



概要
 工事名称：みらい造船建設工事
 工期：2016年9月8日～2019年5月31日
 発注者：株式会社みらい造船
 施工者：五洋建設
 施工場所：宮城県気仙沼市朝日町地内
 主な工事内容：造船施設の建設

みらい造船

水産業の町・気仙沼の復興へ造船所が団結 シップリフトで防潮堤に守られる施設に

宮城県気仙沼市は水産業の町だ。それを支えるのが、地元の造船会社。東日本大震災以前は競合会社だったが、互いに手を取り合い、地元5社が大同団結し新会社を立ち上げ、津波対応型造船所を建設した。開発元との提携で国内では唯一シップリフトのノウハウを持つ五洋建設は設計・施工で工事を受注し、防潮堤内での作業を可能にする新施設を2019年5月に完成させた。

2019年9月8日竣工式。渡辺博道復興相（当時）ら集まった400人の出席者の前で、みらい造船・木戸浦健欽社長は「震災の壊滅的被害の中で、新しい造船所などできるはずがないと言われたこともある。だが夢と情熱と信念を持った仲間がいて、新造船所ができた。未来へ向かって共に船を出そう」と挨拶した。東北の有力紙「河北新報」はそう報じている。

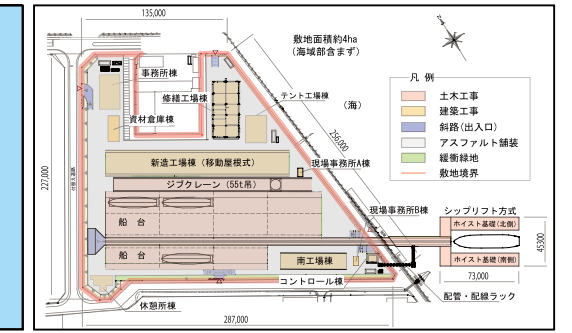
5社共同による設立から遡った2012年7月の宮城県気仙沼市。気仙沼湾の奥深くに並ぶ造船所は、

前年2011年3月に起きた津波や地盤沈下の打撃から立ち直れないままだった。

それでも、地元水産業を支えるため、地盤沈下で作業エリアを削られながらも漁船修理の依頼に応じていた。そこで、事故が起きる――。海底から陸上にかけて斜めに上がる斜路。造船所では上架にこの斜路を用いていた。船体をそこに載せて引き上げる途中、ごろんと横倒しにしてしまったのである。

五洋建設は近くの災害復旧工事現場で用いていた

移転・集約前の各造船所は気仙沼湾のさらに奥に立地していたが、シップリフトは水深10m以上を確保する必要があるため、候補地は湾口部寄りの一角になった。船台部分は、1000t級の船舶の場合、10隻を同時に建造・修理できる



起重機船を手配し、船体を引き起こすを手伝った。「シップリフトなら、こういう事故がなくなるんだよね」。造船会社の経営幹部は将来への期待をこら口にした。被災から1年、新しい設備を導入するには、越えるべきハードルが数多く並んでいた。

●シップリフトで船体の損傷リスク回避

造船所で船舶を陸揚げ・進水する方式の一つが、シップリフトである。ワイヤーで吊るプラットフォーム上の台車に船舶を載せ、ワイヤーの巻き取り・繰り出しによってプラットフォームごと上下させる仕組みだ。ヤード上の船台との間はホイールローダーで台車ごと移動させる。シップリフトは斜路方式に比べると、その利点を大きく3つ挙げることができる。

まず、船体や船底機器類への損傷リスクを回避できる点だ。船舶をプラットフォーム上に載せて上下させる仕組みのため、船舶を上架・下架するとき、船体にかかる負荷が不均等になる恐れがない。

次に、作業効率や安全性が向上する点だ。これはまさに、「事故がなくなる」という経営幹部の言葉の

意味するところ。作業箇所が平坦であることが、効率向上や安全向上につながる。

最後は、津波災害への防御だ。船台は防潮堤内側に整備するため、津波発生時にはその防潮堤で守られる。陸揚げ・進水時には、船舶は防潮堤の一部に設置する陸間を通り抜ける。

気仙沼の造船会社では復興に向け新会社を立ち上げ、造船所を移転・集約する計画を国や市と共に進めていた。そこで陸揚げ・進水方式として想定していたのが、このシップリフトである。

「国内で実績を持つのは、当社だけ。気仙沼復興への使命感も抱いていた」。東北支店土木営業部の木村仁郎は、当時の思いをこら明かす。当社とシップリフトとの付き合いは長い。米国でこの方式を開発した会社と技術提携したのは1979年。これまでさまざまな大型港湾工事でケーソンの制作に採用された実績を持つ。造船所においては1990年代に千葉県・株式会社石井造船（現・アイ・エス・ビー）で、2000年代には沖縄県・新糸満造船株式会社で設計・施工を受注した実績を持ち、当工事が国内では3件目の実績となる。

