

特別記事



第51回 スマート保安推進展

プラントメンテナンスショー

リークシール工法について

富士ファーマナイト株式会社

営業部 芦立 安照

1. はじめに

リークシール技術は、その発祥にまで遡る歴史を有しており、1920年にアメリカ・バージニア州ニューポート・ニューズ造船所にて、クレイ・ファーマン氏によって開発された「ファーマナイト工法」が起源とされています。この工法は、航行中の船舶を港に戻すことなく、蒸気漏れを現場で修復することを目的に生み出された画期的な技術であり、後年のリークシール技術の基盤を築くものとなりました。

2. リークシール工法とは

リークシール工法は、プラント設備を運転したまま漏洩を封止できる唯一無二の補修技術です。当社が提供するリークシールサービスは、真空から32 MPaの圧力域まで、 -200°C から $+850^{\circ}\text{C}$ までの幅広い温度域で使用可能なシール材を完備しており、約1,500種の流体特性に合わせた最適化が可能です。

40年以上にわたって国内で55,000件を超える補修実績を重ね、多岐にわたる産業分野（発電所、石油精製設備、化学プラント、製鉄所、食品工場、火力プラントなど）で活用されてきました。これにより、突発的な漏洩による生産停止リスクを最小化し、定修周期までの継続稼働を実現します。

3. リークシール工法の必要性

現在、日本国内の各工場では関連法規に基づき、通常は1年から最大4年の間隔で「定期修理期間」が設けられています。この期間中、設備全体の機能確認、部品交換、性能劣化部位の補修といったメン

テナンス作業が計画的に実施され、安全かつ効率的な操業の維持に寄与しています。

とはいえ、こうした定期修理期間を待たずに、操業中に突発的な漏洩が設備や配管系統で発生するケースも少なくありません。

例えば、熱交換器、圧力容器、蒸気配管、反応槽などの要所で発生する漏洩は、流体の危険性や設備の重要性によって、早急な対応が求められることがあります。一般的には、操業の全面停止、あるいは該当ラインのブロック処置、バルブ閉止、配管の切断溶接や交換といった大掛かりな修復作業が必要となります。

しかしながら、これらの修理を実施するには多大なコストが伴います。設備の停止・再起動に必要な人員の確保や作業時間の増大、各種生産ラインの停止により生じる売上の減少、更に発電所等の場合には売電停止に伴う補償費用が発生するなど、ロスコストは極めて多岐にわたります。加えて、突発的な停止はサプライチェーン全体への影響も否定できず、企業の安定操業を脅かす要因となり得ます。

このような状況下において、定期修理までの操業を安全かつ確実に継続するための代替手段として注目されているのが「リークシール工法」です。リークシール技術は、漏洩が発生した状態であっても補修作業が可能であり、現場状況に応じて最適な施工方法を選定し、短時間での安全な補修を実現します。

技術者は専門的な教育を受けており、高圧・高温環境下でも精度の高い作業が求められる場面で、安定した品質と高い信頼性を維持することが可能です。

4. ファーマナイト工法の技術原理

特筆すべき点として、日本国内ではこの技術を含む補修手法全般が「ファーマナイト工法」と総称されるほど広く認知されており、プラントや工場関係者の間では安全確保の信頼手法として確固たる地位を築いています。

ファーマナイト工法の技術的原理は、漏洩を引き起こしている部分に外部から特殊な空間を形成し、その空間に「シール材」と呼ばれる専用コンパウンドを、油圧ポンプ等を用いて圧入することにより、新たな封止層を周囲に成型し、漏洩箇所を物理的かつ化学的に密閉することにあります。

この空間形成にはいくつかの技法が存在し、大別すると、既存構造物内にスペースを確保して治具を使用せず直接施工する方法と、十分な空間が取れない場合に専用の治具を設計・製作して施工する方法に分けられます。

特に後者では、漏洩箇所の形状や位置関係、周辺機器への影響を総合的に評価したうえで、現場実測による寸法取りを行い、オーダーメイドの治具を短期間で製作する能力が求められます。

