

## 空中超音波法を適用したコンクリートの内部探査に関する基礎的研究

金森藏司<sup>\*1</sup> 関俊力<sup>\*2</sup> 瀬古繁喜<sup>\*3</sup> 山田和夫<sup>\*3</sup><sup>\*1</sup> 株式会社フジタ 建築工事部(〒151-8570 東京都渋谷区千駄ヶ谷 4-25-2 修養団 SYD ビル)<sup>\*2</sup> 愛知工業大学 大学院工学研究科(〒470-0392 愛知県豊田市八草町八千草 1247)<sup>\*3</sup> 愛知工業大学 工学部建築学科(〒470-0392 愛知県豊田市八草町八千草 1247)

要旨：本研究では、コンクリート造建築物の経年劣化を評価対象とした空中超音波法の適用性を確認するための基礎的研究として、経年劣化の原因となるひび割れおよび鉄筋・PC 鋼棒の腐食劣化に影響するコンクリート充填不良部の探査精度について実験的検討を行った。その結果、空中超音波法を適用することによってコンクリート表面に投影されるひび割れの投影面積、鉄筋周りの幅 4.5mm 以上の充填不良部およびシース管位置の評価は可能であるが、ひび割れの角度、鉄筋位置およびシース管内部のグラウト充填不良部を評価することは、内部探査に用いる評価指標に関わらず困難であること、などが明らかとなった。

キーワード：コンクリート、非破壊試験、内部探査、空中超音波法、自動計測、平均伝搬速度、振幅値

## 1. はじめに

筆者らは従来から既存コンクリート造建築物の検査・診断技術の確立を目的として、各種弾性波法を適用した非破壊試験方法について検討を行っている<sup>1)</sup>が、これらの試験方法では何れも弾性波の入力・検出用変換子をコンクリート表面に密着させて測定するため、変換子とコンクリート表面との密着度の差異が測定結果に影響を及ぼす問題を有している。これに対して本研究で対象とする空中超音波法は、弾性波の入力・検出を非接触で行うことができるため、変換子とコンクリート表面との密着度を向上させるための接触媒体を使用する必要もない有用な試験方法として期待できるが、コンクリート分野に関しては研究成果<sup>2,3)</sup>も少なく不明な点が多い。

筆者らはこの点を踏まえて、これまでに空中超音波法をコンクリートの内部探査方法として実用化するための基礎的研究として、空中超音波法による内部探査結果に及ぼす試験体厚さ(15~95mm)、骨材寸法(0.6~25mm)、埋設物の種類(空洞と鉄鋼)および存在位置(内部と表層)、仕上げ材料(石膏ボードと鋼板)の影響について実験的検討<sup>4-7)</sup>を行った。その結果、骨材寸法が 5mm 以下のモルタル試験体で厚さが 95mm までの範囲では、何れも精度の良い内部探査結果が得られること<sup>4,5)</sup>、骨材寸法が 5mm 以上のコンクリートでは、骨材寸法が大きいほど伝搬超音波の散乱が著しく、探査精度が低下すること<sup>6)</sup>を示した。また、別報<sup>7)</sup>ではコンクリートの内部探査の対象として初期欠陥を取り上げ、探査結果に及ぼす初期欠陥の種類、大きさ、厚さおよび埋設深さの影響についての検討、並びに探査結果の推定精度向上方法について実験的検討を行い、コンクリートの内部探査を目的とした空中超音波法の適用性を確認した。

本研究では、引き続きコンクリート造建築物の経年劣化を評価対象とした空中超音波法の適用性を確認するための基礎的研究として、経年劣化の原因となるひび割れおよび鉄筋・PC 鋼棒の腐食劣化に影響するコンクリート充填不良部の探査精度について実験的検討を行った。なお、本実験では、筆者らによる既往の研究<sup>4-7)</sup>で、現在の空中超音波計測装置を用いて精度の良い内部探査結果を得ることが確認できている骨材寸法が 5mm 以下のモルタルで厚さが 75mm の試験体を用いることとした。

## 2. 実験の概要

## 2.1 試験体

本研究では、内部探査の対象に応じて Table 1 および Fig. 1 に示すような 3 シリーズのモデル実験を実施した。

Table 1 Outline of experiments

## (a) Experiment-1

Notation of Specimen	Size of Specimen (mm)	Detail of Crack Model		
		Type	W×L×D (mm)	Angle of Crack (°)
CRACK-75	300×250×75	Styrofoam	50×50×5	30°, 45°, 60°, 90°

## (b) Experiment-2

Notation of Specimen	Size of Specimen (mm)	Steel Bar (mm)	Detail of Filling Defective Part	
			Type	Diameter×Length (mm)
STL-AIR-75	300×250×75	φ16	Styrofoam	φ25×50, φ30×50 φ40×50, φ50×50

## (c) Experiment-3

Notation of Specimen	Size of Specimen (mm)	Situation of Post PC Steel Bar		Detail of Filling Defective Part		
		Steel Bar (mm)	Sheath (mm)	Type	Diameter (mm)	Length (mm)
GROUT30-75	300×250×75	φ16	30	Styrofoam	φ30	20, 30, 40, 50
GROUT50-75			50			

