

I-36 情報化施工に対応した監督業務支援ツールの一提案

A discussion on supervision support tool for intelligent construction

椎葉祐士¹・上石修二²・藤島崇³・篠原雅人⁴

Yushi SHIIBA, Shuji AGEISHI, Takashi FUJISHIMA and Masato SHINOHARA

抄録：近年、施工の合理化や品質確保を目的に、施工や施工管理に位置特定技術、移動体制御技術、情報通信技術等を利用した情報化施工が注目されている。これらの情報化施工の普及にあたっては、情報化施工において取得した3次元地形データ、および施工機械データを有効に利用した監督・検査手法が必要と考えられる。

本研究は、情報化施工において取得した3次元地形データ、および施工機械データを直接利用することで従来の管理内容に加えて、発注者に解りやすく表示・提供する監督支援ツールを開発するものである。これらの研究開発の概要と開発ツールの機能を報告し、情報化施工に対応した監督業務支援ツールの要件について考察するものである。

Abstract: For the purpose of streamlining construction as well as maintaining work quality, attention has recently been attached to intelligent construction where use is made of positioning technology, mobile unit control technology, information and communication technology. Encouraging broad use of these technologies in construction site, require the establishment of inspection technique in which the 3D digital terrain data acquired in intelligent construction systems.

The authors have successfully introduced software that helps display data obtained from construction machine for the client. This software offers visually-displayed as-built data that helps the owner gets a quick grasp of as-built information easily, as well as helps conventional inspection work. This paper outlines the process of R&D of that software, reports functions and features, and discusses the requirements for the software to be effectively used during construction.

キーワード：情報化施工, ICT(情報通信技術), 監督業務, CALS/EC

Keywords : Intelligent Construction, Information and Communication Technology, Supervisory activity, CALS/EC

1. はじめに

近年の技術革新により、情報通信技術、測量技術、制御技術を建設施工技術に利用した情報化施工が注目され、施工段階で活用できるマシンコントロール技術、マシンガイダンス技術、トータルステーション(以下、TS)・RTK-GNSSを用いた出来形管理技術などの様々な情報化施工技術が実用化されている。

また、国土交通省では、情報化施工の普及に向け、戦略的な普及方策をまとめた「情報化施工推進戦略(平成20年7月)」¹⁾により産学官が一体となって取り組みを進めており、全国での試行工事等を実施している。

これらの推進戦略では、普及への課題のひとつに情報化施工に対応した監督・検査の実施が挙げられているが、情報化施工に対応した監督業務支援の1つのコンセプトとして、情報化施工の連続的な施工履歴あるいは生データを直接利用することで情報を最大限に活かすことが必要と考える。そこで、これ

らの情報を活用することにより、TSを用いた出来形管理の監督・検査要領(案)等の監督・検査要領(案)に対応した管理資料の表示に加え、3次元表示や詳細情報の閲覧等、監督業務時の不具合発生時の原因分析等の判断支援や施工時の面的な品質確保を支援するためのツールを研究開発するに至った。

本研究では、まず、この研究開発の概要と研究開発成果である支援ツールの機能と入出力データを説明する。また、研究開発の考察として情報化施工を研究する立場から情報化施工で取得された情報を監督業務において最大限に活かすための課題を述べる。なお、支援ツールの検証は、情報化施工の取得データとして道路土工を想定した模擬データを用いて実施した。

2. 情報化施工技術に対する期待できる効果と課題

(1) 研究開発の概要と対象範囲

本研究の目的は、情報化施工技術に対応した監督業務を支援するツールの開発である。

1 : 正会員 工修 (社)日本建設機械化協会施工技術総合研究所 研究第三部
(〒417-0801 静岡県富士市大淵 3154, Tel : 0545-35-0212, E-mail : shiiba@cmi.or.jp)
2 : 正会員 (社)日本建設機械化協会施工技術総合研究所 研究第三部
3 : 正会員 博(工) (社)日本建設機械化協会施工技術総合研究所 研究第三部
4 : 正会員 工修 (社)日本建設機械化協会施工技術総合研究所 研究第三部

