

経年戸建住宅及び各種機械用回転軸の高耐震化技術の発展と地下埋設パイプの健全性評価技術の確立

ガソリン等の漏洩感知機能を有する樹脂製配管の構造提案とセンサーの機能評価

高橋 進 (日大生産工・教授)
邊 吾一 (日大生産工・教授)
藤井 秀美 (株)藤井製作所・代表取締役社長)
重田 龍男 (株)シカ・ラボラトリー・代表取締役社長)

1. はじめに

地震等が発生した場合の、設備に与える外力等の環境の変化または設備の老朽化が原因による災害を最小限に抑えるためには、設備のヘルスマonitoringを常時行うことが大切である。

ガソリンスタンド等で扱う可燃性燃料のタンクは通常地下に埋設されており、ガソリン搬送用のパイプ等も、地上から直接監視できない状況にある。したがって災害発生時の、これらの地下埋設物の健全性を確認・監視するシステムの研究開発が必要である。

本報告では、ガソリン等を搬送する樹脂製配管に注目し、その配管に亀裂等が生じることにより、ガソリンが漏洩した時にその状態を知らせるセンサーを有した配管の構造を提案する。また、センサーの適切な使用方法を検討するために、センサーの機能評価も行ったので報告する。

2. 液体搬送用配管のヘルスマonitoring

配管における搬送液の漏洩センサー設置例¹⁾を図1に示す。一般的には、図のように、漏洩液を溜めるトレイ内に、配管の外に漏洩センサーを配置して、トレイ内に溜まった漏洩液がセンサーに接触することにより異常を知らせるシステムとなっている。このシステムの場合、漏洩時のセンシング機能は有しているものの、漏洩が多量となった場合、トレイより漏洩液が溢れ出て、被害が拡大する可能性がある。また、配管、漏洩液を溜めるトレイ、センサーを個別に設置する必要があり、システムの設置工数もかかる。また、センサーが、剥き出しで設置されるために、ネズミ等に噛まれて、センサーとしての機能が働かなくなる可能性もある。

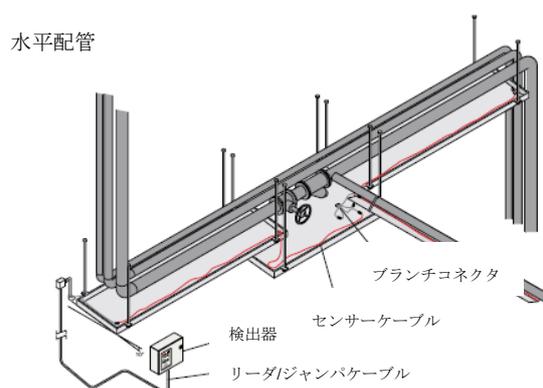


図1 配管における漏洩センサー設置例¹⁾

そこで、配管に、液体搬送と液体の漏洩センサーの双方の機能を持たせ、且つ、センサーの保護を兼ね備えた二重管の新構造を以下に提案する。

まず既発表²⁾の二重管構造の例を図2に示す。この二重管では、鋼管の周面にFRP（繊維強化複合材料）を覆設している。鋼管とFRPの間には、一定の隙間を設けるために、図2(b)に示されているように、ワイヤが介装されている。本二重管には、センサーは内在していない。使用例と

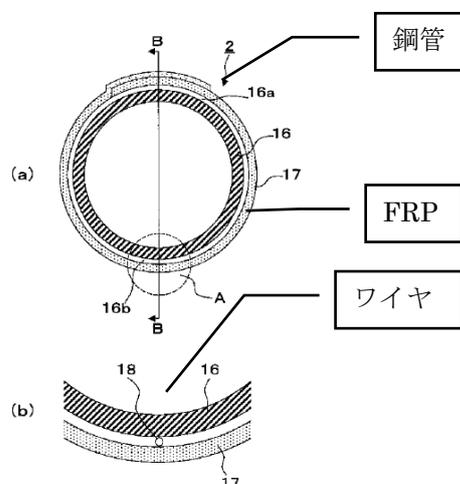


図2 ガソリン搬送用二重管の例²⁾

しては、本二重管を傾斜を持たせて設置し、液体漏れが発生した場合は、鋼管とFRP間の隙間を液体が下流方向に流れ、液体の流動方向に液漏れセンサーを配置して液漏れを監視するシステムとなっている。

