

RTK-GNSSの強制変位実験による変位検出手法に関する検討

西日本高速道路(株) 正会員 ○藤原 優
(株)高速道路総合技術研究所 正会員 村上 豊和
国際航業(株) 正会員 武石 朗

1. はじめに

GNSS 測位の一つである RTK-GNSS (Real-Time Kinematic-Global Navigation Satellite System) は、計測データに24時間単位の母集団移動平均法¹⁾を適用することで、変位を mm 単位で計測することが可能となる。しかし、発生した変位量を得るのに24時間の遅れを伴うことから、地すべり管理で迅速な対応が求められるケースに対しては適用が困難となる。本論は、RTK-GNSS の強制変位実験の結果を基に、母集団移動平均値から24時間よりも早い段階で変位を検知する方法について検討した。

2. 母集団移動平均法による誤差処理

RTK-GNSSのデータ処理に適用した母集団移動平均法は、衛星の1周期が24時間程度であることを考慮し、直近の24時間分の計測データを対象に、重み付けのない単純な平均を連続的に求めるものである。図-1は5分毎のRTK-GNSSの計測データに母集団移動平均法を適用した一例である。この手法は、変位量を得るのに24時間の時間遅れを伴うものの、これまで実施した強制変位実験においてmm単位で計測できることが確認されている¹⁾。

3. 検討内容

図-2に示すRTK-GNSSセンサを設置した法面で、図-3に示す実験装置を用いて、センサに予め定めた一定の変位を強制的に与え、母集団移動平均法により24時間後に得た変位量との間に発生する誤差を確認する強制変位実験を実施した。強制変位治具は、ボルトを回すことで治具がスライドする仕組みとなっており、3つのボルトにより南北・東西・鉛直方向に変位を与えることが可能となっている。表-1は、強制変位実験を実施したG1、G2のセンサについて、強制変位量と24時間後に確認した変位量を示している。

図-4の概念図は、4mmの強制変位を与えた時点(A点)から母集団移動平均値が一定の勾配で変化し、24時間後(C点)に4mmとなるグラフ形状を示している。このとき、強制変位を与えてから6時間経過した時点(B点)の母集団移動平均値が1mmであることを確認できれば、24時間後の母集団移動平均値が4mmであることを推測できる可能性がある。そこで、5分毎の母集団移動平均値を求め、1時間前、2時間前、3時間前、4時間前、5時間前、6時間前の母集団移動平均値の差分の絶対値(以下、差分値)の変化を0.1mm単位でグラフ化し、24時間以内に変位量を推定することが可能か検証した。

4. 検討結果

図-5は平成27年12月1日にG2で実施した強制変位実験の結果の一例である。このケースでは、12月1日の12時40分に東方向に2.5mmの強制変位を与え、12月2日の12時40分に2.8mmの変位量を確認している。母集団移動平均値の差分算出間隔Δを2時間とした場合、5分毎に求められる差分値が0.23mm(=2.8mm/(24h/2h))を超えた

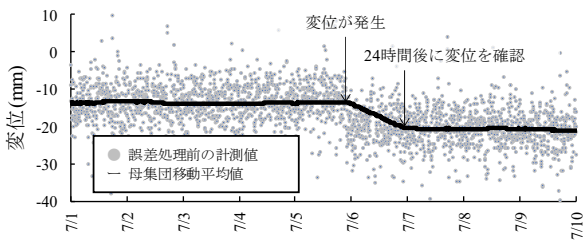


図-1 母集団移動平均法の適用例



図-2 RTK-GNSS センサの設置箇所 図-3 実験装置

表-1 強制変位実験の結果

実施日	観測点	強制変位量	24時間後の変位量
H27.12.1	G1	W方向/5.0mm×1回	W方向/5.6mm
	G2	E方向/2.5mm×1回	E方向/2.8mm
H28.1.18	G1	S方向/1.0mm×4回	S方向/3.4mm
H28.10.19	G2	S方向/5.0mm×1回	S方向/4.8mm

※強制変位量は±0.5mm程度の人的誤差を含む。

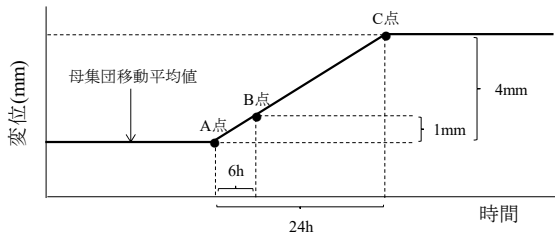


図-4 母集団移動平均値の変化を示すグラフの概念図

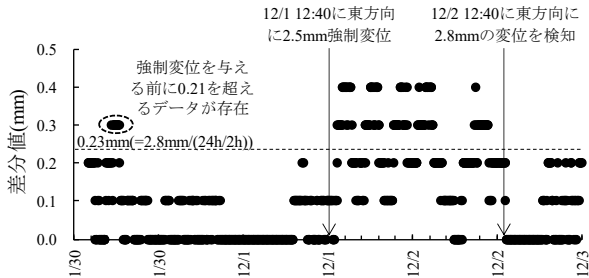


図-6 変位を検出できない結果の一例 (Δ=2時間)

