

敦賀港の岸壁本体工事におけるICT, BIM/CIM活用による生産性向上について

櫻井 日出伸¹・安野 浩正¹・山宮 斗真¹

¹敦賀港湾事務所 保全課 (〒914-0065 住所 敦賀市松栄町7-28 敦賀地方合同庁舎3階)

敦賀港では複合一貫輸送ターミナル整備事業を鋭意実施中であり、現在岸壁本体のスリットケーソンを製作中である。

岸壁の本体となるケーソンは、大型かつスリット部を有することから、工事難易度の高い製作工事であり、効率的な施工を図るため、ICT, BIM/CIMを活用しながら生産性向上の取組を進めており、その効果や成果について報告する。

キーワード 岸壁, スリット型ケーソン, ICT, BIM/CIM, 生産性向上

1. はじめに

(1) 敦賀港の概要

敦賀港は、福井県敦賀市に所在する重要港湾で、本州日本海側のほぼ中央部に位置し、背後圏に関西・中京圏を擁している。北海道と九州を結ぶ内航定期航路として、敦賀～苫小牧港間のフェリーが週7便、敦賀～新潟～秋田～苫小牧港間の寄港便が週1便運航しているほか、RORO船については敦賀～苫小牧航路が週6便、敦賀～博多航路が週3便運航されている。また、韓国・釜山との外航定期コンテナ航路が週2便、国際定期RORO航路が週1便運航しており、県内外企業の経済活動を支えている(図-1)。

また、敦賀港の背後には、石炭火力発電所、セメント工場が立地しているほか、木材チップを燃料としたバイオマス発電所が立地しており、北陸地域への電力供給、国内へのセメント供給を行っている。

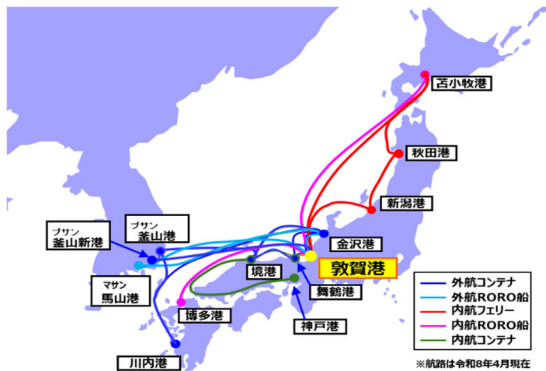


図-1 敦賀港定期航路

(2) 整備事業の概要

敦賀港では、大規模地震時に予想される緊急物資輸送量に対して耐震強化岸壁のバース数の不足や、将来の船舶輸送の需要増大、大型化する内航RORO船(九州航路)への対応が必要になっている。

そのため、2023年より、敦賀港(鞠山南地区)において、複合一貫輸送ターミナル整備事業に着手し、ふ頭の拡張と再編により荷役の効率化を図ることとしている。

直轄事業では、スリットケーソンによる重力式岸壁(水深9m)220mの新設、地盤改良による耐震化を行い、福井県は、岸壁背後のふ頭用地埋立造成を行うこととしている(図-2)。



図-2 複合一貫輸送ターミナル整備事業

(3) 整備事業の目的及び効果

本整備事業の目的及び効果としては、敦賀港鞠山南地区において、陸上輸送と海上輸送をシームレスに結束する複合一貫輸送ターミナルを整備し、内航RORO船(九州航路)の大型化に対応した岸壁とし、耐震強化構造とすることでサプライチェーンの強靱化及び災害対応力の強化を図ることとしている。

また、内航RORO船の貨物の取扱いを鞠山南地区に集結し、ふ頭再編を行うことで、敦賀港で積み替える貨物の荷役効率化、維持管理コストの縮減を図ることが期待される。

(4) 岸壁の構造形式

主要施設である水深9m岸壁(耐震)の延長は、250m(うち取付部30m)である。本岸壁は、港内静穏度に極力影響を与えない構造とする必要があった。

設計では、PC栈橋式、ジャケット栈橋式及び重力式についての構造形式の比較検討を行い、隣接するケーソン式岸壁との境界位置に土留めが不要なこと、杭の打設が不要など、施工性、経済性等を踏まえ、岸壁の構造形式は重力式(スリットケーソン式)を採用した(図-3)。

