

過転圧防止工法の開発（ICT）と測定データの評価 （品質と生産性向上）

Development of Overturning Prevention Method (ICT) and Evaluation of Measurement Data (Quality and Productivity Improvement)

(株)砂子組
(株)砂子組
(株)砂子組
(株)砂子組
(株)砂子組

○正 員 佐藤 欣治 (Kinji Sato)
非会員 好川 敏 (Satosi Yosikawa)
非会員 男澤 真樹 (Masaki Ozawa)
正 員 佐藤 昌志 (Masasi Sato)
正 員 田尻 太郎 (Taro Tajiri)

1. はじめに

土工盛土の品質管理においては従来、砂置換法や RI 法が主として用いられてきたが、近年働き方改革の一環としても注目される ICT 土工では、TS（自動追尾トータルステーション）・GNSS（衛星測位システム）による締固め管理が一般的となっている。

TS・GNSS による土工管理は自動化されており、図-1 に示すように、GPS 搭載のローラー等を用い、車載ソフトが GPS による転圧位置の自動測位、転圧回数の自動カウント、現在位置と転圧履歴を GNSS 管理画面に表示する。そのためリアルタイムな転圧回数の面的管理が可能であり、非常に合理的で効率的な管理システムとなっている。なお必要転圧回数は、砂置換法などを使った試験施工で事前に求めておく。このような事情で現在、少なくとも ICT 土工では TS・GNSS 管理が必須項目となっている（国交省要領リ）。

図-2 に、稼働中の GNSS 管理画面を示す。当該現場の必要転圧回数は 4 回であった。図から明らかなように、TS・GNSS 管理の根拠は転圧回数であり、砂置換法に代表される締固め度の直接試験の結果ではない。

そこで筆者らは、直接試験の判定結果を図-2 のように転圧走行中にリアルタイム・面的に表示できれば、よりきめの細かい土工管理が可能と考え、測定自動化が容易であり、直接試験としてきわめて妥当との報告²⁾がある衝撃加速度法に注目して、H26 年度よりその測定の自動化をすすめてきた^{3)~7)}。

2. TS・GNSS による土工管理の問題点

試験施工を前提とした転圧回数を根拠とする現在の TS・GNSS 土工管理の問題点は、以下と考えられる。

- 1) 転圧前の盛土のブル敷き均しを考慮すると、必要転圧回数以下でも十分な締固め度が得られている可能性がある。経験的にはこの無駄はかなり大きいと思われ、生産性が低下する要因になり得る。
- 2) 試験施工時の盛土材と転圧時のものは完全に同じでないため、日々の盛土用搬入土に対して赤外線水分計等で含水比管理を行うのは、通例となっているが、最終的には目視、手触り、踏んだ感触や天候によって搬入土の善し悪しを判断する。必要転圧回数では過転圧の可能性もある。
- 3) ローラー走行の運用上、必要転圧回数以上を踏む箇所は避けられない（一部であるが）。その箇所が過転圧になっている可能性は否定できない。

これらの事項は、転圧走行中に直接試験をリアルタイムで行い確認するのが理想的だと考えられる。



図-1 GNSS 管理を装備したローラー



図-2 稼働中の GNSS 管理画面



図-3 衝撃加速度法の自動化

3. 衝撃加速度法の自動化

衝撃加速度法は、転圧土に対して重錘を落下させ、重錘と地盤との衝突加速度を指標として締固め度を判定するもので、締った土ほど反発加速度が大きいという明確な発想に基づいている²⁾。従来は手動ランマーを用いたものであったが、GNSS 管理と同様に GPS 測位によって一定走行距離ごとに重錘を落下させる形で衝撃加速度法を自動化した（図-3）。重錘落下と同時に車載ソフトが、衝撃加速度、測定位置、転圧範囲を自動測定し管理画面へリアルタイムで表示する（図-4）。なお結果の表示方法については検討中である。

