

情報化施工に関する取組について (京都第二外環状道路小塩灰方地区改良工事 マシンガイダンス技術による施工)

石原 寛也¹

¹近畿地方整備局 京都国道事務所 工務課 (〒600-8534京都府京都市下京区西洞院通塩小路下る南不動堂町808)

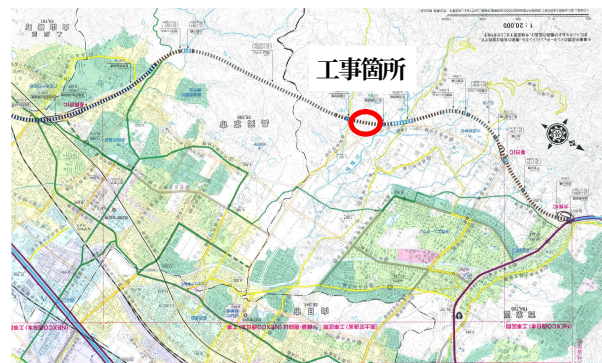
情報化施工とは現場の施工管理について新たな施工管理技術による施工を行うことであり国土交通省では一般化に向けた様々な取組が行われている。現場施工については既に一部工事において情報化施工の各技術を用いた施工が試行されているところであるが、その中でまだ施工事例が少ないマシンガイダンス技術について京都第二外環状道路小塩灰方地区改良工事で実施している。ついては本工事でのマシンガイダンス技術実施に向けての発注者・受注者間のやりとり、現場での施工状況及び課題となったこと等について報告を行うものである。

キーワード 情報化施工, マシンガイダンス, バックホウ, 京都第二外環状道路

1. マシンガイダンス技術について

マシンガイダンス技術は施工機械の位置、方位などをリアルタイムに計測し機械オペレーターに対し明示することで施工機械操作の誘導を行うなど、熟練度に依存しない操作が可能となるとともに、その都度施工機械から下車して施工状況を目視していたものが不要となるなど、施工を容易にするものである。本工事ではバックホウによる施工について適用を行った。従来の丁張りや目視による機械操作が不要となることから施工誤差の縮小や施工時間の短縮などの効果が想定される。

工事量：施工延長約460m（道路改良一式）
掘削約48,000m³、盛土約82,000m³等



2. マシンガイダンス技術実施工事について

本技術のみならず情報化施工全般について一般化・実用化に向けての試行を全面的に展開しているところであることから京都国道事務所においても適用可能な工事の選定を行った。その結果、まとまった盛土量が有り、約1年間の継続的な土工事の施工を予定していた以下の工事を適用することとした。

工事名：京都第二外環状道路小塩灰方地区改良工事
地 先：京都府京都市西京区大原野小塩町～大原野灰方町地先
工 期：2011年3月19日～平成2013年2月28日
受注者：西武建設(株)

図-1 工事位置図

3. マシンガイダンス実施フローについて

マシンガイダンス技術を用いた施工を行うためには従来の施工では使用しなかった設計データの作成、施工機械及び計測装置の配置などが必要となる。ここでは実施に向けての作業フローを説明する。

(1) 3次元設計データの作成

施工においてマシンガイダンスを実施するためには施工機械の測位を行うための計測装置が必要なのはもちろんであるが詳細設計成果の3次元化を行い、機械操作を誘導する目標線を導き出す必要がある。

a) 基準点の設置

現場状況を3次元データ化するために必要な測位を行う上での基準点を設ける。施工エリアを取り囲むように配置を行う。(図-2)



図-2 基準点配置図(工事平面図)

b) 3次元現況データ作成

現況地盤線の3次元化(ポリゴン)を行う。ノンプリズムタイプの3次元レーザースキャナにより計測を行い現況地盤線点群の3次元座標データを取得しデータ処理及び合成を行う。(図-3)

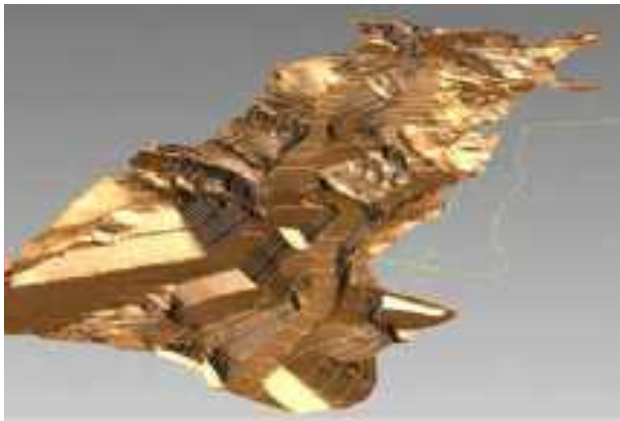


図-3 現況データ作成図

c) 3次元設計データ作成

当初発注段階の設計成果を基に2次元の設計成果を3次元に変換を行った。(図-4)本工事では作成作業を施工業者に指示した。慣れない作業であることから当初設計成果照査、3次元化作業及び3次元化後のデータチェックなどが難航した。また作業期間は当工区の延長約460mの変換作業で約1ヶ月程度掛かることとなった。既に作成済みの現況データと合成を行うことで法面の正

