

ハイドラント配管内部変形検査装置の開発について

成田空港給油施設株式会社
技術部 技術管理グループ
埜 賢一

1. はじめに

成田空港では、航空燃料を安全かつ安定的に供給するため、各駐機スポット下のハイドラントピットまでハイドラント配管を埋設しています。航空燃料は、ハイドラントピット内のハイドラントバルブから給油車両を介して航空機へ給油されています。

成田空港のエプロン舗装には連続鉄筋コンクリート（CRC）舗装が採用されており、ハイドラントピットはエプロン舗装と一体化しているため、気温変化に伴う鉄筋コンクリートの伸縮に追随して変位します。ハイドラントピットの変位が大きくなると、ハイドラントバルブに給油車両の給油ホースが接続出来なくなって給油作業に支障をきたしたり、立上り配管に過大な応力が生じて変形する事があり、このような箇所は、変位吸収型ピットへの交換や舗装への目地追加による応力の解放、変形した配管については、配管の改修工事などで対応しています。

これらの事象を踏まえ、定期的に変位量を測定してきていますが、変位に異常の兆候がみられた場合に、いかに配管の変形状態を的確に捉えて適切な対応をとるかが最近の課題となっていました。

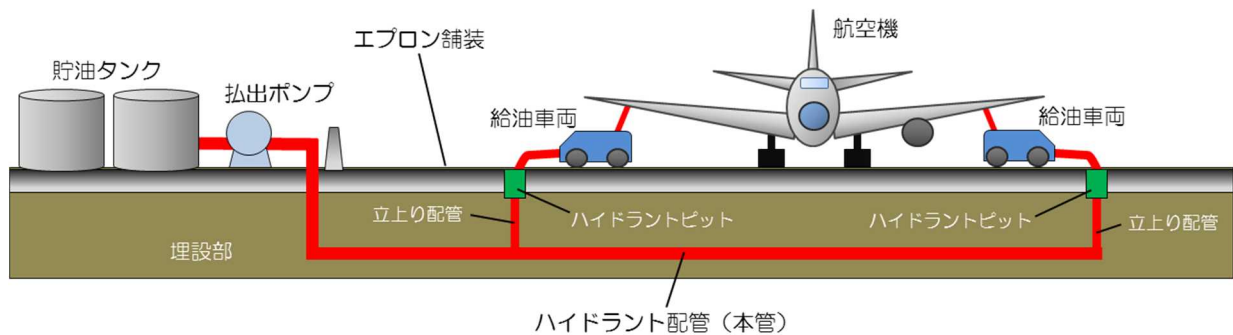


図 1-1 航空燃料の供給系統図

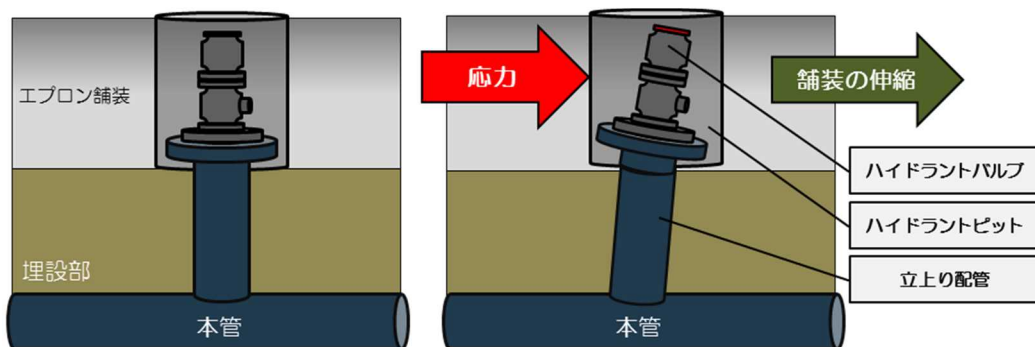


図 1-2 舗装伸縮による立上り配管の変形イメージ

2. ハイドラント配管健全性確認作業

定期的な変位量の測定とは、ハイドラントピットとハイドラントバルブのクリアランスを測定することで、毎年夏季（8月）と冬季（2月）に実施し、継続した管理をしています。これにより給油車両との接続に支障が出る前に対策を講じることができます。



