

《 目 次 》

1	ICT を活用した河川浚渫工事について - 國土強靭化対策における適正な河川管理 -	1
	中日建設株式会社 庄内前田作業所 監理技術者	水野 安基 氏
2	次世代建設機械の最新マシンコントロール技術 ～チルトアシストを活用した3D施工～	7
	日本キャタピラー合同会社 情報化施工推進部 課長	佐々木 秀史 氏
3	舗装修繕工事における生産性、安全性向上技術 『N-PNext Ver. 2』～次世代を見据えた新たな舗装スタイル～	13
	株式会社 NIPPO 総合技術部 生産機械センター	立花 洋平 氏
4	積荷計量装置搭載型ダンプトラックの開発 - スケールダンプ -	19
	大林道路株式会社 技術部	光谷 修平 氏
5	LSS [®] 流動化処理土 - 土のリサイクル技術、画期的な埋戻し材・充填材の活用 -	25
	徳倉建設株式会社 土木事業本部 技術環境部	和泉 彰彦 氏

論文をカラーでご覧になりたい方は、当支部ホームページに掲載しておりますのでご覧ください。

ICTを活用した河川浚渫工事について

-国土強靭化対策における適正な河川管理-

中日建設株式会社
庄内前田作業所
監理技術者 水野安基

1. はじめに

本工事は、名古屋市中川区内(図-1)の庄内川に於ける河川浚渫工事である。全国に先がけてICTを用いて生産性・経済性及び安全性について検証した事例と結果を紹介する。

2. 工事概要

発注者：国土交通省庄内川河川事務所

工事名：平成29年度庄内川下之一色浚渫工事

工事場所：名古屋市中川区下之一色町地先

工期：(自)平成29年8月4日
(至)平成30年3月22日

工事内容：延長321m
・浚渫工(バックホウ浚渫船) 4,500m³
・浚渫土処理工 7,100m³
・仮設工 1式



図-1 工事箇所



写真-1 浚渫状況



写真-2 水上運搬状況

3. ICTを用いた浚渫の施工手順

ICTを用いた工事の手順は、(step-1)～(step-5)に順次進めていくもので、以下に実施内容を示す。なお、一部平成30・31年度工事の実施内容も記載している。

4. (step-1.1) 起工測量の実施

(写真-3)は、従来の測量方法で測点ごとに検測ロープを利用して、レベル測量を行っていた。今の現場では、マルチビーム(以下MBという)を用いた深浅測量を行い、0.25mに1点づつの高密度の河床面のデータ(点群データ)を取得した。

従来の方法では、落水の危険があったが、ラジコンボートに変えることにより、測定中には落水の危険がなくなり安全性も向上した。



写真-3 従来方法での測量状況

(写真-4)は、マルチビーム測量の状況で、(写真-5)は、マルチビームの自動航行のラジコンボートである。



写真-4 MBによる測量状況



写真-5 MB測量船(自動航行タイプ)

(図-2)は、点群データより作成した河床面の高さを表した深浅図で水中の等高線である。白枠内の緑色部分が今回の施工範囲となり「見える化」しました。うす緑色・黄色・オレンジ・赤色と順に標高が高くなることを表している。なお、青色部分は、掘削済箇所を表している。

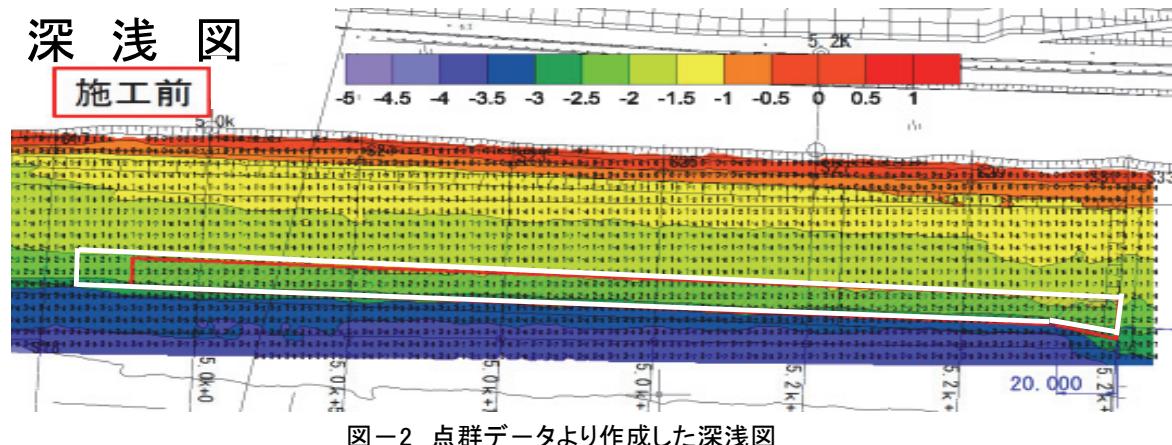


図-2 点群データより作成した深浅図

5. (step-1.2) MB測量実施後の効果

従来方法とMB測量のちがいについては、(表-1)より高密度で高品質なデータが短期間で取得可能となった。費用面では割高となつたが、利用が増えれば従来測量に近づくものと考えている。

表-1 比較表 (施工面積=56,000m²)

比較項目	従来	今回	従来との差
管理数	255点	224,000点	約900倍増
密度	(*1) 1点/250m ²	(*2) 1点/0.25m ²	
施工日数	5日	2日	60%減
費用	200万円	250万円	25%増
安全	落水頻度大	落水頻度極小	安全性の向上

(*1):平成28年度仕様書より (*2):平成30年版 音響測深器を用いた出来形管理要領(案)より

6. (step-2) 設計データの作成

(図-3)は、現況河床面(白色の点群データ)と緑線の計画ラインを示したものである。このデータを基に土量計算ソフトによって土量の算出を行う。

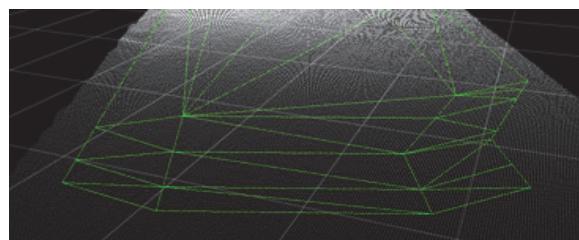


図-3 設計データ

7. (step-3) 実際の浚渫作業

(図-4)及び(写真-5)は、左側が従来施工で右側がICTを用いた施工を表したものです。従来作業では川底まで重し付きのテープで掘削作業のたび検測をしていましたが、ICT建機を用いることでその作業がなくなり、重機オペレータがモニター(写真-6)を目視して、所定の深度まで掘り下げることが可能となった。また、安全面においても、従来のような検測作業がなくなったため、落水の危険が大幅に減少した。

資料：国土技術政策総合研究所

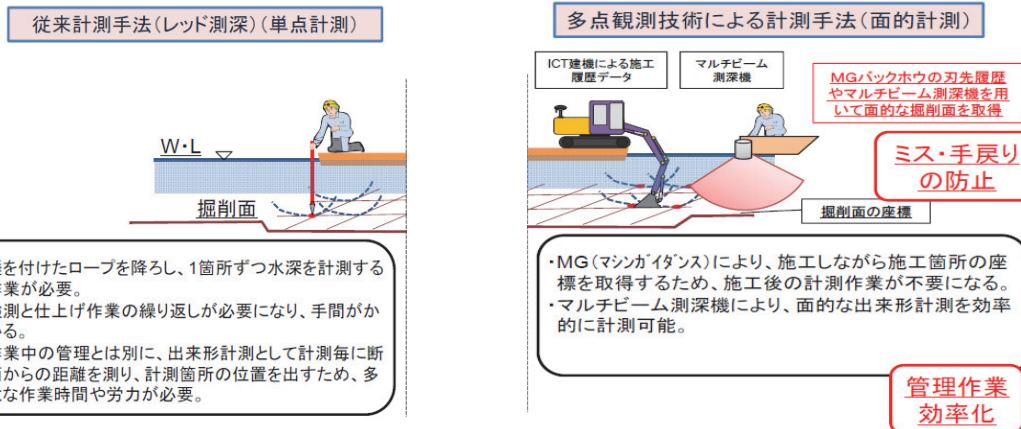


図-4 従来作業(左)とICTを用いた作業(右)



