

護岸耐震補強工事の情報化施工

清水建設(株) 正会員 ○澤田 泰希
土屋 尚典
遠藤 和雄

1. はじめに

平成 23 年に発生した東日本大震災を受け、東京都防災会議は M8.2 級の海溝型地震等が発生した際の被害想定を行った。これを踏まえ、東京都は平成 24 年に「東部低地帯の河川施設整備計画」を策定し、上記のような最大級の地震が発生した場合でも津波等による浸水を防止すべく、対象区間における各河川管理施設(堤防、水門、排水機場等)が機能を保持するよう耐震・耐水対策事業が進められている(図-1)。

本工事は、この事業のうち東京都葛飾区内を流れる中川の護岸耐震補強工事であり(図-2)、作業の一部に情報化施工を活用して施工上の課題を解消した。

本稿では、上記情報化施工の詳細内容を報告する。

2. 工事概要

(1) 標準断面図

標準断面図を図-3に示す.

(2) 工種および施工数量

本工事の主要工種および施工数量を以下に示す.

施工延長	: 305m
航路掘削工	: 46,650m ³
地盤改良工	: 127,800m ³
鋼管矢板圧入工	: Φ800・1000, 256 本
笠コンクリート工	: 302m

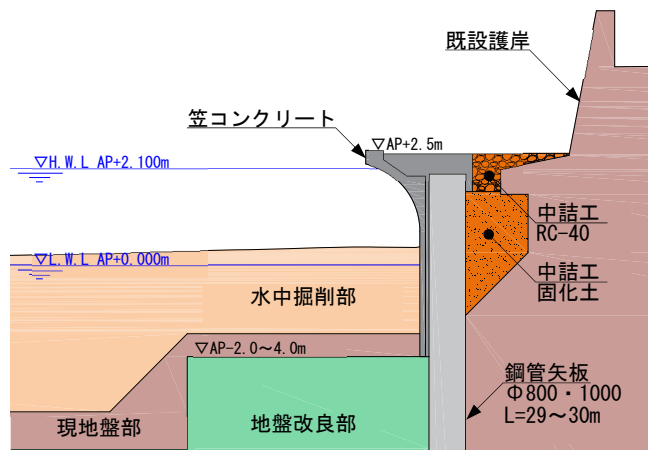


图-3 標準断面图



図-1 東部低地帯の河川施設整備計画
(東京都建設局 HP より)



図-2 中川護岸耐震補強工事の全体図

キーワード 河川工事, 護岸工事, ICT 浚渫工, 情報化施工

連絡先 〒104-8370 東京都中央区京橋2丁目16-1 清水建設(株)土木技術本部 海洋プロジェクト部 TEL03-3561-3898

3. 施工上の課題点

本工事では、航路掘削工において施工上の様々な課題があったが、ここではその課題点のうち主要な3点について、図-4 および以下(1)～(3)に示す。

(1) 第三者船舶に対する安全性の確保

中川は、埼玉県羽生市を起点に東京湾へと注ぐ総延長約81kmの一級河川であり、いわゆる「海と内陸を結ぶ関東の玄関口」である。そのため古くより水上交通・輸送の重要な拠点として機能しており、現在でも多くのプレジャーボートやタンカー船、さらに隣接工区の工事用台船が頻繁に航行している。本工事はこれら第三者船舶に対して、作業範囲に応じ航路を切り替えながら水上作業を行う必要があったため、工事期間中は第三者船舶に対する安全性の確保が大きな課題となった。

(2) 周辺住民の生活環境の確保

中川が位置する東京都葛飾区は、かねてより首都圏のベッドタウンとして機能しているため堤内地側は民家が密集している。さらに昨今のコロナ禍の影響から、テレワークや在宅勤務等が一般的になったことにより、日中を自宅で過ごす人々が増えた。そのため工事期間中は工事中の騒音・振動を最小限に留め、周辺住民の生活環境を阻害しないことがより強く求められた。

(3) 蛇行区間における工事目的物の出来形精度確保

工事完了後の中川の必要流下断面を確保するためには、航路掘削工の出来形管理は重要な施工管理項目の1つであった。しかし本工事範囲は「中川七曲り」と呼ばれる蛇行区間に位置していたため、航路掘削範囲も蛇行区間に沿って複雑な形状を成していた。

