

車上の測域センサを用いた道床形状の測定精度評価

鉄道総合技術研究所 正会員 ○大高 亮輔

鉄道総合技術研究所 正会員 西宮 裕騎

鉄道総合技術研究所 正会員 塩田 勝利

鉄道総合技術研究所 正会員 細見 章人

1. はじめに

バラスト軌道上のロングレール区間では、軌道座屈による輸送障害を防止する観点から、座屈安定性の評価が必要である。近年の技術開発¹⁾により車上の測域センサを用いた測定から、座屈安定性評価に必要な要素の1つである、道床形状の評価ができる可能性があることが確認されたが、現地測定によって得られた道床形状の測定データ（以下、地上データ）と車上の測域センサを用いた道床形状の測定データ（以下、車上データ）を比較・検証した実績はない。そこで、現地測定を行い、得られた地上データより車上データの精度評価を行った。

2. 車上の測域センサと現地測定のレーザ変位計

車上測定にて使用した測域センサは、LiDAR と呼ばれるレーザビームを用いた距離測定センサであり、190°の扇状に角度分解能 0.333°のレーザを射出し、スキャン周波数 50Hz で測定を行うことができるセンサである。一方で、現地測定にて使用したレーザ変位計は、1次元三角測量方式のセンサであり、スキャン周波数は 1kHz である。表 1 にセンサの諸元を示す。

3. 車上データの特定

検測車のキロ程は、位置情報を検出可能な地上子、ATS 地上子、踏切等で補正しているが、その精度は場所によって異なるため、キロ程のみの情報では車上データと地上データが同一の道床断面であると判断することは難しい。本検証は、互いの測定データが同一の道床断面である必要があるため、キロ程合わせのための検知物を、現地測定を実施した道床断面付近に設置した(図 2)。

4. 地上データの測定方法

表 2 に示した測定現場を選定し、地点①とそこから約 18m 離れた地点②の 2 地点で測定を実施した。測定には図 3(a) に示す道床形状測定装置(以下、測定装置)を用い、測定箇所はまくらぎを含む道床断面とした。道床形状は、レーザ変位計から道床および、まくらぎ上面までの鉛直距離と、測定装置端からレーザ変位計までの水平距離を測定することで取得した。レーザ変位計を測定装置上のセンサ用レールに沿って滑らせ、水平にかつ、まくらぎ長手方向に水平に移動させて鉛直距離の測定を行い、水平距離の測定には巻込み型変位計を用いた。なお、測定機器の構成を図 3(b) に示し、測定時の概況を図 3(c) に示す。



図 1 測域センサの設置例

表 1 センサ諸元

	車上測定	地上測定
センサ種類	2D-LiDAR (ToF方式)	1D-レーザ変位計
視野角	190°	-
角度分解能	0.333°	-
スキャン周波数	50Hz	1kHz



図 2 検知物の設置概況(地点①)

表 2 測定現場の概要

項目	内容
レール	60kレール
線形	直線区間
測定時の検測車 走行速度	45km/h
軌道構造	3号PCまくらぎ 5形締結装置

キーワード ロングレール、軌道座屈、道床横抵抗力、検測車
連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (公財) 鉄道総合技術研究所 TEL 042-573-7275

5. 車上データと地上データの比較

検知物により，車上データより現地測定を行ったまくらぎを含む断面(図4)の測定データを抽出した．車上データと地上データの比較は鉛直距離の差で行った．道床状態は巡回による目視で検査され，X(急曲線用外軌肩幅 500mm 以上，余盛 100mm 以上)，I(肩幅 400mm 以上，余盛 50mm 以上)，II(肩幅 400mm の標準状態)，III(肩幅不足，またはまくらぎ露出)の4つに区分されている．そこで，測定データの比較は，まくらぎ端から 500mm の範囲と，500mm 以上の2つの範囲とした．図5および，図6に測定データを示す．ここで，車上データは，車上の測域センサから出力された，車体動揺などの補正を行っていない状態で評価を行った．これは，補正のない車上データから道床横抵抗力を推定し，その精度から後処理として補正が必要であるかを今後検証していくためである．

表3より，まくらぎ端から距離が離れるほど測定誤差が大きくなることが確認できる．道床状態の検査範囲における最大誤差は地点①②の平均値において 42.2mm であり，平均誤差は 16.9mm，標準偏差 11.0 であった．これらの誤差は碎石の大きさと同程度であることから，従来の目視の検査で行われてきた，道床状態の4つの区分が可能である精度で道床形状を測定できると考える．