(写真-6)は、オペレータがリアルタイムで確認している画面で、バケットの高さを表示している。

モニタ画面を切り替えることにより平面の情報も確認できる。

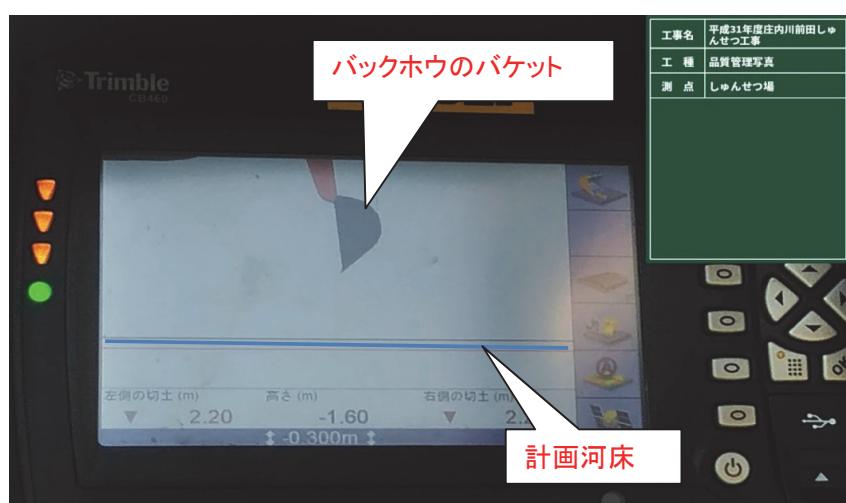


写真-6 運転席のモニタ

(図-5)は、バックホウに取付けるMGシステムの概要です。GNSS2個とセンサー4個により構成され、1秒間に1個の位置情報を取得しながら掘削作業を行う。

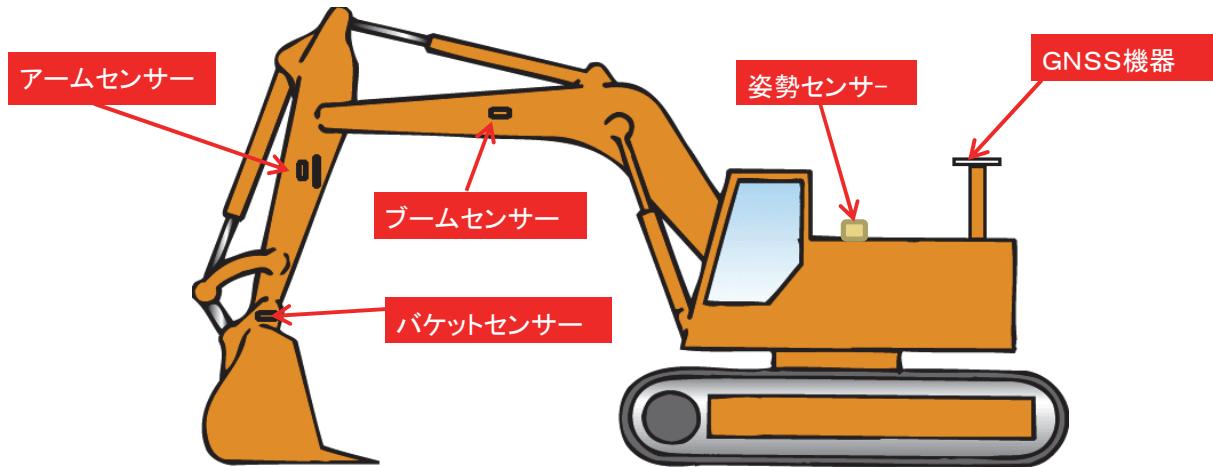


図-5 建設機械のシステム概要

(図-6)は、次世代型の3Dマシンガイダンスで、全国に先駆けH31年度工事で導入したシステムです。(写真-6)のような2次元のMGと違い、河床面が3次元でリアルタイムに表示されるため、重機オペレータにはより現実的な掘削作業となった。

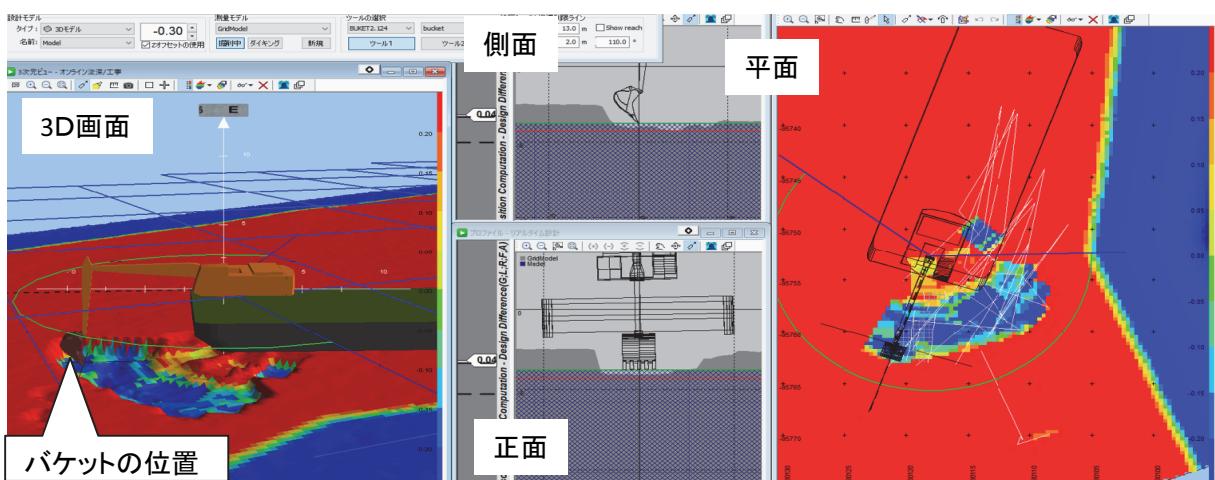


図-6 次世代型3DのMGシステム(試験施工中)



写真-7 運転席の3DMGのモニタ画面

8. (step-4) 出来形管理

出来形管理は、再度MB測量を実施して施工後の点群データを取得した。(図-7)・(図-8)のような深浅図を作製して、青色部分が所定の深度まで浚渫したことを表現している。

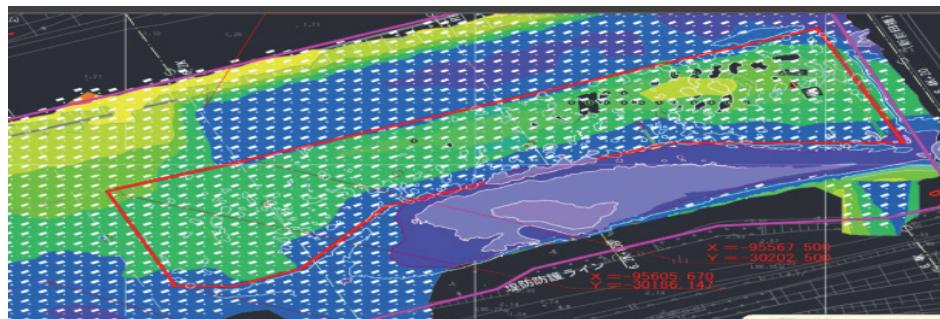


図-7 施工前の深浅図

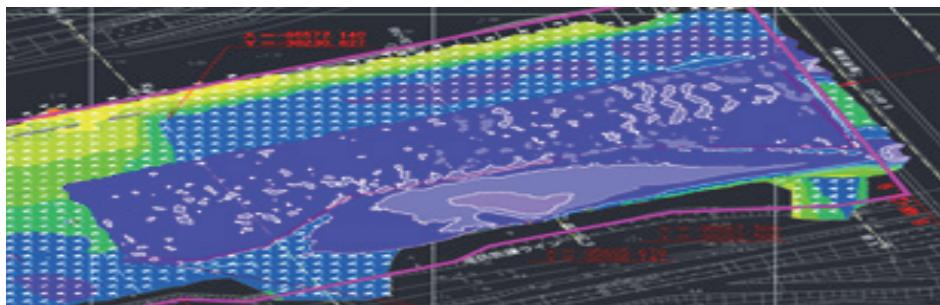


図-8 施工後の深浅図

(図-9)は、3次元の点群データでソフトを操作してカーソルを移動することにより、浚渫後の座標値や浚渫幅を読み取ることができる。(図-10)は、点群データに高さごとに色付けしたデータである。

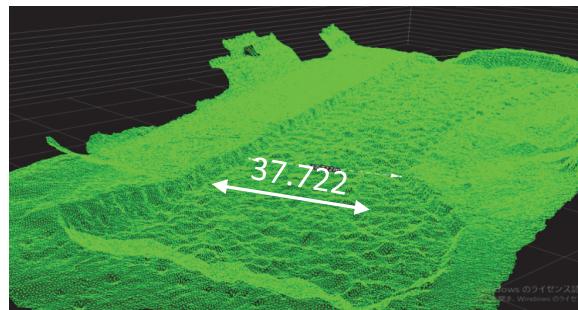


図-9 点群データ

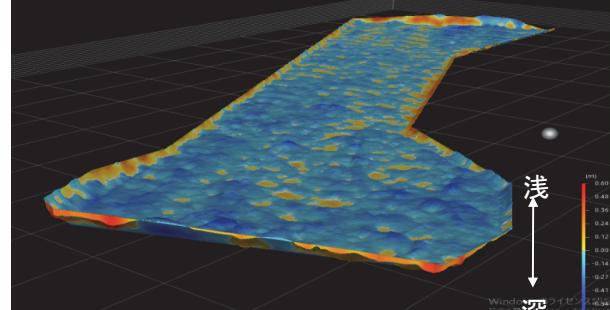


図-10 点群データ(着色版)

(図-11)は、任意の断面の横断図である。計画河床-3.5m以下に浚渫されていることが解る。

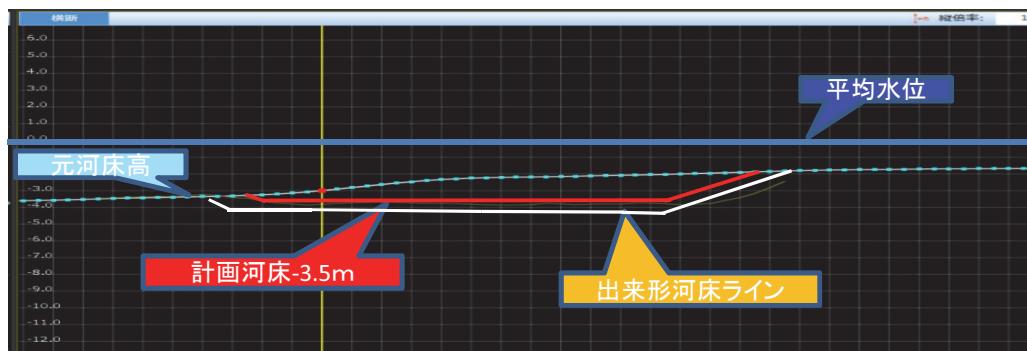


図-11 横断図

(表-2)については、MB測量と履歴データを基に各3種類の計算方法で算出した土量である。計算ソフトが異なる為、(4)・(8)は対象外とした。

また、(9)は従来通りの計算方法であり、新しい計算方法では土量が多めにでている。また、MB測量と履歴データの比較ではMBによる計算方法が少なめとなる傾向が伺える。

今回の結果は、1現場のみの比較であり、より多くの現場計測データを集め解析が必要であると考える。

表-2 各計算法による土量計算方法の比較

計算方法の種類	単位	土量	比較表	摘要
新 方 法	(1) MBによるプリズモイダル法	m ³	12,093.7	100.00% 採用した基準方法
	(2) MBによる点高法(1点)	m ³	12,098.9	100.04%
	(3) MBによる点高法(4点)	m ³	12,036.7	99.53%
	(4) MBによるTIN分割法	m ³		対象外
	(5) 履歴によるプリズモイダル法	m ³	12,515.9	103.49%
	(6) 履歴による点高法(1点)	m ³	12,538.3	103.68%
	(7) 履歴による点高法(4点)	m ³	12,603.3	104.21%
	(8) 履歴によるTIN分割法	m ³		対象外
従来	(9) 平均断面法	m ³	11,455.8	94.72%

9. (step-5) 電子納品

電子納品は、ICONホルダーを作製して納品する。内容は、取得した点群データ(XMLデータ)MB測量時の測量チェックシートなど電子納品要領に基づき納品する。(図-12)は、ホルダー内の例を示す。

