

# 高密度点群データの構造解析モデルへの変換に関する基礎的検討

Conversion of a high dense point cloud data into a FE model for structural analysis

北見工業大学大学院 学生員 ○鈴木 紗苗 北見工業大学 正会員 宮森 保紀  
 北見工業大学 正会員 齊藤 剛彦 夢想科学株式会社 泉 保則  
 ダットジャパン株式会社 洞口 克彦

## 1.はじめに

2012年に国土交通省がCIMの試行業務を開始したときから、3次元モデルの研究がより盛んになった<sup>1,2)</sup>。橋梁分野でもドローンなどのロボットを使い構造部材やひび割れなどの3次元データを作成する方法が実用化されつつある。このような3次元モデルにより従来の点検調書を代替することが期待されているものの、このモデルから構造物の実応力状態などを検討することはできない。

そこで本研究では、デジタルカメラによる撮影画像からFEMモデルを構築できないか検討した。まず、画像計測から作成する3次元点群モデルの寸法精度を確かめるために、実験供試体を載荷実験前後で撮影し、それぞれ3次元点群モデルを作成し変状や寸法を計測した。さらに、載荷実験前の点群データを使用してFEMモデルを構築し線形静的解析を行った。この結果に対して、従来と同様に構築したFEMモデルによる解析結果と比較し本手法の課題について検討した。

## 2.対象実験供試体

本研究では小規模橋梁の桁端部を模した実験供試体を対象とした。主桁は高さ400mm、幅150mmのI形鋼で長さ750mmであり、端垂直補剛材とソールプレートが溶接されている。図-1のように実験供試体は2種類用意した。供試体Aは基本形であり、供試体Bは損傷を模して補剛材下端を切断し、腹板を短径50mmの楕円形に切り抜いた。腹板欠損部の側面図を図-2に示す。

## 3.変状測定実験

### 3.1.撮影方法と3次元点群モデル作成方法

本研究ではまず点群モデルの精度を確認するため、供試体Bに対して載荷実験前後の点群モデルを作成した。使用したデジタルカメラは、ニコン社製のE8800である。記録画素数は3264×2448pixel、焦点距離は600-630mmとした。供試体ができるだけ多方向から、オーバーラップ60%以上とし載荷実験前後でそれぞれ100枚程度撮影した。

次にAgisoft社のPhotoScanを用いて撮影画像から点群を生成した。さらに、供試体上に3点以上の座標を設定し、実寸とモデルを整合させた。座標値は実際の寸法を与えるためノギスで測定した。ノギスは0.02mmまで計測可能なものを使用した。この供試体Bに対して、1000kNの荷重を載荷して塑性変形を与えた。実験後にも上記の方法を用いて撮影を行い、3次元点群モデルをそれぞれ作成した。

### 3.2.測定結果と考察

変状測定における着目箇所は図-3に示す楕円形欠損部の短径とした。点群モデル上と実物で短径の測定を20回繰り返

しその結果を表-1にまとめた。載荷による変形は約2mmとわずかであるが、点群モデルにおいても変形を測定できることが分かる。またこの程度の変状は近接目視点検でも認識しづらいため、画像解析による計測の有効性が確認できた。十分な測定精度を確保するには、座標設定を精度よく行うとともに、撮影枚数と撮影時の照度も必要である。

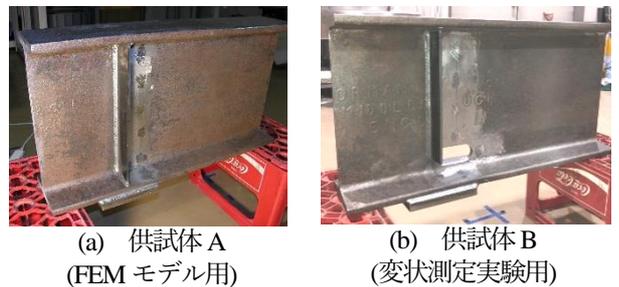


図-1 実験供試体

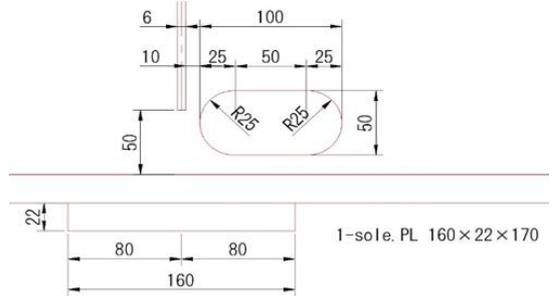


図-2 腹板の欠損箇所(供試体B)



図-3 載荷実験前後の測定値の例

表-1 変状測定実験(mm)

		載荷前	載荷後	載荷前後の差
実測値 (ノギス)	最大値	50.0 (製作時)	48.60	1.45 (平均値の差)
	最小値		48.40	
	平均値		48.55	
点群モデル	最大値	51.0	49.2	1.97 (平均値の差)
	最小値	49.9	48.0	
	平均値	50.27	48.30	

キーワード 変状測定実験,線形静的解析,点群モデル,FEMモデル

連絡先 〒090-8507 北海道北見市公園町165番地 TEL0157-26-9472 (宮森保紀)

4.点群 FEM モデルの構築と線形静的解析

4.1.点群 FEM モデル構築方法

供試体 A の 3 次元点群モデル(図-4)を FEM モデルに変換する。以下このモデルを点群 FEM モデルと称する。本研究ではいくつかのソフトウェアを組み合わせたが、手順は以下のとおりである。( )内に使用したソフトウェアを示す。

