

名古屋港新土砂処分場埋立護岸の ICT 施工について

大西 凌雅

国土交通省 中部地方整備局 名古屋港湾事務所 常滑出張所

(〒479-0881常滑市セントレア4丁目11-3セントレアロジスティクスセンター)

国土交通省は建設生産プロセスにおいて ICT を活用する「i-Construction」を推進し、建設現場での生産性向上に取り組んでいる。

中部地方整備局では 2021 年 9 月より中部国際空港沖に新たな土砂処分場を整備する事業を鋭意進めている。本現場は空港に近接した場所であるため航空法で規定する制限表面下での施工となることや陸上部が限られる海上での施工となることなど様々な制約があるなかで ICT の活用により課題を克服した事例を紹介する。

なお、今回紹介する事例は、技術提案以外で施工者自らが積極的に導入したものである。

キーワード：ICT, 海上工事, 制限表面

1. 新土砂処分場の概要

名古屋港は、庄内川から年間 30 万 m^3 の土砂が流入しており、埋没しやすい特徴があることから常に航路・泊地の水深を維持する必要がある。また、コンテナ船や自動車運搬船の大型化が進んでおり、それらの船舶に対応するために航路・岸壁の水深を深くすることが利用者から求められている。

このような事情から、名古屋港では航路・泊地の適切な水深を確保する浚渫工事を継続しており、浚渫により発生した土砂は名古屋港内のポートアイランド等に処分・仮置している。このポートアイランドでは 1975 年から約 50 年間で約 5,000 万 m^3 の浚渫土砂を受け入れている。そのうち、約 2,000 万 m^3 は仮置きという形で計画埋立高さより 10m 以上積上げており、今後、土砂を受け入れる残余容量も限界に近付いている。このため、2021 年より、中部国際空港沖に新たな土砂の受け入れ先として新土砂処分場の整備を進めている。



図-1 名古屋港新土砂処分場整備事業計画平面図

新土砂処分場整備では、埋立土砂の受け入れに先立ち、埋立区域を外海と遮断する外周護岸及び中仕切堤の護岸工事を進めている。西Ⅰ工区の護岸断面図を図-2 に示す。これまでに実施した護岸工事の主な内容は、基礎捨石の投入・均し、被覆石の投入・均し、本体ブロックの据付、消波ブロックの据付である。

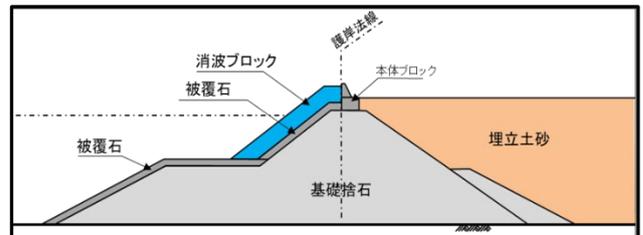


図-2 西Ⅰ工区 護岸断面図

本論文では、空港に近接した場所で施工した海上工事において、空港特有の制約等があるなか ICT を活用し工期短縮、安全確保、現場管理の利便性向上に繋がった施工事例について 3 例を紹介する。

2. 空港周辺における制限

航空機が安全に離着陸するためには、空港周辺の一定の空間を障害物が無い状態にしておく必要がある。航空法第 49 条では、制限表面として進入表面、転移表面、水平表面などを規定しており、これらの表面の上に出る物件の設置を禁止している。(図-3)

そのため、新土砂処分場整備の現場では作業

船舶が制限表面に抵触しない工夫が必要である。

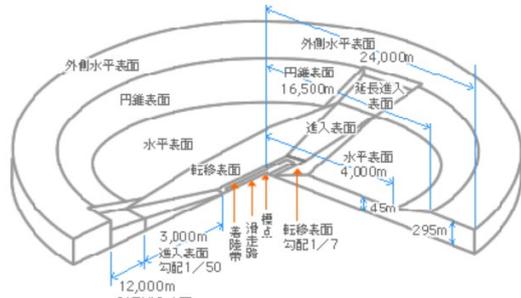


図-3 制限表面概略図¹⁾

3. 事例紹介

(1) Smart バケットを活用した効率的な施工

a) 適用現場の概要及び課題

「令和 4 年度 名古屋港新土砂処分場埋立護岸基礎工事（その 5）」では、空港近接部で石材を延長約 160m、幅約 45m の範囲に薄層（平均約 1m 厚）で投入する工事であり、作業船の高さ管理が課題となった。このため、作業船のクレーンブーム先端が制限表面に抵触させずに投入可能な範囲は昼間施工、制限表面に抵触する範囲は滑走路の運用が停止する夜間施工とした。夜間の作業時間は限られるため、石材を手戻りなく効率的に投入することが求められた。