名前	更新日時	種類	サイズ
MB0CH002	2018/09/19 6:13	ファイル フォル...	
MB0CH001.pdf	2018/07/17 15:59	Adobe Acrobat ...	76 KB
MB0掘削出来形断面図.dwg	2018/07/17 15:59	AutoCAD LT 図面	567 KB
MB0航跡図.dwg	2018/07/17 15:59	AutoCAD LT 図面	1,257 KB
MB0出来形深浅図.dwg	2018/07/17 15:59	AutoCAD LT 図面	1,424 KB
MB0設計横断図.dwg	2018/07/17 15:59	AutoCAD LT 図面	940 KB
MB0GR001.csv	2018/07/17 15:59	Microsoft Excel ...	1,817 KB
MB0IN001.csv	2018/07/17 15:59	Microsoft Excel ...	167 KB
MB0CH001.xlsx	2018/07/17 15:59	Microsoft Excel ...	49 KB
MB0深浅測量チェックシート(出来形...)	2018/07/17 15:59	Microsoft Excel ...	171 KB
MB0AS001.xml	2018/07/17 15:59	XML ドキュメント	3,661 KB
MB0DR001Z.xml	2018/07/17 15:59	XML ドキュメント	8 KB
MB0CH002.zip	2018/07/17 15:59	圧縮 (zip 形式) ...	98,907 KB

図-12 ホルダー内の例

10. おわりに

情報・通信技術の発達によりICT機器も確実に性能が上がっており、MGのシステムも3次元となる予定である。今まで出来なかったことが現実となっていくことを実感している。

高密度で正確なデータを用いた河床面の「見える化」により、ICTの目的である生産性の向上は、確実にアップしている。

経済性に関しては、割高感があるが多くの実績を積むことにより、従来費用に近づくものと考える。

自動航行型のボートを用いれば、落水の危険が殆どなくなり、安全性の向上はもとより浚渫位置の特定が容易となることから、作業精度の向上・効率化が図られた。

ICTを活用することにより、さらなる生産性の向上を図りながら、利便性の向上と効率化を目指して着実な取り組みをしていきたい。

次世代建設機械の最新マシンコントロール技術

～チルトアシストを活用した3D施工～

日本キャタピラー合同会社
情報化施工推進部
課長 佐々木秀史

1. はじめに

ICT 建機による施工を始めとした ICT 活用工事は、今や日常的に全国各地で行われており、稼動する建機の数も年々増加しています。そして、それぞれの現場では、マシンガイダンスはもとよりマシンコントロール技術が今や必須の技術となってきており、建設現場における生産性拡大にとって重要なキーファクターと言っても過言ではありません。キャタピラー社では、これらのマシンコントロール技術を始め、先進的なテクノロジーを豊富に搭載した ICT 建機を、国内建設現場に提供していますが、今回は最新のマシンコントロール技術である『チルトアシスト』機能をご紹介します。

2. 電子制御油圧ショベル

2017年末に発売されたキャタピラー製油圧ショベル 320(写真 1)は、非常に画期的な商品であり、これまでの油圧ショベルの概念を覆すものでした。320では、従来の油圧パイロットによる制御に代わり、搭載された ECM を介し、電子制御式コントロールバルブをコントロールします(図 1)。また、ブーム/アームには 6 軸の加速度センサーを搭載、更に車体にも角度センサーを搭載しており、これにより正確な施工精度と多くのテクノロジーの搭載を可能にしています。

これまでに、新しい機能を持たせたモデルチェンジには長い開発期間を要し、機械本体には拡張性はありませんでしたが、この電子制御化により、コントローラのソフトをアップデートすることで機能を付加し向上させる事が可能になりました。身近な所であれば、スマートフォンと同様のロジックと言え、いつでも最新且つ価値のある機能を使い続ける事が可能になります。

今回ご紹介する『チルトアシスト』も 2017 年末の発売当初には搭載されていなかった機能です



写真 1 油圧ショベル 320

が、ソフトウェアアップデートにより 2019 年に搭載されました。

モデルチェンジ毎の断続的なアップデートではなく、継続的な機能のアップデートを可能にしたのが、電子制御化の最も大きなポイントであると言えます。

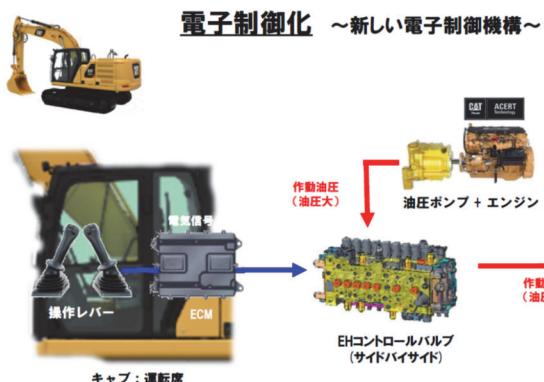


図 1 電子制御機構

3. 標準テクノロジー

ここでは油圧ショベル 320 に搭載されているマシンコントロール技術と代表的なその他のテクノロジーについてご説明します。前段での説明のとおり、320 では多くのテクノロジーが標準装備されています。

A) バケットアシスト/グレードアシスト(図 2)

バケットの角度を常に維持する事が可能なバケットアシストと、ブームとバケットを自動でコントロールするグレードアシスト機能を使用することで、高品質な整形や整地が可能になります。ICT 施工では欠かせないマシンコントロール技術が、標準テクノロジーとして活用可能となります。



図 2 バケットアシスト/グレードアシスト

B) ペイロード(図 3)

ペイロードはバケット内の重量を計測する機能です。

装着されている高機能な 6 軸加速度センサーを用いる事で、正確な計測が可能となり、その計測の間車両を静止させる必要はなく、通常の積込動作で計測が終了します。オペレータはストレスなく作業出来、また作業量の低下もありません。

この機能を使う事で、過積載はもちろん過小積載を回避できるとともに、その積載データは全てアワトプット(クラウド/USB)が出来る為、生産量の最適化に貢献します。

Catペイロードメジャメント ~バケット積載重量計測システム~

- 持上げ旋回操作時にバケット内の荷重を自動計測
(フロント/車両の静止不要)
- 過積載・過小積載を回避して安全性・効率性の向上に貢献
- 標準モニタにペイロード関連情報表示
- チップオフモードによって掘削後の調整が可能
- VisionLink®を通して生産量/効率性を把握管理可能



図 3 ペイロードシステム

4. チルトアシスト

前段までにマシンコントロール技術が標準装備されている事は説明しましたが、キャタピラー社は、ICT 施工の現場で更に生産性を上げる為新しいマシンコントロール技術を開発しました。それがチルトアシストであり、ICT 施工現場でこれまで不可能だった課題を解決できる新しいソリューションとなります。



設計面どおりにマシンコントロール技術を用いて施工していくのが ICT 施工ですが、精度の高い施工を目指すには、まずは車体の水平が担保されている事が重要です。まずはこの『足場を作る作業』に時間をかけるのが当たり前ですが、この車体の傾きに影響されずに ICT 施工を進める事が出来るよう、チルトバケットのチルト角度を設計面にあわせて自動補正するのが『チルトアシスト』です。(写真 2)

写真 2 チルトアシスト

C) チルトアシスト機能の概要(写真3 図4)

オペレータはディスプレイ上でチルトアシスト機能をONすることで、機能が働きます。設計面に對してバケット刃先が60cmに入るとチルト角度が自動補正を始め、刃先が正対した所からは通常のマシンコントロール(バケット/アーム/ブーム)と連携していきます。



写真3 チルトアシスト概要

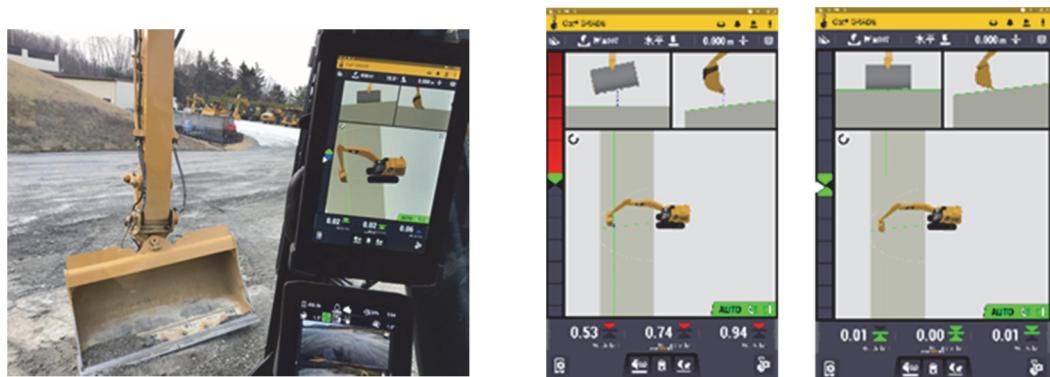


図4 チルトアシスト ディスプレイ表示

5. チルトアシストの効果

上記チルトアシスト機能を使用し、最も効果が大きいと考えられる不整地での水平施工を検証しました。

作業条件: 延長15m、幅4mの不整地を水平に整形、それぞれ標準バケット、チルトバケットを使用

標準バケットでの施工完了時間: 25分31秒(写真4)

※足場を水平にしたうえで目標面を整形していく為、一定の施工時間が必要

チルトバケット(チルトアシスト使用)での施工完了時間: 11分10秒(写真5)

※チルトアシスト機能の効果が大きく、車体角度に関わらず施工が可能

上記検証により、チルトアシストを使用することで、43%もの施工時間短縮が可能であることがわかりました。



写真 4 標準バケット施工



写真 5 チルトバケット施工

その他にも、

- ① 車両の位置を動かさずして正確な天端の整形が可能になる
 - ② 正対出来ない位置での法面整形、特にコーナー部の整形が可能になる
- など土工の様々な場面でのメリットが期待できると考えられます。

6. チルトバケットの構成

キャタピラーでは純正のチルトバケット(写真 6)を提供しており、チルトアシストを活用する際には、この純正チルトバケットを使用しています。シリンダを 2 本装着し、左右それぞれ 45 度のチルト角度をもたせていますが、この角度検出の為にセンサー(写真 7)も装着しています。

一般的な法面バケットとは異なり、粗整形だけでなく掘削や積込性能も可能な形状をしたマルチユースバケットとなっており、バケット幅は 2m、容量は 1.23 立米あります。このバケットはペイロードとも連携している為、より汎用性のある使い方が出来ると考えます。

