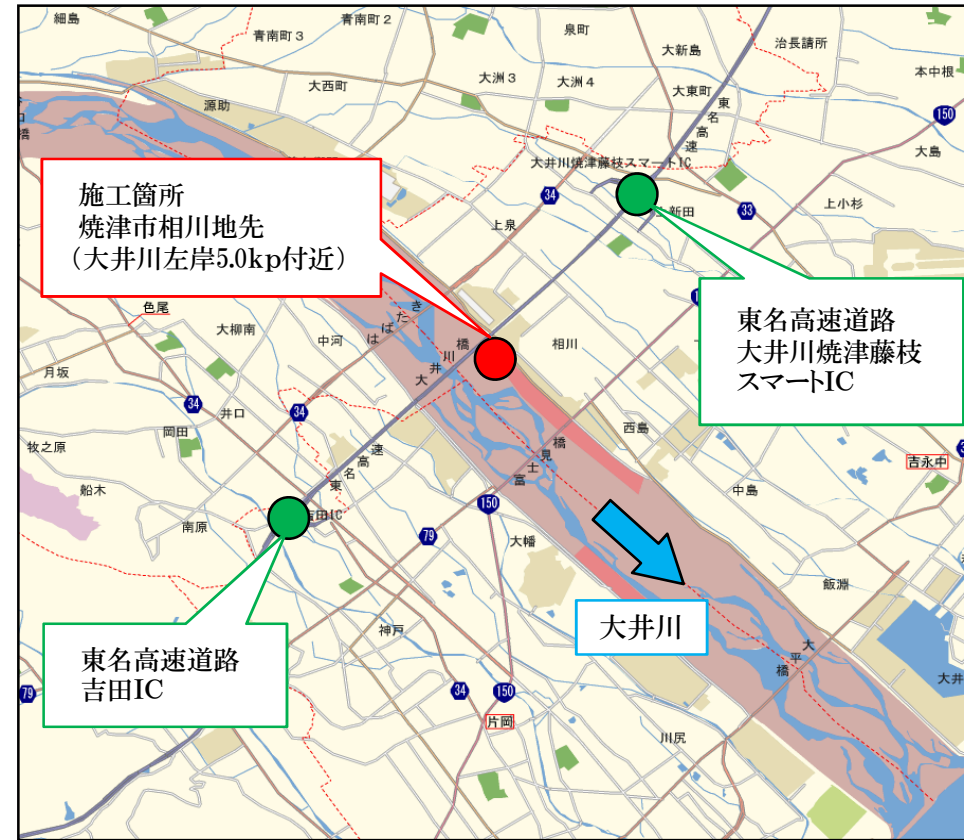


～ ICT土工の取組み等について ～

1. 工事概要

工事名	平成28年度 大井川相川護岸工事	
発注者名	国土交通省中部地方整備局静岡河川事務所	
工事場所	焼津市相川地先 (大井川左岸 5.0kp 付近)	
工期	平成28年11月17日 ~ 平成29年 3月31日	
請負金額	¥72,468,000-	
工事目的	河川堤防の防護ラインが不足している区間を、コンクリートブロック護岸を構築することで、洪水に対する安全性を向上させる	
工事内容	施工延長 L=185.1m (取付工延長 L=76.2m)	
河川土工	1式	(掘削工、盛土工、法面整形工 他)
法覆護岸工	1式	(作業土工、コンクリートブロック工)
取付工	1式	(羽口工、間詰工 他)
水制工	1式	(元付工)
構造物撤去工	1式	(構造物取壊し工、運搬処理工)
仮設工	1式	(工事用道路工、土留・仮締切工 他)

