

SRC 構造物の長期変形評価における梁要素を用いたモデル化手法の検討

(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 ○森勇樹, 大野又稔, 渡辺健

1. はじめに

鉄道橋において、鉄骨鉄筋コンクリート構造物（以下、SRC 構造物）のような複合構造物は、桁下空頭の確保や騒音対策も兼ねて多く採用されている。しかし、現在の設計¹⁾では、複合構造物の長期変形を考慮する際、鉄筋コンクリート構造物と同様として取り扱っている実態がある。また、部位に依存した収縮およびクリープを再現するために、梁部分を鉛直方向に3本の梁要素を用いた構造解析モデル（以下、ファイバーモデル）を用いた長期変形に関する検討の多くはPC 構造物が対象²⁾とされており、SRC 構造物におけるひび割れ発生後の剛性の低下を考慮できていない可能性がある。そこで、本検討では、ファイバーモデルを用いて、再現解析による SRC 梁のモデル化手法について検討した(2章)。また、得られたモデル化手法を用いて、複合構造橋りょうにて、橋りょう構造の一部変更が、長期変形に対し及ぼす影響を把握する検討を実施した(3章)。

2. 再現解析による SRC 梁のモデル化手法の検討

既往の文献³⁾をもとに、SRC 梁の曲げクリープ実験について再現解析を実施した。図1に、SRC 梁の試験体のモデル化概要を示す。コンクリートの梁要素は、鋼材の配置による収縮・クリープ特性の差異を考慮できるように、H 鋼を含む断面とそれ以外の3要素に上層、中層、下層と分割した。鋼材の梁要素は、断面内の鋼材配置状況を容易に反映することが可能か確認するため、3要素は、上フランジ、下フランジ、ウェブに、1要素は、H 鋼断面にて分割とした。モデルは、上層と中層、中層と下層をそれぞれ剛な線材要素でモデル化することで梁断面全体の平面保持が成り立つように結んだ。また、3本のコンクリート梁要素と3本の鋼材梁要素の間は、コンクリートの上層と鋼材の上層、コンクリートの下層と鋼材の下層を結んだ(図1(a)参照)。コンクリートおよび鋼材の材料特性値は、既往の文献³⁾の値を用いた。なお、本検討では、コンクリートのひび割れによる曲げ剛性低下の影響を考慮して、鉄道構造物等設計標準・同解説⁴⁾(以下、鉄道標準)にもとづき、 $(I_e = (M_{crd}/M_{dmax})^3 I_g + (1 - (M_{crd}/M_{dmax})^3) I_{cr}) \leq I_g$ にて試験体断面のコンクリートの曲げ剛性を一様に低減した。なお、記号については、文献⁴⁾の通りである。再現解析は、既往の文献³⁾と同様にコンクリート打込み後28日間養生を行い、試験体に $P=66.64\text{kN}$ の持続曲げ載荷を実施した。コンクリートの収縮特性は、水平方向の線材に、既往の文献³⁾の測定値を曲げ剛性を低下させたことを考慮して与えた。なお、曲げ剛性を低下させた考慮分は、 $\varepsilon_{cs} = (-A_c E_c / (A_s E_s - A_c E_c)) / (-A_c E_{c1} / (A_s E_s - A_c E_{c1})) \times \varepsilon_{cs\text{-real}}$ として算出した。ここで、 E_{c1} は、ひび割れを考慮した剛性の値である。コンクリートのクリープ特性は、曲げ剛性を低下させた割合分クリープ係数を低減した。支承条件は、ピン・ローラー支承とした。また、解析には、任意形コンクリート鉄道橋設計プログラム「JRCONST ver6.2」を用いた。図2に、コンクリート打込み後550日後の鉛直方向の変位量を、図3に、実験と解析の梁中央部の

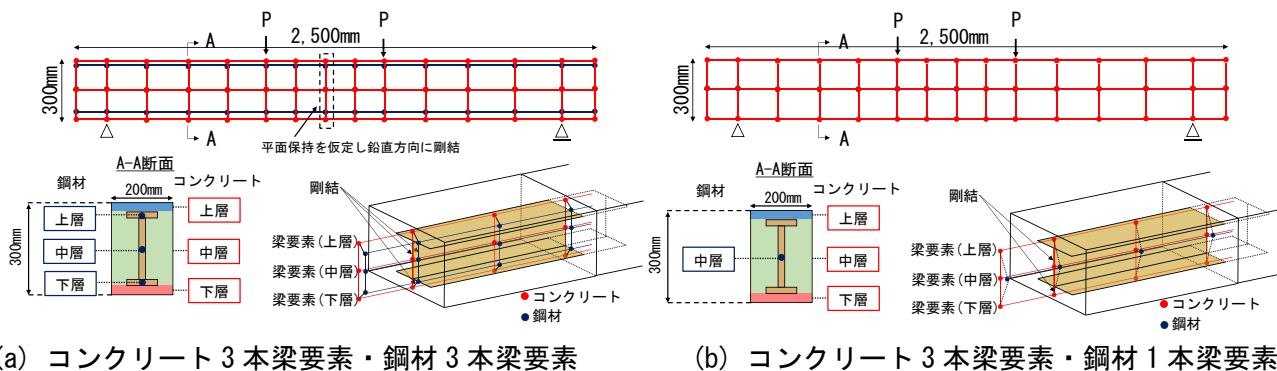


図1 SRC 梁の試験体のモデル化概要

キーワード 複合構造, SRC, 収縮・クリープ, 長期変形

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 Tel : 042-573-7281

鉛直変位量の推移を示す。本検討では、コンクリートの梁要素に、同一の収縮特性を与えたため、鉛直方向に収縮による変位は生じていない。また、梁中央部の変位量から、解析値が実験値と同等の値を示しており、実験を概ね評価できていると考えられる。鋼材を3要素と1要素でモデル化した場合、梁中央部の変位量は、経時変化が概ね一致していた。そのため、次章では計算の簡便性を考慮し、鋼材は1要素でモデル化することとした。

