

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 19 日現在

機関番号：32665

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2014

課題番号：25870784

研究課題名(和文) 強力空中超音波を利用したコンクリート浅層剥離の非接触非破壊検査技術への挑戦

研究課題名(英文) Study of the non-contact and non-destructive inspection for measuring peeling in shallow layer of concrete using high-intensity aerial ultrasonic wave

研究代表者

大隅 歩 (OSUMI, Ayumu)

日本大学・理工学部・助手

研究者番号：40579413

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、強力空中超音波と光学測定機器を用いて完全非接触かつ非破壊でコンクリート浅層剥離を検出することと、それを実用できる計測システムの構築である。本手法は、強力空中超音波でコンクリートを強制励振させた対象表面の振動を光学機器(レーザドップラ振動計)で非接触検出し、浅層の剥離を検出する。本研究では、以下の検討を行った。主に(1)実験装置の開発(2)実験試料の作成(3)構築したシステムによる実証試験の3項目を実施した。その結果、提案手法より開発したシステムを用いて深さ8mmまでの剥離を検出することができた。

研究成果の概要(英文)：The objective of this study is to develop a non-contact and non-destructive method for detecting defect in shallow layer in concrete by high-intensity aerial ultrasonic waves and optical equipment and a real time measuring system. A propose method detected defects at shallow layer in concrete to measure vibration on the surface of the object which is excited using high-intensity aerial ultrasonic waves. In this study, we performed (1) development of experimental device (2) formation of experimental specimen (3) experiment of detecting defect by development system. As a result, it is possible to underestimate the peering depth 8 mm by development system of proposed method.

研究分野：超音波工学

キーワード：強力超音波 空中超音波 非破壊検査 非接触検査

1. 研究開始当初の背景

近年、高度経済成長期に建設されたコンクリート構造物の劣化が懸念されており、そのための有効な非破壊診断技術の開発が急務となっている。広く用いられている打音検査は、検査対象がトンネルや橋梁の場合には、検査範囲はかなり広くなり、しかも高所作業も発生するため、時間および労力ともに極めて莫大なものとなる。これを解決する方法として、非接触による非破壊検査法が開発されてきた。これまで、コンクリート浅層の非接触非破壊診断として、赤外線法や電磁波法が開発利用されているが、最近、音波を利用した非接触音響探査法が研究開発されている。

研究代表者が提案する手法は、極めて強力な空中超音波を対象表面に局所的に照射して強制励振させ、その振動速度特性の計測によって欠陥を検出する手法である。この方法は、非常に単純な原理で計測するため、高速で行えることも期待される。また、超音波領域の音波を使用するため、計測をほぼ無騒音で実施できる。さらに、強力空中超音波では強い非線形性に伴う高調波音波の発生があり、同時に複数の周波数の音波を照射できるのも大きな特徴である。

本研究では、計測対象をコンクリート浅層剥離として提案手法による完全非接触での検出の実現と実用システムの開発を目指している。

2. 研究の目的

提案手法は、強力空中超音波と光学測定機器を組み合わせた非接触非破壊検査法である。具体的には、照射強度 5000Pa 以上の強力空中超音波を対象に照射して強制的に対象を非接触励振させる。その発生した振動をレーザドップラ振動計で非接触計測することで完全非接触での非破壊検査を実現する。一般的に剥離部分は、健全部分とは異なる振動が発生するため対象領域全面を計測し、その振動分布から剥離部分を判定、映像化する。また、最終的な目標は実現場でも対応できるリアルタイム計測システムの開発とした。

3. 研究の方法

本研究では、以下の方法で研究を実施した。

(1)従来不可能であった非接触での超音波探傷を実現するために強力な空中超音波を照射する音源が必要である。そのために、音源は音波を一点に集束させ非常に強い音波を照射できる点集束型音源を採用する。まず、この点集束型音源を設計し、開発する。

(2)開発した音源と非接触で振動を計測するレーザドップラ振動計と組み合わせた実験装置を開発する。

(3)浅層剥離を模擬した実験試料を作成する。本研究では、コンクリートに粗骨材を混ぜる前のモルタルを実験試料とした。試料には、人工的な剥離としてポリスチレンシートを挿入して再現した。また、作成した試料をモ