支援ツールの対象とする情報化施工技術として、施工現場への普及度を勘案し、①TS出来形管理技術、②締固め管理技術の2つの技術を対象とし、現状の情報化施工における監督業務の課題および支援ツールの提案を行う。

(2) 研究開発の対象となる情報化施工技術の概要

本研究で監督業務を支援する対象とする情報化施工技術の概要を以下に示す。

a) TSを用いた出来形管理技術の概要

本技術はTSを用いて施工対象物の出来形形状を3次元座標で計測し、出来形管理に用いる手法である。国土交通省では、中小規模工事への普及促進に向けて、これらの3次元測量技術を用いた試行工事を通じて適用性の検証を行い、道路、河川、海岸、砂防等の土工を対象としたTSを用いた出来形管理要領(案)²⁾および監督・検査要領(案)(監督検査要領(案)は道路土工・河川土工を対象)^{3) 4)}としてとりまとめている。導入効果は、計測結果と設計データとの差分を算出・提供することによる出来形計測時に必要な目串が不要になることや測量効率の向上に伴う現場作業の効率化、電子野帳を用いたデータ記録・保管による野帳記録不要や野帳からの転記不要による人為的ミス防止、3次元設計データを用いた管理断面以外の任意点管理の効率化、その場で設計との差分が確認できることによる技術者判断の早期化がある。

b) ローラの軌跡管理による面的な品質管理技術(締固め)の概要

本技術は締固め作業中のローラの走行軌跡を記録し、締固め回数管理を行うシステムである。ダム堤体盛立工、大規模造成現場、道路土工を中心に多数の導入実績がみられる。国土交通省では、本技術を用いた締固め情報化施工管理要領(案)⁵⁾をとりまとめている。導入効果は、GNSSやTSで建機的位置を取得し、平面上に設けたメッシュ毎に締固め回数をカウントし、試験施工で確認した規定回数との差をオペレータに提供することで現場における品質確認、不要な締固め作業の排除による施工の効率化、面的な品質管理による締固め品質の確保・均一化がある。

(3) 情報化施工の取得データを直接利用する効果

TS出来形管理技術および締固め管理技術の取得データを直接利用することによって監督業務に対する以下の効果が考えられる。

a) 施工の不具合の早期改善

情報化施工の取得データを迅速に収集することで施工の不具合点(例:締固め回数の適否、層厚など)を早期かつ面的に把握することや、現場の任意の位置で出来形を確認することで不具合の早期発見を容易に実現し全体的な品質確保を支援する。