また図中の基準加速度は図-5 に示したように、締固め度 90%を基準とした試験施工結果である必要転圧回数 4 回と、衝撃加速度法による 20 点以上の平均加速度との対応を取って 22 G を基準加速度とし、22 G 未満の箇所を転圧不足または過転圧としている。

4. 測定データの概要

測定データの例として、転圧回数ごとの平均衝撃加速度に注目し、約 400×20 m の範囲の河川盛土に対する結果を述べる。

自動化された衝撃加速度法による測定は、施工順序に従い、盛土 6 層目のほぼ全域にわたって、1 週間程度の期間で行った。図-6 に測定範囲を示す。

図-7～10 は、図-6 に示した転圧日 8 月 13 日、16 日、17 日、19 日における転圧回数ごとの平均衝撃加速度の推移である。測定点数は転圧回数に依存するが、最も測定点数の多い 1 回転圧では 500 点程度の平均、5 回以上転圧で（必要転圧回数は 4 回）10～20 点程度の平均となり、10 点以上の平均を有意とした。

8 月 13 日（図-7）では、転圧回数によらず平均衝撃加速度はほぼ横這いで基準加速度を上回り、転圧不足や過転圧傾向は見られないが、1 回程度の転圧で十分な結果となっている。8 月 13 日（金）の週は、週を通して天候が良好であり、当日も転圧コンディションは良かったと考えられる。

8 月 16 日、17 日（図-8、9）では、転圧回数に従って平均衝撃加速度は低下する傾向にあり、両日の転圧コンディションでは、4 回転圧（必要転圧回数）で明らかに過転圧と考えられる。表-1 に直近測候所の天候記録を示すが、これは 8 月 16 日前日の 8 月 15 日夜間の降雨の影響の可能性もある。

