

弾性波初動部を用いた PC 部材のグラウト未充填部検出の基礎検討

首都大学東京 学生会員 ○西村 桂一 正会員 大野 健太郎
首都大学東京 正会員 宇治 公隆 正会員 上野 敦

1. はじめに

プレストレストコンクリート (PC) 構造における, グラウトの充填不良による PC 鋼材の腐食は, 対象部材あるいは構造物全体の健全性に大きな影響を及ぼす. そのため, グラウトの充填状態を把握することが重要であり, 非破壊試験方法の活用が望まれている. 本研究では, 弾性波法によるグラウト未充填部検出の基礎検討として, 数値シミュレーションにより弾性波速度トモグラフィ法の適用性を検討した後, シース内のグラウト充填率を変化させた供試体に対する実験的検討を行った.

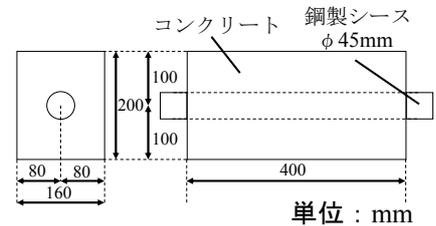


図-1 供試体寸法

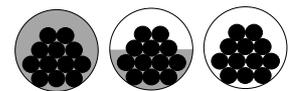


図-2 グラウト充填率

2. 実験概要

2.1 供試体概要

供試体寸法は図-1 に示すように, 高さ 200mm, 幅 160mm, 長さ 400mm とし, 供試体中央部に鋼製シース φ45mm を設置した. 鋼製シース内には, 図-2 に示すように, φ9mm×12 本の PC 鋼線を配置し, グラウト充填率を 0%, 50%, 100%とした供試体を作製した. なお, コンクリートの圧縮強度は 35.1N/mm², 弾性係数は 24.4kN/mm² (28 日湿布養生) である. センサ配置は図-3 に示すように, 25mm 間隔で一側面に 7 個ずつ配置し, 数値シミュレーションと実験供試体の配置条件を統一した.

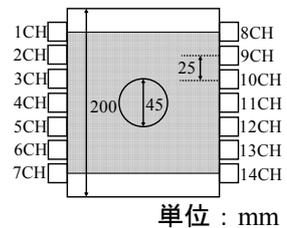


図-3 AE センサ配置

2.2 弾性波速度トモグラフィ法の概要

弾性波速度トモグラフィ法のフロー図を図-4 に示す. まず, センサ座標と各センサ間の到達時間差 (走時) を入力値とし, 計測領域の要素分割を行う. その後, 各要素の伝搬速度を要素内の波線の通過長さで重み付けした初期モデルを作成し, 計測領域内の速度分布を視覚的に表すことでコンクリート内部の状態を推定した.

2.3 数値シミュレーション概要

数値シミュレーションでは, コンクリート中の弾性波速度を 4000m/s と仮定し, 各センサ間の最短距離を弾性波が伝搬すると仮定し, センサ間における伝搬時間差を算出した. なお, グラウト充填率 0%では弾性波はシースを迂回, グラウト充填率 50%ではシース内の未充填部を迂回, グラウト充填率 100%では弾性波は透過すると仮定した. 本研究では, 弾性波計測の時間分解能が解析結果に与える影響を検討するため, 弾性波のサンプリング時間を実験の測定条件と一致させた 1μs, サンプリング間隔を短くした 10ns として数値シミュレーションを行った.

2.4 供試体での弾性波計測概要

弾性波法における空隙等の探査精度 (寸法) は, 入力周波数に反比例することが知られている¹⁾. 本実験では, 弾性波の入力に, 入力周波数が比較的低い鋼球 (直径 19.7mm) と比較的高周波であるシャープペンシルの芯圧折法を用い, 弾性波の検出には 60kHz 共振型 AE センサを用いた. 検出信号はプリアンプにて 40 dB 増幅させた後, サンプリング間隔を 1μs (測定機器の最大分解能), 1 波形を 4096 個の振幅値として記録した.

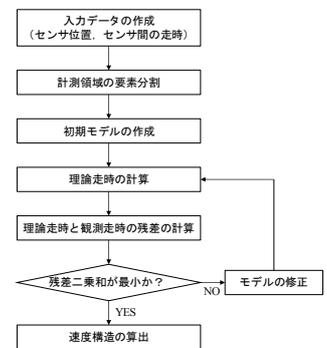


図-4 弾性波速度トモグラフィ法のフロー図

キーワード PC グラウト未充填, 衝撃弾性波法, 弾性波速度トモグラフィ法, 減衰トモグラフィ法

連絡先 〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 首都大学東京 TEL:042-677-1111 (代表)

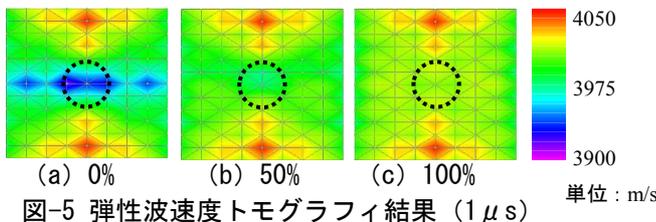


図-5 弾性波速度トモグラフィ結果 (1 μs)

