

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 25 日現在

機関番号：24402

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K05869

研究課題名(和文) マイクロフォンアレイを用いたコンクリート構造物に発生する損傷の検知

研究課題名(英文) Study on Inspection of Void in Concrete by Impact Test

研究代表者

川合 忠雄 (Kawai, Tadao)

大阪市立大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号：20177637

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：コンクリート構造物を打撃した時に生じる衝撃波を複数箇所測定し、独立成分分析によって信号処理を行うことにより、コンクリート構造物内に存在する浮きを検出する手法を検討した。研究では、シミュレーションによって手法の有効性を確認した後に検査装置を製作し実験によって検証を行った。コンクリート表面を打撃すると表面を伝わる表面波と内部を伝わるP波とS波が生じる。P波とS波は内部に存在する浮きで反射してセンサーに伝わる。本研究ではセンサーで計測した合成波から表面波とP波、S波を分離することにより内部に存在する浮きを検出できることを確認した。

研究成果の概要(英文)：We investigated the method of detecting a void in the concrete structure by the impact test. The shock waves generated by hitting the concrete propagates along a surface and through the inside of a concrete. Sensors placed on several locations apart from the impact point measure both a surface wave and a wave passing through internal concrete. We separated a internal wave from a surface wave by the method of the independent component analysis to detect a void. At first, we checked the effectiveness of the method by simulation. Then we made a test system. Our system was composed of a impact part and sensor parts. At a impact part, a steel ball was shot by a spring to a concrete surface. At sensor parts, a small block attached an acceleration sensor was pressed to a concrete surface by a heavy mass. By this way, high frequency components of a shock wave were measured. At last, our test equipment showed a good performance to detect a void in a concrete structure.

研究分野：診断工学

キーワード：打撃試験 コンクリート構造物 浮き 独立成分分析

1. 研究開始当初の背景

日本国内の道路橋やトンネルは平成 34 年度にはそれらの約 40%、31%が設置後 50 年を超えるなど、インフラの老朽化が非常に深刻な問題となっている。これらの維持管理のためには巨額の経費が必要となる(橋梁だけでも年間 3 兆円近い維持管理費が継続的に必要)。一方で、現在の経済・政治状況からは十分な費用を確保することが難しく、このままの状況が続くと、数年先には管理できないインフラが増大して、交通網の確保が難しくなる。特に、都道府県および市町村では国以上に予算が厳しく、管理できる人材も非常に不足している。

以上のような状況で、インフラ構造物を適切に管理し、交通の安全を確保するためには、橋梁などのインフラ構造物の計測、診断、マネジメント技術を早急に開発する必要がある。

現時点でインフラ構造物の診断における課題としては以下の項目があげられる。

- (1)対象物(インフラ)が大きく、長大であること。
- (2)構造が複雑であること。
- (3)損傷箇所が多岐にわたること。
- (4)検査箇所へのアクセスが困難であること。
- (5)対象となるインフラの数が膨大であること。
- (6)検査、評価のための検査要員が非常に少ないこと。
- (7)予算が少ないこと。
- (8)短時間の交通遮断(可能であれば供用中)で検査可能であること。

国においても 2014 年度に(特にロボットを用いた点検に重点を置いた)プロジェクトを公募し、積極的な取組みを始めている。しかし、採択されたプロジェクト(特に採択件数)は、管理すべきインフラ構造物の種類や損傷の形態に対して十分とは言えず、現状ではインフラ構造物用の検査技術が十分に開発されるとは言いがたい。

2. 研究の目的

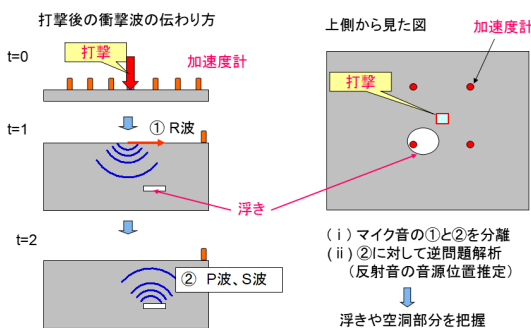


図 1 手法の概要

申請の研究では、インフラ構造物の中でも外部からの点検が難しく、またコンクリートの剥落等の重大事故につながる危険性の高

い、「コンクリート構造物内部に生じる剥離や浮き」を検出する手法を開発することを目的とした。

3. 研究の方法

浮きの検出手法の概要は以下の通りである。

- (1)コンクリート表面に鋼球を打ち当ててコンクリート構造物を打撃する。
- (2)打撃点を中心とした 4 箇所(500mm の頂点位置)に取付けた加速度計で表面の振動を測定する。
- (3)4 つの測定信号に対して独立成分分析を適用して、表面波を取り除き、コンクリート内部で反射した波を測定する。
- (4)コンクリート構造物の全面について(1)から(3)を実施した結果から、上記(3)で得られる信号の中で強度の大きな箇所を求め、コンクリート内部に生じている浮きの位置を推定する。

4. 研究成果

研究では、まず手法の有効性を検証するためにシミュレーションを行った。

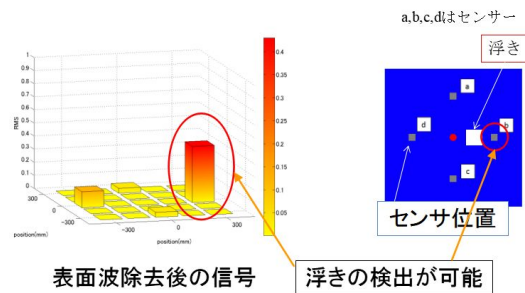


図 2 シミュレーション結果

図 2 に示すようにシミュレーションでは 4 つのセンサー情報に独立成分分析を適用することにより、浮きによって反射波の大きさが大きくなる箇所を判別することが出来、浮きの検出が可能であることが分かった。

