

営業中のゴルフ場直下を掘削するトンネル工事における埋設型GNSSによる地表面変位計測

Ground Surface Displacement Measurements by Using Embedded GNSS in Tunnel Construction Under Golf Course

古宮 正勝^{*1} Masakatsu Komiya
 松田 浩朗^{*2} Hiroaki Matsuda
 藤本 克郎^{*1} Katsuroou Fujimoto
 勝部 峻太郎^{*2} Shuntarou Katsube

【キーワード】 地表面変位計測 GNSS 埋設型 トンネル

1. はじめに

令和2年度北勢BP坂部トンネル工事は、トンネル全延長870mのうち、起点側125mを施工する三期工事である。本トンネル工事では、脆弱な未固結地山を最小土被り3mで掘削するため、トンネル掘削に伴い大きな地表面沈下の発生が予想される。さらに、トンネル直上は営業中のゴルフ場であり、適切な掘削工と掘削補助工の施工、計測管理を徹底し、地表面の沈下対策を講じることが求められている。

筆者らは、ゴルフ場の営業に支障をきたすことなく地表面変位を自動かつ連続的に計測することを目的に、GNSS (Global Navigation Satellite System) アンテナを地中に埋設する計測手法¹⁾に着目し、現場に適用した。本報告では、その計測手法の概要と計測結果の一例を示す。

2. 工事概要

令和2年度北勢BP坂部トンネル工事の位置を図-1に示す。本工事は、三重郡川越町南福崎(国道23号)から四日市市采女町(国道1号)に至る延長21.0kmの幹線道路で計画されている国道1号北勢バイパス事業のうちの、三重県四日市市山之一色町に位置する道路トンネル建設工事の三期工事である。



図-1 現場位置図

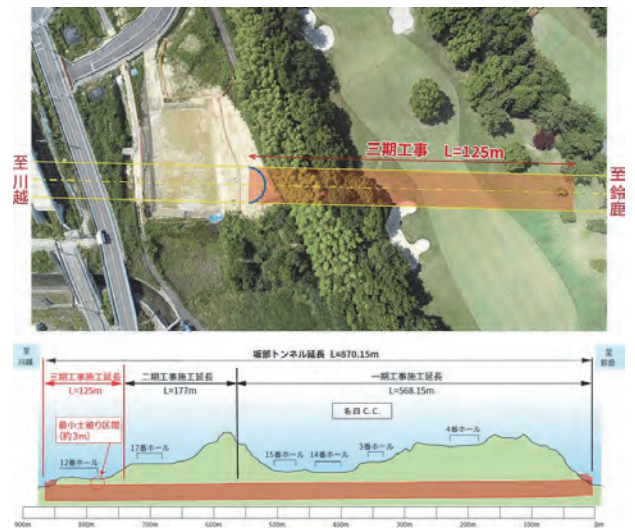


図-2 現場状況

工事施工延長125mのうち、トンネル施工延長は起点側からの114mで、代表内空断面積75.8m²である。現場の状況を図-2に示す。トンネル上部は営業中のゴルフ場で、未固結地山を最小土被り3mで施工する非常に厳しい条件下の工事である。本トンネル工事ではゴルフ場での地表面沈下の許容値を50mmとしている。一期工事ではトンネル掘削に伴って、ゴルフ場内で200mmを超える地表面沈下が発生²⁾した。そのため、本工事では地表面沈下対策の1つとして、沈下抑制効果の高いパイプーフ工法が掘削補助工法として採用されている。

3. GNSSによる地表面変位計測

3.1 計測管理上の課題

本工事では、営業中のゴルフ場に支障をきたす過大な地表面沈下を発生させないように、迅速かつ正確に地表面の変状を把握して慎重に工事を進めることが重要である。

トンネル掘削に伴う地表面変位計測には、トータルステーションとプリズムを利用した自動計測がよく用いられている。しかし、本工事の計測対象であるゴルフ場に

1.名古屋支店 坂部トンネル作業所 2.技術研究所 研究開発 G 第一研究室

においてはプレーの支障となるプリズムのような固定物を設置することが困難であり、ゴルフ場の営業時間外での手動計測に留まることが計測管理上の課題となった。

一方で、GNSSによる地表面変位計測手法もトンネル工事における地表面変位計測に用いられている³⁾。計測点にGNSSアンテナを設置することで、計測点の三次元変位を自動的に連続計測可能である。また、計測結果にトレンドモデルによる時系列処理を適用することでmm単位の計測精度を実現している³⁾。ただし、本計測手法もトータルステーションによる計測手法と同様に計測点として固定物が必要となるため、従来方式の採用は困難であった。そこで、アンテナを地表部に突出しないよう地中に埋設した柵内に設置する方式¹⁾を採用した。

