

複雑な部材からなる橋梁の維持管理における効率的な3次元モデリングに関する基礎的研究

九州大学工学部 学生会員 ○宮脇 智士 九州大学大学院 正会員 三谷 泰浩
九州大学大学院 正会員 谷口 寿俊 九州大学大学院 正会員 本田 博之
九州大学大学院 学生会員 山口 太陽

1. はじめに

近年、我が国で鋭意推進されている i-Construction では、建設生産プロセス全体の生産性向上のために、様々な検討がなされている¹⁾。特に、維持管理では、既設構造物の長寿命化を図る「予防保全的管理」を目標としており、その実現には、構造物の変形や変状を3次元空間情報として計測・把握し、経時的に管理することが有効とされている²⁾。そのため、橋梁分野においても様々な3次元モデリングやその活用が提案されているが、それらは計測情報に加えて詳細な図面情報を基に手作業で作成された高コストな3次元モデルをベースとしたものが主流であり、計測情報から一気通貫で作成した3次元モデルを直接的に維持管理等に運用している事例は存在しない。特に、トラス橋等の複雑な部材で構成される特殊橋は、一般的な桁橋と比べ構造が複雑であることからその3次元情報を現場レベルで高精度かつ緻密に取得することは難しく、疎かつ欠測を含む3次元情報を基に3次元モデルを作成し、維持管理に活用できる効率の良い新たなモデリング手法の開発が求められている。

そこで本研究では、特殊橋のひとつであるトラス橋を側面方向から設置型レーザースキャナで計測した3次元点群情報のみから作成かつ維持管理で活用可能な新たな3次元モデリング手法を提案する。そして、提案した手法をトラス橋の木製模型に対して適用し、本手法の有用性を検討する。

2. 橋梁の維持管理のための3次元統合モデル

本研究では、計測された3次元点群情報を活用し、各部材の諸元や点検結果、変位等を経時的に把握し管理するために3次元統合モデルを提案する。3次元統合モデルは図1に示すように3次元概形モデルと3次元線形モデルから構成される。

3次元概形モデルは部材の位相や諸元、点検結果等の属性情報を管理すること、また部材を3次元で表現しその変状を把握することを目的とする。モデルの作成にはレーザースキャナなどで得られた3次元点群情

報を用いる。特殊橋では、部材が複雑に交差すること等からすべての形状の点群データを取得できず、レーザーの照射方向によっては、不可視域が存在し、点群データの欠測箇所が存在する。提案する概形モデルではこの欠測箇所を、部材の属性情報等から推定し部材単位でモデル化する。このモデルにより、各部材の概形と位相を構築でき、属性情報を部材の各部位に紐付けて管理することが可能となる。

3次元線形モデルは、3次元点群データから部材接合部等を抽出し、構造上重要となる接合部を管理点として設定し、それらを線として結び橋梁の構造を3次元線形で表したものである。このモデルは構造全体の変形や変位を把握する際に有用となる。

このように、従来はすべての箇所の3次元点群データを取得して作成していた3次元モデルを維持管理の観点に主眼をおいた簡易モデルである3次元概形モデルと3次元線形モデルのモデリング手法を適用し、最終的にこれらのモデルをGIS上で統合することで、橋梁の維持管理に必要な情報を一元的に管理・運用できる3次元統合モデルを構築する。

2. 1 3次元概形モデルの作成方法

3次元概形モデルの作成手順を図2に示す。まず、橋梁両側面から計測した点群を用いて棒部材とガセットプレートとをそれぞれ作成する。棒部材の側面の面形状を作成し、ガセットプレートで隠れている部分は棒部材が見えている場所から一番近くのボルトの重心位置まで延長させ部材の長さ寸法を与える。次に、部材の3次元点群情報を部材軸の垂直方向で切り取り

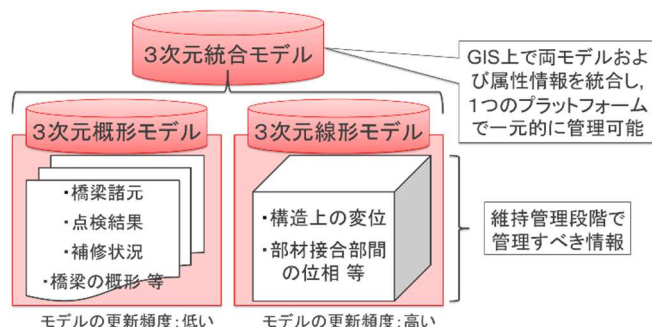


図1 3次元統合モデルの構成イメージ

取得した断面形状を, 取得した長さ寸法だけ垂直に押し出して3次元モデルを作成する。最後に, この3次元モデルの側面を最初に作成した平面の四隅に合わせて位置合わせを行い, 橋梁の3次元概形モデルを完成させる。