次に、測定に用いるセンサーを選定した。当初の予定では非接触での測定が可能マイクロフォンを用いる予定であったが、打撃によって空中を伝搬する音の大きさが大きく、コンクリート内部を伝ってくる弾性波を計測することが出来なかった。そこで計測には加速度センサーを用いることにした。一般に、加速度を計測する際にはセンサーを対象物に固定して測定を行う必要があるが、今回の研究の目的(コンクリート構造物の全面を移動しながら計測する)からセンサーを対象面に固定することは出来ない。このため、図 3 に示すようにセンサーを取付けたブロックの測定面の反対側におもりを取付けおもりの慣性力を利用してセンサーブロックを測定面に押しつけた。これによって測定面にセンサーを固定したときとほぼ同等の測定結果が得られた。

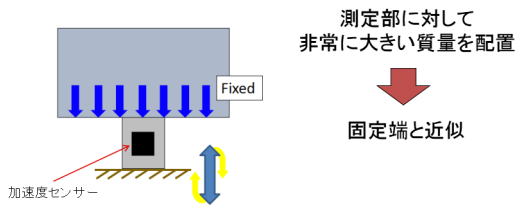


図3 センサーの取付け方法

次に、打撃部と計測部を持った検査装置を作成し、名古屋大学の研修施設で実験を行った。図4には作成した検査装置の外観を図5には打撃部および計測部を示す。



図4 検査装置



図5 打撃部(左) 計測部(右)

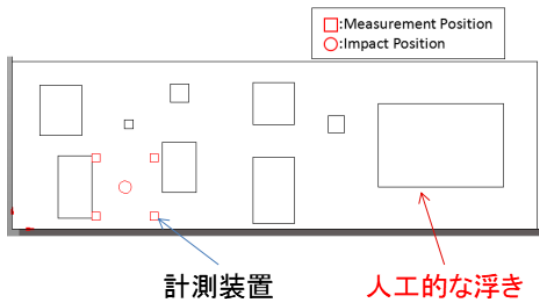


図6 検査対象面のレイアウト

研修施設の壁面には複数箇所に浮きが仕込まれている(図6に浮きの箇所を で示した)。この壁面を図4の検査装置で全面にわたって検査した。検査結果は次のようになっ

た。

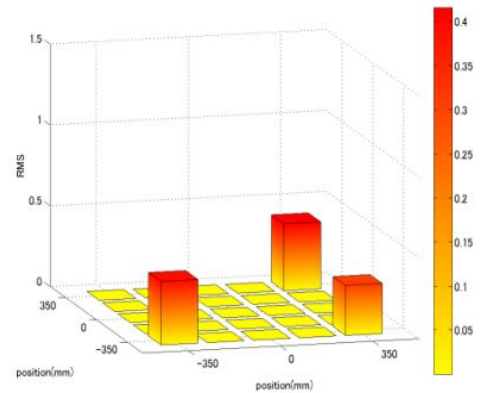


図7 図6の位置での計測結果

図7の場合には、左上のセンサーを押し当てた面の凹凸が激しく、センサーをきちんと対象面に押し当てることが出来なかったためにこの箇所のデータを測定できなかった。それ以外の3箇所についてはほぼ同じ計測結果(信号の強さ)であった。

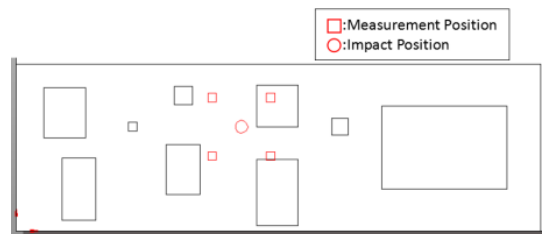


図8 浮きのある箇所(右上)での計測

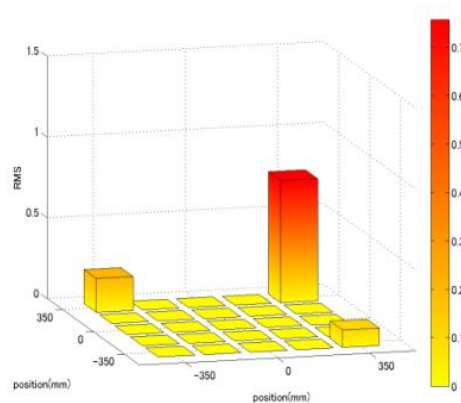


図9 図8の場合の計測結果

図8および図9には浮きがある箇所で行った計測結果を示す。図8に示すように右上のセンサー直下に浮きが存在する。図9より該当箇所のセンサーでの値が大きくなっており、浮きのあることが分かる。

以上の結果より、本研究で開発した装置を用いることによりコンクリート内部に存在する浮きを検出可能であることが分かった。なお、センサーを押し当てる面に激しい凹凸

がある場合にはセンサーを正しく押し当てることが出来ず、浮きを検査することが出来なかった。今後の課題である。

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 0 件)

〔学会発表〕(計 1 件)

2018年8月末に発表予定
川合、廣藤、"打撃試験によるコンクリートの浮き検査", D&D2018

〔図書〕(計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等 なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

川合 忠雄 (KAWAI, Tadao)
大阪市立大学・大学院工学研究科
・教授
研究者番号: 20177637

(2) 研究分担者

なし