

広帯域超音波法（WUT）を用いた未充填小径シースの反射波特性について

(株)日本ピーエス 正会員 ○福島 邦治
 (株)日本ピーエス 永山 貴之
 (株)日本ピーエス 中井 太樹

1. はじめに

広帯域超音波法（以下、WUT）は、ポストテンション方式のPC橋のPCグラウト充填調査に用いられている。既往の研究によればPC鋼棒の充填判定が他の鋼材種別と比較して難しいことが示されている¹⁾。これは、PC鋼棒に用いられている鋼製シースが小径で反射波強度が小さいためと考えられる。そこで、本研究では、小径シースで反射する超音波（弾性波）の特性を把握し、充填判定精度を向上させるため、建設中の斜材付きπ型ラーメン橋の斜材PC鋼材（シース内径φ45mm）を対象として基礎的実験を行った。橋梁の概要を図-1に示す。



図-1 調査対象橋梁の概要

2. 実験方法

計測には、図-2に示すWUTのPCグラウト調査機器を用いた。斜材は400×2700×11460mmで、PC鋼材として1S28.6が部材中心に2本設置されている。計測では、PCグラウト注入前の未充填シース直上に発信探触子と受信探触子を設置して波形の収録を行った。探触子の中心間隔はシースかぶり厚177.5mm(D)の2倍の355mmとした。未充填シースからの反射波の影響を検証するため、探触子をシースに平行に10mmずつ移動させて合計10点で計測を行った。計測概要と計測条件を図-3に示す。



図-2 機器構成

3. 実験結果および考察

3.1 時刻歴波形・ピーク周波数

収録した電圧と時間で表される時系列波形を図-4に示す。弾性波速度と超音波の伝播経路から算出したシース相当位置をCd、斜材の部材端面で反射する版厚相当位置をTで示した。シース直上の測点0と最もシースから距離のある測点9を比較すると電圧値の最大値に有意な差は見られなかった。未充填シースの空隙部では、音響インピーダンスの差によって弾性波が全反射するが、本実験ではかぶり厚に対してシース直径が小さいため、明瞭な電圧差が発生しなかったと考えられる。電圧値のピークに着目するとシース相当位置までは、両者の波形が概ね一致していることが分かる。一方、150~220μsでは、ピーク位置に明確な変化が見られた。図-5にスペクトル強度と周波数からなる周波数分布を示す。WUTを用いたPCグラウト充填調査では、対象となるシース相当位置で時系列波形を切り出して周波数解析を行うが²⁾、本研究ではシース相当位置の時系列波形に明瞭な差が見られなかったことから、波形の切り出しを行わずに収録波を全て周波数変換した。シース上

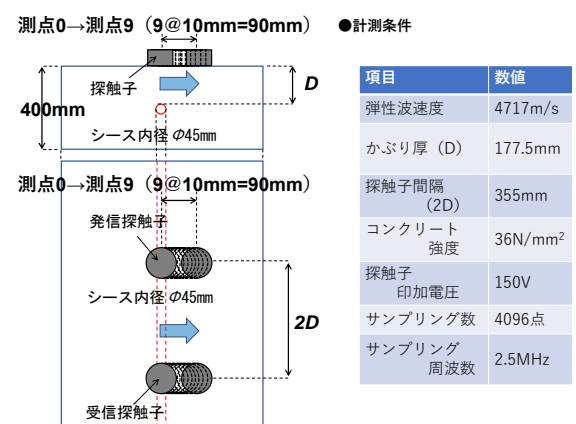


図-3 計測概要と計測条件

キーワード PCグラウト, プレストレストコンクリート橋, 広帯域超音波法 (WUT), 反射波, 周波数
 連絡先 〒812-0016 福岡市博多区博多駅南3丁目7-10 エスティービル2F TEL092-292-6408