TEC 01 シップリフト / プラットフォームの上げ下げで安全性向上



船舶を棧橋の間に引き込み、プラットフォームごと船舶を上架



台車をホイールローダーでけん引し、船台に引き入れる



縦方向用の縦移動台車を残し、その上に重ねた横移動台車で所定の船台まで横移動する

シップリフトの3つのメリット

1. 作業効率や安全性向上
2. 損傷リスクの回避
3. 津波災害への防御

みらい造船で採用したシップリフトは、米国の会社が1954年に開発し、世界ですでに300件近い実績を持っている。主な構成要素は、船舶を搭載し上下方向に移動させるプラットフォーム、プラットフォームを吊るワイヤーを巻き取り・繰り出すホイスト、これらの装置を支持する棧橋の3つ。プラットフォームは鋼製で長さ60m×幅21m。これを、ホイスト10基で上下させる。吊り上げ能力は2000t。陸揚げは上の写真で示したように行う。



■海上工事

① 棧橋を支える鋼管杭を打設。杭の本数は斜杭40本を含め計128本。航路に近いため、安全管理にも気を配る。② 棧橋の上部工。コスト面の制約から現場打ちでコンクリートを打設する。精度管理に力を入れる。③ 上部工の一環としてホイストを設置。棧橋内側の縁に13m間隔で並べる。④ 棧橋の完成。プラットフォームを上げたところ。この上に、縦移動台車と横移動台車を重ね置きして利用する

国内唯一のノウハウと海陸で培った技術を結集

国内で唯一ノウハウを持つ会社として計画実現を後押ししようと、社を挙げて受注に向けた体制を整えた。木村は「この計画を事業として成立させないと、入札にさえ至らない。まずは事業成立に向けた支援に動いた」と振り返る。

移転先の候補地は、シップリフトに必要な水深を確保できる、湾口部寄りに広がった工業用地の一角約4万700㎡。市が国の復興交付金を用いて土地を取得・造成し、新会社に貸し付ける計画だ。ただし交付金の要件には事業総費用に対する割合が決まっており、被災後の会社の資金も潤沢とは言い難い。

「提案段階ではコストを少しでも抑えることを心掛けた。施工を踏まえた検討も必要だったため、本社の土木設計部や船舶機械部と連携を取りながら提案に臨んだ」。当時、土木営業本部でこのプロジェクトを担当した大阪支店土木営業部の石垣順は明かす。

◎海上での杭の精度管理に「ジオモニII」活用

当社はプロジェクトの実現に向けて、設置コストの低減に知恵を絞った。ポイントは必要な設備の最適化である。当時シップリフトを担当した洋上風力事業本部船舶部の岡田英明は「プラットフォームの小型化・軽量化を図り、ワイヤーの巻き取り・繰り出しを行うホイストの数を可能な限り減らした。それによりホイストの基礎になる棧橋の長さも抑えられる」と説明する。

2015年5月、造船会社5社と関連事業会社2社が新会社として「株式会社みらい造船」を立ち上げる。市が取得・造成した土地を同社が借り上げ、新しい造船所を整備する計画がよいよ、実現に向け動き出すことが決まった。2016年9月にはようやく着工にこぎ着ける。

当社は設計・施工による工事を受注後、施工を踏

まえた検討を重ねた。とりわけ苦労したのは、海上と陸上で計1300本を超える杭の設計・施工である。

課題の一つは、棧橋を支える鋼管杭を海上からどう打設するか、という点だ。シップリフトでは水深10m以上確保可能な沖合に、プラットフォーム昇降に用いるホイストを据付ける棧橋を2つ築く。そこで船舶の荷重を支えるため、構造上の強度は不可欠だ。

ところが、海底の地盤は標準貫入試験値であるN値がゼロに等しい軟弱な粘土層に覆われていた。一方で、地盤の軟弱さから杭径は、最大1500mmが必要。地震時の水平力に耐えられるように斜杭も組み合わせなければならぬ。

計128本にも上る鋼管杭を確実に打設するため、設計の段階で杭打設の平面展開シミュレーションを実施して、問題なく杭打船の配置・係留を行えることを確認した。当時、設計を担当した洋上風力事業本部技術部の前田一成は苦労を語る。

鋼管杭の打設で精度確保に向け威力を発揮したのは、当社が共同開発した構造物誘導・出来形管理システム「AR Navi ジオモニII」である。これは、カメラ付きトータルステーションで視準した映像に3次元画像情報を重ね、構造物を精度高く迅速に施工するのを助ける。

当時、工事所長を務めた中国支店土木部の鶴田裕一郎は、メリットをこう説明する。「杭打船のオペレーターと施工管理側が同じモニター画面を見ながら、精度高く打設できる点が良い。精度を確保しにくい斜杭も狙い通りに打設できた」