加えて航路掘削工は、視認性が低い水中を掘削することとなるため、掘削後の河床の出来形管理と進捗管理の見える化も大きな課題となった。

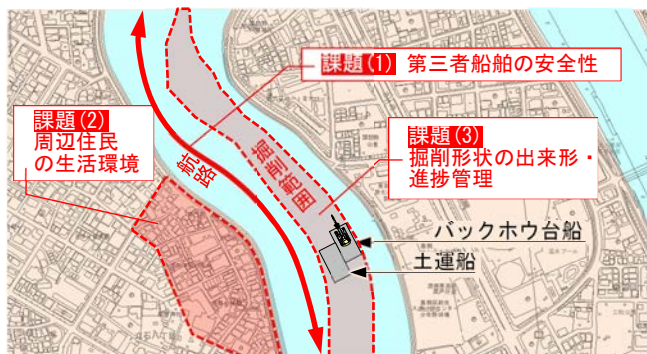


図-4 航路掘削工の課題点

4. ICT 浚渫システムの導入

左記施工上の課題を受け、航路掘削工では情報化施工の一環として ICT 浚渫システムを導入した。

本システムでは、主に4つに分類される ICT の機能を駆使し、作業の効率化・高精度化を図った。以下、その詳細を記す。

(1) 音響測深機による深淺測量のデータ作成

掘削作業に先立ち、音響測深による深淺測量を行った(図-5)。本機は、河床方向に超音波を発信し、その反射波を受信することで河床深さを測深するものであり、これにより施工全範囲に渡り3次元測深データを作成した(図-6)。



図-5 音響測深実施状況

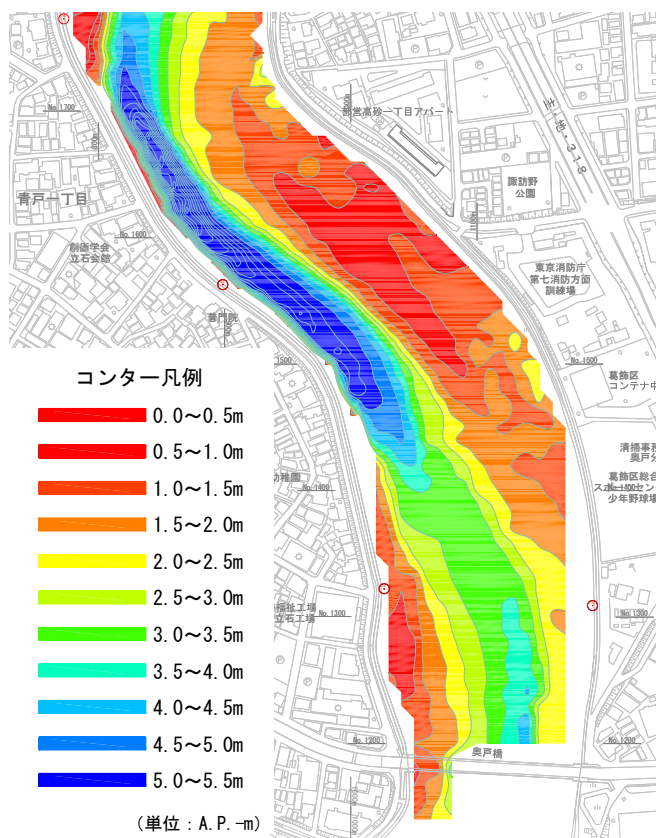


図-6 音響測深コンター図

(2) マシンガイダンスシステムの導入

航路掘削に用いるバックホウには、マシンガイダンスシステム(以下、MGS)を導入した(図-7)。本システムは、バックホウを構成する各部材にセンサを設置することで、バックホウの作動状況をリアルタイムで一元管理するものである。バケットの刃先深度および軌跡の管理は、バケットおよびアームに設置したセンサにより行い、本システムと(1)の音響測深データを重ね合わせることで、浚渫深度および浚渫履歴、バックホウ位置の見える化を図った(図-8)。

またバックホウの向き・位置情報の管理は、旋回部に設置したセンサと、後方部に追加設置した GNSS センサにより行い、作業台船が航路ラインに侵入していないことを随時確認した。

