

## 地上型 3D レーザースキャナを用いた鉄道トンネルの建築限界管理

東日本旅客鉄道(株)	正会員	高橋 武志*
東日本旅客鉄道(株)	正会員	井上 英一**
計測技術サービス(株)		高橋 健悦***

### 1.はじめに

鉄道土木構造物における建築限界管理は、列車の安全・安定輸送および設備管理の観点から重要管理項目である。特にトンネルについては、乗車されているお客さまの事故に直結する車両の窓部を支障する可能性を有しており、厳しい管理が求められる。

JR東日本における在来線の建築限界管理においては、建築限界測定車(写真-1)が走行することで一部を除く全線区の測定を行っている。建築限界測定車においては、最大時速 90km/h で建築限界を定量的に把握することが可能である。

この車両については、NG 区間(軌間 1067mm)のみ入線が可能である。SG 区間(軌間 1435mm)には入線不可であり、他の建築限界管理方法が必要となる。

本文においては、山形県に位置する SG 区間の在来線において、地上型 3D レーザースキャナを用いてトンネルの建築限界管理をおこなった事例について報告する。



写真-1 建築限界測定車(マヤ 50)

### 2.当該線区における建築限界管理の現状

当該線区は線路延長 148.6km の SG 区間である。建築限界管理の対象となるトンネル数は 33 トンネルであり、トンネル延長は約 22km にもなる。建築限界測定車による管理が不可能であるため、2次元式のレーザー断面測定器(写真-2)によりトンネル断面管理図(図-1)を作成することで管理を行なっている。現状の課題について以下に記す。

#### (1)精度面での課題

トンネル断面測定器は 2 次元の測定器である。そのため、測定を行なう上で測定者の任意の断面選定が必要となり、測定者の判断に依存する。よって、各断面間に支障物が存在する場合でも未測定箇所が発生する可能性を有し、精度の面で課題を残している。

#### (2)測定時間の課題

トンネルの建築限界測定はトンネル内での測定となるため、安全確保の観点から夜間の限られた時間内での作業となる。プロファイラーによる測定は 1 断面辺り 5 分程度の時間を要するため、33 トンネル、総延長約 22km の断面測定においては、多大な時間と労力を有する。

上記 2 点の課題から、JR 東日本においても斜面災害時等に実績のある地上型 3D レーザースキャナを用いた建築限界測定についてその有効性を検討した。

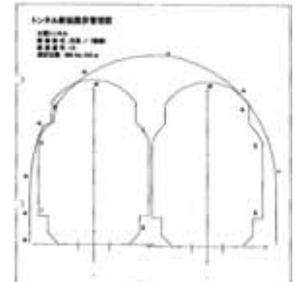


写真-2 トンネル断面測定器 図-1 トンネル断面管理図

### 3.地上型 3D レーザースキャナ

本報告で用いた地上型 3D レーザースキャナー(TRIMBLE GX)の主な仕様を表-1 に、装置を写真-3 に示す。地上型 3D レーザースキャナーは、距離測定用レーザーの放射角を 2 軸の機構により制御し、その距離と放射角から対象物の 3 次元位置を計測する。

Key Words : 地上型 3D レーザースキャナー, 建築限界管理, 設備管理

連絡先 :	* 〒980-8580 宮城県仙台市青葉区五橋 1 丁目 1-1	Tel . 022-266-9636	Fax . 022-214-7512
	** 〒983-0853 宮城県仙台市宮城野区東六番丁 31-2	Tel . 022-266-2397	Fax . 022-392-9750
	*** 〒989-3126 宮城県仙台市青葉区落合 5 丁目 9-27	Tel . 022-392-9770	Fax . 022-392-9750

