

音響インピーダンスの異なる2種類の介在物が埋設された  
コンクリート内部の波動伝搬特性に関する研究

愛知工業大学 工学部

○山田和夫

瀬古繁喜

愛知工業大学 大学院工学研究科

高橋拓也

関俊力

1. はじめに

筆者らは、先に弾性波トモグラフィ法による内部探査結果として、母材モルタルよりも伝搬速度の速い鉄鋼埋設部でも、弾性波は鉄鋼部を透過せずに迂回した初動波が検出され、見掛け上、鉄鋼部の伝搬速度が小さく推定される結果となる場合のあることを報告した<sup>1)</sup>。そのため、前報<sup>2)</sup>では、母材より伝搬速度の速い鉄鋼と遅い発泡スチロールが1個埋設されている場合を対象として、介在物近傍の弾性波の伝搬特性に及ぼす介在物、弾性波の入・検出位置の影響について検討を行った。本報では、引き続き、試験体内部に2種類の介在物が埋設されている試験体を対象として、実験的・解析的に検討を行った。

2. 実験方法

2.1 実験の概要

本実験では、表1および図1に示すように、2種類の介在物（寸法(厚さ×幅×長さ)：5×40×100および10×40×100mmの発泡スチロールと鉄鋼）が埋設された100×100×400mmのモルタル試験体(W/C=60%、骨材寸法=5mm)を使用し、介在物の埋設深さと設置間隔(図1参照)、並びに計測方向(+側計測および-側計測の2種類)を実験要因として取り上げて、試験体内部の介在物近傍における弾性波の波動伝搬特性について実験的に検討を行った。

2.2 計測方法

計測は、ファンクション・ジェネレータで発生させた弾性波(幅10μsの矩形パルス)を、高速バイポーラ電源によって約200Volに増幅した後、圧電式の弾性波入力用AEセンサ(共振周波数：約1MHz)を介して試験体の所定位置(図2に示すS1~S7の7箇所が1組)から弾性波を入力し、図2に示す検出位置(弾性波の入力位置から対面

するR1~R7と入力点隣接のR8の合計8箇所が1組)に設置した超小型圧電式加速度ピックアップ(上限周波数：25kHz)で検出した。同一試験体の計測は、図2に示す+側計測(ASAI1~ASAI4)と弾性波の入力・検出面を入れ替えた-側計測(FUKA1~FUKA4)の2方向で行った。

3. 解析方法

本解析では、図2に示す介在物が埋設されている試験体を対象として、弾性波の入力から検出に至るまでの波動伝搬特性を調査するために、2次元波動伝搬解析を行った。なお、本解析では、介在物と母材が完全結合している場合(弱層無しと略記)と介在物と母材が弱層を介して結合している場合(鉄鋼のみで弱層有りと略記)の解析を行い、弾性波動伝搬特性に及ぼす弱層の影響についても検討を行った。ただし、介在物と母材の界面に弱層を設けた解析では、弱層の厚さを1mmに設定した。

4. 結果とその考察

図3は、5mm厚の鉄鋼と10mm厚の発泡スチロールが30mm間隔で埋設されている試験体の介在物左端から弾性波を入力した場合の最短弾性波伝搬経路と弾性波入力点近傍に設置されたR8の検出波形の解析結果を界面弱層の有無別に示した例である。また、図4は、R8の波形

表1 実験の概要

試験体記号	試験体寸法(mm)	母材モルタル		埋設物詳細	
		W/C(%)	骨材寸法(mm)	種類	厚×幅×長(mm)
PLAIN	□100 × 400	60	5	—	—
V05S10				空洞	5×40×100
S05V10				鉄鋼	10×40×100
				空洞	10×40×100