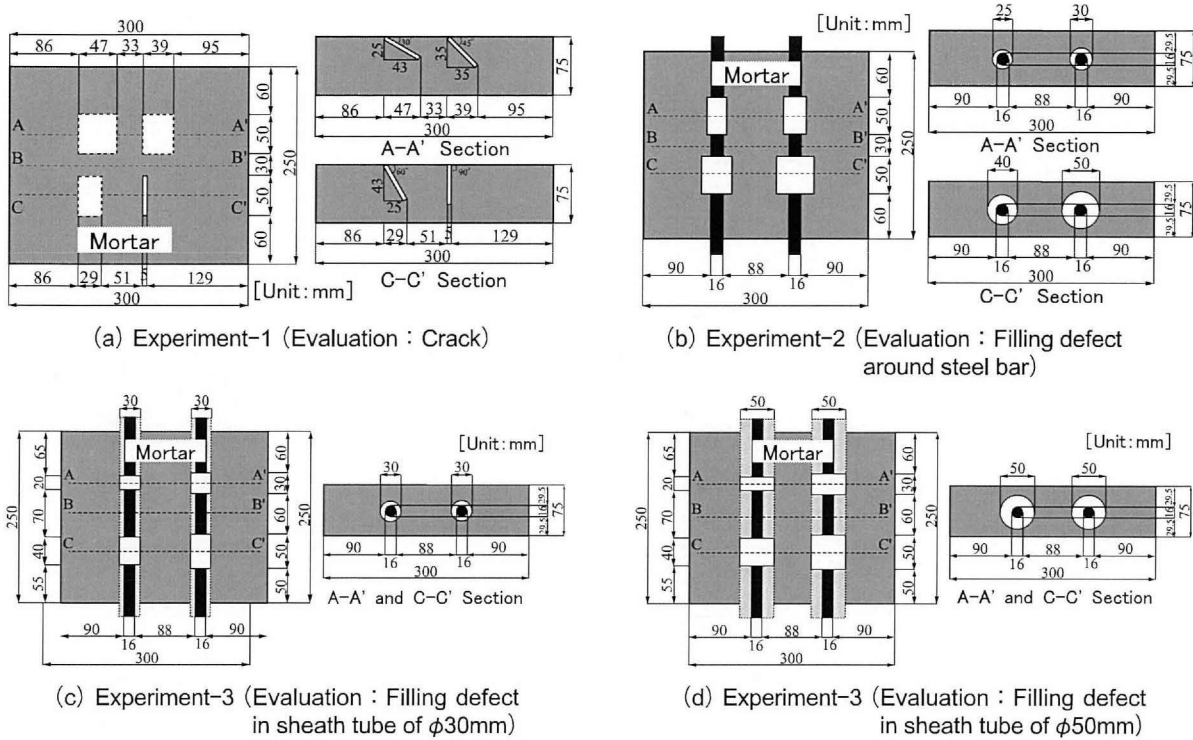


Fig. 1 Shape and size of specimen

Table 2 Mix proportion of mortar

W/C (%)	S/C	Unit Weight (kg/m <sup>3</sup> )			Unit Volume (l/m <sup>3</sup> )		
		Cement	Water	Sand	Cement	Water	Sand
60	2.0	589	353	1,178	186	353	460

(1) 実験-1

本実験は空中超音波法によるひび割れ探査の適用性についての検討を目的としたもので、長さ×幅×厚さが 300×250×75mm の試験体内部に、長さ×幅×厚さが 50×50×5mm のひび割れモデル(発泡スチロール。なお、開口したひび割れ境界面では、ひび割れ幅に関わらずコンクリート内部を伝搬した超音波は全反射すると考えられるため、試験体製作上の都合によりひび割れ厚さを 5mm とした)が角度を 30、45、60 および 90° に変化させて埋設してある試験体を使用して、ひび割れの探査精度に及ぼすひび割れの寸法と設置角度の影響について検討を行った(Fig. 1(a)参照)。

(2) 実験-2

本実験は鉄筋腐食に影響する鉄筋周りのコンクリート充填不良部を探査の対象とした空中超音波法の適用性についての検討を目的としたもので、長さ×幅×厚さが 300×250×75mm の試験体内部に、直径 16mm の鉄筋を挿入した後、鉄筋周りのコンクリート充填不良部をモデル化した直径×長さ が φ25×50、φ30×50、φ40×50 および φ50×50mm の発泡スチロールを設置した試験体を使用して、鉄筋周りのコンクリート充填不良部の探査精度について検討を行った(Fig. 1(b)参照)。

(3) 実験-3

本実験は PC 鋼棒の腐食に影響を及ぼすシース管内

部のグラウト充填不良部を探査の対象とした空中超音波法の適用性についての検討を目的としたもので、長さ×幅×厚さが 300×250×75mm の試験体内部に、直径 16mm の鋼棒を挿入した内径が φ30 および φ50mm の亜鉛メッキ鋼製の標準型スパイラル・シース管内部にグラウト(PC グラウト材)の充填不良部をモデル化した長さ 20、30、40 および 50mm の発泡スチロール(発泡スチロールの直径:シース管内径と同寸法)を設置した試験体を使用して、空中超音波法によるシース管内部のグラウト充填不良部の探査精度について検討を行った(Fig. 1(c)および(d)参照)。

2.2 試験体の作製方法

本研究では、何れの実験も目標フロー値を 200±10 に設定したモルタルを使用し、普通ポルトランドセメントおよび最大寸法が 5mm になるようにふるい分けた豊田産の山砂(表乾密度:2.54g/cm<sup>3</sup>)を用いて試し練りにより調合を決定した。本実験で用いたモルタルの標準調合表を Table 2 に示す。モルタルの打設は、測定面が側面となるように発泡スチロール、鉄筋、鋼棒を挿入したシース管を所定位置に設置した木製型枠に2層に分けて行い、各層をテーブル・バイブレータで十分に締固めた。なお、シース管内部のグラウト充填不良部は、グラウト充填不良部をモデル化した発泡スチロールをシース管内部の所定位置に挿入した後に PC グラウト材を注入して作製した。試験体は材齢 1 日で脱型し、試験体質量が一定となるまで実験室内で放置した後に各種の計測を行った。

2.3 計測方法

計測に際しては別報<sup>7)</sup>と同様に、空中超音波測定装置(超

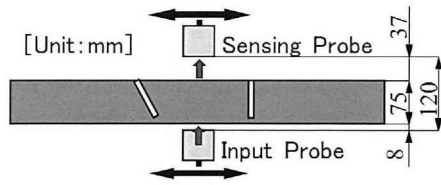
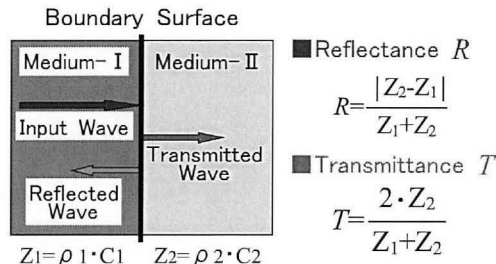


