

◆平成29年7月1日発行(毎月1回1日発行) ◆第59巻第8号(通巻796号) 発行：日本工業出版
 http://www.nikko-pb.co.jp/

特集1：用途に適したバルブの利用
 特集2：エンジニアリングの情報化ツール 2017 ⑤

2017 7 配管技術

796. Vol.59 No.8 The Piping Engineering

3Dレーザ計測データCAD化ソフトウェア
Galaxy-Eye

現場から作るCADモデリング
 現場を伝える新しい方法

天井を非表示にした斜めビュー

搬出入検討
 例えば
 新設の機器搬入ルートの検討
 新設配管のルート検討
 現場合わせが激減するため
 手戻り防止に最適です。

レイアウト検討
 計測データの一部を選択し
 コピー＆ペーストが可能です。
 まるで積木のように
 配置検討を行ったり
 スペース検討を行ったり
 簡単に現場を組み立てられます。

3D-CADモデリング
 計測データをもとに
 規格寸法を用いて
 迅速にCAD化が可能です。
 計測データの一部からでも
 形状寸法を類推し
 中心線のある配管CADを
 作成します。

任意の断面を表示する
 3D計測データは
 好きな位置を
 断面図にしたり
 任意の機器まわりのみを
 表示したり自由自在です。

株式会社
富士テクニカルリサーチ
 FTR Fuji Technical Research

[製品技術情報]

超音波による厚さ計測 <超音波厚さ計 AD-3255>

(株)イー・アンド・デイ 福田 嘉明

1. はじめに

金属などの厚さを計測する場合、ノギスやマイクロメーター等が使用される。配管やタンクなど、物理的にこれらの厚さ計測機が使用できない場合は、超音波厚さ計が使われることが多い。

超音波厚さ計は、ソナーと同じ原理で動作し、金属、樹脂、ガラス等の厚さを計測することができる装置で、計測箇所の片側に探触子(プローブ)と呼ばれるセンサーを接触させるだけで厚さを計測できる。

本稿では超音波による厚さ計測の原理、実際の超音波厚さ計と特徴的な機能について説明し、配管等の厚さ計測で必要とされる「塗装越し」の厚さ計測について述べる。

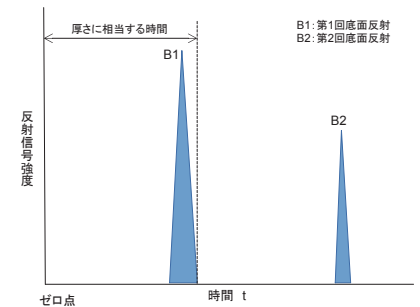
2. 超音波による厚さ計測

2-1 計測原理(パルス-エコー方式)

超音波による厚さ計測は、超音波パルスを計

測物に入射し、底面で反射した超音波を受信した時の、入射から受信までの時間を計測し厚さを求めるパルス反射方式が広く使われている。

探触子の送信部から出力され、計測物に入射した超音波パルス(Bエコー)になり、探触子の受信部で受信されて増幅される。入射からBエコーまでの時間間隔が計測され、探触子の遅延材や保護板等による遅延時間を差し引き、厚さを換算して表示する。



第2図 底面反射の波形

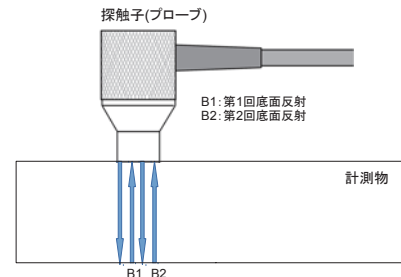
計測結果は以下の式で表わされる。

$$H = \frac{V * t}{2} \quad \dots(1)$$

ここで、H：計測物の厚さ

V：計測物の音速

t：超音波を計測物に入射してから反射して戻るまでの時間



第1図 パルス-エコー方式計測イメージ

この方式はパルス・エコー方式と言われ、当社が開発した超音波厚さ計にパルス・エコー・モード(P-Eモード)として採用されている。

2-2 超音波厚さ計 AD-3255

本機は、0.1mm / 0.01mm の表示分解能で厚さを計測するマルチ・モードの超音波厚さ計である。マルチ・モードの機能は、パルス・エコー・モード(P-Eモード、傷やピットの検出)と後述するエコー・エコー・モード(E-Eモード、塗装やコーティングの厚さを除去)を切替える事で使用できる。

以下に本機の特徴的ないくつかの機能・性能について説明する。

(1) スキャン・モード

通常はシングル・ポイント・モードで1点の計測をするが、腐食の探索など広い範囲で最も薄い場所の計測が必要な場合もある。このような用途のために、本機はスキャン・モードを備えている。通常の計測は、1秒に7回の計測を行うが、スキャン・モードでは1秒に16回の計測を行う。このため、探触子を動かしながらの計測において、より細かく計測面の計測ができる。