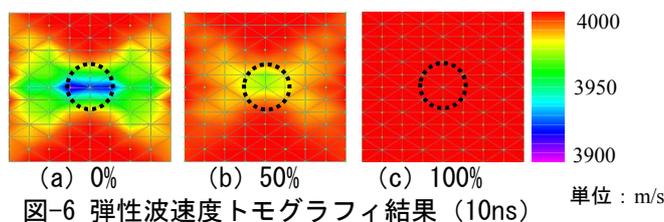


図-6 弾性波速度トモグラフィ結果 (10ns)

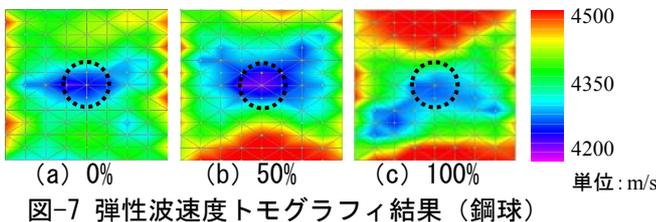


図-7 弾性波速度トモグラフィ結果 (鋼球)

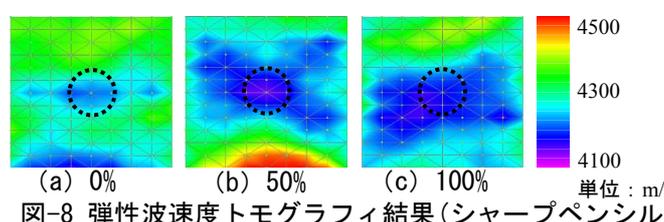


図-8 弾性波速度トモグラフィ結果 (シャープペンシル)

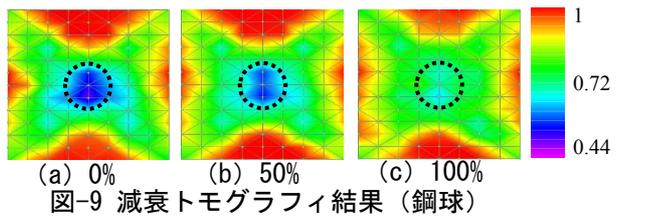


図-9 減衰トモグラフィ結果 (鋼球)

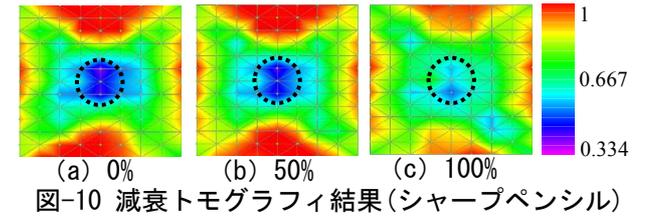


図-10 減衰トモグラフィ結果 (シャープペンシル)

3. 実験結果および考察

3.1 数値シミュレーション結果

図-5 にサンプリング間隔 1μs の弾性波速度トモグラフィ結果を、図-6 にサンプリング間隔 10ns の弾性波速度トモグラフィ結果をそれぞれ示す。両結果ともグラウト未充填部において弾性波速度が低下する傾向が得られた。サンプリング間隔 1μs ではグラウト充填率 50%において、シース付近に速度低下が認められず、グラウト未充填部検出が困難であるが、サンプリング間隔 10ns では未充填部に速度低下が現れている。よってより信頼性のある結果を得るには 10ns のサンプリング間隔が本実験供試体では必要である。

3.2 供試体実験の結果

図-7 に鋼球入力による弾性波速度トモグラフィ結果を、図-8 にシャープペンシル入力による弾性波速度トモグラフィ結果をそれぞれ示す。両結果ともグラウト未充填部において弾性波速度が低下しているが、グラウト充填率 100%においても、シース近傍に低速度領域が現れている。グラウト充填率 0%と 100%の結果において明瞭な差が認められず、弾性波速度を指標とした場合では、弾性波計測の時間分解能の制約により、グラウト未充填評価は困難である。

3.3 減衰トモグラフィ法による検討

本実験供試体寸法において弾性波速度でグラウト未充填部を評価することは困難であったため、弾性波初動振幅値の減衰率に着目して減衰トモグラフィ法を適用した。図-9 に鋼球入力による減衰トモグラフィ結果を、図-10 にシャープペンシル入力による減衰トモグラフィ結果をそれぞれ示す。両結果ともグラウト未充填部において減衰率が大きくなる傾向が得られ、グラウト未充填検出が可能であると考えられる。

4. まとめ

- (1)サンプリング間隔を 1μs および 10ns とした数値シミュレーションの結果から、弾性波速度を評価指標とする場合、より信頼性のある結果を得るには 10ns のサンプリング間隔が本実験供試体寸法では必要である。
- (2)測定機器の時間分解能を最大の 1μs とした本実験においても、弾性波速度を評価指標とした場合、数値シミュレーションでの結果同様、グラウト未充填部検出は困難となった。
- (3)評価指標を初動振幅値の減衰率とすることで、グラウト未充填部を評価できる可能性が示唆された。

参考文献

1) 榊原淳一, 山本督夫: 高周波の弾性波を用いた高精度地盤調査手法の開発, 土木学会論文集 C, Vol.65, No.1, pp.97-106, 2009.2