

強力空中超音波励起による弾性表面波を利用した非接触火害診断

Non-contact Fire Damage Diagnosis using Surface Acoustic Waves generated by High-Intensity Aerial Ultrasonic Waves

○佐久間渉¹, 齊藤卓哉², 大隅歩³, 伊藤洋一³*Wataru Sakuma¹, Takuya Saito², Ayumu Osumi³, Youichi Ito³

Abstract: We have developed a noncontact method of fire damage diagnosis of concrete using high-intensity aerial ultrasonic waves method and optical equipment.

In this report, we attempt to measure a change of the propagation speeds of surface acoustic wave on the surface of mortar to diagnosis a fire damage of mortar.

1. はじめに

強力空中超音波と光学機器を用いたコンクリートの非接触火害診断法^[14]の実用化を目指している。本手法は、火災時の高温に曝されたコンクリートの弾性率変化を、音響振動特性の変化として捉え、火害を診断する方法である。

先行研究においては、提案手法によってモルタルの弾性表面波の伝搬速度の火害による変化を、観測できている。しかし、火災現場では均一に加熱されるとは限らず、火害の程度が対象面の各位置で変化することは十分考えられる。

そこで、本報告では同一試料内で火害の程度が異なる領域がある試料に対して、提案手法を実施したので報告する。

2. 計測原理

Fig 1 に、原理図を示す。コンクリートは、570°C以上の高温下ではその材質と構造に起因して弾性率と密度が低下する^[5]。この時の弾性率の変化の割合は、密度に比べて非常に大きい。従って、次式で表される弾性表面波の速度は、火害によって大きく低下する。

$$C_R = \frac{0.87 + 1.12\nu}{1 + \nu} \sqrt{\frac{E}{\rho} \cdot \frac{1}{2(1 + \nu)}} \quad (1)$$

ただし、 C_R ：表面波伝搬速度、 ν ：ポアソン比、 E ：ヤング率、 ρ ：密度である^[6]。以上より、対象表面の音速分布から火害分布を推定できる。

3. 実験方法

Fig.2 に、計測原理に基づいた実験装置の概略を示す。装置は、強力空中超音波を放射できる音源と振動を計測するレーザドップラ振動計(LDV)、およびその他の周辺機器で構成されている。音源は超音波振動子(駆動周波数：40 kHz) 335 個を半径 150 mm の半球ドームに沿

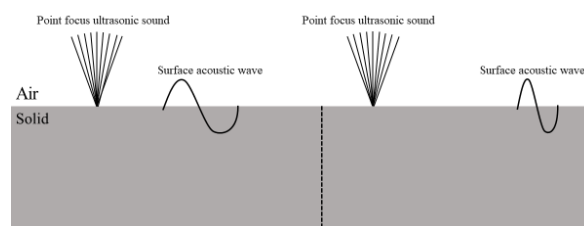


Fig 1 Measurement principle

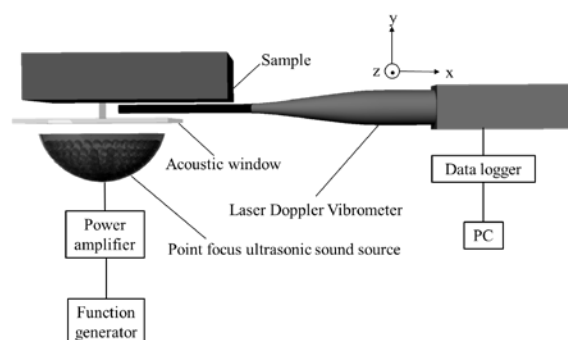


Fig. 2 Schematic view of experiment system

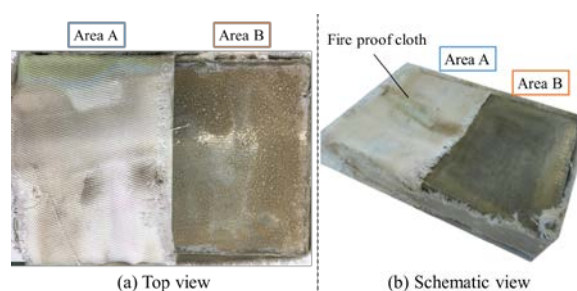


Fig 3 Sample schematic view with fire proof cloth

って配置した構造になっている。この音源は集束点において、供給電力 10 W で約 5800 Pa の極めて強力な音波の発生させることができるため、その非線形性により基本周波数(駆動周波数)に加えて整数次の高調波音波が発生する。本実験では強力音波の照射により励振されたモルタル表面の弾性表面波を、LDV で非接触計測する。なお、LDV は 3 軸の精密ステージにより正確

に移動できるようにしてあり、振動の位相情報を同時に取得する。計測のタイミングは、移動を完了した後1秒間待機し、その直後の振動子印加電圧信号の立ち上がりトリガーとして、計測点の振動情報を取得する。さらに、バンドパスフィルタ(カットオフ周波数：中心周波数±1kHz)により基本周波数、及び各高調波成分を抽出し、各周波数成分の瞬時振動速度分布よりイメージングを行う。

