

大阪大学工学部 学生員 ○前田 洋祐
大阪大学大学院工学研究科 正会員 鎌田 敏郎

佐賀大学大学院工学系研究科 正会員 内田 慎哉
学生員 李 興洙 学生員 西上 康平

1. はじめに

ポストテンション方式の PC 構造物におけるシース内部のグラウト未充填箇所を検出する手法の一つに、衝撃弾性波法がある。Sansalone ら¹⁾は、空隙までの深さに対する空隙の大きさの比が 0.25 以上であれば空隙の検出が可能であると指摘している。しかしながら、これは空隙を板状と模擬した解析結果に基づく結果であり、空隙形状の異なるグラウト充填評価への適用妥当性については不明確である。

そこで、本研究では、シース直径および深さに複数のバリエーションを有する 3 体の供試体を対象に、衝撃弾性波法による PC グラウト充填状況の評価手法を適用し、評価可能範囲（直径と深さとの関係）を把握するとともに、そこで得られた評価可能範囲を拡張するための新しい評価手法を構築することを目的とした。

2. PC グラウト充填状況の評価可能範囲の把握

2.1 実験概要

写真-1 に示す供試体 3 体を対象に計測を行った。各供試体には外径の異なる鋼製シースがそれぞれ 4 本ずつ、深さにバリエーションをそれぞれ持たせて埋設した。写真-2 に衝撃弾性波法による計測状況を示す。弾性波の入力には、上限周波数がシース直径（以降、空隙）に相当する理論上の共振周波数（以降、縦波共振周波数）を十分に上回る直径を有する鋼球を適宜使用し、受信には 30kHz まで応答感度がフラットな加速度センサを用いた。なお、周波数スペクトルの算出の際に使用した周波数分析手法は、高速フーリエ変換（以降、FFT）である。

2.2 実験結果および考察

図-1 に全計測点での結果を示す。図中の●印は、縦波共振周波数の位置に単独のピークが出現したものであり（図-2 (a)）、▲印は縦波共振周波数の位置にピークが出現しているものの、それ以外の周波数範囲においても同程度のピークが観察されたもの（図-2 (b)）、×印は縦波共振周波数の位置にピークが出現し

なかったもの（図-2 (c)）である。図-1 中では、これらをそれぞれ「評価可能」、「概ね評価可能」および「評価困難」と表記した。図より、既往の研究で指摘されている指標が 0.25 以上であっても空隙の検出が困難であるケースが確認された。これは、空隙の形状が主な要因と考えられる。すなわち、本実験で対象とした空隙形状は円形であり、そのために、コンクリート表面と空隙部間で波の多重反射が励起されにくく、周波数スペクトル上で明瞭なピークが出現しにくい条件であったと推察される。

3. 評価可能範囲を拡張するための手法の構築

3.1 提案する手法の概要

2 章で指摘した問題点を改善するため、計測波形の前半部分に着目し、最大エントロピー法（以降、MEM）により周波数スペクトルを算出することとした。これにより、空隙部で反射する波の成分をより確実に抽出することが可能になると考えた。

