

VI-27

金属管路の肉厚測定に関する一考察

日本電信電話株式会社 正会員○杉本 和彦
同 正会員 木村 幸夫

1. はじめに

NTTでは、現在総延長約60万kmにも及ぶ管路を有しており、そのうちの約60%の38万kmが金属管路となっている。金属管路には防食処理を施しているものの、地中埋設管であるため腐食を避けることは非常に困難であり、その腐食度を把握することは、サービス提供上不可欠なことである。しかしこれまで腐食度を把握する方法は、パイプカメラで管内面を点検するに留まり、腐食度を定量的に把握する方法は確立されていなかった。このため電磁超音波法による肉厚測定に着目し、新たに開発した管路挿入型電磁超音波センサにより外面の腐食した金属管路を内部から肉厚測定する方法を実用化した。本報告では、電磁超音波法による金属管路の肉厚測定方法及び測定結果の妥当性について報告する。

2. 電磁超音波法の原理

図1に電磁超音波法の原理を示す。金属管路に励磁コイルにより磁界を与えた状態において受信を兼ねた送受信コイルにパルス電流を印加すると、金属管路表面にうず電流が誘起され、ローレンツ力が金属管路に働き、超音波が発生する。この超音波は金属管路中を伝搬し、欠陥部または裏面で反射し、表面に戻ってくる。超音波が表面に戻ってくると、磁界中で金属管路が機械的変位をすることになり、起電力によりうず電流が発生する。うず電流による磁界変位を送受信コイルで電圧信号として受信する。

この現象を利用して、金属管路の肉厚を測定することが可能となる。すなわち、パルスの送信から受信までの時間を $t(s)$ 、金属管路の厚さを $T(m)$ 、金属管路中の超音波の伝搬速度を $c(m/s)$ とすると、 $T=c \cdot t/2(m)$ となる。

3. 波形処理の概略

電磁超音波法は通常の超音波法に比較すると感度が低く、金属管路の肉厚測定に用いた場合約4mm以下の肉厚の測定は困難であったが、波形処理の手法を用い電磁超音波により金属管路の肉厚を測定した際の微弱な受信波形を時間空間から周波数空間へ変換し、多重エコーの繰り返し周期を求めることで肉厚測定が可能となる。

図2に波形処理の概略を示す。ランダムノイズを低減するためにFFTアナライザに取り込む段階において10回の加算平均化処理を行う。平均化処理した波形は、高速フーリエ変換により周波数空間に変換され、さらにスペクトルが求められる。横波超音波の金属管路中の音速は3200m/sであるから1～4mmの肉厚における多重エコー

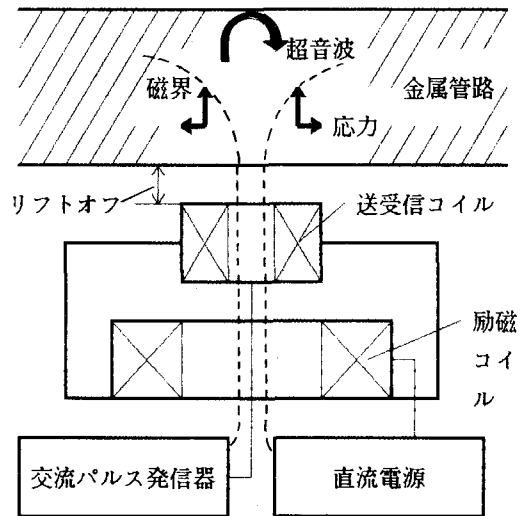


図1 電磁超音波法の原理

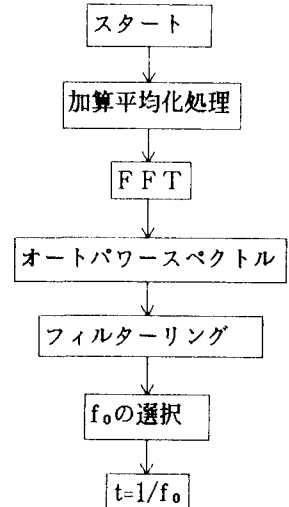


図2 波形処理の概要

一の繰り返し周期に対応する周波数成分、0.4MHz(1mmに対応)～1.6MHz(4mmに対応)の区間の信号のみ取り出し、この区間での最大のスペクトル強度を示す周波数 f_0 を多重エコーの繰り返し周期に対応する周波数とする。これから多重エコーの繰り返し周期 $t=1/f_0$ を求める。