位置図



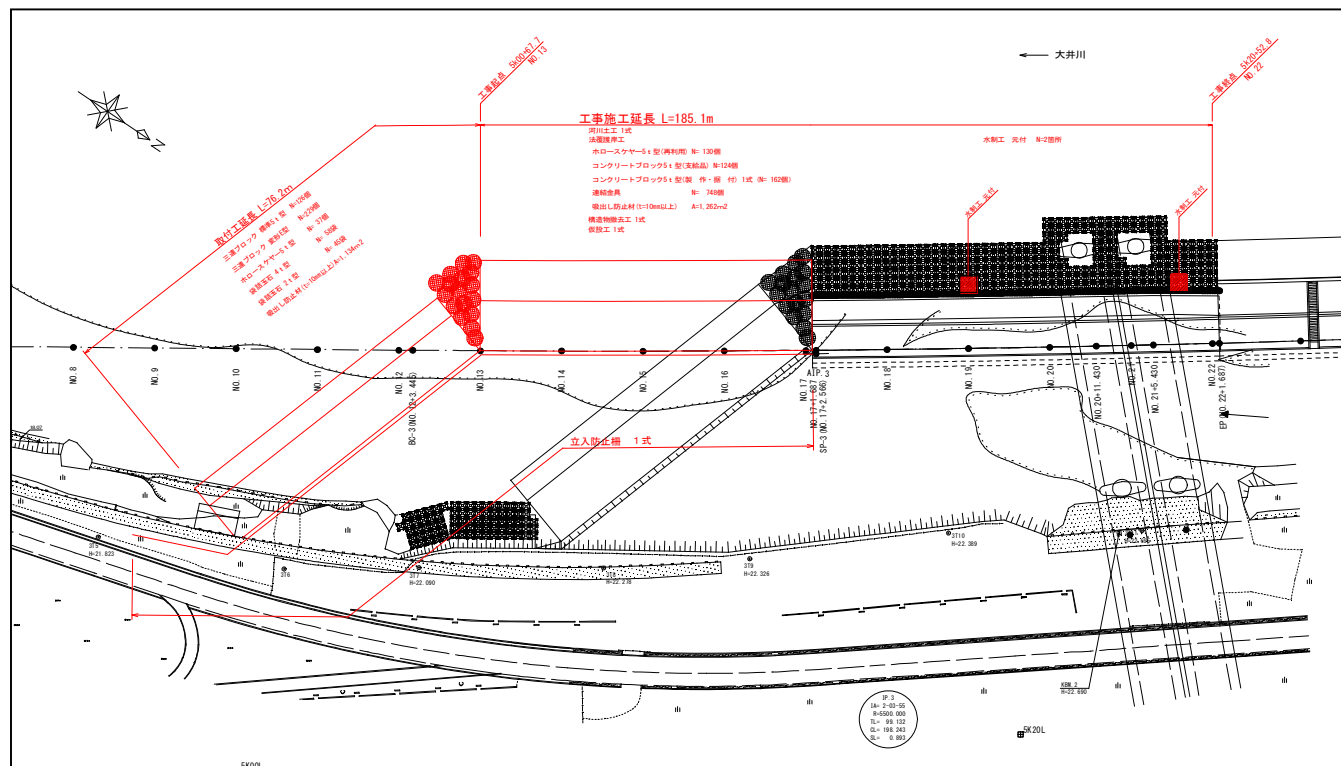
着手前



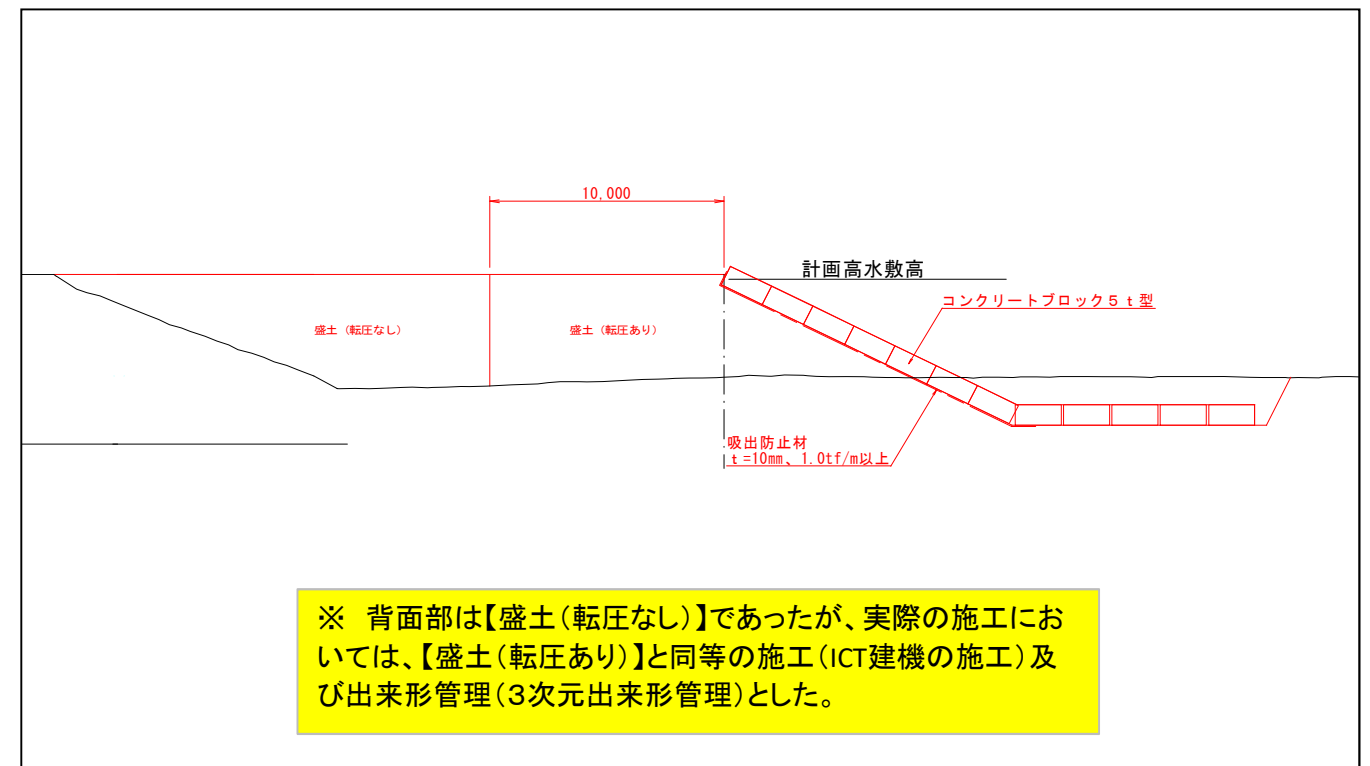
完成



平面図



標準断面図



2-1. 本工事におけるICT活用内容

本工事は、ICT活用の対象工事であり、発注規模・施工数量から下図のフローにより、【施工者希望 I 型】に該当しました。(図-1)

【施工者希望 I 型】においては、(1)総合評価で加点(入札時)、(2)工事成績で加点、(3)必要経費の変更計上と、全てにおいてメリットがあると考え、ICT施工技術を全面的に活用すると判断した。

