

張出し架設橋梁の変位計測における GNSS 適用に関する考察

大成建設株式会社 正会員○北原 剛 正会員 笠倉 和義
坂田電機株式会社 岩波 啓輔 飯田 あゆ美

1. はじめに

昨今、我が国の建設産業は、少子高齢化や若者の建設離れなどによる労働力不足や働き方改革などの課題から、i-Construction が推進する ICT を活用した測量や帳票作成などの業務の効率化が求められている。

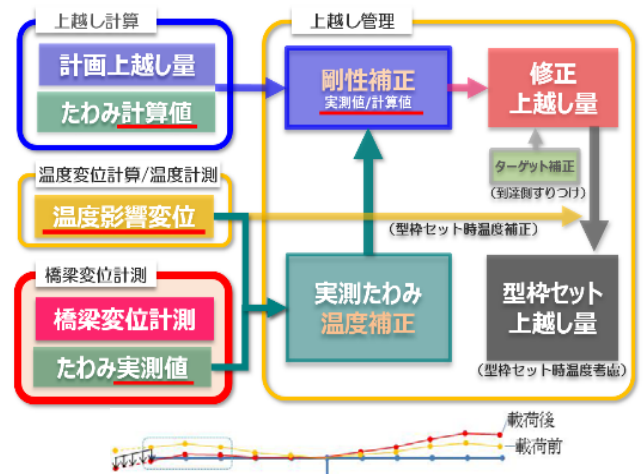
このような中、張出し架設によるプレストレストコンクリート橋梁の施工では、出来形管理として上越し管理(図-1)が行われており、そのための橋梁変位計測は、桁上面と桁下面の温度差が少ない早朝にレベル測量により行われている。そこで、全球測位衛星システム(以下 GNSS)を現場に導入し GNSS による無人計測が上越し管理に適用できないか実現場にて検証を行った。

2. GNSS 計測の特性について

GNSS の観測値(生データ)には、雑音(ノイズ)が混入していてランダムにばらつく特性がある。これをカルマンフィルタ処理(以下フィルタ処理)することでトレンドを抽出し補正することで推定値の精度を向上している(図-2)。フィルタ処理では、観測データと“システム(固有の)雑音”の分散 σ_v^2 と“観測(ばらつき他)雑音”の分散 σ_w^2 を設定し、過去の推定値と今の観測データをもとに最も適切なデータを推定する。このシステム雑音の分散 σ_v^2 に対する観測雑音の分散 σ_w^2 との比を「ノイズ比」と定義した。このノイズ比には、以下のような特性がある。

- ・ノイズ比を大きく設定すると計測誤差のばらつきは平滑化されるが、応答が遅くなる。
- ・ノイズ比を小さく設定すると応答は早くなるが、計測誤差のばらつきは大きくなる。

斜面地すべりのようなゆっくりとした変位計測では、ノイズ比を大きくして精度を上げることが可能で、この処理をかけることにより計測の誤差精度をおよそ半分くらいまで抑えることができる。一方、橋梁のコンクリート打設による変位のように短時間で発生する変位の計測では、フィルタ処理をかけ過ぎると本来計測されるべきピークの値を除去することになってしまい欲しい値を得ることはできない。



ある荷重に対する設計値と実際の変形との差を比較
剛性補正係数 α =測定値/設計値

図-1 上越し管理手法とフロー

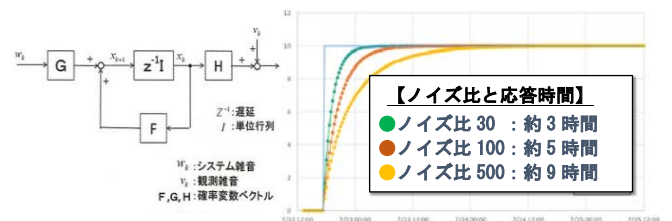


図-2 カルマンフィルタの処理フローと特性

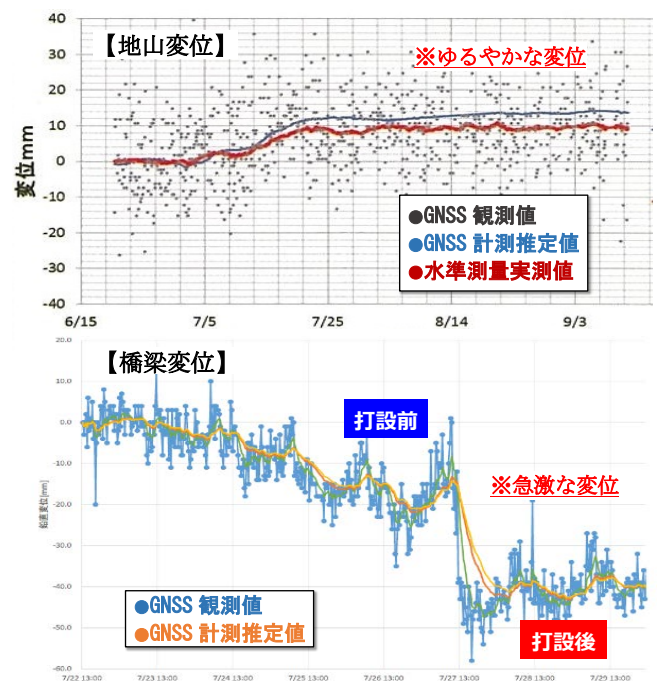


図-3 地山とコンクリート打設時の変位特性

キーワード 測位衛星システム (GNSS)、橋梁変位計測、上越し管理、カルマンフィルタ処理、ノイズ比
連絡先 〒163-0606 東京都新宿区西新宿1丁目25番1号 新宿センタービル TEL 03-5381-5043

3. GNSS 計測の実証について

GNSS 計測の実証は、広島高速矢賀高架橋にて行った。矢賀高架橋は、橋長 322m 3 径間連続箱桁橋で、最大支間 152m、張出し施工ブロック数最大 23 ブロックの橋梁である。

実証は P2 橋脚の最終 3 ブロックの張出し施工で行った。GNSS アンテナの配置を図-4 に示す。GNSS アンテナは、15 ブロックの橋面と移動作業車の屋根上に設置した。また、基準局は、不動点である P2 橋脚柱頭部に設置した。GNSS 計測は 20 分毎で行い、その精度を検証するために同じタイミングでレベル測量により変位を実測した。

4. GNSS 観測の結果

GNSS 観測値（生データ）に対し、ノイズ比を 1 と 30 にしてフィルタ処理をかけた。観測値と実測値の比較を図-5 に示す。この結果から以下のことが確認された。

- ・ノイズ比 1：GNSS 観測値の平滑度合は少ないが、打設開始直後および完了直後の不連続な GNSS 観測突出値は実測値とは合っている。
- ・ノイズ比 30：GNSS 観測値のばらつきは平滑化され、打設前の GNSS 観測値と実測値に差はない。一方、打設開始直後および完了直後の不連続な GNSS 観測値は角がとれ実測値と合っていない。

5. GNSS 計測適用にむけた考察

上記の結果から、各張出し施工のタイミング毎に適切なフィルタ処理のノイズ比があることが分かった。そこで、上越し管理に GNSS 観測値を適用するために測位解析システムを以下のように改良し実橋にて実証した。

- ・張出し施工のサイクルスケジュール（ブロック毎のコンクリート打設、移動作業車移動の日時）を事前に設定しておき、測位解析システムにおけるフィルタ処理のノイズ比をタイミング良く自動で切り替える。
- ・従来の GNSS 観測では観測値をクラウドに電送し測位解析をしており、電送や解析の時間を考慮して観測ピッチを 20 分で設定されていた。しかし、現場の高性能 PC で解析を行うことにより電送時間をカットでき観測ピッチを 1 分間隔にすることができ、多くの観測値を得ることにより GNSS 計測の精度を向上させることができた。クラウドには解析処理後のデータのみを送信し上位の上げ越し管理システムと連携を図った。