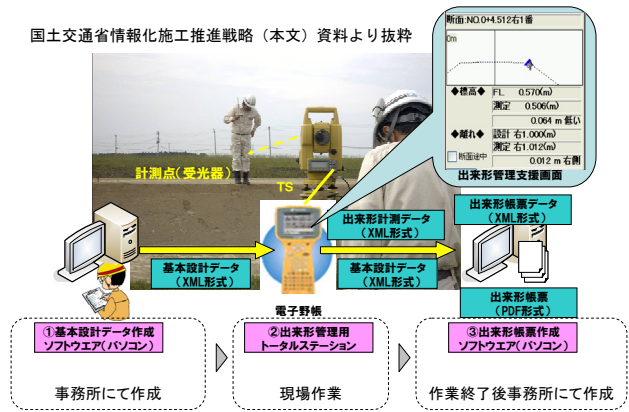


図-1 TSを用いた出来形管理

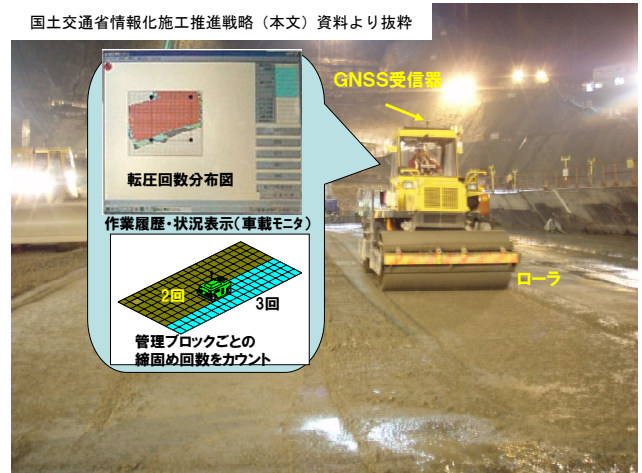


図-2 ローラの軌跡管理による面的な品質管理技術

b) 机上検査の省力化

情報化施工の取得データ(設計データ+3次元出来形データ等)を利用することで計測位置と結果を関連づけて管理・表示可能となり、監督職員が把握、確認しやすい情報を提供することができる。また、発注者向けの帳票・図面は監督業務支援ツールが施工データを活用して自動作成することで、これまで作成していた測量手簿・出来形管理帳票・竣工出来形図等の複数の資料作成が不要となる。

c) 維持管理での情報利用

法長、幅員等の長さや高さ等の相対的なデータは再利用性に乏しいが、取得されたデータは座標データとして保持されているため、道路基盤データ等との親和性が高いと考えられる。このように、情報化施工の取得データを点検時の初期データとして利用する等、維持管理段階において施工データを活用できる。

(4) 情報化施工技術の監督業務に関する課題

情報化施工に関する管理要領(案)や監督・検査要領(案)は整備されつつあり、「トータルステーションを用いた出来形管理の監督・検査要領(案)(道路土工編)(平成22年3月)」、「同左(河川土工編)(平成22年3月)」が策定され、情報化施工に係わる監督・検査の実施項目とその手順が示さ

れている。

これらの監督・検査要領（案）では、従来施工と同様の管理帳票形式や目的別の管理資料として変換され監督職員が把握・確認することとしている。その結果、情報利用の観点において以下の課題があると考える。

a) 有益なデータの破棄

情報化施工により面的な出来形や品質の情報を取得できるが、監督者へ提出する管理帳票を作成する段階でそれらの情報が選別され、従来の管理では把握できなかった有益な情報を監督業務にうまく活用できていない現状にある。

b) データの分散によるチェック作業の増加

現在の情報化施工の監督業務は、出来形管理や品質管理の状況把握を行うために、従来施工と同様に、施工業者によって作成された目的別の管理帳票等の資料を見る必要がある。このため、情報化施工で得られた管理情報の把握は、人の介在が必要となり、膨大かつ分散された管理項目別の帳票を把握するといった視覚的にわかりにくく非効率なチェック作業となっている。

このため、情報化施工の取得データを利用して現場状況や出来形・出来高を監督職員に分かり易く表示・提供する技術の確立として管理断面だけでなく面的な施工品質を効率良く確認可能なツールが必要である。つまり、情報化施工で得られた計測値や測位情報等の一連の施工履歴の生データを直接用いて3次元表示や詳細情報の閲覧等、監督業務時の不具合発生時の原因分析等の判断支援や施工時の面的な品質確保を支援できるツールが必要である。

3. 情報化施工に対応した監督業務支援ツールの開発

3章では、2章で整理した監督業務に関わる課題を踏まえ、①TS出来形管理技術、②締固め管理技術の2つの情報化施工技術に対応した監督業務支援ツールの要件および開発した機能を説明する。

(1) 支援ツールの概要

本ツールは、①TS出来形管理技術、②締固め管理技術で取得された施工管理データおよび施工履歴データをそのまま入力することが可能である。図-3に示すとおり、施工管理データおよび施工履歴データは出来形計測位置や締固め範囲等の点情報や面情報に加えて、計測した測点や計測者等の出来形管理の属性情報、転圧回数分布や施工軌跡等の締固め回数管理の属性情報を取得している。これらの情報を本ツールにより活用して閲覧することで、従来管理で提出されている2次元の断面図や平面図の形状表現、長さや高さのみの数値管理では把握・確認できな

った問題にも新たに対応できるように3次元的形状や管理情報を表示し情報提供できる。また、監督職員が自由に必要な情報を確認できるために、これまで管理帳票に記載していない位置座標の情報や任意の管理箇所等の詳細情報も閲覧できる。

(2) 支援ツールの要件

a) TS出来形管理

図-4にTS出来形管理に関する支援ツールの主な要件を説明する。

①閲覧・検索機能として、TS出来形管理で扱われる施工管理データを読み込むことができ、画面上で設計形状のイメージと現場計測結果を一目瞭然で把握できること。また、3次元可視化画面から閲覧したい管理情報を検索できること。

②詳細情報の確認機能として個別の計測結果について計測断面や計測対象箇所を詳しく確認することができること。

③監督業務の立会結果記録入力機能として現場計測立会時の結果を入力することで、設計との差分を自ら確認・検査でき、結果を登録できること。

b) 締固め管理（品質管理）

図-4に締固め管理に関する支援ツールの主な要件を説明する。

①閲覧・検索機能としてTS・GNSSを用いた締固め管理で扱われる施工履歴データを読み込むことができること。

②詳細情報の確認機能として読込んだデータから、画面上で施工指示範囲、施工日のイメージを一目瞭然で把握できること。また、施工範囲に対して、品質管理に必要なデータを関連づけて登録することができること。さらに、個別の計測結果について詳しく確認することができること。計測結果については、転圧回数分布図、材料試験結果、軌跡図、試験施工結果、施工状況写真等、品質確認に必要な資料をシステム上で閲覧できること。

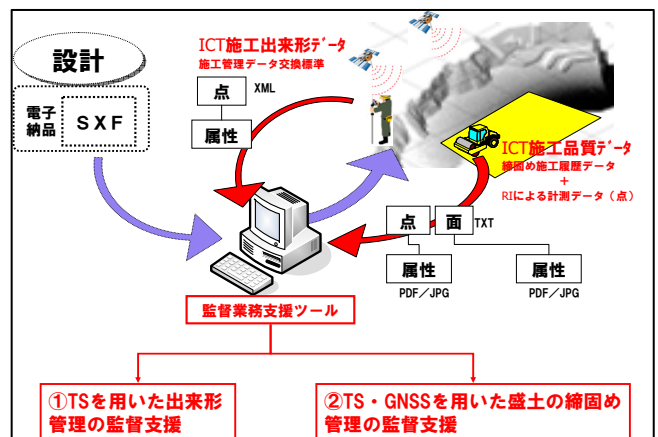


図-3 支援ツールの概念図

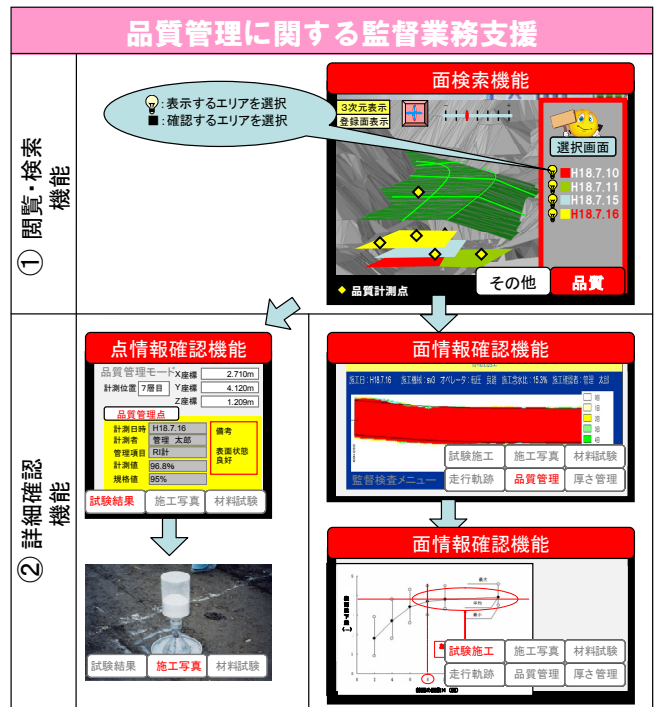
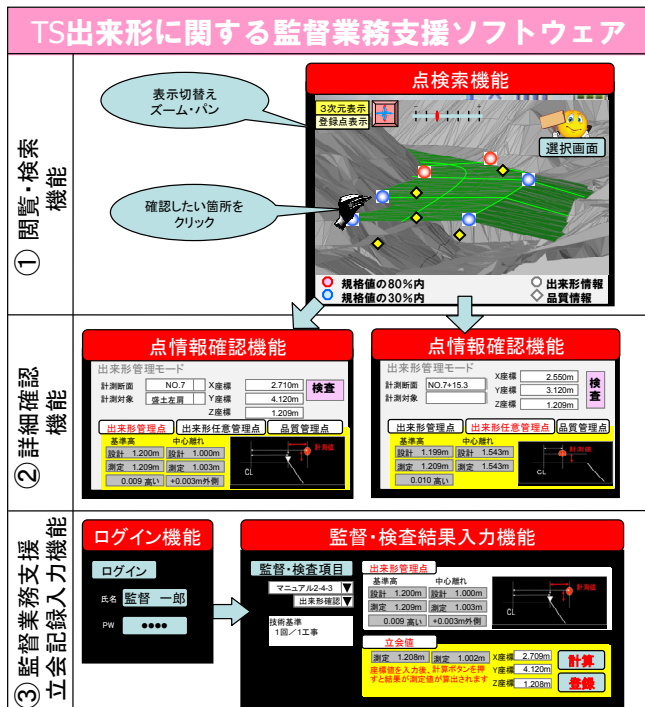


図-4 支援ツールの開発要件

(3) 監督業務支援の機能とシナリオ

a) TS出来形管理

監督・検査要領(案)に記載されている情報化施工技術に関わる現状の出来形管理状況の確認方法は、「測定結果一覧表」および「出来形管理図表」の確認として監督職員が施工業者より提出された帳票を元に出来形管理基準に定められた測定項目、測定頻度並びに規格値を満足しているか否かの確認を行うこととなっている。

提案手法では、帳票ではなく、帳票とともに施工業者から提出される情報化施工にて取得される生データ(施工管理データ(XML ファイル))⁶⁾を用いて出来形管理状況の確認を行う。

図-5に出来形管理状況の確認時の監督業務支援ツールを用いたフローと表示画面を示し、以下に、機能と利用手順を説明する。

① 施工管理データの読み込み機能

TS出来形管理で扱われる施工管理データを読み込む。施工管理データを読み込むことで3次元的可視化画面が表示される。

② 可視化した施工管理データの構成点を選択する機能

3次元的可視化画面上から個別の計測結果について詳しく確認する点を選択する。

③ 選択した構成点が保持する出来形計測情報の詳細を表示する機能

個別の計測結果について設計値との差を詳しく確認する。設計値との差については、設計値、実測値、設計値と実測値との差等の数値表示や設計形状へ実測値をプロットした3次元的可視化表示で確認することができる。

④ 計測結果登録対象の構成点選択機能

3次元的可視化画面上から現場計測立会を行う点を選択する。

⑤ 計測結果の登録・検査機能

立会結果の座標値を自ら登録し、設計値との差を確認、検査する。

⑥ 計測結果の一覧表示機能

施工業者の実施した計測結果との対比を行う。また、立会結果の座標値を自ら登録し、設計値との差を確認、検査する。

b) 締め管理(品質管理)