1. ICT活用工事の実施協議

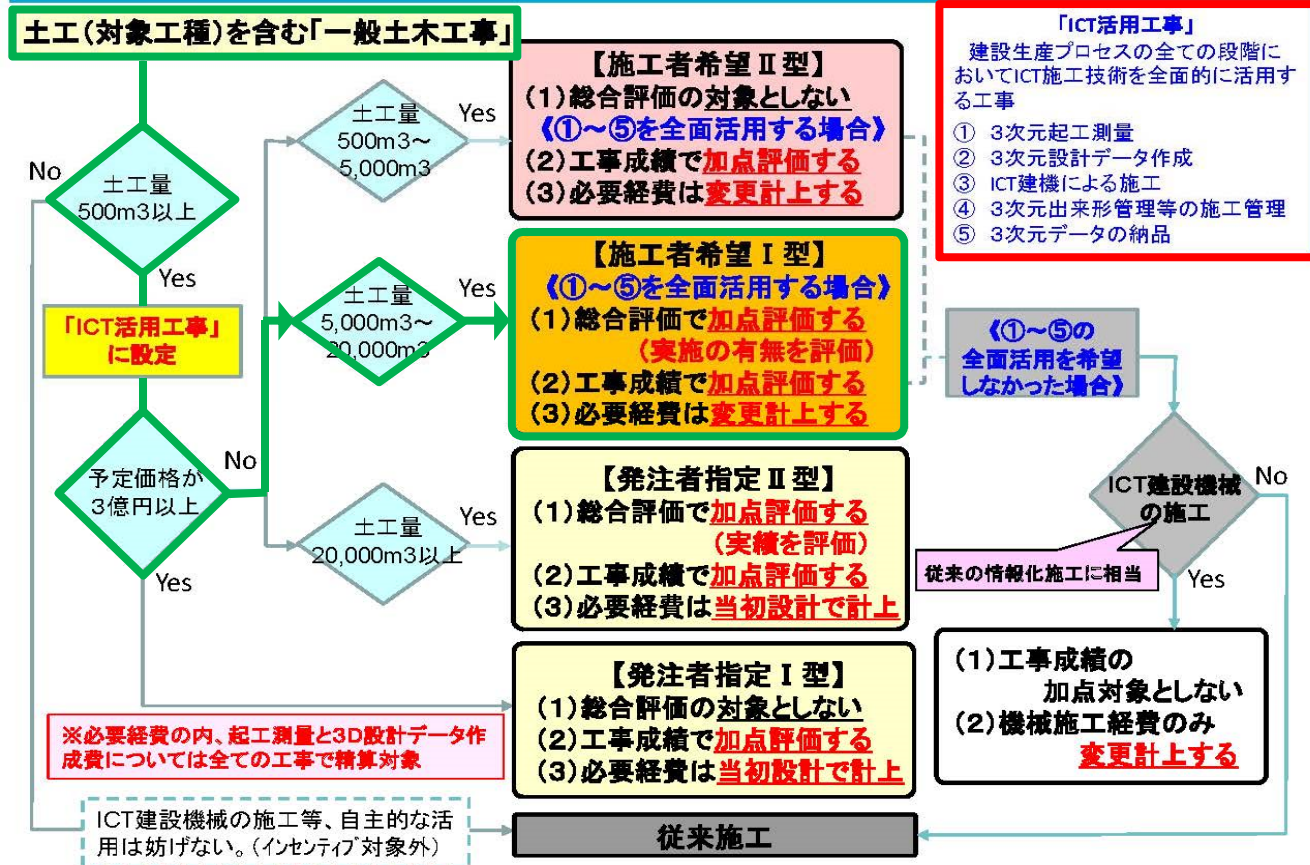


図-1

また、ICT活用工事では、①～⑤の5つの建設生産プロセスの全ての段階においてICT施工技術を全面的に活用することが、基本的な条件となっている。(図-2)

本工事における各プロセスを施工するにあたり、今後の取組み及び担当技術者の技術力向上等の観点から、対応可能である施工プロセスについては、自社施工にて対応することとした。

自社施工で対応するにあたっては、ICT活用対応の施工管理ソフトが必須であり、高価ではあったが、3次元設計データ作成等において、必要経費を変更計上してもらえらることから、本工事の施工に先立ち、購入することにした。(図-3)

- ① UAVが基本であるが、東名高速近接のため、レーザースキャナーにて測量業者が対応
- ② 施工管理ソフトにて、現場担当者が対応
- ③ ICT対応機械のリース及び従来の機械への装置取付にて、重機土工業者が対応
- ④ 計測については、①と同様にLSにて測量業者が対応
管理については、②と同様に施工管理ソフトにて、現場担当者が対応
- ⑤ ②と同様に施工管理ソフトにて、現場担当者が対応

【ICT活用工事(ICT土工)の流れ】

施工プロセス(①～⑤)の各段階においてICTを全面的に活用する



図-2

	①	②	③	④	⑤
施工プロセス	3次元起工測量	3次元設計データ作成	ICT建機による施工	3次元出来形管理等の施工管理	3次元データの納品
担当区分(自社 or 外注)	外注(測量業者)	自社	外注(重機土工業者)	計測:外注 管理:自社	自社
施工方法等	レーザースキャナーにて(LS)	施工管理ソフトにて	盛土: MGブルドーザ ※1 法面整形 MCバックホウ ※2	計測:LS 管理: 施工管理ソフトにて	施工管理ソフトにて
備考	東名高速道路近接のため、UAVはNG	ソフトは今回導入	建機はリース及び外付けにて対応	ソフトは今回導入	ソフトは今回導入

※1 MG:マシンガイダンス

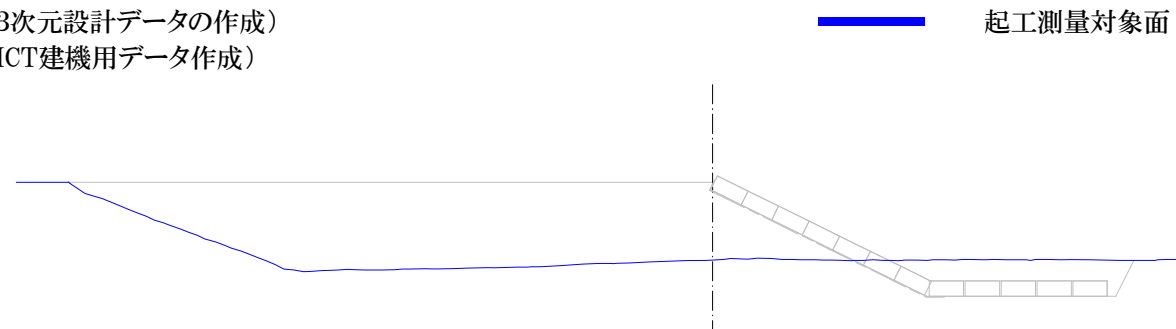
※2 MC:マシンコントロール

図-3

2-2. ICT活用に関する施工フロー

(1) 起工測量 (① 3次元起工測量 ~ ② 3次元設計データ作成)

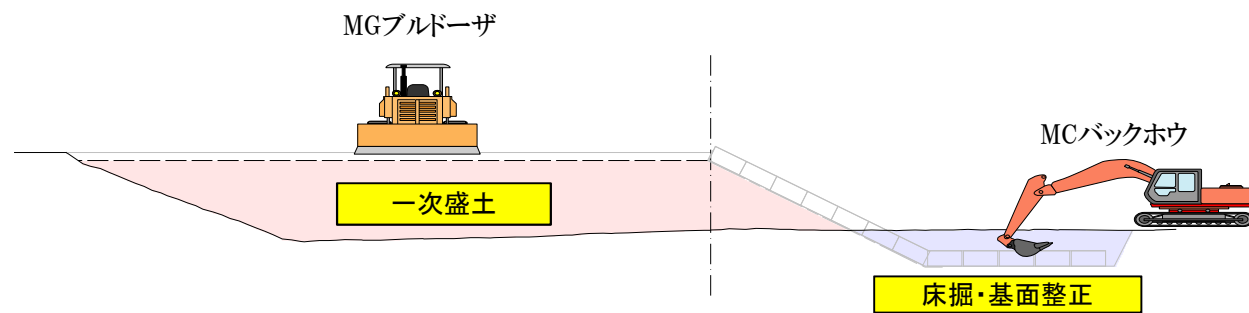
- 測定の支障となる障害物等の処理(今回工事では、伐木作業、既設ブロック撤去等)
- レーザースキャナーによる、起工測量の実施
- 取得した点群データの処理
(・3次元設計データの作成)
- (・ICT建機用データ作成)



