

点群データを用いた H 形鋼の形状判別と構造モデル生成の自動化

名古屋工業大学 学生会員 ○山下 一樹 正会員 海老澤 健正 正会員 日高 菜緒 正会員 野中 哲也

1. 背景

国土交通省は、2023 年までに小規模を除く全ての公共工事に BIM/CIM (Building / Construction Information Modeling, Management) を原則適用することを決定したが¹⁾、具体的な BIM/CIM の活用が進んでいないとの指摘がある²⁾。このような現状を改善するために注目されている技術として点群計測があるが、その利用方法は物体表面上での解析や評価に限定されており、更なる活用方法、後処理技術の向上が求められている。

2. 目的

本研究では、点群データから 3 次元の構造モデルを自動で作成する方法を検討する。ここでは、橋全体のような土木構造物全体の構造モデルの生成することを念頭に、H 形鋼で構成される部材の点群データから実務設計でよく用いられるファイバーモデルを作成することを目的とする。

3. 点群の基本構成

点群とは一般に三次元位置情報(X, Y, Z)で構成される。計測装置によっては、RGB 値、反射強度、法線、曲率なども同時に計測することが可能であるが³⁾、本研究では汎用性を考慮し三次元位置情報のみを持つデータを点群として扱う。

4. 点群データから構造モデルの作成方法

4.1 概要

H 形鋼により構成される 1 部材の点群から、解析でのファイバーモデルの定義が必要となる、節点(断面重心)の三次元座標および、断面形状の各諸量をフィッティングにより同定する。それを、解析ソフトウェアの入力ファイル形式にコンバートして出力することで、対象部材に関する入力データを自動生成する。

4.2 暫定的な局所座標系の設定

点群処理を始めるにあたり、部材の軸線方向を定める必要がある。そこで、断面に対して部材長さが十分に長いことを仮定して、点群の慣性行列の最大固有値の固有ベクトルを軸線方向に、中間、最小固有値の固有ベクトル方向を、それぞれ断面内の強軸、弱軸方向として、暫定的な局所座標系を設定する。

4.3 断面形状の同定

(a) 同定の流れ

図 1 のように H 形鋼の点群を軸線方向に等間隔に分割(図 1 の例では 20 分割)し、各区分中央に軸線方向を法線とする平面を取る。各区分に含まれる点群をこの平面に投影し、平面上の二次元データに対してフィッティングを行うことにより、各区分での断面形状を同定する。なお、同定にあたっては、(1)板厚を無視したウェブ・フランジの中心線分の同定と、(2)板厚を考慮した輪郭線の同定の 2 段階の工程を取るものとした。これは、計測された点群データにはノイズや誤差等が含まれており、直接、(2)の輪郭線を同定しようとした場合に、適切な H 形鋼断面を取得できない可能性があるためである。

(b) ウェブ・フランジの中心線分の同定

まず、断面構成要素における中心線分のフィッティングを行う。図 2 に示すウェブの線分および上下フランジの直線と点群との距離の 2 乗和が最小となるよう、図中に示す 6 つのパラメータを決定する。ここでは、最適化手法として、Powell 法を用いた。これにより得られた断面重心点 G をもとの三次元全体座標系に戻し、各区分の重心点を折れ線で結ぶことで、ファイバーモデルにおける要素軸線と定義する。部材端については、要素軸線の両端を延長し、点群の最外の点が断面に含まれるまで補外することで決定する。なお、同定された要素軸線と 4.2 で設定した暫定の軸線とは誤差が大きいことを考慮し、決定された要素軸線を用いて(a)で示した点群全体の分割を再度行い、中心線分を同定し直すことで精度向上を図った。

(c) 断面輪郭線の同定

2 次元断面に投影した点群を、まず、(b)で同定したウェブ、上下フランジの中心線からの距離を基準にして、図 3(a)に示すようにウェブの左右面、上フランジ、下フランジの上下面のいずれに属するか、6 種類にグルーピングを行う。各グループの点群で、中心線からの距離が第 1 四分位～第 3 四分位間にある点を抽出し、その点群を中心線と平行な直線でフィッティングすることで、

キーワード 点群、ファイバーモデル、自動生成、形状同定

連絡先 〒466-0061 愛知県名古屋市昭和区御器所町 名古屋工業大学 社会工学科

TEL 052-35-5021

輪郭線を図 3(b)のように同定する．これにより，断面形状の特徴点のうち，ウェブとフランジの交点は両輪郭線の交点として決定される．また，各フランジの端点は，各フランジにグルーピングされた点群のうち，端側 1/5 の領域にある点群をフランジ中心線と直交する直線にフィッティングし，フランジのエッジとなる直線を同定することで決定する．

5. 実行結果

トラス部材の実験供試体⁴⁾の初期形状点群データから，150x100x9x6 の H 形鋼部材を軸線方向に約 846mm の範囲で抜き出し(図 4)，本方法を用いて構造モデルの生成を試みた．20 分割した各断面点群から推定された断面寸法(表 1)は，フランジ幅以外に関して実測値の誤差 $\pm 5\%$ 未満に収まっており，寸法が大きくずれることはなかった．