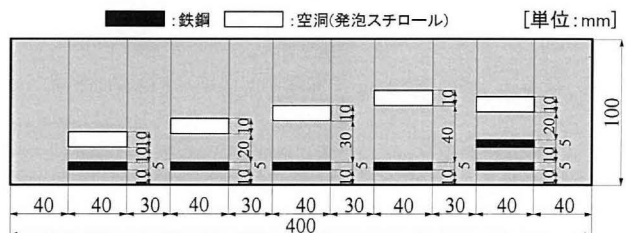


図1 試験体の形状・寸法の例

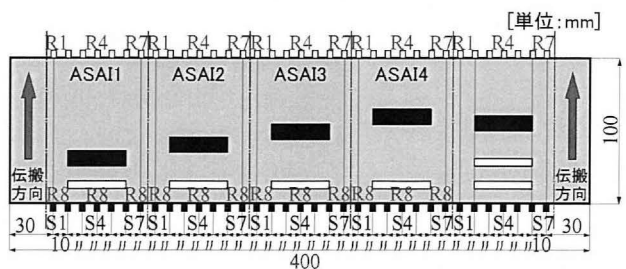


図2 入力・検出用ピックアップ設置位置の例(+側計測)

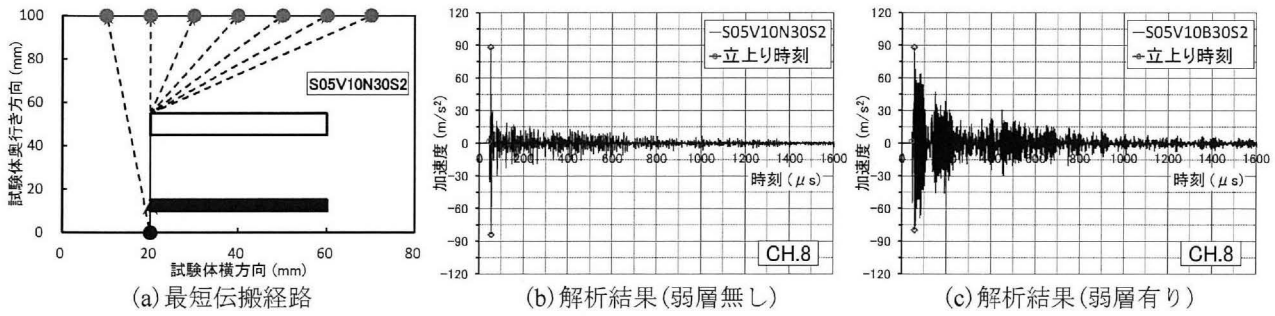


図3 鉄鋼と発泡スチロール埋設試験体の最短伝搬経路とR8の検出波形の解析結果の例  
(弾性波入力位置：介在物左端、5mm厚の鉄鋼と10mm厚の発泡スチロール、埋設深さ10mm、埋設間隔30mm)

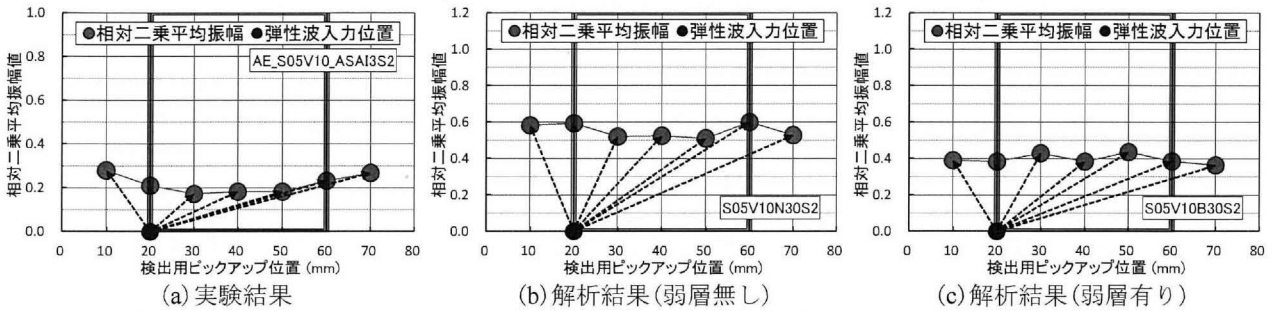


図4 鉄鋼と発泡スチロール埋設試験体の相対二乗平均振幅値の実験結果と解析結果との比較例  
(弾性波入力位置：介在物左端、5mm厚の鉄鋼と10mm厚の発泡スチロール、埋設深さ10mm、埋設間隔30mm)