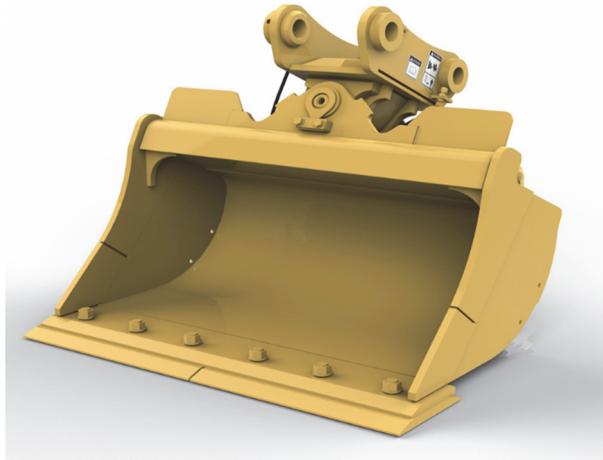


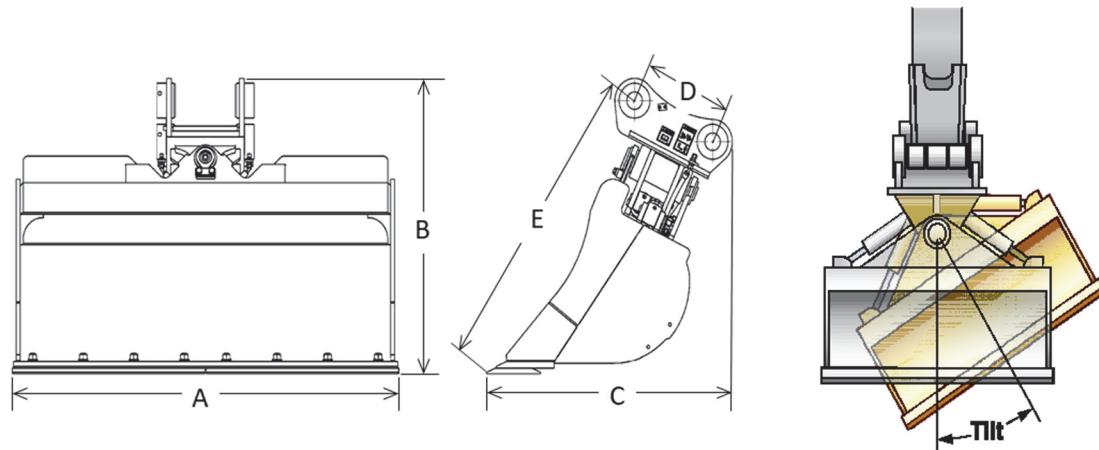
写真 6 純正チルトバケット



写真 7 角度センサー

チルトバケットの仕様値は以下のとおりです。

装着モデル		320-323	
バケット容量	m^3	1.23	
バケット質量	Kg	1,110	
最大チルトアングル	度	左右45	
A バケット幅	mm	2,000	
B バケット高さ	mm	1,325	
C バケット長さ	mm	1,222	
D ピン間距離	mm	445	
E エッジ先端半径	mm	1,417	
カッティングエッジ板厚	mm	25	



7. おわりに

ここまでチルトアシストの説明を致しましたが、最新マシンコントロール技術として ICT 活用工事だけでなく、土工現場のあらゆる場面での活用が期待できる技術になっております。この技術を活用し、更なる生産性向上が実現出来る様、今後もソリューションの質の向上を図っていき、貢献して参りたいと考えております。

舗装修繕工事における生産性、安全性向上技術 『N-PNext Ver.2』～次世代を見据えた新たな舗装スタイル～

株式会社 NIPPO 総合技術部 生産機械センター
立花 洋平

1. はじめに

現在、我が国では労働環境改善や生産性の向上など、働き方改革に向けた取り組みが盛んに行われております。舗装業界も例外ではない。この取り組みにおいて、ICT や IoT 技術の活用は新たなツールとして重要視され、マシンコントロールだけでなく様々な用途に活用の拡がりを見せております。

一方で、舗装工事市場は新設工事が減少し維持修繕工事が大半であるが、この維持修繕工事では様々な障害を理由に ICT、IoT 技術の活用が普及していない実態がある。

そこで当社では 2017 年に「N-PNext」(NIPPO-Paving Next) という新しい舗装の概念を立ち上げ、舗装修繕工事に ICT、IoT 技術を活用し、生産性向上、安全性向上の推進に取り組んできた。現在は、将来あるべき舗装施工技術の追求のため、新たな目標を目指した「N-PNext Ver.2」にアップグレードしている。本稿では、舗装工事のイメージを変えるべく進めている当社の取り組みについて、実例を交え紹介する。

2. N-PNext の概要

これまで舗装修繕工事における ICT の活用は、路面切削機などの施工機械の高さ制御にトータルステーション(以下、TS)を使用することや、ローラの転圧回数管理に GNSS や TS を使用するなど、施工機械に関するものが殆どであった。また、その TS や GNSS は、本来、便利で役立つはずのツールであるが、時間的制限やコストアップを理由にメリットが見いだせず、活用が敬遠されてきた実状がある。

そこで当社では、これまで個々に進めてきた新技术の開発・導入を、舗装工事全体として俯瞰的にとらえながら進めるため、「N-PNext」という概念を立ち上げた。N-PNext は、労働力人口の減少を背景に(1)ICT、IoT を身近に活用、(2)生産性向上と安全性向上を両立、(3)クラウド活用で検査、書類提出を簡素化という 3 点を基本とし、自分たちの労働環境を変えることで、社会からの舗装工事に対するイメージも変えようという概念である。次項よりその一部を紹介する。

2-1. 品質(舗装材料)管理

2-1-1. アスファルト混合物の現場到着見える化;「N-ロケ」(NIPPO Location System)

舗装修繕工事において重要視される要素の一つとして「時間」があげられる。決められた規制時間内に施工を終了させることは当然であり、それが守られなければ発注者からの信頼を失うばかりでなく、エンドユーザーである道路使用者、通行者の方々へも影響を与える。そこで、舗装修繕工事で主に使用される材料であるアスファルト混合物の運搬車両の位置情報をテキスト化し、連続施工の目安となるシステム、「N-ロケ」を開発した。

N-ロケは Web 上の地図にジオフェンスと呼ばれるチェックポイントを設定し、資材運搬車両には GPS トラッカーを搭載する。当該車両がそのチェックポイントを通過すると現場担当者が持つ、タブレットやスマートフォンに通過情報がテキスト表示されるシステムである(写真-1)。資材運搬車両の位置は Web 上の地図で確認することができる。現場やプラントへ



写真-1 ジオフェンスと通過情報画面

に向かっている車両、プラントで待機している車両など、状況と台数の把握ができ、施工速度の調整や出荷のタイミングを計ることができる。また、車両のチェックポイント通過情報を規制看板に表示し、通行車両へ通知することができ、安全性の向上も図れるものである。

2-1-2. アスファルト混合物の温度管理、「N-コレ サーマル」(NIPPO Date Collection System - Thermal)

アスファルト舗装における施工時の主な品質管理項目は温度であり、出荷から転圧までの各作業工程の中で連続的に管理する必要がある。従来の温度管理方法は、それぞれの管理ポイントで測定員が温度計を使用し測定・記録するという方法であった。到着温度の測定に至っては運搬車両の荷台への昇降作業が必要であり、人員と労力を要していた。これらの課題に対し、Wi-Fi 温度ロガー(写真-2)を用いた新たなアスファルト混合物の温度測定方法を開発した。一連の流れとして、①プラントにて運搬車両へアスファルト混合物を積載した後、その混合物に Wi-Fi 温度ロガーの温度センサを挿入、②運搬中は温度ロガーに混合物の温度変化が連続的に記録される、③現場到着時、現場に設置された Wi-Fi エリアに運搬車両が入ることにより温度ロガーに記録されたデータが自動的にクラウドへアップロードされる、④クラウドに蓄積された温度データはインターネットを通じてリアルタイムに共有できる、というシステムである。

システムを使用するためには現場内に Wi-Fi 環境を構築する必要があるが、屋外環境であることと、到着温度データを確実に取得するため、可搬型屋外設置型の Wi-Fi 装置をアスファルトフィニッシャへ設置した。これによりアスファルトフィニッシャの周囲約 100m を Wi-Fi 化することができる(写真-3)。

このシステムの使用により、到着温度測定のための専任測定者が不要となり、荷台への昇降作業がなくなることで、省力化と安全性が向上する。また、従来、測定員がメモ記録していた温度データは、デジタルデータとして自動記録され、クラウドへアップロードされることで、現場担当者のみならず、管理者や発注者もリアルタイムで確認することが可能となる。



写真-2 温度ロガー 設置状況



写真-3 Wi-Fi 装置 設置状況

2-1-3. 舗装温度の記録管理、「Pave-IR」

近年、欧米では、アスファルト混合物の敷き均し時のトレーサビリティを得る手段として、敷き均し温度を面で管理する機器の使用が進められている(写真-4、5)。



写真-4 Pave-IR アンテナ設置状況

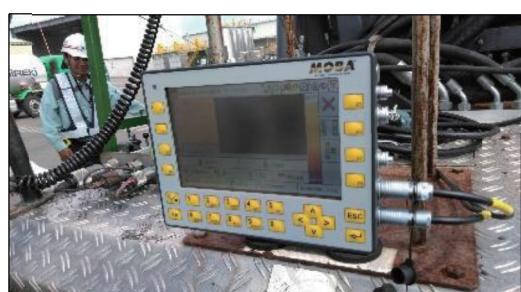


写真-5 Pave-IR 操作管理画面

この機器は、アスファルトフィニッシャに取り付けられたスキャナにより、アスファルト混合物の敷き均し面の温度をリアルタイムで可視化することが出来るため、施工時における混合物の温度ムラや、その要因と考えられる異物混入などに対する早期対応が可能となる。また、GNSS アンテナや気象計も備えているため、施工時における施工位置、施工速度、気象データなども同時に取得でき、施工時のトレーサビリティとして活用することが可能である。

2-1-4. ローラの転圧管理; クラウド型転圧管理システム「Smart Roller」

従来、盛り土の締固め密度の管理方法として、工法規定方式である締固め回数などを記録するため、転圧管理システムが使用されている。舗装工事においても例外ではなく、品質向上を目的として当該システムを使用する現場が多くなってきている。しかし、従来、使用してきたシステムでは、施工時点に取得された転圧回数などの可視化された情報は、ローラオペレータだけがリアルタイムに確認できるものであった。転圧温度の管理についても別途、測定員や測定機器が必要な機器もあった。

