

# 地盤改良の施工管理高度化へ ジェットグラウト工法にマシンガイダンス 高圧噴射攪拌工法 ICT 施工管理装置「JET-Track.Nav」

佐藤 潤

ジェットグラウト工法（高圧噴射攪拌工法）は地盤改良工法の一つであり、他の地盤改良工法と同様に改良は地中で行われているため、その改良状況をリアルタイムに目視にて確認することは出来ない。そのため、所定の品質を確保するうえで、施工中の管理が重要である。ジェットグラウト工法における施工管理項目は多岐にわたり、その全てを常時目視にて監視することは困難である。また、改良体の施工位置は人力による測量にて計測しており、測量ミスや施工機械の設置ずれ等が発生する可能性が無いとは言えない。それらを補うべく ICT 施工管理装置を開発した。

キーワード：地盤改良工法、ジェットグラウト工法、施工管理、マシンガイダンス、省力化

## 1. はじめに

日本でのジェットグラウト工法は1960年代より始まり、効率的かつ信頼性の高い改良を目指して今日まで様々な発展を重ねてきた。近年では、使用機械の進歩により噴射量の増大および噴射圧力の超高圧化が可能となった結果、造成される改良径は従来のφ2.0mに対してφ3.5mやφ5.0mと大口径化が図られている。

それに伴い、従来と管理項目自体は変わらなくても、その管理値の許容範囲は従来工法に比べて厳しくなっているのが実状である。ジェットグラウト工法における施工管理項目例を表1に示す。これらの管理方法は、それぞれの使用機械に付随する計器を読み取る必要があり、例えば造成時であればコンプレッサー、風量計、超高圧ポンプ、流量計、比重計を使用した硬化材の比重測定、造成機の計器計等多岐にわたり、全ての計器を常時管理することは困難である。

また、ジェットグラウト工法の配孔は、目的に応じて決められている。施工時に位置のずれが発生した場

合未改良部が出来、目的を達することは出来ない結果となる。そのため、造成時の管理も重要だが、現地での施工位置の確認についても細心の注意が必要である。

## 2. ICT 施工管理装置概要

ジェットグラウト工法の施工手順は、以下の①～④である。施工手順を図1に示す。

- ①準備（マシンセット）、削孔
- ②ロッド挿入、ケーシング引抜
- ③造成
- ④造成完了

### (1) 位置誘導

従来は、施工前に測量機器を用いて計画された改良の杭芯を出し、その位置へ施工機械を移動し設置して

表1 ジェットグラウト工法施工管理項目例

管理項目	管理内容
マシン設置	位置、角度
削孔	削孔深度
圧縮空気	圧力、流量
硬化材	配合、圧力、流量
造成	回転速度、引上速度
排泥処理	排泥状況、数量

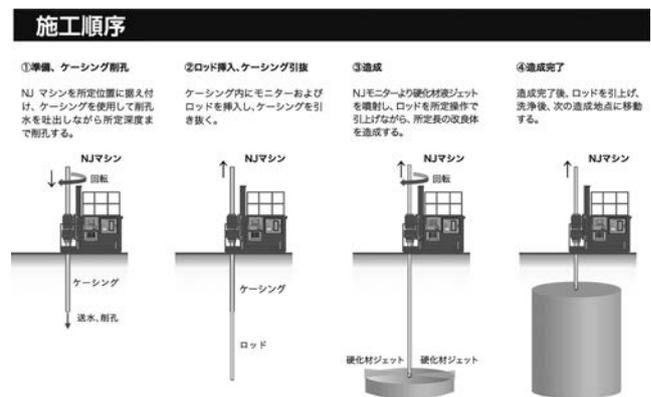


図1 施工手順

いる。

一方、ICT 施工管理装置ではあらかじめ施工位置を装置に座標で入力しておくことにより、施工機械後部に設置した GNSS アンテナによって施工機械の原位置を把握し施工位置に誘導する。これにより、測量に費やす労力を低減出来るだけでなく、測量および設置時のミス無くすることが可能となった。また、施工時の位置座標は記録されるため、どこでどのような改良体を造成したかをデジタルデータとして残すことが可能である。図-2 に誘導時の画面を、写真-1 に使用する ICT 施工機械の全景を示す。なお、GNSS アンテナによる測量誤差はサブセンチメートルであり、精度は非常に高いと言える。