3.2 実験概要

実験に用いた供試体および計測方法は 2.1 と同様である。ただし、周波数分析には、MEM を用いた。



写真-1 供試体概要



写真-2 衝撃弾性波法による計測状況

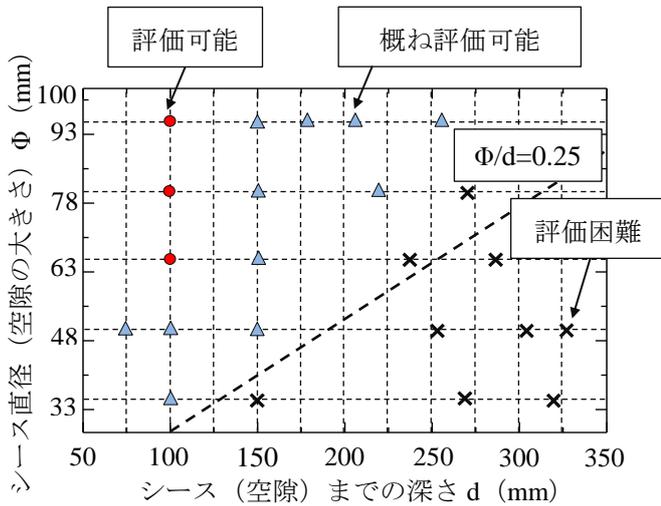


図-1 既往の手法による
グラウト充填状況の評価適用範囲

3.3 実験結果および考察

3.1 の方法で求めた周波数スペクトルの一例を図-3 に示す. 比較のため, 受信波形全てに対して FFT して求めた周波数スペクトルも図-3 に併せて示している. 図中の矢印は縦波共振周波数の位置である. 図より, 本研究で提案した手法を適用することで, 空隙に相当するピークがより明瞭に, かつ単独で出現することが明らかとなった. 本手法を全計測点に対して適用して得られた結果を図-4 に示す. 既存の手法では「概ね評価可能 (図-1 中の▲)」であると判断したケースを, 全て「評価可能」と判定することができた. しかしながら, 図-1 で「評価困難 (図中の×)」と判定したケースは, 本手法を適用してもその評価を改善することができなかつた. これらのケースのほとんどは, その他のケースと比較して, シースまでの深さが比較的大きいもの, あるいは深さが小さく, かつ空隙の大きさも小さいものであった. すなわち, コンクリート中の弾性波の減衰の影響, あるいは反射成分が微弱なため, 周波数スペクトル上において空隙からの反射成分と適確に捉えることができなかつたものと考えられる.

4. まとめ

本研究で得られた結論を以下に示す.

- (1) 供試体を対象とした衝撃弾性波法による計測により, PC グラウト充填状況の評価可能なシース直径と深さとの関係 (適用範囲) について把握した.
- (2) 本研究で新たに提案した手法「計測波形の前半部分に着目し, 最大エントロピー法により周波数スペクトルを算出」の適用により, PC グラウト未充填箇所の検出性能向上の可能性が見出せた.

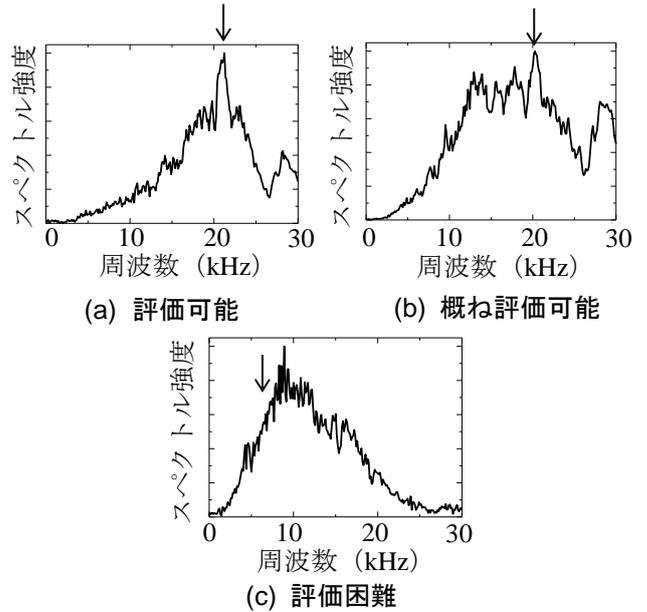


図-2 既往の手法により算出した周波数スペクトル一例

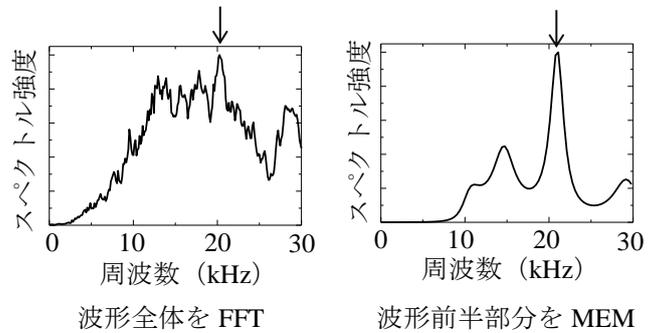


図-3 本研究で提案する手法により算出した周波数スペクトル一例 (既往の手法と比較して)

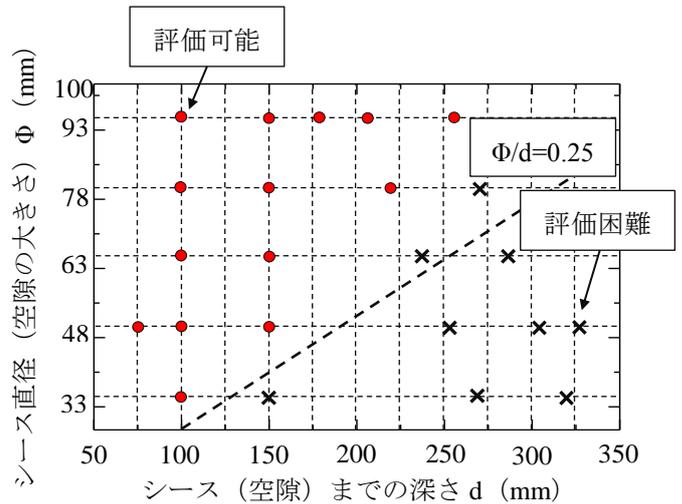


図-4 提案した手法による
グラウト充填状況の評価適用範囲

参考文献

- 1) Sansalone, M. and Streett, W. B. : Impact Echo, Nondestructive Evaluation of Concrete and Masonry, Bullbrier Press, Ithaca, NY and Jersey Shore, PA, 1997