デルとし有限要素法で音響 - 振動シミュレーションを行い、提案手法で剥離が検出できるかの確認を行う。解析後、開発した装置で検出実証試験を行う。

(4)以上の結果を基に、計測をリアルタイムで行うシステムの開発を行い、実証試験を行う。

4. 研究成果

本研究では、(1)実験装置の開発(2)浅層剥離試料の作成と提案手法の解析(3)開発したリアルタイム計測システムの開発および実証試験を遂行した。

(1)本研究では、従来不可能とされたことを実現するため、それを実現する強力空中超音波音源を設計作成した。設計通り、音波は集束点に集束し、図 1 に示すように集束点において最大 5000Pa 以上の音波強度となることが確認できた。また、非線形現象により高調波も発生している。これらの音源を用いてレーザドップラ振動計と組み合わせた実験装置を開発した。図 2 に実験装置と開発した計測システムの概要図を示す。装置は音波集束点と計測用レーザが一致するようになっており、対象の強制励振振点の振動が計測できる構造になっている。また、計測した振動速度データを、データロガーを通じて PC が自動的に取得し、リアルタイムで映像化するシステムも開発した。

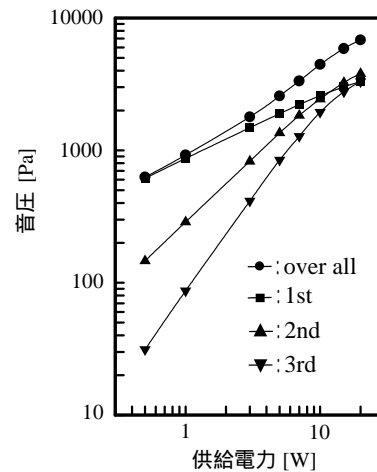


図 1 音波集束点の照射強度特性

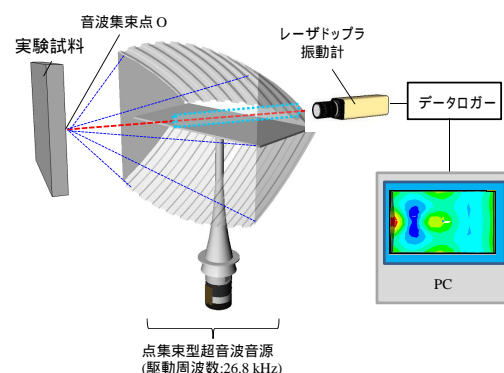


図 2 実験装置と計測システムの概要図

(2)図3に示すのが作成した試料の寸法と外観である。厚みは50mmである。この試料をモデルとし提案手法の解析を行った結果、剥離の検出が確認できた。

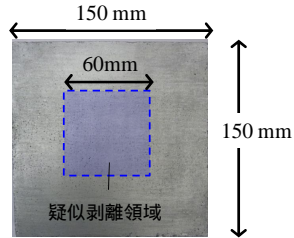


図3 模擬剥離試料の概観

(3)開発したリアルタイム計測システムで模擬剥離試料の計測を行い、図4に示すように剥離の検出に成功した。また、図5,6に示すように高次の周波数であるほど分解能が高く剥離の形状を明確に映像化できている。なお、本手法では図7に示すように8mmの深さの剥離まで検出に成功した。

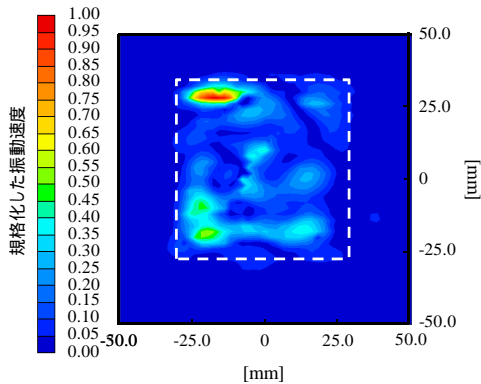


図4 深さ2mmの剥離検出(基本周波数)

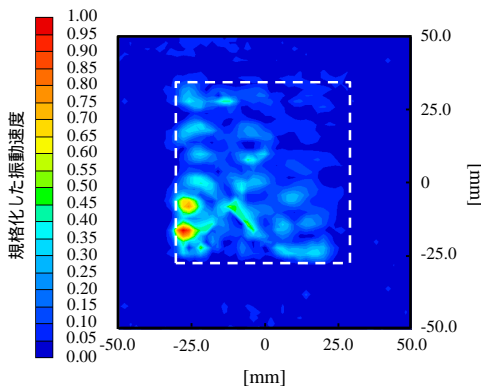


図5 深さ2mmの剥離検出(二次高調波)