また，4.で示した手法は H 形鋼断面に特化したものだが，形状判別の可能性の検討として，中心線から下フランジ部分の直線を除いて同定することで，疑似的に T 形断面として同定を行った．その結果，H 形断面として同定を行った際には点群と直線との距離である標準偏差(同定誤差)は 3.27mm だったのに対し，T 形断面として同定した場合には 15.28mm と約 5 倍の値となり，同定誤差が大きいことを示している．よって，このような指標を比較することで，点群データの断面形状を判別できる可能性があると考えられる．

表 1 同定結果

	実測値	推定平均値	推定中央値
フランジ幅	8.6	7.63	7.97
フランジ長さ	99.9	97.82	97.97
ウェブ幅	5.6	5.31	5.27
ウェブ長さ	130.9	131.44	131.55

[mm]

6. まとめ

本研究では，H 形鋼部材の点群データから，軸線および断面形状を同定し，対象部材をファイバーモデルとして解析モデルの入力データの自動生成を行った．実験供試体を実測した点群を用いて検討を行った結果，断面諸量については，0.5～2mm 程度の誤差の範囲内で同定することができた．また，H 形断面ではなく T 形断面として同定した場合には誤差が大きくなり，誤差量を指標として断面形状の判別が可能となる示唆を得た．

参考文献

- 1) 国土交通省：令和 2 年度のり組みについて，第 3 回 BIM/CIM 推進委員会資料 3，2020．
- 2) 国土交通省：初めての BIM/CIM，2022．
- 3) 金崎ら：詳解 3 次元点群処理，講談社，2022．
- 4) 嶋口ら：繰り返し荷重を受ける鋼トラス橋のブレース材の終局挙動に関する実験および再現解析，構造工学論文集，2022．

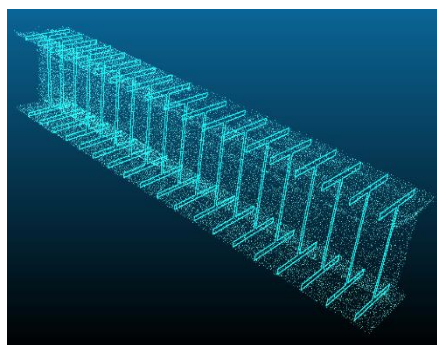


図 1 20 分割した際の断面

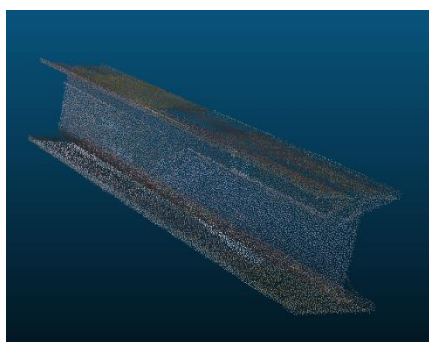
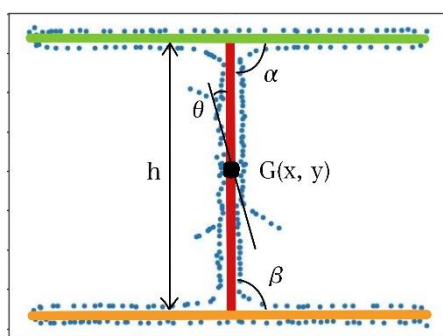
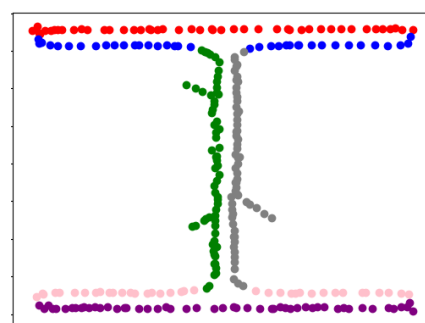


図 4 抜き出した点群

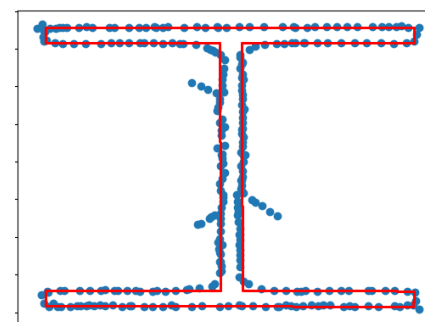


$$\begin{cases} G_x : \text{重心点の} x \text{座標} \\ G_y : \text{重心点の} y \text{座標} \\ h : \text{ウェブの高さ} \\ \theta : \text{座標系に対するウェブの角度 [rad]} \\ \alpha : \text{ウェブと上フランジの角度 [rad]} \\ \beta : \text{ウェブと下フランジの角度 [rad]} \end{cases}$$

図 2 中心線の同定



(a) グルーピング



(b) 輪郭推定

図 3 輪郭形状の同定