

電磁超音波を用いた鋼管の腐食検出に関する基礎的検討

日大生産工 小井戸 純司
東電工業（株） 毛塚 良司

1. はじめに

オフィスビルや工場、マンションなどの上下水道の配管には鋼管が多く使用されているので、比較的短時間に腐食する。したがって、建造物の補修計画を立てる上で、配管の総延長に亘ってスクリーニング的に腐食検出することを可能とする試験法が待望されている。これに対し、電磁超音波法は鋼管に非接触で弾性振動を発生することが可能であるため、通常の超音波試験と比較して試験時間が短縮できる^{1),2)}。そこで、筆者らは鋼管の軸方向に縦波を発生させるための EMAT（電磁超音波変換素子）を作製し、人口きずを加工した試験体に適用して検出の可能性を検討したので、その概要を報告する。

2. 電磁超音波の原理

電磁超音波は、電磁力を利用して金属に弾性振動を発生させる方法である。図1に示すように、直流の電磁石によって金属中に磁界を発生させ、別のコイルで発生させた交流磁束によって金属中に渦電流を誘導すると、式(1)に示されるように電荷の運動である渦電流には力 f が働く。

$$f = \rho(v \times B) \quad (N/m^3) \quad (1)$$

ここで、 B は直流の磁束密度であり、 v は電荷の運動速度、 ρ は電荷密度であるが、電荷の実態は電子であるので、電子を介して金属の結晶に力が働き、弾性振動が発生する。EMAT ではプローブと金属の間に間隙があっても振動を発生することが可能であるため、接触媒質を必要としない。なお、図1の配置では、管軸方向の振動が発生する。

一方、弾性振動の検出も同様の EMAT で行える。すなわち、直流磁界の中で金属が振動すると電磁誘導によって渦電流が発生するので、近接し

てコイルを配置しておくとも起電力が発生する。これにより、振動—電気変換が行われ、信号が得られる。しかし、この変換効率は非常に低いため、検出は容易ではない。

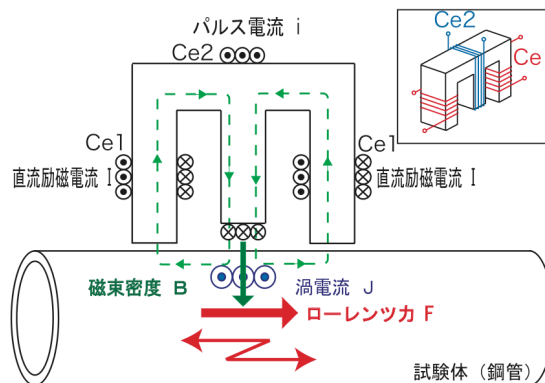


図1 電磁超音波の原理

3. 実験方法

図2に試験体を示す。試験体としては、配管用の炭素鋼管 SGP-E(150A)を用いることとし、外径 165φ、長さ 1,510mm のものを2本用意した。肉厚は 5mm である。2本の内の一方は無きずのままとし、他方の管には、端面から 300mm の位置に、直径が 10φ で深さが 3mm の平底孔を、模擬腐食として鋼管の内面に加工した。試験体表面は圧延のままであるが、平滑である。

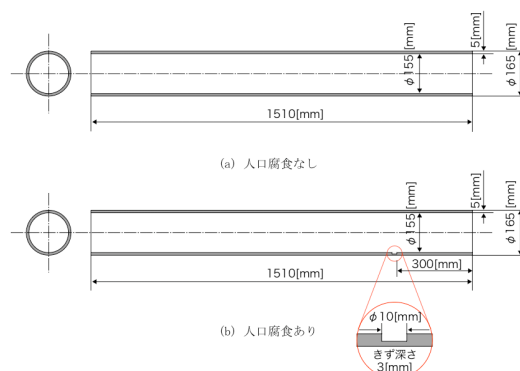


図2. 試験体の形状と模擬腐食

図3に実験装置を示す。直流電源より、直流励磁コイルに電流を供給する。パルサは、直流電源と大容量のコンデンサ、スイッチング用のサイリスタなどから成り、EMAT の励磁コイルが持つ抵抗とインダクタンスとで直列共振回路を構成し、正弦波半波のパルス電流を作っている。励磁電流のパルス幅は $10\mu\text{s}$ 、最大振幅は $10\sim 20\text{A}$ である。弾性振動の検出には、AE 試験用のセンサを用いた。このセンサの出力は、フィルタを介して増幅器に導かれ、デジタルオシロスコープで記録される。