Fig. 2 Location of input and sensing probe



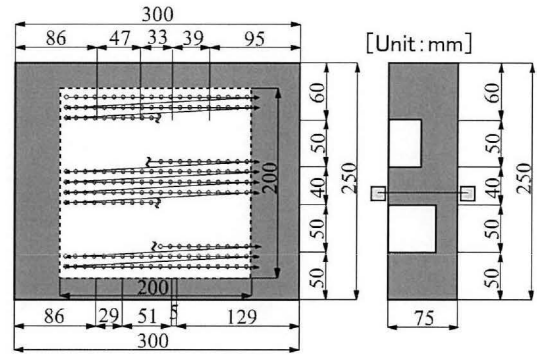
[Note]  $Z_1, Z_2$  : Acoustic Impedance of Medium-I, II  
 $\rho_1, \rho_2$  : Density of Medium-I, II  
 $C_1, C_2$  : Sound Velocity of Medium-I, II

Fig. 4 Reflection and transmission of wave

音波パルサ・レシーバ(JPR-10C-RL型)、増幅度 60dB の外部プリアンプ(PR-60A型)、共振周波数が約 200kHz のエアプローブ(ARH-0.2K25×25N型)および制御用 PC で構成される計測・処理装置)と試作の 2 次元自動走査型測定装置とから成る計測システムを使用した。また、超音波の入力・検出に関しては、変換子(エアプローブ)の設置位置を Fig. 2 に示すように、入力用変換子が試験体表面から 8mm の位置、検出用変換子が入力用変換子から 120mm の位置とし、Fig. 3 に示す試験体表面の破線枠内(200×200mm の範囲)を x・y 方向ともに 10mm の間隔で 2 次元的に自動走査・自動計測した。なお、発振用矩形パルスの電圧および周波数は、それぞれ 200Volt および 200kHz、超音波のサンプリングの間隔および個数は、それぞれ 0.5 $\mu$ s および 1,024 個に設定した。また、計測は測定結果のバラツキを考慮して同一試験体に対して 3 回の計測を行い、その平均値を測定結果<sup>7)</sup>とした。

2.4 処理方法

弾性波を利用したコンクリートの内部探査方法は、大別すると透過法と反射法とに分類できるが、何れの方法も Fig. 4 に示すように、弾性波がコンクリート中の音響インピーダンス( $Z = \rho \cdot C$ , ここに、 $\rho$ : 密度、 $C$ : 音速)の異なった境界面に到達すると、弾性波の一部は透過し、一部は反射する性質を利用した探査方法といえる。本研究で検討の対象としている透過型空中超音波法では、コンクリート内部に音響インピーダンスの異なる介在物(空洞、鉄鋼など)が存在すると、コンクリート部と比べて透過超音波は減衰するため、本研究では、検出した透過超音波のエネルギー成分【収録波形データのうち、150 $\mu$ s(≒入力・検出用変換子間でモルタル部を伝搬する超音波の到達時間)～350 $\mu$ s(≒入力・検出用変換子間で空气中を伝搬する超音波の到達時間)の間の振幅値の自乗平均値(以下相対振幅自乗平均値と略記する)】を



[Note] ○ : Measuring Point, □ : Inpu & Sensing Probe

Fig. 3 Measuring area and scanning line

評価指標として用いた内部探査の適用性について検討した。ただし、介在物埋設部で検出された透過超音波の相対振幅自乗平均値は、介在物の種類(音響インピーダンスの大小)に関わらずコンクリート部と比較して小さくなるため、介在物の種類を評価することが不可能である。そのため、本研究では、更に介在物の種類を評価することを目的として、検出された透過超音波の伝搬時間(閾値法で求めた)と試験体厚さから算出される平均伝搬速度を用いた評価方法について検討した。また、より汎用性のある評価指標の提案を目的として、相対振幅自乗平均値と平均伝搬速度の積を使用することの適用性についても検討を行った。なお、相対振幅自乗平均値と平均伝搬速度の積を算出する際の前処理として、それらの値を最大値で除して無次元化を行った後に積値を求め、更に積値を自乗して数値幅を拡大させる工夫をした。

3. 実験結果とその考察

3.1 振幅値および伝搬速度に及ぼすひび割れの影響

Fig. 5 および Fig. 6 はそれぞれ実験-1 のひび割れモデルとして、発泡スチロールを埋設した試験体の相対振幅自乗平均値と平均伝搬速度(変換子間距離(120mm)/超音波伝搬時間)および A-A' 測線(Fig. 1(a)参照)で計測した検出超音波波形と測定位置との関係を示したものである。なお、図中の赤色の点線で示した枠内がひび割れ部を示している。これらの図によれば、試験体表面に対して 30° と 45° の傾き(Fig. 5 左図)で設置したひび割れ(発泡スチロール)部では、超音波の透過率が小さく、かつ試験体表面へのひび割れの投影面積が大きいため、Fig. 6 から明らかなように、ひび割れ部を迂回して伝搬した検出超音波の距離減衰が著しく、相対振幅自乗平均値(図中の●印)および平均伝搬速度(図中の○印)ともにモルタル部と比べて著しく小さな値を示しており、モルタル内部に存在するひび割れの正確な評価が可能であることがわかる。これに対して、試験体表面に対して 60° と 90° の傾き(Fig. 5 右図)で設置したひび割れ(発泡スチロール)部の相対振幅自乗平均値は、モルタル部と比べて小さな値を示してはいるが、大差ない傾向を示している。これは、試験体表面に対してひび割れの角度が急である

