

橋梁の維持管理における 3 次元データの活用検討

山下 政義¹・岩切 昭義²・井内 努³・森田 智幸⁴

¹ 法人正会員 株式会社パスコ 中央事業部
技術センター インフラマネジメント部 関西技術課
(〒556-0017 大阪府大阪市浪速区湊町 1-2-3 マルイト難波ビル 8F)
E-mail: maatsi9597@pasco.co.jp

² 法人正会員 株式会社パスコ 中央事業部
技術センター インフラマネジメント部
(〒153-0043 東京都目黒区東山 1-1-2 東山ビル 5F)
E-mail: aikrii9835@pasco.co.jp

³ 法人正会員 株式会社パスコ 関西事業部
事業推進室 事業推進課
(〒556-0017 大阪府大阪市浪速区湊町 1-2-3 マルイト難波ビル 8F)
E-mail: tishuc4305@pasco.co.jp

⁴ 法人正会員 株式会社パスコ 関西事業部
技術センター 国土情報部
(〒556-0017 大阪府大阪市浪速区湊町 1-2-3 マルイト難波ビル 8F)
E-mail: taotmi4542@pasco.co.jp

橋梁点検の義務化に伴う点検データの蓄積および i-Construction に代表される 3 次元データの活用が推進される中、これらを組合せた橋梁の維持管理手法も検討していく必要がある。

本稿は、レーザースキャナーにより容易に橋梁の 3 次元データを取得・作成した事例および 3 次元データによる橋梁の維持管理手法や合意形成における活用方法について検討した事例を報告するものである。

キーワード： 橋梁，維持管理，3 次元データ，レーザースキャナー，データベース

1. はじめに

我が国には全国に約72万橋の道路橋が存在しており、建設後50年以上を経過した橋梁の割合は、現在は約27%であるのに対し10年後には約52%に急増¹⁾すると見込まれている。平成25年の道路法改正を受け平成26年7月より全ての橋梁について5年に1度の近接目視点検および4段階による健全性の診断を実施しており、平成30年度に1巡目の点検が完了したところである。また、点検・診断の結果を受け、事後保全型の修繕（判定区分Ⅲ、Ⅳの修繕）および予防保全型の修繕（判定区分Ⅱの修繕）も実施されており、点検・設計および施工に関するデータを適切に管理・蓄積することが求められている。

一方、我が国は 2010年をピークに人口減少が始まり極めて速いスピードで高齢化も進んでおり、将来的な担い手の不足が懸念されていることから、建設現場を維持し社会的使命を果たしていくためにも生産性の向上が重

要であり、測量・調査から設計、施工、検査、維持管理・更新までのあらゆる建設生産プロセスの各段階において3次元データ等を活用する i-Construction が推進²⁾されている。

この状況を踏まえ、本稿では橋梁を適切に管理しデータを蓄積していくために、3次元データを用いた維持管理手法について検討したものである。

2. 道路管理者が保有する情報と課題

全国約72万橋の道路橋のうち、地方公共団体が管理する橋梁は約66万橋であり9割以上を占めている。しかしながら、地方公共団体においては、市区町の約3割、村の約6割で橋梁保全業務に携わっている土木技術者が存在しない状況³⁾にある。また、地方公共団体が管理する橋梁では建設年度が不明で橋梁設計図書を保存・管理していない状況も多く見受けられる。

一方、5年に1度の近接目視点検が実施されているが、一般図や損傷図がない場合もあり、どの部位の損傷であるかを空間的に把握できていない場合もある。

このような状況を踏まえると、適切な維持管理を実現していくためには、諸元データによるデータベースに加え各橋梁毎に点検データ、補修・補強設計施工データを3次元データを用いて空間的に管理・蓄積していく必要があると考えられる。

3. 3次元データの取得方法

(1) 対象橋梁の概要

対象橋梁は地方公共団体のうち市町村が多く管理する橋長15m程度の橋を選定した。検証フィールドは、兵庫県たつの市が管理する下記2橋とした。

(a) 新角亀橋

- ・橋 長：L=18.0m
- ・全幅員：W=8.8m（平均幅員）
- ・橋 種：単純鋼合成H形鋼橋（斜橋）
- ・桁 高：800mm
- ・竣工年：1973年（昭和48年）
- ・交差物：角亀川
- ・桁下高：約4.6m



写真-1 新角亀橋

(b) 大荒田橋

- ・橋 長：L=15.3m
- ・全幅員：W=4.7m
- ・橋 種：2径間単純鋼合成H形鋼橋（直橋）
- ・桁 高：500mm
- ・竣工年：1969年（昭和44年）
- ・交差物：栗栖川
- ・桁下高：約2.8m



