

下路鉄骨鉄筋コンクリート連続桁における収縮およびクリープひずみの経時変化

(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 ○笹田 航平 正会員 猪股 貴憲 正会員 池田 学
西日本旅客鉄道(株) 正会員 福本 守

1. はじめに

鉄道橋では、河川や道路との立体交差箇所等で桁高が厳しく制限される場合、一般的に下路形式が採用される。この下路形式において主桁および床版に鉄骨鉄筋コンクリート(以下、SRC)構造を用いた橋梁は、主桁高さ、床版厚さ等を比較的小さくできるほか、騒音が小さい等の利点を有する。

本稿の対象とした橋梁は、橋長が約 50m の連続下路 SRC 橋梁である。2015 年に著者らの一部が鉄骨の架設後から約半年間の計測結果は報告済みである¹⁾。ただし、コンクリートの収縮や温度変化に伴う長期的なひずみ変動についてはまだ明らかになっていない。

そこで本稿では、連続下路 SRC 橋梁の長期的な挙動を明らかにするために、那智川橋梁についてコンクリートの収縮およびクリープ変形に着目し、長期的な経時変化の計測と解析を実施し検討した。

2. 検討の概要

本稿では紀勢線的那智川橋梁を検討対象とした。本橋の概要を表 1 に示す。また、本橋はコンクリートを分割して施工しており、その施工順序は表 2 に示した通りである。

測定項目を表 3 に示し、計測機器の設置位置を図 1 に示す。検討で着目した項目はコンクリートの体積変化および鉄骨ひずみの経時変化である。コンクリートの体積変化の計測には埋込型ひずみゲージを、鉄骨の計測にはひずみゲージをそれぞれ用いた。

解析には汎用構造解析ソフト(DIANA)を用いた。解析に用いたモデルを

図 2 に示す。解析作業を省力化するために、解析モデルは片径間かつ半断面(1/4 モデル)とした。鋼板をシェル要素、鉄筋をバー要素、コンクリートをソリッド要素としてモデル化した。鋼とコンクリートの境界条件は、完全付着を仮定した。

解析で使用した材料特性を表 4 に示す。すべて材料は線形弾性体とみなした。ただし、コンクリートについては収縮およびクリープも考慮した。収縮とクリープの予測式は「鉄道構造物等設計標準・同解説(コンクリート構造物)」²⁾(以下、RC 標準)に示された式を用いた。コンクリートの圧縮強度は実橋に用いた材料の試験結果とし、弾性係数はコンクリート標準示方書[設計編]³⁾(

表 1 対象橋梁の概要

＜対象橋梁＞	
橋梁名:	紀勢線 那智川橋梁, 線路切替時期: 2014. 12.
構造形式:	単線 2 径間連続下路 SRC 橋梁,
支間:	25.7m+25.7m, 支承構造: 水平力分散ゴム支承
＜支間中央断面寸法＞	
主桁高さ:	1205mm, 床版幅 3000mm, 床版厚さ 400mm

表 2 対象橋梁の架設順序

年月日	コンクリート打込み位置
2014/8/25	端支点 ~ C-C 断面直前 主桁
2014/9/11	端支点 ~ C-C 断面直前 床版
2014/9/13	中間支点部 主桁
2014/9/20	中間支点部 床版
2014/10/13	軌道部