図 2-1 ハイドラントピット廻り詳細図（左） 変位測定状況（中） 測定データ（右）

測定値が管理値に近づいた場合、詳細点検としてハイドラントピット内のバルブ類を取り外し、配管の変形や内部に損傷がないか詳細点検をします。これがハイドラント配管健全性確認作業です。

これまで、この点検は、熟練作業員が配管内部に配管内径半径と同径の扇形ゲージをあてがい、配管の変形を目視で確認する方法で判断していました。

配管健全性確認作業の結果は、その後に行う工事をハイドラントピットの応力解放工事とするか、配管の改修工事とするかの重要な判断材料となっています。



図 2-2 ハイドラント配管健全性確認作業状況

前述のとおり、この確認作業は扇形ゲージを挿入しての目測による変形量計測であること、また、重量物であるバルブ類をいくつも取外す等の作業負担が大きいことから、計測データの精度向上と作業性の向上の2つの課題を解決するため、検査装置を自社開発することとしました。

3. ハイドラント配管内部変形検査装置の開発

ハイドラント配管の変形量と相関関係にあるのは、配管の傾き角度と真円度と考えられ、配管の傾きはこれまでの点検方法でもベースフランジの水平度計測でほぼ把握できるものの、真円度は前述の目測によるものであったことから、真円度計測の精度向上をポイントとして捕らえました。配管内部の形状を把握するために、配管内面の中心からの半径（水平）方向に距離を測定することにより変形データを数値化し、配管鉛直方向のデータを積層することで可視化し、変形の種類（傾き・曲げ・座屈）も判別できると考え、装置を開発しました。

