

新興プラントのメンテナンス方法と配管設計

メンテナンスは機械化・システム化を推進、配管設計は運転トラブルを解決

新興プラント(株) 長尾賢治

新興プラントにおいては、北は北海道から南は九州に至るまで日本全国に15の事業所を抱え、メンテナンスの拠点としての業務を遂行すると共に、顧客である石油精製、石油化学および一般化学の工場に密接して80の営業所と事務所があり、そこに寄せられた運転トラブルおよび問題点については、迅速に対応し処理している。

この中で、技術的検討を必要とするものは、本社磯子事務所において、メンテナンス推進部を中心として、設備検査、材料技術、溶接技術、プロセス設計、機器設計、配管設計、電気計装設計および土木建築設計の各専門部門で現場を調査し、技術的検討を加えて、応急処置策および恒久対策を提案している。

メンテナンスの現状は、機械化・省力化・システム化の推進が不可欠であり、ここでは新興プラントで導入しているSDMの機械化・省力化機器、洗浄技術、および設備検査の代表的な管理ソフトおよび診断ソフトを紹介する。

また、配管設計においては、運転トラブルを未然に防ぎ問題点を解決する手法として、プラント能力増強工事の配管熱応力検討における留意点、既設高圧ガス配管の改造における耐震性能評価方法、配管振動発生時の対応方法、そして3次元CADによるデザインレビューシステムについて紹介する。

1. SDMの機械化・省力化機器

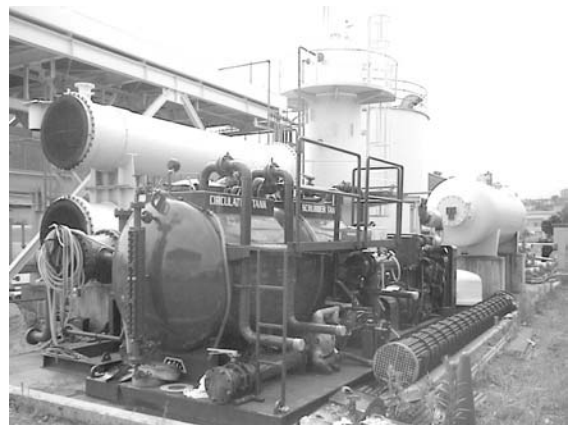
(1) 化学洗浄装置（Chemical Cleaning）

連続運転プラントを開放しないで、スケール等の汚れによる効率の低下を化学洗浄によって回復しようとするものである。化学洗浄には、スケール除去

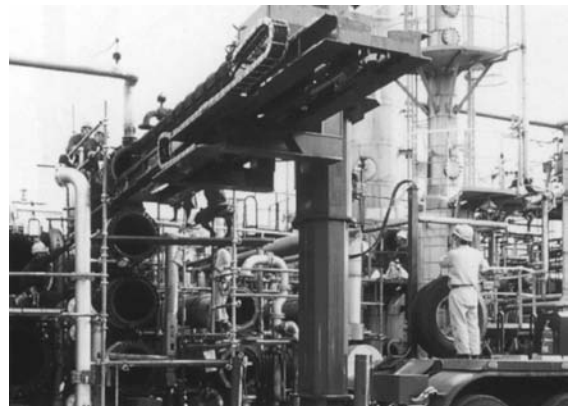
（デコンタミネーション）と有害・可燃性ガス除去（デガッシング）の2種類の方法がある。（第1図参照）

(2) 熱交換器バンドルムーバー

自走式熱交バンドル抜出・挿入・運搬専用重機の導入で、より安全に、より正確に、より早く少人数で作業が可能である（第2図参照）。（適用熱交：バンドル径1.8m以下、バンドル重量20ton以下）



第1図 化学洗浄装置



第2図 熱交換器バンドルムーバー



第3図 熱交換器ハイドロエクストラクター

(3) 熱交換器ハイドロエクストラクター

バンドルムーバーの届かない高所での熱交バンドル拔出・挿入・吊り降ろし・吊り上げ作業を1台のクレーン車で安全確実に短時間で行える。(適用熱交：バンドル径2.3m以下、バンドル重量30ton以下(第3図参照))

(4) 熱交換器バンドルブッシャー

フローティングヘッドタイプの熱交バンドルを安全に拔出し・挿入することができる。(適用熱交：フローティングヘッドタイプ、施工能力：押出力15ton以下、35ton以下、100ton以下の3タイプ)

(5) 熱交換器自動チューブプラー

サンプリング及びリチューピングの為、現場でチューブを拔出するには多くの手間が掛かる。自動チューブプラーは、6mのチューブを約90秒で拔出す。適用チューブ径は、19～25.4mm。

(6) スリッターブラスター

(チューブ自動半割清掃機)

