

応用技術を用いた土工 ICT 施工と管理

長崎県土木施工管理技士会
株式会社吉川組
現場代理人
満尾裕也

1. はじめに

本工事は、平成新山山頂に存在する溶岩ドームの崩壊に伴い発生する岩屑なだれ及び、崩壊後に発生する土石流の氾濫を防止する事を目的に嵩上げされた堤体部の背面に衝撃緩衝盛土を行う工事である。

工事概要

- (1) 工事名：水無川1号砂防堰堤左岸改築（その2）工事
- (2) 発注者：国土交通省九州地方整備局雲仙復興事務所
- (3) 工事場所：長崎県島原市
- (4) 工期：平成29年1月11日～平成29年7月21日
- (5) 工事内容：掘削工30,300m³ 緩衝盛土工



図-1 竣工写真

20,700m³ 嵩上盛土工9,200m³
法面整形工 5,580m² 他1式

本工事は、I-Construction 対応工事である。レーザーキャナーによる起工測量から ICT 建機を用いた施工など行っているが、ICT 施工の基本的な説明は割愛する。

2. 現場における問題点

工事全体で見れば、いくつかの問題点は挙げられるが、ここでは盛土工の品質及び安全管理について2点を挙げる。

- (1) 緩衝盛土は、締固めを伴わない盛土であり、その性質（目的）上、出来るだけ解した状態で盛土施工を行うのが望ましい。

しかし、施工延長が長い事と盛土の最大直高は約19m（平均高さは約10m）ほどあり、また締固めが無いため、1層の敷均し厚さの基準がない。かといって、極端に厚く敷均しを行うと、盛土材を運搬するダンプトラック（10t）が土

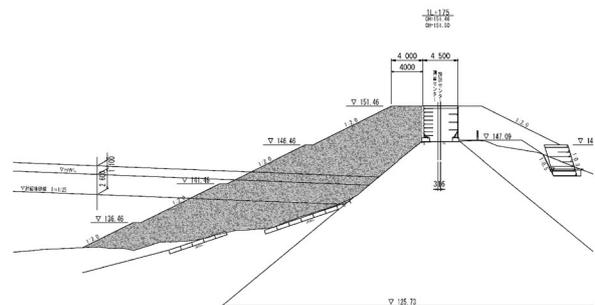


図-2 緩衝盛土 断面図

砂にハマリ走行出来なくなり、また高所に至っては法肩からの転落等のリスクが考えられる。

(2) 嵩上盛土は、転圧を伴う盛土であり、タイヤローラーによる転圧作業があるが、施工端部（特に法肩付近）は転圧作業時に①同様転落や滑落のリスクがある。安全性と品質確保の点から施工方法を考慮する必要があり、通常の ICT 施工にプラスアルファの工夫が必要であった。

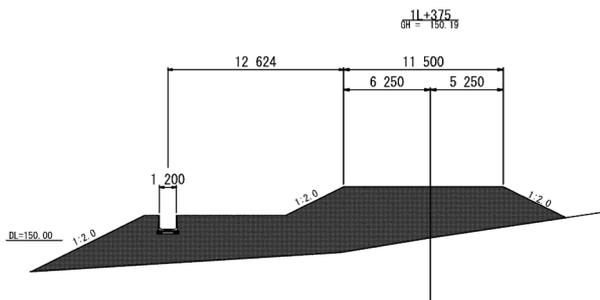


図-3 嵩上盛土 断面図

3. 工夫・改善点と適用結果

(1) 緩衝盛土

① 敷均し厚さの計画

締固めを必要としない盛土で、かつ『緩衝』を目的としているので、出来るだけ締固めないということが前提となる。

締固め度の範囲などの値は特に示されていないが材料を運搬するダンプトラックが走行できる範囲で、敷均し厚さをできるだけ大きくし、締固め度を小さくするよう計画を行った。