この手法により、計測が困難な地形や大型構造物などの形状・寸法を、3次元座標点群データとして処理し、3次元モデル化や平面図、断面図等の作成が可能である。

#### 4.測定トンネル

測定を行なったトンネルの延長および曲線半径等について表-2に示す。測定は当該線区における9トンネルについて、列車が通過することのない夜間間合にておこなった。

#### 5.測定結果

##### (1)測定時間

1回あたりの平均スキヤニング延長は65mであり、総スキヤニング数は165スキャンであった。また、測定には夜間作業で11日間を要した。

##### (2)トンネル断面測定図

測定を行なった三次元座標データに、建築限界のデータを挿入し加工することにより、建築限界管理図を作成した。(図-2)

三次元座標データを用いることで、建築限界からの最小の離隔量を定量的に把握することが可能である。断面の任意点での離隔量の把握が可能であり、新たにトンネル内に設備を設置する際の設置余裕量等の迅速な把握が可能であると考えられる。

また、トンネル断面測定器では把握が難しかった、ケーブル等の設備においても、密な断面データから把握することが可能であった。

##### (3)取得データ

スキヤニングの座標点群データを図-3に示す。今回の測定における座標間隔は照射距離40m先で10mmの設定である。つまり、トンネル軸方向及び、トンネル断面(トンネル軸直角方向)において10mm間隔の座標データの取得が可能であったといえる。

トンネル断面測定器においては、トンネル軸方向に10m間隔、トンネル断面では約400mm間隔でデータを取得しているため、地上型3Dレーザースキャナを用いることにより、密で詳細な断面の取得が可能であるといえる。

##### (4)測定精度

精度管理については、各スキヤニングにおける合成誤差において確認をおこなった。

今回の測定においては、モデリング精度ある $\pm 2\text{mm}$ を確保する合成誤差の許容値である、 $\pm 3\text{mm}$ を全てのスキヤニングで確保している。よって、モデリング精度の $\pm 2\text{mm}$ を確保した。

トンネル断面測定器における誤差は $\pm 2\text{mm}$ であり、地上型3Dレーザースキャナは同等の精度で測定が可能といえる。

#### 6.おわりに

地上型3Dレーザースキャナを用いた三次元座標データによるトンネルの建築限界管理は精度向上の面から非常に有効であると考えられる。しかし、今回の測定における測定時間については、大きな効率化とはならなかった。今後は、適切な座標密度を検討することにより効率化が期待できるものと考えられる。

構造物管理において、「数値をもって定量化」することは非常に有効な方法であり、地上型3Dレーザースキャナを用いることで、トンネルのみならず構造物管理をする上で精度向上、効率化が望めるものと考えられる。

#### 参考文献

1)財団法人日本測量調査技術協会:地上型スキャン式レーザ測距儀による斜面地形計測・解析技術の開発に関する研究作業報告書,2002,3

表-1 スキャナ仕様

測定距離	標準200m,最大350m
スキャン速度	最大5000ポイント/秒
視野	360°×60°
モデル精度	±2mm
レーザ型式	パルス型532nm
レーザクラス	21CFR1041.10クラス2



写真-3 地上型3Dレーザースキャナ

表-2 測定トンネル

トンネル名	トンネル延長(m)	最小半径	スキヤニング数
第二芳ヶ沢トンネル	1,090	400	29
第二芳ヶ沢トンネル	640	300	20
観音平トンネル	275	400	9
松川トンネル	1,048	400	28
松川トンネル	1,020	600	29
大日向トンネル	1,025	400	27
第二赤岩トンネル	94	300	5
第三赤岩トンネル	62	直線	2
第一大日向トンネル	467	600	16



図-2 トンネル断面管理図

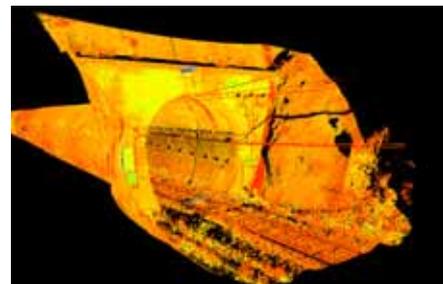


図-3 座標点群データ