

第V部門

埋設型 piezo センサを用いた弾性波の初動部検出に関する研究

京都大学 学生会員

○小松原 裕

京都大学 正会員 橋本勝文 服部篤史 塩谷智基 河野広隆

1. はじめに

コンクリート構造物の弾性波を用いた非破壊検査を行う際、コンクリート中にセンサを埋め込むことで測定の見易化や省力化が期待できる。しかしながら、AE センサ等の市販のセンサは高価であるため、埋め込んで使用することは経済的に容易とはいえない。本研究では、安価な埋設型 piezo センサを試作し、その実用性を市販センサと比較検討した。

2. 実験概要

2.1 センサ概要

埋込み型 piezo センサとして、圧電素子の厚さを変えた 3 種類の素子 (z0.5 素子, z1.5 素子, z2.5 素子) をポリマーセメント系材料に配置することで作製した。使用した圧電素子の厚さ、圧電素子の共振周波数を表 1 に示す。また、埋設型センサの構造を図 1 に示す。

表 1 作製に用いた圧電素子

センサ名	z0.5	z1.5	z2.5
圧電素子の厚さ	0.5mm	1.5mm	2.5mm
共振周波数	3.9MHz	1.3MHz	780kHz

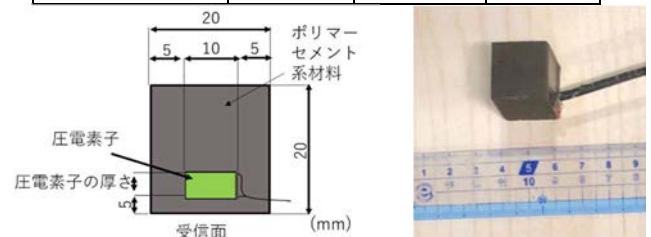


図 1 作製したセンサの構造

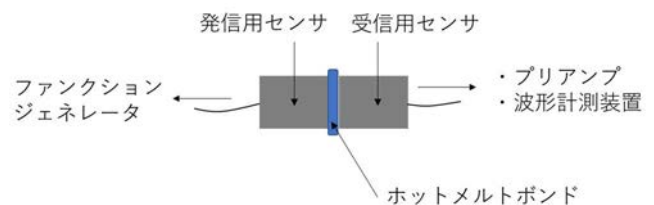


図 2 センサの感度評価実験

2.2 センサの性能評価実験

センサの性能評価として以下 2 種類の実験を行い、市販の AE センサ (富士セラミックス社製) と本研究で作製した埋設型 piezo センサの性能を比較した。

1) センサの感度評価実験

図 2 に示すように発信用センサと受信用センサを直接接着することで弾性波の計測を行った。発信用センサとしては広帯域型の AE センサ (1045S) を用い、受信用センサとしては 50 kHz 共振型の AE センサ (AE503SU2) と本研究で作製したセンサ (z0.5 センサ, z1.5 センサ, z2.5 センサ) を用いて実験を行い、両者を比較した。このとき、サンプリングレートは 1 MHz、プレトリガーは 512、記録長 2048 サンプルとした。発信は周波数 20 kHz~4 MHz の sin 波 (1 波長) を振幅 10V で出力した。

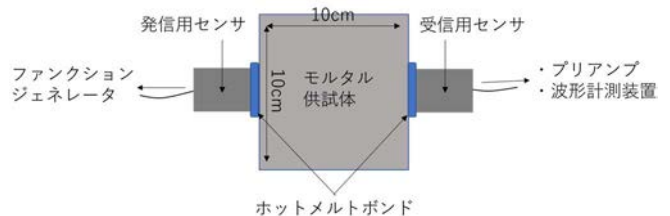


図 3 モルタル供試体を用いた弾性波測定実験

2) モルタル供試体を用いた弾性波測定実験

図 3 に示すように立方体のモルタル供試体 (10 cm × 10 cm × 10 cm) を用いて弾性波の透過測定を行った。発信用、受信用ともに 1) と同様の 50 kHz 共振型の AE センサを用い、さらに受信用には本研究で作製した z2.5 センサも加えた。計測条件は、1) の実験と同様とし、発信は周波数 20 kHz~200 kHz の sin 波 (1 波長) を振幅 10V で出力した。

3. 実験結果および考察

3.1 作製したセンサの感度

2.1 の実験結果を図 4 および図 5 に示す。図からセンサの感度に関して以下のことが確認された。ここで、本研究では周波数ごとの受信波の振幅の大きさを感度として以下に示す。