写真-2 大荒田橋



出典：国土地理院 地理空間情報ライブラリー(<https://maps.gsi.go.jp/>)

図-1 対象橋梁位置図

(2) 計測機器

桁下部を計測するにあたり、狭い空間に機材を設置することができ細密な3次元点群データを取得できるライガジオス社製のBLK360を使用した。また、現地状況確認のため全方位画像取得可能なリコーTHETASCも合わせて使用した。各機材の特徴は下記のとおりである。

(a) ライガジオス社 BLK360

毎秒36万点でデータを取得し最長60mまで計測が可能で、本体寸法が直径100mm、高さ165mm、手のひらサイズのコンパクトレーザスキャナである。

(b) リコー THETASC

1度のシャッターで全天球360度画像が取得できるカメラで、有効画素数は約1200万画素である。



写真-3 ライガジオス社 BLK360(左)、リコー THETASC(右)

(3) 計測概要

計測は、2019年7月22日（月）（天候：雨時々曇り）に曇りのタイミングで実施した。地上レーザ計測は、極力死角ができないように図-2、図-3に示す位置に機材を据付け、橋面部および桁下部を含め新角亀橋では6スキャン、大荒田橋では10スキャン実施した。計測時間は、新角亀橋で約30分、大荒田橋で約1時間であった。

全方位画像取得は、橋全体の状況が確認できるように撮影を実施した。データ取得時間は、新角亀橋、大荒田橋とも約30分であった。

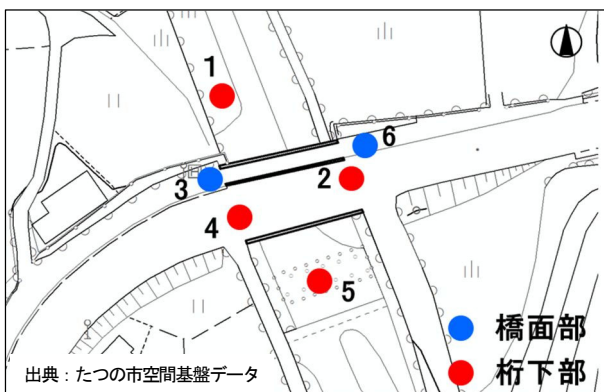


図-2 新角亀橋 機材位置位置図

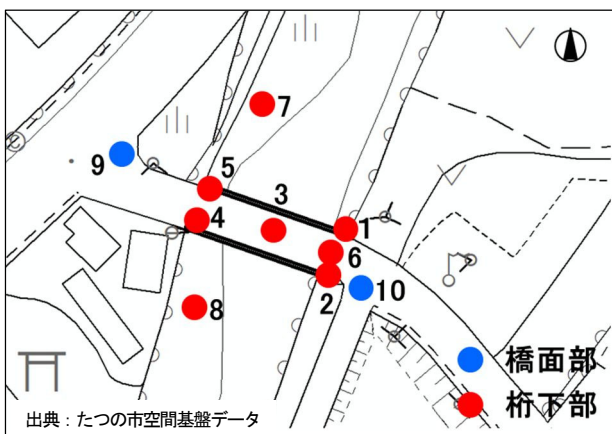


図-3 大荒田橋 機材位置位置図

4. 3次元計測データの整理

(1) 計測データ解析時間

橋梁の維持管理者が3次元計測データを活用するには、3次元ビューアソフトウェア等により情報を確認できる環境が必要である。また、数多くの橋梁を対象とする場合でできる限り短時間でデータ処理することが必要である。

コンパクトレーザスキャナ計測は、1橋梁において複数地点から計測を実施しており、これらの計測データを現地主要地物をもとに接合処理を行った。データ処理時間は、現地計測後内業で約2時間であった。

全天球360度カメラは、現地計測実施日中に3次元ビューアソフトウェア上で橋梁をシームレスに確認できる

環境を構築した。表-1に本検討におけるデータ処理の所要時間を整理した。

表-1 計測データ解析時間

機材	時間	大荒田橋	新角亀橋	備考
コンパクトレーザスキャナ	外業	約1.0h	約0.5h	
	内業	約2.0h	約1.5h	データ接合処理含む
計		約3.0h	約2.0h	
全天球360度カメラ	外業	約0.5h	約0.5h	
	内業	約0.5h	約0.5h	
計		約1.0h	約1.0h	

