

フルスケールモデルと車両画像検知を活用した床版疲労性能評価解析手法に関する検討

東京大学大学院 正会員 ○高橋 佑弥 学生会員 猪瀬 咲友 正会員 石田 哲也
 (株)コムスエンジニアリング 正会員 土屋 智史 前田建設工業(株) 正会員 米田 大樹

1. 背景と目的

コンクリート構造物の性能評価において、データ処理プラットフォームを活用するなどして、二次元図面等から構造物の3Dモデルを自動生成し、ライフスパン解析へ活用する取組みが進められている¹⁾。これまでに、解析要素を作成する過程の検討が進められている一方で、荷重インプットの作成・設定の方法は未検討である。本研究にて、実際の道路橋における交通状況をフルスケール橋梁解析メッシュの荷重入力に自動変換して疲労性能評価することを目標に、処理・変換の一連の流れを作成・整理し、課題を抽出することに取組んだ。

2. 対象橋梁・解析要素の作成・交通状況情報の取得

対象は図-1に示す橋長31.7m、幅員11.55m(車線幅8.87m)の単径間鋼4主桁RC床版構造の道路橋である。図面に基づいて図-2に示すフルスケール構造解析メッシュを作成した。構造解析には非線形有限要素法解析システムCOM3²⁾を用い、床版のRC部分を三次元要素、鋼桁を積層シェル要素、対斜構・横構をトラス要素で作成した。床版の上に5cmの舗装を無筋要素でモデル化した。4.に示す解析結果を踏まえ、要素寸法は30cmを基準とした。歩道部よりビデオカメラにて走行映像を撮影し、1時間の交通状況を把握した。

3. 荷重インプット作成と疲労解析の実施

得られた車両走行映像から自動で荷重入力へ変換することを想定し、図-3に示す荷重入力作成フローを考え、手法を試行した。既往の画像検知・処理手法技術(フューチャースタANDARD社・SCORER Traffic Counter)を用いて、対象橋梁上での車両の走行軌跡を図-4に示すように可視化した(工程b)。本研究では、この中からトラック一台を抽出して、荷重入力へ変換した。得られた軌跡は画像認識による車両検知枠の左上の点であったことから、画像上のタイヤ位置座標に変換する必要があった(工程c)。複数枚のカメラフレームを抽出し、フレーム毎に画像上の車両検知位置とタイヤ位置のずれを関数化し、得られた関数を用いてフレーム毎のタイヤ位置に修正した(図-5)。今後は、車両の撮影角度が距離により変化しないように正面から撮影する工夫をしたり、タイヤ位置を直接同定する画像処理手法を用いたりすることが望まれる。

得られた車両タイヤ位置を画像内の床版平面上の二次元座標へ変換すること(工程d、図-6)で、構造物に作用するタイヤ位置の時系列情報を求めた。また、画像等の情報より車両の軸重分布を前輪2割/後輪8割、タイヤの接地面積を前輪20cm×25cm、後輪20cm×50cm、車両重量を5tと設定した。以上の工程で得られた荷重の時系列情報を用いて、疲労解析各計算ステップの各節点の載荷荷重に変換し、テキストファイル化することで、構造解析の荷重入力ファイルを作成した。図-7に、実施した疲労解析中のある時点の変形図(変形倍率 2.0×10^3 倍)を示す。図-3に示す工程を経ることで実構造物フルスケールと車両の実走行状況を考慮した疲労解析が出来ることが示された。本検討により、今後、工程の自動化や、複



図-1 対象橋梁の写真

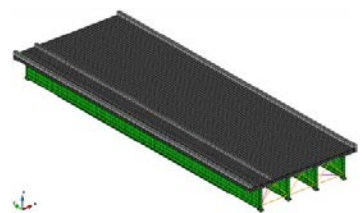


図-2 対象橋梁の解析用メッシュ

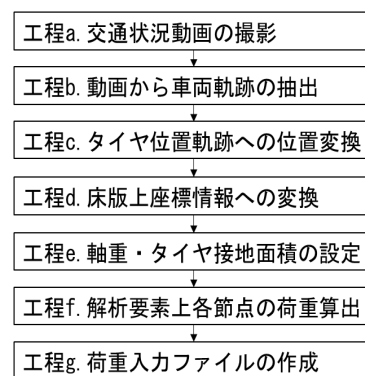


図-3 荷重入力作成フロー



図-4 可視化された走行軌跡

キーワード 鉄筋コンクリート床版, 数値解析, フルスケール, 画像解析, 疲労

連絡先 〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1 工学部 1 号館 249 室 TEL 03-5841-6104