(2) 削孔時の施工管理

削孔時における管理項目に削孔深度がある。従来は、使用するケーシングパイプの全長から、地表に残っている残尺を計測することによって、削孔深度を測定

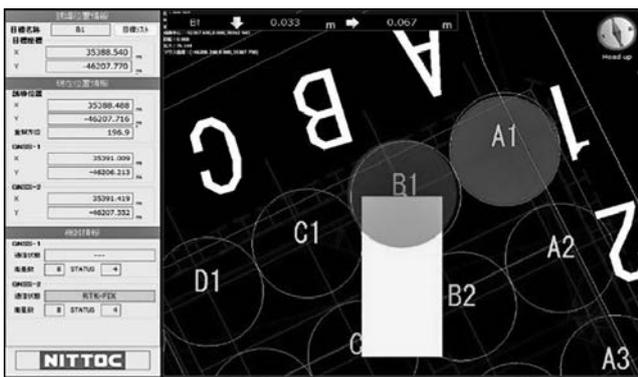


図-2 位置誘導画面



写真-1 ICT 施工機械

する方法を取っている。

ICT 施工管理装置を装備した ICT 施工機械では、削孔時の上下移動距離を記録出来るため、それによって何メートル削孔を行ったかを記録することが可能となっている。

(3) 造成時の施工管理

造成時の施工管理項目は、表-1 に示した項目のうち圧縮空気、硬化材、造成、排泥処理である。そのうち ICT 施工管理装置を使用することにより圧縮空気、硬化材、造成時の仕様については、自動で記録される。また、管理値をあらかじめ設定しておくことにより、造成時に管理基準の許容範囲を超えた場合、警告音を鳴らすことによって造成時の施工不良を抑制することが可能となっている。

施工の管理項目は ICT 施工管理装置にデジタルデータとして集積されており、その結果は帳票として出力され確認することが出来る。常時採取されるデータは、硬化材噴射圧力、硬化材噴射量、空気吐出量、空気吐出圧、ロッド回転数、改良深度であり、その他にも硬化材の計画積算流量に対する実施積算流量、削孔長、造成長、施工座標がまとめて表記されるものとなっている。



図-3 管理装置画面

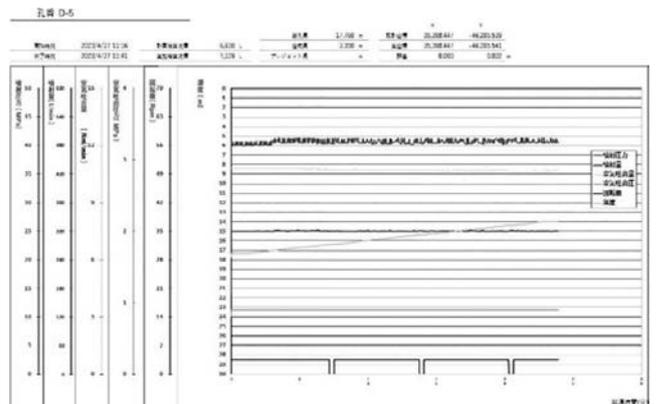


図-4 出力帳票

管理装置画面を図-3に、出力した帳票の例を図-4に示す。

#### (4) 改良体の可視化

ジェットグラウト工法を含めた地盤改良工法は、地中に改良体を造成する工法であり、その改良体は掘削時以外に見ることは出来ない。

ICT 施工管理装置では、施工時に取得した位置データや各管理項目の値を用いて、パソコン画面に仮想的に2D(図-5)や3D(図-6)にて表示し確認することが可能となっている。これによって、計画改良範囲に対する改良体配置の様子が確認出来る。表示する項目は、改良深度毎の硬化材の流量・圧力、エアの流量圧力およびロッド回転数(切削回数)より選択が可能である。