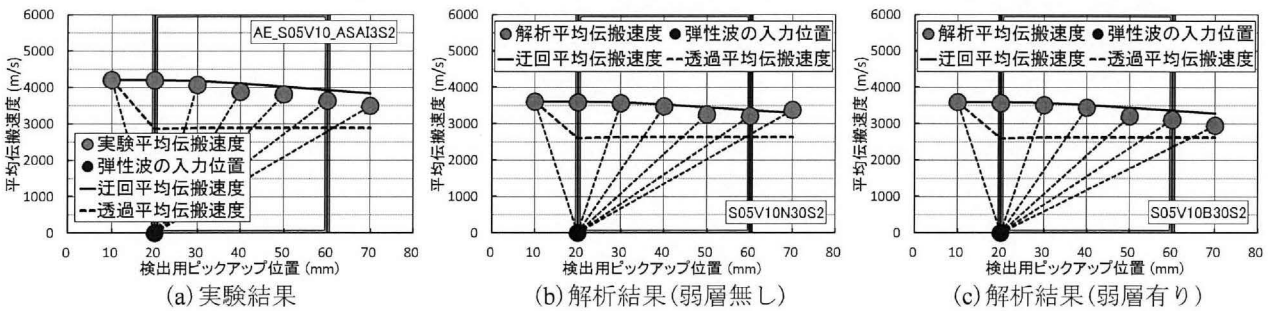


図5 鉄鋼と発泡スチロール埋設試験体の平均伝搬速度に関する実験結果と解析結果との比較例  
(弾性波入力位置：介在物左端、5mm厚の鉄鋼と10mm厚の発泡スチロール、埋設深さ10mm、埋設間隔30mm)

(図3(b)および(c))で無次元化した検出波形の相対二乗平均振幅値を示したものである。図によれば、鉄鋼界面に弱層があると、弱層が無い場合と比較して弱層面の弾性波反射率が大きく、かつ弾性波入力面間の多重反射が著しいため、入力位置近傍の検出波形の振幅は大きい、弱層界面の弾性波透過率は逆に小さいため、R1~R7の検出弾性波の相対二乗平均振幅値は小さくなっている。

図5は、前掲の図4と同じ鉄鋼と発泡スチロールが埋設されている試験体の平均伝搬速度に関する実験結果と解析結果を示した例である。図によれば、鉄鋼界面の弱層無しの解析結果は、最短迂回した弾性波の到達時間から算定される平均伝搬速度と良く一致する結果が得られているが、平均伝搬速度に関する実験結果および鉄鋼界面の弱層有りの解析結果は、何れも弾性波の伝搬距離が長くなる(図3(a)参照)に従って、介在物を最短迂回したと仮定して算定した平均伝搬速度よりも小さくなる傾向を示している。これは、実際の試験体でも母材モルタルと

鉄鋼の界面に弱層が存在していることを示唆している。

### 5. まとめ

本研究の結果、音響インピーダンスの小さい発泡スチロール面や鉄鋼界面の弱層面では、弾性波の透過率が小さいため、介在物の伝搬速度に関わらず最短迂回伝搬した弾性波が伝搬初動として検出されることがわかった。

### 【参考文献】

- 1) 山田和夫、瀬古繁喜、関俊力：弾性波トモグラフィ法によるコンクリートの内部探査結果に及ぼす欠陥種類の影響に関する研究、第72回セメント技術大会講演要旨、pp.144-145(2018)
- 2) 山田和夫、瀬古繁喜、関俊力：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)