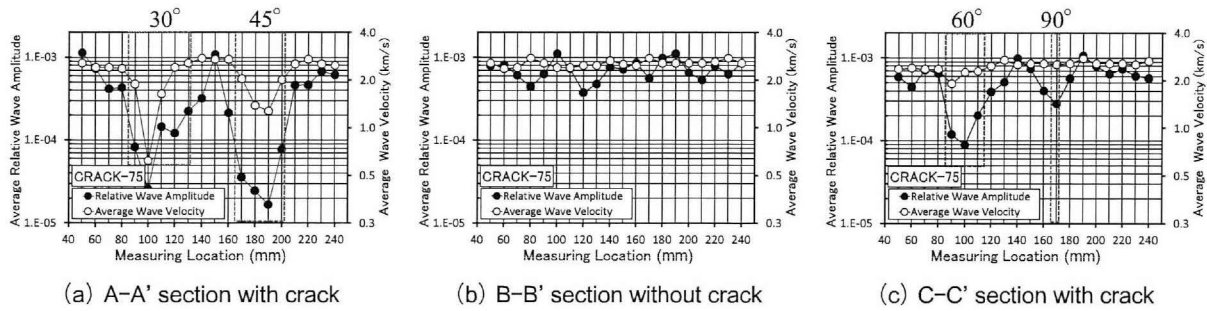


Fig. 5 Examples of average relative wave amplitude and average wave velocity (Experiment-1 : CRACK-75 specimen)

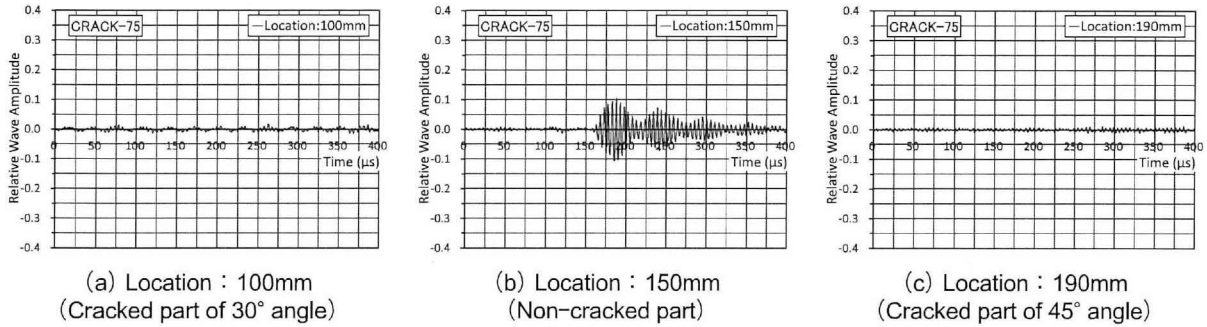


Fig. 6 Examples of measuring wave (Experiment-1 : A-A' section of CRACK-75 specimen)

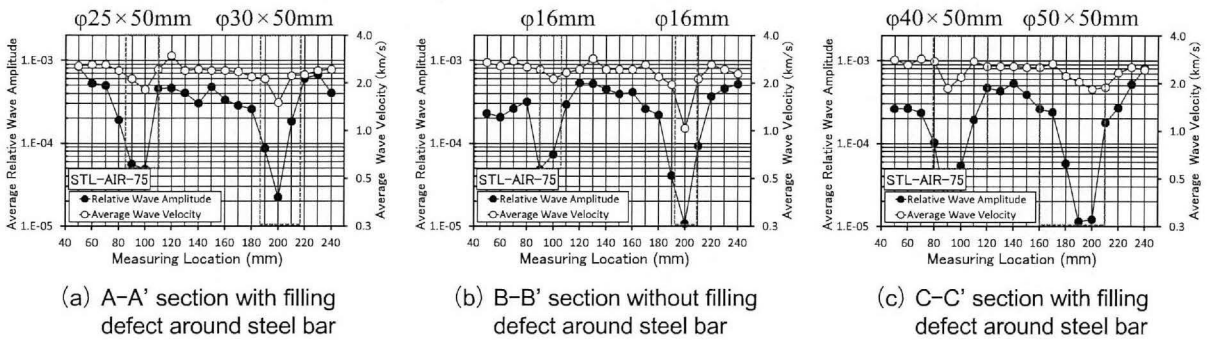


Fig. 7 Examples of average relative wave amplitude and average wave velocity (Experiment-2 : STL-AIR-75 specimen)

と試験体表面へのひび割れの投影面積が小さいため、モルタル部を伝搬した超音波とひび割れ部を迂回して伝播した超音波との伝搬距離の差が小さく、検出超音波に及ぼすひび割れの影響が低下するためと考えられる。

3.2 振幅値および伝搬速度に及ぼす鉄筋周りのコンクリート充填不良部の影響

Fig. 7 および Fig. 8 はそれぞれ実験-2 の鉄筋周りの充填不良部のモデルとして、鉄筋周りに発泡スチロールが設置されている試験体の相対振幅自乗平均値と平均伝搬速度および B-B' 測線 (Fig. 1 (b) 参照) で計測した検出超音波波形と測定位置との関係を示したものである。なお、前掲の Fig. 5 と同様に、図中の赤色の点線で示した枠内が鉄筋周りの充填不良部を示している。これらの図によれば、音響インピーダンスの著しく小さい充填不良領域 (発泡スチロール設置部) 以外に充填不良のない鉄筋位置においても超音波の透過率が低下するため、検出超音波は減衰して (Fig. 8 参照)、鉄筋位置および充填不良

領域の相対振幅自乗平均値 (図中の●印) はモルタル部と比べて著しく小さな値を示しており、鉄筋位置および鉄筋周りの充填不良領域を容易に評価することが可能であるといえる。これに対して、鉄筋位置および充填不良領域の平均伝搬速度 (図中の○印) はモルタル部と比べて若干小さな値は示しているものの、大差ないことがわかる。なお、鉄筋の縦波速度が母材であるモルタルと比べて速いにも関わらず充填不良のない鉄筋部の平均伝搬速度がモルタル部よりも遅くなっている原因の一つとしては、介在物周りの波動伝搬特性の考察を行った別報<sup>8)</sup>でも述べているように、鉄筋と母材モルタルとの界面に弱層が存在していると、その界面において超音波の透過率が極端に低下するため、見掛け上、鉄筋を迂回して伝搬到達した超音波が初動として検出されることが考えられる。