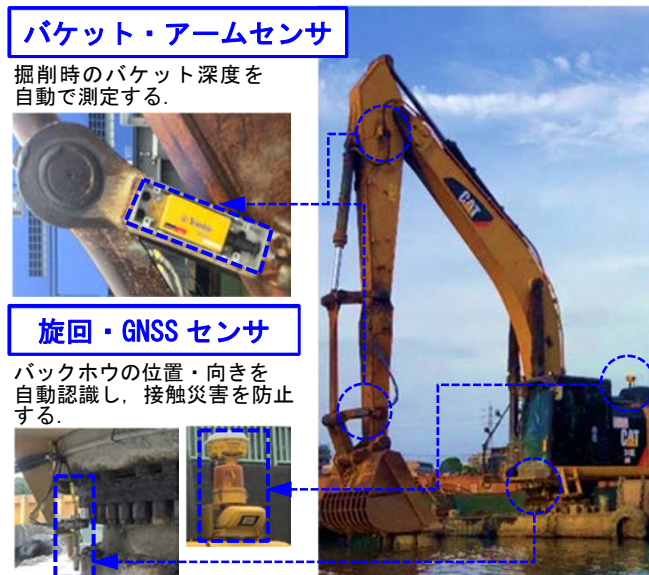


図-7 MGS の概要

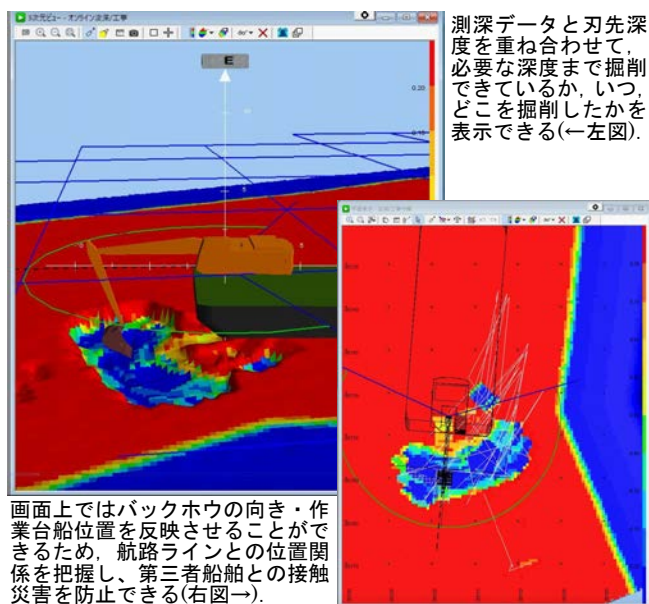


図-8 音響測深データとの重ね合わせ

(3) オペレータの作業支援モニタへの展開

(1), (2) の導入により得られた施工情報は、バックホウの運転席に搭載したモニタに表示できるよう作業支援システムを構築した(図-9)。バックホウオペレータは、この作業支援モニタに表示された掘削深度・位置、さらに第三者船舶の航行状況をリアルタイムで確認しながら、過不足なく航路掘削を行う。

(4) 自動クラウド化による情報化施工管理

(1)～(3) を用いて行った一連の ICT 浚渫工により得られる施工情報は、自動クラウド化を実施して、タブレット端末を利用してどこにいても確認できるよう系統化した(図-10)。

