

無線センサネットワークによる軌道変位監視システムの実証試験

(株) 複合技術研究所 正会員 ○太田剛弘 正会員 田村幸彦
 (財) 鉄道総合技術研究所 正会員 村本勝己 正会員 平尾博樹
 (財) 鉄道総合技術研究所 正会員 中村貴久 正会員 篠田昌弘
 新川電機 (株) 柴田真志 新川センサテクノロジー (株) 青木 寛

1 はじめに

鉄道沿線の再開発事業や立体交差化事業等に伴って線路近接工事が増加しているが、近年は施工技術の発達により、列車の運行を中止することなく盛土のり面や線路下の掘削を行なう機会が多くなっている(図1)。したがって、線路近接工事を安全に施工するために、軌道や路盤の変位を高精度かつリアルタイムにモニタリングする技術が不可欠となっている。現在、このようなモニタリングは、有線式センサ(変位計、傾斜計等)を用いるか、光学式測量によって行なわれていることが多い。

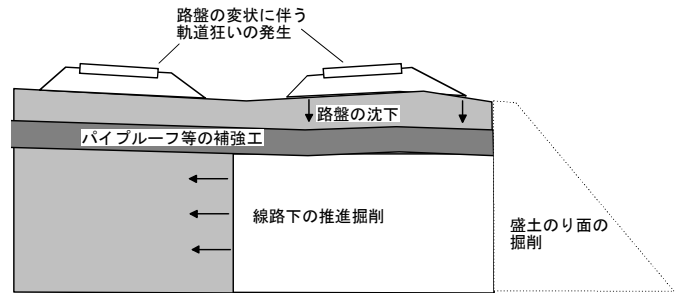


図1 線路近接工事による軌道変位発生例

鉄道総研では、現場作業者が簡単に使用できる高精度な軌道変位監視システム(図2)の開発を行なっている。図3に本システムの概要を示す。基本的には、2軸傾斜角センサと無線ユニットで構成されたセンサネットワークによって、軌道の連続的な変形(高低変位、水準変位)を常時監視するシステムであり、作業者はパソコンで簡単に軌道変位を監視することができる。本システムは無線LANをベースにしているため見通しの悪い箇所でも使用可能であり、バッテリー駆動なので多点計測でも複雑な配線が不要である。

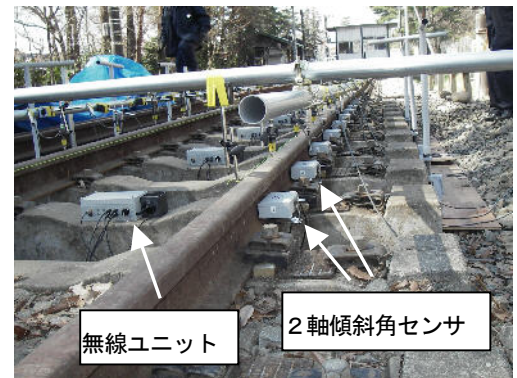


図2 軌道変位監視システム(試作機)

今回は、試作した軌道変位監視システムのデータ伝送の性能確認、および2軸傾斜角センサの設置位置と測定精度の関係の把握するため、試験軌道において実証試験を行なった。

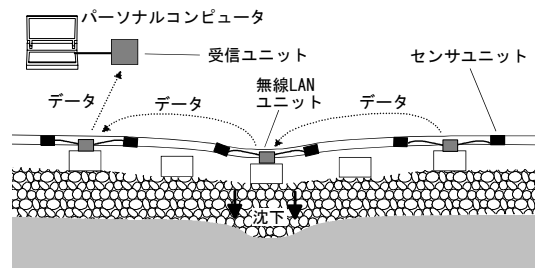


図3 軌道変位監視システムの概要

2 試験の概要

試験は鉄道総研内の試験軌道を使用して行なった。供試体は、試験区間のバラストを掘削撤去してまくらぎを6本のジャッキで支えたものであり、各ジャッキを上下することで軌道変位を発生させることができる。図4に供試体の概要を示す。比較の基準となる変位は不同梁に固定した接触式変位計によって測定することとし、レール一本あたり9箇所、全18箇所測定した。2軸傾斜角センサは試験Ⅰ(図5)ではAレール上のまくらぎ間中間部に設置し、試験Ⅱ(図6)ではまくらぎ中央部上面に設置した。