補修に用いられるコンパウンドは、その用途や物性によって「熱硬化性」と「非硬化性」の2種類に分類され、それぞれが異なる現場条件に対応するための特性を備えています。



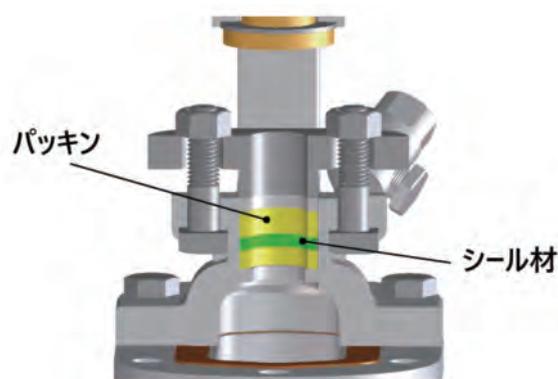
前者に属するゴム系や繊維系のコンパウンドは、空間に注入された後、熱の作用によって化学反応が

進行し、硬化して強固なガスケット層を形成するという仕組みです。これにより、高温流体への耐性を維持しつつ、長期にわたる漏洩抑止が可能となります。

熱硬化性コンパウンドの最大の特徴は、温度上昇に伴って強度が増す点にあります。ただし、一度硬化したコンパウンドは再注入した新しいコンパウンドと融合しないため、複数回の注入や大容量空間への施工においては層状に重なるのみとなり、施工の難易度が上がる傾向があります。

このような場面では、施工計画段階で空間容積や熱条件、注入圧力、流体特性などを精密に想定する必要があり、補修の成否を分ける重要な要素となります。

一方で非硬化性コンパウンドは、主に繊維系やテフロン系の素材から構成されており、施工後も柔軟性を保ちつつ、圧力によってシール層を形成します。バルブのグランド部に使用された場合でも、ハンドル操作を維持できる点が利点として挙げられますが、動作頻度の高い部位では、摩擦による再漏洩リスクがあるため、補修対象や運転条件を考慮した材料選定が不可欠です。



テフロン系のコンパウンドは、化学的に極めて安定した素材であり、薬品工場などの危険流体を扱う設備において重宝されます。対応可能な流体の例としては、亜硫酸ガス、アンモニア、硫化水素などの気体類に加え、苛性ソーダ、塩酸、ナフサなどの液体類が含まれ、特定用途に特化した配合設計によって、目的に応じたシール性能を実現しています。

5. 補修工法の種類

バルブグランドからの漏洩補修においては、注入されたシール材が流体の圧力で押し出されてしまい、効果的な補修が困難となる場合も存在します。

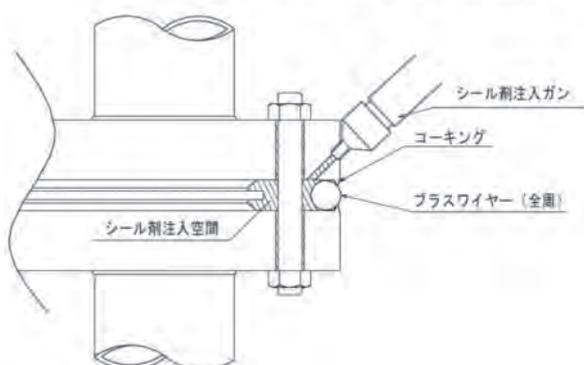
こうしたケースでは、熱硬化性コンパウンドの選定が検討されますが、硬化後にハンドル操作が不能となる可能性もあるため、補修前の段階でお客様との十分な協議と運転条件の共有、材料の説明が極めて重要となります。

配管同士の接続部であるフランジについても、多くのリーク事例が報告されており、その多くは初期段階でのボルトの締付不足に起因しています。このような漏洩は、適切なトルク管理によって未然に防止可能であり、プラントの立ち上げ時点での確認作業が重要です。

