

令和元年5月8日現在

機関番号：56203

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2018

課題番号：17K12993

研究課題名（和文）利便性と客観性の両方に優れた打音検査用ハンマーの開発と効果の検証

研究課題名（英文）Development of a hammering test method superior in both convenience and objectivity

研究代表者

岩本 直也（Iwamoto, Naoya）

香川高等専門学校・電子システム工学科・講師

研究者番号：10631046

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 1,900,000円

研究成果の概要（和文）：打音検査について、その利便性を保ちつつ、客観性と正確性を高めるための研究を行った。ハンマーを常に一定の速度で打ち付けるために、モーターなどの電動機構に頼るのではなく人間の学習能力を利用する方法を考案し、その効果を検証した。また、ハンマーを打ち付けた際に発生する波形データを詳細に分析することで、検査対象物を見分けられる可能性を見出した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

道路や橋梁など社会インフラの老朽化が進む我が国において、これらの点検需要は今後さらに増加するものと予想される。このような状況において、より正確で効率の良い点検手法が求められている。本研究成果は、インフラの一次点検手法として用いられる打音検査について、その利便性を保ちつつ、客観性と正確性をより高めることにつながるものである。

研究成果の概要（英文）：A study for improving objectivity and accuracy of the hammering sound inspection was carried out. In order to strike a hammer at a constant speed, we developed a method of using human learning abilities and its capability was examined. In addition, a possibility of identifying inspection objects by analyzing the vibration data in detail was indicated.

研究分野：計測工学

キーワード：打音検査

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

(1) 高度経済成長期に集中的に建設された道路や建物、橋梁などの建造物の多くは、老朽化が進んでおり、突然の崩壊・崩落といった重大事故のリスクを抱えている。このような事故を未然に防ぐためには、定期的な点検により異常箇所を早期に発見し、対処する必要がある。建造物の点検において、現在でも最も多く使用されている手法のひとつに「打音検査」がある。打音検査は、検査対象物をハンマーで叩き、発生する音を検査員が耳で聞くことで、内部に存在する空隙など、目視では観察できない異常を検出する方法である。ハンマー1本と検査員1名で実施できる極めて利便性の高い検査手法である反面、異常音の判断は、検査員の経験や能力、周囲の騒音等、多くの不確定要素に依存し、客観的な検査結果を得ることが難しい（図1）。また、打音検査を行うためには、検査対象物に対して、一定の速度でハンマーを打ち付けることが前提条件となるが、検査員の個人差や疲労度に依存するという問題も存在する。

(2) これらの問題を解決するために、ソレノイドやモーターなどの電動打撃機構を用いて一定速度でハンマーを打ち付け、発生する音を大型のマイクロフォンを用いて収録し、さらにコンピュータを用いて解析することによって異常を検出する「打音検査装置」がすでに開発されている[1, 2]。このシステムによって、客観性に欠けるという問題は解決されたが、その反面、装置が複雑化・大型化し、運用に複数の作業員が必要となるなど、打音検査の最大の利点であった利便性が損なわれた（図1）。したがって、実用化の観点からは、このような装置を用いて、老朽化が進む膨大な量の建造物を迅速に点検することは難しいと考えられる。

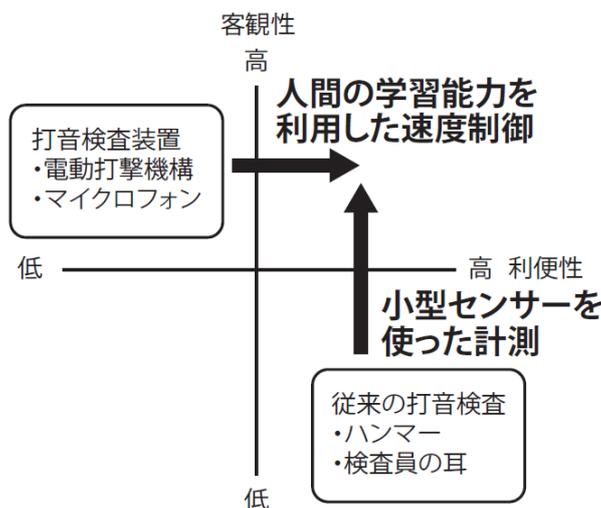


図1 客観性に欠ける従来の打音検査と利便性に欠ける打音検査装置の関係性。本研究における問題可決のアプローチ方法

2. 研究の目的

(1) 上記の問題点に対して、本研究では、従来の打音検査の利便性を維持しながら、客観的に異常検出を行うことを目指し、ハンマーの速度を一定に保つ手法を開発すること、振動データから検査対象物を客観的に評価する手法を開発することの2点に重点を置き研究を行った。

3. 研究の方法

(1) ハンマーの速度を一定に保つための方法として、電動打撃機構に頼るのではなく、人間が持つ学習能力を利用することを試みた。具体的には、ハンマーの速度を小型のセンサーで計測する技術を開発し、被験者がハンマーを叩く度に、計測した速度を提示した。これにより、被験者は、直前に叩いたときの速度が目標の速度と比べてどの程度異なるのかという情報を得ることができ、次にハンマーを叩くときの速度補正に役立つと考えられる。

