す。

解析モデルは、1/4モデルとし、コンクリート要素は3次元ソリッド要素、鉄筋は埋め込み鉄筋要素としてモデル化した(図3)。変位・変形の解析は、収縮ひずみの適用を上床版と下床版および側壁の2部材に分けて実施し、

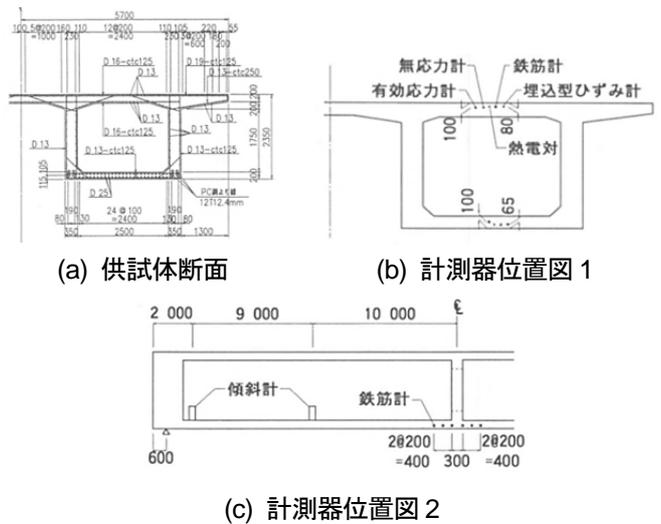
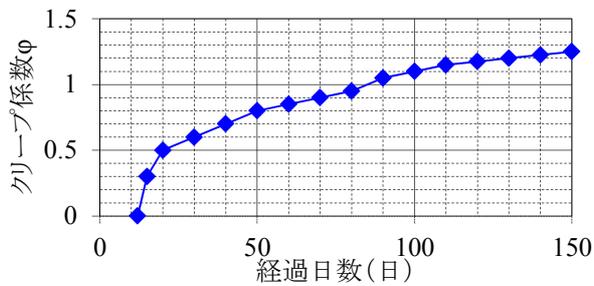
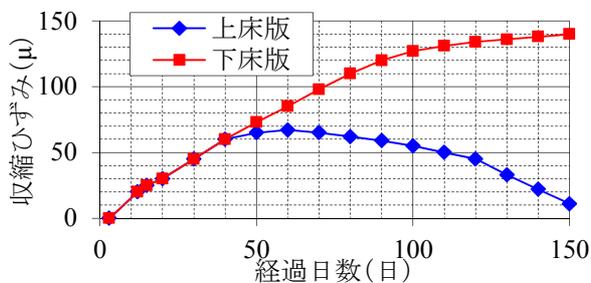


図1 実橋の断面および計測器位置図

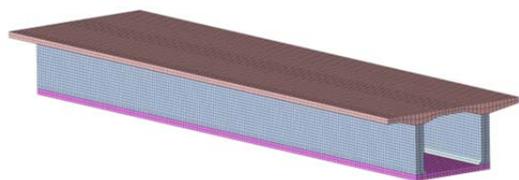


(a) クリープ係数

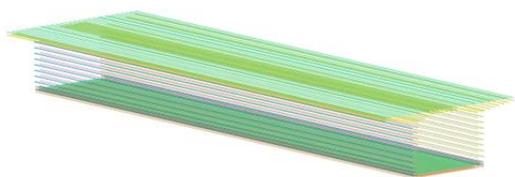


(b) 収縮ひずみ

図 2 実測されたクリープ係数と収縮ひずみ



(a) 解析モデル全景



(b) 軸方向鉄筋

図 3 解析モデル

クリープ係数および収縮ひずみは文献[5]の実測結果(図2)を用いている。側壁には下床版と同じ収縮ひずみを用いた。鉄筋の内部拘束による影響を把握するために、鉄筋要素の有無を解析ケースとした。

内部拘束の有無を比較した解析結果(図4)から、内部拘束を考慮したケースは断面内曲率が小さくなる傾向が把握できる。この結果は、補強鉄筋による曲げ剛性EIの増分も含まれているが、鉄筋の内部拘束による影響が考慮されていると考えられる。また、鉄筋の内部拘束を考慮した解析結果と実験結果の比較を図5に示す。自重載荷以降の上床版および下床版のひずみは、解析値と実測値で同等であり、解析は実測を概ね精度良く再現できているといえる。

4. まとめ

コンクリート標準示方書の2つの解析手法を複合した

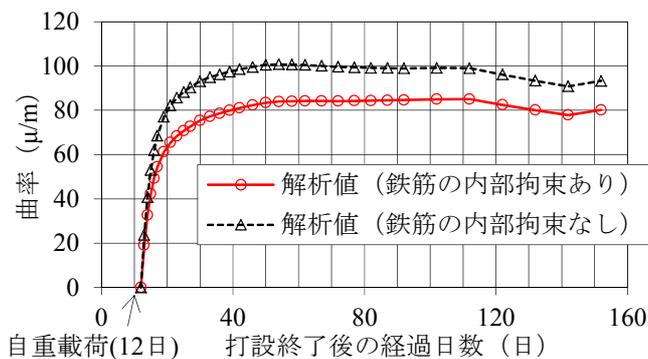


図 4 内部拘束の有無による断面内曲率の比較結果

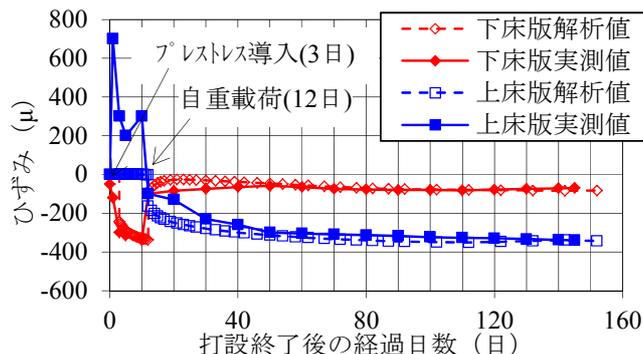


図 5 鉄筋の内部拘束を考慮した解析結果と実測結果の比較

解析手法により、コンクリートの体積変化が大きい製作初期の挙動(150日までの橋軸方向ひずみ)において、実測結果を概ね精度よく再現できた。今後さらに、長期にわたるたわみ性状のモニターによる検証が求められる。

5. 謝辞

妥当性検証で用いた実橋の構造・実測データは、オリエンタル白石株式会社の手塚、落合両氏により実測データなど情報提供を頂いた。ここに謝意を表します。

参考文献

[1] (公社)土木学会:2012年制定 コンクリート標準示方書 [設計編]
 [2] 渡邊忠明,土屋智史ほか:断面の部位別に時間依存挙動を考慮した線材モデルによる PC 橋梁の長期たわみ解析,土木学会論文集 E2 (材料・コンクリート構造),Vol.69,No.2,207-226,2013
 [3] (公社)土木学会:2007年制定 コンクリート標準示方書 [設計編]
 [4] (公財)鉄道技術総合研究所:鉄道構造物等設計標準同解説 コンクリート構造物,平成16年4月
 [5] 落合勝,手塚正道ほか:PRC 単純箱桁橋の時間依存性挙動について,コンクリート工学年次論文報告集,Vol.17,No.2,pp.703-708,1995