

ジャケット式構造据え付け時における精度向上について

— 3Dモデルを活用したジャケット据え付け管理システムの紹介 —

東亜建設工業株式会社 土木事業本部機電部 那須野 陽平

国土交通省では、2016年度から建設生産システム全体の生産性向上を目指し、「i-Construction」を推進しており、港湾分野も早期から情報化施工そしてICTの導入により生産性と施工精度の向上に向けた取り組みが進んでいる。本稿では、ICTを利用したジャケット式構造据え付け時における精度向上策として実施した3Dモデルによるジャケット据え付け管理システムの導入事例について報告する。

1. はじめに

ジャケット式構造(図-1参照)は、鋼管を用いて組み立てたトラス構造の脚(レグ)に杭を打ち込むことで海底地盤に固定し、杭とレグをグラウトあるいは溶接で一体化させる構造である。この構造は、主に以下の利点を有している。

- ・ 支持層まで杭を打ち込んで支持力を得るため、基礎工や地盤改良工が不要であり、大水深や軟弱地盤に対応できる。
- ・ 立体トラス構造であるため、高い水平剛性を有し耐震性に優れている。
- ・ 工場製作したジャケット(写真-1参照)を現場で一体架設(写真-2参照)するため、現場での作業時間を短縮できる。

以上のような利点を生かし、ジャケット式構造は、栈橋式係船岸などを中心に全国の港湾において多くの施工実績がある。

一般的にジャケット式構造は、写真-2に示すような大型の起重機船によって現場に据え付けられ、標準的な設置精度^{※1)}は、法線の出入り±10cm以内、据え付け高さ±15cm以内である。しかし、ジャケット式構造を荷役用係船岸に適用する場合は、エプロン上にクレーン等の荷役設備を設置するケースが考えられ、荷役設備の設置精度の観点からジャケットの据え付け作業に対して非常に厳しい精度を求められる場合がある。

本稿では、国土交通省中国地方整備局宇野港湾事務所発注の平成30年度水島港玉島地区岸壁(-12m)築造工事において、穀物荷揚用係船岸の荷揚げ用アンローダの設置条件からジャケット据え付けの精度が、法線の出入り±5cm、据え付け高さ±2cmという極めて厳しい条件を要求されたケースに対して、据え付け精度確保のために適用した技術を紹介する。

2. ジャケット式栈橋の施工フロー

ジャケット式栈橋の施工方式としては、大きく分けて仮受杭方式と先行杭方式の2つの方式があるが、本稿で紹介するジャケット式構造は、前者の方式により施工したものである。図-2にジャケット式栈橋の施工フローを示す。

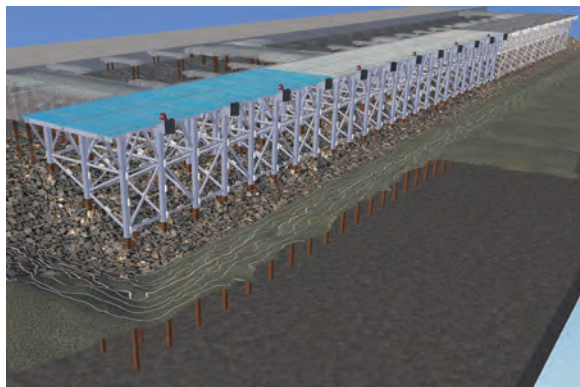


図-1 ジャケット式構造



写真-1 ジャケット製作状況



写真-2 ジャケット据え付け状況

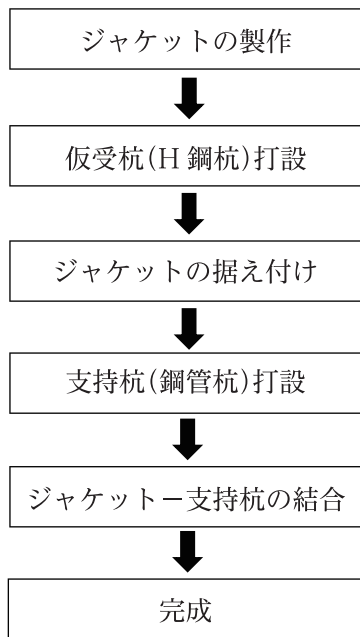


図-2 ジャケット式栈橋の施工フロー

3. ICT を活用したジャケット据え付け工

工場で製作したジャケット式構造を現場に高精度で据え付けるための課題として、次に示す3点を考えた。

- ① ジャケットの製作精度の把握
- ② 仮受杭の打ち込み位置、高さの精度とジャケット法線・据え付け高さの関係把握
- ③ 確実かつ精度を確保したジャケットの据え付け