(2) 検査対象物を叩いた際に発生する振動状態を計測し、詳細に分析することで検査対象物を見分けるシステムを開発した。検査対象物のサンプルとして、一般的な空洞付きコンクリートブロックを使用し、下部に空洞のある領域とない領域に対して、開発したシステムを用いて判別可能か検証を行った。

4. 研究成果

(1) ハンマーの速度を提示することで、人間の学習能力を活用して速度補正が可能であることを検証するために行った実験結果を図2に示す。被験者100名に50回連続でハンマーを叩いてもらい、速度を提示した場合としない場合の速度を測定した。図2は目的の速度に対する誤差を示したものである。同図から、速度の提示を行った方が、誤差が小さくなることから、速度を一定に保つために効果があることが明らかになった。

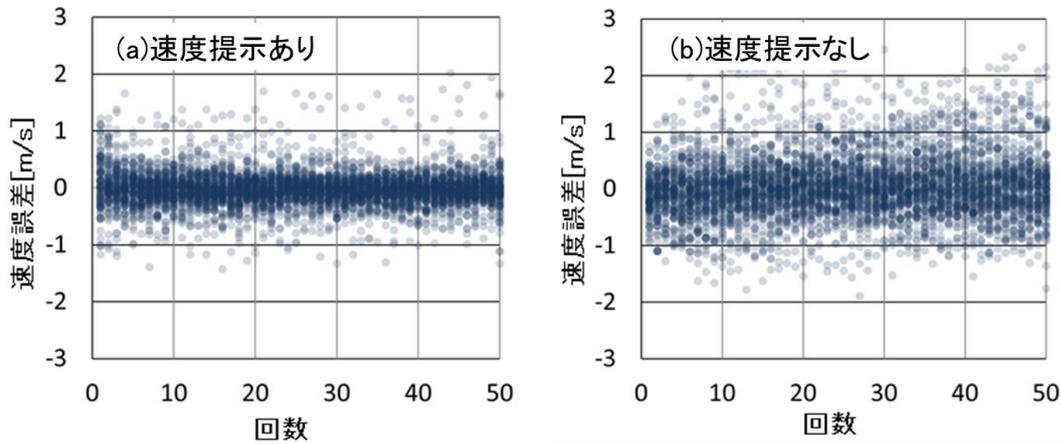


図2 速度提示の有無によるハンマーの速度の測定結果

(2) 一般的な空洞付きコンクリートブロックを検査対象物とし、ハンマーで叩いた際に発生する振動の測定結果を図3に示す。ブロックの一方の面内において、下部に空洞がある「領域①」と空洞がない「領域②」に分け、それぞれの領域を叩いた際にハンマーに生じる振動を圧電素子（振動センサ）を用いて測定した。それぞれの領域を叩いたときの振動波形（生データ）100回分を図3(b)に示す。また、それらの高速フーリエ変換（FFT）スペクトルを図3(c)に示す。二つの領域の振動波形は非常によく似ており、その違いは明らかではない。一方、FFT スペクトルも非常によく似ているが、注意深く観察すれば、わずかに違いがあることが分かる。例えば、領域②のFFT スペクトルには、5.5 kHz 付近に小さなピークが存在するのに対し、領域①では同じ周波数領域に明確なピークは確認できない。したがって、このようなピークの有無を特徴量として領域①・②を見分け、内部の空洞を検出することが可能であることが明らかになった。

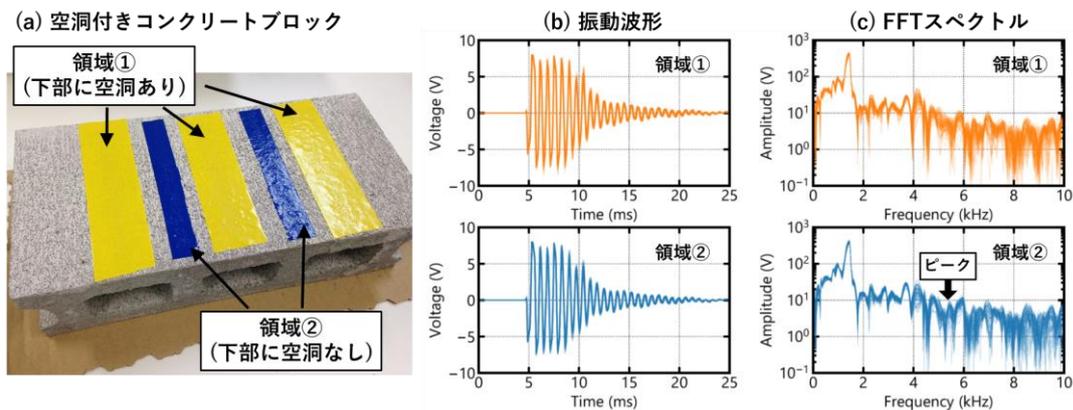


図3 空洞付きコンクリートブロックの異なる領域における振動分析結果

[1] 石原朋和ほか, 応用地質, 第55巻, 第1号, pp. 2-16, 2014.

[2] 鎌田敏郎ほか, 土木学会論文集, No. 704, pp. 65-79, 2002.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕（計0件）

〔学会発表〕（計0件）

〔図書〕（計0件）

〔産業財産権〕

○出願状況（計0件）

○取得状況（計0件）

6. 研究組織

(1) 研究分担者

(2) 研究協力者

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。