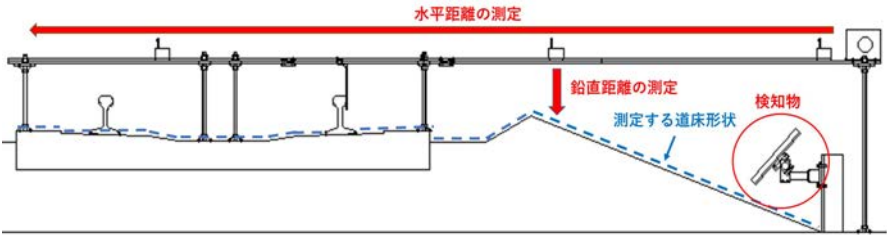
なお，道床横抵抗力はまくらぎ種別の影響を受ける他，レール種別も座屈安定性評価に必要となる．車上の測域センサは，走行しながら一定のスキャン周波数で測定を行うため，進行方向に数百 mm 間隔で測定を行う．そのため，軌道部材の種別を判別することができず，道床横抵抗力の推定や座屈安定性評価をするためには，車上データのみではなく，キロ程毎の設備情報を別途取得する必要がある．

6. まとめ

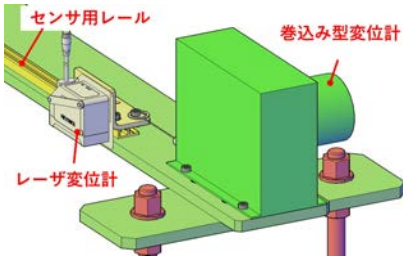
車上データの精度評価を行った．車上の測域センサは，補正を行っていないデータにおいて，従来の目視の検査で行われている，道床状態の4つの区分が可能である精度で道床形状を測定できることを確認した．今後は車上データから得られた道床形状と別途取得した設備情報から道床横抵抗力を推定する手法を検討していく予定である．

【参考文献】

1) 長峯他：LiDAR センサを用いた車載型建築限界支障判定装置の開発，電気学会論文誌 D，第 140 巻，第 11 号，pp.874-884，2020．



(a) 道床形状測定装置の全体図



(b) 測定機器の構成



(c) 測定時の概況

図3 道床形状測定装置類および測定時の概況

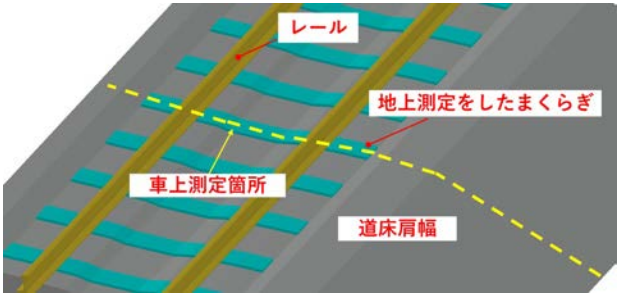


図4 車上測定概要図

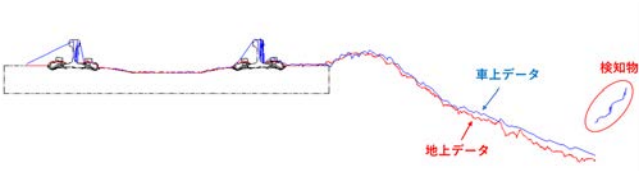


図5 地点①測定データ

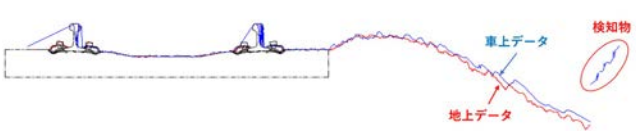


図6 地点②測定データ

表3 測定データ比較一覧

	まくらぎ端から500mm			500mm以上		
	最大誤差 (mm)	平均誤差 (mm)	標準偏差	最大誤差 (mm)	平均誤差 (mm)	標準偏差
地点①	44.8	23.0	9.5	68.4	23.5	16.8
地点②	39.5	10.8	9.2	70.7	24.9	16.2
地点①②平均	42.2	16.9	11.0	69.6	24.2	16.7