(2) コンパクトレーザスキャナによる計測データの精度および復元図

生成した3次元データの精度検証結果を表-2および図-4に示す。3次元データの計測値とエスロンテープでの計測値とを比較した結果、3cm程度の差異であった。短時間での計測ではあったが、橋梁の外観と橋梁周辺の地形を再現できており、維持管理を行うための基盤データとしては十分な精度であることが確認できた。

また、本3次元データは、従来のコンベックスやエスロンテープによる寸法計測により作成していた橋梁の一般図の復元の代替えとして活用できるものと考えられる。ただし、後述するとおり機械設置位置から死角となる支点周りや板厚については計測できないことから、詳細設計への適用には従来手法との組合せが必要になる。

コンパクトレーザスキャナ計測による橋梁形状の復元図を図-5、図-6に示す。

表-2 現地計測寸法の比較

手法	計測地点別寸法(m)			
	新角亀橋		大荒田橋	
	①	②	③	④
エスロンテープ(従来手法)	7.680	8.460	4.000	0.150
コンパクトレーザスキャナ	7.649	8.446	3.988	0.151
計測差	0.031	0.014	0.012	-0.001

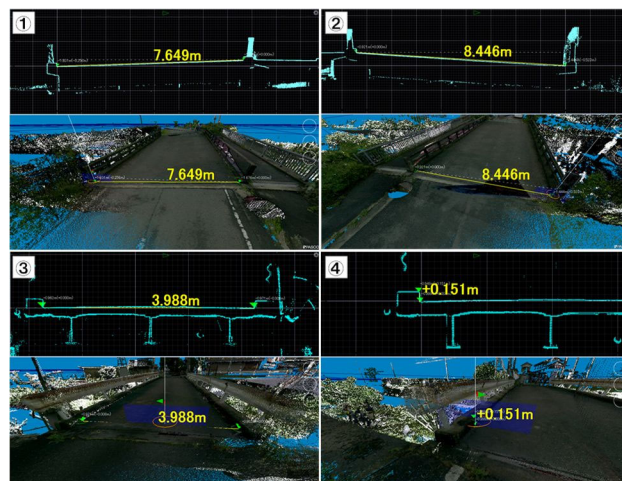


図-4 3次元データ計測図

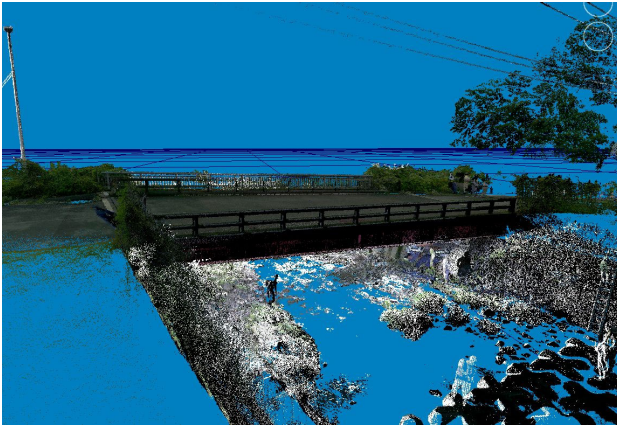


図-5 新角亀橋 橋梁形状復元図



図-6 大荒田橋 橋梁形状復元図

(3) 全天球 360 度カメラ画像整理結果

全天球 360 度カメラ画像は、写真-4 に示すように 1 枚の写真画像で全方向をシームレスに収めており、360 度画像ビューア等を用いることにより自由に視点を変えて橋梁周辺状況や外観・部材の配置状況等を確認することができた。視認性が高く現地状況がイメージし易いことから、調査結果の整理や補修設計をする上で現地状況を把握するのに有効である。



写真-4 桁下部で撮影した 360 度カメラ画像(大荒田橋)

5. 3 次元計測における留意点

当該箇所では、橋梁一般図の情報を取得するためにコンパクトレーザスキャナを用いた 3 次元計測を実施したが、レーザスキャナは機械設置位置から死角となる場所についてはデータを取得することができない。(図-7) 詳細に形状把握したい場合は、死角を網羅するように計測地点を増やす必要がある。ただし、計測箇所数を増やすことにより現地作業と内業処理時間がともに長くなることから、使用目的に応じた箇所数の選定が必要となる。