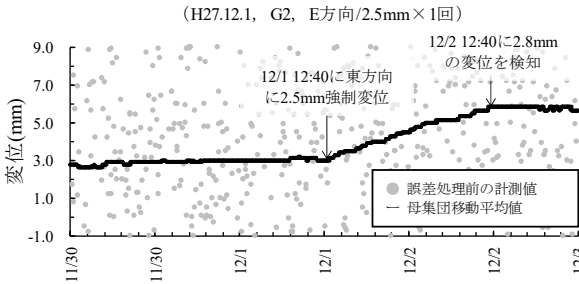


図-5 強制変位実験の結果の一例

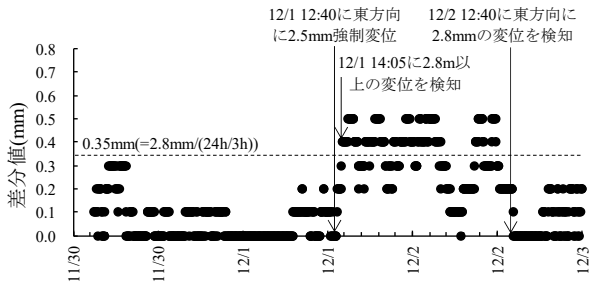


図-7 変位を検出した結果の一例 (Δ=3時間)

表-2 強制変位を超える差分値の確認に要した時間

実施日	観測点	強制変位量	24時間後の変位量	母集団移動平均値の差分算出間隔Δ					
				Δ=1時間	Δ=2時間	Δ=3時間	Δ=4時間	Δ=5時間	Δ=6時間
H27.12.1	G1	W方向/5.0mm×1回	W方向/5.6mm	検出不可	検出不可	3時間35分	3時間35分	4時間30分	5時間25分
	G2	E方向/2.5mm×1回	E方向/2.8mm	検出不可	検出不可	1時間25分	2時間20分	3時間50分	4時間40分
H28.1.18	G1	S方向/1.0mm×4回	S方向/3.4mm	検出不可	検出不可	検出不可	4時間00分	5時間20分	5時間25分
H28.10.19	G2	S方向/5.0mm×1回	S方向/4.8mm	検出不可	2時間40分	3時間35分	3時間40分	4時間40分	4時間05分

ときに2.8mm以上の変位が発生したと判断できる。図-6は、平成27年12月1日12時40分にG2の東方向に強制変位を与えた結果について、差分算出間隔Δを2時間とした場合の5分毎の差分値の変化を示して。このケースでは、強制変位を与える前に0.21を超える値が存在しており、強制変位を明確に捉えることが困難な結果となっている。これに対して、図-7は差分算出間隔Δを3時間とした差分値の変化を示しており、強制変位を与えた12月1日の12時40分以前と24時間後の12月2日の12時40分以降において差分値は0.35mm(=2.8mm/(24h/3h))以下の範囲にあり、強制変位を与えてから1時間25分後の14時5分に差分値が0.35mmを超える結果となっている。表-2は、このような方法により、1時間～6時間の差分算出間隔毎で強制変位を超える差分値の確認に要した時間を示して。差分算出間隔Δが1時間～2時間の場合は強制変位を検出できないケースが多いが、差分算出間隔Δが3時間～4時間だと4時間以内に強制変位を検出する結果が得られた。また、差分算出間隔Δが5時間～6時間では、6時間以内に強制変位を検出する結果であった。このような結果から、3mm～5mm程度の短時間で発生した変位に対して、母集団移動平均値の差分値を3時間～4時間間隔で連続的に求める方法により、変位発生後から数時間程度で変位を検出できる可能性がある。

5. おわりに

本論では、比較的短時間に発生した変位を対象として、24時間以内に検知する方法を検討した。法面によっては緩慢に時間を掛けて変位が進行する状況なども考えられることから、今後多様なケースに対して適用可能か検証する予定である。

参考文献

1) 江川真史, 飯島功一郎, 武石朗, 原口勝則, 佐藤匠, 室井翔太, 横田聖哉, 藤原優: RTK-GNSSによる新たな地盤変位計測システム開発に向けた取り組み, 2019年度砂防学会研究発表会.