3.3 振幅値および伝搬速度に及ぼすシース管内部のグラウト充填不良部の影響

Fig. 9 および Fig. 10 はそれぞれ実験-3 のグラウト充

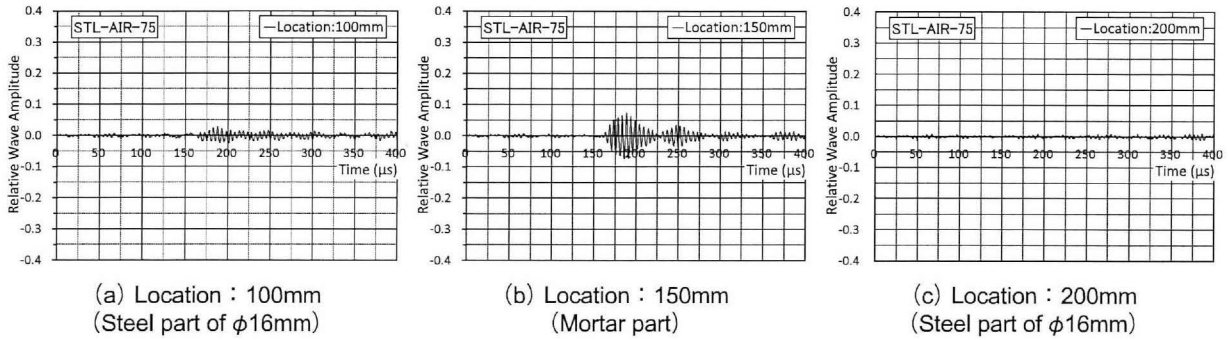


Fig. 8 Examples of measuring wave (Experiment-2 : B-B' section of STL-AIR-75 specimen)

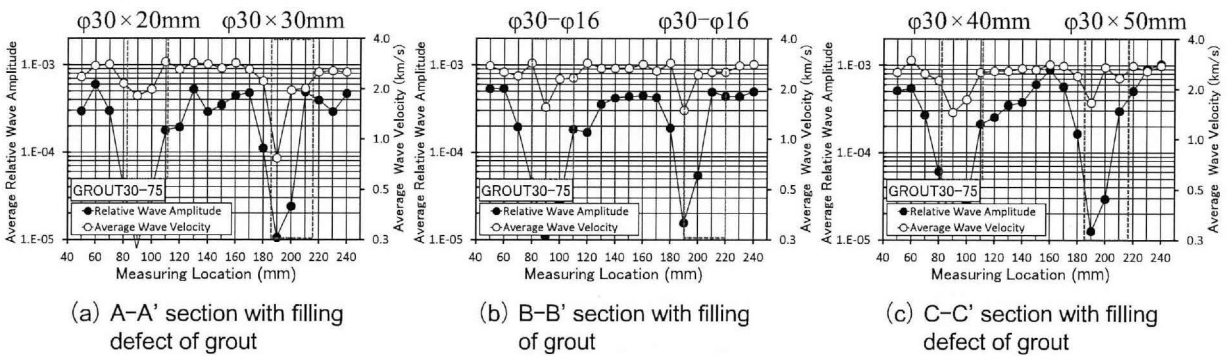


Fig. 9 Examples of average relative wave amplitude and average wave velocity (Experiment-3 : GROUT30-75 specimen)

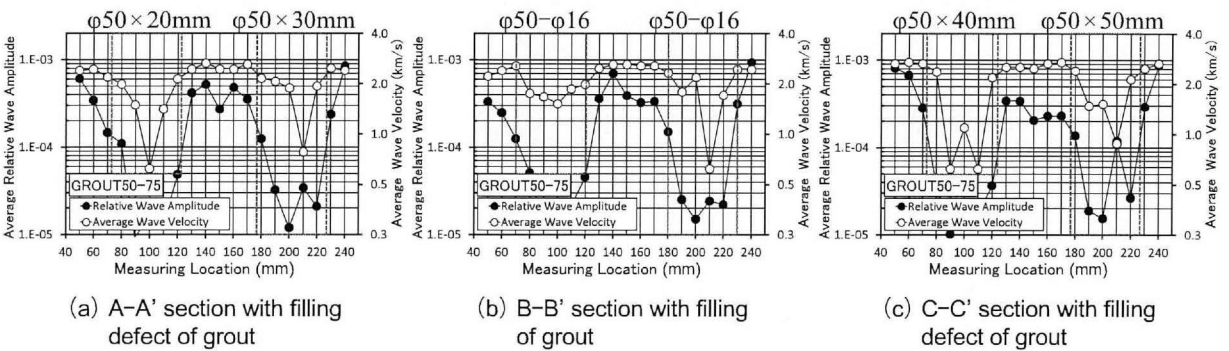


Fig. 10 Examples of average relative wave amplitude and average wave velocity (Experiment-3 : GROUT50-75 specimen)

填不良部をモデル化した発泡スチロールがシース管内に設置されている試験体の相対振幅自乗平均値および平均伝搬速度と測定位置との関係を示したものである。なお、前掲の Fig. 5 と同様に、図中の赤色の点線で示した枠内がシース管内のグラウト充填不良部(発泡スチロール設置部)を示している。これらの図によれば、シース管径に関わらずグラウト充填部および充填不良部(発泡スチロール設置部)の相対振幅自乗平均値(図中の●印)は、モルタル部と比べて著しく小さな値を示しており、シース管の存在は容易に評価できるが、グラウト充填不良部を評価することは困難であるといえる。これに対して、図中の赤枠で示されているシース管部(グラウト充填部および充填不良部)の平均伝搬速度(図中の○印)は、シース管の内径が 30mm の場合(Fig. 9 参照)にはモルタ

