

平成 21 年 5 月 28 日現在

研究種目：若手研究 (B)  
研究期間：2007～2008  
課題番号：19760304  
研究課題名 (和文)  
超音波法を用いた画像化手法による断面補修部分の健全度評価に関する研究  
研究課題名 (英文)  
DETECTING DEFECTS OF PATCH REPAIRED CONCRETE BY IMAGING BASED ON ULTRASONIC METHOD  
研究代表者  
渡邊 健 (WATANABE TAKESHI)  
徳島大学大学院ソシオテクノサイエンス研究部 助教  
研究者番号：50332812

## 研究成果の概要：

本研究では断面修復を行ったコンクリート部材の健全度を超音波法で評価した。その結果、コンクリートと補修材料との界面の欠陥を超音波の波形から検出できた。これは、空隙により超音波が反射されるためであり、健全な状態との区別を明確にすることができた。鉄筋が存在する場合、超音波の波形が複雑となるが、測定条件や相対的な比較をすることによって鉄筋下面の欠陥を検出できる可能性を示した。

## 交付額

(金額単位：円)

|         | 直接経費      | 間接経費    | 合計        |
|---------|-----------|---------|-----------|
| 2007 年度 | 2,700,000 | 0       | 2,700,000 |
| 2008 年度 | 600,000   | 180,000 | 780,000   |
| 年度      |           |         |           |
| 年度      |           |         |           |
| 年度      |           |         |           |
| 総計      | 3,300,000 | 180,000 | 3,480,000 |

## 研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学・土木材料，施工，建設マネジメント

キーワード：超音波，非破壊検査，コンクリート，断面修復

## 1. 研究開始当初の背景

現在，社会基盤を支えるコンクリート構造物の劣化および損傷が大きな問題となっており，維持管理の重要性が高まっている。劣化や損傷が著しいコンクリート構造物では補修もしくは補強が実施される。補修は，コンクリートの劣化の進行を抑制するか，品質を回復させることにより，構造物の耐久性を増進するために行う。補修後の維持管理は，補修目的が何をどのようにするためのものか，また，対策工に期待する効果を的確に把握して行うことが重要である。補修後の診断においては，コンクリート表面の被覆やコン

クリートが修復されることにより変状の観察が困難になることが考えられる。また，進行性の劣化に対する補修などでは，補修後の変状を見落とすことにより劣化が進行して，致命的な損傷になる場合がある。

よって補修後の維持管理においては，補修方法の概要と補修時点の状況およびその後の健全度を評価する技術が重要となる。しかし，現状では修復後の点検において，ひび割れや剥離の有無を目視により観察することが主であり，経時変化による劣化状況を把握する技術についての研究は国内外ともほとんど行われていない。

代表的な補修の手法の一つとして断面修復工法があり、これは、コンクリート構造物が劣化により元の断面を喪失した場合の修復や、中性化、塩化物イオンなどの劣化因子を含むかぶりコンクリートを撤去した場合の断面の補修を目的とした手法である。この断面修復では、施工が適切であっても、経年劣化や進行性の劣化により、修復材料と元のコンクリート部材との間の付着が失われてひび割れや剥離が生じる可能性がある。進行性の劣化の場合では、コンクリート内部にある微小なひび割れや剥離が、時間の経過と共に徐々に広がって行き、これらは表面で観察される変状としては表れにくいと考えられる。また、断面修復工法ではマクロセル腐食による鉄筋腐食が問題視されており、断面修復部分周辺の鉄筋腐食によるひび割れの診断が重要となる。

## 2. 研究の目的

本研究では、超音波を用いた非破壊検査手法を用いる。超音波は弾性波の一つであり、一般的には周波数成分が 20kHz 以上のものである。この超音波をコンクリート表面より発信子によりコンクリート内部へ伝播させ、内部のひび割れや剥離によって反射した超音波を供試体表面に設置した受信子で受信し記録する手法である。今回は以下の点を明らかにすることを目的とする。