(2) 一次盛土、床掘り及び法面整形、基面整正 (③ ICT建機による施工)

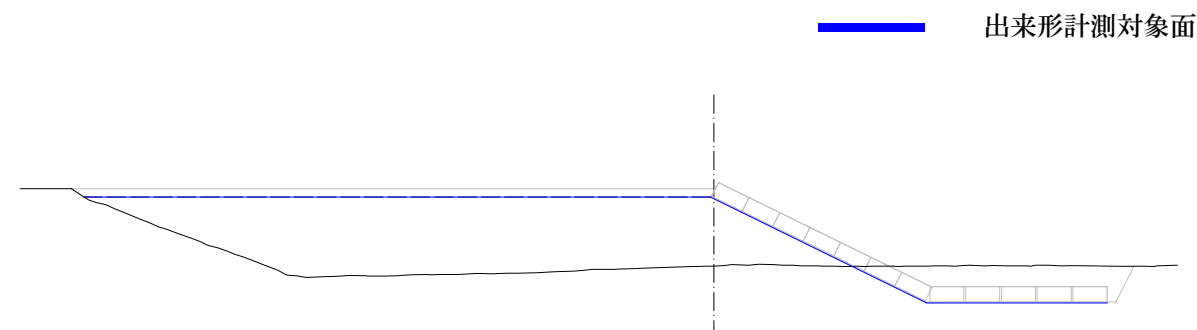
- MCブルドーザによる、一次盛土及び基面整正の施工
- MCバックホウによる、床掘り及び法面整形の施工

MG : マシンガイダンス
MC : マシンコントロール



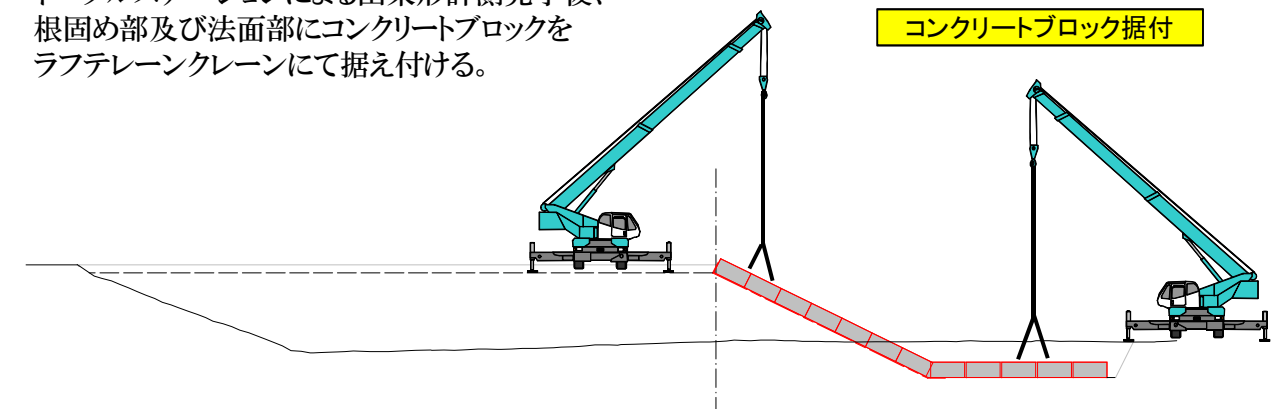
(3) トータルステーションによる出来形計測(TS出来形)

- コンクリートブロックの下面となる、法面部及び床掘り部基面については、3次元計測による工程遅れ及びコストの増加等を考慮し、トータルステーションによる出来形計測(TS出来形)に管理で協議した。



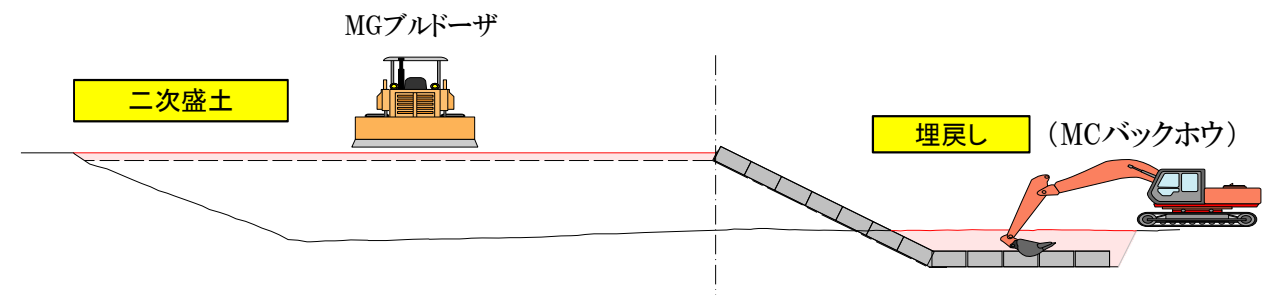
(4) コンクリートブロックの据付

- トータルステーションによる出来形計測完了後、根固め部及び法面部にコンクリートブロックをラフテレーンクレーンにて据え付ける。



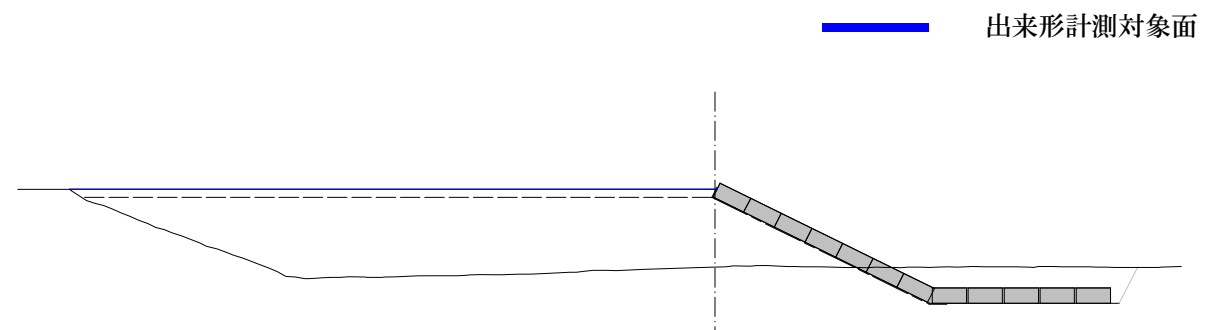
(5) 二次盛土及び埋戻し (③ ICT建機による施工)

- コンクリートブロック据付け完了後、根固め部の埋戻し及び天端部の二次盛土を行う。



(6) レーザースキャナーによる出来形計測 (④ 3次元出来形管理等の施工管理 ~ ⑤ 3次元データの納品)

- 二次盛土完了後、レーザースキャナーにて、盛土天端の出来形計測を実施。
- 出来形計測完了後、ソフトにて所定の様式(ヒートマップ)を作成する。
- 3次元データの納品



2-3. 3次元起工測量

3次元起工測量の実施手段については、原則としてUAV(ドローン)を使用する事となっているが、本工事施工箇所は東名高速道路に近接しており、UAVの使用ができない為、発注者と協議し、レーザースキャナー(LS)を使用して起工測量を実施した。

なお、レーザースキャナーによる測量については、UAVと比較して時間及び費用が掛かるが、精度の高い3次元データを計測できるメリットがある。(図-4)

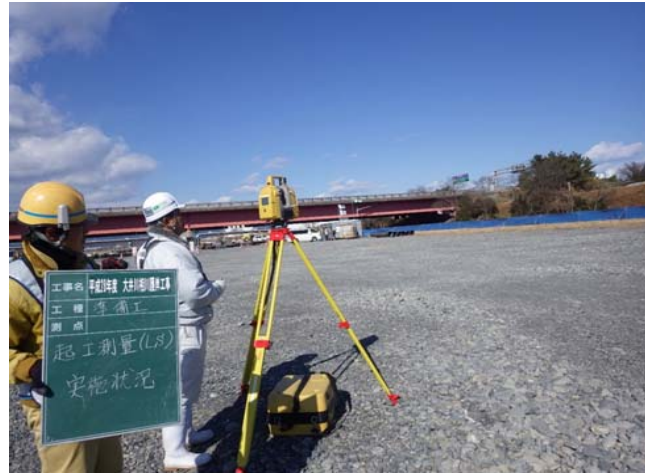
また、本工事の施工範囲においては、6箇所での計測を実施した。

UAV及びLSの一般的な比較

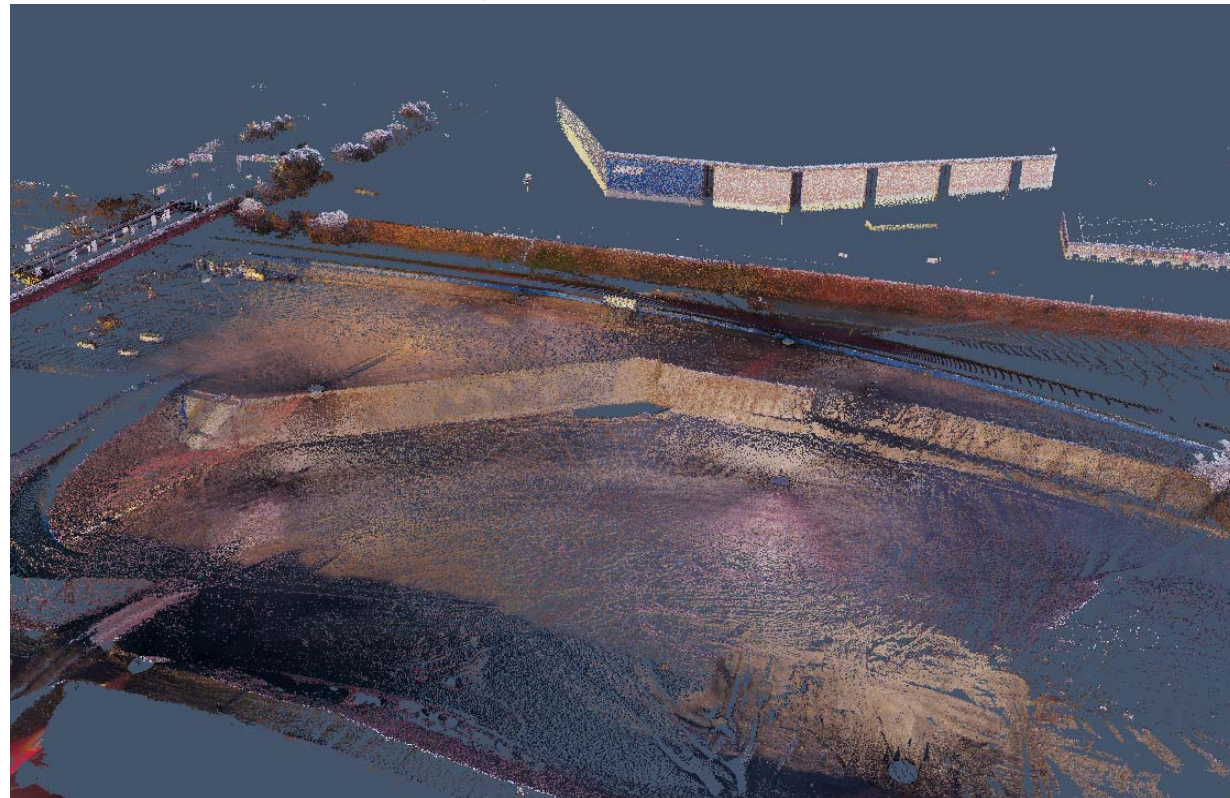
項目	UAV撮影	LS計測
時間	早い: 一度の飛行で 広範囲の撮影が可能	遅い: 計測に時間が掛かる 数カ所での計測が必要
費用	安い: 現場作業が短期間で 人件費等が安い	高い: 現場作業に時間が掛かり 人件費等が高い
精度	低い: 画像データからの変換 LSに比べ劣る	高い: 狭い範囲の直接計測の ため、高精度のデータ
その他	<ul style="list-style-type: none"> 気象条件の制約 飛行禁止区域の制約 点群データへの変換 	<ul style="list-style-type: none"> 特に大きな問題はない

