

機関番号：55201

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2009 ～ 2010

課題番号：21860085

研究課題名（和文）SIBIE 法を用いたコンクリート構造物の非破壊検査方法の開発

研究課題名（英文）Development of Non-Destructive Testing for Concrete by SIBIE

研究代表者

渡海 雅信 (TOKAI MASANOBU)

松江工業高等専門学校・環境・建設工学科・講師

研究者番号：60512259

研究成果の概要（和文）：インパクトエコー法を用いてひび割れの診断を行った。供試体は無筋コンクリートおよび鉄筋コンクリートを適用した。その結果、無筋コンクリートではひび割れ幅が進展する様子が明確に確認できた。しかし、鉄筋コンクリートでは内部の鉄筋の影響が顕著に現れた。さらに、インパクトエコー法の結果は SIBIE 法により可視的に表現した。しかし、SIBIE 画像からは有効な結果は得られなかった。

研究成果の概要（英文）：Cracks were checked by an impact echo method. Unreinforced concrete and reinforced concrete were applied to specimens.

In the unreinforced concrete, the development of crack width was confirmed clearly. By the way, in the reinforced concrete, influence of a reinforcing bar showed conspicuously. A result of the impact echo method was visualized by SIBIE method. But an effective result wasn't obtained from a SIBIE picture.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009 年度	1,080,000	324,000	1,404,000
2010 年度	980,000	294,000	1,274,000
総計	2,060,000	618,000	2,678,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木材料・施工・建設マネジメント

キーワード：インパクトエコー法、非破壊検査法、ひび割れ深さ、SIBIE

1. 研究開始当初の背景

JR 西日本の山陽新幹線のトンネル崩落事故や新幹線高架橋のコンクリート片落下事故など度重なる不祥事によりコンクリート構造物への信頼が損なわれている。そこで、事故防止のためコンクリート構造物の内部状態を点検する非破壊検査に脚光が浴びるようになった。

しかしながら、コンクリートの欠陥は多種多様であり確定的な非破壊検査法はまだ確

立されていない。非破壊検査法を確立させるには、検査対象となる欠陥の特定が必要となってくる。コンクリートの欠陥の中で特に重要な欠陥とされているものに表面ひび割れがある。表面ひび割れは構造物の機能を低下させ安全性を阻害するため、ひび割れの深さを診断し適切に補修しなければならない。

そこで、申請者は欠陥位置をビジュアル的に判断できる手法を開発中である。この手法は、インパクトエコー法によりコンクリート

内部に弾性波を伝播させる。そして、コンクリート内部を伝播する弾性波の伝播速度および、弾性波が欠陥位置で反射および回折する事に着目し、画像処理により計測断面の欠陥位置での反射源の存在を2次元画像として出力するものである。この手法は、SIBIE(Stack Imaging of Spectral Amplitudes Based on the Impact-Echo)法と名づけている。

現在、申請者はコンクリートの表面ひび割れの深さ診断を目的とした研究を進行中である。

2. 研究の目的

本研究ではコンクリート構造物の非破壊検査法のアップグレードを目的とする。本研究では、コンクリートの重要な欠陥である表面ひび割れの深さを計測対象として進める。表面ひび割れは発生後、進展する可能性が高いため、時系列で表面ひび割れを診断することに主体を置く。使用する非破壊検査手法はインパクトエコー法であり、その結果を使用しSIBIE法での検討が最終目標である。

3. 研究の方法

(1) 表面ひび割れの診断

コンクリートの表面ひび割れの進展度を評価するため、静的破砕剤を用いてコンクリート供試体の表面に強制的に進行性のひび割れを発生させ、弾性波到達時間差および周波数スペクトルによる表面ひび割れの進展度評価を行う。手順は次の通りである。