写真1 超音波厚さ計 AD-3255

(2) 音速調整 1点・2点調整

実際の音速は、計測物の組成や構造、粒子等の配向、多孔性、温度など、様々な要因により大きく異なることがある。厚さ計測の精度を高めるには、計測物と同じ素材の厚さの分かって

いるサンプルを使用し、音速調整を実施する必要がある。

計測物の組成等が均一の場合、どの厚さにおいても音速は一定であり、音速調整は任意の厚さ1点により行う事で必要十分である。しかし、組成や配向等何らかの違いにより厚さによる音速が変わってくる場合、第3図のように傾きを持った誤差になる場合も考えられる。このような場合、より精度を高めるため2点調整ができるようになっている。これは、計測を行う範囲の既知の厚さ2点で計測を行い、その結果から音速を求める方法である。この方法は、狭い計測範囲の精度を必要とする場合に適している。2点調整による音速の計算を以下に示す。

まず、2点の厚さを計測する。

$$H1 = \frac{V * t1}{2} \quad \dots(2)$$

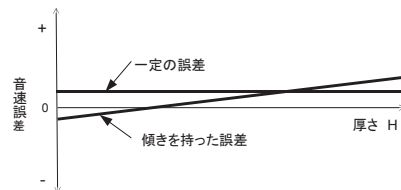
$$H2 = \frac{V * t2}{2} \quad \dots(3)$$

2点の厚さから音速を求める。

$$H2 - H1 = \frac{V * t2}{2} - \frac{V * t1}{2} \quad \dots(4)$$

$$V = \frac{H2 - H1}{t2 - t1} * 2 \quad \dots(5)$$

ここで、H1, H2は既知の値であるから、計測した t1, t2 により音速が計算できる。



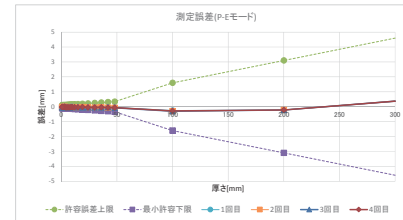
第3図 音速調整の誤差

(3) 計測精度

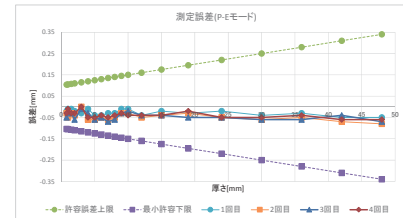
0.8~300mm までの厚さの分かっている試験片を用い4回計測を行った。計測誤差は全測定

範囲で許容誤差範囲内であり、計測再現性も十分得られている。

第4図、第5図に本機で実測した計測結果を示す。



第4図 P-Eモード計測誤差(0.8~300mm)



第5図 P-Eモード計測誤差(0.8~48mm)

参考として、第1表に本機計測部の仕様を示す。

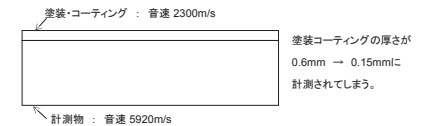
3. 塗装越しの計測

3-1 塗装越しで生じる誤差

塗装やコーティングされた計測物は、塗装・コーティングと計測物で密度(音速)が違い、そのまま計測すると、超音波が塗装・コーティングを通過する時に大きな誤差となって計測される。例えば、表面に約0.6mmのコーティングをし

計測方法	超音波パルス反射方式
計測単位	mm
計測頻度	シングル・ポイント・モード 7回/秒 スキャン・モード 16回/秒
計測範囲	パルス・エコー・モード 7MHz探触子 AD-3255-02の場合 0.8 ~ 200.0 mm 5MHz探触子 AD-3255-03の場合 1.0 ~ 300.0 mm 5MHz探触子 AD-3255-04の場合 2.0 ~ 300.0 mm エコー・エコー・モード 5MHz探触子 AD-3255-04の場合 4.0 ~ 30.0 mm
計測精度	計測範囲 0.8 ~ 50.0 mm ±0.1 mm ±0.5% 50.1 ~ 300.0 mm ±0.1 mm ±1.5%
精度保証温度範囲	5℃~40℃
音速可変範囲	1000 ~ 9999 m/s
表示範囲	0.65 ~ 600.0 mm
表示分解能	計測の実行とその精度は、計測物面の状態に依存する。 0.1 / 0.01 mm

た軟鋼パイプについては、軟鋼パイプの音速は5920m/sで、塩化ビニル系のコーティングの場合、音速は2300m/sである。5920/2300=2.57であり、コーティングの音速が軟鋼に比べ遅いため、見かけ上音波が2.57倍の距離を進んだように計算されてしまう。コーティングの厚さが2.57倍厚いように表示され、0.6mmが1.5mm以上に計測される。



