

Lamb波伝搬のスペクトロスコピー解析による 配管内壁付着物の厚み測定

研究背景

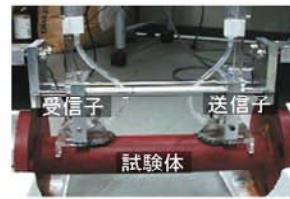
化学プラント等で供用されている配管には内部流体が内壁に固化して付着し層を形成することがある。この付着層によるエネルギーロスが深刻な問題であるため、非常に早い段階で付着状態を把握し清掃する必要がある。そこで超音波の1種であるLamb波を用い付着層厚みを1mm単位から検知できる非破壊検査技術の開発を目的とした。

Lamb波

Lamb波は薄板に沿って伝搬し、距離減衰が少なく、一度に広範囲を測定できる。そのため、従来難しいとされてきたレールなどの長大構造物の非破壊検査へ広く応用できる超音波として注目されている。

実験方法と試験体

下に示す装置を用いて試験体を伝搬するLamb波の位相速度を測定した。

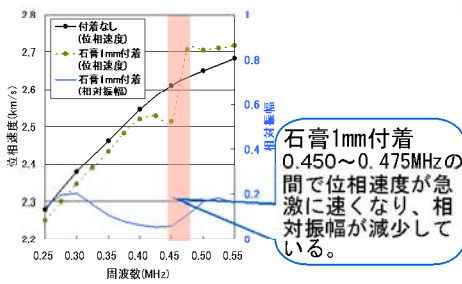


配管に石膏、アクリル製樹脂、水酸化アルミの3種類を塗布して試験体を製作し、付着層がLamb波に与える影響を調べた。

実験結果

3種類の付着層ともに1mmの付着厚みでLamb波の位相速度は変化した。

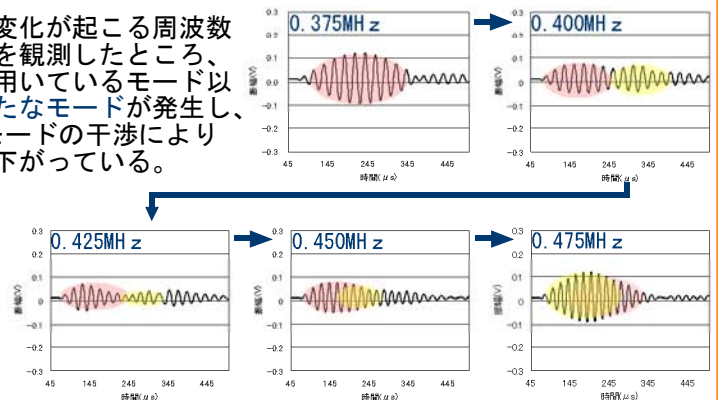
すべての付着物で、付着厚みが増すと、振幅と位相速度が急激に変化する現象があった。(例：石膏付着1mm)



石膏1mm付着時のLamb波の周波数特性

他のモードの発生

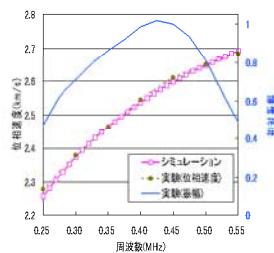
急激な変化が起こる周波数で波形を観測したところ、測定に用いているモード以外の新たなモードが発生し、2つのモードの干渉により振幅が下がっている。



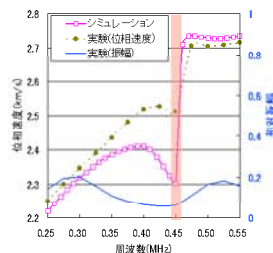
石膏1mm付着時の受信波形の移り変わり

シミュレーションと実験の比較

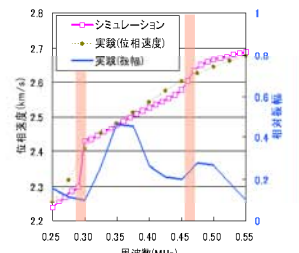
波形の観測から、付着層が存在する場合、測定に用いているモードではないモードが発生し周波数特性に影響を与えていると確認できた。そこでシミュレーションを行い、理論上でも新たなモードが存在するのか調べた。その結果、シミュレーションで得た周波数特性が実験結果と一致し、新たなモードの発生が理論上でも確認できた。



付着なし
実験とシミュレーションの位相速度がほぼ一致した。振幅は中心周波数で最大となるように探触子を固定しているため0.45MHzで最大値を示した。



石膏付着約1mm
実験、シミュレーションともに0.450~0.475MHz付近で位相速度が急激に変化している。またその周波数付近で振幅が下がっているため、新たなモードが実験においても理論においても確認できた。



石膏付着約4mm
実験結果のみでは確認が困難であるが、解析結果からモードが2度発生していることがわかった。振幅の周波数特性からもそれが確かめられ、実験と理論で一致した結果が得られた。

まとめ

Lamb波の周波数特性と付着の厚み・材質の間には明確な相関があることを実験的に明らかになり、Lamb波を配管内壁付着層の厚み測定に適用すれば、1mm以下のサブミリメートルから数mmの付着厚みまで測定・評価できる可能性が明らかになった。

実験と理論の両面から確認できた他モードが発生する現象は、付着層の材質、厚みの違いによって発生する周波数が異なるため、付着層厚み測定に有効に活用できることが期待される。