

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について

(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

PC桁を対象とした広帯域超音波法（Wide-Range Ultrasonic Testing: WUT）では、部材端面からの反射波の影響によって、グラウト充填判定が困難になると指摘されている¹⁾。本研究では、WUTのPCグラウト充填探査の精度向上を目的に、シースのかぶり厚を模擬したコンクリート版を用いて、グラウト充填・未充填シーすからの反射波（以降、シーす反射波と称す）および部材端面からの反射波（以降、端面反射波と称す）を分析し、端面反射波の影響を考慮したWUTのPCグラウト充填判定法を提案するものである。

2. 実験概要

本研究では、部材厚（版厚）、シースの有無、シース内のグラウト充填率をパラメータとして図-1 および表-1 に示す 4 つのコンクリート供試体を製作した。鋼製シースは 0.8 mm 厚、内径 65 mm、外径 70 mm を使用し、シース反射波と端面反射波との経路差をできるだけ小さくするため、部材厚中心から 50mm 偏心配置した。なお、シース反射波と端面反射波のみを検出するため、部材内部は無筋とした。図-2 に WUT 使用機器を示す。

3. 計測方法

反射波を計測するにあたり、探触子をシース直上および供試体表面に圧着した。本実験では探触子間隔 a を200 mmとした。計測・解析用パソコンで制御しながら、発信探触子からパルス波を発信し、受信探触子で4096点（ $=2^{12}$ ）の反射波のデータを収録した。計測精度を高めるため、シースを含む供試体A・Bを用いた実験では、探触子間隔200 mmを保持したまま、シース直上で探触子位置をスライドさせ、合計8測点で計測を行った。

4. 評価方法

本実験ではサンプリング周波数を 2.5 MHz とし、印加電圧は 150 V および 300 V とした。各供試体で得られ

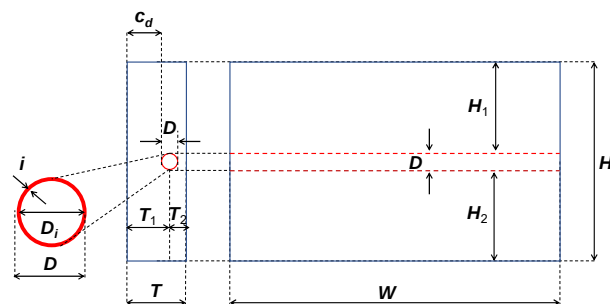


図-1 実験供試体の概略図

表-1 実験供試体の詳細

Unit: mm	A T240NS	B T240FS	C T240	D T135
<i>Wide</i>	1500	1500	1200	1200
<i>High</i>	900	900	600	600
$H_1(H_2)$	415(415)	415(415)	300(300)	300(300)
<i>Thick</i>	240	240	240	135
T_1	170	170	-	-
T_2	70	70	-	-
c_d	135	135	-	-
Grout	No(0%)	Yes(100%)	-	-



图-2 WUT 装置

た時系列波形は、シースおよび部材厚の相当位置で抽出し、高速フーリエ変換して反射波スペクトル強度を求めた。一般的に WUT では時系列波形を加算してシース反射波のみを増幅させる多点計測法が用いられているが、本研究では個々の計測波の特徴を詳細に分析するため、加算せずに各々の周波数スペクトルピークと周波数値に着目して評価を試みた。

5. シース反射波の周波数スペクトル結果

供試体 A・B のシース反射波による正規化した周波数

キーワード 非破壊検査, 広帯域超音波法 (WUT), PC グラウト充填調査, 周波数

連絡先 〒812-0016 福岡県福岡市博多区博多駅南 3-7-10 エステイビル 2 階 TEL : 092-292-6408

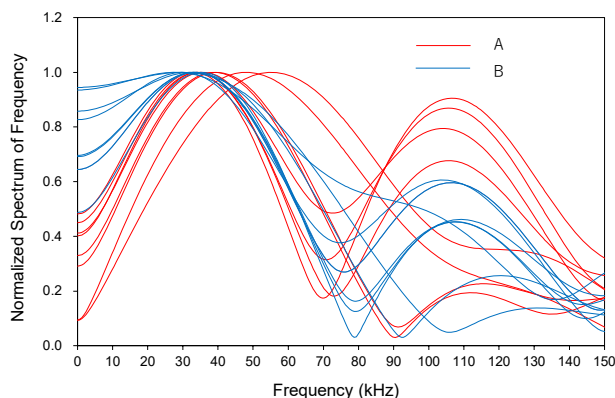


図-3 シース反射波の正規化周波数スペクトル
(供試体 A・B)

