

マイクロクラックの検知に関する一検討

同志社大学 大学院工学研究科 電気工学専攻 村上雅史

1.はじめに

超音波を利用した非破壊検査は既に製品化されるなど、様々な場面でよく利用されている。ただ検知する欠損がどんなに微小なものでも検知できるわけではなく、送り込まれる音波の周波数が高いほどより小さな欠損を検知できる。しかし高い周波数の音波を発生させるには振動膜の材料や薄さに依存し、現在ではおよそ100MHzが限界と言われている。そこでより微小な欠損を検知するために、Sutinらは非線型領域に注目し、引張試験機でひずみを加えた後の金属は前の金属に比べて入射した音波の非線型パラメータが大きく生じることを報告している。Sutinはその原因を引張試験機でひずみを発生した金属は金属中にマイクロクラックが生じ媒質の均質状態がくずれ、媒質の実質的な非線型パラメータが増加したためと述べている。(参照[1])本研究ではこの効果を利用し、低い周波数振動による高い周波数音波の変調を用いて実験的に欠損を検知することを試みた。

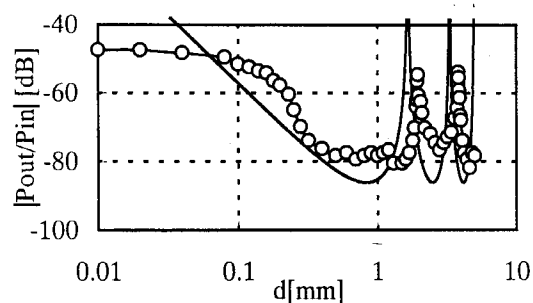
2.原理

欠損の存在する金属に強い振動を加えると欠損部は周囲部分とは異なり欠損部を伝播する音波の断続の現象が生じる。つまり欠損が閉じた状態では欠損を透過する音波は減衰せず、欠損が開いた状態になると音波は欠損界面での反射により減衰する。この変化を時間領域で見ると、透過音波はAM変調された波形となり、また周波数領域でみると、送波に使用した周波数のまわりに広がりをもった側帯波が観測される。一方欠損のない金属に強い振動をあててもこのような側帯波は観測されない。本研究ではこの側帯波の有無により欠損の有無を判断することを目的とする。

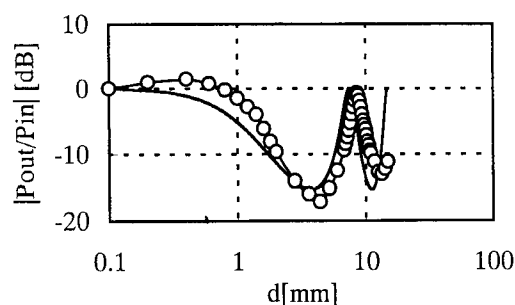
3.実験

3-1 欠損幅による音圧の変化の測定

欠損の状態が変化すれば音波がどのように変化するか確認するために欠損幅を変化させたときの音圧の変化を測定した。試料はアルミで、アルミを2枚重ねた界面を疑似欠損とする。結果を Fig.1 に示す。(a)は欠損部を空気で満たしたもの、(b)は水で満たしたものであり、図に示されるように欠損幅が変化すると、音波も試料と欠損部の音響インピーダンスの差および入射された周波数によって定まる周期を持つて変化していることが確認される。



(a) crack filled with air



(b) crack filled with water

Fig.1 Relation between transmitted sound pressure ($|P_{out}/P_{in}|$) and crack width (d).
Plot $\circ$ experimental value,
solid curve — theoretical value.

3-2 透過音圧の周波数特性の測定

本研究では Fig.2 に示す実験系で、試料 1 を加振器により振動させ、欠損部を擬似的に開閉させた状態で送波器により音波を欠損部に入射し、受波器によりその透過音波を観測する。そのスペクトル成分を Fig.3 に示す。欠損部が空気

の場合と水の場合共に加振を加えた場合にのみ側帯波が観測される.このことから欠損部の開閉が実現すれば欠損の検知が可能となる.