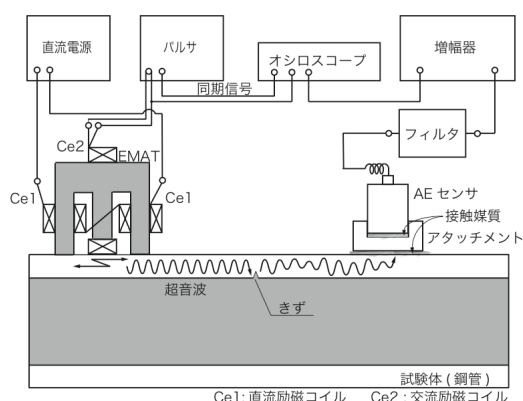


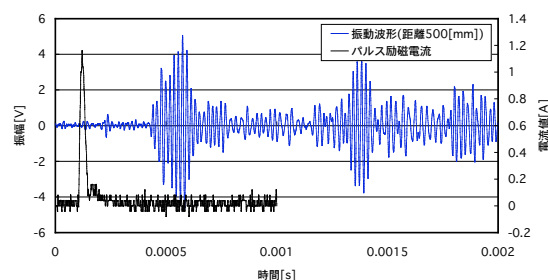
図3. 実験装置の概略

4. 実験結果

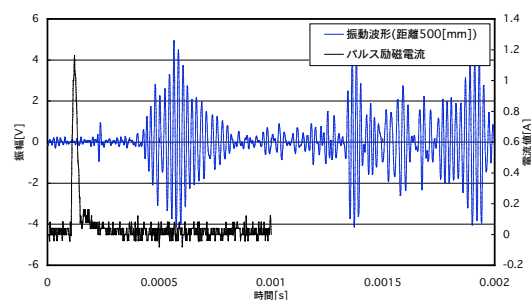
図4. に AE センサの受信波形の例を示す。同図(a)は腐食がない場合、EMAT と AE センサの距離が 500mm の場合である。また、同図(b)は、EMAT と AE センサの中央に模擬腐食がある場合である。励磁電流供給後、一定の時間後にセンサに信号が到達する。波形には、腐食の有無によって明確な差がある。一方、測定距離を変えて伝搬時間を測定してみると、図5のように、腐食の有無によって明確な差がある。また、信号の減衰特性を描いてみると、図6のように、やはり明確な差がある。これらの結果から、EMAT によって発生した弾性振動が、伝搬経路の途中に存在する腐食によって影響を受けていることがわかった。

5 おわりに

EMAT によって鋼管中に発生させた弾性振動は、伝搬経路中の腐食によって、明らかに影響を受けることが分かった。今後、腐食の位置や大きさなどを特定するための信号処理法を開発する。



(a) 腐食がない場合



(a) 腐食がある場合

図4. AE センサの受信波形

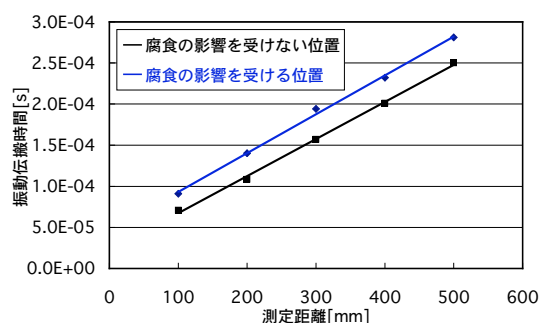


図5. 測定距離と信号の伝搬時間

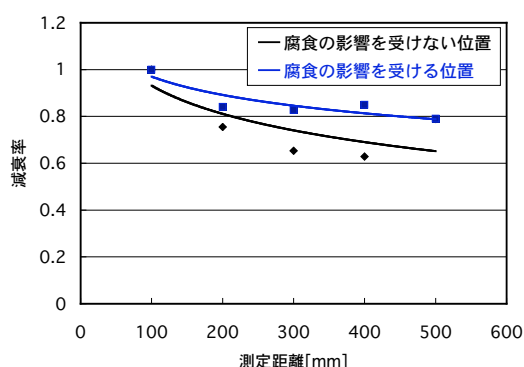


図6. 測定距離と信号の減衰特性

参考文献

- (1) 社JISNDI超音波探傷試験Ⅲ(社)JISNDI(1993年)
- (2) 須山、他、電磁超音波を用いた広域部探傷、非破壊検査、Vol46, No 5, p.p. 320-325, (1997)