

広帯域超音波法 (WUT) によるポストテンション式 PC グラウト充填評価法の検討

山口大学大学院	学生会員	○迫	美乃
(株) 日本ピーエス	正会員	福島	邦治
(株) エッチアンドビーシステム	正会員	木下	尚宜
(株) エッチアンドビーシステム	正会員	原	幹夫
山口大学大学院	正会員	吉武	勇

1.はじめに

我が国において、広帯域超音波法 (WUT) はポストテンション方式の PC 橋のグラウト充填状態を調査するために用いられる技術である。他の非破壊検査技術と比べると、WUT はコンクリートかぶり厚の深いものにも適用可能であり、比較的容易に操作可能な計測システムである。本研究では、WUT による PC グラウト充填判定の精度向上と、その基礎特性把握を目的に室内実験と現場実験を行った。

2. WUT を用いた充填調査方法

WUT の探査は、超音波発生装置、発信・受信探触子及び専用の解析ソフトウェアを用いて行われる。WUT では、調査対象位置で抽出した収録波 (時系列波) を周波数変換し、周波数の高低で充填判定を行う。実務では、波のピークが低周波帯域に存在する場合には「充填」、高周波帯域に存在する場合には「未充填」と判別している。しかし既往の研究によると充填判定の際に複数の周波数のピークがみられ、充填判定に至らない場合があることが分かっている。そこで本研究では、WUT の充填調査に使用するデータ抽出時間範囲、抽出時間の算定に影響を与える探触子間隔、以上 2 つのパラメータについて検討した。

3. WUT の特性に関する室内実験

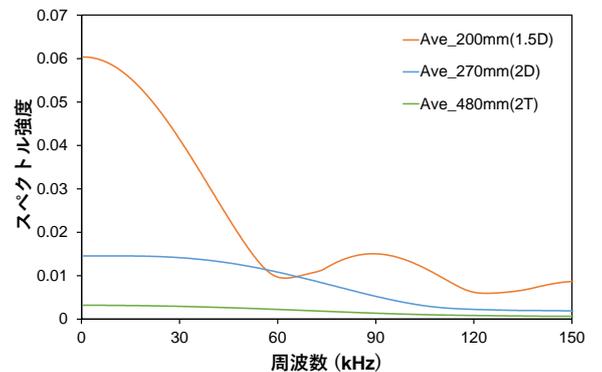
本研究では、既往の研究で作製されたグラウト未充填 (0%) シースを埋設した供試体 (以下、供試体 A) とグラウト充填 (100%) シースを埋設した供試体 (供試体 B) を用いた。

本実験は、2 つの探触子の間隔を変化させながら波形収録した。探触子間隔は、200mm (かぶり厚 (D) の 1.5 倍), 270mm (2D), 480mm (版厚 (T) の 2 倍) とした。加えて、本研究では供試体 A、供試体 B に対して周波数変換を行わず、時系列波のみでの充填判定についても検討した。

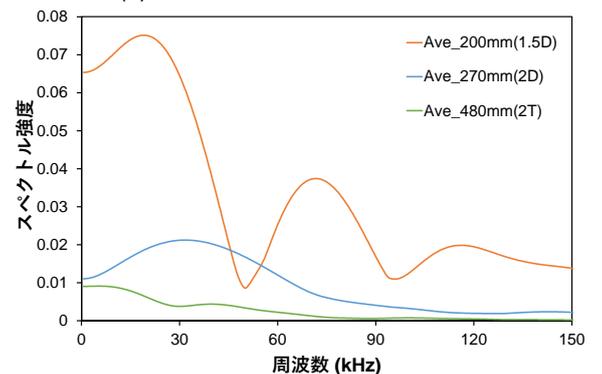
3.1 周波数解析

本周波数解析は、供試体 A のみについてシース相当位置で行

った。図-1 にスペクトル強度一周波数のグラフを示す。探触子間隔 2D のとき、(a) ではピークがみられないが、



(a) 抽出時間変更なしの解析結果



(b) 抽出時間を変更した後の解析結果

図-1 スペクトル強度と周波数

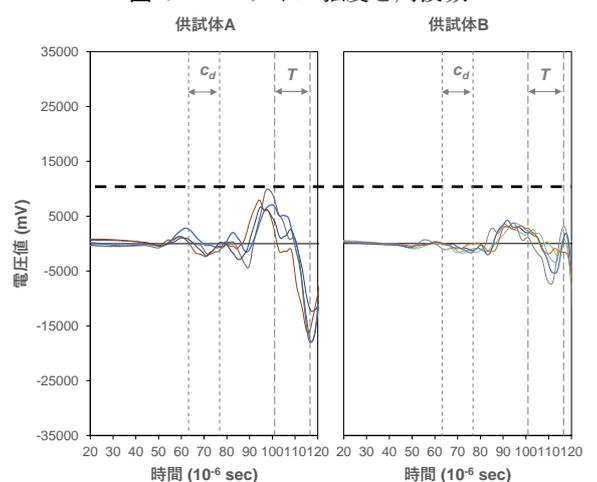


図-2 観測した電圧値の比較

時間変更した (b) では、明瞭なピークを示した。これは周波数変換の誤差を低減できたためと考えられ、抽出する時間を適切に変更することで充填判定の評価に影響を与えることが分かった。さらに探触子間隔を過剰に上げると反射波の情報を受信できなくなることが考えられ、かぶり厚に応じた最適間隔を設定する必要がある。