### (1)断面修復に用いる補修材料の超音波伝播速度および音響インピーダンスの測定

使用する補修材料によって超音波伝播速度が異なることが予想され、伝播速度を正確に把握する必要がある。母材のコンクリートと補修材の音響インピーダンスが異なる場合、その界面にひび割れ等が存在しなくても超音波の一部が反射することが考えられる。これは補修後の場合のみ生じる現象であり、影響を明確にしておくことが重要である。

### (2)母材と補修材間のひび割れからの反射波の検討

一般的には超音波での診断では伝播時間をもとにひび割れの深さを診断するが、本研究では計測された波形の形状や減衰、それらの周波数成分を分析することとする。

### (3)鉄筋の影響の検討

一般的なコンクリートではひび割れがかぶりより深く進展することは希であるが、鉄筋より深い位置までかぶりコンクリートをはつきり取って断面修復を行う場合では、鉄筋よりも深い位置で変状が生じるため、計測時の鉄筋の影響を把握しておく必要がある。

### (4)画像化の検討

画像化手法の検討を行い、計測波形等を用いて内部変状の様子を視覚的に検出することを試みる。

## 3. 研究の方法

コンクリート供試体の修復面より超音波を入力し同一面上で計測するが、修復材とコンクリートとの間の付着が充分でない場合や、不連続面が生じている場合は、その部分からの反射が生じ、適切な断面修復をした供試体での計測結果とは異なる波形が計測されると考えられる。得られた超音波の波形パラメータの変化について検討を行い、評価することを試みる。この際に、入力する周波数成分によって計測結果が異なることが考えられるため、様々な周波数の超音波を入力することにより、周波数帯の違いによる影響についても併せて検討を行う。

(1)コンクリート供試体に断面補修を施して図-1に示すような 200×200×200mm の供試体を作製した。修復材の違いにより超音波伝播速度や減衰特性が変化することが予想されるため、セメントモルタルおよびポリマーセメントモルタルを使用し、その違いについても検討を行った。補修における下地処理の有無による付着性状の差や、微細なひび割れや剥離をプラスチック板および気泡緩衝シートを用いて模擬し、空隙の検出を試みた。また補修部分を載荷装置により強制的に剥離をさせ計測する実験も併せて行った。

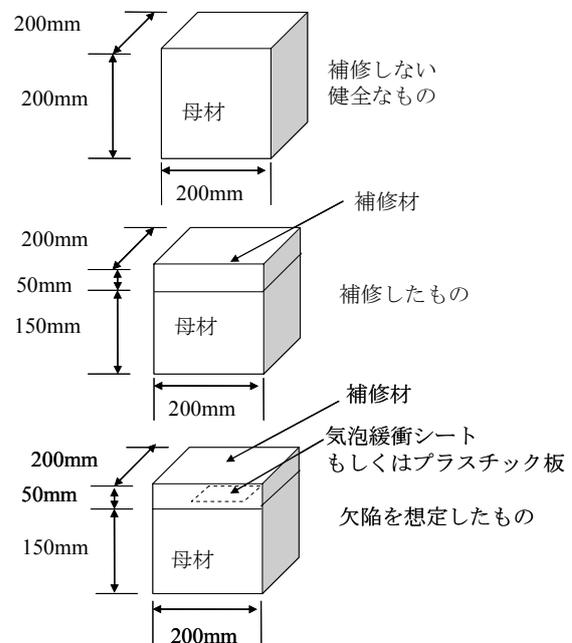


図-1 供試体の概要

(2) 供試体として、図-2 に示すような断面補修を施した 900×900×150mm の供試体を作製した。断面修復箇所は約 55mm であり、鉄筋は断面補修材の中にかぶり 30mm で埋設した。微細なひび割れや剥離を再現するために塩化ビニル板を用いて模擬し、センサを二つ使用する二探触子法とセンサを一つだけ用いる一探触子法によって模擬欠陥の検出を試みた。また鉄筋の影響を検討するために、鉄筋直上での計測や、センサ位置を変

