

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に関する研究グループ

地下埋設パイプ用漏洩センサのライン化及びスリム化による検知領域及び機能の拡大

高橋 進 (機械工学科)
邊 吾一 (機械工学科)

1. はじめに

設備のヘルスマonitoringを常時行うことにより、日本に特に多い地震等が発生した時に、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ことが可能となる。

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における、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。

これまで、漏洩センサを内在可能な、地下埋設用プラスチック製二重管を提案するとともに、短時間で漏洩検知が可能なセンサの評価を行った¹⁾。そこで、現状のセンサの形態を改善することにより、センシング範囲拡大および局所的な漏洩検知から配管システム全体での検知の可能性があり、新たに開発したセンサの機能評価結果を報告する。

2. 漏洩センサの形態の改良

現状の導電性カーボン粒子を使用した漏洩センサ (リークラン FDF-L-10: 潤工社製) を図 1 に示す。本センサは、検知部の長さが 70mm、幅が 6mm となっており、薄い板状である。

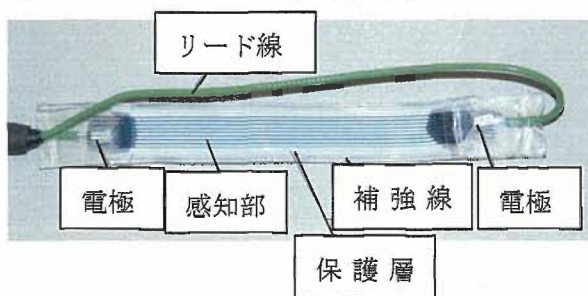


図 1 漏洩センサ

本センサの漏洩感知メカニズムを図 2 に示す。導電性カーボン粒子は、保護層の四フッ化エチレン樹脂 (PTFE) 膜の間にあり、その膜に、電極が接続されており、電極間の抵抗は安定している。保護層を透過したガソリン等の油分 (絶縁物質) は、この粒子の隙間に浸透し、電極間の抵抗を増加させる。

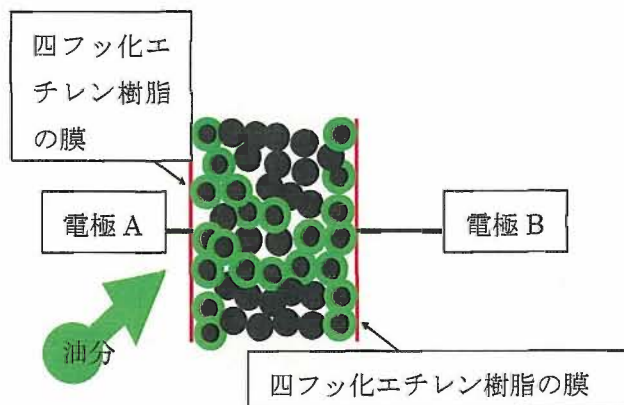


図 2 センサ長さ と 電気抵抗の関係

本センサを図 3 に示す二重管の内管と外管の間に配置することにより、内管が破損した時に、輸送液がセンサに接触することにより、漏洩を検知する。しかしながら、内管から漏洩した輸送液は、液滴としてセンサ上に落下する場合と

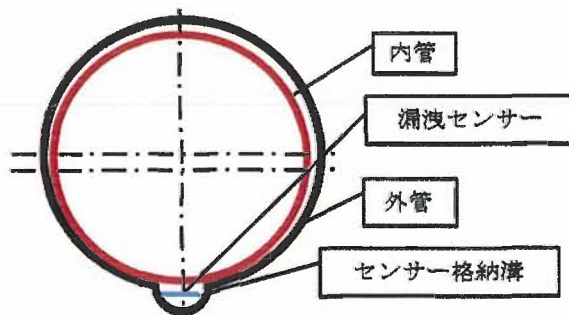


図 3 漏洩センサ内蔵の二重配管

内管の外側に沿って流出する場合は考えられる。内管の傾斜角度が 5° でガソリンの漏洩量を $5\text{ml}/\text{min}$ とした図 4 に示す漏洩実験の場合、図 5 に示す様に内管に沿ってガソリンが流出してい