6. あとがき

i-Construction で展開されている ICT 活用工事（UAV 測量、GNSS 測位など）は、出来形管理の規格値精度から土工事を中心に行われてきた。次のステップとしては、コンクリート構造物への活用が今後の課題となるが、そのためには、UAV 測量や GNSS 測位の精度向上がキーとなる。本実証がその一助になれば幸いである。

参考文献

- 1) 足立：線形カルマンフィルタの基礎 計測と制御 第 56 巻 第 9 号 2017 年 9 月号
- 2) shamen-net 研究会：新型 GNSS センサーの実証報告 shamen-net オープンセミナー資料 2017

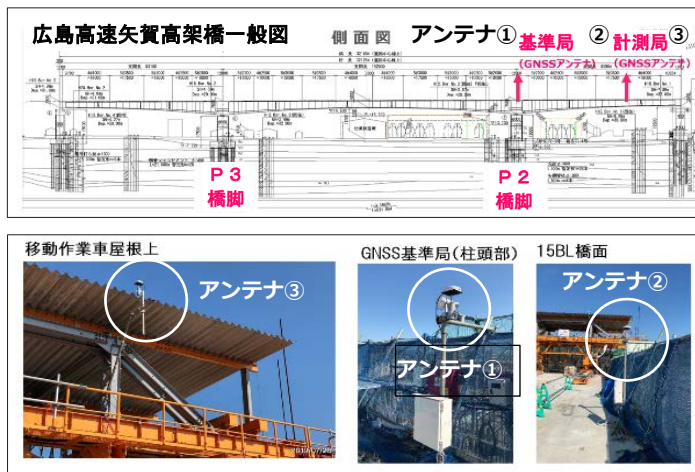


図-4 橋梁一般図と GNSS アンテナ設置状況

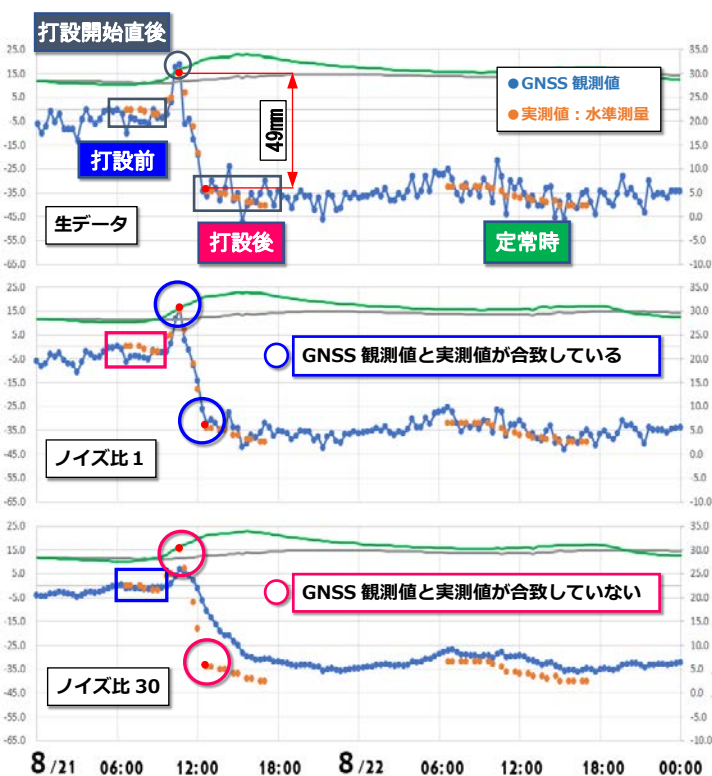


図-5 GNSS 観測値（ノイズ比 1、30）と実測値の比較