確な切り出しラインを算出することが出来る。本工事で実際に施工する3次元設計完成データの抽出を行った。

(図-5)

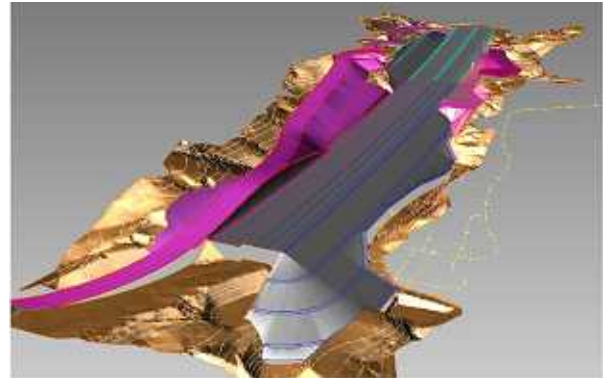


図-4 3次元設計データ

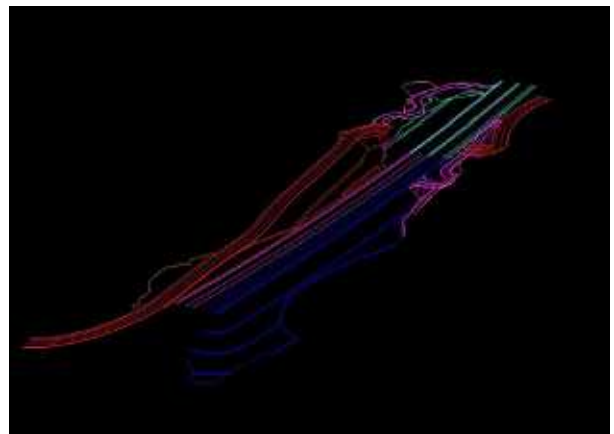


図-5 3次元完成データ

(2) ICTバックホウ導入準備

本技術の根幹となるバックホウの位置方位等計測が可能となる機器の配置、機械調整を行い現場施工に備える工程である。測位にはGNSS(Global Navigation Satellite System)を用いる。GNSSにより人工衛星からの情報を用いて1個の基地局及び各施工機械の位置を特定させる。本工事ではバックホウに通信機械を搭載して位置を特定する。(ICTバックホウ)こうして得られた施工機械位置及び方位の情報を基に基地局と施工機械との位置関係からマシンガイダンスにより施工機械の操作を誘導する。

a) GNSS受信環境確認・基地局設置

GNSSからの位置情報受信が可能となる基地局設置箇所を選定する。位置の特定を行うために基地局及び施工機械それぞれで同じ衛星を5個以上観測可能な箇所を基地局の位置とした。また、施工範囲に機械が移動した際に基地局との無線通信が出来る状況かどうか併せて確認を行い基地局を設置した。(図-6,7)なお、基地局と移動局(ICTバックホウ)との無線通信は概ね50

0mまでは通信可能である。

また、GNSS座標系を現場座標系（工事基準点に基づいたもの）に変換するローカライゼーションを併せて実施した。



図-6 基地局設置図



図-7 基地局設置状況

b) バックホウへの通信機器類等の取付

マシンガイダンスに対応するために必要となる機器類の取付を行う。①バックホウの位置情報を取得するためのGNSS受信機（移動局）、②基地局と交信を行うための無線機、③ブーム・アーム及びバケットの詳細な位置を把握するためのチルトセンサー、④バックホウオペレーターが機械の位置方位を確認するためのコントロールボックス、⑤施工機械の傾斜具合を測定するためのピッチセンサーなどが挙げられる。（図-8）



図-8 バックホウに取り付ける機器類

前出の機器を取り付けた上でトータルのキャリブレーションを実施し、マシンガイダンスによるオペレーションと機械の挙動との整合性について高精度な管理を目指す。

(3)現場施工

a) 日々の精度確認について

ICTバックホウの準備が整えばいよいよ現場施工に着手となるが準備段階で行った現場納入時の性能確認以外にも日々の施工前始業点検（表-1）により機器の不具合が無いかどうか確認を行う。また、基地局の位置等のズレなどが無いかどうか座標確認を既知点に基づき実施する。（図-9）これらの情報はより正確な情報化施工を行う上で重要な確認であり結果についてはデータベース化し、後々に確認できるようにしておく。