クラウド型転圧管理システムは、転圧回数や転圧温度などの情報がクラウドへアップロードされ、施工状況をローラオペレータだけでなく、現場担当者もリアルタイムで確認、共有できるものである。クラウドを使用することで、施工データの一元管理が可能となり施工時の省力化やトレーサビリティに役立つものである。

このシステムは位置の取得に VRS 方式(仮想基準点方式)の RTK-GNSS を用いており、固定局の設置やローカライズの必要がなく、準備時間や場所に制限を強いられる舗装修繕工事においても容易に活用できる。



写真-6 GNSSアンテナ設置状況



写真-7 管理システム設置状況

2-2. 出来形検測を一人で作業;「Nコレ メジャー」(NIPPO Date Collection System – Measure)

従来、舗装修繕工事では、工種毎の高さや幅の仕上がり確認のため、水糸を基準とした下がり検測と巻尺による幅の検測を実施しており、長年にわたり同様の方法を用いてきた。この方法では写真撮影者の他、水糸の緊張やスケールの固定などを行うため、3~5名を必要とする。現場担当者はその出来形計測値を写真と共に野帳などに記録し、それをもとに事務所にて帳票を作成していた。外での作業の効率化や省人化だけでなく、事務所作業の効率化も課題であった。この両課題を解決すべく、「Nコレ メジャー」を開発した。

このシステムは舗装工に求められるミリメートル単位の計測精度を持つ fotogrammetry 技術を応用したものである。 fotogrammetry 技術とは、三次元の物体を複数の観測点から撮影して得た二次元画像から、視差情報を解析し寸法、形状を求める写真測量技術である。

機材構成はデジタル一眼レフカメラ、専用ソフト入り PC、基準スケール、各種ターゲット(写真-8)となる。



写真-8 基準スケールとターゲット

計測方法は①基準スケールとターゲットを決められた位置へ配置する、②横移動と撮影を繰り返す(一測点当たり8枚以上撮影)、③デジタルカメラとPCを接続し計測値を取り込む、④ターゲットを撤去する、の四工程で、一測点あたりに掛かる時間は1名で5分以内に実施可能であることを現場試用にて確認している。また、当システムでの計測値と水糸下がり計測値を水準測量と比較したところ、その測定精度は同等以上であることを確認した。計測値の取り込みは、デジタルカメラとPCを接続した時点で解析が始まり、数十秒後にはPC上にデータが表示され、帳票としてアウトプットが可能となる。

当システムの使用により、検測データがデジタル化され、計測人員の削減と計測時間の短縮、事務所でのデータ整理および帳票作成手間が省け、省力化が図れる。



写真-9 検測状況

2-3. 安全管理

2-3-1. 重機と作業員の接触事故防止;「WS システム」(Worker Safety System)

建設業における労働災害は、長期的にみれば減少傾向にあるものの、全産業から見た場合の死亡災害割合は建設業が最も多い。舗装修繕工事は、通行車両が隣接する狭隘な環境の中で、人と重機が混在して作業を行っている。このような環境の中で、工事の作業性を損なわずに安全対策を実施することは、その安全装置に正確さと信頼性が要求される。これまで様々な安全対策機器が開発・運用されてきたが、センサ技術の進歩による機器の陳腐化、誤検知による機器の信頼低下、取り扱いの煩わしさなどにより、長く運用されるものは少なかった。

WS システムは「仲間から被害者も加害者も出さない」を概念とし、人が重機に近づかないように警告することに追加し、人が危険エリアに入ってしまった場合には重機を停止させるというものである。人物検知方法は二種類あり、一つは、ローラなどの重機に取り付けた磁界発生装置によりICタグを装着した作業員を検知する方法(図-1)と、もう一つはステレオカメラにより人物を検知する方法がある。このシステムは後付けすることができるため、レンタル、リース機械にも取り付けが可能で、適用しやすい仕様となっている。



図-1 WSS-TR 概要

2-3-2. 作業員の健康管理;「NIPPO バイタルチェックー」

建設現場では、熱中症などの労働災害防止や日常の体調管理を目的に、朝礼時の体調確認、休憩所の環境整備(冷房、塩分補給など)、WBGT値に基づく注意喚起などが行われてきた。しかし、これらの方法では、確認時の瞬間的な管理しかできないことや、最終判断が作業員自身になってしまうなどの課題があった。

そこで、当社では、作業員にスマートフォンとセンサ端末を所持させることで、現場での熱中症危険度を可視化し、作業員の体調管理ができるシステムを取り入れた。作業員には小型の温湿度計と腕時計型ウェアラブル端末の二つのセンサ(図-2)とスマートフォンを持ってもらう。スマートフォンには専用アプリがインストールされおり、個人設定(年齢、身長、体重等々)を入力する。このスマートフ



図-2 センサ端末

オンはBluetoothにて二つのセンサと接続され、外気温と湿度値、ウェアラブル端末から作業員の心拍数や活動量の情報を収集し、個人個人にあつた熱中症危険度を表示する。各センサから得られた情報を元に熱中症危険度が算出され、注意段階になった時点ではアラート(警告)が発せられる。その情報はクラウドへアップロードされるため、現場担当者のみならず、工事事務所長などの全体を管理する立場の者もリアルタイムで作業員の体調を管理することが可能となっている(図-3)。

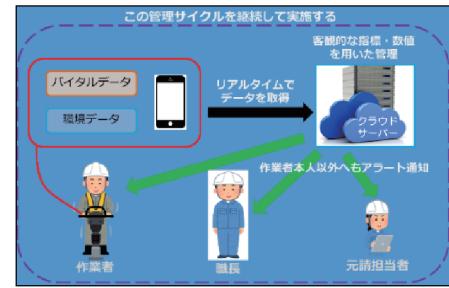


図-3 バイタルセンシング概要図

ここまで紹介したシステムは実用化し、技術提案などにも活用されている。以下に紹介するシステムは、現時点では開発中のものや現場実証中の技術である。

2-4. 施工情報の一元管理; N-P Manager(NIPPO Paving Manager)

「N-P Manager」は「N-ロケ」に時間管理要素を追加したシステムで、「自動記録」、「情報共有」、「帳票の自動作成」をキーワードとして、施工情報の一元管理を目的とするものである(図-4)。まずは、品質管理において「時間」を重要視するコンクリート工事をターゲットに開発した。

このシステムでは、各車両を識別するため、運搬車両に二次元カラーコード(写真-10)を設置し、タブレットなど、携帯端末のカメラでコードを認識することで、各管理項目(出荷、到着、荷降ろし、完了の各時間)の自動記録を行うことができる。取得された時間情報は携帯端末から

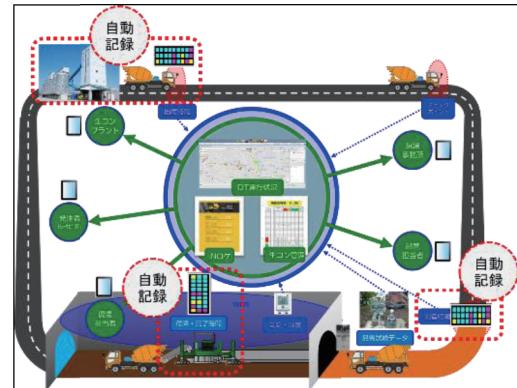


図-4 N-P Manager 概要図

クラウドにアップロードされ、ブラウザアプリ上で閲覧が可能であり、進捗状況や延べ数量、出荷からの経過時間、規定時間に近づいた場合の警告、気象状況が一覧表示で確認、共有できる。手動入力により性状試験データも記録できる(図-5)。

このシステムを活用することで、舗装工事における施工情報の一元管理が可能となり、管理項目の自動記録により人員の削減や省力化が図れる。また、「N-ロケ」との連携により運搬車両の動態管理ができ、安全性が向上するだけでなく、リアルタイムで情報共有できるため、プラント側で車両の滞留状況の把握や材料が適切な品質で使用されているかを遠隔地にいても確認することができる。さらに、帳票を自動作成する仕様としており、事務所作業を削減し省力化を図れるシステムとなっている。このシステムをアスファルト舗装工事向けに使用できるよう、開発を進めている。

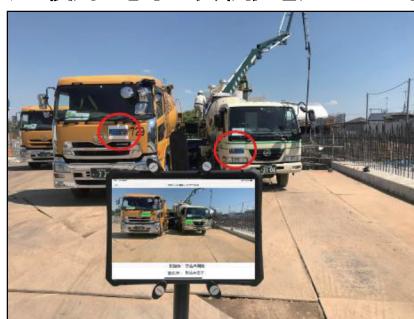


写真-10 二次元カラーコード



図-5 N-P Manager システムメイン画面

2-5. 次世代マシンコントロールシステム;3D-RTC

従来、舗装修繕工事に TS を使用したマシンコントロールを実施しようとすると、TS 設置場所の制限や盛り替え作業に伴う労力、TS 視準の監視要員が必要となるなどの課題があった。この課題を解決し、舗装修繕工事の路面切削工において ICT 活用を期待できるシステムが、この「3D-RTC」である。

本システムは、GNSS とグレードセンサの組み合せで施工機械の施工高さを制御する。従来の 3D-MC システムは、設計高さを制御の基準としていたが、このシステムは、設計厚さを基準とし、現況面と設計面の二つの面データから設計厚さを算出する(図-5)。施工機械の二次元位置を GNSS にて計測し、その位置における現況面と設計面の高低差を設計厚とし、外付けのグレードセンサで計測された現況高さを基準に、リアルタイムで制御する新しい ICT システムである。

本システムを使用することで TS の設置手間を省くことが可能となり省力化が図れ、かつ、TS 視準の監視員が不要のため、省人化が図れる。現場試用は実施済みであり、精度については、熟練オペレータによる施工精度と比較して遜色ない結果が得られた。また、従来、通行車両による揺れやたわみの影響で ICT 施工の適用が不可能だった橋梁面上での施工も実施済みである。現在は、アスファルトフィニッシャへの適用、展開を検証中である。

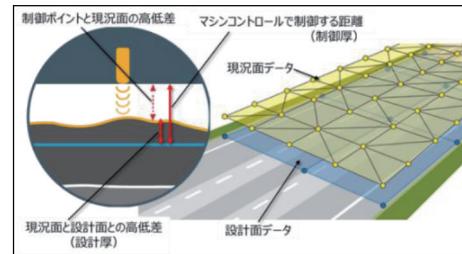


図-5 3D-RTC データ概要



写真-11 3D-RTC 現場試用状況

2-6. 路面マーキングを一人で作業;自動マーカーロボ(仮)