3.2 アンテナ埋設によるGNSS変位計測手法

地表面に埋設したGNSSアンテナを図-3に示す。計測位置の地表面を掘削し、直径300mm、高さ200mmの柵を地表に突出しないよう埋設した。GNSSアンテナは、柵の中央に蓋とのクリアランスが50mmとなるよう設置した。蓋は塩ビ製のものを使用し、その上に緑に着色したウレタン製のカバーを設置している。なお、計測点間を溝掘りし、電源および通信用ケーブルを敷設後、複数の受信機と接続している。

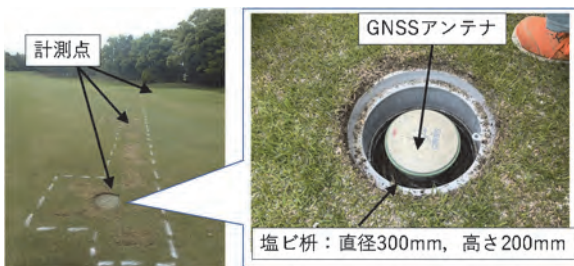


図-3 埋設したGNSSアンテナ

4. 計測結果

計測点の配置を図-4に示す。計測点は坑口よりトンネル縦断方向に20m間隔で、トンネル横断方向に4~5点とし、計19点設置した。計測結果の一例を図-5に示す。図はNo.461+10（坑口から60m）のトンネル中心の計測点での計測結果である。計測期間は2022年6月1日から6月30日までの1か月間で、上から緯度方向、経度方向、高さ方向の計測結果である。図中横軸は計測日時、縦軸はそれぞれの方向の変位で、●印がGNSSによる計測結果、実線がトレンドモデルによる平滑値となっている。本計測期間は事前計測期間でパイプ工法等施工はしていない。図より、いずれの方向でも平滑値はほぼゼロを示しており、この期間に変位はないことを示している。また、緯度方向、経度方向、高さ方向のGNSS計測値の標準偏差はそれぞれ3.5mm、1.8mm、5.9mmで、GNSSの標準的な

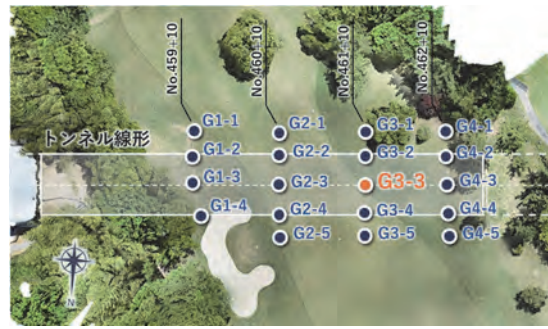


図-4 計測点配置

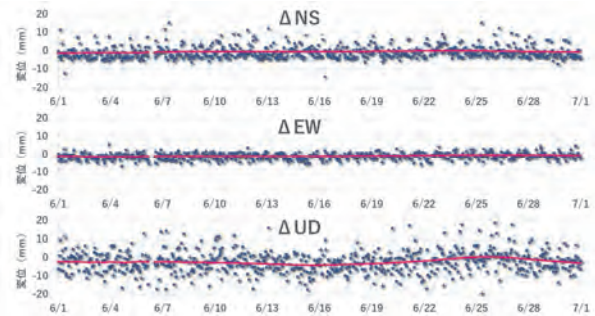


図-5 計測結果の一例 (G3-3, プロット間隔1時間)

標準偏差である水平5mm、鉛直10mmと同等以下となっている。これは、GNSSアンテナを地表面に埋設しても従来と同等の精度で計測が可能であることを示している。

5. おわりに

本報告では、アンテナ埋設によるGNSS計測手法の概要と計測結果の一例を示した。本計測手法により、ゴルフ場の営業に支障をきたすことなく地表面の三次元変位を自動かつ連続的に計測できることを示した。今後、許容値を超える地表面沈下を発生させないよう、本計測手法により地表面の変状を迅速かつ正確に把握し施工へフィードバックして、慎重に施工を進めていく所存である。

謝辞：GNSSによる計測システムの適用において国際航業株式会社の及川典生氏に多大な協力をいただいた。ここに記して謝意を表する。

【参考文献】

- 1) 小堀俊秀, 山口嘉一, 岩崎智治, 中島伸一郎, 清水則一: フィルダム天端堤体内部に設置するGPSアンテナの変位計測性能実験とダム外部変形計測への適用性, 土木学会論文集F3(土木情報学), Vol.70, No.1, pp.18-28, 2014.
- 2) 安藤綾香: 軟弱地盤かつ低土被り区間のトンネル掘削における地表面沈下対策について, 中部地方整備局管内事業研究発表会, 2021.
- 3) 松田浩朗, 筒井隆規, 生田圭介, 清水則一: 上空障害物のあるトンネル坑口斜面におけるGPS変位計測システムの適用, 土木学会論文集F1(トンネル工学), Vo.68, No.2, pp.21-28, 2012.