- 1)点群モデルについて、代表的な断面の長さ 7mm を抽出し、I 型断面の外形部分のみの点群を作成。(PhotoScan)
- 2)1)の点群データに対して最外縁となる点のみを残し、メッシュを作成。(図-5, MeshLab)
- 3)FEM ソフトウェアで取り扱いが可能な形式とするため、CAD ソフト上で再変換。(AutoCAD)
- 4)メッシュの欠損箇所を修正するとともに断面を長さ方向に押し出しソリッド要素を作成(図-6, midas Civil)
- 5)ソリッド要素を長さ方向に約 12mm ずつ分割し、材料物性(SS400)や境界条件などを設定。(midas Civil)

4.2.解析条件

上記の方法で作成した点群 FEM モデルに対して、文献 3)で行った載荷実験と同様の荷重条件を与える。すなわち、フランジ上面を節点バネ支持として、ソールプレートの底面に合計 300kN となる圧力荷重を加えた。また、通常の FEM 解析と比較するため、実測値に基づいてソリッド要素からなる FEM モデル(以下、比較 FEM モデル)を midas NFX で作成して、同様に静的解析を行った。なお、点群 FEM モデルの材料物性は線形であり、比較 FEM モデルについては非線形で設定している。また、この比較 FEM モデルの解析結果については、文献 3)で載荷実験とおおむね整合していることを確認している。

4.3.解析結果

解析結果として図-7 に有効応力を、図-8 に点群 FEM モデルの面外方向変位を示す。まず図-7(b)の比較 FEM モデルでは、載荷位置であるソールプレート直上の腹板下端および垂直補剛材の上下端で応力が大きく、腹板面内ではソールプレート直上から右上側の桁端部にかけて比較的大きな応力が分布している。点群 FEM モデルでも同様の傾向となっている。一方、図-7(a)の点群 FEM モデルでは左側の桁端部にかけて筋状に応力が大きな部分があるが、点群 FEM モデルの表面の凸凹がメッシュとして長さ方向に押し出されることで、腹板面全体に不陸が広がり応力の計算結果に影響を与えたためと考えられる。図-8 では、点群 FEM モデルは面外変形が発生したが、載荷実験の供試体 A にも同様の変形が起こっていた。これは実験前に初期不整があり、初期不整を含めたモデル化が可能であることを示唆している。一方、変位の値自体は供試体よりも大きく検討の余地はある。

5.まとめと今後の課題

本研究では、実験供試体の載荷前後の 3 次元点群モデルに対して変形量を測定した。さらに、載荷前の実験供試体の点群データから点群 FEM モデルを作成し静的解析を行い比較 FEM モデルと比較した。

- 1.3 次元点群モデルによる計測では、鋼部材の寸法や変形を高精度に測定することができた。
- 2.画像計測の点群データを点群 FEM モデルへ変換する工程は、現状では煩雑であった。しかしながら、応力の分布はおおむね一致しており、画像計測により実構造物の応力状態を把握できる可能性がある。



図-4 3次元点群モデル(供試体 A)

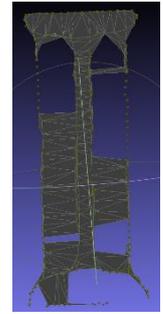


図-5 メッシュ

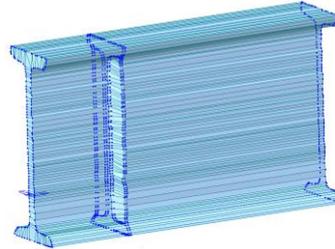


図-6 断面の押し出し

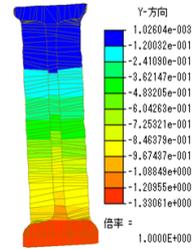
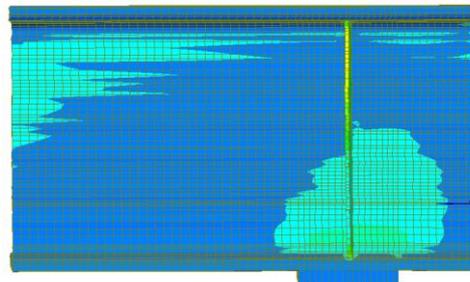
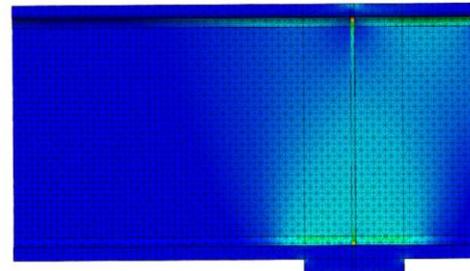


図-8 面外方向変位(mm)



(a) 点群 FEM モデル



(b) 比較 FEM モデル

図-7 有効応力(N/mm<sup>2</sup>)

今後の課題は、点群 FEM モデルのソリッド要素構築方法の工夫により精度を向上させる必要がある。またこれらの処理の自動化も課題である。

謝辞

本研究は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)のエネルギー・環境新技術先導プログラムの一環として実施しました。関係者に感謝いたします。

参考文献

- 1)矢吹信喜:CIM 入門—建設生産システムの変革—, 理工図書, 2016.
- 2)松田浩, 河村太紀, 西行健, 木本啓介, 西川貴文:3D 計測と FEM 解析と実振動計測に基づく橋梁振動特性同定, 鋼構造年次論文報告集, Vol.24, pp.445-448, 2016.
- 3)岩渕直, 宮森保紀, 大島俊之, 三上修一:形鋼桁の桁端部腐食損傷に対する耐荷性能に関する基礎的実験と解析, 土木学会第 73 回年次学術講演会講演概要集, 第 1 部門, 2018.