

海底パイプラインの高効率溶接技術 (RAIDEN)

High Productivity Welding Technology for Offshore Pipeline “RAIDEN”

① パイプライン敷設速度の向上を目指して

当社は、総合マリンコントラクターとして1970年代より石油天然ガス関連設備を中心とした海洋建設工事を行っており、これまでに国内外において4,000kmにもおよぶ海底パイプラインを敷設してきました。

海底パイプラインは、図1に示すような専用の敷設船の上で、1本当たり約12mのパイプの溶接、検査、塗覆装作業と、パイプの送り出し(作業船の前進)を繰り返すことによって敷設します。(図2)



図1 当社保有の専用敷設船“第2くろしお”(写真)

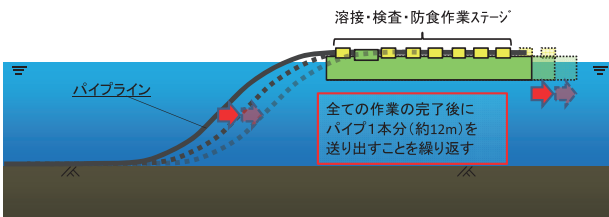


図2 海底パイプラインの敷設

海底パイプラインの建設工事費用は、パイプラインの敷設速度により大きく変動します。当社では、高速敷設のために自動溶接システム「RAIDEN」を開発、現場導入し、世界最速レベルのパイプライン敷設速度を実現しています。以下に、当社の海底パイプラインの高効率溶接技術について紹介します。

② 高効率溶接施工技術

敷設船上では、図3に示すように複数の作業ステージを直列に配置し、初層・積層・仕上げ溶接、検査、塗覆層作業を分割して、同時並行で実施してパイプラインを敷設しています。

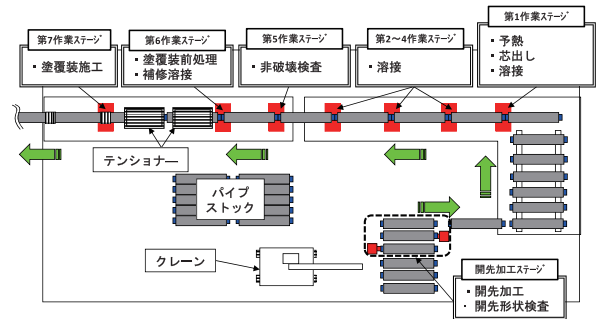


図3 専用敷設船上の作業ステージ配置

各ステージでは5分程度のサイクルで作業を繰り返していますが、最も時間を要するのはパイプの予熱や芯出しを行った上で初層溶接までを完了させる必要がある第1ステージです。高速敷設のためには、この第1ステージの作業時間を短縮することが重要となります。また、溶接欠陥が発生すると補修作業の間は敷設船を動かすことができないため、溶接品質の向上を図り溶接欠陥の発生を少なくすることも重要になります。

当社ではこのような特徴を踏まえ、自動化技術による、①溶接の高効率化・高品質化、②溶接準備の高速化・高精度化、③全作業ステージの情報管理の高度化に取り組んでいます。

2.1 溶接の高効率化・高品質化を実現する技術

敷設済みのパイプは海底面に着底しているため、船上でパイプを回転させながら溶接することができません。このためRAIDENは、マグ溶接を用いた全姿勢溶接(パイプの周方向に沿って下向き→立向き→上向きと連続的に姿勢を変えながら行う溶接)

を行っています。また、高効率化のために、高速溶接(1 m/min程度)、U型狭開先の採用、2トーチ溶接などを取り入れた、特徴的な溶接となっています。(図4)

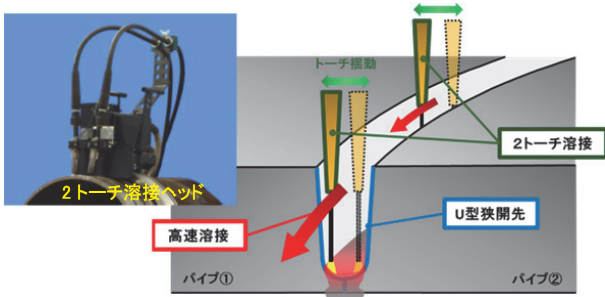


図4 溶接ヘッド(写真)と海底パイプライン溶接の特徴

この溶接において高品質化(溶接欠陥の発生防止)を実現するためには、狭いU字開先内で溶接アークの位置を正確に保ち、さらに溶接状態に応じて各種溶接パラメータを溶接の進行に伴い連続的に細かく調整する必要があります。従来、これらの作業は高度な技量を持つ溶接士によって行われてきましたが、溶接が高速になると高い技量を持った溶接士でも正確に調整することが困難になります。

