

3D レーザスキャナを用いたトラス橋の構造同定に関する研究

長崎大学大学院 学生会員 ○河村 太紀

長崎大学 正会員 松田 浩

株式会社 PAL 構造 非会員 西行 健

株式会社計測リサーチコンサルタント 正会員 木本 啓介

長崎大学 正会員 西川 貴文

1. 序論

近年、高度経済成長期に建設された橋梁構造物の老朽化や維持管理不足が全国各地で発生しており、効率的で効果的な維持管理法が必要である。特に地方公共団体が管理する中小橋梁には、設計図書もなく、架設年すら不明の橋梁も多数存在する。

これらの橋梁に対して 3D レーザスキャナを用い設計図書の作成し、そこから構造同定を行うことができれば維持管理に活用できると考えられる。よって本研究では 3D レーザスキャナを用い図面を作成し構造同定を行うことができるか検証する。

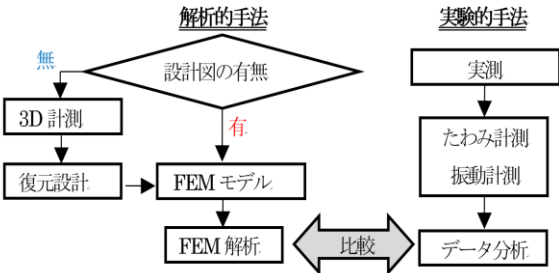


図 1 構造同定概要

表 1 橋梁概要

支間長	69.2 m	支承	鋼製（固定・可動）
主構間隔	5.4 m	主構高	8.5 m

2. 橋梁概要と 3D モデル作成概要

本検討では長崎県島原市・南島原市に架かる単純下路トラス形式の鉄道橋の水無川橋梁（表 1）を対象とした。今回、対象橋梁のほぼすべての点群を取得できるよう、1 回 10 分の計測を 9 回行い、全体で 90 分の計測を行った。3D レーザスキャナの仕様を表 2 に示す。計測し取得された点群データから 3D モデル（図 2）を作成する。この作成した 3D モデルの寸法を計測し、解析モデルを作成した。取得した点群データでは、橋梁一般図レベルの寸法の算出は行えたが、部材の厚さを算出することができなかったため、解析モデルを作成する際には部材厚のみ設計図書から算出した。

表 2 レーザスキャナ詳細

測定範囲	0.6m-330m
範囲誤差	最大±2mm
内蔵カメラ	最大解像度 70Mpixel

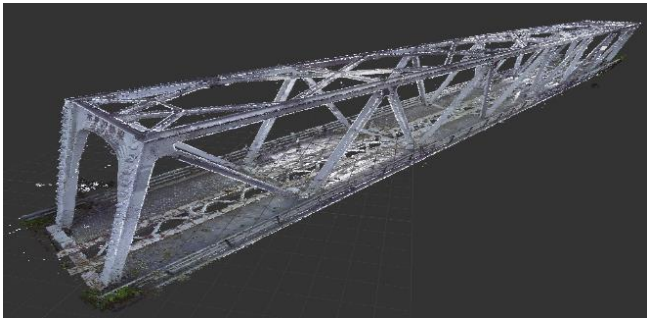


図 2 3D モデル

3. 解析モデル概要

弾性梁要素(Bernoulli-Euler)を使用しモデル（図 3）の作成を行った。斜材・二次部材は剛結合とし、材料特性値は表 3 に示す。欄干と主桁上部に設置されていた金網は省略した。支持条件はピン/ローラー・ピン/ピンの 2 種類で検討を行った。

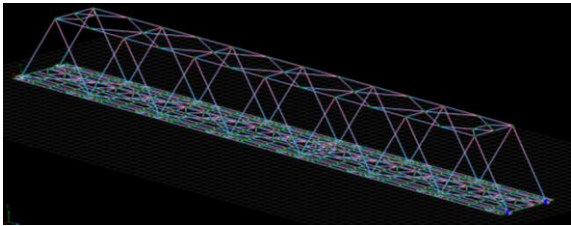


図 3 解析モデル

4. 振動計測概要

実計測における固有振動数の推定は、レーザドップラ速度計を用いて行う。反射ターゲットを設置し、鉛直方向の応答速度をハンマリングと常時微動による振動を計測する。なお、計測はサンプリング周波数 1kHz であり、計測地点は図 4 に示す赤丸のガゼットプレート下部である。また今回、ハンマリングだけでなく常時微