図-4 令和 4 年度 名古屋港新土砂処分場埋立護岸基礎工事（その 5）施工箇所

b) 活用した ICT システムの概要

AI 投入管理システム「Smart バケット」(NETIS:KTK-220003-A)を活用し、石材投入作業を効率的に実施した。「Smart バケット」は、作業船ブーム先端に取付けた GNSS アンテナからバケットの位置情報や投入履歴を画面上に表示するシステムである。GNSS アンテナに使用する無線ユニットは、マグネット式でブーム本体に短時間で脱着

可能である。



写真-2 GNSS 無線ユニット

さらに、カメラで撮影した映像内のバケットの開閉動作を AI が解析することで、石材の投入を自動で判定し、投入位置や投入回数等の施工履歴がリアルタイムで自動的に記録する機能を付加した技術である。

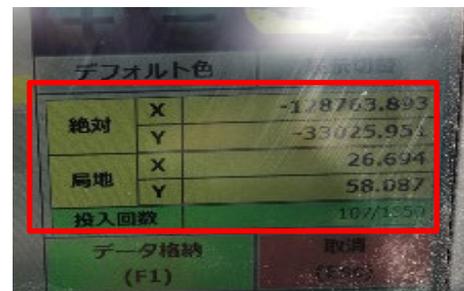


写真-3 システム画面（投入位置，投入回数表示）

これにより、オペレータや投入管理者は正確な情報に基づいた状況判断が行えるため、作業負担の軽減と共に、管理ミスの発生を防止し、投入時間の短縮、投入精度の向上を可能にした。同時に高性能 GNSS アンテナを使用した高さ管理システムを併用したことにより、ブーム先端の高さ情報も同一画面上でリアルタイムに確認することが可能となり、制限表面に抵触させることなく安全性を向上させた。



写真-4 システム画面（ブーム先端高さ表示）

夜間作業は空港の滑走路閉鎖時間に合わせて実施するため、限られた時間内に安全で効率良く石材を投入する必要があった。本工事では制限表面により施工区域の約半分が夜間作業となったため、昼間はガット船にて搬入石材の約半分を直接投入し、残りの石材を起重機船と台船に瀬取り作業、

夜間に起重機船による投入作業を実施した。検取作業が困難な夜間においても「Smart バケット」の活用により石材の数量（投入回数）を正確に把握できたことで、綿密な搬入計画による石材の調達・投入管理が可能となった。

c) 考察

航空機発着の遅延発生等により滑走路が閉鎖できず、作業時間の変更や作業中止があるなか、これらの工夫により限られた時間を最大限に活用したことで、工程を順守できた。クレーンを使用した水中部に石材投入する現場や夜間作業により目視確認が十分にできない現場などで工期短縮・安全確保に有効的な技術と考える。

(2) 3D マシンガイダンスバックホウを使用した均し作業の実施

a) 適用現場の概要及び課題

「令和 4 年度 名古屋港新土砂処分場埋立護岸築造工事」では、石材投入後に表面を均す作業が延長約 300m(直線 150m, 曲線 150m)と長く、特に曲線部の護岸整形を短時間で正確に行うことが求められた。施工海域では、投入した捨石マウンドの法肩位置、高さを GNSS を使用して都度測量しながら、再投入等の判断をしなければならない。特に曲線部については、測量頻度も増えるため、ヒューマンエラーが発生することが懸念された。

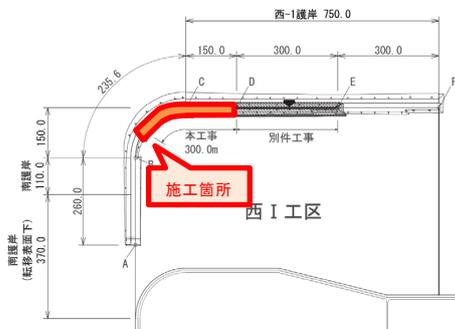


図-5 令和 4 年度 名古屋港新土砂処分場埋立護岸築造工事 施工箇所

b) 活用した ICT システムの概要

測量頻度の低減と施工性向上のため、捨石マウンドの整形に使用するバックホウに 3D マシンガイダンスシステムを搭載した。これは、ICT 土工の技術を活用するものである。今回の対象が、土ではなく捨石（30～300kg/個、1 辺 50cm 程度）であるため、海上工事に適用するように完成断面に対するバケット先端の近付き具合を、異なる音色で警告する設定等は未使用とし、単純にバケット先端と作成した 3D モデルに対する高さや位置の差を明示するものとして活用した。



写真-5 施工状況及びシステム画面

3D マシンガイダンスに従い施工することにより、単独で捨石の過不足分調整も含めた整形が可能となり、従来の施工サイクル（捨石投入→測量→過不足分再投入→丁張り設置→均し作業）を改善することができた。

c) 考察

工事施工期間は、他の現場での石材投入するガット船の需要増加に伴い作業船を確保することが難しい状況であった。遅れがちな工程のなかで、工期内に竣工できたことは、本技術の効果であると言える。

