

過大なたわみが生じた PC 橋梁の長期変形解析に基づく構造性能の評価

北武コンサルタント株式会社 正会員 ○坂口 淳一
 正会員 坂本 智明
 正会員 渡辺 忠朋
 北海道 札幌建設管理部 島 貴裕

1. はじめに

PC 長大橋のたわみが、設計時に予測した値を大きく上回って増大を続ける事例が報告されている。このように想定を超えたたわみが発生する要因として、コンクリートの収縮とクリープに起因するたわみが設計時に適切に考慮されていないことが指摘されている¹⁾。

このような過大なたわみが生じた PC 長大橋においては、変形による利用者の走行の安全性や使用性の低下の問題のみならず、部材の耐荷力などの構造性能の低下が懸念される。すなわち、収縮やクリープによるコンクリートの体積の縮小によって、設計時の想定よりもプレストレス力が大きく減少することで、主桁の耐荷力の低下や、ひび割れの発生によって PC 鋼材の腐食が引き起こされる場合もある。この例のように、PC 橋梁に対して維持管理上の対策を詳細に検討する場合には、コンクリートの長期の変形の影響を踏まえた上で構造性能を評価し、対策工を選定する必要がある。

本稿では、過大なたわみが生じた実橋梁を対象に、対策工を検討するために、長期変形解析に基づき構造性能の評価を行った事例を報告する。対象橋梁は、橋長 181 m の 3 径間中央ヒンジ付 PC ラーメン箱桁橋であり、供用開始後約 30 年が経過している。

2. 解析概要

2012 年制定の土木学会コンクリート標準示方書²⁾には、長期の変位・変形の算定方法として、材料・構造連成応答解析システム³⁾を用いて長期の時間依存変形を解析する手法と、橋梁設計で広く用いられている線材による構造解析手法を拡張し、断面部位ごとの収縮量の差によって生じる変形を促進させる断面曲率の影響を考慮して長期たわみを求める構造解析手法⁴⁾が示されている。本検討では、この線材による構造解析手法を用いて長期変形解析を行い、得られた鋼材緊張力の減少量に基づき、構造性能の評価を行った。

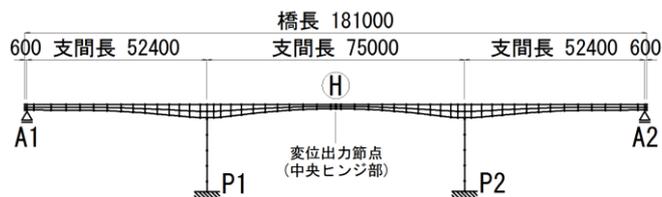


図-1 長期変形解析モデル

3. 解析モデル

解析モデル図を、図-1 に示す。本解析手法においては、部位ごとに収縮およびクリープの条件を設定するために、箱型断面を上床版、側壁、下床版の部位に分けて、3つの線材(梁要素)として部材をモデル化する。一方、鉛直方向の線材は、張出し施工の施工ブロック境界位置に設定して、十分剛な断面剛性を与える。

コンクリートの収縮ひずみおよびクリープ係数は、線材にモデル化した部位(上床版、側壁、下床版)ごとに、形状寸法や湿度および温度、コンクリートの配合、各施工ブロックのコンクリート打設日からの材齢に基づき算定する。収縮ひずみやクリープ係数の経時変化の算定式は、文献2)に従う。

ここで、コンクリートの圧縮強度は、設計基準強度より $f'_{ck}=40 \text{ N/mm}^2$ とし、水セメント比は、同種の橋梁の実績より $W/C=40\%$ を仮定した。環境条件は、外気温を架橋位置の月平均気温の年間最高気温の 21.8 度とした。湿度は、上床版を床版における舗装や降雨の影響により水分の逸散が遮断される影響を考慮して便宜的に 95% とし、側壁および下床版を架橋位置の条件を踏まえて 63% に設定した。張出し架設の施工ステップおよび所要日数は、対象橋梁の実際の工程に準拠した。

5. 解析結果

図-2 に、中央ヒンジ部のたわみの経時変化を示した。解析結果は、橋面工施工時(完成時)を基準として 80 年経過時までを示している。図中で、黒線がコンクリ

キーワード PC 長大橋, 長期変位, 維持管理, 収縮, クリープ

連絡先 〒062-0020 北海道札幌市豊平区月寒中央通7丁目4-7 北武コンサルタント(株) TEL011-851-3181

ートの体積変化によって生じる長期変位の解析結果である。また、図中には、解析結果における収縮とクリープの内訳と、当該橋梁のたわみの実測値を示している。図より、約30年付近の近年の実測値に対して、たわみの解析結果が概ね再現できていることが見て取れる。図-3に、完成後80年経過時の変形図を示す。

図-4に、80年経過時のPC鋼材緊張力の有効係数 η の分布を示す。図は、P1橋脚部から中央ヒンジ部までの区間を示している。有効係数 η は、緊張直後の緊張力に対する、コンクリートの収縮やクリープ等による緊張力の減少後の有効プレストレスの比率である。図より、80年経過時においても有効係数は0.8以上が確保されている。本構造において、PC鋼材が主に配置される上床版付近は、引張縁側となり圧縮応力が小さいためクリープによる収縮が小さいことに加えて、舗装や降雨の影響によりコンクリートの収縮も小さいため、PC鋼材の緊張力の減少が小さいものと推察される。

