

デジタルツインメンテナンスに向けた連続桁橋の熱変形挙動の有限要素解析に基づく考察

山口大学 学生会員 ○竹下 聡一郎 (株)長大 正会員 有井 賢次
 山口大学 学生会員 今田 吉貴 山口大学 正会員 渡邊 学歩
 国際航業(株) 正会員 佐藤 渉 国際航業(株) 非会員 江川 真史
 (株)長大 正会員 田中 剛 関西大学 正会員 清水 則一

1. 背景

定量的評価に基づくメンテナンスを行うために、様々な橋梁モニタリングが実施されており、著者らのグループでも GNSS 連続変位観測に研究を実施している。これにより、橋梁構造全体の変形挙動を高精度に追跡できるようになって来ている。

本研究では観測結果から得られた橋梁の変形挙動を再現するために有限要素解析に基づく変形特性に関する研究を行ったので報告を行う。

2. 対象橋梁とそのモデル化

本研究では橋長 282.5m の 5 径間連続非合成鋼箱桁曲線橋（新八幡川橋、広島県広島市）を対象とした。図-1 には平面図及び側面図を示すが、本橋は斜角を有する曲線桁を橋台・橋脚で支持する、中間多点固定形式の橋梁形式である。図-2 には、有限要素モデルによる構造解析モデルを示す。設計図面を元に、下部構造および床版（RC 部材）をソリッド要素で、鋼箱桁（リブ・ダイヤフラムを含む）および横桁をシェル要素で構造形状を中実に再現した。ただし、実橋では側径間 A1-P1 は実橋では A1 側にかけて断面が減少

するが、FE 解析では等断面としてモデル化している。なお、解析では一般的な PC を用いているため自由度数は 800 万自由度程度に抑えて Mesh 作成を行っている。

3. 変形特性

1) 死荷重解析による断面力および変形

死荷重解析を行って求めた中立軸高さ位置での箱桁ウェブのせん断応力および下フランジ位置での箱桁フランジの曲げ応力分布を図-3 にそれぞれ示す。なお、同図には梁要素を用いた構造解析にて求めた結果を理論値として、比較のために合わせて示した。せん断応力の理論値は、はり要素を用いた構造解析で得られた部材のせん断力を箱桁ウェブの断面（有効断面）で除して求めている。せん断応力および曲げ応力とも、理論値と整合する結果が得られている。

図-4 には死荷重時の鉛直方向たわみを示すが、梁理論で推定される理論値に比べて若干小さめの変形となったが、概ね一致する結果が得られている。

橋軸直角方向の変位を、上部構造のみ直線桁とした場合の結果と比較して図-5 に示す。A1 橋台側の変

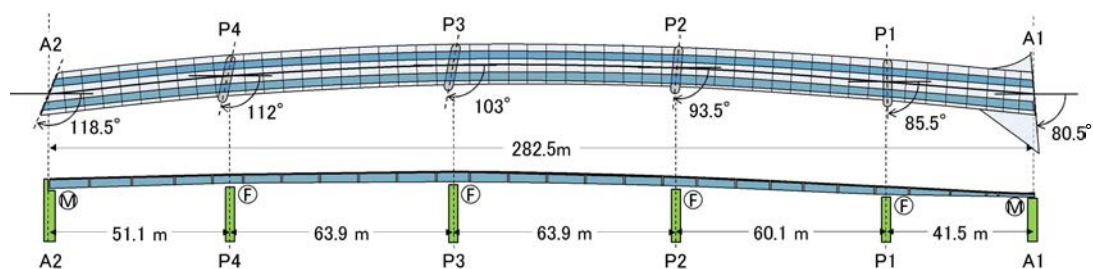


図-1 対象橋梁構造物の平面及び側面

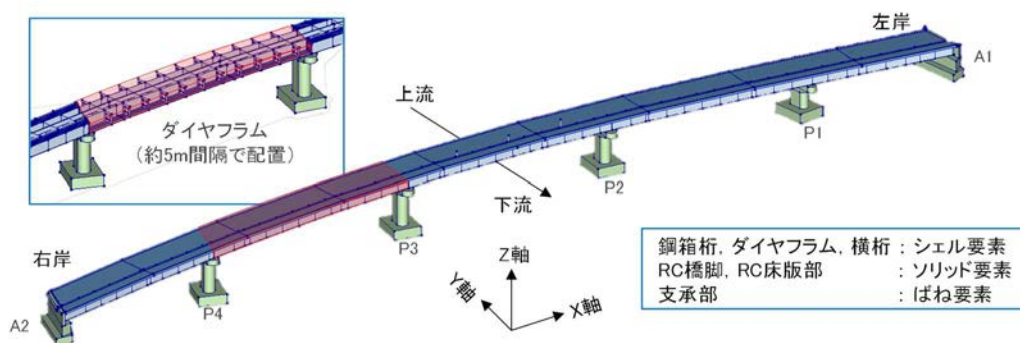


図-2 対象橋梁構造物の FE モデル

キーワード 斜角を有する曲線橋、全橋モデル、FEM、段階施工解析、温度解析
 連絡先 〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2-16-1 TEL 0836-85-9302

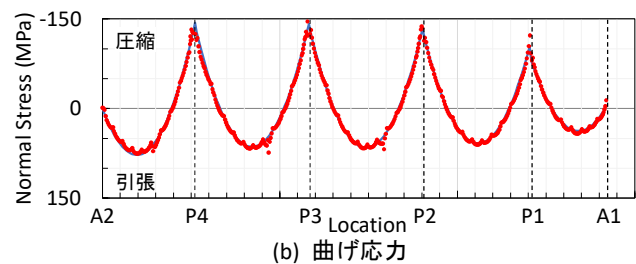
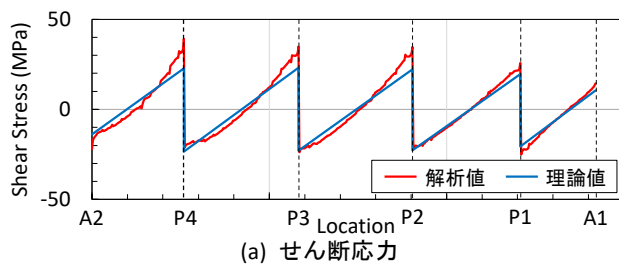