以下で開発した装置の構成と特徴を部分ごとに説明します。

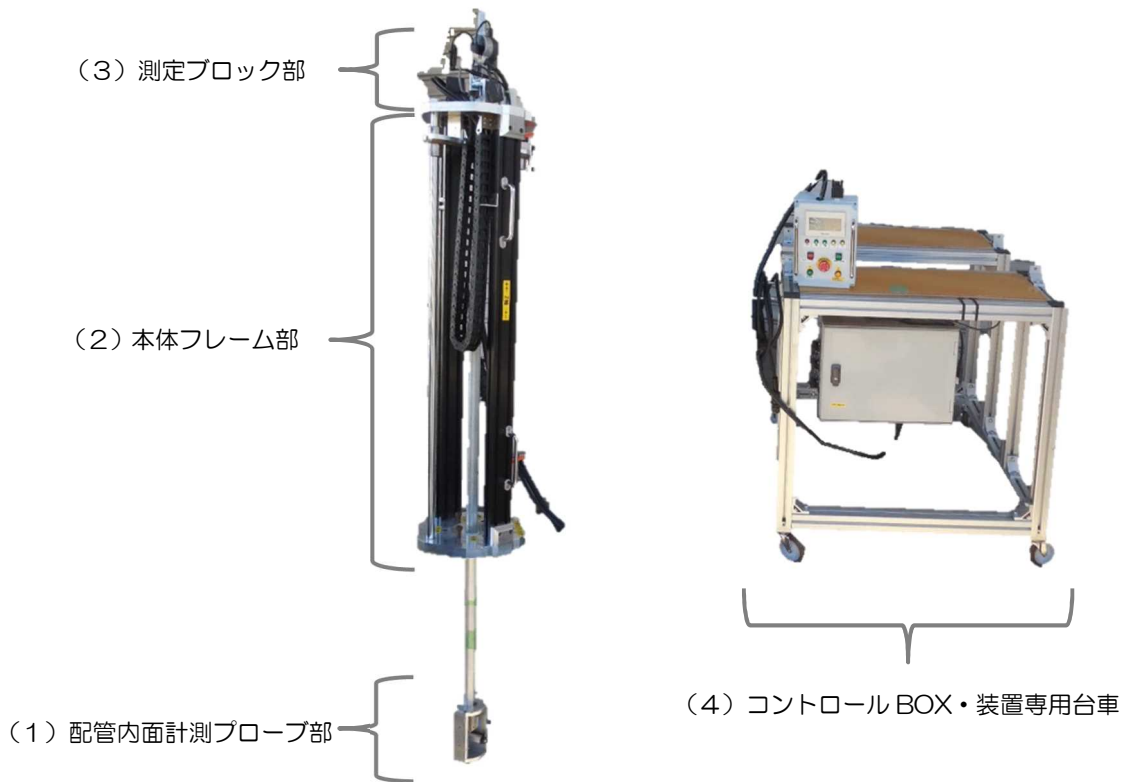


図 3-1 開発品構成図

(1) 配管内面計測プローブ部

測定時、配管内に入る部分です。配管内部で 360 度回転し、配管内面の形状に沿って水平方向に摺動するプローブが、その変位量をメインシャフト内に垂直上部方向に貫通するロッドに方向転換し伝達する機構です。プローブ先端は、鋼球のローラーになっており、さらに配管内面との接地圧を軽くする事で、配管内面を痛めない様考慮しました。

(2) 本体フレーム部

本体フレームは、軽量で強度のあるジュラルミンやアルミ材にて構成されています。

(3) 測定ブロック部

配管内面形状を数値化し、そのデータを端末へ送信する装置の心臓部です。サーボモーター、

タイミングプーリー、ベルトによりメインシャフトを正確に 360 度回転させる機構と、プローブの変位量を伝達するロッドの移動量を電子式ダイヤルゲージにより測定する機能、さらに測定データを 5 度の回転毎に外部のパソコンに送信するコードホイールを備えています。

(4) コントロール BOX・装置専用台車

装置の操作はコントロール BOX のタッチパネルと押しボタンで行います。装置専用台車には、各サーボモーターの制御装置 (PLC) や電源が防水ボックス内に納められており、機材運搬時には本体のストレッチャーとして機能します。

表 3-1 立上り配管内部変形検査装置仕様一覧

項目	性能
計測範囲 (深さ)	最大 700mm
計測範囲 (水平)	半径 75±15mm 【対象配管 6B】
計測データ数	72 個/断面×15 断面=1,080 個
測定誤差	±0.5mm 以下 (機材垂直状態) ±1.0mm 以下 (機材 3 度傾斜状態)
装置寸法・重量	全高 1,870mm~2,670mm 幅・奥行 300mm×300mm 重量 24Kg (本体のみ)

4. 実証試験結果

2017 年 6 月に、開発した装置の実証試験を兼ね、バルブとピットの相対変位が確認されていたピットで配管の変形量の測定をおこないました。

実証試験での測定は、ベースフランジ部直下 100mm の位置から 700mm 奥まで 50mm ピッチで測定を行い配管形状の確認を行いました。なお、同じ測定を 2 回行い、データの再現性についても問題のないことを確認しています。