ここで得られた有効プレストレスに基づき、縁応力度と破壊に対する安全性の検討結果を、図-5および図-6に示す。縁応力度は、主桁引張縁の応力度であり、圧縮応力を正で示している。安全性の検討は、破壊に対する設計断面力 M_d と設計曲げ耐力 M_{ud} の比較を示している。設計作用は、当該橋梁の設計時の計算書に準拠している。図より、中央径間は、縁応力度の制限を満足し、耐荷力も確保されていることがわかる。

6. まとめ

過大なたわみが生じたPC橋梁を対象に、長期的なコンクリートの体積変化を考慮した解析に基づき構造性能を評価した。その結果から、当該橋梁においてはPC鋼材の緊張力の減少が比較的小さいため、縁応力の制限や耐荷性を長期的に満足することが確認された。

参考文献

- 1) 前川宏一:コンクリート工学における知識の構造化と橋梁工学への展開—Multi-scaleの観点から—, プレストレストコンクリート工学会 第22回シンポジウム論文集, pp.(1)-(14), 2013.10
- 2) 土木学会, 2012年制定 コンクリート標準示方書 [設計編], 2013
- 3) 渡邊忠朋, 土屋智史, 坂口淳一, 笠井尚樹: 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, pp.207-226, 2013

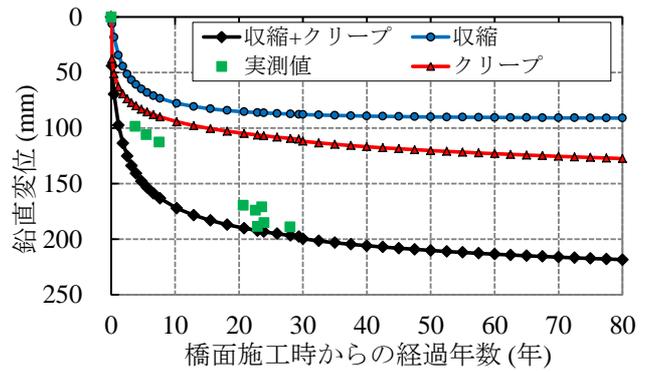


図-2 中央径間ヒンジ部のたわみの経時変化

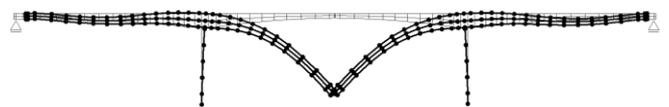


図-3 変形図 (完成後80年, 変形倍率100倍)

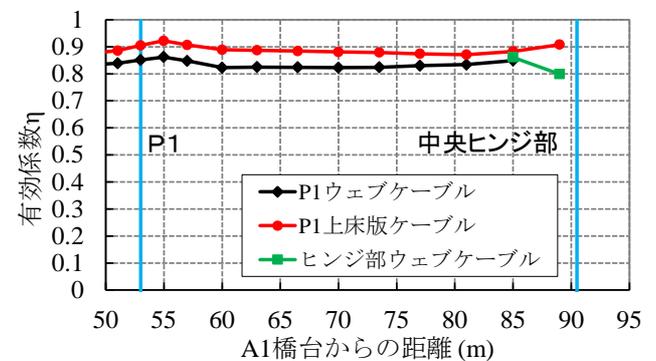


図-4 PC鋼材緊張力の有効係数の分布(完成後80年)

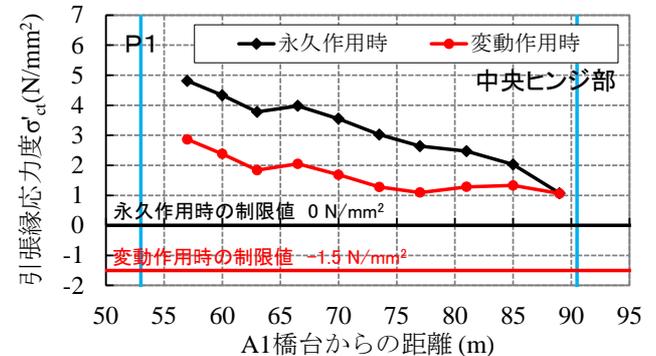


図-5 主桁引張縁の縁応力度の分布 (完成後80年)

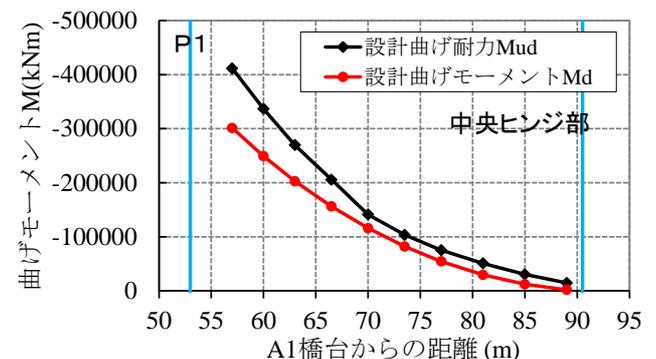


図-6 破壊に対する設計断面力と曲げ耐力の分布 (完成後80年)