

軟弱地盤上におけるICT土工（路体盛土）について

工 事 名	上沼道 米岡地区軟弱地盤改良工事
工事場所	新潟県上越市米岡地先
受 注 者	株式会社 福田組
発 表 者	山田 十一

1. はじめに

本工事は上越市米岡地先において、深層混合処理・浅層混合処理の地盤改良工及び路体盛土工を行う工事で、令和3年3月22日～令和4年10月14日（572日間）を工期とし、無事故無災害で竣工を迎えた工事である。本工事の施工箇所は地盤はGL-50m付近までN値が15以下の軟弱地盤であり、盛土の施工による沈下が懸念される場所での施工であった。この軟弱地盤上においてICT土工を実施したが、施工上の問題点・対応策及び日々の沈下・変位観測による地盤の挙動監視～盛土可否方法について報告するものである。

2. 概要（現況状況）

工事概要

■ 工 事 名	上沼道 米岡地区軟弱地盤改良工事				
■ 工 期	令和3年3月22日～令和4年10月14日（572日間）				
■ 工事場所	新潟県上越市米岡地先				
■ 工事概要	道路土工	路体盛土工	20,500m ³	法面整形工	4,100m ²
		残土処理工	1式		
	地盤改良工	安定処理工	3,920m ²	自走式土質改良工	1,300m ³
		固結工	520本		
	仮設工	1式			



写真-1. 現場全景（完成写真）

本工事施工箇所の地盤は、GL-30m付近まではN値5以下、GL-50m付近までは概ねN値15以下という軟弱地盤のため、深層・浅層混合処理を行うフローティング型壁式地盤改良工法による沈下対策を行った後に、路体盛土工を行うものである。路体盛土工ではH=10m程度の盛土を行うが、H=4.0m以上の範囲については10cm/dayの緩速盛土を行い、路体盛土ではICT土工を採用し、ブルドーザによる敷均し・振動ローラによる転圧・バックホウによる法面整形をICT機械で施工した。しかし、盛土に伴い発生する沈下がICT施工に影響を及ぼすことへの対応策の検討が必要であること、及び盛土による沈下・変位の計測結果を用いた基礎地盤の安定管理と翌日の作業可否判断が施工上必要であったことから、この対応について対策を実施した。

3. 方法

3-1. 盛土に伴う沈下とICT土工（敷き均し）

ICT土工では、試験盛土で決定した敷き均し厚さを基準とした層毎の基準高を、予めブルドーザのシステムに入力して施工を行う。本工事の実際の施工では、施工時の横断勾配（4%）を考慮した設定にて入力したが、本報告では簡易的にレベルで設定した場合を想定して記載する。図-1のように、試験盛土で決定した敷均し厚さが32cmであった場合、n+1層目の敷均し基準高はTP+10.320で設定し、転圧後にTP+10.300となる。同様に、n+2層目では、ブルドーザに入力する基準高は

10.300+0.320=TP+10.620m
であり、転圧後にTP+10.600となるように設定する。
このように設計の基準高、1層当りの敷均し厚さを考慮し、予めブルドーザに全層の基準高を入力してから施工を行う。

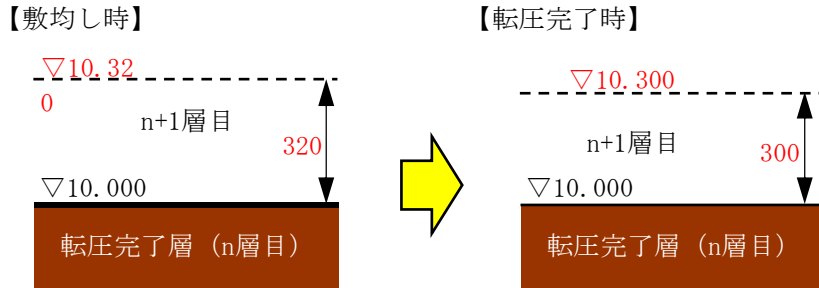


図-1. 敷均し転圧概要図

しかし先述の通り、本工事施工箇所地盤は軟弱地盤で構成されており、盛土の施工に伴い日々沈下が発生する。例として、1層の盛土により1cmの沈下が発生した場合の概要図を図-2に示す。図-2-1は図-1と同様に機械に設定した概要であるが、実際の施工時では図-2-2に示す通り、1cmの沈下により転圧完了層（n層目）がTP+9.990となっている。このため、設定した基準高では敷き均し厚が33cmとなってしまう、転圧後の1層の仕上げ厚さは31cmとなり（図-2-3）、路体の1層あたりの仕上げ厚さが30cm以下を満足することができない。