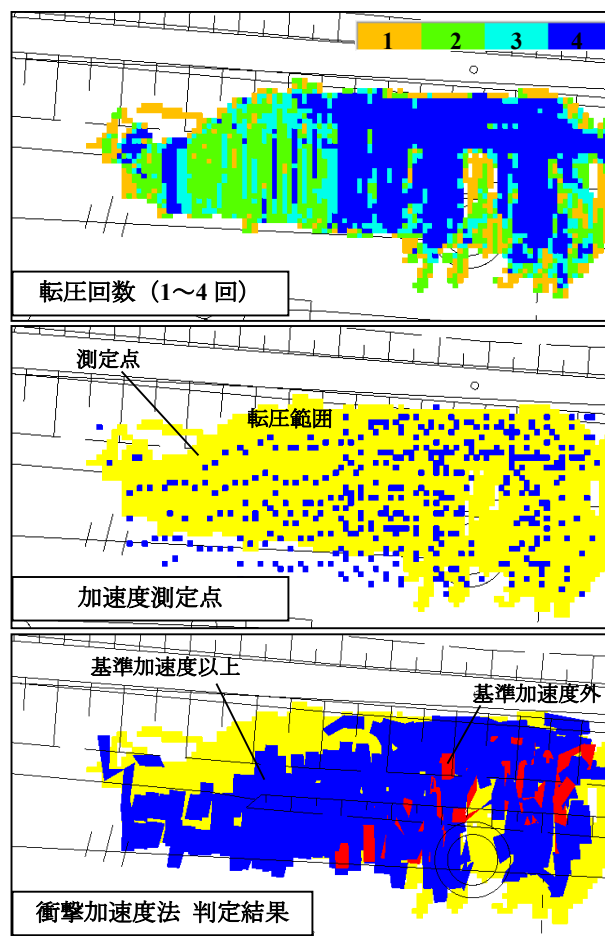


図-4 管理画面（衝撃加速度法）

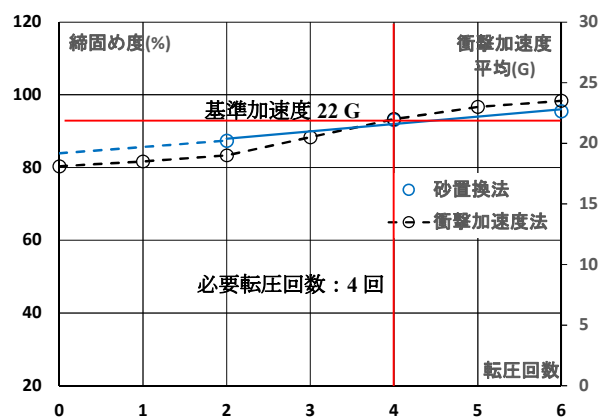


図-5 基準加速度

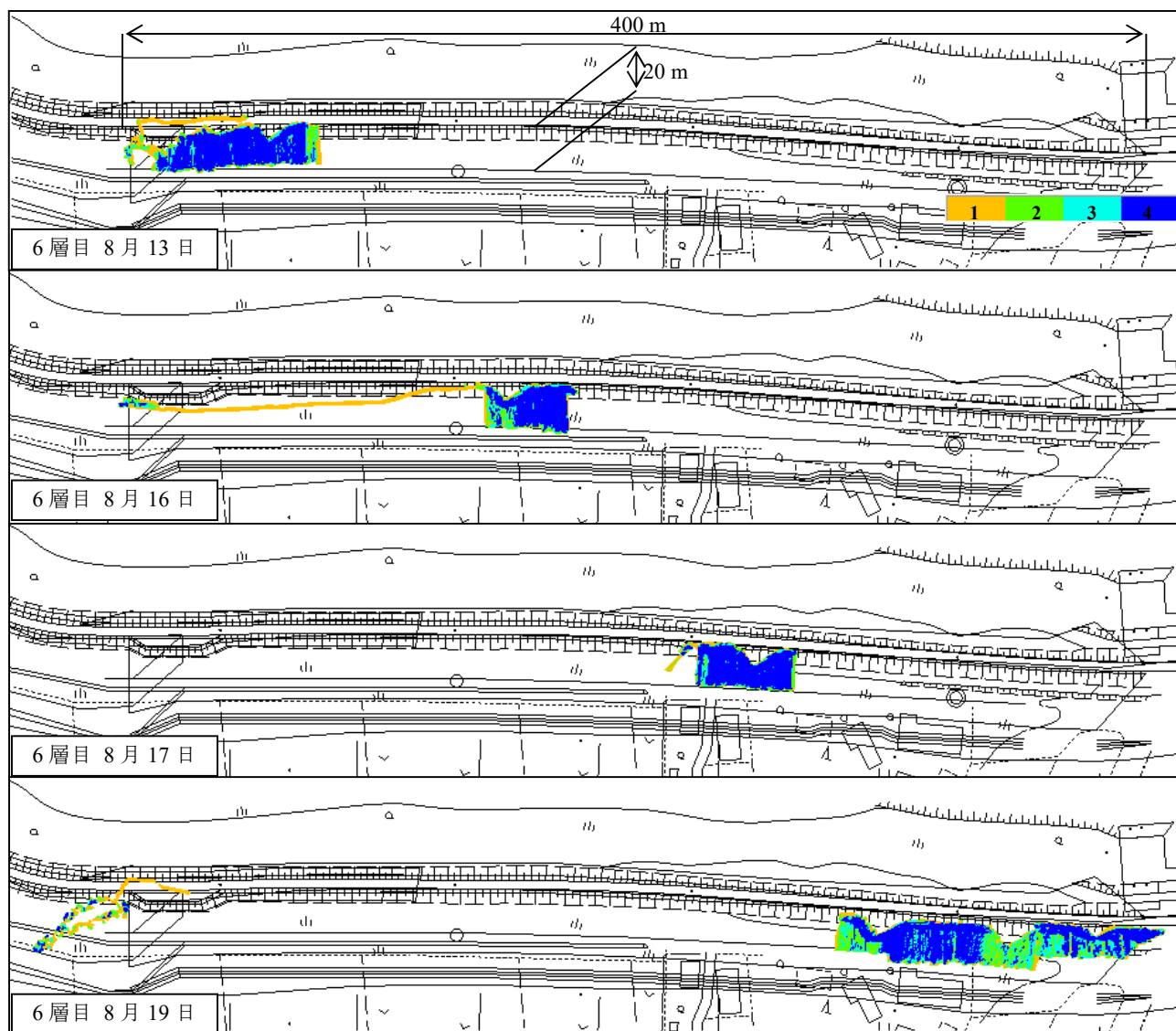


図-6 測定範囲

表-1 直近測候所の天候記録

(2021 年)

	8月12日	8月13日	8月14日	8月15日	8月16日	8月17日	8月18日	8月19日
9時	晴	晴	晴	曇	晴	晴	雨	晴
12時	曇	晴	曇	曇	曇	曇	雨	晴
15時	曇	晴	曇	雨	曇	曇	雨	晴

※ 15 時以降

8 月 19 日（図-10）も同様に前日に降雨があり，必要転圧回数の 4 回で基準加速度を上回るものの，それ以上の 5～6 回転圧箇所は，範囲は狭いものの過転圧と考えられる。

比較対照データとして図-11 に，転圧作業前に行う赤外線水分計による含水比測定結果と，必要転圧回数時における平均衝撃加速度との相関を示す。当該現場の最適含水比は 26.1%，目標含水比は 32.5%である。パラツキはあるものの平均衝撃加速度は，数%の差であっても含水比が高いほど明らかに低下する傾向にあり，降雨等の

影響を受けやすいと思われる。

5. まとめ

土工盛土に対して面的・リアルタイムな管理が可能になるよう衝撃加速度法を自動化した結果，TS・GNSS の転圧回数のみによる管理では，不足する事態もあり得ることが明らかとなった。また同時に，必要転圧回数より少ない転圧で十分と考えられる場合もあり，直接試験の自動化は，生産性向上にも資すると考えられる。

