

圧電素子を用いた構造部材の欠陥検出法

卒業論文要旨

機能性材料工学研究室 阿佐建吾

1. 緒言

社会基盤の多くが建設後 30 年以上を経過し、老朽化が進んでいる。加えて、長期間の使用による構造物のコンクリートのひび割れなどを見逃していると、自然災害による重大な事故につながる可能性がある。このため、点検による欠陥の早期発見が重要となる。しかし、点検にかかる時間や労力が膨大になる等の大きな課題があり、自動的にヘルスマonitoringを行うシステムへの関心が高まっている。

本研究では、欠陥を通過する弾性波を圧電セラミックス板に貼付した簡易なセンサで測定し、その信号より欠陥寸法やセンサ位置の影響を調査することで、その有効性を定量的に検討した。

2. 原理

発生源から出た弾性波が材料中を伝播し、圧電センサに到達すると圧電効果により電圧が生じる。もし弾性波伝播経路中に欠陥が存在すると、そこを弾性波が通過する際影響を受けるため欠陥が存在しない健全状態でのセンサ出力と、欠陥が存在する場合のそれを比較することで欠陥を検出できる。

3. 実験材料および実験方法

実験に用いた材料は、1000×30×3mm のアルミニウム合金板 A5052 である。アクチュエータおよびセンサとして、板厚 0.2mm の市販の PZT 分極材を使用した。PZT をダイヤモンドカッターで 19.2×10mm に切り出し、分極方向を揃えて供試体に導電性接着剤で接着した。また、弾性波発生源としてアクチュエータ用 PZT 片とは別に直径約 5mm のジルコニアボールを落下させる方法も用いた。

実験システムの概要を図 1 に示す。センサを供試体の端から 100mm の位置に貼付した。センサから 200mm の位置に高さ 150mm からジルコニアボールを落として、弾性波を発生させる。センサに生じる電圧信号をオシロスコープ等で測定した。

センサ-スリット間の長さを a として、その位置に直径 2mm の穴を開け、穴から x 軸に垂直な幅 0.3mm のスリットを入れた。スリットの片側の長さ c として種々変化させて欠陥寸法の影響を調査した。

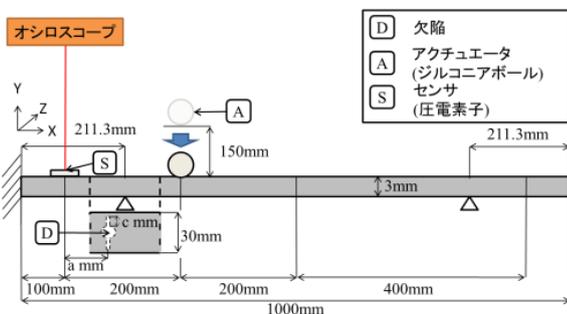


図 1 実験概略図

4. 実験結果

4.1 出力波形

片側固定した条件で、 $a=50\text{mm}$ から 25mm ずつ 175mm まで変えた供試体について、欠陥なし、 $c=0\text{mm}$ から 2mm ずつ

8mm まで欠陥の長さを変えて実験を行なった。 $a=50\text{mm}$ において欠陥がない場合と $c=8\text{mm}$ の欠陥が存在する場合についてのセンサ出力を図 2 に示す。出力信号のパラメータとして、欠陥が存在することにより、絶対値で 1V を越える出力ピークについて健全時のピーク値が増減する割合 R_V およびピーク到達時刻の差(遅延) T_d を用いて欠陥の有無を判定することを試みた。 R_V は次式(1)より定義した。

$$R_V = \frac{|V_{p,d} - V_{p,h}|}{|V_{p,h}|} \times 100 [\%] \quad (1)$$

ここで、 $V_{p,h}$ と $V_{p,d}$ はそれぞれ欠陥がない場合および存在する場合の対応する出力波形のピーク値である。この R_V および T_d の欠陥有無の判定の基準として、欠陥がない場合の出力波形のばらつきを検討し、 R_V においては 23%、 T_d は 2 μs の値を用いた。これらをしきい値とし、それを越える場合は欠陥による影響が生じたとみなす。

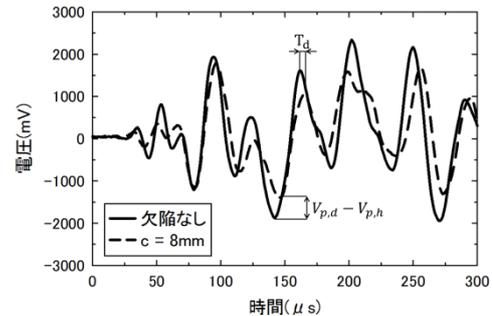


図 2 出力比較

4.2 結果

$a=50\text{mm}$ において c を変化させたときの実験結果(R_V)を表 1 に示す。表 1 においてスマッジングした部分はしきい値を越えたデータを表している。142 μs 以降に見られるピークからはしきい値を越えるケースが多くなり、 $c=0\text{mm}$ においても 250 μs 以降のピークには大きな減衰が見られる。さらに欠陥が大きくなれば波形に影響が生じやすく、 $c=8\text{mm}$ の場合には 142 μs 以降においてほぼ全てしきい値を越えていることがわかった。 a を変えた実験の結果から、この R_V と T_d の両方のしきい値を越えるという条件を用い、欠陥の有無を判定できることがわかった。ただし、欠陥の大きさや位置の情報については、今後検討を行う必要がある。

表 1 各ピークにおける c と R_V の関係

$c[\text{mm}]$	R_V						
	5.3	7.4	26	35.5	32.1	22.1	32.5
8	5.3	7.4	26	35.5	32.1	22.1	32.5
6	18	14	9	25.5	26.2	35	39.4
4	17	14	10	5.6	15.3	20.6	50.7
2	9	9	9	2	17.4	34	53.3
0	0	1	15.2	14	13	41.2	42.9
時間[μs]	79	94	142	162	202	250	270

5. 結言

本研究では、圧電セラミックス板に貼付した簡易なセンサにより、欠陥を通過する弾性波のピーク変動と時間遅れを調べた。その信号より欠陥寸法やセンサ位置の影響を調査することで、その有効性を定量的に検討した。その結果、欠陥の検出自体に対しては有効であることがわかった。