

タブレットを用いたダムの敷均し・締固め管理

和 辻 総一郎

重力式コンクリートダム（RCD 工法）や台形 CSG ダムの打設などでは、複数のブルドーザによる敷均しや振動ローラによる締固めを同一エリア内で同時に実施している。このため、現場の工事監理者は個々の重機の作業状況をリアルタイムに確認することが難しかった。本稿では、工事監理者が各重機の敷均しから締固めまでの稼働状況と、それらの複数の重機の稼働位置などが、タブレットの同一画面上でリアルタイムに確認できる、「敷均し・締固め統合管理システム」を開発し、実験場で実機を用いて検証を行った結果を報告する。

キーワード：ダム、堤体打設、敷均し、締固め、ブルドーザ、振動ローラ、小型振動ローラ、タブレット管理

1. はじめに

一般的なコンクリート構造物の打設ではコンクリートポンプ車等によってコンクリートをポンプ圧送し、打ち込みを行い、棒状バイブレータをコンクリート内部に挿入して締固めるといった流れとなる。

一方、コンクリートダムの工事においては一般のコンクリート工事と比較して、ボリュームが膨大であり、施工が3次元に大きく広がっているなどの特徴がある。このため、ゼロスランプの超硬練りコンクリートを用いた RCD 工法に代表される面状打設工法や、ダムサイトの近くで容易に入手できる岩石質材料にセ

メント、水を添加し、簡易な練り混ぜにより製造される CSG を用いた台形 CSG ダムなど、大量打設が可能な工法が開発されている。これらのダムではコンクリートや CSG をダンプトラックなどで運搬し、ブルドーザで敷均し、振動ローラで締固めを行うなど、汎用的な施工機械を複数台使うことで大量打設を可能としている（写真—1 参照）。

ブルドーザの敷均し厚さや振動ローラによる締固め回数は、堤体の築造に使用する RCD コンクリートや CSG の密度や強度といった品質に大きく影響する。このため、事前に試験施工を行って最適な敷均し厚、締固め回数を決定する。現在、敷均し厚さや締固め回



写真—1 ダム打設状況（台形 CSG ダム）

数、それらに使用する重機の軌跡管理はGPSを用いたマシンガイダンスなどにより行われることが多くなってきた。ガイダンス機能により、重機オペレータは運転室のモニターで逐次施工状況を確認できる一方で、現場の工事監理者がこれらをリアルタイムに確認できる状況とはなっていない。

そこで、本稿では、各重機の敷均しから締固めまでの稼働状況と、それらの複数の重機の稼働位置などがタブレットの同一画面上でリアルタイムに確認できる、「敷均し・締固め統合管理システム」を開発し、実機を用いた実験場で行った検証結果について報告する。

2. システム概要¹⁾

本システムはジオサーフ(株) (現：ライカジオシステムズ(株)) の情報化施工ソリューションシステムであるiCEに重機の施工状況が確認できる重機監視装置を付加したものである。

iCEはブルドーザ、振動ローラといった重機にRTK-GPSを搭載し、リアルタイムにセンチメートルオーダーの精度で重機の位置を求め、重機の位置をオペレータにアナウンスし、施工支援を行うものである。高精度なGPSの位置情報をもとに、重機の施工区域のどこを走っているかを瞬時に判断し、既定の敷均し厚や転圧回数と照らし合わせながら、リアルタイムに敷均し・締固め管理を行うことができる。

本システムは重機にソフトウェアを搭載し、重機ごとに施工データ(敷均しデータ・締固めデータ)を収集する。収集された施工データはネットワーク接続した現場事務所のパソコンに送られ、そこから現場の工事監理者のタブレットに稼働状況が転送される。図-1に本システムの概要図を示す。