2. 2 3次元線形モデルの作成方法

特殊橋は構造が複雑であり部材それぞれの維持管理だけでなく橋梁の構造全体の健全性についても考える必要があるため, 構造上の重要な箇所を絞ってモデル化を行い, 橋梁全体の変形や変位を把握することを目的としたモデルを作成する。3次元線形モデルの作成に際しては, 位相情報を多く持つトラス部材接合部に着目する。3次元線形モデルの作成手順を図3に示す。部材軸の交点に最も近い点群座標をコントロールポイント (以下 CP) として設定し, 各部材の両端に設定した CP を結ぶことで部材間の位相を3次元の線形構造で表現する。CP の抽出に際しては3次元点群データを用い, CP 間については線形でモデル化する。現時点で CP については部材同士の接合部とするが, 状況に応じて任意の箇所を設定することができる。

3. 提案手法を用いた点群からの橋梁3次元モデル化

提案手法の有用性を確認するため, 全長 5.1 m の木製トラス橋模型をモデル化する。図4に概形モデルと線形モデルを統合した3次元統合モデルの作成結果を示す。またこの模型橋のスパン中央へ約 470 kg の载荷を行い, その結果を反映した3次元線形モデルもあわせて示す。計測は, 計測精度 ± 2 mm のレーザースキャナを用いて橋梁側面の計4箇所から行った。

図4に示すように, 3次元概形モデルにより属性情報を部材ごとに管理可能となり, 部材の材料情報, 寸法, さらには面に関する情報も付与できる。また载荷前後で作成した3次元線形モデルを比較することで, 床版下のトラス部材の圧縮変形, 中央トラス部材の部材交差部における左右非対称な変形, 床板のスパン中央の変形などトラス橋の変形を3次元かつ視覚的に把握できる。

以上のように, シンプルな模型橋を対象とした検証ではあるが, 2つの3次元モデルとその統合モデルを用いることで, 各部材の位置, 変位, 属性情報を一元的に管理可能なモデルを構築でき, 提案するモデリング手法の有用性を確認できた。

4. おわりに

本研究では, 複雑な部材からなる橋梁を側面方向から設置型レーザースキャナで計測して取得した3次元点群情報から, 3次元概形モデルと3次元線形モデルを作成し, それらを重ね合わせて橋梁の簡易な3次元統合モデルを作成する手法を提案した。また, この手法の有用性を確認するためにシンプルな模型橋を用いてその有用性を検証した。その結果, 変位の発生や属性情報を一元的に管理できることを示した。

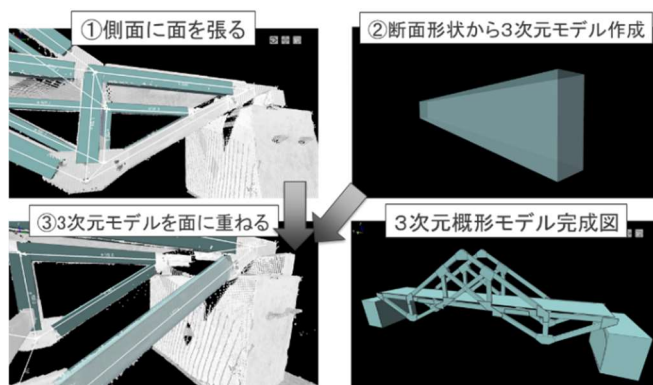


図2 3次元概形モデルの作成手順

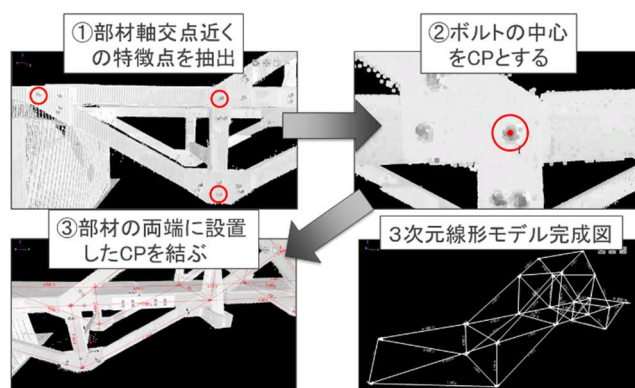


図3 3次元線形モデルの作成手順

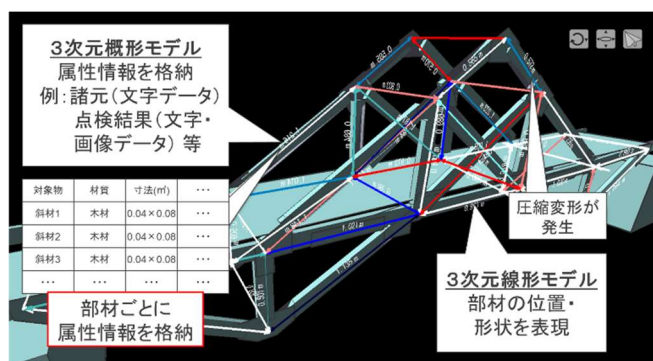


図4 3次元統合モデルの作成結果

<参考文献>

- 1) i-Construction 委員会: i-Construction～建設現場の生産性革命～, 2016, <https://www.mlit.go.jp/common/001127288.pdf>, (参照 2021.1.5)
- 2) 清水 智弘, 吉川 眞, 瀧浪 秀元, 御崎 哲一, 高橋 康将, 中山 忠雅, 内田 修, 近藤 健一: 3D モデルを用いた橋梁維持管理システムの開発, 土木学会論文集 F3 (土木情報学), Vol.69, No.2, pp.45-53, 2013.