3.1 ジャケット製作精度の把握

ジャケット製作は、許容管理値以内の誤差で製作するが、微小な製作誤差が生じるものである。据え付けの出来形には、この製作誤差も影響するため製作出来形を正確に把握することは重要である。

そこで、正確なジャケットの製作出来形を把握するため、3D レーザースキャナによる製作時の出来形測定を行った(写真-3 参照)。3D レーザースキャナにより得られた点群データを図-3 に示す。それぞれの点群は、座標値を持っているため、管理測定箇所以外の任意の箇所についても出来形の確認が可能となり、仮受杭設置個所の微小な製作誤差も把握することができた。また、工場製作時に実施した出来形測定結果とも整合性がとれていることを確認した。

3.2 3次元モデルによる事前シミュレーション

本稿で紹介するジャケットは、仮受杭に据え付ける構造である(図-4 参照)。そのため、ジャケットの据え付け後の出来形管理値を満足させるためには、ジャケットの製作誤差を反映した仮受杭の位置と高さ調

整が必要である。そこで、3D レーザースキャナで取得したジャケットの点群データを用いて、ジャケットの3次元モデルを作成するとともに、3次元モデルを設計位置に配置し、事前のシミュレーションを通じてジャケットの干渉チェックと仮受工・仮受杭との取り合いを確認した。取得した点群からジャケットの3Dモデル作成の手順は以下に示すとおりである。

- ① 3D レーザースキャナで取得した点群データの合成と不要点群の間引き
- ② 点群データ変換
- ③ 3D モデル作成
- ④ 点群と3Dモデルの整合性確認



