

滞水状態を考慮した PC グラウト充填評価手法の提案

福井大学 学生会員 ○石田 耀世
 福井大学 正会員 鈴木 啓悟
 (株)日本ピーエス 正会員 角田 貴也
 (株)日本ピーエス 天谷 公彦

1. はじめに

我が国においてプレストレストコンクリート (PC) 構造は多くの橋梁に適用され、現在では全橋梁の約45%を占める。PC構造の内、ポストテンション方式は長大橋梁や高速道路などの重要道路でも利用されている。ポストテンション方式ではPC鋼線の保護とPC鋼線とコンクリートの一体化の目的でグラウト充填を行うが、充填が不十分で水が浸入するとPC鋼線の腐食、さらには破断を招く原因となる。本研究はポストテンション型PC構造のシース内グラウト充填状況を把握するために、超音波を用いて充填、未充填、未充填滞水を可視的に把握する手法を提案する。

2. 線形化逆散乱解析による可視化

本研究ではキルヒホフ近似に基づく線形化逆散乱解析により、超音波探傷から得られた波形データを用いてコンクリート内部のシースの画像化を行う。逆散乱解析法は多点で計測された散乱波の積分表現を基に散乱波形から逆に欠陥の形状を再構成するための解析手法である(図1)。以下の式(1)に欠陥境界部を再構成するキルヒホフ逆散乱解析の再構成式を示す。理論上、対象を取り囲む全方向からの探傷波形を用いることが望ましいが試験体の探傷面が平面であることと探触子のサイズを考慮し、探傷は3箇所とした。

$$\gamma(x) = \sum_{t=1}^3 \frac{-2}{\pi^2} \int_0^{\infty} \frac{1}{u^0 k_L} A(k_L, \hat{y}_t) e^{2ik_L \hat{y}_t x} dk_L \quad (1)$$

3. 寄生的離散ウェーブレット変換による目的信号の抽出とノイズ低減

コンクリート試験体を超音波探傷し得られた波形はコンクリート内部の空隙や骨材によるノイズが含まれており、対象物の像が不鮮明になることがあるため、対象からの散乱波成分を抽出する必要がある。本研究では離散ウェーブレット変換(DWT)を応用した寄生的離散ウェーブレット変換(P-DWT)を用いる。目的情報を有する代表的信号を既存の離

散ウェーブレット変換で Detail と Approximation 信号へと分解²⁾し、さらに周波数領域信号へと変換する。この周波数領域信号が同領域のフィルタとして使われ、有効な目的信号が抽出可能となる。本研究では Approximation ベースのフィルタを用いる。

4. 超音波探傷試験

本研究で用いた試験体を図2に示す。試験体はφ26mmのシース管を有し、シース内が空洞、グラウト充填、滞水の3条件用意する。200kHz広帯域垂直探触子を用いて、試験体側面から二探触子法にて探傷を行う。また、一断面につき3回行った。探触子間隔は80mmとしてシース軸方向に6断面計測した。

5. 寄生フィルタの適用結果

未充填、滞水それぞれの波形データから寄生フィルタを作成し、画像のノイズを取り除いた。各寄生フィルタの周波数特性(図3)と未充填試験体に対し未充填フィルタを適用した前後の様子を図4に示す。