これにより、改良体の位置だけでなく、造成した改良体の健全性を見たくて確認することが可能となった。

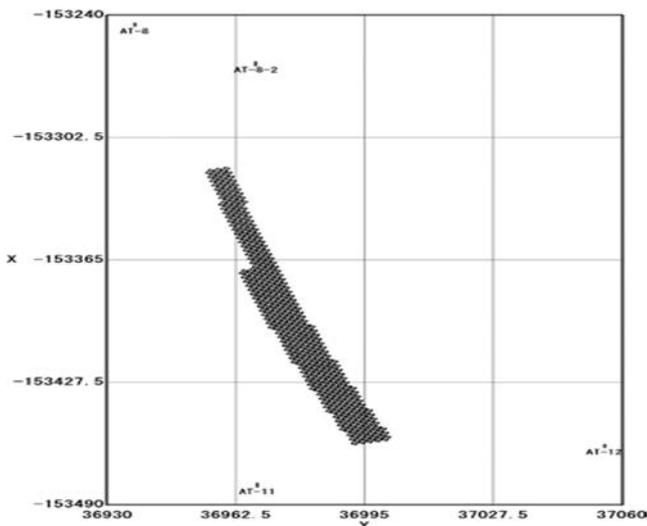


図-5 2D表示画面

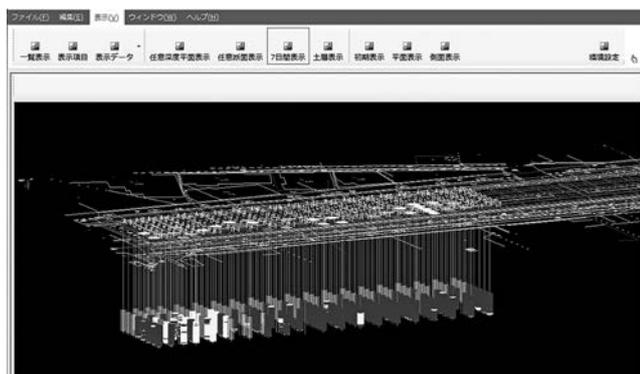


図-6 3D表示画面

### 3. 現場適用事例

ICT 施工管理装置の現場適用事例を以下に示す。

#### (1) 工事概要

工事件名：池町川地下調節池(けやき通り)築造工事(1工区)

発注者：福岡県久留米県土整備事務所

工事場所：福岡県久留米市中央町

施工期間：2023年4月17日～8月1日

施工数量：改良径φ2.5m, 改良長3.5m, 312本

本工事は、移動架台(ステージ)を施工足場として使用している。従来の施工の流れとしては、①架台移動→②測量にてステージ上に杭芯出し→③改良工→④架台移動の繰り返しといった手順となる。この場合、測量に半日から1日程度時間を要するためその際施工機械およびプラント資機材が稼働しない時間が発生する。本工事では、位置誘導をICT施工管理装置にて行うことにより、杭芯測量が省かれるため省力化を図るとともに工事期間を短縮することが達成出来ている。

施工全景を写真-2に、全体平面を図-7に示す。

#### (2) 位置誘導

施工機械の設置はICT施工管理装置の位置誘導システム(GNSS)を用いて行った。従来であれば、足場上にマーキングされた杭芯に対して、施工機械を設置する際に一度足場板を撤去する必要がある、その際に施工位置のずれが数センチではあるが発生する可能性がある。位置誘導システムを使用することにより、施工機械の正規の位置への設置が容易になるとともに施工位置のずれが発生するといった問題は解消されていることが確認された。



写真-2 施工全景

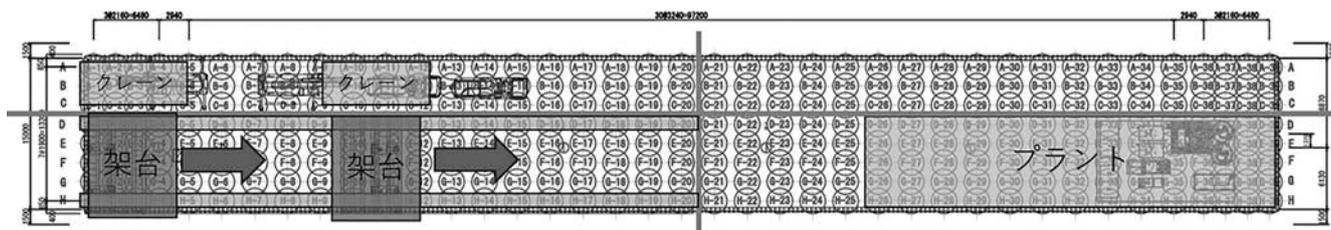


図-7 全体平面

実際に行った施工位置座標は保存され、施工記録としてデジタルデータで残される。計画位置に対しての杭芯のずれは x 方向, y 方向にそれぞれ D/8 (0.313 m) 以下を規格値としており、実施工の結果は x 方向で最大 0.048 m, y 方向で最大 0.060 m, 斜距離で最大 0.064 m と全て規格値内で収まった。

### (3) 施工データ

施工データは、当初周辺の構造物の影響により無線通信不良が発生し、一部の位置データが取得されていないことがあった。それについては、有線にて対応することにより解消された。その他のデータに関しては全て集積されていることを確認しており、施工は特に問題なく完了している。

## 4. おわりに

ジェットグラウト工法（高圧噴射攪拌工法）を含む地盤改良工法は、建設工事を行う上で今後も必要とされる工種であり、品質や安全性の向上を目的として、さらなる発展を目指す必要があると考えられる。

現在 ICT の活用は舗装工や土工では既に実用化され、遠隔操作や自動運転と様々な試みがなされている。地盤改良工法は、それらに比べて特殊な分野ではあるが、だからこそ ICT への継続的な取り組みが重要であると考えられる。省力化・省人化を目指して今後も改良・改善に取り組んでいく所存である。

JICMA

#### [筆者紹介]

佐藤 潤 (さとう じゅん)  
日特建設㈱  
技術開発本部 技術センター  
地盤技術開発部