3.2 時系列波による解析

図-1 (a) の 0kHz が卓越する結果より、変換誤差の発生がない、時系列波に着目した。グラウト充填・未充填の電圧値の比較をしたグラフを図-2 に示す。グラフ上の C_d はシース相当位置、 T は版厚相当位置を指す。グラウトの充填状況によって電圧値が変化する結果となり、特に版厚相当位置 T の範囲で電圧差が顕著となった。さらに探触子間隔 2D の時にグラウト充填判定を行う上で最も顕著な違いを示し、2D が最適間隔と考えられた。本研究より時系列波もグラウト状態の推定に有用と判断された。

4. 現場実験

本現場実験は、室内実験での結果を検証するために実橋を対象とした。本実験はグラウト状態が既知の充填/未充填桁で行った。計測方法は、探触子間隔を 150mm (2D), 200mm (2.5D) 及び 226mm (3D) として、室内実験と同様に間隔を変化させながら実施した。

4.1 周波数解析

充填桁と未充填桁に関する正規化したスペクトル強度一周波数を図-3 に示す。探触子間隔 2D の場合、充填桁では 44kHz で、未充填桁では 60kHz でピークを示し、実際のグラウト充填状況と最もよく整合した。また室内実験同様、抽出する時間の範囲を変更することで周波数が実際の充填状況と合致した。

4.2 時系列波による解析

室内実験と同様、時系列波を比較した。探触子間隔 2D の時の各桁で観測された時系列波を図-4 に示す。本実験においても、グラウトの有無で電圧値に顕著な違いを示した。特に、未充填桁ではより多くの波数と大きな電圧値が計測された。原因としては音響インピーダンスの違いより、充填シースと比較して大きな反射となること、また強度の大きな波の干渉によるピーク数の増加が考えられた。

5. 結論

- 充填判定を行うための探触子間隔は、シースのかぶり厚によって変える必要があり、一般的な PC 桁に関してはかぶり厚の 2 倍が最適な探触子間隔である。
- 従来の周波数解析に加えて時系列波の分析も併用することで、グラウト充填評価の精度を向上できる。
- シースの中のグラウトの状態を評価するためには、反射波の抽出する時間の範囲を検討する必要がある。

参考文献

1) 福島邦治, 木下尚宜, 原 幹夫, 吉武 勇: 端面反射波の影響を考慮した広帯域超音波法 (WUT) による PC グラウト充填探査の精度向上, 土木学会論文集 E2, Vol.76, No.4, pp.283-292, 2020.10.

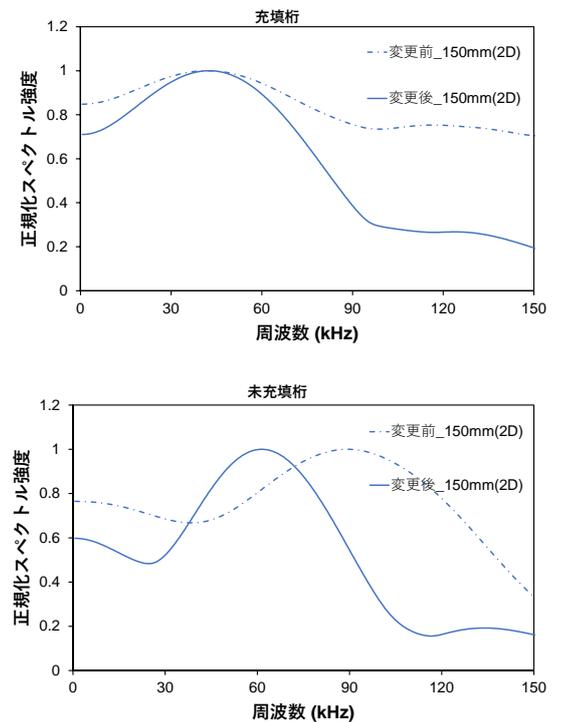
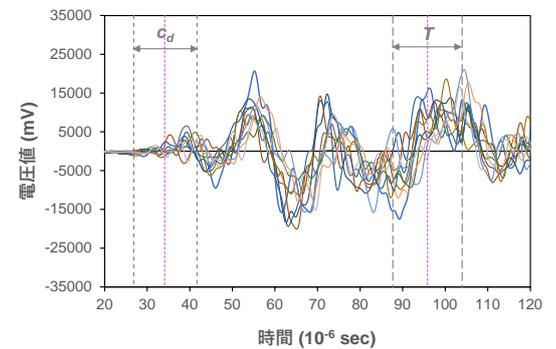
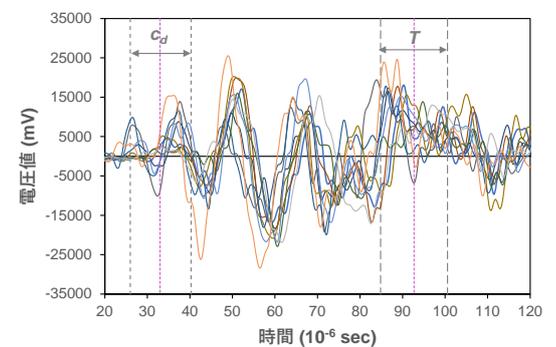


図-3 正規化スペクトル強度-周波数



(a) 充填桁



(b) 未充填桁

図-4 2D での充填桁と未充填桁の時系列波