

## 橋梁支承部に対する形状調査方法の検証

ジェイアール西日本コンサルタンツ(株)岡山支店 正会員 下野満広 ○日隈一仁  
非会員 木谷将汰

### 1. 検証の目的

橋梁の補修設計や落橋防止装置設置に伴う設計において、橋梁支承部の詳細形状の取得が必要となる。橋梁支承部は地上との高低差が大きく、桁座空間が狭隘なため、視認性が悪く、詳細形状の取得にあたっては梯子や高所作業車により支承部に近づき、コンベックス等により直接計測しているのが現状である(図1参照)。そのため、鉄道と交差している橋梁は、詳細形状の取得のために、線路内への立入りが伴い、工事管理者等の保安体制により、鉄道労災防止に努めて作業を実施することが必須となる。また線路内立入にあたっては、立入手続きが必要となるため、作業工程が伸びる傾向にある。

以上より、現状の取得方法では、列車との触車や高所作業時の墜落等の労働災害リスクが大きく、全体の作業量も多く発生している状況である。

本検証では、三次元レーザースキャナやカメラ等の活用によって、線路内への立ち入りを避け、線路外から橋梁支承部の詳細形状を取得する方法を検討、検証し、労働災害へのリスク低減や全体の作業量の低減を図ることを目的として実施した。

### 2. 検証方法

既存の三次元レーザースキャナ、カメラにより取得した支承形状と、従来方法である直接採寸により取得した支承形状を比較することによって、精度検証を行った。本検証における手順を以下に示す。

- ① 機器と機器設置方法の抽出
- ② 実地検証(鉄道橋及び交差橋梁「以下、鉄道橋等」)
- ③ 検証結果の考察

### 3. 機器と機器設置方法の選定

#### 1) 機器の選定

鉄道橋等における適用性を確認するにあたって、既存の三次元計測機器のそれぞれの特質、特性を確認するため、取得方法の異なる以下の機器を選定した。

- ①三次元レーザースキャナ：レーザー測距+角度検出
- ②モーションスキャナ：レーザー揺らぎ測定+画像解析
- ③デジタルカメラ：撮影画像のステレオ解析

なお、三次元レーザースキャナは一般重量型「以下、スキャナ(一般型)」とポータブル型「以下、スキ

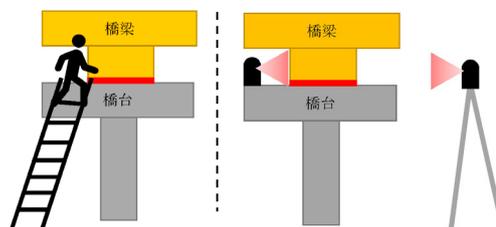


図1 作業イメージ(左：現状例、右：検証例)

表1 各機器の制約条件

使用機器	形状取得における機器の制約条件
スキャナ(一般型)	・支承部が視認可能であること ・ターゲット合成可能であること
スキャナ(ポータブル型)	・長脚もしくは橋台上で設置可能であること ・スキャナ本体と設置器具がしっかり固定可能であること ・対象物からの距離が0.6m以上確保可能であること
モーションスキャナ	・ポールや高所作業車等で支承にアプローチ可能であること (0.3~1.0mまで接近する必要あり) ・日光の影響を受けないこと
デジタルカメラ(静止画)	・ポールや高所作業車、ドローン等で支承にアプローチ可能であること (対象物まで2.0m程の距離まで近づく必要あり) ・十分な照明の確保可能であること
デジタルカメラ(動画)	

表2 各機器の設置方法

使用機器	スキャナ(一般型)	スキャナ(ポータブル型)	モーションスキャナ デジタルカメラ(静止画) デジタルカメラ(動画)
設置方法			
	使用機材：三脚	使用機材：三脚 (Hmax ≤ 5.0m)	使用機材：ポール (Hmax ≤ 7.0m)

ャナ(ポータブル型)」、デジタルカメラは、静止画と動画の検証を予め室内試験で行った。各機器の使用における制約条件を表1に示す。

#### 2) 機器設置方法の選定

機器設置方法の選定にあたっては、以下の前提条件を満たすものとした。

- ・線路外で計測が可能であること
- ・各計測機器の制約条件を満たす固定方法が可能であること

上記の前提条件を基に、各機器の設置方法を表2の通り選定した。

#### 4. 実地検証

##### 1) 対象橋梁の抽出

対象橋梁については、以下の前提条件により抽出を行った。

- ① 線路内に立ち入らないこと
- ② 橋梁諸元の異なる橋梁とすること
- ③ 線路条件(電化・非電化)それぞれの橋梁を対象とすること

これらの前提条件により抽出した検証対象の橋梁を表3に示す。

##### 2) 検証結果

###### ① 精度検証

沓座モルタルの形状について、直接採寸により取得した寸法と、各三次元計測機器により取得した寸法値の比較結果を表4に示す。スキャナ(一般型)で $\pm 2$  mm, スキャナ(ポータブル型)とモーションスキャナで $\pm 5$  mm, カメラ(静止画・動画)で $\pm 10$  mmとなった。