ル部と比べて小さくなってはいるが、大差ない値を示している。これは、シース管の内径が 30mm と細いため、グラウト充填不良部のシース管を迂回して伝搬する超音波の到達時間とモルタル部を直線伝搬する超音波の到達時間との差が小さいことに因るものと考えられる。一方、シース管の内径が 50mm の場合(Fig. 10 参照)には、図中の赤枠で示されているシース管部(グラウト充填部および不良部(発泡スチロール設置部))の平均伝搬速度は、Fig. 9 に示したシース管の内径が 30mm の場合と比較して更に小さな値を示している。これは、Fig. 11 に示すシース管内部のグラウトが充填されている箇所(Fig. 1(d)の B-B' 測線)で得られた超音波の検出波形と測定位置との関係から明らかのように、グラウトが充填されている箇所のシース管であっても、前述のように、母材モルタル

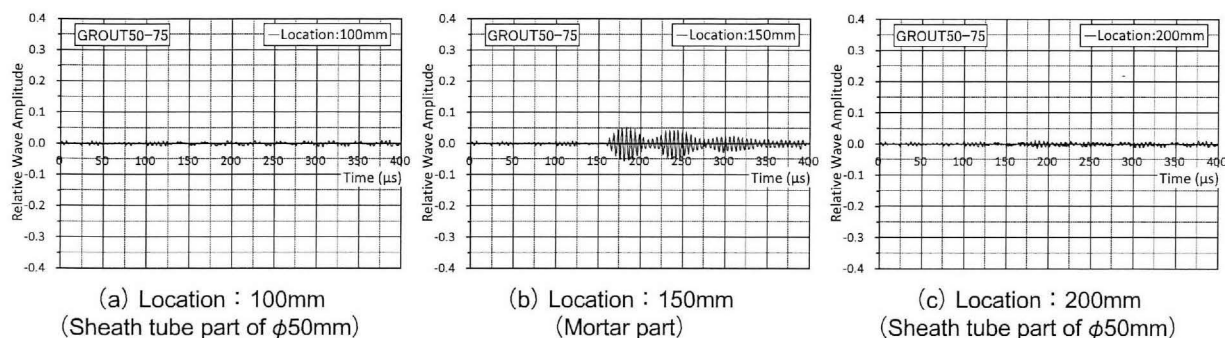


Fig. 11 Examples of measuring wave (Experiment-3 : B-B' section of GROUT50-75 specimen)

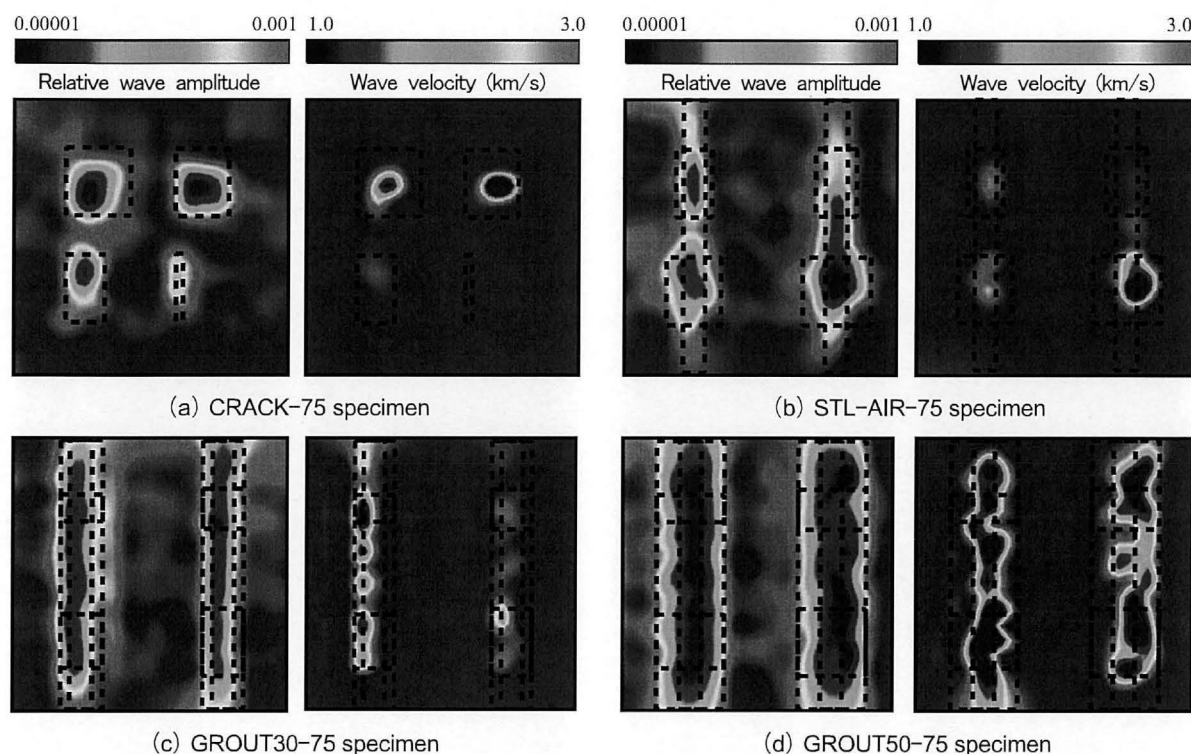


Fig. 12 Examples of internal evaluations by using average relative wave amplitude and average wave velocity

とシース管との界面またはグラウトと PC 鋼棒との界面に弱層が存在していると、超音波がシース管または PC 鋼棒に到達した時点で著しく減衰するため、シース管径が 30mm の場合に比べて伝搬距離が長くなるシース管迂回超音波が初動として検出されるためと考えられる。