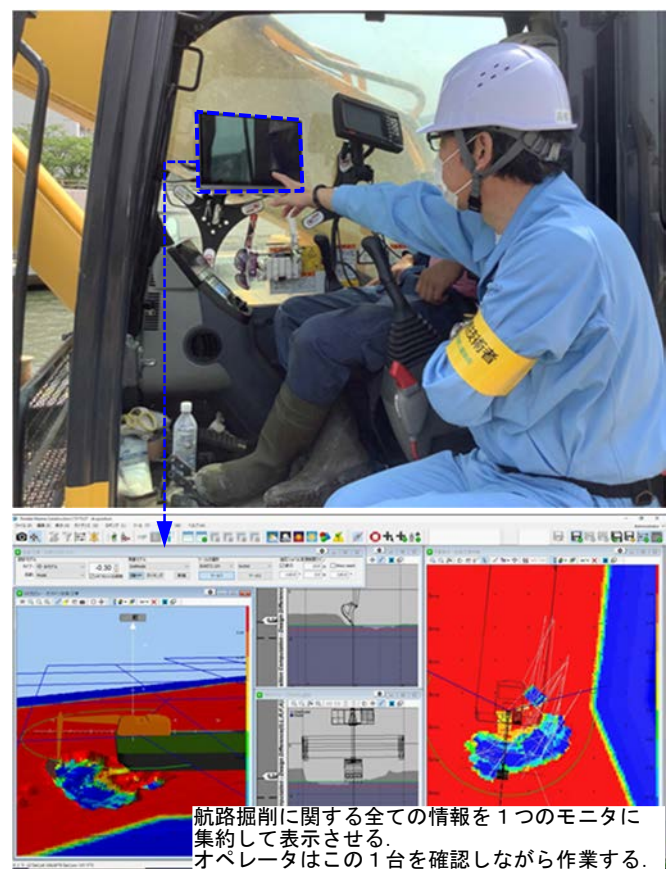


図-9 オペレータの作業支援モニタ



図-10 施工情報の自動クラウド化

5. 本システムの効果

本システムの効果を整理し、表-1 に示す。

(1)安全管理(施工上の課題点3-(1)に該当)

MGSにより、警戒船による注意喚起と並行してセンサによる位置管理を行うことでダブルセーフティを講じることができ、第三者船舶との接触災害を確実に防止することができた。

(2)環境管理(施工上の課題点3-(2)に該当)

情報化施工により作業時間を約30%削減させたことで、騒音・振動の発生時間を最小限に留め、航路掘削期間中において周辺住民の生活環境を低下させることなく、工事を円滑に進捗させることができた。

(3)品質・出来形管理(施工上の課題点3-(3)に該当)

音響測深により掘削形状を高精度に計測し、かつMGSで刃先深度管理をリアルタイムで確実に行うことで、複雑な掘削形状となる蛇行区間でも、全ての出来形検査において不適合ゼロを達成することができた。

そのほかの効果として、一連の情報化施工により生産性を約33%向上させたこと、オペレータの技量に依存しない掘削作業を実現させたこと、クラウド化により施工管理の省力化を図れたことが挙げられる。これらのことから、浚渫工事においても情報化施工を活用することは、様々な面で効果を期待することができ、今後の河川工事や水上工事の発展に寄与する重要な要素となると考える。

6. 今後の課題と展望

(1)今後の課題

バックホウの機種によってはセンサが正常に反応しない場合があるため、センサの汎用性を改善させる必要がある。また、実際の作業がクラウドに反映され更新が完了するまでにはタイムラグが生じるため、施工状況をリアルタイムに確認・共有し、タイムリーに施工指示を出すためには通信状況の改善が必要となる。

(2)今後の展望

本システムでは音響測深により深浅測量を行ったが、より細かな計測データを得られるマルチビームソナー(図-11)を適用することで、より高精度なICT浚渫工を実施することが可能となると考える。また、得られたICTデータは5G等の次世代移動通信システムの活用を検討し、通信性能不足によるタイムラグを解消して関係者同士が密に連携しながら施工できる環境を整備することが重要となると考える。