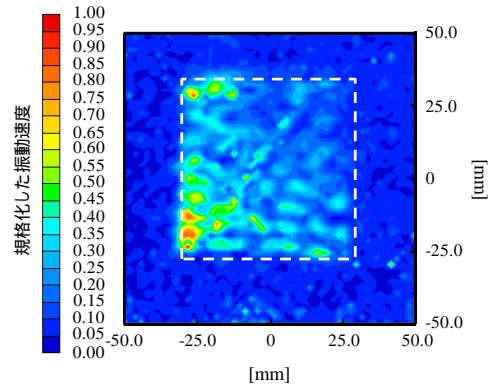


図6 深さ2mmの剥離検出(三次高調波)

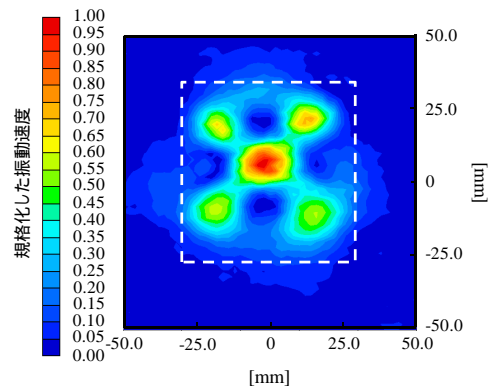


図7 深さ8mmの欠陥検出(基本周波数)

今後、より深い位置の剥離の検出および計測の高速化を目指す。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計2件)

A. Osumi, T. Saito, and Y. Ito, An improved method of imaging the defect in noncontact and nondestructive technique by high-intensity aerial burst ultrasonic wave and optical equipment, Japanese Journal of Applied Physics, 査読有, 54, 2015, 掲載確定

Y. Ito, Y. Kitamura, and A. Osumi, New technique for linearly converging ultrasonic waves radiated by a stripe-mode vibrating plate, Japanese Journal of Applied Physics, 査読有, 53, 2014, 07KE16.

DOI:10.7567/JJAP.53.07KE16

〔学会発表〕(計11件)

大隅歩、斎藤辰徳、伊藤洋一、強力空中超音波を用いた非接触非破壊検査法の基礎検討-バースト波を用いた検討(2)-、日本音響学会 2015 年春季研究発表会、

2015年3月16日、東京都、中央大学。
A.Osumi, T. Saito and Y. Ito, A Basic Study of Non-contact and Non-destructive Method by High-intensity Aerial Ultrasonic Wave – Comparing with Continuous Wave and Burst Wave -, The 35th Symposium on Ultrasonic electronics, Dec 3-5, 2014, Chiyoda, Tokyo, Japan.
大隅歩、伊藤洋一、強力空中バースト超音波による非接触非破壊検査の基礎検討、電子情報通信学会超音波研究会、2014年11月13日、石川県、金沢工業大学。
大隅歩、伊藤洋一、強力空中超音波を用いた非接触非破壊検査法の基礎検討-バースト波を用いた検討-、日本音響学会2014年秋季研究発表会、2014年9月5日、北海道、北海学園大学。
齋藤辰徳、大隅歩、伊藤洋一、空中超音波ビームを用いた固体材料の内部欠陥検出、日本音響学会2014年秋季研究発表会、2014年9月4日、北海道、北海学園大学。
大隅歩、大塚崇人、伊藤洋一、強力空中超音波と光学機器を利用した非接触非破壊検査の基礎検討-位相差分布による計測-、日本音響学会2014年春季研究発表会、2014年3月10日、東京都、日本大学。
大隅歩、大塚崇人、伊藤洋一、強力空中超音波と光学機器を利用した非接触非破壊検査の基礎検討-位相分布を利用した検討-、電子情報通信学会超音波研究会、2013年12月18日、東京都、日本大学。
大塚崇人、大隅歩、伊藤洋一、強力空中超音波を用いた固体材料の内部欠陥検出()、日本音響学会2013年春季研究発表会、2013年9月27日、愛知県、豊橋先端技術大学。
大隅歩、大塚崇人、伊藤洋一、光学振動計測が強力空中超音波音場から受ける影響の実験的考察、日本音響学会2013年春季研究発表会、2013年9月26日、愛知県、豊橋先端技術大学。
A.Osumi, Y. Ito, Basic examination of noncontact inspection in solid materials by using high-intensity aerial ultrasonic waves and optical equipment, 21th International Congress on Acoustics, Jun 1-8, 2013, Montreal, Canada.
A. Osumi, Y. Ito, Basic examination of noncontact and nondestructive inspection in solid material by using high-intensity aerial ultrasonic wave, 6th International Congress on Ultrasonic, May 3-6, 2013, Singapore.

(1)研究代表者
大隅 歩 (OSUMI, Ayumu)
日本大学・理工学部・助手
研究者番号：40579413

〔その他〕

<http://www.ele.cst.nihon-u.ac.jp>