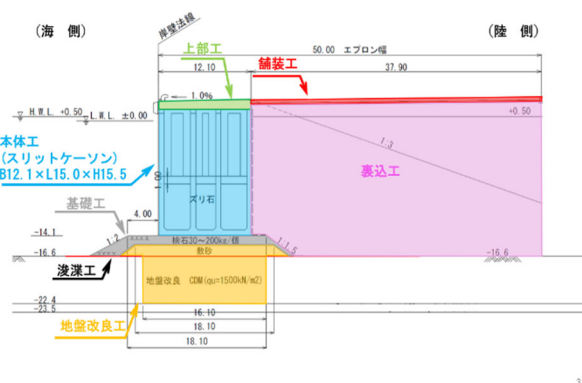


図-3 水深9m岸壁(耐震)標準断面図

によるコンクリート打設を行う。4層目から6層目はスリット部を設けた構造となっている。

進水仮置時には、製作場所である蓬萊・桜地区の岸壁から鞠山北地区まで曳航し、別件工事にて製作している仮置マウンドに仮置く。岸壁延伸部への据付けは別件工事となる(図-6)。

また、スリットケーソンは消波性能を高めるために設けたスリット構造が、配筋・型枠・コンクリート打設を複雑化させるため、通常のケーソンより、施工難易度が高く、作業効率の改善が必要となる。そのため、施工計画の高精度化、施工の手戻りを無くすためにICT、BIM/CIMを活用し、生産性向上の取組を行った。

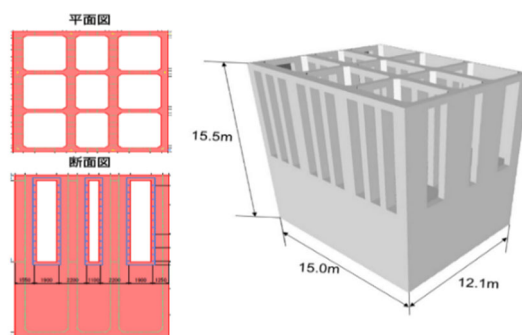


図-4 スリットケーソン構造図



図-5 フローティングドッグ(FD)7500t級

2. 工事概要

岸壁本体工事では、岸壁延伸部220mのスリットケーソン15函、縦護岸50mのスリット無しケーソン2函、計17函製作のうちスリットケーソン2函を製作する計画である。

2026年6月現在製作しているスリットケーソン(幅12.1m、長さ15.0m、高さ15.5m)(図-4)は、1工事当たり2函同時製作を行うため、ケーソン製作用作業台船である、フローティングドッグ(以下FDという)7500t級を使用している(図-5)。

また、1工事の工期は約8ヶ月程度となる。

製作では、ケーソンを6層に分け、各層ごとにケーソン用の型枠足場を設置して、鉄筋・型枠組立、ポンプ車



図-6 岸壁本体工事

3. ICT, BIM/CIMによる生産性向上の取組

(1) FDとポンプ車ブームの干渉確認

FDにはポンプ車を設置するふ頭用地とスリットケーソンの間にFDの側壁があり、ポンプ車のブームを伸ばせるスペースが限られている。また層が高くなるにつれて、FDの側壁開口部の上部及びケーソン用足場とポンプ車のブームが干渉するおそれがあった。