情報化施工技術に関わる品質管理状況の確認方法は、品質管理状況の把握として監督職員は施工業者より提出された日常管理帳票(締めめ分布図、走行軌跡図、盛土管理図)および施工含水比記録を受理し、盛土の品質管理状況を把握することとなっている。

提案手法では、帳票ではなく、情報化施工にて取得される生データ(施工履歴データ)を用いて品質管理状況の把握を行う。

図-6に品質管理状況の把握時の監督業務支援ツールを用いたフローと表示画面を示し、以下に、機能と利用手順を説明する。

① 締め管理の施工履歴データの読み込み機能

TS・GNSSを用いた締め管理で扱われる施工履歴データを読み込む。

② 施工範囲の選択機能

3次元的可視化画面上から登録された施工範囲を選択する。

③ 締め管理情報の登録機能

施工範囲について品質管理に必要な情報(PDF/JPG)を登録する。

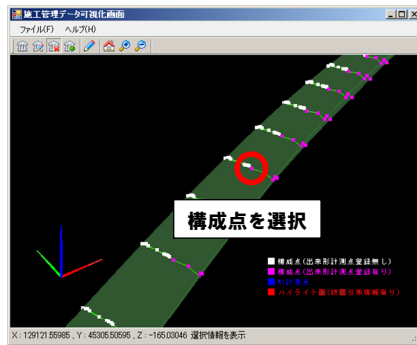
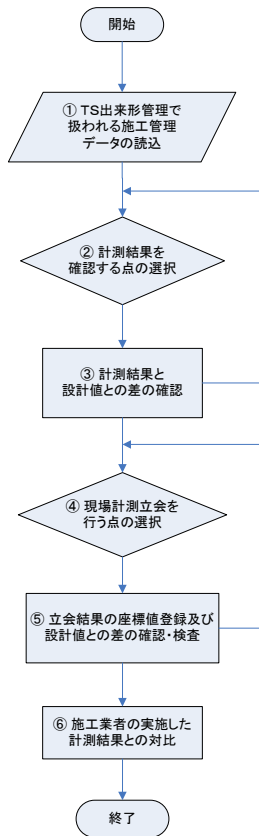
④ 締固め情報の一覧表示機能

一覧からデータ確認を行う施工日・施工範囲を選択する。

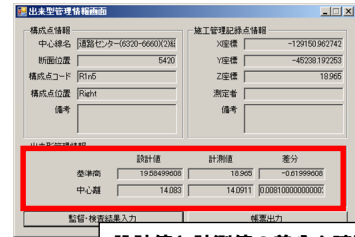
⑤ 締固め情報の出力機能

施工範囲の施工結果について、締固め分布図を閲

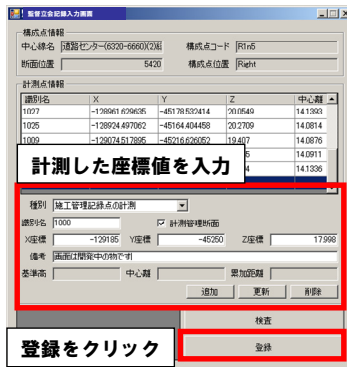
覧し、締固め範囲の全範囲を確実に所定の締固め機械による規定回数で締固めているかを把握する。また、走行軌跡図を閲覧し、締固め機械の走行軌跡として妥当性を評価することで、対象となる締固め分布の信頼性を把握する。