また、計測データの結合に寸法誤差が生じるため、より正確なデータが必要な場合は、一般的な計測手法で用いるターゲットを設置した計測を行う必要がある。

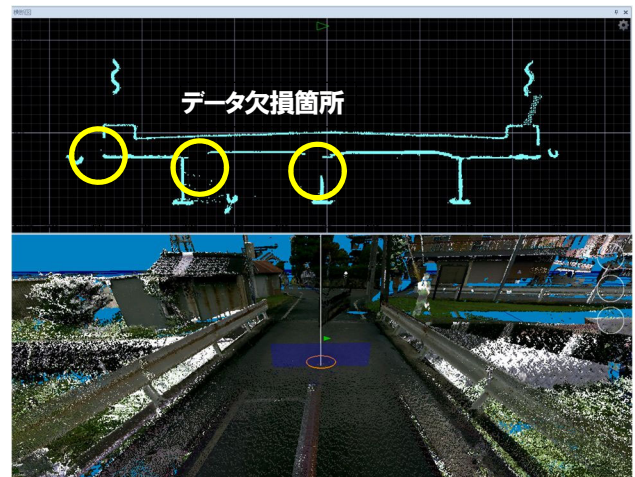


図-7 死角による計測データの欠損箇所図

6. 3 次元データの活用検討

(1) 橋梁維持管理における基盤データとしての活用

現在、点検結果や補修・補強設計施工図面等は 2 次元の図面を用いて情報を整理しているが、その情報を理解するには現場状況を把握しておく必要がある。特に土木技術者が少ない市区町村においては、これらのデータを把握するのに多くの時間を費やすことがあると推測される。これに対し 3 次元データは現地状況を復元しており、直感的に橋梁の形状や部材の位置情報を把握することができる。この特性を活用し、点検時や施工後の状況写真等を部材別に 3 次元データに紐づけることにより、状況を確認したい部材を選択するとその部材の履歴を確認することが可能になる。

2 次元データベースでは面的に表現された部材図から対象部材を選定するのにに対し、3 次元データベースは 1 つの空間データから直観的に対象部材を選定することができる。さらに、図面等の設計図書も紐づけることにより、点検・設計・施工各段階の状況・図書を 1 つのデータで管理することができ、継続的なデータの蓄積および確実な維持管理が可能になるとともに、設計施工時の合意形成を図るための基盤データとしても活用できる。



図-8 3次元データベースイメージ図（部材選択）



図-9 3次元データベースイメージ図（図面選択）

(2) 現地計測作業の安全性向上と効率化

点検や補修設計において竣工図が無い場合、中小規模の橋梁であればエスロンテープやコンベックス等を用いた寸法計測を実施し一般図を復元することが多く、梯子上等不安定な作業状況が発生する。3次元計測を活用することにより現地作業の安全性向上、作業者の労力軽減および作業時間短縮が期待できる。

また、内業段階では現地野帳をもとに情報を読み解きながら図化する必要があったが、3次元計測データでは図-10に示すように取得したデータを直接CADソフトに取り込みトレース感覚で図化することが可能であるため、作業の省力化や情報の読み取りミスを防ぐことができる。

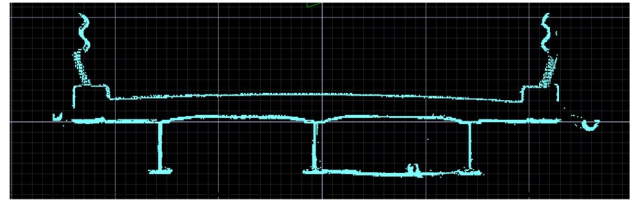


図-10 コンパクトレーザスキャナで計測した断面データ

7. まとめ

本稿では橋梁を適切に管理しデータを蓄積していくために、3次元データを用いた維持管理手法について検討を行った。

- コンパクトレーザスキャナを用いた3次元計測および3次元データの作成は、短時間で橋梁の外観と橋梁周辺の地形を再現できており、維持管理を行うための基盤データとしては十分な精度であることが確認できた。
- 橋梁の維持管理における3次元データの活用方法として、点検時や施工後の状況写真等を部材別に3次元データに紐づけ、1つの空間データから直観的に対象部材を選定し状況および履歴を確認できるデータベースを検討した結果、比較的容易に環境構築できることを確認できた。
- 3次元データを維持管理に活用することにより、点検・設計・施工各段階の状況・図書を1つのデータで管理することができ、継続的なデータの蓄積および確実な維持管理が可能になるとともに、設計施工時の合意形成を図るための基盤データとしても活用できる方向性を確認できた。

8. 参考文献の引用とリスト

- 1) 国土交通省 道路局：道路メンテナンス年，令和元年8月
- 2) 国土交通省：3次元データ活用方針，平成29年11月

謝 辞

本稿を作成するにあり、検討フィールドを提供していただきました兵庫県たつの市様に感謝の意を表します。