### 3.4 内部探査結果に及ぼす評価指標の影響

(1) 評価指標に振幅値と伝搬速度を単独で用いた場合

Fig. 12 は検出超音波波形の相対振幅自乗平均値および平均伝搬速度に着目した内部探査結果をコンター図によって示した例である。なお、図中の黒色の破線は、ひび割れ、鉄筋、鉄筋周りの充填不良部、PC 鋼棒およびシース管内部の充填不良部の位置を示している。これらの図によれば、まずひび割れをモデル化した試験体 (Fig. 12 (a) 参照) に注目すると、内部探査の評価指標として相対振幅自乗平均値を用いた場合 (Fig. 12 (a) 左側) では、モルタル内部に設置したひび割れモデル (発泡スチロール)

の寸法の違いをかなりの精度で評価できているが、試験体表面に対するひび割れの角度が急になるに従って、ひび割れの検出精度が徐々に低下する傾向を示しているのがわかる。これに対して、内部探査の評価指標として平均伝搬速度を用いた場合 (Fig. 12 (a) 右側) には、相対振幅自乗平均値を用いた場合と比較して、ひび割れの寸法の検出精度がかなり劣る傾向を示しており、特に試験体表面に対するひび割れ角度が急で、投影面積の小さいひび割れの場合は、モルタル部を伝搬した超音波とひび割れを迂回伝搬した超音波との伝搬距離の差が殆ど無いため、平均伝搬速度の差も小さく、ひび割れの検出が極めて困難になっているのがわかる。

次に鉄筋周りの充填不良部をモデル化した試験体 (Fig. 12 (b) 参照) については、内部探査の指標として相対振幅自乗平均値を用いた場合 (Fig. 12 (b) 左側) には、鉄筋と充填不良部 (発泡スチロール部) との寸法の違いを

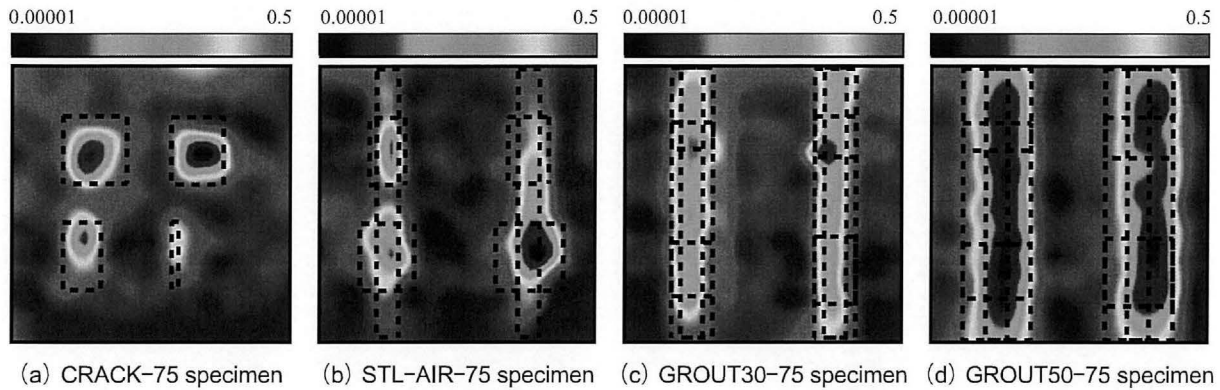


Fig. 13 Examples of internal evaluations by using squared product of average relative wave amplitude and average wave velocity

評価することは可能であるといえる。なお、鉄筋周りに充填不良部が存在しない位置において、鉄筋の存在を認識できていない領域が存在しているが、これは、鉄筋の直径が 16mm と細く鉄筋を迂回して伝搬した超音波の減衰も小さいため、超音波の伝搬経路に存在する鉄筋の影響を顕著には受けないことに因るものと考えられる。これに対して、内部探査の評価指標として平均伝搬速度を用いた場合 (Fig. 12(b) 右側) には、充填不良部 (発泡スチロール部) の評価は可能ではあるものの、その検出精度は相対振幅自乗平均値を用いた場合と比較して悪く、鉄筋周りの充填不良部においてもモルタル部の赤色に近づく傾向を示している。また、評価指標として平均伝搬速度を用いた場合は、鉄筋の存在を評価できていないが、これは前述のように鉄筋の直径が 16mm と細く、モルタル部を伝搬した超音波と鉄筋を迂回伝搬した超音波との伝搬距離の差が殆ど無いためと考えられる。

Fig. 12(c) および (d) はシース管内部のグラウト充填不良部をモデル化した試験体に関する内部探査結果をコンター図によって示したものである。これらの図によれば、内部探査の評価指標として相対振幅自乗平均値を用いた場合 (Fig. 12(c) および (d) の左側) には、シース管の内径に関わらず、シース管の寸法は良く評価できているのがわかる。ただし、前述したように、グラウトが充填されている箇所はシース管であっても、超音波がシース管に到達した時点で著しく減衰してしまうため、シース管内部のグラウト充填部と充填不良部 (発泡スチロール部) とを区別して評価することは困難であるといえる。また、内部探査の評価指標として平均伝搬速度を用いた場合 (Fig. 12(c) および (d) の右側) も、シース管の存在の評価は可能ではあるが、シース管内部のグラウト充填不良部 (発泡スチロール部) の探査は困難であることがわかる。特にシース管の内径が 30mm (Fig. 12(c) 参照) の内部探査結果は、内径が 50mm (Fig. 12(d) 参照) の場合と比べて、推定精度が更に低下する傾向を示している。

(2) 評価指標に振幅値と伝搬速度の積を用いた場合

Fig. 13 は無次元化した検出波形の相対振幅自乗平均値と平均伝搬速度の自乗積に着目した場合の内部探査結

果をコンター図によって示した例である。別報<sup>7)</sup>で示した初期欠陥として表面欠陥と内部欠陥を対象とした内部探査結果では、内部探査の評価指標として上述の相対振幅自乗平均値と平均伝搬速度を単独で用いた場合のそれぞれの欠点をそれらの自乗積を用いることで相互に相殺し、内部探査結果の精度向上することを報告したが、これらの図によると、相対振幅自乗平均値と平均伝搬速度を単独で用いた場合の平均的な内部探査結果となっていることがわかる。これは、前掲の Fig. 12 から明らかのように、本実験で対象とした内部探査結果では、何れも平均伝搬速度を評価指標として用いた場合よりも相対振幅自乗平均値を用いた場合の方が優れた内部探査結果となっているためと考えられる。