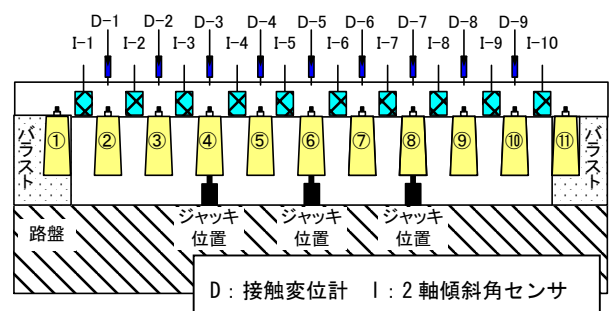


図4 供試体概要図

試験Ⅰではまくらぎ①を基準に各計測器間の距離を測定した後で軌道をジャッキアップし、中央まくらぎ⑥のABレールとも基準位置に対して約20mm上昇した状態で測定を行なった。

キーワード: 軌道管理, 近接施工, センサネットワーク, 軌道変位

試験Ⅱは試験Ⅰ終了後に供試体を一旦基準位置に戻し、各計測器の再調整後に行なったが、基準位置の変更と変位計のストロークの問題から、B レールを約 20mm、A レールを約 14mm ジャッキアップした状態で測定を行なった。

3 データ伝送性能の確認

本システムは、サンプリング、A/D 変換、データ通信のシーケンスを各無線ユニットが独立して行なうシステムであるが、サンプリングは指示した時刻にすべてのセンサが同時に行なうように同期させている。今回は5つの無線ユニットに10個の2軸傾斜角センサを接続しているの、データチャンネル数は20チャンネルになるが、3分おきに同期させたデータを正しく伝送できることを確認した。また、現地での使用を考えて電波条件の厳しい地表面に設置した送受信アンテナ間の距離が、30m 離れても問題なくデータを伝送できることを確認した。

4 センサ設置位置の影響

試験Ⅰと試験Ⅱの変位計による軌道変位と2軸傾斜角センサによる測定結果の関係を図7および図8に示す。2軸傾斜角センサによる軌道変位は、測定された傾斜角と、締結間隔およびレール間隔の幾何学的関係から換算して求めた。

試験Ⅰの結果では、A レールの傾斜計値と変位計値が正確に一致したが、B レールの値には若干の誤差が生じた。これは、軌道が局所的に上下に変位すると、傾けて敷設されているレールがわずかに回転するため、B レールの変位を計算するために用いるA レールのレール直角方向の傾斜角が、AB レール間の水準変位と正確には一致しないことが原因と考えられる。

試験Ⅱの結果では AB レールの傾斜計値と変位計値は概ね一致した。すなわち、2軸傾斜角センサをまくらぎ中央に設置することで、水準変位の精度は試験Ⅰよりも向上しているものと考えられる。しかし、試験Ⅱにおいてはジャッキ設置箇所付近で変位計値より傾斜計値が総じて小さい値になっている。これは、試験Ⅱにおいて傾斜計はまくらぎの角度を測定しているが、底面をジャッキで支えられているまくらぎの角度がジャッキの影響を受けてレールの角度と一致しないためである。したがって、基本的にすべてのまくらぎが道床に支持されている実際の軌道においては、傾斜計をまくらぎ上に設置すると軌道変位を過小評価する可能性があると考えられる。