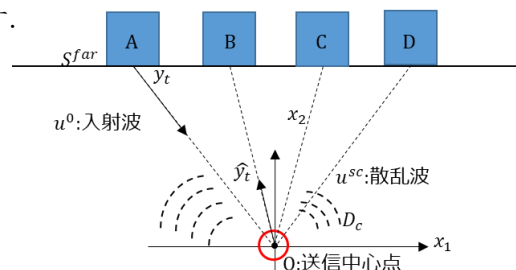


図1 線形化逆散乱解析の概要

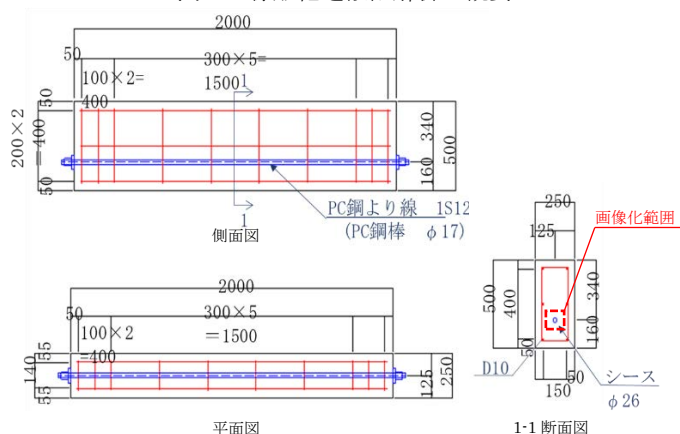


図2 試験体概要

キーワード プレストレストコンクリート 超音波探傷 線形化逆散乱解析

連絡先 福井大学 〒910-8507 福井県福井市文京 3-9-1 TEL : 0776-27-8596

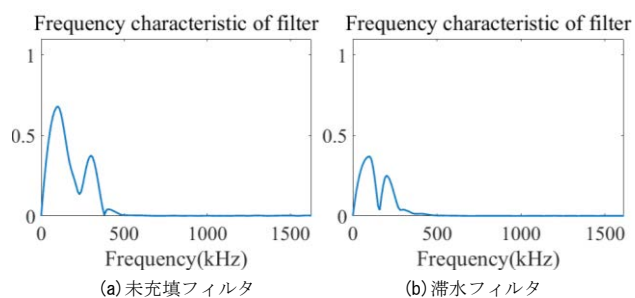


図3 フィルタ周波数特性

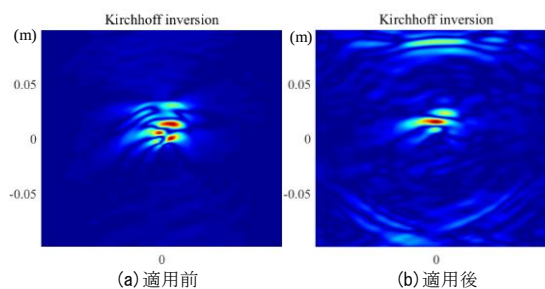


図4 未充填試験体未充填フィルタ適用

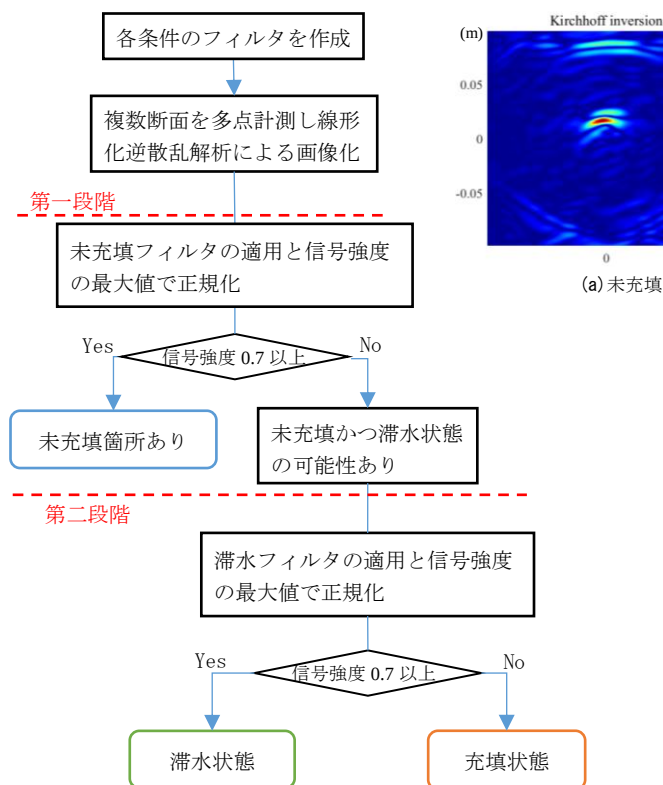


図5 シース内状態判別フロー

6. 信号強度と寄生フィルタによる判別

水、空気、グラウト、シース管材とそれぞれの音響インピーダンスの違いによって反射波の信号強度が異なる。その違いによって充填、滞水、未充填の順に信号強度が大きくなる。この性質を利用して信号強度の最大値で正規化することで画像上の差別化が可能であると考えられる。本実験の結果に基づき、図5に示すシース内部状態の判別フローを提案する。

【前処理】探傷を行う対象の未充填、滞水フィルタを作成しておく。

【第一段階】未充填か否かを判別するために未充填フィルタを適用し、未充填信号強度の最大値で正規化する。信号強度が0.7未満は未充填で滞水の可能性がある(図6)。

【第二段階】第一段階の信号強度が0.7未満のデー

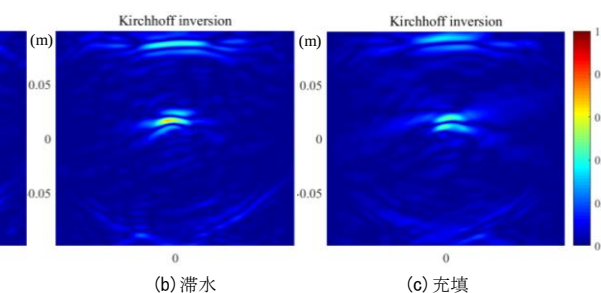


図6 第一段階可視的判別

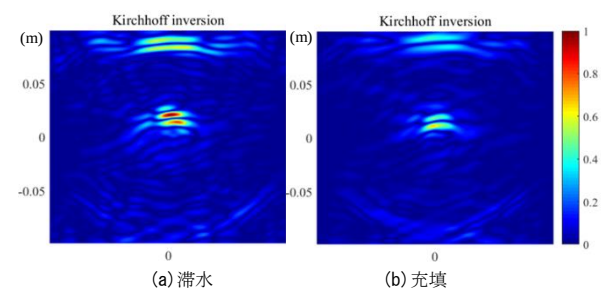


図7 第二段階可視的判別

タに対して滞水フィルタを適用し、滞水信号強度の最大値で正規化を行う。信号強度が0.7以上の場合は滞水の可能性がある(図7)。

7. まとめ

寄生的離散ウェーブレット変換処理を用いて、滞水状態、非滞水状態、の信号を抽出するフィルタを作成し、段階的に適用することで、シース管内の滞水、非滞水状態に応じたグラウト充填状態を判別することが可能である。

【参考文献】

- 鎌田敏郎, 内田慎哉, 角田蚩, 佐藤浩二: 実橋梁PC桁での非破壊試験によるPCグラウト充填評価方法に関する研究, 土木学会論文集E2(材料・コンクリート構造), Vol.68, No.4, pp.238-250, 2012.
- 角田貴也, 鈴木啓悟: コンクリート内在欠陥を対象とする線形化逆散乱解析の再構成像高精度化, 土木学会論文集A2(応用力学), Vol.75, No.1, pp.23-36, 2019.