図-4

レーザースキャナーによる
起工測量の実施状況

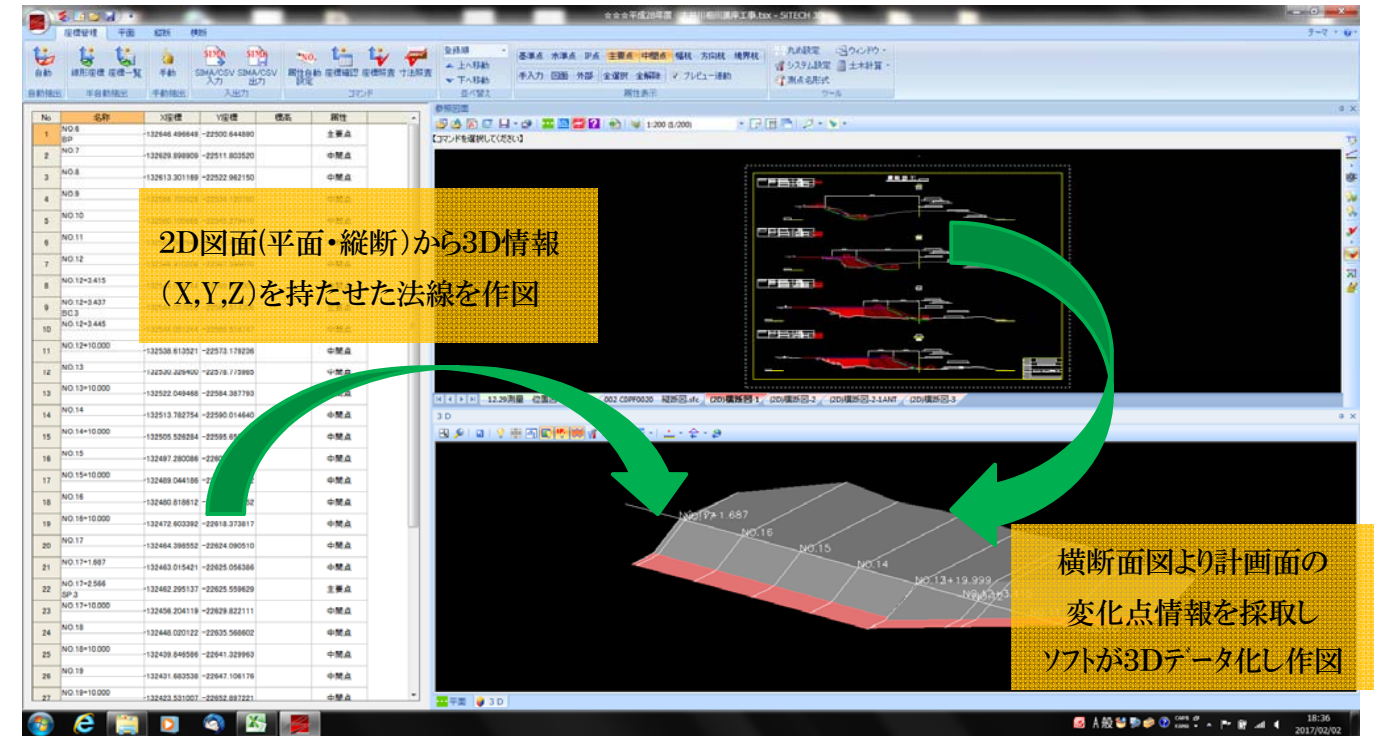


起工測量にて取得した点群データ



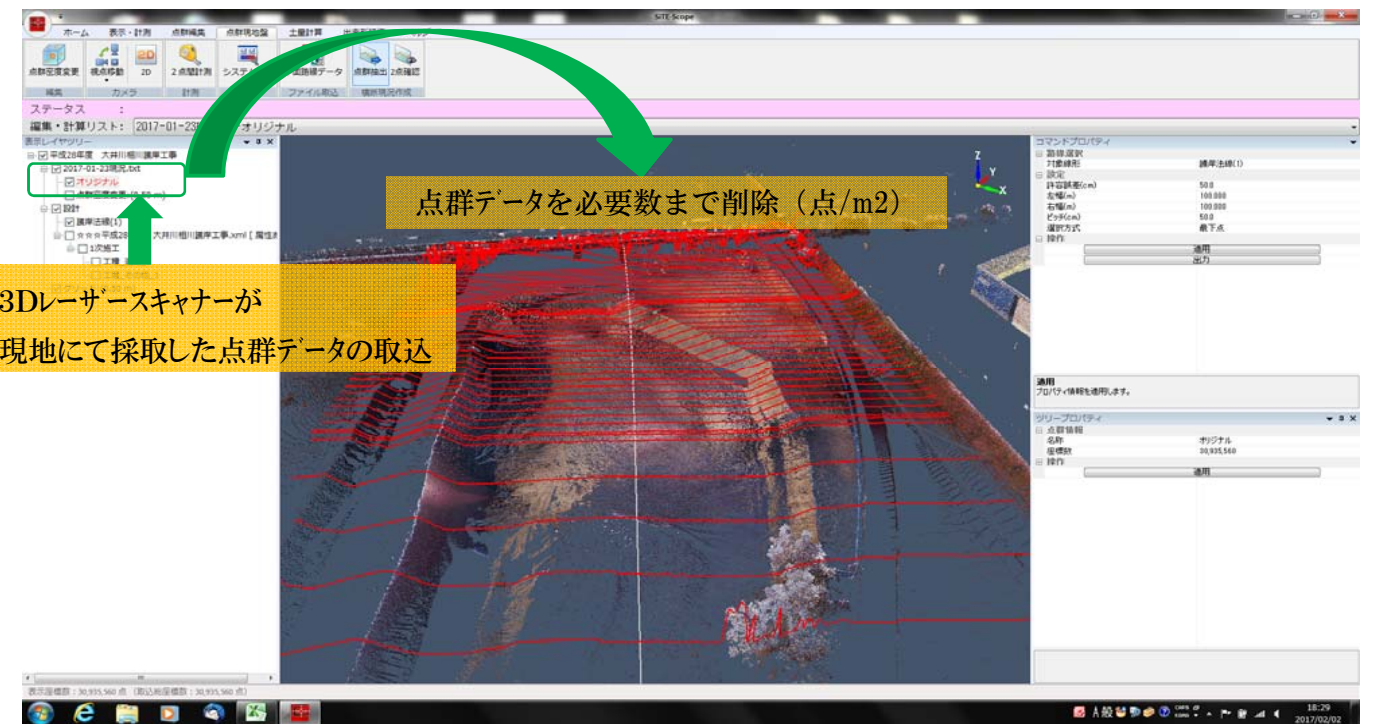
2-4. 3次元設計データ作成

発注図の2次元図面の照査を行い、今回工事で導入したソフトに2次元図面の要素を入力し、3次元設計データの作成をおこなった。



点群データの処理

今回導入したソフトにより、所定の点群密度変更や現況横断線の抽出描画を行った。



2-5. ICT建機による施工

ICT建機による施工については、盛土及び法面整形が対象となったため、ブルドーザ及びバックホウ各1台の計2台のICT建機を使用した。ICT建機の使用については、日常点検として、作業前に既知点を利用して、位置情報等に異常がないことを確認した。また、今回使用したICT機械の種類については、以下の通りとした。