舗装工事では、様々な場面で路面にマーキングをする必要がある。舗装修繕工事において、車線規制後、最初に行う作業が路面マーキングであり、距離計によるブルマーク、起終点位置の明示、幅出しや通り出しなど、いかに早くこの作業を実施するかが、後工程に影響てくる。また、この作業は、供用車線に隣接して作業することが多く、特に高速道路上での作業においては、高速で走行する車両のすぐ近くでの作業となり、安全性にも課題があった。

このような課題を解決する手法の一つとして、欧米で使用されているマーキング装置がある(写真-12)。この装置は、入力された線形データをもとに、GNSS で自位置を計測しながら自動で走行し、設定したパターンでスプレーマーキングする装置である。作業員の省力化と安全性を向上させるためにも、早急な実用化を目指している。



写真-12 欧米製マーキング装置

3. おわりに

本稿で紹介した数々のシステムは省力化、省人化に大きく寄与できるものであり、身近なところからデジタル化して行こうという当社の基本理念から派生、展開、進化してきたシステムである。近年の通信技術や、その周辺機器の進化のスピードはすさまじく、近い将来には 5G 通信網を活用したシステムも多く発表されるであろう。今後も道路舗装業界に ICT、IoT 技術を導入する流れは変わらず、更に大きなものになると予想される。これからも業界イメージの変革のため、発注者、メーカーと協力しながら、新技術の開発、導入、普及に取り組んで行く所存である。

積荷計量装置搭載型ダンプトラックの開発

－ スケールダンプ －

大林道路株式会社 技術部 光谷修平

1. はじめに

日本の公道を通行可能な車両の重量は、道路法・車両制限令により総重量20t(高速自動車国道および指定道路は25t)までと定められている(写真-1)。



写真-1 車両重量制限の周知を促す中部地整のポスター

過積載によるデメリットは多く、舗装技術者として先ず挙げなければならぬのは、舗装が車両のタイヤ荷重による外力で受けるダメージは、輪荷重の4乗にほぼ比例し、最大輪荷重が36kNとなる総重量20tのダンプトラックと49kNとなる総重量25tのダンプトラックを比較すると、後者は常に3.4倍のダメージを舗装に与えていることとなるということである。更に、工事請負業者として安全面から、①過積載は車両の制動距離に影響を与え(表-1)る。②万一衝突時の衝撃力は重量にも比例して大きくなる。③重心が高くなりカーブで車線をはみ出したり、横転しやすくなる。④下り坂で速度が出やすくなり、ブレーキの多用でブレーキングが過熱して効かなくなる。といったデメリットがある。当然ダンプトラックの寿命も短くなるし燃費も悪くなる。

表-1 過積載と制動距離の関係

	40km/h	80km/h
10t (定量)	13.3m	50.3m
14t(140%)	14.6m	58.9m
18t(180%)	16.1m	70.3m

※全日本トラック協会

「大型トラックの安全運行に関する調査報告書」より

よって舗装業を含む建設業界では、コンプライアンスの一環として、工事に伴うダンプトラックによる材料・廃材等の運搬時に過積載がないよう厳に注意をはらっているところである。

2. 現状

(1) トラックスケール

ダンプトラックの過積載防止を確実に管理する方法として、積載重量をトラックスケールで計量し調整する方法がある。例えば碎石工場やアスファルト合材工場等、その製品をダンプトラックで発送する工場、あるいはトンネルや大規模な切土で土砂を大量に搬出する建設現場等では、トラックスケールを設置して管理している。しかしトラックスケールは一般に定置式となり(写真-2)短期間の工事現場には不向きである。なお別途、携行型も市販されて試験工事等で活用されているが、設置場所や移動等の手間から一般に汎用されている訳ではない。

更にトラックスケールによる計量管理は、積載後の計量となるので、多くても少な過ぎても後から調整となり、荷の積み込み作業の効率を損なうこととなる。

(2) 重量計量ユニット

積み込み作業の効率を損なわずに積載重量を管理するには、ダンプトラック個々に積荷をリアルタイムで計量できる装置を装備することが理想的である。ダンプトラックには荷台を上げ下げするアームの油圧を利用した自重計(写真-4)が標準的に装備されている。しかし基本的に積荷管理用ではない為、測定精度や作業性等に難がある。

逆に積み込み側で、例えばバックホウのバケットに重量計を設置する、あるいは縦取り機のベルコンにコンベアスケールを装備するといった方法もある。しかしいずれも計量精度や作業性に課題がある。



写真-2 定置式トラックスケールの例

※nikko-scale.com より



写真-3 携行型トラックスケールの例

※Kyowa-ei.com より



写真-4 ダンプトラックの自重計の例

(3) 体積管理

前述の方法での過積載の管理が難しい工事の一つとして、常に移動を伴う切削オーバレイの切削廃材搬出作業(写真-5)があげられる。

そこで請負企業は一般的に舗装を切削する体積から重量を算出(式-1)し、積み込み予定期量から切削面積→距離を逆算し、路面にマーキングする方法で管理している。

積み込み重量 =

$$(切削面積) \times (切削深) \times (密度)$$

…(式-1)

この方法は特に作業性を損なわない利点があるが、切削する層の厚さの変化で深さが変わる場合がある、或いは切削範囲の舗装の密度が大きく変化する場合がある。といったリスクを伴う。



写真-5 舗装の切削廃材の積み込み状況

3. 積荷計量装置搭載型ダンプトラックの開発

これらの課題を克服する方法として、2019年3月に積荷計量装置を搭載したダンプトラック(以下スケールダンプ)を開発した。

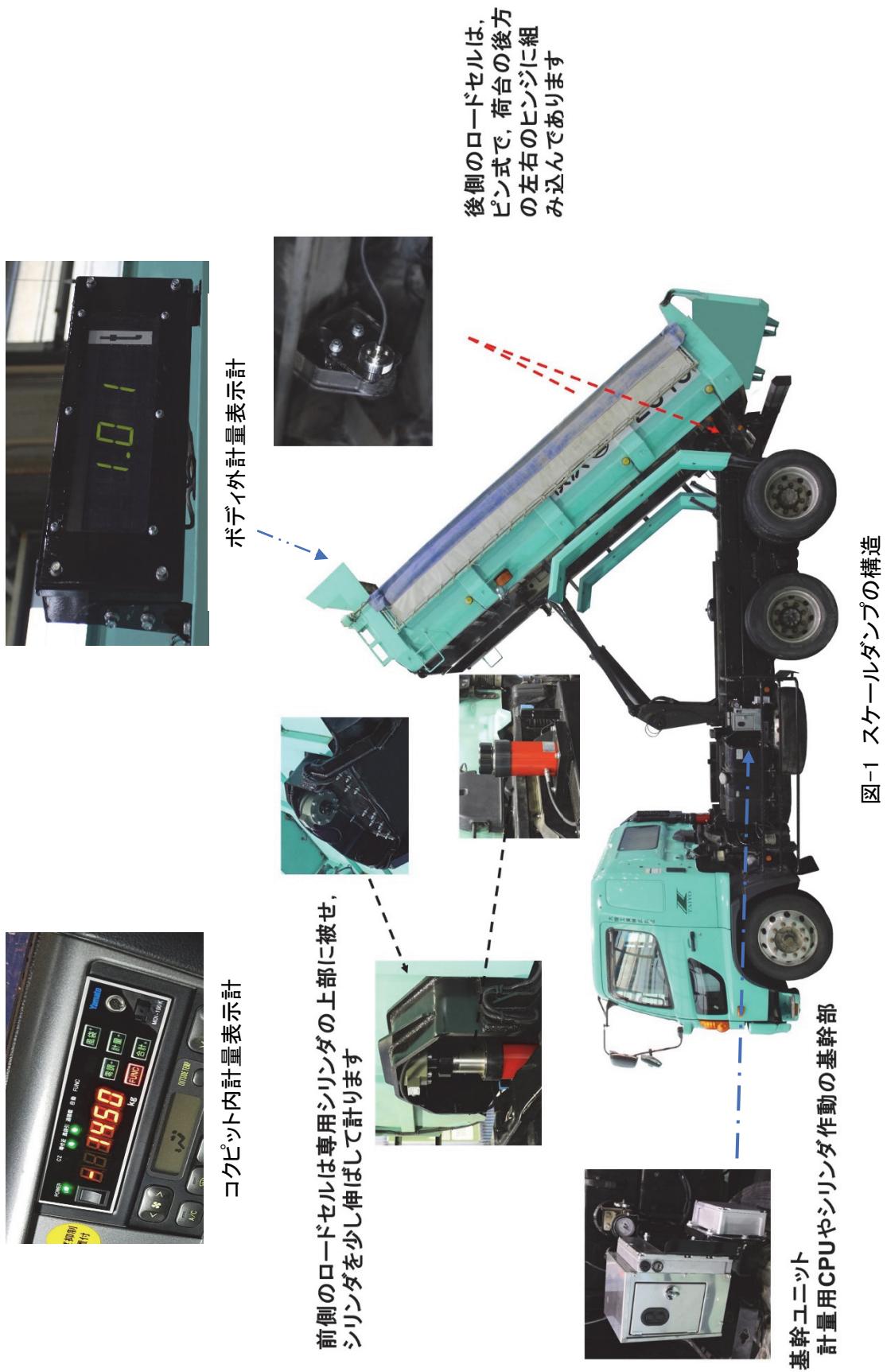
主な構造を次頁(図-1)に、特徴を以下に列記する。

- ① 移動しながらの計量を可能とした。

ピン型のロードセルを前側専用シリンダの頂部に1か所、後ろ側ヒンジ部分に2か所設置し、計3点で支えて計り総和で表示する形式とすることで移動しながらでも計量精度を確保できるようになった。これは3点とすることで、1点あるいは2点で支えると不安定になる。4点以上で支えると荷のバランスでいずれかに負荷がかからず誤差を生じるといった弱いポイントがなくなる為である。

- ② 結果をダンプトラックの運転手と工事の作業員がリアルタイムで確認できるようにした。

荷重の表示計をコックピット内とボディの外側の工事作業員が確認しやすい位置の2か所に設置した。特に外側の表示計は昼間でも識別しやすいようにLED表示の明るさと色を工夫している。