図-2-1. 敷均し転圧概要図

図-2-2. 沈下発生概要図

図-2-3. 転圧完了時概要図

このため、1層の仕上げ厚さを30cm以下とするには日々の沈下量を施工に反映させる必要性が生じた。本工事ではフローティング型壁式地盤改良工法の試験施工であったことから、沈下板による沈下量の計測を日々実施していた（36地点）ことから、『36地点のうち最大の沈下量の数値を毎日機械にオフセット入力して対応』することとした。ICTブルドーザには刃先高さ調整機能があり、ここにオフセット値を入力することで、予め機械に設定した基準高を下げる事が可能となる。例として、m層目施工時の累計沈下量が15cmであった場合の概要を図-3に示す。この場合、m層目の天端高さはTP+19.850であり、オフセット前のm+1層目の敷均し厚さは47cmとなる（図-3-2）が、最大沈下量の15cmをオフセット入力することで、m+1層目の目標基準高が20.320-0.150=TP+20.170に設定され（図-3-3）、敷均し厚さは試験盛土で設定した32cmとなり適切な敷均し厚さ、仕上げ厚さが確保されることになる。



図-3-1. 敷均し転圧概要図

図-3-2. 沈下発生概要図
(オフセット前)

図-3-3. 転圧完了時概要図
(オフセット後)



写真-1. ICTブルドーザ



写真-2. オフセット入力

3-2. 沈下・変位計測および安定管理

本工事のような軟弱地盤上での盛土作業では、盛土に伴う周辺地盤の沈下・変位、および地盤の崩壊等が発生しないよう緩速盛土を実施するほか、盛土箇所及び周辺地盤の観測を日々実施しながら施工を行う。本工事の緩速盛土としては、H=10m程度の盛土のうちH=4.0m以上となる範囲を10cm/day（30cm/3日）で施工した。なお、日々の沈下・変位観測は1回/日、作業終了後に実施した（図-4）。本工事では沈下板・変位杭にプリズムを取り付け、自動視準トータルステーション（以下、自動視準TS）による観測を実施した。

（写真-3・4）

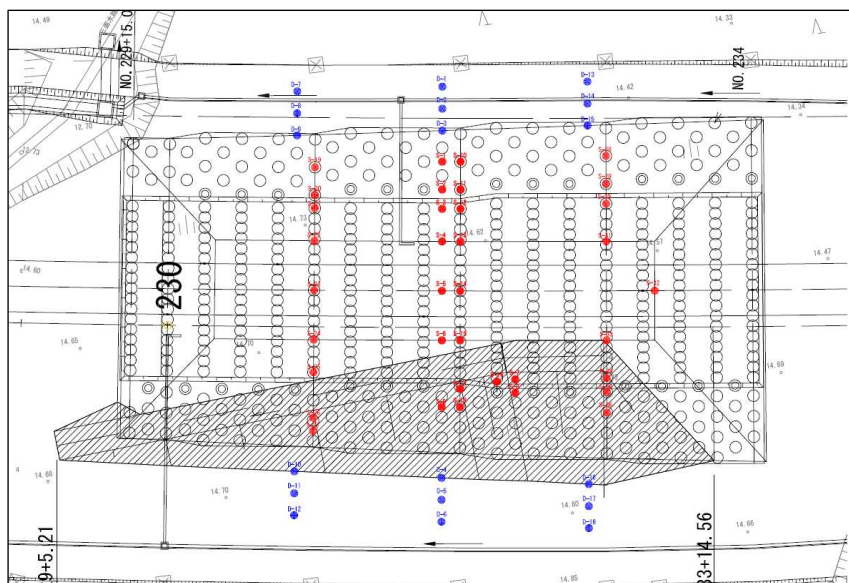


図-4. 沈下板・変位杭設置位置図（赤：沈下板36か所、青：変位杭：18か所）



写真-3. 自動視準TS



写真-4. 沈下板プリズム

軟弱地盤のすべり崩壊や周辺地盤への影響を防ぎ、安全に路体盛土工を施工するためには、動態観測結果に基づく安定管理を実施すること、施工箇所の異変の有無確認（クラックの発生等）が重要となる。このため、本工事では日々の動態観測の結果を用いて以下の安定管理図を作成し、基礎地盤の挙動を把握し翌日以降の施工が可能かを確認しながら施工を行った。安定管理図は ①富永・橋本の方法（ $S \sim \delta$ 法） ②松尾・川村の方法（ $S \sim \delta/S$ 法） ③柴田・関口の方法（ $\Delta q / \Delta \delta \sim q$ 法） ④栗原・高橋の方法（ $\Delta \delta / \Delta t \sim t$ 法）により実施し、これらの安定管理図の結果に基づき、翌日の盛土作業の可否判断を行った。