◎衝撃載荷試験を基に杭の支持力を管理

もう一つの課題は、陸上部の杭をどうするかという点だ。見積もり段階ではコストを抑えようとPHC

■陸上工事

陸上工事の杭本数は計1220本。写真は陸上工事で多くを占めるH形鋼杭を打設しているところ



杭を想定していた。鋼材の緊張で圧縮力だけでなく引っ張り力への抵抗力も高めたプレストレストコンクリートを用いた杭だ。

問題はやはり、地盤条件。陸上部の支持層は起伏に富んでいることが、周辺のほかの工事で明らかになっていた。「支持層に凹凸があると、杭の切断・継ぎ足しが生じ得る。PHC杭は鋼材を切ることになってしまうので、杭の切断には不向き」。前田は課題をこう指摘する。

そこで、PHC杭を切断・継ぎ足しに対応できるH形鋼杭と鋼管杭に変更。一方で、掘削機に各種センサーを取り付け、それらの計測データを基に地盤状況を推定する「エンパソル」という地盤調査を追加で実施し、支持層の位置をできるだけ正確に把握しようと努めた。杭の切断・継ぎ足しを最小限に抑えるためだ。

H形鋼杭と鋼管杭の本数は計1220本。市発注の造成工事と並行して土木工事・建築工事を進めていたため、4万㎡を超える土地にもかかわらず施工可能なエリアは限られた。「現場では5台の杭打機を同時に稼働させた。本数が多いだけに、どの杭も想定通りの支持力を発揮できるように、注意深く打設を心掛けた」。鶴田はこう話す。

そこで取り入れたのが、衝撃載荷試験の実施だ。最初に施工する杭を試験杭とし、杭頭に生じる加速



海上と陸上で杭の本数が膨大な数になるため衝撃載荷試験を実施し、その結果を基に杭の支持力を慎重に管理した

度・ひずみを計測して杭の支持力特性を確認する。その結果を基に全ての杭の支持力を精度良く管理できた。前田は「最近では国直轄工事でも衝撃載荷試験を求める例が増えている。この現場では杭の本数が多いだけに、コストがかかっても試験を実施したほうがいいと判断した」と、経緯を明かす。

竣工を間近に控えた2019年3月、シップリフトを用いた初の上架が行われた。船舶は、鋼材を運搬する台船。ボタン一つ押すだけで、ワイヤーの巻き取りが始まり、プラットフォームと共に台船は上昇してくるはずだ。

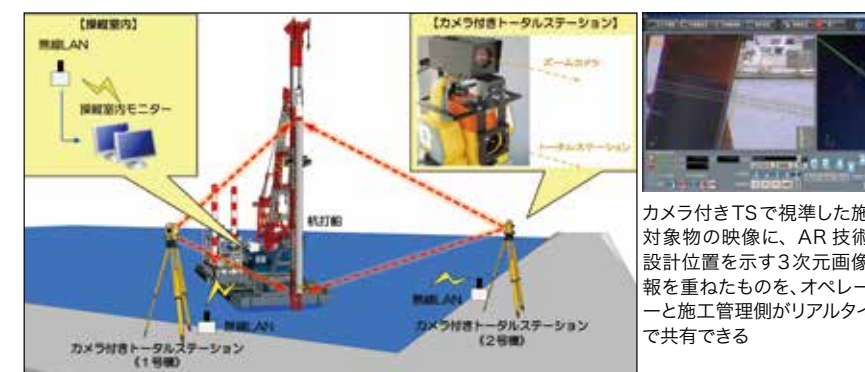
「設備機器のチェックには1カ月ほどかけてきた。自分たちが造った設備で本当に上がるのか、ドキドキしながら、その時を迎えた」。鶴田は当時を思い起こす。

鶴田らが固唾をのんで見守る中、台船の上下架は無事終了。現場は喜びに包まれた。

シップリフトの技術を今後どう展開していくのか。石垣は「顧客の要望に沿って設備や計画を提案できるのは、当社の一番の強みだ。今後は、漁船だけでなく、さまざまな造船所にも市場を見込めそうだ」と意気込む。

夏、サンマ漁の時期を控えると、造船所のヤードは漁船で埋め尽くされる。最盛期には、上架の数は1日4回にも及ぶ。産業再生という気仙沼の未来を、この造船所が支えている。

TEC 02 AR Navi ジオモニII / AR 技術を活用し、海上工事で高精度の出来形管理



カメラ付きTSで視準した施工対象物の映像に、AR技術で設計位置を示す3次元画像情報を重ねたものを、オペレーターと施工管理側がリアルタイムで共有できる

海上工事で鋼管杭を打設するときは、直行する2方向からトータルステーション (TS) で測量するのが一般的。ただ杭打船のオペレーターは、測量情報を直接把握できないため、位置決めにかかる時間がかかったり施工誤差が生まれやすかったりする。そうした課題の解消を図る狙いで2009年に共同開発したのが、映像による斜杭打設管理システム「ジオモニII」だ。構造物誘導・出来形管理システムとして2017年に株式会社ソーキと共同開発した「AR Navi ジオモニII」では、それにAR (拡張現実) 技術搭載のソフトウェアを組み合わせた。