4. 計量精度の確認



写真-6 自重計検査装置

装置の計量精度は製作工場における自重計検査装置(写真-6)で検査されている。

また、現場における精度を確認する為、切削廃材の積み込み時に表示された重量(写真-7)を定置型のトラックスケールで確認した。結果を表-2に示す。最大で誤差1.42%と十分実用に耐える精度を示した。



写真-7 切削作業時の計量値の表示

表-2 現場積み込み計量値の誤差検証結果

実施日	車番	積み込み完了時 表示	トラックスケール 計量値	誤差	
				計量値	誤差
2019年6月19日	61	8.53t	8.52t	0.01t	0.12%
2019年6月19日	75	8.69t	8.67t	0.02t	0.23%
2019年6月20日	61	8.57t	8.45t	0.12t	1.42%
2019年6月20日	75	8.54t	8.62t	-0.08t	-0.93%

5. まとめ

(1) 特長

- 開発したスケールダンプの特長を舗装の切削作業を対象にまとめると以下のとおりとなる。
- 一般的な体積で換算する方法と異なり、対象とする層の深さや密度の変化に関わらない
 - 計量誤差が小さい(公称5%以下、実測では1.5%以下)
 - 低速走行(5~8km/h)しながら計量可能

(2) 操作方法

操作は下記のとおり容易である。

- 計量操作はコクピット内の操作スイッチで行う
- 専用シリンダを少し伸ばして(荷台の傾き1.5°以下)積荷の変化に従って連続的に計量される
- 切削廃材は、路面切削機の作業にあわせて低速走行で積み込みながら計量される

6. おわりに

本件は、工事請負会社である大林道路株式会社、運搬請負会社である大煌工業株式会社、車体製作会社である極東開発工業株式会社の3社の共同開発によるものである。

大煌工業株式会社は、本件に先立ち総重量が一律20tに制限される中で安全装置の義務付けによって車重が重くなり最大積載重量が9tを下回るような現状に鑑み、独自に車両の軽量化を図り、最大積載量の確保に努め最大積載量を11.7tまで引き上げることに成功している。そして今回スケールダンプの技術の確立により過積載の心配なく限界値まで積み込みが可能となった。

一般のダンプトラックが最大積載重量9tで体積換算の誤差の安全率10%を見込んで8t余りしか積み込めないのに対して、安全率2%を見込んで11.5tと3割近い効率化が期待でき、走行すべきダンプ台数を削減し、ドライバー不足への対応、環境負荷の低減を実現可能である。

また、工事請負者側からは、例えば舗装の切削作業において、現場監督員の過積載防止に向けた積載量管理をマーキング作業がなくなり、限られた作業時間を利用できるようになった。

今後、積載量管理の新定番としての普及を期待する次第である

以上

LSS®流動化処理土

—土のリサイクル技術、画期的な埋戻し材・充填材の活用—

徳倉建設株式会社

土木事業本部 技術環境部

和泉 彰彦

1. はじめに

最近、鉱物採掘跡の地下空洞の陥没や道路下の老朽化した下水道等に起因した陥没事故、さらに、博多駅前のトンネル掘削工事による陥没事故など、陥没後の埋戻し、充填や陥没対策に LSS®流動化処理土(以下 LSS と称します)が使用され、脚光を帶びています。南海トラフ巨大地震発生に伴う大規模陥没が懸念され、対策は急務です。都市部の建築工事では、駅前再開発工事を始め多くの流動化処理土が使われており、今後も名駅地区、栄地区、金山地区と再開発、さらにリニア名古屋駅工事も始まり需要は増えると予想しています。愛知県や名古屋市では防災の観点から、老朽化したもの、いらなくなつた下水道管の充填閉塞工事、港湾エリアでは、護岸、岸壁の空洞化の対策を検討しており、用途も数多くなっております。

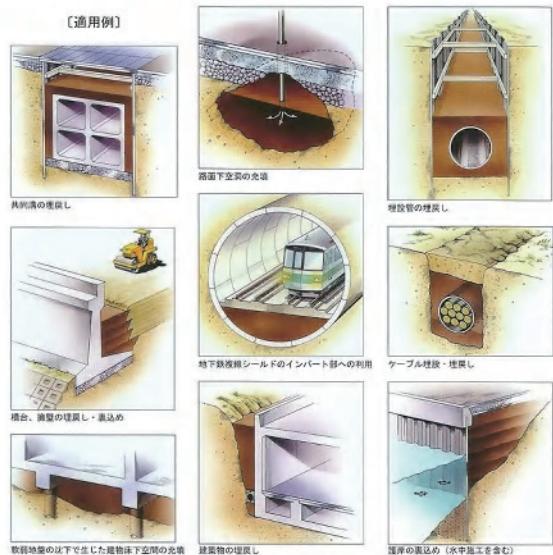


図-1 LSS の適用例

2. LSS について

LSS は、建設発生土や建設泥土に泥水(あるいは水)と固化材を適切な配合で混練し、流動性を維持した状態で打設箇所に流し込み、埋戻し・裏込めを行う土質安定処理工法です。流動性に富み、充填性が良いことから、転圧締固作業を必要としないので、狭い空間の充填が可能です。

ほとんどすべての建設発生土や無機系の建設汚泥に適用が可能なため、建設発生土のリサイクル率向上を図ることができます。流動化処理工法は、環境省・国土交通省・経済産業省で進めているグリーン購入法特定調達品目に建設汚泥再生処理工法として認定されています。平成 30 年 8 月には、小牧プラントで製造する LSS が、愛知県が取り組んでいる「あいくる材」に認定されました。

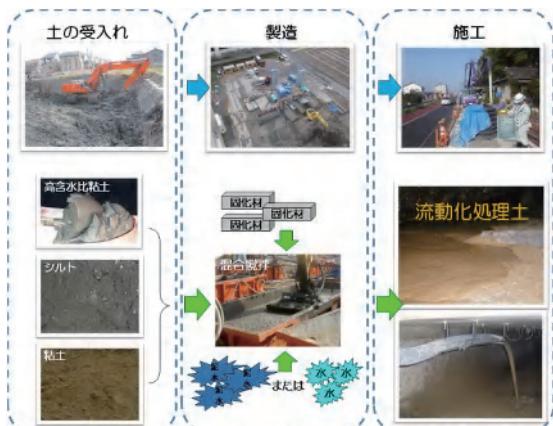


図-2 LSS のフロー

(工法の特徴)

- ① あらゆる現場発生土や無機系の建設汚泥が利用可能である。

従来、土工に不適当と見なされていた高含水比の粘性土やシルト等の細粒土、粘土などを含むあらゆる現場発生土や無機系の建設汚泥を原料として利用できる。

②任意の流動性及び強度を設定可能である。

固化材添加量や、泥水の配合量を調整することにより、用途に応じた流動性と強度を設定することができる。(再掘削が可能な強度を設定可能。)

③流動性を持ち締固が不要である。

従来の山砂等による転圧締固作業に比べ狭隘な箇所もしくは閉所での施工性及び安全性が向上する。

④透水性が低く粘着力が高いことから、地下水の浸食を受けにくい。

⑤粘着力が高いため地震時に液状化しない。

⑥打設後の体積収縮や圧縮が小さい。

3. LSS の品質管理について

LSS の品質管理は、基本的に以下の 4 項目について実施します(写真-1)。

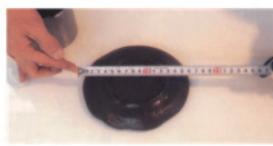
① 密度

定量容器で、試料の容積重量を測定する。

①密度試験



②フロー値試験



② フロー値

エアモルタル及びエアミルクの試験方法($\phi 80\text{mm}$ 、 $h80\text{mm}$ のシリンドラ使用)
(JHS A 313-1992 シリンドラ法)

③一軸圧縮試験

(標準 200kN/m^2 以上 任意に設定可能)



③ ブリーディング率

写真-1 LSS の品質管理

土木学会基準「プレパックドの注入モルタルのブリーディング率試験方法」(JSCE-1992)に準拠して行う。

なお、測定においては、計測開始から時間経過後の値を採用する。

④ 一軸圧縮強さ

モールド($\phi 50\text{mm}$ 、 $h100\text{mm}$)で供試体を 3 本作製し、原則として 20°C の密封養生を行う。通常、材齢 28 日で試験を行い、このときの平均値を求める。

4. 製造プラントについて

LSS は大型固定式プラントまたは半固定式(現場設置型)プラントで製造します。



① 大型固定式プラント(写真 2)

- ・大量出荷が可能
 - ・小規模埋め戻しに対応可能
 - ・施工時期が点在する場合に有利
- ② 半固定式(現場設置型プラント)(写真 3)
- ・現場発生土の再利用が可能
 - ・設置場所を任意に設定できる
 - ・施工規模に合わせたプラント計画が可能



写真-2 大型固定プラント 写真-3 現場設置型プラント

5. LSS の施工について

写真-4 ポンプ打設

LSS の施工は、主にコンクリートポンプ車やコンクリート(モルタル)ポンプなどによる圧送やアジテーター車(運搬車)から直接シートなどによる方法で行います(写真 4,5)。

写真-5 シート打設

6. LSS の実績について

LSS は、平成 4 年に建設省総合技術開発プロジェクト「建設副産物の発生抑制・再生利用技術の開発」の一環として、実工事に向けた工法開発に着手する機会を得ました。そこで建設省土木研究所と社団法人日本建設業経営協会中央技術研究所による官民共同研究が開始されました。続いて建設省東京・横浜国道事務所での複数年にわたる試験工事が実施された後に、一般工事への普及が始まりました。

図-4 に LSS 流動化処理土の実績を示します。平成 30 年度末までに流動化処理工法研究機構の会員が実施した累計施工実績は、800 万 m³ を超えるに至りました。また、普及が進むにつれて地下構造物の埋戻しのほかにも、災害対策に関連した地下空洞の埋戻し・充填、高強度の建築基礎、護岸の裏込めメンテナンス工事など、様々な用途への技術開発に取り組み、実績を積み重ねてきました。弊社におきましても現場設置型プラント、LSS 小牧プラントを中心に需要が多くなってきました(図-5)。

7. 技術開発について

弊社は、LSS の用途開発において様々な要求に応えるために技術開発に取り組んでおります。その一例を紹介します。

① 地下空洞探査カメラ(図-6)

充填する坑道内の状況を把握する目的で、完全防水式の空洞探査カメラを作製しました。現在特許申請中です。

② 充填確認センサー(図-7)