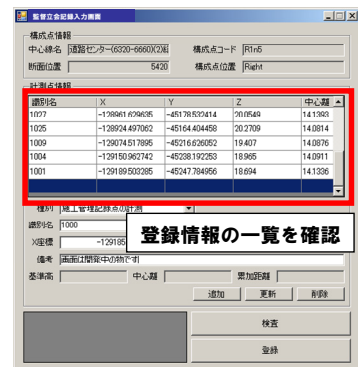
② 計測結果を確認する点の選択
④ 現場計測立会を行う点の選択



③ 計測結果と設計値との差の確認

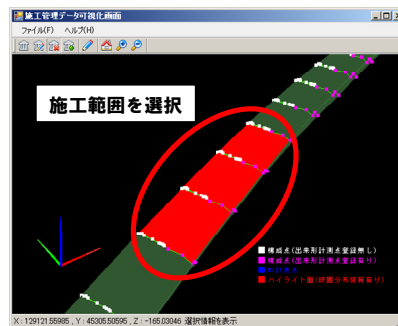
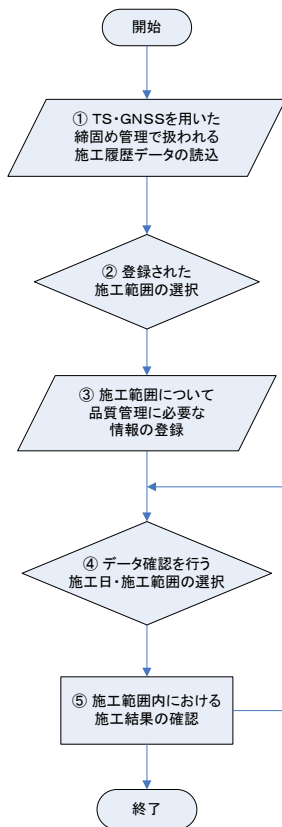


⑤ 立会結果の座標登録及び設計値との差の確認・検査

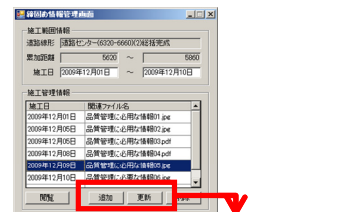


⑥ 施工業者の実施した計測結果との対比

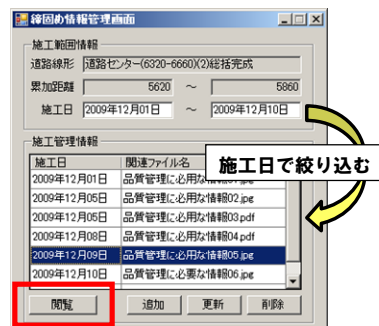
図-5 支援ツールの機能とシナリオ (出来形管理)



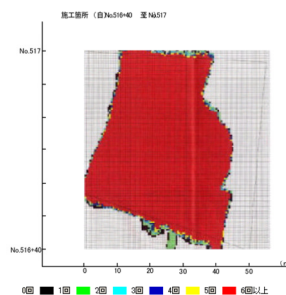
② 登録された施工範囲の選択



③ 施工範囲について品質管理に必要な情報の登録



④ データ確認を行う施工日・施工範囲の選択



⑤ 施工範囲内における施工結果の確認

図-6 支援ツールの機能とシナリオ (品質管理)

4. 考察

3章で提案した監督業務支援ツールを用いて情報化施工の取得データを直接利用することで、従来の管理内容に加えて、3次元表示や詳細な情報を閲覧することが可能となった。しかし、以下に示す表示上の問題や現行の管理基準等の課題が残っている。なお、支援ツールの検証にあたっては、情報化施工の取得データとして施工延長500m、管理測点14測点相当の道路土工工事を想定した模擬データを使用した。

(1) TS出来形管理データの利用について

①情報化施工に対応した出来形管理基準・規格値

3次元データを用いた出来形管理規格値の必要性が挙げられる。現在の出来形管理基準および規格値は、幅員や法長等の長さや高さによる管理であるため、情報化施工にて計測された3次元座標データは、従来管理手法に合わせて幅や長さに変換する必要がある。情報化施工で取得された3次元計測データに対応した基準および規格値を検討する必要があると考える。