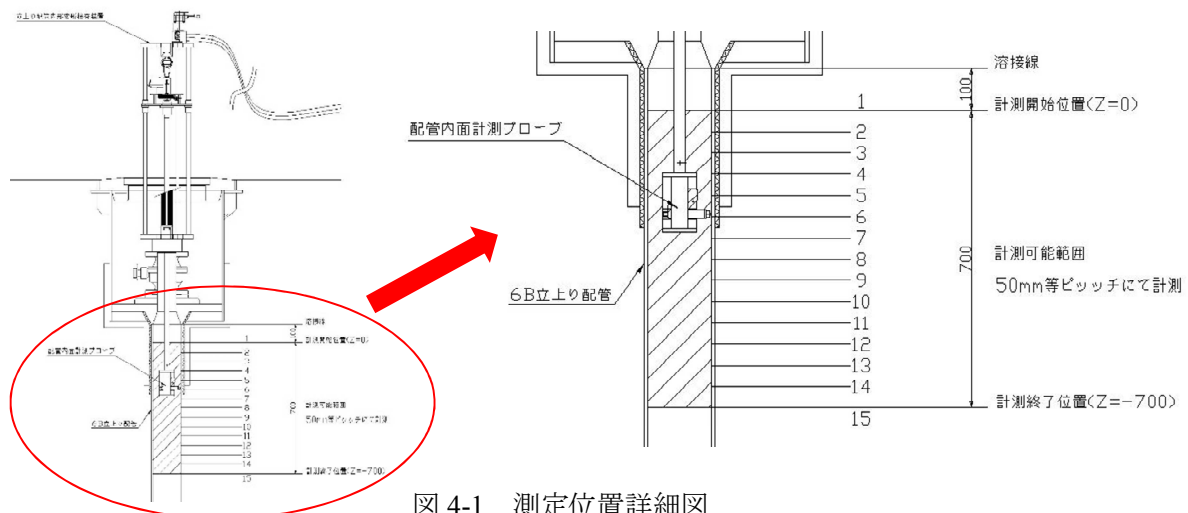


図 4-1 測定位置詳細図

2 次元データ出力は、横断面 (測定深さ毎輪切り) と縦断面 (同一角度毎縦割き) データの出力が可能です。

横断面データでは、測定深さ位置が奥に行くにしたがい、配管内径中心が基準センターからずれていることがわかります。基準センターは測定開始位置の配管中心ですので、この配管には、測定開始位置から奥に行くにしたがい曲がり、もしくは傾きがあると推測できます。

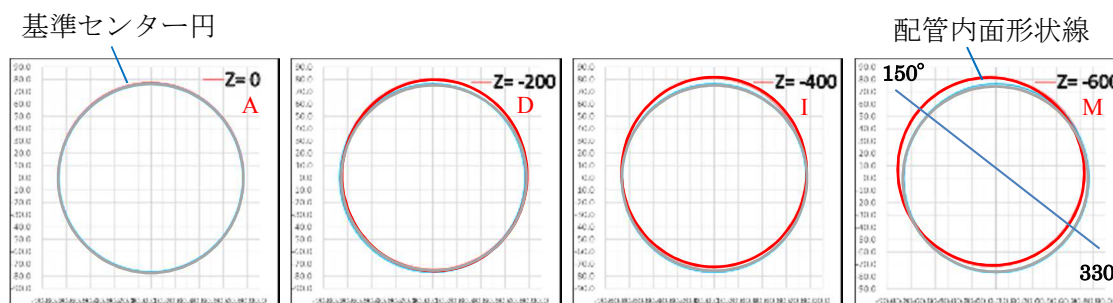
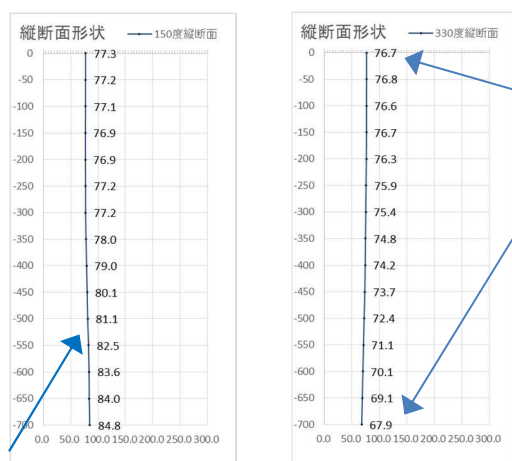


図 4-2 横断面（測定深さ毎輪切り）グラフの一部

縦断面データでは、どの方向にどの程度の変形があるのか判別することが出来ます。図は横断面グラフで変形の大きかった 150 度 - 330 度の縦断面グラフです。深さ 700mm の位置で最大 8.8mm 程度の変位であり、角度にすると 0.7 度程度の傾きがあることがわかります。



深さ 700mm で最大 8.8mm の差

- (a) 深さ 700mm
- (h) 最大変位 8.8mm
- (θ) 配管の傾き角度とすると

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{h}{a}\right)$$

$$\therefore \theta = 0.7$$

配管内面形状線

図 4-3 縦断面（同一角度毎縦割き）グラフの一部

測定した個々の点データは、X,Y,Z の 3 次元座標値と r (半径) のデータを持っています。

今回測定した配管では、機首方向に倒れるように配管全体が傾いていることが確認できます。表示の色分けは半径データを反映しており、測定基点の配管中心鉛直線から 離れる (数値が大きくなる) と赤色傾向になり、近づく (数値が小さくなる) と青色傾向を表示します。