そこで、図3に示すような断面構造を有する二重管にすることにより、下記の特徴を有する配管とすることが可能である。

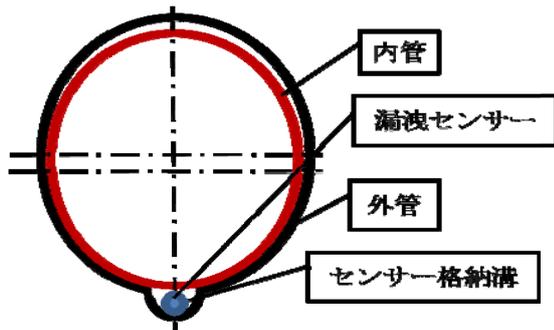


図3 漏洩感知センサー内蔵樹脂製二重管

- 1) 配管を設置時に、傾斜を付ける必要がなく、設置の自由度が大幅に拡大される。
- 2) センサーが内管全長で配置可能なので、内管のどの部分が破損しても漏洩を感知可能である。
- 3) センサーは、外管のセンサー格納溝内に設置するので、既発表²⁾の構造のように、ワイヤー等を使用して内管と外管にセンサー設置用の隙間を設ける必要がなく構造および製造が容易である。
- 4) センサー格納溝形状を任意に設定可能なので、センサー選択の自由度が高い。
- 5) センサー格納溝により、センサーの位置が容易に判別できるので、任意にセンサーの場所を設定可能である。

本二重管の材質を、高密度ポリエチレン等の樹脂を適用することにより、押出しによる連続成形が可能となる。また、金型形状を変更することにより、センサー格納溝を任意の形状に成形可能である。

配管の組み立てでは、外管のセンサー格納溝

にセンサーを設置した後に、内管を外管の中に挿入することにより製造可能である。

二重管を作製後、図3に示す位置にセンサー格納溝を配置する必要があった場合、重力により内管が下方に変位して、センサー格納溝をふさいでしまい、漏洩したガソリンがセンサーまで到達するのに時間を要する可能性がある。そこで、センサー格納溝が管の中心軸に平行ではなく、図4に示すような螺旋形状の場合を考える。

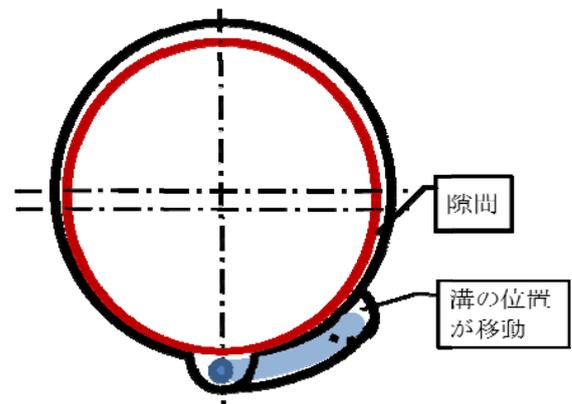


図4 螺旋形状のセンサー格納溝の場合

図4に示されているような、センサー格納溝にした場合、溝の位置が管の軸方向に関して移動するので、内管の位置がどこに来て、センサー格納溝をふさがないので、漏洩したガソリン等がセンサーに到達するのを極力妨げない構造となっている。押出し成形で、この螺旋溝成形する場合、金型を回転させる等の技術が必要となり、今後の課題である。

尚、図3および図4に示す本二重管の構造は、特許申請を検討中である。

3. 漏洩感知センサーの機能評価と考察

前述の漏洩センサー内蔵の二重管のシステムとしての機能評価の前に、センサー単体での漏洩感知機能に関して検討した結果を以下に示す。

ガソリンの漏洩感知を対象とした場合の漏洩センサーとして、ワイヤ状のセンサーで、漏洩位置を特定可能な、(株)工技研究所製の漏洩位置検出システム「トレステック」を評価した。

センサー (TT5000) の構造は、図5³⁾に示す

ように、中心からコア、導電性ポリマー外層および強度の高いフッ素樹脂製のブレードの構造となっている。導電性の樹脂は、ポリマ外層とセンサーワイヤである。

漏液感知のメカニズムを図6³⁾に示す。漏液前は、導電性ポリマ外層とセンサワイヤ間に空間があり、センサワイヤ間では、電気信号が伝わらない。センサーに漏液が触れると、導電性ポリマが膨張する。最外層のブレードは、高い強度を有しているため、導電性ポリマ外層は、ワイヤの内側に膨張し、センサワイヤと触れることにより、センサワイヤ間で電気信号が流れて漏洩を感知する。