②監督業務に適したの3次元表示方法の検討

3次元表示はマウスを使用して回転や移動ができるため様々な角度から確認することができるが、人間の目では奥行き空間の把握がしにくいいため見る角度により差の大小の見え方に差が出る。3次元表示のみでの管理は難しいため、3次元表示に適した規格値の設定と表示の基準を検討する必要がある。

(2) 締固め管理データについて

①管理結果の標準化

現在、発注者へ提出する情報化施工で取得された生データは標準化されていないため、締固め管理結果のデータ交換形式や提出方法を標準化することで、一元的な管理とデータ閲覧が可能となる。

②締固め管理結果の3次元表示方法の検討

締固め管理結果は、段階的に盛土施工する毎に取得されるため、支援ツール上に多数の層、範囲が表示された場合に、締固めエリアの締固め回数の不足がないか等を管理できないといった問題がある。

③締固め度の判定

現状では、RI等を用いて締固め度を管理しているが、実質的には強度を確保することが重要であるため、今後、直接、地盤強度を管理できる情報化施工技術も求められるのではないかと考えられる。

5. おわりに

本研究では、情報化施工に対応した監督業務支援ツールの研究開発にあたり、現在、普及している2

つの情報化技術を対象に取得データを直接利用した監督業務について期待できる効果と課題の整理を行った。情報化施工の取得データを利用することにより、施工の不具合の早期改善や机上検査の省力化、維持管理段階での情報利用等の期待される効果を抽出した。課題としては、現状の監督業務において情報化施工の取得データを従来施工と同様の管理帳票形式や目的別の管理資料として変換されており、面的、層的な詳細な情報をうまく活用できていないことがわかった。また、これらの現状の課題を解決すべく情報化施工の取得データを直接利用可能な監督業務支援ツールを開発し、その要件とシナリオの整理を行った。

本ツールにより従来の管理内容の表示に加え、3次元的な形状表現や詳細情報の閲覧を実現することができたが、監督業務に適した3次元表示や管理結果の標準化等、いくつかの課題も残っている。

今後の展開としては、現時点では模擬データを用いた機能確認のみであるため、研究開発した支援ツールを実際の現場で取得したデータを実際に利用して、監督業務の作業効率等の定量的な効果や使い勝手等の定量的な効果を検証し、さらなる課題抽出や効果の検証を行っていきたい。

謝辞: このソフトウェアの開発は、「平成20年度建設技術研究開発助成制度(政策課題解決型)」⁷⁾の支援を受けて行なった。ご協力いただいた関係各位に記して感謝の意をここに表す。

参考文献

- 1) 情報化施工推進戦略：情報化施工推進会議,2008年7月.
- 2) 施工管理データを搭載したTSを用いた出来形管理要領(案)(土工編)：国土交通省総合政策局政策課，<http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha08/01/010415_2_.html>，2008年4月.
- 3) トータルステーションを用いた出来形管理の監督・検査要領(案)河川土工編：国土交通省「技術調査関係」HP，<<http://www.mlit.go.jp/tec/sekisan/sekou/pdf/220331totalstation02.pdf>>，2010年3月.
- 4) トータルステーションを用いた出来形管理の監督・検査要領(案)道路土工編，国土交通省「技術調査関係」HP，<<http://www.mlit.go.jp/tec/sekisan/sekou/pdf/220331totalstation03.pdf>>，2010年3月.
- 5) TS・GPSを用いた盛土の締固め情報化施工管理要領(案)，2003年12月.
- 6) 施工管理データ交換標準(案)：国土交通省国土技術政策総合研究所トータルステーションを用いた出来形管理情報提供サイト<<http://www.gis.nilim.go.jp/ts/index.html>>，2008年3月.
- 7) 建設技術研究開発助成制度：国土交通省HP，<<http://www.mlit.go.jp/tec/gijutu/kaihatu/josei.html>>

(2010.5.28 受付)