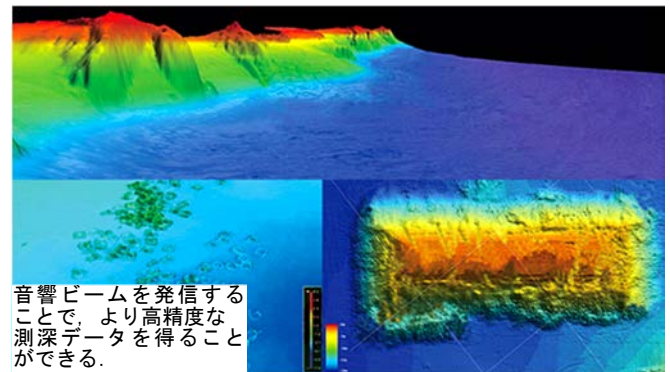


図-11 マルチビームソナー活用例

表-1 従来工法と本システムとの比較検証

検討項目	従来工法	本工事での情報化施工	比較・効果
安全管理 (3-(1)に該当)	警戒船による注意喚起	左記に加え、 <u>センサによる台船位置管理</u> を追加	第三者船舶との接触災害の発生ゼロ を達成
環境管理 (3-(2)に該当)	—	<u>作業時間を約30%削減</u> し、騒音・振動を抑制	航路掘削期間中の 周辺住民の生活環境を阻害せず 、円滑な工事進捗を実現
品質・出来形管理 (3-(3)に該当)	レッド測深	<u>音響測深とMGS</u> による一元管理	蛇行区間にて 不適合の発生ゼロ を達成
その他	・従来工法では450m³/日の歩掛り計画であったが、本工事では600m³/日の作業進捗を実現することができ、約33%の生産性向上を達成できた。 ・バックホウの操作は、オペレータの技量に依存せず一貫して高い施工精度・作業進捗度を維持することができる。 ・施工情報をモニタ化・クラウド化させることで、現場または現場事務所、どこにいても作業状況を確認できるため、施工管理の効率化が図れる。		

7. おわりに

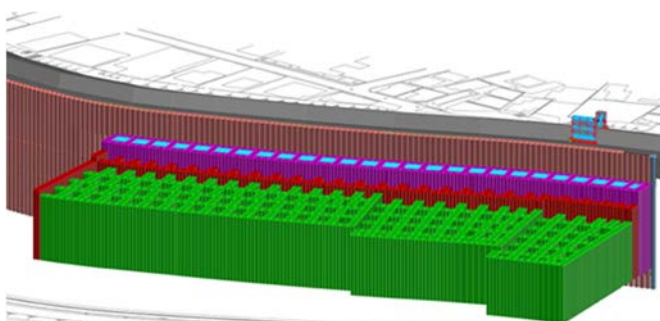
本工事では、浚渫工のほかに地盤改良工においても ICT を活用しており(図-12)、工事全体で情報化施工に取り組み、生産性や品質の向上等、その効果を実感している。我が国のインフラ施設の老朽化は顕著であり、10 年後には、護岸や水門等の河川管理施設の約 6 割が建設後 50 年を経過すると言われている。さらに近年、局所的大雨を例にみる異常気象に起因する水災害の発生件数が増加しているため、河川構造物の整備の効率化は喫緊の課題であると言える。

その課題の解決策の 1 つとして、本稿で報告したような浚渫工事への ICT の展開は、非常に有効であると考ええる。本稿が、浚渫工事のみならず様々な水上工事のさらなる発展に寄与し、国土強靱化、持続可能な社会の構築の一助となれば幸甚である。

また図-13 は、環境保全活動の一環として東京都東部漁業協同組合と協賛して行った、うなぎとふなの稚魚の放流の状況である。これからも、このように地域性を大切にしながら、時代の趨勢のもと情報化施工を駆使して、新たな建設工事のかたちを創りあげていく所存である。

最後となるが、本工事は発注者や周辺住民の方に多大なご理解・ご協力を得て、2021 年 6 月に無事、しゅん功を迎えることができた(図-14)。

工事関係者の皆様に対し、弊社一同、ここに御礼申し上げます。



地盤改良工においても、3次元モデルを作成し、改良体の見える化を図った(上図緑・赤・紫部)。

図-12 地盤改良工への ICT の展開



図-13 環境保全活動の様子

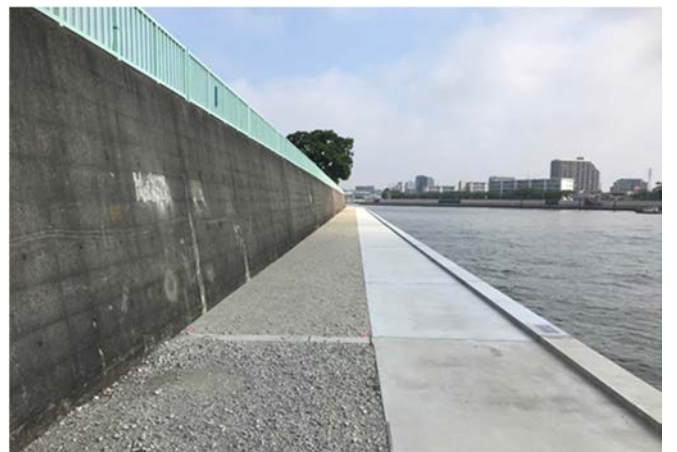


図-14 しゅん功後の中川護岸