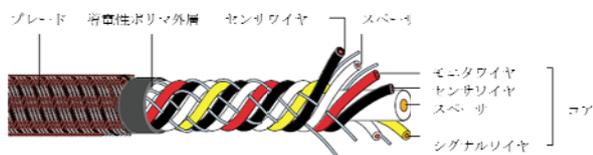


図5 漏液センサーの構造³⁾

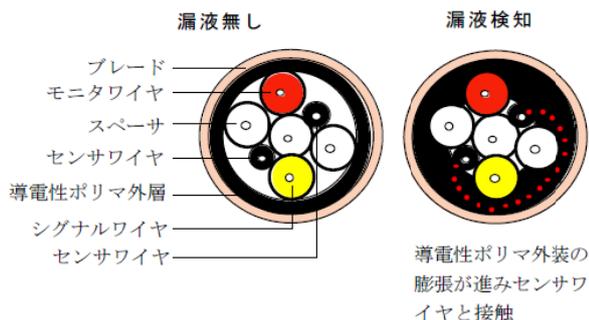


図6 漏液センシングのメカニズム³⁾

上記のような構造をセンサーは有しているため、センサーを曲げることにより、センサワイヤと導電性ポリマー外層の位置関係が変化し、センサー機能に変化を及ぼすと考えられるので、それらの関係を実験にて評価した結果を以下に示す。

得られた情報は、センサーを二重管内に設置し、センサー端部を二重管外の検知器と接続する際に必要となる、センサーを曲げられる限界を知る上で重要な情報となる。

3.1 センサーを曲げた場合の誤感知の評価

センサーを図7のように曲げ、漏洩と誤感知する曲げ半径を求めた。曲げ半径は、図7に示

すようにセンサーの内側の半径とした。センサーワイヤ間で電気信号が流れてから漏洩の警報が鳴るまでに最大で14sec必要としたので、ある半径に曲げてから20sec経っても警報が鳴らない場合に、警報無とした。センサーは、TT5000を使用し、検知器は、TTDM-128を使用した。共に株式会社技研研究所製である。

4本のセンサーで計測を行った結果、3.5~5mmの曲げ半径で、警報が鳴った。センサー間のバラツキは小さいと言える。



図7 漏液センサーの曲げでの誤感知検査状況

3.2 センサーを曲げてガソリンと接触させた場合の感知機能評価

実験装置の概観写真を図8に示す。センサーの曲げ半径とガソリンとセンサーを接触させる方法を変化させて、警報が鳴るまでの時間を計測した。センサーの曲げ半径については、それぞれの半径の型紙を用意し、センサーを型紙に沿うように固定して実験した。センサーをガソリンに接触させる方法は、図9に示すように、トレイにガソリンを入れてその中にセンサーを浸漬させる場

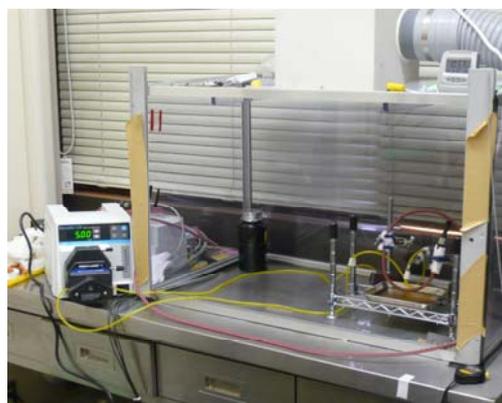


図8 センサー感知能力評価装置の概観写真

合と、図10に示すように、センサーに一定量のガソリン(0.1, 1.0, 5.0ml/min)を液送ポンプを用いて供給した場合である。試験時の室温は、13~17℃であった。