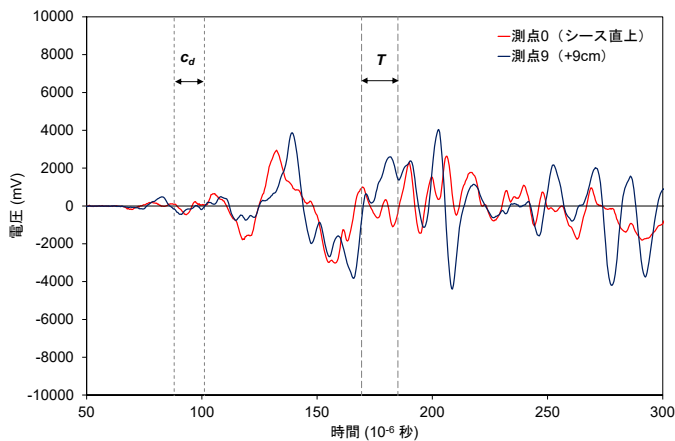


図-4 測点0と測点9における時系列波形

の測点0と測点9では、40～70kHzのピーク周波数に差が生じていることが分かる。

3.2 スペクトル重心の算出

図-5に示すように測点0と測点9の周波数分布では複数のピークが確認された。本研究では分布における周波数差を定量的に検証するため、スペクトル強度と周波数の積からスペクトル重心 S_C を算出した。算出式を(1)に示す。

$$S_C = \sum_{i=1}^n \frac{f_i \cdot y_i}{y_i} \quad (1)$$

ここで n はサンプリング数、 f_i は各点における周波数、 y_i は各点におけるスペクトル強度である。

図-6にスペクトル重心の算出結果を示す。測点0では292kHz、測点6～測点9ではいずれも219kHzの周波数が得られた。シース直上の測点0で最も周波数が高く、探触子がシース中心から移動するに従って周波数は一定の値を示し、その差は73kHzであった。WUTを用いたグラウト充填調査では、30～50kHzの周波数差を用いて充填/未充填の判定を行っている。本研究のスペクトル重心を用いることで充填判定が容易となる可能性が示唆された。

4. まとめ

反射波強度の小さい小径シースを対象として基礎実験を行った。その結果、以下の知見が得られた。

- (1) 反射波の時系列波形では、測点間の電圧値に顕著な差が見られなかった。部材厚およびかぶり厚に対してシース径が小さいことが一因と考えられる。一方、時系列波の形状には差が認められた。
- (2) 反射波の周波数分布では、40～70kHzで明確な差が見られた。
- (3) 反射波の周波数分布に対してスペクトル重心を算出した結果、シース直上の測点0と測点9では73kHzの周波数差となった。未充填シース上の反射波には高周波成分が含まれることが分かった。
- (4) 充填判定が困難な小径シースに対しては、周波数分布のスペクトル重心を用いることで充填/未充填の判定が容易となる可能性がある。

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, pp.35-40, 2014.
- 2) 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 グラウト充填調査の精度向上, 土木学会論文集 E2, Vol.76, No.4, pp.283-292, 2020.

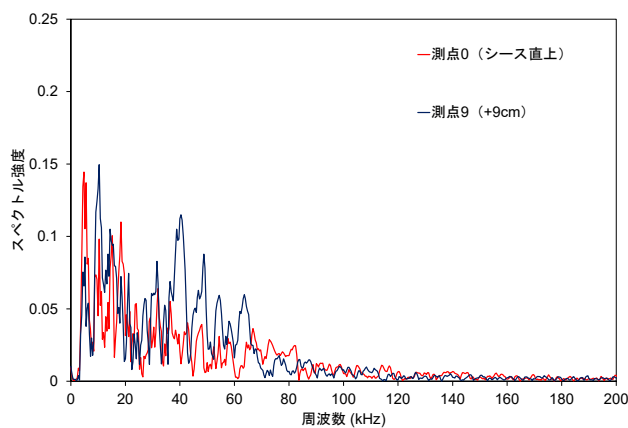


図-5 測点0と測点9における周波数分布

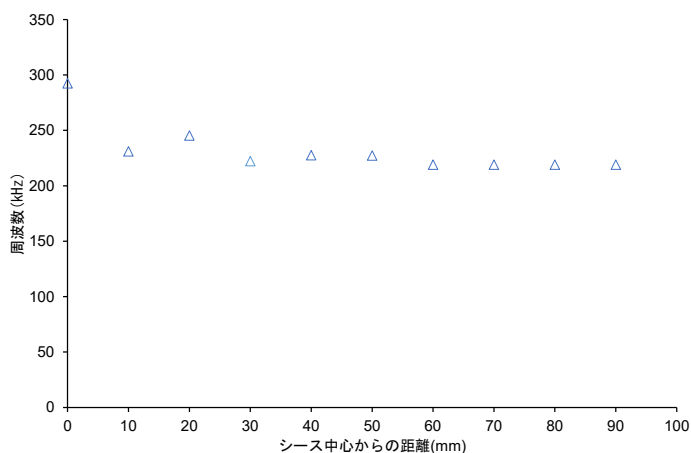


図-6 スペクトル重心