デジタルカメラについては、対象物に設置したターゲットにより写真を合成する標定点解析と、ターゲットを設置せず対象物の特徴点から合成する特徴点解析の比較を実施した。検証結果を表5に示す。支承位置について、標定点解析では平均 5 mmから平均 17 mmの誤差が出たのに対して、特徴点解析では平均 5 mmから平均 9 mmの誤差となった。本検証では、標定点解析よりも特徴点解析の方が、解析に必要な結合点が多く、結果的に特徴点解析の方が優位となった。

###### ② 作業時間

支承形状の取得における全作業時間の比較結果を表6に示す。従来方法の直接計測の場合、45分程度の作業時間が必要なのに対し、スキャナ(一般型)では40分、スキャナ(ポータブル型)では50分程度、モーションスキャナでは60分程度、デジタルカメラ(静止画)では300分程度、デジタルカメラ(動画)では最大610分となった。デジタルカメラについては、外業時間は少ないものの、写真の選定と合成に時間を要するため、内業時間が他の機器と比較して大きくなった。

#### 5. 検証結果の考察

実地検証の結果、直接計測の場合と三次元計測機器によって遠方から支承形状を取得した場合で、その精度は大きく変わらないことがわかった。特にスキャナ(ポータブル型)は、取得精度が $\pm 5$  mmと、設計上必要な精度の範囲内に収まった。スキャナ(ポータブル型)は、スキャナ(一般型)と比較して機器の重量も小さいため、適用性の拡大に大きく寄与すると考

表3 検証対象の橋梁

橋梁No.	路線	駅間	電化・非電化	橋梁形式	支承種類	竣工
A	阪和線	我孫子町・杉本町	電化	PC桁	ゴム	2005年
B	因美線	高野・東津山	非電化	連続非合成鋼桁	プレート	2018年
C	山陽本線	福山・備後赤坂	電化	連続鋼トラス	ヒンジ	1978年
D	山陽本線	福山・備後赤坂	電化	トラスガーダ	プレート	1891年

表4 沓座モルタル形状の比較結果

測定方法	形状検証結果 (沓座モルタル寸法の直接採寸との比較)
スキャナ (一般型)	$\pm 2$ mm
スキャナ (ポータブル型)	$\pm 5$ mm
モーションスキャナ	$\pm 5$ mm
デジタルカメラ (静止画・動画)	$\pm 10$ mm

表5 標定点・特徴点の比較結果

橋梁No.	デジタルカメラ (静止画)		デジタルカメラ (動画)	
	標定点解析	特徴点解析	標定点解析	特徴点解析
C	平均 13mm	平均 5mm	平均 13mm	平均 8mm
D	平均 5mm	平均 9mm	平均 17mm	平均 8mm

表6 作業時間の比較結果

橋梁No.	直接計測		スキャナ (一般型)		スキャナ (ポータブル型)		モーションスキャナ		デジタルカメラ (静止画)		デジタルカメラ (動画)	
	外業	内業	外業	内業	外業	内業	外業	内業	外業	内業	外業	内業
B	30分	15分	25分	15分	25分	30分	25分	30分	30分	240分	10分	360分
	計45分		計40分		計55分		計55分		計270分		計370分	
C	30分	15分			20分	30分	35分	30分	30分	240分	10分	600分
	計45分				計50分		計65分		計270分		計610分	
D	33分	15分			25分	30分	25分	30分	30分	300分	10分	360分
	計48分				計55分		計55分		計330分		計370分	

えられる。また解析上必要な結合点を多く取得することにより、標定点を設置せずに精度確保が可能であることがわかった。

作業時間については、直接計測と比較して、スキャナ(一般型・ポータブル型)は作業時間が大きく変わらない結果となった。作業前の事前準備を勘案すると、線路内立入手続きの必要が無い分、全体の作業量としてはスキャナ(一般型・ポータブル型)の優位性が高いと考えられる。

#### 6. まとめ

本検証によって、橋梁支承部に対する三次元計測機器の適用性が明らかにした。検証フィールドを提供頂いた JR 西日本大阪・岡山土木技術センターに、この場を借りてお礼申し上げる。今後は、適用範囲の拡大に向けて取り組んでいきたい。

【キーワード】 鉄道橋、支承部形状調査、三次元計測、レーザースキャナ、モーションスキャナ、デジタルカメラ

【連絡先】 住所：岡山県岡山市北区下石井 1-1-3 日本生命岡山第二ビル新館 3F TEL：086-232-5302 FAX：086-232-5303