なお当該現場の土工管理は GNSS 管理によって行われ

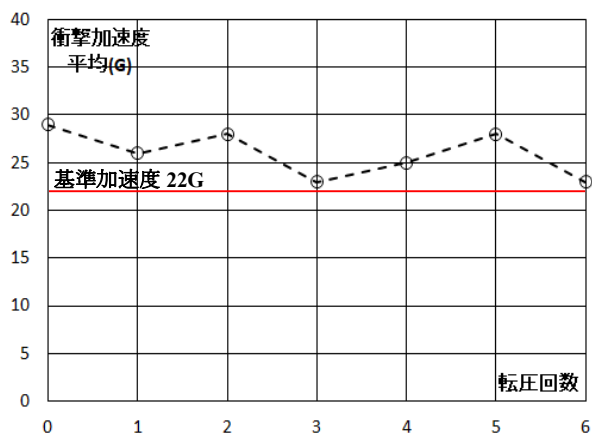


図-7 転圧回数ごとの平均衝撃加速度（8月13日）

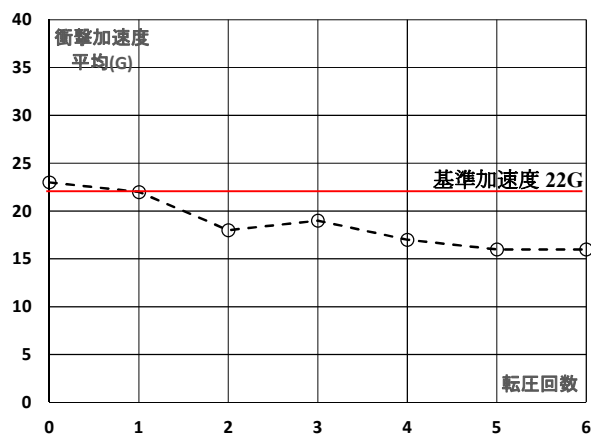


図-8 転圧回数ごとの平均衝撃加速度（8月16日）

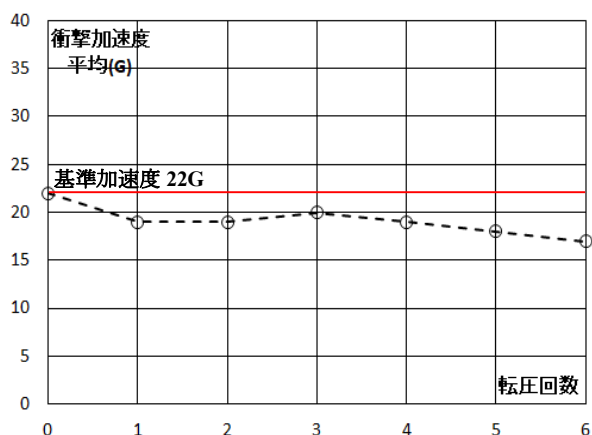


図-9 転圧回数ごとの平均衝撃加速度（8月17日）

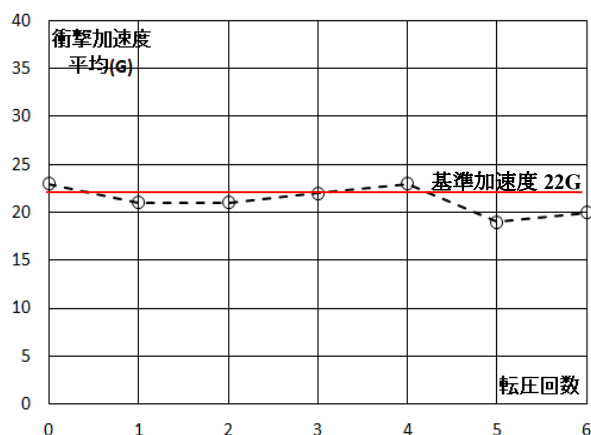


図-10 転圧回数ごとの平均衝撃加速度（8月19日）

たので、以上の結果は、GNSS 管理に対する補助として使用された。

[参考文献]

- 1) TS・GNSSを用いた盛土の締め固め管理要領，国土交通省，平成29年3月．
- 2) 衝撃加速度による盛土の品質管理方法，建設マネジメント技術，2014年4月．
- 3) 盛土転圧の情報化施工に資する締め固め測定器の開発，好川他，2015年北海道支部論文報告集第71号C-12．
- 4) 情報化施工に資するリアルタイム締め固め測定法とデータの評価に関する研究，廣上他，2016年北海道支部論文報告集第72号C-01．
- 5) 衝撃的挙動測定による土質密度管理測定法の評価と課題，廣上他，2017年北海道支部論文報告集第73号C-08 1-4．
- 6) ICT 土工における過転圧防止に関する実証的考察，成田他，2019年北海道支部論文報告集第75号F-08．
- 7) 締め固め密度測定に資する重錘落下高と土のラーメ定数，西村他，2021年北海道支部論文報告集第77号F-02．

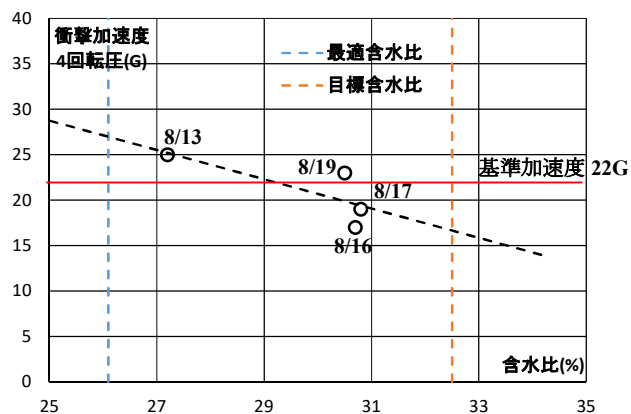


図-11 赤外線水分計による含水比と必要転圧回数時の平均衝撃加速度