ることが確認されている。

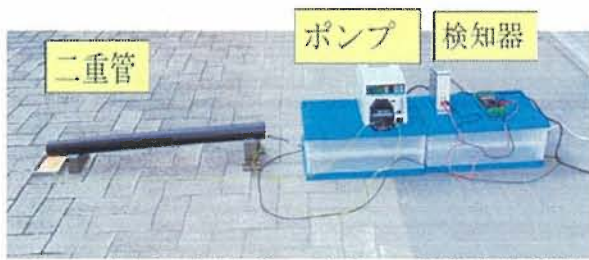


図4 傾斜角度が5° 二重管での評価実験装置

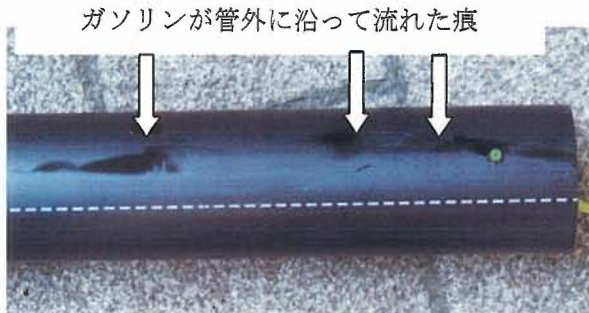


図5 ガソリンの管外を沿っての漏洩部

現状の漏洩センサを使用した場合、前者の状態の時は、短時間に漏洩を検知可能であるが、後者の場合は、センサが板状なので、検知までの時間が長くなることが、考えられる。そこで、図6に示す様に板状のセンサを螺旋状に形態変更(スパイラルセンサ)することにより漏洩センサが内管と接触するポイントが増加し、検知時間が短縮される。

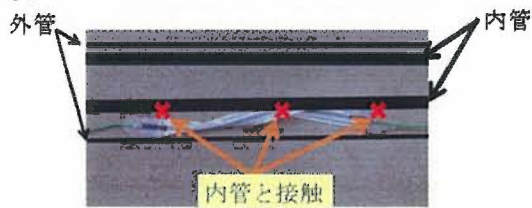


図6 スパイラルセンサの模式図

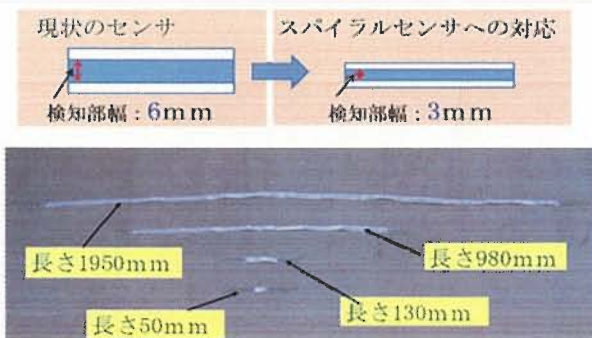


図7 開発したスリム・ライン漏洩センサ

以上のことから、フラットなセンサからスパイラルセンサを製作する時の容易さを考慮して、図7に示すように、センサの検知部の幅を、現状の半分の3mmにするとともに、検知部の長さを最長で約2,000mmとし、広範囲の漏洩を短時間でセンシングするラインセンサとしての機能も備えるようにセンサを開発したので、評価結果を以下に報告する。

3. 新センサのガソリンへの浸漬実験結果

新センサの基本特性として、センサの長さに対する抵抗値を図8に示す。センサ長が、長くなるに比例して電気抵抗が上昇していることが観察された。

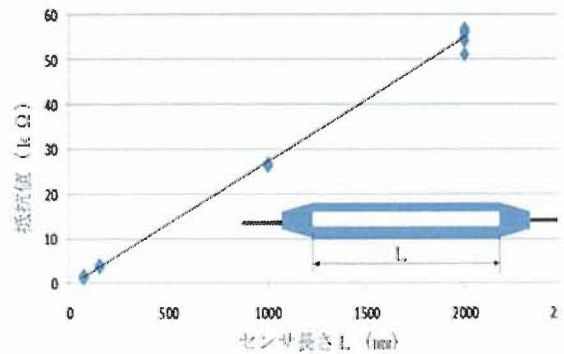


図2 センサの漏洩感知メカニズム

開発したセンサの内、漏洩検知部の長さが50mmと130mmについて、センサ全体を図9に示すようにガソリンに浸漬した時の電気抵抗値の上昇の計測を行った結果を図10に示す。比較のために、既報¹⁾で使用した検知幅が6mmで、