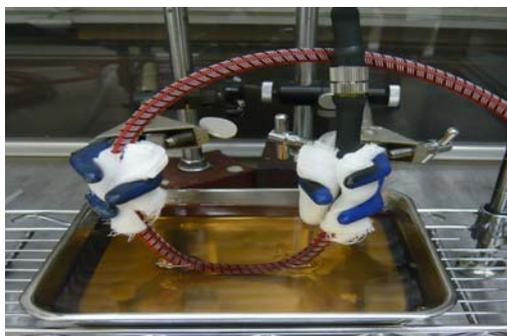


図9 センサーのガソリンへの浸漬状態

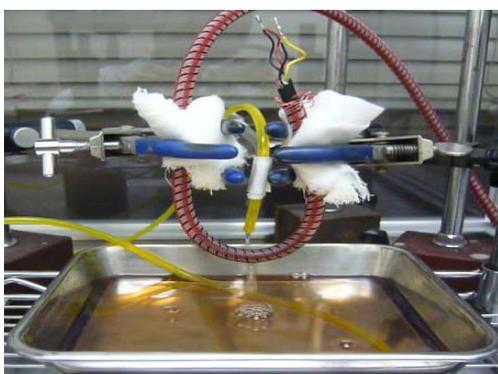


図10 センサーへのガソリン定量供給状態

センサーをガソリンへ浸漬した場合のセンサーの曲げ半径と漏洩感知時間の関係を図11に示す。曲げ半径が30mm以下で急激に漏洩感知時間が短くなっていることが観察された。曲げ半径が小さくなるほど、導電性ポリマ外層とセンサーワイヤ間の隙間が狭くなっているため、両者が接触するまでの樹脂がガソリンに触れて膨張する量が少なく済むためと考えられる。

センサーの曲げ半径が、ガソリン供給量と漏洩感知時間の関係に及ぼす影響を、図12に示す。各曲げ半径において、ガソリン供給量が多いと漏洩検知時間が短くなる傾向が得られた。この結果から、漏洩検知時間を出来るだけ短くするためには、センサーの周囲をガソリンで覆うことが効果的であると言える。本研究で提案している二重管においては、外管のU字形状溝中にセンサーを配置する構造となっており、漏洩検知時間の短縮にも効果的である。

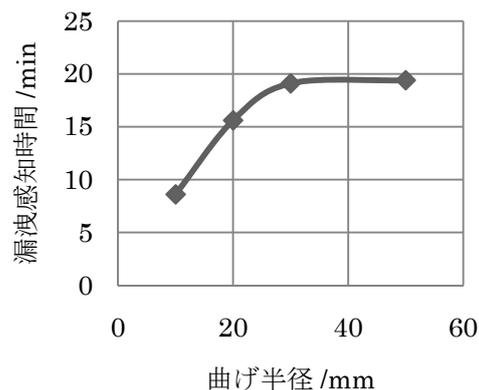


図11 センサー曲げ半径と漏洩感知時間の関係

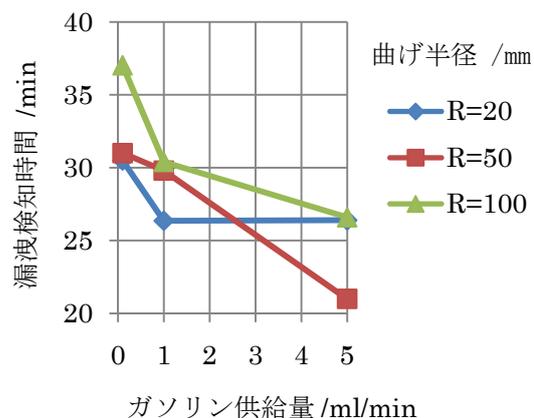


図12 ガソリン供給量と漏洩感知時間の関係

4. 結論

- ・液漏センサー機能を有し、管の設置角度を任意に設定可能で、且つセンサー保護機能を持つ新しい二重管の構造を提案した。二重管の構造に関する特許申請を検討中である。
- ・漏洩位置を検知可能なワイヤ状のセンサーの機能を評価した。その結果、検知誤作動が発生する曲げ半径の限界およびセンサーの曲げ半径とガソリンの供給量が検知時間に及ぼす影響を明確化でき、液漏センサー機能を有する二重管成形における設計情報が得られた。
- ・今後は、二重管でのシステム評価、二重管結合部の構造および検知時間の短縮化等を検討する。

5. 参考文献

- 1) 洩液位置検知システム「トレーステック」解説書, p. 4
- 2) 特開 2001-108158
- 3) 洩液位置検知システム「トレーステック」解説書, p. 7