- ① コンクリート供試体の表面に直径 30mm、深さ 100mm の円柱状の穴を開けたコンクリート供試体を作成し、円柱状の穴に静的破砕剤を注入する。
- ② 破砕剤硬化後、供試体の表面、裏面の中心に受振センサを接着し供試体健全時の計測を行う。衝撃入力は、衝撃力が大きく約 17kHz の周波数を入力できる打診棒と衝撃力は微小だが約 50kHz の高周波数を入力することができる Pencil-lead break を使用する。
- ③ 注入口付近よりひび割れが発生し、ひび割れ幅 0.1mm となったら計測を開始する。
- ④ ひび割れ幅が 0.1mm 増加するごとに計測を行い、幅 0.6mm となった時点で終了する。

なお、供試体は無筋供試体および鉄筋コンクリート供試体を使用した。供試体概要を図1に示す。供試体サイズは W400mm×D400mm×H200mm とし、無筋コンクリートおよび鉄筋コンクリートの表からのかぶりが 50mm, 100mm の3種類とした。衝撃入力は3個所で行い、No.1 と No.2 はセンサとの間にひび割れを挟む位置に、No.3 はひび割れを挟まない位置に定めた。本実験では人為的にひび割れを発生

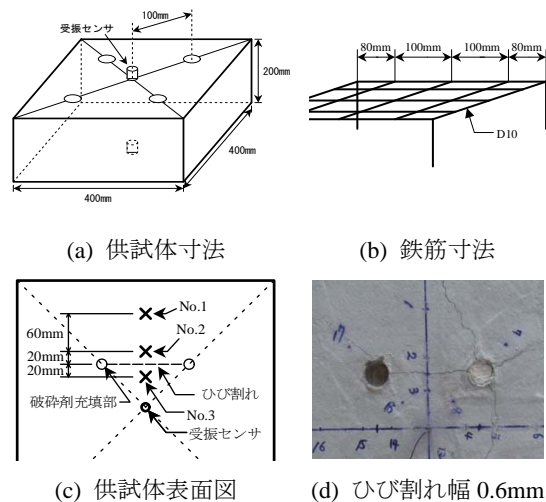


図1 供試体概要

させるために深さ 100mm, 直径 30mm の穴をあけ、破砕剤を充填させた。

(2) インパクトエコー法およびSIBIE法

インパクトエコー法は弾性波法の一つである。診断対象の表面から弾性波を入力し、その近傍から加速度計などで波形を検出する。そして、それより得られる周波数スペクトルより診断を行う。一般的に、欠陥位置に対応したピーク周波数が得られるとされている。

次に、インパクトエコー法の結果を用い、供試体断面での弾性波の反射および回折の強さを画像化するのがSIBIE法である。手順としては、解析対象の断面を正方形要素に分割しモデル化する。次に、各要素の中心からの弾性波の反射および回折から理論的に得られる一次共振周波数および二次共振周波数を求める。そして、理論的共振周波数の振幅値を周波数スペクトルより算出し重ね合わせ要素の値とし2次元画像を作成する。この値は反射または回折の強さを現すものである。

4. 研究成果

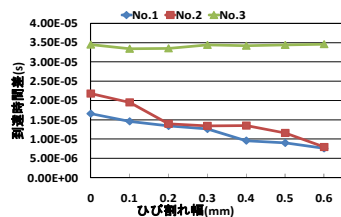
(1) ひび割れの診断について

それぞれの供試体から得られた、表面センサと裏面センサでの伝播時間差をまとめたグラフを図2に示す。

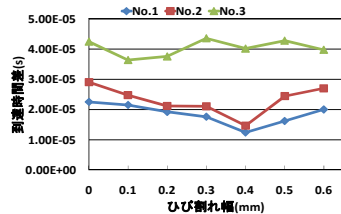
無筋供試体の弾性波伝播時間差の結果を見ると、No.3では表面センサとNo.3との間にひび割れを挟まないため伝播時間差は一定のままである。しかし、No.1とNo.2ではひび割れ幅が広がるにつれ伝播時間差が減少する結果となった。これは、衝撃入力点と表面センサとの間にひび割れが発生したことにより、弾性波がひび割れを迂回したためだと考えられる。