		チェック実施日	年 月 日		年 月 日	
		確 認 者	印		印	
対象項目	確認箇所	内 容	チェック結果		チェック結果	
1)GNSS	基地局	ブラケット(ねじ)の緩みはないか？				
		アンテナ、マストの変形はないか？				
		GNSSは正しく起動しているか？ (電力供給、バッテリー充電量)				
		無線装置は正しく起動しているか？ (電力供給、バッテリー充電量)				
2)GNSS	上部旋回体後方	ブラケット(ねじ)の緩みはないか？				
		アンテナ、マストの変形はないか？				
3)センサー	バケット部	ブラケット(ねじ)の緩みはないか？				
	アーム部	はないか？				
	ブーム部	センサの変形はないか？				
	本体部					
4)ケーブル	バケット部～アーム部	ケーブルの緩みはないか？				
	アーム部～ブーム部	ケーブルの損傷はないか？				
	ブーム部～本体					
	GNSS～本体 等					
5)データ確認		既知点	バックホウ表示	較差	バックホウ表示	較差
	X座標	測定較差が±50mm以内か？				
	Y座標					
	標高					
			確認		確認	

*各チェック項目についてチェック結果欄に“○”と記すこと

表1 日々点検チェック表



図-9 基地局座標点検状況



図-12 運転席からの施工確認状況

b) 施工状況について

マシンガイダンス対応バックホウにより道路土工の施工を行う。通常必要となる丁張りが無く、また、熟練のオペレーターによる目視操作ではなく、コントロールボックスからの誘導を画面上で確認してのバケット操作となる。(図-10)



図-10 丁張りが無い中でのバックホウによる道路土工施工
オペレーターは運転席で平面データ、断面データ、バケットの位置(座標)及び仕上がり高さまでの差分が表示されることからリアルタイムにそれらの情報を確認しながら機械操作を行う。(図-11,12)



図-11 コントロールボックスからのガイダンス状況

4. 情報化施工を実施して見えたこと

マシンガイダンス技術を用いた施工については工事途上のため引き続き実施していくところであるが現段階における上記技術を適用した場合の効果及び課題として見えてきたことが有ることから技術の一般化・実用化に向けての参考としていただきたく報告を行うものとする。

(1)効果の見られた事

丁張りが無いことが設置手間及び施工時間の大幅縮減へと繋がったことである。オペレーターに聞き取り調査を行ったところ、初めてのため最初は戸惑うがすぐに慣れ、機械操作がしやすかったとのことである。上記縮減が施工コスト削減に繋がることが期待される。また、丁張りや検収作業が省力化ができることで作業待ち時間の縮減による施工効率向上、効率向上による施工機械排出ガス低減効果の発現及び補助作業員が重機へ接近しての作業が少なくなるため事故発生率軽減への寄与などが想定される。

(2)課題となった事

まず、施工に欠かせないマシンガイダンス対応の施工機械(機器)を調達するのに難航したことである。全国的に見て普及が進んでいないことから、施工を行うとなった場合に機器の調達がスムーズに行えない懸念がある。また、供給が進んでいないことから調達単価が高止まりであるため施工効率の向上によるコストアップ効果を相殺してしまう状況となっている。また、人材育成等の観点から言うと、情報化施工についての知識及び技術の普及が浸透していないため、いざ施工を行うにしても情報化施工対応を模索しながらの対応になってしまう状況となっている。技術を習得するためのフィールドとなる現場の数についても極めて少数であることから技術を習得する機会が少ない。更には情報化施工に必要な設計成果の3次元化についてはノウハウがまだ浸透していない

め時間及び費用を要する状況である。本工事では着手から製作完了まで1ヶ月を要している。本作業については詳細設計段階で実施できるものではなく施工着手段階での対応となってしまうため、上記作業に手間取れば工期への影響が出る場合もそういされる。また、GNSSの測位精度について現場条件により左右される場合があり、誤差が大きくなってしまう場合の対応について等が不明であることなどの課題が出てきている。

しかし、上記課題などについて議論を重ね、解決していくことで情報化施工の一般化・実用化が更に進展する

と共に施工効率化へと繋がっていくものであると推察れる。

謝辞：本工事受注者である西武建設（株）及び工事担当者各位におかれましては情報化施工実施に向けて多大なご協力を頂いたとともに、本論文作成のための情報取りまとめ及び提供を頂きましたことからこの場を借りて謝意を表します。