図9 センサ全体浸漬実験

長さが 150mm のセンサの結果も示す。電気抵抗は、センサをガソリンに浸漬後、1 sec 毎に、5min 連続して変化を計測した。検知幅が 6mm のセンサと比較して、電気抵抗は同等の時間で上昇し、約 30s と短い時間で安定した高電気抵抗に達しており、検知幅が少なくても漏洩のセンシング時間が、短いことが確認された。センサ長さが長い方が、抵抗の上昇が大となった。これは、単位長さ当たりの電気抵抗の上昇率は同じとしても、長さが長い分電気抵抗の増加が大のためである。

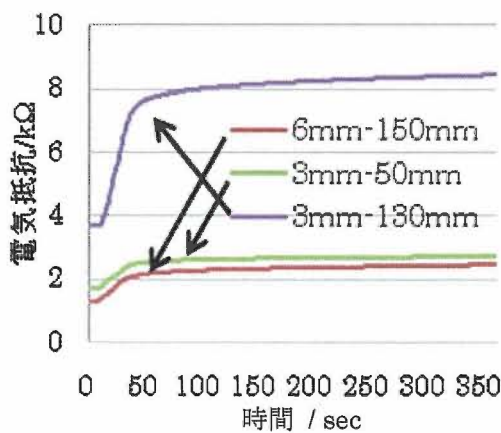


図 10 ガソリンへの浸漬時間と電気抵抗

4. 新センサの液滴での検知実験

漏洩センサは、漏洩初期での異常を検知可能とすることにより、災害を最小限に抑えることができる。そこで、センサの検知部に、ガソリンをシュリンジにて1滴垂らし、電気抵抗の上昇を計測した。ガソリンを垂らした位置は、センサの端子近くとした。実験の写真を図 1 1 に示す。



図 1 1 ガソリンを検知部に付着させた状態

全てのセンサの計測結果を図 1 2 に示す。使用したがガソリンは、わずか1滴ではあるが、最も初期の電気抵抗が高かった長さが 1950mm のセンサの電気抵抗値は、200 Ω 以上上昇しており、漏洩初期の状態でも十分に、漏洩を検知可能であることが確認できた。ただし、センサ長さが 1950mm の場合は、電気抵抗値の時間変化が他のセンサと比較して大きいので、全体の電気抵抗に比較して抵抗の増加が少ない時の検知感度設定には注意を要すると言える。

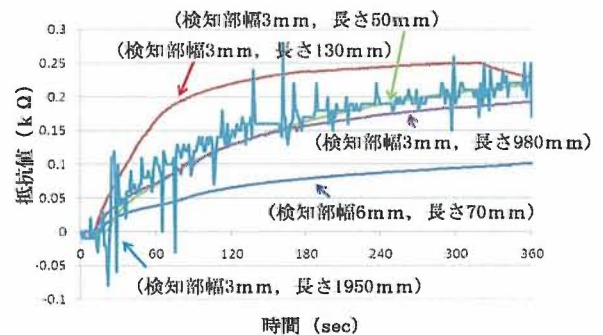


図 1 2 ガソリンへの浸漬時間と電気抵抗

今回試作したセンサは、製造する装置等の制約で約 2m であった。通常、ガソリン輸送用のパイプの長さは、5m であるので、約 1m を 1 本と約 2m を 2 本、図 1 3 に示す様に直列に繋げて、検知実験を行った。実験では、図 1 4 に示す位置

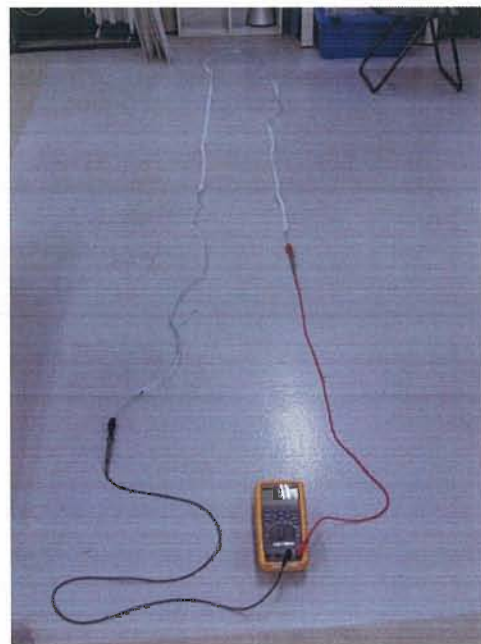


図 1 3 センサ長さ 5m での検知実験

(①～⑤)のセンサの検知部に、ガソリンをシュリンジにて1滴垂らし、電気抵抗は、ガソリンを付着後、1sec毎に、5min連続して変化を計測した。試験結果を、図15に示す。電気抵抗値は、 $100\Omega\sim 300\Omega$ 変化し、約2min経過後に、変化が少なくなった。全体の電気抵抗値に比較して、変化量が少ないので、計測結果は多少乱れているが、例えば、30sec間隔での計測値を平均してその変化をみることにより、漏洩検知は可能であると思われる。