配筋した供試体の弾性波伝播時間差の結

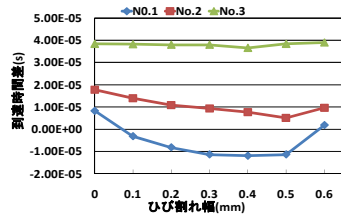
果を見ると、No. 1 と No. 2 は無筋供試体と同様にひび割れ幅が広がるにつれ伝播時間差が減少しているが、ある時を境に増加に転じていることがわかる。この原因に鉄筋の存在が考えられる。既存の研究より、コンクリート内部に鉄筋が存在した場合、入力した弾性波が鉄筋を伝わりコンクリートのみの場合と比較して非常に伝播が速くなることが知られている。本研究では、ひび割れ幅が増加した時点でひび割れ深さが増し、ひび割れ界面の接触が無くなることで鉄筋がむき出しになり、鉄筋内を弾性波が伝播したと考えられる。



(a) 無筋供試体



(b) かぶり 50mm 供試体



(c) かぶり 100mm 供試体

図2 各供試体における結果

(2) SIBIE 法の適用について

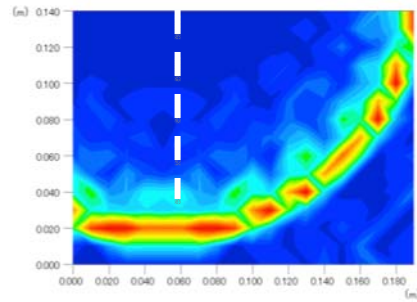
(1) で得られた周波数スペクトルに SIBIE 法を適用し調査断面を 2 次元画像とした。図 3(a) にひび割れ幅が 0.05mm 時、図 3(b) にひび割れ幅が 0.60mm 時の SIBIE 画像を示す。

画像中の白色破線はひび割れが存在する箇所である。また、青→緑→黄→赤と色が変化につれ欠陥の存在が怪しまれる。なお、一例の画像であるので無筋供試体での結果を示している。

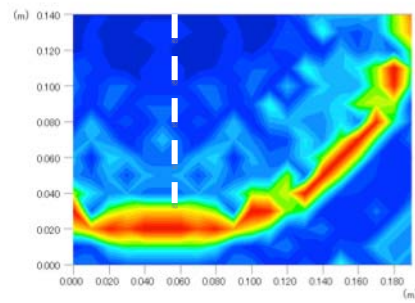
ひび割れ幅が徐々に広がる場合、通常はひび割れ深さも徐々に深くなるのが一般的である。そこで、図 3 を見るとひび割れが 0.05mm の場合および 0.60mm の場合ともに表面から

130mm 付近に赤色の領域があることから、ひび割れの深さに変化がほとんど無いことが分かる。これはひび割れの先端部付近で界面の接触が生じて正しくデータが取得していないと考えられる。このような結果は鉄筋コンクリート供試体でも同様に見られた。

今後、SIBIE 画像を作成する際に、周波数スペクトルの相対振幅のみではなく弾性波速度などの情報を組み合わせて行う必要があることが示唆された。



(a) ひび割れ幅 : 0.05mm 時



(b) ひび割れ幅 : 0.60mm 時

図3 SIBIE 画像

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 1 件)

① M. Tokai, T. Kurokawa, M. Ohtsu: “Depth of through-thickness crack in concrete estimated by impact-echo,” Proc. 7th Fracture Mechanics of Concrete and Concrete Structures, 査読有, pp. 1123-1128, 2010, 5

〔学会発表〕(計 2 件)

① 渡海雅信, 竹村紗織: 衝撃弾性波法を用いたコンクリートのひび割れ進展評価の検討, 土木学会年次学術講演会講演概要集, 査読無, 第 65 巻, pp. 457-458, 2010 年 9 月, 北海道札幌市

② M. Tokai, T. Kurokawa, M. Ohtsu: “Depth of through-thickness crack in concrete estimated by impact-echo,” Proc. 7th Fracture Mechanics of Concrete and Concrete Structures, 査読有, pp. 1123-1128,

2010, 5, 韓国濟州島

6. 研究組織

(1) 研究代表者

渡海 雅信 (TOKAI MASANOBU)

松江工業高等専門学校環境・建設工学科・

講師

研究者番号 : 60512259