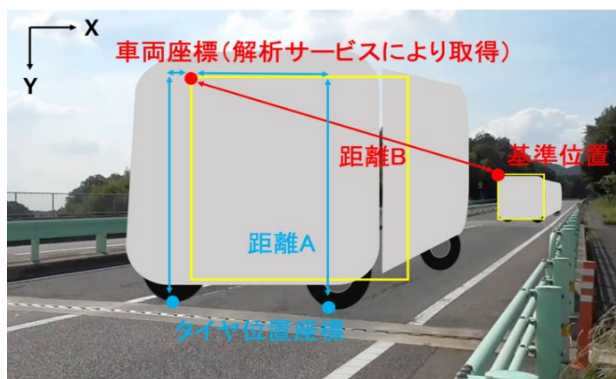


図-5 タイヤ位置への軌跡位置変換

数車両データの統計的取り扱い、床版のたわみ等の計測による手法の定量的妥当性検証などの検討を進める必要があることが明らかとなった。

4. フルスケール解析のための入力精度検討の必要性

前節に示す解析入力情報の収集・自動変換にあたり、構造物や車両等に関する様々な情報をどの程度精緻に取得・同定すべきかに関するデータ仕様を定める必要がある。例えば図-8は、既往研究³⁾と同じ構造条件の床版パネルメッシュを用いて、異なる主桁からの距離に载荷をして湿潤疲労解析を行った結果である。30 cm ほどのタイヤ位置のずれで、たわみが大きく異なり、疲労寿命は1オーダーほど異なる。このような疲労寿命の定量的差異と、管理者が求める評価精度から車両位置の取得解像度や解析メッシュの大きさが決定されるべきである。また、種々の感度解析を行うことにより、一般的には構造諸元として与えられる条件である縦断/横断勾配は、解析メッシュ自体の勾配として考慮することよりも、それらが荷重条件(車両加速度)や環境条件(水はけなど)に与える影響を適切に再現することのほうが疲労寿命を考える上では重要であることが示唆された。各因子が構造諸元・荷重条件・環境条件など異なる入力情報の中で、どのような条件を介して疲労寿命に大きく影響を与えるのかを整理して、適切な形で解析入力に反映させることが重要である。

5. まとめ

構造物のフルスケール解析メッシュに対して車両の実交通状況を考慮して荷重入力を作成する手順を提案し、試行した。既往の技術を組み合わせることで解析の自動化が可能であることが示されると共に、様々な因子についてどの程度の精度・頻度で入力情報として取得すべきかについての議論が必要であることに言及した。

謝辞：本研究は東京大学大学院工学系研究科社会連携講座「インフラ材料・構造の次世代性能評価技術の開発」にて実施したものです。ここに謝意を表します。

参考文献

- 1) Yoneda, T., Fang, J., Otani, H., Tsuchiya, S., Oishi, S. and Ishida, T.: Development of a 3D Finite-Element Modelling Generation System Based on Data Processing Platform and Fatigue Analysis of Full-Scale Reinforced-Concrete Bridge, Proceedings of IABSE Symposium Prague 2022, pp.415-422, 2022.
- 2) Maekawa, K., Ishida, T. and Kishi, T.: Multi-Scale Modeling of Structural Concrete, Taylor and Francis, 2008.
- 3) 古川智也, 高橋佑弥: 道路橋鉄筋コンクリート床版上面における土砂化発生特徴に関する数値解析的検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.43, No.2, pp.421-426, 2021.

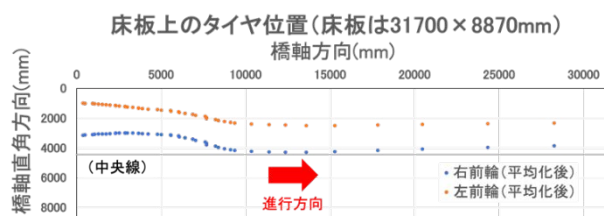


図-6 床版平面上的の走行軌跡

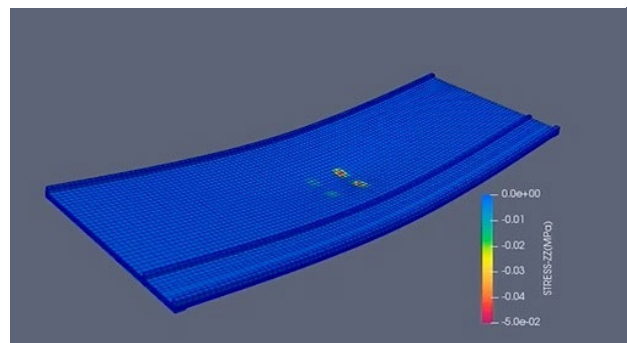


図-7 疲労解析中の変形図

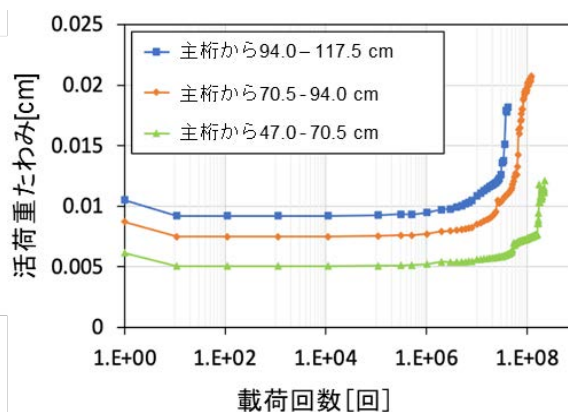


図-8 走行位置が床版湿潤疲労寿命に与える影響