最終的な空洞充填確認はチェックボーリング(確認ボーリング)により行います。施工時における充填状況を把握するために、充填確認センサーを開発しました。充填状況の把握には、充填材(LSS)の電気の流れやすさ(電気伝導度)を検知することが有効と考え、独自の充填確認センサーシステム(以下、i-See と称します)を開発しました。i-See は室内実験により水・空気・LSS の電気伝導度をそれぞれ測定し、LSS を識別する仕組みとしました。

センサーは信号・電源ケーブルと一体になったハーネスに連続して固定します。ガイド(塩ビ管等)に

直近10年LSS流動化処理土の実績

年度	数量	総数量(H10年より)
H21	295,873	4,586,182
H22	271,744	4,587,926
H23	266,780	5,124,706
H24	354,439	5,479,145
H25	427,423	5,906,568
H26	366,235	6,272,803
H27	369,656	6,642,459
H28	442,764	7,085,223
H29	510,310	7,595,533
H30	459,381	8,054,914

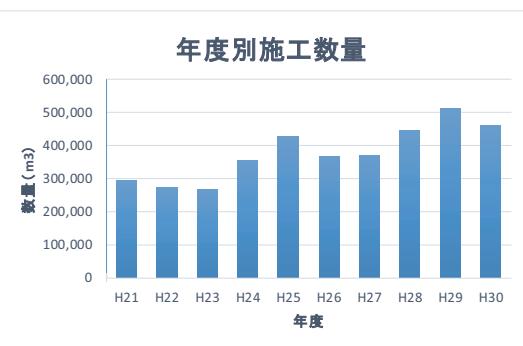


図-4 LSS の実績(LSS 機構)



図-5 LSS の実績(徳倉建設)

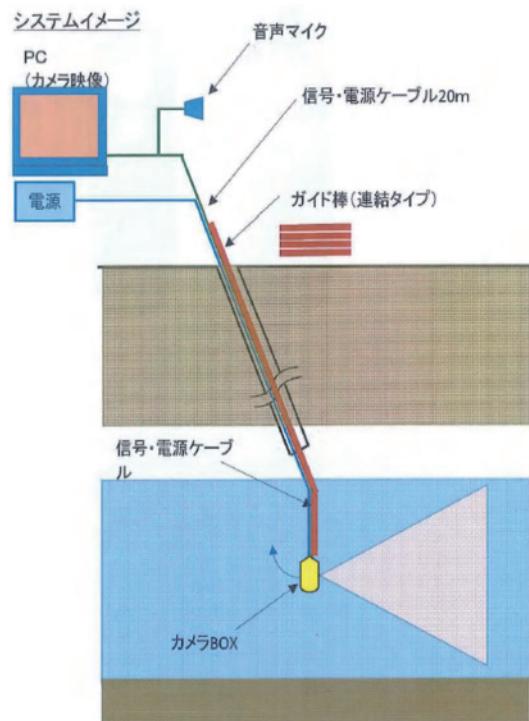


図-6 地下空洞探査カメラ

ハーネスを設置して空洞内に挿入します。センサーで検知した電気伝導度は、子機と親機に内装された携帯電話回線を経由してクラウドに送られ、クラウド内で棒グラフのデータとして処理されます。このデータをインターネット経由でタブレットPCに表示することで、リアルタイムに充填状況を管理することができます。本技術はNETIS(新技術情報提供システム)に登録しています(NETIS CB-17001-A)。

8. 適用事例

LSSは製造時には泥状を呈し、一定期間を経過すると所定の強度を発揮するため、様々な用途で活躍しています。LSSの適用事例を以下に紹介します。

<事例1>構造物の埋戻し（写真6,7）

主要国道交差点部で行われた高速道路新設工事に伴う構造物(桟橋脚部、ボックスカルバート、擁壁等)の埋戻しを現地に設置した半固定式プラントで製造したLSSで行いました。現場で発生した建設発生土および建設汚泥をリサイクルしました。

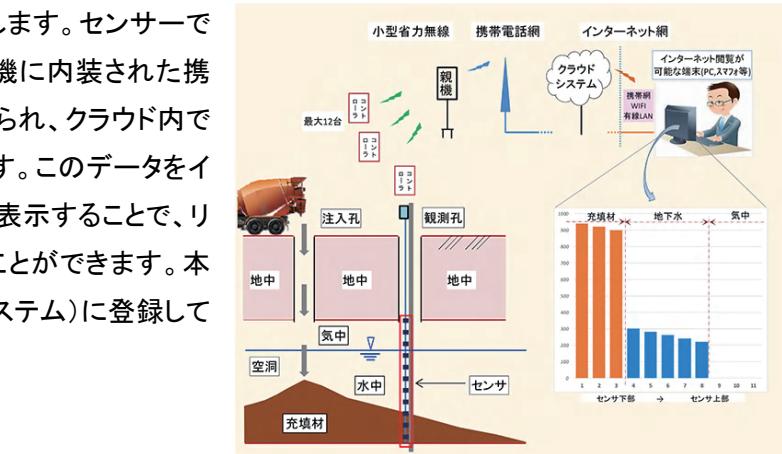


図-7 充填確認システム(NETIS CB-17001-A)



写真-6 埋戻し状況(桟橋脚部) 写真-7 埋戻し状況(ボックス側部)

<事例2>地下駐車場の埋戻し（写真8,9）

地下駐車場の埋戻しに活用した事例です。交差点部及び埋設管周辺に使用しました。人力による転圧締固めが困難な場所で施工を行い、交差点部の道路占用に影響を与えることなく、覆工板下の路体として埋戻しを行いました。LSSは愛知県内の常設プラントよりアジテータ一車で運搬しました。



写真-8 埋戻し状況(交差点下) 写真-9 埋戻し状況(多条埋設管)

<事例3>廃止ボックスカルバートの充填（写真10,11）

中部国際空港の建設に伴い、プロムナード整備を実施する中で不要となったボックスカルバート(B=3.0、H=2.2m、L=24.95m、2連ボックス)をLSSで中詰充填しました。LSSは愛知県内の常設プラントより運搬し、打設はコンクリートポンプ車で施工しました。



写真-10 埋戻し状況



写真-11 埋戻し状況(ボックス内)

<事例 4>不要となった休止管の充填（写真 12,13）

管路更新に伴い、休止管を LSS で閉塞する事例です。LSS は比重が水より重いため、管内水を押し出し流動化処理土への置き換えが可能です。残水がある管路でも確実に充填することができました。



写真-12 充填状況



写真-13 充填状況(休止管)

<事例 5>大型建造物解体時の地下ピット充填（写真 14,15）

既存構造物（愛知厚生年金会館）の解体工事に伴い、地下ピットの充填工事を LSS で実施しました。場所により高強度の LSS が求められました。LSS は常設プラントより運搬、打設はポンプ車で解体工事と並行して実施しました。



写真-14 充填状況



写真-15 充填状況(地下ピット)

<事例 6>地下鉄地下構造物の埋戻し（写真 16,17）

名古屋市地下鉄桜通線延伸工事（野並～徳重間）のシールド工事に伴い発生する泥土を LSS 工法で建設汚泥の中間処理としてリサイクルしました。駅舎工区（5 工区）の埋戻しを行うため、最大 1000m³/日のプラントを現地に組み立て、LSS を供給しました。



写真-16 プラント内部



写真-17 LSS 製造(解泥状況)

<事例 7>道路下空洞充填（写真 18,19）

名古屋市内の道路下空洞充填に LSS を使用しました。1 工事あたり空洞箇所は数十箇所か所で、1 箇所あたりの規模は数 m³ と小規模になります。1 本コア抜き後、特殊カメラを用いて①エア抜き孔の位置決定②空洞内撮影③LSS 充填の工程を繰り返しました。



写真-18 充填状況



写真-19 充填状況(路面下)

<事例8>護岸空洞充填（写真 20,21）

既存のセル式護岸のセルを構成している鋼矢板の不具合により背面の土砂が海へ流出してできた空洞を LSS で充填しました。コンクリートポンプ車を利用して LSS を水没している空洞下部より充填し路床を構築しました。

空洞周辺に大型機械が乗ること無く、2 次災害も防止することができました。



写真-20 充填状況



写真-21 充填状況(護岸空洞)

<事例 9>不要となったトンネルの充填（写真 22,23）

導水路トンネルの新設に伴い、不要となる旧導水路トンネルをLSSで閉塞しました。新設の導水路トンネル工事がシールド工法で行われており、ここから発生する土砂・汚泥を LSS の原料土として再利用、坑内の充填材料として使用しました。プラントから約 1km を圧送、充填を行いました。



写真-22 プラント全景　写真-23 充填状況(トンネル閉塞)

<事例 10>鉱物採掘跡の充填（写真 24,25）

国道下に存在する鉱物採掘跡の充填を行いました。原料土は当該町内で発生した土砂を使用（国交省 試行マッチングで初めての事例）しました。充填現場より 2Km 離れた用地へ現場プラントを仮設して LSS の製造を実施、製造された LSS を生コン車で現場へ運搬してコンクリートポンプ車による充填を実施しました。



写真-24 プラント全景

写真-25 充填状況

<事例 11>農業用パイプラインの埋戻し（写真 26,27）

既設開水路撤去後に大口径鋼製管を設置しました。埋戻しは、建設発生土（高含水比粘性土）を利用した LSS で行いました。全長 1000 m の工事区間であり、7 工区に分割発注されていましたが、1 つの現地プラントを設置して、各工区に LSS を製造し運搬しました。



写真-26 埋戻し状況



写真-27 埋戻し完了

<事例 12>道路拡幅工事における盛土施工（写真 28,29）

道路拡幅工事に LSS を適用しました。壁面ブロックと併用して流動化処理土の鉛直盛土を実施。常設プラントより LSS を運搬し、シート、コンクリートポンプ車による打設を行いました。土構造物に使用した例は数少なく、3 年間の定点観測を実施しましたが、特に変位等の異常は確認されませんでした。



写真-28 埋戻し状況



写真-29 施工完了

9. おわりに

LSS 工法は、土のリサイクルおよび狭隘な空間の埋戻し・充填が同時に達成できる工法です。本工法の特長を生かし、土木・建築事業のお役に立てるよう技術の研鑽、用途開発、啓蒙活動に努めて行く所存です。今回紹介した LSS とその事例を参考に、今後のプロジェクトや業務等にご活用して頂けると幸いです。

【参考文献】独立行政法人土木研究所/(株)流動化処理工法総合監理:流動化処理土利用技術マニュアル、第2版、平成 19 年。