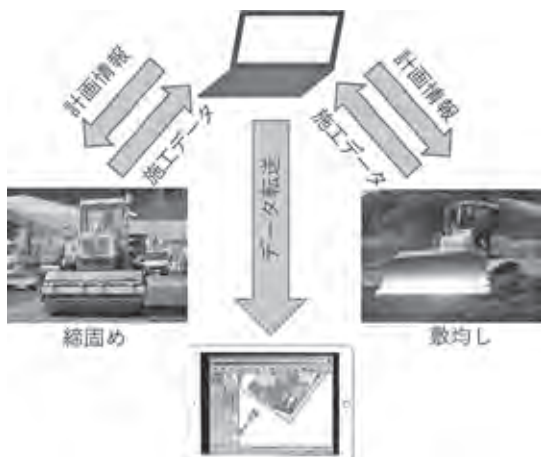


図-1 システム概要

3. 検証試験概要²⁾

検証は図-2に示す形状の実験場で試験施工を行った。試験は、25 cm / 層 × 4 層を 19 t 級湿地ブルドーザ 2 台で敷均し、最終層を 11 t 級振動ローラ 2 台で締固めた。なお、端部の締固めはハンドガイド式 1 t 級小型振動ローラ 1 台で行った。最終層ではブルドーザの敷均しと振動ローラによる締固めを同時に行い、異なる重機が稼働した状況でのシステムの確認を行った。小型振動ローラのマシンガイダンス機能は、その振動によってGPSなどが誤作動するため、開発が遅れていたが、GPSアンテナを比較的振動が少ないガードカバーに設置し、システム(ノートパソコン)をオペレータが背負うことで対応した。システムを搭載した小型振動ローラを写真-2に示す。

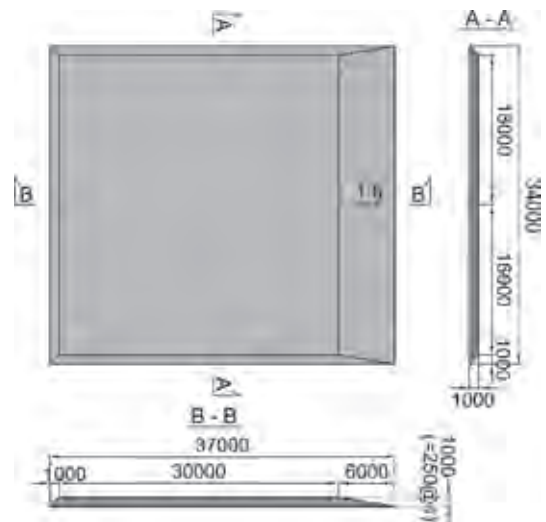


図-2 検証実験形状

表-1 実機試験項目

機種	台数	実施項目
19 t 級湿地ブルドーザ	2	敷均し: 25 cm × 4 層
11 t 級振動ローラ	2	転圧: 6 回 / 層 (1.0m / 層)
1 t 級小型振動ローラ	1	転圧: 6 回 / 層 (1.0m / 層)

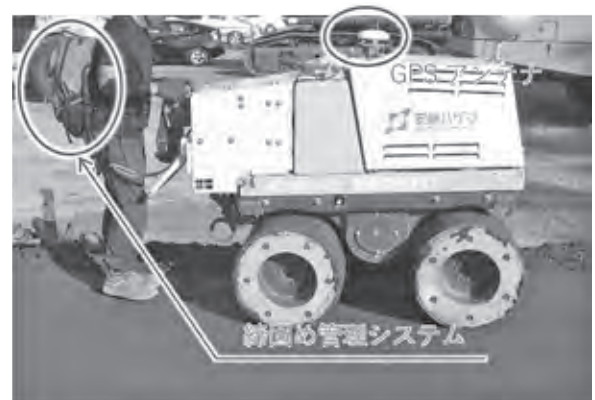


写真-2 小型振動ローラへのシステム搭載

4. 検証試験結果²⁾

本システムで行った敷均し・締固め管理の検証結果を以下に示す。

図-3～5のモニタ画面の通り、操作画面は分かりやすいグラフィカルユーザーインターフェースにより、オペレータに負担のかかる複雑な操作を一切排除し、現場導入時の作業修練時間の短縮を可能としている。

図-3はタブレットに表示された全重機の稼働状況の表示画面である。ブルドーザと振動ローラの異なる重機が稼働している状況において、タブレット上にすべての重機の位置および稼働状況が確認できる。これにより、工事監理者は全体の作業状況、進捗を把握できる。なお、各重機は最大8台まで設定が可能である。