表 3 計測項目

断面名	計測項目
A-A 断面	鉄骨の橋軸ひずみ
B-B 断面	鉄骨の橋軸ひずみ
C-C 断面	コンクリートの無応力ひずみ

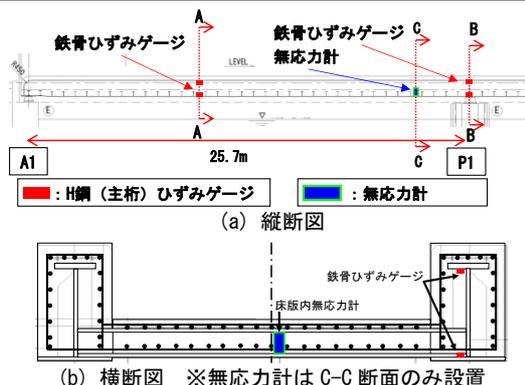


図 1 計測位置

表 4 解析に用いた材料特性

材料	材料特性	値	材料	材料特性	値
鋼材	弾性係数	200kN/mm ²	コンクリート	弾性係数	30.0kN/mm ²
	ポアソン比	0.30		ポアソン比	0.20
	単位体積重量	77.0kN/m ³		単位体積重量	25.0kN/m ³
		圧縮強度		37.5kN/m ²	
		単位水量		175kg/m ³	
		水セメント比		0.45	

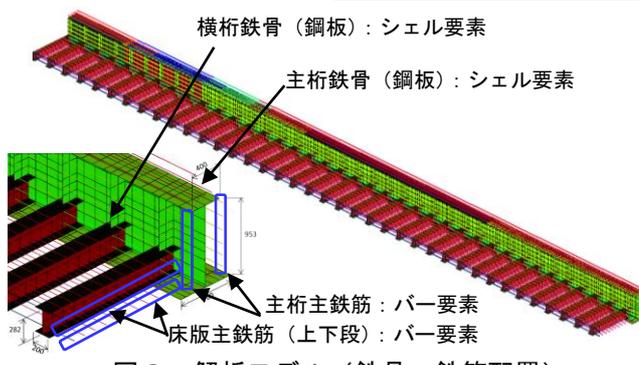


図 2 解析モデル(鉄骨・鉄筋配置)

キーワード 下路鉄骨鉄筋コンクリート橋梁, 連続桁, 実橋計測, 経時挙動, 収縮, クリープ
連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (公財) 鉄道総合技術研究所 構造物技術研究部 鋼・複合構造 TEL 042-573-7280

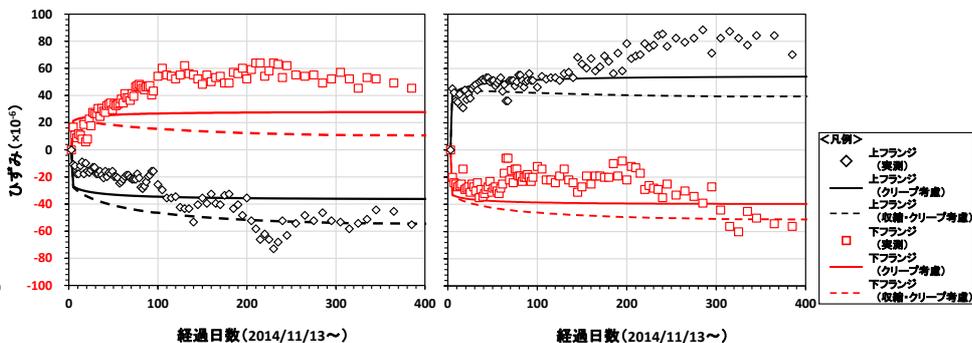
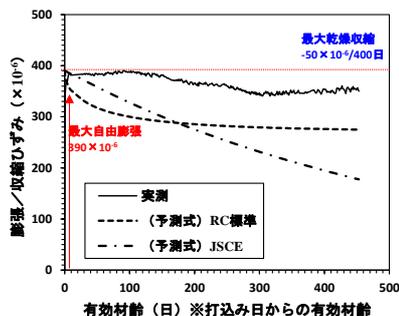


図3 床版コンクリートの自由膨張/収縮ひずみの経時変化
(※予測式の初期値は最大膨張量とした)

図4 軌道重量によるひずみの経時変化
(※実測では鋼とコンクリートの線膨張係数差による拘束ひずみを含む)
(※解析では軌道重量の弾性ひずみを含む)

下、示方書)の圧縮強度と弾性係数の関係から算定した。実橋梁において支点部にはゴム支承が用いられているため、解析の支持条件は鉛直方向を固定、水平方向を弾性支持とした。