そのため、BIM/CIMによる事前検討を行った(図-7)。

事前検討を行ったことにより、ポンプ車のブームの干渉角度を事前に把握する事が出来た。

また、各層ごとにブームでの打設可能範囲を検討し、配管打設が必要となる範囲を明確にすることでコンクリート打設計画に活用した。

事前に把握が出来る事により、コンクリート打設計画の精度向上、FDの側壁への干渉により発生する作業ロスを回避するなど、工期の遅延を防ぐことが出来た。

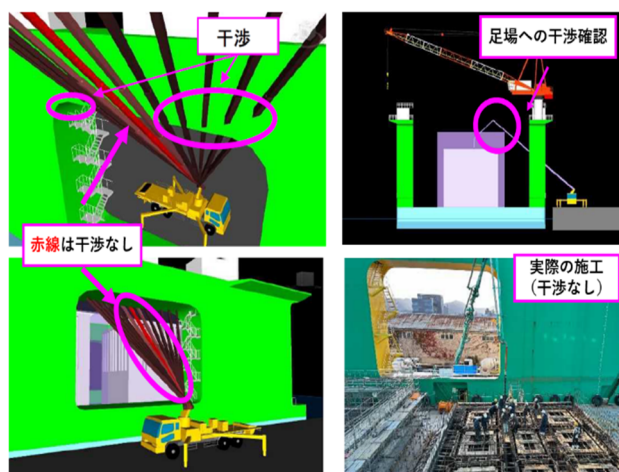


図-7 FDとポンプ車ブームの干渉確認

(2) 据付筋及び曳航筋における他の鉄筋との干渉確認

スリットケーソンは鉄筋が密に配置されているため、2次元図面のみで、外壁、隔壁部の配筋を立体的に理解することは困難である。また、据付・曳航用アンカー筋を他の鉄筋と干渉しないよう埋め込むため、鉄筋の干渉確認及び施工性の確認をBIM/CIMによる3次元で行う事が効率的であると考えられた。

そのため、据付筋及び曳航筋のBIM/CIMモデルを作成し、既存のスリットケーソンモデルと一体化を行った。そして一体化した3次元モデルを活用することで、鉄筋の干渉確認、施工性の確認を行うことができ、施工ミス等のリスクを事前に察知し、施工の遅延を防ぐ事が出来た(図-8)。

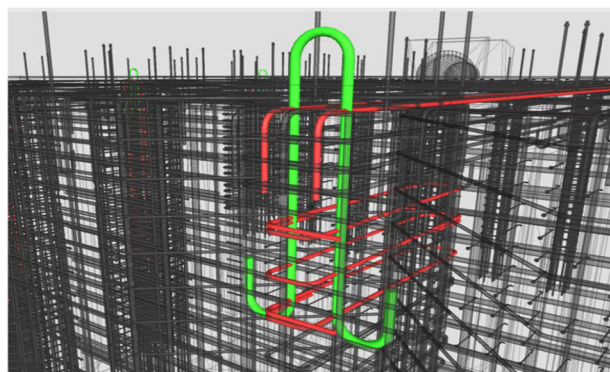


図-8 アンカー筋における他鉄筋との干渉確認

(3) VR活用による施工状況及び安全の確認

本工事では、BIM/CIMモデルをVR(仮想現実映像)で利用出来るようにし、3次元による立体映像を用いて、現場作業時の疑似体験を行った。BIM/CIMのVRを使用する事で、作業員が、実際に現場を体感する感覚で建設機械・周辺構造物の配置や動線の確認を行う事が可能となり、より詳細な作業手順の把握をする事が出来る。

また、VRを活用することで実際に作業を行う場所の視点から高所や開口部等の危険箇所を確認出来るため、現場作業時の安全設備の検討を行いながら作業員全体の安全意識向上につながる事となった(図-9)。



図-9 VRを使用した現場作業時の疑似体験

(4) クラウド型遠隔カメラによるICT活用

本工事では、ICT活用として現場巡視の補助等を目的に、クラウド型遠隔カメラを導入した。導入理由としてはケーソン製作工事ではケーソン用足場の設置高さが約17mあり、地上からは作業状況の確認が出来ず、現場巡視に多くの時間と人員を要するためである。