写真-3 3Dスキャナによる計測状況

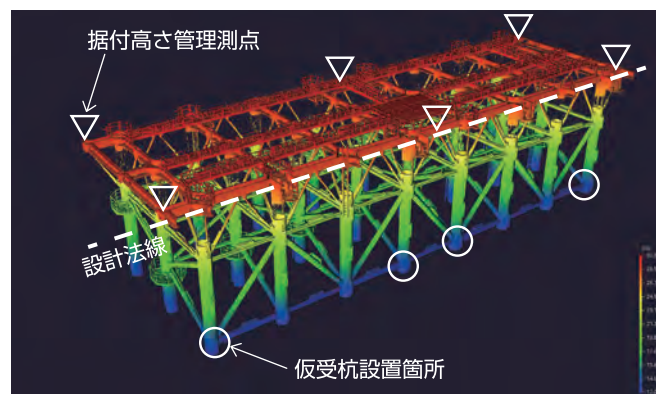


図-3 ジャケット製作時の点群データ

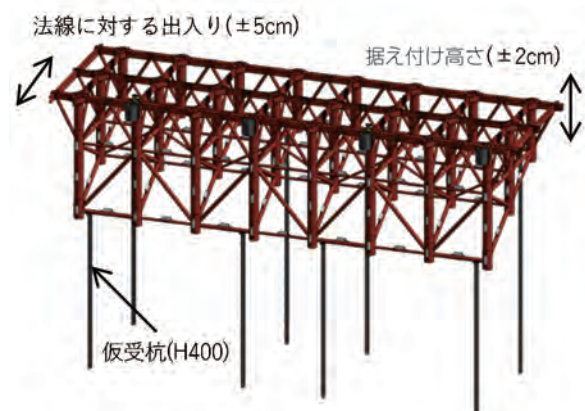


図-4 3次元モデルによるジャケット据え付け状況

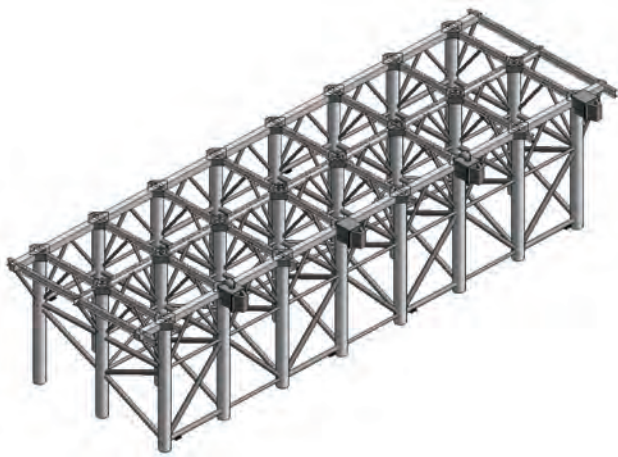


図-5 点群データから作成したジャケットの3Dモデル

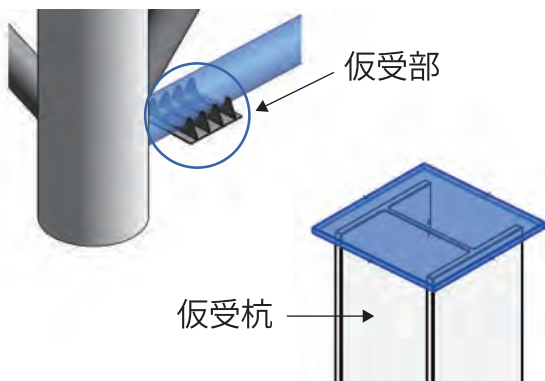


図-6 仮受工付近および仮受杭の3Dモデル

ジャケットの点群データから作成した3Dモデル(図-5 参照)を用いた事前シミュレーションにより、ジャケット同士の干渉がないことを確認するとともに、ジャケットの法線と据え付け高さが出来形管理値内に収まるように、仮受杭の位置と高さを事前に確認し、据え付け精度の向上に繋がった。図-6に仮受工と仮受杭の3Dモデルを示す。

3.3 ジャケット据え付け管理システムの活用

ジャケット据え付け作業では、ジャケット据え付け管理システムを使用した。本システムはジャケットに全方位ミラー、二軸傾斜計を設置し、陸上側では自動追尾型トータルステーション(図-7、写真-4参照)によりジャケットの位置を測定し、リアルタイムにモニタ表示できるものである(写真-5参照)。本システムの機能を以下に示す。

- ① ジャケットの平面位置と高さをリアルタイムに測定し、設計位置との差異を表示することができる(図-8参照)。
- ② ジャケット据え付け状況を3Dアニメーションでモニタ表示でき、リアルタイムに状況把握が可能である。特に、水中部など目視できない箇所状況の確認ができる(図-9、図-10参照)。
- ③ ジャケットの仮受部に取り付けた水中カメラにより、仮受杭との位置関係をリアルタイムに確

認できる(写真-6参照)。

3Dアニメーションで表示するジャケットおよび仮受杭は、実際の出来形を反映して作成しており、位置情報だけでなく形状寸法も実物と合致している。マウス操作によって視点を360度の任意の向きにモデルを回転させることが可能であり、ジャケットや仮受杭の他にも既設構造物やNMB測量で計測した水中の基礎マウンドなどのデータを併せて表示し、不可視部分の状況を「見える化」できる。また、ジャケットの仮受部には水中カメラを取り付けているため、仮受杭との位置関係を実際の映像で把握でき、ジャケットの据え付け精度の向上に寄与している。