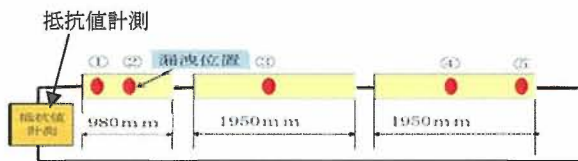


図14 5m漏洩センサの漏洩位置

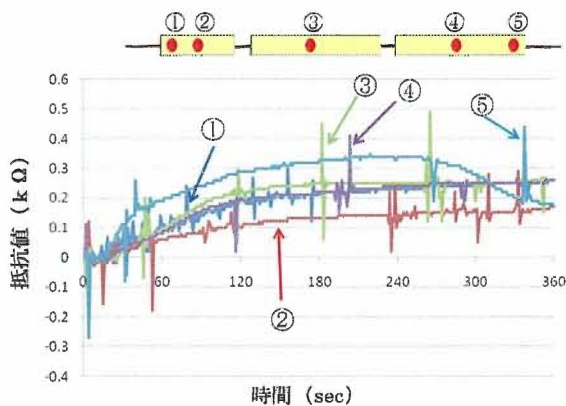


図15 漏洩位置が異なる場合の抵抗値変化

5. センサの変形に対する電気抵抗の変化

螺旋形状のセンサを作製する場合、変形を与えることにあるので、変形が電気抵抗へ与える影響について検討した。螺旋形状の変形では、図6に示すように、センサ端部を振って螺旋形状にした時の電気抵抗を計測した結果、わずかに、 $20\sim 30\Omega$ の抵抗の減少が見られただけで、螺旋形状のセンサを作製可能であることが確認された。

6. 実際の二重管での漏洩検知実験

二重管に、約2mと約1mのセンサ、それぞれ2本と1本を直列結合して、ラインセンサとしての試験を行った。実験状況を図16に示す。5ml/minの、5ml/minのガソリンを二重

管の間に流し込み、抵抗を計測した。結果の図17より、5minで約15k Ω 上昇し、センサ機能としては充分であることを確認した。

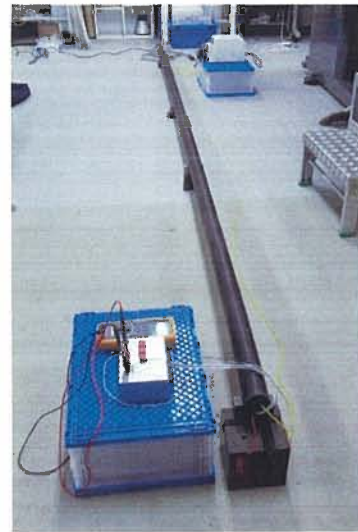


図16 パイプの長さ(5m)での漏洩検知実験

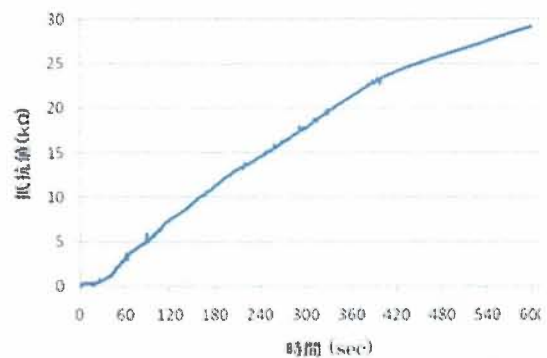


図17 漏洩時間とセンサの電気抵抗値の関係

7. 結論

- 1) 検知部の幅を現在の50%にして評価を行った結果、新センサの方が抵抗の上昇率が高かった。
- 2) 約2mのセンサでも、ガソリン1滴で、 200Ω 以上の抵抗増加が観察された。また、螺旋形状センサを想定した変形において、抵抗の減少は、 $20\sim 30\Omega$ と少なかった。
- 3) 実際の長さの二重管(5m)にてセンサの機能確認を行い、ラインセンサとしての機能も確認された。

参考文献

- 1) 宮崎他: '成形加工シンポジウム' 10 講演論文集, (2010), 107-108