3. 複合構造橋りょうにおける解析検討

橋りょう構造の一部変更により、長期変形に及ぼす影響を把握するため、PC橋りょうとSRCとPC構造の複合構造橋りょう(以下、SRC橋りょう)の比較を行った。PC橋りょうの諸元ならびに解析モデル、施工ステップは、既往の文献²⁾と同様である。図4に、SRC橋りょうの解析モデル概要を示す。PC橋りょうをもとに一部構造をSRC構造とした。なお、SRC構造の断面は、PC構造と断面の曲げ剛性が同一になるように設定した。H鋼は、解析上一本の鋼材とした。材料特性値は、PC橋りょうと同様とし、鉄道標準⁴⁾にもとづきRHは、3要素とも70%とした。作用は、死荷重、プレストレス、収縮・クリープを考慮した。SRC構造とPC構造の境目には、接合部を設け、コンクリートの剛性に比べて十分剛な要素としてモデル化した。解析は、PC構造区間は、PC橋りょうと同様とし、SRC構造を一括架設と仮定して、施工開始後532日後に版上荷重を載荷した。図5に、版上荷重載荷後から80年後の橋りょうの鉛直変位量を示す。構造を一部変更したので、収縮・クリープによる鉛直変位の発生量に差はあるものの、変位の傾向に大きな差異は見られなかった。そのため、本モデル化手法により、SRC構造を含む複合構造橋りょうの鉛直下方向の変位を、PC橋りょう同様に連続的に表現できていることを確認することできた。

4. まとめ

本検討では、ファイバーモデルを用いて、再現解析によるSRC構造のモデル化手法の検討を行った。その結果、ひび割れによる曲げ剛性の影響を考慮してモデル化することで、SRC梁の曲げ載荷試験を表現できることを確認した。このモデル化手法を活用し、SRC橋りょうとPC橋りょうを比較したところ、構造を一部変更したことによる収縮・クリープによる鉛直変位の発生傾向に大きな差異なく、連続的に表現することができた。

参考文献

- 1) (公財) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説 鋼とコンクリートの複合構造物，丸善，2016。
- 2) 荒木ら：プレストレストコンクリートラーメン橋りょうの長期変形に関する解析的検討，構造工学論文集 vol.68A，pp.693-701，2022。
- 3) 俣野ら：高張力鋼を用いたSRCはりのひび割れと長期たわみ性状，第2回合成構造の活用に関するシンポジウム講演論文集，pp.277-284，1989。
- 4) (公財) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説（コンクリート構造物）第III編コンクリート構造，2023。

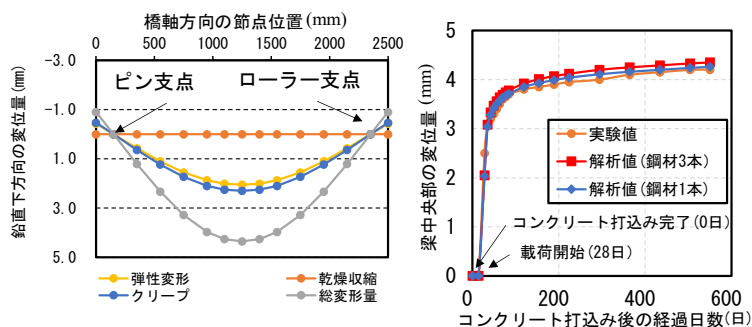


図2 コンクリート打込み後
550日後の鉛直方向の変位量

図3 梁中央部の変位量の推移

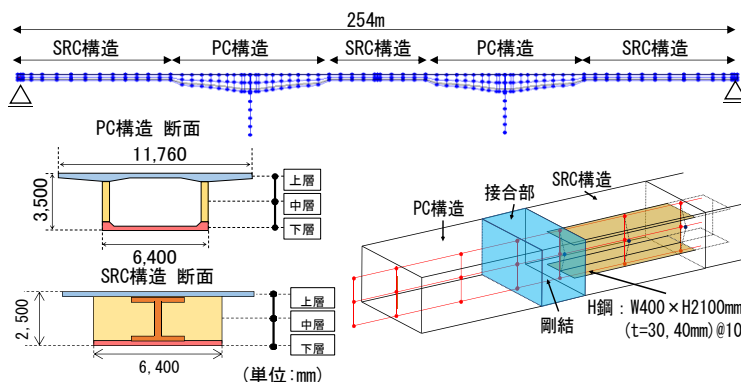


図4 SRC橋りょうの解析モデル概要

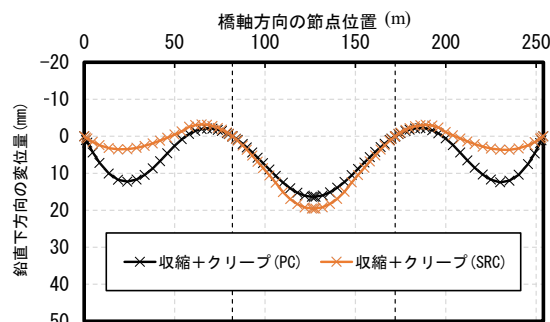


図5 版上荷重載荷後から80年後の
橋りょうの鉛直変位量