全重機の稼働画面からタブレット上の個別の重機をタップすると個々の重機の詳細状況が確認できる。図-4はブルドーザの稼働状況画面である。ブルドーザは自機の動きと敷均し状況に加え、他のブルドーザによる敷均し厚の分布状況が表示される。図-5は振動ローラの稼働状況画面である。振動ローラは自機の動きと作業状況に加え、他の振動ローラの動きや軌跡および転圧回数が表示される。重機の個別状況が把握できることにより、作業の過不足や効率性、オペレータの技量などが把握でき、重機の配置変更やオペレータへの指示などにより、その場での是正が可能である。

重機搭載モニタはタブレットと同様にオペレータ自身の作業状況に加えて、同じ作業を行っている周りの重機の状況が確認できる。また、振動ローラの転圧回数は合算でき、近くの別の重機に対応を指示することができる。

小型振動ローラへのシステムの適用については、振動によるGNSSアンテナの不具合は認められず、タ

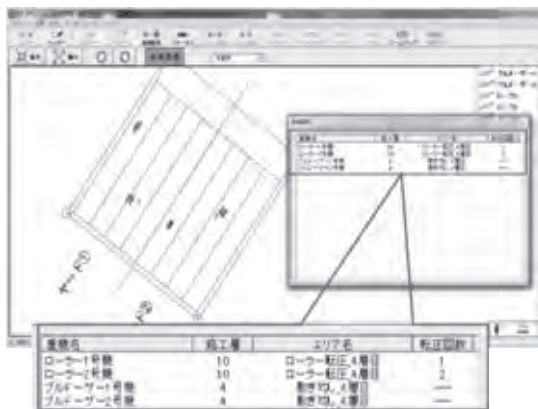


図-3 全重機の稼働状況表示画面

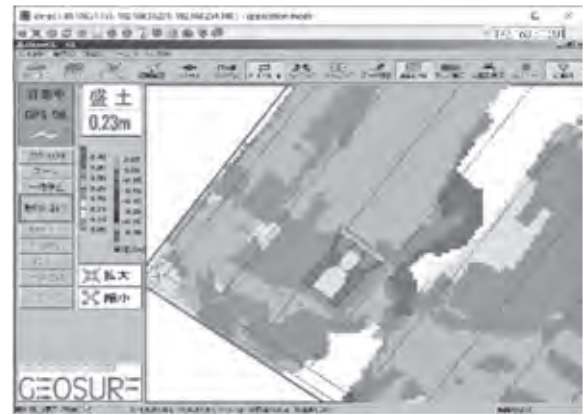


図-4 ブルドーザの稼働状況表示画面

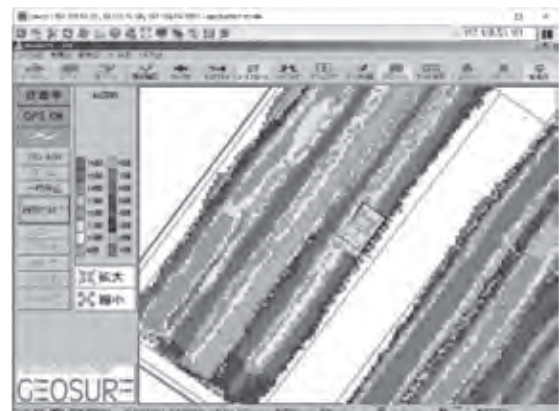


図-5 振動ローラの稼働状況表示画面

ブレットのモニタからも、リアルタイムの位置、軌跡、転圧回数の状況が確認できた。これにより、締固め範囲のすべてで所定の転圧回数の有無の確認ができる。

5. トータルステーション (TS) を用いた小型振動ローラ検証試験

山で囲まれた山岳地帯でのダム工事や坑道内での敷均し・締固め作業などを行う工事では、GPSを受信しづらい状況となる。このため、写真-3に示す坑道内を想定したトータルステーション (TS) を用いた軌跡管理の検証を別途行った。検証では写真-4に示すとおり、小型振動ローラの上部にプリズムを取り付け TS で自動追跡を行った。