- ブルドーザ:MC(マシンガイダンス)ブルドーザ 盛土及び基面整正に使用
 マシンガイダンス-重機操作をサポート
- バックホウ:MG(マシンコントロール)バックホウ 法面整形に使用
 マシンコントロール-重機操作を制御

日常点検:ブルドーザ



日常点検:バックホウ



MCブルドーザによる盛土状況



MGバックホウによる法面整形状況



MCブルドーザによる基面整正状況



本工事の主要工種であるコンクリートブロックの据付に直接影響する法面整形、及び基面整正の精度管理が非常に重要と考えた。

特に法面整形は、ブロックの見栄えを左右すると考え、使用するバックホウについては、高価ではあったが、重機作業を制御するMC(マシンコントロール)バックホウを採用した。

結果、非常に精度が良く、全体的に美しい仕上がりの法面を施工することができ、コンクリートブロックの据付の出来形を向上させることができた。

ICT建機による仕上がり状況:法面整形



ICT建機による仕上がり状況:基面整正



2-6. 3次元出来形管理等の施工管理

盛土天端仕上げ状況



レーザースキャナーによる計測状況



様式-31-2

出来形合否判定総括表

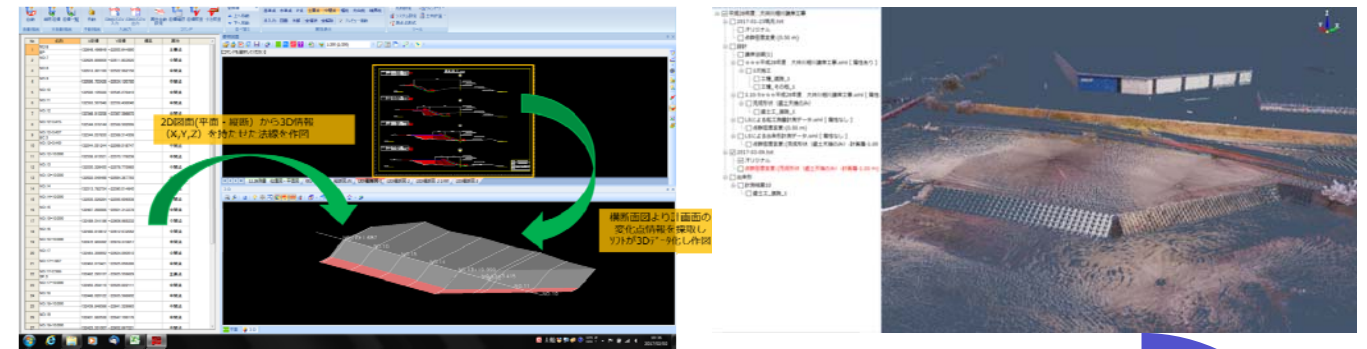
工種		河川土工		種別		盛土工		合否判定結果											
測定項目	規格値	判定	社内規格値	判定															
天端標高較差	平均値	-36mm	-50							-40									
	最大値	83mm	-150																
	最小値	-137mm	-150																
	データ数	7087	1点/m ² 以上 (6887点以上)																
	評価面積	6887m ²																	
	棄却点数	1	0.3%未満 (21点以下)							+16									
					<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">規格値以内のデータ数(割合)</th> </tr> <tr> <th>80~50%</th> <th>50~20%</th> <th>20%以内</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>天端のばらつき</td> <td>245/7086 (3.4%)</td> <td>4033/7086 (56.9%)</td> <td>2805/7086 (39.6%)</td> </tr> </tbody> </table>					規格値以内のデータ数(割合)			80~50%	50~20%	20%以内	天端のばらつき	245/7086 (3.4%)	4033/7086 (56.9%)	2805/7086 (39.6%)
規格値以内のデータ数(割合)																			
80~50%	50~20%	20%以内																	
天端のばらつき	245/7086 (3.4%)	4033/7086 (56.9%)	2805/7086 (39.6%)																

3次元施工管理において、従来手法であれば管理測点での管理となるが、3次元施工管理では1点/m²での管理となる為、対象範囲全域を規格値以内で施工する必要があった。(対象面積の0.3%は規格外可)

その為、数回の修正作業とTSを用いた任意の高さ計測を行い、LSによる出来形計測に臨んだ。その結果、ばらつきにおいて96.4%が規格値の50%以内、棄却点において1点/7087点という高精度の計測結果を得る事ができた。

2-7. 3次元データの納品

今回、ICT活用工事を実施するにあたって、3次元データ作成から電子納品データの作成までを自社で施工できるようにソフトの導入を行った。その事により、データ作成から納品までを効率よく行う事はもちろん、施工中の3次元設計データに対する諸問題の解決が担当者で行う事ができ速やかに作業を進める事ができた。



導入ソフトから所定のファイル形式に出力し納品

12.2 LSによる出来形管理の電子成果品

電子成果品として、

- ①3次元設計データ
- ②出来形管理資料
- ③LSによる出来形評価用データ
- ④LSによる出来形計測データ
- ⑤LSによる計測点群データ
- ⑥工事基準点および標定点データ

を「工事完成図書の電子納品要領」で定める「ICON」フォルダに格納する。

ファイル命名規則

計測機器	整理番号	図面種類	番号	改訂履歴	内容	記入例
LS	0	DR	001~	0~2	・3次元設計データ (LandXML等のオリジナルデータ (T I N))	LS0DR001Z 拡張子
LS	0	GH	001~	-	・出来形管理資料 (出来形管理図集 (PDF) または、ビュー付き3次元データ)	LS0GH001 拡張子
LS	0	IN	001~	-	・LSによる出来形評価用データ (CSV、LandXML等のポイントファイル)	LS0IN001 拡張子
LS	0	EG	001~	-	・LSによる総工測量計測データ (LandXML等のオリジナルデータ (T I N))	LS0EG001 拡張子
LS	0	SD	001~	-	・LSによる岩盤計測データ (LandXML等のオリジナルデータ (T I N))	LS0SD001 拡張子
LS	0	AS	001~	-	・LSによる出来形計測データ (LandXML等のオリジナルデータ (T I N))	LS0AS001 拡張子
LS	0	GR	001~	-	・LSによる計測点群データ (CSV、LandXML等のポイントファイル)	LS0GR001 拡張子
LS	0	PO	001~	-	・工事基準点および標定点データ (CSV、LandXML等のポイントファイル)	LS0PO001 拡張子