導入効果として、施工状況の確認以外にも、24時間監視する事ができるため、休日中の現場確認が可能となる。

また、受注者の本社と映像共有することもでき、施工

時は安全対策方法等を情報共有し、より安全に施工をすることが出来た(図-10)。

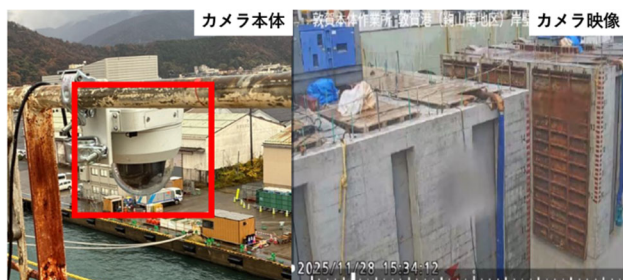


図-10 クラウド型遠隔カメラ

知識を持たない一般の見学者に対しても、完成後の岸壁の姿を直感的に伝えることができ、大いに貢献している(図-13)。



図-12 3Dプリンターによる模型

4. ICT, BIM/CIMによる理解向上及び技術者育成

(1) 施工ステップの可視化

先述のとおり、スリットケーソンは通常の箱型ケーソンとは違い、構造が複雑なため、従来の2次元図面のみでは理解に時間を要する。そのため、3次元モデルを活用し施工ステップごとの可視化を行った(図-11)。

3次元モデルを用いることで工事関係者は直感的に各施工手順等を理解しやすくなり、施工内容の理解向上につながる。また、若手技術者や施工経験の少ない下請企業の作業員に対しては、理解促進、施工管理能力の向上が図られ技術者の育成にも繋がることが期待できる。

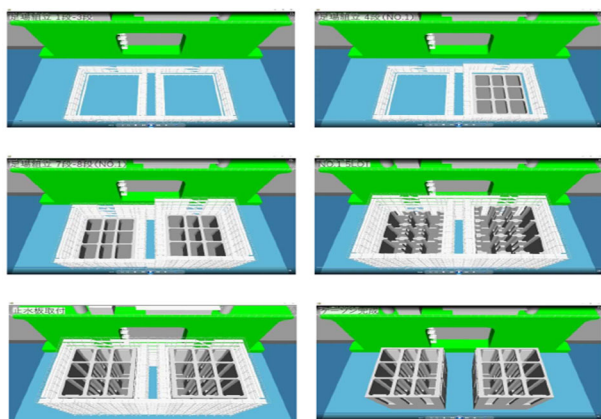


図-11 施工ステップ図

(2) 3Dプリンターによる模型の活用

スリットケーソンの製作をはじめ、地盤改良や、上床版、上部工、舗装工などの出来上がりイメージを関係者や見学者に理解される事を目的として、BIM/CIMモデルを基に3Dプリンターで作成された岸壁の模型を多方面で活用することとした(図-12)。

この模型により作業員、学生向け見学会等の他、専門



図-13 見学会での活用

5. まとめ

本工事は、スリットケーソンのため構造が複雑であり、施工難易度が高く、実施工に対し、工期の厳しい工事であった。しかし、ICT及びBIM/CIMを活用することにより、工事関係者への理解向上、施工計画の可視化等が可能となり、遅延リスクを減らすことが出来た。スリットケーソンのような複雑な構造の工事は他工事と比較してもICT、BIM/CIMの導入効果が高く、生産性向上の取り組みとして十分活用できることが明らかとなった。

また、省人化、工期短縮という観点において、受注者からは「下請業者への説明時に3次元モデルを使用する事で、資料作成の手間が無くなるため、負担が減り、そして自身の理解向上としても大きく役だった」という声が挙がっている。

今後の建設業界への更なる普及、活用範囲・活用効果の向上に繋がるよう、発注者として、ICT、BIM/CIMの活用事例を広めていきたい。

謝辞：本論文をとりまとめるにあたり、本工事に関わった全ての工事関係者の皆様には、感謝と尊敬の意を申し上げます。