第6図 塗装越し計測の誤差

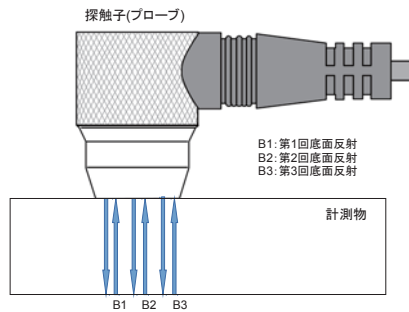
このような場合、この誤差はエコー・エコー・モード(E-E方式)を使う事により除去できる。エコー・エコー・モードでは、コーティングの厚さが完全に除去され、軟鋼パイプのみが計測される。

3-2 計測原理(エコー・エコー方式)

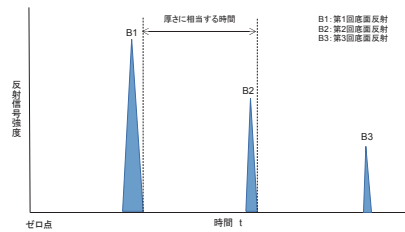
パルス・エコー方式が入射から第1回底面反射までの時間を計測し厚さ計測をするのに対し、

第1表 AD-3255 計測部仕様

エコー・エコー方式は、第1回底面反射と第2回底面反射までの時間を計測し厚さを計測する。第2回底面反射波は計測物の上面で反射した信号であるため、上面の塗装・コーティングやゼロ点のオフセットに左右されない計測ができる。



第7図 エコー・エコー方式計測イメージ



第8図 底面反射の波形

なお、本機でエコー・エコー・モードを使用する場合は、別途用意した塗装越し計測用探触子が必要となる。

3-3 エコー・エコー方式の動作

エコー・エコー方式とパルス・エコー方式の動作を確認するため、既知の厚さの試験片に既知の厚さの標準フィルムを被せその上から探触子(プローブ)を当て厚さ計測をした。

50/ 100/ 250/ 500/ 1000 μm(公称)のフィルム

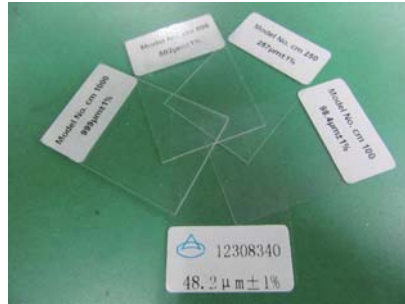


写真2 標準フィルム

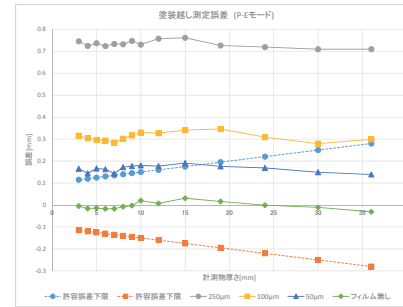
を用意し、塗装・コーティングの代わりにした。塗装越しの計測をパルス・エコー・モードで行った場合、計測物の厚さによらず一定の計測誤差が認められ、コーティングの代わりにフィルムの厚さに対し約3倍程度の誤差となった。(第9図 塗装越し計測誤差 P-Eモード)

同じ条件でエコー・エコー・モードにより計測をした結果、フィルム厚に関係なく各厚さ計測においてコーティングが無い状態と同程度の誤差で計測できることを確認することができた。(第10図 塗装越し計測誤差 E-Eモード)

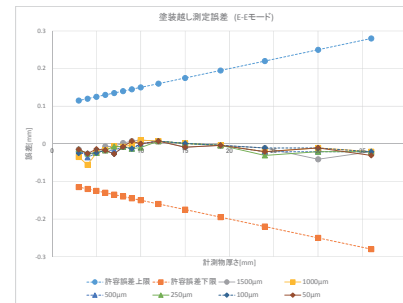
エコー・エコー・モードによる計測は塗装越しの計測において有効な方法であることが確認できた。



写真3 塗装越し厚さ計測



第9図 塗装越し計測誤差(P-Eモード)



第10図 塗装越し計測誤差(E-Eモード)

ただし、この方式は反射の弱い第2回底面反射を用いているため計測範囲が狭く、また、塗装・コーティングや対象物の状態により計測できないこともある。このため、本機では本稿における計測データにかかわらず、塗装厚さ1mm程度以下で、かつ塗装厚さと計測対象物厚さの比が1:8以上の場合の塗装越し厚さ計測を仕様としている。

4. おわりに

超音波による厚さ計測は非破壊検査であり、手軽に色々な素材の厚さを計測できるため、産業界の様々な分野で使われている。当社が開発した超音波厚さ計AD-3255は広い計測範囲、マルチ・モード等を備え、使いやすく高精度な仕様となっている。今後、より活用されることを期待する。

【筆者紹介】

福田嘉明
(株)エー・アンド・デイ 第1設計開発本部
第1部 11課 課長
<主なる業務歴および資格>

温湿度計測、超音波計測および無線によるリモートセンシング技術を利用した機器開発に携わる。