#### 4. 結論

本研究の結果はおおよそ以下のように纏められる。

- 1) コンクリート内部に発生したひび割れの探査を目的とする場合には、内部探査の評価指標として相対振幅自乗平均値を用いることによって、コンクリート表面に投影されるひび割れの投影面積を評価することは可能であるが、ひび割れの角度は評価できない。
- 2) RC 構造物の鉄筋周りの充填不良部の探査を目的とする場合には、内部探査の評価指標として相対振幅自乗平均値を用いることで、鉄筋位置および鉄筋周りの幅 4.5mm 以上の充填不良部の評価が可能である。
- 3) ポストテンション PC 構造物のシース管内部のグラウト充填不良部の探査を目的とする場合には、内部探査の評価指標として相対振幅自乗平均値を用いることによって、シース管の位置と寸法を評価することは可能であるが、グラウト充填不良部を評価することは内部探査の評価指標に関わらず困難である。

本実験および空中超音波に関する筆者らによる既往の実験<sup>4-7)</sup>では、何れも表面が平滑な試験体を用いているが、内部探査の評価指標として平均伝搬速度を用いると、厚さが 5mm 程度の表面欠陥の存在を精度良く評価できる結果が得られている<sup>6)</sup>ため、試験体表面の凹凸程度の差異によって探査結果が影響を受けることも考えられ

る。この点については今後詳細に検討する必要がある。

#### 謝辞：

本実験の実施および実験結果のデータ整理に際して多大なるご助力を得た愛知工業大学山田研究室学部生の安藤亮雅君および大野剛史君、並びに2次元自動走査型測定装置の試作に際してご協力を得たジャパンプローブ(株)の菊池和幸氏、三和機器製作所の鳴澤博之氏および(株)モデストの佐藤一平氏に対して謝意を表します。また、本研究費の一部は愛知工業大学教育・研究特別助成(研究)費を使用したことを付記し、謝意を表する。

#### 参考文献：

- 1) 関俊力、小野晃、山田和夫：弾性波トモグラフィ法によるコンクリートの内部探査の推定精度、コンクリート工学年次論文集、Vol. 34、No. 1、pp. 316-321 (2012)
- 2) 川嶋紘一郎、犬飼稔嗣、愛甲安富：空気超音波法によるコンクリートの非破壊評価、日本非破壊検査協会平成 21 年度春期講演大会梗概集、pp. 169-172 (2009)
- 3) 市橋清吾、河辺伸二：空気伝搬超音波による ALC パネルタイル張りの浮きの検知に関する研究、日本建築学会東海支部研究報告集、第 48 号、pp. 69-72 (2010)
- 4) 関俊力、瀬古繁喜、山田和夫：空中超音波法を適用したセメント系複合材料の内部探査の適用性、コンクリート工学年次論文集、Vol. 37、No. 1、pp. 1759-1764 (2015)
- 5) 関俊力、瀬古繁喜、山田和夫：コンクリートの内部探査を目的とした空中超音波法の適用性、第 70 回セメント技術大会講演要旨、pp. 30-31 (2016)
- 6) 金森藏司ほか：空中超音波法を適用したコンクリートの内部探査結果に及ぼす粗骨材および仕上げ材の影響に関する基礎的研究、第 71 回セメント技術大会講演要旨、pp. 148-149 (2017)
- 7) 金森藏司ほか：空中超音波法を適用したコンクリートの内部探査の精度向上に関する基礎的研究、コンクリート工学年次論文集、Vol. 40、No. 1、pp. 1647-1652 (2018)
- 8) 山田和夫ほか：弾性波トモグラフィ法によるコンクリートの内部探査に関する研究(波動伝搬特性に及ぼす介在物の影響)、第 73 回セメント技術大会講演要旨、pp. 250-251 (2019)

## FUNDAMENTAL STUDY ON INTERNAL EVALUATION OF CONCRETE BY USING AERIAL ULTRASONIC WAVE METHOD

Soju KANAMORI<sup>\*1</sup>, Toshikatsu SEKI<sup>\*2</sup>, Shigeki SEKO<sup>\*3</sup> and Kazuo YAMADA<sup>\*3</sup>

\*1 FUJITA CORPORATION, Department of Building Construction (4-25-2, Sendagaya, Shibuya-ku, Tokyo 151-8570, Japan)

\*2 AICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY, Graduate School of Engineering (1247, Yachigusa, Yagusa-cho, Toyota-shi, Aichi 470-0392, Japan)

\*3 AICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY, Department of Architecture, Faculty of Engineering (1247, Yachigusa, Yagusa-cho, Toyota-shi, Aichi 470-0392, Japan)

**ABSTRACT** : In this study, as a fundamental study on the applicability of the aerial ultrasonic wave method for evaluating the aged deterioration of concrete buildings, the accuracy of internal evaluation for the cracks and poor filling areas affecting the corrosion of reinforced steel bars and PC steel bars in the concrete buildings were examined. The following results were obtained in this study. By applying the aerial ultrasonic wave method proposed in this study, it was possible to evaluate the projected area of the cracks projected on the concrete surface, the filling defect area more than 4.5mm width around reinforced steel bar and the location of sheath tube. However, it was difficult to evaluate the angle of cracks, the location of reinforced steel bar and the filling defect area of grout in sheath tube regardless of the evaluating indexes.

**KEY WORDS** : Concrete, Non-destructive test, Internal evaluation, Aerial ultrasonic wave method, Automatic measurement, Average wave velocity, Amplitude