4. 装置構成

図3に装置の基本構成を示す。本装置はマイクロコンピュータにより制御されている。管路内に挿入されたセンサは巻取機によって管路内を移動し、任意の位置で測定が可能である。肉厚(4mm以下)はFFTが動作し、マイコン側で演算する。図3にはセンサ1ch分のみを示しているが、実際の構造はこのセンサを複数個組み合わせた形状となっている。なお本センサは測定時のみ、受信信号のS/Nを向上させるため、センサと管路内面が密着する構造となっている。

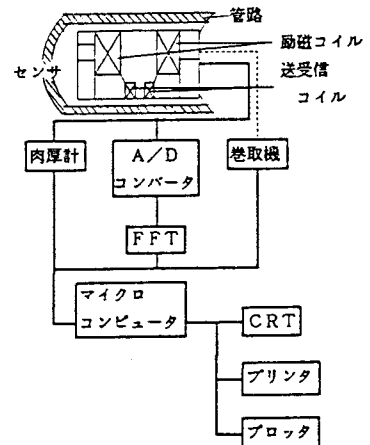


図3 装置の構成

5. 腐食管路の肉厚測定結果

図4に外面が腐食した金属管路の腐食孔部分で肉厚を測定した際の受信波の波形処理の結果を示す。この時最大スペクトル強度となる周波数は0.49MHzでありこの値から肉厚値を求めると $T=3.3\text{mm}$ となる。また、この腐食孔の部分を形状測定器により測定した結果は $T=2.6\sim 4.2\text{mm}$ であり $T=3.3\text{mm}$ はこの値のほぼ平均値となっており、良好な結果を示しているといえる。

図4には $T=4.0\text{mm}$ の板材の受信波のスペクトル分布も合わせて示しているが、腐食孔のある場合の方がスペクトルピークが広がっている。これは、腐食孔部分での肉厚測定の場合肉厚が測定範囲において一定でないため、各種の周波数成分が重なって出てくることによると考えられる。

図5に外面が腐食した金属管路の肉厚を測定した結果の一例を示す。これは腐食金属管路の肉厚測定頻度分布であり、これから腐食金属管路外面の腐食程度を容易に推定することが可能である。

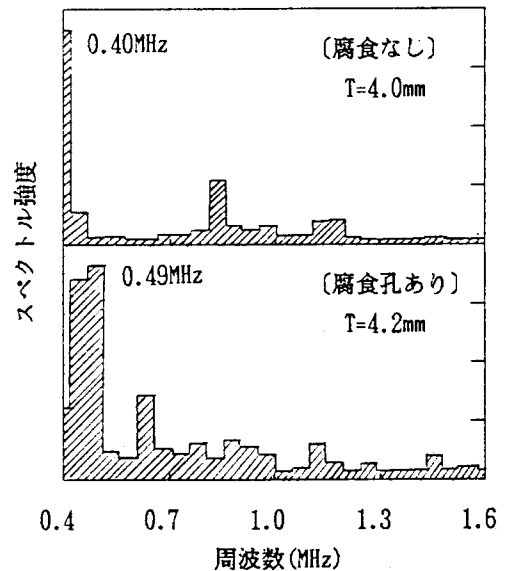


図4 受信波のスペクトル分布

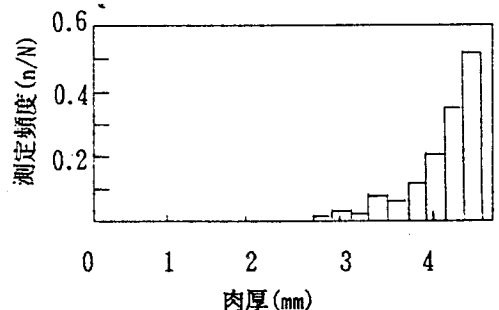


図5 腐食金属管路の肉厚測定結果

6. おわりに

地中埋設金属管の腐食状況については、電磁超音波法及び図2に記載した受信波形処理並びに今回開発したセンサにより、管路内部より肉厚測定が可能であることが明らかとなった。このため設備の定量的評価管理が可能となるので、従来の保全業務の充実に大きな期待がかけられている。