なお、使用する盛土材は、現地採取土を使用するが良質な砂質土のため問題ない。

② 敷均し厚さの決定

敷均し厚さの決定は、転圧を行わない試験盛土を行い実車のダンプ（10t）を走行させ、轍の沈下量で決定した。試験盛土は、実際に現場で使用するブルドーザ（6t級）を使用して行い1回の敷均し厚さは、300mm、600mm、900mmの3パターンを用意し表面は実際の施工を想定し履帯転圧1、2回とした。

ダンプトラック2回走行時（1往復）の沈下量は、敷均し厚さ300mmよりそれぞれ平均で、40

mm、130mm、210mm という結果になった。

ダンプトラック（10t）のデフ（差動歯車）の高さは、車種による差はあるが概ね245mmである。数字だけの沈下量結果をみれば、900mmの敷均し厚さでも走行可能ではあるが、前述した通り地盤が軟らかいところで急ブレーキ、急発進をすると、車の重みではまり込むことがあり、また、施工が進むにつれて盛土幅が狭くなるため法肩が崩れ落ちるリスクがある。

ダンプ運搬時の安全性と、緩衝盛土という事を踏まえ、1回走行時の沈下量が10cm程度となるよう敷均し厚を500mm（463mm \approx 500mm）と定める。

$(130\text{mm}/600\text{mm}=0.216 \quad 100\text{mm}/0.216=463\text{mm})$

③ 緩衝盛土の施工

本来、締固め作業を伴わない盛土の巻き出しは、ICT 施工を行う必要性は低いと考えるが、前述の通り敷均し厚さを定めたので、RTK-GNSSを用いた MC ブルドーザで施工を行った。

適正な敷均し厚で施工を行った事によりダンプトラックが、はまり込み動けなくなるような事や、反対に盛土面が固まり過ぎるようなことは無かった。

また安全面での管理は、法肩部より500cmの位置に面的なレーザーセンサーと警報機付きパトランプを使用した。レーザーを遮蔽する物が法肩に近接した場合センサーが反応し、2カ所に設置したパトランプと警報音で知らせるシステムを利用し、ICT 施工による安全性向上に加え、ダン



図-4 緩衝盛土 ICT 施工状況

プトラック側の安全性も向上する事ができた。



図-5 レーザーセンサーと警報機

(2) 施工端部の締固め

①施工端部、法面の締固め計画

盛土端部施工時の安全性と品質を確保するため、バックホウにターボバケット（振動バケット）を装着し、法肩部より内側で施工端部の締固めを行うよう計画・立案した。

②締固め度根拠と振動時間の管理

通常の試験盛土と並行し、法肩部から内側へ1.0 m の範囲と直高0.6m の法面を、それぞれ5秒、10秒、15秒とターボバケットを用いて締固め確認を行い、締固め度の確認は、SDG 土壤密度測定器を用いて計測した。SDG 土壤密度測定器の正確性を確認するため、通常の試験盛土で行っている現場密度試験（砂置換法）との比較確認を行ったところ、施工含水比、締固め度と共に平均で±3%程度の誤差範囲であったので、ターボバケット締固め度の参考データとして採用した。

試験盛土8回転圧時の現場密度試験（砂置換法）のデータ値は94.8%であるのに対し、SDG による計測値（代表値）は98%であった、計測位置により数値のバラツキはあるが、前述した通り概ね3%の差があるため、SDG 計測値の-3%を実際の値とし、その値が90%以上となるよう管理を行う。



図-6 SDG による計測状況

なお、SDG の使用目的は、法面の締固め度の確認と、盛土施工時の含水比管理である。盛土本体の締固め管理は、工法規定方式（TS・GNSSを用いた盛土の締固め回数管理技術）で行うため、砂置換法や RI 計法による二重管理は行わない。