表 3 材料特性値

材料	ヤング係数 (kN/m ²)	単位体積重量(kN/m ³)	ポアソン比
鋼材	2.0e+008	77.0	0.3

動下での固有振動数の算出も行うため、加振時の振動が十分に収まった後の速度データからも固有振動数の算出を行った。

5. 固有振動数解析結果及び計測値との比較

解析及び計測により得られた各モードの固有振動数を表4に示す。またフーリエスペクトルを図5に示す。常時微動でのフーリエスペクトルでは前述したようにサンプルデータがハンマリング時より少ないため有効数字を調整した。このフーリエスペクトルの卓越から固有振動数の算出を行った。今回、計測においては振動モードの計測を行っていないが、解析により得られた振動数と計測により得られた振動数の比較及び解析により得られた振動モードを基に推定した。

これらの結果よりピン/ローラーの際に固有振動数がよく一致しているため、実際の支持条件がピン/ローラーと判断できる。またこの時の固有振動数の差は2～3%程度なので精度よくモデル化・解析が行えたものと考えられる。

また、ハンマリングと常時微動の両方で各固有振動数および各振動モードとも計測値と解析値がほぼ一致する結果となった。

6. 考察

これらの結果より、3Dモデル作成においては3Dレーザスキャナでは詳細な断面寸法を算出することはできなかった。これは3Dレーザスキャナの精度が $\pm 2\text{mm}$ の誤差であることや、上弦材上部や閉断面内部にはレーザを照射することができないためと考察できる。

構造同定の際にはピン/ローラーの際に固有振動数が一致していたため、ローラー支承の水平変位性能が失われておらず健全な状態が維持されていると考察できる。また欄干や金網を省略した本モデルで精度よく構造同定を行えたことから橋梁付属物を省略して簡略化された簡略化されたモデルでも構造同定が可能だと考えられる。これは橋梁付属物の橋梁全体に与える曲げ剛性や荷重が微小であることが要因として考察できる。

7. 結論と今後の展望

本研究より判明したことを以下に示す。

1. 3Dレーザスキャナにて取得した点群データから、橋梁一般図レベル図面の代用になり得る。
2. 弾性梁要素を用いた振動解析の結果は、実振動計測結果とよく一致した。
3. 常時微動でもハンマリングと同様の結果が得られる。
4. 構造振動同定の結果、対象橋梁の支承には変状が確認されず、ピン/ローラーの支持条件であることが確認できた。

これらより、3Dレーザスキャナを用い、簡略化されたモデルで構造同定が行えると結論付けられる。

今後の展望としては、構造的変状が固有振動特性に与える影響をより詳細に追及することによって、固有振動数に変化からボルト抜け落ちや桁の曲げ剛性の低下などをモニタリングしていきたい。

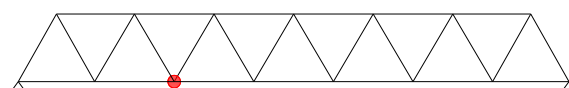


図4 計測箇所

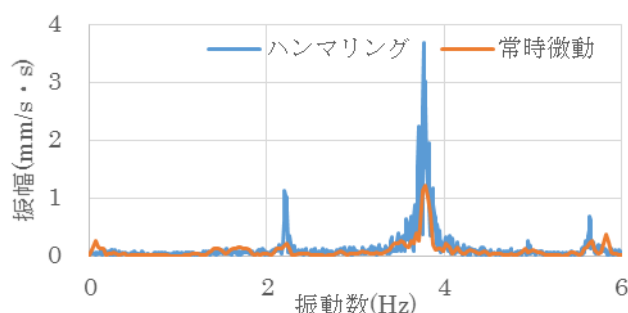


図5 フーリエスペクトル

・参考文献

- 1) 米田昌弘, 橋梁の可動支承部における摩擦力に起因した降雨減衰特性に関する2, 3の考察, 土木学会論文集 No492/VI-23, pp.137-145, 1994.6
- 2) 古川愛子, 大塚久哲, 梅林福太郎: 構造物の損傷に伴う振動特性の変化に関する実験的考察, 土木学会 地震工学論文集, Vol.28, No.019, pp.1-9, 2005.

表4 固有振動数一覧

支持条件	計測条件	1次固有振動数			2次固有振動数			3次固有振動数		
		計測値	解析値	解析値/計測値	計測値	解析値	解析値/計測値	計測値	解析値	解析値/計測値
ピン/ローラー	ハンマリング	2.197	2.150	98%	3.900	3.874	99%	5.646	5.627	100%
	常時微動	2.2	2.150	98%	3.8	3.874	102%	5.8	5.627	97%
ピン/ピン	ハンマリング	2.197	2.316	105%	3.900	4.290	110%	5.646	5.627	100%
	常時微動	2.2	2.316	105%	3.8	4.290	113%	5.8	5.627	97%