図-3 中立軸高さ位置での箱桁ウェブのせん断応力および下フランジ位置での箱桁フランジの曲げ応力分布

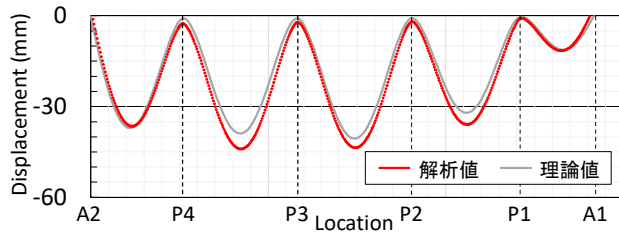


図-4 死荷重時の鉛直方向たわみ分布の検証

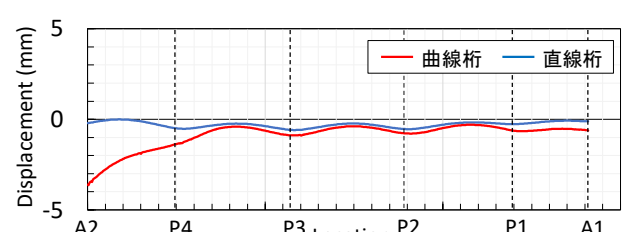


図-5 直線桁と曲線桁による床版位置での橋直方向変位分布

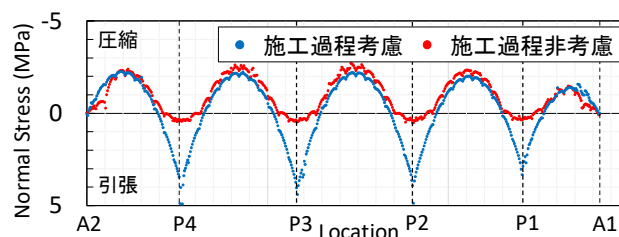


図-6 床版表面の曲げ応力の分布

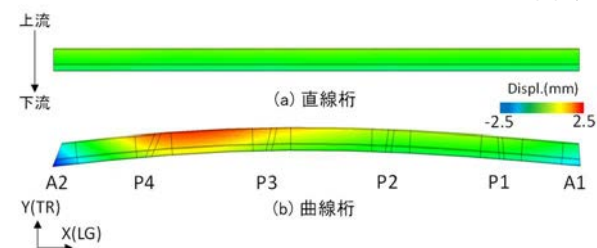
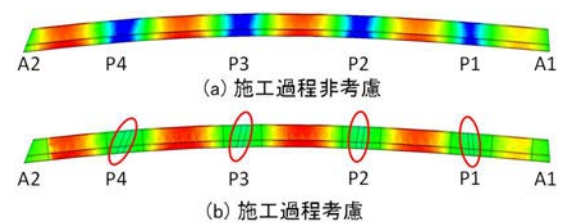


図-7 10°Cの温度上昇における橋軸直角方向の変形分布

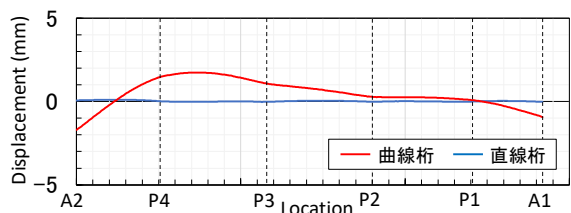


図-8 10°C温度上昇時における橋軸直角方向の変形

形は概ね一致しているが、斜角の大きな A2 橋台側の変位において、曲線桁橋を有する橋梁構造では、面外方向への変形が大きくなっている。

2) 段階施工解析

本検討では、建設時初期段階を再現し、今後、温度変化に伴う変形挙動による劣化現象を予測していくために、コンクリート床版の材料非線形性及び施工過程を考慮した解析を行っている。同解析では、箱桁、ダイヤフラム、横桁及び中間縦桁を架設した後、各径間の中央のコンクリート床版を打設、支点付近の床版の架設、支点上部の床版の架設、最後舗装の施工を解析上で再現した。施工過程による、床版表面の曲げ応力の分布を図-5 に示すが、支点部に発生していた青で示した 5MPa 強の引張応力が解放されていることが分かる。

3) 温度上昇による曲線橋の変形特性

橋梁構造は季節や日中の気温の変化に伴い、橋軸

方向に伸縮変形を繰り返すが、著者らが行っている橋梁の GNSS モニタリングでも観測で確認している。このため、本検討では温度応力解析にて変形挙動の再現を試みた。図-6 には全ての部材温度を一律に 10°C 上昇させた場合の曲線桁橋の変形を、直線橋と比較して示す。直線桁橋と異なり、P3~P4 区間の上流側の床版に変形が卓越している箇所が見られた。

4. 結論

- 1) 非線形性や施工過程を考慮して FEM モデル化を行うことにより、建設時初期段階を精緻に再現することができた。
- 2) 橋梁部材の温度が上昇すると、曲線橋では、P3-P4 径間上流側で、橋軸直角方向に床版の変形が卓越する様子が見られた。

謝辞 広島県港湾振興事務所の方々には対象橋梁の資料提供をいただきました。ここに謝意を表します。