広帯域超音波法（WUT）を用いた PC グラウト充填調査法の検討

山口大学大学院　学生会員　○山田　浩司
(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
山口大学大学院　正会員　吉武　勇

1. はじめに

広帯域超音波法(以下，WUT)は，実橋梁の PC グラウト充填調査に使用されている．しかし，既往の調査では，330 箇所の PC グラウトの充填判定に対して 150 箇所で PC グラウトの充填確認に至らなかったことが報告されている[1)]．これは，WUT による PC グラウトの充填判定が経験則によって行われていることが一因として考えられる．本研究では，WUT による PC グラウトの調査方法の効率化と精度向上のため，PC グラウトの充填状況が既知の実大 PC はり供試体を用いて，WUT の調査方法の違いによって PC グラウトの充填判定に与える影響について実験的に検討した．

2. WUT による PC グラウトの充填調査方法

WUT による PC グラウトの充填調査方法を**図-1** に示す．シース相当位置のコンクリート表面に接触子媒体(シリカ系ジェル)を塗布した発信・受信探触子を設置し，探触子の間隔を一定に保ちながら計測を行う．現状では発信・受信探触子をコンクリート表面上でシースに沿って移動させ計 4 点の多点計測を行い，各測点でのシース反射波を解析ソフトウェア上で加算平均し，得られた波形から充填判定を行っている．実際に充填判定に用いた波形を**図-2** および**図-3** に例示する．70kHz 程度以上の周波数の波形が卓越する場合には未充填，40kHz 程度以下の周波数の波形が卓越している場合には充填と判定する．

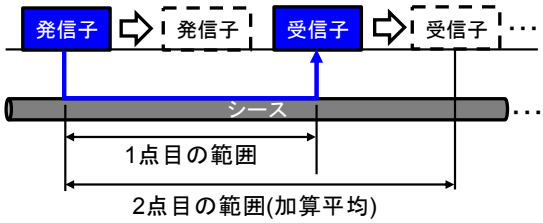

図-1　WUT の調査方法(多点計測法)

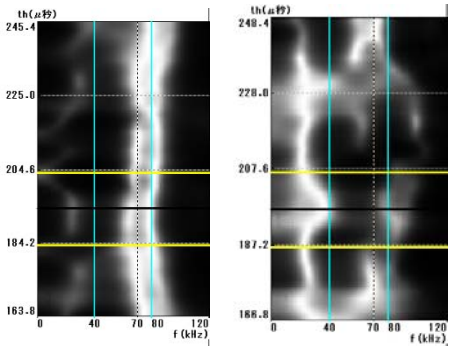

図-2　未充填波形

図-3　充填波形

3. 実験方法

本実験では，T 桁状の PC はり供試体を使用した．供試体の側面図および断面図を**図-4** に示す. PC ケーブルは**図-4** に示すような配置であり，シース内径は 65mm である．コンクリート部材厚が 340mm の中間部の C1 ケーブルにおいて WUT による PC グラウト充填調査を行った．発信・受信探触子の間隔を 500mm とし，発

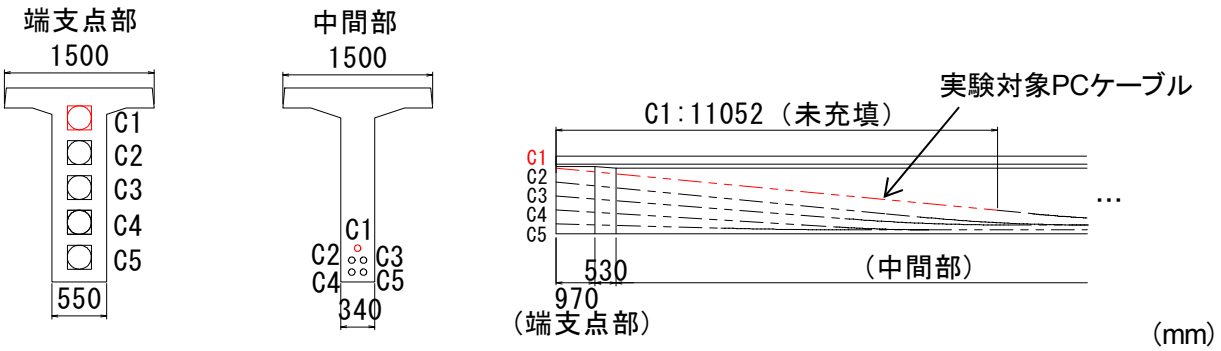

図-4　供試体側面図および断面図

キーワード　非破壊検査，広帯域超音波法，PC グラウト，多点計測
連絡先　〒755-8611　山口県宇部市常盤台 2-16-1　TEL：0836-85-9306

信・受信探触子を C1 ケーブルに沿って移動させ，計 31 点の連続的な測定を PC グラウト未充填区間(桁端部から 11052mm)で実施した．WUT による PC グラウト充填調査の再現性を確認するため，同一点で 2 回計測を行った．これまで 4 点計測の加算平均で充填判定を行ってきたが，測点数の違いにより充填判定に与える影響を検討するため，加算平均する合計の測点数を 1 点～6 点と変化させ，実際の充填状況とのキャリブレーションを行った．なお本実験では 40kHz を閾値とし，スペクトルの最大値が 40kHz 以上を未充填, 40kHz 以下を充填として評価した．実験で得られた波形の一例(2 点加算平均)を**図-5** に示す．**図-5** に示す例では，加算平均した波形のスペクトルの最大値が 20kHz 付近で卓越していることから充填と判定した．