なお、このシステムを使用する一方で、2方向からトランシットによる位置確認を行う従来通りの管理も行い、本システムの有用性を確認した。

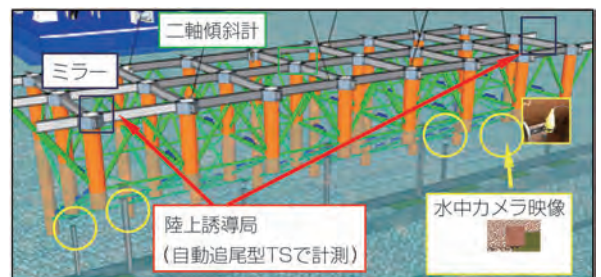


図-7 ジャケット据え付け管理システム機器構成



写真-4 ジャケット誘導状況



写真-5 ジャケット位置誘導モニタ設置状況

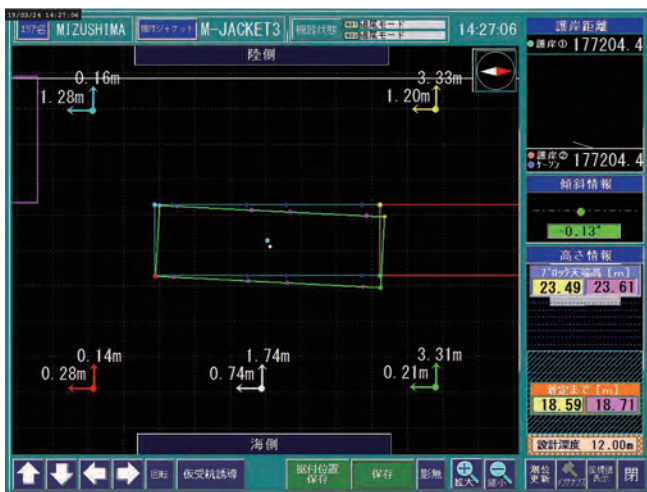


図-8 ジャケット位置誘導画面



図-9 ジャケット据え付け時の3Dアニメーション表示

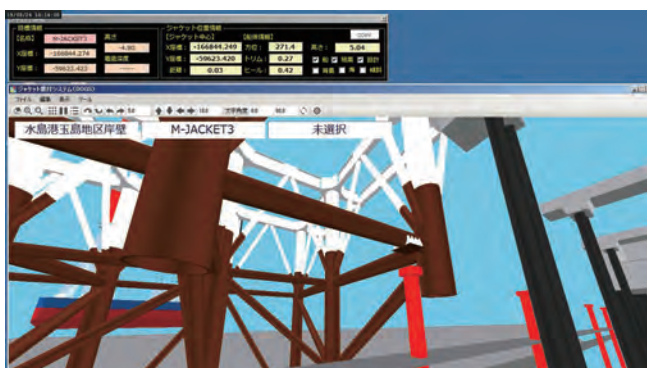


図-10 3Dアニメーション表示(水中部表示)

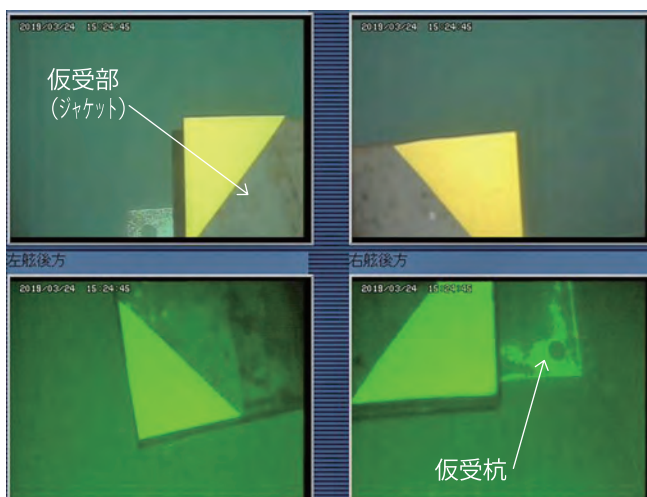


写真-6 仮受部の水中カメラ映像(ジャケット誘導時撮影)

4. 課題対応策の効果

ジャケット据え付け管理システムをはじめとする対策を行った結果、ジャケット据え付け出来形は法線の出入りについて管理値±5cmに対して±3cm以内、また据え付け高さ管理値±2cmに対して最大1.6cmと高い精度でジャケットを据え付けることができた。さらにジャケットの位置誘導情報や据え付け状況の3Dアニメーション画面を起重機船のオペレーターがリアルタイムで共有することにより、据え付けに要した時間は1基あたり約1.5時間となり迅速かつ確実な据え付け作業を行うことができた。従来では条件にもよるが、平均2時間程度要していた据え付けに対して25%の作業時間の短縮を達成した。

5. おわりに

本稿では、ジャケット式構造に対して高い据え付け精度が求められる本工事において、3Dモデルデータを使用した製作出来形の把握と事前シミュレーション、また据え付け管理システムを活用することで出来形管理値を満足する高精度据え付けを実現した事例を紹介した。

今後は本技術を発展させ、省力化・省人化に繋げるために据え付け管理システムのみで据え付け作業を行うことを目指すとともに属性情報の自動付与などBIM/CIMとの連携や遠隔臨場への対応などシステムの機能拡充に取り組む予定である。

参考文献

- ※1) (財)沿岸開発技術研究センター：ジャケット工法技術マニュアル、平成12年