Fig.3 に実験試料の外観を示す。試料は寸法 220×150×50 mm のモルタルである。試料は同一試料内で火害の程度を変化させるため、Fig 3 のように Area A のみを耐火布で覆い、炉内温度 850 °C の電気炉を用いて 10 分間加熱して作成した。Fig 4 に加熱後の試料外観を示す。実験は、試料表面の各エリア a-f (70 mm×30 mm) に対して 2mm 間隔で計測を行った。なお、実験条件は音源の印加電圧：24 V、入力サイクル数：10 サイクルとし、計測時間：1 ms、サンプリング周波数：1 MHz で行った。

4. 実験結果

Fig.5 に示すのは、ある時刻における計測領域の表面波伝搬(第二次高調波：80 kHz)の様子である。結果は、計測時間内における振動速度の最大値で規格化して示してある。

結果を比較すると、火害を受けた試料の弾性表面波の振幅ピークの間隔が、火害を受けていない部分に比べ、明らかに短くなっており、伝搬速度が減少していることが確認できる。そこで、伝搬速度を算出するために Fig.5 の破線(y=15 mm)の振動速度分布を抽出した。結果を Fig 6 に示す。更に、図より弾性表面波のピーク間を波長として、伝搬速度を算出した。算出した結果を Table.1 に示す。

結果より、伝搬速度は Area A に対し Area B において、約 300~500m/s 程度減少しており、同一試料内での火害分布を検出出来ているのがわかる。

5. まとめ

強力空中超音波励起による、弾性表面波を利用した同一試料内での火害分布の検出の実験的な検討を行った。その結果、同一試料内で、火害の程度が異なる領域の火害分布を診断できることが分かった。

6. 参考文献

[1] 齊藤, 他, コンクリート構造物の非破壊検査シンポジウム論文集(6), pp349-354, 2018.
 [2] 大隅, 他, 日本火災学会論文集 63(3), pp.57-65, 2013.
 [3] 興津, 他, 音講論(春), pp1159-1160, 2016.

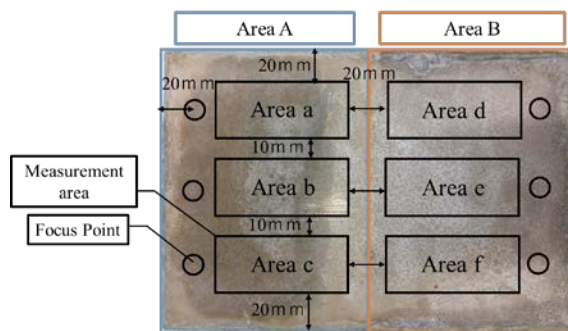


Fig.4 Schematic view of sample after burning

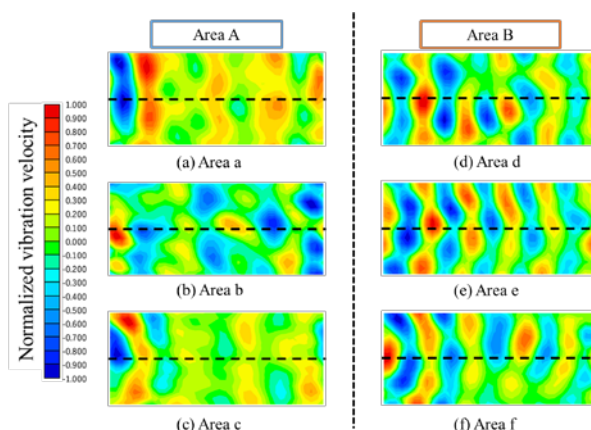


Fig.5 Distribution of vibration velocity

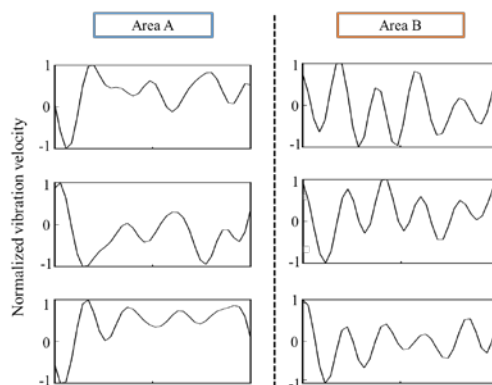


Fig.6 Distribution vibration velocity along black dot line (in Fig 5)

Table.1 Velocity of surface acoustic wave

Area A		Area B	
Area a	1440[m/s]	Area d	1120[m/s]
Area b	1547[m/s]	Area e	1067[m/s]
Area c	1520[m/s]	Area f	1173[m/s]

[4] 興津, 他, 音講論(春), pp1049-1050, 2017.
 [5] 原田, 日本建築学会論文集(47), pp11-18, 1953.
 [6] 長, 他, 新コンクリートの非破壊試験, pp67, 2010.