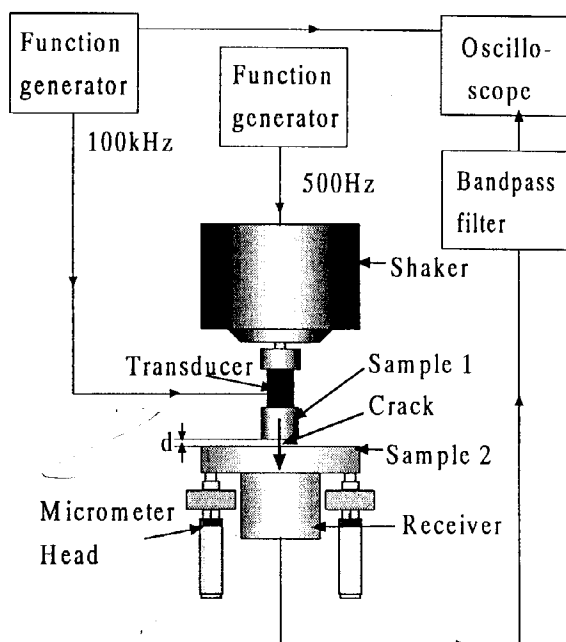
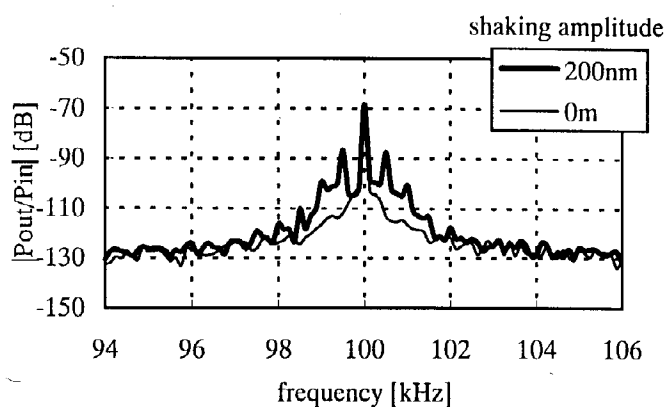
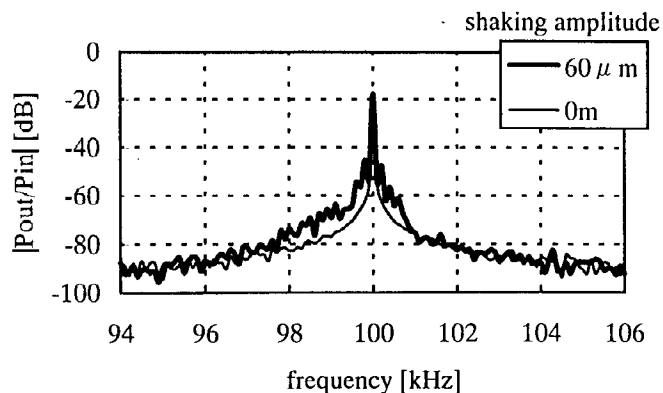


Fig.2 Block diagram of measurement system.



(a) crack filled with air (shaking frequency=500Hz).

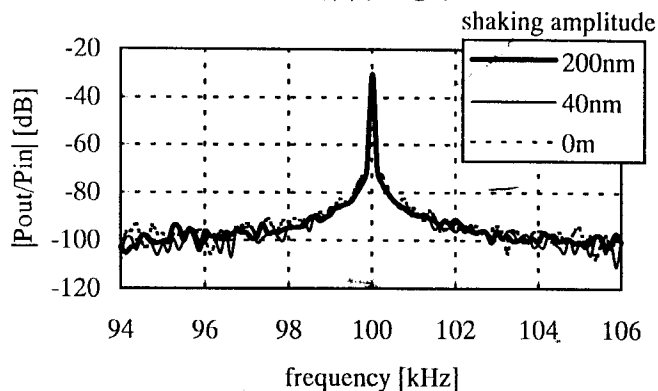


(b) crack filled with water (shaking frequency=200Hz).

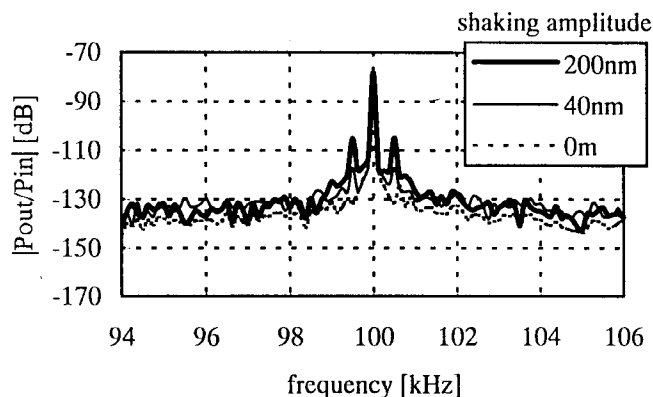
Fig.3 Spectra of acoustic field under shaking. Thick curve — shaking amplitude = $60 \mu\text{m}$, thin curve — no shaking.

3-3 欠損のある試料とない試料とでの周波数特性の変化の測定

次に観測した側帯波が加振器によって測定系全体が振動したためではないことを確認するために,同形の欠損のある試料と欠損のない試料について同様の実験を行った.結果を Fig.4 に示す.欠損のある試料にのみ側帯波が観測され,側帯波が表れる原因は欠損部の開閉によるものと確認できる.



(a) sample without crack.



(b) sample with crack.

Fig.4 Spectra of acoustic field under shaking(crack with air).

Thick curve — shaking amplitude = 200nm, thin curve — shaking amplitude = 40nm, dashed curve --- no shaking.

4.まとめ

金属中の欠損の大きさが変化すればその欠損の大きさや欠損中に満たされている媒質によって透過する音圧が変化する.この特性を利用して,外部から振動等により欠損の状態を変化させ,欠損中を透過する音波の変化を測定すれば内部欠損の状態や媒質の同定が可能となるはずである.

参考文献

1. Sutin, A., Nonlinear vibro-acoustic methods for Diagnostics of metal strength properties. Advances in Nonlinear Acoustics. 1993, pp.370-5.