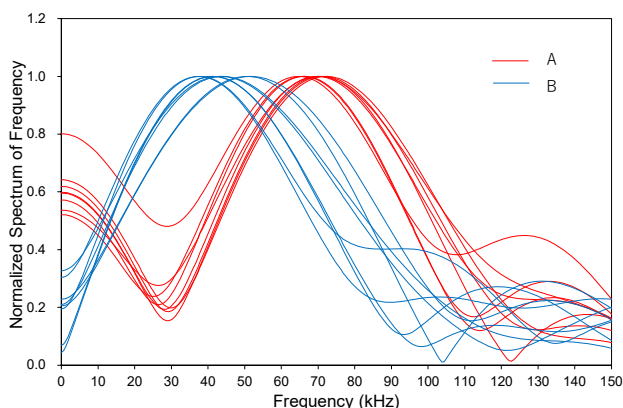


図-4 版厚反射波の正規化周波数スペクトル
(供試体 A・B)

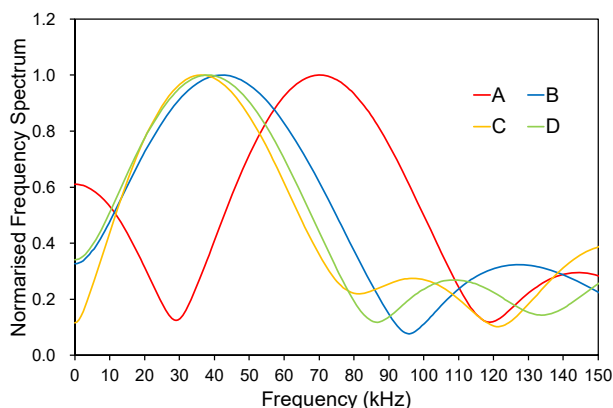


図-5 端面反射波の正規化周波数スペクトルの比較
(供試体 A・B・C・D)

スペクトル分布を図-3 に示す。充填シースを設けた供試体 B では、平均 33 kHz 程度の低周波帯域にピーク周波数がみられる反射波が得られた。一方、未充填シースを設けた供試体 A では、供試体 B でみられたような卓越したピーク周波数が確認できず、ピーク周波数帯域の比較のみでグラウト充填・未充填を判定することは本実験においては適当でないと判断した。

6. 版厚反射波の周波数スペクトル結果

未充填・充填シースを埋設した供試体 A・B の版厚位置からの端面反射波を正規化した周波数スペクトル分

布を図-4 に示す。充填シースを埋設した供試体 B では、平均 44 kHz でピークが得られたが、未充填シースを埋設した供試体 A では、平均 69 kHz 程度と高い周波数帯域の反射波が多くみられた。これは、版厚を往復する反射波に加えて、より短い時間で収録される未充填シースからの反射波の成分も加わるため、結果的に高周波成分が増加したものと考えられる。

次に、全ての供試体 A・B・C・D の端面反射波による正規化した周波数スペクトルを図-5 に示す。コンクリート単身の供試体 C・D は、いずれもグラウト充填シースを含む供試体 B の平均値 44 kHz と同程度に、それぞれ 37 kHz・38 kHz 付近でピーク周波数がみられた。これに対して、未充填シースが設置された供試体 A のピーク周波数は、高周波域へシフトし、平均 69 kHz でピークを示している。これらの結果より、充填シースを含むコンクリート部材では、シースを含まないコンクリート単身とほぼ同様の周波数分布を示し、シース内に未充填部が内在すると、その反射波にはより高周波成分が多くなる傾向があることがわかった。

7. まとめ

本研究の範囲内で得られた結論を以下に列挙する。

- (1) シース反射波について周波数解析を行ったところ、未充填・充填シースともに低周波域でピークがみられ、さらに未充填シースでは比較的高い周波数域の顕著なピークがみられた。シース反射波の周波数ピークのみではグラウト充填判定が困難な場合もあることがわかった。
- (2) 充填シースを含むコンクリート版の端面反射波をみると、平均 44 kHz でピークを示し、コンクリート単味の版厚反射波の周波数ピーク 37・38 kHz とほぼ一致した。一方、未充填シースを含む場合、反射波の周波数ピークは平均 69 kHz を示し、充填シースの場合と比較して高い傾向がみられた。
- (3) 充填・未充填によらず端面反射波は、シース反射波に比べてピーク周波数が明瞭である。このことから、シース反射波に加えて端面反射波の周波数分布をグラウト充填判定に用いることで、その精度向上が期待できる。

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，No.6，pp.35-40，2014。