2-8. ICT土工を施工しての利点及び欠点

① 品質について

利点： 従来の丁張による施工と比較して、丁張以外の任意測点についても、施工機械が設計データを搭載しているため、盛土天端・法面整形共に精度よく、見栄えの良い仕上がりを得ることができた。

欠点： 特になし

② 原価について

利点： 現状においては、3次元起工測量費用、3次元設計データ作成費用及びICT建機の一部(システム初期)が、発注者より変更計上される。

欠点： ICT建機のリース費用及び施工管理ソフト等が高価である。

③ 工程について

利点： 丁張の設置・撤去及び出来形計測に掛かる時間が短縮できる。また、直接作業においては、日当り施工量が増加することにより時間が短縮できる。

欠点： 3次元設計データの作成及びデータの変換・転送等において、不慣れな場合は、時間を要してしまう。

④ 安全について

利点： 特になし

欠点： オペレータがモニターを注視することが増え、誤操作及び周囲の確認が疎かになることが予想される。また、マシンコントロールについては、制御されることにより、緊急時等の対応に不安がある。

⑤ データについての問題点

発注図面・測量データ・3次元設計データ・ICT建機用データ等の処理の過程において、データ型式が多数存在する。

⑥ ICT建機についての問題点

今回使用したブルドーザについては、従来の建機にICT建機用装置を後付け対応としたが、各部品及び取付部材等の汎用性が低く、ICT建機の実用性が制約される。

※ 原価及び工程についての導入の効果については、施工規模及び現場形状等によって、大きく左右されることが考えられる。

2-9. 建設ICTに関するイベントの開催

発注者が推進する、建設現場にICT技術を取入れる試み”i-Construction”を広く水平展開する事を目的とし、導入工事である当現場にて講習及び実演を行うイベントを開催した。

当日は官庁、建設会社関係者、計100名の出席を賜った。また建設業の担い手不足解消を目的として、当社の若手社員より『若手技術者から見た建設業』という題材で参加者に意見発表をさせて頂いた。諸々、建設業が抱える問題解消の一端を担えたと考えている。

エンドユーザー意見の発表



レーザースキャナーの実演



マシンコントロールバックホウの実演



マシンガイダンスブルドーザの実演



特設ブースでのメーカー説明



若手技術者からの発表



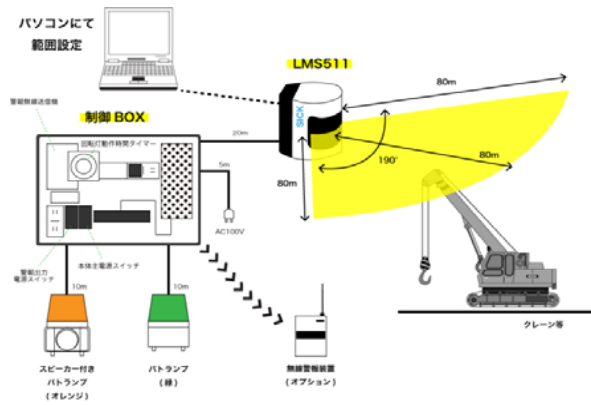
本工事では、国土交通省が推進する『i-Construction』におけるICT土工に、早い段階で取り組みことができ、非常に有効であった。今後の現場においても、今回工事の経験を活かし積極的に取り組みたいと思います。

3. 安全管理について

(1) 橋桁接触防止対策の工夫

①レーザーバリアシステムの導入

当現場の中央付近にはNEXCO中日本の橋梁構造物(東名高速道路)が存在する。作業上また仮設計画上、当該構造物の直下を通過する必要がある、桁への接触事故防止が重要課題であった。そこで、通常用いられる接触防止ゲートに加え本製品を設置することで二重の安全対策を講ずることとした。これにより、本件について無事故で完工することが出来た。



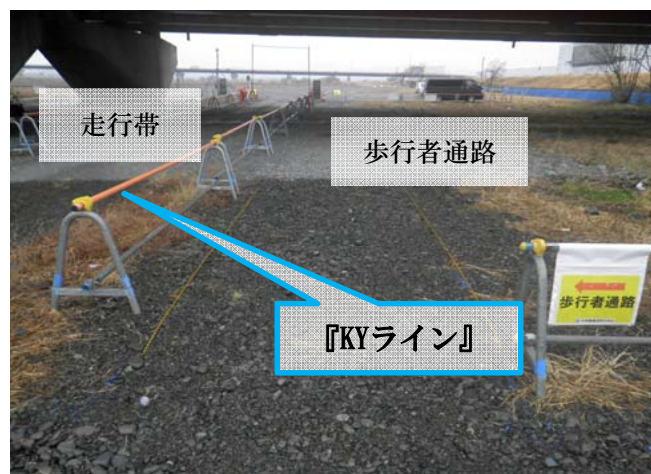
レーザーバリアシステム

2Dレーザーを照射することにより、指定の範囲に進入した物体を感知し、警報を発生する装置

なお、ゲートについては、搬入通路を明確にするため、搬入用と搬出用を別々としたため、レーザーバリアシステムについても2セット設置した。



②KYラインの使用



また、桁下内は日光が当たらず、視認性が低い為、歩車道分離用の単管パイプについては、視認性が高い『KYライン』を使用した。

『KYライン』については、通常の単管パイプと比較して軽い為、施工性についても効率UPを図ることができた。

(2) 大型土のう製作の工夫

大型土のう製作治具の使用

本工事の仮設工における、大型土のう製作において、使用重機と手元作業員との接触事故を防止する目的で、大型土のう製作治具を使用した。

専用治具を使用したことで、重機と手元作業員との混在作業がなくなり、安全性が向上した。また、作業効率も向上し非常に有効であった。

① 大型土のう復路を治具に取付け



(手元作業員のみ)

② 土砂の導入



(重機作業のみ)

③ スtock場所への運搬



(重機作業のみ)

④ 治具の取り外し



(手元作業員のみ)

4. あとがき

本工事はコンクリートブロック護岸工事で、国土交通省が推進する、『i-Construction』における、ICT土工を取り入れる工事でありました。

ICT土工については、平成28年度からの運用でありましたが、発注者及び関係協力業者等との打合せ及び支援により、精度の高い構造物を構築することができました。

また、無事故・無災害で完成することができ、協力していただいた発注者、関係機関、協力業者の皆様へ感謝申し上げます。本工事での経験を踏まえ、今後の現場管理においても、ICT技術を積極的に活用した取組みをしたいと思っております。



完 成



完成(不可視部1)



完成(不可視部2)