5 おわりに

本システムによって軌道変位を簡便に精度良くモニタリングできることがわかった。今後は、本試作機をベースに実用機の開発を行ない、現地試験を行なう予定である。

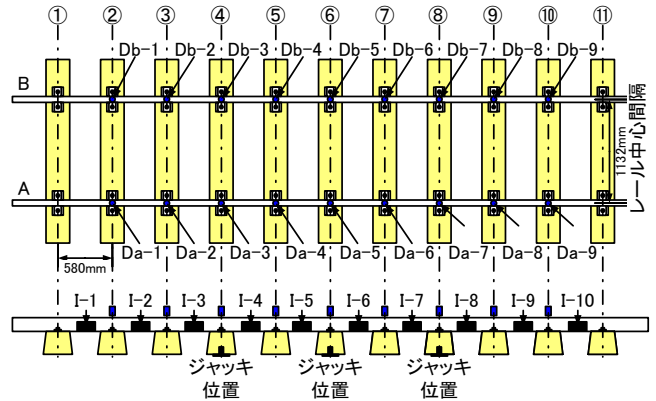


図5 試験Ⅰの計測器配置(傾斜計:Aレールまくらぎ間)

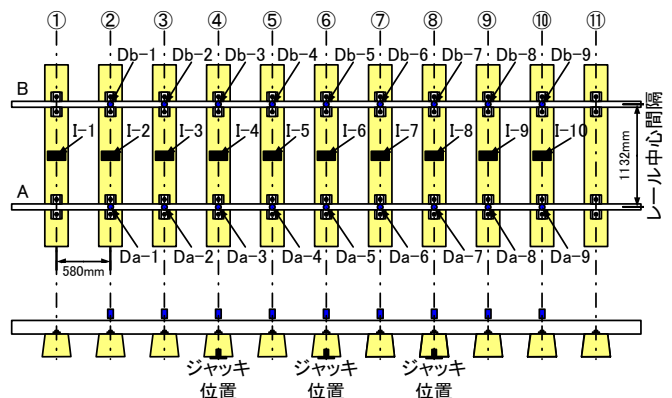


図6 試験Ⅱの計測器配置(傾斜計:まくらぎ中心)

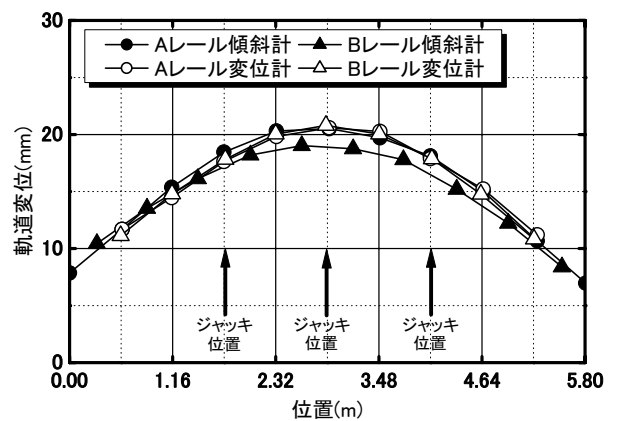


図7 試験Ⅰの計測結果

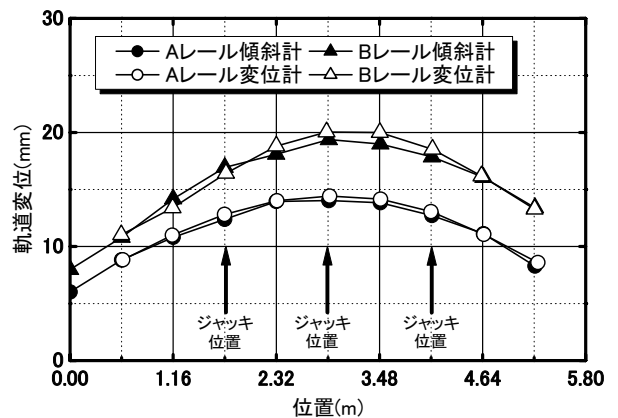


図8 試験Ⅱの計測結果