自動視準TSによる沈下・変位計測では、現場で計測したデータがクラウドに自動的にアップされ、その結果をエクセルに入力（ペースト）することにより、上記4種類の安定管理図が作成される。なお、この安定管理図は受注者にて日々確認するが、1回/週及び異常値が発生した場合は関係者（社内関係者、及び発注者担当者）が確認できるようクラウドにデータをアップしていた。

4. 結果

4-1. 盛土に伴う沈下とICT土工（敷き均し）

3-1により、前日の累計最大沈下量をオフセット入力することで、敷均し厚さが試験盛土で設定した厚さ以下となり、結果、振動ローラによる転圧後には30cm以下となるような施工が可能となった。累計最大沈下量を採用することで、沈下の少ない場所では30cm未満（25cmなど）となる場所が発生するが、品質を確保するために仕様書に則った『30cm以下』を確保するためには、最大沈下量を採用する必要がある。

4-2. 沈下・変位計測および安定管理

軟弱地盤上での盛土作業では、地盤の崩壊やこれに伴う盛土の円弧すべり、周辺地盤の影響を確認しながら作業を行うが、3-2の通り日々の動態観測結果による4種類の安定管理図を日々確認することにより、翌日の盛土の可否判断が可能となった。沈下・変位を観測するだけではその可否判断ができず、判断を誤れば周辺への影響や、盛土崩壊による災害発生にもつながる危険性がある。しかし、安定管理図を作成することにより、現在が安定側・危険側のどちらに推移しているのか、現在の盛土を継続してよいのかが客観的に判断することができた。結果、全ての盛土作業を安全かつ周辺への影響もなく終了することができた。

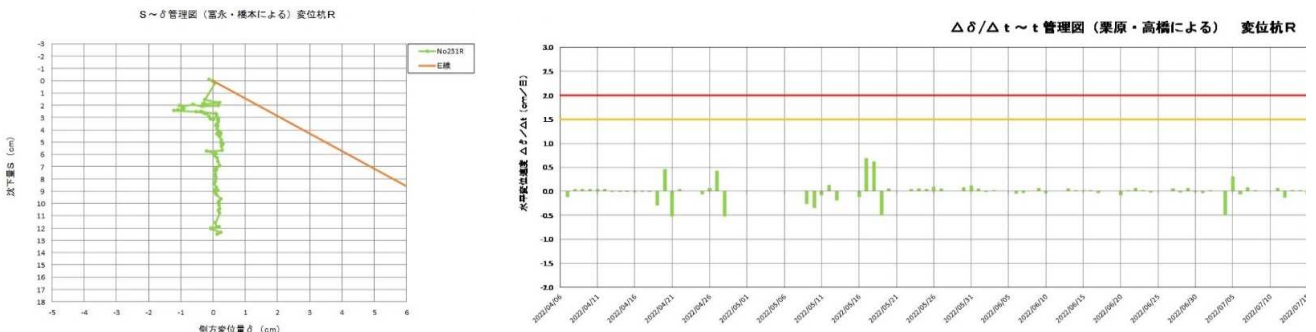


図-5. 安定管理図（4種のうち2種抜粋）

5. 考察・まとめ

本工事では、フローティング型壁式地盤改良工法の試験施工であったことから、沈下板36か所、変位杭18か所を設置し、日々計測することが計画されていたため、これを活用し安定管理図の作成に使用した。路体盛土工の施工延長が盛土下面で約85m、上面で約60m程度でこの測定点数であるが、路体盛土を主工種とする他工事では施工延長は更に長く、日々の動態観測点数も多くなることが想定される。このような工事では沈下等の動態観測結果を考慮した敷均し厚さのオフセット、安定管理図の作成において、どのように管理していくべきか検討する必要があり、また動態観測点の位置・点数等も併せて発注者と管理方法について協議し、受発注者了解のもと施工を進めていく必要があると考える。

6. あとがき

軟弱地盤上での盛土作業では、盛土に伴う地盤の沈下・変位測定を用いて周辺地盤への影響を確認するだけでなく、盛土作業の品質・出来形管理等へ活用されることになる。本工事では予め発注者と打合せを行い、その結果を共有することで問題なく施工を完了することができた。本報告書が今後の軟弱地盤上での盛土工事の参考になれば幸いである。

最後に本工事の施工にご尽力・ご指導いただいた高田河川国道事務所の皆様に感謝申し上げます。