サンプリングチューブの肉厚測定を行う前処理として、チューブにNOを刻印し、チューブを縦に半割し、プラストによって測定面を磨く一連の作業を機械化している。処理能力(6mチューブ)は、Max45本/日。

(7) 自動フィン取機

エアーフィンクーラーに用いられているフィン付チューブの腐食状況及び肉厚測定を行う際に、事前に外面のアルミフィンをきれいに取り除く装置である。

2. 洗浄技術

(1) 熱交換器チューブバンドル外面洗浄機

(AJ工法)

超高圧・大流量の水を複数のノズルから遠隔操作によって噴射させ、より安全に、より短時間で、より高い洗浄効果を発揮する。(洗浄水圧：～98Mpa、洗浄水量：～180ℓ/min)

(2) 熱交換器チューブ内面洗浄機(TF工法)

HBC(Heat-exchanger Bundle Cleaner)により、3本のフレキシブルランスを使用し、1度に3本のチューブ内面の洗浄作業を、1人の作業員が遠隔操作で超高圧・大流量でより安全に、より良い仕上げで短時間に行う。(洗浄水圧：～98Mpa、洗浄水量：～180ℓ/min)

(3) デュアルロータリーランスマシン(DL工法)

スケール、高粘度のポリマー等で完全閉塞したチューブ内を、先端に切削用の超鋼バイトの付いたカッピングノズルをエアー駆動で回転させながら、遠隔操作で同時に2本のチューブを超高圧で洗浄する。(洗浄水圧：～98Mpa、洗浄水量：～180ℓ/min)

(4) 超高圧配管洗浄装置(SJ工法)

この洗浄装置はノズルが壁面に片寄る特殊なノズルを使用する。ノズルの付いたホース自体をエアー駆動で回転させながら、スケールを剥離していく。(洗浄水圧：～98Mpa、洗浄水量：～180ℓ/min)

(5) タワー洗浄装置

タワー・タンク等、容器内のスケール、ポリマーの付着・詰りを、2次元、3次元の洗浄ノズルを用い遠隔操作で超高圧洗浄する。

3. 設備検査の管理ソフト・診断ソフト

(1) 分解炉チューブ履歴管理ソフト

本ソフトは、エチレン装置の輻射管を対象に浸炭・曲がり・クリープ・膨れ等の測定結果、交換履歴、部位、材質などを入力し、劣化傾向観察、補修計画立案等に活用している。

(2) 熱交換器チューブ余寿命管理ソフト

熱交換機のサンプリングチューブの肉厚測定結果

から、チューブバンドルの余寿命を推測計算するソフトである。推定値の計算には、3法、極値統計法等を用いている。

(3) プラント配管点検管理システム

プラント設備の自主管理の中でも機器に比べ配管の管理は非常に複雑である。本システムは、配管アイソメ図と連携を取り、点検ライン・ポイント毎のデータ管理が可能である。

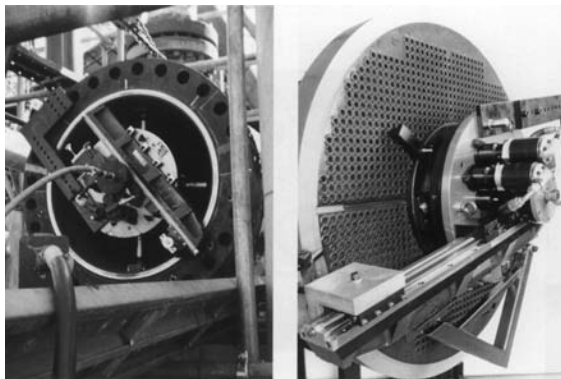
(4) 回転機械設備診断ソフト

(CBMパートナーWIN)

リオン(株)製振動分析器VA-11C、VA-10、汎用振動計VM-82及びマシンチェッカーVM-70のデータをデータベースに取り込み診断に利用できる。

(5) フランジ接合部からの漏洩防止システム

フランジ部の漏れに対しては、現状の把握を行い、設計計算によりフランジの必要肉厚を確認する。設計的に問題が無いことが確認できた段階で、配管及び各機器フランジ面を現場で工場並の仕上げ精度で補修可能な「フランジフェーサー」及び「フランジ歪測定器」、「ボルト締付力管理システム」を統合した、高品位漏洩防止システムにより、フランジ部からの漏れに対して、多角的な視野からの的確な対応が可能である。(フランジフェーサーによる補修状況は第4図を参照)



熱交換器シェルフランジ補修
(適用範囲：～2800mm)

チューブバンドル補修
(適用範囲：～2800mm)