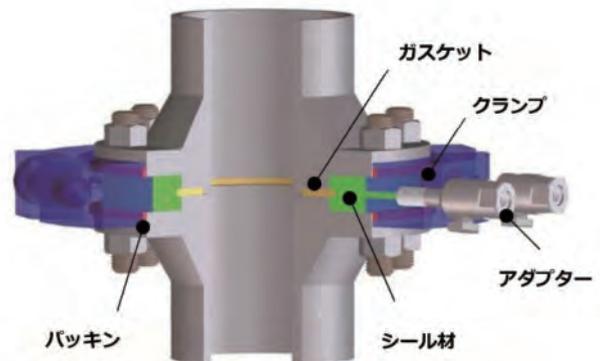
一方で、運転中に生じる漏洩は、ガスケットの経年劣化によるケースが多く、定期修理までの継続操業のためには外部からの補修手段が必要となります。

このような漏洩に対して、当社では漏洩箇所の外周にシール材を注入して新たなガスケット層を形成し、ワイヤーで固定する「ワイヤー工法」があります。対応条件としては、流体圧力が4MPa以下、フランジ隙間が7～8mm以下など制約がありますが、これらをクリアできる場合は、現地での環境確認から材料準備、注入～ワイヤー巻き付けまでを一連で行い、最短当日中の施工完了が可能です。通常の停止修理に比べてダウンタイムを大幅に削減できます。

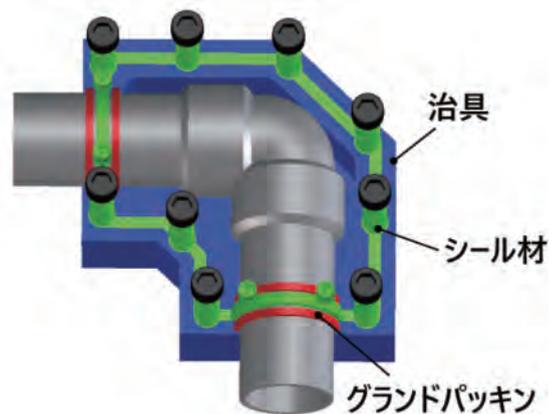
※基本の注入口数：フランジ締付ボルト本数分



ワイヤー保持が困難な場合には「クランプ工法」があります。



更に損傷が大きくフランジ全体をカバーする必要がある場合には「ボックス工法」を活用しています。



ボックス工法は、漏洩部を完全に囲い、安全性を確保しながら高圧蒸気の噴出などの二次リスクを防ぐことが可能であり、予防保全の観点でも非常に効果的です。

特に溶接部や継手部からの漏洩は構造上の制約が多く、高圧蒸気が徐々に配管を侵食することで、漏洩範囲が拡大していく傾向があります。

こうしたケースでは、従来型の補修では対応が困難な場合もあり、ボックス工法が唯一の有効な手段となることもあります。そのため、現場調査から治具設計、製作、施工に至る一連のプロセスの「スピード」と「精度」が、補修の成否を左右する極めて重要な要素となります。

当社では、各補修対象について一つひとつ丁寧に

測定を行い、対象物の形状や寸法、表面状態を把握したうえで、完全オーダーメイドの治具を製作します。これにより、使用するシール材（コンパウンド）の性能を最大限に発揮できる高品質な補修を実現しています。

治具の取り付け対象となる配管やフランジは、規格によって寸法がある程度統一されているものの、実際の現場では、長年の運転に伴う熱膨張や経年変化により、微細な歪みや偏差が生じている場合が少なくありません。

特に溶接部を含む大口径配管では、真円を維持していないケースも多く見受けられますが、見落とされがちなこの歪みが補修精度に大きく影響するため、当社技術員が現場で詳細な寸法測定を行うことで、精緻な設計を可能としています。

測定結果をもとに、補修部位に最適な治具の形状を設計し、漏洩する流体の圧力・温度・化学的性質を踏まえた材質選定を行います。これにより、必要な機械的強度と耐薬品性・耐熱性を兼ね備えた治具を製作し、現場に合わせた最適な施工が可能となります。

6. さいごに

当社の施工フローは、まず現地にて漏洩状況および周辺構造の詳細調査を実施し、そのデータを基に治具の設計・製作を行います。納品スケジュールが確定次第、最短施工可能日をご案内し、迅速かつ安全な補修作業を遂行します。

こうした一連のプロセスは、お客様の操業維持を最優先とした上で、漏洩リスクの除去と安全性の向上を両立することを目的としており、確実な補修と継続稼働の両面から最適なソリューションをご提供しています。