RAIDENでは、独自の技術によって、アーク位置や溶接パラメータの調整作業の自動化を実現しています。アーク位置の調整には、アークセンサ技術(開先内でのトーチ揺動左右端の溶接電流や溶接電圧を比較することでアーク位置の適正な位置を判断する技術)を用いています。この方法は、上向きの溶接姿勢で用いる小電流域の溶接でアーク状態が不安定になり、狙い位置の精度が低くなるという課題がありましたが、新たな溶接信号の計測方法と制御アルゴリズムを開発し、下向きから上向きまでの全姿勢でのアーク位置制御の自動化を実現しています。さらに、溶接姿勢や芯出しの状態に応じて、溶接トーチの左右揺動幅や溶接速度などの溶接パラメータを適正な値に自動調整する機能も備えています。

これらの自動化技術によって、経験の少ない溶接士でも機器操作とアーク監視のための数日間のトレーニングのみで、高効率・高品質な溶接を実行することが可能となっています。

2.2 溶接準備の高速化・高精度に関する技術

○開先形状の高精度管理

開先形状は、溶接する体積を少なくすることで溶接効率を上げるために、U型の狭開先を採用しています。狭開先での溶接は、開先形状のわずかな変動が溶接欠陥を発生させてしまうという課題があります。当社では、複数のレーザーセンサを搭載することで開先形状の計測精度を高めると同時に、計測したデータを蓄積・分析することで、開先形状の可否を自動的に判定する機能を持つ自動開先検査装置(図5)を開発しました。

本システムの導入によって、一般的な手動計測と比較して、計測の高精度化による信頼性の高い開先形状管理が可能となり、溶接欠陥発生の低減に大きく寄与しています。

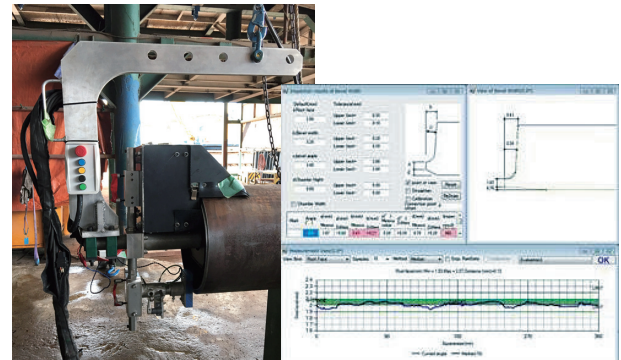


図5 自動開先検査装置(写真)と測定結果

○パイプ芯出しの高精度化と高速化

溶接欠陥の発生を低減するためには、精度の高い開先形状に加え、溶接する2本のパイプの相対位置を合わせる芯出しにも高い精度が要求されます。さらに、高速敷設のために、この作業を短時間で行うことが必要になります。

従来、芯出し作業は、オペレータによる2台のローラ架台の手動操作によって行っていましたが、この方法ではオペレータの技量によって作業時間が大きく変動する上、芯出し精度を厳密に管理することが困難でした。

当社では、パイプの相対位置をレーザーセンサ計測により定量化するとともに、高技量オペレータによるローラ架台の操作を分析・データ化し、芯出し作業の自動操作シーケンスを構築、システム化しました。さらに、インターナルクランプによるパイプ

の仮固定を最適なタイミングで行う機能を付加し、一連の芯出し作業を自動化しています。

このシステムの導入により、溶接の品質を維持した上で、溶接準備作業の大幅な時間短縮を実現しています。

2.3 全作業ステージの情報管理の高度化に関する技術

船上でのパイプラインの溶接は流れ作業で行っており、一つの溶接継手を複数の作業ステージで作りに上げていくため、各作業ステージで得られる情報を次の作業工程にタイムリーかつ確実に伝達する必要があります。当社では、溶接準備から溶接完了までの膨大な情報を収集・処理し、ステージ間で適切に伝達するための情報マネジメントシステムを構築しました。

このシステムによって、各機器の設定、制御、モニタリング等の一元管理が可能となり、不具合箇所の発見と対策が迅速に行えるようになりました。また、蓄積された膨大なデータの分析により、システム全体に有効な改善ポイントの抽出が可能となり、機器や設備の改良や作業要領の改善にも役立っています。なお、本システムは、今後の新しい技術に対応して制御や分析機能を容易に追加できる様、将来拡張型のシステムとしています。



図6 RAIDENによるパイプライン溶接状況(写真)

③ おわりに

当社では、2006年のRAIDENの現場導入以降、今回紹介したような新しい技術導入を続け、延べ500km以上のパイプラインを施工してきました。現在では一日当たり3kmを超える敷設速度を実現しており、これは、このクラスの敷設船としては世界最速レベルの敷設速度を達成しています。

今後も、海底パイプラインに対する高度な要求を満たしていくために、敷設速度の向上、高品質化を目指して、技術革新を続けていきます。

お問い合わせ先

海洋事業部 プロジェクト部

シンガポール施工室

技術部 設備企画室

TEL + 65-6278-8312

TEL (03)6665-3435