第4図 フランジフェーサーによる補修状況

(6) トレピテストシステム

各種安全弁の作動確認を現場に取り付いた状態で行える。運転中の圧力がかかった状態で行う実圧試験と、圧力を抜いた状態で行う無圧試験がある。

4. プラント能力増強工事の配管熱応力検討における留意点

能力増強工事の場合は、新設追加機器廻りの配管設計を実施すると共に、既設転用配管及び既設回転機器が運転圧力上昇及び運転温度上昇に対し、構造的に十分な強度を有していることを検証する必要がある。配管内圧上昇による管最小必要厚さ、フランジレーティングの確認、運転温度上昇に対し既設材料の使用温度範囲の確認、保温材の厚さの確認、そして配管の熱応力が許容値以内であることを確認するのは基本的な事であるが、運転トラブルを未然に防ぐ為に特に注意する項目は、以下の4点である。

- (1) 機器ノズルに作用する配管荷重の安全性評価
既設塔槽類については、パイラード法により求めた局部応力が許容値以内であることを確認する。
既設ポンプ回転機については、メーカー許容値内にあることを確認する。
- (2) 既設フランジに作用する荷重及びモーメントによる相当内圧の評価
- (3) 既設スプリングハンガー・防震器等の支持装置のトラベル及び支持荷重の評価
- (4) 既設伸縮継手の吸収すべき変位量の増加に伴う繰返し強度の評価

5. 既設高圧ガス配管改造における耐震性能評価方法

配管改造箇所が高圧ガス保安法の耐震設計設備である塔槽類に接続している場合、又は、地震防災遮断弁で区切られた間の内容積が 3m^3 以上の場合には、外径45mm以上の配管について、告示の「高圧ガス設備等耐震設計基準」に従って配管耐震性能評価を実施する必要がある。

また、プラントの耐震保安上の対策として重要度の高い既設配管については、現状の耐震評価を依頼されることがある。

これらの場合の評価方法を以下に示す。

フローシート(P&ID)を用いて、耐震設計設備となる塔槽類、緊急遮断弁、調節弁、そして常時閉止となる弁の位置を確認して、既設配管の耐震評価範囲、耐震重要度、および評価手

最新のプラントメンテナンス手法と配管設計
プラントの長期連続運転に伴う最新のメンテナンス

法（許容スパン法又は修正震度法）を決定する。

既設配管のサポート位置、拘束条件を既設図面および現場スケッチ等により確認し、耐震評価用のアイソメ図を作成する。

耐震重要度 又は の配管については、許容スパン法による簡易耐震評価が認められているので、配管スパン長が許容スパン内にあることと、異なる支持構造体と連絡している配管に十分な変位吸収能力があることを確認する。

耐震重要度 又は aの配管については、修正震度法等の詳細解析によりレベル1耐震性能評価と、レベル2耐震性能評価を実施する。

これらの耐震性能評価により、追加が必要となったサポートについて現場を確認し、設置位置、拘束条件を決定して耐震性能評価検討書をまとめ、官庁申請用の添付書類として提出する。