荷重条件は、単位面積あたりの軌道重量である 5.33kN/m^2 を床版の表面全体に対して一様の作用させた。なお、載荷時におけるコンクリートの有効材齢は 54 日とし、コンクリートの分割施工は考慮していない。

3. 使用したコンクリートの収縮ひずみ

計測の結果として、床版コンクリートの膨張/収縮ひずみの経時変化を図3に示す。ひずみ計測には、図1に示した無応力計を用いている。図3において実線が実測値であり、鎖線がRC標準²⁾、一点鎖線が示方書³⁾に示された収縮量の予測曲線である。初期に膨張が生じているのは、本橋に標準添加量の膨張材をセメントに置換し使用しているためである。またRC標準²⁾や示方書³⁾に示された収縮量の予測曲線と計測結果を比較するために、収縮予測式の初期値を実測の最大膨張ひずみとした。

図3の実測値より、打込み後の数日間に約 390×10^{-6} の膨張が生じ、膨張後から約1年で 50×10^{-6} 乾燥収縮ひずみが生じていることが分かる。最大膨張からの収縮は予測曲線に対して実測値が小さく、収縮が進行していない。これは雨がかり等の水分供給が影響したと予想される。

4. コンクリートのクリープ変形が鉄骨に及ぼす影響

軌道コンクリート打込み後の鉄骨におけるひずみの経時変化を図4に示す。ここに示したひずみの実測値は軌道重量の弾性ひずみも含んでいる。図3において、プロットが実測値、実線がクリープを考慮した解析値、破線が収縮およびクリープを考慮した解析値である。上フランジの結果を黒色とし、下フランジを赤色とした。

図4より、400日経過することで鉄骨に生じたひずみ増加分の実測値は、 $60 \sim 80 \times 10^{-6}$ であった。また、クリープのみを考慮した解析値の絶対値は、実測に比べ小さくなっているものの、収縮を考慮した場合よりも、全体的に実測の傾向に近くなった。この理由としては、3. で

示したようにコンクリートの収縮量がRC標準に比べ小さいことによると考えられる。つまり、本橋において躯体完成後の約1年における経時変化は、死荷重が増加したことによる躯体部コンクリートのクリープ変形の影響が支配的と考えられる。

図4(a)より、A-A断面については載荷直後に生じた実測の弾性ひずみに比べて解析結果がやや大きくなっている。100日経過以前は、実測の鉄骨ひずみの絶対値が漸増しており、その後、実測の鉄骨ひずみの絶対値が増加する勾配はより小さくなった。一方、図4(b)より、B-B断面については約200日ごろまでは実測および解析の結果がよく一致した。その後、経過日数200日以降は実測および解析の間に乖離する傾向となった。このように本稿の解析方法で鉄骨ひずみを評価した結果、実測と解析で数十 μ 程度の差異があった。これは、実際の施工では、コンクリートを分割施工した。そのため、コンクリートの強度、乾燥状態、内部応力の履歴が断面ごとに異なり、実測と解析の鉄骨ひずみに差異を生じた可能性がある。このことから、軌道重量の増加によるコンクリートのクリープ変形が鉄骨に及ぼす影響を解析で再現するためには、実際の施工方法を考慮する必要がある。

5. まとめ

継続的な計測により、約1年における本橋の経時挙動を把握した。解析との比較により、対象とした橋梁において躯体完成後の約1年の経時変化については、乾燥収縮の影響は小さく、死荷重が増加したことによるクリープ変形の影響が支配的であった。今後は解析方法を再検討したうえで、各種感度解析等を行いたい。

参考文献

- 1) 福本守, 猪股貴憲, 池田学, 好井健太, 北健志: 下路鉄骨鉄筋コンクリート連続桁の経時挙動に関する一考察, 土木学会年次学術講演会講演概要集, Vol.70, 2015
- 2) 鉄道総合技術研究所編: 鉄道構造物等設計標準・同解説(コンクリート構造物), 2004
- 3) 土木学会: コンクリート標準示方書[設計編], 2012