- ・ AE センサ（共振周波数 50 kHz）に比べ、作製したセンサの感度は概ね 1/10 程度である。
- ・ 埋設型ピエゾセンサは広い周波数帯域で感度を持つが、特に z1.5 と z2.5 で 50 kHz～150 kHz 周辺の感度が最も高い。
- ・ 数 10 kHz～数 100 kHz 帯では当然、圧電素子の厚さが大きいセンサほど（素子の共振周波数が低いほど）高感度となる。

作製したセンサの感度が低くなったのは、共振周波数が高い圧電素子を用いたこと、ポリマーセメント系材料によって共振が押さえこまれたことが原因だと考えられる。

3.2 弾性波の初動部検出による伝播速度

モルタル供試体を用いた実験で得られた波形について、沢田らの研究¹⁾において提案されている、AIC（赤池情報量基準）を用いた AE 波初動部自動読み取り法を用いて弾性波の伝播時間を得た。

図 6 に示すように、作製したセンサで得た伝播時間のほうが数 μ 秒程度遅くなっている。これは、作製したセンサの受信面のポリマーセメント系材料のかぶり（5 mm）による波の遅れが挙げられる。また、低感度帯（20 kHz 付近、200 kHz）では初動部検出のばらつきが大きかったため、明瞭な初動が得られず、その結果伝播時間の差が大きくなったことも考えられる。

4. 結論

- 1) 本研究で作製した埋設型ピエゾセンサは市販の AE センサと比べ、広い周波数帯域で感度を有し、本実験条件では 50 kHz～150 kHz の感度が最も高いことが確認された。また、当然に使用する圧電素子の厚さ（共振周波数）がセンサ感度に大きな影響を及ぼすことも確認された。
- 2) 弾性波の伝播時間の測定では、本研究で作製したセンサで数 μ 秒程度の遅れが見られた。これはポ

リマーセメント系材料のかぶりによる遅れが主因と考えられた。

今後、センサ感度の向上を目指すとともに、コンクリート埋め込み時に弾性波の初動部検出に使用可能であることを検討する予定である。

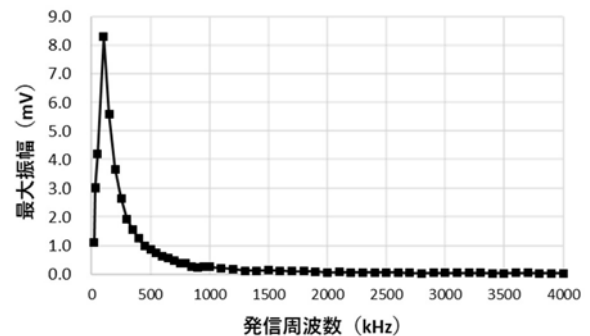


図 4 共振周波数 50kHz の AE センサの感度分布

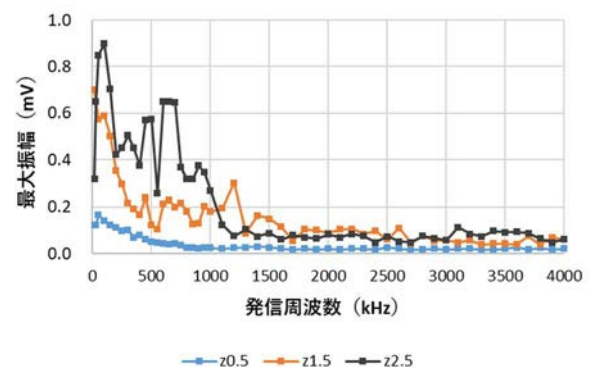


図 5 本研究で作製したセンサの感度分布

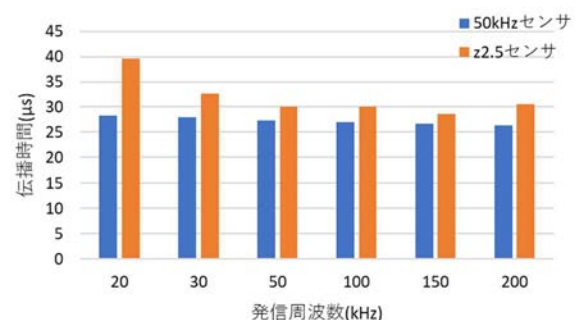


図 6 弾性波の伝播時間

参考文献

- 1) 沢田陽佑, 大野健太郎, 下藺晋一郎, 大津政康: AE-SiGMA 解析における AE 波初動部自動読み取り法の提案, コンクリート工学年次論文集, Vol.31, No.1, pp.2101-2106, 2009