ターボバケットによる振動時間と SDG による締固め度の関係は下図の通り。（値は各箇所5回平均）

振動時間 \ 締固め度値	法肩部	法面部
5秒	94.4%	93.6%
10秒	96.7%	94.9%
15秒	98.0%	99.0%

図-7 法肩・法面部の計測結果

以上の結果により、本工事の締固め管理は材料のバラツキ（土粒子の密度バラツキ）と SDG 測定器の誤差を考慮し、ターボバケットによる振動時間を7秒以上とする。

次項で説明するが、施工は ICT 技術の応用で行う。

尚、ターボバケットによる転圧管理システムのシステム構築については、西尾レントオール(株)より協力を頂いている。

③ターボバケット転圧管理システム

施工端部の締固めは安全性を考慮し施工を行うと、通常の ICT 管理ではタイヤローラーが端部に寄れないためデータ（モニタ）による転圧回数の可視化ができない。

そこで、タイヤローラー等の転圧回数による工

法規定から、ターボバケットによる締固め（図-8）を採用し、施工端部からの転落災害のリスクを回避すると共に、締固め管理は転圧管理システムを応用して振動時間を規定する方式で行った（図-9）。



図-8 盛土端部の施工状況

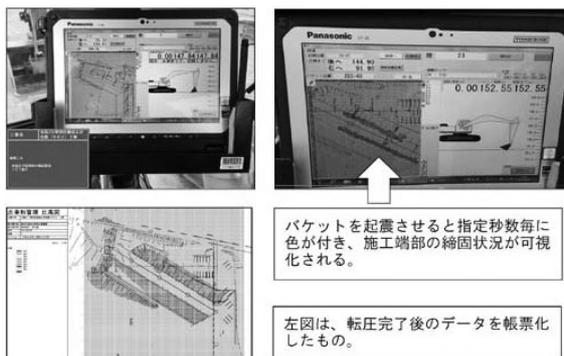


図-9 ターボバケット転圧管理システム

画面のマス目が振動時間毎（1秒毎）に変化するのでオペレータが簡単に確認でき、転圧不良などのリスクを回避できる。また、結果データは帳票として出力を行えるため、施工管理データとしても使用できる。（図-9の帳票は法面転圧時のデータ）

このような施工を行う事により、法肩部からの転落災害を回避するとともに、法肩や法面の締固めも管理も容易に行うことができ、安全・品質向上のみならず施工も合理化されるため、工程短縮にも繋がった。

4. おわりに

MC や MG 等の ICT 施工については過去に経験があるが、今回は i-Construction 対象工事であ

り、起工測量から施工管理まですべて3次元データを扱っての工事である。初体験という事もあり着工前から少なからず不安もあったが、いざ行ってみると ICT 技術のさまざまな可能性を感じる事ができた。特に施工管理の面で、従来技術と比べるとかなりの省力化を実感し、日々の施工量確認においても、ICT 建機にオプションで搭載されているステレオカメラを利用し点群データを起こす事ができ、また ICT 建機の施工履歴（バケット等の施工軌跡）などのデータを重ね合わせて、日々の施工量を確認することも可能である。

余談混じりになるが、3次元設計データに建設機械や安全設備等の3次元データを付加し、施工状況をイメージとして再現したものを、VR 技術を用いて疑似体験する取り組みを、現場的に行ったところである。普通のパソコン等の画面や紙面で見るとは3Dデータといえど2Dにしかかなり得ないが、VR 技術を導入する事により実際の視点から現場の状況や完成イメージがより強く立体的に確認できるため、VR 体験後は通常の2D等による検討などとはまた違った施工方法や安全面についての具体的な会話が自然と発生し、施工計画の精度が上昇する結果を得る事もできた。こういった CIM コミュニケーションを積極的に利用する事により、今まで事前にイメージ出来なかったリスク等を発見する機会が増え、また今後益々発展するであろう土木 ICT 技術や応用技術も踏まえて積極的に利用することにより、さらなる生産性の向上に繋がる事を期待する。

今回、紹介した技術は、施工端部や法面の締固め管理をどう行うかを思考し、既成の転圧管理システムを応用した物であり、今後 ICT 施工を行う際の参考になれば幸いである。最後に、ご指導頂いた雲仙復興事務所の皆様は基より、ご協力頂いた工事関係者の皆様に、この場を借りて厚くお礼申し上げます。