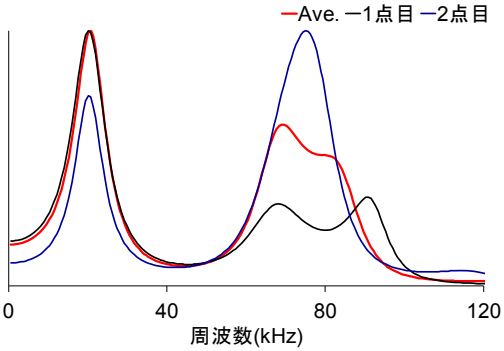

図-5　解析波形例

4. 結果と考察

同一点で 2 回計測を行い，得られた電圧値を**式(1)**によって累積積分した結果の一例を**図-6** に示す．なお，電圧値とは時系列波形を再現するための無次元値である．

$$\int(Vt_n)dt = \frac{Vt_n+Vt_{n-1}}{2}\cdot(t_n - t_{n-1}) + \int(Vt_{n-1})dt \qquad (1)$$

ここに，Vt_n：時間 t_n における電圧値，Vt_{n-1}：時間 t_{n-1} における電圧値，t_n：n 点までの到達時間(μs)，t_{n-1}：n-1 点までの到達時間(μs)を表す．

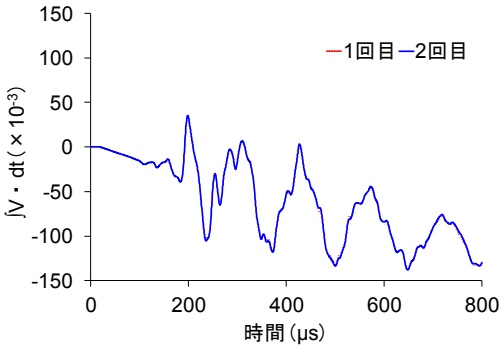

図-6　同点における累積積分結果例

図-6 に示すように，2 回の測定結果の累積積分値が同様の傾向であり，測定を行った全ての点において同値の積分結果が得られた．このことより，WUT の測定による再現性は優れていることがわかる．測定を行った未充填区間における未充填検出割合(以下，検出率)を**図-7** に示す．1 点のみで充填評価を行った場合よりも，2 点を加算平均した方が検出率は高くなった．しかしながら，3 点～6 点を加算平均した場合では，加算平均する測点が増加するにともなって，未充填の検出率が減少していく傾向にあった．これは，加算平均する測点を増加させることで，コンクリート表面や鉄筋などからの妨害波によるイレギュラーな要素を含む可能性が高くなるためと考えられる．また，従来行われてきた 4 点加算平均による検出率は 50%であった．最も検出率が高かったのは 2 点加算平均で充填評価をした場合であり，検出率は 70%であった．このことより，WUT によって PC グラウトの充填調査を行う場合，従来の 4 点加算平均より，2 点加算平均で充填判定を行った方が，未充填箇所の同定が詳細に行え，未充填箇所の検出精度を向上できるものと考えられる．

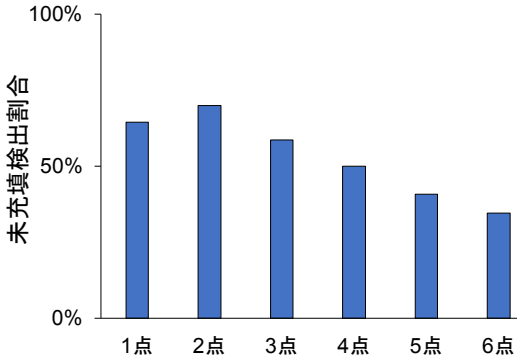

図-7　未充填検出割合(未充填部)

5. まとめ

(1) WUT によって同一点に対して 2 回計測を行い，累積積分した結果，同値の積分結果が得られたことから，WUT による PC グラウト充填調査の再現性が確認された．

(2) PC グラウト充填判定に用いる加算平均の測点数を変えたところ，2 点加算平均による検出率が 70%と最も高い結果を示し，3 点加算を超えた多点計測では，測点数の増加にともなって検出率が減少した．

参考文献

1) 濱岡弘二，青木圭一，原　幹夫，木下尚宜：広帯域超音波法を用いた PC グラウトの充填調査，プレストレストコンクリート，Vol.56，pp.35-40，2014.