高圧ガス設備の変更許可申請の受理には、2週間～1ヶ月程度かかるので、ここまでの耐震設計を現地着工の1ヶ月前に完了させる。

6 . 配管振動発生時の対応方法

配管が以下の(1)に示す振動発生の要因にある場合は、事前の配管サポート配置設計において、対策を

講じることが必要である。但し、それでも振動が発生し問題となる場合の対応を以下の に示す。

(1) 配管の振動発生要因

ポンプ、コンプレッサー等の回転機械に接続している場合

攪拌機付きの槽類に接続している場合

加熱されて内部で沸騰する塔槽類に接続している場合

往復圧縮機等に接続されて配管に脈動流が発生している場合

気液二相流が発生する場合

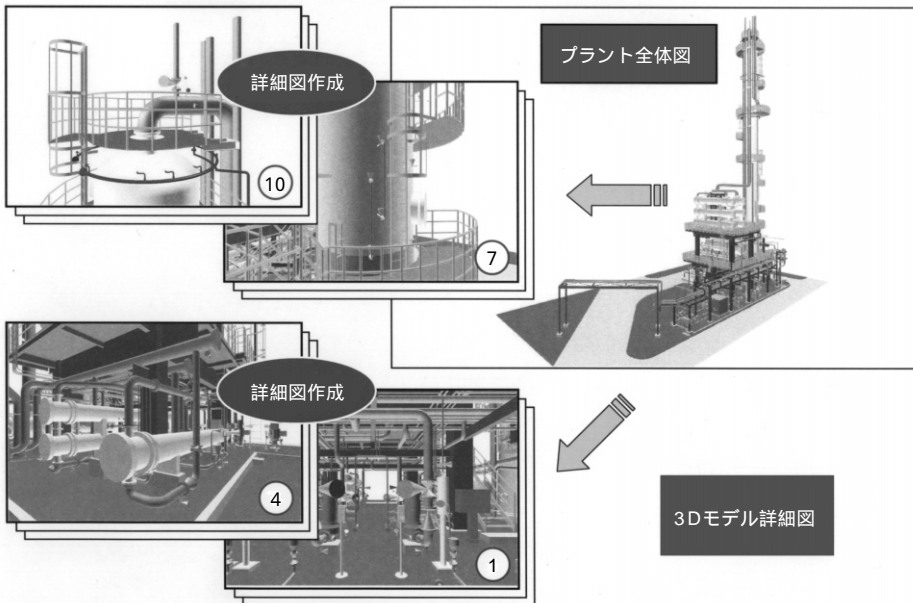
調節弁、減圧弁、安全弁廻りの配管

(2) 配管振動発生時の対応

振動測定器により振動が問題となっている配管の振動方向、振動数及び振幅を測定する。

振動評価図表を用いて、振動数と振幅の関係から、配管が対策を必要とする領域にあるか、安全領域にあるかを判断する。

対策必要領域にある場合は、配管の熱膨張を考慮して適切な位置にサポートを追加する。この場合、必要に応じて配管の固有振動数解析を実施し、対策を実施した以外の部分で低次の固有振動数で危険領域になる箇所があれば同時にサポートを追加する。



第5図 デザインレビュー時の資料

7. 3次元CADによるデザイン レビューシステム

プラント設計において、配管設計者は、機器のメンテナンススペースを考慮して機器配置を決定し配管計画を進める。3次元CADによるデザインを実施した場合、顧客のプロセス担当者、工務担当者および製油・製造担当者に出席願い、設計段階でビジュアルにプラントの設計内容、操作性、メンテナンス性、安全性をチェックして頂ける。その検討結果を設計にフィードバックする事によって、より顧客満足度の高い設備を納入することが可能になる。なお、3次元CADによるデザインレビューには、下記5点の設備とシステムを顧客の石油精製、石油化学工場に持参して実施しており、顧客から高い評価を頂いている。

3次元CADナビゲーションシステムおよびノートパソコン

プロジェクト

フローシート（P & ID）

操作通路を記載した配管平面図、断面図、詳細図

3Dモデルプラント全体図、詳細図（第5図参照）

8. おわりに

プラントの長期連続運転を可能にするためには、本文で紹介した分解炉チューブ 履歴管理ソフト、熱交換器チューブ余寿命管理ソフト、およびプラント配管点検管理システム等の設備検査の管理・診断ソフトを使用し、さらに改善を進めて行くことが必要と考える。

なお、配管の熱応力計算、耐震計算、および、3D-CADに関連する規格および当社で使用しているコンピューターソフトを以下に示す。

コンピュータソフト

- (1) 熱応力計算、耐震計算：AutoPIPE
- (2) 3次元CAD：EYECAD
- (3) ナビゲーションシステム：Enterprise Navigator

参考規格

- (1) 熱応力計算、強度計算：JPI - 7S - 77 「石油工業用プラントの配管基準」
- (2) 高圧ガス配管耐震性能評価：KHK E 012 「高圧ガス設備等耐震設計指針」

【筆者紹介】

長尾賢治（昭和27年9月20日生・北海道出身）

新興プランテック(株)
エンジニアリング本部
エンジニアリング部
マネージャー

〒235-0017 神奈川県横浜市
磯子区新磯子町27-5

TEL：045-758-1967

FAX：045-758-1978

E-mail：nagaoke@s-plantech.co.jp

主なる業務歴及び資格

昭和50年新潟大学工学部化学工学科卒業。同年新興プランテックの前身である三興製作所に入社。以来主に高圧ガス、危険物、LNGおよび原子力の配管設計に従事。外部団体活動：エン振協会安全法規委員会幹事、テーマ部会長。資格：1級管工事施工管理技師、危険物取扱者甲種。



新興プランテック株式会社

代表者名 新庄 信

本社住所 〒230-0052 神奈川県横浜市鶴見区生麦4-5-11

TEL：045-509-7331

FAX：045-509-7359

URL：http://www.s-plantech.co.jp

E-mail：info@s-plantech.co.jp

資本金 1,997（百万円）

年商 55,014（百万円）

従業員数 915名

主要取引先

新日本石油精製、東燃ゼネラル石油、出光興産、三菱化学、日本ゼオン

事業内容および会社近況

石油・化学その他各種産業設備、環境装置のエンジニアリングおよびメンテナンスを主な事業内容として展開している。現在は特に、顧客業務のアウトソーシングに伴うメンテナンス業務の一括受注や中小規模プラントのエンジニアリングを含む建設工事の一括受注などに努めている。