(3) デジタルツインシステムによる現場管理

a) 適用現場の概要及び課題

「令和 4 年度 名古屋港新土砂処分場埋立護岸基礎工事」では、施工延長約 430m (2 区域合計) の捨石、被覆石の投入・均し作業を行った。使用する起重機船等の作業船は、中部国際空港東側の常滑港に夜間停泊しており、毎日、中部国際空港の南側進入表面付近を航行するため制限表面に作業船が抵触しないことが施工条件となる。また、輻輳する海上工事現場において複数の作業船が散在している状況で、どの位置で何の作業をしているのか遠目からでは判断しづらい課題がある。従来、現場担当者が各作業船に乗船し、電話や無線連絡、複数の ICT システムを併用した人的な監視によって統合管理を実施しているが、本工事においては、効率的に現場管理を可能とする BIM/CIM システムを導入した。

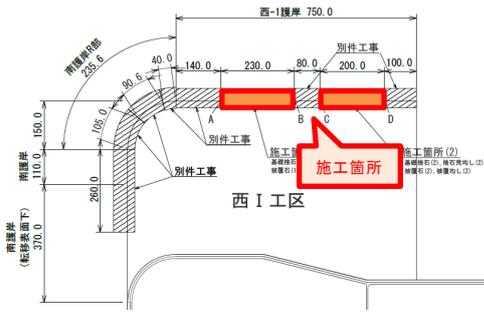


図-6 令和4年度 名古屋港新土砂処分場埋立護岸基礎工事 施工箇所



図-8 デジタルツインシステム概念図

b) 活用した BIM/CIM システムの概要

効率的に現場管理を行うために現場から得られる情報をリアルタイムに仮想空間に反映し集約表示させることにより、理解しやすく直感的に扱える「デジタルツインシステム」を構築し現場へ適用した。

本システムは、作業船や監視船の位置をリアルタイムに仮想空間に配置し、船名や積載物等の属性をタグ表示するものである。属性のうち石材検収数量については、クラウドにアップロードされた検収データを表示させる機能を統合し導入した。施工対象となる広域モデル、構造物モデル、風速・波高・潮位データについても仮想空間に統合表示し、現実空間の現場状況を統括管理できるシステムとした。

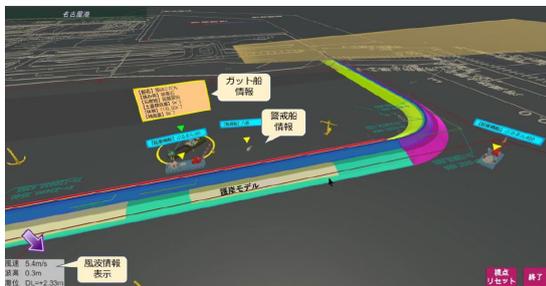


図-7 デジタルツインシステム画面

作業船の位置はスマートフォンの GNSS 情報を活用した。スマートフォンを各作業船 1 台ずつ配置、これらの情報をクラウドで集約し、該当する作業船 3D モデルに付加される属性タグにテキスト表示されるようにした。属性タグはスマートフォンの電源が ON の間、表示されるようにした。また、石材投入中はガッター船周囲を黄色円が点滅する表示とし作業中であることを明確化した。

c) 考察

仮想空間でのリアルタイム表示により現場状況を把握する本システムによって、現場担当者の移動回数の低減など、海上工事のように施工現場と事務所が離れている場合における遠隔管理の利便性を確認することができた。また、作業船の航行状況を本システムで監視することにより制限表面下の航行確認にも活用できた。本システムは複数作業船が輻輳する現場や空港に近接した場所での工事のように現場制約の可視化によりリスク回避が求められる現場での活用が有効的な技術であると考ええる。

6. まとめ

今回、名古屋港新土砂処分場整備における、空港特有の制限や陸上部に限られる海上施工での制約を受ける現場条件下で行われる工事において、施工者が積極的に ICT を導入し、これらの制約があるなか様々な工夫により工期短縮、質の高い現場管理による安全の確保、利便性の向上に繋がった。

護岸整備は、約 15 年と長い期間を計画しているため、今回、導入した ICT に加え新たな技術を駆使し、よりよい施工を実現していきたい。引き続き、建設現場の生産性向上に資する ICT の積極的な導入に取り組んで参りたい。今回の事例が他事業の参考になれば幸いである。

謝辞：本論文の作成にあたり、施工業者の東亜建設工業株式会社、若築建設株式会社および東洋建設株式会社ならび関係者の皆様に心から感謝の意を表する。

参考文献

1) 国土交通省 大阪航空局 HP
<https://www.cab.mlit.go.jp/wcab/measure/restriction.html>