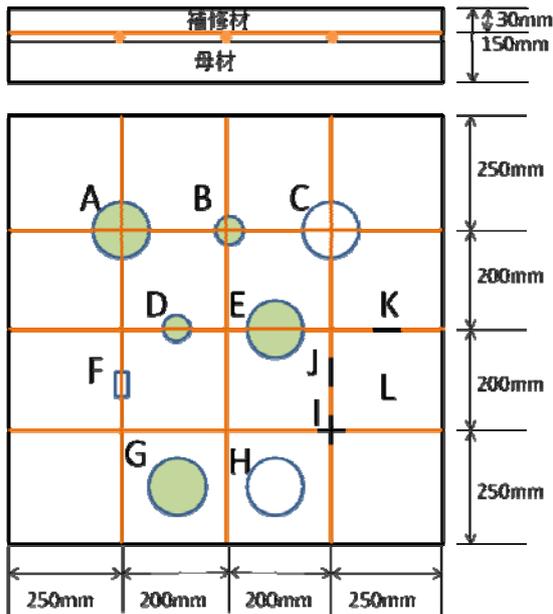
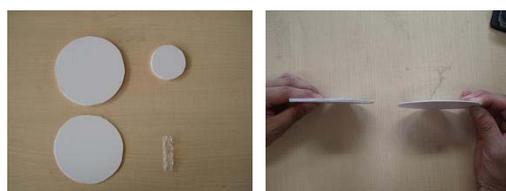


図-2 供試体の寸法・欠陥，鉄筋の配置図



(a) 欠陥の概要



(b) センサの写真

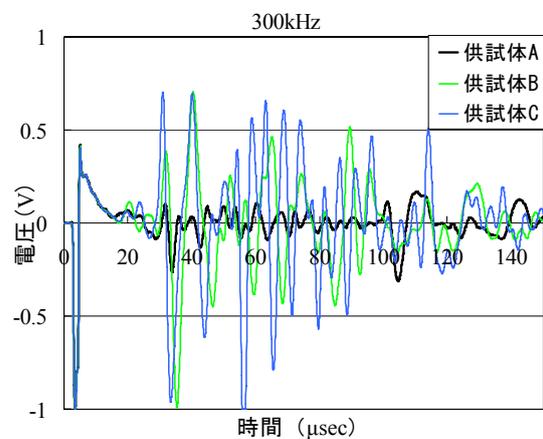
写真-1 供試体の概要

更して計測を実施した。それらの概要を写真-1 に示す。

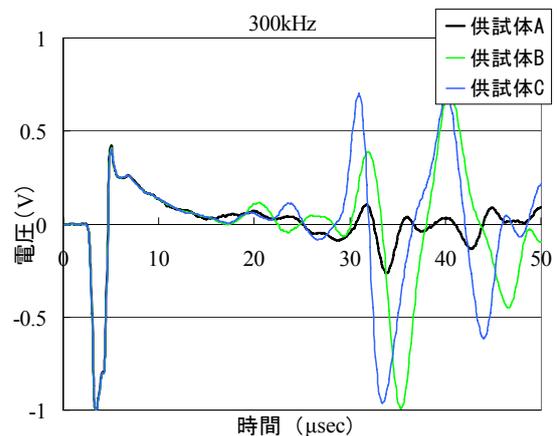
#### 4. 研究成果

##### (1) 主な成果

- ①修復が良好な面では、断面補修材と母材の界面からの小さな反射が見られ、母材の底面からの反射も併せて検出される。
- ②補修材と母材の境界面に欠陥が有る場合には超音波の反射波の振幅が大きくなる。その際に超音波は欠陥部でほとんど反射するため、健全部のような母材底面からの反射波は検出されない (図-3 参照)。
- ③超音波探触子を一つだけ利用した場合でも計測条件を適切に設定すれば欠陥を検出できることを示した。