TS を用いた小型振動ローラの軌跡・転圧回数の記録を図-6に示す。この結果、TSにおいても小型振動ローラの軌跡管理・転圧回数管理がパソコンやタブレットで行えることを確認した。一方、現状ではTSのスキニングの速度は3点/s程であり、転圧速度が速い場合やメッシュ間隔が小さい場合は転圧を認識しない場合がある。また、TSとプリズム間に障害物があるとTSがプリズムをロストすることがある。実



写真-3 TSを用いた検証試験状況

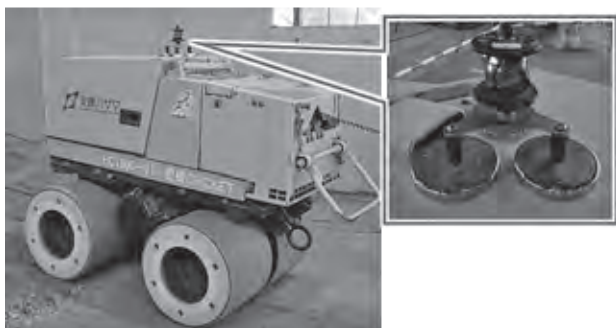


写真-4 プリズム設置位置

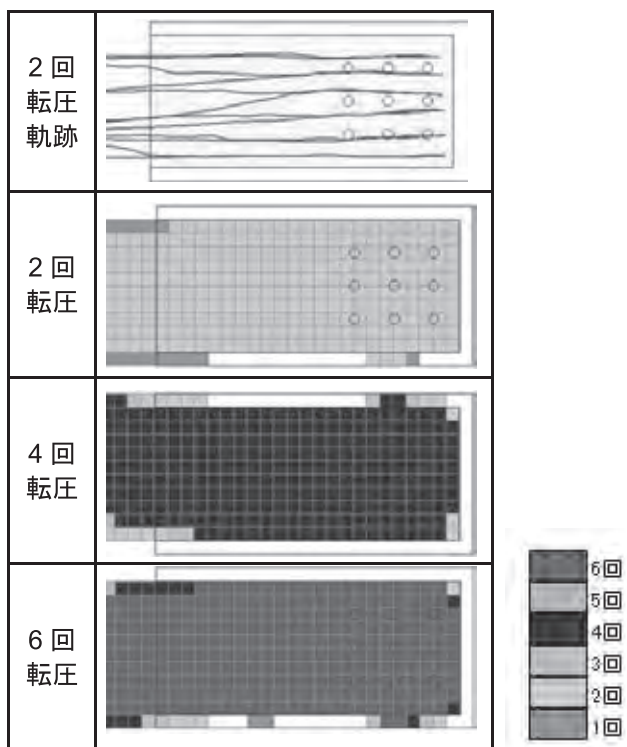


図-6 TSを用いた軌跡および転圧管理

施工においてはこれらの点についての対策を施す必要がある。

6. システムの効果

本システムの使用により、工事監理者はその場で全体および個別の作業状況を確認し、施工の不足箇所や無駄を素早く把握できるため、改善・是正が可能となった。これにより「作業効率および作業能力の向上」「作業の平準化」に繋がり、品質および生産性が向上する。

7. おわりに

建設業界では建設機械の自動化、自律走行の開発が進められている。開発の過渡期においては、マシンガイダンス搭載型や自動および遠隔操作搭載型そしてオペレータ操作型の建機の混在作業が予想される。特に様々な工種、機械が錯綜して同時に稼働する大型工事では、作業管理システムの開発が必要となる。

また、今後の建設機械の開発においては通信方法が重要な要因となる。本稿ではGPSに加え、TSを用いた小型振動ローラの検証を行っている。小型振動ローラの検証結果は、大型のブルドーザや振動ローラにおいても十分流用できるものであると考えている。

本システムは、作業管理のプラットフォームの方向性を示したものであり、今後は様々な機械、作業に対し実証的な試験を実施し、機能を高めていく所存である。

JICMA

《参考文献》

- 1) iCE 取扱説明書 ジオサーブ(株)
- 2) 和辻総一郎, 渡邊純章, 藤田司, タブレットを用いたダムの敷均し・締め管理, 土木学会第76回年次学術講演会(2021) VI-944

【筆者紹介】

和辻 総一郎 (わつじ そういちろう)
安藤ハザマ
建設本部 土木技術統括部