座屈等による局所的な変形がある場合は、局所的な表示色の変化が現れますが、当該配管に於いては、この様な変形を示すデータはありませんでした。

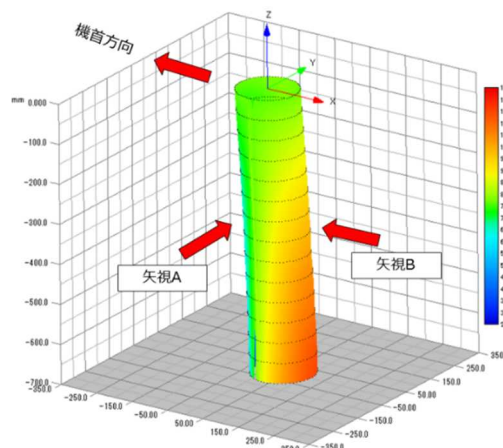


図 4-4 3D 表示グラフ

また、任意の方向からデータを側面投影図として確認することも可能です。図 4-4 の矢視 A、B 方向の側面投影図が図 4-5 です。配管そのものは、円筒形状を保ちつつも全体的に傾いていることが確認できます。

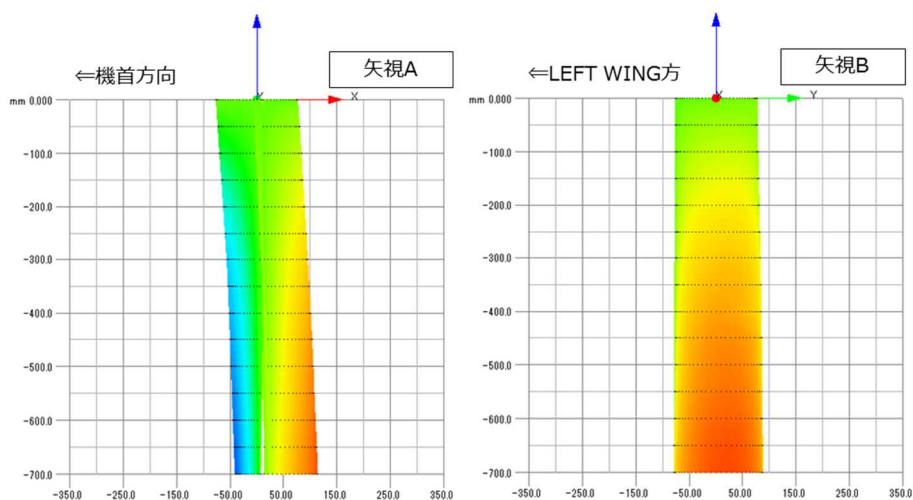


図 4-5 3D 表示グラフ（側面投影図）

このような変形の場合、ピット周辺を掘削し配管にかかっている応力の解放することで、配管が健全に近い状態に戻る弾性変形の範囲にあると判断できます。このことから、緊急に工事を実施する必要はないと判断できたので、事前に関係者と十分な調整をした上で、計画的に応力解放工事を行うこととしました。

5. 装置導入による効果

自社開発した検査装置により、従来の方法では確認することが難しかった配管の変形量を正確に数値化できるようになったことで、周辺を掘削しなくても配管の変形度合いが把握でき、その傾向から工事の緊急性や後の対処法の判断が的確に行える様になりました。これは、より高い水準での給油設備の安全性確保、適切な補修工事方法の選択によって、コスト削減にもつながります。

また、ハイドラントバルブを外すだけで、ピット内のボールバルブ等重量物の脱着作業が不要となり準備や復旧作業の負荷が軽減されたことにより、検査に要する時間も大幅に短縮することができました。

6. おわりに

本報告の、「配管内部変形検査装置」につきましては、2017年7月28日に特許出願し【特願 2017-146353】、2018年8月に特許査定のお知らせを受けております。

当社では本報告内容以外にも、作業品質向上・コスト削減・作業効率の向上・環境配慮の面で改善が求められるものについては、問題解決に向けた新技術の開発・導入に取り組んでおり、今後も「改善」の意識を持って業務を継続してまいります。