(a) 全体波形



(b) 欠陥からの反射箇所の拡大

図-3 二探触子一面法での欠陥検出波形

- ④鉄筋が入っていないければ、厚さ 1mm の欠陥であっても検出は可能である (図-4 参照)。
- ⑤鉄筋位置よりも深いところに空隙がある場合、空隙からの反射波、底面の反射の有無により、計測条件によっては空隙を検出できる可能性がある (図-5 参照)。
- ⑥鉄筋直上での計測する際、一探触子法の計測では鉄筋位置より深いところにある空隙の検出は困難であった。
- ⑦センサの設置位置の影響は、鉄筋をまたぐ形でセンサを設置することで、欠陥の検出を容易にすることができるのではないかと考えられたが、鉄筋の影響を受けてしまい、欠陥検出は困難であった。
- ⑧欠陥上にセンサを設置されていれば、空隙の検出は可能である。また、鉄筋の直上を避ければ鉄筋の影響を小さくすることができる。

(2) 成果の位置づけ

超音波法を用いて断面補修部分の欠陥を反射波形により視覚的に検出でき、健全度評価の可能性を示すことができた。また、鉄筋が配筋されている箇所での影響を検討することができた。現状では補修後の点検・検査手法についての定量的な手法がないため、本実験で得られた結果は非常に有意義であるといえる。

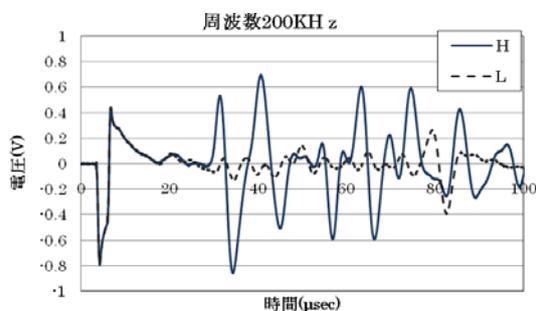


図-4 厚さ 1mm の欠陥検出

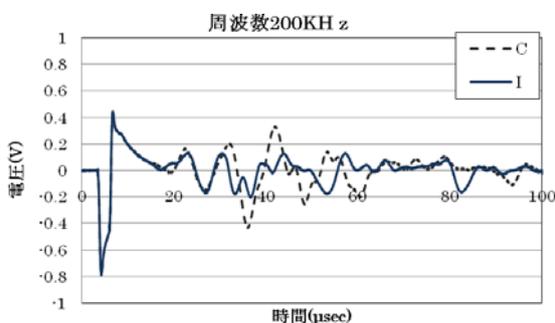


図-5 鉄筋上で計測した際の欠陥検出波形

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 3 件)

- (1)木村耕蔵, 渡邊 健, 橋本親典, 大津政康: 超音波法による断面修復した鉄筋コンクリートの欠陥検出および鉄筋の影響に関する検討, コンクリート工学年次論文集, 査読有, Vol. 31, 2009(投稿中)
- (2)宮地孝徳, 渡邊 健, 橋本親典, 大津政康: 超音波法による断面修復箇所での欠陥検出に関する基礎的研究, コンクリート工学年次論文集, 査読有, Vol. 30, No. 2, 721-726 頁, 2008 年
- (3)Takeshi Watanabe, Takanori Miyachi, Chikanori Hashimoto and Masayasu Ohtsu: DETECTING DEFECTS IN PATCH REPAIRED CONCRETE BY ULTRASONIC METHOD, Structural Faults and Repair 2008, 査読無, CD-ROM, 2008 年

[学会発表] (計 2 件)

- (1)木村耕蔵, 橋本親典, 渡邊 健, 石丸啓輔: 超音波法による断面修復を行った鉄筋コンクリートの欠陥検出, 土木学会四国支部技術研究発表会, 2009 年 5 月 16 日, 愛媛大学
- (2)宮地孝徳, 渡邊 健, 橋本親典, 石丸啓輔: 断面修復部の欠陥検出における一探触子超音波の適用, 土木学会四国支部技術研究発表会, 2008 年 5 月 17 日, 高知工科大学

6. 研究組織

(1) 研究代表者

渡邊 健 (WATANABE TAKESHI)

徳島大学大学院ソシオテクノサイエンス研究部 助教

研究者番号: 50332812

(2) 研究分担者

( )

研究者番号:

(3) 連携研究者

( )

研究者番号: