

無線センサネットワークによる軌道変位常時監視システムの開発

(財) 鉄道総合技術研究所	正会員	村本勝己
同上	正会員	平尾博樹
同上	正会員	中村貴久
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(ワイヤー式変位計、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。これらの方法は軌道の常時監視システムとして十分な性能を持っているが、取扱いに専門的技術が必要であったり、コストが高い等の問題があり、小規模な工事で手軽に使用するのには難しい。

そこで、筆者らは、現場作業者が簡易に使用できる低コストで高精度な軌道変位常時監視システムの開発を行なっている¹⁾。今回は、本システムの実用化に向けて完成度を高めた実用試作機を試作し、実物大軌道模型を用いた繰返し载荷試験によってその性能の確認を行なった。

2 軌道変位常時監視システムの概要

図2および図3に本システムの概要を示す。本システムは、片側レールの延長方向に複数設置された無線センサ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(レール上下変位、水準変位)を常時監視するシステムである。センサは2軸傾斜センサを使用しており、軌道の傾斜角の分布と、センサ設置間隔および軌道間隔の幾何学的関係から軌道の平面的な変位分布を算出する(図4)。本システムの主な特徴を以下に示す。

- ① 無線センサユニットは強力な磁石を用いた簡易な治具でレールに直接取付ける構造であり、ワイヤーや梁などの補助

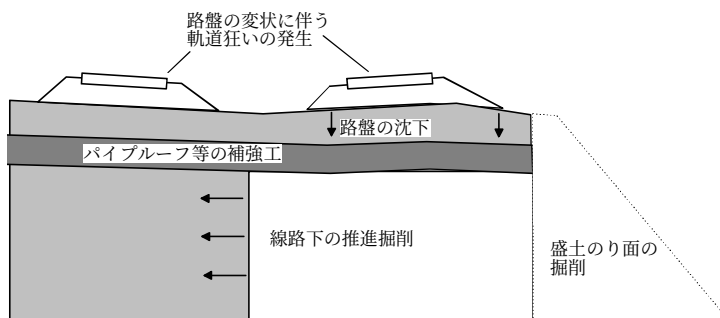


図1 線路近接工事による軌道変位発生例

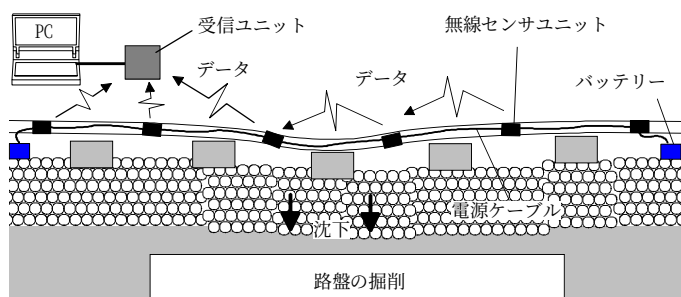


図2 軌道変位常時監視システムの概要

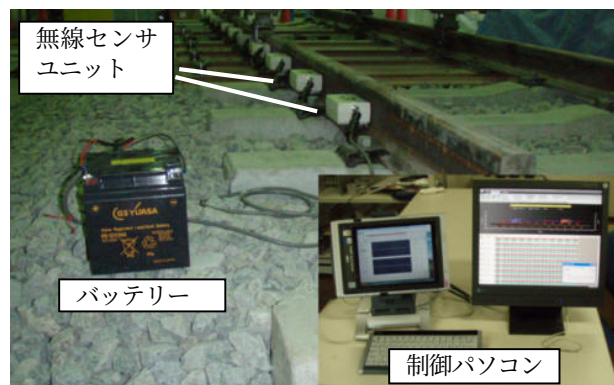


図3 軌道変位常時監視システム実用試作機

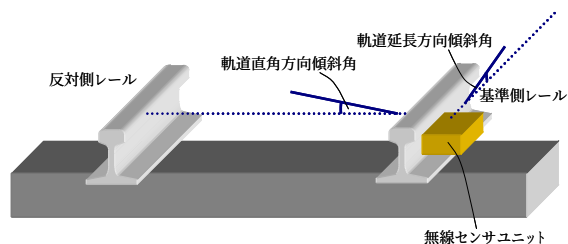


図4 軌道変位算出方法の概念図

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

〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38

TEL:042-573-7276

FAX:042-573-5413

部品が不要なので設置や撤去が容易である。

- ② 無線によるデータ伝送を行うため、通信ケーブルは不要である。また、個々の無線センサユニットがデータ中継機能を持っているので、見通しの悪い箇所でもデータ伝送が可能である。
- ③ バッテリーにより電源を供給するため、外部電源が不要である。
- ④ 簡易なインターフェースソフトによって、現場作業者がパソコンでシステムを一括制御でき、軌道状態の把握が容易である。
- ⑤ 無線センサユニットに内蔵した温度センサによりレール温度も常時監視できる。
- ⑥ レール等の材料剛性を考慮した軌道変位算出アルゴリズムによって、離散的なデータから連続的な変位分布を推定できる(図5)。

3 繰返し载荷試験

図6に実物大軌道模型を用いた繰返し载荷試験の概要を示す。本試験では、まくらぎ 11 本の軌道模型に対して、北側レールのみに無線センサユニット 10 個を設置し、比較のために北側と南側の 2 本のレールに対して接触式変位計をそれぞれ 6 個(計 12 個)設置した。载荷荷重は軸重 160kN×2 軸、周波数 10Hz の正弦波荷重とし、これを 100 万回(繁忙線区の概ね半年分の車軸通過量に相当)载荷した後に静的な軌道の変位分布の測定値の比較を行なった。

図7は 100 万回の繰返し载荷後、本システムにより測定した軌道沈下量と接触式変位計の測定値を比較したものであり、両者の軌道沈下量はよく一致していることがわかる。したがって、本システムによる軌道の変位の測定精度は十分に高いといえる。また、100 万回の列車荷重による振動を受けてもセンサの動作は正常であり、繁忙線区においても少なくとも半年間程度の列車荷重に対して、十分な耐久性を確保していることを確認した。

4 おわりに

本システムは、見通しの悪い区間や複々線等での使用性に優れていると予想されることから、都市部の近接工事における軌道状態のモニタリングに対して特に有望であると考えられる。今後は、本システムの試験線での長期耐久性試験および現地試験を行ない、早期の実用化を目指す。

また、構造物の変状に対するモニタリングへの応用や、遠隔地からのリモート制御が容易であることを生かして防災システムへの応用についても検討していく予定である。

参考文献

- 1)「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」, 太田他, 第 62 回土木学会年次学術講演会 概要集第IV部 pp.583-584, 2007, 土木学会

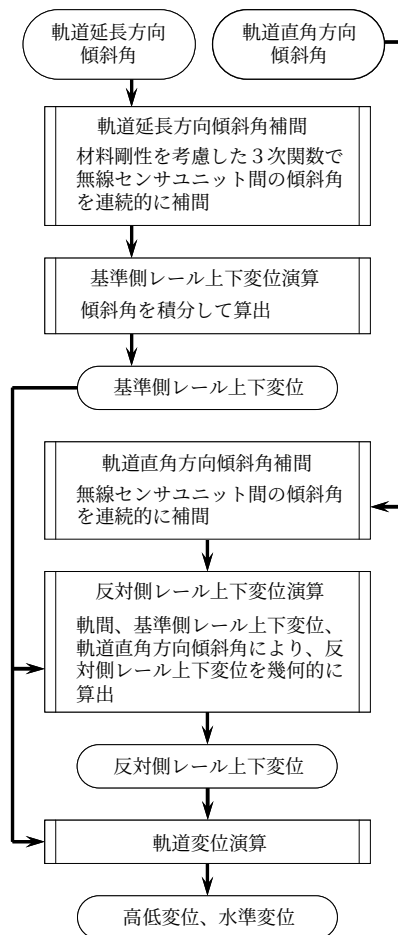


図5 本システムの軌道変位算出フロー

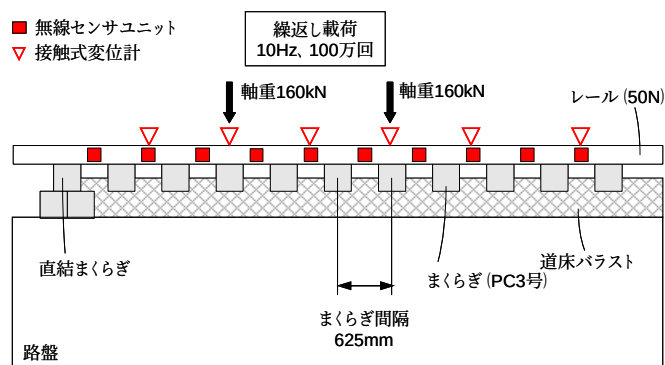


図6 実物大軌道模型を用いた繰返し载荷試験の概要

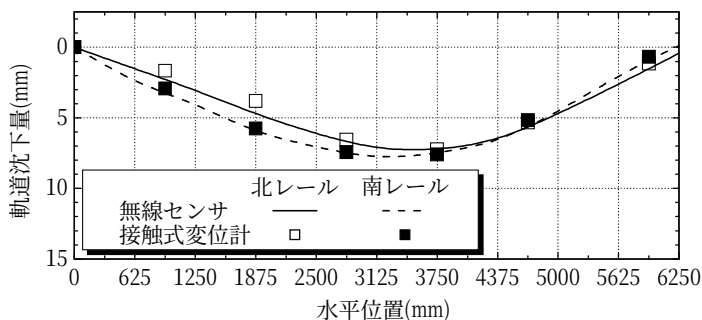


図7 100万回载荷後の軌道の変位測定値の比較